

## 서남해역 새우 양식장의 수질현황과 수질개선방안

김도희<sup>†</sup> · 이화주  
목포해양대학교 해양환경공학전공

### Improvement of Water Quality in Shrimp Aquaculture Farms of Southwestern Coastal Area of Korea

Do-Hee Kim<sup>†</sup> and Ha-Ju Lee

Department of Marine Environmental Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

#### 요 약

본 연구는 한국의 서남해 연안의 새우 양식장을 대상으로 pH, 염분, 용존산소, 암모니아질소 및 황화수소와 같은 새우 양식장의 수질과 저질을 조사한 후, 새우 양식장의 수질과 저질을 개선할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다. 즉, 맑은 날씨와 흐린 날씨로 구분하여 현장의 새우 양식장에서의 용존산소의 일 변화를 측정된 결과, 정도의 차이는 있었으나 정오부터 오후 6시까지 증가하다가 점점 감소한 후 새벽 6시 경에 최소값을 보인 후 다시 점점 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 새우 양식장의 관리가 취약한 새벽녘에 용존산소의 부족으로 인해 새우가 질식사 할 수 있으며, 계속적인 저 산소는 저질을 악화시켜 암모니아질소나 황화수소의 농도를 증가시킬 수 있음을 시사하므로 지나치게 용존산소가 낮은 경우와 용존산소가 지나치게 높은 경우에는 인위적 또는 자동적으로 용존산소를 조절할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 또한, 현장의 새우 양식장에서의 암모니아 질소는 새우 양식장의 수질 기준을 초과하는 0.172-2.298 ppm으로 높게 나타나고 있었고, 황화수소 농도도 새우 양식장의 농도 기준을 훨씬 상회하는 0.075 ppm까지 나타나고 있어 암모니아질소의 생성 억제와 황화수소의 발생 억제가 새우 양식장의 수질 관리에 있어 중요한 요인임을 알 수 있었다. 그러나 기존의 새우 양식장의 구조로는 새우 양식장의 저질 및 수질 개선을 달성하기가 어려울 것으로 판단되어 실험실 규모에서 중앙 배출식으로 구조를 개선한 새우 양식장과 기존의 새우 양식장과의 비교 실험을 한 결과, 용존산소와 암모니아질소와 같은 수질 개선의 효과와 퇴적물의 산화환원치 및 황화수소와 같은 저질 개선의 효과를 얻었으며 새우의 사멸율의 감소 효과도 확인되어 침전물이 쉽게 제거될 수 있는 새우 양식장의 구조개선이 시급히 요구되고 있음을 알 수 있었다.

**Abstract** – This study was 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 surveyed the status of water quality and achieved the improve water and sediment quality to restraint the production of ammonium and sulfur hydroxides from sediment of shrimp aquaculture farms. 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 next early morning and if the DO concentration increased continuously which may be growing up the concentrations of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{H}_2\text{S}$ . 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,  $\text{NH}_4^+$  and sediment quality of ORP,  $\text{H}_2\text{S}$  and also achieved down to the rate of shrimp fatal by changed the frame of shrimp aquaculture farms in the scale of laboratory.

**Keywords:** Ammonium(암모니아질소), Dissolved Oxygen(용존산소), Shrimp Aquaculture Farms(새우 양식장), Sulfur Hydroxides(황화수소)

<sup>†</sup>Corresponding author: kyhong@kriso.re.kr

## 1. 서 론

80년대 초부터 서해안을 중심으로 시작되어 왔던 대하 양식은 연간 2천 톤 이상을 넘는 우리나라의 주요 양식 산업의 하나로 자리 잡아 가고 있다. 특히, 서남해안에는 광활한 갯벌과 폐 염전의 재활용 및 유희 농경지의 활용 차원에서 새우 양식장이 개발되고 있으며, 지형적으로도 새우 양식에 유리한 조건을 갖추고 있다(해양수산부[2000]).

그러나 현재와 같이 새우 양식장의 정화 노력 없이 지속되어온 양식 활동과 양식장의 적정 수용능력을 초과한 과밀양식 및 사료의 과도한 투입으로 이루어지고 있는 현행의 새우 양식은 양식장의 수질 및 저질을 악화시켜 매년 대량의 새우가 폐사하여 어민들에게 심각한 피해를 입히고 있다(농림부[1998]).

