

바위털갯지렁이, *Marphysa sanguinea*에 의한 유기물 제거에 관한 연구

백아미¹ · 이경선^{2*}

¹목포해양대학교 대학원 해양시스템공학과

²목포해양대학교 환경·생명공학과

The Study of Removal of Organic Matter by the Rockworm, *Marphysa sanguinea*

Ami Baek¹, Kyoung Seon Lee^{2*}

¹Department of Ocean System Engineering, Graduate School, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 58628, Korea

²Department of Environmental Engineering & Biotechnology, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

Corresponding Author

Kyoung Seon Lee

Department of Environmental Engineering
& Biotechnology, Mokpo National Maritime
University, Mokpo 58628, Korea

E-mail : kslee@mmu.ac.kr

Received : May 25, 2018

Revised : May 28, 2018

Accepted : June 05, 2018

대형저서동물에서 우점하고 있는 갯지렁이류는 퇴적층의 유기물 섭취를 통하여 저질환경개선에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 최근 양식기술이 개발된 바위털갯지렁이를 이용하여 갯벌 퇴적층의 유기물 제거효과를 검토하였다. 이를 위하여 입자특성이 다른 세종류의 저질환경(S1: 강사질, S2: 해사질, S3: 니사질)에서 해수 및 퇴적층의 TOC를 측정하였다. 바위털갯지렁이는 세종류의 입자특성에서 모두 유기물 제거효과를 나타내었으며, 입자가 클수록 제거율이 높았다. 유기물 정화능력을 정량적으로 평가한 결과 바위털갯지렁이는 각 저질별로 강사질에서 $3.9856 \text{ ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$, 해사질에서 $2.8021 \text{ ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$, 그리고 니사질에서 $28.1142 \text{ ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$ 의 제거능력을 나타내었다. 본 연구결과는 바위털갯지렁이가 다양한 저질에서 유기물 제거에 기여하고 있음을 보여 주었다.

The polychaetes are the dominant species in the benthic communities, and play an important role in improving the sediment quality through the action of ingesting organic materials. We evaluated the improvement ability of rockworm *Marphysa sanguinea* for the removal of organic matter. We used the three types of sediment (S1: coarse sand, S2: fine sand, S3: muddy sand), and analyzed TOC of seawater and sediment. Rockworm was effective in eliminating organic matter in the three types of sediment and the larger the particle, the higher the removal rate. Removal ability of rockworm for organic matter in sediment were calculated with $3.9856 \text{ ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$ in coarse sand, $2.8021 \text{ ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$ in fine sand, and $28.1142 \text{ ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$ in muddy sand. The results show that rockworm contributes to the removal of organic matter in the various sediment types.

Keywords: Macrobenthos(대형저서동물), Polychaete(갯지렁이), Rockworm(바위털갯지렁이), Sediment(퇴적물), TOC(총유기탄소함량)

서론

대형저서동물은 해양 생태계의 중요한 구성 요소로서 퇴적물의 물리 화학적 환경에 영향을 미치고 이들을 매개로 하는 먹이사슬을 형성함으로써 저서 생태계에 광범위한 기능을 제공한다. 전 세계적으로 84~87과(Family)에 속하는 갯지렁이류가 약 16,000종 이

상 서식하고 있는 것으로 알려져 있으며, 해양에서 서식하는 생물 중 종수와 서식밀도에서 우점도를 보일 뿐만 아니라 서식분포도 넓다(Blake, 1994). 이들은 저층 표면에 서식하거나, 퇴적층을 파고 들어가 살기도 하며, 굴을 만들어 살아가면서 많은 상위 포식자들의 먹이가 되며 영양물질 순환의 중요한 단계로 유기물질을 분해하여 배출하는 역할을 담당함으로써 해양에서의 유기물순환에 중

