

발 간 등 록 번 호

11-1541000-001417-01

보완과제( ), 일반과제(○) 과제번호 309002-3

## **에너지절감형 RPC 가공공정모델 개발**

Development of the Energy Efficient Processing and  
Engineering Model for Rice Processing Complex

### **에너지절감형 RPC 가공공정 설계기준 개발 및 산업화(제1세부)**

(Development and Industrialization of Design Standards of Energy Efficient  
Processing for RPC)

### **친환경 집진시스템개발(제2세부)**

(Development of the Energy Efficient Dust Collecting System for RPC)

### **백미 및 현미의 선별인자 구명 및 최적화(협동)**

(Investigation and Optimization of the Separating Factors for Brown and Milled Rice)

한 국 식 품 연 구 원

농 립 수 산 식 품 부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “에너지절감형 RPC 가공공정모델” 과제의 보고서로 제출합니다.

2012년 4월

## 주관연구기관명 : 한국식품연구원

주관연구책임자 : 김 의 응

세부연구책임자 : 김 동 철

연 구 원 : 김 훈

연 구 원 : 이 세 은

연 구 원 : 김 상 숙

연 구 원 : 이 효 재

연 구 원 : 한 경 화

연 구 원 : 변 정 운

연 구 원 : 임 은 정

연 구 원 : 박 수 진

연 구 원 : 최 서 영

연 구 원 : 권 보 연

연 구 원 : 최 은 정

## 협동연구기관명 : 충북대학교

협동과제책임자 : 한 충 수

연구원(공주대) : 강 태 환

위탁연구기관명 : 성균관대학교

위탁과제책임자 : 금 동 혁

연구원(공주대) : 한 재 응

연 구 원 : 홍 상 진

위탁연구기관명 : (주)아이디알시스템

위탁과제책임자 : 최 병 준

연 구 원 : 강 기 식

## 참 여 기 업

(주)대주종합기술단 : 김 용 선

(주)대원 G S I : 서 용 교

(주)보람이엔지 : 조 춘 제

(주)아이디알시스템 : 최 병 준

제이씨엔지니어링(주) : 정 지 성

푸른엔지니어링(주) : 김 병 훈

한 국 토 요 : 김 진 수

(주)협동엔지니어링 : 이종권, 김규태

# 요 약 문

## I. 제 목

에너지절감형 RPC 가공공정모델 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

RPC 가공공정에서 소요되는 에너지를 30% 절감하면서 안전한 고품질 쌀 생산이 가능한 친환경 저탄소 가공모델과 환경 친화적 집진모델을 개발하여, 친환경 에너지절감형 가공공정을 산업화함

## III. 연구개발 내용 및 범위

### ◆ 에너지절감형 RPC 가공공정 설계기준 개발 및 산업화

- RPC 가공공정 별 에너지 소요분석
- 에너지절감형 이송시설의 설계기준 개발
- 에너지절감형 부대설비의 설계기준 개발
- 에너지절감형 RPC 공정 설계기준 개발
- 에너지절감형 RPC 가공공정 설계도서 작성
- 친환경 에너지절감형 RPC 가공공정모델 적용을 위한 시범사업
- 친환경 에너지절감형 RPC 가공시설의 운영시험
- 친환경 에너지절감형 RPC 가공공정 산업화체계 구축

### ◆ 친환경 RPC 집진시스템 개발

- RPC 공정별 분진발생정도 분석
- RPC 공정별 집진시스템의 운영실태 분석
- RPC 공정별 집진체계 확립
- 집진설계인자 구명 및 집진시스템의 설계
- Pilot scale의 집진시스템 제작 및 보완
- 집진시스템의 운영조건 구명 및 폐기물처리방안 강구
- 저에너지 친환경 집진시스템의 현장적용시험 및 보완
- 친환경 집진시스템 산업화체계 구축

### ◆ 현미 및 백미의 선별인자 구명 및 최적화

- 현미의 외형인자별 기하학적 특성 구명
- 백미의 외형인자별 기하학적 특성 구명
- 현미의 외형인자별 선별인자 구명

- 백미의 외형인자별 선별인자 구명
- 현미 및 백미의 공정별 선별인자 최적화

#### IV. 연구개발 결과

1. 18개소 제 2세대 RPC에서 공정별 소요동력은 현미공정이 13.5%, 백미공정이 36.3%, 포장공정이 6.3%, 집진공정이 25.7%, 이송 및 공기압축기 등 부대시설 및 기타가 18.3%수준으로 조사되었고, 현미/백미생산능력에 따라서는 6/5ton/hr인 경우 소요동력은 평균 560.2kW(463.1~726.9kW)이었으며, 12/10ton/hr인 경우 소요동력은 평균 878.5kW(732.0~1,048.3kW)로서 RPC에 따라 큰 차이를 나타내었는데, 주요원인은 설계기준의 미정립, 과도한 설계, 부적절한 시스템 채용 등이었음
2. 이송기기에서 소요동력보다 1단계 또는 2단계 과도한 동력이 적용되는 설계 관행을 이론식에 의한 계산동력의 적용으로 개선할 경우 27.5%의 에너지 절약이 가능하였으며, 곡물이송관은 현미 및 백미의 이송량에 따라 현미의 경우 12톤/시간은 100mm관은 39°이상, 125mm관은 33°수준이상, 백미의 경우 5톤/시간은 100mm관의 적용 등 적합한 관경과 경사각의 준용이 필요하였음
3. 부산물 공기이송 방식중에서 압송식의 소요동력이 흡인식의 약 26.4%에 불과하여 에너지 측면에서 효율적이었으나, 공기이송중 곡물이 건조 및 찌라기 증가 등 품질저하가 발생하므로 고압공기의 가습 및 냉각장치, 백미용 receiver 등이 없는 상태에서는 백미의 이송 및 반품 등으로 확대 사용하기에는 한계가 있었음. 한편, 흡인식 청소시스템의 적정 소요동력은 현미부와 백미부가 분리되어 있는 경우에도 17.2kW수준이 적합한 것으로 나타났음
4. 제2세대 RPC 가공공정에서의 mass balance 분석결과, 벼를 백미로 가공할 때 생산물 조성비는 백미 73.3%, 왕겨 16.2%, 미강 7.9%, 감모 2.6%수준이었으며, 현미부에서 선별된 비정립을 제외할 경우의 생산물 조성비는 백미 70.0%, 왕겨 16.2%, 미강 7.8%, 찌라기 등 비정상립 1.9%, 감모 2.6% 수준이었고, 이 때 정백수율은 86.8%수준이었음
5. RPC 각 공정의 생물학적, 물리적, 화학적 위해인자 관리에 필요한 주요대책과 RPC의 효율적인 관리를 위해 필요한 항목을 포함하여 30개 항목으로 구성된 새로운 RPC용 GAP 농산물우수관리시설기준(안)을 제시하였으며, 18개소 제2세대 RPC의 각 공정별 품질측정결과 및 기 정립한 설계기준을 반영하여 현미부, 백미부, 포장부, 집진부, 이송기기 및 부대시설의 공정별, 단위기계별 설계기준을 작성하여 제시하였음
6. 개발된 설계기준을 바탕으로 단층형과 다층형의 에너지절감형 가공공정 모델(Ⅰ), (Ⅱ)을 개발하였으며, 현미/백미생산능력에 따른 소요동력은 6/5ton/hr일 때 각각 423.6kW, 370.9kW으로 제2세대 RPC의 평균 소요동력 582.2kW(청소시스템 포함)에 비해 각각 27.2%, 36.3%의 에너지절감이 가능하였으며, 12/10ton/hr일 때 각각 721.8kW, 658.0kW으로서 평균 소요동력 878.5kW에 비해 각각 17.8%, 25.1%의 에너지절감이 가능하였으며, 평균적으로는 29.5%의 에너지절감이 가능하였음



7. 에너지절감형 가공공정 모델(Ⅱ)의 소요면적은 현미/백미생산능력 6/5ton/hr, 12/10ton/hr일 때 각각 1,004.7m<sup>2</sup> 및 1,158.8m<sup>2</sup>으로서 제2세대 RPC의 평균면적 1,332.9m<sup>2</sup> 및 1,462.1m<sup>2</sup>에 비해 77.4%수준에 불과하였으며, 설치비용도 약 8.2%정도 낮아 경제적인 것으로 나타났으며, 기본공정의 품질목표 및 각 모델별 소요동력을 달성하기 위해 조사 및 개발한 각 설계기준을 바탕으로 가공공정의 설계기준(시설요구사항)을 제시하였음
8. RPC의 공정별로 분진농도를 측정한 결과, 반입, 건조 및 저장시설용 집진시설에 인접한 지점에서는 평균 6.97mg/m<sup>3</sup>(1.22~22.89mg/m<sup>3</sup>)수준으로 작업자의 노출기준인 4.0mg/m<sup>3</sup>이하보다 높았으며, RPC경계부근에서는 9.11mg/m<sup>3</sup>수준으로서 대기환경보전법상의 비산먼지기준인 0.50mg/m<sup>3</sup>보다 대단히 높아 민원제기 등 문제가 예상되었으며, 체계적인 집진대책이 필요하였음
9. 18개소 제2세대 RPC의 집진시스템에 관한 조사결과, 현미부는 백필터 타입, 백미부는 테프론이 코팅된 사이클론 타입의 집진기가 주로 사용되고 있었으나, 집진효율이 사이클론은 평균 71.1%(33.5~99.9%)이었고, 백필터는 평균 73.0%(37.5~99.0%)로서, 기준인 60% 및 90%를 만족하지 못하는 경우가 많았으며, 집진기에서의 정압강하 및 송풍량변화가 심해 체계적인 설계기준의 정립 및 제작설치가 필요하였음
10. 집진시스템 제조회사의 사양에 대한 조사결과, 탈진에 지나치게 많은 비용이 소요되어 개선이 필요하였으며, 각 이송기계 및 보조탱크의 집진기준으로 설치방법에 따라 다소 차이는 있으나 집진량 기준은 집진개념은 5m<sup>3</sup>/min수준 이상, 결로방지 개념은 2m<sup>3</sup>/min수준을 제안하였음
11. 집진기에서 집진된 분진을 분석한 결과, 벼 및 큰 지푸라기 등의 크기는 1,000 $\mu$ m이상이었고, 잔 지푸라기, 돌 등은 300~850 $\mu$ m 수준, 비교적 큰 먼지는 106~150 $\mu$ m수준, 작은 먼지는 75 $\mu$ m이하 수준이었으며, 입자크기에 따른 종말속도는 미강(180~500 $\mu$ m)은 약 1.5m/sec, 분진(106~180 $\mu$ m)은 약 0.5m/sec, 미세분진(75 $\mu$ m 이하)은 약 0.2m/sec수준으로 나타났음
12. 현재 사용중인 집진방법을 RPC 분진에 적용한 결과, 미세분진에 고온의 물을 미량 가수하는 반건식은 분진입자의 확대로 집진효율은 향상되나 과도한 에너지가 소요되었고, 백(bag)이 막히는 등 오염문제가 발생하였으며, 습식은 폐수처리의 어려움으로 한계가 있었음. 따라서 RPC의 집진시스템으로는 건식이 가장 타당하였으며, 효과적인 건식방식의 개발을 위해서는 비용 및 에너지가 가장 많이 소요되는 탈진방법의 개선이 필요하였음
13. 건식, 바이브레이터 탈진방식, 대용량 여과포 적용으로 통과속도 최소화, 집진량 확대의 용이성, 폐기물 배출의 효율성, 여과포 건조로 장기간 사용가능 등의 특징을 갖는 pilot scale의 저에너지 친환경 집진시스템의 1차 및 2차 시작품을 개발하여 현장 적용실험을 실시하였으며, 개발된 집진시스템은 기존의 백필터타입에 비해 약 70% 정도의 에너지 절약, 52%정도의 공간절약효과는 물론 약 10~20%정도의 설치비용이 절감될 것으로 기대되었음
14. 저에너지 친환경 집진시스템이 장기적으로 성공적인 보급이 되기 위해서는 소요동력 및 설치비용의 최소화를 위한 기구적인 부분의 지속적인 최적화 추진, 현장여건 반영을 위해 개발된 집진시스템의

다양한 설치모델 제시, 지속적인 현장실험을 통한 충분한 경험치의 확보 등이 추가로 필요하였음

15. 5품종 현미의 기하학적특성을 측정하여 선별인자를 분석한 결과, 현미정립에서 비정립은 두께차를 이용하여 선별하는 것이 필요하였으며, 2단으로 설치된 입선별기의 1단은 백사미를 선별하되 선별 체눈의 단축길이는 1.70~1.75mm수준으로 하며, 2단은 청사미와 미숙립을 선별하되 선별 체눈의 단축길이는 1.95~2.00mm 수준을 사용하는 것이 적합하였음
16. 동일하게 6품종의 백미의 기하학적특성을 측정하여 선별인자를 분석한 결과, 분상질립은 색채선별 기로 선별하고, 피해립은 백미의 두께차를 활용하여 선별하되 체눈의 단축길이는 1.90~1.95mm 수준을 사용하는 것이 적합하였으며, 싸라기는 길이 차이를 이용하되 홈선별기의 홈의 장축길이는 4.75~4.80mm 수준을 사용하는 것이 적합하였음

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

- 본 연구는 기존 RPC 가공공정에 비해 소요전력이 최대 29.5%정도가 절감되는 에너지절감형 가공공정 모델을 개발하였고, 에너지 소모가 약 70%정도에 달하는 저에너지 친환경 집진시스템을 개발하였으며, 현미와 백미의 비정(상)립의 선별인자를 구명하였음. 이 결과를 논문발표, 특허 및 기술이전, 정책건의, 홍보 및 교육 등에 다음과 같이 활용할 예정임
  - ㉠ RPC가공공정의 설계기준(기본요구사항), 모델의 소요면적 및 동력기준, 공정구성 등은 정부의 고품질쌀 브랜드육성사업의 기준모델로 활용중임
  - ㉡ GAP 농산물우수관리시설기준(안)은 농림수산식품부 및 농협중앙회와 협의를 거쳐 RPC용으로 채택되어 현재 농산물품질관리법 일부 개정에 활용중임
  - ㉢ 에너지절감형 가공공정 모델은 4개소의 설계회사에 기술이전하여 가공시설현대화 등 관련 사업에 활용할 예정임
  - ㉣ 저에너지 친환경 집진시스템은 참여기업인 (주)아이디알시스템에 기술이전하여 제1, 2세대 RPC 및 도정공장 등에 보급예정임
  - ㉤ 현미 및 백미의 선별인자는 선별기의 제작 및 선정에 활용토록 제조업체 및 RPC에 공개예정임
  - ㉥ 5편은 논문 발표하였고, 3편은 투고중에 있으며, 향후 2편 정도를 추가로 투고할 예정이며, 집진시스템에 대해 특허 1건을 출원하였음
  - ㉦ 본 연구 결과는 고품질쌀 브랜드육성 등 정부정책사업의 성능검사, 단위기계의 성능검정 등에 적극활용하며, 향후 RPC에 대한 기술교육, 한국RPC연구회의 특별세미나, 전문지에 게재하는 등 관련 내용의 전파를 더욱 확대할 예정임

# Summary

## I. Title

Development of the Energy Efficient Processing and Engineering Model for Rice Processing Complex

## II. Objectives and significance of the research

The purpose of this research is to develop an energy efficient dust collecting model, a processing and engineering model, and an environment–friendly low carbon processing and engineering model that can produce high quality and safe rice, while saving 30% of the energy consumed in the RPC process and to industrialize environment–friendly energy efficient process.

## III. Contents and scope

- ◆ Development and industrialization of design standards of energy efficient processing for RPC
  - Analysis of energy consumption for each RPC process
  - Development of a design standard of energy efficient conveying facility
  - Development of a design standard of energy efficient auxiliary facility
  - Development of a design standard of energy efficient RPC process
  - A design drawing of energy efficient RPC process
  - Demonstration project to apply environment–friendly energy efficient RPC process model
  - Operation test of facility for environment–friendly energy efficient RPC process
  - Establishment of industrialization system for environment–friendly energy efficient RPC process
  
- ◆ Development of the energy efficient dust collecting system for RPC
  - Analysis of the amount of dust generated from each RPC process
  - Analysis of the operation status of dust collecting system in each RPC process
  - Establishment of dust collecting system for each RPC process
  - Investigation of design factors of dust collecting and design of a dust collecting system
  - Manufacture and supplementation of a dust collecting system of pilot scale
  - Investigation of operation condition of a dust collecting system and development of a method of waste disposal
  - Field operation test and supplementation of a low–energy environment–friendly dust collecting

system

- Establishment of industrialization system of environment–friendly dust collecting system
- ◆ Investigation and optimization of the separating factors for brown and milled rice
  - Investigation of geometric features depending on physical appearance of brown rice
  - Investigation of geometric features depending on physical appearance of milled rice
  - Investigation of a separating factors depending on physical appearance of brown rice
  - Investigation of a separation factors depending on physical appearance of milled rice
  - Optimization of a separating factors depending on the process for brown rice and milled rice

#### IV. Results and suggestions

1. The percentage of power consumption for each process at a second generation RPC in 18 facilities was 13.5% for a process for brown rice, 36.5% for white rice, 6.3% for packaging, 25.7% for dust collection, and 18.3% for auxiliary facilities such as a facility for conveyer, air compressor, and others. As for power consumption depending on the capacity producing brown/white rice, 560.2kW(463.1~726.9kW) of power and 878.5kW(732.0~1,048.3kW) on average were used when a facility produces 6/5 ton/hr and 12/12 ton/hr of brown/white rice, respectively, which represents a big difference depending on RPC. The main reasons for the difference are lack of design standard, excessive designing, and an inappropriate system.
2. 27.5% of energy could be saved when a design practice that makes a conveying facility use one or two step more energy than it actually uses is changed by applying an equation that makes the facility use the appropriate amount of power. As for a pipe for transferring brown rice or white rice, over 39° and 33° should be applied for a pipe of 100mm and 125mm in diameter, respectively, when the facility transfers 12 tons/hr of brown rice. The appropriate diameter of pipe and angle of inclination should be applied to the facility while a pipe of 100mm in diameter is needed to transfer 5 tons/hr of white rice.
3. As for the pneumatic conveyer system for byproduct, pressure type is more efficient because it uses 26.4% of power that suction type consumes. However, this type is inappropriate for use in conveying and return of white rice without device for humidification and cooling, because quality degradation could occur like over drying and broken kernel. On the other hand, about 17.2kW of power was appropriate for suction type cleaning system, even when the system is separated for brown rice and white rice.
4. Analysis of mass balance of a second generation RPC process released that the compositions of products when paddy rice is produced into white rice are 73.3% of white rice, 16.2% of husk, 7.9% of bran and 2.6% of yield decrease. Compositions of products, which are sorted in a

device for brown rice, are 70.0% of white rice, 16.2% of husk, 7.8% of bran, 1.9% non-whole kernel and 2.6% of yield decrease. The milling yield was 86.8%.

5. A standard draft on a new RPC for GAP(Good Agricultural Practices) was suggested, which includes 30 items such as major solutions to manage biologically, physically, and chemically harmful factors of each RPC process, and items for effective RPC management. Result of quality measurement for each process of a second generation RPC and existed design standard were reflected in suggesting the standard, which is based on a design standard for each process and unit device of a device for brown and white rice, packaging, dust collection, and conveyer, and auxiliary facility.
6. Flat and multi layer low-energy consuming process model ( I ) ( II ) were developed based on a design standard that had been developed. 423.6kW and 370kW of power were used to produce 6/5tons/hr of brown and white rice, respectively, which saves 27.2% and 36.3% of energy, respectively, compared to 582.2kW of power used in a second generation RPC. 721.8kW and 658kW of power were used to produce 12/10tons/hr of brown and white rice, respectively, which saves 17.8% and 25.1% of energy, compared to an average energy consumption of 878.5kW. 29.5% of energy could be saved on average.
7. The areas for low-energy consuming process model ( II ) are 1,004.7m<sup>2</sup> and 1,158.8m<sup>2</sup> for the production of 6/5tons/hr and 12/10tons/hr of brown and white rice, respectively, which is only 77.4% of the average areas for a second generation RPC, 1,332.9m<sup>2</sup> and 1,462.1m<sup>2</sup>, respectively. The process proved to be economic as it costs 8.2% less to set up than the existing process. Design standard for the process (facility requirement) was suggested based on design standard which is examined and developed to achieve a target quality of each process and power used for each model.
8. The result of measuring dust concentration depending on a process of RPC found that the average concentration was 6.97mg/m<sup>3</sup> (1.22~22.89mg/m<sup>3</sup>) at points near the dust collecting facility for intake, drying, and storing, which is higher than the exposure standard for workers, at least 4.0mg/m<sup>3</sup>. Dust concentration near RPC was about 9.11mg/m<sup>3</sup>, which is far higher than the standard of suspended dust stipulated in the Clean Air Conservation Act, at least 0.50mg/m<sup>3</sup>. Thus, systematic solutions for dust collection are needed because problems such as public complaints are expected.
9. Examination on dust collecting system of a second generation RPC in 18 facilities released that a back-filter type and cyclone-type dust collecting device coated with teflon are used for the unit facility for brown and white rice, respectively. However, the average collection efficiency was 71.1% (33.5~99.9%) and 73.0% (37.5~99.0%) for cyclone-type and bag filter type devices, respectively, and the collection efficiency of most devices did not meet the collection

standard of 60% and 90%, respectively. Therefore, the establishment of systematic design standards and manufacture based on those standards are needed, because there are deep changes in static pressure drop and air flow rate.

10. Survey results on the specifications of dust collector manufacturing company determined that the companies spend too much cost in dedusting, which requires improvement. Suggested standards for dust collecting of the conveying device and auxiliary tank are 5m<sup>3</sup>/min for dust collection and 2m<sup>3</sup>/min for condensation, though there are some differences in how the devices are installed.
11. Sizes of the dust collected were at least 1,000 $\mu$ m for paddy rice or big rice straw, 300~850 $\mu$ m for small rice straw or stone, 106~150 $\mu$ m for somewhat bigger dust, and 75 $\mu$ m for small dust. Terminal velocities were 1.5m/sec for rice bran (size of 180~500 $\mu$ m), 0.5m/sec for dust (size of 106~180 $\mu$ m), and 0.2m/sec for fine dust (size of smaller than 75 $\mu$ m).
12. Current dust collecting methods were applied to RPC to determine which method is most appropriate. A semi-dry type which sprays traces of hot water to fine dust helped improve collection efficiency. But it consumed too much energy and had pollution problems such as clogged bag. The wet type was also inappropriate because it was difficult to dispose of wastewater. Therefore, dry type proved to be most efficient as a dust collecting system of RPC. In order to develop an effective dry type, dedusting method needs to be enhanced because it is the most costly and energy consuming.
13. First and second pilot scale dust collecting systems were developed as low carbon and environment-friendly dust collecting systems to apply to the on-site facility. And this system has a functions of the dry type, vibrator dedusting type, minimization of face velocity (because they applied large scale filter), easy expansion of capacity of dust collection, efficient waste disposal and use for long term (because they make the filter cloth dry). The newly developed dust collecting system is expected to save about 70% of energy, 52% of space, and 10~20% of installation cost, compared to the existing bag filter type.
14. In order for a low carbon and environment-friendly dust collecting system to be successfully distributed for the long-term, on-going optimization of devices to minimize installation cost, various installation models of the system to consider local conditions and sufficient experiences through continuing field training are needed.
15. Separation factors were analyzed by measuring geometric characteristics of five cultivar of brown rice. The result of the analysis indicated that separation between whole kernel and non whole kernel is decided based on its thickness. The first stage of separation device, of which the shortest length of the sieve opening is 1.70~1.75mm, separates white dead kernel; the

second stage, of which the shortest length of sieve opening is 1.95–2.00mm, separates green dead kernel and immature kernel.

16. Separating factors were analyzed by measuring geometric characteristics of six cultivar of white rice. Chalky kernel is sorted with color sorter. Damaged kernel was separated based on thickness and 1.90–1.95mm proved to be appropriate as a shortest length of the sieve opening of the screening device. Broken kernel was separated based on its length, and 4.75–4.80mm was appropriate as the longest length of groove of an indent separator.

## V. Conclusions and utilization

- This study was conducted to develop an energy efficient process that saves 29.5% of power (at most), compared to existing RPC process and dust collecting system that uses about 70% of energy, and analyzed separating factors of designated (excellent) grain of brown and white rice. These results will be used in the publication of journal, patent, technology transfer, suggestion of policy, promotion and education as follows:
  - ① Design standard (basic requirement) of RPC process, area and power for the model and structure of the process are being used for a standard model of governmental quality rice brand promotion project.
  - ② A standard (draft) on a facility for GAP (Good Agricultural Practices) was adopted after discussion between Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries and National Agricultural Cooperative federation and are now being applied in the amendment of several Agricultural Products Quality Control Act.
  - ③ Technology of low energy consuming process were transferred to four design companies and are being used in related projects such as the modernization of a processing facility.
  - ④ Technology of low energy consuming and environment–friendly dust collecting system will be transferred to Ideal System Inc. that has participated in the research and will be distributed to a first and second generation RPC and a milling plant.
  - ⑤ Separating factors of brown and white rice will be released to a manufacturer company and on RPC, so that the factors are used in manufacturing a separation device and choosing an appropriate one.
  - ⑥ Five papers were published, three are under submission, and two will be submitted in the future. One patent on dust collecting system was applied for.
  - ⑦ This study will be used in the performance test of a government project such as high quality rice brand promotion and unit device. Related content will be more actively used in education on RPC process and special seminar hosted by Korea RPC association, and will be published in technical journals.

# CONTENTS

<b>Chapter 1. Introduction</b> .....	<b>16</b>
<b>A. Significance</b> .....	<b>16</b>
<b>B. Objectives</b> .....	<b>18</b>
<b>C. Scope</b> .....	<b>18</b>
<b>Chapter 2. Research development status</b> .....	<b>20</b>
<b>A. Domestic development status and problems</b> .....	<b>20</b>
1. RPC installation status and problems .....	20
a. Deterioration and performance decrease of 1st generation RPC facilities .....	20
b. Scaled-up 2nd generation RPC facilities & technology status and problems .....	23
2. Related technology status and problems .....	37
a. Research status of related technology .....	37
b. Status and problems of related facility and technology .....	48
<b>B. Overseas development status and problems</b> .....	<b>50</b>
1. Related facilities status and problems .....	50
a. Japanese related and technology status .....	50
b. Other countries' related facilities and technology status .....	59
2. Related facilities & technology status and problems .....	60
<b>Chapter 3. Results and discussions</b> .....	<b>61</b>
<b>A. Development and industrialization of design standards of energy efficient processing for RPC</b> .....	<b>61</b>
1. Analysis of energy consumption for RPC process .....	62
a. Methods .....	62
b. Results and discussions .....	63
2. Development of design standard for energy efficient conveying facilities .....	109
a. Development of design standard and methods .....	110
b. Results and discussions .....	112
3. Development of design standard for energy efficient auxiliary facilities .....	157



- a. Development of design standard and methods ..... 158
- b. Results and discussions ..... 162
- 4. Development of design standard for environment–friendly low carbon RPC process 175
  - a. Development of design standard and methods ..... 175
  - b. Results and discussions ..... 182
- 5. Development of design drawing for energy efficient 2nd generation RPC process · 210
  - a. Objective investigation of energy efficient ..... 210
  - b. Energy efficient 2nd generation RPC process model ..... 211
- 6. Establishment of industrialization system for environment–friendly energy efficient RPC process model ..... 286
  - a. Demonstration project for environment–friendly energy efficient RPC process ..... 286
  - b. Operation test of environment–friendly energy efficient RPC process ..... 291
  - c. Establishment of industrialization system for environment–friendly energy efficient RPC process ..... 296

**B. Development of the energy efficient dust collecting system for RPC ..... 307**

- 1. Analysis of dust generated from RPC process ..... 308
  - a. Survey of standard for dust concentration from RPC ..... 308
  - b. Measurement of dust concentration from RPC process ..... 313
- 2. Analysis of operation status for dust collecting system in RPC ..... 321
  - a. Installation status of dust collecting system in RPC ..... 321
  - b. Analysis of operation status for dust collecting system for each RPC process ..... 325
- 3. Establishment of dust collecting system for each RPC process ..... 357
  - a. Methods ..... 357
  - b. Results and discussions ..... 358
- 4. Investigation of design factors for dust collecting system and design of dust collecting system ..... 366
  - a. Investigation of optimum design standard for dust collecting system ..... 366
  - b. Investigation of physical properties of dust ..... 371
  - c. Consideration of applicability for semidry type dust collecting system ..... 385
  - d. Investigation of design factors with dust collecting system in laboratory ..... 389
- 5. Manufacture and supplementation of Pilot scale dust collecting system ..... 400
  - a. Design and manufacture of Pilot scale dust collecting system ..... 400
  - b. Installation and supplementation of Pilot scale dust collecting system ..... 412

6. Investigation of operation condition for dust collecting system and method for disposal of waste .....	417
a. Investigation of operation condition for dust collecting system .....	417
b. Method for disposal of waste .....	419
7. Field test and supplement of energy efficient environment–friendly dust collecting system .....	420
a. Manufacture of Pilot scale 2nd dust collecting system .....	420
b. Field test .....	422
8. Establishment of industrialization for energy efficient environment–friendly dust collecting system .....	426
<b>C. Investigation and optimization of the separating factors for brown and milled rice</b>	<b>428</b>
1. Investigation of geometric features depending on physical appearance of brown rice	429
a. Materials and methods .....	429
b. Results and discussions .....	430
2. Investigation of a separating factor depending on physical appearance of brown rice	457
3. Investigation of a separating factor of milled rice .....	459
a. Materials and methods .....	459
b. Results and discussions .....	461
4. Investigation of a separating factor depending on physical appearance of milled rice	495
5. Optimization of a separating factor depending on the process for brown rice and milled rice .....	498
a. Separating factors of process for brown rice .....	498
b. Separating factors of process for milled rice .....	499
<b>Chapter 4. Research goal attainment and contribution to related area .....</b>	<b>501</b>
<b>Chapter 5. Plane for application of research results .....</b>	<b>503</b>
<b>Chapter 6. Collected science &amp; technology information overseas .....</b>	<b>504</b>
<b>Chapter 7. References .....</b>	<b>505</b>

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	16
제 1 절 연구개발의 필요성 .....	16
제 2 절 연구개발의 목적 .....	18
제 3 절 연구개발의 범위 .....	18
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	20
제 1 절 국내 관련기술의 현황과 문제점 .....	20
1. RPC 설치현황 및 문제점 .....	20
가. 제1세대 RPC 시설 노후화 및 성능저위 .....	20
나. 규모화된 제2세대 RPC 시설 및 기술현황과 문제점 .....	23
2. 관련 기술의 현황 및 문제점 .....	37
가. 관련 기술의 연구개발 현황 .....	37
나. 관련 시설 및 기술의 현황과 문제점 .....	48
제 2 절 국외 관련기술의 현황과 문제점 .....	50
1. 관련시설의 현황 및 문제점 .....	50
가. 일본의 관련시설 및 기술의 현황 .....	50
나. 기타 국가의 관련시설 및 기술의 현황 .....	59
2. 관련 시설 및 기술의 현황 및 문제점 .....	60
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	61
제 1 절 에너지절감형 RPC 가공공정 설계기준 개발 및 산업화 .....	61
1. RPC 가공공정별 에너지 소요분석 .....	62
가. 실험방법 .....	62
나. 결과 및 고찰 .....	63
2. 에너지절감형 이송시설의 설계기준 개발 .....	109
가. 설계기준 개발 및 실험방법 .....	110
나. 결과 및 고찰 .....	112
3. 에너지절감형 부대설비 설계기준 개발 .....	157
가. 설계기준 개발 및 실험방법 .....	158

나. 결과 및 고찰 .....	162
4. 친환경 저탄소 RPC공정 설계기준 개발 .....	175
가. 설계기준 개발 및 실험방법 .....	175
나. 결과 및 고찰 .....	182
5. 에너지절감형 제2세대 RPC 가공공정 설계도서 개발 .....	210
가. 에너지절감 목표 설정 .....	210
나. 에너지절감형 제2세대 RPC 가공공정 기본모델 .....	211
6. 친환경 에너지절감형 RPC 가공공정모델의 산업화체계구축 .....	286
가. 친환경 에너지절감형 RPC 가공공정 적용을 위한 시범사업 .....	286
나. 친환경 에너지절감형 RPC 가공시설의 운영실험 .....	291
다. 친환경 에너지절감형 RPC 가공공정 산업화 체계구축 .....	296
<b>제 2 절 친환경 RPC 집진시스템 개발 .....</b>	<b>307</b>
1. RPC 공정별 분진발생정도 분석 .....	308
가. RPC의 분진농도 관련기준 조사 .....	308
나. RPC 공정별 분진농도측정 .....	313
2. RPC 공정별 집진시스템의 운영실태 분석 .....	321
가. RPC 집진시스템 설치현황 조사 .....	321
나. RPC 공정별 집진시스템 운영실태 분석 .....	325
3. RPC 공정별 집진체계 확립 .....	357
가. 실험방법 .....	357
나. 결과 및 고찰 .....	358
4. 집진설계인자의 구명 및 집진시스템의 제작 .....	366
가. 가공공정의 적정 집진설계기준 정립 .....	366
나. 분진의 물리적특성 구명 .....	371
다. 반건식 집진시스템의 적용가능성 검토 .....	385
라. 시험용 집진시스템을 이용한 설계인자구명 .....	389
5. Pilot scale의 집진시스템 제작 및 보완 .....	400
가. Pilot scale의 집진시스템 설계 및 제작 .....	400
나. Pilot scale의 집진시스템 설치 및 보완 .....	412
6. 집진시스템의 운영조건 구명 및 폐기물처리방안 .....	417
가. 집진시스템의 운영조건 구명 .....	417
나. 폐기물처리방안 강구 .....	419
7. 저에너지 친환경 집진시스템의 현장적용실험 및 보완 .....	420

가. Pilot scale의 2차 집진시스템의 제작 .....	420
나. 현장적용실험 .....	422
8. 저에너지 친환경 집진시스템의 산업화체계 구축 .....	426
<b>제 3 절 현미 및 백미의 선별인자 구명 및 최적화 .....</b>	<b>428</b>
1. 현미의 외형인자별 기하학적 특성구명 .....	429
가. 공시재료 및 실험방법 .....	429
나. 결과 및 고찰 .....	430
2. 현미의 외형인자별 선별인자 구명 .....	457
3. 백미 선별인자 구명 및 최적화 .....	459
가. 재료 및 방법 .....	459
나. 결과 및 고찰 .....	461
4. 백미의 외형인자별 선별인자 구명 .....	495
5. 현미 및 백미의 공정별 선별인자 최적화 .....	498
가. 현미공정의 선별인자 .....	498
나. 백미공정의 선별인자 .....	499
<b>제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....</b>	<b>501</b>
<b>제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....</b>	<b>503</b>
<b>제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....</b>	<b>504</b>
<b>제 7 장 참고문헌 .....</b>	<b>505</b>

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발의 필요성

- RPC(미곡종합처리장, Rice Processing Complex)는 1991년부터 2001년까지 총 328개소가 보급되어 농가의 편익시설일 뿐만 아니라 쌀 유통의 핵심주체로 자리 잡았으며, 수확후 비용 및 노력절감, 품질향상, 유통개선, 정부수매기능 보완과 안정적인 판로 제공, 관련 산업발전에 기여하는 등 RPC보급 목적의 충실한 달성은 물론 농업구조조정사업의 가장 성공적인 사업으로 평가받고 있음
- 우리나라의 식품기술은 “안전성 및 건강”, “고품질”을 추구하는 최종단계에 도달한 상태로서, 선진국의 사례에서 알 수 있듯이 향후 상당기간동안 이 패러다임은 지속될 전망이다(그림 1-1-1 참조), 사회적으로는 Well-being시대를 지나 건강과 지속가능성을 추구하는 LOHAS(Life styles of Health and Sustainability)시대에 접어들었음



그림 1-1-1. 우리나라 및 선진국의 식품기술 발전단계(한국식품연구원)

- 쌀도 “식량”에서 “식품이면서 상품”으로 패러다임이 전환(paradigm shift)되었는데, “식량”과 “식품이면서 상품”의 가장 큰 차이점은 “안전성”, “연중 균일한 품질” 및 “고품질”을 들 수 있으며, RPC성패는 “연중 균일한 품질의 안전한 고품질의 쌀 생산” 여부에 달려있다고 할 수 있음. 그러나 328개소 모든 RPC 가공시설이 내용연수 8년을 경과하여 노후화되었고, 소규모로 적자발생 RPC가 급증하였으며, 품질보다는 수율위주인 시기에 설계·제작되어 안전한 고품질을 요구하는 소비자의 needs를 만족하는 쌀 생산이 미흡한 실정으로서, 쌀 시장 추가개방에 대응하기 위해서는 RPC도 통합을 통한 규모화와 브랜드파워 향상 등 변화를 요구받았음



그림 1-1-2. 쌀 개념에 대한 paradigm shift

- 정부에서는 통합을 통한 규모화로 안전한 고품질 쌀 생산, 비용절감을 통한 경쟁력 향상 및 브랜드 파워 신장을 위하여 2004년부터 RPC통합을 지원하였으며, 2007년부터는 쌀시장 개방폭 확대 및 소비자 needs변화에 대응하기 위한 품질경쟁력 제고를 위해 소비자가 만족하고 신뢰할 수 있는 사군 단위 대표브랜드 100개를 달성한다는 목표아래 농림수산사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)으로 고품질쌀 브랜드육성(가공시설현대화)을 추진하고 있으며, 2007년부터 현재까지 총 42개소의 브랜드 육성사업체가 선정되었음
- 정부에서는 2019년까지 추가 증설 10개소(쌀 생산량이 연간 32,000톤 이상인 RPC에 대해서는 추가로 가공시설현대화를 지원)포함하여 총 110개소를 추진할 계획임. 2012년 2월말까지 가공시설현대화가 종료된 브랜드경영체는 선정된 42개소(목표 110개소중 38.2%)중 27개소(목표 110개소중 24.5%)이었으며, 15개소가 사업 준비 중이거나 사업을 진행 중에 있음
- 1991년부터 2001년까지 건설된 328개소 RPC에 비해 2007년부터 시작된 고품질쌀 브랜드육성으로 건설(신축 또는 리모델링)되는 RPC사이에는 기술적으로 구분되는 특징이 많고, 시기적으로 약 6년 이상의 공백을 갖고 있어 1991년부터 2001년까지 건설된 328개소 RPC는 “제1세대 RPC”, 2007년부터 시작된 고품질쌀 브랜드육성으로 건설되는 RPC는 “제2세대 RPC”라고 구분하여 통칭하고 있음. 또한 제2세대RPC는 지역단위 대규모 통합RPC인 CRPC(Centralized RPC)와 혼용되어 사용되고 있으며, 이하 본 연구에서도 혼용하여 사용함
- 그러나 2007년도 사업으로 2007~2008년에 건설된 제2세대 RPC에 대한 종합평가(농림수산식품부, 한국식품연구원, 브랜드경영체, 설계감리사 및 시공, 단위기계제작사 참석)에서 ① 단위기계의 성능 미비, ② 과도한 동력의 소모, ③ 비합리적인 집진체계, ④ 시설의 기준 및 표준화 미비 등의 문제점에 대한 해결 필요성이 크게 제기되었음
- 이에 따라 2007년도 사업에 대한 품질 및 에너지 분석을 실시한 결과, 정확한 설계 및 시공 등에 따라서는 고품질 쌀 생산은 물론 최대 30%정도의 에너지절감도 가능할 것으로 판단되었음. 따라서 본 연구에서는 “저탄소 녹색성장”정책에 따라 농업과 관련된 최대 규모의 보급 시설수와 동력이 소모되는 RPC에서 안전한 고품질 쌀 생산은 물론 에너지절감을 위해서 RPC에서 품질특성과 소요되는 에

너지 실태에 대한 조사 분석 및 이를 통한 에너지절감형 RPC 가공공정 모델을 개발하고자 하였음

- 또한, RPC에서 단위공정별로 집진실태를 분석하고, 집진시스템의 설계에 필요한 설계인자를 구명하여 저에너지 고효율의 RPC집진모델을 개발하는데 두 번째 목적을 두었으며, 집진기준의 설정은 물론 고가의 백필터 등의 적용이 불가능한 대용량을 대상으로 한 저에너지 고효율의 집진시스템이 포함되어 있음. 또한, 선별기의 성능향상을 통해 에너지를 절감하고, 중복설치를 방지하여 고품질 쌀 생산에 기여하기 위하여 선별인자를 구명하는데 세 번째 목적을 두고 연구를 수행하였음

## 제 2 절 연구개발의 목적

- 본 연구의 목적은 RPC 가공공정에서 소요되는 에너지를 30% 절감하면서 안전한 고품질 쌀 생산이 가능한 친환경 저탄소 가공모델과 환경 친화적 집진모델을 개발하여, 친환경 에너지절감형 가공공정 모델을 산업화함에 있음

## 제 3 절 연구개발의 범위

- 본 연구는 그동안 RPC에서 설계기준 및 관련 연구가 거의 전무하였던 집진 및 부대설비, 이송설비에 대한 연구위주의 3개 세부과제(협동과제 포함)로 구성하였고, 한국식품연구원이 주관연구기관이 되었으며, 충북대학교, 성균관대학교, 아이디알시스템 등 3개소 위탁연구기관, 8개소 RPC설계사 및 시공사가 참여하는 연구진을 구성하여, 연구결과를 바로 RPC에 적용할 수 있는 체계를 구성하였음
- 총 3년간의 연구기간에 걸쳐 3개 세부과제(협동과제 포함)에 대해 다음과 같은 연구범위에서 실시되었음

### ◆ 에너지절감형 RPC 가공공정 설계기준 개발 및 산업화

- RPC 가공공정별 에너지 소요분석
- 에너지절감형 이송시설의 설계기준 개발
- 에너지절감형 부대설비의 설계기준 개발
- 에너지절감형 RPC 공정 설계기준 개발
- 에너지절감형 RPC 가공공정 설계도서 작성
- 친환경 에너지절감형 RPC 가공공정모델 적용을 위한 시범사업
- 친환경 에너지절감형 RPC 가공시설의 운영시험
- 친환경 에너지절감형 RPC 가공공정 산업화체계 구축



◆ 친환경 RPC 집진시스템 개발

- RPC 공정별 분진발생정도 분석
- RPC 공정별 집진시스템의 운영실태 분석
- RPC 공정별 집진체계 확립
- 집진설계인자 구명 및 집진시스템의 설계
- Pilot scale의 집진시스템 제작 및 보완
- 집진시스템의 운영조건 구명 및 폐기물처리방안 강구
- 저에너지 친환경 집진시스템의 현장적용시험 및 보완
- 저에너지 친환경 집진시스템 산업화체계 구축

◆ 현미 및 백미의 선별인자 구명 및 최적화

- 현미의 외형인자별 기하학적 특성 구명
- 백미의 외형인자별 기하학적 특성 구명
- 현미의 외형인자별 선별인자 구명
- 백미의 외형인자별 선별인자 구명
- 현미 및 백미의 공정별 선별인자 최적화

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 국내 관련기술의 현황과 문제점

#### 1. RPC 설치현황 및 문제점

##### 가. 제1세대 RPC 시설 노후화 및 성능저위

###### 1) RPC 시설 보급현황

- 농촌인력의 노령화, 부녀화에 따른 농가편의시설 제공을 목적으로 건조저장시설과 도정시설을 조합한 형식의 미곡종합처리장(RPC, Rice Processing Complex)은 1991년 충남당진합덕농협 및 경북의 성안계농협 등 2개소에 보급된 이후, 2001년까지 총 328개소가 보급되었으며, 2001년을 끝으로 가공시설의 과다설치라는 여론에 따라 정책이 중단되었음

표 2-1-1. 연도별 RPC 보급현황

구분	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	계
농협	2	30	31	45	22	17	18	25	4	5	1	200
민간	-	-	17	21	17	18	15	23	7	7	3	128
계	2	30	48	66	39	35	33	48	11	12	4	328

- 건조저장시설(DSC, Drying & Storage Center)은 정부양곡의 산물수매가 1995년부터 시작됨에 따라 RPC의 건조저장능력을 높이기 위하여 보급된 시설로서 2011년말 현재 1,235개소가 보급되었으며(표 2-1-2), 정부정책은 2011년말 현재 40%인 전체 벼 유통량대비 저장능력을 2019년까지 60%까지 확대할 계획임(관련사업 : 농림수산사업 14. 고품질쌀유통활성화사업)
- RPC가 보급된지 22년이 지난 지금, RPC는 농가의 편익시설일 뿐만 아니라 쌀 유통의 핵심주체로 자리 잡았으며, 수확후 비용 및 노력절감, 품질향상, 유통개선, 정부수매기능 보완과 안정적인 판로 제공, 관련 산업발전에 기여하는 등 RPC사업은 설립목적을 충실하게 달성하여 농업구조조정사업의 가장 성공적인 사업으로 평가받고 있음(표 2-1-3)

표 2-1-2. DSC의 연차별 보급현황(농림수산식품부, 2012)

구분	'95~'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	계
개소수	443	81	44	71	50	110	110	110	104	83	29	1,235

표 2-1-3. RPC 사업의 성과(한국RPC연구회, 2003 ; 농림부, 2005)

항 목	성 과
수확후 비용 및 노력절감	- RPC에서 수확후 건조, 저장, 가공작업의 일관 자동화 · 수확후 처리비용 절감율 : 34%(246,646원/톤→162,281원/톤) · 양곡손실 절감율 : 83%(6%→1%) · 노동투하시간 절감율 : 64%(33.7시간/톤→12.2시간/톤)
품질향상	- 산물처리 일관기계화를 통한 쌀 품질향상(일반미 대비 4~11%) - RPC계열화로 계약재배면적 확대 : ('07)농협RPC는 80%
유통개선	- 산지시장 점유율 증대로 산지유통의 거점화 · ('95) 7.4%(243천톤) → ('02) 40.0%(1,485천톤) - 농가수취가격, 유통부가가치 제고 : 11,330원/80kg, 2,670원/80kg
정부수매기능 보완과 안정적 판로제공	- 수확기 집중출하 흡수 · RPC매입량 : ('95)243천톤 → ('02)1,485천톤 · 정부수매량 : ('95)792천톤 → ('02) 397천톤
관련산업 발전에 기여	- RPC플랜트 및 첨단장비 해외수출 : 인도네시아, 인도, 베트남 등 - 첨단장비의 국산화 및 기술개발촉진 : 색채선별기, 곡물냉각기 등

## 2) RPC시설의 노후화 및 성능저위

- WTO체제 하에서 피할 수 없는 쌀 시장 개방에 대응하기 위하여 2002년부터 정부정책이 고품질 쌀 생산으로 전환되었으며, 이와 같은 국내외 환경변화에 따라 우리나라 쌀 산업의 중심이 되고 있는 RPC도 경쟁력 강화에 대한 변화를 요구받아 왔음. 그러나 1991년부터 2001년까지 건설된 328개소 RPC의 거의 모든 가공시설(일부 자체적으로 remodeling 및 신축한 경우는 제외)이 내용연수 8년을 경과하여 노후화하였고, 품질보다는 수율위주인 시기에 설계·제작 설치되어 고품질 쌀 생산에 미흡 하였음
- 2005년 한국식품연구원에서는 충남부여 등 통합을 희망하는 5개 지역에 대한 시설 및 가공기술에 대한 현장조사결과, 통합을 추진하는 RPC의 수준이 지나치게 낮아 고품질 쌀 생산이 불가능한 실정 으로 전면적인 시설의 보완 내지 교체가 필요하다고 보고하였음(표 2-1-4)

표 2-1-4. RPC의 단위공정품질관리능력(한국식품연구원, 2005)

점 수	개소수	비율(%)	종합판단
90점 이상	0	0	시설이 우수
80~89점	6	10.4	일부 시설보완 필요
70~79점	31	53.4	전면적 시설보완 필요
70점 이하	21	36.2	전면적 시설교체 필요
계	58	100	

주) ① 측정방법 : 농협중앙회와 한국식품연구원이 공동으로 개발한 단위공정품질관리능력 측정방법 활용  
 ② 측정기간 및 측정대상수 : '04년부터 '06년까지 총 58개소 RPC

- 급격하게 상승된 고품질 쌀 생산 붐과 함께 RPC의 시설이 노후화되어 있을 뿐 아니라 성능이 낮다는 인식의 확산과 건조저장에 비해 상대적으로 시설 및 기술수준이 열악한 가공에 대한 관심이 집중되면서 완전미 생산설비 지원과 일부 노후시설 교체를 위한 지원이 이루어졌음
- 2002부터 2005년까지 당시에는 가공부분은 산물 건조, 저장분야에 비해 체계적인 연구가 상대적으로 대단히 적었고, 가공시설 및 운영기술이 고품질 쌀 생산에 적합한지에 대한 객관적이고 종합적인 검토가 없는 상황에서 가공시설개선이 추진됨에 따라 많은 문제점이 노출되었음
- 가공시설, 기술수준 및 문제점에 대한 정확한 진단과 처방보다는 RPC에서의 적용이 검증되지 않은 외국산 고가 정미시스템 도입에 열중하는 폐해가 발생하기도 하였으며, 대부분의 RPC에서 1~3회 진행된 건조저장시설의 증설과 가공시설의 개보수는 체계적인 기본시설과 증축시설의 연계체계, 작업동선, 에너지 등이 비효율적인 상태로 추진되는 경우가 많았음
- 이와 같은 시설 및 기술의 애로사항 이외에도 동일한 자금지원과 획일적인 시설기준이 적용되어 지역특성을 반영하기 어려웠고, 소규모로서 전문경영 및 기술 인력확보가 어려워 효율적인 품질 및 경영 관리가 이루어지지 않았을 뿐 아니라 신기술 도입이 지연되었고, 동일 원료권인 사군별로 1~8개의 RPC가 보급(표 2-1-5)되어 원료 확보와 판매에 RPC간 과다경쟁, 계절진폭이 없어짐에 따라 매출이익이 감소하여 기존 물량과 가동률로는 적자 운영이 불가피한 상태 등으로 RPC통합에 대한 필요성이 급격하게 대두되었음
- 또한, 각 RPC에서 소량 다수의 브랜드 쌀을 생산함에 따라 약 1,873개('06년말 현재, 농림수산식품부) 정도의 브랜드 쌀이 출하되어 브랜드 파워의 강화에 실패하였을 뿐 아니라 브랜드간 품질차별화가 이루어지지 않았으며, 사군 및 도 단위 규모의 공동브랜드도 품질관리에 실패하여 단순한 naming 차원을 벗어나지 못하였음

표 2-1-5. 농협RPC의 시·군당 설치현황

구 분	1시군 1RPC	1시군 2개소 RPC이상							시군 합계
		8개소	7개소	5개소	4개소	3개소	2개소	소계	
시·군수	51	2	1	3	5	15	23	49	100

## 나. 규모화된 제2세대 RPC 시설 및 기술현황과 문제점

### 1) 안전한 고품질 쌀 생산정책

- 구조적인 쌀 공급과잉 기조와 2004년 쌀 재협상을 앞두고 쌀 수급안전과 쌀 산업경쟁력 강화를 위해 2002년을 「“고품질 쌀”생산 원년의 해」로 규정하고, 고품질 쌀 생산체제로 전환을 중심으로 한 중장기 쌀 종합대책을 2002년 4월 18일에 발표하였음
- 쌀 개념이 단순한 「식량」에서 「식품이면서 상품」으로 패러다임이 전환되면서 정부는 2005년에는 농산물품질관리법을 개정하여 재배부분에 대해 생산이력관리 가이드라인을 마련하였으며, 2006년에는 쌀 GAP·이력추적시스템 도입을 본격적으로 추진하면서 2002년부터 추진되어왔던 「고품질 쌀 생산」에서 2006년부터는 「안전한 고품질 쌀 생산」으로 전환되었음
- 정부에서는 매년 고품질 쌀 생산대책을 발표하였으며, 2003년부터 2010년까지의 정부정책을 정리한 다음 표 2-1-6에서 알 수 있듯이 정책은 크게 ① 고품질 품종육성 및 재배면적의 확대, ② 고품질 쌀 재배기술의 강화, ③ RPC를 중심으로 한 수확후 관리시스템의 혁신, ④ 소비자에 신뢰받는 유통 체계 확립 등 4가지 방향으로 추진되었음
- RPC를 중심으로 한 수확후 관리시스템의 혁신은 고품질쌀유통활성화사업(고품질쌀 브랜드육성 및 건조저장시설확충)을 통해 추진되었으며, 이 정부정책을 크게 구분하면 ① 안전한 고품질 쌀 생산, ② 규모화를 통한 비용절감, ③ 브랜드파워 확대를 통한 경쟁력강화로 대별할 수 있음
- 이와 같은 RPC 를 중심으로 한 수확후 관리시스템의 혁신을 위해 RPC 및 DSC시설과 관련된 시설 투자비는 중앙정부, 지방정부, 농협 및 민간RPC자체사업 등에 연간 약 1,000억원 이상이 매년 지속적으로 투자되는 것으로 조사되고 있음(표 2-1-7, 표 2-1-8참조)

표 2-1-6. 안전한 고품질 쌀 생산을 위한 2002~2010년 정부의 주요 정책(농림수산식품부 자료정리)

년도	주요 정책내용	
2002	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고품질 품종 재배 확대 ('02 - 56%, 23품종, 전년보다 10%증가)</li> <li>• 질소질 비료 시비 감축 ('02 - 579,000톤, 전년보다 14.4% 감소)</li> <li>• RPC 계열화 사업(계약면적) 확대 ('02 - 188,000ha, 전년보다 71% 증가)</li> </ul>	
2003	고품질품종 재배면적 확대 및 품종집중도 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고품질 중심으로 추천품종수 축소('02 28품종→'03 18품종)</li> <li>• 추천품종 재배면적확대('02 84%, 883천ha → '03 93%, 942천ha)</li> <li>• 정부보급종 공급량 확대 ('02 10,782천톤 → '03 13,464천톤)</li> </ul>
	고품질 쌀 재배기술 지도·강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 푸른들가꾸기사업, 토양개량제공급 등 지력증진 추진                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자운영 및 녹비작물 재배 ('02 126천ha → '03 125kg/10a)</li> <li>- 규산질비료공급 ('02 394천ton → '03 390천ton)</li> </ul> </li> <li>• 이앙시기와 질소비료 사용량을 표준재배법 수준으로 개선                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이앙시기 (현행) 3~5일 조기이앙</li> <li>- 질소질비료 시비감축 ('02 12.3kg/10a → '03 11.5kg/10a)</li> <li>- 친환경농법 벼 재배면적 확대 ('02 11천ha→'03 19천ha)</li> </ul> </li> </ul>
	RPC위주의 [고품질쌀계열화사업] 내실화 및 수확 후 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고품질쌀 계열화 재배면적확대 ('02 188천ha→'03 245천ha)</li> <li>• 계약재배 품종수 축소: 대부분 3품종 이내 계약</li> <li>• 건조·저장시설 확충 및 지원체계 개선                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- '03년에 건조·저장시설 확충('03 44개소, 32천톤)</li> <li>- 고품질 쌀 생산시설(건조기, 집진기 등) 24개소지원</li> </ul> </li> </ul>
	소비자신뢰 제고를 위한 제도개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고품질 쌀에 대한 정확한 정보제공을 위해 포장양곡 표시사항을 개정·고시('03.1.14)</li> <li>• 브랜드 쌀에 대하여 소비자단체와 연대하여 품질평가 실시</li> </ul>
2004	고품질품종 재배면적 확대 및 품종단순화 지속 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고품질 중심으로 추천품종 단순화 ('04 18품종)</li> <li>• 추천품종 재배면적 확대 ('03 93%, 942천ha → '04 96%)</li> <li>• 정부보급종 공급량 확대('03 27%, 13,464천톤 → '04 30%, 14,537천톤)</li> </ul>
	고품질 쌀 생산기술 정착 및 친환경 재배 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 푸른들가꾸기사업, 토양개량제공급 등 지력증진                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 벧짚환원을 '04년 중점사업으로 집중 추진</li> </ul> </li> <li>• 질소질비료 시비 감축 등 고품질 재배기술 정착 ('03 11.5kg/10a → '04 11.0kg/10a)</li> <li>• 표준재배법 설정, GAP 및 생산이력제 도입 준비 추진</li> <li>• 자운영 및 녹비작물 재배('03 125천ha → '04 130천ha)</li> <li>• 규산질비료공급('03 222천ha, 414천톤→ '04 184천ha, 368천톤)</li> <li>• 친환경농법 벼 재배면적 확대('03 19천ha → '04 24천ha)</li> </ul>

년도	주요 정책내용	
2004	RPC의 고품질 쌀 생산·유통 역량 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고품질 쌀 계열화계약재배면적 확대('03 245천ha →'04 300천ha)</li> <li>• 품질 균일화 위해 품종 통일 및 재배법 표준화추진(2품종)</li> <li>• 수확 후 적정관리 위해 건조·저장시설 확충 ('04 80개소)</li> <li>• RPC경영평가를 통한 고품질쌀 유통기반 구축</li> </ul>
	품질차별화와 신뢰제고를 위한 품질관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산지, 품종, 도정일자 등 포장양곡 표시제 개선사항 홍보 및 적정여부 점검</li> <li>• 시중 유통쌀에 대한 품위점검·평가등 사후 품질관리 강화</li> </ul>
2005	<b>세계 최고의 고품질 쌀 생산·유통 체계 구축 : 맛있고, 안전하고, 잘 팔리는 쌀</b>	
	최고품종육성 및 우량종자 공급 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고품질 품종개발(3품종)</li> <li>• 심복배, 투명도 등 외관품위, 밥맛 및 도정수율 중점개선</li> <li>• 친환경 재배적응 복합 내병충성 품종 개발</li> <li>• 쌀 소비촉진 및 국제경쟁력 확보를 위한 기능성 품종개발</li> <li>• 보급종 종자 공급 확대('04 30% → '05 32%)</li> <li>• '05년도 종자증식 시범사업실시</li> <li>• 시장기능강화, 안정적인 식량공급 위해 공공비축제 도입               <ul style="list-style-type: none"> <li>- '05~'14년간 MMA쌀 의무적 도입</li> </ul> </li> </ul>
	지력증진으로 고품질쌀 생산기반조성 및 재배기술 조기 정착	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토양개량 지속추진               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 겨울철푸른들가꾸기 ('04 130천ha →'05 151천ha)</li> <li>- 규산질비료 입상공급 ('05 59%)</li> <li>- 볏짚완원 ('05 20%)</li> </ul> </li> <li>• 6대고품질 재배기술 실천운동 추진               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적기,이앙,적정 포기수 확보, 적정 물관리, 질소비료 사용량 감축, 최소 병해충방제, 적기수확</li> </ul> </li> <li>• 쌀 생산이력관리제도 도입추진</li> </ul>
	RPC수확 후 관리 시스템 혁신	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RPC 벼 계약재배면적 확대 ('05 32%)</li> <li>• RPC건조·저장·가공 시설 확충               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건조시설('05 40%), 저장시설('05 20%),저온저장(1%)</li> <li>- 농협 RPC 194개소를 '10년까지 100개소로 통폐합</li> </ul> </li> </ul>
	소비자에게 신뢰받는 유통체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원산지 부정유통 단속, 포장양곡표시제 정착으로 쌀 유통질서 확립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 쌀 품종DNA 관별기술 개발('05.1)</li> <li>- 등급 표시기준을 합리적으로 조정(특, 상, 보통 3등급)</li> <li>- 쌀·현미의 품종 표시 의무화('05.7.1)</li> </ul> </li> <li>• 쌀 브랜드 통합으로 소비자 신뢰 확보와 품질향상 유도</li> <li>• 쌀 품종 혼입을 개선, 밥맛이 가장 좋은 유통기간 표기 유도 (쌀 품질 검증 기반 구축 및 소비촉진 홍보 강화)</li> </ul>

년도	주요 정책내용	
2006	<b>맛있고 안전하고 잘 팔리는 고품질 브랜드 쌀 생산·유통 체계 구축 농업인의 생산의욕 고취, 소비자 신뢰 확립</b>	
	최고품질육성 및 우량종자 공급확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최고 품질품종의 지속적 육성('05 3품종 → '06 4품종)</li> <li>• 보급종 종자 공급 확대('05 32% → '06 35%)</li> <li>• 정부보급종 공급능력 확충과 함께 지자체·RPC보급종자 공급활성화</li> <li>• 친환경 농업 육성 지원</li> <li>• 지역특성에 맞는 지역 대표품종 자율 선정: 고품질벼 추천제도 '06년 폐지('06년부터 보급종 공급확대)</li> </ul>
	지력증진으로 고품질쌀 생산기반조성 및 재배기술 조기 정착	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토양환경 개선으로 고품질 브랜드쌀 생산 기반조성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 겨울철 푸른들가꾸기('05 151천ha → '06 136천ha)</li> <li>- 규산질비료 입상공급('05 59% → '06 68%)</li> <li>- 벧짚환원('05 20% → '06 20%)</li> </ul> </li> <li>• 질소비료 사용량 감축('05 9.9kg/10a → '06 9.5kg/10a)</li> </ul>
	RPC수확 후 관리 시스템 혁신	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RPC 벼 계약재배면적 확대('05 32% → '06 36.7%)</li> <li>• RPC 처리능력 확충('05 54.5% → '06 57.3%)</li> <li>• 농협 RPC 194개소를 '10년까지 100개소로 통폐합               <ul style="list-style-type: none"> <li>- '06년부터 RPC퇴출, 신규진입 경쟁체계 도입 및 제도개선</li> </ul> </li> </ul>
	소비자에게 신뢰받는 유통체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원산지 부정유통 단속, 포장양곡표시제 정착으로 쌀 유통질서 확립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원산지 위반자에 대해 강화된 형량 적용('06.1)</li> <li>- 유통양곡표시 지도·단속 강화('06.1.1)</li> </ul> </li> <li>• 쌀 브랜드 통합으로 소비자 신뢰 확보와 품질향상 유도               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소비자단체 주관 시중유통 브랜드쌀 평가 및 선정된</li> <li>- 우수브랜드 육성('06년부터 포상급 지급)</li> </ul> </li> <li>• 쌀 품종 혼입을 개선, 밥맛이 가장 좋은 유통기간 표기 유도 (쌀 품질 검증 기반 구축 및 소비촉진 홍보 강화)</li> </ul>
2007	<b>맛있고 안전하고 잘 팔리는 고품질 브랜드 쌀 생산·유통 체계 구축 쌀 품질 고급화 : 농업인(자신감 고취), 소비자(신뢰 제고)</b>	
	소비자가 인정하는 최고품질육성 및 우량종자 공급확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최고 품질품종의 지속적 육성('06 4품종 → '07 5~6품종)</li> <li>• 보급종 종자 공급 확대('06 35% → '07 42%)</li> <li>• 브랜드쌀 우수 경영체의 보급종 수요량 전량 공급 추진</li> <li>• 종자 신청·공급체계를 브랜드쌀 경영체 중심으로 전환               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 브랜드쌀 육성지원 확대를 위해 후보경영체에 대한 사전 주문제 활성화</li> </ul> </li> </ul>



년도	주요 정책내용	
2007	<p>지력증진으로 고품질쌀 생산기반조성 및 재배기술 조기 정착</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토양환경 개선으로 고품질 브랜드쌀 생산 기반조성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 겨울철 푸른들가꾸기('06 136천ha → '07 134천ha)</li> <li>- 규산질비료 입상공급('06 68% → '07 80%)</li> <li>- 벧짚환원('06 20% → '07 22%)</li> </ul> </li> <li>• 질소비료 사용량 감축('06 9.5kg/10a → '07 9.3kg/10a)</li> <li>• 키다리병 방제지도 강화</li> <li>• 6대고품질 재배기술 실천운동 추진(GAP·이력추적관리시스템 도입)</li> </ul>
	<p>RPC수확 후 관리 시스템 혁신</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RPC 벼 계약재배면적 확대('06 36.7% → '07 38.2%)</li> <li>- RPC건조·저장시설 확충('07 110개소)</li> </ul>
	<p>소비자에게 신뢰받는 유통체계 확립</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시·군단위 대표브랜드 8개 육성 추진('10년까지 100개육성)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- '07년부터 우수 쌀 브랜드 경영체 선발·집중 지원(8개소)</li> </ul> </li> <li>- 시중 유통 브랜드쌀 평가로 소비자 신뢰확보 및 양곡표시 제 정착</li> <li>- 쌀 품질 검증 기반 구축 및 소비촉진·우수사례 홍보강화</li> </ul>
<p><b>지역·들녘·품종별 차별화·정예화 된 고품질쌀 생산·유통체계구축으로 쌀 품질 경쟁력 제고</b></p>		
2008	<p>최고품질육성 및 우량종자 공급확대</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최고 품질품종의 지속적 육성('07 5품종 → '08 7품종)</li> <li>• 보급종 종자 공급 확대('07 42% → '08 50%)</li> <li>• 브랜드쌀 우수 경영체의 보급종 수요량 전량 공급 추진</li> </ul>
	<p>고품질쌀 생산기반조성 및 재배기술 조기 정착</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토양환경 개선으로 고품질 브랜드쌀 생산 기반조성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 겨울철 푸른들가꾸기('07 134천ha → '08 135천ha)</li> <li>- 규산질비료 입상공급('07 80% → '08 100%)</li> <li>- 벧짚환원('07 20% → '08 22%)</li> </ul> </li> <li>• 질소비료 사용량 감축('07 9.3kg/10a → '08 9.1kg/10a)</li> </ul>
	<p>RPC수확 후 관리 시스템 혁신</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RPC 벼 계약재배면적 확대('07 38.2% → '08 40%)</li> <li>- RPC건조·저장시설 확충('08 110개소 : 증설67, 통합10, 저온30)</li> </ul>
	<p>소비자에게 신뢰받는 유통체계 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '08년까지 선정된 고품질쌀 브랜드 경영체 16개소에 집중지원 시·군 대표브랜드로 육성</li> <li>- 쌀 품질방법 개선 및 시중 유통 브랜드쌀 평가로 소비자 신뢰 확보</li> </ul>
2009	<p>고품질 브랜드 쌀육성 &amp; 공공비축제 및 MMA수입쌀관리</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시장차별화를 위해 상품마케팅중심에서 브랜드마케팅중심</li> <li>• RPC통합과 연계하여 브랜드 광역화 추진</li> <li>• 농가소득지지, 수급조절을 위한 추곡수매제 실시</li> <li>• 수입쌀 부정유통차단, 양곡유통의 투명성제고를 위해 지속적 추진</li> <li>- 외국산 벼 품종 DNA확보 등 원산지 식별의 과학화</li> </ul>

년도	주요 정책내용	
2009	생산비 절감 추진 & 농작물 병해충방제지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>지력증진을 위한 녹비작물재배 확대 등 제 2녹색혁명</li> <li>토양개량제의 지속공급으로 토양개량과 시비효율성 증대</li> <li>유기질 비료 공급확대</li> </ul>
	RPC경영개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>생산에서부터 판매까지 일원화, RPC를 쌀 유통의 핵심주체</li> <li>2013년까지 시·군 당 1개의 RPC(농협RPC)체제</li> <li>생산지향적 전략에서 소비지향(마케팅에 중점)전략</li> <li>RPC의 통합 : 농협RPC, 민간RPC, 농협·민간RPC통합</li> </ul>
	고품질쌀 최적경영체 육성 & 농기계은행사업 (농협중앙회)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2014년까지[고품질쌀 최적경영체]가 벼 전체 재배면적의 50%담당</li> <li>생산비 절감</li> <li>농가조직화, 농기계임대사업 활성화 등</li> <li>- 농협에서 [벼농사용 농기계 은행사업]</li> </ul>
2010	<b>[수요자 중심의 고품질 쌀 생산] 차별화된 고품질쌀 생산체계 구축으로 쌀품질 경쟁력 제고</b>	
	고품질쌀 품종 육성·재배	<ul style="list-style-type: none"> <li>최고 품질품종의 지속적 육성('09 7품종 → '10 10품종)</li> <li>- 보급종 종자 공급 확대('09 54% → '10 60%)</li> </ul>
	지력증진을 통한 고품질쌀 생산기반 조성확대 및 고품질쌀 생산을 위한 비료·농약 절감	<ul style="list-style-type: none"> <li>토양환경 개선으로 고품질 브랜드쌀 생산 기반조성</li> <li>- 겨울철 푸른들가꾸기('09 118천ha → '10 135천ha)</li> <li>- 규산질비료 입상공급('09 364천톤 → '10 640천톤)</li> <li>- 벼짚환원('09 22% → '10 24%)</li> <li>비료, 농약 절감을 통한 벼 쓰러짐 방지대책 추진</li> <li>- 맞춤형비료 공급('09 10% → '10 70% → '11이후 80%이상)</li> <li>- 친환경농약('09 3종 활용 → '10 2종 육성)</li> </ul>
	벼 수확후관리시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>수확 후 정밀관리 프로그램 도입으로 쌀품질 고급화</li> </ul>
2010	<b>[RPC 규모화 전문화 유도] RPC 규모화, 전문화로 쌀유통의 중심체로 육성</b>	
	M&A 등을 통한 RPC통합 유도	<ul style="list-style-type: none"> <li>시·군 등 지역제한 없이 RPC간 통합유도</li> <li>- RPC개수 : ('09)263개소(농협 158, 민간105) → ('10) 250 (농협147, 민간103)</li> <li>- 통합시 최장 8년간 벼 매입자금 우대 지원</li> </ul>
	벼 수탁사업 활성화 및 RPC 진입 및 퇴출기준 제도개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>벼 매입자금 사용용도를 매취에서 수탁으로 전환</li> <li>벼 매입자금 지원규모 확대(9,184억원 → 1조원)</li> <li>대규모업체 신규진입허용, RPC간 경쟁체제도입(RPC중심 유통체계 구축 유도)</li> </ul>
수확 후 품질관리 인프라 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>RPC시설 현대화 ('07~'09) 26개소 → ('10) 8개소</li> <li>- 건조·저장시설 확충 ('05~'09) 1,123개 → ('10) 83개소</li> </ul>	

(표 2-1-6 계속)

년 도	주요 정책내용	
2010	[쌀 경영비, 소비확대 등]	
	쌀 경영비 절감	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 들녘별 경영체 육성, 인프라 지원 등을 통하여 '12년까지 쌀경영비 10%절감</li> </ul>
	쌀 소비 확대방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 쌀 가공산업 활성화를 통한 쌀 소비 확대</li> <li>• 가공용 쌀 사용량 확대, 밀가루 사용량의 10%를 쌀가루로 대체</li> </ul>
	쌀 전업농 전문인력 육성강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농가당 경영규모 6ha 수준의 쌀 전업농 7만호 육성</li> <li>• 들녘별 지도자 등 쌀농업 전문경영인 1,200명 교육</li> </ul>
	쌀대표조직운영 활성화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 쌀대표 조직이 경쟁력 제고, 수급조절 등 역할및 기능강화</li> <li>• 조직설립 → 자조금 단체 → 마케팅 보드(생산·유통 총괄)</li> </ul>

표 2-1-7. 최근 5년간 농림수산사업과 관련된 시설투자비(농림수산식품부, 2011)

구 분	고품질쌀 브랜드 육성사업비			DSC보급사업비		
	사업량	사업비	(보조)	사업량	사업비	(보조)
'07	8	176	72	110	615	258
'08	8	176	72	110	576	253
'09	10	220	88	104	544	239
'10	8	244	98	83	471	207
'11	4	126	38	29	201	89
계	38	942	368	436	2,407	1,046
평균	8	<b>188.4</b>	73.6	87.2	<b>481.4</b>	209.2

표 2-1-8. 2009년 RPC 관련 조사가능한 사업 및 추정투자액(한국식품연구원, 2009)

주 관	사업명	기준금액(억원/개소)	2009년 물량(개소)	추정사업비(억원)
농림수산식품부	가공시설현대화	22	10	220
	건조저장시설	3~9	104	544
경기도	가공시설현대화	3.2	7	22
전라북도	가공시설현대화	3~5	12	50
전라남도	가공시설현대화	4	9	36
강원도	저온저장시설	7.5	2	15
충청북도	저온저장시설	0.25	3	1
충청남도	저온저장시설	2.5	1	2
대구광역시	저온저장시설	6.3	1	6
기타	GAP제도 운영사업 등			124
계				1,020

## 2) 통합 및 고품질쌀 브랜드육성사업

- 정부에서는 RPC간의 규모화로 고품질 쌀 생산은 물론 비용절감 등을 통해 경쟁력 및 브랜드파워를 향상시키기 위하여 2004년부터 충남연기, 전북정읍, 전남보성 등 3개지역을 시작으로 통합을 추진하였으나, 정책적인 우대가 없는 상태에서 대부분 쌀농사가 주력인 조합의 자발적인 참여만으로는 당초 목적을 달성하기 어려웠음(표 2-1-9)
- 이에 정부에서는 정책적인 우대를 통해 통합RPC를 집중 육성하기 위하여 노력하였는데, 2007년부터 쌀시장 개방폭 확대 및 소비자 기호변화에 대응하기 위한 품질경쟁력 제고를 위해 소비자가 만족하고 신뢰할 수 있는 사군단위 대표브랜드 100개(2009년 대통령업무보고, 농림수산식품부)를 달성한다는 목표아래 농림수산사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)으로 추진한 고품질쌀 브랜드육성(가공시설현대화)이 대표적이라 할 수 있음
- 고품질쌀 브랜드육성사업은 2007~2009년까지는 개소당 20억원 사업규모(보조 60%, 자부담 40%)로 총 26개소 브랜드경영체에 대하여 사업이 추진되었으며, 2010년부터는 개소당 30억원 사업규모로 8개소 브랜드경영체가 선정되어 사업을 추진하고 있음
- 한편, 정부에서는 고품질쌀유통활성화사업내에 고품질쌀 브랜드육성사업과 건조·저장시설지원사업으로 구분되었던 2가지 사업을 2011년부터는 통합하면서 고품질브랜드육성을 가공능력 5~10톤/시간 이상, 개소당 40억원 내외로 사업범위에 따라 사업비를 탄력적으로 조정할 수 있도록 사업을 개선하였으며, 2011년 4개소, 2012년 4개소의 사업자를 선정하여 현재까지 총 42개소의 브랜드육성사업체가 선정되었음
- 정부에서는 2019년까지 추가 증설 10개소(쌀 생산량이 연간 32,000톤 이상인 RPC에 대해서는 추가로 가공시설현대화를 지원)포함하여 총 110개소를 추진할 계획임. 2012년 2월말까지 가공시설현대화가 종료된 브랜드경영체는 선정된 42개소(목표 110개소중 38.2%)중 27개소(목표 110개소중 24.5%)이며, 15개소(표 2-1-10의 밑줄친 브랜드경영체)가 사업 준비 중이거나 사업을 진행 중에 있음

표 2-1-9. 연도별 RPC 통합현황(농림수산식품부, 2012)

통합연도	시·도	시·군	통합(추진) RPC명	비 고
2004 (3개)	충남	연기군	동면(금남)	조합공동사업법인
	전북	정읍시	정우(고부, 이평, 신태인)	〃
	전남	보성군	보성(별교)	〃
2005 (4개)	충북	진천군	진천(이월, 덕산)	〃
	충남	부여군	규암(은산, 부여, 세도, 임천, 홍산, 남면)	〃
	전북	고창군	홍덕(고창, 상하, 무장)	〃
	전남	함평군	학교(나산, 손불)	〃

(표 2-1-9 계속)

통합연도	시·도	시·군	통합(추진) RPC명	비 고
2006 (2개)	경기	안성시	보개(일죽, 양성)	”
	경남	김해시	피엔라이스(신어산)	개인RPC
2007 (9개)	경기	용인시	백암(이동)	조합공동사업법인
	충북	음성군	음성(금왕)	”
	충남	예산군	고덕(덕산, 삼교)	”
	전북	김제시	진봉(광활)	”
	전북	김제시	김제(부량)	”
	전남	장흥군	장흥(관산)	”
	경남	김해시	김해	”
	경남	창원시	창원	”
	광주	광산구	대촌(본량)	”
2008 (7개)	강원	횡성군	횡성	”
	충북	청원군	오창(내수, 청남, 오송연합)	”
	전남	영암군	월출산 서호(월출산 시종)	”
	인천	강화군	길상(삼도)	”
	전북	익산시	함열	”
	전남	장성군	진원	”
	경북	의성군	다인(금성)	”
2009 (10개)	충남	공주시	신평	”
	충남	보령시	대천, 남포, 주산	”
	강원	고성군	토성	”
	충북	충주시	주덕, 대영(민간)	”
	전남	영광군	백수, 영광	”
	전남	무안군	무안, 일로	”
	경기	여주군	여주, 가남, 대신	”
	전남	나주시(민간)	봉황, 동강	개인RPC
	전남	강진군	강진, 도암	”
경북	경주시	안강	”	
2010 (3개)	전북	김제군	만경, 유풍(고창)	개인RPC
	경남	진주시	진양	조합공동사업법인
	경남	거창군	거창	”
2011 (2개)	경기	평택시	경기도연합(경기농산)	개인RPC
	경기	파주시	북파주(신교하, 탄현, 파주)	조합공동사업법인
계	40개소		89개소	

표 2-1-10. 고품질 쌀 브랜드육성사업에 선정된 브랜드경영체

구 분	농 협		민 간	계
	통 합	연합 / 단독		
2007	경기안성, 충북진천, 충남연기, 충남부여, 전북정읍, 전북고창, 전남함평	전남해남(옥천)		8
2008	충남예산, 전북서김제, 전남보성, 전남장흥(정남진), 경북의성	경기이천(남부), 경북상주	군산제회	8
2009	강원횡성, 전북익산, 전남영암, 경북경주, 경남김해	충남당진(신평), 전북남원, 경남의령, 경북서안동		9
2010	경기여주, 충북음성, 충남공주, 전남영광, 전남무안	경남함양	나주봉황, 김천건양	8
2011	충북청원, 충북충주	충남서산(운산), 경북포항(흥해)	의성삼안	5
2012	충남보령, 전북임실, 충남서천	-	청원광복	4
계	27	10	5	42
	37			

주) 밀출진 브랜드경영체는 가공시설현대화 추진중

- 통합에 의해 통합RPC의 매출규모 증대는 쌀 유통량의 50.6%를 차지하는 대형유통업체에 대한 물량을 충족할 뿐 아니라, 수지여건도 개선되는 등(2007, T Plus) 통합의 효과가 나타나 통합추진에 더욱 탄력을 받고 있음(표 2-1-11참조)
- 농림수산식품부(2011)의 조사자료에 의하면 통합과 고품질쌀 브랜드육성사업의 추진으로 인해 쌀 판매량의 증가는 물론, 쌀 가공비용의 절감, 인력절감 등으로 인한 경영수지개선의 효과가 클 뿐 아니라 시장교섭력도 강화된 것으로 나타나 향후 통합의 추진과 고품질쌀 브랜드육성사업의 지속적인 추진이 기대되고 있음(표 2-1-12, 표 2-1-13, 표 2-1-14참조)

표 2-1-11. RPC 규모별 매출액 및 기타 지표(2007, T Plus)

구 분	매출액(백만원)	영업이익율(%)	건조능력	저장능력
농협비통합RPC	10,346	2.21	9,033	4,452
농협통합RPC(A)	22,626	4.36	27,563	12,410
민간RPC(B)	11,358	3.75	6,689	4,701
전체	11,205	2.89	8,837	4,852
A/B	2.0	1.2	4.1	2.6

표 2-1-12. 통합 RPC의 경영실적 개선효과(농림수산식품부, 2011)

구 분	통합 전(A)	통합 후(B)	비 고
개소당 평균매출액	74억원	211억원	137억원 증가
개소당 순이익액	△137백만원	238백만원	375백만원
RPC 가동율	50%	80%수준	30%증가
쌀브랜드 수 감축	282개	58개	224개 감소
대형 거래처 확대	44개RPC 5개	17개RPC 28개	23개 증가
인력절감	280명	220명	60명 감소

표 2-1-13. 비통합 RPC와 통합 RPC의 쌀 가공비용 비교(농림수산식품부, 2011)

비통합 RPC(농협 174개 평균)				통합 RPC(농협 5개소 평균)						절감율 (A-B)/ A×100
가공 원료곡 (천톤)	가공비용(백만원)			톤당 제조비용 (천원,A)	가공 원료곡 (천톤)	가공비용(백만원)			톤당 제조비용 (천원,B)	
	노무비	제조경비	계			노무비	제조경비	계		
1,016	44,149	86,357	130,506	128	100	3,492	7,641	11,133	111	△13.3%

- 한편, 시설과 기술적인 측면에서 2006년 한국식품연구원에서 기존 RPC의 문제점을 보완하여 RPC의 GAP 농산물우수관리시설기준(안)과 지역단위 대규모 통합RPC 모델과 통폐합되는 기존 RPC의 시설 개선 및 효율적인 활용방안을 제시하였으며, 제2세대 RPC 가공시설의 설치방안은 2007년부터 시작된 정부의 고품질쌀 브랜드육성사업의 기준모델로 활용되기 시작하였음
- 1991년부터 2001년까지 건설된 328개소 RPC에 비해 2007년부터 시작된 고품질쌀 브랜드육성사업은 ① MMI(Man Machine Interface) 및 YICS(Yield & Inventory Control System, ② 자동수율 및 재고관리시스템)에 의한 PC제어, ③ PCS(Pneumatic Conveying System, 공기이송시스템) 및 로봇 적재시스템의 도입 등 자동화, ④ GAP 농산물우수관리시설기준의 적용 등 안전성확보, ⑤ RPC단위 기계 및 장비에 대한 성능검정 및 시설에 대한 성능검사 등 우수한 단위기계 도입체계 구축, ⑥ 한국식품연구원에서 정책연구사업으로 개발한 새로운 가공공정의 반영 등의 특징을 갖고 있음
- 이상과 같이 고품질쌀 브랜드육성사업으로 추진된 RPC는 1991년부터 2001년까지 보급된 RPC에 비해 기술적으로 구분되는 특징이 많고, 시기적으로 약 6년 이상의 공백을 갖고 있어 통칭 “제1세대 RPC” 및 “제2세대 RPC(또는 CRPC)”로 구분하여 칭하고 있음(표 2-1-15)

표 2-1-14. 고품질쌀유통활성화사업의 연도별 재정투입 계획(농림수산식품부)(단위 : 백만원)

구 분		2009년까지	2010년	2011년	2012년	2013년이후
합 계		635,650	71,500	35,700	35,950	767,900
고품질쌀 브랜드 육성	소 계	57,200	24,400	12,600	12,850	187,100
	국 고	23,200	9,760	3,820	3,895	56,170
	지방비	12,400	4,960	3,740	3,895	56,170
	자부담	21,600	9,680	5,040	5,060	74,760
벼 건조·저장 시설	소 계	578,450	47,100	20,100	20,100	535,800
	국 고	223,110	20,730	8,850	8,850	160,740
	용 자	101,200	-	-	-	-
	지방비	38,455	4,710	2,010	2,010	53,580
	자부담	215,685	21,660	9,240	9,240	321,480
국산밀 건조·저장 시설	소 계	-	-	3,000	3,000	45,000
	국 고	-	-	900	900	13,500
	지방비	-	-	300	900	13,500
	자부담	-	-	1,800	1,200	18,000

표 2-1-15. 제1세대 RPC와 제2세대 RPC의 차이

항 목	제1세대 RPC	제2세대 RPC
규 모	2.5~5톤/시간	5~20톤/시간
자동화	PLC제어	MMI(Man Machine Interface) PC 제어, 로봇 적재시스템, Pneumatic Conveying System 등
안전성	-	GAP 농산물우수관리시설기준, 흡인식청소시스템
운영관리	수작업	YICS(Yield & Inventory Control System) 등
		



### 3) RPC의 GAP 농산물우수관리시설기준

- 쌀 개념이 단순한 「식량」에서 「식품이면서 상품」으로 패러다임이 전환되면서 RPC에서 고품질, 연중 균일한 품질 및 안전한 쌀 생산이 중요해졌으며, 정부에서는 2006년에 쌀 GAP이력추적시스템 도입을 본격적으로 추진하면서 2002년부터 추진되어왔던 「고품질 쌀 생산」에서 2006년부터는 「안전한 고품질 쌀 생산」으로 전환하였음

표 2-1-16. RPC 농산물우수관리시설기준 추진 경위

일자	제 목	주요내용	주관
2006. 10. 20	GAP이력관리 T/F팀 회의	RPC로의 GAP적용시 예상되는 문제점 사전 협의	농림부
2006. 11. 15	RPC 및 관련기관, 관련업체 협의	농림부 요청에 의해 우수농산물관리시설 기본(안) 작성 후 검토	식품연
2006. 11. 21	쌀 GAP추진을 위한 협의회	우수농산물관리시설기준 최초(안) 발표(식품연) 및 유관기관 협의	농림부
2006. 12. 7	농산물 유통시책 토론회	GAP분과에서 RPC로의 GAP도입방향에 대해 협의	농림부
2007. 1~3	RPC심사매뉴얼 연구협의	농관원지원별(경기, 강원, 전남) RPC 심사매뉴얼 연구	농관원
2007. 4. 4	RPC심사 매뉴얼 검토회의	우수농산물관리시설 심사매뉴얼 관계기관 검토회의 및 의견수렴	농관원
2007. 4. 말	관련기관 및 단체의 검토결과 취합	우수농산물관리시설 심사매뉴얼 확정	농관원
2009. 12	농산물우수관리시설기준 항목별 지정기준 일부개정	천정의 돌출부위 시공강화 등	농식품부 농관원
2011. 3. 31	농산물우수관리시설기준 항목별 지정기준 일부개정	천정의 돌출부위 시공에 관한 단서조항 포함 등	농식품부 농관원
2012. 1	농림수산업(14. 고품질유통활성화사업)지침 개정	고품질쌀 브랜드육성에서 GAP의무사항해제 및 기본시설요구사항 반영	농식품부
2012. 2	RPC의 농산물우수관리시설기준 개정(안) 작성	농림수산부의 요청에 의해 APC와 분리된 RPC의 개정(안)작성(식품연) 및 유관기관회의	식품연 농식품부
2012. 3	개정된 농산물우수관리시설기준 개정(안) 입법예고준비		농식품부 농관원

- RPC에 대한 GAP 농산물우수관리시설기준 제정을 위해 2006년 11월 21일 한국식품연구원에서 최초의 안을 작성하여 발표하고 유관기관과 검토회를 가졌으며, 국립농산물품질관리원에서 항목별 점검내용에 대한 많은 검토와 토론을 거친 후 2007년 4월말 확정하여 실시하였음. 관련 법적인 근거는 농산물품질관리법 시행규칙 제15조의13(우수관리시설의 지정요건 및 절차 등)의 별표 3의6으로 RPC APC가 공통으로 준용함
- 정부에서는 2007년부터 추진한 고품질쌀 브랜드육성사업으로 추진한 현대화된 가공시설에는 GAP농산물우수관리시설 인증을 받을 것을 의무화하였으나, 시설기준이 천정의 도출부분에 대한 시공방법의 강화 등으로 개정되면서 논란이 많아졌으며, 이로 인해 2012년 1월 고품질쌀 브랜드육성사업에서 GAP농산물우수관리시설 인증 의무화를 해제한 대신 시설 기본요구사항을 준수하도록 농림수산사업시행지침을 개정하였음(표 2-1-16)
- 또한, 정부에서는 농산물품질관리법 시행규칙에서 1개의 시설기준을 사용하는 대신 RPC와 청과물과 같이 품목별로 다른 점검내용을 적용했던 기존의 시행지침을 각 품목별로 별도의 시설기준으로 제정하는 방향으로 일부 개정을 하기위해 입법예고 준비 중이며, RPC에 대한 GAP농산물우수관리시설 기준(안)이 한국식품연구원에서 제시되어 유관기관 논의를 통해 정부에 제출되어 있음

## 2. 관련 기술의 현황 및 문제점

### 가. 관련 기술의 연구개발 현황

- 벼의 품질은 한번 저하되면 어떠한 조작을 가해도 가역적(可逆的)으로 상승되지 않으므로 농민이 재배하여 수확된 벼의 고품질을 잘 유지하여 소비자에게 그대로 전달하는 것은 전적으로 RPC의 몫이라고 할 수 있음. 즉, 벼 수확후 쌀 품질의 대부분이 RPC에서 결정되므로 수확직후의 고품질을 최대한 유지하기 위해서는 반입, 건조, 저장 및 가공 등 RPC 각 공정이 최적조건으로 운영되어야 함
- 1991년 RPC에 대한 최초의 모델이 한국식품연구원에서 개발된 이후, 한국식품연구원 및 농촌진흥청과 같은 연구기관, 서울대학교, 성균관대학교, 충북대학교, 충남대학교 등 많은 대학에서 연구가 활발하게 진행되었고, RPC 보급사업은 농협중앙회 주도로 진행되면서 모델의 기술성 및 효율성에 대한 논쟁도 심하였으며, 한국식품연구원 모델을 포함한 약 8개정도의 모델이 설치되었음
- 특히, 1995년부터 시작된 정부양곡의 물벼의 산물수매에 따라 물벼의 반입, 건조 및 저장시설의 연구 및 관심이 집중되면서 건조저장시설의 성능 및 능력이 향상되는 등의 변화를 거쳤으나, RPC가공시설은 큰 변화 및 개선 없이 2001년 사업이 중단되었음
- 정부정책이 2002년부터 고품질 쌀 생산으로 전환된 이후, 급격하게 상승된 고품질 쌀 생산 붐과 함께 건조·저장에 비해 상대적으로 시설 및 기술수준이 열악한 가공에 대한 관심이 집중되었으나, 2002년 당시에는 가공에 관한 체계적인 연구는 찾아보기 어려웠고, 가공시설 및 운영기술이 고품질 쌀 생산에 적합한지에 대한 객관적이고 종합적인 검토에 결과도 찾아보기 어려웠음
- 특히 정미분야는 구전(口傳)되어온 속설이 대단히 많을 뿐 아니라, 도정기사가 갖고 있는 경험을 know-how로 여겨 후임자에게 기술전수가 거의 이루어지지 않는 폐쇄적인 분야로서 당시의 기술수준도 대단히 낮은 특징을 갖고 있었음
- 또한, 제1세대 RPC의 보급이후에는 관련 연구가 급감하는 경향을 나타내었음. 그러나 전문연구회는 비교적 활성화되었는데 1991년 한국과학재단 산하의 연구회로 등록된 곡물종합처리연구회 등을 기반으로 2003년 한국RPC연구회가 설립되었고, 정기적으로 「RPC 기술과 경영」이라는 연구회보를 발간하고 있으며, 2012년 현재는 RPC와 관련된 연구는 한국식품연구원 등 극히 일부 연구기관 및 대학에서 추진되고 있음
- 다음 표 2-1-17은 한국식품연구원에서는 2002년부터 현재까지 진행되었던 RPC와 관련된 과제를 정리한 것임. 표에서 알 수 있듯이 주요 연구분야는 건조저장, 가공, 유통 및 품질, 평가 및 분석 등 수확후 전 분야이었으며, RPC에서의 새로운 공정체계 및 기준개발, 고품질 쌀 생산을 위한 기술개발, 객관적인 단위기계 및 시스템 성능의 평가기준 및 방법의 개발 등이 주를 이루고 있었음
- 가공시설 보급이 중단된 2001년 이후에도 정미분야와 관련해서는 도정기준정립(백도 40, 2004, 식품연), CBB index를 이용한 도정편차측정기술(2006, 식품연), 도정배분 조절기술(2007, 2008, 2009, 식품연) 등의 연구개발 결과가 보고되었으며, 이외에도 RPC 성능평가방법 및 기준연구, 정미

시스템 및 색채선별기 등 주요 단위기계 성능향상에 대한 연구, 저온도정 등 도정기술연구, 클린라이스 등 새로운 도정관련시스템에 관한 많은 연구가 지속적으로 진행되었음

표 2-1-17. 2002~현재까지 한국식품연구원에서 수행한 RPC관련 주요 연구과제 현황

연구분야	연구년도	주요 연구과제	비고
건조·저장	2002~2005	산물벼의 실중량 거래를 위한 정선지수 측정 시스템 개발	
	2002~2005	벼의 저온건조 저장특성 및 건조기 최적 운영 조건 확립	
	2002~2003	연속식 건조기 운영시험	
	2003~2006	병류형 곡물건조기 최적 운영조건 확립	
	2004	쌀 전업농 규모의 곡물냉각저장시스템 개발	
	2005	RPC의 건조저장 시설 및 운영기술현황 조사 분석 연구	
	2005	건조시설의 우수시공기술 조사분석	
	2006~2007	건조저장시스템의 효율적인 운영방안에 관한 연구	
	2007	양곡 보관 시설기준 및 농협창고 활용방안 연구용역	
	2008	다목적 곡물 및 유채씨 건조기의 운영조건 확립	
	2009~2011	저에너지 환경조성 벼 저장 및 실시간 도정품질제어 기술개발	
	2009~2011	다목적 곡물건조기의 최적설계 및 작동조건 확립	
	2010~2012	벼의 산물처리에 따른 감모기준 및 재고량예측기술 개발	
가공	2003~2005	고품질 쌀 생산과 유통을 위한 균일 도정 기술 개발	
	2003~2004	고품질 쌀 생산을 위한 현미 냉각시스템 개발	
	2004~2007	쌀 산업 경쟁력 강화를 위한 RPC Remodelling 기술 개발	
	2005	RPC 가공시설 개선 연구용역	
	2005	RPC 수확 후 품질개선에 관한 연구	
	2006	안전한 고품질 쌀 생산 및 유통을 위한 도정품질 제어기술 개발	
	2006	RPC 고품질 쌀 정미가공기술 연구	
	2007~2010	클린라이스 품질기준설정 및 제조시스템 개발	
	2007~2008	정미시스템(모델 HSVJ-3-80B)의 성능평가	
	2008~2010	정미시스템(모델 CB-100, TFA-50)의 도정특성 향상에 관한 연구	
	2009~2012	친환경 RPC 집진시스템 개발	
	2009	도정특성 공정별 성능평가 실험 실험지원	
	2011	저수분 벼의 적정 도정배분 연구	

(표 2-1-17 계속)

연구분야	연구년도	연구개발 내용	비고
품질·유통	2000	국내쌀의 유통 기반 확립 및 경쟁력 강화를 위한 외형적 품 위기준설정에 관한연구	
	2000~2001	유통 쌀의 품질 유지를 위한 유통 방법 및 포장 기술 개발	
	2001	쌀의 저온 유통기술 개발	
	2002~2005	국내 쌀의 품질 차별화 기술 개발 연구	
	2002~2003	쌀 포장방법 연구	
	2003	쌀 유통실태 및 유통조건에 따른 품질변화	
	2002~2003	가정용 냉장 시스템을 이용한 쌀의 저장연구	
	2004~2005	NIT 시스템을 이용한 벼의 품위(충실도) 측정기술 개발	
	2004~2005	고품질 쌀 생산 및 유통을 위한 기술지원 사업	
	2005~2006	숯을 이용한 쌀 전용 포장소재 개발	
	2006~2008	고품질 쌀 유통 및 밥의 품질 향상을 위한 취반기술 개발	
	2006~2008	쌀의 외형과 성분인자를 이용한 종합 품질측정시스템 개발	
	2008~2009	쌀 포장방법 연구	
	2008	RPC의 수율관리 및 이력추적시스템 모델 개발	
2010~2012	지능형 식품 생산, 유통 환경 제어시스템 개발		
평가·분석	2002~2003	가정용 냉각쌀통 “쌀장고”의 성능평가에 관한 연구	
	2003~2006	수확후 품질관리 기술분석	
	2004	농협 쌀 품질개선을 위한 RPC 프로세스 개발	
	2004	농협 RPC 산물벼 품질분석	
	2005	쌀 품위 측정기(RN-300)의 성능평가	
	2006~2007	쌀 품위 측정기(ES-1000)의 성능평가	
	2007	쌀 경쟁력 제고를 위한 기초조사	
	2007~2008	쌀 품위측정기(모델 : RGQI10B)의 성능평가	
	2010	고품질쌀 브랜드육성사업 성능검사방법 연구	
	2011	RPC단위기계 및 장비 성능평가 방법 및 기준설정연구	
	2011~2012	고품질쌀 유통활성화사업 기반구축 연구	

- 그러나, 이러한 RPC관련 연구개발 과제 중에서 RPC의 집진, 이송시설 및 부대시설에 대한 연구개발은 물론, RPC의 소요전력 분석 및 에너지절약을 위한 기술개발 등 RPC의 효율적인 운영을 위해 필요한 실무적인 부분에 대한 연구개발은 전무한 상태이었음
- 한편, 최근에는 미래 RPC에 적용할 수 있는 기술에 대한 연구도 진행되고 있는데 대표적인 연구로는 한식연이 2010년부터 수행해오고 있는 RPC의 재고, 이력 및 품질 관리 등 지능형 운영관리를 위해 u-IT기술을 융합한 u-RPC(Ubiquitous-RPC)모델을 개발과제로서, 가공공정중의 이력과 물량관리를 위한 YICS(Yield and Inventory Control System) 등 일부 결과는 이미 상용화되고 있어 u-RPC를 제2세대 RPC와 구분하여 제3세대 RPC라고 칭하고도 있음
- 주요 개발기술은 재배 수확단계에서는 GIS(Geographic Information System, 지리정보시스템), LBS(Location Based Service, 위치기반서비스), Mobile 및 RFID 시스템 및 관련기술을 벼의 수확시기별 QI(Quality Index, 품질지수)와 반입시스템과 융합한 벼의 재배 및 반입시의 물량, 이력, 품질관리시스템 등을 들 수 있으며, RPC에 소속된 DSC의 물량 및 이력관리를 위한 E-YICS시스템이 개발되고 있으며, lot별 품질관리를 위해 Machine vision과 NIR을 이용한 CBB index, 백도, 함수율, 품위, 단백질함량 등 on-line 품질측정시스템이 개발되고 있음
- 한편, 지금까지 등록된 유관 특허 및 실용신안 등 주요 지적재산권 현황은 다음 표 2-1-18, 2-1-19, 2-1-20과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 RPC와 관련된 기술은 일반 업체는 물론이고 한국식품연구원 및 농촌진흥청 등 연구기관의 지적재산권이 많았으며, RPC에서 집진시스템과 관련해서는 주로 건조기의 배풍집진을 위한 터보클리너에 관한 업체의 지적재산권이 많았음
- 선별기와 관련해서는 주로 색채선별기에 대해 업체의 지적재산권이 주류를 이루었으며, 그 외에 현미분리기, 풍력선별기 등 일부 지적재산권이 있었음

표 2-1-18. RPC와 관련된 국내 주요 지적재산권 등록현황

특허명	특허권(실용신안권자) /발명자(고안자)	특 징
곡물 부산물 처리방법 및 장치 (10-0834-1230000)	김재덕, 장풍진, 권혁재/ 김재덕, 권혁재	1. 곡물 부산물을 수거하여 보조탱크에 저장단계 2. 보조탱크에서 주탱크로 블로워를 회전시켜 이송단계 3. 이송 완료된 곡물 부산물을 주탱크에서 수거포대로 배출단계 4. 곡물 부산물을 프레임내부에서 각각의 수거포대에 수집단계
가공쌀 및 그의 제조 방법 (10-0607-4600000)	이창순/이창순	1. 쌀 가공시 벼 이삭을 기열혼제함으로써 가공된 쌀의 품미가 향상 2. 가공된 쌀을 익은 상태로 제공하여 대용식 등의 다양한 식품으로 이용함 3. 청결단계를 거친 쌀에 천연미네랄소금, 비타민, 제라틴의 혼합물을 분사 코팅하는 단계를 포함하는 특징임

특허명	특허권(실용신안권자) /발명자(고안자)	특 징
고품질 쌀 생산을 위한 초임계 유체를 이용한 벼의 수확 후 관리기술 및 이로 부터 생산된 곡물 (10-0858-5570000)	주식회사 유맥스/ 주영운, 이상수, 서장원, 이주철, 신언무	1. 도정전의 벼를 직접 초임계 유체 처리함으로써 지방산의 산화로 인해 생성되는 냄새를 제거, 전분호화에 필요한 소비에너지를 줄이고, 영양분의 감소를 최소화함 2. 잔류농약 및 유해물질이 제거되어 밥을 지을 때 세미가 필요 없는 쌀을 생산함
도정시스템 (20-0284-1440000)	신철수/신철수	1. 점유 면적을 크게 차지하지 않으면서도 현미, 정미 공정을 연속적으로 처리함 2. 정미시 식각과정에 의해 깎여지는 식각정도를 원하는 정도로 용이하게 조절하는 장점
미곡종합처리장의 수직형 연속식 왕겨 탄화 제조장치와 열분해 가스화를 이용한 발전 시스템 (10-2010-012058)	주식회사 대원지에스아이/ 서용교	1. 수직형 연속식 왕겨 탄화 제조장치에서 열분해 가스화를 통한 발전시스템을 이용한 친환경 저탄소 그린 미곡종합처리장에 관한 것임
비산먼지 저감형 친환경 호퍼 (20-0456-9770000)	임동일/임동일	1. 낙차에 의한 충격을 최소화 하여 낙하 충격에 의한 비산먼지 발생을 근원적으로 차단함 2. 하부에 먼지 포집용 흡입후드와 집진기를 설치하여 제진함으로써 비산먼지의 외부 배출을 현저히 줄일 수 있도록 고안된 장치
순환식 병류형 곡물 건조기 (10-0968-9660000)	한성공업주식회사/ 금동혁, 한재웅, 김동철, 김의웅, 김훈, 한종규, 강 성열, 조성우, 김동선	1. 곡물을 순환시켜 목표함수율까지 곡물을 보다 효과적으로 건조시킬 수 있는 순환식 병류형 곡물건조기임 2. 각 배관군의 열풍배출배관은 서로 일정 간격 이격되는 것이 특징임
쌀의 도정방법 (10-2010-0006655)	(주)토지, 김진현/김진현	1. 정미된 쌀에서 연미만을 선별하여 진공 포장하는 단계를 포함하는 신선도가 유지되고 영양소의 파괴가 적은 쌀의 도정방법임
쌀의 가공방법 (10-0885-2180000)	송산영농조합법인/ 전위중	1. 벼를 1차 도정한 현미에 희토류계의 천연광물 분말을 피복하여 광물의 음이온 발산 및 미립물질 흡착 작용에 의하여 장기간 보관하여도 변질되지 않음 2. 잔류농약을 제거하고 도정된 백미에 미강유를 코팅하여 쌀의 맛을 개선하고 다양한 영양분을 제공할 수 있도록 함

특허명	특허권(실용신안권자)/ 발명자(고안자)	특징
온습도측정기가 부착된 사일로 원격제어 장치 및 원격제어방법 (10-0720-8330000)	주식회사 두손/추광문	1. 미곡종합처리장(R.P.C)와 위성시설(D.S.C)의 무인 자동 운전이 가능하고 원격제어 기능과 비상 경보 체계가 구비된 온도와 습도 측정기가 부착된 사일 로 원격 제어 장치 및 원격 제어방법에 관한
왕겨 저장배출 장치 (20-0396-0260000)	주식회사 신흥강관/이경희	1. 도정능력 증가에 따른 대처 및 사후관리가 용이하 고, 경제적인 부담이 적고 저장된 왕겨를 자동으로 배출할 수 있어 작업효율성이 우수함
왕겨의 팽연 및 분쇄장 치 (10-0953-8620000)	김상돈/김상동	1. 왕겨를 두 롤러의 사이를 통과할 때 아주 작은 크 기로 분쇄하여 수분의 흡수율을 높이고 친환경적 인 원료로 이용할 수 있는 제품의 원료로 가공하 도록 구성함
위상차를이용한비파괴 함수율측정장치 (10-0289-3350000)	최병준/최병준	1. 정전용량 변화에 따른 위상차 변화를 이용하여 농 산물이나 식품의 함수율을 비파괴적으로 측정하는 장치임 2. 측정 대상물의 함수율을 비파괴 방식으로 간편하 면서 정확히 측정 할 수 있도록 함
조선기 (10-0461-4590000)	최우혁,최점도/ 최우혁,최점도	1. 조선공정에 이어 석발 공정을 거친 벼를 현미기에 공급하여 현미기의 마찰률을 보호하여 높은 제현 율을 유지함
해충방지장치가 구비된 버킷엘리베이터 (10-0626-8080000)	비봉단위농협/정성기	1. 케이싱의 내벽면을 청소할 수 있는 상기 탄성부재 가 구비됨 2. 케이싱 내의 모서리에는 상부에서 하부에 걸쳐 배 치되어 허브향이 발산되는 허브향발산장치가 마련 된 특징임
호퍼스케일 장치 (10-8950-0480000)	주식회사 아이디알시스템/ 최병준	1. 호퍼스케일 장치는 메인제어부와 통신, 입고관리프 로그램을 이용하여 입고관리자 고객관리등록, 호퍼 스케일 계량기에서 계량된 미곡중량을 수매시 요 구 함수율의 입고 중량으로 환산되게 해주는 중량 환산지수표의 설정관리, 수매가격설정관리를 수행 하는 호스트 컴퓨터로 구성됨
벼 도정수율 자동판정기 (10-0306-0220000)	대한민국(농촌진흥청 ,쌍용기계산업주식 회사/윤홍선,조영길, 전경우,이중희	1. 소량의 벼시료를 한 번 투입하여 도정공정을 단시 간에 일괄적으로 수행함 2. 제현율과 현백율 및 도정수율을 컴퓨터에 의해 객 관적으로 신속, 정확하게 판정할 수 있게 됨



특허명	특허권(실용신안권자)/ 발명자(고안자)	특 징
건식연미장치 (10-0362-2310000)	대한민국(농촌진흥청), 주식회사고려엔지니어링/최희석,이선호,노대현, 정성근,박희만,전희환	1. 물을 사용하지 않고도 연미작업이 가능하여 습식 연미기의 문제점인 과다 가수 및 불균일 가수에 따른 쌀 품질의 저하우려, 겨울철 가수 장치의 동 파우려 및 금망 외벽부 미장 고착 등의 문제 해소 됨
이동형 농산물 냉각 장치 (10-0316-3190000)	대한민국(농촌진흥청), 서울냉열주식회사/ 윤홍선,조영길,조광한, 이원욱,김유호,정훈,오 병기,안민환,안창환	1. 외기온도변화에 관계없이 냉각 공기의 온도와 습도를 저장 농산물의 특성에 맞게 자유롭게 조절하여 일정하게 유지시킬 수 있음 2. 농산물의 종류에 관계없이 냉각을 필요로 하는 저온 저장고나 곡물사일로 등으로 간편하게 이동시켜 범용으로 사용할 수 있음
곡물 성분함량 측정장치 및 그 측정방법 (10-0921-9140000)	대한민국(농촌진흥청)/ 윤홍선,정훈,이현동,김 영근	1. 곡물 시료가 채워지는 시료셀, 광을 시료셀에 조사하는 광원부, 통과한 광을 일정한 파장 간격별로 분광하는 분광기, 분광된 광을 전기적 신호로 변환하는 수광기, 전기적 신호를 광 스펙트럼으로 변환하고 기존의 성분예측모델과 비교함으로써 곡물 시료의 성분함량은 연산하는 연산장치를 포함함
쌀겨 제거장치 (10-0504-2470000)	대한민국(농촌진흥청)/ 최희석,정성근,박희만, 홍성기,전희환	1. 정미 또는 연미공정이 끝난 후 정전기 특성을 이용하여 가공과정에서 쌀에 부착되어 있는 미세 쌀겨 및 이물질이 효과적으로 분리될 수 있도록하여 더 청결한 쌀의 생산함
벼 정선기 (10-0242-2840000)	대한민국(농촌진흥청), 주식회사대륙기계/ 조남홍,박희만,이선호, 조영길,오성근,홍종태, 이원욱,이상봉	1. 건조 처리된 벼나 수확된 물벼형태로 반입되는 고수분벼, 벧질 및 수절립을 정선처리하기위한 벼 정선기임 2. 종래의 대형정선기가 갖는 수분의 함량이 많은 원료의 정성이 불가능한 단점을 보완함
용적중을 이용한 벼 품위 결정방법 (10-0683-9470000)	한국식품연구원/ 이세은,김동철,김상숙, 김의웅,김훈,박궁순	1. 제현율과 시료벼의 용적중을 고려하여 이미 작성된 검사규격표와 대비하여 벼 품위를 결정하는 단계를 포함하는 벼 품위의 결정방법을 제공함

특허명	특허권(실용신안권자)/ 발명자(고안자)	특 징
근적외선 분광기를 이 용한 산물벼의 비파괴 적 현미 및 백미단백 질 함량 측정 방법 (10-1000-8890000)	대한민국(농촌진흥청), 포스코리아(주)/ 천아름,김재현,서세정, 김선림,송진,정웅기,최 윤희,손종록,김기중	1. 산물벼를 투과한 근적외선 스펙트럼과 가공 후 단백질 함량을 측정한 상관관계를 이용한 최적의 검량식은 MPLSW-X-Y-Z로 표현되는 변형부 분최소 자승법임. 2. 도정미가 현미일 때 MPLS 2-4-4-1, 백미일 때 MPLS 0-0-1-1 을 적용함
곡물저장용 공기냉각 장치 및 곡물냉각저장 방법 (10-0320-6320000)	한국식품연구원/ 김의웅,김동철,이세은	1. 벼의 냉각에 사용되는 공기냉각장치와 외기온도변 화에 따라 냉각 저장이 가능한 방법에 관한 것임 2. 벼의 냉각에 활용할 수 있어 식미가 우수하도록 유지하는데 기여할 수 있음
산물 벼의 정선지수측 정장치 (10-0497-2270000)	한국식품연구원/ 김의웅,김동철,이세은, 김상숙,김훈	1. 이물량을 정밀하게 분리하기 위여 기류선별장치 내장됨 2. 벼의 투입과 배출시 건조에 따른 벼의 실중량이 감소하는 것을 측정하도록 중량측정장치 및 함수 율 측정장치 내장됨
현미 및 백미의 품온 조정용 공기온도 조정 장치 및 품온조정 방 법 (10-0295-2700000)	한국식품연구원/ 김의웅, 김동철, 이세은, 김상숙	1. 본 발명은 도정공장의 현미탱크에 보관중인 현미 와 정미중인 정미 및 백미탱크에 저장중인 백미 의 품온을 공기로 냉각 또는 가열하는 공기온도 조정장치와 조정된 공기의 공급장치 및 이들 장 치를 사용하여 현미와 백미의 품온을 조정하는 방법에 관한 것임
벼의 공기냉각장치 및 냉각저장방법 (10-0424-3570000)	한국식품연구원/ 김동철, 김의웅, 이세은	1. 본 발명은 핫가스, 인버터, 다수의 압축기 이외에 도 선택적으로 무부하전자밸브를 추가 설치함으 로써 미곡종합처리장과 같이 벼를 산물상태로 처 리, 저장하는 시설에서 4계절 동안 외기 온도 및 상대습도의 큰 변화에 따라 냉각능력을 제어하 고, 냉각 공기의 온도 및 상대습도를 목표에 따 라 일정하게 조절하여 저장된 벼의 함수율에 따 라 냉각저장이 가능함
곡물 저장용 공기 냉 각장치 및 곡물 냉각 저장방법 (10-0320-6320000)	한국식품연구원/ 김의웅, 김동철, 이세은,	1. 본 발명은 벼의 내약가에 사용되는 공기냉각장치 와, 외기온도변화에 따라 냉각능력을 제어하여 냉각공기의 온도 및 상대습도를 조절하고 함수율 에 따라 냉각건조 및 냉각저장이 가능토록하는 방법에 관한 것임

표 2-1-19. 집진장치와 관련된 국내 주요 지적재산권 등록현황

특허명	특허권(실용신안권자)/ 발명자(고안자)	특 징
집진장치가 장착된 곡물 건조저장빈 (20-0246-1760000)	합명회사 신흥기업사/ 함택모,이용식	1. 곡물의 순환 및 배출시에 곡물에 혼입된 먼지, 쪽정이 및 이물질들을 집진하여 작업환경을 개선함
곡물건조기용 집진장치 (10-0761-5590000)	흥성공업 주식회사 /윤홍순	1. 분진이나 먼지의 방향과 동일하게 수평방향으로 사이클론부를 형성함으로써, 집진시 마찰에 의해 분진이 정체되지 않음 2. 호스가 결합하는 공기투입구와 제 1임펠러가 일정한 간격으로 이격되어 집진효과 증대할 수 있음
곡물건조기용 집진장치 (20-0444-8290000)	한국정밀(주)/ 김두현	1. 정화공기의 유출 경로를 하향으로 유도하여 갤러리판을 포함해 구성되어 이물질의 분리가 효과적임
곡물건조기용 집진장치 (10-2011-0136245)	유한회사 호남산업/ 박성순	1. 집진부의 보조공기 배출구와 유입되는 공기에 포함된 이물질이 원추형통에 의해 상기 보조집진부로 유입된 일부공기로부터 원심분리되어 자중에 의해 낙하되어 재차 집진됨
집진장치 (CYCLONE) (10-0284-2290000)	주식회사 대원지에스아이/ 서용교	1. 집진성능을 향상시키면서 설비 및 유지비가 적게 소요되고 소음과 설치공간을 크게 줄임
집진장치 (20-0442-8160000)	한스엔지니어링 주식회사/ 한형수	1. 백필터가 사용되는 집진장치임 2. 압축공기가 유입되는 유입관을 포함함
순환식 곡물 건조기의 집진장치 (20-0333-5450000)		1. 순환식건조기에서 셔터드럼과 하부 이송장치의 사이에 하부 이송장치로 투입되는 곡물에서 발행되는 먼지를 흡입·배출하는 집진장치가 마련함 2. 배풍실에 차단막을 설치함으로써 배풍기로 흡입되어배출되는 분진 및 먼지의 배출방지, 배풍실의 효율저하 방지함

표 2-1-20. 선별기와 관련된 국내 주요 지적재산권 등록현황

특허명	특허권(실용신안권자) /발명자(고안자)	특 징
곡물의 색채 선별장치 (20-0177-0970000)	김남선,신석호/ 신석호,김남선	1. 곡물 중 변색된 불량 알곡을 자동 선별하여 정확하게 2차에 걸쳐 분리시킴
곡물용 색채 선별기 (10-0804-4150000)	주식회사 대원지에스아이/ 정효근	1. 곡물 배출부에서 배출되는 곡물로부터 방출된 빛을 상기 촬상부로 반사하는 반사 수단을 포함 2. 곡물의 홀로그래프 이미지를 촬상함
곡물 선별 장치 (10-1092-1270000)	안마 가부시키키가이샤, 세이레이 고교 가부시키키가이샤 등	1. 탈곡한 처리물을 요동 선별 장치에 이송하여 선별하고 유지보수용이함 2. 동력 팬을 이용하여 양쪽에서 발생하는 분진을 배출시킴
곡물선별기 (20-0446-9090000)	손창구,진광식/ 손창구,진광식	1. 농작물을 호퍼를 통해 회전 드럼형의 선별 장치에 투입하여 각각의 선별망을 통해 불순물을 정선했
곡물선별기 (10-0650-3060000)	(주)라이스산업,정시호 /정시호	1. 곡물이 1차 호퍼를 통해 선별되어 2차 호퍼로 이송되어 컨베이어와 공기층으로 다시 선별함으로써 완전한 불량품만을 선별함 2. 이송시 에어를 통해 이송됨으로써 곡물에 손상을 주지 않음 3. 컨베이어 상에 이송되는 곡물의 크기에 따라 이송속도를 변경가능함으로써 낙하지점을 일정하게 하여 촬상수단에 의한 식별이 용이함
미강 제거장치가 마련된 회전식 원통형 입선별기 (20-0335-8630000)	한성공업 주식회사/ 한종규	1. 상기 선별망의 내측면에 형성된 상기 수납홈을 향하여 고압의 압축공기를 분사하는 다수의 노즐이 형성되는 것을 특징임
싸라기선별기 (20-0424-3610000)	현대기계공업(주)/ 백세기	1. 상기 회전드럼의 축 마모를 해소시킴 2. 회전 드럼에서 이송스크루의 구석진 부분으로 잔류하는 정미나 싸라기를 간편하게 배출시킴
색채선별기의 피터 (10-0818-0650000)	주식회사 에이맥스/ 신석호	1. 베이스몸체의 후반부에 대한 질량을 증가와 베이스몸체의 무게중심을 액추에이터의 가진점의 중심선상에 위치시키는 구조로 개선함 2. 피터의 동적 거동을 안정시키고 전후 직선의 왕복운동만을 유도하여 피터의 바스켓 상에서 튀는 현상 및 적체되는 현상을 없애고 곡물의 고른 이송함 3. 피터의 거동을 안정화시킴에 따라 액추에이터의 부하 형성 및 부하 기증을 방지 할 수 있어 과열 방지함

특허명	특허권(실용신안권자) /발명자(고안자)	특 징
색채선별기 (10-0520-4730000)	가부시키가이샤야마모 토세이사쿠쇼/무라타 다케히로,고코쓰네요 시,다무라미키오,기쿠 치케이치	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 불량 입자의 이동경로를 변경시키도록 작동하는 선별처리부, 상기 색채검출장치로 부터의 검출신호에 따라 피선별입자 중 어느 입자의 불량 여부 판정함</li> <li>2. 상기 색채검출장치로 자유낙하시키는 공급물을 포함하고 회전속도가 조절 가능함</li> </ol>
색채 선별기용 촬영 유니트, 이를 구비한 색채 선별기 및 불량 품 선별 방법 (10-1108-2750000)	주식회사에이맥스/ 신석호	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 선별 대상체의 이동경로에서 제1지점을 향하여 조명광을 조사하는 전경 조명부가 있음</li> <li>2. 상기 제1지점에 상기 제2색상의 보색에 해당하는 배경광을 조사하는배경조명부가 있음</li> <li>3. 상기 제1지점을 중심으로 상기배경조명부의 반대편에 배치하고 상기 제 1지점을 바라보도록 배치되는 카메라가 구비됨</li> </ol>
진동식 곡물 선별기 (20-0456-9620000)	신동훈,임재하/신동훈, 임재하	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 선별기틀체 상단에 곡물공급부가 형성되고 내부에 비늘판을 경사지게 설치한 선별판, 우측으로 현미 배출홈이 형성됨</li> <li>2. 덮개는 영구자석을 부착하여 배출구 상단을 개폐함</li> </ol>
현미 선별기 (10-0499-6870000)	신철수/신철수	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 현미 선별기의 구동원에 의해 발생된 요동운동을 증폭시켜 선별판을 스윙시킴으로써, 저속 고진폭 요동운동에 의해 벼와 현미에 가해지는 마찰계수를 크게하여 벼와 현미의 안정적으로 선별함</li> </ol>
풍력을 이용한 벼 선 별기 (20-0421-1160000)	주식회사 아이디알시스템/ 최병준	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 산물벼의 이물질질을 풍력으로 깨끗이 선별하는 벼 선별기</li> </ol>
풍력선별기 (10-1075-8640000)	김진수/김진수	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 본체에 구비되어 이송물을 하부로 이동시키는 유입관, 유입관에서 이송된 이송물이 부딪쳐 넓게 퍼지게 하는 분산부, 분산부에서 퍼진 이송물을 모아서 이송함</li> <li>2. 외기를 유입하도록 본체의 외측과 간격을 갖으면서 하부로 연장형성되는 수집부 및 본체에 형성되어 송풍부로 발생된 바람으로 이송물에 포함된 이물질을 흡입 배출하는 송풍배출관을 포함</li> </ol>

## 나. 관련 시설 및 기술의 현황과 문제점

- 정부에서는 2007년부터 고품질쌀 브랜드육성사업의 효율적인 추진을 위해 시설설치자금과 별도로 교육, 홍보, 컨설팅 비용을 지원하고 있으며, 시설에 대해서는 전문공공기관(한국식품연구원 등)의 성능검사를 의무화하였음. 이에 따라 농협중앙화·한국식품연구원 주관으로 한국식품연구원에서 성능평가를 실시한 2007~2008년에 건설된 제2세대 RPC의 시설과 기술수준 및 문제점에 대한 종합평가회(2008년 9월, 대전)가 개최되었음
- 이 평가회에서 가공시설현대화사업의 주요한 개선방향으로 1) 단위기계의 객관적인 성능체계의 구축, 2) 설계 표준화 및 기준화, 3) 제2세대 RPC의 정착요건의 조성 등이 거론되었으며, 이들 3항목에서 제도와 관련부분을 제외하면 제2세대 RPC의 기술 및 운영부분에서 가장 문제가 되는 부분은 ① 단위기계의 성능미비, ② 과도한 소비동력의 소모 및 비합리적인 집진체계, ③ 시설의 기준 및 표준화 미비 등이 도출되었음
- 또한, 집진 및 부대시설, 이송시설에 대한 연구 및 기준설정은 전술한 바와 같이 거의 전무하였으며, 가공시설현대화의 진행과 함께 성능이 검증되지 않는 시설이 마구 설치되어 소요동력 증가는 물론 품질저하가 발생되므로 개선이 필요하다는 문제점이 집중적으로 제기되었음
- 평가회에서 개선이 필요한 것으로 제기된 RPC에서 집진시스템(Dust collecting system)은 기류를 이용하여 부산물이나 이물질을 선별하는 정미시스템, 종합정선기, 왕겨풍구, 석발기 등 주요 단위기계의 성능에 영향을 미치는 것은 물론, 각 단위기계, 현미 및 백미탱크, 이송시설, 보조탱크 등 RPC 거의 모든 시설에 설치되어 건조, 표면균열 및 수침동할을 발생 등 쌀의 품질에 직접적으로 영향을 미치는 대단히 중요한 부분임
- 그러나 현재까지 RPC의 반입, 건조, 저장, 가공 등 제반공정에서 집진과 관련된 기준이 거의 전무한 상태이고, RPC에서 분진발생 정도에 대한 체계적인 측정결과도 전혀 없었으며, 각 단위기계의 집진량과 품질과의 관계에 대한 검정결과도 전무한 상태임. 또한, 사각빈 및 평타입사일로 등은 집진시설이 없거나 간이식 집진시설을 설치하고 있고, 순환식건조기 및 연속식건조기 등은 효과가 검증되지 않은 간이 사이클론형태의 터보클리너를 설치하고 있음
- 최근에는 RPC 및 DSC에 고가의 백필터를 설치하는 등 집진시스템에 대한 투자를 증가하고 있으나, 체계적인 설계와 효과적인 설치가 어려워 집진불량으로 인한 민원발생, 작업환경의 저위 및 단위기계의 성능저하는 여전히 문제가 되고 있으며, 과도한 에너지 소비 및 설치비용의 증가라는 새로운 문제까지 제기되는 등 RPC에서 집진시스템은 대표적으로 개선이 필요한 부분임
- 한편, 현미 비정립비율이 낮을수록 소요동력이 48.9%까지 감소할 뿐 아니라 싸라기율, 쌀표면의 잔류미강 등도 현저하게 낮아져(김창진 등, 2005), 선별기의 성능향상은 에너지절감뿐만 아니라 도정 특성에 영향을 미치는 주요한 인자임
- 이에 따라 RPC에서는 선별기의 성능향상을 위해서 입선별기의 2단 설치, 선별체의 크기 향상 등 제반 노력을 경주하고 있으나 비정립 선별율이 12.2%에 불과한 실정(한국식품연구원, 2009)이며, 대

부분의 선별기가 이상과 같이 낮은 선별율을 나타냄에 따라 RPC에는 그림 2-1-1과 같이 다수의 선별기가 중복 설치되고 있어 개선이 필요한 실정임

표 2-1-20. 현미 비정립 혼입비율별 도정특성(김창진 등, 2005)

도정특성	현미 비정립 혼입비율(%)			
	0	10	20	30
소요동력(kW·h/톤)	31.1	40.8	47.9	61.9
곡온상승(°C)	37.8	38.5	38.9	39.2
함수율(%)	14.5	14.5	14.5	14.4
싸라기율(%)	5.2	5.7	5.8	7.5
쌀표면 잔류미강(g/100g)	1.35	1.45	1.47	1.56

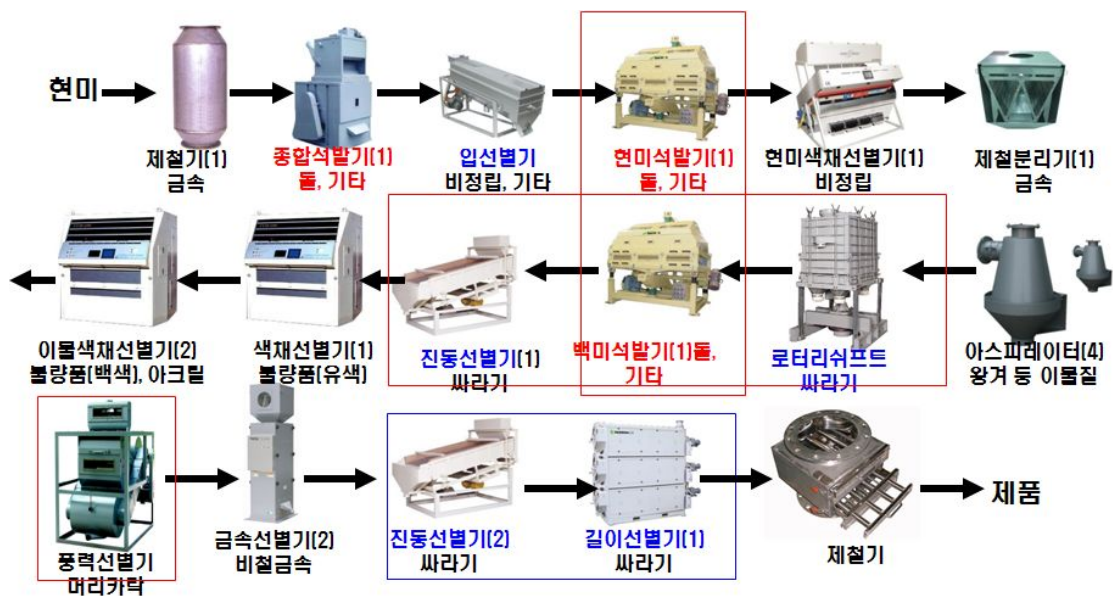


그림 2-1-1. RPC 가공시설에 설치되는 선별기 형태

## 제 2 절 국외 관련기술의 현황과 문제점

### 1. 관련시설의 현황 및 문제점

#### 가. 일본의 관련시설 및 기술의 현황

##### 1) 쌀 유통제도의 변화

- 일본의 쌀 유통제도는 시대적 여건에 따라 식량관리법→식량법→개정식량법으로 변화하면서 정부의 규제가 점차 감소하는 방향으로 진행되었음. 세계 제2차 대전 이후인 1955년 초기 쌀 수급여건이 완화되면서 소비자의 쌀에 대한 기호가 높아졌으나, 배급되는 쌀의 연마 등의 기술적인 문제 및 쌀 유통개선의 문제가 제기되었으며, 1962년은 쌀자급이 어려운 시기로서 정부의 식량관리법이 실시되었는데 주요 특징은 ① 농가자체 소비량을 제외한 전량을 정부에서 관리, ② 생산자에서 소비자로 바로 유통되는 부정규(不正規) 유통미의 엄격한 제한, ③ 지정집하업자, 허가도소매업자 등 중간유통업자의 제한 등을 들 수 있음
- 1965년경에는 기계화, 포장정비, 단수향상 등으로 쌀이 남아돌았으며, 경제성장과 타 단백질 섭취증가로 고품질쌀 요구가 증가하였고, 1969년에는 고품질 쌀 지향에 대비하기 위해 자주유통미를 목인 하였으며, 이러한 쌀 산업 환경변화에 따라 1981년 자주유통미 제도가 실체화되었음
- UR협상 타결임박한 1993년에는 쌀 대흥년으로 식량자급 및 시장원리도입을 위한 새로운 방안을 모색하였으며, 이를 위해 식량관리법을 개정한 식량법이 제정되어 1995. 11부터 2004. 3까지 적용되었는데 주요한 특징은 ① 정부미는 공공비축미로 한정하고 자주유통미가 쌀 유통의 핵심담당, ② 출하, 도소매업자를 허가·지정에서 등록제로 변경, ③ 생산자가 소비자에게 직접 판매하는 계획외 유통미 허용, ④ 출하자와 도소매업자의 입찰거래를 위한 “자주유통미 가격형성센터” 설립, ⑤ 수급조정을 위한 생산조정제도 도입 등을 들 수 있음
- 공공비축미 제도가 도입된 1995년 당시 150만톤을 목표로 설정하였으나, 1년 단위의 운영이 어려워 공공비축미 물량이 200만톤 및 300만톤 규모로 계속 증가하여 자주유통미 가격하락의 주요 원인이 되었으며, 2002년에 100만톤(2년 연속 흉년이 되어도 유지 가능한 물량)이 적합하다는 연구결과를 토대로 50만톤 수매/년, 50만톤 판매/년하는 회전비축제로 운영하였으나 생산, 가격, 유통 등에서 여전히 문제점이 많아 식량법 개정이 필요하였음
- 이에 따라 2004. 4월 식량법을 개정한 개정식량법이 발효되어 현재까지 적용되고 있는데 주요 특징은 ① 공공비축미를 생산자가 아닌 출하업자에게 매입하고 판매업자에게 판매, ② 자주유통미라는 명칭자체가 없어짐(자주유통미 가격형성센터 → 미곡가격형성센터로 변경), ③ 출하 및 판매업자를 등록제에서 신고제로 전환, 20톤/년 이상 거래자로 확대, ④ 미곡안정공급 확보지원기구를 설립하여 신용보증 등 신용사업과 생산자에 대한 유통정보 등 지원하도록 하였음



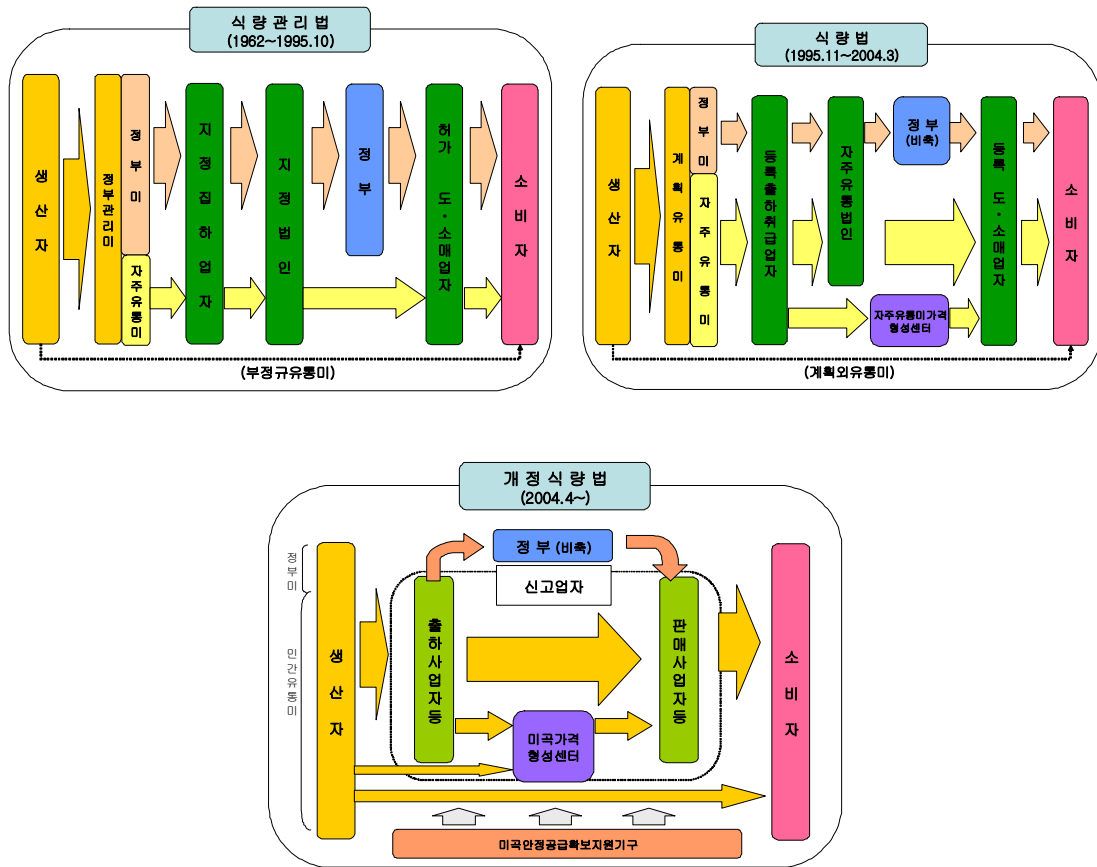


그림 2-2-1. 일본의 쌀 유통제도의 변화(김 등, 2006)

표 2-2-1. 일본의 현미 생산량

년도	합 계		논 벼			밭 벼	
	작부면적 (천ha)	수확량 (현미천ton)	작부면적 (천ha)	수량(kg/10a)	수확량 (현미천ton)	작부면적 (천ha)	수확량 (현미천ton)
1999	3,178	8,619	3,044	276 (96)	8,414	133.9	204.7
2000	3,180	10,101	3,042	323 (113)	9,836	138.8	265.1
2001	3,190	9,948	3,044	321 (110)	9,766	146.3	182.3
2002	3,194	9,880	3,048	316 (107)	9,628	146.1	251.9
2003	3,166	10,345	3,016	333 (110)	10,052	150.5	292.4
2004	3,152	9,131	3,004	298 (95)	8,955	147.7	175.6
2005	3,156	8,236	3,011	269 (88)	8,111	144.7	152.2
2006	3,138	10,016	3,001	329 (107)	9,859	137.0	157.0
2007	3,084	9,433	2,967	313 (99)	9,273	117.3	159.7
2008	2,955	8,784	2,852	304 (97)	8,666	102.8	118.1
2009	2,869	5,872	2,798	208 (67)	5,823	71.0	49.1
2010	2,781	9,208	2,719	336 (111)	9,124	61.3	83.5

## 2) 수확후 관리시설의 보급현황

- 일본의 연간 현미 생산량은 약 900만톤 수준에 달하고 있으며(표 2-2-1), 벼 수확후 관리시설은 크게 물벼를 반입받아 건조, 저장한 후 제현하여 현미로 출하하는 공건시설(共乾施設 : CE, RC, DS 등), 현미를 저장하는 저온저장고, 현미를 백미로 가공하는 정미공장으로 구분할 수 있으며, 주로 공건시설은 생산지에, 정미공장은 소비지에 설치되어 있으며, 저온저장고는 생산지와 소비지에 설치되어 있음

### 가) 공건시설(CE)의 설치현황

- 일본에서 벼 및 기타 곡물을 생산하는 많은 농가가 공동으로 건조, 저장, 제현(製玄)하는데 이용하는 시설 즉, 공건시설은 CE, RC, DS 등 3가지 종류가 있으며, RC(Rice Center)는 저장시설이 없이 반입-건조-제현하여 현미로 출하하는 시설인 반면, 대표적인 CE(Country Elevator)는 벼를 반입-건조-저장-제현-출하하는 시설로서 RC와 달리 벼 저장용 사일로시설이 설치되어 있으며, 저장용 사일로능력에 따라 2,000톤 시설, 3,000톤 시설 등으로 부르고 있었음. DS(Dry Store)는 RC와 CE에 병설되는 시설로서 연속식건조기류를 사용한 사업초기에 원료의 임시저류, 예비건조 등에 이용되는 시설이었음(표 2-2-2)

표 2-2-2. 일본의 共乾시설의 종류 및 차이점

구 분	투입구	건조	저장	제현	포장	출하	비고
CE(Country Elevator)	○	○	×	○	○	○	
RC(Rice Center)	○	○	○	○	○	○	
DS(Dry store)	CE와 RC에 병설되어 원료의 임시저장 및 예비건조 담당						

- CE, RC는 생산지에 설치(정미공장은 주로 소비지에 설치)되어 있는 JA(농협)에 소속된 시설로서, 통상적으로 CE를 대표적인 공건시설로 취급하고 있었고, 2007년말 현재 CE가 852개 시설로서 저장 능력은 2,312천톤에 달하고 있으며, RC는 3,612개 시설이 보급되어 있음. CE 및 RC의 병설시설인 DS에 대한 통계자료는 찾아볼 수 없음
- CE는 1963년(昭和 38년)에 농림성 농정국 농산과에서 미국에 보급되고 있는 CE방식을 일본에 도입하기 위해 검토를 시작하였으며, 대규모 RS대신 CE가 노동력절감 및 경제적으로 유리하다고 판단하고, 1964년(昭和 39년) 예산에 『米麥生産流通改善合理化 Model Plant 設置 運営事業』(이하 “Model Plant사업”이라고 약칭)을 반영하였고, 가을에 표준모델(I)로 3개의 농협 CE(아키타현, 니이카타현, 이시가와현 등)를 건설한 것이 최초사례이었음

표 2-2-3. 일본 공건시설의 연도별 설치현황

년도	CE		RC 개소수
	개소수	저장능력(벼 천톤)	
1960	65	124	927
1975	148	309	1,328
1980	210	458	2,325
1985	295	672	2,850
1990	448	1,123	3,410
1991	487	1,201	3,459
1992	507	1,280	3,531
1993	598	1,483	3,593
1994	631	1,574	3,643
1995	671	1,679	3,711
1996	714	1,809	3,745
1997	743	1,901	3,792
1998	771	2,006	3,810
1999	793	2,103	3,788
2000	820	2,170	3,785
2001	830	2,208	3,767
2002	835	2,234	3,780
2003	839	2,251	3,754
2004	840	2,250	3,774
2005	845	2,261	3,637
2006	847	2,288	3,613
2007	852	2,312	3,612

- 표준모델( I ) : 縦流下型 건조기(塔型), 통풍 사일로 900톤(225톤×4기)

= 당시에 연구기관에도 데이터가 없는 상태로 표준모델( I )은 농림성 책임하에서 작성되었으며, 개소당 1,800만엔의 교부보조금 지급

- 1일 1품종, 반건조 저류방식, 템퍼링 건조방식, 로테이션 등의 개념 포함
- CE는 1964년의 大規模乾燥調製貯藏施設建設基準부터 기술혁신에 따라 표준사양이 여러 번의 개정이 이루어졌으며, CE의 성격 및 역할도 시대의 요청에 따라 표 2-2-4와 같이 변화되었으며, 특징적인 것은 초기에 비해 거의 변화가 없는 저장시설에 비해 건조시설은 많은 변화가 있었음
- CE 보급초기에는 農政局長通達(1964. 8)에 의거하여 미국 등에서 사용되는 연속식건조기(종류하형(탑형)건조기)가 표준사양이었으나, 1992년 農蠶園藝局長通達(1992. 4)에 의해 순환식건조기가 표준사양이 되었으며, 현재 일본에 설치된 건조기는 약 80~90%가 순환식건조기, 약 10%가 상온통풍 건조시스템이며, 연속식건조기는 함수율 측정 및 정밀건조의 어려움으로 거의 사용되지 않고 있는 것으로 조사되었다는 보고가 있음(김 등, 2009)
- 현재까지 파악되고 있는 최종 통달명인 「대규모건조조제저장시설의 설치·운영시 유의사항('93.10.26, 농잠원에국장통달)」에서는 CE 시설의 설치에 필요한 전제조건을 다음과 같이 제시하고 있었음

**□ CE 시설 설치 전제조건**

**(1) 지역 계획 생산체제의 정비**

- 시설능력에 맞춰 계획적인 수확·원료반입체계 확립, 1일 반입량의 평균화 도모, 생산 조직화나 작업 수위탁 등을 통해 수확작업의 집적을 추진함
- 품종 및 재배관리방법의 적절한 조합을 통한 지역전체적인 수확시기를 늘려 원료 실반입 일수를 연장함
  - 조생종, 중생종, 만생종 등 수확기가 다른 3품종 이상을 재배
  - 동일 품종도 재배기간 등을 조정하여 반입기간이 25일 이상이 되도록 함

**(2) 지역여건에 따라 적절한 사양의 선정**

- 과잉장비 설치를 억제하며, 적정 사양 선택시 다음 사항을 고려함
  - 품종특성 : 수확시기, 수확적기의 벼수분 등
  - 시설가동시의 기상조건 : 외기온도, 습도, 수확가능일수 등
  - 시설설치 및 운영비용 등

**(3) 벼 반입의 전제조건**

- 총처리량 : 처리된 벼의 총중량이 약 2,000톤 이상
- 반입원료의 수분 : 24% 이하(표준)이나 외기조건 등 고려시 26%이하로 함
- 원료 실반입일수 : 가능한 25일 이상
- 1일당 반입량 변동비율 : 1일 반입량의 1.25이하
- 반입품종 : 1일 1품종
- 반입시간 : 1일 최대 10시간

표 2-2-4. CE의 표준사양의 변천(자료 : 共乾施設のてびき, 2000, JA全農 施設資材部)

년 도	통달명 등	내 용
1964년 (昭和39년)	· 米麥生産流通合理化 model plant건설 기준(1964. 8. 8, 농정국장 通達)※ 「벼의 산물취급 및 공동건조조제시설에 관한 연구회」 개최	· 종류하형(탑형) 건조기 · 강관 또는 철제사일로(각 사일로는 통기장 치부착) · 사일로 용량 : 900톤(225t×4기)
1967년 (昭和42)	· 상기통달의 일부개정	· 원료1차 저류겸용 유량조정 탱크 설치 · 사일로 용량 변경 1,000톤(250t×4기) · Lay-out 개선
1968년 (昭和43)	· 米麥生産流通合理化 model plant 設置 運營基準(1968. 6. 18 사무차관의 命 通達)	· 탬퍼링 건조방식의 채용, 반건조 저류 도입 · 건조기 1회통과당 기준건감량 2%명기 · 기계, 기구 및 시설의 기준사양 명기 · 사일로 용량 변경 : 2,000톤 · 사일로 1기 용량의 소형 사일로 확보 · 소형 사일로의 의한 출하, 탬퍼링실시
1969년 (昭和44)	· 大規模乾燥調製貯藏施設建設基準 (1969.6. 17. 사무차관 의명통달)	· 명칭 변경 · 표준공정도의 追記
1970년 (昭和45)	· 대규모건조조제저장시설 地帶別 설치 운영기본계획(1970. 6. 29, 농정국장 통달) · 대규모건조조제저장시설 改善事業의 創設(1970. 7. 18 농정국장통달) · 대규모건조조제저장시설 관리운영상 유의사항(70. 9. 22 농정국장통달) ※ CE표준사양연구회」 개최	· 지역별 반입조건(수분)설정, 종래 A형 탱크 원형 · 기존시설의 표준사양 타입의 개선사업 · 건조기능력 증강, 원료 1차 저류탱크 증설, 반송기 및 건축 증설 등 · 기존시설의 운영도 포함하여 효율적 이용 및 안전조업 확보를 위한 유의사항의 책정
1971년 (昭和46)	· 산물 출하시설 설치기준(1971.6.30, 농 정국장통달)	· 기존 CE로의 산물출하시설의 증설
1972년 (昭和47)	· 대규모건조조제저장시설관리 운영상의 유의사항(1972. 9. 4일, 농정국장통달) · 대규모건조조제저장시설에서 작업안전 확보에 대하여(1972.12.2, 농정국장통 달)	· 1970년에 실시한 통달의 수정 · 작업원의 안전확보를 위한 지도통달 ※ 현재는 「농작업 안전기준」, 「농업기계 안 전장비기준」 에서 대응
1973년 (昭和48)	· 대규모건조조제저장시설에 부설되는 集排塵설비의 설치기준 (1973.12.27, 농잠원예국장통달)	· CE의 작업환경개선을 위한 집배진 설비의 설치기준
1975년 (昭和50)	· 대규모건조조제저장시설 (신사양) 설 치운영 기본계획 제정 및 동시설의 관 리운영상 지도(1975.11.14, 농잠원예 국장통달) ※ 「CE신표준사양작성을 위한 검토회」 개최	· 저장건조빈(DS)을 병설한 CE사양(신사양) 책정 · 원료수분 24%, 원료 실반입일수25일, 본 사일로 용량 2,000톤, DS용량 500톤으로서 총 처리량 2,800톤

(표 2-2-4 계속)

년 도	통달명 등	내 용
1976년 (昭和51)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대규모건조조제저장시설 저장건조빈 증설사업 창설('76.8.11, 사무차관 통달)</li> <li>· 대규모건조조제저장시설에 부설되는 부대시설·설비 설치기준('76.10.30, 농잠원예국장통달)</li> <li>· 대규모건조조제저장시설(종래사양) 설치운영기본계획 및 동시설의 관리운영상 指導의 일부개정('76.12.2, 농잠원예국장통달)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기존CE로의 DS빈의 증설사업</li> <li>· 집배)설비설치기준</li> <li>· 왕겨 처리가공시설 설치기준</li> <li>· 산물출하시설 설치기준</li> <li>· DS을 부설하지 않은 형태의 3,000톤급의 설치 명시</li> </ul>
1984년 (昭和59)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대규모건조조제저장시설의 설치·운영에 대하여('84.10.11, 농잠원예국장통달)</li> <li>· 「대규모건조조제(저장) 시설의 설치·운영에 관한 검토회」 개최</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기술진보에 따라 종래사양 수정 정리</li> <li>· A형(DS없음) 및 B형(DS있음)의 표준사양 제정</li> <li>· 사일로 용량 2,000톤 이상</li> <li>· 연속이송식 건조기에 의한 템퍼링 건조</li> <li>· 반건 저류의 실시</li> </ul>
1992년 (平成4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대규모건조조제저장시설의 새로운 사양에 대하여('92. 4.9, 농잠원예국장통달)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 순환식건조기의 도입</li> </ul>
1993년 (平成5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대규모건조조제저장시설의 설치·운영시 유의사항('93.10.26, 농잠원예국장통달)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 종래사용의 간소화(특히 Cost-down에 해당하는 업체 등의 기술개발촉진)</li> <li>· 저장건조방식, 화력을 사용하지 않는 제습 방식에 의한 건조방식의 도입</li> <li>· 지역계획재배나 품질사고방지대책의 강화</li> </ul>

### 나) 저온저장고의 설치현황

- CE에서 봄철까지 판매하지 못한 벼를 제현한 현미와, RC 등에서 생산된 현미 등은 저온저장고에 보관되는데 주로 30kg 지대포장지에 포장되어 pallet단위로 적재 보관되고 있음. 일반적으로 현미는 반생반사상태로 벼에 비해 호흡은 약 1/4수준, 열전도는 140%이며, 함수율 15%이하로 보관되고 있음
- 일본의 현미 저온저장은 1939년 河野常盛의 「米の一新貯藏法の研究」가 학계에 공표된 것이 최초이며, 1950년 茨城縣에서 발견된 저온저장고에서 최초의 저온저장 창고시험을 거쳤으며, 1958년 八王子市에 150평의 현미 전용 저온저장고를 신축하여 반복실험한 후 일반 창고회사에 보급하였으며, 현재는 농협, 영업창고회사, 배급업자 등에 의해 폭넓게 보급되어 있고(河野常盛, 1980), 현미 총생산량을 감안할 때 수확기 소비물량을 제외하고는 거의 대부분 저장할 수 있는 수준임

표 2-2-5. 벼 및 현미의 호흡량비교

함수율(%)	곡온(℃)	호흡량(CO2 mg/100g·24hr)	
		벼	현미
18	10	약 28	약 6
	20	약 15	약 2.8
출 처		村田 敏 등(1975)	菊池三千雄등(1962)

표 2-2-6. 일본의 현미 저온저장능력

구분 년도	농업창고		집하상인창고		영업창고		정부창고		합 계	
	동수	기준 수용력 (천톤)	동수	기준 수용력 (천톤)	동수	기준 수용력 (천톤)	동수	기준 수용력 (천톤)	동수	기준 수용력 (천톤)
1993	2,183	2,659	142	109	766	1,382	16	69	3,107	4,219
1994	2,222	2,740	143	108	791	1,422	16	73	3,172	4,343
1995	2,253	2,793	149	111	862	1,642	16	73	3,280	4,618
1996	2,317	2,831	153	120	1,038	2,112	17	82	3,525	5,145
1997	2,416	2,949	167	118	416	2,890	17	142	4,016	6,099
1998	2,513	3,090	185	132	1,592	3,513	23	149	4,313	6,883
1999	2,583	3,170	201	152	1,844	3,851	26	152	4,654	7,321
2000	2,616	3,206	201	154	1,706	3,903	26	152	4,549	7,414
2001	2,633	3,243	204	152	1,671	3,936	30	152	4,537	7,482
2002	2,650	3,284	203	151	1,654	3,918	30	152	4,537	7,505
2003	2,492	3,125	186	143	1,623	3,795	30	152	1,331	7,215
2004	2,392	2,982	167	127	1,586	3,870	30	152	4,175	7,131
2005	2,295	2,967	161	129	1,576	3,881	29	152	4,061	7,129
2006	-	2,726	-	125	-	3,887	-	154	-	6,892
2007	-	2,472	-	102	-	3,956	-	146	-	6,676
2008	-	1,374	-	42	-	4,050	-	144	-	5,611

○ 최근에는 CE만으로 유지가 어려운 JA에서 소규모 가공공장을 설치하여 가공한 후 택배 등으로 판매 하는 사례가 증가함에 따라 벼 상태로 장기간 보관이 필요해졌으며, 이를 위한 곡물냉각기가 보급되는 경우도 있음



그림 2-2-2. CE와 저온저장고

### 3) 정미공장의 설치현황

- 1960년경부터 고도성장시대로 접어들면서 쌀산업에 필요한 인력확보도 어려워졌을 뿐 아니라 경영의 합리화를 도모할 필요가 높아짐에 따라 정미공장도 가게형태의 소형정미에서 대형정미공장으로 근대화가 검토되기 시작하였으며, 1960년대부터 현재의 대형정미공장 형태의 근대화된 정미공장이 건설되기 시작하여 거의 10년에 걸쳐 전국적으로 보급되었음
- 2005년 현재 農林水産省 総合食料局의 “대형정미공장의 현황”에 의하면 정미기의 마력수가 50HP(백미가공능력 약 3톤/시간, 1HP = 60kg/hr기준)인 정미공장은 다음 표 2-2-7과 같이 총 637개소가 운영되고 있으며, 평균적인 가공능력은 8.6톤/시간(백미기준)으로 알려져 있음

표 2-2-7. 일본 정미공장 설치현황(2005. 1. 1 현재)

구분	공장수	마력수 (HP)	평균마력 (HP)(A)	평균 백미 가공능력 (톤/시간)(B)	비 고
도매단독	249	48,402	194.4	11.7	1HP = 60kg/hr (백미)기준
도매공동	5	1,045	209.0	12.5	
소매단독	223	19,604	87.9	5.3	
소매공동	28	2,525	90.2	5.4	
도소매공동	69	8,245	119.5	7.2	
정미전업자	43	9,057	210.6	12.6	
기 타	20	2,573	128.7	7.7	
계	637	91,451	143.6	8.6	

- 대형 정미시스템의 보급과 함께 시대적인 필요성에 따라 정미시스템의 자동화, 안전·안심시스템의 도



입, 잔곡 및 혼곡방지 기술이 도입되면서 편의상 제 1, 2, 3, 4세대로 구분하고 있으며, 현재 일본 정미공장에 영향을 미치는 것은 ① JAS법(농산물 물자재 규격화 및 품질표시에 관한 법률)과 ② 安全·安心시스템으로 표시되는 traceability에 관한 법률(미곡등의 거래~)임

표 2-2-8. 일본 정미공장의 세대별 특징

구 분	설치연도	주 요 특 징	비 고
제1세대 정미공장	1961	· 정미공장의 대형화	
제2세대 정미공장	1978	· 도정공정의 자동화개념 도입 - 정미시스템의 자동화를 통해 에너지절약, 도정기사에 의한 차이발생방지	
제3세대 정미공장	2002	· 안심·안전한 쌀 생산을 위한 위생적인 식품가공공장의 개념도입	
제4세대 정미공장	2007	· 잔곡방지 및 공기이송시스템 도입 · 입고, 재고 및 출고 등 공장관리시스템의 자동화	

- JAS법이 나오기 이전에는 반입→현미탱크→정미기→정미탱크→계량탱크→포장공정중 포장일자를 계량탱크에서 출하되는 날짜를 표기하였으므로 계량탱크는 많은 숫자 및 용량이 필요하였으며, JAS법에서 포장지에 표기하는 도정일자로 정미기를 통과한 날짜를 사용하도록 함에 따라 계량탱크가 불필요하게 되었으며, 정미공장도 발주를 받으면서 바로 생산하는 방향으로 전환되었음. 이에 따라 소비자의 소량 다품종에 대한 요구와 정확한 원료관리에 대한 필요성이 높아졌음
- 한편, 安全·安心시스템에서 가장 중요한 인자는 원료↔최종제품의 traceability로서 이를 위해 정미공장 내부의 제품흐름을 확인하기 위한 요구가 증가하였으며, 추적범위는 3년 이내에 생산된 모든 제품임

## 나. 기타 국가의 관련시설 및 기술의 현황

- 미국, 호주 등의 관련시설은 주로 일본 업체에 의해 설치되어 운영중이며, 인도, 인도네시아, 필리핀, 중국, 베트남, 캄보디아, 대만 등 주요 쌀 생산국은 우리나라 및 일본의 기술 및 시설과 자체적 또는 지역적 기술 및 시설이 결합한 형태를 나타내고 있으며, 본 연구과제와 관련하여 특이적인 시설 및 기술은 조사된바 없음

## 2. 관련 시설 및 기술의 현황 및 문제점

- 일본의 대형 정미공장의 건설 및 운영의 주요한 특징중 하나는 단위기계를 생산하고 시공하는 업체에서 설계한 후, 동일 업체의 단위기계 중심으로 시공하며, 준공 이후에도 동일업체에서 시설관리를 실시하는 것임. 이로인해 일본 정미공장의 세부적인 설계도면이나 설계 관련 내용이 거의 알려져 있지 않는 상태로서 세부적인 소요동력 및 설계기준에 대해서는 조사가 거의 불가능함
- 집진시스템의 경우, 우리나라 RPC에서는 주로 사이클론 및 백필터방식이 사용되고 있으며, 원료 벼의 취급시설은 대부분 백필터 및 터보클리너방식이, 미강과 관련된 집진은 주로 테프론이 코팅된 사이클론이 사용되고 있는 반면, 세정식집진장치는 폐수처리시설의 설치 등 법적기준의 충족이 어려워 RPC에서 사용되지 않고 있음
- 반면, 대부분의 일본 CE에서는 별도의 폐수처리시설의 설치없이 물을 가수하는 세정식집진장치가 설치운영되고 있는데, 분진으로 인한 민원은 없는 것으로 조사되고 있으며, 정미공장(가공시설)에서는 미강 집진시설을 다수의 미강통을 연결한 후 bag filter로 집진하는 백필터와 사이클론방식이 활용되고 있는 것으로 조사되고 있음



그림 2-2-3. 일본 CE에 설치된 세정식집진시스템과 정미공장에 설치된 혼합집진방법

- 세정식집진장치의 일종인 Scrubber의 경우 동일 집진능력의 백필터방식에 비해 설치비용이 약 30~50%절감, 에너지는 약 50%정도 절감이 가능(수평유형의 기본적인 설계치가 공기속도 1~5m/sec, 가수량 1~10l, 송풍저항 60~80mmAq수준임)한 것으로 알려져 있음
- 明和工業株式會社, 親和工業株式會社 등에서 배출덕트 토출구의 역지밸브 부착, 샤워실 통과공기의 풍속(1.0m/sec이하) 등 설계와 관련된 일부 자료획득은 가능하였으나, 노즐 등 세부 설계자료 확보가 어려웠으며, 현지조사결과 나타난 다공STS판과 chain conveyor를 이용한 이물질과 슬러지 제거 장치의 효율성 향상, 폐수처리시설의 설치 및 용수재활용 한계, 약취 및 폐수처리 등 우리나라 RPC에 적용할 때 발생할 수 있는 전반적인 문제에 대해서는 검토가 필요하였음

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 에너지절감형 RPC 가공공정 설계기준 개발 및 산업화

- 농협중앙회 RPC자문단에서는 1997년에 “농협 미곡종합처리장 설계기준”을 제시하였고, 1991년부터 2001년까지 보급된 제1세대 RPC는 대부분 이 기준을 준용하여 설치되었으며, 2000년도에는 물벼의 집중반입으로 야기되는 건조·저장공정의 문제점을 해결하기 위해 이 설계기준이 일부 개정된 바 있음. 그러나 이 RPC 설계기준은 품질보다는 수율위주인 시대에 작성된 것으로 현재에 적용하는 것에 한계가 있었음
- 또한, 정부의 고품질쌀 브랜드육성사업의 보급초기에 기준모델 즉, 제2세대 RPC의 모델로 사용되었던 지역단위 대규모 통합RPC모델(한국식품연구원, 2007)도 시설의 규모화에 따른 새로운 배치와 GAP 농산물우수관리시설기준의 개발에 주력하여 세부적인 가공공정에 대한 기준은 없었음. 따라서 제2세대 RPC의 핵심추진방향인 새로운 가공공정 반영, 자동수율 및 재고관리시스템 도입, 무인자동화체계 도입, 에너지절약 등 새로운 개념의 적용을 위해서는 저에너지, 친환경적인 새로운 가공공정의 개발은 필수적임
- 특히, 제2세대 RPC의 가공공정에는 체인컨베이어와 벨트컨베이어가 결합된 형태의 수평이송컨베이어, 무잔량 버킷엘리베이터, 유도배출형 버킷엘리베이터 등 다양한 형태의 이송기기가 설치되고 있으나 정확한 설계기준이 없는 상태로서 2007~2008년에 건설된 제2세대 RPC에서 사용된 이송기기의 설치 개수는 40~109개로 차이가 대단히 컸으며, 동일 처리능력인 두개 RPC의 이송기기 설치대수가 각각 84개와 57개로서 차이가 심해 설계에 따라서는 과도한 이송기기의 설치로 인한 설치비용, 에너지소모 및 품질저하가 발생하는 것은 물론, 잦은 식품용 벨트의 파손, 늘어남 등으로 인한 운영상의 문제점이 발생하고 있었음
- 또한, 일본에서는 안전성의 확보를 위해 현미뿐만 아니라 백미까지 공기이송하고 있으나, 제2세대 RPC에는 미장 및 각종 선별기에서 선별된 부산물의 이송에만 공기이송시스템이 도입되고 있으나 아직까지 정확한 설계기준이 없는 것은 물론 기본적인 기술개발도 되어있지 않은 상태이었으며, 흡인식청소시스템, 공기압축기 등도 객관적인 설계기준이 없는 실정에서 설치되어 과도한 설치비용, 에너지사용 및 품질저하가 발생하고 있었음
- 따라서, 성능이 낮은 단위기계의 성능향상은 물론, 안전한 고품질 쌀 생산은 물론 에너지 절약을 위해서는 이송기와 부대시설 등의 기준정립 및 표준화가 필요하며, 이러한 기준 및 표준화를 이용한 친환경 저탄소 에너지절감형 RPC 가공공정의 설계기준의 개발과 이를 이용한 산업화 추진이 필요하였음
- 본 연구에서는 RPC에서의 반입에서부터 최종 포장공정까지 각 공정에서 소요되는 에너지와 품질특성을 조사·분석하고, 이를 바탕으로 에너지절감형 RPC 가공공정 설계기준을 개발하고 산업화를 추진하는데 목적을 두었음

# 1. RPC 가공공정별 에너지 소요분석

## 가. 실험방법

- 가공공정의 소요에너지 분석을 위하여 제2세대 RPC의 가공공정을 대상으로 설계도면을 입수하여 설계동력을 조사하고, 실제 현장에서 동력을 측정하여 비교하였으며, 또한, 지금까지 보급된 RPC의 반입, 건조 및 저장공정 즉, DSC시설중 대상을 선정하였고, 설계도면을 입수하여 설계동력을 조사하고 실제 현장에서 동력을 측정하여 비교하였음
- 가공공정의 경우, 2010년에는 2007~2009년에 설치된 쌀브랜드 경영체인 규모화 및 현대화된 14개소 가공시설을 중심으로 공정별 설계 동력의 분포현황을 조사 검토하였고, 그 중 1개소에 대해서는 동력 이용효율을 실측하였으며, 2011년은 2010년 1월 현재까지 가공시설현대화가 완료된 제2세대 RPC 18개소에서 각 공정별로 설계동력 분포현황을 보다 세밀하게 조사 검토하였으며, 그 중 2개소에 대해서는 동력 이용효율을 실측하고, 그 결과를 취합하여 하나로 정리하였음
- 또한, 반입, 건조 및 저장공정의 경우는 순환식건조기, 연속식건조기 및 평타입사일로 등 건조기의 설치형태를 고려하여 대상 DSC를 선정하였으며, 농협중앙회의 양해하에 설계회사로부터 25개소의 관련 설계도면을 제공받아 조사하였으며, 실제 현장에서 동력을 측정한 사례는 2개소이었음
- DSC시설은 단독 또는 RPC에 위치하여 설치되고 있고, 기존시설에 대한 증설도 포함하고 있으며, 여러 라인이 혼용되고 있을 뿐 아니라 콤비네이션 건조(열풍건조 + 상온통풍건조 등)되고 있어 정확한 소요동력을 산정하기는 대단히 어려운 실정임. 이에 따라 단독으로 설치되어 있으면서 건조형태가 순환식건조기, 연속식건조기 및 평타입사일로 등으로 가능한 분류할 수 있는 시설을 대상으로 조사하였음
- 반입능력은 20톤/시간이나 실반입능력은 한국식품연구원(2006)의 측정결과를 이용하여 12.7톤/시간으로 하였으며, 건조기의 건조능력은 정부에서 공식적으로 사용하고 있는 건조능력산정방식(국립농산물품질관리원, 2008)을 사용하였음
- 동력분석은 RPC와 DSC의 설계·감리회사인 4개소(대주종합기술단, 보람ENG, 푸른엔지니어링, 협동엔지니어링)의 협조를 받아 수행하였으며, 현장동력은 단위기계 및 설비에 부착되어 있는 모터 동력(부착동력)과 실제로 사용되는 동력(측정동력)측정하였으며, 세부적인 측정방법은 다음과 같았음
  - ① 전압 및 전류 : Hook meter(FLUKE 337, FLUKE Corp., Thailand)를 이용하여 측정하였음
  - ② 집진시스템의 송풍기의 설계치와 측정치의 차이 : 사이클론 및 백필터와 같은 집진시스템이 정상적으로 가동할 때 집진시스템 송풍기 전에서 정압, 평균 풍속(덕트관경을 감안하여 최소 5~25지점 측정), 덕트직경 등을 측정하였으며, 송풍기의 설계치와 측정치의 차이는 일반적으로 송풍기의 소요동력을 나타내는 다음 식 (3-1-1)을 이용하여 측정된  $\Delta P \times V$  값이 설계치의  $\Delta P \times V$  값과 차이가 어느 정도인가를 계산하였음

$$P_w = \frac{\Delta P \times V}{1,000 \times \eta \times 60} \dots\dots\dots (3-1-1)$$

여기서,  $P_w$  : 송풍기의 소요동력( kW )

$V$  : 송풍량(  $m^3/min$  ),  $\eta$  : 송풍기의 효율( - )

## 나. 결과 및 고찰

### 1) 반입·건조·저장 공정의 소요에너지

#### 가) 공정별 소요 동력비

- DSC의 반입, 건조, 저장시설과 관련하여 건조기종류별로 순환식건조기를 사용하는 DSC 10개소, 연속식건조기를 사용하는 DSC 5개소, 평타입사일로를 건조기로 사용하는 DSC 10개소 등 총 25개소의 DSC에 대한 처리능력과 소요동력을 조사한 결과는 다음 표 3-1-1과 같았음
- 표에서 알 수 있듯이 반입능력은 평균 13.2ton/hr이었으나, 조선키를 포함한 반입공정의 소요동력은 사용하는 건조기의 종류에 따라 다소 차이를 나타내었는데 순환식건조기를 사용하는 DSC는 평균 18.1kW, 연속식건조기를 사용하는 DSC는 평균 21.1kW, 평타입사일로를 건조기로 사용하는 DSC는 평균 16.8kW를 나타내었음
- 순환식건조기와 연속식건조기의 건조능력을 정부기준에 따라 시간당 건조능력으로 조사한 결과, 순환식건조기를 사용하는 DSC가 평균 2.8ton/hr, 연속식건조기를 사용하는 DSC가 평균 3.4ton/hr으로 연속식건조기를 설치한 DSC가 높게 나타났으며, 평균 동력비도 순환식건조기를 사용하는 경우가 10.75kW/ton, 연속식건조기를 사용하는 경우가 13.91kW/ton이었음. 그러나 주지하는 바와 같이 순환식건조기와 연속식건조기는 열풍방식이었고, 열풍의 가온에는 등유의 연소열이 이용되므로 평균 동력비는 단순하게 이송, 송풍 등에 소요되는 동력만을 산정한 것임을 밝혀둠
- 표 3-1-2는 평타입사일로와 순환식건조기를 대상으로 400톤의 벼를 건조하는데 소요되는 건조비용을 비교한 것으로서 평타입사일로를 사용하는 경우가 약 111만원, 순환식건조기를 사용하는 경우가 약 231만원 수준으로 전기만을 사용하는 평타입사일로의 건조비가 주로 등유의 연소열에 의해 건조하는 순환식건조기보다 낮게 나타났음. 이 결과에는 건조불균일, 동할발생 등 벼의 품질부분은 제외한 순수한 건조비용만을 산정한 것임
- 한편, 집진시설의 소요동력은 순환식건조기와 연속식건조기를 사용하는 DSC는 큰 차이가 없었으나 평타입사일로를 주력 건조기로 사용하는 DSC는 다소 낮게 나타났는데, 이는 평타입사일로의 경우 배풍량이 지나치게 커 집진장치를 사용하기 어려워 전량이 별도의 집진시스템을 설치하지 않고 스펀지와 같은 간단한 필터를 사용하는 간이식 집진장치를 사용하기 때문으로 판단되었음

표 3-1-1. 반입, 건조, 저장공정의 처리능력과 소요동력

건조 방법	DSC	반입(조선)공정			건조공정			저장공정			집진 시설	부대 시설	계	
		처리 능력 (톤/ 시간)	소요 동력 (kW)	동력비 (kW/ 톤)	처리 능력 (톤/ 시간)	소요 동력 (kW)	동력비 (kW/ 톤)	처리 능력 (톤)	소요 동력 (kW)	동력비 (kW/ 톤)	소요 동력 (kW)	소요 동력 (kW)	총소요 동력 (kW)	총동력비 (kW시간 /톤)
순환식 건조기	A	12.7	17.0	1.34	4.3	36.4	8.56	800	108.7	0.14	75.5	7.5	245.1	19.3
	B	12.7	19.7	1.55	2.1	17.1	8.05	400	59.4	0.15	55	7.5	158.7	12.5
	C	12.7	17.1	1.35	5.1	51.2	10.04	1,500	109.6	0.07	46.3	15.0	239.2	18.8
	D	12.7	20.1	1.58	2.6	17.1	6.71	800	111.4	0.14	77.5	7.5	233.6	18.4
	E	12.7	17.8	1.40	1.7	28.6	16.82	900	136.0	0.15	57.3	7.5	247.2	19.5
	F	12.7	18.2	1.43	4.3	44.6	10.49	-	-	-	74.5	7.5	144.8	11.4
	G	12.7	17.8	1.40	3.4	45.3	13.32	1,000	143.0	0.14	78.5	7.5	292.0	23.0
	H	12.7	17.8	1.40	1.7	24.9	14.65	900	139.4	0.15	57.3	7.5	246.8	19.4
	I	12.7	20.0	1.57	1.7	16.0	9.41	500	60.4	0.12	28	22.5	146.8	11.6
	J	12.7	16.0	1.26	1.7	16.0	9.41	500	60.4	0.12	58.1	7.5	157.9	12.4
	소평균	12.7	18.1	1.43	2.8	29.7	10.75	811	103.1	0.13	60.8	9.8	221.5	17.4
연속식 건조기	A	19.0	35.6	1.87	5.0	74.7	14.94	2,000	281.4	0.14	67.5	7.5	466.5	24.6
	B	12.7	16.3	1.28	3.0	37.2	14.40	1,000	130.4	0.13	53.5	7.5	244.8	19.3
	C	12.7	17.8	1.40	3.0	37.2	14.40	1000	130.4	0.13	61.5	7.5	254.3	20.0
	D	12.7	20.8	1.64	3.0	51.6	17.20	3,000	321.3	0.11	88.3	18.5	500.5	39.4
	E	12.7	15.1	1.19	3.0	37.8	12.60	800	108.3	0.14	32.5	7.5	201.2	15.8
	소평균	14.0	21.1	1.48	3.4	47.7	13.91	1,560	194.3	0.13	60.7	9.7	333.5	23.8
평타입 사일로	A	20.0	16.3	0.82	-	-	-	800	105.7	0.13	86.5	15.0	223.5	11.2
	B	12.7	15.5	1.22	-	-	-	1,200	163.7	0.14	35.5	7.5	222.2	17.5
	C	12.7	17.8	1.40	-	-	-	900	137.9	0.15	57.3	7.5	220.4	17.4
	D	12.7	17.1	1.34	-	-	-	1,500	109.6	0.07	53.8	7.5	187.9	14.8
	E	12.7	17.8	1.40	-	-	-	1,000	77.8	0.08	58.5	31.0	185.1	14.6
	F	12.7	19.3	1.52	-	-	-	1,000	130.4	0.13	53.5	22.5	225.6	17.8
	G	12.7	17.5	1.37	-	-	-	900	106.9	0.12	61.5	7.5	193.4	15.2
	H	12.7	14.3	1.12	-	-	-	600	92.9	0.15	22.8	3.7	133.6	10.5
	I	12.7	14.4	1.14	-	-	-	500	45.8	0.09	53.5	7.5	121.2	9.5
	J	12.7	17.8	1.40	-	-	-	500	46.3	0.09	61.8	7.5	133.3	10.5
	소평균	13.4	16.8	1.27	-	-	-	890	101.7	0.12	54.5	11.7	184.7	13.8
평균 계		40.1	56.0	4.18	6.2	77.4	24.7	3,261	399.1	0.38	176.0	31.2	739.7	55.0
평균		13.2	18.2	1.38	3.0	35.7	12.1	1,000	121.5	0.12	58.2	10.5	244.1	18.5
최대		20.0	35.6	1.87	5.1	74.7	17.2	3,000	321.3	0.15	88.3	31	500.5	39.4
최소		12.7	14.3	0.82	1.7	16.0	6.7	400	45.8	0.07	22.8	3.7	121.2	9.5

주) 총 동력비는 반입능력에 대한 값임

표 3-1-2. 400톤을 건조하는 평타입사일로와 순환식건조기 건조소요비용 비교표

구 분	평타입사일로 건조	순환식건조기(30톤)건조	비고
처리용량	400ton	30ton/회	
초기함수율	23%,w.b	23%,w.b	
종료함수율	16%,w.b	16%,w.b	
건감률	0.01%,w.b	0.7%,w.b/hr	
건조 소요시간	700hr(약 30일)	약 140hr(약 14회)	
	(7%/ 0.01%/hr)	(7% /0.7%/hr × 400ton / 30ton/회)	
연료소요량	-	약 2,500 L	버너가동비율 60%적용
		(4.0GPH × 2EA × 3.785 L/gal × 0.6 × 140hr)	
사용전력량	21,600kW	2,380kW	
	(30kWh × 24hr/일 × 30일)	(17kW × 20hr/일 × 7일)	
건조 소요비용	₩1,107,240	₩2,307,632	기본요금 = 300kW×1,070 원/kW =₩321,000
	(21,600kW × 36.4원/kWh + 기본요금	(2,500 L × 760원/L + 2,380kW × 36.4원/kWh + 기본요금	

주) 1. 면세유(등유) 가격 : 760원/L (농협주유소 2009년 7월 가격기준)  
2. 전력량 요금 : 농사용전력(병) 기준 3,640원/kW

- 반입, 건조, 저장공정에서 총 소요동력은 순환식건조기를 사용하는 DSC가 평균 221.5kW, 연속식건조기를 사용하는 DSC가 평균 333.5kW, 평타입사일로를 사용하는 DSC가 평균 184.7kW로 연속식건조기를 사용하는 경우가 가장 높게 나타났으며, 평균적으로는 244.1kW 수준이었음
- 따라서 반입되는 벼 1ton을 기준으로 각각 다른 건조기를 설치한 DSC별 평균 동력비는 순환식건조기를 사용하는 DSC가 평균 17.4kWh/ton, 연속식건조기를 사용하는 DSC가 평균 23.8kWh/ton, 평타입사일로를 사용하는 DSC가 평균 13.8kWh/ton으로 연속식건조기를 사용하는 경우가 가장 높게 나

타났으며, 평균적으로는 18.5kWh/ton 수준이었음

- 공정별로 1톤을 처리하기 위해 소요되는 동력비는 반입공정이 약 2.2배, 저장공정이 2.1배, 집진공정이 3.8배 등으로 공정설계, 단위기계의 선정 등을 보다 최적화할 경우 약 20~50%까지의 동력을 절감할 수 있을 것으로 판단되었음

### 나) 공정별 소요동력 구성형태

- 건조기방식별 공정별 소요동력의 구성형태는 다음 표 3-1-3과 같았음. 각 공정별 소요동력이 순환식건조기를 설치한 DSC에서는 저장공정이 46.5%, 집진시설이 27.5%이었고, 연속식건조기를 설치한 DSC에서는 저장공정이 58.3%, 집진시설이 18.2%로 평타입사일로를 설치한 DSC와 마찬가지로 저장 및 집진공정이 반입 및 건조공정보다 높게 나타났음
- DSC 전체적으로는 반입공정이 18.2kW로서 7.5%, 건조공정이 35.7kW로서 14.6%, 저장공정이 121.5kW로서 49.8%, 집진시설이 58.2kW로서 23.8%를 차지하였으며, 부대시설은 10.5kW로 4.3%를 차지하였음. 한편, 각 공정에서 단위기계별 소요동력은 표 3-1-4에서 알 수 있듯이 반입공정에서는 조선기가 가장 컸으며, 부대시설로는 집진시스템이 대부분을 차지하고 있었음

표 3-1-3. DSC에서 건조 방식별 공정별 소요동력의 구성형태

건조 방식		공 정					계
		반입공정	건조공정	저장공정	집진시설	부대시설	
순환식 건조기	소요 동력(kW)	18.1	29.7	103.1	60.8	9.8	221.5
	(%)	8.2	13.4	46.5	27.5	4.4	100.0
연속식 건조기	소요 동력(kW)	21.1	47.7	194.3	60.7	9.7	333.5
	(%)	6.3	14.3	58.3	18.2	2.9	100.0
평타입 사일로	소요 동력(kW)	16.8	-	101.7	54.5	11.7	184.7
	(%)	9.1	-	55.1	29.5	6.3	100.0
평 균		18.2	35.7	121.5	58.2	10.5	244.1
(%)		7.5	14.6	49.8	23.8	4.3	100.0



표 3-1-4. 반입, 건조, 저장공정에 설치된 단위기계의 공정별 소요동력

구 분	단위기계 분류	처리능력	소요동력(kW)	공정평균동력에 대한 동력 비율(%)	총 반입, 건조 및 저장시설 동력중의 비율(%)
반입공정	풍력선별기(톤/시간)	30	1.50	8.3	0.7
	조선기(톤/시간)	30	5.25	28.9	2.3
	조선기(톤/시간)	20	2.95	16.2	1.3
	소 계		9.70	53.6	(평균 : 1.4)
	공정 평균 동력		18.10		
건조공정	연속식건조기(톤/기)	20	50.62	141.7	22.5
	연속식건조기(톤/기)	12	31.87	89.2	14.2
	순환식건조기(톤/기)	30	17.10	47.9	7.6
	순환식건조기(톤/기)	25	17.10	47.9	7.6
	순환식건조기(톤/기)	20	16.15	45.2	7.2
	평 균		26.6	74.4	11.8
	소 계		134.79		
	공정 평균 동력		35.70		
저장공정	사일로 1(톤/기)	500	57.94	47.7	25.7
	사일로 2(톤/기)	400	48.44	39.9	21.5
	사일로 3(톤/기)	300	41.44	34.1	18.4
	평 균		49.3	40.6	21.9
	소 계		147.82		
	공정 평균 동력		121.50		
부대시설	집진시설		30.00	43.6	13.3
	에어컴프레서		7.50	10.9	3.3
	공정 평균 동력 (집진시설과 부대시설의 계)		68.7		
DSC 총동력 평균			225.00		

#### 다) 공정별 이송설비 소요동력

- 표 3-1-5와 표 3-1-6은 반입, 건조 및 저장 공정에서 건조 방식별로 이송시설의 설치 및 소요동력 현황을 나타낸 것임. 표에서 알 수 있듯이 이송설비는 버킷엘리베이터와 체인컨베이어가 대부분 이었고, 스크루컨베이어가 일부 설치되어 있었으나 벨트형 수평이송컨베이어는 전혀 설치되어 있지 않았음. 특히, 스크루컨베이어는 건축층고가 낮아 수평으로 단거리를 운송하는 용도로 주로 사용됨에 따라 스크루컨베이어가 설치되지 않은 DSC도 25개소 중 8개소나 되었음
- 건조기 종류별로는 순환식건조기와 평타입사일로가 설치된 DSC에는 버킷엘리베이터가 각각 5.3개, 5.0개가 설치되었으나, 연속식건조기가 설치된 DSC에는 7.6개로 다른 건조기 종류가 설치된 DSC보다 많이 설치되어 있었으며, 체인컨베이어의 설치숫자도 비슷한 경향을 나타내었음. 이는 약 3~4회를 건조 후 별도의 템퍼링시설에서 템퍼링을 실시해야 하는 연속식건조기의 특성 때문으로 판단되었음
- 표 3-1-6에서 알 수 있듯이 이송시설의 소요동력은 순환식건조기를 사용하는 DSC에서 31.0kW, 연속식건조기를 사용하는 DSC에서는 60.0kW, 평타입사일로를 사용하는 DSC에서는 29.4kW를 차지하여 각 건조기종류별 전체 소요동력의 14.7%, 18.0%, 15.9%를 차지하고 있었음

표 3-1-5. 반입, 건조 및 저장공정의 건조기종류별 이송설비 설치현황

건조 형태	DSC	이송시설 개수 (개)				
		버킷 엘리베이터	체인 컨베이어	스크루 컨베이어	수평이송 컨베이어	계
순환식 건조	A	5	6	-	-	11
	B	5	4	1	-	10
	C	6	6	1	-	13
	D	5	4	-	-	9
	E	5	4	1	-	10
	F	6	6	1	-	13
	G	6	5	1	-	12
	H	5	6	1	-	12
	I	5	5	1	-	11
	J	5	4	1	-	10
	소평균	5.3	5	0.8	-	11.1
연속식 건조	A	10	11	9	-	30
	B	6	5	-	-	11
	C	6	5	2	-	13
	D	10	13	-	-	23
	E	6	9	-	-	15
	소평균	7.6	8.6	2.2	-	18.4
평타입 사일로	A	5	4	2	-	11
	B	5	3	1	-	9
	C	5	6	-	-	11
	D	5	4	-	-	9
	E	5	4	-	-	10
	F	5	4	1	-	10
	G	5	4	1	-	10
	H	5	3	1	-	9
	I	5	3	1	-	9
	J	5	4	1	-	9
	소평균	5.0	3.9	0.8	-	9.7
평 균		5.64	5.28	1.08	-	12.0
최 대		10	13	9	-	30
최 소		5	3	-	-	9

표 3-1-6. 반입, 건조 및 저장공정의 건조기종류별 이송설비 소요동력

건조 형태	단위기계	반입 공정		건조 공정		저장 공정		계	
		소요 동력 (kW)	비율 (%)	소요 동력 (kW)	비율 (%)	소요 동력 (kW)	비율 (%)	소요 동력 (kW)	비율 (%)
순환식 건조	버킷 엘리베이터	7.96	43.9	1.03	3.5	6.66	6.5	15.65	7.4
	체인 컨베이어	5.42	29.9	1.7	5.7	7.68	7.4	14.8	7
	스크루 컨베이어	0.53	2.9	-	-	-	-	0.53	0.2
	수평이송 컨베이어	-	-	-	-	-	-	-	-
	소 계	13.91	76.7	2.73	9.2	14.3	13.9	30.98	14.7
	공정 평균 동력	18.1	-	29.7	-	103.1	-	211.2	-
연속식 건조	버킷 엘리베이터	8.4	39.8	7.02	14.7	10.2	5.2	25.62	7.7
	체인 컨베이어	5.92	28.1	2.24	4.7	22.96	11.8	31.12	9.3
	스크루 컨베이어	0.9	4.3	-	-	2.4	1.2	3.3	1.0
	수평이송 컨베이어	-	-	-	-	-	-	-	-
	소 계	15.22	72.2	9.26	19.4	35.56	18.3	60.04	18.0
	공정별 평균 동력	21.1	-	47.7	-	194.3	-	333.5	-
평타입 사일로	버킷 엘리베이터	7.88	47.0	-	-	7.4	7.3	15.28	8.3
	체인 컨베이어	4.75	28.3	-	-	8.67	8.5	13.42	7.3
	스크루 컨베이어	0.675	4.0	-	-	-	-	0.68	0.4
	수평이송 컨베이어	-	-	-	-	-	-	-	-
	소 계	13.31	79.4	-	-	16.07	15.8	29.38	15.9
	공정별 평균 동력	16.8	-	-	-	101.7	-	184.6	-

라) 반입, 건조 및 저장시설의 동력이용율

- 경기 화성 및 안성소재 DSC에서 반입, 건조 및 저장공정의 공정별 단위기계의 실제 소요동력을 현장실험을 통해 정상적으로 가동되는 상태에서 측정된 결과는 다음 표 3-1-7과 같았음. 가동시간과 호퍼스케일을 통과한 곡물량을 이용하여 처리능력을 산출한 결과, 반입량은 11.0톤/시간이었음
- 현장에서 측정된 각 단위기계 및 이송시설의 소요동력은 163.5kW이었으나 실제 측정된 동력은

106.1kW로서 소요동력의 64.9%수준에 불과하였음. 동력이용율이 가장 낮은 단위기계는 연속식건조기, 조선기 송풍기 등이었으며, 전반적으로 모든 단위기계의 동력이용율이 낮아 동력이용율만으로는 보다 많은 물량의 처리는 가능할 것으로 판단되었음

- 조선기의 동력이용율은 69.5%로 낮으나 이물질의 선별율을 일정 이상으로 유지하기 위해서는 보다 많은 물량의 처리는 어려운 실정임. 이에 따라 일반적으로 반입능력을 결정하는 단위기계는 조선기이므로 전체적인 반입능력의 향상은 물론 동력이용율을 향상시키기 위해서는 조선기 이전에 쪽정이 등을 선별할 수 있는 풍력선별기의 설치 등이 필요하는 것을 알 수 있었음

표 3-1-7. 반입, 건조 및 저장공정에서의 소요 동력 및 측정동력(반입용량 11톤/시간)

작업공정	단위기계	소요동력(kW)	측정동력(kW)	동력 이용효율(%)
반입	투입 체인컨베이어(1)	2.3	1.6	69.5
	이송 체인컨베이어(2)	2.3	1.4	60.8
	소계	4.6	3.0	65.2
정선	조선기	2.3	1.6	69.5
	조선기 송풍기	18.7	10.8	57.8
	소계	21	12.4	63.7
건조	투입 버킷엘리베이터	2.3	1.4	60.8
	순환식건조기(20톤)	3.7	3.4	91.9
	순환식건조기 집진송풍기	11.3	10.2	90.2
	연속식건조기(30톤)	33.7	17.8	52.8
	건조용 사이로(300톤)	51.0	33.9	66.5
	배출용 체인컨베이어	2.3	1.6	69.5
	소계	104.3	68.3	72.0
저장	투입 버킷엘리베이터	3.7	2.8	75.7
	이송 체인컨베이어	3.7	2.5	67.6
	배출 체인컨베이어	3.7	2.2	59.5
	소계	11.1	7.5	67.6
집진	종합집진 송풍기	22.5	14.9	66.2
계		163.5	106.1	64.9

## 2) 가공공정의 소요에너지

### 가) 공정별 소요 동력비

#### ① 18개소 제2세대 RPC의 공정별 소요동력분석

- 18개소 제2세대 RPC 가공공정에 대한 소요동력 조사결과, 가공공정 중에는 현미부가 생략되거나, 처리능력이 현미/백미생산능력 6/5ton/hr 및 12/10ton/hr와 다르거나, 단위기계 종류 및 이송시설 처리능력이 설계 처리능력보다 과도하게 큰 경우도 있었으며, 기사용중인 노후된 단위기계의 재사용이나, 부지면적 및 층고 제한으로 이송기계가 추가되는 경우 등 변수가 지나치게 많았음
- 또한, 본 연구가 3년에 걸쳐 진행됨에 따라 연차별 연구결과가 현장에 반영되어 설계동력이 감소하는 효과도 있는 등 가공공정에 대한 정확한 소요에너지 분석에 한계가 있었음. 따라서 본 연구결과 활용시에는 이와 같이 복잡한 현장여건과 연차별, 시설별로 일정하지 않다는 것 등 현장의 여건이 충분히 감안되는 것이 필요함
- 18개소의 제2세대 RPC 가공공정의 현미부, 백미부, 포장부, 집진부 및 기타 부대시설의 설계동력은 다음 표 3-1-8과 같았음. 대상 제2세대 RPC중에서 H는 기존의 제1세대 RPC에서 현미를 제조한 다음 백미부의 원료로 사용하기 위해 현미부를 건설하지 않은 RPC이었고, G는 추후에 별도의 18ton/hr규모의 현미부를 신설하였으나 자료부족으로 본 연구에서는 생략하였으며, 기타 각 소요동력중에서 비어있는 부분이 있는 RPC는 해당시설을 설치하지 않는 경우임. 이와 같이 18개소의 각 RPC 현장여건이 일정하지 않는 상태에서 각 공정별 평균 소요동력을 산출함에 따라 합계의 종과 횡의 평균의 합에서 다소 차이가 발생하는 것이 불가피하였음을 밝혀둠
- 표에서 알 수 있듯이 18개소 제2세대 RPC의 평균적인 현미생산능력은 8.7ton/hr(6.0~12.0ton/hr), 백미생산능력은 7.5ton/hr(5.0~20.0ton/hr)이었음. 농림수산물부(국립농산물품질관리원, 2011)의 조사결과에 의하면 우리나라 RPC의 평균 가공능력은 다음 표 3-1-9와 같이 4.2ton/hr(3.4~5.9ton/hr)임을 감안할 때 통합 및 고품질쌀 브랜드육성사업의 추진으로 가공시설 규모화가 촉진되었음을 알 수 있었음
- 한편, 일본 대형 정미공장의 평균 가공능력은 8.6ton/hr(백미가공을 위해 투입되는 현미의 중량기준)이고, 정백수율을 92%(백도 40기준)로 가정하여 생산되는 백미기준으로 환산하였을 때의 일본 대형 정미공장의 평균 가공능력은 7.9ton/hr(백미기준)이었음 우리나라 제2세대 RPC의 백미 가공능력 7.5ton/hr(생산되는 백미의 중량기준)은 일본의 대형정미공장의 생산능력에 많이 근접하였음을 알 수 있었음

