

필터의 개발을 통한 해수 육상수조식 양식장의 환경개선에 관한 연구

I. 스크린 및 드럼 필터의 개발

김성근 · 강주찬* · 박수일*

제주대학교 해양연구소, *부경대학교 수산생명의학과

The Development of Filter for Environmental Improvement in Land Based Seawater Fish Farm

I. Development of Screen and Drum Filter

Seoung-Gun KIM, Ju-Chan KANG*, Soo-Il PARK*

Marine Research Institute, Cheju National University, Cheju-do 690-756, Korea

*Department of Aquatic Life Medicine, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

The productivity of land based seawater fish farm has been decreased because of unexpected outbreaks of diseases caused by the contaminated inlet seawater. Sometimes unfiltered/untreated outlet seawater from the land based seawater fish farm has created serious environmental problem. In the needs of treatment systems for the inlet and outlet seawater, the researchers have developed two different systems.

The purpose of this study is to design and test two treatment systems, the screen filter for inlet seawater and drum filter for outlet seawater, on the basis of concept of system design and automatization.

After developing two systems, an experiment has been conducted with two systems and collected data to improve design and efficiency of the system.

In this study, detailed design and efficiency of the system could be improved by the programmable logic controller (PLC).

Key words: land based seawater fish farm, screen filter, drum filter, PLC

서 론

육상수조를 이용한 우리 나라의 해산 어류양식은 약 15년 전부터 발달하기 시작하여 최근에는 넘치와 조피볼락을 중심으로 많은 연안 지역에서 성행되고 있다. 그러나, 현재의 해수 육상 수조식 양식시설로는 환경문제, 특히 연안오염에 대처하기가 어려워 양식면적의 축소가 가속화될 위기에 있으며, 고밀도 사육에 따른 사육환경 악화 및 질병발생 등으로 생산성이 저하되고 있다. 그래서, 일부에서는 양식장의 사육환경 개선을 위하여 생물 여과법, 포말 분리법 및 효율적인 산소 공급법 등이 사용되고 있다 (Lewis and Buynak, 1976 ; Kim et al., 1987 ; Bart and Connie, 1994 ; Toshiro et al., 1996). 그러나, 이 같은 방법들은 사육환경의 악화를 초래하는 부유물질을 근본적으로 제거할 수 없으며, 양식장의 배출수에서 파생되는 연안오염 방지는 더욱더 불가능하다. 따라서, 육상 수조식 양식장의 사육환경을 개선하고, 연안오염을 방지하기 위해서는 1차 적으로 부유물질 제거기술이 필요한 실정이다.

선진국에서는 오래 전부터 육상 수조식 양식에서 파생되는 환경오염 문제를 해결하기 위하여, 노르웨이의 하이드로텍사 (Hydrotech Co.), 미국의 아쿠아마나사 (Aquamana Co.) 및 캐나다의 P.R.A.사 (Manufacturing Co.) 등에서는 자국의 실정에 맞는 필터를 개발하여 좋은 효과를 거두고 있으나, 국내에서는 단지 유입수의 여과를 위한 여과장치가 일부 운영되고 있을 뿐이다.

이와 같은 필요성에 따라 급속히 발전하고 있는 자동화 설계 기술 (김, 1994)과 시스템설계 기술을 접목하고, 현장 적용을 목표로 최적화 시스템의 개발을 계획하였다. 본 논문에서는 연구의 초기단계로서 유입수를 처리하기 위한 스크린필터와 유출수를 처리하기 위한 드럼필터의 개발에 필요한 개념설계를 하였다.

