

갯벌, *Urechis unicinctus* 치충을 이용한 저질 개선 효과

강경호* · 장종윤 · 김재민
여수대학교 양식학과

Modification of Chemical Characteristics of Organically Enriched Sediment by *Urechis unicinctus* Juveniles

Kyoung Ho Kang*, Jong-Yoon Jang and Jae-Min Kim
Department of Aquaculture, Yeosu National University, Yeosu 550-749, Korea

Effect of the benthic echiurid *Urechis unicinctus* juveniles on the chemical characteristics of organically enriched sediment, as well as the individual survival rate and growth in various sediments, was investigated in this study to ascertain the effectiveness of *U. unicinctus* in the bioremediation of organically polluted sediment. The content of acid volatile sulfide (AVS) in the sediment of three coastal areas was 0.4 ± 0.1 mg/g · dry sediment in Seonso, 0.1 ± 0.01 mg/g · dry sediment in Myo-do, 0.02 ± 0.01 mg/g · dry sediment in Dolsan-do, respectively. 500 juveniles with average body length of 1.2 ± 0.3 mm were bred in these sediments. After 30 days, the AVS content of three places decreased to 0.29 ± 0.03 , 0.08 ± 0.01 and 0.01 ± 0.01 mg/g · dry. After 60 days, the content was 0.23 ± 0.03 , 0.01 ± 0.01 , 0.01 ± 0.01 mg/g · dry. The AVS content in the control (sediment from Seonso without juveniles) was 0.39 ± 0.75 mg/g · dry sediment (after 30 days) and 0.45 ± 0.01 mg/g · dry sediment (after 60 days). At the same time, the chemical oxygen demand (COD) and total inorganic carbon (TIC) of these sediments showed the same trend with that of AVS. Furthermore, 60 days later, the survival rate and growth of juveniles were 71.2%, 11.1 ± 1.0 mm in Seonso, 89.8%, 12.0 ± 1.3 mm in Myo-do and 81.6%, 11.9 ± 1.9 mm in Dolsan-do. It was suggested that *U. unicinctus* can survive better in less polluted environment. Under different *U. unicinctus* juvenile density (100, 300, 500, 700, 900 individuals), after 60 days cultivation, the AVS content decreased from 0.4 ± 0.1 , 0.4 ± 0.1 , 0.4 ± 0.3 , 0.4 ± 0.3 , 0.4 ± 0.3 mg/g · dry to 0.4 ± 0.2 , 0.3 ± 0.2 , 0.2 ± 0.1 , 0.2 ± 0.1 , 0.2 ± 0.1 mg/g · dry. Therefore, the higher the density of juveniles, the greater the effect in improving the sediment. In comparison to different initial AVS concentration (0.40 ± 0.01 , 0.35 ± 0.01 , [I can't find a reference to this number above], 0.29 ± 0.02 , [I can't find a reference to this number above], 0.18 ± 0.03 , [I can't find a reference to this number above], 0.06 ± 0.02 mg/g · dry sediment [I can't find a reference to this number above] and the control 0.0 ± 0.0 [I can't find a reference to this number above]), after 30 days cultivation with 500 juveniles, the AVS content was 0.29 ± 0.03 , 0.19 ± 0.0 , 0.15 ± 0.01 , 0.12 ± 0.02 , 0.05 ± 0.0 mg/g · dry and 0 (control). After 60 days cultivation, the content was 0.23 ± 0.03 , 0.12 ± 0.04 , 0.10 ± 0.01 , 0.18 ± 0.03 , 0.06 ± 0.02 mg/g · dry and 0 (control). Use % decrease in AVS content to state: The impact of *U. unicinctus* on the sediments was greater with higher concentrations of AVS. The results of this study indicate that *U. unicinctus* is effective in the biological treatment of sediments polluted by AVS and other organics.

Keywords: Chemical Characteristics, Enriched sediment, *Urechis unicinctus*

서론

갯벌에는 다양한 생물이 서식하고 있어서 해양생태계의 먹이 사슬 기반으로서 뿐만 아니라 영양염과 에너지가 풍부하기 때문에 대부분의 패류를 포함한 무척추동물들이 산란 및 번식장으로 이용하고 있으나(Karsten, 2002), 산업폐수 및 도시하수의 방류와 장기간의 집약적 양식으로 인한 어장의 오염 등으로 연

안 환경이 날로 악화되고 있는 실정이므로 연안 어장환경을 개선하기 위한 대책이 절실히 필요하다.

현재까지 이용되는 저질 개선 방법으로는 준설과 해수교환을 촉진시켜 유기물질을 신속히 분해시키는 방법, 해저경운기 및 폭기장치 등이 있다. 저질 개선제로 이용되는 황토와 생석회, 소석회, 조개가루 등의 석회계 물질을 살포하는 방법은 저질의 표면을 피복함으로써 일시적으로 영양염류의 용출을 억제할 수는 있으나, 저질층의 유기물질이 혐기적인 분해에 의하여 CH_4 , CO_2 , H_2S 등을 발생시켜 어패류에 급성독성을 일으키는 문제가 있다

*Corresponding author: mobidic@yosu.ac.kr

(Grassle and Grassle, 1974; Jorgensen, 1977).