표 3-1-8. 제2세대 RPC 18개소의 공정별 소요동력

대상 RPC	현미공정				백미공정				포장공정			
	처리 능력 (ton/ hr)	소요 동력 (kW)	동력비 (kW/ ton)	총동력 중비율 (%)	처리 능력 (ton/ hr)	소요 동력 (kW)	동력비 (kW/ ton)	총동력 중비율 (%)	처리 능력 (ton/ hr)	소요 동력 (kW)	동력비 (kW/ ton)	총동력 중비율 (%)
A	12.0	123.1	10.3	13.2	10.0	308.8	30.9	33.2	10.0	54.2	5.4	5.8
B	6.0	63.5	12.7	13.7	5.0	142.3	20.3	30.7	7.0	23.9	3.4	5.2
C	6.0	66.3	11.0	12.1	5.0	170.1	34.0	31.2	5.0	33.8	6.8	6.2
D	12.0	140.4	11.7	18.3	5.0	286.7	57.3	37.4	5.0	36.4	7.3	4.7
E	12.0	99.1	8.3	12.0	10.0	465.4	46.5	56.4	10.0	45.5	4.6	5.5
F	6.0	94.5	15.7	18.4	5.0	139.8	28.0	27.2	5.0	35.9	7.2	7.0
G	-	-	-	-	20.0	882.2	44.1	55.7	20.0	93.8	4.7	5.9
H	-	-	-	-	10.0	304.5	30.4	56.3	10.0	26.3	2.6	4.9
I	6.0	86.4	14.4	16.8	5.0	137.2	27.4	26.7	5.0	48.0	9.6	9.3
J	6.0	70.0	11.7	11.7	5.0	171.3	34.3	28.6	5.0	43.7	8.7	7.3
K	6.0	89.9	15.0	15.1	5.0	166.0	33.2	27.9	5.0	49.1	9.8	8.2
L	12.0	139.7	11.6	19.1	10.0	280.9	28.1	38.4	10.0	50.1	5.0	6.8
M	6.0	53.0	8.8	9.6	5.0	185.5	37.1	33.5	5.0	40.2	8.0	7.3
N	12.0	135.9	11.3	15.9	10.0	299.6	30.0	34.9	10.0	55.4	5.5	6.5
O	12.0	129.0	10.8	12.3	10.0	372.4	37.2	35.5	10.0	48.0	4.8	4.6
P	6.0	77.2	12.9	10.6	5.0	155.1	31.0	21.3	5.0	52.0	10.4	7.2
Q	12.0	140.5	11.7	19.7	5.0	149.1	29.8	20.9	5.0	31.4	6.3	4.4
R	6.0	76.3	12.7	14.4	5.0	182.7	36.5	34.4	5.0	62.2	12.4	11.7
평균	8.7	99.1	11.5	13.5	7.5	266.6	35.6	36.3	7.6	46.1	6.1	6.3
최대	12.0	140.5	15.7	19.7	20.0	882.2	57.3	56.4	20.0	93.8	12.4	11.7
최소	6.0	53.0	8.3	9.6	5.0	137.2	20.3	20.9	5.0	23.9	2.6	4.4

(표 3-1-8 계속)

대상 RPC	현미 집진공정		백미 집진공정		소 계	
	소요동력 (kW)	총동력 증비율(%)	소요동력 (kW)	총동력 증비율(%)	소요동력 (kW)	총동력 증비율(%)
A	190.1	20.4	153.3	16.5	343.4	36.9
B	56.5	12.2	56.8	12.3	113.3	24.5
C	65.2	11.9	81.0	14.8	146.2	26.7
D	95.2	12.4	77.8	10.1	173.0	22.5
E	89.0	10.8	89.3	10.8	178.2	21.6
F	81.7	15.9	53.3	10.4	135.0	26.3
G	-	-	441.5	27.9	441.5	27.9
H	-	-	115.3	21.3	115.3	21.3
I	72.2	14.0	60.5	11.8	132.7	25.8
J	79.2	13.2	73.9	12.3	153.1	25.5
K	71.9	12.1	48.0	8.1	119.9	20.2
L	72.8	9.9	67.5	9.2	140.3	19.1
M	59.1	10.7	47.7	8.6	106.8	19.3
N	127.7	14.9	90.3	10.5	218.0	25.4
O	169.1	16.1	139.2	13.3	308.3	29.4
P	126.5	17.4	84.0	11.6	210.5	29.0
Q	180.7	25.4	66.0	9.3	246.7	34.7
R	63.5	12.0	51.0	9.6	114.5	21.6
평균	100.0	13.6	99.8	13.6	188.7	25.7
최대	190.1	25.4	441.5	27.9	441.5	36.9
최소	56.5	9.9	47.7	8.1	106.8	19.1



(표 3-1-8 계속)

대상 RPC	Pneumatic Conveying				Air compressor		소 계		총 동력 (kW)
	부산물처리		흡인식청소		소요 동력 (kW)	총동력 중비율 (%)	소요 동력 (kW)	총동력 중비율 (%)	
	소요 동력 (kW)	총동력 중비율 (%)	소요 동력 (kW)	총동력 중비율 (%)					
A	26.3	2.8	-	-	74.0	8.0	100.3	10.8	929.7
B	46.2	10.0	-	-	74.0	16.0	120.2	26.0	463.1
C	33.5	6.1	-	-	96.0	17.6	129.5	23.7	545.8
D	34.7	4.5	74.0	9.6	22.0	2.9	130.7	17.0	767.1
E	-	-	-	-	37.0	4.5	37.0	4.5	825.2
F	34.3	6.7	-	-	74.0	14.4	108.3	21.1	513.4
G	-	-	-	-	165.0	10.4	165.0	10.4	1,582.5
H	25.0	26.3	-	-	70.0	13.0	95.0	39.3	541.0
I	36.0	7.0	-	-	74.0	14.4	110.0	21.4	514.2
J	50.0	31.3	-	-	110.0	18.4	160.0	49.7	598.0
K	60.0	10.1	-	-	111.0	18.6	171.0	28.7	595.9
L	25.0	3.4	-	-	96.0	13.1	121.0	16.5	732.2
M	56.9	10.3	-	-	111.0	20.1	167.9	30.4	553.4
N	37.5	4.4	-	-	111.0	12.9	148.5	17.3	857.4
O	35.6	3.4	44.0	4.2	111.0	10.6	190.6	18.2	1,048.3
P	67.2	9.2	-	-	165.0	22.7	232.2	31.9	726.9
Q	34.4	4.8	-	-	110.0	15.4	144.4	20.2	712.0
R	43.7	8.2	-	-	52.0	9.8	95.7	18.0	531.3
평균 <sup>1)</sup>	40.4	5.5	59.0	8.0	92.4	12.6	134.9	18.3	724.3 (735.4) <sup>2)</sup>
최대	67.2	31.3	74.0	9.6	165.0	22.7	232.2	49.7	1,582.5
최소	25.0	2.8	44.0	4.2	22.0	2.9	37.0	4.5	463.1

주) 1) 평균은 18개소 RPC의 각 항목의 평균으로서, 평균 산정시 비어있는 제2세대 RPC는 제외하였음  
 2) ( )의 총 동력은 각 항목 평균치의 합으로서, 각 RPC 총 동력의 합과 차이가 발생함

표 3-1-9. 2010년말 RPC의 지역별 평균 가공능력(농림수산식품부, 국립농산물품질관리원, 2011)

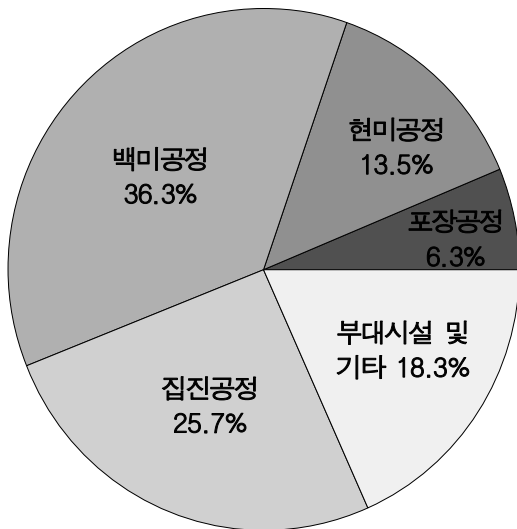
시 도	시설수 (개소)	연간 총 가공능력 (ton/year)	연간 개소당 평균 가공능력 (ton/year/개소)	시간당 개소당 평균 가공능력 (ton/hr/개소)
인천	3	42,330	14,110.0	5.9
경기	43	428,700	9,969.8	4.2
강원	23	193,380	8,407.8	3.5
충북	27	223,500	8,277.8	3.4
충남	41	403,500	9,841.5	4.1
전북	48	533,610	11,116.9	4.6
광주	3	36,000	12,000.0	5.0
전남	53	546,300	10,307.5	4.3
대구	2	19,440	9,720.0	4.1
경북	35	394,330	11,266.6	4.7
부산	1	8,400	8,400.0	3.5
울산	2	24,000	12,000.0	5.0
경남	28	288,120	10,290.0	4.3
계	309	3,141,610	10,167.0	4.2

주) 가공능력 산출기준 : 시간당 가공능력 × 8시간/일 × 300일

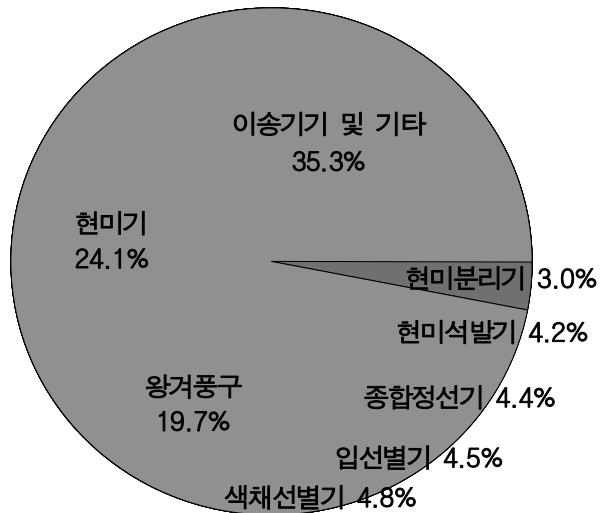
- 동일 RPC에서 적절한 현미와 백미의 생산능력을 산정할 경우, 정확한 연구결과는 없으나 현재까지 일반적으로 사용하고 있는 벼의 가공과정 중 발생하는 현미중량비 82.4%, 백미중량비 72.8%을 기준으로 할 때 현미생산능력 8.7ton/hr에 적합한 백미생산능력은 7.2ton/hr규모로 추정됨. 그러나 18개소 제2세대 RPC에 대한 조사결과, 현재 설치된 백미생산능력은 7.6ton/hr으로 추정된 7.2ton/hr에 비해서는 다소 크게 나타났으나, 이는 현미부가 없으면서 백미가공능력이 20.0ton/hr인 G RPC가 포함되었기 때문이었으며, G RPC를 제외할 경우 평균적인 백미가공능력은 6.8ton/hr으로 나타났음
- 18개소 제2세대 RPC를 처리능력별로 구분하면 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr인 경우가 5개소, 12/10ton/hr인 경우가 9개소, 12/5ton/hr인 경우가 2개소, 현미부가 설치되지 않고 백미부만 설치된 경우가 2개소 등이었음. 한편, 농림수산사업(14. 고품질쌀유통활성화사업)에서 시설능력은 2009년까지는 백미가공능력 5ton/hr이상이었으나, 2010년에는 사업비의 증액 등의 환경변화를 감안하여 백미가공능력을 7.5ton/hr로 확대하였으며, 2011년사업부터는 이 제한을 철폐하여 브랜드경영체의 원료 조달 및 판매능력에 따라 사업규모를 결정하도록 제도를 개선하여 보다 다양한 규모의 RPC 가공시설이 보급될 것으로 전망됨
- 18개소 제2세대 RPC별 총 소요동력의 합의 평균치는 724.3kW(463.1~1,582.5kW)이었으며, 18개소

제2세대 RPC의 각 공정별 평균 동력의 합은 735.4kW로 이는 현미공정이 없는 RPC를 포함한 합으로 나타내는데 원인이 있었음. 각 공정별 평균 동력의 합은 735.4kW를 기준으로 하여 공정별로 소요동력비율을 살펴보면 현미공정이 13.5%, 백미공정이 36.3%, 포장공정이 6.3%, 집진공정이 25.7%, 이송 및 공기압축기 등 부대시설 및 기타가 18.3%수준을 나타내었고, 집진 및 부대시설 부분이 전체 소요동력의 44.0% 수준을 나타내었음

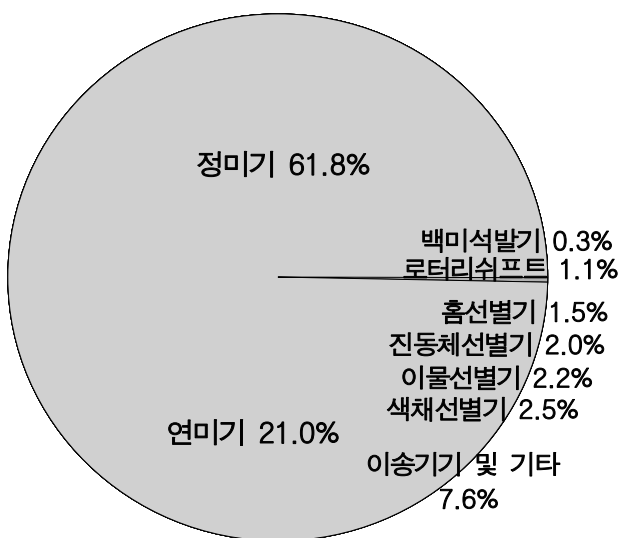
- 제2세대 RPC 18개소의 공정별 소요동력은 다음 그림 3-1-1과 같았으며, 그림에서 알 수 있듯이 현미공정의 단위기계 중에서는 현미기가 24.1%로서 가장 소요동력이 컸으며, 왕겨풍구 19.7%, 색채선별기 4.8%, 입선별기 4.5%, 종합정선기 4.4%, 현미석발기 4.2%순이었음. 벼 및 현미의 산물밀도가 백미보다 크고, 현미분리기 등에서 되돌림이 있어 벼와 현미를 이송하는 현미부 이송기기의 개수가 비교적 많았으며, 이로 인해 이송기기 및 기타가 차지하는 소요동력이 35.3%로 대단히 컸음



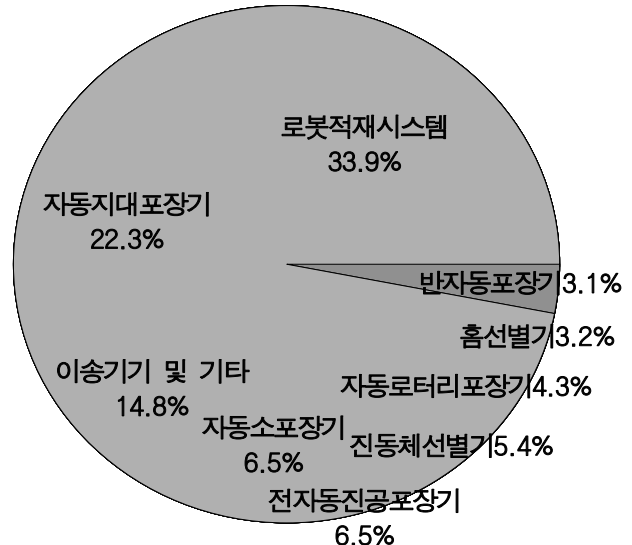
(가공시설 전체의 공정별 소요동력 구성)



(현미공정의 세부 항목별 소요동력 구성)



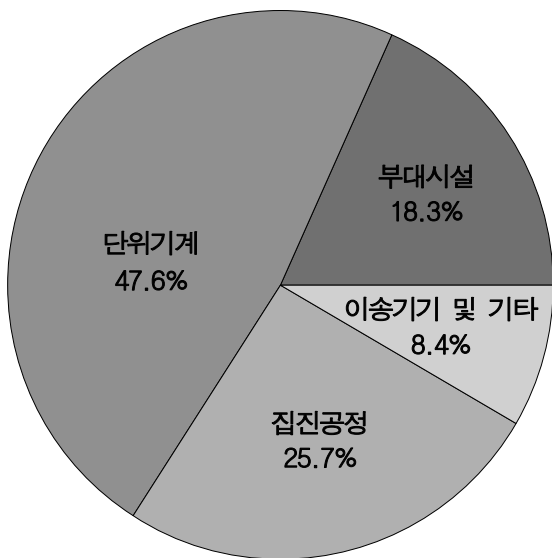
(백미공정의 세부 항목별 소요동력 구성)



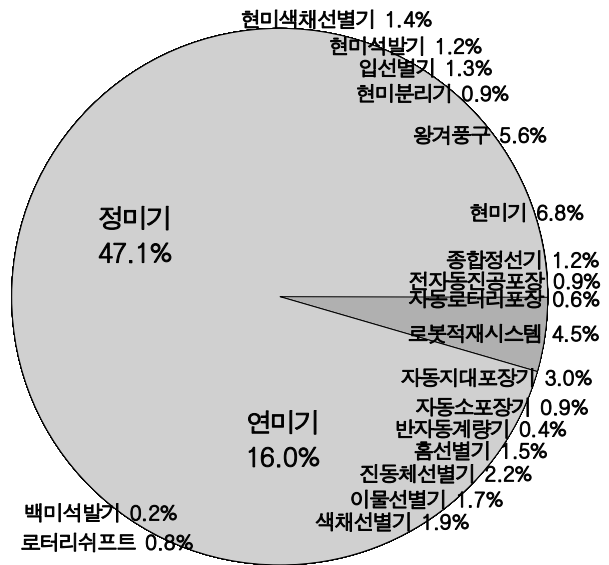
(포장공정의 세부 항목별 소요동력 구성)

그림 3-1-1. 제2세대 RPC 18개소의 공정별 소요동력 구성

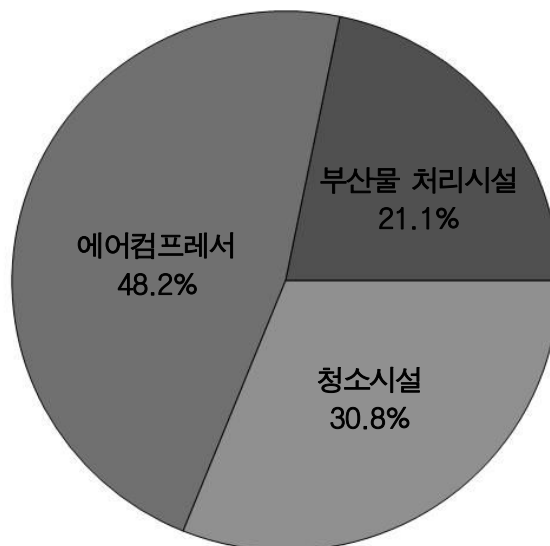
- 백미부의 소요동력중에는 정미기 비율이 절대적으로 61.8%를 차지하였으며, 연미기 21.0%, 이송기 기 및 기타 7.6%, 색채선별기 2.5%순서이었으며, 포장부에서는 로봇적재시스템이 33.9%로 가장 컸으며, 자동지대포장기 22.3%, 이송기기 및 기타 14.8%순이었음
- 한편, 기능별로 소요동력을 분류하면 그림 3-1-2와 같이 단위기계가 47.6%, 부대시설이 18.3%, 집진공정이 25.7%, 이송기기 및 기타가 8.4%이었음. 단위기계를 제외한 부대시설, 집진 및 이송기기의 소요동력비가 전체의 52.4%로서 대단히 높은 비중을 차지하였음



(가공시설 전체의 기능별 소요동력 구성)



(단위기계의 세부 항목별 소요동력 구성)



(부대시설의 세부 항목별 소요동력 구성)

그림 3-1-2. 제2세대 RPC 18개소의 기능별 소요동력 구성

- 단위기계 소요동력중에는 정미기가 차지하는 비율이 47.1%로서 전체 소요동력의 22.4%(47.6% × 47.1%)를 차지하고 있었고, 연미기는 16.0%, 현미기는 6.8%, 왕겨풍구는 5.6%, 로봇적재시스템

은 4.5%를 차지하였으며, 부대시설 중에는 에어컴프레서가 48.2%, 청소시설이 30.8%, 부산물처리 시설이 21.1%를 차지하였음

표 3-1-10. 제2세대 RPC 18개소의 현미공정의 주요 단위기계별 소요동력

대상 RPC	종합정전기				현미기				왕겨풍구			
	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)
A	2	6.3	5.1	0.7	3	22.8	18.5	2.5	2	28.7	23.4	3.0
B	1	3.1	4.9	0.7	2	15.0	23.6	3.2	1	14.4	22.6	3.1
C	1	3.2	4.9	0.6	2	15.0	22.6	2.7	1	13.7	20.6	2.5
D	2	6.4	4.6	0.8	4	44.8	31.9	5.8	2	26.4	18.8	3.4
E	2	5.2	5.2	0.6	4	30.0	30.3	3.6	4	15.2	15.3	1.8
F	1	3.1	3.3	0.6	2	15.0	15.9	2.9	1	14.4	15.2	2.8
G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	1	3.1	3.6	0.6	2	15.0	17.4	2.9	1	14.4	16.6	2.8
J	1	2.7	3.9	0.5	2	15.0	21.4	2.5	1	13.5	19.2	2.2
K	1	2.6	2.9	0.4	2	15.0	16.7	2.5	2	7.6	8.5	1.3
L	2	6.4	4.6	0.9	4	44.8	32.1	6.1	2	38.0	27.2	5.2
M	1	2.6	4.9	0.5	2	15.0	28.6	2.7	2	7.0	13.4	1.3
N	2	5.2	3.8	0.6	4	37.0	27.2	4.3	2	36.0	26.5	4.2
O	2	6.9	5.3	0.7	4	30.0	23.3	2.9	2	14.4	11.1	1.4
P	1	3.1	4.1	0.4	2	15.0	19.4	2.1	1	14.4	18.6	2.0
Q	2	6.4	4.6	0.9	4	30.0	21.4	4.2	2	35.3	25.1	5.0
R	1	3.2	4.2	0.6	2	22.4	29.4	4.2	1	19.0	24.9	3.6
평균	1.4	4.4	4.4	0.6	2.8	23.9	24.1	3.2	1.7	19.5	19.7	2.7
최대	2	6.9	5.3	0.9	4	44.8	32.1	6.1	4	38.0	27.2	5.2
최소	1	2.6	2.9	0.4	2	15.0	15.9	2.1	1	7.0	8.5	1.3

(표 3-1-10 계속)

대상 RPC	현미분리기				입선별기				현미석탈기			
	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)
A	1	2.2	1.8	0.2	4	6.0	4.9	0.6	2	6.3	5.1	0.7
B	1	2.2	3.5	0.5	2	1.7	2.4	0.3	2	0.8	1.3	0.2
C	1	2.2	3.3	0.4	3	2.3	3.4	0.4	1	0.8	1.1	0.1
D	2	4.4	3.1	0.6	6	4.5	3.2	0.6	2	6.4	4.6	0.8
E	2	4.4	4.4	0.5	4	3.0	3.0	0.4	2	5.2	5.2	0.6
F	1	2.2	2.3	0.4	2	15.0	15.9	2.9	1	3.1	3.3	0.6
G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	1	2.2	2.5	0.4	4	14.8	17.1	2.9	1	0.8	0.9	0.1
J	1	2.2	3.1	0.4	3	2.3	3.2	0.4	1	2.7	3.9	0.5
K	1	2.6	2.9	0.4	4	3.0	3.3	0.5	2	5.2	5.8	0.9
L	2	4.4	3.1	0.6	3	2.3	1.6	0.3	2	7.4	5.3	1.0
M	1	2.2	4.2	0.4	2	1.5	2.8	0.3	1	2.6	4.9	0.5
N	2	4.4	3.2	0.5	4	6.0	4.4	0.7	2	5.2	3.8	0.6
O	1	3.7	2.9	0.4	2	3.0	2.3	0.3	2	6.9	5.3	0.7
P	1	2.2	2.9	0.3	2	3.0	3.9	0.4	1	3.1	4.1	0.4
Q	2	4.4	3.1	0.6	2	1.9	1.4	0.3	2	6.4	4.6	0.9
R	1	2.2	2.9	0.4	2	1.5	2.0	0.3	1	3.7	4.8	0.7
평균	1.3	3.0	3.0	0.4	3.1	4.5	4.5	0.6	1.6	4.2	4.2	0.6
최대	2	4.4	4.4	0.6	6	15.0	17.1	2.9	2	7.4	5.8	1.0
최소	1	2.2	1.8	0.2	2	1.5	1.4	0.3	1	0.8	0.9	0.1

(표 3-1-10 계속)

대상 RPC	현미 섶채선별기				이송기기 및 기타				현미공정 총 소요동력 (kW)
	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	
A	2	7.0	5.6	0.8	27.0	37.9	30.8	4.1	123.1
B	1	4.1	6.5	0.9	17.0	22.5	35.2	4.8	63.5
C	2	4.0	6.1	0.8	21.0	25.2	38.0	4.6	66.3
D	1	3.7	2.6	0.5	33.0	43.8	31.2	5.7	140.4
E	-	-	-	-	19.0	36.1	36.4	4.4	99.1
F	1	3.5	3.7	0.7	18.0	26.8	28.4	5.2	94.5
G	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	2	5.0	5.8	1.0	22.0	31.2	36.1	6.1	86.4
J	2	9.0	12.9	1.5	21.0	22.7	32.4	3.8	70.0
K	2	4.0	4.4	0.7	29.0	48.4	53.8	8.1	89.9
L	1	2.2	1.6	0.3	17.0	34.3	24.5	4.7	139.7
M	1	2.0	3.8	0.4	13.0	19.5	37.2	3.5	53.0
N	2	4.0	2.9	0.5	26.0	38.1	28.0	4.4	135.9
O	2	7.4	5.7	0.7	37.0	55.9	43.3	5.3	129.0
P	1	4.1	5.3	0.6	16.0	16.5	21.4	2.3	77.2
Q	2	7.0	5.0	1.0	34.0	49.0	34.9	6.9	140.5
R	1	4.1	5.4	0.8	15.0	20.2	26.5	3.8	76.3
평균	1.4	4.7	4.8	0.7	22.8	35.0	35.3	4.8	99.1
최대	2	9.0	12.9	1.5	37.0	56.9	54.6	8.4	140.5
최소	1	2.0	1.6	0.3	13.0	19.5	24.5	3.5	53.0

표 3-1-11. 제2세대 RPC 18개소의 백미공정의 주요 단위기계별 소요동력

대상 RPC	정미기				연미기				백미석탈기			
	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)
A	4	217.0	70.3	23.3	2	44.0	14.2	4.7	1	0.4	0.12	0.04
B	1	79.0	55.5	17.1	2	35.0	24.6	7.6	1	0.8	0.53	0.16
C	1	79.0	46.4	14.5	2	30.0	17.6	5.5	1	0.8	0.44	0.14
D	1	189.0	65.9	24.6	2	60.0	20.9	7.8	1	0.8	0.26	0.10
E	2	289.0	62.1	35.0	4	88.0	18.9	10.7				
F	1	76.5	54.7	14.9	1	32.2	23.0	6.3	1	0.8	0.54	0.15
G	3	400.4	45.4	25.3	9	272.2	30.9	17.2	1	0.8	0.09	0.05
H	2	230.0	75.5	42.5	1	15.0	4.9	2.8	3	2.4	0.77	0.43
I	1	79.0	57.6	15.4	2	35.0	25.5	6.8	1	0.4	0.29	0.08
J	3	109.0	63.6	18.2	2	35.0	20.4	5.9	1	0.8	0.44	0.13
K	1	79.0	47.6	13.3	2	35.0	21.1	5.9	-	-	-	-
L	2	216.0	76.9	29.5	-	-	-	-	-	-	-	-
M	1	163.0	87.9	29.5	-	-	-	-	-	-	-	-
N	2	216.4	72.2	25.2	1	37.0	12.3	4.3	-	-	-	-
O	2	248.0	66.6	23.7	2	52.5	14.1	5.0	1	0.8	0.20	0.07
P	1	112.5	72.5	15.5	-	-	-	-	1	0.8	0.48	0.10
Q	1	68.2	45.7	9.6	2	33.0	22.1	4.6	1	0.4	0.27	0.06
R	1	116.2	63.6	21.9	1	37.0	20.3	7.0	1	0.8	0.41	0.14
평균	1.7	164.8	61.8	22.4	2.3	56.1	21.0	7.6	1.2	0.8	0.3	0.1
최대	4	400.4	87.9	42.5	9	272.2	30.9	17.2	3	2.4	0.8	0.4
최소	1	68.2	45.4	9.6	1	15.0	4.9	2.8	1	0.4	0.1	0.0



(표 3-1-11 계속)

대상 RPC	로터리슈프트				색채선별기				이물선별기			
	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)
A	2	3.0	1.0	0.3	3	6.6	2.1	0.7	2	4.0	1.3	0.4
B	1	1.5	1.1	0.3	2	7	4.9	1.5	1	4.3	3.0	0.9
C	1	1.5	0.9	0.3	2	5	2.9	0.9	1	4.3	2.5	0.8
D					1	2.5	0.9	0.3	1	2.2	0.8	0.3
E	2	3.0	0.6	0.4	3	5.5	1.2	0.7	-	-	-	-
F	2	3.0	2.1	0.6	1	3.5	2.5	0.7	1	3.5	2.5	0.7
G	4	8.8	1.0	0.6	6	30	3.4	1.9	2	20.0	2.3	1.3
H	2	3.0	1.0	0.6	2	5	1.6	0.9	2	8.0	2.6	1.5
I	1	1.5	1.1	0.3	1	3.5	2.6	0.7	1	2.0	1.5	0.4
J	-	-	-	-	2	12	7.0	2.0	-	-	-	-
K	1	1.5	0.9	0.3	2	4	2.4	0.7	-	-	-	-
L	2	3.0	1.1	0.4	2	8.2	2.9	1.1	2	8.2	2.9	1.1
M	1	1.5	0.8	0.3	2	4	2.2	0.7	-	-	-	-
N	3	4.5	1.5	0.5	3	6	2.0	0.7	-	-	-	-
O	2	3.0	0.8	0.3	2	8.2	2.2	0.8	2	8.2	2.2	0.8
P	2	3.0	1.9	0.4	1	4.1	2.6	0.6	1	4.1	2.6	0.6
Q	-	-	-	-	1	3	2.0	0.4	1	3.0	2.0	0.4
R	1	1.5	0.8	0.3	1	4.1	2.2	0.8	1	4.1	2.2	0.8
평균	1.8	2.9	1.1	0.4	2.1	6.8	2.5	0.9	1.4	5.8	2.2	0.8
최대	4	8.8	2.1	0.6	6	30.0	7.0	2.0	2	20.0	3.0	1.5
최소	1	1.5	0.6	0.3	1	2.5	0.9	0.3	1	2.0	0.8	0.3

(표 3-1-11 계속)

대상 RPC	진동채선별기				흡선별기				이송기기 및 기타				백미공정 총 소요동력 (kW)
	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	
A	1	1.5	0.5	0.2	-	-	-	-	38	26.4	8.5	2.8	308.8
B	2	1.6	1.1	0.3	2	4.4	3.1	1.0	15	8.7	6.1	1.9	142.3
C	4	6.0	3.5	1.1	1	7.2	4.2	1.3	22	12.3	7.2	2.3	170.1
D	4	6.0	2.1	0.8	1	2.2	0.8	0.3	21	12.0	4.2	1.6	286.7
E	2	4.4	0.9	0.5	-	-	-	-	23	29.5	6.3	3.6	465.4
F	-	-	-	-	-	-	-	-	12	9.0	6.4	1.8	139.8
G	-	-	-	-	-	-	-	-	84	79.3	9.0	5.0	882.2
H	2	3.0	1.0	0.6	1	4.5	1.5	0.8	26	11.6	3.8	2.1	304.5
I	16	15.8	11.5	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	137.2
J	2	3.0	1.8	0.5	-	-	-	-	15	9.6	5.6	1.6	171.3
K	-	-	-	-	-	-	-	-	11	14.5	8.7	2.4	166.0
L	2	4.4	1.6	0.6	1	0.8	0.3	0.1	28	18.0	6.4	2.5	280.9
M	-	-	-	-	1	1.5	0.8	0.3	9	11.5	6.2	2.1	185.5
N	-	-	-	-	-	-	-	-	18	13.8	4.6	1.6	299.6
O	-	-	-	-	1	3.8	1.0	0.4	31	25.5	6.8	2.4	372.4
P	3	6.6	4.3	0.9	-	-	-	-	24	22.0	14.2	3.0	155.1
Q	4	6.0	4.0	0.8	2	7.5	5.0	1.1	23	25.0	16.8	3.5	149.1
R	-	-	-	-	-	-	-	-	14	15.5	8.5	2.9	182.7
평균	3.8	5.3	2.0	0.7	1.3	4.0	1.5	0.5	24.4	20.2	7.6	2.8	266.6
최대	16	15.8	11.5	3.1	2	7.5	5.0	1.3	84	79.3	16.8	5.0	882.2
최소	1	1.5	0.5	0.2	1	0.8	0.3	0.1	9	8.7	3.8	1.6	137.2

표 3-1-12. 제2세대 RPC 18개소의 포장공정의 주요 단위기계별 소요동력

대상 RPC	로봇적재시스템				반자동포장기				자동소포장기			
	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)
A	1	15.0	27.7	1.6	-	-	-	-	1	1.0	1.8	0.1
B	1	15.0	62.8	3.2	-	-	-	-	-	-	-	-
C	1	21.0	62.2	3.8	1	0.8	2.2	0.1	1	1.5	4.4	0.3
D	1	21.0	57.7	2.7	1	0.8	2.1	0.1	1	0.8	2.1	0.1
E	-	-	-	-	3	4.5	9.9	0.5	-	-	-	-
F	1	15.0	41.8	2.9	1	1.0	2.8	0.2	-	-	-	-
G	2	40.0	42.6	2.5	-	-	-	-	2	30.0	32.0	1.9
H	1	21.0	80.0	3.9	-	-	-	-	1	3.8	14.3	0.7
I	1	15.0	31.3	2.9	-	-	-	-	-	-	-	-
J	1	21.0	48.1	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-
K	-	-	-	-	2	3.0	6.1	0.5	-	-	-	-
L	1	35.0	69.9	4.8	1	0.7	1.4	0.1	1	0.4	0.8	0.1
M	-	-	-	-	3	4.5	11.2	0.8	-	-	-	-
N	-	-	-	-	3	4.5	8.1	0.5	-	-	-	-
O	1	27.0	56.3	2.6	1	1.0	2.1	0.1	1	1.0	2.1	0.1
P	1	27.0	51.9	3.7	2	2.0	3.8	0.3	1	1.0	1.9	0.1
Q	1	21.0	66.9	2.9	-	-	-	-	1	1.0	3.2	0.1
R	1	35.0	56.3	6.6	1	0.7	1.1	0.1	1	5.0	8.0	0.1
평균	1.1	23.5	51.0	3.2	1.7	2.1	4.6	0.3	1.1	4.5	9.8	0.6
최대	2	40.0	80.0	6.6	3	4.5	11.2	0.8	2	30.0	32.0	1.9
최소	1	15.0	27.7	1.6	1	0.7	1.1	0.1	1	0.4	0.8	0.1

(표 3-1-12 계속)

대상 RPC	자동지대포장기				자동로타리포장기				전자동진공포장기			
	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)
A	1	17.0	31.4	1.8	1	3.0	5.5	0.3	1	1.0	1.8	0.1
B	1	6.5	27.2	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6.0	17.8	1.1
D	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6.0	16.5	0.8
E	1	26.0	57.1	3.2	-	-	-	-	-	-	-	-
F	1	6.5	18.1	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-
G	1	15.0	16.0	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-
H					-	-	-	-	-	-	-	-
I	1	21.0	43.8	4.1	-	-	-	-	-	-	-	-
J	-	-	-	-	1	3.0	6.9	0.5	-	-	-	-
K	1	26.0	53.0	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-
L	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5.0	10.0	0.7
M	1	26.0	64.7	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-
N	1	26.0	47.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
O	1	10.0	20.9	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
P	1	10.0	19.2	1.4	1	3.0	5.8	0.4	-	-	-	-
Q	1	6.0	19.1	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-
R	1	5.0	8.0	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-
평균	1.0	15.5	33.5	2.1	1.0	3.0	6.5	0.4	1.0	4.5	9.8	0.6
최대	1	26.0	64.7	4.7	1	3.0	6.9	0.5	1	6.0	17.8	1.1
최소	1	5.0	8.0	0.8	1	3.0	5.5	0.3	1	1.0	1.8	0.1

(표 3-1-12 계속)

대상 RPC	흡선별기				진동체선별기				이송기기				포장공정 총 소요 동력 (kW)
	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	공정 동력중 비율 (%)	총동력 중 비율 (%)	
A	-	-	-	-	2	3.7	6.9	0.4	13	8.1	24.9	1.4	54.2
B	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2.4	10.0	0.5	23.9
C	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2.3	6.7	0.4	33.8
D	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5.7	15.6	0.7	36.4
E	1	1.5	3.3	0.2	-	-	-	-	9	8.1	29.7	1.6	45.5
F	-	-	-	-	1	2.2	6.1	0.4	3	4.5	12.5	0.9	35.9
G	-	-	-	-	4	8.8	9.4	0.6	-	-	-	-	93.8
H	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.8	2.9	0.1	26.3
I	-	-	-	-	2	3.0	6.3	0.6	6	9.0	18.8	1.8	48.0
J	-	-	-	-	2	3.0	6.9	0.5	8	9.2	21.0	1.5	43.7
K	1	1.5	3.1	0.3	3	4.5	9.2	0.8	9	14.1	28.7	2.4	49.1
L	-	-	-	-	-	-	-	-	6	9.0	18.0	1.2	50.1
M	-	-	-	-	2	3.0	7.5	0.5	4	6.7	16.7	1.2	40.2
N	1	2.2	4.0	0.3	3	6.6	11.9	0.8	15	16.1	29.0	1.9	55.4
O	-	-	-	-	2	2.2	4.6	0.2	5	6.8	14.1	0.7	48.0
P	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6.0	11.6	0.8	52.0
Q	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1.2	3.7	0.2	31.4
R	1	3.8	6.0	0.7	2	0.8	1.3	0.2	13	15.0	24.1	2.8	62.2
평균	1.0	2.2	4.9	0.3	2.3	3.8	8.2	0.5	6.6	7.3	15.9	1.0	46.1
최대	1	3.8	6.0	0.7	4	8.8	11.9	0.8	15	16.1	29.7	2.8	93.8
최소	1	1.5	3.1	0.2	1	0.8	1.3	0.2	1	0.8	2.9	0.1	23.9

주) 포장부의 경우 RPC에서 선택적으로 포장기를 사용하므로 각 공정별 총 동력과 차이가 발생함

## 나) 가공시설별 소요동력차이 분석

- 18개소의 제2세대 RPC 가공공정의 소요동력을 현미부와 백미부의 가공능력별로 평균, 최대 및 최소 동력으로 분류한 결과는 다음 표 3-1-13과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 제2세대 RPC의 현장여건 등 상황에 따라 현미/백미생산능력은 6/5ton/hr, 12/10ton/hr, 12/5ton/hr, 0/10~20ton/hr 등 다양한 가공능력의 형태로 진행되었음을 알 수 있었음
- 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr인 경우, 총 소요동력은 평균 560.2kW(463.1~726.9kW)이었고, 백미 1ton을 생산하기 위하여 필요한 소요동력은 평균 112.0kWh(92.6~145.4kWh)수준이었음. 한편, 현미/백미생산능력이 12/10ton/hr인 경우, 총 소요동력은 평균 878.5kW(732.0~1048.3kW)이었고, 백미 1ton을 생산하기 위하여 필요한 동력은 평균 87.9kWh(73.2~104.8kWh)수준을 나타내어 규모가 클수록 단위 제품생산에 소요되는 동력이 적어지는 것을 알 수 있었음
- 이를 백미 제품 1포대(20kg 기준) 생산하기 위해 필요한 소요동력으로 환산하면 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr인 경우 2.24kWh(1.85~2.91kWh), 현미/백미생산능력이 12/10ton/hr인 경우 평균 1.76kWh(1.46~2.10kWh) 수준을 나타내었음
- 현미/백미생산능력 6/5ton/hr, 12/10ton/hr, 12/5ton/hr 및 0/10~20ton/hr 등 4가지 형태의 다른 생산능력을 가진 제2세대 RPC에서 각 생산능력별로 소요전력이 최소가 되는 RPC을 기준으로 각 생산능력별 최대가 되는 RPC의 소요동력은 107.7~282.5%수준이었으며, 특히, 생산능력의 기준이 되는 현미/백미생산능력 6/5ton/hr 및 12/10ton/hr인 RPC의 소요동력은 최소치에 비해 최대치는 각각 157.0%, 143.2%로서 큰 차이가 발생하는 것을 알 수 있었으며, 향후 상당한 부분에서 절감이 가능하다는 것을 알 수 있었음
- 한편, 다음 표 3-1-14는 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr, 12/10ton/hr, 12/5ton/hr 및 0/10~20ton/hr 제2세대 RPC의 소요동력중 각 공정별로 최소 및 최대가 되는 소요동력을 비교한 것임. 표에서도 알 수 있듯이 최대와 최소치의 합은 표 3-1-13의 최대 및 최소가 되는 제2세대 RPC의 전체 소요동력 차이보다 더 커지는 것을 알 수 있었음
- 다음 표 3-1-15는 각 생산능력별로 전체 설계동력에서 최대 및 최소인 2개 제2세대 RPC의 각 공정에서의 설계동력 차이를 나타낸 표 3-1-13을 요약하여 정리한 것이고, 표 3-1-16은 18개 제2세대 RPC에서 각 생산능력별로 각 공정에서 최대 및 최소가 되는 설계동력을 나타낸 표 3-1-13을 요약하여 나타낸 것이며, 표 3-1-17 및 표 3-1-18은 보다 세밀하게 비교한 것임

표 3-1-13. 18개소 제2세대 RPC중 처리능력별 소요동력이 최대최소인 2개소 RPC의 공정별 소요동력 비교

소요동력			현미/백미 6/5ton/hr			현미/백미 12/10ton/hr			현미/백미 12/5ton/hr			
			평균	최대 (P RPC)	최소 (B RPC)	평균	최대 (O RPC)	최소 (L RPC)	평균	최대 (D RPC)	최소 (Q RPC)	
가공부	현미부	설계동력 (kW)	75.2	77.2	63.5	125.4	129.0	139.7	140.5	140.4	140.5	
		총동력중 비율(%)	13.4	10.6	16.7	14.3	12.3	19.1	19.0	18.3	19.7	
	백미부	설계동력 (kW)	161.1	155.1	142.2	345.4	372.4	280.9	217.9	286.7	149.1	
		총동력중 비율(%)	28.8	142.3	30.7	39.3	35.5	38.4	29.5	37.4	20.9	
	포장부	설계동력 (kW)	43.2	52.0	23.9	50.6	48.0	50.1	33.9	36.4	31.4	
		총동력중 비율(%)	7.7	7.2	5.2	5.8	4.6	6.8	4.6	4.7	4.4	
	소계	설계동력 (kW)	279.5	284.3	243.4	521.4	549.4	470.7	392.3	463.5	321.0	
		총동력중 비율(%)	49.9	39.1	52.6	59.4	52.4	64.3	53.0	60.4	45.1	
	집진부	현미 집진	설계동력 (kW)	75.1	126.5	56.5	129.7	169.1	72.8	138.0	95.2	180.7
			총동력중 비율(%)	13.4	17.4	12.2	14.8	16.1	9.9	18.7	12.4	25.4
백미 집진		설계동력 (kW)	61.8	84.0	56.8	107.9	139.2	67.5	71.9	77.8	66.0	
		총동력중 비율(%)	11.0	11.6	12.3	12.3	13.3	9.2	9.7	10.1	9.3	
소계		설계동력 (kW)	136.9	210.5	113.3	237.6	308.3	140.3	209.9	173.0	246.7	
		총동력중 비율(%)	24.4	29.0	24.5	27.0	29.4	19.2	28.4	22.6	34.6	
부대 설비부	부산물 처리 시설	설계동력 (kW)	47.5	67.2	46.2	31.1	35.6	25.0	34.6	34.7	34.4	
		총동력중 비율(%)	8.5	9.2	10.0	3.5	3.4	3.4	4.7	4.5	4.8	
	청소 시설	설계동력 (kW)	-	-	-	44.0	44.0	-	74.0	74.0	-	
		총동력중 비율(%)	-	-	-	5.0	4.2	-	10.0	9.6	-	
	에어컴프레서	설계동력 (kW)	96.3	165.0	74.0	85.8	111.0	96.0	66.0	22.0	110.0	
		총동력중 비율(%)	17.2	22.7	16.0	9.8	10.6	13.1	8.9	2.9	15.4	
	소계	설계동력 (kW)	143.8	232.2	120.2	160.9	190.6	121.0	174.6	130.7	144.4	
		총동력중 비율(%)	25.7	31.9	26.0	18.3	18.2	16.5	23.6	17.0	20.3	
	총동력(kW)			560.2	726.9	463.1	878.5	1,048.3	732.0	739.6	767.1	712.0

(표 3-1-13 계속)

소요동력			현미/백미 0/10~20ton/hr			전 체		
			평균	최대 (G RPC)	최소 (H RPC)	평균	최대	최소
가공부	현미부	설계동력 (kW)	-	-	-	99.1	140.5	53.0
		총동력중 비율(%)	-	-	-	13.7	19.4	7.3
	백미부	설계동력 (kW)	593.4	882.2	304.5	266.6	882.2	137.2
		총동력중 비율(%)	55.9	55.7	56.3	36.8	121.8	18.9
	포장부	설계동력 (kW)	60.1	93.8	26.3	46.1	93.8	23.9
		총동력중 비율(%)	5.7	5.9	4.9	6.4	13.0	3.3
	소계	설계동력 (kW)	653.5	976.0	330.8	400.8	882.2	23.9
		총동력중 비율(%)	61.5	61.7	61.1	55.3	121.8	3.3
잡진부	현미 잡진	설계동력 (kW)	-	-	-	100.0	190.1	56.5
		총동력중 비율(%)	-	-	-	13.8	26.2	7.8
	백미 잡진	설계동력 (kW)	278.4	441.5	115.3	99.8	441.5	47.7
		총동력중 비율(%)	26.2	27.9	21.3	13.8	61.0	6.6
	소계	설계동력 (kW)	278.4	441.5	115.3	188.7	441.5	47.7
		총동력중 비율(%)	26.2	27.9	21.3	26.1	61.0	6.6
부대 설비부	부산물 처리 시설	설계동력 (kW)	25.0	-	25.0	40.4	67.2	25.0
		총동력중 비율(%)	2.4	-	4.6	5.6	9.3	3.5
	청소 시설	설계동력 (kW)	-	-	-	59.0	74.0	44.0
		총동력중 비율(%)	-	-	-	8.1	10.2	6.1
	에어컴 프레서	설계동력 (kW)	117.5	165.0	70.0	92.4	165.0	22.0
		총동력중 비율(%)	11.1	10.4	12.9	12.8	22.8	3.0
	소계	설계동력 (kW)	142.5	165.0	95.0	134.9	165.0	22.0
		총동력중 비율(%)	13.4	10.4	17.6	18.6	22.8	3.0
총동력(kW)			1,061.8	1,582.5	541.0	724.3	1,582.5	463.1



표 3-1-14. 18개소 제2세대 RPC중 처리능력별 각 공정소요동력이 최대최소인 RPC의 공정별 소요동력 비교

소요동력			현미/백미 6/5ton/hr			현미/백미 12/10ton/hr			현미/백미 12/5ton/hr			
			평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	
가공부	현미부	설계동력 (kW)	75.2	94.5	53.0	125.4	139.7	99.1	140.5	140.5	140.4	
		총동력중 비율(%)	13.4	16.9	9.5	14.3	15.9	11.3	19.0	19.0	19.0	
	백미부	설계동력 (kW)	161.1	185.5	137.2	345.4	465.4	280.9	217.9	286.7	149.1	
		총동력중 비율(%)	28.8	33.1	24.5	39.3	53.0	32.0	29.5	38.8	20.2	
	포장부	설계동력 (kW)	43.2	62.2	23.9	50.6	55.4	45.5	33.9	36.4	31.4	
		총동력중 비율(%)	7.7	11.1	4.3	5.8	6.3	5.2	4.6	4.9	4.2	
	소계	설계동력 (kW)	279.5	342.2	214.1	521.4	660.5	425.5	392.3	463.6	320.9	
		총동력중 비율(%)	49.9	61.1	38.2	59.4	75.2	48.4	53.0	62.7	43.4	
	잡진부	현미 잡진	설계동력 (kW)	75.1	126.5	56.5	129.7	190.1	72.8	138.0	180.7	95.2
			총동력중 비율(%)	13.4	22.6	10.1	14.8	21.6	8.3	18.7	24.4	12.9
백미 잡진		설계동력 (kW)	61.8	84.0	47.7	107.9	153.3	69.0	71.9	77.8	66.0	
		총동력중 비율(%)	11.0	15.0	8.5	12.3	17.5	7.9	9.7	10.5	8.9	
소계		설계동력 (kW)	136.9	210.5	104.2	237.6	343.4	141.8	209.9	258.5	161.2	
		총동력중 비율(%)	24.4	37.6	18.6	27.0	39.1	16.0	28.4	35.0	21.8	
부대설비부	부산물 처리 시설	설계동력 (kW)	47.5	67.2	33.5	31.1	37.5	25.0	34.6	34.7	34.4	
		총동력중 비율(%)	8.5	12.0	6.0	3.5	4.3	2.8	4.7	4.7	4.7	
	청소 시설	설계동력 (kW)	-	-	-	44.0	44.0	44.0	74.0	74.0	74.0	
		총동력중 비율(%)	-	-	-	5.0	5.0	5.0	10.0	10.0	10.0	
	에어컴프레서	설계동력 (kW)	96.3	165.0	52.0	85.8	111.0	37.0	66.0	110.0	22.0	
		총동력중 비율(%)	17.2	29.5	9.3	9.8	12.6	4.2	8.9	14.9	3.0	
	소계	설계동력 (kW)	143.8	232.2	85.5	160.9	192.5	106.0	174.6	218.7	130.4	
		총동력중 비율(%)	25.7	41.4	15.3	18.3	21.9	12.1	23.6	29.6	17.6	
	총동력(kW)			560.2	784.9	403.8	878.5	1,196.4	673.3	739.6	940.8	612.5

(표 3-1-14 계속)

소요동력			현미/백미 0/10~20ton/hr			전체		
			평균	최대	최소	평균	최대	최소
가공부	현미부	설계동력 (kW)	-	-	-	99.1	140.5	53.0
		총동력중 비율 (%)	-	-	-	13.7	19.4	7.3
	백미부	설계동력 (kW)	593.4	882.2	304.5	266.6	882.2	137.2
		총동력중 비율 (%)	55.9	83.1	28.7	36.8	121.8	18.9
	포장부	설계동력 (kW)	60.1	93.8	26.3	46.1	93.8	23.9
		총동력중 비율 (%)	5.7	8.8	2.5	6.4	13.0	3.3
	소계	설계동력 (kW)	653.5	976.0	330.8	400.8	882.2	23.9
		총동력중 비율 (%)	61.5	91.9	31.2	55.3	121.8	3.3
집진부	현미 집진	설계동력 (kW)	-	-	-	100.0	190.1	56.5
		총동력중 비율 (%)	-	-	-	13.8	26.2	7.8
	백미 집진	설계동력 (kW)	278.4	441.5	115.3	99.8	441.5	47.7
		총동력중 비율 (%)	26.2	41.6	10.9	13.8	61.0	6.6
	소계	설계동력 (kW)	278.4	441.5	115.3	188.7	441.5	47.7
		총동력중 비율 (%)	26.2	41.6	10.9	26.1	61.0	6.6
부대 설비부	부산물 처리 시설	설계동력 (kW)	25.0	25.0	25.0	40.4	67.2	25.0
		총동력중 비율 (%)	2.4	2.4	2.4	5.6	9.3	3.5
	청소 시설	설계동력 (kW)	-	-	-	59.0	74.0	44.0
		총동력중 비율 (%)	-	-	-	8.1	10.2	6.1
	에어컴프레서	설계동력 (kW)	117.5	165.0	70.0	92.4	165.0	22.0
		총동력중 비율 (%)	11.1	15.5	6.6	12.8	22.8	3.0
	소계	설계동력 (kW)	142.5	190.0	95.0	191.8	165.0	22.0
		총동력중 비율 (%)	13.4	17.9	8.9	26.5	22.8	3.0
총동력(kW)			1,061.8	1,607.5	541.1	724.3	1,582.5	463.1

- 표 3-1-15에서 알 수 있듯이 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 제2세대 RPC의 소요동력에 큰 차이를 나타내는 공정은 부대설비부 42.4%, 집진부 36.8% 및 가공부 20.7% 등이었고, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 RPC중에서 소요동력에 큰 차이를 나타내는 공정은 집진부 53.1%, 가공부 24.9% 및 부대설비부 22.0% 등이었음
- 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr인 제2세대 RPC중에서 소요동력에서 최대 및 최소가 되는 2개소 RPC의 각 공정별 소요동력을 비교한 표 3-1-15에서 알 수 있듯이 원료 벼를 최종 제품까지 생산하는데 소요동력이 최대 726.9kW, 최소 463.1kW로서 263.9kW의 차이를 나타내었는데, 주요 원인은 표 3-1-17에서와 같이 현미, 백미 및 포장공정에서 소요동력차이 41.6kW(15.8%), 현미부와 백미부의 집진공정에서 소요동력 차이 89.1kW(25.1%), 이송기기 및 기타시설에서 소요동력 차이 133.0kW(50.4%) 등이었음

표 3-1-15. 18개소 제2세대 RPC의 처리능력별로 소요동력이 최대 및 최소가 되는 RPC의 가공공정별 소요동력차이(2개 RPC직접비교)

소요동력(kW)		현미/백미 6/5ton/hr				현미/백미 12/10ton/hr			
		최대 (P RPC)	최소 (B RPC)	최대- 최소(A)	비율(% (B/A×100))	최대 (O RPC)	최소 (L RPC)	최대- 최소(C)	비율(% (C/D×100))
가공부	현미부	77.2	63.5	13.7	5.2	129.0	139.7	-10.7	-3.4
	백미부	155.1	142.2	12.9	4.9	372.4	280.9	91.5	28.9
	포장부	52.0	23.9	28.1	10.6	48.0	50.1	-2.1	-0.7
	소계	284.3	243.4	54.7	20.7	549.4	470.7	78.7	24.9
집진부	현미집진	126.5	56.5	70.0	26.5	169.1	72.8	96.3	30.4
	백미집진	84.0	56.8	27.2	10.3	139.2	67.5	71.7	22.7
	소계	210.5	113.3	97.2	36.8	308.3	140.3	168.0	53.1
부대 설비부	부산물 처리시설	67.2	46.2	21.0	8.0	35.6	25.0	10.6	3.4
	청소시설	0.0	0.0	0.0	0.0	44.0	0.0	44.0	13.9
	에어 컴프레서	165.0	74.0	91.0	34.5	111.0	96.0	15.0	4.7
	소계	232.2	120.2	112.0	42.4	190.6	121.0	69.6	22.0
총동력(kW)		726.9	463.1	263.9 (B)	100.0	1,048.3	732.0	316.3 (D)	100.0

(표 3-1-15 계속)

소요동력(kW)		현미/백미 12/5ton/hr				현미/백미 0/10~20ton/hr			
		최대 (D RPC)	최소 (Q RPC)	최대- 최소(E)	비율(%) (E/F×100)	최대 (G RPC)	최소 (H RPC)	최대- 최소(G)	비율(%) (G/H×100)
가공부	현미부	140.4	140.5	-0.1	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	백미부	286.7	149.1	137.6	249.7	882.2	304.5	577.7	55.5
	포장부	36.4	31.4	5.0	9.1	93.8	26.3	67.5	6.5
	소계	463.5	321.0	142.5	258.6	976.0	330.8	645.2	62.0
집진부	현미집진	95.2	180.7	-85.5	-155.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	백미집진	77.8	66.0	11.8	21.4	441.5	115.3	326.2	31.3
	소계	173.0	246.7	-73.7	-133.8	441.5	115.3	326.2	31.3
부대 설비부	부산물 처리시설	34.7	34.4	0.3	0.5	0.0	25.0	-25.0	-2.4
	청소시설	74.0	0.0	74.0	134.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	에어 컴프레서	22.0	110.0	-88.0	-159.7	165.0	70.0	95.0	9.1
	소계	130.7	144.4	-13.7	-24.9	165.0	95.0	70.0	6.7
총동력(kW)		767.1	712.0	55.1 (F)	100.0	1582.5	541.0	1,041.4 (H)	100.0

- 현미/백미생산능력이 12/10ton/hr인 경우, 원료 벼를 최종 제품까지 생산하는데 직접 관계되는 현미, 백미 및 포장공정에서 소요동력차이는 50.6kW(16.0%), 현미부와 백미부의 집진공정에서 소요동력차이는 163.6kW(51.7%), 이송기기 및 기타시설에서 소요동력차이는 102.0kW(32.3%) 등으로 나타났음(표 3-1-17)
- 한편, 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 제2세대 RPC중에서 설계동력에 큰 차이를 나타내는 공정은 부대설비부 38.5%, 가공부 33.6% 및 집진부 27.9% 등이었고, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 제2세대 RPC중에서 설계동력에 큰 차이를 나타내는 공정은 가공부 44.9%, 집진부 38.5% 및 부대설비부 16.5%이었음(표 3-1-16)
- 표 3-1-18에서 알 수 있듯이 18개소 제2세대 RPC의 각 공정별로 최대와 최소가 되는 공정을 비교한 결과, 현미/백미 생산능력 6/5ton/hr의 경우 에어컴프레서가 113.0kW(29.7%)로 가장 컸으며, 집진시설 95.9kW(25.2%), 백미단위기계 50.6kW(13.3%), 현미단위기계 34.2kW(9.0%)순이었음. 한

편, 백미 생산능력 12/10ton/hr의 경우 집진시설이 206.1kW(39.3%)로 가장 컸으며, 백미단위기계 169.9kW (32.4%), 에어컴프레서 74.0kW(14.1%), 현미단위기계 42.5kW(8.1%) 순이었음

- 이와 같은 차이를 나타내는 주요 원인을 살펴보면, 먼저, 가공부에서의 동력차이가 발생하는 주요 원인으로 ① 정미기 등 주요 단위기계간의 동력차이 및 구성형태, ② 선별기의 종류 및 설치대수 등을 들 수 있음
- RPC 단위기계 및 장비의 성능검정에서 적합 및 부적합의 판단기준은 성능이고, 소요동력은 참고자료이며, RPC의 운영자는 수율이 향상된다면 소요동력 증가는 크게 관여하지 않겠다는 인식이 널리 퍼져있는 상태로 지금까지 단위기계가 동력절감보다는 수율증가에 맞추어져 왔음을 알 수 있었음

표 3-1-16. 18개소 제2세대 RPC의 처리능력별로 각 공정별로 소요동력이 최대 및 최소가 되는 RPC의 가공공정별 소요동력차이(각 공정별 최대 최소비교)

소요동력(kW)		현미/백미 6/5ton/hr				현미/백미 12/10ton/hr			
		최대	최소	최대-최소 (A)	비율(%) (A/B×100)	최대	최소	최대-최소 (C)	비율(%) (C/D×100)
가공부	현미부	94.5	53	41.5	10.9	139.7	99.1	40.6	7.8
	백미부	185.5	137.2	48.3	12.7	465.4	280.9	184.5	35.3
	포장부	62.2	23.9	38.3	10.0	55.4	45.5	9.9	1.9
	소계	342.2	214.1	128.1	33.6	660.5	425.5	235.0	44.9
집진부	현미집진	126.5	56.5	70.0	18.4	190.1	72.8	117.3	22.4
	백미집진	84.0	47.7	36.3	9.5	153.3	69	84.3	16.1
	소계	210.5	104.2	106.3	27.9	343.4	141.8	201.6	38.5
부대 설비부	부산물 처리시설	67.2	33.5	33.7	8.8	37.5	25	12.5	2.4
	청소시설	0.0	0.0	0.0	0.0	44	44	0.0	0.0
	에어 컴프레서	165.0	52	113.0	29.7	111	37	74.0	14.1
	소계	232.2	85.5	146.7	38.5	192.5	106	86.5	16.5
총동력(kW)		784.9	403.8	381.1 (B)	100.0	1,196.4	673.3	523.1 (D)	100.0

(표 3-1-16 계속)

소요동력(kW)		현미/백미 12/5ton/hr				현미/백미 0/10~20ton/hr			
		최대	최소	최대-최소 (E)	비율(%) (E/F×100)	최대	최소	최대-최소 (G)	비율(%) (G/H×100)
가공부	현미부	140.5	140.4	0.1	0.0	0	0	0.0	0.0
	백미부	286.7	149.1	137.6	41.9	882.2	304.5	577.7	54.2
	포장부	36.4	31.4	5.0	1.5	93.8	26.3	67.5	6.3
	소계	463.6	320.9	142.7	43.5	976	330.8	645.2	60.5
집진부	현미집진	180.7	95.2	85.5	26.0	0	0	0.0	0.0
	백미집진	77.8	66	11.8	3.6	441.5	115.3	326.2	30.6
	소계	258.5	161.2	97.3	29.6	441.5	115.3	326.2	30.6
부대 설비부	부산물 처리시설	34.7	34.4	0.3	0.1	25	25	0.0	0.0
	청소시설	74	74	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	에어 컴프레서	110	22	88.0	26.8	165	70	95.0	8.9
	소계	218.7	130.4	88.3	26.9	190	95	95.0	8.9
총동력(kW)		940.8	612.5	328.3 (F)	100.0	1,607.5	541.1	1066.4 (H)	100.0

- 이와 같은 인식으로 인해 표 3-1-17에서 알 수 있듯이 정미시스템 동력도 구성별(1연삭+1마찰+1연미, 1연삭+2마찰+1연미, 1연삭+4마찰+2연미 등), 형태별(입형 및 횡형 등) 및 제조회사별로 차이가 크게 발생하고 있음. RPC 가공공정에 사용되는 대부분의 주요 단위기계도 동일하게 제조회사별 및 모델별로 동력차이가 많이 발생하고 있었으며, 이들의 구성에 따라 정미부에서의 설계동력에 큰 차이가 발생하고 있었음
- 또한, 선별기의 종류 및 선별방법에 따라서도 차이가 발생하는데 백미부 및 포장부의 등급선별기 및 진동체선별기의 종류 및 설치대수에 따라 차이가 발생하였으며, 특히, 진동체선별기 대신 거의 무동력의 유하식선별기를 설치하는 경우에도 큰 차이를 나타내고 있었음

- 한편, 집진시설에 관해서는 주로 현미부에는 백필터 형태가, 백미부 및 포장부에는 테프론으로 코팅된 사이클론 형태가 사용되고 있었으며, 동력차이가 발생하는 것은 ① 설계회사간 상이한 설계기준의 준용, ② 가공공정 현장여건이 충분하게 반영되지 못한 집진라인 설계, ③ 각 단위기계 제조회사에서 정확한 단위기계 집진량 제시 한계, ④ 설계미숙(예 : 개방형 왕겨풍구와 최종 왕겨실에 각각 집진용 송풍기를 중복설치) 등이 종합적으로 관여하여 설계동력에 차이가 발생하는 것으로 판단되었음
- 부대시설의 경우, ① 에어컴프레서는 고장에 대비하기 위해 예비제품이 설치되어야 한다는 고정관념, ② 고에너지가 소요되는 공기이송방법(흡인식)의 채택 및 도입초기로서 설계기준 미정립, ③ 도입초기인 흡인식 청소시스템의 설계기준 미정립 등을 들 수 있었음
- 이상의 결과에서 알 수 있듯이 에너지측면에서 현미, 백미 및 포장공정중의 단위기계는 물론 집진시설, 에어컴프레서, 청소시스템, 부산물처리시설 및 이송기기 등에 대한 공정개선과 설계기준정립이 필요하였으며, 공정개선은 단위공정 성능차이 발생원인의 해소는 물론 실천가능한 설계동력 기준의 제시가 포함되는 것이 필요하였음

표 3-1-17. 18개소 제2세대 RPC의 가공공정별 처리능력별 최대, 최소 소요동력차(2개 RPC직접비교)

공정	단위기계	현미/백미생산능력 6/5ton/hr					현미/백미생산능력 12/10ton/hr				
		공정별 최대 소요동력		공정별 최소 소요동력		소요 동력차 (kW) (A-B)	공정별 최대 소요동력		공정별 최소 소요동력		소요 동력차 (kW) (C-D)
		수량	소요동 력(kW) (A)	수량	소요동 력(kW) (B)		수량	소요동 력(kW) (C)	수량	소요동 력(kW) (D)	
현미 공정	종합정선기	1	3.1	1	3.1	0.0	2	6.8	2	6.4	0.4
	전자동현미기	2	15.0	2	15.0	0.0	4	30.0	4	44.8	-14.8
	왕겨풍구	1	14.4	1	14.4	0.0	2	14.3	2	38.0	-23.7
	현미분리기	1	2.2	1	2.2	0.0	1	3.7	2	4.4	-0.7
	입선별기	2	3.0	2	1.5	1.5	2	3.0	3	2.25	0.75
	현미석발기	1	3.1	2	0.8	2.3	2	6.9	2	7.4	-0.5
	색채선별기	1	4.1	1	4.1	0.0	2	7.4	1	2.2	5.2
	싸이크론밧송풍기	1	15.8			15.8					
	자동 소포장기						1	1.0			1.0
	소 계		60.7		41.1	19.6		73.2		105.5	-32.3
백미 공정	정미기	1	112.5	1	79.0	33.5	2	251.0	2	236.4	14.6
	로터리쉬프트	2	3.0	1	1.5	1.5	2	3.0	2	3.0	0.0
	색채선별기	1	4.1	2	7.0	-2.9	2	8.2	4	16.4	-8.2
	등급선별기			2	4.4	-4.4	1	3.8	1	0.8	3.0
	백미석발기	1	0.8	1	0.8	0.0	1	0.8			0.8
	습식연미기			2	35.0	-35.0	2	52.5			52.5
	이물선별기	1	4.1	1	4.3	-0.2	2	8.2			8.2
	진동체선별기	3	6.6	2	1.6	5.0			2	4.4	-4.4
	싸이크론밧송풍기						1	16.5			16.5
	소 계		131.1		133.6	-2.5		343.9		260.9	83.0
포장 공정	진동체선별기						2	2.2			2.2
	자동로터리포장기	1	3.0			3.0					
	자동소포장기	1	1.0			1.0	1	1.0	1	5.0	-4.0
	반자동포장기	2	2.0			2.0	1	1.0	2	1.3	-0.3
	미싱기	2	3.0			3.0					
	자동지대포장기	1	10.0	1	6.5	3.5	1	10.0			10.0
	로봇적재시스템	1	27.0	1	15.0	12.0	1	27.0	1	35.0	-8.0
	소 계		46.0		21.5	24.5		41.2		41.3	-0.1
<b>소 계</b>		<b>237.8</b>		<b>196.2</b>	<b>41.6</b>		<b>458.3</b>		<b>407.7</b>	<b>50.6</b>	



(표 3-1-17 계속)

공정	현미/백미생산능력 6/5ton/hr						현미/백미생산능력 12/10ton/hr						비고			
	공정별 최대 소요동력			공정별 최소 소요동력			소요 동력차 (kW) (A-B)	공정별 최대 소요동력			공정별 최소 소요동력			소요 동력차 (kW) (A-B)		
	형식	수량	소요 동력 (kW) (A)	형식	수량	소요 동력 (kW) (B)		형식	수량	소요 동력 (kW) (A)	형식	수량			소요 동력 (kW) (B)	
현미부 집진 공정	B	1	23.5	C	2	27.5	-4.0	B	1	28.1	B	1	23.5	4.6	현미부용	
	B	1	20.5	C	1	11.8	8.8	B	2	56.2	C	1	11.8	44.4	종합정선기용	
	B	1	16.5				16.5	B	2	39.0	C	1	11.8	27.2	현미석발기용	
	B	1	36.1	C	1	15.8	20.4	B	1	36.1	C	2	1.5	34.6	왕겨풍구용	
	B	1	10.0				10.0		1	7.5				7.5	현미부집진기 배출용	
	B	1	12.5				12.5								원료탱크용	
											C	1	22.8	-22.8	원료, 현미석발기용	
	소계		119.1			55.0	64.1			166.9			71.3	95.6		
백미부 집진 공정	B	1	17.1	C	1	19.8	-2.7	B	2	47.0	C	1	30.7	16.3	백미부용	
	B	1	26.6	C	1	8.3	18.3	B	2	56.0	C	2	23.5	32.5	정미기용	
	B	1	21.1	C	1	6.2	14.9				C	1	11.8	-11.8	포장부용	
	C	1	12.5				12.5	C	1	7.0				7.0	부산물용	
				C	1	11.7	-11.7	B	2	24.0					24.0	습식연미기용
				C	1	6.3	-6.3									백미부집진기 배출용
	소계		77.3			52.3	25.0			134.0			66.0	68.0		
소계		196.4			107.3	89.1			300.9			137.3	163.6			

(표 3-1-17 계속)

공정	단위기계		현미/백미생산능력 6/5ton/hr				현미/백미생산능력 12/10ton/hr					
			공정별 최대 소요동력		공정별 최소 소요동력		소요 동력차 (kW) (A-B)	공정별 최대 소요동력		공정별 최소 소요동력		소요 동력차 (kW) (C-D)
			수량	소요동 력(kW) (A)	수량	소요동 력(kW) (B)		수량	소요동 력(kW) (C)	수량	소요동 력(kW) (D)	
이 송 기 기	현 미 부	체인컨베이어	5	4.5	4	3.8	0.7	16	29.0	6	13.4	15.6
		버킷엘리베이터	11	12.0	13	18.7	-6.7	21	26.9	11	20.9	6.0
		소 계		16.5		22.5	-6.0		55.9		34.3	21.6
	백 미 부	체인컨베이어	6	4.5	1	0.4	4.1	7	10.5	9	5.7	4.8
		버킷엘리베이터	18	19.5	14	8.3	11.2	24	18.0	19	14.3	3.7
		소 계		24.0		8.7	15.3		28.5		19.9	8.6
	포 장 부	체인컨베이어	3	4.5	4	1.6	2.9	2	3.0	2	3.0	0.0
		버킷엘리베이터	1	1.5	2	0.8	0.7	3	3.8	4	6.0	-2.2
		소 계		6.0		2.4	3.6		6.8		9.0	-2.2
	집 진 부	체인컨베이어	7	11.9	4	6.0	5.9	4	7.4	4	3.0	4.4
		버킷엘리베이터	1	2.2		-	2.2		-		-	-
		소 계		14.1		6.0	11.1		7.4		3.0	4.4
		소 계		60.6		39.6	21.0		98.6		66.2	32.4
기 타 시 설	부산물처리시설		67.2		46.2	21.0		35.6		25.0	10.6	
	청소시설		-		-	-		44.0		-	44.0	
	에어컴프레서		165.0		74.0	91.0		111.0		96.0	15.0	
	소 계		232.2		120.2	112.0		190.6		121.0	69.6	
	소 계		292.8		159.8	133.0		289.2		187.2	102.0	
	합 계		726.9		463.1	263.7		1,048.3		732.0	316.2	

표 3-1-18. 18개소 제2세대 RPC의 가공공정별 처리능력별 최대, 최소 소요동력차(각공정별 최대 최소비교)

공정	단위기계	현미/백미생산능력 6/5ton/hr					현미/백미생산능력 12/10ton/hr				
		공정별 최대 소요동력		공정별 최소 소요동력		소요동력차 (kW) (A-B)	공정별 최대 소요동력		공정별 최소 소요동력		소요동력차 (kW) (C-D)
		수량	소요동력(kW) (A)	수량	소요동력(kW) (B)		수량	소요동력(kW) (C)	수량	소요동력(kW) (D)	
현미 공정	종합정선기	1	3.1	1	2.6	0.5	2	6.4	2	5.2	1.2
	전자동현미기	2	15.0	2	15.0	0.0	4	44.8	4	30.0	14.8
	왕겨풍구	1	14.4	2	7.6	6.8	2	38.0	4	15.2	22.8
	현미분리기	1	2.2	1	2.2	0.0	2	4.4	2	4.4	0.0
	입선별기	2	15.0	2	1.5	13.5	3	2.3	4	3.0	-0.7
	현미석발기	1	3.1	1	2.6	0.5	2	7.4	2	5.2	2.2
	색채선별기	1	3.5	1	2.0	1.5	1	2.2			2.2
	현미재투입시설	1	11.4			11.4					
	소 계		67.7		33.5	34.2		105.5		63.0	42.5
백미 공정	정미기	1	165.0	1	79.0	86.0	2	330.0	2	236.4	93.6
	로터리쉬프더	1	1.5	1	1.5	0.0	2	3.0	2	3.0	0.0
	색채선별기	2	4.0	1	3.5	0.5	3	5.5	4	16.4	-10.9
	등급선별기	1	1.5			1.5			1	0.8	-0.8
	백미석발기			1	0.4	-0.4					
	습식연미기			2	35.0	-35.0	4	88.0			88.0
	이물선별기			1	2.0	-2.0					
	진동체선별기						2	4.4	2	4.4	0.0
	소 계		172.0		121.4	50.6		430.9		261.0	169.9
포장 공정	진동체선별기	2	0.8			0.8	3	6.6			6.6
	등급선별기	1	3.8			3.8	1	2.2	1	1.5	0.7
	비닐소포장기	1	0.4			0.4					
	반자동포장기	1	0.7			0.7	3	4.5	3	4.5	0.0
	미싱기	1	1.5			1.5					
	자동지대포장기	1	5.0	1	6.5	-1.5	1	26.0	1	26.0	0.0
	로봇적재시스템	1	35.0	1	15.0	20.0					
	소 계		47.2		21.5	25.7		39.3		32.0	7.3
<b>소 계</b>			<b>286.8</b>		<b>176.4</b>	<b>110.4</b>		<b>575.7</b>		<b>356.0</b>	<b>219.7</b>

(표 3-1-18 계속)

공정	현미/백미생산능력 6/5ton/hr							현미/백미생산능력 12/10ton/hr							비 고	
	공정별 최대 소요동력			공정별 최소 소요동력			소요동 력차 (kW) (A-B)	공정별 최대 소요동력			공정별 최소 소요동력			소요동 력차 (kW) (C-D)		
	형식	수량	소요 동력 (kW) (A)	형식	수량	소요 동력 (kW) (B)		형식	수량	소요 동력 (kW) (C)	형식	수량	소요 동력 (kW) (D)			
현미 부 집진 공정	B	1	23.5	C	2	27.5	-4.0	C	1	19.8	B	1	23.5	-3.7	현미부용	
	B	1	20.5	C	1	11.8	8.7	C	2	27.5	C	1	11.8	15.7	종합정선기용	
	B	1	16.5				16.5	B	2	31.5	C	1	11.8	19.7	현미석발기용	
	B	1	36.1	C	1	15.8	20.3				C	2	1.5	-1.5	왕겨풍구용	
	B	1	10.0				10.0	C	1	8.3				8.3	현부잡산배출용	
	B	1	12.5				12.5								원료탱크용	
								C	1	11.8					11.8	왕겨탱크용
								C	1	3.0					3.0	왕겨풍구이물 질용
								B	1	11.8					11.8	왕겨탱크용
								B	1	15.8					15.8	현미탱크용
								B	1	60.9					60.9	현미부Cyclone용
											C	1	22.8	-22.8	원료현미석발기용	
	소계		119.1			55.0	64.1			190.1			71.3	118.8		
백미 부 집진 공정	B	1	17.1				17.1	B	2	42.6	C	1	30.8	11.8	백미부용	
	B	1	26.6	C	1	22.0	4.6	B	2	38.7	C	2	23.5	15.2	정미기용	
	B	1	21.1				21.1	B	1	18.8	C	1	11.8	7.0	포장부용	
				C	1	12.5	-12.5								백미, 포장부용	
	C	1	12.5				12.5								부산물용	
				C	2	11.0	-11.0								미강선별기	
								B	1	14.8					14.8	건식연미기용
								B	1	23.9					23.9	건식연미기용
								B	1	14.8					14.8	배아미가공용
	소계		77.3			45.5	31.8			153.4			66.0	87.4		
소 계		196.4			100.5	95.9			343.4			137.3	206.1			

(표 3-1-18 계속)

공정	단위기계		현미/백미생산능력 6/5ton/hr				현미/백미생산능력 12/10ton/hr					
			공정별 최대 소요동력		공정별 최소 소요동력		소요 동력차 (kW) (A-B)	공정별 최대 소요동력		공정별 최소 소요동력		소요 동력차 (kW) (C-D)
			수량	소요동 력(kW) (A)	수량	소요동 력(kW) (B)		수량	소요동 력(kW) (C)	수량	소요동 력(kW) (D)	
이 송 기 기	현미 공정	체인컨베이어	4	5.9	3	4.5	1.4	6	13.4	9	16.4	-3.0
		버킷엘리베이터	14	20.9	10	15.0	5.9	11	20.9	10	19.7	1.2
		소 계		26.8		19.5	7.3		34.3		36.1	-1.8
	백미 공정	체인컨베이어	1	1.5	4	5.3	-3.8	6	9.0	9	5.7	3.3
		버킷엘리베이터	8	12.0	12	10.5	1.5	17	25.5	19	14.3	11.2
		소 계		13.5		15.8	-2.3		34.5		20.0	14.5
	포장 공정	체인컨베이어	6	5.3	4	1.6	3.7	6	5.0	4	6.0	-1.0
		버킷엘리베이터	7	9.8	2	0.8	9.0	9	11.1	5	7.5	3.6
		소 계		15.0		2.4	12.6		16.1		13.5	2.6
	현미 집진 부	체인컨베이어	3	5.2	1	1.5	3.7			2	1.5	-1.5
		버킷엘리베이터	1	2.2			2.2					
		소 계		7.4		1.5	5.9				1.5	-1.5
	백미 집진 부	체인컨베이어	4	6.7	1	2.2	4.5			2	1.5	-1.5
		버킷엘리베이터										
		소 계		6.7		2.2	4.5				1.5	-1.5
소 계			69.4		41.4	28.0		84.9		72.6	12.3	
기 타 시 설	부산물처리시설			67.2		33.5	33.7		37.5		25.0	12.5
	청소시설			-		-	-		44.0		44.0	-
	에어컴프레서			165.0		52.0	113.0		111.0		37.0	74.0
	소 계			232.2		85.5	146.7		192.5		106.0	86.5
소 계			301.7		126.9	174.8		277.4		178.6	98.8	
합 계			784.9		403.8	381.1		1,196.4		671.8	524.6	

## 다) 제2세대 RPC의 가공공정의 동력이용율 분석

- 다음 표 3-1-19, 3-1-20은 현미/백미생산능력 6/5ton/hr, 12/10ton/hr을 가진 2개소의 제2세대 RPC 가공공정에서 6/5ton/hr 1라인에 대한 동력이용율을 측정된 결과임. 즉, 제2세대 RPC 가공공정을 정상상태로 운전한 후 각 단위기계 및 이송기기의 전류를 실측한 다음, 전력으로 환산하여 실제 설치된 동력에 비해 얼마만큼 이용되고 있는지를 확인한 결과를 나타낸 것임
- 표 3-1-19에서 알 수 있듯이 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 제2세대 RPC에서 현미공정 단위기계의 동력이용율은 85.5%(66.4~100.0%), 백미공정 단위기계는 77.4%(75.9~100%), 현미공정의 이송기기는 63.2%(50.0~100%), 백미공정 이송기기는 77.8%(66.7~100%)수준을 나타내었음
- 표 3-1-20에서 알 수 있듯이 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 제2세대 RPC에서 현미공정 단위기계의 동력이용율은 64.0%(48.7~67.6%), 백미공정 단위기계는 78.8%(45.1~79.8%), 현미공정의 이송기기는 61.3%(27.0~95.5%), 백미공정 이송기기는 72.3%(37.8~82.1%)수준을 나타내었음
- 일반적으로 RPC 가공공정중에서 단위기계 전후에는 보조탱크를 설치하고, 보조탱크에는 상·하한 레벨게이지를 설치하고, 자동게이트를 제어하여 단위기계별로 원료를 공급하고 있고, 단위기계 및 이송시설은 무부하 상태에서 기동한 다음, 순차적으로 원료를 투입하여 운전하므로 각 단위기계 및 이송기기의 설계시 과도한 기동부하를 고려할 필요는 없음
- 그러나 표 3-1-19 및 3-1-20에서 알 수 있듯이 현미 및 백미부의 단위기계별로는 45.1~100%, 이송기기는 27.0~100%까지의 동력이용율을 나타내는 등 동력이용율이 지나치게 낮은 단위기계 및 이송시설이 많은 상태이었으며, 과도한 설계기준의 적용, 이송시설 및 단위기계의 정확한 처리능력 제시 미흡 등이 주요 원인으로 조사되었음
- 따라서 시설의 효율적인 운영, 건설비의 절감 및 에너지 절약을 위해서는 보다 정밀한 설계 및 시설 설치가 필요함을 알 수 있었음

표 3-1-19. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 제2세대 RPC에서 단위기계 및 이송기기의 동력이용율

구분	처리능력 (톤/시간) (A)	단위기계	소요동력 (kW)(B)	측정동력 (kW)(C)	동력이용률(%) (C/B×100)	비고
현미 공정	6.0	원료정선기	2.6	2.6	100.0	
		현미기	11.3	7.5	66.4	
		왕겨풍구	7.5	7.5	100.0	
		현미분리기	2.3	2.2	95.7	
		입선별기	1.5	1.2	80.0	
		현미석발기	1.5	1.5	100.0	
		색채선별기	2.2	2.2	100.0	
		소계	28.9	24.7	85.5	
백미 공정	5.1	정미기	118.2	89.7	75.9	
		로터리쉬프트	1.5	1.3	86.7	
		색채선별기	3.7	3.7	100.0	
		이물선별기	3.7	3.7	100.0	
		소계	127.1	98.4	77.4	
현미 이송	6.0	버킷엘리베이터(1)	0.8	0.75	100.0	
		버킷엘리베이터(2)	2.2	1.2	54.5	
		수평이송컨베이어	1.5	1.1	73.3	
		체인컨베이어	1.5	1.0	66.7	
		체인컨베이어	2.2	1.1	50.0	
		소계	8.2	5.2	63.2	
백미 이송	5.1	버킷엘리베이터	0.8	0.8	100.0	
		수평이송컨베이어	1.5	1.0	66.7	
		소계	2.3	1.8	77.8	

표 3-1-20. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 제2세대 RPC에서 단위기계 및 이송기기의 동력이용율

구분	처리능력 (톤/시간) (A)	단위기계	소요동력 (kW)(B)	측정동력 (kW)(C)	동력 이용률(%) (C/B×100)	비고
현미 공정	6.0 (12ton/hr의 가공능력중 A열)	원료정선기	3.4	2.1	60.3	
		현미기	7.5	5.1	67.6	
		왕겨풍구	14.4	9.6	66.6	
		현미분리기	3.7	2.4	64.9	
		입선별기	1.5	0.7	48.7	
		현미석발기	3.4	1.8	53.1	
		소계	33.9	21.7	64.0	
백미 공정	5.0 (12ton/hr의 가공능력중 A열)	정미기	251.0	200.3	79.8	
		로터리시프트	1.5	0.9	60.7	
		색채선별기	3.5	1.6	45.1	
		이물선별기	3.5	1.8	51.4	
		소계	259.5	204.6	78.8	
현미 이송	6.0 (12ton/hr의 가공능력중 A열)	버킷엘리베이터(1)	3.8	3.6	95.5	5개
		버킷엘리베이터(2)	7.5	4.5	59.9	5개
		체인컨베이어	3.0	1.7	38.0	2개
		수평이송컨베이어	3.0	0.8	27.0	2개
		소계	17.3	10.6	61.3	
백미 이송	5.0 (12ton/hr의 가공능력중 A열)	버킷엘리베이터(1)	12.8	10.5	82.1	17개
		버킷엘리베이터(2)	3.0	1.4	47.3	2개
		수평이송콘베이어	1.5	0.6	37.8	
		소계	17.3	12.5	72.3	



### 3) RPC 가공공정의 에너지 개선방안

#### 가) 반입공정의 에너지 개선방안

- 김 등(2006)의 의하면 반입공정의 설계능력이 20ton/hr인 투입시설의 실반입능력을 측정한 결과, 10~13ton/hr 수준이었으며, 반입능력이 설계능력에 비해 낮은 주요 원인은 조전기 선별능력 부족이라고 보고하였음. 따라서 조전기 이전에 별도 또는 조전기와 연결된 풍력선별기를 설치하여 조전기 이전에 쪽정이 등 기류선별에 의해 선별될 수 있는 이물질들을 충분하게 선별한다면 반입능력 확대가 가능할 것으로 판단되었음
- 반입호퍼에는 투입 및 이송용 체인컨베이어가 각각 설치되어 있지만, 연결지점에서 탈부되거나(탈부된 현미는 종합석받기에서 이물질로 배출됨) 분쇄되는 낱알 등 품질저하가 많이 발생할 뿐 아니라 불필요한 동력이 추가로 소요되므로 투입용 체인컨베이어가 생략되는 형태로 반입공정을 개선하는 것이 필요하였음
- 반입예약제의 도입은 지연되는 반면, 농가당 경지면적 증가, 콤바인의 작업능력 확대 등으로 홍수반입이 촉진되는 경향이므로 반입능력이 25~30ton/hr 수준이 되도록 투입용 버킷엘리베이터의 처리능력 확대(버킷규격 9"×6" → 10"×6" 이상)가 필요하였으며, 벨트속도의 조절 등으로 반입과정에서 동할립 및 탈부립의 발생을 억제하는 것이 필요하였음

#### 나) 건조공정의 에너지 개선방안

- 반입 및 건조지연시 amylopectin의 분해로 찰기저하, 열손립 발생방지 등을 위하여 반입능력의 확대와 함께 적정 건조시스템의 채용 및 건조능력의 확대가 필요하였음. 즉, 정부정책의 전환에 따라 순환식건조기의 설치가 필요하였으며, 효율적인 건조작업의 수행을 위하여 기당 건조용량이 6~15ton/batch의 설치는 지양하고, 20~60ton/batch 규모의 규모화된 순환식건조기의 설치가 필요하였음
- 상온통풍건조시설의 설치는 지양하되, 기 설치된 건조저장 겸용사일로는 통풍시 과도한 송풍이 되지 않도록 통풍에 적합한 용량의 송풍기로의 교체설치 등 개선이 필요하였음

#### 다) 저장공정의 에너지 및 품질 개선방안

- 저장중 통풍을 위한 과도한 송풍기의 설치 지양이 필요하였으며, 사일로로 단거리 투입일 경우 투입용 체인컨베이어의 사용을 지양하고 버킷엘리베이터에서 직결하는 방법을 강구, 교반용 오거의 사용 목적의 숙지 등이 필요하였음
- 자연배출이 가능한 저장전용시설의 채택, 평타입의 내부 교반 및 배출시설 개선 등이 필요하였으며, 톨백 저온저장 방법보다는 대류열전달이 가능한 냉각방식의 보급, 전도전열에 의존하는 저온창고에는 벼 대신에 현미를 저장하는 방법 등으로 에너지절감과 품질유지 관리의 효율성 제고가 필요하였음

음

## 라) 가공공정의 에너지 및 품질 개선방안

- 소요동력 감소, 설치공간 절감 및 균일 원료공급에 따른 작업효율 증대 등의 측면에서 동일한 처리 능력을 가진 가공라인을 소용량의 단위기계를 다수로 구성하는 것보다는 고효율 단위기계를 최소수로 설치하는 것이 필요하였음
- 정미시스템의 소요동력의 최대 48.9%까지 절감, 백미 색채선별기의 부하 30%이상의 절감이 가능한 등 도정특성 향상 및 에너지 절약을 위해 현미선별 체계(입선별기 및 현미색채선별기)의 강화가 필요하였으며, 현미 색채선별기의 설치가 필요하였음
- 5톤/시간 2라인의 소요동력은 750kW 수준이나 10톤/시간 1라인의 소요동력은 530kW 수준임을 감안할 때 2라인으로 설치하고 있는 7.5ton/hr 및 10ton/hr의 경우 혼곡 등 브랜드 생산계획에 지장이 없는 경우에 소규모 2라인보다는 1라인으로 설치하는 것이 필요하였음
- 가공시설에 사용되는 각종 이송설비가 높이 및 길이 등을 고려하지 않고 동일한 전동기를 부착하고 있어 에너지 절약을 위해 길이 및 높이에 따른 정밀설계가 필요하였으며, 이로 인해 약 20% 이상의 소요 동력 절감이 가능하였음
- 개별 단위기계의 성능향상을 위한 시스템의 개선, 정확한 부산물 및 이물질선별을 위한 집진량의 산정 등이 필요하였고, 분진입자의 크기가 큰 미강, 백미부 및 포장부의 집진은 고가 및 고에너지의 백 필터 집진장치보다 사이클론을 사용하는 것이 필요하였으며, 공냉식 air compressor에서 발생하는 에너지를 동절기 난방용으로 활용하는 것이 필요하였음

## 2. 에너지절감형 이송시설의 설계기준 개발

- 가공시설에 사용되는 버킷엘리베이터, 체인컨베이어 및 스크루컨베이어 등과 같은 이송기기는 RPC를 비롯한 수많은 설비에 오랫동안 사용되어 왔고, 이들 이송기기의 설계에 관한 이론해 및 일부 경험치에 대해서는 眞島卯太郎(1991)의 “체인컨베이어”와 같은 단행본이 많이 발간되어 있음
- RPC와 관련해서는 고헌균, 금동혁 등(1996)의 “미곡종합처리시설 -이론과 실제-”, 농협중앙회(미곡종합처리장 자문단, 2000)의 “농협 미곡종합처리장 설계기준” 및 김동철, 김의용 등(2006)의 “RPC 시설 및 운영기술 매뉴얼” 등이 발간되어 있으나, 이송기기에 대한 세부적인 내용은 타 산업에 사용되는 이송기기의 이론을 그대로 도입하여 언급한 것에 불과하여, 세부적인 기준사항은 제시되지 못하였음
- 또한, 쌀 산업 환경변화에 따라 RPC에 설치되던 이송기기의 사양 및 형태도 변화가 많았는데, 종래 현미탱크 및 백미탱크 하부에 주로 설치되었던 벨트컨베이어는 개방된 상부에서의 이물질 혼입 및 분진발생 등의 문제로 GAP 시설기준에 적합하지 않았을 뿐 아니라 벨트도 식용으로 구성하기 어려워 2007년 이후 가공시설에는 전혀 사용되지 않고 있음. 또한, 스크루컨베이어도 왕겨풍구 등 일부 단위기계에서 현재까지 현미혼합물 이송에 사용되고 있으나, 잔곡으로 인한 혼곡문제, 점검 및 청소한계 등으로 인해 점차 사용이 감소하고 있음
- 식품용 벨트에 스크레이퍼(scraper)를 부착한 벨트형 수평이송컨베이어는 일본 정미공장에서 주로 사용되어 왔던 것으로 제2세대 RPC의 시작과 함께 국내에 도입되기 시작한 대표적인 이송시설로서, 그동안 RPC 가공시설에 사용되었던 체인컨베이어, 스크루컨베이어 및 벨트컨베이어 등 수평이송컨베이어를 대체하면서 폭발적으로 그 사용량이 증가하였으며, 대부분의 시공회사에서도 한동안 제작하여 보급하였음
- 그러나, 단기간에 일본 제품을 모방하여 많은 업체에서 제작, 보급하는 과정에서 정확한 설계기준 없이 제작함에 따라 에너지 손실이 많았을 뿐 아니라, 벨트 연결부위, 스크레이퍼 및 클리너를 고정하는 부위에서 너트 등이 분리되어 정미시스템이 손상되는 경우가 있었고, 벨트의 늘어짐 등으로 벨트가 손상되면서 발생된 이물질로 제품이 오염되는 사례가 급증하면서 설치를 기피하는 RPC가 늘어났고, 최근에는 식품용 체인을 사용한 체인컨베이어로 급속하게 대체되고 있는 경향이 뚜렷하였음
- 버킷엘리베이터도 그동안 원심배출형을 사용하여 왔으나, 이 방식은 배출시 곡물에 강한 충격이 가해져 찌라기 발생 등 곡물이 손상되는 문제점이 발생하여 충격에 약한 현미 및 백미부를 중심으로 급격하게 유도배출형으로 전환되었으나, 유도배출형이 정확한 설계기준 없이 제작되고 있어 에너지 손실이 많은 실정임
- 한편, 곡물이송관은 그동안 SS(steel for structure)재질을 사용하였고, 정밀한 설계에 의한 완제품의 조립보다는 현장에서 현장여건에 따라 용접작업을 실시해 왔으나, 쌀 환경의 변화에 따라 백미부와 일부 현미부에는 위생적인 STS(stainless steel)재질의 곡물이송관을 정밀하게 외부에서 제작하여 현장에서 조립하는 방법으로 사용되었음. 그러나 SS 및 STS재질의 곡물이송관은 마찰계수 등 곡물

이송특징에 차이가 있음에도 설계 및 시공시 과거의 경사각에 대한 설계기준 및 환경에 대한 경험치를 준수함에 따라 공간효율성이 저하하였고, 이송기기가 추가로 설치되는 문제가 발생하고 있었음

- 이와 같이 RPC가공시설에 사용되는 이송기기 및 곡물이송관과 같은 이송시설의 설계 및 제작시에는 정밀설계보다는 문제발생의 방지라는 측면에서 과대설계하고 있었으며, 각각 다른 경험식을 사용함에 따라 설계 및 제작사에 따라 각각 다른 형태의 이송시설이 생산 설치되고 있어 에너지 및 공간낭비가 심하였으며, 자재의 표준화 및 규격화 미흡으로 타 제조회사 제품 사용에 한계가 있었음
- 쌀 산업 환경변화에 따라 RPC 가공공정 개선을 위한 이송시설 개선도 필요한 상태로서, 본 연구항에서는 기존 설계기준을 조사·분석하였고, RPC에 설치된 이송시설의 설치현황을 분석하였고, 이론식을 바탕으로 소요동력 및 사양에 대한 설계기준 사양(안)을 개발하였으며, 현장실험을 통해 개발된 설계기준 사양(안)에 대해 검증하였으며, 그 결과는 다음과 같았음

## 가. 설계기준 개발 및 실험방법

### 1) 이송기기

- 이송기기에 대한 설계기준으로 제1세대 RPC의 설계기준으로 사용되는 농협중앙회(2000)의 “농협미곡종합처리장 설계기준”을 조사하였으며, 농협RPC의 설계 및 감리를 담당하는 4개소(대주종합기술탄, 보람ENG, 협동엔지니어링, 푸른엔지니어링)에 대한 전수조사를 실시하여 각 사에서 기준으로 적용하고 있는 경험식 및 경험치에 대해 조사하였음
- RPC에 설치된 이송기기의 설치현황은 2009년(1차년도)에는 6개소 제2세대 가공시설의 원료반입부터 제품출하 단계까지 이송기기의 종류 및 설치대수, 소요동력을 조사하였으며, 주요 단위기계의 전후에서 시료를 채취하여 이송기기를 통과하면서 싸라기 및 함수율 등 품질의 변화가 있었는지를 측정하였음. 2010년(2차년도)에는 2010년 1월 현재까지 가공시설현대화가 완료된 제2세대 RPC 18개소에서 각 공정별로 이송기기의 종류 및 설치대수, 소요동력을 조사하였음
- 조사된 제2세대 RPC에 설치된 이송기기의 소요동력, 사양, 기존 설계기준, 설계사에서 적용하는 경험식 및 경험치, 김 등(2006), 眞島(1991) 및 고 등(1996)의 이론해와 비교 검토하여 문제점을 도출하였으며, 이를 바탕으로 설계기준(안)을 개발하였음
- 또한, 제2세대 RPC에서 이송기기의 동력 이용효율을 실측하였으며, 이송기기를 생산하는 참여연구업체(대원 GSI)에서 이송기기의 사양 및 작동조건에 따른 소요동력 및 이송능력을 실측하였음. 측정일자는 각각 2009년 12월 및 2010년 12월이었으며, 소요동력 및 이송능력 측정에 사용된 이송기기는 유도배출형 버킷엘리베이터 및 체인컨베이어로, 사용된 시료는 추청 현미 및 백미이었으며, 실험방법은 앞의 항목과 동일하였음
- 현장실험 결과를 바탕으로 기 작성된 설계기준(안)을 보완하여 참여기업인 설계사와 협의를 거쳐 설

계기준 사양(안)을 결정하였음



그림 3-1-3. 참여기업(대원GSI)에서 실시한 이송기에 대한 현장실험장면

## 2) 곡물이송관

- 곡물이송관에 대한 설계기준으로 제1세대 RPC의 설계기준으로 사용되는 농협중앙회(2000)의 “농협미곡종합처리장 설계기준”을 조사하였으며, 농협RPC의 설계 및 감리를 담당하는 4개소(대주종합기술회사, 보람ENG, 협동엔지니어링, 푸른엔지니어링)에 대한 전수조사를 실시하여 각 사에서 기준으로 적용하고 있는 경험식 및 경험치에 대해 조사하였음
- 또한, STS재질 곡물이송관의 규격 및 설치각도에 따른 이송량을 측정하기 위해 그림 3-1-4와 같은 곡물이송관의 관경 및 설치각도가 조절되는 이송량 측정장치를 제작하여, 관경과 설치각도에 따른 이송량을 측정하였음
- 시험용 곡물이송관으로는 가공시설에서 일반적으로 사용중인 STS재질의 직경 100mm, 125mm 및 150mm관을 사용하였고, 설치각도는 현미의 안식각 33°, 백미의 안식각 39°를 고려하여 27°, 33°, 39°, 45° 및 51°로 하였으며, 실험에 사용한 원료는 현미 및 백미로서 경기도 화성시 소재 농협RPC에서 구매한 추청품종으로 함수율은 각각 16.2%, 15.3%이었음



곡물이송관의 이송량 측정장치



곡물이송관 각도 조절



곡물이송관에서의 현미에 대한 실험



곡물이송관에서의 백미에 대한 실험

그림 3-1-4. 곡물이송관의 규격 및 설치각도에 따른 이송량 측정

## 나. 결과 및 고찰

### 1) 이송기기

#### 가) 이송기기의 설계기준 조사

- RPC에 대한 설계기준은 RPC 보급과 함께 작성되었고, 2000년에 개정된 농협중앙회(미곡종합처리장 자문단)의 “농협 미곡종합처리장 설계기준”에서 이송기기에 대한 부분은 다음과 같았음

#### < 공통 사항 >

- 곡물이 이송과정에서 손상되지 않도록 적정 이송속도를 준수하고, 내부는 이송과정에서 곡물이 충격이나 마찰로 손상되지 않는 구조여야 한다.
- 이송설비의 투입구와 배출구에는 곡물이 잔류하지 않아야 한다.
- 구동축의 베어링은 윤활유를 주입할 수 있어야 한다.
- 일반 철재를 사용하는 경우에는 녹이 발생하지 않도록 옥외 설치용의 외부는 소부도장을 하고 내부는 2회 이상 바니시 도장을 해야 한다.
- 이송설비의 이음부에는 분진을 방지할 수 있도록 합성수지나 고무밴드로 팩킹하고, 옥외용은 반드시 방수되는 구조이어야 한다.
- 이송설비를 구조물과 고정할 때는 별도의 고정틀을 제작하여 볼트 조임으로 고정한다.
- 구동 전동기는 별도 제작한 좌대에 고정하고, 옥외에 설치할 때는 반드시 강우를 피할 수 있도록 덮개를 설치한다.
- 이송설비의 제작에 사용되는 모든 자재와 부품은 KS 규격, 또는 그 이상의 품질규격 제품을 사용한다.
- 이송설비의 시간당 처리능력과 소요동력의 산정은 표 3-1-21를 참조한다.

### < 버킷엘리베이터 >

- 버킷엘리베이터는 벨트식 원심배출형을 사용하고, 기본 구조는 배출부 · 이송부 · 공급부로 구분한다.
- 배출부에는 배출구 · 드럼 폴리 · 전동기 · 투시창, 이송부에는 몸통과 점검창, 그리고 투입부에는 드럼폴리 · 장력 조절장치 · 게이트로 구성된다.
- 부위별로 사용되는 철판의 두께는 배출부와 공급부는 3.2mm, 이송부는 실내용은 1.6mm 이상, 실외형은 2.3mm 이상으로 한다.
- 구동방법은 기어식 감속전동기를 사용하고 역회전 방지장치가 있고, 전동기의 회전방향이 표시되어야 한다.
- 공급부의 드럼 폴리는 디스크형을 사용하며, 배출부 드럼폴리에는 두께 9mm 이상 고무 코팅을 한다.
- 배출부의 드럼 폴리 축과 전동기는 고정 커플링으로 연결하도록 한다.
- 버킷 엘리베이터의 이송능력이 10ton/hr 이상일 경우에 3겹(ply) 이상의 벨트를 쓰고, 백미 이송벨트는 흰색을 사용한다.
- 버 이송 버킷 엘리베이터의 배출구는 내마모성을 갖는 구조로 설계 · 제작한다.
- 투입부에는 벨트의 장력을 조절할 수 있도록 볼트 레일을 설치하고 장력조절 범위는 150mm 이상으로 한다.
- 투입부는 드럼 폴리를 분리할 수 있도록 조립식으로 하고, 잔곡 제거를 위한 게이트를 앞과 뒷쪽에 설치하여야 한다.
- 버킷의 용적효율은 품종 · 수분함량 · 버킷 형태 · 벨트의 속도 등에 따라 차이가 있지만 60~70%를 기준으로 한다.
- 곡물의 이송상태를 확인할 수 있도록 배출부에는 투시창을 설치하고 이송부에는 지상 1.5m 높이에 점검창을 둔다.
- 버킷은 합성수지 제품을 사용하고, 버킷의 간격은 250mm 이내로 한다.
- 드럼폴리 축은 S45C 탄소강을 사용한다.
- 지하 피트에 설치되는 버킷엘리베이터의 투입구 반대편에 보조 투입구를 설치한다.
- 옥외에 설치되는 버킷엘리베이터는 바닥면에서 100mm이상의 위치에 승강기 본체가 위치하도록 높여서 설치한다.

### < 체인컨베이어 >

- 곡물용 체인(RF chain)을 사용하며, 스프로킷과 축은 S45C 이상의 탄소강을 사용한다.
- 체인의 스크레이퍼는 곡물과의 마찰에 강한 내마모성 재료를 사용한다.
- 구동은 기어식 감속 전동기를 사용하고, 필요시 2차 감속장치를 사용하며, 체인의 이탈 방지를 위한 가이드 레일을 설치한다.

- 구동축 반대쪽에는 체인의 장력을 조절할 수 있도록 볼트 레일을 설치하고 장력조절 범위는 100mm 이상으로 한다.
- 케이싱 내부의 바닥면은 두께 5mm 정도의 합성수지 판을 부착하여 소음과 마모를 방지한다.
- 투입된 곡물의 일부가 되돌림 체인에서 중동축 스프로킷으로 이송되어 부서지지 않도록 브러쉬를 장착한다.
- 체인컨베이어 몸체의 폭은 200, 250, 300, 350mm 중에서 이송능력을 고려하여 선정한다.
- 이송되는 곡물이 완전하게 배출되지 않고 다음 배출구로 이송되지 않도록 배출구의 길이를 400mm 이상으로 하고, 뒷쪽에는 브러쉬를 설치한다.
- 몸체 케이스의 상단은 분해가 가능하게 덮개 형태로 제작하고, 분해와 조립이 쉽도록 크래프 또는 나비 너트로 조립한다.
- 투입구와 배출구 상단에는 높이 30cm 정도의 집진 후드를 설치하고  $\varphi$ 100mm 이상의 집진관을 연결한다.

#### < 벨트 · 스크루 컨베이어 >

- 벨트컨베이어의 드럼 풀리는 벨트의 폭 보다 60~100mm 크게 한다.
- 벨트컨베이어 몸체는 ㄱ형 강, ㄷ형 강, 또는 파이프를 용접하거나 조립한 형태로 한다.
- 구동방식은 체인 기어나 V 벨트를 사용하고, 구동축과 기어의 재질은 S45C 탄소강을 사용한다.
- 양측면의 롤러 베어링은 V자 형태로 하고, 각도는 35°이상으로 하며, 이송량이 많을 때는 3개의 롤러를 이용한 변형 V자 형으로 구성한다.
- 하단부의 되돌림 벨트의 처짐현상을 방지하도록 1.5m 간격으로 지지용 수평 롤러를 설치한다.
- 컨베이어의 벨트는 EP 125 이상의 재질을 사용하고, 벨트 연결은 벨트의 양 끝 부분을 가공한 후 접착제로 이음한다.
- 투입부와 배출부에서 벨트가 V자형으로 접히고 펼쳐지는 과정에서 낙곡이 발생되지 않도록 80~100 cm 전진한 다음 곡물이 투입되도록 한다.
- 벨트컨베이어의 벨트 되돌림 지점에 브러쉬를 설치하고 브러쉬의 아래에는 낙곡을 모아 담을 수 있는 서랍을 설치한다.
- 벨트컨베이어에는 외부로부터 오염을 방지하고 집진이 가능하도록 덮개를 설치하고, 덮개와 투입 슈트가 연결되는 지점에는 점검창을 설치한다.
- 스크루컨베이어는 벼와 부산물의 이송에만 사용한다. 단, 현미에 사용되는 경우에는 이송거리가 2 m 이내인 경우에만 사용할 수 있다.
- 스크루컨베이어의 형태는 U자 형을 기본으로 하고, 스크루 날개와 튜브와의 간격은 5~8mm로 한다.
- 스크루컨베이어의 덮개에는 곡물의 흐름을 관찰할 수 있는 투시창을 1개소 이상 설치한다.



○ 스크루컨베이어가 설치된 장소에는 작업후 잔곡 제거를 위한 압력공기 배관을 설치한다.

○ 농협중앙회의 설계기준에는 앞의 일반적인 항목 이외에도 부록에는 다음 표 3-1-21, 3-1-22 및 3-1-23과 같이 버킷엘리베이터, 벨트컨베이어 및 스크루컨베이어의 표준반송능력을 제시하였음

표 3-1-21. 농협 미곡종합처리장 설계기준에서 버킷엘리베이터의 표준 반송능력

버킷			벨트속도 (m/min)	벼의 반송능력(ton/hr)
폭(mm)	용량(cm <sup>3</sup> )	간격(mm)		
150	980	210	144	15
175	1660	200	87	10
200	1700	220	168	25
200	2330	230	98	15
225	3240	260	92	20
250	2550	240	168	40
250	4290	280	113	30
300	3700	250	168	50
350	5970	300	105	40

표 3-1-22. 농협 미곡종합처리장 설계기준에서 벨트컨베이어의 표준 반송능력

벨트 폭(mm)	벨트 속도(m/min)	트로프각(°)	벼의 표준 반송능력(ton/hr)
350	35	20	10
350	42	20	12
350	50	34	16
350	66	30	20
400	50	34	20
450	50	34	40
450	66	30	30
500	50	34	40
550	50	34	50
600	60	30	40

표 3-1-23. 농협 미곡종합처리장 설계기준에서 스크루컨베이어의 표준 반송능력

날개외경 (mm)	간격 (mm)	회전수 (rpm)	곡물속도 (m/min)	벼의 표준 반송능력 (ton/hr)
200	200	110	22	10
250	200	98	20	20
300	250	142	35	30
350	350	135	47	40

- 그러나, 농협중앙회의 설계기준에는 버킷엘리베이터의 경우 원심배출형을 사용하도록 규정되거나, 표준 반송능력이 벼에 대한 것에 한정되어 있으며, 이 또한 간단한 사양과 운전조건에 따른 표준 반송 능력에 대한 것뿐이었음. 2001년 정형적인 형태의 제1세대 RPC 보급이 끝나 사업물량이 감소됨에 따라 비용절감을 위해서 각 이송기기 제작회사별로 제작되었던 이송기기의 표준화 및 규격화가 필요하였고, 정부정책이 고품질 쌀 생산으로 전환됨에 따라 식품용 이송기기의 필요성이 높아졌으며, 이를 위한 기준설정도 필요하였음
- 이에 따라 2001년경 업계는 4개의 설계회사의 주도하에 자발적으로 이송기기에 대한 표준사양을 작성하려고 시도하였으나, 강제력이 없는 상태였고, 이송기기를 제작한 업체들의 비협조로 버킷크기를 결정하는데 그쳤으며, 이 버킷크기조차도 현재는 대부분 제조회사에서 자율적으로 제작하고 있는 실정이었음

#### 나) 이송기기의 동력 및 품질측정

- 2009년 12월에 6개소 제2세대 RPC 가공시설에서 원료반입에서 제품출하 단계까지 이송기기의 설치 현황 및 소요동력, 주요 단위기계 전후의 쌀의 함수율 및 싸라기함량 등 품질조사 및 측정결과는 다음 표 3-1-24, 3-1-25 및 3-1-26과 같았음
- 표에서 알 수 있듯이 6개소의 제2세대 RPC 가공시설에 사용된 이송기기 대수는 40~84개이었고, 현미 및 백미의 처리능력이 같은 A 및 C RPC만을 비교할 때, 각각 84개와 57개의 이송기기가 사용되고 있었으며, 이를 통해 설계 및/또는 현장여건에 따라서는 이송기기 대수에서 약 47%정도의 차이가 발생할 수 있었고, 과대설치로 인해 설치비용 및 에너지 소모는 물론 품질저하가 발생할 수 있음을 알 수 있었음
- 6개소 제2세대 RPC 가공시설에 사용된 이송기기 소요동력은 버킷엘리베이터가 42.4kW(58.0%), 벨트형 수평이송컨베이어가 13.0kW(17.8%), 스크루컨베이어 9.1kW(12.4%) 및 체인컨베이어가 8.6kW(11.8%)순이었으며, 설치 개소수에 비해 체인컨베이어, 스크루컨베이어의 소요동력이 높은 것은 이들 이송시설이 용량이 크고 거리가 먼 원료 벼의 이송에 주로 사용되기 때문이었음

표 3-1-24. 6개소 제2세대 RPC 가공시설에 설치되는 이송기기 설치현황

가공시설	처리능력(ton/hr)		이송기기 개수(개)				
	현미공정	백미공정	버킷 엘리베이터	체인 컨베이어	스크루 컨베이어	벨트형 수평이송 컨베이어	계
A	12	10	60	1	3	20	84
B	6	5	29	4	2	5	40
C	12	10	33	8	0	16	57
D	7	5	29	0	4	7	40
E	12	5	38	0	11	20	69
F	6	5	34	0	7	11	52
평균	9.2	6.7	37.2	2.2	4.5	13.2	57

표 3-1-25. 6개소 제2세대 RPC 가공시설에 사용되는 이송기기 소요동력

구분	현미공정		백미공정		포장공정		계	
	소요동력 (kW)	비율 (%)	소요동력 (kW)	비율 (%)	소요동력 (kW)	비율 (%)	소요동력 (kW)	비율 (%)
버킷 엘리베이터	19.7	55.8	20.2	64.3	2.5	39.1	42.4	58.0
체인 컨베이어	7.8	22.2	0.4	1.3	0.4	4.4	8.6	11.8
스크루 컨베이어	4.3	12.4	4.2	13.5	0.6	8.7	9.1	12.4
벨트형 수평이송 컨베이어	3.4	9.6	6.6	20.9	3.0	47.8	13.0	17.8
소계	35.2	100	31.4	100	6.5	100	73.1	100

○ 6개소 제2세대 RPC 가공시설 백미부의 주요 각 단위기계 전후의 함수율과 찌라기발생율을 측정된 결과(표 3-1-26)에서 알 수 있듯이 선별기를 제외한 단위기계 전후에서 찌라기와 함수율의 변화가 거의 없거나 측정오차범위 이내이었고, 수치화하기는 어려우나 이송기기의 개소수가 증가하거나 원 심배출형 버킷엘리베이터 등에 의한 품질손상 가능성은 있는 것으로 판단되었음

표 3-1-26. 가공시설 백미부의 주요 단위기계 전후의 함수율 및 찌라기 변화

대상 RFC	공정 측정 항목	현미	정미1단 (연삭)	정미2단 (마찰)	정미3단 (연미)	정미4 단	연미기	로터리 쉬프트	백미 석발 기	색채 선별기 1단	체 선별기	색채 선별기 2단	체 선별기	완전립 선별기
A	함수율 (%)	16.3	16.1	16.1	15.8	-	15.6	15.4	-	15.4	-	15.4	15.4	-
	감소	-	0.2	0.0	0.3	-	0.2	0.2	-	0.0	-	0.0	0.0	-
	찌라기 (%)	-	1.1	1.4	1.9	-	2.8	1.8	-	1.8	-	2.3	2.0	-
	증가 (동할율: 0.8)	-	0.3	0.5	-	0.9	↓1.0	-	0.0	-	0.5	↓0.3	-	-
B	함수율 (%)	16.4	16.3 16.3	15.9 (세라믹)	15.8 (마찰)	15.7 (마찰)	15.6 15.5	15.5 (체선별 1단)	-	15.5	15.5 (체선별 2단)	15.5	15.4 (금속 선별)	-
	감소	-	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1 0.2	0.1	-	0.0	0.0	0.0	0.1	-
	찌라기 (%)	-	1.7 1.4	3.6 (세라믹)	3.8 (마찰)	3.8 (마찰)	3.9 4.1	4.0 (체선별 1단)	-	3.5	3.0 (체선별 2단)	2.6	2.6 (금속 선별)	-
	증가 (동할율: 0.8)	-	1.7 1.4	2.1	0.2	0.0	0.1 0.3	0.0	-	↓0.5	↓0.5	↓0.4	0.0	-
C	함수율 (%)	15.5	15.5 (세라믹)	15.1 (마찰)	15.0 (마찰)	-	14.9 14.9	14.9 (체선별 1단)	14.8	14.8	-	14.8	14.8 (체선별 2단)	14.6
	감소	-	0.0	0.4	0.1	-	0.1 0.1	0.0	0.1	0.0	-	0.0	0.1	0.2
	찌라기 (%)	0.5	3.5 (세라믹)	4.3 (마찰)	4.4 (마찰)	-	4.5 4.6	3.0 (체선별 1단)	2.9	2.9	-	4.1	3.4 (체선별 2단)	0.9
	증가 (동할율: 4.0)	-	3.0	0.8	0.1	-	0.1 0.2	↓1.5	↓0.1	0.0	-	1.2	↓0.7	↓2.5

(표 3-26 계속)

대상 RFC	공정 측정 항목	현미	정미1단 (연삭)	정미2단 (마찰)	정미3단 (연미)	정미 4단	연미 기	로터리 취프트	백미 석발 기	색채 선별기 1단	채 선별 기	색채 선별기 2단	채 선별기	완전립 선별기
D	함수율 (%)	15.6	14.8	14.4	14.4	-	-	14.3	-	14.2	-	14.2	14.1	-
			15.4	15.1	15.0	-	-	14.8	-	14.6	-	14.6	14.6	14.3
	감소	-	0.8	0.4	0.0	-	-	0.1	-	0.1	-	0.0	0.1	-
			0.2	0.3	0.1	-	-	0.2	-	0.2	-	0.0	0.0	0.3
	싸라기 (%)	-	0.8	2.3	2.3	-	-	1.7	-	2.1	-	2.1	2.2	-
			0.8	2.5	2.8	-	-	2.1	-	2.1	-	2.1	3.2	1.8
	증가 (동향율: 2.2)	-	0.0	1.5	0.0	-	-	↓0.4	-	0.4	-	0.0	0.1	-
			0.0	1.7	0.3	-	-	↓0.7	-	0.0	-	0.0	1.1	1.4
E	함수율 (%)	16.1	15.4	15.3	15.2	-	-	15.1	-	15.1	-	14.8	-	14.8
	감소	-	0.7	0.1	0.1	-	-	0.1	-	0.0	-	0.3	-	0.0
	싸라기 (%)	0.3	2.4	3.0	3.9	-	-	3.5	-	4.2	-	3.1	-	0.0
	증가 (동향율: 7.6)	-	2.1	0.6	0.9	-	-	↓0.4	-	0.7	-	↓1.1	-	↓3.1
F	함수율 (%)	16.5	16.5	16.0	16.0	-	-	15.9	-	15.9	-	15.9	-	-
			16.4	16.1	15.9	-	-	15.9	-	15.9	-	-	-	-
	감소	-	0.0	0.5	0.0	-	-	0.1	-	0.0	-	0.0	-	-
			0.1	0.3	0.2	-	-	0.0	-	0.0	-	-	-	-
	싸라기 (%)	0.5	1.4	3.2	4.2	-	-	3.2	-	1.5	-	1.5	-	-
			2.2	2.3	4.1	-	-	3.9	-	2.7	-	-	-	-
	증가 (동향율: 10.4)	-	0.9	1.8	1.0	-	-	↓1.0	-	↓1.7	-	0.0	-	-
			1.7	0.1	1.8	-	-	↓0.2	-	↓1.2	-	-	-	-

- 한편, 2010년 12월(2차년도)에 18개소의 제2세대 RPC의 가공공정에서 공정별로 설치된 이송기기의 대수 및 소요동력 조사결과는 다음 표 3-1-27과 같았으며, 이 조사결과를 현미/백미생산능력에 따라 구분하여 정리하여 6/5ton/hr인 제2세대 RPC 9개소의 가공공정에서 공정별 이송기기의 대수 및 소요동력은 표 3-1-28에, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 제2세대 RPC 5개소의 가공공정에서 공정별 이송기기의 대수 및 소요동력은 표 3-1-29에 나타내었음
- 벨트형 수평이송컨베이어의 보급이 현저하게 둔화되고 있었으며, 스크루컨베이어의 설치 대수가 미미하여 체인컨베이어는 벨트형 수평이송컨베이어를 포함하여 수평으로 곡물을 이송하는 이송기기를 모두 포함하여 표에 정리하였으며, 이송기기의 개수 및 소요동력에서 다른 시설과 연결되어 각 공정에 포함이 어려운 일부 이송기기는 정리에서 제외하였음
- 표에서 알 수 있듯이 18개소 제2세대 RPC에 설치된 이송기기는 버킷엘리베이터가 RPC당 평균 34.2개(20~59개)로 소요동력은 약 41.4kW(10.5~84.8kW) 수준이었고, 체인컨베이어는 평균 20.2개(10~33개)로 약 25.4kW(9.9~49.9kW)수준을 나타내었으며, 이송기기는 전체적으로는 평균 54.4개(66.8kW)수준이 설치되어 있는 것을 알 수 있었음
- 현미/백미생산능력별로 구분하였을 때는 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 제2세대 RPC의 이송기기 설치대수는 평균 44.7개(30~53개), 소요동력은 평균 54.9kW(39.6~86.4%)수준이었으며, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 제2세대 RPC에서 이송기기 설치대수는 평균 66.4개(55~81개), 소요동력은 평균 83.3kW(66.2~98.5%)수준이었음
- 주지하는 바와 같이 이송기기가 많을수록 동력손실, 품질저하 및 공간소요는 물론 유지보수에 많은 인력이 소모되는 문제가 있으므로 가능한 적은 수의 이송기기 설치가 필요하였으며, 이상의 조사결과에서 이송기기 설치대수에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 현미부 색채선별기 설치여부, 연미기 추가 설치여부, 연류계 설치방법 및 대수, 제품포장 등과 같은 공정구성방법, 층고와 같은 건축형태 등으로 조사되었음
- 외국(일본) 정미공장은 처리능력이 유사한 단일 제조회사 단위기계를 사용함에 따라 단위기계 사이에 버퍼기능을 담당하는 보조탱크는 생략되고, 단위기계를 다단구조로 설치함에 따라 이송기기의 설치대수가 우리나라 RPC에 비해 적은 것으로 조사되고 있음. 따라서 RPC에서 각 제조회사별 단위기계 처리능력의 표준화는 물론, 진동방지 기술적용 등으로 단위기계를 다단으로 설치하여 각 단위기계 사이에 설치되고 있는 보조탱크를 삭제하는 등 이송기기의 설치대수를 줄이는 방안의 강구가 필요하였으며, 이 같은 결과는 새로운 에너지절감용 가공공정의 개발에 활용할 것임
- 한편, 현미/백미생산능력이 12/10ton/hr인 E RPC의 버킷엘리베이터 설치대수가 33개이었고, 소요동력은 54.9kW(평균 1.67kW)인 반면, 동일한 현미/백미생산능력을 가진 L RPC의 이송기기 설치대수는 34개로 유사한 반면, 소요동력은 41.2kW(평균 1.21kW)로서 E RPC의 72.5%수준에 불과하였음. 2개 RPC의 설계자에 대한 조사결과, 이송기기 소요동력은 이송기기의 형태, 이송거리 및 처리능력 등은 물론, 소요동력 계산방법 및 안전율 등 설계 및 시공형태에 따라 큰 차이를 나타내는 것을 알 수 있었음

표 3-1-27. 18개소 제2세대 RPC의 현미공정 및 백미공정에 설치된 이송기기 대수 및 소요동력

대상 RPC	단위기계	현미공정		백미공정		포장공정		집진공정		합계	
		수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)
A	버킷엘리베이터	20	29.0	32	24.0	7	7.5	-	-	59	60.5
	체인컨베이어	7	9.0	9	6.4	6	6.0	-	-	22	21.4
	소 계	27	37.9	41	30.4	13	13.5	-	-	81	81.8
B	버킷엘리베이터	13	18.7	14	8.3	2	0.8	-	-	29	27.8
	체인컨베이어	4	3.8	1	0.4	4	1.6	4	6.0	13	11.8
	소 계	17	22.5	15	8.7	6	2.4	4	6.0	42	39.6
C	버킷엘리베이터	13	17.0	18	11.3	3	2.3	1	1.5	35	32.0
	체인컨베이어	8	8.3	4	3.0	-	-	5	9.0	17	20.2
	소 계	21	25.2	22	14.3	3	2.3	6	10.5	52	52.2
D	버킷엘리베이터	14	19.0	15	10.6	-	-	-	-	29	29.5
	체인컨베이어	19	24.8	6	3.5	5	5.7	1	3.7	31	37.6
	소 계	33	43.8	21	14.0	5	5.7	1	3.7	60	67.1
E	버킷엘리베이터	10	19.7	17	25.5	5	7.5	1	2.2	33	54.9
	체인컨베이어	9	16.4	6	9.0	4	6.0	4	6.0	23	37.4
	소 계	19	36.1	23	34.5	9	13.5	5	8.2	56	92.3
F	버킷엘리베이터	14	20.9	10	7.5	3	4.5	-	-	27	32.9
	체인컨베이어	4	5.9	2	1.5	2	3.0	2	3.7	10	14.1
	소 계	18	26.8	12	9.0	5	7.5	2	3.7	37	47.0
G	버킷엘리베이터	-	-	57	84.8	-	-	-	-	57	84.8
	체인컨베이어	-	-	27	22.5	-	-	6	10.3	33	32.8
	소 계	-	-	84	107.3	-	-	6	10.3	90	117.6
H	버킷엘리베이터	-	-	19	9.7	1	0.8	-	-	20	10.5
	체인컨베이어	-	-	7	3.9	-	-	5	6.0	12	9.9
	소 계	-	-	26	13.6	1	0.8	5	6.0	32	20.4
I	버킷엘리베이터	15	23.7	12	10.5	4	6.0	-	-	31	40.2
	체인컨베이어	7	7.5	4	5.3	2	3.0	1	1.5	14	17.2
	소 계	22	31.2	16	15.8	6	9.0	1	1.5	45	57.4

(표 3-1-27 계속)

대상 RPC	단위기계	현미공정		백미공정		포장공정		집진공정		합계	
		수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)
J	버킷엘리베이터	13	14.1	11	8.3	4	3.8	-	-	28	26.2
	체인컨베이어	8	8.7	4	2.3	4	5.4	3	6.6	19	23.0
	소 계	21	22.7	15	8.5	8	9.2	3	6.6	47	47.0
K	버킷엘리베이터	18	29.1	9	13.5	5	8.2	1	2.2	33	53.0
	체인컨베이어	11	19.3	2	3.0	4	5.9	3	5.2	20	33.4
	소 계	29	48.4	11	16.5	9	14.1	4	7.4	53	86.4
L	버킷엘리베이터	11	20.9	19	14.3	4	6.0	-	-	34	41.2
	체인컨베이어	6	13.4	9	5.7	2	3.0	4	3.0	21	25.1
	소 계	17	34.3	28	20.0	6	9.0	4	3.0	55	66.3
M	버킷엘리베이터	10	15.0	8	12.0	1	2.2	1	2.2	20	31.4
	체인컨베이어	3	4.5	1	1.5	3	4.5	3	6.6	10	17.1
	소 계	13	19.5	9	13.5	4	6.7	4	8.8	30	48.5
N	버킷엘리베이터	13	17.2	14	12.0	9	11.1	-	-	36	40.3
	체인컨베이어	13	20.9	4	3.8	6	5.0	4	7.4	27	37.1
	소 계	26	38.1	18	15.8	15	16.1	4	7.4	63	77.4
O	버킷엘리베이터	21	26.9	24	18.0	3	3.8	-	-	48	48.7
	체인컨베이어	16	29.0	7	10.5	2	3.0	4	7.4	29	49.9
	소 계	37	55.9	31	28.5	5	6.8	4	7.4	77	98.6
P	버킷엘리베이터	11	12.0	18	19.5	1	1.5	1	2.2	31	35.2
	체인컨베이어	5	4.5	6	4.5	3	4.5	7	11.9	21	25.4
	소 계	16	16.5	24	24.0	4	6.0	8	14.1	52	60.6
Q	버킷엘리베이터	21	32.2	15	22.5	2	1.2	-	-	38	55.9
	체인컨베이어	13	16.8	8	5.5	-	-	5	8.2	26	30.5
	소 계	34	49.0	23	28.0	2	1.2	5	8.2	64	86.4
R	버킷엘리베이터	11	17.2	10	13.5	7	9.8	-	-	28	40.5
	체인컨베이어	4	3.0	4	3.0	6	5.3	2	2.3	16	13.5
	소 계	15	20.2	14	16.5	13	15.0	2	2.3	44	54.0
구 분		수량(대)			소요동력(kW)						
		평균	최대	최소	평균	최대	최소				
버킷엘리베이터		34.2	59.0	20.0	41.4	84.8	10.5				
체인컨베이어		20.2	33.0	10.0	25.4	49.9	9.9				
소 계		54.4	90.0	30.0	66.8	117.6	20.4				

주) 다른 시설과 연결되어 각 공정에 포함이 어려운 일부 이송기기는 제외하였음



표 3-1-28. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 제2세대 RPC(9개소)의 이송기기 설치대수 및 소요동력

대상 RPC	단위기계	현미공정		백미공정		포장공정		집진공정		합계	
		수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)
B	버킷엘리베이터	13	18.7	14	8.3	2	0.8	-	-	29	27.8
	체인컨베이어	4	3.8	1	0.4	4	1.6	4	6.0	13	11.8
	소 계	17	22.5	15	8.7	6	2.4	4	6.0	42	39.6
C	버킷엘리베이터	13	17.0	18	11.3	3	2.3	1	1.5	35	32.0
	체인컨베이어	8	8.3	4	3.0	-	-	5	9.0	17	20.2
	소 계	21	25.2	22	14.3	3	2.3	6	10.5	52	52.2
F	버킷엘리베이터	14	20.9	10	7.5	3	4.5	-	-	27	32.9
	체인컨베이어	4	5.9	2	1.5	2	3.0	2	3.7	10	14.1
	소 계	18	26.8	12	9.0	5	7.5	2	3.7	37	47.0
I	버킷엘리베이터	15	23.7	12	10.5	4	6.0	-	-	31	40.2
	체인컨베이어	7	7.5	4	5.3	2	3.0	1	1.5	14	17.2
	소 계	22	31.2	16	15.8	6	9.0	1	1.5	45	57.4
J	버킷엘리베이터	13	14.1	11	8.3	4	3.8	-	-	28	26.1
	체인컨베이어	8	8.7	4	2.3	4	5.4	3	6.6	19	23.0
	소 계	21	22.7	15	8.5	8	9.2	3	6.6	47	46.9
K	버킷엘리베이터	18	29.1	9	13.5	5	8.2	1	2.2	33	53.0
	체인컨베이어	11	19.3	2	3.0	4	5.9	3	5.2	20	33.4
	소 계	29	48.4	11	16.5	9	14.1	4	7.4	53	86.4
M	버킷엘리베이터	10	15.0	8	12.0	1	2.2	1	2.2	20	31.4
	체인컨베이어	3	4.5	1	1.5	3	4.5	3	6.6	10	17.1
	소 계	13	19.5	9	13.5	4	6.7	4	8.8	30	48.5
P	버킷엘리베이터	11	12.0	18	19.5	1	1.5	1	2.2	31	35.2
	체인컨베이어	5	4.5	6	4.5	3	4.5	7	11.9	21	25.4
	소 계	16	16.5	24	24.0	4	6.0	8	14.1	52	60.6
R	버킷엘리베이터	11	17.2	10	13.5	7	9.8	-	-	28	40.5
	체인컨베이어	4	3.0	4	3.0	6	5.3	2	2.3	16	13.5
	소 계	15	20.2	14	16.5	13	15.0	2	2.3	44	54.0
구 분		수량(대)			소요동력(kW)						
		평균	최대	최소	평균	최대	최소				
버킷엘리베이터		29.1	35.0	20.0	35.4	53.0	26.1				
체인컨베이어		15.6	21.0	10.0	19.5	33.4	11.8				
소계		44.7	53.0	30.0	54.9	86.4	39.6				

표 3-1-29. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 제2세대 RPC(5개소)의 이송기기 설치 대수 및 소요동력

대상 RPC	단위기계	현미공정		백미공정		포장공정		집진공정		합계	
		수량 (대)	소요동력 (kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)	수량 (대)	소요동력 (kW)	수량 (대)	소요동력 (kW)	수량 (대)	소요동 력(kW)
A	버킷엘리베이터	20	29.0	32	24.0	7	7.5	-	-	59	60.5
	체인컨베이어	7	9.0	9	6.4	6	6.0	-	-	22	21.4
	합 계	27	37.9	41	30.4	13	13.5	-	-	81	81.8
E	버킷엘리베이터	10	19.7	17	25.5	5	7.5	1	2.2	33	54.9
	체인컨베이어	9	16.4	6	9.0	4	6.0	4	6.0	23	37.4
	합 계	19	36.1	23	34.5	9	13.5	5	8.2	56	92.3
L	버킷엘리베이터	11	20.9	19	14.3	4	6.0	-	-	34	41.2
	체인컨베이어	6	13.4	9	5.7	2	3.0	4	3.0	21	25.1
	합 계	17	34.3	28	20.0	6	9.0	4	3.0	55	66.2
N	버킷엘리베이터	13	17.2	14	12.0	9	11.1	-	-	36	40.3
	체인컨베이어	13	20.9	4	3.8	6	5.0	4	7.4	27	37.1
	합 계	26	38.1	18	15.8	15	16.1	4	7.4	63	77.4
O	버킷엘리베이터	21	26.9	24	18.0	3	3.8	-	-	48	48.6
	체인컨베이어	16	29.0	7	10.5	2	3.0	4	7.4	29	49.9
	합 계	37	55.9	31	28.5	5	6.8	4	7.4	77	98.5
구 분		수량(대)			소요동력(kW)						
		평균	최대	최소	평균	최대	최소				
버킷엘리베이터		42.0	59.0	33.0	49.1	60.5	40.3				
체인컨베이어		24.4	29.0	21.0	34.2	49.9	21.4				
소계		66.4	81.0	55.0	83.3	98.5	66.2				

## 다) 에너지절감형 이송기기의 설계기준

### ① 버킷엘리베이터

- 제2세대 RPC에 사용된 버킷엘리베이터의 사양에 대한 조사결과, 벼 이송용(투입구→종합정선기)은 원심배출형, 현미 및 백미용으로는 유도배출형이 주로 사용되고 있었으나 현미 및 백미라인에도 원심배출형이 사용되는 경우도 있었고, 버킷사양, 재질, 드럼, 형식 및 규격이 다른 버킷엘리베이터가 설치 사용되고 있었음(표 3-1-30)
- 농협중앙회(2000)의 미곡종합처리장 설계기준에서 벨트식 버킷엘리베이터는 원심배출형을 사용하는 것을 원칙으로 하였고, 벼에 대한 버킷엘리베이터의 표준반송능력을 제시하였으나, 고품질 쌀 생산을 위해 현미와 백미이송에 사용되기 시작한 유도배출형 버킷엘리베이터에 대한 설계기준은 없었음
- 원심배출형의 경우, 빠른 벨트속도로 인해 배출된 곡물이 케이싱 등에 심하게 부딪쳐 물리적 충격으로 손상되는 경우가 많아 주로 벼의 이송에 사용되고 있었으며, 유도배출형은 벨트속도를 낮춰 충격에 의한 싸라기 및 분진발생을 방지하는 목적으로 주로 현미 및 백미부에 사용되고 있었음
- 쌀 등 제품의 위생 및 안전성 확보를 위해 곡물과 접촉하는 부분은 STS재질, 버킷은 우레탄 또는 STS재질, 벨트는 식용벨트를 채용하고 있었으며, 하부(tail 부분)에 잔곡이 발생하는 것을 방지하기 위하여 완전배출형을 채택하거나, 발생된 잔곡 제거용으로 고압공기 노즐을 설치하고 있으나 여기에 대한 정확한 설계기준은 없었음

표 3-1-30. 18개소 RPC에서 사용되는 버킷엘리베이터의 처리능력, 형식, 기능 및 버킷의 규격

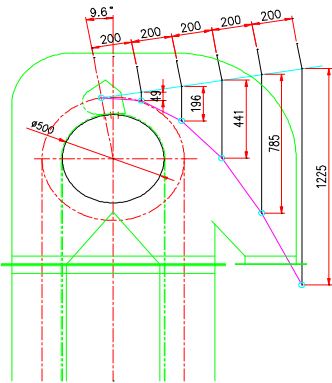
처리능력 처리공정	잔곡처리 시스템	배출형식	부착동력 (kW)	5~10톤	15톤	20톤	30톤
원료반입	무	원심	2.3~11	-	7"×5", 8"×6"	12"×6", 10"×5", 9"×6"	12"×6", 10"×5"
현미공정	유/무	유도	1.5~3.7	6"×5"	7"×5", 8"×6"	9"×6"	-
백미공정	유	유도	0.75~3.7	4"×3", 5"×3"	7"×5"	9"×6"	-
포장공정	유	유도	0.4~3.7	5"×3", 6"×5"	7"×5"	9"×6"	9"×6"

- 중간 몸체부분은 도색된 SS를 주로 사용하고 있었으나, 장기간 사용할 경우 결로(結露)로 인해 도색된 부분이 벗겨져 곡물에 혼입되는 등 이물질에 관한 문제가 발생하고 있었으며, 버킷엘리베이터 내부의 방냉 및 분진제거를 위한 집진량과 집진에 필요한 외기 도입구의 사양 및 설치위치 등 집진기준도 없는 실정으로 이에 대한 기준 정립도 필요하였음
- 버킷엘리베이터에 사용되는 식품용 벨트는 주로 독일 등 외국산이 수입되고 있었으나, 이송기기 제

조회사별로 다른 벨트 제조회사 제품을 수입함에 따라 벨트의 가격 및 사양이 달라지고 있었고, 이로 인해 벨트 늘어짐 및 뒤틀림 등으로 인한 이송능력 저위, 이물질의 혼입 등의 문제가 발생하고 있어 불신을 초래하고 있었음. 또한, 양정에 대해서는 벨트의 가격 및 종류에 따라 차이는 있으나 식용 벨트를 사용할 경우 최대높이는 약 13m수준이라는 주장이 많았으나, 일반적으로 RPC 가공시설의 층고는 약 12m수준(처마기준)이 대부분으로 최대 양정에 대한 측정결과는 없는 실정이었음

○ 이에 따라 버킷엘리베이터의 설계 기준사양은 다음과 같이 정립하였음

< 속도 : 120m/min, 풀리지름 : 500mm, 원심배출형 >



1. SPEED : 120 M/MIN
2. HEAD PULLEY DIA. : 0.50 M
3. 계산식:  $SIN\theta = \frac{V^2}{gxR}$

- \* V = 수송물의 속도 (M/sec)
- \* g = 중력 가속도: 9.8
- \* R = 구동 풀리 반경

$$4. SOL. : SIN\theta = \frac{V^2}{gxR}$$

$$= \frac{\left(\frac{120}{60}\right)^2}{9.8 \times (0.25 + 0.1)}$$

$$\theta = SIN^{-1} \frac{\left(\frac{120}{60}\right)^2}{9.8 \times (0.25 + 0.1)}$$

$$\theta = SIN^{-1} \frac{4.00}{3.43}$$

$$\theta = SIN^{-1} 1.166$$

$$\theta = SIN^{-1} 1.166 = 1.166 - 1$$

$$\theta = SIN^{-1} 0.166$$

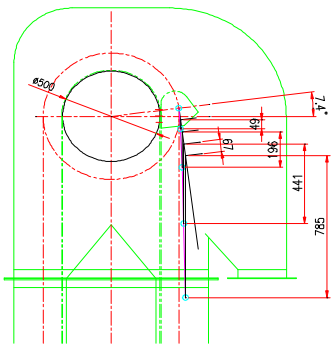
$$\theta = 9.55^\circ + 90^\circ$$

$$\theta = 99.55^\circ$$

$$5. V_t = (V/60) = (120/60) = 2.0 = (2.00 \times 0.1) \times 1000 = 200$$

$$V_t = 200mm$$

< 속도 : 40m/min, 풀리지름 : 500mm, 유도배출형 >



1. SPEED : 40 M/MIN
2. HEAD PULLEY DIA. : 0.50 M
3. 계산식:  $SIN\theta = \frac{V^2}{gxR}$

- \* V = 수송물의 속도 (M/sec)
- \* g = 중력 가속도: 9.8
- \* R = 구동 풀리 반경

$$4. SOL. : SIN\theta = \frac{V^2}{gxR}$$

$$= \frac{\left(\frac{40}{60}\right)^2}{9.8 \times (0.25 + 0.1)}$$

$$\theta = SIN^{-1} \frac{\left(\frac{40}{60}\right)^2}{9.8 \times (0.25 + 0.1)}$$

$$\theta = SIN^{-1} \frac{0.444}{3.43}$$

$$\theta = SIN^{-1} 0.1295$$

$$\theta = 7.44^\circ$$

$$5. V_t = (V/60) = (40/60) = 0.6666 = (0.6666 \times 0.1) \times 1000 = 66.6$$

$$V_t = 66.6mm$$

그림 3-1-5. 원심배출형과 유도배출형의 방출곡선

○ 원심배출형과 유도배출형의 가장 큰 차이인 벨트속도는 방출곡선을 나타내는 다음 식 (3-1-1)과 그림 3-1-5에서 알 수 있듯이, 일반적으로 사용되는 버킷엘리베이터의 형상을 고려할 때, 원심배출형의 벨트속도는 약 90~140m/min, 유도배출형은 약 24~51m/min수준 정도로 구분되었음

$$\sin\alpha = \frac{v^2}{g \times R} \dots\dots\dots ( 3-1-1 )$$

여기서,  $\sin\alpha$  : 방축곡선 각(°),  $v$  : 벨트속도(m/sec)

$g$  : 중력가속도(m/sec<sup>2</sup>),  $R$  : Head pulley 반경(m)

- 4개의 설계회사에서 일반적으로 설계에 반영되고 있는 벼와, 현미 및 백미용 버킷엘리베이터의 일반 사양은 다음 표 3-1-31, 3-1-32와 같았고, 벼의 이송용으로 설계되고 있는 원심배출형의 처리능력은 15, 20, 30ton/hr, 벨트속도는 100~130m/min이었으며, 현미 및 백미용으로 사용되는 유도배출형의 처리능력은 6, 12, 15ton/hr이었고, 벨트속도는 34m/min이었으며, 원심배출형과 유도배출형의 벨트속도는 일반적인 벨트속도 범위 이내이었음
- 또한, 소요동력은 양정에 따라 큰 차이 없이 원심배출형의 경우 1.5~5.5kW, 유도배출형의 경우 0.75~2.2kW를 적용하고 있었으며, 벨트는 4겹, 전동기의 감속비는 업체에 따라 차이는 있었으나 대개 원심배출형은 1/10, 유도배출형은 1/20정도를 사용하고 있는 것으로 조사되었음

표 3-1-31. 벼용으로 설계회사에서 적용하고 있는 원심배출형 버킷엘리베이터의 설계사양

이송능력 (ton/hr)	높이 (m)	버킷크기 (inch)	버킷용적 (m <sup>3</sup> )	용적효율 (%)	버킷피치 (mm)	벨트속도 (m/min)	폴리직경 (mm)	동력 (kW)
15	10	7×5	0.0016	70	230	100	500	1.5
	15	7×5	0.0016	70	230	100	500	1.5
	20	7×5	0.0016	70	230	100	500	2.2
	25	7×5	0.0016	70	230	100	500	2.2
20	10	9×6	0.00285	70	300	100	560	1.5
	15	9×6	0.00285	70	300	100	560	2.2
	20	9×6	0.00285	70	300	100	560	3.7
	25	9×6	0.00285	70	300	100	560	3.7
30	10	10×6	0.0031	70	300	130	560	2.2
	15	10×6	0.0031	70	300	130	560	3.7
	20	10×6	0.0031	70	300	130	560	3.7
	25	10×6	0.0031	70	300	130	560	5.5

표 3-1-32. 현미 및 백미용으로 설계회사에서 적용하고 있는 유도배출형 버킷엘리베이터의 설계사양

이송능력 (ton/hr)	높이 (m)	버킷크기 (inch)	버킷용적 (m <sup>3</sup> )	용적효율 (%)	버킷피치 (mm)	벨트속도 (m/min)	폴리직경 (mm)	동력 (kW)
6	10	5×4	0.0009	70	150	34	220	0.75
	15	5×4	0.0009	70	150	34	220	0.75
	20	5×4	0.0009	70	150	34	220	0.75
12	10	7×5	0.0023	70	210	34	250	1.5
	15	7×5	0.0023	70	210	34	250	1.5
	20	7×5	0.0023	70	210	34	250	1.5
15	10	10×6	0.0031	70	220	34	560	1.5
	15	10×6	0.0031	70	220	34	560	1.5
	20	10×6	0.0031	70	220	34	560	2.2

- 본 연구에서는 현재 적용되고 있는 버킷엘리베이터의 설계사양의 적합성을 검토하기 위하여 선행연구에서 정립된 이론식을 바탕으로 이론사양을 구하고, 설계회사에서 적용되는 경험식을 바탕으로 경험사양을 구한 다음 상호 비교하였음
- 이론식을 바탕으로 버킷엘리베이터의 동력 및 처리능력과 관련하여 버킷의 용적은 다음 식 (3-1-2), 반송능력은 다음 식 (3-1-3), 소요동력은 다음 식 (3-1-4)과 같이 계산하였으며, 버킷속도 및 버킷피치 등은 기존의 설계사양을 적용하였고, 전효율은 0.55, 버킷의 용적효율은 70%, 벼 및 현미의 산물밀도는 농협 RPC 설계기준에 준하여 각각 0.55ton/m<sup>3</sup>, 0.80ton/m<sup>3</sup>을 적용하였으며, 소요전동기는 계산치보다 약 30%정도 높은 용량을 선택하였음

$$V = \frac{t \times p}{v \times r \times k \times 60} \dots\dots\dots (3-1-2)$$

여기서, V : 버킷 1개의 용적(m<sup>3</sup>), t : 최대반송능력(ton/hr)  
 p : 버킷간의 간격(m), v : 벨트속도(m/min)  
 r : 반송물의 산물밀도(ton/m<sup>3</sup>), k : 버킷의 용적효율 70%

$$Q = \frac{60 \times v \times V \times k \times r}{p} \dots\dots\dots (3-1-3)$$

여기서, Q : 반송능력(ton/hr), v : 벨트속도(m/min)  
 V : 버킷 1개의 용적(m<sup>3</sup>), k : 버킷의 용적효율( - )  
 r : 반송물의 산물밀도(ton/m<sup>3</sup>), p : 버킷간의 간격(m)

$$L = \frac{Q \times H}{367.1 \times \eta} \dots\dots\dots ( 3-1-4 )$$

여기서, L : 소요동력(kW), Q : 반송능력(ton/hr)

H : 양정(m), η : 전효율( - )

- 한편, 설계회사에서는 업체에서 제조되는 버킷엘리베이터와 소요동력을 맞추기 위하여 동력에 관하여 다음 식 (3-1-5)과 같은 경험식을 사용하는 업체가 있어 이를 이용하여 경험사양을 구하였으며, 전효율은 0.55, 버킷의 용적효율은 70%, 벼 및 현미의 산물밀도는 농협 RPC 설계기준과 다르게 설계 회사에서 사용중인 산물밀도 0.58ton/m<sup>3</sup>, 0.825ton/m<sup>3</sup>를 사용하였고, 소요전동기는 이론사양 계산과 동일하게 계산치보다 약 30%정도 높은 용량을 선택하였음

$$L = \frac{1.1 \times Q \times (H+4)}{280} \dots\dots\dots ( 3-1-5 )$$

여기서, L : 소요동력(kW), Q : 반송능력(ton/hr)

H : 양정(m)

- 표 3-1-31 및 3-1-32와 같이 일반 설계사양에 적용하고 있는 버킷의 크기에 따른 버킷용적을 선행 연구(眞島卯太郎, 1991)의 결과인 이론용적과 비교한 결과는 다음 표 3-1-33과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 RPC에 사용 중인 버킷은 AA형으로서 지금까지 설계에 적용한 버킷용적이 이론용적보다 컸고, 설계자에 따라 다른 버킷용적을 적용한 것을 알 수 있었으며, 이론용적을 설계기준으로 적용하는 것이 필요함을 알 수 있었음

표 3-1-33. 버킷크기에 따른 버킷용량의 이론치와 업체적용치 비교

버킷규격	AA형 버킷 용적(m <sup>3</sup> )		
	이론용적	설계적용 용적 1	설계적용 용적 2
크기(L×D, inch)			
5"×4"	0.00077	0.0009	-
7"×5"	0.00156	0.0016	0.0023
8"×6"	0.00267	-	-
9"×6"	0.00308	0.00285	-
10"×5"	0.00234	-	-
10"×6"	0.0035	0.0031	0.0031
12"×6"	0.00405	-	-

- 벼를 이송하는 원심배출형과 현미 및 백미를 배출하는 유도배출형 버킷엘리베이터의 이송능력과 양정에 따른 이론적인 소요동력, 경험적인 소요동력 및 일반 설계사양을 비교한 결과는 다음 표 3-1-34 및 3-1-35와 그림 3-1-6 및 3-1-7과 같았음
- 표 및 그림에서 알 수 있듯이 현미 및 백미를 이송하는 유도배출형의 경우, 이론식에 의해 계산한 이송량이 버킷엘리베이터의 소요 처리능력에 비해 적게 나타나, 기존에 적용하였던 벨트속도(34m/min)를 35m/min이상으로 증가시킬 필요가 있었음. 한편, 경험식에 의한 이송량이 필요한 처리능력보다 크게 나타난 것은 계산에 적용한 산물밀도(0.825ton/m<sup>3</sup>)가 농협 RPC 설계기준의 산물밀도기준(0.80ton/m<sup>3</sup>)보다 컸기 때문이었음
- 김 등(2011)은 벼의 산물밀도를 품종별 및 함수율별로 측정한 결과, 품종별 및 현미의 정립비율별로 큰 차이가 있으므로 해당되는 곡물의 산물밀도를 측정하여 사용하는 것이 타당하다고 보고하였음. 따라서 버킷엘리베이터의 이송능력을 계산할 때에도 산물밀도는 최소치를 사용하는 것이 타당하였으며, 경험식 및 일반 설계사양을 적용한 버킷엘리베이터의 경우, 기본적으로 벨트속도, 버킷피치 등에 대한 사양변경이 불가피할 것으로 판단되었음
- 또한, 경험식에 의해 계산한 이송능력과 소요동력(전동기 선정을 위해 30% 높은 용량)이 이론식에 의해 계산한 소요동력(전동기 선정을 위해 30% 높은 용량)보다 컸고, 일반 설계사양보다는 크거나 적은 등 차이가 있었음. 후술하는 현장적용실험 결과, 실제 소요동력은 이론식에 의한 소요동력을 적용하는 것이 타당하였으므로 경험식 및 일반 설계사양으로 제작된 버킷엘리베이터 등은 소요동력이 과다하게 설계되었다는 것을 알 수 있음
- 이상의 버킷엘리베이터의 이송능력과 소요동력 비교 결과와, 설계사양 및 설치현황에 대한 조사결과를 이용하여 원료 벼에 대한 원심배출형과 현미 및 백미에 대한 유도배출형에 대해 개발한 설계기준 사양(안)은 다음 표 3-1-36 및 3-1-37과 같았음. 적용한 벨트는 4겹이며, 전효율은 0.55, 버킷의 용적효율은 70%, 벼 및 현미의 산물밀도는 농협 RPC 설계기준에 준하여 각각 0.55ton/m<sup>3</sup> 및 0.80ton/m<sup>3</sup>이었으며, 감속전동기는 원심배출형은 10 : 1, 유도배출형은 20 : 1을 기준으로 하였음
- 이외의 사양 및 설치에 대한 설계기준(안)으로는 먼저, 구조적으로는 정미시스템 이후 쌀과 접촉하는 부분(head 및 tail 부분)의 재질은 내부식성인 STS재질로 하되, head와 tail의 중간부분 즉, 몸체 부분의 내부는 도색이 불필요한 아연도강판 이상의 재질로 설치하는 것을 설계기준(안)으로 하였음



표 3-1-34. 벼 이송용 원심배출형 버킷엘리베이터의 이론적, 경험적인 소요동력 및 이송능력 비교

버킷 엘리베이터 높이(m)		이론식 소요동력(kW)			경험식 소요동력(kW)			일반설계사양 소요동력(kW)		
이송능력 (ton/hr)	설계값	15	20	30	15	20	30	15	20	30
	계산값	15.67	23.72	35.04	16.95	23.14	32.72	16.95	23.14	32.72
5		0.50	0.76	1.13	0.78	1.06	1.50	1.5	1.5	2.2
6		0.62	0.92	1.35	0.87	1.18	1.67	1.5	1.5	2.2
7		0.72	1.07	1.58	0.95	1.30	1.84	1.5	1.5	2.2
8		0.83	1.22	1.80	1.04	1.42	2.01	1.5	1.5	2.2
9		0.93	1.37	2.03	1.13	1.54	2.17	1.5	1.5	2.2
10		1.03	1.53	2.26	1.21	1.65	2.34	1.5	1.5	2.2
11		1.14	1.68	2.48	1.30	1.77	2.51	1.5	1.5	2.2
12		1.24	1.83	2.71	1.38	1.89	2.67	1.5	1.5	2.2
13		1.35	1.99	2.93	1.47	2.01	2.84	1.5	1.5	2.2
14		1.45	2.14	3.16	1.56	2.13	3.01	1.5	1.5	2.2
15		1.55	2.29	3.38	1.64	2.25	3.18	1.5	2.2	3.7
16		1.66	2.44	3.61	1.73	2.36	3.34	2.2	2.2	3.7
17		1.76	2.60	3.83	1.82	2.48	3.51	2.2	2.2	3.7
18		1.86	2.75	4.06	1.90	2.60	3.68	2.2	2.2	3.7
19		1.97	2.90	4.29	1.99	2.72	3.84	2.2	2.2	3.7
20		2.07	3.05	4.51	2.08	2.84	4.01	2.2	3.7	3.7
21		2.17	3.21	4.74	2.16	2.95	4.18	2.2	3.7	3.7
22		2.28	3.36	4.96	2.25	3.07	4.35	2.2	3.7	3.7
23		2.38	3.51	5.19	2.34	3.19	4.51	2.2	3.7	3.7
24		2.48	3.66	5.41	2.42	3.31	4.68	2.2	3.7	3.7
25		2.59	3.82	5.64	2.51	3.43	4.85	2.2	3.7	5.5
26		2.69	3.97	5.87	2.60	3.55	5.01	2.2	3.7	5.5
27		2.79	4.12	6.09	2.68	3.66	5.18	2.2	3.7	5.5
28		2.90	4.28	6.32	2.77	3.78	5.35	2.2	3.7	5.5
29		3.00	4.43	6.54	2.86	3.90	5.52	2.2	3.7	5.5
30		3.10	4.58	6.77	2.94	4.02	5.68	2.2	3.7	5.5

표 3-1-35. 현미, 백미 이송용 유도배출형 버킷엘리베이터의 이론적, 경험적인 소요동력 및 이송능력비교

버킷엘리베이터 높이(m)		이론식 소요동력(kW)			경험식 소요동력(kW)			일반 설계사양 소요동력(kW)		
이송능력 (ton/hr)	설계값	6	12	15	6	12	15	6	12	15
	계산값	5.86	8.49	15.99	7.07	12.90	15.26	7.07	12.90	15.26
5		0.19	0.27	0.59	0.32	0.59	0.76	0.75	1.5	1.5
6		0.23	0.33	0.70	0.36	0.66	0.85	0.75	1.5	1.5
7		0.26	0.38	0.82	0.40	0.72	0.93	0.75	1.5	1.5
8		0.30	0.44	0.94	0.43	0.79	1.02	0.75	1.5	1.5
9		0.34	0.49	1.05	0.47	0.86	1.10	0.75	1.5	1.5
10		0.38	0.55	1.17	0.51	0.92	1.19	0.75	1.5	1.5
11		0.42	0.60	1.29	0.54	0.99	1.27	0.75	1.5	1.5
12		0.45	0.66	1.40	0.58	1.05	1.36	0.75	1.5	1.5
13		0.49	0.71	1.52	0.61	1.12	1.44	0.75	1.5	1.5
14		0.53	0.76	1.64	0.65	1.19	1.53	0.75	1.5	1.5
15		0.57	0.82	1.76	0.69	1.25	1.61	0.75	1.5	1.5
16		0.60	0.87	1.87	0.72	1.32	1.70	0.75	1.5	2.2
17		0.64	0.93	1.99	0.76	1.38	1.78	0.75	1.5	2.2
18		0.68	0.98	2.11	0.79	1.45	1.87	0.75	1.5	2.2
19		0.72	1.04	2.22	0.83	1.52	1.95	0.75	1.5	2.2
20		0.76	1.09	2.34	0.87	1.58	2.03	0.75	1.5	2.2
21		0.79	1.15	2.46	0.90	1.65	2.12	0.75	1.5	2.2
22		0.83	1.20	2.57	0.94	1.71	2.20	0.75	1.5	2.2
23		0.87	1.26	2.69	0.97	1.78	2.29	0.75	1.5	2.2
24		0.91	1.31	2.81	1.01	1.85	2.37	0.75	1.5	2.2
25		0.94	1.37	2.93	1.05	1.91	2.46	0.75	1.5	2.2
26		0.98	1.42	3.04	1.08	1.98	2.54	0.75	1.5	2.2
27		1.02	1.48	3.16	1.12	2.04	2.63	0.75	1.5	2.2
28		1.06	1.53	3.28	1.16	2.11	2.71	0.75	1.5	2.2
29		1.09	1.58	3.39	1.19	2.17	2.80	0.75	1.5	2.2
30		1.13	1.64	3.51	1.23	2.24	2.88	0.75	1.5	2.2

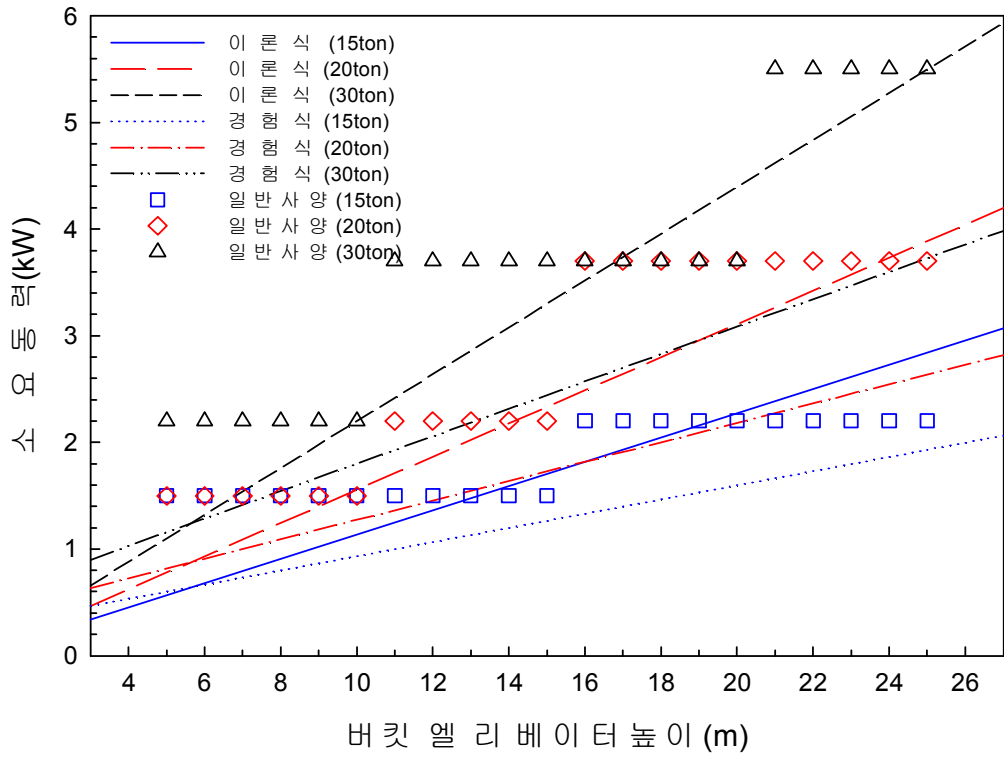


그림 3-1-6. 벼 이송용 원심배출형 버킷엘리베이터의 이론적, 경험적인 소요동력 비교

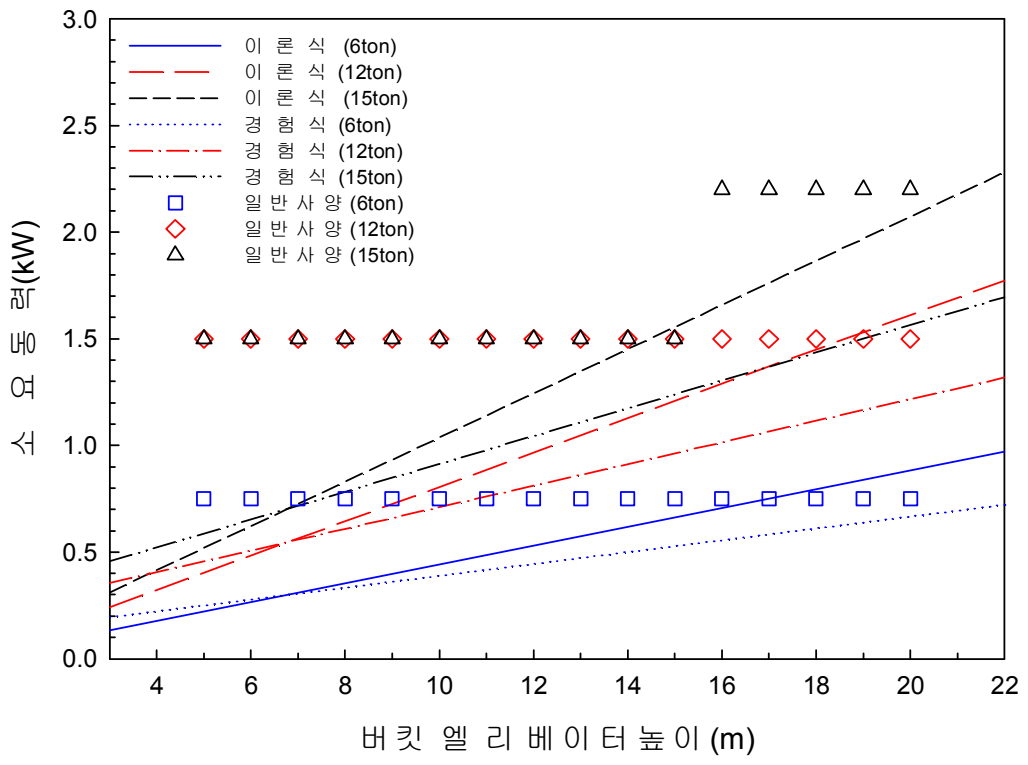


그림 3-1-7. 현미, 백미 이송용 원심배출형 버킷엘리베이터의 이론적, 경험적인 소요동력 비교

1.SPECIFICATION

1) ITEM NO. :			
2) CAPACITY :	15	TON	25.86 m <sup>3</sup> /HR
3) BUCKET SIZE :	7 x 5	INCH	
4) ELEVATOR HIGHT :	10	M	
5) BULK DENSITY :	0.580	TON / M <sup>3</sup>	
6) Q'TY :	1	SET	

2.CAPACITY

Q=60 x S x A x y x g

S : BELT SPEED = 100 m/min

A : VOLUME = BUCKET VOLUME x 1/PITCH

= 0.0016 m<sup>2</sup> x 1/ 0.23 m = 0.006956522 m<sup>3</sup>/m

y : EFICIENCY = 70 %

g : BULK DENSITY = 0.580 ton/m<sup>3</sup>

Q= 60 x 100 M/MIN x 0.00696 m<sup>3</sup>/m x 70% x 0.58 t/m<sup>3</sup>  
 = 16.95 TON/HR

3.MOTOR POWER

KW = 1.1 x Q x ( H + 4 ) / 280

= 1.1 x 16.95 T/HR x ( 10.00 M + 4 ) / 280  
 = 0.932 KW

USED MOTOR : 1.5 KW x 4 P x 1 / 20

4.R.S. SPROCKET

S : BELT SPEED = π x HEAD PULLEY DIA. x R.P.M

= 3.14 x 0.5 M x 63.66 R.P.M  
 = 100 M/MIN

HEAD PULLEY R.P.M = S M/MIN / 3.14 x H/PULLEY DIA.

