

수산폐기물의 고액 고효율 분리를 위한  
전처리장치 개발

Development of the Pretreatment Device  
for Highly-efficient Separation of Marine Wastes

2005. 02

한국해양대학교

농림수산식품자료실



0014742

해양수산부

0733

## 제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “수산폐기물의 고액 고효율 분리를 위한 전처리장치 개발” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2004년 2월

주관연구기관명 : 한국해양대학교

총괄연구책임자 : 전 승 환

연 구 원 : 오 진 석

연 구 원 : 정 은 석

연 구 원 : 문 성 배

연 구 원 : 양 원 재

연 구 원 : 고 성 정

연 구 원 : 정 호 순

연 구 원 : 이 근 실

연 구 원 : 정 용 욱

연 구 원 : 권 봉 재

연 구 원 : 이 지 영

연 구 원 : 윤 영 기

연 구 원 : 이 상 은

연 구 원 : 이 종 현

연 구 원 : 이 재 남

# 요 약 문

## I. 제 목

수산폐기물의 고액 고효율 분리를 위한 전처리장치 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

### 1. 연구개발의 목적

수산폐기물과 같은 고액상 혼합의 폐기물에서는 고형물을 걸러내는 전처리공정이 반드시 필요하다. 본 연구에서는 기존의 진동 고액분리 장치에서 주된 문제점으로 지적된 스크린의 눈막힘 현상을 해소하고 수산폐기물의 후속처리공정을 효율적으로 할 수 있는 진동을 이용한 스크린망의 설계기술을 개발하고, 아울러 마이크로프로세서를 이용한 저가의 소형 폐기물 유입과 배출 자동화장치를 개발하고자 하였다.

### 2. 연구개발의 중요성

연근해의 수질 오염은 어장을 황폐화시킬 뿐만 아니라 기형의 어패류를 발생시킬 수 있으며, 이를 섭취한 인간에게도 희귀병을 유발시킬 수 있다. 또한 고형물의 퇴적물은 부패 과정에서 발생하는 인, 질소, 황화가스 등으로 인하여 부영양화를 촉진하여 적조를 유발시켜 양식업에 종사하는 어민에게 막대한 재산상의 피해를 일으킬 수 있으며, 적조로 인한 수산업과 관광산업의 그 피해액은 해마다 증가하고 있다. 수산폐기물의 발생은 수산물을 처리 가공하는 곳이라면 어디서나 발생하나, 특히 바닷가 근처의 횃집이나 어판장의 수산물 가공에서 발생하는 것은 대부분으로 별다른 조치 없이 무단 방류되고 있다. 이는 여과시설물 설치여건 또는 구입경비 등의

문제로 인해 설치의 필요성은 느끼지만 외면되고 있는 것이 현실적이다. 대단위 수산물 가공업체의 경우, 시설물은 있으나 여과의 첫 단계인 고액분리에서 효율이 크게 떨어져 후처리 공정장치가 거대해지거나 설치유지관리 비용이 많이 들어간다.

따라서, 전처리공정을 효율적으로 구현하고 저가의 소형화된 장치개발이 절실하며, 기술적 경제·산업적, 사회·문화적 측면의 중요성은 다음과 같다.

#### □ 기술적 측면의 중요성

- 역경사식 스크린 설계 기술
- 전처리장치 형태에 따른 최적 진동주파수 및 기진각 설계 기술
- 기진강도 조절 가능한 진동제어장치 설계기술
- 폐기물 크기에 따른 스크린의 눈 간격 설정 노하우
- 전처리장치 형태에 따른 진동 전달 및 억제 구조 설계 기술
- 슬라이딩밸브 제조 기술
- 폐기물 주입 및 배출 자동화장치 컨트롤러 설계 기술
- 자동화 알고리즘, 자가고장진단 및 알람 설계 기술
- 통신을 이용한 장치의 원격 제어기술
- 축산농가, 염색공장, 제지공장 등 다양한 오폐수 처리시설의 슬러지 고액분리에 요소기술 적용 가능
- 폐기물의 특성을 고려한 설계방안을 제시하여 활용자유도 제고

#### □ 산업·경제적 측면의 중요성

- 폐기물 전처리장치의 성능 개선으로 인한 고액분리시스템 전공정 단축화 및 경비절감
- 수산폐기물 슬러지 경감으로 인한 처리(매립, 소각 등)비용 절감
- 폐기물의 사료화, 퇴비화 등으로 인한 자원 재생산
- 수산가공 폐액으로부터 고부가가치성 신물질 추출로 인한 경제적 효과

- 수산가공 폐기물을 재활용한 새로운 수산상품 개발
- 소형 저가의 장비개발로 인한 수요창출 및 고가의 외산장비 수입대체
- 기술수출로 인한 기업수익 증대 및 지역경제 활성화
- 어류 양식장, 수산물 가공장 등 수산폐기물 발생장소, 축산폐수처리장 등에서는  
고액분리장치의 설치가 의무화되어 있어 시장성(6천억원 이상)이 매우 큼

□ 사회·문화적 측면의 중요성

- 실용적인 장치개발로 해양환경보호에 대한 사회인식 전환
- 해양오염방지로 인한 해양친수문화 및 쾌적한 레저환경 조성
- 자원재활용에 대한 사회인식 전환

### III. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 역경사식 상협하광(上狹下廣)의 진동 스크린장치를 설계, 제작

- (1) 장치 재료 및 부품 검토
- (2) 직사각형(철), 정사각형(FRP)의 역경사식 스크린 제작
- (3) 여과챔버 하부는 슬러지가 중앙으로 집중될 수 있도록 경사 설계
- (4) 중앙배출구에 제작한 슬라이딩밸브 및 버터플라이밸브를 부착하고, 모터에 의해  
자동 또는 수동 개폐
- (5) 스크린 재질 및 망간격 검토
- (6) 정사각형 모델의 경우 분리효율 향상을 위해 부(副)여과장치 설치

#### 2. 인버터를 이용한 기진 강도 조절 가능한 진동제어장치 제작

- (1) 일정한 범위내에서 진동주파수 조절 가능한 진동제어장치 개발
- (2) 장치형태를 고려한 장치몸체로의 진동전달 억제를 위한 구조 설계

### 3. 최적 진동주파수 검출을 위한 실험실 및 현장 실험

실험실 및 현장 실험을 통한 장치형태별 진동주파수에 따른 고액분리효율 측정

### 4. 진동모터의 최적 기진각 검출을 위한 실험실 및 현장 실험

실험실 및 현장 실험을 통한 장치형태별 진동모터의 설치각에 따른 고액분리효율 측정

### 5. 스크린 가진 방법 검토

- (1) 효율적인 진동전달을 고려한 모터설치 검토
- (2) 처리수(액상) 통과 및 스크린 파열 방지를 고려한 스크린 설계 검토

### 6. 스크린의 최적 경사각 검출

- (1) 스크린에 대한 폐원수의 입사각에 따른 분리효율 검토
- (2) 슬러지의 자유낙하 및 여과용량을 고려한 스크린 경사각 검토

### 7. 진동주파수, 기진각, 망간격 및 폐기물 입자크기의 상관분석

모터의 진동주파수, 기진각, 망간격 및 폐기물 입자크기와 분리효율 분석

### 8. 폐기물 유입 및 배출 자동화장치 설계, 제작

- (1) 자동화장치 개발을 위한 재료 및 부품 검토
- (2) 자동 유입 및 배출 알고리즘 개발
- (3) 마이크로프로세서를 이용한 컨트롤러 개발
- (4) 3가지 동작모드(수동, 반자동, 자동) 설계
- (5) 통신을 이용한 장치의 원격제어
- (6) 자가 고장진단 및 알람 기능

## 9. 전처리장치 성능 실험

- (1) 장치 동작 실험
- (2) 문제점 검토 및 시스템 보완

## 10. 수산폐기물의 자원화 및 2차 오염

- (1) 퇴비화 및 사료화에 대한 검토
- (2) 2차 오염 가능성에 대한 검토

# IV. 연구개발결과

본 과제연구는 수산현장 애로기술을 해결하기 위한 것으로 수산폐기물 고액분리에 대한 이론적 고찰, 장치부품의 기능상 문제점, 기타 애로사항 등에 대해서 이미 선행연구를 통해 확인하였다. 그러나 상기연구는 고액분리 프로세서를 확인한 정성적 시도였으며, 본 연구에서는 다양한 구조설계 및 실험을 통한 정량적 분석을하고자 하였다. 이하 이들 연구개발결과에 대해 기술한다.

1. 기계획한 원추형 상협하광(上狹下廣)의 형태에서 역경사식 직사각형과 정사각형의 진동스크린으로 구조 변경하여 설계, 제작하였다. 장치는 철(직사각형)과 FRP(정사각형) 재질로 하였으며, 이는 다양한 재질의 장치에 대한 분리효율 특성자료를 확보하기 위해서였다. 여과챔버(스크린) 하부는 슬러지가 중앙으로 집중될 수 있도록 경사지게 설계하였고, 중앙배출구에는 자체 제작한 슬라이딩밸브 및 시판의 버터플라이밸브를 부착하고, 모터에 의해 자동 또는 수동 개폐되도록 하였다. 밸브의 움직임은 리미트 스위치에 의해 감지되고 이 스위치신호에 의해 컨트롤러가 모터를 제어하도록 하였다. 정사각형의 경우 분리효율 향상을 위해 스크린 내부에 부(副)여과스크린을 부착하였다. 스크린은 스테인레스 재질의 #150(망간격 0.17mm)과 #120(망간격 0.21mm) 사용하였으며, 스테인레스 철판재에 직경 5mm의 원형을 일정한 간

격으로 가공하고 여기에 스크린을 용접함으로써 진동발생기의 진동이 스크린 전체에 고루 전달되고, 진동에 의한 스크린 파열을 방지하도록 하였다. 여과된 액상은 철판재 원형 구멍을 통해 외부로 방출되고, 이들을 유량계로 통과시킴으로써 장치의 고액분리 성능을 측정하였다. 또한, 장치외부에 투명 아크릴 판을 두어 여과성능을 가시적으로 확인하였다.

2. 인버터를 이용하여 기진강도 조절 가능한 진동제어장치를 제작하였다. 진동발생기(2과 4극, 3상, 1/8W 1/4W)는 스크린(여과챔버) 상부에 부착하여 진동에너지 전달을 극대화시켰다. 진동수(기진력) 가변장치는 시판되고 있는 인버터를 이용하였으며, 진동주파수 조절은 자동화장치 컨트롤러의 회전노브로 가능하게 제작하였다. 또한 주파수는 진동에 의한 스크린파열을 고려하여 0 ~ 60Hz 범위에서 조절 가능하도록 하였다. 스크린과 장치몸체가 동시에 진동하는 것은 여과효율을 저하시키기 때문에 철구조장치의 경우 진동발생기와 장치몸체 사이에는 스프링을 삽입하여 몸체로의 진동전달을 가능한 억제시켰다. FRP구조 장치의 경우 스크린 하부에 스프링을 두어 스크린 진동이 몸체에 전달되지 않도록 제작하였다.

3. 실험실 및 현장 실험을 통해 장치 형태별 진동주파수 및 모터기진각에 따른 최적의 고액분리조건을 검출하고자 하였다. 이를 위해 진동모터를 일정한 각도(0°, 30°, 45°, 90°)로 각각 두고, 진동주파수를 35~60Hz 범위 내에서 5Hz 단위로 가변하면서 고액분리효율을 측정하였으며, 장치형태에 관계없이 대체적으로 0°의 기진각과 60Hz의 진동주파수가 최적의 효율을 나타냄을 알 수 있었다.

4. 스크린 경사각에 따른 분리효율을 검토하였다. 예비실험에서 스크린 면에 대해 폐원수를 수직으로 밀어 넣는 형태가 최대의 여과효과를 얻는 것으로 파악되었고, 아울러 mesh간격, 슬러지의 자유낙하, 스크린에 대한 폐수의 입사각 및 스크린의 여과용량 등을 고려하여 경사각을 3°~5°로 설정하여 제작하였다. 스크린 경사각 조

절장치는 여과장치의 거대화, 수밀성 확보 등의 이유로 제작하지 않았으며, 또한 제작의 필요성을 느끼지 못하였다.

5. 실험을 통해 모터의 진동주파수, 기진각, 망간격 및 폐기물 입자크기와 분리효율과의 상관관계를 분석하였으며, 상호 무관함을 알 수 있었다.

6. 고액분리효율 측정은 실험실과 현장 실험으로 나누어 실시하였다. 실험실 실험에서는 다시마분말과 일정한 또는 다양한 크기의 해태를 이용하여 수산폐기물을 임의로 만들었다. 같은 날의 실험은 동일한 폐기물을 반복 이용하였다. 현장실험은 수산식품 가공회사(어묵, 맛살류, 젓갈류, 냉동식품 등 제조) 현장에서 이루어졌으며 가능한 동일한 가공물이 배출될 때 실험하고 비교 분석하였다. 부유물질(SS) 분석도 병행하였다. 또한 전남 나주소재의 육상 장어양식장에서 배설물 분리효과를 장기간 실시하고 그 효과를 검증하였다.

7. 소형(180×180×130 mm)의 폐기물 유입 및 배출 자동화장치를 설계, 제작하였다. MPU(PIC16F877), 시리얼LCD, AD변환기, Reversible Motor, Step Motor, Limit Sw., Relay, On-Off Sw. 등을 이용하여 제작하였다. 원거리 Display용 RS-485 통신보드를 사용함으로써 원격제어가 가능하며, 자가 고장진단 및 알람 기능을 구현하였다. 3가지 동작모드(수동, 반자동, 자동)를 갖추고 있으며, 제어프로그램은 C언어를 사용하였다.

8. 장치는 가능한 수리 및 소모품 교환이 용이한 구조로 설계하였다. 성능실험을 통해 진동에 대한 스크린 내인성, 장치의 수밀상태 및 내구성 등을 분석하고, 시스템 보안을 실시하였다.

9. 수산폐기물의 자원화를 위해 퇴비화 및 사료화에 대한 검토를 하였으며, 2차

오염 가능성을 알아보았다.

## V. 연구개발결과의 활용계획

시작품이 제작 완료되면 수산물 가공회사 또는 활어회 센터 등에 설치 운용하여, 현장시험시 발생할 수 있는 문제점 등을 파악하고 성능 보완함으로써 제품의 신뢰성을 향상시키고자 한다. 이러한 과정 속에서 참여기업에게 기술교육 및 기술이전을 실시하여 완전한 인적 물적 시스템을 갖추도록 할 것이다. 제품에 관한 정량적 데이터 수집과 신뢰성 테스트가 완료되면 경제신문 및 관련학회에 발표하거나, 회사 또는 중기청 홈페이지를 통해 제품 소개를 할 것이다. 또한, 여건이 주어지면 매년 개최하는 자동화 설비전, 중소기업 제품전시회 등 각종 전시회에 참가하고자 한다. 본 전처리장치의 핵심기술에 관해서는 특허신청 등으로 산업재산권을 확보하여 개발기술을 보호하고자 한다. 상품화계획으로는 다음과 같다.

- 어류 사료 및 배설물 고액분리에 적절한 구조로 부분 개조하여 상품화
- 음이온 발생장치, 수온보존 열장치와 연계하는 장치로 구조 변경하여 상품화
- 축산폐기물 고액분리장치로 구조 변경하여 상품화

# SUMMARY

## I. Title

Development of the pretreatment device for highly-efficient separation of marine wastes

## II. Objectives and Justifications of the study

### 1. Objectives

The pretreatment work is required to isolate solid materials from the liquid-solid mixed wastes like marine wastes. This study has developed a design technology that is capable to cover chocking phenomenon of screen and the automatic device using microprocessor.

### 2. Justifications

The forbidden discharge of marine wastes devastates the coast seriously. The current filtering device is too costly and operationally inefficient due to its big size. It justifies the development of the device that is highly efficient. The device has the following characteristics.

- Importance of technological aspects
  - The design technology for reverse-slanting screen
  - The design technology for optimal vibration frequency and motor installation

angle tuned to a pretreatment device shape

- The design technology for the controller with adjustable vibration intensity
- The design technology for vibration transfer/suppression tuned to a pretreatment device shape
- The manufacturing technology for a sliding valve
- The controller design technology for automatic inflow·discharge of wastes
- The design technology for automation, self-diagnosis and alarm
- Remote control technology by the use of telecommunication
- Application of a core technology to a livestock farmhouse, a dyeing house and a paper mill
- Enhancing the flexibility of usage by suggesting a design idea that takes the characteristics of the waste into consideration

Importance of industrial · economic aspects

- Reduction of processing stage and cost resulted by the device improvement
- Reduction of disposal (reclamation, incineration, etc.) cost resulted by sludge decrease
- Recycle of waste materials (forage, compost, etc.)
- The new material extraction from the marine wastes
- Development of the new marine productions resulted by marine wastes recycling
- Replacement of imported device and the creation of new demand for the device
- Formation of domestic marketing more than 6 hundred billion won due to compulsory installation of the device

Importance of social · cultural aspects

- Realization of marine environment protection

- The creation of marine culture and comfortable leisure environment
- Enhancement of social recognition on the issue of resource re-application

### III. Contents of the study

1. The design and manufacture of reverse-slanting vibration screen (top narrow bottom wide)
  - (1) Investigation of materials and parts of device
  - (2) Manufacture of rectangle screen and square screen
  - (3) Structure design of separation chamber
  - (4) Manufacture and operating method of sliding valve
  - (5) Investigation of screen quality and mesh space
  - (6) Attaching additional screen in case of square filtering chamber
2. Manufacture of controller adjustable to vibration intensity using inverter
3. Experiments in laboratory and field for detecting optimal vibration frequency
4. Experiments in laboratory and field for detecting optimal motor installation angle
5. Investigation of screen vibrating method
6. Detection of optimal inclination angle of screen
7. Correlation analysis between vibration frequency, motor angle, interval strand

of net, waste size and separation efficiency

8. Design and manufacture of automatic device for inflow·discharge of wastes
9. Performance experiments of wastes pretreatment device
10. Investigation of resource and secondary pollution of marine wastes

#### **IV. Results of the study**

In this study, a quantitative analysis was carried out through the some experiments with designing of the various structure. The results are as follows.

1. Manufacture of the reverse-slanting vibrating screen in the form of rectangle and square
  - Iron(for the rectangular shape) and FRP(for the square shape) is chosen as the device's material to analyze efficiency.
  - Sliding valve and butterfly valve are attached to the outlet of sludge and the open and shut mode is operated by motor.
  - The motion of valve is detected by limit switch and the microprocessor controls a motor by switch signal.
  - In case of the square shape screen, additional filtering screen is fitted for enhancing of separation efficiency.
  - Screen is made of stainless material with the size of #150 (mesh:0.17mm) and #120 (mesh:0.21mm).
  - Steel plate having the hole of 5mm diameter is fitted to the screen.

