

BSPE99443-11300-4

**구조토를 사용한 단면막
해수고도 수처리 융합
시스템개발
(최종 보고서)**

2016. 12.

**주관연구기관
한국해양과학기술원**

제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “규모토를 사용한 단면막 해수고도 수처리융합시스템 개발“
과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2016. 12.

총괄연구책임자 : 박용주

참 여 연 구 원 : 명정구, 오승용, 황선완
김민석 최희정, 임장근
박진우, 윤보배, 정유경
김지영

목 차

기관 주요사업(창의사업 R&D) 실적보고서	1
과제요약서	2
I. 기술개요	3
1. 개발기술 내용	3
2. 개발기술의 국내·외 기술동향	4
3. 기술의 특징(우수성)	9
II. 연구개발 목표 및 내용	13
1. 연구개발의 필요성	13
2. 연구개발의 목표	13
3. 세부목표	13
4. 연구개발의 내용 및 범위	14
III. 연구개발 추진체계 및 수행방법	16
1. 연구수행의 적절성	16
2. 예산집행의 적정성	26
IV. 연구개발 성과의 우수성	27
1. 기술의 완성도(성능목표 달성도)	27
2. 연구결과의 우수성/혁신성/차별성	28
V. 활용가능성 및 파급효과	29
1. 연구결과의 활용성 및 실용성	29
2. 해당 기술의 기술적 파급효과 및 기대효과	29
3. 연구결과에 대한 기업 만족도 및 사업화 계획	30

표 목 차

표 1. 성과지표 및 구체적 내용	14
표 2. 2015년 06월 구조토 여과기 원수, 처리수 분석 결과	23

그림 목차

그림 1. 다층 하향식 여과기 여과원리	4
그림 2. 다층 상향식 여과기 여과원리	5
그림 3. 다층식 여과장치	6
그림 4. 드럼진공 구조토 여과기	7
그림 5. 디스크 필터(섬유상) 여과기	7
그림 6. Membrane 구조 및 모듈 단면	8
그림 7. 구조토 여과막	9
그림 8. 정수과정	11
그림 9. 역쇄과정	11
그림 10. 연구추진체계	16
그림 11. 구조토 여과막 여과판넬	17
그림 12. 이산화염소 발생장치 설계도	17
그림 13. 구조토 미세막 여과기 설계도	18
그림 14. 이산화염소 발생장치 설계 및 제작 완료	19
그림 15. 구조토 미세막 여과기 설계 및 제작 완료	19
그림 16. 구조토 미세막 여과기 설계 추가	20
그림 17. 이산화염소 발생장치와 구조토 미세막 여과기 통영 현장설치 완료	21
그림 18. 제부도 양식장 예비실험	21
그림 19. 통영지역 시험 가동 중	22
그림 20. 2016년 12월 구조토 여과기 원수, 처리수 탁도 측정 결과	23
그림 21. 이산화염소 농도별 굴 장 내 노로바이러스 사멸 실험	23
그림 22. 기술이전 협약서	24

기관 주요사업(창의사업_R&BD) 실적보고서

중과제명	국가사회적 해양과학기술 수요 예측 및 대응 연구			연구책임자	박용주
(세부)과제명	규조토를 사용한 단면막 해수고도 수처리 융합 시스템개발			연구책임자	박용주
중점연구영역(분야)	해양환경,수처리				<input type="checkbox"/> 해당안됨
연구성격	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초 <input checked="" type="checkbox"/> 응용 <input type="checkbox"/> 개발 <input type="checkbox"/> 기획 <input type="checkbox"/> 기타 :			
	기술성격	<input type="checkbox"/> Seed연구 <input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 산업계 현안기술 <input type="checkbox"/> 첨단 추격기술			
연구책임자	박용주	부서	통영해양과학기술지	전화번호	031-400-6231
참여인원	총 11 명 (내부 : 11 명, 외부 : 0 명)				
총 연구기간	2016. 03. 01 - 2017. 12. 31 (당해연도 : 2016. 03. 01 - 2016. 12. 31)				
연구비 (단위 : 천원)	총사업비(직접비) : 200백만원			당해연도 사업비(직접비) : 100백만원	
산·학·연·지역 협동	협동기관명	(<input type="checkbox"/> 중소기업, <input type="checkbox"/> 대기업)		분담연구비	
	과제명(내용)			연구책임자	
국제공동 (남북한) 연구/협력	국가 및 기관명			분담연구비	
	과제명(내용)			연구책임자	
위탁연구	과제명	위탁연구비	위탁연구기관	연구책임자	
<p>한국해양과학기술원 관계규정과 제반지시사항을 준수하며 본 연구사업을 성실히 수행하고자 연차실적계획서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2016 년 12 월 15 일</p> <p style="text-align: right;">연구책임자 : 박용주 (인)</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">한국해양과학기술원장 귀하</p>					

과제요약서

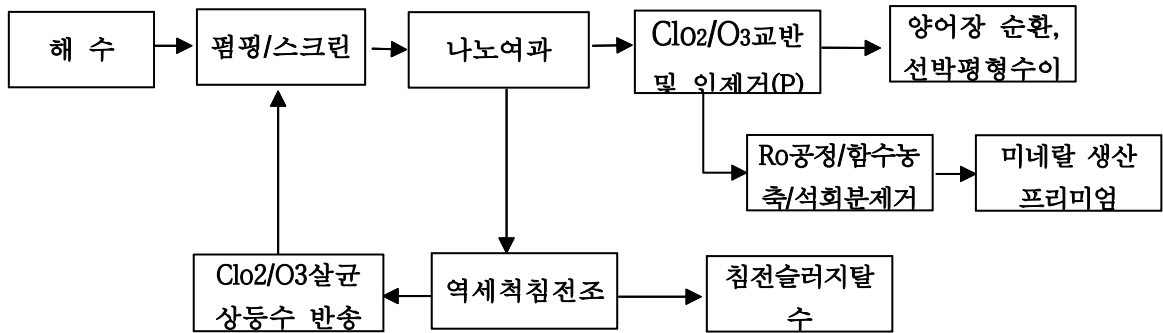
기술개요	<ul style="list-style-type: none"> - 본 기술은 수처리에 수반되는 모든 부유물질 및 세균, 기생충, 불용물질을 0.01 μm~1μm이상에서 해수미네랄 손실 영향 없이 대량(1일 최대 10만톤 이상가능) 처리 할 수 있는 기술이다. 또한 사용 용도와 용량에 따라 규모를 조절 할 수 있으며 이동식과 고정식으로 개발하였다.. - 본 개발기술은 그 중에서도 해수를 미네랄 손실 없이 물리적으로 처리하는 방법에 관한 기술로서, 단 시간에 대량의 해수를 여과 처리하는 나노 여과방식의 살균, 소독 미세여과장치에 대한 기술임.
수요기술 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - 최근에는 해양수산분야와 IMO 국제 기구에서의 2016년부터 선박평형수의 의무시행, 해양유입 비점오염원 제어방안, 천일염산업의 식품안정성 논란 등 점차 해수자원의 수처리기술 및 자원화방안에 대한 필요성이 대두되고 있는 것이 현실임. - 그러므로 규조토를 사용한 단면막 고도 수처리 및 살균, 소독 융합 수처리 장치를 개발하여 해양수산산업분야의 현안문제를 해결하는 것이 우선적으로 필요함.
목표기술스펙	<ul style="list-style-type: none"> - 개발 목표 : 해양수질오염 개선의 부유물질, 탁도, 질병유발세균, 불용물질 오염원을 원천적으로 대량처리제거 할 수 있는 장치를 개발하고 사용목적에 따른 용존인 제거, 규조토를 사용한 단면막 해수고도 수처리 및 살균,소독 융합수처리 장치를 개발함. - 정량 목표 <ul style="list-style-type: none"> · 수처리기공크기 : 1 마이크로 이하 · 살균,소독: 100% · 함수: 6%이상 농축 · 해수 수처리 용량: 1일 10만톤 이상 가능 설계
수요기술 국·내외 동향	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 동향: 다층식 여과장치, 다층 하향식 여과장치, 압력식 다층 여과장치, 다층 상향식 여과기의 연속적-역세척 여과장치 등이 폐수처리장, 양식어장 등 산업용으로 활용되고 있음, 진공 여과장치: 드럼진공여과장치가 폐수처리장에서 사용되고 있음, 디스크 필터(섬유상 여과기): 최근에 섬유상 여과기를 이용한 하수처리방류수의 3차 처리가 활발하게 적용되고 있음, 해수전용여과장치는 모래여과 방식과 커트리지필터, 백필터 방식을 사용하고 있으며, 처리용량이 적어 주로 종묘생산장에서 사용되고 있음. - 국외동향: 다국적의 수처리기술을 이용하고 있으며, 대표적으로 모래여과, 드럼필터 여과, 중공사막 공정여과, 멤브레인필터여과, 디스크필터여과 등 대부분이 국제 공통적인 기술을 이용하여 사용하고 있으며, 해수관련여과방식은 모래여과, 커트리지필터, 드럼필터, 백필터 방법에 한정되어 있음.
기술이전 및 사업화	<ul style="list-style-type: none"> - 사업화계획: 시스템개발 및 품질 안정화 구축 → 운영 및 실증검증 → 측정 및 분석 → 문제점 개선 및 효과성 검토 후 기술이전 - 기술이전: 각종 기술등록 후 분야별로 분리하여 우선권자 및 공개경쟁을 통한 기술이전(선박평형수분야, 해양수산 물 관리분야)
기대 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> - 해양수질환경분야의 규조토를 사용한 단면막 해수고도 수처리 및 살균,소독 융합 대량 수처리 장치를 개발 함으로서 해양수질환경 산업에 이바지하고 해양수처리 분야 기술을 선도할 것이라 예상함. - 수처리 시장은 국내는 물론 세계시장에서도 매년 약 10%의 성장을 지속적으로 이어나갈 것으로 예상되며, 국내에서는 강하구역 정비사업 및 환경시설과 레저산업의 확대, 선박평형수시장, 양식산업, 비점오염원처리, 수산식품가공산업시장 등의 증가로 인해 해수 수처리 시장의 규모는 더욱 더 증대될 것으로 예상됨.