즉, 2002년도에 새우 양식에 615억 원을 투자했으나 폐사율이 57.5%로 높았기 때문에 실제 생산된 금액은 518억 원에 그쳐 보령과 전남 지역을 제외하고는 손익 분기점 이하의 생산을 보였다(국립수산과학[2003]). 새우 폐사의 주원인은 자연감모, 바이러스, 산소부족과 기타 질병으로 지적되고 있다(해양수산부[2002]). 특히, 서남해 연안에는 폐 염전의 재활용으로 이용되고 있는 새우 양식장의 대부분이 집약식으로 양식하고 있기 때문에 새우양식장의 저질과 수질환경이 더욱 문제시되고 있다. 왜냐하면 조석에 따라 해수가 교환되는 조방식에서는 저 산소나 독성물질의 영향이 비교적 적으나 집약식으로 양식하는 경우에는 해수의 교환이 적기 때문이다(이와 김[1991]).

이에 따라 새우 양식 어민들은 오염된 새우 양식장의 저질과 수질의 개선을 위해 여러 종류의 저질 개선제와 수질 개선제를 대량으로 새우 양식장에 투입하고 있다. 이는 약품 비용의 증가로 인해 새우 양식 어민들의 생산성을 감소시키고 영양제나 소독제 등의 투입은 새우 양식장 주변의 연안환경에도 영향을 끼칠 것으로 추정된다. 또한, 양식생물의 배설물과 잉여사료 등이 저층으로 퇴적하여 수중의 용존산소를 소모하고 나아가 암모니아와 황화수소 등의 새우에게 유해한 독성물질을 발생시킨다. 특히, 박테리아에 의한 사료의 분해와 야간에 식물성플랑크톤의 호흡으로 인한 산소의 소비는 새우 양식장의 용존산소의 결핍을 야기시키므로 이에 대한 대책이 시급한 실정이다.

새우 양식장의 수질관리에 관한 연구로는 남해의 조석에 의한 해수공급 방법과 서해의 양수에 의한 해수 공급방법에 따른 수질, 저질 및 성장률의 차이에 관한 연구가 있고(강 등[2000a]), 실험실 규모에서 저질 성상에 따른 아질산, 암모니아, 황화수소, 생존율에 관한 연구가 있다(강 등[2000b]). 또한 새우 양식장의 수질, 저질 관리에 관한 지침서는 해양수산부[2000]와 국립수산과학원[2003] 및 각 지방 해양수산청에서 발간되고 있으나 현장의 시간별 날씨 별로 새우 양식장의 수질, 저질의 변동과 구조개선에 관한 연구는 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 서남해 연안의 새우 양식장을 대상으로 새우의 성장과 질병발병 및 폐사에 큰 영향을 미치는 용존산소와 암모니아질소 및 황화수소를 중심으로 현장 새

우 양식장의 수질을 조사하여 그 문제점을 파악하고, 새우 양식장의 수질, 저질을 개선할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다.

## 2. 연구 내용 및 방법

### 2.1 조사항목 및 방법

일반적으로 새우 양식장의 수질 조사는 수온(Temp.), 염분(Sal.), pH, 용존산소(DO), 이온성 암모니아질소( $\text{NH}_4^+$ ), 아질산질소( $\text{NO}_2^-$ ), 탁도, 수색, 화학적 산소요구량(COD) 등이 있고, 저질 조사 항목으로는 강열감량(IL), 황화수소( $\text{H}_2\text{S}$ ), 입도분석, 산화환원치(ORP) 등이 있다. 본 연구에서는 현장 새우 양식장의 수질 및 저질의 현황을 파악하고자 신안군 암태면과 증도면에 소재한 새우 양식장을 대상으로 6월부터 시작하여 9월 까지 월 1-5회 현장 조사를 실시하였다. 수질 조사는 pH, DO, Sal.,  $\text{NH}_4^+$ 를 조사하였고, 저질조사는  $\text{H}_2\text{S}$ 와 ORP를 조사하였다.

특히, 하루 동안 새우 양식장의 용존산소의 농도가 어떻게 변화하는지 또한 하루 동안 용존산소가 가장 낮은 시간이 언제인지를 파악하고자 하였다. 즉, 기온이 높은 8월에 맑은 날과 흐린 날로 구분하여 2시간 간격으로 현장의 새우양식의 용존산소 농도를 24시간 연속 측정하였다.