한편 생물을 이용한 저질환경에 관한 외국의 연구로는 Chareonpanich et al.(1993)이 *Capitella* sp.의 저질 내 유기물 분해와 화학적인 변화에 관한 보고하였다. 또한 Charumas et al.(1994)이 *Capitella* sp.의 생물학적 활동에 의한 저질 유기물 분해효과에 관하여, Ching and Taghon(1999)이 *Capitella* sp.에 의한 저질 입도별 개선효과에 관하여 보고하였으나, 국내에서는 아직까지 정착성 저서동물을 이용한 갯벌환경 개선 시도는 찾아 볼 수 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 인공적으로 대량 생산된 개불 치층을 훼손 및 오염된 연안 저질에 방류하여 저질환경을 개선함으로써 인간과 자연이 조화롭게 공생하는 갯벌환경을 조성하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

지역별 저질 환경 개선 효과를 알아보기 위하여 전라남도 여수시에 위치한 오염도에 있어서 차이가 크다고 판단되는 돌산, 묘도, 선소의 3지역(Fig. 1)에서 채집한 뱀을 여수대학교 무척추동물양식실험실로 운반한 후, 인공종묘 생산된 평균 체장 1.2 ± 0.3 mm인 개불 치층(Fig. 2)을 실험구당 500개체씩 수용하였다. 실험구 설정은 각 지역별 저질에 개불을 수용한 구와 대조구로서 오염이 가장 심한 선소 저질에 개불을 수용하지 않은 구를 두었다.

개불 치층의 수용밀도별 저질개선 효과를 알아보기 위한 실험구 배치는 선소 저질에 수조당 개불 치층을 100, 300, 500, 700 및 900 개체로 하였으며 0마리 수용구를 대조구로 하였다.

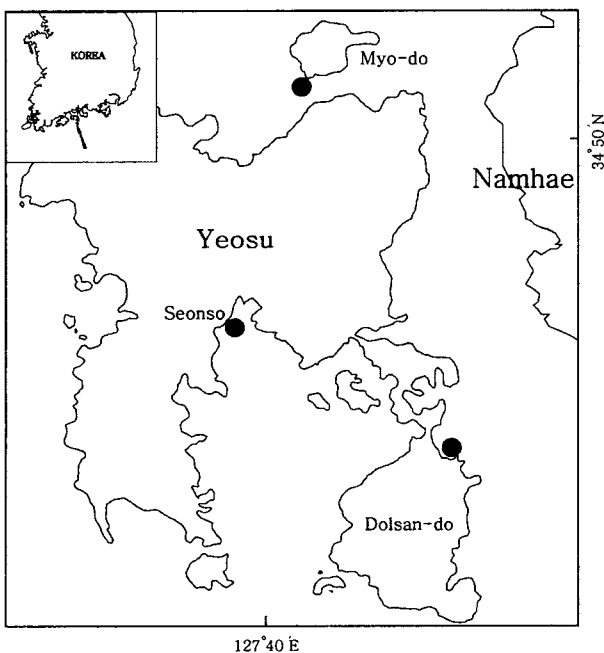


Fig. 1. Map showing the sampling station.

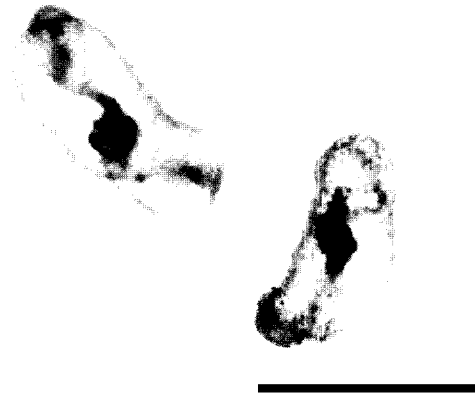


Fig. 2. *U. uncinatus* in the experiment (Scale bar: 1.0 mm).

산취발성황화물(acid volatile sulfide; AVS) 농도별 저질개선 효과를 알아보기 위한 실험구 배치는 인위적인 황화수소 농도 조절이 어렵기 때문에 가장 오염이 심한 선소 저질과 증류수로 깨끗하게 세척한 모래를 적절한 비율로 섞어 6구간으로 나누어 설정하였는데 실험구별로 A구를 $0.40 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, B구를 $0.35 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, C구 $0.29 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, D구 $0.18 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, E구는 $0.06 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$ 그리고 대조구로서 F를 $0 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$ 로 하였다.