연구의 진행은 스크린필터와 드럼필터의 설계목적을 설정하고, 목적에 부합하는 개념을 기본적인 물리법칙, 설계 경험, 다양한 창의성을 바탕으로 확립하였다. 이러한 개념을 바탕으로 각각의 필터에 대한 개념설계를 수행하였다. 개념설계는 두가지 방향에 사용되어지며, 그중 첫 번째는 제작을 통한 설계내용의 확인을 위한 실험

Table 1. Specification of screen filter

	Ultra Violet (UV) lamp	Screen filter	UV lamp & Screen filter	Comparative
Length	1000 mm	1000 mm	1000 mm	
Breath	600 mm	600 mm	600 mm	
Depth	600 mm	400 mm	600 mm	
Draft	300 mm	600 mm	400 mm	
Material	Water tank	PP	PP	PP
	Disk plate	-	PE	PE
	Guide	-	sus304	sus304
	Sludge base	-	PVC	PVC
Filter & UV	20 W UV lamp 3EA	sus316 60 μ m	20 W UV lamp 3EA sus316 60 μ m	30 μ m 60 μ m
Nozzle & air cylinder	-	5 cm plate nozzle 20 cm air cylinder	5 cm plate nozzle 20 cm air cylinder	
Compressor	-	1/10 of 5 kW	1/10 of 5 kW	
Rotater motor & disk plate RPM	-	0.1 kW AC 6RPM	0.1 kW AC 6RPM	
Processor capacity (Approximate)	-	0.4 ton/min (0.1 ton/min)	0.4 ton/min (0.1 ton/min)	SS 40 mg/l
Test capacity	20 ton/day	20 ton/day	20 ton/day	

이고, 두 번째는 초기설계 및 상세설계에 필요한 자료 수집 및 개념설계 내용의 해석 및 사양결정이다. 본 논문에서는 제작을 통한 실험의 과정을 소개하였다.

본 논문을 통하여 유입수의 처리를 위한 스크린필터와 배출수 처리를 위한 드럼필터의 개념설계를 완성하였고, 이의 실험을 통하여 초기설계 및 상세설계에 필요한 자료를 얻을 수 있었다. 또한, 양식장에 설치가운행을 통하여 필터 성능을 확인할 수 있었으며, Programmable Logic Controller (김,1995)를 적용한 시스템의 운영을 통하여 신뢰성 확보에 필요한 자료를 얻을 수 있었다.

재료 및 설계

1. 스크린필터

스크린필터는 사육수로 유입되는 해수중의 부유물질을 제거하고, 필요에 따라서는 자외선등 (ultra violet lamp)의 설치에 의해 병원성 미생물을 살균하기 위해 설계하였다. 스크린필터는 유입수를 스크린 원판으로 막고 필터망 (규격 30~120 μ m)에 부착되는 고형물질을 고압 공기에 의해 제거되도록 개념 설계하였다. 즉, 원판 직경 500 mm PE망 (poly ethylen let), 5기압 공기압력, 노즐, 0.1 kW 기어드 모터 및 600 mm길이 자외선등을 이용하여 2 ton/hr 용량의 해수를 처리할 수 있도록 개념 설계하였다.

스크린필터 외곽 케이스의 규격은 1000×600×500 mm 이상을 기준으로 하여 재질은 PP (poly phylen)를

사용하고, 필터의 가이드는 원판 직경 500 mm PE망을 잡을 수 있는 스텐 재질을 기준으로 가능하다면, PE재질을 사용하였다. 원판을 회전시키기 위하여 0.1 kW DC 기어드 모터와 회전속도를 변경하는 실험을 위하여 DC 모터 콘트롤러를 사용하였고, 회전을 위한 팬벨트는 범용적인 실리콘 벨트를 사용하여 마찰에 의해 교체가 용이하도록 설계하였다. 회전원판과 가이드 사이의 마찰에 의한 누수를 고려하여 동일 재질 (고강도 PE)을 사용하였다. 망에 걸리는 슬러지는 공기노즐에 에어 컴프레서를 사용하고 필요에 따라 공기 컴프레서 대신에 0.2 kW 이상의 펌프를 이용하여 슬러지를 제거하였다. 스크린필터의 재질은 스위스의 SST Thal 60 μ m을 기준으로 실험을 수행하였다. 또한, 스크린필터는 교체가 용이하도록 설계하였다. 이상의 설계를 바탕으로 실험에 필요한 3개의 모델을 설정하였고 (Table 1), 모델의 정면도, 측면도 및 사시도는 Fig. 1~3에 나타내었다.

