

수산특정 연구개발 사업
최종 연구 결과 보고서

- 과 제 명 : 새우 양식장의 용존산소 관리와
독성물질 제어기술 개발

Technique development to control dissolved oxygen and
toxic materials in shrimp aquaculture farms

2004. 12

- 주관연구기관명 : 목포해양대학교

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 「새우 양식장의 용존산소 관리와 독성물질 제어기술 개발에 관한 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004 년 12 월 일

주관연구기관명 : 목포해양대학교

총괄연구책임자 : 김 도 희

연 구 원 : 김 우 향

연 구 원 : 안 병 원

요 약 문

I. 제 목

새우 양식장의 용존산소 관리와 독성물질 제어기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

○ 기술적 측면

최근, 서남해안은 폐 염전과 휴경 농지를 활용한 새우 양식장이 많이 이루어지고 있으나 대부분이 해수를 펌핑하는 집약식으로 이루어지고 있어 해수교환이 자주 이루어지는 조방식에 비해 용존산소의 감소와 암모니아와 황화수소와 같은 독성물질의 농도가 증가될 수 있는 잠재성이 높은 실정이다.

특히, 새우 양식장은 고밀도로 양식되고 있어 양식생물의 배설물과 잉여사료 등이 저층으로 퇴적하여 용존산소를 소모하고 암모니아와 황화수소 등의 독성물질이 발생되고, 각종 질병으로 인한 새우가 대량 폐사하는 피해가 매년 발생되고 있다.

새우 양식장의 수질 인자 가운데 중요한 인자로 다루어지고 있는 용존산소는 암모니아의 발생과 황화수소의 생성과 밀접한 관련이 있으며, 새우의 양식 밀도와 생산량을 결정하는 중요한 환경요인 중의 하나이다. 새우의 성장과 안전을 위해서는 용존산소의 농도가 3.5-6.0 ppm 정도로 유지해야 하고 적정 수준으로는 5.0 ppm 이상을 유지하도록 권고하고 있다. 즉, 용존산소의 농도가 3.5 ppm 이하로 계속 될 경우 새우의 성장과 생존에 나쁜 영향을 미치게 된다.

또한 여기서의 암모니아는 암모늄 이온(NH_4^+) 과 암모니아가스(NH_3)의 합을 의미하며, 암모니아가스가 새우에게 독성을 일으킨다. 즉, 암모니아 가스는 pH와 수온의 증가에 따라 증가하며 양식 새우에게 치명적인 독성을 야기 시킨다고 보고되고 있다.

한편, 황화수소는 침전 유기물질이 쌓이고 물의 유통이 잘 안 되는 새우 양식장의 바닥이 무산소 상태일 때 침전물의 단백질이 타 영양 세균의 대사에 의한 분해로 발생된다. 즉, 바닥이 검게 변하고 저층 침전물로부터 기포방울 형태로 발생된다. 저층의 퇴적물로부터 발생하는 황화수소는 해수중의 용존산소를 소비할 뿐 아니라 새우에게도 유해한 영향을 끼친다.

황화수소는 용존산소의 존재 하에서 아황산염 (SO_4^{2-})과 같은 산화된 형태로 전환되므로 황화수소는 발생하지 않으나 혐기성 상태에서는 황화수소와 이온화된 황화물이 발생한다. 이온화된 황화물과 황화수소의 비율은 pH와 수온에 따라 좌우되며 0.03 ppm에서조차 새우에게 심한 독성을 끼치며 1.0 ppm 이상에서는 폐사 될 수 있다.

따라서, 새우양식장에서의 일정한 농도의 DO 유지기술과 암모니아나 황화수소와 같은 새우에게 독성을 야기하는 물질의 발생을 억제하는 것이야말로 새우의 성장을 촉진시키고 질병을 예방하며 나아가 약품 주입을 줄이고 새우의 생산성을 향상시키는 유일한 방안이 될 것으로 사료된다.

○ 경제·산업적 측면

소금의 수입 개방에 따른 폐 염전과 쌀 시장의 개발화로 인해 증가된 유희 농경지의 활용으로 현재 서남해역은 새우 양식이 지역의 중요한 양식 산업으로 자리잡아가고 있다. 특히, 신안군은 지난 95년부터 지역 특화사업으로 새우 양식을 추진, 지원하고 있으며, 전남 지역 전체적으로 새우 양식이 증가하여 연간 새우의 생산액이 2002년도에 260억, 2003년도에 342억원을 기록하였다.

하지만 새우 양식 어민들은 저질, 수질 개선제나 질병예방, 소독제 및 영양제, 항생제 등의 약품의 투입으로 생산비가 감소되고 있고, 양식장의 저질, 수질의 악화와 질병의 발생으로 매년 새우의 대량 폐사가 발생하여 막대한 피해를 보고 있다. 즉, 2003년도의 새우 양식의 폐사율이 전국적으로는 53-76 %였고, 전남 지역은 전국의 평균치 보다 약간 높은 64-73 %에 달하여 전체적으로 생산액이 투자액을 넘지 못하는 손이분기점 이하의 손해를 보고 있는 실정이다.

즉, 새우 양식으로 성공한 어민들도 있지만 반 이상의 어민들은 새우 양식에 실패하여 경영난으로 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이와 같은 새우 양식의 실패의 주된 이유는 새우 양식의 대량폐사를 야기하는 저질, 수질 악화와 함께 질병 발생으로 새우가 대량 폐사되기 때문이다.

따라서 서남해역의 새우 양식장의 사육환경 요인에 관한 현황을 파악하고, 새우 양식장의 수질, 저질개선 기술과 함께 독성물질의 발생 억제를 통한 생산성 향상의 연구는 새우 양식의 경비 절감뿐만 아니라 새우양식의 안정적인 확보에 대단히 중요한 과제이다.

○ 사회·문화적 측면

전남 서남해역은 갯벌이나 폐 염전, 유희 농경지 등의 지형적인 조건이나 잡는 어업에서 기르는 어업으로의 전환과 타 지역보다는 어류양식의 기술보급의 부진한 지역적인 조건과 더불어 뚜렷한 지역산업 및 경제활동의 침체로 인한 사회적인 조건으로 인해 최근 새우 양식업이 지역의 중요한 양식 산업으로 부각되고 있다.

하지만 새우 양식기술의 지식부족과 비 과학적인이것도 경험적인 기술에만 의존된 현행의 새우 양식업은 매년 생산액이 투자비를 넘지 못하고 있으며 입식새우의 50 %이상이 폐사하는 경우가 매년 발생되고 있다.

따라서 새우 양식 어민들은 근본적이고 구조적인 문제를 해결하기보다는 기상조건에 의존하고 약품 투입에 의존하는 경우가 자주 있어 심각한 적자에 직면하고 있으며, 과도한 약품의 투입으로 인한 새우의 위생적인 문제나 주변 해역의 오염문제를 야기 시키고 있다. 새우 양식장에서 투입된 다량의 유기물질은 최종적으로는 주변 해역으로 유출되어 갯벌을 포함한 주변 해역을 오염시키고 해역의 부영양화를 촉진시키고 적조를 발생시킬 수 있다.

따라서 현행의 새우 양식 문제의 근원적이고 구조적인 문제를 해결해야 할 필요성이 대두되고 있다. 특히, 새우 양식장의 수질, 저질 개선을 통해 새우의 독성물질을 억제하고 나아가 질병의 발생을 억제시키는 기술 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

특히, 새우 양식에서 중요한 용존산소의 관리기술은 새우 양식장의 저질, 수질관리와 더불어 독성물질의 발생과 밀접한 관련이 있어 새우 양식장에서는 일차적으로 용존산소의 유지관리가 가장 시급히 요구되고 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

○ 연구개발의 최종 목표

본 연구 최종 목표는 「새우 양식장의 용존산소 관리와 독성물질 제어기술 개발」이다. 우리나라의 서남해안은 새우 양식장의 구조적인 문제와 더불어 고밀도의 입식, 과잉의 사료 투여로 인해 새우 양식장은 심각한 저질, 수질 문제가 발생되고 있으며, 독성물질의 발생과 질병의 발생으로 인해 매년 막대한 피해를 보고 있다

따라서 새우 양식 어민들은 수질, 저질 개선과 질병예방을 위해 여러 종류의 약품을 대량으로 투여하고 있어 생산비의 증가뿐만 아니라 새우 양식장 주변의 연안을 오염시키고 있다. 또한, 어민들은 경험적으로 새우 양식장의 수질, 저질 및 질병의 예방을 위해 바닥건조, 바닥갈이, 소독제 살포, 수차를 이용한 포기, 물 교환 등을 하고 있으나, 배설물과 잔사 등이 양식장의 중앙으로 집적되어 저질이 점점 악화되고 수질이 나빠져 용존산소가 감소되며, 나아가 암모니아와 황화수소 등의 유해물질이 증가되어 새우의 성장을 방해하고 질병 및 폐사의 원인이 되고 있다.

이에 새우 양식과 관련된 행정기관과 연구기관에서는 오래전부터 새우 양식장의 수질, 저질 개선과 새우의 질병 예방에 관한 연구와 여러 조치들이 제시되고 있으나, 현행의 양식 방법으로는 사실상 수질, 저질 개선과 질병 예방의 획기적인 개선이 어려운 상태이다. 또한 용존산소는 하루 중에도 지나치게 높거나 지나치게 낮은 상태를 보이고 있어 전기의 절약이나 새우의 안정적인 관리를 위해서도 새우 양식장에서의 DO 농도를 자동으로 조절해주는 시스템의 도입이 요구되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는

1차 년도에는 현장 새우 양식장의 DO 농도, 침적물, 암모니아, 황화수소 등의 현장 새우 양식장의 수질, 저질의 현황을 조사하였고, 실내에서 DO 자동 조절장치를 개발하였다. 아울러 바닥개선과 배출방식의 구조개선을 통해 독성물질을 억제하는 기술을 개발하였다.

1차년도 연구내용 및 범위: -현장 새우 양식장의 DO, 침전물, 독성물질의 평가
-DO 자동 조절 장치 개발 (실내실험)
-바닥개선과 배출방식의 개선을 통한 독성물질 억제 기술개발 (실내실험)

2차 년도에는 실험실에서 조사된 성과를 현장에 적용하였다, 즉, DO 자동 조절장치를 현장에 적용하였고 저질개선과 중앙 배출방법을 현장에 적용하여 기존의 측면배출 방식과 비교하면서 수질과 저질, 질병 및 새우의 생산성을 비교, 평가하였다.

2차년도 연구내용 및 범위: -DO 자동 조절 장치의 현장 적용 타당성 검토
-바닥개선과 배출방식의 구조개선에 통한 현장 새우양식장의 저질, 수질 개선효과 및 질병예방과 생산성 비교, 평가

○ 연구개발 내용 및 범위

구 분	연구 목표	연구내용 및 범위
<p>1년차 (2002~2003)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -새우 양식장의 DO 변화 파악 -침적물 및 독성물질 평가 (현장조사) · DO 자동 조절 장치 개발(실내) · 독성물질 억제 기술 개발(실내 실험) 	<ul style="list-style-type: none"> ·일별, 시간별 새우 양식장의 DO 농도 변화 파악 ·현장 새우양식장의 SS 및 유해물질인 황화수소 및 암모니아 농도 변화 파악 ·주기적으로 새우 양식장의 DO농도를 측정하여 포기를 조절하여 일정한 DO 농도범위(5~10ppm)를 유지하는 DO 자동 조절장치 개발 ·바닥개선과 배출방식의 구조개선을 통한 독성물질 억제 효과 검토(실내실험)
<p>2년차 (2003~2004)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ·적정 용존산소의 유지관리 기술 개발 · 독성물질 발생 억제 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> ·실내에서 개발된 DO 자동 조절장치의 현장 적용의 타당성 검토 및 DO 유지관리기술 검토 ·배출방식의 구조개선 및 바닥개선제의 현장적용으로 황화수소, 암모니아질소 발생억제 효과 및 생산량 및 질병 억제 효과 비교

IV. 연구개발 결과

구 분	연구 세부 계획	연구 개발 결과
1년차 (2002~2003)	<ul style="list-style-type: none"> -새우 양식장의 DO 농도 파악 -침적물 및 독성물질 평가 (현장실습) -DO 자동 조절 장치 개발 -독성물질 억제 기술 개발 (실험실 실험) 	<ul style="list-style-type: none"> ·일별, 시간별 현장 새우 양식장의 DO 농도 변화를 파악했음. ·현장 새우양식장의 SS 및 유해물질인 황화수소 및 암모니아질소 농도의 변화를 조사했음. ·주기적으로 새우 양식장의 DO 농도를 측정하여 일정한 DO 농도범위(5~10ppm)를 유지하는 DO 자동 조절장치를 개발하였음. ·중앙배출식의 구조개선과 체올라이터, 패각, 활성탄을 이용한 실내 실험에서 황화수소와 암모니아의 생성 억제효과를 확인하였음(어민간담회 및 현지어민자문 및 지역신문을 통해 홍보)
2년차 (2003~2004)	<ul style="list-style-type: none"> -적정 용존산소의 유지관리 기술 개발 - 독성물질 발생 억제 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ·주기적으로 새우 양식장의 DO농도를 측정하여 일정한 DO 농도범위(5~10ppm)를 유지하는 DO 자동 조절장치를 개발한 후 현장 적용하였고 실용안을 등록(실용신안 등록 제0355346호)했음. ·배출방식의 구조개선 및 바닥개선제의 현장적용에서 황화수소, 암모니아질소 발생억제로 생산량 및 질병 억제효과를 확인했음(신안군 증도면 서성갑양식장) ·저질 개선제 특허 (특허번호: 10-2004-0030499), ·신안군과 공동으로 “새우 양식장의 물 관리와 질병관리”세미나개최 (2004.3.19일, 새우양식어민 약150명 참석 3월 13일자 해양수산뉴스레타 게재, 22일자 지역신문 게재) ·투고논문 2편, 학술발표회 4회

○ 1차년도 연구결과

현장 새우양식장의 DO, 침전물, 독성물질 평가를 위해 주변 지역의 새우 양식장에서의 용존산소의 시간별 농도 변화를 측정된 결과, 정오부터 오후 6시까지 10 ppm 이상까지 증가하다가 다시 감소하여 새벽 6시에는 4 ppm 이하의 낮은 값을 보인 후 다시 증가하는 경향을 보였다.

따라서 새우 양식장의 관리가 가장 취약한 야간이나 새벽녘에 용존산소의 부족현상이 나타나 심야나 새벽녘에 새우가 DO부족으로 질식사 할 수 있다는 것을 시사하고 있다. 또한 정오 이후에는 DO 농도가 지나치게 높게 유지되고 있음을 알 수 있어 정오 이후 지나치게 DO 농도가 높을 경우와 새벽녘과 같이 지나치게 용존산소가 낮을 경우에는 용존산소의 자동적인 관리가 필요할 것으로 판단되었다.

현장의 새우 양식장에서의 암모니아 질소의 농도는 새우 양식장의 수질 환경기준인 1.1 ppm 을 상회하는 1.17-2.30 ppm으로 비교적 높게 나타나고 있고, 황화수소 농도도 새우 양식장의 수질 기준 농도인 0.004-0.04 mgS/g·dry를 훨씬 상회하는 ND-0.075 mgS/g·dry으로 나타나고 있어 현장의 새우 양식장에서의 암모니아와 황화수소의 발생 억제가 새우 양식장의 수질관리에 있어 중요한 요인임을 알 수 있었다.

새우 양식장의 DO 자동 조절장치의 개발은 먼저 실내에서 DO 센스를 포기 장치에 부착하여 DO 농도에 따라 포기가 작동하는지를 알아보았으며, 용존산소가 3.5 ppm 이하에서는 포기가 작동되도록 하고 10 ppm 이상에서는 포기 장치가 자동적으로 멈추게 하였다. 아울러, 계속해서 DO 센스가 양식장에 담겨 있을 경우에는 센스 부분에 조류나 이끼 등의 물때가 부착되어 측정에 오차를 유발시킬 수 있어 주기적으로 센스를 세척해주면서 측정이 가능하도록 설계하였다.

한편, 독성물질 억제 기술개발을 위해 기존 양식장과는 다르게 양식장 저층의 중앙 부분으로 경사구배를 주어, 중앙으로 침전물이 모여지게 한 후, 간헐적으로 침전물을 배출하게 하는 구조 개선을 통해 기존의 새우 양식장과 비교하면서 실내에서 새우를 키우면서 NH_4^+ 와 DO의 수질비교와 함께 퇴적물의 H_2S , ORP 및 새우의 사멸율을 비교, 조사한 결과, 기존 양식장에 비해 구조 개선된 양식장에서 황화수소 및 암모니아 생성량이 현저히 억제되었으며 DO의 감소율도 다소 개선되었다. 또한 퇴적물의 산화환원상태(ORP)와 새우의 사멸율에서 뚜렷한 개선효과가 나타났다. 즉, 배출방식이 개선된 새우양식장의 저질상태가 뚜렷이 개선되었고 생존율이 월등히 우수하였다.

저질 개선제의 주입에 의한 수질 영향의 평가를 위해 현장 새우양식장의 퇴적물을 실험실로 그대로 옮겨 활성탄, 제올라이트, 패각 그리고 철 등의 저질 개선제를 주입하여 저질로부터 용출되는 독성물질을 중심으로 수질에 미치는 영향을 평가하였다. 암모니아 질소는 제올라이트와 패각을 주입한 곳에서 효과적으로 제거되었다. 제올라이트는 암모늄이온을 이온교환으로 제거된 것으로 판단되며, 패각은 pH의 상승을 방지하여 안정하게 pH를 유지시켜 암모니아가스의 발생을 억제하는 것으로 나타났다. 즉, 패각의 주입은 pH의 상승을 방지하여 암모니아가스의 발생을 억제시키는 것을 알 수 있었다. 황화수소와 COD는 활성탄을 주입한 곳에서 효과적으로 제거되었으며, 황화수소는 패각에서도 부분적으로 제거가 일어난 것으로 나타났다. 인은 활성탄, 패각, 철에서 잘 제거되었다.