I 기술 개요

1. 개발기술 내용

□ 구조토를 사용한 단면막 해수고도 수처리 융합 시스템개발

○ 개념도



○ 용도

선박평형수분야, 수산증·양식분야, 호소비점오염원제거 분야, 수산식품가공분야, 어항수질오염원 제거분야, 어관장·회센터 활어보관 청정수산물 공급분야, 해양수산 연구/전시관 용수공급 분야.

○ 적용분야

○ 개발 결과물 : 구조토를 이용한 단면막 해수고도 수처리 융합 시스템개발

수요 예상처	사용용도
① 선박평형수	선박평형수 조절 및 해양생물 국가간 이동방지
② 육상양식어장	종묘생산장수질관리(어류,패류), 먹이생물농축, 어류양성장 질병방지, 양식생물식품안정성 확보, 적조방지, 순환여과식 양식
③ 호소	비점오염원 처리, 저수지 수질등급관리 등
④ 수산식품가공공장	가공수산물의 식품안정성 확보 및 제품의 삼투압조절을 통한 품질향상, 천일염 생산지 불용물질 제거장치
⑤ 어촌어항	소규모어항 오염원 및 COD 개선
⑥ 어촌어항내 회센터	어관장청정해수공급, 청정수산물공급을 위한 중앙집중식 수족관 관리센터
⑦ 해양수산 연구/전시관	시험장, 박물관, 아쿠아리움, 과학관, 해양공원 펌프장

2. 개발기술의 국내·외 기술동향

□ 국내 관련기술 현황

○ 다층식 여과장치

■ 다층 하향식 여과

일반적인 하향식여과방식은 이중, 다중 여재들이 일반적인 하향식 심층여과에 사용된다. 그리고 단일여재로는 모래나 무연탄이 사용되며, 이중여재 여과는 주로 모래층 위에 무연탄층 충전하여 구성한다. 다른 조합으로 1) 활성탄과 모래, 2) 수지구슬과 모래, 3) 수지구슬과 무연탄 등이 있다. 다층 여재는 주로 석류석이나 일메나이트 층위에 모래층을 쌓고 그 위에 무연탄층을 충전하여 구성한다. 다층여재의 다른 조합으로는 1)활성탄, 무연탄, 모래,와 2)층높이를 달리 하여 구형 수지구슬, 무연탄, 모래, 그리고 3)활성탄, 모래, 석류석 등으로 구성된다(그림 1).

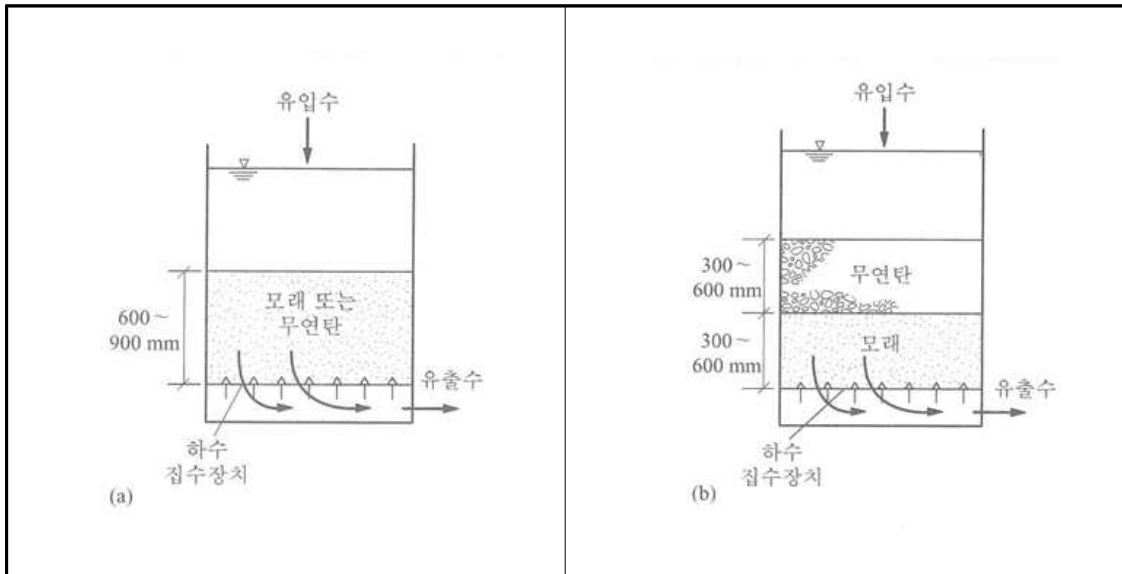


그림 1. 다층 하향식 여과기 여과원리

■ 압력식 다층 여과장치

공급수의 가압 여부에 따라 완속여과식(중력식)과 급속여과(압력식)으로 구분되는데 압력식 여과장치는 처리 공법상 물리적 처리의 여과에 속하는 처리 공법이다. 이는 응집된 후에 침강에 의하여 제거되지 않은 작은 Floc이나 침전 입자들을 제거하기 위한 단계로 가장 흔하게 사용되는 방법이다. 일반적으로 압력식 여과장치는 현탁물질과 colloid 물질을 제거, 오수 및 폐수처리의 방류수, 부유물 제거에 사용된다.