= 100 M/MIN / π x 0.5 M = 63.66 R.P.M

i = MOTOR R.P.M x GEARED RATIO x 1/HEAD PULLEY R.P.M

i = 1750 R.P.M x 1/20 x 1/ 63.66 R.P.M = 1.374

DRIVING SPROCKET : 17 NT

HEAD SPROCKET NT = D/SPROCKET NT x i

HEAD SPROCKET NT = 17 NT = 1.374 = 23.37 NT

USED CHAIN & SPROCKET : RS# 60 x 17 NT x 24 NT

그림 3-1-8. 벼 이송용 원심배출형 버킷엘리베이터의 사양 계산 예

표 3-1-36. 벼 이송용 원심배출형 버킷엘리베이터의 설계기준 사양(안)

이송능력 (톤/시간)	높이 (m)	버킷크기 (inch)	벨트속도 (m/min)	버킷용적 (m <sup>3</sup> )	벨트폭 (m)	폴리직경 (mm)	버킷피치 (mm)	감속비	동력 (kW)
15	10	7×5	100	0.00156	255	500	260	1/10	1.5
	15	7×5	100	0.00156	255	500	260	1/10	1.5
	20	7×5	100	0.00156	255	500	260	1/10	2.2
	25	7×5	100	0.00156	255	500	260	1/10	3.7
	30	7×5	100	0.00156	255	500	260	1/10	3.7
20	10	9×6	110	0.00308	285	560	350	1/10	1.5
	15	9×6	110	0.00308	285	560	350	1/10	2.2
	20	9×6	110	0.00308	285	560	350	1/10	3.7
	25	9×6	110	0.00308	285	560	350	1/10	3.7
	30	9×6	110	0.00308	285	560	350	1/10	5.5
30	10	10×6	120	0.0035	285	560	300	1/10	2.2
	15	10×6	120	0.0035	285	560	300	1/10	3.7
	20	10×6	120	0.0035	285	560	300	1/10	5.5
	25	10×6	120	0.0035	285	560	300	1/10	5.5
	30	10×6	120	0.0035	285	560	300	1/10	7.5

표 3-1-37. 현미 및 백미 이송용 유도배출형 버킷엘리베이터의 설계기준 사양(안)

이송능력 (톤/시간)	높이 (m)	버킷크기 (inch)	벨트속도 (m/min)	버킷용적 (m <sup>3</sup> )	벨트폭 (m)	폴리직경 (mm)	버킷피치 (mm)	감속비	동력 (kW)
6	10	5×4	35	0.00077	188	220	150	1/20	0.75
	15	5×4	35	0.00077	188	220	150	1/20	0.75
	20	5×4	35	0.00077	188	220	150	1/20	1.5
	25	5×4	35	0.00077	188	220	150	1/20	1.5
	30	5×4	35	0.00077	188	220	150	1/20	1.5
12	10	7×5	49	0.00156	232	250	210	1/20	1.5
	15	7×5	49	0.00156	232	250	210	1/20	1.5
	20	7×5	49	0.00156	232	250	210	1/20	2.2
	25	7×5	49	0.00156	232	250	210	1/20	2.2
	30	7×5	49	0.00156	232	250	210	1/20	3.7
15	10	7×5	61	0.00156	232	250	210	1/20	1.5
	15	7×5	61	0.00156	232	250	210	1/20	1.5
	20	7×5	61	0.00156	232	250	210	1/20	2.2
	25	7×5	61	0.00156	232	250	210	1/20	3.7
	30	7×5	61	0.00156	232	250	210	1/20	3.7

표 3-1-38 고압공기 노즐에서 공기압력과 관경에 따른 공기분사량(단위 : L/min)

노즐직경 (mm)	게이지 압력 P kgf/cm <sup>2</sup>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.2	0.7	1.1	1.5	1.9	2.2	2.6	2.9	3.3	3.6	4.0
0.4	3.0	4.4	5.9	7.3	8.8	10.2	11.7	13.1	14.6	16.0
0.6	6.4	10.0	13.2	16.4	19.7	23.0	26.2	29.5	32.8	36.0
0.8	11.8	17.6	23.4	29.2	35.0	40.8	46.6	52.4	58.3	64.1
1.0	18.4	27.5	36.6	45.7	54.9	63.8	72.9	81.9	91.0	100.1
1.3	31.2	46.5	61.8	77.1	92.5	107.8	123.2	138.5	153.7	169.2
1.5	41.5	61.9	82.3	102.7	123.1	143.6	164.0	184.4	204.8	225.2
2.0	73.8	110.1	146.3	182.6	219.0	255.2	291.5	327.8	364.1	400.4
3.0	166.0	247.6	329.3	410.9	492.6	574.2	655.9	737.5	819.1	900.8
3.4	213.2	318.1	422.9	527.8	632.7	737.5	742.4	947.3	1,052.1	1,157.0
3.8	266.3	397.3	528.3	659.3	790.3	921.3	1,052.3	1183.3	1,314.3	1,445.3
4.0	295.1	440.2	585.4	730.5	875.7	1,020.8	1,166.0	1311.1	1,456.2	1,601.4
4.7	407.4	607.8	808.2	1,008.6	1,208.9	1,409.4	1,609.7	1810.0	2,010.5	2,210.9
5.0	461.1	687.9	914.6	1,141.4	1,368.2	1,595.0	1,821.8	2,048.6	2,275.4	2,502.2
6.0	663.9	990.5	1,317.1	1,643.7	1,970.2	2,296.8	2,623.4	2,950.0	3,276.5	3,603.1
7.0	903.7	1,348.2	1,792.7	2,233.2	2,681.2	3,126.2	3,570.7	4,015.2	4,459.7	4,904.2
8.0	1,180.3	1,760.9	2,341.5	2,922.1	3,502.6	4,083.2	4,663.8	5,244.4	5,825.0	6,405.5
9.0	1,493.8	2,228.6	2,963.4	3,698.2	4,133.0	5,167.8	5,902.6	6,637.4	7,372.2	8,107.0
10.0	1,844.3	2,751.4	3,658.6	4,565.7	5,472.9	6,380.0	7,287.2	8,194.3	9,101.5	10,008.7
12.0	2,655.7	3,962.0	5,268.3	6,574.6	7,880.9	9,187.2	10,493.5	11,799.8	13,106.2	14,412.5
18.0	5,975.4	8,914.5	11,853.7	14,792.9	17,732.1	20,671.3	23,610.5	26,549.7	29,488.8	32,428.0
35.0	22,592.0	33,704.1	44,817.3	55,930.0	67,042.7	78,155.3	89,268.0	100,380.6	111,493.3	122,605.9

주) 유량계수 100%기준임

- 또한, 잔곡방지를 위해 고압공기노즐을 설치할 때 고압공기관에는 수동게이트+solenoid valve를 부착하여 수동게이트는 고압공기량을 제어하고, solenoid valve는 고압공기 주입시간을 제어하도록 하는 것을 설계기준(안)으로 하였음
- 고압공기압력은 에어컴프레서의 고압공기인 5~7kgf/cm<sup>2</sup>을 사용하고, 관경은 Φ10mm, tail 부분의 간극 및 형상에 따라 다소 차이는 있으나 분사시간은 10sec, 고압공기량은 912.2~1,214.5L/회/개소(압력 5~7kgf/cm<sup>2</sup>범위, 표 3-1-38참조)를 설계기준(안)으로 하였음. 또한, 버킷엘리베이터의 청소가 주로 가공 품종 교체 또는 1일 작업종료시점에 실시되며, 이때는 고압공기를 사용하는 2-way나 게이트 등의 작동이 정지되어 있는 상태이고, 버킷엘리베이터의 청소가 순차적으로 실시되므로 청소에 사용되는 고압공기량을 위해 별도로 에어컴프레서 용량 증대는 실시하지 않는 것을 설계기준(안)으로 하였음
- 한편, 원심배출형 및 유도배출형 버킷엘리베이터의 집진기준은 제2절에서 정립한바와 같이 2~5m<sup>3</sup>/min/개소이고, 집진관의 설치위치는 버킷엘리베이터 상부인 head부분에 설치하는 것을 원칙으로 하되, 집진량 만큼의 외부공기 유입을 위한 외기 도입구를 버를 대상으로 하는 원심배출형의 경우는 tail과 상부사이인 본체에, 현미와 백미를 이송하는 유도배출형의 경우는 전면 점검창에 다공망과 함께 설치하는 것을 설계기준(안)으로 하였음

## ② 체인컨베이어

- 체인컨베이어는 벨트와 스크레이퍼(scraper)로 구성된 벨트형 수평이송컨베이어와, 체인컨베이어를 통칭하고 있으며, 전술한 이송기기의 동력 및 설치대수의 기준설정의 필요성이 있으며, 이외에도 사양 및 설계방법에 따라 다음과 같은 문제가 있었음

표 3-1-39. 제작회사별 벨트형 수평이송컨베이어의 제원 및 처리능력

구 분	한국 TOYO			대원 GSI		한세 ENG		제이씨
처리능력(ton/hr)	6	12	18	10	15	6	15	10
몸체규격(mm)	250×252	350×340	370×380	280×270	384×345	250×255	370×350	270×275
스크레이퍼 폭(mm)	140	225	240	150	214	140	210	142
스크레이퍼 길이(mm)	60	78.5	87.5	57	60	55	85	40
감속기 비율	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/20	1/20	1/15
벨트 폭(mm)	180	270	280	200	250	180	280	200
벨트속도(m/min)	28	33	38	26.8	31.7	28	28	26.5
벨트두께(mm)× P	3.4×1	3.4×1	3.4×1	4.4×3	4.4×3	5×3	5×3	5×3

- 제2세대 RPC에 사용된 벨트형 수평이송컨베이어의 사양에 대한 조사결과, 제조회사에 따라 처리능력, 몸체 및 스크레이퍼의 규격, 벨트사양은 물론 벨트속도도 26.5~33m/min로 모두 달라 표준화 및 규격화가 전혀 이루어지지 않았으며, 소요동력을 나타낸 표 3-1-40에서 알 수 있듯이 동일 소요동력에서도 제작용체에 따라 이송거리가 다르다는 것을 알 수 있었음
- 벨트형 수평이송컨베이어에 사용되는 식품용 벨트는 주로 독일 등 외국산이 수입되고 있었으나, 이송기기 제조회사별로 다른 벨트제조회사 제품을 수입함에 따라 벨트의 가격 및 사양이 달라지고 있었고, 낮은 가격의 벨트를 사용함에 따라 벨트 늘어짐 및 뒤뜰림 등으로 인한 이송능력 저위, 이물질의 혼입 등의 문제가 발생하고 있어 불신을 초래하고 있었으며, 식품형 체인을 사용한 체인컨베이어로 급속하게 대체되었음

표 3-1-40. 제조회사별 벨트형 수평이송컨베이어의 소요동력별 이송거리

처리용량 (ton/hr)	소요동력(kW)	한국토요	대원 GSI	한세엔지니어링	제이씨
6	0.4 (0.5Hp)	-	-	-	-
	0.75 (1Hp)	~12.6m	-	~12.6m	-
	1.5 (2Hp)	12.6~20m	-	12.6~20m	-
	2.2 (3Hp)	-	-	-	-
10	0.4 (0.5Hp)	-	-	-	-
	0.75 (1Hp)	-	~9.9m	-	1~6m
	1.5 (2Hp)	-	10~15m	-	6~14m
	2.2 (3Hp)	-	-	-	14~18m
15	0.4 (0.5Hp)	-	-	-	-
	0.75 (1Hp)	~7.8m	~6.9m	~7.8m	-
	1.5 (2Hp)	7.8~12.6m	7~9.9m	7.8~12.6m	-
	2.2 (3Hp)	12.6~20m	10~15m	12.6~20m	-

- 주지하는 바와 같이 정확한 설계기준이 없는 상태이었고, 이론해에서도 벨트형 수평이송컨베이어에 대한 정확한 설계방법을 찾아볼 수 없는 상태로서 체인컨베이어와 유사하게 설계기준 사양을 다음과 같이 정립하였음
- 이론식을 바탕으로 벨트형 수평이송컨베이어의 이송능력은 다음 식 (3-1-6), 소요동력은 다음 식



(3-1-7)과 같이 계산하였으며, 용적계수 0.5와, 효율 0.75, 벨트연실율 보정치 4.0을 적용하였으며, 베타 및 현미의 산물밀도는 농협 RPC 설계기준에 준하여 각각 0.55ton/m<sup>3</sup>, 0.80ton/m<sup>3</sup>을 적용하였으며, 소요전동기는 계산치보다 약 30%정도 높은 용량을 선택하였음

$$Q = 60 \times A \times v \times \phi \times r \dots\dots\dots ( 3-1-6 )$$

여기서, Q : 운반능력(ton/hr), A : 스크레이퍼의 단면적(m<sup>2</sup>)

v : 벨트속도(m/min), φ : 용적계수

r : 곡물의 산물밀도(ton/m<sup>3</sup>)

$$L' = \frac{1.1 \times Q \times (L + 1)}{280 \times n} \dots\dots\dots ( 3-1-7 )$$

여기서, L' : 소요동력(kW), L : 반송거리(m)

n : 효율( - ), l : 벨트연실율 보정치( - )

- 이상의 벨트형 체인컨베이어 이송능력과 소요동력 비교 결과와, 설계사양 및 설치현황에 대한 조사 결과를 이용하여 설계기준 사양(안)은 다음 표 3-1-41과 같았으며, 적용한 벨트는 4겹이며, 용적계수는 0.5, 효율은 0.75, 벨트연실율 보정치는 4.0이고, 현미 및 베타의 산물밀도는 농협 RPC 설계기준에 준하여 0.80ton/m<sup>3</sup>이었으며, 감속비율은 1 : 15를 설계기준(안)으로 하였음

표 3-1-41. 벨트형 수평이송컨베이어의 설계기준 사양(안)

사양 처리 용량	몸체 규격 (mm)	스크레 이퍼폭 (mm)	스크레 이퍼길 이(mm)	벨트 폭 (mm)	벨트속도 (m/min)	이송거리별 동력		
						0.4kW (0.5Hp)	0.75kW (1Hp)	1.5kW (2Hp)
5ton/hr	250× 252	140	60	180	28	~ 13m미만	13m ~ 20m미만	
10ton/hr	350× 340	225	78.5	270	33		~ 13m미만	13m ~ 20m미만
15ton/hr	370× 380	240	87.5	280	35		~ 8m미만	8m ~ 20m미만

## 벨트형 수평이송컨베이어 계산

### 1. SPECIFICATION

1) ITEM NO.	: ***	
2) CAPACITY	: 5 TON	6.25 m <sup>3</sup> /HR
3) FLIGHT SIZE	: 140 × 60 mm	
4) CONVEYOR LENGTH	: 12.9 M	
5) BULK DENSITY	: 0.8 TON / M <sup>3</sup>	
6) Q'TY	: 1 SET	

### 2. CAPACITY

$$Q = 60 \times B \times h \times y \times g \times S$$

S : BELT SPEED	=	28	m/min
B : 스크레퍼의 Width	=	0.14	m
h : 스크레퍼의 길이	=	0.06	m
y : EFFICIENCY	=	50	%
g : BULK DENSITY	=	0.800	ton/m <sup>3</sup>
Q = 60 × 28 M/MIN × 0.0084 m <sup>2</sup> × 50% × 0.8 t/m <sup>3</sup>			
= 5.64 TON/HR			

### 3. MOTOR POWER

$$\begin{aligned}
 KW &= 1.1 \times Q \times (L + 4) / 280 \\
 &= 1.1 \times 5.64 \text{ T/HR} \times (12.90 \text{ M} + 4) / 280 \\
 &= 0.375 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

USED MOTOR : 0.4 KW × 4 P × 1 / 15

### 4. R.S. SPROCKET

$$\begin{aligned}
 S : \text{BELT SPEED} &= \pi \times \text{HEAD PULLEY DIA.} \times \text{R.P.M} \\
 &= 3.14 \times 0.11 \text{ M} \times 81.02 \text{ R.P.M} \\
 &= 28.0 \text{ M/MIN} \\
 \text{HEAD PULLEY R.P.M} &= S \text{ M/MIN} / 3.14 \times H/\text{PULLEY DIA.} \\
 &= 28 \text{ M/MIN} / \pi \times 0.11 \text{ M} = 81.02 \text{ R.P.M} \\
 i &= \text{MOTOR R.P.M} \times \text{GEARED RATIO} \times 1/\text{HEAD PULLEY R.P.M} \\
 i &= 1750 \text{ R.P.M} / 15 \times 1/81.02 \text{ R.P.M} = 1.440 \\
 \text{DRIVING SPROCKET} &= 27 \text{ NT} \\
 \text{HEAD SPROCKET NT} &= D/\text{SPROCKET NT} \times i \\
 \text{HEAD SPROCKET NT} &= 27 \text{ NT} \times 1.440 = 38.88 \text{ NT}
 \end{aligned}$$

USED CHAIN & SPROCKET : RS# 40 × 27 NT 39 NT

$$\begin{aligned}
 L &= (0.06 \times f \times w \times V + f \times Q) \times (L + L_0) / 270 \\
 f : \text{회전 마찰 계수} &= 0.03 \\
 w : \text{반송물 이외의 운동부분의 중량} &= 1.85 \text{ (kg/m)} \\
 V : \text{벨트의 속도} &= 28 \text{ m/min} \\
 Q : \text{반송능력} &= 5 \text{ 톤/시간} \\
 L : \text{수평반송거리} &= 12.9 \text{ m} \\
 L_0 : \text{수평거리 수정값} &= 49 \\
 L &= (0.06 \times 0.03 \times 1.85 \times 28 + 0.03 \times 5) \times (12.9 + 49) / 270 \\
 L &= 0.1 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4) \text{ 전동기 출력} \\
 L_m &= L \div \eta \text{ (전동기의 효율, 0.7)} \\
 L_m &= 0.1 \div 0.7 = 0.14
 \end{aligned}$$

USED MOTOR : 0.4 KW × 4 P × 1 / 0

그림 3-1-9. 수평이송컨베이어 표준 사양의 계산 예

- 벨트형 수평이송컨베이어에 사용되는 벨트는 제품과 직접 접촉하기 때문에 공공기관의 공인 식품용 (FDA 등)을 사용해야 하고, 벨트의 늘어남과 처짐 등으로 인해 이송거리의 최대 20m이하로 하며, 백미용의 경우 케이스 등 전체를 STS재질을 사용해야 하며, 스크레이퍼의 연결부분은 너트의 풀림 방지를 위해 와셔를 설치하는 것을 설계기준(안)으로 함
- 가공시설에 사용되는 벨트형 수평이송컨베이어는 운송능력에 무관하게 감속비를 15 : 1을 사용하며, 벨트속도는 35m/min 이내를 설계기준(안)으로 함

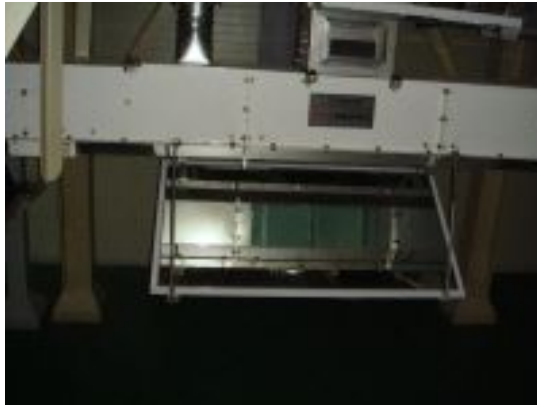


그림 3-1-10. 벨트형 수평이송컨베이어의 하부에 설치한 점검창

- 한편, 체인컨베이어의 경우, 전술한 이송기기의 동력 및 설치대수의 기준설정의 필요성이 있었으며, 현재까지 제2세대 RPC 설계에 직접 반영되고 있는 체인컨베이어의 일반사양은 다음 표 3-1-42, 3-1-43과 같았음

표 3-1-42. 비용으로 사용되는 체인컨베이어의 일반 설계사양

이송능력 (ton/hr)	길이 (m)	케이스 크기 (mm)	이송단면적 (m <sup>3</sup> )	구동부분 효율 (%)	체인중량 (kg/m)	체인속도 (m/min)	감속비	동력 (kW)
10	5	230×375	0.0552	60	5.95	20	1/40	0.75
	15	230×375	0.0552	60	5.95	20	1/40	1.5
	25	230×375	0.0552	60	5.95	20	1/40	2.2
	40	230×375	0.0552	60	5.95	20	1/40	3.7
20	4	230×375	0.0552	60	5.95	20	1/40	0.75
	10	230×375	0.0552	60	5.95	20	1/40	1.5
	18	230×375	0.0552	60	5.95	20	1/40	2.2
	30	230×375	0.0552	60	5.95	20	1/40	3.7
	40	230×375	0.0552	60	5.95	20	1/40	3.7
30	6	250×435	0.065	65	5.95	23	1/40	0.75
	10	250×435	0.065	65	5.95	23	1/40	1.5
	25	250×435	0.065	65	5.95	23	1/40	2.2
	30	250×435	0.065	65	5.95	23	1/40	3.7

- 벼 이송으로 사용되는 체인컨베이어(체인 FC재질, 중량 5.95kg/m)의 처리능력은 주로 10, 20, 30ton/hr수준이었고, 체인속도는 20~25m/min범위이었으며, 현미 및 백미 운송용으로 사용되는 합성수지로 제작된 체인컨베이어(체인의 중량 1.6kg/m)의 처리능력은 주로 5, 10ton/hr이었고, 체인속도는 13.8m/min수준이었음. 한편, 소요동력은 컨베이어의 길이에 따라 다소 차이가 있으나 벼용은 0.75~3.7kW, 현미 및 백미용은 0.4~1.5kW가 사용되고 있었음

표 3-1-43. 현미, 백미 이송용 합성수지 체인컨베이어의 일반 설계사양

이송능력 (ton/hr)	길이 (m)	케이스 크기 (mm)	이송단면적 (m <sup>3</sup> )	구동부분 효율(%)	체인중량 (kg)	체인속도 (m/min)	감속비	동력 (kW)
5	6	160×303.5	0.0216	90	1.6	13.8	1/30	0.4
	10	160×303.5	0.0216	90	1.6	13.8	1/30	0.75
	25	160×303.5	0.0216	90	1.6	13.8	1/30	1.5
	30	160×303.5	0.0216	90	1.6	13.8	1/30	1.5
10	6	160×303.5	0.0216	90	1.6	13.8	1/30	0.4
	10	160×303.5	0.0216	90	1.6	13.8	1/30	0.75
	25	160×303.5	0.0216	90	1.6	13.8	1/30	1.5
	30	160×303.5	0.0216	90	1.6	13.8	1/30	1.5

- 현재 적용되고 있는 체인컨베이어 설계사양의 적합성을 검토하기 위하여 선행연구에서 정립된 이론식을 바탕으로 이론사양을 구하여 현재 적용되고 있는 설계사양을 비교하였음. 이론식을 바탕으로 체인컨베이어의 체인속도는 다음 식 (3-1-8), 이송능력은 다음 식 (3-1-9), 이송물의 중량은 다음 식 (3-1-10), 체인에 걸리는 장력은 다음 식 (3-1-11)과 같이 계산하였으며, 소요동력은 다음 식 (3-1-12)와 같이 계산하였고, 구동부분의 효율, 모터효율은 70%, 벼, 현미 및 백미의 산물밀도를 각각 0.55ton/m<sup>3</sup>, 0.8ton/m<sup>3</sup>로 적용하였음

$$S = \frac{q}{60 \times A \times r \times \phi} \dots\dots\dots (3-1-8)$$

여기서, S : 체인의 속도(m/min), A : 이송 컨베이어 단면적(m<sup>2</sup>)  
r : 곡물의 산물밀도(ton/m<sup>3</sup>), φ : 구동부분의 효율( - )  
q : 최대 이송능력(ton/hr)

$$Q = 60 \times A \times v \times \phi \times r \dots\dots\dots (3-1-9)$$

여기서, Q : 이송능력(ton/hr), A : 이송 컨베이어 단면적(m<sup>2</sup>)  
 v : 벨트속도(m/min), φ : 구동부분의 효율( - )  
 r : 곡물의 산물밀도(ton/m<sup>3</sup>)

$$M = \frac{1000 \times Q}{60 \times S} \dots\dots\dots (3-1-10)$$

여기서, M : 이송물의 중량(kg/m), S : 체인의 속도(m/min)  
 Q : 이송능력(ton/hr)

$$T = L \times 1.1 \times ((\mu_1 \times M) + (2.1 \times \mu_2 \times W)) + K \dots\dots\dots (3-1-11)$$

여기서, T : 체인의 걸리는 장력(kg), L : 컨베이어 전장(m)  
 μ<sub>1</sub> : 곡물과 케이스간 마찰계수( 0.48 )  
 μ<sub>2</sub> : 곡물과 체인간 마찰계수( 0.33 )  
 M : 이송물의 중량(kg/m), W : 체인의 중량(kg/m)  
 K : 긴장장치(緊張裝置)가 체인에 줄 수 있는 장력 50kg

$$L' = \frac{(1.1 \times T \times S)}{6120 \times \eta} \dots\dots\dots (3-1-12)$$

여기서, L' : 소요동력(kW), T : 체인에 걸리는 장력(kg)  
 S : 체인의 속도(m/min), η : 모터 효율( - )

- 다음 표 3-1-44, 3-1-45 및 그림 3-1-11, 3-1-12는 벼, 현미 및 백미를 이송하는 체인컨베이어의 이송능력과 이송거리에 따른 이송량과 소요동력을 비교한 것임. 표 및 그림에서 알 수 있듯이 이론식에 의해 계산한 소요동력(전동기 선정용을 위해 30% 높은 용량)은 일반 설계사양과 상당부분이 유사한 결과를 나타내었으며, 일반 설계사양이 경험식에 의해 계산한 결과에 설계회사에서 제조회사의 생산제품의 소요동력을 일부 반영한 것임을 감안할 때 이론식 소요동력에 의해 계산한 결과를 활용하여 설계하는 것이 타당하였으며, 이를 설계기준 사양(안)으로 제시하였음

표 3-1-44. 벼 이송용 체인컨베이어의 이론적, 경험적인 소요동력 및 이송능력 비교

체인컨베이어 길이(m)		이론식 소요동력(kW)			경험식 소요동력(kW)			일반설계사양 소요동력(kW)		
이송능력 (ton/hr)	설계값	10	20	30	10	20	30	10	20	30
	계산값	10.92	20.76	30.88	21.85	21.85	29.60	21.85	21.85	29.60
3		0.31	0.59	0.78	0.62	0.62	0.75	0.75	0.75	0.75
4		0.36	0.68	0.91	0.71	0.71	0.87	0.75	0.75	0.75
5		0.40	0.77	1.04	0.81	0.81	0.99	0.75	0.75	0.75
6		0.45	0.86	1.16	0.90	0.90	1.11	0.75	0.75	0.75
7		0.50	0.95	1.29	1.00	1.00	1.24	0.75	0.75	0.75
8		0.54	1.04	1.42	1.09	1.09	1.36	0.75	0.75	0.75
9		0.59	1.13	1.54	1.18	1.18	1.48	0.75	0.75	0.75
10		0.64	1.21	1.67	1.28	1.28	1.60	0.75	1.5	1.5
11		0.69	1.30	1.80	1.37	1.37	1.72	0.75	1.5	1.5
12		0.73	1.39	1.93	1.47	1.47	1.85	0.75	1.5	1.5
13		0.78	1.48	2.05	1.56	1.56	1.97	0.75	1.5	1.5
14		0.83	1.57	2.18	1.66	1.66	2.09	0.75	1.5	1.5
15		0.88	1.66	2.31	1.75	1.75	2.21	1.5	1.5	1.5
16		0.92	1.75	2.43	1.85	1.85	2.33	1.5	1.5	1.5
17		0.97	1.84	2.56	1.94	1.94	2.45	1.5	1.5	1.5
18		1.02	1.93	2.69	2.03	2.03	2.58	1.5	2.2	1.5
19		1.06	2.02	2.81	2.13	2.13	2.70	1.5	2.2	1.5
20		1.11	2.11	2.94	2.22	2.22	2.82	1.5	2.2	1.5
21		1.16	2.20	3.07	2.32	2.32	2.94	1.5	2.2	1.5
22		1.21	2.29	3.20	2.41	2.41	3.06	1.5	2.2	1.5
23		1.25	2.38	3.32	2.51	2.51	3.18	1.5	2.2	1.5
24		1.30	2.47	3.45	2.60	2.60	3.31	1.5	2.2	1.5
25		1.35	2.56	3.58	2.70	2.70	3.43	2.2	2.2	2.2
26		1.40	2.65	3.70	2.79	2.79	3.55	2.2	2.2	2.2
27		1.44	2.74	3.83	2.89	2.89	3.67	2.2	2.2	2.2
28		1.49	2.83	3.96	2.98	2.98	3.79	2.2	2.2	2.2
29		1.54	2.92	4.09	3.07	3.07	3.92	2.2	2.2	2.2
30		1.58	3.01	4.21	3.17	3.17	4.04	2.2	3.7	2.2
31		1.63	3.10	4.34	3.26	3.26	4.16	2.2	3.7	2.2
32		1.68	3.19	4.47	3.36	3.36	4.28	2.2	3.7	2.2
33		1.73	3.28	4.59	3.45	3.45	4.40	2.2	3.7	2.2
34		1.77	3.37	4.72	3.55	3.55	4.52	2.2	3.7	2.2
35		1.82	3.46	4.85	3.64	3.64	4.65	2.2	3.7	2.2
36		1.87	3.55	4.98	3.74	3.74	4.77	2.2	3.7	2.2
37		1.91	3.64	5.10	3.83	3.83	4.89	2.2	3.7	2.2
38		1.96	3.73	5.23	3.92	3.92	5.01	2.2	3.7	2.2
39		2.01	3.82	5.36	4.02	4.02	5.13	2.2	3.7	2.2
40		2.06	3.91	5.48	4.11	4.11	5.25	3.7	3.7	2.2

표 3-1-45. 현미, 백미 이송용 합성수지 체인컨베이어의 이론적, 경험적인 소요동력 및 이송능력 비교

체인컨베이어 길이(m)		이론식 소요동력(kW)			경험식 소요동력(kW)			일반 설계사양 소요동력(kW)		
이송능력 (ton/hr)	설계값	5	10	15	5	10	15	5	10	15
	계산값	5.18	10.36	15.55	14.30	14.30	14.30	14.30	14.30	14.30
3		0.14	0.27	0.41	0.37	0.37	0.37	0.4	0.4	0.4
4		0.15	0.31	0.46	0.42	0.42	0.42	0.4	0.4	0.4
5		0.17	0.34	0.51	0.47	0.47	0.47	0.4	0.4	0.4
6		0.19	0.37	0.56	0.52	0.52	0.52	0.4	0.4	0.4
7		0.20	0.41	0.61	0.56	0.56	0.56	0.4	0.4	0.4
8		0.22	0.44	0.66	0.61	0.61	0.61	0.4	0.4	0.4
9		0.24	0.48	0.72	0.66	0.66	0.66	0.4	0.4	0.4
10		0.26	0.51	0.77	0.71	0.71	0.71	0.75	0.75	0.75
11		0.27	0.55	0.82	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
12		0.29	0.58	0.87	0.80	0.80	0.80	0.75	0.75	0.75
13		0.31	0.62	0.92	0.85	0.85	0.85	0.75	0.75	0.75
14		0.33	0.65	0.98	0.90	0.90	0.90	0.75	0.75	0.75
15		0.34	0.68	1.03	0.95	0.95	0.95	0.75	0.75	0.75
16		0.36	0.72	1.08	0.99	0.99	0.99	0.75	0.75	0.75
17		0.38	0.75	1.13	1.04	1.04	1.04	0.75	0.75	0.75
18		0.39	0.79	1.18	1.09	1.09	1.09	0.75	0.75	0.75
19		0.41	0.82	1.23	1.14	1.14	1.14	0.75	0.75	0.75
20		0.43	0.86	1.29	1.18	1.18	1.18	0.75	0.75	0.75
21		0.45	0.89	1.34	1.23	1.23	1.23	0.75	0.75	0.75
22		0.46	0.93	1.39	1.28	1.28	1.28	0.75	0.75	0.75
23		0.48	0.96	1.44	1.33	1.33	1.33	0.75	0.75	0.75
24		0.50	1.00	1.49	1.37	1.37	1.37	0.75	0.75	0.75
25		0.52	1.03	1.55	1.42	1.42	1.42	1.5	1.5	1.5
26		0.53	1.06	1.60	1.47	1.47	1.47	1.5	1.5	1.5
27		0.55	1.10	1.65	1.52	1.52	1.52	1.5	1.5	1.5
28		0.57	1.13	1.70	1.56	1.56	1.56	1.5	1.5	1.5
29		0.58	1.17	1.75	1.61	1.61	1.61	1.5	1.5	1.5
30		0.60	1.20	1.80	1.66	1.66	1.66	1.5	1.5	1.5
31		0.62	1.24	1.86	1.71	1.71	1.71	1.5	1.5	1.5
32		0.64	1.27	1.91	1.76	1.76	1.76	1.5	1.5	1.5
33		0.65	1.31	1.96	1.80	1.80	1.80	1.5	1.5	1.5
34		0.67	1.34	2.01	1.85	1.85	1.85	1.5	1.5	1.5
35		0.69	1.38	2.06	1.90	1.90	1.90	1.5	1.5	1.5
36		0.70	1.41	2.11	1.95	1.95	1.95	1.5	1.5	1.5
37		0.72	1.44	2.17	1.99	1.99	1.99	1.5	1.5	1.5
38		0.74	1.48	2.22	2.04	2.04	2.04	1.5	1.5	1.5
39		0.76	1.51	2.27	2.09	2.09	2.09	1.5	1.5	1.5
40		0.77	1.55	2.32	2.14	2.14	2.14	1.5	1.5	1.5

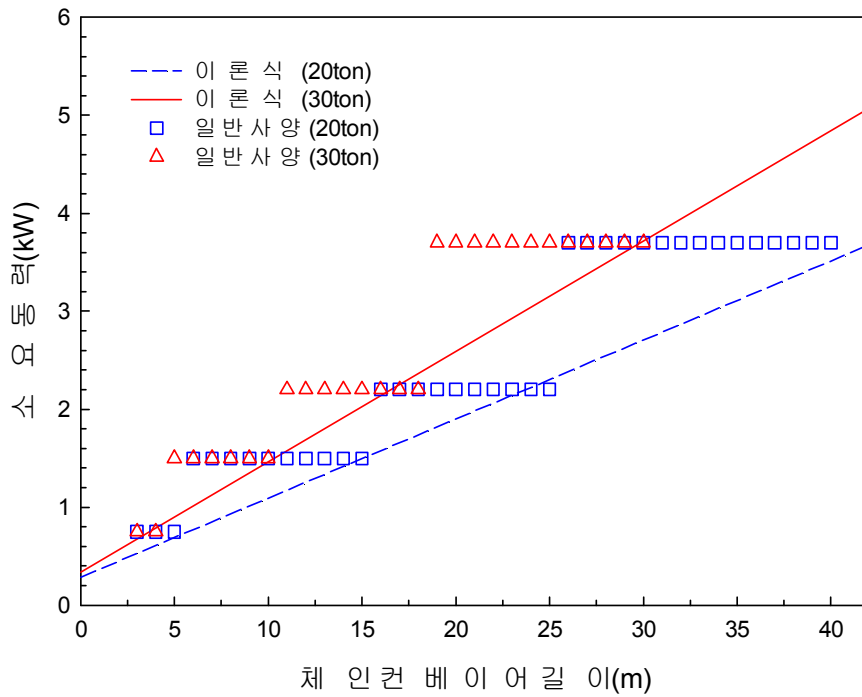


그림 3-1-11. 벼 이송용 체인컨베이어의 이론식과 일반설계 사양 소요동력 비교

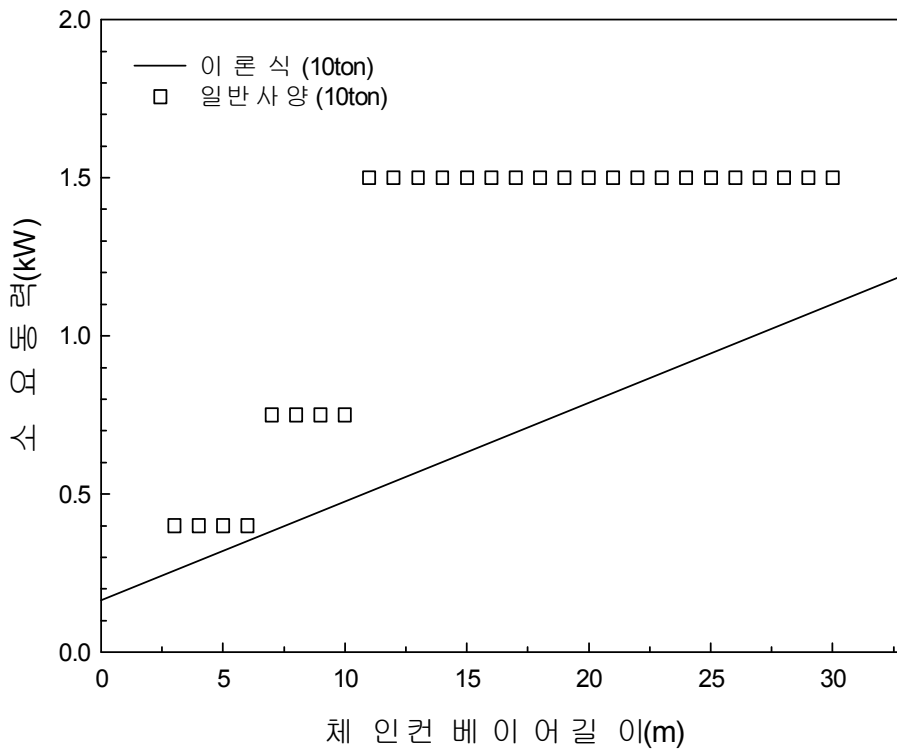


그림 3-1-12. 현미, 백미 이송용 체인컨베이어의 이론식과 일반설계 사양 소요동력 비교



FLOW CONVEYOR					
ITEM NO.					번호
*					1
CAPACITY(T/H) Q	20	BULKDENSITY(t/m³) Y	0.55		
F/C SIZE (WIDE)	230	HEAD WHEEL (NT)	8NT P=101.6		
SECTIONAREA(m²) A	0.0052	TAILWHEEL(Φ)			
F/LENGTH(m) L	10	CHAIN WEIGHT(Kg/m) W	5.95		
1. 운송량계산					
1) 속 도 S=	$Q_{max}/(60 \times A \times Y \times \eta)$	=	18.3	m/min	선정 20.0 m/min
2) 운송량 Q=	$60 \times A \times Y \times \eta \times S$	=	21.9	T/H	16 m³/H
			( $\eta=0.6$ )		
2. 수송물단위조건					
1) 수송물중량 M=	$(1000 \times Q) / (60 \times S)$	=	18.2	Kg/m	
2) CHAIN중량 W=		=	5.95	Kg/m	
3. CHAIN 장력계산 T=	$((\mu F \times M) + (2.1 \times \mu N \times W)) \times L \times 1.1 + K$	=	195.5	Kg	
4. CHAIN 선정 P=	$T \times 8$	=	1564	Kg	
	$8,000\text{kg} > 1564\text{kg}$			선정	RF450S
5. 동력계산 kW=	$(1.1 \times T \times S) / (6120 \times \eta)$	=	0.92	kW	선정 1.5 kW
6. SPROCKET 계산 N=	$(S \times 1000) / (PCD \times \pi)$	=	23.98	R.P.M	
	$1750 \times (1/40) \times (1/RPM)$	=	1.82		i = 1.82
	$i \times 17$	=	31.0	선정#80×17NT×31NT	
7. 축 계산 1) 구동축					
T=	$(97400 \times kW) / RPM$	=	6093	Kg.cm	
M=	$T \times (H1/4)$	=	2444	Kg.cm	
Te=	$(T^2 + M^2)^{1/2}$	=	6565	Kg.cm	
Me=	$(Te + M) / 2$	=	4504	kg.cm	
Dt=	$((5 \times Te) / 500)^{1/3}$	=	4.03	cm	
Dm=	$((10 \times Me) / 1000)^{1/3}$	=	3.56	cm	
			선정 60	mm	

그림 3-1-13. 체인콘베이어 사양계산 예(벼 이송용 20톤)

표 3-1-46. 벼 이송용 체인컨베이어 설계기준 사양(안)

이송 능력 (ton/hr)	길이 (m)	Case Size (mm)	스크레이퍼 단면적 (m <sup>3</sup> )	구동부 이송효율 (%)	체인중량 (kg)	체인속도 (m/min)	감속비	동력 (kW)
10	10	230×375	0.0552	60	5.95	10	1/40	0.75
	15	230×375	0.0552	60	5.95	10	1/40	1.5
	20	230×375	0.0552	60	5.95	10	1/40	1.5
	25	230×375	0.0552	60	5.95	10	1/40	1.5
	30	230×375	0.0552	60	5.95	10	1/40	2.2
	35	230×375	0.0552	60	5.95	10	1/40	2.2
	40	230×375	0.0552	60	5.95	10	1/40	2.2
20	10	230×375	0.0552	60	5.95	19	1/40	1.5
	15	230×375	0.0552	60	5.95	19	1/40	2.2
	20	230×375	0.0552	60	5.95	19	1/40	2.2
	25	230×375	0.0552	60	5.95	19	1/40	3.7
	30	230×375	0.0552	60	5.95	19	1/40	3.7
	35	230×375	0.0552	60	5.95	19	1/40	3.7
	40	230×375	0.0552	60	5.95	19	1/40	5.5
30	10	250×435	0.065	60	5.95	24	1/40	2.2
	15	250×435	0.065	60	5.95	24	1/40	3.7
	20	250×435	0.065	60	5.95	24	1/40	3.7
	25	250×435	0.065	60	5.95	24	1/40	3.7
	30	250×435	0.065	60	5.95	24	1/40	5.5
	35	250×435	0.065	60	5.95	24	1/40	5.5
	40	250×435	0.065	60	5.95	24	1/40	5.5

표 3-1-47 . 현미 및 백미 이송용 체인컨베이어의 설계기준 사양(안)

이송 능력 (ton/hr)	길이 (m)	Case Size (mm)	스크레이퍼 단면적 (m <sup>3</sup> )	구동부 이송효율 (%)	체인중량 (kg)	체인속도 (m/min)	감속비	동력 (kW)
5	10	160×303.5	0.036	60	1.6	5	1/30	0.4
	15	160×303.5	0.036	60	1.6	5	1/30	0.4
	20	160×303.5	0.036	60	1.6	5	1/30	0.75
	25	160×303.5	0.036	60	1.6	5	1/30	0.75
	30	160×303.5	0.036	60	1.6	5	1/30	0.75
	35	160×303.5	0.036	60	1.6	5	1/30	0.75
	40	160×303.5	0.036	60	1.6	5	1/30	1.5
10	10	160×303.5	0.036	60	1.6	10	1/30	0.75
	15	160×303.5	0.036	60	1.6	10	1/30	0.75
	20	160×303.5	0.036	60	1.6	10	1/30	1.5
	25	160×303.5	0.036	60	1.6	10	1/30	1.5
	30	160×303.5	0.036	60	1.6	10	1/30	1.5
	35	160×303.5	0.036	60	1.6	10	1/30	1.5
	40	160×303.5	0.036	60	1.6	10	1/30	2.2
15	10	160×303.5	0.036	60	1.6	15	1/30	1.5
	15	160×303.5	0.036	60	1.6	15	1/30	1.5
	20	160×303.5	0.036	60	1.6	15	1/30	1.5
	25	160×303.5	0.036	60	1.6	15	1/30	2.2
	30	160×303.5	0.036	60	1.6	15	1/30	2.2
	35	160×303.5	0.036	60	1.6	15	1/30	2.2
	40	160×303.5	0.036	60	1.6	15	1/30	3.7

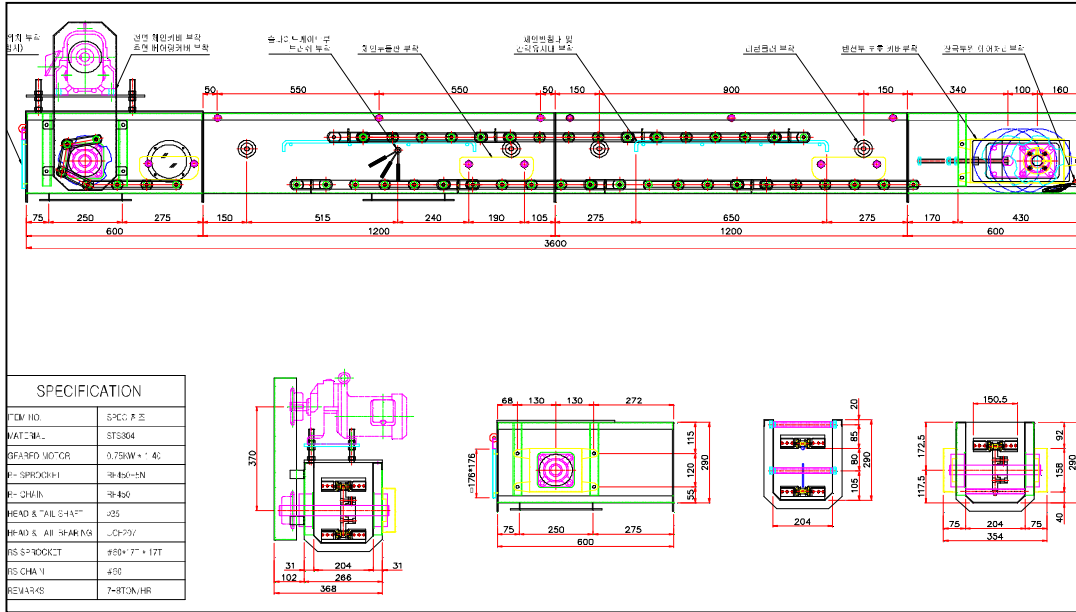


그림 3-1-14. 특수 합성수지 경량화 체인으로 제작한 체인컨베이어

- 현미 및 백미를 이송하는 체인컨베이어 이송능력은 5~15톤/시간을 기준으로 하였고, 체인의 이송속도는 20m/min 이내, 감속전동기의 감속비는 30 : 1, 체인에 부착되는 스크레이퍼 개수의 5%는 잔곡을 처리할 수 있게 클리너로 설치하는 것을 설계기준(안)으로 하였음
- 한편, 체인컨베이어(벨트형 수평이송컨베이어와 체인컨베이어)가 백미용인 경우 케이스 등 모든 부분의 재질은 STS재질로, 스크레이퍼와 마찰되는 부분은 비닐 수지판(두께 10mm)을 설치하여 비틀림 현상을 최소화하고, 스크레이퍼의 연결부분은 너트의 풀림방지를 위해 와셔를 설치하는 것을 설계기준(안)으로 하였음
- 잔곡발생 여부를 확인하기 위한 점검창을 측면 등에 설치하고, 잔곡의 발생방지를 위해 양 단에 가이드베인 및, 고압공기노즐을 설치하며, 고압공기노즐을 설치할 때 고압공기관에는 수동게이트+solenoid valve를 부착하여 수동게이트는 고압공기량을 제어하고, solenoid valve는 고압공기 주입시간을 제어하도록 하는 것을 설계기준(안)으로 하였음
- 고압공기압력은 에어컴프레서의 고압공기인 5~7kg/cm<sup>2</sup>를 사용하고, 관경은 Φ10mm, 분사시간은 tail 부분의 간극 및 형상에 따라 다소 차이는 있으나 10sec, 고압공기량은 912.2~1,214.5L/회/개소(압

력 5~7kg/cm<sup>2</sup>범위)를 설계기준(안)으로 하였으며, 체인컨베이어의 청소는 주기적으로 실시하거나, 주로 가공품중 교체 또는 1일 작업종료시점에 실시하며, 이때는 고압공기를 사용하는 2-way나 게이트 등의 작동이 정지되어 있고, 체인컨베이어 청소가 순차적으로 실시되므로 청소에 사용되는 고압 공기량을 위해 별도로 에어컴프레서 용량의 증대는 실시하지 않는 것을 설계기준(안)으로 하였음

- 체인 집진기준은 제2세부과제에서 정립한바와 같이 2~5m<sup>3</sup>/min/개소이며, 집진관은 체인컨베이어의 가장 먼지 발생이 많은 투입구 근처에 설치하되, 집진량 만큼의 외부공기의 유입을 위한 외기도입구는 다공망과 함께 설치하는 것을 설계기준(안)으로 하였음

## 라) 현장실험을 통한 검증

### ① 제2세대 RPC에서의 이송기기의 소요동력측정

- 설계 및 시공사에 따라 이송기기의 소요동력에 차이가 발생하는 것을 확인하기 위하여 경북상주 소재의 O RPC에 설치된 이송기기(벨트 및 체인컨베이어)의 소요동력(안전율을 30%을 고려하지 않는 이론식으로 설계한 동력), 설계동력(안전율을 고려하여 설계에 반영한 동력), 시공동력(실제로 설치된 이송기기 동력) 및 측정동력(정상 운전시 측정한 동력)을 측정한 결과는 다음 그림 3-1-15와 표 3-1-48과 같았음
- 그림 및 표에서 알 수 있듯이 소요동력을 기준으로 할 때 설계동력은 평균 360.0%, 시공동력은 233.8%, 측정동력은 127.1%이었음. 시공동력에 비해 측정동력은 54.4%수준을 나타내었으며, 측정동력은 소요동력의 127.1%수준으로 소요동력에 안전율을 감안하여 30%가 높은 용량을 선택할 때 큰 문제는 없을 것으로 판단되었음

표 3-1-48. 제2세대 RPC에 설치된 이송기기의 소요동력, 설계동력, 시공동력 및 측정동력 예

구 분	이송기기의 동력(kW)										소계	비율 (/A×100, %)
	M255	M257	M303	M313	M315	M741	M805	M806	M814	M909		
소요동력(A) (안전율 미고려)	0.29	0.4	0.52	0.5	0.52	0.34	0.39	0.39	0.4	0.42	4.17	100.0
설계동력(B) (설계도면 동력)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	15.0	360.0
시공동력(C) (설치된 동력)	0.75	0.75	1.5	1.5	1.5	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	9.75	233.8
측정동력(D) (동력측정 결과)	0.49	0.4	0.53	0.69	0.61	0.49	0.53	0.46	0.53	0.57	5.30	127.1

- 한편, 설계동력을 소요동력의 360.0%로 설계한 사유에 대해 설계사에서는 ㉠ 비상상태 대비, ㉡ 이송기기의 소요동력이 그다지 크지 않으므로 나중에 하자가 발생하는 것보다는 크게 하는 것이 좋은 방법이므로, ㉢ 실제 시중에 나와 있는 모터용량의 한계 등의 이유를 제시하였음

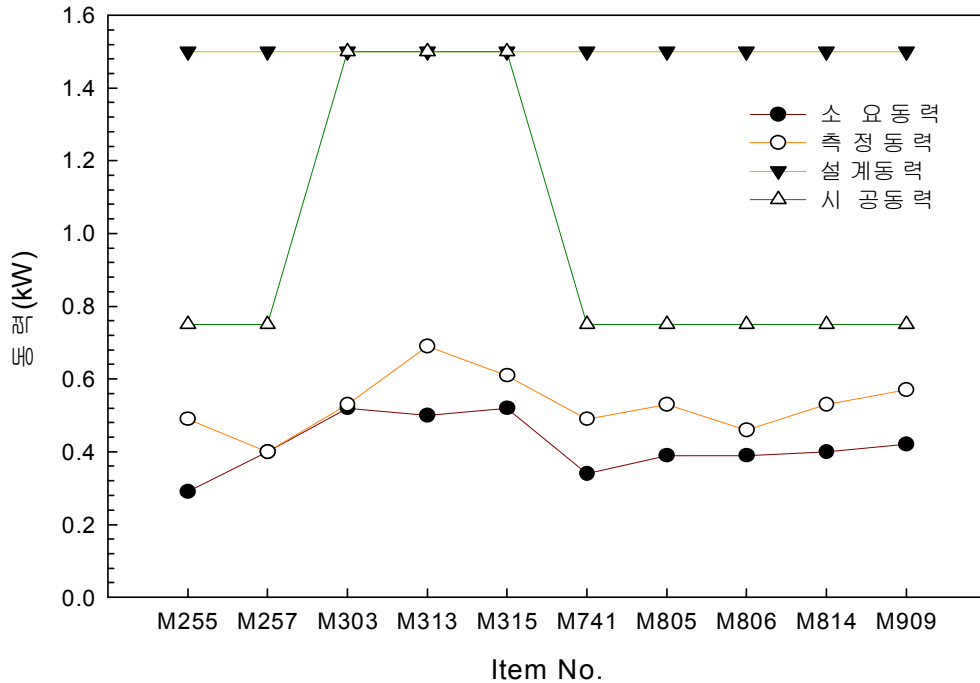


그림 3-1-15. 제2세대 RPC에 설치된 이송기기의 소요동력, 설계동력, 시공동력 및 측정동력 예

## ② 이송기기 제조업체에서의 이송기기 소요동력 측정

- 이송기기를 전문적으로 제조하는 참여기업(대원GSI)에서 인버터가 부착되어 있는 유도배출형 버킷엘리베이터(양정 5.0m, 버킷 5"×4", 100×128×118mm, L×W×H, 0.75kW)와 체인컨베이어(이송거리 5.0m, 합성수지계열, 0.5kW)을 이용하여 2010년산 추청 현미 및 백미를 이용하여 rpm별 이송량과 실제 소요동력을 측정하였음



그림 3-1-16. 대원GSI에서 실시한 버킷엘리베이터와 체인컨베이어의 소요동력 실험장면

- 스프라켓 rpm은 버킷엘리베이터의 경우 일반 설계에서 사용하고 있는 벨트속도인 34m/min을 포함 되도록 최대 100rpm까지 조정하였으며, 체인컨베이어의 경우 13.8m/min이 포함되도록 최대 80rpm 까지 조정하였고, rpm은 rpm측정기(470, Testo, Germany)로, 소요전력은 디지털전력계(3196, Hioki, Jap)로 측정하였으며, 측정결과는 다음과 같았음
- 다음 표 3-1-49는 버킷엘리베이터에 대한 이론식, 경험식 및 실측된 소요동력을 나타낸 것으로서, 표에서 알 수 있듯이 적정 벨트속도인 35m/min 근처에서 현미를 대상으로 할 때 이론식과 실측치는 동일한 0.3kW를 나타내었으며, 백미에서는 이론식이 실측 소요동력보다 다소 크게 나타났음. 한편, 이송속도가 감소할수록 실측 소요동력은 오히려 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 처리능력에 차이가 발생한 점과 스프라켓을 사용하지 않고 인버터를 사용하였기 때문에 발생한 것으로 판단되었음

표 3-1-49. 버킷엘리베이터에 대한 이론식, 경험식 및 실측 소요동력 비교

회전속도 (rpm)	이송속도 (m/min)	현미			백미		
		이론식 소요전력 (kW)	경험식 소요전력 (kW)	실측 소요전력 (kW)	이론식 소요전력 (kW)	경험식 소요전력 (kW)	실측 소요전력 (kW)
51.0	34.6	0.30	0.33	0.30	0.33	0.37	0.31
48.0	32.9	0.28	0.30	0.34	0.29	0.32	0.35
37.0	26.0	0.26	0.29	0.37	0.24	0.27	0.38
30.0	20.6	0.20	0.22	0.33	0.21	0.23	0.33

- 다음 표 3-1-50은 체인컨베이어에 대한 이론식(전동기 선정을 고려하여 30% 증대한 수치) 및 실측된 소요동력을 나타낸 것으로서, 표에서 알 수 있듯이 적정 체인속도인 13.8m/min 근처에서 현미를 대상으로 할 때 이론식에 의한 소요동력은 실측치에 비해 높은 경향을 나타내었음

표 3-1-50. 체인컨베이어에 대한 이론식 및 실측 소요동력 비교

회전속도 (rpm)	이송속도 (m/min)	현미		백미	
		이론식 소요전력 (kW)	실측치 소요전력 (kW)	이론식 소요전력 (kW)	실측치 소요전력 (kW)
80	25.9	0.58	0.26	0.60	0.35
70	21.8	0.56	0.26	0.58	0.34
60	19.0	0.56	0.27	0.59	0.34
50	15.9	0.53	0.27	0.55	0.33
40	12.8	0.48	0.23	0.49	0.28

- 이상의 결과에서도 알 수 있듯이 버킷엘리베이터 및 체인컨베이어의 경우 이론식에 의한 소요동력만을 적용하여도 큰 문제가 없을 것으로 판단되었으며, 전술한 바와 같이 소요동력보다 한단계 또는 2 단계더 높은 동력으로 설계하는 설계회사의 관행은 중단되는 것이 필요하였음. 이론식에 근거하여 작성된 설계기준 사양(안)의 적용만으로도 설계회사에 따른 동력차이인 27.5%의 에너지 절약이 가능할 것으로 판단되었음

## 2) 이송관의 설계기준

### 가) 이송관의 설계기준 조사

- 곡물이송관은 이송시설과 단위기계, 이송시설과 이송시설, 단위기계와 단위기계를 연결하여 곡물을 이송하는 관(통상 “슈트”라고도 칭함)으로서, 이송능력에 부합되는 관의 규격이나 설치각도 등에 대한 체계적인 연구가 없는 상태에서 GAP 농산물우수관리시설기준의 준용으로 STS재질이 급격히 사용되게 되었음
- 이에 따라, 이송기기 말단에 설치된 단위기계 또는 이송시설의 연결부분에 차이 발생으로 현장공사가 필요하였고, 주로 현장에서 작업한 부분에서 이물혼입 및 쌀 표면에 상처가 발생하는 경우가 있었으며, 관경이 지나치게 큰 이송관을 사용함에 따라 이송관내의 잔여공간에 부착되었다가 제품에 혼입되는 이물질에 대한 문제도 발생되고 있어 쌀의 안전성, 품질 및 소요비용의 절감을 위해 기준 설정이 필요하였음
- 2000년에 개정된 농협중앙회(미곡종합처리장 자문단)의 “농협 미곡종합처리장 설계기준”에는 이송관(이송슈트)에 대한 기준을 다음과 같이 제시하고 있음

---

#### < 이송 슈트 >

- 곡물 이송 슈트에 사용되는 자재는 흑강관이나 철판으로 한다.
- 슈트와 슈트, 슈트와 탱크, 그리고 슈트와 단위기계와의 연결에는 플랜지, 또는 고정용 밴딩 캡을 사용한다.
- 현미와 백미 이송슈트는 중간 지점에 유리나 아크릴의 투명판으로 된 투시창을 설치하여 곡물의 흐름을 관찰할 수 있어야 한다.
- 굴곡(엘보)부분은 다양한 각도를 가지는 슈트를 조립하거나 일정한 각도로 만들어진 주물 강관을 사용한다.
- 굴곡부에는 곡물로부터의 충격과 마모에 견딜 수 있는 특수 자재를 붙여 내마모성을 향상시킨다.
- 슈트의 경사각은 물벼에는 40~45도, 현미와 백미에는 35도 정도로 한다.
- 슈트의 길이가 5m를 초과할 경우에는 완충 장치를 두며, 완충부의 길이는 슈트의 지름 이상으로 하되 청소할 수 있는 구조로 한다.
- 슈트의 내부는 돌출부가 없어야 하며, 용접한 파이프를 사용하는 경우에는 용접부가 위로 향하게 설



치하여 곡물 손상을 최소화한다.

- 농협중앙회의 곡물 이송관의 설계기준 가운데서 유의해야 하는 부분은 자재(흑강관 및 철판)와, 경사각(물벼 40~45°, 현미 및 백미 35°)으로서, 현재 현미 및 백미용 곡물이송관은 대부분 STS재질을 사용하고 있으며, 실제 설계에 반영되는 경사각은 특별하게 벼는 45°이상, 현미는 35°내외, 백미 30~35°정도를 적용하고 있으나 엄격하게 준수되고 있지는 않는 것이 그 차이라고 할 수 있었음. 한편, 농협중앙회 설계기준상에서 안식각은 벼 45°, 현미 33° 및 백미 39°이었음

### 나) 이송관의 설계기준

- 곡물 이송관의 규격 및 설치각도에 따른 이송량을 측정하기 위해 제작된 측정장치를 이용하고, 가공 시설에서 사용중인 직경 100mm 및 125mm와 150mm관을 설치각도 27°, 33°, 39°, 45° 및 51°로 조절하면서 함수율이 각각 16.2%, 15.3%인 현미 및 백미를 투입하여 이송량을 측정하였으며, 그 결과는 다음 표 3-1-51과 같았음

표 3-1-51. 곡물이송관의 규격 및 설치각도에 따른 이송량 측정

이송관 직경 (mm)	이송관 설치각도	이송량(ton/hr)	
		현미	백미
100	27°	5.7	11.5
	33°	11.4	15.5
	39°	14.8	16.4
	45°	16.7	16.4
	51°	18.5	16.8
125	27°	7.6	23.4
	33°	14.8	30.7
	39°	21.2	31.4
	45°	24.5	32.6
	51°	28.2	40.6
150	27°	7.7	12.0
	33°	28.8	38.0
	39°	32.9	40.2
	45°	36.6	42.2
	51°	39.8	44.0

- 설치각도 27°~51°범위에서는 곡물이 이송관 단면적의 50%이상은 충전되지 않는 상태로 이송되는 것을 알 수 있었으며, 표에서 알 수 있듯이 현미의 경우 6톤/시간 이송능력을 위해서는 100mm 이송관을 사용하면서 안식각인 33°이상으로 하거나, 125mm 이송관을 사용하면서 안식각 이하인 27°수준까지로 설치하여도 이송능력에는 문제가 없었음
- 현미 12톤/시간 이송능력을 위해서는 100mm관으로는 39°이상, 125mm관으로는 33°수준이면 충분하였으며, 백미의 경우 이송능력 5톤/시간을 위해서는 100mm관을 사용하면 충분할 것으로 판단되었으며, 실험결과를 이용하여 관경과 처리각도에 따른 곡물이송량은 다음 식 (3-1-13)과 같이 추정할 수 있었음

$$Q = a + bA + cD \dots\dots\dots ( 3-1-13 )$$

여기서, Q : 이송량(ton/hr) , A : 이송관 설치각도(°)

D : 이송관 직경(mm)

a, b, c : 계수

( 현미 : a = -52.06, b = 0.8544, c = 0.3148, r<sup>2</sup> = 0.85 )

( 백미 : a = -47.58, b = 0.3992, c = 0.6444, r<sup>2</sup> = 0.72 )

- 관경이 지나치게 작아지면 완충장치 및 점검창의 설치 및 엘보 등 굴곡부분의 처리가 어렵고, 현장 작업성 등이 저하되므로 현미는 6~12톤/시간에서는 125mm관, 백미는 5~10톤/시간에서는 100mm관, 포장부 등 백미 10~15톤/시간에는 125mm관을 사용하는 것을 설계기준(안)으로 하였음
- 또한, 이송관의 각도는 27°~51°범위에서 다음 표 3-1-51의 이송량 범위에 적합한 각도 이상으로 설계하는 것과 관경이 작아도 이송관의 곡물이 충전되지 않는 잔여공간에 부착되었다가 제품에 혼입되는 이물질에 대한 문제해결을 위해 분해 및 조립이 용이하도록 플랜지, 또는 고정용 밴딩 캡을 사용하는 것을 설계기준(안)으로 하였음
- 곡물의 흐름을 관찰하기 위한 점검창을 설치하여야 하며, 이송관과 점검창의 연결부분에 들출부위나 흠이 발생하지 않아야 하며, 슈트길이가 5m이상인 경우에는 완충장치를 설치하는 것을 설계기준(안)으로 하였음

### 3. 에너지절감형 부대설비 설계기준 개발

- RPC에서 부대설비는 반입, 건조, 저장, 가공 및 포장공정을 효율적으로 수행하기 위해 필요한 단위 기계 및 이송설비를 제외한 설비로서, 부산물을 이송하는 공기이송설비, 단위기계, 집진시설 및 게이트 등에 고압공기를 공급하는 에어컴프레서, 낙곡 및 먼지 등의 청소에 사용되는 청소시스템 등이 포함됨
- 부대시설은 제2세대 RPC의 보급과 함께 가공시설의 규모화, 안정성의 확보 등에 따라 그 중요성이 더욱 커지고 있으며, 소요동력의 18.3%를 차지하는 대단히 중요한 부분이나 체계적인 설계기준이 없는 상태에서 설치되고 있어 에너지 낭비의 주요 요인 중 하나로 꼽히고 있었음
- 곡물을 공기이송(空氣移送, Pneumatic conveying)하는 방법은 대단히 오래된 형태중 하나이나, 밥의 식미를 중시하는 우리나라의 경우에는 공기이송 과정 중에 쌀 품질손상을 우려하여 그동안 현미 및 백미의 공기이송에는 적용되지 않았으며, 품질과 관계없는 벼에 공기이송방법이 일부 적용되어 왔음
- 버킷엘리베이터, 수평이송컨베이어와 같은 이송기기로 곡물을 이송할 때 잔곡의 발생문제 및 외부로부터의 먼지유입 등으로 쌀의 안전성과 혼곡 우려는 상존하였음. 이에 따라 RPC와 다르게 대부분 고층(高層)형태로 건설되고 있는 일본 정미공장에서 원료 현미를 고층으로 이송하거나, 잔곡방지를 위해 백미를 이송하는데 공기이송시스템이 사용되고 있음
- 공기이송으로 인한 현미 및 백미의 품질저하를 최소화하기 위하여 이송 공기의 상대습도와 온도조절을 위한 가습 및 냉각시설 설치, air lock 및 곡물 손상방지용 receiver설치 등 부가적인 설치를 하고 있으며, 이로 인한 설치비용은 물론 blower 등의 가동에 막대한 비용이 소요되고 있는 것으로 알려져 있음



그림 3-1-17. 일본 정미공장에서 Pneumatic conveying을 위해 설치하고 있는 고압 blower, 가습, 냉각장치 및 receiver

- 제2세대 RPC에서 공기이송시설은 품질저하의 우려가 없는 부산물(입선별기, 현미색채선별기, 로터리 쉬프트, 진동체선별기 및 백미색채선별기 등에서 분리배출된 현미비정립, 백미 싸라기 및 불량품 등)의 공기이송에만 한정적으로 사용되고 있는 실정이었으며, 공기이송방법도 초기에는 흡인식이 사용되었으나, (주)모아기연과 공동으로 실시한 본 연구결과에 의거하여 최근에는 에너지가 적게 소요되

는 압송식이 주로 사용되고 있음

- 가공시설에 따라서는 물량, 이송거리 등에 큰 차이가 발생하므로 이러한 가공시설의 형태에 따라 적합한 공기이송시설이 설치되어야 하나, 흡인식과 압송식 모두 설계기준이 없어 설치회사에서 자의적으로 과소 및 과대용량을 설치함에 따라 막힘이 발생하거나, 지나치게 고압의 roots blower를 사용하는 등 설치비용의 증가 및 에너지 손실이 초래되고 있어 설계기준의 개발이 필요하였음
- 또한, 에어컴프레서(Air compressor)는 5~7kg/cm<sup>2</sup>의 고압공기를 제조하여 색채선별기, 포장기, 연류계, 집진시설(pulse에 사용)과 같은 단위기계는 물론, 각종 자동게이트에 공급하고 있는 부대시설이며, RPC 이외의 산업계 전반에 널리 사용되고 있어 설계조건은 명확하게 알려져 있으나, RPC의 소요 고압공기량의 산정방법과 설계방법에 따라 에너지 손실이 큰 설비중에 하나임
- 그동안 RPC 가공시설의 청소에는 고압공기를 이용하여 사용하여 왔으나, GAP 농산물우수관리시설 기준의 적용으로 제2세대 RPC에서 벤치레타의 폐쇄 및 창문설치가 최소화됨에 따라 압출식 고압공기의 이용에는 한계가 발생하여 흡인식 청소시스템이 설치되기 시작하였으나 설계기준이 정립되지 않아 에너지 손실이 큰 부대시설중 하나임
- 이에 따라 본 연구항에서는 부산물의 공기이송설비, 고압공기시스템, 흡인식 청소시스템 등의 설계기준(안)을 개발하고자 하였음

## 가. 설계기준 개발 및 실험방법

### 1) 부산물의 공기이송시스템

- 일반적으로 곡물의 공기이송은 흡인식과 압송식으로 구분할 수 있으며, 다음 식(3-1-14)와 같이 일반식으로 나타낼 수 있으며(David Mills, 2003, Pneumatic conveying design guide), 곡물의 종류 등에 따라 공기이송 시설에서 결정해야 하는 설계인자는 곡물과 공기의 혼합기공기량 비율과 이때의 전체 소요정압임

$$Q_a = \frac{G \times 1.1}{60 \times \gamma \times ma} \dots\dots\dots ( 3-1-14 )$$

여기서,  $Q_a$  : 소요공기량(m<sup>3</sup>/min)

G : 곡물이송량(kg/hr)

1.1 : 안전계수(10%)

$\gamma$  : 공기비중(kg/m<sup>3</sup>)

ma : 단위 곡물중량당 및 공기혼입공기량 비율( - )

- 본 연구에서는 곡물 및 부산물의 공기이송을 위하여 흡인식과 압송식 공기이송장치를 제작하여 실험하면서 이송특징 및 그 때의 품질 및 소요에너지를 측정하였음

○ 먼저, 흡인식(Vacuum type, 공기이송용 blower의 흡인압력을 이용하는 방식)은 RPC에서 부산물발생량을 예측하여 공기이송량을 453kg/hr(안전율을 포함하여 498kg/hr)으로 결정하고, 초기치를 곡물 및 공기혼합비는 10으로 하였고, 초기 이송속도 14m/sec, 공기비중 1.2kg/m<sup>3</sup>로 하였으며, 식(3-1-14)로 소요공기량을 산정하여 0.69m<sup>3</sup>/min를 얻었고, 이송관의 직경은 다음 식(3-1-15)을 이용하여 30.3mm를 얻었으며, 이 결과를 이용하여 시험용 공기이송장치의 이송관은 표 3-1-52와 같이 결정하였음

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q_a}{60 \times \pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.69}{60 \times \pi \times 16}} = 0.0303 \text{ m} = 30.3 \text{ mm} \dots\dots\dots (3-1-15)$$

표 3-1-52. 시험용 곡물공기이송장치의 이송관 제원

설치형태	이송관	내경(mm)	두께(mm)	길이(mm)	마찰계수
수평	구조관	30.4	1.4	26,390	0.005
수직	구조관	30.4	1.4	6,680	0.005
연결밴딩	스프링호스	-	-	1,900	0.005

○ 실제 RPC 가공시설에서 곡물 및 부산물의 공기이송에 적합한 설계인자를 결정하기 위하여 그림 3-1-18과 같이 가공시설에 실험용으로 공기이송장치를 설치하는 것으로 계획하고, 설계도면을 참고하여 이송관을 설계하였으며, 가공시설의 설치형태를 감안하여 소요길이를 산정한 결과, 총 길이가 34,970mm이었으며, 이송관은 수직으로 6,680mm, 수평으로 26,390mm, 연결밴딩 1,900mm이었음

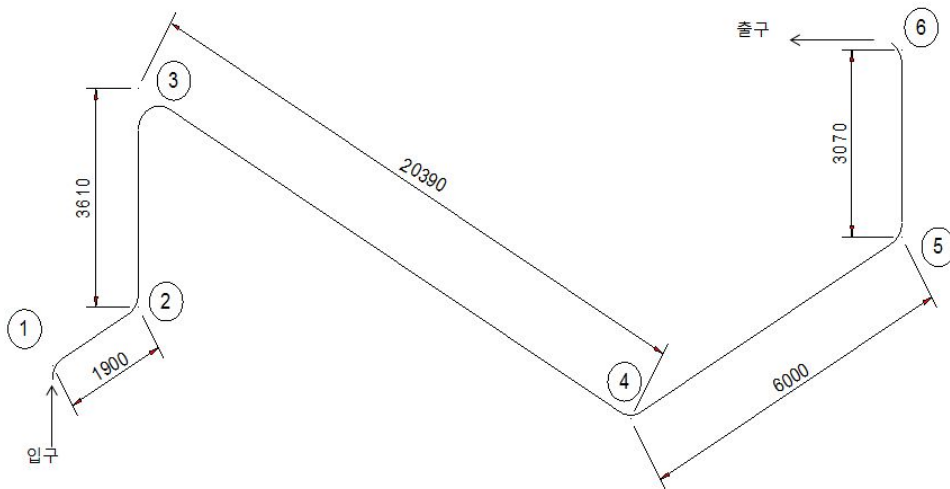


그림 3-1-18. 흡인식 공기이송관의 설치형태

○ 공기이송장치의 blower를 결정하기 위하여 소요정압은 다음 식(3-1-16)~(3-1-20)과 같이 계산하였고, 필터손실압력을 100mmAq, 토출관압력 손실을 58mmAq를 적용하여 전체 압력손실은 약 2,568mmAq이었으며, 안전율을 감안하면 소요정압은 약 2,900mmAq수준이었음. 따라서 공기이송을

위한 blower는 정압 2,900mmAq, 송풍량 4.1m<sup>3</sup>/min, 3,389rpm인 1.75kW의 Ring blower로 선정하였음

$$P_{st} = P_{si} + P_{sw} + P_{sh} + P_{sb} + P_{st} + P_{so} \dots\dots\dots ( 3-1-16 )$$

여기서, P<sub>st</sub> : 전 압력손실(mmAq), P<sub>si</sub> : 흡입구 압력손실(mmAq),  
 P<sub>sw</sub> : 수평관 압력손실(mmAq), P<sub>sh</sub> : 수직관 압력손실(mmAq),  
 P<sub>sb</sub> : 벤딩부분 압력손실(mmAq), P<sub>sp</sub> : 필터손실압력(mmAq),  
 P<sub>so</sub> : 토출관 손실압력(mmAq)

$$P_{si} = (1+m) \times \frac{\gamma \times V^2}{2g} = 8.44 \times \frac{1.2 \times 570.08}{2 \times 9.8} = 294.6 \text{ mmAq} \dots\dots\dots ( 3-1-17 )$$

$$P_{sw} = (1+m) \times \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{\gamma \times V^2}{2g} = 8.44 \times 0.005 \times \frac{26.39}{0.029} \times \frac{1.2 \times 570.08}{2 \times 9.8} = 1352.3 \text{ mmAq} (3-1-18)$$

$$P_{sh} = (1+m) \times \lambda \times \left( 1 + \frac{D \times 2g}{\lambda \times V^2} \right) \times \frac{L}{D} \times \frac{\gamma \times V^2}{2g} =$$

$$0.42 \times \left( 1 + \frac{0.5635}{2.85038} \right) \times \frac{6.68}{0.029} \times \frac{684.12}{19.6} = 410.0 \text{ mmAq} \dots\dots\dots ( 3-1-19 )$$

$$P_{sb} = (1+m) \times 0.2 \times \frac{\gamma \times V^2}{2g} \times n = 10.13 \times \frac{684.1}{19.6} = 353.57 \text{ mmAq} \dots\dots\dots ( 3-1-20 )$$

- 실험용 공기이송장치는 다음 그림 3-1-19와 같이 전문회사인 (주)모아기연에서 제작하여 설치한 다음, 그림 3-1-18의 각 이송관의 연결지점인 ①~⑥의 각 지점에서 정압을 측정하였으며, 이 때 정압은 분해능이 1.0mmAq인 디지털액주계(DM-3500, COSMO, Japan)을 사용하였으며, 이송실험에는 현미, 백미, 쌀라기 및 미숙립을 사용하였음

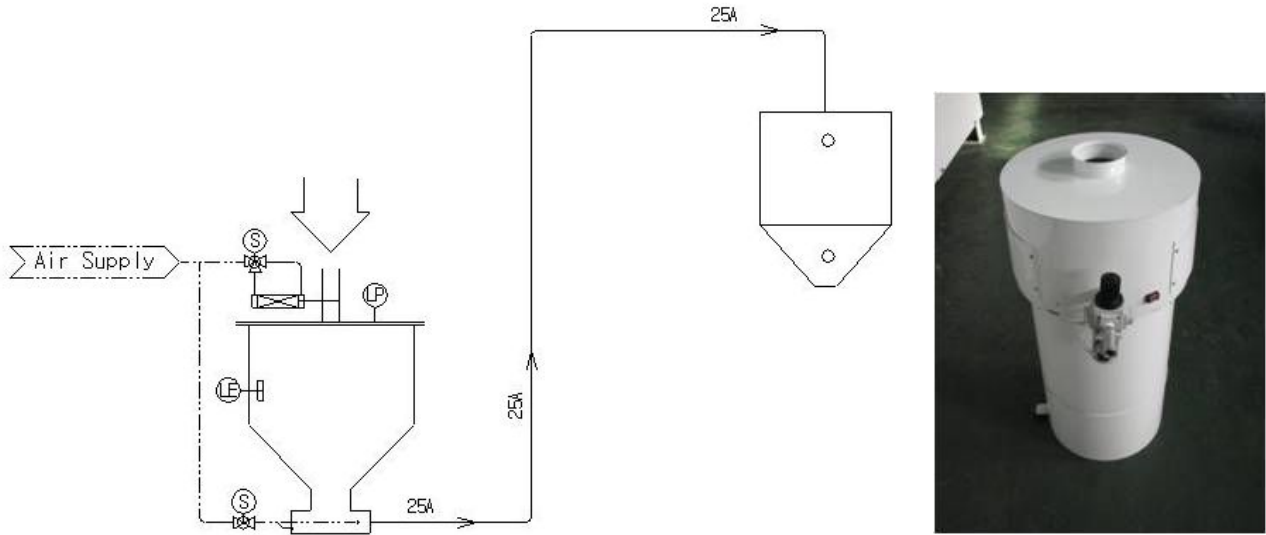


((좌)곡물 및 부산물 수집탱크, (중)곡물 및 부산물탱크, (우)공기이송에 사용된 ring blower)

그림 3-1-19. 시험용 흡인식 공기이송장치

- 압송식(Positive pressure type) 공기이송장치는 공기이송 전문업체인 (주)모아기연과 공동으로 제작하였고, 현미 비정립 및 백미 쌀라기를 투입하여 실제 처리능력, 송풍저항, 송풍량을 측정하여 흡인식과 동일하게 소요풍량, 곡물 및 공기혼합비, 관마찰계수 등을 계산하였음

- $\Phi$  33.2mm(두께 2.5t)의 STS이송관과 중간 임시수집탱크(intermediate vessel), 공기압축기로 구성되어 제작된 시험용 압송식 공기이송장치와, 압송장치의 성능측정을 위하여 (주)모아기연에 시험장치를 설치한 이송관의 형태는 다음 그림 3-1-20과 같았으며, 이 때 이송관의 총 길이는 32,790mm, 수직으로 5,000mm, 수평으로 30,600mm, 벤딩부 수량은 5개이었음



(시험장치의 설계도)

(중간 임시수집탱크(intermediate vessel))

그림 3-1-20. 시험용 압송식 공기이송장치

- 앞의 흡인식과 동일하게 송풍량과 소요정압을 구하였으며, 실제 측정한 소요정압과 계산정압을 이용하여 관내 마찰계수를 구하였으며, 실험방법은 흡인과 동일하였으며, 실험에 사용한 현미 비정립 및 백미 싸라기는 함양소재의 농협RPC에서 구입하여 사용하였음

## 2) 공기압축시스템

- 전술한바와 같이 에어컴프레서는  $5\sim 7\text{kgf/cm}^2$ 의 고압공기를 제조하여 색채선별기, 포장기, 연류계, 집진시설(pulse에 사용) 및 청소시스템(흡인식)과 같은 단위기계는 물론 각종 게이트에 공급하고 있는 부대시설로서, RPC 이외의 산업계 전반에 널리 사용되고 있어 설계조건은 명확하게 알려져 있음
- 따라서, 본 연구항에서는 RPC의 가공시설에서 고압공기가 소요되는 단위기계, 집진시설 및 기타 게이트 등의 고압공기 필요량 및 그 때의 고압공기압력을 조사하여 설계에 사용할 수 있는 기초자료를 제공하는데 목적을 두고 조사하였음
- 또한, 제2세대 RPC의 설계도면을 검토하여 실제 고압공기량에 비해 과다하게 설계된 원인을 조사하여 설계기준(안)에 반영하였음



### 3) 흡인식 청소시스템

- 시판되고 있는 이동형 흡인식 청소시스템의 소요동력을 조사하였으며, 제2세대 RPC중에서 흡인식 청소시스템이 설치된 2개소(O RPC 및 D RPC)에 대한 소요동력 및 실제 작동상황을 조사하여 과대 설치여부를 확인하고, 이론해를 바탕으로 소요동력의 적정성 여부를 검토하였으며, 이를 바탕으로 적절한 설계기준(안)을 제시하였음



(I RPC에 설치된 12.6kW 청소시스템) (O RPC 현미부에 설치된 22.2kW 청소시스템)  
그림 3-1-21. 2개소 제2세대 RPC에 설치된 흡인식 청소시스템

## 나. 결과 및 고찰

### 1) 공기이송시스템의 설계기준

- 시험용 흡인식 공기이송시스템을 이용하여 백미, 현미, 미숙립 및 싸라기 30kg을 이송한 결과는 다음 표 3-1-53과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 외기의 혼합비에 따라 이송량에 차이가 발생하였으며, 외기의 혼합비를 흡기높이 2.2mm(여기서 흡기높이는 곡물 흡인관과 외기 by-pass관의 설치위치 차이)로 할 경우에는 미숙립의 이송량이 453kg/hr으로 초기 설계치(453kg/hr)와 일치하였으나, 흡기높이를 3mm로 다르게 했을 때는 345kg/hr에 불과하여 초기 설계치 76.2%수준에 불과하였음
- 외기의 혼합비를 흡기높이 2.2mm로 할 때 미숙립, 현미 및 백미와 같이 형상이 비교적 비슷한 경우에는 이송량이 453~462kg/hr으로 비슷하였으나, 형상이 다른 싸라기는 373kg/시간으로 미숙립 등의 약 80% 정도의 이송능력을 나타내었음



표 3-1-53. 흡인식 공기이송장치에서 시료종류별, 흡기높이별 이송량

시료	시료중량 (kg)	흡기높이 (외기 혼합비 조정용)(mm)	소요시간 (min)	이송량 (kg/hr)
싸라기	30	3	6.36	283
		2.2	4.83	373
미숙립	30	3	5.22	345
		2.2	3.97	453
현미	30	2.2	3.97	453
백미	30	2.2	3.90	462

- 한편, 공기이송장치 이송관의 ①~⑥의 각 지점에서 측정한 정압은 다음 표 3-1-54와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 흡입구에서의 압력손실은 196mmAq로서 식 (3-1-17)에서 계산한 294.6mmAq보다 적었으며, 전체적인 송풍저항도 2,474mmAq로서 식 (3-1-16)로 구한 2,568mmAq보다는 적게 나타났는데 이는 계산에 적용한 마찰계수와 실제 마찰계수의 차이에 의한 것으로 판단되었음

표 3-1-54. 흡인식 이송관의 각 지점에서 측정한 정압

압력 측정위치	①	②	③	④	⑤	⑥
시료이송(mmAq)	196	374	696	1,668	2,012	2,474
공(空)이송(mmAq)	78	126	628	1240	1610	1660

- 실제 측정한 송풍량 0.93m<sup>3</sup>/min과 이송관의 두께 실측치 28.75mm를 이용하여 다시 혼합비와 이송속도를 계산한 결과, 혼합비는 7.44, 이송속도는 23.9m/sec수준이었음
- 한편, 시험용 압송식 공기이송장치를 이용하여 현미 비정립(입선별기에서 선별품)과 백미 싸라기의 이송량, 송풍량 및 송풍저항을 이용하여 앞의 식을 이용하여 구한 송풍량과 정압은 다음 표 3-1-55와 같았음
- 표에서 알 수 있듯이 압송식 공기이송장치로 현미 비정립과 백미 싸라기를 공기이송한 결과, 흡인식과는 반대로 곡물 이송량은 현미 비정립은 약 450kg/hr, 백미 싸라기는 약 600kg/hr으로 곡립의 크기가 적은 백미싸라기 이송량이 많았으며, 단위 공기중량당 혼입되는 곡물중량비도 각각 80.9, 107.8로 싸라기가 크게 나타났으며, 이는 흡인식의 7.44에 비해 대단히 높았음
- 이 때 이송속도는 2.25m/sec로서 소요공기량은 0.085m<sup>3</sup>/min이었으며, 전압력손실 즉, 공기이송저항은 18,110mmAq와 15,994mmAq로 나타나, 흡인식에 비해 송풍량은 적었으나 공기이송저항은 대단

히 큰 것을 알 수 있었음

표 3-1-55. 현미 비정립과 백미 찌라기를 압송식으로 공기이송할 때의 소요공기량 및 소요정압

구분	곡물 이송량 (G, kg)	단위 공기중량당 혼입되는 곡물중량 비율( $m_a$ , -)	이송속도 (v, m/sec)	소요공기량 ( $Q_a$ , m <sup>3</sup> /min)	전압력손실 ( $P_{st}$ , mmAq)
현미 비정립	449.6	80.9	2.25	0.085	18,110
백미 찌라기	601.3	107.8	2.25	0.085	15,994

- 흡인식에서 현미 비정립을 대상으로 수평관 길이 26,390mm, 수직관 길이 6,680mm, 연결 벤딩 1,900mm, 벤딩부 수량 6, 관경 30.4mm(내경)인 이송관으로 453kg/hr의 곡물을 이송할 때 공기혼입비는 약 10.0, 소요공기량은 0.69m<sup>3</sup>/min, 전압력손실은 약 2,900mmAq수준으로 ring blower 1.75kW 정도가 필요하였음
- 이와 같은 조건에서 흡인식과 압송식의 공기이송 특성을 비교하기 위하여 수평 길이 26,390mm, 수직 길이 6,680mm, 연결 벤딩 1,900mm, 벤딩부 수량이 6일 경우, 동일 곡물량 500kg/hr를 관경 30.4mm의 관으로 공기이송할 때의 압송식과 흡인식의 소요공기량과 전압력손실을 계산한 결과는 다음 표 3-1-56과 같았음

표 3-1-56. 동일 조건의 부산물 공기이송에서 흡인식과 압송식의 공기이송특성

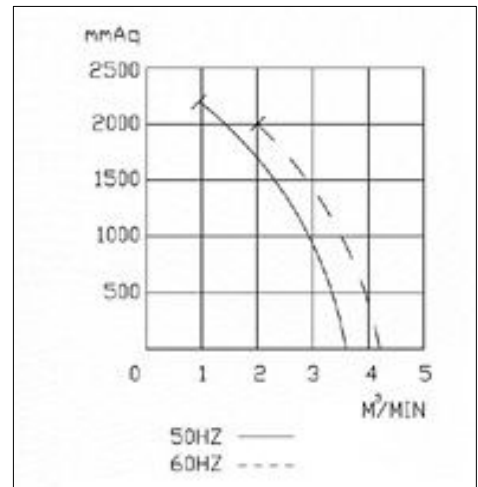
구분		곡물량 (kg/h)	관경 (D, mm)	혼합비 ( $m_a$ )	소요공기량 ( $Q_a$ , m <sup>3</sup> /min)	전압력손실 (mmAq)
흡인식	현미 비정립	500	30.4	8.21	0.93	2,197.0
	백미 찌라기			8.21	0.93	1,637.3
압송식	현미 비정립			89.9	0.085	13,434.1
	백미 찌라기			89.9	0.085	9,053.6

- 압송식과 흡인식을 비교할 때 소요공기량은 압송식이 흡인식의 약 9.1% 내외, 전압력손실은 611.5%에 달하는 것으로 나타났으며, 흡인식은 ring blower를 사용하는 것이 효율적인 반면, 압송식은 전압력손실이 커서 ring blower의 한계를 벗어나므로 공기압축기의 사용이 필요하였음
- 한편, 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 제2세대 RPC가공시설에서 평균 8지점(입선별기 2개소, 현미색채선별기, 로터리쉬프트, 백미색채선별기, 백미이물선별기, 완전미선별기, 진동체선별기 등)의 부산물을 공기이송할 때의 동력을 산출하면, 흡인식의 경우는 ring blower를 별개로 설치하므로 14.0kW (1.75kW × 8Ea, 0.93m<sup>3</sup>/min × 2500mmAq)인데 비해, 압송식의 경우에는 공기압축기 1대를 설치

하므로 소요동력은 3.7kW(0.68m<sup>3</sup>/min × 15,000mmAq)정도로서 흡인식의 약 26.4%에 불과하였음

표 3-1-57. 흡인식 부산물 공기이송장치의 ring blower의 사양

구분	기본사양	
Model	HB-429	
kW	1.75/1.9	
Phase	1	3
Voltage	200/240v	200/380/480v
Hz	50	60
rpm	2,800	3,300
dB	70	73
Net weight(kg)	23	



○ 압송식의 경우 흡인식에 비해 고압이 필요하고, 마찰로 인한 마모 등이 있어 배관이 어렵고, 입선별 기 하부 등 부산물에 먼지가 많을 경우 공기이송저항이 지나치게 커지므로 먼지제거를 위한 aspirator의 설치가 필요한 단점이 있는 반면, 가공시설에 필요한 공기압축기의 용량을 일부 증대시키는 수준에서 사용이 가능하므로 가격이 저렴해지고, 유지관리가 편리한 장점이 있음

표 3-1-58. Air compressor의 소요동력별 사양

Model	Output 출력 kW (HP)	압력 kgf/cm <sup>2</sup> G	공기량 L/min	압축기		공기탱 크용량 L	공기 토출구 Size PF	오일 충전량 L	길이×폭×높이 mm×mm×mm	중량 kg
				직경×행정×시린더수 mm×mm	회전수 r.p.m					
GH-1	0.75(1)	7.5 ~9.9	138	65×40×1	1040	53	1/2 B×2	0.25	1,090×450×760	73
H-2	1.5(2)		222	65×67×2	500	85	1/2 B×2	0.3	1,120×430×900	105
H-3	2.2(3)		370	77×89×2	450	124	1/2 B×2	1.0	1,200×540×1,100	160
NH-5	3.7(5)		618	90×108×2	450	148	1/2 B×2	1.3	1,450×520×1,090	192
NH-7	5.5(7.5)		934	90×108×2	680	148	1/2 B×2	1.3	1,450×520×1,090	192
NH-10	7.5(10)		1,272	90×100×4	500	240	1 B×1	2.0	1,670×600×1,090	325
NH-15	11.0(15)		1,909	90×100×4	750	280	1 B×1	2.0	1,810×600×1,090	345
NH-20	15.0(20)		2,518	90×100×6	660	280	1 B×1	3.0	1,810×600×1,200	514
NH-20B	15.0(20)		2,518	90×100×6	660	50	1 B×1	3.0	1,000×800×1,650	530

- 반면, 흡인식의 경우, 각 부산물이송 개소마다 ring blower를 설치해야 하므로 설치비용이 크게 증가하고, 자동필터의 설치 및 교체 등으로 인한 인력소모가 큰 단점이 있으나, 압송식에 비해 저압이므로 배관측면에서 다소 시공이 용이하다는 장점이 있음
- 이상의 흡인식과 압송식의 장단점에 대한 비교검토 결과, 본 연구에서는 압송식을 기준방식으로 하였으며, 단위 공기중량당 부산물혼합비 90, 소요공기량 0.085m<sup>3</sup>/min, 전압력손실 15,000mmAq을 설계기준(안)으로 하되, 각 현장여건에 따라 전압력손실 등은 재계산하여 사용하는 것으로 하였음

표 3-1-59. 백미의 공기이송장치 통과 전후의 백미품질비교

구 분	함수율 (%)	동할율 (%)	싸라기율 (%)	백도	색도		
					L	a	b
통과전	15.6	7.6	1.6	38.1	69.3	-0.7	12.8
통과후	15.0	8.4	2.7	39.0	70.3	-0.7	12.4
증감	↓0.6	↑0.8	↑1.1	↑0.9	↑1.0	0.0	↓0.4

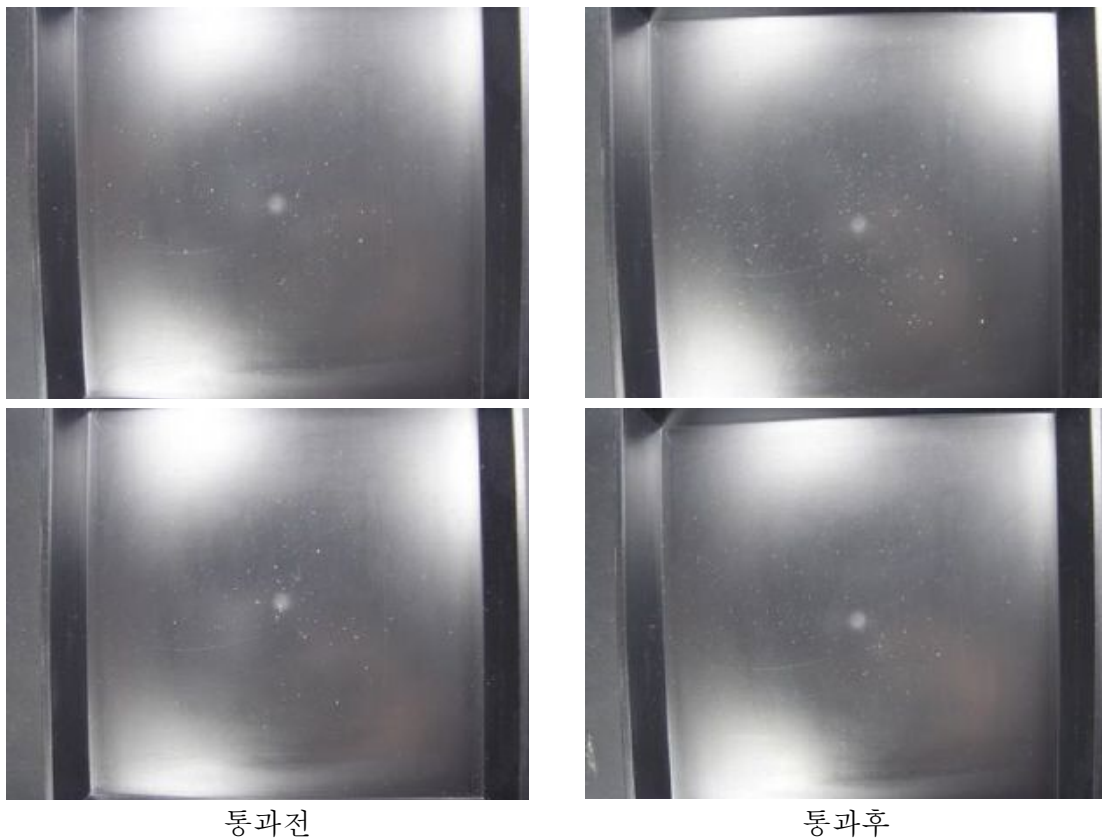


그림 3-1-22. 백미의 공기이송장치 통과 전후의 미분발생정도

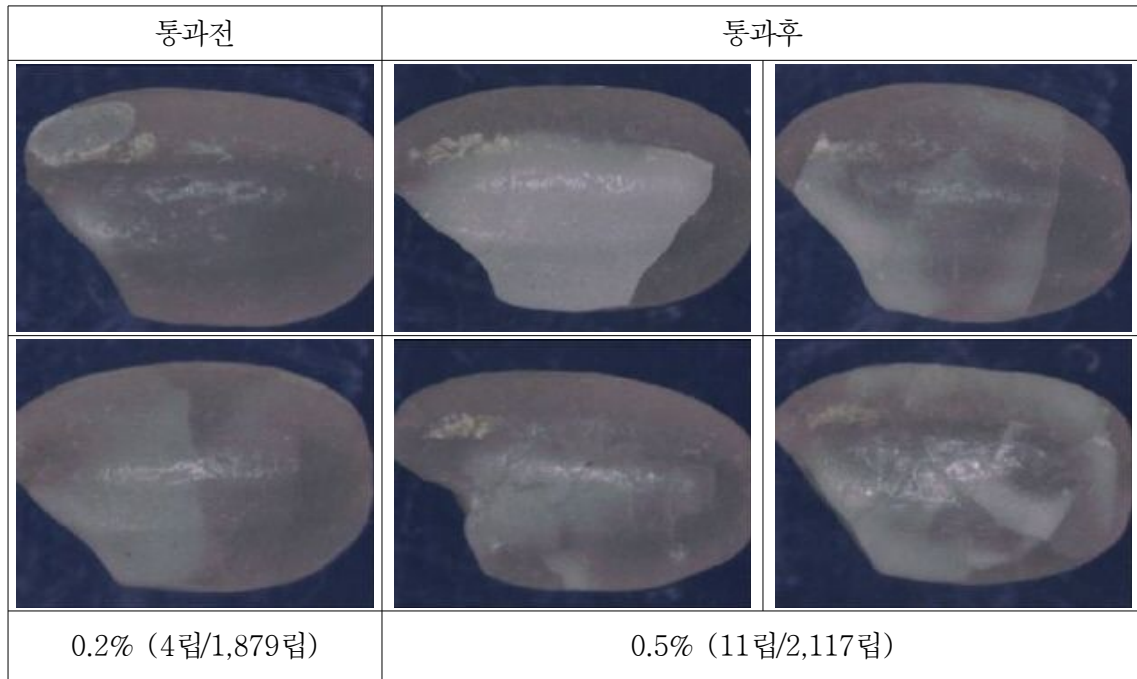


그림 3-1-23. 백미의 공기이송장치 통과 전후의 균열 발생정도

- 한편, 흡인식 공기이송장치를 이용하여 백미를 이송하였을 때 품질변화를 측정된 결과는 표 3-1-59 및 그림 3-1-22~3-1-23과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 함수율은 약 0.6% 감소하였고, 동할율 0.8%가 증가하였고, 찌라기 함량은 1.1%가 증가하여 전체적으로 품질저하가 현저하였음
- 또한, 백도는 0.9가 증가하였고, Lab 칼라체계에서 L값이 증가하고 b값이 감소하였으며, 쌀 표면의 균열립도 약 0.3%정도가 증가하였고, 검정색의 감정판을 이용하여 미분 발생정도를 측정된 결과, 미분 발생이 많았음. 함수율이 감소하면서, 백도 및 L값이 증가하고, 미분발생이 많은 것은 표면건조로 인한 소위 백화현상(白化現象), 즉 잔류미강의 증가로 인한 것으로 판단되었으며, 이로 인한 쌀의 외관품위가 현저하게 저하하였음
- 제2세대 RPC중 일부에서는 가공시설을 2층에 설치하는 경우가 있었으며, 현미 및 백미반품을 2층까지 이송하기 위해 공기이송시설을 설치하는 경우가 있었음. 이에 A RPC에 있는 공기이송반품장치를 이용하여 현미 및 백미의 공기이송특성을 측정된 결과는 다음 표 3-1-60과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 현미의 경우에는 함수율은 0.1%가 감소하였고, 동할율은 0.4%가 증가하였으며, 백미의 경우 함수율은 0.4%가 감소하였고, 찌라기함량은 0.2%가 증가하였음

표 3-1-60. 공기이송 반품장치를 통과한 현미 및 백미의 특성

구 분	함수율(%)		동할율(%)		찌라기 함량(%)	
	통과전	통과후	통과전	통과후	통과전	통과후
현 미	14.77	14.67	16.0	16.4	-	-
백 미	15.03	14.60	-	-	6.3	6.5

- 이상의 결과에서, 가슴 및 냉각장치와 백미용 receiver 등이 없는 상태에서 공기이송시설을 백미의 이송, 반품처리 등에 사용할 경우 현저하게 품질이 저하하므로 백미에 사용하는 것은 어렵다는 것을 알 수 있었으며, 현미의 경우에는 충격에 의한 동할을 증가 문제가 해결될 경우 즉, 압송식의 경우에는 적용이 가능할 것으로 판단되었으나, 상용화를 위해서는 정밀한 검토가 필요하다고 판단되었음
- 한편, 부산물 공기이송장치를 설치할 경우에는 부산물이 발생하는 단위기계(입선별기, 현미색채선별기, 로터리쉬프트, 백미색채선별기, 이물선별기, 완전미선별기, 진동체선별기 등) 하부에는 내부 청소 및 점검구와 상한 레벨게이지가 부착된 부산물수집탱크가 설치되어야 하고, 부산물이 이송되는 배관은 마찰에 의해 마모가 최소가 되는 재질의 사용을 설계기준(안)으로 하였음
- 부산물수집탱크에서 부산물탱크로의 부산물 공기이송은 상한 레벨게이지의 신호에 의해 시작되고, 타이머에 의해 종료되어야 하며, 점검창 및 레벨게이지가 부착된 부산물탱크의 상한 레벨게이지의 신호는 중앙제어실의 MMI(Man Machine Interface)에 표시되는 것을 설계기준(안)으로 하였음
- 부산물탱크 용량은 야간작업 등에 지장이 없도록 약 3일 이상 생산되는 부산물을 저장할 수 있어야 하고, 현미비정립, 현미불량품, 싸라기, 백미불량품 등 성상이 다른 부산물이 충전되는 각 부산물탱크에서 각각 톤백 등으로 배출이 가능하도록 구성하는 것을 설계기준(안)으로 하였음

## 2) 공기압축기 설계기준 개발

- RPC에 대한 설계기준은 RPC 보급과 함께 작성되었고, 2000년에 개정된 농협중앙회(미곡종합처리장 자문단)의 “농협 미곡종합처리장 설계기준”에서 공기배관 및 압축기에 대한 부분은 다음과 같았음

### < 공기 배관 및 압축기 >

- 공기청정기 · 오일 분리장치 · 물 분리장치 · 압력 조정 밸브를 설치하여야 한다.
- 스톨레노이드 밸브와 공기 실린더는 최소한의 거리를 유지하고 연결은 고압 호스로 한다(고압 호스는 철제 피막 처리용).
- 기계의 진동으로 공기 배관이 변형되지 않도록 고정대 또는 받침대를 설치한다.
- 배관은 규격품을 사용하고 질소 가스 압력 시험은 16kg/cm<sup>2</sup>인 조건에서 실시한다.
- 압력의 손실을 최소화할 수 있도록 배관은 곧게 하고, 단위기계 설비의 청소를 위한 분지배관을 한다.
- 스톨레노이드는 소음방지를 위하여 배출부에 머플러를 설치하고, 라인은 약간의 경사를 주고, 배수통로를 둔다.
- 공기배관은 흰색 관을 사용하고 페인트로 2회 도장한다.
- 건조저장부 · 집진부 · 가공부 · 포장부에서 압축공기가 필요하므로 적정대수의 압축기를 서로 연계하여 배관한다.
- 공기압축기는 온도조절 장치가 부착되고, 기계의 이상시 주 전동기가 자동으로 멈추게 하여야 한다.

- 공기압축기는 안전밸브를 내장하여 제어장치의 고장에 따른 압력 상승에 대비할 수 있어야 한다.
- 최저 충전압력 밸브를 내장하여 저압에서의 공기 토출을 막을 수 있도록 하여야 한다.
- 공기배관은 방향 선택이 가능한 밸브를 사용하여 공기의 역류를 방지할 수 있어야 한다.
- 공기압축실은 외부의 신선한 공기가 유입될 수 있는 창호를 설치하고 발생하는 물을 배출할 수 있는 배관을 설치한다.
- 오일 분리장치는 2중 분리형을 사용하고, 압축된 공기에서의 오일 잔량은 2ppm이하로 한다.
- 색채선별기에 사용되는 압축공기는 3단 이상의 필터를 사용하여 오일을 제거토록 한다.

- 전술한바와 같이 공기압축기는 전기모터나 터빈 등의 동력발생장치로부터 동력을 전달받아 공기나 냉매 또는 그 밖의 특수 가스에 압축을 가함으로써 작동가스를 압축시켜 압력을 높여주는 기계로서 산업전반에 걸쳐 널리 사용되고 있는 단위기계 장치임

표 3-1-61. RPC 가공시설에 설치된 스크루 공기압축기의 제원

규격		20A	25A	30A	35A	50A	75A	100A
Type		Single Stage Oil Injection Screw Air Compressor						
제어방식		Analogue Controller (Inspectrol Option)					Inspectrol(Inspectrol)	
메인모터출력 (kW)		15	18	22	27	<b>37</b>	<b>55</b>	75
냉각모터출력 (kW)		1.1				1.6	3.2(1.6×2)	
주파수 (Hz)		50 / 60						
구동방식		Poly Belt Drive					직결구동/Direct Drive	
실토출 공기량 (m <sup>3</sup> /min)	7.0 bar	2.4	3.0	3.6	4.3	6.7	10.3	13.6
	8.5 bar	2.2	2.7	3.3	4.0	5.8	9.1	12.0
	9.9 bar	2.0	2.4	3.0	3.7	5.3	8.3	10.7
흡입조건 (℃)		대기압 0~40						
토출온도 (℃)		대기온도 + 15 or less						
토출관경 (inch)		1 (25A)				1½ (40A)	2 (50A)	
윤활유충진량 (L)		15				25	50	
Noise level dB(A)1.5m		66	67	68	69	70	72	73
Dimensions &weight	전장(mm)	1,000				1,100	2,000	
	전폭(mm)	1,400				1,600	1,350	
	전고(mm)	1,350				1,500	1,700	
	중량(kg)	673	700	726	753	940	1,596	1713

- 공기압축기는 압축방식에 따라 용적형과 터보형으로 분류되며, 용적형 압축기(Positive Displacement Compressor)는 체적감소를 통해 압력을 증가시키는 방식이고, 터보형 압축기(Dynamic Compressor or Turbo Compressor)는 가스의 운동에너지를 압력에너지로 변환시키는 압축 방식임
- RPC 가공시설에 사용되는 공기압축기는 중소형 용적형이었으나, 용량이 부족하고 압축된 공기에 유분이 많이 포함되는 등 문제가 발생하면서 최근에는 표 3-1-61과 같은 로터리 스크루 압축기가 단수 또는 복수형태로 설치되고 있었음
- 가공시설에서 압축공기의 용도는 각종 단위기계설비 및 이송설비의 게이트 개폐를 위한 에어실린더 구동, 색채선별기의 선별용 공기총(air gun), 백필터의 포집된 분진제거를 위한 pulse용 및 압송식 공기이송장치 등에 활용되고 있으며, 특히, 가공시설의 규모화 및 자동화추세, 고품질 쌀 생산을 위한 선별능력의 향상, 작업환경 개선을 위해 집진시스템으로 백필터 타입의 선호 등으로 인해 압축공기의 수요가 급증하고 있었음
- 공기압축기에서 토출되는 압축공기는 대기중의 수분, 먼지 및 압축기의 유분 등이 혼합된 상태로서 압축공기와 직접 접촉되는 대상이 곡물일 경우에는 안전성 문제가 발생되므로, 압축공기에 혼입된 수분, 먼지 및 유분 등을 제거하기 위해 필터, 건조 및 냉각시스템이 부착되고 있었음
- 가공시설에서 압축공기를 사용하는 주요 단위기계별 압축공기량과 그 때의 공기압력을 제조회사별로 조사한 결과는 다음 3-1-62와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 색채선별기, 백필터 및 자동포장기 순으로 압축공기를 많이 소모하는 것으로 조사되었음
- 특히, 색채선별기의 경우에는 채널당 공기소모량이 7~10.6L/min으로 약 51%정도의 차이를 나타내었는데, 이는 air gun을 각 제조사에서 각각 제작 및 사용하여 제조회사별로 차이가 발생하였고, air gun의 노후시를 대비하여 안전율을 과다하게 계산한 것이 원인으로 실험을 통해 적정 공기소모량을 요구하도록 할 필요가 있었음
- 또한, 백필터의 경우에도 다이어프램방식을 적용하는 화영기업과 header방식을 적용하는 거화환경 및 아이디알시스템 등 제조회사별로 고압공기요구량 및 공기압력에서 큰 차이를 나타내고 있었으며, 유사방식을 사용하고 있는 업체간에도 동일 처리능력에서 다른 공기소요량을 요구하고 있었음. 아직까지 정확한 공기소요량을 측정하여 요구한 사례는 없었으며, 대부분 경험에 의거하여 요구하고 있는 실정이었음



표 3-1-62. 제작회사별 RPC 가공시설의 단위기계 압축공기 소요량

품 목	업체명	처리능력 (톤/시간)	공기소모량 (L/min)	공기압력 (kg/cm <sup>2</sup> )	비 고
호퍼스케일	대원 GSI	20~30	30	5	
	아이디알	20~30	25	5	
	제이씨 ENG.	20~30	10.54	5~6	실린더
연류계	대원 GSI	10~20	400	5	
	아이디알	10~20	25	5	
	제이씨 ENG.	10~20	9.21	5~6	
색채선별기	대원 GSI		8.5 / 채널	5	
	아이디알		8.5 / 채널		불량률 5%미만
	안자이		9.1~10.6/채널	3	
	사다케		8.95~9	5~6	
	한국토요		7/채널	2~2.5	일본 설계사양
	유일		9/채널	3.2	
포장기	김포산업	KBM-10	680	5	자동포장기(2연식)
		KBM-2000S	800	5	자동포장기(3연식)
		로봇 적재기	350	6	
		자동소포장기	100	5	1~10kg
	세진테크	ST-8A2	500	5	500g~5kg
		반자동계량기	200	5	1~40kg
백필터	화영기업	26-24/30	600	0.5	
		39-24/30	800	0.5	
		52-24/30	1,100	0.5	
		64-24/30	1,200	0.5	
		78-24/30	1,400	0.5	
	거화환경	100~130m <sup>3</sup> /min	100	4.5	
		140~190m <sup>3</sup> /min	100	4.5	
		200~230m <sup>3</sup> /min	380	4.5	
		240~290m <sup>3</sup> /min	380	4.5	
		300~360m <sup>3</sup> /min	500	4.5	
		400~450m <sup>3</sup> /min	600	4.5	
	아이디알	120m <sup>3</sup> /min(20-15)	356	4.0	
		200m <sup>3</sup> /min(32-15)	356	4.0	
		280m <sup>3</sup> /min(44-15)	356	4.0	
		340m <sup>3</sup> /min(60-15)	474	4.0	
380m <sup>3</sup> /min(66-15)		474	4.0		

- 가공시설의 게이트 작동용으로 사용되고 있는 air cylinder는 압축공기가 피스톤에 힘을 가하고 역행정이 이루어질 때 압축공기가 대기로 공기를 배출하므로 편도 1행정일 때 실린더체적×압축비만큼의 공기가 소비되므로 다음 식 (3-1-21)과 같이 계산할 수 있었음

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \times S \times P \times n \dots\dots\dots (3-1-21)$$

여기서, Q : 공기소요량(ℓ/min), d : 실린더 내경(cm)

S : 실린더 stroke (cm), P : 압축공기절대압력(게이지압력+1.03323kg/cm<sup>2</sup>)

n : 1분당 동작횟수( - )

- 따라서 ϕ50×100st 복동식 cylinder를 사용하고, 공기압 5kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>로 분당 20회를 왕복동작 할 때의 공기소비량은 23.69ℓ/min이며, 복동식이므로 23.69ℓ/min×2 = 47.38ℓ/min가 됨

- 이와 같은 실린더의 공기소요량을 기준으로 현미/백미가공능력 6/5ton/hr, 포장 10ton/hr을 갖는 표준 가공시설의 압축공기 기준은 약 8,026ℓ/min으로 안전율을 계상하면 8,800ℓ/min수준임. 기준모델로 스크루압축기를 복수로 하면 37kW×2set로서(6,700ℓ/min × 2set = 13,400ℓ/min) 이를 설계기준(안)으로 하되, RPC별로 공정 및 단위기계의 설치상황에 맞도록 조절하여 사용하도록 하였음

표 3-1-63. 현미/백미/포장처리능력 6/5/10ton/hr인 제2세대 RPC 가공시설 압축공기 소요량 예측

단위기계설비 명칭	규격	설치수량	산출근거
현미 색채선별기	256 채널	1대	(256ch + 160ch × 2ea) × 8.5ℓ/min = 4,896ℓ/min
백미 색채선별기	160 채널	1대	
백미 이물질선별기	160 채널	1대	
자동지대포장기 및 로봇적재시스템	KBM10	1세트	680 + 350 = 1,030ℓ/min (6kg/cm <sup>2</sup> )
반자동포장기		2대	200ℓ/min × 2ea = 400ℓ/min
자동 소포장기	1~4kg/bag	1대	100ℓ/min × 1ea = 100ℓ/min
연류계(현미, 백미, 제품)	10톤/시간	4대	400ℓ/min × 4ea = 1,600ℓ/min
계			8,026ℓ/min

- 고압공기배관 내부에서 발생하는 응축수 제거를 위해 배관 중 가장 낮은 부분에 퍼지밸브를 설치하는 것을 기준(안)으로 하였으며, 고압공기 배관을 지하에 매설하는 등 작업자의 점검이 불가능하게 시공하지 않도록 하는 것을 설계기준(안)으로 하였음

### 3) 흡인식 청소시스템 설계기준

- RPC 가공시설에서 청소대상은 walk way나 단위기계에 부착된 먼지는 물론 가공실 바닥에 떨어져 있는 낙곡, 이송기기에서 막힘으로 인한 곡물 등이며, 통상 가공시설내의 구조물이 3단 정도로 설치됨에 따라 거리도 길어지는 특징이 있어 고압공기를 에어건으로 분사하여 청소하는 압송식을 적용하는 것은 한계가 있으므로 흡인식을 설계기준(안)으로 하였음
- 앞의 표 3-1-8에서 알 수 있듯이 18개소의 제2세대 RPC중에서 2개소에 흡인식 청소시스템이 설치되어 있었으며, 소요동력은 평균 59.0kW(44.0kW 및 74.0kW)로 과대설계되어 있어 흡인식 청소시스템의 소요동력 설계기준 개발이 필요하였음
- 본 연구에서는 흡인식 청소시스템을 설계할 때 청소대상으로 곡물을 고려하였으며, 가공시설의 규모 조사 결과를 바탕으로 곡물의 이송거리를 수평거리 100m 및 50m, 수직거리 5m로 통일하였고, 벤딩부 수량은 100m일 때 12개, 50m일 때 10개로 다르게 가정하고, 곡물량을 2.5ton/hr(5ton/hr의 약 50%)수준으로 가정할 경우의 실제 필요한 소요풍량과 전압력손실을 다음 식(3-1-22)~(3-1-30)와 같이 계산하였음
- 수평거리 100m일 경우 안전율 10%을 감안하여 이송량 2,750kg/hr, 혼합비 9.6수준으로 가정하면 소요풍량은 4.0m<sup>3</sup>/min이었고, 이송속도는 17.8m/sec이었으며, 필터손실압력을 100mmAq, 흡입관 압력손실을 58mmAq로 적용하면, 전체 압력손실은 약 4,043mmAq이었으며, 안전율을 감안하면 소요정압은 약 4,400mmAq수준이 됨

$$Q_a = \frac{G \times 1.1}{60 \times \gamma \times m_a} = \frac{2,750}{60 \times 1.2 \times 9.6} = 4.0 \text{ m}^3/\text{min} \dots\dots\dots (3-1-22)$$

여기서, Q<sub>a</sub> : 소요공기량(m<sup>3</sup>/min), G : 곡물이송량(kg/hr)

1.1 : 안전계수(10%), γ : 공기비중(kg/m<sup>3</sup>)

m<sub>a</sub> : 단위 공기중량당 혼입되는 곡물중량 비율( - )

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q_a}{60 \times \pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 3.18}{60 \times \pi \times 16}} = 0.0650 \text{ m} = 65.0 \text{ mm} \dots\dots\dots (3-1-23)$$

여기서, D : 이송관의 직경, Q<sub>a</sub> : 이송관의 외경(mm)

v : 이송속도(m/sec)

$$D = \phi - 2t = 76.3 - (2 \times 3.65) = 0.0690 \text{ m} = 69.0 \text{ mm} \dots\dots\dots (3-1-24)$$

여기서, D : 실제 이송관의 직경, ϕ : 이송관의 외경(mm)

t : 이송관의 두께(mm)

$$\text{이송속도}(v) = \frac{4 \times Q_a}{60 \times \pi \times D^2} = \frac{4 \times 4.00}{60 \times \pi \times 0.0048} = 17.8 \text{ m/s} \dots\dots\dots (3-1-25)$$

여기서, v : 이송속도(m/s), Q<sub>a</sub> : 소요공기량(m<sup>3</sup>/min)

D : 이송관의 직경(mm)

$$P_{st} = P_{si} + P_{sw} + P_{sh} + P_{sb} + P_{st} + P_{so} \dots\dots\dots ( 3-1-26 )$$

여기서, P<sub>st</sub> : 전 압력손실(mmAq), P<sub>si</sub> : 흡입구 압력손실(mmAq),  
P<sub>sw</sub> : 수평관 압력손실(mmAq), P<sub>sh</sub> : 수직관 압력손실(mmAq),  
P<sub>sb</sub> : 벤딩부분 압력손실(mmAq), P<sub>sp</sub> : 필터손실압력(mmAq),  
P<sub>so</sub> : 흡입관 손실압력(mmAq)

$$P_{si} = (1+m) \times \frac{\gamma \times v^2}{2g} = 10.55 \times \frac{1.2 \times 317.86}{2 \times 9.8} = 205.3mmAq \dots\dots\dots ( 3-1-27 )$$

$$P_{sw} = (1+m) \times \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{\gamma \times v^2}{2g} = 10.55 \times 0.01 \times \frac{100}{0.069} \times \frac{1.2 \times 317.86}{2 \times 9.8} = 2975.2mmAq(3-1-28)$$

$$P_{sh} = (1+m) \times \lambda \times \left(1 + \frac{D \times 2g}{\lambda \times v^2}\right) \times \frac{H}{D} \times \frac{\gamma \times v^2}{2g}$$

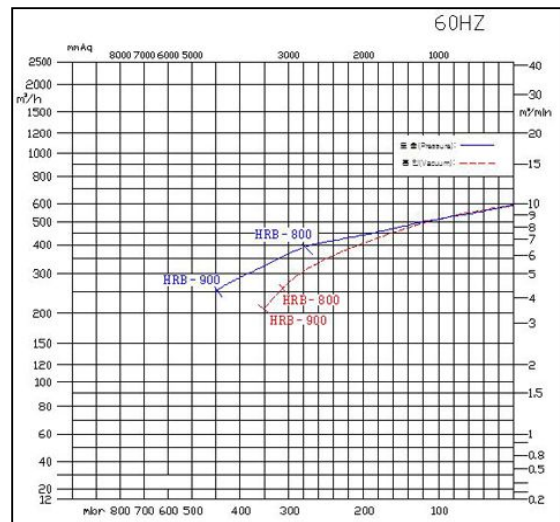
$$= 0.105 \times \left(1 + \frac{1.3524}{3.17864}\right) \times \frac{5}{0.069} \times \frac{381.4}{19.6} = 212.1mmAq \dots\dots\dots ( 3-1-29 )$$

$$P_{sb} = (1+m) \times 0.2 \times \frac{r \times v^2}{2g} \times n = 25.317 \times \frac{381.4}{19.6} = 492.7mmAq \dots\dots\dots ( 3-1-30 )$$

- 한편, 청소시스템에서 수평거리가 50m일때 동일한 방법으로 구하면, 소요풍량은 100m인 경우와 같으므로 전압력손실을 구하면 약 2,500mmAq수준을 나타내었음
- 수평 이송거리를 100m, 50m로 하고, 2.5ton/hr의 곡물을 이송한다고 할 때 소요되는 풍량은 4.04m<sup>3</sup>/min, 소요정압은 4,400mmAq와 2,500mmAq로서 적정 ring blower의 소요동력은 각각 8.6kW와 6.3kW으로서 이를 설계기준(안)으로 하였으며, 현장여건에 따라 이상과 같은 방법으로 계산하여 사용하는 것이 필요하였음
- 현미부와 백미부가 분리되어 8.6kW×2set를 설치한다고 가정하여도 17.2kW정도가 소요되어 약 26.5~56.8kW의 에너지절약이 가능할 것으로 판단되었음

표 3-1-64. 2.5ton/hr의 곡물을 이송용 흡인식 청소시스템의 ring blower의 사양

구분	2.5ton/hr, 50m이송	2.5ton/hr, 100m이송
MODEL	HRB-800	HRB-900
Phase	3	3
HP/KW	8.4HP/6.3KW	11.5HP/8.6KW
Voltage	220/380	220 / 380
Amps	22/12.7	29/16.7
Starting Class	G	G
Insulation Class	F	F
NetWeight(kg)	144	151



## 4. 친환경 저탄소 RPC공정 설계기준 개발

### 가. 설계기준 개발 및 실험방법

#### 1) 제2세대 RPC 가공공정의 품질목표 설정

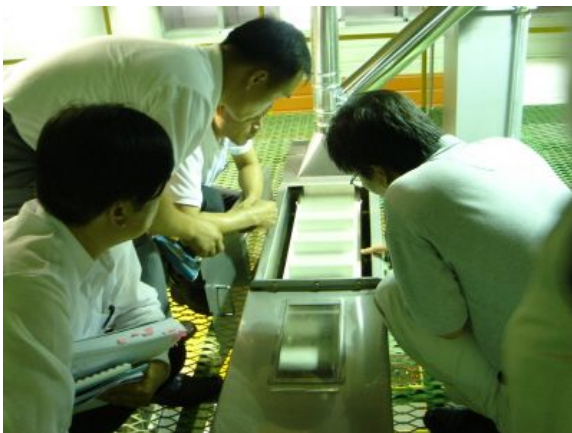
- 2010년 1월 현재까지 가공시설현대화가 완료된 소위 제2세대 RPC 18개소에서 각 공정별로 시료를 채취하여 품질을 측정하였고, 각 공정에서의 mass balance를 이용하여 현미와 백미의 중량비, 감도를 측정하였으며, 설계상 소요동력과 실제 제2세대 RPC에서의 작동중 소요동력을 측정하여 설계치와의 차이를 검토하고 분석하였음
- 제2세대 RPC 18개소 가공공정에서 측정한 품질 및 에너지분석 결과를 바탕으로 2004~2009년까지 한국식품연구원에서 측정한 제1세대 RPC 85개소에 대한 공정성능 측정결과, 대기환경보전법 등 관련법규, 단위기계 제조회사 및 RPC 설계회사의 의견을 수렴하였고, 달성가능성에 대한 전문적인 평가를 포함하여 각 공정별 품질 및 에너지절약 목표를 설정하였으며, 이러한 목표를 달성하기 위하여 필요한 내용을 포함한 RPC 가공공정의 설계기준을 개발하였음



(정미시스템 가동중 백도 측정)



(집진기의 송풍량 및 정압 측정)



(이송시설 평가)



(수집된 각 단위공정 샘플의 분석)

그림 3-1-24. 제2세대 RPC에서의 현장성능평가 장면

○ 이를 위해 김 등(2004), 김 등(2005), 김 등(2006), 김 등(2007) 등의 선행연구결과를 토대로 공정 별 품질인자를 다음과 같이 선정하고 측정방법을 정립한 다음, 18개소의 제2세대 RPC의 가공공정에서 정상대로 가동중에 각 단위기계 전후에서 시료를 채취하여 품질을 측정하였으며, 세부적인 품질 측정방법은 다음과 같았음

① 백도 : 백미의 착색립 및 분상질립 등 비정상립을 선별한 후 정상립만을 대상으로 백도계(CR 300-3, Kett, Japan)로 3회 반복 측정하여 평균값을 사용하였음

② 함수율(% , w.b) : 단립수분계(예 : CTR-500EH, Shizuoka Seiki, Japan)로 3회 측정하여 평균값을 사용하였음

③ 동할율 : 벼의 경우 수작업으로 왕겨를 탈부한 현미를 대상으로 하고, 현미 및 백미는 이물질을 제외한 정립을 대상으로 하여 총 250립을 동할립측정기(HS-50, Japan)로 측정하고, 동할율을 다음 식 (3-1-31)과 같이 구하였음

$$\text{동할율}(\%) = \frac{\text{동할립수}}{250} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-31)$$

④ 이물질혼입율 : 시료중 곡물이 아닌 이물질을 육안으로 선별하여 중량을 측정한 후, 이물질혼입율을 다음 식 (3-1-32)와 같이 구하였음

$$\text{이물질혼입율}(\%) = \frac{\text{이물질중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-32)$$

⑤ 현미정립비율 : 현미분리기를 통과한 원료 현미의 정립과 비정립을 구분하여 중량을 측정한 후, 다음 식 (3-1-33)과 같이 구하였음

$$\text{현미정립비율}(\%) = \frac{\text{정립중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-33)$$

⑥ 백미중 불량품 비율 : 백미 중 정품과 불량품을 구분하여 중량을 측정한 후, 다음 식 (3-1-34)와 같이 구하였음

$$\text{백미중 불량품 비율}(\%) = \frac{\text{불량품 중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-34)$$

○ 이상의 품질측정방법에 의한 단위기계 및 공정의 성능측정방법은 다음과 같았음

① 종합정선기 이물질정선율 : 원료 벼와 종합정선기에서 정선된 벼에 혼입된 쭉정어, 지푸라기, 돌 등 이물질을 수작업으로 선별하고, 중량을 측정하여 식 (3-1-32)로 종합정선기 전후 이물질혼입율을 계산하였고, 이물질정선율을 다음 식 (3-1-35)과 같이 구하였음

$$\text{이물질정선율}(\%) = \left(1 - \frac{\text{정선기 통과후 이물질함량}(\%)}{\text{정선기 통과전 이물질함량}(\%)}\right) \times 100 \dots\dots\dots (3-1-35)$$

② 현미기 탈부율 : 현미기에서 탈부된 현미의 중량비(현미 탈부율)로 현미기 이후에서 채취한 시료를

수작업으로 벼와 현미로 분리하여 다음 식 (3-1-36)과 같이 구하였음

$$\text{탈부율}(\%) = \frac{\text{시료중 현미중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-36)$$

③ 현미분리기 분리율 : 현미분리기를 통과한 후 현미분리기 및 현미기로 재투입되는 벼 또는 현미의 중량비를 측정하여 다음 식 (3-1-37)과 같이 구하였음

$$\text{현미분리기와 현미기로 재투입되는 현미}(\%) = \frac{\text{시료중 현미중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots (3-1-37)$$

④ 현미석발기 선별율 : 현미석발기에서 분리·배출된 불량품중 현미와 이물질(돌)을 수작업으로 분리하여 다음 식 (3-1-38)과 같이 구하였음

$$\text{현미석발기 이물질 중 현미비율}(\%) = \frac{\text{시료중 현미중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-38)$$

⑤ 입선별기 선별율 : 입선별기를 통과하기 전과 통과한 후의 현미에 혼입된 비정립을 입선별기의 체 눈크기와 동일(유사)한 체로 선별한 후, 체를 통과한 시료의 중량을 측정하여 다음 식 (3-1-39)와 같이 체를 통과한 시료의 중량비율을 구한 후, 다음 식 (3-1-40)과 같이 선별율을 구하였음

$$\text{체를 통과한 시료의 중량비율}(\%) = \frac{\text{체통과 시료중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-39)$$

$$\text{입선별기 선별율}(\%) = \left(1 - \frac{\text{선별기후 체통과 시료중량비}(\%)}{\text{선별기전 체통과 시료중량비}(\%)}\right) \times 100 \dots\dots\dots (3-1-40)$$

⑥ 현미색채선별기 비정립선별율 : 색채선별기를 통과하기 전과 통과한 현미의 비정립을 수작업으로 선별하여 비정립(단, 곡물과 동일한 색깔의 기형립은 제외) 중량비율을 다음 식 (3-1-41)과 같이 구한 후, 다음 식 (3-1-42)와 같이 비정립선별율을 구하였음

$$\text{현미중 비정립 비율}(\%) = \frac{\text{비정립중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-41)$$

$$\text{현미색채선별기 비정립선별율}(\%) = \left(1 - \frac{\text{통과후 비정립비율}(\%)}{\text{통과전 비정립비율}(\%)}\right) \times 100 \dots\dots\dots (3-1-42)$$

⑦ 현미색채선별기 불량품중 정품비율 : 현미색채선별기에서 배출된 불량품중 정립(단, 곡물과 동일한 색깔의 기형립 포함)의 중량을 측정하여 다음 식 (3-1-43)과 같이 불량품중 정품비율을 구하였음

$$\text{불량품중 정품비율} = \frac{\text{정립중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-43)$$

⑧ 정미기 찌라기발생율 : 백미 30g을 전자저울로 계량한 후 곡물에 섞여 있는 정립 크기의 3/4 이하의 정립 찌라기만을 육안으로 선별하여 찌라기 중량을 측정하고, 3회 반복하여 평균치를 이용하여 찌라기발생율을 구함. 이 때 원료 현미의 동할율이 시료의 기본조건인 3%보다 높을 경우, 다음 식 (3-1-44)로 보정된 찌라기발생율을 구하며, 이 때 현미 동할율에 따른 보정계수는 김 등(2007)의 결과를 이용하여 다음 표 3-1-65를 사용하였음

$$\text{보정된 싹라기발생율(\%)} = \frac{\text{싹라기 중량}(g)}{\text{시료중 정상립 중량}(g)} \times 100 \times \text{보정계수} \dots\dots\dots (3-1-44)$$

표 3-1-65. 현미 동할율에 따른 싹라기발생율의 보정계수

동할율(%)	보정계수	동할율(%)	보정계수
3.0	1.000	12.0	0.587
3.5	0.962	12.5	0.573
4.0	0.927	13.0	0.561
4.5	0.895	13.5	0.549
5.0	0.865	14.0	0.537
5.5	0.836	14.5	0.526
6.0	0.810	15.0	0.516
6.5	0.785	15.5	0.505
7.0	0.762	16.0	0.496
7.5	0.739	16.5	0.486
8.0	0.719	17.0	0.477
8.5	0.699	17.5	0.468
9.0	0.680	18.0	0.460
9.5	0.663	18.5	0.452
10.0	0.646	19.0	0.444
10.5	0.630	19.5	0.436
11.0	0.615	20.0	0.429
11.5	0.600	21.5	0.408

⑨ 정백수율 : 도정전의 정립 현미와 도정된 백미 정상립의 천립(1,000립)을 수작업으로 선별하고, 전자저울을 이용하여 중량(천립중, 千粒重)을 측정하여 다음 식 (3-1-45)와 같이 도정도(도정중에 제거된 미강의 중량비)를 구하며, 정백수율은 다음 식 (3-1-46)과 같이 도정도를 이용하여 구하였다. 단, 김 등(2007)의 연구결과에 의거하여 성능검사 기준백도인 40에 비해 백도가 0.2 증감시 정백수율을 0.1%씩 상하향 조정하였음

$$\text{도정도(\%)} = \frac{\text{현미 천립중}(g) - \text{백미 천립중}(g)}{\text{현미 천립중}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-45)$$

$$\text{정백수율(\%)} = 100 - \text{도정도(\%)} \dots\dots\dots (3-1-46)$$

⑩ 도정편차 : CBB index(Colored bran balance) 측정장치를 이용하여 총 60립의 CBB index를 측정 한 다음, 평균으로부터 먼 수치를 나타내는 정상립을 제외한 정상립 50립의 CBB index의 최대치와 최소치 차이를 도정편차로 하였음

$$\text{도정편차} = \text{CBB index 최대치} - \text{CBB index 최소치} \dots\dots\dots (3-1-47)$$



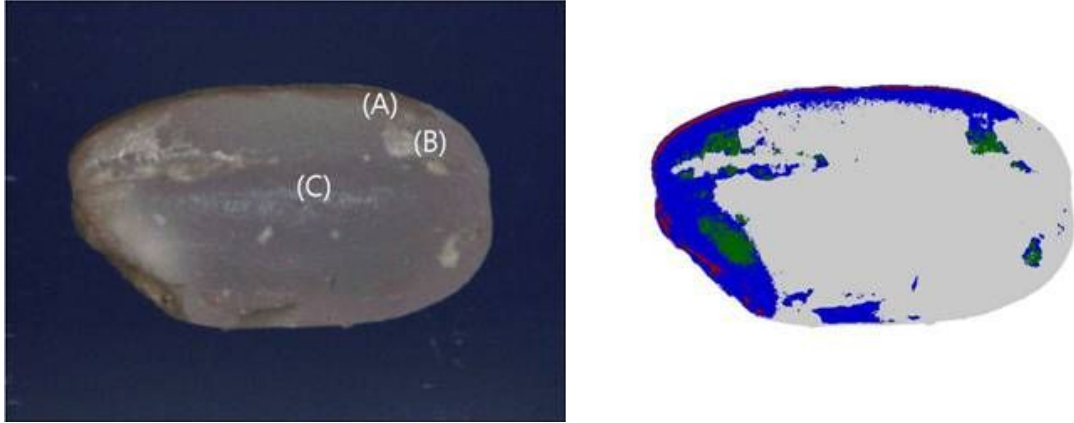


그림 3-1-25. 도정중인 쌀 단립과 CBB index를 구하기 위해 가상의 색깔로 표현한 모습  
 CBB index는 가상의 색으로 과피(A), 호분층(B) 및 전분층(C)으로 영역을 구분하여 면적을 산출하고, 과피와 호분층의 면적비율에서 CBB index 는 다음 식 (3-1-48)과 같이 구하였음

$$CBB\ index = \frac{(A+B)}{(A+B+C)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-48)$$

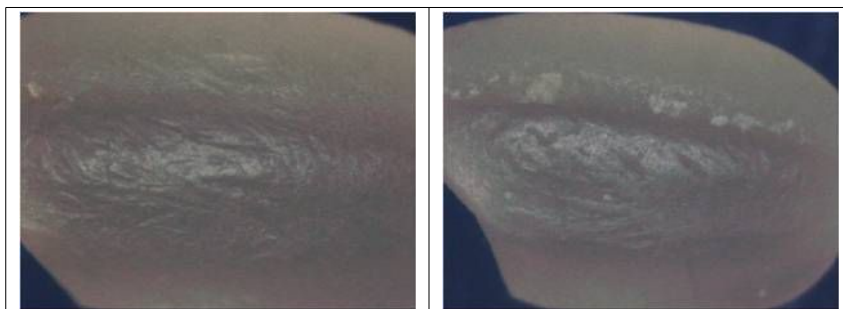
⑪ 쌀 표면의 상처 : 백미 정상립 25립을 부드러운 거즈로 닦아낸 후 화상측정기(Zoom video microscope, INU, Korea)로 각 단립의 영상을 획득한 후 쌀 표면에 상처가 발생한 단립수를 계수화하여 다음 식 (3-1-49)와 같이 구하였음

$$\text{쌀 표면의 상처}(\%) = \frac{\text{상처가 발생한 백미 단립수}}{\text{측정 단립수}} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-49)$$

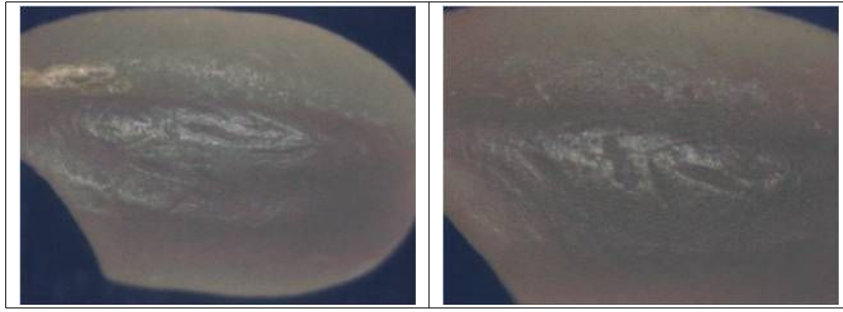
쌀표면의 상처는 다음과 같이 3가지 경우에 상처가 발생하는 것으로 하였음



1) 넓고 깊은 상처가 1개 이상인 단립



2) 전체 상처길이가 단립 단축길이를 초과할 경우



3) 전체 상처길이가 단립 단축길이를 초과하지 않지만 깊은 상처가 3개 이상인 경우

그림 3-1-26. 쌀 표면에 상처가 발생한 단립의 형태

⑫ 체선별기(입선별기, 진동체선별기, 로터리쉬프트 등) 및 화상을 이용한 싸라기선별기의 싸라기선별율 : 선별기를 통과하기 전과 통과한 시료에 혼입된 선별물을 해당 체선별기에 부착된 체와 동일(또는 바로 아래등급) 체눈크기의 체를 사용하여 다음 국립농산물품질관리원의 표준측정방법을 준용하여 체질하고, 다음 식 (3-1-50), (3-1-51)을 이용하여 싸라기 선별율을 구하였음

$$\text{싸라기 중량비율}(\%) = \frac{\text{싸라기중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-50)$$

$$\text{싸라기선별율}(\%) = \left(1 - \frac{\text{선별기후 싸라기중량비율}(\%)}{\text{선별기전 싸라기중량비율}(\%)}\right) \times 100 \dots\dots\dots (3-1-51)$$

⑬ 백미석발기 선별율 : 백미석발기에서 선별·배출된 불량품중 백미와 이물질(돌)의 중량을 측정하여 다음 식 (3-1-52)와 같이 구하였음

$$\text{백미석발기 이물질 중 백미비율}(\%) = \frac{\text{시료중 백미중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-52)$$

⑭ 색채선별기 불량품 선별율 : 색채선별기를 통과하기 전과 통과한 백미의 불량품을 수작업으로 선별한 후 불량품(단, 백미와 동일 색깔의 기형립은 제외)의 중량비를 다음 식 (3-1-53)과 같이 구하고, 원료중 불량품비율이 3%이상일 경우, 김 등(2002)의 연구결과에 따라 원료의 불량품비율에 따라 표 3-1-66의 보정계수를 사용한 보정된 식 (3-1-54)로 구하였음

$$\text{백미중 불량품 비율}(\%) = \frac{\text{불량품 중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-53)$$

$$\text{보정된 불량품선별율}(\%) = \left(1 - \frac{\text{통과후 불량품비율}(\%)}{\text{통과전 불량품비율}(\%)}\right) \times 100 \times \text{보정계수} \dots\dots\dots (3-1-54)$$

표 3-1-66. 원료의 불량품비율에 따른 불량품선별율의 보정계수

불량품 비율(%)	보정계수	불량품 비율(%)	보정계수
3	1.000	11	1.190
4	1.029	12	1.206
5	1.057	13	1.222
6	1.083	14	1.236
7	1.108	15	1.248
8	1.131	16	1.260
9	1.152	17	1.271
10	1.171	18	1.280

⑮ 색채선별기의 불량품중 정품비율 : 색채선별기에서 배출된 불량품 중 정상립(단, 정상립과 동일한 색깔의 기형립은 포함)의 중량을 측정하여 불량품중 정품비율을 계산하되, 김 등(2002)의 연구결과에 따라 원료중 불량품비율이 3%이상일 경우 표 3-1-67의 보정계수를 사용한 식 (3-1-55)로 구하였음

$$\text{불량품중 정품비율(\%)} = \frac{\text{정상립중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 / \text{보정계수} \dots\dots\dots (3-1-55)$$

표 3-1-67. 원료의 불량품비율에 따른 선별된 불량품중 정품비율의 보정계수

불량품 비율(%)	보정계수	불량품 비율(%)	보정계수
3	1.000	11	1.795
4	1.243	12	1.801
5	1.440	13	1.805
6	1.581	14	1.807
7	1.673	15	1.808
8	1.730	16	1.809
9	1.764	17	1.809
10	1.784	18이상	1.810

⑯ 완전미선별기 찌라기선별율 : 선별기를 통과하기 전과 통과한 백미의 찌라기를 수작업으로 선별하고 찌라기의 중량을 측정한 후, 다음 식 (3-1-56)으로 찌라기 비율을 계산하고, 식 (3-1-57)로 찌라기선별율을 구하였음

$$\text{찌라기비율(\%)} = \frac{\text{찌라기 중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-56)$$

$$\text{찌라기선별율(\%)} = \left( 1 - \frac{\text{통과후 찌라기비율(\%)}}{\text{통과전 찌라기비율(\%)}} \right) \times 100 \dots\dots\dots (3-1-57)$$

⑰ 완전미선별기 찌라기중 정상립비율 : 완전립선별기에서 배출된 찌라기중 정상립의 중량을 측정하여 다음 식 (3-1-58)로 구하였음

$$\text{배출된 찌라기중 정상립비율(\%)} = \frac{\text{정상립의 중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-58)$$

⑱ 미강중 잔찌라기 함량 : 집진된 미강중에 포함된 잔찌라기를 500 $\mu$ m(35mesh) standard sieve로 체질하여 미강을 제거한 후, 수작업으로 배아 등을 제거하여 잔찌라기의 중량을 측정한 다음, 다음 식 (3-1-59)와 같이 구하였음

$$\text{잔찌라기 함량(\%)} = \frac{\text{잔찌라기 중량}(g)}{\text{시료중량}(g)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-59)$$

## 2) 에너지절감형 제2세대 RPC 가공공정별 설계기준

- 제2세대 RPC의 가공공정을 크게 ㉠ 단위공정, ㉡ 공기이송시설, ㉢ 청소시스템, ㉣ 이송기기, ㉤ 집진시설, ㉥ 에어컴프레서 등 6가지 항목으로 구분하고, 이중에서 전항에서 이미 기준을 정립한 ㉡ 공기이송시설, ㉢ 청소시스템, ㉣ 이송기기, ㉥ 에어컴프레서 등 4가지 항목은 제외하고 18개소 제2세대 RPC에 대한 품질현황 및 소요동력에 관한 분석자료를 바탕으로 설계기준(안)을 개발하였음
- 단위공정 설계기준의 개발은 제2세대 RPC에 도입되고 있는 단위기계 생산 및 동력현황을 조사하여 분석한 결과를 바탕으로 하였고, 제2세대 RPC에 설치되는 각 단위기계를 생산하는 국내·외 업체에 대한 처리능력, 소요동력 및 집진특성 등을 조사하였으며, 저에너지 단위기계를 도입하였을 때의 품질에 의한 영향을 분석한 다음, 이를 종합적으로 고려하여 설계기준을 개발하였음

## 나. 결과 및 고찰

### 1) 가공공정의 공정별 품질목표 설정

#### 가) 가공공정의 mass balance

- 다음 표 3-1-68, 3-1-69는 18개소 제2세대 RPC 중에서 현미부가 설치되지 않는 RPC 및 시설 운영특성상 부산물을 계량할 수 없는 RPC를 제외한 14개소의 제2세대 RPC의 현미부 및 백미부의 투입 곡물량 대비 생산물 총중량과의 관계인 mass balance를 나타낸 것임
- 표 3-1-68에서 알 수 있듯이 벼를 투입하여 생산되는 현미 중량은 벼 중량의 약 80.6%(77.2~82.8%)수준이었고, 왕겨 중량은 투입되는 벼 중량의 약 16.2%(14.8~17.9%)수준이었음. RPC에 따라 벼 중량에 대한 현미 중량비율의 차이는 최대 5.6%, 왕겨 중량비율의 차이는 최대 3.1%를 나타내었는데, 주요 원인은 제3절의 연도별 현미정립비율의 변화에서도 알 수 있듯이 결실을 및 품종차

이와 감모율 등인 것으로 판단되었음

- 표 3-1-68의 부산물에 포함된 현미 비정립은 입선별기 및 색채선별기에서 선별된 것으로서 이를 현미중량으로 포함할 경우에는 현미 중량비율은 약 82.1%가 됨. 이는 입선별기 및 현미색채선별기 등 현미부에 설치된 선별기의 종류 및 성능 등에 따라서도 현미중량비는 다소 차이가 발생할 수 있다는 것을 의미함

표 3-1-68. 제2세대 RPC 현미부에서의 mass balance

대상 RPC	소재지	투입 벼 중량비율 (%)	생산물 중량비율(%)					감모율
			계	현미	부산물			
					소계	왕겨	비정립	
1	강원	100	100	82.1	16.7	15.3	1.4	1.20
2	경기	100	100	80.8	18.0	17.9	0.1	1.19
3	충북	100	100	79.8	17.1	15.6	1.5	3.09
4	충남	100	100	81.1	17.4	15.8	1.6	1.45
5	충남	100	100	82.8	16.8	16.2	0.6	0.40
6	전북	100	100	79.7	19.2	16.9	2.3	1.05
7	전북	100	100	79.9	19.0	16.0	3.0	1.18
8	전북	100	100	81.0	18.5	16.4	2.2	0.42
9	전남	100	100	77.3	21.5	17.8	3.7	1.15
10	전남	100	100	82.0	15.5	15.4	0.0	2.53
11	경북	100	100	77.2	18.0	14.8	3.2	4.80
12	경북	100	100	80.8	18.0	17.9	0.1	1.19
13	경북	100	100	82.0	16.9	15.7	1.1	1.18
14	경남	100	100	81.7	15.6	15.1	0.5	2.67
평균		100	100	80.6	17.7	16.2	1.5	1.68
최대		100	100	82.8	21.5	17.9	3.7	4.80
최소		100	100	77.2	15.5	14.8	0.0	0.40

- 한편, 백미의 백도를 평균 40.3(40.0~41.1)로 가공하였을 때, 백미중량비율 즉, 정백수율(백미중량/현미중량×100)은 평균 86.8%(82.8~89.0%)로서 RPC에 따라서는 정백수율차이가 최대 6.2%가 발생되는 것을 알 수 있었으며, 현미 중량비율이 벼 중량의 80.6%임을 감안할 때 도정수율은 최대 5.0%까지 차이가 발생하고 있었으며, 주요 원인은 현미정립비율, 도정도 및 감모율 등으로 판단되었음

표 3-1-69. 제2세대 RPC 백미부에서의 mass balance

대상 RPC	소재지	투입현미 증량비율 (%)	백미 백도	생산물 증량비율(%)						
				계	백미	부산물				감모율
						소계	미강	싸라기	불량품	
1	강원	100	40.1	100	88.1	11.4	8.7	0.7	2.0	0.40
2	경기	100	40.0	100	87.1	12.4	10.4	0.9	1.1	0.50
3	충북	100	40.5	100	82.8	13.9	12.8	0.3	0.7	3.26
4	충남	100	40.1	100	88.2	9.4	7.6	0.1	1.7	2.29
5	충남	100	40.6	100	88.5	10.0	8.5	0.8	0.7	1.47
6	전북	100	40.3	100	86.2	13.4	12.1	0.7	0.5	0.43
7	전북	100	40.2	100	87.5	11.9	11.4	0.2	0.3	0.69
8	전북	100	40.4	100	84.1	15.2	8.4	0.5	6.3	0.68
9	전남	100	40.4	100	84.3	14.4	9.4	0.8	4.2	1.35
10	전남	100	41.1	100	89.0	10.3	8.7	0.8	0.9	0.69
11	경북	100	40.2	100	88.8	9.3	5.4	1.8	2.1	1.90
12	경북	100	40.3	100	87.1	12.4	10.4	0.9	1.1	0.52
13	경북	100	40.0	100	85.7	12.6	10.1	1.4	1.1	1.71
14	경남	100	40.0	100	88.2	11.2	10.4	0.2	0.5	0.61
평균 (버기준)		100	40.3	100	86.8	12.0	9.6	0.7	1.7	1.18 (0.95)
최 대		100	41.1	100	89.0	15.2	12.8	1.8	6.3	3.26
최 소		100	40.0	100	82.8	9.3	5.4	0.1	0.3	0.40

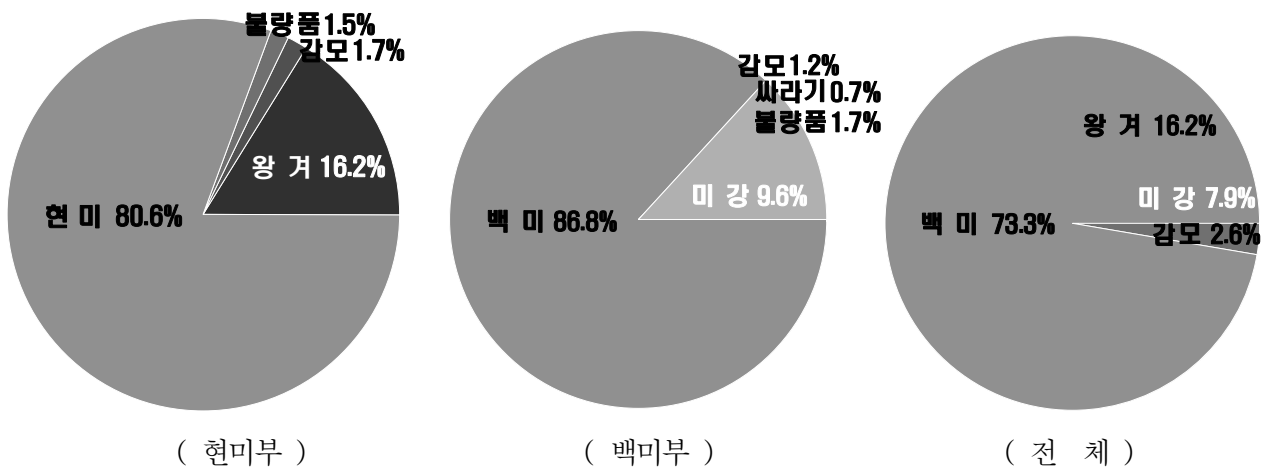


그림 3-1-27. 제2세대 RPC 가공공정에서 현미부, 백미부 및 전체공정에서 생산물의 조성비

- 표 3-1-69의 부산물에 포함된 싸라기 및 불량품은 체선별기(로터리쉬프트, 진동선별체 등)와 색채선별기에서 선별된 것으로서 이를 백미중량으로 포함할 경우에는 백미 중량비율은 약 89.2%가 되었으며, 이상적인 도정조건에서 백도 40일 때 정백수율은 90.5%수준이라는 김 등(2005)의 결과에 비해 약 0.7%정도가 적었음. 체선별기 및 색채선별기의 등 백미부에 설치된 선별기의 종류 및 성능 등에 따라서도 백미 중량비율에는 다소 차이가 발생할 수 있었음
- 현미부에서 감모량은 평균 1.68%(0.40~4.80%)이었고, 백미부에서 감모량은 평균 1.18%(0.40~3.26%)이었으며, 현미 중량비율이 평균 80.6%이었으므로 백미부 감모를 원료 벼 기준으로 환산하면 평균 0.95%(0.32~2.63%)정도임. 따라서 현미부 및 백미부 등 가공공정 전체적으로 감모량은 평균 2.63%(0.72~7.43%)이었음
- RPC 가공공정에서의 감모는 계량되지 않는 증발되는 수분, 대기로 방출되는 분진 및 폐기물 등에 의해 발생하였으며, 특히, 제2세대 RPC는 위생 및 안정성의 측면에서 단위기계는 물론 모든 이송기기 및 보조탱크에 집진관을 연결하여 집진하고 있었으며, 현미기, 현미분리기 및 현미색채선별기의 보조탱크 이전에는 aspirator를 설치하는 등 과도한 집진으로 인해 감모량이 크게 나타난 것으로 판단되었음
- 따라서 제2세대 RPC 가공공정에서의 mass balance에 대한 분석결과, 벼를 백미로 가공할 때 생산물에 대한 조성비는 백미 73.3%, 왕겨 16.2%, 미강 7.9%, 감모 2.6%수준이었으며, 입선별기 및 현미색채선별기에서 제거된 현미중의 비정립을 제외하고 가공할 경우, 백미 70.0%, 왕겨 16.2%, 미강 7.8%, 싸라기 등 비정상립 1.9%, 감모 2.6% 수준이며, 이 때 현미 정립의 생산비율이 80.6%이므로 정백수율은 86.8%수준이었음
- 현재까지 사용되고 있는 벼와 생산물의 조성비에 대해서는 농협 미곡종합처리장 설계기준(2000, 농협중앙회), 한국식품연구원의 이상적인 가공능력 산정기준(2007, 한국식품연구원) 등이 제시되어 있었으나 이 결과는 감모를 포함하고 있지 않아 본 연구의 결과와는 다소 차이가 있었으며, 이 결과는 농협중앙회의 감모관련 과제(김 등, 2012)와 결과를 공유한다는 것을 밝혀 둠
- 특히, 감모를 감안할 때 과거의 조성비와 가장 차이가 나는 것은 왕겨중량비는 감소하였지만 미강중량비가 증가한 것으로서, 이는 과거에 RPC에서 도정기준 없이 도정기사의 경험에 의존하였던 관행이 농협RPC 도정기준(백도 40)에 맞춰 도정한 것도 주요 원인중 하나로 판단되었음

표 3-1-70. 벼와 생산물의 조성비에 대한 결과 비교

구 분		원료 및 생산물의 조성비(%)			비 고	
		농협 미곡종합처리장 설계기준(농협중 양회, 2000)	이상적인 가공능력 산정기준(식품연, 2007)	본 연구결과		
				비정(상)립 비고려		비정(상)립 고려
벼 중량비		100	100	100	100	
현미 중량비	정립	80.0	80.0	82.1	80.6	
	비정립				1.5	
왕겨중량비		20.0	20.0	16.2	16.2	
미강중량비		6.4	7.6	7.9	7.8	
백미 중량비	정상립	73.6	72.4	73.3	70.0	
	비정상립				1.9	
감 모		-	-	2.6	2.6	
소 계		100	100	100	100	

### 나) 제2세대 RPC 가공공정의 품질목표 설정

- 다음 표 3-1-71, 표 3-1-72는 18개소의 제2세대 RPC 가공공정에서 측정된 품질을 현미부와 백미부로 구분하여 정리한 것임. 표에서 알 수 있듯이 현미부는 종합정선(종합정선기), 제현(현미기), 현미분리(현미분리기), 석발(현미석발기), 크기선별(입선별기), 칼라선별(색채선별기) 등 총 6개 주요 공정으로 구성되어 있었으며, 주요 단위공정 성능인자는 이물질정선율 등 8가지이었음. 한편, 백미부는 정미(정미시스템), 싸라기선별(로터리쉬프트, 진동체선별기), 칼라선별(색채선별기), 완전미선별(흡선별기, 색채선별기) 등 5개 공정으로 구성되어 있었으며, 주요 단위공정 성능인자는 정백수율 등 10가지였음
- 표에서 알 수 있듯이 18개소 제2세대 RPC 가공시설의 단위공정 성능에서 가장 큰 특징은 RPC에 따라 단위공정 성능에 지나치게 큰 차이가 발생하고 있다는 부분임. 이와 같은 공정성능의 차이는 최종적으로 생산되는 백미의 정백수율 등에 큰 영향을 미치는데, 18개소 정백수율이 평균 89.9%로서 최소와 최대간에 1.5%(89.1~90.6%)의 차이가 발생하고 있었고, 싸라기율도 평균 2.8%로서 최소와 최대차이가 3.2%(1.2~4.4%), 미강중 잔싸라기의 함량도 평균 4.4%로 최소와 최대차이가 21.7%(0.0~21.7%)로서 미강이 전체 벼중에서 차지하는 중량비를 감안할 때 2.3%(21.7%×10.5%, 미강중 잔싸라기 중량비 차이×미강이 전체 벼중량에서 차지하는 비율)의 수율차이가 발생하는 등 브랜드경영체에 따라 큰 차이를 나타내고 있었음



- 표 3-1-71의 현미부의 경우 종합정선기의 이물질정선율은 평균 64.4%인데 비해 최소 및 최대차이는 88.2%(4.5~92.7%)에 달하고 있었으며, 이와 같은 경향은 현미분리, 석발, 크기선별, 색채선별 등 거의 모든 현미부 단위공정에서 유사한 경향을 나타내었음
- 한편, 백미부의 경우도 로터리쉬프트의 싸라기선별율은 평균 35.2%인데 비해 최소 및 최대차이는 94.4%(2.5~96.9%)에 달하고 있었으며, 이와 같은 경향은 정미, 싸라기선별, 색채선별, 완전미선별 등 거의 모든 백미부 공정에서 유사한 경향을 나타내었음
- 이와 같은 단위공정의 성능저하는 결국 도정수율의 저하, 품질(도정편차, 상처발생 등) 및 품위저하로 나타나게 되고 고품질쌀 브랜드육성사업의 성공적인 추진에 장애요인이 될 수 있음. 통상적으로 18개소 제2세대 RPC 가공시설현대화에 사용된 단위기계의 제조업체가 극히 한정되어 있고, 동일 단위기계의 성능이 브랜드경영체에 따라 차이가 발생하는 점을 감안할 때 단위기계의 자체 성능보다는 운영조건의 미정립, 집진 등 부대시설과의 연계체계 미흡 등이 주요 원인으로 판단되었음
- 따라서 제2세대 RPC 가공공정에서 각 공정별 성능기준의 정립이 필요하다는 것을 알 수 있었으며, 정립된 성능기준에 적합하도록 운영조건의 개선, 집진 등의 부대시설 설치가 필요함을 알 수 있었음

표 3-1-71. 제2세대 RPC 가공시설의 현미부 주요 단위공정의 성능

대상 RPC	종합 정선	제현	현미분리		석발	크기선별 (입선별)	칼라선별(색채선별)	
	이물질 정선율 (%)	탈부율 (%)	현미분리기 재투입 현미 비율(%)	현미기 재투입 현미 비율(%)	이물질중 현미비율 (%)	비정립 선별율 (%)	비정립 선별율 (%)	불량품중 정품비율 (%)
A	67.4	94.4	97.4	77.6	98.2	2.6	11.2	5.7
	54.4	92.7	75.6	46.7	98.3	5.9	19.5	11.7
B	70.7	86.9	85.2	38.2	51.8	17.8	16.6	2.1
C	76.2	88.9	95.7	52.7	3.8	8.6	4.4	18.6
D	66.4	92.5	77.1	31.6	배출이물질 없음	4.2	사용안함 (현미출하용)	사용안함 (현미출하용)
	89.4	95.6	97.8	47.2		5.4		
E	64.3	95.7	98.0	83.8	96.9	16.8	없음	없음
		94.9						
	67.0	98.2	83.8	48.9		21.0		
	96.1							
F	81.3	85.4	93.2	62.9	99.4	16.8	19.1	3.8
		88.5						
G	69.9	95.9	99.0	90.0	38.5	77.3	가동안함	가동안함
	22.7	92.2	97.4	76.5	86.3			
			40.5	9.2	0.0	70.2		
90.2	95.1	28.8	29.1	0.1				
I	43.6	88.8	96.7	60.0	85.0	89.5	66.4	29.9
		93.8						9.2
J	56.3	95.8	97.8	81.4	0.0	16.5	64.4	8.6
							66.2	6.3
K	15.4	93.1	87.3	64.1	97.5	71.9	34.2	3.8
								8.3
L	65.3	97.0	99.2	90.9	28.1	65.7	43.5	46.9
	86.7	97.0	98.2	79.4		54.5		
M	4.5	94.2	95.0	62.9	59.8	48.6	24.5	71.8
N	46.4	85.5	92.5	40.3	85.8	80.8	82.7	6.3
	64.1	88.9	89.7	46.5	96.5		33.6	배출이물질 없음
O	87.8	87.0	73.0	19.5	19.9	44.1	72.2	23.7
	76.9	97.5	75.0	12.8	15.4			
P	83.0	98.1	94.5	25.2	2.2	78.1	12.6	13.1
Q	59.1	96.8	95.1	86.4	99.1	62.9	57.1	71.9
	58.3	97.4	98.0	91.5	97.2	65.7		
R	70.0	96.5	73.1	32.3	95.0	54.9	44.1	2.1
평균	64.4	93.3	70.8	55.1	58.9	42.6	39.5	19.1
최대	92.7	98.2	99.2	91.5	99.4	89.5	82.7	71.9
최소	4.5	85.4	28.8	9.2	0.0	2.6	4.4	2.1

표 3-1-72. 제2세대 RPC 가공시설의 백미부 주요 단위공정의 성능

대상 RPC	정미				싸라기선별		색채선별		완전미선별		미강중 잔싸라기 (%)
	싸라기 기율 (%)	정백 수율 (%)	최종 쌀의 도정 편차	최종쌀 표면에서 상처발생 여부(%)	로터리 쉬프트 싸라기 선별율(%)	진동체 선별기 싸라기 선별율(%)	불량품 선별율 (%)	불량품중 정품비율 (%)	싸라기 선별율 (%)	싸라기중 정립비율 (%)	
A	2.3	89.9	2.7	48.0	5.1	가동 안함	27.1	25.8	없음	없음	5.3
	2.2	90.0	3.1	64.0	3.0		36.4	3.8/21.5/31.5			6.3
B	1.2	89.5	4.9	28.0	16.3	21.2	12.5	10.0/11.9/12.9	46.6	13.1	2.4
			5.4	28.0		39.0					
C	3.1	90.1	4.7	20.0	20.6	21.6	81.0	7.5/35.4/20.3	없음	없음	2.5
	3.4			20.0			22.4				
D	3.3	90.0	4.5	76.0	없음	22.1	29.0	5.1/15.0	18.4	4.6	0.01
				80.0		18.1					
E	3.3	89.2	4.2	80.0	23.1	가동 안함	4.0	48.1 (이물합쳐짐)	없음	없음	4.3
	4.4	89.1	4.0	72.0			5.9				
F	3.8	89.7	4.1	88.0	21.7	27.6	14.4	3.6/11.4	6.0	47.8	10.7
G	1.6	90.0	5.4	56.0	2.5	24.8	58.0	7.9/5.0/ 4.8/17.8	없음	없음	-
	2.1	90.0	5.1	68.0	20.1		61.9				
	2.2	90.1	5.2	52.0	24.0		72.7				
H	3.6	89.8	12.7	52.0	6.0	가동 안함	17.7	3.4/26.3	없음	없음	3.9
	3.3	89.8	15.2	48.0	31.0		32.9	14.1/13.3			
I	1.9	89.6	2.2	92.0	62.0	43.2	91.9	60.1/50.9	없음	없음	21.7
J	4.0	89.7	1.2	54.0	없음	100.0	87.9	3.0	47.7	15.0	0.6
		89.8	1.4			24.8		5.9			
						80.4					
K	4.4	89.9	1.9	16.0	없음	51.4	30.0	5.4/37.6	없음	없음	3.5
			2.0	20.0		100.0					
						80.7					
L	2.3	89.4	3.4	72.0	24.1	0.0	17.6	58.1/47.6	31.6	19.1	0.9
	2.8	89.2	3.0	68.0	25.2	0.0	15.5	30.9/40.1			
M	3.9	89.7	1.8	92.0	38.7	37.2	96.7	5.0/9.3	99.5	65.3	0.02
N	2.5	90.6	3.4	68.0	45.7	70.8	44.0	5.5/9.1	60.0	13.9	1.0/0.8
	2.6	90.6	3.2	36.0	44.5	73.3	47.6	1.5			
O	1.3	90.4	4.9	24.0	73.2	6.2	37.3	2.1/1.6	87.1	2.0	6.5
	1.6	90.4	3.4	28.0	96.9		36.8	11.3/0.9			
P	2.5	90.5	1.9	8.0	93.4	71.8	100.0	5.4/4.8	없음	없음	3.5
	2.6	90.3	1.6	4.0							
Q	2.8	89.9	0.8	8.0	없음	71.0	85.9	8.6/12.1	38.9	6.2	2.2
			0.9	4.0		72.8					
						65.2					
R	3.4	90.3	2.0	30.0	90.0	28.3	39.1	6.3/7.0	72.5	16.7	7.0
평균	2.8	89.9	3.9	47.0	35.2	46.1	42.5	16.4	50.8	20.4	4.4
최대	4.4	90.6	15.2	92.0	96.9	100.0	100.0	60.1	99.5	65.3	21.7
최소	1.2	89.1	0.8	4.0	2.5	0.0	4.0	0.9	6.0	2.0	0.0

### ① 현미공정 품질목표

- 종합정선기는 “진공식 현미석발기”와 동일한 형태가 대부분 설치되고 있었으며, 성능항목인 이물질정선율에 영향을 미치는 인자는 투입구에서 선별판으로 원료의 균일공급 여부, 적정 흡인송풍량 유지, 선별판의 청결여부 등을 들 수 있었음. 원료 균일공급을 위해 투입방법이 개선되고 있었으며, 적정 흡인송풍량을 유지하기 위해 집진부분에 by-pass관이 부착되는 등의 노력이 진행되고 있었으나 아직까지 적정 흡인송풍량에 대한 객관적인 기준설정이 부족하므로 최저 하한은 55.0%, 1차목표는 70.0%, 2차목표는 85.0%로 설정하였음

표 3-1-73. 제2세대 RPC 현미부의 품질목표

구분	단위공정	제1세대 RPC 측정치(85개소)			RPC 측정치				현장성능 평가 목표치	품질목표		
		평균	상위 3개소 평균	하위 3개소 평균	측정수	평균	최대	최소		2차	1차	기준
종합 정선	이물질 정선율 (%)	34.1	93.7	2.0	26	64.4	92.7	4.5	60 이상	85.0 이상	70.0	55.0
제현	탈부율 (%)	86.9	98.9	61.4	30	93.3	98.2	85.4	95 이상	96.0 이상	94.5	93.0
현미 분리	현미분리기 재투입현미 비율(%)	90.9	63.7	99.6	27	70.8	99.2	28.8	60 이하	45.0 이하	55.0	65.0
	현미기 재투입현미 비율(%)	68.7	22.1	95.1	27	55.1	91.5	9.2	30 이하	30.0 이하	40.0	50.0
현미 석발	이물질중 현미비율 (%)	59.3	3.9	99.8	23	58.9	99.4	0	30 이하	10.0 이하	20.0	30.0
입선별	비정립 선별율 (%)	13.1	67.3	0.1	23	42.6	89.5	2.6	40 이상	80.0 이상	75.0	70.0
현미 색채 선별	비정립 선별율 (%)	15.3	-	-	17	39.55	82.7	4.4	85 이상	85.0 이상	70.0	55.0
	불량품중 정품비율 (%)	18.3	-	-	18	19.1	71.9	2.1	15 이하	10.0 이하	20.0	30.0

- 현미기는 자동압력조절식 고무롤러현미기가 설치되고 있었으며, 성능항목인 탈부율에 영향을 미치는 인자는 고무롤러 길이방향에 대한 원료의 균일공급, 원료의 함수율 및 곡은 등을 들 수 있었음. 원료 균일공급을 위해 채널방식이 주로 사용되었으나, 최근에는 vibrator가 적용된 현미기가 출시되고 있어 탈부율이 크게 향상되고 있으므로 최저 하한은 93.0%, 1차목표는 94.5%, 2차목표는 96.0%이상으로 설정하였음
- 현미분리기는 현미와 벼의 방향이 같은 방향으로 이동하는 요동식(oscillating type 또는 Satake타입이라고도 함)이 설치되고 있었으며, 현미분리기에서 선별된 벼는 현미기로, 벼+현미는 현미분리기로 되돌림하게 되므로 벼에 혼입된 현미가 많을수록 현미기에서 동할 및 싸라기발생 가능성이 높음. 따라서 성능은 되돌림되는 곡물에 혼입된 현미비율이 낮을수록 우수한 성능을 나타내게 되는데 선별관의 특징과 청소상태 및 곡물의 구분 등의 운영조건에 영향을 받게 됨. 최근 곡물의 구분칸을 자유롭게 조절할 수 있도록 시스템이 개선되어 성능도 획기적으로 상승하고 있음. 따라서 현미기로 재투입되는 곡물중 현미비율의 최저 하한은 50.0%, 1차목표는 40.0%, 2차목표는 30.0%이하로 설정하였음
- 현미석발기는 종합정선기와 동일하게 진공식을 사용하고 있었으나, 현미중에 혼입된 돌의 중량비가 측정 가능한 범위보다 낮은 상태로서 김 등(1999)의 연구결과에 의하면 이물질중 현미비율이 낮은 석발기의 현미석발율이 높다는 결과를 참고하여 성능인자는 현미석발율이 아닌 이물질중 현미비율로 결정하고 최저 하한은 30.0%, 1차목표는 20.0%, 2차목표는 10.0%이하로 설정하였음
- 입선별기는 현미 정립과 비정립의 두께차이를 이용하여 선별망을 이용하여 선별하고 있었으며, 비정립의 강도가 정립보다 낮아 가공과정중 쉽게 싸라기로 되거나 가루로 되어 미강과 같이 배출됨에 따라 도정특성에 큰 영향을 미치므로 최근에는 선별망 크기가 서로 다른 선별체를 2중으로 설치하는 방식이 권장되고 있음. 사용하는 선별망의 크기가 각기 다르므로 동일 선별체를 이용하는 표준계측 방법에 의거하여 최저 하한은 70.0%, 1차목표는 75.0%, 2차목표는 80.0%이상으로 설정하였음
- 현미색채선별기는 주로 센서로는 photo diode나 CCD camera를, 광원으로는 LED 등이 사용되고 있었고, 동일 채널당 백미석발기에 비해 약 5~20%정도 처리능력이 적었으며, 주요 성능인자는 비정립선별율과 선별된 불량품중 정품비율 등 2가지이었음. 비정립선별율의 최저 하한은 55.0%, 1차목표는 70.0%, 2차목표는 85.0%이상이었으며, 불량품중 정품비율의 최저 하한은 30.0%, 1차목표는 20.0%, 2차목표는 10.0%이하로 설정하였음

## ② 백미공정 품질목표

- 정미시스템은 주로 1연삭+1마찰(2마찰)+1연미방식, 횡형과 입형, 습식연미기와 건식연미기 등이 혼합되어 설치되고 있었으며, 성능인자로는 백도, 싸라기율, 정백수율, 1단 및 최종쌀의 도정편차, 최종쌀 표면에서의 상처 등 6가지 인자가 적용되고 있었음. 그러나 농협중앙회의 도정기준에 백도 40을 기준으로 하고 있어 백도조건은 실험조건으로 변경하고, 1단에서의 도정편차는 정백수율의 변화를 주는 요인중 하나이므로 실제 성능인자는 4가지 향으로 설정하였음

표 3-1-74. 제2세대 RPC 백미부의 품질목표

구분	단위공정	제1세대RPC 측정치(85개소)			제2세대 RPC 측정치				현장성 능평가 목표치	품질목표		
		평균	상위 3개소 평균	하위 3개소 평균	측정수	평균	최대	최소		2차	1차	기준
정미	백 도	39.9	-	-	31	40.5	41.9	39.6	40±1	항목제외(실험조건)		
	싸라기율(%)	5.7	1.1	14.7	29	2.8	4.4	1.2	3.5 이하	2.0 이하	2.5	3.0
	정백수율(%)	89.5	92	84.6	29	89.9	90.6	89.1	90.5 수준	90.5 이상	90.0	89.5
	1단의 도정편차(%)	35.3	3.6	67.4	20	39.1	62.8	10.1	15 이하	항목제외 (정백수율에 포함)		
	최종 쌀의 도정편차(%)	2.8	0.8	6.6	31	3.9	15.2	0.8	1.0 이하	1.0 이하	2.0	3.0
	최종 쌀 표면에서 상처발생(%)	33.1	8.0	81.3	16	39.0	92.0	4.0	없어야 함	15.0 이하	20.0	25.0
싸라기 선별	로터리쉬프터 싸라기선별율 (%)	20.8	55.6	0.1	22	35.2	96.9	2.5	60 이상	80.0 이상	75.0	70.0
	진동체선별기 싸라기선별율 (%)	14.5	25.7	4.7	25	46.1	100.0	0.0	60 이상	80.0 이상	75.0	70.0
백미 석발	이물질중 백미비율 (%)	77.7	-	-	-	-	-	-	20 이하	10.0 이하	20.0	30.0
색채 선별	불량품 선별율(%)	18.6	62.0	0.1	16	31.5	81.0	4.0	85 이상	90.0 이상	85.0	80.0
	불량품 중 정품비율(%)	18.1	1.8	62.5	48	16.4	60.1	0.9	15 이하	10.0 이하	15.0	20.0
완전미 선별	싸라기 선별율(%)	-	-	-	10	50.8	99.5	6.0	60 이상	80.0 이상	70.0	60.0
	싸라기중 정상립비율 (%)	-	-	-	10	20.4	65.3	2.0	15 이하	15.0 이하	20.0	25.0

- 싸라기율은 정상립 싸라기만을 대상으로 하되, 도정압력 및 집진상태, 원료의 함수율, 동할율 및 곡 온에 따라 결정되는데 현미 동할율에 따라 보정계수를 적용하며, 최저 하한은 3.0%, 1차목표는 2.5%, 2차목표는 2.0%이하로 설정하였음. 또한, 정백수율은 도정편차, 쌀표면 상태는 물론 집진에 따른 수분증발 등이 주요 원인으로 도정편차의 측정 및 도정배분의 조절, 각 단에 정압계 및 댐퍼를 설치하여 적정 집진량을 준수하면서 일정 수준 이상이 기대되고 있어 최저 하한은 89.5%, 1차목표는 90.0%, 2차목표는 90.5%이상으로 설정하였음
- 최종쌀의 도정편차 즉, CBB index차이는 주로 부적절한 도정배분이 원인이며, 1단에서 도정편차가 클 경우 통상 최종단에서도 도정편차가 크게 나타나 제품의 외관품질 및 식미를 저하하게 되는 특징이 있어 최저 하한은 3.0%, 1차목표는 2.0%, 2차목표는 1.0%이하로 설정하였음. 또한, 최종쌀 표면에서의 상처는 정백수율, 쌀 표면에서의 백화현상 등의 주요 원인중 하나로서, 주로 연삭에서 상처가 많이 발생한 다음, 마찰, 연미과정을 거치면서 점차 줄어드는 경향을 나타내는데, 시스템이 불균형적으로 설치되거나, 연삭돌 및 금망형태가 비정상적일 때 주로 발생하고 있으며, 최저 하한은 25.0%, 1차목표는 20.0%, 2차목표는 15.0%이하로 설정하였음
- 싸라기 선별을 위해 주로 사용되는 선별기는 크기 선별기로서 로터리쉬프트와 진동체선별기가 대표적이며, 정미시스템 직후에는 로터리쉬프트가, 포장직전에는 진동체선별기가 주로 사용되고 있음. 선별율은 주로 선별체와 곡물의 접촉면적, 청소상태 등에 따라 달라지는데 선별체와 동일한 크기의 선별체를 이용한 표준측정방법을 사용할 때 최저 하한은 70.0%, 1차목표는 75.0%, 2차목표는 80.0% 이상으로 설정하였음
- 백미부에 설치된 색채선별기는 주로 2단으로 설치하여 1단에서는 유색립, 2단에서는 쌀과 동일하거나 투명한 곡립 및 플라스틱과 같은 이물질을 선별하고 있는데, 1단은 주로 현미색채선별기와 유사한 센서 및 광원이, 2단은 NIR센서 및 할로겐램프를 1단의 센서와 램프를 같이 사용하고 있었으며, 통상 백미부에 설치된 색채선별기의 처리능력이 현미부에 비해 약 5~20%정도 높았고, 선별율도 높음. 비정상립선별율의 최저 하한은 80.0%, 1차목표는 85.0%, 2차목표는 90.0%이상이었으며, 불량품중 정품비율의 최저 하한은 20.0%, 1차목표는 15.0%, 2차목표는 10.0%이하로 설정하였음
- 완전미선별기로는 흡선별기와, 색채선별기와 유사한 형태의 machine vision과 ejector를 사용하는 선별기가 사용되고 있는데, 흡선별기는 특히, 동절기에 미강이 흡에 부착되거나, STS로 제작이 어려운 문제가 있었으며, 색채선별기와 유사형태는 아직까지 완성도가 다소 낮은 단점이 있었음. 현재까지의 기술의 한계로 선별율의 최저 하한은 60.0%, 1차목표는 70.0%, 2차목표는 80.0%이상으로, 싸라기 중 정품비율은 최저 하한은 25.0%, 1차목표는 20.0%, 2차목표는 15.0%이하로 설정하였음

## 2) 제2세대 RPC 가공공장 설계기준개발

### 가) 에너지절감형 제2세대 RPC 가공공장

#### ① 에너지절약형 제2세대 RPC 가공공정의 구성방향

- 제1세대 RPC가 2001년까지 보급이 완료된 이후, 고품질쌀 생산으로 정책이 변환되면서 가공시설에 관해서는 완전미생산시설에 한정되어 정책지원이 실시되었으며, 이에 따라 RPC차원에서 고품질 생산에 도움이 된다는 명분으로 여러 단위기계를 설치하여 왔는데, 현미에 가수하여 수분을 높이는 현미 수분조질기, 현미에 고압을 방전하여 식미를 개선한다는 단위기계 등이 대표적이라고 할 수 있고, 사일로에 고온의 공기를 지속적으로 공급하면서 건조된 벼를 배출하는 연속식빈건조기 등도 일부 지역에 집중적으로 보급되었으나, 현재는 이들 단위기계중 제2세대 RPC에 일반적으로 사용되는 단위기계는 없음
- 2002년부터 고품질 쌀 생산으로 정부정책이 전환되면서 가공공정에 관한 연구가 진행되었으나 새로운 공정보다는 기존 공정에서 불필요한 공정의 탈락, 도정기술의 정립에 따른 기본공정의 강화가 큰 추세이었으며, 소비자의 needs의 변화에 따른 GAP 농산물우수관리시설기준의 설정, 이력추적 및 재고관리의 강화를 위한 자동수율 및 재고관리시스템의 도입 등에 따른 공정개선이 주를 이루었음
- 본 연구에서는 제1세대 RPC에서부터 제2세대 RPC의 도입까지의 제반 공정변화와, 소비자의 needs의 변화를 반영하면서 정부의 고품질쌀 브랜드육성사업의 지원목적에 부합되는 에너지절약형 가공공정을 다음과 같이 구성하였음
- 에너지절감형 제2세대 RPC 가공공정의 구성방향은 다음과 같음
  - ㉠ 정부의 “고품질쌀 브랜드육성사업(가공시설현대화)”지원목적에 부합되는 시설방향
  - ㉡ 브랜드경영체가 쌀 산업여건 변화에 효과적으로 대응할 수 있는 시설방향
    - 1) 연간 균일한 품질의 브랜드쌀 생산이 가능한 시설
    - 2) 소비자 needs 및 GAP 농산물우수관리시설기준에 적합한 시설
    - 3) 품종별, 원료별 구분 작업이 가능한 시설
    - 4) 도정수율 저하를 최소화할 수 있는 시설
    - 5) 작업동선 및 운영관리가 편리한 시설
    - 6) 에너지 및 투자비용이 최소화되는 시설

#### ② 가공시설의 처리능력

- 가공시설 처리능력 : 5~10톤/시간 이상(생산되는 제품 및 선별되는 비정(상)립 포함)
- 처리능력 산정기준
  - 1일 가공시간기준 : 16시간, 연간 200일 가동
  - 현미부 처리능력 산정기준 : 제현율 82.1% 기준(원료 벼의 82%)



- 백미부 처리능력 산정기준 : 도정도 86.8%(백도 40) 기준(현미의 88.6%)

### ③ 가공시설의 주요공정구성

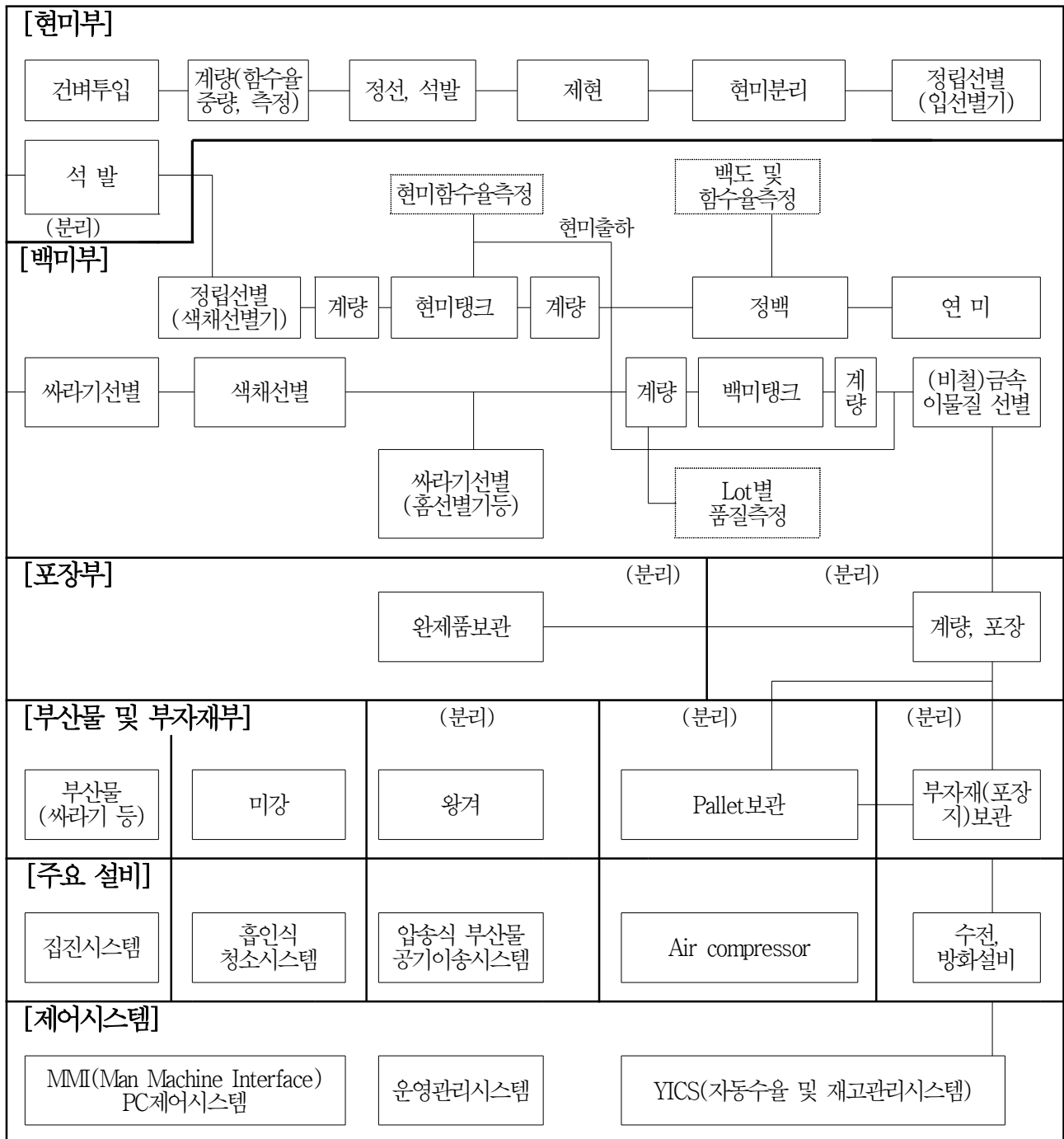


그림 3-1-28. 에너지절약형 제2세대 RPC의 기본 가공공정

○ 가공공정은 현미부, 백미부, 포장부 등 3가지의 주요부분과 부산물 및 부자재부, 주요설비 및 제어시스템으로 구성되며, 제1세대 RPC 가공공정을 정의한 농협중앙회의 미곡종합처리장설계기준에 다음과 같은 공정이 추가되었음

- GAP 농산물우수관리시설기준에 의한 ㉠ 공정별 구획, ㉡ pallet와 포장지보관공간의 분리, ㉢ 비철금속 및 이물질선별공정, ㉣ 압송식 공기이송(Pneumatic conveying)을 이용한 부산물 이송공정, ㉤ 흡인식 청소시스템의 도입
- 이력추적 및 효율적인 운전관리를 위한 ㉥ YICS, ㉦ 중량이 변화할 수 있는 지점의 계량기 설치 및 ㉧ MMI PC제어시스템의 도입 등이 추가, ㉨ 로봇적재기의 도입 등을 들 수 있음
- 한편, 최근 대형유통업체에 납품하는 제2세대 RPC를 중심으로 머리카락 등 이물질선별을 위한 풍력 선별기를 추가로 설치하고 있었으며, 이와 같은 소비자의 needs를 반영하여 계량포장 이전에 (비철) 금속 및 이물질선별 항에 선택적 사용이 가능하도록 하였으며, 품질측정과 관련하여 현미탱크 이후 및 정백공정이전에는 현미의 함수율을 측정하고, 백미탱크 투입전에 백미의 품질 및 품위(함수율, 백도, CBB index, 단백질함량 등)을 측정하여 관리하도록 구성하였음
- 이상과 같이 소비자의 needs에 적합하면서 효율적인 운영관리를 도모하기 위해 도입한 제반공정을 포함하여 구성한 제2세대 RPC의 에너지절약형 기본 가공공정은 그림 3-1-28과 같았음

#### ④ 에너지절감형 가공공정의 GAP 농산물우수관리시설기준(안)

- 제2세대 RPC의 보급과 함께 GAP 농산물우수관리시설기준은 의무사항으로 적용되어 왔으나, 천정과 벽체의 H빔의 노출문제, 지역적인 해석차이 등으로 인해 APC와 별도의 RPC에 대한 시설기준의 필요성이 꾸준히 제기되었음
- 이에 본 연구에서도 그림 3-1-28과 같은 제2세대 RPC의 기본 가공공정에서 전술한 각 가공공정의 품질목표를 달성하기 위해 RPC에 적합한 GAP 농산물우수관리시설기준의 정립 필요성을 느꼈으며, 정부의 요청에 의해 초안을 작성하여 유관기관과의 협의를 거쳤으며, 그 결과를 본 연구항에 정리하였음
- 이를 위해 먼저, RPC 각 공정중에 고려해야할 위해인자를 HACCP의 분류와 동일하게 생물학적(Biological), 물리적(Physical), 화학적(Chemical) 위해인자로 구분하고, 이 중에서 시설기준으로 관리해야할 인자를 선별하여, 인자별 발생원인과 대책을 정리한 결과는 다음 그림 3-1-29~3-1-31과 같았음
- 위해인자 중 용이하게 육안관리가 불가능하며, 별도의 분석장치가 필요하여 주로 HACCP관리인자가 될 수 있는 위해인자(미생물, 농약, 훈증제 등)를 제외하였으며, 위해인자의 관리에 필요한 주요대책 이외에도 RPC의 효율적인 관리를 위해 적정 조도의 유지, 습식연미기 사용용수 및 물탱크관리 등을 포함한 새로운 RPC용 GAP 농산물우수관리시설기준(안)은 다음 표 3-1-75와 같았음










구분	위해인자				
생물학적 (Biological)					
	화랑곡나방	바구미	미생물	서류 (쥐 등)	해충 (파리, 모기 등)
물리적 (Physical)					
	금속류 (쇠가루, 볼트 등)	이종곡립 (벼, 흑미 등)	머리카락	이물질 (벨트, 포장지 등)	이물질 (돌, 플라스틱 등)
					
이물질 (먼지, 녹 등)	이물질 (미강)				
화학적 (Chemical)					
	농약	훈증제			

그림 3-1-29. RPC의 농산물우수관리시설기준에서 고려해야할 위해인자

위해인자	발생원인	주 발생지점	주요대책
 화랑곡나방	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 15°C이상 장기간 보관시 발생(온도의 함수)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 벼 저장시설</li> <li>· 가공시설 중 벼 잔곡발생지점</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 벼 15°C이하 냉각저장</li> <li>· 잔곡 점검창 설치</li> <li>· 잔곡 제거시설 설치</li> </ul>
 바구미	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 15°C이상 장기간 보관시 발생(온도의 함수)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가공실중 쌀 잔곡발생지점</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 잔곡 점검창 설치</li> <li>· 잔곡 제거시설 설치</li> </ul>
 쥐 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가공실 내부 생육 또는 외부로부터 가공시설 내부로 침입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 밀폐되지 않는 출입문, 창문</li> <li>· 가공시설중 밀폐되지 않는 단위기계, 이송시설, 슈트, 탱크, Aspirator 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 출입문, 창문 밀폐</li> <li>· 단위기계(현미분리기 선별판, 왕겨풍구 등) 밀폐</li> <li>· Aspirator, 이송시설, 백미탱크 밀폐</li> </ul>
 파리, 모기, 새 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주로 외부로부터 침입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 벤치레타, 출입문, 창문 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 벤치레타 폐쇄</li> <li>· 창문 방충망설치</li> <li>· 외기도입구 필터설치</li> <li>· 완제품보관실 등 잦은 지게차 출입문은 2중문으로 설치</li> </ul>

그림 3-1-30. 생물학적 위해인자별 주요 발생원인 및 대책

위해인자	발생원인	주 발생지점	주요대책
 쇠가루, 볼트 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 단위기계 및 이송시설의 마모, 볼트 및 너트풀림</li> <li>· STS사용으로 인해 제철기에서 제거되지 않는 볼트, 너트 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가공시설의 모든 지점</li> <li>· STS(스테인리스)를 사용하는 이송시설, 백미 및 보조탱크, 슈트류 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 정미기 후 쌀 접촉부분은 내부식성(STS)으로 시공</li> <li>· 제철기 설치</li> <li>· 이물질선별망 설치</li> <li>· 비철금속제거(탐지)기 설치</li> </ul>
 이종곡립 (벼, 흑미 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 혼곡</li> <li>· 가공라인의 설치 및 개보 수시 변질</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가공시설 잔곡발생지점</li> <li>· 선별체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 잔곡 점검창 및 제거시설 설치</li> <li>· 색채선별기 설치</li> <li>· 쌀 전용시설로 활용</li> </ul>
 머리카락	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가공실 및 포장실 작업자</li> <li>· 외부에서 외기도입시 유입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 집진지점</li> <li>· 가공시설중 밀폐되지 않는 곳(정미기, 색채선별기, 포장기 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 위생복장</li> <li>· 포장실 air shower설치(권장)</li> <li>· 기류선별기 설치(권장)</li> </ul>
 이물질 (벨트, 포장지 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 버킷엘리베이터, 수평이송컨베이어의 벨트마모</li> <li>· 포장지 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 이송시설, 포장실 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 식품용 체인컨베이어 사용</li> <li>· 포장지, 완제품 등의 가공실 방치 금지</li> <li>· 기류선별기 설치(권장)</li> </ul>
 이물질 (돌, 플라스틱 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 원료곡에 혼입된 돌, 플라스틱 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 반입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 석발기, 색채선별기, 이물질선별기 설치</li> </ul>
 이물질 (먼지, 녹 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 벼 유래 먼지 및 이물질               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 논에서 오염된 흙 등</li> <li>- 벼 자체 먼지 및 이물질</li> </ul> </li> <li>· 가공실 내부 발생먼지               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가공실 바닥 발생먼지</li> <li>- 부산물, 포장재 등에서 발생먼지</li> <li>- 청소미흡으로 인한 가공시설 퇴적먼지</li> <li>- 가공시설의 녹, 페인트 조각 등 이물질</li> </ul> </li> <li>· 외부로부터 먼지유입               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 흙 등에 의해 먼지</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 벼 유래 먼지 및 이물질               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 반입부(조선기, 건조기 등)에서 다량발생</li> <li>- 현미부(현미기, 현미분리기 등)에서 발생</li> <li>- 투입구, 건조기, 미강실, 왕겨실에서 발생</li> </ul> </li> <li>· 가공실내부 발생먼지               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바닥, 벽체, 천정 등</li> <li>- 가공시설</li> <li>- 부산물 및 포장재 등</li> </ul> </li> <li>· 외부유입먼지               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 외기 도입구, 벤치레타, 출입문, 창문</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가공실의 구획               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 반입부, 가공실, 완제품보관실, 현미부, 백미부, 포장부 분리구획</li> <li>- 부산물, 포장지 등 가공실 방치금지</li> </ul> </li> <li>· 가공실내부 먼지발생방지               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바닥, 벽체, 천정관리</li> <li>- 교차오염방지(집진시설 가공실내 설치금지)</li> <li>- 청소시스템 설치</li> <li>- 이물질선별기 설치</li> </ul> </li> <li>· 외기먼지 유입방지 시설               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 왕겨실, 미강실 등 밀폐</li> <li>- 외기도입구필터설치</li> <li>- 지게차 출입문의 2중문</li> <li>- 벤치레타 폐쇄</li> </ul> </li> </ul>
 이물질(미강 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 백미탱크, 제품포장탱크에 쌓여 있는 미강배출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 포장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 백미탱크후 체선별기 설치</li> <li>· 포장전 이물질선별망 설치</li> </ul>

그림 3-1-31. 물리적 위해인자별 주요 발생원인 및 대책

표 3-1-75. RPC의 GAP 농산물우수관리시설기준(안)

시 설 기 준	
시설물	1. 곡물의 수확후 처리시설 및 완제품 보관시설이 설치된 건축물의 위치는 축산폐수·화학물질 기타 오염물질의 발생시설로부터 제품에 나쁜 영향을 주지 않도록 격리되어 있어야 한다.
건조저장시설	1. 건조 및 저장시설은 잔곡이 발생되지 않거나, 잔곡 청소가 가능한 구조로 설치되어야 한다. 2. 저장시설에는 통풍, 냉각 등 곡온을 낮출 수 있는 장치 및 곡온을 측정할 수 있는 온도장치가 설치되어야 하며, 곡온을 점검할 수 있어야 한다. 3. 저장시설은 쥐 등이 침입할 수 없는 구조이어야 하며, 저장시설내에는 농약 등 곡물에 나쁜 영향을 미칠 수 있는 물질이 곡물과 같이 보관되지 않아야 한다.
가공실	1. 원료 곡물을 가공하여 포장하는 가공실은 반입, 건조 및 저장시설은 물론 부산물 실과 격리되거나 칸막이 등으로 구획되어야 한다. 2. 쌀 가공실은 현미부, 백미부, 포장부, 완제품보관부, 포장재보관부가 각각 격리되거나 칸막이 등으로 구획되어야 한다. 3. 가공실의 바닥은 하중과 충격에 잘 견디는 견고한 재질이어야 하며, 파여 있거나 심하게 갈라진 틈이나 구멍이 없어야 한다. 4. 가공실의 내벽과 천장은 곡물에 나쁜 영향을 주지 않는 자재가 사용되어야 하며, 먼지 등이 쌓이거나 미생물 등이 번식하지 않게 청소가 가능한 구조로 설치되어야 한다. 5. 가공실의 출입문은 견고하고 밀폐가 가능하여야 하며, 지게차 출입이 잦은 출입문은 2중문으로서 외문은 견고하고 밀폐가 가능하여야 하고, 내문은 신속하게 개폐가 가능하고 분진유입 등을 방지할 수 있는 구조로 설치되어야 한다. 6. 가공실 창문은 밀폐가 가능하여야 하며, 방충망이 설치되어야 한다. 7. 가공실에는 집진을 위한 외기 도입구가 설치되어야 하며, 외기 도입구에는 먼지, 이물질 등이 유입되지 않도록 필터가 설치되어야 한다. 8. 가공실의 조명은 작업환경에 적절한 상태를 유지할 수 있어야 하며, 손상을 방지하기 위한 덮개 등 보호장치가 설치되어 있어야 한다. 9. 가공실에서 발생하는 부산물은 먼지가 발생되지 않는 구조로 수집되어야 하며, 구획된 목적과 다르게 가공실 내에 부산물, 완제품 및 포장재 등이 방치·적재되어 있지 않도록 관리되어야 한다. 10. 가공실을 깨끗하고 위생적으로 관리하기 위한 흡인식 청소시스템이 구비되어야 한다.

시 설 기 준	
가공시설	1. 이송시설, 이송관, 저장용기 등 가공시설에서 도정된 곡물과 직접 접촉하는 부분은 스테인리스 강 등과 같은 매끄럽고 내부식성이어야 하며, 구멍이나 균열이 없어야 한다.
	2. 가공시설은 쥐 등이 내부로 침입하지 못하도록 침입방지시설이 설치되어야 한다.
	3. 각 단위기계, 이송시설 및 저장용기는 잔곡이 존재하는지 여부를 쉽게 파악하고 청소할 수 있는 구조이어야 한다.
	4. 곡물에 혼입된 이물질 및 이종곡립을 충분하게 제거하기 위한 선별장치가 설치되어야 한다.
집진시설 및 부산물실	1. 분진 발생으로 인한 교차오염을 방지하기 위해 집진시설 등은 가공실과 구획되어 설치되어야 한다.
	2. 가공시설에서 발생하는 분진 및 분말 등의 제거를 위한 집진시설이 충분하게 갖춰져 있어야 하며, 집진시설은 사용에 지장이 없는 상태로 관리되어야 한다.
	3. 왕겨실·미강실 및 기타 부산물실은 내부에서 발생하는 분진이 외부에 유출되지 않는 구조이어야 한다.
수처리 시설	1. 곡물의 세척 또는 가공에 사용되는 물은 「환경정책기본법」 및 「지하수법」의 음용수 이상(재활용수를 사용할 경우는 정화)이어야 한다. 지하수 등을 사용하는 경우 취수원은 화장실·폐기물처리시설·동물사육장 기타 지하수가 오염될 우려가 있는 장소로부터 20미터이상 떨어진 곳에 위치하여야 한다.
	2. 곡물에 사용되는 물은 1년에 1회 이상 분석하여 음용수 기준에 적합여부를 확인하여야 한다.
	3. 용수저장용기는 밀폐가 되는 덮개 및 잠금장치를 설치하여 오염물질의 유입을 사전에 방지할 수 있는 구조이어야 한다.
위생관리	1. 화장실은 가공실과 분리하여 수세식으로 설치하여 청결하게 관리되어야 하며, 손 세척시설과 손을 건조시킬 수 있는 시설을 갖추어야 한다.
	2. 가공실 종사자를 위한 위생복장을 구비하여야 하고, 탈의실을 설치하여야 한다.
	3. 청소 설비 및 기구를 보관할 수 있는 전용공간을 마련하여야 한다.
기타시설	1. 먼지 등 폐기물처리시설은 가공실과 떨어진 곳에 설치되어야 한다.
	2. 폐수처리시설의 설치가 필요할 경우 작업장과 떨어진 곳에 설치되어야 한다.
관리유지	1. 농산물우수관리시설의 효율적 관리를 위하여 시설 및 기계설비 작업 흐름도, 관리 기록대장 등을 구비하여야 한다.

