

서해연안 쪽 및 쪽붙이 서식지 갯벌의 환경특성

최윤석¹, 송재희²

¹국립수산과학원 서해수산연구소, ²국립수산과학원 남동해수산연구소

The Environmental Characteristics and Factors on the Habitat of Mud Shrimp, *Upogebia major* and Ghost Shrimp of the West coast of Korea

Yoon Seok Choi¹ and Jae-Hee Song²

¹West Sea Fisheries Research Institute, NIFS, Incheon, 22383, Korea

²Southeast Sea Fisheries Research Institute, NIFS, Tongyeong 53085, Korea

ABSTRACT

We studied that the environmental characteristics and the factors on the habitat of mud shrimp and ghost shrimp. The mud shrimp, *Upogebia major* and Ghost Shrimp are an abundant intertidal invertebrate of the west coast of Korean bays and estuaries where they live commensally with the cultured manila clam, *Ruditapes philippinarum*. And the geochemical characteristics (Mean grain size, COD, ignition loss, AVS, C/S ratio, C/N ratio and depth profile of sediments) on the burrow wall of the mud shrimp, *Upogebia major* and Ghost Shrimp were determined with those in surrounding non-burrow sediments of tidal flats. And Chlorophyll a content was no significant difference between burrow wall and non-burrow sediments. The C/S ratio showed that survey areas had anoxic or sub-anoxic bottom conditions. These results suggest that fresh organic matter in the burrow wall is supplied from tidal flat surface. Therefore, The Ef and Igeo of the metals proved that habitat characteristics can be classified as heavily to moderately polluted, respectively.

Key words: Environmental parameters, Geochemical characteristics, Mud shrimp *Upogebia major*, Ghost Shrimp, Ef (Enrichment factor), Geoaccumulation index

서 론

하구와 만과 같은 반폐쇄적인 환경의 조간대 특성을 가지고 있는 우리나라 갯벌에 (Ryu *et al.*, 1997, 1998; Ryu, 2003; MLTM, 2008) 서식하는 쪽 (*Upogebia major*) 과 쪽붙이는 대형 갑각류에 속하며 주로 조간대의 상부에 서식한다 (Hong 2013).

쪽과 쪽붙이의 분포는 우리나라 서해안과 남해안, 일본, 중

국 및 러시아에 서식하고 있으며 쪽은 갯벌에 구멍을 파서 Y 자 형태의 판을 내고 그 속에 타원형의 방과 사슬형태의 판을 만들면서 살아가는 특성을 가지고 있다 (Kinoshita, 2002). 그리고 쪽붙이는 내만의 갯벌 조간대의 깨끗한 모래밭에 간조 때에 30-50 cm의 구멍을 파서 서식한다.

쪽은 갯벌표면에 다공성 형태의 구멍을 형성하여 육안으로 쪽 서식지에 대한 확인이 가능하며 서식하는 깊이는 계절에 따라 다르게 분포하는 것으로 알려져 있다 (Miyake, 1982).

쪽의 착저시기에 따른 성장과 서식 깊이에 관련된 연구결과를 보면 4월-10월에 주로 이루어 지는 것으로 조사되었고, 당 년 산 어린 쪽의 서식 깊이는 착저 후 6개월 동안 증가하며 어미 쪽의 연중 서식 깊이는 10-93 cm 으로 보고되었다 (Song *et al.*, 2019).

이러한 쪽의 생태 특성 때문에 갯벌에서 수 많은 구멍을 깊게 만들고 공간점유를 하는 과정에서 서식하는 저서생물들과 먹이 경쟁 등 생태계의 부정적인 면도 있지만, 다공성 구멍을 통한 탄소 및 질소 순환을 시키는 지화학적 생태계 공학자의

Received: March 17, 2022; Revised: March 20, 2022; Accepted: March 30, 2022

Corresponding author: Jae-Hee Song

Tel: +82 (55) 860-7701, e-mail: jhsong0805@korea.kr
1225-3480/24812

This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

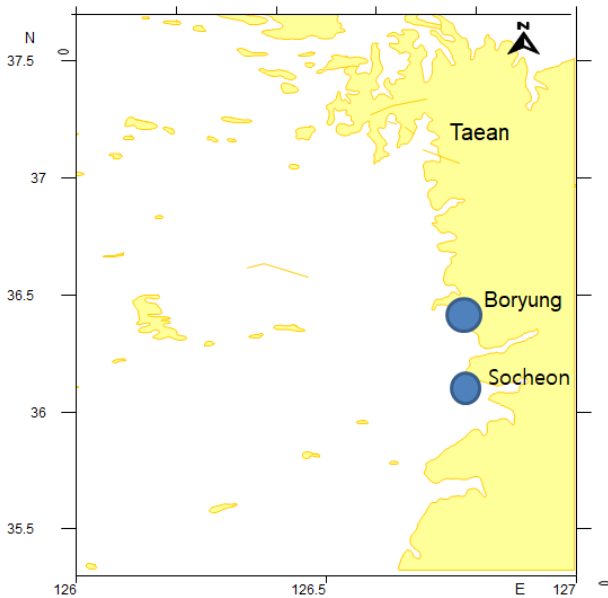


Fig. 1. A map of survey area in the west coast of Korea.

역할도 충분히 하고 있다 (Anthony *et al.*, 2009).

본 연구에서는 쪽과 쪽붙이 서식지의 해수 및 퇴적물 항목을 조사하였고, 서식환경의 갯벌특성에 대한 기초자료 확보 및 분포와 성장에 영향을 미치는 표층 퇴적물의 지역별, 계절별 특성과 오염도를 조사하여 서식지 환경특성을 연구하였다.