수온은 봉상 수온 온도계로, pH는 pH meter(Model ORION 720A)로, 염분은 염분측정기(ORION Model 162)로 측정하였고,  $\text{NH}_4^+$ 는 인도페놀법으로  $\text{H}_2\text{S}$ 는 검지관법으로 퇴적물의 산화환원치인 ORP는 ORP 전극으로 측정하였다. DO측정은 DO 측정기(YSI 5000)와 Winkler Azide 적정법을 병행하였고, 실내 실험에서는 DO meter로 연속적으로 측정하였다.

기존의 새우 양식장은 주로 직사각형의 형태를 이루고 있으며, 물갈이를 위한 배출구의 위치도 측면에서 배출하고 있기 때문에 잔사와 배설물 등의 침전물이 쉽게 배출되지 않고 새우 양식장의 중앙부분의 바닥으로 주로 모여 쌓이게 됨으로서 침전물의 분해에 따라 용존산소를 소모하고 나아가서는 암모니아나 황화수소 등의 독성물질을 생성하게 된다.

따라서 본 연구에서는 실험실에서 700×1,000×700 mm의 규모

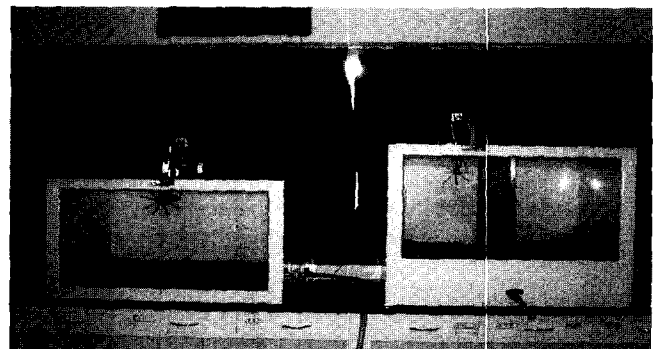


Fig. 1. Schematic diagram of the shrimp aquaculture reactor (width: 700 mm, length: 1,000 mm, height: 700 mm, the depth of sediment layer: 50 mm).

(Fig. 1)로 똑 같은 크기의 기존 양식장 형태의 실험 수조와 침전 물이 증양으로 모여 쉽게 배출되도록 구조를 개선한 양식장의 실험 수조를 제작하여 현장 새우양식 밀도와 유사하게 각각 체장 5 cm 크기의 새우 40 미를 넣어 실내에서 저층의 바닥 층 두께(5 cm)와 바닥조성, 물 교환, 사료공급 등의 동일한 조건 하에서 새우를 양식하면서 6월부터 10월까지 주 1-2회 두 수조의 Temp., Sal., DO, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 수질 조사와 H<sub>2</sub>S와 ORP의 저질 조사를 비교, 조사 하면서 아울러 새우의 사멸율에 대해서도 비교, 실험을 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 현장 새우 양식장에서의 수질, 저질 현황

새우 양식장의 용존산소는 최적의 양식 밀도와 생산량을 결정하는 중요한 환경요인 중의 하나이다. 새우 양식장의 DO 농도 변화는 수온, 염분과 수중 생물들의 대사활동 및 광합성의 정도, 사료 및 배설물 등의 오염물질의 함량, 사육밀도, 수차의 운전 등에 따라 좌우된다. 새우의 성장을 위해서는 Table 1에서와 같이 최저 3.5 ppm 이상으로 유지하고 그 적정 DO 농도 범위는 3.5-6.0 ppm이며, 가능하면 5 ppm 이상으로 유지하도록 권고하고 있다(해양수산[2000]; 국립수산과학원[2002]). 그 외 새우 양식장의 수질과 저질 항목의 적정 기준치는 Table 1과 같다.

본 연구조사에는 기온이 높았던 8월의 맑은 날과 흐린 날 2회 2시간 간격으로 24시간 동안 현장의 새우 양식장에서의 용존산소의 시간별 농도 변화를 측정된 결과, DO 농도가 정오부터 증가하여 오후 6시 경에 최대 12.5 ppm를 보이다가 점점 감소하여 새벽 6시 경에 최소치인 3.4 ppm를 보인 후 다시 점점 증가하는 반복적인 경향을 보였다(Fig. 2). 새우 양식장에서 저산소의 상태가 지속되면 생물체의 잔사와 잉여 사료의 침적물의 분해에 의해 암모니아와 황화수소의 농도가 증가될 뿐만 아니라 새우의 성장과 질병발생 및 폐사에도 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다(해양수산부[2000]).