■ 다층 상향식 여과기의 연속적-역세척 여과

아래의 그림에서 나타난 바와 같이, 이 여과에서는 여과될 하수가 여재 밑부분으로 유입되어 일련의 상승관을 통해 상부로 이동된 후 유입분배관의 바닥에 있는 구멍들을 통해 모래상으로 균등하게 배분된다. 그 후 유입된 하수들은 밑으로 하강하는 모래들을 거슬러 위로 흐른다. 깨끗해진 물은 위어를 월류하여 모래상을 통과함으로써 여과지로부터 방류된다. 그 동안 갇혀져 있던 고형물들 중의 모래입자는 여과지 중간에 있는 공기부상기 파이프의 흡입에 의해 밑으로 끌려 내려온다. 공기부상기 바닥의 소량의 압축공기가 1보다 작은 밀도의 유체를 생성함으로써 파이프를 통해 모래와 고형물 그리고 상부의 물을 끌어 내린다. 불순물들은 난류의 상향 흐름 동안 비벼지고 문질러져서 모래입자들로부터 제거된다. 공기부상기의 꼭대기에 도달하면 더러운 슬러리들은 중앙의 배제구역으로 넘친다. 유출수의 위어를 배제위어보다 높게 만듦으로써 깨끗한 여액이 모래의 흐름을 거슬러서 세척구역을 통과하여 일정하게 위로 흐르게 된다. 상승하는 유체에는 고형물과 배제수가 함께 포함된다. 모래의 침강속도가 제거된 고형물보다 크기 때문에 모래는 여과지 밖으로 유출되지 않는다. 모래는 세척기를 통해 밑으로 내려가면서 다시 한 번 세척된다. 세척된 모래는 모래상 위에 다시 놓여서 여액과 배제수가 원활하게 연속적으로 흐를 수 있도록 한다(그림 2).

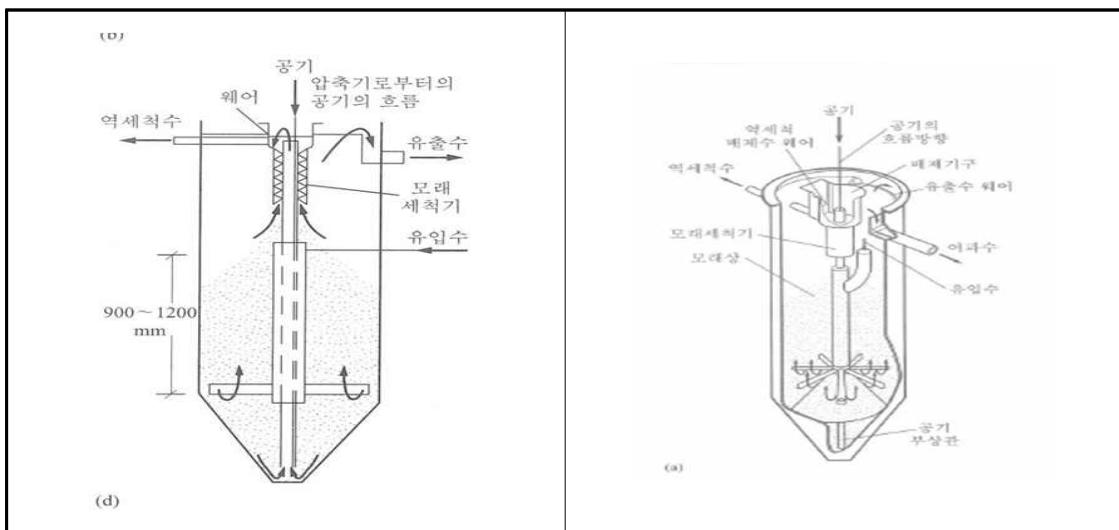


그림 2. 다층 상향식 여과기 여과원리

■ 종래 다층식 여과장치는 탱크의 크기가 보통 3,200mm(d) X 3,500mm(h) 임에도 불구하고, 시간당 처리용량이 80~100m³ 정도이기 때문에 비효율적이다. 따라서, 더 많은 대용량의 물을 빠른 시간에 여과 처리하기 위해서는 탱크의 크기가 커져야 하고, 많은 공간을 차지하는 등 비효율적인 측면이 있다(그림 3).

■ 또한, 여재의 상부에 쌓인 이물질을 세척하기 위해 탱크의 하부에서 강한 압력으로 세척수를 공급하게 되면, 상하부 여재가 서로 섞이면서 여과 기능을 제대로 발휘하지 못하게 되기도 한다.

■ 따라서, 역세척수의 압력을 일정 이상 높이지 못하게 되고, 이는 확실한 역세척을 하지 못하는 결과를 초래하여 여과효율이 떨어지는 문제가 있으며, 여재의 교체주기가 짧아지게 된다. 또한, 여재의 교체가 너무 어렵고, 잦은 여재 교체로 인한 인건비 및 여과의 증지로 인한 비용이 낭비되는 비 경제적인 문제점이 있다.

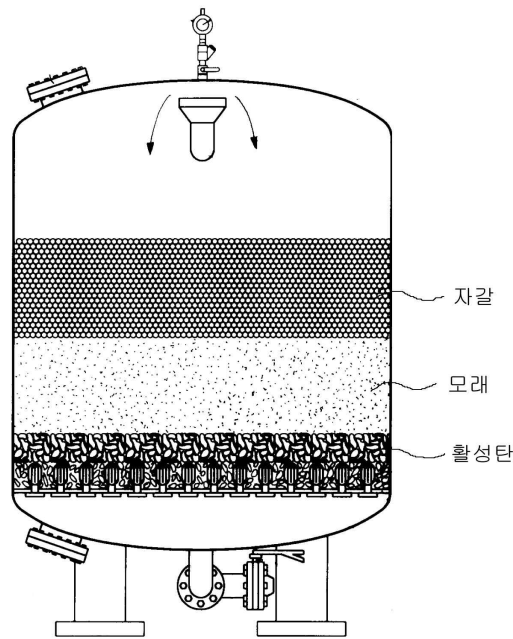


그림 3. 다층식 여과장치

○ 드럼 진공여과장치

■ 드럼 진공여과장치는 용도에 따라 여러 형태가 있다. 가장 일반적인 드럼 진공여과장치는 그림 4와 같이 내부가 여러 개의 구역으로 구분되어 있으며 각 구역에는 배관이 연결되어 있다. 배관은 일반적으로 드럼의 내부에 위치하며 각 구역의 앞부분 또는 뒷부분에 설치된다. 여과할 슬러리는 여과조에 담겨 있으며 배관을 통해 진공이 걸리게 된다. 여과포가 씌워진 드럼이 회전하면서 슬러리에 잠긴 부분에서 여과포 표면에 슬러리를 묻혀서 올라오게 된다. 이때 진공작용에 의해 두꺼운 슬러리가 달라붙게 된다. 드럼이 공기 중으로 나오게 되면 진공에 의해 드럼 내부로 슬러리에 함유된 액체가 빨려 들어가면서 본격적인 여과작용이 진행된다.



그림 4. 드럼진공 규조토 여과기

○ 디스크 필터(섬유상) 여과기

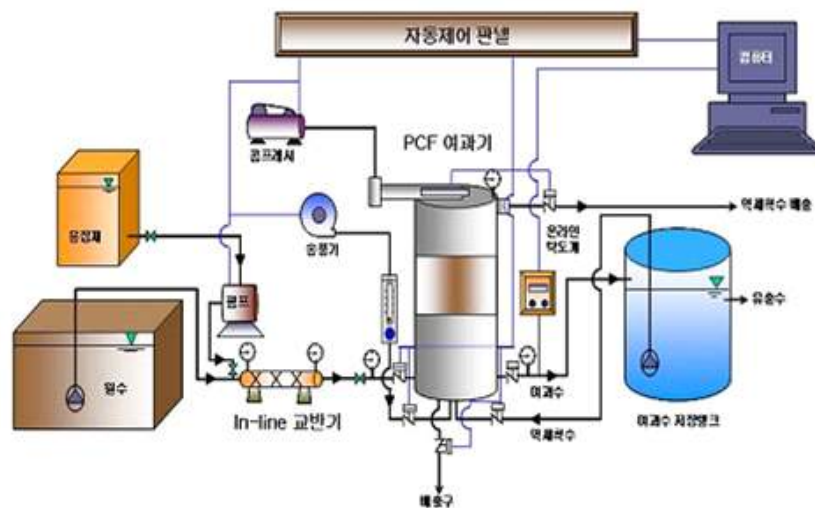


그림 5. 디스크 필터(섬유상) 여과기

■ 최근에 섬유상 여과기를 이용한 하수처리방류수의 3차 처리가 활발하게 적용되고 있다. 또한, 폐수처리장의 최종 방류수 수질이 안정화 및 처리수 재이용 등의 목적으로 사용되고 있다(그림 5).