- Separation efficiency is confirmed by transparent acrylic plate attached to device body.
2. Manufacture of the controller which can adjust vibration intensity using an inverter
    - Vibrator(2 & 4 polar, 3phase, 1/8W& 1/4W) is fitted to upper of the screen (filter chamber).
    - Frequency of vibration is adjusted by a general inverter.
    - Range of frequency is within 60Hz considering the crack of screen.
    - Propagation of vibration is lessened by putting a spring and a rubber pad between the screen and body.
  3. Confirmed the optimum condition of separation according to the vibration frequency and motor angle through the experiments in laboratory and field
    - Several experiments are conducted under the condition of various vibration frequency (35~60Hz, 5Hz interval) and motor angle (0°, 30°, 45°, 90°).
    - This device has shown the optimum efficiency at motor angle 0° and vibration frequency 60Hz, and has no relation with the shape of device.
  4. Investigation of separation efficiency according to screen inclination angle
    - Set up the gradient as 3°~5° considering mesh strand space, free falling, an incidence angle of wastes to screen and capacity of screen chamber
    - Verification by preliminary experiments
  5. The correlations between separation efficiency and vibration frequency, motor angle, mesh space, particle size of wastes is analyzed through the

experiments. Then it is found that there has no relations between optimal setting of vibration frequency and motor angle, and mesh space and wastes size.

6. The experiments in laboratory and field are carried out for the measurement of separation efficiency.
  - Marine wastes made by sea tangle power and laver is used in the laboratory experiments.
  - Field experiments are carried out in seafood processing plant.
  - The analysis of suspension substances is carried out.
  - The separation experiment of excrements is carried out at a eel nursery to verify the effect.
  
7. The small sized controller(180×180×130 mm) is manufactured for inflow·discharge of wastes.
  - MPU(PIC16F877), Serial LCD, AD Converter, Reversible Motor, Step Motor, Limit Switch, Relay and On-Off Switch etc. are used.
  - The remote control is possible using RS-485 communication board.
  - The function of self-diagnosis and alarm is realized.
  - Three control mode (manual, half automatic, automatic) is realized.
  - C-programming language is used.
  
8. The device is designed as possible as easily to repair and exchange some spare parts of structure. Analyzing screen durability for vibration and water-tight and persistence of equipment through performance test, it is enforced complement of system.

9. The resources of marine wastes and possibility of secondary pollution are investigated.

## V. Application plan of study

- System improvement by field test at marine products processing factory or sliced raw fish center
- The technology transfer to participated company
- Public relations on economic papers, related academic societies and homepage of the Small & Medium Business Administration
- Participation in exhibitions as like annual automation equipment exhibitions, small & medium product exhibitions
- Commercializing plan is as follows :
  - Changing to structure suitable to the separation of fish feed and excretion
  - Changing structure to the device of generating a negative ion and keeping water temperature
  - Changing structure to the separation device of livestock raising wastes

# Contents

## **Chapter 1. Introduction**

- Section 1.1 Yearly objectives and substances
- Section 1.2 Strategy and method
- Section 1.3 Organization of the study

## **Chapter 2. Structure of pretreatment device**

- Section 2.1 Design and manufacture of screen
- Section 2.2 Design and manufacture of vibrator
- Section 2.3 Structure of separation device
- Section 2.4 Measuring environments

## **Chapter 3. Construction of experimental device and method**

- Section 3.1 Construction of experimental device
- Section 3.2 Method of experiments

## **Chapter 4. Analysis of experimental results**

- Section 4.1 Laboratory experiments
- Section 4.2 Field experiments
- Section 4.3 Optimal inclination angle of screen

**Chapter 5. Automatic device for liquid–solid separation**

Section 5.1 System configuration

Section 5.2 Construction of controller

Section 5.3 Experimental results

**Chapter 6. Resources and secondary pollution of marine wastes**

Section 6.1 Resources of marine wastes

Section 6.2 Secondary pollution of marine wastes

**Chapter 7. Conclusions**

**Chapter 8. Literature**

# 목 차

<b>제 1 장 서 론</b> .....	21
제 1.1 절 연차별 연구개발사업 목표 및 내용 .....	26
제 1.2 절 추진전략 및 방법 .....	28
제 1.3 절 연구개발 추진체계 .....	29
<b>제 2 장 전처리장치의 구조</b> .....	30
제 2.1 절 스크린 설계 및 제작 .....	30
제 2.2 절 진동발생장치 설계 및 제작 .....	38
제 2.3 절 여과장치 구조 .....	41
제 2.4 절 측정환경 .....	49
<b>제 3 장 실험장치의 구성 및 실험방법</b> .....	50
제 3.1 절 실험장치의 구성 .....	50
제 3.2 절 실험방법 .....	51
<b>제 4 장 실험결과 분석</b> .....	56
제 4.1 절 실험실내에서의 실험 .....	56
제 4.2 절 현장실험 .....	63
제 4.3 절 스크린의 최적경사각 설정 .....	68

<b>제 5 장</b>	<b>고액분리용 자동화장치</b> .....	69
제 5.1 절	자동화장치의 구성 .....	69
제 5.2 절	컨트롤러 구조 .....	74
제 5.3 절	동작 실험 및 결과 .....	94
<b>제 6 장</b>	<b>수산폐기물의 자원화 및 2차 오염</b> .....	97
제 6.1 절	수산폐기물의 자원화 .....	97
제 6.2 절	수산폐기물의 2차 오염 .....	99
<b>제 7 장</b>	<b>결 론</b> .....	100
<b>제 8 장</b>	<b>참고문헌</b> .....	105

## 제 1 장 서 론

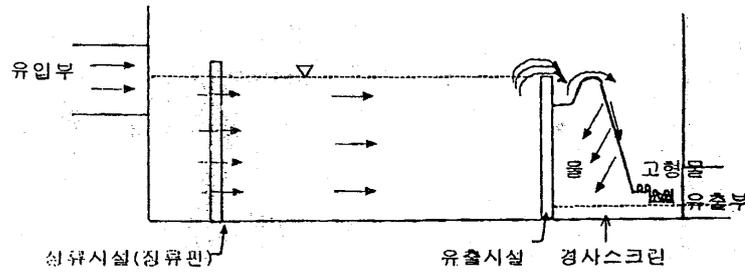
환경보존에 대한 국제적 인식과 규제가 엄격해지고 식수공급원인 하천, 바다, 양식장의 오염이 심각해지면서, 정부는 수질환경보전법시행규칙을 통해 수조식 육상양식 어업시설의 경우 반드시 수질오염방지시설을 구비하도록 하였으며, 농·축·수산물 단순가공시설에서는 부유물질 제거, 침전시설설치 등의 관련 시설 또는 조치를 취하도록 되어있다(수질환경보전법,동시행규칙별표10,2002). 그러나, 대부분의 수산물 가공업체는 규모면에서 영세성을 면치 못해 수산가공폐기물 처리에 어려움을 호소하고 있으며, 공동어시장, 대중활어횃집 등에서도 수산폐기물을 손으로 대충 걸러내고 나머지는 그대로 하수구로 투기해 버리는 것이 현 실정이다. 식생활패턴의 변화, 급속한 산업화, 인구증가 등으로 수산폐기물의 양은 매년 증가되고 있으며, 이로 인해 토질과 연안해역의 오염이 가속화되고 있다. 이는 지하수의 오염 확대, 연간 적조 발생일수 증가에서 알 수 있으며, 한번 발생한 적조는 오랜 기간 지속되고 있는 실정이다.

한편, 수산폐기물은 재활용시 상당한 자원 재생산 효과를 가져올 수 있다. 그 예로서, 명란제조시 폐기되는 분란을 이용한 어묵생산, 오징어 가공폐액으로부터 천연물질인 타우린생산, 게껍질을 이용한 김치의 보존성증진 및 맛의 차별화, 폐기물인 멸치잔사를 이용한 미네랄 액젓제조, 굴폐각을 이용한 표면처리용 연마Media 개발, 굴껍질을 원료로 한 Bone Ash 대체물질 개발 등을 들 수 있으며(제6,7,10차산학연 컨소시엄), 이들은 경제적인 효과뿐만 아니라 폐기물로 야기되는 환경오염 문제를 해결하는 좋은 사례라 할 수 있다. 또한, 축산분뇨의 경우 축산폐수 공동처리장에서는 축산폐수 처리시 고체와 액체 분리를 의무화하고 있으며, 분뇨의 자원화정책이 활발히 추진되고 있다(축산분뇨자원화정책토론회,2000, 홍지형,1990).

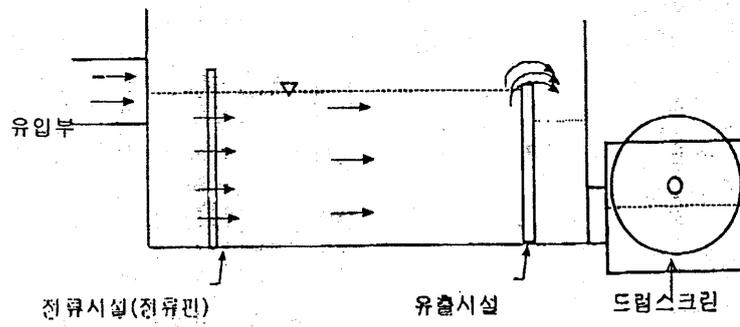
고액분리기란 고형물을 함유한 폐수로부터 고체와 액체를 분리하는 장치로서, 수산가공폐기물을 방류기준 이하로 효과적으로 처리하기 위해서는 고형물을 걸러내는

전처리 공정이 반드시 필요하다. 전처리 공정을 거침으로써 후속처리 공정의 비용을 절감하면서 처리용량을 높일 수 있고 또한 처리시설의 규모를 축소시킬 수 있는 장점을 가지게 된다. 현재 수산폐기물 처리장에서 많이 이용되는 고액분리장치로는 경사스크린, 드럼스크린, 진동스크린, 시브스크린, 롤러프레스스크린 등의 스크린류가 주류를 이루고 있고(조병락외7,2000, 홍지형외3,1999), 농축산 폐기물의 전처리 공정에는 스크루 데칸트가 많이 이용되고 있다(나은수,2000, 나은수외3,2001). <그림 1.1>에 대표적인 스크린 고액분리장치의 예를, <그림 1.2>에 고정식 경사스크린의 사용 실례를 나타낸다. 이러한 방식의 대부분은 고액분리 효율이 낮고, 빈번히 발생하는 스크린의 눈막힘 현상 때문에 분리도중에 역세척 등의 부가적인 과정이 필요하다. 눈막힘 현상을 줄이기 위하여 스크린 눈 간격을 크게 할 수도 있겠으나 이는 방류수수질기준에 의해 제한받으며, 수질기준은 강화되는 방향으로 개정되고 있어 처리장치 또한 이에 따라 성능개선이 이루어져야 할 것이다. 수산물 가공공장, 활어 양식장, 어시장, 요식업 등으로부터 배출되는 폐수의 특징은 취급되는 수산물의 종류, 처리방법, 사료종류, 기후조건 및 시설물여건 등에 따라 그 변화가 심하다(라창식외1,1998). 이러한 수산폐기물을 효과적으로 처리하여 환경을 보존하고 설치비와 운영비를 절약하려는 일련의 노력들이 있어 왔으나 아직도 외국제품에 의존하는 경우가 많고 효과적으로 대응할 수 있는 국산 기술이 개발되지 못한 실정이다.

본 연구에서는 개발하고자 하는 고액분리 기술은 기존의 진동 고액분리 장치에서 주된 문제점으로 지적된 스크린의 눈막힘 현상을 줄이기 위한 것으로서, 수산폐기물의 후속처리공정을 효율적으로 할 수 있도록 진동을 이용한 스크린망의 설계기술이다. 아울러, 마이크로프로세서를 이용한 폐기물 유입과 배출 자동화 장치를 개발하고자 하였다. <표 1.1>에 기존방식의 문제점과 해결방안을 제시한다.



(a) 경사스크린식



(b) 드럼스크린식

그림 1.1 대표적인 스크린 전처리장치



그림 1.2 고정식 스크린 전처리장치의 사용 예

표 1.1 기존 방식의 문제점과 해결방안

항 목	기존 기술의 주요 문제점 및 해결방안	비 고
스크린(망)의 고정	스크린(망)이 고정되어 운전도중에 눈 막힘 현상이 빈번히 발생. 외부에서 진동을 가함으로써 눈 막힘 현상을 줄이고 분리효율을 높일 수 있음.	
스크린(망)의 경사각 고정	스크린(망)의 경사각이 고정되어 눈 막힘 현상이 빈번히 발생. 고형물질의 종류에 따라 경사각을 적절히 조절하면 눈 막힘 현상을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 분리효율도 높일 수 있음.	
눈 막힘 현상과 역세척	고액분리 도중에 역세척이 필요함. 이는 진동메카니즘을 이용함으로써 해결 가능함.	
자동화장치	기존 장치는 수동 또는 시퀀스제어방법을 적용함으로써 비효율적이거나 장치제어관리에 제한이 있음. 마이크로프로세서를 적용함으로써 원격제어, 자가진단 등의 다양한 기능 구축이 가능하고, 소형화 및 저소비전력 구현이 가능함.	

## 제 1.1 절 연차별 연구개발사업 목표 및 내용

구 분	목 표	내용 및 범위	비 고
1차년도 (2002년)	수산폐기물 전처리장치 자료 및 기존장치 검토	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 문헌 및 자료 수집, 분석</li> <li>- 관련법, 규정 조사분석</li> <li>- 국내·외 관련자료 조사분석</li> <li>- 기존 장치의 구조 및 운용상의 문제점 검토</li> <li>- 현장애로사항 파악</li> </ul>	
	진동장치 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 기진강도 조절 가능한 장치 제작</li> <li>- 주파수 인버터 검토</li> <li>- 진동주파수 범위 검토</li> </ul>	
	여과스크린 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 스크린 재질 및 크기 선정</li> <li>▶ 진동에 따른 파열방지 검토</li> </ul>	
	고액분리 효율 극대화를 위한 최적 진동주파수 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 최적 진동주파수 검출</li> <li>- 스크린에 진동을 가하는 방법 검토</li> <li>- 간이 실험에 의한 스크린 망 간격과 진동주파수와의 상관분 석</li> <li>- 진동주파수와 진동진폭과의 상 관분석</li> <li>- 진동모터의 기진각에 따른 분 리 효율 측정</li> </ul>	
	경사각 조절장치 고안 및 최적 스크린 경사각 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 스크린 경사각 조절장치 고안 및 설계</li> <li>▶ 실험에 의한 스크린의 최적 경사 각 설정</li> <li>- 경사각, 진동주파수, 입자크기 상관분석</li> </ul>	
	현장실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 실험결과 분석검토 및 보완</li> </ul>	

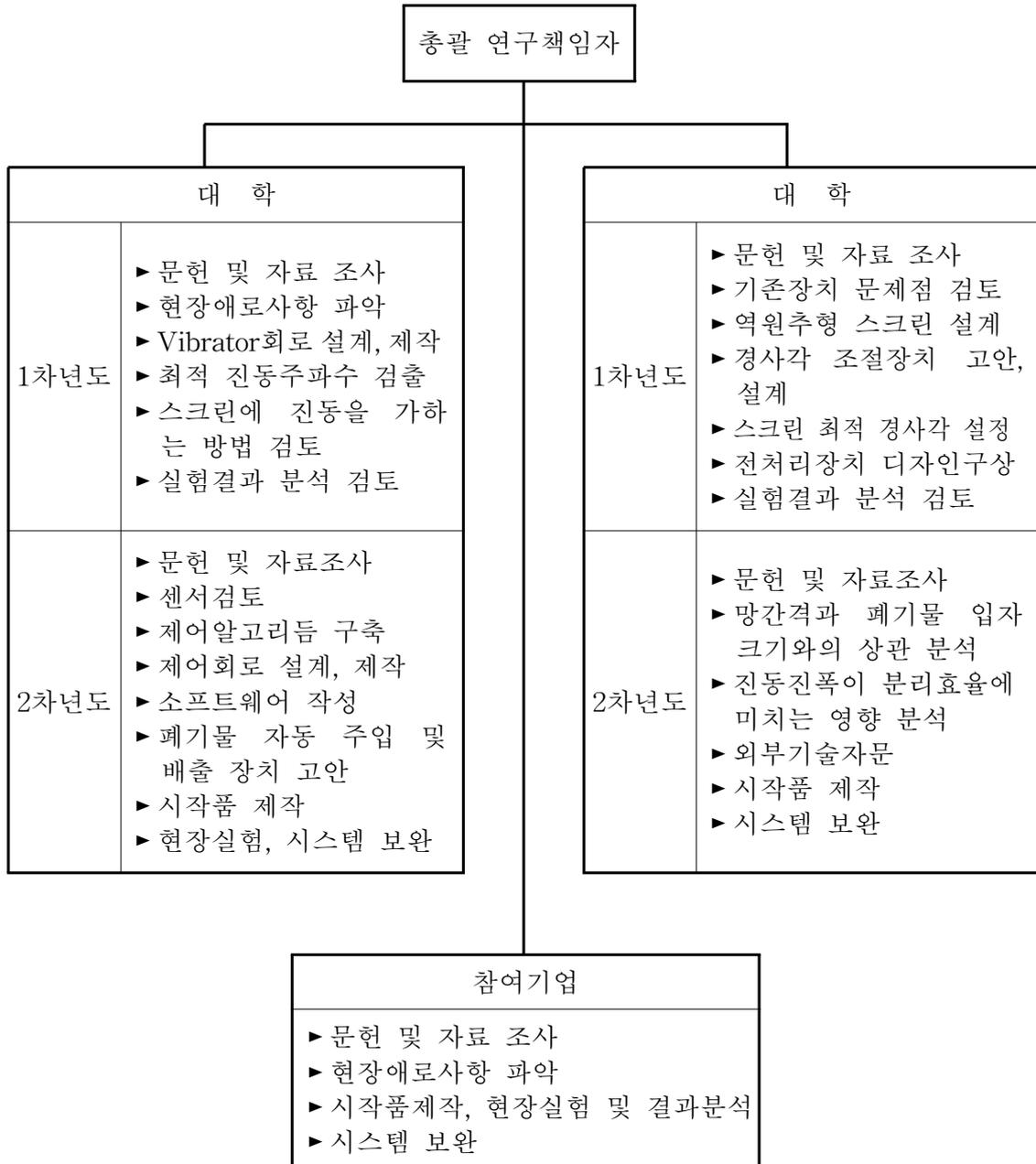
구 분	목 표	내용 및 범위	비 고
2차년도 (2003년)	스크린의 망 간격과 폐기물 입자 크기의 상관 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 망간격과 폐기물 입자크기와의 상관분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 간이실험에 의한 스크린 눈 간격, 폐기물 크기 및 진동주파수와의 상관분석</li> <li>- 진동진폭이 분리효율에 미치는 영향분석</li> </ul> </li> </ul>	
	수산폐기물 자동 주입 및 배출 장치 고안	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 폐기물 자동 주입 및 배출 장치 고안, 설계 및 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제어 알고리즘 설계</li> <li>- 적정 센서 검토</li> <li>- 컨트롤러 각 요소별 설계, 제작</li> <li>- 자가진단기능 구축</li> <li>- 원격통신제어기능 구축</li> <li>- 제어장치 실험 및 보완</li> </ul> </li> </ul>	
	전처리장치 시제품 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 고액분리장치 시제품 설계, 제작 및 실험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장치의 내구성 및 수밀상태</li> </ul> </li> <li>▶ 시스템 보완</li> </ul>	
	자원화 및 2차 오염 가능성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 수산폐기물의 퇴비화 및 사료화</li> <li>▶ 폐기물의 2차 오염 가능성</li> </ul>	
	현장검증실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 수산폐기물 고액분리 실험 및 시스템보완</li> </ul>	

## 제 1.2 절 추진전략 및 방법

본 연구과제에서 개발하고자 하는 장치는, 선행연구를 통해 기존방식의 고액분리 장치보다 성능이 우수한 것으로 확인되었다. 이는 정성적인 실험 분석의 결과로서, 현장 실용화를 위해서는 정확한 정량적 분석자료가 요구되고 이를 근거로 시작품을 제작하였다. 본 전처리 장치에 요구되는 요소기술은 자체 인적인프라에 의해 충분히 개발될 수 있으며, 제작에 필요한 재료들은 국내에서 손쉽게 구할 수 있는 것들이다. 수산폐기물 고액분리에 관한 국내외 연구발표 자료수집이 매우 어려워, 농축산폐기물 및 오폐수에 관련된 기술자료 및 환경관련 기술잡지에서 정보를 얻고자 하였다(화학환경설비,2002, 손영배,2002).