요한 위치를 차지하고 있다(Aller, 1994). 갯지렁이류는 퇴적물 입자를 섭취하여 처리함으로써 입자분포를 조절하고, 퇴적층으로 잠입하고 이동하면서 퇴적물을 교란시켜 물의 침투를 증가시키고 퇴적물의 산화환원조건에 영향을 줌으로써 퇴적층에서 발생하는 생지화학적 작용에도 영향을 미친다(Clark, 1977; Belan, 2003). 많은 나라에서 이러한 갯지렁이류의 특성을 활용하여 오염된 연안환경을 개선하고자 하는 시도가 이루어지고 있으며 우리나라에서도 유기물 분해능력이 우수한 갯지렁이를 활용한 오염된 연안습지생태계의 환경복원 전략을 제시하기도 하였다(Lee, 2002). 저서환경 개선을 위한 갯지렁이의 역할에 대한 연구는 주로 퇴적물식성을 나타내는 갯지렁이를 대상으로 하여 이루어져 왔다. *Capitellidae* spp., *Paraonidae* spp. 및 *Cirratulidae* spp.와 같은 종들은 퇴적층에 잠입하여 퇴적물을 섭취하여 배출함으로써 유기물을 제거하며 (Kinoshita et al., 2008; Ito et al., 2011), *Abarenicola marina*, *Nereis diversicolor*도 퇴적층의 유기물 양을 감소시키고 수층의 영양염도 제거할 수 있어 효과적인 생물여과기로서의 역할이 확인되었다(Heilskov and Holmer, 2001; Volkenborn et al., 2007). 한편 Giangrande et al. (2005)는 사질에서 서식하는 여과식자인 *Sabella spallanzanii* Gamelin을 이용하여 어류양식장에서 수질환경을 개선시키는 방법을 제안하였다.

바위털갯지렁이 *Marphysa sanguinea*는 다른 갯지렁이류에 비해 대형종에 해당되며, 배우자의 형태, 산란, 발생, 유생발달, 변태, 유생 정착 등 전 생애주기에 걸쳐 높은 변동성을 보이고 서식범위가 넓은 특성을 나타내는 것으로 알려져 있으며, 주로 사질층에 15~30 cm 깊이에 굴을 파고 서식한다(Prevedelli et al., 2007). 최근에 양식기술개발이 진행되면서 낚시 미끼로의 활용뿐만 아니라 화장품 원료, 사료 등 산업적 이용이 모색되고 있으며(Cho and Ko, 2011), 바위털갯지렁이를 방류하여 어족자원형성뿐만 아니라 갯벌 환경정화를 위한 생물자원으로 이용하기 위한 시도가 이루어지고 있다. 저서생물에 의한 유기물 정화 및 이를 이용한 환경개선효과를 검증하기 위해서는 생물에 의해 이루어지는 정량적인 평가에 대한 이해가 필요하다고 하겠으나 이에 대한 연구는 미비한 실정이다. Rice et al. (1986)은 갯지렁이의 섭식에 의해 이루어지는 저질개선효과를 유기물이 섭취되고 배출되는 양적 분석을 통하여 정량화 해서 나타낼 수 있다고 보고하였다. 또한 저질입자특성 및 유기물 함량은 저서생물들의 서식특성 및 먹이활동에 영향을 미치므로 저서환경특성에 따라 개선효과는 서로 상이할 것이며 저서생물에 따라 적정지역을 탐색하여 적용하는 것은 저질개선효율을 증대시키기 위해 매우 중요한 요인이다. 따라서 본 연구에서는 저질 입자특성에 따른 저질의 유기물 분해에 미치는 바위털갯지렁이의 영향을 조사하였으며, 바위털갯지렁이에 의한 유기물 제거능력을 측정함으로써 저질개선에 대한 바위털갯지렁이의 기여에 대해 이해하고자 한다.

Table 1. Distribution of grain size in each sediment type

	S1	S2	S3
Gravel (>2 mm)	91.67	59.46	2.42
Sand (2~0.074 mm)	8.33	40.53	46.23
Mud (<0.074 mm)			
Silt	0.00	0.01	38.31
Clay	0.00	0.00	13.04

(Unit: %)

재료 및 방법

1. 실험재료 및 사육환경

바위털갯지렁이(*M. sanguinea*)는 전남 신안군 압해읍 (주) 블루오션피아 양식장에서 구입하였으며 실험실로 운반한 후 수조에 서 7일 동안 실험환경으로 순치시켰다. 먹이는 바위털갯지렁이 양식장에서 사용하고 있는 새우용 침강사료를 체중당 3% 공급하였으며 사육 수조에 수용하기 2일 전에 절식시켰다. 실험에는 체중 3.94 ± 0.21 g ($n=36$)의 바위털갯지렁이를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 사육 수조 및 환경

