

GOVP1199810462

639.3  
L 293c

최      중  
연구보고서

드럼 및 스크린 필터의 개발을 통한 육상 수조식  
양식장의 종합환경 개선에 관한 연구

Studies on the Environmental Improvement of Fish  
Culture System through Development of Drum and  
Screen Filter

1997년 12월

연구기관 : 부경대학교

농림부

## 최 종 보 고 서

1995년도 농림수산특정연구사업에 의하여 완료한 “Drum 및 Screen Filter의 개발을 통한 육상 수조식 양식장의 종합환경 개선에 관한 연구”의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

- 첨부 : 1. 최종보고서 8부  
2. 최종보고서 디스켓 1매

1997 . 12 .

주관연구기관 : 부 경 대 학 교

총괄연구책임자 : 박 수 일 (인)

주관연구기관장 : 부경대학교 총장

농림부장관 귀하

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “Drum 및 Screen Filter의 개발을 통한 육상 수조식 양식장의 종합 환경 개선에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997년 12월

주관연구기관명 : 부경대학교

총괄연구책임자 : 박 수 일

연 구 원 : 강 주 찬

연 구 원 : 김 성 근

# 요 약 문

## I. 제 목

Drum 및 Screen Filter의 개발을 통한 육상 수조식 양식장의 종합환경 개선에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

현재 우리 나라의 육상 수조를 이용한 수산 양식은 남해안 및 제주도를 비롯하여 해변가의 각지역에서 넙치와 조피볼락을 중심으로 많은 지역에서 성행되고 있다. 하지만, 현재 사용되고 있는 고정적인 육상 수조식 양식은 고밀도 사육으로 인해 사육 환경의 악화 및 질병 등으로 생산성이 저하되고 있으며, 배출수로 인해 연안 오염도 가중되고 있는 실정이다. 또한, 현재의 육상 수조식 양식 시설로는 환경문제, 특히 연안 오염에 대처하기가 어려워 양식 면적의 축소가 가속화되고 있으며, 노동 집약적 혹은 재래식 수산 양식 방법으로는 WTO체제하에서 경쟁력의 약화로 우리 나라 수산업에 큰 타격을 초래할 수 있다. 따라서, 연안의 오염원을 감소시키고 수산 양식을 활성화시키기 위해서는 첨단 기술이 도입된 새로운 양식 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있다.

상기와 같은 연구의 중요성에 따라 본 연구는 Drum과 Screen Filter의 개발을 통하여 양식장의 수처리 기술과 접목함으로써 육상수조식 양식장의 환경을 개선하여 양식어의 생산성을 향상시키고, 연안 오염 방지에 따른 수자원의 재이용 과정에서도 효율적인 효과를 도모하는데 그 목적이 있다.

### Ⅲ. 연구 개발 내용 및 범위

본 연구는 Drum 및 Screen Filter를 개발하여 육상수조식 양식장의 유입수를 Screen Filter에 의해 처리하여 사육수의 환경을 개선하여 사육어의 생산성을 향상시키고, Drum Filter에 의해 배출수를 처리하여 연안 오염을 방지하기 위한 것으로 그 범위는 다음과 같다.

#### 1. 시스템의 개발

본 연구는 2차 년도에 걸쳐 수행하였다. 즉, 1차 년도는 실험용 Filter를 개발하여 유입수에는 Screen Filter(망의 크기,  $60\mu\text{m}$ ), 배출수에는 Drum Filter(망의 크기,  $90\mu\text{m}$ )를 설치·운영하면서 그 성능을 평가하였다.

2차 년도에는 실험용 Filter의 설치에 의한 예비 평가를 바탕으로 현장용 Filter를 개발하여 현장의 육상수조식 양식장에 설치·운영하면서 그 성능을 평가하였다.

#### 2. 정화 효과

1차년도에는 연구소의 1톤 수조에 넙치를 수용하여 실험용 Filter, 2차 년도에는 육상수조식 양식장(수면적 200평)에 현장용 Filter를 유입수 및 배출수에 설치하여 정화 효과를 평가하였다.

#### 3. 생산성 평가

실험용 Screen Filter의 설치에 의해 유입수를 정화시켜 넙치 생산성에 대한 예비적인 평가를 1차 년도에 실시하였다.

2차 년도는 육상수조식 양식장(수면적 200평)의 유입수에 현장용 Screen Filter를 설치하여 넙치 생산성을 평가하였다.

## IV. 연구 개발 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 연구 개발 결과

#### (1) 시스템의 개발

1차 년도는 스텐레스 재료로 실험용 Filter를 개발하여 예비 실험을 하였으나 해수에 의한 부식이 발생하였다. 따라서, 2차 년도에는 PE재료를 사용하여 현장용 Drum Filter(800×800mm)를 제작하여 설치·운영하였다. 그 결과, 특별한 문제점은 발견되지 않았으며, Drum Filter는 상품화를 위한 상세 설계가 완료되었고, 현재 급형을 만들어 200평 규모의 양식장에 설치할 수 있는 Drum Filter가 실용화 단계에 있다. 그러나, 1차 년도의 예비 실험에 의하면 Screen Filter는 많은 유수량을 사용하는 양식장 등에서는 물량 처리가 어려워 적은 유수량을 사용하는 배양장 혹은 치어 사육장 등에서 적합할 것으로 판단된다. 또한, Drum Filter와 비교할 경우 경쟁력이 약하여 유입수에도 Drum Filter를 사용하는 것이 효율적이라고 생각된다.

#### (2) 정화 효과 평가

5개월간의 Screen Filter의 설치에 의한 유입수의 부유 물질, 탁도, 세균수 및 비브리오수는 각각 48.1~65.6, 26.4~42.5, 16.6~24.3 및 20.0~28.0%가 제거되었고, 사육수의 수질도 개선 되었다. 한편, Drum Filter의 설치에 의한 배출수의 부유 물질 및 탁도는 각각 32.0~52.6%, 20.0~29.9%가 제거되었다.

#### (3) 생산성 평가

5개월간 사육에 의해 각 실험 구별로 조사된 넙치의 생리적 지표나 성장 측정치의 뚜렷한 차이는 인정되지 않았으나, 유입수에 Screen Filter를 설치한 실험구에서 다소 양호한 경향을 나타내었다.

#### (4) 종합 평가

본 연구에 의해 개발된 Drum Filter는 세금을 포함한 외국에서 수입되는 Fiiter에 비해 가격이 훨씬 싸다. 또한, 노동력에 의해 사육 수조의 청소 횟수를 크게 줄일 수 있어 인건비를 절약할 수 있으며, AS면에서도 월등히 유리하다.

본 실험 기간(5개월)에서 뚜렷하지는 않지만, 유입수에 Filter를 처리한 실험구에서 양호한 생산성을 보여 5개월 이상의 장기간의 사육에 있어서는 더 큰 효과가 기대된다. 또한, Filter의 망크기에 의해 적조생물을 처리할 수 있을 경우, 적조시의 대책 수단으로 사용할 수 있을 것이다.

본 연구 결과는 유수식 육상수조식 양식장 연안의 환경 보호는 물론 개선에 큰 영향을 미칠 것으로 사료되며, 개발된 Drum Filter는 수입 억제 효과 및 수출 가능성이 있는 것으로 생각된다.

## 2. 활용에 대한 건의

본 장치는 연안 환경에 관련된 행정기관의 적극적이고, 협조적인 검토를 토대로 본 장치의 보급에 대한 행정적인 보조가 필요하다(예, 육상수조식 양식장의 침전조에 대한 범규의 현실화).

본 장치는 양식장 뿐만 아니라 하수처리장 등에서도 사용할 수 있을 것으로 생각되어 이에 대한 공급도 고려할 필요가 있다.

참여 업체의 적극적인 협조로 만족할 만한 연구 결과를 얻을 수 있었다. 특히, 참여 업체의 참여 금액(현금 750만원/년, 현물 750만원/년)외에 7천만원정도의 연구 개발비가 투자되었으며, 대규모생산에 필요한 시설비 용자 등이 필요한 실정이다.

# S U M M A R Y

## I . Title

Studies on the Environmental Improvement of Fish Culture System through Development of Drum and Screen Filter

## II . Objective and Background

### 1. Objective

The objectives of the present study are to find environmental improvement of land aquaculture tank, and prevention of coastal pollution due to fish culture through development of drum and screen filter,

### 2. Background

The outlet sea water in land fish tank widely distributed throughout all shoreline in the our nation. During the last decade the productivity of the land aquaculture of Korea has been remarkably decreased and it is due to coastal pollution. In fisheries countries with long exposed coastlines such as the Norway, Canada and U. S. A., there are being in the stage of commercial operation for Screen and Drum filter.



### III. Contents and Scope

#### 1. Development of Filter

(1) Primary study : In order to estimate purification efficacy of inlet water, rearing water and outlet water of the land aquaculture, the experiments were conducted by development of screen and drum filter.

(2) Secondary study : In order to apply field of land aquaculture, the screen and drum filter using field were developed.

#### 2. Purification efficacy of filter

In order to estimate purification efficacy of the land aquaculture during filter operation, temperature, pH, salinity, DO, COD, SS, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P and Bacteria cell number were analysed in the inlet water, rearing water and outlet water

#### 3. Estimation of Fish Productivity

In order to estimate fish productivity of the land aquaculture during filter operation, physiological change and growth of fish were investigated.

## IV. Results

### 1. Development of Filter

In this project, it is proposed a new concept system based on a plastic material and frictionless. And, Programmable Logic Controller(PLC) device is used to develop the performance according to the variation in clean time. Especially, developed system can be used in commercially and economically.

### 2. Purification efficacy of filter

Using screen filter and UV in inlet water, SS, turbidity, bacteria and vibrio were removed 48.1~65.6, 26.4~42.5, 16.6~24.3 and 20.0~28.0%, respectively, Using drum filter in outlet water, removal efficacy were 32.0~52.6% and 20.0~29.9% for SS and turbidity, and water quality in the rearing tank was also improved by the combined conditions screen filter and UV.

### 3. Estimation of Fish Productivity

Using screen filter and UV in inlet water, changes of physiological and growth factors in the blood of cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus* during 5 months were not observed, but growth of olive flounder was increased with established the screen filter.

## V. conclusion

- . This system can prevent coastal pollution
- . This system can save personal expenses
- . This system can elevate fish productivity in the long term culture

# C O N T E N T S

Chapter 1. Introduction-----	31
Chapter 2. Design and Automatic of System-----	34
Section 1. Design and Manufacture of Experimental	
Screen Filter -----	34
1. Investigation of Instance-----	34
2. Design of Experimental Screen Filter-----	36
3. Manufacture of Experimental Screen Filter-----	40
Section 2. Design and Manufacture of Experimental	
Drum Filter-----	42
1. Investigation of Instance-----	42
2. Design of Experimental Drum Filter-----	43
3. Manufacture of Experimental Drum Filter-----	48
Section 3. Manufacture and Automatic Management of	
Filter using Field-----	51
1. Manufacture of Filter using Field-----	52
2. Automatic Management of Filter-----	62

Chapter 3. Establishment and Operation of System---63

Section 1. Establishment and Operation of

Experimental System-----63

1. Establishment of System-----63

2. Operation of System-----65

3. Rearing of Test Fish-----65

Section 2. Establishment and Operation of System

using Field-----65

1. Establishment of System-----65

2. Operation of System-----66

3. Rearing of Test Fish-----67

Chapter 4. Environmental Estimation during

System Operation-----68

Section 1. Item and Method of Estimation-----68

1. Estimation Item-----68

2. Estimation Method-----70

Section 2. Removal Efficacy during Operation of	
Experimental System-----	72
1. Removal Efficacy of Inlet Water during Screen Filter Operation----	72
2. Removal Efficacy of Rearing Water during Screen Filter Operation--	75
3. Removal Efficacy of Outlet Water during Drum Filter Operation----	83

Section 3. Removal Efficacy during System Operation	
using Field-----	85
1. Removal Efficacy of Inlet Water during Screen Filter Operation----	85
2. Removal Efficacy of Rearing Water during Screen Filter Operation--	88
3. Removal Efficacy of Outlet Water during Drum Filter Operation----	96

Chapter 5. Estimation of Fish production during	
System Operation-----	98

Section 1. Estimation Method-----	98
1. Investigation of Physiological change-----	98
2. Investigation of Growth Factor-----	100

Section 2. Fish Production during Experimental	
System Operation-----	100
1. Physiological change-----	100
2. Change of Growth -----	105

Section 3. Fish Production during System Operation	
using Field-----	105
1. Physiological change-----	105
2. Change of Growth-----	110
Chapter 6. Conclusion and Economic Estimation-----	111
Section 1. Screen Filter -----	111
Section 2. Drum Filter -----	111
Section 3. Estimation of environment and Productivity -----	112
Chapter 7. Proposal for Application -----	114
Chapter 8. Reference-----	115

# 목 차

제1장 서 론-----	31
제2장 시스템의 설계 및 자동화-----	34
제1절 스크린 필터의 설계 및 제작-----	34
1. 사례 조사-----	34
2. 실험용 스크린 필터의 설계-----	36
3. 실험용 스크린 필터의 제작-----	40
제2절 드럼 필터의 설계 및 제작-----	42
1. 사례조사-----	42
2. 실험용 드럼 필터의 설계-----	43
3. 실험용 드럼 필터의 제작-----	48
제3절 현장용 필터의 제작 및 자동화-----	51
1. 현장용 필터의 제작-----	52
2. 필터의 자동화-----	62



제3장 시스템의 설치 및 운행-----63

제1절 실험용 시스템의 설치 및 운행-----63

- 1. 시스템의 설치-----63
- 2. 시스템의 운행-----65
- 3. 시험어의 수용-----65

제2절 현장용 시스템의 설치 및 운행-----65

- 1. 시스템의 설치-----65
- 2. 시스템의 운행-----66
- 3. 시험어의 수용-----67

제4장 시스템 운행에 따른 환경 평가-----68

제1절 평가항목 및 방법-----68

- 1. 평가 항목-----68
- 2. 평가 방법-----70

제2절 실험용 시스템 운행에 따른 정화효과-----72

- 1. 스크린 필터 운행에 따른 유입수-----72
- 2. 스크린 필터 운행에 따른 사육수-----75
- 3. 드럼 필터의 운행에 따른 유출수-----83

제3절 현장용 시스템의 운행에 따른 정화효과-----	85
1. 스크린 필터의 운행에 따른 유입수-----	85
2. 스크린 필터의 운행에 따른 사육수-----	88
3. 드럼 필터의 운행에 따른 유출수-----	96
제5장 시스템 운행에 따른 생산성 평가-----	98
제1절 평가 방법-----	98
1. 생리학적 영향 조사 -----	98
2. 성장도 조사-----	100
제2절 실험용 시스템의 운행에 따른 생산성-----	100
1. 생리학적 변화-----	100
2. 성장도 변화-----	105
제3절 현장용 시스템의 운행에 따른 생산성-----	105
1. 생리학적 변화-----	105
2. 성장도 변화-----	110
제6장 결론 및 경제성 평가-----	111
제1절 스크린 필터-----	111

제2절 드럼 필터-----	111
제3절 환경 및 생산성 평가-----	112
제7장 활용에 대한 건의-----	114
제8장 참고 문헌-----	115

## 표 목 차

표 2-1. 유니크사 스크린 필터의 일반적 사양-----	35
표 2-2. 실험용 스크린 필터의 모델 사양-----	38
표 2-3. 드럼 필터의 일반적 사양-----	42
표 2-4. 실험용 드럼 필터의 기본 사양-----	47
표 2-5. 현장용 드럼 필터의 사양-----	51
표 2-6. 스크린용 드럼 필터의 사양-----	52
표 2-7. 현장용 드럼 필터 V3.5의 사양-----	54
표 2-8. 현장용 드럼 필터의 자동화 사양-----	62
표 5-1. 실험용 시스템의 사용에 의한 납치의 성장-----	105
표 5-1. 현장용 시스템의 사용에 의한 납치의 성장-----	110
표 6-1. 드럼 필터의 성능 비교(차이점) -----	113

# 그림 목 차

그림 2-1. 유니크사의 스크린 필터-----	35
그림 2-2. 스크린 필터의 개념설계흐름도-----	37
그림 2-3. 실험용 스크린 필터의 사시도-----	39
그림 2-4. 실험용 스크린 필터의 정면도-----	39
그림 2-5. 실험용 스크린 필터의 측면도-----	40
그림 2-6. 하아드로테크사의 드럼필터-----	43
그림 2-7. 드럼 필터의 개념설계흐름도-----	44
그림 2-8. 실험용 드럼 필터의 사시도-----	45
그림 2-9. 실험용 드럼 필터의 정면도-----	46
그림 2-10. 실험용 드럼 필터의 측면도-----	46
그림 2-11. 현장용 드럼 필터의 외각 균형 도면-----	55
그림 2-12. 현장용 드럼 필터의 사시도-----	56
그림 2-13. 현장용 드럼 필터의 정면도-----	56
그림 3-1. 실험용 시스템을 사용한 실험 조건-----	64
그림 3-2. 현장용 시스템을 사용한 실험조건-----	67
그림 4-1. 필터 설치에 따른 4개의 실험조건-----	69
그림 4-2. 실험용 스크린 필터 설치에 따른 유입수 부유물질의 제거 효과-----	73
그림 4-3. 실험용 스크린 필터 설치에 따른 유입수 탁도의 제거 효과-----	73
그림 4-4. 실험용 스크린 필터 설치에 따른 유입수 세균의 제거 효과-----	74
그림 4-5. 실험용 스크린 필터 설치에 따른 유입수 비브리오의 제거 효과-----	74
그림 4-6. 실험용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 온도의 변화-----	77
그림 4-7. 실험용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 염분의 변화-----	77
그림 4-8. 실험용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 pH의 변화-----	78

그림 4-9. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 용존산소의 변화-----	78
그림 4-10. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 부유물질의 변화-----	79
그림 4-11. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 화학적 산소 요구량의 변화-----	79
그림 4-12. 실험용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 질산성 질소의 변화-----	80
그림 4-13. 실험용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 아질산성 질소의 변화-----	80
그림 4-14. 실험용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 암모니아성 질소의 변화-----	81
그림 4-15. 실험용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 인산성 인의 변화-----	81
그림 4-16. 실험용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 세균수의 변화-----	82
그림 4-17. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 비브리오수의 변화----	82
그림 4-18. 실험용 드럼 필터의 설치에 따른 유출수 부유물질의 제거 효과-----	84
그림 4-19. 실험용 드럼 필터의 설치에 따른 유출수 탁도의 제거 효과-----	84
그림 4-20. 현장용 스크린 필터 설치에 따른 유입수 부유물질의 제거 효과-----	86
그림 4-21. 현장용 스크린 필터 설치에 따른 유입수 탁도의 제거 효과-----	86
그림 4-22. 현장용 스크린 필터 설치에 따른 유입수 세균의 제거 효과-----	87
그림 4-23. 현장용 스크린 필터 설치에 따른 유입수 비브리오의 제거 효과-----	87
그림 4-24. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 온도의 변화-----	90
그림 4-25. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 염분의 변화-----	90
그림 4-26. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 pH의 변화-----	91
그림 4-27. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 용존산소의 변화----	91
그림 4-28. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 부유물질의 변화----	92

그림 4-29. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 화학적 산소 요구량의 변화-----	92
그림 4-30. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 질산성 질소의 변화-----	93
그림 4-31. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 아질산성 질소의 변화-----	93
그림 4-32. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 암모니아성 질소의 변화-----	94
그림 4-33. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 인산성의 변화-----	94
그림 4-34. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 세균수의 변화-----	95
그림 4-35. 현장용 스크린 필터의 운행에 따른 사육수 비브리오수의 변화-----	95
그림 4-36. 현장용 드럼 필터의 설치에 따른 유출수 부유물질의 제거 효과-----	96
그림 4-37. 현장용 드럼 필터의 설치에 따른 유출수 탁도의 제거 효과-----	97
그림 5-1. 4실험 조건하에서 넙치 말초혈액 상대혈구용적의 변화-----	101
그림 5-2. 4실험 조건하에서 넙치 말초혈액 임파구의 변화-----	101
그림 5-3. 4실험 조건하에서 넙치 말초혈액 neutrophil의 변화-----	102
그림 5-4. 4실험 조건하에서 넙치 혈청 GOT의 변화-----	102
그림 5-5. 4실험 조건하에서 넙치 혈청 GPT의 변화-----	103
그림 5-6. 4실험 조건하에서 넙치 혈청 amylase의 변화-----	103
그림 5-7. 4실험 조건하에서 넙치 혈청 glucose의 변화-----	104
그림 5-8. 4실험 조건하에서 넙치 혈청 총단백질의 변화-----	104
그림 5-9. 3실험 조건하에서 넙치 말초혈액 상대혈구용적의 변화-----	107
그림 5-10. 3실험 조건하에서 넙치 말초혈액 상대혈구용적의 변화-----	107

그림 5-11. 3실험 조건하에서 넙치 말초혈액 neutrophil의 변화-----108

그림 5-12. 3실험 조건하에서 넙치 혈청 GOT의 변화-----108

그림 5-13. 3실험 조건하에서 넙치 혈청 GPT의 변화-----109

그림 5-14. 3실험 조건하에서 넙치 혈청 amylase의 변화-----109

그림 5-15. 3실험 조건하에서 넙치 혈청 glucose의 변화-----110

그림 5-16. 3실험 조건하에서 넙치 혈청 총단백질의 변화-----110



## 사 진 목 차

사진 2-1. 실험 장소-----	41
사진 2-2. 스크린 필터의·설치 -----	41
사진 2-3. 드럼 필터 외곽수조의 제작-----	49
사진 2-4. 드럼 회전부의 제작-----	49
사진 2-5. 실험용 드럼 필터의 조립과정-----	50
사진 2-6. 실험용 드럼 필터의 설치-----	50
사진 2-7. 스크린용 드럼필터의 유입 유출수 부분-----	53
사진 2-8. 스크린용 드럼필터의 슬러지 이송부분-----	53
사진 2-9. 스크린용 드럼필터의 기계실 내부-----	54
사진 2-10. 현장용 드럼필터 V3.5-----	57
사진 2-11. 현장용 드럼필터의 외각 급형-----	57
사진 2-12. 현장용 드럼필터의 망-----	58
사진 2-13. 현장용 드럼필터의 롤러-----	58
사진 2-14. 현장용 드럼필터의 회전부-----	59
사진 2-15. 현장용 드럼필터의 조립과정-----	59
사진 2-16. 현장용 드럼필터의 슬러지 받이 및 이송장치-----	60
사진 2-17. 현장용 드럼필터의 노즐-----	60
사진 2-18. 현장용 드럼필터의 설치-----	61
사진 2-19. 현장용 드럼필터의 운행-----	61
사진 3-1. 시스템의 설치 장소-----	63

## List of Tables

Table 2-1. Generally specification of screen filter of Unik Co.	35
Table 2-2. Specification of experimantal screen filter	38
Table 2-3. Generally specification of drum filter	42
Table 2-4. Specification of experimental drum filter	47
Table 2-5. Data of basic design of real testd drum filter	51
Table 2-6. Specification of drum filter used for screen filter	52
Table 2-7. Specification of drum filter V3.5	54
Table 2-8. Specification for automatic of drum filter V3.5	62
Table 5-1. Weight gain of olive flounder using experimental systems	105
Table 5-2. Weight gain of olive flounder using field systems	110
Table 6-1. Efficiency comparsion of drum filter with foreign country Co.	113

## List of Figures

Fig. 2-1. Screen filter of Unik Co.-----	35
Fig. 2-2. Flow chart of concept design of screen filter-----	37
Fig. 2-3. 3D draw of experimental screen filter-----	39
Fig. 2-4. Front draw of experimental screen filter-----	39
Fig. 2-5. Side draw of experimental screen filter-----	40
Fig. 2-6. Drum filter of Hydrotek co.-----	43
Fig. 2-7. Flow chart of concept design of drum filter-----	44
Fig. 2-8. 3D draw of experimental drum filter-----	45
Fig. 2-9. Front draw of experimental drum filter-----	46
Fig. 2-10. Side draw of experimental drum filter-----	46
Fig. 2-11. Drum basic shape of drum filter V3.5-----	55
Fig. 2-12. 3D draw of drum filter V3.5-----	56
Fig. 2-13. Front draw of drum filter V3.5-----	56
Fig. 3-1. Experimental conditions used to systems-----	64
Fig. 3-2. Experimental conditions used to systems-----	67
Fig. 4-1. Experimental conditions of the four different systems using filters-----	69
Fig. 4-2. Removal efficacy of SS using experimental screen filter in the inlet water-----	73
Fig. 4-3. Removal efficacy of turbidity using experimental screen filter in the inlet water-----	73
Fig. 4-4. Removal efficacy of bacteria using experimental screen filter in the inlet water-----	74

Fig. 4-5. Removal efficacy of <i>vibrio</i> using experimental screen filter	
in the inlet water-----	74
Fig. 4-6. Variation of temperature using experimental screen filter	
in the rearing water-----	77
Fig. 4-7. Variation of salinity using experimental screen filter	
in the rearing water-----	77
Fig. 4-8. Variation of pH using experimental screen filter	
in the rearing water-----	78
Fig. 4-9. Variation of DO using experimental screen filter	
in the rearing water-----	78
Fig. 4-10. Variation of SS using experimental screen filter	
in the rearing water-----	79
Fig. 4-11. Variation of COD using experimental screen filter	
in the rearing water-----	79
Fig. 4-12. Variation of NO <sub>3</sub> -N using experimental screen filter	
in the rearing water-----	80
Fig. 4-13. Variation of NO <sub>2</sub> -N using experimental screen filter	
in the rearing water-----	80
Fig. 4-14. Variation of NH <sub>4</sub> -N using experimental screen filter	
in the rearing water-----	81
Fig. 4-15. Variation of PO <sub>4</sub> -P using experimental screen filter	
in the rearing water-----	81
Fig. 4-16. Variation of bacteria cell number using experimental screen filter	
in the rearing water-----	82

Fig. 4-17. Variation of <i>vibrio</i> cell number using experimental screen filter in the rearing water-----	82
Fig. 4-18. Removal efficacy of SS using experimental drum filter in the inlet water-----	84
Fig. 4-19. Removal efficacy of turbidity using experimental drum filter in the inlet water-----	84
Fig. 4-20. Removal efficacy of SS using screen filter V3.5 in the inlet water-----	86
Fig. 4-21. Removal efficacy of turbidity using screen filter V3.5 in the inlet water-----	86
Fig. 4-22. Removal efficacy of bacteria using screen filter V3.5 in the inlet water-----	87
Fig. 4-23. Removal efficacy of <i>vibrio</i> using screen filter V3.5 in the inlet water-----	87
Fig. 4-24. Variation of temperature using screen filter V3.5 in the rearing water-----	90
Fig. 4-25. Variation of salinity using screen filter V3.5 in the rearing water-----	90
Fig. 4-26. Variation of pH using screen filter V3.5 in the rearing water---	91
Fig. 4-27. Variation of DO using screen filter V3.5 in the rearing water---	91
Fig. 4-28. Variation of SS using screen filter V3.5 in the rearing water---	92
Fig. 4-29. Variation of COD using screen filter V3.5 in the rearing water--	92
Fig. 4-30. Variation of NO <sub>3</sub> -N using screen filter V3.5 in the rearing water--	93
Fig. 4-31. Variation of NO <sub>2</sub> -N using screen filter V3.5 in the rearing water--	93
Fig. 4-32. Variation of NH <sub>4</sub> -N using screen filter V3.5 in the rearing water--	94

Fig. 4-33. Variation of PO <sub>4</sub> -P using screen filter V3.5 in the rearing water--	94
Fig. 4-34. Variation of bacteria cell number using screen filter V3.5 in the rearing water-----	95
Fig. 4-35. Variation of <i>vibrio</i> cell number using screen filter V3.5 in the rearing water-----	95
Fig. 4-36. Removal efficacy of SS using drum filter V3.5 in the inlet water--	96
Fig. 4-37. Removal efficacy of turbidity using drum filter V3.5 in the inlet water-----	97
Fig. 5-1. Changes of hematocrit in the peripheral blood of olive flounder under the four different systems-----	101
Fig. 5-2. Changes of lymphocytes in the peripheral blood of olive flounder under the four different systems-----	101
Fig. 5-3. Changes of neutrophils in the peripheral blood of olive flounder under the four different systems-----	102
Fig. 5-4. Changes of GOT in the serum of olive flounder under the four different systems-----	102
Fig. 5-5. Changes of GPT in the serum of olive flounder under the four different systems-----	103
Fig. 5-6. Changes of amylase in the serum of olive flounder under the four different systems-----	103
Fig. 5-7. Changes of glucose in the serum of olive flounder under the four different systems-----	104
Fig. 5-8. Changes of total protein in the serum of olive flounder under the four different systems-----	104

Fig. 5-9. Changes of hematocrit in the peripheral blood of olive flounder under the three different systems-----	107
Fig. 5-10. Changes of hematocrit in the peripheral blood of olive flounder under the three different systems-----	107
Fig. 5-11. Changes of neutrophil in the peripheral blood of olive flounder under the three different systems-----	108
Fig. 5-12. Changes of GOT in the serum of olive flounder under the three different systems-----	108
Fig. 5-13. Changes of GPT in the serum of olive flounder under the three different systems-----	109
Fig. 5-14. Changes of amylase in the serum of olive flounder under the three different systems-----	109
Fig. 5-15. Changes of glucose in the serum of olive flounder under the three different systems-----	110
Fig. 5-16. Changes of total protein in the serum of olive flounder under the three different systems-----	110

## List of Photographs

Photo. 2-1. Test site for experiment-----	41
Photo. 2-2 Establishment of screen filter-----	41
Photo. 2-3 Construction of drum filter guide-----	49
Photo. 2-4. Construction of drum rotation part-----	49
Photo. 2-5. Assembly procedure of drum filter-----	50
Photo. 2-6. Establishment of drum filter-----	50
Photo. 2-7. Inlet and outlet of drum filter used for screen filter----	53
Photo. 2-8. Sludge transport of drum filter used for screen filter---	53
Photo. 2-9. Mechanical room of drum filter used for screen filter--	54
Photo. 2-10. Drum of drum filter V3.5-----	57
Photo. 2-11 Guide tank of drum filter V3.5-----	57
Photo. 2-12. Net of drum filter V3.5-----	58
Photo. 2-13. Roller of drum filter V3.5-----	58
Photo. 2-14. Rotation part of drum filter V3.5-----	59
Photo. 2-15. Assembly procedure of drum filter V3.5-----	59
Photo. 2-16. Sludge tank and transport device of drum filter V3.5--	60
Photo. 2-17. Nozzle of drum filter V3.5-----	60
Photo. 2-18. Establishment of drum filter V3.5-----	61
Photo. 2-19. Operating of drum filter V3.5-----	61
Photo. 3-1 Establishment place of system-----	63



## 제1장 서론

육상수조를 이용한 우리 나라의 어류양식은 10여년전부터 발달하기 시작하여 최근에는 남해안 및 제주도를 비롯하여 각 지역의 해변가에서 넓치와 조피불락을 중심으로 성행되고 있다. 그러나, 현재 사용되고 있는 고정적인 육상 수조식 양식방법은 고밀도 사육으로 인한 사육 환경의 악화 및 질병 등으로 생산성이 저하되고 있으며, 배출수로 인해 연안 오염도 가중되고 있다. 또한, 현재의 육상 수조식 양식 시설로는 환경문제, 특히 연안 오염에 대처하기가 어려워 양식 면적의 축소가 가속화될 위기에 있으며, 노동 집약적 혹은 재래식 수산 양식 방법으로는 WTO체제하에서 경쟁력의 약화로 우리 나라 수산업에 큰 타격을 초래할 수도 있다.

