BSPN68480-12596-3

2021.02.28.

강화유참갯지렁이 (*Hediste diadroma*)의 개체군 생태 및 해양퇴적물 중금속 오염 시험 생물 활용성 연구

www.kiost.ac.kr

Study on the population ecology of *Hediste diadroma* and its utility as a bio-indicator of heavy metals in marine sediment

KIOST 한국해양과학기술원

신진연구 최종보고서

① 부처사업명(대)	기초연구사업	보안등급(보안, 일반)	일반
② 사 업 명(중)	신진연구	공개가능여부(공개, 비공개)	공개
③ 세부사업명(소)	신진연구		
④ 과제성격(기초, 응용, 개발)	기초	④-1 실용화 대상여부(실용화, 비실용화)	비실용화

⑤ 연구개발과제명	국 문	강회유참갯지렁이 (*Hediste diadroma*)의 개체군생태 및 해양퇴적물 중금속 오염 시험생물 활용성 연구
	영 문	Study on the population ecology of *Hediste diadroma* and its utility as a bio-indicator of heavy metals in marine sediment
⑥ 주관연구개발기관	한국해양과학기술원	

⑦ 연구책임자	성 명	서진영	직급(직위)	무기계약직 전문연구원
	소속부서	위해성분석연구센터	전 공	해양학

⑧ 연구개발비 및 참여연구원수 (**단위: 천원**, M·Y)

연 도	정부지원 연구개발비 (A)	기업체부담금			정부외 출연금 (B)	상대국 부담금 (F)	합계 G=(A+B+E)	참여 연구원수
		현금 (C)	현물 (D)	소계 E=(C+D)				
1년차	50,000			0			50,000	3
2년차	50,000			0			50,000	3
3년차	50,000			0			50,000	2
4년차				0			0	
5년차				0			0	
합계	150,000	0	0	0	0	0	150,000	8

⑨ 총연구개발기간	2018. 03. 01 ~ 2021. 02. 28 (36개월)

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021 년 03 월 31 일

연구책임자 : 서진영

주관연구개발기관의 장 : 김웅서

과학기술정보통신부장관 귀하

※ 전자접수이므로 연구책임자 및 주관연구개발기관의 장 서명(인, 직인)은 생략

〈 연구결과 요약문 〉

연구개요	○ 본 연구는 유럽에서는 이미 bio-monitoring program에 폭넓게 이용되고 있는 *Hediste* 종에 대한 분류 및 개체군 연구를 수행하여, 국내에 서식하는 *Hediste* 종을 대상으로 bio-indicator 개발을 목적으로 수행되었음. ○ 강참갯지렁이 (*Hediste*) 속은 해수부터 기수역까지 폭넓게 서식하고 있으며, 갑각류, 어류와 새 등의 먹이원으로 중요한 위치를 차지하고 있음. 또한 실험실에서 쉽게 사육가능하며, 낚시 미끼 등 경제적인 측면에서도 활용도가 높아 유럽지역을 중심으로 생물학적 연구와 생태학적 기초 연구가 많이 진행되었음. ○ 국내 서식종인 *Hediste diadroma*가 bioindicator로써 개발 가능한 생물인지를 확인하기 위해, 가입, 성장과 관련된 개체군 동태를 살펴보고, 실험실 내 사육 후 중금속에 대한 독성시험을 수행하고자 함.
연구 목표대비 연구결과	○ 연구목표 - 마산만 하구 갯벌에 서식하고 있는 것으로 알려진 강참갯지렁이속 (*Hediste*)에 대해 형태학적, 유전학적 분석을 통해 분류학적 연구를 수행하고, 재생산 및 치충 가입기 추정을 위한 개체군 연구를 수행 - 국내 서식종인 *H. diadroma*가 bio-indicator로써 개발 가능한 생물인지를 확인하기 위해, 현장 퇴적물 내 중금속 농도 측정하고, 실험실에서 사육 후 중금속에 대한 독성시험을 수행하여 퇴적물 독성시험에 적합한 시험생물 개발을 목표로 함. ○ 연구결과 - 마산만에 서식하는 *H.diadroma*는 6~7월에 치충이 가입되는 것으로 확인되었고, 9월까지 치충의 가입은 계속되었음. - *H. diadroma*의 성장은 4월부터 시작되었으며, 7월까지 최대 성장을 보였음 - 봉암갯벌 퇴적물 내 중금속 함량은 Cu와 Zn이 해양환경기준을 초과하여 나타났음 - Cu와 Zn에 대한 노출실험을 수행한 결과, Cu보다는 Zn에 더욱 민감한 것으로 나타났음 - 중금속에 대한 민감도 차이를 보여 퇴적물 독성시험의 시험생물로 이용가능 할 것으로 판단됨
연구발성과의 활용 계획 및 기대효과 (연구개발결과의 중요성)	○ 다모류는 국내 연안 및 해양 퇴적물 내 가장 높은 비중을 차지하고 있는 분류군임에도 불구하고 현재 국내에서는 시험생물로 규정되어 있지 않음. 참갯지렁이류에 속하는 *Hediste* 종에 대한 개체군 연구의 수행으로 *Hediste* 종에 대한 생태학적 기초 정보 제공은 물론, 실내 사육에 필요한 사육 및 서식지 적합 환경 조건 파악이 가능 할 것으로 판단됨 ○ 퇴적물 독성실험에 필요한 실험생물로의 개발이 가능할 것으로 기대됨

중심어	국문	강참갯지렁이	개체군 변동	생물지표	봉암갯벌	마산만
	영문	*Hediste*	Population dynamics	Bio-indicator	Bongam-tidal flat	Masan Bay

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용 ····· 2
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 ····· 3
4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도 ····· 10
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 ····· 10
6. 참고문헌 ····· 11

<붙임1 세부 정량적 연구개발성과> ····· 12
<붙임2 연구책임자 대표적 연구실적 및 증빙(요약문 및 사본)> ····· 13
<붙임3 연구개발성과 활용계획서> ····· 17

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구의 목적

봉암갯벌은 마산만 하구역에 위치한 갯벌로 면적은 약 20만m^2, 퇴적상은 사질인 마산만 유일의 자연 갯벌이다. 마산만은 국내 연안역 중에서도 중금속, 유기물에 의한 오염이 심한 곳으로 매년 반복적으로 하계 부영양화로 인한 적조현상, 빈산소수괴 형성 등 오염현상이 현재까지도 지속적으로 나타나는 곳이다. 마산만은 1980-90년대 후반 수질 개선을 위한 해양 준설, 오염총량제 등이 수행되어 연안 정화를 위해 노력하고 있으며, 봉암갯벌 역시 2011년 습지보호구역으로 지정되어 관리되고 있으나 그 효과는 미비한 실정이다.

봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물에 대한 연구는 2000년 초에 처음으로 보고되었다. 2000년대 초에 수행된 연구 결과에 의하면 봉암갯벌에서는 오염지시종 (유기물 부하량이 높은 해역에서 균형종이 사라진 곳에 단기간에 일시적으로 서식밀도가 대량으로 증가하는 특성을 보이는 종)에 속하는 다모류 *Capitella* sp., *Polydora ligni* 등이 출현하였다. 2016년 보고된 결과에서는 이러한 오염지시종의 출현은 없었고, 2015년 이후부터 강참갯지렁이속 (*Hediste*)에 속하는 강회유참갯지렁이 (*Hediste diadroma*)가 우점 출현하는 것으로 보고되었다.

*Hediste*속에 속하는 종은 유럽 및 북미 대서양 연안에 주로 분포하는 것으로 알려진 *H. diversicolor*, 북미 태평양 연안에 서식하는 것으로 알려진 *H. limnicola*, 그리고 동아시아 지역에 분포하는 것으로 알려진 *H. japonica, H. diadroma, H. atoka* 등이 있다. *H. diversicolor*는 해수부터 기수역까지 폭넓게 서식하고 있으며, 갑각류, 어류와 새 등의 먹이원으로 중요한 위치를 차지하고 있다. 또한 실험실에서 쉽게 사육가능하며, 낚시 미끼 등 경제적인 측면에서도 활용도가 높아 유럽지역을 중심으로 생물학적 연구와 생태학적 기초 연구가 많이 진행되었다. 따라서 *H. diversicolor*는 bio-indicator로서 현장에서의 bio-monitoring program에 폭넓게 이용되고 있다. 국내에서는 *H. japonica*의 분포 및 개체군 특성에 대한 연구가 일부 수행되었고, 봉암갯벌에 서식하는 *H. diadroma*에 대한 1년간의 개체군 및 2차생산량에 대한 연구가 일부 수행되었으나, 여전히 *Hediste* 속에 대한 연구는 미비한 실정이다. *H. japonica*는 형태학적으로 두 종과 쉽게 구분되는 반면, *H. diadroma*와 *H. atoka*는 어린 개체일 경우 형태적으로 구분이 쉽지 않다.