○ SMF (역세가능 마이크로필터)

■ 폐수 원수는 멤브레인을 투과하기 전에 전염소처리를 통해 미생물의 살균 및 유기물을 산화 분해하며 이를 저농도의 응집제 투입으로 미세플록을 형성함으로써 멤브레인에 의한 막여과시 오염물질의 배제율 향상 및 막투과 플럭스를 안정적으로 유지한다. 멤브레인 (SMF SYSTEM)을 투과한 막투과수는 잔류용존유기물 및 색도물질을 제거하기 위해 활성탄여과기(A/C FILTER)를 통과하게 되어 최종 처리된다. 이 처리수는 청정한 수질로 공정용수 및 청소용수, 화장실 세정수 등으로 재이용 하고 있다.

■ 초정밀막(Superior Micro Filtration Membrane)은 물에 용해된 오염물질 및 병원균까지 제거할 수 있는 작은 기공(0.2 μ m)으로서 투과성이 뛰어난 작은 기공에 강제적으로 폐수를 통과시키면 오염물질이 분리되어 깨끗한 처리수를 얻을 수 있다 (그림 6).



MEMBRANE(Hollow Fiber)



MEMBRANE MODULE

그림 6. Membrane 구조 및 모듈 단면

□ 국외 관련기술 현황

○ 모래여과장치

■ 순환실의 하부부분으로 부터 순환실의 상부 부분까지 순환가운데 여과재를 움직이게 하기 위한 수단과, 여과실의 비처리수 입구측에 비교적 거친 입자의 여과재를 분배하고 여과실의 처리수 출구측에 비교적 미세한 입자의 여과재를 분배하기 위한 수단과 여과실의 상부부분속의 여과재로 부터 부착을 분리하기 위한 수단으로 한정되는 여과탱크를 구성하여 이루어진 장치이다.

○ 가정용 정수기의 필터 수용 용기

■ 필터수용 용기의 유입구에 유입한 수돗물은 용기본체와 필터 사이에 형성되는 환상의 공간내를 상방에 흐르는 것과 동시에, 서서히 필터를 통과하고 필터의 중공 부분으로 유입되고, 필터의 중공 부분에 이르는 정화된 수돗물은 필터의 중공 부분을 하향에 흐르고 유출구를 통해 유출되는 장치이다.

○ 저압 역세척

■ 하나 이상의 투과성 중공 막을 포함하는 막 여과 시스템을 역세척하는 방법이며, 상기 방법은 역세척 공정 동안 상기 막 구멍을 역세척하기 위한 액체를 제공하기 위하여 여과 공정이 중단되거나 보류될 때, 상기 여과 시스템에 잔존하는 투과액에 저압 기체를 가하는 단계를 포함하는 장치이다.

3. 기술의 특징(우수성)

□ 규조토를 이용한 단면막 해수고도 수처리 융합 시스템

○ 장점

■ 해수고도 수처리 단면막은 PP복합수지재로 되는 직사각형 또는 원형막의 여과판을 다수단으로 적층하고, 그 사이마다 폴리에틸렌 수지계로 직조된 여과막을 단면으로 결합하여 구성된다(그림 7).

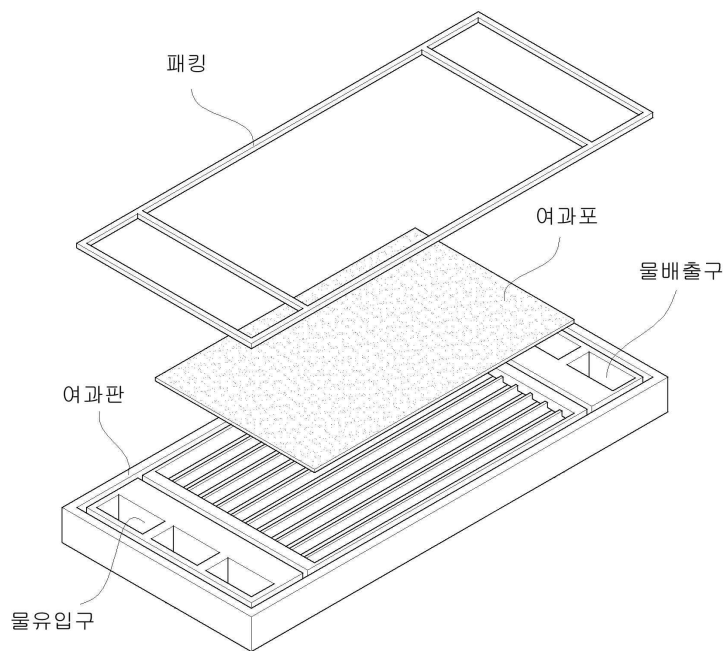


그림 7. 규조토 여과막

■ 이러한 해수고도 수처리 단면막은 다단식 모듈을 통하여 대용량 장치가 가능하며, 표준 장치로 하였을 경우 시간당 여과능력은 약 150 m^3/hr 예상하며, 전체 규격은 대략 2,000mm \times 2,000mm이다. 규조토 공급, 여과 및 역세척 과정을 수행하기 위한 펌프의 소요 동력은 22.5kw, 시간당 유량은 2.5 m^3/min 이며, 양정은 30m이다, 유지관리 비용은 연간 500만원이 소요 된다

■ 여과기에 통과하는 해수는 0.01 μm ~1 μm 이상의 부유물질, 불용물질, 탁도, 각종 세균 등을 제어하며 2차 혼합기에서 Clo2/O3 교반 및 인제거(P)를 통하여 완벽한 살균처리를 하고, 3차 교반기에서 고도화 된 해수의 막 분리를 통한 미네랄 및 함유 추출 및 식수를 공급 할 수 있는 시스템이다.

■ 해수중의 각종 세균 및 물질의 크기

물질의 종류	크 기
대장균	길이: 2-4 μm , 나비: 0.4-0.7 μm
일반세균	0.4-5 μm
바이러스	0.01-0.2 μm
박테리아	0.5-1.5 μm
중금속	약 0.0001 μm ~
미네랄	약 0.0001 μm ~
물 분자	0.00014 μm
식물성 프랑크톤	5 μm 내외
기생충(스쿠치카, 쿠도아충)	알: 5 μm 이상, 성체: 50 μm 이상
선박평수관리법	5 μm 이상