실험에 사용한 수조는 플라스틱 사각수조($30 \times 20 \times 20$ cm)를 사용하였고, 실험에서 수조당 저질은 3 kg을 넣었다. 사육수는 자연해수를 $1 \mu\text{m}$ cartridge filter로 여과한 여과해수를 사용하였고, 환수는 2일마다 표층수를 환수하였다.

저질의 AVS, 화학적산소요구량(chemical oxygen demand; COD) 및 강열감량(total ignition loss; TIL)에 대한 분석은 Standard methods(APHA-AWWA-WPCF, 1981)에 준하여, AVS는 검지관법, COD는 알카리성 과망간산칼륨법, TIL은 건조후 전기로 회화법으로 분석하였으며, 모든 실험에서 15일마다 60일 동안 각 실험구에서 취한 뱀을 3번 반복 분석하였다.

결 과

묘도, 돌산, 선소의 3지역에서 채집한 뱀에 개불 치층을 수용한 이후의 저질 개선 효과를 알아보기 위해 실시한 저질분석 결과, AVS의 경우 실험 개시시 묘도 $0.1 \pm 0.01 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, 돌산 $0.02 \pm 0.01 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, 선소 $0.4 \pm 0.1 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$ 이던 것이, 30일 후에는 $0.08 \pm 0.01 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, $0.01 \pm 0.01 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, $0.29 \pm 0.43 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, 실험 종료시인 60일 후에는 $0.01 \pm 0.01 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, $0.01 \pm 0.01 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, $0.23 \pm 0.03 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$ 로 시간이 지날수록 AVS의 농도가 떨어진 반면, 대조구의 경우 실험 개시시 $0.40 \pm 0.07 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$ 이던 것이 30일 후에는 $0.39 \pm 0.75 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, 실험 종료시에는 $0.45 \pm 0.01 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$ 로 나타났다(Fig. 3).

COD의 경우 실험개시시 묘도, 돌산, 선소의 저질이 각각 $5.3 \pm 0.3 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, $6.1 \pm 0.7 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, $25.8 \pm 0.7 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$ 이던 것이 30일 후에는 $5.1 \pm 0.6 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, $5.3 \pm 0.2 \text{ mg/g} \cdot \text{dry}$, 24.5

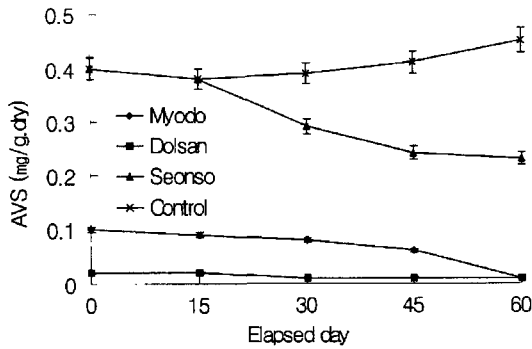


Fig. 3. Concentrations of acid volatile sulfide (AVS) according to elapsed days.

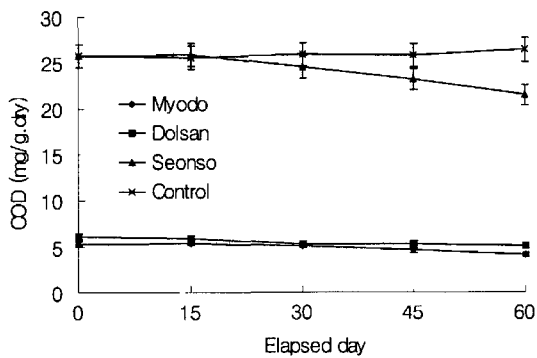


Fig. 4. Concentrations of chemical oxygen demand (COD) according to elapsed days.

± 1.4 mg/g · dry였고, 실험 종료시에는 4.1 ± 0.4 mg/g · dry, 5.1 ± 0.4 mg/g · dry, 21.4 ± 0.3 mg/g · dry으로 나타나 COD의 농도가 점차 줄어들고 있는 반면, 대조구의 경우 실험 개시시 25.8 ± 0.8 mg/g · dry이던 것이 30일 후에는 25.9 ± 0.8 mg/g · dry, 실험 종료시에는 26.4 ± 0.6 mg/g · dry을 보여 개불 치층이 없는 저질에서는 COD 농도가 점점 높아졌다(Fig. 4).