따라서 본 연구에서는 마산만 하구 갯벌에 서식하고 있는 것으로 알려진 강참갯지렁이속 (*Hediste*)에 속하는 ***H. diadroma*에 대해 형태학적, 유전학적 분석을 통해 분류학적 연구를 수행하고, 재생산 및 2차 생산량 추정을 위한 개체군 연구**를 수행하였다. *Hediste*속은 표층퇴적물식자로 퇴적물 내 독성평가에 유용한 생물군이다. 동일 속에 속하는 *H. diversicolor*는 실험실 내 사육이 용이하다고 보고하였다. 따라서 **국내 서식종인 *H. diadroma*가 bio-indicator로써 개발 가능한 생물인지를 확인하기 위해, 현장 퇴적물 내 중금속 함량을 측정하고, 실험실 내 사육 후 중금속에 대한 독성시험을 수행하여 퇴적물 독성시험에 적합한 시험생물 개발을 목표**로 하였다.

2) 연구의 필요성

동아시아 지역에 서식하는 것으로 알려진 강참갯지렁이 속에 속하는 종은 *Hediste diadroma, H. japonica, H. atoka* 3종이다. *H. japonica*는 순천만에 서식하는 것으로 알려져 있고, *H. diadroma*는 마산만에 서식하는 것으로 알려져 있다. *H. japonica*와 다른 두 종은 형태적으로 구분이 용이하나, *H. diadroma*와 *H. atoka*는 형태적으로 구분이 어렵기 때문에 마산만에 서식하는 종의 정확한 구분을 위해서는 유전자 분석이 요구된다. 또한 시험생물로 개발을 위해서는 종에 대한 생리생태학적 정보 확보가 필수적이다. 그러나 *H. diadroma* 종에 대한 연구는 국내에서 전무한 실정이다. 따라서 산란, 가입, 재생산에 대한 기초적인 정보 획득이 필요하다. 또한 본 종들에 대한 독성물질에 대한 민감도는 알려진 바가 없기 때문에 유럽에서 독성실험에 많이 이용되고 있는 종들과 국내 서식종 간의 차이를 알 수는

없는 실정이다.

유해물질 / 유해 환경에 대한 저서생태계 반응을 평가하기 위해 Sediment quality triad 방법을 사용한다. 저서생물에 미치는 영향을 파악하기 위해 영양을 주는 주요 오염물질을 파악하고, 그곳에 서식하고 있는 저서생물의 군집구조 및 생활사를 파악하고, 생물독성 실험을 통해 종합적으로 저서생물에 미치는 영향을 파악하는 방법이다. 본 연구에서도 마산만 하구 봉암갯벌에 서식하고 있는 *Hediste* 종에 대한 개체군 연구, 퇴적물 내 중금속 농도 파악, 퇴적물 독성실험 등을 통해 저서생물 특히 *Hediste* 종에 미치는 영향에 대해 파악해 보고자 하였다. 아울러 이 종을 이용한 퇴적물 중금속 오염에 대한 생물독성을 평가하는 시험종으로 활용이 가능한지 대해서 평가하고자 하였다.

3) 최종목표

본 연구에서는 마산만 하구 갯벌에 서식하고 있는 것으로 알려진 강참갯지렁이속에 속하는 *Hediste diadroma*에 대해 형태학적, 유전학적 분석을 통해 분류학적 연구를 수행하고, 재생산 및 2차 생산량 추정을 위한 개체군 연구를 수행하고자 한다. 국내 서식종인 *Hediste* 속이 bioindicator로써 개발 가능한 생물인지를 확인하기 위해, 현장 채집 샘플에 대한 체내 축적된 중금속 농도 측정하고, 실험실 내 사육 후 중금속에 대한 독성시험을 수행하여 퇴적물 독성시험에 적합한 시험생물 개발을 목표로 하였다.

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

1) 연차별 연구 목표

가. 1차년도 연구목표

○ 봉암갯벌에 서식하는 *Hediste* 속의 형태학적, 유전학적 분석을 통한 정확한 종 분류

○ *Hediste* 속에 대한 개체군 연구

나. 2차년도 연구목표

○ 봉암갯벌에 서식하는 *Hediste* 속에 대한 개체군 연구

○ *H. diadroma*가 Bio-indicator로서의 이용 가능 유무 파악을 위해 예비 실험 수행

다. 3차년도 연구목표

○ 중금속 노출실험을 통한 시험생물 이용 가능성 평가

2) 연차별 연구 내용

가. 군집 및 개체군 연구 (1~2차년)

1차년도에는 봉암갯벌에 서식하는 *Hediste* 종에 대한 형태학적, 유전학적 분류를 통한 종동정을 수행하였다. 또한 봉암갯벌 내 2개의 조사 정점을 선정하여 대형저서동물 군집조성 파악 및 *Hediste* 종에 대한 개체군 연구를 수행하였다. 현장조사는 2018년 3월부터 12월까지 월 1회 수행하였고, 10반복으로 생물을 채집하여 군집 및 개체군 연구를 수행하였다. 생물채집과 동일시기에 현장의 환경 (염분)을 측정하였고, 입도분석을 위한 퇴적물을 채집하였다. 생물의 채집에는 상자형 코어 샘플러 (채집면적 0.025m^2)을 사용하였다. 시료는 채집 후 현장에서 1mm 체에 걸러진 생물을 10% 포르말린으로 고정 후 실험실로 이동하여, 종수준까지 동정을 수행하였다. *Hediste* 종에 대한 개체군 연구를 위해서 3번째 마디의 폭의 길이를 측정하여 월별 변동 수준을 파악하였다. *Hediste* 종에 대한 동정을 위해 현미경하에서 형태학적 분류를 수행하였고, COI 분석을 통해 유전학적 분류를 수행하였다.

나. 시험생물 개발 연구 (2~3차년)

시험생물 개발을 위해 봉암갯벌에서 *Hediste diadroma*를 채집하여 중금속 노출 실험을 수행하였다. 그에 앞서 봉암갯벌 퇴적물 내 중금속 함량을 파악하기 위해 개체군 연구를 수행하였던 정점 A,B에서 퇴적물을 채집하여 중금속 분석을 수행하였다. 퇴적물은 1㎝ 간격으로 10㎝ 깊이까지 채집하여 분석하였고, 모든 깊이의 퇴적물에 대해 총 11개 물질에 대한 분석을 수행하였다.

중금속 노출 실험은 2개의 표준물질에 대해 수행하였다. 실험물질은 봉암갯벌의 퇴적물에서 상대적으로 농도가 높았던 (TEL 초과) 아연 (Zn), 구리 (Cu)를 사용하였으며, 실험 농도는 실험농도는 0.1, 1, 10, 100, 1000, 10,000 ㎍/L로 하여 96시간 동안 사망률을 측정하였다. 실험은 500 ml 용량 비커에 퇴적물을 300 ml을 넣고 해수 (30 psu)를 200 ml 넣어 준비하였고, 비커 당 갯지렁이 5개체씩을 넣고 4일간 배양하며 사망률을 측정하였다. 실험은 각 농도별로 3반복 수행하였다.

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 수준

1) 정성적 연구개발성과(연구개발결과)

가. 군집 및 개체군 연구

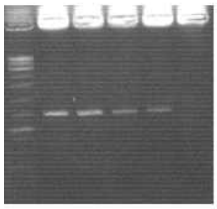
봉암갯벌에서 채집한 *Hediste* 종에 대한 형태학적, 유전학적으로 종 동정을 수행한 결과, 봉암갯벌에 서식하는 종은 *Hediste diadroma* 임을 확인하였다 (그림 1; 그림 2).

염분함량은 정점 A와 B에서 각각 평균 20.7, 20.5 psu로 큰 차이를 보이지 않았다. 계절적 변동양상을 살펴보면 장마기인 6월에 가장 낮았고, 10월 이후 25 psu 이상으로 높게 나타났다 (그림 3). 입도조성은 정점 A에서는 모래 함량이 평균 80% 이상이었고, 정점 B에서는 모래 함량이 평균 70%이상으로 나타났다. 정점 A에서는 10월에만 모래 함량이 58%로 낮았고 그 외 조사시기에는 모두 70%이상이었다. 정점 B에서는 10월과 11월에 모래 함량이 50% 내외로 상대적으로 낮았다 (그림 3).