요소기술 개발 및 시작품 제작을 위해서 대학과 참여기업의 역할분담을 하였다. 대학은 스크린 설계와 구조 등 주로 이론적인 연구와 이를 뒷받침하는 실험 및 컨트롤러 설계, 제작을 수행하였다. 참여기업은 부분품 및 시작품 제작을 주로 담당하도록 하였다. 현장실험, 결과분석 및 장치보완은 공동으로 하였다.

### 제 1.3 절 연구개발 추진체계



## 제 2 장 고액분리용 전처리장치의 구조

장시간 연속 운전이 가능한 자동 고액분리 전처리 장치를 개발하기 위한 전 단계로, 기존의 고액분리장치에서의 주된 문제점인 스크린의 눈막힘 현상을 해소하고 고액분리 효율을 높이는 스크린을 설계하였고, 진동발생기 부착을 기반으로 하는 진동형 역경사식 스크린장치를 제작하였다. 장치로서는 철구조인 직사각형 모델과 FRP구조의 정사각형 모델 2종류를 제작하였다. 이는 설치장소 여건에 따라 여과장치의 형태도 달라질 수 있음을 고려한 것으로, 각각의 형태에 따른 여과효율을 분석하고자 하였다. 이하 스크린장치의 구조에 대해 기술한다.

### 제 2.1 절 스크린 설계 및 제작

스크린을 역경사식으로 설치하고 여기에 진동을 가함으로써 고액분리와 동시에 스크린에 붙은 고형물이 중력에 의해 자동적으로 아래 방향으로 떨어지게 된다. 따라서 역세척 등의 부가작업이 필요 없어 연속적인 작동이 가능하다. 분리된 고형물은 장치내의 하부에 붙어있는 배출구를 통하여 배출된다. 스크린을 통해 흘러나온 액상물질은 하부 바깥쪽 측면에서 취합되고 배출밸브에 의해 배출된다.

원형구조의 스크린은 선행연구에서 이미 분석하였기 때문에, 여기서는 스크린을 직사각형과 정사각형의 역경사식으로 제작하였다. 스크린은 스테인레스 재질의 #150(망간격 0.17mm)과 #120(망간격 0.21mm)을 사용하였다. 여기서 #150이란 1인치 내에 망의 스테인레스 가닥이 150개가 있음을 의미한다. #150과 #120을 선택한 이유는 이 정도의 간격이라면 수산폐기물의 전처리 여과과정에서 충분한 고형물 추출이 가능할 것으로 판단했기 때문이다. 이 이상의 조밀한 망간격에서도 여과효과가 있음

을 부과실험에서 확인하였으며, 이에 대해서는 기술하지 않기로 한다.

스크린 여과챔버 하부는 슬러지가 중앙으로 집중될 수 있도록 경사를 두었고, 중앙에 있는 밸브를 통해 배출되도록 하였다. 정사각형 장치의 경우 분리효율 향상을 위해 부(副)여과장치를 설치하였다. 이는 선행 연구한 원형 여과챔버에서 경험한 것을 고려한 것으로, 챔버면적이 넓을수록 가운데에 있는 폐기물의 여과효율이 떨어지기 때문이다. 여과챔버는 두께 1mm의 내부식성이 강한 철판재에 처리수가 잘 통과할 수 있도록 직경 5mm의 원형을 일정한 간격으로 파공하고 여기에 스크린을 용접함으로써 스크린의 형태를 유지하게 할 뿐만 아니라 진동에 의한 스크린 파열을 방지하도록 하였다.

<그림 2.1>은 원형 여과장치의 고액분리과정을 나타낸 것으로, 가운데에 폐기물의 액상성분이 남아 있는 것을 알 수 있다.

<그림 2.2>는 직사각형 여과장치의 외부구조를, <그림 2.3>은 내부구조를 나타낸다.

<그림 2.4>는 정사각형 여과장치의 외부구조를, <그림 2.5>는 내부구조를 나타낸다. <그림 2.6>은 정사각형 장치의 부(副)여과스크린 구조 및 배수파이프를 나타낸다.

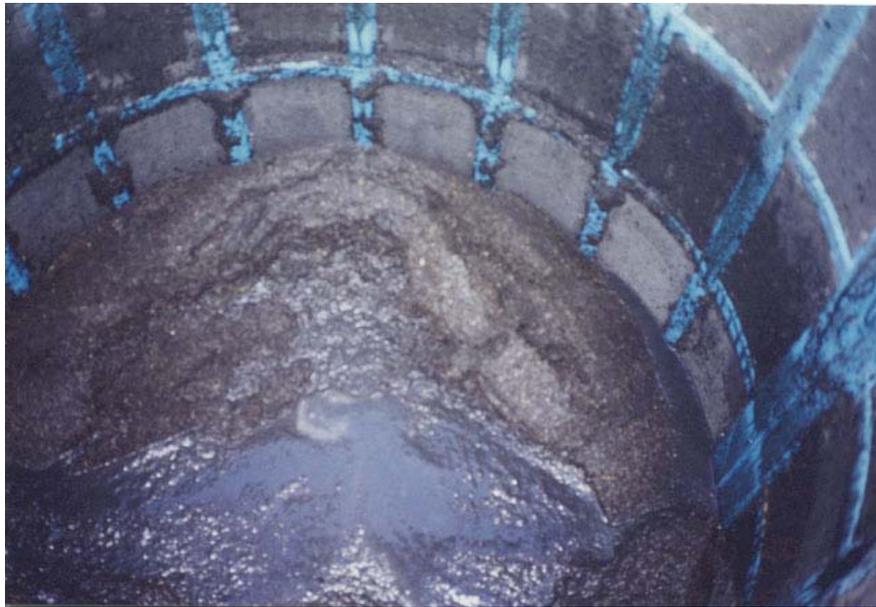


그림 2.1 원형여과기의 고액분리과정



그림 2.2 직사각형 여과장치의 외부구조



그림 2.3 직사각형 여과장치의 내부구조



그림 2.4 정사각형 여과장치의 외부구조



그림 2.5 정사각형 여과장치의 내부구조



그림 2.6 정사각형 장치의 부(副)여과스크린 구조 및 배수파이프

## 제 2.2 절 진동발생장치 설계 및 제작

진동모터는 3상 2극 1/8W와 3상 4극 1/4W의 2종류를 사용하였으며, 스크린(여과챔버) 상부에 부착하여 진동에너지 전달을 극대화시켰다. 진동수(기진력) 가변장치는 시판되고 있는 인버터를 이용하였으며, 이는 단상전원을 삼상으로 변환시키고 주파수에 따라 모터 회전수를 조절할 수 있는 기능이 있다. 진동주파수 조절은 인버터 자체에 부착되어 있는 스위치를 이용하지 않고 자동화장치 컨트롤러의 회전노브로 가능하게 제작하였다. 진동주파수는 0 ~ 60 Hz 이내에서 조절이 가능하게 하였으며, 60Hz 이상의 주파수도 발생 가능하나 스크린의 파열을 보호하기 위해 상한을 두었다.

<그림 2.7>에 진동모터와 스크린에 장착된 모습을 나타낸다.

<그림 2.8>에 주파수 조절장치를 나타낸다.



그림 2.7 진동모터와 스크린에 장착된 모습

진동주파수 조절노브



그림 2.8 주파수 조절장치

## 제 2.3 절 여과장치 구조

스크린은 유입되는 폐원수로부터 고액을 분리하는 역할을 하며, 여과된 액상은 철판재 원형 구멍을 통해 외부로 방출되고, 분리된 고상은 일정한 량이 쌓이면 여과장치의 중앙에 있는 밸브를 통해 외부로 배출된다. 배출구에는 슬라이딩밸브 두어 모터에 의해 개폐가 자동 또는 수동 조작되도록 제작하였다. 모터진동은 가능한 스크린에 직접 전달되게 하였다. 그러나 진동이 스크린과 장치몸체에 동시에 전달될 경우 스크린과 몸체가 같이 진동함으로 여과효율이 저하된다. 이 때문에 철구조 장치의 경우 진동모터와 장치몸체 사이에 스프링과 고무를 삽입하여 진동의 몸체전달을 억제하고자 하였다. <그림 2.9>에 진동억제 구조를 나타낸다. FRP구조 장치에는 여과챔버 하부에 스프링과 플렉시블 고무를 부착하여 스크린 진동이 가능한 몸체에 전달되지 않도록 하였다. <그림 2.10>에 진동억제 구조를 나타낸다. 이 두 장치의 진동제어 구조를 달리하여 각각의 효과를 확인하고 시제품 제작시 자료로 활용하고자 하였다.

배출구에는 자체 제작한 스텐레스 재질의 슬라이딩밸브 또는 시판의 버터플라이 밸브를 부착하였고, 폐기물 입구에는 버터플라이밸브를 사용하였다. 이 두 밸브는 모두 컨트롤러에 의해 제어되는 모터에 의해 개폐된다. 밸브가 열리거나 닫히는 것은 리미트 스위치에 의해 감지되고, 이 스위치신호에 의해 밸브의 과행을 차단한다. 슬라이딩밸브의 경우 약간의 누수현상을 보였지만, 슬러지가 한번 배출되고 나면 남아있는 찌꺼기가 밸브 틈새를 막아주는 역할을 하여 누수현상이 사라짐을 확인하였다. 버터플라이밸브는 완전한 수밀성을 보였지만 밸브의 테두리가 고무로 되어 있어 폐기물에 빠성분이 있을 경우 파손 등으로 사용상에 제한이 있을 것으로 판단되었다. <그림 2.11>에 슬라이딩밸브 구조를 나타내고, <그림 2.12>에 버터플라이밸브와 제어모터를 나타낸다.

<그림 2.13>에 전처리장치 구조를 나타내고, <그림 2.14>에 제작한 철구조 전처리장치를, <그림 2.15> 제작한 FRP구조 전처리장치의 외관을 나타낸다.



그림 2.9 철구조 여과장치의 진동전달억제 구조



그림 2.10 FRP구조 여과장치의 진동전달억제 구조

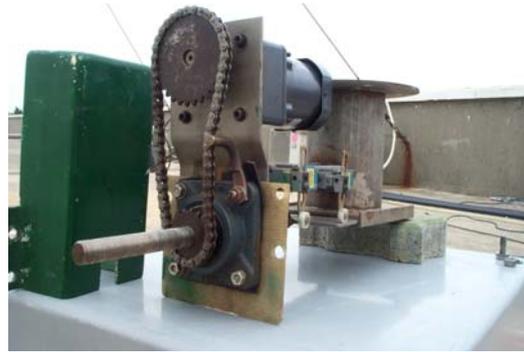


그림 2.11 슬라이딩밸브 구조

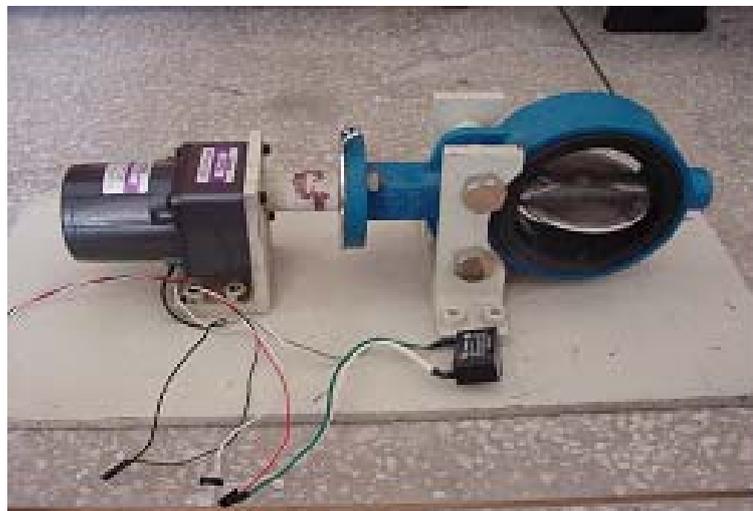


그림 2.12 버터플라이밸브와 제어모터

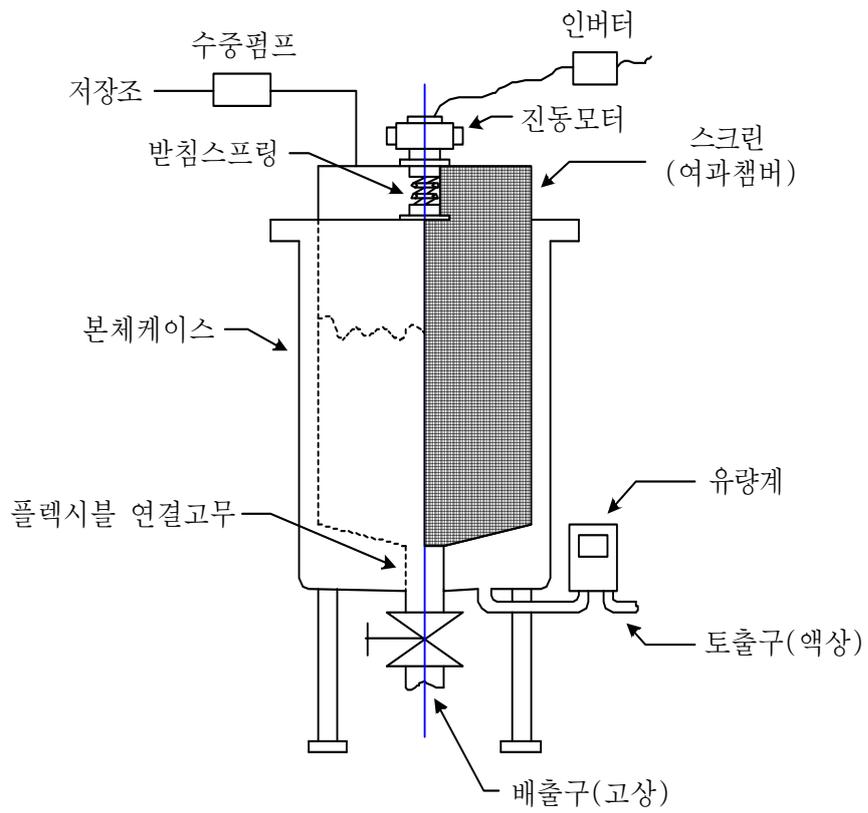


그림 2.13 전처리장치 구조



그림 2.14 제작한 전처리장치 (철구조)



그림 2.15 제작한 전처리장치 (FRP구조)

## 제 2.4 절 측정환경

여과된 액상은 철관재 원형 구멍을 통해 스크린과 장치몸체 사이로 방출되고, 이들을 파이프를 통해 유량계로 통과시킴으로써 장치의 고액분리 성능을 측정하였다. 유량계는 처리수의 순시 또는 적산 유량을 측정하는 장치로서, 주요 센서부가 폐수에 노출되지 않는 비침착식 유량계를 사용하였다. 유량계에서 측정된 순시유량은 전압신호로 변환되고 AD Converter(12Bit)를 통해 컴퓨터에 입력된다. 유량계는 Badger Meter Inc.의 Primo Mag를 사용하였고, 신호처리를 위한 프로그램 언어로는 Turbo C++ 및 MatLAB을 사용하였다(임종수,2002).

## 제 3 장 실험장치의 구성 및 실험방법

### 제 3.1 절 실험장치의 구성

설계 제작한 전처리 장치의 효율을 계측하고 진동장치의 주파수와 기진방향을 최적으로 결정하기 위하여 직사각형 장치(그림 2.14)와 정사각형 장치(그림 2.15)로 실험장치를 구성하였다. 슬러지 자동배출 장치가 부착되지 않았기 때문에 슬러지가 일정한 높이까지 쌓이면 수동 절환밸브를 통해 외부로 배출하도록 하였다. 또한 진동발생기의 주파수는 인버터로 조절하고 기진방향은 진동발생기의 부착방향을 변경할 수 있도록 장치를 설계하였다. 처리수의 유량을 실시간으로 나타낼 수 있도록 유량계, A/D 변환기, 컴퓨터로 구성되는 계측장치를 설치하였다. 그리고 장치외부에 투명 아크릴 판을 두어 여과성능이 가시적으로 확인되도록 하였다.

실험은 실험실내의 실험과 현장실험 2가지로 나누어 실시하였다. 실험실 실험에서는 다시다 분말과 다양한 크기의 해태를 이용하여 폐원수를 인위적으로 만들었다. 폐원수의 부유 밀도가 비교적 고르게 분포되어 있었고, 동일한 폐원수를 반복 사용하였다. 현장실험은 어묵, 맛살류, 젓갈류 등을 생산하는 부산소재의 D수산주식회사의 수산물 가공공장에서 나오는 수산폐수(폐원수)를 사용하여 실시하였다. 폐원수는 약 50m<sup>3</sup> 용량의 저장조에 저장되어 있고 정량공급 펌프(수중펌프)로 전처리 장치에 공급할 수 있도록 하였다. 원수는 가공하는 수산물의 종류에 따라 부유물질의 크기와 농도가 달랐으며, 때에 따라 기름성분이 있는 경우도 있었다. 본 연구에서는 유성분 함유의 폐기물을 분리대상으로 하지 않았으며, 이에 대한 연구는 추후 과제로 남겨 두기로 한다.

<그림 3.1>에 고액분리 실험 모습을 나타낸다.

## 제 3.2 절 실험방법

고액분리 효율은 스크린에 부착된 진동발생기의 주파수와 기진각에 따라 달라지게 된다. 효율을 극대화할 수 있는 주파수를 결정하기 위해 주파수는 35~60Hz 범위 내에서 5Hz 간격으로 변화시켰으며, 60Hz 이상의 진동은 스크린의 파열을 고려하여 사용하지 않았다. 그러나 전처리장치의 처리용량 크기에 따라서는 60Hz 이상의 진동이 필요할 수 있으며, 어떠한 설정기준을 세우기에는 무리가 있다. 따라서 장치의 형태, 크기, 대상물질 등의 특성에 맞추어 개별적으로 설정하는 수 밖에 없을 것으로 여겨진다.

