

T0024790

최	종
연구보고서	

**굴 폐각 재활용을 위한 이물질 제거  
시스템 개발**  
**Development of the System for Eliminating  
Undesirable Matters from Oyster Shell**

**경상대학교**

**해양수산부**

# 제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “굴 패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템 개발”  
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 8월 8일

주관연구기관명 : 경상대학교

주관연구책임자 : 정 용 길

연 구 원 : 정 우 건

연 구 원 : 권 중 현

연 구 원 : 김 무 찬

연 구 원 : 이 창 응

연 구 원 : 배 재 호

연 구 원 : 김 균 섭

연 구 원 : 김 종 현

연 구 원 : 조 홍 수

연 구 원 : 송 건

연 구 원 : 박 종 진

영민금형공업사 : 이 용 원

영민금형공업사 : 홍 중 수

금 광 그 린 : 김 정 대

금 광 그 린 : 김 정 렬

# 요 약 문

## I. 제 목

굴 폐각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 목적

굴 폐각으로부터 코팅사를 완전히 제거할 수 있는 굴 폐각 코팅사 제거장치, 굴 폐각 부착 해양생물 세척장치 및 굴 폐각 염분 제거장치로 구성된 효율적인 굴 폐각 이물질 제거시스템을 개발한다.

### 2. 필요성

(가) 우리나라 굴 수하식 양식장에서는 연간 약 28만여톤의 굴 폐각이 가공 부산물로 양산되고 있으며, 이 중 약 18만톤은 채묘기, 폐화석 비료 등으로 재활용되고 있으나, 약 10만여톤의 미처리된 굴 폐각은 양식장 또는 가공시설 주변에 방치되고 있어 많은 환경, 위생문제를 야기하고 있는 실정이다.

(나) 굴 폐각은 탄산칼슘이 93.68%로 구성되어 산성토양 중화용 비료, 양계용 사료, 식품 첨가물 등으로 개발되어 10여개의 굴 폐각 재활용 업체에서 생산하고 있으며, 굴 폐각 연간처리능력이 12만톤 이상이다. 그러나 굴 폐각에 부착된 코팅사 제거, 굴폐각에 부착된 해양생물 제거 및 굴 폐각 염분 제거 등 굴 폐각에 섞여있는 이물질 제거 과정이 부실하여 양질의 굴 폐각제품의 생산이 어려운 실정이며, 현재의 연간처리량은 약 4만톤 수준이다.

(다) 굴 폐각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템에서 가장 중요한 부분은 굴 폐각에 섞여있는 코팅사를 제거하는 공정이다.

(라) 따라서 굴 패각으로부터 코팅사를 완벽하게 제거할 수 있는 굴 패각 코팅사 제거장치와 굴 패각에 부착되어 심한 악취를 유발시키는 부착생물을 세척하여 제거할 수 있는 굴패각 부착생물 세척장치 및 굴 패각의 염분을 제거할 수 있는 굴 패각 염분 제거장치의 개발이 필요하다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

- 굴 패각 코팅사 제거장치의 설계 및 시제품 제작
- 굴 패각 부착생물 세척장치의 설계 및 시제품 제작
- 굴 패각 염분 제거장치의 설계 및 시제품 제작
- 굴 패각 코팅사 제거장치 시제품의 성능시험
- 굴 패각 염분 제거장치 시제품의 성능시험
- 굴 패각 부착생물 세척장치 시제품의 성능시험
- 굴 패각 재활용을 위한 이물질 제거시스템 시제품의 성능시험

### Ⅳ. 연구개발 결과

#### 1. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치 개발

이 연구에서는 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치를 개발하고, 코팅사 등 이물질이 포함된 굴 패각으로부터 코팅사 등 이물질의 분리성능을 시험하였다. 굴 패각의 1차 분리량은 1차분리통에서 분리된 굴 패각이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 62%가 분리되었으며, 코팅사 제거율은 100%이다. 굴 패각의 2차 분리량은 2차분리통에서 분리된 굴 패각이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 29%가 분리되었으며, 코팅사 제거율은 100%이다. 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각의 분리량은 2차분리통 출구로 배출된 다량의 코팅사 등 이물질과 입자가 큰 굴 패각이 혼합된 상태이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 9%를 차지한다. 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 9%를 차지하는 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각에는 다량의 코팅사 등 이물질과 입자가 큰 굴 패각으로 구성되어 있기 때문에 손쉽게 코팅

사 등 이물질을 100% 제거할 수 있다.

## 2. 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치 개발

이 연구에서는 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치를 개발하고, 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만을 뽑아내는 분리성능을 시험하였다.

코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만을 뽑아내는 굴 패각 코팅사 제거장치의 성능시험 결과 이 장치의 코팅사 제거성능이 우수함을 확인하였다. 이 장치를 활용하면 박신장에서 처리하는 굴 패각 중에서 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리의 양은 많지 않기 때문에 박신장에서 손쉽게 굴 패각으로부터 코팅사를 완전하게 제거할 수 있다.

## 3. 굴 패각 부착생물 세척장치 개발

이 연구에서는 굴 수하연에 부착된 해양생물을 세척할 수 있는 굴 패각 부착생물 세척 장치를 개발하고, 회전식 노즐장치로부터 분출되는 분무수의 분출성능을 시험하였다.

성능시험 결과 이 장치의 회전식 노즐장치로부터 분출되는 분무수의 분출성능이 우수함을 확인하였으며, 고압 분무수의 분출용량은 12톤/시간이다. 이 연구에서 개발한 굴 패각 부착생물 세척장치를 사용하면 굴 양식장에서 굴 패각에 부착되어 있는 해양생물을 완전하게 제거할 수 있다.

## 4. 굴 패각 염분 제거장치 개발

이 연구에서는 굴 패각 염분 제거장치를 개발하고, 회전식 연소실에서 구워낸 굴 패각의 염분 및 해양유기물 제거성능을 시험하였다.

성능시험결과 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물의 제거성능이 우수함을 확인하였다. 또한 굴 패각의 염분제거성능은 연소실의 온도가 상승 할수록 증가됨을 알 수 있었다. 연소실 온도가 250℃인 A유형으로 구워낸 굴 패각 1개(무게 약 25g)의 용출되는 염분농도는 0.25 %이다. 이 연구에서 개발한 굴

폐각 염분 제거장치를 사용하면 굴 폐각의 염분도 제거하고, 굴 폐각 표면에 딱딱하게 붙어있는 해양유기물도 제거하고, 굴 폐각을 건조 시킬 수 있다.

## V. 연구개발 결과의 활용계획

이 연구에서 개발한 재활용업체용 굴 폐각 코팅사 제거장치 및 박신장용 굴 폐각 코팅사 제거장치를 남해안지역에 산재한 굴 폐각 재활용업체 10여 업체와 300여 박신업체에 홍보하여 판매토록 한다. 굴 수하연에 부착된 해양생물을 세척할 수 있는 굴 폐각 부착생물 세척 장치는 통영지역에 산재한 굴 양식장에 홍보하여 판매하고, 이 장치를 해상가두리양식장의 가두리 그물 세척 장치로 활용하는 등 수산관련 각종 양식장에서 아주 큰 애로사항인 부착생물 제거에 활용할 수 있는 장치로 업그레이드 시켜 상품화한다.

# SUMMARY

## I. Subject

Development of the System for Eliminating Undesirable Matters from Oyster Shell

## II. Objective and necessity of the research and development

### 1. Objective

This research aims for developing an effective system which consists of three-parts; First part of the system is removing coating ropes from oyster shells, Second part of the system is washing out marine organisms on oyster shells, Third part of the system is removing salinity in oyster shells.

### 2. Necessity

All of the Korean oyster cultivating farm have made 280,000 ton of oyster shells annually. Among those amount, About 180,000 ton of oyster shells are recycled as a Oyster shell fertilizer, a plate attaching oyster larva, etc. But the other 100,000 ton of oyster shells cause environmental pollutions and bad sanitary condition problems at near oyster cultivating farm and processing facilities of oyster in actuality.

Oyster shells which is composed by calcium carbonate of 93.68% were developed as a counteractive fertilizer for acidic soil, a feed-stuff for poultry, a food additive. About ten Oyster recycling companies produce

those items so they can dispose 120,000 ton of Oyster shells for a year. But it is hard to produce Oyster shell item of good quality and they can actually dispose only 40,000 ton of Oyster shell, because the process removing attached foreign things which are coating ropes, marine lives and organisms, salinity, etc from oyster shells is incomplete.

The most important thing in this removing system for recycling oyster shells is the process to remove a coating rope at oyster shell.

So it is necessary to develop three systems as follow ; the system removing coating rope perfectly, the system removing and cleaning marine organisms at oyster shell which cause bad smell, the system removing salinity at oyster shell.

### III. Contents and Scope of the research and development

- Design coating rope removing system and make trial product.
- Design the washing machine of oyster shells and make a trial product.
- Design the removing machine of salinity on oyster shells and make a trial product.
- Test a performance of coating rope removing system.
- Test a performance of the washing machine of oyster shells
- Test a performance of the removing machine of salinity on oyster shells.
- Test a performance of the system of removing foreign things for recycling oyster shells's trial product

#### IV. Results of the research and development

##### 1. The Development of a removing Equipment for a recycling company

This research's purpose were development of equipment which remove coating rope, and a performance test of separation of foreign things; coating ropes, marine lives and organisms from original Oyster shells. A firstly separated quantity of recycled oyster shells was separated from the first drum. It was 62 percent of all of original oyster shells and didn't contain coating ropes. A secondly separated quantity of recycled oyster shells was separated from the second drum. It is 29 percent of all of original oyster shells and didn't contain coating ropes. A finally separated quantity of recycled oyster shells went out of a last exit of the second drum. It contained coating ropes and big pieces of a oyster shell together. It is 9 percent of all of original oyster shells. This result shows that a person who work in recycling companies can separate coating rope, foreign things easily and completely.

##### 2. The Development of a removing Equipment for a workshop of shelled Oysters

This research's purpose were a development of equipment which remove oyster shells and a performance test of the equipment separating coating ropes from oyster shells. The result of a performance test showed that the equipment was great in removing coating ropes from a lump of oyster shells with coating ropes connection. It is easier than other machines which are used in recycling companies. If the equipment is utilized in a workshop of shelled oysters, it will perfectly and easily

remove coating ropes from original oyster shells at a workshop of shelled oysters, because there are not many lumps of oyster shells with coating ropes connection .

### 3. The Development of a washing machine on oyster shells

This research's purpose were development of a machine for cleaning of marine lives and organisms on original oyster shells and a performance test of checking the machine to spurt water from a rotational nozzle. The result of a performance test showed that a spout of the Nozzle was excellent in cleaning. The capacity of high pressure spouting was 12 ton per an hour. It will remove marine lives and organisms on original oyster shells perfectly if the washing machine is used at workshops.

### 4. The Development of a machine for removing salinity

This research developed a machine of removing salinity in oyster shells and had a performance test of removing salinity and marine organism from original oyster shells with being burnt by rotative burning drum. The result of a performance test of the burned oyster shells showed excellence for removing salinity and marine organisms from the original oyster shells. When a inside of the rotational burning drum was getting hotter, a rate of removing salinity also increased. One of oyster shells which was burned at 250°C as type-A had 0.25 percent of a salt concentration. This machine which was developed in this research will be good at removing a humidity, a salinity and marine organisms in oyster shells.

## V. Application of the research and development.

Among the developments in this research, coating rope removing system for recycling companies and workshops are going to be informed and sold to employers of recycling company and workshop which are on the southern coast in Korea. There are 10 recycling companies and 300 workshops of shelled oysters. The washing machine which remove marine lives and organisms at a holding rope of oyster shells will be informed and sold to oyster farms in Tongyeong. The washing machine is going to be improved and commercialized for washing a fishing net in aquaculture of every kind.

# CONTENTS

## CHAPTER I Abstract of Research and Development Subject

1. Purpose of Research and Development
2. Necessity of Research and Development
  - 1) Phase of Economic and Industry
  - 2) Phase of Technique
3. Extent of Research and Development

## CHAPTER II Current Domestic and Foreign Technology Development and Technical Information

1. Current Domestic and Foreign Technology Development
  - 1) Summary
  - 2) Phase of Recycling about Fertilizer and Feed
  - 3) Phase of Recycling about Construction Material
  - 4) Recycled Case of Oyster Shells at Environment Engineering
  - 5) Recycled Case of Food
2. Currently Position of Research's Results in Being Research
  - 1) Currently Position in Recycling of Fertilizer Section
  - 2) Currently Position in Recycling of Construction Material
  - 3) Currently Position in Recycling of Environment Engineering
  - 4) Currently Position in Using of Oyster Shells on Food Research

## CHAPTER III Result and Achievement of Research and Development

1. Transfer and Problem of Recycling on Oyster Shells
  - 1) Problem of Gathering Oyster in an Oyster Farm
  - 2) Problem of Removing Coating Ropes in Workshop of Shelled Oysters

- 3) Problem of Removing Coating Ropes in Recycling Company of Oyster Shells
2. Design and Production of Removing Foreign Things in Oyster Shells
    - 1) Design and Production of a Removing Equipment for a Recycling Company
    - 2) Design and Production of an Equipment for a Workshop of Shelled Oysters
    - 3) Design and Production of a Washing Machine on Oyster Shells
    - 4) Design and Production of a Machine for Removing Salinity
  3. Result and Consideration
    - 1) Performance Test of a Removing Equipment for a Recycling Company
    - 2) Performance Test of an Equipment for a Workshop of Shelled Oysters
    - 3) Performance Test of a Washing Machine on Oyster Shells
    - 4) Performance Test of a Machine for Removing Salinity
    - 5) Summary of Research Results
  4. Achievement Degree of Research and Development & Contribution Degree on Sphere of Relation.
    - 1) Achievement Degree of Research and Development
    - 2) Contribution Degree on Sphere of Relation

## CHAPTER V Application Plan of Result in Research and Development

1. Plan for Businessnization
2. Necessity of Supplement Research

## CHAPTER VI Reference

# 목 차

제 1장	연구개발과제의 개요 .....	15
제1절	연구개발의 목적 .....	15
제2절	연구개발의 필요성 .....	15
1.	경제·산업적 측면 .....	15
2.	기술적 측면 .....	16
제3절	연구개발의 범위 .....	18
제2장	국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보 .....	19
제1절	국내외 관련분야에 대한 기술개발 현황 .....	19
1.	개요 .....	19
2.	폐화석 비료 및 사료로의 재활용 부문 .....	20
3.	건설재료의 재활용 부문 .....	21
4.	굴 폐각의 환경공학적 재활용 사례 .....	23
5.	식품으로의 재활용 부문 .....	23
제2절	연구결과가 기술개발현황에서 차지하는 위치 .....	24
1.	폐화석 비료의 재활용 분야에서 차지하는 위치 .....	24
2.	건설 재료의 재활용 분야에서 차지하는 위치 .....	24
3.	환경적 재활용 분야에서 차지하는 위치 .....	25
4.	굴 폐각을 이용한 식품 연구분야에서 차지하는 위치 .....	25
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과 .....	26
제1절	굴 폐각의 이동경로 및 재활용시의 문제점 .....	26
1.	굴 양식장의 굴 채취과정에서의 문제점 .....	26
2.	굴 박신장에서 코팅사 제거장치에서의 문제점 .....	26
3.	굴 폐각 재활용 업체에서 코팅사 제거과정의 문제점 .....	29

제2절 굴 패각 이물질 제거장치 설계 및 제작 .....	32
1. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치 설계 및 제작 .....	32
2. 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치 설계 및 제작 .....	47
3. 굴 패각 부착생물 세척장치 설계 및 제작 .....	52
4. 굴 패각 염분 제거장치 설계 및 제작 .....	58
제3절 결과 및 고찰 .....	61
1. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치 성능시험 .....	61
2. 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치 성능시험 .....	74
3. 굴 패각 부착생물 세척장치 성능시험 .....	78
4. 굴 패각 염분 제거장치 성능시험 .....	80
5. 연구결과 요약 .....	84
제 4 장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	86
제1절 연구개발목표의 달성도 .....	86
1. 최종 목표 .....	86
2. 연구개발의 목표 및 달성도 .....	86
제2절 관련분야 기술발전예의 기여도 .....	90
제 5 장 연구개발결과의 활용계획 .....	91
제1절 기업화 추진방안 .....	91
제2절 추가 연구의 필요성 .....	92
제 6 장 참고문헌 .....	93
별    첨    자체평가의견서	

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제1절 연구개발의 목적

굴 패각으로부터 코팅사를 완전히 제거할 수 있는 굴 패각 코팅사 제거장치, 굴 패각 부착 해양생물 세척장치 및 굴 패각 염분 제거장치로 구성된 효율적인 굴 패각 이물질 제거시스템을 개발한다.

## 제2절 연구개발의 필요성

### 1. 경제·산업적 측면

가) 우리나라 굴 산업은 1960년대 국가적인 어업인 소득증대사업과 국가 경제개발 사업의 일환으로 대규모 정부투자제 힘입어 발전하였다. 특히 1973년 한·미 패류 위생협정체결로 남해안 일대가 FDA로부터 수출용 패류생산해역으로 지정됨으로서, 냉동굴 및 통조림을 수출하여 연간 1억 2천만불 이상의 외화를 획득하였다. 또한 연인원 400만명의 고용효과 및 노동 임금 1,000억 원의 환원으로 남해안 일대 지역경제를 좌우하는 중요한 산업으로 자리 잡고 있다. 하지만 최근 들어 우량종묘 확보의 어려움과 해양환경 변화에 따른 비만도 저하, 인력난, 굴패각 처리 비용 증가, 양식기술 발달에 따른 과잉생산, 수입국들의 위생 강화 등으로 인하여 굴 산업이 대내외적으로 난관에 부딪혀 있다.

나) 우리나라 굴 수하식은 남해안 일원을 중심으로 845건 5,057 ha의 굴 면허에 2004년 알굴 생산량은 42,000톤이다. 굴수하식 양식장에서는 알굴을 채취한 후에 굴 패각이 가공부산물로 양산되는데, 연간 약 28만여톤이 생산되고 있다. 이중에 18만톤은 채묘기, 폐화석 비료 등으로 재활용되고 있으나, 약 10만여톤의 미처리된 굴 패각은 양식장 또는 가공시설 주변이나 굴 패각 간이 집하장에 야적·적체되고 있다. 하지

만 미비한 관리와 낮은 재활용률 때문에 연안환경에 악영향을 미치고 있다.

다) 정부에서는 이러한 굴 폐각의 문제점을 해결하기 위해서 굴 폐각 대량처리 기술개발 연구용역을 시행하여 《폐각자원의 대량처리를 위한 산업적 재활용 기술개발》, 《굴폐각을 건설골재인 모래 대체제로 개발》와 같은 연구를 통해서 석회석 탄산칼슘 생산공정 기술을 확보하고, 굴 폐각을 건설골재인 모래 대체제로 개발했다. 굴 폐각 재활용률에서 가장 큰 비중을 차지하는 폐화석 비료 및 양계용 사료는 이미 사용되고 있으며, 건축자재(시멘트, 타일, 육조, 벽지), 골프장 비료, 축산사료, 인공어초, 시멘트 식용칼슘 개발 등에 사용하기 위해서 노력하고 있다.

라) 굴 폐각은 탄산칼슘이 93.68%로 구성되어 산성토양 중화용 비료, 양계용 사료, 식품 첨가물 (탄산음료수, 상수도 pH 조절), 공업용 제품 (제철 용융점 강화제, 탈황제, 폐수정화, 제지용 백색도 보강)으로 개발되어 10여개의 굴 폐각 재활용 업체에서 생산하고 있으며, 굴 폐각 연간처리능력이 12만톤 이상임. 그러나 굴 폐각에 부착된 코팅사 제거, 굴폐각에 부착된 해양생물 제거 및 굴 폐각 염분 제거 등 굴 폐각에 섞여있는 이물질 제거 과정이 부실하여 양질의 굴 폐각제품의 생산이 어려운 실정이며, 현재의 연간처리량은 약 4만톤 수준이다.

## 2. 기술적 측면

가) 굴 수하식에는 수하연을 지탱하는 코팅사가 반드시 필요하다. 굴을 수확할 때는 코팅사를 적당한 길이로 토막 내어 굴 멍치로 수확하므로 굴 폐각에는 항상 코팅사가 섞여있다. 굴 폐각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템에서 가장 중요한 부분은 굴 폐각에 섞여있는 코팅사를 제거하는 공정이다.

나) 현재 재활용되는 굴 폐각 코팅사 제거과정은 알굴 생산업자가 굴폐각 코팅사 제거장치를 사용하여 굴 폐각을 1차 분쇄하면서 굴 폐각에 섞여있는 비교적 길이가 긴 코팅사를 제거한 정도이다. 굴폐각 코팅사 제거장치를 <그림 1>, <그림 2>에 나타내었다. <그림 2>에서 굴 폐각이 굴폐각 코팅사 제거장치 내에서 분쇄된 후 굴 폐각 조각들은 격자모양의 공간을 통하여 하부로 떨어진다. 이와 동시에 분쇄장치 내에서

굴 패각과 같이 분쇄된 코팅사 중에서 비교적 길이가 긴 코팅사는 격자공간을 통과하지 못하고 코팅사 제거용 배출구로 배출되지만, 길이가 짧은 코팅사 조각은 격자공간을 통하여 하부로 떨어져 조각들과 혼합되어 섞여버린다. 이렇게 굴 패각에 섞여버린 길이가 짧은 코팅사 조각이 굴 패각 재활용설비에서 여러 가지 문제를 발생시켜 굴 패각의 재활용을 저해시킨다.

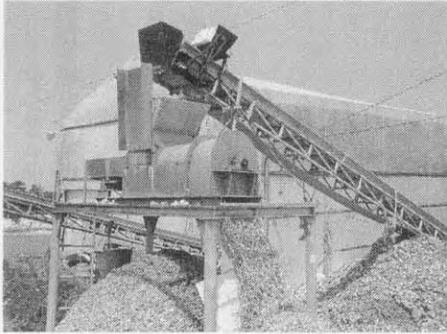


그림 1 굴패각 코팅사 제거장치

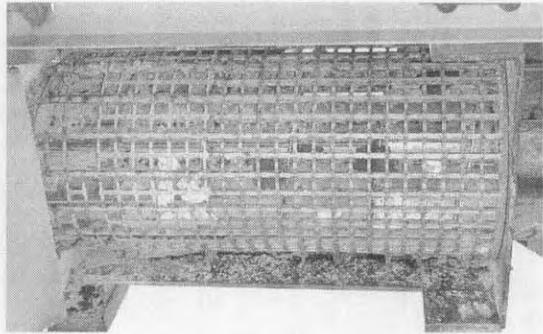


그림 2 코팅사 제거장치의 하부구조

다) 굴 패각 재활용 업체에서 굴 패각을 산성토양 중화용 비료 및 양계용 사료로 생산할 때 분쇄된 굴 패각에 섞여있는 코팅사를 제거하기 위하여 <그림 3>에 나타낸 바와 같이 약4명(3명 코팅사 제거, 1명 운반용 페이로더 운전)의 인력이 투입되어 분쇄된 굴 패각을 페이로더로 <그림 3>의 오른쪽에 있는 호퍼에 담으면 굴 패각은 호퍼로부터 컨베어 벨트를 타고 이동되며, 그림의 중앙에 천막이 쳐진 부분에서 3명의 작업자가 일일이 굴 패각으로부터 코팅사를 제거하고, 코팅사가 제거된 굴패각은 그림의 왼쪽 부분에 쌓이게 된다. 현장에서는 이러한 과정을 세 번 반복하면서 굴 패각으로부터 코팅사를 제거하여도, 완벽한 코팅사 제거가 불가능하여 코팅사로 인한 여러 가지 문제가 발생되고 있다. 굴 패각 재활용 업체에서는 굴 패각으로부터 코팅사를 제거하기 위하여 이러한 시설과 인력을 투입함으로써 많은 경제적인 손실을 보고 있는 실정이다. 따라서 굴 패각에서 코팅사를 완전히 제거할 수 있는 굴 패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템 개발이 필요하다. 이러한 이물질 제거 시스템이 개발되면 굴 패각 재활용 업체에서는 굴 패각에 섞여있는 코팅사를 제거하는 공정이 간단해지고 채산성 확보에 도움이 되며, 양질의 제품생산이 가능할 것이다.

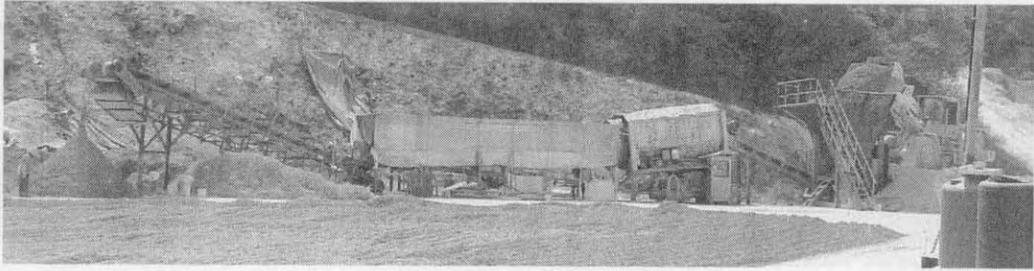


그림 3 굴 폐각에 포함된 코팅사를 제거하는 설비 및 작업전경

라) 굴 폐각 재활용 업체에서 굴 폐각을 산성토양 중화용 비료 및 양계용 사료로 생산할 때 가장 큰 문제점은 분쇄된 굴 폐각에 섞여있는 작은 조각의 코팅사를 제거하는 것이다. 굴 폐각에 섞여있는 코팅사로 인하여 공장설비의 가동이 중단되는 일이 빈번하게 일어나며, 양계용 사료의 질을 떨어뜨려 가격이 하락하는 문제가 발생된다. 따라서 굴 폐각의 재활용을 촉진하기 위해서는 굴 폐각 속에 섞여 있는 코팅사의 완벽한 제거가 반드시 필요하다.

마) 따라서 굴 폐각으로부터 코팅사를 완벽하게 제거할 수 있는 굴 폐각 코팅사 제거장치와 굴 폐각에 부착되어 심한 악취를 유발시키는 부착생물을 세척하여 제거할 수 있는 굴 폐각 부착생물 세척장치 및 굴 폐각의 염분을 제거할 수 있는 굴 폐각 염분 제거장치의 개발이 필요하다.