그림 1. *Hedistse diadroma* 성체의 모습 및 머리 부분 모습.

봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물의 군집조성을 살펴본 결과, 정점 A에서는 총 22종의 대형저서동물이 출현하였고, 그 중 다모류가 9종, 연체동물 7종, 갑각류 6종이 출현하였고, 정점 B에서는 다모류 9종, 연체동물 7종, 갑각류 4종이 출현하였다. 정점 A와 B에서 출현한 다모류의 종조성은 유사하였으나, 정점 A에서는 *Simplisetia erytraeensis*가 가장 우점하였고, 정점 B에서는 *Heteromastus filiformis*가 가장 우점하였다. 그 외에도 두 정점에서는 *Hediste diadroma, Prionospio japonicus*등이 우점 출현하였다. *H. filiformis*는 두 정점에서 모두 3월에 서식밀도가 가장 높게 나타났고, *S. erytraeensis*와 *H. diadroma*는 두 정점에서 모두 8~10월에 서식밀도가 높게 나타났다 (그림 4).

Mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I gene(COI)
COI-F : 5'-ggtcaacaaatcataaagatattgg-3'
COI-R : 5'-taaacttcagggtgaccaaaaaatca-3'



NO.	SIZE	SAMPLE
1	700	3
2	700	3
3	700	4
4	700	4
5	-	c

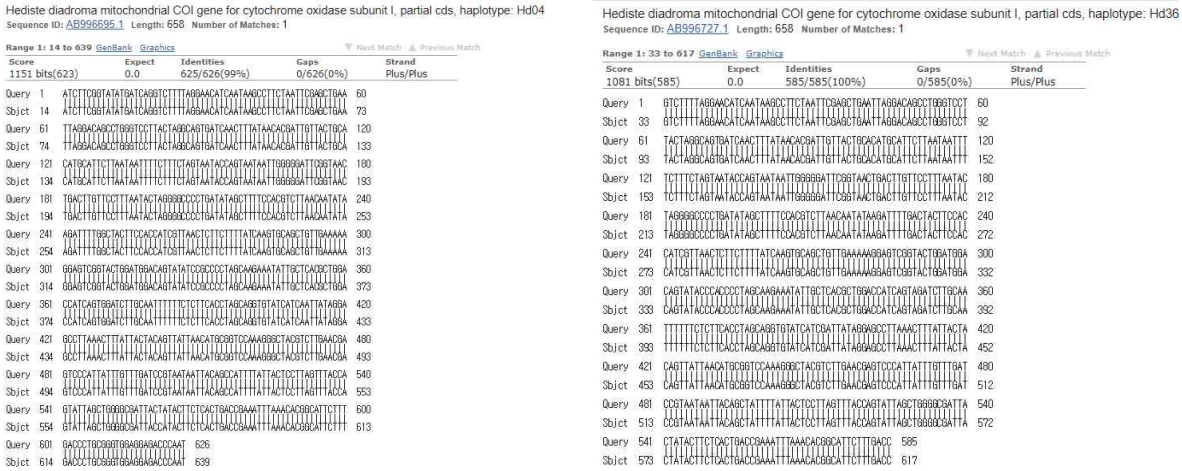


그림 2. *Hediste diadroma*의 COI PCR 및 시퀀스 분석 결과.

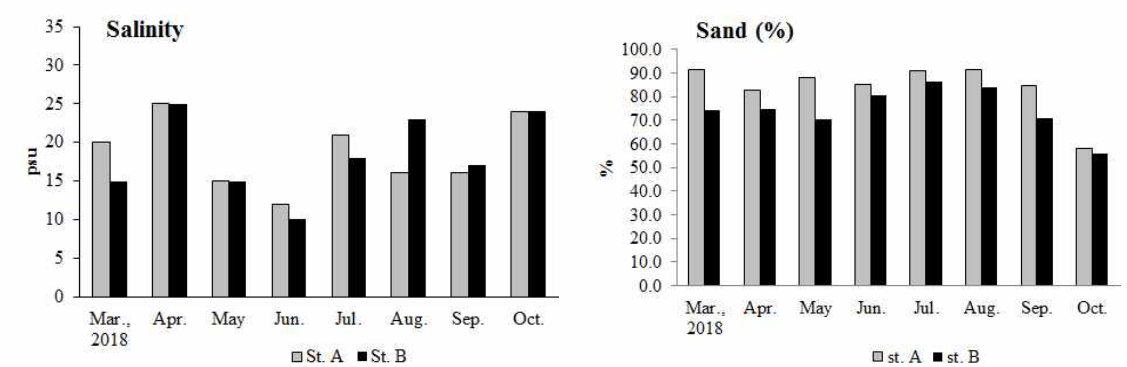


그림 3. 정점 A와 B에서 측정한 염분 및 퇴적물 내 모래 함량의 월 변동 양상.

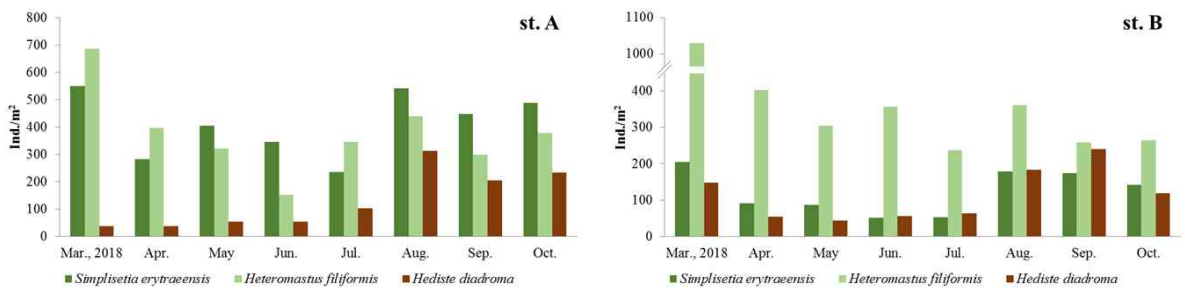


그림 4. 봉암갯벌에서 2018년 3월부터 10월까지 출현한 주요 다모류의 서식밀도 변동 양상.

*H. diadroma*의 개체군 분석을 3번째 마디의 폭을 측정하였다. 채집 과정에서 끊어진 개체들의 체장 길이 산출을 위해 머리부터 꼬리까지 온전한 개체의 무게, 체장 길이, 3번째 마디의 폭을 측정하여 체

장길이 측정을 위한 회귀식을 산출하였다 (L=27.603W-3500.8, L=체장길이, W=3번째 마디 폭, 단위: ㎛). 정점 A에서 *H. diadroma*의 서식밀도가 가장 높았던 시기는 8월이었고, 3월에 서식밀도가 가장 낮았다. 3월에는 3번째 마디 폭 너비 1.0 mm 이하의 개체 비중이 높았고, 4월과 5월에는 폭 너비 1.5 mm 내외의 개체 비중이 높게 나타났다. 5월 이후 폭 너비 1.5 mm 이상의 개체 비중이 증가하였다. 6월부터 폭 너비 2.0 mm 이상의 개체가 관찰되었고, 9월까지 개체수가 증가하는 경향을 보였으나, 10월 이후 2.0 mm 이상의 개체는 거의 출현하지 않았다 (그림 5). 7월부터 폭 0.3 mm의 치충 가입이 확인되었고, 7월부터 9월까지 폭 너비 0.4 mm 내외의 개체 비중이 증가하였다. 이러한 치충의 밀도는 8월에 가장 높게 나타났다. 정점 A에서 출현한 *H. diadroma*의 최대 폭 너비는 8월 2.6 mm 였고, 이를 환산 하면 체장길이가 약 68mm 이상이 되는 것으로 나타났다.