TIL의 경우 묘도와 돌산의 저질이 5.2~10.6%의 범위로 비슷한 결과를 보였고, 선소의 경우 실험 개시시 $16.1 \pm 0.3\%$ 에서 30일 후에는 $15.9 \pm 0.2\%$, 실험 종료시인 60일 후에는 $12.4 \pm 0.6\%$ 로 낮아진 반면 개불 치층이 없는 대조구는 실험 개시시

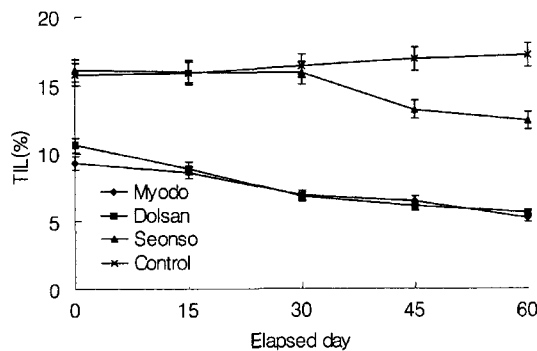


Fig. 5. Concentrations of total ingestion loss (TIL) according to elapsed days.

Table 1. Growth and survival rate of *U. uncinatus* after 60 days in each experimental tank filled with sediments collected from different locations

Location	Body length (mm)		Daily growth (mm)	Survival rate (%)
	Initial	Final		
Myodo	1.2 ± 0.3	12.0 ± 1.3	0.018	86.8
Dolsan	1.2 ± 0.3	11.9 ± 1.9	0.017	81.6
Seonso	1.2 ± 0.3	11.1 ± 1.0	0.016	71.2

$15.8 \pm 0.1\%$ 에서 30일 후에는 $16.4 \pm 0.1\%$, 실험 종료시인 60일 후에는 $17.2 \pm 0.4\%$ 로 1.4% 높아지는 결과를 보였다(Fig. 5).

개불 치층의 성장과 생존율은 Table 1에서와 같이, 실험 개시시 3지역 모두 평균체장 1.2 ± 0.3 mm이던 것이 실험 종료시인 60일 후에는 묘도 저질에서 12.0 ± 1.3 mm로 자라나 일간성장 0.018 mm, 89.8%의 생존율을 보인 반면, 돌산 저질에서는 11.9 ± 1.9 mm로 0.017 mm의 일간 성장과 81.6%의 생존율, 선소에서는 11.1 ± 1.0 mm, 0.016 mm의 일간 성장과 71.2%의 생존율을 보였다.

개불 치층의 수용 밀도별 실험에서 AVS의 경우, 실험개시시 100마리 수용구가 0.4 ± 0.1 mg/g · dry, 300마리 수용구가 0.4 ± 0.1 mg/g · dry, 500마리 수용구가 0.4 ± 0.3 mg/g · dry를 보였고, 700마리 수용구에서 0.4 ± 0.3 mg/g · dry, 900마리 수용구에서 0.4 ± 0.2 mg/g · dry이던 농도가, 실험 종료시에는 각각 0.4 ± 0.2

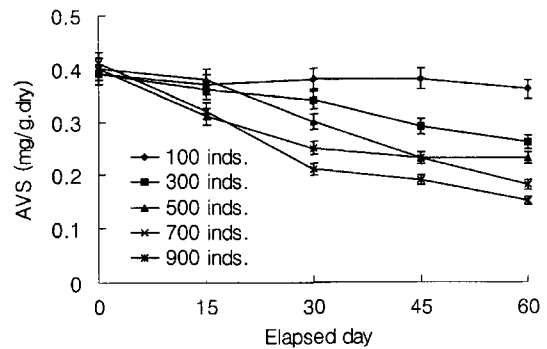


Fig. 6. Concentrations of acid volatile sulfide (AVS) according to elapsed days.

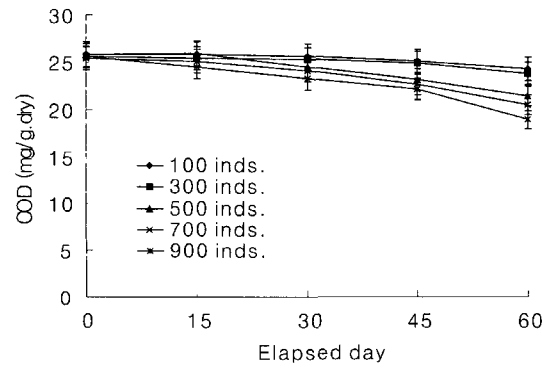


Fig. 7. Concentrations of chemical oxygen demand (COD) according to elapsed days.

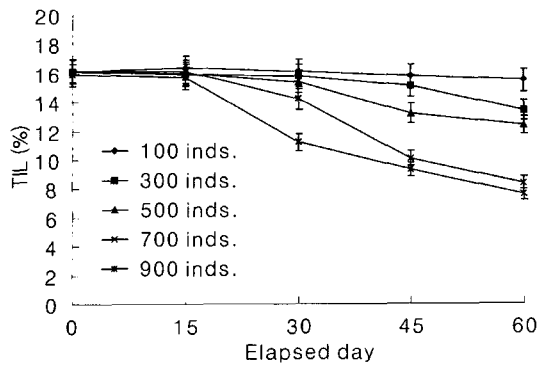


Fig. 8. Concentrations of total ingestion loss (TIL) according to elapsed days.

