

필터의 개발을 통한 해수 육상수조식 양식장의 환경개선에 관한 연구 III. 스크린필터 및 자외선 등의 운행에 따른 사육수의 정화효과

강주찬 · 박수일 · 김성근*
부경대학교 수산생명의학과, *제주대학교 해양연구소

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

III. Purification Efficiency of Rearing Seawater by Screen Filter and Ultraviolet

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

Department of Aquatic Life Medicine, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea
*Marine Research Institute Cheju National University, Cheju-do 690-756, Korea

This study was conducted to evaluate the purification efficiency in rearing water of the land based fish farm by screen filter and ultra violet (UV) irradiation. Purification efficiency for rearing seawater has been examined with screen filter of 60 μm pore size and UV irradiation at dose of 0.5 mWS/cm² for 5 months. Purification efficiency by changing of temperature, salinity, pH, DO, total bacteria and Vibrio species in rearing seawater by filtering and UV irradiation were not significant during 5 months. However, the removing rate of suspended solid and turbidity of rearing seawater were 43.8~45.6% (average, 44.7%) and 29.2~33.3% (average, 31.3%) by filtering, respectively. Also, Purification efficiency for the NO₃⁻-N, NO₂⁻-N, NH₄⁺-N and PO₄³⁻-P were 21.3~21.9% (average, 21.6%), 24.1~25.2% (average, 24.7%), 17.6~17.8% (average, 17.7%) and 19.0~20.4% (average, 19.7%) respectively by the system used on this study.

Key words: land based fish farm, purification efficiency, filter, UV irradiation, SS, turbidity, nutrients

서 론

최근 양식산업의 발달과 함께 양식어의 생산성 향상을 위하여 해결하여야 할 중요한 과제 중의 하나는 양식용수의 오염에 따른 사육환경의 악화 문제를 개선하는 것이다. 이를 해결하기 위한 연구들이 부분적으로 진행되어 왔으나 (Avault, 1996; Kim et al., 1987; Lewis and Buynak, 1976; Meske, 1979; Mortensen, 1995), 이들 연구의 대부분은 담수어 순환여과식 양식장에 관한 것들이다. 이들 담수어 순환여과식 양식에서 채택하고 있는 일부 방법 중에 여과장치에 의한 방법 등은 부분적으로 해수 육상수조식 양식장에도 적용 될 수 있을 것이다. 그러나, 우리 나라 대부분의 해수 육상수조식 양식장은 담수 순환여과식 양식장과는 달리 지하수나 연안 해수를 이용한 지속적인 유수식 방법에 의해 양식용수를 재 이용하지 않은 상태에서 해산어의 양식이 이루어지고 있다. 따라서, 현시점에서 해결하여야 할 문제는 사육수조로 유입되는 수질을 개선하여야 하며, 이때 우선적으로 개선되어야 할 항목은 부유물질 및 병원성미생물을 들 수 있다. 일반적으로 부유물질은 유해물질을 포함하는 경우가 많으므로 사육수조로 들어갈 경우 양식어류에 해로운 요소로 작용하며, 병원성 미생물 등은 어류의 질병을 발생시키기 때문이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 현재 부분적으로는 거품분리, 자외선 조사 및 오존처리법 등이 행해지고 있으며 (Takahisa et al., 1976; Bullock and Stuckey, 1977; Bart and Connie, 1994; Helge et al., 1995; Toshiro et al., 1996), 이들 방법 중에 자외선 조사 및 오존처리법 등은 유입수의 병원성미생물 제거에는 효과가 있으나, 사육수조로 유입되는 부유물질은 근본적으로 제거할 수는 없다. 이를 해결하기 위한 한가지

방법으로 우리 나라의 해수 육상수조식 양식장은 주기적인 청소에 의해 사육수를 개선하고 있다. 즉, 유입수 유래 혹은 양식과정에서 파생되는 사육수조의 고형물 등은 사람에 의해 청소의 형태로 제거하고 있다. 그러나, 이 같은 방법은 인건비뿐만 아니라 청소시 양식어에 많은 스트레스를 유발할 수 있는 문제점을 내포하고 있다. 따라서, 이를 해결하기 위한 연구의 일환으로 본 연구진은 자외선 등이 장착된 실험적 규모의 스크린필터를 개발하였고 (Kim et al., 1998), 개발된 시스템은 소규모의 해수 육상수조식 양식장 유입수의 설치·운행에 의해 수질개선, 특히 부유물질 및 병원성 미생물이 개선되는 것을 확인하였다 (Kang et al., 1998).

따라서, 본 연구에서는 해수 육상수조식 양식장 유입수에 실험적 규모의 자외선 등과 함께 스크린필터의 설치에 의해 상기의 유입수에서 개선된 환경이 사육수조의 수질개선에 얼마나 영향을 미치는가를 판단하기 위하여 5개월간의 실험기간 동안 사육수조를 청소하지 않은 상태에서 질소화합물, 인 농도, COD, 부유물질, 탁도, 세균수 및 비브리오균수 등의 변화를 중심으로 그 정화효과를 검토하였다.