기진각은, 직사각형 장치의 경우 각각 0°, 30°, 45°, 90°로 나누어 실험을 실시하였다. 원형스크린의 경우 기진각이 바뀌더라도 원형과의 상대각은 항상 일정하기 때문에 각의 변화가 분리효율에 미치는 영향은 없으나, 스크린이 각을 지닌 구조를 하고 있을 때에는 크게 영향을 주게 된다. 또한 기진각을 소단위로 나누어 실험하는 것은 스크린 장치의 형태를 고려할 때 무의미한 것으로 판단되어, 상기와 같이 4가지로 분리하여 실시하였다. 정사각형 장치의 경우 0°와 45° 2가지 조건에서만 실험을 실시하였다. <그림 3.2>는 기진각을 나타낸 것이다.

실험실 실험에서는 다시다 분말과 다양한 크기의 해태를 이용하여 폐원수를 인위적으로 만들었다. 실험은 여과챔버 45cm 높이까지 폐원수를 채운 다음 장치를 가동하기 시작해서 수위가 챔버의 35cm 높이까지 떨어지는 동안 각각의 기진각과 진동 주파수에 따르는 시간을 측정하고, 아울러 매 10초 또는 20초 간격으로 유량계를 통과하는 처리수의 순시유량을 측정하였다. 이 실험은 폐원수의 부유 밀도가 비교적 고르게 분포되어 있었고, 동일한 폐원수를 사용했으며 실험오차를 줄이기 위해 3번 반복하고 평균하였다.

현장 실험에서는 스크린의 90% 높이까지 원수를 채운 다음 장치를 가동하기 시작해서 수위가 탱크의 30% 높이까지 떨어지는 동안의 처리수의 유량을 실시간적으로 측정하도록 하였다. 이 실험은 폐원수 부유상태가 일정하지 않아 실험의 정확도

를 높이기 위하여 각각의 조건에서 3번 반복하고 평균하여 성능을 평가하였다. 또한, 실험 데이터의 신뢰성 확보를 위해 저장조로 유입되는 수산가공물이 동일한 것을 실험대상으로 하였다. 또한, 나주 육상 장어양식장에서 수개월에 걸쳐 24시간 연속 장어배설물 분리실험을 통해 장치의 성능 검증을 하였으며, 실험모습을 <그림 3.3>에 나타낸다.

고액여과장치에서 여과된 액상을 유량계로 통과시키고 그 유량으로 장치의 고액 분리성능을 평가하였다. 유입되어 처리되는 폐원수의 양을 성능평가기준으로 볼 수 있으나 이는 장치의 처리용량으로 간주하는 것이 타당할 것으로 여겨진다.

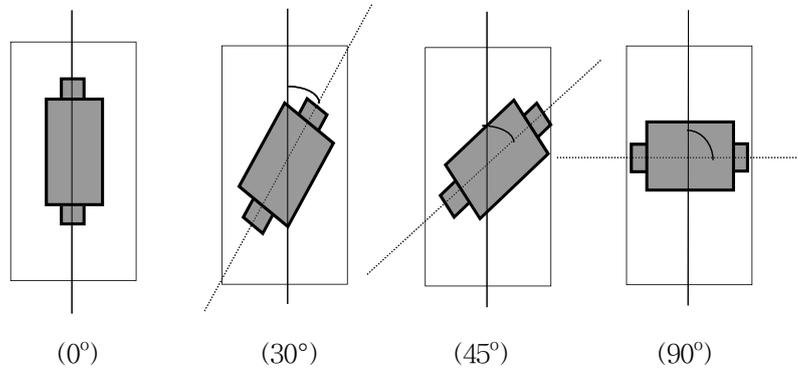


(a) 실험실내의 실험



(b) 현장실험

그림 3.1 고액분리 실험



(45°)

그림 3.2 모터설치각 (기진각)



그림 3.3 육상 장어양식장에서의 실험

## 제 4 장 실험결과 분석

### 제 4.1 절 실험실내에서의 실험

#### 1. 직사각형 장치를 이용한 실험

##### 가. 진동주파수 변경에 따른 분리효율

진동발생기의 주파수를 40Hz, 45Hz, 50Hz, 55Hz, 60Hz로 변경해가면서 실험한 결과를 <그림 4.1>에 나타낸다. 실험은 직사각형 장치를 이용하였다. 가로축은 앞서 언급했듯이 폐원수가 여과챔버 45cm 높이에서 35cm까지 떨어지는 동안 걸리는 시간을 초단위로 표시한 것이고, 세로축은 유량계를 통과하는 여과수의 전압단위 순시 유량을 측정한 것이다.

실험결과에 의하면 기진각에 관계없이 진동주파수 60Hz에서 좋은 성능을 나타내고, 주파수가 낮아질수록 여과효과도 떨어지는 것을 알 수 있다. 이는 저주파에서 고주파로 갈수록 기진력이 세어지기 때문인 것으로 생각된다. 그러나, 무조건 진동수를 높이는 것 보다 스크린망의 파열, 진동소음, 소비전력 등을 고려하여 적절한 선에서 결정할 필요가 있을 것으로 여겨진다. 다만, 그림에서 각 주파수별 성능을 나타내는 곡선이 매끄러운 하강 곡선이 아니고 굴곡을 나타내는 것은 측정오차라고 판단된다. 이는 정확한 데이터 획득을 위해서는 매 실험마다 스크린을 깨끗이 청소한 상태에서 측정이 이루어져야 하지만 기름성분이 없었기 때문에 이 과정을 생략하였고, 또한 상호 이(異)물질인 다시다 분말과 해태가 물질 특성상 시간이 경과함에 따라 붙어나거나 흐물해지기 때문인 것으로 생각되어진다.

실험 중 폐원수의 부피가 줄어들어 따라 장치의 진동소음에도 변화가 발생했다. 이는 모터의 기진력과 장치의 무게 변화에 관련이 있는 것으로 원폐수를 포함한 장

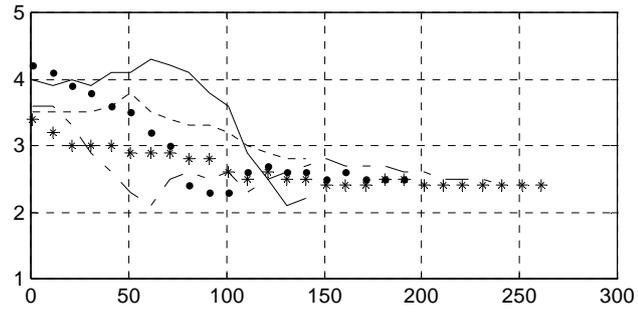
치무게가 줄어들수록 몸체의 흔들림은 커지고 이로 인해 진동소음이 커졌다. 그러나 이것이 고액분리효율 성능비교에 영향을 줄 수 있지만 전체 경향을 바꿀 정도는 아닌 것으로 판단된다.

#### 나. 기진각 변경에 따른 분리효율

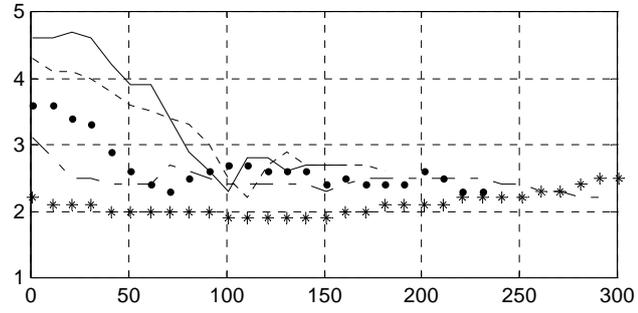
진동발생기의 기진각을 변경하면서 순시유량을 비교하였다. <그림 4.2>는 주파수를 40Hz, 45Hz, 50Hz, 55Hz, 60Hz로 고정하고 기진각을 0°, 30°, 45°, 90°로 변경한 결과이다. 그림에서 진동수 60Hz와 55Hz에서 장치가 동작해서 50초 동안은 기진각 30°가 0° 보다 좋은 성능을 보여주고 있으나, 시간 경과에 따르는 유량 적산량 또는 수위가 챔버의 35cm 높이까지 떨어지는 동안 걸리는 시간을 감안하면 기진각 0°가 더 우수한 성능을 지니고 있음을 알 수 있다.

#### 2. 정사각형 장치를 이용한 실험

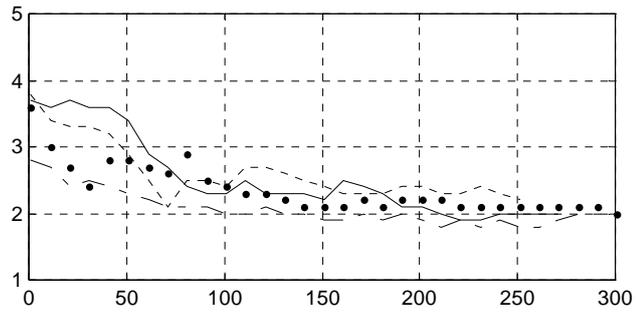
<그림 4.3>은 정사각형 장치를 이용한 실험결과이다. 기진각은 0°와 45° 2가지로 하였다. 고주파수로 갈수록 분리효율은 좋게 나타났으며, 35Hz에서 조금 좋은 분리효율을 나타내는 것은 모터의 저속진동으로 장치전체가 크게 흔들리는 현상이 발생했고 이것이 분리효율에 영향을 미친 것으로 생각된다. 주목할 점은 50Hz 이상의 주파수에서 기진각 45°가 0°에 비해 분리효율이 뛰어나다는 것이다. 이는 4면의 정사각형 스크린 구조와 폐원수에 대한 스크린 진동각의 상관관계에서 발생하는 현상이라고 생각된다. 기진각에 따른 분리효율에서 보듯이 스크린 면에 대해 폐원수를 수직으로 진동시키는 형태가 최대의 여과효과를 얻기 때문에, 기진각 0°는 스크린 2면에 대해 최적의 효과를 얻을 수 있으나 나머지 2면에 대해서는 이와 정반대의 상황이 발생한다. 반면, 기진각 45°는 4면 모두에 대해 적절한 여과효과를 가질 수 있기 때문에 그림과 같은 결과가 나타난 것으로 여겨진다. 따라서 스크린장치의 형태에 따라 기진각을 설정할 필요가 있으며 가능한 직사각형이 보다 우수한 여과효율을 갖는 것으로 판단된다. 이 부분에 대해서는 보다 정량적인 데이터가 요구되고, 장시간 진동으로 인한 스크린파열 방지대책과 함께 구체적으로 검토되어야 할 것이다. 60Hz에서의 진동소음은 65~70dB 정도였다.



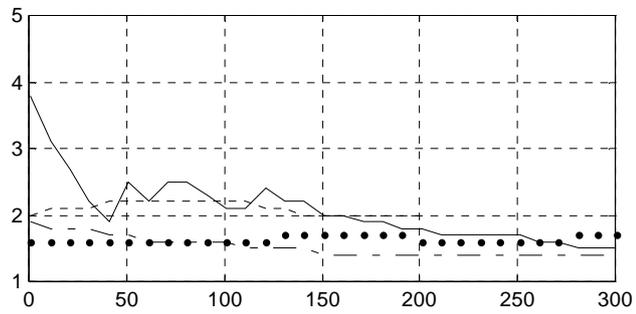
(a) 0°



(b) 30°



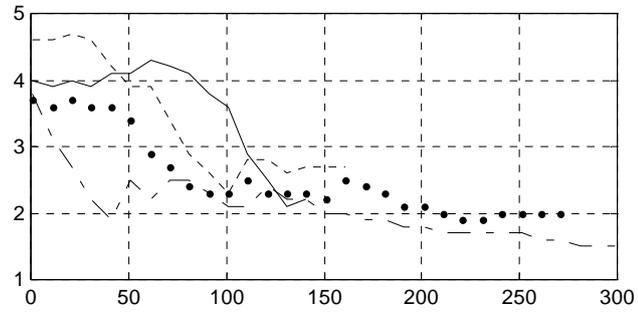
(c) 45°



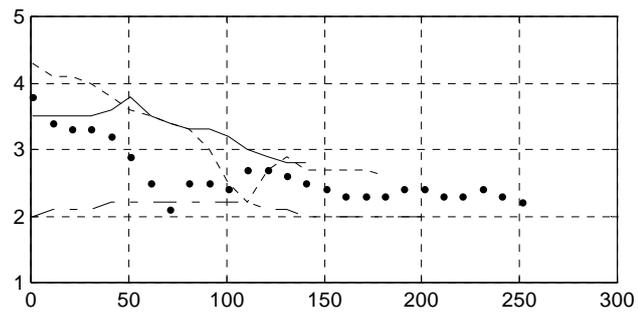
(d) 90°

그림 4.1 진동주파수에 따른 고액분리 효율

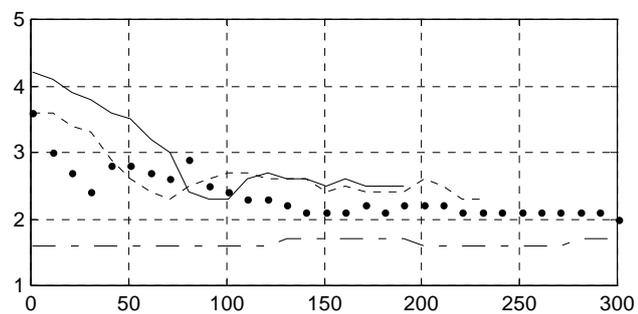
진동수(Hz) 60(실선) 55(가는 점선) 50(굵은 점선) 45(1점쇄선)



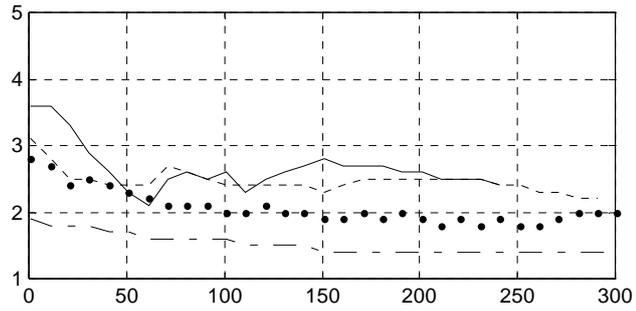
(a) 60Hz



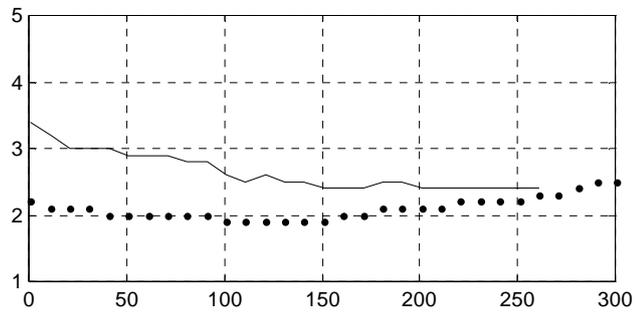
(b) 55Hz



(c) 50Hz



(d) 45Hz



(e) 40Hz

그림 4.2 기진각 변경에 따른 고액분리 효율

기진각(Deg.) 0(실선) 30(가느 점선) 45(굵은 점선) 90(1점쇄선)

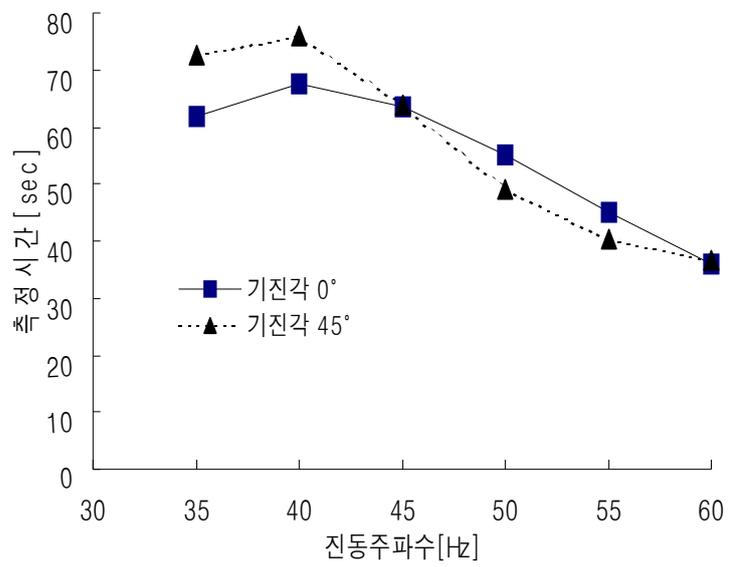


그림 4.3 진동주파수와 기진각에 따른 고액분리 효율

## 제 4.2 절 현장실험

현장실험 모습을 <그림 3.1>에 나타낸다. 실험에는 직사각형 장치를 이용하였다.

가. 진동주파수 변경에 따른 분리효율

여과챔버의 90% 높이까지 폐원수를 채운 다음 장치를 가동하기 시작해서 250초 동안의 처리수 유량을 실시간 계측하도록 하였다. 폐원수의 부유 성분이나 밀도가 매 실험마다 동일할 수 없기 때문에 이로 인한 오차를 줄이기 위하여 정해진 시간(250초) 동안 데이터를 수집하는 것으로 하였고, 아울러 실험의 정확도를 높이기 위하여 각각 3번 반복 실험하고 평균하였다. 본 실험에서 주파수 45Hz와 55Hz, 기진각 30°에 관한 것은 생략하였다.

<그림 4.4>는 기진각을 0°, 45°, 90°로 고정하고, 진동발생기의 주파수를 60Hz, 50Hz, 40Hz로 변경해가면서 유량계의 전압단위를 순시유량으로 환산, 측정한 결과이다. 실험결과에 따르면 진동주파수 60Hz에서 비교적 좋은 성능을 나타낸다. 다만, 40Hz가 50Hz에 비해 성능이 좋게 나타나는 것은, 폐원수에 기름 성분이 함유되어 있었고 이것이 어떠한 형태로 여과효과에 영향을 미친 것으로 추측된다. 실험 중 폐원수의 부피가 줄어들며 따라 장치의 진동소음에도 변화가 발생했다. 이는 모터의 기진력과 장치의 무게 변화에 관련이 있는 것으로 원폐수를 포함한 장치무게가 줄어들수록 몸체의 흔들림은 커지고 따라서 진동소음이 커진 것으로 생각된다. 이것이 고액분리효율 성능비교에 영향을 줄 수 있지만 전체 경향을 바꿀 정도는 아닌 것으로 판단된다.

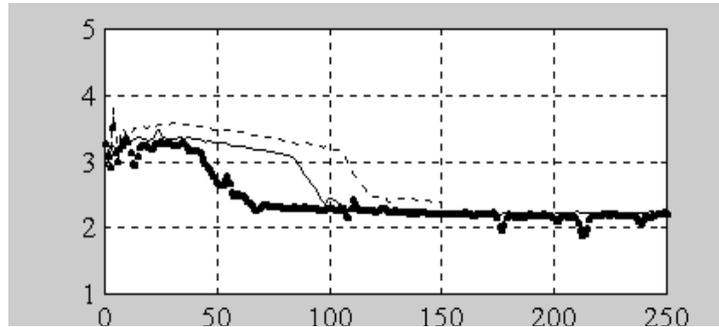
나. 기진각 변경에 따른 분리효율

<그림 4.5>는 진동발생기의 주파수를 60Hz, 50Hz, 40Hz로 고정하고, 기진각을 0°, 45°, 90°로 변경한 결과이다. 그림에서처럼 기진각이 0°일 때가 비교적 좋은 성능을 나타내고 있음을 알 수 있다.