아울러 본 연구에서 조사된 용존산소 유지관리와 독성물질 억제 기술 개발의 연구 결과를 새우 질병의 전문가에게 의뢰하여 새우 질병과의 관계에 관하여 자문을 구하였다. 또한, 각 기관에서 제시하고 있는 약간의 다른 새우 양식장의 수질, 저질 농도를 정리하여 새우 양식장의 수질, 저질 기준표를 작성하였다.

○ 2차년도 연구결과

실험실에서 조사된 1차년도의 연구 결과를 토대로 신안군 증도면의 현장 양식장에 적용하였다. 배출방식의 구조개선의 연구결과에서 DO 농도는 측면 배출식에서 2.9~7.0 ppm, 중앙 배출식에서 3.3~6.7 ppm으로 약간 높게 나타났고 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 의 농도는 측면 배출양식장에서는 0.030 ppm~2.577 ppm, 중앙 배출양식장에서는 0.063 ppm~2.005 ppm으로 나타났다.

TP, TN도 시간이 지남에 따라 두 양식장 모두 점차 증가하여 측면 배출양식장에서의 증가폭이 다소 높게 나타나 수질에 있어서 측면 배출식 양식장에서 보다는 중앙 배출식 양식장에서 수질이 양호한 결과를 보였다.

퇴적물의 H_2S 의 농도는 측면 배출식 양식장에서는 0.079~1.655 mgS/g·dry였고 중앙 배출식 양식장에서는 0.007~0.657 mgS/g·dry였으며, 퇴적물의 ORP값도 측면 배출식 양식장에서 69.5에서 -266 mV였고 중앙 배출식 양식장에서는 75.1 mV에서 -110 mV로 변하여 저질에 있어서도 측면 배출 양식장에 비해 중앙 배출 양식장에서 양호하게 나타났다.

NH_4^+ 와 H_2S 및 DO 감소경향, 퇴적물의 ORP 및 새우의 사멸율을 비교 조사한 결과, 측면 배출식 양식장에 비해 중앙 배출식 양식장에서 황화수소 및 암모니아 생성량은 현저히 억제되었으며, DO의 감소율도 다소 개선되었다.

현장 새우 양식장에서 패각의 주입에 따른 수질의 변화를 조사 한 결과, 패각의 주성분인 탄산칼슘으로 인해 알칼리도를 증가시켜 pH의 상승을 억제시키는 것으로 나타났다. 또한 pH의 상승의 억제는 암모니아성질소에서 암모니아가스의 비율을 낮출 수 있어서 새우에 미치는 독성을 감소시킨다는 사실을 확인할 수 있었다. 그러나 패각의 주입은 초기에 용존산소를 감소시키고 암모니아와 인의 농도를 높히므로 새우 입식 2주일 전쯤에 주입해야함을 알 수 있었다.

현장에서의 질병 발병의 비교 조사에서 흰반점 바이러스는 중앙배출식양식장과 측면배출식 양식장 그리고 패각이 주입된 중앙배출식 양식장 세 곳 모두에서 발견되었으나, 패각이 주입된 중앙 배출식에서 감염률이 다소 낮았다. 간체장 바이러스의 경우 세 호지 모두에서 발견되었으며 바이러스가 발병한 이래 계속적으로 감염률이 증가하였으나 중앙배출식과 패각이 주입된 중앙 배출식의 양식장에서 감염률이 기존의 양식장에 비해 낮게 나타나 새우의 대량 폐사를 줄일 수 있었다.

이와 같은 수질 및 저질 개선효과로 인해 생산량과 사멸율의 결과도 측면 배출식의 양식장에서는 생산량이 228 g/m², 사멸율이 68.7 %로 나타난 반면에 중앙 배출양식장에서는 302 g/m²의 생산량과 57.1 %의 사멸율을 보여 중앙 배출식 양식장에서 더 양호한 결과를 보였다.

V. 연구개발 결과의 활용계획

가. 새우 양식장 용존산소 유지 관리기술

: 본 연구 결과에서 실용안으로 등록된 「새우양식장 저 산소방지시스템」 을 현장에 활용하고, 나아가 경보장치 시스템을 적용하고자 함.

즉, 본 연구에서 개발된 전기제어 장치를 상품화 하여 저렴하고(양식장 천평 기준, 수차 10대: 270만원) 간단하게 DO 센스와 수차를 연결하여 현장 새우 양식장의 DO 농도가 항상 5-10 ppm으로 유지되도록 한다.

새우 양식장에서의 적절한 DO농도의 유지는 저질, 수질의 악화를 막고 나아가 새우의 폐사를 예방할 수 있다.

가격의 지불에 따라서는 전기 이상이나 수차의 작동에 이상이 발생할 때에 휴대폰이나 메시지로 연락이 가능하도록 함.

나. 독성물질 제어 기술개발

:본 연구결과에서 특허된 「바닥 개선제」와 실내실험과 현장에서 확인된 중앙 배출식 양식 기법은 새우 양식장의 저질, 수질을 개선하여 궁극적으로 저질, 수질의 악화에 기인되는 암모니아질소나 황화수소와 같은 독성물질의 생성을 억제시키므로 새우의 성장을 이룰 뿐만 아니라 질병발생의 억제효과와 폐사의 예방효과도 기대됨.

다. 그 외 활용 방안

- 본 연구에서 요약, 정리한 새우양식장의 수질, 저질 기준표 현장 어민들에게 배부 및 활용
- 본 연구에서 수행과정에서 부가적으로 도출된 새우양식장의 폭기 장치 개선기술과 저질 개선 기술을 차후 연구과제로 추진하고자 함.
- DO 일변화 및 시간별 농도 변화조사결과를 이용한 양식장 수질관리 활용
- 현장 새우 양식장의 침전물 및 독성물질 생성량 조사 자료는 사료공급과 물교환 등에 활용
- 새우 양식장에 용존산소의 자동화 시스템 활용

S U M M A R Y

Technique development to control dissolved oxygen and toxic materials in shrimp aquaculture farms

The shrimp aquaculture have been to a major industry of fisheries in southwest coastal area of Korea because of prohibitive of measure to impose a duty on a salt import from foreign country and increasing of unirrigated rice field in recently. However, a several problems bring about like that a water and sediment pollution and bring out of high mortality in shrimp aquaculture farm *in situ*. The reason of water and sediment pollution following a high mortality of shrimp were the methods of aquaculture, a high density and a surplus of feed in shrimp aquaculture farm.

In this study, we performed to estimate the water quality of pH, salinity, dissolved oxygen, ammonium and sulfur hydroxides of sediment in shrimp aquaculture farms of southwestern coastal of Korea from June to September, 2003. We also surveyed the status of water quality and achieved the improve water and sediment quality to restraint the production of toxic materials like a ammonium and sulfur hydroxides from sediment of shrimp aquaculture farms by changed a water drain method in shrimp aquaculture farm in laboratory.

The concentrations of dissolved oxygen increased from noon to the evening for 6 hour and decreased to 2.98 ppm at six o'clock in the next morning and increased repeatedly, even though DO level has a different level in sunny day and cloudy day. This results suggest that the most importance time of the control of DO in shrimp aquaculture farm is in the midnight and next early morning. Moreover, if the DO concentration decreased continuously which may be growing up the concentrations of NH_4^+ and H_2S in shrimp aquaculture farm.

The measured of pH and salinity were suitable to growth of shrimp. However, the level of ammonium and sulfur hydroxides produced from the sediments of shrimp aquaculture farms were 2.30 ppm and 0.075 ppm, respectively, which are exceeded to the concentration of guide line for the growth of shrimp. In the results of this study, we found it difficult to improve the water quality using of the present frame of shrimp aquaculture farms. Then, we can improved water quality of DO, NH_4^+ and sediment quality of ORP, H_2S and also achieved down to the rate of shrimp fatal by changed the water drain method of shrimp aquaculture farms in the scale of laboratory in the first research year.

Control of sediment is very important thing in shrimp aquaculture farm due to the eruption of toxic materials such as unionized H_2S , NH_3 and NO_2^- . In this study, column test including of a shrimp aquaculture farm sediment was conducted with filter media such as activated carbon, zeolite, oyster shell and iron chloride to evaluate the reduction of toxicity materials from sediment.

Ammonia was effectively removed by Zeolite and oyster shell. It was indicated that ammonium ion (NH_4^+) was removed by ion exchange of zeolite. And the ammonia in the column of oyster shell was existed as the form of NH_4^+ , which is not toxic for prawn because oyster shell was stably kept around pH 8. Therefore, some of ammonia (NH_3) was reduced by oyster shell. Hydrogen sulfide and COD were effectively removed by adsorption of activated carbon and a partial removal of hydrogen sulfide was accomplished by Oyster shell.

Phosphorous was removed by activated carbon, oyster shell and iron chloride. In shrimp aquaculture farm, the concentration of ammonia was increased with increase of pH by algae photosynthesis in the column of activated carbon, zeolite and iron chloride, but it was revealed that pH was stably kept in the column of oyster shell.

In the second research year, we compared to the productivity, water and sediment quality of shrimp aquacultural farm by changing of water drain method from July to October of 2004 at Shinan Jounghdo, southwestern sea of Korea.

The concentration of NH_4^+ in the old method of side water drain of shrimp farm was 0.030–2.577 ppm while the improved central water drain of shrimp farm was 0.063–2.003 ppm. Also, the DO levels in side and central water drain shrimp farm were 2.9–7.0 ppm and 3.3–6.7 ppm respectively. The concentration of H_2S in the sediment of side and central water drain shrimp farm were 0.079–1.655 mgS/g·dry and 0.007–0.657 mgS/g·dry respectively.

The Oxidation and Reduction Potential of sediment in side and central water drain shrimp farm were 69.5~–266 mV and 75.1~–110 mV respectively. According to the improved water and sediment quality of shrimp farm the production of shrimp in side and central water drain of shrimp farm were 227.8 g/m² and 302.1 g/m² respectively.

We also investigated the effect of water quality as oyster shell putted into sediment of shrimp aquaculture farm. The pH was stable and keep up high of alkalinity was result in a calcium carbonate from oyster shell. Ammonia and phosphorous were increased immediately after oyster shell putted into water. But two months later, ammonium nitrogen

was not increased so much high at oyster shell put into the farm. It was revealed that pH was stable and make to restrain the increasing of ammonia by oyster shell.

The main results of this study are summarized as followings:

(1) We estimated the dissolved oxygen of shrimp aquaculture farm was increased from noon to the evening for 6 hour and decreased to 2.98 ppm at six o'clock in the next morning and increased repeatedly then we developed a automatic aeration controler for keeping a desirable DO level in the shrimp aquaculture farm.

(2) We could improved the sediment and water quality of the shrimp farm and we could restrain to the increasing of ammonia and sulfur hydroxide 3 % by changed water sludge drain method and input of oyster shell pieces to the shrimp aquaculture farm. Then, we could achieved a more production of shrimp to 33 %.

CONTENTS

CHAPTER 1 INTRODUCTION	15
Clause 1 Purpose of Study	15
1. Technical Standpoint	15
2. Economic · Industrial Standpoint	16
3. Social · Cultural Standpoint	16
 CHAPTER 2	
PRESENT STATUS AND PROBLEMS OF RELATED STUDY	18
Clause 1 Korea	18
Clause 2 Oversea	18
Clause 3 Future Prospect	20
Clause 4 Comparison of Technical Level	20
 CHAPTER 3 RESULTS AND CONTENTS OF STUDY	21
Clause 1 Methods and Contents of Study	21
1. Methods of Study	21
2. Contents of Study	22
가. 1th Year	22
나. 2th Year	24
 Clause 2 Results of Study	25
1. Results of 1th Year Study	25
2. Results of 2th Year Study	36
 CHAPTER 4	
TARGET ACCOMPLISHMENT AND RELATED AREA CONTRIBUTION	45
Clause 1 Evaluation of Target Accomplishment	45
Clause 2 Related area Contribution	46
 CHAPTER 5 APPLICATION PLAN	47
Clause 1 Application Plan	47
 CHAPTER 6	
COLLECTED INFORMATION OF OVERSEA SCIENCE & TECHNOLOGY	50
 CHAPTER 7장 REFERENCES	52

목 차

제 1 장 연구개발 과제의 개요	15
제 1 절 연구개발의 필요성	15
1. 기술적 측면	15
2. 경제·산업적 측면	16
3. 사회·문화적 측면	16
제 2 장. 국내외 관련연구의 현황	18
제 1 절 국내의 현황과 문제점	18
제 2 절 국외의 현황	18
제 3 절 앞으로 전망	20
제 4 절 기술수준 비교	20
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	21
제 1 절 연구수행 방법 및 내용	21
1. 연구수행 방법	21
2. 연구내용	22
가. 1차년도 연구내용	22
나. 2차년도 연구내용	24
제 2 절 연구 결과	25
1. 1차년도 연구 결과	25
2. 2차년도 연구결과	36
제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도	45
제 1 절 연구개발 목표의 달성도	45
제 2 절 관련 분야의 기술발전예의 기여도	46
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	47
제 1 절 활용계획	47
제 6 장 연구개발 과정에서 수집한 해외과학 기술정보	50
제 7장. 참고 문헌	52

제 1 장. 연구개발 과제의 개요

제 1 절. 연구 개발의 필요성

1. 기술적 측면

서남해안은 폐염전과 휴경 농지를 활용한 새우 양식장이 많으며, 대부분이 해수를 펌핑하여 1차 부사를 침전시킨 후 양식장으로 공급하는 집약식으로 이루어지고 있다. 이러한 집약식 양식장은 조방식에 비해 해수의 교환이 자주 일어나지 않기 때문에 용존산소의 감소와 암모니아와 황화수소와 같은 독성물질의 농도가 증가하는 경우가 많다.

왜냐하면, 새우 양식에는 양식생물의 배설물과 잉여사료 등이 저층으로 퇴적하여 암모니아와 황화수소 등의 독성물질이 용출되며, 박테리아에 의한 사료의 분해와 야간에 식물성플랑크톤의 호흡으로 인해 용존산소의 결핍을 가져온다.

수중의 용존산소는 최적 양식 수용밀도와 생산량을 결정하는 중요한 환경요인 중의 하나이다. 새우양식을 위해서는 용존산소를 3.5-6.0 ppm 범위로 유지해야 하고 적정수준으로는 5.0 이상을 유지하도록 권고하고 있다. 즉 용존산소량이 3.5 ppm 이하로 계속 될 경우 새우의 성장과 생존에 영향을 미치게 된다 [3] - [5] .

또한 여기서 암모니아는 암모늄 이온(NH_4^+) 과 암모니아가스(NH_3)를 의미하며 암모니아가스가 새우에 독성을 일으킨다. 이는 pH와 수온의 증가에 따라 암모니아가스가 증가하며, 이러한 암모니아가스의 축적은 양식새우에 치명적인 요인이 되고 있다. 또 일일주기로 pH와 이산화탄소의 농도에 의해 암모니아가스의 농도가 변동된다. 이산화탄소의 농도가 낮고 pH가 높을 때인 오후에 암모니아가스는 최고치에 이르며, 이산화탄소의 농도가 높을 때인 동트기 전에 최소로 된다. 특히, 암모니아는 pH가 높아지면 독성이 강하게 나타나 pH 7을 기점으로 pH 8에서 10배, pH 9에서 100배로 그 독성도가 강해진다 [7] .

새우는 0.1 ppm의 암모니아가스에 장시간 노출될 경우 해로운 영향이 나타날 수 있다. 이것은 32 °C에서 pH 7, 8과 9에서 총암모니아질소 농도 11.1, 1.1과 0.2 ppm에 해당한다. 그러므로 과도하게 높은 pH는 심각한 암모니아 독성의 문제를 일으킨다 [3] - [5] .

황화수소는 침전 유기물질이 많이 쌓이고 물의 유통이 잘 안되는 양식지 바닥의 무산소 상태에서 단백질이 타 영양 세균적 대사에 의한 분해로 많이 발생한다. 즉 바닥이 검게 변하고 저질 침전물로부터 기포방울 형태로 메탄가스 (CH_4)와 황화수소가 방출되어 나쁜 냄새를 풍긴다. 썩은 저질로부터 발생하는 황화수소는 해수중의 용존산소를 소비할 뿐 아니라 새우에도 유해한 영향을 준다 [8] .

황화수소는 용존산소의 존재 하에서 아황산염 (SO_4^{2-})과 같은 산화된 형태로 전환되므로 황화수소는 발생하지 않으나 혐기성 상태에서는 황화수소와 이온화된 황화물이 발생한다. 이온화된 황화물과 황화수소의 비율은 pH와 수온에 좌우되며, 배출된 황화수소는 썩은 계란 냄새가 나는 가스로서 약간 감지할 수 있는 수치 (0.03 ppm)에서조차도 새우에 심한 독성이 있으며

1.0 ppm에서 폐사가 발생할 수 있다 [9] .

호기, 혐기적 퇴적물에서 질소와 황의 분해 부산물은 아래의 그림과 같다.