재료 및 방법

전보 (Kang et al., 1998)에 의해 해수 육상수조식 양식장의 유입수에서 개선된 수질환경이 사육수의 수질을 얼마나 개선시킬 수 있는지를 검토하기 위하여 본 시스템 (Kim et al., 1998)은 4개의 원형 사육수조 (직경2.0 m, 높이 0.95 m)에 각각 설치하였다. 본 시스템은 연안해수를 끌어올려 각 사육수조에 해수를 공급하기

위한 펌프, 유입수의 처리를 위한 필터 및 자외선 등 (ultraviolet lamp, UV)으로 구성되어 있다. 이때 필터의 부착되는 부유물질은 공기 노출에 의한 계속적인 공기의 분산처리로 제거하였다. 실험구는 스크린필터 (망목크기, $60\ \mu\text{m}$) 및 자외선 등 (조사량, $0.5\ \text{mWS}/\text{cm}^2$)의 설치에 따라 유입수에는 각각 스크린필터 단독 실험구, 자외선 등 단독 실험구 및 필터와 자외선 등을 같이 설치한 실험구의 합계 3 실험구를 설정하였고, 기타 실험방법 및 시스템의 운영 등에 대해서는 전보 (Kang et al., 1998)에 상세히 기재되어 있다. 이때 필터의 망목 크기는 예비실험을 바탕으로 유량과 부유물질의 크기를 고려하여 $60\ \mu\text{m}$ 로 설정하였고, 자외선 등의 조사량은 기존의 연구결과 (Takahisa et al., 1976; Bullock and Stuckey, 1977; Helge et al., 1995)를 바탕으로 유량을 고려하여 효율적인 살균효과가 예상되는 $0.5\ \text{mWS}/\text{cm}^2$ 로 선택하였다. 대조구는 필터 및 자외선 등을 설치하지 않은 기존의 유수식 해수 육상수 조식 양식방법을 설정하였다. 현재 우리 나라의 기존의 해수 육상수 조식 양식형태는 지속적인 해수의 공급에 의한 유수식 방법을 채택하고 있으며, 사육수조의 수질개선은 대부분이 주기적인 청소에 의해 실시되고 있다. 그러나, 본 연구에서는 시스템설치에 따른 사육수의 수질개선 효과를 파악하기 위하여 청소를 하지 않은 상태에서 5개월 동안 시스템을 운영하였다.

실험에 사용한 4개의 수조는 해수를 완전히 비운 상태에서 깨끗이 청소하여 이틀 동안 건조·살균한 다음 시스템을 가동시켰다. 모든 시스템은 해수의 유입과 함께 1주일 동안 정상적으로 가동되는 것을 확인한 다음, 넙치를 각 실험구별 100마씩 (체장, 14.6~17.2 cm; 체중, 35.8~55.4 g) 수용하였다. 먹이는 하루 3회에 걸쳐 시판용 부상 사료를 어체중량 2%를 기준으로 공급하였고, 사육수조의 환수량은 $50\ \text{l}/\text{min}$ 이었다.

시스템의 설치·운영에 따른 사육수조의 정화효과는 수온 (봉상 온도계, 0.1°C), 염분 (Model-250A, ATI Orion Co.), pH (Model-250A, ATI Orion Co.), DO (Winkler-Azide modification), NO_3^- -N (카드름 환원법), NO_2^- -N (디아조화법), NH_4^+ -N (인도페놀 청법), PO_4^{3-} -P (몰리브덴 청법), 탁도 (Model-250A, ATI Orion Co.), SS (GF/C 법, 공경 $1\ \mu\text{m}$)에 대하여 5개월간 15일 간격으로 측정하여 이들의 변화로서 평가하였다. 또한, 총 세균수는 단계 희석하여 실험용 배지에 접종한 후 NaCl 2% 첨가한 TSA 배지에 집락을 형성한 균을 일반 세균으로, TCBS에서 황색 집락을 형성한 세균을 간이 동정 기준에 따라 판별한 후 비브리오 균수로 선정하였다 (APHA, 1992).

결 과

육상 수조식 양식장 사육수의 환경을 개선하기 위하여 5개월 동안 유입수에 필터 및 자외선 등을 설치하여 사육수조를 청소하지 않은 상태에서 수온, 염분, pH, DO, 영양염류 (NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, PO_4^{3-} -P), 부유물질, 탁도, 세균수 및 비브리오 균수의 변화를 관찰하였다. 즉, 사육조로 유입되는 유입수에 망목 $60\ \mu\text{m}$ 의 필터 및 조사량 $0.5\ \text{mWS}/\text{cm}^2$ 의 자외선 등을 설치·운영하면서 사육수의 정화효과를 검토하였다.