나) 에너지절감형 제2세대 RPC 가공공정 설계기준

① 현미, 백미 및 포장부의 단위공정

○ 다음 표 3-1-76는 제2세대 RPC의 현미부와 백미부에 설치되고 있는 주요 단위기계의 처리능력, 설계동력(업체에서 희망하는 동력), 집진에 필요한 송풍량과 정압을 나타낸 것임. 표에서 알 수 있듯이 제2세대 RPC에 설치되고 있는 단위기계는 국내업체(대원GSI, 아이디알, 영일기계, 한세, 한국토요 등) 및 외국업체(사타케, 토요, 안자이, 아마모토, 블러 등)에서 제조된 것이 혼합되어 사용되고 있었으며, 일부 단위기계는 처리능력을 높이기 위하여 동력만을 추가하는 경우가 있음

표 3-1-76. 제2세대 RPC에 사용되는 주요 단위기계 생산업체별 소요동력 비교

번호	품목	형식	업체명	처리능력 (톤/시간)	소요동력 (kW)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	비 고
1	종합 석탈기	진공식	사다케	5	3.1	140	70	안전감안 일부동력수정
			대원GSI	5	2.6	120~140	70	
				7	2.6	180~210	70	
			아이디알	7	3.0	180~210	60~70	
2	현미기	롤러식	사다케	3.5	7.5	5	15	처리능력향상을 위해 11kW 사용
			대원GSI	3	7.5	5		
3	왕겨 풍구	기류식	제이씨	4	8.7	140	200	안전감안 일부동력수정
			영일기계	4	10.3	120	200	
			한세	4	10.9	120	200	
			제이씨	7	13.7	180	200	
			영일기계	7	14.3	150	250	
			대원GSI	7	17.5	200	250	
			아이디알	7	17.7	150	300	
			한세	8	14.3	180	200	
		밀폐식	대원GSI	6	3.8			
4	현미 분리기	20단 병렬식	사다케	5	2.2	5×2ea		
			대원GSI	6	2.2	5×2ea	집진구 Φ100	



(표 3-1-76 계속)

번호	품목	형식	업체명	처리능력 (톤/시간)	소요동력 (kW)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	비고
5	입선 별기	선별망식	영일기계	6	7.5	30	80	안전감안 일부동력수정
			토요	2.5	0.8	10		
			대원GSI	5~6	1.1	5		
6	현미 석발기	진공식	사다케	5	3.1	140	70	안전감안 일부동력수정
			아이디알	6	3.0	180~210	60~70	
7	연삭기		영일기계	2.5	22.5	50	350	
8	정미기	연좌식	사다케	5	112.5	110	250	
			영일기계	5	105.0	160	400	
			대원GSI	5	135.0	140	400	
				7	165.0	160	400	
		수평식	토요	6	79.0	50	175	집진구 Φ250
			대원GSI	3.5	22.0	7×8ea	400	집진구 Φ75×8ea
		하향식	사다케	3	59.1	55	250	
			야마모토	5	76.5	70	150	
9	연미기	수평식	사다케	3	30.0	35	150	
			영일기계	3	43.5	60	400	
			토요	3	17.5	25	195	집진구 Φ150
			대원GSI	4	22.2	40	400	집진구 Φ200
			야마모토	5	32.2	70	120	건식
10	색채 선별기	CCD	사다케	6	3.9	15		
			대원GSI	5(192ch)	2.6~3.5	2×2ea		집진구 Φ75×2ea
				7(256ch)	3~4.1	2×2ea		집진구 Φ75×2ea
			블러	6	3.0	20	20	
			안자이	5(120ch)	2.5	30	50	

(표 3-1-76 계속)

번호	품목	형식	업체명	처리능력 (톤/시간)	소요동력 (kW)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	비고	
11	이물 선별기	CCD+ NIR	사다케	5	3.9	7			
			대원GSI	5(192ch)	2.6~3.5	2×2ea		집진구 Φ75×2ea	
				7(256ch)	3~4.1	2×2ea		집진구 Φ75×2ea	
			블러	6	3.0	20	20		
			안자이	5(160ch)	2.0	30	50		
12	진동체 선별기	요동식	토요	6	1.5	10		집진구 Φ100	
			대원GSI	5	0.8	5		집진구 Φ100	
			한세	8	2.2	5	20		
13	아스퍼 레이터	흡입식	토요	6	-	15	175	집진구 Φ100	
14	흡선별기	길이 선별	대원GSI	Φ560	0.75	5			
				Φ625	2.2	5			
				Φ730	3.75	5			

### ㉠ 현미공정 단위기계

- 현미공정은 종합정선-제현-왕겨분리-현미분리-입(크기)선별-현미석발 등이 필수공정으로 구성되어 있었으며, 현미색채선별기와 현미투입시설(RPC에서 생산된 현미의 투입 및 반품된 현미제품의 투입) 등은 제2세대 RPC에 따라 선택적으로 채용하고 있는데 특히 현미재투입을 위해 공기이송하는 경우가 많음. 현미공정에서 앞의 표 3-1-10에서 알 수 있듯이 소요동력에 가장 큰 차이가 발생하는 단위공정은 전자동현미기, 왕겨풍구 및 입선별기 등 3가지 종류이었음
- **전자동현미기**의 성능에 영향을 미치는 인자로는 원료 및 운전조건을 제외하면 고무롤러 전체에 균일하게 원료를 공급하는 원료 공급부의 성능을 들 수 있음. 과거 단순한 슈트형태에서 채널형태로 발전하다가 최근에는 vibrator를 사용하고 있는데 슈트와 같은 과거방식을 사용하는 업체 제품의 동력 소모가 큰 편이었으며, 탈부율도 낮은 편이었음. 따라서 슈트방식의 사용을 지양하고 보다 효율적인 원료공급형태가 유지되도록 vibrator를 사용하는 방안을 사용한 것을 설계기준(안)으로 정립하는 것이 필요하였음. 이 경우 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 경우 14.8kW 에너지절약이 가능할 것으로

판단됨

- **왕겨선별(풍구)**는 현미기에서 탈부된 현미와 왕겨를 분리하는 정선장치의 일종으로 기류식(진공식)과 밀폐식 등 2가지 종류가 설치되고 있었음. 기류식(진공식)은 깔부기 및 큰 이물질선별을 위한 선별망 및 scraper가 부착된 형태로 가공실내에 설치된 대형 송풍기로 왕겨를 기류선별하여 집진기로 이송하는 방식으로 선별망에서 발생된 먼지와 선별된 물질에 의해 가공실이 오염되고 있었고, 대형 송풍기의 동력이 지나치게 크고 실내에 설치되어 소음이 컸으며, 별도의 cyclone과 bag filter가 결합된 집진시설을 필요로 하는 등의 단점이 있었음. 반면, 밀폐식은 현미기에서 탈부된 벼와 왕겨의 혼합물을 스크루컨베이어를 이용하여 왕겨풍구로 이송하고, 풍구내에 설치된 소형 송풍기로 왕겨를 분리한 다음, 체인컨베이어와 버킷엘리베이터(또는/및 집진기)로 이송하는 방식으로 깔부기 및 큰 이물질선별을 위해 선별망이 부착된 종합정선기를 활용하거나 별도의 제망기를 설치해야 하는 단점이 있으며, 이송거리가 길어지면 설비비가 증가하며, 현재 생산하는 업체가 비교적 제한되어 있음
- 현재 대부분의 제2세대 RPC에서 깔부기 및 큰 이물질선별을 목적으로 기류식을 사용하고 있었으나 소요동력은 물론 먼지발생, 선별된 이물질로 인한 가공실 오염 등과 GAP 농산물우수관리시설기준 등을 고려할 때 장기적으로는 밀폐식사용이 불가피할 것으로 판단되어 밀폐식을 설계기준(안)으로 정립하는 것이 필요하였음. 밀폐식을 사용할 경우 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 경우는 6.75kW, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 경우는 22.8kW 정도의 에너지절약이 가능할 것으로 판단됨
- 또한, 왕겨탱크가 지나치게 멀리 설치되어 있어 이송기기로는 설치비가 증가하여 기류식을 사용할 경우에도 왕겨풍구에 송풍기(현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 경우 11.0kW)를 설치하고, 백필터 이후에도 송풍기(현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 경우 11kW)를 직렬로 설치하여 두 대 송풍기의 밸런스의 불균형으로 중간에 과대한 먼지가 발생하고, 왕겨풍구의 외기도입비율이 지나치게 커지고 동력소비가 커지는 등 문제점이 있으므로 1대의 송풍기를 설치하는 방법을 설계기준(안)으로 하였으며, 이를 통해서도 약 11.0kW정도의 에너지 절약이 가능할 것으로 판단되었음
- **입선별기**는 제조회사에 무관하게 선별망식을 사용하고 있으나 선별판의 면적 및 선별공의 규격, 선별망의 rpm 등 세부적인 설계기준은 아직 없는 상태로서 연구 제3절에서 현미와 백미의 선별특성을 구명하였으며, 선별은 주로 현미의 두께에 의해 선별된다는 것을 알 수 있었으며, RPC에서 현미 비정립의 선별은 도정특성 및 소요동력에도 큰 영향을 미치나 선별율이 낮다는 점을 감안하여 2단으로 설치하여 설치목적에 따라 사용하도록 하는 것을 설계기준(안)으로 설정하는 것이 필요하였음
- 동일한 선별방식의 입선별기중 특정업체 제품의 동력이 큰 것은 현미 표면을 닦을 용도로 내부에 설치한 우레탄재질의 가죽을 설치하여 마찰계수가 증가한 것에 기인한 것으로 나타났음. 현미제품을 생산하는 경우에도 입선별기 이후에 석발 및 색채선별 공정이 연결되므로 현미상태에서 표면을 닦을 필요가 없고, 오히려 가죽 등에서의 이물질 혼입, 동력증대 등 문제가 발생되므로 사용에 제한이 필요하였음. 이와 같이 내부에 별도의 광택작용을 설치하지 않는 것으로 설계기준(안)을 정립하는 것이 필요하였음. 불필요한 기능을 갖춘 입선별기 사용을 제한할 경우 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 경우는 13.5kW 정도의 에너지절약이 가능할 것으로 판단되었음

## ㉠ 백미공정 단위기계

- 현미탱크이후의 백미공정은 정미-크기(싸라기)선별-색채(불량품)선별-이물선별-금속선별 등이 필수공정으로 구성되어 있었으며, 소위 완전미생산을 위한 선별기(홈선별기)와 반품처리를 위한 재투입 및 석발공정이 추가되기도 하였으며, 크기선별 및 미강과 같은 이물선별을 위해 로터리쉬프트, 진동체선별기 등이 다수 설치되는 경우가 있었음
- **정미시스템**에는 형상에 따라 입형 및 횡형이 있고, 제조회사에 따라 형상, 단수, 구조 등에서 많은 차이가 있었으나 이들 정미기간의 차이가 품질과 소요동력에 미치는 영향에 대해 전체적으로 구명된 사례는 없는 실정임. 이에 따라 정미기 제조회사에서는 세부적인 설계기준 없이 현장에서 운영에 지장이 없는 동력이상으로 과대 설계하는 경우가 대부분이었으며, 적정 집진 송풍량과 이 때 소요정압에 대해 구명되지 않는 상태에서 비정상적인 집진기준이 제시되거나, 각 단의 정미기에서 적정 송풍량을 조절할 수 없도록 구성되는 경우가 대부분이었음
- **정미시스템의 구성**중 현재 제2세대 RPC에 가장 많이 사용되고 있는 구성은 1연삭+1마찰+1습식연미방식이지만 광택, 도정배분, 반품의 처리 등의 목적으로 추가로 습식연미기를 설치하는 경우도 많은 실정으로서 이로 인해 도정특성이 오히려 저하(김 등, 2009)하거나, 불필요한 비용만 추가(습식연미기, 집진시설, 이송시설 설치비용)되는 경우가 대부분으로서, 불필요한 습식연미기를 중복하여 설치하지 않는 것을 설계기준(안)으로 설정하는 것이 필요하였음
- 정미시스템의 집진시스템도 Cyclone + Bag filter의 2중 집진체계를 구축하는 경우도 있어 비용이 크게 추가되면서도 bag filter의 pulse에 의해 정미시스템이 오히려 악영향을 받는 경우가 많으므로 사이클론의 설치가 타당하였음. 그러나 미강은 일반적으로 온도가 높은 상태로서 외기 온도가 낮아지면 사이클론 내부에서 결로가 발생하여 미강배출이 원활하지 않으므로 마찰계수가 큰 테프론으로 사이클론 내부를 코팅하는 것이 필요하였음, 이를 설계기준(안)으로 설정하였음
- 정미시스템에서의 동력과 품질과의 연관관계는 제조회사의 모델별로 도정특성에 차이가 발생하므로 본 연구에서 적정성을 판단하기는 용이하지 않으나 전술한바와 같이 정미시스템의 종류보다는 운영 조건에 따라 도정특성이 크게 차이가 발생하는 점을 감안할 때, 습식연미기의 중복설치의 지양 및 테프론이 코팅된 사이클론 형태의 집진시스템의 설치 등을 통해 많은 비용과 에너지절감이 가능하여 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 경우는 약 50.0kW, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 경우는 최대 약 181.6kW 정도의 에너지절약도 가능할 것으로 판단되었음
- **크기선별기**는 싸라기와 이물선별용으로 로터리쉬프트와 진동체선별기가 사용되고 있는데 로터리쉬프트는 정미시스템 직후에 설치되어 싸라기선별에 사용되고 있으며, 진동체선별기는 포장직전에 설치되고 있으나 2종류의 동일목적의 선별기를 연달아 설치하는 경우가 많아 이를 지양하는 내용을 설계기준(안)으로 설정하는 것이 필요하였음. 한편, 완전미선별을 위해서 홈선별기가 주로 사용되고 있었으며, 최근 Machine vision을 이용한 색채선별기와 유사한 형태의 싸라기선별기가 보급되기 시작하였으나 아직까지 처리능력 및 성능에 대해 정확한 측정결과가 거의 없어 설계기준에 반영은 어려운

실정이었음

- 한편, 포장직전에 백미탱크, 이송관 등에서 혼입되는 미강덩어리의 제거를 위해 그동안 진동체선별기를 사용하였으나, 주로 포장실에 설치된 진동체선별기에서의 진동으로 인한 문제가 많이 발생하여 최근에는 진동체선별기 대신 유하식선별기가 설치되고 있으나 생산업체가 비교적 적은 상태임. 그러나 에너지절약, 설치비용의 절감 등을 고려할 때 원칙적으로 유하식선별기의 설치를 설계기준(안)으로 반영하는 것이 필요하였음
- **기타선별기**는 색채선별기는 CCD camera를 사용하는 유색불량품선별기와 CCD camera와 NIR센서를 활용한 이물선별기가 관행적으로 사용되고 있고, 최근 쌀 가공회사의 요청에 의하여 금속 또는 비철 금속선별을 위한 선별기(탐지기)가 설치되고 있으며, 이들은 주요 공정에 포함되고 있음. 다만, 전술한 바와 같이 머리카락과 같은 이물선별을 위한 풍력선별기의 설치는 대형유통업체에 납품하는 일부 RPC에만 설치되고 있어 향후 설계기준(안)에 반영하는 것이 필요하였음

### ㉔ 포장공정 단위기계

- 포장공정은 포장기와 로봇적재시스템으로 크게 구성되어 있었으며, 백미탱크 이후에 설치된 진동체선별기를 포함하고 있었음
- **포장기**의 종류는 제2세대 RPC에서 생산되는 제품의 종류 및 포장규격에 의해 결정되는데 전자동지대포장기와 반자동포장기는 기본사양으로 설치되고 있었고, 로터리포장기와 같은 자동소포장기는 선택적으로 사용되고 있으나, 최근 현미출하의 증가, 톤백 형태의 백미 거래 증가로 현미 및 백미의 톤백계량기, 현미소포장기 등의 설치가 증가되고 있는 상태이었음. 포장기의 설치에 대해서는 RPC의 영업전략과도 관계가 있으나, 시장변화에 따라 톤백계량기 및 현미소포장기의 설치는 기본적으로 설계기준(안)으로 정립하는 것이 필요하였음
- **로봇적재시스템**은 로봇적재기, 랩포장기 및 이송시설 등을 포함하고 있는데 포장기의 설치형태와 밀접한 관계를 가지고 있었음. 그러나 최근 인력확보의 어려움 등을 감안할 때 전자동지대포장기에서 포장된 제품의 자동적재를 로봇적재시스템의 설치의 설계기준(안)으로 반영하되, 소포장제품의 박스포장 등의 로봇적재시스템에 대해서는 자율적으로 결정하는 것이 필요하였음

### ② 집진시설

- 전술한 바와 같이 제2세대 RPC의 보급과 함께 위생 및 안정성에 대한 관심이 급증하여 고가의 bag filter방식의 집진시스템이 중심이 되어 집진시스템이 설치되고 있었으나, 가공부분에서는 전체적으로 집진효율이 낮은 편으로 조사되었으며, RPC에 설치되어 있는 투입구, 조전기, 건조기, 사일로, 사각빈 등에서 발생하는 먼지중 상당량은 대기중에 방출되어 민원 등 환경문제를 초래하고 있는 실정이었음

- 제2절에서의 연구결과에 의하면 제2세대 RPC에 설치된 집진시스템의 문제점은 ㉠ 여과포 통과속도, 송풍저항 등에 관한 정확한 설계기준이 없는 상태에서 집진기가 설치되고 있었으며, ㉡ 집진기 제작 및 설치회사에서 분진량을 측정할 수 있는 측정시스템도 없는 상태이었으며, ㉢ 기류에 의해 선별되는 단위기계의 송풍량(집진량)과 단위공정성능과의 관계에 대한 체계적인 연구가 없어 적정 송풍량을 제시하지 못하였으며, ㉣ 설계회사에서는 제2세대 RPC 가공시설에 대한 정밀설계가 불가능하여 에어덕트 등에서의 송풍저항을 정확하게 산정하지 못하였으며, ㉤ 송풍기 제조회사가 대부분 영세하여 조임기구 등을 이용한 정확한 송풍량측정이 불가능하여 설치된 송풍기의 송풍량과 송풍저항이 당초 설계치와는 차이가 심한 상태 등이었음
- 따라서 제2세대 RPC의 집진시스템은 가공공정에 한하지 않고 반입, 건조 및 저장시설을 포함한 RPC 전체적인 관점에서 집진시설이 설치되어야 하며, 이를 위해 RPC 전체적으로 체계적이면서 가격이 저렴한 집진방법의 도입이 불가피하다고 할 수 있으며, 제 1, 2절 연구결과를 활용할 때 기준으로 반영가능한 항목은 다음 표 3-1-77과 같았으며, 이는 설계기준(안)으로 반영하는 것이 필요하였음

표 3-1-77. 집진시스템에 관한 설계기준(안)

구 분		설계기준(안)	비 고
집진기준	· 현미부 이송기기, 보조 탱크 집진량	· 5m <sup>3</sup> /min	
	· 백미부, 포장부 이송기기, 보조탱크 집진량	· 2m <sup>3</sup> /min	
집진대상별 적정집진기 형태	· 원료부 및 현미부	· Bag filter	
	· 정미부, 포장부	· Cyclone	· Particle size가 크고, pulse에 의한 정미특성 영향배제 · 미강제거가 용이한 테프론 코팅제품 사용
집진기 설치방법	· 라인별 구분	· 현미/백미생산능력6/5ton/hr 1라인씩 구분 설치 · 현미부와 백미부 구분 설치	
	· 유사 단위기계 집진은 1개 집진기로 통합가능	· 종합정선기, 현미석발기, 현미부 등 · 정미기, 연미기, 백미부 등	· 댐퍼, 정압계 및 by-pass설치 의무화

- 단위기계 제조회사에서는 각사 단위기계의 집진량과 품질의 측정결과에 따른 적정 집진량을 거의 제시하지 못하고 있으나, 연구결과가 없는 상태에서 본 항에서 통일된 집진량 기준을 제시하는 것은 불가능하므로 농림수산사업시행지침에 의거 2011년부터 시작되는 단위기계 성능검사제도를 통해 적정 송풍량을 구명할 필요가 있었음. 그러나 현미부와 백미부의 이송기기, 보조탱크의 집진량은 현미부는 집진개념으로 5m<sup>3</sup>/min, 백미부 및 포장부는 결로 방지개념으로 2m<sup>3</sup>/min을 설계기준(안)으로 설정하는

것이 필요하였음

- 집진기의 종류로는 현미부는 벼에서 발생하는 먼지로 비교적 particle size가 적으므로 Bag filter type, 백미부는 particle size가 크고 bag filter type을 사용하였을 때 pulse에 의한 충격으로 도정특성에 영향을 받을 수 있으므로 테프론이 코팅된 cyclone type을 사용하는 것을 설계기준(안)으로 하는 것이 필요하였음
- 집진기는 현미/백미생산능력 6/5ton/hr을 기준으로 한 라인별로 구분하여 가동하는 경우를 고려하여 구분 설치하되, 동일 집진기 종류를 사용하는 단위기계, 현미부, 백미부 및 포장부와 같은 전체집진은 댐퍼와 정압계 및 by-pass관을 설치하는 경우 동일 집진기를 사용하는 방안도 설치비용 및 에너지절약 차원에서 가능하므로 설계기준(안)으로 반영하는 것이 필요하였음
- 한편, 6개소 제2세대 RPC의 집진시스템에서 측정한 송풍량과 정압을 설계치와 비교한 결과는 표 3-1-78과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 설계치에 비해 bag filter type은 평균 26.5%(1.0~75.6%)가 과대설계되었으며, cyclone은 평균 24.0%(2.2~94.9%), Bag filter + cyclone형태는 평균 23.2%(0.1~65.6%)정도가 과대설계되어 있음. 따라서 조임기구에 의한 송풍량증정과 같이 기본적인 성능곡선의 작성 등 KS규격에 따라 제조되는 것을 설계기준(안)으로 설정되는 것이 필요하였으며, 이 경우 집진시스템의 평균 소요동력(177.5kW)의 24.6%정도인 43.7kW정도의 에너지절약이 가능하여 할 것으로 판단되었음

표 3-1-78. 집진시스템 전후의 송풍량 및 정압의 설계치 및 측정치

구분		설계치		측정치		(측정치-설계치) /설계치×100(%)			단위기계 출구	
		송풍량 (cmm)	정압 (mmAq)	송풍량 (cmm)	정압 (mmAq)	송풍량 (V)	정압 (ΔP)	ΔP×V	풍속 (m/s)	정압 (mmAq)
Bag filter	평균	159.6	348.9	176.4	308.9	14.3	24.9	26.5	19.1	169.3
	최대	-	-	-	-	92.8	71.5	75.6	30.5	328.0
	최소	-	-	-	-	0.7	1.1	1.0	12.0	77.0
Cyclone	평균	125.3	318.3	132.0	336.2	18.5	17.6	24.0	16.6	146.1
	최대	-	-	-	-	58.1	38.8	94.9	23.4	269.0
	최소	-	-	-	-	3.4	3.8	2.2	13.4	77.7
Bag filter + Cyclone	평균	135.0	400.0	187.6	400.3	26.0	12.2	23.2	20.4	94.6
	최대	-	-	-	-	51.7	18.4	65.6	30.9	119.0
	최소	-	-	-	-	10.6	9.1	0.1	15.2	38.0

## 5. 에너지절감형 제2세대 RPC 가공공정 설계도서 개발

### 가. 에너지절감 목표 설정

- 2010년 1월 현재까지 가공시설현대화가 완료된 소위 제2세대 RPC 18개소에서 각 공정별로 시료를 채취하여 품질을 측정하였으며, 각 공정에서의 mass balance를 이용하여 현미와 백미의 중량비, 감도를 측정하여 문제점을 분석하고, 달성가능성을 감안하여 품질목표치를 설정하였음. 또한, 설계상 소요동력을 조사하였으며, 실제 RPC에서의 작동중 소요동력을 측정하여 설계치와의 차이를 검토하고 분석하여 품질목표치를 달성하면서 에너지절약이 가능한 공정 설계기준을 작성하였음
- 전술한바와 같이 총 18개소의 제2세대 RPC중에서 생산능력이 현미/백미 6/5ton/hr이 5개소, 현미/백미 12/10ton/hr이 9개소이었으며, 12/5ton/hr가 2개소, 백미부만 설치된 경우가 2개소이었음. 따라서 에너지 절감목표는 일반적인 생산능력규모인 현미/백미 6/5ton/hr 및 12/10ton/hr의 2가지 경우로 하였음
- 생산능력규모인 현미/백미 6/5ton/hr 및 12/10ton/hr인 제2세대 RPC에 대한 소요동력 분석결과를 요약하면 다음 표 3-1-79와 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 현미/백미 6/5ton/hr의 소요동력은 평균 560.2kW(463.1~726.9kW)이며, 백미 1ton을 생산하기 위해 필요한 소요동력은 112.0kWh(92.6~145.4kWh)이었음. 한편, 현미/백미 12/10ton/hr의 소요동력은 평균 878.5kW(732.0~1048.3kW)이며, 백미 1ton을 생산하기 위해 필요한 소요동력은 87.9kWh(73.2~104.8kWh)이었음
- 당초 목표치인 30%를 절감할 경우, 현미/백미 6/5ton/hr의 소요동력은 392.1kW, 백미 1ton을 생산하기 위해 필요한 소요동력은 78.4kWh이었으며, 현미/백미 12/10ton/hr의 소요동력은 615.0kW, 백미 1ton을 생산하기 위해 필요한 소요동력은 61.5kWh이었음
- 이에 따라 1일 16시간 연간 200일 가동을 기준 가동시간으로 할 때 제2세대 RPC 가공시설 1개소당 소요동력인 1,792,640~2,811,200kWh의 30%를 절감할 경우 577,792~843,360kWh의 절감이 가능하고, 총 200개소의 제2세대 RPC가 가동된다고 가정하면 107.6~168.7MkWh의 절감이 가능하며, 전력의 탄소배출계수 0.424TCO<sub>2</sub>/MWh(에너지관리공단)을 적용할 때 연간 45.6~71.5톤의 CO<sub>2</sub>배출량을 감소시킬 수 있을 것으로 전망하였음
- 따라서 본 연구에서는 당초 목표대로 에너지 30% 내외를 감축할 수 있는 에너지절감형 가공공정 모델을 개발하기 위하여 노력하였음



표 3-1-79. 제2세대 RPC중 처리능력별로 소요동력이 최대최소인 2개소 RPC 및 각 공정별로 최대, 최소 소요동력 비교

소요동력		현미/백미 6/5ton/hr					현미/백미 12/10ton/hr				
		평균	최대 및 최소 RPC 소요동력		각 공정에서 최대 및 최소 소요동력		평균	소요동력이 최대 및 최소인 RPC 소요동력		각 공정에서 최대 및 최소 소요동력	
			최대	최소	최대	최소		최대	최소	최대	최소
가공부	현미부	75.2	77.2	63.5	94.5	53.0	125.4	129.0	139.7	139.7	99.1
	백미부	161.1	155.1	142.2	185.5	137.2	345.4	372.4	280.9	465.4	280.9
	포장부	43.2	52.0	23.9	62.2	23.9	50.6	48.0	50.1	55.4	45.5
	소계	279.5	284.3	243.4	342.2	214.1	521.4	549.4	470.7	660.5	425.5
집진부	현미집진	75.1	126.5	56.5	126.5	56.5	129.7	169.1	72.8	190.1	72.8
	백미집진	61.8	84.0	56.8	84.0	47.7	107.9	139.2	67.5	153.3	69.0
	소계	136.9	210.5	113.3	210.5	104.2	237.6	308.3	140.3	343.4	141.8
부대 설비부	부산물 처리시설	47.5	67.2	46.2	67.2	33.5	31.1	35.6	25.0	37.5	25.0
	청소시설	-	-	-	-	-	44.0	44.0	-	44.0	44.0
	에어 컴프레서	96.3	165.0	74.0	165.0	52.0	85.8	111.0	96.0	111.0	37.0
	소계	143.8	232.2	120.2	232.2	85.5	160.9	190.6	121.0	192.5	106.0
총동력 (kW)		560.2	726.9	463.1	784.9	403.8	878.5	1048.3	732.0	1,196.4	673.3

## 나. 에너지절감형 제2세대 RPC 가공공정 기본모델

### 1) 모델(I)

- 앞에서 개발한 가공공정 및 설계기준(안)에 준해 설계하여 에너지절감형 가공공정 모델(I)로 하였으며, 생산능력 현미/백미 6/5ton/hr은 다음 그림 3-1-32~3-1-38 및 표 3-1-80과 같았으며, 생산능력 현미/백미 12/10ton/hr는 다음 그림 3-1-39~3-1-45 및 표 3-1-81과 같았음. 표 및 그림에서 알 수 있듯이 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 대표적인 특징은 통상적인 제2세대 RPC와 동일한 단층형을 적용한 것으로 운영관리의 용이성 등을 들 수 있었음
- 생산능력 현미/백미 6/5ton/hr 및 현미/백미 12/10ton/hr에 대해 개발한 에너지절감형 가공공정 모델

( I )의 소요동력과 각 공정별로 18개소 제2세대 RPC 소요동력과 비교한 결과는 다음 표 3-1-82, 3-1-83과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 흡인식 청소시스템 등 앞에서 개발한 기본공정을 모두 반영하였으며, 현재와 같이 여러 제조회사에서 생산되는 단위기계를 사용하는 것으로 동일 단위기계에 제조회사별로 소요동력으로 차이가 발생하는 것은 반영하지 않았음

- 모델( I )은 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr인 가공공정인 경우 소요동력은 423.6kW로서 당초 소요동력인 평균 560.2kW에 비해 에너지절감은 24.4% 수준이었으며, 현미/백미생산능력이 12/10ton/hr인 가공공정인 경우 소요동력은 721.8kW로서 당초 소요동력인 평균 878.5kW에 비해 에너지절감은 17.8% 수준이었으며, 평균적으로 21.1%의 절감효과가 있을 것으로 기대되었음
- 한편, 백미 1ton을 생산하는데 필요한 소요동력은 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr인 가공공정인 경우는 84.6kWh, 현미/백미생산능력이 12/10ton/hr인 가공공정인 경우는 72.2kWh수준이었음
- 향후 모델( I )에 반영하지 못한 제조회사별 단위기계의 소요동력 차이, 각 단위기계별 적정 송풍량 및 정압조건, 고압공기소모량 등이 농림수산사업시행지침에 의거 실시되고 있는 단위기계 성능검정 제도를 통해 구명될 경우, 모델( I )의 소요동력에 소요되는 에너지의 추가절감이 가능하여 목표치인 30%의 절감도 가능할 것으로 판단되었음

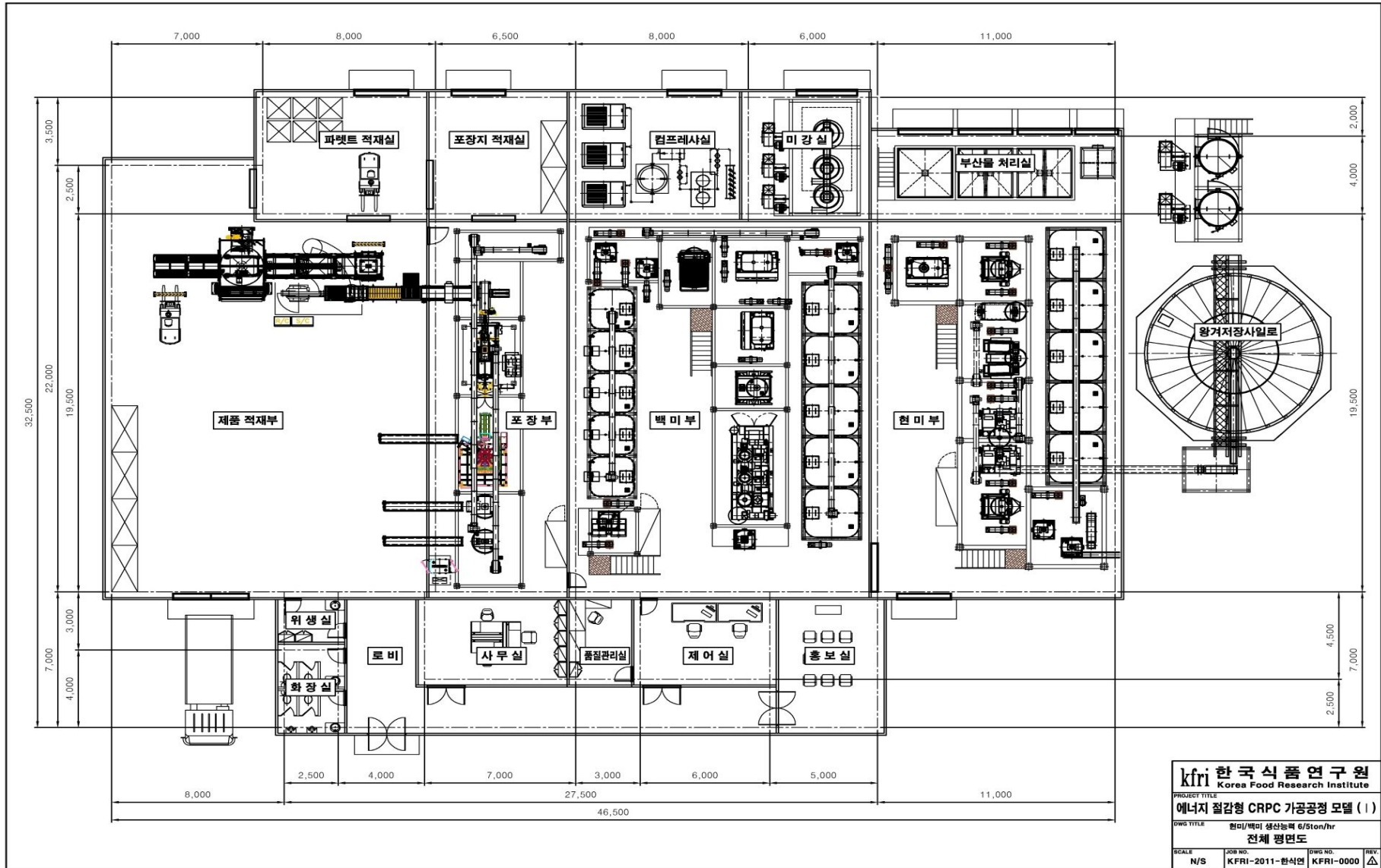


그림 3-1-32. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 평면도

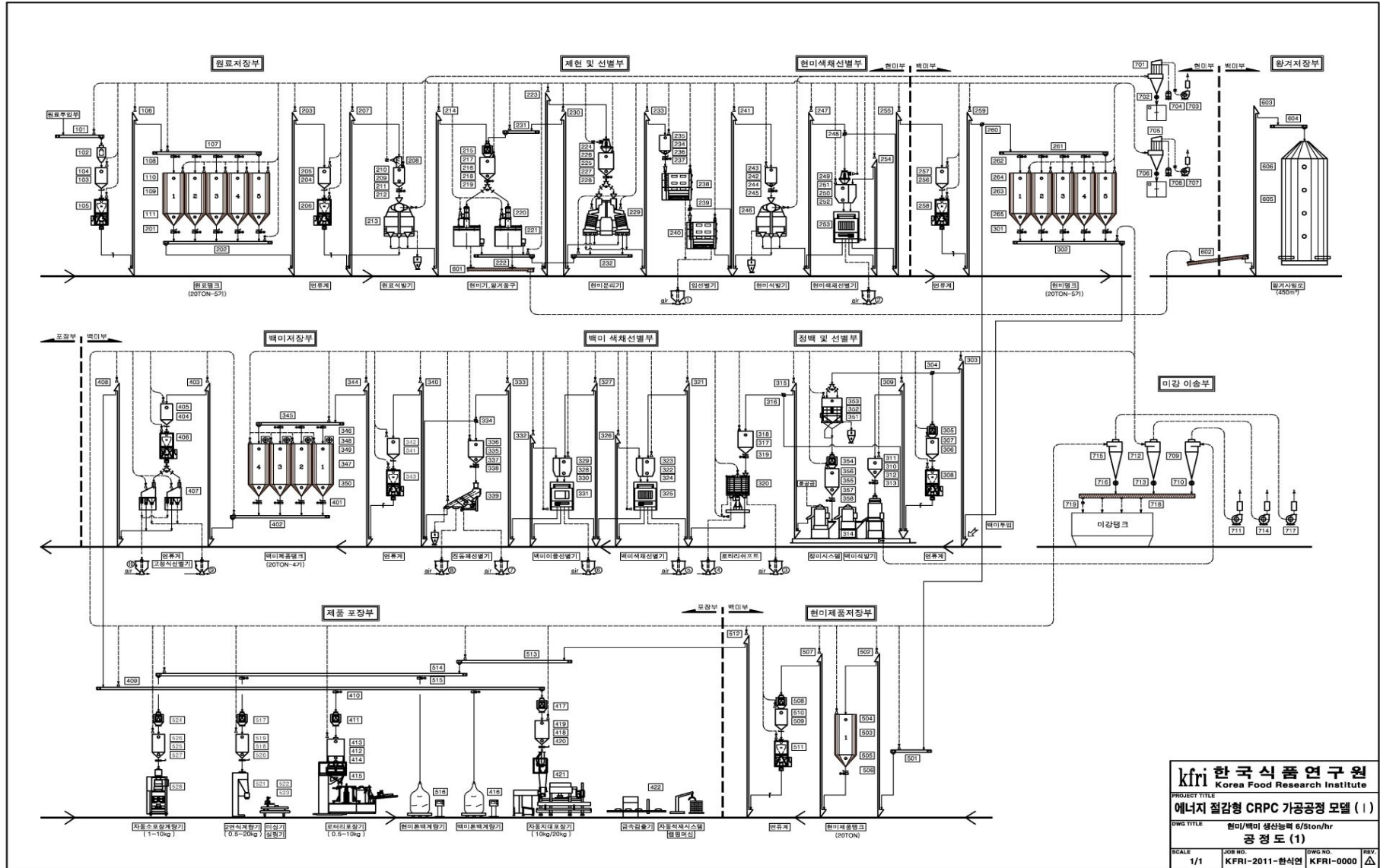


그림 3-1-33. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 공정도(1)

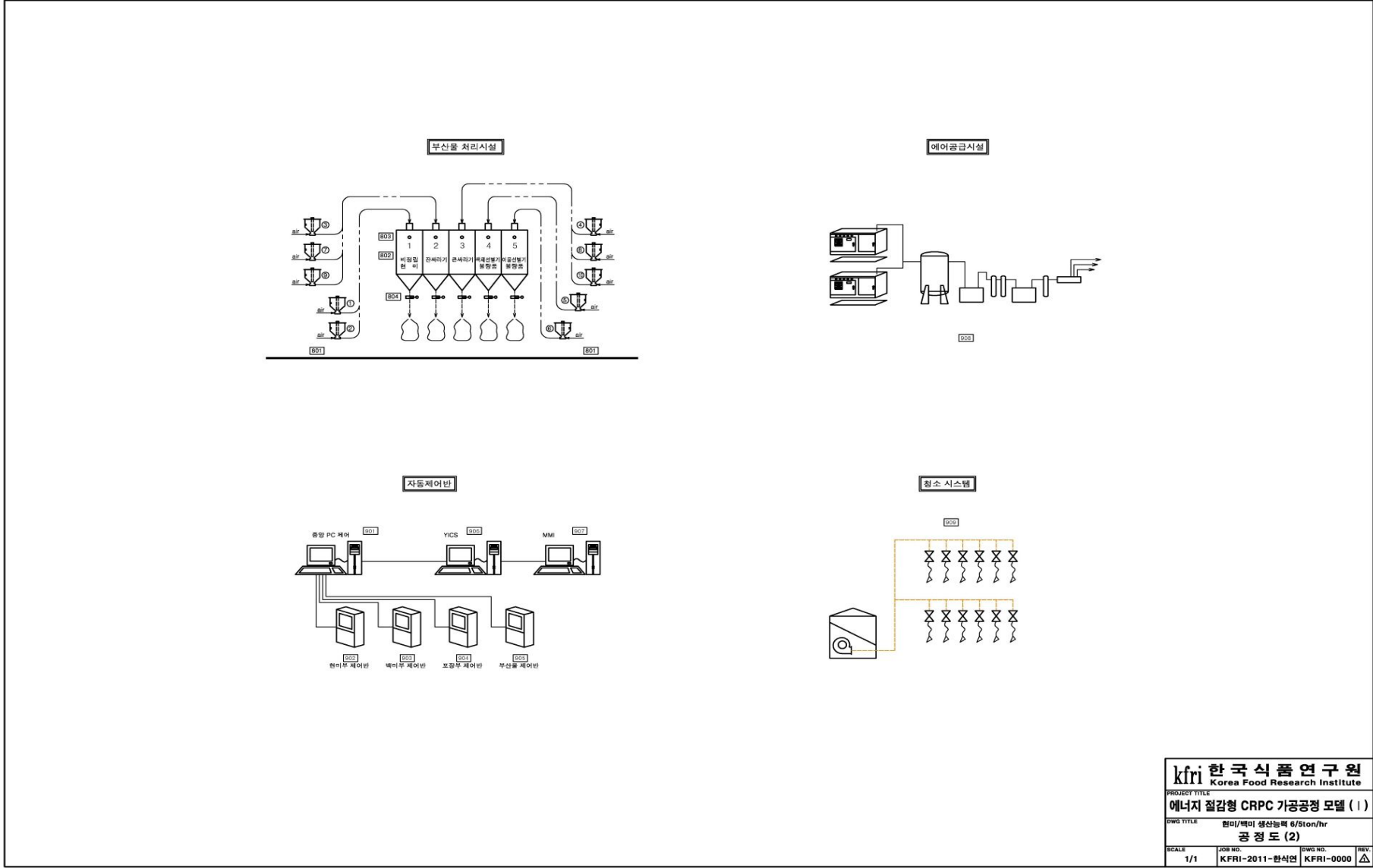


그림 3-1-34. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델( I)의 공정도(2)

<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE <b>에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 ( I )</b>			
DWG TITLE <b>현미/백미 생산능력 6/5ton/hr 공정도 (2)</b>			
SCALE	JOB NO.	DWG NO.	REV.
1/1	KFRI-2011-환식연	KFRI-0000	△

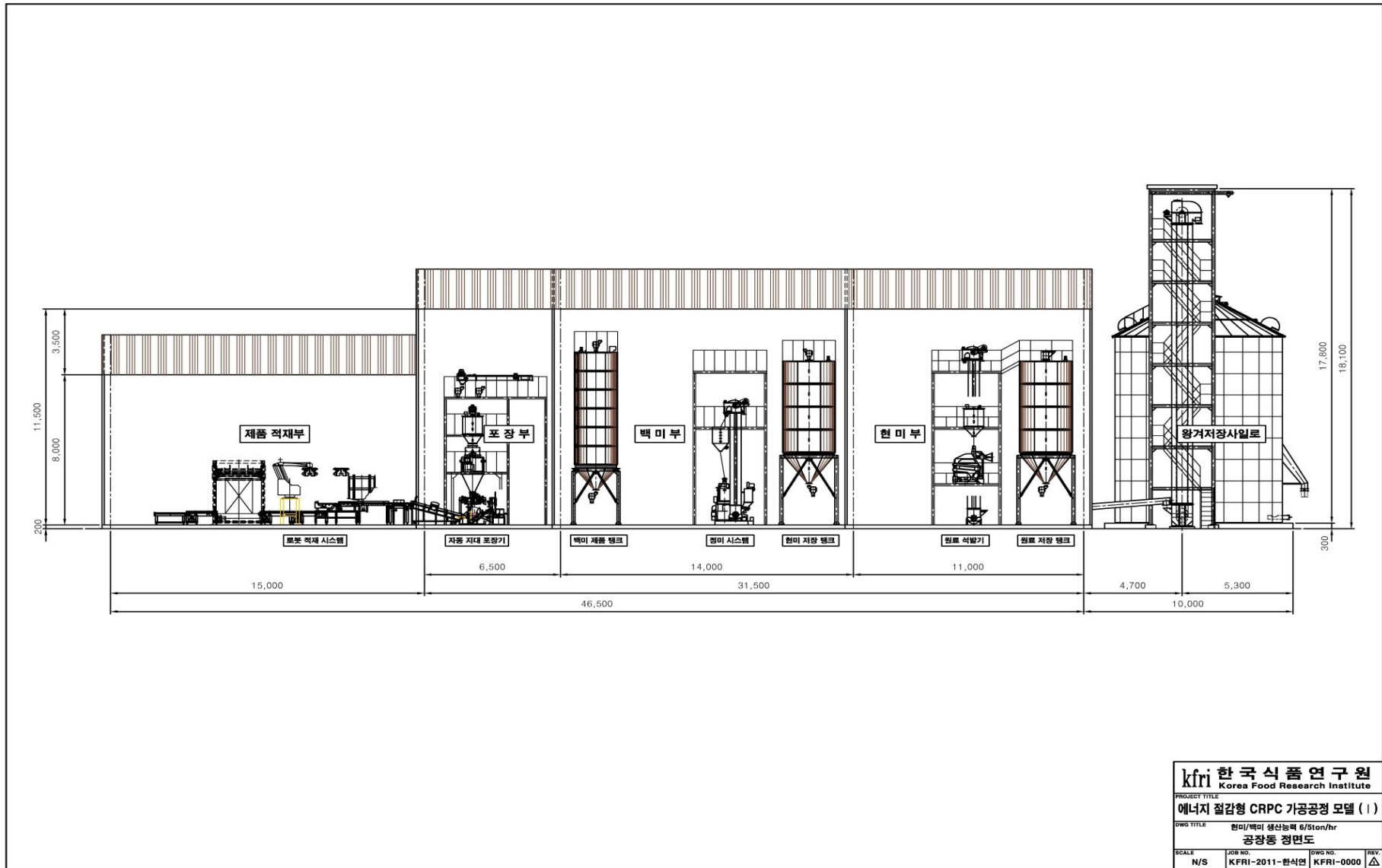


그림 3-1-35. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 정면도

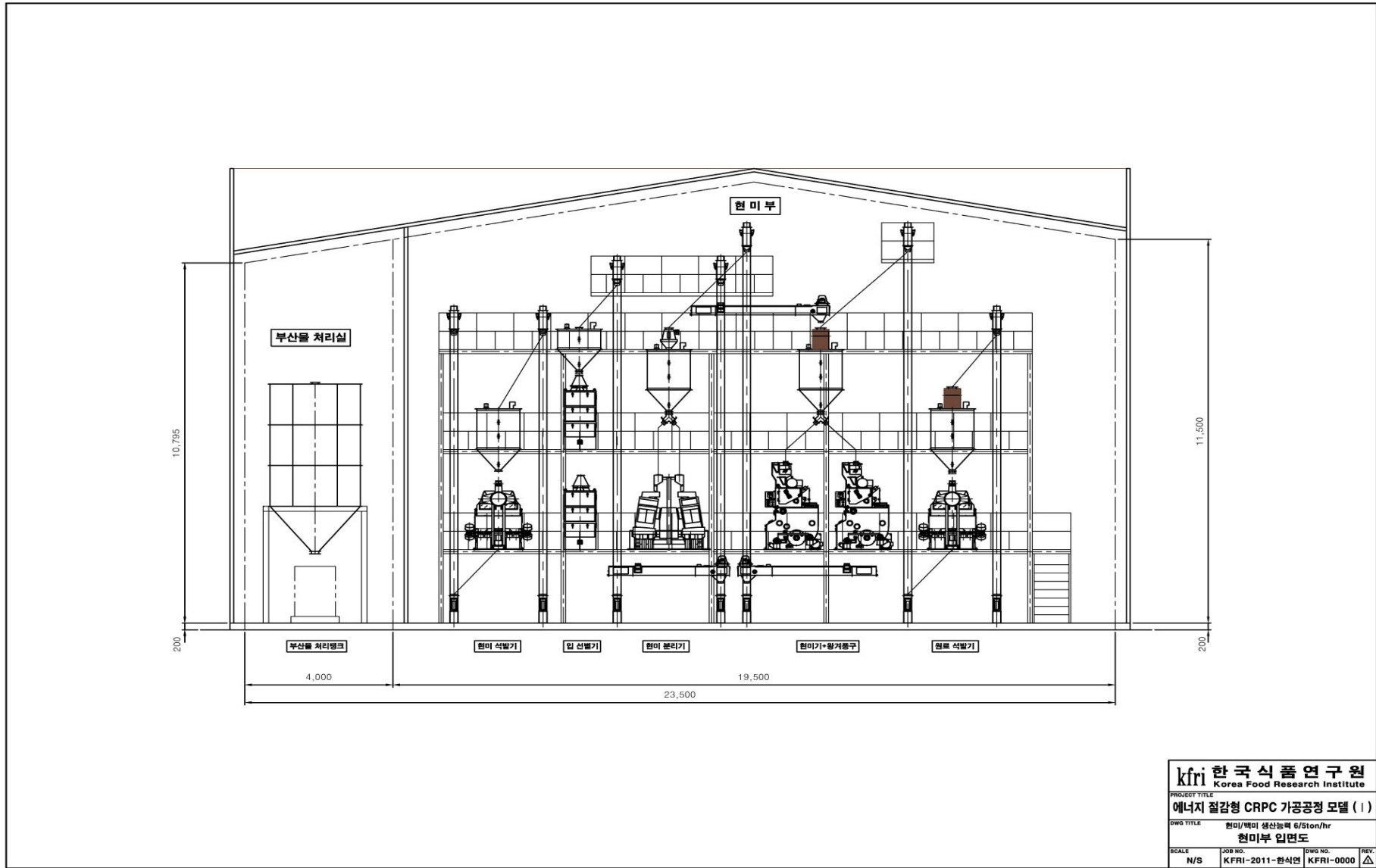


그림 3-1-36. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 현미부 입면도



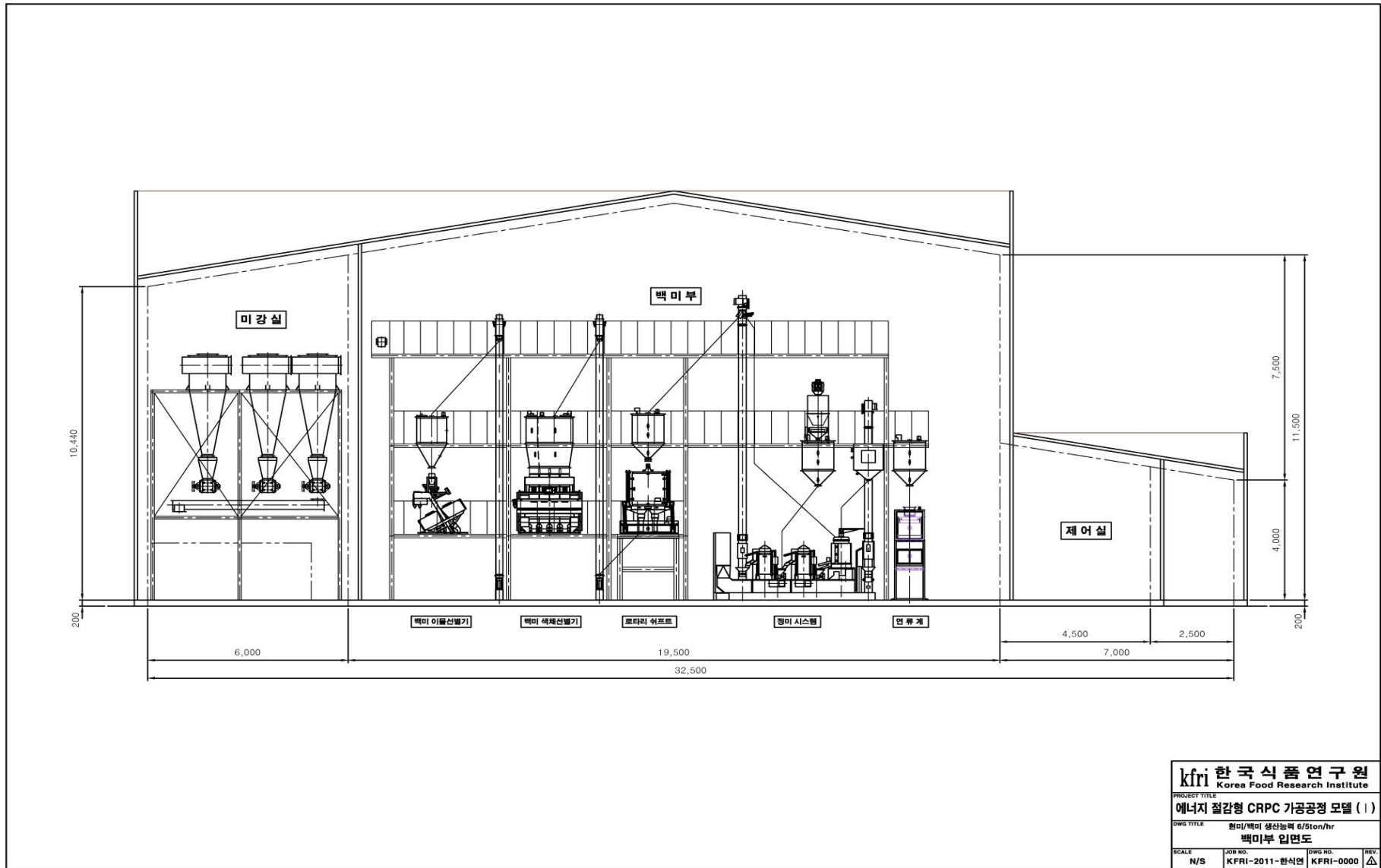


그림 3-1-37. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 백미부 입면도



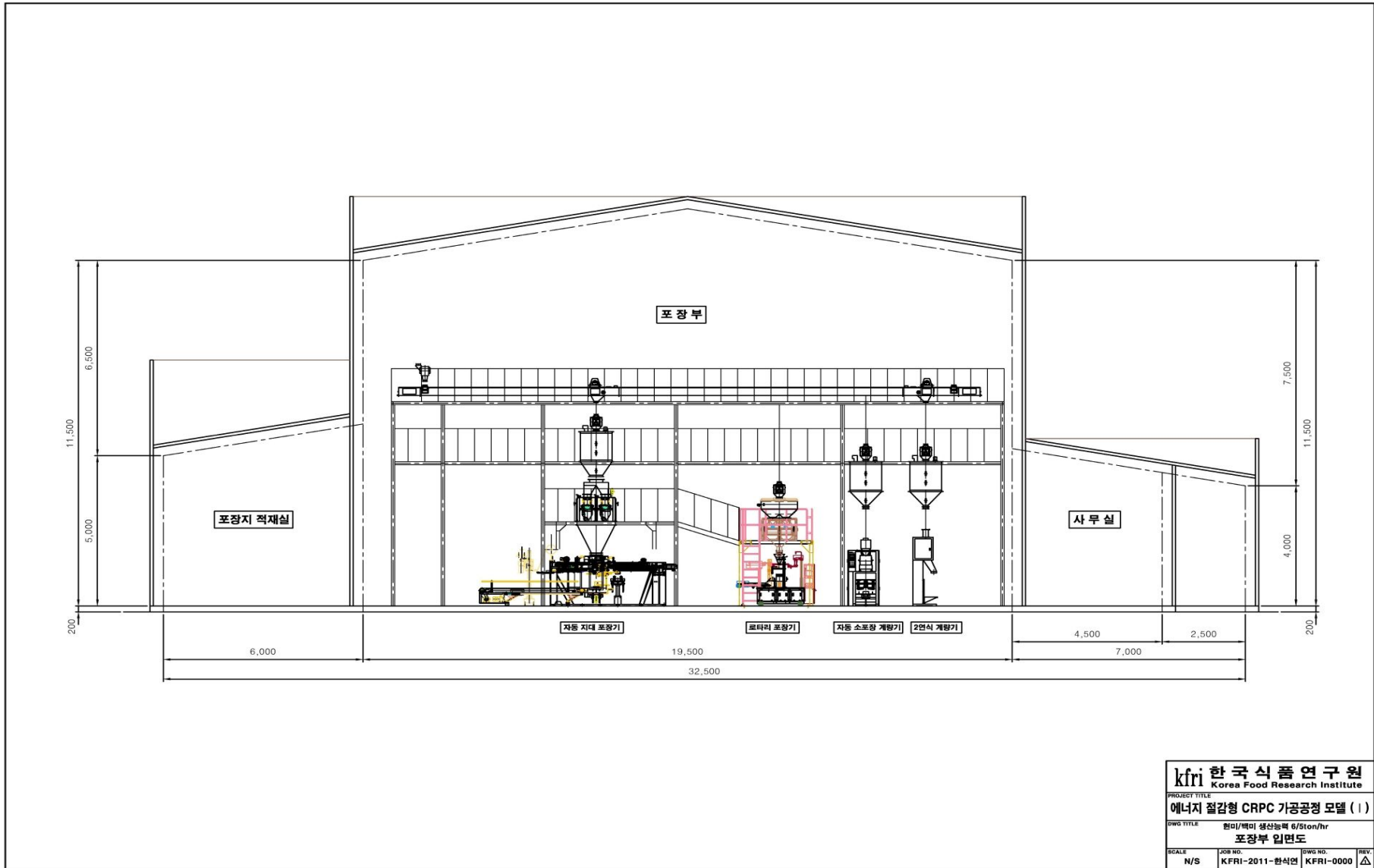


그림 3-1-38. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델( I)의 포장부 입면도

표 3-1-80. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델( I )의 명세표

번호	품 명	규 격	용 량	수량	동 력	비 고
<b>1. 원료 저장부</b> (동력소계 : 5.9kW)						
101	체인 컨베이어	W230 x 11.0mL	20 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
102	슈트형 제철기	150A		1		
103	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
104	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
105	연 류 계		20 T/H	1		
106	버킷 엘리베이터 (원심배출형)	9" x 6" x 11.0mH	20 T/H	1	2.2kW x 4P x 1/30	G.M
107	체인 컨베이어	W230 x 15.0mL	20 T/H	1	2.2kW x 4P x 1/30	G.M
108	슬라이드 게이트	230 x 500		4		A.C,L.S
109	원료 탱크		20 Ton	5		
110	상부 레벨	SPS(STD)		5		PADDLE TYPE
111	하부 레벨	SPS(STD)		5		PADDLE TYPE
<b>2. 재현 및 선별부</b> (동력소계 : 49.2kW)						
201	슬라이드 게이트	200 x 200		5		A.C,L.S
202	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 12.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
203	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
204	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
205	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
206	연 류 계		10 T/H	1		
207	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
208	풍력 선별기	20㎡/min		1		
209	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
210	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
211	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
212	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L.S
213	원료 석발기		7 T/H	1	3.1kW	
214	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
215	이물 선별망 제철기			1		
216	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
217	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
218	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
219	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L.S
220	현 미 기		3 T/H	2	7.5kW	
221	왕거 풍구		3 T/H	2	3.8kW	
222	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 4.5mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/30	G.M
223	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
224	아스피레이터	φ0.45 x 0.65mH		1		
225	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
226	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
227	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
228	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L.S
229	현미 분리기		6 T/H	1	2.2kW	
230	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
231	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 3.5mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/30	G.M
232	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 3.5mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/30	G.M
233	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
234	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
235	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
236	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
237	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L.S
238	입 선별기		6 T/H	1	1.1kW	
239	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S
240	입 선별기		6 T/H	1	1.1kW	
241	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
242	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
243	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
244	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
245	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L.S
246	현미 석발기		7 T/H	1	3.1kW	
247	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
248	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S
249	아스피레이터	φ0.45 x 0.65mH		1		
250	보조 탱크			1		
251	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
252	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
253	현미 색채 선별기	192채널		1	3.5kW	
254	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
255	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
256	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
257	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
258	연 류 계		10 T/H	1		
259	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
260	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S
261	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 13.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
262	슬라이드 게이트 (컨베이어용)			4		A.C,L.S
263	현미 탱크		20 Ton	5		
264	상부 레벨	SPS(STD)		5		PADDLE TYPE
265	하부 레벨	SPS(STD)		5		PADDLE TYPE
<b>3. 정백 및 선별부</b> (동력소계 : 133.9kW)						
301	슬라이드 게이트	200 x 200		5		A.C,L.S
302	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 13.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
303	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
304	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S
305	이물 선별망 제철기			1		
306	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
307	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
308	연 류 계		10 T/H	1		
309	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
310	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
311	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE			
<b>에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 ( I )</b>			
DWG TITLE			
현미/백미 생산능력 6/5ton/hr 주요 기기 명세표 ( 1 )			
SCALE	JOB NO.	DWG NO.	REV.
1/1	KFRI-2011-한식연	KFRI-0000	△

번호	품명	규격	용량	수량	동력	비고
312	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
313	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S
314	첨미 시스템		5 T/H	1	112.5kW	
315	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
316	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L, S
317	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
318	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
319	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S
320	로타리 슈프트		5 T/H	1	1.5kW	
321	버킷엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
322	보조 탱크			1		
323	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
324	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
325	백미 선택 선별기	256채널		1	4.1kW	
326	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
327	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
328	보조 탱크			1		
329	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
330	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
331	백미 이물 선별기	256채널		1	4.1kW	
332	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
333	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
334	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L, S
335	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
336	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
337	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
338	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S
339	전동체 선별기		10 T/H	1	1.5kW	
340	버킷엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
341	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
342	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
343	연 류 계		10 T/H	1		
344	버킷엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
345	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 9.0mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
346	슬라이드게이트 (컨베이어용)			3		A.C,L,S
347	백미 제품 탱크		20 Ton	4		
348	배 풍 첩			4		
349	상부 레벨	SPS(STD)		4		PADDLE TYPE
350	하부 레벨	SPS(STD)		4		PADDLE TYPE
351	백미 석발기		3 T/H	1	0.4kW	
352	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
353	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
354	이물 선별망 재철기			1		
355	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
356	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
357	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE

번호	품명	규격	용량	수량	동력	비고
358	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S
<b>4. 제품 포장부</b> (동력소계 : 33.8kW)						
401	슬라이드 게이트	200 x 200		4		A.C,L,S
402	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 8.0mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
403	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
404	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
405	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
406	연 류 계		10 T/H	1		
407	고정식 선별기		10 T/H	2	0.025kW	
408	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
409	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 12.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
410	슬라이드 게이트 (컨베이어용)			2		A.C,L,S
411	이물 선별망 재철기			1		
412	보조 탱크			1		
413	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
414	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
415	로타리 포장기	0.5~10kg		1	0.4kW	
416	튠백 계량기	1,000kg		1		
417	이물 선별망 재철기			1		
418	보조 탱크			1		
419	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
420	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
421	자동 지대 포장기	10kg, 20kg		1	10.8kW	
422	로봇 적재 시스템			1	18.8kW	
<b>5. 현미 제품 저장 및 포장부</b> (동력소계 : 7.5kW)						
501	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 8.0mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
502	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
503	현미 제품 탱크		20 Ton	1		
504	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
505	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
506	슬라이드 게이트	200 x 200		1		A.C,L,S
507	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
508	이물 선별망 재철기			1		
509	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
510	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
511	연 류 계		10 T/H	1		
512	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
513	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 3.5mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/30	G.M
514	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 15.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
515	슬라이드게이트 (컨베이어용)			2		A.C,L,S
516	튠백 계량기	1,000kg		1		
517	이물 선별망 재철기			1		
518	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
519	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

**kfri 한국식품연구원**  
Korea Food Research Institute

PROJECT TITLE  
**에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (1)**

DWG TITLE  
현미/백미 생산능력 6/5ton/hr  
**주요 기기 명세표 (2)**

SCALE  
1/1

JOB NO.  
KFRI-2011-한식연

DWG NO.  
KFRI-0000

REV.  
△

번호	품명	규격	용량	수량	동력	비고
520	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
521	반 자동 계량기 (2연식)	1~20kG		1	0.7kW	
522	미싱기			1		
523	실링기			1		
524	이물 선별망 제철기			1		
525	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 탬퍼
526	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
527	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
528	자동 소 포장 계량기	1~10kG		1	0.4kW	
<b>6. 왕거 이송 저장부</b> (동력소계 : 3.4kW)						
601	스크류 컨베이어	φ300 x 3mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/10	G.M
602	스크류 컨베이어	φ300 x 12mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/10	G.M
603	버킷 엘리베이터 (원심 배출형)	9' x 6" x 17.0mH	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
604	체인 컨베이어	W230 x 6.0mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
605	왕거 사일로	450m³		1		
606	레벨 스위치			4		
<b>7. 집진부</b> (동력소계 : 98.6kW)						
701	백필터	280m³/min		1		저압식, 하부투입
702	로타리 밸브	Ø300		1	1.5W x 4P	G.M, 상부투입포함
703	송풍기	280m³/min	300mmAq	1	22kW x 4P	G.M, 소음기, 담파 입출구 캡퍼포함
704	링 브로워			1	4.6kW x 4P	G.M
705	백필터	360m³/min		1		저압식, 하부투입
706	로타리 밸브	Ø300		1	1.5W x 4P	G.M, 상부투입포함
707	송풍기	360m³/min	300mmAq	1	30kW x 4P	G.M, 소음기, 담파 입출구 캡퍼포함
708	링 브로워			1	4.6kW x 4P	G.M
709	사이클론	120m³/min		1		내부 테프론 코팅
710	로타리 밸브	Ø300		1	1.5W x 4P	G.M, 상부투입포함
711	송풍기	120m³/min	250mmAq	1	11kW x 4P	G.M, 소음기, 담파 입출구 캡퍼포함
712	사이클론	100m³/min		1		내부 테프론 코팅
713	로타리 밸브	Ø300		1	1.5W x 4P	G.M, 상부투입포함
714	송풍기	100m³/min	300mmAq	1	11kW x 4P	G.M, 소음기, 담파 입출구 캡퍼포함
715	사이클론	80m³/min		1		내부 테프론 코팅
716	로타리 밸브	Ø300		1	1.5W x 4P	G.M, 상부투입포함
717	송풍기	80m³/min	250mmAq	1	7.5kW x 4P	G.M, 소음기, 담파 입출구 캡퍼포함
718	스크류 컨베이어	φ300 x 4mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/10	
719	레벨 스위치	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
<b>8. 부산물 처리 시설</b> (동력소계 : 0.0kW)						
801	부산물 수거 탱크			10		
802	부산물 저장 탱크	2.4 x 1.2 x 3.6		5		
803	상부 레벨	SPS(STD)		5		PADDLE TYPE
804	슬라이트 게이트	200 x 200		5		A.C.L.S
<b>9. 기타 부대 시설</b> (동력소계 : 91.2kW)						
901	중앙 제어반			1식		
902	현미부 제어반			1식		
903	백미부 제어반			1식		
904	포장부 제어반			1식		
905	부산물 제어반			1식		
906	YICS			1식		
907	MMI			1식		
908	에어 컴프레사	스크류 타입		2	37kW	
909	청소 시스템 (흡인식)			2식	8.6kW	

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

**kfri 한국식품연구원**  
Korea Food Research Institute

PROJECT TITLE  
**에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (1)**

DWG TITLE  
현미/백미 생산능력 6Ston/hr  
**주요 기기 명세표 (3)**

SCALE 1/1 JOB NO. KFRI-2011-한식면 DWG NO. KFRI-0000 REV. △

**\* 총 소요동력 : 423.6kW**

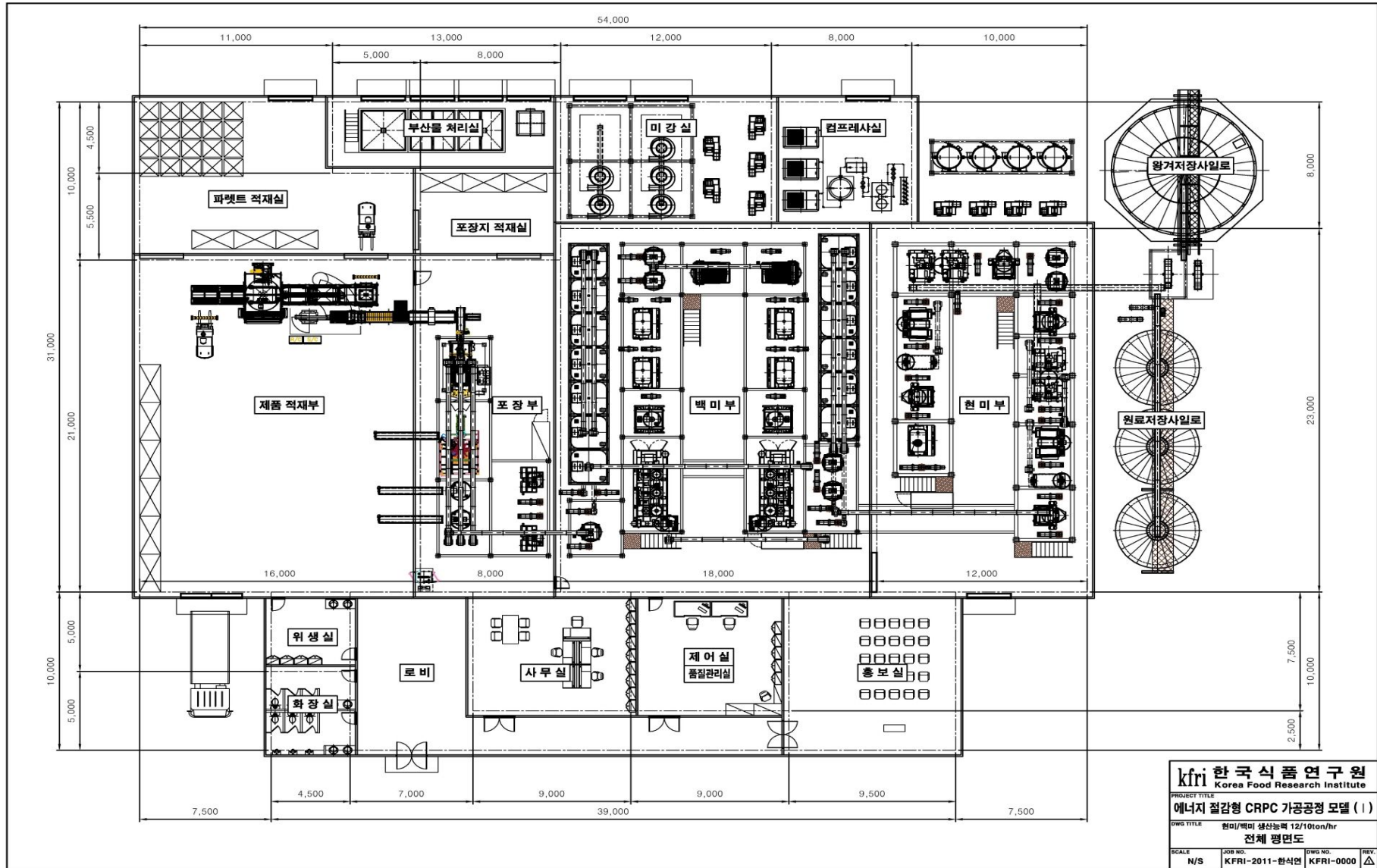


그림 3-1-39. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 평면도

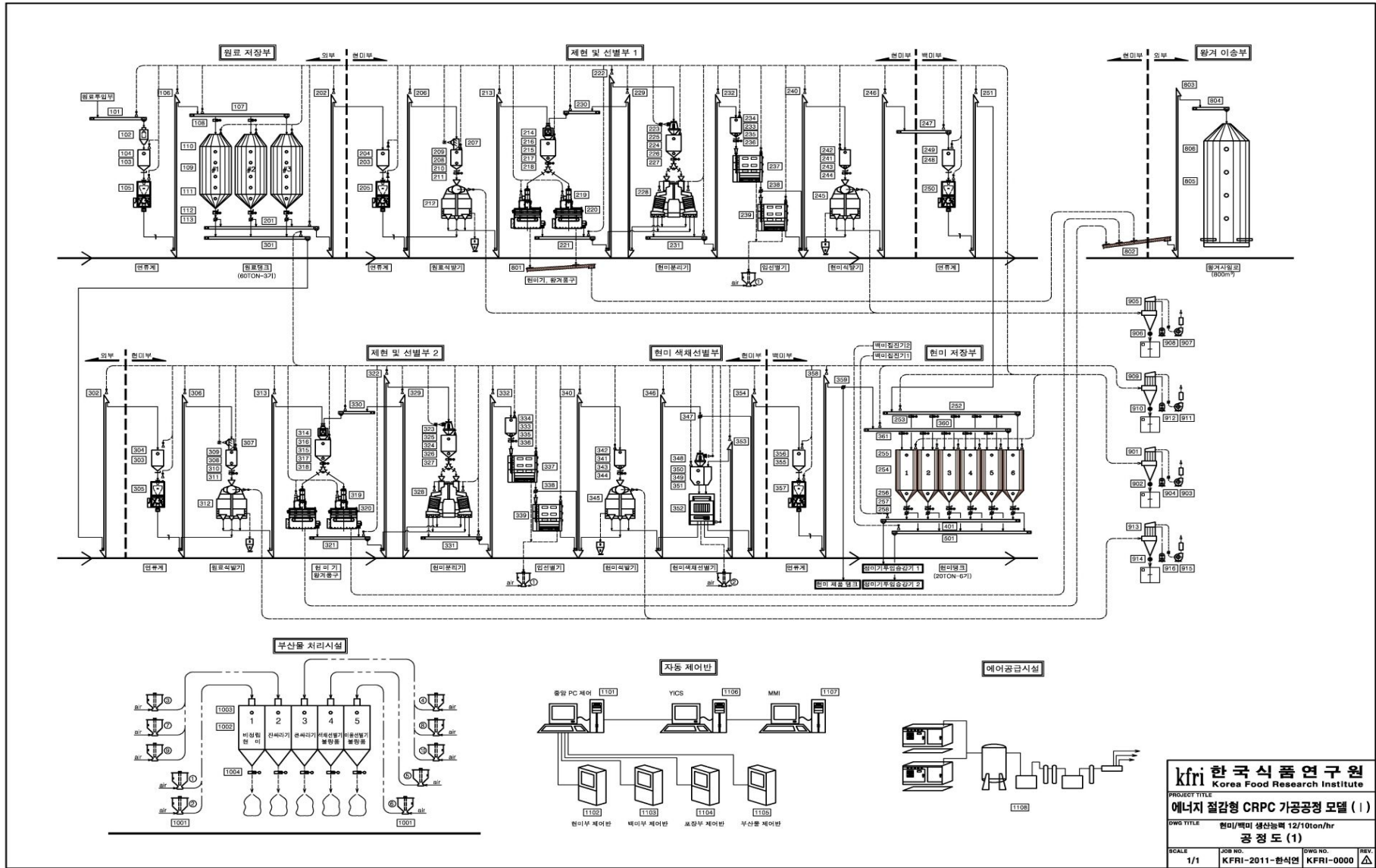
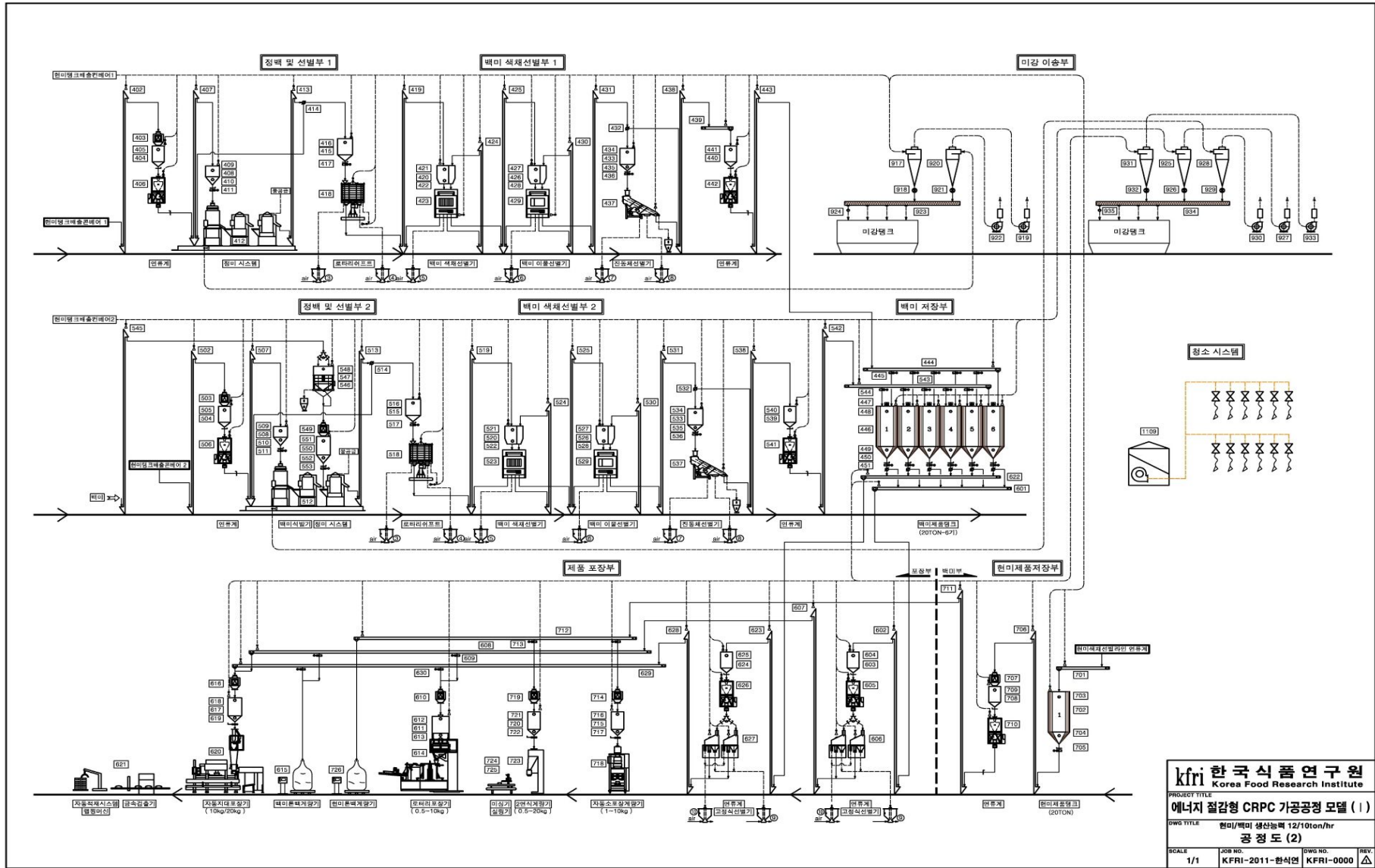


그림 3-1-40. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델 (I)의 공정도(1)

<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE <b>에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (I)</b>			
DWG TITLE <b>현미/백미 생산능력 12/10ton/hr 공정도 (1)</b>			
SCALE 1/1	JOB NO. KFRI-2011-환식연	DWG NO. KFRI-0000	REV. △





<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE <b>에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (1)</b>			
DWG TITLE <b>현미/백미 생산능력 12/10ton/hr 공정도 (2)</b>			
SCALE	JOB NO.	DWG NO.	REV.
1/1	KFRI-2011-환식연	KFRI-0000	△

그림 3-1-41. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델 (I)의 공정도(2)

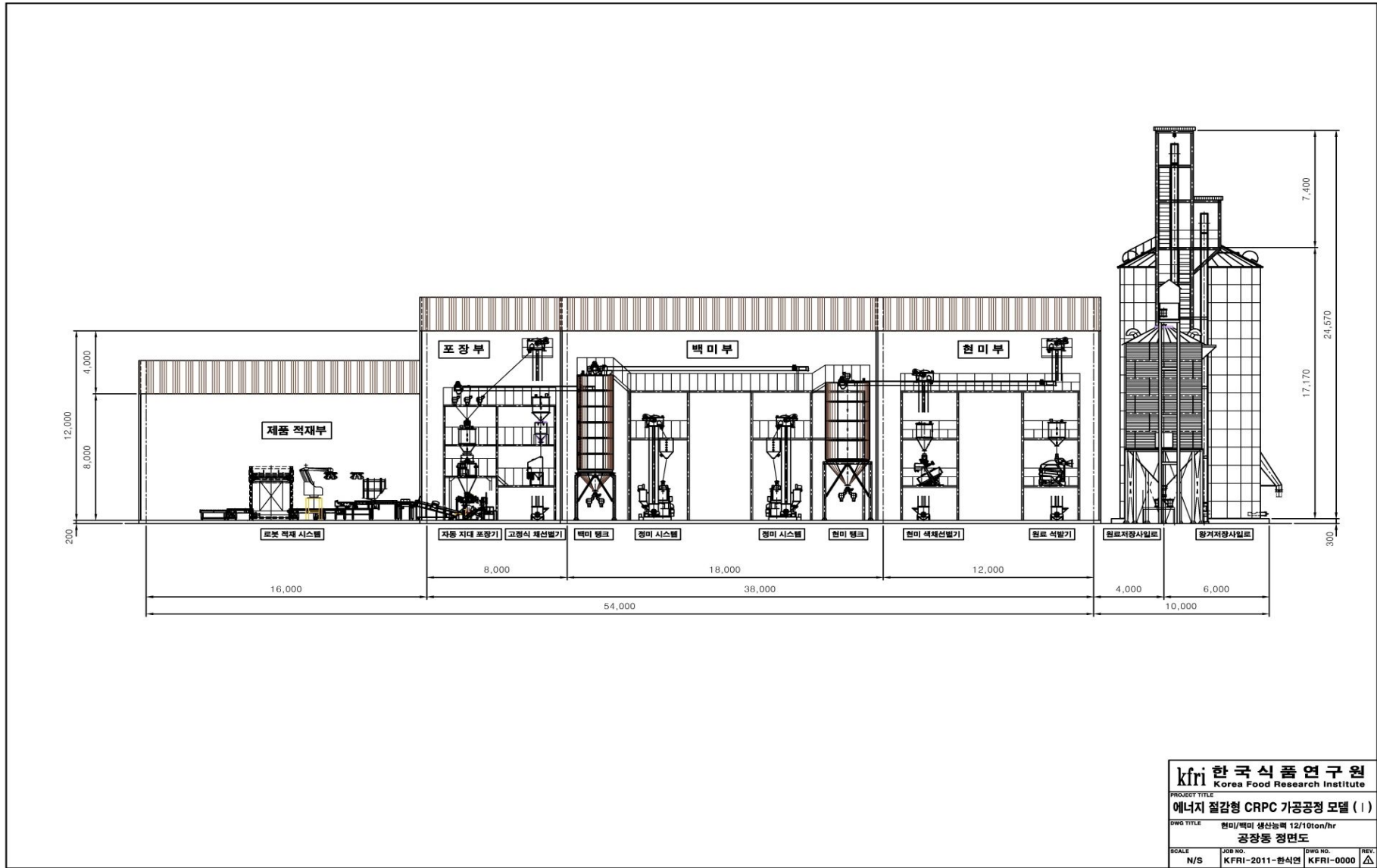
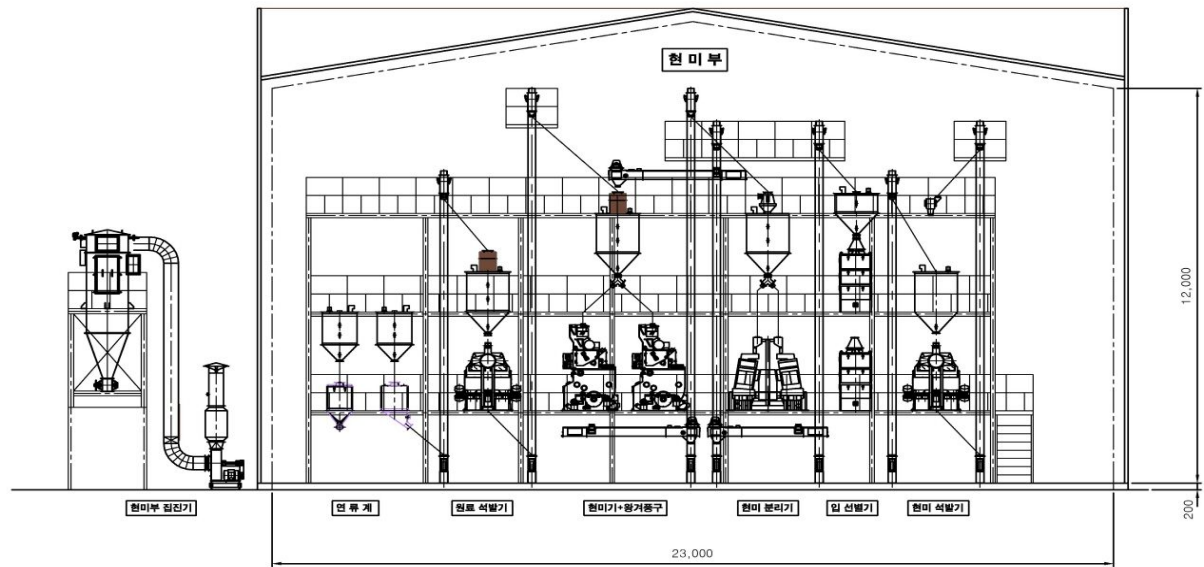


그림 3-1-42. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 정면도





<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE 에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (I)			
DWG TITLE 현미/백미 생산능력 12/10ton/hr 현미부 입면도			
SCALE N/S	JOB NO. KFRI-2011-환식연	DWG NO. KFRI-0000	REV. △

그림 3-1-43. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 현미부 입면도

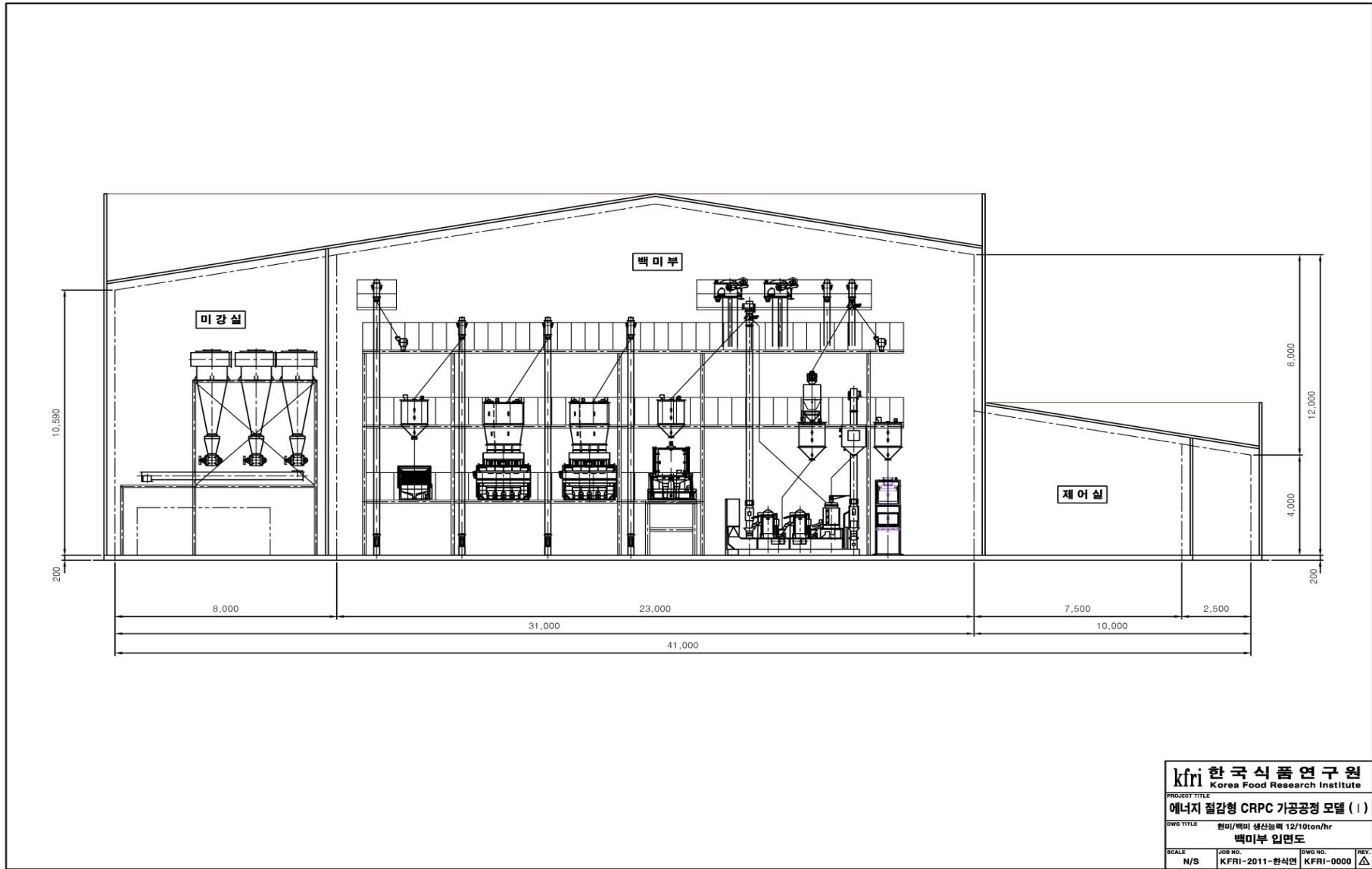


그림 3-1-44. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 백미부 입면도

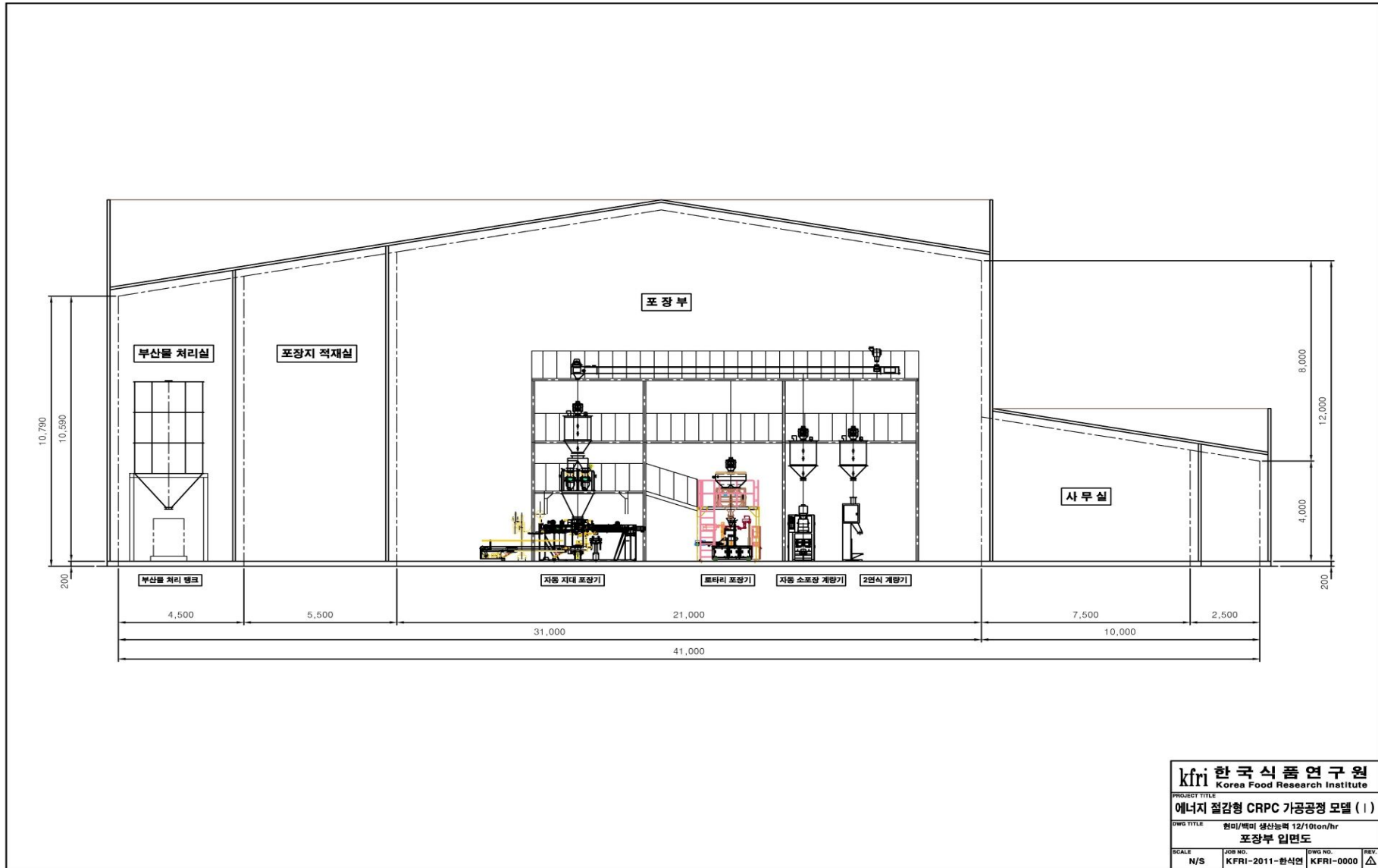


그림 3-1-45. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 포장부 입면도

표 3-1-81. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 명세표

번호	품명	규격	용량	수량	동력	비고	번호	품명	규격	용량	수량	동력	비고
<b>1. 원료 저장부</b> (동력소계 : 5.9kW)													
101	체인 컨베이어	W230 x 11.0mL	20 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M	231	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 3.5mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/30	G.M
102	슈트형 제철기	150A		1			232	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
103	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼	233	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		
104	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	234	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
105	연류계		20 T/H	1			235	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
106	버킷 엘리베이터 (원심배출형)	9" x 6" x 17.0mH	20 T/H	1	2.2kW x 4P x 1/30	G.M	236	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S
107	체인 컨베이어	W230 x 15.0mL	20 T/H	1	2.2kW x 4P x 1/30	G.M	237	입선벨기		6 T/H	1	1.1kW	
108	슬라이드 게이트	230 x 500		2		A.C,L,S	238	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L,S
109	원료 저장 사일로			60 Ton	3		239	입선벨기		6 T/H	1	1.1kW	
110	상부 레벨	SPS(STD)		3		PADDLE TYPE	240	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
111	하부 레벨	SPS(STD)		3		PADDLE TYPE	241	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
112	슬라이드 게이트	200 x 200		3		A.C,L,S	242	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
113	2-방향 분배기	200 x 200		3		A.C, L,S	243	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
<b>2. 제현 및 선별부 1</b> (동력소계 : 46.4kW)													
201	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 15.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M	244	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S
202	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 15.0mH	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M	245	현미 석발기		7 T/H	1	3.1kW	
203	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼	246	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
204	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	247	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 12.5mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
205	연류계		10 T/H	1			248	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
206	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	249	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
207	풍력 선별기	20m <sup>3</sup> /min		1			250	연류계		10 T/H	1		
208	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼	251	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
209	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	252	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 13.5mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
210	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	253	슬라이드 게이트 (컨베이어용)			5		A.C,L,S
211	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S	254	현미 탱크		20 Ton	6		
212	원료 석발기		7 T/H	1	3.1kW		255	상부 레벨	SPS(STD)		6		PADDLE TYPE
213	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	256	하부 레벨	SPS(STD)		6		PADDLE TYPE
214	이물 선별망 제철기			1			257	슬라이드 게이트	200 x 200		6		A.C,L,S
215	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼	258	2-방향 분배기	200 x 200		6		A.C, L,S
216	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	<b>3. 제현 및 선별부 2</b> (동력소계 : 49.2kW)						
217	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	301	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 15.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
218	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S	302	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
219	현미 기		3 T/H	2	7.5kW		303	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
220	왕겨 충구		3 T/H	2	3.8kW		304	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
221	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 4.5mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/30	G.M	305	연류계		10 T/H	1		
222	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	306	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
223	아스피레이터	Φ0.45 x 0.65mH		1			307	풍력 선별기	20m <sup>3</sup> /min		1		
224	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼	308	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
225	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	309	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
226	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	310	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
227	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S	311	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S
228	현미 분리기		6 T/H	1	2.2kW		312	원료 석발기		7 T/H	1	3.1kW	
229	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	313	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
230	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 3.5mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/30	G.M	314	이물 선별망 제철기			1		
							315	보조 탱크	Φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
							316	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

**kfri 한국식품연구원**  
Korea Food Research Institute

PROJECT TITLE  
**에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (1)**

DWG TITLE  
현미/백미 생산능력 12/10ton/hr  
**주요 기기 명세표 (1)**

SCALE 1/1 JOB NO. KFRI-2011-현식연 DWG NO. KFRI-0000 REV. △

번호	품명	규격	용량	수량	동력	비고	번호	품명	규격	용량	수량	동력	비고
317	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	<b>4. 정백 및 선별부 1</b> (동력소계 : 135.0kW)						
318	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S	401	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 17.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
319	현미 기		3 T/H	2	7.5kW		402	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
320	왕겨 풍구		3 T/H	2	3.8kW		403	이물 선별망 제철기			1		
321	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 4.5mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/30	G.M	404	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
322	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	405	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
323	아스피레이터	φ0.45 x 0.65mH		1			406	연 류 계		10 T/H	1		
324	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼	407	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
325	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	408	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
326	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	409	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
327	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S	410	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
328	현미 분리기		6 T/H	1	2.2kW		411	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S
329	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	412	정미 시스템		5 T/H	1	112.5kW	
330	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 3.5mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/30	G.M	413	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
331	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 3.5mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/30	G.M	414	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S
332	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	415	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
333	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼	416	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
334	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	417	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S
335	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	418	로타리 서포트		5 T/H	1	1.5kW	
336	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S	419	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
337	입 선별기		6 T/H	1	1.1kW		420	보조 탱크			1		
338	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S	421	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
339	입 선별기		6 T/H	1	1.1kW		422	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
340	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	423	백미 색채 선별기	256채널		1	4.1kW	
341	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼	424	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
342	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	425	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
343	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	426	보조 탱크			1		
344	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S	427	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
345	현미 석별기		7 T/H	1	3.1kW		428	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
346	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	429	백미 이물 선별기	256채널		1	4.1kW	
347	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S	430	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
348	아스피레이터	φ0.45 x 0.65mH		1			431	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
349	보조 탱크			1			432	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S
350	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	433	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
351	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	434	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
352	현미 색채 선별기	192채널		1	3.5kW		435	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
353	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	436	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C,L,S
354	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	437	진동체 선별기		10 T/H	1	1.5kW	
355	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼	438	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
356	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE	439	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 7.0mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
357	연 류 계		10 T/H	1			440	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 덤퍼
358	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M	441	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
359	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S	442	연 류 계		10 T/H	1		
360	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 13.5mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M	443	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
361	슬라이드 게이트 (컨베이어용)			5		A.C,L,S	444	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 12.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
							445	슬라이드 게이트 (컨베이어용)			5		A.C,L,S

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE <b>에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (1)</b>			
DWG TITLE 현미/백미 생산능력 12/10ton/hr <b>주요 기기 명세표 (2)</b>			
SCALE 1/1	JOB NO. KFRI-2011-한식연	DWG NO. KFRI-0000	REV. △

번호	품명	규격	용량	수량	동력	비고
446	백미 제품 탱크		20 Ton	6		
447	배 풍 철편			6		
448	상부 레벨	SPS(STD)		6		PADDLE TYPE
449	하부 레벨	SPS(STD)		6		PADDLE TYPE
450	슬라이드 게이트	200 x 200		6		A.C, L.S
451	2-방향 분배기	200 x 200		6		A.C, L.S
<b>5. 광백 및 선별부 2</b> (동력소계 : 135.4kW)						
501	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 17.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
502	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
503	이물 선별망 제철기			1		
504	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
505	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
506	연류계		10 T/H	1		
507	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
508	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
509	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
510	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
511	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C, L.S
512	징미 시스템		5 T/H	1	112.5kW	
513	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
514	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S
515	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
516	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
517	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C, L.S
518	로타리 슈프트		5 T/H	1	1.5kW	
519	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
520	보조 탱크			1		
521	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
522	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
523	백미 색채 선별기	256채널		1	4.1kW	
524	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
525	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
526	보조 탱크			1		
527	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
528	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
529	백미 이물 선별기	256채널		1	4.1kW	
530	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
531	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
532	2-방향 분배기	150 x 150		1		A.C, L.S
533	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
534	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
535	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
536	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C, L.S
537	진동채 선별기		10 T/H	1	1.5kW	
538	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M

번호	품명	규격	용량	수량	동력	비고
539	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
540	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
541	연류계		10 T/H	1		
542	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
543	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 12.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
544	슬라이드 게이트 (컨베이어용)			5		A.C, L.S
545	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
546	백미 석발기		3 T/H	1	0.4kW	
547	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
548	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
549	이물 선별망 제철기			1		
550	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
551	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
552	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
553	슬라이드 게이트	150 x 150		1		A.C, L.S
<b>6. 제품 포장부</b> (동력소계 : 39.1kW)						
601	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 17.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
602	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
603	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
604	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
605	연류계		10 T/H	1		
606	고정식 선별기		10 T/H	2	0.025kW	
607	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
608	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 12.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
609	슬라이드 게이트 (컨베이어용)			1		A.C, L.S
610	이물 선별망 제철기			1		
611	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
612	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
613	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
614	로타리 포장기	0.5~10kg		1	0.4kW	
615	톤배 계량기	1,000kg		1		
616	이물 선별망 제철기			1		
617	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
618	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
619	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
620	자동 지대 포장기	10kg, 20kg		1	10.8kW	
621	로봇 적재 시스템			1	18.8kW	
622	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 17.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
623	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
624	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 댐퍼
625	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
626	연류계		10 T/H	1		
627	고정식 선별기		10 T/H	2	0.025kW	
628	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
629	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 12.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE			
<b>에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (1)</b>			
DWG TITLE			
<b>주요 기기 명세표 (3)</b>			
SCALE	JOB NO.	DWG NO.	REV.
1/1	KFRI-2011-한식연	KFRI-0000	△

번호	품명	규격	용량	수량	동력	비고
630	슬라이드 게이트 (컨베이어용)			1		A.C.L.S
<b>7. 현미 제품 저장 및 포장부</b> (동력소계 : 6.4kW)						
701	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 8.0mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
702	현미 제품 탱크		20 Ton	1		
703	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
704	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
705	슬라이드 게이트	200 x 200		1		A.C.L.S
706	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
707	이물 선별망 체결기			1		
708	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 탬퍼
709	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
710	연류계		10 T/H	1		
711	버킷 엘리베이터 (유도배출형)	10Ton x 11.0mH	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
712	체인 컨베이어 (합성수지)	10Ton x 12.0mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
713	슬라이드 게이트 (컨베이어용)			1		A.C.L.S
714	이물 선별망 체결기			1		
715	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 탬퍼
716	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
717	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
718	자동 소포장 계량기	1~10kG		1	0.4kW	
719	이물 선별망 체결기			1		
720	보조 탱크	φ0.95 x 1.0mH		1		수동 탬퍼
721	상부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
722	하부 레벨	SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
723	반 자동 계량기 (2연식)	1~20kG		1	0.7kW	
724	미싱기			1	1.5kW	
725	살링기			1		
726	톤백 계량기	1,000kG		1		
<b>8. 왕겨 이송 저장부</b> (동력소계 : 4.5kW)						
801	스크류 컨베이어	φ300 x 9mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/10	G.M
802	스크류 컨베이어	φ300 x 16mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/10	G.M
803	버킷 엘리베이터 (원심배출형)	9" x 6" x 17.0mH	10 T/H	1	1.5kW x 4P x 1/30	G.M
804	체인 컨베이어	W230 x 6.0mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/30	G.M
805	왕겨 사일로	800m <sup>3</sup>		1		
806	레벨 스위치			4		
<b>9. 집진부</b> (동력소계 : 172.7kW)						
901	백필터	260m <sup>2</sup> /min		1		저압식, 하부투입
902	로타리 벨브	Ø300		1	1.5W x 4P	G.M, 상부투입포함
903	송풍기	260m <sup>2</sup> /min	300mmAq	1	22kW x 4P	G.M, 소음기, 담파 밀출구 캡퍼포함
904	링브로워			1	4.6kW x 4P	G.M
905	백필터	280m <sup>2</sup> /min		1		저압식, 하부투입
906	로타리 벨브	Ø300		1	1.5W x 4P	G.M, 상부투입포함
907	송풍기	280m <sup>2</sup> /min	300mmAq	1	22kW x 4P	G.M, 소음기, 담파 밀출구 캡퍼포함
908	링브로워			1	4.6kW x 4P	G.M
<b>10. 부산물 처리 시설</b> (동력소계 : 0.0kW)						
1001	부산물 수거 탱크			19		
1002	부산물 저장 탱크	2.4 x 1.2 x 3.6		5		
1003	상부 레벨	SPS(STD)		5		PADDLE TYPE
1004	슬라이드 게이트	200 x 200		5		A.C.L.S
<b>11. 기타 부대 시설</b> (동력소계 : 127.2kW)						
1101	중앙 제어반			1식		
1102	현미부 제어반			1식		
1103	백미부 제어반			1식		
1104	포장부 제어반			1식		
1105	부산물 제어반			1식		
1106	YICS			1식		
1107	MMI			1식		
1108	에어 컴프레샤	스크류 타입		2	55kW	
1109	침소 시스템 (흡인식)			2식	8.6kW	
<b>* 총 소요동력 : 721.8kW</b>						

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE			
에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (1)			
DWG TITLE			
현미/백미 생산능력 12/10ton/hr			
주요 기기 명세표 (4)			
SCALE	JOB NO.	DWG NO.	REV.
1/1	KFRI-2011-한식연	KFRI-0000	△

표 3-1-82. 에너지절감형 가공공장 모델(Ⅰ)의 공정별, 단위기계별 소요동력 비교표(현미/백미생산능력 6/5ton/hr)

공정	단위 기계	에너지절감 모델(Ⅰ)		제2세대 RPC의 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소인 RPC				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	최대		최소		최대		최소	
						수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
현미 공정	종합정선기	1	3.1	1.0	3.0	1	3.1	1	2.6	1	3.1	1	3.1
	전자동현미기	2	15.0	2.0	15.8	2	15.0	2	15.0	2	15.0	2	15.0
	왕겨풍구	2	7.6	1.2	13.1	1	14.4	1	7.6	1	14.4	1	14.4
	현미분리기	1	2.2	1.0	2.2	1	2.2	1	2.2	1	2.2	1	2.2
	입선별기	2	2.2	2.7	5.0	2	15.0	2	1.5	2	3.0	2	1.4
	현미석발기	1	3.1	1.2	2.5	1	3.1	1	2.6	1	3.1	2	0.8
	색채선별기	1	3.5	1.4	4.4	1	3.5	1	2.0	1	4.1	1	4.1
	현미재투입시설					1	11.4				15.8		
	버킷엘리베이터	13	12.0	13.1	19.9	14	20.9	10	15.0	11	12.0	13	18.7
	체인컨베이어	10	9.8	6.0	9.3	4	5.9	3	4.5	5	4.5	4	3.8
	소 계		58.5		75.2		94.5		53.0		77.2		63.5
백미 공정	정미시스템	1	112.5	1.2	97.1	1	165.0	1	79.0	1	112.5	1	79.0
	로터리취프트	1	1.5	1.3	1.9	1	1.5	1	1.5	2	3.0	1	1.5
	색채선별기	1	4.1	1.6	4.2	2	4.0	1	3.5	1	4.1	2	7.0
	이물선별기	1	4.1	1.0	3.7			1	2.0	1	4.1	1	4.3
	백미석발기	1	0.4	1.0	0.7			1	0.4	1	0.8	1	0.8
	등급선별기			1.3	4.4	1	1.5					2	4.4
	습식연미기			1.7	29.2			2	35.0			2	35.0
	진동체선별기	1	1.5	6.4	6.6					3	6.6	2	1.6
	버킷엘리베이터	10	7.5	12.2	10.6	8	12.0	12	10.5	18	19.5	14	8.2
	체인컨베이어	2	2.3	3.1	2.7	1	1.5	4	5.3	6	4.5	1	0.4
	소 계		133.9		161.1		185.5		137.2		155.1		142.2



(표 3-1-82 계속)

공정	단위기계	에너지절감 모델( I )		제2세대 RPC의 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소인 RPC				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	최대		최소		최대		최소	
						수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
포장 공정	진동채선별기			2	2.8	2	0.8						
	고정식선별기	2	0.05										
	등급선별기			1	2.6	1	3.7						
	자동소포장기	2	0.8	2	3.5	1	0.4			2	4		
	반자동포장기	1	0.7	1.7	2	1	0.7			2	2		
	미싱기	1	1.5			1	1.5						
	자동지대포장기	1	10.8	1	10.4	1	5	1	6.5	1	10	1	6.5
	로봇적재시스템	1	18.8	1	16.3	1	35	1	15	1	27	1	15
	버킷엘리베이터	5	3.8	3.3	3.3	7	9.8	2	0.8	1	1.5	2	0.8
	체인컨베이어	5	4.9	3.1	2.3	6	5.3	4	1.6	3	4.5	4	1.6
	기타 시설										3		
	소 계		41.4		43.2		62.2		23.9		52		23.9

(표 3-1-82 계속)

공정	에너지절감 모델(I)			제2세대 RPC의 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소인 RPC						제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC						비고
	형식	수량(대)	소요동력(kW)	수량(대)	소요동력(kW)	최대			최소			최대			최소			
						형식	수량(대)	소요동력(kW)	형식	수량(대)	소요동력(kW)	형식	수량(대)	소요동력(kW)	형식	수량(대)	소요동력(kW)	
현미부 집진	B	1	36.1			B	1	23.5	C	2	27.5	B	1	23.5	C	2	27.4	현미부용
						B	1	20.5	C	1	11.7	B	1	20.5	C	1	11.8	원료 석발기용
						B	1	16.5				B	1	16.5				현미 석발기용
						B	1	36.1	C	1	15.8	B	1	36.1	C	1	15.8	왕겨풍구용
						B	1	10.0				B	1	10.0				현미부집진 기배출용
						B	1	12.5				B	1	12.5				원료탱크용
	B	1	28.1															원료, 현미 석발기용
소계		64.2		75.1			119.1				55.0			119.1			55.0	
백미부 집진	C	1	12.5			B	1	17.1				B	1	17.1	C	1	19.8	백미부용
	C	1	12.5			B	1	26.6	C	1	22.0	B	1	26.6	C	1	8.3	정미기용
	C	1	9.0			B	1	21.1				B	1	21.1	C	1	6.2	포장부용
									C	1	12.5	C	1	12.5				백미, 포장부용
						C	1	12.5							C	1	11.7	부산물용
									C	2	11.0				C	1	6.3	미강 선별기용
소계		34.4		61.8			77.3				45.5			77.3			52.3	
이송 기기							1	2.2					1	2.2				버킷 엘리베이터
		1	0.4				7	11.9		2	3.7		7	11.9		4	6.0	체인 컨베이어
소계		0.4					14.1				3.7			14.1			6.0	

(표 3-1-82 계속)

공정	단위기계	에너지절감 모델( I )		제2세대 RPC의 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소인 RPC				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	최대		최소		최대		최소	
						수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
부 대 시 설	부산물처리시설				47.5		67.2		33.5		67.2		46.2
	청소 시설		17.2		(22.0)		(22.0)		(22.0)		(22.0)		(22.0)
	에어컴프레서		74		96.3		165		52		165		74
전체 총동력 합계 (kW)		<b>423.6</b>		560.2 (582.2)		784.9 (806.9)		403.8 (425.8)		726.9 (748.5)		463.1 (485.1)	
절감 모델 대비 감소치		-		-136.6 (-158.6)		-361.3 (-383.3)		19.8 (-2.2)		-303.3 (-324.9)		-39.5 (-61.5)	
절감 효과(%)		-		24.4 (27.2)		46.0 (47.5)		-4.9 (0.5)		41.7 (43.4)		8.5 (12.7)	

주) ()는 청소시스템 22.0kW를 포함한 수치임

표 3-1-83. 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 공정별, 단위기계별 소요동력비교표(현미/백미생산능력 12/10ton/hr)

공정	단위 기계	에너지절감 모델(I)		제2세대 RPC 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소인 RPC				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	최대		최소		최대		최소	
						수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
현미 공정	종합정선기	2	6.2	2	6.0	2	6.4	2	5.2	2	6.8	2	6.4
	전자동현미기	4	30.0	3.8	32.9	4	44.8	4	30.0	4	30.0	4	44.8
	왕겨풍구	4	15.2	2.4	26.5	2	38.0	2	15.2	2	14.3	2	38.0
	현미분리기	2	4.4	1.8	3.8	2	4.4	2	4.4	1	3.7	2	4.4
	입선별기	4	4.4	3.4	4.1	3	2.2	4	3.0	2	3.0	3	2.25
	현미석발기	1	6.2	2	6.2	2	7.4	2	5.2	2	6.9	2	7.4
	색채선별기	1	3.5	1.4	4.1	1	2.2			2	7.4	1	2.2
	현미채투입시설				1.4					1	1.0		
	버킷엘리베이터	22	19.5	15	22.7	11	20.9	10	19.7	21	26.9	11	20.9
	체인컨베이어	16	16.6	10.2	17.7	6	13.4	9	16.4	16	29.0	6	13.4
	소 계		106.0		125.4		139.7		99.1		129.0		139.7
백미 공정	정미시스템	2	225.0	2.4	248.6	2	330.0	2	236.4	2	251.0	2	236.4
	로터리쉬프트	2	3.0	2.2	3.3	2	3.0	2	3.0	2	3.0	2	3.0
	색채선별기	2	8.2	2.6	7.6	3	5.5	4	16.4	2	8.2	4	16.4
	이물선별기	2	8.2	2	5.8					2	8.2		
	백미석발기	1	0.4	1	0.6					1	0.8		
	등급선별기			1	2.3			1	0.75	1	3.8	1	0.8
	습식연미기			2.3	50.9	4	88.0			2	52.5		
	진동체선별기	2	3.0	1.7	3.4	2	4.4	2	4.4			2	4.4
	백미채투입시설									1	16.5		
	버킷엘리베이터	22	16.4	21.2	16.8	17	25.5	19	14.25	24	18.0	19	14.3
	체인컨베이어	5	6.2	7	6.1	6	9.0	9	5.7	7	10.5	9	5.7
소 계		270.4		345.4		465.4		280.9		372.4		280.9	

(표 3-1-83 계속)

공정	단위 기계	에너지절감 모델( I )		제2세대 RPC 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	최대		최소		최대		최소	
						수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
포장 공정	진동체선별기			2.3	2.2	3	6.6			2	2.2		
	고정식선별기	4	0.1										
	등급선별기			1	1.9	1	2.2	1	1.5				
	자동소포장기	2	0.8	3	3.8					1	1.0	1	5.0
	반자동포장기	1	0.7	2	2.7	3	4.5	3	4.5	1	1.0	2	1.3
	미싱기	1	1.5										
	자동 지대포장기	1	10.8	1	12.8	1	26.0	1	26.0	1	10.0		
	로봇 적재시스템	1	18.8	1	20.7					1	27.0	1	35.0
	버킷엘리베이터	7	5.3	5.6	4.2	9	11.1	5	7.5	3	3.8	4	6.0
	체인컨베이어	5	7.5	4	2.3	6	5.0	4	6.0	2	3.0	2	3.0
	소 계		45.5		50.6		55.4		45.5		48		50.1

(표 3-1-83 계속)

공정	에너지절감 모델(I)			제2세대 RPC 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소						제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC						비고
						최대			최소			최대			최소			
	형 식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	형 식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	형 식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	형 식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	형 식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	
현미 부 집진	B	2	53.2			C	1	19.8	B	1	23.5	B	1	28.1	B	1	23.5	현미부용
						C	2	27.5	C	1	11.8	B	2	56.2	C	1	11.8	원료 석발기용
						B	2	31.5	C	1	11.8	B	2	39.0	C	1	11.8	현미 석발기용
									C	2	1.5	B	1	36.1	C	2	1.5	왕겨풍구용
						C	1	8.2				B	1	7.5				현미집진기 배출용
						C	1	11.8										왕겨탱크용
						C	1	2.9										왕겨풍구 이물질용
						B	1	11.8										왕겨탱크용
						B	1	15.7										현미탱크용
						B	1	60.9										현미부 Cyclone용
	B	2	56.2						C	1	22.8				C	1	22.8	원료,현미 석발기용
소계			109.4		129.7			190.1			71.3			166.9			71.3	
백미 부 집진	C	2	25.0			B	2	42.5	C	1	30.8	B	2	47.0	C	1	30.7	백미부용
	C	2	25.0			B	2	38.7	C	2	23.5	B	2	56.0	C	2	23.5	정미기용
	C	1	12.5			B	1	18.8	C	1	11.8				C	1	11.8	포장부용
						B	2	38.5				C	1	7.0				건식 연미기용
					B	1	14.8				B	2	24.0				배아가공용	
소계			63.3		107.9			153.3			66.0			134.0			66.0	
이송 기기																		버킷 엘리베이터
		2	0.8							4	3		4	7.4		4	3	체인 컨베이어
소계			0.8								3			7.4			3	

(표 3-1-83 계속)

공정	단위 기계	에너지절감 모델(I)		제2세대 RPC 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
						최대		최소		최대		최소	
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
부대 시설	부산물처리시설				31.1		37.5		25.0		25.0		25.0
	청소 시설		17.2		44.0		44.0		44.0		44.0		
	에어컴프레서		110		85.8		111.0		37.0		37.0		96.0
전체 총동력 합계 (kW)		<b>721.8</b>		878.5		1,196.40		673.3		1048.3		732.0	
절감 모델 대비 감소치 (kW)		-		-156.7		-474.6		48.5		-326.5		-10.2	
절감 효과(%)		-		<b>17.8</b>		<b>39.7</b>		<b>-7.2</b>		<b>31.1</b>		<b>1.4</b>	

## 2) 모델(II)

- 에너지절감형 가공공정 모델(I)의 가장 큰 특징은 통상적인 제2세대 RPC와 동일한 단층형을 적용하여 운영관리가 비교적 용이한 것이었으나, 모델(I)을 적용하기 위해서는 충분한 면적의 확보가 필요하였음. 그러나 제2세대 RPC의 보급과정중에 대두되는 문제점 중 하나인 별도 부지확보의 어려움으로 인해 많은 브랜드경영체에서 기존 제1세대 RPC의 가공시설 부지에 신축 또는 remodeling하려는 계획을 갖고 있는 점을 감안할 경우, 각 시군에 따라 차이가 나는 건폐율 기준과 사일로 등의 건폐율 계산에 포함여부 등에 따라서는 모델(I)의 적용이 어려워지는 경우가 많음
- 이에 따라 본 연구의 모델의 운영시험을 추진중인 나주동강RPC의 적극적인 협조하에 가공공정 단위 기계, 집진시설 및 부대시설의 설계기준(안)은 준용하되 다층형을 채택하여 에너지절감형 가공공정 모델(II)로 하였음. 처리능력 현미/백미 6/5ton/hr는 다음 그림 3-1-46~3-1-52 및 표 3-1-84와 같았으며, 처리능력 현미/백미 12/10ton/hr는 다음 그림 3-1-53~3-1-61 및 표 3-1-85와 같았으며, 모델(II)의 가장 큰 특징은 다층형으로서, 공간소요는 적으나 단위기계 진동의 효율적인 차

단 및 운영관리를 위한 엘리베이터 등의 시설이 필요한 단점이 있음

- 생산능력 현미/백미 6/5ton/hr 및 현미/백미 12/10ton/hr에 대해 개발한 에너지절감형 가공공정 모델(Ⅱ)의 소요동력과 각 공정별로 18개소 제2세대 RPC 소요동력을 비교한 결과는 다음 표 3-1-86, 3-1-87과 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 흡인식 청소시스템 등 앞에서 개발한 기본공정을 모두 반영하였으며, 현재와 같이 여러 제조회사에서 생산되는 단위기계를 사용하는 것으로 동일 단위기계에서 제조회사별로 소요동력으로 차이가 발생하는 것은 반영하지 않았음
- 표에서 알 수 있듯이 모델(Ⅱ)는 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr인 가공공정인 경우 소요동력은 370.9kW로서 당초 소요동력인 평균 560.2kW에 비해 에너지절감은 33.8% 수준이었으며, 현미/백미생산능력이 12/10ton/hr인 가공공정인 경우 소요동력은 658.0kW로서 당초 소요동력인 평균 878.5kW에 비해 에너지절감은 25.1% 수준이었으며, 평균적으로 29.5%의 절감효과가 있을 것으로 기대되었으며, 당초 에너지절감목표인 30%을 거의 만족하는 것으로 판단되었음
- 한편, 백미 1ton을 생산하는데 필요한 소요동력은 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr인 가공공정인 경우는 74.2kWh, 현미/백미생산능력이 12/10ton/hr인 가공공정인 경우는 65.8kWh수준이었음
- 향후 모델(Ⅱ)에 반영하지 못한 제조회사별 단위기계의 소요동력의 차이, 각 단위기계별 적정 송풍량 및 정압조건, 고압공기소모량 등이 농림수산사업시행지침에 의거 실시되고 있는 단위기계 성능검정제도를 통해 구명될 경우, 모델(Ⅱ)의 소요되는 에너지의 추가절약이 가능할 것으로 판단되었음
- 에너지절감형 가공공정 모델(Ⅰ) 및 모델(Ⅱ)와, 18개소 제2세대 RPC의 소요동력을 공정별로 요약한 결과는 다음 표 3-1-88과 같았으며, 현미/백미생산능력 6/5ton/hr의 경우 18개소 제2세대 RPC의 평균은 582.2kW, 모델(Ⅰ)에서는 423.6kW, 모델(Ⅱ)에서는 370.9kW로 절감효과는 각각 27.2%, 36.3%이었으며, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr의 경우 18개소 제2세대 RPC의 평균은 878.5kW, 모델(Ⅰ)에서는 721.8kW, 모델(Ⅱ)에서는 658.0kW로 절감효과는 각각 17.8%, 25.1%이었음



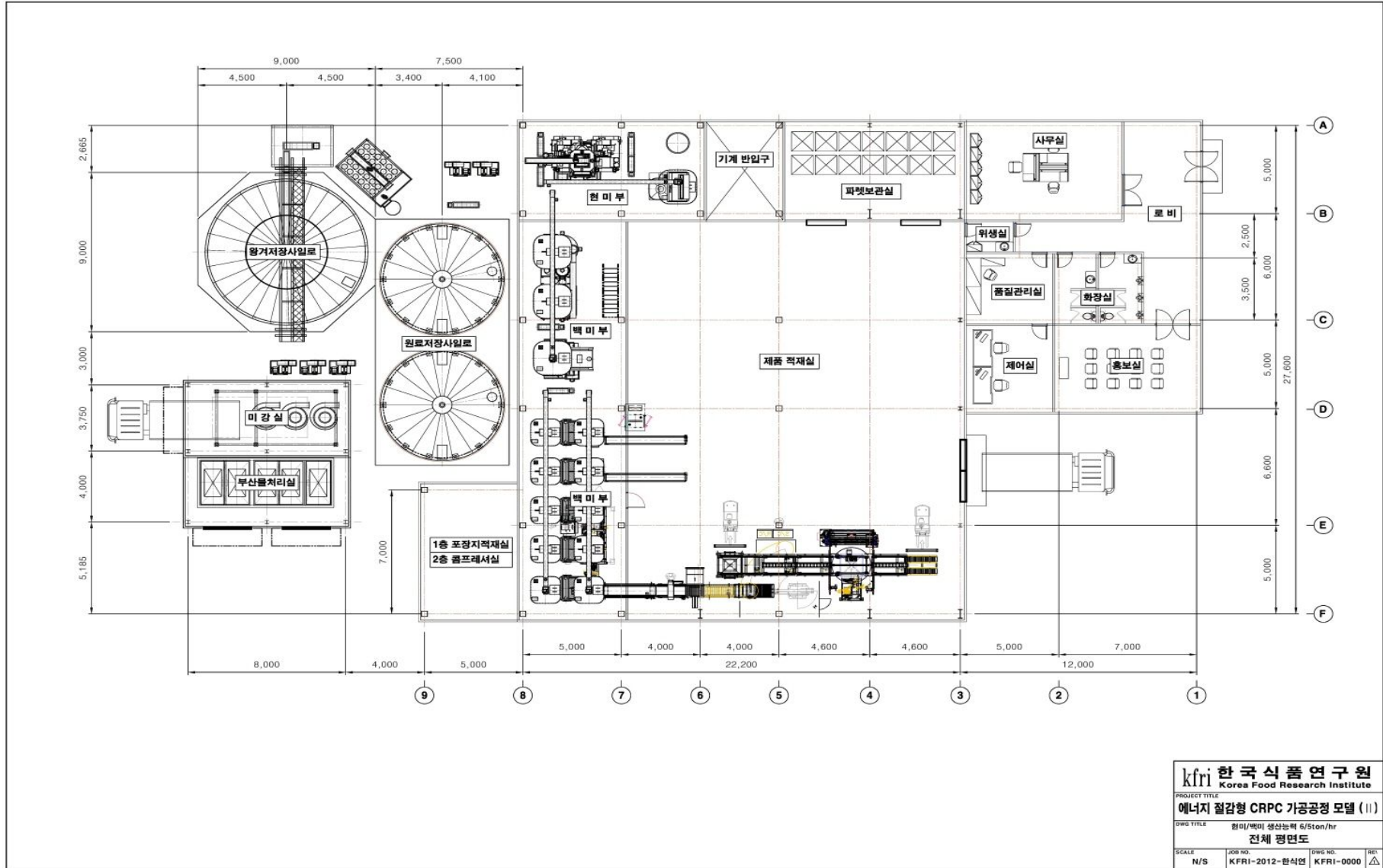


그림 3-1-46. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 평면도

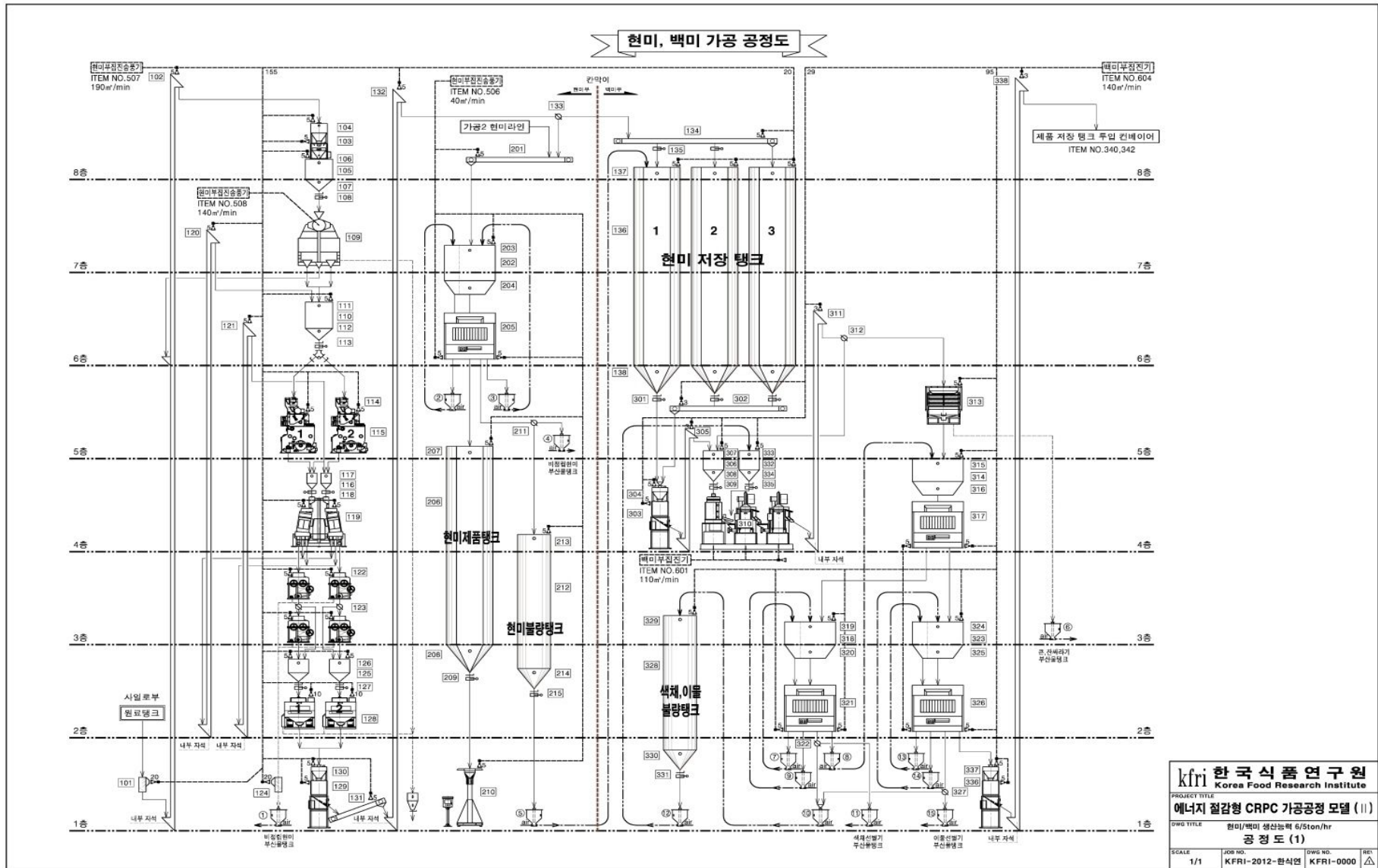


그림 3-1-47. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 공정도(1)

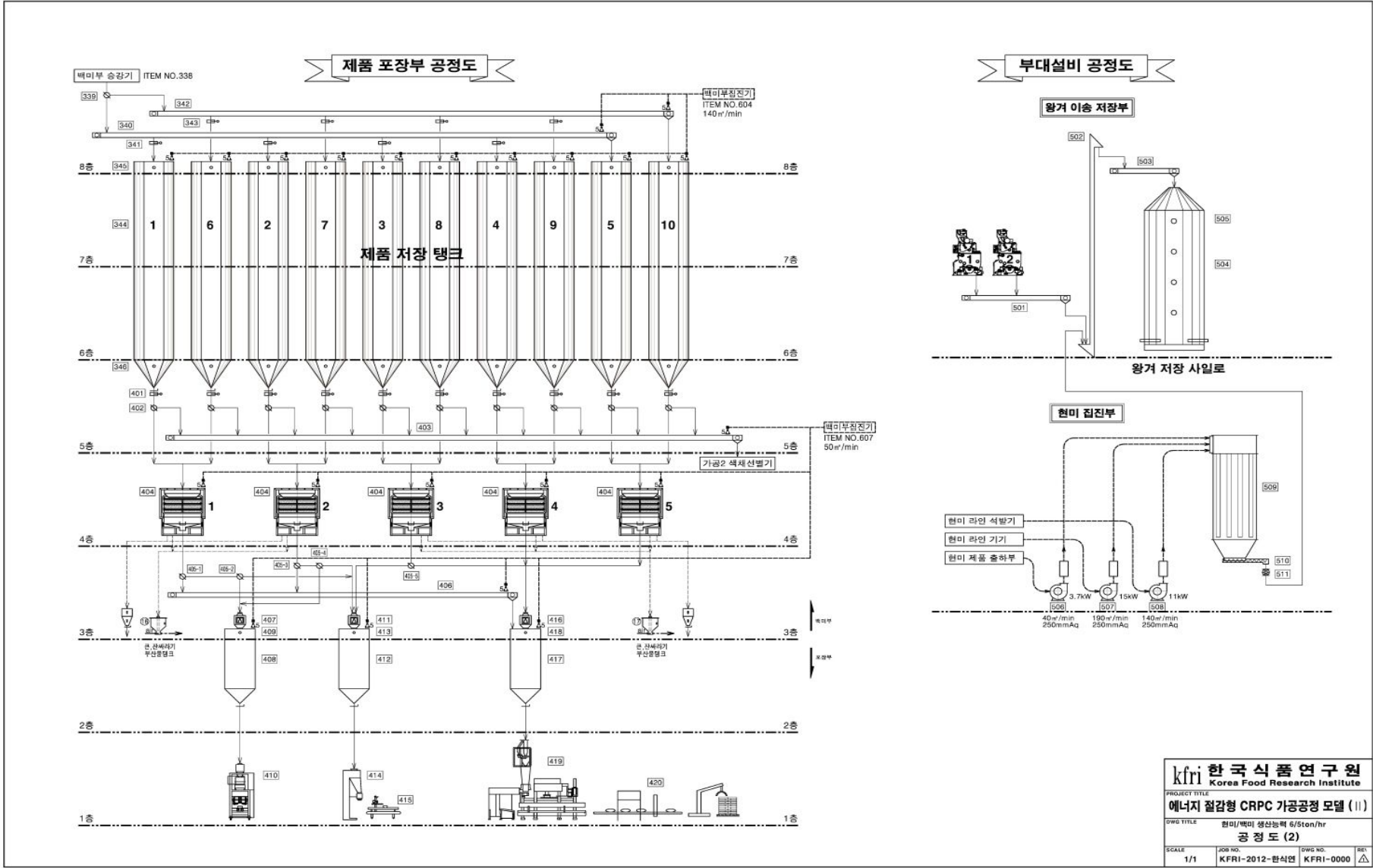
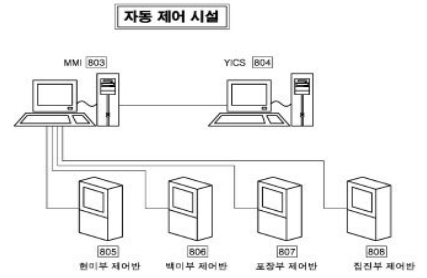
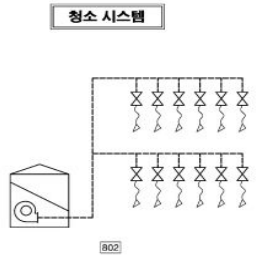
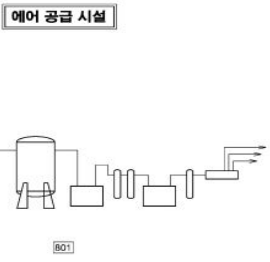
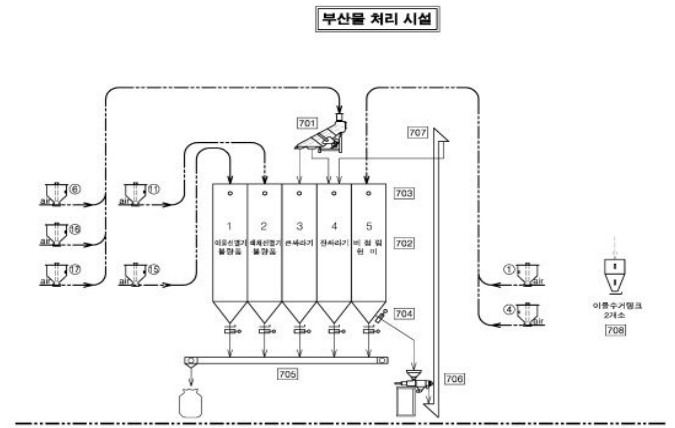
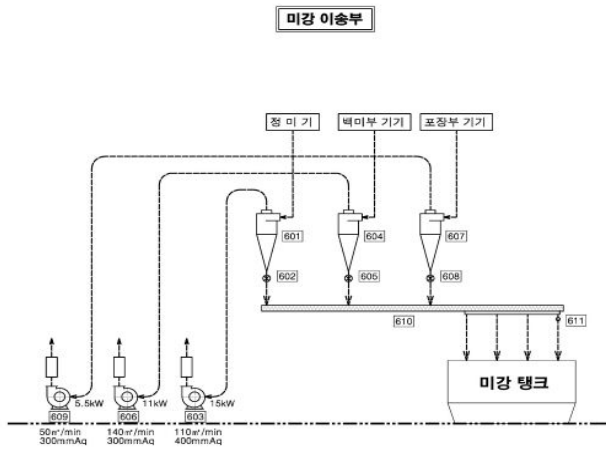


그림 3-1-48. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 공정도(2)

부대설비 공정도



<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE <b>에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (II)</b>			
DWG TITLE 현미/백미 생산능력 6/5ton/hr <b>공정도 (3)</b>			
SCALE	JOB NO.	DWG NO.	REV.
1/1	KFRI-2012-한식연	KFRI-0000	△

그림 3-1-49. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 공정도(3)

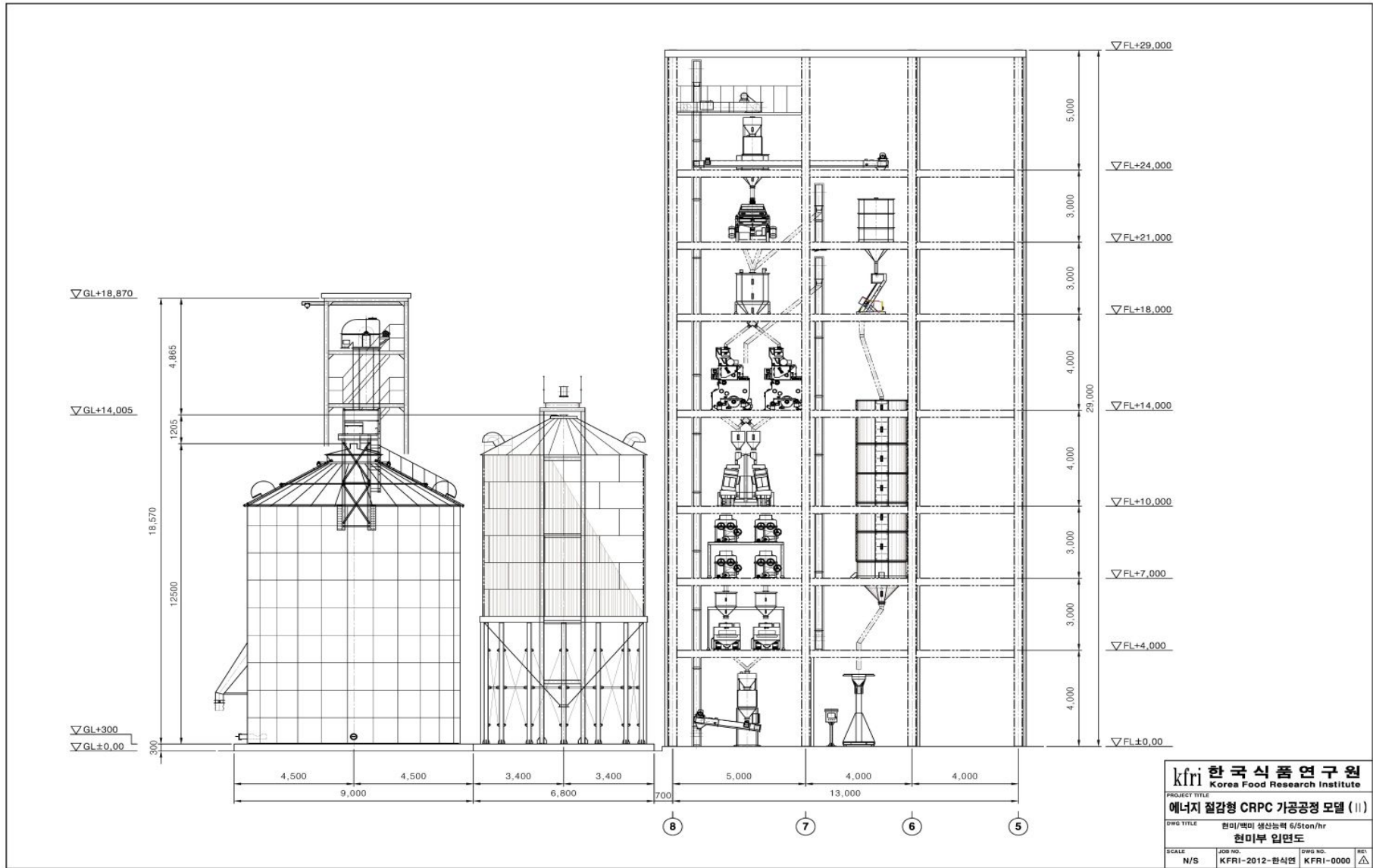


그림 3-1-50. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 현미부 입면도



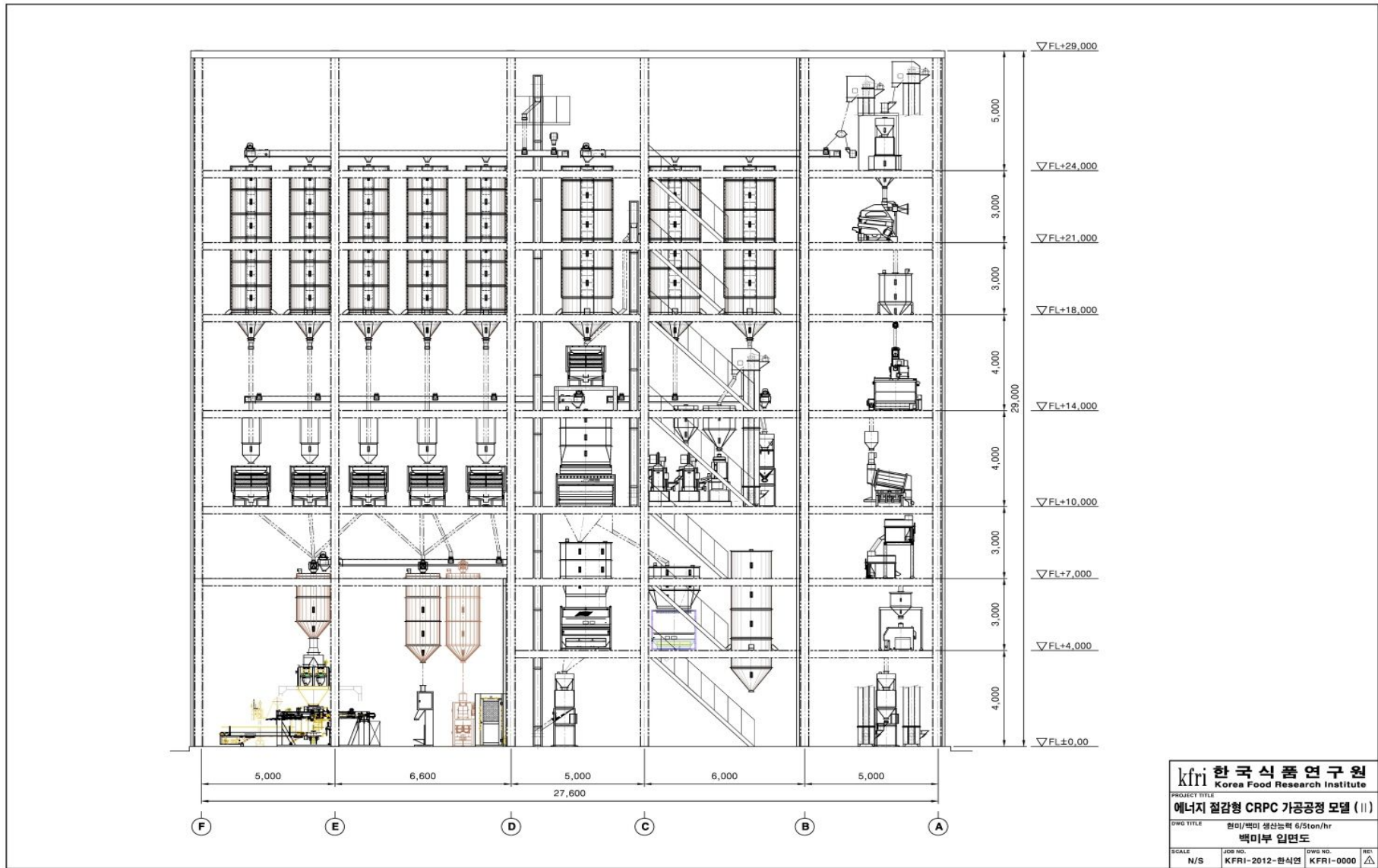


그림 3-1-51. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 백미부 입면도

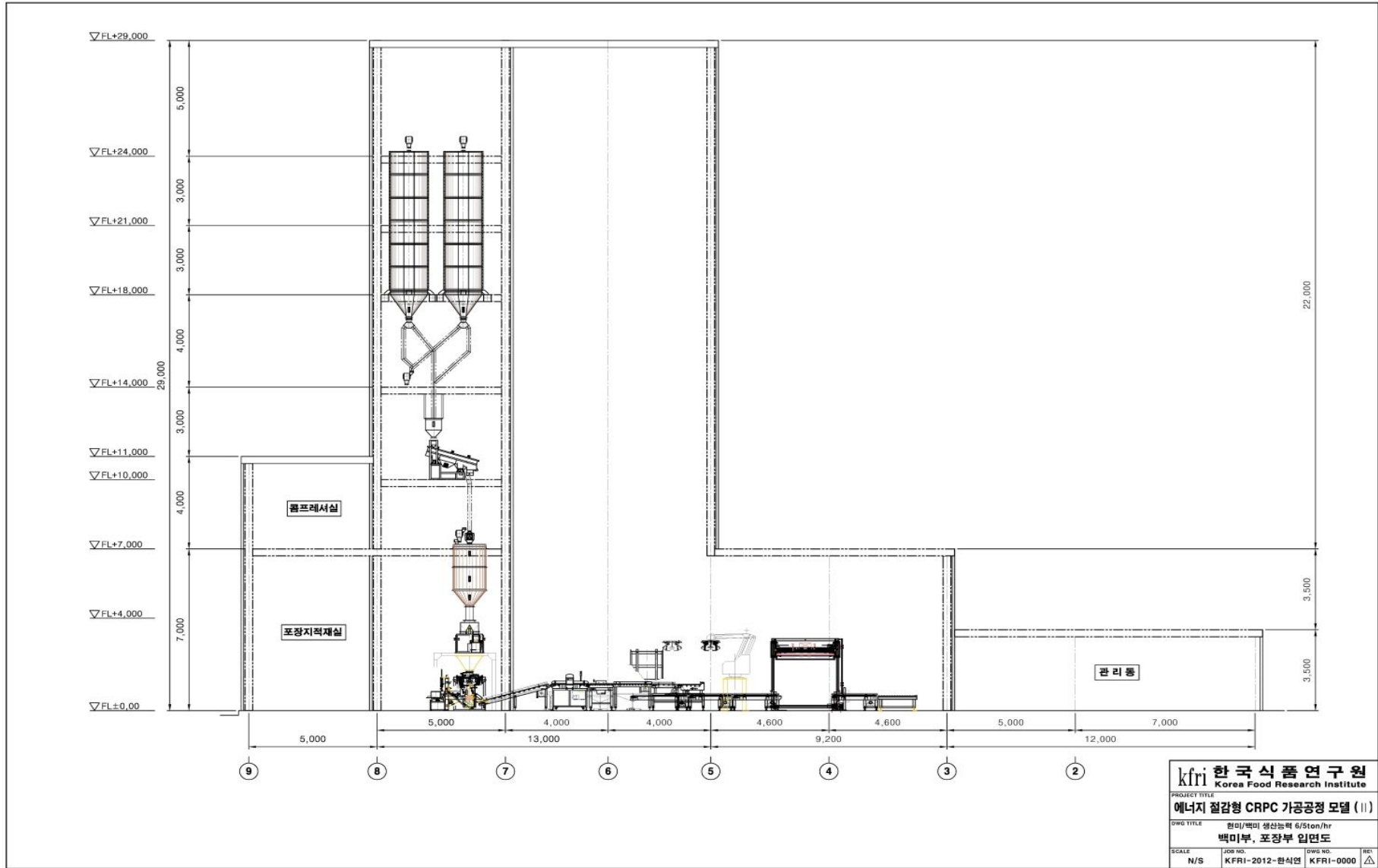


그림 3-1-52. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 포장부 입면도

표 3-1-84. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 명세표

번호	품명	재질	규격	용량	수량	동력	비고
<b>1. 현미 가공 및 현미 저장부</b> (소계 : 49.8kW)							
101	동력선별기	SS41	20 $\pi$ /min		1		
102	버킷엘리베이터	SS41	7'x5'x28.55mH	10 T/H	1	3.7KW x 4P x 1/20	G.M, 원심배출형
103	연류계 (비용) - 수분측정		보조탱크 포함	15 T/H	1		A.C, Load cell
104	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
105	보조탱크	SS41	1.2x1.2x0.6mH	0.5 TON	1		
106	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
107	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
108	슬라이드 게이트	SS41	150 x 150		1		A.C,L.S,수동댐퍼
109	원료식발기			7 T/H	1	TOTAL 3kW	Motor
110	보조탱크	SS41	1.2x1.2x1.2mH	1 TON	1		
111	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
112	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
113	슬라이드 게이트	SS41	150 x 150		1		A.C,L.S,수동댐퍼
114	전자동현미기			3~4 T/H	2	7.5kW	Motor
115	황기풍구			3~4 T/H	2	3.8kW	Motor
116	보조탱크	SS41	φ0.5 x 0.45mH	0.02 TON	2		
117	상부레벨		SPS(STD)		2		PADDLE TYPE
118	슬라이드 게이트	SS41	150 x 150		2		A.C,L.S,수동댐퍼
119	현미분리기			6 T/H	1	2.2kW x 4P	Motor
120	버킷엘리베이터	SS41	7'x5'x19.4mH	10 T/H	1	2.2KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
121	버킷엘리베이터	SS41	7'x5'x16.35mH	10 T/H	1	1.5KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
122	침치선별기			3~4 T/H	4	1.5kW	Motor
123	2 - 방향분배기	SS41	150 x 150		2		A.C, L.S
124	동력선별기	SS41	20 $\pi$ /min		1		
125	보조탱크	SS41	φ0.77 x 0.61mH	0.07 TON	2		
126	상부레벨		SPS(STD)		2		PADDLE TYPE
127	슬라이드 게이트	SS41	150 x 150		2		A.C,L.S,수동댐퍼
128	현미식발기			5 T/H	2	TOTAL 1.5kW	Motor
129	연류계 (현미용)		보조탱크 포함	10 T/H	1		A.C, Load cell
130	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
131	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 2.52mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P	G.M
132	버킷엘리베이터	SS41	7'x5'x28.55mH	10 T/H	1	3.7KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
133	2 - 방향분배기	SS41	150 x 150		1		A.C, L.S
134	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 9.72mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P	G.M
135	슬라이드 게이트	SUS	완전배출콘베이어용		2		A.C, L.S
136	현미 저장탱크	SS41	1.84x1.84x6.2mH	17 TON	6		
137	상부레벨		SPS(STD)		6		PADDLE TYPE
138	하부레벨		SPS(STD)		6		PADDLE TYPE
<b>2. 현미 선별 및 제품 저장, 출하부</b> (소계 : 3.9kW)							
201	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 7.32mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P	G.M
202	보조탱크	SS41	1.9x1.3x1.8mH	3.6 TON	1		
203	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
<b>3. 백미 가공, 선별 및 백미 제품 저장부</b> (소계 : 132.4kW)							
204	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
205	현미색채선별기		192채널		1	3.5kW	
206	현미 제품 저장 탱크	SS41	1.84x1.84x7.42mH	20 TON	1		
207	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
208	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
209	슬라이드 게이트	SS41	200 x 200		1		A.C,L.S,수동댐퍼
210	관수동계량기				1		
211	2 - 방향분배기	SS41	200 x 200		1		A.C, L.S
212	현미 불량물 저장 탱크	SS41	φ1.1 x 4.88mH	3.8 TON	1		
213	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
214	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
215	2 - 방향분배기	SS41	200 x 200		1		A.C, L.S
<b>3. 백미 가공, 선별 및 백미 제품 저장부</b> (소계 : 132.4kW)							
301	슬라이드 게이트	SS41	200 x 200		6		A.C,L.S,수동댐퍼
302	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 5.52mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P	G.M
303	연류계 (현미용)			10 T/H	1		A.C, Load cell
304	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
305	버킷엘리베이터	SUS	7'x5'x6.59mH	10 T/H	1	0.75KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
306	보조탱크	SUS	1.2 x 1.2 x 1mH	1.2 TON	1		
307	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
308	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
309	슬라이드 게이트	SUS	150 x 150		1		A.C,L.S,수동댐퍼
310	정미기			5 T/H	1	TOTAL 112.5kW	
311	버킷엘리베이터	SUS	7'x5'x12.69mH	10 T/H	1	0.75KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
312	2 - 방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C, L.S
313	진동체선별기	SUS		6 T/H	1	1.5kW	접촉부 및 망 SUS
314	보조탱크	SUS	1.9 x 1.3 x 1.5mH	3 TON	1		
315	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
316	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
317	백미색채선별기		150채널		1	3.6kW	
318	보조탱크	SUS	1.9 x 1.3 x 1mH	2 TON	1		
319	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
320	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
321	백미색채선별기		192채널		1	3.6kW	
322	2 - 방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C, L.S
323	보조탱크	SUS	1.9 x 1.3 x 1.5mH	3 TON	1		
324	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
325	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
326	백미이물선별기		240채널		1	4.1kW	
327	2 - 방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C, L.S
328	색채,이물분량 저장 탱크	SS41	φ1.5 x 4.88mH	7 TON	1		
329	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
330	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE			
<b>에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (II)</b>			
DWG TITLE			
현미/백미 생산능력 6/5ton/hr <b>주요 기기 명세표 (1)</b>			
SCALE	DWG NO.	REV.	
1/1	KFRI-2012-한식연	KFRI-0000	△



번호	품명	재질	규격	용량	수량	동력	비고
331	슬라이드 게이트	SUS	150 x 150		1		A.C.L.S,수동댐퍼
332	보조탱크	SUS	0.9 x 0.9 x 0.9mH	0.6 TON	1		
333	상부레벨	SPS(STD)			1		PADDLE TYPE
334	하부레벨	SPS(STD)			1		PADDLE TYPE
335	슬라이드 게이트	SUS	150 x 150		1		A.C.L.S,수동댐퍼
336	면류계 (백미용)			10 T/H	1		A.C. Load cell
337	상부레벨	SPS(STD)			1		PADDLE TYPE
338	버킷 엘리베이터	SS41	7'x5'x27.94mH	10 T/H	1	3.7KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도베출형
339	2-방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C. L.S
340	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 12.72mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P	G.M
341	슬라이드 게이트	SUS	완전배출 콘베이어용		4		A.C. L.S
342	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 12.72mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P	G.M
343	슬라이드 게이트	SUS	완전배출 콘베이어용		4		A.C. L.S
344	백미저장탱크	SUS	1.44x1.44x6.2mH	10 TON	10		
345	상부레벨	SPS(STD)			10		PADDLE TYPE
346	하부레벨	SPS(STD)			10		PADDLE TYPE
<b>4. 제품 저장 및 포장부</b> (동력소계 : 34.55kW)							
401	슬라이드 게이트	SUS	200 x 200		10		A.C.L.S,수동댐퍼
402	2-방향분배기	SUS	150 x 150		10		A.C. L.S
403	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 13.32mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P	G.M
404	진동체선별기	SUS		10 T/H	5	1.5kW	집속부 및 망 SUS
405	2-방향분배기	SUS	150 x 150		5		A.C. L.S
406	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 6.72mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P	G.M
407	이물선별망제철기	SUS			1		
408	보조탱크	SUS	φ1.27 x 3 mH	3 TON	1		
409	상부레벨	SPS(STD)			1		PADDLE TYPE
410	자동계량기		0.5~40kg		1	1φ x 220V	
411	이물선별망제철기	SUS			1		
412	보조탱크	SUS	φ1.27 x 3 mH	3 TON	1		
413	상부레벨	SPS(STD)			1		PADDLE TYPE
414	반자동계량기		0.5~40kg		1	1φ x 220V	
415	미싱기				1		
416	이물선별망제철기	SUS			1		
417	보조탱크	SUS	φ1.27 x 2 mH	2 TON	1		
418	상부레벨	SPS(STD)			1		PADDLE TYPE
419	자동저대포장기		10kg, 20kg	800bag/H	1	TOTAL 6.5kW	
420	로봇적재시스템			800bag/H	1	TOTAL 19.4kW	
<b>5. 왕거 이송 저장 및 현미 집진부</b> (동력소계 : 34.95kW)							
501	체인 컨베이어	SS41	W230x4.2mL	10 T/H	1	0.4KW x 4P x 1/40	G.M
502	버킷 엘리베이터	SS41	9'x6'x17.98mH	10 T/H	1	2.2KW x 4P x 1/20	G.M, 원심배출형
503	체인 컨베이어	SS41	W230x6.02mL	10 T/H	1	0.4KW x 4P x 1/40	G.M
504	왕거 사일로		450m <sup>3</sup>		1		

번호	품명	재질	규격	용량	수량	동력	비고
505	레벨 스위치				4		
506	송풍기	SS41	40m <sup>3</sup> /min x 250mmAq		1	3.7kW x 4P	
507	송풍기	SS41	190m <sup>3</sup> /min x 250mmAq		1	15kW x 4P	
508	송풍기	SS41	140m <sup>3</sup> /min x 250mmAq		1	11kW x 4P	
509	통압 집진기	SS41	400m <sup>3</sup> /min		1		
510	스크류 콘베이어	SS41	3.6mL		1	0.75kW x 4P x 1/20	G.M
511	로타리 밸브	SS41	φ300		1	1.5kW x 4P	G.M
<b>6. 미강 이송부</b> (동력소계 : 36.75kW)							
601	싸이크론	SS41	110m <sup>3</sup> /min		1		테프론 코팅
602	로타리 밸브	SS41	φ300		1	1.5kW x 4P	G.M, 테프론 코팅
603	송풍기	SS41	110m <sup>3</sup> /min x 400mmAq		1	15kW x 4P	테프론 코팅
604	싸이크론	SS41	140m <sup>3</sup> /min		1		테프론 코팅
605	로타리 밸브	SS41	φ300		1	1.5kW x 4P	G.M, 테프론 코팅
606	송풍기	SS41	140m <sup>3</sup> /min x 300mmAq		1	11kW x 4P	테프론 코팅
607	싸이크론	SS41	50m <sup>3</sup> /min		1		테프론 코팅
608	로타리 밸브	SS41	φ300		1	1.5kW x 4P	G.M, 테프론 코팅
609	송풍기	SS41	50m <sup>3</sup> /min x 300mmAq		1	5.5kW x 4P	테프론 코팅
610	스크류 콘베이어	SS41	φ250 x 5.4mL		1	0.75kW x 4P x 1/20	G.M
611	체크레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
<b>7. 부산물 처리 시설</b> (동력소계 : 13.3kW)							
701	진동체선별기	SS41		5 T/H	1	1.5kW	
702	부산물 탱크	SS41	2.44 x 1.22 x 3.66mH	9 Ton	4		
		SS41	2.44 x 2.44 x 3.66mH	18 Ton	1		
703	상부레벨		SPS(STD)		5		PADDLE TYPE
704	슬라이드 게이트	SS41	150 x 150		5		A.C.L.S,수동댐퍼
705	체인 컨베이어	SS41	W230 x 9.29mL		1	0.4KW x 4P x 1/40	G.M
706	마찰식 청미기			3 T/H	1	11kW	
707	버킷 엘리베이터	SS41	4'x3'x9.7mH	5 T/H	1	0.4KW x 4P x 1/20	G.M, 유도베출형
708	이물수거 탱크	SS41			2		
<b>8. 에어 공급 및 자동 제어 시설</b> (동력소계 : 62.5kW)							
801	에어 컴프레서		스크류 타입		1식	55kW-1기	
802	청소 시스템				1식	7.5kW	
803	MMI				1식		
804	YICS				1식		
805	환기부 제어반				1식		
806	택이부 제어반				1식		
807	포장부 제어반				1식		
808	집진부 제어반				1식		
<b>총 소요 동력 : 370.9kW</b>							

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

**kfri 한국식품연구원**  
Korea Food Research Institute

PROJECT TITLE: **에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (II)**

DWG TITLE: **환미/백미 생산동력 6/5ton/hr  
주요 기기 명세표 (2)**

SCALE: 1/1    JOB NO. KFRI-2012-환식연    DWG NO. KFRI-0000    REV. △

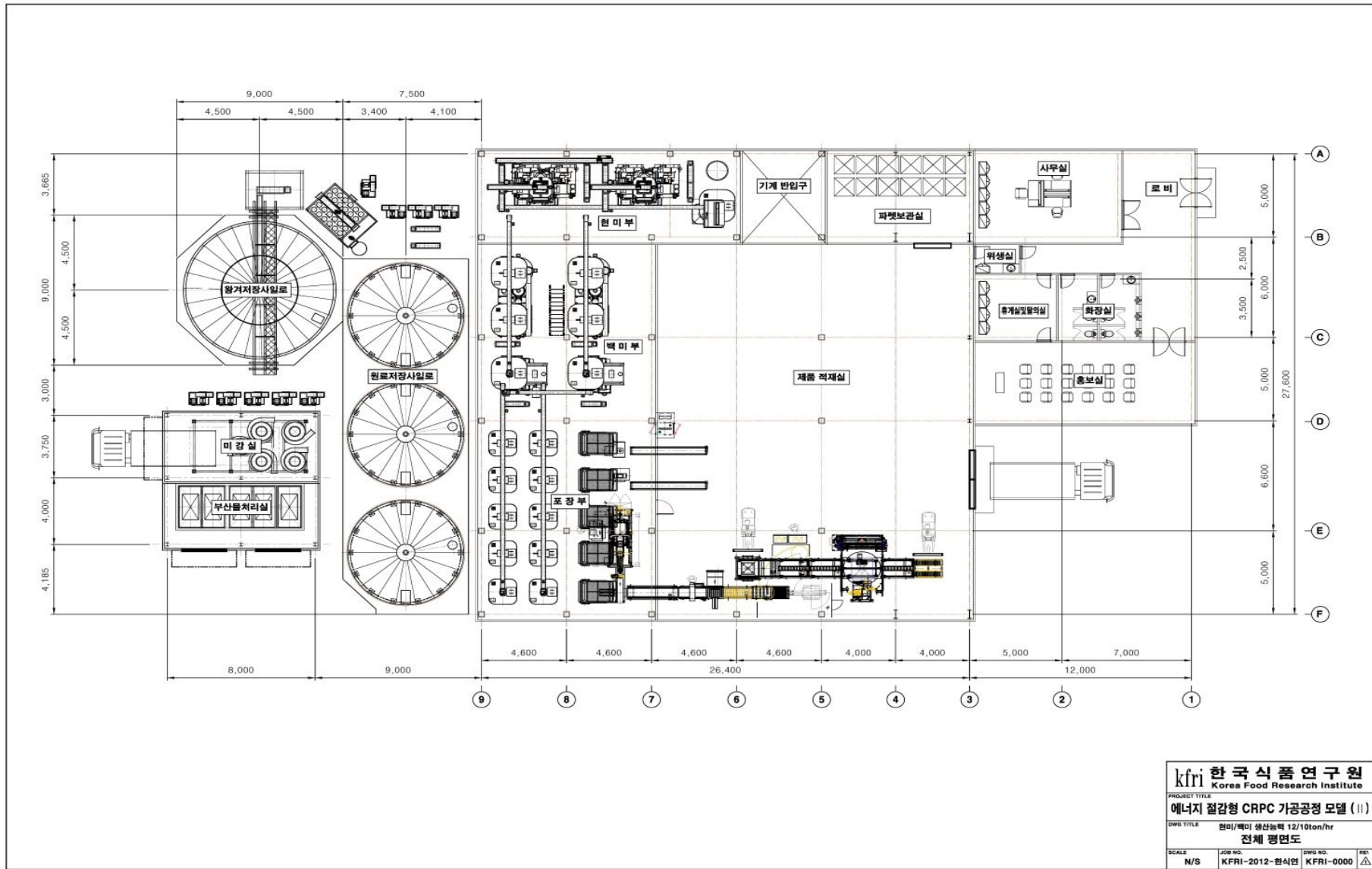


그림 3-1-53. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 평면도

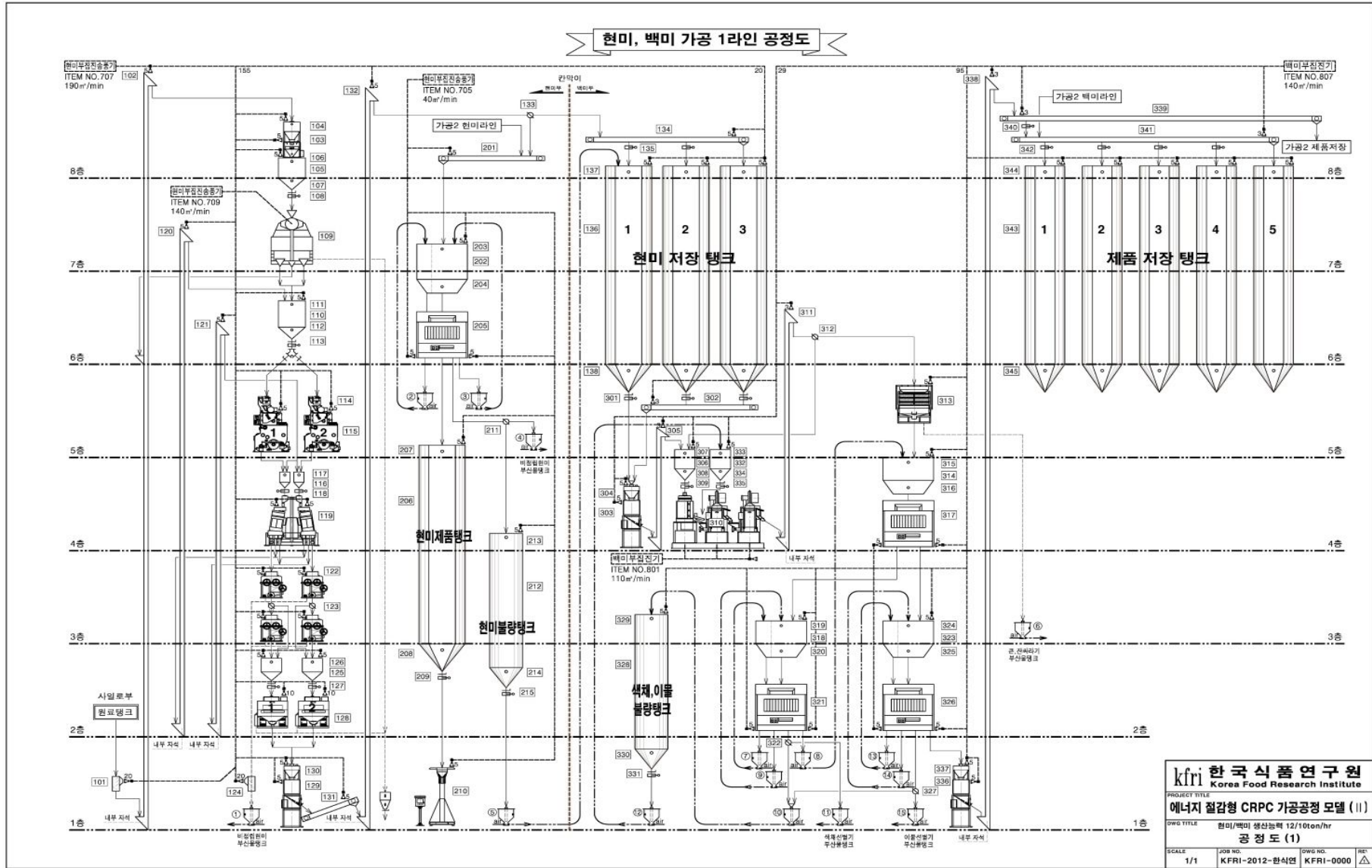


그림 3-1-54. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 공정도(1)





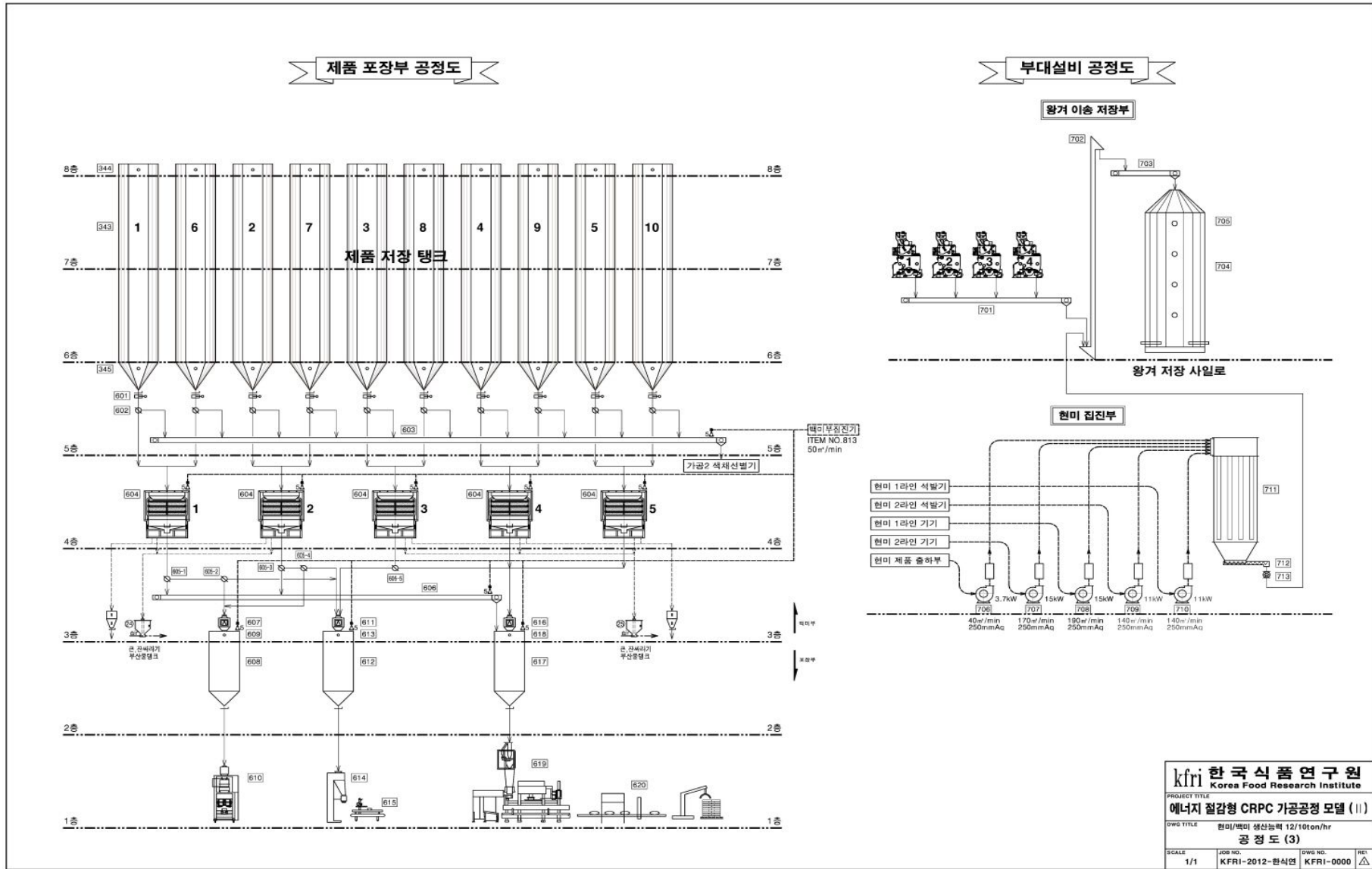
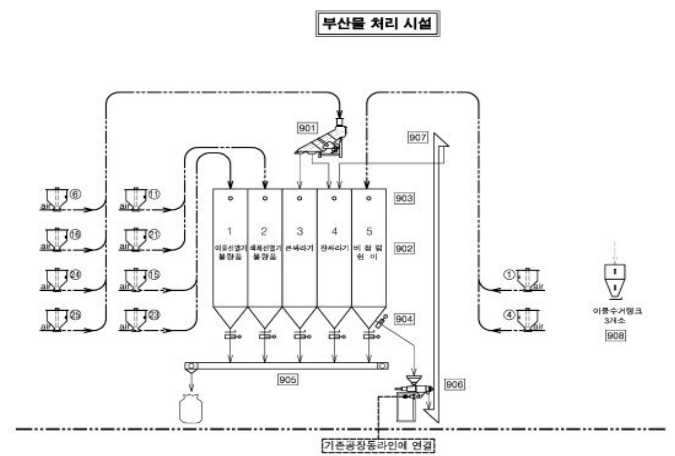
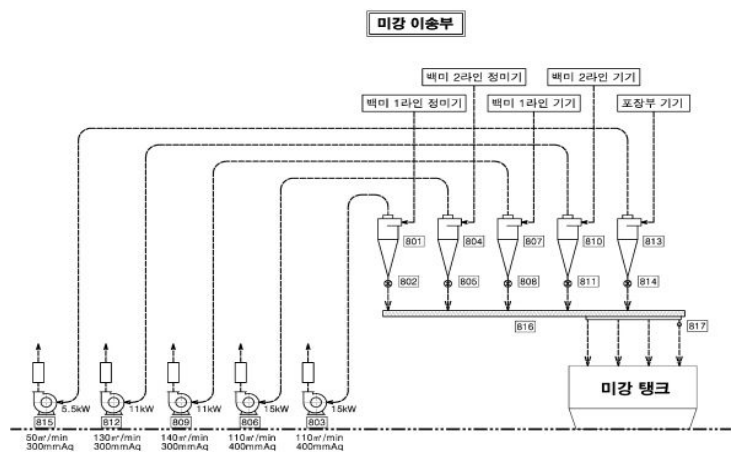
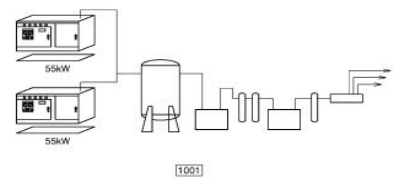


그림 3-1-56. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 공정도(3)

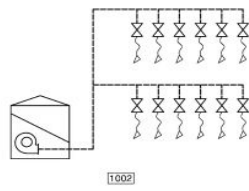
**부대설비 공정도**



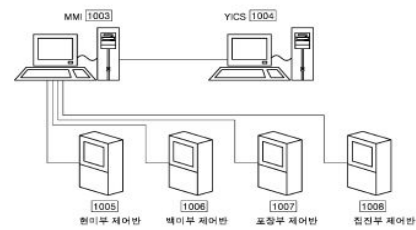
**에어 공급 시설**



**청소 시스템**



**자동 제어 시설**



<b>kfri 한국식품연구원</b> Korea Food Research Institute			
PROJECT TITLE <b>에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (II)</b>			
DWG TITLE 현미/백미 생산능력 12/10ton/hr <b>공정도 (4)</b>			
SCALE	JOB NO.	DWG NO.	REV.
1/1	KFRI-2012-한식연	KFRI-0000	△

그림 3-1-57. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 공정도(4)

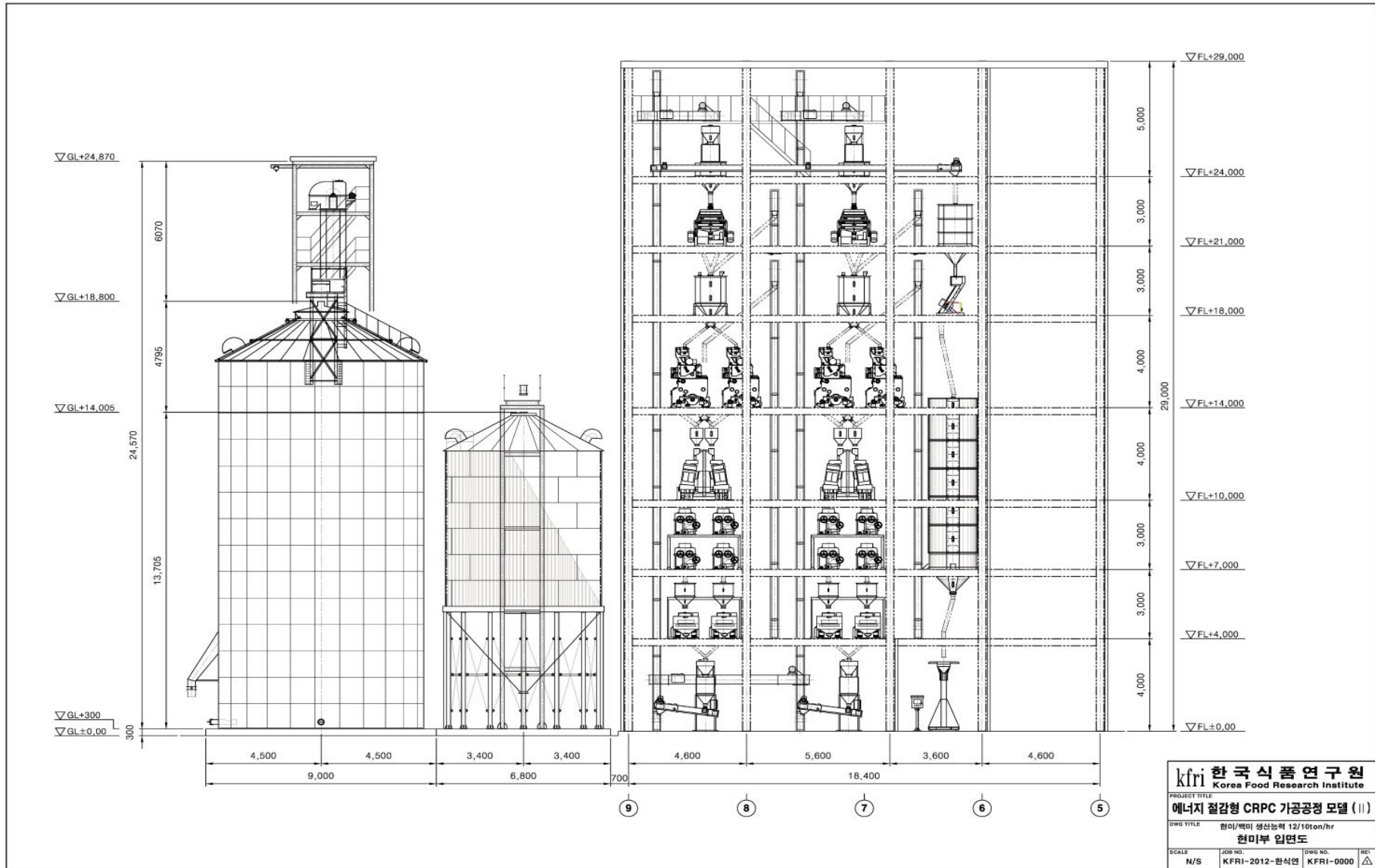


그림 3-1-58. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 현미부 입면도

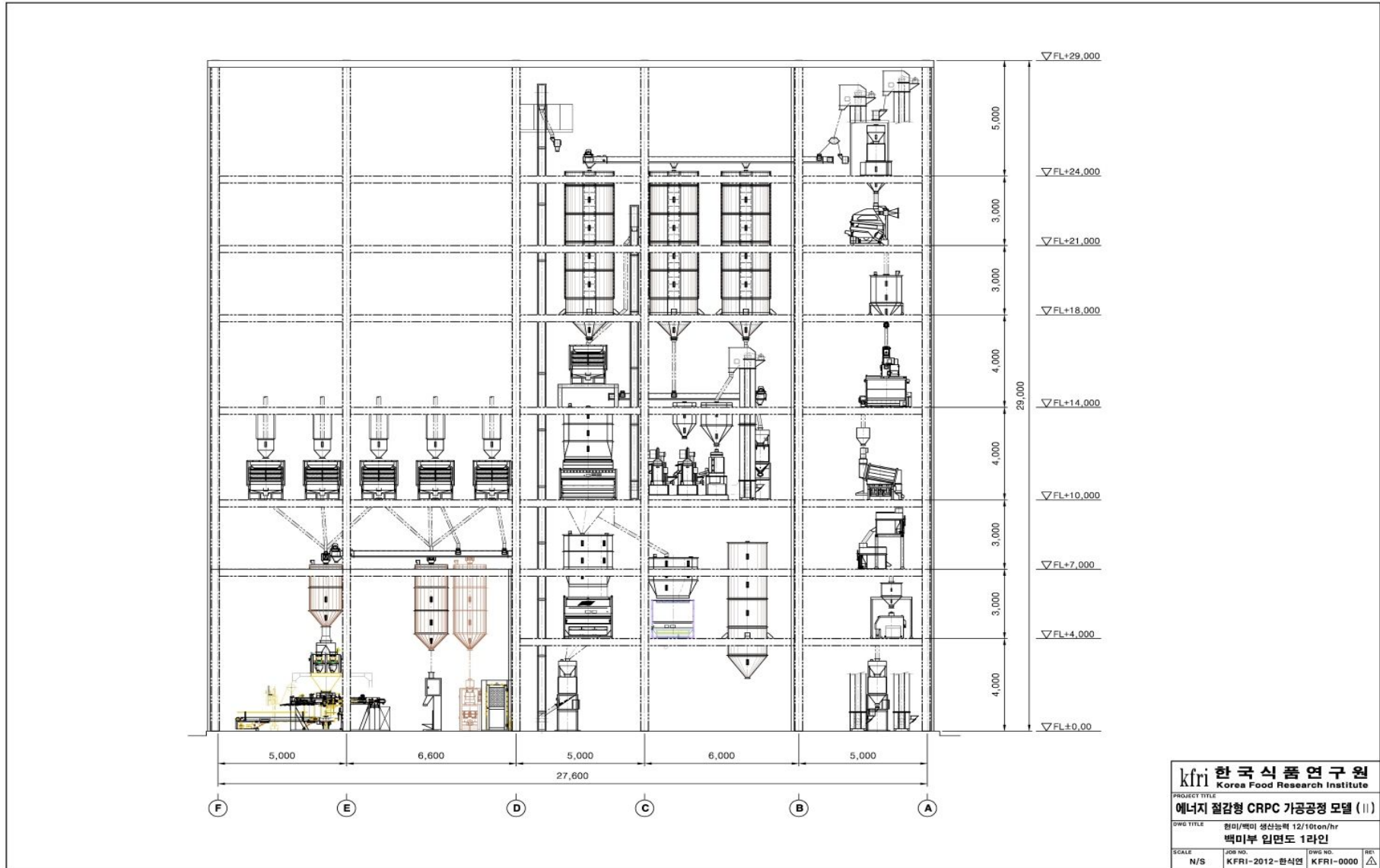


그림 3-1-59. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 백미부 1라인 입면도



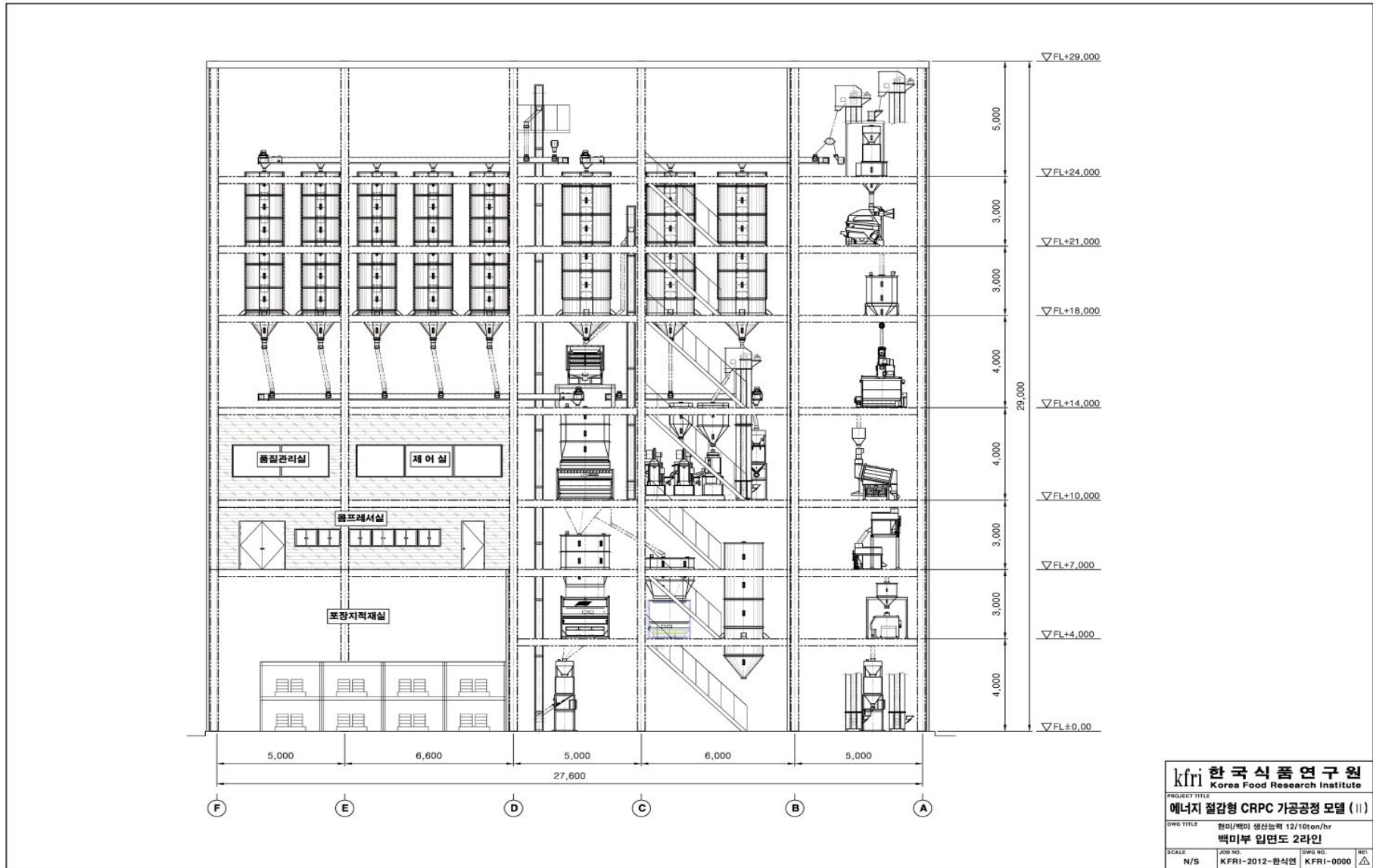


그림 3-1-60. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 백미부 2라인 입면도

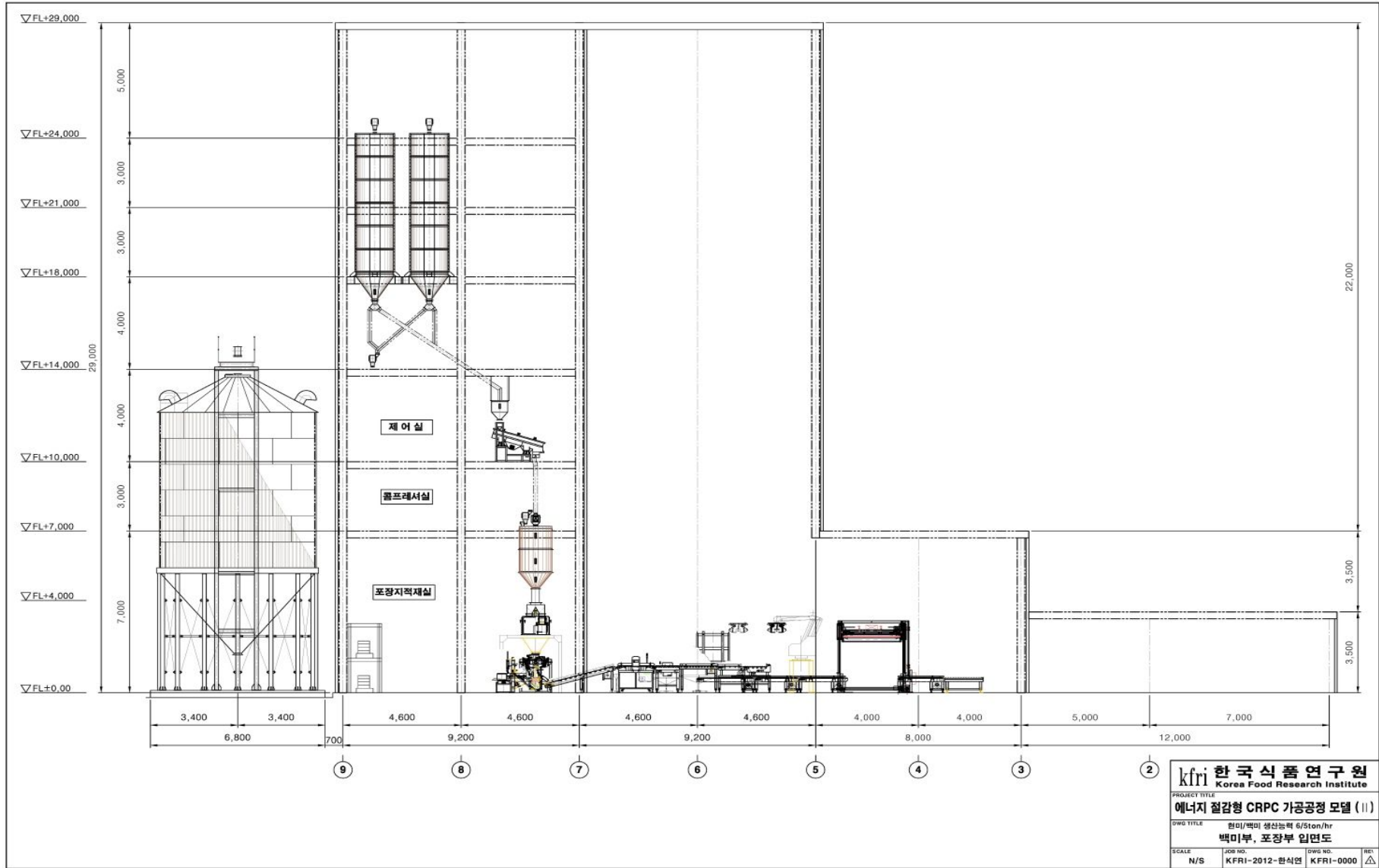


그림 3-1-61. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 포장부 입면도

표 3-1-85. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 명세표

번호	품명	재질	규격	용량	수량	동력	비고
<b>1. 가공부 1 라인</b> (1라인동력소계 : 186.1kW)							
1-1. 현미 가공 및 현미 저장부 (소계 : 49.8kW)							
101	풍력선별기	SS41	20m <sup>2</sup> /min		1		
102	버킷엘리베이터	SS41	7'x5'x28.55mH	10 T/H	1	3.7KW x 4P x 1/20	G.M, 원심배출형
103	연류계 (비용) - 수분측정		보조탱크 포함	15 T/H	1		A.C, Load cell
104	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
105	보조탱크	SS41	1.2x1.2x0.6mH	0.5 TON	1		
106	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
107	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
108	슬라이드 게이트	SS41	150 x 150		1		A.C,L,S,수동댐퍼
109	필요석발기			7 T/H	1	TOTAL 3kW	Motor
110	보조탱크	SS41	1.2x1.2x1.2mH	1 TON	1		
111	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
112	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
113	슬라이드 게이트	SS41	150 x 150		1		A.C,L,S,수동댐퍼
114	전자동원미기			3~4 T/H	2	7.5KW	Motor
115	활거풍구			3~4 T/H	2	3.8KW	Motor
116	보조탱크	SS41	φ0.5 x 0.45mH	0.02 TON	2		
117	상부레벨		SPS(STD)		2		PADDLE TYPE
118	슬라이드 게이트	SS41	150 x 150		2		A.C,L,S,수동댐퍼
119	현미분리기			6 T/H	1	2.2KW x 4P	Motor
120	버킷엘리베이터	SS41	7'x5'x19.4mH	10 T/H	1	2.2KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
121	버킷엘리베이터	SS41	7'x5'x16.35mH	10 T/H	1	1.5KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
122	장치선별기			3~4 T/H	4	1.5KW	Motor
123	2-방향분배기	SS41	150 x 150		2		A.C, L.S
124	풍력선별기	SS41	20m <sup>2</sup> /min		1		
125	보조탱크	SS41	φ0.77 x 0.61mH	0.07 TON	2		
126	상부레벨		SPS(STD)		2		PADDLE TYPE
127	슬라이드 게이트	SS41	150 x 150		2		A.C,L,S,수동댐퍼
128	현미석발기			5 T/H	2	TOTAL 1.5kW	Motor
129	연류계 (현미용)		보조탱크 포함	10 T/H	1		A.C, Load cell
130	상부레벨		SPS(STD)		3		PADDLE TYPE
131	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 2.52mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P	G.M
132	버킷엘리베이터	SS41	7'x5'x28.55mH	10 T/H	1	3.7KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
133	2-방향분배기	SS41	150 x 150		1		A.C, L.S
134	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 9.72mL	10 T/H	1	1.5kW x 4P	G.M
135	슬라이드 게이트	SUS	원전배출콘베이어용		2		A.C, L.S
136	현미저장탱크	SS41	1.84x1.84x6.2mH	17 TON	6		
137	상부레벨		SPS(STD)		6		PADDLE TYPE
138	하부레벨		SPS(STD)		6		PADDLE TYPE
1-2. 현미 선별 및 제품 저장, 출하부 (소계 : 4.25kW)							
201	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 12.12mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P	G.M
202	보조탱크	SS41	1.9x1.3x1.8mH	3.6 TON	1		

번호	품명	재질	규격	용량	수량	동력	비고
203	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
204	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
205	현미석채선별기		192채널		1	3.5kW	
206	현미저장탱크	SS41	1.84x1.84x7.42mH	20 TON	1		
207	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
208	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
209	슬라이드 게이트	SS41	200 x 200		1		A.C,L,S,수동댐퍼
210	관수통계량기				1		
211	2-방향분배기	SS41	200 x 200		1		A.C, L.S
212	현미분리품저장탱크	SS41	φ1.1 x 4.88mH	3.8 TON	1		
213	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
214	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
215	2-방향분배기	SS41	200 x 200		1		A.C, L.S
1-3. 백미 가공, 선별 및 백미 제품 저장부 (소계 : 132.05kW)							
301	슬라이드 게이트	SS41	200 x 200		6		A.C,L,S,수동댐퍼
302	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 5.52mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P	G.M
303	연류계 (현미용)			10 T/H	1		A.C, Load cell
304	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
305	버킷엘리베이터	SUS	7'x5'x6.59mH	10 T/H	1	0.75KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
306	보조탱크	SUS	1.2 x 1.2 x 1mH	1.2 TON	1		
307	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
308	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
309	슬라이드 게이트	SUS	150 x 150		1		A.C,L,S,수동댐퍼
310	점이기			5 T/H	1	TOTAL 112.5kW	
311	버킷엘리베이터	SUS	7'x5'x12.69mH	10 T/H	1	0.75KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
312	2-방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C, L.S
313	진동체선별기	SUS		6 T/H	1	1.5kW	접속부 및 망 SUS
314	보조탱크	SUS	1.9 x 1.3 x 1.5mH	3 TON	1		
315	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
316	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
317	택미색채선별기		150채널		1	3.6kW	
318	보조탱크	SUS	1.9 x 1.3 x 1mH	2 TON	1		
319	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
320	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
321	택미색채선별기		192채널		1	3.6kW	
322	2-방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C, L.S
323	보조탱크	SUS	1.9 x 1.3 x 1.5mH	3 TON	1		
324	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
325	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
326	택미이물선별기		240채널		1	4.1kW	
327	2-방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C, L.S
328	색채,이물분량저장탱크	SS41	φ1.5 x 4.88mH	7 TON	1		
329	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

**kfri 한국식품연구원**  
Korea Food Research Institute

PROJECT TITLE  
**에너지절감형 CRPC 가공공정 모델 (II)**

DWG TITLE  
현미/백미 생산능력 12/10ton/hr  
**주요 기기 명세표 (1)**

SCALE: 1/1    JOB NO: KRFRI-2012-한식연    DWG NO: KRFRI-0000    REV: △

번호	품명	재질	규격	용량	수량	동력	비고
330	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
331	슬라이드게이트	SUS	150 x 150		1		A.C,L.S,수동댐퍼
332	보조탱크	SUS	0.9 x 0.9 x 0.9mH	0.6 TON	1		
333	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
334	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
335	슬라이드게이트	SUS	150 x 150		1		A.C,L.S,수동댐퍼
336	연류계 (백미용)			10 T/H	1		A.C, Load cell
337	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
338	버킷 엘리베이터	SS41	7"x5"x27.94mH	10 T/H	1	3.7KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
339	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 4.92mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P	G.M
340	슬라이드게이트	SUS	완전배출 콘베이어용		2		A.C, L.S
341	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 12.72mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P	G.M
342	슬라이드게이트	SUS	완전배출 콘베이어용		4		A.C, L.S
343	백미 저장 탱크	SUS	1.44x1.44x6.2mH	10 TON	10		
344	상부레벨		SPS(STD)		10		PADDLE TYPE
345	하부레벨		SPS(STD)		10		PADDLE TYPE