2. 드럼필터

드럼필터의 처리용량은 0.3 ton/min을 기준으로 하여 기본사양 (600×600×500 mm)을 도출하고 구조물의 재질은 스테인레스강을 기본으로 하여 PE 등의 소재에 대하여 조사가연구하였다. 그리고, 필터의 재질은 국내에서 구입이 용이한 스텐망 중에 60 μ m을 기본으로 하여 다양한 크기의 망에 대하여 기계적인 제작성능을 조사하였다. 드럼필터의 구성은 드럼, 필터, 기어드 모터, 콘트롤러, 슬러지 받이, 노즐, 솔레노이드 밸브, PLC, 컴프레서로 되어 있다.

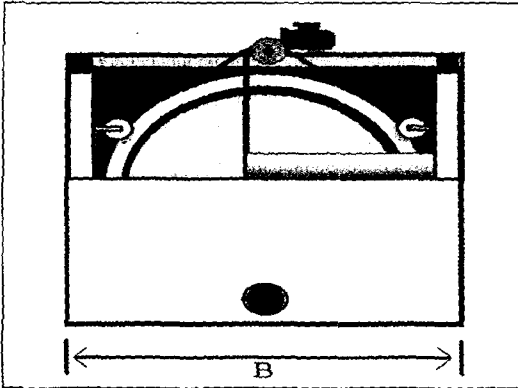


Fig. 1. A front view of screen filter.

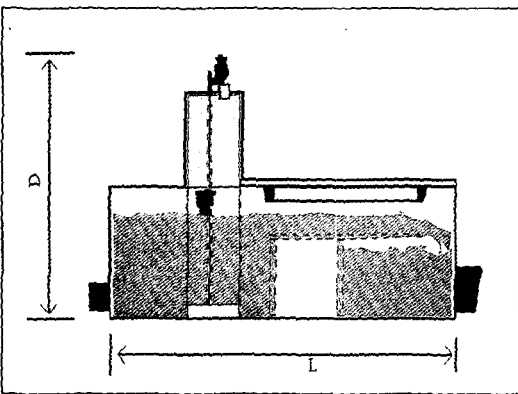


Fig. 2. A lateral view of screen filter.

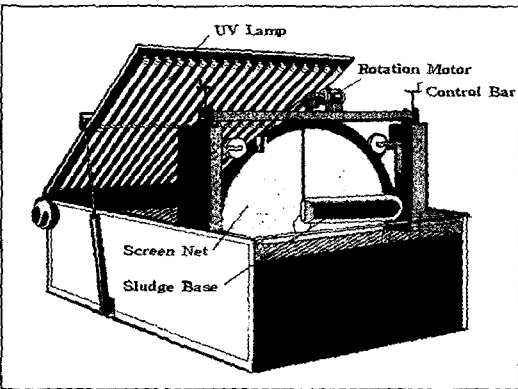


Fig. 3. 3D view of screen filter.

드럼필터의 개념설계 내용을 바탕으로 필터의 교체부
 분을 용이하게 설계하고, 드럼 롤러의 마모와 처짐을 방
 지하기 위하여 롤러의 위치 및 회전속도를 정밀 설계하
 였다. 노즐은 드럼의 회전축방향을 향하도록 설치하

였으며, 회전을 위한 기어드 모터는 0.1 kW DC모터를 채
 용하고 가변 회전속도(기준 회전수는 6rpm)를 얻기 위
 하여 모터 컨트롤러를 사용하였다. 공기노즐의 분사량 및
 분사시간은 솔레노이드 밸브에 의하여 통제되며 솔레노이
 드 밸브는 내구성이 있는 PLC를 프로그래밍하여 제어한
 다. 에어컴프레서는 7kW범용을 채용하였다. 한편, 펌프를
 이용한 청소가 가능하도록 겸용설계 하였다. 이상의 설계
 의 기본사양은 Table 2에 나타내었고, 드럼필터의 정면도,
 측면도 및 사시도를 Fig 4~6에 나타내었다.