통상, 먹이공급에 의한 적극적인 어류양식 형태는 일반적으로 한정된 구역에서 사육을 하기 때문에 배설물 및 먹다 남은 먹이 등에 의해 유기불부하 및 질병등이 발생하며, 이로 인해 생산량이 종종 저하되는 경우가 많다. 어류양식에 있어 통상 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소 및 유해물질 등은 사육어류의 생리대사를 규제하는데, 염분농도와 같은 항상성이 강한 요인보다 수온, 용존산소 및 영양염류 등이 변동성이 강한 요인을 관리할 필요가 있다. 즉, 환경변동요인이 되는 항목으로 선택할 필요가 있고, 특히, 용존산소는 어떠한 기본수질에서도 일정농도의 존재가 불가결한 요인이며, 양식장의 수질악화와 더불어 어류생산량에 절대적인 영향을 미친다. 어류는 때때로 환경요인에 대해 순화를 보이기도 하지만, 생산의 기초가 되는 성장에 대한 영향정도는 경제성이 깊이 관여하고 있기 때문에 조정성을 구하는 것에 의해 그들 각각의 적합범위가 결정된다. 따라서, 양식용수는 양식대상 어류에 적합한 조건범위의 환경요인으로 전체가 구성되어야 하며, 양식용수의 적합 혹은 부적합의 판단은 항상성요인을 주체로 하여 그것에 따른 변동요

인에 대하여 생물의 생존에 깊이 관여하는 항목이 첨가되어 판단하여야 한다.

어류양식장의 양식용수의 관리할 위해서는 여러가지 방법들이 사용되고 있는데, 사육수의 암모니아를 제거하기 위한 생물여과법(Lewis and Buynak, 1976; Michael and William, 1988), 기타 많은 방법들이 사용되고 있다(河合 等, 1964; Hirayama *et al.*, 1988; Mortensen, 1995), 그러나, 이들 연구들은 대부분 담수어의 순환여과식 양식장의 수질 개선을 위한 연구들로, 이와 같은 방법을 육상수조식을 이용한 헤산어 양식에 적용시키기에는 경제성 및 방법상의 문제가 있을 수 있다.

한편, 육상수조식 양식에 있어서도 부분적으로는 사육수 및 유입수를 거품 분리법(丸山 等, 1991, 1996), UV(Helge *et al.*, 1995) 및 오존(Jack, 1988; Jay, 1992; Bart and Connie, 1994)등으로 처리하여 어병예방 및 산소공급을 위한 수단으로 사용하고 있다. 하지만 이와 같은 방법은 사육수의 유기물부하에 대한 근본적인 처방으로서는 적합하지 않으며, 유기물 부하의 원인이 되는 부유물질 등의 제거는 더욱더 불가능하다. 또한, 양식장의 배출수로 인해 수자원의 재이용과정에서·과생될수 있는 연안오염에 대한 대책도 불가능하다.

따라서, 육상수조식 양식장의 사육수의 수질개선과 연안오염을 방지하여 수자원을 효율적으로 재이용하기 위해서는 1차적으로 유기물질이 원인이 되는 부유물질을 제거하는 것이 우선되어야 할 것이다. 즉, 현재의 육상수조식 양식방법은 연안환경을 보전하면서 생산성을 향상시키는 환경친화적 방법으로 발전시켜야 하며, 이를 위해서는 펠터에 의해 유입수의 부유물질을 제거하여 사육수의 수질을 개선하고, 배출수의 부유물질을 제거하여 연안오염을 방지하는 것이 양식용수의 재이용과정에서 효율적인 방법이라 할 수 있다.

어류양식에 있어 선진국 구미 및 일본에서는 이미 오래전부터 양식에서

파생되는 환경오염을 중요시 하여 다양한 필터를 개발하여 왔으나, 국내에서의 육상수조에 의한 본격적인 대량 양식, 특히 해산어 양식의 역사는 낚치를 주종으로하여 10여년에 지나지 않는 관계로 단지 저용량 저효율의 유입수 여과장치가 일부 운영되고 있을 뿐이다.

본 연구에서는 급속히 발전하고 있는 자동화 기술을 바탕으로 선진국의 스크린 필터와 드럼 필터의 연구를 통하여 우리나라 실정에 맞는 필터의 개발을 목표로 하였다. 선진국의 필터는 소재산업과 금속가공기술의 발달로 부식의 문제점을 해결한 제품을 출시하고 있으나, 국내의 열악한 소재산업, 즉 고품위 스텐(SUS316)의 가격 및 재질에 약점을 갖고 있다. 특히, 가공시 용접부위의 부식방지를 위해서는 대량생산에 의한 비용절감이 필요하지만 영세한 중소기업의 기업환경으로 볼 때, 개발의 초기단계에서 큰 문제점을 갖을 수밖에 없음을 1차년도 연구결과를 통하여 얻었다. 따라서, 2차년도에는 부식이 안되는 필터에 주안점을 둔 소재의 개발, 즉 합성수지 종류(FRP, PPC, PE 등)에 관심을 두고 연구를 수행하였다. 이상의 연구방향에 의해 현장실험용 드럼필터는 가격과·가공면에서 유리한 PPC 소재를 이용하여 설계 및 제작하였고, 실험을 통한 운영결과를 바탕으로 상업용 드럼필터는 드럼과 망틀의 급형을 제작하여 PE재질로 제작하였다.

본 연구의 계획단계에서는 유입수를 처리하기 위한 스크린 필터와 유출수를 처리하기 위한 드럼필터의 개발을 목표로 하였다. 1차년도 실험용 필터를 제작하여 운영한 결과, 드럼 필터는 스크린 필터에 비하여 설계 및 제작이 어려운 반면 고효율의 성능을 확인할 수 있었다. 따라서, 이들결과를 바탕으로 유입수에도 현장용 드럼필터를 제작하여 운영하였다. 또한, 육상 수조식 양식장의 수처리 기술과 접목하기 위하여 유입수에는 UV와 스크린 필터, 배출수에는 드럼필터를 각각 설치하여 사육수 및 배출수의 수질개선효과 및 낚치의 생산성을 각각 년도별로 조사하였다.

## 제2장 시스템의 설계 및 자동화

선진국의 필터는 소재산업과 금속가공기술의 발달로 부식의 문제점을 해결한 제품을 출시하고 있으나, 국내의 열악한 소재산업 즉, 고품위 스텐(SUS316)의 가격 및 재질에 약점을 갖고 있었다. 특히, 가공시 용접부위의 부식방지를 위해서는 대량생산에 의한 비용절감이 필요하지만 영세한 중소기업의 기업환경으로 볼 때 개발의 초기단계에서 큰 문제점을 갖을 수밖에 없음을 1차년도 연구결과를 통하여 얻을 수 있었다. 이에 따라 필터의 개발방향을 부식이 안되는 소재 즉, 합성수지 종류(FRP, PPC, PE 등)에 관심을 두고 2차년도의 연구를 수행하였다. 이를 기초로 하여 현장실험용 드럼필터는 가격과 가공면에서 유리한 PPC 소재를 이용한 장치를 설계 및 제작하여 실험을 수행하였으며, 이것의 운영결과를 바탕으로 상업용 드럼필터는 드럼과 망틀의 급형을 제작하여 PE재질로 만들어 내었고, 외곽수조는 FRP를 이용하여 설계 제작하였으나, 가격면에서 유리한 PPC재질로 변경하는 것이 타당할 것으로 예측하고 있다.

연구의 계획단계에서는 유입수를 처리하기 위한 스크린 필터와 유출수를 처리하기 위한 드럼필터의 개발을 목표로 하였다. 연구과정을 통하여 드럼필터가 스크린 필터에 비하여 설계·제작이 어려운 반면 고효율의 성능을 확인할 수 있었으며, 이를 바탕으로 현장실험용 드럼필터를 제작, 실험하였다.

### 제1절 스크린 필터의 설계 및 제작

#### 1. 사례 조사

노르웨이 유니크사 등에서 개발한 스크린 필터는 입수되는 물을 PE 스크린 망을 통과 하도록 하여 물리적인 여과를 하고, UV (Ultra Violetic)를

이용하여 살균하는 장치로 구성되어 있다(그림 2-1). 재질은 일반적인 금속, FRP, 알루미늄, PE, SUS316로 이루어져 있으며, 일반적인 사양은 표 2-1과 같다.

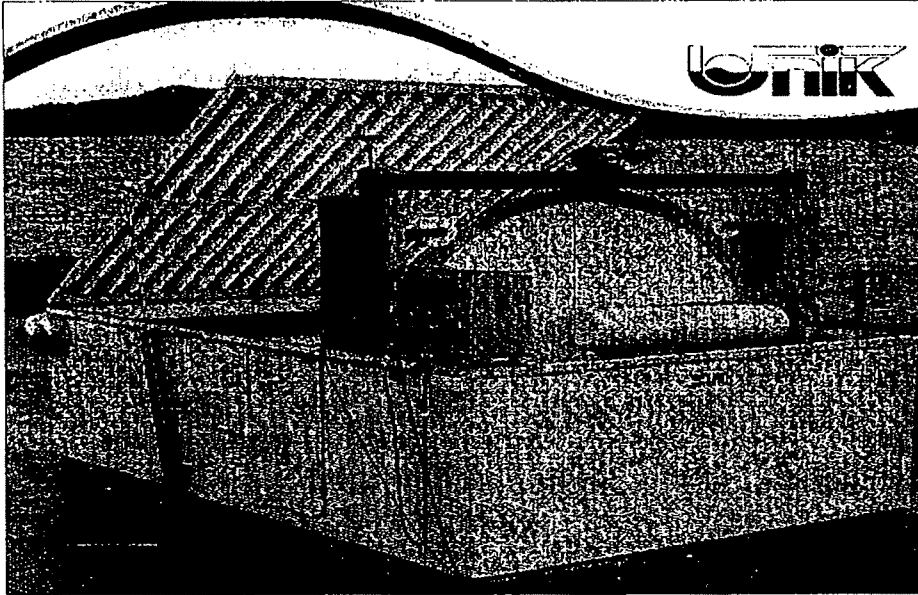


그림 2-1. 유니크사의 스크린 필터

Fig. 2-1. Screen filter of Unik Co.

표 2-1. 유니크사 스크린 필터의 일반적인 사양

Table 2-1. Generally specification of screen filter of Unik Co.

L×B×D(mm)	처리 용량	Spec	비 고
2080×780×770	150~250 l/min	스크린 망 : 40μm UV : 25mWs/cm <sup>2</sup>	회전모터: 1~4.5kW
2500×1310×1260	500~1000 l/min		
2800×1630×1760	2000~3000 l/min		
4000×2550×2700	4000~6000 l/min		

## 2. 실험용 스크린 필터의 설계

### 가. 개념설계

스크린필터의 목적은 유입수의 고형물질을 제거하고 필요에 따라 UV에 의하여 살균함에 있다. 스크린필터는 유입수를 스크린 원판으로 가로막고 마이크로 망(규격 30 - 120 $\mu$ m)에 부착되는 고형물질을 고압의 에어로 제거하도록 개념을 설정하였다. 즉, 원판 직경 500mm PE망, 5기압 공기압력과 노즐, 0.1kW 기어드 모터 그리고 600mm길이의 UV램프를 이용하여 2ton/h의 수처리 용량을 갖도록 설계하였다.

### 나. 초기설계

스크린필터 외곽 케이스의 규격은 1000mm×600mm×500mm이상을 기준으로하여 재질은 PP를 사용하고, 필터의 가이드는 원판 직경 500mm PE망을 잡을 수 있는 스텐 재질을 기준으로 가능하다면 PE재질을 사용한다. 원판을 회전하기 위하여 0.1kW의 DC기어드모터와 회전속도를 변경하는 실험을 위하여 DC모터 컨트롤러를 사용하고, 회전을 위한 팬 벨트는 범용적인 실리콘 벨트를 사용하여 마찰에 의한 교체에 용이하도록 설계한다. 회전 원판과 가이드 사이의 마찰에 의한 누수를 고려하여 동일한 재질(고강도 PE)을 사용한다. 망에 걸리는 고형물 슬러지는 공기노즐에 에어컴프레서를 사용하고 필요에 따라 에어컴프레서 대신에 0.2kW이상의 펌프를 이용하여 슬러지를 제거한다. 스크린 필터의 재질은 스위스의 SST Thal 60 $\mu$ m을 기준으로 실험을 수행한다. 또한, 스크린필터는 교체가 용이하도록 제작한다. 한편, UV 램프는 길이 600mm를 기준으로 유출수 부분에 설치한다.

개념설계를 바탕으로 실험에 필요한 3개의 모델(표 2-2)을 설계하고, 모델의 사시도, 정면도 그리고 측면도를 그림 2-3~2-5에 나타내었다.

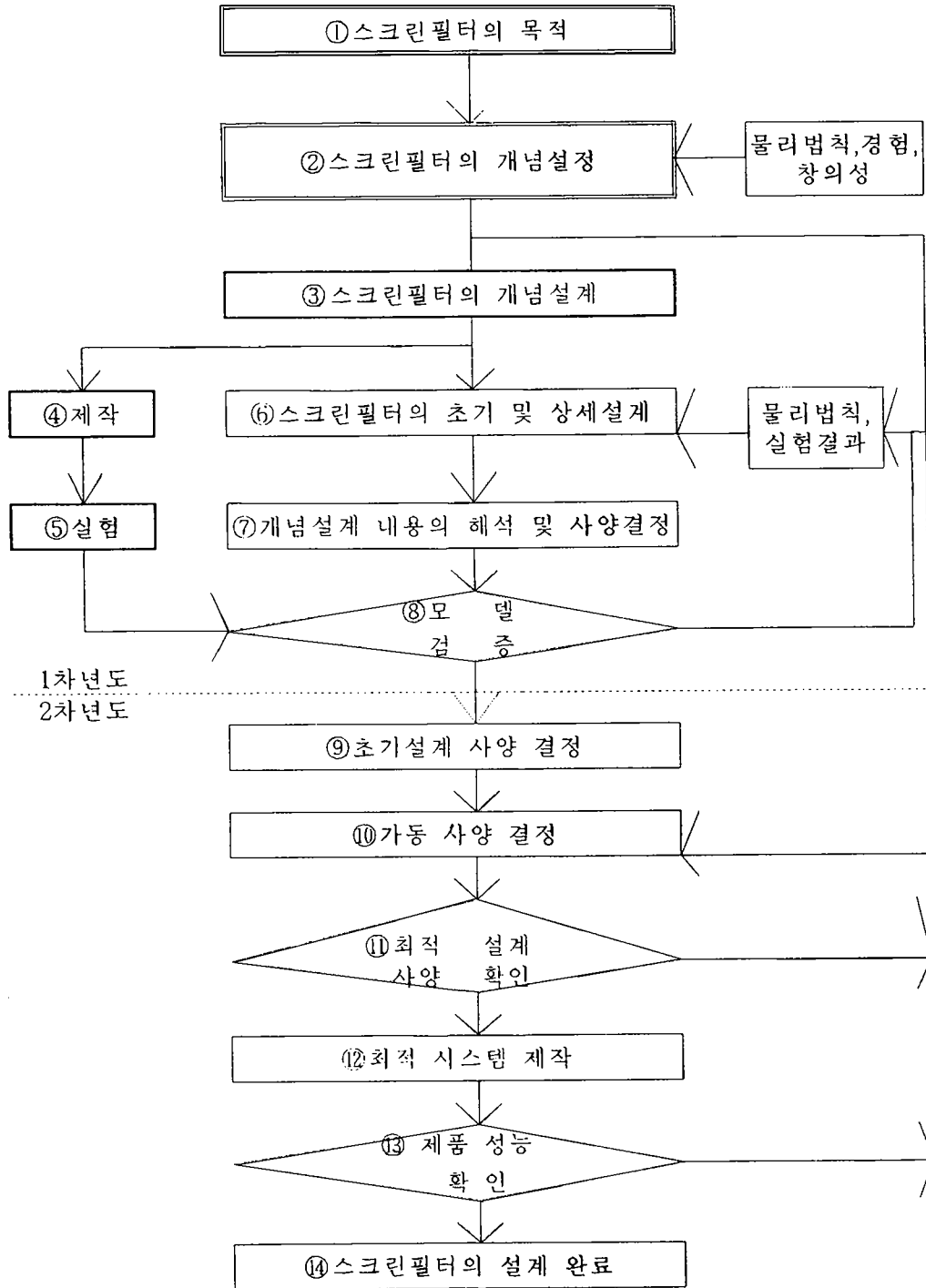


그림 2-2. 스크린 필터의 개념설계 흐름도

Fig. 2-2. Flow chart of concept design of screen filter

표 2-2. 실험용 스크린 필터의 모델 사양

Table 2-2. Specification of experimental screen filter

종 류 내 용	UV 장치	스크린 필터 장치	스크린 필터 + UV 장치	비고
길이(L)	1,000mm	좌동	1,700mm	
폭(B)	600mm	좌동	좌동	
깊이(D) 최대흘수(d)	600mm 400mm	좌동 300mm	좌동	
수조	PP	좌동	좌동	
원판	×	PE	좌동	
가이드	×	sus304	좌동	
슬러지받이	×	PVC	좌동	
필터 및 UV 사양	20W UV 램프 3개	sus316 120 $\mu$ m	20W UV 램프 3개 sus316 120 $\mu$ m	30 $\mu$ m, 60 $\mu$ m
노즐 에어실린더	×	5cm 일자노즐 20cm 에어실린더	좌동	
컴프레서	×	5kW의 1/10사용	좌동	
구동모터 원판회전속도	×	0.1kW AC 6rpm	좌동	
처리용량 (근사치)	-	0.4ton/min (0.1ton/min)	좌동	SS 40mg/l
현재 가동현황	20ton/day	좌동	좌동	



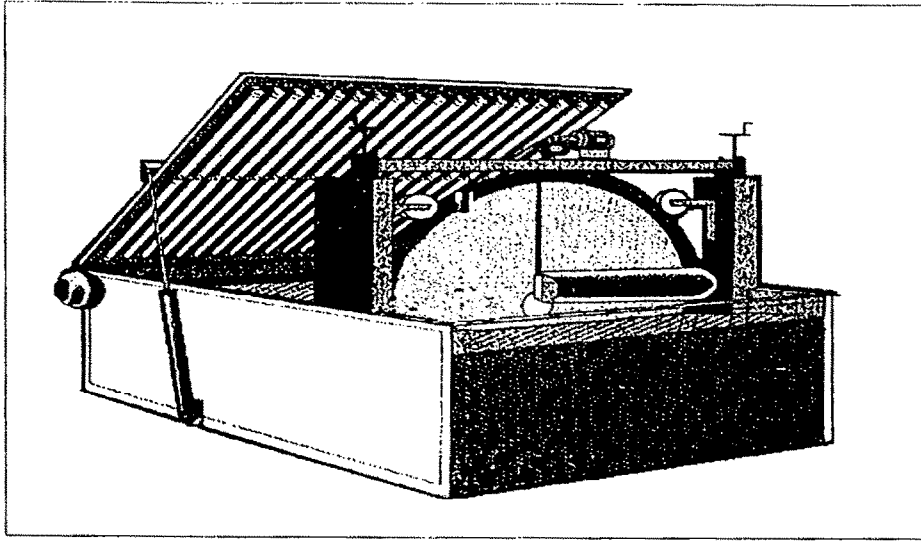


그림 2-3. 실험용 스크린필터의 3D

Fig. 2-3. 3D draw of experimental screen filter

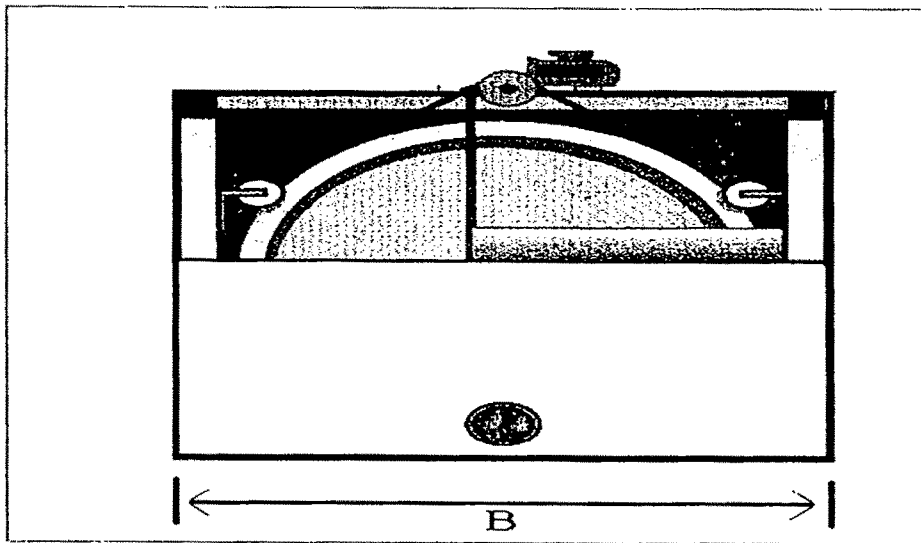


그림 2-4. 실험용 스크린필터의 정면도

Fig. 2-4. Front draw of experimental screen filter

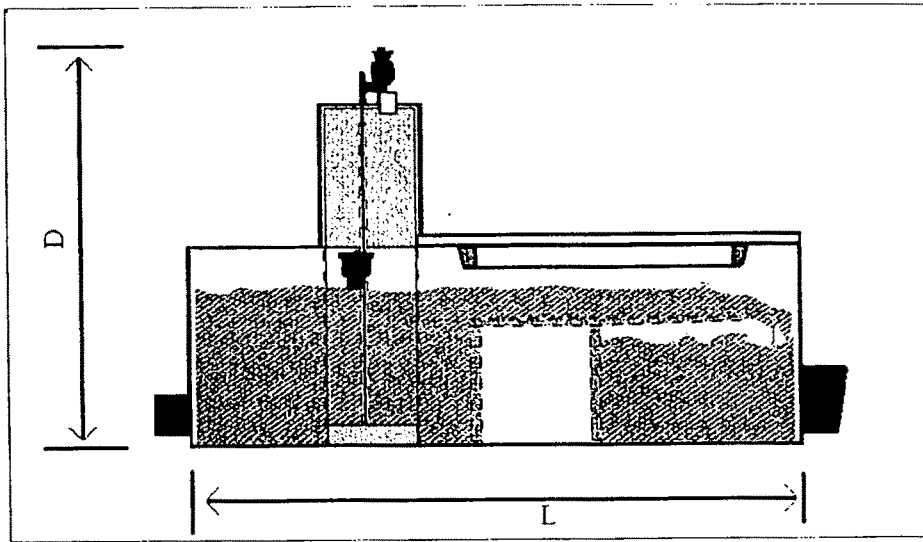


그림 2-5. 실험용 스크린필터의 측면도

Fig. 2-5. Side draw of experimental screen filter

### 3. 실험용 스크린 필터의 제작

스크린필터 외곽 케이스의 규격은 1000mm × 600mm × 500mm이상을 기준으로 하여 재질은 PP를 사용하고, 필터의 가이드는 원판 직경 500mm PE 망을 잡을 수 있는 스텐 재질을 기준으로 가능하다면, PE재질을 사용한다. 원판을 회전하기 위하여 0.1kW의 DC기어드모터와 회전속도를 변경하는 실험을 위하여 DC모터 컨트롤러를 사용하고, 회전을 위한 팬 벨트는 범용적인 실리콘 벨트를 사용하여 마찰에 의한 교체에 용이하도록 설계한다. 회전원판과 가이드 사이의 마찰에 의한 누수를 고려하여 동일한 재질(고강도 PE)을 사용한다. 망에 걸리는 고형물 슬러지는 공기노즐에 에어컴프레셔를 사용하고 필요에 따라 에어컴프레셔 대신에 0.2kW이상의 펌프를 이용하여 슬러지를 제거한다. 스크린 필터의 재질은 스위스의 SST Thal 60 $\mu$ m을 기준으로 실험을 수행한다. 또한, 스크린필터는 교체가 용이하도록 제작한다. 한편, UV 램프는 길이 600mm를 기준으로 출수 부분에 설치한다. 제작된 실험용 스크

린 필터는 사진 2-1에 보이는 제주대학교 해양연구소 양어장에 설치하여 실험을 수행하였다. 설치된 스크린 필터의 전경은 사진 2-2에 나타내었다.

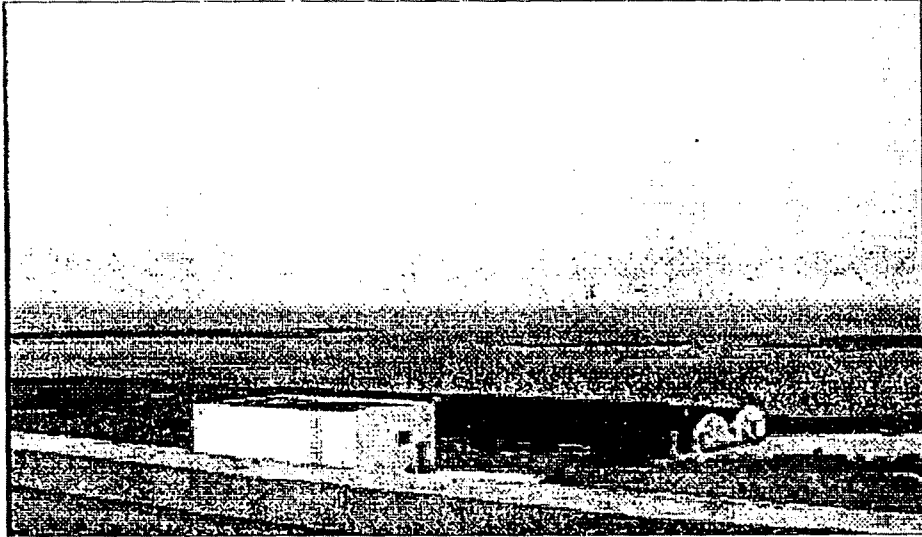


사진 2-1. 실험 장소

Photo. 2-1. Test site for experiment



사진 2-2. 스크린 필터의 설치

Photo 2-2. Establishment of screen filter

## 제2절 드럼 필터의 설계 및 제작

### 1. 사례조사

드럼 형태의 필터는 스웨덴 하이드로텍스사, 미국 아쿠아마나사, 캐나다 P.R.A.기업 등에서 개발하여 생산하고 있으며, 본 보고서에서는 스웨덴 하이드로텍스사의 드럼필터에 대하여 그림 2-6에 나타내었다. 또한, 각회사 제품의 일반적인 사양은 표 2-3에 나타내었지만, 이외에도 각국의 실정에 알맞는 다양한 제품이 개발되어 시판되고 있다.

표 2-3 드럼필터의 일반적인 사양

Table 2-3. Generally specification of drum filter

회사명 내용	노르웨이 HYDROTECH사	미국 AQUA-MANA 사	캐나다 P.R.A. Manufacturing사	비고
필터 재질	sus316	좌동	Polyester Fabric	
필터 세척	펌프를 이용한 담수 세척	브로와를 이용한 세척	펌프를 이용한 담수 세척	
슬러지이송	슬러지의 재처리 장치 필요	흡입식	슬러지 재처리 장치 필요	유수식인 경우
재료	sus 304, sus 316	sus, delrin,UHMW	sus, Rubber, PP	
수밀 방법	L자로 회전부와 고정부를 밀착	?	?	
수처리성능	D=600mm, L=600mm, 120 $\mu$ m망 ss25mg/l일 때 약 0.8 ton/min	D= 750mm, L=1,100mm, 120 $\mu$ m망 일 때 0.5-1.5ton/min 물소비량: 약 0.7ton/day	D=1,500mm, L=1,200mm, 120 $\mu$ m망 일 때 0.5-1.5 ton/min 물 소비량: 약 0.7ton/day	
현지가격	약 600만원 부터	약 5,000\$	조사중	펌프, 브로와 등 제외
주용도	유입수, 유축수, 순환수, 상하수도 용	순환여과 어종:틸라피아	순환여과의 목적 어종: 틸라피아	

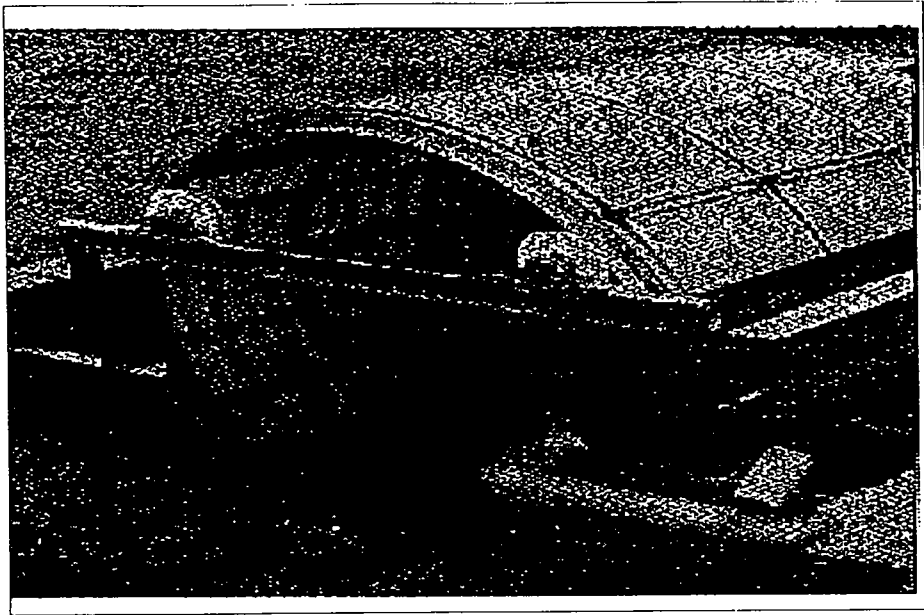


그림 2-6. 하이드로텍크사의 드럼필터

Fig. 2-6. Drum filter of Hydroteck Co.