정점 B에서 *H. diadroma*의 서식밀도가 가장 높았던 시기는 10월이었고, 3월부터 8월까지 500 개체/m^2 내외로 계절 간 큰 차이를 보이지 않았다. 3월에는 폭 너비 1.0 mm 이하의 개체 비중이 높았고, 4월과 6월까지는 폭 너비 0.4~1.5 mm 내외의 개체 비중이 높게 나타났다. 5월 조사 이후 폭 너비 1.5 mm 이상의 개체 비중이 증가하였다. 8월과 9월에 폭 너비 0.3 mm의 치충 가입이 확인되었고, 7월부터 10월까지는 폭 너비 0.4 mm 내외의 개체 비중이 높게 나타났다. 폭 너비 0.5 mm 이하의 치충의 밀도는 7월부터 100 개체/m^2 이상으로 높았고, 9월에 290 개체/m^2로 가장 높게 나타났다 (그림 6). 폭 너비 2.0 mm 이상의 개체는 3월부터 꾸준히 관찰되었고, 8월에 가장 높은 비중을 보였고, 10월까지도 꾸준히 출현하였다. 정점 B에서 출현한 *H. diadroma*의 최대 폭 너비는 8월 2.9 mm 였고, 이를 환산 하면 체장길이가 약 77mm 이상이 되는 것으로 나타났다.

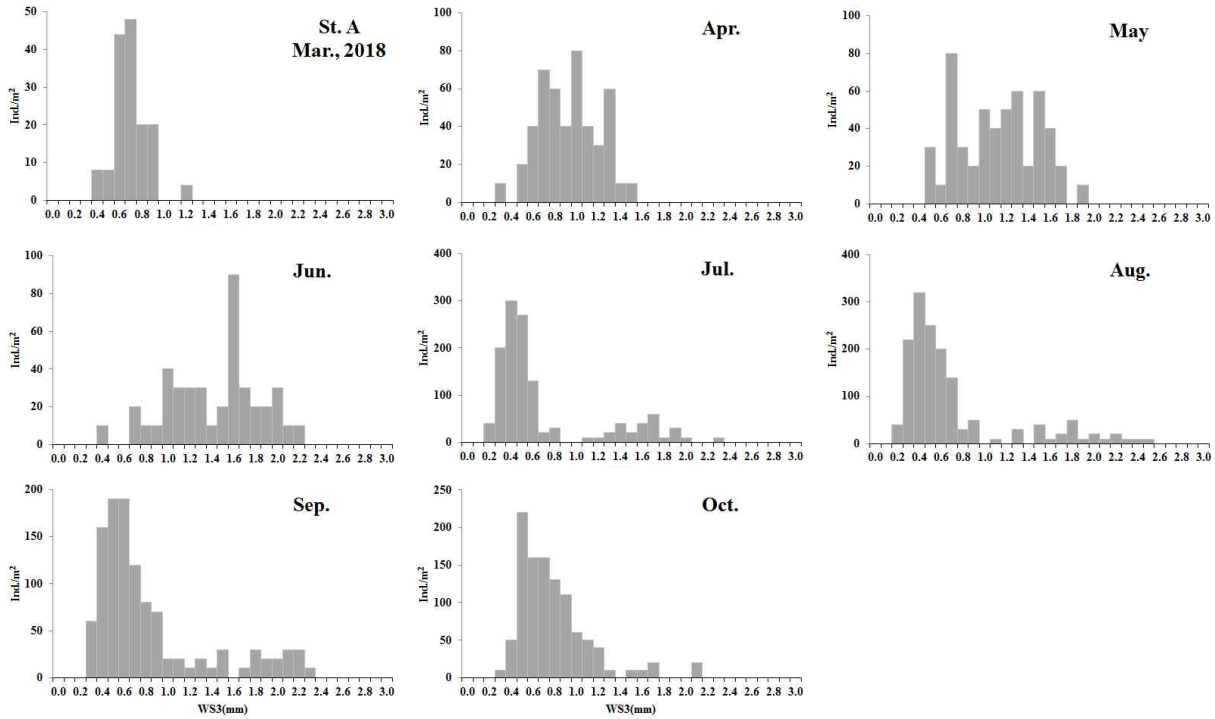


그림 5. 정점 A에서 2018년 3월부터 10월까지 출현한 *Hediste diadroma*의 3번째 마디 폭 너비에 따른 분포 양상.

2019년 1월부터 10월까지 봉암갯벌에서 서식하는 *H. diadroma*의 서식밀도는 172-1,568 개체/㎡로, 연간 평균서식밀도는 541 개체/㎡로 나타났다 (그림 7). 서식밀도는 1-7월까지 평균 275 개체/㎡로 큰 변동이 없었으나, 8월에 급격히 증가한 이후, 10월에 가장 높게 나타고, 생물량은 2.2-92.4 g/㎡의 범위로, 연간 평균생물량은 31.1 g/㎡으로 나타났으며, 5월에 급격히 증가하였다가 8월에 일시적으로 감

소하였고, 이후에 다시 증가하여 10월에 가장 높게 나타났다. 봉암갯벌에 서식하는 *H. diadroma*의 개체군의 월별 체폭 빈도분포를 살펴보면, 2019년 6월에 체폭 0.3-0.4 mm의 치충 가입이 시작되어 9월까지 이루어졌음을 확인할 수 있었다 (그림 8). 2019년 결과를 바탕으로 *H. diadroma*에 대한 계군분석결과, *H. diadroma* 개체군은 2개의 계군으로 구분되었으며, 여름철에 새로 가입된 계군으로 인해 여름과 가을철에 2개의 계군이 혼재하고 있었다 (그림 9). Cohort 1의 경우 2019년 1월부터 3월까지 체폭 0.8 mm로 유지하였고, 4월 이후 빠르게 성장하여 7월에 2.3 mm까지 성장하는 것으로 나타고, Cohort 2는 2019년 6월에 가입되어 10월까지 체폭 1.1 mm까지 성장하였다.

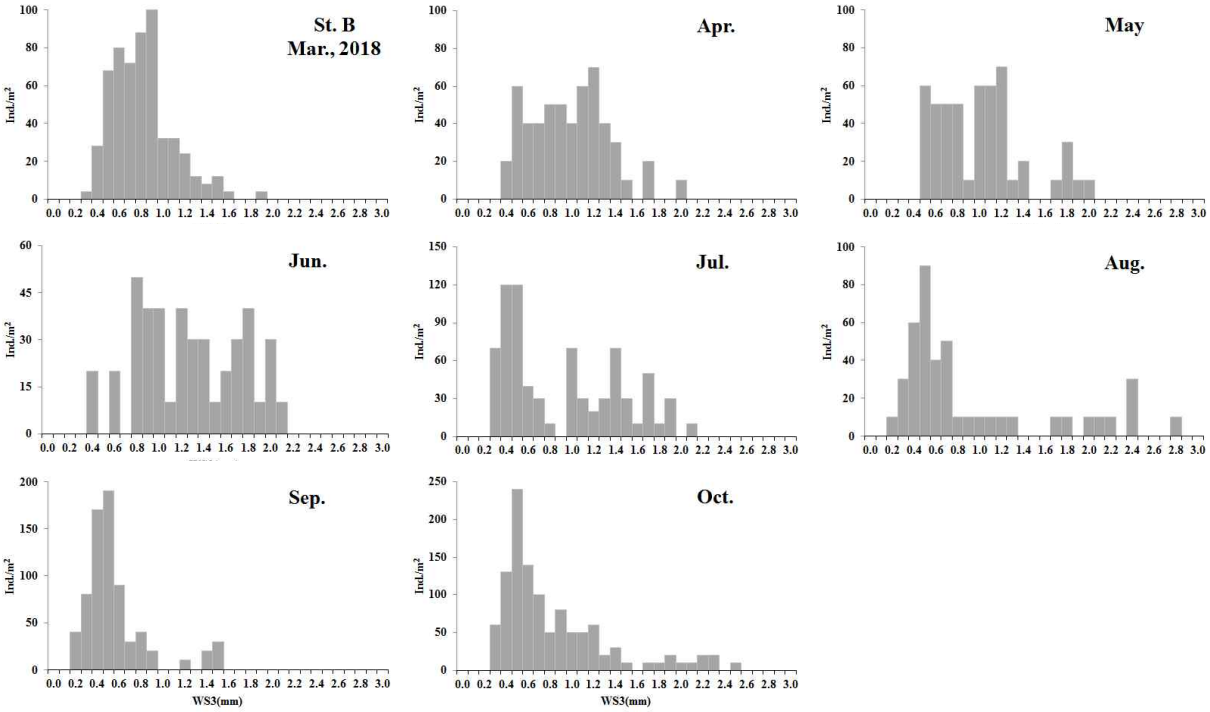


그림 6. 정점 B에서 2018년 3월부터 10월까지 출현한 *Hediste diadroma*의 3번째 마디 폭 너비에 따른 분포 양상.