*출처: 가라환경

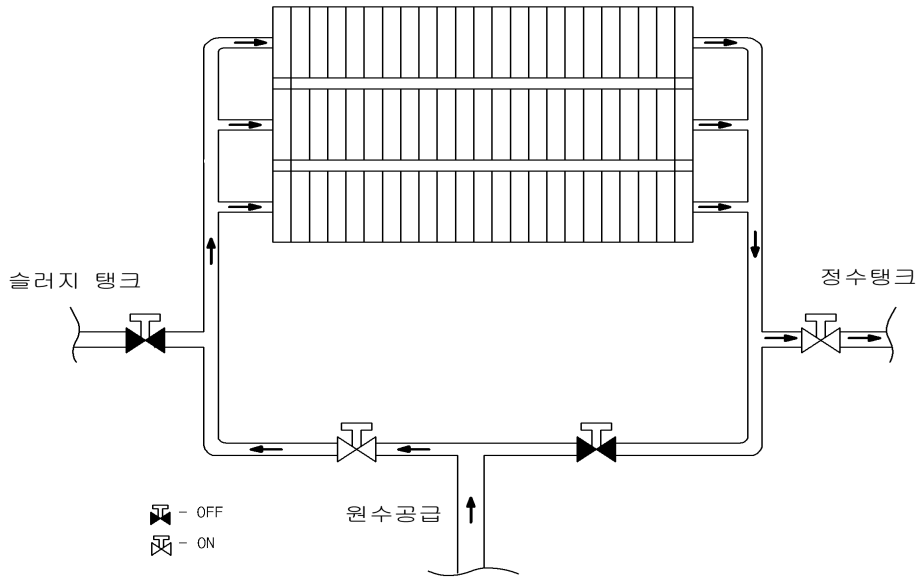


그림 8. 정수과정

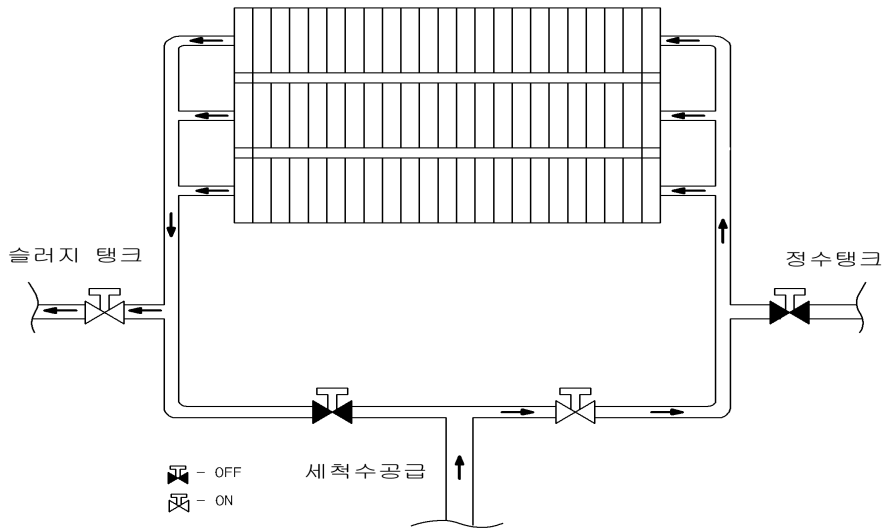


그림 9. 역쇄과정

- 이 기술은 모듈식 연결형으로 수직열배치 및 수평열배치가 자유롭게 배치되며 사용 용수량 범위에 따라 조립시공이 가능하다.
- 본 기술은 식품공장에서 양면막 처리방법으로 많이 사용하므로 식품위생상 문제가 없다.
- 협소한 공간에 장비를 설치하여 펌프 일체형으로 대용량의 수처리가 가능하므로 비용절감 및 안정성이 확보된다(1일 10만톤 이상 가능).

○ 타기술과의 차별성

■ 대표적인 수처리 공정은 R/O공정, UF공정, 자외선공정, 오존공법, 드럼필터 공법, 섬유막공정, 모래여과 공정 등 많은 수처리 공정이 있다.

■ R/O공정 및 UF공정은 설치비용이 용수량대비 10배 이상으로 예측되며 또한 해수의 특성인 미네랄이 유출되므로 생물에 악영향을 미친다.

■ 자외선 공정은 살균을 목적으로 하며 용수량대비 한계가 있으며 비용 또한 많이 든다.

■ 오존공법의 경우 비용도 많이 들지만 특히 유지관리비가 많이 든다, 장기간 생물에 노출 될 경우 식품학적인 안정성에도 문제가 있다.

■ 드럼필터공법, 섬유막공정, 모래여과 공정의 경우도 용수량대비 설치비용이 많이 들고, 설치 장소도 많이 필요하며, 여과능력이 매우 취약하다.

○ 확장성

■ 해양수산산업이 활성화 될 경우 수요는 매우 많을 것으로 보이며, 아시아권의 개도국에서 하구역(하천) 수질개선 등에 많이 필요로 할 것으로 보인다.

II

연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 필요성

○ 최근 세계적으로 심각해지는 물 부족현상과 수질오염으로 인하여 깨끗한 물을 확보 할 수 있는 수처리 기술의 중요성이 확대되고 있는 실정이다. 국내에서도 2006년 ‘물산업 육성방안’ 이 발표되어 가공 물산업 육성 방안들이 추진되고 있으며, 2015년까지 현재보다 20배인 20조원의 규모로 물 산업 규모를 확대한다는 목표이다.

○ 그러나 해양수산분야에서는 해수 수처리 기술에 대한 정책 및 기술보급이 초기단계에 머물고 있으며 일부 관련산업 선박평형수, 육상양식어장, 수산식품가공 산업 등에서만 해수처리에 대한 기술이 적용되고 있는 실정이다.

○ 최근에는 해양수산분야에서도 양식어장의 각종질병 및 식품안정성확보방안, IMO 기구에서의 2016년부터 선박평형수의 의무시행, 해양유입 비점오염원 제어방안, 천일염산업의 식품안정성 논란 등 점차 해수자원의 수처리기술 및 자원화방안에 대한 필요성이 대두되고 있는 것이 현실이다.

○ 그러므로 구조토를 이용한 단면막 고도 수처리 및 살균, 소독 융합 수처리 장치를 개발하여 해양수산분야의 현안문제를 해결하는 것이 우선적으로 필요하다.

2. 연구개발의 목표

○ 해양수질오염 개선의 부유물질, 탁도, 질병유발세균, 불용물질 오염원을 원천적으로 0.01 μ m~1 μ m 이상에서 살균처리 대량제거 할 수 있는 구조토를 사용한 단면막 고도 수처리 및 살균, 소독 융합 해수처리 장치를 개발함을 목표로 한다.

3. 세부목표

□ 정량적 목표

- 수처리(SS) 기공크기 : 1 마이크로 이하
- 살균,소독: 100%
- 함수: 6%이상 농축 가능 제품(크리스탈 천일염 개발시)

□ 정성적 목표

- 해수 수처리 용량: 1일 10만톤 이상 가능 설계
- 특허는 기술개발과정에서 발생하는 문제점 보완 및 진보적인 종합시스템을 개발하는 것을 목표로 한다.
 - 특허/의장등록/디자인: 4건 등록
 - 신기술 1-2 건 신청

표 1. 성과지표 및 구체적 내용

성과지표	구체적 내용	목표	평가(검증)방법
기술스펙 (구체적 물성)*	규조토단면막의 해수처리 기공크기 (μm)	> 1	공인기관 수질분석
	살균, 소독	< 100	..
	해수의함수 농축비율(%)	< 6	PSU측정
	수처리장치의 1일 처리용량 설계 (만톤)	< 10	모듈의다단식 용량
	특허/의장등록/디자인(건)	< 4	출원등록현황
	신기술등록(건)	< 2	등록현황
	기술이전(건)	< 2	계약문건
기술이전(건)*	오션파트너즈(주)	1 건외	
기술료수입(백만원)*	20억원 이상	10 년	
특허(건)	2	2 년	
기업성과	국내육상양어장 1,000여개 업체, 선박평형수 시장 1,000억이상/년		
시제품제작(건)	1	1	
기술개발/개량(건)	1	1	

4. 연구개발의 내용 및 범위

□ 개발 준비 내용

- 국내·외 여과장치 관련 자료 수집
- 여과장치의 구조 및 기술 검토
- 새로운 개념의 여과장치 검토
- 여과장치의 설계
- 여과장치의 시제품 제작
- 여과수의 시험분석

□ 시작품 개발 준비

- 수처리 기술에 대한 특허 작성
- 여과판 구조에 대한 연구조사
- 선박의 공간이용을 위한 시제품 용적을 최소화 검토
- 멸균처리를 위한 화학제품 안정성 검토
- 융합기술 설계 검토 적용
- 여과장치에 사용될 적절한 여재 및 여과판 재질의 파악
- 여과장치 제작을 위한 설계 및 제작

□ 기술이전 준비

- 기술등록: 환경부신기술, KIMST NET, 수산기자재, 선박평형수
- 현장검증실험: 양식어장, 호소, 해수폐수처리장 등
- 검증실험 자료 분석 및 홍보물 제작

Ⅲ 연구개발 추진체계 및 수행 방법

1. 연구수행의 적절성

□ 연구추진체계



그림 10. 연구추진체계

□ 연구수행방법

○ 자료분석 및 소재파악

- 국·내외 여과장치 관련 연구 및 특허기술 등 자료 분석을 실시하였다.
- 해수에 적용 가능한 소재 특성을 파악하여 해수에서도 내구성을 갖는 여과 판넬을 선택하여 설계를 실시하였다(그림 11). 여과 틀은 해수에서도 부식성이 없는 PE재질을 사용하였으며 여과관은 고강도 섬유질 여과사를 사용하였다.
- 여과기에 사용되는 파이프 배관설비는 기본적으로 SUS303 재질을 사용하였으며 그 외 보조 설비 및 장치는 플라스틱류나 강관을 사용하였다.