## 2. 실험용 드럼 필터의 설계

### 가. 개념 설계

드럼필터의 처리용량은 0.3ton/min을 기준으로하여 기본사양(600mm×600mm×500mm)을 도출하고 구조물의 재질은 스테인레스를 기본으로 하여 PE등의 소재에 대하여 조사·연구하였다. 그리고, 필터의 재질은 국내에서 구입이 용이한 스텐망들 중 60 $\mu$ m을 기본으로 하여 다양한 크기의 망에 대하여 기계적인 제작성능을 조사한다. 드럼필터의 구성은 드럼, 필터, 기어드 모터, 콘트롤러, 슬러지 받이, 노즐, 솔레노이드 밸브, PLC, 컴프레서로 되어 있다.

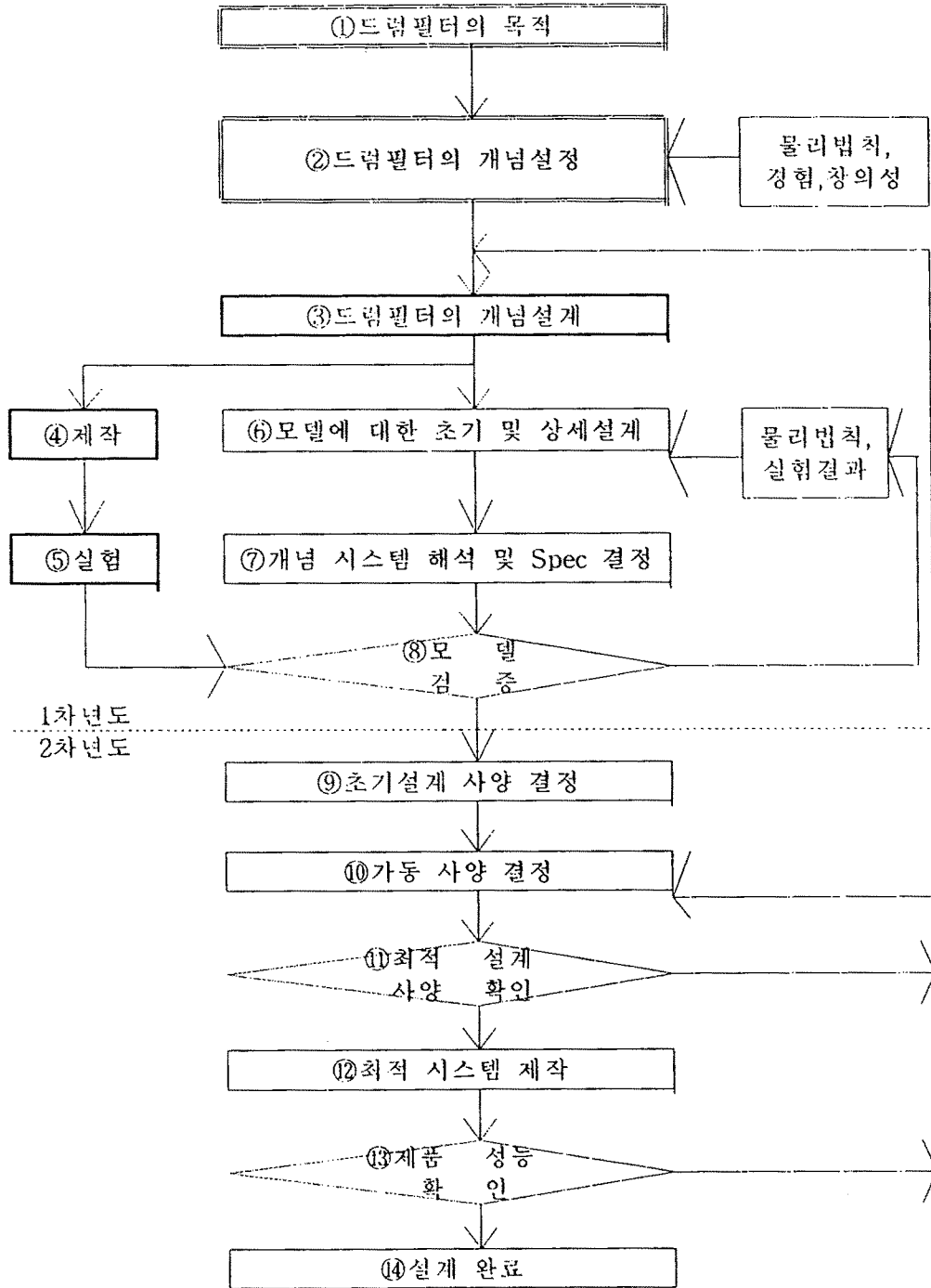


그림 2-7. 드럼 필터의 개념설계 흐름도

Fig. 2-7. Flow chart of concept design of drum filter

나. 초기 설계

드럼 필터의 개념설계 내용을 바탕으로 필터의 교체부분을 용이하게 설계하며, 드럼 롤러의 마모와 처짐을 방지하기 위하여 롤러의 위치 및 회전속도를 정밀 설계한다. 노즐은 드럼의 회전축방향을 향하도록 위치하며, 회전을 위한 기어드 모터는 0.1kW DC모터를 채용하고 가변 회전속도(기준 회전수는 6rpm)를 얻기 위하여 모터컨트롤러를 사용한다. 공기노즐의 분사량 및 분사시간은 솔레노이드 밸브에 의하여 통제되며 솔레노이드 밸브는 내구성이 있는 PLC를 프로그래밍하여 제어한다. 에어컴프레서는 7kW범용을 채용한다. 한편, 펌프를 이용한 청소가 가능하도록 겸용설계한다. 이상의 초기 설계 사양을 만족하는 실험용 드럼필터의 사시도, 정면도, 측면도를 그림 2-8~2-10에 나타내었으며, 실험용 드럼필터의 기본사양은 표 2-4에 나타내었다.

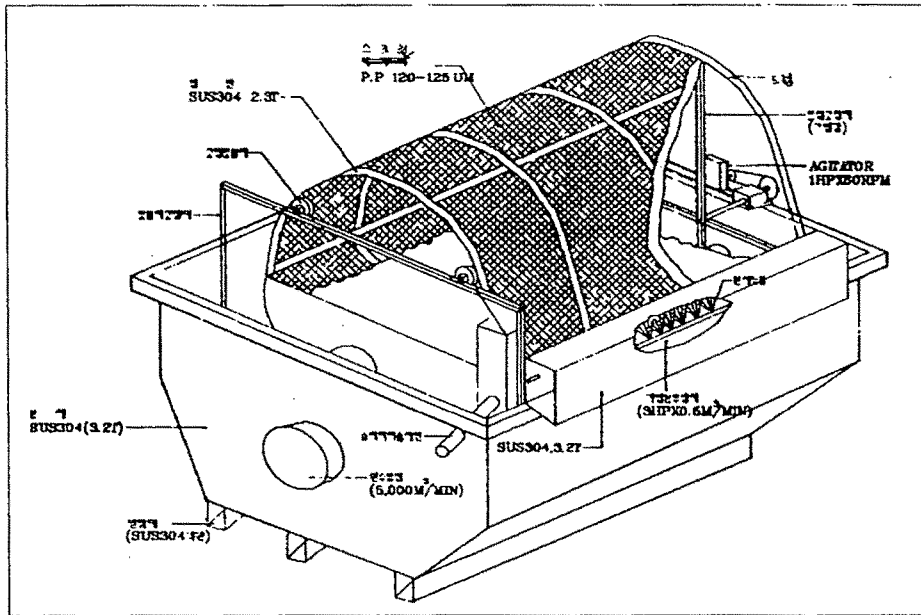


그림 2-8. 실험용 드럼 필터의 사시도

Fig. 2-8. 3D draw of experimental drum filter

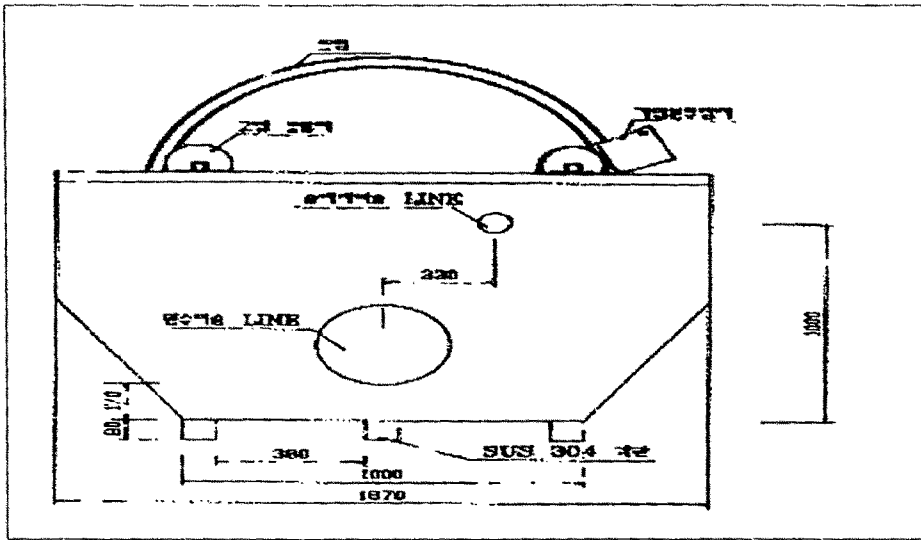


그림 2-9. 실험용 드럼 필터의 정면도

Fig. 2-9. Front draw of experimental drum filter

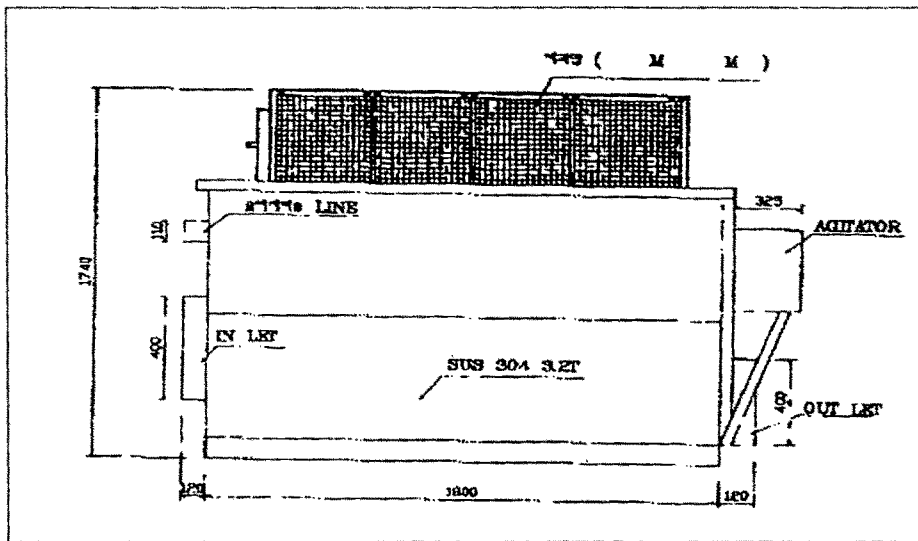


그림 2-10 실험용 드럼 필터의 측면도

Fig. 2-10. Side draw of experimental drum filter



표 2-4. 실험용 드럼필터의 기본사양

Table 2-4. Specification of experimental drum filter

종 류 내 용	V1.0	V1.1	V1.2	비 고
길이(L)	600mm	좌동	좌동	
폭(B)	600mm	좌동	좌동	
깊이(D) 최대흡수(d)	600mm 400mm	좌동	좌동	
제작 재료				
수조	일반철관	sus304, 투명아크릴	좌동	
회전판	sus304	좌동	좌동	
가이드	sus304	좌동	좌동	
슬러치받이	일반철관	sus304	sus304+PVC	
필터 사양	sus316 120 $\mu$ m	좌동	좌동	30 $\mu$ m, 60 $\mu$ m
노즐 에어실린더	5cm 일자노즐 50cm에어실린더	좌동	좌동	
컴프레서	5kW의 2/10사용	좌동	좌동	
구동모터 원판회전속도	0.1kW AC 6rpm	좌동	좌동	
처리 용량 (근사치)	0.8ton/min (0.1ton/min)	좌동	좌동	ss 25mg/l 1,000ton/day (120ton/day)
현재 가동 현황	20ton/day	좌동	좌동	
기타 내부수밀	철관+고장력스폰 지+철관	스텐관+고장력 스폰지+PE관	완전수밀	

### 3. 실험용 드럼 필터의 제작

초기설계 사양에 따라 V1.0, V1.1 그리고 V1.2를 제작하였으며, 본질에서는 제작시 특별한 사항에 대하여 서술하였다.

V1.0의 외곽구조는 일반철판을 사용하여 제작한 후 부식방지를 위한 방수페인팅을 하였다. V1.1과 V1.2는 SUS 304 가이드를 골격으로 사용하고 외곽판은 10mm 아크릴 판을 사용하였다. 1차년도 실험결과 FRP, 특히, PP판에 의한 외곽구조가 경제성에 유익할 것으로 생각하였다. V1.0과 V1.1은 회전드럼부와 고정 방수부분에서 정밀하게 제작이 안되거나 장시간 운영시 누수를 나타내어 성능이 저하되는 결과를 초래하였다. V1.2는 반폐쇄식으로 제작되어 누수의 문제를 해결할 수 있었다. V1.0, V1.1 그리고 V1.2 공히 에어노즐을 사용하여 스텐망에 부착된 고형물질을 제거하도록 초기에 제작하여 2차 슬러지 처리 문제를 해결하도록 설계, 제작, 실험하였다. 그러나 처리용량의 증대를 위해서는 펌프(물청소)와 노즐에 의한 청소 장치를 부착하여 실험을 수행한 결과 단순 비교치로 8배의 증가를 볼 수 있었다, 그러나 재처리의 문제를 갖고 있다.

제작에 관한 사진을 사진 2-3~2-5에 나타내었으며, 실험의 설치 전경은 사진 2-6에 나타내었다.

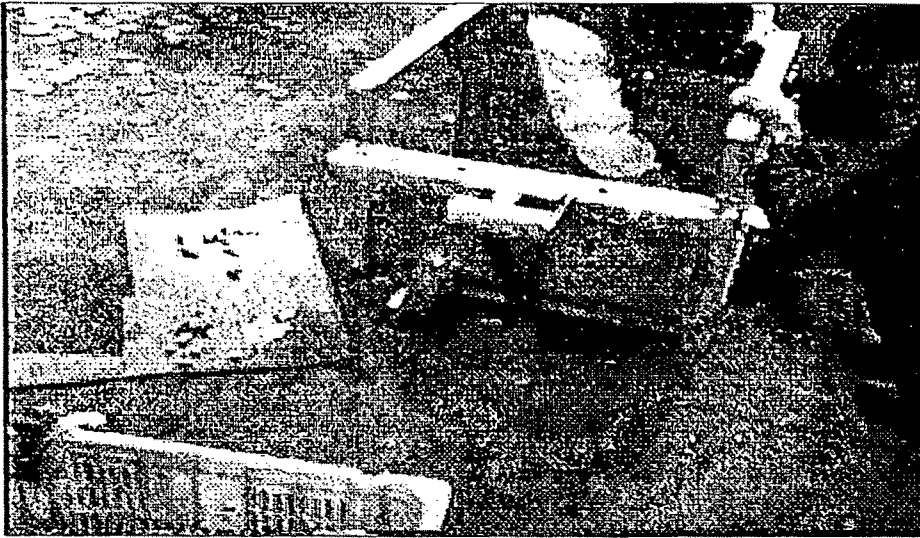


사진 2-3. 외곽수조의 제작

Fig. 2-3. Construction of drum filter guide

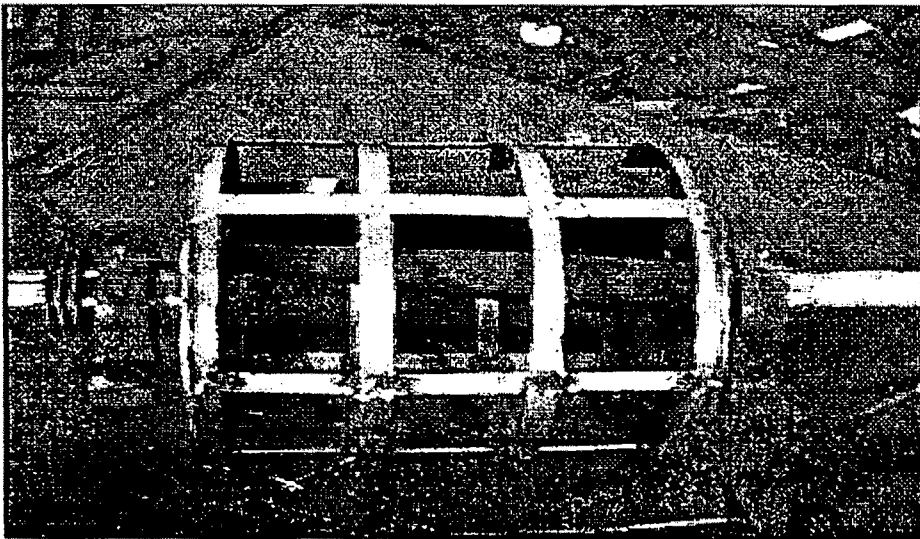


사진 2-4. 드럼 회전부의 제작

Photo. 2-4 Construction of drum rotation part

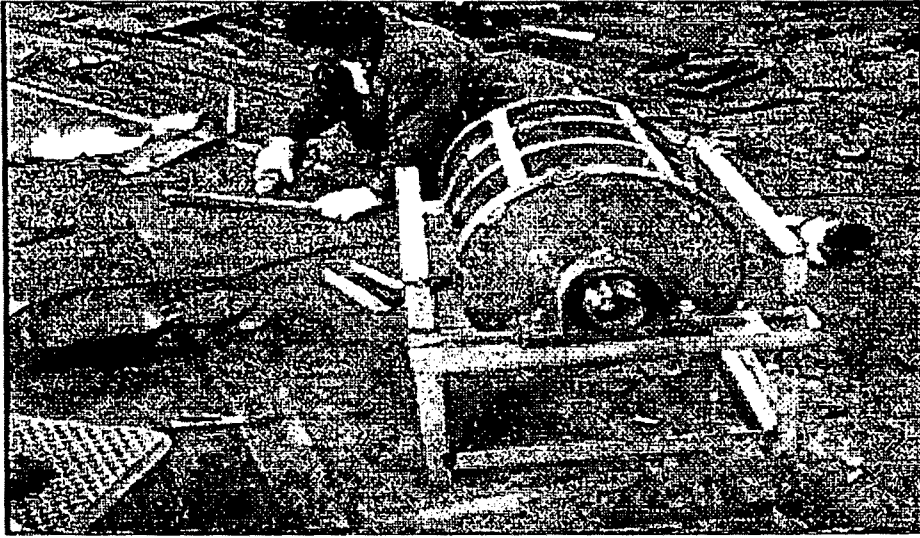


사진 2-5. 실험용 드럼 필터의 조립 과정

Photo 2-5. Assembly procedure of experimental drum filter

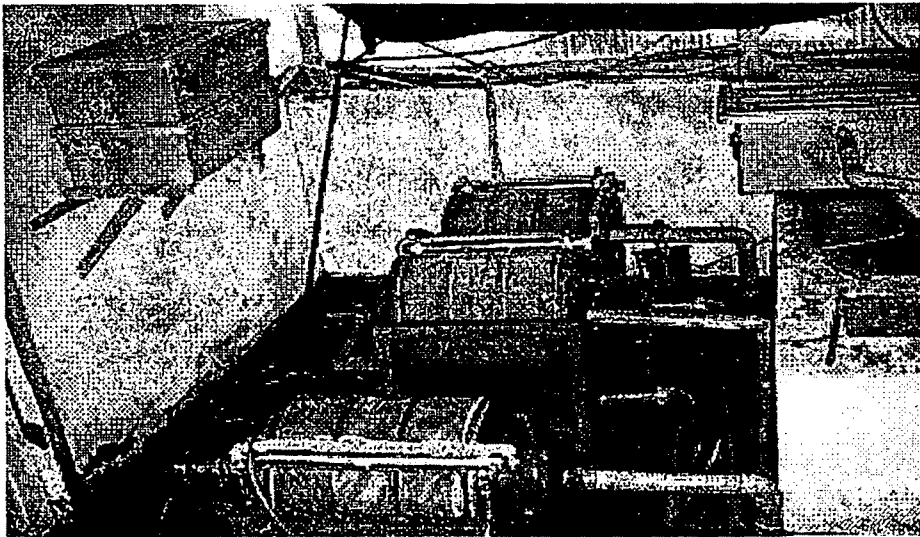


사진 2-6. 실험용 드럼 필터의 설치

Photo. 2-6. Establishment of experimental drum filter

### 제3절 현장용 필터의 제작 및 자동화 운용

동일 규모의 스크린필터는 드럼필터와 비교하여 수처리 용량에서 현저한 차이를 보이고 있고, 이러한 이유는 다음 자료에 의해서도 알 수 있었다.

- . 실험용 스크린필터의 실효 전개면적 :  $0.1589\text{m}^2$ (직경 : 0.45m)
- . 실험용 드럼필터의 실효 전개면적 :  $0.6\text{m}^2$  (직경 : 0.45m, 폭 : 0.5m)

1차년도의 실험을 통하여 스크린필터와 드럼필터의 기계전기적인 문제점은 다음과 같다.

- . 스텐와 염분에 의한 부식성 및 에어컴프레셔의 용량 한계
- . 고가의 노즐(일본제품) 및 슬러치의 수거 방법
- . 망의 처짐과 마찰로 인한 내구성 저하

한편, 1차년도의 연구결과는 양어장 배출수의 문제점과 해결에 대한 필요성, 염분과 재질의 내구성 그리고 부유모래가 필터에 밀착될 경우 고압세척이 필요성에 대하여 재인식할 수 있었고, 표 2-5와 같은 개념적인 사양을 산출하였다.

표 2-5. 현장 실험용 드럼필터의 초기설계 사양  
Table 2-5. Data of basic design of real test drum filter

종 류 치 수	L=2m			비 고
	$\pi D=4\text{m}$	$\pi D=6\text{m}$	$\pi D=8\text{m}$	
직경(D)	1.27m	1.91m	2.546m	
망의 수 (0.5x0.5)	32	48	64	
전개면적	$8\text{m}^2$	$12\text{m}^2$	$16\text{m}^2$	
호의 각	$45^\circ$	$30^\circ$	$22.5^\circ$	
5cm 노즐의 수	40개	40개	40개	
처리용량	약 15,000ton/day	약 22,500ton/day	약 30,000ton/day	ss 25mg/l mesh=120 $\mu\text{m}$
*수면적 500평기준		2대		

이와 같은 연구결과를 바탕으로 신뢰성이 있는 현장실험용 필터를 개발하기 위하여 다음과 같은 Item에 연구를 집중하였다.

- . 부식에 따른 외곽 및 기계 재료의 선정
- . 노즐의 사용 간격 및 슬러지의 량 산출, 망의 급형 및 부착 방법
- . 슬러지의 수거, 부스러짐 방지 및 처리 방법
- . 물세척에 따른 2차적인 슬러지 처리 방법

이상을 바탕으로 1차적인 외곽 급형을 설계할 수 있었고, 다음과 같은 Item에 대한 연구를 통하여 상업용 드럼필터를 개발할 수 있었다.

- . 망의 급형 설계 및 제작, 드럼의 제작, 재료 내용 및 가격 1차산출
- . 가공과 급형의 내용과 가격 산출 및 제작 공정 1차설계

### 1. 현장용 필터의 제작

#### 가. 스크린필터용 드럼필터의 제작

목표로하는 상업용 드럼필터의 제작전에 아래의 표에 나와 있는 사양에 따라 사진과 같이 유입수를 처리하기 위한 스크린 필터용 드럼필터를 제작하여 시험운전을 수행하였다.

표 2-6. 스크린용 드럼필터의 사양

Table 2-6. Specification of drum filter used for screen filter

Spec	치수(mm)	비고
길이(L)	800mm	
폭(B)	800mm	
깊이(D)	800mm	
사각수조	PE재질	
드럼원판	PE재질	
필터	스텐(60 $\mu$ m)	
모터	0.1kW DC	
UV	없음	
처리용량	약 3000ton/day	

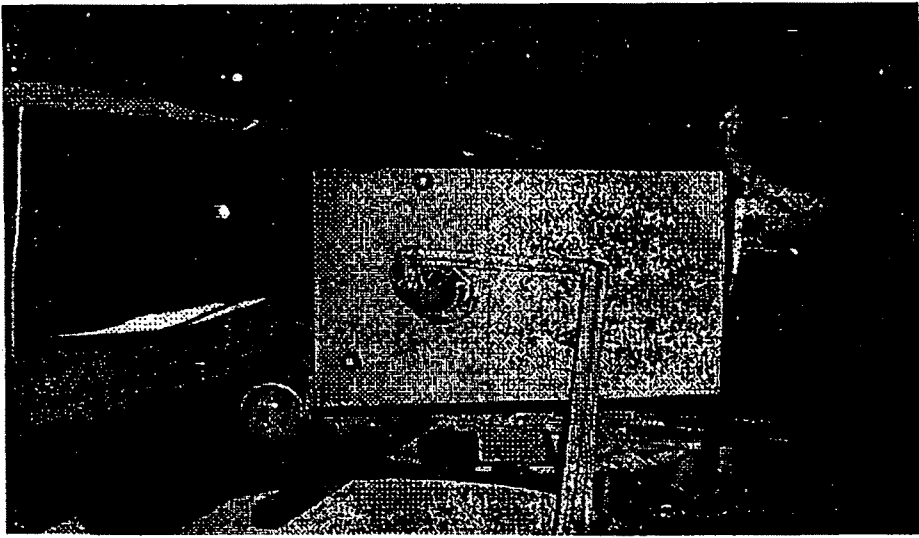


사진 2-7. 스크린용 드럼 필터의 유입 유출수 부분

Photo. 2-7. Inlet and outlet of drum filter used for screen filter

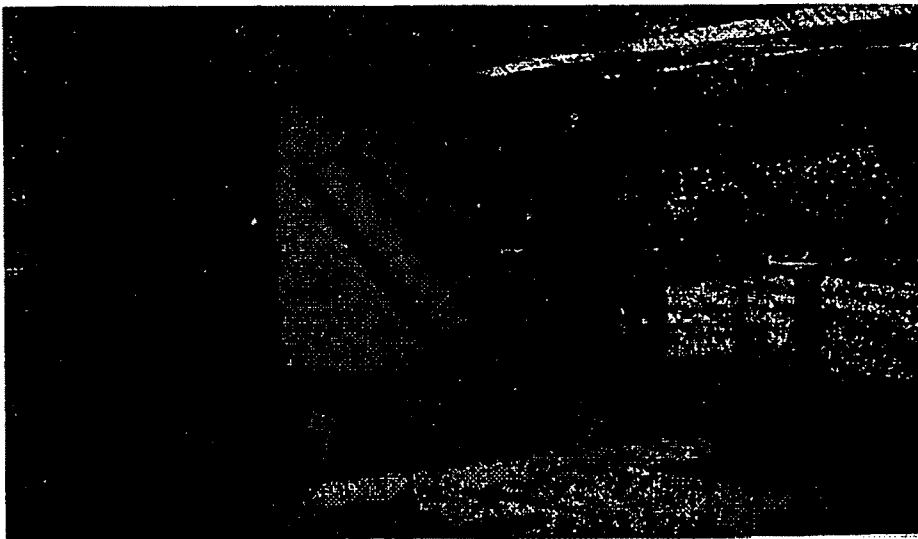


사진 2-8. 스크린용 드럼 필터의 슬러지 이송부분

Photo. 2-8. Sludge transport part of drum filter used for screen filter

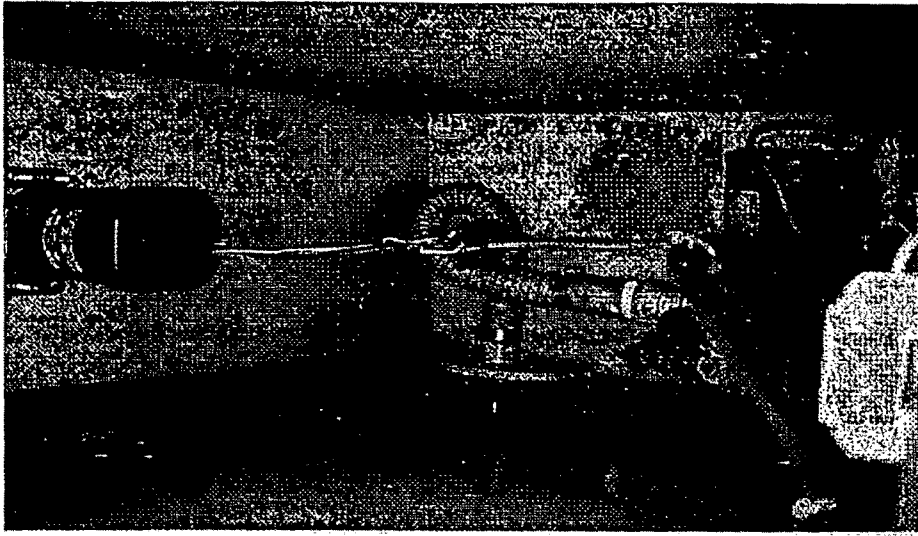


사진 2-9. 스크용 드럼 필터의 기계실 내부

Photo. 2-9. Mechanical room of drum filter used for screen filter

나. 드럼 필터의 제작

현장용 대형 필터(V3.5)의 기본 사양 및 외곽 금형에 관한 사항은 다음과 같다.