재료 및 방법

1. 시료 채취 지역

시료채취 지역은 서해연안 보령지역의 쪽과 서천지역의 쪽붙이가 서식하는 지점으로 해수와 퇴적물의 시료를 채취할 수 있는 조간대의 해역으로 노출 시간 등을 고려하여 조사지점으로 선정하였다.

2. 해수 및 퇴적물 분석

1) 해수 및 표층 퇴적물 항목 분석

2012년 2월부터 10월까지 보령 주교리와 서천에서 갯벌어장의 해수, 퇴적물 시료를 채집하였다 (Fig. 1). 채집된 해수, 퇴적물 시료는 전처리하여 해양환경공정시험기준 (국토해양부, 2010) 을 사용하여 분석하였다. 쪽이 서식하는 갯벌어장의 조사지역에서 해수는 해양환경 공정시험기준 (국토해양부, 2010) 을 사용하여 수온, 염분, pH, DO, SS, COD, Chl-*a*, 및 영양염류 항목을 분석하였다.

갯벌어장의 현장에서 수질측정기를 이용하여 수온, 염분, pH, 용존산소 (DO) 를 측정하였고, SS, COD, Chl-*a*, 영양염류는 해수를 채취하여 실험실에서 분석하였다.

갯벌어장 퇴적물의 시험·조사 규모는 채집한 시료를 입도, 유기물 함량 (Ignition Loss), 함수율 (Water Contents), 화학적산소요구량 (COD) 및 산화발성황화물 (AVS) 과 공극수 (Pore water), 중금속을 분석하였으며, 갯벌어장 퇴적물의 공극수는 자체 제작한 공극수 추출장치를 일정 기간 조사지점의 퇴적물 표층에 삽입하여 공극수를 추출한 후 영양염을 분석하였다.

퇴적물의 입도분석은 채취된 퇴적물 시료 중 일부를 삼각플라스크에 분취하여 10%의 과산화수소수 (H₂O₂) 와 0.1 N의 염산 (HCl) 을 차례로 넣고 유기물과 탄산염을 완전히 제거하였다. 그리고 표준체를 이용한 체질방법과 입도분석기를 사용하여 분석하였고 입도분석 결과는 (Folk, 1968; McBride, 1971) 방법으로 분류하였다.

그리고 표층 퇴적물의 유기물은 화학적산소요구량 (COD), 함수율 (Water Content), 강열감량 (IL), 산화발성산화물 (AVS) 을 해양환경공정시험기준 (국토해양부, 2010) 으로 분석하였다.

2) 표층 퇴적물 중금속 및 무기원소 분석

채집한 표층 퇴적물 시료는 산으로 세척한 폴리에틸렌 병에 채취한 시료를 옮긴 후 급속 냉동하여 보관하였다. 그리고 무기원소 및 중금속 분석을 하기 위한 시료는 동결건조기를 사용하여 건조하였다. 무기원소 분석을 위한 동결건조된 시료는 막자사발을 사용하여 분쇄하였고, X-선 형광분석기 (XRF : Rigaku, Model : Supermini) 로 정량하였다.

중금속의 분석은 동결 건조된 퇴적물 시료를 마이크로파 분해장치를 이용하여 기기회사에서 제공한 최적조건으로 산 분해한 후 유도결합질량분석기 (inductively coupled plasma mass; ICP-MS, Model: Elan 9000, Perkin Elmer Co.) 을 사용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 수질 및 영양염류

조사지역 조간대의 표면해수를 채취하여 수온, 염분, pH, DO는 YSI-556을 사용하여 현장에서 측정하였다. 두 지역의 조사결과 보령지역과 서천지역 갯벌 어장에서 수온, 염분, 및 pH 값은 별다른 차이를 보이지 않았다.

그리고 용존산소량은 쪽이 서식하는 보령지역에서 4.86-9.40 mg/L, 쪽붙이가 서식하는 서천지역에서 4.72-9.83 mg/L을 나타내었다 (Fig. 2).

영양염류 조사결과에서 암모니아성 질소는 보령지역의 대조구와 서천지역 대조구 두 지역 모두 2월에서 5월에 급속히 감소하고 여름철에 일정한 농도를 유지하다가 가을부터 다시 농

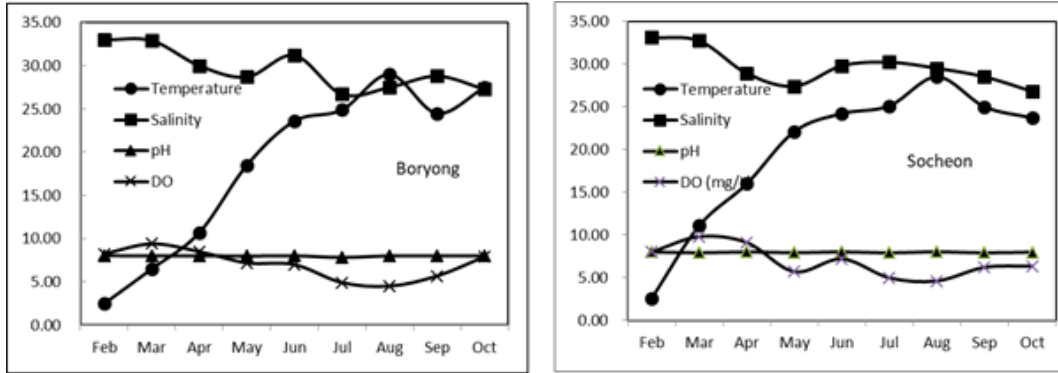


Fig. 2. Monthly changes of the physiochemical parameters.