한편 흐린 날의 시간별 DO의 일 농도 변화에서도 광합성의 활동이 활발하지 못한 탓으로 전체적으로 낮은 농도를 보였으나 새벽 6시에 2.98 ppm까지 낮은 농도를 보이다가 점차 증가하는 경향으로 맑은 날씨와 유사한 경향을 보였다(Fig. 3). 이와 같은 결

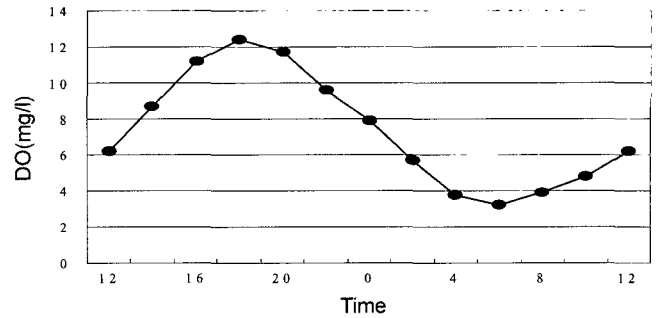


Fig. 2. Daily variations of DO concentrations *in situ*, shrimp aquaculture farms in sunny day (mean results of two times in August, 2003).

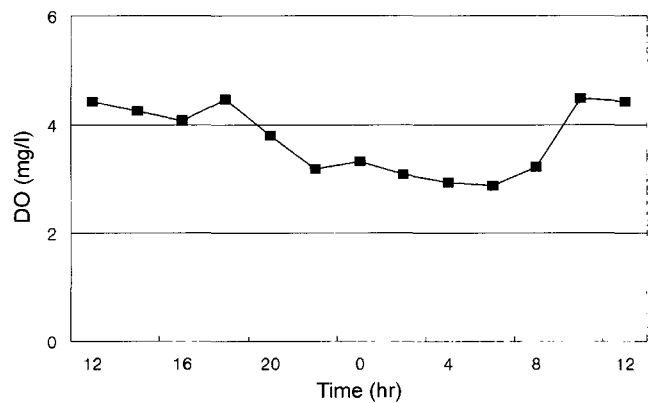


Fig. 3. Daily variations of DO concentrations *in situ*, shrimp aquaculture farms in cloudy day (mean results of two times in August, 2003).

과는 24시간 동안의 결과이나 흐린 날이 계속 될 경우, 그 DO 농도의 변화 양상은 다소 다를 것으로 예상되나 본 연구에서는 DO 농도의 일변화 양상과 최저 농도가 언제 발생되는지를 파악하고자 하였다. 즉, 맑은 날과 흐린 날 정도의 차이는 있으나 모두 새벽녘에 용존산소의 부족현상이 나타난 후 점차 증가하는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 새우 양식장의 관리가 가장 취약한 새벽녘에 새우가 DO부족 현상으로 질식사 할 수 있다는 것을 시사하고 있으므로 새벽녘과 같이 지나치게 용존산소가 낮을 경우와 정오에서 오후 동안 DO농도가 지나치게 높을 경우 인위적 또는 자동적으로 수차의 운전을 조절하여 DO 농도를 조절할 필요가 있는 것

Table 1. Guide line for shrimp aquaculture ( 해양수산부 [2000]; 국립수산과학원 [2002])

Item	Unit	Range	Optimum level	
Water	Temperature	°C	18~30	
	pH		7.5~8.5	
	Salinity	‰	20~32	
	DO	ppm	3.56.0	20~26
	NH <sub>3</sub>	ppm	<0.1	8.4~8.6
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NH <sub>3</sub>	ppm	<1.1 at pH 7.8)	20‰( 체장 7 cm 이하일 때 ) 30~32‰( 체장 7 cm 이상 )
Sediment	H <sub>2</sub> S	ppm	<0.004 at pH 6~7	
			<0.007 at pH 7~8	
			<0.04 at pH 8~9	

**Table 2.** Mean concentrations of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ , pH and salinity of water and  $\text{H}_2\text{S}$  of the sediment *in situ*. two shrimp aquaculture farms measured from June to September, 2003

Time	Item	$\text{H}_2\text{S}$ in sediment (ppm)	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (ppm)	pH	Salinity (‰)
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

\*ND<0.0001 ppm of  $\text{H}_2\text{S}$

으로 판단되었다.