### 제3절 연구개발의 범위

- 굴 폐각 코팅사 제거장치의 설계 및 시제품 제작
- 굴 폐각 부착생물 세척장치의 설계 및 시제품 제작
- 굴 폐각 염분 제거장치의 설계 및 시제품 제작
- 굴 폐각 코팅사 제거장치 시제품의 성능시험
- 굴 폐각 부착생물 세척장치 시제품의 성능시험
- 굴 폐각 염분 제거장치 시제품의 성능시험
- 굴 폐각 재활용을 위한 이물질 제거시스템 시제품의 성능시험

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보

### 제1절 국내·외 관련분야에 대한 기술개발 현황

#### 1. 개요

우리나라 굴양식산업은 수하식양식방법이 보급된 1960년대의 태동기를 거쳐 안정적인 생산을 보이다가, 1990년대 초기에 사상최악의 자연채묘의 부진으로 인해 위기에 처했으나 굴 종패의 수입, 인공채묘에 의한 종패생산 등으로 이를 잘 극복하여 오늘날 중요한 수산물 수출산업으로 자릴 잡고 있다. 이는 양식기술의 개발에 의한 생산량의 증가와 통조림, 건제품, 냉동품 등과 같은 다양한 제품 개발에 힘입은 내수 및 수출시장의 개발 등에 의한 결과이다.

한편 굴양식산업을 위협하는 요인들로는 굴의 식품 안전성, 수출 장벽, 그리고 박신한 굴 폐각의 처리 등을 들 수 있다. 현재 박신장에서 알굴을 생산한 후 버려진 굴 폐각은 악취 발생, 침출수의 유출 등과 같은 여러 가지 환경문제를 야기하고 있다. 이러한 굴 폐각을 재활용하고자 하는 다양한 연구가 진행되어 왔는데, 굴 폐각의 건축 자재로서의 이용, 건강 기능성 강화를 위한 칼슘소재로서 이용, 여러 가지 환경오염 물질의 제거를 위한 시도, 칼슘 강화를 위한 비료 및 사료로서의 연구 등이 있으며, 이 장에서 각 분야별 연구사례를 간략하게 소개한다. 이러한 연구사례 및 실용기술을 조사해 보면 현재 굴 폐각의 재활용을 위한 실용화 기술은 폐화석 비료 생산 및 양계 사료생산에 한정되어 있으며 이마저 높은 생산 원가로 인하여 대량보급에 어려움이 있고, 다른 분야는 아직 실용화되지 못하는 실정에 있다. 굴 폐각을 재활용하는데 가장 큰 걸림돌은 법적으로 폐기물로 분류되어있는 코팅사가 굴 폐각에 섞여있는 것이며, 따라서 코팅사를 굴 폐각으로부터 완전하게 분리시키는 것이다. 그러나 현재의 기술로서는 재활용하려는 굴 폐각에 섞여있는 코팅사를 분리해 내는 장치가 없어 인력에 의존하고 있는 실정이다. 이 연구에서는 굴 폐각에 섞여있는 코팅사를 분리해 내는 장치를 개발한다. 굴 폐각에 섞여있는 코팅사를 분리해 내는 장치를 개발함으로써 코팅사가 제거된 굴 폐각이 손쉽게 재활용될 수 있는 환경을 구축한다.

## 2. 폐화석 비료 및 사료로의 재활용 부문

### 가. 굴 폐각의 폐화석 비료 및 사료로서 이용을 위한 연구 동향

저자	연도	제목
김종균 외 3명	1995	굴껍질분의 화학성 및 작물에 대한 사용효과
김종균 외 4명	1997	폐각, 석탄회 및 석고 사용이 벼수량과 미질에 미치는 영향
이용복 외 3명	1998	시설재배 논에 석탄회, 석고, 채각사용이 토양화학성과 배추의 생육에 미치는 영향
이용복 외 3명	1998	산성토양에서 배추 생육과 품질에 대한 석탄회, 석고, 폐각의 사용잔효
최종승 외 2명	1998	굴껍질로부터 추출한 칼슘화합물과 계면활성제 및 농약 혼용처리에 따른 사과 과실의 칼슘함량
최종승 외 2명	1998	굴껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리가 사과 과실의 칼슘 축적에 미치는 영향
최종승 외 2명	1999	굴껍질로 제조된 액상석회비료 수관살포가 동양배 '신고' 과실의 칼슘농도와 과실품질에 미치는 영향
최종승 외 1명	1999	굴껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리에 의한 저장중 사과 과실의 칼슘과 펙틴 및 에틸렌 함량의 변화
김기홍 외 2명	1999	굴껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리가 사과의 생리장해와 병 발생 및 과실품질에 미치는 영향
김기홍 외 2명	1999	굴껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리에 의한 저장 중 사과 과실의 세포벽 칼슘함량, 세포벽 문해요소 및 세포구조의 변화
Yokotsuka, K.	1999	Changes in anthocyanins in berry skins of Merlot and Cabernet Sauvignon grapes grown in two soils modified with limestone or oyster shell versus a native soil over two years
문병우 외 2명	2000	액상석회 비료의 수관살포가 단감 과실의 무기성분, 품질 및 생리장해과에 미치는 영향
최종승 외 3명	2000	굴껍질로 제조한 액상석회비료가 저장중 배 '신고' 과실의 칼슘농도가 품질에 미치는 영향

나. 굴 폐각 사료의 난 및 육질에 대한 사용효과

저자	연도	제목
육종읍	1968	성계에 대한 Ca 공급제의 종류에 따른 사료가치 비교
Perry T.W,	1968	Oyster Shell as a Roughage Replacer in Fattening Beef Cattle Rations
장윤환	1975	닭에 대한 칼슘 공급원별 효율에 관한 연구
박종구	1979	산란계에 대한 칼슘 공급원으로서 석회석의 이용
한인규 외 4명	1981	산란계에 대한 칼슘 공급제의 사료가치 비교시험; 1. 패분, 석회석, 방해석의 사료가치 비교시험
김용식 외 2명	1985	칼슘급여수준 급여방법 · 입자도 · 연령이 메추리의 진정이용칼슘가에 미치는 영향
김용식 외 2명	1985	메추리의 6개 칼슘공급원에 따른 진정 이용칼슘가에 미치는 영향

다. 실용화 정도

굴 폐회석 비료 및 양계용 사료를 생산하는 업체 수는 약 10개 업체이며, 굴 폐각 연간처리능력은 12만톤 이상이나 제품 판매 불황으로 현 처리량은 약 4만톤 수준이다. 그러나 굴 폐각의 재활용 분야에서 폐회석 비료 및 양계용 사료의 재활용은 단연 으뜸이며, 굴 폐각 재활용이 가장 많은 분야이다.

### 3. 건설재료로의 재활용 부문

가. 콘크리트 및 모르타르재료의 대체골재로 사용

연도	목적	내 용
82	어초용 굵은 골재	폐각을 굵은 골재로 10, 20, 30% 대체한 콘크리트는 강도저하, 작업성 저하초래.
01	골재로 대체	굵은 골재로 50%이상 사용 시 경량 콘크리트화 가능. 굵은 골재로 사용 시 19mm이하가 작업성 측면에서 합리적임.
01	잔골재로 대체	건조 폐각을 사용하여 블리딩 감소, 대체율 증가 시

		초기강도증가, 28일 강도무해.
01	잔골재로 대체 벽돌	입도 1-3mm일 때 강도우수, 시멘트 패각 배합비 1:1, 1:2에서 압축강도 양호.
02	골재로 대체, 경량콘크리트 개발	굵은 골재로 50% 대체 시 용적중량 $2t/m^3$ 으로 10%정도 경량화, 잔골재로 50%대체 시 강도와 흡수율은 콘크리트블록기준에 근접
02	잔골재로 대체	굴 패각을 잔골재로 대체, 비율증가에 따른 동결융해, 탄산화, 화학적 침식저항에는 무관, 투수저항은 개선
03	잔골재로 대체	위와 같음
03	잔골재로 대체	굴패각을 사용한 모르타르의 강도는 플파이 애쉬를 첨가하여 강도개선.

나. 도로 및 기반개량재료로 사용

연도	목적	내 용
01	굴 패각 혼합 해성 점토매립토의 압밀 및 투수성 개선	굴 패각 혼합토는 혼합율 60%까지 투수성이 개선됨.
01	굴 패각의 비중, 투수성 및 강도 등 기본 물성확인.	경량재료의 특성을 이용한 성토재료로 활용, 투수성과 강도특성을 이용하여 연약지반의 배수재료로서의 사용성이 있음.
01	굴 패각 혼합토의 강도특성 확인	굴 패각과 모래에 시멘트와 물을 혼합 교반하여 만든 모르타르 공시체의 압축강도시험 결과 20-40% 혼합비까지 강도저하가 없었다.
02	준설토 지반 개량	건조층 형성과 함수율 변화에서 굴 패각 혼합토가 압밀효과가 큰 것으로 확인
02	굴 패각 충전 Geotextile Gabion 연구	굴 패각 사용량 증가에 따라 투수계수 증대, 혼합비 20%시 지지력 증대.
02	성토재료, Sand Compaction Pile재 료 개발	굴 패각을 25%에서 50%로 증가 시 전단강도 증가가 뚜렷하여 성토 재료로서 효과가 있다.
03	준설토 토양개량, 중금속제거	준설토의 응집제로 단독사용시보다 황산알루미늄, 황상제2철, 염화제2철 등 응집제와 병행사용 시 응집효과 증대.

04	굴 폐각 고화제 효과	수세, 가열한 굴폐각 첨가 각고화제의 사용량 증가에 따라 압축강도 증가.
----	-------------	--

다. 실용화 정도

일부 실험실 차원에서 연구되고 있으며, 실용화되지는 못하였다. 일부에서는 굴 폐각의 아름다운 모양을 활용하여 인테리어 자재로 활용하는 방안도 강구하고 있다.

#### 4. 굴 폐각의 환경 공업적 재활용 사례

가. 환경 공업적 측면에서의 굴 폐각 재활용 방향

- 공장 배기가스 중의 오염물질( $H_2O$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ) 흡착 제거
- 토질 개선(산도 제거, 유기물 흡착) 및 중금속 흡착 제거
- 오폐수의 수질개선( $N$ ,  $P$ , 중금속 제거,  $pH$  중화, 지하수 살균)
- 슬러지 탈수성 개선 (소화 슬러지, 정수 슬러지)
- 기타(소성가공, 적조 응집, 비료)

나. 실용화 정도

실험실 차원에서 재활용방안이 진행되고 있는 수준이다.

#### 5. 식품으로의 재활용 부문

가. 식품학적 측면에서의 굴 폐각 재활용

- 굴 폐각을 식품소재로서의 이용에 관한 연구는 전무한 실정이다.
- 김치숙성과 칼슘함량에 미치는 조개류 껍질 물 추출물 첨가효과(2003)
- 서로 다른 유기 및 무기 식이성 칼슘소재(citrate, lactate, acetate, 굴 폐각, 난각)의 칼슘 체내이용률 (1998, 외국).
- 어피 젤라틴 펩티드와 결합한 굴 폐각 유래 칼슘 화합물이 칼슘 결핍 흰 쥐에 미치는 영향(1998)

- 폐각분말의 소성가공 특성에 관한 연구(2000)

## 나. 실용화 정도

현재 굴 폐각을 이용한 식품 연구의 성과와 한계는 식품학적 측면, 즉 식품첨가소재 및 식품가공에 직접적으로 사용하기 위한 굴 폐각에 관한 연구는 전무한 실정이다.

## 제2절 연구결과가 기술개발 현황에서 차지하는 위치

### 1. 폐화석 비료의 재활용 분야에서 차지하는 위치

굴 폐각 재활용으로 생산한 폐화석 비료의 여러 가지 장점에도 불구하고 사용에 제한을 받고 있는 것은 화학비료에 비하여 고가이기 때문이다. 폐화석 비료의 원가 중에 인건비가 차지하는 비중이 크며, 이 인건비 중에서는 굴 폐각에 포함되어 있는 코팅사 등의 이물질을 제거하는 인력이 많은 비중을 차지하고 있다. 현재 굴 폐각 재활용업체에서 굴 폐각에 포함되어 있는 코팅사 등의 이물질을 제거하는 데는 전적으로 인력에 의존하고 있는 실정이며, 굴 폐각 재활용업체에서 굴 폐각에 포함되어 있는 코팅사 등의 이물질을 제거할 수 있는 장치는 개발되지 못하였다. 따라서 이 연구결과를 통하여 굴 폐각에 포함되어 있는 코팅사 등의 이물질을 제거할 수 있는 장치를 개발하여 인력을 절감함으로써 폐화석 비료의 생산원가를 줄이고, 경영수지를 개선하여 폐화석 비료의 시장을 더욱 확대함으로써 굴 폐각의 재활용률을 더욱 높일 수 있다.

### 2. 건설 재료로의 재활용 분야에서 차지하는 위치

굴 폐각이 콘크리트 재료로서 사용되기 위해서는 굴 폐각에 부착된 염분, 오니, 해양유기물 등을 세척 및 분쇄 체가름 선별 등 선 처리 작업이 반드시 필요하다. 이러한 굴 폐각의 염분, 오니, 해양유기물 등의 이물질을 제거할 수 있는 굴 폐각 부착생물 세척장치, 굴 폐각 염분제거장치 등의 개발이 필요하며, 이러한 장치가 이 연구를

통하여 개발되면 굴 폐각의 건설재료로의 재활용이 활성화 될 수 있다.

### 3. 환경 공업적 재활용 분야에서 차지하는 위치

전국에 산재해 있는 탈황시설과 오폐수 정화시설, 토지구입지 등에 굴 폐각 재활용 기술을 접목하기 위해서는 공장 배기가스 중의 오염물질( $H_2O$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ) 흡착 제거, 오폐수의 수질개선( $N$ ,  $P$ , 중금속 제거,  $pH$  중화, 지하수 살균) 등에 활용할 수 있는 순도가 높은 굴 폐각이 공급되어야 한다. 이러한 환경 공업적 재활용 분야에서 사용하기 위하여 굴 폐각에 부착된 염분, 오니, 해양유기물 등을 세척 및 분쇄 체가를 선별 등 선 처리 작업이 반드시 필요하다. 이러한 굴 폐각의 염분, 오니, 해양유기물 등의 이물질들을 제거할 수 있는 굴 폐각 부착생물 세척장치, 굴 폐각 염분제거장치 등의 개발이 필요하며, 이러한 장치가 이 연구를 통하여 개발되면 굴 폐각의 환경 공업적 재활용 분야에서의 재활용이 활성화 될 수 있다.

### 4. 굴 폐각을 이용한 식품 연구분야에서 차지하는 위치

현재 굴 폐각을 이용한 식품 연구의 성과와 한계는 식품학적 측면, 즉 식품첨가소재 및 식품가공에 직접적으로 사용하기 위한 굴 폐각에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 이 연구를 통하여 굴 폐각에 포함된 코팅사 등의 이물질을 제거하기 위한 이물질 제거장치가 개발되어, 굴 폐각을 식품첨가소재 및 식품가공에 직접적으로 사용할 수 있는 순도 높은 굴 폐각 재료가 공급되면 이 분야에서도 굴 폐각이 식품첨가소재로 재활용이 이루어 질 것이다.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절 굴 패각의 이동경로 및 재활용시의 문제점

#### 1. 굴 양식장의 굴 채취과정에서의 문제점

그림 4는 굴 양식장에서 굴을 채취하는 과정을 나타내고 있으며, 그림 5에는 굴 채취과정에서 굴 수하연에 부착된 해양생물을 나타내고 있다. 현장에서는 굴 채취작업에서 굴 수하연에 부착된 해양생물(그림 5 참조)을 제거하는데 2명의 작업인력이 필요한 실정이다. 따라서 굴 수하연에 부착된 해양생물을 제거할 수 있는 굴 패각 부착생물 세척장치가 개발되면 인력절감과 굴 패각에 섞여있는 부착생물을 제거할 수 있다.

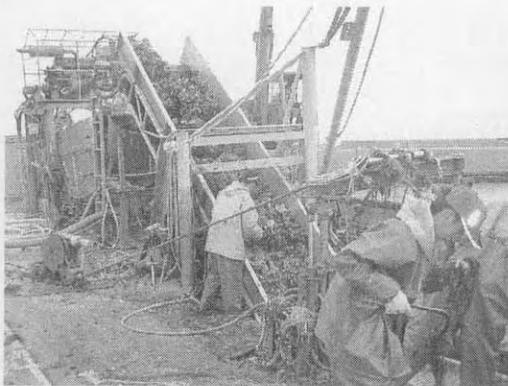


그림 4 굴 채취과정



그림 5 굴 수하연에 부착된 해양생물

#### 2. 굴 박신장에서 코팅사 제거과정에서의 문제점

굴 양식장에서 채취된 굴 패각은 굴 박신장으로 운반되어 그림 6과 같이 굴 패각으로부터 알굴을 채취한다. 그림 7에서 검은선으로 나타난 부분이 코

팅사이며, 코팅사에는 여러 개의 굴 패각이 엉겨 붙어있다. 알곡이 채취된 굴 패각은 그림 8에 나타낸 수집 컨베이어를 타고 운반되어 그림 9에 나타낸 굴 패각 코팅사 제거장치로 유도된다. 박신장에 설치된 굴 패각 코팅사 제거장치는 굴 패각을 분쇄한 후 분쇄된 굴 패각으로부터 코팅사를 분리해 내는 장치이지만 실제적으로 여러 가지 제약요인으로 인하여 굴 패각으로부터 코팅사는 약 90% 정도 분리되고 나머지 약 10% 정도는 분쇄된 굴 패각에 코팅사가 섞여 들어가는 문제점을 가지고 있다.

이 연구에서는 박신장에 설치된 굴 패각 코팅사 제거장치를 수정, 보완하여 굴 패각으로부터 코팅사를 약 99.5% 이상으로 분리시킬 수 있는 장치개발을 검토하였다. 검토결과 박신장에서 알곡을 분리하고 난 굴 패각에는 담치, 해조류, 수분 등이 많이 포함되어 있기 때문에 이들을 분쇄하면 끈끈한 점액질의 성분이 생성되고, 이 점액질의 성분이 분리격자를 막히게 하는 역할을 하여 분리효율이 저하되고, 분리효율을 향상시키기 위해서는 장치가 더욱 복잡해지고, 장치가격이 상승되는 문제점이 있다. 두 번째는 굴 박신업체에서는 굴 패각으로부터 코팅사를 약 90% 정도 분리해 내는 기존의 코팅사 제거장치만으로도 충분하다고 생각하며, 더 이상의 설비증설이나 설비투자를 바라지 않는 분위기이다. 세 번째는 굴 패각 재활용업체에서 수십 또는 수백 개의 박신장으로부터 분쇄된 굴 패각을 수집하는 과정에서 코팅사, 장갑, 나무, 못, 돌멩이 등 다양한 이물질이 굴 패각에 섞여 들어가는 경우가 빈번하게 발생된다. 즉 임의의 박신장에서 굴 패각 코팅사 제거장치를 사용하여 굴 패각으로부터 100% 코팅사를 제거하였다 하더라도 다른 박신장에서 굴 패각을 운반하는 과정에서 코팅사, 장갑, 나무, 못, 돌멩이 등 다양한 이물질이 굴 패각에 섞여 들어가는 경우가 빈번하게 발생된다. 따라서 박신장에서 기존의 굴 패각 코팅사 제거장치를 사용하여 코팅사를 완벽하게 제거시키는 데는 한계가 있다. 이 연구에서는 박신장에 설치된 기존의 굴 패각 코팅사 제거장치의 가장 큰 문제점인 길이가 짧은 코팅사 조각이 굴 패각 조각들과 혼합되어 섞여버리는 문제점만을 개선한다. 이 문제점의 원인은 굴 패각이 굴 패각 코팅사 제거장치 내에서 분쇄될 때 분쇄칼날의 모서리가 날카로워 생기는 현상

으로 분쇄칼날의 모서리에 환봉을 덧대어 줌으로써 코팅사가 짧게 잘리는 현상을 완화시켜줄 수 있다.

이와 병행하여 코팅사를 분리할 수 있는 또 다른 형태의 굴 패각 코팅사 제거장치를 고안한다. 굴 박신장에는 그림 7에 나타낸 바와 같이 코팅사로 묶여진 굴 패각 덩어리들이 많이 있다. 현재는 이 코팅사로 묶여진 굴 패각 덩어리들을 기존의 굴 패각 코팅사 제거장치로 집어넣어 분쇄시킨 후, 굴 패각과 코팅사를 분리해 내며, 이 과정에서 짧게 잘려진 코팅사 조각이 굴 패각 조각들과 혼합되어 섞여버리는 문제점이 발생된다. 이 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 이러한 코팅사로 묶여진 굴 패각 덩어리에서 코팅사를 자르지 않고 코팅사만 당겨 분리해 낼 수 있는 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치를 고안하여 개발한다.



그림 6 박신장에서 알굴 채취과정



그림 7 굴패각에 달려있는 코팅사(검은선)



그림 8 굴패각 수집 컨베이어

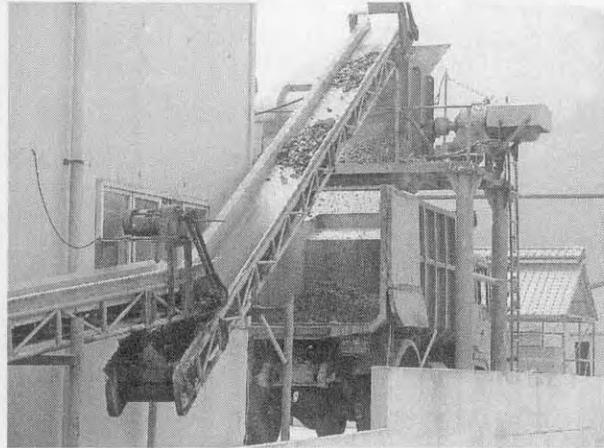


그림 9 굴 패각 코팅사 제거장치 및 분쇄된 굴 패각 운반차량

### 3. 굴 패각 재활용 업체에서 코팅사 제거과정의 문제점

여러 곳의 박신장에서 그림 9에 나타낸 분쇄된 굴 패각을 차량으로 운반하여 굴 패각 재활용업체의 야적장에 야적한다. 야적기간은 약 1년 정도이며, 이 야적기간 동안에 빗물에 의해 굴 패각에 포함되어 있는 염분이 제거된다. 굴 패각 재활용업체에서는 야적장에 야적된 굴 패각을 재활용하여 패화석비료 및 양계용 사료를 생산한다.

그림 10에는 굴 패각 재활용업체의 야적장에 야적된 굴 패각에 섞여있는 코팅사를 나타내었다. 그림에서 회색선으로 나타난 부분이 코팅사이며, 코팅사의 색깔은 검은색이지만 굴 패각 가루로 도색되어 회색선으로 나타난다. 이론적으로는 각각의 박신장에서 그림 9에 나타낸 바와 같이 굴 패각 코팅사 제거장치에 의해 코팅사를 제거한 굴 패각이 굴 패각 재활용업체의 야적장에 야적되기 때문에 야적된 굴 패각에는 코팅사가 포함되어 있지 않아야 하지만 실제적으로는 그림 10에 보여지는 것과 같이 코팅사가 매우 많이 포함되어 있는 것이 현실적인 문제점이며, 재활용업체에서 굴 패각을 재활용하는데 가

장 큰 결림돌로 작용하고 있다. 굴 폐각 재활용업체에서 생산하는 폐화석비료 및 양계용 사료를 고부가가치화 하기 위해서는 굴 폐각에 포함되어 있는 코팅사를 반드시 제거하여야 한다. 이 굴 폐각에 포함되어 있는 코팅사제거를 위하여 그림 11과 같이 굴 폐각 처리과정 곳곳에 인력을 배치하여 수작업으로 코팅사를 제거하고 있으며, 그림 12에는 재활용업체에서 수작업으로 제거한 코팅사를 나타내었다. 재활용 굴 폐각 1일 처리량이 약 400톤 정도되는 H사의 경우에는 코팅사 제거 인력이 약 4~6명 정도로 인건비 비중이 가중되고 있다. 굴 폐각의 재활용률을 높이기 위해서는 현재 굴 폐각을 가장 많이 재활용하고 있는 폐화석 비료 및 사료 생산업체의 경영수지가 개선되어 활성화되고, 사업영역이 확장되어야 한다. 이를 위하여 굴 폐각 재활용업체에서 코팅사를 제거하는 공정이 기계자동화 되어야 한다.

따라서 이 연구에서는 가장 중점적으로 굴 폐각 재활용업체에서 코팅사를 제거하는 공정이 기계자동화 될 수 있는 재활용업체용 굴 폐각 코팅사 제거장치를 개발한다.

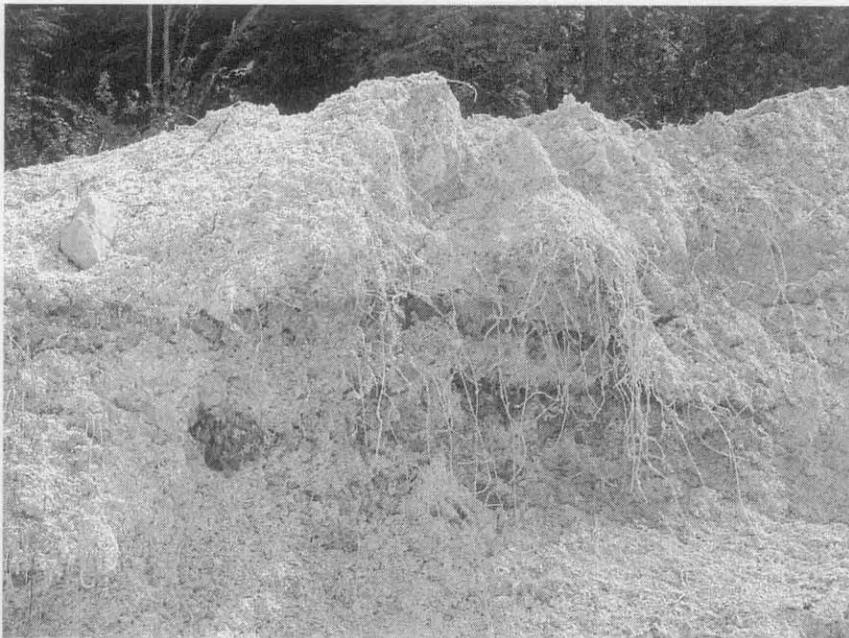


그림 10 재활용 업체에 야적된 굴폐각에 섞여있는 코팅사



그림 11 수작업에 의한 코팅사 제거



그림 12 수작업으로 제거한 코팅사

## 제2절 굴 패각 이물질 제거장치 설계 및 제작

### 1. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치 설계 및 제작

#### 가. 굴 패각 코팅사 제거 장치 설계

굴 패각 재활용업체의 야적장에 야적된 굴 패각에 포함되어 있는 코팅사, 나무, 못, 장갑, 돌맹이 등의 이물질을 제거할 수 있는 굴 패각 코팅사 제거 장치를 설계한다. 굴 패각 재활용업체의 야적장에 야적된 굴 패각은 굴 박신장에서 1차 분쇄된 알맹이가 작은 입자가 포함되어 있는 상태이다. 이 연구에서는 이점에 착안하여 굴 패각으로부터 코팅사, 나무, 장갑, 돌맹이 등의 이물질을 제거할 수 있는 방안으로서는 일정한 크기의 격자를 가지는 실린더형 원통을 분리통으로 하여 격자의 크기보다 큰 이물질과 격자의 크기보다 작은 굴 패각으로 분리하는 방식으로 굴 패각과 이물질을 분리한다.