도가 상승하는 양상을 나타내고 있다. 그리고 보령지역 대조구에서 인산염 인의 농도는 2월부터 6월까지 감소하다가 증가하였으며, 서천지역 대조구에서는 2월에서 6월까지 증가하다가 10월까지 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 농도차이는 쪽과 쪽불이의 착저시기에 따른 영향으로 생각되며, 쪽이 서식하는 굴의 질소와 인의 순환으로 설명된다.

그러나 공극수는 두 지역 모두 암모니아성 질소와 인산염 인의 농도가 계절별로 유의한 경향성을 보였다. 또한 두 지역 대조구와 공극수에서 아질산성 질소와 질산성 질소는 일반적으로 변동성이 작은 경향을 보였다 (Fig. 3). 이러한 용존무기 질소의 농도는 생물이 생존하는데 큰 영향을 받지 않는 범위이며 두 지역에서 유사한 농도를 나타내었다.

한편 규산염은 보령지역의 대조구에서 5월-8월에 증가하지만 공극수에서 감소하는 변화 양상이 현저하게 다르게 나타났고 대조구인 서천 지역에서 유사하게 나타났다 (Fig. 3).

그리고 클로로필 *a* 의 농도는 두 지역 모두 계절별로 유사한 경향성을 보였다.

2. 표층 퇴적물의 지화학적 환경요인 및 입도조성

1) 지화학적 환경요인

서해연안의 쪽과 쪽 불이가 서식하고 있는 두 지역의 갯벌어장은 천해의 바지락 양식장 형성이 되는 지역이며, 바지락과 쪽은 조간대에서 서식환경조건의 변화, 특히 퇴적물 입도에 많은 영향을 받는 생물이다.

두 지역의 표층 퇴적물 함유율을 조사한 결과 차이가 적었으며 (Fig. 4), 화학적산소요구량 (COD) 는 보령에서 실험구 40 cm 이하의 퇴적물에서 월별로 감소하는 경향을 보였다(Fig. 5). 그리고 서천지역에서는 실험구와 대조구 지역의 변화양상은 비슷하며 농도는 계절별로 감소하는 경향성을 보였다.

산화발성화합물 (AVS) 은 보령지역에서 대조구 20 cm 이하와 실험구 40 cm 이하의 퇴적물에서 표층보다 높은 농도를 보이며, 월별로 농도가 증가하는 경향성을 나타냈다 (Fig. 6).

그리고 강열감량 (IL) 은 보령지역에서 실험구 40 cm 이하의 퇴적물에서 6월에서 8월에 높은 농도를 나타내었다 (Fig. 7). 이 농도변화는 쪽의 서식환경에 착저하는 시기에 유기물을 쌓으면서 굴을 파는 것으로 생각된다 (Song *et al.*, 2019). 이 과정에서 바지락과 먹이 경쟁을 하며 서식환경의 변화가 발생한다. 한편 쪽불이가 서식하는 서천지역에서 산화발성화합물 (AVS) 과 강열감량 (IL) 의 농도는 실험구와 대조구의 변화양상이 유사하게 쪽불이가 서식하는 서식지의 굴은 쪽보다 얇은 구멍을 형성하는 것으로 생각된다 (Fig. 7).

2) 입도조성

두 지역의 퇴적물 입도는 8월에 조사하였다. 조사결과를 보면 보령지역에서 쪽이 서식하는 실험구는 깊이에 따라서 실트질사 및 니질사로 구성되어 있으며 대조구는 약역질사로 구성되어 있다 (Table 1)(Jeon *et al.*, 2019). 그러나 쪽불이가 서식하는 서천지역의 실험구는 실트질사로 구성되어 있고 대조구는 역질사로 나타났다 (Table 2). 이러한 쪽 서식지의 입도 변화는 당년산 쪽이 착저한 후 4월-10월 성장하는 동안 서식지의 굴을 파면서 발생하는 것으로 해석된다 (Song *et al.*, 2019).

또한 니질이 함유된 지역을 선호하여 굴을 짓고 은신처를 만들게 되며, 굵은 모래의 사질 지역에서는 굴이 쉽게 붕괴되어 살 수 없게 되는 것을 나타낸다 (Hong, 2013).

3. 표층 퇴적물의 무기원소 함유량 및 C/N 비와 C/S 비

조사지역 퇴적물의 무기원소는 퇴적물 시료를 동결 건조하여 X-ray 형광분광분석기 (Super mini, Rigaku) 를 사용하여 측정하였고, 중금속은 ICP-MS를 사용하여 분석하였다.

쪽 및 쪽불이가 서식하는 조사지역의 퇴적물 무기원소 함유량은 두 지역에서 비슷한 원소 함유량을 나타내었으며 (Table 3), 서해안 지역의 일반적인 농도와 유사성을 나타내었다 (Choi *et al.*, 2014).