표 2-7. 현장용 드럼 필터 V3.5의 사양

Table 2-7. Specification of drum filter V3.5

Spec	치수(mm)	비고
길이(L)	2000mm	드럼자체
폭(B)	2000mm	드럼자체
깊이(D)	2000mm	드럼자체
사각수조	FRP재질	
드럼원관	PE재질	
필터	스텐(120 $\mu$ m)	부착용 필터망
모터	0.2kW DC	
UV	선택사양	
처리용량	약 2,5000ton/day	200~500평 수면적 처리



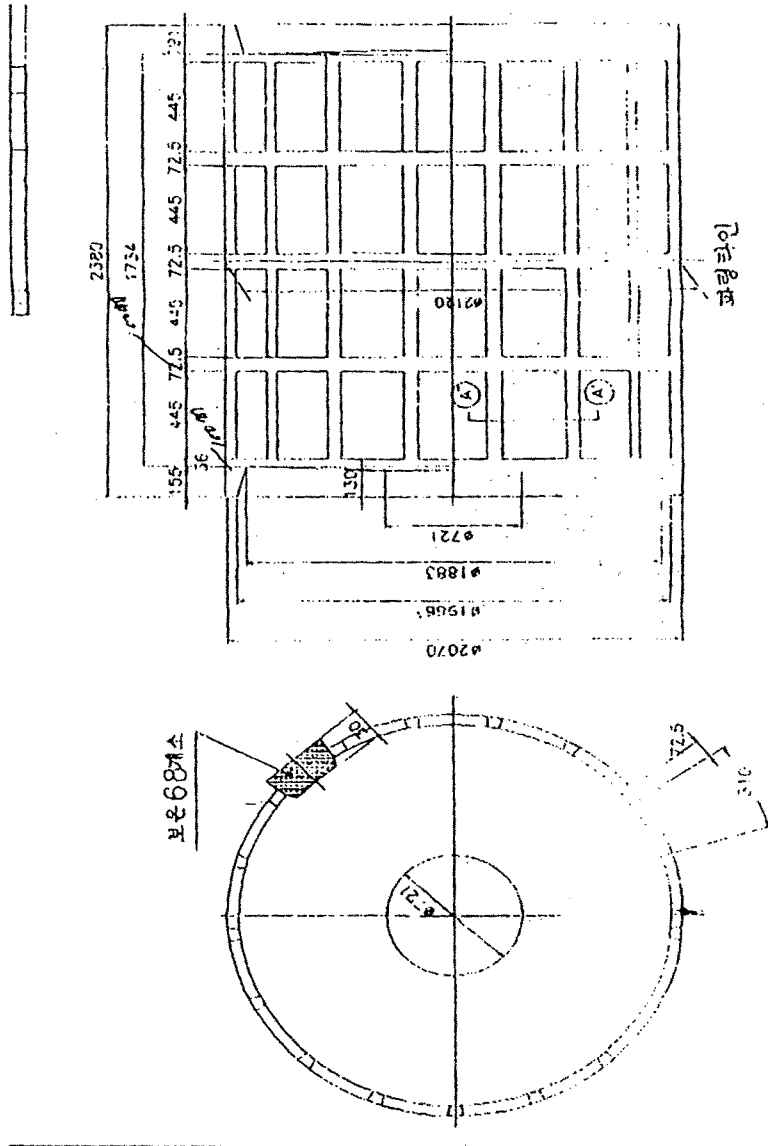


그림 2-11. 현장용 드럼필터의 외곽 금형 도면  
 Fig. 2-11. Drum basic shape of drum filter V3.5

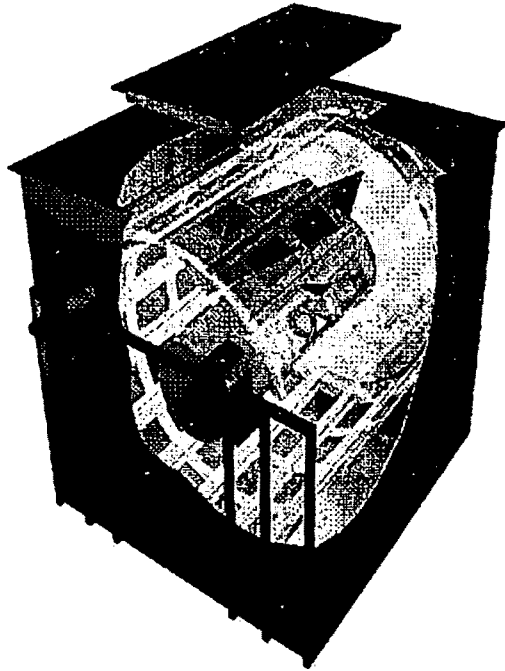


그림 2-12. 현장용 드럼 필터의 사시도  
 Fig. 2-12. 3D draw of drum filter V3.5

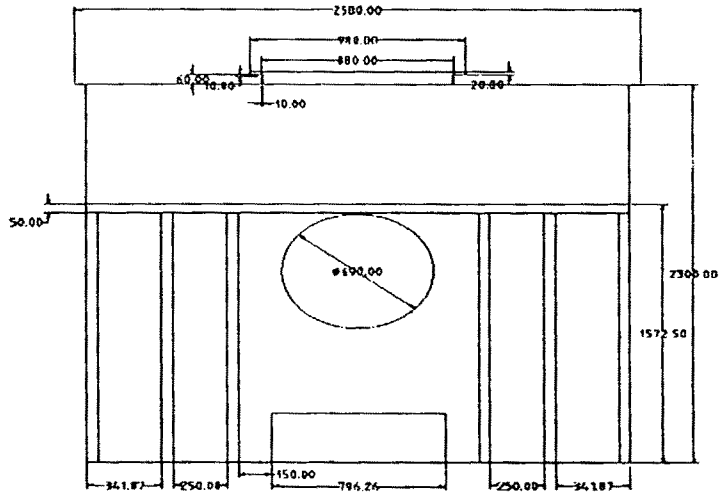


그림 2-13. 현장용 드럼 필터의 정면도  
 Fig. 2-13. Front draw of drum filter V3.5

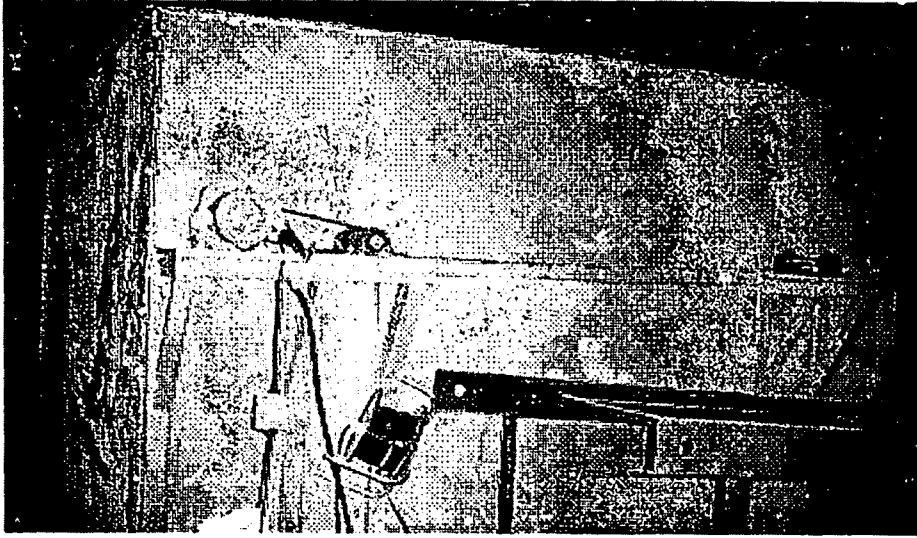


사진 2-10. 현장용 드럼필터 V3.5

Photo. 2-10. Drum of drum filter V3.5

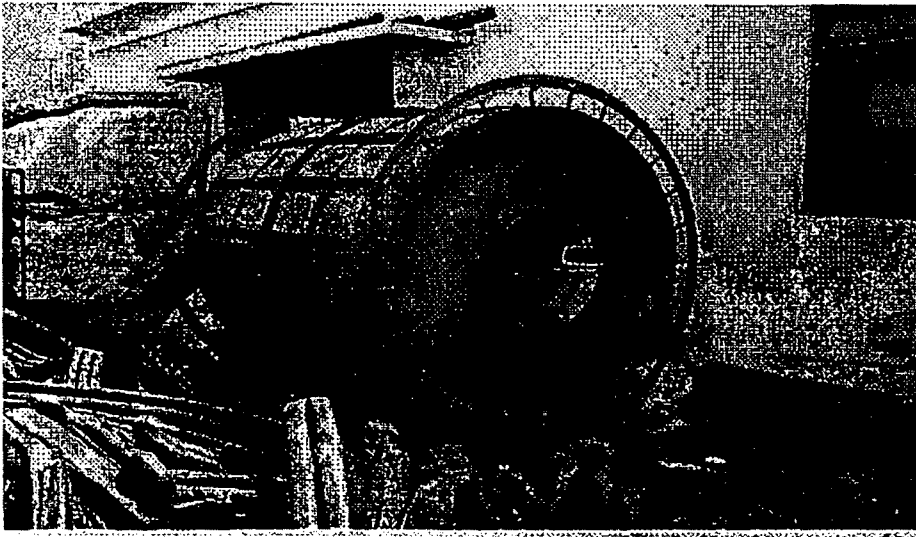


사진 2-11. 현장용 드럼필터 V3.5의 외곽 금형

Photo. 2-11. Guide tank of drum filter V3.5

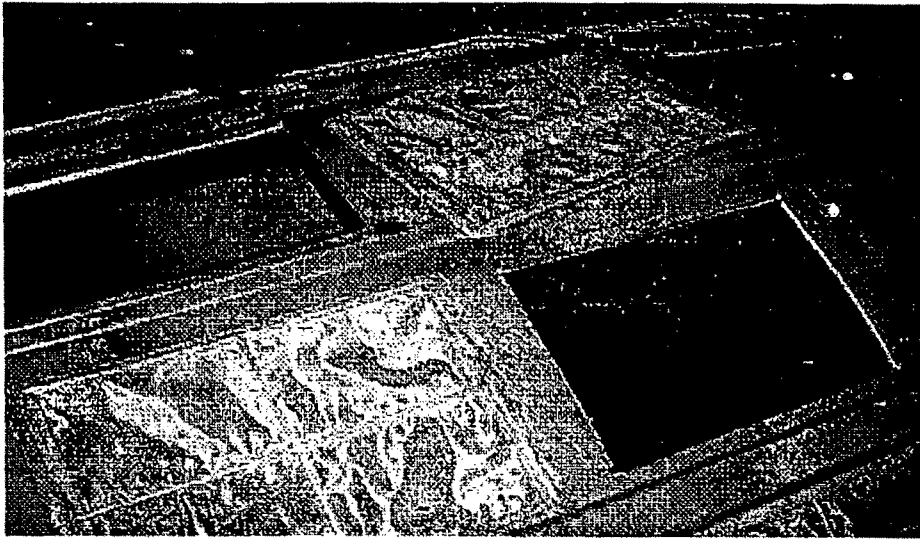


사진 2-12. 현장용 드럼필터의 망

Photo. 2-12. Net of drum filter V3.5

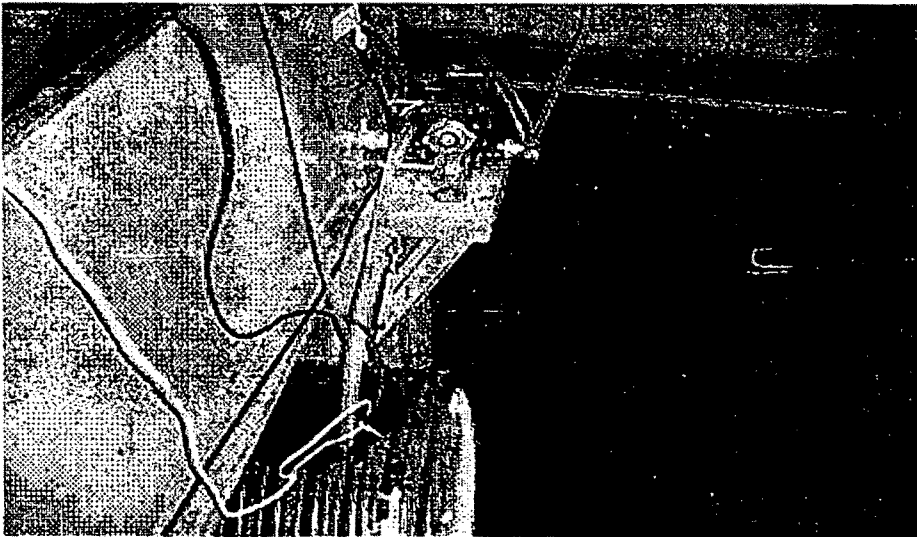


사진 2-13 현장용 드럼필터의 롤러

Photo. 2-13. Roller of drum filter V3.5

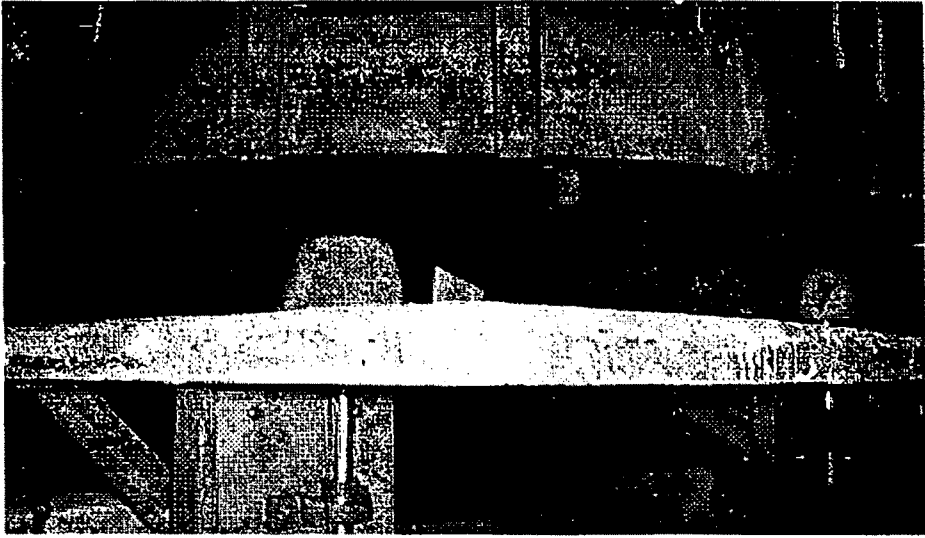


사진 2-14. 현장용 드럼필터의 회전부

Photo. 2-14. Rotation part of drum filter V3.5

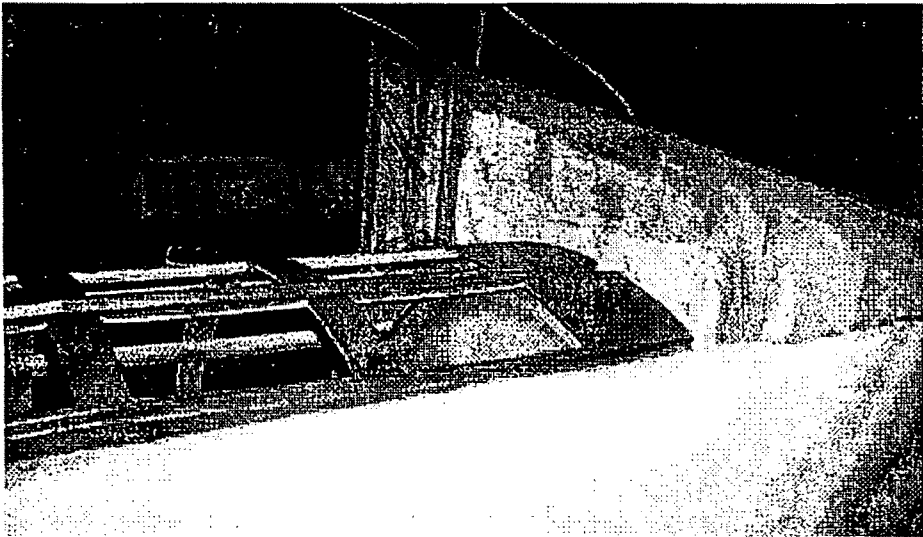


사진 2-15 현장용 드럼 필터의 조립과정

Photo. 2-15. Assembly procedure of drum filter V3.5

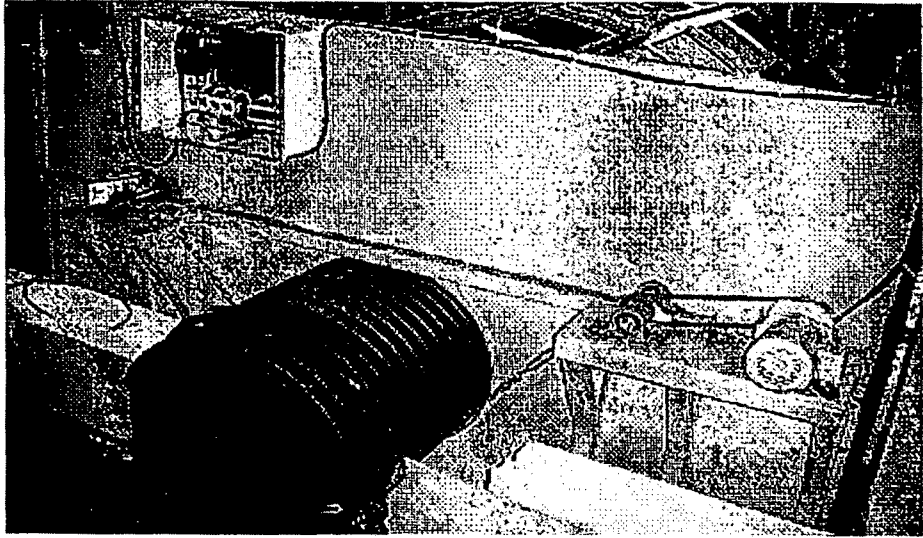


사진 2-16. 현장용 드럼 필터의 슬러지 받이 및 이송 장치

Photo. 2-16. Sludge tank and transport device of drum filter V3.5

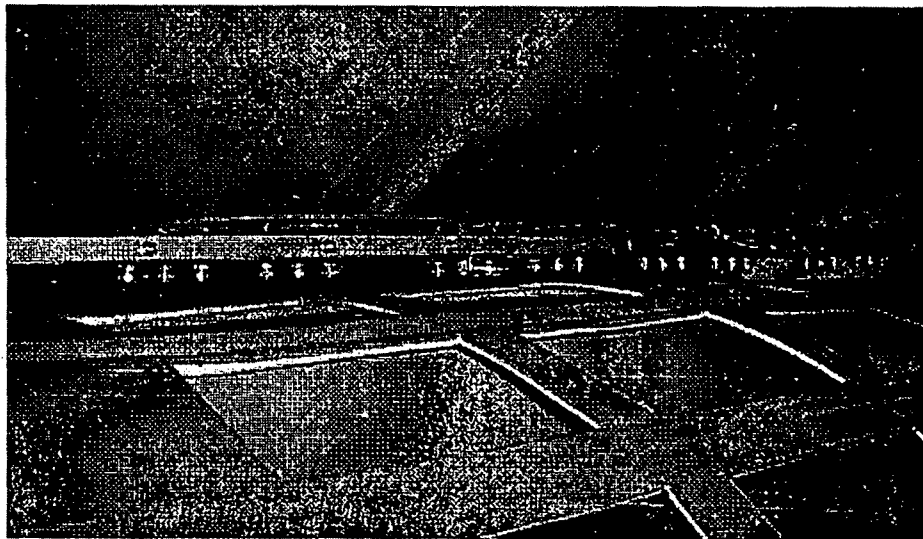


그림 2-17. 현장용 드럼 필터의 노즐

Photo. 2-17. Nozzle of drum filter V3.5

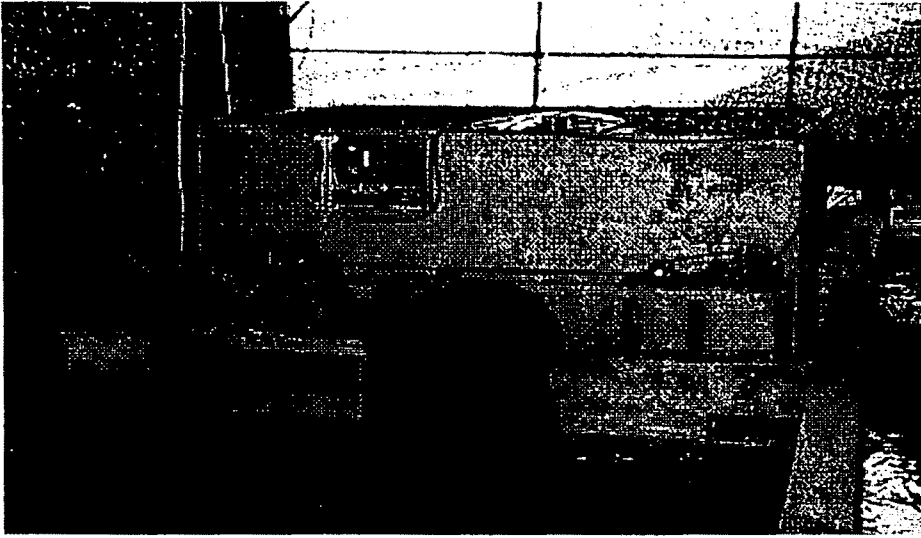


사진 2-18. 현장용 드럼 필터의 설치

Photo. 2-18. Establishment of drum filter V3.5

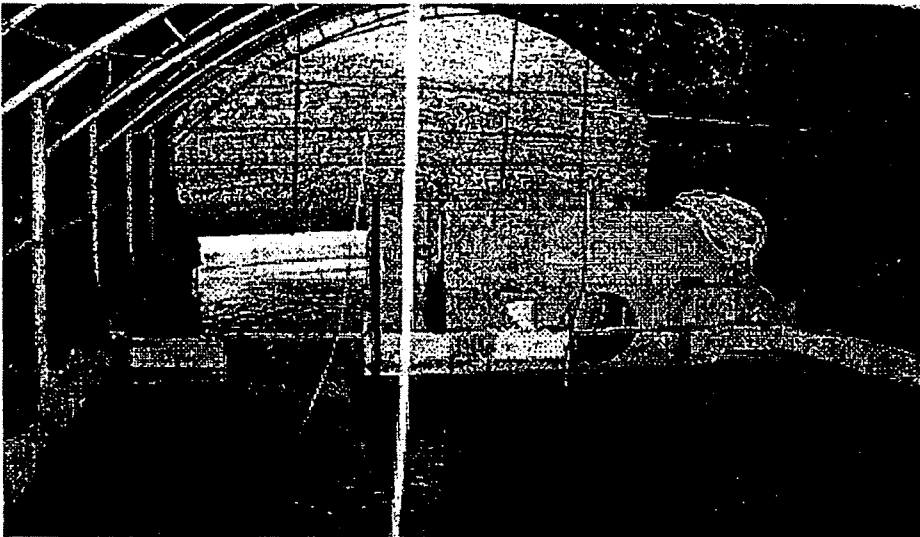


사진 2-19. 현장용 드럼 필터의 운행

Photo. 2-19. Operating of drum filter V3.5

## 2. 필터의 자동화

현장용에서 사용 가능한 드럼 필터 V3.5의 자동화에 관한 기본 사양을 표 2-8에 나타내었다.

표 2-8 현장용 드럼 필터 V3.5의 자동화 사양

Table 2-8. Specification for automatic of drum filter V3.5

Item	작동 시기	비고
노즐분사	3회/h 각 1분간(드럼 1rpm)	PLC 이용 펌프 이용
	반폐쇄 수위에 접근시 float 스위치 이용 노즐 분사	
	reset 이용 수시청소	
슬러지 이송	슬러지 hall에 float 스위치 이용 슬러지 이송	

표 2-8과 같이 노즐분사와 슬러지 이송이 가능한 자동화 시스템을 구축하였다. 기존의 육상 양어장인 경우 1일 2회 사료를 투여한 후 수조의 스탠드를 뽑아서 수조의 물을 일시에 방출하므로써 순간적으로 상당히 큰 처리용량을 요하고 있다. 이에 따라 스텐망의 청소와 슬러지 이송이 순간적으로 간단히 이루어지지 않을 경우 시스템은 Overflow할 수밖에 없게 된다. 이러한 경우에 대처하기 위하여 overflow의 2가지 요인 즉, 스텐 망이 막힘으로서 반폐쇄 수위를 넘을 경우, 과도한 재처리 슬러지 유입으로 슬러지 hall이 넘칠 경우를 상정하여 자동화 장치를 설계하였다. 한편, 필요에 따라 시스템의 작동에 대한 모든 정보는 PLC가 갖고 있으므로써 양어장의 수처리에 대한 자료를 일괄적으로 수집할 수 있다.



## 제3장 시스템의 설치 및 운영

제2장에서는 각각의 설계에 따라 스크린 필터, UV 및 드림 필터가 제작·완료되었다. 즉 1차년도에는 실험용 시스템, 2차년도에는 현장용 시스템이 제작완료 되어 각각 양식장에 설치하여 시험·운영하였다.

### 제1절 실험용 시스템의 설치 및 운영

#### 1. 시스템의 설치

제작·완료된 스크린 및 드림 필터는 1996년 5월에 제주도 함덕리에 위치한 제주대학교 해양연구소의 4개의 원형수조(용량 1톤)에 각각 설치하여 운영하였다(사진 3-1). 본 시스템의 구성은 그림 3-1과 같이 연안 해수를 끌어올려 각 수조에 해수를 공급하기 위한 펌프, 유입수를 처리하기 위한 UV 및 스크린 필터, 사육조(용량 1톤), 산소 공급기, 유출수를 처리하기 위한 드림 필터로 되어 있다.

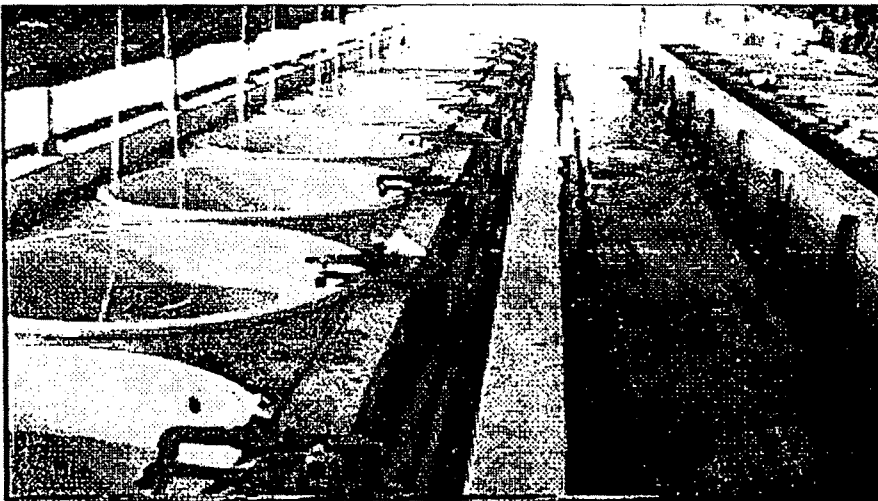


사진 3-1. 시스템의 설치 장소  
Photo 3-1. Establishment place of systems

실험은 스크린 필터, UV 및 드럼 필터를 설치하지 않은 기존의 육상수 조식 양식방법을 대조구로 하였고, 스크린 필터(망크기, 60  $\mu\text{m}$ ), UV 및 드럼 필터(망크기, 90  $\mu\text{m}$ )의 설치에 따라 3실험구를 설정하였다. 즉, 대조구, 유입수에 각각 UV만을 설치한 실험구, 스크린 필터만을 설치한 실험구, UV와 스크린 필터를 설치한 실험구를 설정하였다. 배출수는 대조구를 제외한 3실험구에 대하여 같은 크기의 드럼 필터를 각각 설치하여 운행하였다.

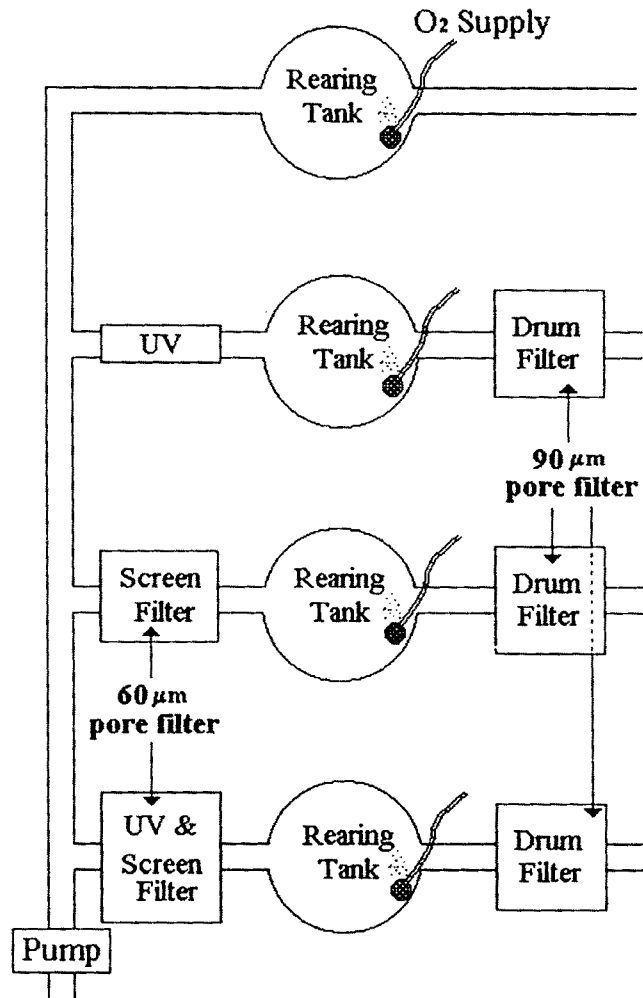


그림 3-1. 시스템을 사용한 실험 조건

Fig. 3-1. Experimental conditions used to systems

## 2. 시스템의 운행

4개의 수조에 대하여 상기의 시스템을 각각 설치하여 실험조건을 설정하였다. 모든 수조는 해수를 완전히 비운 상태에서 깨끗이 청소하여 이틀 동안 건조·살균하였다. 이틀 후 각 수조가 완전히 건조되는 것을 확인하고 난 다음, 시스템을 가동시켰다. 모든 시스템이 정상적으로 가동되는 것을 확인한 다음, 해수를 유입시켜 일주일 동안 예비적으로 운행하고 나서 넙치 치어를 수용하였다. 상기의 실험용 시스템의 운행에 따라 유입수의 수량은 전 실험구에 있어 50l/min로 조절하였다.

## 3. 시험어의 수용

넙치 치어는 1차년도에 협력업체인 태성수산으로부터 분양받아, 외관상 질병의 증세를 나타내지 않은 건강한 개체들을 선별하여 각 실험구별 100미씩(체장 : 14.6~17.2cm, 체중 : 35.8~55.4g) 수용하였다. 시험어는 운반도중에 발생하는 스트레스를 생각하여 먹이는 시험어를 수용한 다음 날부터 하루 3회에 걸쳐 시판용 부상 사료를 어체중 2% 기준으로 각 실험구에 공급하였다.

# 제2절 현장용 시스템의 설치 및 운행

## 1. 시스템의 설치

1차년도의 실험용 스크린 필터의 설치·운영 결과, 스크린 필터는 드럼 필터에 비해 제작이 용이할 것으로 예상되었으나, 다음과 같은 문제점이 있었다.

회전을 위한 벨트의 재료 개발 필요

- . 2, 3개월 사용후 교체되어야 함,
- . PE재질의 외국산 망이 필요
- . 같은 크기의 드럼필터와 비교하여 처리용량이 작음.

이상의 이유에 의해 양식장의 유입수에 스크린 필터를 설치하여 운영하는 것은 소규모의 양식장의 치어기에는 유용할 것으로 생각되나, 현재 성행되고 있는 육상 수조식 양식장의 일반적인 규모에는 적합하지 않을 것으로 생각되었다. 따라서, 유입수의 처를 효율적으로 하기 위하여 2차년도에는 스크린 필터용 드럼 필터를 제작하여 운행하였다.