Table 2. Growth and survival rate of *U. uncinatus* after 60 days in each experimental tank with different rearing density

Rearing density (ind.)	Body length (mm)		Daily growth (mm)	Survival rate (%)
	Initial	Final		
100	1.20±0.30	1.19±0.01	0.017	87.00
300	1.20±0.30	1.18±0.02	0.017	90.30
500	1.20±0.30	1.12±0.02	0.016	72.80
700	1.20±0.30	1.11±0.03	0.016	80.90
900	1.20±0.30	1.09±0.04	0.016	77.60

mg/g · dry, 0.3±0.2 mg/g · dry, 0.2±0.1 mg/g · dry, 0.2±0.1 mg/g · dry, 0.2±0.1 mg/g · dry로 나타났다(Fig. 6). 한편 COD의 경우 각 실험구별 시작시의 농도가 25.8±0.4 mg/g · dry, 25.6±1.1 mg/g · dry, 25.8±1.5 mg/g · dry, 25.4±1.0 mg/g · dry, 25.6±1.0 mg/g · dry 이었는데 실험 종료시에는 24.3±1.5 mg/g · dry, 23.8±1.6 mg/g · dry, 21.4±1.3 mg/g · dry, 20.5±1.3 mg/g · dry, 18.9±1.1 mg/g · dry로 나타났다(Fig. 7). TIL의 경우, 실험개시시의 농도가 16.1±0.4%, 16.1±0.4%, 16.1±0.4%, 16.2±0.7%, 15.9±0.9%이던 것이, 실험 종료시에는 15.5±0.4%, 13.4±0.6%, 12.4±0.6%, 8.4±0.6%, 7.6±0.4%를 보였다(Fig. 8).

개불 치층의 밀도별 성장과 생존율은 Table 2와 같이, 실험개시시 각구 모두 평균체장 1.2±0.3 mm이던 것이 실험 종료시인 60일 후에는 100개체 수용구에서 11.9±0.1 mm로 자라나 일간성장 0.017 mm, 89.8%의 생존율을 보인 반면, 300개체 수용구에서는 11.8±0.2 mm로 0.017 mm의 일간성장 90.3%의 생존률, 500개체구에서는 11.2±0.2mm, 0.016mm의 일간성장 72.8%의 생존률, 700개체 수용구에서는 11.1±0.3mm, 0.016 mm의 일간성장 80.9%의 생존률, 900개체 수용구에서는 10.9±0.4 mm, 0.016 mm의 일간성장 77.6%의 생존율을 보였다.

AVS 농도별 실험으로 실험 개시시 각 실험구별로 0.40±0.01 mg/g · dry, 0.35±0.01 mg/g · dry, 0.29±0.02 mg/g · dry, 0.18±0.03 mg/g · dry, 0.06±0.02 mg/g · dry, 0±0 mg/g · dry이던 것이 30일 후에는 0.29±0.03 mg/g · dry, 0.19±0 mg/g · dry, 0.15±0.01 mg/g · dry, 0.12±0.02 mg/g · dry, 0.05±0 mg/g · dry, 0mg/g · dry였으며, 실험 종료시에는 0.23±0.03 mg/g · dry, 0.12

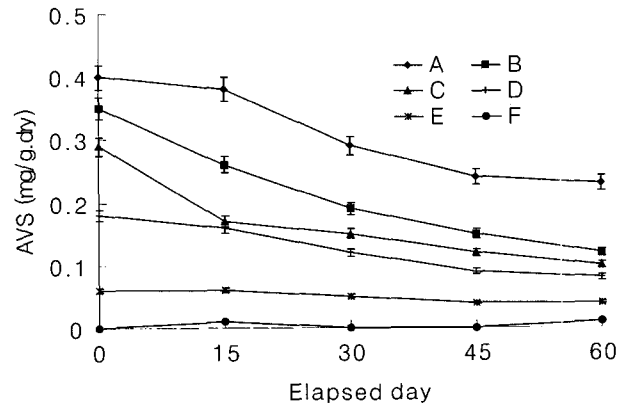


Fig. 9. Concentrations of acid volatile sulfide (AVS) according to elapsed days. A: 0.40 mg/g-dry, B: 0.35 mg/g-dry, C: 0.29 mg/g-dry, D: 0.18 mg/g-dry, E: 0.06 mg/g-dry, F: 0 mg/g-dry.