서해연안 속 및 속불이 서식지 갯벌의 환경특성

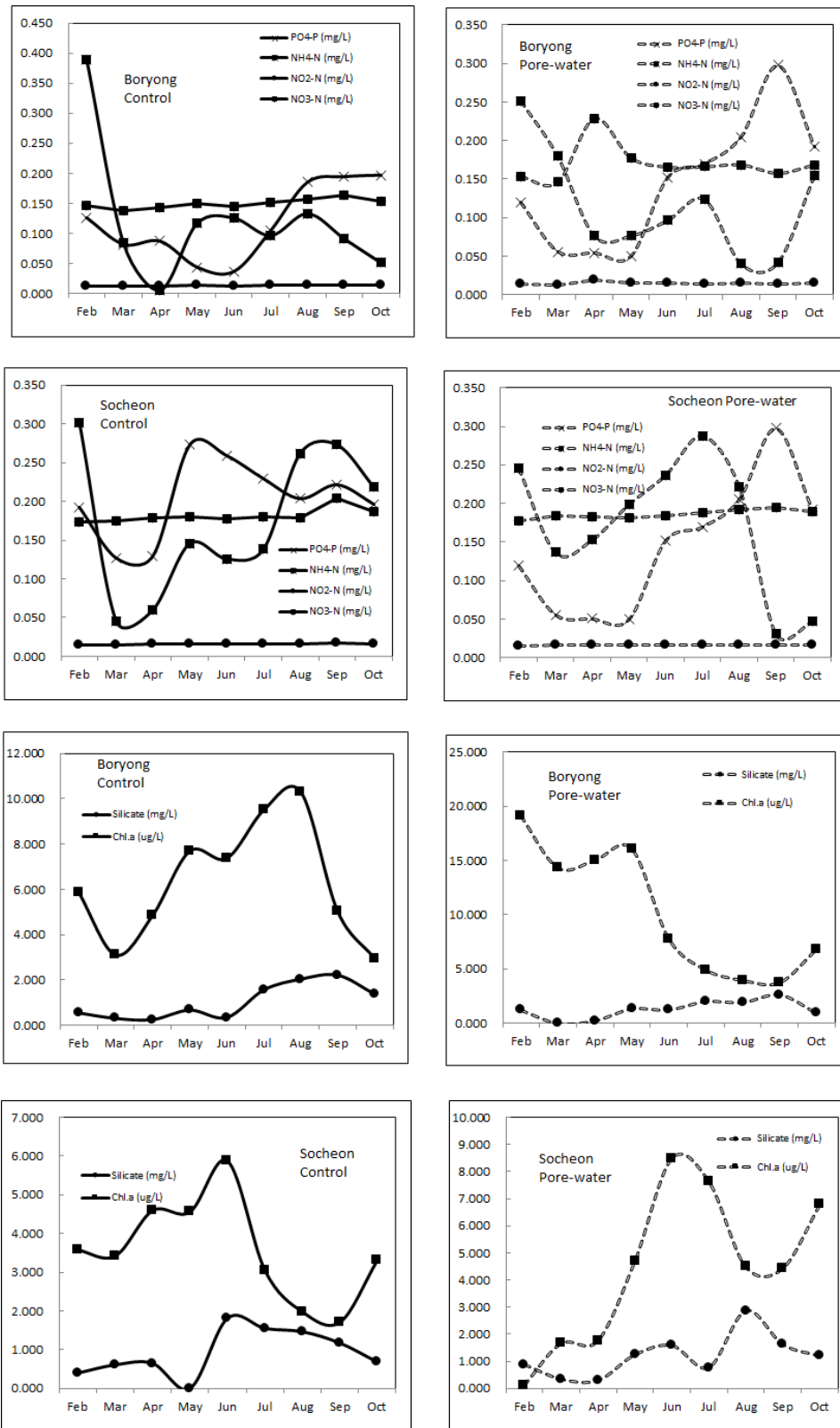


Fig. 3. Monthly changes with the nutrients of habitat at the Boryong and Socheon.

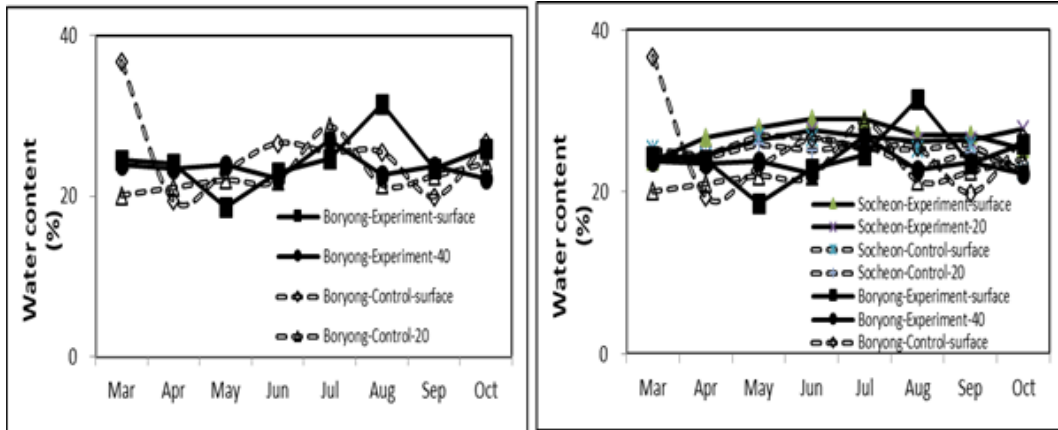


Fig. 4. Monthly changes of the water content in surface sediments.