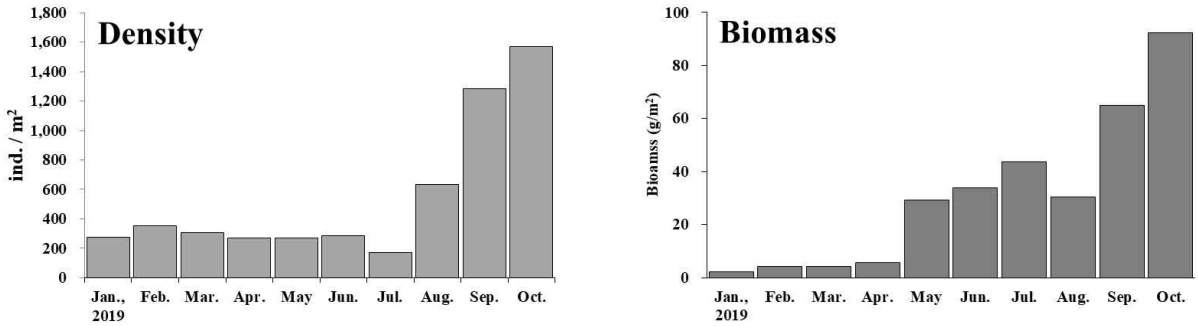


그림 7. 봉암갯벌에서 서식하는 *H. diadroma*의 월별 서식밀도와 생물량 변동

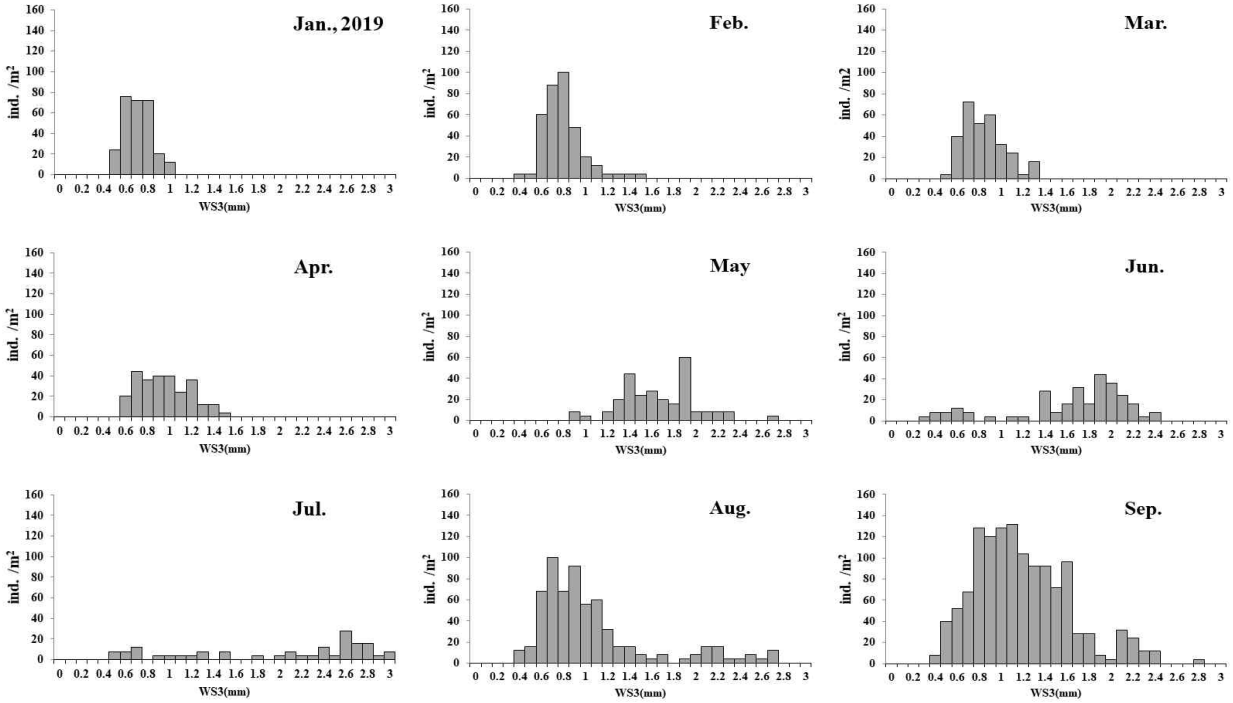


그림 8. 정점 B에서 2019년 3월부터 10월까지 출현한 *Hediste diadroma*의 3번째 마디 폭 너비에 따른 분포 양상.

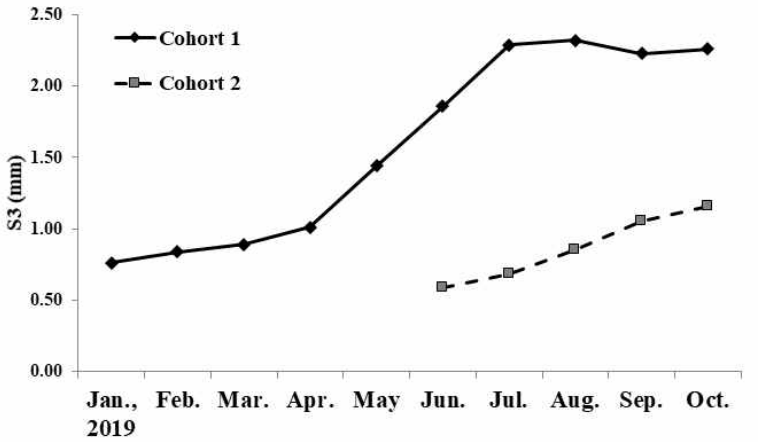


그림 9. 봉암갯벌에 서식하는 *H. diadroma*의 각 계군별 성장

나. 시험생물 개발 연구

봉암갯벌 퇴적물 내 중금속 함량을 살펴본 결과, 정점 A에서 Cr은 10.04~20.46 mg/kg의 범위를 보였고, Co는 4.8~6.92 mg/kg, Ni은 4.69~9.16 mg/kg, Mn은 181.2~287.9 mg/kg, Cu는 11.5~18.62 mg/kg, Zn은 95.0~146.6 mg/kg, As은 2.11~4.07 mg/kg, Cd은 0.06~0.5 mg/kg, Sb는 0.17~0.49 mg/kg, Pb는 13.15~21.89 mg/kg, Hg는 0.01~0.02 mg/kg의 범의를 보였다. 대체적으로 표층에서의 농도가 가장 높았으나, Sb와 Cd의 경우 가장 깊은 10cm에서 높게 나타났고, 3~5cm 범위에서 가장 낮은 값을 보였다. 정점 A에서 해양환경기준을 초과하는 물질은 Zn으로 모든 깊이에서 주의기준 (TEL: 44.0 mg/kg)은 초과하였으며, 표층퇴적물과 6cm 이상의 깊이의 퇴적물에서는 관리기준 (PEL: 119 mg/kg)도 초과하는 것으로 나타났다. 그 외 해양환경기준을 초과하는 물질은 없었다.

정점 B에서 Cr은 16.54~41.07 mg/kg의 범위를 보였고, Co는 6.71~11.41 mg/kg, Ni은 9.47~19.36

mg/kg, Mn은 213.1~392.1 mg/kg, Cu는 19.69~50.73 mg/kg, Zn은 134.6~283.9 mg/kg, As은 3.46~8.61 mg/kg, Cd은 0.23~0.61 mg/kg, Sb는 0.55~0.9 mg/kg, Pb는 19.44~43.05 mg/kg, Hg는 0.01~0.06 mg/kg의 범의를 보였다. 전체적으로 정점 A에 비해 정점 B에서 중금속 함량이 높게 나타났다. 정점 A에서와 동일하게 표층에서 전체적인 함량이 높게 나타났다. Cu는 해양환경기준의 주의기준 (TEL: 20.6 mg/kg)을 10cm를 제외한 모든 깊이에서 초과하였으며, Zn은 모든 깊이에서 TEL을 초과하였고, 3cm와 10cm를 제외한 모든 깊이에서 PEL도 초과하는 것으로 나타났다. 그 외 해양환경기준을 초과하는 물질은 없었다.

봉암갯벌의 퇴적물에서 농도가 높았던 두 물질에 대한 독성평가를 수행하였다. 그 결과, Zn (아연)의 경우 0.1, 1 ㎍/L 농도에서는 사망률이 20%였고, 10 ㎍/L에서는 6.7%, 100 ㎍/L과 1,000 ㎍/L에서는 각각 26.7%와 13.3%였다. 그러나 10,000 ㎍/L에서는 사망률이 100%로 대조구와 통계적으로 차이를 보였다. Cu (구리)는 모든 실험농도에서 사망률이 0 ~ 20.0%로 나타났고, 가장 높은 농도인 10,000 ㎍/L에서도 사망률이 20%로 Zn과 다소 차이를 보였다.