본 시스템의 설치·운영에 따른 5개월 동안의 수온, 염분, pH 및 DO의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 수온은 모든 실험구에서 5월 12일 운영이 시작되는 시점에서 $18.6\sim 19.0^\circ\text{C}$ 로 최소값을

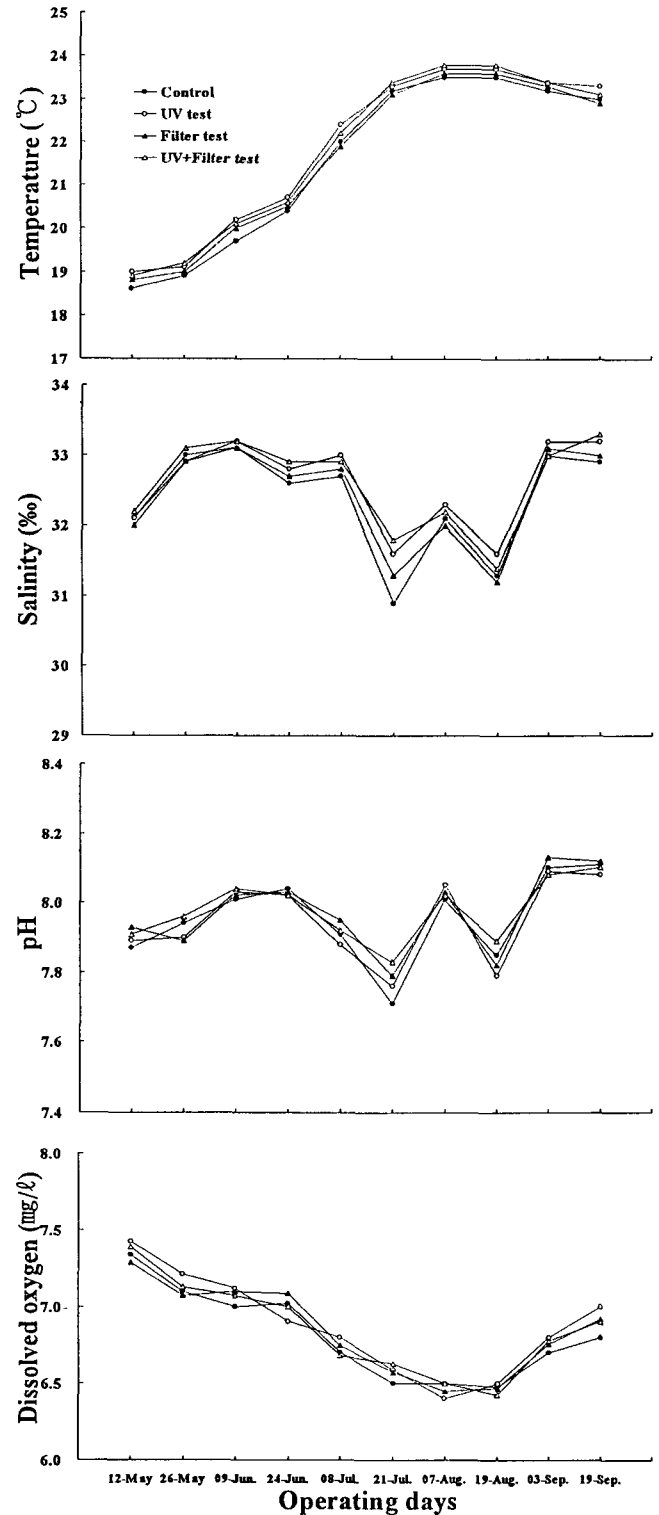


Fig. 1. Fluctuation of temperature, salinity, pH and DO in rearing seawater during 5-month experimental period.

보였으나, 점차 증가하기 시작하여 8월에 23.5~23.8°C의 최대값을 보였고, 이후 9월의 실험종료시까지 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 수온은 각 실험구에 따라 유의한 차이는 인정되지 않았으나, 다른 실험구에 비해 자외선 등을 설치한 실험구에서 0.2~0.6°C 정도 높게 나타났다. 염분은 실험기간 동안 31.1~33.3‰의 범위내에서 변동을 보였고, 다른 실험구에 비해 자외선 등을 설치한 실험구에서 0.10~0.37‰ 정도 높게 나타났다. pH는 실험기간 동안 7.71~8.13의 범위내에서 변동을 보였고, 실험구 및 실험시기에 따른 뚜렷한 차이는 인정되지 않았다. DO는 실험기간 동안 모든 실험구에서 5월 12일 실험개시시에 7.3 mg/l 이상으로 가장 높게 나타났고, 점차 감소하여 8월에 가장 낮은 6.5 mg/l 이하의 값을 보였으나, 실험구에 따른 뚜렷한 차이는 인정되지 않았다.