한편, 6월 14일부터 9월 6일까지 월 1-5회 조사한 두 곳의 현장 새우 양식장의 pH는 7.9~8.6로 새우 양식장의 적정 pH 기준인 7.5~8.5에 근접하고 있었다. 염분의 분포는 강우량이 특히 많았던 탓으로 19~22‰로 적정 염분 범위인 20~32‰보다 크게 낮았으나, 대하의 경우 5~40%의 폭 넓은 염분 범위에서도 성장 가능하므로 조사된 시기의 양식장의 염분 농도가 새우의 성장에 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 판단되었다.

한편, 새우 양식장의  $\text{NH}_4^+$  농도는 새우 양식장의 수질 환경기준의 암모니아 질소의 농도인 1.1 ppm(pH 7-8일 때)을 상회하는 0.172-2.298 ppm으로 비교적 높게 나타나고 있어(Table 2), 현장의 pH, 수온 및 염분과 관련하여 기준치와 비교한 결과, 암모니아 질소는 새우의 성장에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

일반적으로 암모니아라 함은 총 암모니아를 말하며 암모늄이온(Ammonium;  $\text{NH}_4^+$ )과 비이온성 암모니아(Ammonia;  $\text{NH}_3$ )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.

또, 황화수소는 저층에 유기물이 많이 쌓이고 물의 유통이 잘 안 되는 양식장의 바닥이 무산소 상태일 때 주로 발생되며 해수 중의 용존산소를 소비할 뿐 아니라 새우의 성장에게도 유해한 영향을 끼친다. 황화수소는 용존산소의 존재 하에서 황산염( $\text{SO}_4$ )과 같은 산화된 형태로 전환되므로 이온화되지 않은 황화수소는 산소가 충분할 때에는 보통 발생하지 않는다. 이온화된 황화물( $\text{HS}^-$ 와  $\text{S}_2^{2-}$ )은 독성이 크지는 않으며, 이온화된 황화물에 대한 이온화되지 않은 황화물의 비율은 pH와 수온에 좌우된다(해양수산부[2000]).

본 연구 조사의 현장 새우 양식장의 황화수소 농도는 양식 초기에는 검출되지 않았으나 시간이 점차 지남에 따라 암모니아와 마찬가지로 새우 양식장의 황화수소 농도 기준인 0.004-0.04 ppm(해양수산부[2000])을 훨씬 상회하는 0.075 ppm까지 나타나고 있어 현장의 새우 양식장에서 암모니아의 생성과 함께 황화수소의 발생 억제가 새우양식장의 수질관리에 있어서 중요한 요인임을 알 수 있었다.

### 3.2 구조 개선을 통한 새우 양식장의 수질 및 저질 개선 효과

본 조사 결과에서와 같이 기존 새우 양식장에서는 하루 동안에도 DO 농도의 변화 폭이 크고 새우에게 유해한 암모니아와 황화수소의 농도가 적정 기준치를 초과하고 있어 새우 양식장의 수질, 저질 개선 방안이 절실히 요구되었다. 따라서 본 연구에서는 기존 양식장과는 구조가 다르게 양식장 저층의 중앙 부분으로 경사 구배를 주어, 중앙으로 침전물이 모여지게 한 후, 간헐적으로 침전물을 배출하게 하는 구조 개선을 통해 기존의 새우 양식장과 비교하면서 실험실 규모의 새우 양식장에서의  $\text{NH}_4^+$ 와  $\text{H}_2\text{S}$  및 DO 감소경향, 퇴적물의 ORP 및 새우의 사멸율을 비교 조사한 결과는 Table 3과 같다.

**Table 3.** Results of water and sediment quality by change of the frame of shrimp aquaculture farms in the scale of laboratory

Time	Frame of shrimp aquaculture farm					Improved frame of shrimp aquaculture farm				
	$\text{H}_2\text{S}$ in sediment (ppm)	$\text{NH}_4^+$ (ppm)	DO (ppm)	ORP of sediment (mV)	Fatal rate (%)	$\text{H}_2\text{S}$ in sediment (ppm)	$\text{NH}_4^+$ (ppm)	DO (ppm)	ORP of sediment (mV)	Fatal rate (%)
6/13	ND	0.523	5.11	184	0	ND	0.502	5.50	232	0
6/20	-	-	4.72	138		-	-	5.27	227	
6/27	ND	0.804	4.43	126	20	ND	0.207	5.05	220	3
7/4	-	-	4.67	101		-	-	4.92	220	
7/11	0.143	0.826	4.16	78	50	0.033	0.299	4.98	196	5
7/18	-	-	3.83	40		-	-	4.82	140	
7/25	-	-	3.52	-87	60	-	-	4.84	61	
8/1	0.206	-	3.51	-106		0.046	0.504	3.93	27	10
8/22	-	-	3.83	-254		-	-	3.95	-21	
8/29	-	-	3.53	-295		-	-	4.03	-30	
9/5	0.392	0.849	3.30	-340	80	0.091	0.716	3.64	-97	20