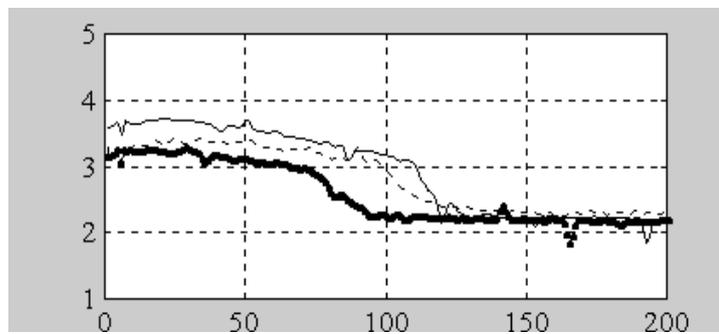
현장 실험에서 특이했던 점은 기진각 45°에서는 40Hz가 가장 뛰어난 성능을 보였으며, 이는 장치구조, 폐원수 량과 부유물질 특성 등과 관련이 있을 것으로 여겨진다.

#### 다. 총부유물질의 측정

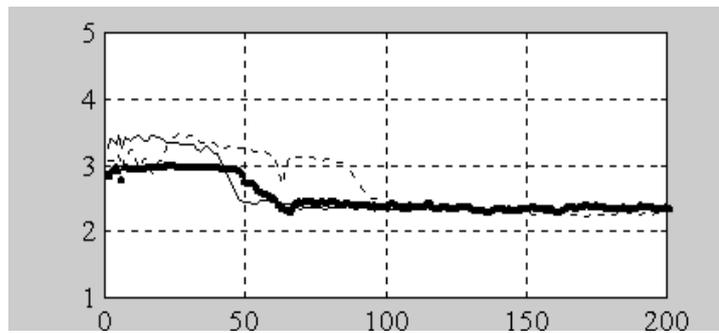
원수와 처리수에 존재하는 총부유물질(Suspended solids: SS)을 분석 비교하는 실험도 행하였다. 부유물질은 빛의 수중전달을 방해하여 식물성 프랑크톤의 광합성 작용을 방해하고, 어류의 아가미 등에 부착되어 어류의 질식을 유발하며, 부유물질 중 유기성성분은 물속에 체류하면서 분해되어 수계의 용존산소(DO)를 소모시키는 작용을 일으킨다. 따라서 SS는 오염된 물의 측정에 중요하게 취급되며 특히 가정하수의 강도 측정과 하수처리 장치의 효율을 계량하는데 많이 사용된다(이광호외 1,2000, 오현주외4,1998). 분석을 위한 폐원수와 처리수의 시료는 각각 폐수 탱크와 처리수 파이프 라인에서 채취되었다. 폐원수와 처리수를 각각 0.1 $\mu$ m 여과지에 걸러 여과지를 105℃에서 건조한 후 남아있는 잔류물을 측정한 결과는 <표 4.1>과 같다. 전처리 후의 총부유물질(SS)은 전처리 전의 원수의 1/3로 줄었음을 확인할 수 있었다.



(a) 0°

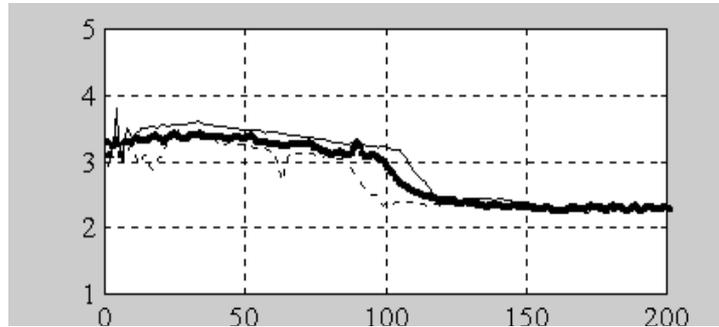


(b) 45°

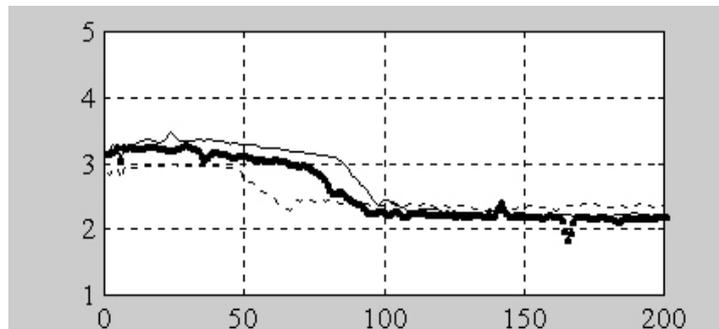


(c) 90°

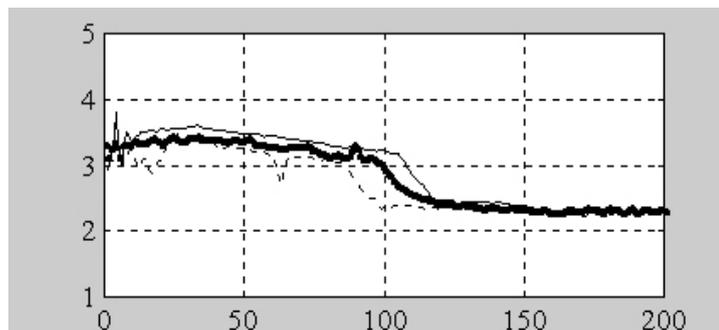
그림 4.4 주파수 변경에 따른 분리효율  
 점선 : 60Hz, 굵은 실선 : 50Hz, 가는 실선 : 40Hz



(a) 60Hz



(b) 50Hz



(c) 60Hz

그림 4.5 기진각 변경에 따른 분리효율  
가는 실선:  $0^\circ$ , 굵은 실선:  $45^\circ$ , 점선:  $90^\circ$

표 4.1 전처리 전후의 부유물질(SS) 비교

채취시료번호	전처리 전(mg/ℓ)	전처리 후(mg/ℓ)	비고
1	580	240	
2	440	190	
3	620	220	
4	670	220	
평균	623	218	

## 제 4.3 절 스크린의 최적경사각 설정

### 1. 연구내용

스크린(망)을 진동시킨다는 것은, 역으로 스크린을 고정하고 여기에 맞닿아 있는 폐원수를 진동시키는 것과 같은 것으로 생각할 수 있다. 예비실험에서 망으로 둘러싸인 여과챔버에 순수한 물(청수)을 채우면 망의 mesh간격이 0.17 또는 0.21mm임에도 불구하고 그대로 빠져 나온다. 그러나, 청수에 다시다 분말과 같은 미세한 이(異)물질을 약간 양 섞으면, 이 혼합물은 물분자와 이물질간의 응집력에 의해 망을 빠져 나오지 못한다. 기름성분이 있으면 이 현상은 더욱 심해진다. 이 상태에서 스크린에 진동을 가하면 폐원수는 스크린을 통과하게 된다. 또한, 스크린을 폐원수에 대해 0°(평행), 30°, 45°, 60° 방향으로 진동시켰을 때보다 수직으로 진동시켰을 때가 최대의 여과효과를 얻는 것으로 파악되었다. 또한, mesh간격이 0.17(0.21)mm, 망에 달라붙는 고형물(슬러지)의 자체중량과 진동에 의한 강제낙하 및 챔버면적의 활용 등을 고려하여 최적경사각을 설정하였다. 한편으로 경사각을 일일이 조절해 가면서 최적상태를 구해야 할 것으로 생각될 수 있으나, 실제 실험에서도 드러났듯이 스크린 최적경사각 설정오차가 고액분리효과에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단되며, 진동주파수와 기진력의 방향이 크게 작용하는 것으로 확인되었다.

참고로, 많이 이용되고 있는 고정형 경사식 스크린의 설치각도는, 기계식은 약 70°로 비교적 큰 반면, 인력으로 청소하는 경우에는 40°~60°로 기계식에 비해 설치각도가 작다(조병락외7,2000).

### 2. 연구결과

스크린에 대한 폐원수의 입사각, mesh 간격, 망에 달라붙는 고형물의 자중과 진동에 의한 강제낙하 및 챔버면적의 활용 등을 고려하여 최적경사각을 3°~5°로 설정하였다.

## 제 5 장 고액분리용 자동화장치

전처리장치에 관해서는 앞 절에서 기술하였기 때문에 본 절에서는 자동화장치에 관해 기술하기로 한다. 일반적으로 작동환경이 비교적 거친 환경에서는 시퀀스제어를 사용하지만, 본 연구에서는 마이크로프로세서를 이용, 가능한 소형으로 제작하였다.

### 제 5.1 절 자동화장치의 구성

수산물을 가공하고 처리하는 곳에서 편리하게 사용할 수 있도록 수산폐기물을 편리하게 처리 및 관리할 수 있는 시스템을 구축하는 것이 수산물 폐기처리 제어시스템의 구현 목적이다.

수산폐기물 처리장치의 구성은 아래 <그림 5.1>과 같은 형태로 간략히 나타낼 수 있다. 제어하고자 하는 대상은 진동모터의 진동주파수와 입·출구 측의 밸브상태이며 이를 위한 각종 센서가 각각의 위치에 부착되어 있다. 입·출구 측 밸브의 상태를 알기 위해 각각 Open·Close Limit Switch를 사용하였고 여과스크린의 수위를 체크하기 위해 상부와 하부에 Limit Switch를 설치하였다.

수분을 다량 함유한 폐기물이 입구 측 밸브를 통하여 여과스크린에 들어오게 되고, 진동모터를 통해 스크린을 제어기에서 사용자가 원하는 주파수로 진동시키면 폐기물에 포함된 수분은 분리통의 물배출구로 따로 빠져나가게 되고 스크린에는 수분을 거의 포함하지 않은 찌꺼기만이 남게 된다. 레벨 스위치에서는 남은 찌꺼기의 수위를 감지하며, 여과스크린 상부의 스위치에서 신호가 나오게 되면, 제어기에서는 자동적으로 찌꺼기 배출 알고리즘을 시행한다.

<그림 5.2>는 입·출구 측 밸브에 설치된 Limit Switch의 모양을 나타낸 것이다.

(A)는 모터와 밸브가 연결된 모습을 나타내고, (B)는 모터 축을 기준으로 하여 바라보았을 때 Limit Switch 가 설치된 모습을 개념적으로 표시한 그림이다. 모터는 90° 씩 회전하면서 Open 될 때와 Close 될 때 각각의 Limit Switch를 동작시켜 제어기로 ON/OFF 신호를 보내어 준다. 하나의 밸브에서 두 경우의 상태를 검출함으로써 제어기에서 밸브의 상태, 개폐여부를 확실하게 인식하여 제어할 수 있다. 레벨 스위치는 플로팅 스위치를 사용하여 제어기에 신호를 전달하게 하였으며 밸브를 구동하는 모터는 정·역 회전이 용이한 Reversible Motor를 사용하여 구현하였다.

<그림 5.3>은 Reversible Motor와 내부구조를 나타낸다.

<그림 5.4>는 Controller 의 내부 구조를 간략히 나타낸 것이다. 시스템의 상태를 입력보드를 통하여 받아들여 특정신호는 A/D Converter를 거쳐 변환하며, 제어기의 핵심인 8bit Microprocessor로 각각의 데이터를 넘겨주면 그에 따라 프로그램이 동작하여 적절한 신호값을 출력보드를 통해 내보내어 주어 각각의 Relay 들은 입·출구 밸브를 동작시킨다.

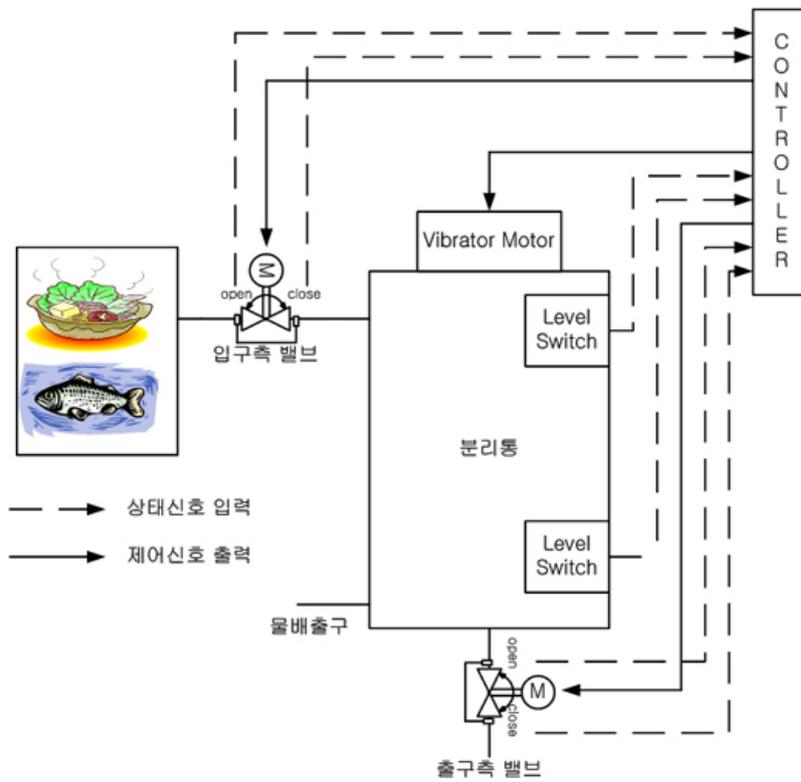


그림 5.1 시스템 개요

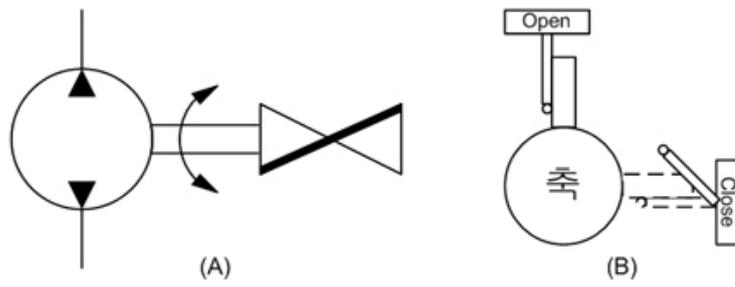


그림 5.2 밸브와 Limit Switch

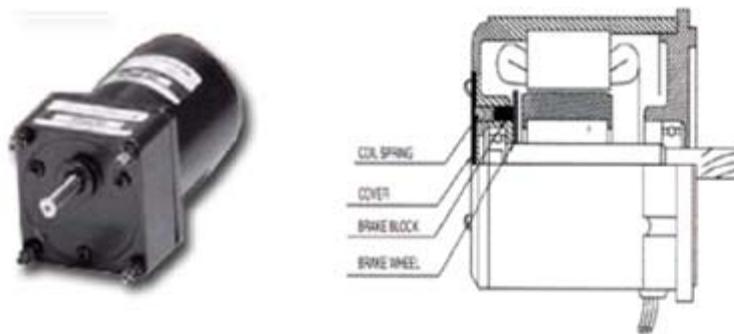


그림 5.3 Reversible Motor

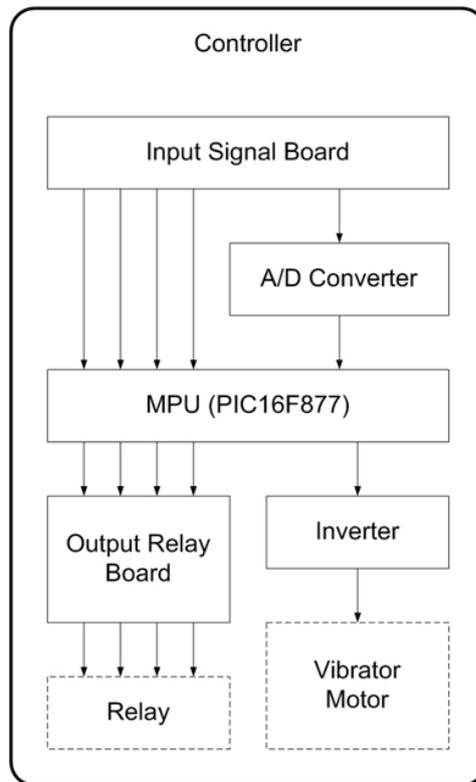


그림 5.4 제어기 내부 구조

## 제 5.2 절 컨트롤러 구조

### 1. 개요

<그림 5.5>는 수산폐기물 처리장치에 사용되는 제어기에 대한 제어신호의 흐름을 도시한 것이다. 입력 신호로는 입구 측과 출구 측의 밸브 상태와 스크린 여과장치의 수위 레벨을 감지하는 스위치의 상태로 구성되어 있으며, 출력 신호로는 입구 측과 출구 측의 밸브를 각각 정회전·역회전 시키는 신호와 분리통의 진동모터의 진동을 제어하는 인버터 주파수 제어 신호로 구성되어 있다.

제어기는 기본적으로 사용자가 설정한 주파수로서 인버터를 조정하여 진동 모터를 운전하는 대기모드로 동작하며, 이렇게 동작중인 제어기는 여과스크린에서 수산물 찌꺼기의 수분 분리를 하는 도중에 스크린 내부 상부의 상태가 변하면, 즉 수분이 제거된 찌꺼기가 스크린을 가득 채우면 Level Topside Switch가 신호를 출력하게 되고, 이를 파악하여 자동적으로 배출 알고리즘을 시행하게 된다. 배출이 끝나게 되면 다시 대기 모드로 들어가 시스템의 상태를 감시, 운전한다.

또한 제어기에 Feed Back 개념을 도입하여, 알고리즘에 따라 특정한 출력신호가 나갔을 때에는 그 신호가 정확하게 제어대상에 도달하여 올바른 동작을 하였는지 모니터링 하여 오동작을 방지하며, 혹시라도 오동작 하였을 경우에는 1차적으로는 제어기 자체에서 수정하여 올바른 출력신호를 내보내게 하고, 수정이 불가능 할 경우에는 Trip 시키거나 Alarm을 발생시켜 사용자가 바로 인지할 수 있도록 하였다.

### 2. 제어기 하드웨어 구성

<그림 5.6>의 블록선도는 제어기 시스템의 하드웨어 구성을 간략하게 보여주고 있다. 크게 입력신호를 받는 부분과 주 제어부, 그리고 출력신호를 내보내는 부분으로 나눌 수 있고, 입·출력부에는 각각 개별적인 목적의 I/O 보드가 구성되어 있다.