제작된 현장용 시스템은 협력업체의 양식장에 설치·운영하였다. 그림 3-2와 같이 수면적 50평규모의 4개의 수조중에 3개를 사용하여 유입수에 대해서는 각각 스크린 필터용 드럼 필터(망크기, 60 $\mu$ m) 및 UV의 설치에 따라 대조구를 포함하여 3실험구를 설정하였다. 즉, 대조구, 스크린 필터용 드럼 필터 설치구 및 스크린 필터용 드럼 필터+UV의 설치구의 3실험구를 설정하였다. 또한, 현장용 필터를 설치하기 위한 협력업체의 양식장은 배출수호가 하나이며, 전 수면적이 약 200평 규모이다. 따라서, 200평 규모의 배출수를 처리하기 위해 제작된 드럼 필터는 양식장의 모든 배출수를 처리가 가능하기 때문에 1개를 설치·운영하였다.

## 2. 시스템의 운행

3개의 수조에 대하여 상기의 시스템을 각각 설치하여 실험조건을 설정하였다. 협력업체의 양식장은 이미 수조 1개당 약 일만 마리의 치어가 양식중에 있었다. 따라서, 본 시스템은 1차년도의 실험운행 결과로부터 모든 문제점을 보완하고 수정하여 양식장에 설치와 동시에 가동시켰다. 또한, 현장용 시스템의 운행에 따라 유입수의 수량은 전 실험구에 있어 0.1 ton/min로 조절하였다.

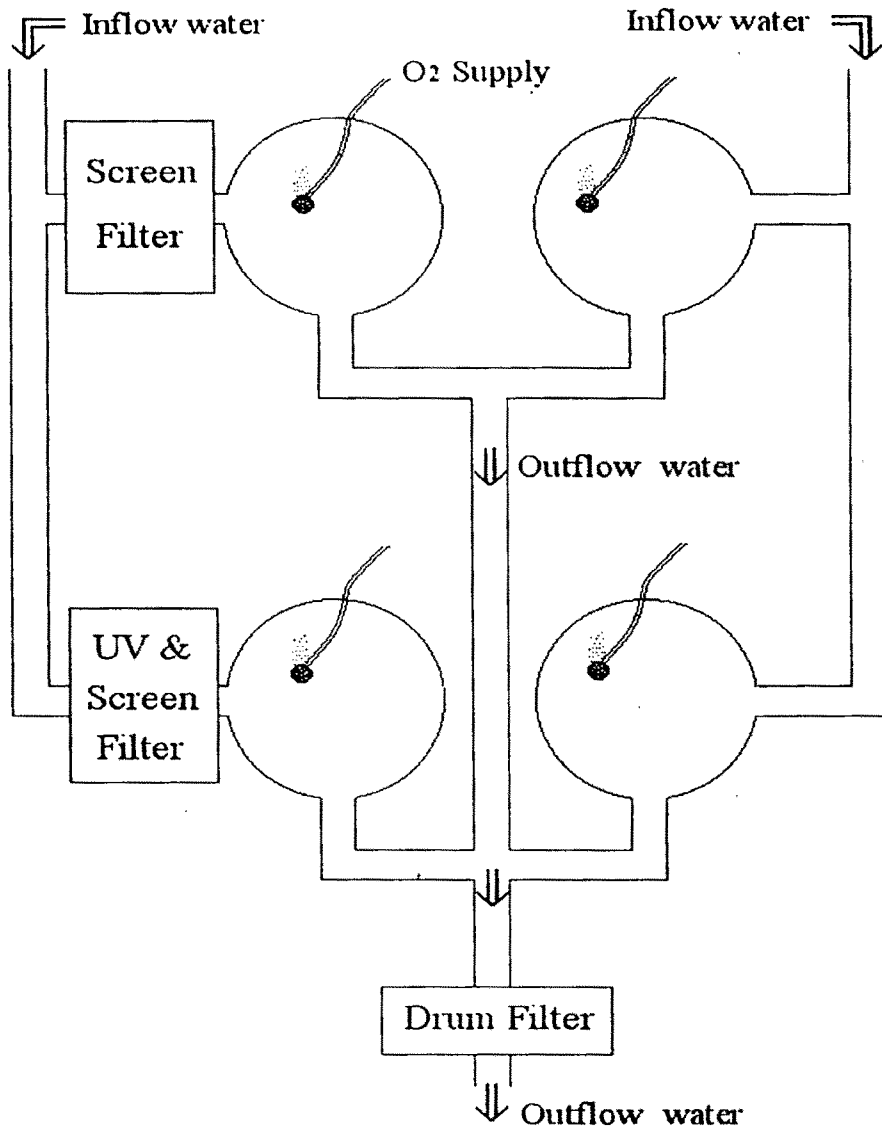


그림 3-2. 현장용 시스템을 사용한 실험 조건

Fig. 3-2. Experimental conditions used to systems V3.5

### 3. 시험어의 수용

이미 양식중인 넙치 치어(체장 : 12.6~18.2cm, 체중 : 29.3~67.2g - 각 수조당 100마리에 대한 무작위 작출 조사 결과)를 수용하고 있었다.

## 제4장 시스템의 운영에 따른 환경 평가

이 분야는 설계에 따라 제작된 스크린 필터를 양식장의 유입수에 설치하고, 드림 필터는 양식장의 배출수에 설치하여 유입수, 사육수 및 배출수에 대한 정화효과를 목적으로 하였다. 1차년도에는 실험용 필터, 2차년도에는 현장에서 실질적으로 사용할 수 있는 현장용 필터를 제작하여 시험·운영하면서 환경 평가를 하였다.

### 제1절 평가항목 및 방법

#### 1. 평가 항목

평가항목은 수산 용수의 주요 평가 요인과 세균에 대하여 실시하였다. 즉, 수온, 염분, pH, 용존산소(DO), 화학적 산소요구량(COD), 질산성 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), 아질산성 질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), 암모니아성 질소( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), 인산성 인( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), 부유물질(SS), 생균수, 비브리오패균수에 대하여 측정하였다.

현재, 기존의 육상 수조식 양식장은 일정기간마다 사육수조를 청소하거나 배출수의 오물을 제거하면서 환경을 관리하고 있다. 그러나, 실험용 필터의 설치에 의한 본 실험에서는 대조구를 포함한 모든 실험구의 사육수조를 실험 기간동안 청소를 하지 않은 상태에서 장치를 운영하였다. 한편, 현장용 필터는 현재 사업중인 양식장에 설치한 관계로 15일 간격으로 청소를 하면서 운영하였다. 또한, 측정은 실험용 필터의 설치 및 현장용 필터의 설치에 의하여 유입수, 사육수 및 배출수에 대하여 5개월간 약 15일 간격으로 실시하였다. 필터설치에 의한 환경평가는 유입수에 대해서는 스크린 필터와 UV를 통과하기 전의 수질(Influent water, 그림 4-1의 a<sub>1</sub>~a<sub>4</sub>)과 통과후의 수질(Effluent water, 그림 4-1의 b<sub>1</sub>~b<sub>3</sub>), 유출수에 대해서는 드림 필터를 통과

하기 전의 수질(Influent water, 그림 4-1의  $d_1 \sim b_4$ )과 통과 후의 수질(Effluent water, 그림 4-1의  $e_1 \sim e_3$ ), 사육조에 대해서는 수조의 중간지점의 저층에 대해서 실시하였다(그림 4-1의  $c_1 \sim c_4$ ).

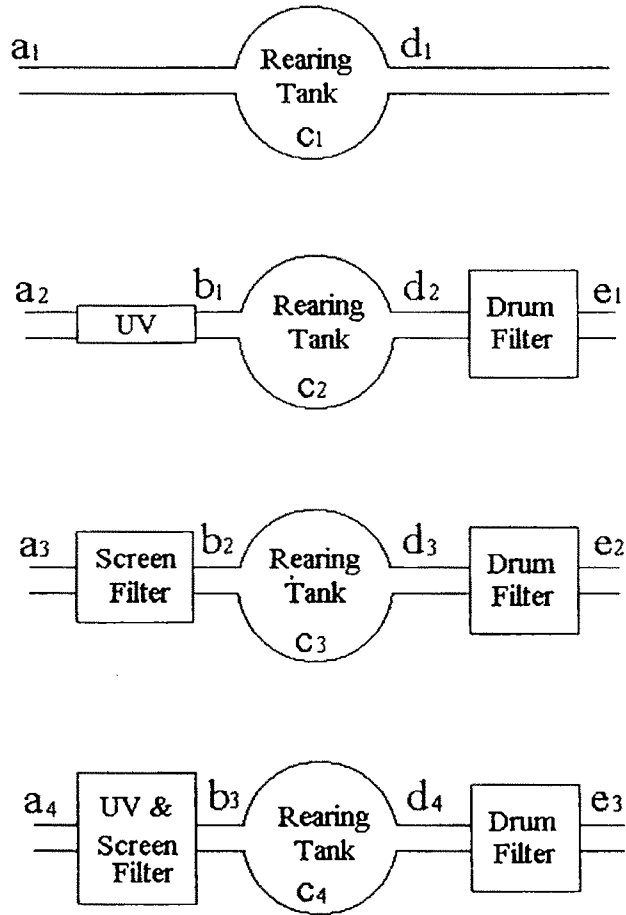


그림 4-1. 필터 설치에 따른 4개의 실험조건

Fig. 4-1. Experimental conditions of the four different systems used to filters

## 2. 평가 방법

실험용 필터의 설치(1차년도) 및 현장용 필터의 설치(2차년도)에 따라 5개월간 시험어를 수용하여 본 장치를 가동시키면서 수질에 대해서는 15일 간격, 세균류에 대해서는 1개월 간격으로 유입수, 사육수 및 배출수의 정화 효과를 평가하였다.

측정은 현장에서 가능한 항목은 현장에서 실시하였으며, 채수 직후 고정을 요하는 항목은 현장에서 고정하였다. 또한, 별도의 사전 조치가 필요한 경우에는 상법에 따라 적절히 처리하여 2l 용량의 폴리에틸렌 병에 넣어 냉장 상태로 실험실로 운반하여 다음과 같은 방법에 의해 측정하였다.

### 가. 수 온

수온 봉상온도계(0.1℃)로 현장에서 측정하였다.

### 나. pH

pH는 pH미터(유리전극법, Model-250A, ATI Orion사)로 현장에서 측정하였다.

### 다. 용존산소(Dissolved Oxygen, DO)

용존산소는 채수직후 산소병에 시료를 넣어 고정한 후, Winker-Azide 변법(水質汚濁調査指針, 1980)에 의해 측정하였다.

### 라. 화학적 산소 요구량(Chemical Oxygen Demand, COD)

화학적 산소 요구량은 알칼리성 과망간산 칼륨법(水質汚濁調査指針, 1980)에 의하여 측정하였다.

### 마. 질산성 질소 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )

질산성 질소는 카드뮴·구리 컬럼환원법으로 측정하였다(Timothy et al., 1985). 시료 수중의 질산성 질소를 카드뮴-구리 컬럼을 통과시키면 거의 전량이 아질산성 질소로 환원된다. 이렇게 생성된 아질산을 전술의 아질산



성 질소의 정량법으로 측정된 후, 이 값으로부터 따로 구한 아질산성 질소량의 차를 빼어 질산성 질소로 하는 방법이다.

#### 바. 아질산성 질소 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ )

아질산성 질소는 디아조화법에 의하여 측정하였다(Timothy et al., 1985). 시료 수중의 아질산성 질소를 산성에서 슬퍼닐 아미드와 반응시켜 생성한 디아조 화합물을 나프틸에틸렌디아민과 반응시켜 생긴 아조화 합물을 분광광도계를 이용하여 측정하는 방법이다.

#### 사. 암모니아성 질소 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )

암모니아성 질소는 인도페놀 청법(Timothy et al., 1985)에 의하여 실시하였다. 즉, 시료 수의 암모니아성 질소가 차아염소산염의 존재 하에서 니트로프로시드를 촉매로 하여 페놀과 반응하여 생성된 인도페놀 청색을 분광광도계를 이용하여 측정하는 방법이다.

#### 아. 인산성 인 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )

인산성 인은 몰리브덴 청법에 의하여 실시하였다(Timothy et al., 1985). 즉, 시료수 중의 인산 이온을 산성에서 몰리브덴산과 반응시켜, 인몰리브덴산과 섞여 안티몬 존재 하에서 아스코르빈산으로 환원하여 생긴 청색을 비색·정량한다.

#### 자. 세균수 조사

실험용 시스템의 설치에 따른 미생물학적 효과를 알아보기 위하여 유입수, 사육수 및 배출수를 채수하여 총 세균 수와 비브리오팀을 검사 대상으로 5개월간 1개월 단위로 조사하였다. 세균수의 검사는 단계 희석하여 실험용 배지에 접종한 후 NaCl 2% 첨가한 TSA 배지에 집락을 형성한 균을 일반 세균으로 다루고, TCBS에서 황색 집락을 형성한 세균을 간이 동정 기준에 따라 판별한 후 비브리오팀으로 선정하였다. 배양 기준은 25℃, 48시간 배양하였을 때 형성된 집락을 대상으로 하였다.

## 제2절 실험용 시스템의 운행에 따른 정화효과

### 1. 스크린 필터의 운행에 따른 유입수

스크린 필터와 UV의 설치에 의한 유입수의 정화효과를 평가하기 위하여 15일 간격으로 10회에 걸쳐 스크린 필터와 UV를 통과하기 전의 수질(Influent water) 및 통과후의 수질(Effluent water)를 측정하였다. 이들의 측정 결과, 스크린 필터와 UV를 통과한 유입수와 통과하지 않은 유입수 사이의 수온, 염분, pH, 용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD), 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub>-N), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub>-N), 질산성 -질소(NO<sub>3</sub>-N), 인산성 인(PO<sub>4</sub>-P)의 변화는 관찰되지 않아 이에 대한 Data는 제시하지 않았다.

유입수에 대한 부유물질(SS), 탁도, 세균수 및 비브리오팀의 변화를 그림 4-2~4-5에 나타내었다. 부유물질은 Influent water에서는 11.3~19.5 mg/l의 범위내에서 변화를 보였으며, Effluent water에서는 5.4~7.4 mg/l의 변화를 보여 스크린 필터를 통과한 유입수의 부유물질은 48.7~65.6%가 제거되었다(그림 4-2).

탁도는 Influent water에서는 6~18 FAUs의 범위가 측정 되었으나, 스크린 필터를 통과한 Effluent water에서는 4~10 FAUs의 범위가 측정되어 33.3~42.5%의 제거효과를 나타내었다(그림 4-3).

세균수는 UV를 통과하기 전의 Influent water에서는 2.3~3.3 cfu/ml의 범위내에서 변화를 보였으나, UV를 통과한 Effluent water에서는 1.9~2.7 cfu/ml의 변화를 보여 16.7~20.0%가 사멸되었다(그림 4-4). 또한, UV를 통과하기 전의 Influent water의 비브리오팀은 2.8~3.5 cfu/ml의 범위내에서 변화를 보였으나, UV를 통과한 Effluent water에서는 2.2~2.8cfu/ml의 변화를 보여 20.0~21.9%의 사멸되었다(그림 4-5)

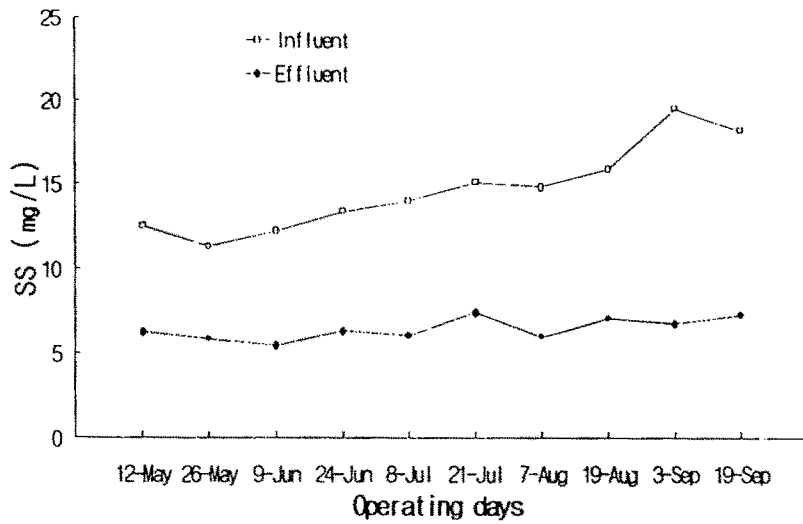


그림 4-2. 실험용 스크린 필터 운영에 따른 유입수 부유물질의 제거 효과  
 Fig. 4-2. Removal efficacy of SS using experimental screen filter  
 in the inlet water

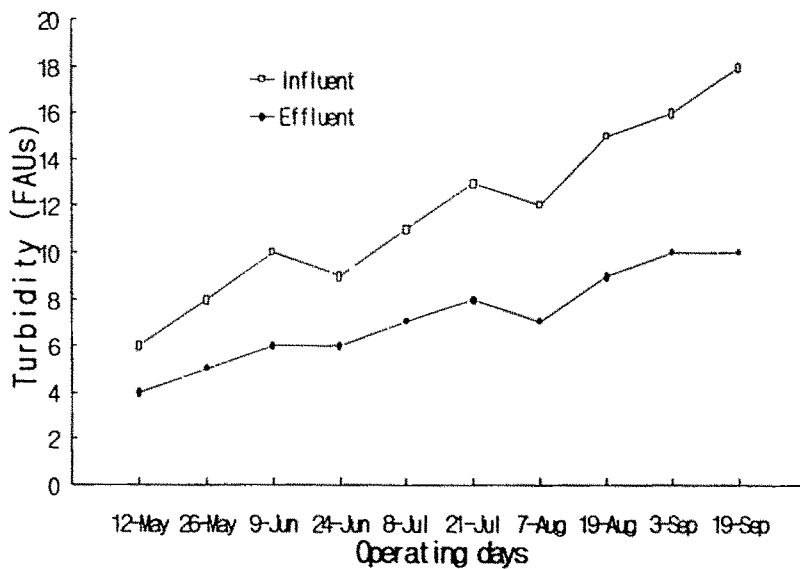


그림 4-3. 스크린 필터의 운영에 따른 유입수 탁도의 제거 효과  
 Fig. 4-3. Removal efficacy of turbidity using experimental screen filter  
 in the inlet water

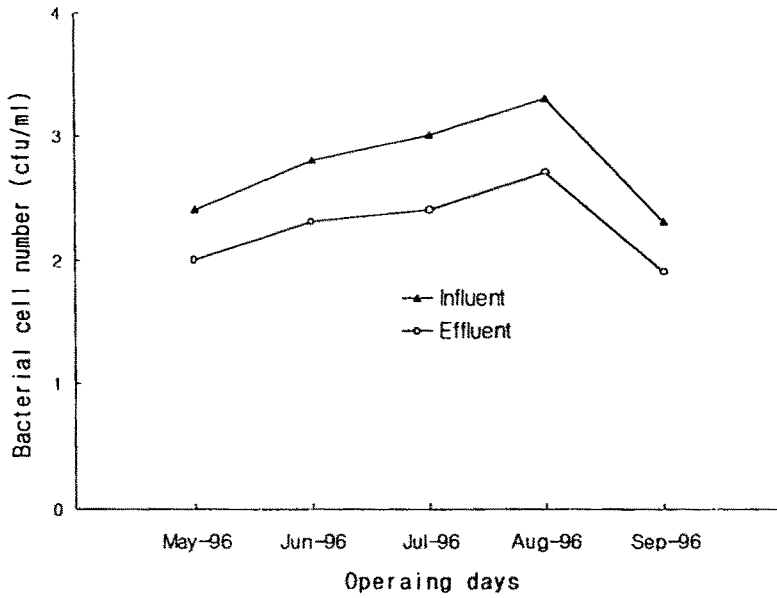


그림 4-4. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 유입수 세균수의 제거 효과  
 Fig. 4-4. Removal efficacy of bacterial number using experimental screen filter in the inlet water

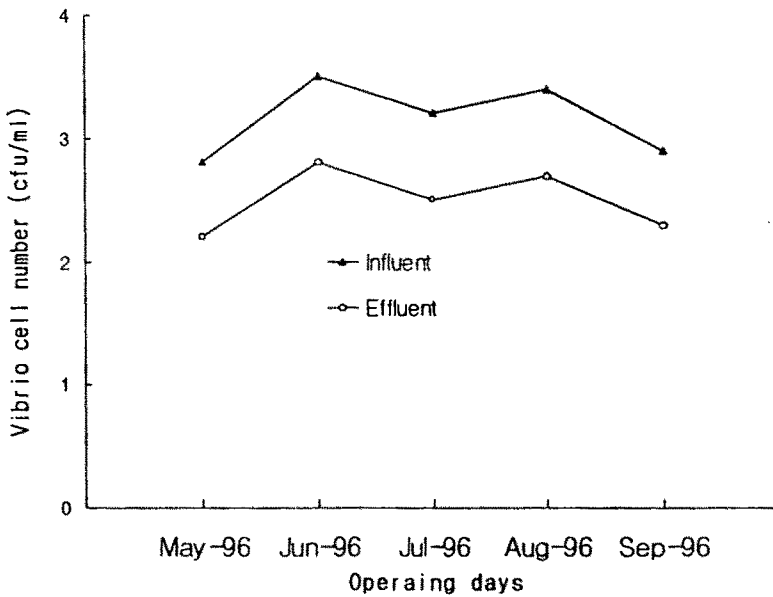


그림 4-5. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 유입수 비브리오수의 제거 효과  
 Fig. 4-5. Removal efficacy of *Vibrio* cell number using experimental screen filter in the inlet water

## 2. 스크린 필터의 운행에 따른 사육수의 정화효과

본 장치를 각각 설치하여 5개월간 실험·운영하면서 사육조의 환경을 평가하였다. 수온은 5월 12일 실험의 시작되는 시점에서 수온은 18.9 °C로 최소값을 보였으나, 점차 증가하기 시작하여 8월에 23.7 °C의 가장 높은 값을 보였고, 이후 10월까지 점차 감소하는 경향을 보였다. 또한, 실험구별 뚜렷한 차이는 인정되지 않았으나, UV 및 UV+스크린 필터 설치구에서 조금 높게 나타났다. 이상의 변화들은 외부온도 및 UV의 영향에 기인한 것으로 생각된다(그림 4-6).

염분은 각 실험구에 따라 뚜렷한 차이는 관찰되지 않았으며, 월별에 따라 31.1~33.5 %의 범위내에서 변화를 보였고, 이와 같은 변화는 강우 등에 의한 영향이라고 생각된다(그림 4-7).

월별 pH의 변화는 7월 8일 측정시에 가장 낮은 값을 나타내었고, 7월 21일 가장 높은 값을 나타내었다. 또한, 실험구별 차이는 거의 인정되지 않았으며, 본 장치의 가동에 의한 전 실험기간 동안 일반 해수에서 측정되는 값의 범위내에 있었다(그림 4-8).

각 실험구에 따른 용존산소의 변화를 그림 4-9에 나타내었다. 각각의 실험장치의 설치에 따른 실험구별 용존산소의 차이는 거의 인정되지 않았으나, 5월 12일의 실험개시시의 용존산소는 모든 실험구에서 7.5 mg/l이상의 높은 값이 유지되었고, 점차 감소하기 시작하여 실험종료시의 9월 19일에 약 6 mg/l의 낮은 값을 보였다.

본 장치의 운영에 따른 사육수 부유물질(SS)의 변화를 그림 4-10에 나타내었다. 사육수의 부유물질은 본 장치의 운영개시시에는 12.3~12.7 mg/l 범위로 실험구별 차이는 거의 인정되지 않았다. 그러나, 점차 증가하기 시작하여 실험종료시에는 대조구에 비해 스크린을 설치한 실험구에서 낮은 증가를 나타내었다.

사육수의 화학적 산소요구량(COD)의 변화를 그림 4-11에 나타내었다. COD는 본 장치의 운영개시시에 각 실험구에 있어 1.02~1.07 mg/l의 범위를 보였으나, 점차 증가하기 시작하여 실험종료시에는 2.12~2.72 mg/l의 범위로 증가 하였다. 한편, COD의 농도는 대조구에 비하여 UV를 설치한 실험구에서는 유사한 농도 증가를 나타내었으나, 스크린 필터와 스크린+UV를 설치한 실험구에서는 대조구에 비하여 낮은 농도증가를 나타냈었다.

사육수의 질산성 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), 아질산성 질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), 암모니아( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) 및 인산성 인( $\text{PO}_4\text{-P}$ )의 변화를 그림 4-12~4-15에 나타내었다. 사육수의  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 시간의 경과함에 따라 모든 실험구에서 증가하는 경향을 나타내었다. 또한, 이들 농도는 실험초기에는 각 실험구에 따라 뚜렷한 차이가 없었으나,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 29일후(6월 9일),  $\text{NO}_2\text{-N}$ 는 34일후(6월 24일),  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와  $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 48일후(7월 8일)부터 뚜렷한 농도차를 나타내기 시작하였다. 즉, 이들 농도는 대조구에 비하여 UV를 설치한 실험구에서는 유사한 농도 증가를 나타내었으나, 스크린 필터와 스크린+UV를 설치한 실험구에서는 대조구에 비하여 낮은 농도증가를 나타냈다. 이같은 결과는 필터에 의한 부유물질 제거에 기인한 것으로 예상된다.

실험용 각종 시스템의 설치가 세균수의 변동에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사육수를 대상으로 조사한 결과는 그림 4-16~4-17과 같다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 실험개시시에 분리되는 세균수는 UV를 설치한 실험구에서 대조구에 비하여 낮게 나타났으나, 시간의 경과에 따라 뚜렷한 차이는 인정되지 않았다. 이와 같은 결과는 UV를 통과할 때 감소한 세균수가 시간의 경과함에 따라 사육조내에서 증가한 결과라고 생각된다.

이상의 결과를 종합하면, 스크린 필터의 운행에 의해 부유물질이 제거되어 사육수 수질의 정화효과를 보았다. 그러나, UV에 의한 효과는 단기적으로는 가능하나 장기적으로 볼때는 큰 효과가 없었다.

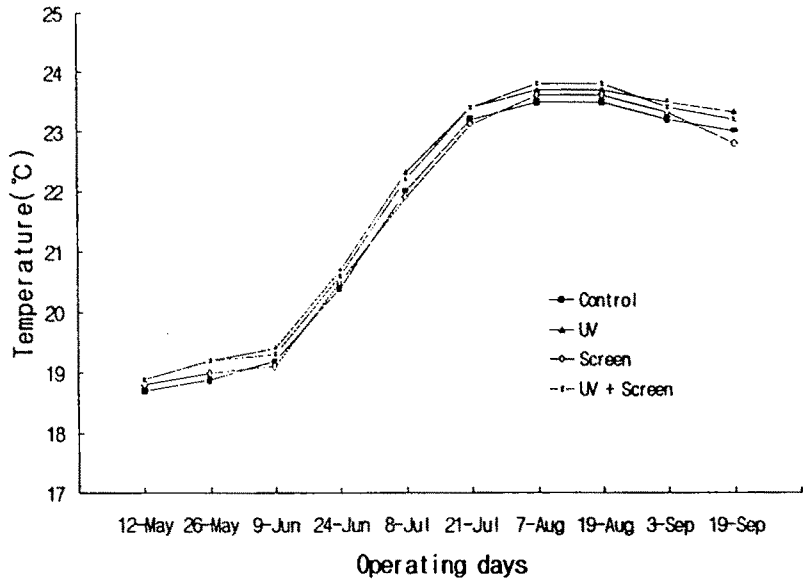


그림 4-6. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 온도의 변화  
 Fig. 4-6. Variation of temperature using experimental screen filter in the rearing water

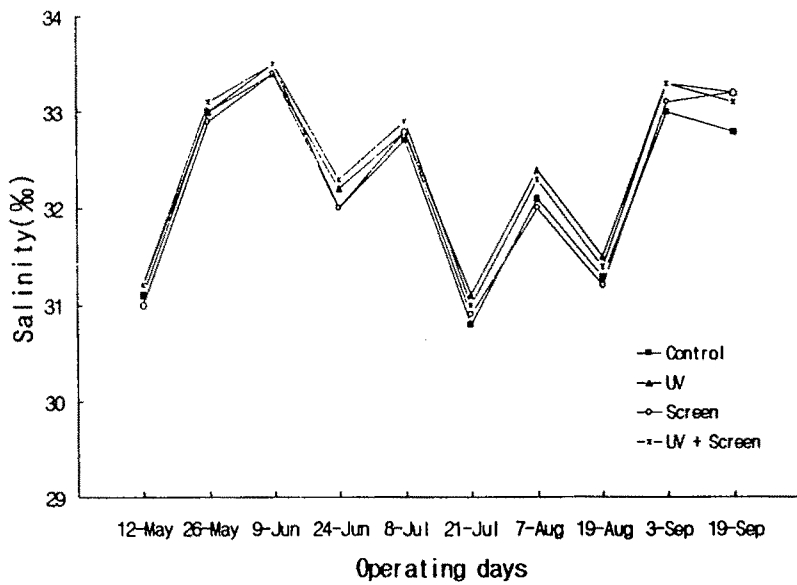


그림 4-7. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 염분의 변화  
 Fig. 4-7. Variation of salinity using experimental screen filter in the rearing water

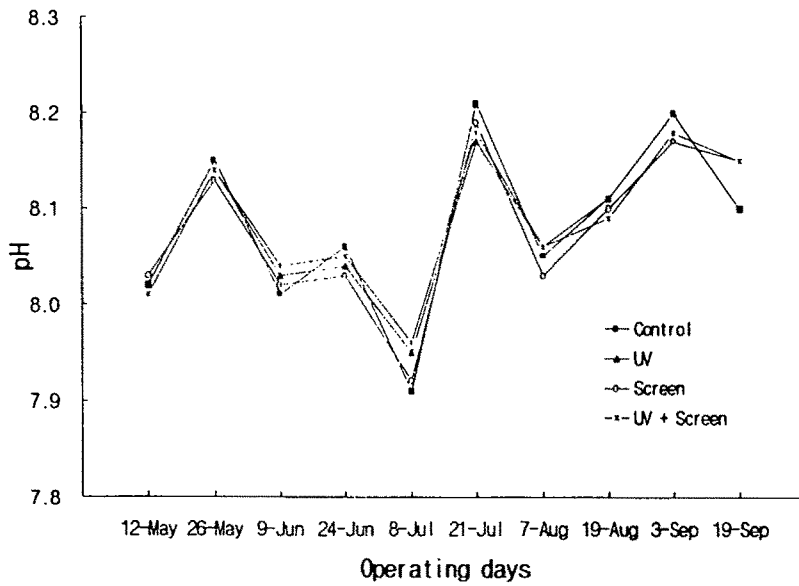


그림 4-8. 실험용 스크린 필터 운영에 따른 사육수 pH의 변화  
 Fig. 4-8. Variation of pH using experimental screen filter in the rearing water