실험기간 동안 사육수의 부유물질 및 탁도의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 부유물질 및 탁도는 필터를 설치하지 않은 실험구에서 실험 개시시 각각 12.5~12.7 mg/l 및 6~7 FAU의 범위였고, 이후 계속적으로 증가하여 실험 종료시에는 각각 39.7~41.2 mg/l 및 23~24 FAU까지 상승하였다. 그러나, 필터를 설치한 실험구의 부유물질 및 탁도는 필터를 설치하지 않은 실험구에 비해 소폭으로 증가하여 실험개시시 각각 9.8~10.3 mg/l 및 4~5 FAU에서

실험종료시 각각 21.6~22.3 mg/l 및 16~17 FAU까지 증가하여 실험종료시에는 필터를 설치하지 않은 실험구에 비해 각각 43.8~45.6% (평균, 44.7%) 및 29.2~33.3% (평균, 31.3%)가 낮았다 (Table 1).

실험기간 동안의 사육수의 질소화합물과 인의 농도의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. NO₃⁻-N, NO₂⁻-N, NH₄⁺-N 및 PO₄³⁻-P는 시스템을 운영하는 시점 (5월 12일)에서 각각 2.79~2.85, 0.62~0.69, 0.82~0.93 및 0.81~0.92 µg-at/l로 모든 실험구에서 유사한 값이 측정되었으나, 실험기간 동안 필터의 유무에 따라 상이한 결과를 나타내었다. 즉, NO₃⁻-N, NO₂⁻-N, NH₄⁺-N 및 PO₄³⁻-P는 필터를 설치하지 않은 실험구에서 3~6주 후부터 계속적으로 증가하여 실험종료시에는 각각 7.95~8.01, 2.98~3.01, 3.87~3.92, 2.35~2.42 µg-at/l까지 증가하였으나, 필터를 설치한 실험구에서는 각각 6.21~6.30, 2.23~2.30, 3.18~3.23, 1.87~1.96 µg-at/l까지 증가하여 필터의 유무에 따라 차이를 나타내었다. 또한, 5개월 후 실험종료시의 이들 농도는 필터를 설치하지 않은 실험구에 비해 필터를 설치한 실험구에서 각각 NO₃⁻-N 21.3~21.9% (평균, 21.6%), NO₂⁻-N 24.1~25.2% (평균, 24.7%), NH₄⁺-N 17.6~17.8% (평균, 17.7%), PO₄³⁻-P 19.0~20.4% (평균, 19.7%)가 낮게 측정되었다 (Table 2).

자외선 등의 설치·운영에 따른 실험기간 동안의 세균수 및 비브리오팀군의 변동을 Fig. 4에 나타내었다. 세균수 및 비브리오팀군은 모든 실험구에서 실험기간 동안 각각 1.8~3.9 및 2.0~4.2 CFU/ml의 범위에서 변동을 보였다. 또한, 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 실험초기에 분리되는 세균수 및 비브리오팀군은 자외선 등을 설치하지 않은 실험구에 비해 자외선 등을 설치한 실험구에서 낮게 나타났으나, 약 3, 4주 후부터 실험종료시까지 실험구에 따른 뚜렷한 차이는 인정되지 않았다.

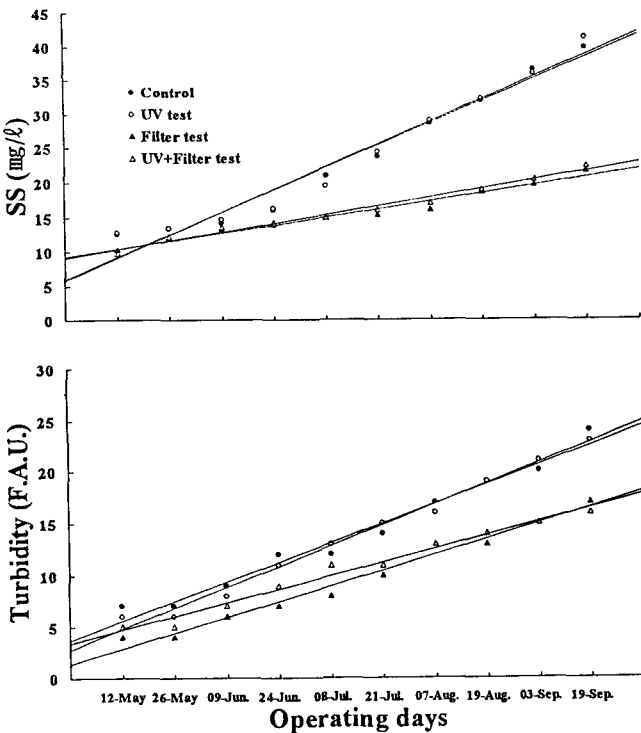


Fig. 2. Fluctuation of suspended solid and turbidity in rearing seawater during 5-month experimental period.