입력부는 분리통의 수위와 입·출력 밸브의 상태를 확인할 수 있는 Limit Switch 입력보드와 분리통의 현재 진동 상태를 Inverter의 주파수미터를 통해 받아들이는

보드로 구성되어 있다. 진동 상태를 받아들이는 보드에는 A/D 컨버터가 내장되어 있어 Inverter의 주파수미터에서 나오는 신호를 디지털로 변환하여 MPU에 넘겨준다. 출력부는 입·출력 밸브의 Reversible Motor를 구동하기 위해 4개의 릴레이가 장착된 릴레이 보드와 소프트웨어적으로 Inverter 주파수 설정을 용이하게 하기 위한 Potential Meter를 정밀하게 조절하는 Step Motor 구동 보드, 원거리에서 시스템의 상태를 모니터링 할 수 있게 해주는 원거리 Display용 RS-485 통신 보드로 구성되어 있다. 그리고 한쪽에는 제어기의 핵심인 마이크로프로세서 부분이 구성되어 있고 마지막으로 이 모든 구성요소들의 전원을 공급하는 전원부도 구성되어 있다.

<그림 5.7>은 제어기의 외형도를 보여주며 현재의 상태를 표시해 주는 LCD 창과 전원 스위치, 수동 주파수 조절 스위치, 모드 변환 스위치가 장착된 모습이다.

<그림 5.8>은 제어기의 내부 모습을 나타낸다.

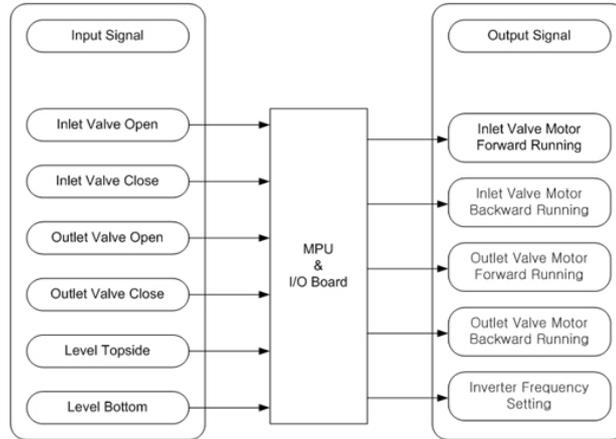


그림 5.5 제어신호의 흐름도

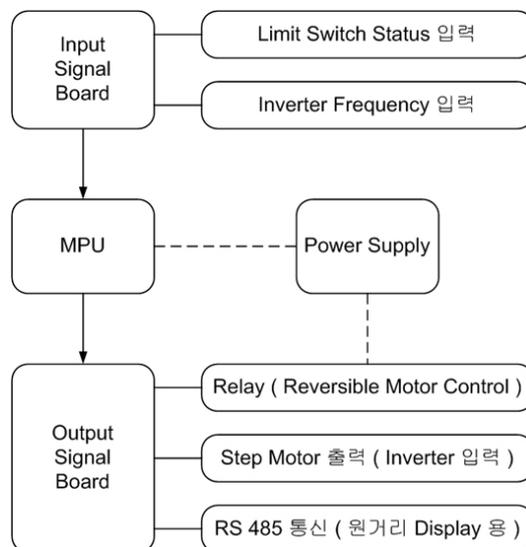


그림 5.6 제어기 하드웨어 구성도



그림 5.7 제어기 외형



그림 5.8 제어기 내부

#### 가. 전원부

하드웨어의 전원부는 세 가지의 다른 전원을 구현하기 위해 설계된 것으로, 제어 시스템인 마이크로프로세서와 TTL·LCD 모듈 등에 공급되는 전원인 DC 5V와 Step Motor, 릴레이 구동을 위한 DC 12V 전원, 그리고 Reversible Motor 와 Inverter 전원공급을 위한 AC 220V의 세부분을 시스템에 맞게 간략하게 만든 것이다. DC 전원은 정류회로를 거쳐 Motorola 사의 정전압소자인 MC7805와 MC7812를 사용하여 일정전압을 유지시킨 뒤 콘덴서와 저항을 이용한 필터를 사용하여 전원부의 안정성을 한층 강화하였다. 이를 통해 릴레이의 동작 시 발생하는 AC부의 입력노이즈를 감소시켜 시스템이 리셋되거나 오동작하는 경우를 없애는 효과를 얻을 수 있다. <그림 5.9>는 개략도를 나타낸 것이고, <그림 5.10>는 실제 회로를, <그림 5.11>은 설계회로도 나타낸 것이다.

#### 나. 입력부

입력신호를 받는 보드는 접점의 신호를 받는 부분으로서, 입구 측과 출구 측에 사용한 Limit Switch는 모두 B접점으로 사용하여 신호선의 단락이나 개방에 대해 민감하게 대응할 수 있게 하였다. 또한 분리통 상부와 하부의 Level Switch는 플로팅 스위치를 사용하여 각 지점에서의 신호를 검출하여 수위를 가늠할 수 있게 하였다. <그림 5.12>에 입력부 구성도를 정리하여 나타내었고, <표 5.1>에 마이크로프로세서에서 인식하는 밸브의 상태를 정리하여 나타내었다.

제어시스템에서 입력 측의 제어신호는 접점의 ON/OFF 신호로서 이를 통해 시스템의 상태를 파악하고 그에 따른 논리를 진행하게 된다. 예를 들어 입구 측 밸브나 출구 측 밸브가 완전히 열린 상태에 있다면, 각각의 Valve Open Status를 나타내는 Limit Switch의 접점이 떨어지게 되어 제어기에 디지털 값인 '1' 또는 'HIGH'의 신호가 들어가게 된다. 동시에 Valve Close Status를 나타내는 Limit Switch의 접점은 붙어져 있는 상태가 되므로 디지털로 '0' 또는 'LOW'의 신호를 제어기에 보내게 된다. 즉, <표 5.1>에 나타나 있는 바와 같이 하나의 밸브에 두개의 디지털 신호를

이용하여 밸브의 상태를 파악할 수 있다. 만약에 밸브를 움직이는 모터가 구동 중에 전원 공급이 중단되어 밸브가 열리지도 닫히지도 않은 어중간한 상태에 위치해 있다면 전원이 다시 공급 되었을 때, Valve Open Status와 Valve Close Status의 두 개의 Limit Switch는 모두 '0' 또는 'LOW'의 디지털 신호를 제어기에 보내어 밸브의 상태를 알려준다. 이때 제어기에서는 자동적으로 밸브의 상태를 파악하여 적절한 출력신호를 내보내 밸브를 정상 상태로 돌려준다.

입력보드에는 진동 모터를 운전하기 위해 제어기에서 보내어진 신호가 Inverter에 정확하게 전달되었는지 알아보기 위해 Inverter 상태를 입력 받는 부분도 구성되어 있으며, 이 신호는 A/D 컨버터를 통해 마이크로프로세서로 전달된다. <그림 5.13>에 입력부 설계 회로도를, <그림 5.14>에 Limit Switch 입력부 구성을 나타낸다.

#### 다. 출력부

<그림 5.15>에 나타난 바와 같이 출력부 신호는 크게 릴레이 구동신호와 인버터 주파수 설정신호, 원거리 LCD Display 신호 등으로 나눌 수 있으며 각각의 세부적인 역할은 그림에 나타나 있다. 실제로 하드웨어에 구성된 출력부를 보면, 입·출구 측의 밸브와 연결된 Reversible Motor를 구동하기 위한 4개의 릴레이 구동 회로가 포함된 부분과 소프트웨어적으로 진동 모터의 진동주파수를 설정하기 위해 Inverter를 제어하는 회로가 구성된 부분, 그리고 1.2km까지 떨어진 거리에서도 시스템의 상태를 모니터링 할 수 있게 해주는 원거리 Display용 RS-485 통신 부분으로 구성되어 있다.

릴레이는 Reversible Motor의 정격용량에 충분하도록 16A 250V 규격을 사용하였으며 릴레이의 오동작을 방지하고 안정된 동작을 위해 환류다이오드와 트랜지스터를 사용하여 구동하였다. 밸브 구동에 사용된 Reversible Motor는 밸브의 개폐 횟수, 즉 모터의 정·역회전이 빈번한 현재의 시스템에 매우 적합한 모델이다. 하나의 Reversible Motor를 구동하는데 있어 2개의 릴레이가 절환 스위치로 사용되었다. <그림 5.16>은 실제 구성된 회로를 나타낸다.

<그림 5.17>는 Reversible Motor와 Relay가 실제 구성된 모습을 표시한 것이다. 출력부의 한 부분인 Step Motor 구동 부분은 궁극적으로 진동모터를 제어하기 위한 부분이다. 진동모터를 제어하기 위한 수단으로 Inverter를 이용하는데 그 Inverter의 주파수 설정을 위해서 이 시스템에서는 두 가지의 하드웨어가 설계되어 있다. 그중 한 가지는 사용자가 직접 수동으로 주파수를 설정하기 위하여 조정하는 것이고 다른 한 가지는 사용자가 지정한 주파수를 자동으로 설정해주는 것이다. 이 시스템에서는 두 가지의 설정 방법을 전환 스위치(토글스위치)를 두어 간편히 전환할 수 있게 구현하였다. 자동 설정의 경우 사용자가 원하는 대로 미리 프로그램하여 조절하는데 이를 구현하기 위해서 정밀한 특성을 가지고 있는 Potential Meter를 사용하였고, 이를 조정하는 것에는 펄스에 의해 일정한 각도씩 제어할 수 있는 Step Motor를 이용하였다. Step Motor의 경우 디지털 신호로 제어하기 용이하므로 마이크로프로세서에서 사용하기에 아주 적합하다. Potential Meter 는 1 turn - 360°를 사용하여 각도에 의해 정밀한 제어가 가능하게 하였다. 이 시스템에 쓰인 Step Motor는 2상 여자 방식으로서 구동하며 이 방식은 기동 토크가 크고 동작 시에 제동 효과도 있어 일반적으로도 많이 쓰이는 방법이다. 그러나 계속해서 사용할 경우 Step Motor의 온도 상승이 있고 1상 여자 구동 방식에 비해 두 배 정도의 전원 용량을 필요로 하는 단점이 있기도 하다.

<그림 5.18>은 정회전시의 제어기 출력부에서 나오는 Step Motor 구동신호를 오실로스코프를 이용하여 측정한 것이다. 각각의 1, 2, 3, 4번 채널은 Step Motor를 구동하는 4개의 코일에 걸리는 전압을 나타낸다. 측정된 파형에서도 알 수 있듯이 항상 두개의 상은 여자되어 있는 상태이므로 난조가 일어나기 어려운 안정된 상태가 유지되며 상 전환 시에도 하나의 상은 여자되어 있으므로 제동 효과를 얻을 수 있어 주파수 설정 시 미세한 움직임도 가능하다. 이 시스템에서는 Step Motor는 Inverter 주파수를 설정하기 위해 미소한 시간 동안만 사용되므로 Step Motor의 2상 구동시 단점이었던 온도상승과 전원용량의 과다사용은 문제되지 않았다.

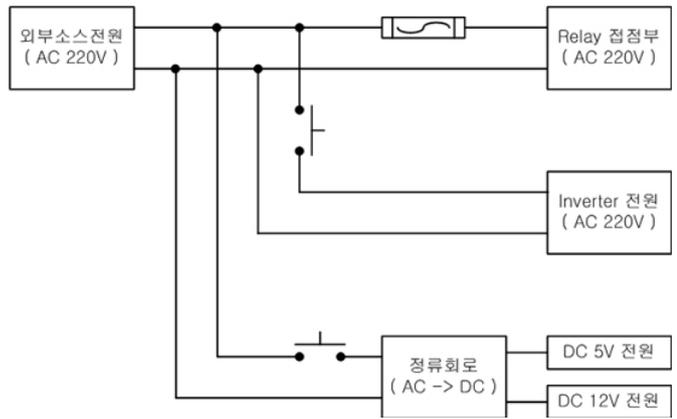


그림 5.9 전원부 구성도

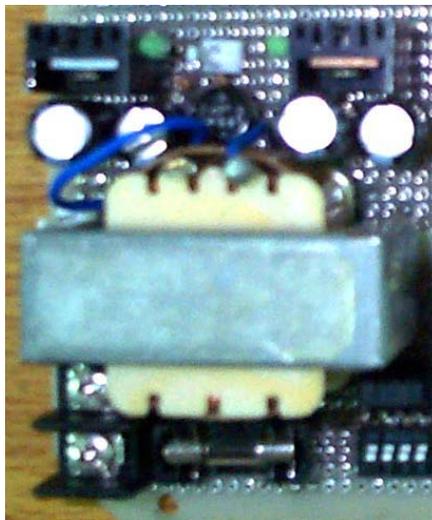


그림 5.10 전원부 회로

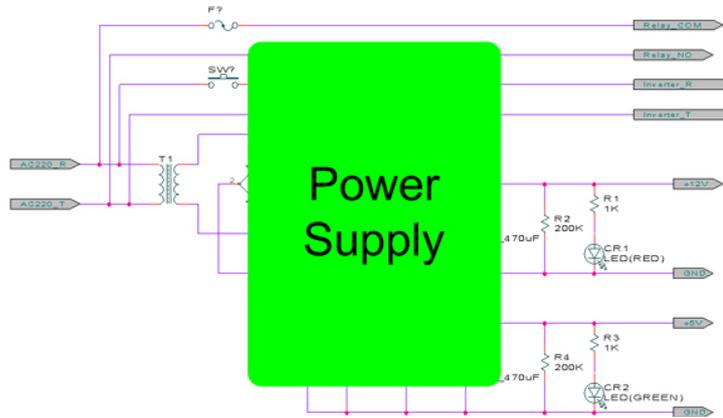


그림 5.11 전원부 설계 회로도

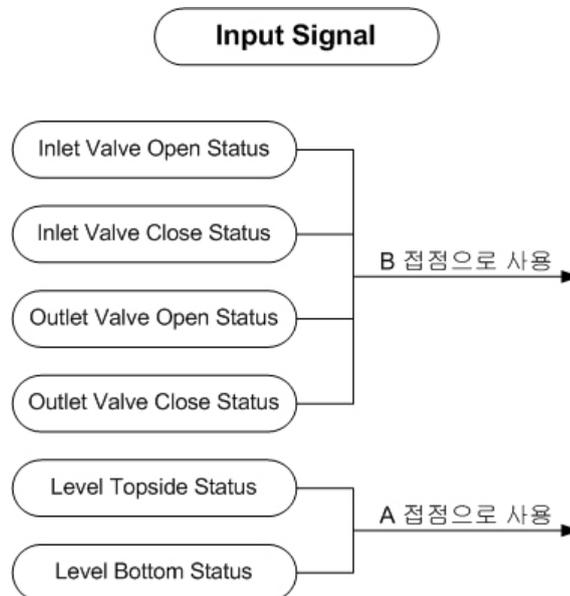


그림 5.12 입력부 구성도

표 5.1 밸브 상태를 나타내는 신호

밸브의 실제 상태 ( 마이크로프로세서 인식 상태 )	밸브 열림상태 신호	밸브 닫힘상태 신호
Open 과 Close 사이의 플로팅 상태	0	0
완전히 닫힌 상태	0	1
완전히 열린 상태	1	0
있을 수 없음( 입력부 에러 )	1	1

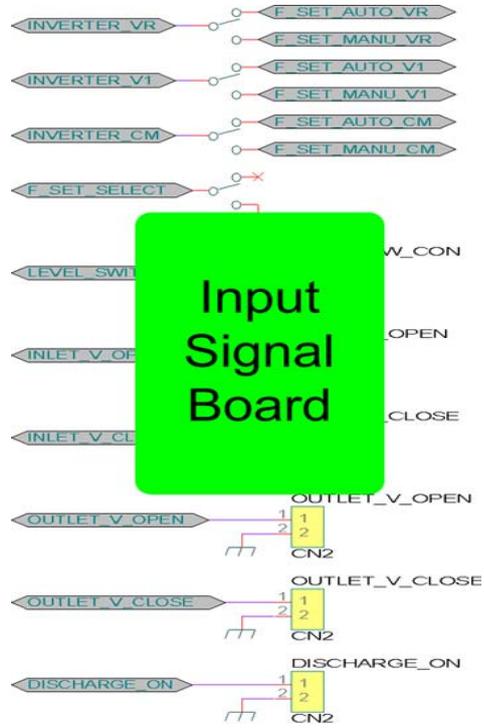


그림 5.13 입력부설계 회로도

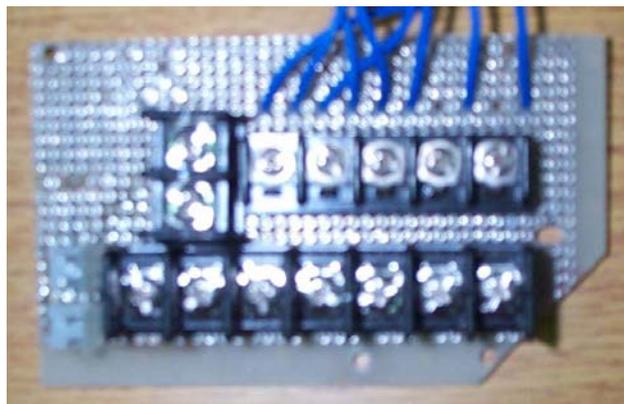


그림 5.14 Limit Switch 입력부의 구성

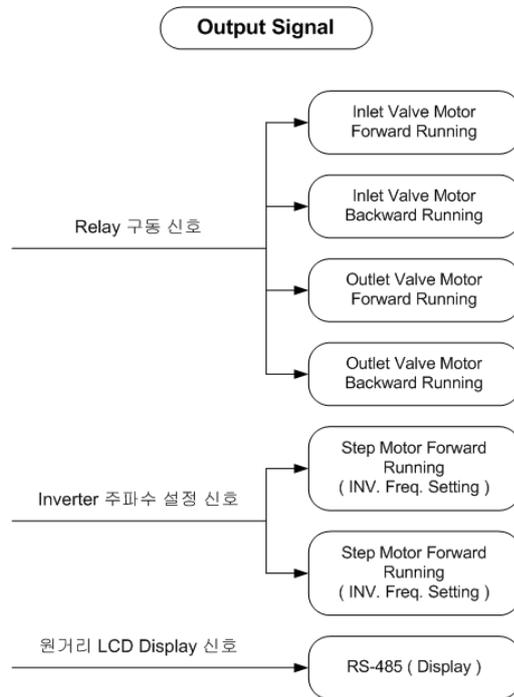


그림 5.15 출력부 구성도

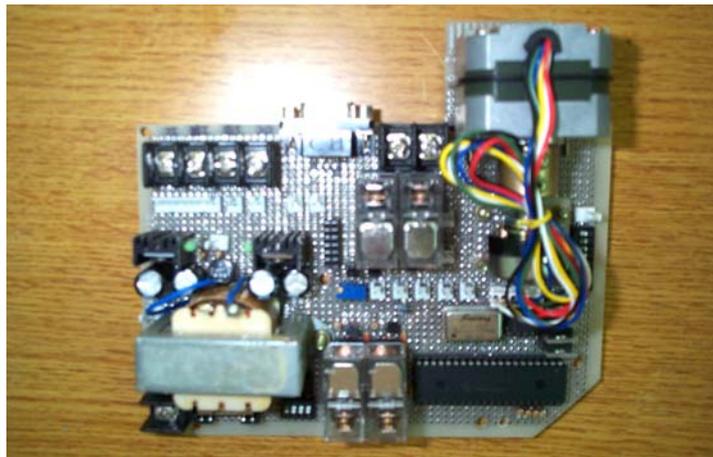


그림 5.16 출력부 구성 회로

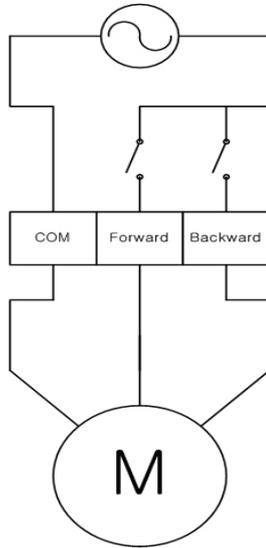


그림 5.17 릴레이 구성도

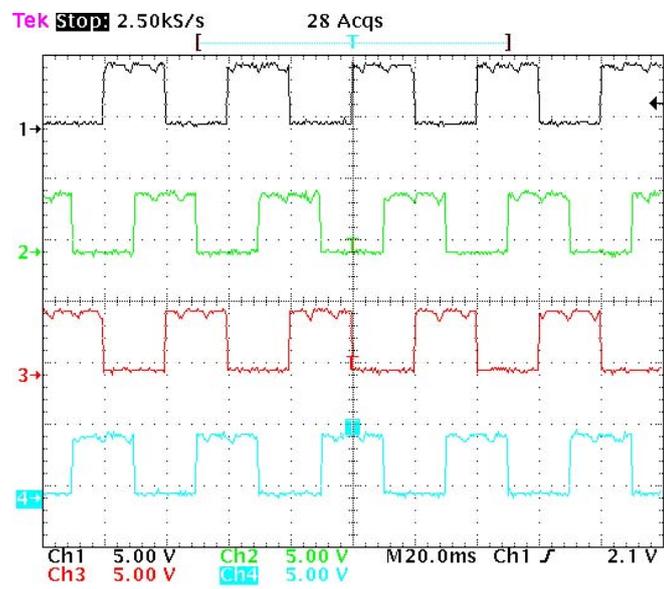


그림 5.18 Step Motor 구동 신호 (2상 여자)