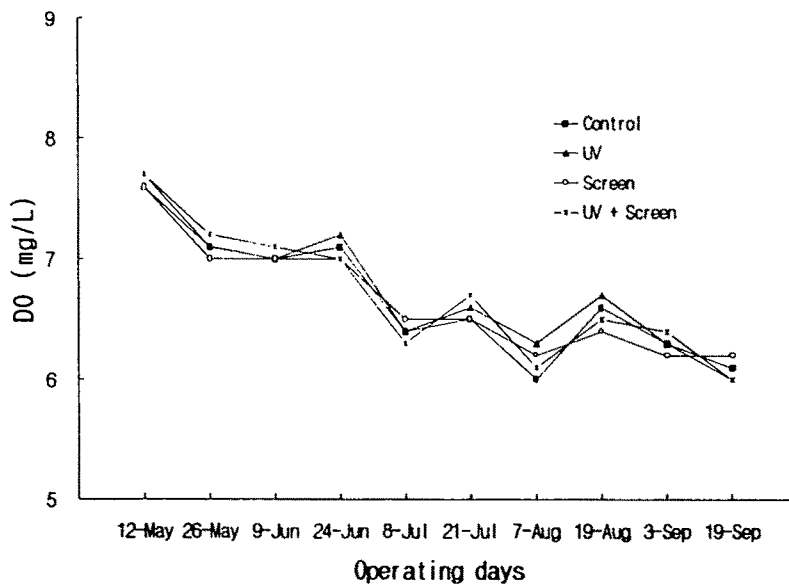


그림 4-9. 실험용 스크린 필터 운영에 따른 사육수 용존산소의 변화  
 Fig. 4-9. Variation of DO using experimental screen filter in the rearing water



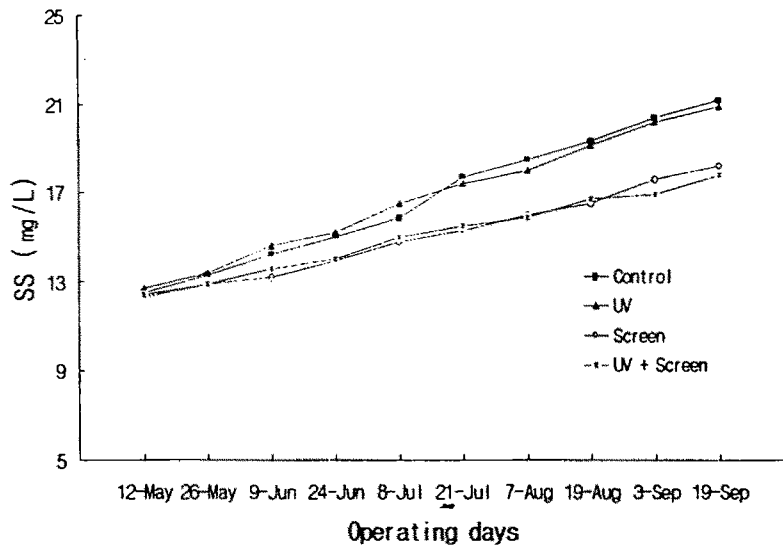


그림 4-10. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 부유물질의 변화  
 Fig. 4-10. Variation of SS using experimental screen filter  
 in the rearing water

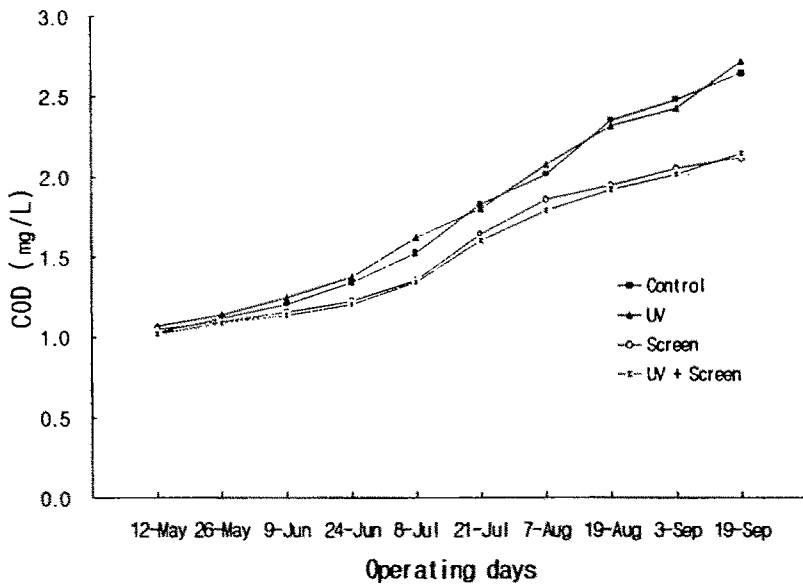


그림 4-11. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 화학적 산소요구량의 변화  
 Fig. 4-11. Variation of COD using experimental screen filter  
 in the rearing water

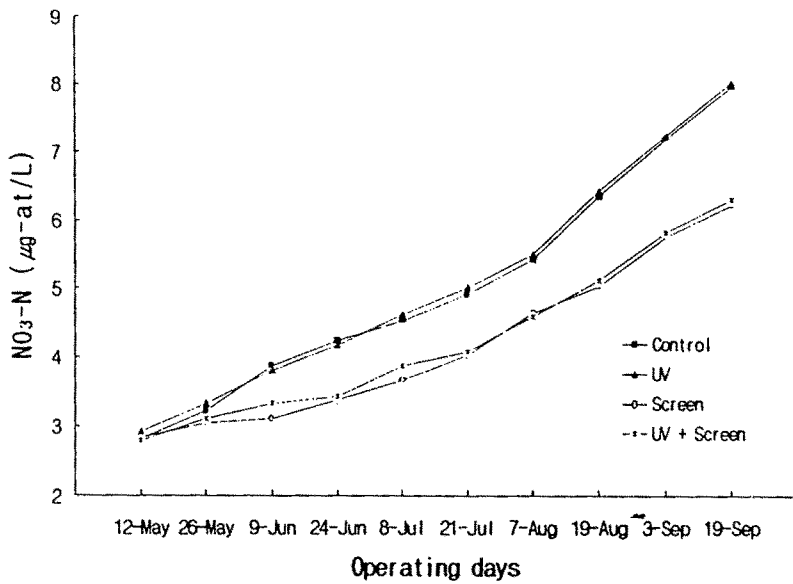


그림 4-12. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 질산성 질소의 변화  
 Fig. 4-12. Variation of NO<sub>3</sub>-N using experimental screen filter in the rearing water

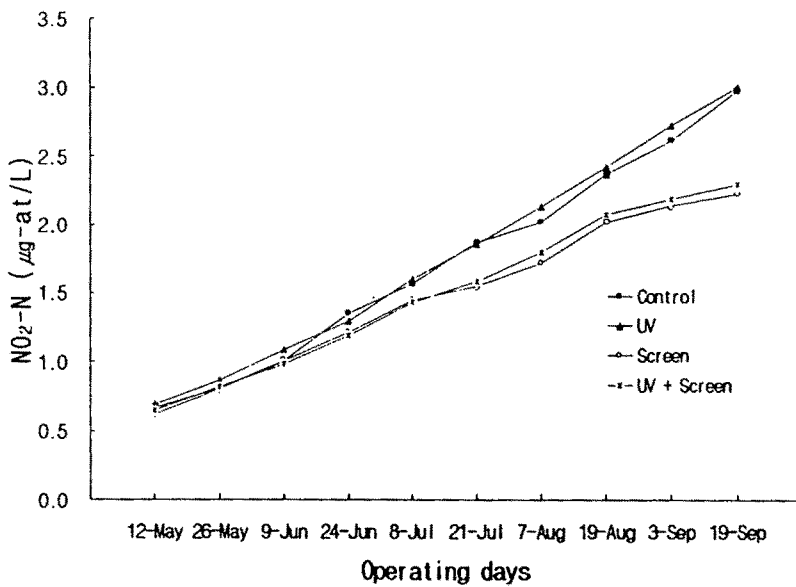


그림 4-13. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 아질산성 질소의 변화  
 Fig. 4-13. Variation of NO<sub>2</sub>-N using experimental screen filter in the rearing water

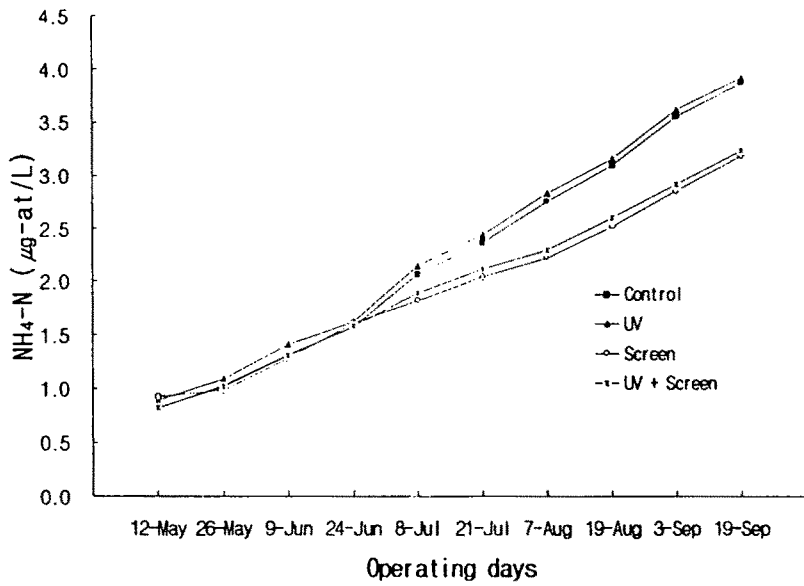


그림 4-14. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 암모니아성 질소의 변화  
 Fig. 4-14. Variation of NH<sub>4</sub>-N using experimental screen filter in the rearing water

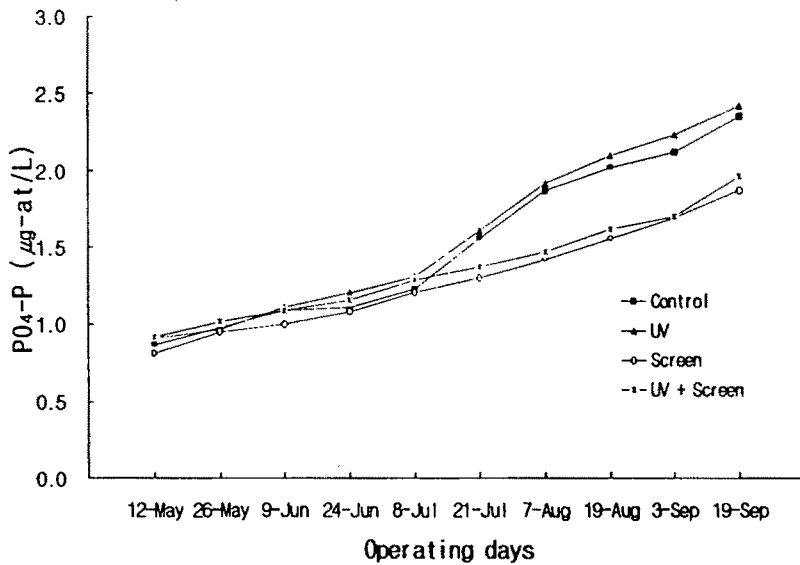


그림 4-15. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 인산성 인(PO<sub>4</sub>-P)의 변화  
 Fig. 4-15. Variation of PO<sub>4</sub>-P using experimental screen filter in the rearing water

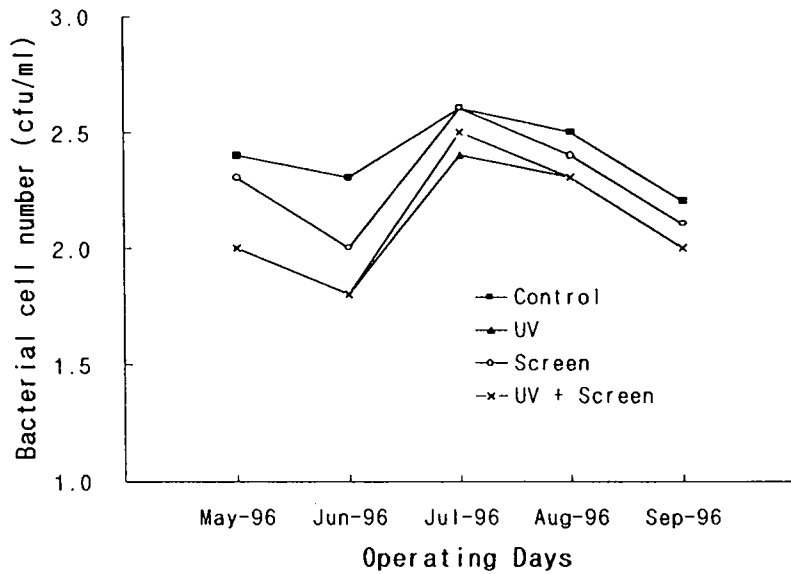


그림 4-16. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 세균수 변화  
 Fig. 4-16. Variation of bacteria cell number using experimental screen filter in the rearing water

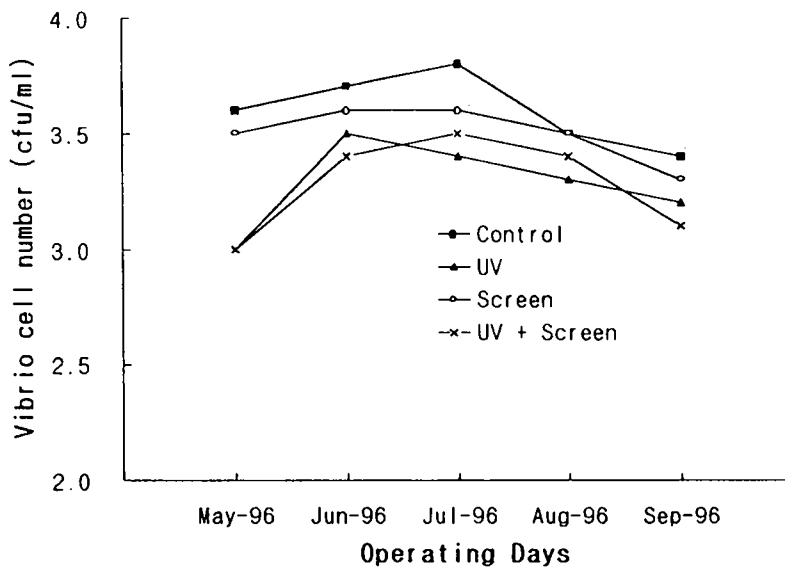


그림 4-17. 실험용 스크린 필터 운행에 따른 사육수의 비브리오수 변화  
 Fig. 4-17. Variation of vibrio cell number using experimental screen filter in the rearing water

### 3. 드럼 필터의 운행에 따른 유출수의 정화효과

스크린 필터와 UV의 설치에 의하여 사육조에 유입되는 유입수는 부유물질, 탁도, 세균수 및 비브리오투에서 각각 48.7~65.6%, 33.3~42.5%, 16.7~20.0% 및 20.0~21.9%의 제거효과를 보였다. 따라서, 본 실험에서 대조구로 설정한 기존의 육상수조식 양식장의 사육조의 수질은 부유물질, 탁도, 세균수 및 비브리오투에 있어 오염부하가 가증될 수 있다. 본 실험에서는 사육수에서 유출되는 배출수를 드럼 필터에 의해 처리하였다.

드럼 필터는 대조구를 제외한 모든 실험구에 같은 크기의 장치를 설치하였으며, 사육조에서 유출수되는 수질과 드럼 필터를 통과한 유출수에 대한 정화효과를 15일 간격으로 10회에 걸쳐 실시하였다. 즉, 드럼 필터를 통과하기 전의 수질(Influent water) 및 통과후의 수질(Effluent water)를 측정하여 드럼 필터 설치에 따른 정화효과를 평가하였다.

드럼 필터를 설치하여 수질을 측정한 결과, 드럼 필터를 통과한 유출수와 통과하지 않은 유출수 사이의 수온, 염분, pH, 용존산소(DO), 화학적산소 요구량(COD), 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub>-N), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub>-N), 질산성 질소(NO<sub>3</sub>-N), 인산성 인(PO<sub>4</sub>-P)의 변화는 관찰되지 않아 이에 대한 Data는 제시하지 않았다.

드럼 필터 설치에 의한 부유물질(SS)과 탁도의 변화를 그림 4-18~4-19에 나타내었다. 드럼 필터를 통과하기 전의 Influent water에서 부유물질은 14.2~29.5 mg/l의 범위내에서 변화를 보였다. 그러나, 드럼 필터를 통과한 Effluent water에서의 부유물질은 7.1~14.9 mg/l의 범위내에서 변화를 보여 42.7~52.6%의 부유물질이 제거 되었다(그림 4-18). 탁도는 드럼 필터를 통과하기 전의 Influent water에서는 7~19 FAUs의 범위가 측정 되었으나, 드럼 필터를 통과한 Effluent water에서는 5~13 FAUs의 범위가 측정되어 27.7~29.9%의 제거효과를 나타내었다(그림 4-19).

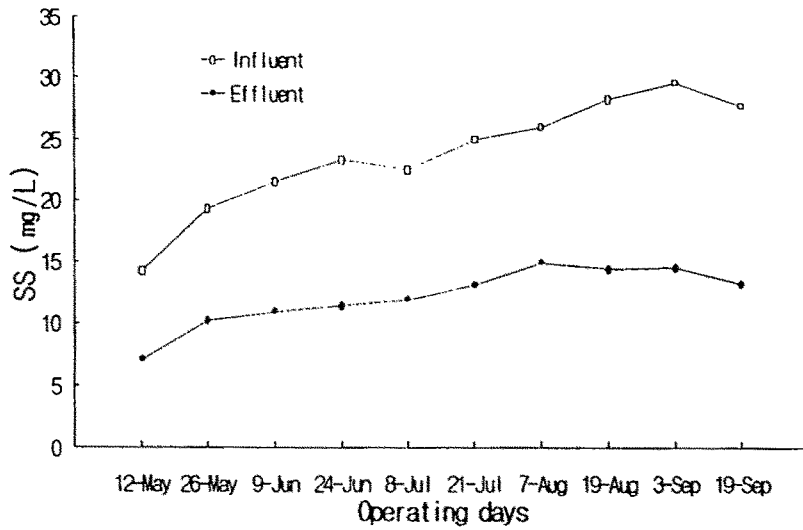


그림 4-18. 실험용 드럼필터의 운영에 따른 유출수 부유물질의 제거 효과  
 Fig. 4-18. Removal efficacy of SS using drum filter V3.5 in the outlet water

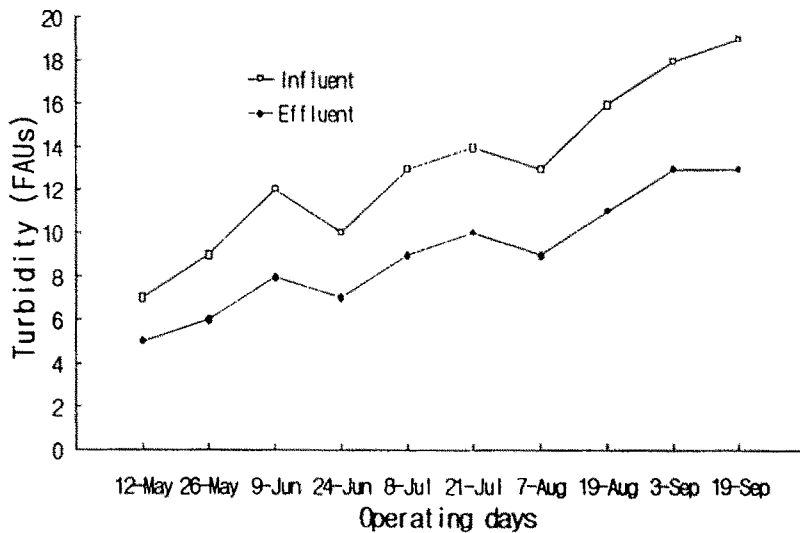


그림 4-19. 실험용 드럼 필터의 운영에 따른 유출수 탁도의 제거 효과  
 Fig. 4-19. Removal efficacy of turbidity using experimental drum filter in the outlet water

### 제3절 현장용 시스템의 운행에 따른 정화효과

#### 1. 스크린 필터의 운행에 따른 유입수의 정화효과

스크린 필터와 UV의 설치에 의한 유입수의 정화효과를 평가하기 위하여 15일 간격으로 10회에 걸쳐 스크린 필터와 UV를 통과하기 전의 수질(Influent water) 및 통과후의 수질(Effluent water)를 측정하였다. 이들의 측정 결과, 스크린 필터와 UV를 통과한 유입수와 통과하지 않은 유입수 사이의 수온, 염분, pH, 용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD), 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub>-N), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub>-N), 질산성 질소(NO<sub>3</sub>-N), 인산성 인(PO<sub>4</sub>-P)의 변화는 관찰되지 않아 이에 대한 Data는 제시하지 않았다. 그러나, 부유물질(SS), 탁도, 세균수 및 비브리오팀은 변화를 나타내었다. 즉, 부유물질은 Influent water에서는 11.9~18.5mg/l의 범위내에서 변화를 보였으며, Effluent water에서는 5.7~7.8mg/l의 변화를 보여 48.1~54.9%의 부유물질이 제거 되었다(그림 4-20). 또한, 탁도는 Influent water에서는 7~17FAUs의 범위가 측정 되었으며, Effluent water에서는 4~10 FAUs의 범위가 측정되어 26.4~36.3%의 제거효과를 나타내었다(그림 4-21).

세균수는 UV를 통과하기 전의 Influent water에서는 3.4~3.9 cfu/ml의 범위내에서 변화를 보였으나, UV를 통과한 Effluent water에서는 2.6~3.0 cfu/ml의 변화를 보여 16.6~24.3%의 사멸되었다(그림 4-22). 또한, UV를 통과하기 전의 Influent water의 비브리오팀은 2.5~3.7 cfu/ml의 범위내에서 변화를 보였으나, UV를 통과한 Effluent water에서는 1.8~2.8cfu/ml의 변화를 보여 20.5~28.0%의 사멸되었다(그림 4-23)

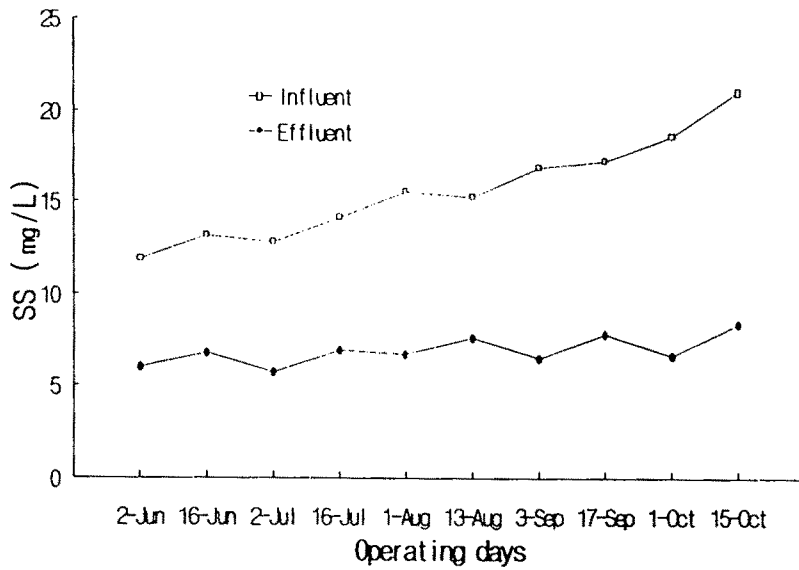


그림 4-20. 현장용 스크린필터의 운영에 따른 유입수 부유물질의 제거 효과  
 Fig. 4-20. Removal efficacy of SS using screen filter V3.5 in the inlet water

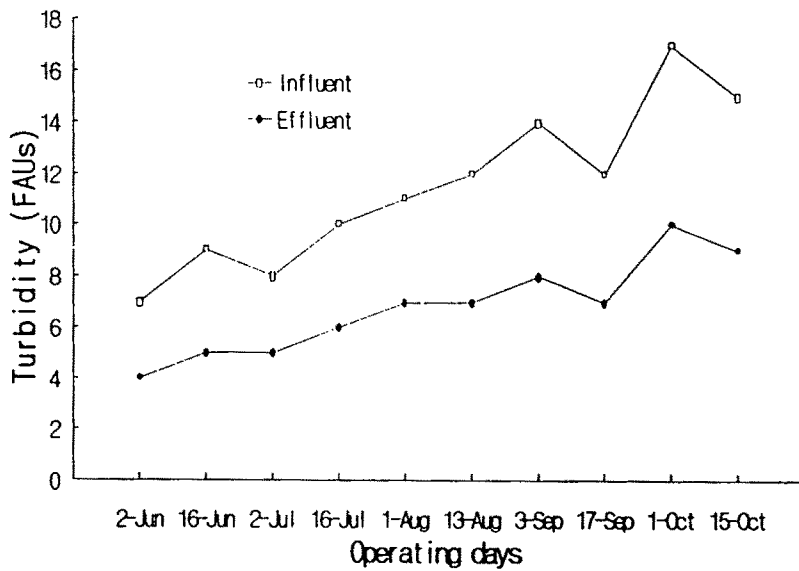


그림 4-21. 현장용 스크린 필터의 운영에 따른 유입수 탁도의 제거 효과  
 Fig. 4-21. Removal efficacy of turbidity using screen filter V3.5 in the inlet water



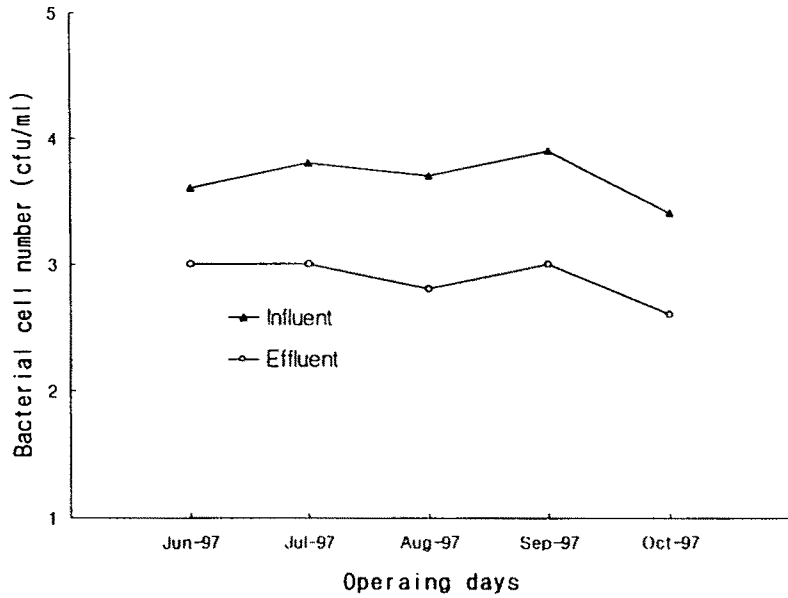


그림 4-22. 현장용 스크린 필터의 운영에 따른 유입수 세균수의 제거 효과  
 Fig. 4-22. Removal efficacy of bacteria cell number using screen filter V3.5 in the inlet water

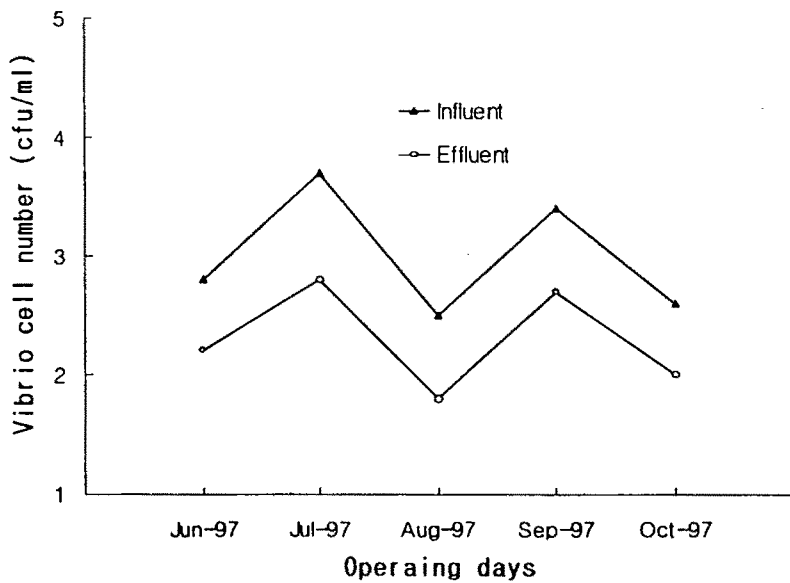


그림 4-23. 현장용 스크린 필터 운영에 따른 유입수 비브리오수의 제거 효과  
 Fig. 4-23. Removal efficacy of vibrio cell number using screen filter V3.5 in the inlet water

## 2. 스크린 필터의 운행에 따른 사육수의 정화효과

본 장치를 각각 설치하여 5개월간 실험·운영하면서 사육조의 환경을 평가하였다. 수온은 5월 12일 실험이 시작되는 시점에서 수온은 최소값을 보였으나, 점차 증가하기 시작하여 8월에 모든 실험구에서 약24.0℃의 가장 높은 값을 보였고, 이후 10월까지 점차 감소하는 경향을 보였다. 또한, 실험구별 뚜렷한 차이는 인정되지 않았다(그림 4-24).

염분은 각 실험구에 따라 뚜렷한 차이는 관찰되지 않았으며, 월별에 따라 30.9~33.0%의 범위내에서 변화를 보였고, 이와 같은 변화는 강우 등에 의한 영향이라고 생각된다(그림 4-25).

월별 pH의 변화는 8월 1일 측정시에 가장 낮은 값을 나타내었고, 8월 13일에 가장 높은 값을 나타내었다. 또한, 실험구별 차이는 거의 인정되지 않았고, 전 실험기간 동안 일반 해수에서 측정되는 값의 범위를 유지하였다(그림 4-26).

용존산소에 대한 실험구별 월별 변화를 그림 4-27에 나타내었다. 각각의 실험장치의 설치에 따른 실험구별 용존산소의 차이는 인정되지 않았으나, 5월 12일의 실험개시시의 용존산소는 7.5~8.3mg/l의 높은 값이 유지되었고, 점차 감소하기 시작하여 실험종료시의 9월 19일에 약 6mg/l의 낮은 값을 보였다. 계절별 용존산소의 변화는 일반적으로 겨울에는 미소생물의 활동이 활발하지 못하여 광합성 작용의 부산물인 용존산소의 변화가 적으나, 반대로 여름철에는 높은 수온으로 미소생물이 활동이 활발하여 산소의 변화가 큰 것으로 알려져 있으며, 대기로부터의 확산정도에 따라 변화가 있을 수 있다. 그러나, 본 실험동안의 용존산소의 저하는 수온 등에 의한 영향을 생각할 수도 있으나, 4실험구 모두 포기장치에 의해 산소를 공급하였다. 따라서, 이와 같은 변화는 사육수의 유기물량 및 넙치의 성장에 따른 산소 소비량의 차이에서도 그 원인이 있는 것으로 생각된다.