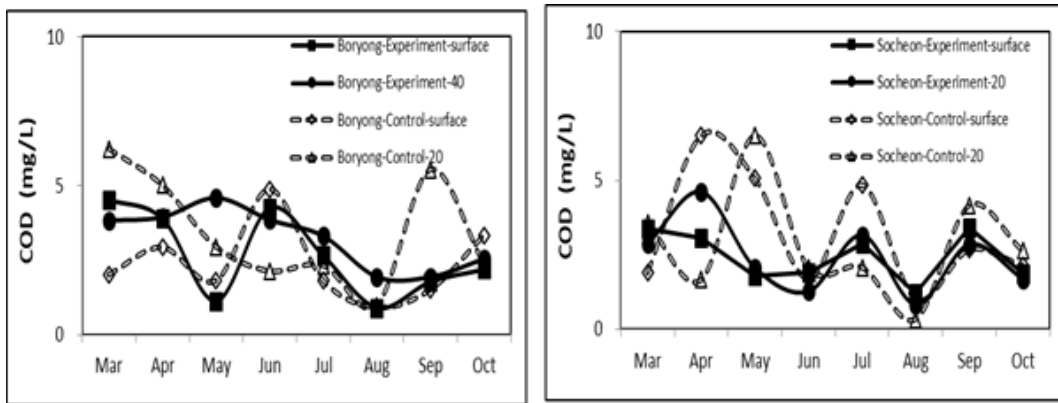


Fig. 5. Monthly changes of the COD in surface sediments.

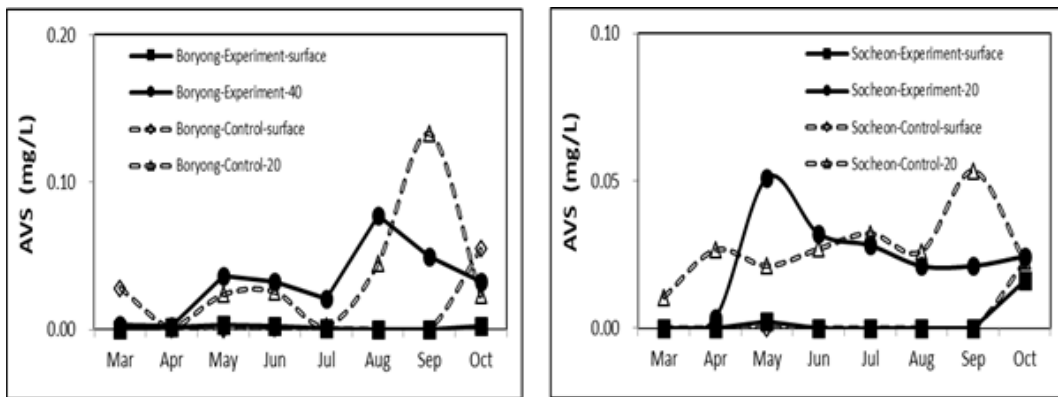


Fig. 6. Monthly changes of the AVS in surface sediments.

유기물 오염과 저서환경은 갯벌에 서식하는 생물의 중요한 환경조건으로 C/N 비와 C/S 비율을 계산하여 검토할 수 있다 (Hwang *et al.*, 2006; Hwang and Kim, 2011). 두 지역의 표층 퇴적물의 C/N 비율의 결과를 보면 쪽 서식지에서 9.05, 쪽불이 서식지에서 7.11을 나타냈다. 쪽과 쪽불이가 서식하는

두 지역이 모두 10 이하의 값을 나타내었고, 이 결과를 보면 해양기원의 유기물에 의한 영향으로 추정되며, 두 지역 모두 5-10 정도의 값으로 현장에서 생성된 해양기원의 유기물이 유입된 것으로 추정할 수 있다 (Table 4). 따라서 두 조사지역은 육지에서 발생한 오염물질 유입으로 인한 저서환경이 악화되지

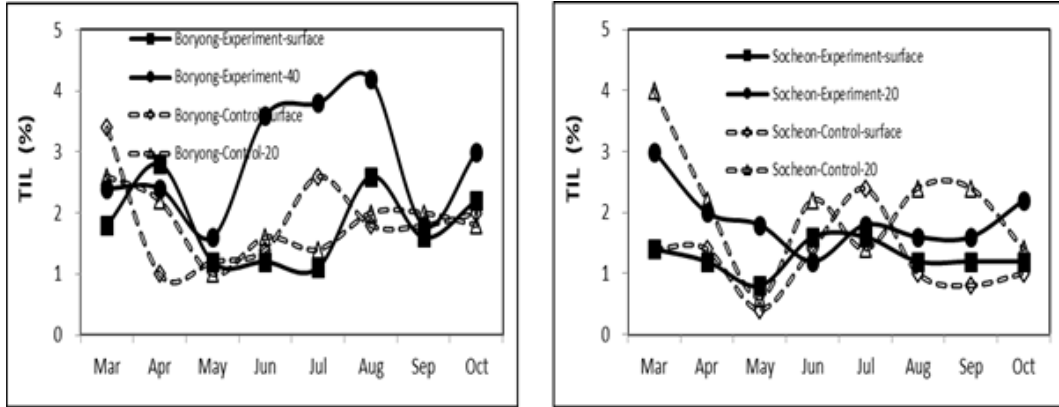


Fig. 7. Monthly changes of the TIL content in surface sediments.

않은 상태이므로 생물이 성장하기에 좋은 환경을 가지고 있다. 그리고 C/S 비율이 2.8 이하가 되면 해양생물이 성장할 수 있는 정상적인 조건을 만족하므로 저서생물이 서식하고 성장하는데 좋은 퇴적환경이다. 두 지역의 저서환경을 평가하기 위하여 계산한 C/S 비율은 썩 서식지에서 1.53으로 조사되었고 썩붙이 서식지에서 1.14의 값을 나타냈다. 두 지역 모두 산화적인 상태 2.8 이하의 (Hyun *et al.*, 2003) 값을 나타내고 있다. 따라서 두 지역은 산화된 저층수의 영향을 받으며 생물교란이 가능한 해양환경이거나 C/S 비가 낮은 지역으로 설명할 수 있다(Choi *et al.*, 2019).