H<sub>2</sub>S의 경우, 기존 양식장에서는 초기에 검출되지 않다가 시간이 경과함에 따라서 0.392 ppm까지 나타났고, 구조 개선된 양식장에서는 초기에는 검출되지 않다가 기존 양식장 보다는 낮은 0.091 ppm으로 나타났다. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 농도는 기존 양식장에서는 0.523 ppm에서 0.849 ppm으로 증가되는 반면 구조 개선된 양식장에서는 0.502 ppm에서 0.716 ppm으로 증가하였다. DO농도의 변화는 기존의 새우 양식장에서는 5.11 ppm에서 3.31 ppm으로 감소되는 반면에, 구조 개선된 양식장에서는 5.50 ppm에서 3.64 ppm으로 감소하였다. ORP치는 기존 양식장에서는 184 mV에서 -340 mV로 감소하는 반면 구조 개선된 양식장에서는 232 mV에서 -97 mV로 감소하였다. 사멸율은 기존 양식장에서는 80%를 보인 반면에 구조 개선된 양식장에서는 20%정도에 그쳤다.

이와 같이 기존 양식장에 비해 구조 개선된 양식장에서 황화수소 및 암모니아 생성량은 현저히 억제되었으며, DO의 감소율도 다소 개선되었다. 또한, 퇴적물의 산화 환원상태(ORP)와 새우의 사멸율에서 뚜렷한 개선효과가 나타났다. 즉, 구조 개선된 새우 양식장의 저질 상태가 뚜렷이 개선되었고 생존율이 월등히 우수하였다.

또한, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, H<sub>2</sub>S, ORP 및 사멸율의 차이와는 달리 DO의 차이가 크지 않은 이유는 침전물의 중앙 배출식의 구조에서는 침전물이 양호하게 배출되었으나 기존 양식장에서는 침전물이 확실히 많이 쌓인 까닭과 햇빛의 차이가 현장에서보다 크지 않았고 폭기 및 물 교환이 현장보다 양호하여 DO의 차이는 미소하였으나 퇴적물의 산화환원치, 황화수소 및 암모니아질소의 농도 차는 크게 나타났다고 사료된다.

즉, 기존의 새우양식장의 경우에는 침전물이 그대로 저층의 바닥에 쌓여 수질을 악화시키고 새우 성장에 장애를 주지만 본 연구에서와 같이 구조를 개선한 새우 양식장은 기존 새우 양식장과 달리 중앙 부분으로 침전물이 모여져 간헐적으로 배출됨으로써 새우 양식장에서의 암모니아질소와 황화수소의 발생량을 크게 억제하는 것으로 나타났다.

따라서 실험실 규모에서와 같이 현장의 새우 양식장에서도 배설물, 잉여사료와 같은 양식장내 침전물이나 부유물질을 중앙 배수구로 모이게 하여 주기적으로 배출시키는 새우양식장의 구조개선을 통하여 독성물질의 발생을 억제시킨다면 새우질병의 발생과 사멸율을 현저히 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 2002년도의 해양수산부 수산특정연구개발 사업 연구인 “새우 양식장의 용존산소 관리와 독성물질 억제기술개발” 연구의 일부 내용이며, 연구 지원에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- [1] 강주찬·구자근·이정식, 2000a, “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, 2000b, “대하양식장의 생산성 향상을 위한 환경관리에 관한 연구, II. 저질성상에 따른 환경특성 및 생산성”, 한국양식학회지, Vol. 13, No. 4, 303-308.
- [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] 농림부, 1998, 양식산 새우류 질병대책, 15-56.
- [7] 이종화·김진호, 새우양식입문, 1991, 동화기술, pp. 1-361.
- [8] 해양수산부, 2000, 새우양식과 질병관리, 29-57.

2004년 2월 11일 원고접수

2004년 8월 26일 수정본 채택