바위털갯지렁이에 의한 유기물 제거능력을 판단하기 위해 직경 8 cm, 높이 12 cm의 PVC관 6개를 설치하였으며, 관 속에 5 cm의 자갈을 깔 후 망사를 덮어 4 cm 높이의 퇴적물을 채운 후 바위털갯지렁이를 한 마리씩 투입한 후 10일 동안 사육하였다. 퇴적물은 유기물량을 높이기 위하여 양어사료를 약 7 g씩 인위적으로 넣어준 후 5일 동안 후숙하여 사용하였다. 해수는 저질 높이의 1~2 cm로 유지되게 하였으며, 전체 수량은 4 L로 하였다. 실험에 사용한 퇴적물로 강사질은 바위털갯지렁이 양식장에서 사용하고 있는 것을 채취하였으며 해사질과 니사질은 인근 갯벌에서 채취하였고, 실험실에서 세척 후 건조시켜 사용하였다. 각 퇴적물의 입도특성은 Table 1에 나타내었다. 사육실험은 냉난방조절이 되는 실험실에서 실시하여 실내온도를 일정하게 유지시키는 방법으로 수온을 약 20°C로 유지하였다. 실험기간 동안 사육수의 DO는 5.45 ± 0.01 mg L⁻¹, pH는 8.10 ± 0.02 , 염분은 약 26.3 ± 0.3 psu 범위를 나타내었다. 사육실험은 2번 반복으로 실시하였다.

2) 바위털갯지렁이 분 채취

바위털갯지렁이의 유기물 제거능력을 평가하기 위해, 퇴적에 있는 유기물을 섭취하고 배출한 분이 재퇴적(reworking) 되는 순환을

고려해야 한다고 판단하였다. 따라서 바위털갯지렁이가 배설할 때 굴속에서 몸을 반전시켜 향문이 있는 꼬리 부분을 굴 밖으로 내 보낸 채로 배설을 하는 습성을 가지고 있다는 Imai (1981)의 연구 결과에 따라 퇴적층 표면에 나타나 있는 굴 입구 주위에 배설되어 있는 분을 매일 채취하였다. 채취된 분은 5일씩 모아서 TOC 분석에 사용하였다.

3. 분석항목

저질의 입도는 표준입도분석 방법(한국표준협회, 2002)에 따라 분석하였다. 해수는 AutoAnalyzer (QuAatro, SEAL Analytical®)를 이용하여 암모늄염(NH₄), 아질산염+질산염(NO₂+NO₃), 인산염(PO₄)을 측정하였다. 해수의 총유기탄소함량(TOC; Total Organic Carbon)은 시료에 포함된 부유물질 성분에 의한 오차를 줄이기 위해 유리섬유과지(GF/F filter, 직경 25 mm, Whatman, pore size 0.7 µm)를 이용하여 필터한 후 분석하였으며, 분석 장비는 SHIMADZU사의 TOC analyzer (TOC-L, Shimadzu)를 사용하였다. 저질의 강열 감량(IL; Ignition loss)은 해양환경공정시험법(2010)에 따라 분석하였으며, 저질 및 바위털갯지렁이 분의 TOC는 TOC analyzer (TOC-V, Shimadzu)를 이용하여 분석하였다.

4. 바위털갯지렁이의 유기물 제거능력 산출

바위털갯지렁이의 유기물 제거능력을 정량적으로 평가하기 위해 저질의 유기물 제거 량 및 바위털갯지렁이에 의한 재 퇴적 양과 재 배출 유기물 양을 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{저질의 유기물 제거 량 (ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}) = (T_0 - T_e) / (W \times D)$$

$$\text{바위털갯지렁이에 의한 재 퇴적 양 (mg g}^{-1}\text{d}^{-1}) = F / (W \times D)$$

$$\text{바위털갯지렁이에 의한 재 배출 유기물 양 (ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}) = T_f / (W \times D)$$

(T₀: 초기 TOC (ppm), T_e: 최종 TOC (ppm), T_f: 배출된 분의 TOC 농도(ppm), F: 배출된 분의 양, W: 바위털갯지렁이 무게(g), D: 실험기간(d))