그림 13에 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치 개략도를 나타내었으며, 그림 14에는 굴 패각 코팅사 제거장치의 굴 패각 흐름도를 나타내었다. 그림 13, 14에 나타낸 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치의 동작을 설명한다. 굴 패각 투입구(1)에 야적장에 야적된 이물질이 포함되어 있는 굴 패각을 투입한다. 투입된 굴 패각은 1차컨베이어(c-1)를 통하여 굴패각 1차분리통(2)으로 들어간다. 1차분리통(2) 입구측 1/2 길이에는 크기 7mm×30mm의 격자가 천공되어 있고, 출구측 1/2 길이에는 크기 40mm×70mm의 격자가 천공되어 있다. 1차분리통(2) 입구측으로 투입된 굴 패각은 1차분리통(2)의 회전으로 인해 입구측 1/2 길이에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자와 접촉되면서 천공된 격자크기보다 작은 굴 패각 입자는 2차컨베이어(c-2)를 통하여 분리되며, 2차컨베이어(c-2)를 통하여 분리되는 굴 패각에는 코팅사가 완전히 제거된다. 1차분리통(2)의 입구측 1/2 길이에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자에서 걸러지지 못한 것은 출구측 1/2 길이에 천공된 격자와 접촉되면서 천공된 격자크기보다 작은 굴 패각 입자 또는 코팅사를 포함하는 이물질 등이 3차컨베이어(c-3)를 통하여 분리되어 굴 패각 분쇄장치(6) 쪽으로 이동한다.

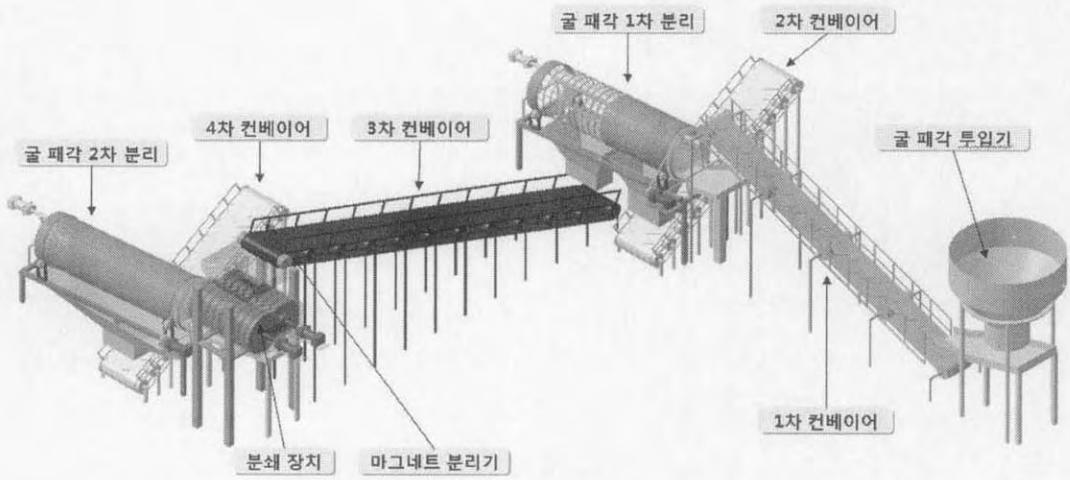


그림 13 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치 개략도

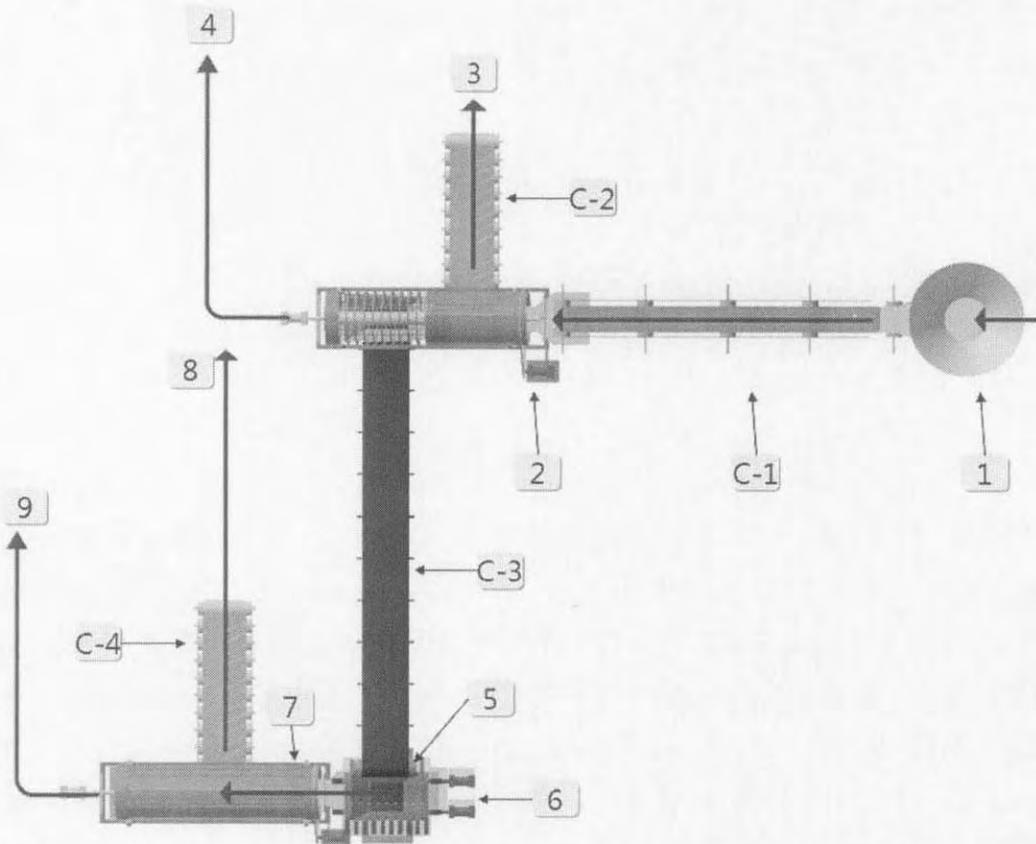


그림 14 굴 패각 코팅사 제거장치의 굴 패각 흐름도

1차분리통(2)의 출구측 1/2 길이에 천공된 크기 40mm×70mm의 격자에서도 걸러지지 못한 것은 대부분 긴 코팅사, 돌멩이, 나무, 장갑 등의 크기가 비교적 큰 이물질들이며, 그림 14의 1차분리통(2)의 출구측(4)으로 분리되어 나온다. 이 1차분리통(2)의 역할은 코팅사 등의 이물질이 전혀 포함되지 않은 순도가 양호한 굴 패각과 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 패각과 크기가 비교적 큰 이물질 등 3종류로 확실하게 분리한다. 1차분리통(2)에서 분리된 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 패각은 재 분쇄를 위하여 3차컨베이어(c-3)를 통하여 분쇄장치(6)로 유도된다. 1차분리통(2)에서 분리된 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 패각 중에는 못 등의 철판이 포함되는 경우가 빈번하게 일어나며, 이러한 못 등의 철판이 분쇄장치(6)로 들어가면 분쇄장치(6)가 파손될 우려가 있다. 따라서 이러한 못 등의 철판이 분쇄장치(6)로 들어가기 전에 제거해 주어야 한다. 이 연구에서는 이러한 못 등의 철판을 제거해 주기 위하여 3차컨베이어(c-3)의 상부 롤러장치(5)를 마그네트 롤러로 제작하여 분쇄장치(6) 상부에 설치하였다. 이 3차컨베이어(c-3)의 상부 마그네트 롤러장치(5)는 굴 패각에 포함되어 있는 못 등의 철판을 확실하게 제거해 준다. 1차분리통(2)에서 분리된 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 패각은 3차컨베이어(c-3)의 상부 마그네트 롤러장치(5)에 의해 못 등의 철판이 제거된 후 분쇄장치(6)로 유도된다. 분쇄장치(6)는 두개의 롤러에 기어를 설치하여 기어가 서로 맞물리는 형상으로 되어 있으며, 굴 패각은 크기가 작은 입자로 분쇄되고, 굴 패각에 포함되어 있는 코팅사는 자르지 않고 원형 그대로 유지해 준다. 이는 굴 패각 입자만 작게 분쇄하고 코팅사는 원형 그대로 유지해 주면 2차분리통(7)에서 굴 패각과 코팅사를 쉽게 분리할 수 있기 때문이다. 분쇄장치(6)에 의해 분쇄된 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 패각은 2차분리통(7) 입구측으로 들어간다. 2차분리통(7)의 원통면에는 크기 7mm×30mm의 격자가 천공되어 있다. 2차분리통(7) 입구측으로 투입된 굴 패각은 2차분리통(7)의 회전으로 인해 원통면에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자와 접촉되면서 천공된 격자크기보다 작은 굴 패각 입자는 2차분리통(7) 원통면에 천공된 격자로 빠져나와 4차컨베이어(c-4)를 통하여 분리되며, 4차컨베이어(c-4)를 통하여 분리되

는 굴 폐각에는 코팅사가 완전히 제거된 상태가 된다. 한편 2차분리통(7) 원통면에 천공된 격자로 빠져나가지 못한 코팅사 등의 이물질은 2차분리통(7) 출구측(9)으로 빠져나온다. 이러한 과정을 거쳐 코팅사 등의 이물질이 포함된 굴폐각에서 코팅사 등의 이물질을 손쉽게 제거한다.

이상의 굴 폐각 코팅사 제거장치에서 주요부분을 상세 설명하며, 이 장치의 설계는 3D 설계 프로그램인 Dassault System의 상용프로그램인 CATIA를 이용해서 모델링을 하였다.

굴 폐각 재활용업체의 야적장에 야적된 굴 폐각은 굴 박신장에서 1차 분쇄된 알맹이가 작은 입자가 많이 포함되어 있는 상태이다. 굴 폐각 재활용업체에서 굴 폐각으로부터 코팅사, 나무, 장갑, 돌맹이 등의 이물질을 제거하는 기존의 방식은 야적된 전체 굴 폐각을 대상으로 코팅사 등의 이물질을 제거하는 방식을 사용하고 있기 때문에 작업량이 많아질 수밖에 없다. 이 연구에서는 굴 폐각 재활용업체의 야적장에 야적된 굴 폐각 중에는 박신장에서 1차 분쇄된 알맹이가 작은 입자가 많이 포함되어 있는 사실에 착안하여 장치를 고안하였다. 이 연구에서는 1차적으로 일정한 크기의 격자를 가지는 실린더형 원통을 분리통으로 하여 격자의 크기보다 큰 이물질과 격자의 크기보다 작은 굴 폐각으로 분리하는 방식을 채용함으로써 코팅사 등의 이물질이 포함된 굴 폐각 처리량을 50%이하로 줄이는 방식이다. 이러한 역할을 할 수 있는 장치로 설계한 것이 1차분리통이다.

1차분리통의 개략도를 그림 15, 16, 17에 나타내었다. 1차분리통의 기능은 첫째 이물질이 포함된 굴 폐각으로부터 코팅사 등의 이물질이 완전히 제거된 굴 폐각을 50%이상 먼저 분리해 내고, 두 번째는 코팅사가 일부 포함된 굴 폐각을 다음으로 분리해 내고, 세 번째는 길이가 긴 코팅사를 포함하여 크기가 큰 이물질을 걸러내 줄 수 있어야 한다. 이를 위하여 1차분리통 입구측 1/2 길이에는 크기 7mm×30mm의 격자(2)가 천공되어 있고, 출구측 1/2 길이에는 크기 40mm×70mm의 격자(3)가 천공되어 있다. 1차분리통 입구측(1)으로 투입된 굴 폐각은 1차분리통의 회전으로 인해 입구측 1/2 길이에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자와 접촉되면서 천공된 격자크기보다 작은

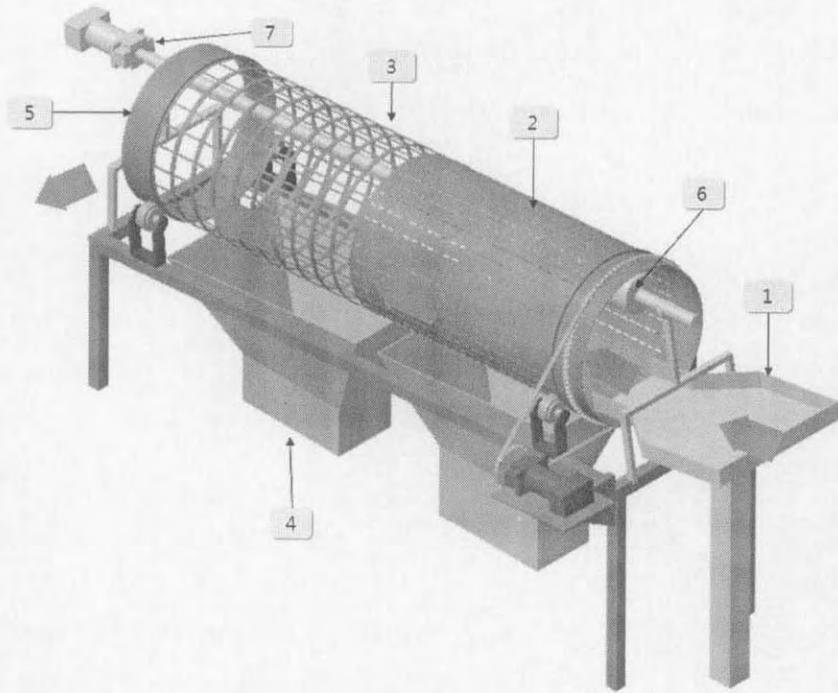


그림 15 1차 분리통의 개략도

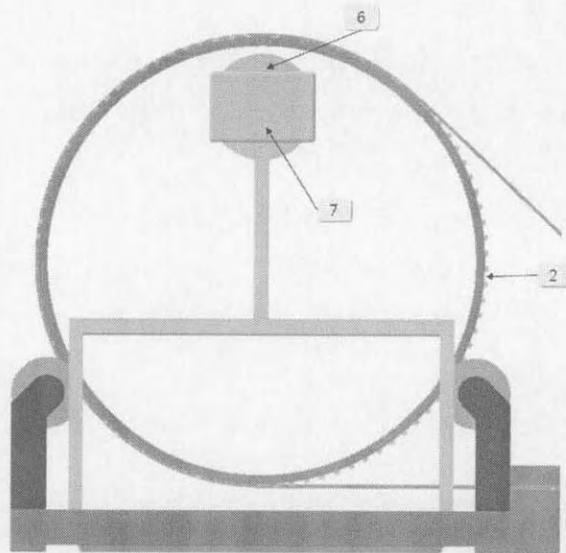


그림 16 1차 분리통의 내부도

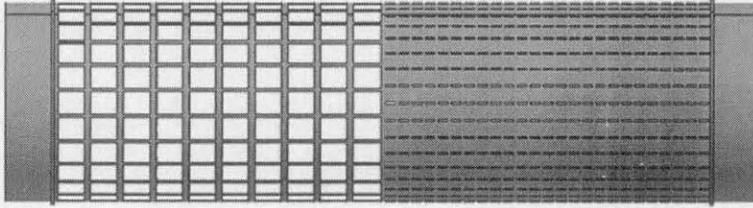


그림 17 1차 분리드럼의 개략도

굴 패각 입자는 격자 홈을 빠져나와 분리되며, 이 분리된 굴 패각은 코팅사 등의 이물질이 완전히 제거된 상태이다. 1차분리통의 입구측 1/2 길이에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자(2)에서 걸러지지 못한 것은 출구측 1/2 길이에 천공된 크기 40mm×70mm의 격자(3)와 접촉되면서 천공된 격자크기보다 작은 굴 패각 입자 또는 코팅사를 포함하는 이물질 등이 격자 홈을 빠져나와 호퍼(4)로 분리되며, 여기서 분리된 굴 패각에는 코팅사 등의 이물질이 포함된 상태이며, 3차컨베이어를 통하여 굴 패각 분쇄장치 쪽으로 이동한다. 1차분리통의 출구측 1/2 길이에 천공된 크기 40mm×70mm의 격자(3)에서도 걸러지지 못한 것은 대부분 긴 코팅사, 돌맹이, 나무, 장갑 등의 크기가 비교적 큰 이물질들이며, 1차분리통의 출구측(5)으로 분리되어 나온다. 1차분리통의 입구측 1/2 길이에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자가 이물질 분리과정 중에 이물질 또는 굴 패각 조각 등에 의해 막히는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 막히는 현상을 방지하기 위하여 1차분리통의 내측에 스테인리스 와이어 부러쉬(6)를 설치하였다. 부러쉬는 구동모터(7)에 의해 회전하면서 1차분리통에 천공된 격자 구멍이 굴 패각 조각에 의해 막히지 않도록 털어 주는 역할을 한다.

따라서 1차분리통에서는 코팅사 등의 이물질을 완전히 제거한 순도가 양호한 굴 패각, 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 패각 및 크기가 비교적 큰 이물질 등 3종류로 확실하게 분리할 수 있다.

1차분리통에서 분리된 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 패각 중에서 못 등의 철편을 제거하여야 한다. 이 연구에서는 이러한 못 등의 철편을 제거해

주기 위하여 3차컨베이어의 상부 롤러장치를 마그네트 롤러로 제작하여 분쇄 장치 상부에 설치하였으며, 그 개략도를 그림 18에 나타내었다. 이 3차컨베이어의 상부 마그네트 롤러장치는 3차컨베이어로 이송되는 굴 폐각에 포함되어 있는 못 등의 철편을 확실하게 제거해 준다.

3차컨베이어로 이송되는 굴 폐각은 분쇄장치를 사용하여 재 분쇄한다. 재 분쇄하는 이유는 굴 폐각에 코팅사 등 이물질이 포함되어 있기 때문에 분쇄 장치를 사용하여 굴 폐각만을 크기가 작은 입자로 분쇄하고 코팅사는 유연한 물질이기 때문에 분쇄되지 않고 원형 그대로 유지된다. 분쇄장치는 구동모터(1), 케이싱(2) 및 분쇄롤러(3)로 구성하고, 각각의 분쇄롤러에 기어와 슬리브를 교대로 설치하고, 이 두개의 분쇄롤러를 서로 맞물리게 배치하면서 하나의 분쇄롤러에 설치된 기어와 다른 분쇄롤러에 설치된 슬리브가 서로 맞물리는 형상으로 되어 있으며, 분쇄롤러 사이의 공간의 간격을 조정하여 분쇄된 폐각의 크기를 조정할 수 있도록 하였다. 분쇄장치의 개략도를 그림 19, 20에 나타내었다. 이 분쇄장치의 성능이 양호하면 굴 폐각은 작은 입자로 분쇄되고 코팅사는 원형대로 유지되기 때문에 2차분리통에서 굴 폐각과 코팅사를 확실하게 분리시킬 수 있다.

분쇄장치에서 분쇄된 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 폐각은 2차분리통으로 들어가며, 2차분리통(1)의 개략도를 그림 21, 22에 나타내었다. 2차분리통(1)의 기능은 코팅사 등의 이물질이 포함된 굴 폐각으로부터 코팅사 등의 이물질이 완전히 제거된 순도가 높은 굴 폐각을 분리해 내는 것이다. 이를 위하여 2차분리통의 원통면에는 크기 7mm×30mm의 격자가 천공되어 있다. 2차분리통 입구측으로 투입된 굴 폐각은 2차분리통의 회전으로 인해 원통면에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자와 접촉되면서 천공된 격자크기보다 작은 굴 폐각 입자는 격자 홈을 빠져나와 호퍼(3)로 분리되며, 이 분리된 굴 폐각은 코팅사 등의 이물질이 완전히 제거된 상태이다. 2차분리통(1)을 회전시키기 위하여 구동모터(2)와 구동체인을 설치하였다. 2차분리통의 원통면에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자에서 걸러지지 못한 코팅사 등의 이물질들은 출구측으로 나온다. 2차분리통의 원통면에 천공된 크기 7mm×30mm의 격

자가 이물질 분리과정 중에 이물질 또는 굴 폐각 조각 등에 의해 막히는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 막히는 현상을 방지하기 위하여 2차분리통의 내측에 스테인리스 와이어 부러쉬(4)를 설치하였다. 부러쉬는 구동모터(5)에 의해 회전하면서 2차분리통에 천공된 격자 구멍이 굴 폐각 조각에 의해 막히지 않도록 털어 준다.

따라서 2차분리통에서는 코팅사 등의 이물질을 완전히 제거한 순도가 양호한 굴 폐각과 코팅사 등 이물질을 많이 포함한 입자가 큰 굴 폐각 소량 등 2종류로 확실하게 분리할 수 있다. 코팅사 등 이물질을 많이 포함한 입자가 큰 굴 폐각 소량의 처리는 수작업으로 코팅사 등 이물질을 제거해 주는 방식과 다시 한번 분쇄장치를 통과시켜 입자가 큰 굴 폐각을 작은 입자로 분쇄하여 2차분리통에서 분리하는 방식이 있다. 이 연구에서 개발하는 굴 폐각 코팅사 제거장치는 기계적으로 코팅사를 제거하는 장치이기 때문에 화학물질은 전혀 사용하지 않으며, 코팅사 제거과정 중에서도 유해한 화학물질은 발생하지 않는다.