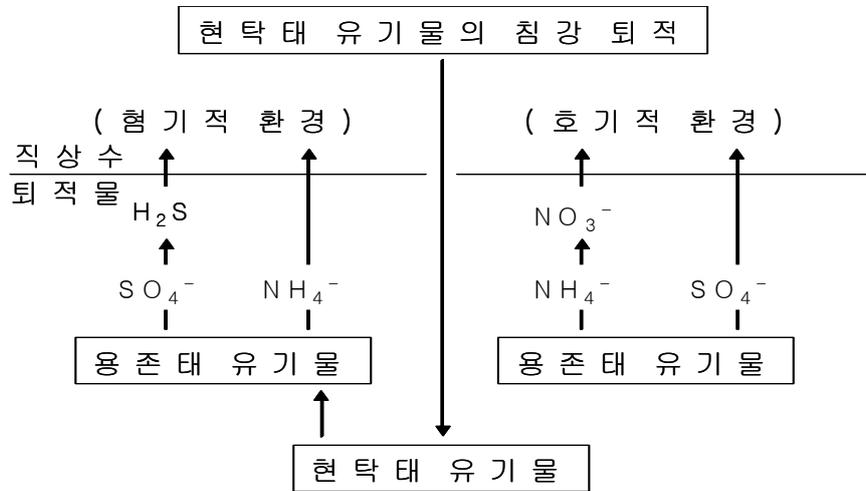


그림 1. 호기적 및 혐기적 환경에서의 퇴적물로부터의 용존기구

2. 경제·산업적 측면

소금의 수입 개방에 따른 폐염전으로 서남해역은 이 폐염전을 활용한 새우 양식이 추진되어 오고 있으며, 특히 신안군은 지난 95년부터 지역특화사업으로 새우 양식을 추진, 지원하고 있어 지역의 주요 수산업의 하나로 정착되고 있다. 전남 지역 전체적으로 최근까지 새우 양식이 증가하여 생산액이 2002년도에 260억, 2003년도에 342억원을 기록하였다. 하지만 새우 양식 어민들은 저질, 수질 개선제나 질병예방, 소독제 및 영양제, 항생제 등의 약품 투입으로 생산비가 감소되고 매년 새우의 대량 폐사가 발생하여 막대한 피해를 보고 있다 [5] .

즉, 최근 새우양식의 폐사율이 전국적으로는 53-76 %이고, 전남 지역이 약간 높은 64-73 %에 달하여 평균적으로는 투자액 대비 생산액이 높지 않는 손이분기점 이하의 손해를 보고 있는 실정이다. 즉, 새우 양식으로 성공한 어민들도 있지만 반 이상의 어민들은 새우 양식에 실패하여 경영난으로 어려움을 겪고 있는 실정이다. 그 실패의 주된 이유는 새우 양식의 대량폐사를 야기하는 저질, 수질 악화와 함께 질병 발생으로 새우가 대량 폐사되기 때문이다.

따라서 서남해역의 새우 양식장의 사육환경 요인에 관한 현황을 파악하고, 새우 양식장의 수질, 저질개선 기술과 질병의 발생 억제를 통한 생산성 향상 등의 연구는 새우 양식의 경비 절감뿐만 아니라 새우양식의 안정적인 확보에 대단히 중요한 과제이다.

3. 사회·문화적 측면

전남 서남해역은 광활한 갯벌이나 폐염전, 유향 농경지 등의 지형적인 조건이나 잡는 어업에서 기르는 어업으로의 전환과 타 지역보다는 어류양식의 기술보급의 부진, 뚜렷한 지역산업 및 경제활동의 부재로 인한 사회적인 조건으로 인해 최근 새우 양식이 중요한 지역의 양식 산업으로 부각되고 있다. 하지만 새우 양식기술의 지식부족과 비 과학적인이고도 경험적인 기술

에만 의존된 현행의 새우 양식업은 매년 생산액이 투자비를 넘지 못하고 있으며 입식새우의 50 %이상이 폐사하는 경우가 매년 발생되고 있다.

따라서 새우 양식 어민들은 근본적이고 구조적인 문제를 해결하기보다는 기상조건에 의존하고 약품 주입에 의존하는 경우가 자주 있어 심각한 적자에 직면하고 있으며 일반 시민들에게는 새우의 위생적인 문제나 주변 해역의 오염문제를 야기 시키고 있다. 따라서 현행의 새우 양식문제의 근원적이고 구조적인 문제를 해결해야 할 필요성이 부각되고 있는 실정이다.

특히 새우 양식장에서 투입된 다량의 유기물질은 최종적으로는 주변 해역으로 유출되어 갯벌을 포함한 주변 해역을 오염시키고 해역의 부영양화를 촉진시키고 적조를 발생시킬 수 있다. 따라서 양식장의 수질, 저질 개선을 통해 새우의 독성물질을 억제하고 나아가 질병의 발생을 억제시키는 기술 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 특히 새우 양식에서 가장 중요한 용존산소의 관리기술은 새우 양식장의 저질, 수질관리와 더불어 독성물질의 발생과 밀접한 관련이 있어 새우 양식장에서는 일차적으로 용존산소의 유지관리가 가장 시급히 요구되고 있다.

제 2 장. 국내·외 관련연구의 현황

제 1 절. 국내의 현황과 문제점

우리나라에서 양식되고 있는 새우류는 대하와 보리새우의 두 종으로서 남해안에서 활발하게 이루어졌던 보리새우 양식은 크게 감소하여 현재는 거의 생산되지 않고 있는 실정이다. 그러나 80년대 초 서해안을 중심으로 시작되었던 대하양식은 점차 남해안으로 확대되어 가고 있으며 새우의 양식 생산량이 연간 2천톤 이상 달하는 우리나라 주요 양식 산업으로 자리 잡아 가고 있다.

또한 서남해안에는 광활한 갯벌과 폐염전의 재활용, 유휴 농경지의 활용 차원에서 새우 양식장이 개발되고 있으며, 지형적으로도 새우 양식에 유리한 조건을 갖추고 있어 해마다 양식면적과 양식장의 수가 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.

그러나 폐 염전의 재활용으로 사용되는 경우 대부분 집약식으로 양식하고 있어 새우양식장의 저질과 수질환경이 문제시된다. 왜냐하면 조석에 따라 물이 교환되는 조방식에서는 저 산소나 독성물질의 영향이 적으나 집약식으로 양식하는 경우에는 해수의 교환이 적어서 양식장의 저질 및 수질오염 문제가 발생되고 있는 것이다.

최근 대하양식이 각광을 받게 되면서도 양식장 환경의 정화 노력 없이 지속되어온 양식활동과 양식장의 적정 수용능력을 초과한 과밀 양식은 양식장의 노화와 환경악화를 가속화시키며 새우가 폐사하여 양식 어업인에게 심각한 피해를 입히고 있다.

1998년 농림부는 새우 양식어업인의 현장 애로사항을 해결하기 위해 “양식산 새우류 질병대책”을 발간하였고, 2000년 3월에는 “새우양식과 질병관리”에 관한 책자를 새우 양식어업인에게 배부하였으나 [7] 과 [9] 집약식에서 문제가 되는 저 산소의 해결방안과 독성물질의 억제 방안에 대해서는 미흡한 실정이다.

제 2 절. 국외의 현황

중국에의 새우양식은 300여년의 역사를 갖고 있으며, 70년대부터 시작된 새우 종묘생산 기술은 새우 양식 산업에 큰 변화를 가져왔으며 1978년에 이르러서는 비교적 큰 규모의 새우 양식 산업이 형성되었다. 중국의 양식새우 생산량은 10년 동안에 급성장하여 1992년에 22만 톤으로 사상 최고를 기록했다.

일본의 “수산용수 기준”에서 새우 양식장의 적정 용존산소량을 6 ppm이상으로 규정하고 있다. 새우 양식장의 경우, 이와 같은 농도가 유지되면 이상적이지만 대부분의 경우는 고밀도 사육과 다량의 먹이 공급 때문에 이 기준치 이하가 되는 경우가 많다. 미국 내무성의 수질기준에는 연안 5.0 ppm 이상, 내만 조간대에서는 4.0 ppm이상으로 규정하고 있고, 다른 많은 연구의 예에서는 3.0 ppm이하에서는 각종 장애가 일어난다는 보고되고 있다.

동남아 지역에서 주로 양식하는 홍다리얼룩새우 (*penaeus monodon*)에 대한 용존산소의 영향을 예를 들면 0.4~1.5 ppm에서는 사망에 이르게 되고 1.5~3.5 ppm에서 장시간 사육시 성

장이나 사료소비 및 효율이 감소하게 된다. 그러므로 최적의 성장과 먹이전환 효율을 위해서는 4 pm 이상의 용존산소 농도가 필요하다고 보고하고 있다.

강과 마쓰다(1994)의 연구에 의하면 *Metapenaeus monocerus*를 대상으로 한 연구 결과에서 황화수소의 농도가 0.018 ppm에서 반 치사율을 나타낸 것으로 보고하고 있다 [1] 과 [2] .

Jackson C 등(2003)에 의한 새우양식장에서의 질소수지와 배출수중의 질소화합물에 대한 연구결과, 유입 질소량의 대부분 (90 %)은 사료에 의해 유입되고 있고, 양식장내로 유입된 22 %의 질소는 새우로 전환되고, 14 %는 퇴적물에 남고, 나머지 대부분(57 %)은 주변 환경으로 배출되며, 단지 유입된 3 %의 질소가 불명확하며 이는 탈질을 통해 대기 중이나 암모니아 가스로 휘발된다고 보도하였다. 한편, 배출수 중의 42~45 %는 입자태로 주로 식물플랑크톤이었고 두개의 주된 용존태 질소의 함량은 DON이 37~43%, 총암모니아 질소가 12~21 %을 차지하고 있다고 보고하였다 [16] .

Thakur와 Lin (2003)은 고밀도 새우양식(*Penaeus monodon*) 콘크리트 수조에 90일 동안 물교환을 하지 않고 수질과 새우성장과 영양염 분포와 수지에 미치는 양식밀도(25와 50미/m²)와 바닥기질(토양과 콘크리트)의 영향을 조사한 결과, 조사기간 동안 총암모니아와 아질산 질소 농도는 새우성장의 적정범위 내로 낮았고, 영양염 수지 조사에서는 새우에게 동화되는 질소량은 전체 질소 유입량의 23 ~ 31 %였으며, 인은 10 ~ 13%였다. 영양염의 주요 유입원은 사료 공급으로 질소 전체 유입량의 76 ~ 92 %를 차지하고 인은 70~ 91 %를 차지하였으며, 영양염의 주요 제거원은 퇴적물로서 유입 전체 질소량의 14 ~ 53 %를 제거하고 인은 39 ~ 67 %를 제거하며, 새우 수확 시 배출수 중의 질소는 유입량의 14 ~ 28 %, 인은 12~ 29 %에 해당하였다고 보고하였다 [22] .

Burford와 Lorenzen(2003)는 수치 모델링을 통해 고밀도 새우양식에서의 질소 거동에 관련하여 퇴적과정(Sedimentation) 과 퇴적층에서의 재무기화의 역할을 조사한 결과, 주요 인자는 총암모니아질소, 질산/아질산, 클로로필 a 농도와 퇴적층 내의 질소로. 이들 인자들이 높은 농도일 때 새우에게 부정적인 영향을 끼치며, 또한 양식지로부터 배출될 때 인접 해양환경에 부정적인 영향을 끼친다고 보고하였다. 새우 양식장으로의 대부분의 질소 유입은 새우의 배설물로서 총 암모니아 형태로 유입되고 잔사가 분해되어 식물플랑크톤에 취해져 시간이 지나 퇴적화되고 재무기화 되며, 퇴적층의 재무기화 과정은 수층의 총 암모니아질소의 주요 공급원으로 순환의 시발점이 되며 퇴적층의 질소 재 무기화 율은 하루 6 %로 평가되었고, 현행 양식기술로 물교환을 하루 7 %, 양식밀도를 60 미/m²로 증가시켰을 때 총질소농도가 초과됨을 알 수 있었으며 슬러지 제거와 물 교환을 통해 총 암모니아 질소와 아질산/질산 농도를 개선함으로 높은 양식밀도가 가능하지만 슬러지 제거를 더 높여야 일부 국가에서 엄격히 규제하고 있는 배출수 수질기준을 준수할 수 있다고 지적하였다 [11] .

Méndez 등(2004)은 저층 퇴적층의 *Litopenaeus stylirostris* 유생 이후의 성장에 미칠 영향에 대해 조사한 결과, 최고 생존율은 Mn 농도가 높은 퇴적층에서 나타났고, 높은 생체(무게)는 인산인이 높은 퇴적층으로 처리된 곳에서 나타나 퇴적층의 조성이 새우 생산량에 큰 영향을 끼치며 이는 점토질에 비해 모래 질에서 그 영향이 덜하였다보고하였다 [19] .

Graslund 와 Bengtsson (2001)은 다양한 화학약품과 생물약제가 동남아시아국가의 새우양식장과 부하장에 사용되고 있으나 이런 약품의 규모와 중요성에도 불구하고 사용되는 이들 약품과 생물제품의 질과 양에 대한 정보가 전무하며, 지속가능한 새우양식 발전을 위해 새우양식

관리자의 역할, 화학약품 생산자, 정부. 정부로부터의 지원단체 (inter-governmental organizations) 및 과학자(전문가)간의 토론 결과, 환경과 건강과 생산성을 위해 그리고 이들 많은 제품들이 생산성에 좋은 효과를 준다는 과학적인 증거가 없기 때문에 이런 약품과 생물 제품의 사용을 감소해야한다고 지적하고 특히, 유기화합물, 구리화합물과 퇴적물에 높은 친화력이 있는 화합물질들은 지속성이 있고 독성이 남아 있어 환경에 나쁜 영향을 끼칠 수 있으며, 이들의 정량적인 위해성 여부의 평가에 대한 구체적인 새로운 정보는 더 요구되고 있는 실정이라고 보고하였다 [18].

제 3 절. 앞으로 전망

현재와 같이 새우 양식을 장기간 양식할수록 양식장의 밑바닥에 오염물이 점차 누적되어 자가 오염이 날로 심해진다. 따라서 새우 양식의 성패는 양식 환경의 관리에 있다고도 볼 수 있을 정도로 양식장의 수질, 저질 환경의 관리가 아주 중요하다.

새우 양식장의 사육환경 요인에 관한 현황을 과학적인 조사를 통해 파악하여 환경악화로 인한 폐사, 질병의 발생, 성장의 저하, 품질의 악화 등을 최소화하는 것이 새우 양식장 경영의 경비 절감뿐만 아니라 어민 소득의 안정적인 확보에 대단히 중요하다.

새우의 양식관리상에서 용존산소의 일일변화와 독성물질의 용출량을 조사하여 새우가 성장하는데 악영향을 파악하고 그 개선 대책의 기술개발은 주변 해역 환경의 오염 예방과 함께 지속적인 새우 양식이 가능하게 될 것이다. 특히 앞으로 해산물의 소비량이 증가하여 새우 등의 소비량은 증가할 것이며 이를 대비하여 위생적이고 안전한 새우 양식장질의 수질, 저질의 환경 관리는 반드시 필요하다.

또한, 현재는 폐 염전이나 유향 농경지를 활용한 새우 양식이 이루어지고 있으나 앞으로는 부지 확보와 주변 해역환경의 보호 규제로 인해 배출수와 배출 슬러지를 처리할 수 있는 소규모 면적의 고밀도 새우 양식이 보급될 가능성이 높아 본 연구에서 같은 중앙 배출식 새우 양식과 바닥 개선제의 도입이 필요하게 될 것으로 생각된다.

아울러 현재 우리나라 주변의 각국에서도 새우 양식이 이루어지고 있고 양식된 일부 생산된 새우는 수출되고 있는 실정이므로 본 연구와 같은 새우 양식장에서의 적정 DO 유지관리와 독성물질의 억제 기술은 안정적인 새우의 생산량에 기여하여 지속적인 외화의 획득과 어민들의 소득증대에 크게 기여될 것으로 전망된다.

제 4 절. 기술수준 비교

새우 양식기술은 일본, 중국과 동남아(태국, 말레이시아, 인도네시아 등), 대만과는 경쟁관계에 있어 기술 도입이 어려운 실정이다.

가까운 일본과 중국이 우리나라와 새우 양식방법과 기후 등 환경 조건이 유사하여 본 연구에서 개발된 새우 양식장의 구조개선과 DO 자동화 기술을 수출, 보급될 수 있을 것으로 생각된다.

3 장. 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절. 연구수행 방법 및 내용

1. 연구수행 방법

1차 년도에는 먼저, 목포 주변의 새우 양식장의 수질과 저질현황을 파악하기 위해 신안군 증도면과 암태면 두 곳의 새우 양식장의 DO농도 변화와 침전물 및 황화수소와 암모니아질소 농도를 파악하였다. 제 1세부 과제연구에서는 실내에서 제올라이트, 활성탄, 염화철, 패각을 이용한 새우 양식장의 저질 개선제의 효과 실험을 실시하였다. 제 2세부과제 연구에서는 기존의 측면 배출식 양식장과 중앙 배출식으로 구조를 개선한 반응조를 제작하여 실험실에서 새우를 키우면서 두 실험수조를 동일한 조건하에서 DO, 암모니아질소, 황화수소, 퇴적물의 산화환원치(ORP), 사멸율 등의 수질, 저질 인자와 사멸율을 비교 조사하였다.

또 다른 연구자는 DO meter 센서를 이용하여 새우 양식장의 용존산소를 측정하고 전기제어 장치를 거쳐 수차에 연결하여 새우 양식장의 DO농도를 일정하게 유지하는 장치를 개발하였다. 아울러 1차 년도에 조사된 용존산소 유지관리와 독성물질 억제 기술 개발 연구 결과를 새우 질병 전문가에게 의뢰하여 새우 질병과의 관계에 관하여 자문을 구하였다

2차 년도에서는 1차년도의 실내실험 결과를 현장에 적용하기 위해 신안군 증도면 새우양식장 (현대수산 서성갑 사장)에 적용하였다. 즉 기존의 새우 양식방법인 측면배출식 양식장(5,400평)과 구조를 개선한 중앙배출식 양식장(6,000평) 그리고 저질 개선제를 주입한 양식장(1,600평)을 대상으로 pH, DO, 암모니아질소, COD, 황화수소, ORP, 등의 수질 및 저질을 비교 조사하였고 아울러 질병발생율과 사멸율을 비교 조사하였다. 이상의 연구수행 방법을 요약하면 다음과 같다(그림 2).