**2. 가공부 2 라인** (2라인 동력소계 : 181.45kW)

**2-1. 현미 가공 및 현미 저장부** (소계 : 49.8kW)

401	제인컨베이어	SS41	W230x6.24mL	10 T/H	1	0.75KW x 4P x 1/40	G.M
402	풍력선별기		20m <sup>3</sup> /min		1		
403	버킷 엘리베이터	SS41	7"x5"x28.55mH	10 T/H	1	3.7KW x 4P x 1/20	G.M, 원심배출형
404	연류계 (백미) - 수분측정		보조탱크 포함	15 T/H	1		A.C, Load cell
405	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
406	보조탱크	SS41	1.2x1.2x0.6mH	0.5 TON	1		
407	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
408	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
409	슬라이드게이트	SS41	150 x 150		1		A.C,L.S,수동댐퍼
410	원료식발기			7 T/H	1	TOTAL 3kW	Motor
411	보조탱크	SS41	1.2x1.2x1.2mH	1 TON	1		
412	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
413	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
414	슬라이드게이트	SS41	150 x 150		1		A.C,L.S,수동댐퍼
415	전자동현미기			3~4 T/H	2	7.5kW	Motor
416	황겨풍구			3~4 T/H	2	3.8kW	Motor
417	보조탱크	SS41	φ0.5 x 0.45mH	0.02 TON	2		
418	상부레벨		SPS(STD)		2		PADDLE TYPE
419	슬라이드게이트	SS41	150 x 150		2		A.C,L.S,수동댐퍼
420	현미분리기			6 T/H	1	2.2KW x 4P	Motor
421	버킷 엘리베이터	SS41	7"x5"x19.4mH	10 T/H	1	2.2KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
422	버킷 엘리베이터	SS41	7"x5"x16.35mH	10 T/H	1	1.5KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
423	청치선별기			3~4 T/H	4	1.5kW	Motor
424	2-방향분배기	SS41	150 x 150		2		A.C, L.S
425	보조탱크	SS41	φ0.77 x 0.61mH	0.07 TON	2		

번호	품명	재질	규격	용량	수량	동력	비고
426	상부레벨		SPS(STD)		2		PADDLE TYPE
427	슬라이드게이트	SS41	150 x 150		2		A.C,L.S,수동댐퍼
428	원료식발기			5 T/H	2	TOTAL 1.5kW	Motor
429	연류계 (현미용)		보조탱크 포함	10 T/H	1		A.C, Load cell
430	상부레벨		SPS(STD)		3		PADDLE TYPE
431	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 2.52mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P	G.M
432	버킷 엘리베이터	SS41	7"x5"x28.55mH	10 T/H	1	3.7KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
433	2-방향분배기	SS41	150 x 150		1		A.C, L.S
434	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 9.72mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P	G.M
435	슬라이드게이트	SUS	완전배출 콘베이어용		2		A.C, L.S

**2-2. 백미 가공, 선별 및 백미 제품 저장부** (소계 : 131.65kW)

501	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 5.52mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P	G.M
502	연류계 (현미용)			10 T/H	1		A.C, Load cell
503	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
504	버킷 엘리베이터	SUS	7"x5"x6.59mH	10 T/H	1	0.75KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
505	보조탱크	SUS	1.2 x 1.2 x 1mH	1.2 TON	1		
506	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
507	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
508	슬라이드게이트	SUS	150 x 150		1		A.C,L.S,수동댐퍼
509	정미기			5 T/H	1	TOTAL 112.5kW	
510	버킷 엘리베이터	SUS	7"x5"x12.69mH	10 T/H	1	0.75KW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
511	2-방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C, L.S
512	진동체선별기	SUS		6 T/H	1	1.5kW	접촉부 및 망 SUS
513	보조탱크	SUS	1.9 x 1.3 x 1.5mH	3 TON	1		
514	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
515	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
516	백미색채선별기		150채널		1	3.6kW	
517	보조탱크	SUS	1.9 x 1.3 x 1mH	2 TON	1		
518	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
519	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
520	백미색채선별기		192채널		1	3.6kW	
521	2-방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C, L.S
522	보조탱크	SUS	1.9 x 1.3 x 1.5mH	3 TON	1		
523	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
524	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
525	백미이물선별기		240채널		1	4.1kW	
526	2-방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C, L.S
527	색채,이물 불량 저장 탱크	SS41	φ1.5 x 4.88mH	7 TON	1		
528	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
529	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
530	슬라이드게이트	SUS	150 x 150		1		A.C,L.S,수동댐퍼
531	보조탱크	SUS	0.9 x 0.9 x 0.9mH	0.6 TON	1		
532	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

**kfri 한국식품연구원**  
Korea Food Research Institute

PROJECT TITLE: **에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (II)**

DWG TITLE: 현미/백미 생산능력 12/10ton/hr  
**주요 기기 명세서 (2)**

SCALE: 1/1 JOB NO. KFRI-2012-현식연 DWG NO. KFRI-0000 REV. △

번호	품명	재질	규격	용량	수량	동력	비고
533	하부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
534	슬라이드게이트	SUS	150 x 150		1		A.C.L.S,수동댐퍼
535	연류계 (백미용)			10 T/H	1		A.C. Load cell
536	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
537	버킷열리베이터	SS41	7'x5'x27.94mH	10 T/H	1	3.7kW x 4P x 1/20	A.C,G.M,유도배출형
538	2-방향분배기	SUS	150 x 150		1		A.C. L.S
539	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 12.72mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P	G.M
540	슬라이드게이트	SUS	원전배출콘베이어용		4		A.C. L.S
<b>3. 제품 저장 및 포장부</b> (동력소계 : 34.55kW)							
601	슬라이드게이트	SUS	200 x 200		10		A.C,L.S,수동댐퍼
602	2-방향분배기	SUS	150 x 150		10		A.C. L.S
603	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 13.32mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P	G.M
604	진동체선평기	SUS		10 T/H	5	1.5kW	집속부 및 망 SUS
605	2-방향분배기	SUS	150 x 150		5		A.C. L.S
606	완전배출컨베이어	SUS	10Ton x 6.72mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P	G.M
607	이물선별망제철기	SUS			1		
608	보조탱크	SUS	φ1.27 x 3mH	3 TON	1		
609	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
610	자동계량기		0.5~40kg		1	1φ x 220V	
611	이물선별망제철기	SUS			1		
612	보조탱크	SUS	φ1.27 x 3mH	3 TON	1		
613	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
614	반자동계량기		0.5~40kg		1	1φ x 220V	
615	미싱기				1		
616	이물선별망제철기	SUS			1		
617	보조탱크	SUS	φ1.27 x 2mH	2 TON	1		
618	상부레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
619	자동저대포창기		10kg, 20kg	800bag/H	1	TOTAL 6.5kW	
620	로봇적재시스템			800bag/H	1	TOTAL 19.4kW	
<b>4. 왕겨 이송 저장 및 현미 집진부</b> (동력소계 : 61.3kW)							
701	체인컨베이어	SS41	W230x10.51mL	10 T/H	1	0.75kW x 4P x 1/40	G.M
702	버킷열리베이터	SS41	9'x6'x18.87mH	10 T/H	1	2.2kW x 4P x 1/20	G.M, 원심배출형
703	체인컨베이어	SS41	W230x7.46mL	10 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/40	G.M
704	왕겨사일로		800m³		1		
705	레벨스위치				4		
706	송풍기	SS41	40m³/min x 250mmAq		1	3.7kW x 4P	
707	송풍기	SS41	170m³/min x 250mmAq		1	15kW x 4P	
708	송풍기	SS41	190m³/min x 250mmAq		1	15kW x 4P	
709	송풍기	SS41	140m³/min x 250mmAq		1	11kW x 4P	
710	송풍기	SS41	140m³/min x 250mmAq		1	11kW x 4P	
711	통합 집진기	SS41	700m³/min		1		
712	스크류콘베어	SS41	3.6mL		1	0.75kW x 4P x 1/20	G.M

번호	품명	재질	규격	용량	수량	동력	비고
713	로타리밸브	SS41	φ300		1	1.5kW x 4P	G.M
<b>5. 미강 이송부</b> (동력소계 : 65.75kW)							
801	사이클론	SS41	110m³/min		1		테프론 코팅
802	로타리밸브	SS41	φ300		1	1.5kW x 4P	G.M, 테프론 코팅
803	송풍기	SS41	110m³/min x 400mmAq		1	15kW x 4P	테프론 코팅
804	사이클론	SS41	110m³/min		1		테프론 코팅
805	로타리밸브	SS41	φ300		1	1.5kW x 4P	G.M, 테프론 코팅
806	송풍기	SS41	110m³/min x 400mmAq		1	15kW x 4P	테프론 코팅
807	사이클론	SS41	140m³/min		1		테프론 코팅
808	로타리밸브	SS41	φ300		1	1.5kW x 4P	G.M, 테프론 코팅
809	송풍기	SS41	140m³/min x 300mmAq		1	11kW x 4P	테프론 코팅
810	사이클론	SS41	130m³/min		1		테프론 코팅
811	로타리밸브	SS41	φ300		1	1.5kW x 4P	G.M, 테프론 코팅
812	송풍기	SS41	130m³/min x 300mmAq		1	11kW x 4P	테프론 코팅
813	사이클론	SS41	50m³/min		1		테프론 코팅
814	로타리밸브	SS41	φ300		1	1.5kW x 4P	G.M, 테프론 코팅
815	송풍기	SS41	50m³/min x 300mmAq		1	5.5kW x 4P	테프론 코팅
816	스크류콘베어	SS41	φ250 x 5.4mL		1	0.75kW x 4P x 1/20	G.M
817	체크레벨		SPS(STD)		1		PADDLE TYPE
<b>6. 부산물 처리 시설</b> (동력소계 : 13.3kW)							
901	진동체선평기	SS41		5 T/H	1	1.5kW	
902	부산물탱크	SS41	2.44 x 1.22 x 3.66mH	9 Ton	4		
		SS41	2.44 x 2.44 x 3.66mH	18 Ton	1		
903	상부레벨		SPS(STD)		5		PADDLE TYPE
904	슬라이드게이트	SS41	150 x 150		5		A.C. L.S,수동댐퍼
905	체인컨베이어	SS41	W230 x 9.29mL		1	0.4kW x 4P x 1/40	G.M
906	마찰식정미기			3 T/H	1	11kW	
907	버킷열리베이터	SS41	4'x3'x9.7mH	5 T/H	1	0.4kW x 4P x 1/20	G.M, 유도배출형
908	이물수거탱크	SS41			3		
<b>7. 에어 공급 및 자동 제어 시설</b> (동력소계 : 117.5kW)							
1001	에어 컴프레서		스크류 타입		1식	55kW-2기	
1002	정소 시스템				1식	7.5kW	
1003	MMI				1식		
1004	YICS				1식		
1005	원미부 제어반				1식		
1006	택미부 제어반				1식		
1007	포창부 제어반				1식		
1008	집진부 제어반				1식		
<b>총 소요 동력 : 658kW</b>							

NOTE	
G.M	GEARED MOTOR
A.C	AIR CYLINDER
L.S	LIMIT SWITCH

**kfri 한국식품연구원**  
Korea Food Research Institute

PROJECT TITLE  
**에너지 절감형 CRPC 가공공정 모델 (II)**

DWG TITLE  
현미/백미 생산능력 12/10ton/hr  
**주요 기기 명세표 (3)**

SCALE: 1/1    JOB NO: KFRI-2012-합식면    DWG NO: KFRI-0000    REV: △

표 3-1-86. 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 공정별, 단위기계별 소요동력 비교표(현미/백미생산능력 6/5ton/hr)

공정	단위 기계	에너지절감 모델(II)		제2세대 RPC 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소인 RPC				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	최대		최소		최대		최소	
						수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
현미 공정	종합정선기	1	3.1	1.0	3.0	1	3.1	1	2.6	1	3.1	1	3.1
	전자동현미기	2	15.0	2.0	15.8	2	15.0	2	15.0	2	15.0	2	15.0
	왕겨풍구	2	7.6	1.2	13.1	1	14.4	1	7.6	1	14.4	1	14.4
	현미분리기	1	2.2	1.0	2.2	1	2.2	1	2.2	1	2.2	1	2.2
	입선별기	2	2.2	2.7	5.0	2	15.0	2	1.5	2	3.0	2	1.4
	현미석발기	1	3.1	1.2	2.5	1	3.1	1	2.6	1	3.1	2	0.8
	색채선별기	1	3.5	1.4	4.4	1	3.5	1	2.0	1	4.1	1	4.1
	현미재투입시설					1	11.4				15.8		
	버킷엘리베이터	4	11.1	13.1	19.9	14	20.9	10	15.0	11	12.0	13	18.7
	체인컨베이어	4	6.0	6.0	9.3	4	5.9	3	4.5	5	4.5	4	3.8
	소 계		53.8		75.2		94.5		53.0		77.2		63.5
백미 공정	정미시스템	1	112.5	1.2	97.1	1	165.0	1	79.0	1	112.5	1	79.0
	로터리쉬프트			1.3	1.9	1	1.5	1	1.5	2	3.0	1	1.5
	색채선별기	2	7.2	1.6	4.2	2	4.0	1	3.5	1	4.1	2	7.0
	이물선별기	1	4.1	1.0	3.7			1	2.0	1	4.1	1	4.3
	백미석발기			1.0	0.7			1	0.4	1	0.8	1	0.8
	등급선별기			1.3	4.4	1	1.5					2	4.4
	습식연미기			1.7	29.2			2	35.0			2	35.0
	진동체선별기	1	1.5	6.4	6.6					3	6.6	2	1.6
	버킷엘리베이터	3	5.2	12.2	10.6	8	12.0	12	10.5	18	19.5	14	8.2
	체인컨베이어	3	1.9	3.1	2.7	1	1.5	4	5.3	6	4.5	1	0.4
	소 계		132.4		161.1		185.5		137.2		155.1		142.2

(표 3-1-86 계속)

공정	단위 기계	에너지절감 모델(Ⅱ)		제2세대 RPC 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소인 RPC				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	최대		최소		최대		최소	
						수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
포장 공정	진동체선별기	5	7.5	2	2.8	2	0.8						
	고정식선별기												
	등급선별기			1	2.6	1	3.7						
	자동소포장기	1	0.4	2	3.5	1	0.4			2	4		
	반자동포장기	1	0.7	1.7	2	1	0.7			2	2		
	미싱기	1	1.5			1	1.5						
	자동지대포장기	1	6.5	1	10.4	1	5	1	6.5	1	10	1	6.5
	로봇적재시스템	1	19.4	1	16.3	1	35	1	15	1	27	1	15
	버킷엘리베이터			3.3	3.3	7	9.8	2	0.8	1	1.5	2	0.8
	체인컨베이어	2	1.2	3.1	2.3	6	5.3	4	1.6	3	4.5	4	1.6
	기타 시설										3		
소 계		37.2		43.2		62.2		23.9		52		23.9	

(표 3-1-86 계속)

공정	에너지절감 모델(II)			제2세대 RPC 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소인 RPC						제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC						비고
	형식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	최대			최소			최대			최소			
						형식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	형식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	형식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	형식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	
현미부 집진	B	1	31.2			B	1	23.5	C	2	27.5	B	1	23.5	C	2	27.4	현미부용
						B	1	20.5	C	1	11.7	B	1	20.5	C	1	11.8	원료 석발기용
						B	1	16.5				B	1	16.5				현미 석발기용
						B	1	36.1	C	1	15.8	B	1	36.1	C	1	15.8	왕겨풍구용
						B	1	10.0				B	1	10.0				현미부집진 기배출용
						B	1	12.5				B	1	12.5				원료탱크용
																		원료, 현미 석발기용
소계			31.2		75.1			119.1			55.0			119.1			55.0	
백미부 집진	C	1	12.5			B	1	17.1				B	1	17.1	C	1	19.8	백미부용
	C	1	16.5			B	1	26.6	C	1	22.0	B	1	26.6	C	1	8.3	정미기용
	C	1	7.0			B	1	21.1				B	1	21.1	C	1	6.2	포장부용
									C	1	12.5	C	1	12.5				백미, 포장부용
						C	1	12.5							C	1	11.7	부산물용
									C	2	11.0				C	1	6.3	미강 선별기용
소계			36.0		61.8			77.3			45.5			77.3			52.3	
이송 기기		1	2.2				1	2.2					1	2.2				버킷 엘리베이터
		4	2.3				7	11.9		2	3.7		7	11.9		4	6.0	체인 컨베이어
소계			4.5					14.1			3.7			14.1			6.0	



(표 3-1-86 계속)

공정	단위기계	에너지절감 모델(Ⅱ)		제2세대 RPC 평균		제2세대 RPC중 공정별 최대/최소인 RPC				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	최대		최소		최대		최소	
						수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
부대시설	부산물처리시설		13.3		47.5		67.2		33.5		67.2		46.2
	청소 시설		7.5		(22.0) <sup>1)</sup>		(22.0)		(22.0)		(22.0)		(22.0)
	에어컴프레서		55.0		96.3		165		52		165		74
전체 총동력 합계 (kW)		<b>370.9</b>		560.2 (582.2)		784.9 (806.9)		403.8 (425.8)		726.9 (748.5)		463.1 (485.1)	
절감 모델 대비 감소치 (kW)		-		-189.3 (-211.3)		-414.0 (-436.0)		-32.9 (-54.9)		-356.0 (-377.6)		-92.2 (-114.2)	
절감 효과(%)		-		33.8 (36.3)		52.7 (54.0)		8.1 (12.9)		49.0 (50.4)		19.9 (23.5)	

주) 1. ()는 청소시스템 22.0kW를 포함한 수치임

표 3-1-87. 에너지절감형 가공공정 모델(II)의 공정별, 단위기계별 소요동력 비교표(현미/백미생산능력 12/10ton/hr)

공정	단위기계	에너지절감 모델(II)		제2세대 RPC 평균		제2세대중 RPC 공정별 최대/최소인 RPC				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
						최대		최소		최대		최소	
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
현미 공정	종합정선기	2	6.2	2	6.0	2	6.4	2	5.2	2	6.8	2	6.4
	전자동현미기	4	30.0	3.8	32.9	4	44.8	4	30.0	4	30.0	4	44.8
	왕겨풍구	4	15.2	2.4	26.5	2	38.0	2	15.2	2	14.3	2	38.0
	현미분리기	2	4.4	1.8	3.8	2	4.4	2	4.4	1	3.7	2	4.4
	입선별기	4	4.4	3.4	4.1	3	2.2	4	3.0	2	3.0	3	2.25
	현미석발기	2	6.2	2	6.2	2	7.4	2	5.2	2	6.9	2	7.4
	색채선별기	1	3.5	1.4	4.1	1	2.2			2	7.4	1	2.2
	현미채투입시설				1.4					1	1.0		
	버킷엘리베이터	8	22.2	15	22.7	11	20.9	10	19.7	21	26.9	11	20.9
	체인컨베이어	7	6.0	10.2	17.7	6	13.4	9	16.4	16	29.0	6	13.4
	소 계		98.1		125.4		139.7		99.1		129.0		139.7
백미 공정	정미시스템	2	225.0	2.4	248.6	2	330.0	2	236.4	2	251.0	2	236.4
	로터리쉬프트			2.2	3.3	2	3.0	2	3.0	2	3.0	2	3.0
	색채선별기	4	14.4	2.6	7.6	3	5.5	4	16.4	2	8.2	4	16.4
	이물선별기	2	8.2	2	5.8					2	8.2		
	백미석발기			1	0.6					1	0.8		
	등급선별기			1	2.3			1	0.75	1	3.8	1	0.8
	습식연미기			2.3	50.9	4	88.0			2	52.5		
	진동체선별기	2	3.0	1.7	3.4	2	4.4	2	4.4			2	4.4
	백미채투입시설									1	16.5		
	버킷엘리베이터	6	10.4	21.2	16.8	17	25.5	19	14.25	24	18.0	19	14.3
	체인컨베이어	5	3.8	7	6.1	6	9.0	9	5.7	7	10.5	9	5.7
소 계		264.8		345.4		465.4		280.9		372.4		280.9	

(표 3-1-87 계속)

공정	단위기계	에너지절감 모델(Ⅱ)		제2세대 RPC 평균		제2세대중 RPC 공정별 최대/최소인 RPC				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
						최대		최소		최대		최소	
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
포장 공정	진동체선별기	5	7.5	2.3	2.2	3	6.6			2	2.2		
	고정식선별기												
	등급선별기			1	1.9	1	2.2	1	1.5				
	자동소포장기	1	0.4	3	3.8					1	1.0	1	5.0
	반자동포장기	1	0.7	2	2.7	3	4.5	3	4.5	1	1.0	2	1.3
	미싱기	1	1.5										
	자동 지대포장기	1	6.5	1	12.8	1	26.0	1	26.0	1	10.0		
	로봇 적재시스템	1	19.4	1	20.7					1	27.0	1	35.0
	버킷엘리베이터			5.6	4.2	9	11.1	5	7.5	3	3.8	4	6.0
	체인컨베이어	2	1.2	4	2.3	6	5.0	4	6.0	2	3.0	2	3.0
	소 계		37.2		50.6		55.4		45.5		48		50.1

(표 3-1-87 계속)

공정	에너지절감 모델(Ⅱ)			제2세대 RPC 평균		제2세대중 RPC 공정별 최대/최소인 RPC						제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC						비고
	형식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	최대			최소			최대			최소			
						형식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	형식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	형식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	형식	수량 (대)	소요 동력 (kW)	
현미부 집진	B	1	57.2			C	1	19.8	B	1	23.5	B	1	28.1	B	1	23.5	현미부용
						C	2	27.5	C	1	11.8	B	2	56.2	C	1	11.8	원료 석발기용
						B	2	31.5	C	1	11.8	B	2	39.0	C	1	11.8	현미 석발기용
									C	2	1.5	B	1	36.1	C	2	1.5	왕겨풍구용
						C	1	8.2				B	1	7.5				현미집진기 배출용
						C	1	11.8										왕겨탱크용
						C	1	2.9										왕겨풍구 이물질용
						B	1	11.8										왕겨탱크용
						B	1	15.7										현미탱크용
						B	1	60.9										현미부 Cyclone용
								C	1	22.8				C	1	22.8	원료, 현미 석발기용	
소계			57.2		129.7			190.1			71.3			166.9			71.3	
백미부 집진	C	2	25.0			B	2	42.5	C	1	30.8	B	2	47.0	C	1	30.7	백미부용
	C	2	33.0			B	2	38.7	C	2	23.5	B	2	56.0	C	2	23.5	정미기용
	C	1	7.0			B	1	18.8	C	1	11.8				C	1	11.8	포장부용
						B	2	38.5				C	1	7.0				건식 연미기용
					B	1	14.8				B	2	24.0				배아가공용	
소계			65.0		107.9			153.3			66.0			134.0			66.0	
이송 기기	1	2.2																버킷 엘리베이터
	4	2.7							4	3		4	7.4	4	3			체인 컨베이어
소계			4.9								3			7.4			3	

(표 3-1-87 계속)

공정	단위기계	에너지절감 모델(Ⅱ)		제2세대 RPC 평균		제2세대중 RPC 공정별 최대/최소인 RPC				제2세대 RPC중 총동력이 최대/최소인 RPC			
						최대		최소		최대		최소	
		수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)	수량 (대)	소요 동력 (kW)
부대 시설	부산물처리시설		13.3		31.1		37.5		25.0		25.0		25.0
	청소 시설		7.5		44.0		44.0		44.0		44.0		
	에어 컴프레서		110.0		85.8		111.0		37.0		37.0		96.0
전체 총동력 합계 (kW)		<b>658.0</b>		878.5		1,196.40		673.3		1048.3		732.0	
절감 모델 대비 감소치 (kW)		-		-220.5		-538.4		-15.3		-390.3		-74.0	
<b>절감 효과(%)</b>				<b>25.1</b>		<b>45.0</b>		<b>2.3</b>		<b>37.2</b>		<b>10.1</b>	

표 3-1-88. 에너지절감형 가공공정 모델별 공정별 소요동력 비교

구분	공정	소요동력(kW)			소요동력 차이 (kW)			
		RPC 평균(A)	모델(I) (B)	모델(II) (C)	(B-A)	(C-A)	(C-B)	
현미/ 백미 생산 능력 6/5 ton/hr	현미공정	75.2	58.5	53.8	-16.7	-21.4	-4.7	
	백미공정	161.1	133.9	132.4	-27.2	-28.7	-1.5	
	포장공정	43.2	41.4	37.2	-1.8	-6.0	-4.2	
	현미부 집진	75.1	64.2	31.2	-10.9	-43.9	-33.0	
	백미부 집진	61.8	34.4	36.0	-27.4	-25.8	1.6	
	이송기기		0.4	4.5		0.4	4.1	
	부대 시설	부산물처리시설	47.5		13.3	-47.5	-34.2	13.3
		청소 시설	22.0	17.2	7.5	-4.8	-14.5	-9.7
		에어컴프레서	96.3	73.6	55.0	-22.7	-41.3	-19.0
	전체 총동력 합계 (kW) (절감효과 %)		<b>582.2</b>	<b>423.6</b>	<b>370.9</b>	<b>-158.6</b> <b>(27.2%)</b>	<b>-211.3</b> <b>(36.3%)</b>	<b>-52.7</b> <b>(12.4%)</b>
백미 1ton 생산시 필요한 소요동력(kWh) (%)		<b>116.4</b>	<b>84.7</b>	<b>74.2</b>	<b>-31.7</b> <b>(27.2%)</b>	<b>-42.2</b> <b>(36.3%)</b>	<b>-10.5</b> <b>(14.2%)</b>	
현미/ 백미 생산 능력 12/10 ton/hr	현미공정	125.4	106.0	98.1	-19.4	-27.3	-7.9	
	백미공정	345.4	270.4	264.8	-75.0	-80.6	-5.6	
	포장공정	50.6	45.5	37.2	-5.1	-13.4	-8.3	
	현미부 집진	129.7	109.4	57.2	-20.3	-72.5	-52.2	
	백미부 집진	107.9	62.5	65.0	-45.4	-42.9	2.5	
	이송기기		0.8	4.9	0.8	4.9	4.1	
	부대 시설	부산물처리시설	31.1		13.3	-31.1	-17.8	13.3
		청소 시설	44.0	17.2	7.5	-26.8	-36.5	-9.7
		에어컴프레서	85.8	110.0	110.0	24.2	24.2	0.0
	합 계(kW)(%)		<b>878.5</b>	<b>721.8</b>	<b>658.0</b>	<b>-156.7</b> <b>(17.8%)</b>	<b>-220.5</b> <b>(25.1%)</b>	<b>-63.8</b> <b>(8.8%)</b>
백미 1ton 생산에 필요한 소요동력(kWh) (%)		<b>87.9</b>	<b>72.2</b>	<b>65.8</b>	<b>-15.7</b> <b>(17.8%)</b>	<b>-22.1</b> <b>(25.1%)</b>	<b>-6.4</b> <b>(8.8%)</b>	

### 3) 에너지절감형 가공공정의 설계기준(안)

- 앞에서 정립한 기본공정의 품질목표 및 각 모델별 소요동력을 달성하기 위해 지금까지 조사 및 개발한 각 설계기준(안)을 바탕으로 가공공정의 설계기준(안) 즉, 에너지절감형 가공공정의 기본시설요구사항을 정리하면 다음과 같았음

#### ① 건축 및 가공실의 구획

##### ㉠ 가공실 구획

- ㉠ 건축은 기계설비를 위한 것이므로 건축의 기본설계 단계부터 기계설계와 기술협의 후, 절차에 따라 심의를 거쳐야 하고, 건축물의 구조와 재료는 기본적으로 건축법시행령에 따라 설계하고 선정되어야 하며, GAP 농산물우수관리시설기준에 적합하여야 함
- ㉡ 원료 벼를 현미 및 백미로 가공하여 포장하는 가공실과 부대시설은 지형·주위 환경·외관·안전성·공해 발생·편리성 등을 종합적으로 고려하여 아름답고 효율적으로 설치되어야 하며, 전체적인 배치는 향후 추가로 설치될 관련시설 계획, 차량동선 등을 종합적으로 고려하여 결정되어야 함
- ㉢ 벼의 수확후 처리시설 및 완제품 보관시설이 설치된 건축물의 위치는 축산폐수·화학물질 기타 오염물질의 발생시설로부터 제품에 나쁜 영향을 주지 않도록 격리되어 있어야 함
- ㉣ 가공실 건축물의 층고 및 면적은 시설의 설치·운영·유지관리·보수에 지장이 없는 규모이어야 하며, 향후 새로운 시설설치에 필요한 공간은 충분하게 확보되어야 하나, 불필요한 면적 및 공간이 없어야 함
- ㉤ 가공실은 반입·건조·저장·부산물시설 및 기타 외부에서 발생하는 분진에 오염되지 않도록 격리되거나 칸막이 등으로 구획되어야 하며, 현미부, 정미부, 포장부, 완제품보관실, 부자재보관실, pallet보관실, 부산물실 및 기타 공간은 각각 구획 또는 분리되어야 함
- ㉥ 현미부, 정미부 및 포장부에는 부산물, 완제품, 포장재, 반품 및 잡품(공구, 청소도구 등)이 방치되지 않아야 하며, 이를 위해 잡품을 보관할 수 있는 별도의 수납공간이 확보되어야 함
- ㉦ 품질검사실에는 수분계, 외관품위측정기, 백도계 등 품질검사장비가 설치되어 원료 벼의 품질, 현미·백미의 가공중 및 최종제품의 품질을 측정할 수 있어야 하며, 품질검사실은 시료를 용이하게 채취하고 가공기계를 조정할 수 있는 곳에 위치하여야 함
- ㉧ MMI, 자동재고 및 수율관리시스템 등이 설치되는 중앙제어실은 주요 기계설비의 운전상황을 직접 감시·조정할 수 있고, 분진과 배기가 유입되지 않는 곳에 위치하여야 함

##### ㉨ 위생구역 및 기타 공간구획

- ㉧ 가장 청결을 요하는 포장실을 출입하는 작업자는 에어샤워기를 통해 출입할 수 있도록 에어샤워기

의 설치를 권장하고, 에어샤워기를 설치할 경우 포장실 출구에 설치하며, 작업자의 위생관리를 위한 세척 및 탈의실 등 위생구역이 설치되어야 함

- ㉠ 화장실은 가공실과 분리하여 설치되어야 하고, 청결하게 관리되어야 하며, 수세식으로 손 세척시설 및 손 건조시설(페이퍼 타월 등 1회용 티슈)이 설치되어 있어야 하며, 환기가 가능하여야 함
- ㉡ 생산자, 소비자 등 견학자가 가공실을 견학할 때 사고발생 및 견학자에 의한 제품 오염을 방지하기 위하여 견학로는 가공실 외부에 설치되어야 하며, 견학자에 대한 설명, 회의 등을 위해 필요한 설비를 갖춘 충분한 크기의 회의실이 설치되는 것을 원칙으로 함
- ㉢ 입출고 관리 등을 위한 사무실이 설치되어야 하며, 사무실공간은 향후 u-RPC 등의 관리체계 변화에 대비하여 충분하게 확보되어야 함

#### ㉣ 가공실 바닥, 벽체 및 출입문

- ㉠ 가공실의 내벽과 천장은 곡물에 나쁜 영향을 주지 않는 자재가 사용되어야 하며, 먼지 등이 쌓이거나 미생물 등이 번식하지 않게 청소가 가능한 구조로 설치되어야 함
- ㉡ 가공실의 출입문은 견고하고 밀폐가 가능하여야 하며, 지게차 출입이 잦은 출입문은 2중문으로서 외문은 견고하고 밀폐가 가능하여야 하고, 내문은 신속하게 개폐가 가능하고 분진유입 등을 방지할 수 있는 구조로 설치되어야 함
- ㉢ 지게차 출입이 빈번하지 않는 현미부, 백미부 등의 출입문, 지게차의 출입이 비교적 잦아도 외부로부터 먼지유입에 크게 영향을 받지 않는 출입문 및 기타 출입문은 사용하는 목적에 맞는 문의 형태와 시건장치를 갖추어야 함
- ㉣ 가공실의 바닥은 하중과 충격에 잘 견디는 견고한 재질이어야 하며, 파여 있거나 심하게 갈라진 틈이나 구멍이 없어야 함

#### ㉤ 가공실의 환기시설

- ㉠ 현미부, 백미부, 포장부 등 가공실에는 집진을 위한 외기도입구가 설치되어야 하고, 외기도입구에는 먼지, 이물질 등이 유입되지 않도록 필터가 설치되어야 하며, 외기도입구는 비 등이 침입할 수 없는 구조이어야 함
- ㉡ 외기도입구는 현미부, 백미부 및 포장부 등 집진이 실시되는 공간에 각각 별도로 설치하는 것을 원칙으로 하되, 포장부, 가공부, 완제품보관실 등 청결요구 정도가 낮은 방향으로 흐르도록 송풍기를 설치할 수도 있으나, 이 경우에는 현미부는 별도로 외기도입구를 설치하여 현미부에서 발생하는 먼지에 의해 다른 가공부가 오염되지 않도록 하여야 함
- ㉢ 외기도입부는 외기를 도입할 때 정압손실이 최소가 될 수 있는 크기이어야 하며, 필터청소 및 교체가 용이한 위치에 설치되어야 함



- ㉔ 필터 등이 없는 벤치레다 등 환기시설은 설치되지 않아야 하며, 완제품보관실 등에 환풍기가 부착된 환기시설을 설치할 때는 필터와 함께 설치되어야 하고, 환풍기가 가동하지 않을 때는 외부에서 밀폐되는 구조이어야 함
- ㉕ 가공실 창문은 밀폐가 가능하여야 하며, 방충망이 설치되어야 함

## ② 가공시설

### ㉖ 현미부

- ㉑ 가공계획에 따라 약 1주일 이상을 가공하는데 사용할 수 있는 원료를 저장할 수 있는 원료 저장시설을 설치하여야 하며, 저장시설의 종류 및 형태는 원료형태 및 가공계획에 적합하여야 함
- ㉒ 저장시설과는 별도로 현미부로 원료를 원활하게 공급하기 위한 원료탱크는 원료가 혼곡되지 않는 용량과 개수로 설치되는 것을 원칙으로 하되, 저장시설이 원료탱크와 동일한 역할을 충분히 감당할 수 있는 경우에는 생략할 수 있음
- ㉓ 도정특성 및 제품의 외관품위를 향상시키기 위하여 현미부에는 비정립을 충분히 선별할 수 있는 능력을 가진 입선별기 및 현미색채선별기를 설치하는 것을 원칙으로 함
- ㉔ 현미기에는 원료 벼가 고무롤러 전체에 균일하게 공급될 수 있도록 바이브레타 등 원료 공급장치가 부착되어야 하고, 현미기를 통과할 때 쓰라기발생율이 최소(예 : 0.4%이하)가 되도록 운전조건이 개선되어야 함
- ㉕ 왕겨풍구는 에너지절약, 청결유지 등을 위하여 밀폐식을 원칙으로 하며, 기류식을 사용할 경우 에너지 낭비 및 밸런스 불균형으로 먼지가 발생하지 않도록 왕겨풍구 후단 또는 집진시설 후단 등에 송풍기를 중복하여 설치하지 아니하며, 필요한 송풍량과 정압을 가진 송풍기 1대를 설치하여야 함
- ㉖ 입선별기는 제품 생산계획에 적합하도록 비정립 선별특성에 따라 체눈 크기를 다르게 하여 2단 이상으로 설치하여야 하고, by-pass라인이 설치되어 각단 입선별기의 단독 또는 연동작업이 가능하여야 하며, 선별망에는 용이하게 교체가 가능한 청소용 브러시가 설치되어야 하며, 표면 광택을 위한 장치를 설치하지 않음
- ㉗ 입선별기 이후에 설치되는 현미색채선별기는 비정립선별에 충분한 용량이어야 하며, 현미부와 구분된 정미부에 설치되어야 함
- ㉘ 금속 등 이물질에 의해 주요 단위기계가 손상되는 것을 방지하기 위하여 현미기 등 현미부의 주요 단위기계 상부에는 제철기가 설치되어야 함
- ㉙ 현미부에서 분진으로 인한 오염이 심하게 발생할 수 있는 종합정전기, 현미분리기, 현미색채선별기 상부에는 충분한 집진 및 머리카락 등의 이물질제거가 가능한 구조의 풍력선별기(aspirator)가 설치되어야 함
- ㉚ 현미제품과 접촉하는 부분은 STS로 시공되어야 하고, 현미제품탱크는 백미제품과 함께 일관적으

로 계량·포장될 수 있도록 백미제품탱크와 동일한 포장실에 설치되는 것을 원칙으로 하며, 포장 직전에 이물질선별망과 제철기가 설치되어야 함

- ㉔ 원료탱크 이전 및 이후, 현미탱크 이전 및 이후 등 중량변화가 발생할 수 있는 지점에는 호퍼스케일(연류계)이 설치되어 중량 등이 측정될 수 있어야 하며, 현미탱크 이후에는 효과적인 도정을 위해 현미 수분측정이 가능하도록 구성하는 것을 원칙으로 함

#### ㉕ 정미부

- ㉕ 도정도가 도정기준(백도 40)에 적합한 최종제품을 설계능력 이상으로 생산할 수 있는 생산능력을 갖추고 있어야 하고, 연삭 및 연미공정이 중복되지 않는 정미시스템이 설치되는 것을 원칙으로 하며, 정미시스템의 앞에는 품질관리를 위해 도정도(백도)와 함수율을 측정할 수 있도록 백도계와 수분계를 비치하고 매시간 기록할 수 있어야 함
- ㉖ 정미시스템의 각 단에서의 도정도 및 도정특성을 측정하기 위해 필요한 시료를 용이하게 채취할 수 있는 구조이어야 하며, 정미시스템의 단수는 전체 도정배분을 용이하게 조절할 수 있는 범위에 내여야 함
- ㉗ 정미시스템에는 각 단의 작동상태를 정확하게 인지하고 제어할 수 있는 전류, 정백실내의 압력계(또는 압력을 나타낼 수 있는 보조장치) 등 필요한 게이지가 부착되어 있어야 하며, 각 단의 집진량을 정확하게 측정 또는 추정하고 제어할 수 있도록 송풍량 측정계(또는 정압계), 댐퍼 등이 부착되어 있어야 함
- ㉘ 정미시스템에서 가공된 쌀에는 미강가루가 육안으로 확인되지 않도록 정미시스템에서 미강가루가 충분하게 제거되어야 하며, 과도한 미강집진으로 인해 쌀이 건조하거나 미강에 잔싸라기 함유율이 높지 않아야 함
- ㉙ 습식연미기에는 가수량을 확인할 수 있는 게이지가 부착되어 있어야 하고, 가수라인은 동파방지를 위해 보온 시공되어야 하며, 물탱크에는 동파방지를 위한 히터와 시건장치가 부착되어 있어야 함
- ㉚ 이물질에 의한 주요 단위기계의 손상을 방지하기 위하여 정미시스템 및 연미기(백미반품 처리용으로 사용될 경우) 등 주요 단위기계 상부에는 이물질선별망과 제철기가 설치되어야 함
- ㉛ 제품생산계획에 적합한 품위의 제품을 생산하고, 투명한 플라스틱과 같은 이물질을 충분하게 제거하기 위해서 유색불량품, 백색불량품 및 투명한 플라스틱 등을 충분하게 선별할 수 있는 능력을 갖는 색채선별기가 설치되어야 함
- ㉜ 제품생산계획에 적합한 품위의 제품을 생산하기 위하여 충분한 선별능력을 갖춘 싸라기선별기(체선별기, 흡선별기, 화상특성을 이용한 싸라기선별기 등)가 설치되어야 하며, 동일 목적의 선별기가 연달아서 설치되지 않아야 함
- ㉝ 백미탱크 이전 및 이후 등 중량변화가 발생할 수 있는 지점에는 호퍼스케일(연류계)이 설치되어

중량 등을 측정할 수 있어야 함

- ㉔ 백미탱크 이전에는 lot별 품질관리를 위한 품질측정장치를 부착하는 것을 원칙으로 하며, on-line으로 설치하되, 자동수율 및 재고관리시스템과 연동되도록 설치하는 것을 권장함

#### ㉕ 계량 및 포장부

- ㉕-1 포장기는 관찰이 가능한 창(투명 아크릴 등)이 설치된 칸막이(고정식, 이동식) 등으로 완제품보관실과 구획 또는 분리된 포장실내에 설치되어야 하며, 톤백계량기는 포장실내의 지게차의 출입으로 인한 오염을 방지하기 위하여 완제품보관실에 설치되는 것을 원칙으로 함
- ㉕-2 포장부와 완제품보관실 사이에는 자동지대포장기 등에서 포장된 제품중 파포를 신속하게 처리하기 위한 작업자출입구가 별도로 설치되어야 함
- ㉕-3 포장실은 작업자가 원활하게 작업할 수 있도록 충분한 공간이 확보되어야 하며, 포장부에서 포장된 제품은 완제품보관실에서 pallet 등에 적재될 수 있도록 이송시설을 통해 완제품보관실로 이송될 수 있는 구조이어야 함
- ㉕-4 제품생산계획에 적합한 종류 및 처리능력의 포장기가 설치되어야 하고, 현미출하, 백미의 톤백거래 등 제품의 거래추세를 반영하여 톤백계량기 및 현미 소포장기 등이 설치되거나 설치 공간의 확보가 필요하며, 포장기는 포장지 공급, 포장된 제품의 출하가 용이한 구조와 방향으로 설치되어야 함
- ㉕-5 포장실은 포장지보관실에서 포장지를 입고할 때 외부로부터 먼지에 오염되지 않는 구조이어야 하며, 효율적인 포장작업을 위하여 포장실내부에 당일 작업에 필요한 포장지를 임시로 저장할 수 있는 저장시설을 설치할 수 있음
- ㉕-6 설치된 포장기들이 잦은 ON/OFF 없이 연속적으로 동시작업이 가능하도록 백미탱크 이후부터 최종 포장기까지 충분한 구조와 용량의 이송시설과 보조탱크가 설치되어야 하며, 별도의 완전미생산시설을 설치할 경우에도 완전미생산시설의 용량 및 구조가 포장작업에 지장이 없어야 함
- ㉕-7 백미탱크 이후에 쌀에 혼입되어 있는 미강덩어리 등 이물질을 충분하게 선별하기 위한 유하식선별기 등 체선별기를 설치하되, 체선별기의 진동이 구조물에 전달되지 않는 구조로 설치되어야 하며, 포장직전에는 이물질선별망과 제철기가 설치되어야 하고, 포장전에 비철금속 제거장치의 설치 또는/및 포장이후 비철금속 탐지장치가 설치되어야 함
- ㉕-8 포장 전에 머리카락 등 이물질을 선별할 수 있는 풍력선별기 등 선별기 설치를 원칙으로 함
- ㉕-9 1일 2교대에 따른 야간 포장작업의 효율화는 물론 인력절감을 위해 다양한 중량의 포장단위 제품을 pallet에 적재할 수 있는 로봇적재기와 자동 pallet 랩핑기가 설치되는 것을 원칙으로 함
- ㉕-10 완전미탱크 이전 및 이후 등 중량변화가 발생할 수 있는 지점에는 호퍼스케일(연류계)이 설치되어 중량 등이 측정될 수 있어야 함

## ㉔ 이송기기

- ㉔-1 버킷엘리베이터 및 체인컨베이어 등 이송기기는 설계능력에 부족하지 않는 충분한 능력이어야 하며, 곡물이 이송과정에서 손상되지 않도록 적정 이송속도를 준수하고, 내부는 이송과정에서 곡물이 충격이나 마찰로 손상되지 않는 구조이어야 함
- ㉔-2 이송기기는 잔곡이 남지 않는 구조이어야 하고, 이송기기에 설치된 벨트, 스크레이퍼, 클리너, 기타 이송도구 등을 고정한 부분에서 볼트 및 너트 등의 풀림이 발생되지 않는 구조이어야 함
- ㉔-3 이송기기는 pit내에 설치되지 않아야 하고, 이송되는 곡물이 정확한 방향으로 공급되도록 설치되어야 하며, 연류계 하부 등 공급되는 곡물량의 변동이 심한 곳에는 이송시설 이전 슈트관에 점검창과 수동게이트가 설치되어야 함
- ㉔-4 이송기기에는 곡물의 이송상태, 잔곡발생 여부를 확인할 수 있도록 작업자가 용이하게 관찰할 수 있는 위치에 점검창이 설치되어야 하며, 점검창은 작업자가 용이하게 보수·점검이 가능한 구조이어야 함
- ㉔-5 이송기기의 잔곡청소를 위한 고압공기노즐이 부착되는 경우, 각 버킷엘리베이터에 공기량 조절을 위한 수동밸브와 분무시간을 결정하는 solenoid valve가 각각 부착되어야 하고, 청소에 필요한 고압공기량은 912.2~1,214.5L/회/개소(압력 5~7kg/cm<sup>2</sup>범위)를 기준으로 하되, 이송기기의 형태, 구조 등에 따라 적합하게 결정하며, 청소시기를 감안하여 이송기기 청소용 고압공기량은 별도로 계상하지 않는 것을 원칙으로 함
- ㉔-6 벼용 버킷엘리베이터는 원심배출형, 현미 및 백미용은 유도배출형을 사용하는 것을 원칙으로 하되, 벨트속도는 원심배출형은 약 90~140m/min, 유도배출형은 약 24~51m/min을 원칙으로 하며, 감속전동기는 원심배출형은 10 : 1, 유도배출형은 20 : 1을 기준으로 함
- ㉔-7 정미시스템 이후에 설치되는 버킷엘리베이터가 백미용인 경우 쌀과 접촉하는 부분은 STS재질을 사용하고, 중간부분의 몸체부분 내부는 도색이 불필요한 아연도강판 이상의 재질로 설치함
- ㉔-8 벨트를 사용하는 버킷엘리베이터 및 수평이송컨베이어는 벨트의 뒤틀림 및 처짐 등으로 인해 벨트가 손상되어 손상된 벨트로부터 발생된 이물질에 의해 곡물이 오염되지 않도록 안전한 높이 이내로 설치되어야 하며, 벼 및 백미용의 경우는 공공기관에서 검증받은 식용 벨트를 사용하여야 함
- ㉔-9 벨트 및 체인형 수평이송컨베이어가 백미용인 경우 케이스 등 모든 부분의 재질은 STS재질로, 스크레이퍼와 마찰되는 부분은 비닐 수지판(두께 10mm)을 설치하여 비틀림 현상을 최소화하고, 스크레이퍼의 연결부분은 너트의 풀림방지를 위해 와셔를 설치하여야 함
- ㉔-10 벨트 및 체인형 수평이송컨베이어의 벨트 및 체인의 이송속도는 20m/min 이내, 감속전동기의 감속비는 30 : 1 수준, 체인에 부착되는 스크레이퍼 개수의 5%는 잔곡을 처리할 수 있게 클리너로 설치하는 것을 원칙으로 함
- ㉔-11 이송기기는 내부에서 발생하는 먼지를 효과적으로 집진할 수 있도록 집진관을 설치하는 것을 원칙으로 함

로 하고, 집진관의 버킷엘리베이터는 헤드부분에, 수평이송컨베이어는 먼지 발생이 많은 투입구 근처에 설치하여야 함

- ㉔ 집진에 필요한 외기도입구는 버킷엘리베이터에서 버를 대상으로 하는 원심배출형의 경우는 테일과 상부사이인 본체에, 현미와 백미를 이송하는 유도배출형의 경우는 전면 점검창에 다공망과 함께 설치하며, 수평이송컨베이어는 효과적인 집진이 가능하면서 외부로부터 오염이 방지될 수 있는 위치에 설치되어야 함
- ㉕ 버킷엘리베이터 상부에는 점검구를 설치하여야 하며, 청소와 보수 점검을 위하여 발판과 같은 작업대를 설치하되, 버킷엘리베이터가 다른 기계설비 및 점검대 등과 함께 고정되지 않아야 함

#### ㉖ 곡물이송관(슈트) 및 게이트

- ㉑ 곡물이송관은 벼의 경우 SS재질, 현미와 백미 곡물이송관은 STS재질을 사용하고, 관경은 곡물량에 적합한 크기이어야 하며, 완충장치 및 점검창의 설치, 엘보 등 굴곡처리의 편리성을 감안하여 결정하되, 현미는 6~12톤/시간에서는 125mm, 백미는 5~10톤/시간에서는 100mm관, 포장부 등 백미 10~15톤/시간에는 125mm관을 사용하는 것을 원칙으로 하며, 이송관의 각도에 따라 조절함
- ㉒ 곡물이송관 중간 지점에는 정전기 발생이 최소화되는 재질의 투시창을 설치하여 곡물의 흐름을 관찰할 수 있어야 하며, 이 때 투시창이 설치된 곡물이송관 내부에는 돌출부나 흠이 없어야 함
- ㉓ 곡물이송관 굴곡부는 물질에 대한 문제제거를 위해 분해 및 조립이 용이하도록 프랜지, 또는 고정용 밴딩 캡을 사용하되 곡물로부터의 충격과 마모에 견딜 수 있는 구조이어야 하며, 곡물이송관 길이가 5m를 초과하거나, 유속이 빨라 곡물이 손상될 우려가 있는 경우에는 완충장치를 설치하여야 하며, 완충장치는 용이하게 청소할 수 있는 구조이어야 함
- ㉔ 슬라이드 게이트는 개폐시 이송되는 곡물에 손상을 주지 않고 완전 차단이 가능한 구조이어야 하고, 가능한 개폐 정도를 임의로 조절할 수 있는 실린더를 사용하며, 별도로 게이트 상단에 유량을 조절할 수 있는 수동 게이트가 설치되어야 함

#### ㉗ 탱크류

- ㉑ 원료, 현미 및 백미탱크는 반입되는 원료수와 생산되는 브랜드수를 감안하여 곡물이 혼곡되지 않는 개수로 설치되어야 하며, 탱크용량은 야간작업 및 포장작업은 물론 출하계획에 지장이 없는 수준이어야 함
- ㉒ 단위기계로 균일하게 원료를 공급하고, 고장시에 곡물의 임시저장에 사용되도록 단위기계 사이에는 호퍼형 보조탱크가 설치되는 것을 원칙으로 하며, 보조탱크 용량은 단위기계 처리능력에 적합하여야 함
- ㉓ 곡물의 저장탱크 및 보조탱크는 곡물이 잔류하지 않는 호퍼형이어야 하고, 잔곡 발생여부를 확인

하기 위하여 점검창이 설치되어야 하며, 현미 및 백미는 충격으로 손상되지 않도록 완충장치가 부착되어야 함

- ㉔ 모든 탱크에는 집진을 위하여 집진덕트와 동일 이상 면적의 공기유입구(air vent)가 설치되어야 하며, 일반적으로 공기유입구는 엘보형을 원칙으로 하되, 공기유입구에는 용이하게 분리하여 청소할 수 있는 금망(mesh)이 설치되어 외부로부터 먼지유입이 최소가 되도록 하여야 함
- ㉕ 현미제품 및 정미기 이후 모든 탱크는 인체에 무해한 STS로 시공되어야 하며, 현미 및 백미제품 탱크상부의 공기유입구에는 외기에 의해 제품이 오염되지 않도록 부직포 등 별도의 방진대책이 수립되어야 함
- ㉖ 백미탱크에는 집진기가 작동하지 않는 야간 등에 결로 발생을 대비하여 환기용 송풍기가 설치되어야 하며, 환기용 송풍기에는 자동셔터가 설치되어 사용하지 않는 시간에 외기에 의해 영향을 받지 않도록 하여야 함
- ㉗ 모든 탱크의 내부 상단과 하단에는 레벨센서를 설치하는 것을 원칙으로 하며, 하단의 배출 게이트는 레벨 센서와 연계하여 자동 또는 수동제어가 가능한 구조이어야 함

### ③ 부대설비

#### ㉘ 집진시설

- ㉙ 분진농도는 대기환경보전법, 산업안전보건법 등 관련법규의 허용범위내이어야 하며, 작업자의 건강 및 설치되는 기계의 성능과 수명에 지장을 초래하지 않는 범위에서 청결하게 유지되어야 함
- ㉚ 신규 집진시설은 동일 부지내에 설치된 원료투입구, 건조저장시설, 집진시설 등 기존시설에서 발생하는 먼지 상태를 충분하게 검토하여 전체시설의 비산먼지농도가 최대한 낮아지면서 비용이 절감될 수 있는 방향으로 설치되어야 함
- ㉛ 단위기계, 현미부, 백미부, 포장부 및 부산물 집진시설은 과대설계에 의해 곡물이 건조되거나 에너지가 낭비되지 않도록 발생하는 먼지의 집진에 적합한 집진능력으로 설치되어야 하며, 집진개소당 집진량은 현미부의 이송기기, 보조탱크 등은 5m<sup>3</sup>/min, 백미부 및 포장부의 이송기기, 보조탱크 등은 2m<sup>3</sup>/min 수준을 원칙으로 하되, 각 집진개소의 소요 집진량을 감안하여 결정되어야 함
- ㉜ 원료 및 현미부의 집진기는 백필터형, 백미부 및 포장부의 집진은 테프론 코팅된 사이클론형을 원칙으로 하며, 단위기계, 현미부, 백미부, 포장부 및 부산물 집진시설의 종류와 개수는 발생하는 분진의 종류, 운전조건 등을 충분하게 감안하여 집진효율이 높으면서 설치비용 및 에너지소요가 최소가 되는 방향으로 결정되어야 함
- ㉝ 현미부 및 백미부 등이 2라인 이상일 경우, 독립적인 운전을 위하여 각 라인의 집진시설은 별도로 설치하는 것을 원칙으로 함
- ㉞ 분진 발생으로 인한 교차오염을 방지하기 위해 집진시설 등은 가공실과 구획되어 설치되어야 하며,

집진시설에서 제거된 분진을 보관하는 보관함은 먼지가 비산되지 않도록 충분히 밀폐되어야 함

- ㉔ 모든 단위기계 내부는 먼지가 쌓여있지 않는 구조이어야 하고, 분진이 발생하는 모든 단위기계, 이송시설 및 탱크에는 집진배관이 설치되는 것을 원칙으로 하며, 기류를 이용하여 곡물을 선별, 이송 및 냉각하는 단위기계에는 적정 송풍량의 확보를 위해 정압계, 댐퍼 및 by-pass관을 설치하는 것을 원칙으로 함
- ㉕ 집진배관은 분진의 이동경로와 배관의 연결구조에 대한 정확한 도면이 작성된 다음, 분진의 종류와 양에 따라 집진시설의 송풍기 풍량과 정압이 결정되어야 하며, 집진배관 직경은 배관내부 풍속 기준(18m/sec 수준)범위에서 적합하게 결정되어야 함
- ㉖ 집진덕트는 쉽게 분해 조립이 가능하도록 플랜지 조립을 원칙으로 하며, 집진덕트에서 주관의 유속변화에 따라 집진물이 합류되는 분기관으로 역류하지 않도록 분기관은 주관의 상부 또는 측면에 연결되어야 함
- ㉗ 집진덕트의 합류관은 덕트의 직경이 감소되는 부위에 30~45°경사로 부착하여야 하고, 리듀서는 시작점의 덕트 지름의 1.5배 길이로 완만하게 감소되어야 하며, 집진배관용 90°L형 배관은 중심부의 길이가 지름의 1.5배 이상으로 하여 저항을 최소화하여야 함
- ㉘ 집진덕트의 각 분기관 등에는 집진량 조절을 위한 댐퍼가 설치되어야 하며, 정확한 집진량 조절을 위해 필요한 곳에 by-pass관을 설치할 수 있으며, 집진덕트는 운전시 소음과 진동이 없도록 튼튼히 고정되어야 함
- ㉙ 집진부 등 비교적 규모가 큰 송풍기의 구동부에는 자동운환유 공급장치가 부착되는 것을 원칙으로 함

#### ㉚ 부산물처리시설

- ㉚ 미강 및 왕겨탱크는 3일 동안 배출되는 물량이상을 보관할 수 있는 용량으로 설치되는 것을 원칙으로 함
- ㉛ 왕겨탱크에는 외부에서 물량을 감지할 수 있는 투명창이 설치되어야 하고, 상한레벨게이지의 설치 등으로 왕겨배출이 필요한 시점을 중앙제어반에서 감지할 수 있어야 하며, 왕겨배출시 왕겨 또는 왕겨에서 발생하는 먼지가 바람에 비산되지 않는 구조이어야 함
- ㉜ 왕겨는 금속 등을 쉽게 마모시키므로 가능한 이송거리가 짧아지도록 직선으로 배관하고, 굴곡부는 내마모성이 높은 재료를 사용하고 마모시 교환이 용이하도록 설치되어야 함
- ㉝ 결로로 인한 미강덕트 막힘을 방지하기 위하여 정미시스템(정미기, 연미기) 이후의 모든 미강덕트는 충분히 단열되어야 하고, 외부에 노출된 단열재가 쉽게 상하지 않도록 충분히 보호되어야 하며, 미강실은 미강이 바람에 비산되지 않는 구조이어야 함
- ㉞ 현미 및 백미부에서 선별된 비정(상)립은 압송식 공기이송시설을 이용하여 부산물처리실에 설치한 비정(상)립 탱크로 이송되는 것을 원칙으로 하며, 비정(상)립 탱크에서 부산물이 배출될 때 배출시간의 조절 및 혼곡방지를 위해 각 탱크에서 툰백형태로 배출되는 것을 원칙으로 함

- ㉔ 단위기계에서 선별된 비정(상)립은 단위기계 하부에 설치된 수집탱크에서 1차 수집되어 비정(상)립 탱크로 이송될 때, 에너지 절약을 위해 임시수집탱크에는 상한 및 하한레벨게이지 또는 상한레벨게이지 및 타이머 등이 설치되어야 하며, 압송식의 경우 입선별기 등 이물질이 많은 부산물의 수집탱크 이전에는 이물질의 제거를 위한 풍력선별기(aspirator)가 설치되어야 함
- ㉕ 비정(상)립 탱크의 용량 및 개수는 원료조건, 생산제품 품위에 따른 비정(상)립의 발생량, 비정(상)립 활용 및 판매형태에 따라 최대 1일에 1회 이내의 배출횟수가 되도록 설치되어야 하며, 각 탱크에는 레벨게이지가 설치되어 재고량이 제어실에서 파악될 수 있어야 함
- ㉖ 현미부의 입선별기 및 현미색채선별부에서 발생하는 비정립을 소형 정미기를 이용하여 싸라기로 가공할 때에는 비정립 탱크에서 톤백 등으로 배출할 수 있는 by-pass라인이 설치되는 것을 원칙으로 하며, 싸라기를 크기별로 선별할 필요가 있는 경우에는 비정(상)립 탱크상부에 별도의 체선별기를 설치할 수 있음
- ㉗ 부산물의 공기이송능력은 원료 및 제품생산계획을 충분하게 고려하여 과대 및 과소 설계가 되지 않아야 함
- ㉘ 가공부의 단위기계에서 선별되는 비정(상)립을 제외한 기타 이물질은 가공실에 방치되지 않도록 공기이송 및 컨베이어 등의 이송시설이나, 수작업으로 가공실 외부로 이송되어야 하며, 이 때 수집탱크 및 이송시설에서 이송과정중 이물질로 인해 가공실이 오염되지 않는 구조이어야 함

#### ㉙ 공기압축기 및 배관

- ㉙-1 공기압축기는 압축공기를 필요로 하는 단위기계, 이송시설 및 게이트 등의 압축공기 소요량을 정확하게 파악하여 과대 또는 과소가 되지 않도록 적정한 용량이 설치되어야 하며, 소요 공기압력이 다른 곳에는 감압변이 설치되어야 함
- ㉙-2 공기압축기 이후에는 목적에 맞도록 공기청정기 · 오일 분리장치 · 물 분리장치 · 압력조정밸브 등이 설치되어야 하며, 공기압축기는 분진이 적은 곳에 설치하되 압축기의 고장을 고려하여 대형압축기 1대보다는 적합한 용량으로 2대 이상을 설치하는 것을 원칙으로 함
- ㉙-3 공기압축기에는 온도조절 장치가 부착되어야 하고, 기계 이상시 주 전동기가 자동으로 멈추게 하여야 하며, 공랭식압축기의 냉각과정에서 발생하는 고온공기는 공간의 난방에 사용되도록 구성하는 것을 원칙으로 함
- ㉙-4 공기압축기에는 외부의 깨끗한 공기가 유입될 수 있는 분진에 오염되지 않는 공간에 설치하고, 필터를 통해 외기가 도입될 수 있도록 구성하는 것을 원칙으로 함
- ㉙-5 공기배관은 기계의 진동으로 변형되지 않도록 고정대 또는 받침대를 설치하여야 하며, 가장 낮은 곳에 위치한 공기배관에는 응축수의 배출을 위한 드레인 밸브가 설치되어야 하며, 지하매설 등 작업자가 점검하기 어렵도록 시공하지 않아야 됨



#### ㉔ 제어시설, 자동재고 및 수율관리시스템

- ㉑ 가공시설의 전공정은 MMI(Man Machine Interface) PC에 의한 집중제어와, 전류 등 각 단위기계의 작동조건이 MMI에 나타나도록 구성하는 것을 원칙으로 하며, 노이즈에 의한 오동작을 방지할 수 있도록 전원의 별도 분리공급 등의 방안이 강구되어야 함
- ㉒ 제어설비나 기계설비의 작동불량과 같은 이상이 발생할 때는 경보와 동시에 순차적으로 작동이 중단되도록 제어 시스템이 구축되고, 수동으로 조작될 수 있어야 함
- ㉓ 현미부, 백미부 및 포장부의 원료, 현미 및 백미탱크 전후 등 중량이 변화하는 곳에 설치된 호퍼스케일(연류계)과 각종 게이트와 이송시설의 작동신호를 이용하여 각 공정에서 품종별, 제품별로 구분되는 곡물이 혼곡되지 않도록 이력추적이 가능하여야 하며, 각 탱크에 남아있는 곡물의 자동 재고 및 수율관리가 가능하여야 함
- ㉔ 자동재고 및 수율관리시스템은 입고일을 기준으로 할 때 lot별 입고일시 및 입고물량, 잔고량, 출하일자 등의 파악이 가능하여야 하며, 출고일을 기준으로 할 때 입고 및 가공 일자와 절차, 잔고량, 출하내용 등의 파악이 가능하여야 함
- ㉕ 자동재고 및 수율관리시스템은 단위 품질분석장비 또는 on-line 품질측정장치로 lot별로 측정된 함수율, 백도, 품위, 단백질함량 등 다양한 품질의 측정결과가 수동 또는 자동으로 입력되어 물량 및 이력과 함께 관리가 가능하여야 함
- ㉖ 자동재고 및 수율관리시스템은 lot별로 정백수율, 부산물량, 미강량 등 전체적인 mass balance 및 수율관리가 가능하여야 하고, 기타 RPC에서 필요로 하는 일일, 주간, 월간, 분기, 연말보고 서식의 자동 출력이 가능하여야 함
- ㉗ 자동재고 및 수율관리시스템은 중앙제어실은 물론 사무실에서 동일한 정보를 on-line으로 활용할 수 있는 체계를 구축하는 것을 원칙으로 하며, 농협RPC의 경우 농협중앙회에서 공급하는 전산 프로그램의 사양에 맞도록 결과를 전송할 수 있어야 함

#### ㉔ 조명

- ㉑ 적절한 조도(220Lux이상)를 유지하여야 하고, 조명기구는 청결하게 유지하여야 하며, 손상을 방지하기 위하여 커버나 덮개 등 보호 장치가 설치되어야 함
- ㉒ 곡물상태를 육안으로 확인하고 단위기계를 작동해야 하는 정미시스템 등 주요 단위기계 상부에는 별도의 집중조명이 설치되어야 함

#### ④ 안전설비 및 기타 설치운영

##### ㉔ 구조물 및 단위기계 설치

- ㉑ 용접 등 현장시공이 최소화될 수 있도록 구조물, 각종 배관, 슈트 및 공기덕트 등은 조립식으로 설

계, 시공되는 것을 원칙으로 하며, 모든 단위기계는 일괄 관찰이 가능하도록 전면을 향하도록 설치하는 것을 원칙으로 함

- ㉠ 현미부, 백미부 및 포장부에 설치된 구조물의 각단은 운영관리, 이동통로로 인한 공간낭비 등을 방지하기 위하여 동일 높이로 설치하는 것을 원칙으로 함
- ㉡ 조작중 각종 기계설비의 감시, 조작과 유지관리를 효과적이고 안전하게 할 수 있도록 작업동선을 고려한 작업통로가 확보되어야 하며, 모든 기계설비는 접근이 용이하고 수리에 필요한 공간이 확보되어야 함
- ㉢ 모든 단위기계에서 소음 및 진동이 최소화되고, 최적의 상태에서 운전되기 위하여 정확한 밸런스가 유지되도록 설치되어야 함
- ㉣ 진동이 발생하는 단위기계에는 다른 기계설비나 바닥으로 진동이 전파되지 않도록 별도의 구조물 및 방진패드의 설치 등 충분한 방진조치가 실시되어야 하며, 진동이 건축에 전달되지 않는 구조이어야 함
- ㉤ 진동이 심한 단위기계와 슈트와의 연결부위는 반드시 신축성이 큰 재질로 연결하고 조인트는 강철 밴드로 묶는 등 충분한 방진대책이 강구되어야 함
- ㉥ 가공실의 분진 및 낙곡발생을 방지하기 위해 공정별 연결부분, 집진배관 시설 및 백미탱크 하부에 있는 이송시설 등은 밀폐되어야 하며, 시료를 채취할 때 낙곡이 발생되지 않는 형태의 시료채취구가 설치되어야 함
- ㉦ 1개의 보조탱크에 2대 이상의 단위기계가 연결되는 경우, 각 단위기계에 원료가 균일하게 공급될 수 있도록 점검창 및 수동게이트 설치 등 보완대책이 강구되어야 함

#### ㉧ 안전설비

- ㉧ 모든 기계설비는 자중·적재하중·작용력·진동·충격 등에 대하여 안전한 구조이어야 하며, 큰 하중이나 외력이 작용하는 기계설비는 기초를 독립적으로 설계하는 것을 원칙으로 함
- ㉨ 건물에서 외부로 노출되는 기계설비는 녹슬거나 부식되는 것을 방지하기 위한 조치가 취해져야 하며, 특히 송풍기는 덮개를 설치하여 빗물이 유입되지 않게 해야 함
- ㉩ 운전자의 안전은 물론 작업의 효율성을 높이기 위해 시설 내외부의 작업장으로 용이하게 이동할 수 있는 작업통로가 설치되어야 하며, 통로는 작업자의 안전을 보장할 수 있는 수준의 시설, 채광, 조명 및 안전 난간이 설치되어야 함
- ㉪ 기계설비의 조작 및 점검부위가 작업자의 키보다 높게 설치될 경우에는 적당한 높이의 발판이 설치되어야 하며, 기계설비의 높이가 1.5m 이상인 곳에서는 작업자가 안전하게 오르내릴 수 있는 설비가 설치되어야 함
- ㉫ 각각 기계설비마다 작업자가 신속히 작동을 정지시킬 수 있는 위치에 정지 또는 동력차단 장치가

설치되고, 정지 또는 동력차단 장치는 조작이 간단하고 확실하여야 하며, 일단 정지된 이후에는 작업자의 재조작 경우를 제외하고는 스스로 작동되지 않는 구조이어야 함

- ㉔ 송풍기 등 소음이 많은 기계 또는 설비는 작업자와 인근 주민의 건강을 해치지 않도록 소음방지 관계 법령에서 정하는 기준치 이하로 소음이 경감, 또는 차단될 수 있어야 함
- ㉕ 작업자가 휴식이나 야간에 수면을 취할 필요가 있을 경우를 대비하여 적절한 휴게실을 마련하고 침구를 구비하여야 하며, 탈의실, 세면 및 샤워 시설을 구비하는 것을 원칙으로 함

#### ㉖ 위생관리

- ㉖ 단위기계는 잔곡이 완전히 배출될 수 있도록 상부투입, 하부배출 구조를 원칙으로 하며, 모든 단위 기계에는 잔곡의 발생여부를 확인할 수 있는 점검창이 부착되도록 하는 것을 기본으로 함
- ㉗ 정미시스템 이후의 탱크, 슈트, 단위기계, 이송장치 및 2-way valve 등에서 벨트 및 버킷을 제외한 쌀과 접촉하는 부분은 STS로 시공되어야 하며, 구멍이나 균열이 없어야 함
- ㉘ 버킷엘리베이터, 수평이송컨베이어 등에 사용하는 벨트, 버킷 등은 인체에 유해하지 않는 식품용이 사용되어야 함
- ㉙ 모든 선별기는 청소가 용이한 구조이어야 하며, 특히 체선별기는 선별망에 곡물이 끼어있는지 여부를 용이하게 파악하고 청소할 수 있는 구조이어야 함
- ㉚ 매연 등으로부터 오염을 방지하기 위하여 가공실에서는 전동차만 운행되어야 함
- ㉛ 습식연미기 등에 수돗물, 오존수 등을 사용하지 않고 지하수를 사용하는 경우 취수원은 오염원으로부터 20m이상 떨어져야 하며, 1년에 1회 이상 분석하여 음용수 기준에 적합하여야 함
- ㉜ 가공실의 청소를 위해 청소시스템이 설치되어야 하고, 청소시스템은 필요한 장소에서 먼지 등을 흡인할 수 있는 흡인식 시스템을 설치하는 것을 원칙으로 하며, 흡인식 청소시스템은 구조물 각 단의 분진흡인이 가능한 구조로 설치되어야 함
- ㉝ 가공시설에는 쥐 등이 내부로 침입하지 못하도록 침입방지시설이 설치되어야 함

#### ㉞ 기 타

- ㉞ 에너지 투입을 최소화할 수 있도록 정밀한 적정설계가 이루어져야 하며, 각종 시설이 유효하게 제어되어 에너지 낭비가 없도록 제어 및 효율적인 운전이 가능하여야 함
- ㉟ 가공시설현대화에 사용되는 모든 자재와 부품은 KS 규격, 또는 그 이상의 품질규격 제품을 사용하여야 하며, 명시되지 않는 제작, 설치 및 운영에 관련된 사항은 관련법, 농협 미곡종합처리장설계 기준에 준함

## 6. 친환경 에너지절감형 RPC 가공공정모델의 산업화체계구축

### 가. 친환경 에너지절감형 RPC 가공공정 적용을 위한 시범사업

- 본 연구의 주관연구기관은 정부의 농림수산사업(14. 고품질유통활성화사업)으로 추진 중인 고품질쌀 브랜드육성의 성능검사 및 기술지원을 담당하고 있고, 본 연구에는 RPC의 설계 및 감리를 전담하는 4개사가 참여하고 있음. 따라서 우선적으로 본 연구에서 개발된 에너지절감형 RPC가공공정 모델에 대한 시범사업은 개발된 에너지절감형 RPC 가공공정 모델(I)의 설계를 최대한 반영하는 것으로 하였음
- 2011년 초 에너지절감형 RPC 가공공정 모델(I)이 개발된 이후 모두 10번의 기술심의회가 있었으며, 본 설계가 완성되어 입찰단계 이상으로 진행된 곳이 약 5개소이고, 이 5개소에 대하여 모델(I)을 최대한 반영하도록 노력하였는데 이 들 5개소의 기본설계(안)과 최종 설계도서의 동력소요량을 정리한 결과는 다음 표 3-1-89~3-1-90과 같았음
- 앞의 18개소 제2세대 RPC에 대한 조사결과에서 알 수 있듯이 현미/백미생산능력 6/5ton/hr의 평균 소요동력은 582.2kW이었으나, 최종 설계도서의 소요동력은 456.1kW로서 본 모델의 도입으로 21.7% 수준의 에너지 절감효과가 있었으며, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr의 평균 소요동력은 평균 875.8kW이었으나, 최종 설계도서의 소요동력은 평균 817.2kW로서 기술심의회 결과만으로도 13.2% 수준의 에너지 절감효과가 있었음
- 그러나, 현미/백미생산능력 6/5ton/hr의 경우에는 개발된 모델(I)의 소요동력 423.6kW에 비해서 최종 설계도서의 소요동력 456.1kW는 7.7%가 높은 수준이었으며, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr의 경우에는 개발된 모델(I)의 소요동력 721.8kW에 비해서 최종 설계도서의 소요동력 817.2kW는 13.2%가 높은 수준으로 추가로 에너지절감의 필요가 있었음
- 설계동력이 과다한 원인에 대해 설계사는, ㉠ 아직까지 본 연구결과가 설계 실무자까지 충분히 전파되지 않았고, ㉡ 공사후 문제제기가 없도록 1, 2단계 높게 과대설계하고 있고, ㉢ RPC의 요청 등을 들 수 있었으며, 향후 설계사 및 RPC에 대한 충분한 교육 및 홍보 등을 통한 본 연구결과의 전파는 물론 운영실험을 통한 에너지 절약의 가능성 제시가 필요하였음

표 3-1-89. 에너지절감형 RPC 가공공정 모델( I ) 적용전후의 소요동력 변화(현미/백미생산능력 6/5ton/hr)

공정	단위 기계	제2세대 RPC 평균 소요동력 (kW)(A)	모델( I )의 소요동력 (kW)(B)	모델( I )이 적용된 RPC의 평균 소요동력 (kW)(C)	소요동력 차이	
					(C-B) (kW)	(C-A) (kW)
현미 공정	종합정전기	3.0	3.1	3.1		0.1
	전자동현미기	15.8	15.0	15.0		-0.8
	왕겨풍구	13.1	7.6	14.4	6.8	1.3
	현미분리기	2.2	2.2	2.2		
	입선별기	5.0	2.2	3.0	0.8	-2.0
	현미석발기	2.5	3.1	3.1		0.6
	색채선별기	4.4	3.5	4.1	0.6	-0.3
	버킷엘리베이터	19.9	12.0	13.5	1.5	-6.4
	체인컨베이어	9.3	9.8	3	-6.8	-6.3
	소 계	75.2	58.5	61.4	2.9	-13.8
백미 공정	정미시스템	97.1	112.5	68.2	-44.3	-28.9
	로터리쉬프트	1.9	1.5	1.5		-0.4
	색채선별기	4.2	4.1	4.1		-0.1
	이물선별기	3.7	4.1	4.1		0.4
	백미석발기	0.7	0.4	0.75	0.35	0.05
	등급선별기	4.4		2.4	2.4	-2.0
	습식연미기	29.2		32.2	32.2	3.0
	진동채선별기	6.6	1.5		-1.5	-6.6
	버킷엘리베이터	10.6	7.5	9.8	2.3	-0.8
	체인컨베이어	2.7	2.3	3.0	0.7	0.3
	소 계	161.1	133.9	126.0	-7.9	-35.1

(표 3-1-89 계속)

공 정	단위 기계	제2세대 RPC 평균 소요동력 (kW)(A)	모델( I )의 소요동력 (kW)(B)	모델( I )이 적용된 RPC의 평균 소요동력 (kW)(C)	소요동력 차이	
					(C-B) (kW)	(C-A) (kW)
포장공정	진동채선별기	2.8				-2.8
	고정식선별기		0.05	0.03	-0.02	0.03
	등급선별기	2.6				-2.6
	자동소포장기	3.5	0.8	1	0.2	-2.5
	반자동포장기	2	0.7	1	0.3	-1
	미싱기		1.5		-1.5	
	자동지대포장기	10.4	10.8	6.5	-4.3	-3.9
	로봇적재시스템	16.3	18.8	19.4	0.6	3.1
	버킷엘리베이터	3.3	3.8	3	-0.8	-0.3
	체인컨베이어	2.3	4.9	3.8	-1.1	1.5
	소 계	43.2	41.4	34.7	-6.7	-8.5
현미부집진		75.1	64.2	86.8	22.6	11.7
백미부집진		61.8	34.4	46.7	12.3	-15.1
이송기기			0.4	15.5	15.1	15.5
부대 시설	부산물처리시설	47.5			-47.5	-47.5
	청소 시설	22.0	17.2	11.0	-6.2	-11.0
	에어컴프레서	96.3	74.0	74.0		-22.3
합계(kW)(%)		582.2	423.6	<b>456.1</b>	32.5 (7.7)	-126.1 (21.7)

표 3-1-90. 에너지절감형 RPC 가공공정 모델(I) 적용전후의 소요동력 변화(현미/백미생산능력 12/10ton/hr)

공정	단위 기계	제2세대 RPC 평균 소요동력 (kW)(A)	모델(I)의 소요동력 (kW)(B)	모델(I)이 적용된 RPC의 평균 소요동력 (kW)(C)	소요동력 차이	
					(C-B) (kW)	(C-A) (kW)
현미 공정	종합정전기	6.0	6.2	6.2		0.2
	전자동현미기	32.9	30.0	30.0		-2.9
	왕겨풍구	26.5	15.2	20.1	4.9	-6.4
	현미분리기	3.8	4.4	4.4		0.6
	입선별기	4.1	4.4	3.7	-0.7	-0.4
	현미석발기	6.2	6.2	5.2	-1.0	-1.0
	색채선별기	4.1	3.5	4.6	1.1	0.5
	현미재투입시설	1.4				-1.4
	로터리쉬프트			0.6	0.6	0.6
	진동체선별기			1.5	1.5	1.5
	버킷엘리베이터	22.7	19.5	22.8	3.3	0.1
	체인컨베이어	17.7	16.6	14.7	-1.9	-3.0
	소 계	125.4	106.0	113.9	7.9	-11.5
백미 공정	정미시스템	248.6	225.0	174.3	-50.7	-74.3
	로터리쉬프트	3.3	3.0	2.2	-0.8	-1.1
	색채선별기	7.6	8.2	12.3	4.1	4.7
	이물선별기	5.8	8.2	5.7	-2.5	-0.1
	백미석발기	0.6	0.4	0.6	0.2	
	등급선별기	2.3		1.4	1.4	-0.9
	습식연미기	50.9		51	51	0.1
	진동체선별기	3.4	3.0	1.5	-1.5	-1.9
	백미재투입시설					
	버킷엘리베이터	16.8	16.4	20.2	3.8	3.4
	체인컨베이어	6.1	6.2	8.1	1.9	2.0
소 계	345.4	270.4	277.2	6.8	-68.2	

(표 3-1-90 계속)

공정	단위 기계	제2세대 RPC 평균 소요동력 (kW)(A)	모델( I)의 소요동력 (kW)(B)	모델( I)이 적용된 RPC의 평균 소요동력 (kW)(C)	소요동력 차이	
					(C-B) (kW)	(C-A) (kW)
포장공정	진동체선별기	2.2				-2.2
	고정식선별기		0.1	1.6	1.5	1.6
	등급선별기	1.9				-1.9
	자동소포장기	3.8	0.8	0.5	-0.3	-3.3
	반자동포장기	2.7	0.7	0.3	-0.4	-2.4
	미싱기		1.5	1.9	0.4	1.9
	자동지대포장기	12.8	10.8	11.5	0.7	-1.3
	로봇적재시스템	20.7	18.8	31.0	12.2	10.3
	버킷엘리베이터	4.2	5.3	4.9	-0.4	0.7
	체인컨베이어	2.3	7.5	6.4	-1.1	4.1
	소 계	50.6	45.5	58.0	12.5	7.4
현미부집진		129.7	109.4	110.0	0.6	-19.7
백미부집진		107.9	62.5	76.3	13.8	-31.6
이송기기			0.8	21.4	20.6	20.6
부대시설	부산물처리시설	31.1		21.2	21.2	-9.9
	청소 시설	44.0	17.2	9.7	-7.5	-34.3
	에어컴프레서	85.8	110	129.5	19.5	43.7
합계(kW)(%)		878.5	721.8	<b>817.2</b>	95.4 (13.2)	-61.3 (7.0)



## 나. 친환경 에너지절감형 RPC 가공시설의 운영실험

- 에너지절감형 RPC 가공시설의 운영실험사업자로 정부의 고품질쌀 브랜드육성의 2010년 사업자로 선정된 나주동강RPC(민간RPC)를 선정하였음. 선정 이유는 2010년 사업자로서 현미/백미처리능력 12/10ton/hr를 신설할 계획이었고, 본 과제의 종료전 시설설치 및 운영실험을 종료할 수 있을 것으로 판단하였으며, 본 연구에서 개발한 에너지절감형 RPC 가공공정 모델(Ⅱ)에 대한 깊은 관심과 아이디어였음
- 따라서, 본 모델(Ⅱ)를 바탕으로 설계도서가 완료되었으며, 당초 계획에 비해 다소 지연되고 있으나 공사가 진행중으로 완료후 소요동력 등을 정밀하게 측정할 예정임
- 나주동강RPC의 세부적인 소요동력은 다음 표 3-1-91과 같았으며, Flow chart 및 주요 도면은 다음 그림 3-1-62~3-1-64와 같았음. 표 및 그림에서 알 수 있듯이 본 연구에서 개발한 모델(Ⅱ)와 거의 동일하였으며, 소요동력도 684.0kW로서 모델(Ⅱ)의 658.0kW와 유사하였음

표 3-1-91. 에너지절감형 RPC 가공공정 모델(Ⅱ)가 적용된 나주동강RPC의 소요동력

공정	단위 기계	제2세대 RPC 평균 소요동력 (kW)(A)	모델(Ⅱ)의 소요동력 (kW)(B)	모델(Ⅱ)가 적용된 나주동강RPC 소요동력 (kW)(C)	소요동력 차이	
					(C-B) (kW)	(C-A) (kW)
현미 공정	종합정선기	6.2	6.2	6.2		
	전자동현미기	30.0	30.0	30.0		
	왕겨풍구	20.1	15.2	15.2		-4.9
	현미분리기	4.4	4.4	4.4		
	입선별기	3.7	4.4	6.0	1.6	2.3
	현미석발기	5.2	6.2	6.0	-0.2	0.8
	색채선별기	4.6	3.5	3.5		-1.1
	현미재투입시설					
	로터리쉬프트	0.6				-0.6
	진동체선별기	1.5				-1.5
	버킷엘리베이터	22.8	22.2	21.5	-0.7	-1.3
	체인컨베이어	14.7	6.0	7.5	1.5	-7.2
	소계	113.9	98.1	100.3	2.2	-13.6
백미 공정	정미시스템	174.3	225.0	250.4	25.4	76.1
	로터리쉬프트	2.2				-2.2
	색채선별기	12.3	14.4	14.4		2.1
	이물선별기	5.7	8.2	8.2		2.5

(표 3-1-91 계속)

공정	단위 기계	제2세대 RPC 평균 소요동력 (kW)(A)	모델(Ⅱ)의 소요동력 (kW)(B)	모델(Ⅱ)가 적용된 나주동강RPC 소요동력 (kW)(C)	소요동력 차이	
					(C-B) (kW)	(C-A) (kW)
백미 공정	백미석발기	0.6				-0.6
	등급선별기	1.4				-1.4
	습식연미기	51				-51
	진동채선별기	1.5	3.0	3.0		1.5
	백미재투입시설					
	버킷엘리베이터	20.2	10.4	10.3	-0.1	-9.9
	체인컨베이어	8.1	3.8	2.6	-1.2	-5.5
	소 계	277.2	264.8	288.9	24.1	11.7
포장 공정	진동채선별기		7.5	7.5		7.5
	고정식선별기	1.6				-1.6
	등급선별기					
	자동소포장기	0.5	0.4		-0.4	-0.5
	반자동포장기	0.3	0.7		-0.7	-0.3
	미싱기	1.9	1.5	0.8	-0.7	-1.1
	자동지대포장기	11.5	6.5	6.5		-5.0
	로봇적재시스템	31.0	19.4	19.4		-11.6
	버킷엘리베이터	4.9				-4.9
	체인컨베이어	6.4	1.2	1.2		-5.2
	소 계	58.0	37.2	35.4	-1.8	-22.6
현미부집진		110.0	57.2	57.2		-52.8
백미부집진		76.3	65.0	65.0		-11.3
이송기기		21.4	4.9	6.4	1.5	-19.9
부대 시설	부산물처리시설		21.2		13.3	
	청소 시설		9.7		7.5	
	에어컴프레서		129.5		110	
합계(kW) (%)		817.2	658.0	<b>684.0</b>	26.0 (4.0)	-133.2 (16.3)



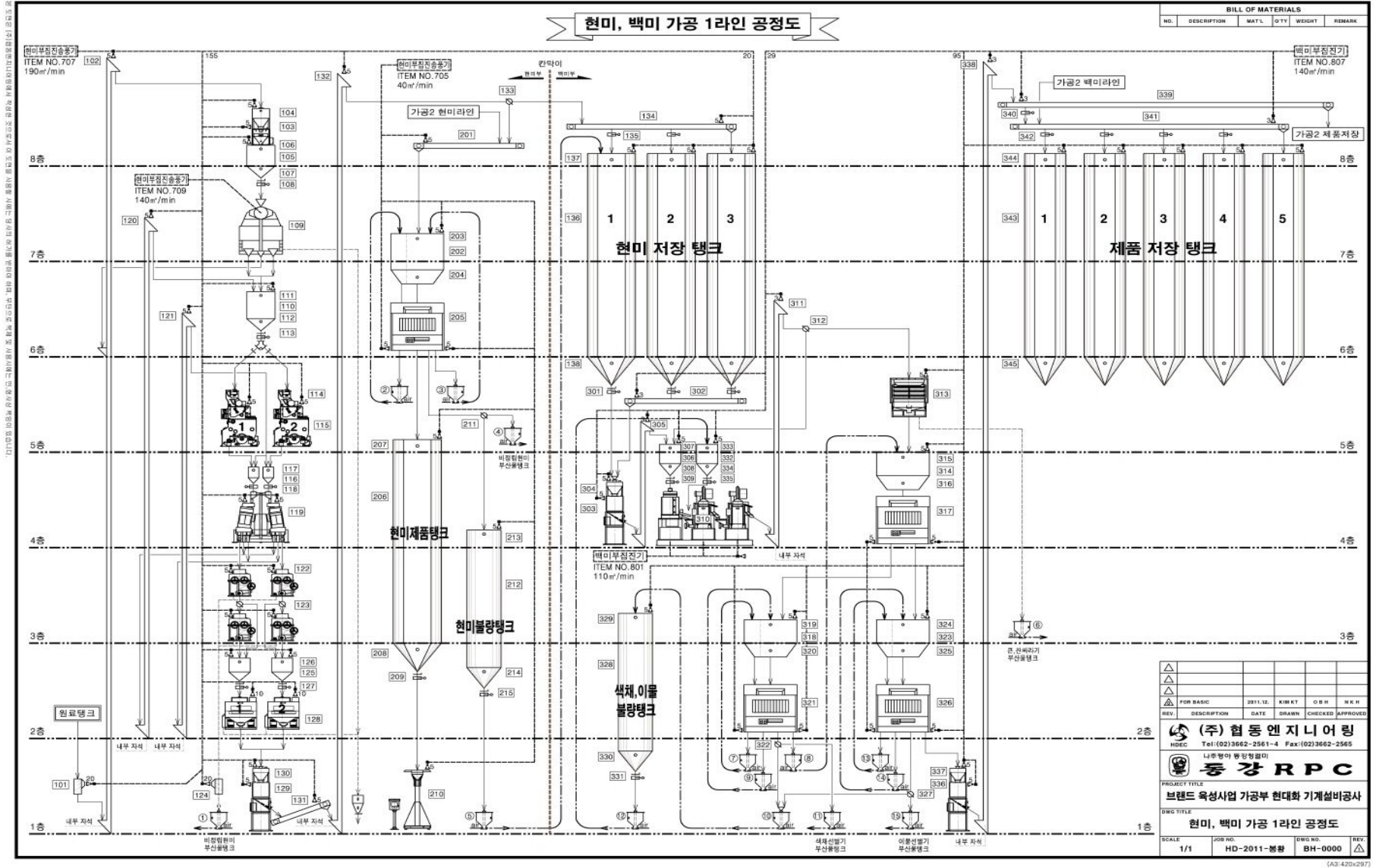


그림 3-1-63. 에너지절감형 가공공정 모델(II)가 적용된 나주동강RPC의 가공부의 공정도

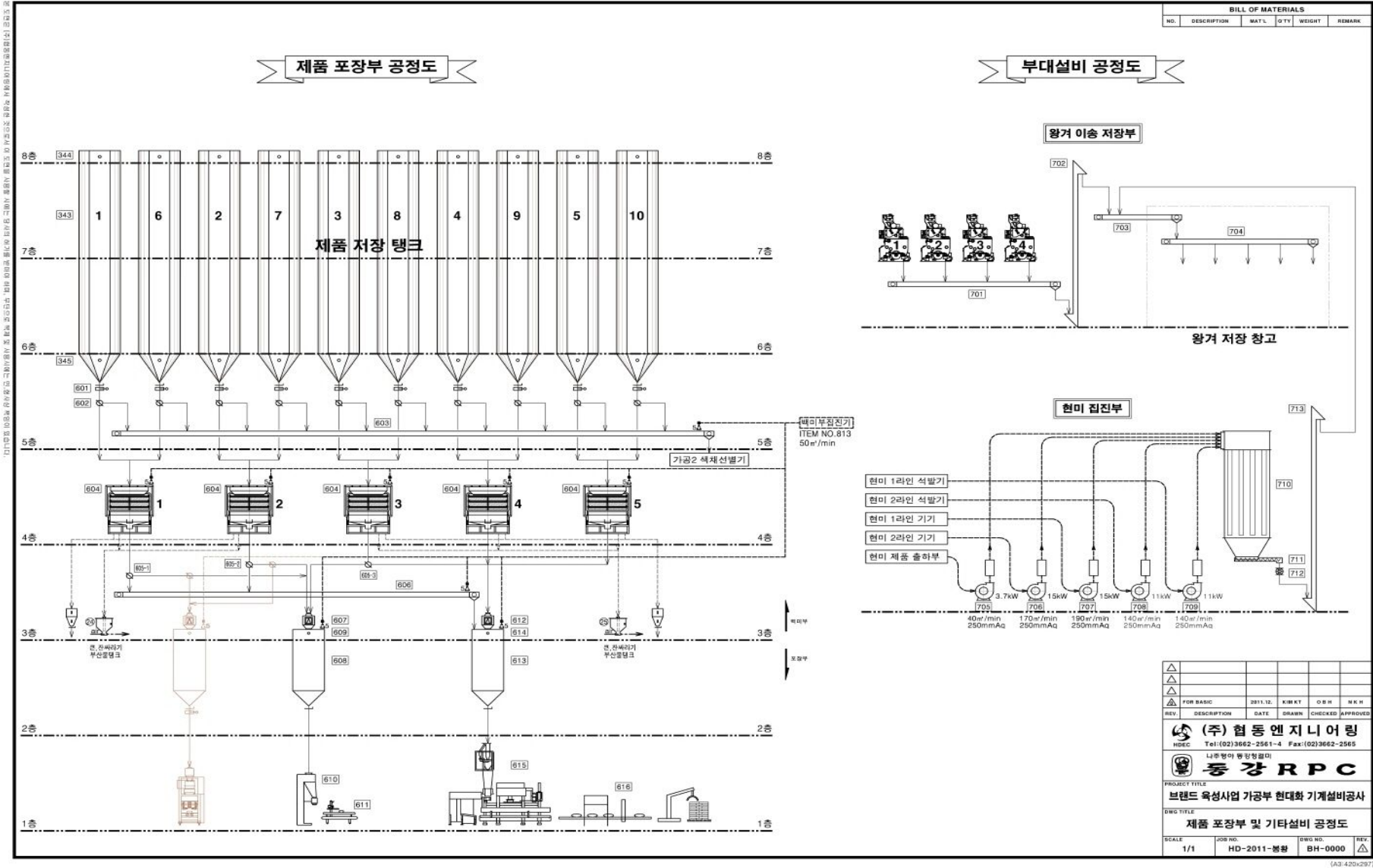


그림 3-1-64. 에너지절감형 가공공정 모델(II)가 적용된 나주동강RPC의 제품 포장부 및 기타 설비의 공정도

## 다. 친환경 에너지절감형 RPC 가공공정 산업화 체계구축

### 1) 소요면적 산정

- 본 연구에서 18개소의 제2세대 RPC 가공시설의 소요면적을 조사한 결과는 다음 표 3-1-92, 3-1-93과 같았음(공간구획이 어려운 일부시설은 면적에서 제외). 표에서 알 수 있듯이 현미/백미 생산능력 6/5ton/hr의 경우는 평균 1,332.9㎡(403.2평)(959.7~2,919.5㎡, 290.3~883.1평)수준이었으며, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr의 경우는 평균 1,497.3㎡(452.9평)(944.7~2,743.0㎡, 285.8~829.8평) 수준으로 RPC에 따라서 최대 3.0배 이상의 차이가 발생하였으며, 동일 가공능력을 가진 RPC에서 소요면적에 차이가 발생하는 주요 원인은 비용 및 부지확보의 한계 등이었음
- 제2세대 RPC의 도입과 함께 현미부, 백미부, 포장부, 완제품보관부 및 포장재보관부 등 각 공정간의 구획, 인력절감을 위한 부산물 공기이송 및 로봇적재시스템 도입, 소비자 needs에 대응하고 효율적인 운영관리를 위한 MMI PC제어, 자동수출 및 재고관리시스템의 도입 및 품질관리체계구축, 다양한 포장형태의 도입 등 가공공정에 많은 변화가 발생하였음
- 또한, 대형유통업체의 일시 대량주문에 대응하기 위하여 투자비용 최소화, 통합으로 인해 발생하는 유휴 전문인력 활용 등을 위한 가동시간의 변경 즉, 과거 1일 8시간, 연간 300일 가동기준이었던 RPC 처리능력 기준이 1일 16시간, 연간 200일 가동기준으로 변화하면서 1일 2교대 또는 야간작업 등 새로운 작업형태도 시도되고 있음
- 이에 따라 대량주문 및 야간작업에 대비하기 위한 포장된 제품의 충분한 적재공간 확보, 원료 및 부산물탱크용량의 증대를 위한 공간확보는 물론, 최근 급증하는 현미수요 및 대형가공업체의 톤백 매입 등에 대비하기 위한 포장기 설치공간 확보, 치열한 경쟁에 대응하기 위한 RPC의 배아미, 클린라이스 등 신제품 생산을 위한 설치공간 확보 등이 필요하게 되었으며, 초기에 소극적으로 계획한 일부 제2세대 RPC는 추가로 제품 저장공간을 신축하는 경우도 많았음
- 본 연구에서는 개발된 모델이 가공시설현대화를 추진하는 RPC에 효율적으로 적용되도록 하기 위하여 에너지절감형 RPC 가공공정의 소요면적 산정이 필요하였으며, 이를 바탕으로 개발한 모델(I) 및 모델(II)의 소요면적을 산출한 결과는 다음 표 3-1-94와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 모델(I)의 소요면적은 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 경우에 1,322㎡(약 400평) 규모로서 제2세대 RPC의 평균인 1,332.9㎡(403.2평)과 유사하였으며, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 경우에 1,984㎡(약 600평)규모로서 제2세대 RPC의 평균인 1,462.1㎡(442.3평)보다 컸음
- 한편, 현미부 및 백미부 등을 다층구조로 한 모델(II)의 소요면적은 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 경우에 1,005㎡(약 300평)로서 모델(I)의 소요면적인 1,322㎡(약 400평)보다 약 318㎡(96평) 정도가 적었으며, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 경우에 1,159㎡(약 350평)로서 모델(I)의 소요면적인 1,984㎡(약 600평)보다 약 825㎡(250평) 정도가 적었음

표 3-1-92. 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 제2세대 RPC의 가공시설 소요면적

구 분		소요면적(m <sup>2</sup> )					
대상RPC		B	C	F	I	J	K
현미부		255.0 (77.1평)	220.0 (66.6평)	168.2 (50.9평)	158.8 (48평)	218.0 (65.9평)	145.0 (43.9평)
백미부		255.0 (77.1평)	288.0 (87.1평)	336.8 (101.9평)	229.5 (69.4평)	220.0 (66.6평)	261.8 (79.2평)
포장부	포장실	261.7 (79.2평)	70.0 (21.2평)	68.3 (20.6평)	146.6 (44.4평)	93.5 (28.3평)	60.7 (18.4평)
	제품적재실	105.0 (31.8평)	254.0 (76.8평)	282.1 (85.3평)	312.0 (94.4평)	425.0 (128.6평)	203.7 (61.6평)
	파렛트 보관실	-	42.5 (12.9평)	87.0 (26.3평)	-	-	-
	포장지 적재실	-	-	-	-	-	-
	소 계	366.7 (110.9평)	366.5 (110.9평)	437.4 (132.3평)	458.6 (138.7평)	518.5 (156.8평)	264.4 (80.0평)
기타 시설	관리실	기존시설	45.0 (13.6평)	243.1 (73.5평)	기존시설	176.0 (53.2평)	258 (78.0평)
	컴프레서실	30.0 (9.1평)	47.5 (14.4평)	74.4 (22.5평)	45.6 (13.8평)	55.3 (16.7평)	-
	미강실	60.0 (18.2평)	45.0 (13.6평)	53.4 (16.2평)	40.0 (12.1평)	39.0 (11.8평)	44.0 (13.3평)
	부산물처리실	30.0 (9.1평)	25.0 (7.6평)	26.6 (8.1평)	27.1 (8.2평)	55.3 (16.7평)	15.9 (4.8평)
	소 계	120.0 (36.3평)	162.5 (49.2평)	397.5 (120.2평)	112.8 (34.1평)	325.6 (98.5평)	317.9 (96.2평)
합 계		996.7 (301.5평)	1,037.0 (313.7평)	1,339.9 (405.3평)	959.7 (290.3평)	1,282.1 (387.8평)	989.1 (299.2평)
비 고		리모델링			리모델링		

(표 3-1-92 계속)

구 분		소요면적(m <sup>2</sup> )			평 균 (m <sup>2</sup> )	최 대 (m <sup>2</sup> )	최 소 (m <sup>2</sup> )
		M	P	R			
대상RPC							
현미부		231.0 (69.9평)	292.5 (88.5평)	140.6 (42.5평)	203.2 (61.5평)	292.5 (88.5평)	140.6 (42.5평)
백미부		187.0 (56.6평)	313.7 (94.9평)	145.1 (43.9평)	248.5 (75.2평)	336.8 (101.9평)	145.1 (43.9평)
포장부	포장실	268.8 (81.3평)	333.8 (101평)	116.8 (35.3평)	157.8 (47.7평)	333.8 (101평)	60.7 (18.4평)
	제품적재실	178.5 (54.0평)	645.1 (195.1평)	396.5 (119.9평)	311.3 (94.2평)	645.1 (195.1평)	105.0 (31.8평)
	파렛트 보관실	-	119.6 (36.2평)	26.7 (8.1평)	69.0 (20.9평)	119.6 (36.2평)	26.7 (8.1평)
	포장지 적재실	-	119.6 (36.2평)	37.6 (11.4평)	78.6 (23.8평)	119.6 (36.2평)	37.6 (11.4평)
	소 계	447.3 (135.3평)	1,218.1 (368.5평)	577.6 (174.7평)	517.2 (156.5평)	1,218.1 (368.5평)	264.4 (80평)
기타 시설	관리실	385.7 (116.7평)	824.2 (249.3평)	107.8 (32.6평)	291.4 (88.1평)	824.2 (249.3평)	45.0 (13.6평)
	컴프레서실	57.6 (17.4평)	78.2 (23.7평)	30.1 (9.1평)	52.3 (15.8평)	78.0 (23.6평)	30.0 (9.1평)
	미강실	32.0 (9.7평)	95.3 (28.8평)	38.1 (11.5평)	49.6 (15평)	95.3 (28.8평)	32.0 (9.7평)
	부산물처리실	60.0 (18.2평)	97.5 (29.5평)	32.0 (9.7평)	41.0 (12.4평)	97.5 (29.5평)	15.9 (4.8평)
	소 계	535.3 (161.9평)	1,095.2 (331.3평)	208.0 (62.9평)	363.9 (110.1평)	1,095.2 (331.3평)	112.8 (34.1평)
합 계		1,400.6 (423.7평)	2,919.5 (883.2평)	1,071.3 (324.1평)	1,332.9 (403.2평)	2,919.5 (883.1평)	959.7 (290.3평)
비 고				리모델링			



표 3-1-93. 현미/백미생산능력 12/10ton/hr 및 기타 처리능력의 제2세대 RPC의 가공시설 소요면적

구 분		현미/백미생산능력 12/10ton/hr					
		소요면적(m <sup>2</sup> )					
대상RPC		A	E	H	L	N	O
현미부		436.0 (131.9평)	216.0 (65.3평)	478.4 (144.7평)	251.9 (76.2평)	218.0 (65.9평)	579.0 (175.1평)
백미부		214.2 (64.8평)	242.0 (73.2평)	390.0 (118평)	196.0 (59.3평)	321.0 (97.1평)	571.5 (172.9평)
포장부	포장실	248.8 (75.3평)	89.0 (26.9평)	65.0 (19.7평)	36.0 (10.9평)	117.6 (35.6평)	112.8 (34.1평)
	제품적재실	184.6 (55.8평)	172.2 (52.1평)	211.9 (64.1평)	216.8 (65.6평)	308.4 (93.3평)	458.7 (138.8평)
	파렛트 보관실	-	-	-	34.3 (10.4평)	-	39.2 (11.9평)
	포장지 적재실	-	-	-	31.4 (9.5평)	-	71.0 (21.5평)
	소 계	433.4 (131.1평)	261.2 (79평)	276.9 (83.8평)	318.5 (96.3평)	426.0 (128.9평)	681.8 (206.2평)
기타 시설	관리실	기존시설	269.0 (81.4평)	156.0 (47.2평)	76.0 (23평)	93.2 (28.2평)	579.5 (175.3평)
	컴프레서실	34.6 (10.5평)	-	53.6 (16.2평)	31.5 (9.5평)	90.0 (27.2평)	44.4 (13.4평)
	미강실	외부설치	34.3 (10.4평)	92.0 (27.8평)	41.0 (12.4평)	150.0 (45.4평)	105.0 (31.8평)
	부산물처리실	외부설치	14.4 (4.4평)	53.6 (16.2평)	29.9 (9.0평)	120 (36.3평)	181.8 (55평)
	소 계	34.6 (10.5평)	317.7 (96.1평)	355.2 (107.4평)	178.3 (53.9평)	453.2 (137.1평)	910.8 (275.5평)
합 계		1,118.2 (338.3평)	1,036.9 (313.7평)	1,500.5 (453.9평)	944.7 (285.8평)	1,418.2 (429.0평)	2,743.0 (829.8평)
비 고		리모델링			리모델링		현미부 리 모델링

(표 3-1-93 계속)

구 분	현미/백미생산능력 12/10ton/hr				현미/백미 생산 능력 12/5ton/hr	현미/백미 생산 능력 0/20ton/hr	
	소요면적(m <sup>2</sup> )	평 균 (m <sup>2</sup> )	최 대 (m <sup>2</sup> )	최 소 (m <sup>2</sup> )	소요면적(m <sup>2</sup> )		
대상RPC	Q				D	G	
현미부	288.0 (87.1평)	352.5 (106.6평)	579.0 (175.1평)	216.0 (65.3평)	253.0 (76.5평)	-	
백미부	273.0 (82.6평)	315.4 (95.4평)	571.5 (172.9평)	196.0 (59.3평)	322.5 (97.6평)	2295 (695.5평)	
포장부	포장실	165.6 (50.1평)	119.3 (36.1평)	248.8 (75.3평)	36.0 (10.9평)	70.6 (21.4평)	107.5 (32.6평)
	제품적재실	485.0 (146.7평)	291.1 (88.1평)	485.0 (146.7평)	172.2 (52.1평)	243.4 (73.6평)	900 (272.7평)
	파렛트 보관실	-	24.5 (7.4평)	39.2 (11.9평)	29.0 (8.8평)	42.5 (12.9평)	-
	포장지 적재실	110.0 (33.3평)	53.1 (16.1평)	110.0 (33.3평)	31.4 (9.5평)	-	190.4 (57.7평)
	소 계	760.6 (230.1평)	451.2 (136.5평)	760.6 (230.1평)	261.2 (79평)	356.5 (107.8평)	119,7.9 (363.0평)
기타 시설	관리실	230.0 (69.6평)	234.0 (70.8평)	579.5 (175.3평)	76.0 (23평)	168.0 (50.8평)	148,6.6 (450.5평)
	컴프레서실	48.0 (14.5평)	50.4 (15.2평)	90.0 (27.2평)	26.8 (8.1평)	26.8 (8.1평)	72.0 (21.8평)
	미강실	88.0 (26.6평)	85.0 (25.7평)	150.0 (45.4평)	34.3 (10.4평)	54.0 (16.3평)	576.0 (174.6평)
	부산물처리실	32.0 (9.7평)	72.0 (21.8평)	181.8 (55평)	14.4 (4.4평)	35.2 (10.6평)	-
	소 계	398.0 (120.4평)	378.3 (114.4평)	910.8 (275.5평)	34.6 (10.5평)	284.0 (85.9평)	2,134.6 (646.9평)
합 계	1,719.6 (520.2평)	1,497.3 (452.9평)	2,743.0 (829.8평)	944.7 (285.8평)	1,216.0 (367.8평)	5,627.5 (1,705.3평)	
비 고	10ton/hr 증설예정					다층구조	

표 3-1-94. 에너지절감형 RPC 가공공정 모델별 소요면적

구 분		현미/백미생산능력 6/5ton/hr			현미/백미생산능력 12/10ton/hr		
		제2세대 RPC 평균 (m <sup>2</sup> )	모델(Ⅰ) (m <sup>2</sup> )	모델(Ⅱ) (m <sup>2</sup> )	제2세대 RPC 평균 (m <sup>2</sup> )	모델(Ⅰ) (m <sup>2</sup> )	모델(Ⅱ) (m <sup>2</sup> )
현미부		203.2 (61.5평)	214.5 (64.9평)	65.0 (19.7평)	340.0 (102.9평)	276.0 (83.5평)	92.0 (27.8평)
백미부		248.5 (75.2평)	273.0 (82.6평)	113.0 (34.1평)	316.3 (95.7평)	414.0 (125.2평)	207.9 (62.9평)
포 장 부	포장실	157.8 (47.7평)	126.8 (38.3평)	58.0 (17.5평)	113.2 (34.2평)	168.0 (50.8평)	53.4 (16.1평)
	제품적재실	311.3 (94.2평)	306.5 (92.7평)	388.7 (117.6평)	285.1 (86.3평)	336.0 (101.6평)	388.7 (117.6평)
	파렛트 보관실	69.0 (20.9평)	48.0 (14.5평)	46.0 (13.9평)	29.0 (8.8평)	137.5 (41.6평)	46.0 (14.0평)
	포장지 적재실	78.6 (23.8평)	39.0 (11.8평)	35.0 (10.6평)	53.1 (16.1평)	44.0 (13.3평)	53.4 (16.1평)
	소 계	517.2 (156.5평)	520.3 (157.4평)	527.7 (159.6평)	439.4 (132.9평)	685.5 (207.3평)	541.5 (163.8평)
기 타 시 설	관리실	291.4 (88.1평)	192.5 (58.2평)	192.0 (58.1평)	224.5 (67.9평)	390.0 (118.0평)	192.0 (58.1평)
	컴프레서실	52.3 (15.8평)	48.0 (14.5평)	35.0 (10.6평)	47.0 (14.2평)	64.0 (19.4평)	53.4 (16.1평)
	미강실	49.6 (15평)	36.0 (10.9평)	32.0 (9.7평)	80.6 (24.4평)	96.0 (29.0평)	32.0 (9.7평)
	부산물처리실	41.0 (12.4평)	38.5 (11.6평)	40.0 (12.1평)	66.7 (20.2평)	58.5 (17.7평)	40.0 (12.1평)
	소 계	363.9 (110.1평)	315.0 (95.3평)	299.0 (90.5평)	366.5 (110.9평)	608.5 (184.1평)	317.4 (96.0평)
합 계		1,332.9 (403.2평)	1,322.8 (400평)	1,004.7 (303.9평)	1,462.1 (442.3평)	1,984.0 (600평)	1,158.8 (350평)

## 2) 소요비용 추정

- 정부의 농림수산사업(14. 고품질유통활성화사업)으로 추진중인 고품질쌀 브랜드육성의 기준금액은 42억원(가공시설현대화 40억원, 교육홍보컨설팅 2억원)이며, 사업자별 사업규모, 세부산물내역 등에 대한 심의를 통해 사업비를 증감하여 지급하도록 하고 있음. 사업비 심의를 위해 한국식품연구원에서는 농협중앙회 및 설계사들과 공동으로 과년도 사업에 소요되는 공사비용을 조사하였고, 정부에서는 조사된 사업비를 당해연도 사업비의 기준금액으로 사용한바 있음
- 본 연구에서는 이 기준사업비를 기본으로 하여 개발되는 모델(I) 및 모델(II) 설계가격을 먼저 산출하였고, 이 기준사업비의 낙찰율을 적용하여 소요비용을 추정하였음. 그러나 RPC 설계업체에서 모델(II)와 같은 다층구조를 설계한 경험이 거의 없어 정확한 설계금액 산출에는 다소 한계가 있었으며, 단위기계 및 건축의 형태 및 종류, 낙찰율 등에 따라 사업비에 차이가 발생할 수 있음을 밝혀둠
- 현미/백미생산능력 및 모델별로 추정한 소요비용은 다음 표 3-1-95, 3-1-96과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 현미/백미생산능력 6/5ton/hr인 경우는 기준금액은 약 35.2억원, 모델(I)도 약 35.2억원, 모델(II)는 약 30.9억원이 소요되었으며, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr인 경우는 기준금액이 약 50.7억원, 모델(I)은 약 52.6억원, 모델(II)는 약 48.5억원정도가 소요될 것으로 추정되었음
- 이상의 결과에서, 에너지절감형 가공공정 모델(I) 및 모델(II)는 기존의 제2세대 RPC 가공공정에 비해 에너지절약은 물론 설치비용의 측면에서도 장점을 가진 모델로 판단되었음

표 3-1-95. 에너지절감형 RPC 가공공정 모델의 소요비용 추정(현미/백미생산능력 6/5ton/hr)

구 분	시 설	제2세대 RPC 기준금액 (천원) (A)	모델(Ⅰ) 소요금액 (천원) (B)	모델(Ⅱ) 소요금액 (천원) (C)	소요금액 차이		
					(B-A) (천원)	(C-A) (천원)	(C-B) (천원)
현 미 부  기 계 공 사  포 장 부  합 계	규 모	6ton/hr					
	단위기계	441,127	717,225	470,483	276,098	29,356	-246,742
	기계공사	223,557	178,496	108,093	-45,061	-115,464	-70,403
	설계,감리비	35,432	48,567	28,555	13,135	-6,877	-20,012
	소 계	700,116	944,288	607,131	244,172	-92,985	-337,157
	규 모	5ton/hr					
	단위기계	916,732	866,890	827,788	-49,842	-88,944	-39,102
	기계공사	388,095	215,743	325,787	-172,352	-62,308	110,004
	설계,감리비	69,416	58,701	59,084	-10,715	-10,332	383
	소 계	1,374,243	1,141,334	1,212,659	-232,909	-161,584	71,325
	규 모	10ton/hr					
	단위기계	210,622	359,584	336,907	148,962	126,285	-22,677
	기계공사	35,295	89,490	24,689	54,195	-10,606	-64,801
	설계,감리비	12,301	24,349	18,435	12,048	6,134	-5,914
	소 계	258,218	473,423	380,031	215,205	121,813	-93,392
합 계	2,332,577	2,559,045	2,199,821	226,468 (9.7%)	-132,756 (5.7%)	-359,224 (14.0%)	

(표 3-1-95 계속)

구 분	시 설	제2세대 RPC 기준금액 (천원) (A)	모델(Ⅰ) 소요금액 (천원) (B)	모델(Ⅱ) 소요금액 (천원) (C)	소요금액 차이			
					(B-A) (천원)	(C-A) (천원)	(C-B) (천원)	
건 축 공 사	현 미 부	규 모	6ton/hr					
	건축공사	133,152	136,076	48,933	2,924	-84,219	-87,143	
	1차 수전공사	73,973	11,226	5,673	-62,747	-68,300	-5,553	
	설계,감리비	14,702	8,966	3,168	-5,736	-11,534	-5,798	
	소 계	221,827	156,268	57,774	-65,559	-164,053	-98,494	
	백 미 부	규 모	5ton/hr					
	건축공사	413,755	373,790	308,657	-39,965	-105,098	-65,133	
	1차 수전공사	83,220	30,838	35,786	-52,382	-47,434	4,948	
	설계,감리비	38,377	24,630	19,987	-13,747	-18,390	-4,643	
	소 계	535,352	429,258	364,430	-106,094	-170,922	-64,828	
	포 장 부	규 모	10ton/hr					
	건축공사	368,423	330,111	395,232	-38,312	26,809	65,121	
	1차 수전공사	27,740	27,234	45,824	-506	18,084	18,590	
	설계,감리비	31,102	21,752	25,593	-9,350	-5,509	3,841	
	소 계	427,265	379,097	466,649	-48,168	39,384	87,552	
	합 계	1,184,444	964,623	888,853	-219,821	-295,591	-75,770	
	총합계	3,517,021	3,523,668	3,088,674	6,647 (0.2%)	-428,347 (12.2%)	-434,994 (12.3%)	

표 3-1-96. 에너지절감형 RPC 가공공정 모델의 소요비용 추정(현미/백미생산능력 12/10ton/hr)

구 분	시 설	제2세대 RPC 기준금액 (천원) (A)	모델(I) 소요금액 (천원) (B)	모델(II) 소요금액 (천원) (C)	소요금액 차이		
					(B-A) (천원)	(C-A) (천원)	(C-B) (천원)
현 미 부	규 모	12ton/hr					
	단위기계	620,450	1,023,497	722,439	403,047	101,989	-301,058
	기계공사	283,274	268,631	145,628	-14,643	-137,646	-123,003
	설계,감리비	50,058	68,477	42,536	18,419	-7,522	-25,941
	소 계	953,782	1,360,605	910,603	406,823	-43,179	-450,002
백 미 부	규 모	10ton/hr					
	단위기계	1,378,896	1,430,460	1,475,408	51,564	96,512	44,948
	기계공사	384,545	375,444	497,082	-9,101	112,537	121,638
	설계,감리비	94,974	95,705	98,741	731	3,767	3,036
	소 계	1,858,415	1,901,609	2,071,231	43,194	212,816	169,622
포 장 부	규 모	15ton/hr					
	단위기계	338,021	378,076	336,907	40,055	-1,114	-41,169
	기계공사	35,217	99,231	30,396	64,014	-4,821	-68,835
	설계,감리비	19,954	25,295	18,394	5,341	-1,560	-6,901
	소 계	393,192	502,602	385,697	109,410	-7,495	-116,905
합 계		3,205,389	3,764,816	3,367,531	559,427 (17.5%)	162,142 (5.1%)	-397,285 (10.6%)

(표 3-1-96 계속)

구 분	시 설	제2세대 RPC 기준금액 (천원) (A)	모델(Ⅰ) 소요금액 (천원) (B)	모델(Ⅱ) 소요금액 (천원) (C)	소요금액 차이			
					(B-A) (천원)	(C-A) (천원)	(C-B) (천원)	
건 축 공 사	현 미 부	규 모	12ton/hr					
		건축공사	226,836	175,117	103,018	-51,719	-123,818	-72,099
		1차 수전공사	84,506	19,265	7,647	-65,241	-76,859	-11,618
		설계,감리비	23,428	13,335	6,162	-10,093	-17,266	-7,173
		소 계	334,770	207,717	116,827	-127,053	-217,943	-90,890
	백 미 부	규 모	10ton/hr					
		건축공사	884,234	648,817	592,032	-235,417	-292,202	-56,890
		1차 수전공사	88,828	71,379	43,950	-17,449	-44,878	-27,429
		설계,감리비	72,159	49,409	35,412	-22,750	-36,747	-13,997
		소 계	1,045,221	769,605	671,394	-275,616	-373,747	-98,211
	포 장 부	규 모	15ton/hr					
		건축공사	420,925	435,904	608,985	14,979	188,060	173,081
		1차 수전공사	24,411	47,955	45,208	23,544	20,797	-2,747
		설계,감리비	34,504	33,195	36,426	-1,309	1,922	3,231
		소 계	479,840	517,054	690,619	37,214	210,779	173,565
	합 계		1,859,831	1,494,376	1,478,840	-365,455	-380,991	-15,536
	총합계		5,065,220	5,259,192	4,846,371	193,972 (3.8%)	-218,849 (4.3%)	-412,821 (7.8%)



## 제 2 절 친환경 RPC 집진시스템 개발

- RPC에서 집진시스템은 기류를 이용하여 부산물이나 이물질을 선별하는 건조저장부의 풍력선별기, 조선기, 건조기 및 저장사일로, 현미부의 종합정선기, 왕겨풍구 및 현미석탈기, 백미부의 정미기 및 연미기와 같은 단위기계는 물론, 투입구, 건조저장부, 현미부, 백미부 및 포장부의 이송기계 및 보조 탱크, 부산물의 공기이송시설 등에 연결되는 시스템으로서, 각 단위기계에는 선별에 필요한 적절한 송풍량을 공급하면서 선별된 부산물이나 먼지 등을 모아 처리할 수 있도록 하는 핵심 부대시설임
- 집진시스템은 RPC의 반입, 건조, 저장 및 가공공정 등 전 공정에 설치되어 기류에 의해 선별되는 단위기계의 성능을 결정하는 주요인자가 되고 있으며, 특히 왕겨와 미강이 제거된 이후의 가공공정에서는 집진량의 과다에 따라 제품오염, 건조, 표면균열 및 수침동할 등 쌀의 품질에 직접적으로 영향을 미치고 있음
- 그러나 본 연구이전까지는 RPC의 반입, 건조, 저장, 가공 등 제반공정에서 분진농도를 측정할 결과가 전무하였고, 더욱이 RPC에 집진시스템을 설치하고 있는 제조업체에서 분진농도를 측정할 수 있는 측정장치를 보유한 업체를 찾아볼 수 없는 상태이었음. 집진시스템이 설치된 이후 집진시스템의 송풍기 출구에서 환경공무원이 집진농도를 측정하여 합격여부를 판단하는 정도로서, 집진시스템의 적정설치, 품질로의 영향 및 대기환경보전법의 RPC 부지 경계부근에서 측정하는 비산먼지기준의 만족여부는 설계회사 및 집진시스템 제조회사의 주된 관심사항이 아니었음
- 이에 따라 RPC의 사각빈 및 평타입사일로 등은 집진시설이 없거나 간이식 집진시설을 설치하고 있었고, 순환식건조기 및 연속식건조기 등은 효과가 검증되지 않은 간이 사이클론형태의 터보클리너가 설치되고 있었으며, 반입, 건조, 저장 및 가공시설에도 저가의 사이클론이 설치되는 경우가 많아 집진효율이 낮을 뿐만 아니라 사이클론 자체의 효율이 극히 낮아 환경오염에 따른 민원발생이 급격히 증가하고 있었으며, 작업환경이 지나치게 열악하고 단위기계의 성능이 현저하게 낮아지는 주요한 원인이 되었음
- 2007년부터 고품질쌀브랜드육성사업(가공시설현대화)이 진행되면서 제2세대 RPC에 고가의 백필터의 집진시스템이 도입되면서 반입건조저장시설에도 백필터 타입이 설치되기 시작하였으나, 정확한 설계기준이 없는 상태에서 설치되어 설치비용이 급격하게 증가하였고, 집진효율이 낮을 뿐 아니라 과도한 동력이 소모되는 문제들이 발생되었음
- 제1절의 제2세대 RPC 가공공정에 대한 소요동력 분석결과, 집진시스템은 RPC 가공공정 전체동력의 약 25.7%인 188.7kW정도가 소요되어 정미시스템 등 주요 단위기계 소요에너지와 부대시설(air compressor, 부산물이송시스템, 청소시스템 등) 다음으로 많은 동력이 소요되는 부분이었으며, 공사 가격도 전체 공사비의 약 10.8%정도에 달하는 대단히 중요한 부분이었음
- 이상과 같이 낮은 집진효율, 높은 설치비용, 과도한 동력소모 등 3가지 문제점을 갖고 있는 집진시스템은 RPC에서 대표적으로 개선이 필요한 부분이었음. 이에 따라 본 연구에서는 RPC에서 단위공정별로 집진실태를 분석하고, 집진시스템의 설계에 필요한 설계인자를 구명하여 저에너지 고효율의 RPC집진모델을 개발하여 산업화하는데 목적을 두었음

# 1. RPC 공정별 분진발생정도 분석

## 가. RPC의 분진농도 관련기준 조사

- 분진(粉塵, dust)(또는 “먼지”로 이하 혼용함)는 공기 중 부유하고 있는 고체의 미립자를 의미하며, 허용농도에 따라 총부유분진(total suspended particle, TSD)과 호흡성 분진(respirable dust)으로 구분되기도 하는데(Funk et al., 2001), 호흡성 분진은 입자의 평균크기가  $10\mu\text{m}$  이하로서 폐로 유입되기 쉬우며 건강에 커다란 영향을 미칠 수 있음(Broder et al., 1979 ; Chan-Yeng et al., 1992 ; Dosman et al., 1980)
- 곡물은 수확후 처리공정인 건조, 저장 및 가공공정 등에서 다량의 분진이 발생하고 있으며, 이러한 곡물처리과정에서 발생하는 분진은 호흡기 및 폐 기능의 저하뿐만 아니라 화염 및 폭발의 위험도 있어 분진농도를 관리하는 것은 매우 중요함(Boac et al., 2009 ; Chang and Martin 1983 ; Martin and Stephens, 1977 ; Martin and Sauer, 1976 ; Rajendran and Stockham, 1985)
- 먼저, RPC에서 발생하는 대기오염물질은 입자형태의 물질인 “분진(먼지)”로서 관련법규를 조사하였으며, 분진을 세정집진장치를 이용하여 처리할 경우에 발생하는 폐수와 관련된 법규를 조사하였음. 또한, RPC의 집진시스템에 대한 설계기준으로는 제1세대 RPC의 설계기준으로 사용되었던 농협중앙회(2000)의 “농협 미곡종합처리장 설계기준”을 조사하였으며, 그 결과는 다음과 같았음
- RPC에서 발생하는 대기오염물질은 입자형태의 물질인 분진과 관련되는 법규 “대기환경보전법”과 “산업안전보건법” 등 2가지이었으며, 먼지를 세정집진장치를 이용하여 처리할 경우에는 발생하는 폐수는 “수질 및 수생태계 보전에 관한 법률”에 준용되었는데, RPC와 관련된 세부적인 기준은 다음 표 3-2-1과 같았음
- 표에서 알 수 있듯이 대기환경보전법 제 16조(배출허용기준, 별표 8)에서 대기오염물질 배출시설의 배출허용기준 즉, RPC에 일반적으로 사용되는 사이클론이나 백필터 출구의 분진농도기준은  $100\text{mg}/\text{m}^3$ 이하이었음. 그러나 대기환경보전법 제43조(비산먼지의 규제, 별표 8)의 비산먼지농도기준에 의하면 RPC경계부근에서 측정할 때 비산먼지농도기준은  $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 이하이었음
- 통상적으로 RPC에는 다수의 사이클론 및 백필터 등 집진시설이 설치되고 있고, 설치위치도 RPC 부지 경계부분이 대부분으로서, 사이클론이나 백필터 출구에서 분진농도가 기준치를 만족하여도 RPC 경계부근에서 측정한 비산먼지농도는 기준치를 크게 초과하여 문제가 될 수 있다는 것을 알 수 있었음
- 한편, 산업안전보건법중 노동부 노동부 고시 제 2008-26호(화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 곡물분진)에서 작업자의 노출기준(시간가중평균노출기준)은  $4\text{mg}/\text{m}^3$ 이하이었으며, 먼지를 세정집진장치를 이용하여 처리할 경우에는 발생하는 폐수에 대해서는 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률(시행규칙 제6조(폐수배출시설), 별표 4) 산업시설의 폐가스, 분진, 세정, 응축시설에서 분무량 및 응축량이  $0.01\text{m}^3/\text{hr}$  이상인 경우 폐수처리시설의 설치가 의무화되어 있었음

표 3-2-1 RPC의 분진농도와 관련된 기준

구 분	관련법규	측정장소 및 대상	기준치	비 고
비산먼지농도기준	대기환경보전법, 제 43조(비산먼지의 규제), 별표 8	RPC 부지 경계지점	0.5mg/m <sup>3</sup> 이하	RPC 전체 먼지농도를 의미함
대기오염물질 배출시설의 배출허용기준	대기환경보전법, 제 16조(배출허용기준), 별표 8	집진시설(사이클론 및 백필터 등) 출구	100mg/m <sup>3</sup> 이하	집진시설 통과 후 먼지농도의 기준임
작업자의 노출기준 (시간기준 평균노출기준)	산업안전보건법, 노동부 고시 제 2008-26호(화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 곡물분진)	작업장소	4mg/m <sup>3</sup> 이하	RPC내 작업공간의 먼지농도
폐수처리기준	수질 및 수생태계 보전에 관한 법률, 시행규칙 제6조(폐수배출시설), 별표 4	산업시설의 폐가스, 분진, 세정, 응축시설	분무량 및 응축량이 0.01m <sup>3</sup> /hr 이상	세정식집진장치의 폐수처리시설 설치여부

- 이와 같은 법적인 기준이외에 일반적으로 집진시설에 대한 효율은 다음 표 3-2-2를 활용할 수 있었으며, 이 표는 배출시설의 대기오염물질 배출계수 고시 제6조 관련(부표 4 기준적용), 국립환경연구원 고시 제 2004-1(2004. 1)로서 방지시설별 대기오염물질 제거효율 적용은 설계효율을 구할 수 없는 경우에 한하여 적용하도록 되어 있음. 따라서 RPC에서 일반적으로 사용하고 있는 사이클론은 원심력 집진시설로서 먼지 제거효율은 60%이상, 백필터는 여과집진시설로서 먼지 제거효율은 90% 이상임을 알 수 있었음
- RPC에 대한 설계기준은 RPC 보급과 함께 작성되었고, 2000년에 개정된 농협중앙회(미곡종합처리장 자문단)의 “농협 미곡종합처리장 설계기준”에서 집·배진시설에 대한 부분은 다음과 같았으며, 기준에서 알 수 있듯이 주로 사이클론에 의한 집진과 세정식에 의한 집진을 주된 집진방법으로 정하고 있음

표 3-2-2. 대기오염 방지시설의 오염물질 제거 효율

방지시설명	대기오염물질 제거효율(%)		
	먼지	황산화물	질소산화물
1. 중력 및 관성력 집진시설	50	-	-
2. 원심력 집진시설	60	-	-
3. 세정집진시설	70	30	10
4. 여과집진시설	90	-	-
5. 전기집진시설	90	-	-
6. 흡수에 의한 시설중 배연탈황시설	-	80	-
7. 흡수-흡착을 이용한 배가스 처리시설	-	50	-
8. Low-NOx 버너 및 배가스 재순환시설(FGR)	-	-	20
9. 선택적 비촉매 환원시설(SNCR)	-	-	60
10. 선택적 촉매 환원시설(SCR)	-	-	70
11. 환경부장관이 인정하는 연소보조장치	40	-	-

주) 국립환경연구원 고시 제 2004-1 : 배출시설의 대기오염물질 배출계수 고시 제 6조, 부표 4

#### < 분진 농도 >

- 곡물가공에 관련된 분진은 제3종을 적용하고, 산업안전보건법에 따라 총 분진농도는 10mg/m<sup>3</sup> 이하로 한다.
- 다만, 건물 밖으로 배출되는 비산 먼지의 허용치는 대기환경보존법의 규정에 따라 0.5mg/m<sup>3</sup> 이하(0°C 표준 대기압하)로 한다.
- 건물 내의 분진의 허용치는 작업자의 건강과 설치되는 기계의 성능과 수명에 지장을 초래하지 않도록 청결을 유지하여야 한다.

#### < 집진 장치 >

- 중력집진장치는 분진입자를 중력에 의하여 침강시키기 때문에 그에 상응하는 집진 공간에 충돌판을 설치해야 한다.
- 원심식 집진장치인 사이클론은 분진의 입자 크기에 따라서 구조와 공기속도가 결정되므로 관련 자료를 참조하여 결정한다.
- 사이클론은 5μm 미만의 미세한 분진에서는 집진효율이 50% 미만에 불과하므로, 고효율 원심식 집진기나 직렬 복동 사이클론을 사용한다.
- 세정(洗淨) 집진장치는 분진이 수막(水膜)이나 물이 분사되는 공간을 지나면서 수분을 흡수하여 침강시키기 때문에 미세 분진의 포집효과는 있으나 오수처리 문제가 있으므로 신중하게 설치한다.

- 습식으로 집진처리할 경우에 오수처리는 환경보존법에 따라 용적 3m<sup>3</sup>이상의 중화처리 시설을 설치한다.
- 세정 집진장치는 용수의 확보, 동절기 빙결, 하수오염 등의 문제를 설계와 운영 측면에서 종합적으로 검토하여 설치한다.
- 여과 집진장치는 분진을 함유한 공기를 일정 규격의 필터를 이용하여 분진을 제거하는 방식으로 설치시에는 다음 사항을 준수해야 한다.
- 집진 필터
  - 재료 : 폴리프로필렌 또는 폴리에스터 필터(표면 코팅)
  - 중량 : 350g/m<sup>2</sup> 이상
- 필터 자루 상자
  - 재료 : SWRM 6~10 Wire Zinc Galvanized
  - 철선 :  $\phi$  4
- 운영조건
  - 공기속도(cloth) : 2.4~7.0m/min
  - 탈진방법 : 공기충격식
  - 공기속도(duct) : 16~20m/sec
- 집진실 조건
  - 설계압력 : 1,000mmAq
  - 철판재질 : 보통 철판 두께 3.2mm 이상

#### < 집배진 형태 >

- 집배진설비는 미곡종합처리장의 형태, 설치지역의 여건과 시설의 규모 등에 따라 다소 차이가 있으나 공정별로는 <참고 표 2-1>를 표준으로 한다.

#### < 집진 배관 >

- 집진 덕트의 합류관은 덕트의 직경이 감소되는 부위에 30~45°경사로 부착하며 리튜셔는 시작점의 덕트 지름의 1.5배 길이로 완만하게 감소시킨다.
- 집진배관용 90°L형 배관은 중심부의 길이가 지름의 1.5배 정도로 하여 저항을 최소화한다.
- 시설 안팎의 집진배관에 사용되는 주름 덕트의 규격은 다음과 같다.
  - $\psi$ 100~375 → 두께 0.5mm
  - $\psi$ 400~600 → 두께 0.6mm
  - $\psi$ 650~800 → 두께 0.8mm
  - $\psi$ 850~ → 두께 1.0mm
- 집진배관의 설계시는 분진의 이동경로와 배관의 연결구조에 대한 정확한 도면을 작성한 다음 분진의 종류와 양에 따라 송풍기의 풍량과 정압, 배관의 직경 등을 결정한다.

- 분진이 발생하는 모든 단위기계와 곡물 탱크에는 집진배관을 설치해야 하며, 집진관의 규격은 분진 발생 정도에 따라 이송장치는  $\psi 100\text{mm}$  이상을 사용하고 배진 조절용 댐퍼를 설치한다.
- 반입 호퍼와 조선기는 반드시  $\psi 350\text{mm}$  이상의 집진배관을 설치하며 왕겨 배출관은 주름 덕트를 사용할 수 없다.
- 이송설비는 원료가 투입되는 지점과 배출되는 지점의 상단과 보조 탱크에는 깔때기형 후드에 집진배관을 설치토록 한다.
- 정선기와 석발기는 자체에서 발생하는 송풍량을 고려하여  $\psi 300\text{mm}$  집진관을 설치하고 반드시 공기유입창을 설치토록 한다.
- 버나 현미를 이송하는 버킷 엘리베이터의 경우 하단의 중앙이나 상단의 배출구 쪽에 후드를 설치하고 집진관을 연결한다.
- 백미 이송용 버킷 엘리베이터는 집진보다는 환기의 개념으로 집진관을 반드시 상단에 설치한다.
- 집진용으로  $\psi 100\text{mm}$  정도의 소형관을 여러 개 설치할 경우에는 소형관을 함께 모아서 본 관에 연결한다.
- 연미기와 정미기의 배관은 쉽게 분해 조립이 가능한 구조로 설치하여 작업의 효율성을 제고한다.
- 집진배관은 운전시 소음과 진동이 없도록 튼튼히 고정한다.

<참고 표 2-1> 미곡종합처리장의 공정별 집·배진 방식

공정별	집·배진 공정과 설비	집·배진방식	비 고
반 입	반입호퍼, 반입 이송장치, 자동계량기, 원료 조선기, 보조탱크, 탬퍼링탱크, 순환식 건조기(분진), 순환식 건조기 배습, 각종 집진기기	1. 고효율 사이클론 2. 세정식(습식) 3. 중력식(침강식) 4. 백 휠터	선택가능
각형빈	건조작업, 입고, 배출	1. 고효율사이클론 2. 세정식 3. 중력식(침강식) 4. 백 휠터	선택가능
상온통풍건조빈, 저장 빈	건조작업 저장작업 입고, 배출	1. 환풍기(건조) 2. 고효율사이클론 3. 세정식 4. 백 휠터	선택가능
제 현	이송장치, 원료탱크, 정선기, 현미기, 왕겨풍구, 입선별기, 현미분리기 현미석발기, 보조탱크, 계량기, 현미탱크	1. 백 휠터 2. 고효율사이클론 3. 세정식	선택가능
정 백	이송장치, 연삭정미기, 정미기, 쇄미 선별기 색채선별기, 연미기, 보조탱크, 제품탱크, 포장기 등	1. 사이클론 2. 고효율사이클론	

## 나. RPC 공정별 분진농도측정

### 1) 실험방법

- RPC의 공정별 분진농도를 분석하기 위하여 반입, 건조, 저장 및 가공공정에서 분진농도를 각각 측정하였으며, 측정은 반입, 건조 및 저장공정은 경기 화성(A RPC) 및 경기도 안성소재(B RPC)의 2개 소 RPC에서 2009년 수확기(2009. 10. 16~11. 9)에 측정하였으며, 가공공정은 경북 의성소재의 C RPC에서 2010년 1월 21~23일에 측정하였음
- 분진농도 측정지점은 대상RPC의 투입구, 조선키, 건조기, 사일로, 사이클론, 백필터, 가공실 등 먼지가 발생하는 모든 지점이었으며, 측정개소는 A RPC에서는 15지점, B RPC에서는 21지점, C RPC에서는 10지점 등 총 46지점이었음. 반입, 건조, 저장공정에서 분진농도측정위치는 다음 그림 3-2-3(B RPC)와 같았으며, 가공공정에서 분진농도 측정위치는 다음 그림 3-2-4(C RPC)와 같았으며, 분진농도측정방법은 다음과 같았음
- 일반적으로 신뢰할만한 분진농도 측정에 사용되는 LVS(Low volume sampler, Model : AS-10, Pump : SIP-32L, Sibata, Japan)을 사용하여 분진농도를 측정하였음. 유량조건은 30 L/min로 10분 동안 측정하였으며, 분진 포집에 사용되는 항량된 여과지(GF/C 47mm, Whatman, England)의 분진 측정 전후의 중량변화와 이때까지의 유량을 이용하여 분진농도( $\text{mg}/\text{m}^3$ )를 산정하였음
- 또한, LVS와 동일 위치에 Laser dust monitor(Model : LD-3B, Sibata, Japan)를 사용하여 분진 입자수를 측정하였음

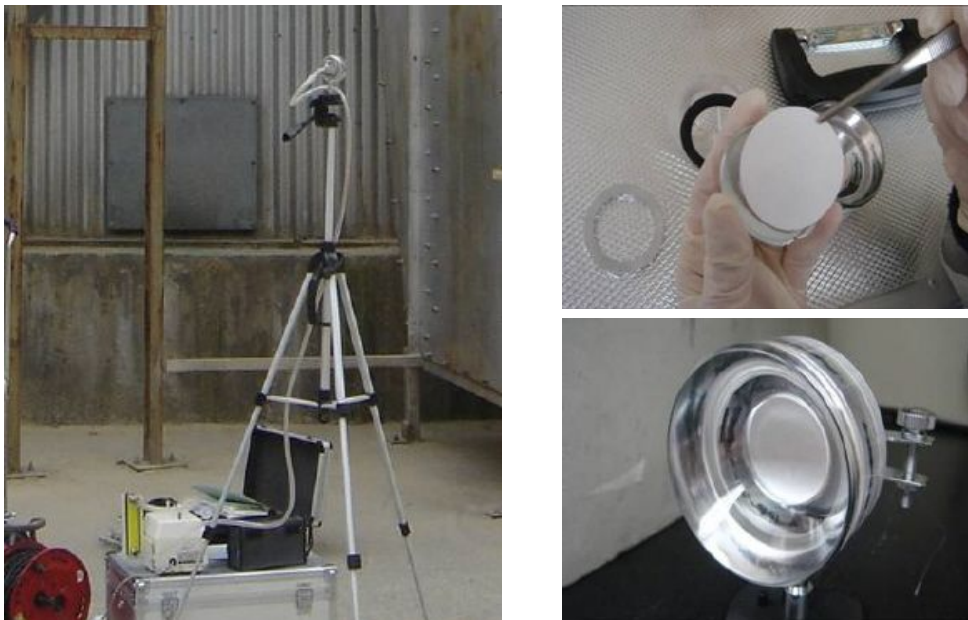


그림 3-2-1. 분진농도 측정에 사용된 Low volume sampler





그림 3-2-2. 분진 입자수 측정에 사용된 Laser dust monitor(LD-3B)

			
1. 투입구 1번	2. 조선기실 내부 (투입구 1번)	3. 조선기 집진 Bag filter(투입구1번)	4. 투입구 2번
			
5. 조선기실 내부 (투입구 2번)	6. 조선기 집진 Bag filter(투입구 2번)	7. 투입구 3번	8. 조선기실 내부 (투입구 3번)
			
9. 조선기 집진 Bag filter(투입구 3번)	10. 순환식건조기 Turbo cleaner	11. 순환식건조기 Bag filter	12. 연속식건조기 Turbo cleaner
			
13. 평타입사일로 집진시설	14. 평타입사일로 집진시설	15. 평타입사일로 집진시설	16. 집진기 Bag filter



			
17. 미강집진 Cyclone	18. 왕겨집진 Cyclone	19. 사각빈복도내부	20. RPC 내부 (투입구 1번쪽)
			
21. RPC 내부 (투입구 2,3번사이)			

그림 3-2-3. 반입, 건조, 저장공정에서 분진농도 측정위치(B RPC의 경우)

			
1. 현미분리기 앞	2. 종합정선기 앞	3. 현미석탈기 앞	4. 현미부 전체
			
5. 로터리쉬프터 앞	6. 색채선별기 앞	7. 정미기 앞	8. 백미부 전체
			
9. 포장부	10. 미강실		

그림 3-2-4. 가공공정에서의 분진농도 측정위치(C RPC의 경우)

## 2) 결과 및 고찰

### 가) 반입, 건조 및 저장공정에서의 분진농도

- 우리나라에서 RPC, DSC을 포함하여 벼의 수확후 관리시설에서의 분진농도 측정결과가 보고된 것은 찾아볼 수 없었으며, 일본의 경우에도 반입, 건조, 저장 및 현미가공시설인 CE(Country elevator)에서 측정한 분진의 농도(1986, 日本 全農施設資財部)가 유일한 것으로 조사되고 있음(표 3-2-3)
- 일본 CE에 대한 분진농도 측정결과는 LVS, HVS 및 Laser dust monitor를 사용하여 각각 분진농도를 측정하였으나, 측정방법에 따라 측정치에 큰 차이가 발생하고 있어 그 원인을 일본 全農을 통해 직접 문의하였으나 측정시기가 너무 경과하여 확인하기 어렵다는 답신을 받았음. HVS로 측정한 분진농도는 0.61~35.05mg/m<sup>3</sup>이었으며, LVS로 측정한 분진농도는 6.67~48.34mg/m<sup>3</sup> 수준이었음

표 3-2-3. 일본 CE에서 측정한 분진발생농도(1986, 日本 全農施設資財部)

측정장소	분진농도(mg/m <sup>3</sup> )		
	High volume sampler	Low volume sampler	분진계
반입호퍼	0.61	11.67	0.30
반입호퍼(반입집중시기)	2.32	11.67	0.42
조선기	1.62	13.33	0.20
현미기	1.02	11.67	0.18
입선별기	0.82	15.00	0.20
계량기	1.21	6.67	1.23
사각빈 바닥통로	1.31	13.33	2.17
사각빈 상부통로	0.91	13.33	2.20
사각빈 상부통로(배출시)	19.90	18.33	2.00
건조기 부근	2.73	13.33	1.31
건조기 배풍구	—	48.33	1.83
집진실내	27.78	11.67	—
갤러리 밖	35.05	21.67	1.60
조작실	1.21	6.67	0.23
RPC 경계	2.32	8.33	0.42

- A RPC에서 수확기 물벼가 반입되었을 때 반입, 건조 및 저장시설과 관련 집진시설에 인접하여 분진 농도를 측정한 결과는 다음 표 3-2-4와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 분진농도는 1.22~22.89mg/m<sup>3</sup> 수준이었으며, 평균적으로는 약 6.97mg/m<sup>3</sup> 수준으로 작업자의 노출기준인 4.0mg/m<sup>3</sup>이 하보다 높아 대단히 열악한 작업환경임을 알 수 있었음
- 분진농도는 동일 설비에서도 바람 방향, 풍속 등에 따라서 다른 값을 나타낼 수 있다는 점을 감안하여도 집진시스템이 집중적으로 설치되어 있는 A RPC 후문 부근 즉, RPC경계부근에서 측정한 분진 농도가 9.11mg/m<sup>3</sup>로서 대기환경보전법상의 비산먼지기준인 0.50mg/m<sup>3</sup>보다 대단히 높았으며, RPC에 대한 문의 결과, 인근지역에서 끊임없이 민원이 제기되고 있다고 하였음. A RPC와 유사하게 대부분의 RPC에서 집진시스템이 RPC경계 부근에 설치되고 있다는 점을 감안할 때, RPC 전체적인 방진대책이 필요함을 알 수 있었음

표 3-2-4. A RPC의 측정위치별 분진농도

구 분	분진 농도측정위치		Low volume sampler에 의한 분진농도(mg/m <sup>3</sup> )	Laser dust monitor에 의한 분진 입자수
투입구 및 조선기 (1,2번)	1	1, 2번 투입구 인근	8.78	4,424
	2	조선기실 내부	6.89	4,350
	3	조선기 집진 Cyclone 설치공간 내부	22.89	70,491
투입구 및 조선기 (3,4번)	4	3, 4번 투입구 인근	1.22	7,162
	5	조선기실 내부	2.56	5,112
	6	조선기 집진 Cyclone 인근	3.67	16,279
순환식건조기 (* A사 30톤) (** B사 30톤)	7	Turbo cleaner I 인근*	5.33	3,610
	8	Turbo cleaner II 인근*	5.22	4,491
	9	Turbo cleaner + Cyclone I 인근*	9.33	35,672
	10	Turbo cleaner + Cyclone II 인근**	12.67	14,223
평타입사일로	11	평타입사일로 I (투입구 3번 뒤편)	5.11	676
	12	평타입사일로 II (투입구 1,2번 옆)	5.67	1,384
RPC전체	13	RPC 내부 후문 인근	9.11	1,301
	14	RPC 내부(가공실-투입구 1, 2번 사이)	2.00	887
가공실	15	가공실 내부(현미부)	4.17	1,111
평 균			6.97	11,411

- 특히, 순환식건조기의 경우에는 과거에는 충돌판을 설치한 집진실을 설치하고 갤러리를 통해 외부로 배출하는 구조로 설치되었으나, 분진문제를 최소화하기 위해 최근에는 터보클리너 단독, 터보클리너+사이클론의 복합집진 형태로 설치하는 경우가 많았음
- 터보클리너 단독, 터보클리너+사이클론의 복합집진 형태로 설치된 순환식건조기의 집진시설 인근에서 측정된 분진농도가 8.13mg/m<sup>3</sup>수준으로 대단히 높게 나타났음. 지금까지 터보클리너는 외국산을 모방하여 제작함에 따라 집진효율 등에 대한 사전 측정결과도 없는 상태에서 연속식건조기, 순환식건조기 및 사각빈까지 무제한으로 사용되어오고 있어 집진효율 등에 대한 체계적인 검토와 보완이 필요하다는 것을 알 수 있었음
- 상온통풍건조시설로 사용된 평타입사일로의 경우, 집진을 위해 밀폐된 간이 집진시설을 사용하여 왔으나, 집진을 위해 사일로 상부를 밀폐함에 따라 건조 및 통풍시 송풍저항이 급증하여 에너지 낭비는 물론 건감을 저하 등의 문제가 끊임없이 제기되어 왔음. 평타입사일로 인근에서 측정된 분진농도가 평균 5.39mg/m<sup>3</sup>의 높은 상태로서 간이식 집진시설에 대한 체계적인 보완도 필요하였음
- 수확기 물벼 반입시기는 물론, 건벼를 투입하는 경우에도 다소 먼 거리에서 RPC전체를 바라보면 먼지가 안개처럼 피어오르는 것을 흔히 볼 수 있는데, 앞의 측정결과에서도 알 수 있듯이 현재 RPC의 분진농도는 관련법규의 허용기준을 만족하지 못하여 집진시스템에 대해서는 전체적으로 체계적인 보완이 필요하다는 것을 알 수 있었음
- 또한, 조선기 집진 사이클론이 설치된 공간의 내부의 분진농도가 22.89mg/m<sup>3</sup>로서 대단히 높았는데, 이는 사이클론에서 집진된 이후 배출되는 공기에 다량의 분진이 혼입되었다는 것 즉, 사이클론의 집진효율이 대단히 낮다는 것을 의미하는 것으로서 집진시스템의 집진효율에 대해서도 검토가 필요함을 알 수 있었음
- 한편, B RPC에서 측정된 측정위치별 분진농도는 다음 표 3-2-5와 같았으며, 표에서 알 수 있듯이 21지점에서 측정된 평균적인 분진농도는 8.41mg/m<sup>3</sup>로서 A RPC의 평균 분진농도 6.97mg/m<sup>3</sup>보다도 높게 나타났음. 특히 건조기를 통과하여 건조된 벼 등이 투입되고 있는 사각빈 내부에서 분진농도는 20.22mg/m<sup>3</sup>수준으로 대단히 높게 나타났는데, 일반적으로 사각빈에는 배기 송풍기만이 설치되어 내부에서 발생된 분진이 바로 외부로 배출되는 구조로 되어있어 방진을 위한 별도의 대책이 필요함을 알 수 있었음
- 터보클리너가 설치된 연속식건조기 근처에서 측정된 분진농도는 12.89mg/m<sup>3</sup>으로서 대단히 높아 연속식건조기에서의 터보클리너의 설치 적정성에 대해서도 재검토가 필요하였으며, 가공시설의 부산물인 왕겨와 미강 집진 사이클론 인근에서 측정된 분진농도가 각각 13.56mg/m<sup>3</sup>, 8.11mg/m<sup>3</sup>로서 대단히 높게 나타나 집진시설의 효율은 물론 부산물실의 밀폐에 대해서도 재검토할 필요가 있었음
- 이상에서 언급한 지점 이외의 모든 측정지점에서 높은 분진농도를 나타내었으며, 특히 B RPC 내부 1번 투입구 인근인 경계부근에서 측정된 분진농도가 14.00mg/m<sup>3</sup>로서 대기환경보전법상의 비산먼지 기준인 0.5mg/m<sup>3</sup>의 약 28배에 달하였음. 따라서 RPC의 반입, 건조 및 저장시설에서의 분진농도가

법적인 기준에 적합하기 위해서는 전체적으로 체계적인 집진대책이 필요함을 알 수 있었음

표 3-2-5. B RPC의 측정위치별 분진농도

구 분	분진농도 측정위치		Low volume sampler에 의한 분진농도(mg/m <sup>3</sup> )	Laser dust monitor에 의한 분진 입자수
투입구 (1번)	1	투입구 인근	4.00	1,227
	2	조선기실 내부	7.44	2,980
	3	조선기 집진 Bag filter 인근	8.89	1,694
투입구 및 조선기 (2번)	4	투입구 인근	1.44	2,638
	5	조선기실 내부	1.44	1,670
	6	조선기 집진 Bag filter 인근	8.56	495
투입구 및 조선기 (3번)	7	3번 투입구 인근	6.89	2,482
	8	조선기실 내부	7.67	4,585
	9	조선기 집진 Bag filter	6.08	1,931
순환식건조기	10	Turbo cleaner 인근	13.33	5,754
	11	Turbo cleaner후 Bag filter 인근	5.22	2,149
연속식건조기	12	연속식건조기 Turbo cleaner인근	12.89	1,866
평타입사일로	13	평타입사일로 I 인근	6.56	3,011
	14	평타입사일로 II 인근	8.33	1,506
	15	평타입사일로 인근 전체 공기	8.50	572
종합집진	16	투입구, 조선기, 순환식건조기 Bag filter 인근	6.89	4,370
부산물실	17	미강집진 Cyclone 인근	8.11	1,737
	18	왕겨집진 Cyclone 인근	13.56	2,424
사각빈	19	사각빈 내부(복도)	20.22	42,631
RPC전체	20	RPC 내부(투입구 1번쪽)	14.00	2,202
	21	RPC 내부(투입구 2, 3번 사이)	6.56	1,250
평 균			8.41	4,246

## 나) 가공부에서 분진농도

- 가공시설현대화가 완료된 C RPC의 현미부, 백미부, 포장부 및 미강실 등 가공부에서 측정된 분진농도는 다음 표 3-2-6과 같았음. 평균 분진농도는 3.17mg/m<sup>3</sup>로서 산업안전보건법에 의거한 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(곡물분진, 노동부 고시 제 2008-26호)인 4mg/m<sup>3</sup>은 만족하는 것으로 나타났음
- 그러나 현미석발기 및 백미색채선별기 등 일부 단위기계 인근에서의 분진농도는 산업안전보건법상의 기준보다 높게 나타났음. 특히 현미부의 경우에는 제1절의 설계기준(안)에서도 알 수 있듯이 일반적으로 현미분리기, 현미색채선별기, 현미석발기 등 먼지가 발생하는 주요 단위기계 상부에는 풍력선별기(aspirator, 풍량기준 15m<sup>3</sup>/min)의 설치가 권장하고 있으나, 현미석발기에 풍력선별기가 설치되지 않는 것이 주원인으로 판단되었으며, 백미색채선별기의 경우 지나치게 큰 보조탱크를 설치하면서 하한 레벨게이지를 설치하지 않아 투입 및 배출간에 mass balance의 불균형으로 인해 투입곡물의 속도가 대단히 빨라진 것이 주요 원인으로 판단되었음
- 따라서, 일반적으로 가공부가 설계기준에 충실하게 설치될 경우, 가공실 내부에서 분진농도는 관련 기준을 충분하게 만족할 수 있을 것으로 판단되었음

표 3-2-6. C RPC 가공부의 측정위치별 분진농도

구분	분진 농도측정위치		Low volume sampler 분진농도 (mg/m <sup>3</sup> )	Laser dust monitor(LD-5D) 입자수
현미부	1	현미분리기 앞	1.33	69
	2	종합정선기 앞	3.67	73
	3	현미석발기 앞	7.67	51
	4	현미부 전체	2.67	60
	평균		3.84	63
백미부	5	로터리쉬프트 앞	2.00	41
	6	색채선별기 앞	4.67	41
	7	정미시스템 앞	3.33	52.5
	8	백미부 전체	1.33	55
	평균		2.83	47
포장부	9	포장부	3.00	58
미강실	10	미강실	1.67	37
평균			3.17	

## 2. RPC 공정별 집진시스템의 운영실태 분석

### 가. RPC 집진시스템 설치현황 조사

#### 1) 조사방법

- 국내의 RPC 및 집진시스템 생산회사, 국외(일본 및 대만)의 수확후 관리시설에서 집진시스템의 설치현황 및 이들의 기술적인 특성을 조사하였음
- 먼저 국내의 경우, 농협RPC의 설계 및 감리를 담당하는 4개소(대주종합기술단, 보람ENG, 협동엔지니어링, 푸른엔지니어링)에 대한 전수조사를 실시하여 각 사에서 기준으로 적용하고 있는 경험식 및 경험치에 대해 조사하였으며, 각 설계회사에서 보유중인 제조회사별 백필터의 특징적인 차이에 대해 조사하였음
- 한편, 외국의 집진시스템 설치현황은 일본과 대만에 대해 실시하였는데, 일본의 경우는 쌀의 주산단지인 니카타현(新潟縣) 水原町の CE을 직접 방문하여 현장조사를 실시하였으며, 문헌을 통해 기술적인 부분을 조사하였으며, 대만은 彰化縣에 소재하는 陸和(민간)을 방문하여 조사하였음. 그 결과를 정리하면 다음과 같았음

#### 2) 결과 및 고찰

##### 가) RPC 집진시스템 설치현황

- 현재 국내 RPC 및 DSC의 설계에 주로 적용되고 있는 집진시스템은 원심식집진시설인 사이클론과 터보클리너, 여과집진시설인 백필터, 그리고 기타 간이식 집진시설 등을 들 수 있음. 이 외에도 일반적인 세정식집진시설인 스크루머(scrubber)가 있으나 국내에서는 오염가스의 제거를 위해 주로 사용되고 있을 뿐 폐수처리 등의 문제로 RPC에서 극히 일부 적용되었다가 현재는 활용되고 있지 않았음
- 원심식집진시설인 사이클론은 RPC 보급의 시작과 함께 RPC와 DSC의 주력 집진시설로 보급되었지만 대기오염물질 제거효율기준이 60%수준에 불과한 것에서도 알 수 있듯이 낮은 집진효율로 분진에 의한 민원을 많이 야기시키면서 점차 사용이 제한되고 있었음
- 반면, RPC가 보급되기 시작하면서 도입되기 시작한 외국산 연속식건조기에 부착된 터보클리너를 모방한 국산이 제작되면서, 구조적으로 사이클론보다 낮은 집진효율을 가질 수밖에 없는 터보클리너는 연속식건조기와 순환식건조기에 장착되어 분진제거효율 등에 대한 별도의 검증 없이 보급되고 있는 실정이었음
- 설계회사에서 주로 적용하고 있는 여과집진방식인 백필터는 투입구, 조선기, 종합정선기, 현미 및 백미식발기, 현미기 등 벼에서부터 발생하는 먼지를 집진하는 곳에 주로 사용되고 있었으며, 여과포에 부착된 분진제거용 pulse방식에 따라 저압식(0.4~0.5kgf/cm<sup>2</sup>)과 고압식(5~6kgf/cm<sup>2</sup>)으로 구분되고 있었음. 저압식은 낮은 압력으로 인해 별도로 소규모의 고압 송풍기(ring blower)를 사용할 수 있는

반면, 고압식은 높은 압력으로 인해 약  $7\text{kgf/cm}^2$  정도의 압력발생이 가능한 공기압축기(Air compressor)를 사용하여야 하는 단점이 있었음

- 분진 집진효율은 여과포의 크기(여과포 수 및 규격)와 여과포를 통과하는 공기풍속(여과속도)에 따라 결정되는데, 각 업체에서 생산되는 백필터 사양에 대한 조사결과, 여과속도는 분진종류에 따라 구분하고 있었으나 과학적인 근거보다는 경험치에 의존하고 있었으며, 이로 인해 여과포의 크기 등이 업체별로 다소 차이가 있었음. 설계회사에서 적용하고 있다는 일반적인 여과속도는 다음과 같았음
  - 정미기, 연미기, 조전기, 종합석발기와 같이 단위기계에 바로 백필터가 연결되는 경우 :  $3\sim 4\text{m/min}$
  - 사이클론 후 백필터가 연결되는 경우 :  $5\sim 6\text{m/min}$
  - 투입구, 현미부 및 백미부와 같이 여러 분기점을 통해 집진되는 경우 :  $6\sim 7\text{m/min}$
- 표 3-2-7에서 알 수 있듯이 업체 및 여과속도에 따라 동일 송풍량에 대해서도 여과포수, 여과포 규격, 압력손실, 고압공기 소모량 등 모든 사양에서 큰 차이가 발생하였음
- 이상의 조사된 결과에서 백필터방식은 ① 집진대상별 입자크기, ② 비산먼지 발생량, ③ 적정 여과포 통과속도, ④ 각 단위기계별 적정 집진 송풍량 등 실제 설계 및 운영에 필요한 집진특성에 대한 연구가 필요하다는 것을 알 수 있었으며, ⑤ 설계에서 적용하고 있는 가격도 지나치게 고가(약 80,000~100,000원/ $\text{m}^3/\text{min}$ )이었고, ⑥ 높은 송풍저항( $250\sim 300\text{mmAq}$ )으로 인한 과도한 에너지 손실로 인해 활용에 극히 제한이 있을 수 있음을 알 수 있었음
- 국내에서 오염가스의 제거를 위해 사용되고 있는 세정식집진장치의 일종인 Scrubber를 대상으로 기술검토를 실시한 결과, 수평유형의 기본적인 공기속도는  $1\sim 5\text{m/sec}$ , 가수량은  $1\sim 10\text{L/m}^3$ , 송풍저항은  $60\sim 80\text{mmAq}$ 수준 등이 주요 설계인자로서 동일 집진능력의 백필터방식에 비해 설치비용이 약 30~50%절감이 가능하고, 에너지는 약 50%정도 절감이 가능할 것으로 판단되었음. 다만, 표 3-2-1에서와 같이 폐수량이  $0.01\text{m}^3/\text{hr}$ 이상인 경우 폐수처리시설 설치대상으로 환경과 관련된 부분이 가장 문제가 되는 것으로 판단되었음



표 3-2-7. 설계회사에서 적용하고 있는 각 제조회사별 주요 백필터 현황

용 량	용 도	업체명	여과포 수	여과포 규격 (Ø×L)	압력손실 (mmAq)	에어 소모량 (N/min)	공기압 (kg/cm <sup>2</sup> )	여과 속도 (m/sec)	여과포 재질
50 m <sup>3</sup> /min	일반 집진용	거화환경		125×2400	200~250	150	4.5	2.5	폴리에스테르(P.E)
		화영기업	18	120×2400	30~120	500	0.5	7.0	폴리에스테르(P.E) 부직
		아이디알	8	156×1500	-	237	4.0	1.85	카트리지
120 m <sup>3</sup> /min	일반 집진용	거화환경		125×2400	200~250	250	4.5	2.5	폴리에스테르(P.E)
		화영기업	26	120×2400	30~120	600	0.5	7.0	폴리에스테르(P.E) 부직
		아이디알	20	156×1500	-	356	4.0	1.78	카트리지
200 m <sup>3</sup> /min	조선기 집진용	거화환경	44	125×2400	150~200	350	2.5~4.5	4.9	폴리에스테르(P.E)
		화영기업	39	120×2400	30~120	700	0.5	6.0	폴리에스테르(P.E) 부직
		아이디알	32	156×1500	-	356	4.0	1.85	카트리지
	일반 집진용	거화환경	64	135×3000	200~250	620	5.5	2.5	폴리에스테르(P.E)
		화영기업	26	120×3000	30~120	500	0.5	7.0	폴리에스테르(P.E) 부직
		아이디알	32	156×1500	-	356	4.0	1.85	카트리지
	미강 집진용	거화환경	85	125×2400	300~350	350	2.5~4.5	2.5	폴리에스테르(P.E) +멤브레인코팅
		화영기업	52	120×2400	30~120	900	0.5	5.0	폴리에스테르(P.E) 부직
		아이디알	32	156×1500	-	356	4.0	1.85	카트리지
280 m <sup>3</sup> /min	일반 집진용	거화환경		125×2400	200~250	380	4.5	2.5	폴리에스테르(P.E)
		화영기업	52	120×2400	30~120	1,100	0.5	7.0	폴리에스테르(P.E) 부직
		아이디알	44	156×1500	-	356	4.0	1.89	카트리지
340 m <sup>3</sup> /min	일반 집진용	거화환경		125×2400	200~250	380	4.5	2.5	폴리에스테르(P.E)
		화영기업	52	120×3000	30~120	1,100	0.5	7.0	폴리에스테르(P.E) 부직
		아이디알	60	156×1500	-	474	4.0	1.68	카트리지
380 m <sup>3</sup> /min	일반 집진용	거화환경		125×2400	200~250	500	4.5	2.5	폴리에스테르(P.E)
		화영기업	64	120×3000	30~120	1,200	0.5	7.0	폴리에스테르(P.E) 부직
		아이디알	66	156×1500	-	474	4.0	1.71	카트리지

## 나) 외국의 집진시스템 설치현황

- 일본의 경우 주로 도시에 위치한 정미공장(가공시설)에서는 백필터와 사이클론 방식이 활용되고 있지만 CE에서는 물을 가수하는 세정식집진장치가 대부분 활용되고 있음을 인지하고 2009년 6월에 일본의 최대 곡창지대인 니이카타현(新潟縣) 水原町の CE를 방문하여 세정식집진장치와 관련된 설치현황 및 관련기술에 대해 조사하였음. 조사된 CE는 16년 전에 건설된 것으로서 투입구는 3개, 순환식건조기 45톤×4기, 호퍼형 사일로 300톤×10기로 구성되어 있었으며, 반입능력은 30톤/시간수준으로 현재의 우리나라의 20톤/시간에 비해 큰 규모이었음



그림 3-2-5. 일본 니이카타현(新潟縣) 水原町の 농협CE에 설치된 세정식집진시스템

- 일본의 세정식집진시스템 제조회사인 明和工業株式會社, 親和工業株式會社 등의 관련 기술자료를 입수하였으며, 배출덕트 토출구의 역지밸브의 부착, 샤워실 통과공기의 풍속 1.0m/sec이하 등 설계와 활용에 필요한 자료를 획득하였음
- 현지 조사 및 자료분석 결과, 해결해야 할 문제로는 다공STS판과 chain conveyor를 이용한 이물질과 슬러지제거장치의 효율성 향상, 용수의 재활용 한계, 악취 및 폐수문제 등으로서 이들 문제의 해결 없이는 RPC에 적용하는 것은 현실적으로 불가능할 것으로 판단되었음. 한편, 폐수처리 등의 한계를 극복하기 위한 대안으로는 가수량을 획기적으로 줄이면서 집진효율을 높일 수 있는 반습식에 대한 것으로 단시간에 분진입자의 흡습을 최대화할 수 있는 방안 등에 대해 검토가 필요하였음
- 한편, 2009년 10월경에 대만 彰化縣에 소재하는 陸和(민간)을 방문하여 집진시설을 견학할 기회를 가질 수 있었음. 이 수확후 관리시설의 연간 취급물량이 60,000톤(30,000톤×2모작)으로 가공시설은

5톤/시간×4라인, 건조능력은 순환식건조기 30톤×10기, 120톤×2기 등을 보유한 대단히 큰 규모의 민간 도정공장이었음

- 주요 집진시스템은 우리와 동일한 사이클론과 백필터 타입이었으나, 대형 여과포를 다량으로 설치하여 1차로 주요 분진을 선별하는 독특한 집진시스템을 보유하고 있었음. 자동 pulse 및 배출관련 부분에 대한 기술이 가미된다면 우리나라 RPC에도 대규모 송풍량이 필요하여 바로 외부로 배출하고 있는 사각빈, 평타입사일로 등에서 충분히 사용이 가능할 것으로 판단되어 기술적인 검토가 필요하였음

## 나. RPC 공정별 집진시스템 운영실태 분석

### 1) 실험 및 분석방법

- 공정별 집진시스템의 설치운영실태를 조사하기 위하여 RPC에 사용되는 단위기계중 집진이 필요한 단위기계의 집진량과 소요정압을 제조회사별로 조사하였으며, 제2세대 RPC에 설치된 집진시스템에서의 성능을 측정하였고, 집진시스템을 생산하는 국내 7개사의 집진시스템 생산현황을 조사하였음. 세부적인 조사방법은 다음과 같았음
- RPC에 사용되고 건조저장부 및 가공부 등 공정별로 집진이 필요한 주요 단위기계를 생산하는 대원 GSI, 아이디알, Satake 등 12개소의 국내외 제조회사를 통해 풍력선별기, 정미기 등 각 단위기계에서 필요한 송풍량( $m^3/min$ )과 이 때 각 단위기계에서 발생하는 송풍저항을 극복하기 위해 소요되는 정압( $mmAq$ )에 대해 조사하였음
- RPC에 설치된 집진시스템의 성능은 제2세대 RPC중 5개소 RPC에 대해 측정하였음. 이를 위해 먼저, 설계도면과 현장에 설치된 집진시스템(집진기+송풍기)을 조사하였고, 집진시스템 전후에서 분진농도, 송풍량, 정압을 측정하여 설계치, 설치치 및 측정치를 비교하였으며, 세부적인 측정방법은 다음과 같았음
  - ① 분진농도 측정 : 집진시스템 전후에  $\Phi 70mm$ 로 타공한 다음, LVS(Low volume sampler, Model : AS-10, Pump : SIP-32L, Sibata, Japan)을 사용하여 분진농도를 측정하였음. 유량조건 30 L/min에서 10분 동안 측정하였으며, 분진 포집에 사용되는 항량된 여과지(GF/C 47mm, Whatman, England)의 분진 측정 전후의 중량변화와 이때까지의 유량을 이용하여 분진농도( $mg/m^3$ )를 산정하였음
  - ② 송풍량 및 정압측정 : 집진시스템 전후에  $\Phi 12mm$ 로 타공한 다음, 풍속 측정장치(Velocical, TSI 9555-P)로 덕트관경을 감안하여 최소 5~25지점의 풍속을 측정한 다음 송풍량으로 환산하였으며, 정압은 분해능이 1.0mmAq인 디지털액주계(526, Testo, Germany)을 사용하여 측정하였음



그림 3-2-6. 분진농도 측정에 사용된 Low volume sampler 및 측정장면

③ 집진시스템의 송풍기의 설계치와 측정치의 차이 : 사이클론 및 백필터와 같은 집진시스템이 정상적으로 가동할 때 집진시스템 송풍기 전에서 정압, 평균 풍속, 덕트직경 등을 측정하였으며, 송풍기의 설계치와 측정치의 차이는 일반적으로 송풍기의 소요동력을 나타내는 다음 식 (3-2-1)을 이용하여 측정된  $\Delta P \times V$  값이 설계치의  $\Delta P \times V$  값과 차이가 어느 정도인가를 계산하였음

$$P_w = \frac{\Delta P \times V}{1,000 \times \eta \times 60} \dots\dots\dots (3-2-1)$$

여기서,  $P_w$  : 송풍기의 소요동력( kW )

$V$  : 송풍량(  $m^3/min$  ),  $\eta$  : 송풍기의 효율( - )

④ 집진시스템의 집진효율 : 집진시스템의 전후에서 분진농도를 측정한 후, 다음 식 (3-2-2)로 집진효율을 구함. 이 때 분진농도는 관련 시험 및 분석방법에 준하여 실시하는 것을 원칙으로 하였음

$$\text{집진효율}(\%) = \left( 1 - \frac{\text{집진시스템 통과후 분진농도}(mg/m^3)}{\text{집진시스템 통과전 분진농도}(mg/m^3)} \right) \times 100 \dots\dots\dots (3-2-2)$$

○ 또한, 현재 설치되어 있는 집진시스템을 보다 잘 이해하고, 문제점을 도출하여 친환경 집진시스템의 개발에 활용하기 위하여 RPC에 집진시스템을 납품하는 회사의 제품을 조사하였음. 2007년부터 진행된 18개소의 제2세대 RPC의 가공시설현대화에 설치된 집진시스템 생산업체는 총 7개 업체로서, 7개 업체에서 생산되는 모든 집진시스템의 형태 및 가격, 기술특성에 대해 조사하였음

## 2) 결과 및 고찰

### 가) 단위기계의 소요 집진량

- RPC에 사용되고 단위기계를 생산하는 제조회사를 통해 각 단위기계에서 필요한 송풍량( $m^3/min$ )과 이 때 각 단위기계에서 발생하는 송풍저항을 극복하기 위해 소요되는 정압( $mmAq$ )에 대한 조사결과는 다음 표 3-2-8과 같았음
- 일반적으로 동일 목적의 동일 방식의 단위기계에서 구조적인 형태에 따라 다소 차이는 있지만 부산 물의 집진, 기류선별능력 등은 송풍량에 의해 결정되므로, 동일원리의 동일처리능력의 단위기계에는 유사한 송풍량이 필요하다는 것은 쉽게 추론할 수 있었음. 그러나 표에서 알 수 있듯이 동일 처리능력의 단위기계에서도 소요 송풍량에 큰 차이가 발생하는 경우가 많았는데 왕겨풍구(7톤/시간)의 경우  $150\sim 200m^3/min$ , 정미기(5톤/시간)도  $110\sim 140m^3/min$  등이 그 예이었음
- 제2세대 RPC에 가장 많이 적용되고 있는 1연삭+1마찰+1연미방식으로 구성되는 정미시스템의 경우, 각 단의 송풍량의 합이 정미시스템의 집진량이 되어야 하나, 많은 업체에서 생산되는 정미시스템에는 header부분에 별도의 by-pass관을 부착하고, header 최종출구에 정압계를 부착하고 있어 각 단에 정확한 집진량이 가해지는지의 확인 및 조정이 어려운 실정이었음

표 3-2-8. RPC에서 사용되는 주요 단위기계의 요구 송풍량 및 소요정압

구분	번호	품 목	형 식	업체명	처리능력 (톤/시간)	송풍량 ( $m^3/min$ )	정압 ( $mmAq$ )	비 고
건조 저장부	1	풍력 선별기	기류선별식	영일기계	30	150	240	
				대원GSI	30	100	150	
				아이디알	30	100	300	
	2	조선기	기류 + 체선별식	영일기계	20	200	200	
				대원GSI	20	175	150	
				아이디알	20	150	300	
				영일기계	30	160	250	
				대원GSI	30	185	150	
	3	순환식 건조기	화력건조	신홍강관	10	$110\times 2ea$	45	송풍기( $2.2kW\times 2$ )
					20	$230\times 2ea$	90	송풍기( $7.5kW\times 2$ )
한성공업				20	300	55	송풍기( $11kW$ )	
					20	-	집진송풍기( $0.75kW$ )	
한국토요				30	$200\times 2ea$	30	송풍기( $26.9kW$ )	
신홍강관				30	$230\times 2ea$	90	송풍기( $7.5kW\times 2$ )	
한성공업				30	300	55	송풍기( $11kW$ )	

(표 3-2-8 계속)

구분	번호	품 목	형 식	업체명	처리능력 (ton/hr)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	기 타
가공부	4	연속식 건조기	화력건 조	영일기계	20	380×2ea	50	33kW
				대원GSI	20	400×2ea	75	
					30	400×3ea	75	
	5	종합정선기	진공식	사다케	5	140	70	
				대원GSI	5	120~140	70	
					7	180~210	70	
				아이디알	7	180~210	60~70	
	6	현미기	롤러식	사다케	3.5	5	15	
				대원GSI	3	5	-	
	7	왕겨풍구	기류식	제이씨	4	140	200	
				영일기계	4	120	200	
한세				4	120	200		
제이씨				7	180	200		
영일기계				7	150	250		
대원GSI				7	200	250	집진구 Ø 475	
아이디알				7	150	300		
한세				8	180	200		
8	현미분리기	20단 병렬	사다케	5	5×2ea	-		
			대원GSI	6	5×2ea	-	집진구 Ø 100	
9	입선별기		영일기계	6	30	80		
			토요	2.5	10	-	집진구 Ø 100	
			대원GSI	6	5	-	집진구 Ø 100	
10	현미석발기	진공식	사다케	5	140	70		
			아이디알	6	180~210	60~70		
11	연삭기		영일기계	2.5	50	350		

(표 3-2-8 계속)

구분	번호	품 목	형 식	업체명	처리능력 (ton/hr)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	기 타
가공부	12	정미기	연좌식	사다케	5	110	250	
				영일기계	5	160	400	
				대원GSI	5	140	400	
			수평식	토요	6	50	175	집진구 Ø 250
				대원GSI	5	7×8ea	400	집진구 Ø 75×8ea
			하향식	사다케	2.5	55	250	
				야마모토	5	70	150	
	13	연미기	수평식	사다케	3	35	150	
				영일기계	3	60	400	
				토요	3	25	195	집진구 Ø 150
				대원GSI	4	40	400	집진구 Ø 200
				야마모토	5	70	120	건식
	14	색채 선별기	CCD	사다케	6	15	-	
				대원GSI	5(192ch)	2×2ea	-	집진구 Ø 75×2ea
					7(256ch)	2×2ea	-	집진구 Ø 75×2ea
				블러	6	20	20	
	안자이	5(120ch)	30	50				
	15	이물 선별기	CCD+ NIR	사다케	5	7	-	
				대원GSI	5(192ch)	2×2ea	-	집진구 Ø 75×2ea
					7(256ch)	2×2ea	-	집진구 Ø 75×2ea
				블러	6	20	20	
	안자이	5(160ch)	30	50				
	16	진동체 선별기	요동식	토요	6	10	-	집진구 Ø 100
				대원GSI	5	5	-	집진구 Ø 100
한세				8	5	20		
17	아스피 레이터	흡입식	토요	6	15	175	집진구 Ø 100	
18	흙선별기	길이 선별	대원GSI	5	5	-	집진구 Ø 100	

- 또한, 동일능력을 2열로 설치한 제2세대 RPC의 경우에 동일업체에서 생산한 동일 모델의 단위기계 조차도 서로 다른 집진량조건에서 운전하는 등 전체적으로 업체에서 제시하는 송풍량 조건이 신뢰할 만한 실험결과에 근거하지 못하고 있다는 것을 알 수 있었음
- 또한, 각 RPC에 설치된 단위기계를 설치한 단위기계 제작사에서 일부 단위기계에 설치된 정압계로 송풍량을 조절하지만, 정압계가 부착되어 있지 않는 단위기계가 많을 뿐 아니라 각 단위기계의 송풍량을 직접 측정하여 조절하는 사례는 없는 상태이었음
- 따라서, RPC에 적용되는 집진이 필요한 단위기계가 최적의 능력을 발휘하기 위해 필요한 집진량과 이때의 소요정압에 대한 정확한 데이터를 제시하는 것이 필요하였으며, 이를 바탕으로 각 공정에 적합한 집진시스템의 소요풍량과 정압조건이 결정되는 것이 필요하였음

## 나) CRPC 집진시스템의 성능 및 문제점 도출

### ① 집진시스템의 집진효율

- 제2세대 RPC 가공공정에 사용되는 집진시스템은 사이클론과 백필터 등 2가지 종류이었으며, 정미기 등 백미부와 포장부에 사용되는 사이클론은 내부에 미강이 가능한 쌓이지 않도록 SS 또는/및 STS재질로 테프론을 코팅한 제품이 주로 사용되고 있었으며, 일부에서는 테프론코팅 대신에 바이브레이터를 설치한 경우도 볼 수 있었음
- 2007년 고품질쌀 브랜드육성사업을 시작할 당시에는 청결한 RPC 가공시설을 위하여 대부분이 고가의 백필터를 사용하였으나, 백필터 설치비용이 지나치게 비싼 반면, 정미기에 설치된 백필터의 탈진을 위한 pulse로 인해 정미기로의 충격과 이로 인한 순간적인 소요전류 및 도정특성이 변하면서 사이클론이 다시 사용되기 시작하였음. 특히, 본 연구의 결과중 일부인 미강의 particle size가 벼 및 현미에서 발생하는 분진에 비해 크다는 점이 부각되면서 정미기, 연미기, 백미부 및 포장부의 집진시스템은 사이클론이 주로 설치되는 계기가 되었음
- 다음 표 3-2-9는 5개소의 제2세대 RPC에서 측정한 집진시스템 즉, 사이클론과 백필터에서의 집진효율을 나타낸 것임. 제2세대 RPC에 설치되어 있는 집진시스템 중에서 집진기가 지나치게 높은 위치에 위치하여 집진측정기의 설치가 어려운 위치에 설치되어 있는 경우, 집진기 전에 부산물이 과도하게 많이 포함되어 필터 등이 파손되는 경우 등 실제 측정에 제한이 대단히 많아 측정치에 한계가 있었음
- 표에서 알 수 있듯이 사이클론의 집진효율은 평균 71.1%(33.5~99.9%)이었고, 백필터의 집진효율은 평균 73.0%(37.5~99.0%)로서, 사이클론 백필터의 일반적인 먼지제거효율 기준인 60% 및 90%(국립환경연구원 고시 제 2004-1 : 배출시설의 대기오염물질 배출계수 고시 제6조, 부표 4)를 만족하지 못하는 경우가 많았음



표 3-2-9. 5개소 제2세대 RPC에서 측정된 집진시스템의 집진효율

대상 RPC	사이클론 집진효율(%)			백필터 집진효율(%)					
	현미 석발기	백미부 종합	정미기	현미부 종합	종합정선 기	현미 석발기	백미부 종합	연미기	정미기
N	-	33.5	-	-	39.9	-	-	-	-
O	-	-	67.2	93.9	63.9	37.5	88.5	88.6	-
				66.7					
P	-	-	-	53.8	85.7	87.5	-	-	70.0
Q	72.7	89.5	-	73.5	50.0	-	-	-	-
R	-	63.6	99.9	99.0	79.0	90.0	-	-	-
평균	71.1			73.0					
최대	99.9			99.0					
최소	33.5			37.5					

○ 특히, N RPC와 같이 특정업체에서 제작한 사이클론과 백필터의 집진효율이 다른 RPC에 비해 현저하게 저하하는 것은 특정업체의 기술력 문제로도 해석할 수도 있으나, 백필터의 경우 특정업체보다는 전반적으로 집진효율이 낮아 전반적으로 문제가 많음을 알 수 있었음

표 3-2-10. 5개소 제2세대 RPC에서 측정된 사이클론 전후의 분진농도

대상 RPC	사이클론 전후의 분진농도(mg/m <sup>3</sup> )					
	현미석발기		백미부종합		정미기	
	전	후	전	후	전	후
N	-	-	2.00	1.33	-	-
O	-	-	-	-	-	7.33
P	-	-	-	-	-	-
Q	3.67	1.00	6.33	0.67	-	-
R	-	-	3.67	1.33	-	0.67
평균	3.67	1.00	4.00	1.11	-	4.00
	2.76(전단 3.92, 후단 2.06)					
최대, 최소	7.33, 0.67					

표 3-2-11. 5개소 제2세대 RPC에서 측정된 백필터 전후의 분진농도

대상 RPC	백필터 전후의 분진농도(mg/m <sup>3</sup> )											
	현미부중합		종합정전기		현미석발기		백미부중합		연미기		정미기	
	전	후	전	후	전	후	전	후	전	후	전	후
N	-	-	4.44	2.67	-	-	-	-	-	-	-	-
O	54.7	3.33	12.0	4.33	8.00	5.00	8.67	1.00	99.0	11.3	-	-
	4.00	1.33										
P	26.7	12.3	4.67	0.67	21.3	2.67	-	-	-	2.00	3.33	1.00
Q	16.3	4.33	5.33	2.67	-	-	-	-	-	-	-	2.67
R	68.0	0.67	12.7	2.67	3.33	0.33	-	-	-	-	-	-
평균	33.9	4.39	7.83	2.60	10.9	2.67	8.67	1.00	99.0	6.65	3.33	1.84
	12.2(전단 22.0, 후단 3.39)											
최대, 최소	99.0, 0.33											

- 한편, 집진기 전후의 분진농도는 다음 표 3-2-10, 3-2-11과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 전체적으로 측정 개소수가 적고 상황이 달라 정확하게 확인하기는 쉽지 않았지만 통상적으로 집진기 전단의 분진농도는 현미부의 종합정전기, 현미석발기, 현미부중합 등은 3.3~68.0mg/m<sup>3</sup> 정도를 나타내었으며, 백미부중합은 8.7mg/m<sup>3</sup>(정미기와 연미기 이전은 미강으로 인해 측정이 어려우며, 측정된 결과는 사이클론 통과 이후임)수준을 나타내었음
- 집진기를 통과한 공기에 혼입된 분진농도는 사이클론이 1.0~4.0mg/m<sup>3</sup>, 백필터가 0.7~12.3mg/m<sup>3</sup> 수준을 나타내었으며, 집진기 전의 분진농도와, 분진기 통과 이후의 분진농도에서 알 수 있듯이 왕겨 및 미강과 같은 부산물의 선별기능을 가진 왕겨풍구 및 정미기의 집진을 제외하고는 모두가 이들의 분진농도는 표 3-2-1의 대기오염물질 배출시설 허용기준(100mg/m<sup>3</sup>이하)를 만족하였음
- 따라서 현재 RPC 또는 DSC가 준공된 후 환경공무원의 검사(집진기 이후의 분진농도만 측정, RPC부지경계의 분진은 측정하지 않음)에 충분하게 통과가 가능하여 집진시스템 제조업자는 아무런 제한없이 집진시스템을 RPC에 설치할 수 있었으며, 별도로 집진기 이후에서 분진을 측정할 필요조차 없었다는 것을 알 수 있었음. 그러나 RPC는 부지경계에서 측정되는 분진농도는 기준(0.5mg/m<sup>3</sup>이하)을 초과하여 인근 주민, 공장으로부터 민원의 원인이 되고 있는 것은 큰 문제이었음

## ② 집진송풍기의 송풍량 및 정압차이

- 통상 집진기 하부에는 air lock기능을 가진 로터리밸브(rotary valve)가 설치되므로 집진시스템에 부착된 집진송풍기의 송풍량은 집진대상인 단위기계 등의 송풍량과 동일함. 따라서 집진송풍기에서 측정된 송풍량은 설계치와 일치하여야 하며, 설계치보다 많거나 적을 경우 단위기계의 성능에 큰 영향을 미치게 됨
- 다음 표 3-2-12는 5개소 CRPC의 각 집진지점별로 백필터에 대하여 집진송풍기의 송풍량과 정압의 설계치와 측정치 비교를 나타낸 것이며, 표 3-2-13은 사이클론에 대하여, 표 3-2-14는 사이클론 이후에 바로 백필터를 설치한 곳에 대하여 집진송풍기의 송풍량 및 정압의 설계치, 측정치, 측정치와 설계치의 차(절대값으로 %로 표기)를 나타낸 것이며, 집진덕트의 관경과 이때의 관속 공기의 평균 풍속을 나타낸 것임
- 표에서 알 수 있듯이 지금까지 종합정전기, 왕겨풍구, 현미석발기, 정미기, 연미기 등의 단위기계는 대부분 단위기계 1대당 1개의 독립된 집진시스템을 부착하였으며, 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr를 1라인으로, 현미/백미생산능력 12/10ton/hr는 2라인으로 구분하여 각 라인이 별도로 작동하는 경우가 많으므로 각 라인간에는 별도의 집진시스템을 설치하는 것을 원칙으로 하고 있었음. 따라서 각 단위기계와 현미부, 백미부, 포장부 전체의 집진시스템은 현미/백미생산능력이 6/5ton/hr를 기준으로 1개의 집진시스템이 설치되어 있었음
- 동일한 현미/백미생산능력 6/5ton/hr를 대상으로 설치한 백필터의 용량에는 큰 차이가 있었는데 특히, 현미부의 경우 220~310m<sup>3</sup>/min, 종합정전기는 150~400m<sup>3</sup>/min, 현미석발기 140~280m<sup>3</sup>/min 등이 대표적인 예이었음. 이는 앞항에서 조사한 결과와 동일하게 단위기계별로 정확한 집진량을 제시하지 못하는 부분과 이송기기 및 보조탱크 등 집진이 필요한 부분의 정확한 집진기준이 없었기 때문이었음
- 또한, RPC의 집진시스템을 생산하는 대부분의 제조회사가 비교적 소규모로서 집진시스템에 사용하는 송풍기 성능의 정확한 측정을 위한 풍동을 보유하지 않는 것은 물론이며, 정압에 대한 개념이 없는 경우까지 있어 실제 집진량이 설계치에 비해 큰 차이를 나타내는 경우가 많았음
  - 관련 규격 : KS B 6311 송풍기의 시험 및 검사방법, KS A 0612 조임기구에 의한 유량 측정방법
- 설계된 송풍량 및 정압과 실제 백필터 집진송풍기 이전에서 측정한 송풍량 및 정압과는 큰 차이를 나타내었는데, 송풍량은 약 14.3%의 차이를 나타내었으며, 정압은 24.9%의 차이를 나타내었으며, 이들의 곱( $\Delta P \times V$ )은 26.5%를 나타내었음. 이와 같은 설계치와 실측치의 차이는 단위기계의 성능에 영향을 미치는 것은 물론 동력손실, 설치비용의 증가 등을 초래하고 있음을 알 수 있었음
- 백필터방식에서 발생한 설계된 송풍량 및 정압과 실제 집진송풍기 이전에서 측정한 송풍량 및 정압과의 큰 차이는 사이클론(24.0%), 사이클론+백필터(23.2%)에서도 유사한 경향을 나타내었는데 현재까지 파악된 주요원인은 ㉠ 송풍기의 성능, ㉡ 단위기계의 송풍량 및 소요정압의 차이, ㉢ 백필터의 정압강하 차이, ㉣ 전체 정압에 대한 정밀계산 미흡 등을 들 수 있었음