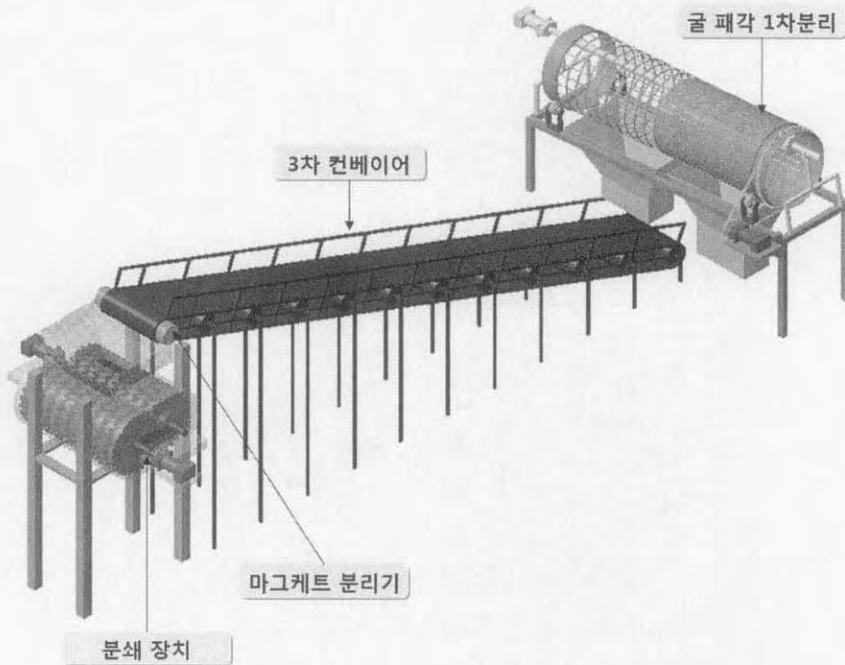


그림 18 3차컨베이어 및 마그네트 롤러 개략도

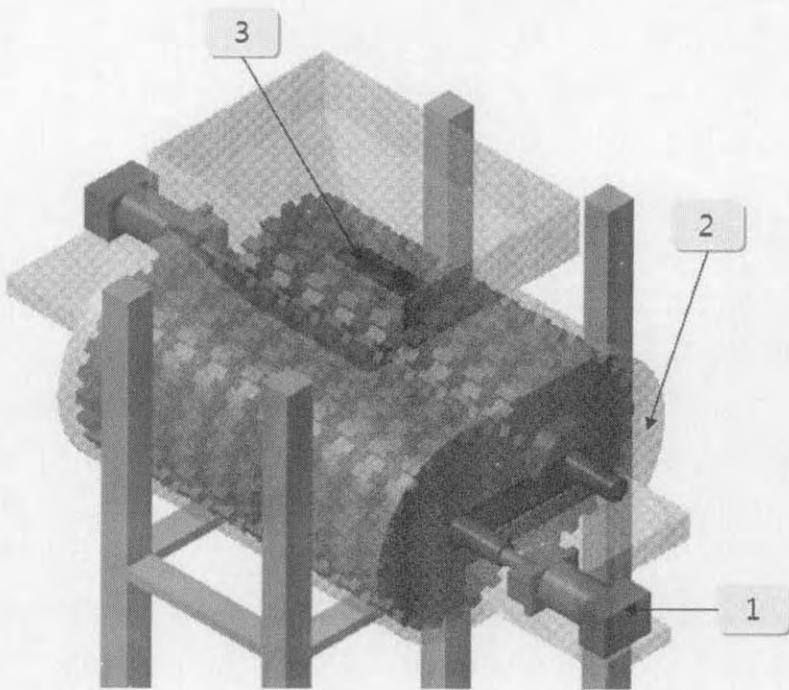


그림 19 분쇄장치 개략도

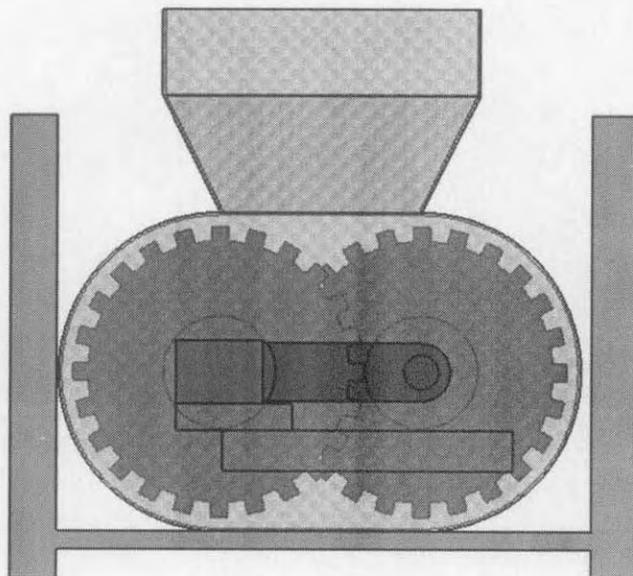


그림 20 분쇄장치의 개략도

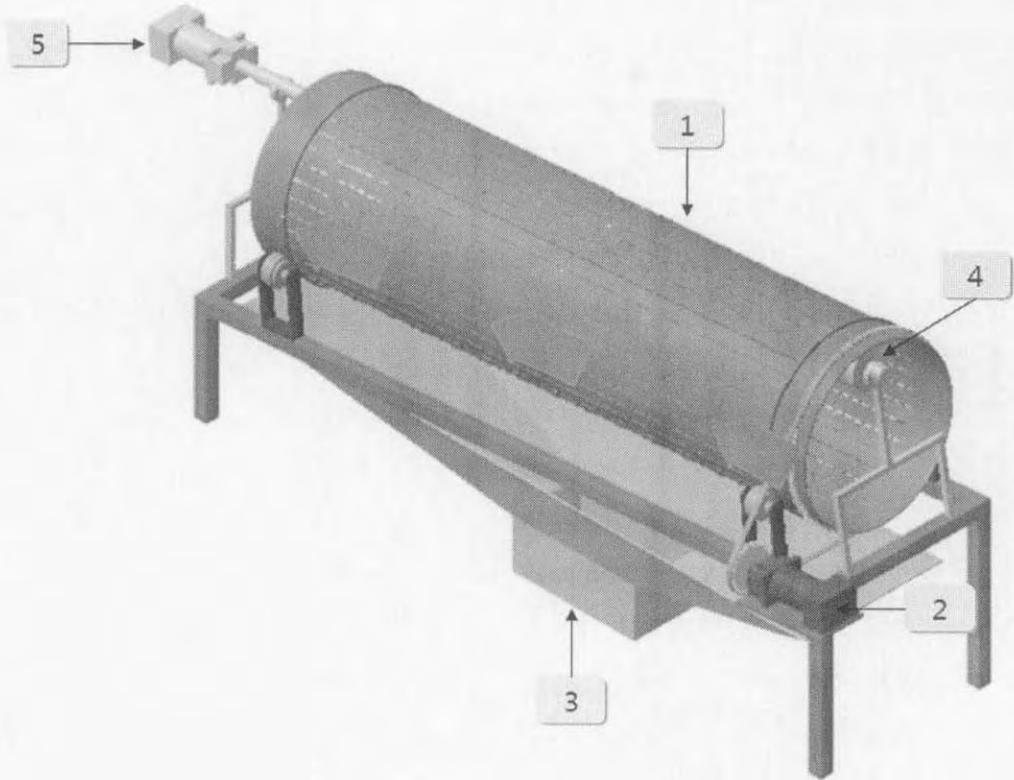


그림 21 2차 분리통 개략도

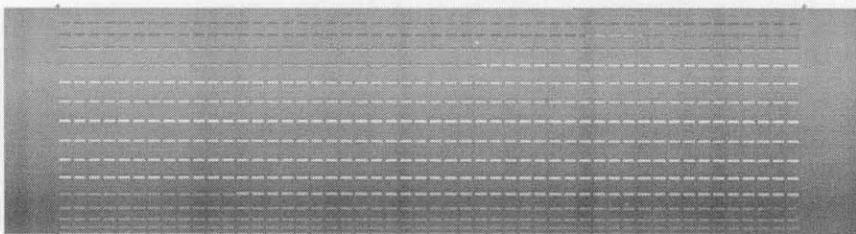


그림 22 2차 분리드럼 개략도

#### 나. 굴 폐각 코팅사 제거 장치 시작품 제작

굴 폐각 재활용업체의 야적장에 야적된 굴 폐각에 포함되어 있는 코팅사, 나무, 못, 장갑, 돌맹이 등의 이물질을 제거할 수 있는 굴 폐각 코팅사 제거 장치를 설계하고 그 시작품을 제작하였다.

그림 23에 재활용업체용 굴 폐각 코팅사 제거장치의 시작품을 나타내었다.

재활용업체 야적장에 야적된 이물질이 포함되어 있는 굴 폐각을 1차분리통으로 운반하는 1차컨베이어 시작품을 그림24에 나타내었다. 또한 이물질이 포함되어 있는 굴 폐각을 코팅사 등의 이물질을 완전히 제거한 순도가 양호한 굴 폐각, 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 폐각 및 크기가 비교적 큰 이물질 등 3종류로 확실하게 분리해주는 1차분리통의 시작품을 그림25에 나타내었다. 이 장치는 폐각에서의 코팅사 분리 시스템이라는 명칭으로 특허출원(출원번호: 10-2007-0095553) 되었다.

1차분리통으로부터 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 폐각을 분쇄장치로 이송하는 3차 컨베이어 시작품을 그림 26에 나타내었으며, 3차 컨베이어 상부에 설치되어 굴 폐각에 포함된 못 등 철편을 제거해주는 마그네트 롤러 시작품을 그림 27에 나타내었다.

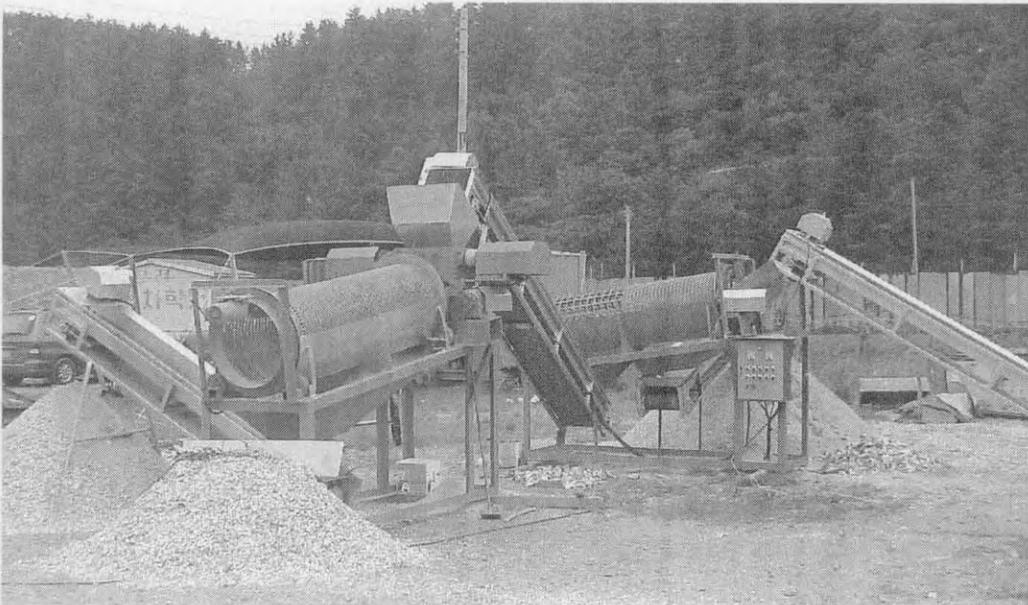


그림 23 재활용업체용 굴 폐각 코팅사 제거장치의 시작품



그림 24 1차 컨베이어 시작품

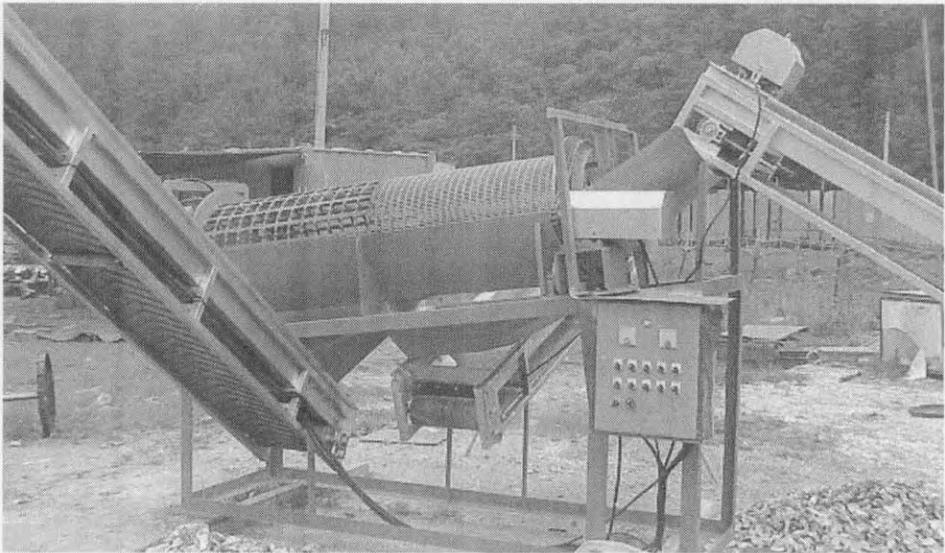


그림 25 1차 분리통의 시작품

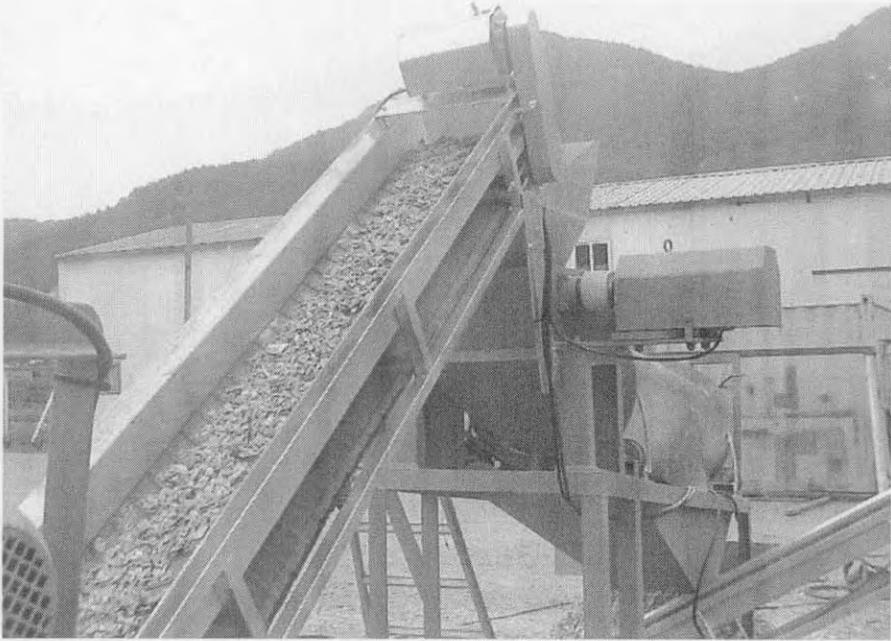


그림 26 3차 컨베이어 시작품

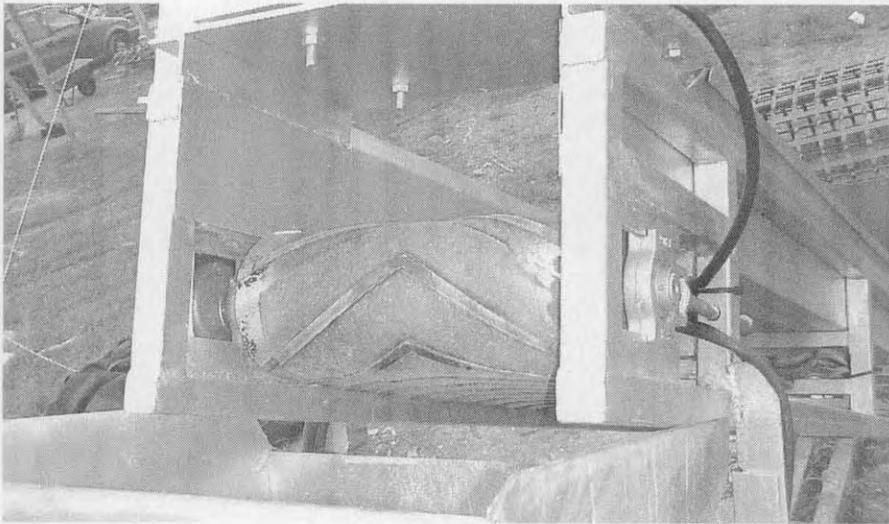


그림 27 마그네트 롤러 시작품

3차 컨베이어로 이송되는 굴 패각 입자만 작게 분쇄하고 코팅사는 원형 그대로 유지해 주는 굴 패각 분쇄장치 시작품을 그림 28에 나타내었으며, 분쇄장치 롤러 시작품을 그림 29에 나타내었다.

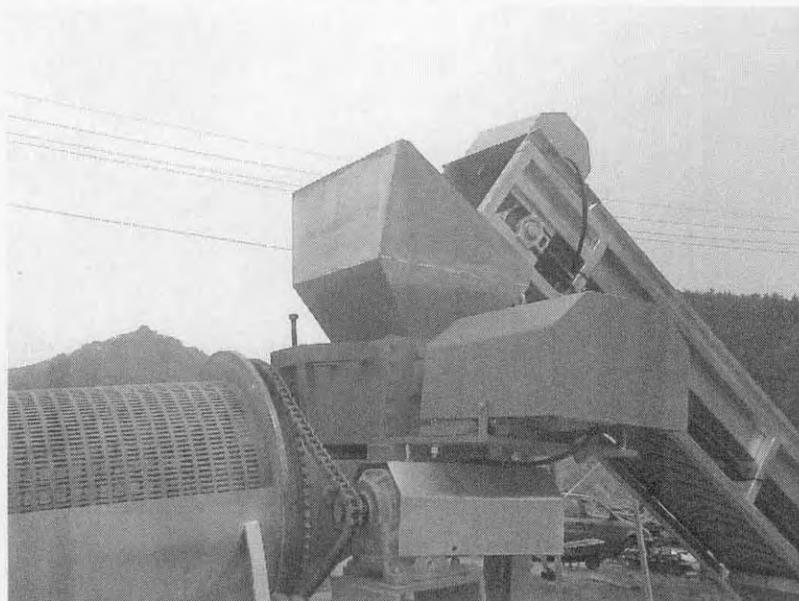


그림 28 굴 패각 분쇄장치 시작품

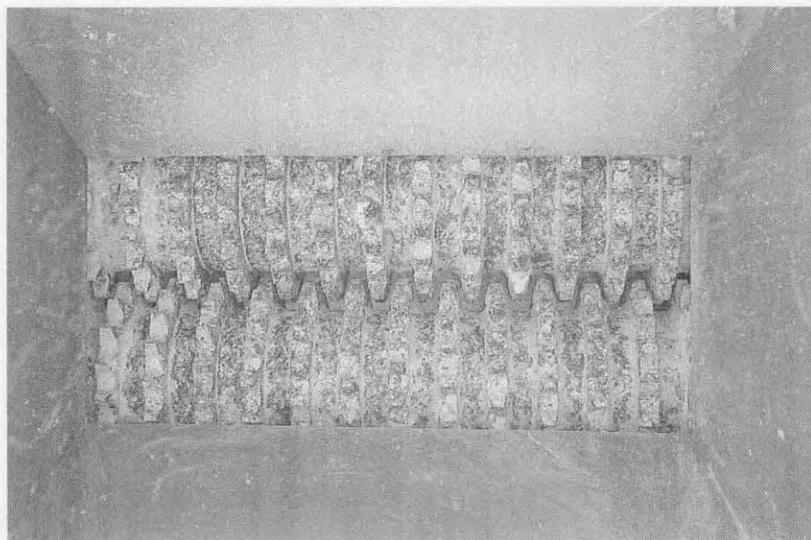


그림 29 분쇄장치 롤러 시작품

분쇄장치를 통과한 굴 폐각에서 코팅사 등의 이물질 제거하는 2차분리통의 시작품을 그림 30에 나타내었으며, 2차분리통의 원통면에 천공된 격자의 막힘을 방지해 주는 스테인리스 와이어 부러쉬 시작품을 그림 31에 나타내었다.

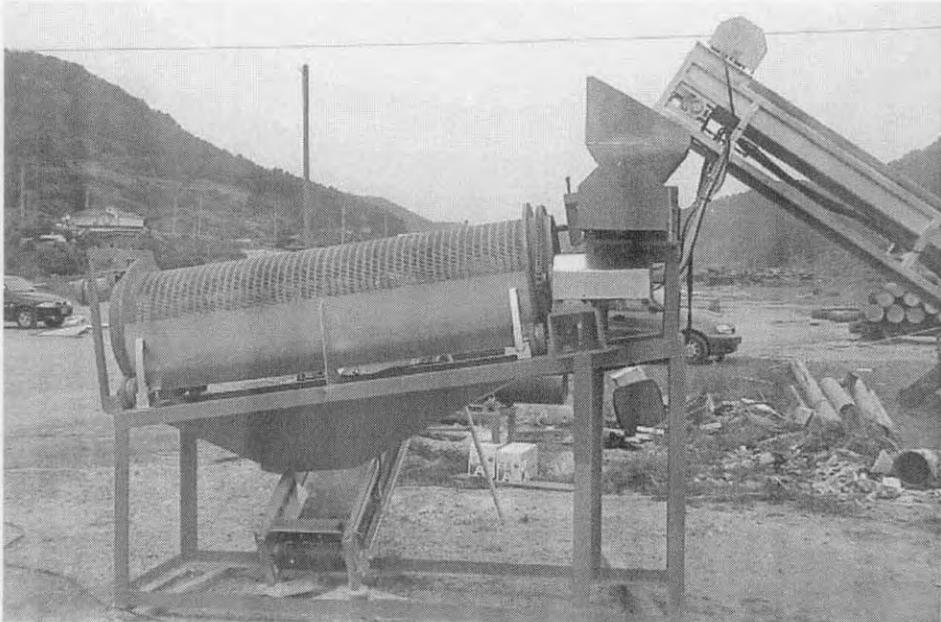


그림 30 2차분리통의 시작품

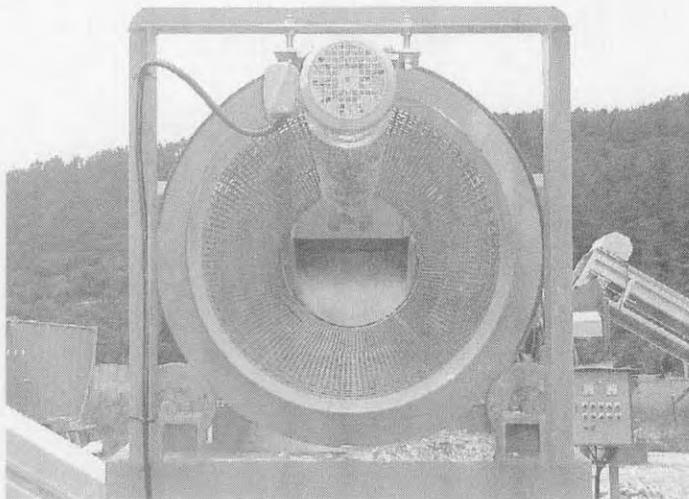


그림 31 스테인리스 와이어 부러쉬 시작품

## 2. 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치 설계 및 제작

### 가. 굴 패각 코팅사 제거 장치 설계

기존의 굴 패각 코팅사 제거장치는 나선형 칼날에 의해 굴 패각을 분쇄시키며, 이 과정 중에 나선형 칼날에 의해 코팅사도 작은 조각으로 잘려지는 문제점이 있었다. 이는 코팅사를 제거하기 위하여 먼저 굴 패각을 분쇄시키는 과정에서 굴 패각 분쇄가 코팅사의 잘림 현상, 점액질 액체발생 등 코팅사의 제거를 더욱 어렵게 하는 요인을 생성시킨다. 또한 3장 1절 2항에서 언급한 것과 같이 기존 박신장에 설치한 굴 패각 코팅사 제거장치를 사용하여 코팅사를 100% 제거하기에는 근본적인 문제점을 가지고 있다.

이 연구에서는 기존 박신장에서 사용하는 방식인 굴 패각을 분쇄한 후 코팅사를 제거하는 방식이 아닌 다른 방식을 고안한다. 이 연구에서 고안한 방식은 굴 패각을 분쇄하기 전에 먼저 코팅사를 제거한 후 굴 패각을 분쇄하는 방식이다. 그림 32에 나타난 바와 같이 굴 패각에 코팅사가 포함되는 것은 코팅사에 의해 굴 패각이 연결되어 뭉쳐있는 덩어리로 존재하기 때문이다. 따라서 굴 패각을 분쇄하기 전에 이 코팅사로 연결되어 있는 굴 패각 덩어리로부터 코팅사를 제거해 내는 것이다. 이 연구에서는 코팅사에 의해 굴 패각이 뭉쳐있는 덩어리로부터 코팅사만을 뽑아낼 수 있는 장치를 설계한다.

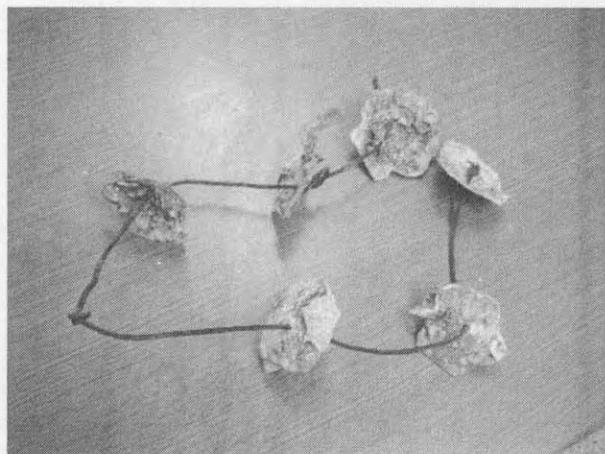


그림 32 코팅사로 연결된 굴 패각

굴 패각 코팅사 제거 장치의 개략도를 그림 33, 34, 35에 나타내었다. 그림 33, 34, 35에 나타낸 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치의 동작을 설명한다. 이 장치는 그림 32에 나타낸 바와 같이 코팅사에 의해 굴 패각이 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리로부터 코팅사만을 뽑아낼 수 있는 장치이다.

코팅사에 의해 굴 패각이 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리를 투입구(1)에 투입한다. 구동모터(5)에 의해 회전하는 회전디스크(4)의 원주면에 설치된 코팅사 걸이장치(2)가 반시계방향으로 회전하면서 투입구(1)에 놓여진 굴 패각 덩어리에서 코팅사만 걸어서 당기게 되고 코팅사에 연결된 굴 패각은 굴 패각 스톱퍼(6)에 의해 고정되므로 결과적으로 코팅사 걸이장치(2)의 회전에 의해 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만 뽑아져 나오게 된다. 뽑아져 나온 코팅사는 회전디스크(4)의 원주면을 따라 이동하다가 제어기에 의해 회전디스크(4)를 역방향(시계방향)으로 회전시키면 코팅사는 코팅사 걸이장치(2)에서 풀어지면서 코팅사 배출구인 하방으로 떨어지게 된다. 한편 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만을 뽑아내면 굴 패각 덩어리는 하나하나의 굴 패각으로 분리되어져 굴 패각 배출가이드(3)을 통하여 자동 배출된다. 이러한 동작원리에 의해 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만 분리해 낼 수 있으며, 박신장에서 처리하는 굴 패각 중에서 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리의 양은 많지 않기 때문에 박신장에서 손쉽게 굴 패각으로부터 코팅사를 분리할 수 있다.