본 장치의 운영에 따른 사육수 부유물질(SS)의 변화를 그림 4-28에 나타내었다. 사육수의 SS는 장치의 운영개시시 모든 실험구에서 약 12.3mg/l로 실험구별 차이는 인정되지 않았고, 실험기간 동안 증감의 반복을 보였다.

사육수의 화학적 산소요구량(COD)의 변화를 그림 4-29에 나타내었다. COD는 본 장치의 운영개시시에 모든 실험구에 있어 약 1.07mg/l을 보였으나, 사육기간 종안 15일간격으로 증감을 나타내었다.

각 실험구별 사육수의 질산성 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), 아질산성 질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), 암모니아( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) 및 인산성 인( $\text{PO}_4\text{-P}$ )의 월별 변화를 그림 4-30~4-33에 나타내었다. 사육수의  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 시간의 경과함에 따라 모든 실험구에서 15일 간격으로 증감을 나타내었다.

이상과 같이 부유물질과 COD,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 농도는 15일 간격으로 증감을 나타내었고, 대조구에 비하여 스크린 필터를 설치한 실험구에서 낮은 값을 나타냈었다. 이와 같은 결과는 15일 간격으로 사육조를 청소한 결과에 기인하며, 스크린 필터에 의한 유입수의 부유물질을 제거한 영향이라고 예상된다.

실험용 시스템의 설치가 세균 수의 변동에 미치는 영향을 알아 보기 위하여 주입수, 사육수 및 배출수를 대상으로 조사한 결과는 그림 4-34~4-35와 같다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 실험초기에 총균수나 *Vibrio* 균수는 낮은 값을 보였으나, 7월 이후부터 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 또한, 대조구에 비해 UV를 설치한 실험구에서 조금 낮게 나타났다.

이상의 결과를 종합하면, 현장용 스크린 필터 및 UV의 설치에 의해 영양염류는 15일 간격으로 변동을 나타내었고, 스크린 필터에 의한 부유물질의 제거로 인해 대조구 보다 낮게 나타났다. 또한, UV의 설치에 의한 세균수 및 비브리오균수는 초기에 효과를 보았으나, 장기사육에서는 효과가 없었다.

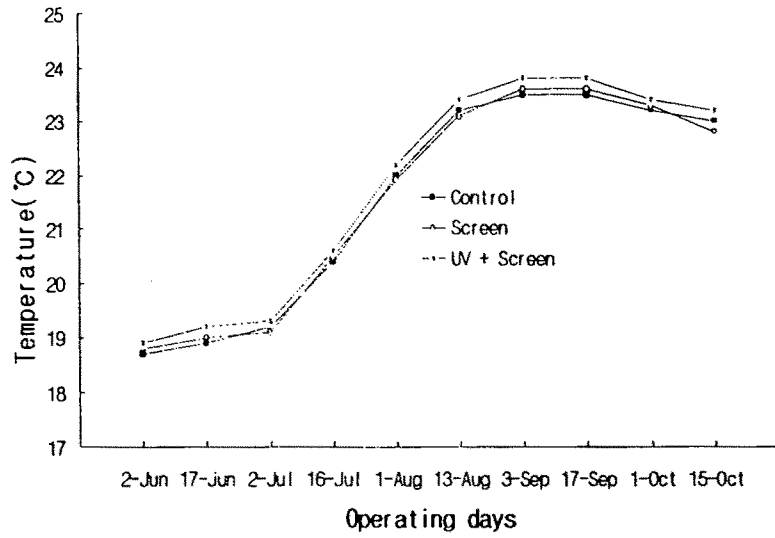


그림 4-24. 현장용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 온도의 변화  
 Fig. 4-24. Variation of temperature using screen filter V3.5  
 in the rearing water

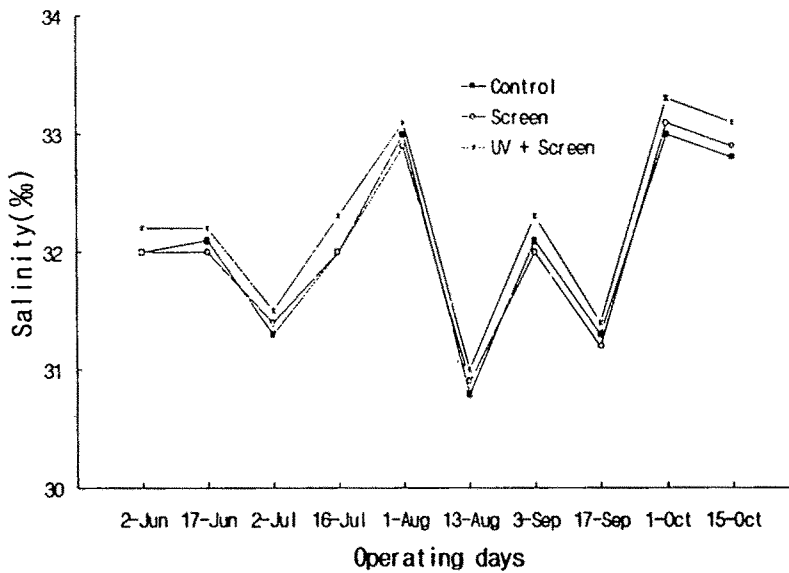


그림 4-25. 현장용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 염분의 변화  
 Fig. 4-25. Variation of salinity using screen filter V3.5  
 in the rearing

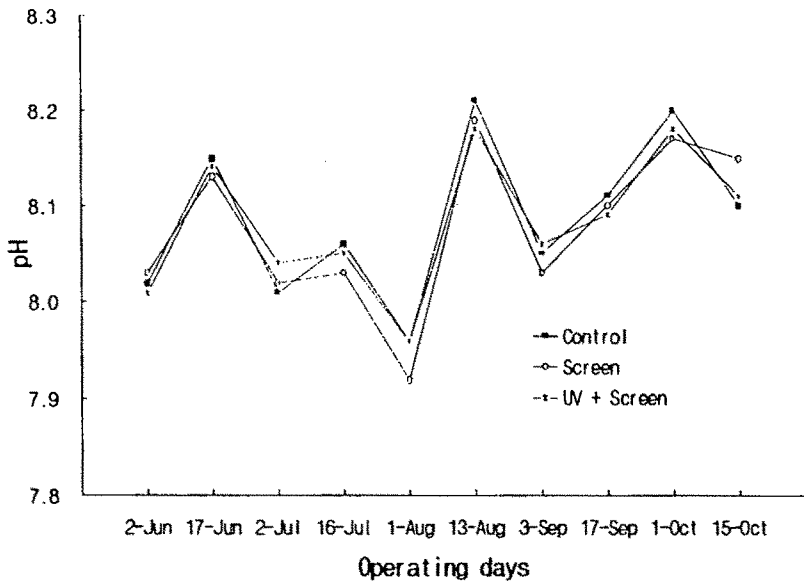


그림 4-26. 현장용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 pH의 변화  
 Fig. 4-26. Variation of pH using screen filter V3.5  
 in the rearing water

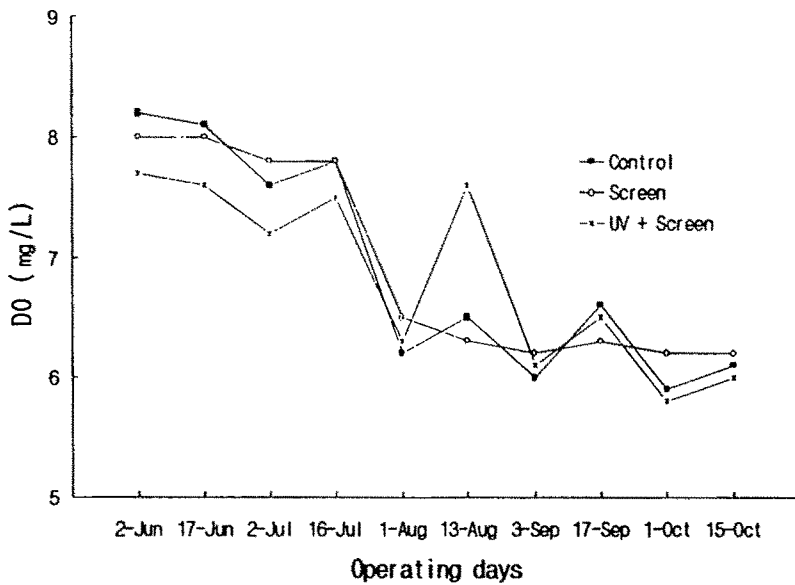


그림 4-27. 현장용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 용존산소의 변화  
 Fig. 4-27. Variation of DO using screen filter V3.5  
 in the rearing water

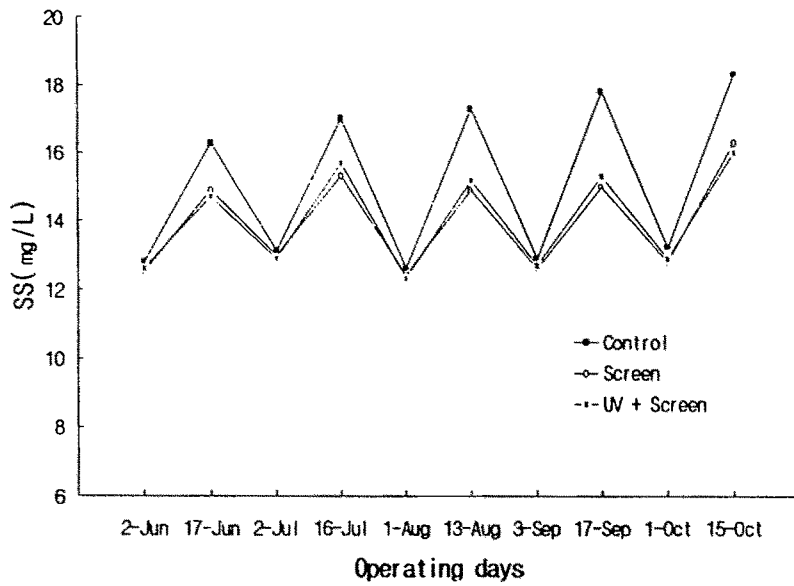


그림 4-28. 현장용 스크린 필터 운영에 따른 사육수 부유물질의 변화  
 Fig. 4-28. Variation of SS using screen filter V3.5  
 in the rearing water

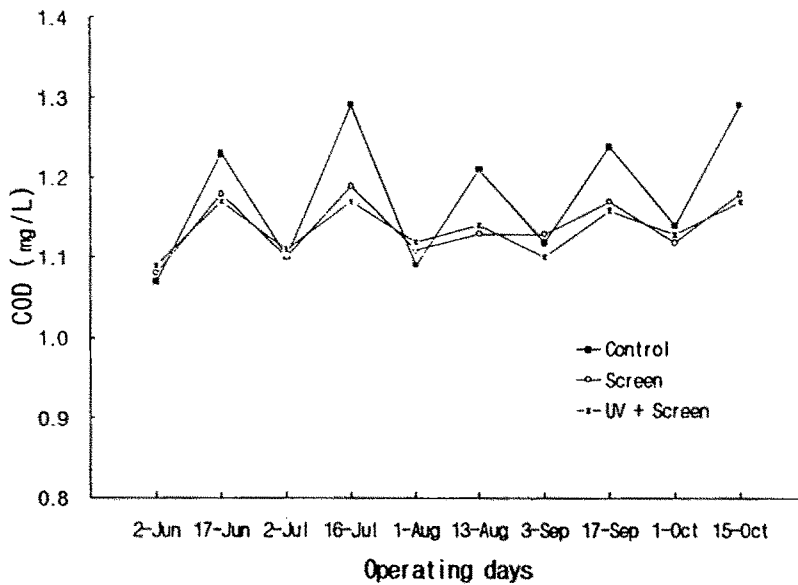


그림 4-29. 현장용 스크린 필터 운영에 따른 사육수 화학적 산소 요구량의 변화  
 Fig. 4-29. Variation of COD using screen filter V3.5  
 in the rearing water

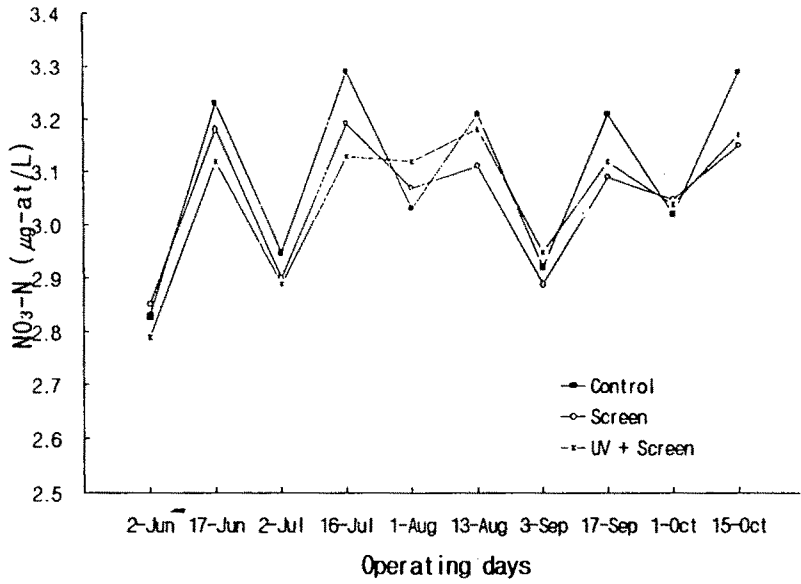


그림 4-30. 현장용 스크린 필터 운영에 따른 사육수 질산성 질소의 변화  
 Fig. 4-30. Variation of NO<sub>3</sub>-N using screen filter V3.5  
 in the rearing water

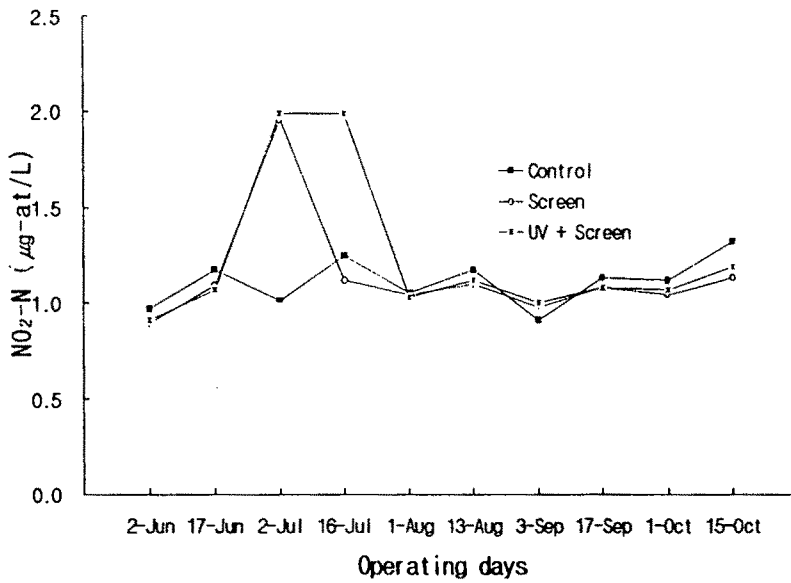


그림 4-31. 현장용 스크린 필터 운영에 따른 사육수 아질산성 질소의 변화  
 Fig. 4-31. Variation of NO<sub>2</sub>-N using screen filter V3.5  
 in the rearing water

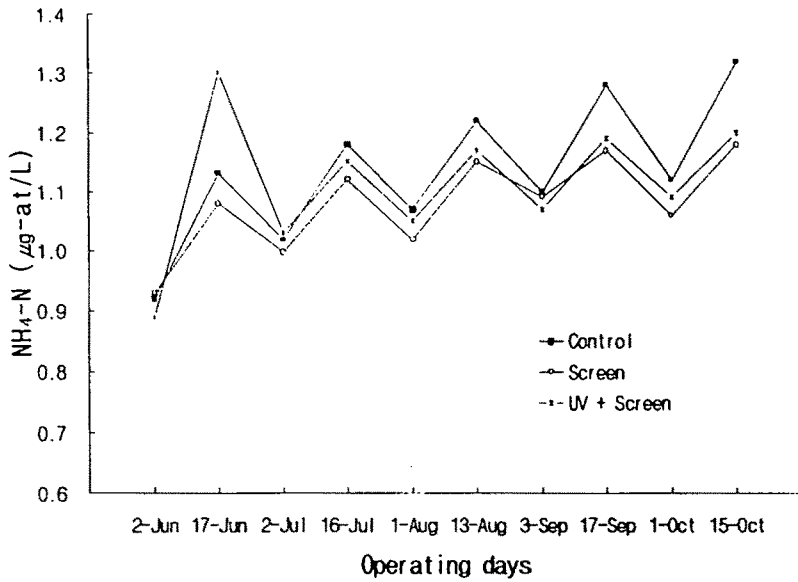


그림 4-32. 현장용 스크린 필터 운영에 따른 사육수 암모니아성 질소의 변화  
 Fig. 4-32. Variation of NH<sub>4</sub>-N using screen filter V3.5 in the rearing water

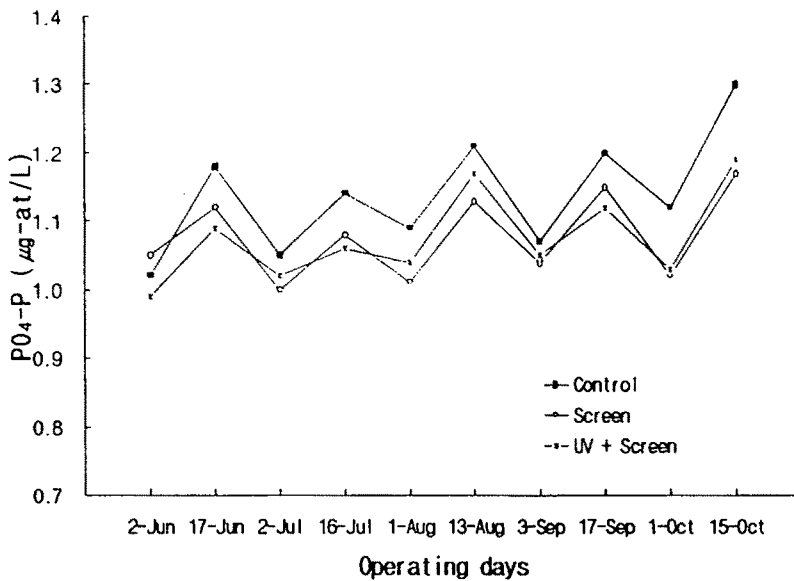


그림 4-33. 현장용 스크린 필터 운영에 따른 사육수 인산성 인의 변화  
 Fig. 4-33. Variation of PO<sub>4</sub>-P using screen filter V3.5 in the rearing water



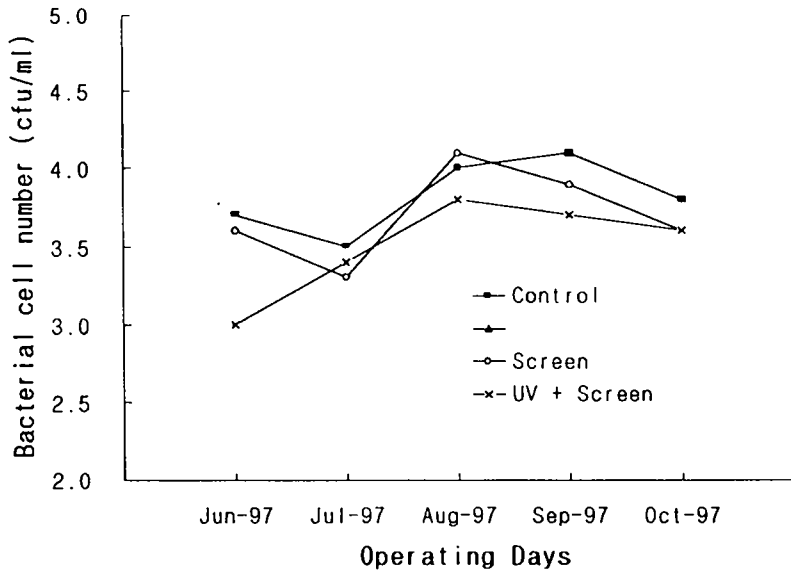


그림 4-34. 현장용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 세균수의 변화  
 Fig. 4-34. Variation of bacteria cell number using screen filter V3.5 in the rearing water

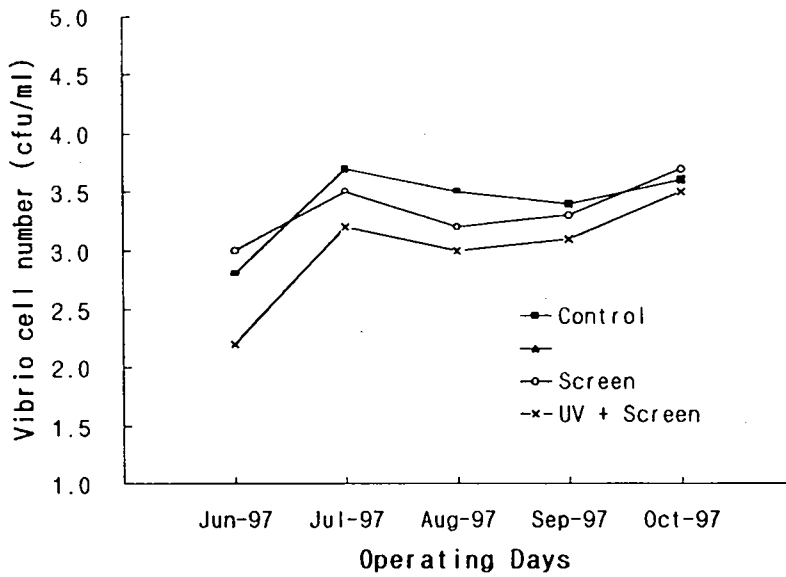


그림 4-35. 현장용 스크린 필터 운행에 따른 사육수 비브리오수의 변화  
 Fig. 4-35. Variation of vibrio cell number using drum filter V3.5 in the rearing water

## 2. 드럼 필터의 운행에 따른 유출수의 정화효과

드럼 필터의 설치에 따른 사육조의 유출수에 대한 정화효과를 평가하기 위하여 15일 간격으로 10회에 걸쳐 드럼 필터를 통과하기 전의 수질 (Influent water) 및 통과후의 수질(Effluent water)를 측정하였다. 이들의 측정 결과, 드럼 필터를 통과한 유출수와 통과하지 않은 유출수 사이의 수온, 염분, pH, 용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD), 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub>-N), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub>-N), 질산성 질소(NO<sub>3</sub>-N), 인산성 인(PO<sub>4</sub>-P)의 변화는 관찰되지 않아 이에 대한 Data는 제시하지 않았다.

부유물질은 Influent water에서는 14.2~29.5mg/l의 범위내에서 변화를 보였으며, Effluent water에서는 7.1~14.9mg/l의 범위내에서 변화를 보여 32~48%의 부유물질이 제거 되었다(그림 4-36). 또한, 탁도는 Influent water에서는 7~19FAUs의 범위가 측정 되었으며, Effluent water에서는 5~13 FAUs의 범위가 측정되어 20~28.2%의 제거효과를 나타내었다(그림 4-37).

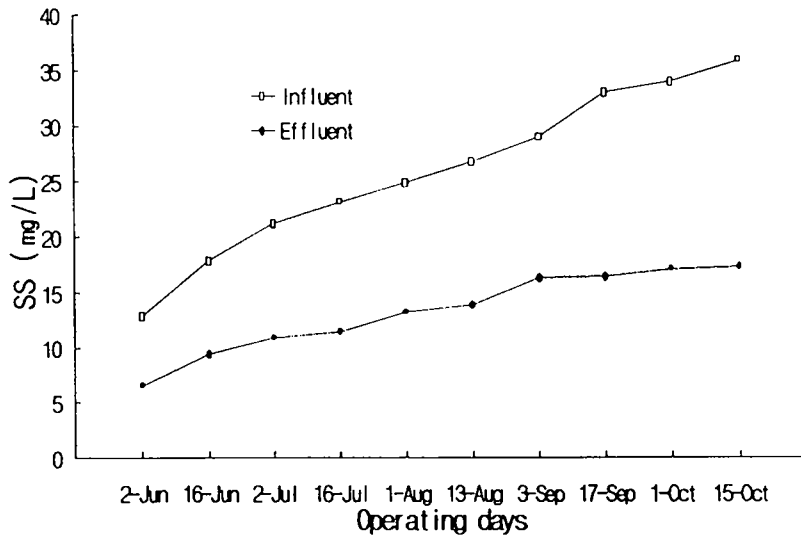


그림 4-36. 현장용 드럼 필터 운행에 따른 유출수 부유물질의 제거 효과  
 Fig. 4-36. Removal efficacy of SS using drum filter V3.5 in the outlet water

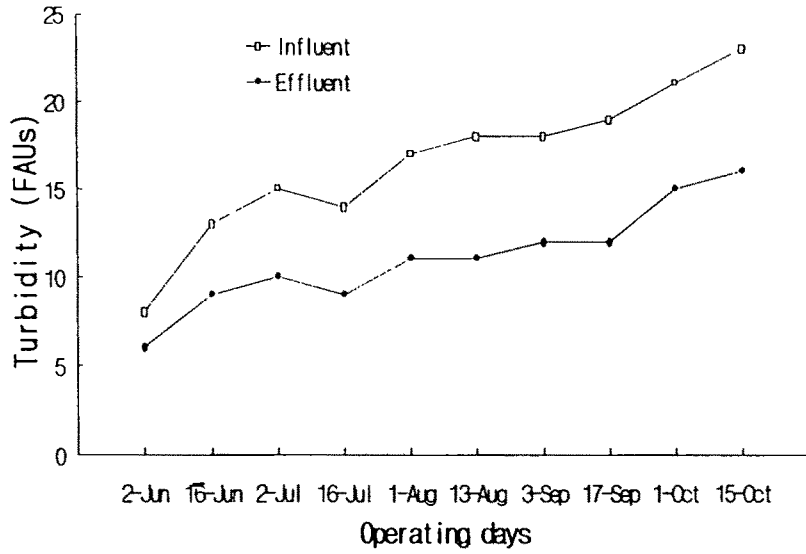


그림 4-37. 현장용 드럼 필터 운행에 따른 유출수의 탁도 제거 효과  
 Fig. 4-37. Removal efficacy of turbidity using drum filter V3.5 in the outlet water

## 제5장 시스템 운행에 따른 생산성 평가

본 시스템의 운행에 따라 제4장에서는 유입수, 사육수 및 배출수에 대한 정화효과를 조사하였다. 본 장에서는 사육조에 사육중인 넙치에 대하여 사육수의 개선 효과가 넙치의 성장 및 생리적 요인에 영향이 있는지를 평가하였다.

### 제1절 평가 방법

#### 1. 생리학적 영향의 조사

각 실험용 필터의 설치에 따른 어류의 생리학적 변화를 파악하기 위하여 혈액 속의 몇 가지 지표를 대상으로 조사하였다. 실험에 사용한 지표 중 세포 성분에 관한 것으로서는 상대혈구용적(Hematocrit)치와 림프구의 수적 변화 등이며, 혈청 성분 중에서는 보체의 살균능의 변화, 총 단백질량(Total protein), GOT(glutamic oxalacetic transaminase), GPT(glutamic pyruvic transaminase), Glucose등이며, 이를 조사하기 위하여 실험어를 Benzocaine 50ppm으로 마취시킨 후 미부 정맥에서 채혈하였다. 채취된 혈액은 상온에서 30분간 방치한 후 원심분리하여 혈청을 분리하고,  $-80^{\circ}\text{C}$ 에 보존하여 다음과 같은 방법에 의해 한달 간격으로 5개월간 분석하였다.

##### 가. 상대혈구용적(Hematocrit)

혈구용적의 혈액용적에 대한 백분율로서 나타낸다. 원심분리기 및 원심침전관을 사용하여 간단히 측정할 수 있다. 어종에 따라 수치는 여러가지이지만, 동일어종에 있어서도 계절 혹은 성장의 정도에 따라 변화가 보여지며, 이외에도 영양상태, 온도, 염분, 쇼크 및 스트레스에 의해서도 변화가 나타난다. 병에 걸린 어류에 대해서도 본질적인 빈혈 및 질병에 수반하여 생기는 빈혈에

의해서도 변화한다. 오염물질 특히 독성물질에 의해 어체에 영향이 있을 경우에도 변화가 보이는 경우가 많다. 그러나, 전술과 같이 다른 여러가지 요인에 대해서도 변화하며, 또한 사육어등에서는 개체차이가 크기때문에 이들 점에 유의하여 비교할 필요가 있다. 상대혈구용적은 전혈중의 적혈구 용적은 12,000rpm에서 5분간 원심분리하여 측정한다.

#### 나. 총단백량(total protein)

혈청중의 총단백질량은 어체의 영양상태와 밀접한 관계가 있지만, 또한 많은 생리적 변조도 반영한다. 특히, 만성독성에 의한 영향을 잘 반영한다고 한다. 그러나, 만성독성에서는 종종 어류에 식욕부진, 섭이불량이 일어나며, 그 때문에 영양장애의 영양과 중복될 때가 많다. 또한, 감염병에 의해서도 영향이 있기 때문에 질병과의 관련은 유의해야만 한다. 측정은 Biuret 법으로 한다.

#### 다. GOT, GPT

이들 중에서 GOT, GPT는 간장장애의 진단에 이용되며, 장애가 있을 때에는 활성이 증대한다. 사료의 불량등도 GOT, GPT의 활성에 비교적 좋게 반영되며, 탄수화물, 지질의 질량의 부적합등 외에 비타민 부족등에 의해서도 변동한다. GOT, GPT는 Reitman Frankel 법으로 측정한다.

#### 라. 혈당량(glucose량)

혈당량은 하나의 동적 평형상태이지만, 인슐린(insulin), 아드레날린(adrenalin)등의 호르몬에서 강하게 지배되며, 또한 여러 가지 조절을 받고 있기때문에 변동하기 쉽다.

혈당량은 어종에 의해 상이하며, 활발히 운동하는 어류에서는 높고, 움집입이 둔한 어종에서는 낮다. 혈당치는 생체의 영양상태의 지표가 된다. 즉, 섭이불량, 먹이의 부적합등의 경우에는 저하하게 된다. 그러나, 어류에 따라서는 극히 미세한 쇼크, 스트레스에 의해서도 변화한다. 측정은 효소법으로 시판 Kit (Asan pharm, Co., LTD) 를 이용하여 실시한다.

## 2. 성장도의 조사

실험어의 체장과 체중 측정시에는 측정 후의 스트레스로 인한 먹이 섭취율이 급격히 저하되므로 실험어의 성장도 조사는 실험 개시시와 종료시에만 실시하였다. 또한, 성장도의 지표로서는 전장과 체중의 변화를 기준으로 하였다.