결과 및 고찰

바위털갯지렁이에 의한 수질 및 저질 변화에 대한 결과를 Table 2에, 유기물 제거능력에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. 해수의 아질산염+질산염과 암모늄염 및 인산염 농도는 10일째에 감소하였으며 해수의 TOC도 감소하였다. 저질의 강열 감량 및 TOC는 비슷한 수준으로 제거되었다. 퇴적물 조성 별로 바위털갯지렁이의 유기물 제거효과를 보았을 때 퇴적층에서의 유기물은 입자가 큰 저질일수록 TOC 농도가 크게 감소한 반면, 해수에서의 유기물 제거효과는 입자가 작은 환경일수록 크게 감소하였다. 세립질 입자의 경우 표면적이 조립질 입자보다 넓고 공극률이 낮아서 더 많은 양의 유기물을 흡착하고 보유하게 된다(Mayer, 1994). 본 연구에서는 세 종류의 저질에 인위적으로 양어사료를 혼합하여 5일 동안 후숙한 후 갯지렁이를 투입하였다. 후숙하는 동안 각 저질에서는 미생물 작용에 의하여 유기물이 분해되어 퇴적층 내로 침전하게 되고 퇴적층 내의 유기물은 수층으로 용해된다. 강사질이나 해사질에서는 니사질에 비하여 저질의 공극이 커서 물의 순환이 원활하게 이루어지고 퇴적층의 산화가 촉진되며 퇴적층에서

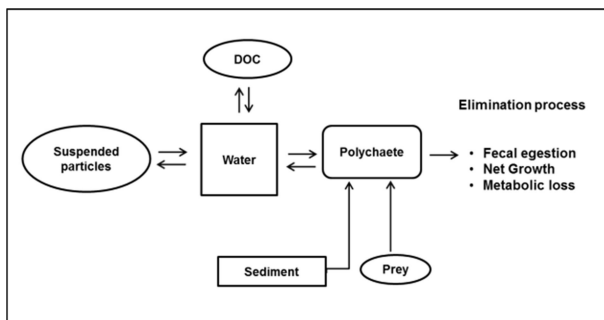
Table 2. The removal rate of environmental parameters in seawater and sediment by rockworm for 10 days

Sediment	Time (day)	Seawater				Sediment	
		NO ₂ +NO ₃ (ppm)	NH ₄ (ppm)	PO ₄ (ppm)	TOC* (ppm)	IL (%)	TOC (ppm)
	0	6.05±1.94	0.98±0.40	0.42±0.04	6.8±0.3	1.01±0.24	367.5±66.4
S1	10	2.04±0.26	0.06±0.01	0.18±0.04	5.5±0.0	0.58±0.09	211.8±44.6
Removal rate (%)		66.34	93.69	56.49	19.96	42.29	42.37
	0	5.19±1.04	1.09±0.16	0.28±0.07	6.0±0.2	0.89±0.19	365.8±87.7
S2	10	1.20±0.43	0.07±0.00	0.17±0.04	5.3±0.0	0.54±0.14	257.5±34.6
Removal rate (%)		76.80	94.02	63.57	11.37	39.44	29.61
	0	4.54±1.84	0.51±0.04	0.18±0.07	3.2±0.0	4.59±0.22	5684.1±432.9
S3	10	0.59±0.03	0.08±0.02	0.06±0.01	2.4±0.2	3.77±0.31	4548.2±605.9
Removal rate (%)		87.10	85.18	65.19	24.52	17.81	19.98

(Mean ± SD)

Table 3. Purification capacity of organic matter by rockworm

	S1	S2	S3
Removal amount of sediment organic matter ($\text{ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$)	3.9856 ± 0.5580	2.8021 ± 1.3739	28.1142 ± 14.4697
Total amount of reworked excretion ($\text{mg g}^{-1}\text{d}^{-1}$)	0.8273 ± 0.1083	0.7258 ± 0.1827	12.0334 ± 1.4163
Organic matter contents of biodeposition ($\text{ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$)	16.0690 ± 0.9598	13.3685 ± 1.5367	11.4573 ± 1.1458

(Mean \pm SD)**Fig. 1.** Schematic illustration of contaminant distribution in the aquatic environment and uptake and elimination of polychaete (modified from Landrum, 1998).