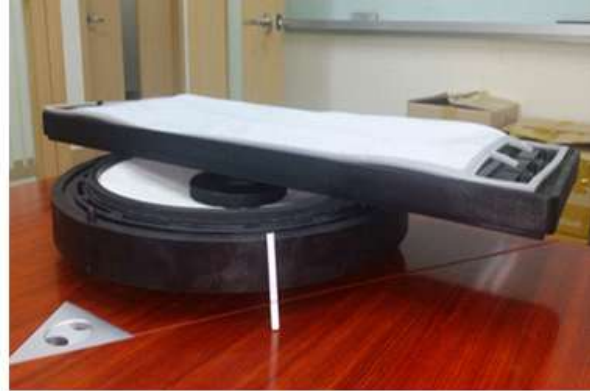
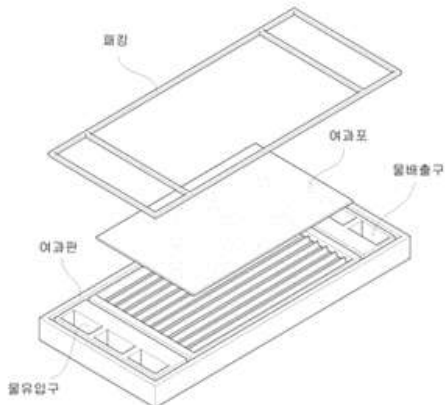


그림 11. 규조토 여과막 여과판넬

○ 이산화염소 발생장치 및 규조토여과기 디자인

■ 이산화염소 발생장치는 아염소산나트륨(100L)과 염산(100L)이 반응하여 이산화염소를 발생하는 장치로 설계하였다.

■ 아염소산나트륨 저장탱크, 염산 저장탱크, 이산화염소 발생장치, 이산화염소 저장탱크, 이산화염소 투입펌프, 양식장 순환수 순환펌프 등으로 구성하였다(그림 12).

■ 규조토여과기의 구성은 펌프, 1차여과기, 2차여과기, 규조토주입기, 산소발생기, 스쿠류혼합기, 역세기로 구성하였으며 디자인은 공간을 최소화하여 직사각형의 형태로 구성하였다(그림 13).

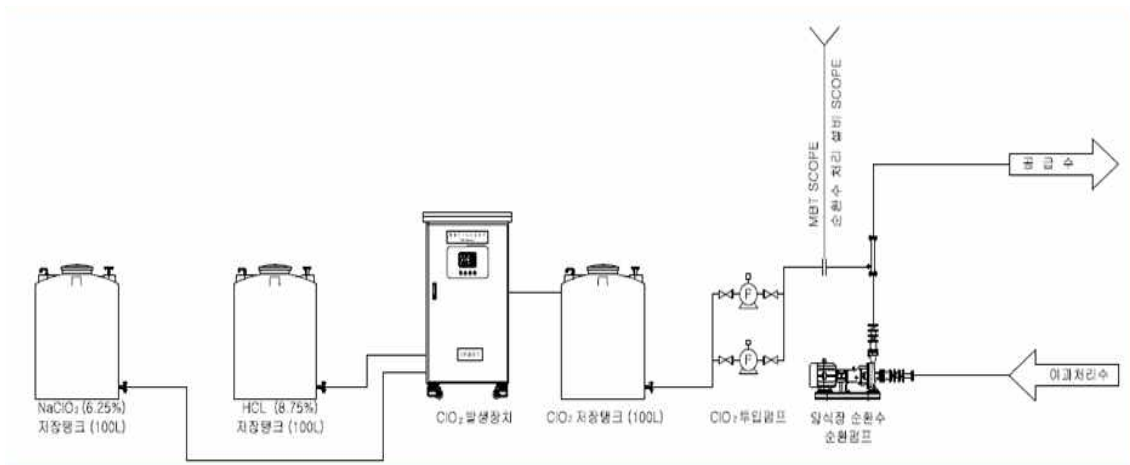


그림 12. 이산화염소 발생장치 설계도

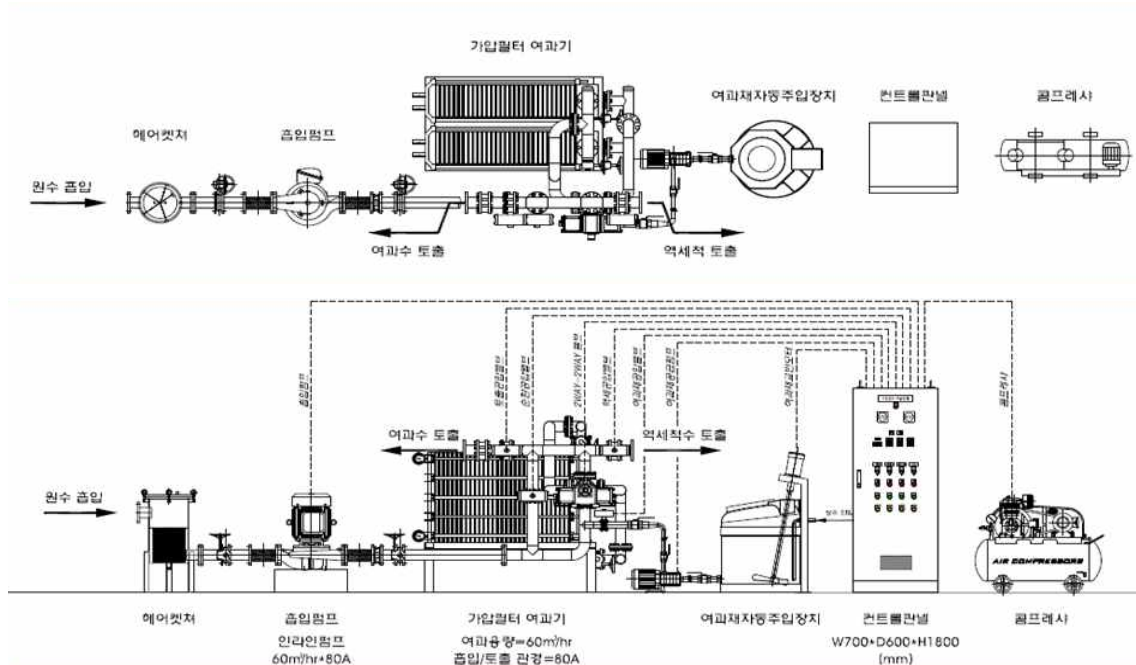


그림 13. 규조토 미세막 여과기 설계도

○ 개선 및 실시설계

■ 염산은 1100ml/min과 아염소산나트륨 1100ml/min이 반응하여 2000-2500 ppm의 이산화염소 2200ml/min이 발생하며, 1250ml/min씩 공급할 수 있도록 제작완료 하였다(그림 14).

■ 규조토 미세막 여과기는 유입수 흡입량 0.5 ton/min, 처리용량은 30 ton/hr, 720 ton/day로 제작완료 하였으며, 규조토 살포용량은 120 L/min으로 제작완료 하였다(그림 15).



그림 14. 이산화염소 발생장치 설계 및 제작 완료



그림 15. 규조토 미세막 여과기 설계 및 제작 완료

■ 규조토 미세막 여과기 제작 후 추가 설계제작이 필요하여, 규조토 여과기에 이산화염소가 주입된 후 균일하게 혼합 될 수 있도록 이산화염소 혼합기를 추가로 설계하였다.

■ 또한, 역세척이 끝난 뒤 규조토가 살포 후에 토출수에 규조토가 섞여 나오는 것을 방지하고자, 린스 밸브를 추가하여 초기 토출수는 따로 흐를 수 있도록 재설계 하였다.

■ 유량을 측정할 수 있도록 유량계를 추가하였고, 펌프 등으로 인한 진동을 저감 시킬 수 있는 저감 밸브를 추가제작 하였다(그림 16).

■ 제작을 완료한 후, 통영지역에 설치하였다(그림 17).



이산화염소 혼합기 설계 추가



린스 밸브 설계 추가



유량계 설계 추가



진동 저감 밸브 설계 추가

그림 16. 규조토 미세막 여과기 설계 추가



그림 17. 이산화염소 발생장치와 구조토 미세막 여과기 통영 현장설치 완료

○ 수질조건별 현장조사

- 제부도 양식장에서 예비 실험을 실시하였다(그림 18)
- 또한, 통영지역에 설치하여 가동 중에 있다(그림 19).