## 제2절 실험용 시스템의 운행에 따른 생산성

### 1. 생리학적 변화

실험용 필터의 설치에 의한 사육수의 정화효과에 따른 넙치의 생리적 변화를 그림 5-1~5-8에 나타내었다. 사육기간 동안 hematocrit는 8월에 높은 값을 나타내고 있으나, 대조구에 비해 뚜렷한 차이는 관찰되지 않았다. 또한, lymphocyte, neutrophil, GOT, GPT, amylase, glucose 및 total protein의 변화도 대조구에 비해 유사한 경향을 나타내었다.

실험은 1996년도에는 5월~9월의 고수온기의 전후에 실시하였다. 그 결과, 생리적인 기능 상태에 관한 지표의 변동상향에서 특징적인 경향을 볼 수 없었으며, 전체적으로 정상적인 범주 이내에 있었다.

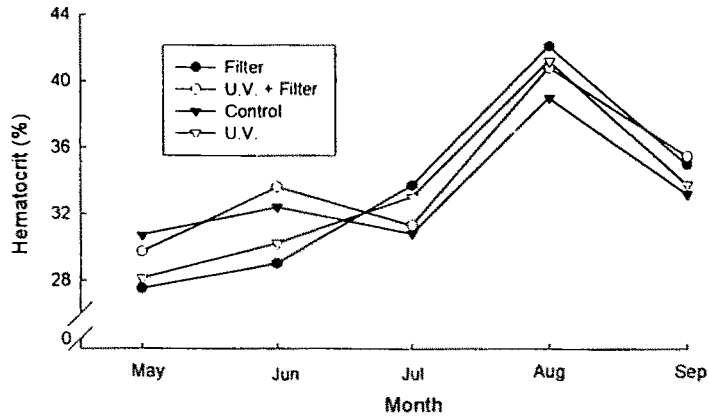


그림 5-1. 4실험 조건하에서 넙치 말초혈액 상대혈구용적의 변화  
 Fig. 5-1. Changes of hematocrit in the peripheral blood of olive flounder under the four different systems

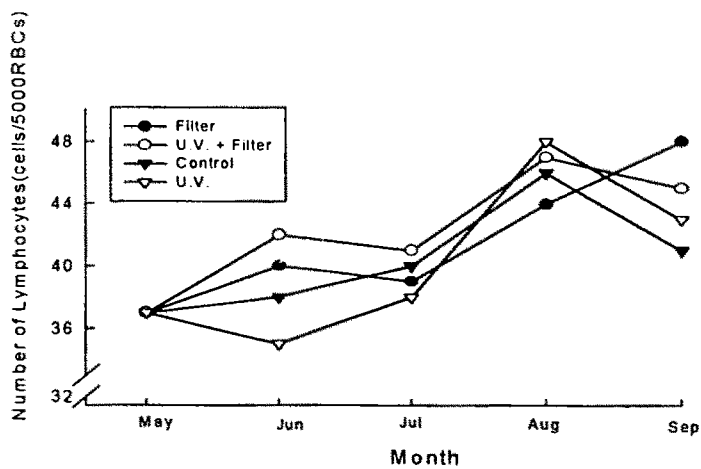


그림 5-2. 4실험 조건하에서 넙치 말초혈액 림파구의 변화  
 Fig. 5-2. Changes of lymphocytes in the peripheral blood of olive flounder under the four different systems

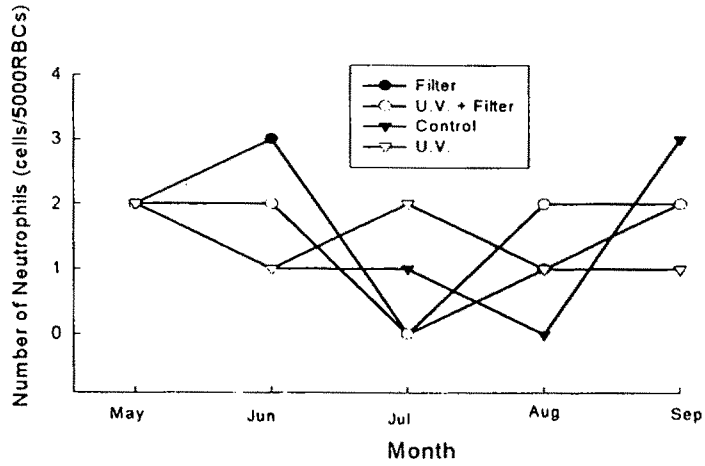


그림 5-3. 4실험 조건하에서 넙치 말초혈액 neutrophil의 변화  
 Fig. 5-3. Changes of neutrophils in the peripheral blood of olive flounder under the four different systems

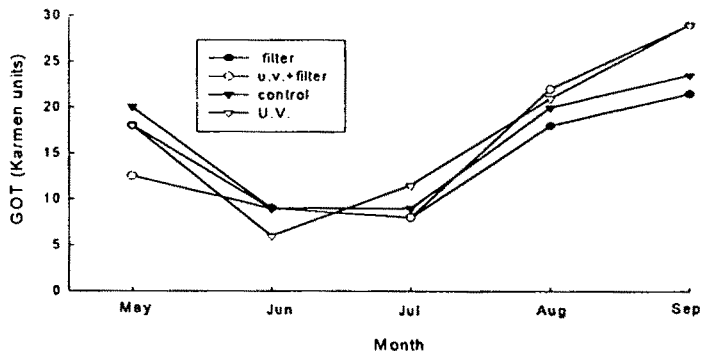


그림 5-4. 4실험 조건하에서 넙치 혈청 GOT의 변화  
 Fig. 5-4. Changes of GOT in the serum of olive flounder under the four different systems



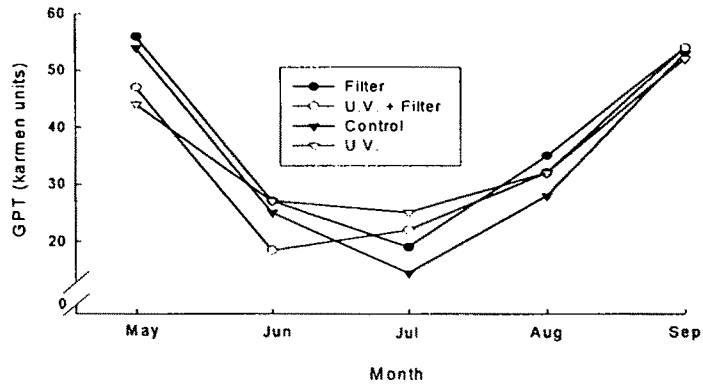


그림 5-5. 4실험 조건하에서 넙치 혈청 GPT의 변화  
 Fig. 5-5. Changes of GPT in the serum of olive flounder under the four different systems

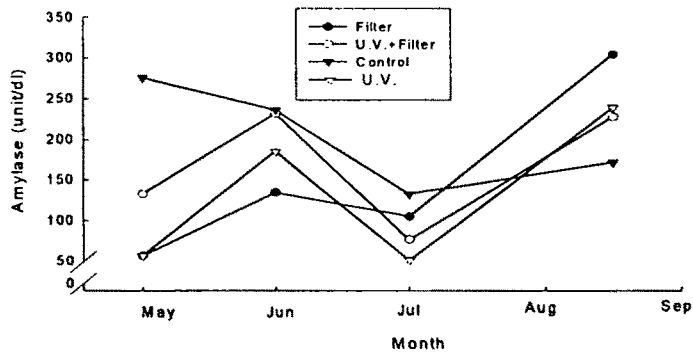


그림 5-6. 4실험 조건하에서 넙치 혈청 amylase의 변화  
 Fig. 5-6. Changes of amylase in the serum of olive flounder under the four different systems

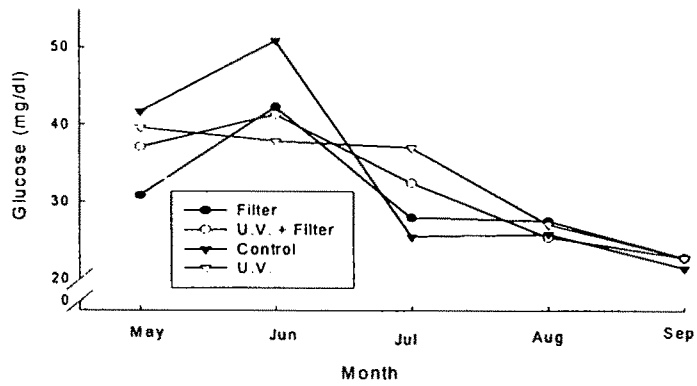


그림 5-7. 4실험 조건하에서 넙치 혈청 glucose의 변화  
 Fig. 5-7. Changes of glucose in the serum of olive flounder under the four different systems

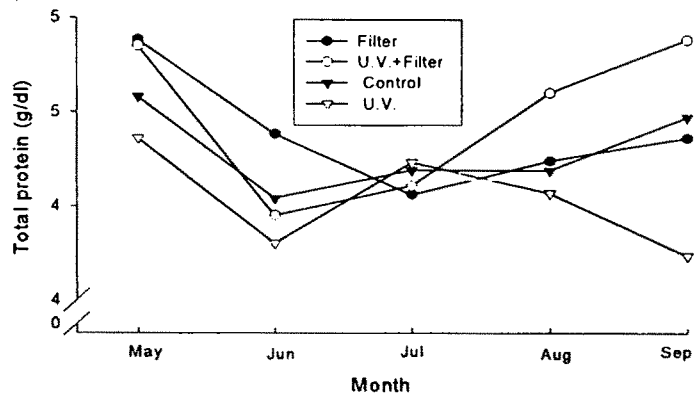


그림 5-8. 4실험 조건하에서 넙치 혈청 총단백질의 변화  
 Fig. 5-8. Changes of total protein in the serum of olive flounder under the four different systems

## 2. 성장도 변화

실험용 필터의 설치에 따른 사육 수조별 시험어의 성장도를 표 5-1에 나타내었다. 사육 실험 결과 스크린 필터를 운행한 실험구의 성장이 다른 실험구에 비하여 성장이 양호하였고, 크기도 대체로 일정한 편이었다. 그리고, UV 및 대조구에서는 비슷한 성장을 나타내었다.

표 5-1. 실험용 시스템의 사용에 의한 넙치의 성장

Table 5-1. Weight gain of olive flounder using experimental systems

Devised system	Body weight gain (g/fish)	Body length gain (cm/fish)	Body weight (g/fish)	
			Initial	Final
Filter	524.2	21.3	55.3±9.79	579.5±87.65
UV	432.3	18.0	52.8±10.24	485.1±65.74
UV + Filter	509.2	19.9	51.2±10.67	560.4±91.32
Control	487.7	19.2	50.8±10.41	538.5±91.13

## 제3절 현장용 시스템의 운행에 따른 생산성

### 1. 생리학적 변화

현장용 필터의 설치에 의한 사육수의 정화효과에 따른 넙치의 생리적 변화를 그림 5-9~5-16에 나타내었다. 사육기간 동안 hematocrit은 유사한 경향을 나타내었고, 8월에 높은 값을 나타내고 있으나, 대조구에 비해 뚜렷한 차이는 관찰되지 않았다. 또한, lymphocyte, neutrophil, GOT, GPT, amylase, glucose 및 total protein의 변화도 대조구에 비해 유사한 경향을 나타내었다.

실험은 1996년도에는 6월~10월의 고수온기의 전후에 실시하였다. 그 결과, 생리적인 기능 상태에 관한 지표의 변동상황에서 특징적인 경향을 볼 수 없었으며, 전체적으로 정상적인 범주 이내에 있었다. 실험 시작 시기가 1996년도에는 5월~9월로 수온의 상승하는 시기에 측정하였으며, 1997년도에는 6월부터 10월로 고수온시기에 측정하였다. 그 결과, 생리적인 기능 상태에 관한 지표의 변동상에서 특징적인 경향을 볼 수 없었으며, 전체적으로는 정상적인 범주 이내에 있음을 알 수 있었다.

한편, 1996년 조사 결과와 1997년 조사 결과를 직접적으로 비교할 수는 없으나, 1996년도의 생리 기능이 실험 조건별로 볼 때 대체로 큰 차이가 나지 않았다. 이에 비하여 1997년도에는 실험 조건 간에 일정한 변동 경향이 없으며, 변동 폭에서도 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 이것은 개체간의 차이로 관련성이 있겠지만 이외에도 1996년도와 1997년도의 수조 관리 방법이 달라진 것의 영향도 고려해 볼 가치가 있다고 생각된다.

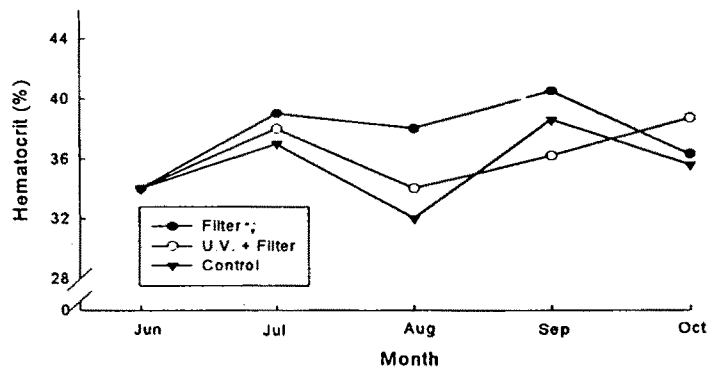


그림 5-9. 3실험 조건하에서 넙치 말초혈액 상대혈구용적의 변화  
 Fig. 5-9. Changes of hematocrit in the peripheral blood of olive flounder under the three different systems

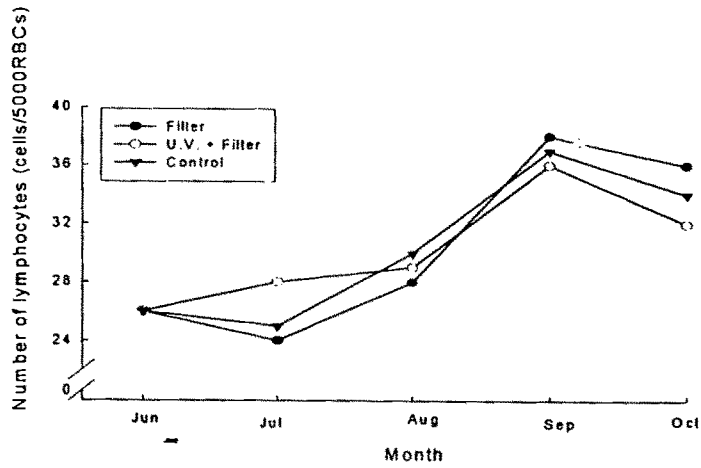


그림 5-10. 3실험 조건하에서 넙치 말초혈액 림파구의 변화  
 Fig. 5-10. Changes of lymphocytes in the peripheral blood of olive flounder under the three different systems

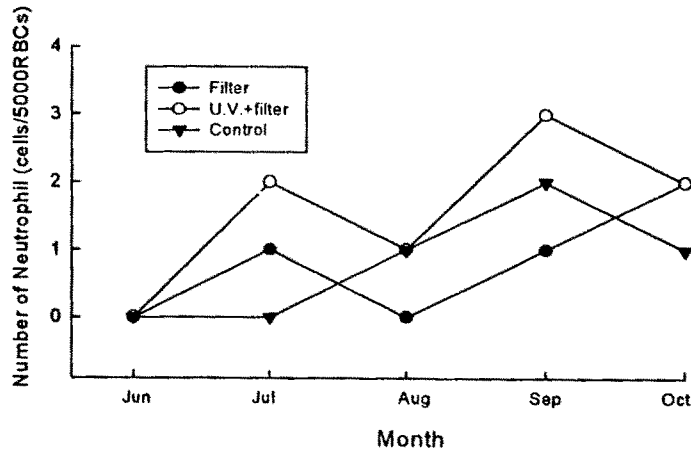


그림 5-11. 3실험 조건하에서 넙치 말초혈액 neutrophil의 변화  
 Fig. 5-11. Changes of neutrophil in the peripheral blood of olive flounder under the three different systems

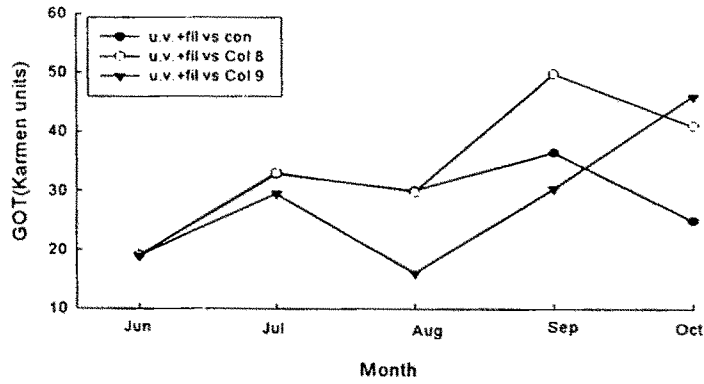


그림 5-12. 3실험 조건하에서 넙치 혈청 GOT의 변화  
 Fig. 5-12. Changes of GOT in the serum of olive flounder under the three different systems

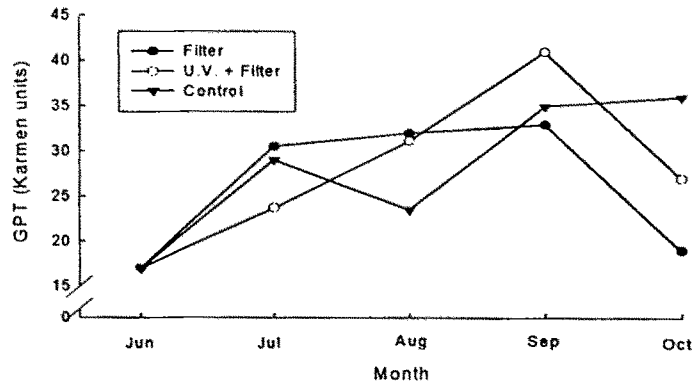


그림 5-13. 3실험 조건하에서 넙치 혈청 GPT의 변화  
 Fig. 5-13. Changes of GPT in the serum of olive flounder under the three different systems

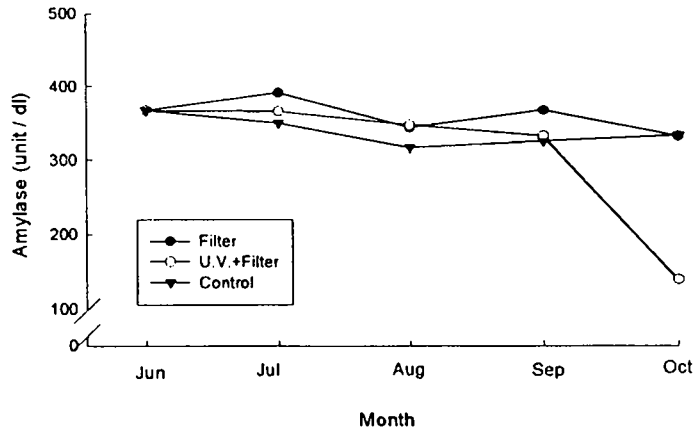


그림 5-14. 3실험 조건하에서 넙치 혈청 amylase의 변화  
 Fig. 5-14. Changes of amylase in the serum of olive flounder  
 under the three different systems

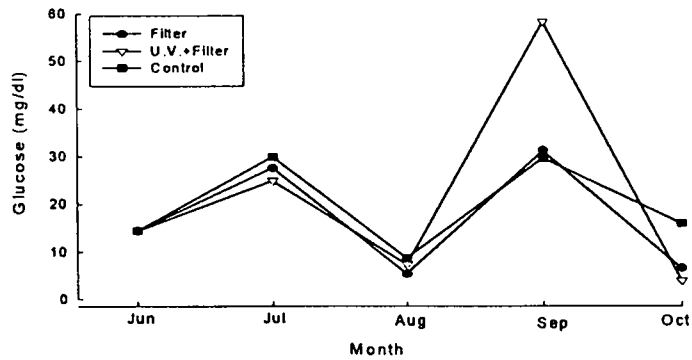


그림 5-15. 3실험 조건하에서 넙치 혈청 glucose의 변화  
 Fig. 5-15. Changes of glucose in the serum of olive flounder  
 under the three different systems

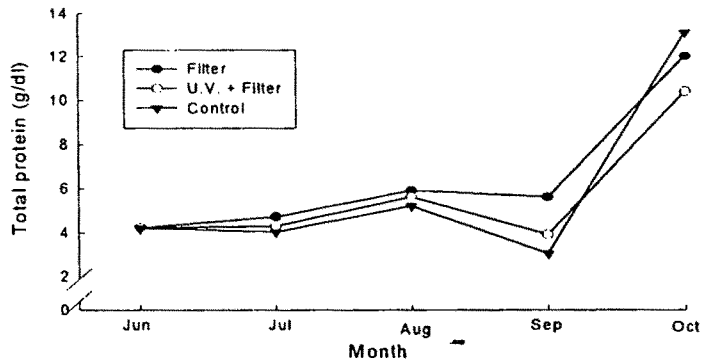


그림 5-16. 3실험 조건하에서 넙치 혈청 총단백질의 변화  
 Fig. 5-16. Changes of total protein in the serum of olive flounder under the three different systems

## 2. 성장도의 변화

현장용 시스템의 설치에 따른 사육 수조별 시험어의 성장 정도를 5개월 간 조사한 결과는 표 5-2와 같다. 사육실험 결과, 스크린 필터 및 스크린 필터+UV를 설치한 실험구에서도 대조구에 비하여 양호한 성장을 나타내었다.

표 5-2. 현장용 시스템의 사용에 의한 넙치의 성장  
 Table 5-2. Weight gain of olive flounder using field systems

Devised system	Body weight gain (g/fish)	Body length gain (cm/fish)	Body weight (g/fish)	
			Initial	Final
Filter	544.6	26.3	64.2 ± 11.9	609.8 ± 90.6
UV + Filter	551.7	24.7	60.8 ± 12.7	612.5 ± 98.3
Control	529.9	22.2	62.8 ± 12.3	592.7 ± 93.1



## 제6장 결론 및 경제성 평가

### 제1절 스크린 필터

스크린 필터를 걸음으로 볼 때 제작이 용이할 것으로 예상되었으나, 1차 년도의 연구결과에 따라 아래와 같은 문제점을 갖고 있다.

- . 회전을 위한 벨트의 재료 개발 필요
  - 2, 3개월 사용후 교체되어야 함
- . PE재질의 외국산 망이 필요
  - 원가에 부담으로 작용
- . 같은 크기의 드럼필터와 비교하여 처리용량이 작음
  - 수면하 망의 면적 비교

### 제2절 드럼 필터

본 연구는 양어장의 유입수, 유출수, 순환수의 처리시 침전조를 대신하여 부유물을 제거할 수 있는 장치이며, 상하수의 부유물을 제거하는 장치로도 사용될수 있도록 함으로서 물과 관련된 환경의 개선에 일조할 것이다.

여러종류의 드럼필터가 상하수의 처리에 많이 이용되어지고 있으나, 처리방법, 처리용량, 사용 최적화 등의 문제를 갖고 있고, 한편으로 육상양어장의 배출수 처리 문제는 해결방법에 많은 논란이 있는 실정이다. 예를 들면, 외국의 경우에는 거의 대부분이 담수양어 시설의 수처리 장치로 여러 가지 드럼필터가 개발되어 사용되고 있고, 소재산업의 발달과 오랜 기간의 연구를 통하여 스텐(SUS316)을 이용하여 부식에 유리한 제품을 생산하고 있다. 그러나, 우리나라에서는 금속소재산업의 취약성 그리고 시장과 자본의 취약성으로 인하여 스텐을 이용할 경우 개발에 많은 문제점을 앓을 것으로 예상하

여 PE, FRP, PPC 등을 주재료로한 제품을 개발함으로써 부식으로 인한 문제점을 해결할 수 있었다. 또한 기술적인 측면에서 외국의 기존 제품은 드럼의 회전부와 고정부분은 마찰로 인하여 사용기간이 길어질수록 누수의 가능성이 높아질 수밖에 없으나, 개발한 제품은 반폐쇄식 드럼을 고안함으로써 이러한 단점을 해결할 수 있었다.

특히, 본 연구를 통하여 장치의 구동 및 자동화는 프로그램이 가능한 PLC(Programmable Logic Controller)를 이용함으로써 운영의 경제성을 가져올 수 있었다. 한편, 비슷한 처리용량의 외국제품인 경우 5000만월(1달러=800원)정도이나, 참여업체에서는 개발된 제품가격을 절반정도에서 결정될 것으로 예상하고 있어 수출 가능성을 타진하고 있다.

본 연구를 통하여 개발한 드럼 필터의 성능과 경제성을 정리하면 다음과 같다.

- . 합성수지 재료를 이용하여 부식 문제를 해결
- . 반폐쇄식 드럼을 고안하여 마찰에 의한 누수 해결
- . PLC를 이용한 장치의 최적화
- . 외국제품과 비교할 때 탁월한 경제성 확보
- . 개발된 제품의 수출 가능성 확보

## 제2절 환경 및 생산성 평가

스크린 필터의 설치에 의해 5개월간의 운행실험에서 유입수의 부유물질 및 탁도의 정화효과를 나타냈으며, 사육수의 부유물질, 영양염류등도 감소하였다. 또한, 드럼 필터에 의해 연안으로 유출되는 유출수의 부유물질을 제거하는 효과를 보았다.

생산성에 있어서는 본 시스템의 운행동안 넘치의 생리적인 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았으나, 스크린 필터를 설치한 실험구에서 양호한 성장을 보

였다, 따라서, 본 장치의 설치에 의해 다음과 같은 경제성이 기대된다.

- . 노동력에 의해 사육수조의 청소 횟수를 크게 줄일 수 있는 것으로  
사료되어 인건비를 절약
- . 5개월간의 성장 실험에서 뚜렷한 생산성 차이는 나타나지 않았지만,  
필터를 설치한 실험구에서 양호한 성장을 보여 5개월 이상의 장기 사  
육에는 생산성 향상이 기대됨
- . Filter의 망크기에 의해 적조생물을 처리할 수 있을 경우, 적조시의  
대책 수단

표 6-1. 드럼 필터의 성능 비교(차이점)

Table 6-1. Efficiency comparison of drum filter with  
foreign country Co.

종류 내용	노르웨이 하이트로텍사	개발 제품 V3.5	비고
기본사양, 성능	L=2840mm B=2360mm D=2160mm ss=25mg/l 90 $\mu$ mSUS 망	L=2200mm B=2200mm D=2500mm ss=25mg/l 60-120 $\mu$ mSUS 망	
처리용량 ss=25mg/l	30,000ton/day	25,000ton/day	
기본재료	SUS	PE,PP	
수밀방법	L자로 회전부와 고정부를 밀착	반폐쇄식 드럼	
자동화		overflow 감지제어 펌프노즐분사 제어	

## 제7장 활용에 대한 건의

이상의 연구를 통하여 드럼 필터는 특허 출원중에 있으며, 개발된 드럼 필터는 현재 육상 수조식 양식장에서 계속적으로 가동중에 있다.

본 연구를 통하여 개발된 드럼 필터는 최종적으로 다음과 같은 결과에 의해 육상수조식 양식장에 설치하여 사용하기 위해서는 행정적인 뒷받침이 필요하다고 생각된다.

- ◇ 제작과 실험을 통하여 일반적인 경우 드럼필터가 스크린필터에 비하여 비교 우위에 있음을 알 수 있었다.
- ◇ 국내 산업환경을 고려할 경우 주재료는 플라스틱 제품이 유용함을 알 수 있었다.
- ◇ 누수에 탁월한 반폐쇄식 드럼을 개발하였다.
- ◇ PLC를 응용하여 드럼 필터의 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있었다.
- ◇ 외국제품과 비교하여 경제성이 있을 것으로 예상된다.
- ◇ 본 시스템은 연안 환경에 관련된 행정기관의 적극적이고, 협조적인 검토를 토대로 본 장치의 보급에 대한 행정적인 보조의 필요(예, 육상수조식 양식장의 침전조에 대한 범규의 현실화).
- ◇ 본 장치는 양식장 뿐만 아니라 하수처리장 등에서도 사용할 수 있을 것으로 생각되어 이에 대한 공급도 고려할 필요

◇ 참여 업체의 적극적인 협조로 만족할 만한 연구 결과를 얻을 수 있었다. 특히, 참여 업체의 참여 금액(현금 750만원/년, 현물 750만원/년)외에 7천만원정도의 연구 개발비가 투자되었으며, 대규모생산에 필요한 시설비 용자 등이 필요한 실정

## 제8장 참고 문헌

1. Bart, R. and C. Arnold. 1994. Use of ozone for water treatment in recirculating-water reeway systems. *The Prog. Fish-Cult.* 56 : 47-50
2. Helge, L., H. Hektoen and H. Efraimsen. 1995. Inactivation of bacterial and viral fish pathogens by ozonation or UV irradiation in water of different salinity. *Aquacul. engineer*, 14 : 107-122.
3. Hirayama, K., H. Mizuno and Y. Hmizuma. 1988. The accumulation of dissolved organic substances in closed recirculation system. *Aquacul. engineer*, 7 : 78-87.
4. Jack, M. T. 1988. Ozone control of caratomyxosis: survival and growth benefits to steelhead and cutthroat trout. *The Prog. Fish-Cult.* 50 : 202-210
5. Jay, F. H. 1992. Reduction of ozone oxidants in synthetic seawater by use of sodium thiosulfate. *The Prog. Fish-Cult.* 54 : 54-56
6. Lewis, W. M. and G. L. Buynak. 1976. Evaluation of a revolving plate type biofilter for use inrecirculated fish production san holding units. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 105 : 704-708.
7. Michael, H. P. and W. M. Lewis. 1988. Use of ozone and fluidized-bed biofilter for increased ammonia removal and fish loading rates. *The Prog. Fish-Cult.* 50 : 141-147
8. Nortensen, H. 1995. Recirculation, success depends on proper filtration. *Fish. Farm. Inter.* 3 ; 14-15

9. Thmothy, R. P., Yoshiaki M. and C. M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. A. Wheaton and Co. Ltd. Exeter.
10. 河合章, 吉田陽一, 木保正夫. 1964. 循環濾過式飼育水曹の微生物化學的研究-1. 魚の飼育に伴なう水質ならびに微生物相の變化について. 日水誌, 30 : 55-62.
11. 丸山俊朗, 奥積昌世, 佐伯照和. 1991. 活魚運送, 畜養における泡沫分離法の飼育海水浄化能. 日水誌, 57 ; 219-225.
12. 丸山俊朗, 奥積昌世, 佐伯照和. 1996. 循環式泡沫分離ろ過システムによるヒラメ畜養水の浄化. 日水誌, 64 ; 578-585.
13. 日本水産資源保護協會編. 1980. 水質汚濁調査指針. 恒星社厚生閣