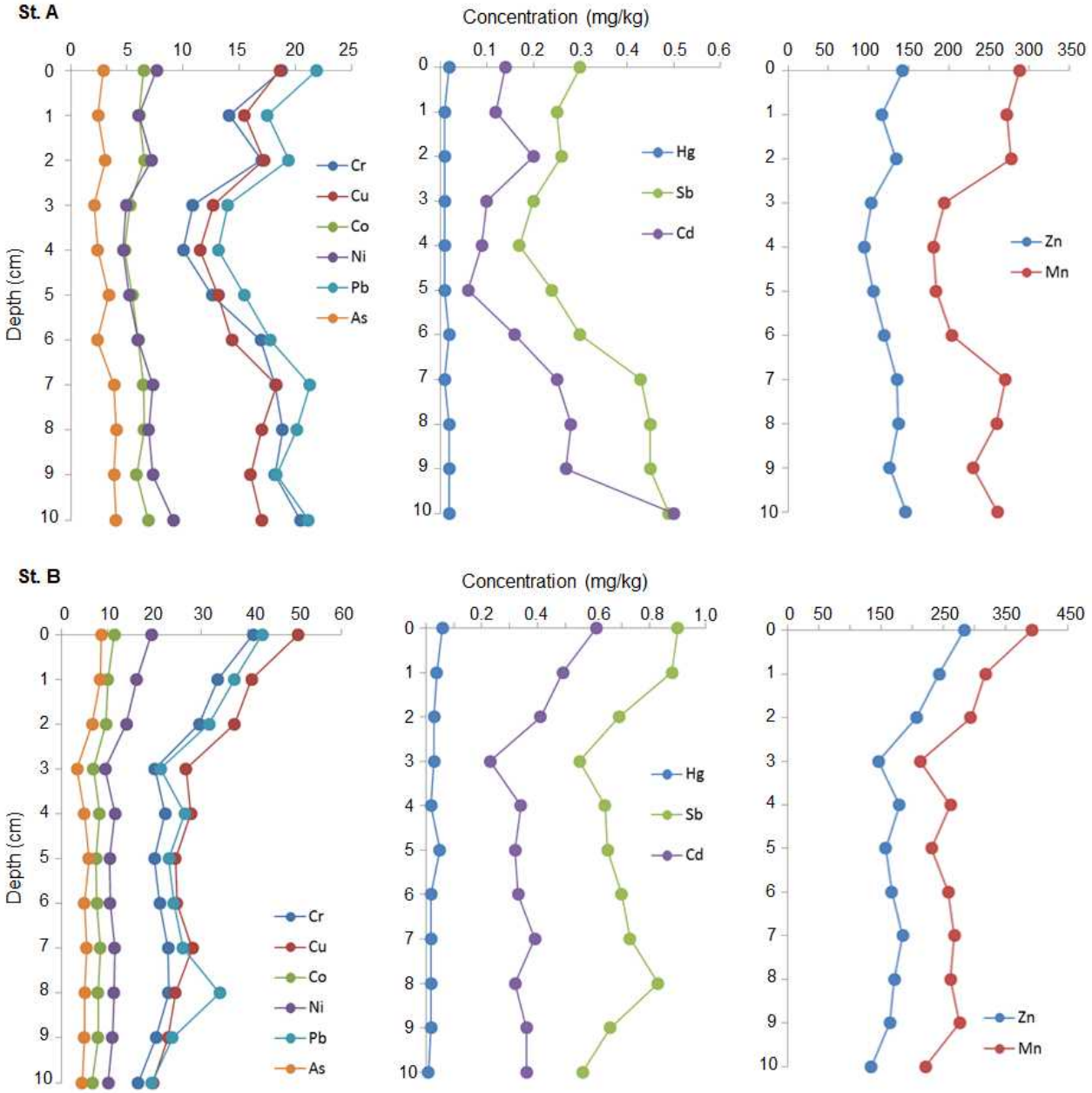


그림 10. 봉암갯벌 내 2개 정점에서 측정한 퇴적물 깊이별 중금속 함량 (단위: mg/kg)

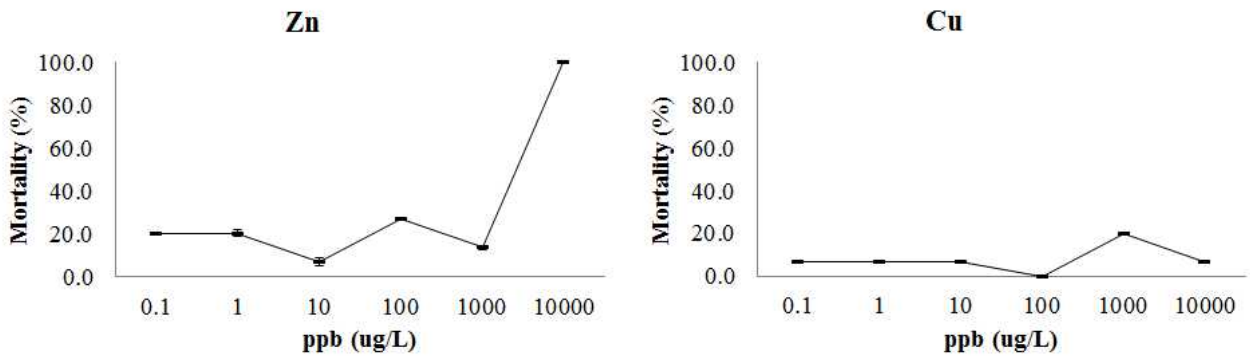


그림 11. 아연(Zn)와 구리(Cu)를 대상으로 수행한 갯지렁이 (*Hediste diadroma*) 사망률 실험 결과.

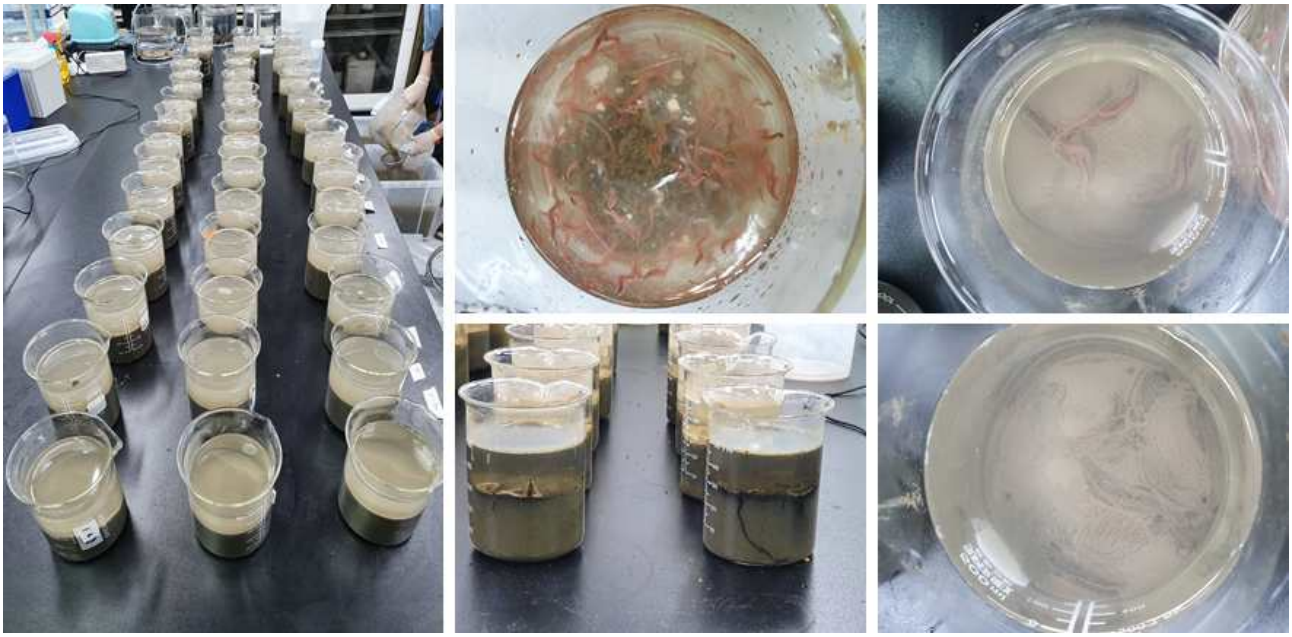


그림 12. 퇴적물 중금속 노출실험 모습 (좌), 실험에 사용한 *Hediste diadroma* 모습 (중상), 실험 중 burrow 모습 (중하), 실험 중 갯지렁이 및 흔적 모습 (우상, 우하).