Table 3. Growth rate and survival rate of *U. uncinatus* after 60 days in each experimental tank with different acid volatile sulfide (AVS) concentration

Concentration (mg/g-dry)	Body length (mm)		Daily growth (mm)	Survival rate (%)
	Initial	Final		
0.40	1.2±0.3	11.0±0.1	0.016	68.6
0.35	1.2±0.3	11.0±0.1	0.016	79.4
0.29	1.2±0.3	12.0±0.1	0.017	80.6
0.18	1.2±0.3	12.0±0.1	0.017	82.4
0.06	1.2±0.3	12.0±0.1	0.017	84.2
0	1.2±0.3	12.5±0.1	0.018	87.6

±0.04 mg/g · dry, 0.10±0.01 mg/g · dry, 0.18±0.03 mg/g · dry, 0.06±0.02 mg/g · dry, 0±0 mg/g · dry의 변화를 보였는데, B 실험구에서 AVS 농도의 변화가 가장 크게 나타났다(Fig. 9).

AVS 농도별 개불 치층의 성장과 생존율은 Table 3과 같이, 실험 개시시 각구 모두 평균체장 1.2±0.3 mm이던 것이 실험 종료시인 60일 후에는 A구에서 11.0±0.1mm로 자라나 일간성장 0.016 mm, 68.6%의 생존율을 보인 반면, B구에서는 11.0±0.1 mm로 0.016 mm의 일간성장 79.43%의 생존율, C구에서는 12.0±0.1 mm, 0.017 mm의 일간성장 80.6%의 생존율, D구에서는 12.0±0.1 mm, 0.017 mm의 일간성장 82.4%의 생존율, E구에서는 12.0±0.1 mm, 0.017 mm의 일간성장 84.2%의 생존율, 대조구인 F구에서는 12.5±0.1 mm, 0.018 mm의 일간성장 87.6%의 생존율을 보였다.

고 찰

저질에 침전된 불안정한 유기물은 호기성 또는 혐기성 분해의 과정을 거쳐 분해된다(Jorgensen, 1977). 특히 유기물이 축적된 저질에서 혐기성 분해과정은 더 중요하다. 황화수소, 이산화탄소, 암모니아 및 유기화합물 등은 혐기성세균에 의해 분해된다(Martens and Klump, 1984). 또한 저질의 유기물은 일반

적으로 저서동물의 대량폐사 원인이 되기도 하고 여름철 황화수소의 대량발생을 동반한다(Tsutsumi and Kikuchi, 1983).

저서생물을 저질환경과 연관시켜 저질내 화학적 변화를 실험한 연구로는 Chareonpanich et al.(1993)이 플랑크톤 크기의 소형 저서생물인 갯지렁이 *Capitella* sp.을 이용하여 저질의 화학적인 변화에 대하여 그리고, Chareonpanich et al.(1994)이 *Capitella* sp.에 의한 저질내 유기물 분해에 관하여 보고하였는데, Chareonpanich et al.(1994)은 *Capitella* sp.를 밀도별로 0개체, 250개체, 500개체를 수용하여 실험한 결과, 0개체를 수용한 실험구에서는 AVS농도가 높아진 반면 250개체, 500개체를 수용한 수조에서는 농도가 떨어져 저질환경이 나아진다고 하였다.

본 실험에서는 전라남도 여수시에 위치한 지역별로 오염상태가 틀린 묘도, 돌산, 선소의 저질을 채취하여 실험실에서 평균 체장 0.2 ± 0.03 mm인 개불 치층을 실험구당 500개체씩 수용하여 실험한 결과, AVS의 경우 실험 개시시 묘도가 0.10 ± 0.01 mg/g·dry, 돌산이 0.02 ± 0.01 mg/g·dry, 선소가 0.40 ± 0.07 mg/g·dry 이던 것이, 실험종료시인 60일 후에는 0.01 ± 0.01 mg/g·dry, 0.01 ± 0.01 mg/g·dry, 0.23 ± 0.03 mg/g·dry로 AVS의 농도가 현저히 떨어진 반면, 개불 치층을 수용하지 않은 대조구의 경우 실험 개시시 0.40 ± 0.07 mg/g·dry이던 것이, 실험 종료시에는 0.45 ± 0.01 mg/g·dry로 나타남으로써 저질내 개불의 서식 유무에 따라 저질환경이 개선 또는 악화된다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 Pritchard and White(1981)의 저서잡입성 생물이 저질 속에 잡입하여 굴을 만들고 해수를 순환하게 함으로써 저질 속에 산소를 공급하고, 혐기성 환경을 호기성 환경으로 변하게 한다는 보고와 일치하는 결과라고 생각된다.

또한 COD의 경우(Fig. 3), 실험개시시 묘도, 돌산, 선소의 저질이 각각 5.30 ± 0.30 mg/g·dry, 6.10 ± 0.70 mg/g·dry, 25.80 ± 0.70 mg/g·dry이던 것이 실험 종료시에는 4.10 ± 0.40 mg/g·dry, 5.10 ± 0.40 mg/g·dry, 21.40 ± 0.30 mg/g·dry으로 나타나 개불 치층을 수용한 이후 COD의 농도가 점차 낮아지는 반면, 개불 치층을 수용하지 않은 대조구의 경우 실험 개시시 25.80 ± 0.80 mg/g·dry이던 것이 실험 종료시 26.40 ± 0.60 mg/g·dry을 보임으로써 개불 치층이 저질의 COD 농도를 감소시키는 역할을 하는 것으로 판단된다.