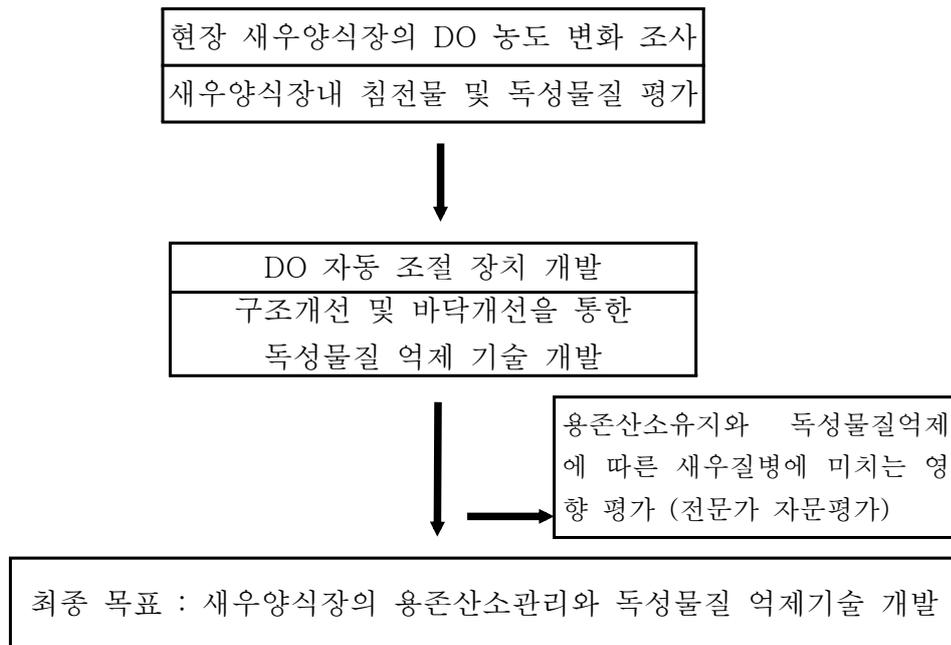


그림 2. 연구 수행 방법

2. 연구내용

가. 1차 연도 연구 내용

1) 현장 새우양식장의 DO 농도변화 파악

현장 새우 양식장의 용존산소의 변화를 파악하기 위하여 신안군 증도와 암태면의 두 곳에서 새우양식이 시작된 후 6월부터 양식이 끝나는 10월까지 월별로 2-3회 조사하였고, 용존산소의 시간별 농도변화는 하루 동안 용존산소가 어떻게 변하는지 특히 가장 최저로 감소하는 용존산소의 농도와 시간을 파악하기 위해 맑은 날씨와 흐린 날씨로 구분하여 2시간 간격으로 24시간 연속 측정하였다.

2) 현장 새우양식장의 침적물 및 독성물질의 생성량 산정

현장 새우 양식장의 저층은 침강되는 침강량이 일반 수중보다는 크게 다를 것으로 예상되어, 침강량의 조사를 실시하였다. 측정방법은 새우양식이 이루어지고 있는 곳과 새우양식이 이루어지지 않는 곳(비교구)에서 높이 9 mm, 직경 72 mm 원통아크릴 관 3개에 500 ml 폴리병 3개를 부착하여(그림 3) 새우 양식장의 중앙부 저층에서 5~7일간 고정시킨 후 회수해서 단위 면적당, 단위시간당 부유물질의 침강량을 평가하였다. 아울러, 저층에 퇴적된 침적물의 분해에 의해 생성되는 암모니아질소와 황화수소 등이 새우에게 치명적인 해를 끼치는 독성물질이므로 이들의 농도를 조사하였다.

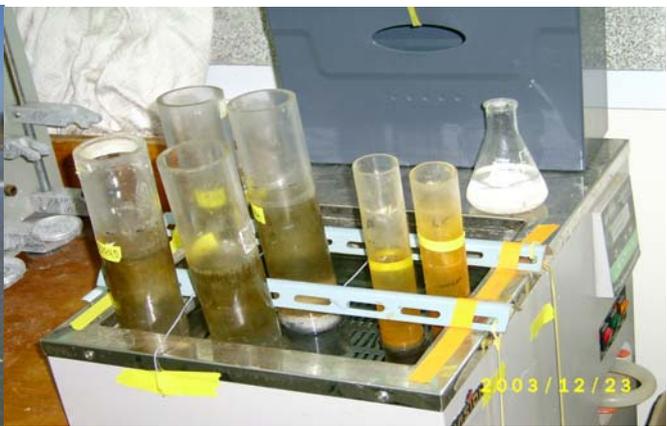


그림 3. 침전물 채취기 및 채취된 침전물 그림 4. 바닥개선제 실내실험 장치

3) 용존산소 자동조절 장치 개발

DO meter probe를 이용하여 새우 양식장의 용존산소를 측정하고 전기 제어장치를 거쳐 수차에 연결하여 새우 양식장의 DO농도를 일정하게 유지하는 장치를 개발하였다. 즉 용존산소가 5 ppm 이하이면 자동제어장치에서 수차에 신호를 보내어 포기가 시작되며, 용존산소 10 ppm 이상이면 수차의 포기가 자동적으로 멈추도록 설계하였다. 또한 DO 자동조절장치의 용존산소

측정 센서에 조류의 부착, 물때, 이끼 등이 부착되어 측정값이 부정확한 경우를 방지하기 위하여 간헐적으로 센스를 깨끗한 물에 담그도록 해서 세척하도록 설계하였다. 자세한 내용은 연구 결과의 프로그램과 같다.

4) 독성물질 억제기술 개발

새우 양식장은 침전물을 측면에서 배출하고 있어 침전물이 중앙의 저층에 쌓여 암모니아질소와 황화수소와 같은 독성물질 발생하여 새우의 성장 장애와 질병의 원인이 될 수 있는 것으로 생각되었다. 따라서 본 연구에서는 실내실험 규모로서 중앙으로 경사를 주어, 침전물이 중앙으로 모여지게 한 후, 간헐적으로 침전물을 중앙에서 배출하는 구조개선을 통해 (그림 5와 그림 6) 암모니아질소와 황화수소 등의 독성물질을 억제하고자 하였다. 물론 물과 침전물을 배출할 시에는 새우가 빠져 나가는 것을 막기 위해 중앙 부분에 그물망을 설치하였고, 중앙으로 모여진 침전물들이 부패하지 않도록 소량씩 자주 배출하였다. 조사기간은 6월부터 시작하여 당해연도의 10월까지 조사되었으며, 5 cm 크기의 새우 40미를 각각 넣어 동일한 조건하에서 먹이공급, 물갈이를 하면서 수질, 저질 및 사멸율을 비교실험 하였다



그림 5. 실내 새우 양식장 실험 반응조, 왼쪽은 기존의 새우양식장 모형이고, 오른쪽은 구조 개선된 새우 양식장



그림 6. 새우양식장 수질, 저질 분석장치, 왼쪽부터 DO meter, 염분측정기, ORP 측정기

또 다른 실험으로는 현장 새우 양식장의 퇴적물을 그대로 아크릴 관으로 실험실로 옮긴 후 실내에서 제올라이트, 활성탄, 염화철, 패각을 이용하여 암모니아와 황화수소 등의 독성물질과 수질인자에 미치는 영향을 평가하였다. 사용된 칼럼은 직경이 5 cm이고 길이가 60 cm인 것을 사용하였다. 칼럼내 퇴적물의 두께는 15 cm 로하고, GF/C로 여지로 여과한 청정해수 25 cm를 주입하였다. 저질개선제 외에 아무것도 넣지 않는 대조구와 비교하여 조사하였다(그림 4).

5) 전문가 자문평가

본 연구에서 조사된 용존산소 유지관리와 독성물질 억제 기술 개발 연구 결과를 새우 질병 전문가(남해수산연구소 목포분장 심두생 소장)에게 의뢰하여 새우 질병과의 관계에 관하여 자문을 구하였다.

나. 2차년도 연구내용

1) 독성물질 억제기술 개발

1차 년도의 연구결과를 현장에 적용하기 위해 신안군 증도면 새우양식장에 중앙 배출식 방법(6,000평)과 패각을 이용한 저질 개선제(1,400평)를 현장에 적용하여 기존의 측면 배출방식의 양식장(5,400평)과 비교하면서 DO농도, 황화수소와 암모니아의 농도, 질병 발병율, 사멸율을 비교하였다. 암모니아질소는 인도페놀 법으로 황화수소는 검지관법으로 측정하였으며 DO는 DO meter와 적정법을 병행하여 측정하였다 (그림 7).



그림 7. 측면 배출식 새우양식장(왼쪽;5,400평)과 중앙 배출식 양식장 (오른쪽;6,000평)

현장에서 저질 개선제를 주입한 실험은 대하를 입식하기 1주일 전에 패각을 주입하였다. 패각의 주입량은 약 1.1 kg/m^2 ($13,600 \text{ m}^2$) 으로 주입된 패각은 사료용으로 판매되고 있는 패각으로(평당 400원) 크기가 2-3 mm인 것을 사용하였다. 패각의 주입은 2004년 5월 12일에 주입하였으며 새우의 입식은 5월 19일에 행하였다. 그리고 비교양식장으로는 $17,500 \text{ m}^2$ 의 양식장을 사용하였다. 수질의 분석에는 암모니아성질소는 인도페놀법을 이용한 흡광광도법으로 분석하였고, 인산염인은 아스코르브산을 이용한 흡광광도법을 이용하였으며, COD는 과망간산칼륨법으로 측정하였다. pH는 pH meter, DO는 적정법과 함께 DO meter를 사용하였다.



그림 8. 바닥개선제(패각)의 현장 적용 사진

2) 용존산소 자동조절 장치 개발

1차 연도에 개발된 용존산소 자동조절 장치를 현장에 적용하여 그 적용 가능성의 타당성 여부를 조사하였고, 설치비용을 조사하였다.

제 2 절. 연구 결과

가. 1차 연도 연구 결과

1) 새우 양식장 내의 DO 농도 변화

맑은 날씨에 새우 양식장에서 용존산소의 시간별 농도 변화를 측정된 결과, 정오부터 오후 6시까지 최대로 증가하다가 점점 감소하여 새벽 6시에 최소값을 보인 후 점점 증가하는 것으로 나타났다(그림 9). 한편 흐린 날씨에 시간별 DO 농도 변화를 측정된 결과, DO 농도 변화의 경향은 맑은 날씨와 유사하였으나 광합성의 활동이 활발하지 못한 탓으로 전체적으로 낮은 농도를 보이면서 새벽 6시에 2.98 ml/l 으로 낮은 농도를 보였다 (그림 10). 따라서 새벽에 용존산소의 부족현상이 나타난 후 점차 증가하는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 새벽녘에 새우가 DO부족으로 질식사 할 수 있다는 것을 시사하고 있으므로 새벽녘과 같이 지나치게 용존산소가 낮을 경우와 정오에서 오후 동안 DO농도가 지나치게 높을 경우 수차를 조절할 수 있는 용존산소의 자동조절 장치의 개발이 필요한 것으로 나타났다.

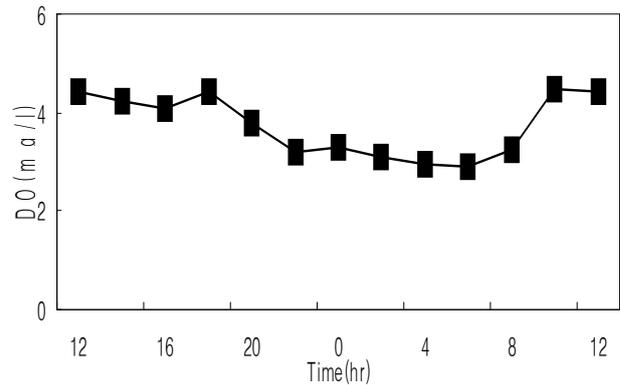
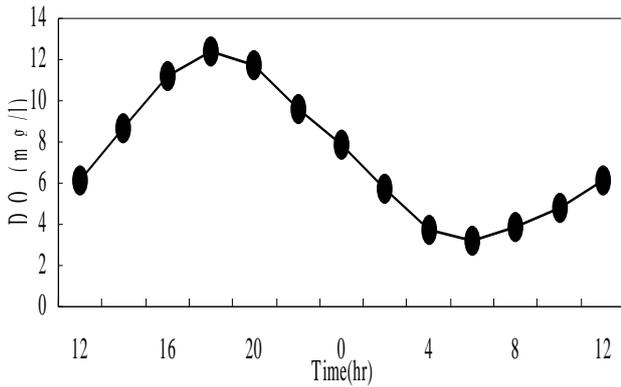


그림 9. 새우 양식장에서 시간에 따른 용존산소의 변화 (맑은 날)

그림 10. 새우 양식장에서 시간에 따른 용존산소의 변화 (흐린 날)

2) 침적물 및 독성물질의 생성량 산정

정상적으로 사료가 공급되는 새우양식장과 새우양식이 중단되어 사료가 공급되지 않고 있는 새우양식장 (비교구)에서의 저층에 침강 장치를 고정시킨 후, 침전물을 채집기로 포집된 침전물량의 결과를 표 1에 제시하였다. 아울러, 현장 새우 양식장에서 새우 성장에 독성물질로 간주되고 있는 암모니아 질소와 황화수소의 농도를 아래에 각각 제시하였다.



St. No.	새우가 없는 양식장 (mg/cm ² /day)	새우 양식장 (mg/cm ² /day)
1회	4.767	9.034
2회	6.469	6.698
평균	5.618	7.866

그림 11. 새우 양식장에서 채취된 침전물(TSS)과 측정 결과

새우 양식이 중단된 후 사료 투입을 시행하지 않고 있는 새우 양식장에서는 침전물 양이 평균 5.62 mg/cm²/day였고 사료가 투입되고 있는 새우 양식장에서는 침전물의 양이 7.87 mg/cm²/day으로 사료가 투입되지 않고 있는 새우 양식장보다는 사료가 투입되고 있는 새우 양식장에서 시간별 면적당 침강량이 높게 나타나고 있었다. 다만 사료가 투입되고 있지 않는 양식장에서도 침강량이 높게 나타나고 있는 것은 사료가 투입되고 있지 않는 새우 양식장에서도 재부유, 재침강 현상이 뚜렷이 나타나고 있는 것을 나타냈다. 물론, 둘 다 침강량이 일반 해역이나 호수보다 높은 침강량을 보였다.

한편, 현장의 새우 양식장에서의 암모니아 질소의 농도는 새우 양식장의 수질환경기준의 암모니아 질소의 농도인 1.1 ppm을 상회하는 1.17-2.30 ppm로 비교적 높게 나타나고 있어 암모

니아 질소에 의한 새우의 피해 영향이 미치고 있음을 알 수 있었다(표 2). 아울러 황화수소 농도도 새우 양식장의 황화수소 농도의 수질환경기준 농도인 0.004-0.04 ppm을 훨씬 상회하는 ND-0.075 ppm으로 나타나고 있어 현장의 새우 양식장에서의 암모니아와 황화수소의 발생 억제제가 새우양식장의 수질관리에 있어 중요한 요인인 것을 알 수 있었다. 한편, pH는???????

표 2. 현장 새우 양식장에서의 독성물질 생성량 측정 결과

Month/day	H ₂ S(ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	pH	Sal.(‰)
6/14	-	0.172	8.5	19
6/21	ND	0.680	7.9	20
6/28	-	0.638	8.2	20
7/05	-	0.771	8.4	21
7/12	ND	0.801	8.5	22
7/15	-	1.080	8.5	22
7/20	-	1.112	8.5	21
8/02	0.013	1.353	8.6	21
8/10	-	1.938	8.6	22
8/15	-	1.977	8.5	22
8/22	0.075	2.298	8.0	21
8/29	-	2.039	8.6	20
9/06	-	1.932	8.6	21

현재, 국립수산과학원(2002)과 해양수산부(2000) 및 농림부(1998)에서 제시하고 있는 새우 양식장의 저질 및 수질 인자를 정리하여 표 3에 정리하였다 [4] [7] [9] .

표 3. 새우 양식장의 수질기준 (국립수산과학원, 2002; 해양수산부, 2000; 농림부, 1998)

Item	Unit	Range	Optimum level
Temperature	℃	18~30	20~26
pH		7.5~8.5	8.4~8.6
Salinity	‰	20~32	20 ‰ (체장 7cm이하일때) 30~32 ‰ (체장 7cm이상)
DO	ppm	3.5~6.0	>5
NH ₃ (NH ₄ ⁺ + NH ₃)	ppm	<0.1 (<1.1 at pH 7~8)	
H ₂ S	ppm	<0.004 at pH 6~7 <0.007 at pH 7~8 <0.04 at pH 8~9	

3) 실내에서의 새우 양식장에 적용을 위한 저질 개선제 효과 실험

저질 개선제를 주입하고 시간의 경과에 따른 pH의 변화를 그림 12에 나타내었다. 철을 제외한 나머지의 저질 개선제에서는 pH가 7에서 9사이에서 변화하는 것을 알 수 있다. 철의 경우 FeCl₃을 주입하였으며 이것이 물에서 반응한 후 산이 생성되어 pH가 낮아진 것으로 판단된다. 따라서 철의 경우 pH가 2이하로 낮아진 경우도 있으나 시간이 지나면서 4까지 올라가는 것으로 나타나 서서히 중화반응이 일어나고 있는 것으로 나타났다. 실제 철의 양이 많이 주입하여 pH가 낮아졌으며 철의 양을 조절하면 pH가 더 높아질 것으로 판단된다. 다음 그림 13은 대조구, 활성탄 그리고 패각을 주입한 곳에서 pH의 변화를 나타내었다. 그 결과 패각의 경우 pH가 초기에 조금씩 상승하여 pH 7.6 -7.8정도에서 매우 안정하게 유지되고 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 대조구와 활성탄을 주입한 곳에서는 pH의 변화가 패각의 pH변화보다 심하게 나타나고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 패각이 pH를 안정하게 유지하는 기능을 하고 있는 것을 알 수 있었다.