고 찰

현재 해수 육상수조식 양식장에서 해결해야 할 중요한 과제 중의 하나는 날로 증대되는 수질환경의 악화에 따른 사육환경의 문제를 해결하여 양식어의 생산성을 향상시키는 것이다. 또한, 우리나라의 대부분의 해수 육상수조식 양식방법은 유수식 방법에 의해 해산어의 양식이 이루어지고 있기 때문에 사육수의 수질개선을 위해서는 우선적으로 유입수의 부유물질 및 병원성미생물을 제거하는 것이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 본 연구팀은 스크린필터를 개발하여 자외선 등과 같이 설치하여 유입수의 부유물질 52.8%, 탁도 35.9%, 총세균수 19.2% 및 비브리오팀군수 20.9%가 제거되는 효과를 관찰하였다 (Kang et al., 1998). 따라서, 본 연구에서는 유입수의 이들 제거효과가 사육수의 수질개선에 얼마나 영향을 미치는지를 파악하기 위하여 사육수조 청소를 하지

Table 1. Removal efficiency of suspended solid and turbidity in rearing seawater during 5-month experimental period

	No filter test		Filter test		Removal efficiency (%)	
	Range	Average	Range	Average	Range	Average
Suspended Solid (mg/l)	39.7~41.2	40.5	21.6~22.3	21.9	43.8~45.6	44.7
Turbidity (FAU)	23.0~24.0	23.5	16.0~17.0	16.5	29.2~33.3	31.3

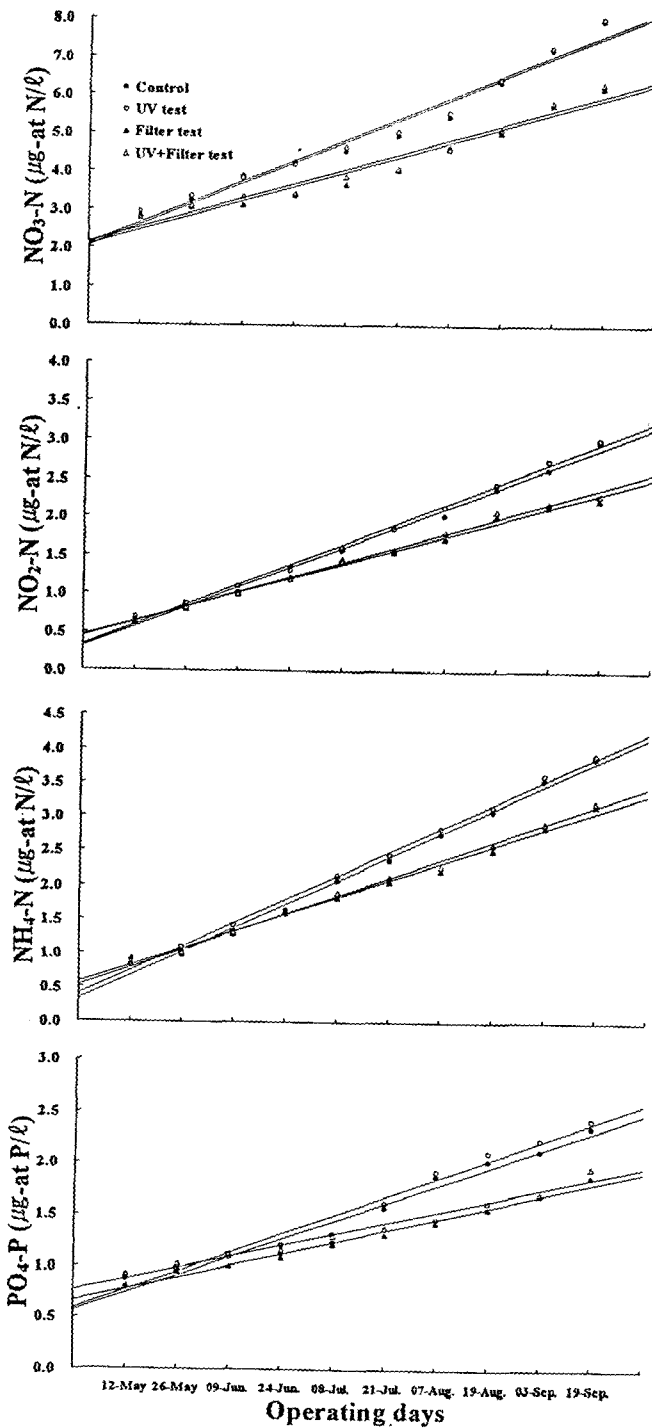


Fig. 3. Fluctuation of nitrogen compounds and PO₄-P in rearing seawater during 5-month experimental period.