개불 치층을 밀도별로 수조당 100, 300, 500, 700 및 900개체를 수용하여 저질내 오염원의 변화를 본 실험에서 AVS의 경우, 치층의 수용밀도가 클수록 AVS, COD의 농도가 낮아지는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 좋은 틀리지만 Chareonpanich et al.(1994)이 소형 갯지렁이류에 속하는 *Capitella* sp.를 밀도별로 0개체, 250개체, 500개체를 수용한 연구에서도 0개체를 수용한 실험구에서는 농도가 높아진 반면 250 및 500개체를 수용한 실험구에서는 AVS의 농도가 현저히 떨어져 저질환경이 개선되었다는 보고와도 일치하고 있어 정착성 저서동물을 이용한 보다 세부적인 연구가 진행되어야 할 것이라고 판단된다.

AVS 농도별 개불 치층의 성장과 생존을 조사 결과(Table 3), 실험 개시시 각구 모두 평균체장 1.2 ± 0.3 mm이던 것이 실험 종료시인 60일 후에는 0.40 mg/g·dry 농도구에서 11.0 ± 0.1 mm로 자라나 일간성장 0.016 mm, 68.6%의 생존율을 보였다. 이러한 결과는 개불이 현재 양식장 저질오염 한계인 AVS 농도 0.20 mg/g·dry의 농도보다 더 오염된 지역에서도 생존 가능하다는 것을 보여주는 것으로, 개불을 이용한 저질 환경 개선의 가능성을 나타내 준다고 판단된다.

저질에서 황화수소의 생성은 수온과 저층의 용존산소, 유기물 축적 등의 여러 가지 환경요인에 기인한다. 저질에 굴을 뚫어 서식하는 같은 저서동물인 *Capitella* sp.에 관한 연구결과 이종의 개체군 성장은 종종 사라졌던 다른 저서동물군이 다시 군집을 이루는 효과를 나타내었다(Grassle and Grassle, 1974; Tsutsumi and Kikuchi, 1983; Tsutsumi, 1987, 1990). 본 연구에서도 실험실내에서 인위적으로 조장된 부영양화된 저질에 개불을 수용하여 사육한 결과 사육일수에 따라 점점 저질에 개선되는 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 오염된 연안 저질에 개불을 방류하여 부영양화된 저질환경을 개선시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다는 것을 보여준 것이라 할 수 있다. 그러나 개불이 황화된 저질의 산화유기물의 분해를 촉진시키는 메커니즘은 완전하지 못하다. *Capitella* sp.의 경우 개체성장은 유기물을 대신해 저질에 황화나트륨의 첨가에 의해 증대한다는 것이 밝혀졌다(Chareonpanich et al, 1993). 이러한 결과로 볼 때 개불에 의한 저질개선효과는 아마도 박테리아에 의한 산화증대 및 저질에서 유기물의 황화수소 생산에 의한 박테리아의 혐기적 분해활동과 관련이 있는 것이라 생각된다. 따라서 개불의 서식 생태와 서식지에 공존하는 박테리아와의 관계를 고려하여 부영양화된 저질에서 유기물의 분해과정중 개불의 역할에 대해 명확히 밝혀져야 할 것이다.

현재까지 오염된 저질의 개선 방법 중, 준설법이 가장 효과가 크다고 알려져 있으나, 준설비용이 많이 들고, 2차적으로 유입되는 오염원에 대한 자정작용이 약하여 재오염이 된다는 문제점이 있으나, 개불과 같은 정착성 저서동물을 이용할 경우, 오염된 저질을 환경친화적인 방법으로 개선한다는 장점이 있을 뿐만 아니라 안정적인 생태계를 지속 유지시킬 수 있다는 점에서 큰 의의가 있다고 생각된다.

요 약

정착성 저서동물을 이용한 저질환경 개선 효과를 알아보기 위해 여수시에 위치한 묘도, 돌산, 선소 3지역의 저질에 평균 체장 1.2 ± 0.3 mm인 개불 치층을 실험구당 500개체씩 수용하여 실험한 결과, 가장 오염이 심한 선소의 경우 AVS 농도가 실험개시시 0.40 ± 0.07 mg/g·dry이던 것이, 실험 종료시엔 0.23 ± 0.03 mg/g·dry로 시간이 지날수록 AVS의 농도가 떨어진 반면, 개불 치층을 수용하지 않은 대조구의 경우 실험 개시시 $0.40 \pm$

0.07 mg/g · dry이던 것이 실험 종료시에는 0.45 ± 0.01 mg/g · dry로 나타남으로써 저질내 개불이 서식함에 따라 오염환경이 개선되었다.