그림 14는 용존산소의 변화를 나타낸 것이다. 용존산소에 있어서는 활성탄이 상대적으로 높게 유지되는 것을 알 수 있다. 이것은 활성탄의 기공에 존재하는 산소가 용해되어 산소의 농도를 증가시킨 것으로 판단된다. 블랭크의 경우 용존산소가 매우 낮게 나타났으며 패각과 제올라이트도 낮게 유지되는 것을 알 수 있었다. 12일이 경과하면서 용존산소는 조금씩 증가하고 있으며 이것은 유기물의 분해가 이루어져 유기물의 농도가 낮아지고 있는 것으로 판단된다. 철을 주입한 곳에서 용존산소의 농도가 높게 나타나는 것은 pH가 낮아져 미생물에 의한 유기물의 분해가 거의 일어나지 않은 결과로 판단된다.

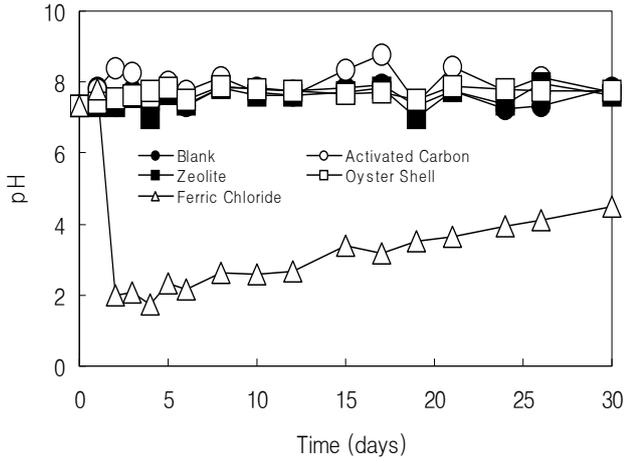


그림 12. 저질개선제 주입후 시간의 경과에 따른 pH의 변화

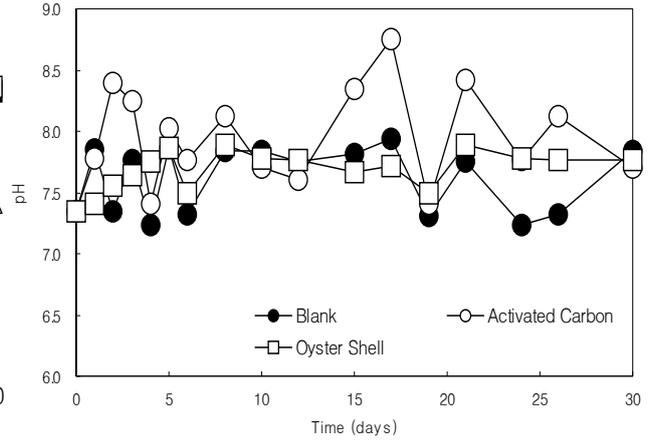


그림 13. 대조구, 활성탄, 패각을 주입한후 시간의 경과에 따른 pH의 변화

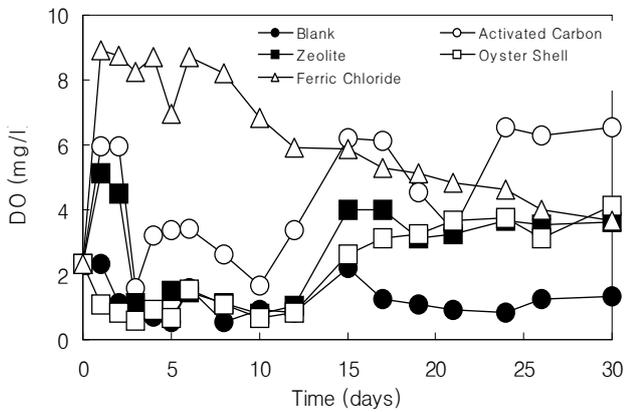


그림 14. 저질개선제 주입에 따른 DO변화

그림 15는 황화수소의 농도를 나타내고 있다. 황화수소는 약 3일이 경과하면서 증가하여 약 11일에서 낮아지는 것을 알 수 있다. 블랭크와 제올라이트를 주입한 곳에서 황화수소의 농도가 매우 높게 나타나고 있으며, 그 다음이 패각이며, 활성탄과 철에서는 매우 낮은 농도로 나타났다. 활성탄에서는 황화수소가 흡착되어진 것으로 판단되며, 철에서는 분해가 거의 일어나지 않은 것으로 판단된다. 그리고 패각에 있어서도 황화수소가 블랭크에 비하여 낮게 유지되고 있어 황화수소의 억제 기능이 있는 것으로 판단된다. 그러나 제올라이트에서는 황화수소의 제거는 거의 일어나지 않는 것으로 나타났다.

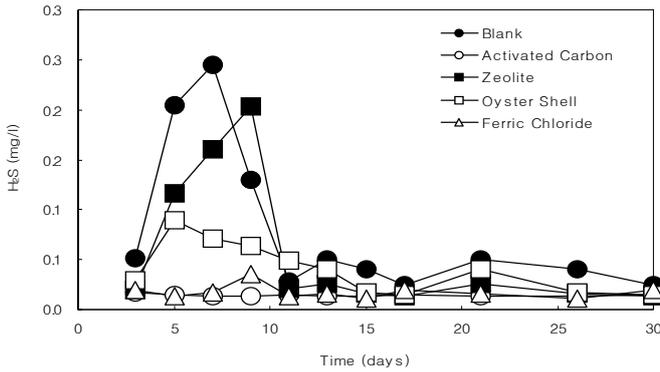


그림 15. 저질 개선제 주입에 따른 H₂S 변화

암모니아질소의 농도를 그림 16에 나타내고 있다. 암모니아질소의 농도는 암모니아가스와 평형을 유지하면서 일정한 비율을 유지하고 있으며 암모니아 가스는 pH에 따라 농도가 매우 급격하게 변화하므로 암모니아질소의 농도와 더불어 pH가 높아지지 않도록 안정하게 유지하는 것이 매우 중요하다. 암모니아질소의 농도는 제올라이트를 주입한 곳에서 가장 낮게 유지되고 있는 것을 알 수 있었다. 이는 제올라이트가 지니고 있는 암모늄이온의 이온교환 능력 때문으로 판단된다. 철을 제외한 나머지의 경우에는 높게 나타나고 있으나 패각의 경우 다른 활성탄에 비해 낮게 유지되는 것으로 나타났다.

그림 17은 활성탄과 패각을 주입한 곳에서 암모니아가스의 농도를 비교하였다. 이는 pH를 기준으로 계산한 결과이며 패각의 경우 새우의 성장에 영향을 미치는 농도인 0.1 ppm를 초과하지 않고 안정하게 유지되는 것을 알 수 있었다. 그러나 활성탄의 경우 기준을 초과하는 경우가 많았으며 매우 불안정하게 나타나는 것을 알 수 있었다.

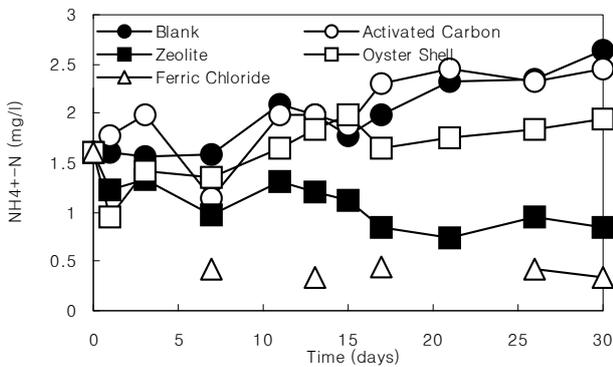


그림 16. 저질개선제 주입에 따른 NH₄⁺-N 변화

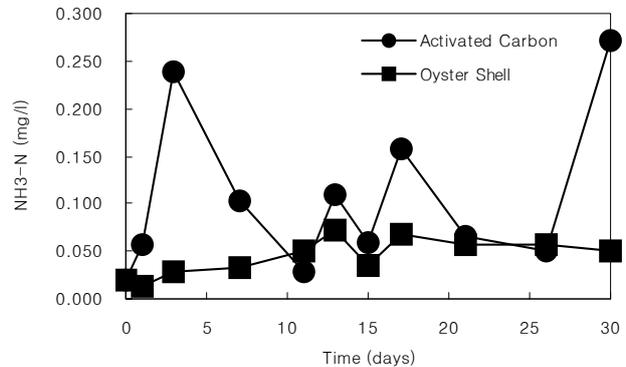


그림 17. 저질개선제 주입에 따른 NH₃-N 변화

그림 18은 COD의 결과를 나타내고 있다. COD에서는 활성탄을 주입한 곳에서 매우 낮게 나타나고 있으며 나머지의 경우 서서히 낮아지는 것으로 나타났다. 활성탄의 경우 유기물이 활성탄의 흡착에 의하여 제거되었기 때문으로 판단된다. 철의 경우에는 거의 분해가 일어나지 않고 있는 것을 알 수 있다.

그림 19는 인산염 인의 농도를 나타내고 있다. 인은 식물성 플랑크톤의 성장에 필요한 영양

염으로 적당량을 필요로 한다. 활성탄과 철을 주입한 곳에서 낮게 유지되고 있는 것을 알 수 있었다. 이는 활성탄에 인이 흡착되어 감소한 것으로 판단된다. 다음은 패각에서도 블랭크보다 낮게 유지되고 있으며, 제올라이트는 다른 것에 비하여 거의 변화가 없는 것으로 나타나고 있다. 패각은 탄산칼슘이 인과 반응하여 인의 용출을 억제하는 것으로 생각된다.

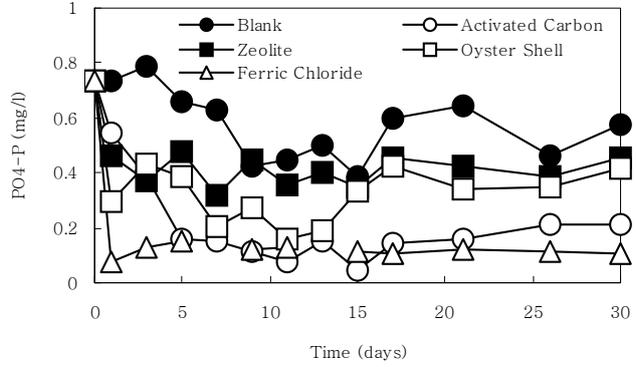
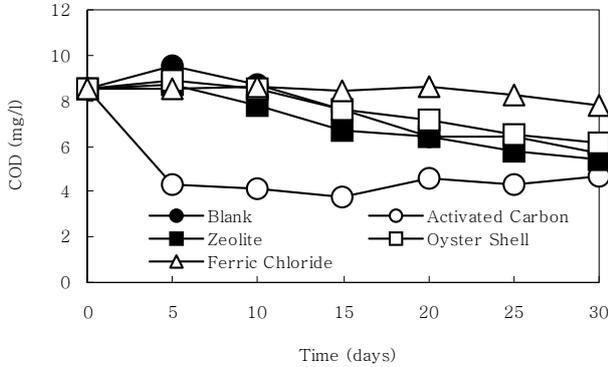


그림 18. 저질개선제 주입에 따른 COD 변화 그림 19. 저질개선제 주입에 따른 PO₄-P 변화

4) 용존산소 자동조절 장치 개발

DO meter probe를 이용하여 새우 양식장의 용존산소를 측정하고 전기 제어장치를 거쳐 수차에 연결하여 새우 양식장의 DO농도를 일정하게 유지하는 장치를 개발하였다. 즉 용존산소가 5 ppm 이하이면 수차에 신호를 보내어 포기가 시작되고 용존산소 10 ppm 이상이면 수차의 포기가 자동적으로 멈추도록 하였다. 또한 DO 자동조절장치의 용존산소 측정 센서에 조류의 부착, 물때, 이끼 등이 부착되어 측정값이 부정확한 경우를 예방하기 위하여 간헐적으로 센스를 깨끗한 물에 담그도록 해서 세척하도록 설계하였다. 자세한 내용은 그림 20과 아래의 프로그램과 같다.

프로그램 (C언어)

```
#include<at892051>

void init_T0(void);
void timer_1sec(void);
void timer_10sec(void);
void timer_2min(void);
void timer_10min(void);

void main(void)
{
    init_T0();           //타이머 설정
    TR0=1;              //타이머 개시
    while(1);
    {
        P1=0x10;        //up 이동
        timer_10sec();
        P1=0x00;

        P1=0x04;        //left 이동
        timer_10sec();
    }
}
```

```

        P1=0x00;

P1=0x20;    //down 이동
timer_10sec();
P1=0x00;

        P1=0x40;    //측정시작
timer_2min();
P1=0x00;

        P1=0x10;    //up 이동
timer_10sec();
P1=0x00;

        P1=0x08;    //right 이동
timer_10sec();
P1=0x00;

        P1=0x20;    //down 이동
timer_10sec();
P1=0x00;

        timer_10min();

    }
}

// 타이머 설정
void init_T0(void)
{
    TF=0;
    TMOD=0x00; //모드 0 설정

    TH=0xE3;    //1msec마다 오버플로가 발생하기 위한 설정값
    TL=0x07;
}

// 1초
void timer_1sec(void)
{
    int count;
    count=0;

    do
    {
        if(TF0) {                //오버플로 체크 1msec경과
            count++;
            TH=0xE3;
            TL=0x07;
            TF=0;
        }
    }while(count<1000);
}

//10초, 상하좌우 이동시간 설정
void timer_10sec(void)
{
    int i;
    for(i=0;i<10;i++) {
        timer_1sec();
    }
}

```

```

}
}

//2분, 용존산소량 측정시간
timer_2min(void)
{
int i;
for(i=0;i<120;i++) {
    timer_1sec();
}
}

// 10분, 대기시간
void timer_10min(void)
{
int i;
for(i=0;i<600;i++) {
    timer_1sec();
}
}

```

프로그램 순서도

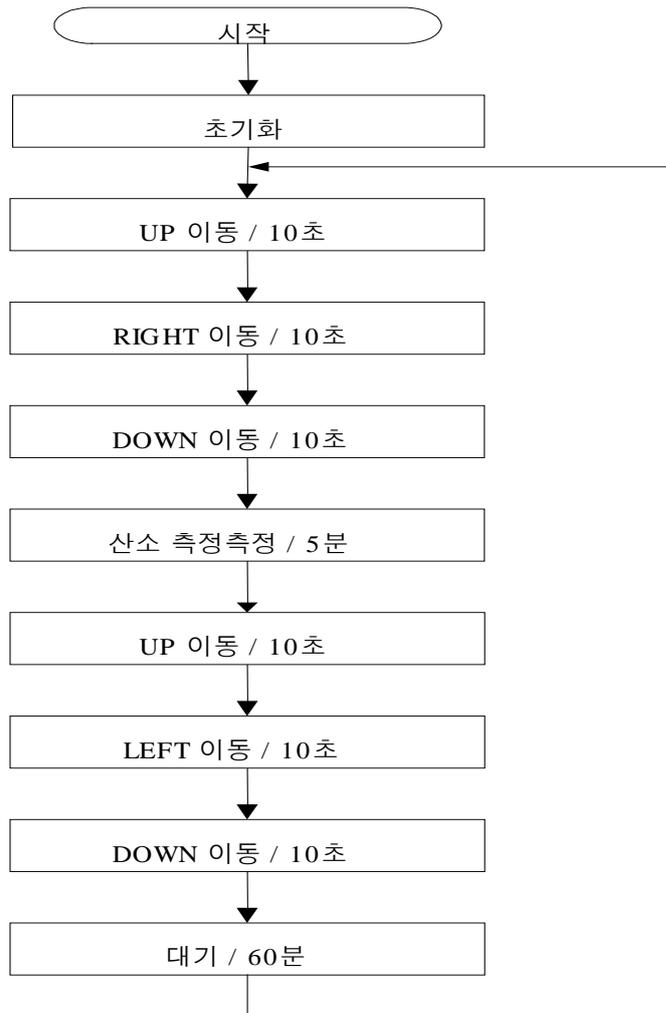




그림 20. 용존산소 자동 조절 장치

5) 독성물질 억제기술 개발

기존 새우 양식장과 구조가 개선된 새우 양식장에서 발생하는 독성물질 억제효과를 평가한 결과 (표 4), 기존 양식장에 비해 구조 개선된 양식장에서 DO 감소율은 미소하게 개선된 반면에 황화수소 및 암모니아 생성량은 현저히 억제되었으며, 그 증명은 퇴적물의 산화 환원상태 (ORP)와 새우의 사멸율에서 뚜렷히 차이가 나타났다 (표 4). 즉, 구조 개선된 새우 양식장의 저질 상태가 뚜렷히 개선되었고 생존율이 월등히 우수하였다.