4. 표층 퇴적물의 금속원소 함유량 및 저서환경 오염평가

퇴적물 입자와 금속원소 및 유기물 함량은 매우 높은 상관관계를 가지고 있으므로 (Cho *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2005), 표층퇴적물과 저서환경에 대한 오염정도를 평가하기 위해서 (Hyun *et al.*, 2003) 일반적으로 부화지수 Enrichment Factor (EF), 농집지수 Geoaccumulation index (Igeo) 의 방법을 사용한다. 즉 퇴적물 내 금속원소의 농도를 오염되지 않은 지역의 자연상태에 존재하는 금속농도 (Lim *et al.*, 2007) 와 비교하는 방법을 주로 사용한다.

퇴적물의 오염수준은 금속원소의 부화지수를 이용하여 평가

Table 1. The mean grain size (MZ) of surface sediments in the surveying sites (Boryeong)

Sample number	Textures(%)				Sediment type (Folk, 1968)	Statistical parameters			
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Mean (phi)	Sort (phi)	Skew	Kurt
Boryeong (Experiment)	0.00	51.41	43.15	5.44	zS	3.91	1.93	0.10	1.45
10 cm	2.43	72.75	18.89	5.93	mS	2.59	2.39	0.29	1.24
20 cm	1.24	74.61	17.80	6.36	mS	2.63	2.37	0.34	1.29
30 cm	0.38	71.58	21.75	6.29	mS	2.89	2.45	0.35	1.26
40 cm	0.16	63.87	29.72	6.25	zS	3.15	2.27	0.13	1.15
50 cm	1.08	85.10	9.15	4.66	mS	2.36	1.81	0.24	1.42
Boryeong (Control)	1.00	90.51	5.12	3.37	gS	1.74	1.42	0.21	1.74
10 cm	0.24	78.43	14.35	6.98	gS	1.85	1.37	0.02	1.33
20 cm	0.00	96.75	1.31	1.94	mS	2.81	2.21	0.45	1.80
MIN	0.00	51.41	1.31	1.94		1.74	1.37	0.02	1.15
MAX	2.43	96.75	43.15	6.98		3.91	2.45	0.45	1.80
AVG	0.73	76.11	17.92	5.25		2.66	2.02	0.24	1.41

Table 2. The mean grain size (MZ) of surface sediments in the surveying sites (Socheon)

Sample number	Textures(%)				Sediment type (Folk, 1968)	Statistical parameters			
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Mean (phi)	Sort (phi)	Skew	Kurt
Socheon (Experiment)	2.20	69.82	18.46	9.52	zS	3.08	2.70	0.40	1.31
10 cm	0.23	72.85	18.36	8.56	zS	3.05	2.53	0.43	1.36
20 cm	0.46	68.63	20.12	10.78	zS	3.41	2.73	0.45	1.19
30 cm	0.15	66.48	22.09	11.28	zS	3.60	2.73	0.48	1.23
40 cm	0.53	70.88	22.87	5.72	zS	3.06	2.38	0.40	1.22
50 cm	0.15	67.31	22.05	10.49	zS	3.31	2.43	0.44	1.36
Socheon (Control)	1.36	91.51	4.08	3.05	gS	1.74	1.31	0.17	1.61
10 cm	1.64	89.24	5.22	3.89	gS	1.90	1.48	0.12	1.88
20 cm	0.44	81.15	17.47	0.94	mS	2.34	1.87	0.38	1.71
MIN	0.15	66.48	4.08	0.94		1.74	1.31	0.12	1.19
MAX	2.20	91.51	22.87	11.28		3.60	2.73	0.48	1.88
AVG	0.80	75.32	16.75	7.14		2.83	2.24	0.36	1.43

Table 3. The content of inorganic elements of surface sediments

St.	Inorganic elements concentration (mass %)									
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti
Boryong Experiment	0.0008	0.0082	1.70	40.1	0.0216	0.0010	51.11	0.402	6.63	0.0030
Socheon Experiment	0.0009	0.0074	1.65	46.9	0.0394	0.0013	46.50	0.376	5.55	0.0019

Table 4. The result of C/N and C/S ratio in the surface sediments

Location	Contents of organic matter	C/N ratio of organic matter	C/S ratio of organic matter
Boryong Experiment	7.20	9.05	1.53
Socheon Experiment	4.95	7.11	1.14

할 수 있다 (Hwang *et al.*, 2006). 부화지수 (EF) 는 다음 식을 사용하여 계산한다.

$$\text{Enrichment Factor (EF)} = \frac{(\text{Me/Al})_{\text{observed}}}{(\text{Me/Al})_{\text{crust}}}$$

* EF : Enrichment Factor

조사지역의 표층퇴적물 중 원소의 평균 부화지수 (EF) 값이 0.70-3.49 범위로 1.0 이상 값을 나타내는 지역이 조사되었다 (Table 5).

부화지수 (EF) 값이 1 에 근접하면 외부 오염이 되지 않은 자연적인 지역을 의미하며, 1 보다 클 경우는 유입된 물질이 퇴적물에 농축되어 있음을 의미한다.