또한 COD의 경우 실험개시시 선소의 저질이 25.80 ± 0.70 mg/g · dry이던 것이 실험 종료시에는 21.40 ± 0.30 mg/g · dry로 나타나 개불 치층을 수용한 이후 COD의 농도가 점차 낮아졌고, TIL의 경우에도 선소의 경우 실험 개시시 $16.10 \pm 0.30\%$ 에서 종료시인 60일 후에는 $12.40 \pm 0.60\%$ 로 오염된 저질에 개불 치층을 수용함에 따라 저질내 AVS, COD 및 TIL의 농도가 개불 치층을 수용하지 않은 대조구에 비해서 현저히 떨어지는 효과를 보였다.

개불 치층을 밀도별로 수조당 100, 300, 500, 700 및 900개체를 수용하여 저질내 오염원의 변화를 본 실험에서는 수조당 900개체를 수용한 실험구에서 AVS의 경우, 실험개시시 0.41 ± 0.15 mg/g · dry이던 것이 실험종료시에는 0.15 ± 0.01 mg/g · dry로 나타나 가장 좋은 결과를 보였고, COD의 경우 25.60 ± 1.00 mg/g · dry이던 것이 실험 종료시에는 18.90 ± 1.06 mg/g · dry로 나타났다. 한편 TIL의 경우, 실험개시시 $15.90 \pm 0.86\%$ 이던 것이, 실험 종료시에는 $7.60 \pm 0.41\%$ 를 보임으로써 900개체 수용구에서 가장 좋은 결과를 보였고 그 다음으로 700개체 수용구, 500개체 수용구, 300개체 수용구 순으로 치층의 수용밀도가 높을수록 AVS, COD 및 TIL의 농도가 낮아졌다.

참고문헌

- APHA-AWWA-WPCF, 1981. Standard Methods, pp. 156–157.
- Chareonpanich C., S. Montani, H. Tsutsumi and S. Matsuoka, 1993. Modification of chemical characteristics of organically enriched sediment by *Capitella* sp. I. Marine Pollution Bulletin, **26**(7): 375–379.
- Charumas C., H. Tsutsumi and S. Montani, 1994. Efficiency of the Decomposition of Organic Matter, Loaded on the Sediment, as a Result of the Biological Activity of *Capitella* sp. I. Marine Pollution Bulletin, **28**(5): 314–318.
- H. Ching-Yi and G. L. Taghon, 1999. Effects of contaminated sediments on particle size selection by the polychaete *Capitella* sp. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. **242**: 41–57.
- Grassle, J. F. and J. P. Grassle, 1974. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic polychaetes. J. Mar. Res., **32**: 253–284.
- Hall, V. E., 1931. The muscular activity and oxygen consumption of *Urechis caupo*. Biol. Bull **61**: 400–416.
- Jorgensen, B. B., 1977. Bacterial sulfate reduction within reduced microniches of oxidized marine sediments. Mar. Biol., **41b**: 7–17.
- Julian D. and A. J. Arp, 1992. Sulfide permeability in the marine invertebrate *Urechis caupo*. J. Comp. Physiol., **162**: 59–67.
- Julian D., M. L. Chang, J. R. Judd and A. J. Arp, 2001. Influence of environmental factors on burrow irrigation and oxygen consumption in the mud flat invertebrate *Urechis caupo*. Marine Biology, **139**: 163–173.
- Karsten R., 2002. Sediment mediated species interactions in coastal waters. Journal of Sea Research, **48**: 127–141.
- Martens, C. S. and J. V. Klump, 1984. Biogeochemical cycling in an organic-rich coastal marine basin. 4. An organic carbon budget for sediments dominated by sulfate reduction and methanogenesis *Geochim. Cosmochim. Acta.*, **48**: 1987–2004.
- Pritchard, A. and F. N. White, 1981. Metabolism and oxygen transport in the innkeeper *Urechis caupo*. Physiol. Zool., **54**: 44–54.
- Reise, K., 1985. Tidal flat ecology-An experimental approach to species interactions. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 10–191.
- Tsutsumi, H., 1987. Population dynamics of *Capitella capitata* (Polychaeta: Capitellidae) in an organically polluted cove. Mar. Ecol. Prog. Ser., **36**: 139–149.
- Tsutsumi, H., 1990. Population persistence of *Capitella* sp. (Polychaeta: Capitellidae) on a mud flat subject to environmental disturbance by organic enrichment. Mar. Ecol. Prog. Ser., **63**: 147–156.
- Tsutsumi, H. and T. Kikuchi, 1983. Benthic ecology of a small cove with seasonal oxygen depletion caused by organic pollution. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., **7**: 17–40.

원고접수 : 2003년 3월 6일

수정본 수리 : 2003년 6월 26일

책임편집위원 : 최광식