2) 세부 정량적 연구개발성과: [붙임1]참조

사업명	신진연구(총연구비0.5억이상~3억이하)	연구책임자	서진영	주관기관	한국해양과학기술원
과제번호	2018R1C1B6007458	과제명	강회유참갯지렁이 (*Hediste diadroma*)의 개체군생태 및 해양퇴적물 중금속 오염 시험생물 활용성 연구		

과학기술/학술적 연구성과(단위 : 건)													
전문학술지 논문게재				초청강연실적	학술대회 논문발표		지식재산권				수상실적	출판실적	
국내논문		국외논문			국내	국제	출원		등록			저역서	보고서
SCI	비SCI	SCI	비SCI				국내	국외	국내	국외			
0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0

3) 목표 달성 수준

추 진 목 표	달 성 내 용	달성도 (%)
봉암갯벌에 서식하는 *Hediste* 속의 형태학적, 유전학적 분석을 통한 종 분류	◦ 형태학적 분류 완료 ◦ COI 분석 통한 유전학적 분류 완료	100%
Hediste 속에 대한 개체군 연구	◦ 2018년부터 2019년까지 매월 조사를 통해 개체군 특성 확인	100%
퇴적물 독성시험 생물 개발	◦ 봉암갯벌 내 퇴적물 중금속 함량 분석 후 농도가 높았던 물질을 대상으로 독성시험 수행 ◦ 퇴적물 독성시험을 위한 시험생물로의 활용 가능성 확인	90%

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도(연구개발결과의 중요성)

현재 국내에서 해양환경공정시험법에는 해양환경관리법 시행규칙 제12조 제2항에 의거 폐기물에 대해 해양배출적합성을 판정하기 위한 평가방법으로 해양성 발광박테리아인 *Vibrio fischeri*의 발광저해율을 이용하여 해양배출 폐기물의 독성 유무를 검사하는 방법과 해양저서성 단각류를 이용하여 해양배출 폐기물의 독성 유무를 검사하는 방법이 이용되고 있다. 다모류는 국내 연안 및 해양 퇴적물 내 가장 높은 비중을 차지하고 있는 분류군임에도 불구하고 현재 국내에서는 시험생물로 개발되거나 규정되어 있지 않다. 국내에서 다모류를 이용한 중금속 독성실험의 경우에도 Cd, Ni, Zn로 오염된 퇴적물에 노출된 참갯지렁이류에 속하는 *Neanthes* 종의 생물축적 및 사망, 성장저해에 대한 연구만이 수행되었고, 시화호 오염 퇴적물에 대한 다모류 *Perinereis nuntia*의 중금속 체내 농축 및 오염물질의 체내 반응 및 오염물질 인해 유도되는 물질을 측정하여 오염 조기 경보 지표로 사용한 연구 등이 있다.

참갯지렁이류에 속하는 종들은 개체의 크기가 다른 다모류에 비해 크고, 몸체가 단단하여 사육과 실험에 사용하기에 편리한 장점을 가지고 있다. 해수와 담수가 만나는 하구역의 기수에 서식하는 저서생물은 다양한 염분 농도에 적응하여 살고 있어서 하구역의 오염퇴적물에 대한 생물시험에 직접 사용이 가능한 장점이 있다. 즉, 해수종을 시험생물로 사용할 경우에는 염분을 해수 수준으로 보정해 주어야 하며, 담수종은 상대적으로 높은 하구역의 염분 때문에 시험에 전혀 사용할 수가 없지만 기수종을 사용하면 이러한 제약이 없어진다. 하구역은 광염에 적응이 가능한 소수의 기수종 (brackish species)만이 하구역의 높은 일차생산량을 이용할 수 있으며, 이를 상위의 영양단계에 있는 포식자나 인간에게 이차생산을 전달해 주는 중요한 역할을 담당하고 있다.

이미 유럽과 북미 지역에서는 *Hediste* 종에 대한 실험실 내 사육이 이루어지고 있으며, 이를 바탕으로 다양한 퇴적물 독성 실험이 수행되고 있다. 국내에서는 아직 *Hediste* 종에 대한 생태학적 정보가 부족하여 실내 사육이 진행되고 있지는 않으나, *Perinereis* 종에 대한 사육법에 대한 연구는 수행되어 있다. 본 연구를 진행하면서 *Hediste* 종에 대한 실내 사육을 수행하였고, 재생산에 의한 치충의 가입까지는 성공하지 못하였으나, 성체의 경우 유지는 되었다. 실내 사육에 의한 재생산 및 가입이 진행되어 개체의 유지가 가능해 진다면 퇴적물 독성실험에 필요한 실험생물로의 활용가능성은 충분한 것으로 판단된다.

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

본 연구의 결과는 참갯지렁이를 이용한 퇴적물 독성 평가의 기초연구 자료로 활용 가능하며, 향후 퇴적물 독성실험을 위한 시험생물 개발 연구의 기초 자료로 활용 가능할 것으로 기대된다. 실내사육을 통한 재생산 시스템이 갖추어 지고, 대량 생산이 가능해 지면 퇴적물 독성실험을 위한 시험생물로 활용 가능 할 것으로 판단된다.

6. 참고문헌

김정현 (2016) 마산만 봉암갯벌에서 대형저서동물 군집구조의 시간변동 및 우점종의 이차생산. 전남대학교 석사학위 논문. p 17.

최현기 (2016) 한국 해산 다모류의 분류 및 생태학적 연구. 조선대학교 박사학위 논문, p. 267-306.

Burlinson F.C., Lawrence A.J. (2007) A comparison of acute and chronic toxicity tests used to examine the temporal stability of a gradient in copper tolerance of *Hediste diversicolor* from the Fal estuary, Cornwall, UK. Mar. Poll. Bull. 54: 66-71.

Chapman P.M. (1990) The sediment quality triad approach to determining pollution-induced degradation. The Science of the Total Environment. 97/98: 815-825.

Cong Y., Banta G.T., Selck H., Berhanu D., Valsami-Jones E., Forbes, V.E. (2014) Toxicity and bioaccumulation of sediment-associated silver nanoparticles in the estuarine polychaete, *Nereis (Hediste) diversicolor*. Aquatic Toxicology. 156: 106-115.

Cuvillier-Hot V., Gaudron S.M., Massol F., Boidin-Wichlacz C., Pennel T., Lesven L., Sopheak N., Papot C., Ravaux J., Vekemans X., Billon G., Tasiemski A. (2018). Immune failure reveals vulnerability of populations exposed to pollution in the bioindicators species *Hediste diversicolor*. Science of the Total Environment. 613/614:1527-1542.

Hanafiah Z., Sato M., Nakashima H., Tosuji H. (2006) Reproductive swarming of sympatric Nereidid polychaetes in an estuary of the Omuta-gawa River in Kyushu, Japan, with special reference to simultaneous swarming of two *Hediste* species. Zoological Science. 23: 205-217.

Nishizawa R., Sato M., Furota T., Tosuji H. (2014) Cryptic invasion of northeast Pacific estuaries by the Asian polychaete, *Hediste diadroma* (Nereidae). Mar. Biol. 161: 187-194.