제작 및 고찰

1. 스크린필터

스크린필터를 안치할 수 있는 사각수조의 규격은 1000
 ×600×500 mm 이상을 기준으로 하여 재질은 PVC와
 PE를 사용하였으며, 필터의 가이드는 500×500 mm PE
 망을 고정할 수 있는 회전 원판은 PE재질로 제작하였다.
 회전 원판은 동일 재질의 가이드와 2개의 롤러 그리고
 0.1 kW의 DC 기어드 모터를 사용하였으며, 모터는 제어
 기에 의하여 속도가 가변되도록 제작하였다. 회전 원판을
 회전시키기 위한 팬 벨트는 폴리우레탄 재질을 사용하여
 내구성을 향상시킬 수 있었다. 한편, 회전 원판 하부의
 밀폐 처리는 동일 재질인 고강도 PE를 사용하였으나,
 약간의 누수되는 현상을 볼 수 있었다. 망에 부착된 슬
 러지는 7kW 기준의 에어컴프레셔와 노즐을 이용하여
 제거할 수 있었으며, 망의 크기는 60 μm로 제작하였다.
 필터의 교체는 3개월에 1번으로 예상하였으나, 1년 이상
 의 실험기간 중에 교체하지 않아도 되었다. 또한, UV램
 프는 스크린필터를 통과한 유입수의 처리에 이용하였다.

스크린필터는 제작과정에서 염분에 의한 부식을 우려
 하여 가능한 금속성분을 배제하도록 제작을 하였으며,
 재료는 폴리에틸렌 계열을 주재료로 하여 연결부분 등은
 sus316을 사용하였다. 수작업으로 인하여 폴리에틸렌 계
 열의 재료를 이용하고, 경제성을 고려할 경우 슬러지 받
 이, 노즐 등 다양한 부분에 대하여 원하는 형상을 얻기가
 어려웠다. 제작된 실험용 스크린필터는 현장에 설치하여
 운행하였고 (Photo. 1), 실험 운영을 통하여 처리용량의
 한계 (약 50 ton/day)로 인한 실제 양어장의 유입수 처리
 에는 문제점이 많은 것을 알 수 있었다. 한편, 신뢰성이
 있는 시스템의 개발을 위해서는 초기설계 및 상세설계
 내용을 포함하여 반복적인 연구과정이 필요할 것으로 사
 료된다.

Table 2. Specification of experimental drum filter

		V1.0	V1.1	V1.2	Comparative
Inlet water proof		Steel+Hi-tensile Spongy+Steel	sus+Hi-tensile spongy+PE plate	Half closed Perfect water proof	
Length		600 μm	600 μm	600 μm	
Breath		600 μm	600 μm	600 μm	
Depth		600 μm	600 μm	600 μm	
Draft		400 μm	300 μm	400 μm	
Material	Water tank	Steel	sus304+Plastic	sus304+Plastic	
	Rotate drum	sus304	sus304	sus304	
	Guide	sus304	sus304	sus304	
	Sludge base	Steel	sus304	sus304+PVC	
Filter spec.		sus316 90 μm	sus316 90 μm	sus316 90 μm	30, 60 μm
Nozzle & air cylinder		5 cm plate nozzle	5 cm plate nozzle	5 cm plate Nozzle	
		50 cm air nozzle	50 cm air nozzle	50 cm air Nozzle	
Compressor		2/10 of 5 kW	2/10 of 5 kW	2/10 of 5 kW	
Rotater motor & disk plate RPM		0.1 kW AC	0.1 kW AC	0.1 kW AC	
		6RPM	6RPM	6RPM	
Processor capacity (Approximate)		0.8 ton/min (0.1 ton/min)	0.8 ton/min (0.1 ton/min)	0.8 ton/min (0.1 ton/min)	ss 40 mg/ℓ
Test capacity		20 ton/day	20 ton/day	20 ton/day	