않은 상태에서 5개월간 수온, 염분, DO, COD, 영양염류 (NO₃⁻-N, NO₂⁻-N, NH₄⁺-N 및 PO₄³⁻-P), 부유물질, 탁도, 세균수 및 비브리오균수의 변화를 검토하였다. 그 결과, 실험기간 동안 사육수의 수온 및 염분은 대체로 모든 실험구에서 유사한 값을 보였으나, 자외선 등을 설치하지 않은 실험구에 비해 자외선 등을 설치한 실험구에서 각각 0.2~0.6℃ 및 0.10~0.37% 정도 높은 결과를 보여 자외선 등에서 발생하는 열은 유의할 정도는 아니지만 사육수의 수온 및 염분을 조금이나마 상승시키는 것으로 생각된다. 용존 산소는 5월부터 9월까지의 실험기간 동안 모든 실험구에서 5월에 가장 높게 나타나 이후 감소하는 경향을 보였으나, 실험구에 따른 차이는 인정되지 않았다. 이 같은 결과는 실험기간 동안의 외부 온도변화에 따른 산소포화도의 차이에 기인된 결과라고 생각된다. 한편, 유입수에 60 µm 필터의 설치·운영에 따른 부유물질 및 탁도는 필터를 설치하지 않은 실험구에서는 각각 39.7~41.2 mg/ℓ, 23~24 FAU까지 상승하였으나, 필터를 설치한 실험구에서는 21.6~22.3 mg/ℓ, 16~17 FAU까지 증가하여 필터의 설치·운영에 의해 각각 43.8~45.6% (평균, 44.7%), 29.2~33.3% (평균, 31.3%)의 제거효과를 보았다.

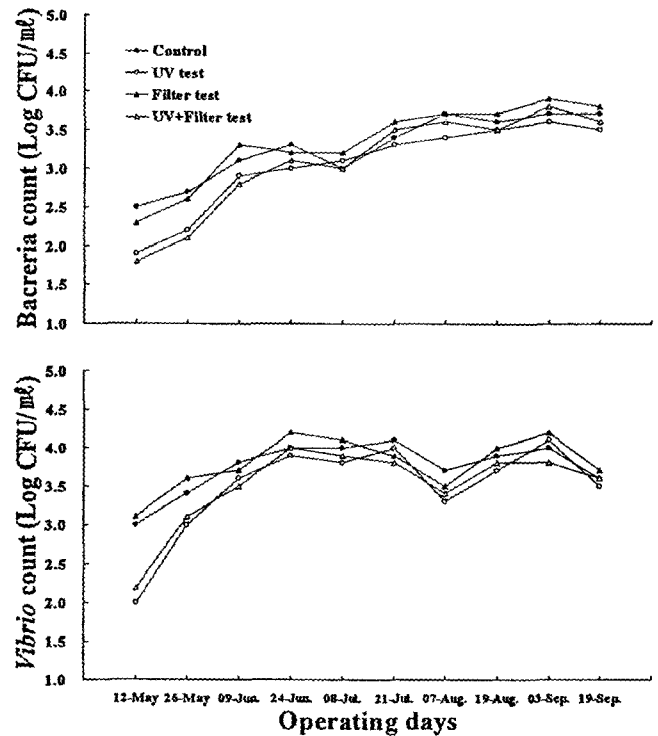


Fig. 4. Variations of total number bacteria and *Vibrio* species in rearing seawater during 5-month experimental period.

Table 2. Removal efficiency of nitrogen compounds and PO₄-P in rearing seawater during 5-month experimental period

	No filter test		Filter test		Removal efficiency (%)	
	Range	Average	Range	Average	Range	Average
NO ₃ ⁻ -N (µg-at/ℓ)	7.95~8.01	7.98	6.21~6.30	6.26	21.3~21.9	21.6
NO ₂ ⁻ -N (µg-at/ℓ)	2.98~3.03	3.01	2.23~2.30	2.27	24.1~25.2	24.7
NH ₄ ⁺ -N (µg-at/ℓ)	3.87~3.92	3.89	3.18~3.23	3.21	17.6~17.8	17.7
PO ₄ ³⁻ -P (µg-at/ℓ)	2.35~2.42	2.39	1.87~1.96	1.92	19.0~20.4	19.7