수층으로의 유기물 순환에 의하여 퇴적층에서의 유기물 농도가 상대적으로 낮게 나타나는 반면 니사질에서의 유기물 농도는 상당히 높게 유지된 것으로 보인다. 이러한 환경에서 바위털갯지렁이는 퇴적층 안으로 굴을 파고 들어가 퇴적물을 소비하고 배설하는 과정을 통하여 유기물을 능동적으로 제거시키고 수층의 환경을 개선시키는 역할을 했을 것으로 보인다(Fig. 1). Parandavar and Kim (2014)는 바위털갯지렁이 치충을 이용하여 수질개선효과를 확인하였다. 그들은 바위털갯지렁이 치충(<0.5 g 무게, $2,000$ inds m^{-2}) 이 사육환경에서 발생하는 사료의 찌꺼기나 어류의 분을 먹으면서 수층의 총질소를 48.1%, 암모니아 29.7%, 총인 38.5%를 제거하였으며, 특히 부유물질의 제거율이 78.4%에 이른다고 보고하였다. Giangrande et al. (2005)는 여과식자인 *S. spallanzanii* Gamelin가 유기물 농도가 높은 어류양식장에서 유기물을 제거하는데 중요한 역할을 한다고 보고하였다. *Perinereis helleri*와 *P. nuntia*는 그들이 서식하는 사질에서 입자 표면에 붙어있는 유기물질을 제거하는 효과를 보였으나 장기간에 걸쳐 총 질소나 총 인을 유의하게 감소시키지 못하였다(Palmer, 2010). 바위털갯지렁이 성충도 Parandavar and Kim (2014)의 연구결과에서 나타난 바와 같이 수층의 영양염 제거에 주요한 역할을 한 것으로 보이며, 특히 암모니아의 제거율이 상당히 높게 나타났다.

바위털갯지렁이가 배설한 분의 양 및 TOC 농도의 결과를 통해 유기물 농도가 높은 니사질에서 퇴적물의 섭취량이 높으며 그

결과 분 배설량도 강사질 및 해사질과 비교하여 높게 나타났다. 바위털갯지렁이의 유기물 제거능력은 퇴적층과 바위털갯지렁이의 분 사이의 TOC 농도를 비교 분석하여 산출하였다. 하루 동안 바위털갯지렁이가 제거할 수 있는 유기물 농도는 강사질에서 $3.9856 \text{ ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$, 해사질에서 $2.8021 \text{ ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$, 그리고 니사질에서 $28.1142 \text{ ppm g}^{-1}\text{d}^{-1}$ 로 나타났으나, 재배출되는 유기물의 양으로 환산하면 강사질, 해사질 및 니사질에서 비슷한 수준을 보이고 있다. 바위털갯지렁이가 하루동안 재퇴적시키는 양은 강사질의 경우 $0.8273 \text{ mg g}^{-1}\text{d}^{-1}$, 해사질은 $0.7258 \text{ mg g}^{-1}\text{d}^{-1}$, 니사질에서는 $12.0334 \text{ mg g}^{-1}\text{d}^{-1}$ 으로, 니사질에서는 퇴적물의 섭취에 의해 배설되는 양도 높은 것으로 보인다. Imai (1981)에 의하면 바위털갯지렁이는 섭취량에 비례하여 배설량이 증가하는 경향을 보이며, 체중 3~5 g의 바위털갯지렁이는 1.8~3.7 mg의 섭취량에 대해 0.5~0.76 mg 정도의 분을 배설한다(수온 $12\sim17^\circ\text{C}$). 10일 동안 보인 바위털갯지렁이의 배설량에 있어서 Imai (1981)의 연구와 큰 차이는 보이지 않는 수준이었으며, 실험기간 동안 먹이를 공급하지 않았으므로 바위털갯지렁이는 퇴적물 속의 유기물을 먹이로 섭취하여 배설한 것으로 여겨진다. 바위털갯지렁이는 유생시기에 퇴적물식성을 보이다가 성장함에 따라 육식성으로 전환되기도 하며, 성충 시기에도 환경의 변화에 따라 퇴적물식성을 나타내기도 하는 것으로 알려져 있으며(Prevedelli et al., 2007), 대부분이 퇴적물식성으로 생활하고 있다는 보고도 있다(Imai, 1981). Rice (1986)는 갯지렁이류인 *Scoloplos* spp.이 퇴적물을 섭취하고 배설한 분을 통해 개체당 재퇴적 되는 유기 탄소의 비율을 추정하였으며, 그 결과 갯지렁이 한 마리가 1일 섭취한 퇴적물의 유기물 양은 0.9438 mg d^{-1} 이며, 섭취한 양을 100%로 하였을 때 24% (0.2250 mg)를 흡수하여 2.4% (0.0225 mg)는 성장에 사용되고 나머지는 물질대사 손실이 이루어지며, 나머지 76% (0.7188 mg)는 분으로 배설되어 결과적으로 *Scoloplos* spp.에 의해 하루에 재퇴적 되는 유기물 양은 0.85 mg d^{-1} 로 추정하였다. Kinoshita et al. (2008)은 퇴적물식자인 *Capitella* spp.가 저층의 퇴적층을 표층으로 퇴적층의 상하 교반 및 유기물을 섭취 분해시켜 퇴적층의 TOC 농도를 감소시킨다는 것을 확인하였고, *Capitella*의 유기물 분해율은 하루 10.12 mg m^{-2} 에 이른다고 보고하였다. 본 연구에서는 실험기간 동안 먹이를 공급하지 않았기 때문에 다른 두 저질환경에서보다 니사질에서 분의 배설량이 많았던 것은 이 기간 동안 유기물이 풍부한 니사질에서