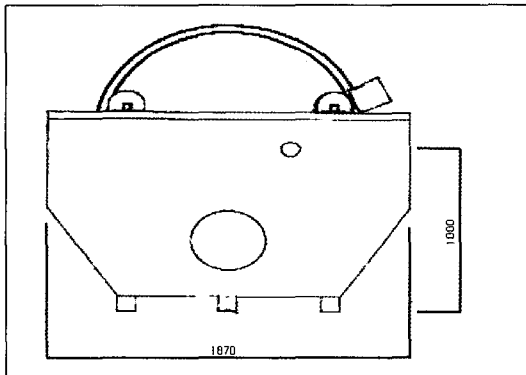


Fig. 4. A front view of drum filter.

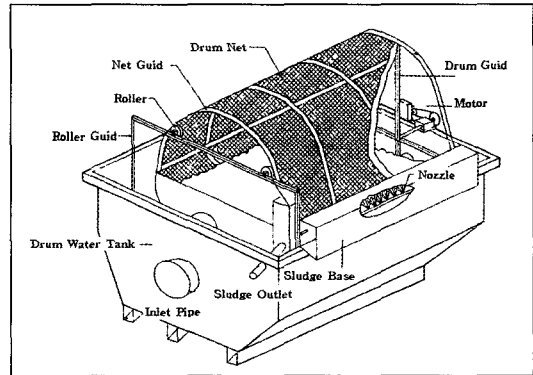


Fig. 6. 3D view of drum filter.

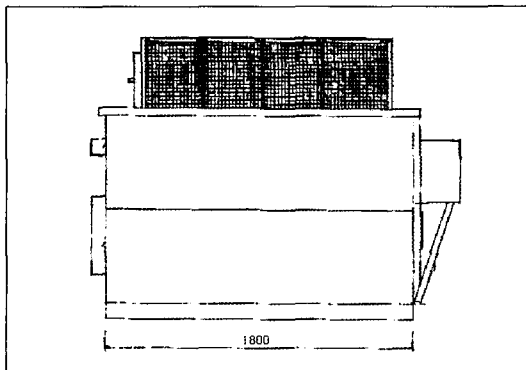


Fig. 5. A lateral view of drum filter.

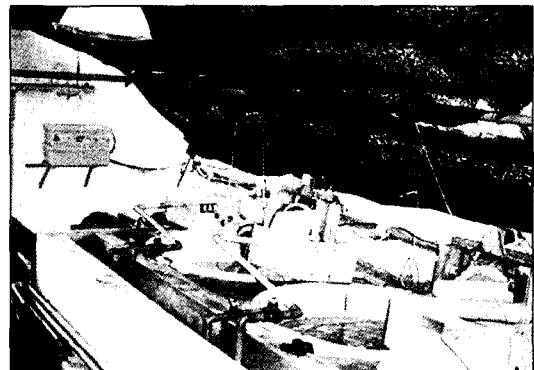


Photo 1. Establishment of screen filter.