출력부에는 시스템의 상태를 표시해주는 모니터링 부분이 설계되어 있다. 모니터링 시스템은 Local 측에서 뿐만이 아니라 원거리에서도 시스템의 운전 상태를 알아볼 수 있게 하기 위해서 RS-485 통신 시스템과 시리얼 LCD를 이용한 원거리 디스플레이 회로로 구성하였다. 이미 상용화되어 있는 시리얼 LCD 제품을 이용하여 원거리 모니터링이 가능하도록 RS-485 통신 기법을 적용 시킨 것이다. 기본적으로 RS-485 규약은 1.2km의 전송거리를 보장하며 반이중 통신 방식이기 때문에 일반 산업현장에서도 원거리 모니터링에는 아주 유용하게 사용된다. <그림 5.19>와 <그림 5.20>의 파형들은 실제 약 500m 거리에서 실험한 것이다.

한쪽에는 마이크로프로세서에서 시스템의 현재 상태를 알려주는 메시지를 계속해서 보내고 있으며 약 500m 정도 떨어진 다른 한쪽에서는 시리얼 LCD 모듈에 들어오는 신호를 체크하는 방법으로 실험을 진행하였다. 아래의 <그림 5.19>와 <그림 5.20>은 오실로스코프를 이용하여 측정한 그림이다. <그림 5.19>에서 1번 채널의 파형(위쪽)은 마이크로프로세서에서 출력되는 신호를 나타내는 것이고 2번 채널의 파형(아래쪽)은 MAX485 소자를 거친 후의 출력파형이다. 바로 이 신호가 통신 케이블을 따라 500m를 이동하는 신호가 된다.

<그림 5.20>에서의 1번 채널은 마이크로프로세서에서 출력되는 원래의 파형을 나타내는 것이고 2번 채널의 파형은 500m를 지난 후 MAX485 통신 회로를 거쳐 시리얼 LCD의 입력단에 들어가는 신호를 나타내는 것이다. 두 그림의 파형으로 보아 MAX485 소자를 거쳐 전송될 때에는 약간의 전압강하가 있으나(그림 5.19의 2번 채널) 통신회로를 거쳐 시리얼 LCD로 입력되는 신호는 원래의 것과 거의 차이가 없음(그림 5.20)을 알 수 있다. 실제로 데이터를 LCD에 나타내어 주는 데에도 아무런 이상 없이 잘 동작하였다.

출력부의 마지막으로 인버터의 설정 주파수를 정확하게 구동하기 위해서 인가해주는 신호를 내보내는 부분이 트랜지스터를 이용하여 구성되어 있다.

#### 라. MPU ( Micro-Processor Unit )

제어기의 가장 핵심부분인 마이크로프로세서와 그 주변 회로를 포함한 구성으로 사용 CPU로는 PIC계열의 16F877을 선택하였다. 16F877은 A/D Converter를 내장하고 있어 추가적인 하드웨어 구성을 줄일 수 있고 32개의 I/O를 가지고 있어(신철호,1997) 다수의 입력 접점 신호와 출력 신호를 가지고 있는 이 시스템에 적합하였다. 입력부에서 모아진 신호는 CPU의 입력포트를 통하여 전달되며 마찬가지로 출력포트를 통해 제어신호가 전달된다. 모든 과정들에 대한 처리 과정은 CPU안에 프로그램 되어 있어 소프트웨어 적으로 처리되기 때문에 하드웨어 구성하고도 많은 일을 처리할 수 있다. <그림 5.21>은 MPU 부분의 설계 회로도를 나타낸 것이다.

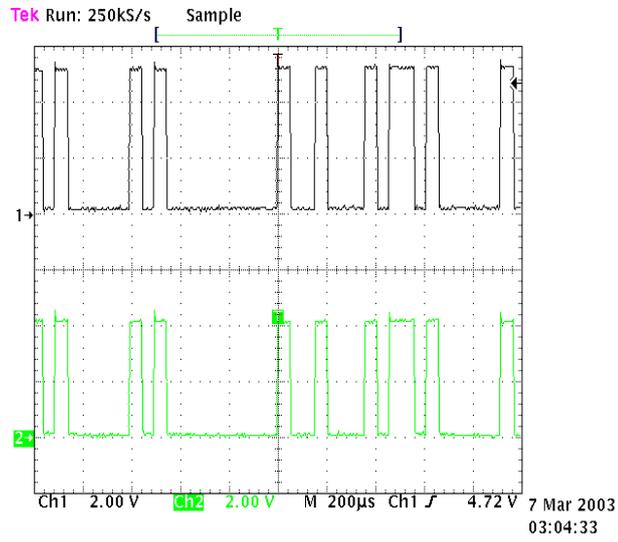


그림 5.19 485통신실험파형 (1)

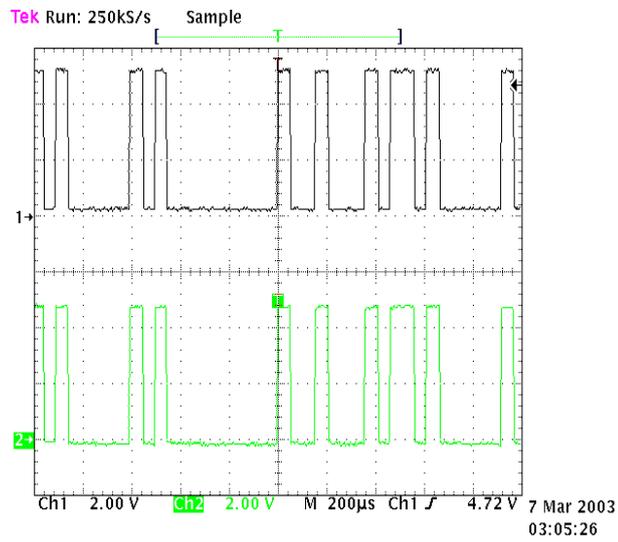


그림 5.20 485통신실험파형 (2)

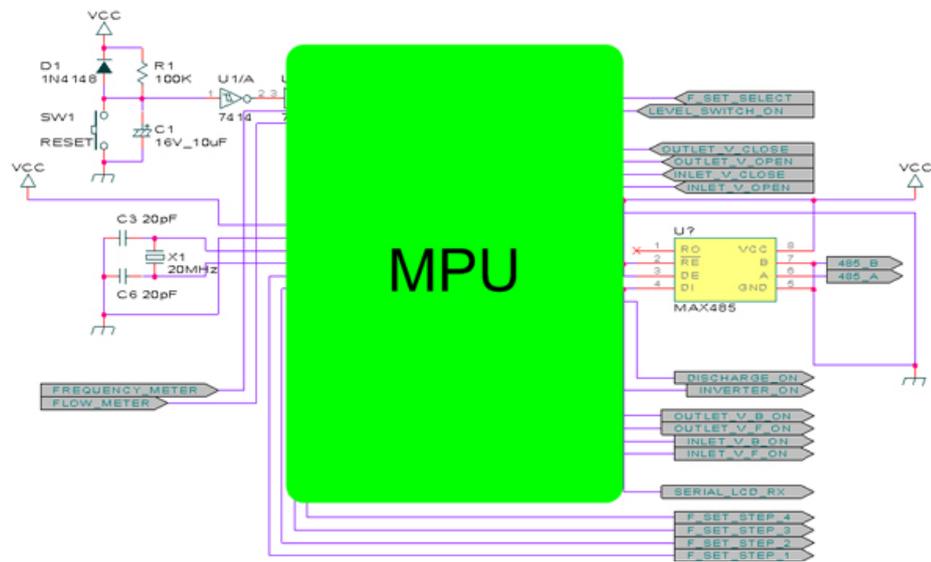


그림 5.21 MPU 설계 회로도

### 3. 제어기 소프트웨어 구성

#### 가. 개요

본 시스템은 여과장치에 들어오는 수산 폐기물의 수분을 진동을 이용하여 최대한으로 빼어 내고, 남은 찌꺼기가 여과장치에 쌓이게 되면 자동으로 찌꺼기를 배출하여 또 다시 같은 동작을 반복하는 장치이다. 이전까지는 여과장치에 폐기물이 쌓였을 때 사용자가 직접 출구 측 밸브를 열어 쌓였던 폐기물을 빼주었으나 이 시스템에서는 Reversible Motor를 이용하여 자동적으로 밸브의 개폐를 조절하고 진동의 강약을 조절하기도 한다. 또한 시스템의 상태를 항상 감시하여 이상이 발생했을 때 자동으로 복구할 수 있는 경우 복구를 시도하고 그렇지 않은 경우 알람을 울리거나 Trip 신호를 출력하여 사용자가 쉽게 알 수 있게 해주기도 한다. 이상의 것들은 프로그램이 가능한 마이크로프로세서를 탑재한 시스템이기에 더욱 쉽게 구현 가능한 것이다.

제어기에 탑재된 시스템의 구동 프로그램은 동작 모드에 따라서 수동 모드와 반자동 모드, 완전 자동 모드의 세 가지로 나눌 수 있는데 이들의 차이점은 크게 입·출구 측 밸브의 조정, 진동 모터 주파수 설정 동작, 밸브 구동 모터 동작의 에러 시에 대처방법 등이 어느 정도 수동, 혹은 자동으로 이루어지는가에 있다.

먼저 수동 모드의 경우 제어기에서는 시스템의 상태가 변화하는 것을 항상 모니터링 하면서 사용자에게 알려주어 사용자가 수동으로 상황에 맞는 판단을 하여 조치(여과스크린이 다 찼을 경우 출구 측 밸브를 여는 행위 등)를 취할 수 있게 한 것이며 반자동 모드는 시스템의 상태를 항상 모니터링하면서 상황에 맞는 입·출구 측 밸브의 상태 조작을 모터를 사용하여 사람의 손을 거치지 않고 동작되게 하는 것을 말하고, 완전 자동 모드는 밸브의 상태 조작은 물론 진동 모터의 주파수 설정과 동작 에러시의 자가 복구 기능, 알람 및 Trip 신호 출력 등 시스템 진단과 해결을 마이크로프로세서에서 담당하여 처리하는 것을 말한다. <표 5.2>에 동작모드를 비교하여 간략하게 요약해 놓았다.

표 5.2 동작모드 비교

동 작 \ 모 드	수동 모드	반자동 모드	완전 자동 모드
밸브 조작	수동	자동	자동
진동모터의 주파수 설정	수동	수동	자동
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 모터의 이상 동작 발생시 알람 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 모터의 이상 동작 발생시 알람 발생</li> <li>▶ 설정된 한계치를 초과하면 Trip신호 출력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 모터의 이상 동작 발생시 자가진단 프로그램을 통해 해결 시도 → 마이크로프로세서에서 해결이 불가능한 경우 알람을 울리거나 Trip 신호를 출력</li> </ul>

## 나. 배출 알고리즘

<그림 5.22>는 배출 알고리즘만을 도시화 한 것이다. 그림에 보이는 것처럼 분리통의 상부 Level Switch에서 신호를 입력 받으면 대기 상태에서 모니터링만 하던 마이크로프로세서에서 배출 알고리즘이 실행된다. 먼저 신호를 인식함과 동시에 입구 측의 밸브를 닫아 더 이상 폐기물이 들어오지 못하게 한 다음 10초 동안 지속적으로 진동을 하여 분리통내의 남아 있는 수분을 제거한 다음, 출구 측 밸브를 열어 분리통내 쌓여 있던 찌꺼기를 제거한다. 이때에 분리통 상·하 부의 Level Switch 상태를 검출하여 상부의 Level Switch와 하부의 Level Switch 가 OFF, 즉 찌꺼기가 다 빠져나간 상태를 확인한 후 5초 후에 출구 측 밸브를 닫는다. 다시 입구 측 밸브를 열고 대기 상태로 돌아간다.

배출 알고리즘을 실행할 때 밸브를 조작하는 부분이 있는데 각각의 밸브는 밸브 구동 알고리즘을 통해 동작한다. 밸브 알고리즘은 밸브가 동작할 때 5초안에 정확한 동작(ON/OFF)이 이루어지지 않았다면 제어기는 모터 구동 동작에 이상이 있다고 판단하는 알고리즘이다. 밸브의 실제 이동 변위가 90°이고, 시스템에 장착된 Reversible Motor로 실험한 결과 2~3초 만에 밸브의 Full Open에서 Full Close가 가능하므로 5초의 시간적 여유를 두었다. 이를 이용하여 밸브의 상태가 올바르게 않을 경우 수동 모드나 반자동 모드에서는 Alarm 신호를 출력하고 완전 자동모드일 경우 자가진단을 통해 제어기 출력 신호를 확인하고 밸브의 상태를 체크하여 다시 한번 운전을 시도한 후 해결되지 않는다면 Alarm 이나 Trip 신호를 출력한다. <그림 5.23>에 완전자동모드일 경우 문제 해결 알고리즘의 블록선도를 나타내었다.

마지막으로 제어기에 실제로 탑재된 프로그램을 간략히 설명하면, 프로그래밍 언어로는 C언어를 사용하였으며, C code는 500 Line 정도로 그리 길지 않은 코드이다. 프로그램은 C 언어의 특징을 살려 모듈별 함수를 작성하였으며 프로그램 알고리즘에 따라 재사용성이 높게 만들었다. 프로그램은 변수 선언부와 모듈별로 잘 정리된 함수 선언부, 그리고 마이크로 프로세서의 인터럽트 실행부, 그리고 메인루프로 구성되어 있다. 변수 선언부에는 점점의 상태를 읽어내는 상태 변수들과 인버터

주파수 설정을 위한 변수들, 모드 설정 변수, 제어 변수, 임시 변수 등 많은 변수들이 정리되어 있으며 함수 선언부에는 이러한 변수들을 이용한 인버터 주파수 설정 함수, 밸브 정회전 함수, 밸브 역회전 함수, 자동 모드 실행 함수, 모니터링 함수 등 실제 알고리즘을 구현하는데 필요한 동작들이 모듈별로 프로그램 되어 있다. 프로그램 내 메인루프에는 실제로 많은 구문이 존재하지 않으며, 실제 주된 알고리즘들은 거의 대부분이 인터럽트를 통해 처리되어 진다. 메인루프에는 시스템을 초기화하는 동작과 인터럽트 구문을 활성화시키는 동작을 하고, 활성화된 인터럽트 구문에서 배출 알고리즘 등에 대한 동작은 모듈화된 함수를 불러 실행한다.

### 제 5.3 절 동작 실험 및 결과

자동화장치는 원활하게 작동하였으며, 제어기 시스템 구성요소들의 동작상태에 대해서는 연구내용에서 상세히 기술하였기 때문에 여기서는 생략하기로 한다.

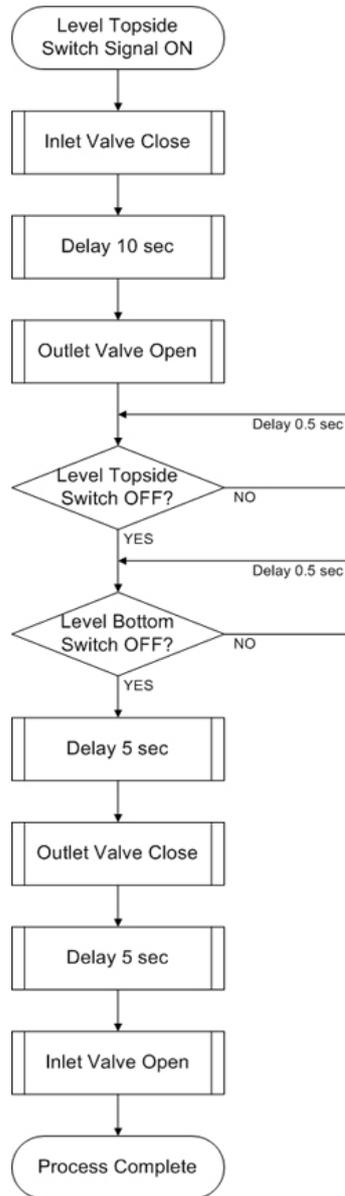


그림 5.22 배출 알고리즘

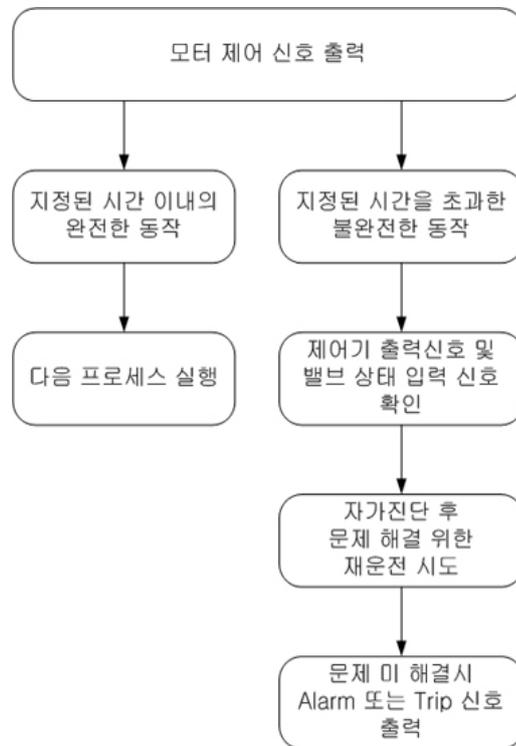


그림 5.23 완전자동모드에서 문제해결 알고리즘의 블록선도

## 제 6 장 수산폐기물의 자원화 및 2차 오염

폐기물 처리 방안으로는 크게 소각, 해양투기, 육상매립 등으로 처리하는 방법이 가장 많이 이용되고 있다. 대부분의 지방자치단체 산하의 폐기물 처리장에서는 유기성 슬러지의 매립 금지에 대한 대안으로 해양투기를 선택하고 있다. 그러나 해양투기 또한 1996년에 채택된 런던협약 개정안이 발효되어 매년 단계적으로 투기량을 축소하여 2005년 이후에는 전면적으로 금지될 것으로 예상되고 있다[18]. 슬러지의 육상매립은 장소확보가 쉽지 않으며 상응하는 면적확보에도 어려움이 많다. 매립과 해양투기를 대체할 수 있는 슬러지의 소각은 소각장의 설치에 지역주민의 반대가 심해 어려움이 크며, 슬러지의 높은 함수율로 보조연료의 사용이 불가피하기 때문에 처리경비가 많이 들어 폐기물 처리방법 중 가장 안전하고, 감량효과가 큼에도 불구하고 외면을 당하고 있다(정재춘외12,2002).