바위털갯지렁이의 퇴적물 섭취 정도가 다른 두 저질에서보다 강해졌기 때문으로 여겨진다. Heilskov and Holmer (2001)은 퇴적물 조성에 따라 *Capitella* sp.과 *N. diversicolor*의 신진대사율에 차이가 나며 유기물 분해 수준에 영향을 미친다고 보고하였다. 일반적으로 저서 퇴적물식자들은 유기물 함량이 높은 퇴적층에서의 섭이율이 높으며(Rice et al., 1986), 그 결과 퇴적층에서 유기물의 분해율을 향상시키고, 생물교란작용에 의하여 퇴적층의 산화를 촉진 시킴으로써 퇴적층의 유기물 함량을 크게 감소시킨다(Kinoshita et al., 2008).

갯지렁이류는 수중에서 섭이하기도 하고, 퇴적층 표면이나 안에서 유기물을 포함하는 퇴적물을 섭취하기도 하며 육식성을 가지는 종도 있다. 퇴적물식성의 갯지렁이류는 퇴적층 안에 서식하면서 먹이를 먹을 때 주기적으로 머리를 밖으로 향하게 하고 유기물을 섭취한 후 굴 안으로 들어가기기도 하며, 퇴적층 안에서 먹이활동이 이루어졌다 하더라도 굴 주변으로 배설시킨다. 또한 이러한 활동에 의하여 퇴적층의 입자분포를 조절하고 퇴적물을 상층으로 순환시키며, 퇴적층 안으로의 산소공급에 영향을 주게 되어 퇴적층에서의 유기물 분해에 영향을 미치게 된다(Kinoshita et al., 2008). 바위털갯지렁이도 퇴적층에 1 m 이상 깊이까지 굴을 만들어 서식하며 배설할 때 굴속에서 몸을 반전시켜 항문이 있는 꼬리 부분을 굴 밖으로 내 보낸 채로 배설을 하는 습성을 보인다(Imai, 1981). 바위털갯지렁이의 이러한 습성은 굴속의 밀폐된 공간에서 배설을 할 경우 굴속에 배설물이 쌓여 굴이 막히거나 배설물의 분해로 인한 산소가 부족해지고 암모니아가 발생하는 등의 굴 안에서 일어나는 오염을 방지하기 위한 행동인 것으로 알려져 있다(Kang et al., 1997). 본 연구결과에서 나타난 것처럼 바위털갯지렁이는 굴속에 서식하면서 퇴적층의 유기물을 섭취한 후 성장과 호흡에 필요한 에너지소비와 물질대사활동을 위해 유기물을 흡수하고 나머지 유기물을 분으로 배출한다. 섭이한 퇴적물을 퇴적층으로 재 퇴적시키는 과정을 통하여 퇴적층의 유기물을 제거하고, 굴에서의 서식활동으로 수층 및 퇴적층의 환경을 개선시키는 것으로 여겨진다. 또한 저질 입자특성에 따라 유기물 제거 정도에는 차이를 보이고는 있으나 세 종류의 저질 모두에서 수층 및 퇴적층의 환경이 개선된 결과로부터 다양한 저질에서의 바위털갯지렁이 이용이 가능할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 2016년도 호남씨그랜트센터사업 과제지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Aller RC. 1994. Bioturbation and remineralization of sedimentary organic matter: effects of redox oscillation. *Chem Geol* 114: 331-345.
- Blake JA. 1994. Introduction to the Polychaeta. In: Blake JA and Hilbig B. (eds), *Taxonomic Atlas of the Benthic Fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel*. Santa Barbara, Santa Barbara Museum of Natural History 4: 39-113.
- Belan TA. 2003. Marine environmental quality assessment using polychaete taxocene characteristics in Vancouver harbor. *Mar Env Res* 57: 89-101.
- Cho KI, Ko DG. 2011. A study on industrialization of lugworms in Korea. *J Kor Island* 24: 77-93.
- Clark RB. 1977. Reproduction, speciation and polychaete taxonomy. In: *Essay on Polychaetous annelids in memory of Dr. Olga Hartman*. pp 477-502.
- Giangrande A, Cavallo A, Licciano M, Mola Pierre C, Trianni L. 2005. The utilization of the filter feeder polychaete *Sabella spallanzanii* (Sabellidae) as bioremediator in aquaculture. *Aquac Int* 13: 129-136.
- Heilskov AC, Holmer M. 2001. Effects of benthic fauna on organic matter mineralization in fish-farm sediments - importance of size and abundance. *ICES J Mar Sci* 58: 427-434.