2. 드럼필터

초기설계 사양에 따라 드럼필터 V1.0, V1.1 그리고 V1.2를 제작하였으며, 여기서는 제작시의 특별한 사항에 대하여 기술하였다. V1.0의 외곽수조는 일반철판을 사용하여 제작한 후 부식방지를 위한 방수페인트로 코팅하였다. V1.1과 V1.2는 sus304 가이드를 골격으로 사용하였고, 외곽 판은 10 mm 아크릴 판을 사용하였다. 실험결과, 일반철판에 방수코팅을 한 V1.0인 경우 3개월 사용후 점진적인 부식이 발생하였으며, 지속적인 코팅처리가 필요하였다. 또한 아크릴판을 사용한 V1.1과 V1.2인 경우에는 외부충격에 의한 파손이 실험중에 발생하였을 뿐만 아니라 아크릴인 경우 외부 노출시 재질의 변형이 발생하여 외곽수조의 재질인 FRP 혹은 ABS재질이 상대적으로 유용할 것으로 생각된다. V1.0과 V1.1은 회전 드럼부와 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 설비가 제작하여 실험하였다. 그러나, 1일 2회의 청소시 유입되는 순간 최대유량(정상시의 15배 : 15톤/hr)의 유량과 부유물질을 처리하기 위해서는 펌프(물 청소)에 의한 땅의 청소를 필요로 하였으며, 펌프의 사용으로 인하여 슬러지 중량은 에어컴프레서를 이용한 결과보다 8배의 증가를 보였다.

제작과정은 우선 드럼필터의 외곽수조 가이드를 제작하고 (Photo. 2), sus304를 사용하여 드럼을 제작한 다음 (Photo. 3) 외곽수조와 드럼을 조립하였다 (Photo. 4). 이렇게 제작된 드럼필터 V1.0, V1.1 및 V1.2는 각각의 실험수조에 설치·운영하였다 (Photo. 5). 그리고, 운영과정을 통하여 sus304의 용접부분과 마찰부분이 2개월



Photo. 2. Construction of drum filter guide.

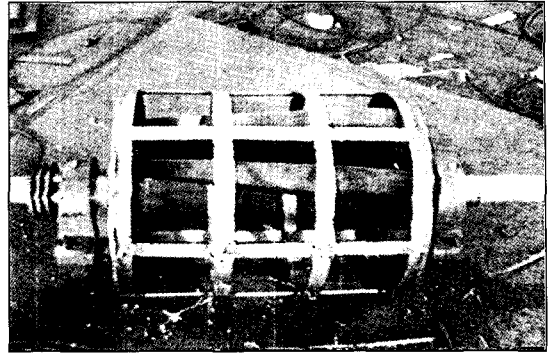


Photo. 3. Construction of drum rotation part.

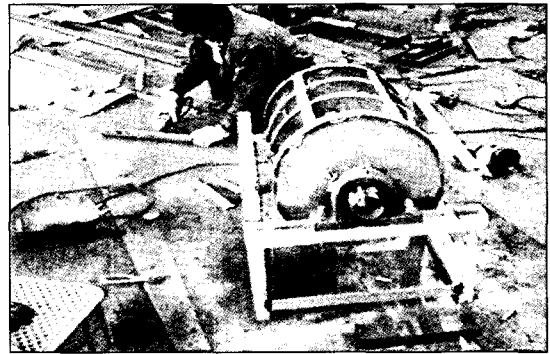


Photo. 4. Assembly procedure of experimental drum filter.

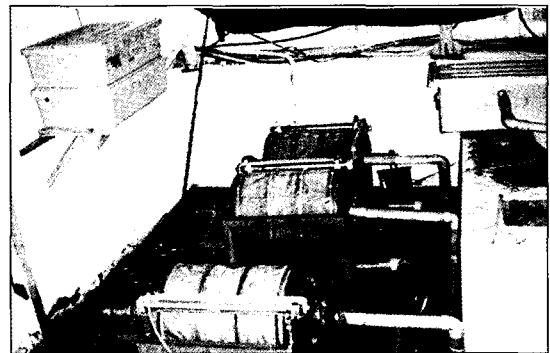


Photo. 5. Establishment of experimental drum filter.