표 3-2-12. 5개소의 제2세대 RPC에 설치된 백필터 집진송풍기의 송풍량과 정압의 설계치와 측정치 비교

집진 지점	대상 RPC	설계치		측정치			(설계치-측정치) /설계치×100 (%)			단위기계 출구			
		송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	관경 (mm)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	ΔP×V	관경 (mm)	풍속 (m/s)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)
현미부 전체	N	310	300	650	319.4	360.0	3.0	20.0	23.6	-	16.0	-	-
	O	300	300	550	312.2	367.0	4.1	22.3	27.3	-	-	-	-
		300	300	550	308.6	371.0	2.9	23.7	27.2	-	-	-	-
	P	220	350	500	298.8	269.0	35.8	23.1	4.4	-	-	-	-
	Q	300	300	-	258.4	247.5	13.9	17.5	28.9	600	-	-	-
	Q	300	300	-	222.3	248.0	25.9	17.3	38.7	600	-	-	-
	R	300	300	600	256.6	366.5	14.5	22.2	4.5	-	-	-	-
	평균	290.0	307.1	570.0	282.3	318.4	14.3	20.9	22.1	600.0	16.0	-	-
원료 투입부	P	110	300	350	119.7	233.0	8.8	22.3	15.5	-	-	-	-
종합 정선기	N	200	300	500	214.2	250.0	7.1	16.7	10.8	-	18.2	-	-
		200	300	500	173.2	273.0	13.4	9.0	21.2	-	14.7	-	-
	O	400	200	700	330.3	343.0	17.4	71.5	41.6	500	13.3	156.7	166.0
										500	13.6	159.9	140.0
	P	200	300	500	161.2	376.0	19.4	25.3	1.0	500	12.0	140.9	328.0
	Q	190	300	-	209.5	339.5	10.3	13.2	24.8	400	22.4	168.9	114.1
		190	300	-	216.2	331.0	13.8	10.3	25.5	400	20.2	152.1	94.0
	R	150	300	400	153.5	305.5	2.3	1.8	4.2	500	13.1	154.3	77.0
평균	218.6	285.7	520.0	208.3	316.9	12.0	21.1	18.4	466.7	15.9	155.5	153.2	
왕겨 풍구	N	180	400	400	175.1	140.0	2.7	65.0	66.0	-	23.2	-	-
		180	400	400	175.2	155.0	2.7	61.3	62.3	-	23.2	-	-
	O	360	250	650	337.0	356.0	6.4	42.4	33.3	400	28.7	216.0	91.0
										400	27.5	207.0	84.0
	평균	240	350	483.3	229.1	217	3.9	56.2	53.8	400.0	25.6	211.5	87.5
현미 석발기	N	140	300	400	141.3	156.0	0.9	48.0	47.5	-	18.7	-	-
		140	300	400	152.0	155.0	8.6	48.3	43.9	-	20.2	-	-
	O	280	250	600	263.0	360.0	6.1	44.0	35.3	400	19.9	150.3	214.0
										400	12.9	96.9	120.0
	P	140	300	400	122.1	319.0	12.8	6.3	7.3	400	14.4	108.6	243.0
	R	150	300	400	95.2	350.5	36.5	16.8	25.8	400	18.6	140.2	274.2
평균	170	290	440.0	154.7	268.1	13.0	32.7	32.0	400.0	17.5	124	212.8	

(표 3-2-12 계속)

집진 지점	대상 RFC	설계치		측정치			(설계치-측정치) /설계치×100 (%)			단위기계 출구			
		송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	관경 (mm)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	$\Delta P \times V$	관경 (mm)	풍속 (m/s)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)
백미부 전체	P	140	280	400	269.9	255.0	92.8	8.9	75.6	-	-	-	-
백미부, 포장부 전체	O	150	350	400	192.3	408.0	28.2	16.6	49.4	-	-	-	-
정미기 집진	N	150	450	350	151.0	460.0	0.7	2.2	2.9	-	26.2	-	-
		150	450	350	176.0	378.0	17.3	16.0	1.4	-	30.5	-	-
	평균	150	450.0	350.0	163.5	419.0	9.0	9.1	2.2	-	28.4	-	-
연미기	N	35	450	200	37.1	445.0	6.0	1.1	4.8	-	19.7	-	-
	O	40	600	200	37.9	513.0	5.3	14.5	19.0	200	17.2	32.5	256.0
	평균	37.5	525.0	200.0	37.5	479.0	5.6	7.8	11.9	200.0	18.5	32.5	256.0
포장부 전체	P	150	300	400	178.5	185.0	19.0	38.3	26.6	-	-	-	-
백필터 배출용	N	100	400	400	104.7	298.0	4.7	25.5	22.0	-	13.9	-	-
전체 평균		159.6	348.9	410.3	176.4	308.9	14.3	24.9	26.5	440.0	19.1	144.9	169.3
최대		-	-	-	-	-	92.8	71.5	75.6	600.0	30.5	216.0	328.0
최소		-	-	-	-	-	0.7	1.1	1.0	200.0	12.0	32.5	77.0

표 3-2-13. 5개소의 제2세대 RPC에 설치된 사이클론 집진송풍기의 송풍량과 정압의 설계치와 측정치 비교

집진 지점	대상 RPC	설계치		측정치			(설계치-측정치) /설계치×100 (%)			단위기계 출구			
		송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	관경 (mm)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	$\Delta P \times V$	관경 (mm)	풍속 (m/s)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)
백미부 전체	N	220	250	550	240.1	342.8	9.1	37.1	49.6	-	16.8	-	-
	Q	200	270	-	131.6	280.2	34.2	3.8	31.7	450	-	-	-
	R	150	300	400	158.6	327.5	5.7	9.2	15.4	-	-	-	-
	평균	190.0	273.3	475.0	176.8	316.8	16.4	16.7	32.3	450.0	16.8	-	-
포장부 전체	N	180	250	500	168.7	308.0	6.3	23.2	15.5	-	14.3	-	-
	Q	140	270	-	161.4	290.7	15.3	7.7	24.1	400	-	-	-
	R	150	300	400	128.7	333.0	14.2	11.0	4.8	-	-	-	-
	평균	156.7	273.3	450.0	152.9	310.6	11.9	14.0	14.8	400.0	14.3	-	-
현미 석발기	Q	140	250	-	135.2	347.0	3.4	38.8	34.0	400	15.5	116.6	164.7
		140	250	-	221.4	308.1	58.1	23.2	94.9	400	15.3	115.4	269.0
	평균	140.0	250.0	-	178.3	327.6	30.8	31.0	64.5	400.0	15.4	116.0	216.9
정미기	Q	90	380	-	74.1	428.0	17.7	12.6	7.3	250	23.4	68.8	130.3
	R	110	450	400	136.2	350.5	23.8	22.1	3.6	400	18.4	138.6	147.0
	평균	100	415.0	400.0	105.2	389.3	20.7	17.4	5.4	325.0	20.9	103.7	138.7
연미기	Q	40	380	-	45.6	340.6	14.0	10.4	2.2	200	15.3	28.8	87.7
		40	380	-	48.2	332.7	20.5	12.4	5.5	200	13.4	25.2	77.7
	평균	40	380.0	-	46.9	336.7	17.3	11.4	3.8	200.0	14.4	27.0	82.7
전체 평균		125.3	318.3	441.7	132.0	336.2	18.5	17.6	24.0	337.5	16.6	82.2	146.1
최대		-	-	-	-	-	58.1	38.8	94.9	450.0	23.4	138.6	269.0
최소		-	-	-	-	-	3.4	3.8	2.2	200.0	13.4	25.2	77.7

표 3-2-14. 5개소 제2세대 RPC에 설치된 사이클론+백필터 집진송풍기의 송풍량과 정압의 설계치와 측정치 비교

집진 지점	대상 RPC	설계치		측정치			(설계치-측정치)  / 설계치×100 (%)			단위기계 출구			
		송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	관경 (mm)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	ΔP×V	관경 (mm)	풍속 (m/s)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)
왕겨 풍구	P	180	250	400	273.0	273.0	51.7	9.2	65.6	400	30.9	232.7	38.0
정미기	O	120	550	400	132.7	600.0	10.6	9.1	20.6	400	15.2	114.6	114.0
	P	60	-	250	71.6	455.0	19.3	-	6.4	250	16.2	47.7	107.0
	평균	90.0	550.0	325.0	102.2	527.5	15.0	9.1	13.5	325.0	15.7	81.2	110.5
연미기	P	60	580	250	73.5	473.0	22.5	18.4	0.1	150	17.7	18.8	95.0
										150	22.1	23.5	119.0
전체 평균		135.0	400.0	362.5	187.6	400.3	26.0	12.2	23.2	270.0	20.4	87.5	94.6
최대		-	-	-	-	-	51.7	18.4	65.6	400.0	30.9	232.7	119.0
최소		-	-	-	-	-	10.6	9.1	0.1	150.0	15.2	18.8	38.0

○ 한편, 후술하는바와 같이 에어덕트내 적정 풍속은 18m/sec를 설계기준으로 하였고, 설계회사에서도 에어덕트 설계시 18m/sec를 기준으로 정압강하를 계산하고 있었으나 실제 단위기계출구 에어덕트내의 풍속은 12.0~30.9m/sec로서 일정하지 않아 설계 송풍량과 정압 및 측정 송풍량과 정압에 차이가 발생하는 원인중 하나로 나타났음

○ 다음 표 3-2-15~3-2-17은 5개소의 CRPC에 설치된 백필터, 사이클론 및 사이클론+백필터 형태로 설치된 집진기 전단과 후단의 에어덕트에서 송풍량과 정압차이를 나타낸 것임

표 3-2-15. 백필터 전단과 후단의 에어덕트에서 송풍량 및 정압 차이

집진대상	대상 CRPC	백필터 전단(A)		백필터 후단(B)		백필터 후단과 전단의 차이(B-A)	
		송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)
현미부전체	N	-	-	319.4	360.0	-	-
	O	201.7	165.0	312.2	367.0	110.5	202.0
		259.1	164.0	308.6	371.0	49.5	207.0
	P	368.7	163.0	298.8	269.0	-69.9	106.0
	Q	235.2	159.7	258.4	247.5	23.2	87.8
		194.5	176.4	222.3	248.0	27.8	71.6
	R	290.1	280.0	256.6	366.5	-33.5	86.5
평균(절대치)	258.2	184.7	282.3	318.4	52.4	126.8	
원료투입부	P	117.1	127.0	119.7	233.0	2.6	106.0
종합정선기	N	-	-	214.2	250.0	-	-
		-	-	173.2	273.0	-	-
	O	357.9	227.0	330.3	343.0	-27.6	116.0
	P	136.2	339.0	161.2	376.0	25.0	37.0
	Q	205.6	164.0	209.5	339.5	3.9	175.5
		-	-	216.2	331.0	216.2	331.0
	R	157.7	161.0	153.5	305.5	-4.2	144.5
평균(절대치)	214.4	222.8	208.3	316.9	55.4	160.8	
왕겨풍구	N	-	-	175.1	140.0	-	-
		-	-	175.2	155.0	-	-
	O	257.8	100.0	337.0	356.0	79.2	256.0
	평균(절대치)	257.8	100.0	229.1	217.0	79.2	256.0
현미석발기	N	-	-	141.3	156.0	-	-
		-	-	152.0	155.0	-	-
	O	278.2	215.0	263.0	360.0	73.9	145.0
		100.0	-				
	P	109.0	267.0	122.1	319.0	13.1	52.0
	R	93.8	299.5	95.2	350.5	1.4	51.0
평균(절대치)	145.3	260.5	154.7	268.1	29.5	82.7	
백미부전체	P	190.6	155.0	269.9	255.0	79.3	100.0
백미부, 포장부 전체	O	178.3	133.0	192.3	408.0	14.0	275.0
정미기	N	-	-	151.0	460.0	-	-
		-	-	176.0	378.0	-	-
평균(절대치)	-	-	163.5	419.0	-	-	
연미기	N	-	-	37.1	445.0	-	-
		36.7	363.0	37.9	513.0	1.2	150.0
	평균(절대치)	36.7	363.0	37.5	479.0	1.2	150.0
포장부전체	P	180.4	133.0	178.5	185.0	-1.9	52.0
백필터배출용	N	-	-	104.7	298.0	-	-
평균		175.4	186.5	176.4	308.9	35.0	145.5



표 3-2-16. 사이클론 전단과 후단의 에어덕트에서 송풍량 및 정압 차이

집진대상	대상 CRPC	사이클론 전단(A)		사이클론 후단(B)		사이클론 후단과 전단의 차이(B-A)	
		송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)
백미부 전체	N	-	-	240.1	342.8	-	-
	Q	101.6	224.7	131.6	280.2	30.0	55.5
	R	165.3	157.5	158.6	327.5	-6.7	170.0
	평균(절대치)	133.5	191.1	176.8	316.8	18.4	112.8
포장부전체	N	-	-	168.7	308.0	-	-
	Q	152.1	126.0	161.4	290.7	9.3	164.7
	R	139.8	218.5	128.7	333.0	-11.1	114.5
	평균(절대치)	146.0	172.3	152.9	310.6	10.2	139.6
현미석발기	Q	92.7	283.3	135.2	347.0	42.5	63.7
		118.3	195.0	221.4	308.1	103.1	113.1
	평균(절대치)	105.5	239.2	178.3	327.6	72.8	88.4
정미기	Q	83.8	308.3	74.1	428.0	-9.7	119.7
	R	137.4	175.5	136.2	350.5	-1.2	175.0
	평균(절대치)	110.6	241.9	105.2	389.3	5.5	147.4
연미기	Q	49.2	205.6	45.6	340.6	-3.6	135.0
		44.9	196.5	48.2	332.7	3.3	136.2
	평균(절대치)	47.1	201.1	46.9	336.7	3.5	135.6
평균		108.5	209.1	132.0	336.2	22.1	124.7

표 3-2-17. 사이클론+백필터의 전단과 후단의 에어덕트에서 송풍량 및 정압 차이

집진대상	대상 CRPC	집진부 전단(A)		집진부 후단(B)		집진부 후단과 전단의 차이(B-A)	
		송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)
왕겨풍구	P	232.7	38.0	273.0	273.0	40.3	235.0
정미기	O	173.8	318.0	132.7	600.0	-36.1	361.0
		163.8	160.0				
	P	61.6	242.0	71.6	455.0	10.0	213.0
	평균(절대치)	133.1	240.0	102.2	527.5	23.1	287.0
연미기	P	61.9	243.0	73.5	473.0	-7.6	130.0
		100.2	443.0				
평균		155.3	224.0	187.6	400.3	31.7	261.0

- 표에서 알 수 있듯이 백필터의 경우 정압차이가 평균 145.5mmAq(37.0~331.0mmAq)이었으며, 사이클론은 평균 124.7mmAq(55.5~175.0mmAq), 사이클론+백필터는 평균 261.0mmAq(130.0~361.0mmAq)정도를 나타내었음. 일반적으로 집진기에서의 정압변화는 여과포 통과속도, 분진의 종류, 탈진주기 등에 따라 다르나 일반적으로 설계회사에서 반영하고 있는 집진기종류별 정압차이는 백필터는 100~120mmAq, 사이클론은 80~100mmAq정도임을 감안할 때 지나치게 정압차이가 크고 범위도 넓어 적정 설계조건하에서 설치되었는지에 대한 검토가 필요하였음
- 또한, 표에서 알 수 있듯이 백필터의 경우 백필터 전후의 송풍량차이는 평균 35.0m<sup>3</sup>/min(-69.9~216.2m<sup>3</sup>/min), 사이클론은 22.1m<sup>3</sup>/min(-11.1~103.1m<sup>3</sup>/min), 사이클론+백필터의 경우 평균 31.7m<sup>3</sup>/min(-36.1~40.3m<sup>3</sup>/min)수준을 나타내었음. 백필터 및 사이클론에서 외부공기의 유입 및 유출을 방지하기 위해 air lock기능을 가진 로터리밸브를 사용하고 있으나 모든 집진기에서 풍량이 변화하였고, 특히 대단히 큰 차이를 나타내는 경우가 있어 로터리밸브의 air lock기능에 대해 재검토가 필요하였음

## 다) CRPC에 설치되는 집진시스템 생산현황조사

### ① 집진시스템의 형태 및 가격

- 현재 설치되어 있는 집진시스템을 보다 잘 이해하고, 문제점을 도출하여 친환경 집진시스템의 개발에 활용하기 위하여 RPC에 집진시스템을 납품하는 회사의 제품을 조사하였음. 2007년부터 진행된 18개소의 제2세대 RPC 가공시설현대화에 설치된 집진시스템 생산업체는 총 7개 업체였으며, 7개 업체 모두 백필터를 생산하고 있었고, 사이클론은 5개 업체에서 생산하고 있었으며, 세부적인 생산제품의 사양은 다음 표 3-2-19~3-2-25와 같았음
- 표에서 알 수 있듯이 일반적으로 제조하고 있는 백필터는 60~500m<sup>3</sup>/min 범위에서 다양한 송풍량의 제품이 생산되고 있었으며, 백필터 집진송풍기의 소요동력은 다음 표 3-2-18과 같이 평균 0.092kW/m<sup>3</sup>/min(0.06~0.15kW/m<sup>3</sup>/min)수준으로 제조회사별로, 모델별로 일정하지는 않았음
- 집진시스템의 가격은 집진량, 필터의 형태에 따라 차이는 있었지만 업체에서 제시한 집진량 1m<sup>3</sup>/min 당 가격은 백필터가 평균 14.6만원(79,714~460,000원/m<sup>3</sup>/min, 송풍기 및 로터리밸브가격 제외)수준으로 사이클론의 약 2.5배 수준이었으며, 전문 설계회사의 기준금액과는 다소 차이가 있었음. 한편, 백(Bag)이 되는 여과포 가격이 6,000~9,000원/m<sup>2</sup>(카트리지는 40,000~50,000원/개) 수준임을 감안할 때 백필터 가격에서 여과포의 가격은 1%이내가 될 것으로 추정되었음
- 한편, 사이클론의 경우 주로 집진송풍량보다는 에어덕트 관경으로 처리량을 표시하고 있었으며, 가격은 각 제조회사 및 집진송풍량에 따라 차이는 있지만 평균 5.8만원 수준으로 백필터의 약 39.4%수준으로 매우 저렴하였으며, 로터리밸브의 가격도 평균 298만원 수준(1,900,000~4,500,000원)수준으로 제조회사 및 용량에 따라 큰 차이가 있었음

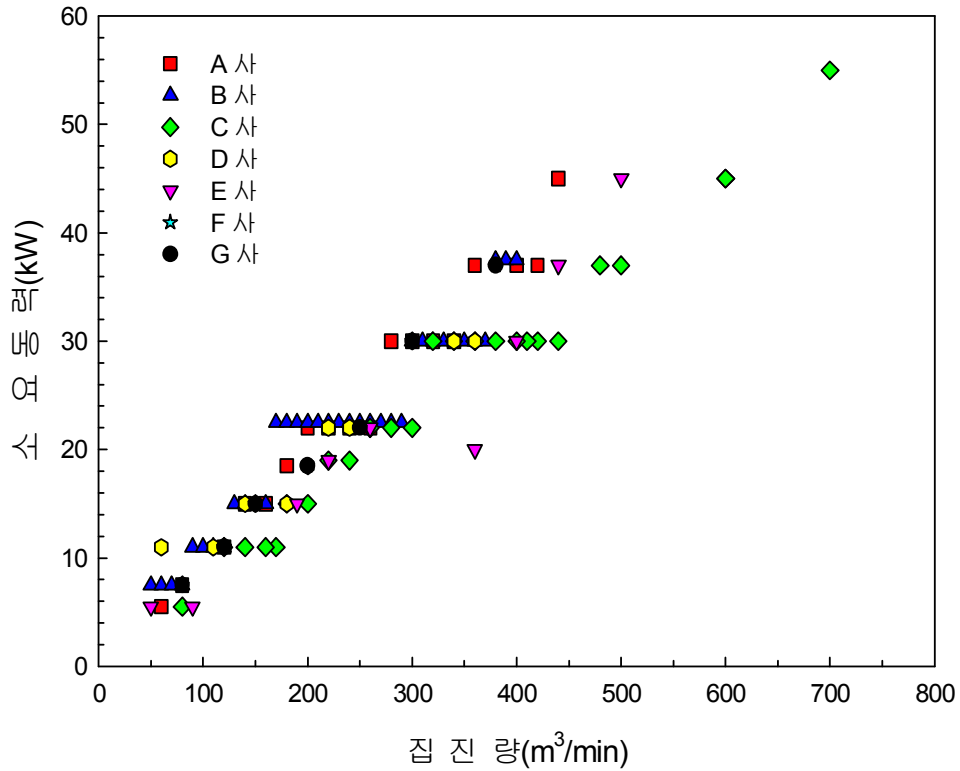


그림 3-2-7. 백필터 제조회사에 추천한 집진량에 따른 소요동력

표 3-2-18. 제조회사별 백필터 집진송풍기의 집진량별 소요동력

제조회사	kW/m <sup>3</sup> /min		
	평균	최대	최소
강산엔지니어링	0.10	0.11	0.08
아이디알시스템	0.10	0.15	0.08
화영기업	0.08	0.09	0.06
신한환경기술(주)	0.10	0.18	0.08
거화환경	0.08	0.11	0.06
경원엔지니어링	0.09	0.10	0.09

표 3-2-19. 강산엔지니어링에서 생산하는 백필터의 사양

집진량 (m <sup>3</sup> /min)	송풍기 소요동력 (kW)	송풍기 정압 (mmAq)	규격 (가로× 세로)	여과포 통과속도 (m/min)	흡입구경 (mm)	백(bag)사양			Pulse 소요 공기량 (m <sup>3</sup> /min)	Header size (Φ×m)	Pulse 주기 (sec)	Diaphragm		Solenoid valve		가격 (천원)
						백크기 (Φ×L, mm)	백수	여과포종류				Model	규격	Model	규격 (mm)	
440	45	300	2,200	4.4	750	120×3,000	88	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.8	200×200×2,033	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	40,000
420	37	300	2,200	4.2	750	120×3,000	88	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.8	200×200×2,033	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	40,000
400	37	300	2,050	4.6	700	120×3,000	77	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.64	200×200×1,837	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	36,500
360	37	300	1,941	4.7	650	120×3,000	68	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.64	200×200×1,747	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	32,500
340	30	300	1,941	4.4	650	120×3,000	68	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,747	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	32,000
320	30	300	1,650	4.2	600	120×3,000	68	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,624	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	30,000
300	30	300	1,650	4.8	600	120×2,440	68	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,624	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	29,000
280	30	300	1,650	4.5	600	120×2,440	68	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,624	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	27,000
260	22	300	1,650	4.4	550	120×3,000	52	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,624	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	26,500
240	22	300	1,600	4.1	550	120×3,000	52	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,181	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	25,000
220	22	300	1,600	4.6	550	120×2,440	52	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,181	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	24,200
200	22	300	1,600	4.2	500	120×2,440	52	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,181	30	DP-KIT-40S	40A	JICR	40A	24,200
180	18.5	300	1,350	4.5	450	120×2,440	44	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,108	30	DP-KIT-25	25A	JICR	25A	21,500
160	15	300	1,350	4.0	450	120×2,440	44	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,108	30	DP-KIT-25	25A	JICR	25A	19,000
140	15	300	1,350	3.9	400	120×3,000	32	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×1,108	30	DP-KIT-25	25A	JICR	25A	18,000
120	11	300	1,250	4.3	400	120×3,000	25	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×905	30	DP-KIT-25	25A	JICR	25A	17,000
80	7.5	300	1,250	3.5	350	120×2,440	25	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×905	30	DP-KIT-25	25A	JICR	25A	14,000
60	5.5	300	900	4.4	300	120×3,000	12	P.E 550g/m <sup>2</sup>	0.376	200×200×594	30	DP-KIT-25	25A	JICR	25A	14,000

표 3-2-20. 아이디알시스템에서 생산하는 백필터의 사양

집진량 (m/min)	송풍기 소요동력 (kW)	송풍기정압 (mmAq)	규격 (가로× 세로)	여과포통과 속도(m/min)	흡입구경 (mm)	백(bag)사양			Pulse 소요 공기량 (m <sup>3</sup> /min)	Header size (Φ×m)	Pulse 주기 (sec)	Diaphragm		Solenoid valve										
						백크기 (Φ×L, mm)	백수	여과포종류				Model	규격	Model	규격 (mm)									
50	7.5	미강용 450 / 일반 집진용 300	Φ1100× 3758 (좌대& 에어록 제외)	16.53	180×280	Φ162×1500 여과면적 3.375m <sup>2</sup>			0.237	Φ200	160초/0.2초	4ea/40초	TH-4825-C	1"	25A									
60	7.5			19.84					0.237	Φ200					25A									
70	7.5			23.15					0.237	Φ200					25A									
80	7.5			26.46					0.237	Φ200					25A									
90	11			29.76					0.237	Φ200					25A									
100	11	300	Φ1500× 4387 (좌대&에어록 제외)	11.11	300×500				0.3555	Φ200	160초/0.2초	6ea/26.67초	TH-4825-C	1"	25A									
110	11			12.22					0.3555	Φ200					25A									
120	11			13.33					0.3555	Φ200					25A									
130	15			14.44					0.3555	Φ200					25A									
140	15			15.56					0.3555	Φ200					25A									
150	15	300	Φ2000× 5252 (좌대&에어록 제외)	16.67	400×650				0.3555	Φ200	160초/0.2초	6ea/26.67초	TH-4825-C	1"	25A									
160	15			10.26					0.3555	Φ200					40A									
170	22.5			10.90					0.3555	Φ200					40A									
180	22.5			11.54					0.3555	Φ200					40A									
190	22.5			12.18					0.3555	Φ200					40A									
200	22.5	300	Φ2000× 5252 (좌대&에어록 제외)	12.82	400×650				0.3555	Φ200	160초/0.2초	6ea/26.67초	TH-4840-C	1 1/2"	40A									
210	22.5	300		13.46					0.3555	Φ200					40A									
220	22.5	300		14.10					0.3555	Φ200					40A									
230	22.5	300		14.74					0.3555	Φ200					40A									
240	22.5	300		15.38					0.3555	Φ200					40A									
250	22.5	300		16.03					0.3555	Φ200					40A									
260	22.5	300		16.67					0.3555	Φ200					40A									
270	22.5(30)	300		17.31					0.3555	Φ200					40A									
280	22.5(30)	300		17.95					0.3555	Φ200					40A									
290	22.5(30)	300		14.32					450×750									0.474	Φ200	160초/0.2초	8ea/20초	TH-4840-C	1 1/2"	40A
300	30	300		14.81														0.474	Φ200					40A
310	30	300		15.31														0.474	Φ200					40A
320	30	300		15.80														0.474	Φ200					40A
330	30	300		16.30														0.474	Φ200					40A
340	30(37.5)	300		16.79														0.474	Φ200					40A
350	30(37.5)	300	17.28	0.474	Φ200	40A																		
360	30(37.5)	300	17.78	0.474	Φ200	40A																		
370	30(37.5)	300	18.27	0.474	Φ200	40A																		
380	37.5	300	18.77	0.474	Φ200	40A																		
390	37.5	300	19.26	0.474	Φ200	40A																		
400	37.5	300	19.75	0.474	Φ200	40A																		

표 3-2-21. 화영기업에서 생산하는 백필터의 사양

집진량 (m <sup>3</sup> /min)	송풍기 소요동력 (kW)	송풍기 정압 (mmAq)	규격 (가로× 세로)	여과포통과 속도 (m/min)	흡입구경 (mm)	백(bag)사양			pulse 소요공기량 (m <sup>3</sup> /min)	Header size (Φ×m)	Pulse 주기 (sec)	Diaphragm		Solenoid valve		가격 (천원)
						백크기 (Φ×L, mm)	백수	여과포종류				Model	규격	Model	규격 (mm)	
700	55(75)	250 (300)	Φ2,020 × H6,451	6.73	SQ.500× 1,200	120×3,000	104	POLYESTER FELT	1.8	Φ1.8×H0.3	5~10s	HYPV-13 5	Φ60	VT3122- 2G	560× 280	55,800
600	45(55)	250 (300)	Φ2,020 × H5,851	6.74	SQ.500× 1,100	120×2,400	104	중량: 500g/m <sup>2</sup>	1.8	Φ1.8×H0.3	5~10s					53,500
600	45(55)	250 (300)	Φ1,950 × H6,370	6.67	SQ.550 × 900	120×3,000	90	두께: 1.8mm	1.6	Φ1.7×H0.3	5~10s					49,200
480	37(45)	250 (300)	Φ1,950 × H5,770	6.67	SQ.550× 900	120×2,400	90	제전, 발수	1.6	Φ1.7×H0.3	5~10s					47,100
500	37(45)	250 (300)	Φ1,840 × H6,300	6.41	SQ.500× 900	120×3,000	78	제전, 발수	1.4	Φ1.6×H0.3	5~10s					43,400
440	30(37)	250 (300)	Φ1,840 × H5,700	6.57	SQ.500× 800	120×2,400	78	제전, 발수	1.4	Φ1.6×H0.3	5~10s					41,500
420	30(37)	250 (300)	Φ1,700 × H5,950	6.56	SQ.450× 800	120×3,000	64	제전, 발수	1.2	Φ1.4×H0.3	5~10s					37,200
410	30(37)	250 (300)	Φ1,700 × H5,950	6.41	SQ.450× 800	120×3,000	64	제전, 발수	1.2	Φ1.4×H0.3	5~10s					37,200
400	30(37)	250 (300)	Φ1,700 × H5,950	6.25	SQ.450× 800	120×3,000	64	제전, 발수	1.2	Φ1.4×H0.3	5~10s					37,200
380	30(37)	250 (300)	Φ1,700 × H5,950	5.94	SQ.450× 750	120×3,000	64	제전, 발수	1.2	Φ1.4×H0.3	5~10s					37,200
360	30(30)	250 (300)	Φ1,700 × H5,350	6.55	SQ.450× 750	120×2,400	64	제전, 발수	1.2	Φ1.4×H0.3	5~10s					35,500
340	30(30)	250 (300)	Φ1,500 × H5,676	6.54	SQ.360× 750	120×3,000	52	제전, 발수	1.1	Φ1.3×H0.3	5~10s					31,500
320	30(30)	250 (300)	Φ1,500 × H5,676	6.15	SQ.360× 750	120×3,000	52	제전, 발수	1.1	Φ1.3×H0.3	5~10s					31,500

(표 3-2-21 계속)

집진량 (m <sup>3</sup> /min)	송풍기 소요동력 (kW)	송풍기 정압 (mmAq)	규격 (가로× 세로)	여과포 통과속도 (m/min)	흡입구경 (mm)	백(bag)사양			pulse 소요공기량 (m <sup>3</sup> /min)	Header size (Φ×m)	Pulse 주기 (sec)	Diaphragm		Solenoid valve		가격 (천원)
						백크기 (Φ×L, mm)	백수	여과포 종류				Model	규격	Model	규격 (mm)	
300	22(30)	250 (300)	Φ1,500× H5,076	6.71	SQ.360 × 750	120×2,400	52	제전, 발수	1.1	Φ1.3 × H0.3	5~10s	HYPV- 135	Φ60	VT3122- 2G	560× 280	30,000
280	22(30)	250 (300)	Φ1,500× H5,076	6.26	SQ.360 × 750	120×2,400	52	제전, 발수	1.1	Φ1.3 × H0.3	5~10s					30,000
260	22(30)	250 (300)	Φ1,340× H5,436	6.67	SQ.300 × 750	120×3,000	39	제전, 발수	0.8	Φ1.1 × H0.3	5~10s					24,800
240	19(22)	250 (300)	Φ1,340× H5,436	6.15	SQ.300 × 750	120×3,000	39	제전, 발수	0.8	Φ1.1 × H0.3	5~10s					24,800
220	19(22)	250 (300)	Φ1,340× H4,836	6.57	SQ.300 × 750	120×2,400	39	제전, 발수	0.8	Φ1.1 × H0.3	5~10s					23,500
200	15(19)	250 (300)	Φ1,340× H4,836	5.97	SQ.300 × 650	120×2,400	39	제전, 발수	0.8	Φ1.1 × H0.3	5~10s					23,500
180	15(15)	250 (300)	Φ1,340× H4,836	5.37	SQ.300 × 650	120×2,400	39	제전, 발수	0.8	Φ1.1 × H0.3	5~10s					23,500
170	11(15)	250 (300)	Φ1,140× H5,125	6.54	SQ.270 × 600	120×3,000	26	제전, 발수	0.6	Φ1.1 × H0.3	5~10s					18,300
160	11(15)	250 (300)	Φ1,140× H5,125	6.15	SQ.270 × 600	120×3,000	26	제전, 발수	0.6	Φ0.9 × H0.3	5~10s					18,300
140	11(11)	250 (300)	Φ1,140× H4,525	6.25	SQ.270 × 500	120×2,400	26	제전, 발수	0.6	Φ0.9 × H0.3	5~10s					17,100
120	11(11)	250 (300)	Φ1,140× H4,525	5.36	SQ.270 × 500	120×2,400	26	제전, 발수	0.6	Φ0.9 × H0.3	5~10s					17,100
80	5.5(7.5)	250 (300)	Φ1,000× H4,322	5.16	SQ.215 × 400	120×2,400	18	제전, 발수	0.5	Φ0.8 × H0.3	5~10s					13,800

표 3-2-22. 신한환경기술(주)에서 생산하는 백필터의 사양

집진량 (m <sup>3</sup> /min)	송풍기 소요동력 (kW)	송풍기 정압 (mmAq)	규격 (가로× 세로)	여과포 통과속도 (m/min)	흡입구경 (mm)	백(bag)사양			pulse 소요공기량 (m <sup>3</sup> /min)	Header size (Φ×m)	Pulse 주기 (sec)	Diaphragm		Solenoid valve		가격 (천원)
						백크기 (Φ×L, mm)	백수	여과포 종류				Model	규격	Model	규격 (mm)	
360	30	300	2,445W × 2,445L	18	Φ 650	Φ156×3m	100	제진, 발수	0.494	Φ300 × 2.5m	12	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	40,170	
340	30	300	2,445W × 2,445L	18	Φ 650	Φ156×3m	100	제진, 발수	0.494	Φ300 × 2.5m	12	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	40,170	
300	30	300	2,208W × 2,445L	18	Φ 600	Φ156×3m	90	제진, 발수	0.494	Φ300 × 2.5m	12	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	40,170	
240	22	300	2,208W × 2,208L	18	Φ 550	Φ156×2.5m	81	제진, 발수	0.444	Φ250 × 2.3m	13	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	33,915	
220	22	350	1,971W × 2,208L	18	Φ 500	Φ156×2.5m	72	제진, 발수	0.444	Φ250 × 2.3m	13	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	33,661	
200	18.5	300	1,971W × 2,208L	18	Φ 500	Φ156×2.5m	72	제진, 발수	0.444	Φ250 × 2.3m	13	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	33,661	
180	15	250	1,971W × 1,971L	18	Φ 450	Φ156×2.5m	64	제진, 발수	0.395	Φ250 × 2.0m	13	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	30,989	
150	15	300	1,971W × 1,971L	18	Φ 450	Φ156×2m	64	제진, 발수	0.395	Φ250 × 2.0m	13	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	29,864	
140	15	300	1,971W × 1,971L	25	Φ 350	Φ156×2m	64	제진, 발수	0.395	Φ250 × 2.0m	13	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	29,745	
110	11	300	1,734W × 1,734L	18	Φ 350	Φ156×2m	49	제진, 발수	0.345	Φ250 × 1.8m	13	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	25,421	
60	11	580	1,497W × 1,497L	25	Φ 250	Φ156×1.5m	36	제진, 발수	0.296	Φ200 × 1.5m	13	JICI40(D)	40A	SOLENOID COIL 적용	20,871	



표 3-2-23. 거화환경에서 생산하는 백필터의 사양

집진량 (m <sup>3</sup> /min)	송풍기 소요동력 (kW)	송풍기 정압 (mmAq)	규격 (가로× 세로)	여과포 통과속도 (m/min)	흡입구경 (mm)	백(bag)사양			pulse 소요공기량 (m <sup>3</sup> /min)	Header size (Φ×m)	Pulse 주기 (sec)	Diaphragm		Solenoid valve		가격 (천원)
						백크기 (Φ×L, mm)	백수	여과포 종류				Model	규격	Model	규격 (mm)	
500	45	300	Φ2,540	2.5~ 4.5	420× 1220	125×3,000, 2,440	102	pe, pp -제전발수	0.68	250×180×1,200	10~20	JICR-25, 40	Φ25, 40	JIES-302	8	48,000
440	37	300	Φ2,430	2.5~ 4.5	420× 1220	125×3,000, 2440	100	pe, pp -제전발수	0.65	250×180×1,100	10~20	JICR-25, 40	Φ25, 40	JIES-302	8	46,000
400	30	300	Φ2,330	2.5~ 4.5	420× 1220	125×3,000, 2,440	96	pe, pp -제전발수	0.6	250×180×1,000	10~20	JICR-25, 40	Φ25, 40	JIES-302	8	44,000
360	20	300	Φ2,240	2.5~ 4.5	420× 1220	125×3,000, 2,440	90	pe, pp -제전발수	0.54	250×180×950	10~20	JICR-25	Φ25	JIES-302	8	41,000
260	22	300	Φ2,100	2.5~ 4.5	420× 1220	125×3,000, 2,440	44	pe, pp -제전발수	0.34	250×180×900	10~20	JICR-25	Φ25	JIES-302	8	34,000
220	19	300	Φ1,900	2.5~ 4.5	300× 700	125×3,000, 2,440	30	pe, pp -제전발수	0.25	250×180×850	10~20	JICR-25	Φ25	JIES-302	8	32,000
190	15	250	Φ1,700	2.5~ 4.5	300× 700	125×3,000, 2,440	30	pe, pp -제전발수	0.2	250×180×800	10~20	JICR-25	Φ25	JIES-302	8	30,000
90	5.5	250	Φ1,500	2.5~ 4.5	300× 610	125×3,000, 2,440	12	pe, pp -제전발수	0.07	250×180×750	10~20	JICR-25	Φ25	JIES-302	8	25,000
50	5.5	250	Φ970	2.5~ 4.5	200× 300	125×3,000, 2,440	9	pe, pp -제전발수	0.07	250×180×700	10~20	JICR-25	Φ25	JIES-302	8	23,000

표 3-2-24. 경원엔지니어링에서 생산하는 백필터의 사양

집진량 (m <sup>3</sup> /min)	송풍기 소요동력 (kW)	송풍기 정압 (mmAq)	규격 (가로× 세로)	여과포 통과속도 (m/min)	흡입구경 (mm)	백(bag)사양			pulse 소요공기량 (m <sup>3</sup> /min)	Header size (Φ×m)	Pulse 주기 (sec)	Diaphragm		Solenoid valve		가격 (천원)
						백크기 (Φ×L, mm)	백수	여과포 종류				Model	규격	Model	규격 (mm)	
380	37	320	2,400× 5,100	2.9	480× 1,400	156×3,000	90	pe, pp -제전발수	1.1	200A×2,500	15	TH- 4,840-C	40	Diaphragm (내장형)	54,000	
300	30	320	2,200× 5,100	2.8	440× 1,300	156×3,000	74	pe, pp -제전발수	0.95	200A×2,500	15	TH- 4,840-C	40		46,000	
250	22	300	2,000× 5,100	2.9	400× 1,200	156×3,000	58	pe, pp -제전발수	0.72	200A×2,000	15	TH- 4,840-C	40		38,000	
200	18.5	300	1,800× 5,100	2.7	360× 1,100	156×3,000	50	pe, p p -제전발수	0.62	200A×2,000	15	TH- 4,840-C	40		35,000	
150	15	300	1,600× 5,100	2.9	320× 950	156×3,000	36	pe, pp -제전발수	0.45	200A×2,000	15	TH- 4,840-C	40		30,000	
120	11	300	1,400× 5,100	2.9	280× 800	156×3,000	28	pe, pp -제전발수	0.35	200A×1,800	15	TH- 4,840-C	40		24,000	
80	7.5	300	1,200× 5,100	2.8	240× 700	156×3,000	20	pe, pp -제전발수	0.25	200A×1,800	15	TH- 4,840-C	40		18,000	
380	37	320	2,880× 2,440	2.9	Φ 700	156×2,400	120	pe, pp -제전발수	1.2	200A×2,500	15	TH- 4,840-C	40		Diaphragm (내장형)	53,000
300	30	320	2,440× 2,200	2.8	Φ 650	156×2,400	90	pe, pp -제전발수	1	200A×2,500	15	TH- 4,840-C	40	45,000		
250	22	300	2,440× 2,000	2.9	Φ 600	156×2,400	80	pe, pp -제전발수	0.8	200A×2,000	15	TH- 4,840-C	40	38,000		
200	18.5	300	2,000× 2,000	2.7	Φ 550	156×2,400	64	pe, pp -제전발수	0.65	200A×2,000	15	TH- 4,840-C	40	36,000		
150	15	300	2,000× 1,500	2.9	Φ 500	156×2,400	48	pe, pp -제전발수	0.5	200A×2,000	15	TH- 4,840-C	40	31,000		
120	11	300	1,500× 1,500	2.9	Φ 400	156×2,400	36	pe, pp -제전발수	0.4	200A×1,800	15	TH- 4,840-C	40	24,500		
80	7.5	300	1,330× 1,330	2.8	Φ 350	156×2,400	25	pe, pp -제전발수	0.25	200A×1,800	15	TH- 4,840-C	40	19,000		

표 3-2-25. 각 업체에서 생산하는 사이클론의 사양

업 체 명	생산품목	SIZE	포집속도	흡입구(경)	금 액
	싸이크론	( $\Phi \times L$ , mm)	m/sec	가로 $\times$ 세로	설계가(원)
강산 엔지니어링	$\Phi 2,000$	$\Phi 2,000 \times 6,000$	15	480 $\times$ 960	7,900,000
	$\Phi 1,900$	$\Phi 1,900 \times 5,700$	15	450 $\times$ 900	7,400,000
	$\Phi 1,700$	$\Phi 1,700 \times 5,100$	15	430 $\times$ 860	6,900,000
	$\Phi 1,600$	$\Phi 1,600 \times 4,800$	15	400 $\times$ 800	6,300,000
	$\Phi 1,500$	$\Phi 1,500 \times 4,500$	15	380 $\times$ 760	6,000,000
	$\Phi 1,400$	$\Phi 1,400 \times 4,200$	15	350 $\times$ 700	5,800,000
	$\Phi 1,300$	$\Phi 1,300 \times 1,900$	15	320 $\times$ 640	5,450,000
	$\Phi 1,200$	$\Phi 1,200 \times 3,600$	15	300 $\times$ 600	5,050,000
	$\Phi 1,100$	$\Phi 1,100 \times 3,300$	15	270 $\times$ 540	4,800,000
	$\Phi 1,000$	$\Phi 1,000 \times 3,000$	15	250 $\times$ 500	4,600,000
	$\Phi 900$	$\Phi 900 \times 2,700$	15	240 $\times$ 480	4,500,000
거화환경산업	$\Phi 800$	$\Phi 800 \times 2,400$	15	220 $\times$ 440	4,400,000
	$\Phi 700$	$\Phi 700 \times 2,100$	15	200 $\times$ 400	4,200,000
	$\Phi 710$	$\Phi 710 \times 2,930$	12~15	175 $\times$ 355	5,200,000
	$\Phi 900$	$\Phi 900 \times 3,485$	12~15	225 $\times$ 450	5,400,000
	$\Phi 1,000$	$\Phi 1,000 \times 3,800$	12~15	250 $\times$ 500	5,400,000
	$\Phi 1,270$	$\Phi 1,270 \times 4,710$	12~15	320 $\times$ 635	6,000,000
	$\Phi 1,800$	$\Phi 1,800 \times 5,400$	16.8	360 $\times$ 1,050	8,400,000
	$\Phi 1,700$	$\Phi 1,700 \times 5,100$	14.7	340 $\times$ 1,000	7,000,000
	$\Phi 1,550$	$\Phi 1,550 \times 4,650$	14.7	310 $\times$ 910	6,200,000
	$\Phi 1,400$	$\Phi 1,400 \times 4,200$	14.5	280 $\times$ 820	5,400,000
	$\Phi 1,200$	$\Phi 1,200 \times 3,600$	14.8	240 $\times$ 700	4,400,000

(표 3-2-25 계속)

업 체 명	생산품목	SIZE	포집속도	흡입구(경)	금 액	
	싸이크론	( $\Phi \times L$ , mm)	m/sec	가로×세로	설계가(원)	
경원 엔지니어링	$\Phi 1,100$	$\Phi 1,100 \times 3,300$	14.2	220×640	3,800,000	
	$\Phi 900$	$\Phi 900 \times 2,700$	14.2	180×520	3,000,000	
	180 m <sup>3</sup> / min	$\Phi 1,320 \times 3.96$	18	$\Phi 450$	9,000,000	
	100 m <sup>3</sup> / min	$\Phi 960 \times 2.88$	18	$\Phi 350$	6,500,000	
	60 m <sup>3</sup> / min	$\Phi 760 \times 2.28$	25	$\Phi 450$	8,000,000	
	※ 60 m <sup>3</sup> / min는 내부 테프론코팅임.					
	10	$\Phi 320 \times 1,660$	13.02	80×160		
	20	$\Phi 450 \times 2,050$	13.47	110×225		
	30	$\Phi 550 \times 2,500$	12.99	140×275		
	40	$\Phi 635 \times 2,605$	13.02	160×320		
	50	$\Phi 710 \times 2,930$	13.41	175×355		
	신한환경기술	60	$\Phi 775 \times 3,125$	12.82	200×390	
70		$\Phi 840 \times 3,320$	13.23	210×420		
80		$\Phi 895 \times 3,485$	13.17	225×450		
90		$\Phi 950 \times 3,650$	13.16	240×475		
100		$\Phi 1,000 \times 3,800$	13.33	250×500		
120		$\Phi 1,100 \times 4,200$	13.22	275×550		
140		$\Phi 1,185 \times 4,455$	13.29	295×595		
150		$\Phi 1,270 \times 4,710$	12.30	320×635		
180		$\Phi 1,345 \times 4,935$	13.27	335×675		
200		$\Phi 1,420 \times 5,160$	13.22	355×710		
240		$\Phi 1,585 \times 5,665$	12.74	395×795		
아이디알 시스템	280	$\Phi 1,735 \times 6,105$	12.33	435×870		
	360	$\Phi 1,875 \times 6,525$	13.58	470×940		
	400	$\Phi 2,000 \times 7,100$	13.33	500×1,000		
	450	$\Phi 2,125 \times 7,475$	13.29	530×1,065		
	500	$\Phi 2,240 \times 7,820$	13.29	560×1,120		
	550	$\Phi 2,350 \times 8,150$	13.34	585×1,175		
	600	$\Phi 2,450 \times 8,450$	13.27	615×1,225		
	650	$\Phi 2,555 \times 8,465$	13.22	640×1,280		
	700	$\Phi 2,650 \times 7,050$	13.34	660×1,325		
	750	$\Phi 2,745 \times 9,330$	13.27	685×1,375		
	800	$\Phi 2,835 \times 9,605$	13.22	710×1,420		

표 3-2-26. 집진기 및 로터리밸브의 설계반영가격

업 체	집진량 1m <sup>3</sup> /min당 가격(원)		로터리밸브 가격(원)
	백필터	사이클론	
A 사	90,278~233,333		2,500,000~3,300,000
B 사	100,000~300,000		-
C 사	79,714~172,500		2,640,000~3,500,000
D 사	111,583~347,850	50,000~65,000 (테프론코팅시 133,300)	1,900,000~2,100,000
E 사	96,000~460,000		3,000,000~4,500,000
F 사	142,105~225,000		2,000,000~4,000,000
G 사	139,474~237,500		-
전체평균(113개)	145,882	57,500	2,987,647
최 소	79,714		1,900,000
최 대	460,000		4,500,000

표 3-2-27. 백필터에서 세부 항목별 가격비율

구 분		추정 가격비율(%)	비 고
상 부	Header	18	탈진장치
	밸브	15	
	소 계	33	
하 부	본체(백 설치부)	20	구조물 가격은 현장여건에 따라 차이발생
	호퍼(분진수집부)	19	
	구조물(현장 설치)	19	
	로터리밸브	8	
	소 계	66	
필 터		1	
합 계		100	

## ② 백필터의 백(bag)의 형태 및 통과속도

- 7개 회사 제품중에서 1개 회사만이 표면적을 넓히기 위해 주름이 많은 cartridge형태의 백필터를 사용하고 있었음. 여과포는 통상 발수 및 제전가공된 PE 550g/m<sup>2</sup>이 사용되고 있었으며, 백의 크기는 직경이 120~160mm, 길이는 1,500~3,000mm수준이었으며, 백의 개수는 8~102개 수준이었음
- 여과포를 통과하는 집진공기속도는 분진농도, 분진크기 및 pulse주기에 따라 차이가 발생할 수 있으나, 7개 업체에서 적용하고 있는 여과포 통과속도는 탈진을 위해 사용하지 않는 여과포를 고려하지 않을 경우 2.5~6.71m/min수준(계산치 제외)으로 업체별로, 모델별로 큰 차이를 나타내었음(표 3-2-28). 한편, 탈진을 고려할 경우 여과포 통과속도 공기속도는 업체별, 모델별로 차이는 있겠지만 앞의 속도에 비해 증가할 것으로 추정되었음

## ③ 백필터의 백(bag)의 특성

- 집진 시스템 설계인자 중 여과포는 집진 효율과 집진팬의 선정 등에 큰 영향을 미치며, RPC에서 사용하는 백필터 집진 시스템에서 사용하는 여과포는 주로 부직포로 만들어지는데, 부직포란 섬유를 직포공정을 거치지 않고, 평행 또는 부정방향(不定方向)으로 배열하고 합성수지 접착제로 결합하여 펠트모양으로 만든 것임. 원료 섬유로는 처음에는 스크림스레이온이 주로 사용되었으나, 1950년대 중반부터는 나일론 등의 합성섬유도 사용되었음
- 부직포의 가공법에는 아래 표와 같이 여러 가지 방법이 있으나, RPC에서는 주로 발수가공 및 제전가공 처리한 부직포를 사용하고 있었으며, 부직포 규격은 보통 1m<sup>2</sup>당 무게를 기준으로 부직포의 통기성이 달라지며 RPC에서는 500, 550, 600g/m<sup>2</sup>의 부직포를 사용하고 있었음
- 일반적인 부직포는 아래와 같은 종류가 있으며, 각각 부직포의 무게(g/m<sup>2</sup>), 두께(mm), 통기성(Air permeability(cc/cm<sup>2</sup>/sec) 등으로 구분되며 이에 전술한 바와 같이 사용에 따라 발수코팅, 제전가공처리가 추가되어 사용되고 있었으며, RPC에서 주로 사용하는 제전/발수 처리 모델은 FB-503/EWM이며 무게(Weight)가 500, 550, 600g/m<sup>2</sup>인 규격을 사용하고 있었음

표 3-2-28. 백필터 제조업체별 여과포의 여과속도

구분	기준송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	Bag size (Φ × L, mm)	Bag 개수	여과속도 (m/min)	총여과면적 (m <sup>2</sup> )	계산송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	여과포 사양 (g/m <sup>2</sup> )	탈진 주기 (Sec.)	에어 소모량(N m <sup>3</sup> /min)
A사	120	120×3000	25	4.3	28.54	122.73	550 (제전/ 발수)	30	0.376
	200	120×2440	52	4.2	48.39	203.26			
	300	120×2440	68	4.8	63.28	303.77			
	400	120×3000	77	4.6	87.91	404.39			
B사	100	160×1500 (3.375m <sup>2</sup> )	16	1.85 (계산치)	54.0	-	-	160	0.355
	200	160×1500 (3.375m <sup>2</sup> )	32	1.85 (계산치)	108.0				
	300	160×1500 (3.375m <sup>2</sup> )	48	1.85 (계산치)	162.0				0.474
	400	160×1500 (3.375m <sup>2</sup> )	70	1.69 (계산치)	236.25				
C사	120	120×2400	26	5.36	23.8	127.60	500 (제전/ 발수)	5~10	0.6
	200	120×2400	39	5.97	35.70	213.18			0.8
	300	120×2400	52	6.71	47.61	319.47			1.1
	400	120×3000	64	6.25	73.06	456.68			1.2
D사	110	156×2000	49	1.37 (계산치)	72.94	-	(제전/ 발수)	12~13	0.345
	200	156×2500	72	2.23 (계산치)	89.54				0.444
	300	156×3000	90	2.23 (계산치)	133.97				0.494
E사	90	125×3000	12	2.5~4.5	14.27	-	(제전/ 발수)	10~20	0.07
	220	125×3000	30	2.5~4.5	35.69				0.25
	360	125×3000	90	2.5~4.5	107.07				0.54
	400	125×3000	96	2.5~4.5	114.21				0.6
F사	120	156×3000	28	2.9	28.54	120.87	-	15	0.35
	200	156×3000	50	2.7	74.43	200.96			0.62
	300	156×3000	74	2.8	110.15	308.44			0.95
	380	156×3000	90	2.9	133.97	388.53			1.1

표 3-2-29. 부직포의 가공방법 및 특징

가공법	가공방법 및 특징
가. 모소가공 or 광택가공	분진 탈착을 쉽게 하기 위하여 표면을 거칠게 혹은 매끄럽게 처리하는 일반적인 마감처리
나. 발수가공	수분이나 습기가 여재표면에 침투되기 어렵게 처리한 마감방법
다. 발유가공	유분이나 끈적거리는 특성을 가진 분진이 Bag을 공격하여도 견딜수 있게 실리콘이나, 불소수지 계통의 약제로 마감처리
라. 내산/내알칼리성가공	강산이나 강알칼리적 특성을 가진 분진이 Bag을 공격하여도 견딜수 있게 실리콘이나, 불소수지 계통의 약제로 마감처리
마. 제전가공	분진이 서로 마찰을 일으켜 화재나 폭발위험이 있어도 이를 제어하기 위하여 Carbon이나 Sus fiber로 표면을 가공처리
바. 난연가공	입인가스중에 불씨나 불꽃이 있어도 급격히 Bag에 불이 붙지 않고 지연되도록 특수 약재를 사용하여 표면가공
사. 아크릴/우레탄 폼코팅	미세 다공질 표면을 만들어 표면여과방식 지향
아. 테프론 코팅	내약품성, 내수성, 내열성이 뛰어난 Teflon 약재를 디핑, 스프레이, 함침 등의 방법들을 사용하여 마감처리
자. 테프론 멤브레인	내약품성, 내수성, 내열성이 뛰어난 미세다공질의 Teflon Film을 연신시켜 일반 여재위에 Laminating 시킨 고난도 표면처리가공
차. 기타	내박테리아 가공, 방염가공









- 백필터의 여과포는 아래 그림과 같이 외부로부터 유입되는 공기로 인한 형상을 유지할 수 있도록 cage 외부에 부착되고 있었으며, 다른 타입으로는 여과 면적을 넓게 할 수 있다고 하는 카트리지 타입도 일부 사용되고 있었음





그림 3-2-8. 백 케이지(Bag cage)(좌) 및 카트리지가입(우)

표 3-2-30. 여과포로 사용되는 부직포의 종류 및 규격

FB-353/S			FB-403/s		
	Weight(g/m <sup>2</sup> )	350		Weight(g/m <sup>2</sup> )	400
	Thickness(mm)	1.45		Thickness(mm)	1.60
	Air permeability (cc/cm <sup>2</sup> /sec)	26		Air permeability (cc/cm <sup>2</sup> /sec)	23
	Material	P.E.T		Material	P.E.T
FB-503/M			FB-503/S		
	Weight(g/m <sup>2</sup> )	500		Weight(g/m <sup>2</sup> )	500
	Thickness(mm)	1.75		Thickness(mm)	1.75
	Air permeability (cc/cm <sup>2</sup> /sec)	16		Air permeability (cc/cm <sup>2</sup> /sec)	16
	Material	P.E.T		Material	P.E.T
FB-503/EM			FB-503/WM		
	Weight(g/m <sup>2</sup> )	500		Weight(g/m <sup>2</sup> )	500
	Thickness(mm)	1.75		Thickness(mm)	1375
	Air permeability (cc/cm <sup>2</sup> /sec)	16		Air permeability (cc/cm <sup>2</sup> /sec)	16
	Material	P.E.T		Material	P.E.T
FB-503/EWM			FB-553/M		
	Weight(g/m <sup>2</sup> )	500		Weight(g/m <sup>2</sup> )	550
	Thickness(mm)	1.75		Thickness(mm)	1.85
	Air permeability (cc/cm <sup>2</sup> /sec)	16		Air permeability (cc/cm <sup>2</sup> /sec)	14
	Material	P.E.T		Material	P.E.T

#### ④ 제진방법 및 장치

- 일반적으로 백필터에는 집진송풍량에 따라 약 8~102개의 백(bag)이 설치되어 있으며, 백에 일정시간 이상 분진이 함유된 공기가 통과하면 백이 막히게 되고 정압이 급증하게 되므로 일정시간마다 백에 부착된 분진을 제거해야 함. 일반적으로 연속식 제진방법으로는 진동형, 역세형, pulse형, sonic형, reverse형 등(이규성, 1998)이 있는데 RPC에 사용되는 제진방법은 모두 pulse형을 사용하고 있는 것으로 조사되었음
- 다음 그림 2-3은 3개 회사의 백필터 상부의 header부분을 나타낸 것으로서, 1개의 header (diaphragm 및 solenoid valve 부착)는 1열 또는 2열의 백을 담당하여 주기적으로 약 5kgf/cm<sup>2</sup>의 고압 pulse를 가하여 탈진하고 있었으며, 탈진주기는 약 2~3분(1개 header에 약 0.2초, 다음 pulse는 30~160초 후에 실시)으로 조사되었으며, 공기량은 0.3~1.8m<sup>3</sup>/min수준이었고, air compressor를 사용하였음. 한편, 회전형을 사용한 1개 업체에서는 0.5kgf/cm<sup>2</sup>의 저압을 사용하였으며, 별도의 ring blower를 설치하는 것으로 조사되었음

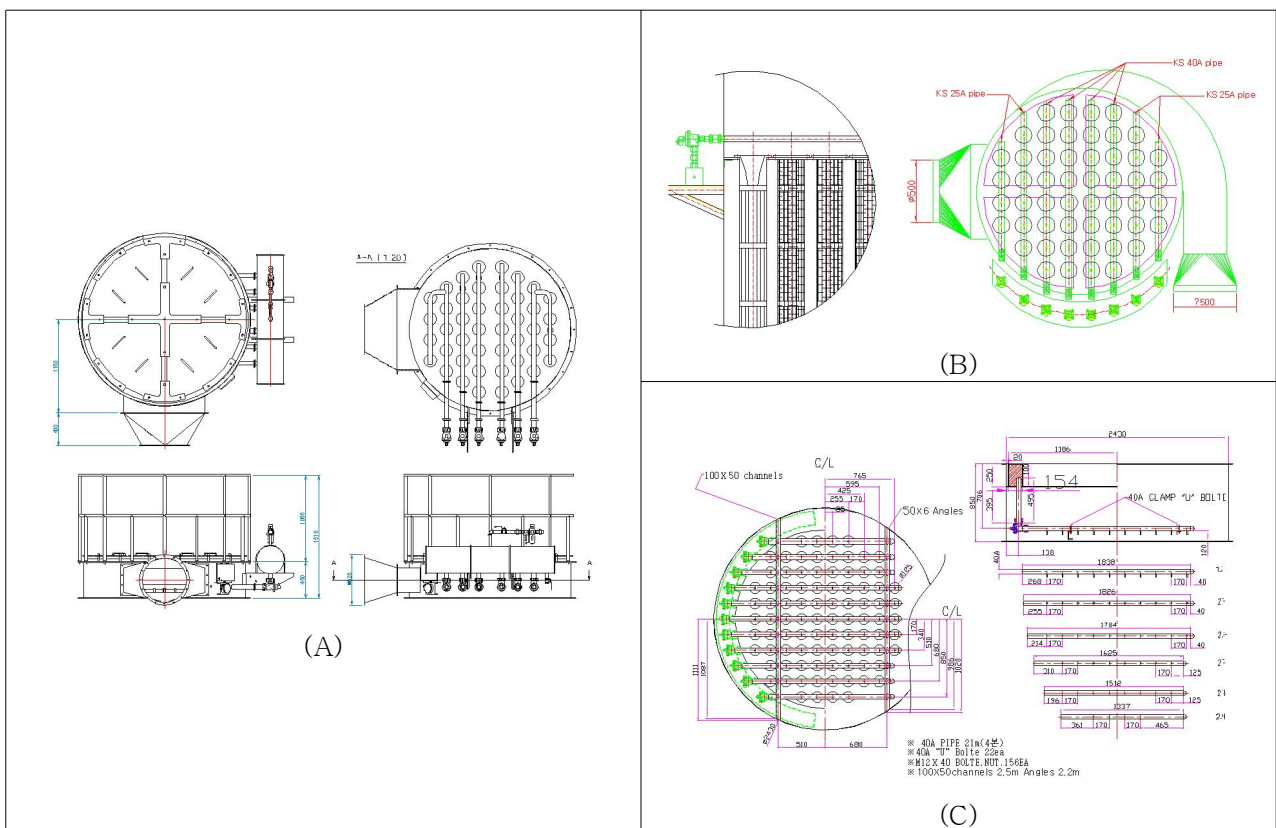


그림 3-2-9. 3개 회사에서 제조하는 백필터 상부 header 부분

### 3. RPC 공정별 집진체계 확립

#### 가. 실험방법

- RPC 가공공정에서 집진에 의한 함수율저하 정도를 살펴보기 위하여 앞의 이송기기에 의한 함수율 및 싸라기변화 측정에 사용한 6개소의 제2세대 RPC의 각 주요 공정에서의 함수율 변화를 요약 정리하여 집진에 의한 함수율 변화의 영향을 검토하였음
- 또한, 18개소 제2세대 RPC 중에서 현미부가 설치되지 않는 RPC 및 시설 운영특성상 부산물을 계량할 수 없는 RPC를 제외한 14개소의 제2세대 RPC의 현미부 및 백미부의 투입 곡물과 각 주요 단위기계에서 시료를 채취하여 함수율을 측정하여 가공공정 집진에 의한 함수율 변화를 측정하였는데, 이 결과는 농협중앙회의 감모관련 과제(김 등, 2012)와 결과를 공유한다는 것을 밝혀 둠
- 한편, 집진량이 쌀 품질에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 앞의 분진의 종말속도 측정에 사용한 풍동을 이용하여 실제 집진송풍량에 따라 쌀 표면에서의 건조 및 균열이 발생하는 정도를 확인하였으며, 상세한 실험방법은 다음과 같았음
- 경기도 안성시 소재의 농협RPC에서 시중에 유통하기 위해 포장한 쌀(2009년산 추정, 함수율 14.3%)을 구입하여 밀봉한 후 2°C에 저장하면서 집진량이 쌀 품질에 미치는 영향을 알아보기 위한 측정시료로 하였으며, 실험 12시간 전에 실온에 방치한 후 실험에 사용하였음
- 1차 실험으로 풍력선별기 등 단위기계에서 발생할 수 있는 집진량에 적합하도록 시료를 직경 10cm 수직관 풍동내 스크린위에 잘 퍼서 퇴적두께별(1~2립, 2~3립, 4~5립 두께 등)로 편평하게 퇴적한 후, 종말속도 이상의 풍속(3.5~7.1m/sec)별로 송풍시간을 다르게(10~150sec) 하면서 함수율 변화와 표면 균열상태를 측정하였음. 2차 실험으로는 이송시설, 보조탱크 등에서의 풍속조건 약 0.1~2m/sec범위에서 송풍량 및 측정시간별 함수율변화와 표면 균열상태를 측정할 예정임
- 이때 외기 온습도는 온습도계(Thermo Recorder TR-72U, T&D Corp., Japan)를 이용하여 측정하였으며, 시료 함수율은 단립수분계(CTR-500EH, Shizuoka Seiki, Japan)로, 쌀 표면의 균열정도는 화상측정기(Zoom video microscope, INU, Korea)를 이용하여 각각 측정하였음



시료투입

풍속 3.5m/sec

풍속 4.8m/sec

풍속 5.5m/sec

풍속 7.1m/sec

그림 3-2-10. 풍동에서 각 풍속별 쌀 시료가 부유하는 모습

## 나. 결과 및 고찰

### 1) 집진에 따른 함수율저하

- 원료 벼가 최종적으로 쌀 제품이 될 때까지 여러 단계의 가공공정을 거치면서 각 공정중에 수분(함수율)저하가 발생할 수 있으며, 수분저하의 가장 큰 원인은 수분함량이 높은 왕겨, 미강의 제거에 따른 전체적인 함수율저하 이외에도 각 단위기계, 보조탱크, 이송시설에서의 집진에 의한 영향을 고려할 수 있음
- 가공공정중에 발생하는 수분저하는 중량(수율)저하, 쌀 표면의 균열발생, 수분저하에 따라 건조된 미분의 분리로 인한 표면 백화(白化)현상, 취반시 수중균열립의 발생 등 품질 및 수율저하는 물론, 불필요한 집진에 에너지 낭비를 초래하게 되므로 적정한 집진은 대단히 중요함. 김 등(2007)은 백도 40인 쌀의 함수율별 침지시간에 따른 수중균열립 발생을 측정한 결과, 쌀의 함수율 13%이하에서는 유의할 정도의 수중균열립이 발생한다고 보고하였음(표 3-2-31)

표 3-2-31. 백도 40인 쌀의 함수율 및 침지시간에 따른 수중균열립 발생율(%)(김 등, 2007)

함수율 (%)	침지시간(분)						
	10	20	40	60	80	100	
12	1	15	20	22	24	28	
13	2	13	15	17	20	22	
14	0	1	0	1	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	

- 먼저, 6개소 RPC의 각 단위기계 전후에서 시료를 채취하여 집진에 의해 어느 정도 함수율 저하가 발생하는지를 분석한 결과는 다음 표 3-2-32와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 정미시스템에서의 수분감소는 평균 0.74%(0.5~1.2%)수준으로서 정미시스템의 구성, 집진시스템, 외기온습도, 현미 함수율 등에 따라 최대 0.7%정도의 수율차이가 발생하는 것을 알 수 있었음
- 한편, 정미시스템에서 최종 쌀 제품까지의 수분감소는 평균 0.27%(0.0~0.7%)수준이 감소하였는데, 이는 집진은 물론, 외기와의 노출시 증발, 마찰로 인한 수분증발 등이 모두 포함되어 발생되므로 집진에 의한 영향으로만 보기에는 한계가 있음. 공정의 구성, 집진시스템, 외기온습도, 곡물의 함수율 등에 따라 최대 0.7%의 수율차이가 발생할 수 있음을 알 수 있었음

표 3-2-32. 6개소의 제2세대 RPC 가공공정에서 단위기계 전후에서 채취한 시료의 함수율 변화

측정 RPC	공정 측정 항목	현미	정미1단 (연삭)	정미2단 (마찰)	정미3단 (연미)	정미4단	연미기	로터리 쉬프트	색채 선별기 1단	채 선별기	색채 선별기 2단	채 선별기	완전립 선별기
A	함수율 (%)	16.4	16.3	15.9	15.8	15.7	15.6	15.5	15.5 (채선별 1단)	15.5	15.5 (채선 별 2단)	15.5	15.4 (금속 선별)
	(감소)		16.3	(세라믹)	(마찰)	(마찰)	15.5	0.1					
B	함수율 (%)	15.5	15.5	15.1	15.0	-	14.9	14.9	14.8 (채선별 1단)	14.8	14.8	14.8 (채선 별 2단)	14.6
	(감소)		15.5	(세라믹)	(마찰)	(마찰)	14.9	14.9					
C	함수율 (%)	16.3	16.1	16.1	15.8	-	15.6	15.4	15.4	-	15.4	15.4	
	(감소)		16.3	0.2	0.0	0.3	-	0.1	0.2	0.0	-	0.0	0.0
D	함수율 (%)	15.6	14.8	14.4	14.4	-	-	14.3	14.2		14.2	14.1	-
	(감소)		15.6	15.4	15.1	15.0	-	-	14.8	14.6		14.6	14.6
E	함수율 (%)	16.1	15.4	15.3	15.2	-	-	15.1	15.1	-	14.8	-	14.8
	(감소)		16.1	0.7	0.1	0.1	-	-	0.1	0.0	-	0.3	-
F	함수율 (%)	16.5	16.5	16.0	16.0	-	-	15.9	15.9		15.9		
	(감소)		16.5	16.4	16.1	15.9	-	-	15.9	15.9		-	
			0.0	0.5	0.0	-	-	0.1	0.0		↑0.1		
			0.1	0.3	0.2			0.0	0.0		-		

표 3-2-33. 14개소의 제2세대 RPC의 가공원료 및 최종쌀의 함수율 변화

번호	소재지	벼(A)	현미(B)	정미(C)				최종쌀(D)	함수율차이(%)			
				1단	2단	3단	4단		벼-현미(A-B)	벼-최종쌀(A-D)	현미-정미(B-C)	현미-최종쌀(B-D)
1	강원	15.2	15.4	15.4	15.2	15.2	-	15.1	-0.2	0.1	0.2	0.3
2	경기	14.9	15.3	15.2	15.1	14.9	14.8	14.7	-0.4	0.2	0.5	0.6
3	충북	15.9	16.2	15.6	15.2	15.0	-	14.8	-0.3	1.1	1.2	1.4
4	충남	13.6	14.0	14.4	14.3	14.2	14.2	14.1	-0.4	-0.5	-0.2	-0.1
5	충남	15.3	15.6	14.8	14.4	14.4	-	14.1	-0.3	1.2	1.2	1.5
6	전북	15.6	16.4	16.3	15.9	15.8	15.7	15.5	-0.8	0.1	0.7	0.9
7	전북	15.2	15.8	15.8	15.5	15.5	-	15.1	-0.6	0.1	0.3	0.7
8	전북	15.6	16.1	15.4	15.3	15.2	-	14.8	-0.5	0.8	0.9	1.3
9	전남	16.4	16.3	16.1	16.1	15.8	15.6	15.4	0.1	1.0	0.7	0.9
10	전남	14.6	14.7	14.7	14.6	14.5	-	14.4	-0.1	0.2	0.2	0.3
11	경북	15.0	15.6	15.7	15.5	15.5	15.5	15.3	-0.6	-0.3	0.1	0.3
12	경북	14.6	14.7	14.9	14.7	14.7	14.4	14.4	-0.1	0.2	0.3	0.3
13	경북	15.3	15.8	15.9	16.0	15.9	15.8	15.7	-0.5	-0.4	0.0	0.1
14	경남	15.7	15.7	15.7	15.6	15.6	-	15.5	0.0	0.2	0.1	0.2
평균		15.2	15.5	15.4	15.2	15.2	15.1	14.9	-0.3	0.3	0.4	0.6
최대값		16.4	16.4	16.3	16.1	15.9	15.8	15.7	0.1	1.2	1.2	1.5
최소값		13.6	14.0	14.4	14.3	14.2	14.2	14.1	-0.8	-0.5	-0.2	-0.1

○ 한편, 14개소 제2세대 RPC의 벼, 현미 및 백미의 함수율 변화는 표 3-2-33과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 가공에 사용한 벼의 함수율은 평균 15.2%(13.6~16.4%)이었으며, 이를 제현할 때 현미의 함수율은 평균 15.5%(14.0~16.4%)로서 벼에 비해 약 0.3%가 증가하였는데, 이는 벼의 건조가 벼

표면에서 수분의 증발에 의해 발생되며, 벼 낱알 내부에서는 확산에 의해 수분이 외부로 이동하는 것에서 알 수 있었으며, 벼의 함수율이 높을수록 현미의 함수율의 증가폭이 적었음

- 현미에서 백미로 가공한 최종쌀의 함수율은 평균 14.9%(14.1~15.7%)로서 현미에 비해서는 0.6%가 감소하였으며, 원료 벼의 함수율에 비해서는 0.3%(-0.8~0.1%)가 감소하였음. 즉, 벼의 함수율이 높을 경우 최종 쌀의 함수율도 높아지지만 정미시스템의 구성, 외기 온습도조건, 집진조건 등에 따라서 최종 쌀의 함수율에 차이가 컸으며, 최대 0.9%정도의 수율차이가 발생할 수 있음을 알았음

## 2) 집진량이 쌀 품질에 미치는 영향

- 풍력선별기 등 단위기계에서 집진량에 따른 함수율변화와 쌀 표면의 균열상태를 파악하기 위하여 함수율 14.3%인 쌀을 송풍량 3.5~7.1m/sec, 쌀 두께 1~2립, 2~3립, 4~5립 등 3가지 형태로 퇴적하여 송풍시간별로 함수율과 쌀 표면의 균열상태를 측정된 결과는 다음 표 3-2-34~3-2-37과 같았음
- 표 3-2-34에서 알 수 있듯이 초기 함수율 14.3%인 쌀은 송풍량을 3.5~7.1m/sec 범위에서 10초간 노출하여도 함수율이 13.9~14.1%로 감소하였으며, 경과시간에 따라 최저 13.6%까지 저하하였음. 이 때 송풍량과 퇴적두께에 따라 다소 차이는 있었지만 쌀 표면의 균열은 송풍시간 약 30초 이후에는 일부 발생하였으며, 약 2분이 경과한 이후에는 다수가 발행하였음. 이 때 외기온도는 평균 17.8℃, 상대습도는 57.8%RH이었음
- 일반적으로 도정된 백미의 곡온이 높은 상태로 바로 포장할 경우, 백미와 외기와의 온도차에 의해 포장지 내부가 팽윤할 뿐 아니라, 결로가 발생하고, 발생된 결로로 인해 곰팡이가 발현되는 문제가 있음. 지금까지는 포장지에 타공하는 방법과 백미탱크 상부에 소형 송풍기를 설치하는 방법, 목재로 백미탱크를 제작하는 방법 등이 사용되어 왔음
- 그러나 현재는 정미시스템 이후의 이송기기, 보조탱크 및 단위기계를 거치면서 자연스럽게 방냉될 수 있도록 집진시스템을 설치하고 있으며, 백미탱크에서 충분히 방냉하여 포장할 수 있도록 가공공정을 구축하고 있어 각 집진개소에서 정확한 집진량이 유지될 수 있도록 집진기준의 적용은 물론 집진량이 유지될 수 있도록 조정이 필요함을 알 수 있었음

표 3-2-34. 쌀 퇴적두께별 풍속과 송풍시간에 따른 쌀 함수율 변화(%)

쌀 퇴적두께	풍속 (m/sec)	외기 온습도		송풍시간(sec)									
		온도 (°C)	습도 (%)	10	30	50	60	80	90	100	120	150	
1~2립 두께	3.5	12.7	25.8	14.0	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.0	13.9	13.9	13.9
	4.8	22.0	11	13.9	13.9	-	13.9	13.9	13.9	13.9	13.8	13.8	13.7
	5.2	22.0	11	13.9	13.9	-	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.7
	5.6	20.9	7	13.9	13.9	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.7	13.7	-
	5.8	20.9	7	13.9	13.8	13.8	13.7	13.8	13.7	13.7	13.7	13.7	-
	7.1	12.6	15.4	13.9	13.9	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.7	13.7	13.6
2~3립 두께	3.7	12.4	28.6	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.0	14.0
	4.8	12.4	24.8	14.1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	13.9	13.9	13.9
	5.5	13.4	24	14.1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	13.9	13.9	13.9	13.9
	7.1	14.3	23.4	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	13.9	13.9	13.9	13.9
4~5립 두께	3.7	14.4	21	-	14.2	-	14.1	-	14.1	-	14.0	13.9	13.9
	4.8	14.9	22	-	14.1	-	14.1	-	14.0	-	13.9	13.9	13.9
	5.5	15.3	24.4	-	14.1	-	13.9	-	14.0	-	13.9	13.9	13.9
	7.1	10.4	29.4	-	14.1	-	14.0	-	13.9	-	13.9	13.9	13.8



표 3-2-35. 쌀의 퇴적두께 1~2립일 때의 풍속 및 송풍시간에 따른 쌀 표면 균열발생 상태

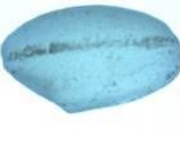
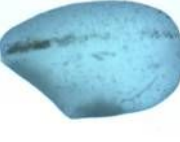

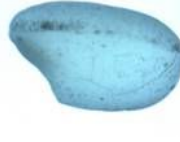




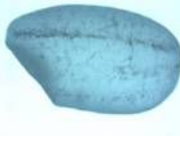

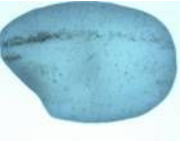
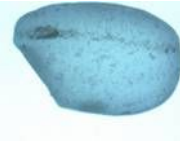
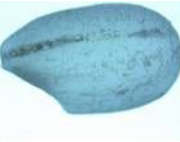
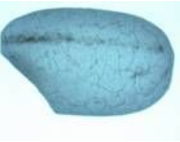
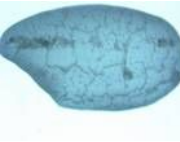

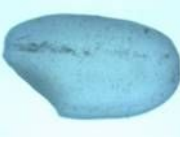

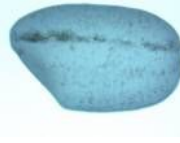
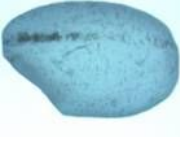
풍속 (m/sec)	측정 항목	송풍시간(sec)				
		30	60	90	120	150s
3.5	균열 상태					
	온습도	12.8°C/27%	12.2°C/25%	12.9°C/26%	12.9°C/26%	12.7°C/25%
	함수율(%)	14.1	14.1	14.0	13.9	13.9
	균열 여부	미발생	일부발생	일부발생	일부발생	다수발생
4.8	균열 상태					
	온습도	22.2°C/11%	21.9°C/11%	22.0°C/11%	22.0°C/11%	22.0°C/11%
	함수율(%)	13.9	13.9	13.9	13.8	13.7
	균열 여부	미발생	일부발생	일부발생	다수발생	다수발생
5.6	균열 상태					
	온습도	20.6°C/10%	20.8°C/7%	21°C/6%	21°C/6%	21°C/6%
	함수율(%)	13.9	13.8	13.8	13.7	—
	균열 여부	미발생	일부발생	일부발생	다수발생	다수발생
7.1	균열 상태					
	온습도	11.5°C/15%	10.6°C/14%	13.6°C/16%	13.6°C/16%	13.6°C/16%
	함수율(%)	13.9	13.8	13.8	13.7	13.6
	균열 여부	미발생	일부발생	일부발생	다수발생	다수발생

표 3-2-36. 쌀의 퇴적두께 2~3립일 때의 풍속 및 송풍시간에 따른 쌀 표면 균열발생 상태






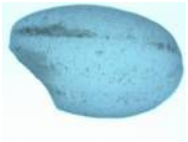
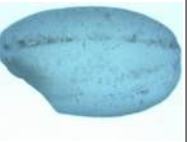
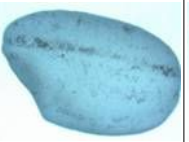
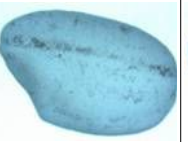
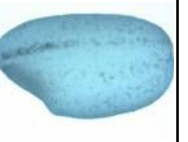



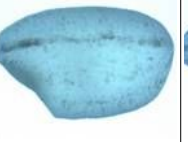












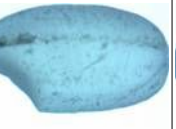
풍속 (m/sec)	측정 항목	송풍시간(sec)				
		30s	60s	90s	120s	150s
3.7	균열 상태					
	온습도	13.9℃/28%	13.9℃/28%	14.4℃/29%	14.4℃/29%	14.4℃/29%
	함수율(%)	14.1	14.1	14.1	14.0	14.0
	균열 여부	미발생	미발생	일부발생	다수발생	다수발생
4.8	균열 상태					
	온습도	13.2℃/26%	13.9℃/25%	13.9℃/25%	14.2℃/24%	14.2℃/24%
	함수율(%)	14.0	14.0	14.0	13.9	13.9
	균열 여부	미발생	미발생	일부발생	일부발생	일부발생
5.5	균열 상태					
	온습도	14.9℃/24%	14.9℃/24%	14.9℃/24%	15.0℃/24%	15.0℃/24%
	함수율(%)	14.0	14.0	13.9	13.9	13.9
	균열 여부	미발생	미발생	일부발생	일부발생	다수발생
7.1	균열 상태					
	온습도	15.8℃/23%	15.8℃/23%	15.7℃/23%	15.6℃/24%	15.6℃/24%
	함수율(%)	14.0	14.0	13.9	13.9	13.9
	균열 여부	미발생	일부발생	일부발생	일부발생	다수발생

표 3-2-37. 쌀 퇴적두께 4~5립일 때의 풍속 및 송풍시간에 따른 쌀 표면 균열발생 상태

풍속 (m/sec)	측정 항목	송풍시간(sec)				
		30	60	90	120	150
3.7	균열 상태					
	온습도	16.1℃/23%	16.1℃/23%	16.3℃/21%	17.1℃/19%	17.1℃/19%
	함수율(%)	14.2	14.1	14.1	14.0	13.9
	균열 여부	미발생	미발생	일부발생	일부발생	일부발생
4.8	균열 상태					
	온습도	16.6℃/22%	16.6℃/22%	17.1℃/22%	17.1℃/22%	17.1℃/22%
	함수율(%)	14.1	14.1	14.0	13.9	13.9
	균열 여부	미발생	일부발생	일부발생	다수발생	다수발생
5.5	균열 상태					
	온습도	17.3℃/22%	17.3℃/22%	17.2℃/26%	17.2℃/26%	17.2℃/26%
	함수율(%)	14.1	13.9	14.0	13.9	13.9
	균열 여부	미발생	미발생	일부발생	일부발생	일부발생
7.1	균열 상태					
	온습도	12.8℃/25%	11.4℃/28%	10.3℃/30%	10.3℃/32%	10.3℃/32%
	함수율(%)	14.1	14.0	13.9	13.9	13.8
	균열 여부	미발생	일부발생	일부발생	일부발생	일부발생

## 4. 집진설계인자의 구명 및 집진시스템의 제작

### 가. 가공공정의 적정 집진설계기준 정립

#### 1) 실험 및 기준정립방법

- 가공공정의 적정 집진설계기준 정립을 위하여 문헌조사를 실시하였으며, 참여기업인 한국토요 중심으로 1개소의 제2세대 RPC(전남 장흥 소재)의 가공부에 설치된 모든 집진관을 타공하여 집진량 및 정압을 실측하였고, RPC 4개 설계회사(대주종합기술단, 보람ENG, 푸른엔지니어링, 협동엔지니어링)에서 실제 가공공정에 반영하고 있는 설계기준을 조사하였음
- 이 때 송풍량은 집진시스템 전후에  $\Phi 12\text{mm}$ 로 타공한 다음, 풍속 측정장치(Velocical, TSI 9555-P)로 덕트관경을 감안하여 최소 5~25지점의 풍속을 측정한 다음, 덕트관경으로부터 송풍량으로 환산하였으며, 정압은 분해능이  $1.0\text{mmAq}$ 인 디지털액주계(Testo 526)을 사용하여 측정하였음

#### 2) 결과 및 고찰

##### 가) 가공공정의 집진량 조사

- 관행적으로 RPC에서 이송시설과 보조탱크 등의 적정 집진량을  $5\text{m}^3/\text{min}$  수준으로 하고 있으나, 실제 가공공정에는 대단히 많은 공기덕트가 설치되어 있어 적정 집진량을 유지하기가 대단히 어려운 실정임. 따라서 본 연구에서는 제2세대 RPC중 1개 농협RPC(전남 장흥 소재)의 가공부에 설치된 모든 집진관을 타공하여 집진량을 실측하였으며, 그 결과는 다음 표 3-2-38, 3-2-39와 같았음
- 표에서 알 수 있듯이 현미부에서 설계기준이  $5\text{m}^3/\text{min}$ 인 현미부의 버킷엘리베이터의 평균 집진량은  $5.62\text{m}^3/\text{min}$ 로 유사하였지만 설치위치별로는  $1.30\sim 9.40\text{m}^3/\text{min}$ 로 대단히 큰 차이를 나타내고 있었으며, 동일한 설계기준을 갖고 있는 보조탱크는 집진량이 평균  $6.07\text{m}^3/\text{min}(2.70\sim 9.20\text{m}^3/\text{min})$ 이었고, 입선별기는 평균  $9.44\text{m}^3/\text{min}(7.10\sim 11.20\text{m}^3/\text{min})$ , 섶채선별기는  $1.43\text{m}^3/\text{min}(0.23\sim 2.55\text{m}^3/\text{min})$ 이었으며, 연류계는  $4.19\text{m}^3/\text{min}(1.94\sim 10.80\text{m}^3/\text{min})$ 이었음
- 통상적으로  $15\text{m}^3/\text{min}$ 수준으로 설계하는 풍력선별기(aspirator)의 집진량도  $8.80\text{m}^3/\text{min}$ 에 불과한 실정이었음. 이와 같은 집진량의 차이에 의해 정압도 차이가 있었는데 버킷엘리베이터의 소요정압은 평균  $31.97\text{mmAq}(1.30\sim 82.80\text{mmAq})$ 이었으며, 각 이송기기 및 단위기계별 평균으로는 약  $31.4\text{mmA}(12.5\sim 47.70\text{mmAq})$ 수준이었음
- 한편, 백미부의 경우, 보조탱크의 집진량이 평균  $1.10\text{m}^3/\text{min}(0.70\sim 1.60\text{m}^3/\text{min})$ 이었으며, 버킷엘리베이터가 평균  $0.35\text{m}^3/\text{min}(0.30\sim 0.40\text{m}^3/\text{min})$ 수준으로 현미부에 비해 훨씬 적었음. 정미시스템의 집진량은 정미기가  $53.5\text{m}^3/\text{min}$ , 연미기가  $27.2\text{m}^3/\text{min}$ 이었으며, 이외에도 연류계의 집진량은  $2.48\text{m}^3/\text{min}$  수준이었음

표 3-2-38. 제2세대 RPC의 현미부에서 각 집진소요지점의 집진량

구 분	송풍량 (cmm)			정압(mmAq)			측정값	
	평균	최대	최소	평균	최대	최소		
버킷 엘리베이터	5.62	9.40	1.30	31.97	82.80	1.30	송풍량	8.75, 9.4, 8.3, 4.4, 4.6, 8.4, 8.35, 2.72, 7.3, 2.7, 2.77, 1.3, 7.9, 1.8
							정압	40.2, 60.3, 47.7, 14.4, 14.6, 30.8, 28.2, 6.3, 25.9, 45.5, 1.3, 82.8, 2.1
보조 탱크	6.07	9.20	2.70	30.32	44.10	6.80	송풍량	9.2, 9.0, 5.5, 5.4, 2.7, 4.6
							정압	44.1, 35.7, 41.3, 37.3, 6.8, 16.7
입선별기	9.44	11.20	7.10	35.02	42.00	28.50	송풍량	11.2, 9.1, 7.1, 9.5, 9.65, 10.1
							정압	42, 37, 28.5, 31, 30.5, 41.1
색채 선별기	1.43	2.55	0.23	12.5	14.2	11.4	송풍량	2.55, 2.4, 0.23, 0.54
							정압	12.1, 14.2, 12.3, 11.4
연류계	4.19	10.80	1.94	22.04	54.60	5.50	송풍량	10.8, 2.88, 2.5, 1.94, 2.85
							정압	54.6, 29.8, 9.7, 5.5, 10.6
현미 탱크	3.18	3.75	2.60	47.70	75.50	19.90	송풍량	2.6, 3.75
							정압	75.5, 19.9
반자동 계량기	6.50	-	-	39.20	-	-	송풍량	6.50
							정압	39.20
Aspirator	8.80	-	-	32.40	-	-	송풍량	8.80
							정압	32.40

표 3-2-39. 제2세대 RPC의 백미부 및 포장부에서 각 집진소요지점의 집진량

구 분	송풍량 (cmm)			정압(mmAq)			측정값	
	평균	최대	최소	평균	최대	최소		
보조탱크	1.10	1.60	0.70	3.45	6.50	0.60	송풍량	1.26, 0.85, 1.6, 0.7
							정압	2.2, 4.5, 6.5, 0.6
버킷 엘리베이터	0.35	0.40	0.30	3.15	3.20	3.10	송풍량	0.3, 0.4
							정압	3.2, 3.1
정미기 집진관	53.5	-	-	97.5	-	-	송풍량	53.5
							정압	97.5
습식연미기 집진관	27.2	-	-	218	-	-	송풍량	27.2
							정압	218
백미석발기	0.94	-	-	1.9	-	-	송풍량	0.94
							정압	1.9
진동체 선별기	2.95	4.10	1.80	8.45	13.4	3.50	송풍량	1.8, 4.1
							정압	3.5, 13.4
연류계	2.48	-	-	6.00	-	-	송풍량	2.48
							정압	6.0
등급선별기	34.5	-	-	36.1	-	-	송풍량	34.5
							정압	36.1

- 백미부의 집진량은 현미부에 비해 적었으며, 이로 인해 소요정압도 적었는데 보조탱크의 소요정압은 평균 3.45mmAq(0.60~6.50mmAq)이었고, 버킷엘리베이터도 평균 3.15mmA(3.10~3.20mmAq)를 나타내었음
- 이와 같은 경향은 현미부 보조탱크, 백미부 보조탱크, 백미부 버킷엘리베이터 등도 모두 마찬가지로 설계치에 비해 대단히 큰 차이를 나타내고 있는데, 적정 집진량의 확보를 위한 공기덕트의 송풍량을 유지할 수 있도록 댐퍼의 조절 등이 필요하나, 각 집진개소마다 타공하여 집진량을 측정하거나, 집진량을 조절하기 위해 댐퍼를 조절하여도 같은 주관에 연결된 지관에서의 집진량의 변화로 정확한 집진량의 조절은 현실적으로 어려운 실정임
- 그러나, 각 이송기기 및 보조탱크에서의 결로발생 및 건조방지를 위해서는 정확한 집진기준의 설정이 먼저 필요하고, 집진기준을 준용할 수 있도록 보완적인 방법의 강구가 필요하였음

## 나) 가공공정의 적정 집진설계기준

- RPC 4개 설계회사(대주종합기술단, 보람ENG, 푸른엔지니어링, 협동엔지니어링)에서 실제 가공공정에 반영하고 있는 설계기준을 조사한 결과, 현미부와 백미부 공히 이송시설(버킷엘리베이터, 수평이송컨베이어 등), 보조탱크, 현미백미 탱크에서의 집진량은 5m<sup>3</sup>/min을 기준으로 하고 있었으며, 현미부에 사용되는 풍력선별기는 15m<sup>3</sup>/min, 또한, 집진용 공기덕트내 집진물의 이송속도는 18m/sec를 기준으로 하고 있었음
- 한편, 가공시설현대사업의 진행과 더불어 가공부를 보다 청결하게 유지하기 위해 집진을 강화한 브랜드경영체에서 쌀의 수준저하와 표면균열 등의 문제점을 보고한 사례가 많아 백미부에서의 집진량 기준이 5m<sup>3</sup>/min가 적정한지에 대한 논란이 제기되고 있으며, 앞의 조사결과에서도 알 수 있듯이 백미부의 집진량이 현미부에 비해 현저하게 적었음

표 3-2-40. 국내외 가공공정에서 설계에 사용되는 주요 집진기준 비교

구 분		현미부	백미부	포장부	
RPC관행	B/E, 보조탱크 집진량 기준	5m <sup>3</sup> /min	5m <sup>3</sup> /min	5m <sup>3</sup> /min	
	Aspirator기준	15m <sup>3</sup> /min	-	-	
	Air duct 풍속기준	18m/sec			
외국(일본)	Toyo사	B/E, 보조탱크 집진량 기준	-	2m <sup>3</sup> /min	2m <sup>3</sup> /min
	Satake사	B/E, 보조탱크 집진량 기준	B/E 4m <sup>3</sup> /min, 보조탱크류 6m <sup>3</sup> /min		

- 일본에서는 국내와 다소 상황이 다르지만 현미를 백미로 가공하는 정미공장에서는 Toyo사는 이송시설, 보조탱크, 현미백미 탱크에서의 집진량은 2m<sup>3</sup>/min을 적용하고 있었으며, Satake사는 다소 다른 기준을 적용하고 있었음
- 김오식(1993)은 곡물의 건조과정에서 발생하는 가벼운 건조먼지의 적정 이송속도는 15m/sec, 일반 공업 먼지인 털 등의 적정 이송속도는 20m/sec 정도라고 보고하였음. RPC 가공공정에서 발생하는 먼지는 벼, 쪽정미, 지푸라기, 흙먼지 등임을 감안할 때 현재 사용 중인 18m/sec에 대한 기준은 적절한 것으로 판단되었음
- 한편, 우중수(1994)는 유해물질 발생상태에 따라 적정한 제어속도를 제시하였는데, 낮은 속도의 컨베이어 작업에는 0.5~1.0m/sec정도가 적절하다고 제안하였음. 그러나 이 제안에는 쌀에서 발생할 수 있는 수분감소 및 쌀 표면의 균열상태에 대한 측정결과가 없어 보완이 필요하였음

표 3-2-41. 각종 분진물의 반송속도(김오식, 1993, 산업환기공학편람)

분진물	예	반송속도(m/sec)
가스, 증기, 흙 및 극히 가벼운 먼지	각종 가스, 증기, 산화아연, 산화알루미늄의 흙, 습	10
가벼운 건조 먼지	대패밥, 곡물, 고부물, 베클라이트	15
일반공업 먼지	털, 목재, 샌드블라스트 발생 먼지, 클라인더 작업발생 먼지	20
무거운 먼지	선반, 주조 먼지	25
무겁고 또 비교적 큰 젖은 먼지	젖은 선반, 젖은 주조작업발생 먼지	25이상

- 다음항에서 측정된 분진 종말속도(표 3-2-47)는 입자크기가 180~500 $\mu$ m인 미강의 경우에는 약 1.5m/sec수준, 입자크기가 106~180 $\mu$ m인 분진의 경우에는 약 0.5m/sec수준, 입자크기가 75 $\mu$ m 이하인 미세분진의 경우에는 약 0.2m/sec수준이었으며, 미세분진은 주로 입자크기가 75 $\mu$ m 이하인 경우를 감안한다면 기본적으로 분진의 제거를 위해서는 모든 지점에서 최소 0.2m/sec 이상의 풍속유지가 필요하였음
- 일반적으로 가공공정에서 이송시설(버킷엘리베이터, 수평이송컨베이어 등)과 보조탱크, 현미 및 백미 탱크 등에서 집진 목적은 곡물의 낙하 및 이송과정에서 발생하는 분진의 제거임. 그러나 보조탱크, 이송시설 등에서 모두 곡물의 흐름에 따라 발생하는 기류형태와, 집진구 및 air vent 등의 위치가 일정하지 않고, 이들 위치가 최적의 집진을 유지할 수 있는 형태가 아닐 수 있으므로 집진이 필요한 모든 지점에서 최소 0.2m/sec 이상의 균일한 풍속유지는 대단히 어려움

표 3-2-42. 유해물질 발생상태에 따른 제어속도(우중수, 1994, 환경.산업 환기기술)

유해물질의 발생상태	공 정 예	제어속도
움직이지 않는 공기중에 실제상 거의 속도가 없는 상태로 유해물질이 발생하는 경우	-	0.25~0.5m/sec
비교적 조용한 대기중에 낮은 속도로 유해물질이 비산하는 경우	booth식 hood에 있어서의 분무도장작업, 간헐적인 용기 충전작업, 낮은 속도의 컨베이어 작업, 도금작업, 용접작업, 산세척작업	0.5~1.0m/sec
빠른 공기 이동이 있는 작업장소에 활발히 유해물질이 비산하는 경우	booth식 hood에 있어서의 분무도장작업, 함침(Dipping) 도장작업, 컨베이어의 낙하구 분쇄작업, 파쇄기	1.0~2.5m/sec
대단히 빠른 공기 이동이 있는 작업장소에 아주 빠른 속도로 유해물질이 비산하는 경우	-	2.5~10.0m/sec



- 또한, 벼가 혼입된 현미부 이전 곡물에서 발생하는 분진과 미강, 백미부 등에서 발생하는 분진의 입자크기의 차이에 의하여 통상 현미부 이전 부분은 집진의 개념을, 백미부 등은 결로방지를 위한 환기개념이 적용되고 있음. 따라서 분진입자의 크기, 집진대상의 형상에 따른 불균일한 기류분포 등을 감안할 경우 종말속도보다 크게 제안한 우종수(1994)의 0.5~1.0m/sec(표 3-2-42)는 비교적 합리 적일 것으로 판단되었음
- 이를 확인하기 위하여 5톤/시간의 처리능력을 가진 5"×4"규모의 버킷엘리베이터(유도배출)에서 케이스의 크기에 따라 산정한 결과, 약 2.52~5.04m<sup>3</sup>/min로서 국내에서 적용하고 있는 기준 또는 일본 Toyo사의 기준과 유사하였음
  - 5톤/시간의 B/E의 적정 집진량
    - 이송속도 0.5m/sec일 때 = 0.2m × 0.21m × 2개 × 0.5m/sec × 60sec/min = 2.52m<sup>3</sup>/min
    - 이송속도 1.0m/sec일 때 = 0.2m × 0.21m × 2개 × 1.0m/sec × 60sec/min = 5.04m<sup>3</sup>/min

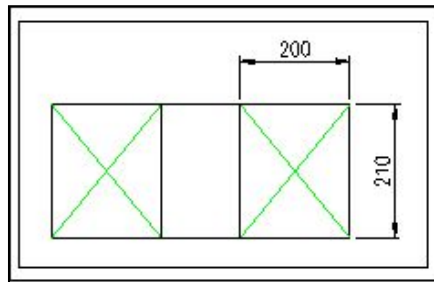


그림 3-2-11. 5톤/시간의 처리능력을 가진 5" × 4"규모의 버킷엘리베이터(유도배출) 사양

- 따라서, 각 이송기계 및 보조탱크에서 집진량은 집진대상의 크기, air vent의 설치위치에 따라 결정 되는 것이 바람직하나 일반적으로 집진개념은 5m<sup>3</sup>/min수준 이상, 결로방지 개념은 2m<sup>3</sup>/min수준을 기준으로 하는 것이 타당할 것으로 판단되었으며, 현미부에서 정미기 이전까지는 집진개념, 정미기에서 포장까지는 결로방지 개념이 적합할 것으로 판단되었음

## 나. 분진의 물리적특성 구명

### 1) 실험방법

#### 가) 분진시료 채취

- 저에너지 고효율 RPC의 집진모델 개발에 활용하기 위하여 분진농도를 측정할 2개 RPC에서 각 집진시스템에서 분진을 수거하여 공정별로 발생된 분진의 입자크기, 종말속도(終末速度, terminal velocity) 등 집진시스템 설계인자를 구명하였음

- 분진은 분진농도를 측정한 A RPC 및 B RPC의 집진기에서 집진된 분진을 채취하였으며, 집진기로는 터보클리너, 사이클론, 백필터, 간이식집진시설 및 이들을 조합한 집진시스템 등 RPC에 설치된 모든 형태에서 채취하였으며, 다음 표 2-7과 같이 전체적으로 총 13가지 시료이었음

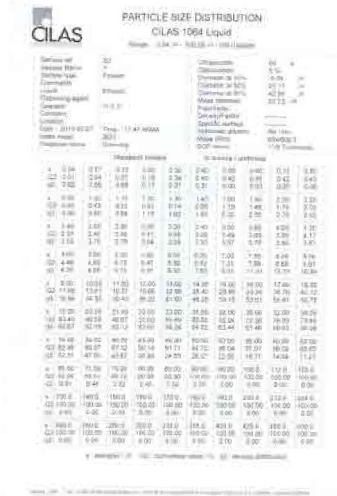
표 3-2-43. 분진특성 분석을 위한 분진 채취장소

RPC	번호	집진대상	집진기 종류
A	1	순환식 건조기(Ⅰ)	Turbo cleaner + Cyclone
	2	순환식 건조기(Ⅱ)	Turbo cleaner + Cyclone
	3	투입구	Cyclone
	4	조선기(4번 조선기)	Cyclone
	5	조선기(5번 조선기)	Cyclone + Bag filter
	6	평타입 사일로	집진시설
	7	미강부	Cyclone
B	8	투입구+조선기	Bag filter
	9	평타입 사일로(Ⅰ)	간이식 집진시설
	10	평타입 사일로(Ⅱ)	간이식 집진시설
	11	투입구+순환식 건조기(6톤3기)	Bag filter
	12	조선기	Bag filter
	13	연속식 건조기	Turbo cleaner

### 나) 분진의 물리적특성 측정

- 집진시스템 설계인자로 함수율, 분진입자크기(particle size), 종말속도 등을 측정하였는데, 함수율은 분진 5g을 이용하여 105℃-24시간 건조법으로 측정하였으며, 분진입자크기는 2,000, 1,000, 850, 500, 300, 180, 150, 106, 75, 45 $\mu$ m 크기의 10개 Standard testing sieve(그림 3-2-13)를 사용하여 체별한 후, 체별된 시료중량을 측정하고, 중량비로 분진입자크기별 분포를 분석하였음
- 45 $\mu$ m이하의 Standard testing sieve로 측정이 불가능하나, 분진입자 크기 분포에서 45 $\mu$ m가 전체 중량의 1.7~57.1%까지를 차지하여 보다 세부적인 분진입자 크기를 측정할 필요가 있었음. 따라서 Standard testing sieve로 체별한 결과, 45 $\mu$ m이하의 분진크기비율이 53.2% 및 42.9%로 대단히 높았던 투입구(현미부)와 순환식건조기에서 각각 배출된 분진을 원료로 사용하여 입자크기분석기(Particle size analyzer 1064L, Cilas, France)와 그래픽 분석 소프트웨어(Mimic screen)를 이용하여 분진크기를 분석하였음

- 실험용 튜브에 95% Ethanol을 가한 후 일정량 분진을 첨가하여 섞은 다음, 입자크기분석기에 투입 농도가 5%가 될 때까지 투입한 후 측정하였음. 분석된 자료는 아래 그림과 같았음



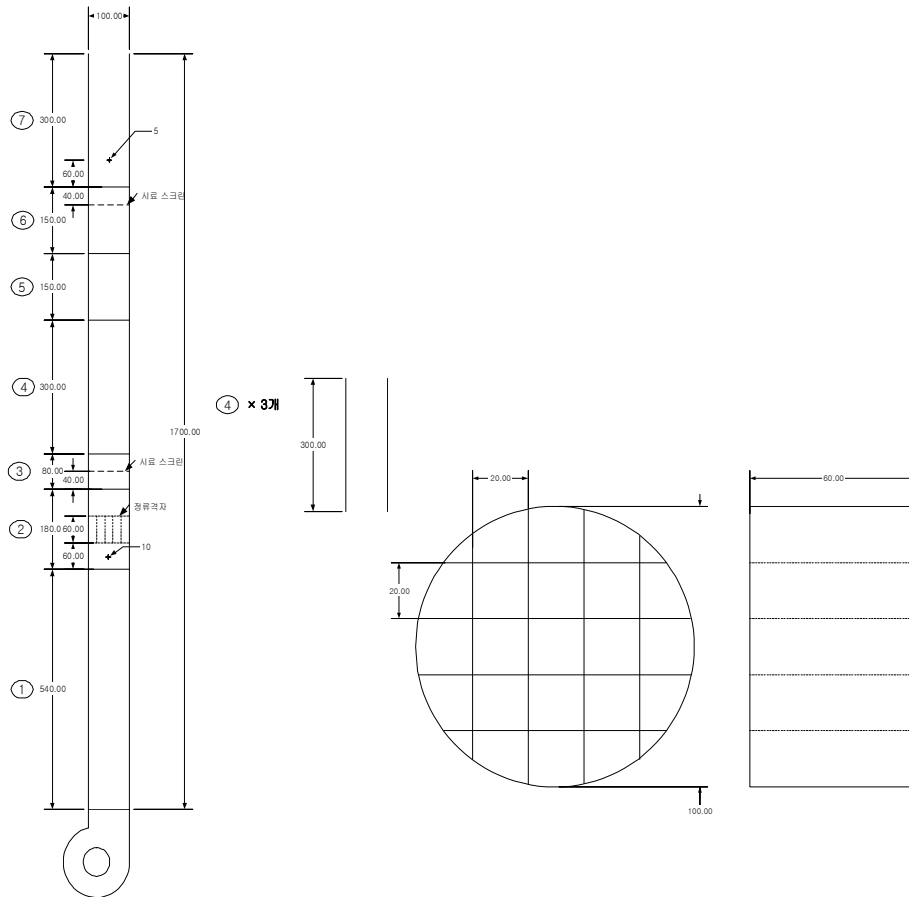


그림 3-2-14. 분진의 종말속도 측정을 위해 사용된 풍동

## 2) 결과 및 고찰

### 가) 분진 종류별 함수율 및 분진입자 크기

- 분진의 종류와 크기별 분포 및 종말속도에 따른 연구결과로서, Seno(1985)는 소규모 벼의 건조저장 시설에서 벼에서 발생하는 배출분진량을 측정하여 벼 1톤당 거친분진 1.059kg/ton, 중간분진 0.251kg/ton, 미세분진 0.308ton/hr 정도라고 보고하였으며, 50 $\mu$ m 이하의 미세분진은 19.9%, 50~420 $\mu$ m 범위는 15.5%, 420~2,000 $\mu$ m 범위는 49.9%이었고, 매우 다양한 크기로 분포하고 있다고 보고하였으며, 벼의 수분이 높을수록 분진은 많이 발생한다고 보고하였음
- Martin과 Sauer(1976)는 옥수수(corn)와 밀(wheat) 처리시설에서 발생하는 분진을 사이클론에서 수거하여 크기를 측정하였으며, 500 $\mu$ m 이하는 78~94%, 125 $\mu$ m 이하는 33~86%, 30 $\mu$ m 이하는 17~61%라고 보고하였으며, Chang과 Martin(1983)은 곡물처리시설에서 밀, 수수(sorghum), 옥수수의 분진을 수집하여 압축(compression characteristics) 및 리올로지 특성(rheological properties)을 측정하였으며, 수집한 분진의 함수율은 9~15%, 125 $\mu$ m 이하가 51.4~94.1% 범위라고 보고하였음
- Rajendran과 Stockham(1985)는 곡물분진농도(grain dust concentrations) 10, 60 및 100g/m<sup>3</sup>, 풍속(air velocities) 76.2, 152.4 및 304.8m/min에서 5가지 곡물분진측정장치(grain dust measurement techniques)의 측정정도를 평가하였음
- Boac 등(2009)은 사이클론에서 밀(wheat)과 옥수수(shelled corn)의 분진량(dust mass flow rate)이 0.94g/sec 및 2.91g/sec로 매우 다르다고 보고하였으며, Parnell 등(1986) 여과집진장치(baghouse filters of terminal elevators)로부터 콩(soybean), corn, wheat, sorghum, rice에서 발생하는 분진의 산물밀도는 0.150~0.308g/cm<sup>3</sup>, 크기는 10.7~14.0 $\mu$ m(dust < 100  $\mu$ m)이라고 보고하였음
- Martin(1981)은 곡물분진의 포집속도(capture velocity)는 미세분진은 0.4m/sec 이상, 왕겨(hulls and other trash)는 1.27m/sec 이상으로 보고하였으며, 큰 이물질은 3.0m/sec 이상이었으며, 대부분의 이물질의 종말속도는 1.3m/sec 이상으로 보고하였음
- Park 등(2005)은 왕겨의 종말속도가 1.36~1.73m/sec 범위로 함수율이 증가할수록 선형적으로 증가한다고 보고하였으며 Martin(1981)이 측정한 곡물분진 중 미세 분진의 종말속도는 0.4m/sec 이상, 왕겨의 종말속도는 1.27m/sec 이상으로 보고하였으며, 가장 큰 이물질의 종말속도는 3.0m/sec 이상이었으며, 대부분의 이물질의 종말속도는 1.3m/sec 이상으로 보고하였음
- 다음 그림 3-2-15~3-2-17은 현미부의 사이클론 및 백필터와 미강 사이클론에서 채취된 분진을 분진크기별로 분류했을 때의 분진사진과 중량비율을 대표로 나타낸 것이며, 표 3-2-44는 A RPC와 B RPC에서 집진기 종류별로 채취된 13점의 분진종류, 함수율, 분자크기별 중량비율을 각각 나타낸 것임

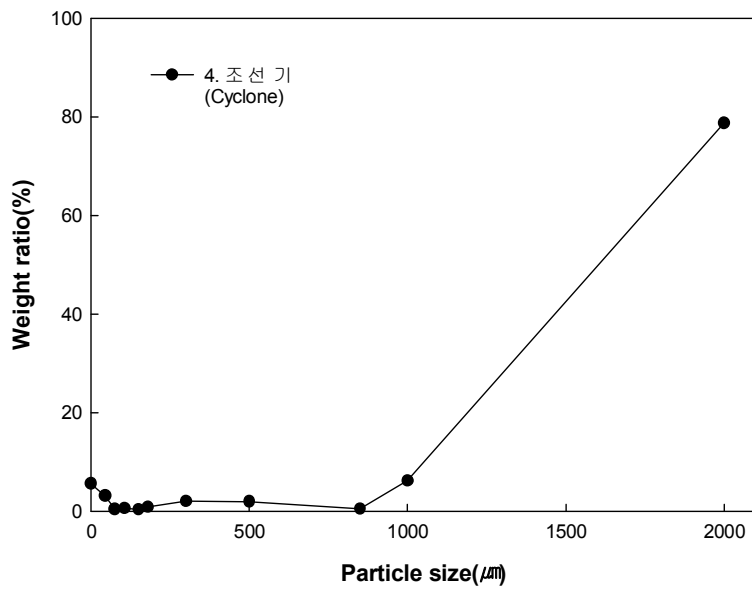


그림 3-2-15. Cyclone에서 채취한 분진의 particle size별 분진중량비율(A RPC, 조선기)



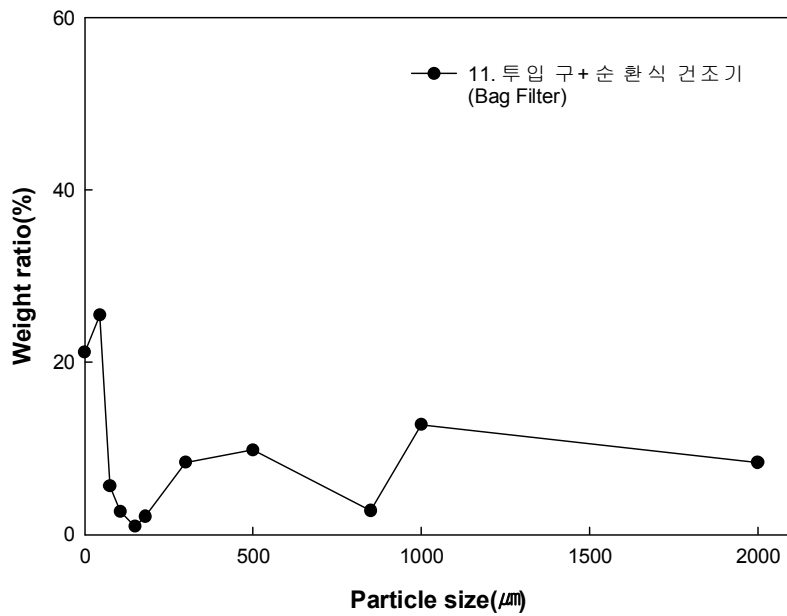
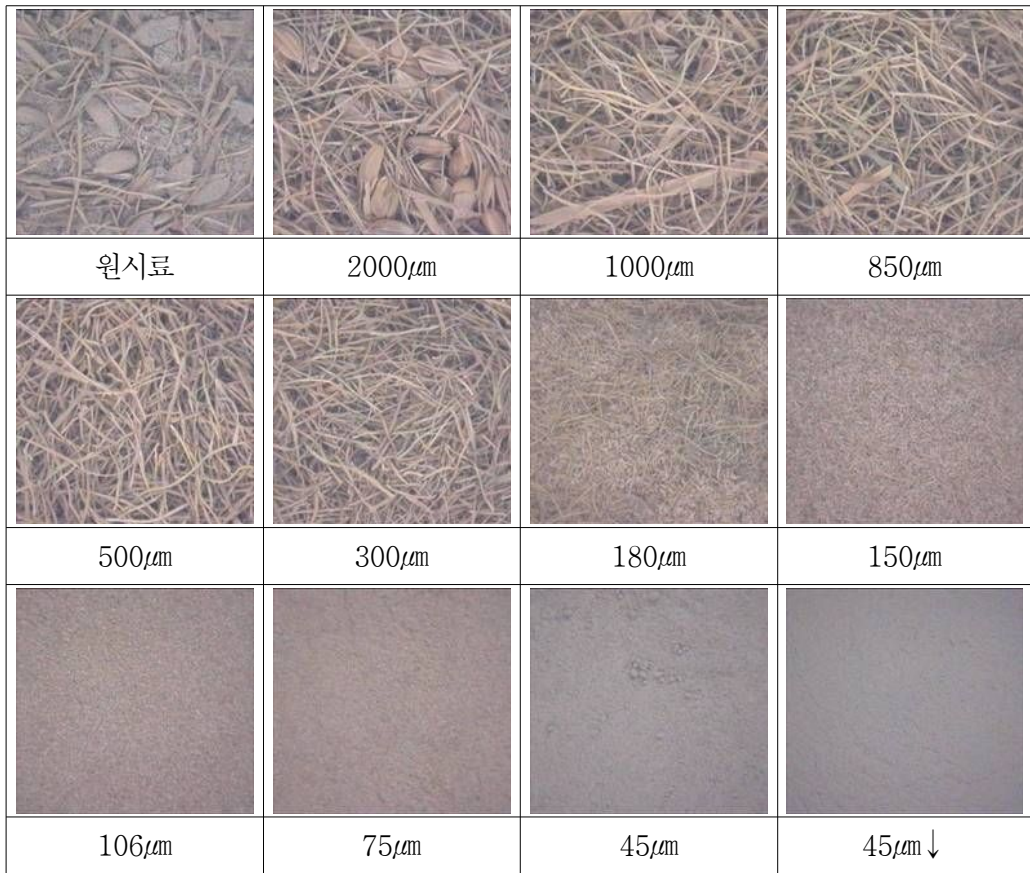








그림 3-2-16. Bag filter에서 채취한 분진의 particle size별 분진중량비율 (B RPC, 투입구+순환식건조기)

	-		
원시료	2000 $\mu\text{m}$	1000 $\mu\text{m}$	850 $\mu\text{m}$
			
500 $\mu\text{m}$	300 $\mu\text{m}$	180 $\mu\text{m}$	150 $\mu\text{m}$
-	-	-	-
106 $\mu\text{m}$	75 $\mu\text{m}$	45 $\mu\text{m}$	45 $\mu\text{m}$ ↓

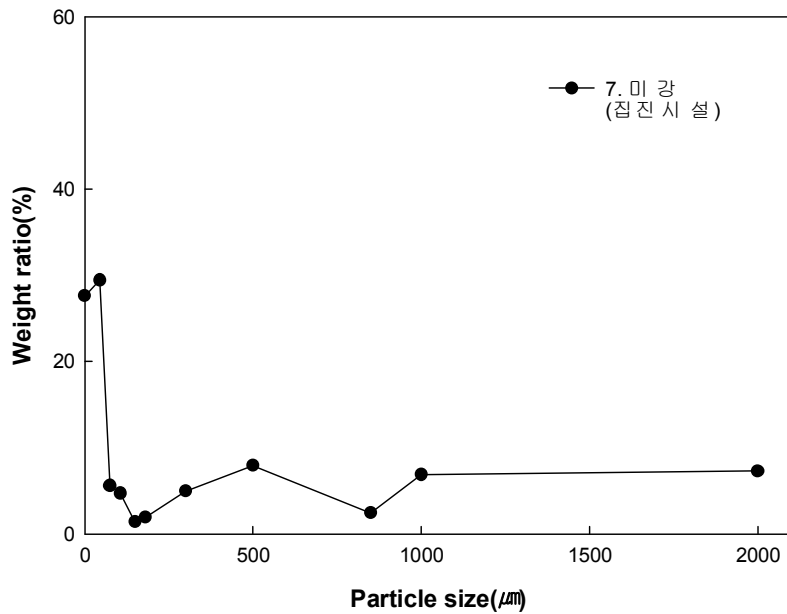


그림 3-2-17. 미강 Cyclone에서 채취한 분진의 particle size별 분진중량비율(A RPC)



표 3-2-44. A 및 B RPC에서 집진기 종류별로 채취한 분진특성

집진 위치	함수율 (%)	분진 종류	Particle size별 중량비율(%)										
			2000 (μm)	1000	850	500	300	180	150	106	75	45	45↓
순환식 건조기 (TC+C)	13.1	왕겨, 지푸라기, 흙먼지	0.3	5.2	1.3	8.8	105	4.6	1.6	3.6	3.9	21.5	38.8
순환식 건조기 (TC+C)	12.2	왕겨, 지푸라기, 흙먼지	1.4	4.0	1.7	8.6	8.8	4.1	1.8	4.0	4.5	18.3	42.9
투입구 (C)	10.5	벼, 왕겨, 쪽정 이, 지푸라기, 이물질, 돌, 이 종곡립, 흙먼지	0.2	0.2	0.3	0.6	1.0	0.7	0.5	2.1	2.8	38.4	53.2
조전기 (C)	14.4	벼, 왕겨, 돌, 지푸라기, 흙 먼지	78.7	6.1	0.5	2.0	2.0	0.8	0.3	0.5	0.4	3.1	5.6
조전기 (C+B)	8.9	왕겨, 쪽정 이, 지푸라기, 흙 먼지	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	1.2	2.0	82.1	12.5
평타입 사일로 (S) (건조후 2.1)	20.2	지푸라기, 흙먼지	0.6	2.1	0.8	4.7	4.6	1.5	1.2	11.1	122	29.0	32.2
미강부 (C)	14.0	미강, 잔사라기	0.0	3.2	2.6	255	534	144	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0
투입구+ 조전기 (B)	16.6	벼, 쪽정 이, 왕겨, 아종곡립, 지푸라기, 흙먼지	58.2	23.9	0.8	2.3	1.5	0.4	0.3	0.6	1.1	6.9	3.9
평타입 사일로 (S)	17.8	벼, 왕겨, 쪽정 이, 지푸라기, 흙먼지	8.6	40.1	6.7	17.6	11.7	4.3	1.3	3.2	1.6	3.3	1.7
평타입 사일로 (S)	-	돌, 쇳가루, 왕겨, 지푸라기, 흙먼지	0.9	3.7	0.7	2.7	2.8	2.5	2.0	3.7	6.1	17.9	57.1
투입구+ 순환식 건조기(B)	12.3	벼, 쪽정 이, 지푸라기, 흙먼지	8.4	12.8	2.8	9.8	8.4	2.1	0.9	2.7	5.6	25.5	21.2
조전기 (B)	13.9	벼, 왕겨, 쪽정 이, 지푸라기, 흙먼지	42.0	6.9	0.8	2.8	4.2	3.9	2.3	4.7	3.9	25.1	3.3
연속식 건조기 (TC)	16.0	쪽정 이, 지푸라기, 흙먼지	7.3	6.8	2.4	7.9	4.9	1.9	1.4	4.7	5.6	29.4	27.6

※ 주) TC : Turbo cleaner, C : Cyclone, B : Bag filter, S : 간이식 집진기

- 표 및 그림에서 알 수 있듯이 집진기에서 집진된 분진은 일반적으로 벼, 왕겨, 지푸라기, 흙먼지, 이물질 등으로 구성되어 있었으며, sieve의 크기에 따라서는 벼 및 큰 지푸라기 등의 크기는 1,000 $\mu$ m 이상이었고, 잔 지푸라기, 들 등은 300~850 $\mu$ m 수준, 비교적 큰 먼지는 106~150 $\mu$ m 수준, 작은 먼지는 75 $\mu$ m이하 수준이었음
- 집진대상에 따라서는 물벼에서 쪽정어, 지푸라기, 이물질 등을 선별하는 조선키의 경우에는 1,000 $\mu$ m 이상의 큰 지푸라기, 벼, 쪽정어와 같은 이물질이 대부분을 차지하고 있었으며, 그 외의 반입, 건조 및 저장시설과 관련된 집진기에서 채취한 분진은 대부분이 45 $\mu$ m 또는 그 이하였음. 특이한 것은 미강, 백미부 및 포장부의 집진 등이 함께 모여진 미강부에서 채취한 분진은 180~500 $\mu$ m수준으로 일반적인 반입, 건조, 저장부와는 큰 차이를 나타내었음
- 터보클리너, 사이클론, 백필터 및 간이식 집진기에서 채취한 분진간에는 각각 큰 차이를 확인하기 어려웠으며, 분진의 크기별 중량비만으로는 각 집진기의 우열에 대해 논의하기는 어려웠음
- 표 3-2-9에서 알 수 있듯이 일반적으로 집진효율은 사이클론(원심식집진시설)이 약 60%, 백필터(여과식집진시설)가 약 90%로서, 현재 진행중인 가공시설현대화사업에서 집진효율과 설치비용을 고려하여 벼가 혼입된 곡물에서 발생하는 먼지를 집진하는 현미부는 백필터, 미강 및 미강에 준하는 이물질을 집진하는 백미부는 테프론으로 코팅된 사이클론이 추천되고 있음
- 한편, 분진의 함수율은 8.9~16.6%(누수 등이 우려되는 평타입사일로에서 채취된 시료의 함수율은 제외)이었는데, 통상적으로 반입되는 물벼의 함수율 기준이 24%임을 감안할 때 분진의 함수율이 벼 함수율보다 낮은 것은 집진되는 과정에서 건조가 발생되었기 때문으로 판단되었음

#### 나) RPC의 미세분진의 입자크기분석

- 다음 표 3-2-45는 앞의 항에서 2개소 CRPC에서 집진기 종류별, 위치별로 채취한 분진을 Standard testing sieve로 체별하여 중량비를 나타낸 결과중 일부를 나타낸 것임. 표에서 알 수 있듯이 백미부의 분진은 대부분 180~500 $\mu$ m수준이었으며, sieve로 더 이상의 체별이 불가능한 45 $\mu$ m이하의 거의 분포되지 않는 반면, 벼에서 발생하는 분진인 순환식건조기와 투입구에서 발생하는 분진은 45 $\mu$ m인근 또는 그 이하가 대부분을 차지하여 벼에서 발생하는 분진이 RPC에서 발생하는 분진중 미세분진에 속하는 것을 알 수 있었음
- 다음 그림 3-2-18, 표 3-2-46은 각각 투입구와 순환식건조기의 집진기에서 포집된 미세분진 즉, 벼에서 발생하는 미세분진의 크기에 따른 분포를 나타낸 것임. 그림 및 표에서 알 수 있듯이 투입구에서 채취한 미세먼지는 평균 직경이 23.86 $\mu$ m이었으며, 직경 8.35 $\mu$ m이하인 입자가 약 10%이내, 20.94 $\mu$ m이하인 입자가 약 50%이내이었으며, 대부분이 43.07 $\mu$ m이하의 크기이었음
- 한편, 순환식건조기에서 채취한 분진의 크기는 평균 42.985 $\mu$ m수준이었으며, 10.45 $\mu$ m이하인 입자가 10%이내, 30.99 $\mu$ m인 입자가 50%이내였고, 99.05 $\mu$ m의 입자가 90% 이내로 분포하였음. 순환식건조

기에서 발생하는 분진의 경우 일부 벼의 이물질과 벼에서 분리된 까라기 등 비교적 큰 입자의 분진이 포함되어 있는 반면, 투입구에서와 같이 10 $\mu$ m이하의 미세먼지도 대단히 많음을 알 수 있었음

- 이상의 결과에서 RPC에서 발생하는 분진중 반입, 건조 및 저장부, 가공과정중 투입 및 현미부 등에서 발생하는 분진이 백미부, 포장부에서 발생하는 분진에 비해 대단히 미세하므로 친환경 집진시스템의 개발시 반영이 필요하였음

표 3-2-45. 2개소 CRPC의 집진기에서 채취한 분진의 입자크기별 중량비율

집진위치	함수율 (%)	Particle Size별 중량비율(%)										
		2000 ( $\mu$ m)	1000	850	500	300	180	150	106	75	45	45↓
순환식건조기 (TC+C)	13.1	0.3	5.2	1.3	8.8	10.5	4.6	1.6	3.6	3.9	21.5	38.8
순환식건조기 (TC+C)	12.2	1.4	4.0	1.7	8.6	8.8	4.1	1.8	4.0	4.5	18.3	42.9
투입구(C)	10.5	0.2	0.2	0.3	0.6	1.0	0.7	0.5	2.1	2.8	38.4	53.2
미강부(C)	14.0	0.0	3.2	2.6	25.5	53.4	14.4	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0

※ TC : Turbo cleaner, C : Cyclone, B : Bag filter

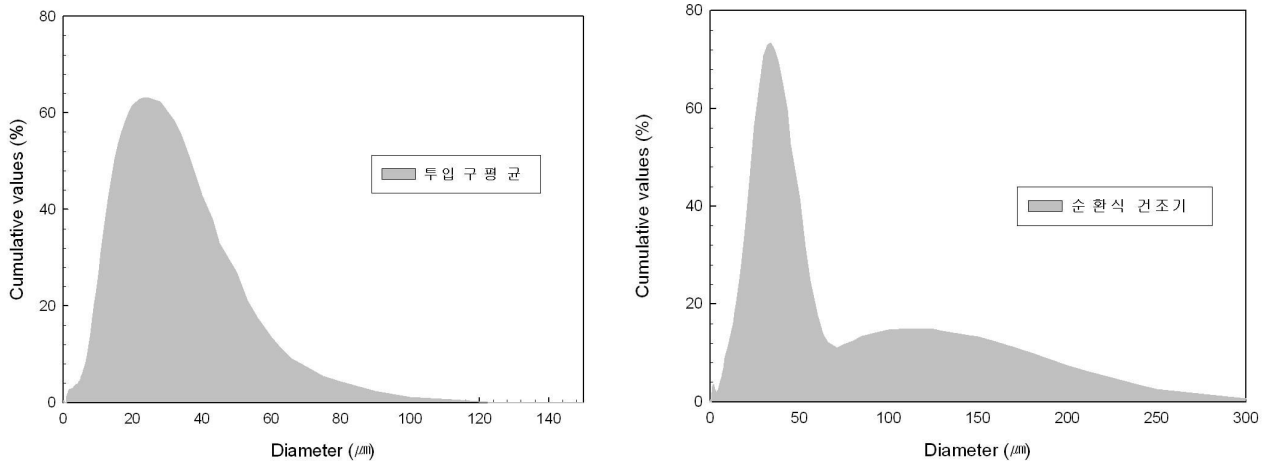


그림 3-2-18. 투입구와 순환식건조기에서 채취한 미세분진의 입자크기별 누적분포

표 3-2-46. 투입구와 순환식건조기에서 채취한 미세분진의 입자크기별 분포

구 분	투입구에서 채취한 미세분진의 입자크기( $\mu\text{m}$ )		순환식건조기에서 채취한 미세분진의 입자크기( $\mu\text{m}$ )	
	평 균	표준편차	평 균	표준편차
Diameter at 10%	8.35	0.01	10.45	0.01
Diameter at 50%	20.94	0.08	30.995	0.06
Diameter at 90%	43.07	0.09	99.05	0.86
Mean diameter	23.86	0.06	42.985	0.21

### 다) 분진의 종말속도

- 분진의 종말속도는 각 공정의 단위기계, 부산물처리, 보조탱크, 이송시설 등에서 발생하는 먼지의 집진을 위한 집진량 산출, air duct의 설계를 포함한 저에너지 고효율 RPC 집진모델개발에도 사용되는 주요한 설계인자임
- Park 등(2005)은 왕겨의 종말속도가 1.36~1.73m/sec 범위로 함수율이 증가할수록 선형적으로 증가한다고 보고하였으며, Martin(1981)이 측정한 곡물분진 중 미세 분진의 종말속도는 0.4m/sec 이상, 왕겨의 종말속도는 1.27m/sec 이상이라고 보고하였으며, 가장 큰 이물질의 종말속도는 3.0m/sec 이상이였으며, 대부분의 이물질의 종말속도는 1.3m/sec 이상으로 보고하였음
- RPC 각 집진기 종류별로 채취한 분진의 종말속도는 다음 표 3-2-47, 그림 3-2-19 및 3-2-20과 같았음. 표에서 평타입사일로의 간이 집진시설(10번)에서 채취한 일부시료는 빗물의 유입으로 수분이 높아 종말속도를 측정하기 어려웠으며, 미강의 경우에는 2,000 $\mu\text{m}$ , 106~45 $\mu\text{m}$ 이하의 진동체로 분리되지 않아 종말속도를 측정하지 못하였음
- 표에서 알 수 있듯이 각 집진기 종류별, 분진채취 장소별로 종말속도에는 다소 차이가 발생하였으나, 분진입자가 클수록 종말속도도 증가하였으며, 분자입자에 따른 종말속도는 다음 식 (3-2-3)과 같이 비선형형태로 나타낼 수 있었음
- 통상적으로 입자크기가 180~500 $\mu\text{m}$ 인 미강의 경우에는 약 1.5m/sec수준, 입자크기가 106~180 $\mu\text{m}$ 인 분진의 경우에는 약 0.5m/sec수준, 입자크기가 75 $\mu\text{m}$  이하인 미세분진의 경우에는 약 0.2m/sec수준으로 판단되었음

$$Tv = a \cdot \exp^{(b \cdot Ps)} + y_0 \dots\dots\dots ( 3-2-3 )$$

여기서, Tv : 종말속도(Terminal velocity, m/sec), Ps : 분진의 입자크기(Particle size,  $\mu\text{m}$ )

a : 0.1609, b : 0.2425, y<sub>0</sub> : -0.1692

표 3-2-47. RPC의 집진기 종류별로 채취한 분진의 종말속도

구 분		분진입자의 크기별 Terminal velocity(m/sec)										
		2000 μm	1000 μm	850 μm	500 μm	300 μm	180 μm	150 μm	106 μm	75 μm	45 μm	45μm ↓
1	순환식건조기 (TC+C)	1.47	1.38	1.28	1.11	1.03	0.24	0.23	0.22	0.2	0.18	0.16
2	순환식건조기 (TC+C)	1.01	0.91	1.01	0.89	0.47	0.22	0.19	0.17	0.16	0.15	0.12
3	투입구(C)	0.96	1.07	1	0.95	0.54	0.2	0.19	0.18	0.17	0.17	0.14
4	조선기(C)	3.31	2.69	2.66	1.04	0.98	0.2	0.19	0.18	0.18	0.16	0.15
5	조선기(C+B)	2.72	0.57	0.56	0.51	0.47	0.47	0.34	0.2	0.16	0.15	0.14
6	평타입사일로 (S)	2.67	1.56	1.81	1.62	1.54	0.19	0.22	0.17	0.16	0.16	0.15
7	미강부(C)	-	1.75	1.61	1.35	1.19	0.42	0.41	-	-	-	-
8	투입구+조선기 (B)	1.49	3.44	2.58	2.22	1.08	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15	0.14
9	평타입사일로 (S)	1.33	1.07	0.98	0.93	0.6	0.25	0.22	0.2	0.19	0.17	0.16
10	평타입사일로 (S)	3.44	-	-	-	-	-	-	0.18	0.17	0.16	0.15
11	투입구+순환식 건조기(B)	4.58	1.29	1.26	1.21	1.05	0.21	0.2	0.19	0.17	0.16	0.15
12	조선기(B)	2.16	2.57	1.18	1.08	0.96	0.2	0.18	0.17	0.15	0.13	0.13
13	연속식건조기 (TC)	1.23	1.08	1.02	0.95	0.82	0.21	0.19	0.17	0.16	0.16	0.15
평 균		2.2	1.61	1.41	1.15	0.89	0.26	0.24	0.19	0.17	0.16	0.15

※ 주) TC : Turbo cleaner, C : Cyclone, B : Bag filter, S : 간이식 집진기

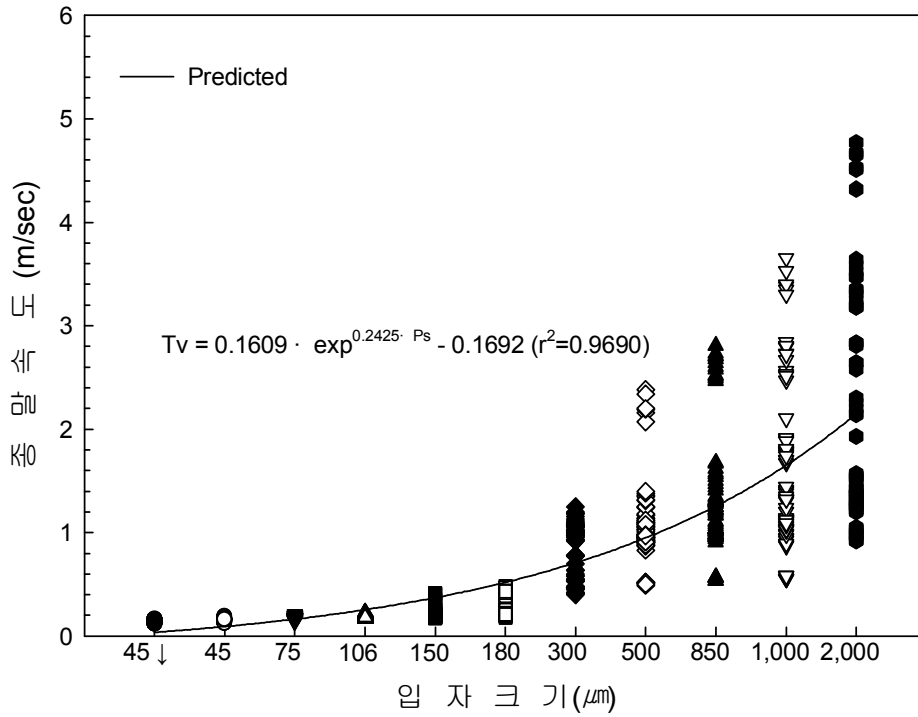


그림 3-2-19. 분진입자의 크기별 종말속도

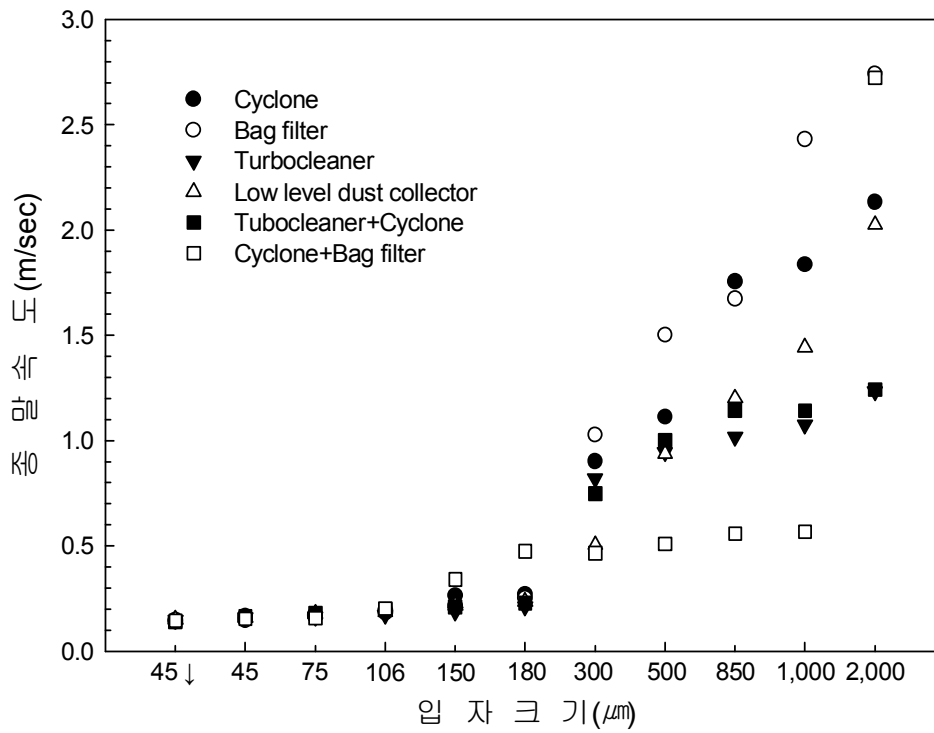


그림 3-2-20. 집진기 종류별 분진의 종말속도

## 다. 반건식 집진시스템의 적용가능성 검토

- 일본의 CE에 설치되어 있는 세정식집진장치는 샤워실 통과공기의 풍속 1.0m/sec이하의 설계조건으로 설치되고 있는데 별도의 폐수처리시설의 설치 없이도 배출이 가능하여 모든 CE에서 사용되고 있었음. 그러나 우리나라는 표 3-2-1에서 알 수 있듯이 분무량 및 응축량이 0.01m<sup>3</sup>/hr이상인 경우에는 폐수처리시설을 설치해야 하므로 설치비용은 물론 운영관리의 한계로 세정식집진장치의 도입은 현실적으로 어려운 실정임
- 본 연구항에서는 단시간에 분진입자의 흡습을 최대화하여 세정식집진장치에 사용되는 가수량을 획기적으로 줄이면서 분진의 중량을 증가시켜 집진효율을 높일 수 있을 것으로 기대되는 반습식에 대한 기술적인 가능성을 타진하기 위하여 RPC에서 수거한 분진중 미세분진에 대한 수분흡수지수(WAI, Water absorption index)을 측정하였으며, 실제 분진에 수분이 흡습되는데 소요되는 시간을 검토하였음

### 1) 실험방법

#### 가) 분진의 수분흡습지수(WAI) 측정

- RPC에서 채취한 6종의 분진을 체별한 다음, 45 $\mu$ m이하(단, 미강은 300 $\mu$ m 사용)의 미세분진을 대상으로 Anderson방법(Anderson R.A. 1982 ; cereal chem. 59(4), 264(1982))을 이용하여 수분흡습정도를 고속원심분리기(Model : RC 5C, Sorvall, U.S.A.)를 이용하여 측정하였음. 실험방법은 공시시료 2.5g을 30ml 증류수(약 25 $^{\circ}$ C)와 혼합한 후 분진과 수분이 만드는 표면막으로 인해 내부로 수분이 침투되지 않는 현상을 방지하기 위해 용기를 약 5초간 흔들여 분산시킨 다음 상온(약 25 $^{\circ}$ C)에서 약 30분간 방치하였음



그림 3-2-21. 수분흡습지수 측정에 사용한 실험장치(고속 원심분리기)

- 시료를 고속원심분리기에서 3000rpm으로 10분간 원심분리한 후 상등액을 분리하고 침전물의 무게를 측정하여 다음과 아래와 같은 식 (3-2-4)으로 WAI를 산출하며 3회 반복한 후 평균값을 측정하

였음. 원심분리중 기계 내부온도는 약 4℃로 설정하였음

$$WAI = \text{원심분리후 고형분 무게(g)} / \text{초기 분진무게(g)} \dots\dots\dots ( 3-2-4 )$$

### 나) 분진의 수분흡습상태 관찰을 통한 반건식 실용화 가능성 검토

- 분진의 종류별, 물의 온도별로 분진의 수분 흡습상태를 관찰하는 실험은 크게 2가지로 실시되었는데 첫 번째 실험은 정지상태의 실험으로 분진에 온도가 다른 물을 가수하여 분진이 물에 용해 또는 흡착되는 시간을 조사하였으며, 두 번째 실험은 유동상태의 실험으로 앞의 분진의 종말속도측정장치를 이용하여 일본에서 세정식집진에 사용하고 있는 풍속 1.0m/sec이하의 조건에서 미세수분을 가수하여 분진의 상태를 조사하였으며, 세부적인 실험방법은 다음과 같았음
- RPC에서 발생하는 미강은 입자크기가 180~500 $\mu$ m 사이에 93.3%가 위치하므로 분진은 입자크기에 따라 180 $\mu$ m이상인 미강과 180 $\mu$ m이하의 베타 및 현미에서 발생하는 분진으로 크게 분류가 가능함. 따라서 본 연구에서는 180 $\mu$ m이상 및 180 $\mu$ m이하의 분진을 petri dish에 약 5g씩 충전한 다음, 온도를 다르게 한 증류수(10℃, 25℃, 40℃)를 분진이 최대로 흡습할 수 있는 수분흡습지수보다는 적도록 일정량(5ml)을 가수하여 흡습되는 상태와 시간을 관찰하였음
- 종말속도측정장치에 백필터에서도 제거효율이 낮은 45 $\mu$ m이하의 미세분진을 투입한 후 풍속을 일본의 세정식집진장치에 사용되는 1m/sec보다 낮은 종말속도범위인 0.15m/s로 설정한 후 측면 및 상부에서 분무기로 가수하면서 미세분진과 미스트와의 흡습 또는 흡착관계를 검토하였음



종말속도측정장치에 미세분진투입



분무기를 이용하여 가수

그림 3-2-22. 미세먼지를 함유하고 있는 유동공기에 가수하여 분진의 흡수상태를 관찰하는 실험장면

## 2) 결과 및 고찰

### 가) 분진의 수분흡습지수

- RPC에서 채취한 6종의 분진의 수분흡습지수는 평균 2.36(2.212~2.633)수준을 나타내어 분진중량의 약 2.36배 정도의 수분을 흡습할 수 있음을 알 수 있었음. 통상적으로 RPC에서 분진농도가 현미부는 3.3~68.0mg/m<sup>3</sup>, 백미부중합은 8.7mg/m<sup>3</sup>정도임을 감안할 때 공기 1m<sup>3</sup>당 흡습되는 수분량은 현



미부가 7.8~160.5mg수준이며, 백미부종합의 경우는 20.5mg수준일 것으로 추정되었음

- 따라서, 물을 이용한 세정식 또는 반건식을 사용할 경우 소요 집진량의 최소 2.36배 이상의 가수가 필요하다는 것을 알 수 있었으며, 정확한 가수량은 집진공기의 속도, 가수하는 노즐의 형태 및 물방울의 크기 등에 따라 달라지는 것을 알 수 있었음
- 한편, 본 실험에 사용한 분진의 입자가 불균일하여 전체적으로 분진입자가 큰 미강을 제외한 나머지 5개의 분진시료는 상등액을 제거할 때 일부 손실되는 부분이 발생되어 실제 수분흡습지수는 실험결과보다는 다소 증가할 것으로 추정되었음

표 3-2-48. 집진위치별로 수서한 분진의 수분흡습지수(WAI)

번호	집진위치(집진시스템 종류)	WAI
1	순환식건조기(Turbo cleaner+Cyclone)	2.303
2	순환식건조기(Turbo cleaner+Cyclone)	2.445
3	투입구(Cyclone)	2.299
4	조선기(Cyclone)	2.294
5	조선기(Cyclone+Bag filter)	2.633
6	미강부(Cyclone)	2.212
	최 소	2.212
	최 대	2.633
	표준편차	0.151
	평 균	2.36

#### 나) 분진의 수분흡습상태 관찰을 통한 반건식 실용화 가능성 검토

- 정지상태에서 분진의 수분흡습상태를 나타내는 다음 그림 3-2-23은 180 $\mu$ m이상과 이하인 분진에 10 $^{\circ}$ C, 25 $^{\circ}$ C, 40 $^{\circ}$ C의 증류수를 가한 다음 경과시간에 따라 분진과 물의 흡습 또는 흡착상태를 나타낸 것으로서, 그림에서 알 수 있듯이 180 $\mu$ m이상인 분진의 경우 약 10분 내외에서 흡습되는 것을 확인할 수 있었고, 180 $\mu$ m이하인 분진은 이보다는 많이 늦은 약 30분이 경과한 이후에 흡습되는 경향을 나타내었으며, 2가지 입자크기별 시료가 모두 물의 온도가 높을수록 흡습되는 속도가 다소 빨라지는 경향을 나타내었음



시료 준비(180 $\mu\text{m}$ 이상)



시료 준비(180 $\mu\text{m}$ 이하)



10, 25, 40 $^{\circ}\text{C}$ 의 물 가수한 초기상태



10, 25, 40 $^{\circ}\text{C}$ 의 물 가수한 초기상태



10분 경과한 상태

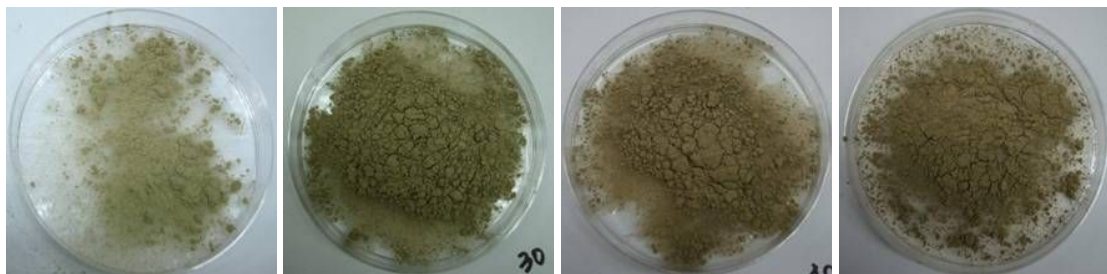


30분 경과한 상태

(분진 입자크기 180 $\mu\text{m}$ 이상)

(분진 입자크기 180 $\mu\text{m}$ 이하)

그림 3-2-23. 분진의 입자크기별, 가수온도별 경과시간에 따른 수분흡습상태

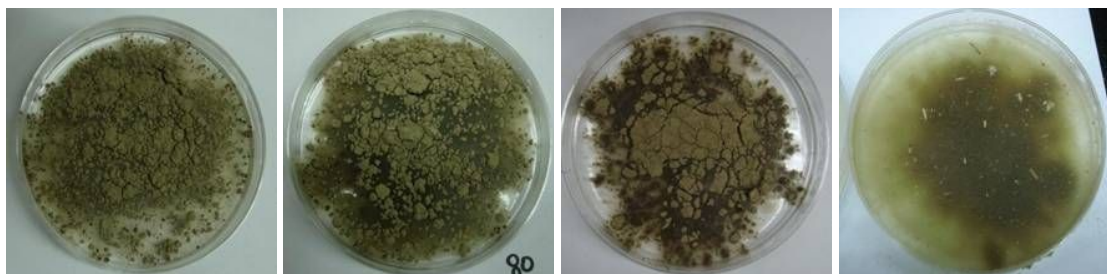


25 $^{\circ}\text{C}$

30 $^{\circ}\text{C}$

40 $^{\circ}\text{C}$

50 $^{\circ}\text{C}$



70 $^{\circ}\text{C}$

80 $^{\circ}\text{C}$

90 $^{\circ}\text{C}$

100 $^{\circ}\text{C}$

그림 3-2-24. 온도가 다른 증류수에 미세입자먼지를 투입한 직후 상태

- 그러나 본 연구는 육안에 의해 분진이 흡습되는 상태를 관찰한 실험으로 실제 집진시스템에서 사용하기 위해서는 단시간내에 흡수되는 것이 필요하므로, 물의 온도에 따라 분진의 흡습속도가 빨라지

는 점을 감안하여 가수되는 증류수의 온도를 약 100℃까지 높여가면서 분진의 상태를 관찰한 결과, 온도가 높을수록 미세분진이 물에 닿은 후 흡습되는 속도가 빨랐으며, 온도 100℃물에는 닿는 순간 흡습되는 것을 알 수 있었음

- 종말속도측정장치, 즉 풍동을 이용하여 180μm이하의 분진을 충전한 다음, 0.15m/sec의 속도로 송풍하면서 분무기로 분무하면서 분진의 흡습상태를 관찰한 결과, 즉, 유동상태에서 분진의 수분흡습상태를 측정된 결과, 많은 분진이 덩어리상태로 뭉쳐졌으나 사용되지 않는 물로 인해 풍동자체의 오염이 심각하게 발생하였음
- 본 연구에서는 RPC에서 발생하는 저농도의 대용량의 분진이 함유된 집진송풍량을 저렴하면서 낮은 에너지와 높은 집진효율을 가진 친환경집진시스템을 개발하는 것이며, 개발방향의 일환으로 반건식 집진시스템을 염두에 두고 분진의 흡습상태를 관찰하였음
- 그 결과, 고온의 물을 가수하여 분진입자를 크게 하는 방법으로 분진의 집진효율을 향상시킬 수는 있으나 가수에 의한 과도한 에너지소요는 물론 분진의 응집에 사용되지 않는 물로 인한 집진시스템의 오염문제가 발생하였으며, 특히 백필터방식과 결합할 때는 백(bag)의 막힘 등의 주요 원인이 될 수 있어 반건식은 실용화가 어렵다고 판단하였음



그림 3-2-25. 유동상태에서 가수에 의한 분진의 수분흡수 및 오염상태

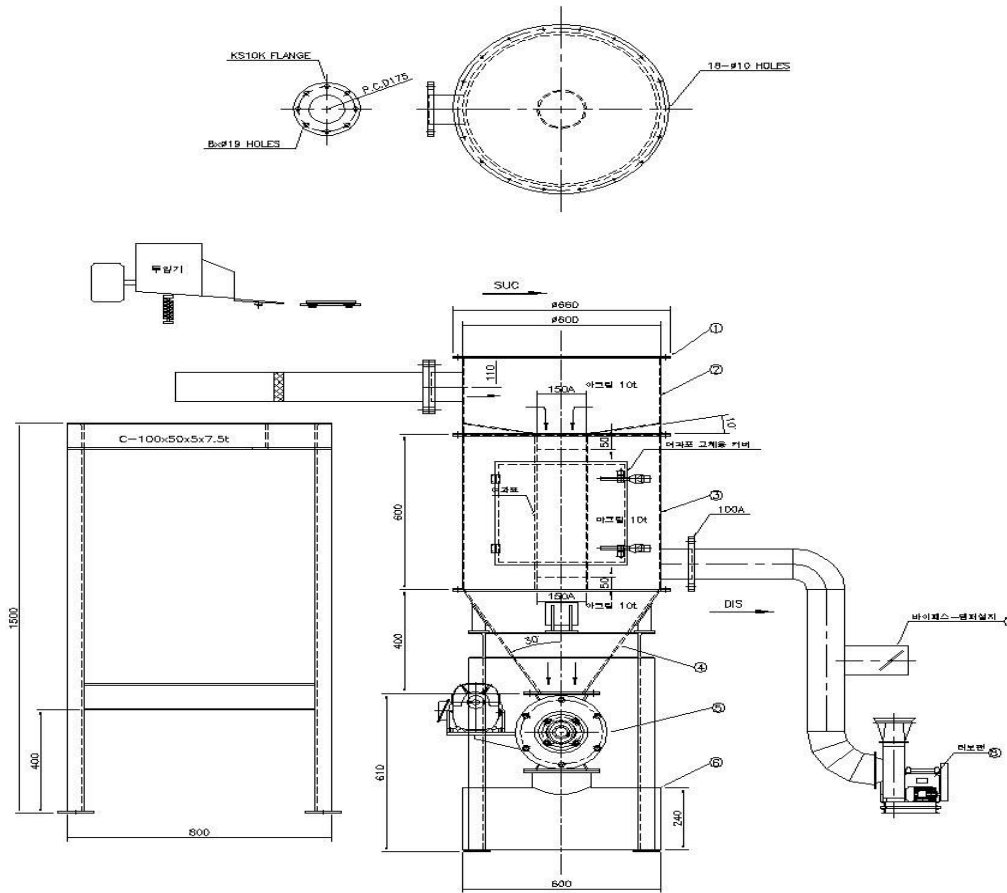
#### 라. 시험용 집진시스템을 이용한 설계인자구명

- 제2세대 RPC 5개소에 설치된 집진시스템에 대한 설치운영현황을 분석하고, 제2세대 RPC에 설치되는 집진시스템 생산업체 7개소에 대한 생산현황 및 기술조사를 전술한바와 같이 실시한 결과, RPC에서 생산되는 분진의 종류 및 분진의 형태에 대한 측정결과도 전무하였으며, 집진시스템 제조회사에서 분진측정장치를 구비한 곳도 전무하였음
- 또한, 여과포 통과 공기속도, 집진시스템에서의 정압강하, 적정 pulse압력 및 공기량 등 집진장치를 설계하는데 필요한 각종 설계인자에 대한 기준이 미흡한 상태로서 각 사에서는 경험치에 의존하고 있는 실정므로 전술한바와 같이 집진효율은 기준효율에 미달하면서 가격이 대단히 고가로 보급되고 있었음

- 집진시스템 생산업체 7개소에 대한 집진시스템 생산현황을 조사하는 과정에서 업체에서는 통일된 설계기준을 제시해 줄 것을 요청받았으며, 본 연구에서 목표하고 있는 친환경 집진시스템개발을 위해서도 여과포통과 공기속도, 집진시스템에서의 정압강하 등 주요 설계인자에 대해 구멍이 필요하였음

## 1) 실험용 집진시스템의 설계 및 제작

- 실험용 집진시스템은 RPC에서 발생하는 분진중 미강을 제외한 분진의 대부분이  $45\mu\text{m}$ 이하의 미세먼지인 점을 감안하여 백필터형으로 설계하여 제작하였으며, 주요 구성은 분진투입부, 집진부, 송풍부 및 설계인자측정부로 구성하였으며(그림 3-2-26), 본 연구의 참여기업인 (주)아이디알시스템에서 제작하였음
- 분진 투입부는 동일량의 분진을 안정적으로 공급하기 위하여 시료의 균일공급이 중요한 색채선별기에서 사용되는 것과 유사한 형태로 제작하였으며, 바이브레이터와 가변저항을 이용하여 분진의 투입속도를 조절할 수 있도록 하였음
- 집진부는 아크릴수지로 제작된 본체와 여과포로 구성하였는데, 여과포는 크기가  $\Phi 180 \times 600\text{mm}$ , 여과면적은 약  $0.28\text{m}^2$ 이었으며, 분진 및 공기의 투입구와 송풍기로 연결되는 배출구 덕트는  $\Phi 100\text{mm}$ 로 단면적이 약  $0.00785\text{m}^2$ 로 설계 제작하였음
- 집진부의 상부와 하부는 호퍼구조로 설계하고, 하부에 air lock을 위해 로터리밸브를 설치하였고, 로터리밸브와 집진부를 연결하는 배출호퍼의 각도는 분진이 정체되지 않도록  $60^\circ$ 로 하였으며, 송풍기는 풍속이  $0 \sim 20\text{m/sec}$ 수준을 조절이 가능하도록 최대풍량  $14\text{m}^3/\text{min}$ , 정압  $320\text{mmAq}$ 인 원심형 고압 송풍기( $0.75\text{kW}$ , KHB-750T, 기전사)를 설치하였으며, 인버터(iG5A, LS, Korea)를 설치하여 유속을 조절할 수 있도록 하였음
- 여과포는 집진시스템 제조회사에서 사용하고 있는 발수제전된 여과포( $550\text{g/m}^2$ )를 기준으로 하고, 여과포의 종류별로는 일반, 발수처리, 발수제전처리된 여과포 등 3가지, 여과포의 중량별로는  $500$ ,  $550$ ,  $600\text{g/m}^2$  등 3가지 등 총 9가지형태의 여과포를 사용하였으며, 각각  $20 \sim 100$ 개씩을 제작하여 교체하면서 사용하였음



**NOTE**

1. 어과포 고체를 위하여 측면에 어과포 고체를 위한 커버를 만들 계획임
2. 어과포는 파이프에 취부후 반도로 고정하는 형식으로 계획함
3. 투입용 호퍼 상부 작업대는 제작시 안전 난간을 설치할 예정임

NO.	DESCRIPTION	DIMENSION	MATL	QTY	REMARKS
6	TURO FAN	5m³/min	PUR	1EA	
7	DAMPER	—	PUR	1EA	
6	DUST BOX	240x600	SS400	1EA	
5	ROTARY VALVE	150A×Ø.5HP	PUR	1EA	
4	HOPPER	—	외구형	1EA	
3	BODY	Ø600x600H	외구형	1EA	
2	BODY	Ø600x300H	외구형	1EA	
1	UPPER COVER	Ø650x10t	외구형	1EA	

UNIT	PROJECTION	SCALE	TITLE			
m/m	1st	1/1	외구형 어과포 집진시스템 설계도서			
DRWN	DSGN	CHKD	APPR			
			NAME			
			외구형 어과포 집진시스템 ASSY			
REV	DATE	DESCRIPTION	CH'CKD	REMARKS	END USER	DWG NO.

그림 3-2-26. 실험용 집진시스템 설계도서





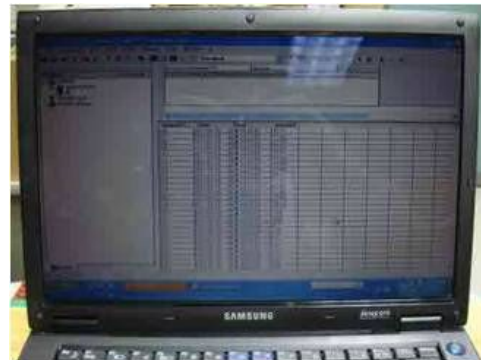
컨트롤 박스



투입기 및 속도조절기



인버터



정압 측정 장치 및 Software



분진농도 측정에 사용된 Low volume sampler

그림 3-2-27. 실험용 집진시스템

- 정압(static pressure)측정은 압력측정계(Testo 526, Ger)를 PC에 연결하여 모니터링 software를 이용하여 일정 시간간격으로 측정하였으며, LVS(Low volume sampler)를 여과포 전후에 설치하여 분진의 농도 변화를 측정하여 풍속의 변화와 분진의 조건의 변화에 따른 여과포의 집진 성능을 측정 하였음

## 2) 실험방법

- 실험은 2가지로 구분하여 실시하였는데, 첫번째는 분진농도와 여과포통과 공기속도의 영향을 쉽게 확인하기 위하여 실제 활용범위를 넘어선 범위에서 가속실험을 실시하였음. 즉, 여과포 통과공기속도를 4단계인 10.1, 16.3, 23.0, 30.7m/min으로 설정하고, 분진농도도 100, 400, 700, 1,000mg/m<sup>3</sup>의 4단계에서 실시하였음
- 실험에 사용한 분진은 RPC의 집진실에서 수거한 다음 Standard testing sieve로 45 $\mu$ m이하, 45~75  $\mu$ m, 75~108 $\mu$ m, 108 $\mu$ m이상 등 4단계로 체질하여 사용하였으며, 분진입자크기는 45 $\mu$ m, 여과포는 제2세대 RPC에서 주로 사용되고 550g/m<sup>2</sup>, 제전/발수처리된 부직포재질을 기준으로 하였음

표 3-2-49. 실험용 집진시스템 가속실험 조건

여과포 종류	분진크기 ( $\mu$ m)	분진농도 (mg/m <sup>3</sup> )	10분간 분진 투입량(g/10min)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	여과 속도 (m/min)
제전/발수 처리 550g/m <sup>2</sup>	45~75	100	3.0	3.22	10.1
			5.0	5.32	16.3
			7.0	7.44	23.0
			9.0	9.37	30.7
		400	12.0	3.22	10.1
			20.	5.32	16.3
			28.0	7.44	23.0
			37.0	9.37	30.7
		700	21.0	3.22	10.1
			35.0	5.32	16.3
			49.0	7.44	23.0
			65.0	9.37	30.7
	1000	30.0	3.22	10.1	
		50.0	5.32	16.3	
		70.0	7.44	23.0	
		93.0	9.37	30.7	

- 미리 준비된 분진 일정량을 투입기에 충전한 다음, 송풍기가 정상상태로 작동된 후 바이브레이터를 가동시켜 분진을 투입하면서 필터전후에 설치된 압력 측정계를 이용하여 정압차이( $\Delta P$ )를 측정하였음. 실험시간은 10분을 기준으로 하였으며 분진농도에 따라 LVS에서 측정가능한 시간으로 조정하였음
- 본 실험은 실용적인 범위에서 실시되었는데, 여과포는 500, 550, 600g/m<sup>2</sup> 등 3가지를 사용하였으며, 여과포 통과 공기속도는 백필터 제조회사에서 적용하고 있는 기준범위 이내인 4단계인 1.8, 3.4, 5.1, 6.7m/min, 분진농도는 제2세대 RPC에서 발생하는 분진농도수준인 30, 60, 90, 120mg/m<sup>3</sup>수준을 사용하면서 1차 실험과 동일한 방법으로 집진효율과 정압을 측정하였으며 실험조건은 다음 표 3-2-50과 같았음

표 3-2-50. 실험용 집진시스템 2차 실험 조건

여과포 종류	분진크기 ( $\mu\text{m}$ )	분진농도 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	10분간 분진 투입량( $\text{g}/10\text{min}$ )	송풍량 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	여과 속도 ( $\text{m}/\text{min}$ )
제전/발수 처리 500, 550, 600g/m <sup>2</sup>	45이하, 45~75, 75~106 $\mu\text{m}$	30	0.15	0.50	1.8
			0.29	0.96	3.4
			0.43	1.43	5.1
			0.57	1.90	6.7
		60	0.30	0.50	1.8
			0.58	0.96	3.4
			0.86	1.43	5.1
			1.14	1.90	6.7
		90	0.45	0.50	1.8
			0.87	0.96	3.4
			1.29	1.43	5.1
			1.71	1.90	6.7
		120	0.60	0.50	1.8
			1.16	0.96	3.4
			1.72	1.43	5.1
			2.28	1.90	6.7



### 3) 결과 및 고찰

#### 가) 집진시간이 정압에 미치는 영향

- 본 연구에서는 실험용 집진시스템에 제진/발수처리된 여과포( $550\text{g/m}^2$ )를 장착하고, 분진입자크기  $45\ \mu\text{m}$ 를 이용하여 경과시간에 따른 집진효율과 정압에 미치는 영향을 측정하였음. 이를 위해 먼저, 분진농도별로 여과포 통과속도를 변화시키면서 시간에 따른 정압변화를 측정하였으며, 그 결과는 다음 그림 3-2-28 및 표 3-2-51과 같았음
- 집진시스템에서의 정압차는 RPC전체적인 집진시스템 설계의 가장 중요한 인자중 하나로서 백필터에서의 정압강하는 고압공기를 이용한 탈진과정이나 로터리벨브에서의 공기의 유입 및 유출 등을 제외할 경우, 여과포를 통과할 때의 송풍저항이 가장 큰 인자라고 할 수 있음. 특히, 전술한 바와 같이 일반적으로 백필터의 여과포로 사용되는 부직포는 타공의 크기가 일정하지 않은 점을 감안할 때 송풍량과 탈진정도가 정압차를 결정하는 가장 큰 원인이라고 할 수 있음
- 그림 및 표에서 알 수 있듯이 여과포 통과 공기속도 및 분진농도가 높을수록 높은 송풍저항으로 인해 정압차가 커졌으며, 경과시간에 따라서도 정압차가 증가하는 경향을 나타내었음. 특히, 제2세대 RPC의 각 단위기계 및 기타부분에서 발생하는 분진의 농도와 여과포 통과공기속도를 감안할 때 실용규모인 분진농도  $120\text{mg/m}^3$ , 여과포 통과공기 속도  $3.4\text{m/min}$ 수준에서 정압차는 초기에 약  $11.23\text{mmAq}$ 이었으며, 약 10분이 경과한 후에도  $11.90\text{mmAq}$ 으로 낮은 수준을 나타내었음
- 그림 3-2-29는 분진입자크기  $45\ \mu\text{m}$ 를 제진/발수 여과포( $550\text{g/m}^2$ )에 여과포 통과공기속도  $3.4\text{m/min}$ , 분진농도  $60\text{mg/m}^3$  상태에서 약 80분간 측정한 결과를 나타낸 것으로서 여과포 이전의 유입관에서의 정압손실은 약  $25\text{mmAq}$ , 집진기 출구에서의 정압손실은 약  $30\text{mmAq}$ 로서 여과포에서의 정압강하는 약  $5\text{mmAq}$ 수준을 나타내었으며, 이 결과에서 집진시설의 송풍저항 중에는 여과포 이외의 유입 및 유출관, header부분, 탈진과정 등 기타 부분의 영향이 대단히 크다는 것을 알 수 있었음
- 현재까지의 연구결과, 일반적으로 제2세대 RPC에서 사용할 수 있는 여과포 통과공기를 대단히 낮은 여과포 통과공기 속도  $3.4\text{m/min}$ 상태(분진농도  $120\text{mg/m}^3$ )에서 정압차는 약  $15\text{mmAq}$ 이하로 여과포 통과공기속도를 낮춤으로 인해 실제 설계에 사용되는 정압차  $150\text{mmAq}$ 에 비해 많이 낮출 수 있다는 것을 알 수 있었음

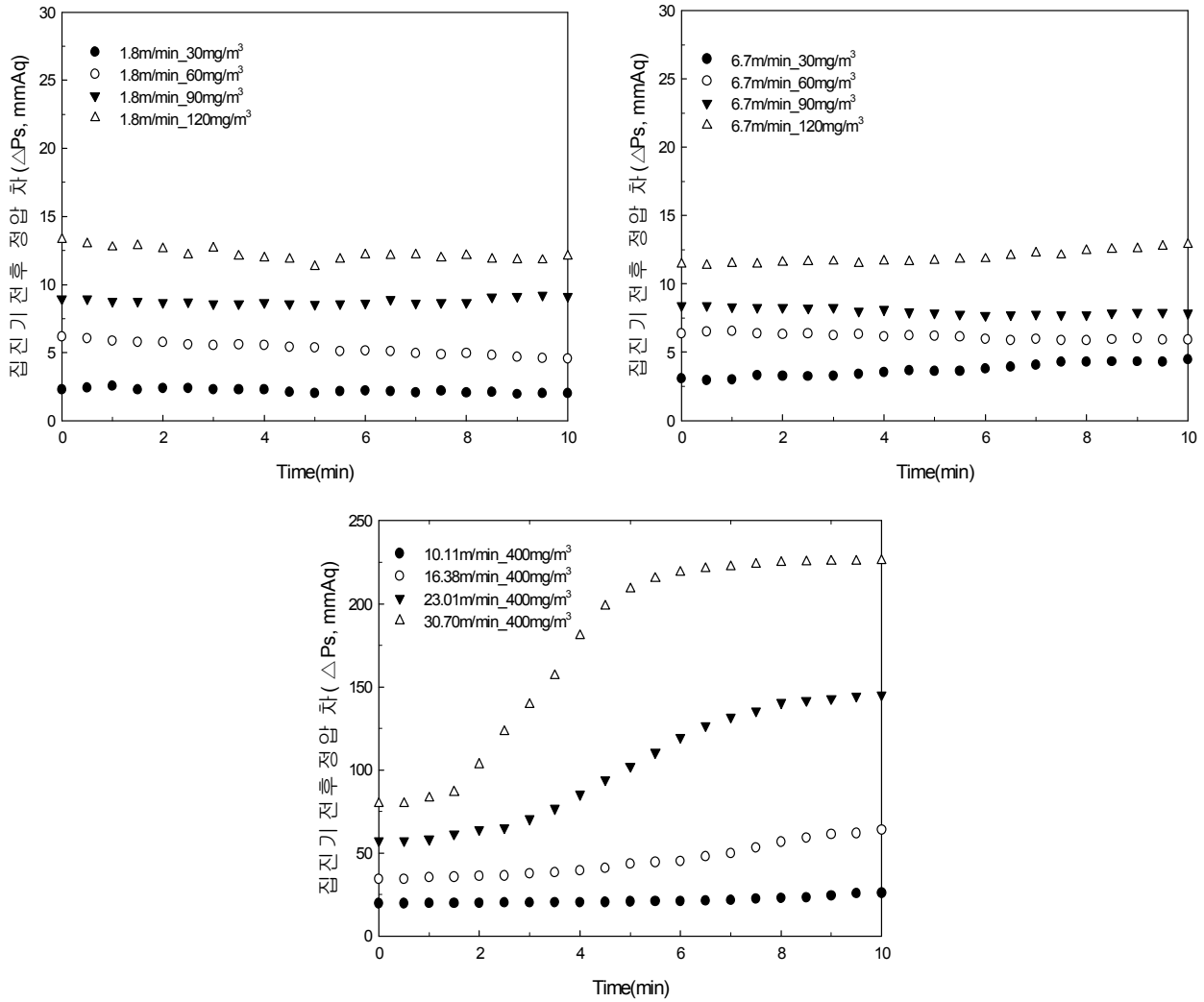


그림 3-2-28. 실험용 집진시스템을 이용하여 측정한 여과포 통과공기속도와 경과시간에 따른 집진기 전·후의 정압차(분진입자크기 45 $\mu$ m, 제전/발수 여과포, 550g/m<sup>2</sup>)

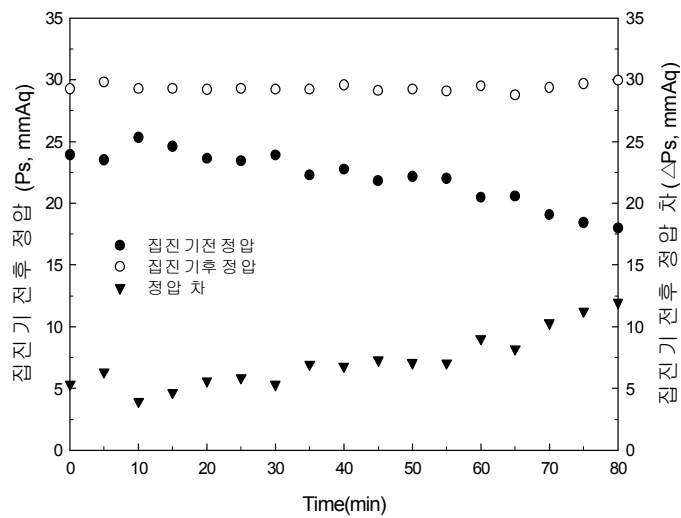


그림 3-2-29. 실험용 집진시스템을 이용하여 측정한 경과시간에 따른 집진기 전·후의 정압 및 정압차(분진입자크기 45 $\mu$ m, 제전/발수 여과포, 550g/m<sup>2</sup>, 여과속도 3.4m/min, 분진농도 60mg/m<sup>3</sup>)

표 3-2-51. 실험용 집진시스템에서 측정한 분진농도, 여과속도 및 경과시간에 따른 정압강하  
(분진입자크기 45 $\mu$ m, 제진/발수 여과포, 550g/m<sup>2</sup>)

분진농도 (mg/m <sup>3</sup> )		30				60				90				120			
여과속도 (m/min)		1.8	3.4	5.1	6.7	1.8	3.4	5.1	6.7	1.8	3.4	5.1	6.7	1.8	3.4	5.1	6.7
시간 (min)	0	2.29	2.89	2.85	3.19	6.18	4.99	5.44	6.45	8.94	9.44	7.86	8.50	13.30	11.23	11.26	11.40
	1	2.55	2.81	3.21	3.11	5.88	4.56	5.24	6.48	8.75	9.20	7.92	8.32	12.73	11.14	11.50	11.38
	2	2.40	2.41	3.62	3.26	5.76	4.05	5.32	6.28	8.70	9.47	7.87	8.27	12.62	11.42	11.14	11.45
	3	2.32	1.79	4.16	3.29	5.54	3.84	4.75	6.28	8.58	9.60	7.59	8.18	12.67	11.45	11.25	11.61
	4	2.29	1.33	4.53	3.50	5.57	3.48	5.02	6.00	8.67	9.75	7.19	8.14	11.94	11.58	11.18	11.92
	5	2.02	0.51	5.15	3.62	5.37	3.00	4.84	6.13	8.55	9.86	7.49	7.70	11.32	11.66	10.99	11.95
	6	2.21	0.13	5.68	3.90	5.15	2.57	4.67	5.95	8.62	9.83	7.15	7.62	12.18	10.62	11.12	11.22
	7	2.07	0.83	6.09	4.16	4.95	2.21	4.55	5.93	8.65	10.14	7.23	7.82	12.17	11.19	11.22	12.05
	8	2.05	1.31	6.41	4.28	4.96	2.33	4.79	5.79	8.70	10.40	7.16	7.76	12.12	11.63	11.54	12.27
	9	1.95	1.77	6.88	4.29	4.68	2.18	4.53	5.90	9.13	10.47	7.23	8.05	11.79	11.52	11.71	12.67
	10	2.01	1.75	7.16	4.55	4.56	1.88	4.57	5.79	9.12	10.07	7.54	7.82	12.07	11.90	11.47	13.07
분진농도 (mg/m <sup>3</sup> )		100				400				700				1000			
여과속도 (m/min)		10.1	16.3	23.0	30.7	10.1	16.3	23.0	30.7	10.1	16.3	23.0	30.7	10.1	16.3	23.0	30.7
시간 (min)	0	18.60	19.70	20.26	19.8	34.10	34.40	37.70	36.10	56.40	57.50	55.70	57.20	75.00	79.90	76.30	78.70
	1	18.99	19.90	21.20	20.04	36.45	35.3	41.18	37.73	56.99	58.41	59.13	60.39	78.12	82.97	81.17	78.39
	2	18.61	19.99	22.41	22.50	36.54	36.26	45.16	42.57	57.57	64.10	69.19	73.65	79.10	103.27	109.57	93.30
	3	18.27	20.12	23.10	27.03	36.97	37.78	51.11	49.85	58.14	70.58	98.90	121.08	80.76	139.16	204.30	157.76
	4	18.00	20.40	23.80	28.91	37.35	39.50	58.57	71.26	58.77	85.44	123.15	135.29	80.83	180.76	217.79	216.96
	5	17.65	20.95	25.00	30.22	37.89	43.52	69.46	74.68	58.69	102.32	134.94	138.90	82.53	208.97	219.89	224.43
	6	17.62	21.14	26.88	31.33	38.90	45.16	76.41	76.08	59.47	119.69	137.04	140.57	84.18	218.85	221.39	227.30
	7	17.34	21.60	29.20	31.71	39.02	49.92	78.73	76.58	60.90	131.89	139.30	141.75	84.55	222.37	222.48	228.54
	8	17.36	22.95	30.47	31.79	39.91	56.76	80.28	77.82	61.15	140.57	140.75	142.83	85.94	224.93	223.14	229.24
	9	17.59	24.54	32.23	32.16	39.86	61.33	81.36	78.47	61.38	142.97	141.93	143.56	86.97	225.64	223.29	230.47
	10	17.61	26.05	32.56	32.35	39.87	64.09	81.88	78.92	61.26	145.14	142.07	143.99	87.65	225.90	223.49	231.56

나) 여과포의 종류, 분진크기 및 분진농도가 집진효율 및 정압에 미치는 영향

- 제전/발수처리된 여과포의 종류별(500, 550, 600g/m<sup>2</sup>), 분진크기별(45이하, 45~75, 75~106 $\mu$ m 이상), 여과포 통과속도별(1.8, 3.4, 5.1, 6.7m/min)로 10분간 측정된 집진효율과 정압특성은 다음 표 3-2-52, 3-2-53과 같았음
- 표 3-2-52에서 알 수 있듯이 여과포의 종류별로 분진크기별 및 여과포 통과속도별로 집진효율에는 큰 차이는 없었으나, 여과포의 무게가 500g/m<sup>2</sup>에서 600g/m<sup>2</sup>으로 증가할수록 집진효율의 약간 감소하는 경향을 나타내었음. 그러나 전체적으로 집진효율은 90%이상을 나타내어 본 연구에서 사용하는 일반적인 여과포로 정상적으로 처리할 때 집진효율기준은 만족할 수 있을 것으로 판단되었음
- 통상적으로 여과포에서의 집진효율의 감소는 여과포가 찢어지거나 틈이 발생하는 등 이외에는 탈진 부족, 고수분 곡물처리 또는 장마철 등에 여과포가 젖은 곳에 분진이 붙어 다공이 없어져 전체적으로 여과면적이 급속하게 저하하는 경우 등으로서, 여과포를 외부에서 관찰하고 탈진 및 건조하는 것의 필요성을 알 수 있었음
- 표 3-2-53에서 알 수 있듯이 여과포 통과속도가 증가할수록 정압이 증가하였고, 분진의 농도가 증가함에 따라서는 약간 증가하는 경향을 나타내었음. 이 결과로부터 정상적으로 탈진이 진행된다면 여과포에서의 정압강하는 전체 백필터의 정압에 비해 그 값이 크지 않아 탈진장치 및 기구적인 부분의 적정설계가 필요함을 알 수 있었음

표 3-2-52. 제전/발수처리된 여과포의 종류별, 분진크기별, 여과포 통과속도별 집진효율(%)

여과포 규격 (g/m <sup>2</sup> )	분진 농도 (mg/m <sup>3</sup> )	분진크기( $\mu$ m) 및 여과포 통과속도(m/min)											
		45이하				45-75				75-106			
		1.8	3.4	5.1	6.7	1.8	3.4	5.1	6.7	1.8	3.4	5.1	6.7
500	30	97.7	97.7	97.3	98.7	98.3	99.0	97.3	99.3	98.7	97.7	98.7	96.7
	60	98.7	97.3	95.3	99.7	99.3	97.7	99.3	98.7	98.3	98.0	97.0	98.3
	90	99.3	99.0	100.0	98.7	97.3	98.0	97.3	98.0	98.0	90.0	99.0	99.3
	120	98.7	98.3	98.7	99.0	98.3	97.3	97.0	99.0	99.7	100.0	98.0	99.7
550	30	96.3	95.7	95.0	88.7	97.3	96.7	96.0	97.7	97.0	98.0	97.7	95.7
	60	96.7	93.0	96.7	95.0	100.0	98.0	97.3	98.0	98.7	96.7	95.0	95.7
	90	93.3	97.7	97.3	94.3	98.7	99.0	96.7	96.0	95.0	97.0	97.7	94.7
	120	93.7	93.3	95.0	95.0	98.7	98.7	98.0	93.7	98.3	96.3	95.3	99.0
600	30	96.3	95.7	95.0	88.7	97.7	98.7	98.3	98.3	98.7	99.0	99.3	97.3
	60	96.7	93.0	96.7	95.0	98.7	96.7	95.3	96.7	98.7	99.0	99.7	99.7
	90	93.3	97.7	97.3	94.3	98.0	98.3	98.3	98.0	96.7	98.7	99.3	100.0
	120	93.7	93.3	95.0	95.0	98.0	98.3	99.7	97.3	100.0	97.7	95.7	98.3

표 3-2-53. 제전/발수처리된 여과포의 종류별, 분진크기별, 여과포 통과속도별 정압(mmAq)

여과포 규격 (g/m <sup>2</sup> )	분진 농도 (mg/m <sup>3</sup> )	분진크기( $\mu$ m) 및 여과포 통과속도(m/min)											
		45이하				45~75				75~106			
		1.8	3.4	5.1	6.7	1.8	3.4	5.1	6.7	1.8	3.4	5.1	6.7
500	30	3.0	4.3	5.6	8.9	0.8	2.9	4.5	7.4	0.8	3.1	5.5	7.5
	60	1.5	4.2	6.9	10.5	1.1	2.8	5.5	8.0	1.6	3.4	5.5	8.1
	90	0.7	2.5	5.8	8.1	2.1	3.4	5.5	8.0	1.2	3.1	5.2	7.7
	120	1.2	3.3	5.2	8.6	2.1	3.5	4.8	8.0	1.2	4.1	5.4	7.7
550	30	2.2	5.4	7.0	8.1	1.3	3.6	6.9	9.8	3.0	5.0	4.9	8.2
	60	1.9	3.3	9.8	12.2	2.3	4.6	6.2	8.8	2.3	2.0	5.5	8.8
	90	1.3	4.9	6.7	8.7	1.2	4.8	7.8	10.3	2.4	4.3	6.7	9.6
	120	3.7	6.2	7.5	11.8	2.4	4.6	7.9	13.2	1.8	3.3	6.8	8.9
600	30	2.0	4.8	7.1	11.8	1.6	4.2	7.6	9.5	0.8	2.8	4.6	9.3
	60	2.3	4.5	8.4	10.7	0.8	4.1	7.5	9.8	1.9	3.7	6.3	10.0
	90	1.2	4.2	15.1	9.9	2.2	4.1	6.9	7.7	1.8	4.6	6.6	9.5
	120	2.1	5.0	7.5	10.6	1.3	4.3	8.0	13.5	2.5	5.5	6.8	8.4

## 5. Pilot scale의 집진시스템 제작 및 보완

### 가. Pilot scale의 집진시스템 설계 및 제작

- RPC는 대단히 집진량이 많은 시설이며, 다수의 집진시스템이 설치되는 시설로서 백필터 및 사이클론 등 대기오염물질 배출시설의 허용기준인  $100\text{mg}/\text{m}^3$ 이하로는 RPC 시설 경계에서 측정되는 비산먼지농도기준인  $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 이하를 충족할 수 없어 별도의 시설이 필요함
- 전술한바와 같이 가공시설에는 원료투입구, 종합정선기, 왕겨풍구, 현미석발기, 현미부, 정미기(연미기포함), 백미부, 포장부 등에 집진이 필요하며, 각 단위기계별 집진량은 다음 표 3-2-52와 같았으며, 현미/백미생산능력  $6/5\text{ton}/\text{hr}$ 의 제2세대 RPC에서 전체적으로는 약  $1,760\text{m}^3/\text{min}$  이상의 막대한 집진이 필요함. 현재 정미기, 백미부 및 포장부에는 사이클론이 사용되고 있으며, 나머지는 모두 백필터가 사용되고 있음
- 다음 표 3-2-54는 2010년에 설치된 건조저장시설(기준은 건조저장  $800\sim 1,000$ 톤능력)에서의 집진량 현황을 나타낸 것으로서, 표에서 알 수 있듯이 주로 전체적으로는 평균  $758.2\text{m}^3/\text{min}$  정도의 집진이 필요하였음. 그러나 순환식건조기를 제외한 연속식건조기는 사이클론보다 집진효율이 낮은 터보클리너를 사용하고 있었고, 특히 송풍량이 많은 평타입사일로 및 사각빈 등은 집진이 전혀 이루어지지 않는 상태임
- 통상 백필터의 가격이 약  $14.6\text{만원}/\text{m}^3/\text{min}$ (송풍기 및 로터리밸브 제외) 수준임을 감안할 때 집진시스템에 투자되는 비용은 대단히 높으며, 통상 가공시설에서 집진시스템이 차지하는 비중은 약 8.3%(단위기계중에는 10.8%) 정도로 알려져 있으며, 유지보수에 소요되는 비용도 대단히 높아 꾸준히 제기되는 민원 등에도 불구하고 집진시스템에 대한 개선이 어려운 실정임
- 현재까지 개발된 집진시스템에 대한 특허조사 결과는 다음 표 3-2-54와 같았음. 표에서 알 수 있듯이 집진시스템과 관련된 대부분의 특허는 탈진 및 여과포와 관련된 집진으로 대용량 저농도 집진을 위한 비용절감 등에 관련된 특허는 대단히 적었음
- 이에 따라 대용량 저농도의 분진이 발생하는 RPC에 적합한 저가의 친환경 집진시스템의 개발은 그 필요성이 대단히 크며, 성공적으로 개발될 경우 263개소의 RPC(제2세대 RPC포함), 1,123개소의 건조저장시설은 물론 약 3,000개소 이상으로 추정되는 임도정공장 등으로 그 파급효과도 대단히 클 것으로 전망되고 있음
- 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 개념을 도입하여 설계를 실시하였음
- ㉠ **집진시스템의 형태** : RPC와 건조저장시설의 분진중 분진입자의 크기가 크고 oil성분이 많아 여과포의 타공이 자주 막히는 미강관련부분을 제외한 분진은 백필터 방식으로 고려함. 당초 개발방향중 하나로 고려하였던 반건식은 여과포의 막힘과 청소의 어려움 등으로 고려하지 않음

- ㉠ **여과포의 형태** : 일반 RPC는 물론 건조저장시설(투입시설)의 건축 층고는 통상 12m이상으로 대단히 높은 상태이고, 제2세대 RPC 가공시설은 2층 구조를 채용하는 경우가 증가하고 있으므로 개발될 집진시스템은 실내에 설치하는 것을 원칙으로 하고, 여과포의 폭은 약 30cm 수준으로 크고, 길이는 층고에 맞게 4m이상으로 길게 유지하며, 여과포를 다수설치하여 여과포 통과공기속도를 최대 3m/min이하로 낮추어 전체적으로 정압강하를 30mmAq이하로 최소화함. 또한, 케이싱 등을 생략하여 제작비용을 최소화하고 집진시스템이 설치되는 공간에 공기 배출구를 설치하여 대기환경보전법상의 배출시설기준에 적합하도록 함
  - ㉡ **탈진방법** : 여과포의 길이가 4m이상이고, 폭이 30cm이상으로 대단히 큰 상태로 고압공기에 의한 pulse방법의 사용이 불가능하므로 기계적인 방법(vibrator 또는 stepping motor등을 이용한 연속적인 충격방식)을 채택하여 공기압축기, 다이어프램 및 솔레노이드 밸브 등의 설치가 불필요함에 따라 탈진에 소요되는 비용을 획기적으로 절감함
  - ㉢ **처리용량** : 다수의 분진발생장소를 1개의 집진시스템으로 집진하기 위하여 집진시스템 상부에 header를 설치하고, 각 집진구와 header입구에는 역지변을 설치하여 다수의 분진발생 장소중 집진이 불필요할 경우에 대비함. 집진관경이 커서 역지변의 역할이 미흡할 경우를 대비하여 header를 각 집진구의 개수에 맞도록 칸막이하는 방안도 고려함
  - ㉣ **집진시스템 설치방법** : 통상적인 집진시스템은 송풍기 이전에 설치한 흡인식이 대부분이나 본 연구에서 개발될 집진시스템의 송풍저항은 대단히 적고, 다수개의 분진발생 장소와 연결되므로 압송식을 원칙으로 하며, 이로 인해 흡인식에서 반드시 설치되는 백 케이지의 생략이 가능함
  - ㉤ **폐기물의 처리방법** : 다수개의 여과포를 설치함에 따라 호퍼의 경사각(45°이상)을 이용하여 폐기물을 스크루컨베이어로 취합한 후 1개의 로터리밸브를 설치하고, 배출하여 설치가격을 절감함. 다만 슈트부분으로의 공기의 유출이 발생할 수 있으므로 스크루컨베이어의 케이싱을 동시에 회전시키고, 타공각도를 조절하여 옆 section으로 공기의 유출을 방지할 수 있는 방안도 강구함
  - ㉥ **여과포의 건조방법** : 고수분의 반입 벼 또는 건조과정중의 집진, 장마철중의 집진으로 인해 여과포가 젖은 상태로 장기간 운전할 때 분진으로 인한 여과포의 막힘을 방지하기 위해 여과포를 대기중에 노출하는 형태로 설치하여 자연건조는 육안확인하고, 열풍관을 설치하여 필요시 여과포를 건조할 수 있는 방안을 강구함
- 300m<sup>3</sup>/min를 처리할 수 있는 Pilot규모로 설계된 집진시스템 시작품의 설계도는 다음 그림 3-2-30과 같으며, 압송식 집진시스템이 설치되는 개념도는 그림 3-2-31, 3-2-32와 같았음