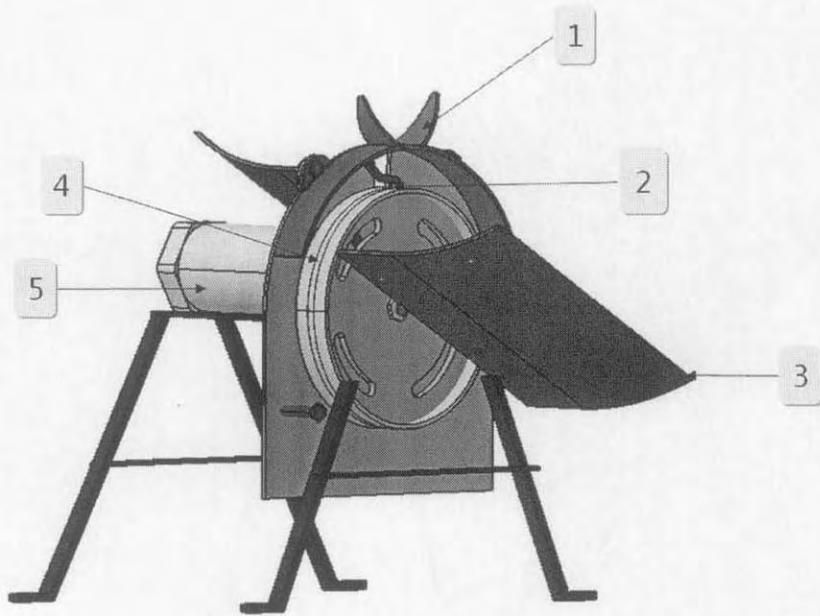


그림 33 굴 패각 코팅사 제거 장치

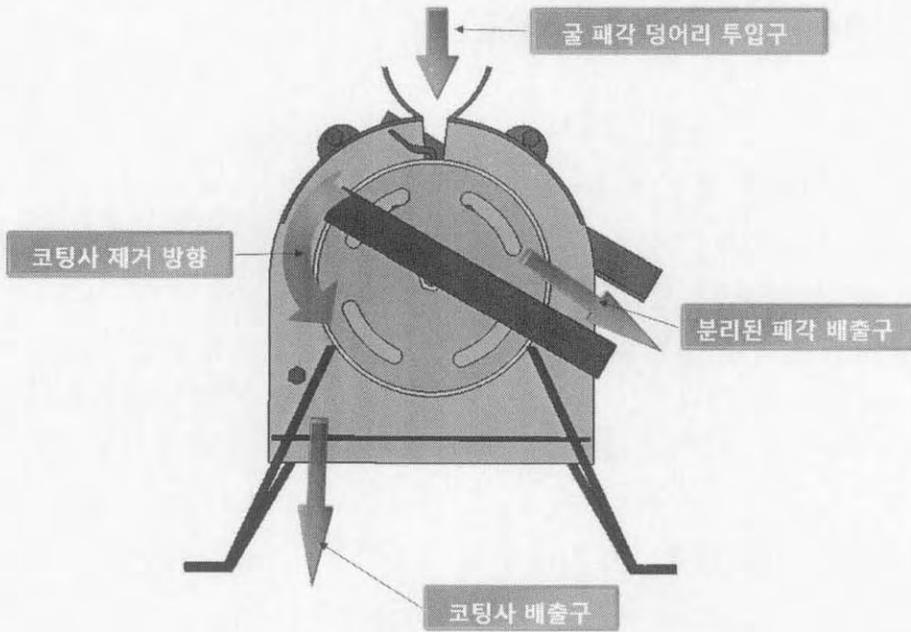


그림 34 굴 패각 코팅사 제거장치의 개략도

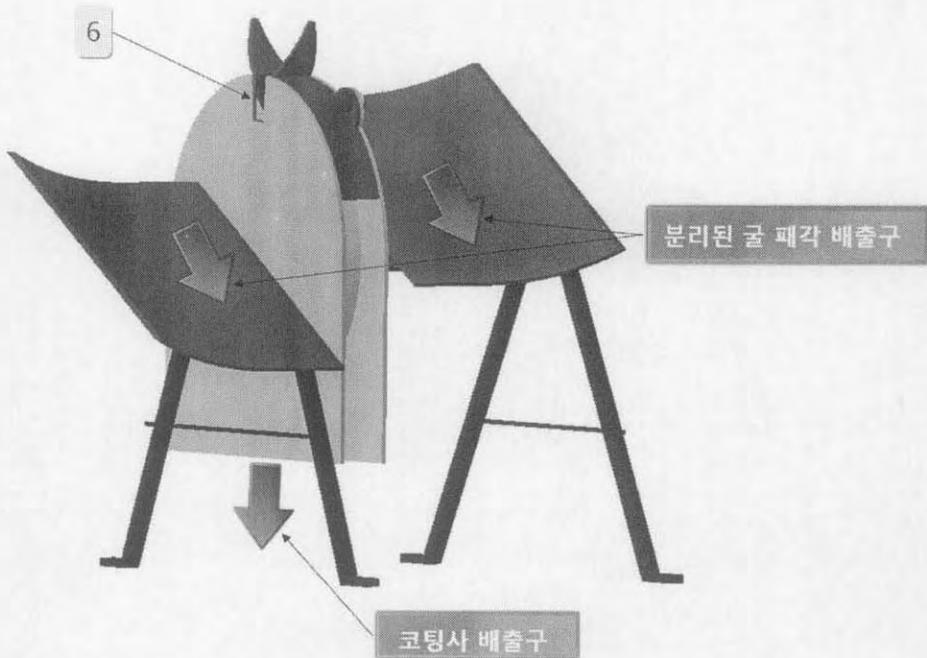


그림 35 굴 패각 코팅사 제거 장치

#### 나. 굴 패각 코팅사 제거 장치 시작품 제작

굴 패각 코팅사 제거 장치의 시작품을 그림 36, 37에 나타내었다. 굴 패각 코팅사 제거 장치의 시작품은 부식방지를 위하여 스테인리스로 제작하였으며, 박신장에서 손쉽게, 저렴하게 활용할 수 있도록 가장 단순한 구조로 제작하였다. 굴 패각 덩어리에서 코팅사만을 뽑아내면 굴 패각 덩어리는 하나하나의 굴 패각으로 분리시켜 배출시키는 굴 패각 배출가이드의 시작품을 그림 38에 나타내었다. 이 장치는 패각에서의 코팅사 탈리장치라는 명칭으로 특허 출원(출원번호: 10-2007-0095552) 되었다.



그림 36 굴 패각 코팅사 제거 장치의 시작품(1)



그림 37 굴 패각 코팅사 제거 장치의 시작품(2)

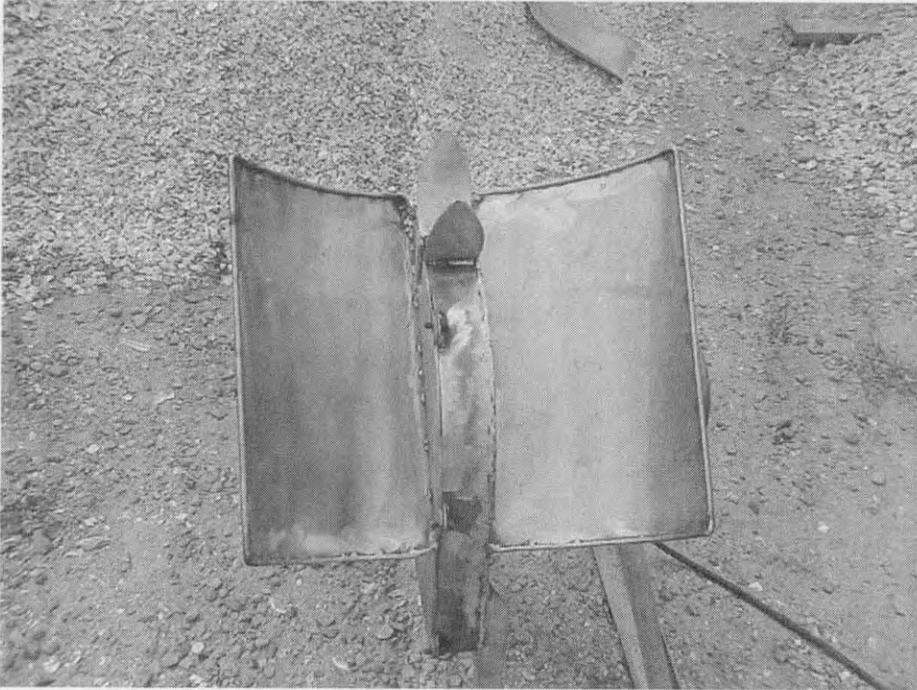


그림 38 굴 패각 배출용 가이드

### 3. 굴 패각 부착생물 세척장치 설계 및 제작

#### 가. 굴 패각 부착생물 세척장치 설계

그림 39에는 굴 양식장의 굴 채취과정에서 굴 수하연에 부착된 해양생물을 나타내고 있으며, 굴 수하연에 부착된 해양생물을 제거하는데 2명의 작업인력이 필요한 실정이다. 이 연구에서는 굴 수하연에 부착된 해양생물을 제거할 수 있는 굴 패각 부착생물 세척 장치를 설계한다. 이 연구에서 개발하는 굴 패각 부착생물 세척 장치는 고압수를 회전식 노즐장치로 분출시켜 굴 수하연에 부착된 해양생물을 제거한다.

굴 패각 부착생물 세척장치의 개략도를 그림 40, 41에 나타내었다. 그림 40, 41에 나타낸 굴 패각 부착생물 세척장치의 동작을 설명한다. 이 장치는 그림 40, 41에 나타낸 바와 같이 굴 수하연을 매다는 로프(1)를 따라 세척장치(6)가 이동할 수 있도록 하는 가이드 롤러장치(2)가 케이싱(4)에 설치되고,

케이싱(4)은 지지대(5)에 의해 지지된다. 케이싱에는 회전식 노즐장치가 부착되고, 고압수는 회전식 노즐장치 상부 인입구(3)를 통하여 공급된다. 고압수의 공급에 의해 회전식 노즐장치 하부로 고압수의 분무가 생성되며, 이 분무수에 의해 굴 수하연에 부착된 해양생물이 세척되며, 세척력은 고압 분무수의 압력에 의해 결정되므로 세척력을 상당히 크게 할 수 있다. 이 장치의 핵심부인 회전식 노즐장치의 개략도를 그림 42에 나타내었다. 회전식 노즐장치는 고정부와 회전부로 나누어지며, 고정부는 회전식 노즐장치를 고정하는 부분이며, 회전부는 십자형의 노즐이 회전원판에 부착되어 있으며, 고압수의 공급에 따라 노즐과 회전원판이 선회운동을 하게 된다. 이 노즐의 선회운동으로 인하여 노즐회전에 따른 원주상으로 고압 분무수의 수막이 형성되며, 이 고압 분무수의 수막에 의해 굴 수하연에 부착된 해양생물이 세척된다. 회전식 노즐장치에 공급되는 고압수는 고압수 발생장치에서 공급한다. 그림 43에 고압수 발생장치의 개략도를 나타내었으며, 설계제원을 표 1에 나타내었다.

표 1 굴패각 부착생물 세척장치용 고압수 발생장치의 설계제원

내 용		제 원
구동엔진	출력	50 ps 이상
	회전수	1000 -2000 rpm
고압펌프	사용압력	25 kg/cm <sup>2</sup> 이상
	유량	100 l/min 이상
유압펌프	형식	Gear pump
	토출용량	22.4 cc/rev
	토출압력	175 kg/cm <sup>2</sup>
릴리프밸브	형식	밸런스 피스톤형 RB1-04TB510
	정격유량	60 l/min
	설정압력	70 kg/cm <sup>2</sup>
노즐	노즐 수	4 개
	노즐직경	2.5 mm
	원반직경	150mm 이상



그림 39 굴 수하연에 부착된 해양생물을 제거하는 작업

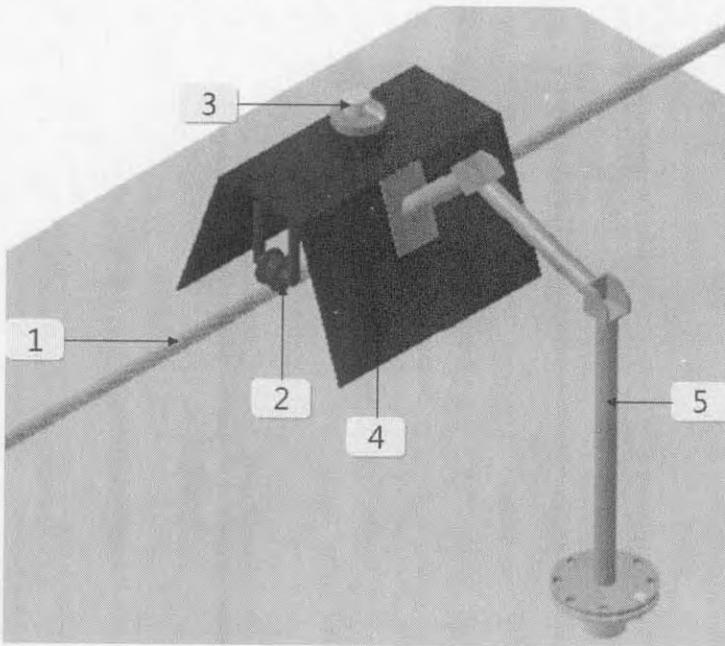


그림 40 굴 패각 부착생물 세척장치 개략도

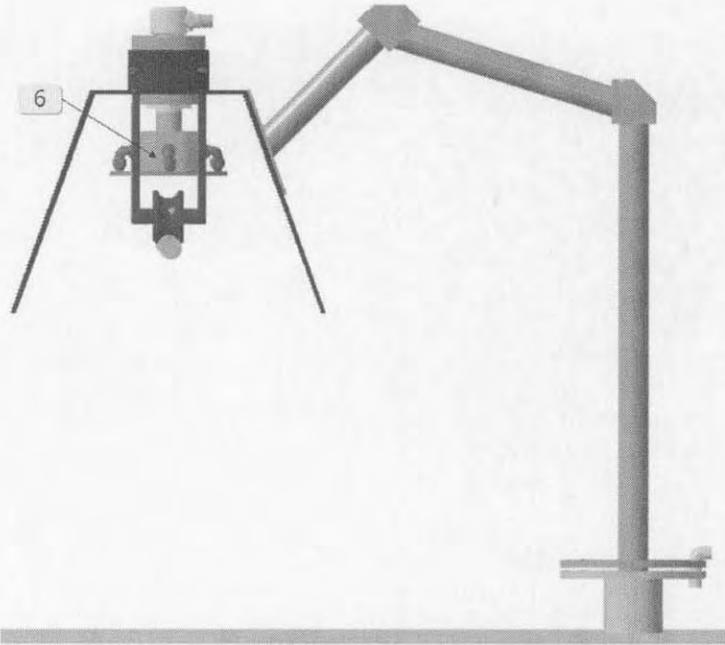


그림 41 굴 패각 부착생물 세척장치 개략도

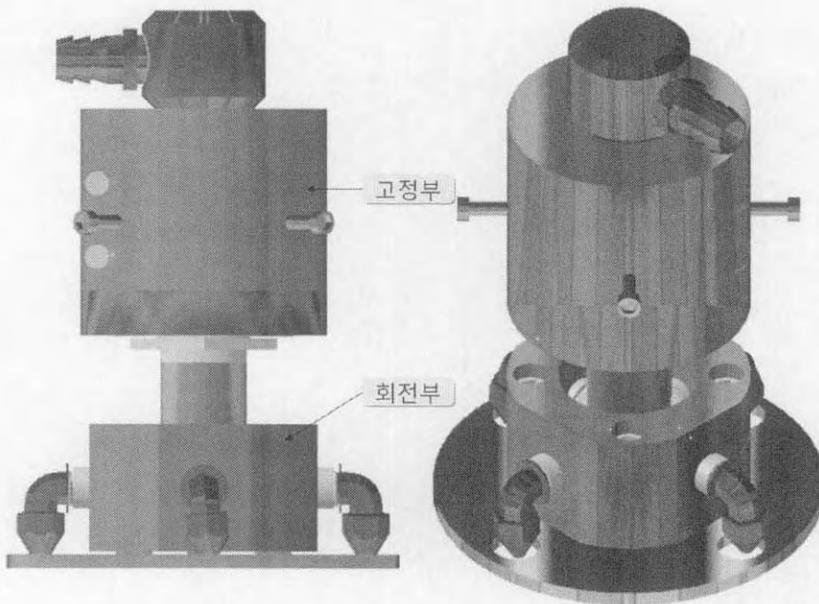


그림 42 회전식 노즐장치 개략도

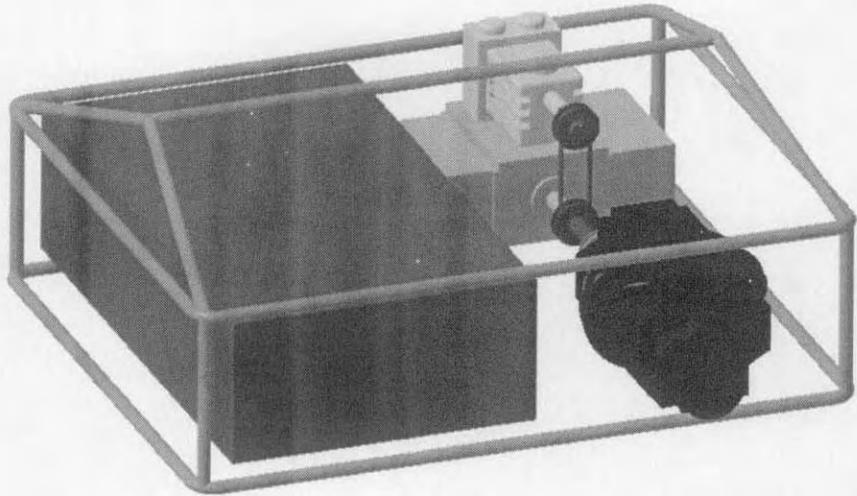


그림 43 고압수 발생장치 개략도

나. 굴 패각 부착생물 세척장치 시작품 제작

굴 패각 부착생물 세척장치의 시작품을 그림 44에 나타내었다. 그림 45에는 회전식 노즐장치 시작품을 나타내었다. 그림 46에는 고압수 발생장치 시작품을 나타내었다.

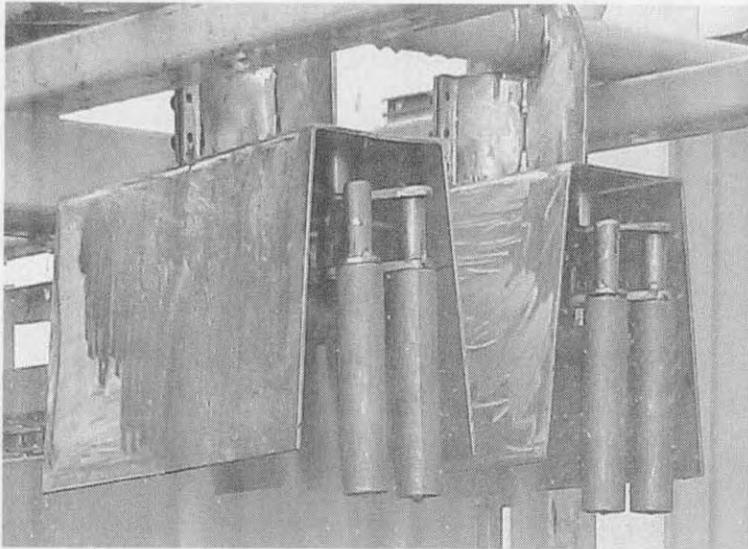


그림 44 굴 패각 부착생물 세척장치의 시작품

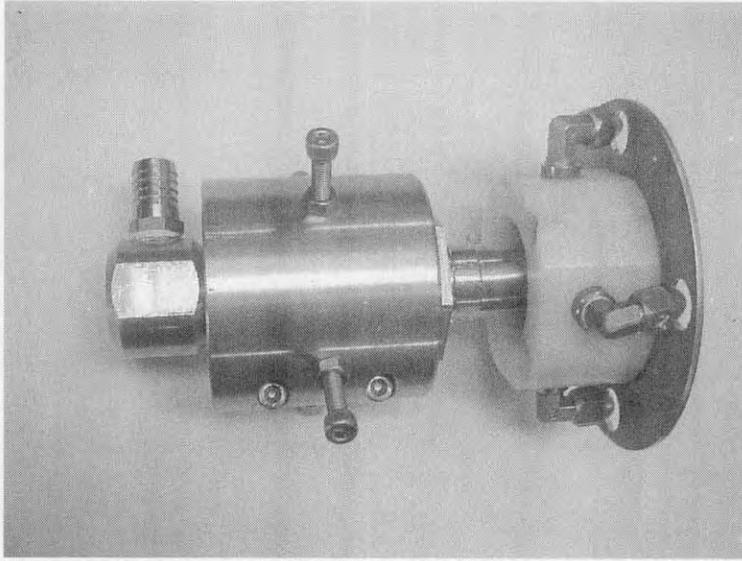


그림 45 회전식 노즐장치 시작품

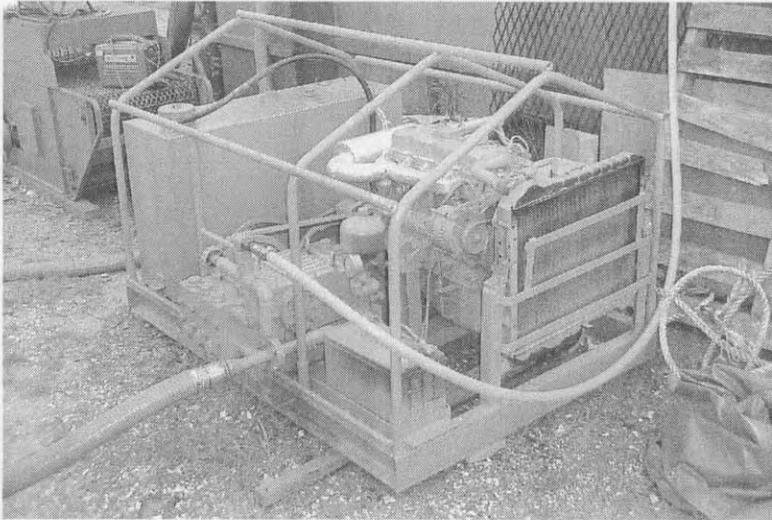


그림 46 고압수 발생장치 시작품

## 4. 굴 패각 염분 제거장치 설계 및 제작

### 가. 굴 패각 염분 제거장치 설계

굴 패각을 패회석 비료 및 양계용사료로 재활용할 경우 굴 패각에 포함된 염분은 문제가 되지 않는다. 왜냐하면 재활용업체에서 굴 패각을 야적장에 야적하여 두면서 빗물에 의해 자연 세척을 시키기 때문이다.

굴 패각을 콘크리트 대체골재 또는 도로지반 개량재료 등의 건설재료로 재활용할 경우 굴 패각에 포함된 염분, 해양유기물 등을 반드시 제거해 주어야 한다. 이 연구에서는 굴 패각에 포함된 염분을 저비용으로 제거하는 방법에 대하여 여러 방면으로 검토를 하였으며, 가장 좋은 방법은 굴 패각을 일정기간 야적한 상태에서 빗물에 의해 자연 세척을 시키는 것이다. 기계적인 방법을 강구한다면 가장 일반적인 방법은 담수를 사용하여 굴 패각을 세척하는 방법이 있지만 통영지역의 여건상 담수소비에 대한 경제적인 문제, 세척 후 굴 패각의 건조와 관련한 문제, 굴 패각 표면에 딱딱하게 붙어있는 해양유기물 제거문제 등이 예상된다.

이 연구에서는 굴 패각의 염분도 제거하고, 굴 패각 표면에 딱딱하게 붙어있는 해양유기물(그림 7 참조)도 제거하고, 굴 패각을 건조 시킬 수 있는 방법으로 노통에서 화염으로 굴 패각을 구워낼 수 있는 굴 패각 염분 제거장치를 설계한다.

이 연구에서 개발한 굴 패각 염분 제거장치 개략도를 그림 47, 48에 나타내었다. 그림 47, 48에 나타낸 굴 패각 염분 제거장치의 동작을 설명한다. 이 장치는 호퍼(1)에 굴 패각을 투입하면 가이드를 따라 굴 패각은 연소실(2)로 투입된다. 연소실에는 버너(5)에 의해 화염이 발생되고 있으며, 버너로 공급되는 연료량에 의해 연소실내의 온도가 제어된다. 연소실은 구동모터(4)에 의해 회전하며, 연소실 내면에는 나선형의 안내날개(3)를 부착하였다. 이 회전하는 안내날개에 의해 연소실로 투입된 굴 패각은 연소실 내를 천천히 이동하면서 화염에 의해 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물은 타서 없어지면서 염분도 제거된다. 또한 굴 패각에 함유된 수분도 동시에 증발하여 건조된다. 따라서 이 연구에서 개발한 굴 패각 염분 제거장치는 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물 제거, 염분제거 및 굴 패각 건조가 가능한 장치이다.

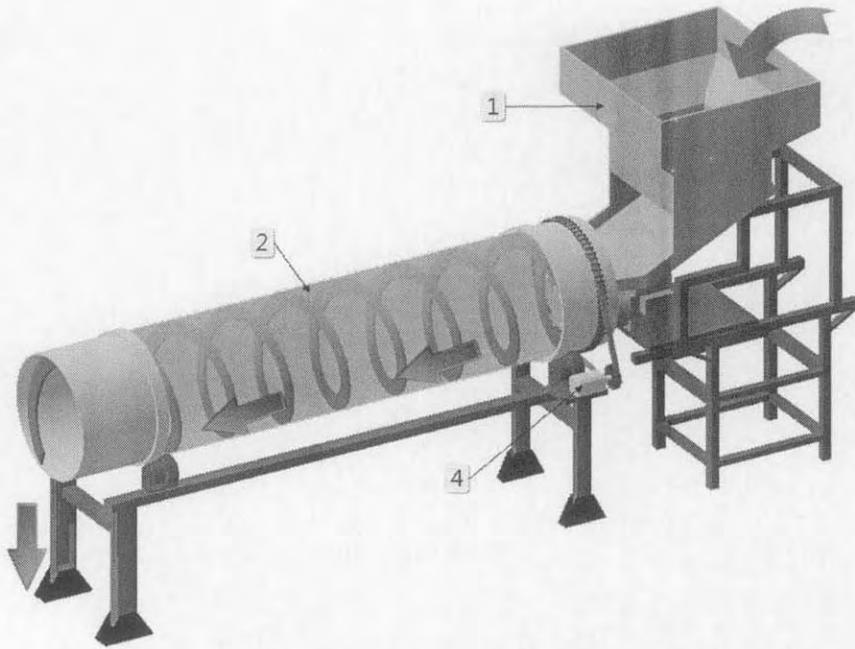


그림 47 굴 패각 염분 제거장치 개략도

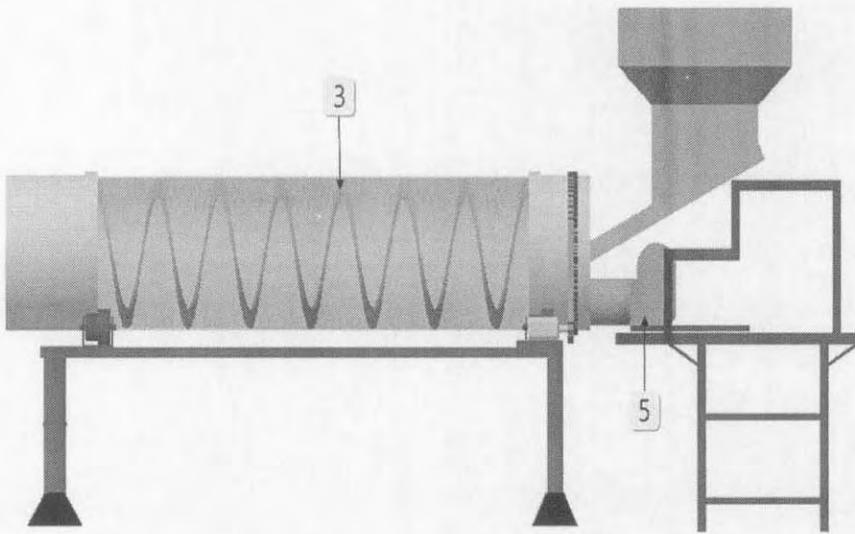


그림 48 굴 패각 염분 제거장치 측면도

나. 굴 패각 염분 제거장치 시제품 제작

이 연구에서 개발한 굴 패각 염분 제거장치 시제품을 그림 49, 50에 나타내었다.