이는 기존의 새우양식장은 침전물이 그대로 쌓여 수질을 악화시키고 새우 성장에 장애를 주지만 본 연구에서 개발된 새우 양식장은 기존 새우 양식장과는 달리 중앙 부분으로 경사 구배를 주고 중앙으로 침전물이 모여지게 한 후 간헐적으로 배출시킴으로써 새우 양식장에서 독성물질로 간주되고 있는 암모니아질소와 황화수소의 발생량이 크게 억제되는 것으로 나타났다.

바닥개선 실험 결과, 용존산소는 모래, 혼합저질, 저질을 사용한 수조에서 각각 6.5 ppm, 4.1 ppm, 3.2 ppm으로 나타나 저질에서 가장 낮게 나타났다. 암모니아 질소 농도는 모래와 혼합저질, 저질에서 각각 0.16 ppm, 0.25 ppm, 0.36 ppm으로 나타났으며, 황화수소는 0.009 ppm, 0.012 ppm, 0.018 ppm으로 나타나 저질에서 독성물질의 양이 가장 많이 나타났다.

저질과 모래를 섞어 혼합한 결과 독성물질의 농도가 감소하여 수질환경이 향상되는 것으로 나타났다. 또한 저질의 ORP에 있어서는 모래와 혼합저질, 저질에서 각각 -5 mV, -27 mV, -45 mV로 나타났다. 새우의 생존율은 모래, 혼합저질에서는 70 % 이상을 나타내었으나, 저질에서는 56 %로 나타났다. 따라서 새우의 생존율도 저질을 개선한 실험조에서 좋은 결과를 나타내었다.

표 4. 실험실 규모의 기존 새우 양식장과 구조개선 된 양식장에서의 독성물질 생성량 억제 효과 비교 (n=2)

Time	Side drain of shrimp farm					Central drain of shrimp farm				
	H ₂ S (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	DO (ppm)	ORP (mV)	사멸율 (%)	H ₂ S (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	DO (ppm)	ORP (mV)	사멸율 (%)
6/13	ND	0.498 0.547 (0.523)	4.98 5.24 (5.11)	176 192 (184)	0	ND	0.159 0.845 (0.502)	5.62 5.48 (5.50)	223 242 (232)	0
6/20	-	-	4.64 4.80 (4.72)	129 148 (138)		-	-	5.19 5.34 (5.27)	218 236 (227)	
6/27	ND	0.789 0.818 (0.804)	4.38 4.49 (4.43)	116 136 (126)	20	ND	0.188 0.225 (0.207)	5.01 5.09 (5.05)	211 230 (220)	3
7/04	-	-	4.58 4.76 (4.67)	92 110 (101)		-	-	4.82 5.02 (4.92)	205 235 (220)	
7/11	0.123 0.162 (0.143)	0.792 0.861 (0.826)	4.01 4.31 (4.16)	65 91 (78)	50	0.026 0.039 (0.033)	0.238 0.359 (0.299)	4.88 5.08 (4.98)	186 206 (196)	5
7/18	-	-	3.74 3.92 (3.83)	36 44 (40)		-	-	4.75 4.89 (4.82)	129 152 (140)	
7/25	-	-	3.38 3.66 (3.52)	-86 -88 (-87)	60	-	-	4.76 4.92 (4.84)	53 69 (61)	
8/01	0.197 0.215 (0.206)	-	3.41 3.61 (3.51)	-94 -114 (-106)		0.039 0.053 (0.046)	0.405 0.603 (0.504)	3.85 4.02 (3.93)	16 38 (27)	10
8/22	-	-	3.81 3.85 (3.83)	-249 -259 (-254)		-	-	3.95 3.96 (3.95)	-12 -29 (-21)	
8/29	-	-	3.46 3.59 (3.53)	-285 -305 (-295)		-	-	3.95 4.12 (4.03)	-23 -36 (-30)	
9/05	0.327 0.458 (0.392)	0.834 0.863 (0.849)	3.28 3.31 (3.30)	-332 -348 (-340)	80	0.081 0.102 (0.091)	0.698 0.734 (0.716)	3.56 3.72 (3.64)	-85 -109 (-97)	20

6) 산소 유지와 독성물질 억제에 따른 새우질병에 미치는 영향 평가 (전문가 자문평가)

새우양식장에서 DO농도 변화를 파악한 후 DO 자동 조절장치를 이용하여 용존산소를 포화 농도로 항상 일정하게 유지시킨다면 산소부족에 의한 새우의 폐사와 새우의 질병발생을 억제 시키는데 크게 기여할 것으로 판단된다. 또한, 새우 자체의 배설물, 잉여사료의 양식장내 침전 물이나 부유물질을 중앙 배수구로 모이게 하여 주기적으로 배출시키는 새우양식장의 구조개선 과 바닥개선 및 질화세균의 활성화에 의한 독성물질의 발생을 억제한다면 새우질병의 발생을 현저히 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

단지 DO자동 조절장치의 현장수치에 적용 가능성 및 구조개선과 바닥개선과 분해활성화 기술이 현장에 그대로 적용될 수 있을지 또는 그 경제성을 차후에 검토할 필요가 있을 것으로 생각 된다 2004, 2월(남해수산연구소 목포분소장 심두생).

나. 2차 년도 연구결과

1) 구조개선에 따른 새우 양식장의 수질 결과

전남 신안군 증도면에 소재한 현장 새우 양식장에서 기존의 측면 배출식 방법과 구조를 개선한 중앙 배출식 새우 양식장의 수질 결과를 표5 에 나타냈다.

표 5. 현장의 측면배출 양식장과 중앙배출 양식장의 수질 결과 (n=2)

Time	Side drain of shrimp farm								Central drain of shrimp farm							
	Temp. (°C)	Sal. (‰)	pH	DO (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	TN (ppm)	TP (ppm)	COD (ppm)	Temp. (°C)	Sal. (‰)	pH	DO (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	TN (ppm)	TP (ppm)	COD (ppm)
7/06	26.4	29.8	8.341	2.85	0.108	1.675	0.168	9.20	26.4	30.0	8.492	3.26	0.055	1.579	0.085	6.75
	26.5		8.346	2.94	0.129	1.735	0.190	9.60	26.5		8.494	3.27	0.071	1.682	0.110	6.82
	(26.5)		(8.344)	(2.90)	(0.119)	(1.705)	(0.179)	(9.40)	(26.5)		(8.493)	(3.27)	(0.063)	(1.630)	(0.098)	(6.80)
7/23	30.0	27.1	8.551	4.06	0.026	2.066	0.195	11.68	30.0	27.6	7.928	5.02	0.076	1.671	0.135	7.95
			8.550	4.26	0.039	2.261	0.213	11.70			7.929	5.03	0.093	1.691	0.155	8.06
			(8.550)	(4.16)	(0.030)	(2.163)	(0.204)	(11.70)			(7.929)	(5.03)	(0.085)	(1.681)	(0.145)	(8.00)
8/20	27.9	27.6	8.352	5.09	2.068	2.350	0.199	7.15	27.8	29.4	8.441	5.12	1.911	2.008	0.142	4.75
	28.0		8.353	5.13	2.084	2.610	0.229	7.26	28.2		8.439	5.14	1.952	2.024	0.164	4.82
	(28.0)		(8.353)	(5.11)	(2.076)	(2.480)	(0.214)	(7.20)	(28.0)		(8.440)	(5.13)	(1.931)	(2.016)	(0.153)	(4.80)
9/25	23.9	22.9	7.507	3.79	2.459	3.205	0.389	10.54	23.5	23.2	8.004	4.60	2.003	3.028	0.215	10.53
	24.1		7.508	3.95	2.695	3.401	0.427	10.62	24.1		8.005	4.62	2.006	3.048	0.242	10.69
	(24.0)		(7.508)	(3.87)	(2.577)	(3.303)	(0.408)	(10.60)	(24.0)		(8.005)	(4.61)	(2.005)	(3.038)	(0.229)	(10.60)
10/7	22.8	24.2	8.416	6.50	1.442	3.053	0.259	-	22.5	24.5	8.462	6.69	1.428	3.001	0.268	-
	23.2		8.418	7.40	1.529	3.175	0.405	-	23.1		8.463	6.71	1.541	3.031	0.283	-
	(23.0)		(8.417)	(7.0)	(1.485)	(3.114)	(0.332)	-	(23.0)		(8.463)	(6.70)	(1.485)	(3.016)	(0.276)	-

수온은 측면 배출양식장과 중앙 배출양식장에서 비슷한 값을 보였다. 양식 초기부터 점차 상승하여 7월에는 27°C에서 30°C로 상승하다가 8월 말에 28°C, 9월 말에 24°C, 10월에 23°C로 다시 감소하였다. 염분 또한 측면 배출양식장과 중앙 배출양식장의 변화가 비슷하게 유지되었고 8월에 28.5‰로 가장 높게 나타났다 (그림 21).

본 실험이 진행되는 동안 pH값은 두 호지 모두 대하의 서식과 성장에 적합한 범위를 보였으나, 중앙 배출식 양식장에 비하여 측면 배출양식장의 pH변화가 급격하게 나타났다 (그림 22). 이와 같은 pH의 급변화는 사육수의 환경 변화에 대한 스트레스를 받아 새우의 성장에 부정적인 영향을 끼칠 것으로 생각된다.

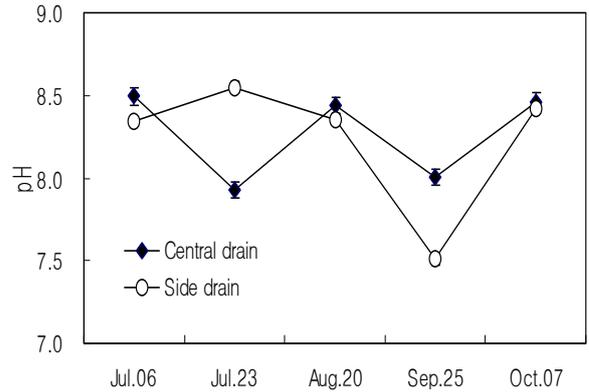
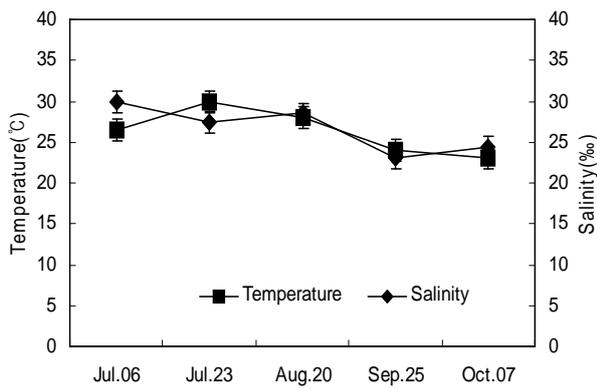


그림 21. 측면배출양식장과 중앙배출양식장의 온도 및 염분의 변화

그림 22. 측면배출양식장과 중앙배출양식장의 pH 변화

DO농도의 변화는 10월을 제외하고는 측면 배출식 양식장보다는 중앙 배출식 양식장에서 다소 높게 유지되었고 7월에 측면 배출양식장에서 2.90 ppm, 중앙 배출식양식장에서 3.27 ppm으로 새우 양식장의 권장 최저 농도인 3.5 ppm이하를 보였고 그 외에는 권장 농도치보다 높은 값을 보였다 (표 1).

또한 DO농도의 일간 변화를 살펴본 결과, 두 호지 모두 새우 양식장의 수질기준에 적합한 결과를 보였으며 중앙 배출식 양식장의 경우 오후 4시경에 7.53 ppm의 최고 농도를 보이다가 새벽 6시경에 6.08 ppm의 최저 농도를 보였으며, 측면 배출식 양식장의 경우 오후 4시경에 6.69 ppm, 24시경에 5.85 ppm의 농도를 보여 전반적으로 측면 배출식 양식장이 중앙 배출식 양식장 보다는 낮은 DO농도를 보였다 (그림 23).

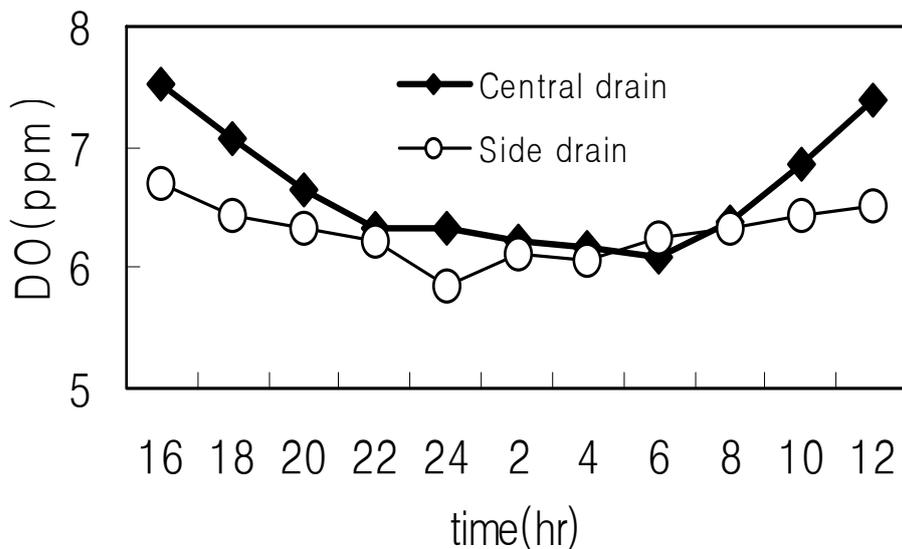


그림 23. 측면배출양식장과 중앙배출양식장의 DO농도의 일변화

한편, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 의 농도는 6월과 7월에는 새우양식장의 수질기준인 1.1 ppm (at pH7-8)보다 낮은 농도를 보이다가 8월부터 기준 농도치를 훨씬 상회하고 있어 암모니아 질소가 새우 성장에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있었다. 시간별 농도 변화는 측면 배출양식장에서는 0.030 ppm에서 2.577 ppm으로 증가하는 반면 중앙배출양식장에서는 0.063 ppm에서 2.005 ppm으로 기존 양식장에서 비해서 증가폭이 다소 낮게 나타났다 (그림 24). 아울러 TN, TP도 암모니아 질소와 같은 시간이 지남에 따라 두 양식장 모두 증가하는 경향을 보였으나 전체적으로 측면 배출양식장에서 높은 값을 나타냈다 (그림 25, 그림 26).

여기서 암모니아라 함은 암모니움 이온(Ammonium; NH_4^+)과 비이온성 암모니아(Ammonia; NH_3)의 합을 의미한다. 새우 양식장의 암모니아는 주로 새우의 배설물, 사료 찌꺼기 등과 같은 단백질의 대사산물이다. 질소화합물 중 이온화되지 않은 암모니아의 축적은 새우에 치명적일 수 있으며, 비이온성 암모니아는 pH 값의 증가와 수온의 상승에 따라 높아지므로, 고수온, 고염분 조건이 형성될 때에는 각별한 주의가 요구된다.

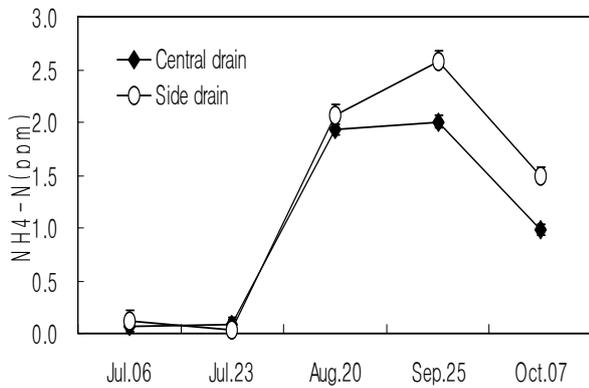


그림 24. 측면배출양식장과 중앙배출양식장의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 변화

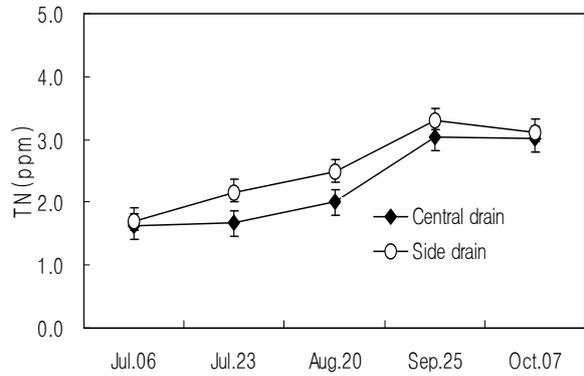


그림 25. 측면배출양식장과 중앙배출양식장의 TN 변화

한편 COD의 농도 변화는 측면 배출양식장에서 7.2 - 11.7 ppm인 반면 중앙 배출양식장에서 4.8 - 10.6 ppm으로 중앙 배출양식장에서 전반적으로 낮게 나타나고 있으나 두 양식장 모두 적정 농도인 5 ppm을 상회하였다 (그림 27).