표 3-2-54. CRPC에 사용되는 주요 단위기계의 송풍량(집진량) 및 소요정압

번호	품 목	형 식	업체명	처리능력 (톤/시간)	소요동력 (kW)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	비 고
1	종합 정선기	진공식	사다케	5	3.1	140	70	
			대원GSI	5	2.6	120~140	70	
				7	2.6	180~210	70	
			아이디알	7	3.0	180~210	60~70	
2	현미기	롤러식	사다케	3.5	7.5	5	15	
			대원GSI	3	7.5	5		
3	왕겨 풍구	기류식	제이씨	4	8.7	140	200	
			영일기계	4	10.3	120	200	
			한세	4	10.9	120	200	
			제이씨	7	13.7	180	200	
			영일기계	7	14.3	150	250	
			대원GSI	7	17.5	200	250	
			아이디알	7	17.7	150	300	
			한세	8	14.3	180	200	
		밀폐식	대원GSI	6	3.8			
4	현미 분리기	20단 병렬	사다케	5	2.2	5×2ea		
			대원GSI	6	2.2	5×2ea		집진구 Φ100
5	입선 별기	선별망식	영일기계	6	7.5	30	80	
			토요	2.5	0.8	10		
			대원GSI	5~6	1.1	5		
6	현미 석발기	진공식	사다케	5	3.1	140	70	
			아이디알	6	3.0	180~210	60~70	
7	연삭기		영일기계	2.5	22.5	50	350	
8	정미기	연좌식	사다케	5	112.5	110	250	
			영일기계	5	105.0	160	400	
			대원GSI	5	135.0	140	400	
				7	165.0	160	400	
		수평식	토요	6	79.0	50	175	집진구 Φ250
			대원GSI	3.5	22.0	7×8ea	400	집진구 Φ75×8ea
		하향식	사다케	3	59.1	55	250	
			야마모토	5	76.5	70	150	



(표 3-2-54 계속)

번호	품 목	형 식	업체명	처리능력 (톤/시간)	소요동력 (kW)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	비 고	
9	연미기	수평식	사다케	3	30.0	35	150		
			영일기계	3	43.5	60	400		
			토요	3	17.5	25	195	집진구 Φ150	
			대원GSI	4	22.2	40	400	집진구 Φ200	
			야마모토	5	32.2	70	120	건식	
10	색채 선별기	CCD	사다케	6	3.9	15			
			대원GSI	5(192ch)	2.6~3.5	2×2ea		집진구 Φ75×2ea	
				7(256ch)	3~4.1	2×2ea		집진구 Φ75×2ea	
			블러	6	3.0	20	20		
			안자이	5(120ch)	2.5	30	50		
11	이물 선별기	CCD+ NIR	사다케	5	3.9	7			
			대원GSI	5(192ch)	2.6~3.5	2×2ea		집진구 Φ75×2ea	
				7(256ch)	3~4.1	2×2ea		집진구 Φ75×2ea	
			블러	6	3.0	20	20		
			안자이	5(160ch)	2.0	30	50		
12	진동체 선별기	요동식	토요	6	1.5	10		집진구 Φ100	
			대원GSI	5	0.8	5		집진구 Φ100	
			한세	8	2.2	5	20		
13	아스퍼레이터	흡입식	토요	6	-	15	175	집진구 Φ100	
14	흡선별기	길이 선별	대원GSI	Φ560	0.75	5			
				Φ625	2.2	5			
				Φ730	3.75	5			

표 3-2-55. 2010년에 건설된 농협 건조저장시설의 집진량 현황

구분	시 설 명	집진량 소계(m <sup>3</sup> /min)																						
		서김제	태인	중앙	함평	영암	무주	풍양	경주	익산	창원	새고성	광천	금마	군산	동군산	동천안	황등	충주	청원 (옥산)	청원 (부용)	평균	최대	최소
원료 투입 시설	원료투입구	200	200	100	150	-	250	220	220	220	200	220	220	220	180	300	180	240	168	200	200	194.4	300	100
	제망기	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	풍력선별기	200	140	120	140	100	140	135	135	135	-	135	135	135	140	120	200	100	100	100	100	125.5	200	100
	조선기 보조탱크	-	8	8	8	8	-	-	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	8	5
	조선기	380	190	190	190	190	140	190	190	190	280	190	190	140	210	210	280	140	190	190	190	203	380	140
	조선기 부산물 처리	60	60	30	60	30	40	30	30	30	60	30	30	30	30	30	70	35	35	35	35	38.6	70	30
	드럼마그네트	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	4	5	3
	호퍼스케일 보조탱크	8	8	8	8	8	5	4	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5.6	8	3
	호퍼스케일	8	8	8	8	8	5	4	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5.6	8	3
	버킷엘리베이터	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	5	5	-	12	-	-	-	-	-	6.7	12	5
	버킷엘리베이터	16	24	24	32	32	10	4	5	5	-	5	10	10	20	-	-	-	-	-	-	15.1	32	4
	버킷엘리베이터	24	-	-	-	-	5	12	5	10	10	10	-	-	-	-	15	15	15	15	15	12.5	24	5
	체인컨베이어	32	8	16	16	32	5	4	10	-	-	5	5	5	10	12	15	15	25	15	15	13.6	32	4
	스크루컨베이어	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
소 계	928	646	504	612	408	600	603	615	600	565	605	605	555	605	693	770	555	543	565	565	607.1	928	408	
건조 시설	건조기(부산물 처리)	100	100	135	100	195	50	76	76	45	-	76	50	76	60	60	150	75	180	100	-	94.6	195	45
	버킷엘리베이터	-	-	8	8	16	-	4	5	-	-	-	5	5	5	3	-	5	-	5	-	6.2	16	3
	체인컨베이어	8	24	16	24	24	5	12	5	15	-	-	5	5	15	6	10	-	10	10	-	12.1	24	5
	소 계	108	124	159	132	235	55	92	86	60	-	76	60	86	80	69	160	80	190	115	-	109.2	235	55
저장 시설	평사일로	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	임시저장호퍼빈	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	버킷엘리베이터	32	16	16	24	32	8	4	10	10	10	10	10	15	5	3	10	10	15	10	10	13	32	3
	체인컨베이어	42	40	16	40	48	8	8	20	25	10	10	15	10	10	3	15	20	30	15	15	20	48	3
	소 계	74	56	32	64	80	16	12	30	35	20	20	25	25	15	6	25	30	45	25	25	33	80	6
기타	건벼출하탱크	16	8	20	8	8	10	5	5	10	10	10	10	10	-	-	5	5	5	5	5	8.6	20	5
	건벼출하용 호퍼스케일	8	16	-	16	16	4	4	5	5	5	5	5	5	-	-	5	-	5	5	5	7.1	16	4
	건벼출하 배출구 집진	20	8	20	8	8	4	4	5	5	5	5	5	5	-	-	5	5	5	5	5	7.0	20	4
	소 계	44	32	40	32	32	18	13	15	20	20	20	20	20	-	-	15	10	15	15	15	22	44	10
총 계	1,154	858	735	840	755	689	720	746	715	605	721	710	686	700	768	970	675	793	720	605	758.2	1,154	605	
집진기 선정	① 집진기(백필터)	500	440	400	450	550	100	360	360	360	260	360	360	360	380	360	280	340	290	450	340	365	550	100
	② 집진기(백필터)	320	400	340	400	200	280	360	240	360	350	360	360	360	380	430	560	280	340	340	340	350	560	200
	③ 집진기(백필터)	320	-	-	-	-	320	-	150	-	-	-	-	-	-	-	170	80	180	-	-	203.3	320	80
	소 계	1,140	840	740	850	750	700	720	750	720	610	720	720	720	760	790	1010	700	810	790	680	776	1,140	610

표 3-2-56. 관련 특허 조사

	특허(실용신안) 명	특허권(실용신안권자) /발명자(고안자)	특 징
1	여과 집진기의 탈진주기 조절장치 (등록실용 20-0361493)	김성우/김성우	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 여과포의 에어 펄싱 주기를 부착된 더스트의 축적된 정도에 따라 자동적으로 변경 제어 할 수 있어 과도한 에어 펄싱으로 인해 고가인 여과포의 손상을 크게 줄일 수 있음</li> <li>2. 수동 조작에 의한 에어펄싱 주기 변경을 행하지 않고도 최적의 에어펄싱 주기의 변경 제어가 가능하여 인력이 절감</li> </ol>
2	백필터에 집진된 분진의 탈착을 위한 노즐 (공개특허 10-2005-0062496)	주식회사 아이엔텍/ 주식회사엔아이티/ 부경산업주식회사/ 대일개발 주식회사 김호석/김주한/김주엽 /배덕수/남궁창	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 백필터 분진을 효과적으로 제거하기 위한 노즐은 필요한 공기량을 조절하여 고속분사함으로써 백필터에 집착된 분진의 제거를 효과적으로 제거하는 이점을 지님</li> <li>2. 저렴한 가격으로 제작</li> </ol>
3	백필터 집진기에 채용된 다기능 배플 댐핑장치 (등록특허 10-0770181)	주식회사 포스코 장병창/황준영	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 필터 백이 편류에 의해 편마모 되거나 이상 마모되는 것을 방지</li> <li>2. 탈진상태의 더스트가 재 부착되는것을 방지</li> <li>3. 필터 백의 표층부에 더스트가 케이킹화 현상에 의해 눈 막힘 현상을 유발하게 됨으로써 탈진 및 집진 작용의 효율이 급격하게 저하되는 문제를 해소함</li> </ol>
4	분급기의 사이클론용 정분배출구 (공개특허 1999-001518)	한라시멘트 주식회사/김문중 박영수/김형섭	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 원심로터로부터 낙하되는 정분들이 확산판에 의해서 등분포되어 각 사이클론으로 균일하게 분산시켜 배출되는 효과가 있음</li> <li>2. 원심로터로부터 낙하되는 정분들이 확산판의 표면에 1차적으로 충돌되어서 각인출관부로 배출되기 때문에 차단판의 마모를 간접적으로 방지할 수 있는 효과가 있음</li> </ol>
5	여과집진장치의 백필터 탈진용 분사 노즐 및 이를 장착한여과집진장치 (공개특허 10-2008-0103248)	경희대학교 산학협력단 조영민/김호경/이경미 /최진식/박병헌/ 이현석	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 분사된 공기와 접촉하는 필터면적을 최대로 활용하는 공정효과를 가져와서 여과 면적을 실질적으로 증가시키는 효과가 있음</li> <li>3. 탈진효과로 필터의 수명을 연장</li> <li>4. 역세척 구조의 여과장치에 다양하게 적용</li> <li>5. 단순성을 최대한 고려, 관련 부품의 제작비용이 설치비가 매우 낮음</li> </ol>

	특허(실용신안) 명	특허권(실용신안권자) /발명자(고안자)	특 징
6	집진기용 필터 구조 (등록특허 10-0655178)	오근서/오근서	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 외부로부터의 압축공기를 여과포에 공급시 여과포의 팽창, 진동 또는 떨림현상을 극대화시켜 여과포 하단부에 분진 누적되는 것을 최소화시켜 필터의 집진효율을 향상</li> <li>2. 구동모터를 포함한 해당 기기의 손상되는 것을 방지, 누적된 분진 제거작업 및 여과포 파손으로 인한 교체를 최소화하여 유지관리비용 절감</li> <li>3. 제작이 용이하여 대량생산으로 인해 원가비용이 낮아짐</li> <li>4. 탈장착하는 작업이 용이함</li> </ol>
7	집진장치 (공개특허 특2001-0068435)	한국기계연구원/ 황해웅 김용진/홍원석/정상현 /최용석	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 미세분진의 눈막힘, 압력손실 증가를 크게 감소시켜 탈진회수의 감소를 유도하여 여과포의 수명을 증가시킬 수 있음</li> <li>2. 여과포에 발생하는 압력손실을 줄일 수 있기 때문에 여과속도를 약 3~4배정도 증가시킬 수 있어 처리용량이 크게 증가</li> <li>3. 여과포 시스템의 성능개선으로 고성능 집진효과를 유지할 수 있음</li> </ol>
8	집진기 (공개특허 특2003-0046367)	이창언/이창언	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 집진 효율은 높이면서도 소요되는 부품의 수를 줄여 제조 비용 및 유지 보수 비용을 줄임</li> <li>2. 고장요인이 줄어들어 신뢰도가 높은 집진기를 제공할 수 있게 됨</li> </ol>
9	조합형 여과집진장치 (공개특허 10-2006-0040192)	한국에너지기술연구원 박석주/이시훈/박영욱 /임정환/김상도/ 임경수	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 분진 부하를 줄일 수 있음</li> <li>2. 미세 분진 입자의 침투 부촉을 줄임</li> <li>3. 필터의 기공막힘 현상을 최소화</li> <li>4. 필터의 분진에 의한 압력부하를 줄임</li> <li>5. 탈진 효율향상</li> </ol>
10	원심 여과형 백필터 집진기 (등록특허 10-0764753)	주식회사 명진 최재천/노희봉	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 청소할 때 발생된 분진이 벤츄리를 통하여 사이클론룸으로 원활히 하강되게 함으로 분진을 효과적으로 제거 할 수 있도록 함</li> <li>2. 미세 분진이 백필터룸의 내부에 이물질과 분진이 정체되는 문제를 해결</li> </ol>

	특허(실용신안) 명	특허권(실용신안권자) /발명자(고안자)	특 징
11	집진기 (등록특허 10-0559371)	주식회사 삼탐엔지니어링 김중배	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 흡기실의 간단한 구조변경으로 초벌수집하는 기능을 갖음</li> <li>2. 분진함유농도를 낮추어 백필터의 여과부하를 줄여 기기 성능 향상</li> <li>3. 백필터의 교환주기를 극대화시켜 운전비용 절감 및 환경오염을 방지함</li> </ol>
12	화장로 후단설비인 대기오염방지 장치의 여과집진기 (등록특허 10-0981454)	(주)원웅산업 김남균	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 사이클론으로 내부에 다수의 백필터를 두어 연소가스에 남아 있는 잔여유해물질의 필터링 효율을 향상시킴</li> <li>2. 백필터에 포집된 입자상 유해물질을 탈리시켜 백필터의 기능을 재생시켜 필터링을 지속하고 활성투입기를 부가하여 함</li> <li>3. 다이옥신에 의한 대기오염을 예방할 수 있음</li> </ol>
13	펄스 에어 가속 집진기	주식회사 삼탐엔지니어링 김중배	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 인젝터를 통하여 펄스에어의 분사가 가속력을 생겨 백필터 외표면에 부착된 분진제거 청소파워가 강해짐</li> <li>2. 백필터의 길이를 연장가능하여 백필터의 개수를 절반이하로 줄임</li> <li>3. 집진기의 평면적 및 설치면적을 줄여 공간황용도 향상시키고 집진기의 제조원가 감축시킴</li> <li>4. 에어펄스 파워가 강해져 초기시설 비용 및 운전비용 절감시킴</li> </ol>
14	집진장치	거화환경산업(주) 추해식/김희자	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 사료공장 및 미곡종합처리장 또는 일반 분말 분진 등을 1차 원심력에 의해 포집하고 2차 중압식 백필터에서 먼지를 99.9% 이상 포집함</li> <li>2. 설치면적이 적고 에어밸브가 케이싱 내부에 설치되어 소음이 적음</li> </ol>
15	서랍형 백 필터 집진 장치	진성언/진성언	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 수직열 서랍부 단위체가 다수배열과 연결되고 단위체 사이에 격벽이 설치되어 개별집진장치가 구비되어 혼합공기의 정화능력을 높일 수 있음</li> <li>2. 집진장치내의 백필터 교환시에도 서랍형태로 장착되어있어 백필터의 교환 및 청소가 용이함</li> <li>3. 백필터 교환 및 청소함에 있어 수직열 서랍부 해당라인만 가동중지하여 경제적 손실 줄임</li> </ol>

	특허(실용신안) 명	특허권(실용신안권자) /발명자(고안자)	특 징
16	개별 분리형 백필터 유닛을 구비하는 집진기	주식회사 포스코 나조현/민태왕	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 백필터 유닛은 하나의 백필터로 되어있어 노후되거나 손상되면 문제되는 백 필터 유닛만 교체 가능 함</li> <li>2. 필터의 낭비가 줄어 유지비용이 절감되어 작업 이 단순함</li> </ol>
17	이중집진장치 (특허등록10-1996-0018772)	두산중공업주식회사	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 마모성이 큰 분진을 함유하는 연료 및 폐기물을 소각하는 유동층 보일러나 소각로로부터 배출되는 배기가스중 미세분진을 제거하기 위함</li> <li>2. 싸이크론과 같은 제 1포집장치를 장착하여, 유입되는 배기가스중에 미세분진을 일차포집하게 함으로써 미세분진의 농도가 매우 높은 경우에도 백필터의 포집부하를 감소시켜 집진장치의 크기를 줄일 수 있음</li> </ol>
18	주름형 백필터 및 이를 이용한 집진기	에스에이치바이오주식회사	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 필터 표면적을 대폭 증가시켜 효율을 향상시킨 백필터와 이를 이용한 집진구조에 관한 것임</li> <li>2. 사각형 필터시트를 아코디언 모양으로 주름지게 접어 원통형으로 형성하여, 원통형 외주부에 세로 방향으로 다수의 산과 골이 형성된 주름형 백필터와, 오염가스가 인입되는 유입구와 정화된 가스를 배출하는 배기구가 형성된 집진구조임</li> <li>3. 각각 교체할 수 있는 집진구조를 특징으로 하고, 시설면적과 원가를 절감하고 유지보수비가 대폭 절감되는 효과가 있음</li> </ol>
19	고효율 집진을 위한 재비산 및 재부착 방지 백필터 여과집진장치	오두석	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 백필터에 부착된 분진이 탈진시에 재비산하여 백필터에 재부착하는 것을 방지할 수 있음</li> <li>2. 백필터 여과집진장치에 있어서 백필터 하측에 설치되어 탈진된 분진을 모아주는 깔때기 모양의 분진 포집판과 상기 포집판으로 모아진 분진이 분진 저장조로 이동하도록 하기 위해 분진 포집판과 분진 저장조를 연결시켜주는 배출판으로 구성됨</li> </ol>

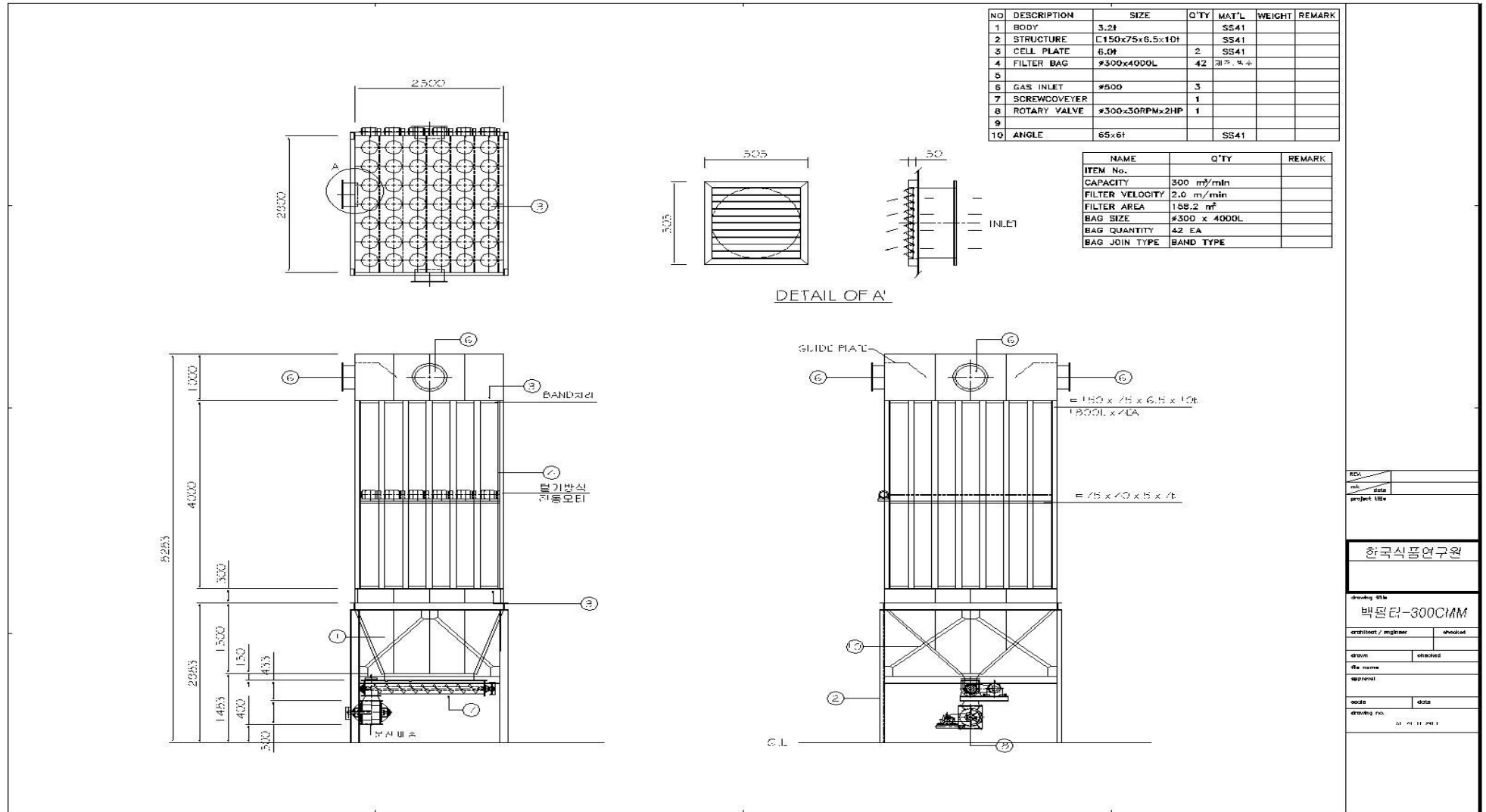


그림 3-2-30. Pilot scale규모의 친환경 집진시스템 설계도





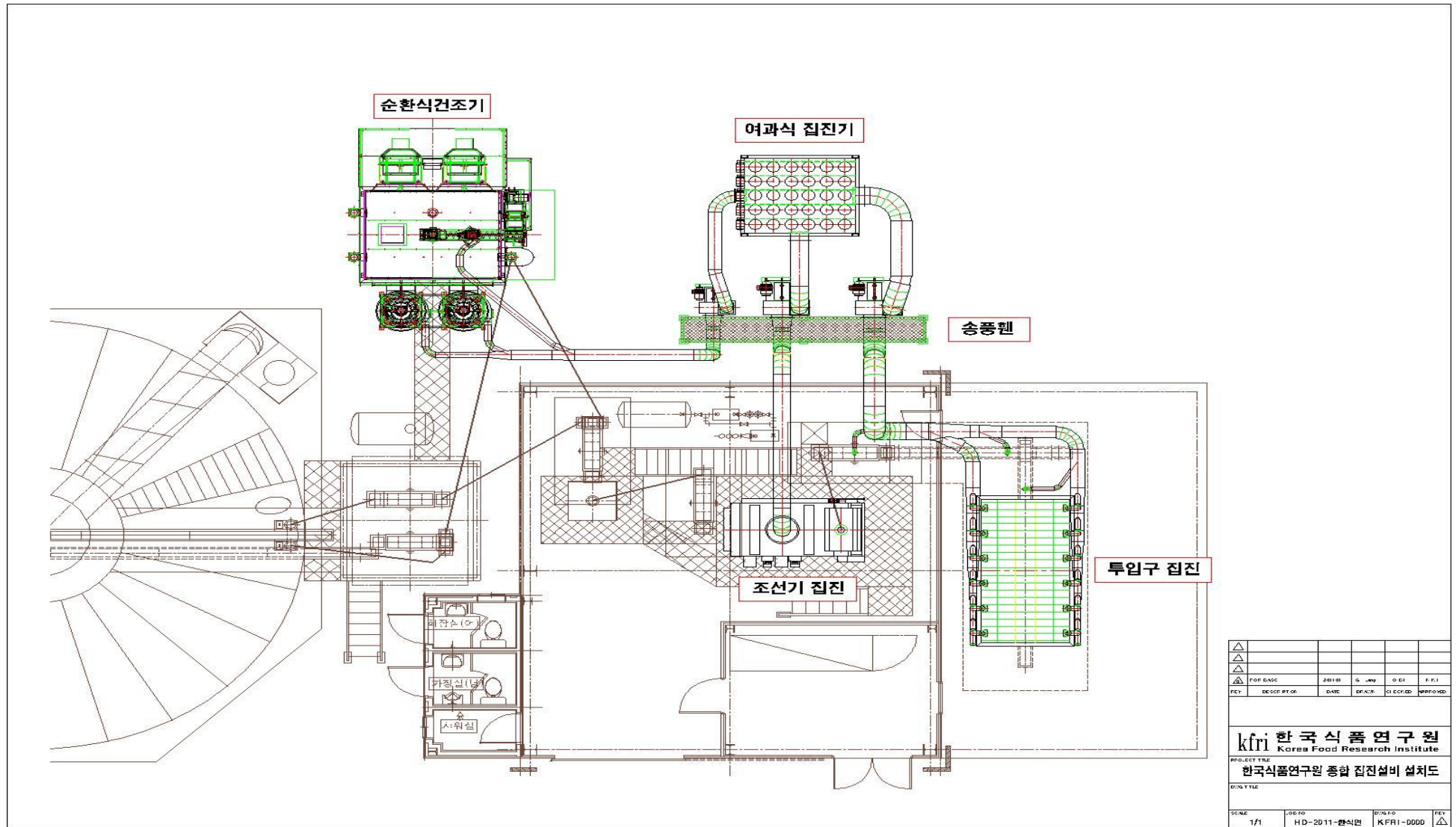


그림 3-2-32. 친환경 집진시스템의 설치예



그림 3-2-33. Pilot scale의 친환경 집진시스템 1차 시작품 제작사진

#### 나. Pilot scale의 집진시스템 설치 및 보완

- Pilot scale 규모로 제작된 1차 시작품은 충북진천군농협쌀조합공동사업법인(이하 “통합RPC)과의 협의를 거쳐 통합RPC 소속의 이월RPC에 설치하였으며, 전체규격은 2,500mm×2,100mm×11,783mm로서 현장 여건이 반영되어 당초 설계도와 다소 차이가 발생하였음. 케이스는 아연도강판으로 설치하였으며, 여과포는  $\Phi 300\text{mm} \times 6,000\text{mm}(\text{D} \times \text{L})$ 의 제진발수 처리된  $550\text{g/m}^2$  규격으로 총 24개를 설치하였으며, 여과포의 단면적은 약  $135.64\text{m}^2$ 이었음





1차 시제품 설치 모습



집진시스템 송풍기 1, 2



배출장치(배출 스크루, 로터리 밸브) 및 컨트롤러



집진시스템 내부(집진 덕트, 집진 필터)



집진시스템 내부 탈진장치



집진시스템과 단위기계 연결 덕트

그림 3-2-34. Pilot scale 규모로 제작된 1차 시제품의 설치모습

- 제1차 시제품이 설치된 농협RPC는 통합RPC에 속해있는 RPC중 하나로서 원료를 제현하고, 현미상태로 출하하는 RPC로서, 보급초기에 건설되어 집진장치는 내용연수인 8년을 경과하여 노후화되어 있을 뿐 아니라 분진으로 인해 민원이 제기되는 등 보완이 필요한 RPC이었음
- Pilot scale의 1차 시제품을 설치하면서 여과포 통과속도에 따른 집진시스템의 작동상태를 확인하기 위하여 제반 실험을 실시하였는데, 이를 위해 먼저, 농협RPC의 요청에 의거하여 투입구, 조선기, 종합정전기, 순환식건조기 집진실 등의 예상 최대 집진량을 앞의 표 3-2-8을 이용하여 추정된 결과는 다음 표 3-2-57과 같이 최대 860m<sup>3</sup>/min수준이었음. 여기서 추정 집진량을 사용한 것은 이들 단

위기계가 오래전에 설치되었으며, 정확한 최적 집진량이 알려져 있지 않아 유사모델의 소요집진량으로 추정할 수 밖에 없었기 때문이었음



사이클론 통과후 추가 분진포집 탱크



순환식건조기 집진실



순환식건조기 집진실의 갤러리



순환식건조기 집진실(가공실 사이클론이 소재)



순환식건조기 집진실 배풍팬



조선기용 사이클론(로터리밸브 미설치)

그림 3-2-35. 농협RPC의 기존의 집진시스템

- 여기서, 투입구의 경우 전체적인 집진이 불가능한 상태로서 바람의 방향을 감안하여 일부 집진이 가능한 부분정도만 집진하는 것으로 집진구를 신규로 제작하여 설치하였으며, 순환식건조기는 고수분 벼의 산물반입시기에만 작동하는 점을 감안하여 종합석발기와 같은 라인으로 설치하되, 현재 순환식건조기 집진실에 설치된 종합석발기의 사이클론에서 토출되는 집진공기를 순환식건조기 집진실에 바로 연결하는 것으로 하였음
- 이와 같은 설치여건을 반영하여 다음 표 3-2-58과 같이 2개의 송풍기를 선정하여 설치하고, 그림

3-2-36과 같이 덕트로 연결하였음

표 3-2-57. Pilot scale로 제작된 1차 집진시스템의 집진대상량

구 분	집진개소	추정 최대 집진량(m <sup>3</sup> /min)	비고
Fan 1	종합정전기	120	100m <sup>3</sup> /min×4ea
	순환식건조기	440	
	소 계	660	
Fan 2	투입구	50	
	조선기	150	
	소 계	200	
총 계		860	

표 3-2-58. Pilot scale의 1차 시작품에 연결한 송풍기의 사양

Fan 1				Fan 2			
제조사	경원엔지니어링	제조일	2011.04	제조사	경원엔지니어링	제조일	2011.08
풍량	200m <sup>3</sup> /min	모델	4,5호	풍량	700m <sup>3</sup> /min	모델	6호
정압	150mmAq	동력	15HP	정압	150mmAq	동력	40HP
베어링번호	NO.6311	전압	380V	베어링번호	NO.6313	전압	380V
회전속도	1,633 rpm	극수	4P	회전속도	1,272 rpm	극수	4P



신규로 설치한 투입 집진구



투입구 송풍량 조절 댐퍼





집진시스템 연결 단위기계(종합정선기)



집진시스템 연결 단위기계(조선기)



집진시스템 연결 단위기계(순환식건조기)



사이클론과 연결된 집진시스템 시작품

그림 3-2-36. Pilot scale의 1차 시작품과 단위기계 연결모습

## 6. 집진시스템의 운영조건 구명 및 폐기물처리방안

### 가. 집진시스템의 운영조건 구명

#### 1) 실험방법

- Pilot scale로 제작한 1차 시제품에서 송풍기 1, 2의 운전조건에 따른 각 지점의 송풍량, 정압 및 집진특성을 측정하였으며, 측정위치는 앞 그림 3-2-30의 ①~⑩ 중에서 관계있는 지점의 덕트관을 타공하여 측정하였고, 동일지점에서 정압을 측정하였음
- 송풍량은 풍속측정기(9555, TSI, USA)를 이용하여 최소 5점 이상의 풍속을 측정한 다음, 덕트의 직경과 풍속의 평균치로 송풍량을 추정하였으며, 정압은 500mmAq이상 측정이 가능한 디지털 정압계(526, Testo, Germany)를 사용하여 측정하였음
- 집진효율은 집진시스템 전·후단에서 분진농도를 측정하여 산출하였으며, 분진농도는 LVS(Low volume samper, AS-10, Pump : SIP-32L, Sibata, Japan)를 사용하여 분진농도를 측정하였음. 유량조건은 30L/min으로 10분 동안 측정하였으며, 분진 포집에 사용되는 항량된 여과지(GF/C 47mm, Whatman, England)의 분진 측정 전후의 중량변화와 측정기간 동안의 유량을 이용하여 분진농도( $\text{mg}/\text{m}^3$ )를 산정하였음



투입구 분진 농도 측정



분진 농도 측정



집진 덕트 풍속 측정



부유 분진 농도 측정



정압 측정



여과포 통과 분진 농도 측정

그림 3-2-37. Pilot scale의 1차 시작품의 성능측정장면

## 2) 운영조건 구명

○ 다음 표 3-2-59는 Pilot scale의 1차 집진시스템의 송풍기 1, 2의 작동조건별 송풍량 및 정압변화를 나타낸 것임. 표에서 알 수 있듯이 송풍량이 당초 추정 최대 집진량과는 차이가 발생하였으며, 이는 집진시스템의 소요정압의 변화에서도 알 수 있었음. 이에 따라 댐퍼를 이용하여 송풍량을 변화시키면서 집진특성을 측정하였음

표 3-2-59. Pilot scale의 1차 집진시스템의 송풍기 가동조건에 따른 송풍량 및 정압특성

가동조건		측정위치	관경 (mm)	풍속 (m/sec)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)
Fan1	Fan2					
On	On	1	400	9.65	72.8	9.00
		2	550	8.62	122.9	20.4
		3	380	17.57	119.5	209.0
		4	700	2.13	49.2	1.0
		5	700	2.32	53.5	193.6
		6	600	6.08	103.1	47.6
		7	500	17.12	201.7	214.2
		8	-	1.58	-	194.8
		9	-	2.53	-	194.8
		10	-	0.34	-	-
On	Off	1	400	14.49	109.3	20.20
		2	550	10.89	155.2	45.8
		3	380	20.12	136.9	115.8
Off	On	4	700	7.41	171.0	8.0
		5	700	7.58	175.1	192.0



- Pilot scale의 제1차 집진시스템의 운영실험은 각 송풍기의 작동조건별 송풍량, 정압 및 집진특성을 측정하면서 실시되었으나, 세부적인 내용은 장치의 제작과 관련된 know-how로 보고서에는 별도로 기입하지 않았음
- 다만, 집진시스템의 보완에는 ㉠ 송풍기의 설계사양과의 차이 해소방법, ㉡ 2개 송풍기의 동시운전시의 집진특성 저하 해소, ㉢ 탈진방법의 개선, ㉣ 집진시스템의 케이싱에 대한 보완 등이 필요하였으며, 후술하는 바와 같이 이상의 보완내용을 포함하여 제2차 시작품을 제작하여 현장적용실험을 실시하였음

## 나. 폐기물처리방안 강구

- 당초 연구계획 제출시에는 반건식을 중요한 개발방향중 하나로 고려하여 폐수처리 방안의 강구가 필요하였으나, 연구가 진행되면서 연차보고서에도 명기하였듯이 건식을 채용하면서 폐수처리의 필요성이 없어졌음
- Pilot scale의 집진시스템에서 발생하는 폐기물은 스크루컨베이어로 이송한 후 로터리밸브를 통해 톤백으로 배출되며, 이 폐기물은 기존의 집진시스템에서 배출된 이물질과 동일하게 폐기하는 것으로 하였음

## 7. 저에너지 친환경 집진시스템의 현장적용실험 및 보완

### 가. Pilot scale의 2차 집진시스템의 제작

- 전술한바와 같이 제1차 pilot scale의 집진시스템 시작품을 이월농협RPC에 설치한 후, 현장여건이 바람직하지 않는 조건에서 송풍량과 정압을 측정하였으며, 그 결과를 바탕으로 집진시스템의 보완에는 ㉠ 송풍기의 설계사양과의 차이 해소방법, ㉡ 2개 송풍기의 동시운전시의 집진특성 저하 해소, ㉢ 탈진방법의 개선, ㉣ 집진시스템의 케이싱에 대한 보완 등이 필요하였음
- 또한, 투입구, 조전기, 종합정전기, 순환식건조기 집진실 등 추정 집진량이 최대 860m<sup>3</sup>/min에 달하여 표면적이 135.64m<sup>2</sup>인 1차 시작품만으로는 여과포 통과속도가 6.34m/min으로 모든 집진을 동시에 실시하기에는 송풍기 1, 2번의 교호적인 OFF가 필요하여 정상적인 운전이 불가능하였음
- 이에 따라 지금까지 발생되었던 문제점을 보완하고, 이월농협RPC현장여건을 감안하여 이를 보완한 2차 시작품을 제작하였음. 2차 시제품의 처리능력은 200m<sup>3</sup>/min을 가진 송풍기에 적합하도록 집진량 200m<sup>3</sup>/min으로 설계 및 제작하였음
- 여과포의 통과속도가 약 3m/min수준이 되도록 설계하였는데, 여과포 규격은  $\Phi 300\text{mm} \times 5,000\text{mm}$  (D×L)(여과면적 약 4.712m<sup>2</sup>/개), 여과포 개수는 총 12개로 하여 여과포 총 표면적이 56.54m<sup>2</sup>이었으며, 여과속도는 약 3.537m/min수준이었음. 이 때 외형규격은 2,55mm×1,855mm×998mm (W×L×H)이었으며, 외부에 설치할 때 비가림 등 대기환경을 감안하여 아연철판으로 전체의 케이싱을 포함하여 제작하였음
- 특징적인 부분은 탈진부와, header부분으로서 1차 시제품의 탈진장치의 구조를 변경하여 10~15회/min의 탈진주기를 300~400회/min 수준이 되도록 탈진방법 및 탈진주기를 개선하였고, 운영실험을 통해 적정 탈진주기를 선정하도록 하였으며, 또한, header부분을 조립식 칸막이형태로 제작하여 집진량 및 집진개소에 따라 설치 또는 제거를 통해 활용이 용이하도록 구성하였음
- 2차 시작품의 탈진장치는 그림 3-2-38과 같았고, 도면은 다음 그림 3-2-39와 같았으며, 제작된 2차 시작품의 사진은 다음 그림 3-2-40과 같았음

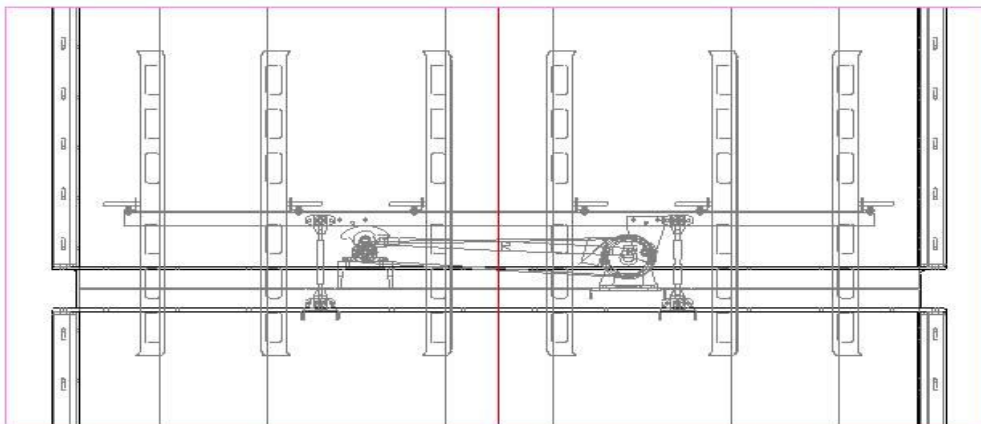


그림 3-2-38. Pilot scale의 2차 집진시스템의 탈진장치 구조도

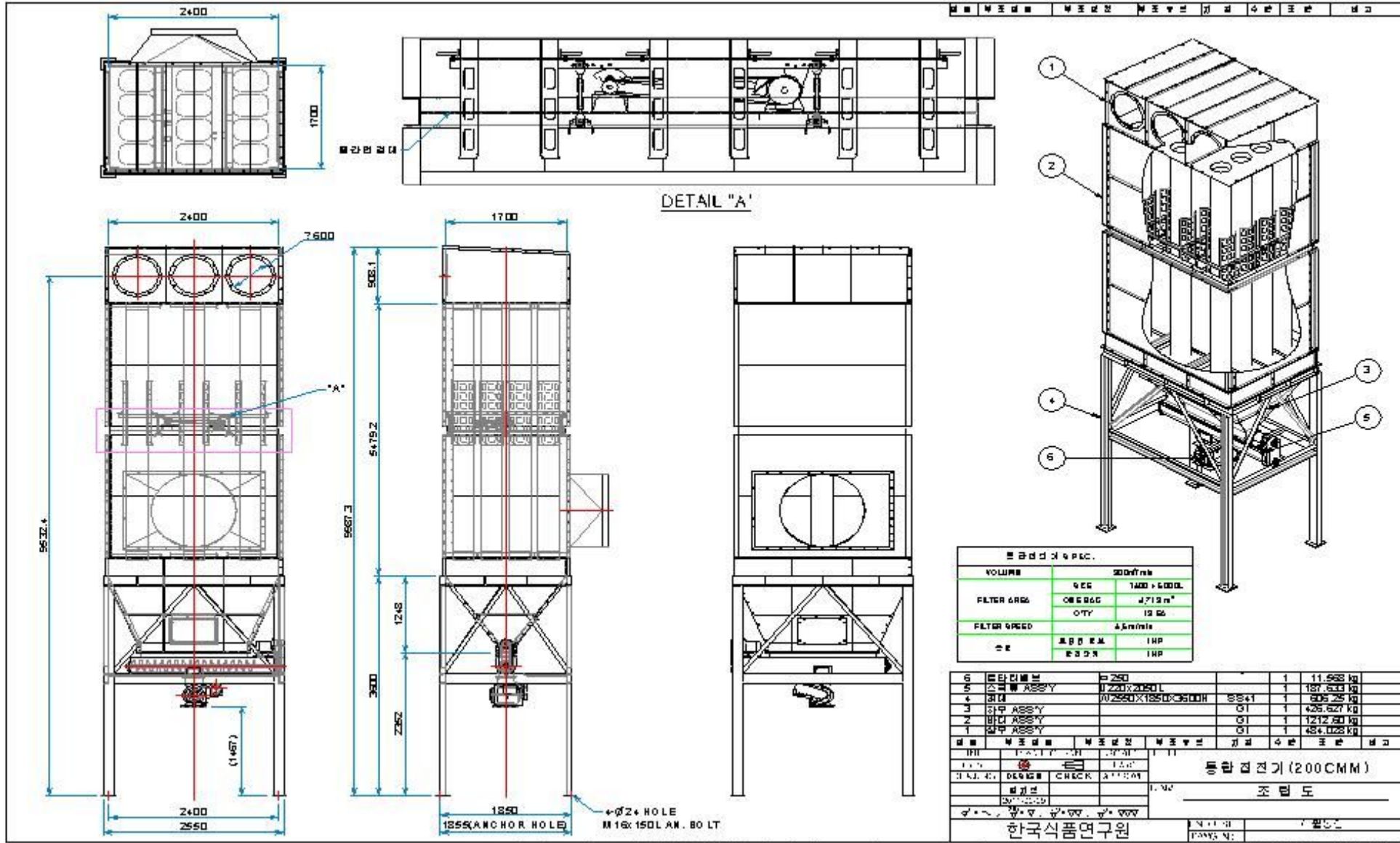


그림 3-2-39. Pilot scale의 2차 집진시스템 시제품 제작도



집진시스템(2차 시제품)



분진 배출장치



분진 배출용 스크루



여과포 탈진 장치



집진 팬



집진시스템과 덕트로 연결된 모습

그림 3-2-40. Pilot scale의 2차 집진시스템의 설치 모습

## 나. 현장적용실험

### 1) 실험방법

- Pilot scale의 1, 2차 집진시스템 시제품을 다음 그림 3-2-41과 같이 설치하여 현장적용실험을 실시하였음. 즉, 1차 시제품은 추정 최대 집진량이 660m<sup>3</sup>/min인 종합정선기(석발기)와 순환식건조기 집진실을 담당하고, 2차 시제품은 추정 최대 집진량이 200m<sup>3</sup>/min인 투입구와 조선기의 집진을 담당 하도록 구성하였음



- 1차 시작품의 경우, 최대로 순환식건조기 4대가 동시에 작동할 때 추정 여과포 통과속도는 4.865m/min으로 본 연구과제에서 제시한 3m/min수준을 넘게 되는데, 이 때 1차 시작품으로 이송되지 못한 집진공기의 일부는 집진실의 갤러리를 통해 외부로 배출되므로 전체적으로는 집진량 밸런스가 맞도록 작동조건이 유지될 수 있기 때문임
- 각 단위기계 및 집진시스템을 가동하면서 송풍량, 정압 및 집진특성을 측정하였으며, 측정방법은 1차 시작품과 동일하였으며, 2차 시작품의 성능측정장면은 다음 그림 3-2-42와 같았음

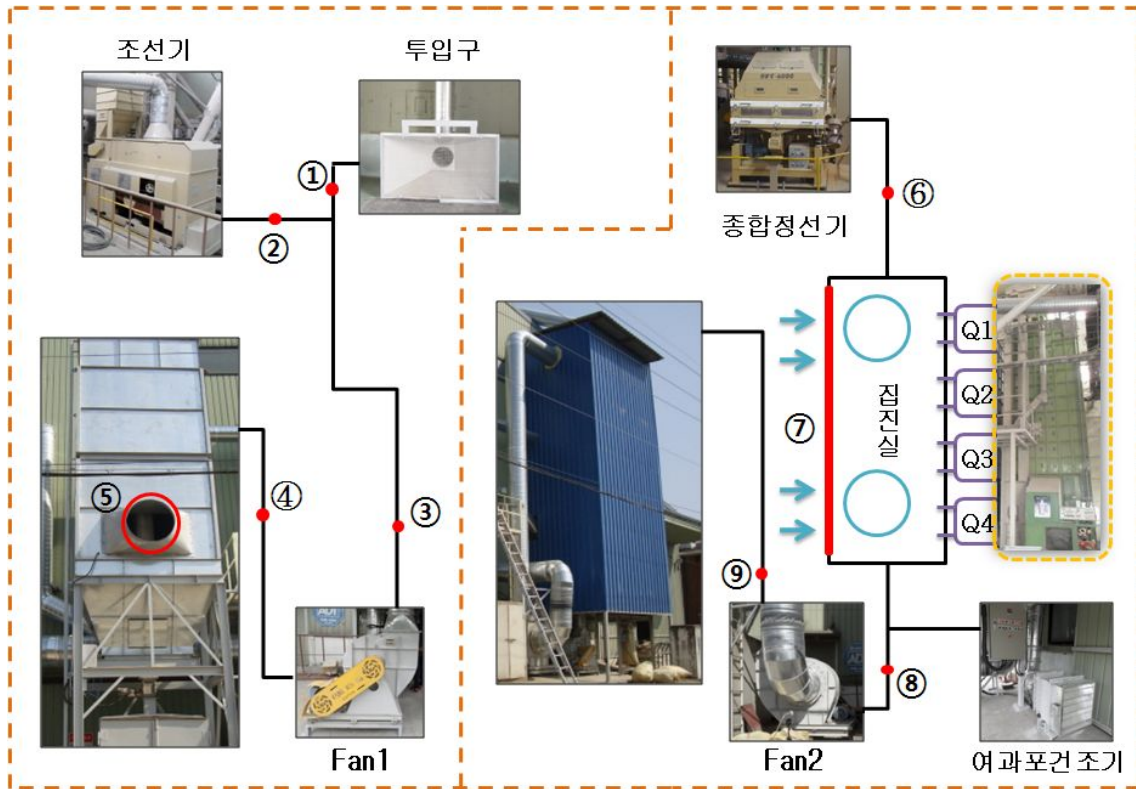


그림 3-2-41. Pilot scale의 제 1, 2차 시작품의 설치 구성도



여과포 통과 분진 농도 측정



부유 분진 농도 측정



송풍 정압 측정



송풍 덕트 풍속 측정



투입 분진 농도 측정



배출구 송풍량 측정

그림 3-2-42. Pilot scale의 2차 집진시스템 시작품의 성능측정 모습

## 2) 결과 및 고찰

- 다음 표 3-2-60은 각 지점의 송풍량과 정압을 나타낸 것이며, 다음 표 3-2-61은 이 때의 각 지점의 분진농도와 집진효율을 나타낸 것임. 표에서 알 수 있듯이 2차 시작품의 송풍량은 221.9m<sup>3</sup>/min, 총 정압은 136.5mmAq(흡입+토출)수준으로 송풍저항은 현재 RPC에 사용중인 백필터에 비해 낮게 나타났으며, 집진이 불필요할 때 여과포의 주기적인 수동탈진이나, 케이싱 및 header 부분의 일부 개선이 있을 경우 더욱 감소시킬 수 있을 것으로 판단되었음
- 한편, 1차 시작품의 경우, 송풍량은 470.3m<sup>3</sup>/min, 총 정압은 171.5mmAq(흡입+토출)수준으로 마찬가지로 당초 설계치에 비해서는 송풍저항이 낮게 나타나 송풍기의 소요동력을 절감할 수 있을 것으로 판단되었으며, 당초 추정 집진량이 종합정선기가 120m<sup>3</sup>/min이었으나 실제 측정한 값은 43.3m<sup>3</sup>/min이었으며, 순환식건조기는 작동하지 않은 상태이므로 깎러리 및 여과포건조기를 통해 외기가 유입되었다는 것을 알 수 있었음

표 3-2-60. Pilot scale의 1, 2차 집진시스템의 송풍량과 정압특성

구 분	측정위치	관경 (mm)	풍속 (m/sec)	송풍량 (m <sup>3</sup> /min)	정압 (mmAq)	비 고
2차 시작품	1	400	7.3	54.8	6.3	투입구
	2	400	21.0	158.0	27.7	조선기
	3	550	15.3	218.3	17.5	투입구+조선기
	4	380	29.4	221.9	119.0	Fan1 후
	5	800	7.3	219.4	-	배출구
1차 시작품	6	500	23.7	278.7	43.3	종합정전기
	8	700	18.8	434.0	63.5	종합정전기+순환식건조기+여과포건조기
	9	700	20.4	470.3	108.0	Fan2 후

- 한편, Pilot scale의 1, 2차 집진시스템 전후에서의 분진농도와 이를 이용하여 추정한 집진효율은 다음 표 3-2-61과 같았음. 표에서 알 수 있듯이 2차 시작품이 설치된 투입구와 조선기의 집진공기의 분진농도는 92.3mg/m<sup>3</sup>이었으며, 대기중에 방출되는 공기중의 분진농도는 3.7mg/m<sup>3</sup>으로 집진효율은 96.0%수준이었으며, 1차 시작품이 설치된 종합정전기와 순환식건조기 집진실 집진공기의 분진농도는 외기의 유입으로 인해 16.4mg/m<sup>3</sup>이었으며, 대기중에 방출되는 공기중의 분진농도는 1.3mg/m<sup>3</sup>으로 집진효율은 91.8%수준이었음
- 이상의 결과에서 집진효율은 국립환경연구원 고시의 대기오염 방지시설의 오염물질 제거효율 기준인 90%보다는 높게 나타나 적용이 가능하였음

표 3-2-61. Pilot scale의 제 1, 2차 시작품 전후의 분진농도 및 추정 집진효율

구 분	분진농도(mg/m <sup>3</sup> )		집진효율(%)
	전	후	
1차 시제품	16.4	1.3	91.8
2차 시제품	92.3	3.7	96.0

## 8. 저에너지 친환경 집진시스템의 산업화체계 구축

- RPC에서 집진시스템은 기류를 이용하여 부산물이나 이물질을 선별하는 반입건조부의 조선거, 건조기 및 저장사일로, 현미부의 종합정선거, 왕겨풍구 및 현미석발기, 백미부의 정미기 및 연미기와 같은 단위기계는 물론, 투입구, 현미부, 백미부 및 포장부의 이송기계 및 보조탱크, 부산물의 공기이송 시설 등에 연결되어 각 단위기계에는 선별에 필요한 적정한 송풍량이 가해지면서 부산물이나 먼지 등을 모아 처리할 수 있도록 하는 핵심 부대시설임
- 2007년부터 고품질쌀 브랜드육성사업(가공시설현대화)이 진행되면서 제2세대 RPC에 고가의 백필터의 집진시스템이 도입되면서 반입건조저장시설에도 백필터 타입이 설치되기 시작하였으나, 정확한 설계기준이 없는 상태에서 설치되어 설치비용이 급격하게 증가하였고 집진효율이 낮을 뿐 아니라 과도한 동력이 소모되는 문제점이 발생되었음
- 본 연구는 기존의 집진시스템의 문제점을 분석하고, 에너지가 적게 소요되면서 대량으로 배출되는 집진공기를 용이하게 집진할 수 있는 저에너지 친환경 집진시스템을 개발하여, RPC에서 집진으로 인한 품질의 저하, 집진불량으로 인한 민원제기 등의 제반적인 문제를 해결하고자 추진하였음
- 이를 위해 각 제조회사에서 생산한 단위기계의 정확한 송풍량 및 정압 제기의 필요성, 설계사의 정밀한 설계필요성 및 가공공정에서의 집진설계기준의 정립, 각 제조회사에서 생산한 집진기의 사양 및 가격분석을 통한 개선방안의 도출, 집진시스템 설계인자의 구명 등을 통해 저에너지 친환경 집진시스템을 설계, 제작하였으며, 현장에 설치하여 적용실험을 실시하였음
- 또한, 저에너지 친환경 집진시스템의 설계, 제작에 필요한 주요 사양에 대해서는 특허를 출원(출원번호 : 10-2011-0037835, 집진시스템)하였으며, 참여기업인 (주)아이디알시스템에 기술이전하기로 합의하고, 기술이전을 위한 승인을 요청한 상태임
- 현재까지의 설계 및 제작, 현장적용실험을 통해 본 연구에서 개발한 저에너지 친환경 집진시스템이 장기적으로 성공적인 보급되기 위해서는 ㉠ 소요동력 및 설치비용의 최소화를 위한 탈진장치, header, 케이싱 및 스크루컨베이어 등 집진시스템의 각 기구적인 부분의 지속적인 최적화 추진, ㉡ 에너지 및 설치비용의 최소화는 물론 현장여건의 반영을 위한 실내 무 케이싱의 연속적 확대가 가능한 모델 등 다양한 저에너지 친환경 집진시스템의 설치모델 제시, ㉢ 지속적인 현장실험을 통한 충분한 경험치의 확보 등이 추가로 필요하였음
- 기술이전을 희망하는 업체와 공동으로 추정한 결과, 본 연구에서 개발한 저에너지 친환경 집진시스템은 기존의 백필터타입에 비해 약 70% 정도의 에너지 절감과 52%정도의 공간절약효과가 기대되며, 제작비용은 현재 절충중이나 판매가격은 기존 타입에 비해 약 10~20%정도 절감될 것으로 추정되고 있음
- 또한, 본 연구에서 개발된 집진시스템은 참여기업을 통해 충북소재의 정부양곡도정공장에 최초로 도입되었으며, 몇 개소의 고품질쌀 브랜드육성사업체에서 설계에 반영되고 있음



표 3-2-62. 기존 시스템과 저에너지 친환경 집진시스템의 소요동력, 공간 및 설치비용 비교

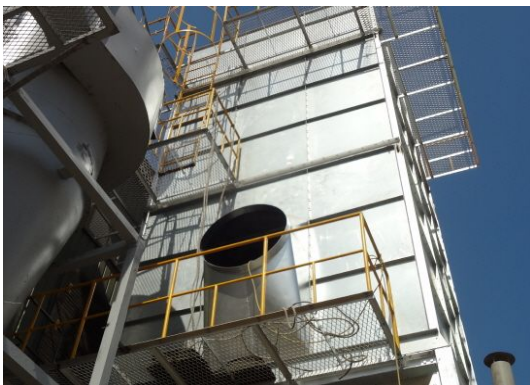
구 분	시작품	A사	B사	C사	비 고
집진량(m <sup>3</sup> /min) 및 설치대수	1200(1set)	920(3set)	920(3set)	920(3set)	
추정 월 전력사용량 (kWh)	1,800	3,000	4,880	4,400	1일 20시간, 월 20일기준
추정설치면적(m <sup>2</sup> )	58.5	123.25	123.25	123.25	
추정설치비용(천원)	115,000	145,400	129,390	125,000	



저에너지 친환경 집진시스템 설치전경



사이클론 및 분진 배출구



안전바 및 점검대



분진 배출장치 조립중

그림 3-2-43. 본 연구에서 개발된 저에너지 친환경 집진시스템이 충남소재 정부양곡도정공장에 설치중인 모습

### 제 3 절 현미 및 백미의 선별인자 구명 및 최적화

- 제2세대 RPC에 대한 분석결과, 전체 동력중 단위기계 동력은 47.6%이며, 이중에서 정미시스템의 동력이 63.1%이므로 정미시스템이 전체 동력중 30.0%정도(47.6%×63.1%)를 차지하였음. 반면 선별기는 단위기계 동력중 10.0%를 차지하여 전체적으로는 4.8%에 불과하였음
- 현미비정립비율이 낮을수록 정미시스템의 소요동력이 48.9%까지 감소할 뿐 아니라 싸라기율, 쌀표면의 잔류미장 등도 현저하게 낮아져(김창진 등, 2005), 선별기의 성능향상은 에너지절감뿐만 아니라 도정특성에 영향을 미치게 됨. 또한, 쌀포장지에 대한 품질표시제도의 강화로 인해 RPC에서는 효율적인 선별기에 대한 요구가 대단히 높으나 제1세부과제 연구결과에서 볼 수 있듯이 입선별기의 선별율은 평균 42.6%(2.6~89.5%), 싸라기선별기의 선별율은 로터리쉬프트가 35.2%, 진동체선별기가 46.1%로 대단히 낮은 실정이었음
- 한편, 최근 밥맛이 우수하고 생산성이 향상된 품종의 개발을 위해 노력하고 있으며, 그 결과 새로운 품종들이 농가에서 널리 재배되어 생산되고 있으나 이러한 품종별 차이에 대한 연구결과가 전무한 실정으로 RPC가공공정에서의 선별을 저하와 이로 인한 에너지 손실 및 쌀의 품질저하가 발생하고 있었음
- 또한, 표 3-3-1과 같이 매년 기상여건 등에 따라 현미정립비율 등에 큰 차이가 발생하고 있어 동일 브랜드쌀의 외관 품위관리가 용이하지 않는 상태로서 현미 및 백미의 선별인자의 구명 및 최적화는 쌀의 품질관리는 물론 에너지절약을 위해서도 대단히 중요한 인자이었음

표 3-3-1. 115개소 RPC의 현미 정립비율 현황(2004~2011년)

년 도	현미정립비율(%)	측정 RPC개소수
2004	80.6	36
2005	83.0	20
2006	88.1	7
2007	79.1	16
2008	89.8	10
2009	93.0	7
2010	81.6	11
2011	87.0	8
평 균	85.3	115

- 따라서 본 연구에서는 현미 및 백미의 선별인자를 구명하고, 선별인자의 최적화를 통해 원료 및 제품의 효율적인 선별분리 기반기술을 확립하기 위하여 수행되었음

# 1. 현미의 외형인자별 기하학적 특성구명

## 가. 공시재료 및 실험방법

### 1) 공시재료

- 공시재료인 벼는 2009년산 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안을 사용하였으며, 초기 함수율은 일품의 경우 21.3%, w.b.(이후 %로만 표시), 추청 22.0%, 동진 19.4% , 운광 18.3%, 남평 19%, 대안이 19%이었음
- 실험에 사용한 현미는 품종별로 벼 상태에서 각각의 초기 함수율로부터 최종함수율 13%까지 1% 내외로 열풍 건조한 샘플을 채취한 후 제현하여 사용하였음

### 2) 실험방법

- 함수율별 벼는 현미기(FCEK, Yamamoto, Japan)를 이용하여 탈부한 후, 1.75mm의 체선별기와 수작업을 통하여 정립, 미숙립 및 청사미를 선별하였고, 각각의 품종 및 함수율별 길이, 폭 및 단면적(장방향)은 곡립관별기(RN-500, Kett, Korea)을 이용하여 측정하였고, 두께는 두께측정기(G, PEACOCK, Japan)를 이용하여 측정하였음(그림 3-3-1)
- 현미의 함수율은 드라이오븐법을 이용하여 측정하였으며, 채취한 시료로부터 10±0.5 g을 칭량한 후 135℃의 실험용건조기(WFO600ND, EYELA, Japan)에서 24시간 건조하여 건조 전후의 무게비로 함수율( $M_{135}$ , %)을 계산하고, 이 값을 105℃ 표준함수율로 보정하는 다음 식 (3-3-1)을 이용하여 표준함수율( $M_{105}$ , %)로 환산하였음

$$M_{105} = 100 - 1.012(100 - M_{135}) \dots\dots\dots ( 3-3-1 )$$



(a) 벼 품종별 열풍건조



(b) 제현공정



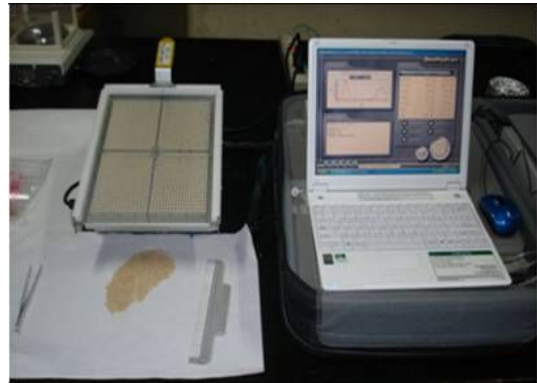
(c) 체선별 공정



(d) 수작업에 의한 외형인자 선별



(e) 현미 두께 측정



(f) 현미의 길이, 폭, 및 면적측정

그림 3-3-1. 현미 선별인자 구명 과정

### 3) 함수율에 따른 외형인자의 보정

- 건조시 품종별 벼의 초기 함수율과 건조 후 최종함수율에 차이가 발생하므로 함수율에 따른 품종별 외형인자(길이, 폭, 두께 및 단면적) 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따라 보정식을 만들고, 각각의 함수율이 18, 17, 16, 15, 14, 13%의 보정된 함수율에서의 외형인자 변화를 품종별로 비교 분석하였음

## 나. 결과 및 고찰

### 1) 함수율에 따른 품종별 외형인자의 길이 변화

#### 가) 정립

- 다음 그림 3-3-2는 함수율에 따른 품종별 정립의 길이 변화를 나타낸 것으로, 모든 품종에서 함수율이 감소할수록 길이가 감소하는 것으로 나타났고, 일품, 추청, 동진 및 남평의 경우 함수율 15% 이후에서는 길이 감소율이 둔화되는 것으로 나타났음. 품종간 정립의 길이는 대안이 가장 길었고, 다음으로 운광, 동진 순이었으며, 추청이 가장 길이가 가장 짧은 것으로 나타났음

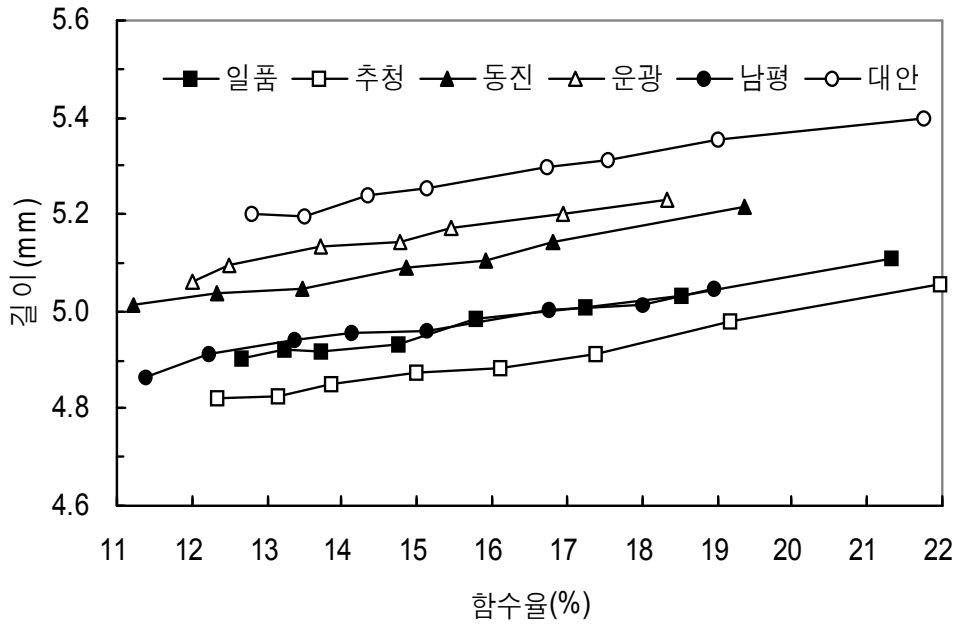


그림 3-3-2. 함수율에 따른 품종별 정립의 길이 변화

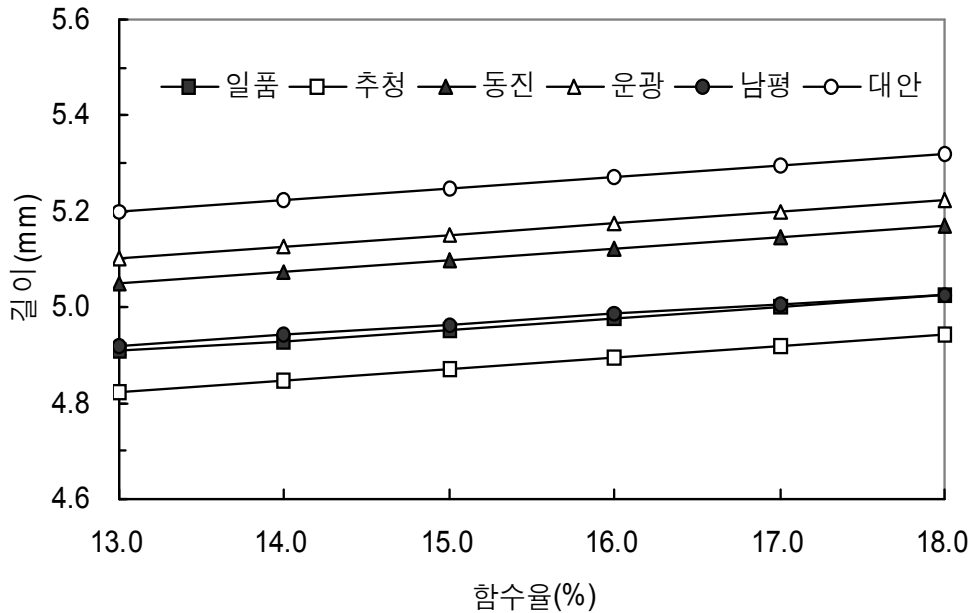


그림 3-3-3. 함수율에 따른 품종별 정립의 길이 보정

- 그림 3-3-3과 표 3-3-2는 품종간의 길이 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 동일한 함수율에서 계산한 정립 길이를 나타낸 것으로서, 함수율 18%에서 보정한 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 정립 길이는 각각 5.026, 4.944, 5.172, 5.225, 5.026, 5.320mm로 나타났고, 13%까지 건조되는 동안 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 정립 길이는 각각 0.120, 0.123, 0.124, 0.123, 0.106, 0.120mm가 감소하여 남평의 정립 길이 변화가 가장 작은 것으로 나타났음
- 한편, 정립 길이가 가장 긴 대안의 경우 가장 짧은 추청보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.379, 0.378, 0.377mm 더 긴 것으로 나타났음

표 3-3-2. 함수율에 따른 품종별 정립의 길이 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0239X+4.5962	0.982	4.931	4.955	4.979
추청	Y=0.0245X+4.5025	0.974	4.846	4.870	4.895
동진	Y=0.0247X+4.7278	0.981	5.074	5.098	5.123
운광	Y=0.0245X+4.7278	0.975	5.127	5.152	5.176
남평	Y=0.0211X+4.7841	0.958	4.942	4.963	4.984
대안	Y=0.0239X+4.8899	0.982	5.225	5.248	5.272

### 나) 미숙립

- 그림 3-3-4는 함수율에 따른 품종별 미숙립의 길이 변화를 나타낸 것으로 함수율에 따른 미숙립 길이는 대안이 가장 긴 것으로 나타났고, 동진과 운광은 거의 동일한 것으로 나타났으며, 모든 품종에서 정립의 길이변화와 동일한 경향을 나타내었음
- 그림 3-3-5와 표 3-3-3은 품종간의 미숙립 길이 변화를 함수율별로 보정하여 나타낸 것으로 함수율 18%에서 보정한 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 미숙립의 길이는 각각 4.869, 4.833, 5.057, 5.070, 4.927, 5.245mm로 나타났고, 13%까지 건조되는 동안 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 미숙립 길이는 각각 0.109, 0.106, 0.129, 0.120, 0.106, 0.101mm 감소하여 동진 품종의 미숙립 길이 변화가 가장 큰 것으로 나타났음
- 미숙립 길이가 가장 긴 대안이 가장 짧은 추청보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.373, 0.415, 0.377mm 더 긴 것으로 나타났음

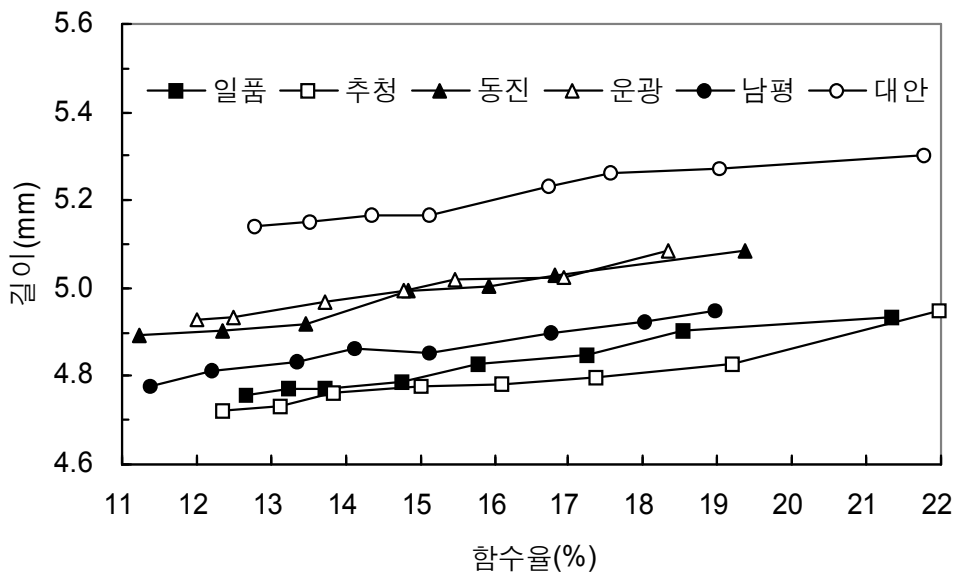


그림 3-3-4. 함수율에 따른 품종별 미숙립의 길이 변화

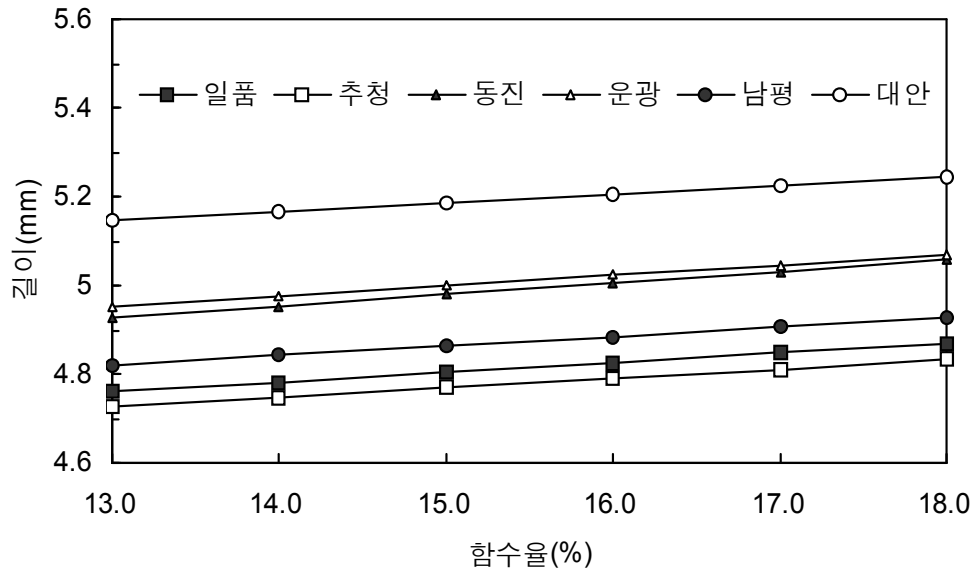


그림 3-3-5. 함수율에 따른 품종별 미숙립의 길이 보정

표 3-3-3. 함수율에 따른 품종별 미숙립의 길이 보정

품종	보정식	결정계수 ( $R^2$ )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	$Y=0.0218X+4.477$	0.975	4.782	4.804	4.826
추청	$Y=0.0211X+4.4532$	0.917	4.749	4.770	4.791
동진	$Y=0.0258X+4.5921$	0.972	4.953	4.979	5.005
운광	$Y=0.024X+4.6381$	0.973	4.974	4.998	5.022
남평	$Y=0.0211X+4.5474$	0.971	4.843	4.864	4.885
대안	$Y=0.0202X+4.8815$	0.936	5.164	5.185	5.205

#### 다) 백사미

- 그림 3-3-6은 함수율에 따른 품종별 백사미의 길이 변화를 나타낸 것으로, 백사미 길이는 대안이 가장 긴 것으로 나타났고, 함수율 14~16% 사이에서는 일품, 추청 및 남평의 백사미 길이가 거의 동일한 경향을 나타내었음
- 그림 3-3-7과 표 3-3-4는 함수율 보정에 따른 백사미 길이변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 백사미 길이는 함수율 18%에서 각각 4.797, 4.830, 4.971, 4.936, 4.861, 5.303mm 이었음
- 또한, 보정 함수율 13%까지 건조되는 동안 백사미 길이는 각각 0.108, 0.174, 0.104, 0.175, 0.129, 0.171mm 감소하여 추청, 운광 및 대안의 함수율에 따른 백사미 길이 변화가 가장 큰 것으로 나타났음

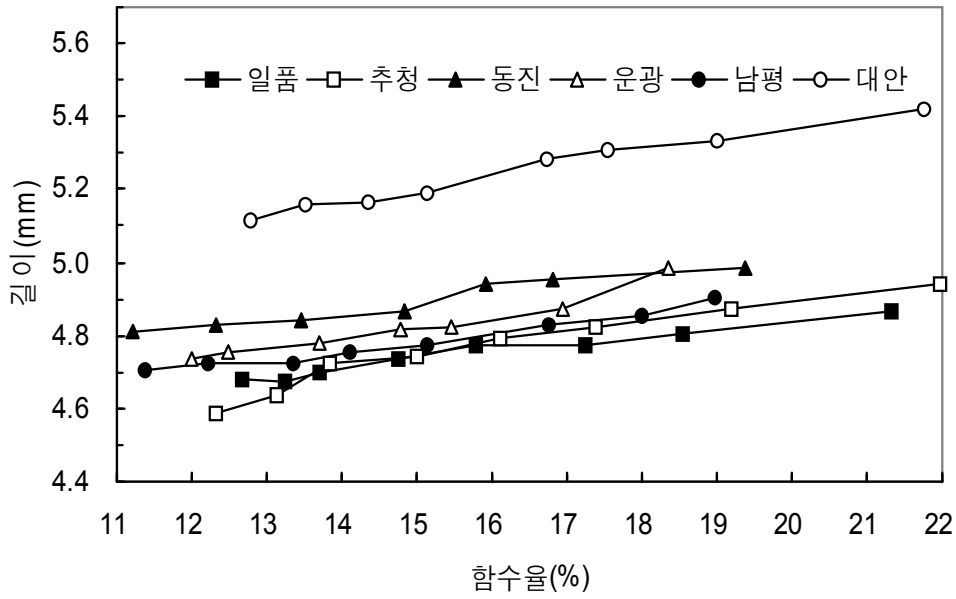


그림 3-3-6. 함수율에 따른 품종별 백사미의 길이 변화

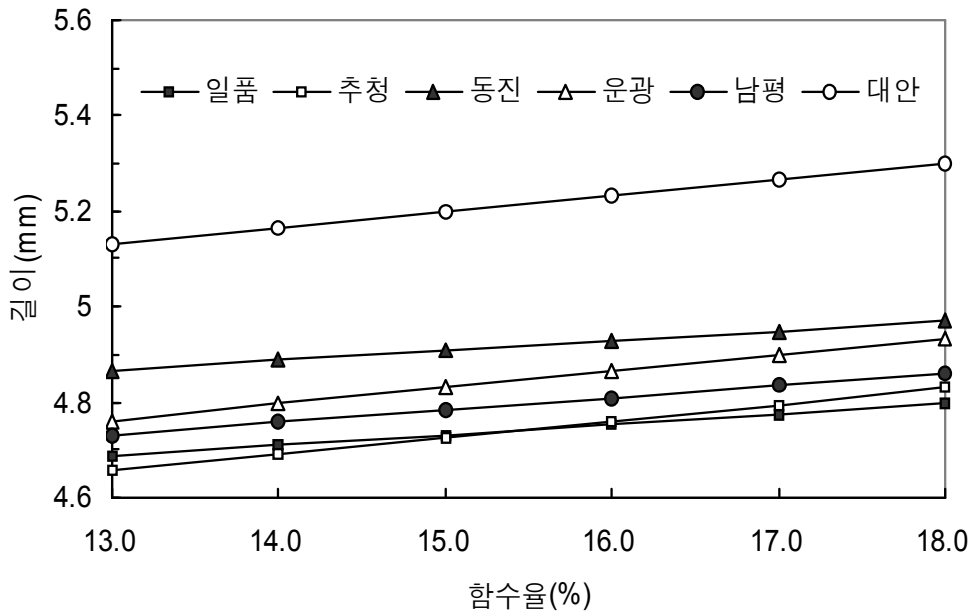


그림 3-3-7. 함수율에 따른 품종별 백사미의 길이 보정

표 3-3-4. 함수율에 따른 품종별 백사미의 길이 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0216X+4.4081	0.963	4.711	4.732	4.754
추청	Y=0.0347X+4.2057	0.934	4.692	4.726	4.761
동진	Y=0.0208X+4.5963	0.879	4.888	4.908	4.929
운광	Y=0.035X+4.3057	0.931	4.796	4.821	4.866
남평	Y=0.0258X+4.3962	0.963	4.757	4.783	4.809
대안	Y=0.0341X+4.6889	0.974	5.166	5.200	5.235



## 라) 피해립

- 그림 3-3-8은 함수율에 따른 품종별 피해립의 길이 변화를 나타낸 것으로, 피해립 길이는 대안이 가장 큰 것으로 나타났고, 그 다음으로 동진과 운광이 작았으며, 일품, 추청 및 남평이 거의 동일한 경향에서 가장 작게 나타났음
- 그림 3-3-9와 표 3-3-5는 함수율 보정에 따른 피해립 길이를 계산하여 품종간의 변화를 비교한 것으로서, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 피해립 길이는 보정 함수율 18%에서 각각 4.689, 4.731, 4.911, 4.951, 4.646, 5.198mm이었음
- 또한, 보정 함수율 13%까지 건조되는 동안 피해립 길이 변화는 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안에서 각각 0.122, 0.190, 0.214, 0.221, 0.120, 0.112mm 감소하여 동진과 운광의 피해립 길이 변화가 가장 큰 것으로 나타났음

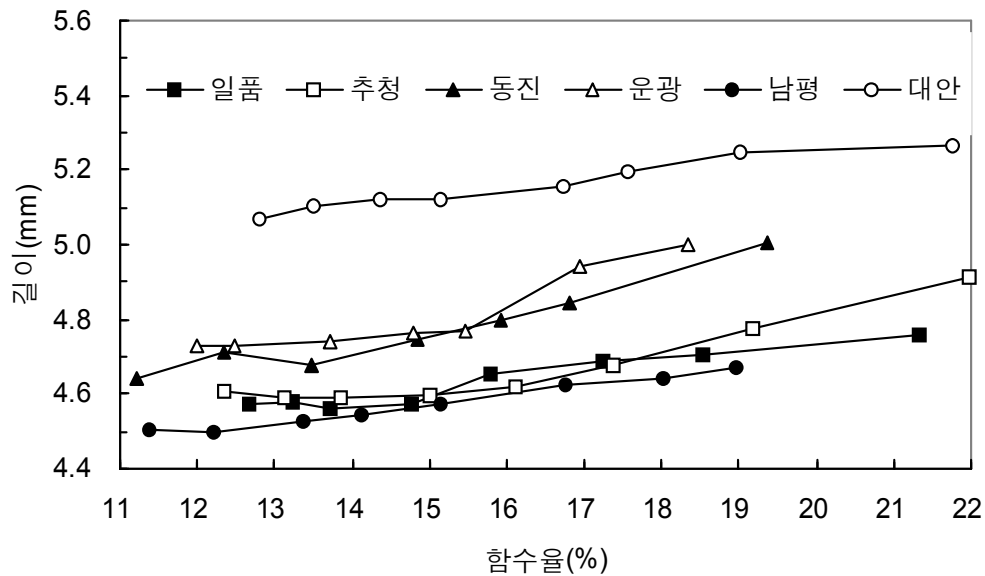


그림 3-3-8. 함수율에 따른 품종별 피해립의 길이 변화

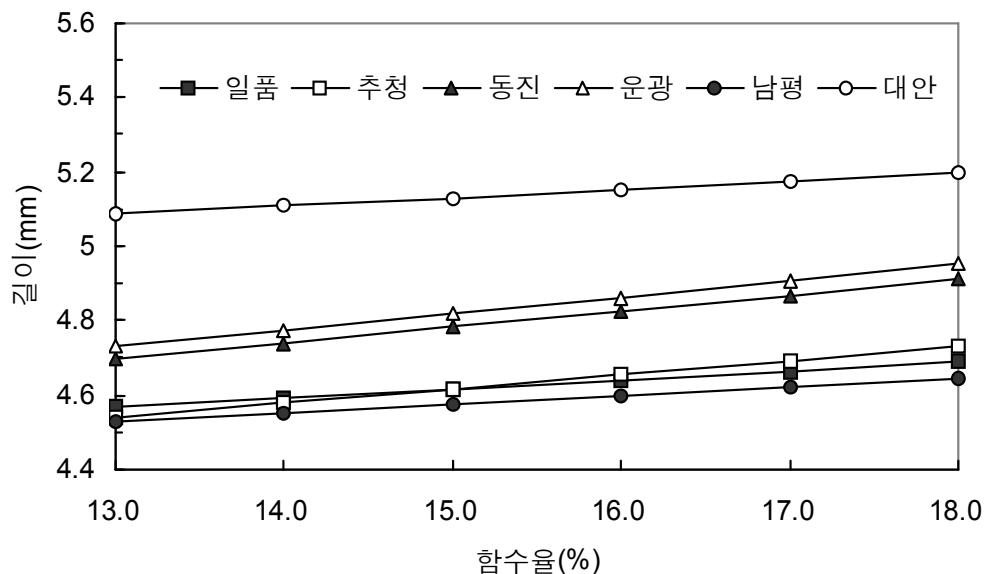


그림 3-3-9. 함수율에 따른 품종별 피해립의 길이 보정

표 3-3-5. 함수율에 따른 품종별 피해립의 길이 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0244X+4.2493	0.926	4.591	4.615	4.64
추청	Y=0.0380X+4.0474	0.936	4.579	4.617	4.655
동진	Y=0.0427X+4.1425	0.926	4.740	4.783	4.826
운광	Y=0.0242X+4.1558	0.839	4.775	4.819	4.863
남평	Y=0.0240X+4.2135	0.979	4.550	4.574	4.598
대안	Y=0.0224X+4.7945	0.951	5.108	5.131	5.153

마) 청사미

- 그림 3-3-10은 함수율에 따른 청사미의 길이 변화를 품종별로 나타낸 것으로, 청사미의 길이는 동진과 운광의 경우 함수율에 따라 선형적으로 감소하는 경향을 보였고, 일품, 추청 및 남평의 경우 함수율 15% 이하에서 길이 변화가 둔화되는 것으로 나타났음
- 또한, 함수율별로 추정의 청사미 길이가 다른 품종과 비교하여 가장 짧았고, 대안 품종의 경우 공시 재료에서 청사미 시료채취가 불가능하였음

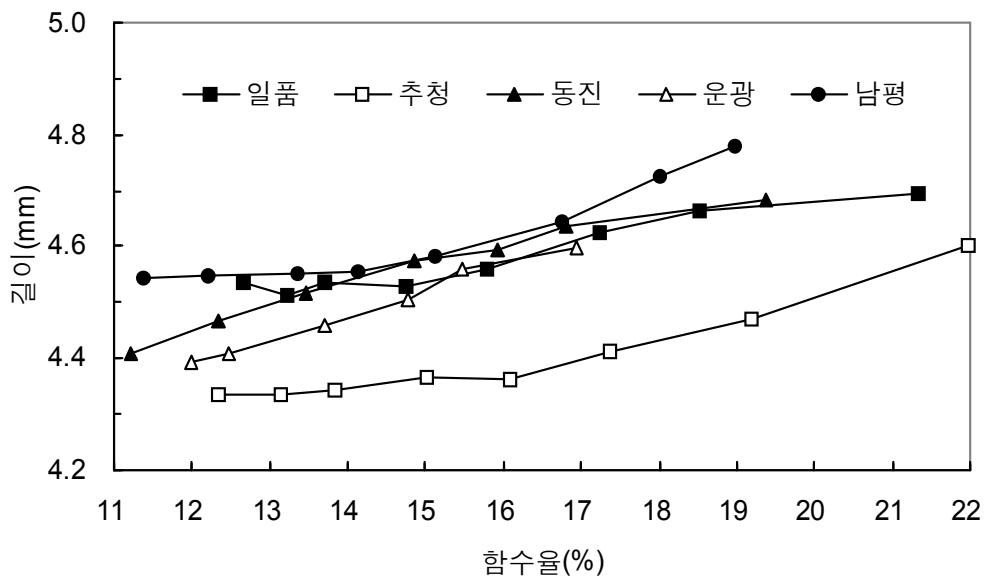


그림 3-3-10. 함수율에 따른 품종별 청사미의 길이 변화

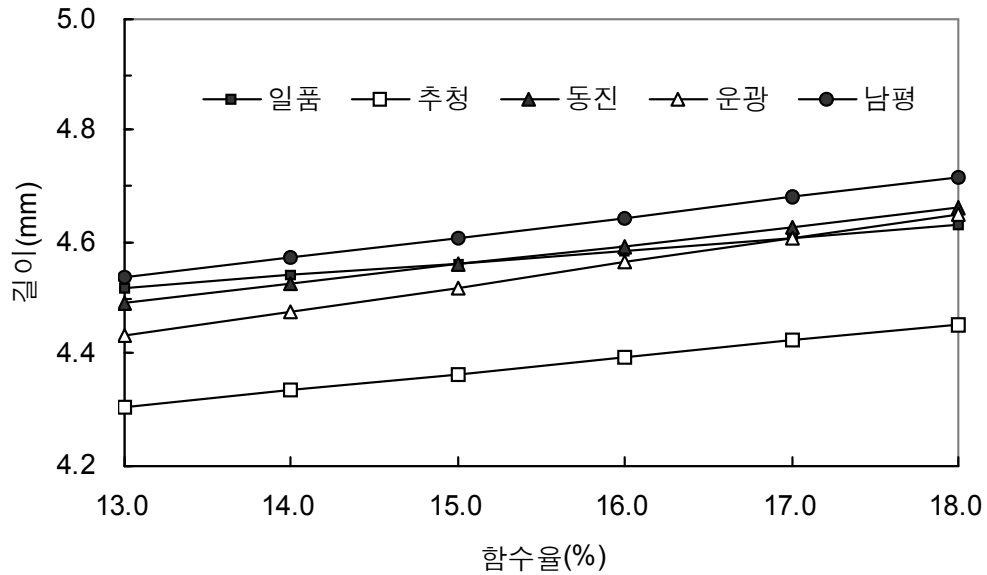


그림 3-3-11. 함수율에 따른 품종별 청사미의 길이 보정

○ 그림 3-3-11과 표 3-3-6에 품종간의 청사미 길이 변화를 함수율별로 보정하여 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광 및 남평의 청사미 길이는 보정 함수율 18%에서 각각 4.630, 4.453, 4.662, 4.651, 4.715mm 이었고, 함수율 13%까지 건조되는 동안 청사미 길이 변화는 일품, 추청, 동진, 운광 및 남평에서 각각 0.113, 0.147, 0.170, 0.218, 0.178, 0.175mm 감소하여 운광의 청사미 길이 변화가 가장 큰 것으로 나타났음

표 3-3-6 함수율에 따른 품종별 청사미의 길이 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0225X+4.2252	0.913	4.540	4.563	4.585
추청	Y=0.0294X+3.9239	0.934	4.336	4.365	4.394
동진	Y=0.0340X+4.0498	0.967	4.526	4.560	4.594
운광	Y=0.0436X+3.866	0.987	4.476	4.520	4.564
남평	Y=0.0355X+4.0763	0.912	4.573	4.609	4.644
대안	Y=0.0341X+4.6889	0.974	5.166	5.200	5.235

## 2) 함수율에 따른 품종별 외형인자의 폭 변화

### 가) 정립

○ 그림 3-3-12는 함수율에 따른 품종별 정립의 폭 변화를 나타낸 것으로, 정립의 폭이 가장 큰 품종은 일품이었고, 가장 작은 품종은 동진으로 나타났으며, 함수율이 감소할수록 정립의 폭도 선형적으

로 감소하는 것으로 나타났음

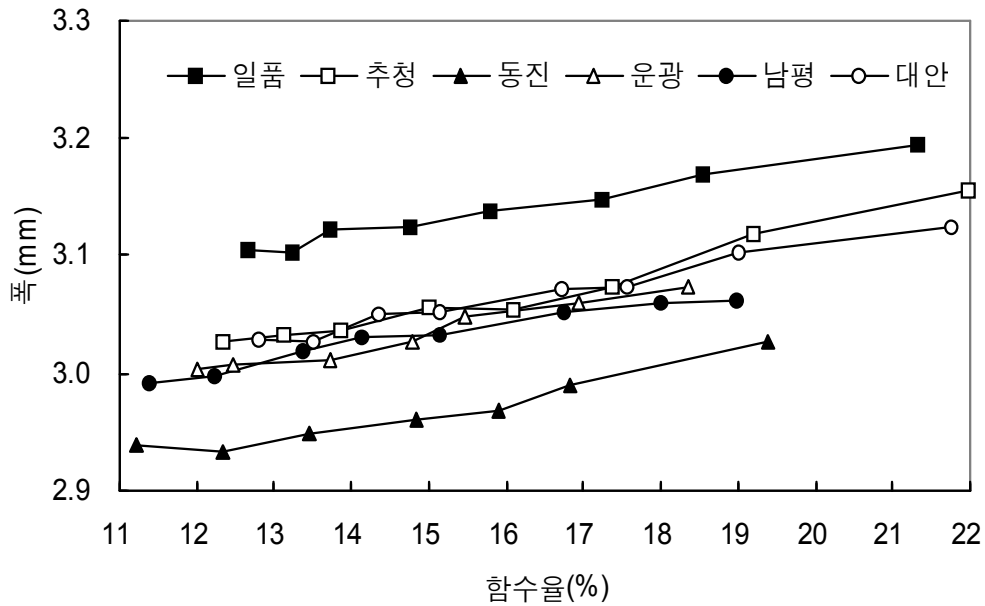


그림 3-3-12. 함수율에 따른 품종별 정립의 폭 변화

- 그림 3-3-13과 표 3-3-7은 품종간 정립의 폭 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따라 보정한 정립의 폭 변화 값을 나타낸 것으로 표 및 그림에서 알 수 있듯이 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 정립 폭은 보정 함수율 18%에서 각각 3.159, 3.096, 3.003, 3.071, 3.059, 3.096mm이었고, 함수율 13%까지 건조되는 동안 정립의 폭 변화는 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안에서 각각 0.052, 0.068, 0.057, 0.060, 0.048, 0.057mm 감소하여 추청의 정립 폭이 함수율 감소에 따라 가장 큰 감소를 보였음
- 한편, 정립 폭이 가장 큰 일품의 경우 가장 짧은 동진보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.161, 0.159, 0.158mm 더 긴 것으로 나타났음

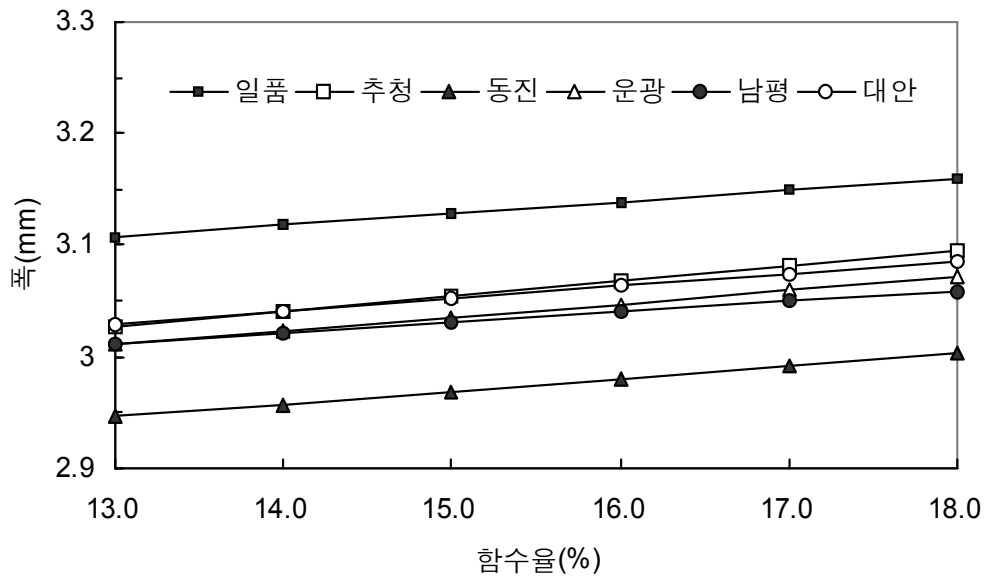


그림 3-3-13. 함수율에 따른 품종별 정립의 폭 보정

표 3-3-7. 함수율에 따른 품종별 정립의 폭 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0104X+2.972	0.978	3.118	3.128	3.138
추청	Y=0.0136X+2.8508	0.959	3.041	3.055	3.068
동진	Y=0.0113X+2.7992	0.931	2.957	2.969	2.980
운광	Y=0.0119X+2.8569	0.957	3.024	3.035	3.047
남평	Y=0.0095X+2.8878	0.955	3.021	3.030	3.040
대안	Y=0.0113X+2.8822	0.976	3.040	3.052	3.063

### 나) 미숙립

- 그림 3-3-14는 품종에 따른 함수율별 미숙립의 폭 변화를 나타낸 것으로, 미숙립의 폭이 가장 큰 품종은 일품으로 나타났고, 가장 작은 품종은 동진으로 나타났으며, 정립의 폭과 마찬가지로 함수율이 감소할수록 미숙립의 폭도 선형적으로 감소하는 것으로 나타났음
- 그림 3-3-15와 표 3-3-8은 품종별 미숙립의 폭 변화를 함수율에 따라 보정하여 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 미숙립 폭은 보정 함수율 18%에서 각각 3.022, 2.960, 2.892, 2.937, 2.919, 3.022mm 이었고, 함수율 13%까지 건조되는 동안 정립의 폭 변화는 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안에서 각각 0.035, 0.045, 0.051, 0.048, 0.024, 0.051mm 감소하여 남평의 미숙립 폭이 함수율 감소에 따라 가장 작게 감소하는 것으로 나타났음

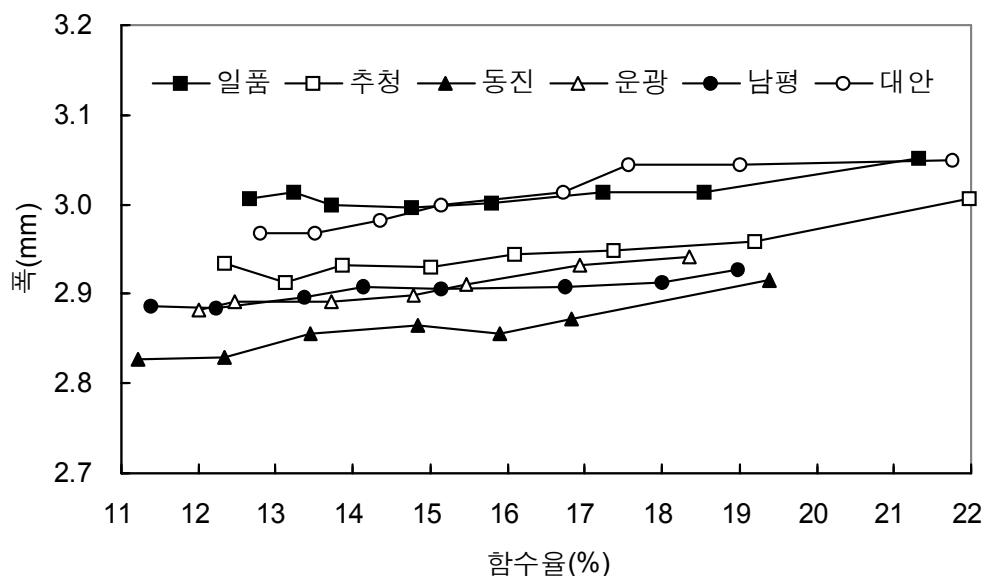


그림 3-3-14. 함수율에 따른 품종별 미숙립의 폭 변화

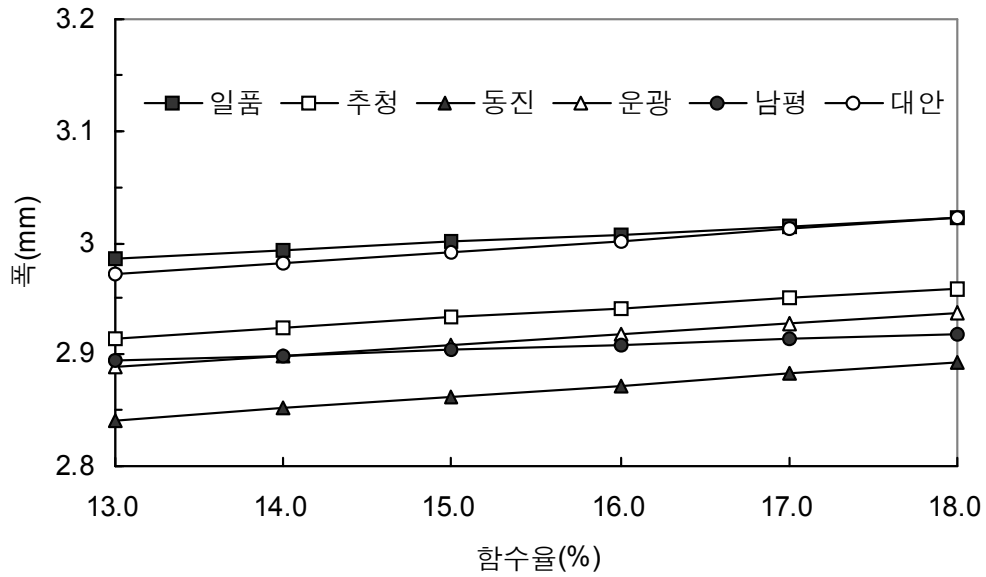


그림 3-3-15. 함수율에 따른 품종별 미숙림의 폭 보정

표 3-3-8. 함수율에 따른 품종별 미숙림의 폭 보정

품종	보정식	결정계수 ( $R^2$ )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	$Y=0.0071X+2.8939$	0.882	2.993	3.001	3.008
추청	$Y=0.0089X+2.7991$	0.914	2.924	2.933	2.942
동진	$Y=0.0102X+2.7088$	0.894	2.852	2.862	2.872
운광	$Y=0.0096X+2.7639$	0.951	2.898	2.908	2.918
남평	$Y=0.0048X+2.8321$	0.889	2.899	2.904	2.909
대안	$Y=0.0102X+2.8387$	0.944	2.982	2.992	3.002

#### 다) 백사미

- 그림 3-3-16은 함수율에 따른 품종별 백사미의 폭 변화를 나타낸 것으로, 추청과 대안의 백사미가 함수율에 따라 폭 감소율이 가장 큰 것으로 나타났고, 그 이외의 품종에서는 거의 동일한 경향의 감소율을 나타내었음
- 그림 3-3-17과 표 3-3-9는 품종간 백사미의 폭 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따라 보정한 폭 변화 값을 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 백사미의 폭은 보정 함수율 18%에서 각각 2.758, 2.840, 2.747, 2.765, 2.743, 2.827mm 이었고, 함수율 13%까지 건조되는 동안 백사미의 폭 변화는 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안에서 각각 0.066, 0.123, 0.058, 0.052, 0.036, 0.157mm 감소하여 추청과 대안의 백사미 폭 감소율이 함수율 감소에 따라 가장 큰 것으로 나타났음

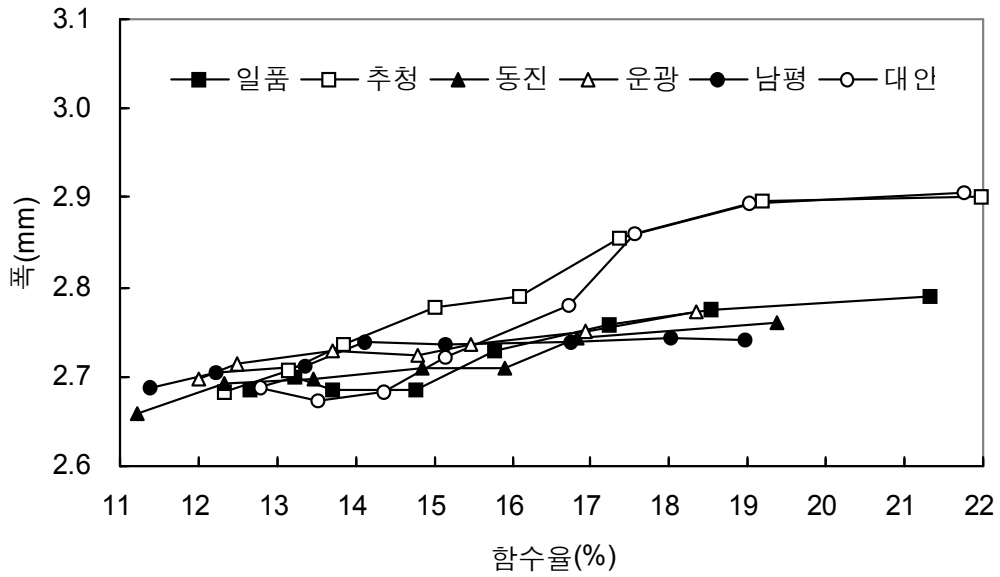


그림 3-3-16. 함수율에 따른 품종별 백사미의 폭 변화

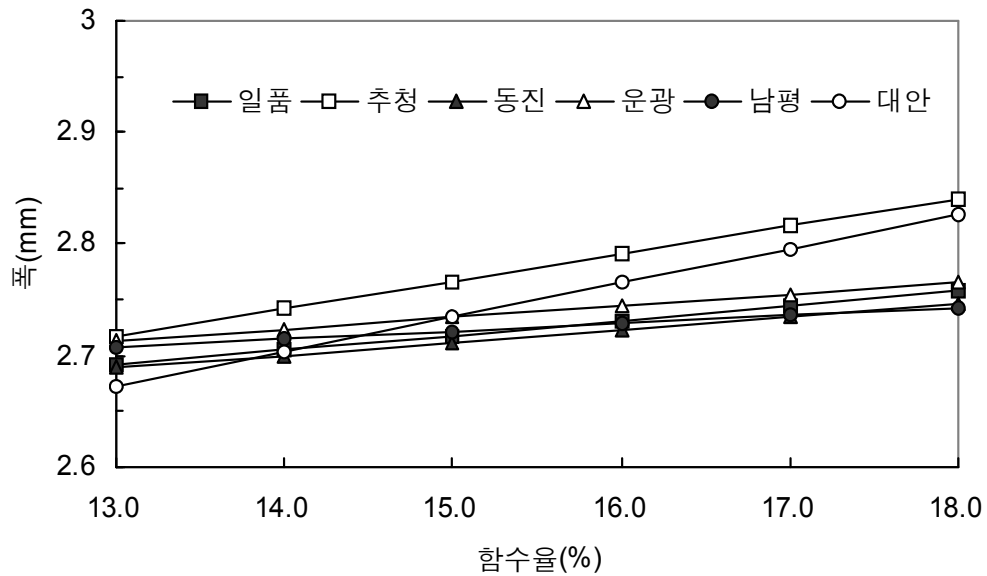


그림 3-3-17. 함수율에 따른 품종별 백사미의 폭 보정

표 3-3-9. 함수율에 따른 품종별 백사미의 폭 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0132X+2.5200	0.944	2.705	2.718	2.731
추청	Y=0.0246X+2.3976	0.926	2.742	2.767	2.791
동진	Y=0.0116X+2.538	0.925	2.701	2.712	2.724
운광	Y=0.0104X+2.5781	0.941	2.724	2.734	2.745
남평	Y=0.0071X+2.615	0.879	2.714	2.722	2.729
대안	Y=0.0310X+2.269	0.901	2.703	2.734	2.765

## 라) 피해립

- 그림 3-3-18은 함수율에 따른 피해립의 폭 변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 피해립의 폭 변화는 모든 품종에서 함수율 15%까지는 선형적으로 감소하는 경향을 보였지만, 함수율 15% 이하에서는 감소율이 둔화되는 것을 알 수 있음
- 한편, 그림 3-3-19과 표 3-3-10는 품종별 피해립의 폭 변화를 함수율에 따라 보정하여 나타낸 것으로서, 함수율 감소에 따른 피해립의 감소폭이 가장 작은 품종은 남평으로 나타났고, 그 이외의 품종에서는 거의 동일한 경향을 나타내었음

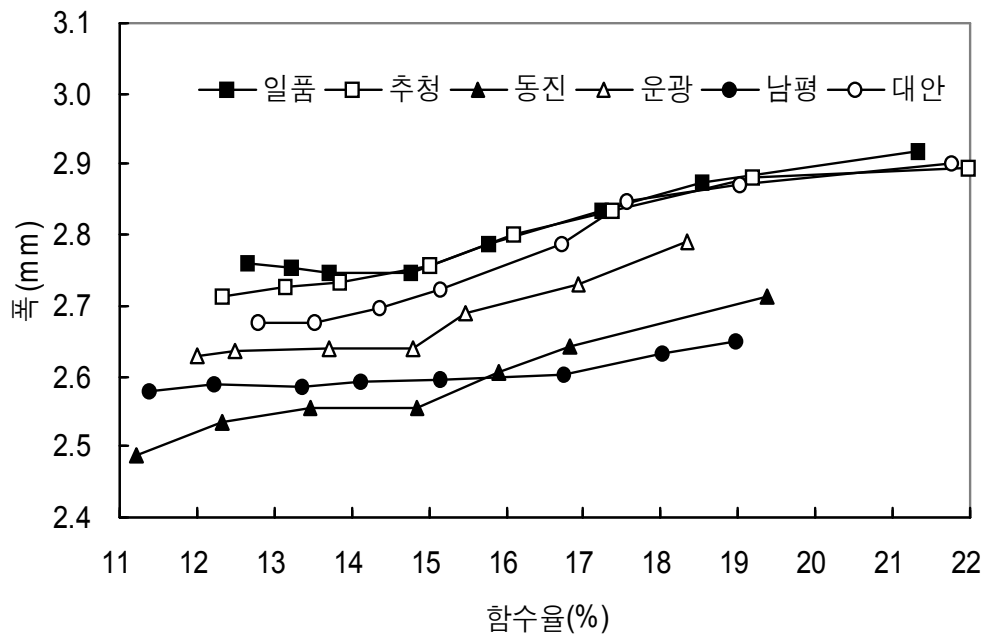


그림 3-3-18. 함수율에 따른 품종별 피해립의 폭 변화

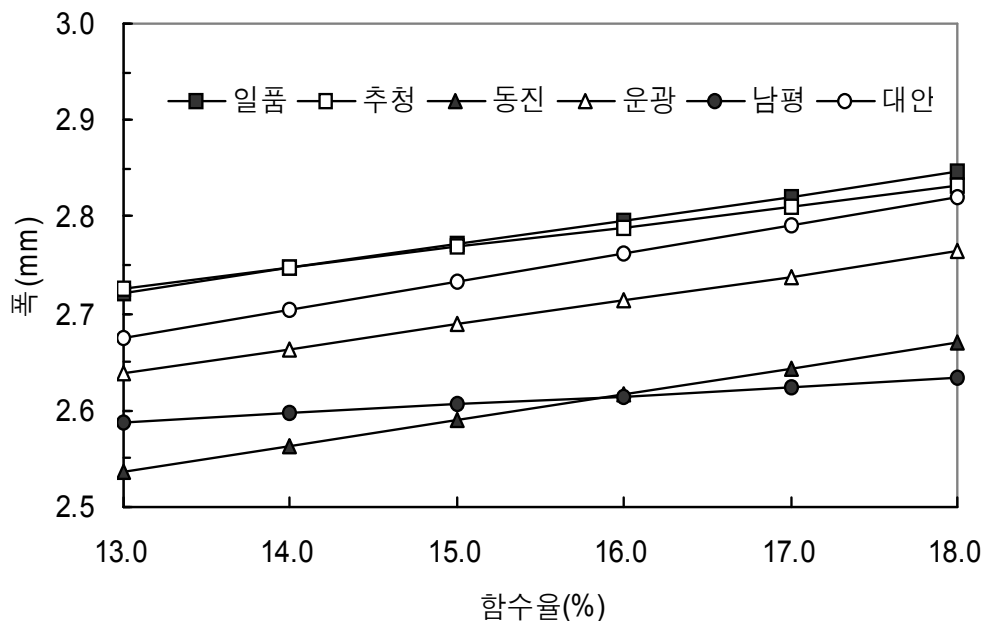


그림 3-3-19. 함수율에 따른 품종별 피해립의 폭 보정



표 3-3-10 함수율에 따른 품종별 피해립의 폭 보정

품종	보정식	결정계수 ( $R^2$ )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	$Y=0.0249X+2.3981$	0.968	2.747	2.772	2.797
추청	$Y=0.0211X+2.4519$	0.955	2.747	2.768	2.79
동진	$Y=0.0265X+2.1918$	0.964	2.563	2.589	2.616
운광	$Y=0.0250X+2.3138$	0.947	2.664	2.689	2.714
남평	$Y=0.0090X+2.4712$	0.914	2.597	2.606	2.615
대안	$Y=0.0292X+2.2943$	0.941	2.703	2.732	2.762

마) 청사미

- 그림 3-3-20에 품종에 따른 함수율별 청사미의 폭 변화를 나타낸 것으로, 청사미의 폭이 가장 큰 품종은 일품으로 나타났고, 가장 작은 품종은 동진과 운광으로 나타났음. 대안의 경우 전술한 바와 같이 공시재료에서 청사미 시료채취가 불가능하였음
- 그림 3-3-21과 표 3-3-11은 품종별 청사미의 폭 변화를 함수율에 따라 보정하여 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광 및 남평의 청사미 폭은 보정 함수율 18%에서 각각 2.784, 2.715, 2.621, 2.618, 2.664mm 이었고, 함수율 13%까지 건조되는 동안 정립의 폭 변화는 일품, 추청, 동진, 운광 및 남평에서 각각 0.106, 0.069, 0.092, 0.083, 0.145mm 감소하여 일품과 남평의 청사미 폭 변화가 함수율 감소에 따라 가장 큰 것으로 나타났음

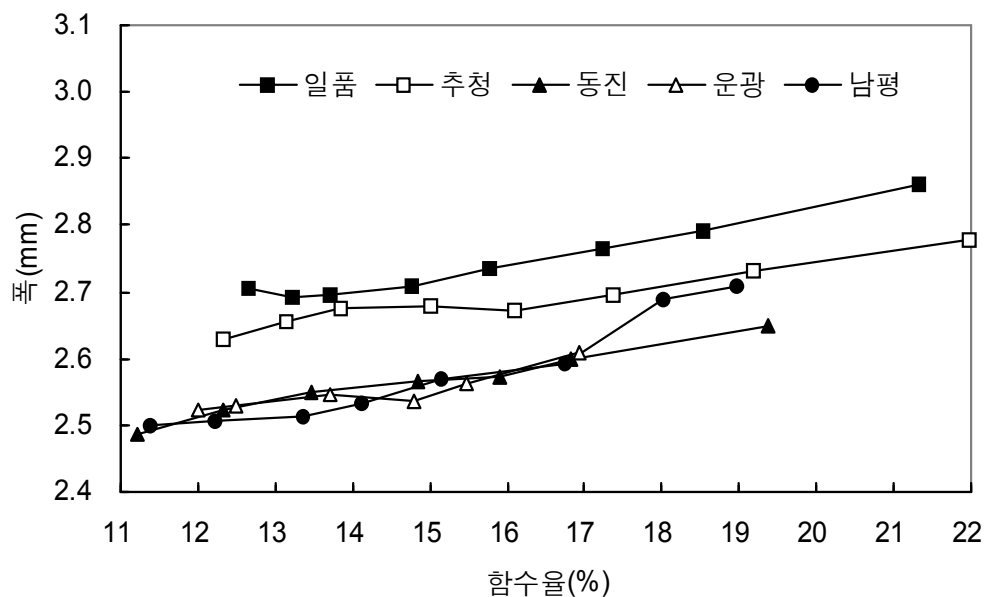


그림 3-3-20. 함수율에 따른 품종별 청사미의 폭 변화

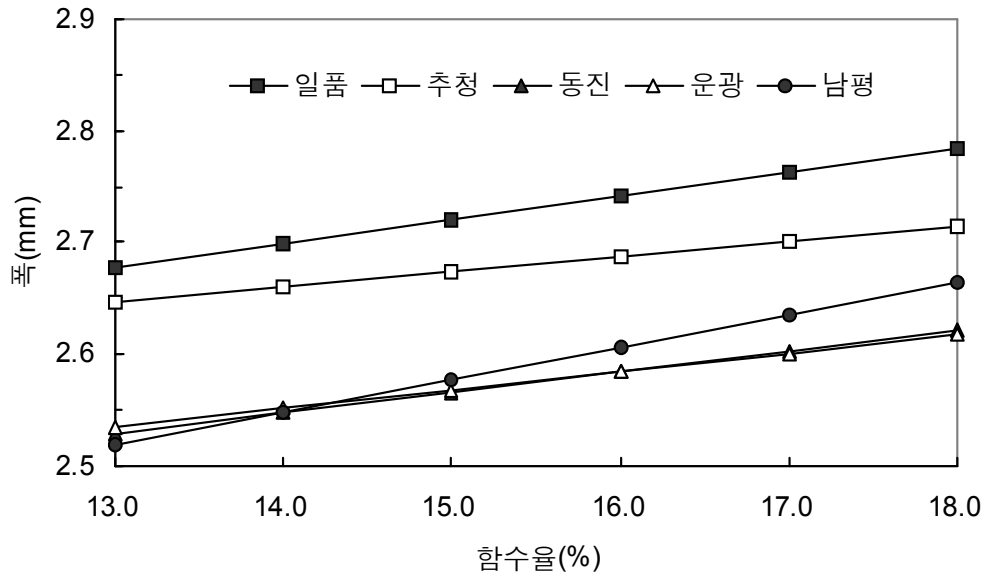


그림 3-3-21. 함수율에 따른 품종별 청사미의 폭 보정

표 3-3-11. 함수율에 따른 품종별 청사미의 폭 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0211X+2.4039	0.993	2.699	2.72	2.742
추청	Y=0.0137X+2.4679	0.936	2.66	2.673	2.687
동진	Y=0.0184X+2.2900	0.977	2.548	2.566	2.584
운광	Y=0.0165X+2.3208	0.938	2.552	2.568	2.585
남평	Y=0.0290X+2.1421	0.924	2.548	2.577	2.606
대안	-	-	-	-	-

### 3) 함수율에 따른 품종별 외형인자의 두께 변화

#### 가) 정립

- 현미의 함수율에 따른 품종별 정립의 두께 변화를 그림 3-3-22에 나타낸 것으로 그림에서 알 수 있듯이 정립의 두께는 운광이 가장 두꺼운 것으로 나타났고, 두께가 가장 얇은 품종은 남평이었음
- 그림 3-3-23와 표 3-3-12는 품종간 정립의 두께 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따라 정립의 폭을 보정한 후 동일 함수율별로 나타낸 것으로서, 함수율에 따른 두께 감소율이 가장 큰 품종은 추청인 것으로 나타났음. 표 및 그림에서 알 수 있듯이 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 정립 두께는 보정 함수율 18%에서 각각 2.193, 2.144, 2.119, 2.205, 2.097, 2.123 mm 이었고, 함수율 13%까지 건조되는 동안 정립의 두께 변화는 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대

안에서 각각 0.060, 0.091, 0.060, 0.052, 0.059, 0.046mm 감소하여 추청의 정립 두께가 함수율 감소에 따라 가장 크게 감소하는 것으로 나타났음

- 한편, 정립 두께가 가장 두꺼운 운광의 경우 가장 얇은 남평보다 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.114, 0.112, 0.111mm 더 긴 것으로 나타났음

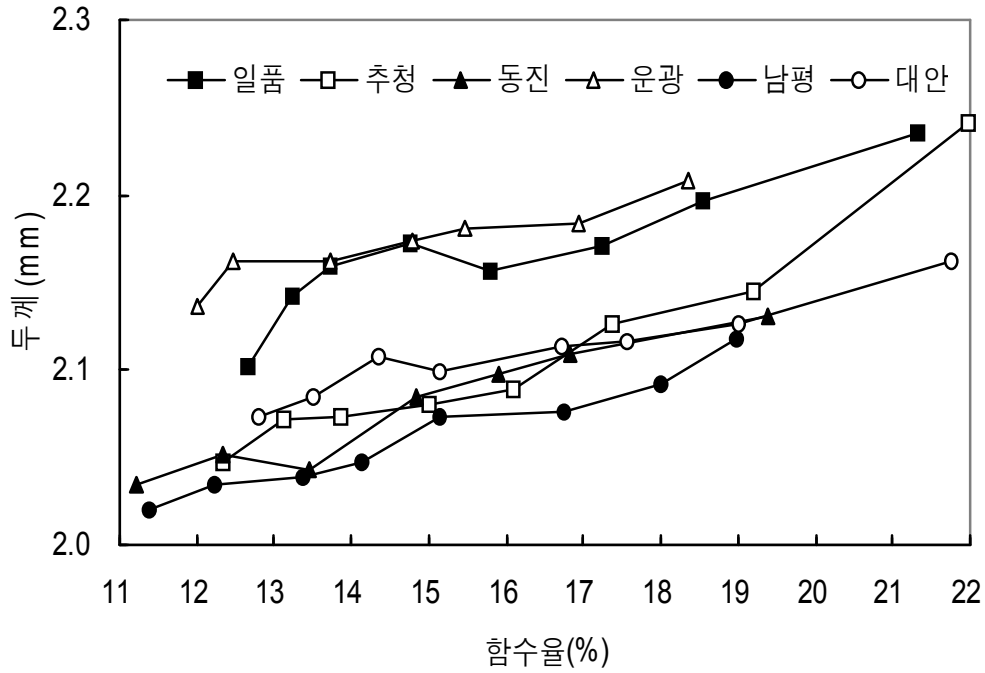


그림 3-3-22. 함수율에 따른 품종별 정립의 두께 변화

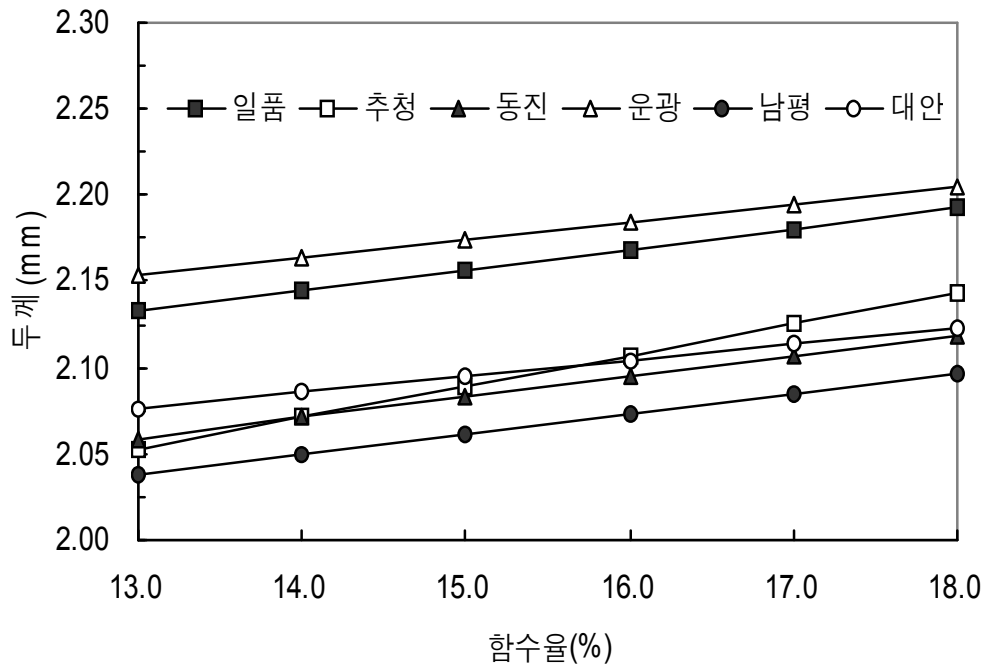


그림 3-3-23. 함수율에 따른 품종별 정립의 두께 보정

표 3-3-12. 함수율에 따른 품종별 정립의 두께 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0120X+1.9767	0.841	2.145	2.157	2.169
추청	Y=0.0182X+1.8162	0.927	2.071	2.089	2.107
동진	Y=0.0120X+1.9032	0.989	2.071	2.083	2.095
운광	Y=0.0103X+2.0197	0.948	2.164	2.174	2.185
남평	Y=0.0117X+1.8864	0.961	2.05	2.062	2.074
대안	Y=0.0092X+1.9572	0.985	2.086	2.095	2.104

나) 미숙립

- 그림 3-3-24에 함수율에 따른 품종별 미숙립의 두께 변화를 나타낸 것으로 그림에 나타낸 바와 같이 미숙립의 두께가 가장 두꺼운 품종은 운광으로 나타났고, 가장 얇은 품종은 남평으로 나타났음
- 그림 3-3-25와 표 3-3-13는 품종별 미숙립의 두께 변화를 함수율에 따라 보정하여 나타낸 것으로, 함수율에 따른 미숙립 두께 감소율이 가장 작은 품종은 남평과 대안이었고, 두께 감소율이 가장 큰 품종은 운광으로 나타났음
- 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 미숙립 두께는 보정 함수율 18%에서 각각 1.935, 1.913, 1.984, 2.104, 1.679, 1.844mm 이었고, 함수율 13%까지 건조되는 동안 미숙립의 두께 변화는 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안에서 각각 0.099, 0.061, 0.051, 0.152, 0.030, 0.038mm 감소하여 남평과 대안의 미숙립 두께 변화가 함수율 감소에 따라 가장 작게 감소하는 것으로 나타났음

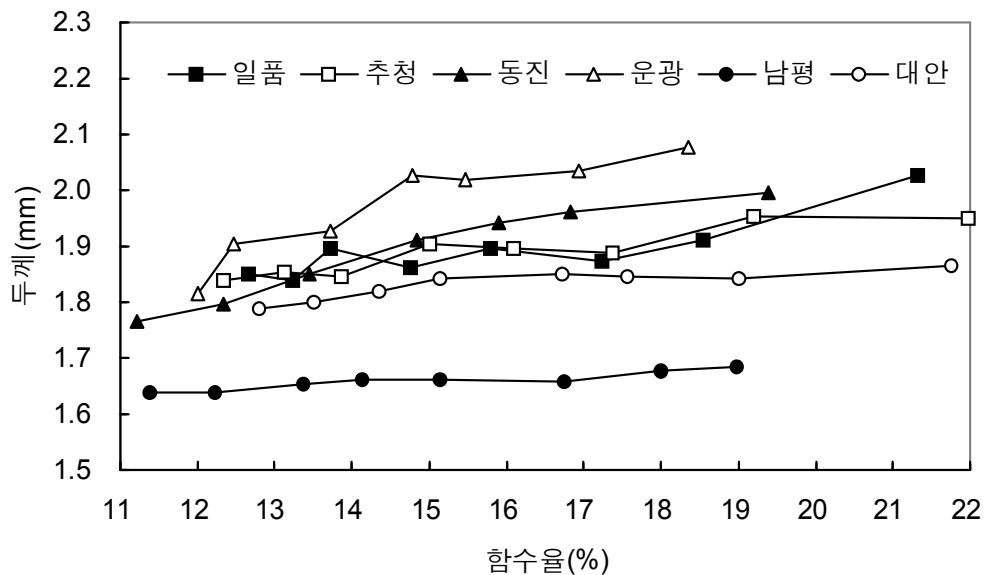


그림 3-3-24. 함수율에 따른 품종별 미숙립의 두께 변화

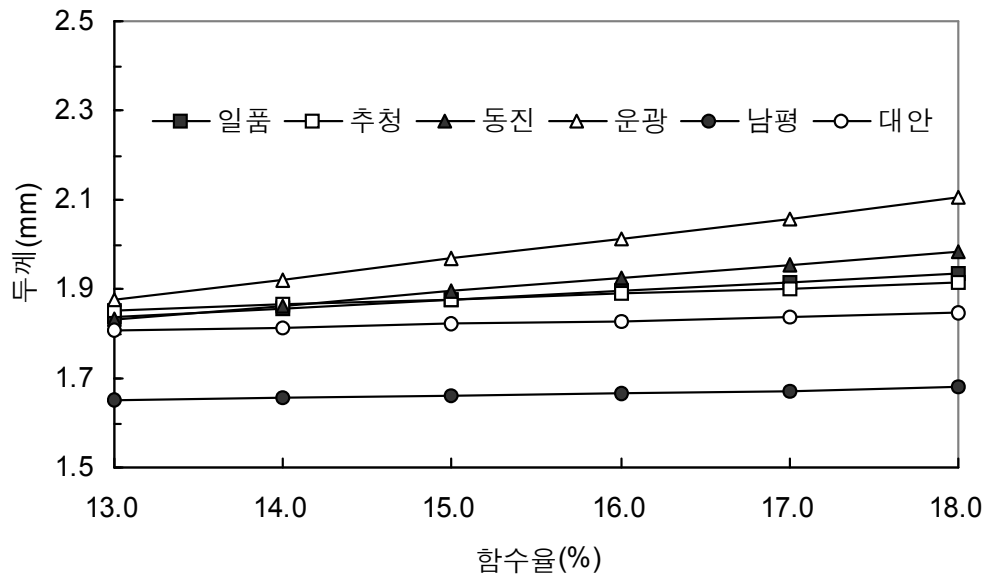


그림 3-3-25. 함수율에 따른 품종별 미숙립의 두께 보정

표 3-3-13. 함수율에 따른 품종별 미숙립의 두께 보정

품종	보정식	결정계수 ( $R^2$ )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	$Y=0.0198X+1.5790$	0.909	1.856	1.876	1.896
추청	$Y=0.0122X+1.6937$	0.842	1.865	1.877	1.889
동진	$Y=0.0304X+1.4369$	0.944	1.863	1.893	1.923
운광	$Y=0.0458X+1.2794$	0.737	1.921	1.966	2.012
남평	$Y=0.0060X+1.5710$	0.963	1.655	1.661	1.667
대안	$Y=0.0076X+1.7075$	0.757	1.814	1.822	1.829

#### 다) 백사미

- 그림 3-3-26은 함수율에 따른 품종별 백사미의 두께 변화를 나타낸 것으로, 백사미의 두께가 가장 큰 것은 추청이었고, 운광이 함수율에 따른 두께 감소율이 가장 큰 것으로 나타났으며, 그 이외의 품종에서는 거의 동일한 경향의 두께 감소율을 나타내었음
- 그림 3-3-27과 표 3-3-14는 품종별 백사미의 두께 변화를 함수율에 따라 보정하여 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광 및 남평 백사미의 두께는 보정 함수율 18%에서 각각 1.620, 1.770, 1.647, 1.776, 1.640mm 이었고, 함수율 13%까지 건조되는 동안 백사미의 두께 변화는 일품, 추청, 동진, 운광 및 남평에서 각각 0.043, 0.076, 0.051, 0.129, 0.055mm 감소하여 운광의 백사미 두께가 함수율 감소에 따라 가장 큰 폭으로 감소하였음

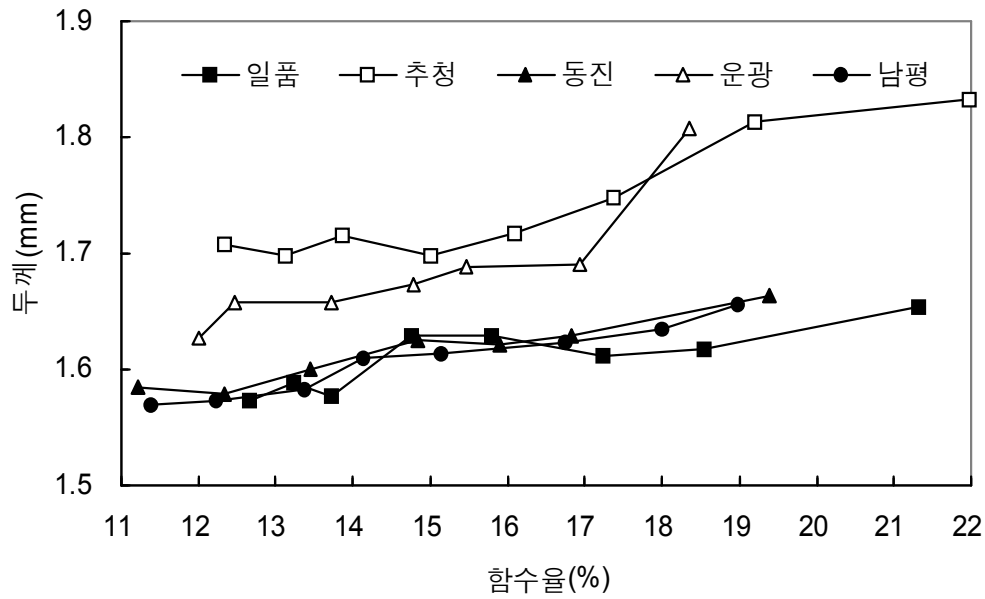


그림 3-3-26. 함수율에 따른 품종별 백사미의 두께 변화

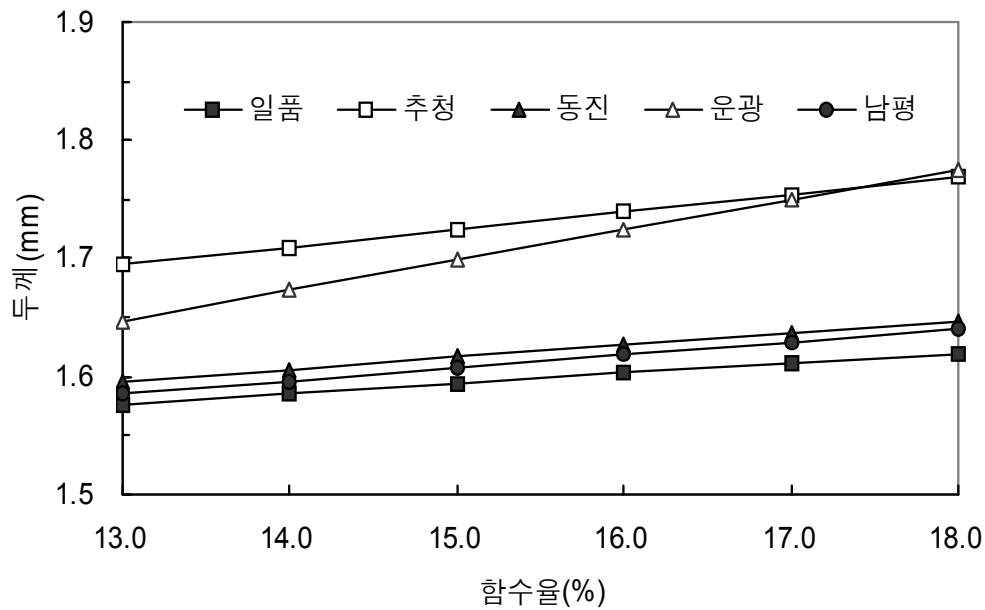


그림 3-3-27. 함수율에 따른 품종별 백사미의 두께 보정

표 3-3-14. 함수율에 따른 품종별 백사미의 두께 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0086X+1.465	0.951	1.585	1.594	1.603
추청	Y=0.0151X+1.4979	0.865	1.709	1.724	1.74
동진	Y=0.0102X+1.4635	0.934	1.606	1.617	1.627
운광	Y=0.0258X+1.3116	0.896	1.673	1.699	1.724
남평	Y=0.0109X+1.4439	0.954	1.597	1.607	1.618
대안	-	-	-	-	-

## 라) 청사미

- 그림 3-3-28에 품종에 따른 함수율별 청사미의 두께 변화를 나타낸 것으로, 청사미의 두께가 가장 큰 품종은 추청이었고, 가장 작은 품종은 남평으로 나타났다. 또한 추청의 경우 함수율에 따른 두께 감소율이 가장 작은 것으로 나타났다
- 그림 3-3-29와 표 3-3-15는 품종별 청사미의 두께 변화를 함수율에 따라 보정하여 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광 및 남평의 청사미 두께는 보정 함수율 18%에서 각각 1.774, 1.945, 1.976, 1.867, 1.752mm 이었고, 함수율 13%까지 건조되는 동안 청사미의 두께 변화는 일품, 추청, 동진, 운광 및 남평에서 각각 0.118, 0.019, 0.205, 0.262, 0.186mm 감소하였음

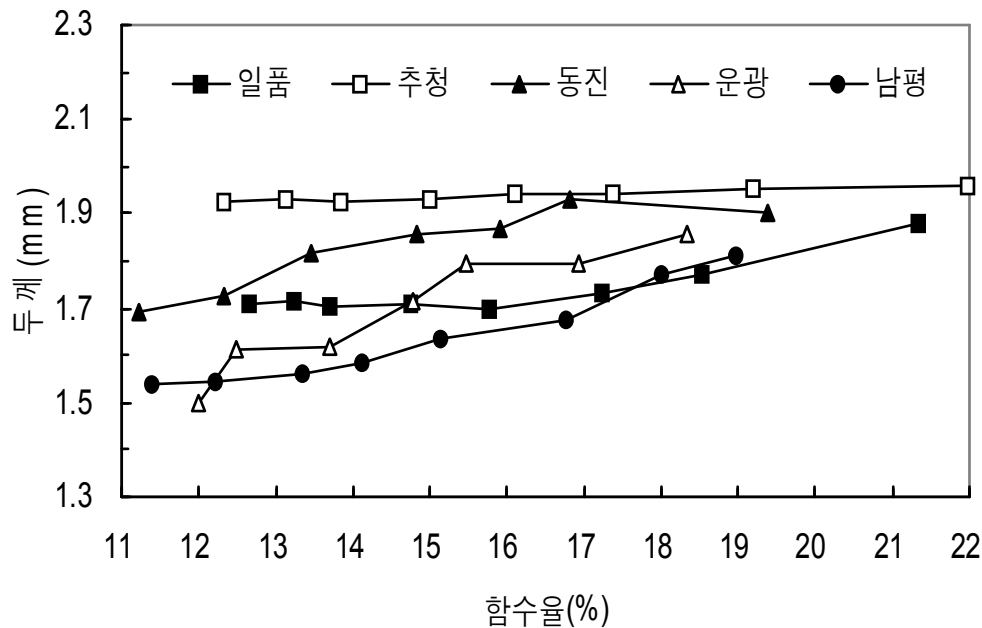


그림 3-3-28. 함수율에 따른 품종별 청사미의 두께 변화

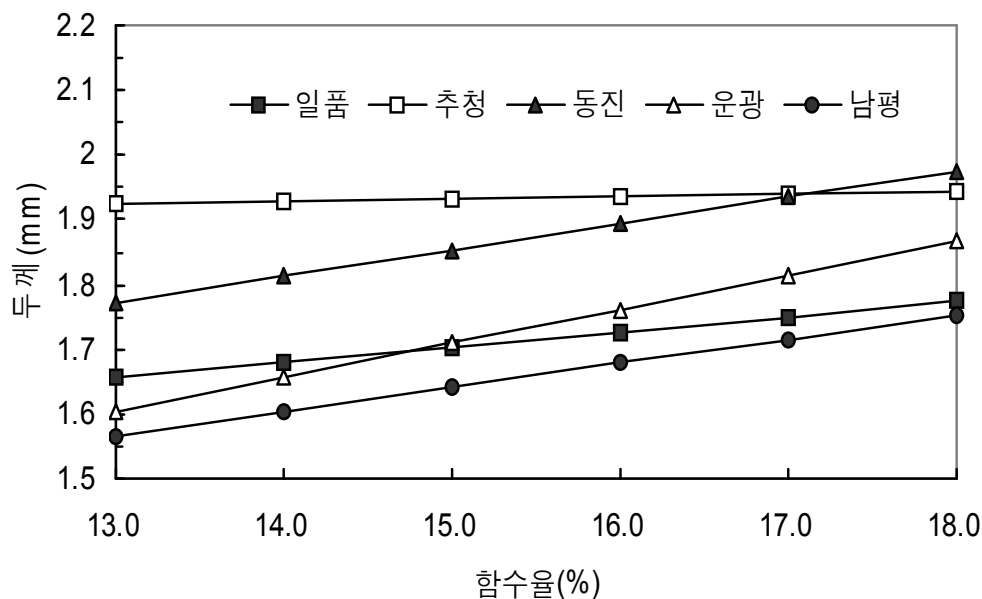


그림 3-3-29. 함수율에 따른 품종별 청사미의 두께 보정

표 3-3-15. 함수율에 따른 품종별 청사미의 두께 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm <sup>2</sup> )		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0235X+1.3509	0.879	1.68	1.703	1.727
추청	Y=0.0038X+1.8769	0.890	1.93	1.934	1.938
동진	Y=0.0409X+1.2396	0.962	1.812	1.853	1.894
운광	Y=0.0524X+0.9234	0.906	1.657	1.709	1.762
남평	Y=0.0371X+1.0845	0.950	1.604	1.641	1.678
대안	-	-	-	-	-

#### 4) 함수율에 따른 품종별 외형인자의 단면적 변화

##### 가) 정립

- 그림 3-3-30은 함수율에 따른 품종별 정립의 단면적 변화를 나타낸 것으로, 모든 품종에서 함수율이 감소할수록 정립의 단면적 변화는 선형적으로 감소하는 것으로 나타났음. 또한 단면적이 가장 큰 품종은 대안이었고, 가장 작은 품종은 추청으로 나타났음
- 그림 3-3-31과 표 3-3-16은 품종간의 단면적 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 동일한 함수율에서 계산한 단면적을 나타낸 것으로, 함수율 18%에서 보정한 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 정립 단면적은 각각 12.322, 12.081, 12.199, 12.429, 12.148, 12.601 mm<sup>2</sup> 으로 나타났고, 13%까지 건조되는 동안 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 정립 단면적은 각각 0.257, 0.307, 0.246, 0.278, 0.218, 0.271mm<sup>2</sup> 감소하여 추청의 정립 단면적 변화가 가장 큰 것으로 나타났음

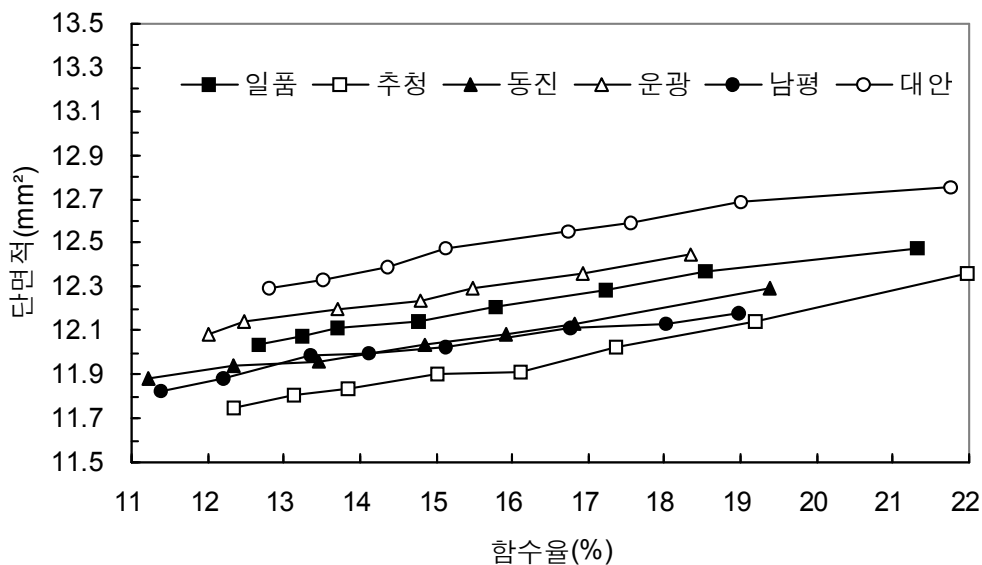


그림 3-3-30. 함수율에 따른 품종별 정립의 단면적 변화



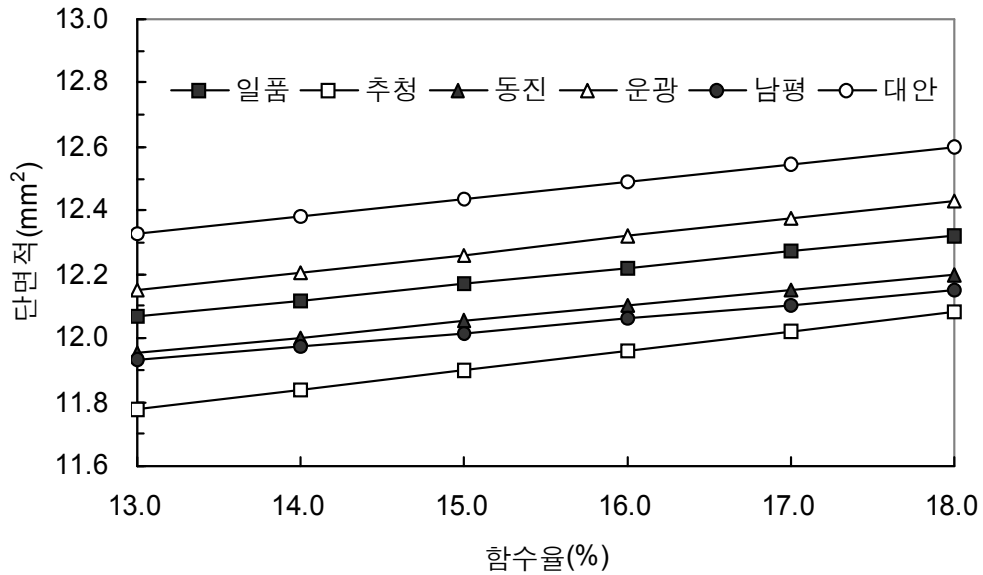


그림 3-3-31. 함수율에 따른 품종별 정립의 단면적 보정

- 한편, 정립 단면적이 가장 큰 대안의 경우 가장 짧은 추청보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.548, 0.540, 0.533mm<sup>2</sup> 더 넓은 것으로 나타났음

표 3-3-16. 함수율에 따른 품종별 정립의 단면적 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm <sup>2</sup> )		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0513X+11.399	0.992	12.117	12.169	12.220
추청	Y=0.0613X+10.978	0.98	11.836	11.898	11.959
동진	Y=0.0491X+11.316	0.985	12.003	12.053	12.102
운광	Y=0.0556X+11.428	0.991	12.206	12.262	12.318
남평	Y=0.0436X+11.363	0.956	11.973	12.017	12.061
대안	Y=0.0542X+11.625	0.967	12.384	12.438	12.492

#### 나) 미숙립

- 그림 3-3-32에 함수율에 따른 품종별 미숙립의 단면적 변화를 나타낸 것으로, 함수율에 따른 미숙립 단면적은 대안이 가장 큰 것으로 나타났고, 가장 작은 것은 추청이었으며, 정립의 단면적 변화와 동일하게 함수율에 따라 모든 품종의 단면적은 선형적으로 감소하였음
- 그림 3-3-33과 표 3-3-17은 품종간의 미숙립 단면적 변화를 함수율별로 보정하여 나타낸 것으로, 함수율 18%에서 보정한 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 미숙립 단면적은 각각 11.774, 11.611, 11.752, 11.879, 11.658, 12.308mm<sup>2</sup> 으로 나타났고, 13%까지 건조된 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 미숙립 단면적은 각각 0.175, 0.218, 0.215, 0.237, 0.146, 0.210mm<sup>2</sup> 감소하여 일품과 남평의 미숙립 단면적 변화가 가장 작은 것으로 나타났음

○ 또한 단면적이 가장 큰 대안이 추청의 단면적보다 조정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.704, 0.702, 0.700mm<sup>2</sup> 더 넓은 것으로 나타났음

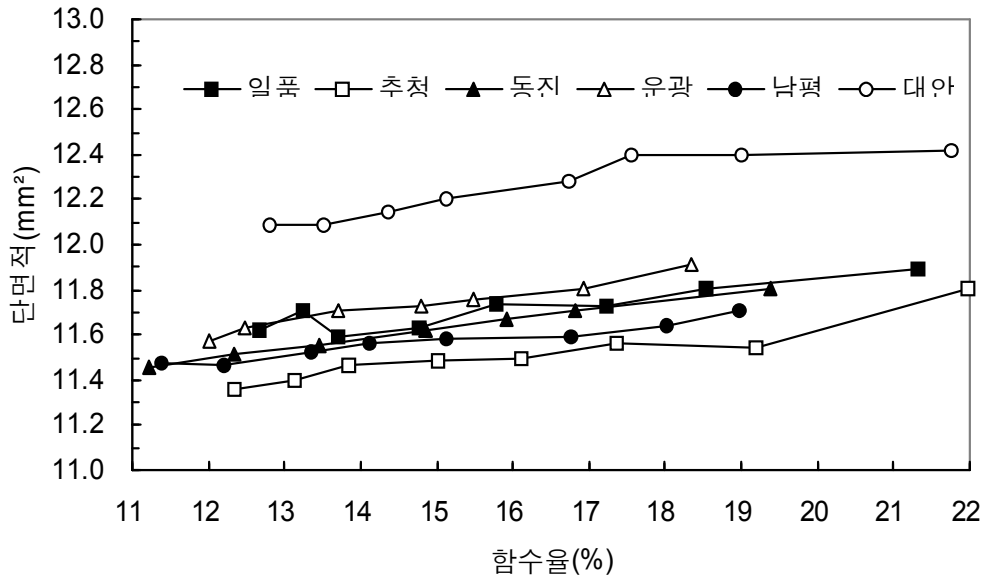


그림 3-3-32. 함수율에 따른 품종별 미숙립의 단면적 변화

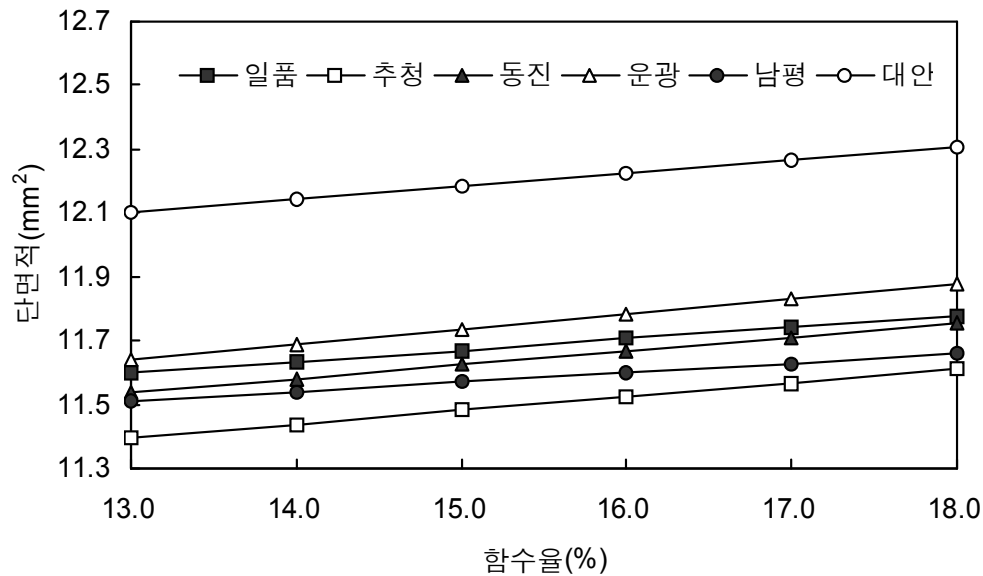


그림 3-3-33. 함수율에 따른 품종별 미숙립의 단면적 보정

표 3-3-17. 함수율에 따른 품종별 미숙립의 단면적 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm <sup>2</sup> )		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0349X+11.146	0.929	11.635	11.67	11.704
추청	Y=0.0435X+10.828	0.97	11.437	11.481	11.524
동진	Y=0.0430X+10.978	0.998	11.58	11.623	11.666
운광	Y=0.0474X+11.026	0.963	11.69	11.737	11.784
남평	Y=0.0292X+11.132	0.95	11.541	11.57	11.599
대안	Y=0.0419X+11.554	0.942	12.141	12.183	12.224

## 다) 백사미

- 그림 3-3-34는 함수율에 따른 품종별 백사미의 단면적 변화를 나타낸 것으로, 백사미의 단면적은 대안이 가장 큰 것을 나타냈음. 또한 함수율 15~18% 사이에서는 일품, 추청 및 남평의 백사미 단면적 변화가 거의 동일한 경향을 나타내었음
- 그림 3-3-35과 표 3-3-18은 함수율 보정에 따른 백사미의 단면적 변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 백사미 단면적은 보정된 함수율 18%에서 각각 11.060, 11.210, 11.279, 11.294, 11.149, 11.598mm<sup>2</sup> 이었음
- 또한 보정 함수율 13%까지 건조되는 동안 백사미 길이는 품종별로 각각 0.111, 0.429, 0.166, 0.335, 0.208, 0.263mm<sup>2</sup> 감소하여 추청과 운광의 단면적 변화가 가장 큰 것으로 나타났음

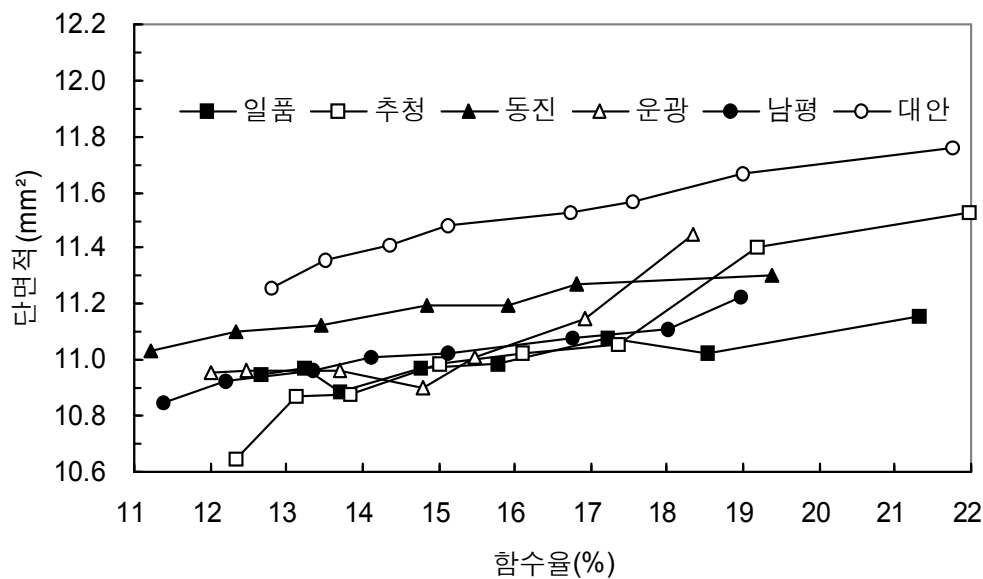


그림 3-3-34. 함수율에 따른 품종별 백사미의 단면적 변화

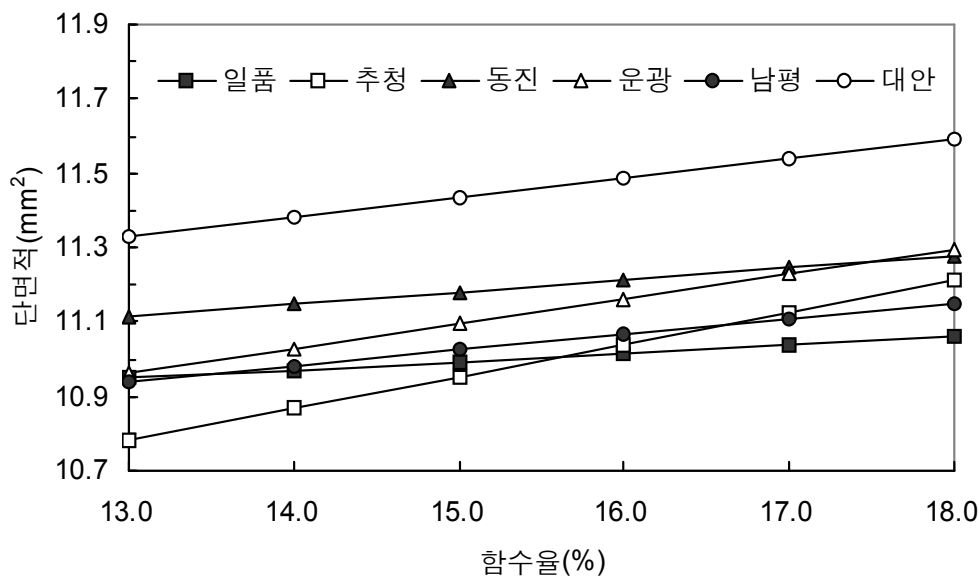


그림 3-3-35. 함수율에 따른 품종별 백사미의 단면적 보정

표 3-3-18. 함수율에 따른 품종별 백사미의 단면적 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm <sup>2</sup> )		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0222X+10.6600	0.862	10.971	10.993	11.015
추청	Y=0.0858X+9.6656	0.945	10.867	10.953	11.038
동진	Y=0.0332X+10.6810	0.95	11.146	11.179	11.212
운광	Y=0.0669X+10.0900	0.765	11.027	11.094	11.160
남평	Y=0.0416X+10.4000	0.915	10.982	11.024	11.066
대안	Y=0.0525X+10.6440	0.962	11.379	11.432	11.484

라) 피해립

- 그림 3-3-36은 함수율에 따른 피해립의 단면적 변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 피해립 단면적은 대안이 가장 큰 것을 나타냈고, 남평이 가장 작은 것으로 나타났으며, 함수율에 따른 동진의 단면적 변화율이 가장 큰 것으로 나타났음
- 그림 3-3-37과 표 3-3-19는 함수율 보정에 따른 피해립 단면적 변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안의 피해립 단면적은 보정 함수율 18%에서 각각 11.119, 11.075, 11.057, 11.180, 10.623, 11.602mm<sup>2</sup> 이었음
- 또한 보정 함수율 13%까지 건조되는 동안 피해립 단면적 변화는 일품, 추청, 동진, 운광, 남평 및 대안에서 각각 0.372, 0.382, 0.511, 0.439, 0.127, 0.377mm<sup>2</sup> 감소하여 함수율에 따른 동진과 운광의 피해립 단면적 변화가 가장 큰 것으로 나타났음

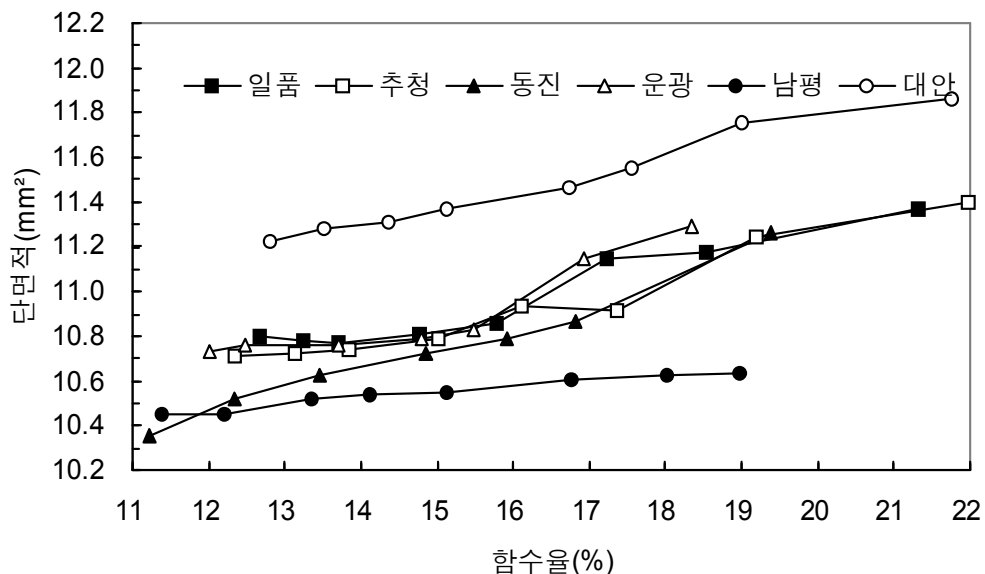


그림 3-3-36. 함수율에 따른 품종별 피해립의 단면적 변화

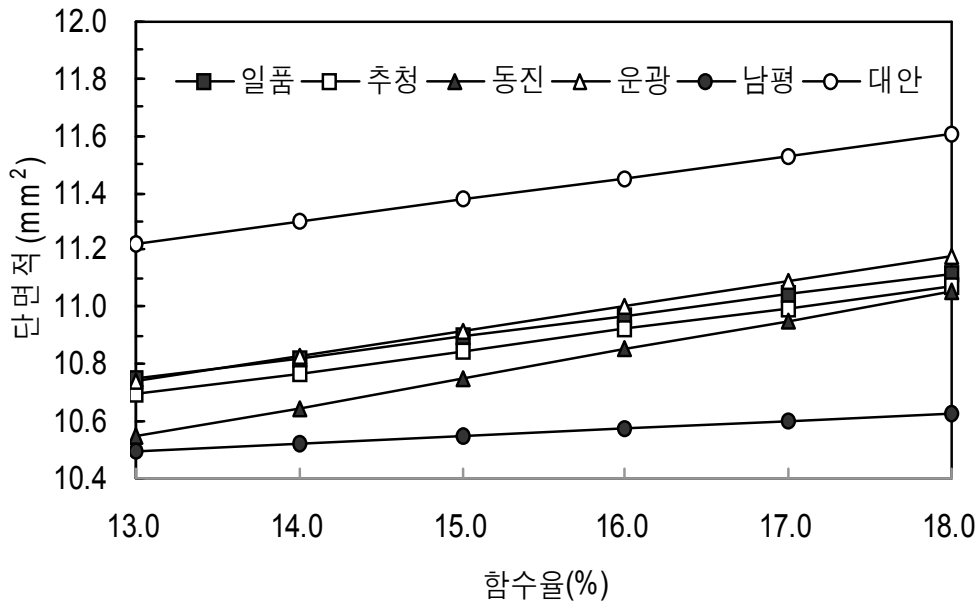


그림 3-3-37. 함수율에 따른 품종별 피해립의 단면적 보정

표 3-3-19. 함수율에 따른 품종별 피해립의 단면적 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm <sup>2</sup> )		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0744X+9.7801	0.919	10.822	10.896	10.971
추청	Y=0.0763X+9.7017	0.942	10.77	10.846	10.923
동진	Y=0.1021X+9.219	0.971	10.648	10.751	10.853
운광	Y=0.0878X+9.5992	0.830	10.828	10.916	11.004
남평	Y=0.0253X+10.168	0.954	10.522	10.548	10.573
대안	Y=0.0754X+10.245	0.975	11.301	11.376	11.451

#### 마) 청사미

- 그림 3-3-38은 함수율에 따른 품종별 청사미의 단면적 변화를 나타낸 것으로, 청사미의 폭이 가장 큰 품종은 일품으로 나타났고, 함수율에 따른 청사미의 단면적 변화율이 가장 작은 품종은 추청이었음. 대안의 경우 전술한 바와 같이 공시재료에서 청사미 시료 채취가 불가능하였음
- 그림 3-3-39와 표 3-3-20은 품종별 청사미의 단면적 변화를 함수율에 따라 보정하여 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정된 일품, 추청, 동진, 운광 및 남평의 청사미 단면적은 보정 함수율 18%에서 각각 10.987, 10.585, 10.684, 10.823, 10.833mm<sup>2</sup> 이었고, 함수율 13%까지 건조되는 동안 청사미의 단면적은 일품, 추청, 동진, 운광 및 남평에서 각각 0.423, 0.239, 0.388, 0.582, 0.637mm<sup>2</sup> 감소하여 운광과 남평의 청사미 단면적 변화가 함수율 감소에 따라 가장 크게 감소된 것으로 나타났음

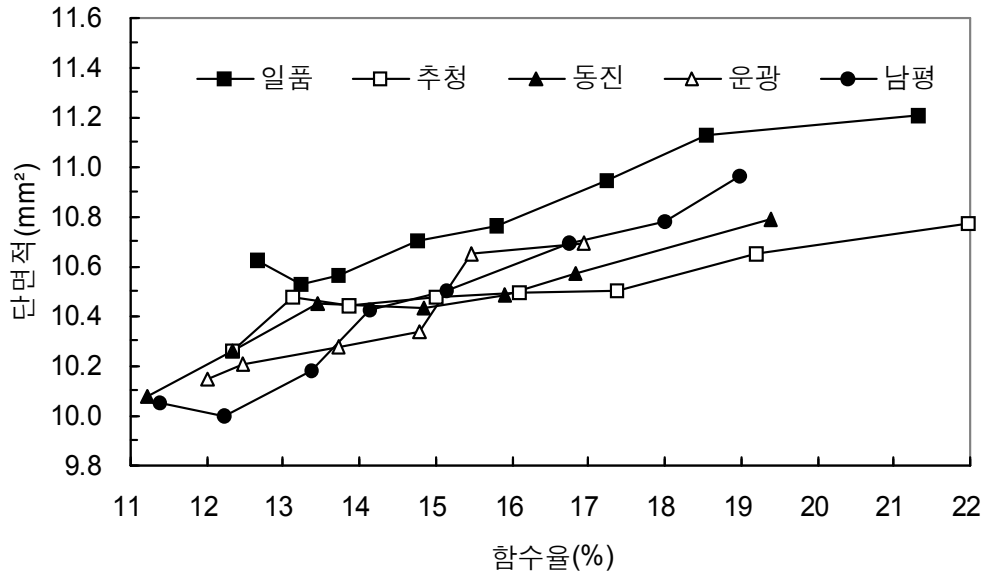


그림 3-3-38. 함수율에 따른 품종별 청사미의 단면적 변화

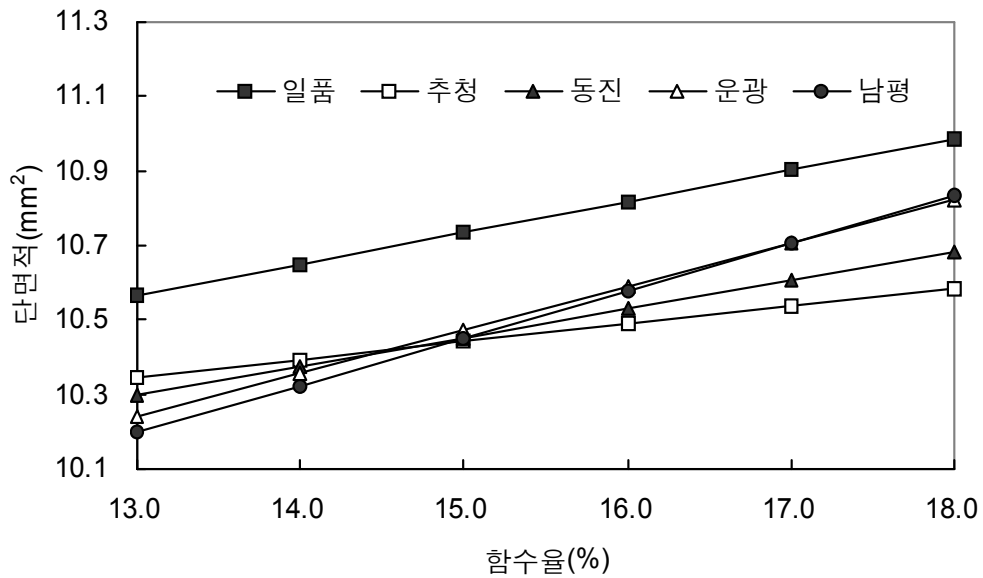


그림 3-3-39. 함수율에 따른 품종별 청사미의 단면적 보정

표 3-3-20. 함수율에 따른 품종별 청사미의 단면적 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm <sup>2</sup> )		
			14.0%	15.0%	16.0%
일품	Y=0.0843X+9.4696	0.938	10.65	10.734	10.818
추청	Y=0.0478X+9.7247	0.935	10.394	10.442	10.490
동진	Y=0.0775X+9.2885	0.929	10.374	10.451	10.529
운광	Y=0.1164X+8.7274	0.885	10.357	10.473	10.590
남평	Y=0.1274X+8.5401	0.968	10.324	10.451	10.579
대안	-	-	-	-	-

## 2. 현미의 외형인자별 선별인자 구명

- 전항에서 측정한 현미의 외형인자별 기하학적 특성을 이용하여 외형인자별 선별인자를 구명하였음. 표 3-3-21~3-3-24는 현미의 외형인자별 선별인자를 구명하기 위하여 보정 함수율 15%에서의 품종에 따른 외형인자의 길이, 폭, 두께 및 단면적을 나타낸 것으로 표에서 보는 바와 같이 품종별 정립 및 미숙립은 다른 외형인자인 백사미, 피해립 및 청사미와 비교하여 길이와 폭에서 0.2~0.4mm 정도 차이가 있기 때문에 길이와 폭을 선별인자로 사용할 수 있을 것으로 판단됨
- 한편, 정립과 미숙립의 선별은 길이, 폭에서 0.1mm, 단면적에서 0.5mm<sup>2</sup> 내외의 차이로 인하여 선별인자로서는 부적절할 것으로 판단됨. 그러나 표 3-3-23에서 알 수 있듯이 두께의 경우 정립과 미숙립 사이에서의 차이가 품종별로 약 0.2~0.4mm 차이가 있기 때문에 선별인자로서 적절할 것으로 판단됨
- 백사미와 청사미의 경우에는 단면적에서 각각 0.25mm<sup>2</sup> 이상 차이가 있기 때문에 선별인자로 사용 가능하다고 판단됨

표 3-3-21. 보정 함수율 15%에서의 품종에 따른 외형인자별 길이

구분	일품	추청	동진	운광	남평	대안
정립	4.955	4.870	5.098	5.152	4.963	5.248
미숙립	4.804	4.770	4.979	4.998	4.864	5.185
백사미	4.732	4.726	4.908	4.831	4.783	5.200
피해립	4.615	4.617	4.783	4.819	4.574	5.131
청사미	4.563	4.365	4.560	4.520	4.609	5.200

표 3-3-22. 보정 함수율 15%에서의 품종에 따른 외형인자별 폭

구분	일품	추청	동진	운광	남평	대안
정립	3.128	3.055	2.969	3.035	3.030	3.052
미숙립	3.000	2.933	2.862	2.908	2.904	2.992
백사미	2.718	2.767	2.712	2.734	2.722	2.734
피해립	2.772	2.768	2.589	2.689	2.606	2.732
청사미	2.720	2.673	2.566	2.568	2.577	-

표 3-3-23. 보정 함수율 15%에서의 품종에 따른 외형인자별 두께

구분	일품	추청	동진	운광	남평	대안
정립	2.157	2.089	2.083	2.174	2.062	2.095
미숙립	1.876	1.877	1.893	1.966	1.661	1.822
백사미	1.594	1.724	1.617	1.699	1.607	-
청사미	1.703	1.934	1.853	1.709	1.641	-

표 3-24. 보정 함수율 15%에서의 품종에 따른 외형인자별 단면적

구분	일품	추청	동진	운광	남평	대안
정립	12.169	11.898	12.053	12.262	12.017	12.438
미숙립	11.670	11.481	11.623	11.737	11.570	12.183
백사미	10.993	10.953	11.179	11.094	11.024	11.432
괴해립	10.896	10.846	10.751	10.916	10.548	11.376
청사미	10.734	10.442	10.451	10.473	10.451	-



### 3. 백미 선별인자 구명 및 최적화

#### 가. 재료 및 방법

##### 1) 실험재료

- 공시재료인 벼는 2010년산 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종이며, 초기 함수율은 추청의 경우 21.4%, w.b.(이후 %로만 표시), 남평 22.9%, 호품 20.2%, 대안 20.9%, 운광이 20.8%, 일품 22.9%, 동진이 20.5%이었음



(a) 벼 품종별 열풍건조



(b) 제현공정



(c) 체선별 공정



(d) 수작업에 의한 현미 선별



(e) 시험용 정미기에 의한 도정



(f) 수작업에 의한 백미 외형인자 선별

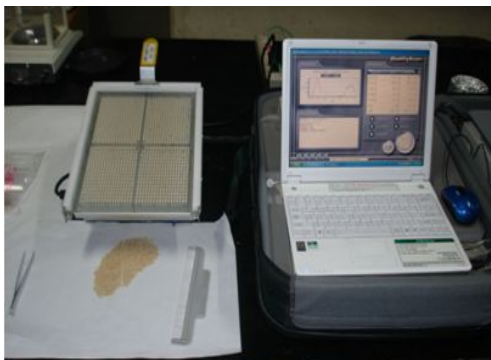
그림 3-3-40. 백미 선별인자 구명 공정

- 실험에 사용한 백미는 품종별로 벼 상태에서 각각의 초기 함수율 21%로부터 최종함수율 13%까지 1% 내외로 열풍 건조한 샘플을 채취한 후 도정하여 사용하였고, 함수율별 백미는 현미기(FCEK,

Yamamoto, Japan)를 이용하여 탈부한 후 1.75mm의 체선별기와 수작업을 통하여 미숙립 및 청사미를 선별하였고, 시험용 소형정미기(RICEPAL 30, YAMAMOTO, Japan)를 이용하여 정백수율을 90±0.5%로 정백하였음. 정백 후 백미는 함수율 및 품종별로 정상립, 분상질립, 피해립을 수작업으로 분리하여 길이, 폭, 두께, 단면적 및 원형률을 측정하였음. 그림 3-3-40은 백미 선별인자 구멍 공정을 나타낸 것임

## 2) 품질측정항목

- ① 길이, 폭 및 단면적 : 품종 및 함수율별 백미의 길이, 폭, 단면적은 곡립판별기(RN-500, Kett, Korea)을 이용하여 약 1000립의 정상립, 분상질립 및 피해립을 3회 측정하였고, 평균값으로 나타내었음(그림 3-3-41참조)
- ② 두께 : 두께는 두께측정기(ID-C112XBS, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였고, 정상립, 분상질립 및 피해립에 대하여 200립을 측정하여 평균값으로 나타내었음(그림 3-3-41 참조)



(현미 선별인자 구멍 과정)



(백미 두께 측정)

그림 3-3-41. 곡립의 외형인자 측정

- ③ 원형률 : 원형률(roundness)은 농산물이나 식품과 같은 생물체를 평면에 놓았을 때 그 투영면적이 얼마나 원형에 가까운가를 나타내는 척도로서 백분율(%)로 표시하며, 곡립판별기(RN-500, Kett, Korea)를 통하여 측정된 길이와 면적을 이용하여 식 (3-3-2)을 이용하여 산출하였음

$$R = \frac{A_p}{A_c} \times 100 = \frac{A_p}{\frac{\pi}{4} L^2} \times 100 \dots\dots\dots ( 3-3-2 )$$

여기서,  $R$  : 원형률(%)  
 $A_p$  : 생물체를 평면에 자연스럽게 놓았을 때의 투영면적(mm<sup>2</sup>)  
 $A_c$  : 생물체에 최소로 외접하는 원의 면적(mm<sup>2</sup>)  
 $L$  : 생물체의 최대 치수(길이)(m)

- ④ 함수율 : 함수율 측정은 드라이오븐법을 이용하여, 채취한 시료로부터 10±0.5 g을 칭량한 후 135℃의 실험용건조기(WFO600ND, EYELA, Japan)에서 24시간 건조하여 건조 전후의 무게비로 함

수율( $M_{135}$ , %)을 계산하고, 이 값을 식 (3-3-3)와 식 (3-3-4)를 이용하여 105°C 표준함수율 ( $M_{105}$ , %)로 환산하였음

$$\text{벼} : M_{105} = 100 - 1.0121(100 - M_{135}) \dots\dots\dots (3-3-3)$$

$$\text{백미} : M_{105} = 100 - 1.0133(100 - M_{135}) \dots\dots\dots (3-3-4)$$

### 3) 함수율에 따른 외형인자의 보정

- 건조시 품종별 벼의 초기 함수율과 건조 후 최종함수율에 차이가 발생하므로 함수율에 따른 품종별 외형인자(길이, 폭, 두께 및 단면적) 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따라 보정식을 만들고, 각각의 함수율이 12~20%까지 1%대로 보정된 함수율에서의 백미 외형인자 변화를 품종별로 비교 분석하였음

## 나. 결과 및 고찰

### 1) 함수율에 따른 품종별 외형인자의 길이 변화

#### 가) 정상립

- 그림 3-3-42는 함수율에 따른 품종별 백미 정상립의 길이 변화를 나타낸 것으로, 백미 정상립은 모든 품종에서 함수율이 감소할수록 길이가 감소하는 경향을 보였고, 함수율에 따른 길이 감소율이 가장 큰 품종은 충청과 호품으로 나타났으며, 특히, 충청의 경우 함수율이 17%와 20% 사이에서 감소폭이 크고, 함수율 15% 이후에서는 길이 감소율이 둔화되는 것으로 나타났음
- 품종간 백미 정상립의 길이는 대안이 5.163~5.261mm로 가장 길게 나타났고, 다음으로 운광이 5.218~5.261mm로 나타났으며, 다음으로 동진과 남평, 호품 및 일품 순이었음. 특히 충청의 정상립 길이는 함수율 17% 이하에서 4.791~4.853mm로 가장 짧은 것으로 나타났음

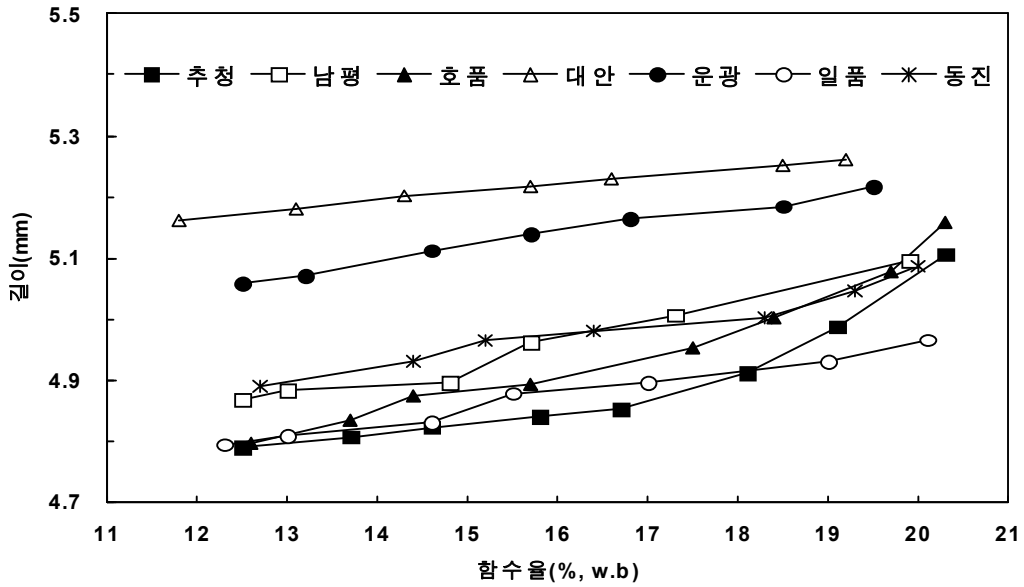


그림 3-3-42. 함수율에 따른 품종별 정상립의 길이 변화

- 그림 3-3-43과 표 3-3-25는 품종간 정상립 길이 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 동일한 함수율에서 계산한 정상립 길이를 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정한 정상립 길이는 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 5.024, 5.092, 5.096, 5.273, 5.228, 4.961, 5.066mm로 나타났고, 보정 함수율 12%까지 건조되는 동안 정상립 길이는 품종에 따라 각각 4.728, 4.842, 4.757, 5.168, 5.051, 4.787, 4.875mm로 감소하였음. 이것은 보정 함수율 20%와 비교하여 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 0.295, 0.250, 0.339, 0.105, 0.178, 0.174, 0.190mm 감소한 것으로서, 호품이 0.339mm로 길이 감소가 가장 크고, 대안이 0.105mm로 길이 감소가 가장 작은 것으로 나타났음
- 한편, 정상립 길이가 가장 긴 대안의 경우에는 정상립 길이가 가장 짧은 추청보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.392, 0.368, 0.344mm 더 긴 것으로 나타났음

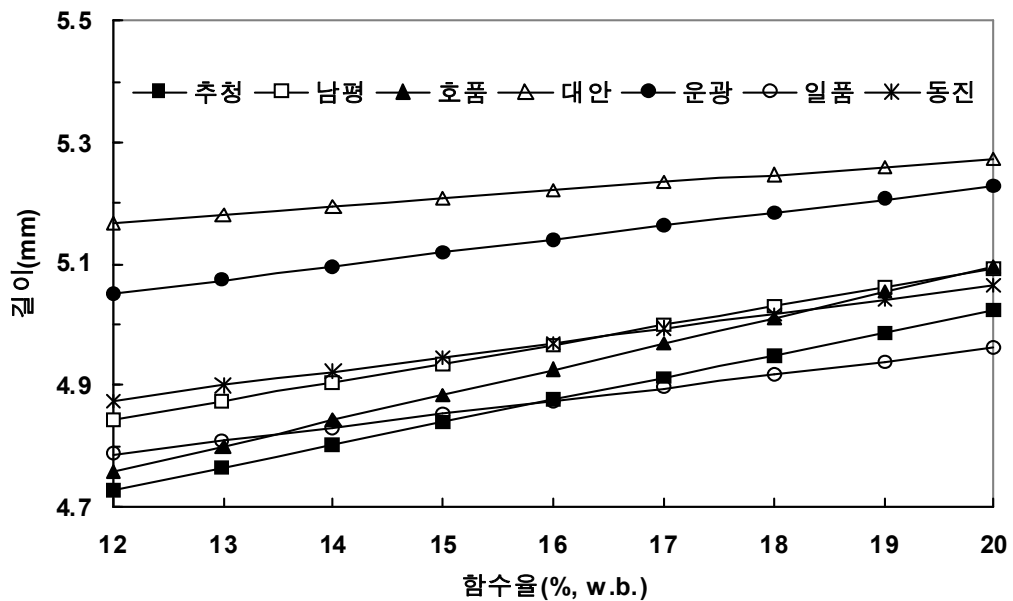


그림 3-3-43. 함수율에 따른 품종별 정상립의 길이 보정

표 3-3-25. 함수율에 따른 품종별 정상립의 길이 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 길이 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0369X+4.2856	0.852	4.802	4.839	4.876
남평	Y=0.0312X+4.4680	0.963	4.905	4.936	4.967
호품	Y=0.0424X+4.2481	0.951	4.842	4.884	4.927
대안	Y=0.0131X+5.0108	0.997	5.194	5.207	5.220
운광	Y=0.0222X+4.7843	0.983	5.095	5.117	5.140
일품	Y=0.0218X+4.5251	0.984	4.830	4.852	4.874
동진	Y=0.0238X+4.5898	0.956	4.923	4.947	4.971

나) 분상질립

- 그림 3-3-44에 함수율에 따른 품종별 분상질립의 길이 변화를 나타낸 것으로, 백미 분상질립 길이는 함수율이 감소함에 따라 길이가 감소하는 것으로 나타났고, 추청과 대안 품종이 함수율에 따른 분상질립의 길이 감소율이 가장 큰 것으로 나타났음
- 품종별 함수율에 따른 분상질립의 길이는 대안 품종이 5.056~5.305mm로 가장 길었고, 그 다음으로 운광이 4.831~4.976mm로 나타났으며, 그 다음으로 남평과 동진 및 추청과 일품 품종 순으로 길이가 짧았음. 분상질립의 길이가 가장 짧은 품종은 호품으로서 함수율 12~20% 사이에서 4.633~4.740mm인 것으로 나타났음

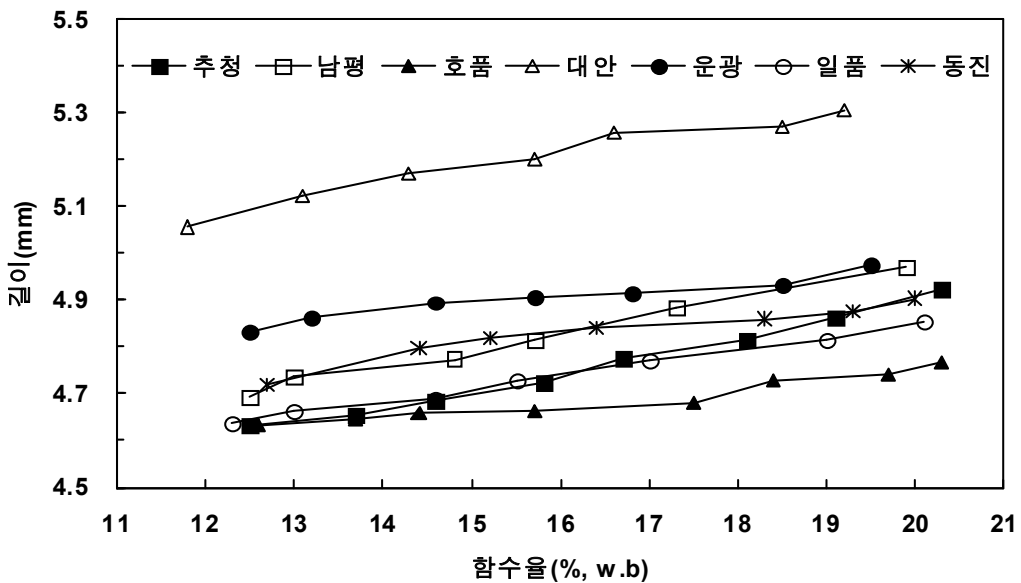


그림 3-3-44. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 길이 변화

- 그림 3-3-45과 표 3-3-26은 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 함수율에 따라 분상질립의 길이를 계산하여 품종간의 변화를 비교한 것으로, 함수율에 따라 보정한 분상질립 길이는 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에서 각각 4.896, 4.976, 4.747, 5.337, 4.975, 4.849, 4.904mm로 나타났고, 보정 함수율 12%에서 분상질립 길이는 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 4.594, 4.682, 4.613, 5.083, 4.837, 4.629, 4.732mm로 감소하였음. 이것은 보정 함수율 20%와 비교하여 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 0.302, 0.294, 0.134, 0.254, 0.138, 0.220, 0.172mm 감소한 것으로서, 추청이 0.302mm로 길이 감소가 가장 크고, 호품과 운광이 각각 0.134, 0.138mm로 길이 감소가 가장 작은 것으로 나타났음
- 또한, 분상질립 길이가 가장 긴 대안의 경우에는 분상질립 길이가 가장 짧은 호품보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.501, 0.516, 0.531mm 더 긴 것으로 나타났고, 추청 품종을 비교할 경우 대안 품종이 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.477, 0.471, 0.465mm 더 긴 것으로 나타났음
- 표 3-3-27은 동일 품종의 정상립과 분상질립의 길이 차이를 보정 함수율 별로 나타낸 것으로, 표 3-3-27에서 보는 바와 같이 운광 품종의 경우 정상립과 분상질립의 차이가 0.214~0.253mm로 가장 컸고, 대안 품종이 -0.064~0.08mm로 가장 적은 차이를 나타내었으며, 그이외의 품종은 약 0.1mm 이상 정상립이 더 긴 것으로 나타났음