이동식 미세여과장치

처리수 방류

처리수와 원수비교

처리수와 원수비교

그림 18. 제부도 양식장 예비실험



그림 19. 통영지역 시험 가동 중

○ 실증실험 및 검증자료 분석

■ 2015년 06월에 원수와 처리수를 ‘한국화학융합시험연구원’에 의뢰하여 분석을 실시하였다. 처리수가 부유입자, 탁도, COD가 현저하게 감소하는 경향을 보였다. 부유입자는 원수 122 mg/L에서 16 mg/L로 감소하였고, 탁도 역시 29.3 NTU에서 2.0 NTU로 감소하는 것으로 나타났다. 또한, COD 역시 5.6 mg/L에서 3.2 mg/L로 감소하였다(표 2).

■ 2016년 12월 08일에 탁도계를 이용하여 원수와 처리수를 측정된 결과, 3.10 NTU에서 0.92 NTU로 감소하는 결과를 보였다(그림 20).

■ 이산화염소 농도에 따른 굴 장 내 노로바이러스와 대장균 사멸을 확인하기 위하여 농도별로 실험을 실시하였다. 1 ppm~3 ppm으로 농도를 설정 한 실험군과 대조군을 16시간 동안 굴을 침전시켜 굴 장내 노로바이러스 유무를 분석 실험하였다. 현재까지 4차례의 실험을 실시하였으나 대장균은 효과를 보였으나, 대조군에서 노로바이러스가 출현하지 않아 이산화염소 농도 설정과 살균력을 확인하기 위하여 계속적으로 실험 중에 있다(그림 21).

표 2. 2015년 06월 규조토 여과기 원수, 처리수 분석 결과

시험항목	원수	처리수
부유입자물질(mg/L)	122	16
탁도(NTU)	29.3	2.0
COD(mg/L)	5.6	3.2

* 분석: 한국화학융합시험연구원

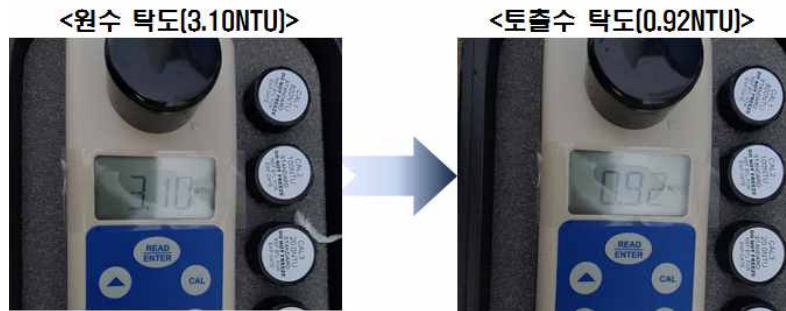


그림 20. 2016년 12월 규조토 여과기 원수, 처리수 탁도 측정 결과

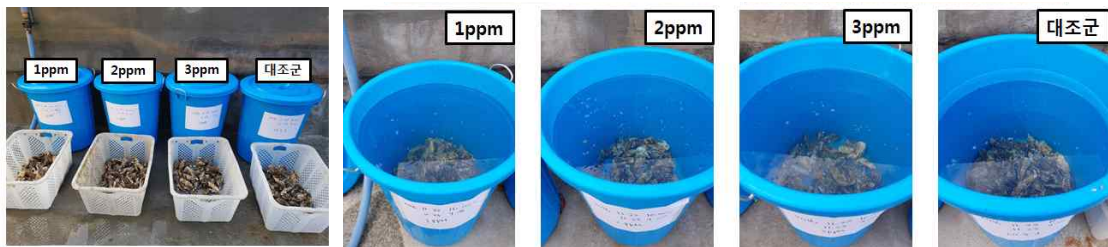


그림 21. 이산화염소 농도별 굴 장 내 노로바이러스 사멸 실험

○ 각종기술등록 및 기술이전

- “해양선박평형수 및 어패류양식 수질정화 장치” 수처리 기술 특허를 국내 및 국제 (미국) 출원 완료. - 2건

- “에어캡을 이용한 다중막부력장치” 를 국내 및 국제(일본,중국)출원 하였다. - 3건

- 기술목표에 도달할 시 ‘오션파트너즈(주)’ 에서 기술 이전을 확약하였으며, 선박 평형수 관련 기술이전은 이 기술을 추가 보완 후 공개경쟁을 통하여 이전 할 계획임.

- 2017년 추가적으로 개발 할 기술인 초고도 천일염 대량생산 시스템 및 에어캡을 이용한 다중막 부력장치는 현재 4개 업체에서 기술개발 후 기술이전을 요청하고 있음.

기술이전 협약서			
사업명	기업수요 맞춤형 실용화 기술개발 지원사업		
과제명	유전정보를 이용한 단정량 핵수고도 수처리 용합 시스템개발		
수요기술명	유전정보를 이용한 단정량 핵수고도 수처리 용합 시스템개발		
수요기술 개발내용 (특표SPEC)	<ul style="list-style-type: none"> - 계층의 대응량화 - 표정식지출 - 필리핀법 부식방지 및 내구성 강화 - 수중부유물질, 탁도, 알루미늄, 미네랄이온이 가능한 대량수처리 가능 계층개발 		
연구기관	한국해양과학기술원	연구책임자	박용주
기업명	오션파르너즈(주)	남부회장이장 (총원)	선금기술료 : 50,000,000 경상기술료 : 총매출액의 8%
<p>상기 「기업수요 맞춤형 실용화 기술개발 지원사업」 수행을 위하여 제출한 세부사업계획서의 사업내용에 동의하고, 본 사업 종료 후 기술료에 도달했을 경우 한국해양과학기술원과 향후 기술이전계약을 체결하고 약정된 기술료를 성실히 납부할 것을 약속합니다.</p> <p style="text-align: right;">16 일</p> <p>(기업체명)오션파르너즈(주) (대표자성명) 김 지 영</p> <p>한국해양과학기술원장 귀하</p>			

그림 22. 기술이전 협약서

- 홍보, 마케팅
 - 제주도 어류양식 연구회 회원을 대상으로 여과시스템을 이용한 양식산업 발전방향 발표
 - 통영시 참굴 노로바이러스 제어 시설 예산으로 30억을 확보 가 설계 중
 - 2016년 12월 23일 통영시청 FDA지정해역내 굴 가공 수출업체를 대상으로 한 식품안정성 확보를 위한 “어패류 정화시스템 장치 운영”에 관한 발표회.
- 산업화
 - 기술이전 후 즉시 산업화
 - 2차년도 연계 사업시 보완사항 보완 및 신기술 신청.

□ 연구진도 적정 수행 여부

○ 여과장치 설계 및 제작

- 이산화염소 발생기와 규조토미세막여과기의 설계 및 제작 완료.

○ 여과장치 검토 및 응용

- 이산화염소 발생기와 규조토미세막여과기의 추가 설계 및 보수도 모두 완료 함.

- 본 기기 모두 현재 현장에서 시험 구동 중에 있으며, 추후 다른 지역에서 구동 계획이 있음.

○ 기술 등록 및 이전

- ‘오션파트너즈(주)’ 에서 기술 이전 확약을 완료하였고, 현재 본 기기 구동 기술을 이전 중에 있음.

○ 홍보

- 통영시에서 노로바이러스 제어 시설 예산을 이미 확보하였으며, 노로바이러스에 관한 관심이 높아짐에 따라 본 시설에 대한 관심 역시 높아지고 있다.