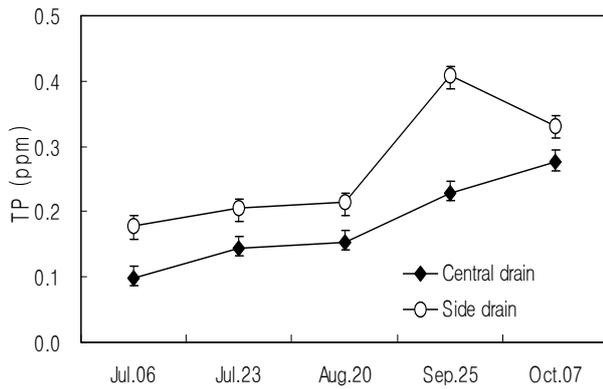


그림 26. 측면배출양식장과 중앙배출양식장의 TP 변화

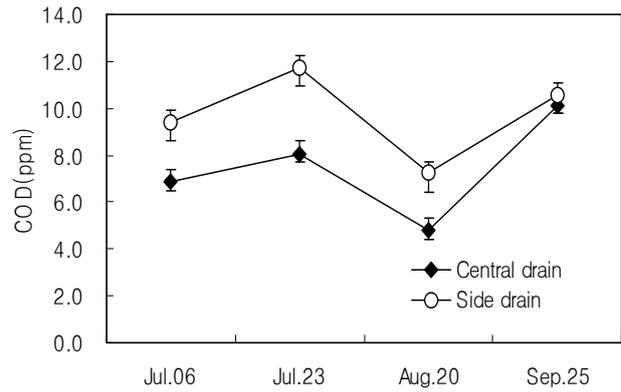


그림 27. 측면배출양식장과 중앙배출양식장의 COD 변화

2) 구조개선에 따른 현장 새우 양식장의 저질 결과

현장 새우 양식장에서 측면 배출의 기존 양식장과 구조를 개선한 중앙 배출식 양식장의 저질 결과를 Table 6 에 나타냈다.

표 6. 측면배출양식장과 중앙배출양식장의 저질 결과 (n=2)

Date	Side drain of shrimp farm			Central drain of shrimp farm		
	H ₂ S (mgS/g-dry)	ORP (mV)	IL (%)	H ₂ S (mgS/g-dry)	ORP (mV)	IL (%)
7/06	0.068	59.4	13.7	0.005	62.1	12.4
	0.089 (0.079)	79.5 (69.5)		0.008 (0.007)	88.1 (75.1)	
7/23	0.061	-	12.8	0.021	-	14.8
	0.083 (0.072)			0.045 (0.033)		
8/20	-	-121.8	-	-	-61.9	-
		-135.0 (-128.4)			-91.8 (-76.9)	
9/25	1.155	-	-	0.468	-	-
	1.341 (1.248)			0.629 (0.549)		
10/7	1.564	-257.5	19.3	0.573	-90.8	18.7
	1.746 (1.655)	-275.1 (-266.3)		0.741 (0.657)	-128.9 (-109.9)	

저질의 H₂S 농도는 측면 배출양식장에서 0.079 mgS/g-dry에서 1.665 mgS/g-dry까지 증가했고 중앙 배출양식장에서는 0.007 mgS/g-dry에서 0.657 mgS/g-dry까지 증가하여 다소 그 농도 증가폭이 낮았으나 7월초를 제외하고는 기준농도인 0.007 mgS/g-dry (at pH 7-8)보다 모두 높게 나타나고 있었다 (표 6).

저층 퇴적물의 대략적인 유기물 함량을 나타내는 강열감량(IL)도 측면 배출양식장에서는 13.7 %에서 19.3 %로 증가하는 반면 중앙 배출양식장에서는 12.4 %에서 18.7 %으로 다소 양호한 것을 알 수 있었다. 저질의 산화 환원상태 (ORP)도 측면 배출양식장에서 69.5에서 -266까지 상태가 악화되었고 중앙 배출양식에서도 75.1에서 -110으로 악화되었으나 중앙 배출양식장의 저질 상태가 다소 양호한 것으로 나타나고 있어 중앙 배출양의 구조개선으로 인한 앞서의 수질 저리 인자들의 개선 효과를 뒷받침하고 있는 것을 알 수 있었다.

이상의 연구 결과 기존의 측면 배출방식에서 보다 중앙배출 방식의 새우 양식장에서 DO, NH₄⁺, TN, TP, COD 등의 수질과 퇴적물의 H₂S, IL, ORP 등의 저질인자가 월등히 개선되는 것으로 나타났다. 다만 설치시 주의해야 할 점은 공사시 양식장의 바닥을 최대한 평탄하게 하고 되도록 중앙부분으로 경사를 주며 더욱 효과를 얻기 위해서는 경제성을 고려하면서 수차의 증설이나 위치를 선정하여 설치해야한다. 3,000평을 기준으로 한 현재의 측면 배출방식에서 중앙배출 방식으로의 전환 비용은 PVC 파이프를 비롯한 중앙망 등의 자재 그리고 약간의 다짐 공사비가 추가되어 약 65만원에서 100만원 정도가 추가된다 (표 7).

표 7. 중앙배출 방식에 따른 비용 산정 (3000평 기준)

설치품목	단가	비용 산정	비고
배관	450,000원	450,000원	통상적으로 300mm PVC관 및 호스 사용PVC 급배수용 배관(기타 밸브, 호스포함)
중앙망	200,000원/1ea	200,000원	

3) 현장 새우 양식장에서의 저질 개선제 주입효과

실험에서 pH의 변화를 그림 28에 나타내었다. pH는 7.7-9.7까지 변화하였으며 패각을 주입한 양식장에서 pH의 변화가 완만하게 일어나는 것을 알 수 있다. 또한 pH의 변화는 패각의 주성분이 탄산칼슘이 pH의 상승을 억제하는 효과가 있는 것으로 보인다. 그림 29는 알칼리도를 나타낸 것으로 패각을 주입한 것에서 알칼리도는 126 ppm에서 163 ppm로 나타났으며, 비교양식장에서 알칼리도는 104 ppm에서 115 ppm로 낮게 나타났다. 광합성은 물속에 존재하는 무기탄산을 이용하여 유기탄소로 합성하는 것으로 광합성으로 인하여 물속의 탄산은 감소하게 되며 이로 인하여 물속의 pH는 상승하는 것이 일반적이다. 그러나 패각의 주입은 패각의 주성분인 탄산칼슘에 의해서 물속의 pH가 상승하는 것을 억제시키는 효과가 있는 것으로 나타났다.

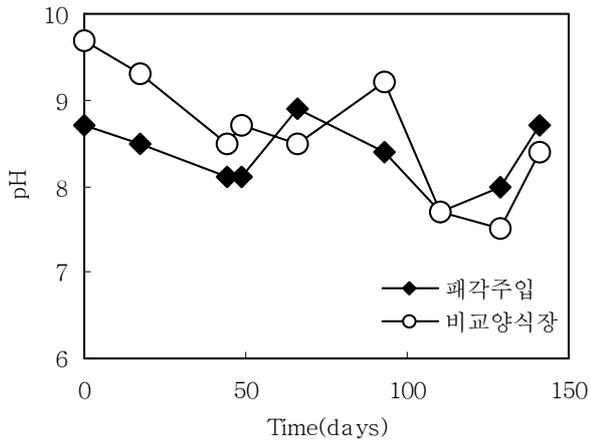


그림 28. 폐각주입양식장과 비교양식장의 pH 변화

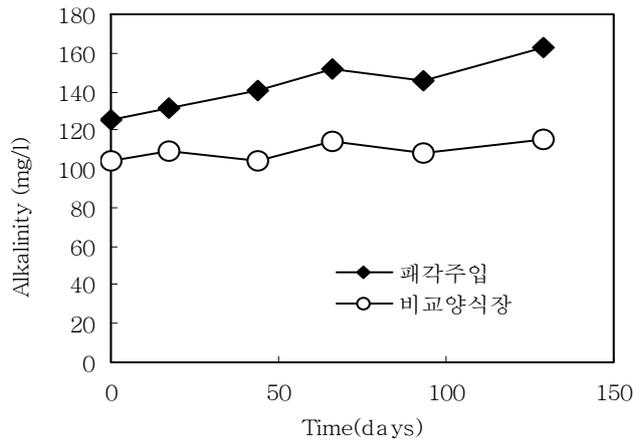


그림 29. 폐각주입양식장과 비교양식장의 알칼리도 변화

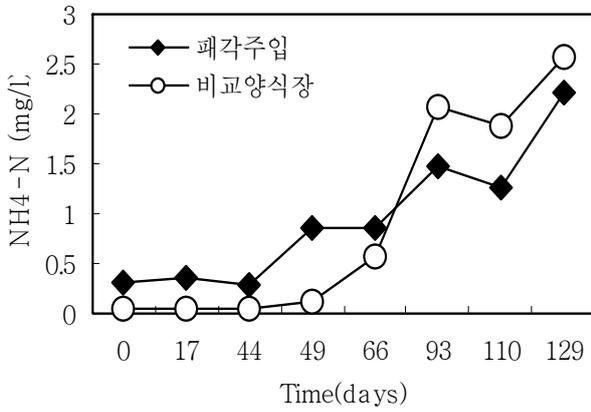


그림 30. 폐각주입 양식장과 비교 양식장의 NH₄-N 변화

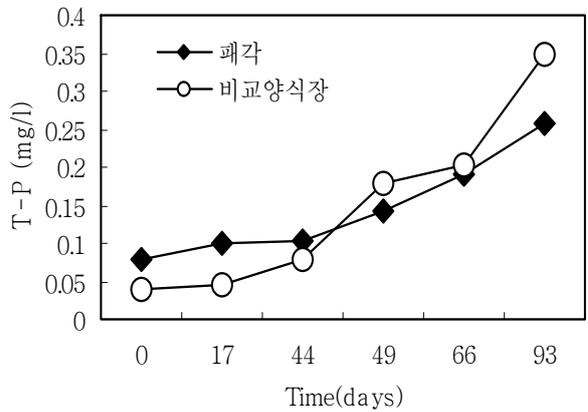


그림 31. 폐각주입양식장과 비교양식장의 TP 변화

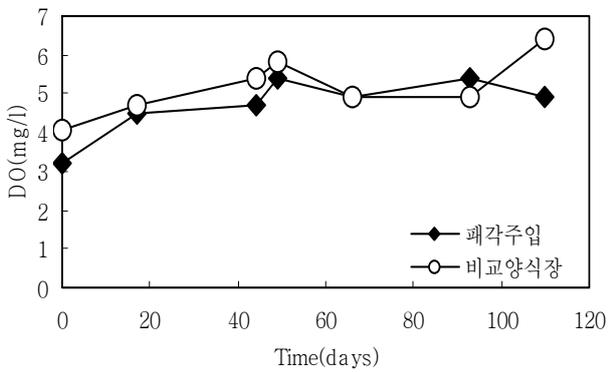


그림 32. 폐각주입양식장과 비교양식장의 DO 변화

그림 30은 두 양식장에서 암모니아성질소 농도를 나타낸 것으로 폐각을 주입한 양식장은 양식초기에 암모니아성질소의 농도가 높게 나타나고 있다. 이것은 폐각의 주입으로 인하여 주입직 후에 저질로부터 암모니아성질소가 용출된 것으로 판단된다. 그러나 93일에서부터 비교양식장에서 암모니아성질소의 농도가 높게 유지되고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 폐각을 주입한 양식장의 저질에서 암모니아성질소의 흡착 등의 효과로 인하여 증가하는 속도가 감소된 것으로 판단된다. 그림 31는 총인의 농도를 나타내고 있다. 총인 또한 암모니아성질소의 경향과 거의 일치하는 결과를 나타내고 있다. 초기에는 폐각을 주입한 양식장에서 높게 유지되고 있으나 시간이 경과하면서 비교양식장에서 높은 농도를 유지하는 것으로 나타났다. 이것은 폐각의 주입으로 인하여 수중의 용존산소의 농도가 감소하는 것으로 나타나고 있으며 용존산소의 감소는 저질로부터 암모니아성질소와 인이 용출된 것으로 판단된다(그림 32). 양식초기에 영양염의 용출은 양식장내 플랑크톤의 성장에 좋은 환경되며, 다량의 플랑크톤의 증식은 초기에 어린 대하의 성장에 도움이 된 것으로 판단된다. 또한 시간이 경과하면서 수중의 암모니아성질소나 농도의 증가를 억제시키는 역할을 하여 수질의 향상에도 도움을 주는 것으로 나타났다.

4) 현장 새우 양식장에서의 사멸율과 생산성

양식 종료후 시설면적이 6000평인 중앙 배출식 양식장과 시설면적이 5400평인 측면 배출식 양식장에서 두 호지의 새우 생산성을 비교해본 결과 중앙 배출식 양식장에서는 6톤이 생산되었고 측면 배출식 양식장은 4.1톤이 나왔다. 이를 면적당 계산한 결과(1평 = 3.31m²), 중앙 배출식 양식장에서는 302.1 g/m²이 생산되었으나 측면 배출식 양식장에서는 227.8 g/m²이 생산되어 앞서의 수질, 저질의 개선 효과와 같이 생산량에서도 뚜렷한 개선효과를 보였다. 물론 사멸율에 있어서 중앙 배출식 양식장이 57.1 %를 보인 반면에 측면 배출식 양식장에서는 68.7 %의 사멸율을 보여 구조를 개선한 중앙 배출식 양식장에서 수질저질 개선뿐만 아니라 높은 생산성과 낮은 사멸율을 얻을 수 있음을 알 수 있었다 (표 9).

표 9. 중앙배출양식장과 측면배출양식장의 새우의 생산성과 사멸율 비교

Aquaculture pond	Area of pond (坪)	Input of shrimp (No.)	Production (ton)	Productivity (g/m ²)	Mortality (%)
Central water drain	6,000	700,000	6.0	302.1	57.1
Side water drain	5,400	650,000	4.1	227.8	68.7

※One shrimp: 20 g

5) DO자동 조절장치의 현장 적용성 평가 및 설치비용 평가

1차 연도에 개발된 DO 조절 자동화 장치를 현장 새우 양식장에 적용한 결과, 그 적용 가능성이 충분함을 알 수 있었고, 1,000평당 설치 비용은 아래와 같다. (1,000평당 센서 1대와 ON, OFF가능한 수차 10대 기준 비용임)

◇ 기존 수차의 제어반은

- NFB(차단기, No Fuse Breaker)를 이용한 완전한 수동개념
- 차단기만 설치된 상태

◇ 연구결과 개발된 수차제어 시스템은

- DO 농도에 따라 수차를 가동하는 시스템
- 필요한 장치 부품
 - DO 센서
 - 모터제어기
 - 마그네트 콘택터

◇ DO 농도에 따라 수차가 ON, OFF 되는 시스템 채택 시 추가 되는 비용 산출

- 산소농도 검출부

- DO 센서 : 300,000 원
- DO 센서 인터페이스 카드 500,000 원
- 측정용 매니플레이터 500,000 원
- 부위 100,000 원

- 수차 제어부

- 전화 경보기 300,000 원
- PLC 200,000 원
- MC(30,000/EA, 10개 기준) 300,000 원
- 프로그램 및 설치비 500,000 원
- 합계: 2,700,000원

*항상 운전되는 전동기 중 10대를 ON OFF 할 경우임.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발목표의 달성도

1차 연도의 연구 내용은 우선 새우 양식장의 DO수지를 파악하여 일별, 시간별 새우 양식장의 DO 농도의 변화를 파악하였고, 현장 조사를 통한 침적물 및 독성물질 평가를 하여 현장 새우 양식장의 침적물 및 유해물질인 황화수소 및 암모니아질소 농도변화를 조사하였다.

또한 DO 자동 조절 장치 개발을 위해서 주기적으로 새우 양식장의 DO를 측정하여 일정한 DO 농도범위(5~10ppm)를 유지하는 DO 자동 조절장치의 프로그램을 개발하여 실내실험 및 타당성을 조사했다.

실험실 실험에서 독성물질 억제 기술을 개발하고자 중앙배출식의 구조개선을 통한 황화수소와 암모니아 생성 억제효과를 확인하였고 저질개선제인 제올라이트, 패각, 활성탄, 염화철을 이용하여 수질, 저질의 변화를 비교, 평가하였다.

아울러 현재, 국립수산물과학원(2002)과 해양수산부(2000) 및 농림부(199)에서 제시하고 있는 새우 양식장의 저질 및 수질 인자를 정리하여 하나의 표로 정리하였다. 1차연도의 연구 결과를 어민간담회 및 현지어민의 자문 및 지역신문을 통해 홍보하였다.

2차 연도에는 1차 연도 연구내용을 바탕으로 현장 적용을 실시하였다. 적정 용존산소의 유지관리기술을 개발하여 주기적으로 새우 양식장의 DO를 측정하여 일정한 DO 농도범위(5~10ppm)를 유지하는 DO 자동조절장치를 개발하고 현장에 적용하여 이를 실용신안 등록 제 0355346호로 등록하였다.

또한 독성물질 발생억제 기술개발을 통해 구조개선 및 바닥개선 기술의 현장에 적용하여 황화수소, 암모니아질소 발생억제로 생산량 및 질병 억제 효과를 확인하였으며 저질 개선제의 연구결과를 특허 출원(10-2004-0030499)하였으며, 2004년 3월 19일에 신안군과 공동으로 목포해양대학교에서 새우 양식어민 약150명을 초청하여 “새우양식장의 물 관리와 질병관리” 세미나를 개최하였으며 이 행사를 3월 13일자 해양수산뉴스레터에 게재되었으며 22일자로 지역신문 등에 게재하여 연구결과를 홍보하였다. 또한 한국 해양환경공학회 및 해양환경안전학회에 2편의 논문을 투고하여 출간하였고 전국규모의 학술발표회에 본 연구 결과를 4회 발표하여 연구결과를 검정, 홍보하였다.

1차 년도에는 참여 어민의 새우 양식의 실패로 현장조사와 어민과의 협조체계가 미흡하여 어려움을 겪었고, 연구 종료 시점이 실내 실험 및 현장의 새우 양식이 끝나는 10월 이었고 연구 종료 2개월 전에 연차 보고서를 제출해야하는 규정 때문에 연구 성과의 활용 및 보고내용이 다소 부진하였다.

그러나 2차 년도에서는 신안군의 해양수산과의 연구사(김계원 연구사) 및 신안군의 소개로 제공된 현장 새우 양식장과 어민(현대수산 서성갑)과의 긴밀한 협조 하에서 연구의 진행이 원만하게 이루어져 좋은 성과를 거두었다.