본 장에서는 수산폐기물의 자원화 및 2차 오염에 대해 개략적으로 검토하기로 하고, 보다 구체적인 내용은 생략하기로 한다.

### 제 6.1 절 수산폐기물의 자원화

수산폐기물의 발생은 주로 바닷가 근처의 횃집이나 어판장의 수산물 가공에서 발생하는 것이 대부분으로 주로 아무런 제재 없이 무단 방류되고 있으며, 이는 연근해안에 퇴적되어 해양 오염의 원인을 제공할 뿐 아니라 부영양화를 발생시켜 적조 발생의 원인을 제공하기도 한다. 이와 같은 해양 오염을 줄이기 위해서는 관련 종사자의 사고 변환과 폐기물의 자원화와 같은 사업에 정부의 아낌없는 투자와 지원이 꾸준히 이루어져야 할 것이다. 그러나 국내의 폐기물 처리기술은 대부분 외국기

술에 의존하고 있으며, 기술개발보다는 개발기술을 도입하여 시장의 선점을 노리는 것이 현실적이다. 폐기물을 재활용하여 자원화를 실현하는 것에 많은 산학연 공동 연구가 이루어져야 할 것이다.

수산폐기물의 자원화 방안으로는 비료화 및 사료화를 생각할 수 있으며, 이것의 선행조건으로는 고체와 액체가 반드시 분리가 되어 액체는 정화처리 되고, 고체는 탈수, 건조 과정을 거친 후에야 필요 용도에 따라 비료 또는 사료로의 변환이 가능할 것이다.

## 1. 퇴비화

수산폐기물의 퇴비화는 고액 분리 후 얻어지는 고체를 탈수, 건조, 파쇄 과정을 거쳐 톱밥이나 덩불조각 등과 혼합하여 퇴비화 한 후 적정 처리 공정을 거쳐 상품화하여 판매할 수 있다. 주요 용도로는 조경이나 묘목재배이며, 그 외에 공원이나 농지 주입, 매립장 복토, 탄광의 갱생, 골프장 및 운동장의 잔디 재배 등에 사용된다. 식물체에 유용한 영양분과 유기물들을 다량 함유하고 있어서 산림지에 적용될 수 있고, 산림지 토양의 지력 증가와 산림 생장의 증가로 산림 생태계 및 야생동물의 서식에 도움을 줄 수 있다. 그리고 적절한 처리공정을 거친 폐기물 퇴비는 경작지, 목초지, 과수원 등의 지력증가와 식물체 성장을 위한 유기질 비료 및 토지 개량 재료 이용될 수 있다.

## 2. 사료화

수산폐기물의 사료화는 퇴비화와 마찬가지로 고액 분리 후 얻어지는 고체를 탈수, 건조, 파쇄 등의 과정을 거쳐 용도에 따라 분말 또는 펠렛 등의 형태로 판매될 수 있으며, 주요 용도로는 어분의 형태로 어류의 사료나 분토 등과 섞어 지렁이 사료 등으로 이용될 수 있다.

## 제 6.2 절 수산폐기물의 2차 오염

수산폐기물의 무단 배출에 의한 2차 오염의 가장 큰 문제는, 아무런 처리 없이 방류됨에 따른 연근해역의 수질오염 및 고형물의 퇴적이라 할 수가 있다. 연근해의 수질 오염은 어장을 황폐화시킬 뿐만 아니라 기형의 어패류를 발생시킬 수 있으며 [11], 이를 섭취한 인간에게도 희귀병을 유발시킬 수 있다. 또한 고형물의 퇴적물은 부패 과정에서 발생하는 인, 질소, 황화가스 등으로 인하여 부영양화를 촉진하여 적조를 유발시켜 양식업에 종사하는 어민에게 막대한 재산상의 피해를 일으킬 수 있으며, 적조로 인한 수산업과 관광산업의 그 피해액은 해마다 증가하고 있다. 이와 같이 막대한 재산상의 피해를 일으킬 수 있는 2차 오염을 방지하는데 본 연구에서 개발한 고액분리 전처리 장치가 많은 기여를 할 수 있으리라 생각한다.

## 제 7 장 결 론

수산폐기물과 같은 고액상의 혼합 폐기물에서는 고형물을 걸러내는 전처리공정이 반드시 필요하다. 본 연구에서는 기존의 고액분리장치에서 주된 문제점으로 지적된 스크린의 눈막힘 현상을 해소하고 수산폐기물의 후속처리공정을 효율적으로 할 수 있는 진동을 이용한 스크린망의 설계기술을 개발하고, 아울러 마이크로프로세서를 이용한 소형 저가의 폐기물 유입과 배출 자동화장치를 개발하고자 하였다. 본 과제 연구는 수산현장 애로기술을 해결하기 위한 것으로 수산폐기물 고액분리에 대한 이론적 고찰, 장치부품의 기능상 문제점, 기타 현장애로사항 등에 대해서 이미 선행연구를 통해 확인하였다. 그러나 상기연구는 고액분리 프로세서를 확인한 정성적 시도였으며, 본 연구에서는 다양한 구조설계 및 실험을 통한 정량적 분석을 하고자 하였다. 1차년도에는 실험 데이터를 근거로 한 정량적 분석을 하였으며, 2차년도에서는 현장실험 등을 통한 시스템 보완에 주력하였다. 이하 이들 연구개발결과를 정리한다.

기계획한 원추형 상협하광(上狹下廣)의 형태에서 직사각형과 정사각형의 상협하광 진동스크린으로 구조 변경하여 설계, 제작하였고, 장치몸체는 철(직사각형)과 FRP(정사각형)로 제조하였다. 이는 다양한 형태와 재질에 따른 실험자료를 확보하기 위해서이다. 스크린은 스테인레스 재질로 되어 있다. 여과챔버(스크린) 내의 중앙배출구로 슬러지가 배출되며 여기에는 자체 제작한 슬라이딩밸브 및 시판의 버터플라이밸브를 부착하고, 모터에 의해 자동 또는 수동 개폐되도록 하였다. 밸브의 움직임은 리미트 스위치에 의해 감지되고 이 스위치신호에 의해 컨트롤러가 모터를 제어하도록 하였다. 선행연구에서 스크린의 면적이 클 경우 중앙부분은 여과 효율이 떨어지는 현상이 발생하여, 분리효율 향상을 위해 스크린 내부 중앙에 부(副) 여과스크린을 부착하였다. 스크린은 #150(망간격 0.17mm)과 #120(망간격 0.21mm)의 2종

류를 사용하였다. 진동발생기의 진동이 스크린 전체에 고루 전달되고, 진동에 의한 스크린 파열을 방지하기 위하여 두께 1mm의 철판재에 직경 5mm의 원형을 일정한 간격으로 파공하고 여기에 스크린을 부착시켰다. 여과된 액상은 철판재 원형구멍을 통해 외부로 방출된다.

인버터를 이용하여 기진강도조절 가능한 진동제어장치를 제작하였다. 진동발생기(2극과 4극, 3상, 1/8W와 1/4W)는 스크린(여과챔버) 상부에 부착하여 진동에너지 전달을 극대화시켰다. 진동주파수 조절은 자동화장치의 회전노브로 가능하게 제작하였고, 기진방향은 진동발생기의 부착방향을 변경할 수 있도록 장치를 설계하여 조정하였다. 처리수의 유량을 실시간으로 나타낼 수 있도록 유량계, A/D 변환기, 컴퓨터로 구성되는 계측장치를 설치하였고, 장치외부에 투명 아크릴 판을 두어 여과 성능이 가시적으로 확인되도록 하였다. 진동주파수는 진동에 의한 스크린파열을 고려하여 0 ~ 60Hz 범위에서 조절 가능하도록 하였다. 스크린과 장치몸체가 동시에 진동하는 것은 여과효율을 저하시키기 때문에 철구조장치의 경우 진동발생기와 장치몸체 사이에는 스프링을 삽입하여 몸체로의 진동전달을 가능한 억제시켰다. FRP 구조 장치의 경우 스크린 하부에 스프링과 고무패드를 두어 스크린 진동이 몸체에 전달되지 않도록 제작하였다.

고액분리효율 측정은 실험실과 현장 실험으로 나누어 실시하였다. 실험실 실험에서는 다시마분말과 해태를 이용하여 임의로 만든 수산폐기물을 반복 이용하였고, 현장실험은 수산식품 가공업체의 저장조에 들어있는 수산폐기물을 이용하였다. 진동모터를 일정한 각도(0°, 30°, 45°, 90°)로 각각 두고, 진동주파수를 35~60Hz 범위 내에서 5Hz 단위로 가변하면서 실험을 실시하였다. 실험은 여과챔버에 폐원수를 채운 다음 장치를 가동하기 시작해서 수위가 챔버의 일정한 높이까지 떨어지는 동안의 처리수의 순시유량을 실시간 계측하도록 하였다. 실험오차를 줄이기 위해 3번 반복하고 평균하였다.

기진각의 경우 장치 형태와 재질에 관계없이 0°에서 가장 뛰어난 분리효과를 얻을 수 있었다. 진동주파수에서는 60Hz에서 우수한 분리효과가 있었다. 그러나 진동

주파수의 결정은 장치의 여과용량, 진동지속으로 인한 스크린파열, 폐기물특성 등을 고려하여 결정할 필요가 있음을 알 수 있었다. 진동주파수가 높을수록 스크린과 몸체의 진동소음은 줄어들었다. 부유물질(SS) 분석을 병행하였고 효과도 입증하였다. 또한, 모터의 진동주파수, 기진각, 망간격 및 폐기물 입자크기와 분리효율과의 상관관계를 분석하였으며, 상호 무관함을 알 수 있었다.

스크린 경사각에 따른 분리효과를 검토하였다. 실험에서 스크린 면에 대해 폐원수를 수직으로 진동시키는 형태 즉, 기진각  $0^\circ$ 가 최대의 여과효과를 나타내는 것으로 파악되었고, 망간격, 슬러지의 자유낙하 및 스크린의 여과용량 등을 고려하여 경사각을  $3^\circ \sim 5^\circ$ 로 설정하였다.

소형( $180 \times 180 \times 130$  mm)의 폐기물 유입 및 배출 자동화장치를 설계, 제작하였다. 수분을 다량 함유한 폐기물이 입구 측 밸브를 통하여 여과스크린에 들어오게 되고, 진동모터를 통해 스크린을 제어기에서 사용자가 원하는 주파수로 진동시키면 폐기물에 포함된 수분은 스크린을 통해 빠져나가게 되고 스크린 내에는 수분을 거의 포함하지 않은 찌꺼기만이 남게 된다. 레벨 스위치에서는 남은 찌꺼기의 수위를 감지하며, 스크린 상부의 스위치에서 신호가 나오게 되면 제어기에서는 자동적으로 찌꺼기 배출알고리즘을 시행한다. 이것이 자동화장치의 동작개념이다.

제어기 하드웨어는 크게 전원부, 입력부, 출력부, 제어부로 구성되어 있다. 전원부는 마이크로프로세서와 TTL·LCD 모듈 등에 공급되는 전원인 DC 5V, Step Motor, 릴레이 구동을 위한 DC 12V, Reversible Motor 와 Inverter 전원공급을 위한 AC 220V의 세부분으로 구성되어 있다. 입력부는 분리통의 수위와 입·출력 밸브의 상태를 확인할 수 있는 Limit Switch 입력보드(B접점)와 스크린의 현재 진동상태를 Inverter의 주파수미터를 통해 받아들이는 보드로 구성되어 있다. 진동상태를 받아들이는 보드에는 A/D가 내장되어 있어 Inverter의 주파수미터에서 나오는 신호를 디지털로 변환하여 MPU에 넘겨준다. 출력부는 입·출력 밸브의 Reversible Motor를 구동하기 위해 4개의 릴레이가 장착된 릴레이보드와 소프트웨어적으로 Inverter 주파수설정을 용이하게 하기 위한 Potential Meter를 정밀하게 조절하는 Step Motor

구동보드, Local측 뿐만 아니라 원거리에서도 시스템의 상태를 모니터링 할 수 있는 RS-485 통신보드와 시리얼 LCD로 구성되어있다. 주파수 설정은 토글스위치를 두어 자동과 수동으로 전환할 수 있게 하였다. MPU(Micro-Processor Unit)부는 마이크로프로세서와 그 주변회로로 구성되어 있다. CPU는 A/D Converter를 내장하고 있는 PIC계열의 16F877을 이용하였다.

제어기 시스템의 구동 프로그램은 동작모드에 따라서 수동모드, 반자동모드와 완전자동모드의 세 가지로 나누어져 있다. 수동모드는 제어기에서는 시스템의 상태가 변화하는 것을 항상 모니터링 하면서 사용자에게 알려주어 사용자가 수동으로 상황에 맞는 판단을 하여 조치(여과스크린이 다 찼을 경우 출구 측 밸브를 여는 행위 등)를 취할 수 있게 한 것이다. 반자동모드는 시스템의 상태를 항상 모니터링하면서 상황에 맞는 입·출구 측 밸브의 상태조작을 모터를 사용하여 사람의 손을 거치지 않고 동작되게 하는 것이다. 완전자동모드는 밸브의 상태조작은 물론 진동모터의 주파수 설정과 동작 에러시의 자가 복구기능, 알람 및 Trip신호출력 등 시스템 진단과 해결을 마이크로프로세서에서 담당하여 처리하는 것을 말한다. 배출 알고리즘 실행시에는 입·출구밸브 개폐 시간과 진동모터 작동시간에 시간여유(10초, 5초)를 두어 배출흐름이 원활하도록 하였다. 제어프로그램은 C언어를 사용하였다.

자동 전처리장치는 가능한 수리 및 소모품 교환이 용이한 구조로 설계하였다. 성능실험을 통해 진동에 대한 스크린 내인성, 장치의 수밀상태 및 내구성 등을 분석하고, 시스템 보완을 실시하였다. 이와 병행하여 수산폐기물의 자원화를 위해 퇴비화 및 사료화에 대한 검토를 하였으며, 2차 오염 가능성을 알아보았다.

제작한 시작품에 대해서는 이미 전남 나주소재의 육상 장어양식장에서 배설물 분리시험을 장기간 실시하고 그 효과를 검증한 바 있다. 그러나 제품의 신뢰성 향상을 위해 수산물 가공회사, 활어회 센터 등 다양한 장소에서 장기간 설치 운용하여, 현장에서 발생할 수 있는 문제점들을 파악하고 성능 보완하고자 한다. 아울러, 본 연구에서는 기름성분 함유의 폐기물을 분리대상으로 하지 않았으며, 이에 대한 연구는 추후 과제로 남겨 두기로 한다.

현재 구상 중에 있는 상품화 계획으로는 다음과 같은 것이 있다.

- 어류 사료 및 배설물 고액분리에 적절한 구조로 부분 개조하여 상품화
- 음이온 발생장치, 수온보존 열장치와 연계하는 장치로 구조 변경하여 상품화
- 축산폐기물 고액분리장치로 구조 변경하여 상품화

## 제 8 장   참고문헌

- [1] 수질환경보전법, 동법시행규칙, 동법시행규칙별표10, 수산업법, 2002
- [2] 제6,7,10차년도 산학연 컨소시엄 연구초록집, 중소기업청, 1998,1999,2002
- [3] 축산분뇨 자원화 정책 토론회, 자유민주연합 정책위원회, 2000
- [4] 홍지형, “축산폐기물 처리와 이용” 한국폐기물학회지, 7(2), pp.147-153, 1990
- [5] 조병락 외 7명, “폐수처리시설 설계 및 유지관리” 동화기연, 2000
- [6] 홍지형 외 3명, “축산폐기물 자원화” 동화기연, 1999
- [7] 나은수, 고효율 탈수기 개발, 환경부, pp.20-31, 2000
- [8] 나은수 외3명, “실규모 스크루 데칸트를 이용한 양돈폐수의 고약분리 특성” 한국폐기물학회지, 제18권, 제4호, pp.364-371, 2001
- [9] 라창식, D. S. Mavinic, “축산폐수처리 시스템의 실시간 조절” 한국수처리기술연구회, 제6권, 제3호, pp. 45-55, 1998
- [10] 화학 · 환경설비 6월호, (주)침단, 2002
- [11] 손영배, “일본 폐기물비즈니스의 실체” (주)순환자원, 2002
- [12] 임종수, “Matlab's Power”, 도서출판아진, 2002
- [13] 이광호, 신기호, “하수슬러지 탈수효율 증대를 위한 최적조건” 한국폐기물학회지, 제17권, 제2호, pp.177-185, 2000
- [14] 오현주 외 4명, “물고기 배설물의 생물학적 처리 및 재활용 검토” 한국폐기물학회지, 제 15권, 제4호, pp.378-385, 1998
- [15] 신철호, “PIC마이컴 길라잡이”, 성안당, 1997
- [16] 정재춘 외 12명, “폐기물처리” 동화기술, pp.128-139, 2002
- [17] 정재춘 외 2명, “활성오니법” 자유아카데미, 1995
- [18] INABA TAMOTSU, “精選Analog實用回路集, CQ出版社, 1989

- [19] B. D. Bedford, "Principles of Inverter Circuits", 1964
- [20] ALBERT PAUL MALVINO, DONALD P. LEACH, "Digital Principles and Applications", Fourth Edition
- [21] Hansen and H. Haveman, "DESIGN OF SNUBBER CIRCUITS FOR A TRANSISTOR-INVERTER USING A MINIMUM NUMBER OF COMPONENTS", IFAC Control in Power Electronics and Electrical Drives, Lausanne, Switzerland, pp.165-171, 1983
- [22] Dr. M. Lockwood and A. M. Fox, "A Novel High Power Transistor Inverter", IPEC-TOKYO, pp.637-648, 1983