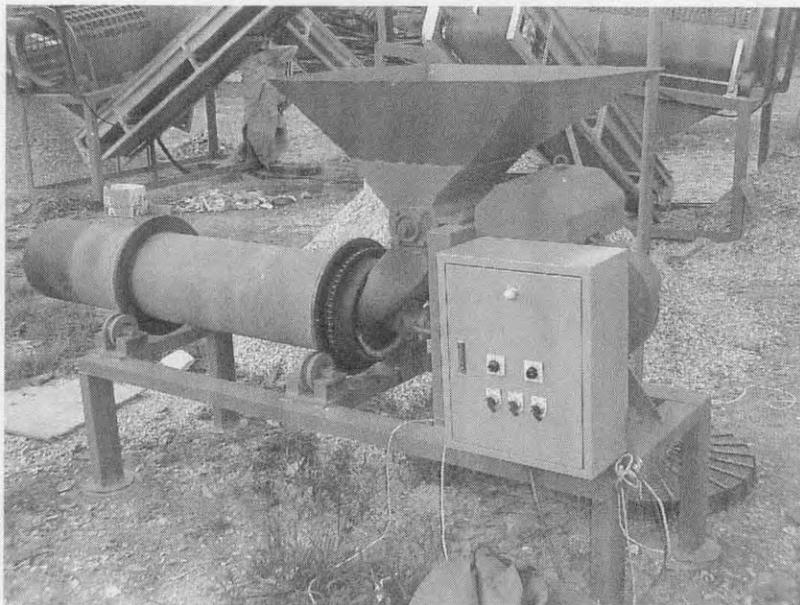


그림 49 굴 패각 염분 제거장치 시제품

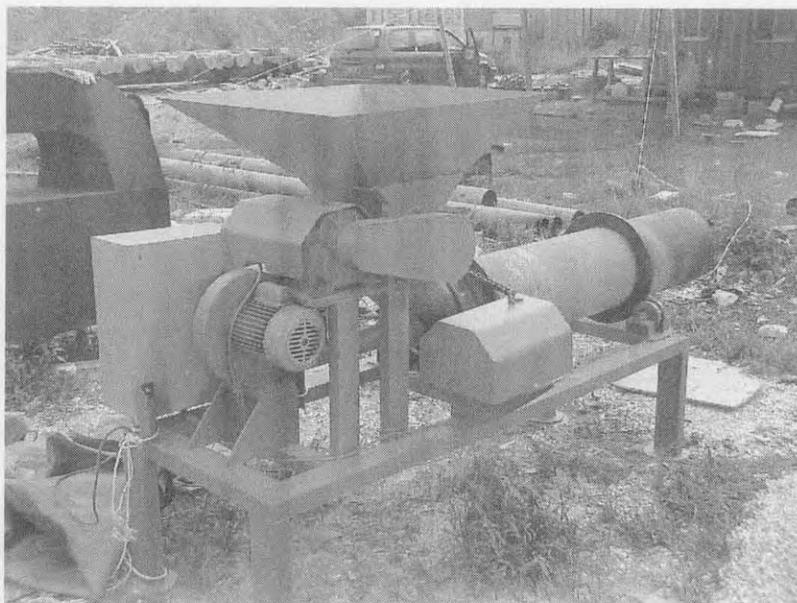


그림 50 굴 패각 염분 제거장치 시제품

## 제3절 결과 및 고찰

### 1. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치 성능시험

#### 가. 굴 패각 코팅사 제거 장치 성능시험용 굴 패각 운반

굴 패각 재활용업체인 (주)해성의 야적장에 야적된 굴 패각을 그림 51과 같이 운반차량을 이용하여 9.38톤을 운반하여 굴 패각 코팅사 제거 장치 성능시험에 사용하였다.

#### 나. 굴 패각 코팅사 제거 장치 성능시험

이 연구에서 제작한 굴 패각 코팅사 제거장치를 참여기업인 금광그린에 설치하고 성능시험을 수행한다. (주)해성으로부터 운반하여 성능시험에 사용할 굴 패각을 그림 52에 나타내었다. 이 굴 패각에는 코팅사 등의 이물질이 포함되어 있다. 이 연구에서 개발한 굴 패각 코팅사 제거 장치를 사용하여 이 굴 패각에 포함된 코팅사 등의 이물질 제거 성능을 시험한다. 성능시험 방법은 코팅사 등의 이물질이 포함된 굴 패각을 이 연구에서 제작한 굴 패각 코팅사 제거 장치를 사용하여 굴 패각과 이물질이 분리되는 성능을 평가한다.



그림 51 성능시험용 굴 패각 운반

굴 패각 투입구에 코팅사 등의 이물질이 포함되어 있는 굴 패각을 투입한 다(그림 53 참조). 투입된 굴 패각은 1차컨베이어를 통하여 굴 패각 1차분리 통으로 들어간다. 1차분리통 입구측 1/2길이에 는 크기 7mm×30mm의 격자가 천공되어 있고, 출구측 1/2길이에 는 크기 40mm×70mm의 격자가 천공되어 있다. 1차분리통 입구측으로 투입된 굴 패각은 1차분리통의 회전으로 인해 입구측 1/2길이에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자와 접촉되면서 천공된 격자크기보다 작은 굴 패각 입자는 2차컨베이어를 통하여 분리되며, 2차컨베이어를 통하여 분리되는 굴 패각에는 그림 54와 같이 코팅사가 완전히 제거된 순도가 높은 굴 패각이 분리된다. 그러나 아주 드물기는 하지만 1차분리통 입구측 1/2길이에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자보다 작은 코팅사 (5mm×27mm)인 경우는 이 격자를 통과하여 그림 55와 같이 굴 패각에 포함되는 경우가 드물게 있다. 이 연구에서 개발한 굴 패각 코팅사 제거장치의 한계는 크기가 7mm×30mm 이하인 골은 코팅사는 분리시키지 못할 수도 있다. 하지만 크기가 7mm×30mm 이하인 골은 코팅사가 존재할 가능성은 매우 희박하다.

1차분리통의 입구측 1/2길이에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자에서 걸러 지지 못한 굴 패각은 출구측 1/2길이에 천공된 크기 40mm×70mm의 격자와 접촉되면서 천공된 격자크기보다 작은 굴 패각 입자 또는 코팅사를 포함하는 이물질 등이 3차컨베이어를 통하여 분리되어 굴 패각 분쇄장치 쪽으로 이동 한다. 1차분리통의 출구측 1/2길이에 천공된 크기 40mm×70mm의 격자에서 도 걸러지지 못한 것은 대부분 긴 코팅사, 돌멩이, 나무, 장갑 등의 크기가 비교적 큰 이물질들이며, 그림 56과 같이 1차분리통의 출구측으로 분리되어 나오며, 1차분리통 출구측에서 분리된 코팅사 등의 이물질을 그림 57에 나타 내었다. 1차분리통의 중요한 기능은 코팅사 등의 이물질이 전혀 포함되지 않 은 순도가 양호한 굴 패각의 분리, 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 패각 의 분리, 크기가 비교적 큰 이물질의 분리 등 3종류로 확실하게 분리한다. 이 3종류 중에서 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 패각은 재 분쇄를 위하여 그림 58에 나타낸 바와 같이 3차컨베이어를 통하여 분쇄장치로 유도된다.



그림 52 성능시험용 굴 폐각



그림 53 1차 컨베이어에 굴 폐각 투입작업

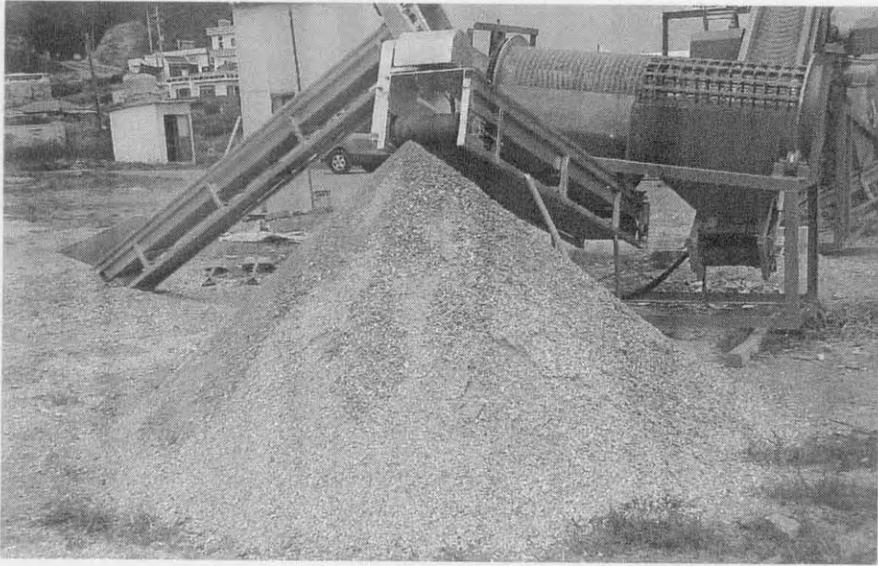


그림 54 1차분리통에서 분리된 코팅사가 완전히 제거된 굴 패각



그림 55 분리되지 않은 크기가 작고 곧은 코팅사(5mm×27mm)

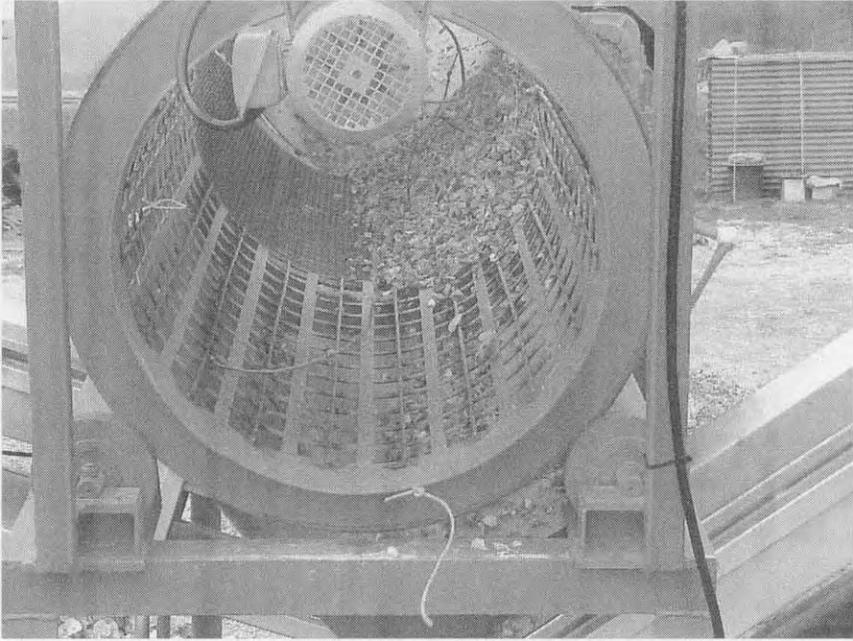


그림 56 1차분리통 출구측으로 분리되어 나오는 코팅사



그림 57 1차분리통 출구측으로 분리된 코팅사 등의 이물질

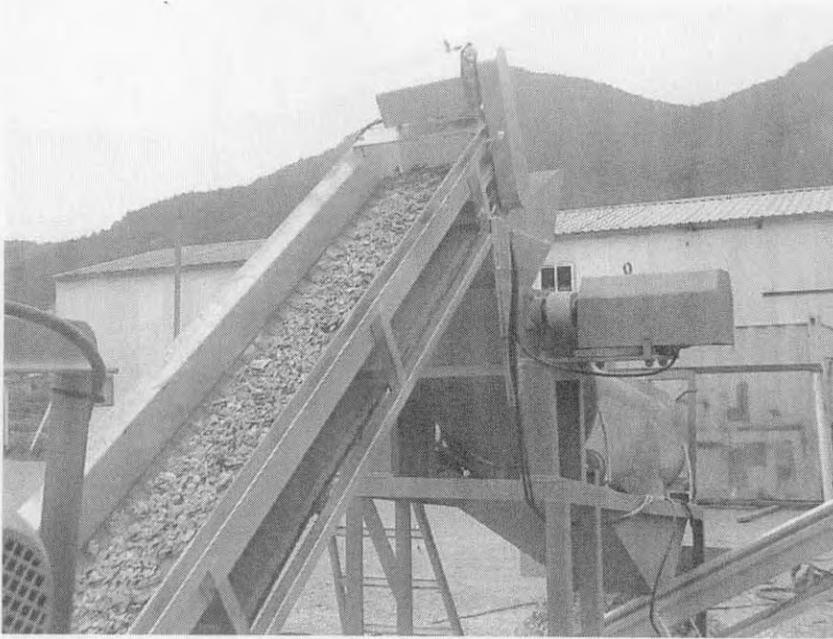


그림 58 3차컨베이어를 통하여 분쇄장치로 이송되는 굴 폐각

1차분리통의 원통면에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자가 이물질 분리과정 중에 이물질 또는 굴 폐각 조각 등에 의해 막히는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 막히는 현상을 방지하기 위하여 1차분리통의 내측에 스테인리스 와이어 부러쉬를 설치하였으며, 부러쉬는 그림 59에 나타난 바와 같이 구동 모터에 의해 회전하면서 1차분리통에 천공된 격자 구멍이 굴 폐각 조각에 의해 막히지 않도록 양호하게 동작하였다.

1차분리통에서 분리된 코팅사 등 이물질이 일부 포함된 굴 폐각 중에는 못 등의 철편이 포함되는 경우가 빈번하게 일어나며, 이러한 못 등의 철편도 반드시 제거해 주어야 한다. 굴 폐각 코팅사 제거장치에서는 이러한 못 등의 철편을 제거해 주기 위하여 3차컨베이어의 상부 롤러장치를 마그네트 롤러로 제작하여 설치하였다. 그림 60에 나타난 바와 같이 3차컨베이어 상부 마그네트 롤러장치는 굴 폐각에 포함되어 있는 못 등의 철편을 확실히 제거해 주며, 이 마그네트 롤러장치에 의해 분리된 못 등의 철편을 그림 61에 나타내었다.

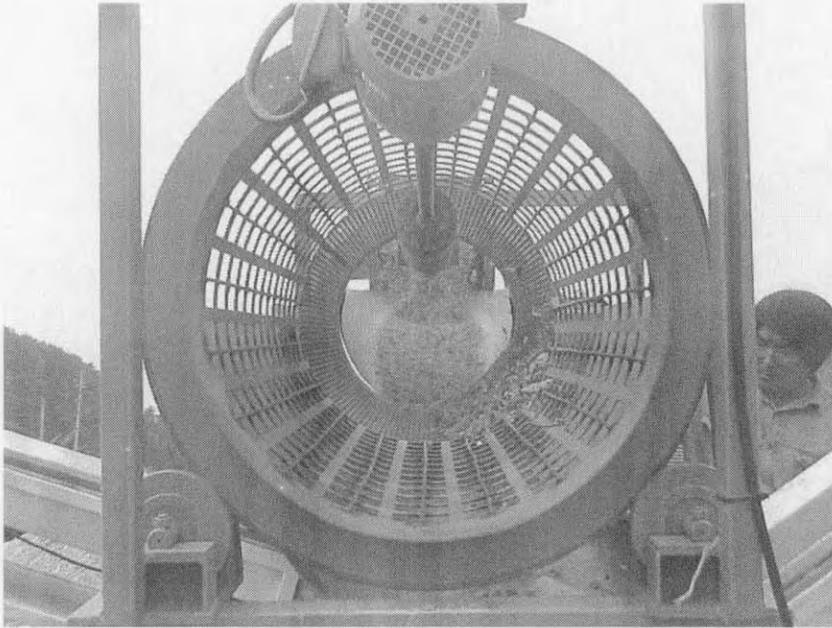


그림 59 1차분리통 스테인리스 와이어 부러쉬 동작상태



그림 60 마그네트 롤러

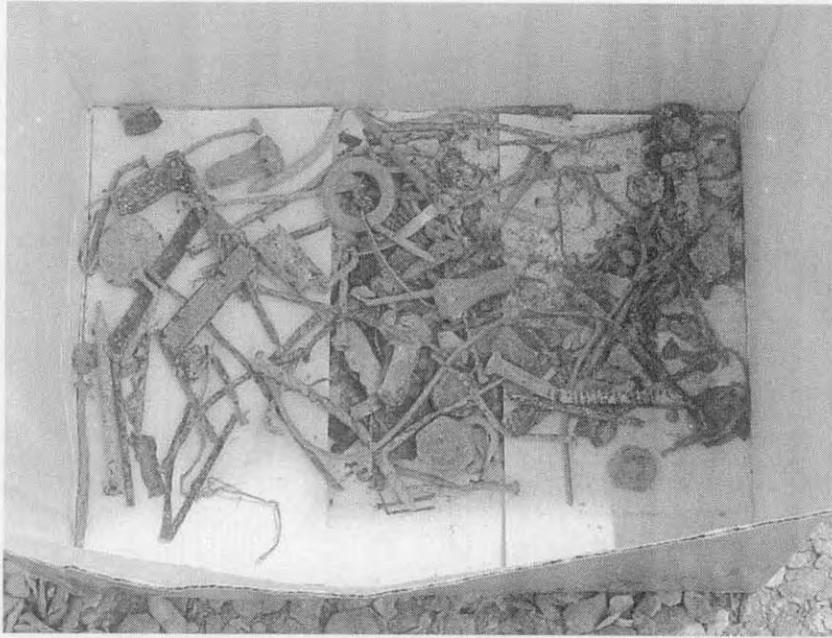


그림 61 굴 폐각으로부터 분리된 못 등의 철판

마그네트 롤러장치에 의해 못 등의 철판이 제거된 후 굴 폐각은 분쇄장치로 유도된다. 분쇄장치는 두개의 롤러에 기어와 슬리브를 교대로 설치하고, 기어와 슬리브가 서로 맞물리는 형상으로 되어 있으며, 굴 폐각은 크기가 작은 입자로 분쇄되고, 굴 폐각에 포함되어 있는 코팅사는 자르지 않고 원형 그대로 유지해 준다. 이는 굴 폐각 입자만 작게 분쇄하여 2차분리통에서 굴 폐각과 코팅사를 쉽게 분리할 수 있기 때문이다. 그림 62에 분쇄장치에 의해 분쇄되는 굴 폐각을 나타내었다.

분쇄장치에 의해 분쇄된 굴 폐각은 2차분리통 입구측으로 들어간다. 2차분리통의 원통면에는 크기 7mm×30mm의 격자가 천공되어 있다. 2차분리통 입구측으로 투입된 굴 폐각은 2차분리통의 회전으로 인해 원통면에 천공된 격자와 그림 63과 같이 접촉되면서 천공된 격자크기보다 작은 굴 폐각 입자는 천공된 격자로 빠져나와 그림 64와 같이 4차컨베이어를 통하여 코팅사가 제거된 굴 폐각이 분리된다.

2차분리통의 원통면에 천공된 크기 7mm×30mm의 격자가 이물질 분리과정 중에 이물질 또는 굴 폐각 조각 등에 의해 막히는 현상이 발생할 수 있다.

이러한 막히는 현상을 방지하기 위하여 2차분리통의 내측에 스테인리스 와이어 부러쉬를 설치하였으며, 부러쉬는 그림 65에 나타난 바와 같이 구동모터에 의해 회전하면서 2차분리통에 천공된 격자 구멍이 굴 패각 조각에 의해 막히지 않도록 양호하게 동작하였다.

한편 2차분리통 원통면에 천공된 격자로 빠져나가지 못한 코팅사 등의 이물질은 그림 66과 같이 2차분리통 출구측으로 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각이 배출된다. 2차분리통 출구에서 배출된 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각을 그림 67에 나타내었다.

#### 다. 굴 패각 코팅사 제거 장치 성능시험 결과 및 고찰

이상의 과정을 거쳐 이 연구에서 개발한 굴 패각 코팅사 제거장치를 사용하여 코팅사 등 이물질이 포함된 굴 패각으로부터 코팅사 등 이물질의 분리 성능을 시험하였다. 굴 패각의 1차 분리량은 그림 54에 나타난 1차분리통에서 분리된 굴 패각이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 62%가 분리되었으며, 코팅사 제거율은 100%이다. 굴 패각의 2차 분리량은 그림 64에 나타난 2차분리통에서 분리된 굴 패각이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 29%가 분리되었으며, 코팅사 제거율은 100%이다. 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각의 분리량은 그림 67에 나타난 2차분리통 출구로 배출된 다량의 코팅사 등 이물질과 입자가 큰 굴 패각이 혼합된 상태이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 9%를 차지한다. 굴 패각 코팅사 제거장치의 코팅사 분리 성능을 <표 2>에 나타내었다.

표 2 굴 패각 코팅사 제거장치의 코팅사 분리성능

구 분	밑면지름 D(m)	높이 H(m)	부피 V(m <sup>3</sup> )	분포 (%)	코팅사 제거율 (%)
1차 분리량	3.406	1430	4.34	62	100
2차 분리량	2.715	1070	2.06	29	100
집적화된 이물질량	1.97	620	0.63	9	100 (코팅사+굴패각 공존)
전체량			7.03	100	

성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 9%를 차지하는 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각의 분리량은 그림 67에서 알 수 있는 바와 같이 다량의 코팅사 등 이물질과 입자가 비교적 큰 굴 패각으로 구성되어 있다. 따라서 2차 분리통의 입구측에 설치된 굴 패각 분쇄장치의 성능을 더욱 향상시켜 굴 패각 입자를 균일하게 작게 할 수 있으면 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각의 분리량을 더욱 줄일 수 있어 굴 패각으로부터 코팅사 등의 이물질을 더욱 완전하게 분리할 수 있다. 또 다른 방법으로는 2차분리통 출구에서 배출된 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각을 한번 더 이 장치의 첫 공정인 굴 패각 투입구에 투입하면 전체 공정을 거쳐 굴 패각과 코팅사 등의 이물질을 더욱 완전하게 분리할 수 있다.

코팅사 등 이물질이 저밀도로 포함되어 있는 많은 량의 굴 패각을 대상으로 수작업에 의해 코팅사 등 이물질을 제거해 내던 기존방식에 비해, 이 연구에서 개발한 굴 패각 코팅사 제거장치는 1차 및 2차분리통을 거쳐 코팅사 등 이물질이 완전히 제거된 순도가 높은 굴 패각을 전체량의 91%이상을 분리해 내고, 나머지 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각을 전체량의 9%이하로 축소시켜 코팅사 등 이물질을 제거한다.



그림 62 분쇄장치에 의해 분쇄되는 굴 패각



그림 63 굴 폐각이 2차분리통 내에서 분리되는 상태



그림 64 2차 분리통에서 코팅사가 제거된 굴 폐각

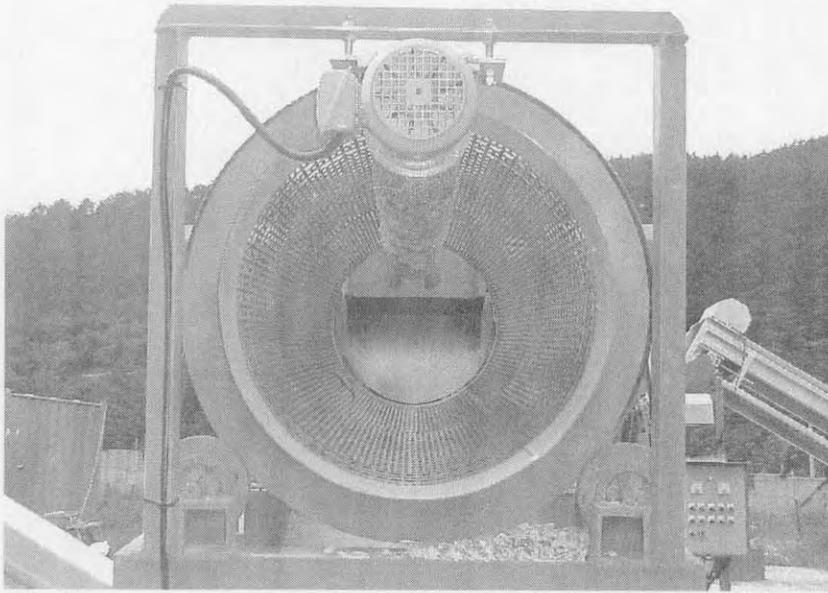


그림 65 2차분리통 내측의 스테인리스 와이어 부러쉬 동작상태



그림 66 2차분리통 출구로 배출된 다량의 코팅사를 포함한 굴 껍각



그림 67 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 폐각

## 2. 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치 성능시험

### 가. 굴 패각 코팅사 제거 장치 성능시험

이 연구에서 제작한 굴 패각 코팅사 제거장치를 참여기업인 금광그린에 설치하고 성능시험을 수행한다. 성능시험에 사용할 굴 패각 덩어리들은 박신장에서 가져와 그림 68에 나타내었다. 이 굴 패각 덩어리는 코팅사에 의해 굴 패각들이 연결되어 있다. 이 연구에서 개발한 굴 패각 코팅사 제거 장치를 사용하여 이 굴 패각 덩어리에 포함된 코팅사 제거 성능을 시험한다. 성능시험 방법은 이 연구에서 제작한 굴 패각 코팅사 제거 장치를 사용하여 굴 패각 덩어리에서 코팅사가 분리되는 성능을 평가한다.

먼저 그림 69와 같이 코팅사에 의해 굴 패각이 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리를 굴 패각 덩어리 투입구에 투입한다. 구동모터에 의해 회전하는 회전디스크의 원주면에 설치된 코팅사 걸이장치가 반시계방향으로 회전하면서 투입구에 놓여진 굴 패각 덩어리에서 그림 70과 같이 코팅사만 걸어 당기게 되고, 코팅사에 연결된 굴 패각은 그림 71과 같이 굴 패각 스톱퍼에 의해 고정되므로, 결과적으로 코팅사 걸이장치의 회전에 의해 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만 뽑아져 나오게 되고, 코팅사가 제거된 굴 패각은 그림 72와 같이 굴 패각 배출가이드를 통하여 자동 배출된다. 뽑아져 나온 코팅사는 회전디스크의 원주면을 따라 이동하다가 제어기에 의해 회전디스크를 역방향(시계방향)으로 회전시키면, 코팅사는 코팅사 걸이장치에서 풀어지면서 그림 73과 같이 코팅사 배출구로 떨어지게 된다.

### 나. 굴 패각 코팅사 제거 장치 성능시험 결과 및 고찰

코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만을 뽑아내는 굴 패각 코팅사 제거장치의 성능시험 결과 이 장치의 코팅사 제거성능이 우수함을 확인하였다. 박신장에서 처리하는 굴 패각 중에서 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리의 양은 많지 않기 때문에 박신장에서 손쉽게 굴 패각으로부터 코팅사를 완전하게 제거할 수 있다.