그러나 보령 쪽 서식지의 해역은 오염된 물질이 직접 유입되

Table 5. Ratio of metallic elements to Al in the surface sediment at Boryong Experiment and Socheon Experiment in the west coast of Korea and in earth crust with the Taylor and McLennan

	Metal/ Al	Metals/Al x 1000								
	Fe/Al	Mn/Al	Zn/Al	Pb/Al	Cu/Al	Cr/Al	Ni/Al	As/Al	Cd/Al	Hg/Al
Earth's crust	0.44	6.52	0.76	0.30	0.29	0.40	0.20	0.01	0.010	0.010
Boryong Experiment*	0.70	1.84	1.65	1.49	2.01	1.72	1.60	3.04	3.49	2.60
Socheon Experiment*	0.89	1.30	1.40	1.18	1.16	1.35	1.25	2.92	2.79	1.41

* EF : Enrichment Factor

Table 6. Classification of geoaccumulation index (Müller, 1979) and the number of Igeo class for the concentrations of metallic elements in intertidal surface sediment Boryong Experiment and Socheon Experiment in the west coast of Korea

Location	Igeo								
	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Mn	As	Hg	
Boryong Experiment	0.89	0.58	0.68	1.53	0.73	0.72	1.39	1.09	
Socheon Experiment	0.49	0.52	0.53	1.31	0.55	0.51	1.10	0.65	

어 영향을 미치는 강이나 하천 외에 산업단지가 형성되어 있지 않기에 유해물질의 직접적인 유입 가능성은 비교적 적다. 그러나 유기물의 축적으로 인하여 유기물 분해가 활발하게 작용하게 되면 공극수 수층에 영향을 미치고, 혐기성 환경으로 인하여 금속황화물 형성이 되어 금속의 생체 내에 축적현상이 발생할 수 있다. 이러한 요인으로 패류 및 저서생물의 성장에 저해되는 요인이 발생할 수 있다 (Song *et al.*, 2011).

5. 금속원소의 농집지수와 오염수준

Müller (1979) 가 제시한 방법인 농집지수는 다음의 식을 이용하여 계산한다.

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{B_n \times 1.5}$$

여기서 C_n은 연구지역 내 분석된 금속원소의 농도이며, B_n은 금속원소의 바탕농도 (background of reference) 를 나타낸다 (Taylor and McLennan 1995). 일반적으로 금속원소의 바탕농도는 지각물질의 금속원소의 평균농도 또는 셰일의 농도를 사용하며 해당 연구지역에서 가장 낮은 농도를 사용하여 계산하기도 한다 (Hyun *et al.* 2003, Hwang and Kim. 2011). 썩 서식지와 썩붙이 서식지에서 조사한 표층 퇴적물의 농집지

수 (Igeo) 는 0.49-1.53의 값으로 Table 6에 나타내었다.

농집지수 (Igeo) 의 결과는 Igeo class의 값이 1 수준으로 썩 서식지가 썩붙이 서식지 보다 약간 오염되었거나 오염되지 않은 수준 (practically unpolluted / moderately polluted) 으로 나타났다.

요 약

썩과 썩붙이가 서식하는 갯벌 어장에서 조사 정점의 수온, 염분, 용존산소 및 pH는 별다른 차이를 보이지 않았다. 그리고 용존산소량은 썩이 서식하는 보령지역에서 4.86-9.40 mg/L, 서천지역에서 4.72-9.83 mg/L을 나타내었다.

갯벌어장 표층해수와 공극수의 영양염류는 질소와 인의 농도가 시기별 차이점을 보여 썩과 썩붙이의 서식지에 착저하는 계절별 영향이 있는 것으로 해석할 수 있다.

규산염은 보령지역의 대조구에서 5월-8월에 증가하지만 공극수에서 감소하는 변화 양상이 현저하게 다르게 나타났고 대조구인 서천 지역에서 유사하게 나타났다. 그리고 클로로필 a 의 농도는 두 지역 모두 계절별로 유사한 경향성을 보였다.

퇴적물 COD는 썩이 서식하는 지역은 평균 1.41-9.84 mg/g-dry, 썩붙이가 서식하는 지역은 평균 0.28-10.35 mg/g-dry.로 유사하게 나타났으며 유기물 오염 농도 수준 이

하였다.

퇴적물 입도는 쪽 서식지의 깊이에 따라서 실트질사 및 니질사로 구성되어 있으며 대조구는 약역질사로 구성되어 있다. 그러나 쪽붙이가 서식하는 서천지역의 실험구는 실트질사로 구성되어 있고 대조구는 역질사로 나타났다.

퇴적물 무기원소 함유량은 두 지역이 비슷한 원소 함유량을 나타내었다.

퇴적물의 C/N 비는 쪽과 쪽붙이가 서식하는 두 지역에서 10 이하의 값을 나타내어 외부에 의한 오염보다는 해양에서 기원되는 유기물에 의한 것으로 조사되었으며 C/S 비는 두 지역에서 2.8 이하로 정상적인 해양환경으로 조사되었다.

퇴적물의 미량금속 농도는 고시된 기준 (해양수산부, 2013) 보다 낮은 수준이며, 중금속에 대한 농축비 (Ef) 는 두 지역에서 1 보다 크게 나타나 유기물 분해에 의한 중금속 유입 또는 금속 황화물 형성과 관련된 축적현상으로 퇴적물에 농축되어 있음을 의미한다.

농집지수 (Igeo) 의 결과는 Igeo class의 값이 1 수준으로 약간 오염되었거나 오염되지 않은 수준 (practically unpolluted / moderately polluted) 으로 나타났다.