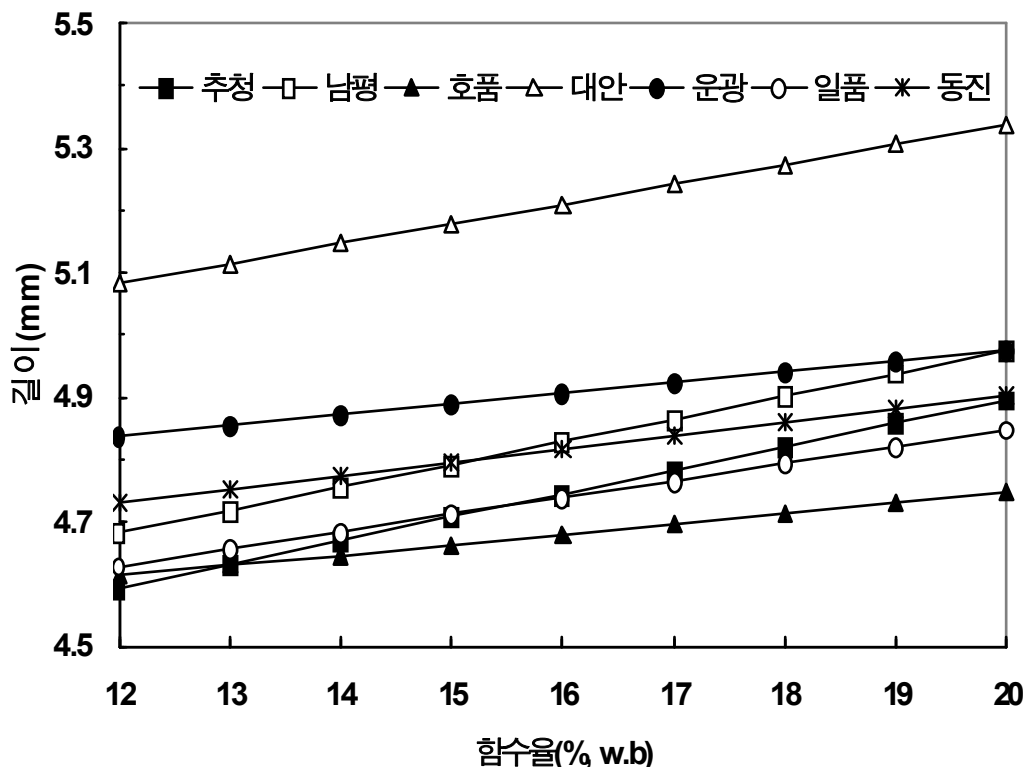


그림 3-3-45. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 길이 보정

표 3-3-26. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 길이 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 길이 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0377X+4.1418	0.987	4.700	4.707	4.745
남평	Y=1.1367X+4.2417	0.991	4.756	4.792	4.829
호품	Y=1.0167X+4.4125	0.928	4.646	4.663	4.680
대안	Y=0.0317X+4.7030	0.958	5.147	5.179	5.210
운광	Y=0.0173X+4.6289	0.937	4.871	4.888	4.906
일품	Y=0.0275X+4.2988	0.993	4.684	4.711	4.739
동진	Y=0.0215X+4.4740	0.925	4.775	4.797	4.818

표 3-3-27. 함수율에 따른 품종별 정상립과 분상질립의 길이 차이(정상립-분상질립)

품종 보정 함수율(%)	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
12	0.134	0.160	0.144	0.085	0.214	0.158	0.143
13	0.133	0.155	0.170	0.066	0.219	0.152	0.146
14	0.133	0.149	0.195	0.047	0.224	0.147	0.148
15	0.132	0.144	0.221	0.029	0.229	0.141	0.150
16	0.131	0.138	0.247	0.010	0.234	0.135	0.153
17	0.130	0.133	0.273	-0.008	0.239	0.129	0.155
18	0.129	0.127	0.298	-0.027	0.244	0.124	0.157
19	0.129	0.122	0.324	-0.046	0.249	0.118	0.160
20	0.128	0.116	0.350	-0.064	0.253	0.112	0.162

다) 피해립

- 그림 3-3-46은 함수율에 따른 품종별 피해립의 길이 변화를 나타낸 것으로, 피해립 길이는 함수율이 감소함에 따라 감소하는 경향을 보였고, 대안 품종이 함수율에 따른 피해립의 길이 감소율이 가장 큰 것으로 나타났으며, 운광 품종의 길이 감소율이 가장 작은 것으로 나타났음

- 품종별 함수율에 따른 피해립의 길이는 대안 품종이 4.798~5.125mm로 가장 길었고, 그 다음으로 운광이 4.664~4.850mm로 나타났음. 피해립의 길이가 가장 짧은 품종은 추청으로서 함수율 12~20% 사이에서 4.460~4.700mm인 것으로 나타났음
- 그림 3-3-47과 표 3-3-28은 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 피해립의 길이를 함수율에 따라 계산하여 품종간의 변화를 비교한 것으로, 함수율에 따라 보정한 피해립 길이는 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에서 각각 4.681, 4.792, 4.786, 5.157, 4.866, 4.718, 4.766mm로 나타났고, 보정 함수율 12%에서 피해립 길이는 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 4.419, 4.429, 4.468, 4.807, 4.676, 4.492, 4.473mm로 감소하였음. 이것은 보정 함수율 20%와 비교하여 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 0.262, 0.363, 0.318, 0.350, 0.190, 0.226, 0.294mm 감소한 것으로서, 남평과 대안이 각각 0.363, 0.350mm로 길이 감소가 가장 크고, 운광이 0.190mm로 길이 감소가 가장 작은 것으로 나타났음. 또한, 피해립 길이가 가장 긴 대안의 경우에는 분상질립 길이가 가장 짧은 추정보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.410, 0.421, 0.432mm 더 긴 것으로 나타났음
- 표 3-3-29는 동일 품종의 정상립과 피해립의 길이 차이를 보정 함수율 별로 나타낸 것으로, 운광 품종의 경우 정상립과 피해립의 차이는 0.363~0.375mm로 보정 함수율에 관계없이 일정한 경향을 보였고, 대안 품종의 경우 함수율이 감소할수록 정상립과의 길이 차이가 증가하는 것으로 나타났으며, 그 이외의 품종은 약 0.2mm 이상 정상립이 더 긴 것으로 나타났음

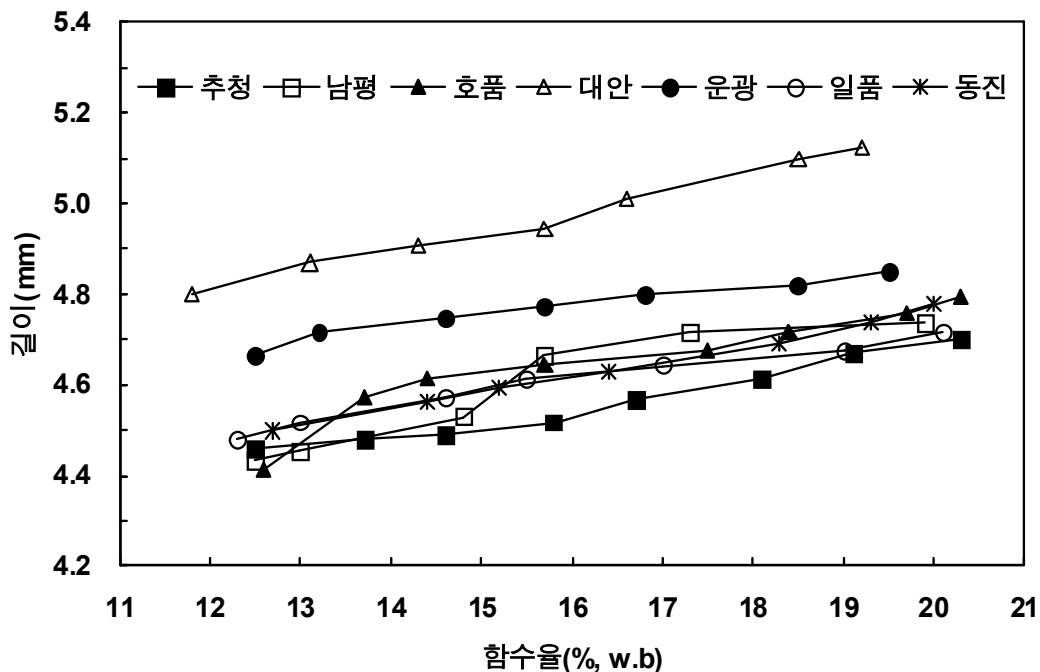


그림 3-3-46. 함수율에 따른 품종별 피해립의 길이 변화



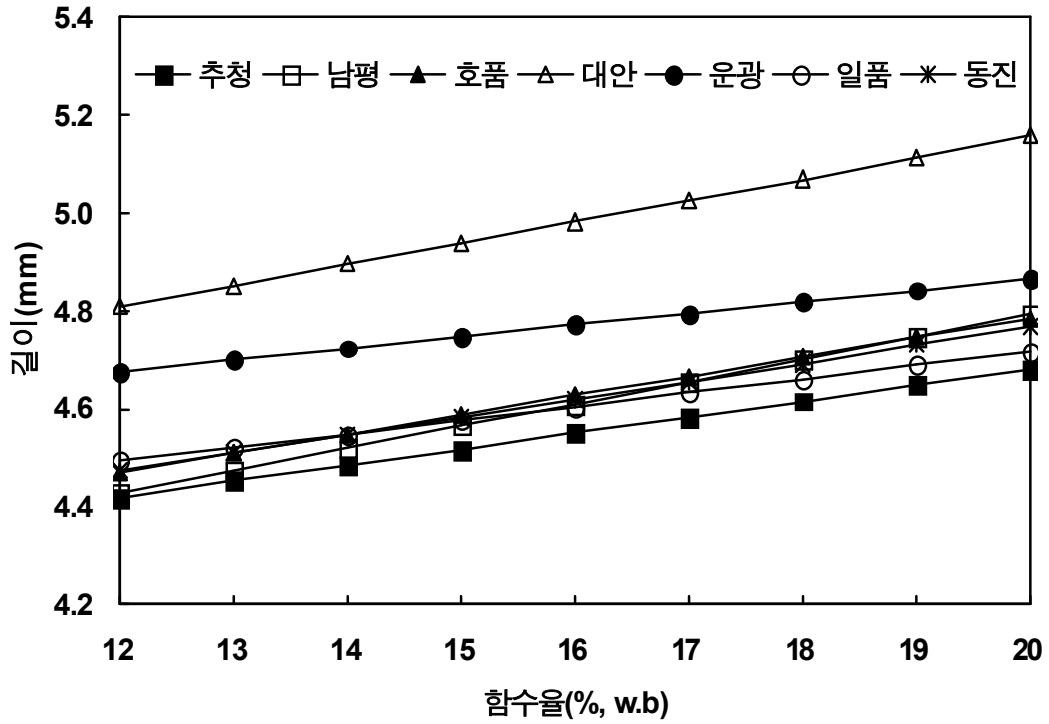


그림 3-3-47. 함수율에 따른 품종별 피해립의 길이 보정

표 3-3-28. 함수율에 따른 품종별 피해립 길이 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 길이 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0328X+4.0252	0.967	4.484	4.517	4.550
남평	Y=0.0454X+3.8837	0.886	4.519	4.565	4.610
호품	Y=0.0397X+3.9916	0.886	4.547	4.587	4.627
대안	Y=0.0437X+4.2825	0.989	4.894	4.938	4.982
운광	Y=0.0237X+4.3917	0.954	4.724	4.747	4.771
일품	Y=0.0282X+4.1537	0.969	4.549	4.577	4.605
동진	Y=0.0367X+4.0321	0.992	4.546	4.583	4.619

표 3-3-29. 함수율에 따른 품종별 정상립과 피해립의 길이 차이(정상립-피해립)

보정 함수율(%)	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
12	0.310	0.414	0.289	0.361	0.375	0.295	0.403
13	0.314	0.400	0.292	0.331	0.373	0.288	0.390
14	0.318	0.386	0.294	0.300	0.372	0.282	0.377
15	0.322	0.371	0.297	0.269	0.370	0.275	0.364
16	0.326	0.357	0.300	0.239	0.369	0.269	0.351
17	0.330	0.343	0.302	0.208	0.367	0.263	0.338
18	0.334	0.329	0.305	0.178	0.366	0.256	0.326
19	0.338	0.315	0.308	0.147	0.364	0.250	0.313
20	0.342	0.300	0.310	0.116	0.363	0.243	0.300

## 2) 함수율에 따른 품종별 외형인자의 폭 변화

### 가) 정상립

- 그림 3-3-48은 함수율에 따른 품종별 백미 정상립의 폭 변화를 나타낸 것으로, 백미 정상립의 폭은 모든 품종에서 함수율이 감소할수록 폭이 감소하는 경향을 보였음. 함수율에 따른 폭 감소율이 가장 큰 품종은 운광으로 나타났고, 일품, 추청, 남평 품종 순으로 함수율 감소에 따른 폭 감소율이 큰 것으로 나타났음
- 함수율 감소에 따른 품종간 백미 정상립의 폭은 일품이 3.029~3.212mm로 다른 품종에 비하여 가장 길게 나타났고, 다음으로 남평 품종이 2.954~3.149mm로 나타났으며, 특히 운광 품종의 정상립 폭은 함수율 17% 이하에서 2.740~2.926mm로서 가장 짧은 것으로 나타났음

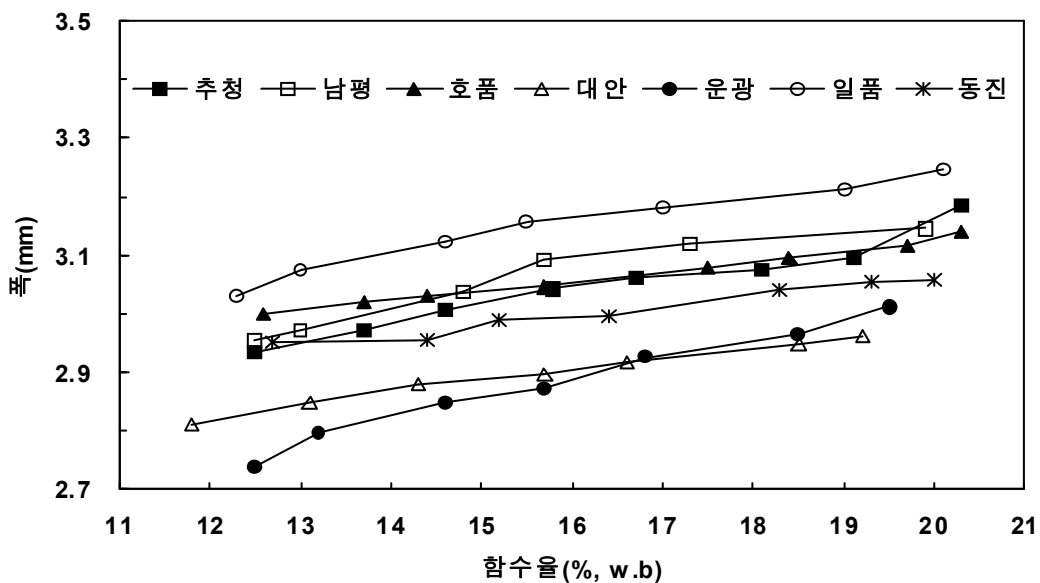


그림 3-3-48. 함수율에 따른 품종별 정상립의 폭 변화

- 그림 3-3-49과 표 3-3-30은 품종간 정상립 폭 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 동일한 함수율에서 계산한 정상립 폭을 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정한 정상립 폭은 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 3.149, 3.178, 3.127, 2.982, 3.029, 3.251, 3.061mm로 나타났고, 보정 함수율 12%까지 건조되는 동안 정상립 폭은 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 2.927, 2.957, 2.988, 2.827, 2.742, 3.046, 2.931mm로 감소하였음. 이것은 보정 함수율 20%와 비교하여 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 0.222, 0.221, 0.138, 0.155, 0.278, 0.205, 0.130mm 감소한 것으로서, 운광 품종이 0.287mm로 폭 감소가 가장 크고, 호품과 동진 품종이 각각 0.138, 0.130mm로 길이 감소가 작은 것으로 나타났음
- 한편, 정상립 폭이 가장 큰 일품 품종의 경우에는 정상립 폭이 가장 작은 운광 품종보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.283, 0.273, 0.263mm 더 큰 것으로 나타났고, 일품 품종이 추청 품종보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.115, 0.113, 0.111mm 더 큰 것으로 나타났음

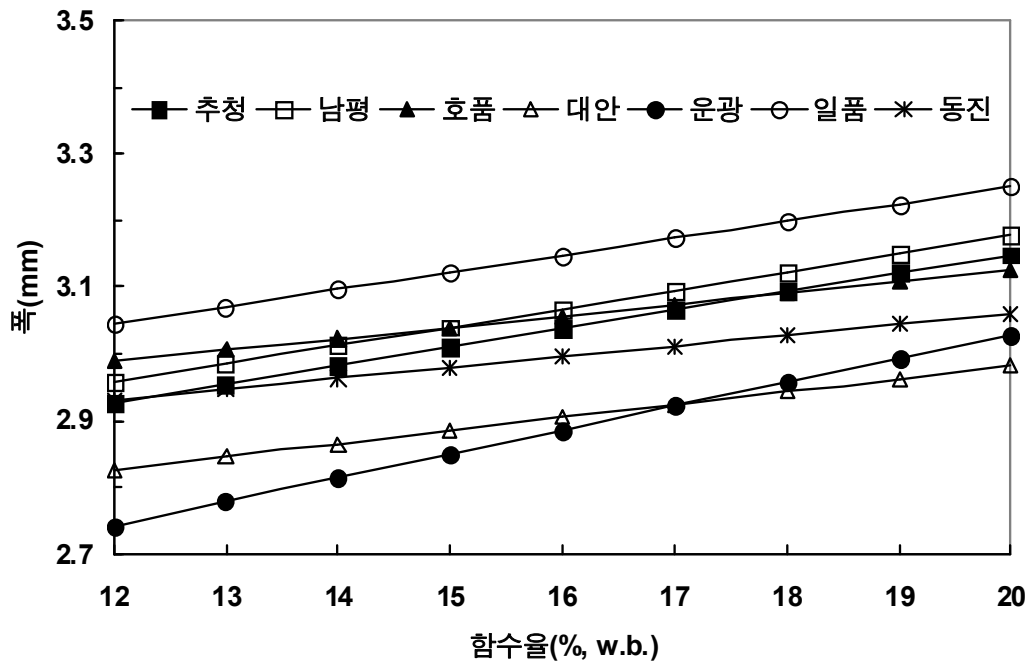


그림 3-3-49. 함수율에 따른 품종별 정상립의 폭 보정

표 3-3-30. 함수율에 따른 품종별 정상립의 폭 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 폭 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0278X+2.5929	0.944	2.982	3.010	3.038
남평	Y=0.0276X+2.6262	0.920	3.013	3.040	3.068
호품	Y=0.0173X+2.7807	0.991	3.023	3.040	3.058
대안	Y=0.0194X+2.5938	0.985	2.865	2.885	2.904
운광	Y=0.0359X+2.3114	0.981	2.814	2.845	2.886
일품	Y=0.0256X+2.7388	0.961	3.097	3.123	3.148
동진	Y=0.0162X+2.7368	0.961	2.964	2.980	2.996

나) 분상질립

- 그림 3-3-50 함수율에 따른 품종별 분상질립의 폭 변화를 나타낸 것으로, 백미 분상질립 폭은 함수율이 감소함에 따라 폭이 감소하는 경향을 보였으며, 대안과 일품 품종이 함수율에 따른 분상질립의 폭 감소율이 가장 큰 것으로 나타났고, 동진 품종의 함수율 감소에 따른 폭 감소율이 가장 적은 것으로 나타났음
- 품종별 함수율에 따른 분상질립의 폭은 호품 품종이 2.911~3.096mm로 가장 큰 것으로 나타났고, 분상질립의 폭이 가장 작은 품종은 동진으로서 함수율 12~20% 사이에서 2.808~2.899mm 인 것으로 나타났음

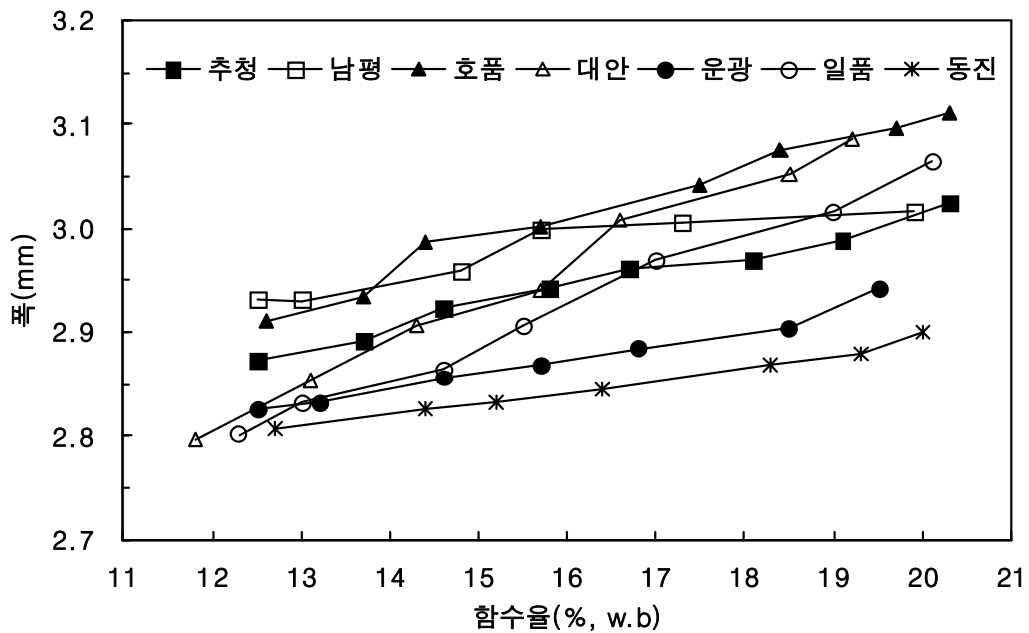


그림 3-3-50. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 폭 변화

- 그림 3-3-51과 표 3-3-31는 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 분상질립의 폭을 함수율에 따라 계산하여 품종간의 변화를 비교한 것으로, 함수율에 따라 보정한 분상질립 폭은 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에서 각각 3.013, 3.031, 3.109, 3.119, 2.937, 3.059, 2.891mm로 나타났고, 보정 함수율 12%에서 분상질립 폭은 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 2.867, 2.929, 2.903, 2.810, 2.815, 2.792, 2.796mm로 감소하였음. 이것은 보정 함수율 20%와 비교하여 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 0.146, 0.102, 0.206, 0.309, 0.122, 0.266, 0.096mm 감소한 것으로서, 대안 품종의 폭 감소가 0.309mm로 가장 크고, 동진 품종이 0.096mm로 폭 감소가 가장 작은 것으로 나타났음
- 또한, 분상질립 폭이 가장 큰 호품 품종의 경우에는 분상질립 길이가 가장 짧은 동진보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.135, 0.149, 0.162mm 더 긴 것으로 나타났고, 또한 추청 품종과 비교할 경우 호품 품종이 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.051, 0.058, 0.066mm 더 긴 것으로 나타옴
- 표 3-3-32는 동일 품종의 정상립과 분상질립의 폭 차이를 보정 함수율 별로 나타낸 것으로, 일품 품종의 경우 정상립과 분상질립의 폭 차이가 0.194~0.254mm로 가장 컸고, 대안 품종이 -0.137~0.061mm로 정상립보다 분상질립의 폭이 더 큰 것으로 나타내었으며, 호품 품종의 경우 정상립과 분상질립의 폭 차이가 0.018~0.085mm로 가장 작은 것으로 나타났음

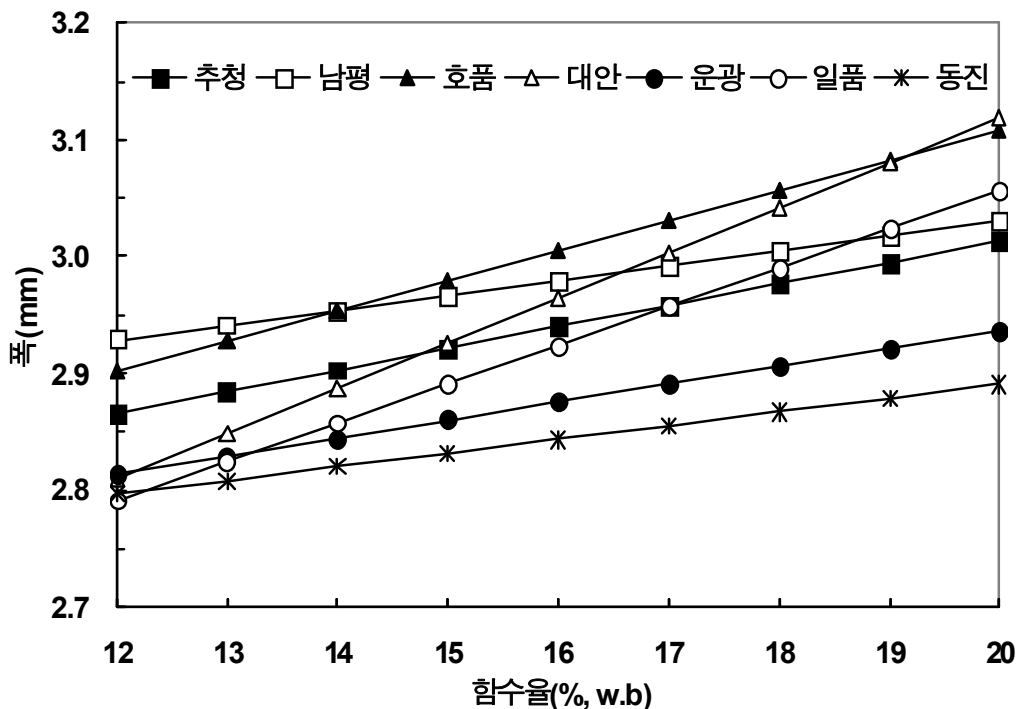


그림 3-3-51. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 폭 보정

표 3-3-31. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 폭 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 폭 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0183X+2.6471	0.979	2.903	2.922	2.940
남평	Y=0.0127X+2.7766	0.886	2.954	2.967	2.980
호품	Y=0.0257X+2.5946	0.980	2.954	2.980	3.006
대안	Y=0.0386X+2.3469	0.989	2.887	2.926	2.965
운광	Y=0.0153X+2.6309	0.974	2.845	2.860	2.876
일품	Y=0.0332X+2.3933	0.992	2.858	2.891	2.925
동진	Y=0.0118X+2.6546	0.981	2.820	2.832	2.843

표 3-3-32. 함수율에 따른 품종별 정상립과 분상질립의 폭 차이(정상립-분상질립)

품종 보정 함수율(%)	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
12	0.060	0.028	0.085	0.016	-0.072	0.254	0.135
13	0.069	0.043	0.077	-0.003	-0.052	0.247	0.139
14	0.079	0.058	0.069	-0.022	-0.031	0.239	0.144
15	0.088	0.073	0.060	-0.041	-0.011	0.232	0.148
16	0.098	0.088	0.052	-0.060	0.010	0.224	0.153
17	0.107	0.103	0.043	-0.080	0.031	0.216	0.157
18	0.117	0.118	0.035	-0.099	0.051	0.209	0.161
19	0.126	0.133	0.027	-0.118	0.072	0.201	0.166
20	0.136	0.148	0.018	-0.137	0.092	0.194	0.170

#### 다) 피해립

- 그림 3-3-52는 함수율에 따른 품종별 피해립의 폭 변화를 나타낸 것으로, 피해립 폭은 함수율이 감소함에 따라 감소하는 경향을 보였고, 대안과 동진 품종이 함수율에 따른 피해립의 폭 감소율이 가장 큰 것으로 나타났으며, 일품 품종의 폭 감소율이 가장 작은 것으로 나타났음
- 품종별 함수율에 따른 피해립의 폭은 호품 품종이 2.792~3.012mm로 가장 큰 것으로 나타났고, 그

다음으로 납평이 2.808~2.975mm로 나타났음. 피해립의 폭이 가장 작은 품종은 일품으로서 함수율 12~20% 사이에서 2.504~2.688mm인 것으로 나타났음

- 그림 3-3-53와 표 3-3-33은 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 함수율에 따라 피해립의 폭을 계산하여 품종간의 변화를 비교한 것으로, 함수율에 따라 보정한 피해립 폭은 보정 함수율 20%에서 추청, 납평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에서 각각 2.895, 2.979, 2.998, 3.030, 2.830, 2.679, 2.907mm로 나타났고, 보정 함수율 12%에서 피해립 폭은 추청, 납평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 2.712, 2.786, 2.791, 2.569, 2.487, 2.509, 2.469mm로 감소하였음
- 이것은 보정 함수율 20%와 비교하여 추청, 납평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 0.182, 0.193, 0.207, 0.461, 0.343, 0.170, 0.438mm 감소한 것으로서, 대안이 0.461mm로 함수율 감소에 따른 폭 감소가 가장 크고, 일품이 0.170mm로 폭 감소가 가장 작은 것으로 나타났음
- 또한, 피해립 폭이 가장 큰 호품의 경우에는 피해립 폭이 가장 짧은 일품보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.271, 0.254, 0.237mm 더 긴 것으로 나타났고, 추청 품종과 비교할 경우 호품 품종이 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.085, 0.088, 0.091mm 더 긴 것으로 나타났음
- 표 3-3-34에 동일 품종의 정상립과 피해립의 폭 차이를 보정 함수율 별로 나타낸 것으로, 일품 품종의 경우 정상립과 피해립의 폭 차이는 보정 함수율에 따라 0.537~0.572mm로 가장 차이가 큰 것으로 나타났고, 보정 함수율 14~16% 사이에서 정상립과 피해립의 폭 차이는 대안과 호품 품종이 약 0.171~0.189mm로 가장 작게 나타났으며, 추청, 운광 및 동진 품종은 약 0.2mm 이상 정상립의 폭이 더 큰 것으로 나타났음

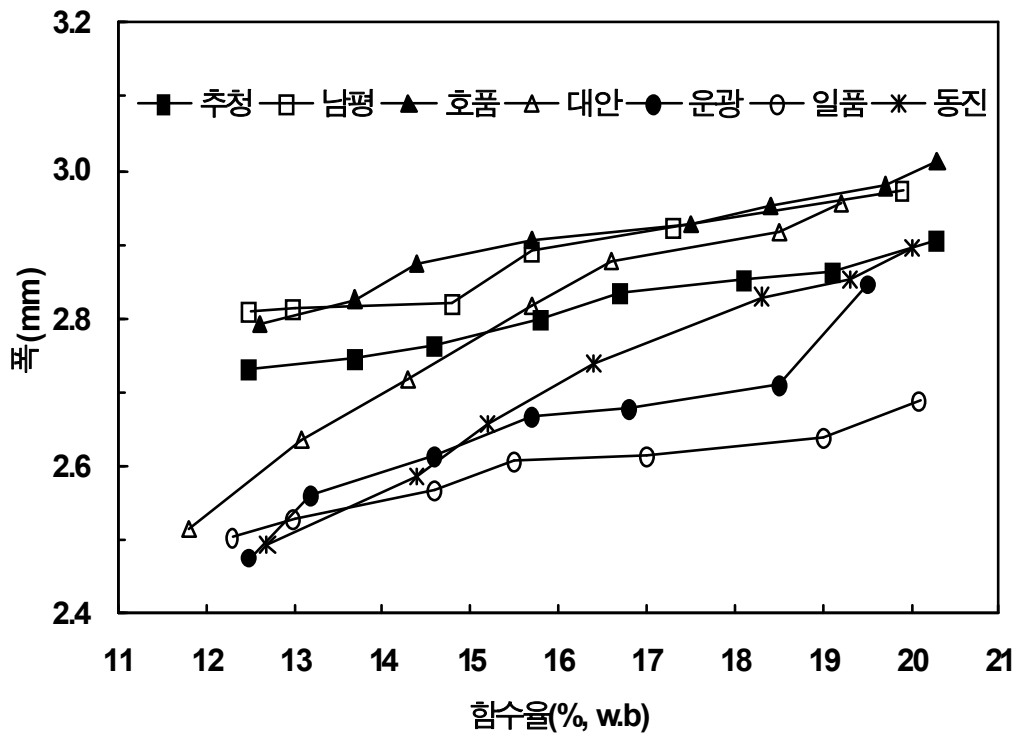


그림 3-3-52. 함수율에 따른 품종별 피해립의 폭 변화

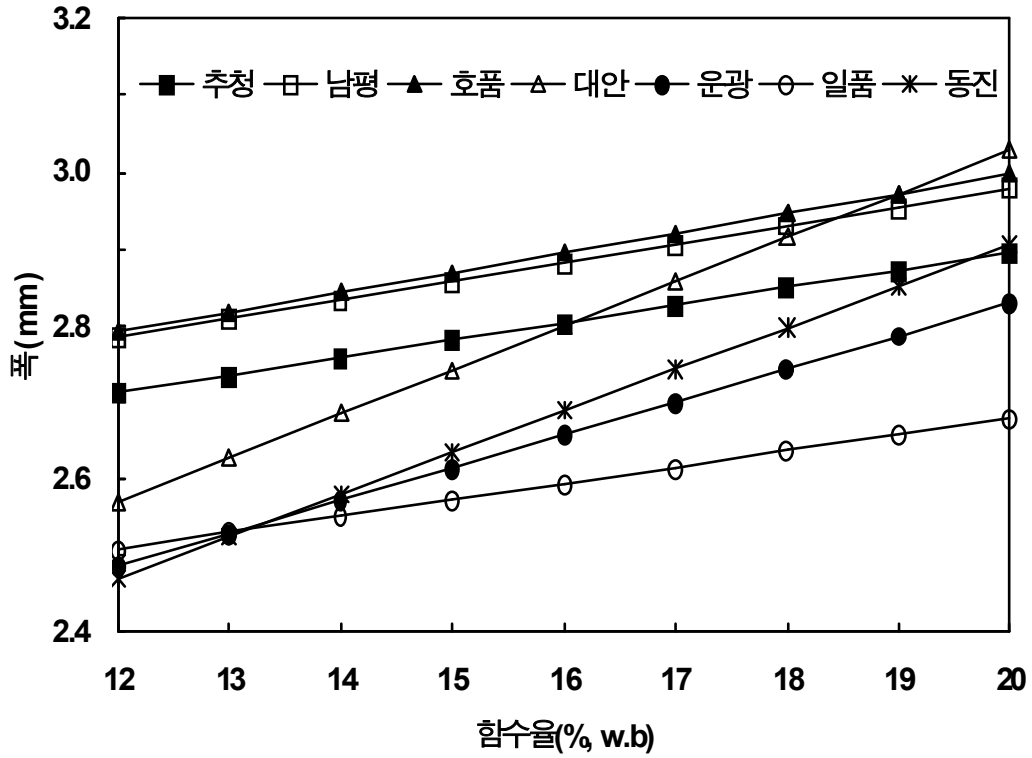


그림 3-3-53. 함수율에 따른 품종별 피헤립의 폭 보정

표 3-3-33. 함수율에 따른 품종별 피헤립 폭 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 폭 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0228X+2.4387	0.981	2.758	2.781	2.804
남평	Y=0.0241X+2.4972	0.936	2.835	2.859	2.883
호품	Y=0.0259X+2.4804	0.966	2.843	2.869	2.895
대안	Y=0.0576X+1.8782	0.966	4.894	4.938	4.982
운광	Y=0.0429X+1.9718	0.917	2.685	2.742	2.800
일품	Y=0.0213X+2.2533	0.954	2.572	2.615	2.658
동진	Y=0.0547X+1.8128	0.984	2.579	2.633	2.688



표 3-3-34. 함수율에 따른 품종별 정상립과 피해립의 폭 차이(정상립-피해립)

보정 함수율(%)	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
12	0.214	0.171	0.197	0.257	0.256	0.537	0.462
13	0.219	0.175	0.189	0.219	0.249	0.541	0.424
14	0.224	0.178	0.180	0.181	0.242	0.546	0.385
15	0.229	0.182	0.171	0.143	0.235	0.550	0.347
16	0.234	0.185	0.163	0.104	0.228	0.554	0.308
17	0.239	0.189	0.154	0.066	0.221	0.559	0.270
18	0.244	0.192	0.146	0.028	0.214	0.563	0.231
19	0.249	0.196	0.137	-0.010	0.207	0.567	0.193
20	0.254	0.199	0.128	-0.048	0.200	0.572	0.154

### 3) 함수율에 따른 품종별 외형인자의 두께 변화

#### 가) 정상립

- 그림 3-3-54는 함수율에 따른 품종별 백미 정상립의 두께 변화를 나타낸 것으로, 백미 정상립의 두께는 모든 품종에서 함수율이 감소할수록 두께가 감소하는 경향을 보였으며, 함수율에 따른 두께 감소율이 가장 큰 품종은 남평과 일품으로 나타났고, 그 다음으로 운광 품종의 함수율 감소에 따른 두께 감소율이 큰 것으로 나타났으며, 그 이외의 품종은 거의 유사한 것으로 나타났음

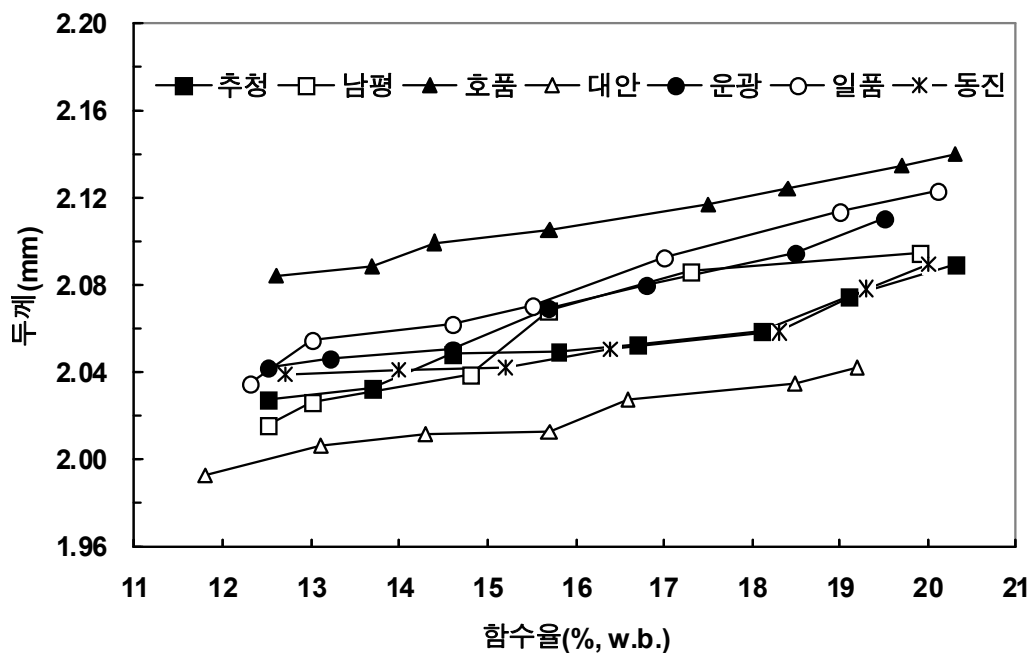


그림 3-3-54. 함수율에 따른 품종별 정상립의 두께 변화

- 함수율 감소에 따른 품종간 백미 정상립의 두께는 호품 품종이 2.085~2.140mm로 다른 품종에 비하여 가장 두꺼운 것으로 나타났고, 다음으로 일품 품종이 2.035~2.123mm로 나타났음. 특히 대안 품종의 정상립 두께는 1.993~2.024mm로서 다른 품종과 비교하여 가장 얇은 것으로 나타났음
- 그림 3-3-55과 표 3-3-35은 품종간 정상립 두께 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 동일한 함수율에서 계산한 정상립 두께를 나타낸 것으로, 함수율에 따라 보정한 정상립 두께는 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 2.080, 2.106, 2.137, 2.046, 2.112, 2.124, 2.081mm로 나타났고, 보정 함수율 12%에서 정상립 폭은 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 2.023, 2.016, 2.079, 1.996, 2.034, 2.036, 2.028mm로 감소하였음. 이것은 보정 함수율 20%와 비교하여 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 0.058, 0.090, 0.058, 0.050, 0.078, 0.078, 0.054mm 감소한 것으로서, 남평 품종이 0.090mm로 두께 감소가 가장 크고, 동진 품종이 0.054mm로 두께 감소가 가장 작은 것으로 나타났음
- 한편, 정상립 두께가 가장 두꺼운 호품 품종의 경우에는 정상립 두께가 가장 작은 대안 품종보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.085, 0.086, 0.087mm 더 두꺼운 것으로 나타났으며, 호품 품종이 추청 품종보다 보정 함수율 14~16%에서 0.057mm 더 두꺼운 것으로 나타났음

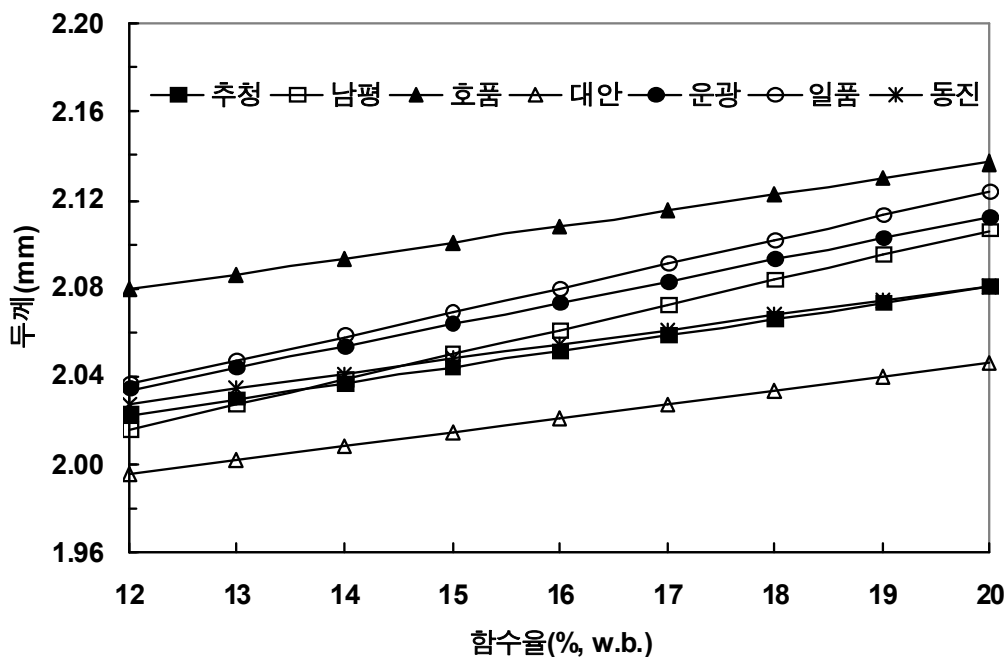


그림 3-3-55. 함수율에 따른 품종별 정상립의 두께 보정

표 3-3-35. 함수율에 따른 품종별 정상립의 두께 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0072X+1.9361	0.938	2.037	2.044	2.051
남평	Y=0.0113X+1.8803	0.920	2.039	2.050	2.061
호품	Y=0.0072X+1.9928	0.993	2.094	2.101	2.108
대안	Y=0.0062X+1.9217	0.964	2.009	2.015	2.021
운광	Y=0.0098X+1.9164	0.975	2.054	2.063	2.073
일품	Y=0.0109X+1.9056	0.984	2.058	2.069	2.080
동진	Y=0.0067X+1.9471	0.865	2.041	2.048	2.054

나) 분상질립

○ 그림 3-3-56은 함수율에 따른 품종별 분상질립의 두께 변화를 나타낸 것으로, 백미 분상질립의 두께는 함수율이 감소함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 운광 품종이 함수율에 따른 분상질립의 두께 감소율이 가장 큰 것으로 나타났고, 대안 품종의 함수율 감소에 따른 폭 감소율이 가장 작은 것으로 나타났음

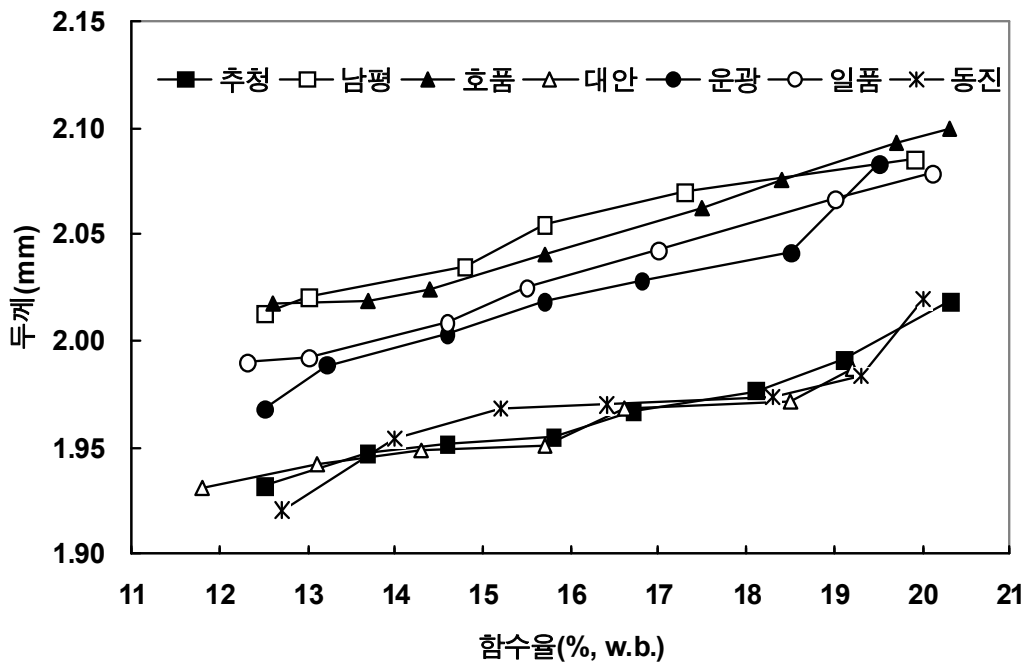


그림 3-3-56. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 두께 변화

- 품종별 함수율에 따른 분상질립의 두께는 남평과 호품 품종이 각각 2.013~2.085mm, 2.017~2.094mm로 가장 두꺼운 것으로 나타났고, 분상질립의 두께가 가장 얇은 품종은 대안으로서 함수율 12~20% 사이에서 1.931~1.987mm인 것으로 나타났음
- 그림 3-3-57과 표 3-3-36은 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 함수율에 따라 분상질립의 두께를 계산하여 품종간의 변화를 비교한 것으로, 함수율에 따라 보정한 분상질립 두께는 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에서 각각 2.004, 2.092, 2.095, 1.988, 2.077, 2.079, 2.004mm로 나타났고, 보정 함수율 12%에서 분상질립 두께는 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 1.925, 2.012, 2.002, 1.933, 1.966, 1.983, 1.926mm로 감소하였음. 이것은 보정 함수율 20%와 비교하여 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 0.078, 0.081, 0.093, 0.055, 0.111, 0.096, 0.078mm 감소한 것으로서, 운광 품종의 두께 감소가 0.111mm로 가장 크고, 동진 품종이 0.055mm로 두께 감소가 가장 작은 것으로 나타났음
- 또한, 분상질립 두께가 가장 두꺼운 남평 품종의 경우에는 분상질립 두께가 가장 얇은 대안 품종보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.085, 0.088, 0.091mm 더 두꺼운 것으로 나타났고, 추청 품종과 비교할 경우 남평 품종이 보정 함수율 14~16%에서 0.087mm 더 두꺼운 것으로 나타났음
- 표 3-3-37은 동일 품종의 정상립과 분상질립의 두께 차이를 보정 함수율 별로 나타낸 것으로, 동진 품종의 경우 정상립과 분상질립의 두께 차이가 0.077~0.102mm로 가장 컸고, 그 다음으로 추정 품종이 0.076~0.097mm로 정상립과 분상질립의 두께 차이가 큰 것으로 나타났음. 남평 품종의 경우 정상립과 분상질립의 두께 차이가 0.004~0.014mm로 다른 품종과 비교하여 가장 작은 것으로 나타났음

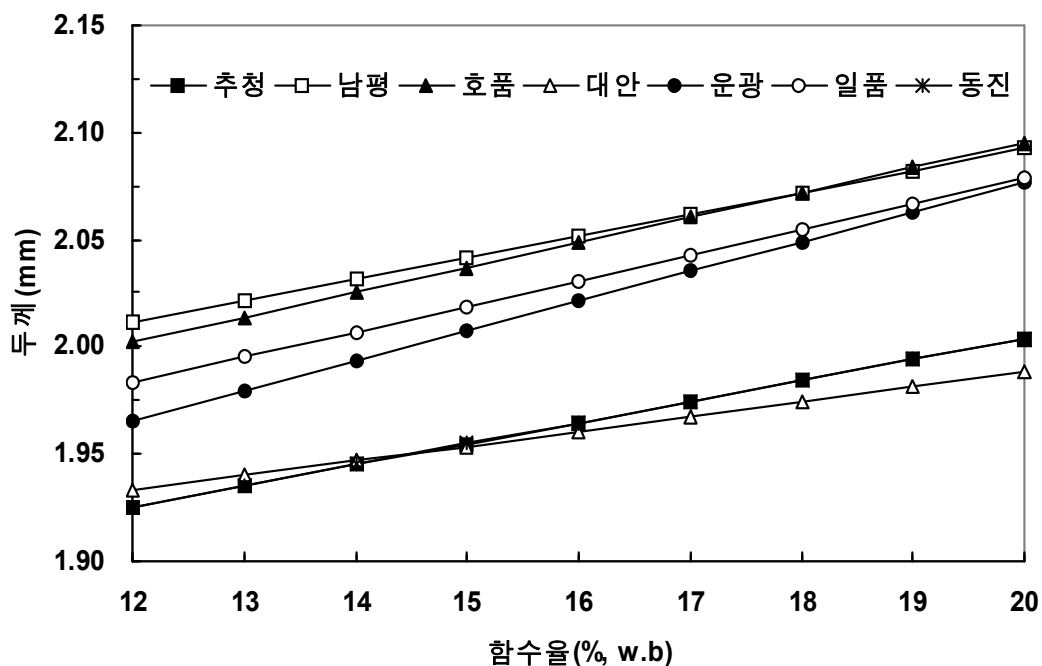


그림 3-3-57. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 두께 보정

표 3-3-36. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 두께 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0098X+1.8077	0.935	1.945	1.955	1.965
남평	Y=0.0101X+1.8903	0.967	2.032	2.042	2.052
호품	Y=0.0116X+1.8630	0.981	2.025	2.037	2.049
대안	Y=0.0069X+1.8502	0.946	1.947	1.954	1.961
운광	Y=0.0139X+1.7988	0.946	1.993	2.007	2.021
일품	Y=0.0120X+1.8389	0.995	2.007	2.019	2.031
동진	Y=0.0098X+1.8079	0.822	1.945	1.955	1.965

표 3-3-37. 함수율에 따른 품종별 정상립과 분상질립의 두께 차이(정상립-분상질립)

보정 함수율(%) \ 품종	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
12	0.097	0.004	0.077	0.063	0.068	0.054	0.102
13	0.095	0.006	0.073	0.062	0.064	0.052	0.099
14	0.092	0.007	0.068	0.062	0.060	0.051	0.096
15	0.089	0.008	0.064	0.061	0.056	0.050	0.093
16	0.087	0.009	0.059	0.060	0.052	0.049	0.090
17	0.084	0.010	0.055	0.060	0.048	0.048	0.086
18	0.082	0.012	0.051	0.059	0.044	0.047	0.083
19	0.079	0.013	0.046	0.058	0.040	0.046	0.080
20	0.076	0.014	0.042	0.058	0.036	0.045	0.077

#### 다) 피해립

- 그림 3-3-58는 함수율에 따른 품종별 피해립의 두께 변화를 나타낸 것으로, 피해립 두께는 함수율이 감소함에 따라 감소하는 경향을 보였고, 추청 품종이 함수율에 따른 피해립의 두께 감소율이 가장 큰 것으로 나타났으며, 남평 품종의 두께 감소율이 가장 작은 것으로 나타났음

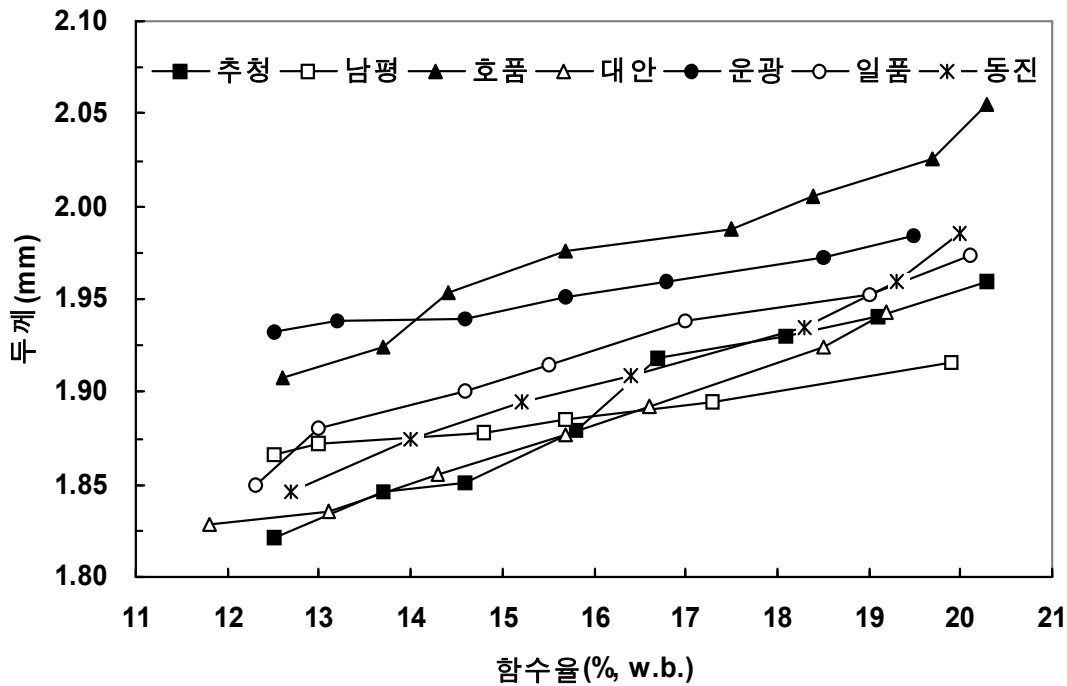


그림 3-3-58. 함수율에 따른 품종별 피해립의 두께 변화

- 함수율 15% 이상에서 품종별 피해립의 두께는 호품 품종이 1.976~2.054mm로서 가장 두꺼운 것으로 나타났고, 그 다음으로 운광 품종이 1.951~1.984mm로 나타났음. 한편, 함수율 16% 이하에서 피해립의 두께가 가장 얇은 품종은 추청으로서 1.822~1.879mm를 나타내었음
- 그림 3-3-59와 표 3-3-38은 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 함수율에 따라 피해립의 두께를 계산하여 품종간의 변화를 비교한 것으로, 함수율에 따라 보정한 피해립 두께는 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에서 각각 1.960, 1.915, 2.038, 1.949, 1.985, 1.973, 1.975mm로 나타났고, 보정 함수율 12%에서 피해립 두께는 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 각각 1.813, 1.863, 1.901, 1.822, 1.927, 1.859, 1.835mm로 감소하였음. 이것은 보정 함수율 20%와 비교하여 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 0.147, 0.052, 0.137, 0.127, 0.058, 0.114, 0.140mm 감소한 것으로서, 추청이 0.147mm로 함수율 감소에 따른 두께 감소가 가장 크고, 남평 품종이 0.052mm로 두께 감소가 가장 작은 것으로 나타났음. 또한, 피해립 두께가 가장 큰 호품의 경우에는 피해립 두께가 가장 얇은 추청보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.085, 0.084, 0.083mm 더 두꺼운 것으로 나타났음
- 표 3-3-39에서는 동일 품종의 정상립과 피해립의 두께 차이를 보정 함수율 별로 나타낸 것으로, 보정 함수율 13~16% 사이에서 추청 품종의 경우 정상립과 피해립의 두께 차이는 0.165~0.198mm로 가장 큰 것으로 나타났고, 운광 품종의 경우 보정 함수율 14~16% 사이에서 정상립과 피해립의 두께 차이가 0.110~0.117mm로 가장 작게 나타났음

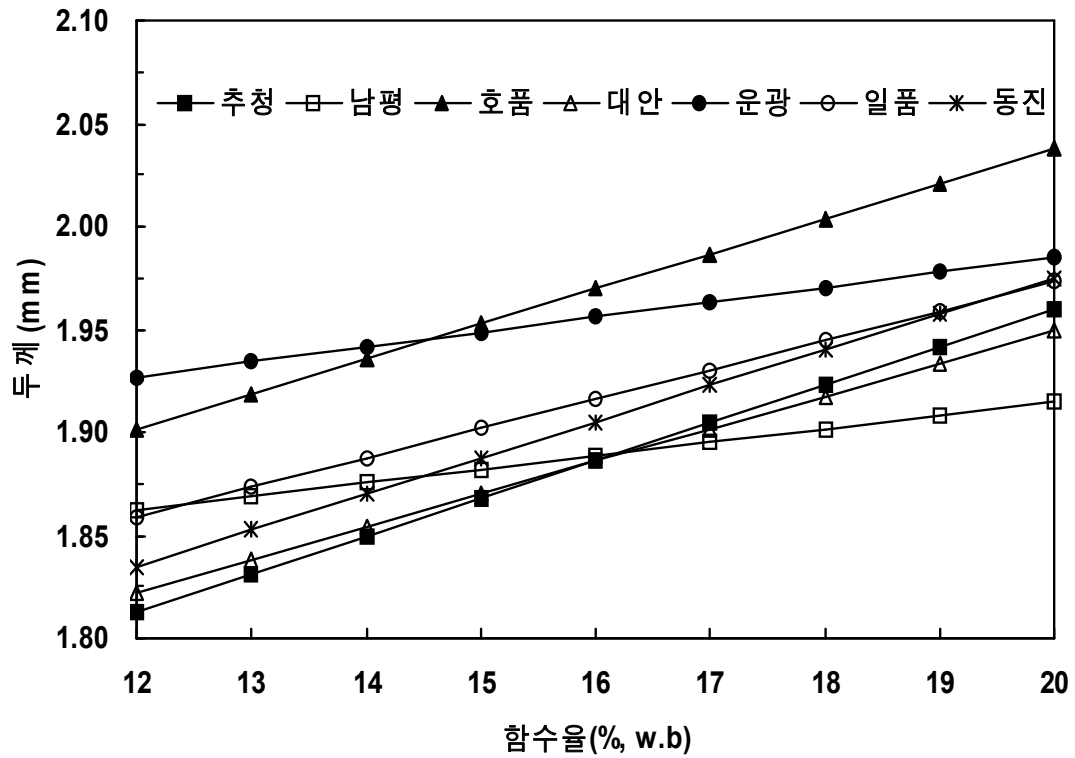


그림 3-3-59. 함수율에 따른 품종별 피해립의 두께 보정

표 3-3-38. 함수율에 따른 품종별 피해립 두께 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 두께 보정값(mm)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0184X+1.5923	0.971	1.850	1.868	1.887
남평	Y=0.0065X+1.7845	0.980	1.876	1.882	1.889
호품	Y=0.0171X+1.6960	0.968	1.935	1.953	1.970
대안	Y=0.0159X+1.6313	0.984	1.854	1.870	1.886
운광	Y=0.0073+1.8391	0.969	1.941	1.949	1.956
일품	Y=0.0143X+1.6873	0.966	1.888	1.902	1.916
동진	Y=0.0175X+1.6250	0.980	1.870	1.888	1.905

표 3-3-39. 함수율에 따른 품종별 정상립과 피해립의 두께 차이(정상립-피해립)

보정 함수율(%)	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
12	0.209	0.153	0.178	0.174	0.107	0.178	0.193
13	0.198	0.158	0.168	0.164	0.110	0.174	0.182
14	0.187	0.163	0.158	0.155	0.112	0.171	0.171
15	0.176	0.168	0.148	0.145	0.115	0.167	0.160
16	0.165	0.173	0.138	0.135	0.117	0.164	0.149
17	0.153	0.177	0.129	0.126	0.120	0.161	0.139
18	0.142	0.182	0.119	0.116	0.122	0.157	0.128
19	0.131	0.187	0.109	0.106	0.125	0.154	0.117
20	0.120	0.192	0.099	0.096	0.127	0.150	0.106

#### 4) 함수율에 따른 품종별 외형인자의 단면적 변화

##### 가) 정상립

- 그림 3-3-60는 함수율에 따른 품종별 정상립의 단면적 변화를 나타낸 것으로, 모든 품종에서 함수율이 감소할수록 정상립의 단면적 변화는 선형적으로 감소하는 것으로 나타났으며, 정상립의 단면적이 가장 큰 품종은 대안으로서 11.770~11.971mm<sup>2</sup>이었고, 가장 작은 품종은 추청으로서 11.272~11.884mm<sup>2</sup>로 나타났음

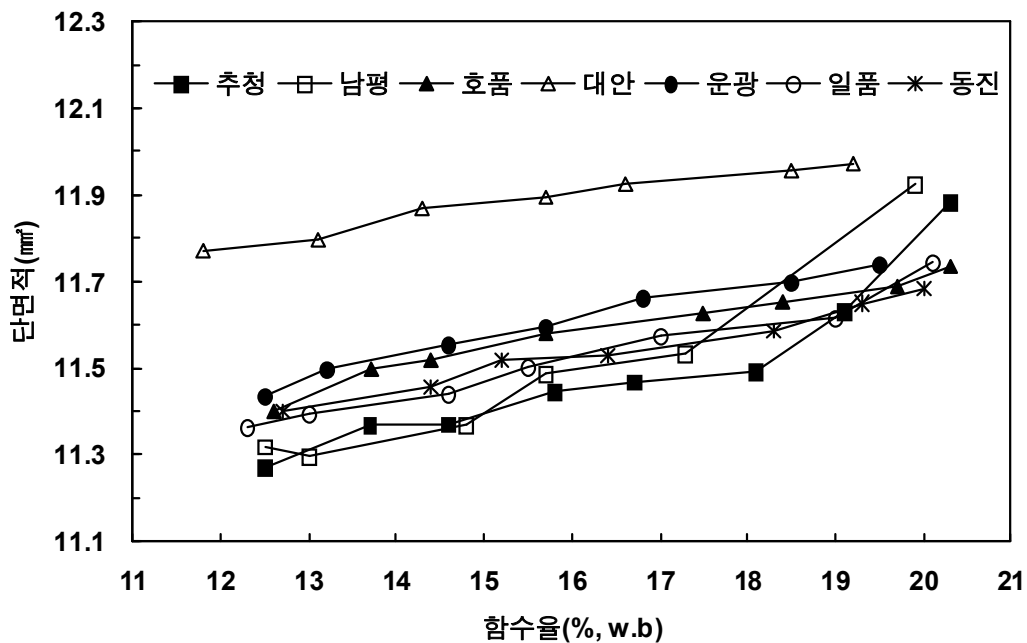


그림 3-3-60. 함수율에 따른 품종별 정상립의 단면적 변화



○ 그림 3-3-61과 표 3-3-40은 품종간의 단면적 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 동일한 함수율에서 계산한 정상립의 단면적을 나타낸 것으로, 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종의 정상립 단면적은 11.729, 11.846, 11.716, 12.004, 11.773, 11.703, 11.672mm<sup>2</sup>으로 나타났음. 보정 함수율 12%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종의 정상립 단면적은 11.210, 11.205, 11.415, 11.783, 11.438, 11.341, 11.378mm<sup>2</sup>으로 감소하였음. 이것은 보정 함수율 20%와 비교하면 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종에 따라 0.519, 0.641, 0.301, 0.221, 0.335, 0.362, 0.294mm<sup>2</sup> 감소한 것으로서, 추청과 남평의 정상립 단면적 변화가 다른 품종에 비하여 큰 것으로 나타났음. 한편, 정상립 단면적이 가장 큰 대안의 경우 가장 작은 추청보다 보정 함수율 14, 15, 16%에서 각각 0.499, 0.462, 0.424mm<sup>2</sup> 더 큰 것으로 나타났음

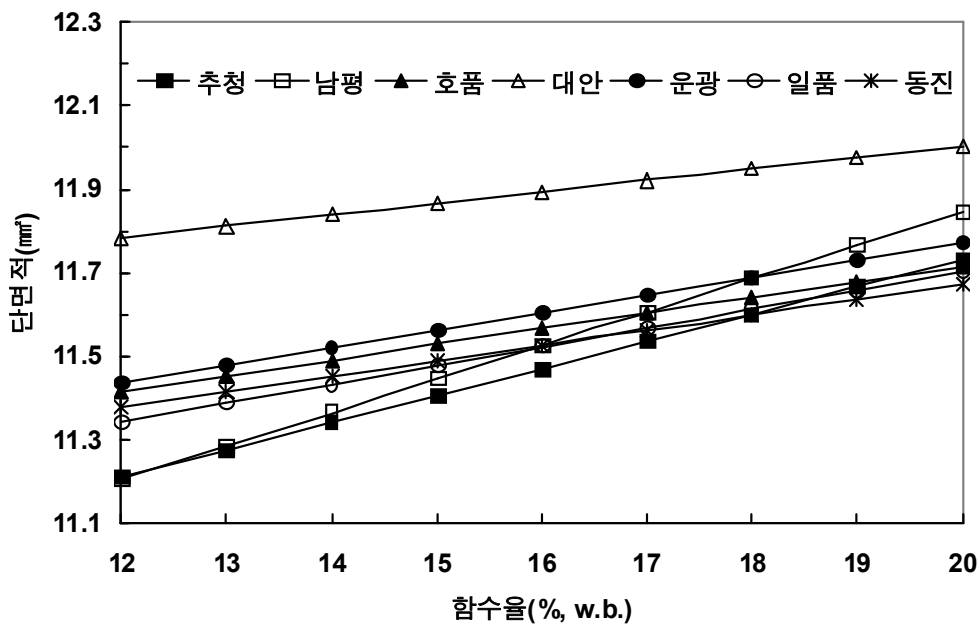


그림 3-3-61. 함수율에 따른 품종별 정상립의 단면적 보정

표 3-3-40. 함수율에 따른 품종별 정상립의 단면적 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 단면적 보정값(mm <sup>2</sup> )		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0649X+10.431	0.850	11.340	11.405	11.469
남평	Y=0.0801X+10.244	0.904	11.365	11.446	11.526
호품	Y=0.0376X+10.964	0.964	11.490	11.528	11.566
대안	Y=0.0276X+11.452	0.965	11.838	11.866	11.894
운광	Y=0.0419X+10.935	0.978	11.522	11.564	11.605
일품	Y=0.0452X+10.799	0.968	11.432	11.477	11.522
동진	Y=0.0368X+10.936	0.980	11.451	11.488	11.525

## 나) 분상질립

- 그림 3-3-62은 함수율에 따른 품종별 분상질립의 단면적 변화를 나타낸 것으로, 분상질립의 단면적은 대안이 11.412~12.007mm<sup>2</sup> 으로 가장 큰 것으로 나타났고, 함수율 14~19% 사이에서는 동진 품종의 단면적이 10.916~11.145mm<sup>2</sup> 으로 가장 작은 것으로 나타났음

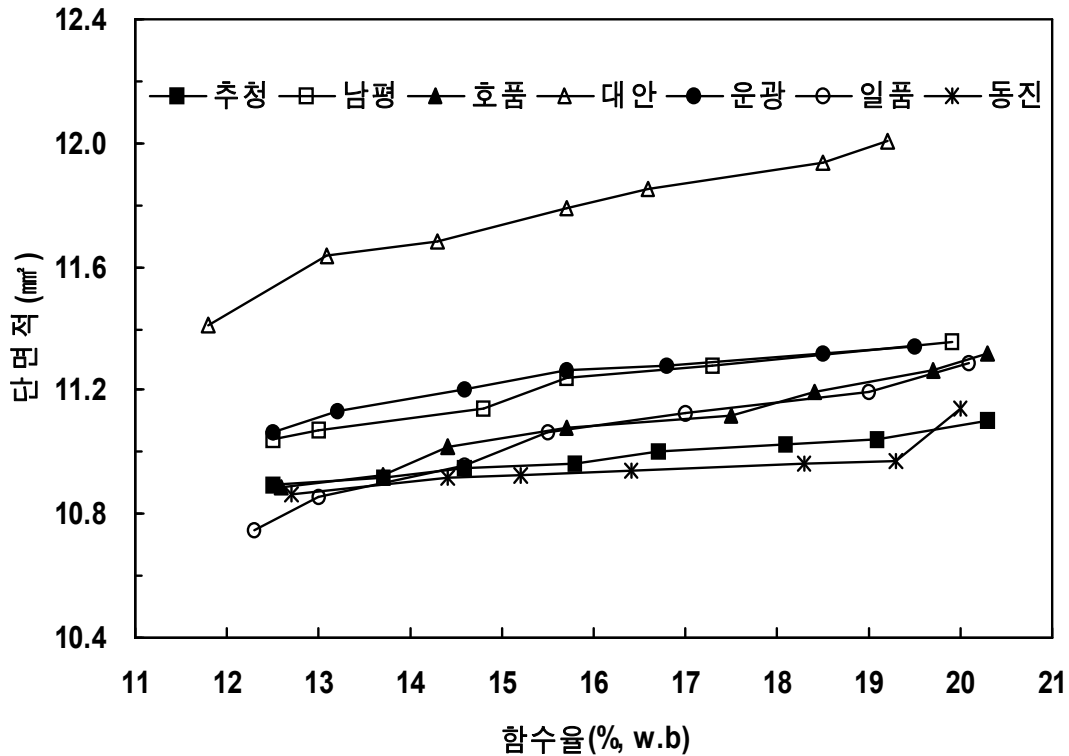


그림 3-3-62. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 단면적 변화

- 그림 3-3-63와 표 3-3-41는 함수율 보정에 따른 분상질립의 단면적 변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종의 분상질립 단면적은 11.080, 11.390, 11.286, 12.078, 11.385, 11.291, 11.052mm<sup>2</sup> 이었고, 보정 함수율 12%에서 분상질립의 단면적은 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종별로 각각 0.202, 0.356, 0.428, 0.578, 0.299, 0.510, 0.215mm<sup>2</sup> 감소하여 대안과 일품의 단면적 변화가 가장 큰 것으로 나타났음. 한편, 정상립 단면적이 가장 큰 대안의 경우 가장 작은 동진보다 보정 함수율 14~16%에서 0.800~0.895mm<sup>2</sup> 더 큰 것으로 나타났음
- 표 3-3-42은 동일 품종의 정상립과 분상질립의 단면적 차이를 보정 함수율 별로 나타낸 것으로, 호품과 동진 품종의 경우 정상립과 피해립의 단면적 차이는 각각 0.430~0.577mm<sup>2</sup>, 0.541~0.620mm<sup>2</sup> 으로 다른 품종과 비교하여 큰 것으로 나타났음

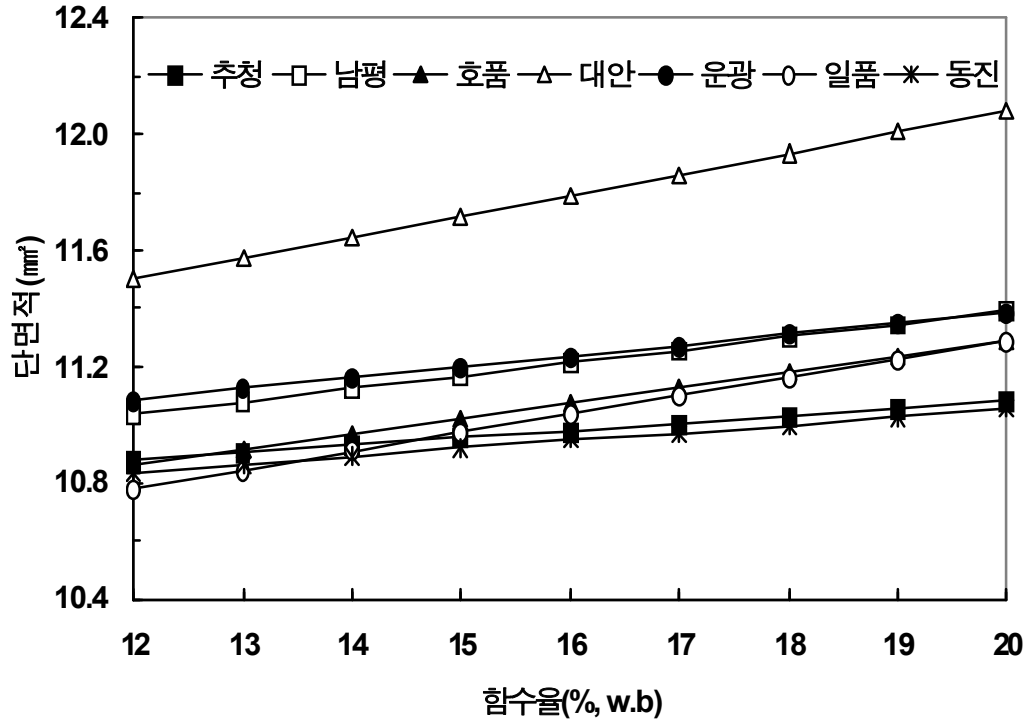


그림 3-3-63. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 단면적 보정

표 3-3-41. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 면적 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 단면적 보정값(mm <sup>2</sup> )		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0253X+10.574	0.982	10.928	10.954	10.979
남평	Y=0.0445X+10.500	0.957	11.123	11.168	11.212
호품	Y=0.0535X+10.216	0.980	10.965	11.019	11.072
대안	Y=0.0722X+10.634	0.954	11.645	11.717	11.789
운광	Y=0.0374X+10.637	0.921	11.161	11.198	11.235
일품	Y=0.0637X+10.017	0.962	10.909	10.973	11.036
동진	Y=0.0269X+10.514	0.679	10.891	10.918	10.944

표 3-3-42. 함수율에 따른 품종별 정상립과 분상질립의 단면적 차이(정상립-분상질립)

보정 함수율(%)	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
12	0.332	0.171	0.557	0.283	0.352	0.560	0.541
13	0.372	0.207	0.541	0.238	0.357	0.542	0.551
14	0.411	0.242	0.525	0.194	0.361	0.523	0.561
15	0.451	0.278	0.510	0.149	0.366	0.505	0.570
16	0.491	0.314	0.494	0.104	0.370	0.486	0.580
17	0.530	0.349	0.478	0.060	0.375	0.467	0.590
18	0.570	0.385	0.462	0.015	0.379	0.449	0.600
19	0.609	0.420	0.446	-0.029	0.384	0.431	0.610
20	0.649	0.456	0.430	-0.074	0.388	0.412	0.620

다) 피해립

○ 그림 3-3-64에 함수율에 따른 피해립의 단면적 변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 피해립 단면적은 호품이 10.550~11.458mm<sup>2</sup>으로 다른 품종에 비해 가장 큰 것으로 나타났고, 일품이 10.214~10.665mm<sup>2</sup>으로 가장 작게 나타났으며, 함수율에 감소에 따라 대안 품종의 단면적 변화율이 가장 큰 것으로 나타났음

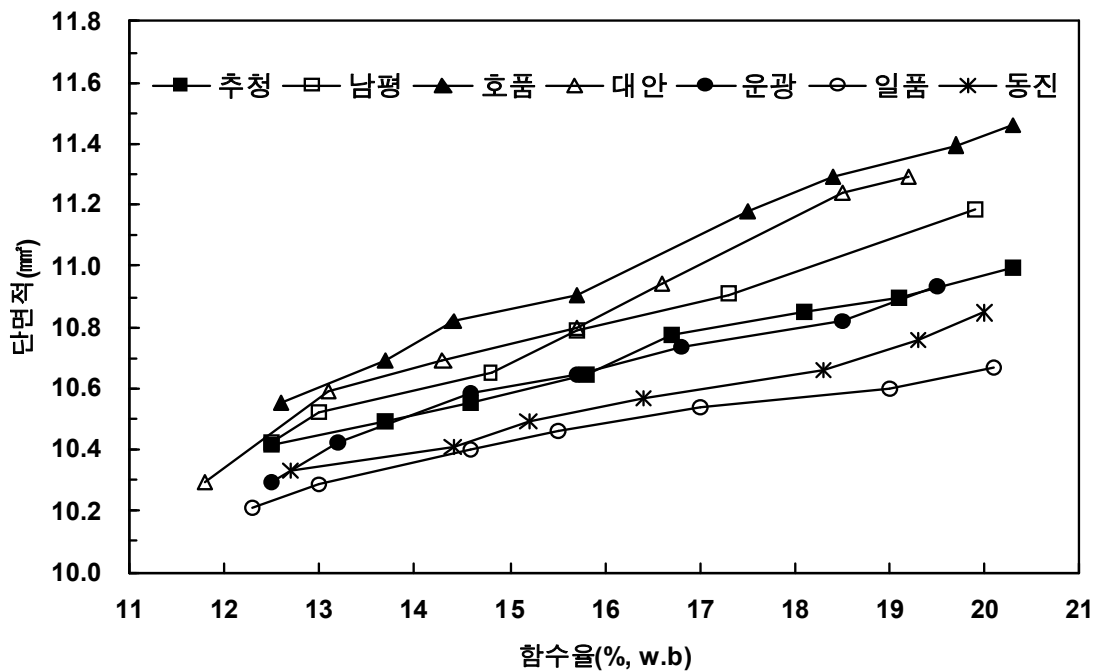


그림 3-3-64. 함수율에 따른 품종별 피해립의 단면적 변화

- 그림 3-3-65과 표 3-3-43는 함수율 보정에 따른 피해립 단면적 변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종의 피해립 단면적은 10.980, 11.193, 11.447, 11.403, 10.983, 10.685, 10.813mm<sup>2</sup>이었고, 보정 함수율 12%에서 피해립의 단면적은 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종별로 각각 0.609, 0.798, 0.950, 1.034, 0.672, 0.439, 0.543mm<sup>2</sup>으로 감소하여 대안과 호품의 단면적 변화가 가장 큰 것으로 나타났음. 한편, 피해립 단면적이 가장 큰 대안의 경우 가장 작은 호품보다 보정 함수율 14~16%에서 0.104~0.211 mm<sup>2</sup> 더 큰 것으로 나타났음
- 표 3-3-44에 동일 품종의 정상립과 피해립의 단면적 차이를 보정 함수율 별로 나타낸 것으로, 보정 함수율 14~16%에서 대안 품종의 정상립과 피해립의 단면적 차이는 1.008~1.211mm<sup>2</sup>으로 다른 품종과 비교하여 큰 것으로 나타났고, 남평의 0.732~0.771mm<sup>2</sup>으로 가장 작게 나타났음

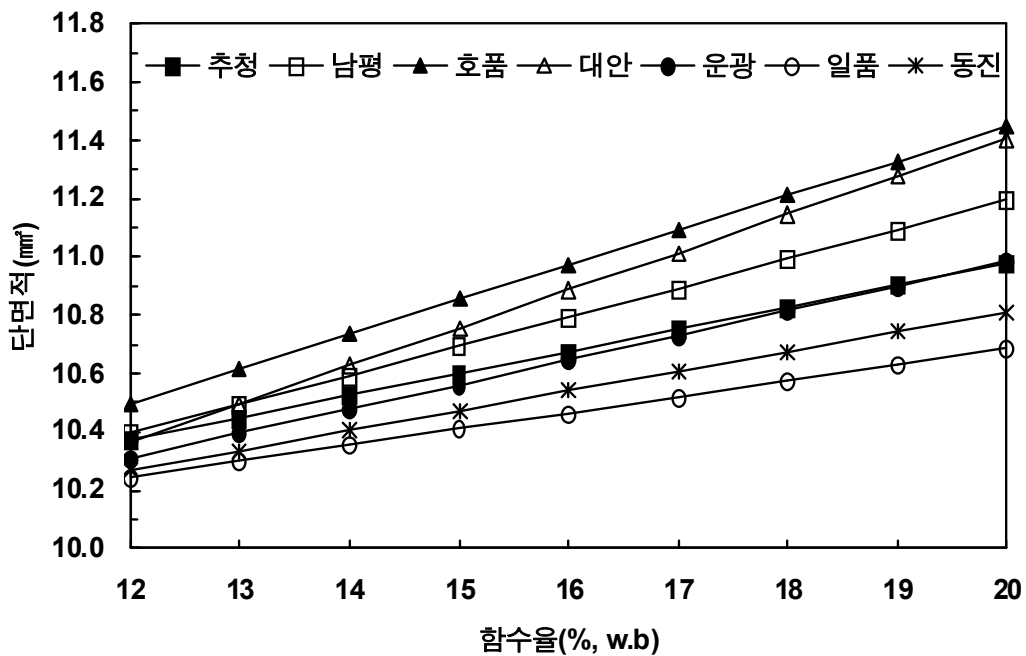


그림 3-3-65. 함수율에 따른 품종별 피해립의 단면적 보정

표 3-3-43. 함수율에 따른 품종별 피해립 단면적 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 단면적 보정값(mm <sup>2</sup> )		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=0.0761X+9.4577	0.989	10.523	10.599	10.675
남평	Y=0.0998X+9.1969	0.993	10.594	10.694	10.794
호품	Y=0.1187X+9.0734	0.993	10.735	10.854	10.973
대안	Y=0.1293X+8.8170	0.982	10.627	10.757	10.886
운광	Y=0.0840X+9.3025	0.969	10.479	10.563	10.647
일품	Y=0.0549X+9.5870	0.970	10.356	10.411	10.465
동진	Y=0.0682X+9.4485	0.984	10.403	10.472	10.540

표 3-3-44. 함수율에 따른 품종별 정상립과 피해립의 단면적 차이(정상립-피해립)

보정 함수율(%)	품종						
	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
12	0.839	0.811	0.917	1.415	1.127	1.096	1.111
13	0.828	0.791	0.836	1.313	1.085	1.086	1.079
14	0.816	0.771	0.755	1.211	1.043	1.076	1.048
15	0.805	0.752	0.674	1.110	1.001	1.067	1.017
16	0.794	0.732	0.593	1.008	0.959	1.057	0.985
17	0.783	0.712	0.512	0.906	0.917	1.047	0.954
18	0.772	0.693	0.431	0.804	0.875	1.037	0.922
19	0.760	0.673	0.350	0.703	0.833	1.028	0.891
20	0.749	0.653	0.269	0.601	0.791	1.018	0.860

### 5) 함수율에 따른 품종별 외형인자의 원형률 변화

#### 가) 정상립

- 그림 3-3-66은 함수율에 따른 품종별 정상립의 원형률 변화를 나타낸 것으로, 그림 3-28에 나타낸 바와 같이 모든 품종에서 함수율이 감소할수록 정상립의 원형률 변화는 선형적으로 증가하는 것으로 나타났고, 함수율이 14~17% 사이에서 원형율이 가장 큰 품종은 추청으로 62.002~62.312% 이었고, 원형율이 가장 작은 품종은 대안으로서 55.512~55.865%로 나타났음

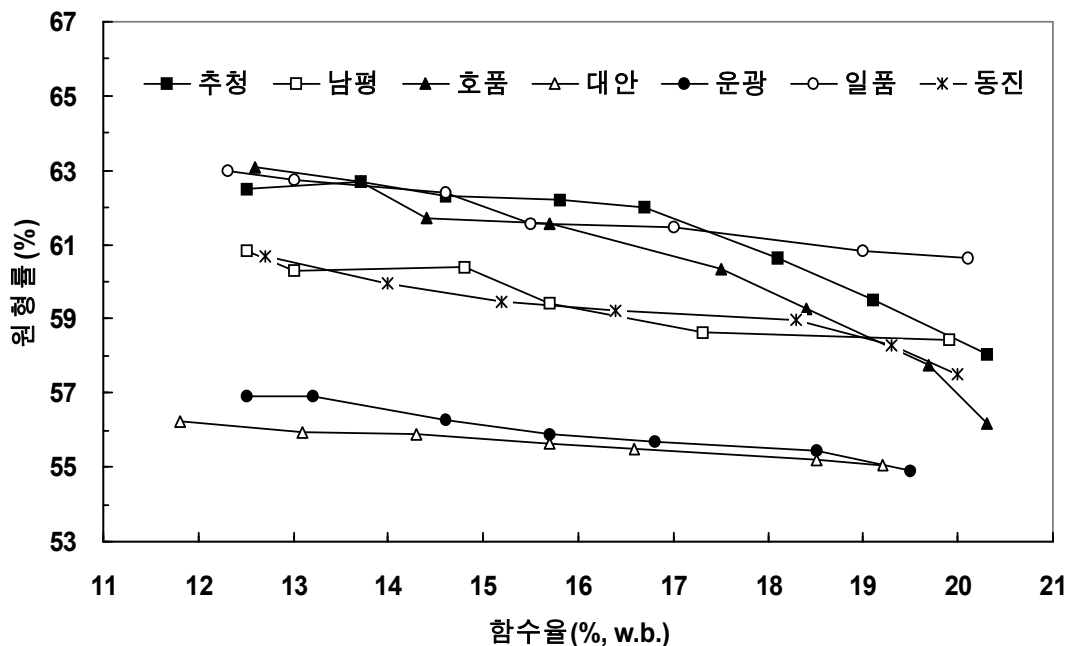


그림 3-3-66. 함수율에 따른 품종별 정상립의 원형률 변화

○ 그림 3-3-67과 표 3-3-45는 품종간의 원형률 변화를 비교하기 위하여 함수율에 따른 보정식을 작성한 후 동일한 함수율에서 계산한 원형률을 나타낸 것으로, 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종의 정상립 원형률은 59.164, 58.088, 57.454, 55.017, 54.832, 60.536, 57.919%이었음. 보정 함수율 12%에서 정상립의 원형률은 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종별로 각각 4.549, 2.704, 6.618, 1.183, 2.250, 2.480, 2.934% 증가하였고, 추청과 호품의 원형률 변화가 가장 큰 것으로 나타났음. 한편, 정상립 원형률이 가장 큰 추청의 경우 가장 작은 대안보다 보정 함수율 14~16%에서 원형률이 5.830~6.671% 더 큰 것으로 나타났음

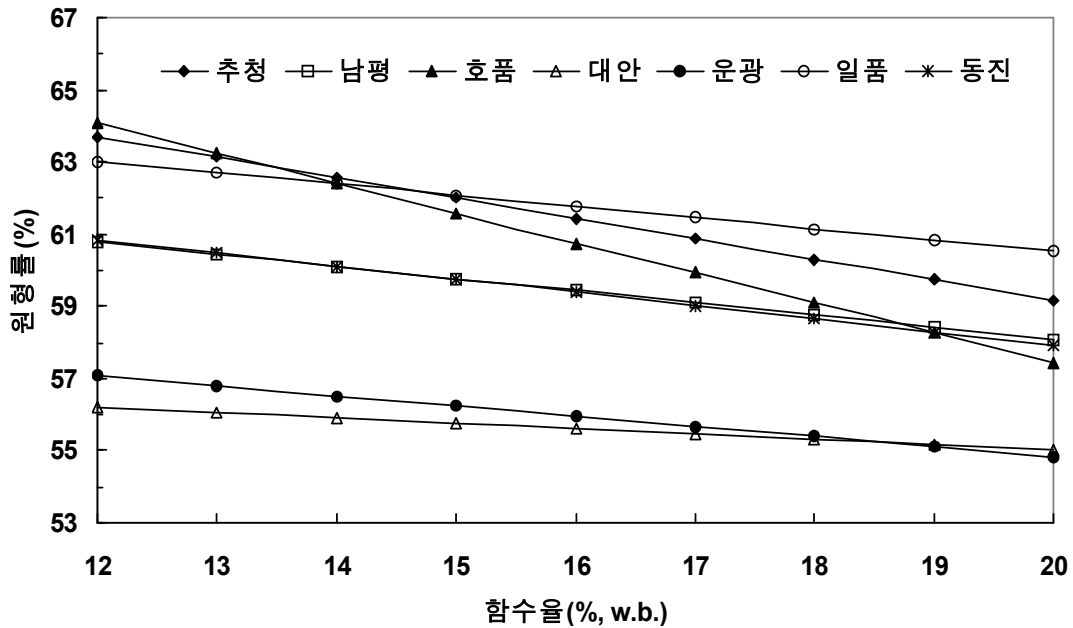


그림 3-3-67. 함수율에 따른 품종별 정상립의 원형률 보정

표 3-3-45. 함수율에 따른 품종별 정상립의 원형률 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 원형률 보정값(%)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=-0.5686X+70.536	0.834	62.576	62.007	61.438
남평	Y=-0.3380X+64.848	0.879	60.116	59.778	59.440
호품	Y=-0.8272X+73.998	0.937	62.417	61.590	60.763
대안	Y=-0.1479X+57.975	0.992	55.904	55.757	55.609
운광	Y=-0.2812X+60.456	0.966	56.519	56.238	55.957
일품	Y=-0.3100X+66.736	0.965	62.396	62.086	61.776
동진	Y=-0.3668X+65.255	0.937	60.120	59.753	59.386

## 나) 분상질립

- 그림 3-3-68은 함수율에 따른 품종별 분상질립의 원형률 변화를 나타낸 것으로, 분상질립의 원형률은 호품이 63.422~64.579%로서 가장 크게 나타났고, 대안이 54.311~56.837%로서 다른 품종과 비교하여 가장 작았음

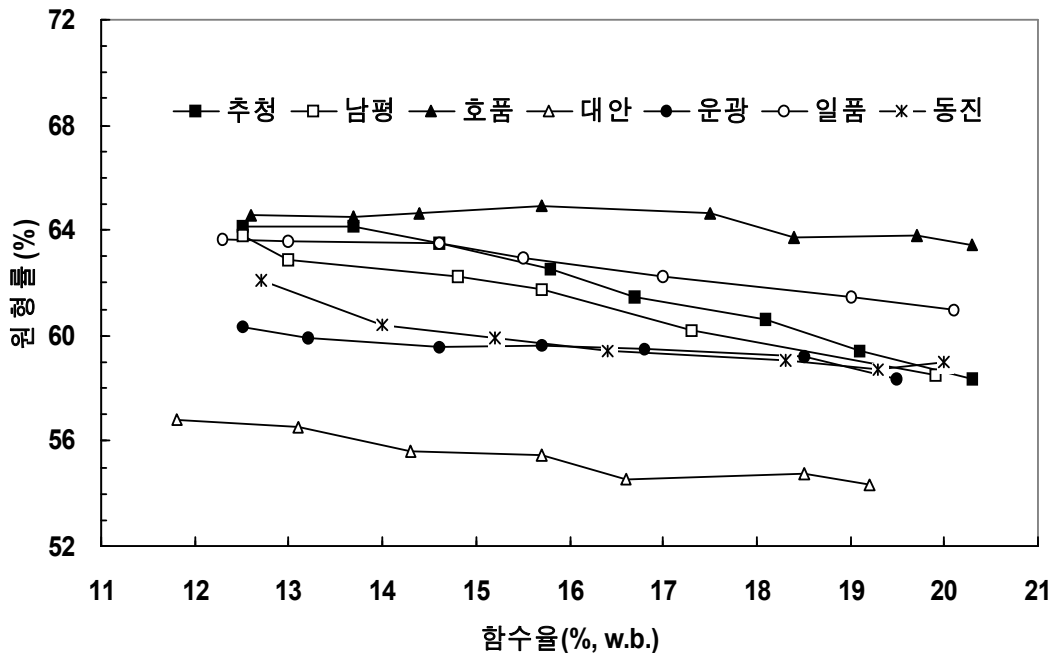


그림 3-3-68. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 원형률 변화

- 그림 3-3-69과 표 3-3-46은 함수율 보정에 따른 분상질립의 원형률 변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종의 분상질립 원형률은 58.861, 58.058, 63.774, 53.944, 58.580, 61.159, 58.506%이었음. 또한 보정 함수율 12%에서 분상질립의 원형률은 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종별로 각각 6.386, 5.488, 1.182, 2.703, 1.761, 2.896, 3.033% 증가하였고, 추청과 남평의 원형률 변화가 가장 큰 것으로 나타났음
- 표 3-3-47은 동일 품종의 정상립과 분상질립의 원형률 차이를 보정 함수율 별로 나타낸 것으로, 호품 품종의 정상립과 분상질립의 원형률 차이는 -0.884~-6.320 %로 다른 품종과 비교하여 큰 것으로 나타났고, 운광의 경우 -3.259~-3.748%로 함수율 감소에 따라 거의 변화가 없는 것으로 나타났음. 정상립과 분상질립의 원형률 차이가 가장 작은 품종은 동진으로서 -0.587~-0.685%를 나타내었음



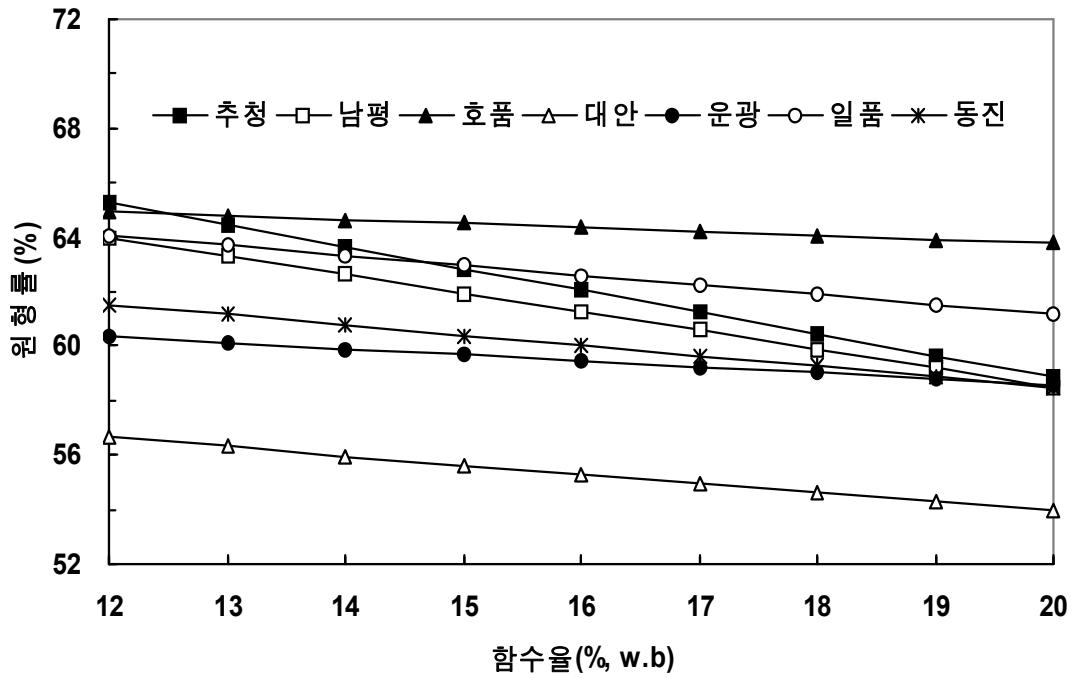


그림 3-3-69. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 원형률 보정

표 3-3-46. 함수율에 따른 품종별 분상질립의 원형률 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 원형률 보정값(%)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	$Y = -0.7982X + 74.825$	0.973	63.650	62.852	62.054
남평	$Y = -0.6860X + 72.228$	0.981	62.624	61.938	61.252
호품	$Y = -0.1477X + 66.728$	0.601	64.660	64.513	64.365
대안	$Y = -0.3379X + 60.702$	0.907	55.971	55.634	55.296
운광	$Y = -0.2201X + 62.982$	0.845	59.901	59.681	59.460
일품	$Y = -0.3620X + 68.399$	0.960	63.331	62.969	62.607
동진	$Y = -0.3791X + 66.088$	0.824	60.781	60.402	60.022

표 3-3-47. 함수율에 따른 품종별 정상립과 분상질립의 원형률 차이(정상립-분상질립)

보정 함수율(%) \ 품종	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
12	-1.534	-3.204	-0.884	-0.447	-3.259	-1.039	-0.685
13	-1.304	-2.856	-1.563	-0.257	-3.320	-0.987	-0.673
14	-1.075	-2.508	-2.243	-0.067	-3.381	-0.935	-0.661
15	-0.845	-2.160	-2.923	0.123	-3.443	-0.883	-0.648
16	-0.615	-1.812	-3.602	0.313	-3.504	-0.831	-0.636
17	-0.386	-1.464	-4.281	0.503	-3.565	-0.779	-0.624
18	-0.156	-1.116	-4.961	0.693	-3.626	-0.727	-0.612
19	0.073	-0.768	-5.640	0.883	-3.687	-0.675	-0.599
20	0.303	-0.420	-6.320	1.073	-3.748	-0.623	-0.587

#### 다) 피해립

- 그림 3-3-69에 함수율에 따른 피해립의 원형률 변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 피해립 원형률은 추청이 63.650~66.677%로 가장 크게 나타났고, 대안이 54.731~56.915%로 다른 품종의 원형률과 비교하여 가장 작은 것으로 나타났음
- 그림 3-3-70와 표 3-3-48는 함수율 보정에 따른 피해립 원형률 변화를 품종별로 비교하여 나타낸 것으로, 보정 함수율 20%에서 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종의 피해립 원형률은 63.770, 62.623, 63.827, 54.600, 59.004, 60.971, 60.590%이었음. 또한 보정 함수율 12%에서 피해립의 원형률은 추청, 남평, 호품, 대안, 운광, 일품 및 동진 품종별로 각각 3.777, 2.082, 2.311, 2.524, 0.984, 3.360, 4.578% 증가하였고, 운광의 원형률 변화가 가장 작은 것으로 나타났음
- 표 3-3-49에 동일 품종의 정상립과 피해립의 원형률 차이를 보정 함수율 별로 나타낸 것으로, 보정 함수율 14~16%에서 추청과 남평 품종의 정상립과 피해립의 원형률 차이는 -4.027~-4.224%로 다른 품종과 비교하여 크게 나타났고, 대안의 경우 -0.253~-0.589%로 가장 작게 나타났음

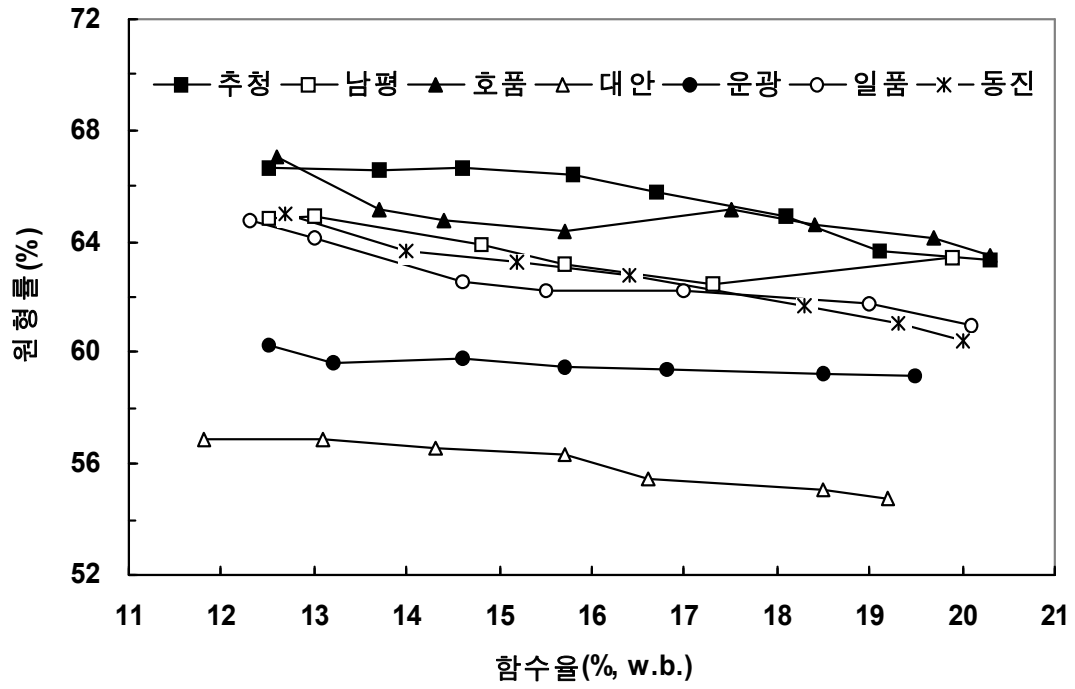


그림 3-3-69. 함수율에 따른 품종별 피해립의 원형률 변화

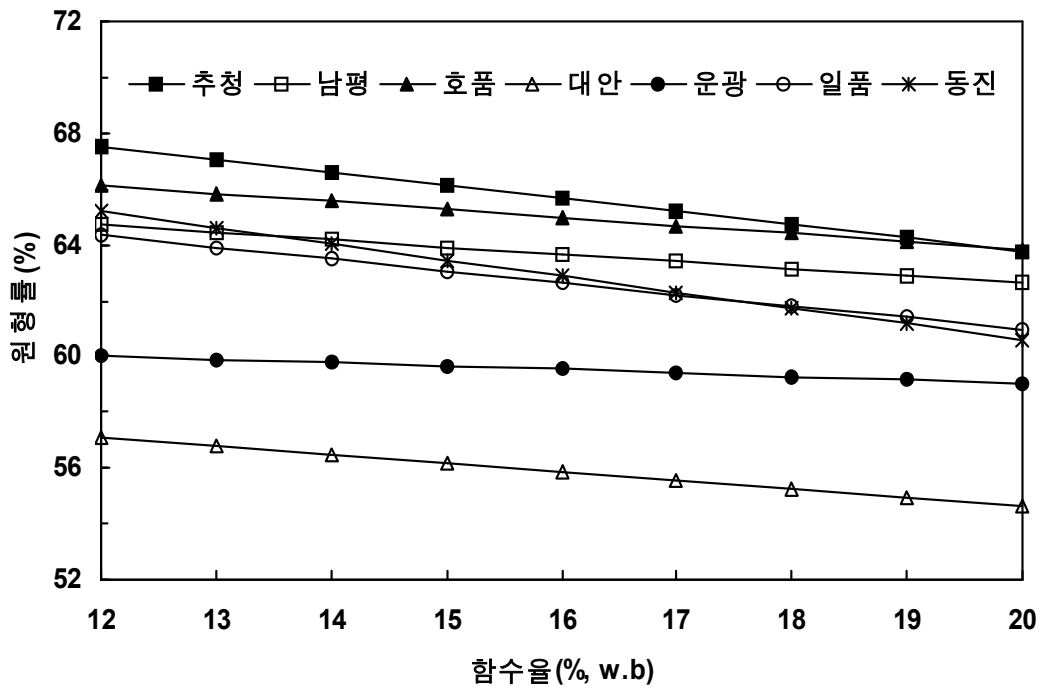


그림 3-3-70. 함수율에 따른 품종별 피해립의 원형률 보정

표 3-3-48. 함수율에 따른 품종별 피해립 원형률 보정

품종	보정식	결정계수 (R <sup>2</sup> )	함수율에 따른 원형률 보정값(%)		
			14.0%	15.0%	16.0%
추청	Y=-0.4721X+73.212	0.88	66.603	66.131	65.658
남평	Y=-0.2602X+67.827	0.575	64.184	63.924	63.664
호품	Y=-0.2889X+69.605	0.612	65.560	65.272	64.983
대안	Y=-0.3155X+60.910	0.942	56.493	56.178	55.862
운광	Y=-0.1230X+61.504	0.779	59.782	59.659	59.536
일품	Y=-0.4200X+69.371	0.875	63.491	63.071	62.651
동진	Y=-0.5722X+72.034	0.982	64.023	63.451	62.879

표 3-3-49. 함수율에 따른 품종별 정상립과 피해립의 원형률 차이(정상립-피해립)

품종 보정 함수율(%)	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
12	-3.834	-3.913	-2.067	-0.924	-2.946	-1.315	-4.314
13	-3.931	-3.990	-2.605	-0.756	-3.105	-1.205	-4.109
14	-4.027	-4.068	-3.143	-0.589	-3.263	-1.095	-3.903
15	-4.123	-4.146	-3.682	-0.421	-3.421	-0.985	-3.698
16	-4.220	-4.224	-4.220	-0.253	-3.579	-0.875	-3.493
17	-4.317	-4.302	-4.758	-0.086	-3.737	-0.765	-3.287
18	-4.413	-4.379	-5.296	0.082	-3.896	-0.655	-3.082
19	-4.510	-4.457	-5.835	0.249	-4.054	-0.545	-2.876
20	-4.606	-4.535	-6.373	0.417	-4.212	-0.435	-2.671

#### 4. 백미의 외형인자별 선별인자 구명

- 표 3-3-50~3-3-54는 백미의 외형인자별 선별인자를 구명하기 위하여 보정 함수율 14, 15, 16%에서의 품종에 따른 외형인자의 길이, 폭, 두께, 단면적 및 원형률을 비교하여 나타낸 것으로, 품종별 정상립과 피해립의 선별은 품종과 함수율에 따라 약간의 차이가 있으나, 길이, 폭, 두께, 단면적 및 원형률을 선별인자로 사용할 수 있을 것으로 판단됨
- 한편, 정상립과 분상질립의 선별은 대안과 운광 품종이 길이, 폭, 단면적 및 원형률에서 정상립과 분상질립 사이에 큰 차이를 보이지 않고 있으나, 두께의 경우 본 연구에서 사용한 모든 품종에서 고른 편차를 나타내고 있으므로, 정상립과 분상질립의 선별은 외형선별 인자 가운데 두께를 이용하여 선별하는 것이 바람직할 것으로 판단됨

표 3-3-50. 보정 함수율 14, 15, 16%에서의 품종에 따른 외형인자별 길이

보정함수율	외형인자	길이(mm)						
		추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
14%	정상립	4.802	4.905	4.842	5.194	5.095	4.830	4.923
	분상질립	4.670	4.756	4.646	5.147	4.871	4.684	4.775
	피해립	4.484	4.519	4.547	4.894	4.724	4.549	4.546
	정상립-분상질립	0.133	0.149	0.195	0.047	0.224	0.147	0.148
	정상립-피해립	0.318	0.386	0.294	0.300	0.372	0.282	0.377
15%	정상립	4.839	4.936	4.884	5.207	5.117	4.852	4.947
	분상질립	4.707	4.792	4.663	5.179	4.888	4.711	4.797
	피해립	4.517	4.565	4.587	4.938	4.747	4.577	4.583
	정상립-분상질립	0.132	0.144	0.221	0.029	0.229	0.141	0.150
	정상립-피해립	0.322	0.371	0.297	0.269	0.370	0.275	0.364
16%	정상립	4.876	4.967	4.927	5.220	5.140	4.874	4.971
	분상질립	4.745	4.829	4.680	5.210	4.906	4.739	4.818
	피해립	4.550	4.610	4.627	4.982	4.771	4.605	4.619
	정상립-분상질립	0.131	0.138	0.247	0.010	0.234	0.135	0.153
	정상립-피해립	0.326	0.357	0.300	0.239	0.369	0.269	0.351

표 3-3-51. 보정 함수율 14, 15, 16%에서의 품종에 따른 외형인자별 폭

보정함수율	외형인자	폭(mm)						
		추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
14%	정상립	2.982	3.013	3.023	2.865	2.814	3.097	2.964
	분상질립	2.903	2.954	2.954	2.887	2.845	2.858	2.820
	피해립	2.758	2.835	2.843	2.685	2.572	2.552	2.579
	정상립-분상질립	0.079	0.058	0.069	-0.022	-0.031	0.239	0.144
	정상립-피해립	0.224	0.178	0.180	0.181	0.242	0.546	0.385
15%	정상립	3.010	3.040	3.040	2.885	2.850	3.123	2.980
	분상질립	2.922	2.967	2.980	2.926	2.860	2.891	2.832
	피해립	2.781	2.859	2.869	2.742	2.615	2.573	2.633
	정상립-분상질립	0.088	0.073	0.060	-0.041	-0.011	0.232	0.148
	정상립-피해립	0.229	0.182	0.171	0.143	0.235	0.550	0.347
16%	정상립	3.038	3.068	3.058	2.904	2.886	3.148	2.996
	분상질립	2.940	2.980	3.006	2.965	2.876	2.925	2.843
	피해립	2.804	2.883	2.895	2.800	2.658	2.594	2.688
	정상립-분상질립	0.098	0.088	0.052	-0.060	0.010	0.224	0.153
	정상립-피해립	0.234	0.185	0.163	0.104	0.228	0.554	0.308

표 3-3-52. 보정 함수율 14, 15, 16%에서의 품종에 따른 외형인자별 두께

보정함수율	외형인자	두께(mm)						
		추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
14%	정상립	2.037	2.039	2.094	2.009	2.054	2.058	2.041
	분상질립	1.945	2.032	2.025	1.947	1.993	2.007	1.945
	피해립	1.850	1.876	1.935	1.854	1.941	1.888	1.870
	정상립-분상질립	0.092	0.007	0.068	0.062	0.060	0.051	0.096
	정상립-피해립	0.187	0.163	0.158	0.155	0.112	0.171	0.171
15%	정상립	2.044	2.050	2.101	2.015	2.063	2.069	2.048
	분상질립	1.955	2.042	2.037	1.954	2.007	2.019	1.955
	피해립	1.868	1.882	1.953	1.870	1.949	1.902	1.888
	정상립-분상질립	0.089	0.008	0.064	0.061	0.056	0.050	0.093
	정상립-피해립	0.176	0.168	0.148	0.145	0.115	0.167	0.160
16%	정상립	2.051	2.061	2.108	2.021	2.073	2.080	2.054
	분상질립	1.965	2.052	2.049	1.961	2.021	2.031	1.965
	피해립	1.887	1.889	1.970	1.886	1.956	1.916	1.905
	정상립-분상질립	0.087	0.009	0.059	0.060	0.052	0.049	0.090
	정상립-피해립	0.165	0.173	0.138	0.135	0.117	0.164	0.149

표 3-3-53. 보정 함수율 14, 15, 16%에서의 품종에 따른 외형인자별 단면적

보정함수율	외형인자	단면적(mm <sup>2</sup> )						
		추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
14%	정상립	11.340	11.365	11.490	11.838	11.522	11.432	11.451
	분상질립	10.928	11.123	10.965	11.645	11.161	10.909	10.891
	피해립	10.523	10.594	10.735	10.627	10.479	10.356	10.403
	정상립-분상질립	0.411	0.242	0.525	0.194	0.361	0.523	0.561
	정상립-피해립	0.816	0.771	0.755	1.211	1.043	1.076	1.048
15%	정상립	11.405	11.446	11.528	11.866	11.564	11.477	11.488
	분상질립	10.954	11.168	11.019	11.717	11.198	10.973	10.918
	피해립	10.599	10.694	10.854	10.757	10.563	10.411	10.472
	정상립-분상질립	0.451	0.278	0.510	0.149	0.366	0.505	0.570
	정상립-피해립	0.805	0.752	0.674	1.110	1.001	1.067	1.017
16%	정상립	11.469	11.526	11.566	11.894	11.605	11.522	11.525
	분상질립	10.979	11.212	11.072	11.789	11.235	11.036	10.944
	피해립	10.675	10.794	10.973	10.886	10.647	10.465	10.540
	정상립-분상질립	0.491	0.314	0.494	0.104	0.370	0.486	0.580
	정상립-피해립	0.794	0.732	0.593	1.008	0.959	1.057	0.985

표 3-3-54. 보정 함수율 14, 15, 16%에서의 품종에 따른 외형인자별 원형률

보정함수율	외형인자	원형률(%)						
		추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진
14%	정상립	62.576	60.116	62.417	55.904	56.519	62.396	60.120
	분상질립	63.650	62.624	64.660	55.971	59.901	63.331	60.781
	피해립	66.603	64.184	65.560	56.493	59.782	63.491	64.023
	분상질립-정상립	1.075	2.508	2.243	0.067	3.381	0.935	0.661
	피해립-정상립	4.027	4.068	3.143	0.589	3.263	1.095	3.903
15%	정상립	62.007	59.778	61.590	55.757	56.238	62.086	59.753
	분상질립	62.852	61.938	64.513	55.634	59.681	62.969	60.402
	피해립	66.131	63.924	65.272	56.178	59.659	63.071	63.451
	분상질립-정상립	0.845	2.160	2.923	-0.123	3.443	0.883	0.648
	피해립-정상립	4.123	4.146	3.682	0.421	3.421	0.985	3.698
16%	정상립	61.438	59.440	60.763	55.609	55.957	61.776	59.386
	분상질립	62.054	61.252	64.365	55.296	59.460	62.607	60.022
	피해립	65.658	63.664	64.983	55.862	59.536	62.651	62.879
	분상질립-정상립	0.615	1.812	3.602	-0.313	3.504	0.831	0.636
	피해립-정상립	4.220	4.224	4.220	0.253	3.579	0.875	3.493

## 5. 현미 및 백미의 공정별 선별인자 최적화

### 가. 현미공정의 선별인자

- 주지하는 바와 같이 현미중 비정립의 혼입율이 높을수록 도정특성이 현저하게 저하하고, 백미 색채 선별기에서의 선별능력 향상에 한계가 발생하므로 현미공정에서 비정립의 선별은 대단히 중요함. 현미공정에서 정립과 비정립은 입선별기 및 현미색채선별기에서 선별되며, 단립의 갈라차이를 이용한 색채선별기와는 다르게 현미의 기하학적 특성을 이용한 단위기계는 입선별기가 유일함
- 입선별기는 타공된 육각형으로 선별망을 사용하거나 피아노선을 사용하고 있으며, 선별체의 크기와 선별망의 면적에 의해 선별능력이 결정되며, 선별체의 타공의 폭에 따라 호칭이 결정되는데 RPC에서는 다음 그림 3-3-71과 같이 통상 2단형태로 입선별기를 설치하고, 1단에는 작은 체눈을 가진 입선별기를 설치하고, 2단에는 큰 체눈을 가진 입선별기를 설치하여 생산하는 제품의 품위에 따라 선택적으로 사용하도록 하고 있음

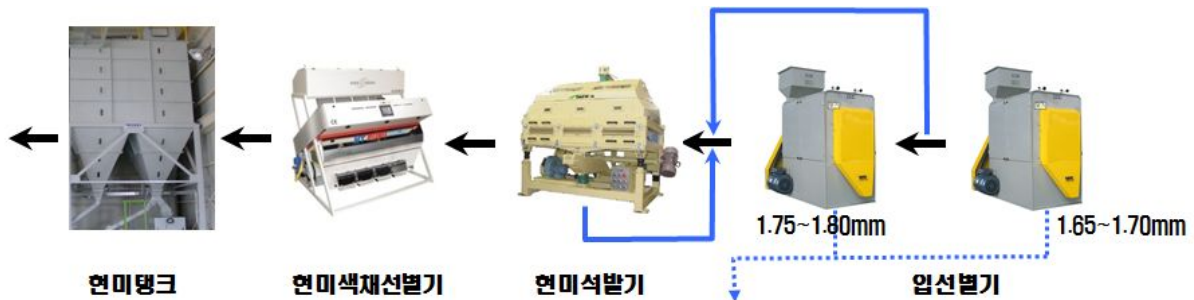


그림 3-3-71. 현재 추천되고 있는 현미 비정립선별을 위한 공정

- 일반적으로 제2세대 RPC에서 추천되고 있는 입선별기 체눈크기는 1단의 경우 1.65~1.70mm, 2단의 경우 1.75~1.80mm정도이나, 앞의 표 3-1-72에서 알 수 있듯이 입선별기의 선별율이 평균 42.6% (2.6~89.5%)에 불과한 실정으로 앞항에서 입선별기의 선별율 목표를 70.0%로 결정하고 있음
- 따라서 입선별기에서 비정립 선별율을 70.0%이상으로 높이기 위해서는 입선별기 체눈 등 선별체의 개선이 필요하였으며, 앞의 연구결과를 바탕으로 체눈크기를 결정하는 것이 필요하였음. 현미가 입선별기 선별체에서 선별망을 거쳐 선별될 때, 선별인자는 현미의 길이, 폭 및 두께 중 가장 작은 두께가 되며, 두께에 의해 선별체의 단축의 길이가 결정되는 것이 타당하였음
- 다음 표 3-3-55는 현미 함유율 15%일 때 일품 등 5개 품종 현미의 정립, 미숙립, 청사미 및 백사미의 두께를 나타낸 것으로서, 표에서 알 수 있듯이 정립은 두께가 평균 2.113mm, 미숙립은 1.855mm, 청사미가 1.784mm, 백사미가 1.648mm정도를 나타내었으며, 각 성장별로는  $p=0.001$ 수준에서 유의적인 차이를 나타내었음
- 따라서, 입선별기 1단에서 선별인자는 백사미로 하고 선별체는 1.70~1.75mm수준을 사용하고, 2단에서는 청사미와 미숙립의 선별을 위해 선별체는 1.95~2.00mm 수준을 사용하는 것이 타당할 것으로 판단되었음



표 3-3-55. 함수율 15%에서의 품종에 따른 현미의 외형인자별 두께

외형인자 (성상) <sup>***</sup>	품종	일품	추청	동진	운광	남평	평균
정립 <sup>a</sup>		2.157	2.089	2.083	2.174	2.062	2.113
미숙립 <sup>b</sup>		1.876	1.877	1.893	1.966	1.661	1.855
백사미 <sup>c</sup>		1.594	1.724	1.617	1.699	1.607	1.648
청사미 <sup>bc</sup>		1.703	1.934	1.853	1.709	1.641	1.784

\*\*\* p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

## 나. 백미공정의 선별인자

- 백미의 경우, RPC에서 일반적인 공정은 정미시스템 이후에 통상적으로 체선별기(로터리쉬프트 또는 진동체선별기), 백미색채선별기, 백미이물선별기를 거쳐 백미탱크에 보관된 후, 완전미선별기(홈선별기 또는 진동체선별기)를 거치는 경우가 있으며, 포장직전에는 체선별기(유하식선별기 또는 진동체선별기)를 거치게 됨
- 따라서, 칼라의 차이를 나타내는 분상질립 및 열손립 등은 주로 색채선별기에서 선별되며, 크기가 다른 싸라기, 기형립 등은 체선별기에서 선별되고 있으나, 앞의 표 3-1-72에서 알 수 있듯이 로터리쉬프트에서의 싸라기선별율은 평균 35.2%(2.5~96.9%), 진동체선별기는 평균 46.1%(0.0~100.0%)를 나타내었음. 한편, 완전미선별기에서 싸라기선별율은 평균 50.8%(6.0~99.5%)를 나타내었으며, 싸라기중 정립비율은 평균 20.4%(2.0~65.3%)를 나타내었음
- 타공된 체눈을 이용하여 싸라기를 선별하는 체선별기(로터리쉬프트, 진동체선별기, 유하식선별기 등)은 앞의 입선별기와 동일하게 백미의 두께에 의한 선별이 필요하며, 홈을 이용한 홈선별기의 경우는 백미의 길이에 의해 선별됨
- 다음 표 3-3-56은 함수율 15%일 때 백미의 품종별로 정상립, 분상질립 및 피해립의 성상별 두께를 나타낸 것으로서 p=0.001수준에서 3가지 성상에서 유의적인 차이를 나타내었음. 전술한 바와 같이 분상질립의 경우 주로 색채선별기로 선별하므로 정상립과 피해립의 선별을 위해서는 체눈의 단축 길이가 1.90~1.95mm 수준을 사용하는 것이 타당할 것으로 판단되었음

표 3-3-56. 함수율 15%인 백미의 품종에 따른 외형인자별 두께

외형인자 (성상) <sup>***</sup>	품종	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진	평균
정상립 <sup>a</sup>		2.044	2.050	2.101	2.015	2.063	2.069	2.048	2.056
분상질립 <sup>b</sup>		1.955	2.042	2.037	1.954	2.007	2.019	1.955	1.996
피해립 <sup>c</sup>		1.868	1.882	1.953	1.870	1.949	1.902	1.888	1.901

\*\*\* p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

- 한편, 다음 표 3-3-57은 함수율 15%일 때 백미의 품종별로 정상립, 분상질립 및 피해립의 성상별 길이를 나타낸 것으로서 p=0.01수준에서 3가지 성상에서 정상립과 분상질립은 유의적인 차이가 없었으며, 피해립과는 유의적인 차이를 나타내었음. 전술한 바와 같이 분상질립의 경우 주로 색채선별기로 선별하므로 정상립과 피해립의 선별을 위해서는 홈선별기의 홈의 길이가 4.75~4.80mm 수준을 사용하는 것이 타당할 것으로 판단되었음

표 3-3-57. 함수율 15%인 백미의 품종에 따른 다른 외형인자별 길이

외형인자 (성상) <sup>**</sup>	품종	추청	남평	호품	대안	운광	일품	동진	평균
정상립 <sup>a</sup>		4.839	4.936	4.884	5.207	5.117	4.852	4.947	4.969
분상질립 <sup>a</sup>		4.707	4.792	4.663	5.179	4.888	4.711	4.797	4.820
피해립 <sup>b</sup>		4.517	4.565	4.587	4.938	4.747	4.577	4.583	4.645

\*\* p=0.01수준에서 유의적인 차이가 있음

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

- 정부에서는 RPC 통합을 통한 규모화로 안전한 고품질 쌀 생산, 비용절감을 통한 경쟁력 향상 및 브랜드파워 신장을 위하여 2007년부터는 쌀시장 개방폭 확대 및 소비자 needs변화에 대응하기 위한 품질경쟁력 제고를 위해 2019년까지 소비자가 만족하고 신뢰할 수 있는 사군단위 대표브랜드 100개를 달성한다는 목표아래 농림수산업(14. 고품질쌀유통활성화사업)으로 고품질쌀 브랜드육성(가공시설현대화)을 추진하고 있음
- 사업비적인 측면에서는 중앙정부 및 각 지자체에서는 쌀 산업의 경쟁력향상을 위해 RPC와 관련하여 매년 1,000억원이상의 사업비를 지원하고 있으며, 우리나라 주식인 쌀 산업을 둘러싼 환경측면에서는 2014년의 쌀 재협상을 앞두고 있으며, 농협의 신경분리로 인한 쌀 판매회사의 설립계획, 녹색공정의 도입 등 RPC와 관련된 급격한 변화가 예상되고 있음
- 이러한 정부정책의 효율적인 추진과 RPC와 관련된 급격한 환경변화에 대응하기 위하여 현재 추진되고 있는 가공시설의 공정별 체계적인 품질 및 에너지 분석과 이를 통한 개선방안의 수립은 대단히 필요하고 시급하다고 할 수 있음
- 이에 따라 본 연구에서는 그동안 추진되었던 제2세대 RPC 가공공정에 대한 안전한 고품질 쌀 생산은 물론 에너지절감을 위해서 RPC에서 품질특성과 소요되는 에너지 실태에 대한 조사분석과 이를 통한 에너지절감형 RPC 가공공정모델을 개발하고자 하였으며, RPC에서 단위공정별로 집진실태를 분석하고, 집진시스템의 설계에 필요한 설계인자를 구명하여 저에너지 친환경 RPC 집진시스템을 개발하고자 하였으며, 선별기의 성능향상을 통해 에너지를 절감하고, 중복설치를 방지하여 고품질 쌀 생산에 기여하는데 목적을 두고 연구를 수행하였음
- 본 연구에서의 가장 핵심적인 성과는 기존 RPC 가공공정에 비해 소요전력이 최대 29.5%정도가 절감되는 에너지절감형 공정을 개발한 것과 에너지 소모가 약 70%정도에 달하는 집진시스템을 개발한 것과 현미와 백미의 비정(상)립의 선별인자를 구명한 것을 들 수 있음
- 본 연구의 주관연구기관은 동 사업의 단위기계 성능검정은 물론 시설의 성능검사기관이고, 참여한 연구팀은 RPC를 설계하는 4개소의 설계사와, 단위기계를 제조, 판매하면서 RPC를 시공하는 4개사로서, RPC현장에서 바로 반영할 수 있는 결과를 도출한 점과 본 연구의 결과는 그 시점에서 정부에 건의·채택되어 결과가 도출되는 시점에서 바로 현장에서 적용되고 있다는 점이 가장 바람직하다고 할 수 있었음
- 현재까지 약 5편의 논문을 발표하였고, 3편의 논문이 투고중이며, 집진시스템과 관련된 특허 1건을 출원하였으며, 무엇보다 본 연구에서 개발한 연구결과는 정부의 정책사업에 반영되어 활용중으로 시설의 설계기준(기본요구사항), 모델의 소요면적 및 동력기준, 공정구성 등은 고품질쌀 브랜드육성사업의 기준모델로 활용중이며, GAP 농산물우수관리시설기준(안)은 RPC용으로 채택되어 현재 농산물 품질관리법의 개정에 필요한 입법예고 준비중임

- 앞으로 연구결과의 착실한 교육, 홍보를 통해 우리나라의 RPC 가공공정 및 집진체계 개선은 물론 에너지절약에 크게 기여할 것으로 기대되며, 이는 RPC는 물론 우리나라 쌀 산업의 경쟁력 향상에도 크게 기여하는 등 본 연구에서 계획한 목표를 충실하게 달성하였다고 판단됨

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

- 본 연구에서는 기존 RPC 가공공정에 비해 소요전력이 최대 29.5%정도가 절감되는 에너지절감형 가공공정 모델을 개발하였고, 에너지 소모가 약 70%정도에 달하는 저에너지 친환경 집진시스템을 개발하였으며, 현미와 백미의 비정(상)립의 선별인자를 구명하였음. 이 결과를 논문발표, 특허 및 기술이전, 정책건의, 홍보 및 교육 등에 다음과 같이 활용할 예정임
  - ㉠ RPC 가공공정의 설계기준(기본요구사항), 모델의 소요면적 및 동력기준, 공정구성 등은 이미 정부의 고품질쌀 브랜드육성사업의 기준모델로 활용중임
  - ㉡ GAP 농산물우수관리시설기준(안)은 농림수산식품부 및 농협중앙회와 협의를 거쳐 RPC용으로 채택되어 현재 농산물품질관리법 일부 개정에 이미 활용중임
  - ㉢ 에너지절감형 가공공정 모델은 4개소의 설계회사에 기술이전하여 향후 가공시설현대화 등 관련 사업에 활용함
  - ㉣ 저에너지 친환경 집진시스템은 참여기업인 (주)아이디알시스템과 기술이전을 합의하였으며, 현재 승인을 기다리는 중으로 사업화하여 제1세대 및 제2세대 RPC와 도정공장 등 분진에 문제가 많은 시설에 보급할 예정임
  - ㉤ 현미 및 백미의 선별인자는 업체 및 RPC에서 선별기의 제작 및 선정시 활용토록 공개할 예정임
  - ㉥ 본 연구 결과중 5편은 논문발표하였으며, 3편은 투고중에 있고, 향후 2편 정도를 추가로 투고할 예정이며, 집진시스템에 대해 특허 1건을 출원하였음
  - ㉦ 본 연구 결과는 고품질쌀 브랜드육성 등 정부정책사업의 성능검사, 단위기계의 성능검정 등에 적극적으로 사용하며, 향후 RPC에 대한 기술교육을 통해 전파하고, 한국RPC연구회의 특별세미나, 전문지 간행에 게재하여 관련 내용의 전파를 더욱 확대할 예정임

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 본 연구에서 획득한 해외 자료는 거의 일본에서 생산된 것이며, 일부 대만 등 기타 국가에서 수집한 자료도 있음
- 자료중 집진시스템의 제조회사, Satake, Toyo 등 세계적인 관련업체에서 조사한 일부 자료가 포함되어 있으며, 이를 통해 일본과 대만의 전반적인 사업현황의 파악도 가능하였음
- 이러한 자료는 본 연구에 충분하게 활용되었을 뿐 아니라 향후 우리나라 제3세대 RPC가 될 u-RPC 모델개발 등 쌀 산업 관련 부분의 필수적인 연구에 활용이 가능할 것으로 기대되었음

## 제 7 장 참고문헌

1. 강태환, 녕효봉, 한충수, 조성찬. 2010. 정백공정 중 연삭공정이 쌀 품질에 미치는 영향. 바이오시스템 공학 35(3) : 169-174
2. 고훈균, 금동혁, 김동철 등. 1995. 미곡종합처리시설 -이론과 실제-. 문운당
3. 고훈균, 금동혁, 김동철, 김명환, 노재선, 박호석. 2003. 쌀 산업 경쟁력 제고를 위한 RPC 종합 발전 방안. 한국 RPC연구회
4. 고훈균, 금동혁, 김동철, 박호석, 한충수. 2000. 농협 미곡종합처리장 설계기준. 농협중앙회 미곡종합 처리장 자문단
5. 고훈균, 금동혁, 김만수, 노상하, 문성홍, 박경규, 장동일. 1990. 농산가공기계학. 향문사
6. 국립농산물품질관리원 등. 2002. RPC 농산물검사원 교육교재
7. 국립농산물품질관리원 등. 2003. RPC 농산물검사원 교육교재
8. 국립농산물품질관리원 등. 2004. RPC 농산물검사원 교육교재
9. 국립농산물품질관리원 등. 2004. 양곡 안전보관 관리기술
10. 국립농산물품질관리원 등. 2006. RPC의 우수농산물시설기준
11. 권기현. 2001. 씻어나온쌀 제조기계 개발 및 품질평가. 성균관대학교 대학원 석사학위논문
12. 금동혁, 김동철, 김의웅, 김훈 등. 1997. 자동 제현율 측정장치의 성능평가. 성균관대학교연구보고서
13. 금동혁, 김동철, 김의웅, 김훈 등. 2002. 시뮬레이션에 의한 저장 벼의 곡온 예측. 한국농업기계학회 하계학술대회
14. 금동혁, 김동철, 김의웅, 김훈, 김명환, 한충수 등. 2003. RPC시설 및 경영진단 연구. 한국RPC연구회 연구보고서
15. 금동혁, 김동철, 박호석, 한충수 등. 1994. 미곡종합처리장 이론과 실무. 농협전문대학
16. 금동혁, 김훈, 김동철. 2000. 벼의 공기 밀폐저장 특성. 한국농업기계학회 25(1) : 33-38
17. 금동혁, 김훈, 홍상진. 2002. 벼의 원적외선 건조특성. 한국농업기계학회 27(1) : 45-50
18. 금동혁, 알 폴 썩. 1986. 시뮬레이션에 의한 순환식 건조. 한국농업기계학회 11(2) : 41-54
19. 금동혁, 이왕석. 1988. 벼의 순환병류건조의 시뮬레이션. 한국농업기계학회 13(3) : 59-70
20. 금동혁, 최창현. 1995. 호퍼스케일의 성능분석 및 개선에 관한 연구. 성균관대학교 연구보고서
21. 금동혁. 1998. 원형 철제빈을 이용한 벼의 건조 및 저장 핸드북. 성균관대학교 연구보고서
22. 금동혁. 2005. 농식품 가공공정 시뮬레이션. 성균관대학 출판부

23. 김기종, 홍하철, 정영평, 김태영, 손종록, 황홍구, 최해춘, 민용규. 2003. 입형이 다른 벼 품종의 도정 특성 및 쌀품질. 한국농화학회 46(1) : 46-49
24. 김동철, 금준석, 김훈, 박종대 등. 2007. 쌀 경쟁력 제고를 위한 기초조사. 한국식품연구원 연구보고서. E070205-07087
25. 김동철, 김의웅 등. 2004. 곡물냉각기를 이용한 벼 건조 및 저장시스템의 최적화. 한국식품저장유통학회지 11(2) : 269-275
26. 김동철, 김의웅, 금동혁, 한종규. 2004. 곡물냉각기의개발. 한국식품저장유통학회지 11(2):250-256
27. 김동철, 김의웅, 금동혁. 1998. 벼의 호흡특성. 한국농업기계학회지 23(4) : 335-342
28. 김동철, 김의웅, 금동혁. 1999. 벼퇴적층 냉각시물레이션. 한국농업기계학회지 24(1):31-40
29. 김동철, 김의웅, 김상숙, 이세은 등. 2000. 벼의 수확후 처리가공기술개발 -현미의 품온조정을 통한 가공기술개발-. 한국식품연구원 연구보고서. GA0141-0001
30. 김동철, 김의웅, 김훈 등 2010. 고품질쌀 브랜드육성사업. 가공시설 현대화사업 성능검사방향. 한국식품연구원 연구보고서
31. 김동철, 김의웅, 김훈, 2006. RPC 시설 및 운영기술 매뉴얼. 농림부·한국식품연구원
32. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은 등. 2005. RPC 가공시설 개선연구. 한국식품연구원 연구보고서. G01515-05079
33. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은 등. 2005. RPC의 건조저장 시설 및 운영기술 현황 조사분석 연구사업. 한국식품연구원 연구보고서. GA01503-05043
34. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2004. 농협 쌀 품질개선을 위한 RPC 프로세스 개발. 한국식품연구원 연구보고서. I01633-0450
35. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2005. RPC수확후 품질개선에 관한 연구. 한국식품연구원 보고서. I01671-05027
36. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2005. RPC의 건조저장시설 및 운영기술현황조사 분석 연구사업. 한국식품연구원 연구보고서.(농림부). G01503-05043
37. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2005. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(I). 한국식품연구원 연구보고서. I01679-05047
38. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2006. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(II). 한국식품연구원 연구보고서. I01742-06078
39. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2007. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(III). 한국식품연구원 연구보고서. I01781-07061
40. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2008. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(IV). 한국식품연구원



연구보고서. I01826-08049

41. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2009. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(V). 한국식품연구원 연구보고서. I01856-09054
42. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2010. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(VI). 한국식품연구원 연구보고서. I01875-10053
43. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2011. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(VII). 한국식품연구원 연구보고서. I01893-11062
44. 김동철, 김의웅, 이세은 등. 1997. 도정시스템의 운영실험. 한국식품연구원 연구보고서. I1369-9921
45. 김동철, 김의웅, 이세은 등. 1998. 벼의 조전기 및 연속식건조기 운영시험. 한국식품연구원 연구보고서. I1279-0925
46. 김동철, 김의웅, 이세은 등. 1998. 중저온 건조저장기법을 활용한 고품위 쌀 생산기술 개발. 한국식품연구원 연구보고서. GA0062-0984
47. 김동철, 김의웅, 이세은, 김상숙 등. 2000. 벼 및 보리의 산물저장에 따른 감모량 예측기술 개발. 한국식품연구원 연구보고서. I1404-0022
48. 김동철, 김의웅, 이세은, 김상숙. 1999. 도정시스템의 운영시험. 한국식품연구원보고서. I1369-9921
49. 김동철, 이세은, 김의웅, 김상숙, 김훈 등. 2005. 벼의 저온건조·저장특성 및 건조기 최적운영 조건 확립. 한국식품연구원 연구보고서. GA0429
50. 김동철, 이세은, 김의웅, 김훈. 2002. 전자냉동을 이용한 가정용 쌀통의 성능시험. 한국식품연구원 연구보고서. I01477
51. 김명환, 고태균, 박동규, 박문호, 김철민, 정중훈 등. 2001. 물벼 건조저장시설의 모델 개발, 경제성 분석, 전국적 배치 정책지원 방향. 한국농촌경제연구원 보고서
52. 김무한 등. 2006. 건축재료학
53. 김상숙. 2006. 미국의 벼 수확후 처리시설. RPC 기술과 경영. 한국RPC연구회
54. 김유호, 조영길, 한충수. 1998. 벼의 기하학적·기계적 성질 측정. 261-268
55. 김의웅, 김동철, 김상숙, 이세은, 김훈. 2003. 가정용 냉각쌀통의 성능평가에 관한 연구. 한국식품연구원 연구보고서. I01571-0307
56. 김의웅, 김동철, 김훈 등. 2004. 농협RPC 산물벼 품질분석. 한국식품연구원 연구보고서(농협중앙회). S01861
57. 김의웅, 김동철, 김훈 등. 2010, 2011. 에너지절감형 RPC 가공공정모델개발(1, 2차년도 결과보고서). 농림수산식품부
58. 김의웅, 김동철, 김훈 등. 2010. 클린라이스 품질기준설정 및 제조시스템개발. 농림수산식품부.

59. 김의웅, 김동철, 김훈 등. 2010. 한국토요 정미시스템의 도정특성 향상에 관한 연구. 한국토요. I01841-10027
60. 김의웅, 김동철, 김훈 등. 2011. 벼의 산물처리에 따른 감모기준 및 재고량 예측기술개발(1차년도 결과보고서). 농협중앙회. I01874
61. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2005 .RPC수확후품질개선에관한연구.한국식품연구원보고서.I01671-05027
62. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2006, 안전한 고품질 쌀 생산 및 유통을 위한 도정품질 제어기술 개발. 한국식품연구원 연차보고서(1/3)
63. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2006, 안전한 고품질 쌀 생산 및 유통을 위한 도정품질 제어기술 개발. 한국식품연구원 연차보고서(2/3)
64. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2007. RPC 고품질 쌀 정미가공기술 연구. 한국식품연구원 연구보고서. I01730-06088
65. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2007. 쌀 품위측정기(ES-1000, 일본 Shizuoka Seiki Co., Ltd.)의 성능평가. 한국식품연구원 연구보고서. I01726-07005
66. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2007. 양곡 보관시설기준 및 농협 창고 활용방안 연구. 한국식품연구원 연구보고서. I01776-07046
67. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2008. Satake사 쌀 품위측정기(모델 : RGQI 10B)의 성능평가. 한국식품연구원 연구보고서. I01773-08002
68. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2008. 한성공업(주) 정미시스템(모델 HSVJ-3-80B)의 성능평가. 한국식품연구원 연구보고서. I01771
69. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2009. RPC의 수율관리 및 이력추적시스템 모델 개발. 한국식품연구원 연구보고서. I01819
70. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙. 2006. PN Rice의 RPC통합을 위한 시설 및 기술컨설팅. 한국식품연구원 연구보고서. I01756-06065
71. 김의웅, 김동철, 김훈. 2006. RPC의우수농산물시설기준(안). 농림부소비안전과제출
72. 김의웅, 김동철, 이세은등.1999.색채선별기운영시험.한국식품연구원연구보고서.I1390-9930
73. 김의웅, 김동철, 이세은, 김상숙, 김훈, 박종대. 2003. 고품질 쌀 생산 및 유통을 위한 균일도정기술 개발(1/3). 한국식품연구원 연구보고서. E036004-0279
74. 김의웅, 김동철, 이세은, 김상숙, 김훈, 박종대. 2004. 고품질 쌀 생산 및 유통을 위한 균일도정기술 개발(2/3). 한국식품연구원 연구보고서. E043003-0342

75. 김의웅, 김동철, 이세은, 김상숙, 김훈, 박종대. 2005. 고품질 쌀 생산 및 유통을 위한 균일도정기술 개발. 한국식품연구원 연구보고서. E052002-05120
76. 김의웅, 김동철, 이세은, 김상숙, 김훈. 2003. 연속식건조기 운영실험. 한국식품연구원 보고서. I01565
77. 김의웅, 김동철, 이세은, 김상숙, 김훈. 2007. 쌀 산업 경쟁력 강화를 위한 RPC remodeling 기술 개발. 한국식품연구원 보고서. GA0679-07020
78. 김의웅, 김동철, 이세은, 김훈 등. 2004. 병류형 곡물건조기 최적 운영조건 확립. 한국식품연구원 연구보고서. GA0554
79. 김의웅, 김동철, 이세은, 김훈. 2004. 고품질 쌀 생산을 위한 현미냉각시스템 개발. 한국식품연구원 보고서. G0145108
80. 김의웅, 김동철. 2004. 곡물냉각기를 이용한 철제 원형빈에서의 벼 냉각. 한국식품저장유통학회지 11(2) : 263-268
81. 김의웅, 김동철. 2004. 벼의 안전저장기간. 한국식품저장유통학회지 11(2) : 257-262
82. 김의웅, 김상숙, 김동철, 김훈, 이세은 등. 산물벼의 실증량 거래를 위한 정선지수 측정시스템 개발. GA0574-05072
83. 김의웅, 김상숙, 김동철, 이세은 등. 2000. 국내 쌀의 유통기반확립 및 경쟁력 강화를 위한 외형적 품위기준 설정에 관한 연구. 한국식품연구원 연구보고서. E00403-0018
84. 김의웅, 김훈, 김동철, 김상숙. 2005. RPC에서 효율적인 도정을 위한 백도조건결정. 바이오시스템공학. 30(4) : 242-248
85. 김의웅, 김훈, 이세은. 2005. 도정도에 따른 쌀의 칼라모델링. 한국식품저장유통학회지 12(2) : 141-145
86. 김의웅, 윤명중, 조권형, 농림부 식량정책과. 2003. 일본의 고품질 쌀 생산시스템 조사보고(아마카타 현 사례를 중심으로)
87. 김의웅, 이재훤 등. 2006. 쌀 브랜드 경영지침서. 농림부, 농협중앙회
88. 김종순, 고학균, 송대빈. 1998. 단립종 벼의 수분흡습특성. 한국농업기계학회지 23(5) : 465-472
89. 김종호. 1999. 전기하전식 세정집진장치개발에 관한 기초연구. 한국대기환경학회지15(1):33-39
90. 김진현. 1996. 건축기계설비, 공조냉동기계 기술사. 보문당
91. 김창진. 2005. 현미 비정상립 혼입비율이 도정특성에 미치는 영향. 성균관대학교 대학원 석사학위논문
92. 김행하. 1990. 곡물저장의 이론과 실제. 평화사
93. 김효경. 1988. 공기조화. 동명사

94. 김훈, 김동철, 이세은, 김의웅, 김상숙 등. 2005. 쌀 품위측정기(RN-300, Kett)의 성능평가. 한국식품연구원 연구보고서. I01672-05128
95. 김훈. 2005. 일본의 벼수확 후 처리시설. RPC 기술과 경영, 한국RPC연구회
96. 농림부. 정부양곡보관창고 조사결과. 2005, 2007
97. 농림부. 정부양곡안전 보관요령 .2005, 2006
98. 농림수산식품부. 2009. 쌀산업 중장기 발전방안(안)
99. 농협중앙회 양곡부. 2005. RPC 수확후 품질관리 및 시설개선방향
100. 농협중앙회.1997.미곡종합처리장사업평가와발전방향
101. 농협중앙회. 2008. 2008년 브랜드 경영체 시설추진체계
102. 농협중앙회.2007.정부양곡보관창고조사결과
103. 목철균, 이상기. 1999. 쌀의 저장중 수분이동에 의한 균열현상에 관한 연구. 한국식품과학회지 31(1) : 164-170
104. 미곡종합처리장 사업추진방향. 2002. 농협중앙회
105. 미곡종합처리장의 운영실태 및 투자수익성 분석. 1994. 농협중앙회
106. 박기흥. 2006. 대기 중 초미세입자의 크기별 흡습성 연구. 한국대기환경학회 2006 춘계학술대회 논문집 222-223
107. 박승제, 김명호. 1998. 절단벼짚의 物理的 性質. 한국농업기계학회지 23(6) : 583-590
108. 박종대등.2005.전통올벼쌀의품질개선및제품다양화.한국식품연구원보고서.E055002-05110
109. 박진호, 정중훈. 2001. 곡물냉각기의 성능해석을 위한 시뮬레이션. 한국농업기계학회 26(5) : 449-460
110. 운영석, 김명호, 박승제, 이종호. RPC 쇄미선별 공정의 실태 조사 269-275.
111. 신개발 농기계(논농사편). 농촌진흥청 표준영농교본-142. GOVP1200418769 163-168
112. 신동화, 정중구. 1998. 쌀 도정시 분리되는 쌀눈의 일반성분과 저장중 유지 안정성. 한국식품과학회지 30(1) : 241-243
113. 신학기, 신세진. 2002. 수분 흡습용에 사용되는 에멀전의 분산과 점도에 미치는 영향. 한국환경과학회 봄 학술발표회 발표논문집 11(1) : 135-136
114. 엄천일, 정중훈 등. 2004. 입형정미기를 이용한 청결배아미제조기 개발. 바이오시스템공학 29(2) : 121-130
115. 오후규. 1991. 냉동기술편람. 한미
116. 유용환, 하용웅, 박무언. 1984. 보리 기계화수확체계 확립. 한국작물학회 29(3) : 261-266

117. 윤광섭. 2004. 입자크기에 따른 분말 녹차의 흡습특성. 한국식품영양과학회지 33(10) : 1720-1725
118. 윤명중, 조권형, 김의웅. 2003. 일본의 고품질 쌀 생산동향. RPC 기술과 경영 창간호. 한국RPC연구회
119. 윤홍선, 고학균, 한충수, 전경우, 이중희, 조영길. 2000. 벼의 도정수율 자동판정기 개발. 한국농업기계학회 동계학술대회 4(1) : 484-489
120. 윤홍선, 정훈, 조영길, 박원규. 2000. 곡물 순환식의 상온통풍 건조기 개발. 한국농업기계학회 25(3) : 227-232
121. 이세은 등. 2001. 쌀의 저온 유통기술개발. 한국식품연구원 연구보고서. E01305
122. 이세은 등. 2005. NIT 시스템을 이용한 벼의 품위(충실도) 측정기술 개발. 한국식품연구원 연구보고서(구미1대학). G0148211
123. 이세은 등. 2007. 벼 유숙기 청립생산을 위한 전처리 및 가공기술개발. 한국식품연구원 연구보고서(농림부). GA0674-07025
124. 이세은, 김 훈, 김동철, 김의웅 등. 2005. 국내 쌀의 품질 차별화 기술 개발 연구. 한국식품연구원 연구보고서(농림부). GA05093
125. 이세은, 김동철, 김상숙, 김의웅 등. 2000. 유통쌀의 품질유지를 위한 유통방법 및 포장기술 개발. 한국식품연구원보고서(농림부). GA0264
126. 이세은, 김상숙, 김동철, 김의웅, 김훈. 2003. 가정용 저온시스템을 이용한 쌀의 저장연구. 한국식품연구원 연구보고서. I01548-0311
127. 이재갑. 2005. 쌀 등급 규격 및 품위 계측방법. 한국RPC연구회 RPC 기술과 경영 제 6호
128. 이재환, 김의웅 등. 2006. 쌀 브랜드 경영지침서. 농림부, 농협중앙회
129. 이종호. 1989. 곡물의 공기선별에 관한 공기동역학적 연구(I). 한국농업기계학회지 14(4) : 272-281
130. 이종호. 1989. 곡물의 공기선별에 관한 공기동역학적 연구(II). 한국농업기계학회지 15(1) : 1-13
131. 정성봉. 2003. 탁도측정 원리의 이해와 국산 탁도계 사용의 중요성. 지엔테크 제어계측 기획특집 23-28
132. 정종훈, 최영수, 권홍관. 중·소형 연미기의 성능평가 및 성능개선에 관한 연구(I) -소형 연미기에 대하여-. 전남대학교 농과대학 농공학과 연구보고서 206-213
133. 정종훈, 최영수. 1998. 좌우요동 선별판식 대형 곡물조전기 개발. 한국농업기계학회 98년 하계 학술발표대회 논문집 191-196
134. 조남홍, 이선호 등. 1997. 대형 벼 정선거의 개발. 한국농업기계학회 97년 하계 학술발표대회 논문집 135-140

135. 조영길, 김유호, 조광환, 금동혁, 한충수, 김훈 등. 2000. 미곡종합처리장 시설, 자재표준화 및 연속식 건조기 개발. 농림부연구보고서
136. 조영길, 김유호, 조광환, 금동혁, 한충수, 김훈 등. 2003. 원적외선, 열풍 복합이용형 고품질 곡물 건조 시스템 개발. 농촌진흥청보고서
137. 최희석, 조광환, 김유호, 김영민. 2004. 현미의 입선별 및 도정특성. 한국농업기계학회지 동계학술대회 9(1) : 326-329
138. 최희석. 2003. 무세미 가공시스템 개발. 성균관대학교 대학원 박사학위논문
139. 하유신, 박경규, 김혁주 등. 2002. 벼의 함수율에 따른 도정수율의 변화. 한국농업기계학회 27(2) : 125-132
140. 한국Kett엔지니어링. RN-300 사용자 매뉴얼
141. 한국RPC연구회. 2003. RPC 시설 및 경영진단 연구. 농협중앙회
142. 한국RPC연구회. 2003. 쌀산업 경쟁력 제고를 위한 RPC 종합발전 대책
143. 한국과학기술연구소. 1977, 1978. 양곡 보관창고 개선방안 연구( I, II)
144. 한국농업기계학회. 1998. 농업기계핸드북. 문운당
145. 한국산업경제연구원. 1985. 민간양곡유통개선방안 연구
146. 한국식품연구원. 2008. 2007년도 쌀브랜드육성사업 시설건설결과. I01783-08067
147. 한국식품연구원. 2008. 가공시설 현대화를 위한 설계방향
148. 한귀정, 최희석. 2001. 우리농산물의 부가가치 향상과 우수성 구명-건식무세미의 품질 특성에 관한 연구. SS0201
149. 한충수, 강태환, 조성찬, 고태균. 2002. 현미 조절에 관한 연구(II), 함수율 조절후 8시간 숙성에 따른 정백특성. 한국농업기계학회지 27(1) : 51-58
150. 한충수, 이재석, 이호필, 함택모. 2001. 겨울철 냉기를 이용한 냉각후 벼 저장특성. 한국농업기계학회 하계학술대회 6(2) : 196-201
151. 황진열. 2004. 쌀 품질관리 기술. RPC기술교육. 농협안성교육원
152. 2001. 건식 무세미 정미장치. 대한민국 특허청. 공개특허 10-0401953
153. 2001. 우리농산물의 부가가치 향상과 우수성 규명 (세부과제명 : 건식무세미의 품질 특성에 관한 연구). 농촌진흥청 농촌생활연구소 2001년도 농촌생활과학시험 연구보고서. GOVP1200215355 336-341
154. 2002. 무세미 조제기계 기술 개발. 농촌진흥청 2002년도 농업과학기술개발 연구결과 시책반영 건의 자료집. GOVP1200322681. 153-155

155. 2002. 무세미 조제기계 기술 개발. 농촌진흥청 농업기계화연구소 2002 농업기계화 시험연구보고서. GOVP1200317222. 424-448
156. 2003. 수질 탁도 측정 방법. 지식경제부 기술표준원. KS M ISO 7027
157. 2003. 연미방법, 연미장치, 연미재, 무세미 제조방법 및 무세미 제조장치. 대한민국 특허청. 공개특허 10-2005-0015946
158. 2005. 무세미의 제조방법 및 그 장치. 대한민국 특허청. 공개특허 10-2006-0016754
159. 2007. 먹는물 수질공정시험 방법 전부개정고시안. 환경부. 환경부고시 제2007-146호
160. 2008. 농산물 표준규격. 국립농산물품질관리원. (쌀 품위 규격 기준 : 7011)
161. RPC 기술 교육. 2003. 농협중앙회 안성교육원
162. RPC 기술과 경영. 2003. 한국RPC연구회
163. Kim, Man Soo, Koh and Hak Kyun. 1981. 穀物の 物理的 性質에 關한 研究. 한국농업경제학회지 제 6권 제 1호. 73-82
164. Koh Hak Kyun, Noh Sang Ha and Chung Jong Hoom. 1984. 벼의 物理的 및 熱的 特性에 關한 研究-物理的 特性에 關하여. 한국농업기계학회지 9(1) : 34-45
165. Koh Hak Kyun, Noh Sang Ha and Chung Jong Hoom. 1984. 벼의 物理的 및 熱的 特性에 關한 研究-熱的 特性에 關하여. 한국농업기계학회지 9(2) : 89-96
166. Noh Sang Ha, Chung Chang Joo and Kim Sam Do. 1982. 性能向上을 위한 研究-精白機의 性能에 영향을 미치는 스크린 設計에 관한 研究. 한국농업기계학회지 7(2) : 57-71
167. 山下律也. 1985. 穀物乾燥施設の診斷. 農業機械學會.
168. 森高眞太郎 등. 1973. 穀類に關する研究(第2報). 精米溫度と食味の關係. 武田研究所報, 32(3) : 400-403
169. 食糧保管研究所. 2005. 米麥保管管理の手引き
170. 日本農林水産技術情報協會. 1991. 米の美味しさの科學. 第2卷
171. 日本食糧研究所. 1969. 米の品質と貯藏利用.
172. 日本全國食糧檢查協會. 1997. 米の食味評價最前線. 東京
173. 日本全農施設資材部. 1973. カントリーエレベーターのでびき. 東京
174. 日本精米工業會. 1975. 大型精米技術の進歩(1). 1-117.
175. 全農 施設資材部. 1986. 共乾施設のでびき( I, II, III)
176. 全農 施設資材部. 2000. 共乾施設のでびき(補追版)佐竹利彦. 1990. 近代精米技術に關する研究. 東京大學出版會全國食糧檢查協會. 2002. 農産物検査ハンドブック(米穀篇)

177. 川村周三. 1991. 米の搗精と精白米の品質および食味(4報), 最適搗精方法と最適玄米条件, 北海道大學邦文紀要 17(4) : 517-530
178. 川村周三. 1991. 米の搗精と精白米の品質および食味(3報), 精白米の品質および食味. 北海道大學邦文紀要 17(3) : 228-261
179. 川村周三. 1991. 米の搗精と精白米の品質および食味(4報), 最適搗精方法と最適玄米条件. 北海道大學邦文紀要 17(4) : 517-530
180. 川村周三. 1990. 米の搗精と精白米の品質および食味(2報), 搗精特性. 北海道大學邦文紀要 17(1) : 25-49
181. 川村周三. 1991. 米の搗精と精白米の品質および食味(3報), 精白米の品質および食味, 北海道大學邦文紀要 17(3) : 228-261
182. 川村周三. 1989. 米の搗精と精白米の品質および食味(1報), 精米工場における基礎調査. 北海道大學邦文紀要 16(4) : 375-382河野常盛. 1980. 米の低温貯藏法の研究. 美顯プリンテイング出版部. 東京. P73
183. JA全農. 2000. 共乾施設のてびき.
184. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2006. ASABE Standards 2006
185. Analytical method for turbidity measurement standard methods 2130A and B. Reprinted by Permission From the 20<sup>th</sup> Edition 1-6. 2003
186. Ando, M., J. Minami and M. Takada. 1980. Process for producing instant-cooking rice. US Patent 4, 233, 327
187. AOAC, Official methods of analysis. 15th ed. 1990. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 777-784
188. Appendix C. 1999. Turbidity Standard Method. EPA Guidance Manual Turbidity Provisions. C-1-C-6
189. ASAE. 1996. ASAE standards 1996
190. Bakker-Arkema. F. W., 1982, Concurrent-flow rice drying, ASAE Paper No. 82-3068
191. Barber S. et al. 1979. Outlook for rice milling quality evaluation system, Proceeding of the workshop on "Chemical aspects of rice grain quality", IRRI
192. Bavagnoli, F. 1980. Experimental Study of Rice Cleaning. Macch. Mot. Agric. 38(11) : 97-104
193. Bennett, K. E. and A. Mauromoustakos. 1992. Effects Of Rice Miller Settings On Surface Lipid Concentration. An ASAE Meeyng Presentation 926521



194. Bhattacharya, K. R. and C. M. Sowbhagya. 1972. A Colorimetric Bran Pigment Method for Determining the Degree of Milling of Rice. *J. Sci. Fd Agric.* (23) : 161–169
195. Bhattacharya, K. R. And C. M. Sowbhagya. 1972. An Improved alkali reaction test for rice quality. *J. Fd Technol.* (7) : 323–331
196. Bhattacharya, K. R. And C. M. Sowbhagya. 1976. Technical note: An alkali degradation test and an alcoholic alkali bran–staining test for determining the approximate degree of milling of rice. *J. fd Technol.* (11) : 309–312
197. Boac, J. M., R. G. Maghirang, M. E. Casada, J. D. Wilson and Y. S. Jung. 2009. Size distribution and rate of dust generated during grain elevator handling. *Applied Engineering in Agriculture* 25(4) : 533–541
198. Bor S. Luh(1991) : Rice production Vol 1. AVI Pub. New York
199. Bourne M.C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology* 32(7) : 62–66
200. Brabec, D., R. Maghirang, M. Casada and E. Haque. 2005. Characterization and modeling of a high–pressure water–fogging system for grain dust control. *American Society of Agricultural Engineers* ISSN 0001–2351 48(1) : 331–339
201. Broder, I., Hutcheon, P. Corey, F. Silverman, G. Davies, A. Leznoff, L. Peress and P. Thomas. 1979. Comparison of respiratory variables in grain elevator workers and civic outside workers of Thunder Bay, Canada. *The american review of respiratory disease* 119(2) : 193–203
202. Brook. R. C., F. W. Bakker–Arkema, 1977. Design of multi stage grain dryers using computer optimization. *ASAE Paper no.77–3529*
203. Brook. R. C., F. W. Bakker–Arkema, 1978. Simulation for design of commercial concurrent flow grain dryers, *Transactions of the ASAE* 978 : 981
204. Brook. R. C., F. W. Bakker–Arkema, Concurrent flow drying of food grains. *Agricultural engineering department Michigan State University*
205. Brusewitz, G. H. 1975. Density of Rewetted High Moisture Grains. *Transactions of the ASAE* 935–938
206. By Harold A. Kramer. 1951. Physical Dimensions of Rice. *AGRICULTURAL ENGINEERING* for October 544~545
207. Casem, E. O. 1987. Development work on threshing and grain–cleaning equipment at the International Rice Research Institute. *IRRI*
208. Chand, D. J., W. S. Han, D. H. Kim and S. H. Lee. 1999. Development of a Process for Clean Washed Rice Processing(I)–Mass Balance Analysis–. *Korean Society for Agricultural*

Machinery 24(4) 317–324

209. Chang, C. S. and C. R. Martin. 1983. Rheological properties of grain dust. Transaction of the ASAE 26(4) : 1249–1256
210. Chang, C. S. and C. R. Martin. 1984. Bulk density characteristics of grain dust. Transactions of the ASAE 27(3) : 898–902
211. Chang, C. S., F. S. Lai and B. S. Miller. 1980. Composting of grain dust. Transaction of the ASAE 23(3) : 709–711
212. Chang, C. S., H. H. Converse. and J. L. Steele. 1993. Modeling of temperature of grain during storage with aeration. Trans. ASAE
213. Choi, H. S., H. M. Park, S. G. Jeong, S. G. Hong, and D. H. Keum. Development of a Processing for System for Clean Washed Rice
214. Choi, H. W., H. J. Koo, C. T. Kim, S. Y. Hwang, D. S. Kim, S. W. Choi, N. Y. Hur and M. Y. Baik. 2005. Physicochemical properties of hydroxypropylated rice starches. Korean J. Food Technol 37 : 44–49
215. Chor, B. K., J. S. Kum, H. Y. Lee and J. D. Park. 2005. Quality characteristics of rice cake(Backsulki) according to milling type and particle size, Korean J Food Preserv 12(3) : 230–234
216. Christina C. David and Keiji Otsuka(1994) : Modern rice technology and income distribution in Asia. Lynne Rinner Pub., IRRI
217. Clementsin C.L., K.E. Ileleji, K. A. Rosentrater. 2010. Evaluation of measurement procedures used to determine the bulk density of distillers dried grains sith solubles(DDGS)
218. Dannt W., M. Leong and William W. Casady. 1994. Computer Image Analysis for Deerming Degree of Rice Milling. AN ASAE MEETING PRESENTATION No. 94–3505
219. Debandya Mohapatra, Satish Bal. 2007. Effect of degree of milling on specific energy consumption optical measurements and cooking quality of rice 120–125
220. Denver. 2002. Turbidity Studies at the National Water Quality Laboratory By M. Patricia Pavelich, Chemist, National Water Quality Laboratory CO80225–0046
221. Designrules for safety and sanitation of rice and wheat milling machinery. 2004. Japanese Industrial Standrad JISB9658
222. Digvir S. Jayas, D.G.White. 1992. Stored–Grain Ecosystems. Marcel Dekker Inc.
223. Dosman, J. D. Cotton, and B. Graham. 1981. Chronic bronchitis and decreased froced expiratory flow rates in lifetime nonsmoking grain workers. American College of Chest

Physicians 80(1) : 33

224. Dr, G.T., and Khush. 1985. Rice Research
225. Fan, J., T. J. Siebenmorgen, T. R. Gartman, and D. R. Gardisser. .1998. Bulk Density of Long and Medium Grain Rice Varieties as Affected by Harvest and Conditioned Moisture Contents
226. Frank, J. Z. 1935. Specific Gravity and Air Space of Grains and Seeds. Agricultural Engineering 16(11) : 439–440
227. Fuguo, J., J. Nan, and S. Bai. 2006. Study on the relationship between the moisture content of rice and milling characteristics. Journal of Northeast Agricultural University 37(5) : 665–668
228. Fukai, Y., T. Matsuzawa, and T. Ishotani. 1997. Quality Characteristics of Wash-free Rice and Evaluation of its Storage Characteristics. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 44(5) : 367–375
229. Gagelonia, W. S. 1978. Harvesting, Threshing and Cleaning of Palay. Grains J. 3(2) : 33–40
230. Gerald, C. and Zoerb. 1967. Instrumentation and Measurement Techniques for Determining Physical Properties of Farm Products. Transactions Of ASAE 100–113
231. Ghung, D. S., and H. Harry. 1971. Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Grains. Transactions of the ASAE 612–620
232. Giese, J. 1992. Advances in micro wave food processing. Food Technol 46 : 118–122. (Chicago)
233. Gipsa. 1996. Test Weight Per Bushel Apparatuses Equipment Handbook Chapter 5. United States Department of Agriculture
234. Grain Inspection Association. The Japan Society of mechanical Engineers. 67(3) : 28~30
235. Grochowicz, J. 1980. Machines for cleaning and sorting of seeds. National Technical Information Service (Springfield Virginia)
236. Harild A. and Kramer. 1951. Physical Dimensions of Rice. Agricultural Engineering for October 544–545.
237. Harryvan Ruiten. The Quality Of Paddy Related To Rice Milling.
238. Henderson, S. M. 1954. The causes and characteristics of rice cracking. Rice J. 57(5) : 16–18.
239. Hong, S. J., L. A. Duc, J. W. Han, H. Kim, Y. H. Kim, and D. H. Keum. 2008. Physical properties of Rapeseed(II). J. of Biosystems Eng. 33(3) : 173–178

240. Hu, H. X. 1989. Effect of Design Parameters on Cleaning Performance in an Oscillating Screen-Blower Cleaning Unit. Thesis M.S. University of the Philippines
241. Inoue, T. and H. Suzukl, 1986. Effects of storage period, milling degree of stored brown rice grains and soaking of milled rice grains on the properties of cooked rice grains. Science of Cookery 19 : 313 (Japan)
242. Izakov, F. and L. Gapparov, 1971. Cleaning and Grading Rice Grains in an Electric Field By Cornea Discharge. Mukomol No-Elevat 37(1) : 23-25
243. James, W. and O. Dell. 1993. Inorganic Chemistry Branch Chemmmistry Research Division. Determination of Turbidity by Nephelometry Environment Almonit Or Ingsys Tems laboratory Office Of Reserch and development U. S. Environment Alprotection Agency Cincinnati OHIO45268. 180.1-1-180.1-10
244. Jin, C. L., and G. H. Liu. 1984. Test and Research of Double-Channels Cleaning Apparatus for Rice and Wheat. Trans. Chin. Soc. Agric. Mach. 15(3) : 90-96
245. Jindal, V. K. and L. G. Obaldo. 1985. Quality effects of heat treatments on high moisture rice. ASAE 85-3010.
246. Jong Hoon Chung, Chong Ouk Rhee and Soo Nam Yoo. 2001. Simulation and Automation of a Rice Mill Plant Development of Alternative Models for Process Automation. Food Engineering Progress 5(2) : 77-85
247. Kawamura S. 1990. Rice milling, and quality and taste of milled rice(part2) Milling characteristics, Faculty of Agriculture. Hokkaido Univ 17(1) : 25-49
248. Kanemoto S. 2003. Development of New Rice Milling Technologies and Evaluation System.
249. Kawamura S. 2005. Rice Storage Techniques for Preserving high Quality. The Japan Society of mechanical Engineers 67(1)
250. Kim, Kee Jong, Ha Cheol Hong, Young Pyeong Jeong, Tae Young Kim, Jong Rok Son, Hung Goo Hwang, Hae Chune Choi and Young Kyoo Min. 2003. Milling Characteristics and Milled Rice Quality of Rice Varieties with Different Grain Size Shape. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol 46(1) : 46-49
251. Keum, D. H and H. Kim. 2000. Desorption equilibrium moisture content of rough rice, brown rice, white rice and rice hull. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery 25(1) : 47-54
252. Kim Man Soo, Koh Hak Kyun. 1981. Physical Properties of Grain. Korean Society for Agricultural Machinery

253. Kim Man Soo, Koh Hak Kyun. 1982. Thermal Conductivities of Grain. Korean Society for Agricultural Machinery
254. Kim Sam Do, Chung Chang Joo, Noh Sang Ha. 1982. Study on the Improvement of Milling Recovery and Performance(IV). Korean Society for Agricultural Machinery
255. Koide S. and Nishiyama Y. 2001. Studies on Abrasive Rice Milling(Part 2)—Milling Power Model and Milling Energy Model. The Japan Society of mechanical Engineers 63(6) : 63~67
256. KS. 1992. Whiteness of near-white opaque materials—Specifying method. KS. A0089
257. Kum, J. S. 2002. Current status and recent subject of rice products development in Korea. Abstract No. PL 9 presented at the 1st International Symposium and Expo on Rice, Chuncheon, Korea 109–119.
258. Kunze, O. R., and S. Prasad. 1978. Grain fissuring potentials in harvesting and drying of rice. Transactions of the ASAE 22(2) : 361–366
259. Kyeong Yeol Park, Chang Sung Kang, Young Cheol Cho, Yong Sun Lee, Young Hun Lee, and Young Sang Lee. 2004. Tocotrienol and Tocopherol Contents of Rice Bran by Milling Recovery. Korean J. Crop Sci. 49(6) : 468–471
260. Unnevehr L. J., B. O. Juliano, C. M. Perez and E. B. Marciano. 1985. Consumer demand for rice grain quality in thailand, indonesia, and the philippines. Irre arch paper series number 116
261. Lee, C. H., Y. J. Cho and M. S. Kim. 1990. Aerodynamic study on pneumatic separation of grains(II). J. of the KSAM 15(1) : 1–13
262. Lee, J. S., N. B. Park, Y. C. Song, O. K. Kwon, J. H. Lee, D. S. Park, D. Y. Kwak, W. G. Ha, B. G. Oh, A. R. Cheon, S. J. Yang, and S. C. Kim. Optimum Milling Degree for Increasing Taste of Cooked Rice
263. Lee Sung Bum , Chung Chang Joo and Noh Sang Ha. 1983. Study on the Improvement of Milling Recovery and Performance(V). Korean Society for Agricultural Machinery
264. Liu H., Watanabe K. and Tojo S. 2002. Correlations between quality and proportional extent of milling in optical images of rice stained using the NMG method. The Japan Society of mechanical Engineers 64(6) : 111–117
265. Liu H., Watanabe K., Tojo S., Sugiyama T. and Makino E. 2002. A study on the effect of storage conditions upon rice quality(Part 1)—Change in quality of milled rice during storage. The Japan Society of mechanical Engineers 64(1) : 52–60
266. Lloyd, B. J., A. G. Cnossen and T. J. Siebenmorgen. 2000. Evaluation of two methods for separating head rice from brokens for head rice yield determination. AN ASAE MEETING

267. Makino E., Sugiyama T., Ichikawa T. and Seki e. 2005. Studies on Rice Quality in Japan(Part 1)–Distribution of The Palatability Evaluation Values and Physicochemical Properties from 1994 to 1999. The Japan Society of mechanical Engineers 67(4) : 157–165
268. Manski, J. M., A. L. Matsler, and T. J. Siebenmorgen. 2004. Influence of storing rough rice with high moisture content on subsequent drying characteristics and milling quality. Cereal Chemistry 82(2) : 204–208
269. Martin, C. R. 1981. Characterization of grain dust properties. Transactions of the ASABE 24(3) : 738–742
270. Martin, C. R. and D. B. Sauer. 1976. Physical and biological characteristics of grain dust. Transaction of the ASAE 19(4) : 720–723
271. Martin, C. R. and L. E. Stephens. 1977. Broken corn and dust generated during repeated handling. Transactions of the ASABE 20(1) : 168–171
272. Masak Lkuda, Isao Aramaki, Takuya Koseki, Naoyoshi Inouchi and Katsumi Hashizume. 2006. Structural and Retrogradation Properties of Rice Endosperm Starch Affect Enzyme Digestibility of Steamed Milled–Rice Grains Used in Sake Production. Cereal Chem 82(2) : 143–151
273. Masami Matusui, Eiji Inoue, Tomoko Kuwano and Ken Mori. 2004. Study on the Flying Paddy Acting the Cleaning Wind(Part I). Journal of JSAM 66(1) : 43–48
274. Masami Matusui, Eiji Inoue, Tomoko Kuwano and Ken Mori. 2004. Study on the Flying Paddy Acting the Cleaning Wind(Part II). Journal of JSAM 66(1) : 49–54
275. Md. Rahidul Alam Mondal and Akira Akase. 2002. Separating Characteristics of the Down–flow Vertical Rotating Screen Separator for Brown Rice Separation. Journal of JSAM 64(6) : 118–127
276. MD. Shams–ud–din and K. R. bhatacharya. 1978. On the meaning of the degree of milling of rice. J. Fd echnol 13 : 99–105
277. Mesaki T., Satake T., Fukumori T. and Ikeda Y. 2005. A Basic Study on the Absorption and Migration of Water in Rice Kernerls(Part1)–Observation of Water Absorption Utilizing Ice Crystallization by Liquid Nitrogen Freezing Technique. The Japan Society of mechanical Engineers 67(5) : 61–71
278. Miller, M. S. LEE, Y. Pomeranz and R. Rousser. 1979. A Rapid, objective Method to Measure the Degree of Milling of Rice. Cereal Chem 56(3) : 172–180
279. Moira, C. Y. M., R. Wong and L. Mclean. 1979. Respiratory abnormalities among grain

- elevator workers. American College of Chest Physicians 75(4) : 461–467
280. Moira, C. Y., A. Enarson and S. M. Kennedy. 1992. The impact of grain dust on respiratory health. The american review of respiratory disease 145(2) : 476–487
281. Moreno–Martínez, E., A. Rivera, and M. Vázquez Badillo. 1998. Effect of fungi and fungicides on the preservation of wheat seed stored with high and low moisture content. Journal of Stored Products Research 34(4) : 231–236
282. Mukai T. 1998. New Technology in Rice Mill Plant. The Japan Society of mechanical Engineers 60(1)
283. Murata, S., F. Tanaka., J. Tokunaga., S. Koide. and K. S. P. Amaratunga. 1996. Study on sorption of grain kernels while soaking in water. J. of the Japanese Society of Agricultural Machinery 58(2) : 19–24(In Japanese)
284. N.T.W. Cooper, T. J. Siebenmorgen, P.A. Counce, J.–F. Meullenet. 2006. Explaining Rice Milling Quality Variation Using Historical Weather Data Analysis. Cereal Chem. 83(4): 447–450
285. Narpinder Singh, Hardeep Singh, Kulwinder Kaur, Mandeep singh Bakshi. 2000. Relationship between the degree of milling, ash distribution pattern and conductivity in brown rice. Food Chemistry 69 : 147–151
286. National food authority. 1998. Primer on philippine grains standardization program.
287. Ninian M. F. Lai, Shin Lu, Wen Hsien He, Hua Han Chen. 2006. Non–starch polysaccharid ecompositions of rice grains with respect to rice variety and degree of milling. Food Chemistry 101 : 1205–1210
288. Noorlidah Abdullah, A. Nawawi, I. Othman. 2000. Fungal spoilage of starch–based foods in relation to its water activity(aw). Journal of Stored Products Research 36 : 47–54
289. Owusu–Ansah,J., F. R. Van de Voort and D. W. Stanley. 1982. Determination of starch gelatinization by X–ray diffractometry. Cereal Chem 59 : 167–171
290. Pakorn Luangmalawat, Somkiat Prachayaxarakorn, Adisak Nathakaranakule and Somchart Sophonronarit. 2007. Effect of temperature on drying characteristics and quality of cooked rice, Food Sci. Technol 10 : 10–16
291. Pandey J. P. et al. 1990. Modelling of bran removal and whiteness of milled rice. J. Food Technol. 27(5) : 256–259
292. Pandey, J. P. And P. C. Sah. 1990. Modelling of Bran Removal and Whieness of Millde Rice. J. Fd. Sci. Technol 27(5) : 256–259

293. Pandey, J. P. and L. Velupillai. 1987. Color And Bran Removal In Rice Processing I
294. Park Joon Gul, Chung Chang Joo and Noh Sang Ha. 1982. Study on the Improvement of Milling Recovery and Performance(II). Korean Society for Agricultural Machinery
295. Park, S. J., M. H. Kim and H. M. Shin. 2005. Physical properties of rice husk. J. of Biosystems Eng. 30(4) : 229–234(In Korean)
296. Parnell, Jr., C. B., D. D. Jones, R. D. Rutherford and K. J. Goforth. 1986. Physical properties of five grain dust. Environmental health perspectives 66 : 183–188
297. Perdon, A. A., T. J. Siebemorger, A. Mauromoustakos, V. K. Griffin and E. R. Johnson. 2001. Degree of Milling Effects on Rice Pasting Properties. Cereal Chem. 78(2) : 205–209
298. Thompson, R. A and G. W. Isaacs. 1967. Porosity Determinations of Grains and Seeds with an Air–Comparison Pycnometer. Transactions of the ASAE 693–696
299. Bakker, R. R., E.A. Jarcia, M. C. E.Jawili, R. D. Billate and I. R. Barredo. 2001. Assessment of milled rice quality in the philippine retail market. .
300. Rajendran, N and J. D. Stockham. 1985. Grain dust measurement techniques—an evaluation. Transaction of the ASAE 28(6) : 2030–2036
301. Reid, J. D., T. J. Siebenmorger, A. Mauronmoustakos. 1998. Factors Affecting the Slope of Head Rice Yield vs Degree of Milling. Cereal Chem 75(5) : 738–741
302. Rhind, O. and U.Tin. 1933. The effect of temperature on the break age of rice in milling. Indian J.Agric. Sci. 3 : 658
303. Ritsuya yamashita. 1993. New technology in grain post harvesting. Profssor emeritus of Kyoto University , Professor of Kinki University. LAE No. 93–02(KINKI UNIV.)
304. Roger A. Aspiras. The relationship between quality and price in philippine wholesale rice.
305. S. Barber and C. benedito de baeber. Outlook for rice milling quality evaluation systems. 209–221
306. S. Kawamura. 1991. Rice milling and the quality and taste of milled rice, part4 Optimum technique for milling and optimum brown rice condition before miling. Department of Agricultural Process Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan 17(4) : 517–530
307. S. S. Kao. Factors affecting abundance of insects.
308. S. S. Kim, S.E. Lee and O.W. Kim. 2000. Physical characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice. Cereal Chem. 77(3) : 376–379



309. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. 1990. Statistical Analysis Systems Institute. Cary, NC, USA
310. Satake T. Fukumori T., Liu H., kawano M. and Sasaki Y. 2004. Development of Processing Technology for Highly Function Rice (Part 1)—The Effect of Soaking Conditions of Brown on Formation of GABA Component. The Japan Society of mechanical Engineers 66(1) : 115–121
311. Satake T., Fucumori T., Liu H., Kawano M. and Sasaki Y. 2004. Development of Processing Technology for Highly Function Rice(Part2)—Effect of Soaking Condition for Germ-Retained Rice on GABAF or mation. The Japan Society of mechanical Engineers 66(3) : 91–97
312. Satake T., Fukumori T., Liu H., Mesaki T., Kawano M., Sasaki Y. and Ishiwata K. 2004. Development of Processing Technology for highly Functional Rice (Part3)—GABAF or mation in Brown Rice by micro-hydration. The Japan Society of mechanical Engineers 66(5) : 117–124
313. Sauer, D. B. 1992. Storage of cereal grains and their products. P274, A.A.C.C., Inc. Minnesota U.S.A. 36(2) : 509–519
314. Schumidt. J. L. and Emil H. Jebe. 1959. The effect of artificial drying on the yield of head rice and the germination of rice. Transactions of the ASAE 26 : 29
315. Seno, T. 1985. Generation of grain dust from rough rice(1). Department of agricultural machinery. Iwate University 11–18 (In Japanese)
316. Seno, T. 1986. Generation of grain dust from rough rice(2). Department of agricultural machinery. Iwate University 5–10 (In Japanese)
317. Shams–ud–din and K. R. Bhattacharya. 1978. On the meaning of the degree of milling of rice. J. Fd Technol 13 : 99–105
318. Shen, D.C. 1991. Test Research of the Cleaning Apparatus with a Centrifugal Fan and Double Channel. Trans. Chin. Soc. Agric. Mach 22(4) : 38–45
319. Siming Zhao, Shanbai Xiong, Chengguang Qiu and Yongliang Xu. 2007. Effect of microwaves on rice quality. J. Stored Prod. Res 43 : 496–502
320. Song, D. B., S. T. Kim and K. Y. Han. 2003. Performance Evaluation of a continuous type Brown Rice conditioner with a milled rice recovery comparison. Korean Society for Agricultural Machinery 28(2) : 137–142
321. Sugunya Wongpornchai, Kanchana Dumri, Sakda Jongkaewwattana and Boonmee Siri. 2004. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. Food Chemistry 87 : 407–414

322. Sun, H., T. J. Siebenmorgen. Milling Characteristics of Various Rough Rice Kernel Thickness Fraction. *Cereal Chem* 70(6) : 727–733
323. Sung Ran Kim, Ji Yun Ahn, Hyun Yu Lee and Tae Youl Ha. 2004. Various Properties and Phenolic Acid Contents of Rice sand Rice Brans with Different Milling Fractions. *Korean Journal of Food Science and Technology* 36(6) : 930–936
324. Suzuki m., Sakaguchi E., kawakami S. and Tamaki K. 2002. Discrete Element Simulation of Shaking Separation of Paddy and Brown Rice—Effectiveness of Elliptical Element model. *The Japan Society of mechanical Engineers* 64(3) : 94–100
325. Suzuki M., Sakaguchi E., Kawakami S., Fukumori T., Matsushima H. and Niihata S. 2006. Discrete Element Simulation of Abrasive Type Rice Milling.—Effect of Operational Conditions on milling Conditions. *The Japan Society of mechanical Engineers* 68(2) : 63–68
326. T. Genkawa, T. Uchino, A. Inoue, F. Tanaka and D. Hamanaka. 2008. Development of a low-moisture-content storage system for brown rice : Storability at decreased moisture contents. *Biosystems Engineering* 99 : 515–522
327. T. J. Siebenmorgen and V. K. Bhumbla. 1994. NMR Study of Rough Rice Water Mobility During Drying. An ASAE Meeting Presentation No. 946568
328. T. Morita and R. Paul Singh. 1979. Physical and Thermal Properties of Short-Grain Rough Rice. *Transactions of the ASAE* 630–636
329. T.J. Siebenmorgen, A.L.Matsler and C.F.Earp. 2006. Milling Characteristics of Rice Cultivars and Hybrids. *Cereal Chem* 83(2) : 169–172T
330. Takekura K. 2005. Sorting Techniques for Processing high-Quality Rice. *The Japan Society of mechanical Engineers* 67(1)
331. Takekura K., kawamura S. and itoh K. 2004. Preserving Quality of Rough Rice Stored for Long Period by Super-low-temperature Storage. *The Japan Society of mechanical Engineers* 66(6) : 51–59
332. Takekura K., Kawamura S., Takenaka H. and Itoh K. 2004. Development of Technology for Sorting Brown Rice by Combined Use of Thickness Grader and Color Sorter. *The Japan Society of mechanical Engineers* 66(5): 135–141
333. Takekura Kazuhiro, Kawamura Shuso, Itoh Kazuhiko. 2003. Development of Techniques for Storing Rough Rice in Cold Regions(Part 1)—Storage of Rough Rice at Country Elevator whit Natural Heat Radiation in Winter. *The Japan society of Mechanical engineers* 65(4) : 57–64
334. Takekura Kazuhiro, Kawamura Shuso, Itoh Kazuhiko. 2003. Development of Techniques for

- Storing Rough Rice in Cold Regions(Part 2)–Super–low–temperature Storage at Country Elevator by Aeration with Fresh Chilly Air in Winter. The Japan society of Mechanical engineers 65(4) : 65–70
335. Takekura Kazuhiro, Kawamura Shuso, Itoh Kazuhiko. 2003. Development of Techniques for Storing Rough Rice in Cold Regions(Part 3)–Quality characteristics of Rough Rice Stored at Country Elcvator. The Japan society of Mechanical engineers 65(5) : 40–47
336. Takekura Kazuhiro, Kawamura Shuso, Itoh Kazuhiko. 2003. Development of Techniques for Storing Rough Rice in Cold Regions(Part 4) The Japan society of Mechanical engineers. –Effect of Difference in Grain Temperatures during Storage in Rice Quality. The Japan society of Mechanical engineers 65(5) : 48–54
337. Takekura Kazuhiro, Kawamura Shuso, Itoh Kazuhiko. 2004. Influence of Difference in Hilling System on Quality of Brown Rice after Storage. The Japan society of Mechanical engineers. 66(3) : 51–58
338. Takekura Kazuhiro, Kawamura Shuso, Takenaka Hideyuki, Itoh Kazuhiko. 2004. Development of Techniques for Storing Brown Rice by Combined Use of Thickness Gradet and Color Sorter. The Japan society of Mechanical engineers 66(5) : 135– 141
339. Takekura Kazuhiro. 2005. Sorting Techniques for Processing High–Quality Rice. The Japan society of Mechanical engineers 67(1)
340. Terms defined. 1968. U.S Standards for Rough Rice Brown Rice Milled Rice
341. Terry J. Siebenmorgen, Paul A. Counce, Renfu Lu, Michael F. and Kocher. 1991. Correlation of Head Rice Yield to Individual Kernel Moisture Content. An ASAE Meeting Presentation No. 91–6060
342. The Food Agency of Japan. 1995. Rice post–harvest technology
343. The Japan Society of mechanical Engineers 2005. 67(4)
344. Thilakarathna B. Adhikarinayake, Keerthi B. Palipane, and Joachim Müller. 2006. Quality change and mass loss of paddy during airtight storage in a ferro–cement bin in Sri Lanka. Journal of Stored Products Research 42 : 377–390
345. Tomlins, K. I., J. T. Manful, P. Larwer, and L. Hammond. 2005. Urban consumer preference and sensory evaluation of locally produced and imported rice in West Africa. Food Quality pref. (16) : 79–89
346. Velupillai L. and Pandey J. P. 1989. Colour and bran removal in rice processing. ASAE Paper No. 87–6042.

347. W. K. Bilanski and R.K. Varma. 1976. Effect of Bulk Density and Moisture Tension on Corn Shoot Growth. *Transacion of the ASAE* 337–340
348. Wadsworth, J. I., D. J. Sequeira, L. Velupillai, and L. R. Verma. 1991. Rice Degree Of Milling Measured By Nir. *An ASAE Meeting Presenation* 91 : 6030
349. Walker. L. P. and F. W. Bakker–Arkema. 1981. Energy efficiency in concurrent flow rice drying. *Transactions of the ASAE* 1352 : 1356
350. Water quality–Determination of turbidity. 2000. Japanese Industrial Standard JIS K 00400–9–10(ISO 7027)
351. Wratten, F. T., W. D. Poole, J. L. Chesness, S. Bal and V. Ramarao. 1969. Physical and Thermal Properties of Rough Rice. *Transactions of the ASAE* 801–803
352. Yan, Y. and J. H. Chung. 2004. Development of an Internet–based Monitoring System of a Rice Processing Complex. *J. of Biosystems Engr.* 29(3) : 243–250
353. Yadav, B. K. and V. K. Jindal. 2001. Monitoring milling quality of rice by image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture* 33 : 19–33
354. Yamaguchi K. 2005. Extremely Low Paddy Moisture to Milling Process. *The Japan Society of mechanical Engineers* 67(5) : 128–132
355. Yamashita R. 1993. New technology in grain post–harvesting. *Farm Machinery Industrial Research Corp.*
356. Yanagihara Tetsuji. 2000. Measurement of the Visuual Characteristics of Cooked Rice Using Image Analusis. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 47(7) : 516–522
357. Yanase H., Ohtsubo K., Ishima T. and Sagawa H. 1985. Relation between Rice milling Methods and Palatability of Cooked Rice(Part 2)—Relation between quality of milled rice and sensory evaluation of cooked rice. *Rept. Natl. Food Res. Inst.* (47) : 1–10
358. Yanase Hajime and Ohtsubo Kenichi. 1986. Relation between Rice Milling Methods and palatability of Cooked Rice Part3. Milling and Cooking qualities of brown rice with a low moisture content. *Rept. Natl. Food Res. Inst.* (49) : 1–5
359. Yanase H. and Ohtsubo K. 1985. Relation between Rice Milling Method sand Palatability of Cooked Rice(Part1)—Relation between the quality and physico-chemical properties of milledrice and textural parameters of cooked rice. *Rept. Natl. FoodRes. Inst.* (40) : 148–161
360. Yokoe M., Kawamura S., HimotoJ. and ItohK. 2005. Quality Characteristics and Storage Properties of Rinse-FreeRice(part2)—Quality Characteristics and Storage Properties of Rinse-Free Rice with high Milling Yield. *The Japan Society of mechanical Engineers* 67(4) :

361. Yokoe Mio, Kawamura Shuso, Himoto Jun-ichi and Itoh Kazuhiko. 2005. Quality Characteristics and Storage Properties of Rinse-Free Rice(Part-1)-Quality Characteristics and Storage Properties of Conventional Milled Rice and Rinse-Free Rice Processed by Different Methods. The Japan society of Mechanical engineers 67(4) : 113-120
362. Yubin Lan, Otto R. and Kunze. 1992. Fissures Related to Stress Distributions in Milled Rice. An ASAE Meeting Presentation No. 92-6553
363. Yuji Katsuragi. 2003. Prewashed Rice-Producing technology and its perspective 농업시설 34(2) 63-71
364. Zenaida F. Toquero and Bart Duff. 1977. Survey of Rice Milling and Processing Practices Among Rice Millers in Central Luzon NO.77-15
365. 伊藤元久 and 石原敬也. 2005. Information Service System of rice by Japan. The Japan Society of mechanical Engineers 67(3) : 28-30

## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.