그림 68 성능시험에 사용할 굴 껍각 덩어리

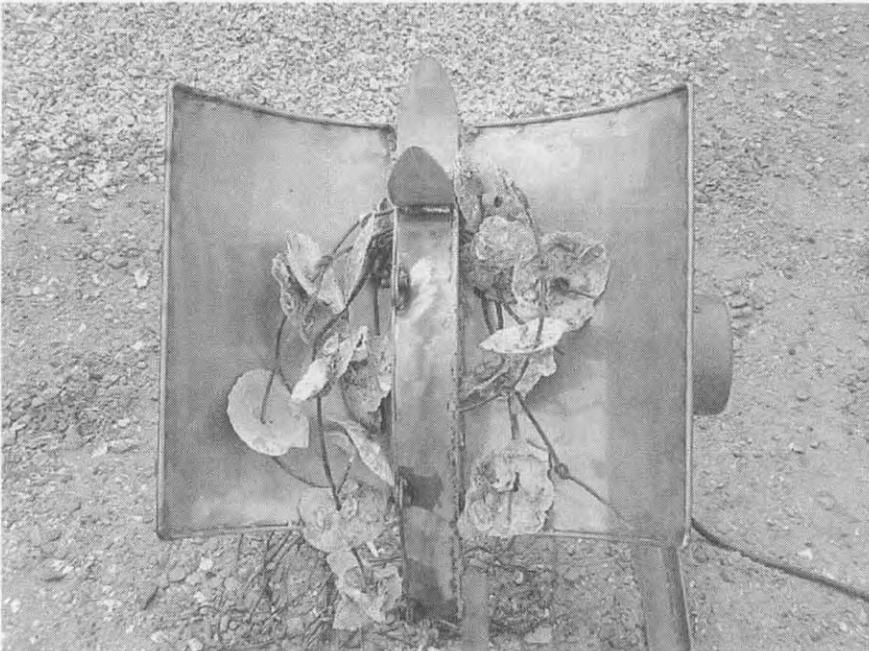


그림 69 굴 껍각 덩어리 투입



그림 70 코팅사 걸이장치가 코팅사를 걸어 당기는 상태



그림 71 코팅사가 당겨질 때 굴 패각을 고정하는 굴 패각 스토퍼



그림 72 코팅사가 제거된 굴 껍질이 배출가이드로 배출되는 상태



그림 73 굴 껍질 덩어리로부터 제거된 코팅사가 배출구로 배출된 상태

### 3. 굴 패각 부착생물 세척장치 성능시험

#### 가. 굴 패각 부착생물 세척장치 성능시험

이 연구에서 제작한 굴 패각 부착생물 세척장치를 참여기업인 금광그린에 설치하고 성능시험을 수행한다. 성능시험 방법은 이 연구에서 제작한 굴 패각 부착생물 세척장치의 회전식 노즐장치로부터 분출되는 분무수의 분출성능을 평가한다.

회전식 노즐장치로 공급되는 고압 분무수를 생성시키기 위하여 용량 200  $\ell/\text{min}$ , 최대압력 100  $\text{kg}_f/\text{cm}^2$ 인 고압 펌프장치를 그림 74에 나타내었다. 이 고압 펌프장치에서 발생한 고압수를 회전식 노즐장치로 공급하여 고압 분무수를 생성한다. 그림 75에 나타낸 바와 같이 이 노즐의 선회운동으로 인하여 노즐의 궤적을 따라 원주상으로 고압 분무수의 수막이 형성되며, 이 고압 분무수의 수막에 의해 굴 수하연에 부착된 해양생물이 세척된다. 이 고압 분무수의 세척력은 고압 분무수의 압력에 의해 결정되므로 압력을 조정함에 의해 세척력을 제어 할 수 있다. 또한 회전식 노즐장치로부터 생성되는 고압 분무수의 분출용량은 12톤/시간이므로 굴 패각 처리량은 2톤/시간 이상이다.

#### 나. 굴 패각 부착생물 세척장치 성능시험 결과 및 고찰

굴 수하연에 부착된 해양생물을 세척할 수 있는 굴 패각 부착생물 세척장치의 성능시험 결과 이 장치의 회전식 노즐장치로부터 분출되는 분무수의 분출성능이 우수함을 확인하였으며, 고압 분무수의 분출용량은 12톤/시간이다. 이 연구에서 개발한 굴 패각 부착생물 세척장치를 사용하면 굴 양식장에서 굴 패각에 부착되어 있는 해양생물을 완전하게 제거할 수 있다.

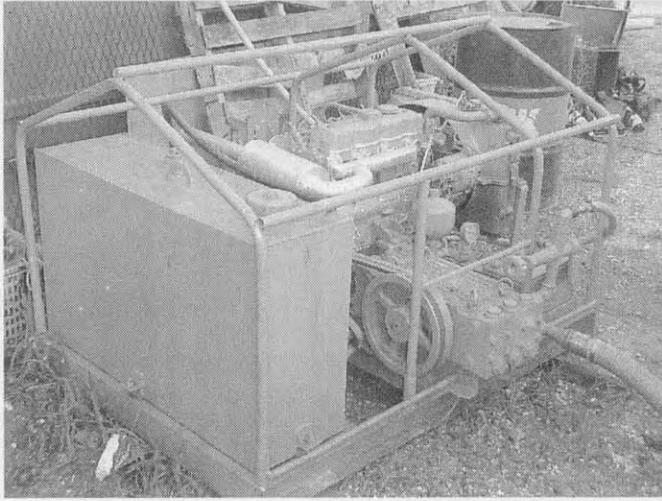


그림 74 고압수 펌프장치



그림 75 고압 분무수를 생성하는 회전식 노즐장치

## 4. 굴 패각 염분 제거장치 성능시험

### 가. 굴 패각 염분 제거장치 성능시험

이 연구에서 제작한 굴 패각 염분 제거장치를 참여기업인 금광그린에 설치하고 성능시험을 수행한다. 성능시험 방법은 이 연구에서 제작한 굴 패각 염분 제거장치를 사용하여 굴 패각을 구워낸 후 굴 패각의 표면에 부착된 염분 및 해양유기물의 제거성능을 평가한다.

굴 패각 염분 제거장치는 호퍼에 굴 패각을 투입하면 가이드를 따라 굴 패각은 연소실로 투입된다. 그림 76에 나타난 바와 같이 연소실에는 버너에 의해 화염이 발생되고 있으며, 버너로 공급되는 연료량에 의해 연소실내의 온도가 제어된다. 연소실은 구동모터에 의해 회전하며, 연소실 내면에는 나선형의 안내날개가 부착되어 있어 연소실로 투입된 굴 패각은 연소실 내를 천천히 이동하면서 화염에 의해 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물은 타서 없어지면서 염분도 제거된다. 성능시험은 연소실의 온도범위를 연소실 최대온도 250℃, 출구온도 180℃인 A유형, 연소실 최대온도 500℃, 출구온도 300℃인 B유형, 연소실 최대온도 800℃, 출구온도 500℃인 C유형의 3가지 유형으로 구분하여 수행하였다. 연소실의 최대온도 250℃, 출구온도 180℃인 A유형에서는 굴 패각의 형태는 원형대로 유지되면서 그림 77에 나타난 바와 같이 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물은 연소되어 제거되었다. 비교를 위하여 굽지 않은 자연 상태의 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물의 상태를 그림 78에 나타내었다. 연소실의 최대온도 500℃, 출구온도 300℃인 B유형에서는 굴 패각의 일부가 연소되어 찌그러진 형태로 되면서 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물은 연소되어 제거되었다. 연소실의 최대온도 800℃, 출구온도 500℃인 C유형에서는 굴 패각이 연소되어 바스러지며, 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물은 연소되어 제거되었다.

또한 굴 패각 염분 제거장치의 연소실 배기가스에 함유될 수 있는 유해물질인 다이옥신의 발생은 문헌에 의하면 유기염소계 쓰레기를 연소시킬 때 연소온도가 300℃~400℃, 600℃~800℃ 범위에서 다이옥신이 발생된다고 한다.

따라서 굴 폐각 염분 제거장치의 연소실 배기가스 온도는 다이옥신의 발생이 미미한 250℃ 이하의 온도범위 설정이 바람직하다.

굴 폐각 염분 제거장치의 염분제거 성능시험은 A유형(250℃), B유형(500℃), C유형(800℃)에서 구워낸 굴 폐각과 비교를 위하여 굵지 않은 굴 폐각(그림 79에서 0℃로 표기) 에서 각각 실시하고 샘플링한 각각의 굴 폐각을 동일 부피로 각각 증류수에 투여하고 실온에서 24시간, 48시간 정치시킨 후 염분계(YSI Model 85 Handheld)로 측정하여 굴 폐각에 잔류하는 상대적 잔류염분률을 그림 79에 나타내었다. 굴 폐각에 잔류하는 상대적 잔류염분률의 기준은 굵지 않은 굴 폐각에 잔류하는 상대적 잔류염분률이다. 그림에서 연소실의 온도가 상승할수록 염분제거성능이 증가됨을 알 수 있다. 연소실 온도가 250℃인 A유형으로 구워낸 굴 폐각 1개(무게 약 25g)의 용출되는 염분농도는 0.25 %이다.

#### 나. 굴 폐각 염분 제거장치 성능시험 결과 및 고찰

굴 폐각 염분 제거장치의 성능시험 결과 이 장치의 회전식 연소실에서 구워낸 굴 폐각의 해양유기물 제거성능이 우수함을 확인하였다. 또한 굴 폐각의 염분제거성능은 연소실의 온도가 상승 할수록 증가됨을 알 수 있었다. 연소실 온도가 250℃인 A유형으로 구워낸 굴 폐각 1개(무게 약 25g)의 용출되는 염분농도는 0.25 %이다. 이 연구에서 개발한 굴 폐각 염분 제거장치를 사용하면 굴 폐각의 염분도 제거하고, 굴 폐각 표면에 딱딱하게 붙어있는 해양유기물도 제거하고, 굴 폐각을 건조 시킬 수 있다.

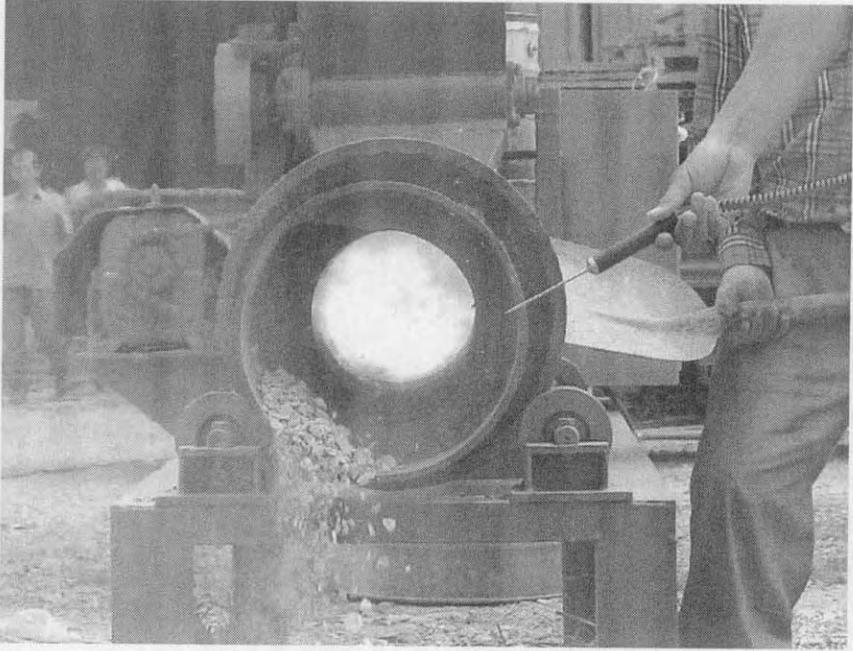


그림 76 굴 패각 염분제거장치의 연소실

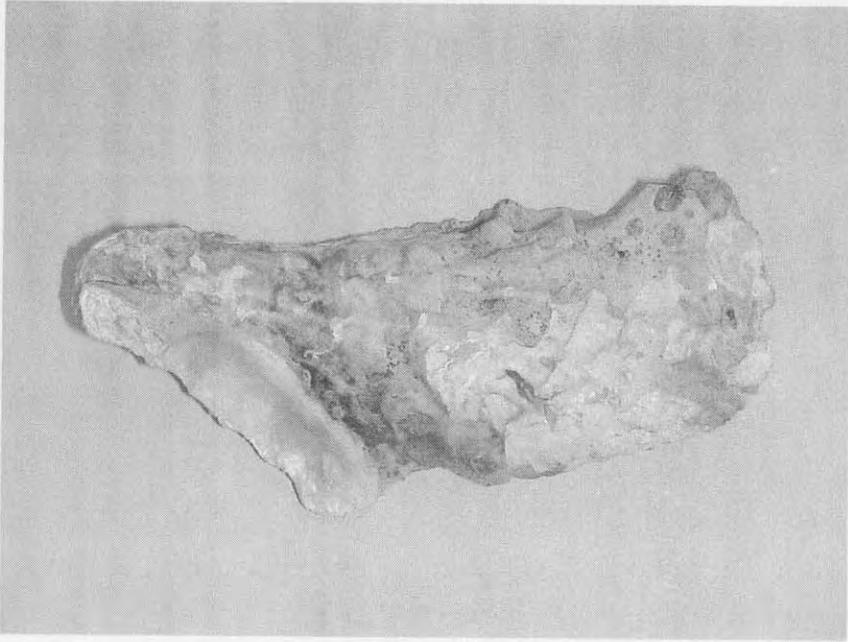


그림 77 250℃에서 구워낸 굴 패각의 해양유기물 제거상태

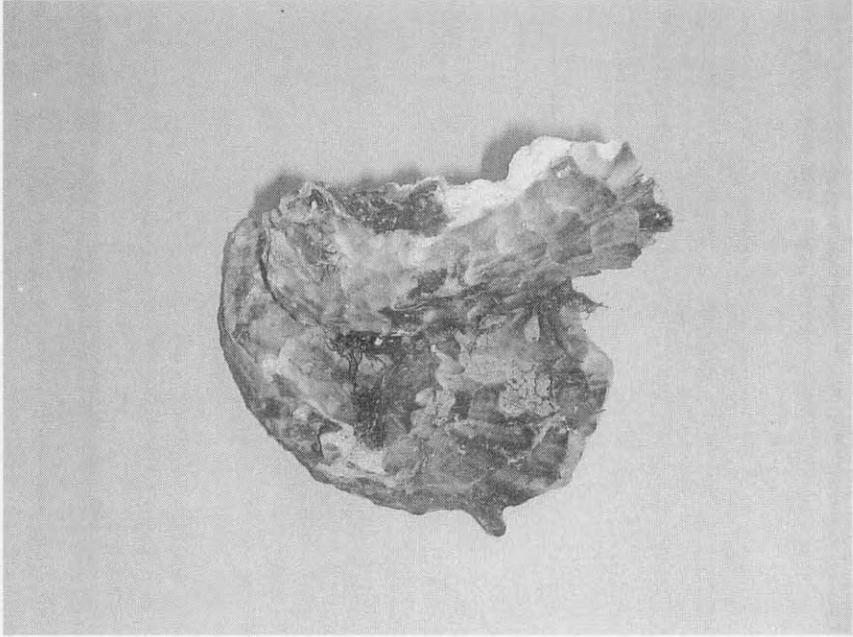


그림 78 굽기전의 굴 폐각 표면에 부착된 해양유기물 상태

부피

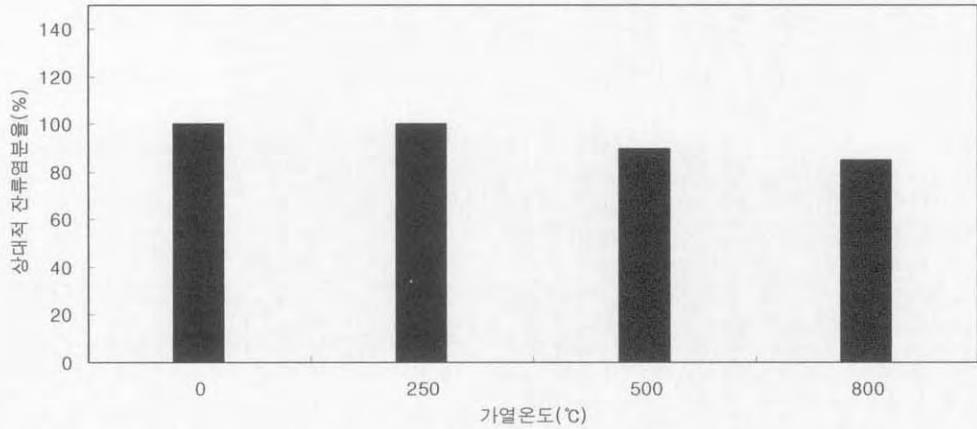


그림 79 굴 폐각 염분 제거장치의 염분제거 성능

## 5. 연구결과 요약

### 가. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치

이 연구에서는 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치를 개발하고, 코팅사 등 이물질이 포함된 굴 패각으로부터 코팅사 등 이물질의 분리성능을 시험하였다. 굴 패각의 1차 분리량은 1차분리통에서 분리된 굴 패각이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 62%가 분리되었으며, 코팅사 제거율은 100%이다. 굴 패각의 2차 분리량은 2차분리통에서 분리된 굴 패각이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 29%가 분리되었으며, 코팅사 제거율은 100%이다. 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각의 분리량은 2차분리통 출구로 배출된 다량의 코팅사 등 이물질과 입자가 큰 굴 패각이 혼합된 상태이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 9%를 차지한다. 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 9%를 차지하는 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각에는 다량의 코팅사 등 이물질과 입자가 큰 굴 패각으로 구성되어 있기 때문에 손쉽게 코팅사 등 이물질을 100% 제거할 수 있다. 처리 후 발생하는 이물질은 대부분이 코팅사이다. 코팅사는 산업폐기물로 분류되며 코팅사의 성분은 PVC(poly-vinyl chloride)와 PP(polypropylene)이다. 굴 패각으로부터 제거된 코팅사는 코팅사 재활용 및 처리공장으로 운반되어 안전하게 처리된다. 이 장치는 패각에서의 코팅사 분리 시스템이라는 명칭으로 특허출원(출원번호: 10-2007-0095553) 되었다.

### 나. 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치

이 연구에서는 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치를 개발하고, 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만을 뽑아내는 분리성능을 시험하였다.

코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만을 뽑아내는 굴 패각 코팅사 제거장치의 성능시험 결과 이 장치의 코팅사 제거성능이 우수함을 확인하였다. 이 장치를 활용하면 박신장에서 처리하는 굴 패각 중에서 코

팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리의 양은 많지 않기 때문에 박신장에서 손쉽게 굴 패각으로부터 코팅사를 완전하게 제거할 수 있다. 이 장치는 패각에서의 코팅사 탈리장치라는 명칭으로 특허출원(출원번호: 10-2007-0095552) 되었다.

#### 다. 굴 패각 부착생물 세척장치

이 연구에서는 굴 수하연에 부착된 해양생물을 세척할 수 있는 굴 패각 부착생물 세척장치를 개발하고, 회전식 노즐장치로부터 분출되는 분무수의 분출성능을 시험하였다.

성능시험 결과 이 장치의 회전식 노즐장치로부터 분출되는 분무수의 분출성능이 우수함을 확인하였으며, 고압 분무수의 분출용량은 12톤/시간이다. 이 연구에서 개발한 굴 패각 부착생물 세척장치를 사용하면 굴 양식장에서 굴 패각에 부착되어 있는 해양생물을 완전하게 제거할 수 있다.

#### 라. 굴 패각 염분 제거장치

이 연구에서는 굴 패각 염분 제거장치를 개발하고, 회전식 연소실에서 구워낸 굴 패각의 염분 및 해양유기물 제거성능을 시험하였다.

성능시험결과 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물의 제거성능이 우수함을 확인하였다. 또한 굴 패각의 염분제거성능은 연소실의 온도가 상승 할수록 증가됨을 알 수 있었다. 연소실 온도가 250℃인 A유형으로 구워낸 굴 패각 1개(무게 약 25g)의 용출되는 염분농도는 0.25 %이다. 이 연구에서 개발한 굴 패각 염분 제거장치를 사용하면 굴 패각의 염분도 제거하고, 굴 패각 표면에 딱딱하게 붙어있는 해양유기물도 제거하고, 굴 패각을 건조 시킬 수 있다.

# 제 4 장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

## 제1절 연구개발목표의 달성도

### 1. 최종 목표

- 굴 패각 코팅사 제거장치 개발
- 굴 패각 부착생물 세척장치 개발
- 굴 패각 염분 제거장치 개발

### 2. 연구개발목표의 달성도

#### 가. 연구계획서상의 평가 착안점

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	척 도 (점수)
1차년도 (2006년)	○ 특허출원 또는 등록여부	10
	○ 굴 패각 코팅사 제거장치의 실용화 가능성	10
	○ 굴 패각 부착생물 세척장치의 실용화 가능성	10
	○ 굴 패각 염분 제거장치의 실용화 가능성	10
	○ 굴 패각 코팅사 제거장치의 성능 (코팅사 제거율(중량단위) 99.5% 이상)	30
	○ 굴 패각 부착생물 세척장치의 성능 (굴 패각 처리량 2톤/시간 이상)	15
	○ 굴 패각 염분 제거장치의 성능 (굴 패각 염분농도 0.8% 이하)	15
최종평가	○ 굴패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템의 적합성	10
	○ 굴패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템의 실용화 가능성	20
	○ 굴패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템의 성능 (코팅사 제거율(중량단위) 99.5% 이상, 굴 패각 처리량 2톤/시간 이상, 굴 패각 염분농도 0.8% 이하)	50
	○ 굴 패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템의 완성도	20

#### 나. 연구개발목표의 달성도

##### 1) 특허출원 또는 등록여부

패각에서의 코팅사 분리시스템(특허출원번호 : 10-2007-0095553) 및 패각에서의 코팅사 분리시스템(특허출원번호 : 10-2007-0095552)을 특허출원하였다.

##### 2) 굴 패각 코팅사 제거장치의 실용화 가능성

굴 패각 코팅사 제거장치는 성능시험에서 언급한 바와 같이 굴 패각에 포함된 코팅사 제거가 확실히 되는 시스템으로 실용화가 가능하다.

##### 3) 굴 패각 부착생물 세척장치의 실용화 가능성

굴 패각 부착생물 세척장치에서 개발한 회전식 노즐장치는 굴 양식장의 수하연에 부착하여 기생하는 여러 종류의 해양생물을 제거하는 시스템으로 실용화가 가능하다.

##### 4) 굴 패각 염분 제거장치의 실용화 가능성

굴 패각 염분 제거장치는 향후 굴 패각이 건설재료나 환경적 첨가물로 그 재활용 영역이 확대되어 굴 패각의 염분 및 해양유기물의 제거가 요구될 때 실용화가 가능하다.

##### 5) 굴 패각 코팅사 제거장치의 성능(코팅사 제거율(중량단위) 99.5% 이상)

###### 가) 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치

이 연구에서는 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치를 개발하고, 코팅사 등 이물질이 포함된 굴 패각으로부터 코팅사 등 이물질의 분리성능을 시험하였다. 굴 패각의 1차 분리량은 1차분리통에서 분리된 굴 패각이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 62%가 분리되었으며, 코팅사 제거율은 100%이다. 굴 패각의 2차 분리량은 2차분리통에서 분리된 굴 패각이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 29%가 분리되었으며, 코팅사 제거율은 100%이다. 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각의 분리량은 2차분리통 출구로 배출된 다량의 코팅사 등 이물질과 입자가 큰 굴 패각이 혼합된 상태이며, 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 9%를 차지한다. 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 9%를 차지하는 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각에는 다량의 코팅사 등 이물질과 입자가 큰 굴 패각으로 구성되어 있기

때문에 손쉽게 코팅사 등 이물질을 100% 제거할 수 있다.

#### 나) 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치 개발

이 연구에서는 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치를 개발하고, 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만을 뽑아내는 분리성능을 시험하였다.

코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만을 뽑아내는 굴 패각 코팅사 제거장치의 성능시험 결과 이 장치의 코팅사 제거성능이 우수함을 확인하였다. 이 장치를 활용하면 박신장에서 처리하는 굴 패각 중에서 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리의 양은 많지 않기 때문에 박신장에서 손쉽게 굴 패각으로부터 코팅사를 완전하게 제거할 수 있다.

#### 6) 굴 패각 부착생물 세척장치의 성능(굴 패각 처리량 2톤/시간 이상)

이 연구에서는 굴 수하연에 부착된 해양생물을 세척할 수 있는 굴 패각 부착생물 세척장치를 개발하고, 회전식 노즐장치로부터 분출되는 분무수의 분출성능을 시험하였다.

성능시험 결과 이 장치의 회전식 노즐장치로부터 분출되는 분무수의 분출성능이 우수함을 확인하였으며, 고압 분무수의 분출용량은 12톤/시간으로 굴 패각 처리량은 2톤/시간 이상이다. 이 연구에서 개발한 굴 패각 부착생물 세척장치를 사용하면 굴 양식장에서 굴 패각에 부착되어 있는 해양생물을 완전하게 제거할 수 있다.

#### 7) 굴 패각 염분 제거장치의 성능 (굴 패각 염분농도 0.8% 이하)

이 연구에서는 굴 패각 염분 제거장치를 개발하고, 회전식 연소실에서 구워낸 굴 패각의 염분 및 해양유기물 제거성능을 시험하였다.

성능시험결과 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물의 제거성능이 우수함을 확인하였다. 또한 굴 패각의 염분제거성능은 연소실의 온도가 상승 할수록 증가됨을 알 수 있었다. 연소실 온도가 250℃인 A유형으로 구워낸 굴 패각 1개(무게 약 25g)의 용출되는 염분농도는 0.25 %이다. 이 연구에서 개발한 굴 패각 염분 제거장치를 사용하면 굴 패각의 염분도 제거하고, 굴 패각 표면에 딱딱하게 붙어있는 해양유기물도 제거하고, 굴 패각을 건조 시킬 수 있는 등 여러 가지

기능을 복합적으로 가지고 있다.

#### 8) 굴 패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템의 적합성

굴 패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템은 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치, 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치, 굴 패각 부착생물 세척장치 및 굴 패각 염분 제거장치로 구성되어 있다. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치는 재활용업체의 야적장에 야적된 굴 패각의 특성을 잘 활용하여 개발한 장치로서 재활용업체에서 굴 패각에 포함된 코팅사 등의 이물질을 제거하는데 적합한 장치로 판단된다. 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치는 박신장에서 코팅사에 연결되어 덩어리진 굴 패각 중에서 코팅사만 뽑아내어 제거하는 장치로서 박신장에서 활용하기에 적합한 장치로 판단한다. 굴 패각 부착생물 세척장치의 회전식 노즐장치는 굴 양식장의 수하연에 부착하여 기생하는 여러 종류의 해양생물을 제거하는데 적합한 장치로 판단된다. 굴 패각 염분 제거장치는 향후 굴 패각이 건설재료나 환경적 첨가물로 그 재활용 영역이 확대되어 굴 패각의 염분 및 해양유기물의 제거가 반드시 요구될 때 염분 및 해양유기물의 효율적인 동시 제거에 적합한 시스템이다.