따라서 전체적인 연구 목표의 달성도는 거의 100%를 달성하였다고 판단되며, 연구목표 및

평가착안점에 입각한 연구개발 목표의 달성도는 표 11과 같다.

표 11. 연도별 연구 목표 및 연구개발 목표 달성도

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	척 도 (점수)
최종 평가 (100 점)	· 용존산소 자동화 장치의 개발 및 적용의 안정성	적정한 DO유지와 안전성 정도(40%)
	· 구조개선을 통한 독성물질의 발생 억제	독성물질의 저감효과 (20%)
	· 바닥개선제를 통한 독성물질의 발생 억제	독성물질의 저감 효과 (20%)
	· 새우의 생산성 비교	새우의 생산량 비교 평가 (20%)
합 계		100 %

제 2 절 관련 분야의 기술발전예의 기여도

1차 년도: -목포 주변 새우양식장의 수질 및 저질의 현황 파악

-새우 양식장 수차 자동화 기술 타당성 검토

-실내에서의 기존의 측면 배출식을 개선한 중앙 배출식 효과 검증실험 수행

-실내에서 새우 양식장의 저질 및 수질개선을 위한 바닥개선제의 효과 검증 이상의 연구 결과와 질병예방을 위한 지식을 새우 양식 어민들에게 홍보하여 현장에 그 적용 가능성을 제시함.

2차 년도: -새우 양식장 수차 자동화 현장 적용 기술 타당성 확보와 설치비용 산정 및 실용안 등록

-기존의 측면 배출식을 개선한 중앙 배출식의 새우 양식장의 수질, 저질 및 생산성 효과 확인

-바닥개선제의 새우 양식장의 수질, 저질 및 생산성 효과 확인 후 특허출원

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 활용계획

가. 새우 양식장 용존산소 유지 관리기술

: 본 연구 결과에서 실용안으로 등록된 「새우양식장 저 산소방지시스템」 을 현장에 활용하고, 나아가 경보장치 시스템을 적용하고자 함.

즉, 본 연구에서 개발된 전기제어 장치를 상품화 하여 저렴하고(양식장 천평 기준, 수차 10대: 270만원) 간단하게 DO 센스와 수차를 연결하여 현장 새우 양식장의 DO 농도가 항상 5-10 ppm으로 유지되도록 한다.

새우 양식장에서의 적절한 DO농도의 유지는 저질, 수질의 악화를 막고 나아가 새우의 폐사를 예방할 수 있다.

가격의 지불에 따라서는 전기 이상이나 수차의 작동에 이상이 발생할 때에 휴대폰이나 메시지로 연락이 가능하도록 함.

나. 독성물질 제어 기술개발

:본 연구결과에서 특허된 「바닥 개선제」와 실내 및 현장에서 확인된 중양 배출식 양식 기법은 새우 양식장의 저질, 수질을 개선하여 궁극적으로 저질, 수질의 악화로 기인되는 암모니아질소나 황화수소와 같은 독성물질의 생성을 억제시킨다는 사실을 규명함으로써 새우 양식장의 저질, 수질의 오염이 염려되는 새우 양식장에 값싸고 손쉽게 구할 수 있는 패각과 같은 저질 개선제의 주입과 중양배출식의 양식 기술은 새우 양식장의 면적을 줄이고 새우의 성장에 이로울 뿐만 아니라 질병발생의 억제효과와 새우의 대량폐사의 예방 효과도 기대됨.

다. 그 외 활용 방안

- 본 연구에서 요약, 정리한 새우양식장의 수질, 저질 기준표 현장 어민들에게 배부 및 활용
- 본 연구에서 수행과정에서 부가적으로 도출된 새우양식장의 폭기 장치 개선기술과 저질 개선 기술을 차후 연구과제로 추진하고자 함.
- DO 일변화 및 시간별 농도 변화조사결과를 이용한 양식장 수질관리 활용
- 현장 새우 양식장의 침전물 및 독성물질 생성량 조사 자료는 사료공급과 물교환 등에 활용
- 새우 양식장에 용존산소의 자동화 시스템 활용

연구성과의 활용	연구성과 활용 총괄 (해당되는 모든 란 기재)					
	산업화 (기술실시계약 체결건수)	산업화 추진실적 (보류, 중단 등)	교육지도활용	정책활용	타연구에 활용 및 2단계연구에 활용	기타 활용 (내용 :)
	건	건	건	1 건	건	건
	산업재산권	학술지 게재	학술대회 발표	언론저널보도	전시회참가	기타 홍보 (내용 :)
	2 건	2 건	4 건	3 건	건	건
연구성과 활용에 따른 예상 기대효과	새우 양식자의 수차 자동화를 통한 현장 새우 양식장의 전기 절약과 양식장 관리의 취약시간의 안정성 확보 구조개선과 바닥개선 효과로 수질, 저질 및 질병예방효과로 생산성 이 증대될 것으로 기대됨					
연구성과 활용시 애로사항 및 건의사항	새우 양식장의 수차 자동화 및 중앙배출의 효과를 증대시키기 위해 서는 수차의 배열, 바닥경사, 평탄도에 주의해야 함.					

산업재산권(발명특허, 실용신안, 의장 등)									
구분 (발명특허, 실용신안 등)		명칭(기술명)	출원국가	출원			등록		
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호
국	발명특허	어패류 양식장의 저질 개선제	한국	우덕근 김우항 김도희	2004. 04.30	10-2004- 0030499			
내	실용신안	새우양식장 저산소방지시스템	한국	안병원 김우항 김도희	2004. 04.02	제0355346호			
국내외 전문학술지 게재									
연구자		연구제목	학술지명	통권, 호	년, 월	발행기관(국명)			
국	김도희 이화주	서남해역 새우 양식 장의 수질현황과 수 질개선	한국해양환 경공학회지	제7권 4호	2004,				
내	김우항 김도희	저질개선제의 주입에 의한 수 환경에 미치 는 영향 평가	해양환경 안전학회지	제10권 1호	2004,				
국내 및 국제학술회의 발표									
발표자		발표제목	학술대회명	인쇄물 명칭, 통권, 호	년, 월, 일	장소, 국명			
국	김도희, 이화주	새우양식장의 수질, 저질개선 연구	한국해양환 경공학회	한국해양환경공 학회 추계 학술 대회논문집	2003년도	한국해양연구원 해양시스템안전연구소			
내	김우항, 김도희	새우 양식장에 적용 을 위한 저질개선 평 가	해양환경안 전학회	해양환경안전학 회 춘계학술발표 회	2004년도				
내	이종일, 김우항, 김도희	새우 양식장의 패각 이 수질에 미치는 영 향	해양환경안 전학회	해양환경안전학 회 추계학술발표 회논문집	2004년도	한국해양대학교			
내	김도희, 이화주	구조개선에 따른 새 우양식장의 수질, 저 질개선	한국해양환 경공학회	한국해양환경공 학회추계학술대 회논문집	2004년도	여수대학교			
※ 홍보실적(신문, 방송, 저널 등)									
홍보유형 및 매체		제 목	내 용			일시	홍보면 (채널)		
신문		서남해 지역 새우양식 현황과 문제점 진단	새우양식 현황과 폐사 현황에 따른 원인과 대책 방안모색			2003. 9. 22	항도포럼(전문 가 논단)		
신문		신안군, 새우양식장 관리 세미나 개최	새우양식장의 질병 예방과 어 장 노후화 대책 제시			2004. 3. 13	해양수산 뉴스레터		
신문		신안에 더 이상 새우질병은 없다	새우질병 예방 및 억제로 안정 적인 양식방안 모색			2004. 3. 22	군정(신안)		
※ 전시회 등 참여(전시회, 박람회, 제품설명회 등)									
행사주최		행사명칭	참가주체	전시품목			일시	장소	
※ 기타 활용 및 홍보실적									

※ 첨부 : 작성내용 증빙자료 사본(기제출 자료는 제외)

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1) 고밀도 새우양식장에서의 질소수지와 배출수중의 질소화합물에 대한 연구결과, 유입 질소량의 대부분 (90 %)은 사료에 의해 유입되고 있고, 양식장내로 유입된 22 %의 질소는 새우로 전환되고, 14 %는 퇴적물에 남고, 나머지 대부분(57 %)은 주변 환경으로 배출된다. 단지 유입된 3 %의 질소가 불명확하며 이는 탈질을 통해 대기 중이나 암모니아 가스로 휘발되고 있다.

한편, 배출수 중의 42~45 %는 입자태로 주로 식물플랑크톤이었다. 두개의 주된 용존태 질소의 함량은 DON이 37~43%, 총암모니아 질소가 12~21%였다(Jackson C.¹; Preston N.; Thompson P.J.; Burford M. 2003, Aquaculture, vol. 218, no. 1, pp. 397-411(15),Australia).

2)고밀도 새우양식(*Penaeus monodon*) 콘크리트 수조에 90일 동안 물 교환을 하지 않고 수질과 새우성장과 영양염 분포와 수지에 미치는 양식밀도(25와 50미/m²)와 바닥기질(토양과 콘크리트)의 영향을 조사한 결과,

조사기간 동안 총암모니아와 아질산 질소 농도는 새우성장의 적정범위 내로 낮았다. 영양염 수지 조사에서는 새우에게 동화되는 질소량은 전체 질소 유입량의 23 ~ 31 %였고, 인은 10 ~ 13%였다.

영양염의 주요 유입원은 사료공급으로 질소 전체 유입량의 76 ~ 92 %를 차지하고 인은 70~ 91 %를 차지하였다. 영양염의 주요 제거원은 퇴적물로서 유입 전체 질소량의 14 ~ 53 %를 제거하고 인은 39 ~ 67 %를 제거하였다. 새우 수확 시 배출수 중의 질소는 유입량의 14 ~ 28 %, 인은 12~ 29 %에 해당하였다(Thakur D.P.; Lin C.K: 2003,Aquaculture Engineering, vol. 27, no. 3, pp. 159-176(18), Thailand, Japan).

3) 수치 모델링을 통해 고밀도 새우양식에서의 질소 거동에 관련하여 퇴적과정(Sedimentation)과 퇴적층에서의 재무기화의 역할을 조사한 결과, 주요 인자는 총암모니아질소, 질산/아질산, 클로로필 a 농도와 퇴적층 내의 질소로. 이들 인자들이 높은 농도일 때 새우에게 부정적인 영향을 끼치며, 또한 양식지로부터 배출될 때 인접 해양환경에 부정적인 영향을 끼친다.

새우 양식장으로의 대부분의 질소 유입은 새우의 배설물로서 총 암모니아 형태로 유입되고 잔사가 분해되어 식물플랑크톤에 취해져 시간이 지나 퇴적화되고 재무기화 된다. 퇴적층의 재무기화 과정은 수층의 총 암모니아질소의 주요 공급원으로 순환의 시발점이 된다. 퇴적층의 질소 재 무기화 율은 하루 6 %로 평가되었다.

모델링 결과, 현행 양식기술로 물교환을 하루 7 %, 양식밀도를 60 미/m²로 증가시켰을 때 총 질소농도가 초과됨을 알 수 있었다. 슬러지 제거와 물 교환을 통해 총 암모니아 질소와 아질산/질산 농도를 개선함으로써 높은 양식밀도가 가능하였다.

하지만 슬러지 제거를 더 높여야 일부 국가에서 엄격히 규제하고 있는 배출수 수질기준을 준수할 수 있었다 (M. A. Burford and K. Lorenzen . 2003, Australia, UK)

4) 저층 퇴적층의 *Litopenaeus stylirostris* 유생 이후의 성장에 미칠 영향에 대해 조사한 결과, 최고 생존율은 Mn 농도가 높은 퇴적층에서 나타났고, 높은 생체(무게)는 인산인이 높은 퇴적층으로 처리된 곳에서 나타나 퇴적층의 조성이 새우 생산량에 큰 영향을 끼치며 이는 점토질에 비해 모래 질에서 그 영향이 덜하였다(Méndez L.C.; Racotta I.S.; Acosta B.; Portillo-clark G. 2004: Aquaculture Research, vol. 35, no. 7, pp. 652-658).

5) 다양한 화학약품과 생물약제가 동남아시아국가의 새우양식장과 부하장에 사용되고 있으나 이런 약품의 규모와 중요성에도 불구하고 사용되는 이들 약품과 생물제품의 질과 양에 대한 정보가 전무하다.

지속가능한 새우양식 발전을 위해 새우양식 관리자의 역할, 화학약품 생산자, 정부. 정부로부터의 지원단체(inter-governmental organizations) 및 과학자(전문가)간의 토론 결과, 환경과 건강과 생산성을 위해 그리고 이들 많은 제품들이 생산성에 좋은 효과를 준다는 과학적인 증거가 없기 때문에 이런 약품과 생물제품의 사용을 감소해야한다.

특히, 유기화합물, 구리화합물과 퇴적물에 높은 친화력이 있는 화합물질들은 지속성이 있고 독성이 남아 있어 환경에 나쁜 영향을 끼칠 수 있다. 하지만 이들의 정량적인 위해성 여부의 평가에 대한 구체적인 새로운 정보는 더 요구되고 있는 실정이다(Graslund S.; Bengtsson B.-E., 2001, The Science of the Total Environment, vol. 280, no. 1, pp. 93-131).

제 7장. 참고 문헌

- [1]강주찬·구자근·이정식, 2000 a, "대하양식장의 생산성 향상을 위한 환경관리에 관한 연구, I. 대하양식장의 저질 및 수질특성에 따른 성장", 한국양식학회지, Vol. 13, No. 1, 39-46.
- [2]강주찬·구자근·이정식, 2000 a, "대하양식장의 생산성 향상을 위한 환경관리에 관한 연구, II. 저질성상에 따른 환경특성 및 생산성", 한국양식학회지, Vol. 13, No.4, 303-308.
- 강주찬·松田 治·山本 民次, 1993 b, 히로시만의 빈산소수와 황화수소가 가자미의 초기발생단계에 미치는 영향, J. Fac. Appl. Biol. Sci. 32, 61-70.
- [3] 국립수산과학원, 2003, 서해안 지역 협의회 갑각류 양식 소위원회 회의자료, 4-7.
- [4] 국립수산과학원, 2002, 새우양식 및 질병 예방 과정 교재, 15-16.
- [5] 국립수산과학원, 2003, 서해안 지역 협의회 갑각류 양식 소위원회 회의자료, 4-7.
- [6] 김도희·이화주, 2003, 새우 양식장의 수질, 저질개선 연구. 한국해양환경공학회 논문집, PP. 93-96.
- [7] 농림부, 1998, 양식산 새우류 질병대책, 15-56.
- [8] 이종화·김진호, 새우양식입문, 1991, 동화기술, pp. 1-361.
- [9] 해양수산부, 2000, 새우양식과 질병관리, 29-57.
- [10] 河合 章, 1997, 수역에서의 저층수의 저산소화와 저질에 관한 연구
- [11]Burford M. A. and K. Lorenzen., 2003, Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm, Aquaculture, Vol. 218, No. 1, pp. 397-411.
- [12]Chen. J. C. and Y.Z. Kou, 1992, Effects of Ammonia on Growth and molting of *Penaeus Japonicus* Juveniles. Aquacult., 104, 249-260.
- [13] Chen. J. C. and C.Y. Lin, 1991, Lethal Effects of Ammonia and Nitrite on *Penaeus Penicillatus* Juveniles at Two Salinity Levels. Comp. Biochem. Physiol., 100C : 477-482
- [10] Y. H. Kang. 2001. Modeling Paddlewheel-Driven Circulation in a Culture Pond. J. Korean Fish. Soc. 34(6), 643-651
- [14]Chen. J. C. and Y.Z. Kou, 1992, Effects of Ammonia on Growth and molting of *Penaeus Japonicus* Juveniles. Aquacult., 104, 249-260.
- [15]Chen. J. C. and C.Y. Lin, 1991, Lethal Effects of Ammonia and Nitrite on *Penaeus Penicillatus* Juveniles at Two Salinity Levels. Comp. Biochem. Physiol., 100C : 477-482.
- [16]Jackson C., Preston N., Thompson P. J. and Burford M., 2003, Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm, Aquaculture, Vol. 218, No. 1, pp. 397-411.
- [17]Ju-Chan KANG and Osamu MATSUDA, 1994, Combined Effects of Hypoxia and Hydrogen Sulfide on Early Developmental Stages of White Shrimp *Metapenaeus monoceros*, J. Fac. Appl. Biol. Sci. Vol..33, 21-27.

- [18]Graslund S. and Bengtsson B.-E., 2001, Chemicals and biological products used in south-east Asian shrimp farming, and their potential impact on the environment - a review, *The Science of the Total Environment*, Vol.280, No.1, pp. 93-131.
- [19]Méndez L.C., Racotta I.S., Acosta B. and Portillo-clark G., 2004, Effect of sediment on growth and survival of post-larval *Litopenaeus stylirostris*. *Aquaculture Research*, Vol. 35, No.7, pp. 652-658.
- [20] Kang, J.C., 1997, Acute Toxicity of Hydrogen Sulfide to Larvae and Adults of Blue Crab *Portunus Ttituberculatus*, White Shirimp *Metapenaeus Monoceros* and Prawn *Macrobrachium Nippanense*, *J. Fish Pathol.*, 10 , 65-72
- [21]Thakur D.P. and Lin C. K, 2003, Water quality and nutrient budget in closed shrimp(*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquaculture Engineering*, Vol. 27, No. 3, pp. 159-176.
- [22]Toshiyuki Masuzawa and Yasushi Kitano, 1983, Sulfate Reduction and Sulfide Deposition in Deep-Sea Sediments from the Southwestern Japan Sea, *J. of the Oceanographical Society of Japan*. Vol.39 , 251-258.

주 의

1. 이 보고서는 해양수서부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.