후부터 먼저 부식되기 시작하였으며, 연안과랑이 해지면의 부유물질 등(특히 모래)을 유통시켰을 때 유입수 처리를 위한 스크린필터는 물론 배출수 처리를 위한 드럼필터에 에어컴프레서를 이용했을 경우는 땅의 막힘등으로 인하여 처리용량의 저하를 가져왔다. 한편, 스텐망의 처짐과 마찰로 인한 내구성 및 누수문제 등을 검토할 수 있었다. 특히, 실험 운영을 통해서 실험과정에서는 문제가 없지만, 실질적으로 초기설계와 상세 설계에는 2차

적인 슬러지의 처리에 관하여 고려해야 할 것으로 생각되었다. 또한, 실험운영을 통하여 전반적으로 시스템의 설계 및 제작시 양어장 배출수의 문제점과 해결에 대한 필요성을 재인식하게 되었으며, 염분에 의한 부식의 문제가 상시 가동하는 시스템에 대해서 중요한 인자임을 확인할 수가 있었다.

결 론

이상의 필터의 설계, 제작 및 운영을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 해수 육상수조식 양식장의 유입수 처리를 위한 스크린필터 및 배출수 처리를 위한 드럼필터의 개념설계의 자료를 도출할 수 있었다.

(2) 해수 육상수조식 양식장의 배출수 해결에 대한 필요성이 재인식되었다.

(3) 염분에 노출된 필터 시스템의 부식 문제에 대한 중요성을 인식할 수 있었다.

(4) 스크린필터의 제작가운행을 통하여 회전을 위한 벨트의 구조개선, 적절한 재료 선정, PE재질의 외국산 필터를 대신한 필터의 조사 및 같은 크기의 드럼필터와 비교하여 처리용량의 한계 등의 필요성이 인식되었다.

(5) 반폐쇄식 드럼필터의 유용성을 확인할 수 있었으며, 지속적인 연구의 필요성이 인식되었다.

요 약

육상수조를 이용한 해산어의 양식은 사육환경의 악화와 질병발생 등으로 인하여 생산성이 점차 저하되고 있으며, 배출수로 인해 양식장 주변연안의 환경문제점을 유발하고 있다. 따라서, 본 연구는 시스템 및 자동화 설계기술을 이용하여 유입수처리를 위한 스크린필터와 배출수처리를 위한 드럼필터의 개발을 위한 기초단계로서

각각에 대한 개념설계를 수행하고, 이를 바탕으로한 실험용 모델의 제작가운행을 수행하였다. 그 결과 현장용 필터제작에 필요한 초기설계 및 상세설계에 대한 자료를 얻을 수 있었으며, PLC를 이용한 자동화는 장치의 효율성을 향상시킬 수 있었다.

사 사

본 연구에 협조를 해주신 제주대학교 해양연구소 소장님 및 직원 여러분들께 감사의 말씀을 드리며, 이 연구는 농림수산부에서 시행한 농림수산 특정 연구개발사업의 연구비 지원으로 수행된 결과의 일부임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- Bart, R. and R.A. Connie. 1994. Use of ozone for water treatment in recirculating-water raceway systems. *Prog. Fish-Cult.* 56, 47~50.
- Kim, I.B., Kim, P.K. and Y.O. Chee. 1987. The ammonia removal capacity of a few kinds of filter media in a water reuse aquaculture system. *Bull. Korean. Fish. Soc.*, 6, 561~568.
- Lewis, W.M. and G.L. Buynak. 1976. Evaluation of a revolving plate type biofilter for use in recirculated fish production and holding units. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 105, 704~708.
- Toshiro, M., O. Masayo and S. Yoriyuki. 1996. The purification of rearing seawater of Japanese Flounder with the closed foam separation-filtration system. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 4, 578~585.
- 김종식. 1994. 동적시스템 및 제어공학. 청문각, pp 1~20.
- 김호동. 1995. PLC 기초와 응용 실습. 학문사, pp 95~103.

1998년 6월 24일 접수

1998년 11월 13일 수리