#### 9) 굴 패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템의 완성도

재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치, 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치, 굴 패각 부착생물 세척장치 및 굴 패각 염분 제거장치로 구성되는 굴 패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템은 아이디어 도출, 장치 설계, 시작품 제작, 시작품 성능시험 등의 과정을 거치면서 수정, 보완작업을 반복하였다. 현재 제작된 각 시작품은 여러 번의 성능시험을 통하여 조금씩 개선되어야 할 문제점들이 도출되어 있지만 각 시작품의 성능은 양호한 것으로 판단된다. 향후 도출된 문제점들을 보완하여 실용화가 될 수 있도록 한다.

## 제2절 관련분야 기술발전예의 기여도

1. 우리나라의 연간 굴 폐각 배출량 280,000톤 중에서 글 폐각 이물질 제거 공정이 부실하여 굴 폐각 재활용율이 현저히 떨어져 10만톤이상의 굴 폐각이 양식장 또는 가공시설 주변에 방치되고 있는 문제점이 있었다. 이 연구에서 굴 폐각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템이 개발되면 굴 폐각 재활용율을 높여 굴 폐각 방치로 인한 환경문제를 방지할 수 있다.

2. 굴 폐각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템이 개발되면 폐화석 재활용 업체가 사용하는 기존의 공정보다 연간 2,500만원 이상의 인건비 절감 효과를 얻을 수 있을 것이라 사료된다. 기존 굴 폐각 재활용업체에서는 굴 폐각으로부터 코팅사를 제거하는 공정에 4명의 인원이 투입되고 있지만, 이 연구에서 개발한 굴 폐각 코팅사 제거장치를 활용하면 1명의 관리요원만 필요하기 때문에 3명의 인원이 절감된다. 3명 인원의 최저 인건비 절감액은 다음과 같다.

최저 인건비 절감액 : 3인×3,480원(최저시급)×8시간×300일=25,056,000원

3. 굴 폐각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템이 개발되면 굴 폐각으로부터 코팅사를 완전하게 제거할 수가 있어 굴 폐각 재활용 업체에서 굴 폐각을 산성토양 중화용 비료 및 양계용 사료로 생산할 때 분쇄된 굴 폐각에 섞여있는 코팅사로 인하여 재활용 설비의 고장 및 양계용 사료의 질 저하 문제 등을 해결할 수 있다. 굴 폐각으로부터 제거된 코팅사는 코팅사 재활용 및 처리공장으로 운반되어 안전하게 처리된다.

4. 굴 폐각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템이 개발되면 이물질이 제거된 굴 폐각의 새로운 재활용분야 즉, 식품 첨가물 (탄산음료수, 상수도 pH 조절), 공업용 제품 (제철 용융점 강하제, 탈황제, 폐수정화, 제지용 백색도 보강) 및 건축 인테리어 자재 등의 분야를 개척하여 굴 폐각의 재활용율을 더욱 높일 수 있다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

### 제1절 기업화 추진방안

#### 1. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치 상품화

이 연구에서 개발한 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치를 남해안지역에 산재한 굴 패각 재활용업체 10여 업체에 홍보하여 판매토록 한다. 또한 기존의 재활용 업체가 영세한 것으로 볼 때 큰 재원이 필요한 설비투자에 부정적일 수 밖에 없는 굴패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템을 파트 솔루션으로 전체 시스템에서 필요한 부분을 재활용 업체에 판매 하는 전략을 모색한다. 이 장치를 업그레이드시켜 성능을 향상시킨다. 또한 이 시스템의 실용화를 위하여 재활용업체를 대상으로 하는 구매조건부 기술개발사업도 시도해 볼 필요가 있다.

#### 2. 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치 상품화

이 연구에서 개발한 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치를 남해안지역에 산재한 300여 박신장에 홍보하고 각 박신장에서 원하는 요구사항을 반영하여 각각의 박신장에 맞는 형태의 제품을 판매토록 하며 이 장치를 박신장에서 편리하게 사용할 수 있는 요소를 추가하여 업그레이드 시킨다.

#### 3. 굴 패각 부착생물 세척장치 상품화

이 연구에서 개발한 굴 수하연에 부착된 해양생물을 세척할 수 있는 굴 패각 부착생물 세척장치를 통영지역에 산재한 굴 양식장에 홍보하여 판매토록 한다. 또한 이 장치를 해상가두리양식장의 가두리 그물 세척장치로 활용이 가능하며, 이와 같이 수산관련 각종 양식장에서 아주 큰 애로사항인 부착생물 제거에 활용할 수 있는 장치로 업그레이드 시켜 상품화한다.

#### 4. 굴 폐각 염분 제거장치 상품화

이 연구에서 개발한 굴 폐각 염분 제거장치는 향후 굴 폐각이 건설재료나 환경적 첨가물로 그 재활용 영역이 확대되어 굴 폐각의 염분 및 해양유기물의 제거가 요구될 때 상품화가 가능하다.

### 제2절 추가 연구의 필요성

굴 폐각 재활용을 위한 이물질 제거시스템 수요자들인 재활용 업체들과 양식어민들의 요구조건에 부합하는 가변적인 재활용 시스템과 각 수요자들이 원하는 부분적인 솔루션을 제공하기 위한 추가적인 연구가 필요하며 참여기업인 금과그린에서 재활용 업체용 굴 폐각 코팅사 제거장치 상품화, 박신장용 굴 폐각 코팅사 제거장치 상품화 및 굴 폐각 부착생물 세척장치 상품화를 추진하는 중에 기술적으로 해결해야할 문제가 도출되면 산업자원부 공통핵심기술개발사업 또는 중소기업기술혁신사업 과제로 신청하여 장치를 업그레이드 시킨다. 특히 이 연구에서 개발한 굴 폐각 부착생물 세척장치의 회전식 노즐장치로부터 분출되는 분무수의 분출성능을 더욱 업그레이드 시키면 그 활용도는 더욱 넓어져 사업성이 있을 것으로 판단된다.

## 제6장 참고문헌

굴패각을 이용한 전자재 개발에 관한 연구 (A Study on the Development of Building Materials Made Use of Oyster Shells) / 具海植 (研究論文集, Vol.20 8 No.-, [2002])

굴패각의 콘크리트용 세골재 활용방안에 관한 연구 (An Experimental Study of the Ovster Shells for Concrete Fine Aggregate) / 具海植, 車熙石 (研究論文集, Vol.21 N0.2, [2003])

굴껍질을 이용한 고농도 중금속 폐수처리에 미치는 pH의 영향 (The effects of pH on 'Aastewater treatment of high concentrated heavy metals utilizing oyster shells) / 성낙창 신남철 최장승 (研究報告, Vol.19 No.2, [1996])

産卵鷄에 對한 칼슘 供給源으로서 石灰石의 利用 (The Utilization of Limestone as Calcium Resor for Laying Hen) / 金鍾九, (論文集, Vol.11 No.-, [1979])

액상석회비료의 수관살포가 단감 과실의 무기성분, 품질 및 생리장해과에 미치는 영향 (Effects of Foliar Sprays of Liquid Calcium Fertilizer on Mineral Nutrients, Quality and Physiological Disorder of Non-stringent Persimmon Fruits) / 문병우 성숙경 정경호 (自然科學研究論文集, Vol.9 No.1, [2000])

폐굴껍질을 혼입한 콘크리트의 기초적 성질에 관한 실험적 연구(An Experimental Investigation on the Fundamental Properties of Concrete Mixed with Crushed Oyster Shells as Aggregates) / 어석홍 이형진 황규한 (産氣研論文集, Vol.16 No.-, [2002])

굴 껍질로 제조한 액상석회비료가 저장중 배 ' 신고 ' 과실의 칼슘농도가 품질에 미치는 영향(Effects of Pre - or Post - harvest Application of Liquid Calcium Fertilizer Manufactured from Oyster Shell on the Calcium Concentration and Quality in Stored ' Niitaka ' Pear Fruits) / 최준승 문병우 압승택 서영규 (한국원예학회지, Vol.41 No.1, [2000])

굴껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리가 사과와 배의 생리장해와 병 발생 및 과실품질에

미치는 영향(Effect of Calcium Compounds Extracted from Oyster Shell on the Occurrence of Physiological Disorder 'Pathogenic Decay and Quality in Apple Fruits) / 김기홍 최종승 문병우 (한국원예학회지, Vol.40 No.1, [1999])

굴껍질로 제조된 액상석회비료 수관살포가 동양배 '신고' 과실의 칼슘농도와 과실 품질에 미치는 영향 (Effects of Foliar Sprays of Liquid Calcium Fertilizer manufactured from Oyster Shell on Calcium Concentrations and Quality of 'Niiitaka' Oriental Pear Fruits) / 최종승 문병우 임승택 (화국원예학회지, Vol.40 No.5, [1999])

굴껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리에 의한 저장 중 사과 과실의 세포벽 칼슘함량 '세포벽 분해 효소 및 세포구조의 변화(Effects of Pre- or Post-harvest Application of Calcium Compound Extracted from Oyster Shell on the Changes in Cell Wall Calcium Content, Enzyme Activity and Cell Structure during Storage of Apple Fruits) / 김기홍 최종승 문병우 (한국원예학회지, Vol.40 No.3, [1999])

굴껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리에 의한 저장 중 사과 과실의 세포벽 칼슘함량, 세포벽 분해효소 및 세포구조의 변화 (Effects of Pre- or Post-harvest Application of Calcium Compound Extracted from Oyster Shell on the Changes in Cell Wall Calcium Content, Enzyme Activity, and Cell Structure during Storage of Apple Fruits) / 김기홍 최종승 문병우 (한국원예학회지, Vol.40 No.3, [1999])

Broiler 生産과 在來山羊의 肥育에 産卵鷄糞의 利用에 關한 研究(第1報) (A Study on Treated Droppings of Laying Hen's for Broiler Ration) / 韓錫絃·姜禧信 (진주농과대학 연구논문집, Vol.- No.6, [1967])

初生雛에 對한 斷冠, 斷翼, 斷尾가 成長率, 飼料利用率 및 斃死率에 미치는 影響 (The Influence of Dubbing, Wing Clipping and Detailling on the Growth Rate, Feed Utilization and Mortality of Chicks) / 韓錫絃 (진주농과대학 연구논문집, Vol.- No.2, [1963])

卵用種 大雛의 칼슘 및 인의 代謝에 關한 研究 ( I ) (Studies on the Calcium and Phosphorus Metabolisms of Growing Chickens ( I )) / 李榮商 (論文集, Vol.19 No.-, [1968])

수확전 액상칼슘화합물 수관살포가 단감과심의 무기성분' 과정부 갈변 및 품질에 미치는 영향 (Effects of Tree-spray of Liquid Calcium Compounds on the Mineral Nutrients, Blossom-end Browning and Quality of Non-astringent Persimmon Fruits) / 문병우 강인규 이영칠 최종승 (한국원예학회지, Vol.43 No.1, [2002])

액상칼슘화합물 수관살포에 따른 배 '금풍(線風)'과실의 칼슘함량과 품질 및 세포벽 구조의 변화 (Effects of Tree-spray of Liquid Calcium Compounds on the Calcium Contents, Quality, and Cell Wall Structure Change of 'Jingfen' Pear Fruits) / 문병우 Lu, Weng Long Zheng, HeLing 최종승 (한국원예학회지, Vol.43 No.1, [2002])

액상칼슘화합물 수관살포에 따른 저장중 단감과실의 세포벽 성분과 세포벽 분해효소 및 세포벽 구조의 변화 (Effects of Tree-spray of Liquid Calcium Compound on the Changes in Cell Wall Components, Cell Wall Hydrolases, and Cell Wall Structure during Cold Storage of Non-astringent Persimmon Fruits) / 문병우 강인규 이영칠 남기웅 최종승 (한국원예학회지, Vol.43 No.4, [2002])

한국산 및 일본산 참굴 종패의 양식과정 중 기능성 식품성분의 비교 평가 (Comparative evaluation of functional food components on the oyster cultured with oyster seeds from Korea and Japan) / 정보영 정우건 ([1999])

굴폐각을 혼합한 콘크리트의 역학적 특성조사 (Mechanical Characteristics of Concrete Blended with Oyster Shell) / 윤길립 양은익 심재설 (大韓土木工學會 論文集, Vol.21 No.6, [2001])

굴껍질을 복토재로 활용하기위한 중금속과 유기물의 흡착능에 관한연구 (Adsorption Properties of Oyster Shell Powder as Landfill Cover) / 한종대 김문평(大韓環境工學會誌, Vol.19 No.1, [1997])

굴폐각 재활용을 위한 공학적 특성 연구 (Engineering Characteristics of Waste Oyster Shell for Recycling) 윤길립 양은익 권오순 임영준 (大韓土木工學會 論文集, Vol.21 No.4, [2001])

굴폐각 혼합토의 압밀 및 투수특성 (Consolidation and Permeability Characteristic of Sludge Mixed with Oyster Shells) / 이기호 한종옥 (大韓土木工學會 論文集,

Vol.21 No.4, [2001])

굴 폐각을 이용한 지반 개량형 고화제 개발에 관한 연구 (Development of Soil Stabilizer Using Waste Oyster Shell) / 김순호 송태웅 배원태 (韓國廢棄物學會誌, Vol.19 No.7, [2002])

Sterilization Effect of Silver Ion - Exchanged oyster Shell Powder on Underwater Microorganism / Noh. Byeong II Jo, Myung Chan Shin, Choon nawH Park, Dong Keun (Environmental engineering research, Vol.13 No.3, [1998])

굴껍질분의 화학성 및 작물에 대한 시용효과 (Composition of Crushed Oyster Shell and its Application Effect on Vegetables) / 김종균 이한생 조재규 이영한 (韓國土壤肥料學會誌, Vol.28 No.4, [1995])

적조생물의 구제 (Removal of Red Tide Organisms) / 김성재 조규대 (한국수산학회지, Vol.33 No.5, [2000])

굴 폐각으로부터 침강성 탄산칼슘의 제조와 형태 및 입도제어에 관한연구 (A Study on the Manufacture , Control of form and Crystal Size of Precipitated Calcium Carbonate from Oyster Shells) / 박성식 (韓國廢棄物學會誌, Vol.14 No.8, [1997])

굴껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리가 사과과실의 칼슘축적에 미치는 영향 (Effects of Calcium Compounds Extracted from Oyster Shell on the Calcium Content In Apple Fruits) / 한국원예학회지 Vol.39 No.4, [1998])

김치의 숙성과 칼슘함량에 미치는 조개류 껍질 물추출물 첨가효과 (Effect of Water Extracts of Shellfish Shell on Fermentation and Calcium Content of Kimchi) / 김미정 김미향 김순동 (한국 식품영양과학회지, Vol.32 No.2, [2003])

굴양식에 관한 생물학적 연구(III) (BIOLOGICAL STUDIES ON OYSTER CULTURE (III)) / 유성규 박경양 (한국수산학회지, Vol.13 No.4, [1980])

패류의 가공적성 2. 굴의 가공적성 (SUITABILITY OF SHELLFISH FOR PROCESSING 3. Suitability of Pacific oyster for processing) / 이용호 정승용 성낙주 하진환 김수현 류병호 양승택 오후규 (한국수산학회지, Vol.8 No.2, [1975])

닭에 대한 칼슘 공급원별 효율에 관한 연구 (Studies on Calcium Availability In Various Sources by Chicken) / 장윤환 (韓國農化學會誌, Vol.18 No.3, [1975])

만가닥버섯 병재배법 개선 연구 (Studies on Improvement of Cultural Practice for *Lyopyllum ulmariuum*) / 김영호 지정현 박우길 (韓國 菌學會誌, Vol.28 No.3, [2000])

산성토양개량제로서의 패각의 시용효과(Application Effect of Oyster Shell as Acidic Soil Amendment) / 성낙창 신남철 문종익 (韓國廢棄物學會誌, Vol.17 No.6, [2000])

시설재배논에 석탄회, 석고, 패각사용이 토양화학성과 배추의 생육에 미치는 영향 (Effects of Fly Ash, Gypsum, and Shell on the Chemical Properties of Soil and Growth of Chinese Cabbage in Plastic Film Housed Paddy) / 이용복 강위금 하호성 이협 (한국환경농학회지, Vol.17 No.1, [1998])

시설재배 논에 석탄회, 석고, 패각사용이 토양화학성과 배추의 생육에 미치는 영향 (Effects of Fly Ash, Gypsum, and Shell on the Chemical Properties of Soil and Growth of Chinese Cabbage in Plastic Film Housed Paddy) / 이용복 강위금 하호성 이협 (한국환경농학회지, Vol.17 No.1, [1998])

산성토양에서 배추 생육과 품질에 대한 석탄회, 석고, 패각의 사용 잔효 (Residual Effects of Fly Ash Gypsum, and Shell on Growth and Qualities of Chinese Cabbage in Acidic Soils) / 이용복 강위금 하호성 이협 (한국환경농학회지, Vol.17 No.3, [1998])

초생추에 대한 단관, 단익, 단미가 성장률, 사료이용을 및 폐사율에 미치는 영향 (The Influence of Dubbing, wing clipping and Detailing on the Growth rate, Feed utilization and Mortalitiv of Chicks) / 한석현 (한국축산학회지, Vol.6 No.1, [1964])

산란계에 대한 칼슘 공급제의 사료가치 비교시험; 1. 패분(貝粉), 석회석, 방해석(方解石)의 사료가치 비교시험 (Studies on the Nutritive Values of Various Calcium Supplements in Laying Hen Diets; 1. Comparative studies on the nutritive values of oyster shell, limestone and calcitic limestone) / 한인규 권관 강태홍 이규호 이상진 (한국축산학회지, Vol.23 No.3 [1981])

Stable Isotope Sclerochronology of Pleistocene and Recent Oyster Shells (Crassostrea virginica) / Kirby, M. X. (PALAIOS, Vol.13 No.6, [1998])

Effect of Calcium Compounds from Oyster Shell Bound Fish Skin Gelatin Peptide in Calcium Deficient Rats / (JOURNAL- KOREAN FISHERIES SOCIETY, Vol.31 No.2, [1998])

Feeding systems and oyster shell meal supplementation on the performance and eggshell quality of laying hens / Faria, D. E. (REVISTA BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Vol.29 No.5, [2000])

Calcination and Sulfation Reactivity of Oyster Shell for Dry, High-Temperature Desulfurization / Lee, G. -1. (JOURNAL- KOREAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, Vol.38 No.4, [2000])

Dissolution Behavior of Oyster Shell as Acid Rain Neutralizer / UCHIDA, M. (JOURNAL- JAPAN SOCIETY ON WATER ENVIRONMENT, Vol.22 No.12, [1999])

Effect of Ashed Egg Shell and Ashed Oyster Shell on Hardness, Chemical Components and Tissue Structure of Brined Ume Fruit/ Kaneko, K. (JOURNAL SOCIETY OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, Vol.40 No.8, [1993])

Microstructure of scallop and oyster shells infested with boring Polydora Sato-Okoshi, W. (Bulletin of marine science, Vol.50 No.2, [1997])

Oyster shell as a Roughage Replacer in Fattening Beef Cattle Rations / T. W. Perry, H. F. Troutt, R. C. Peterson, W. M. Beeson( American Society of Animal Science/ Journal of animal science vol. 27 no. 1 pp185 [1968])

# 자체평가의견서

## 1. 과제현황

		과제코드	기획-06-3-01		
사업구분	수산기술개발				
과제구분	총괄	주관	과제성격	개발	
총괄과제명	굴 패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템 개발				
주관기관	경상대학교		주관연구책임자	정용길	
과제명	굴패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템 개발				
연구기관	경상대학교		연구책임자	정용길	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2006.8.9~ 2007.8.8.	100,000	34,320	134,320
	계	2006.8.9~ 2007.8.8.	100,000	34,320	134,320
참여기업	영민금형공업사, 금광그린				
상대국	-	상대국연구기관	-		

2. 평가일 : 2007. 8. 8

3. 평가자(연구책임자)

소속	직위	성명
경상대학교	교수	정용길

4. 평가자(연구책임자) 확인

- 본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본자료가 전문위원회 및 사업조정관 평가시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	정용길
----	-----

## I. 연구개발실적

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (우수)

이 연구를 통하여 개발한 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치, 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치, 굴 패각 부착생물 세척장치, 굴 패각 염분 제거장치 등은 독창적인 아이디어 창출로 설계, 제작한 장치이며, 성능도 우수하다. 특히 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치는 2007 지방중소기업청장배 창업경진대회에서 대상을 수상하였다.

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (보통)

굴 패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템이 개발되면 굴 패각으로부터 코팅사 등 이물질을 완전하게 제거할 수가 있어 굴 패각 재활용 업체에서 폐화석 비료 및 양계용 사료로 생산할 때 분쇄된 굴 패각에 섞여있는 코팅사로 인하여 재활용 설비의 고장 및 양계용 사료의 질 저하 문제 등을 해결할 수 있다.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (우수)

이 연구에서 개발한 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치는 남해안지역에 산재한 굴 패각 재활용업체 10여 업체에 홍보하여 판매토록 하며, 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치는 남해안지역에 산재한 300여 박신장에 홍보하여 판매토록 한다. 또한 굴 수하연에 부착된 해양생물을 세척할 수 있는 굴 패각 부착생물 세척장치는 굴 양식장에 홍보하여 판매토록 하며, 각종 양식장에서 부착생물 제거에 활용할 수 있는 장치로 업그레이드 시켜 활용한다.

#### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (우수)

2006.8.9 ~ 2007.8.8.까지 1년동안 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치, 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치, 굴 패각 부착생물 세척장치, 굴 패각 염분 제거장치 등의 아이디어 창출, 설계, 시제품 제작 및 시제품 성능시험 등의 과정에서 연구진들은 최선을 다 하였으며, 연구목표를 달성할 수 있었다.

#### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 산업재산권, 발표회 개최)

■ 등급 : (보통)

1) 2007. 3. 29. 1차발표회 개최, 2007. 4. 6. 2차 발표회 개최  
경상대학교, 참여기업, 해양수산부, 경남도청, 굴수하식협동조합, 굴 양식업체, 굴박신업체 등 32명이 참석함. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치, 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치, 굴 패각 부착생물 세척장치, 굴 패각 염분 제거장치 등에 대하여 발표하고, 토론함

2) 산업재산권  
패각에서의 코팅사 분리시스템(특허출원번호 : 10-2007-0095553) 및 패각에서의 코팅사 분리시스템(특허출원번호 : 10-2007-0095552)를 특허출원하였다.

3) 논문  
11월 중 학회논문발표 준비 중에 있음

### II. 연구목표 달성도

번호	세부연구목표 (연구계획서상에 기술된 연구목표)	달성내용	달성도 (%)
1	굴 패각 코팅사 제거장치 개발	재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치 시제품 제작	92
2	굴 패각 코팅사 제거장치 개발	박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치 시제품 제작	94
3	굴 패각 부착생물 세척장치 개발	굴 패각 부착생물 세척장치 시제품 제작	92
4	굴 패각 염분 제거장치 개발	굴 패각 염분 제거장치 시제품 제작	90

### Ⅲ. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

##### 가. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치

이 연구에서는 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치를 개발하였으며, 이 장치의 성능은 성능시험에 사용한 굴 패각 전체량의 91%가 코팅사 제거율이 100%인 상태로 분리되었다. 나머지 9%를 차지하는 코팅사 등 이물질이 집적화된 굴 패각에는 다량의 코팅사 등 이물질과 입자가 큰 굴 패각으로 구성되어 있기 때문에 손쉽게 코팅사 등 이물질을 100% 제거할 수 있다.

##### 나. 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치

이 연구에서는 코팅사로 연결되어 뭉쳐있는 굴 패각 덩어리에서 코팅사만을 뽑아내는 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치를 개발하였으며, 이 장치의 성능시험 결과 이 장치의 코팅사 제거성능이 우수함을 확인하였다.

##### 다. 굴 패각 부착생물 세척장치

이 연구에서는 굴 수하연에 부착된 해양생물을 세척할 수 있는 굴 패각 부착생물 세척장치를 개발하였으며, 이 장치의 회전식 노즐장치로부터 분출되는 분무수의 분출성능이 우수함을 확인하였다.

##### 라. 굴 패각 염분 제거장치

이 연구에서는 굴 패각 염분 제거장치를 개발하고, 성능시험결과 굴 패각 표면에 부착된 해양유기물의 제거성능이 우수함을 확인하였다. 또한 굴 패각의 염분제거성능은 연소실의 온도가 상승 할수록 증가됨을 알 수 있었다.

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

해당사항 없음

### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

#### 1. 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치 상품화

이 연구에서 개발한 재활용업체용 굴 패각 코팅사 제거장치를 남해안지역에 산재한 굴 패각 재활용업체 10여 업체에 홍보하여 판매토록 한다. 또한 기존의 재활용 업체가 영세한 것으로 볼 때 큰 재원이 필요한 설비투자에 부정적일 수 밖에 없는 굴패각 재활용을 위한 이물질 제거 시스템을 파트솔루션으로 전체 시스템에서 필요한 부분을 재활용 업체에 판매 하는 전략을 모색한다. 이 장치를 업그레이드시켜 성능을 향상시킨다. 또한 이 시스템의 실용화를 위하여 재활용업체를 대상으로 하는 구매조건부 기술개발사업도 시도해 볼 필요가 있다.

#### 2. 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치 상품화

이 연구에서 개발한 박신장용 굴 패각 코팅사 제거장치를 남해안지역에 산재한 300여 박신장에 홍보하여 판매토록 한다. 또한 이 장치를 박신장에서 편리하게 사용할 수 있는 장치로 업그레이드 시킨다.

#### 3. 굴 패각 부착생물 세척장치 상품화

이 연구에서 개발한 굴 수하연에 부착된 해양생물을 세척할 수 있는 굴 패각 부착생물 세척장치를 통영지역에 산재한 굴 양식장에 홍보하여 판매토록 한다. 또한 이 장치를 해상가두리양식장의 가두리 그물 세척장치로 활용이 가능하며, 이와 같이 수산관련 각종 양식장에서 아주 큰 애로사항인 부착생물 제거에 활용할 수 있는 장치로 업그레이드 시켜 상품화한다.

#### 4. 굴 패각 염분 제거장치 상품화

이 연구에서 개발한 굴 패각 염분 제거장치는 향후 굴 패각이 건설재료나 환경적 첨가물로 그 재활용 영역이 확대되어 굴 패각의 염분 및 해양유기물의 제거가 요구될 때 상품화가 가능하다.

#### IV. 보안성 검토

##### 1. 연구책임자의 의견

없음

##### 2. 연구기관 자체의 검토결과

없음