- Imai T. 1981. Feeding and excreting of *Marphysa sanguinea* (Montagu), Annelida Polychaeta. *Bull Kanagawa Pref Fish Exp St* 3: 9-14.
- Ito K, Nozaki M, Kunihiro T, Miura C, Miura T. 2011. Study of sediment cleanup using polychaetes, interdisciplinary studies on environmental chemistry. In: Omori K, Guo X, Yoshie N, Fujii N, Handoh IC, Isobe A, Tanabe S. (eds.), *Marine Environmental Modeling & Analysis*. pp 133-139.
- Kang KH, Lee JH, Yoo SK, Chang YJ. 1997. Sediment preference and burrow shape of the polychaete, *Perinereis aibuhitensis* according to the Laboratory Culture. *J Korean Fish Soc* 30: 634-639.
- Kinoshita K, Tamaki S, Yoshioka M, Srithonguthai S, Kunihiro T, Hama D, Ohwada K, Tsutsumi H. 2008. Bioremediation of organically enriched sediment deposited below fish farms with artificially mass-cultured colonies of a deposit-feeding polychaete *Capitella* sp. I. *Fish Sci* 74: 77-87.
- Korean Agency for Technology and Standards. 2002. Test method for particle size distribution of soils. KSF 2302. pp 14.
- Landrum PF, Fisher SW. 1998. Influence of lipids on the bioaccumulation and trophic transfer of organic contaminants in aquatic organisms. In: Arts M, Wainman B. (eds.), *Lipid in freshwater ecosystems*. Springer-Verlag, New York. pp 203-234.
- Lee WJ. 2002. Development of biological technique for environ-

- mental improvement of the polluted coastal waters. Ministry of Oceans and Fisheries 2003. pp 205-242.
- Mayer LM. 1994. Relationships between mineral surfaces and organic carbon concentrations in soils and sediments. J Chem Geol 114: 347-363.
- MLTM. 2010. Marine environment standard methods. Ministry of land, transport and maritime affairs. pp 495.
- Palmer PJ. 2010. Polychaete-assisted sand filters. Aquaculture 306: 369-377.
- Parandavar H, Kim CH. 2014. Outlet water quality improvement in fish culture by rockworm *Marphysa sanguinea* in the Semi-recirculating system. JMEAST 7: 329-333.
- Prevedelli D, N'Siala GM, Ansaloni I, Simonini R. 2007. Life cycle of *Marphysa sanguinea* (Polychaeta: eunicidae) in the Venice Lagoon (Italy). J Mar Ecol 28: 384-393.
- Rice DL, Bianchi TS, Roper EH. 1986. Experimental studies of sediment reworking and growth of Scoloplos spp. (Orbiniidae: Polychaeta). J Mar Ecol Prog Ser 30: 9-19.
- Volkenborn N, Hedtkamp SIC, Van Beusekom JEE, Reise K. 2007. Effects of bioturbation and bioirrigation by lugworms (*Arenicola marina*) on physical and chemical sediment properties and implication for intertidal habitat succession. Estuar Coast Shelf Sci 74: 331-343.