사 사

본 연구는 2022년도 국립수산물품질관리원 수산시험연구사업 (R202236) 의 지원으로 수행된 연구임.

REFERENCES

- Anthony F. D. A and Theodore H. D. (2009) Geochemical ecosystem engineering by the mud shrimp *Upogebia pugettensis* (Crustacea: Thalassinidae) in Yaquina Bay, Oregon: Density-dependent effects on organic matter remineralization and nutrient cycling. *Limnol Oceanogr.*, **54**(6): 1911-1932.
- Cho, Y.G., Ryu, S.O., Khu, Y.K. and Kim, J.Y. (2001) Geochemical composition of surface sediments from the Saemangeum tidal flat, west coast of Korea. 「The Sea」. *J. Korean. Soc. Ocean.*, **6**(1): 27-34.
- Choi YS, Song JH, Yoon SP, An KO and Park KJ. (2014) The environmental characteristics and factors in the cultured manila clam (*Ruditapes philippinarum*) at Hwangdo and Jeongsanpo of Taean in the west coast of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **30**(2): 117-126.
- Choi YS, Jeon SR, Choi YH and Cho YS. (2019) The environmental characteristics and factors on the cultured clam (*Ruditapes philippinarum*) at Gomso and Geunso bay in the west coast of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **35**(1): 33-44.
- Folk, R.L., (1954) The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rocks. *Journal of Geology*, **62**: 344-359.
- Folk RL and Ward WC. (1957) Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters, *J. Sed. Petol.*, **27**: 3-26.
- Folk RL. (1968) Petrology of sedimentary rock, Hemphill Publishing Co., Austin TX, U.S.A., pp. 170.
- Hong JS. (2013) Biology of the Mud Shrimp *Upogebia major* (de Haan, 1841), with particular reference to pest management for shrimp control in Manila clam bed in the West Coast of Korea. *Ocean Polar Res.*, **35**: 323-349. <https://doi.org/10.4217/OPR.2013.35.4.323>.
- Hyun SM, Lee TH, Choi JS, Choi DL and Woo HJ. (2003) Geochemical characteristics and heavy metal pollutions in the surface sediments of Gwangyang and Yeosu bay, south coast of Korea. 「The Sea」. *J. Korean. Soc. Ocean.*, **8**(4), 380-391.
- Hwang DW and Kim SG. (2011) Evaluation of Heavy Metal Contamination in Intertidal Surface Sediments of Coastal Islands in the Western Part of Jeollanam Province Using Geochemical Assessment Techniques. *Korean J. Fish Aquat. Sci.*, **44**(6): 772-784.
- Hwang DW, Jin HG, Kim SS, Kim JD, Park JS and Kim SG. (2006) Distribution of organic matters and metallic elements in the surface of Masan harbor, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, **39**(2): 106-117.
- Jeon SR, SJ Hong, Choi YH, Cho YS and Song JH. (2019) Comparison of sedimentary environmental characteristics of tidal flats on the west coast of Korea depending on habitation of mud shrimp *Upogebia major*. *Korean J. Fish Aquat. Sci.*, **52**(6): 656-665.
- Kim, S.K., Lee, M.K., Ahn, J.H., Kang, S.W. and Jeon, S.H. (2005) The effects of mean grain size and organic matter contents in sediments on the nutrients and heavy metals concentrations. *J. Korean Soc. of Environ. Eng.*, **27**(9): 923-931.
- Kinoshita K. (2002) Burrow structure of the mud shrimp *Upogebia major* (Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae). *J. Crust. Biol.*, **22**: 474-480. <https://doi.org/10.1163/20021975-99990255>.
- Lim, D.I., Choi, J.Y., Choi, H.W. and Kim, Y.O. (2007) Natural background level analysis of heavy metal concentration Korean coastal sediments. *Ocean and Polar Research*, **29**(4): 379-389.
- Miyake S, (1982) Illustrated Encyclopedia of Japanese Macro-Crustaceans (I). Hoikusha Publishing Company, Osaka, Ja-pan, 261.
- Müller G. (1979) Schwenetalle in den sedimenten des Rheins-Verderygen Seit. *Umschau*, **24**: 778-783.
- MLTM. (2008) The investigation of coastal wetland ecosystem. MLTM Report, TR-2008-ME-009, 382.
- Ryu SO, You HS and Chun SS. (1997) Distribution pattern and Characteristics of the surface sediments in Hampyong Bay, the southwestern coast of Korea. *J. Kor. Earth Sci. Soc.*, **18**: 367-378.
- Ryu SO, You HS, Kim MJ and Moon BC. (1998) Sedimentary environments of Hampyong Bay, the southwestern coast of Korea. *J. Kor. Earth Sci. Soc.*,

19: 343-353.

- Ryu SO. (2003) Seasonal variation of sedimentary processes in a semi-closed bay: Hampyong Bay, South Korea. *Est. Coast. Shelf Sci.*, **56**: 481-492.
- Song JH, Ahn HM, Jeong SO and Kang HO. (2019) Growth of two shrimps (*Upogebia major* and *Austino gebia wuhsienweni*) settled in Boryeong and Hongseong tidal flat. *Korean J. Environ Biology*, **37**(2): 217-227.
- Song, Y.H., Choi, M.S. and Ahn, Y.W. (2011) Trace metals in Chun-su Bay sediments. 「The Sea」. *J. Korean. Soc. Ocean.*, **16**(4): 169-179.
- Taylor SR and McLennan SM. (1995) The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophys*, **33**: 241-265.