일반적으로 지하해수를 사용하지 않은 지역의 해수 육상수조식 양식장 사육수의 부유물질은 연안 취수구 주변에 존재하는 부유물질, 또는 양식자체에서 파생되는 양식어의 먹다 남은 먹이, 배설물 등의 양에 의해 좌우될 것이다. 또한, 망목 60 μm 의 필터의 설치·운행은 유입수 중에 존재하는 60 μm 이상의 부유물질은 처리될 수 있으나, 양식자체에서 파생되는 사육수의 부유물질은 처리될 수 없다. 따라서, 5개월 동안의 본 시스템 운행에 의한 사육수 부유물질의 존재하는 60 μm 필터를 통과한 양과 양식자체에서 파생되는 양에 의해 좌우될 것이다. 전보 (Kang et al., 1998)에 의하면, 60 μm 필터의 설치·운행에 따라 유입수의 부유물질 및 탁도는 각각 48.7~65.6% (평균, 51.9%), 33.3~42.5% (평균, 34.8%)가 처리되었다. 따라서, 유입수에 필터를 설치·운행하지 않을 경우, 사육수의 부유물질 및 탁도는 상기의 유입수에서 처리된 부유물질의 양만큼 증가하였을 것으로 추측된다. 그러나 사육수에서 제거된 평균 부유물질 및 탁도의 양은 유입수에서 처리된 양보다 각각 7.2 및 3.5%가 낮게 나타났다. 이 같은 결과는 양식과정에서 파생되는 외부요인에 의한 차이에서 비롯된 결과라고 추측된다.

사육수의 NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N 및 PO_4^{3-} -P는 실험 초기 모든 실험구에서 유사한 값이 측정되었으나, 시간의 경과함에 따라 3~6주 후부터 뚜렷한 차이를 나타내기 시작하여 실험종료시에는 필터를 설치하지 않은 실험구에 비해 필터를 설치한 실험구에서 각각 21.3~21.9% (평균, 21.6%), 24.1~25.2% (평균, 24.7%), 17.6~17.8% (평균, 17.7%), 19.0~20.4% (평균, 19.7%)가 낮게 나타났다.

일반적으로 부유물질 중에는 유기물을 상당히 포함하고 있기 때문에 사육수조에 부유물질이 다량으로 존재할 경우 영양염류는 증가하게 되며, 용존유기물은 어류양식에 있어 해로운 요소로 작용한다. 수산양식에 있어 용존유기물을 제거하기 위한 방법으로는 거품분리법 (Toshiro et al., 1996), 활성오니법 (Meske, 1979) 등이 사용되고 있으나, 이들 방법은 용존유기물의 근원이 되는 부유물질을 근본적으로 제거할 수 없다. 이를 해결하기 위한 방법으로 일부에서는 여과장치가 사용되고 있으나 (Avault, 1996), 이 방법은 여과조에 축적되는 부유물질을 제거하는데 많은 문제점을 내포하고 있으며, 때로는 여과조의 많은 부유물질이 유입되는 경우도 있어 사육수의 수질환경 개선을 위해서 비효율적인 부분이 많다. 따라서, 본 필터의 설치·운행에 따른 질소화합물과 인 농도의 감소는 부유물질의 제거에서 비롯된 결과라고 생각되며, 여과장치에 의한 방법보다는 보다 효율적으로 사육수를 관리할 수 있을 것으로 생각된다.

사육조의 유입수 (유량, 50 l/min)에 조사량 0.5 mWS/cm² 자외선 등의 설치·운행에 따른 세균수 및 비브리오 균수는 실험초기에는 자외선 등의 유무에 따라 차이를 보였으나, 약 3~4주 후부터 실험종료시까지 뚜렷한 차이가 인정되지 않았다. 일반적으로 육상수조식 양식장 사육수의 세균 및 비브리오 균수는 연안의 취수구 주변에 존재하는 균수에 따라 상이하게 나타날 것이다. 전보에 의하면 자외선 등의 설치·운행에 의해 유입수의 세균 및 비브리오 균수는 각각 16.7~20.0% (평균 19.2%), 20.0~21.9% (평균 20.9%)가 살균되었다 (Kang et al., 1998). 또한, 세균을 살균하기 위하여 사용되는 자외선 등은 유량 및 조사량 등에 의해 그 효과가 다르다 (Takahisa et al., 1976; Helge et al., 1995). 이들 연구에

의하면, 세균 및 비브리오 균수는 2.21 mWS/cm² 이상, 2.7 mWS/cm²의 조사량에서 90% 이상이 살균되어 본 연구의 조사량 0.5 mWS/cm²보다 높은 조사량에서 실험한 결과이다. 따라서, 본 연구에서 있어 유입수에서 살균된 효과보다 약 4배 이상의 살균효과를 나타내고 있어 이같은 결과는 조사량의 차이에서 기인된 결과라고 생각된다. 그리고, 자외선 등의 설치·운행 초기의 사육수의 세균 및 비브리오 균수의 감소는 유입수에서 살균된 효과라고 생각되며, 3~4주 후부터 효과가 없는 것은 시간의 경과에 따른 자체 증식 등에 기인된 결과라고 생각된다. 따라서, 육상수조식 양식장의 세균 및 비브리오 균수를 효과적인 살균하기 위해서는 유량 50 l/min에서는 본 실험에서 사용한 조사량보다 4배이상의 높은 조사량을 사용하여야 효과가 있을 것으로 생각된다.