사업내용	사업기간												진도율 (%)	
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
여과장치 설계 및 제작			-----	-----	-----	-----	-----							100
여과장치 검토 및 응용							-----	-----	-----	-----	-----	-----		100
기술 등록 및 이전							-----	-----	-----	-----	-----	-----		100
홍보							-----	-----	-----	-----	-----	-----		100

----- 당초계획
 ----- 진 도

2. 예산집행의 적정성

□ 당해연도 예산 및 집행실적(2016. 12. 14 기준)

(단위 : 천원)

구 분	연구비 집행비율			
	예산	집행액	잔액	비율(%)
외부인건비	16,848	14,286.894	2,516.106	84.8
연구활동비	3,650	142.040	3,507.96	3.89
연구기자재 및 재료비	55,796	53,947.430	1,848.57	96.69
연구장비 구입비	-	-	-	-
연구과제 추진비	7,056	6,855.475	200.525	97.16
연구과제 추진비(회의비)	1,650	1,341.38	308.62	81.3
과학문화활동비	-	-	-	-
연구실안전관리비	-	-	-	-
지적재산권처리비	15,000	7,524.48	7,475.52	50.16
연구수당	-	-	-	-
위탁연구비	-	-	-	-
합계	100,000	84,097.699	15,857.301	69.0

□ 연구비 예산대비 집행실적 평가도

연구비 집행실적	정상	부진	√	초과
집행실적 부진 (또는 초과) 사유	- ‘외부인건비’, ‘연구기자재 및 재료비’, ‘연구과제 추진비’ 는 사용 예정에 있음 - 현재 미국 특허 출원 진행 중에 있으며, 현 특허가 완료된 후 ‘지적재산권처리비’ 사용 예정임			
당해연도 종결시까지 연구비 예상집행률	84 %			

IV 연구개발 성과의 우수성

1. 기술의 완성도(성능목표 달성도)

☞ 평가 내용

- 정량적 기술스펙 등에 대한 목표달성 여부, 평가(검증) 방법 등

성과지표	구체적 내용	목표	평가(검증) 방법	평가(검증) 방법
기술스펙 (구체적 물성)*	규조토단면막의 해수처리 기공크기 (μm)	> 1	공인기관 수질분석	탁도 2 NTU이하
	살균, 소독	< 100	..	대장균 유무
	해수의함수 농축비율(%)	< 6	PSU측정	2차년도 개발예정
	수처리장치의 1일 처리용량 설계 (만톤)	< 10	모듈의다 단식 용량	1개당 20톤/day
	특허/의장등록/디자인(건)	< 4	출원등록 현황	5건
	신기술등록(건)	< 2	등록현황	
	기술이전(건)	< 2	계약문건	
기술이전(건)*	오션파트너즈(주)	1건 외	확약서	
기술료수입 (백만원)*	2,000억원 이상	10년	계약 후	
특허(건)	2	2년		
기업성과	국내육상양어장 1,000여개 업체, 선박평형수 시장 1,000억이상/년			
시제품제작(건)	1	1	1	
기술개발/개량(건)	1	1	1	

2. 연구결과의 우수성/혁신성/차별성

□ 우수성

- 타 기술의 여과 능력에 비하여 수처리 여과용량이 크다.
- 해수에서 초고도 여과장치로서 국내에서는 최초의 대용량 간편여과 장치임
- 취수, 펌핑, 1차여과, 2차여과, 미세산소공급, 소독장치 혼합기를 융합한 슬립형 여과장치
- 바이러스, 세균, 기생충 제어등 어패류 양식어장 질병관리의 획기적 우수성

□ 혁신성

- 해수에서의 수처리 공정이 대부분 모래여과장치에 의존하여 양식어장의 질병으로 인한 막대한 손실을 가져오고 있었으나. 이 기술의 개발로 인하여 양식어장의 질병손실로 인한 피해를 최소화 할 수 있는 기반을 조성 하였다.

□ 차별성

- 타사 제품의 초고도 해수여과시스템과 비교하여 볼 때 해수에서는 검증된 바가 없으며 중공사막(UF)공정의 여과장치가 담수에서 사용되고 있으나, 설치 비용이 개발된 여과기보다 10배이상 높으며, 설치면적 또한 5배 이상 소요된다.
- 중공사막 공정의 경우 미세하게 여과는 되나 대량처리의 한계가 있고 해수의 미네랄이 손실될 우려가 크다. 본 기술은 해수미네랄의 손실우려가 없으며 해수 대량여과 처리방법을 모듈연결식으로 설계 하였으므로 여과용량의 한계가 없다.

1. 연구결과의 활용성 및 실용성

□ 활용방안

○ 본 기술은 신개념의 아이디어를 바탕으로 새롭게 출시할 상품으로서, 해양 또는 수계에서 기존의 기술을 융합하여 제작설치 함으로서 수질개선의 효율성을 극대화 하는 해양수질환경제어 종합 시스템 기술이다.

○ 해양이나 수계를 이용하여 산업을 영위하는 기업이나, 국가, 지방자치단체 등의 수처리 분야, 특히 양식산업분야 및 선박평형수 시장에서 많은 수요를 가져올 것으로 보인다.

○ 또한, 국제적으로도 호소나 하구역 환경개선분야, 양식산업 등에도 수요가 급증할 것으로 예측 된다.

□ 실용화 계획

○ 기술 개발 후 실용화 계획은 우선 국가공인기관에 관련법에 의한 신기술등록 및 국가조달 우선권인 기술등록이 선 조치되어야 하므로 해양수산부에 해양분야의 신기술 등록 및 선박평형수처리 등록, 수산양식분야의 양식우수기자재 등록 조치 후 공개경쟁을 통한 기술이전 실용화를 도모 하고자 한다.

2. 해당 기술의 기술적 파급효과 및 기대효과

□ 파급효과 및 기대효과

○ 파급효과

■ 해양산업의 수처리공정에 획기적으로 사용 될것으로 판단 됨.

■ 육상의 골프장, 호수, 연못, 수족관, 수영장 등에 지속적으로 파급 될것으로 예상

○ 기대효과

■ 양식어장 및 수산식품산업의 질병 및 식품안정성 확보를 통한 경쟁력 확보 및 어업인의 소득증대, 국제적인 대한민국 식품안정성 관리 신뢰도 확보

3. 연구결과에 대한 기업 만족도 및 사업화 계획

□ 주요 핵심 기술 및 차별화 전략

○ 기존의 전기분해방식이나 드럼필터, 모래여과, 오존처리 해수처리 방법의 여러 문제점을 개선하여 고압의 수압에 견딜 수 있도록 압력식 대용량 모듈 조립형으로 설계.

○ PP, PE, 분섬사, 분할사 여과재의 도포 시 전체적으로 균일하게 도포되고, 2차 살균,소독 장치를 융합한 고속 혼합 대용량 장치로 설계.

□ 제품개발 계획

○ 압력식 여과장치의 구조 개선

- 고압으로 가압되어 공급되는 물에 의한 압력을 분산시킬 수 있는 구조의 개발
- 여과재의 도포가 전체적으로 균일하게 이루어질 수 있는 구조의 개발
- 역세척시에는 이물질의 탈리가 전체적으로 확실하게 이루어질 수 있는 구조의 개발
- 염분에 의한 소재마모를 고려한 부식차단재 개발
- 스쿠류식 및 기공 수차형 고속혼합기 개발

○ 여과장치의 구체적인 구조의 개발

- 다양한 구조 및 형태의 여과장치 스케치 작업
- 시뮬레이션을 통한 여과 작동상태 파악
- 최적의 여과를 위한 구조의 개선작업
- 수밀성 및 수압을 견딜 수 있는 구조의 검토

□ 신뢰성(Reliability) 인증 확보 계획

- 공인 기관의 시험분석 의뢰
- 특허청 : 특허를 등록하여 기술 보호
- 해수부,환경부 : 신기술 인증으로 기술 우위 선점

□ 제품 제작 개발

- 연구 개발된 제품의 시제품 제작 및 시험 가동
- 여과장치의 대량 생산체계 설계
- 설치 전 공장에서의 조립하여 모듈화
- 고정식, 이동식, 중앙집중식으로 개발

□ 판로확보 및 마케팅 계획

- 기존 여과장치의 교체 시 개발 제품으로의 교체
- 해양수산관련 산업의 다양한 분야의 적용범위 확대
- 호소수질개선, 선박평형수, 양식산업 시장의 수처리 시스템에 참여
- ODA지원 상업의 계도국 하구역 환경개선 및 양식산업지원 수처리용으로 수출