이상의 결과 및 논의를 통하여 육상수조식 양식장의 유입수에 본 연구진이 개발한 60 μm 의 필터를 설치·운행하여 청소를 하지 않을 경우, 사육수의 부유물질 및 탁도는 각각 45%, 31% 정도가 제거될 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 사육수의 부유물질 제거에 따른 영양염류는 약 20% 정도 처리될 수 있을 것으로 기대되어 본 연구진이 개발한 필터를 육상수조식 양식장에 설치·운행할 경우 사육수의 환경개선에 크게 이바지할 것으로 기대된다.

요 약

육상수조식 양식장의 사육환경을 개선하기 위하여 청소를 하지 않은 상태에서 5개월 동안 유입수에 필터 (망목, 60 μm) 및 자외선 등 (조사량, 0.5 mWS/cm²)을 설치·운행하면서 수온, 염분, DO, 영양염류 (NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, PO_4^{3-} -P), 부유물질, 탁도, 세균수 및 비브리오균수의 변화를 검토하였다.

본 시스템의 설치·운행에 따라 5개월 후의 사육수의 수온, 염분, pH, DO, 세균수 및 비브리오 균수의 정화효과는 관찰되지 않았다. 그러나, 사육수의 부유물질 및 탁도는 필터를 설치하지 않은 실험구에서 실험종료시 각각 39.7~41.2 mg/l, 23~24 FAU까지 상승하였으나, 필터를 설치한 실험구에서 각각 21.6~22.3 mg/l, 16~17 FAU가 증가하여 5개월 후 필터의 설치·운행에 의해 각각 43.8~45.6% (평균, 44.7%), 29.2~33.3% (평균, 31.3%)가 제거되었다.

NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N 및 PO_4^{3-} -P는 필터를 설치하지 않은 실험구에서 5개월 후 각각 7.95~8.01, 2.98~3.01, 3.87~3.92, 2.35~2.42 $\mu\text{g-at/l}$ 까지 증가하였으나, 필터를 설치한 실험구에서는 각각 6.21~6.30, 2.23~2.30, 3.18~3.23, 1.87~1.96 $\mu\text{g-at/l}$ 까지 증가하여 필터의 설치에 의해 각각 21.3~21.9% (평균, 21.6%), 24.1~25.2% (평균, 24.7%), 17.6~17.8% (평균, 17.7%) 및 19.0~20.4% (평균, 19.7%)의 제거 효과를 보였다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

- APHA (American Public Health Association), American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1992. Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th edition. APHA, New York
- Avault, J.W. 1996. Fundamentals of aquaculture. AVA Publishing Co. Inc. Baton Rouge. Louisiana. pp. 889.
- Bart, R. and Connie R.A. 1994. Use of ozone for water treatment in recirculating-water raceway systems. *Prog. Fish-Cult.* 56, 47~50.
- Bullock, G.L. and Stuckey, H. 1977. Ultraviolet treatment of water for destruction of five gram-negative bacteria pathogenic of fishes. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34, 1244~1249.
- Helge, L., Halvor, H. and E. Harry. 1995. Inactivation of bacterial and viral fish pathogens by ozonation or UV irradiation in water of different salinity. *Aqua. Eng.* 14, 107~122.
- Kang, J.C, Park, S.I. and S.G. Kim. 1998. The development of filter for environmental improvement in land based seawater fish farm: II. Purification efficacy of rearing seawater by filter. *Bull. Korean, Fish. Soc.*, 31 (6), 914~919.
- Kim, I.B., Kim, P.K. and Chee, Y.O. 1987. The ammonia removal capacity of a few kinds of filter media in a water reuse aquaculture system. *Bull. Korean. Fish. Soc.*, 6, 561~568.
- Kim, S.G., Kang, J.C. and S.I. Park. 1998. The development of filter for environmental improvement in land based seawater fish farm: I. Development of screen and drum filter. *Bull. Korean, Fish. Soc.*, 31 (6), 908~913.
- Lewis, W.M. and Buynak, G.L. 1976. Evaluation of a revolving plat type biofilter for use in recirculated fish production and holding units. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 105, 704~708.
- Meske, C. 1979. Fish culture in a recirculating system with water treatment by activated sludge. *Advances in Aquaculture.* ed. by TVR. Pillay and W.A. Dill. pp. 527~531.
- Mortensen, H. 1995. Recirculation, success depends on proper filtration. *Fish Farming International*, 22 (3), 14~15.
- Takahisa, K., Mamoru, Y. and T. Kenichi. 1976. Disinfection of hatchery water supply by UV irradiation-I; Susceptibility of some fish-pathogenic bacterium and microorgnism inhabiting pond water. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 2, 207~211.
- Toshiro, M., Masayo, O. and Yoriyuki, S. 1996. The purification of rearing seawater of Japanese Flounder with the closed foam separation-filtration system. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 4, 578~585.

1999년 3월 8일 접수
1999년 7월 10일 수리