[붙임1] 세부 정량적 연구개발성과

사업명	신진연구(총연구비0.5억이상~3억이하)	연구책임자	서진영	주관기관	한국해양과학기술원
과제번호	2018R1C1B6007458	과제명	강회유참갯지렁이 (Hediste diadroma)의 개체군생태 및 해양퇴적물 중금속 오염 시험생물 활용성 연구		

과학기술/학술적 연구성과(단위 : 건)													
전문학술지 논문게재				초청강연실적	학술대회 논문발표		지식재산권				수상실적	출판실적	
국내논문		국외논문			국내	국제	출원		등록			저역서	보고서
SCI	비SCI	SCI	비SCI				국내	국외	국내	국외			
0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0

전문학술지 논문게재 성과정보											
과제번호	게재연월	논문제목	총저자명	출처	학술지명	권(호)	학술지구분	sci여부	impact Factor	국제공동연구논문	기여도
2018R1C1B6007458	201812	마산만 봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물의 하계 분포양상	서진영; 김정현; 최진우	직접입력	한국환경생물학회지	36(4)	국내	SCI미등재		아니오	100

[붙임2-1] <연구책임자 대표적 연구실적>

○ 논문 및 특허 실적(최대 5개 작성)

번호	구분 (논문/특허)	논문명/특허명	소속기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	논문게재일 /특허등록일	특기사항 (I.F. 등)
1	논문	마산만 봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물의 하계 분포양상	한국해양과학기술원	제1저자	한국환경생물학회지	2018.12	KCI 등재

[붙임2-2] <주관연구책임자 대표적 논문·특허실적 요약문>

연구실적 유형		논문(○) 특허( )		
연구책임자/공동연구원 구분 및 성명		연구책임자(서진영)		
논문/특허명		마산만 봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물의 하계 분포양상		
논문실적정보 □	게재지(저널명)	한국환경생물학회지		
	SCI 등재 여부		Impact Factor 및 인용횟수(SCI)	
	SCOPUS 등재 여부		인용횟수(SCOPUS)	
	ISSN	2287-7851	게재년월	2018.12
	역할(제1, 교신, 참여)	제1저자	참여자수	3
특허실적정보 □	구분		등록(출원) 국가	
	등록(출원) 번호		등록(출원)일	
	등록(출원)자 성명		발명자 성명	

요 약 문

▣ 본 연구는 마산만 하구에 위치한 모래갯벌인 봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물의 하계 군집구조 변동양상을 파악하기 위해 2012년부터 2017년까지 하계에 연 2회씩 총 11회에 걸쳐 현장조사가 수행되었다. 봉암갯벌은 모래 함량이 70%이상인 모래 갯벌로 알려져 있으나, 실제 조사결과 갯벌의 상부지역을 중심으로 니질 함량이 증가하고 있는 것으로 나타났다. TOC 함량도 2000년대 초반에 비해 증가한 것으로 나타났으나, 최대 TOC 함량이 1% 수준으로 심각한 수준의 유기물 증가가 나타나지는 않았다. 봉암갯벌의 대형저서동물 군집구조는 2000년대 초반에 비해 출현종수 및 서식밀도가 크게 증가하였다. 또한 2000년대 초반에 비해 오염지시종의 출현종수 및 서식밀도는 감소하였고, 종다양도지수를 비롯한 군집지수는 크게 증가하는 등 환경 개선의 결과가 일부 나타나고 있다. 마산만의 입구에 위치한 봉암갯벌은 마산만의 영향을 크게 받는다. 마산만 특별관리해역 지정 및 오염총량제 실시로 인해 오염물질의 농도가 감소하였고, 그로 인해 봉암갯벌로 유입되는 오염물질의 농도 역시 감소되었을 것으로 판단된다. 그러나 환경자료의 부제 및 조사 시기의 차이 등으로 인해 본 연구 결과만으로 환경이 개선되었다고 단정 지을 수 없다. 추후 환경 및 대형저서동물의 개체군, 군집에 대한 추가 조사를 통한 환경개선 유무에 대한 평가가 필요할 것으로 판단된다.

연구 목표 및 연구내용과의 연관성	기대성과 및 파급 효과
본 논문은 봉암갯벌에 서식하고 있는 대형저서무척추동물 군집의 장기간의 변동 양상에 대한 연구 결과임. 본 연구를 선행함으로써, 강회유참갯지렁(*Hediste diadroma*)의 서식여부를 알 수 있었으며, 봉암갯벌에서 장기간에 걸쳐 우점하고 있다는 것을 파악할 수 있었음.	본 연구 결과를 토대로 봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물의 개체군 연구의 필요성을 확인하였음. 대형저서동물 군집 및 개체군 연구를 위한 기초연구 기반이 마련됨.

〈 대표적 연구실적 사본 〉

ISSN 1226-9999 (print)
ISSN 2287-7851 (online)

Korean J. Environ. Biol. 36(4) : 626-637 (2018) https://doi.org/10.11626/KJEB.2018.36.4.626

〈Original article〉

마산만 봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물의 하계 분포양상

서 진 영 · 김 정 현 · 최 진 우*

한국해양과학기술원 위해성분석연구센터

Distribution Patterns of Macrobenthos during Recent Summer Seasons at the Bongam Sand Tidal Flat of Masan Bay, Korea

Jin-Young Seo, Jeong-Hyun Kim and Jin-Woo Choi*

Risk Assessment Research Center, KIOST, Geoje 53201, Republic of Korea

Abstract – In this study, a series of survey were conducted to identify the distribution patterns of macrobenthos at the Bongam sand tidal flat in Masan Bay. We collected macrobenthos at 9 sampling sites twice in June and September of every year from 2012 to 2017 using a box core sampler (collecting area, 0.025 m^2). There was a total of 50 species with a community density of 6,388 ind.m^{-2} and a biomass of 313.9 g wet m^{-2} during the study period. Polychaetes had the highest number of species and density among the macrofauna, but the mollusks had the largest biomass. The number of species ranged from 10 to 25 during study period but increased to over 20 species in 2014. The density which ranged from 1,508 ind.m^{-2} to 12,008 ind.m^{-2} rapidly increased in 2015. The dominant species were all polychaetes such as *Heteromastus filiformis*, *Prionospio japonicus*, *Hediste diadroma*, and *Neanthes succinea*. The mean diversity index ranged from 1.2 to 1.9, richness index from 1.2 to 2.4, and evenness index from 0.5 to 0.9. From the cluster analysis results, there was a spatial difference in the similarity of faunal composition of macrobenthos and this pattern was maintained throughout the study period, that is, the temporal similarities were higher than the spatial similarities. There was a change in community composition from June 2014 to June 2015 in most of the sampling sites. During this time, the dominant species also changed from *H. filiformis* and *N. succinea* to *H. filiformis* and *H. diadroma*. The density of opportunistic species such as *Capitella capitata* and *Polydora ligni* decreased compared to the early 2000s while the population of *H. diadroma* increased from 2015. There was little ecological information on *H. diadroma* such as when and where this species occurred.

Keywords : macrobenthos, distribution patterns, tidal flat, Bongam, Masan Bay

서 론

조간대 연안 습지는 생태계의 매우 중요한 부분을 차지하고 있으며, 해양과 육지를 연결하는 특수한 위치에 있기 때문에 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 최근 도시화 및 산업화에 따른 매립으로 인해 습지 생태계는 위협에 노출되고 있다. 실제 전 세계적으로 연안 염습지의 50% 이상이 인간의 활동으로 인해 소실되거나 쇠퇴하고 있는 실정이다(Barbier *et al.* 2011). 조간대에 서식하는 대형저서동물 군집은 인간과 관

* Corresponding author: Jin-Woo Choi, Tel. 055-639-8550, Fax. 055-639-8509, E-mail. jwchoi@kiost.ac.kr

ⓒ 2018. Korean Society of Environmental Biology.

유에 대해 명확히 확인할 수는 없었다. 두 종 간 경쟁에 의한 결과인지 서식지 환경 혹은 먹이원에 의한 변동인지 추가 조사가 필요할 것으로 판단된다.

*H. filiformis*는 유기물 함량이 증가하면 개체수가 증가하는 2차 오염지시종에 속한다(Borja *et al*. 2000). 2004년 조사에서 *H. filiformis*의 평균 서식밀도는 260 ind.m^{-2}였고, 최대서식밀도는 870 ind.m^{-2}였다(Seo *et al*. 2007). 본 연구에서도 2004년에 최대 서식밀도를 보인 정점과 인접한 정점 3에서 높은 서식밀도를 보였다. 그러나 최대 서식밀도는 2004년에 비해 3배 이상 증가한 것으로 나타났다. 그 외에도 정점 10(본 연구)에서 평균 3,000 ind.m^{-2} 이상의 높은 서식밀도를 보였다. 본 연구결과 *H. filiformis*의 서식밀도는 TOC 함량, 그리고 서식밀도와 양의 상관관계를 보였다. 이 종은 봉암갯벌에 위치한 모든 정점에서 우점하였으나, TOC 함량이 상대적으로 낮았던 정점 4~6에서 낮은 서식밀도를 보였다. 반면, 상대적으로 TOC 함량이 높았던 정점 3과 정점 10에서 높은 서식밀도를 보여서 유기물함량 증가로 인해 서식밀도가 증가한 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 마산만 하구에 위치한 모래갯벌인 봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물의 하계 군집구조 변동양상을 파악하기 위해 2012년부터 2017년까지 하계에 연 2회씩 총 11회에 걸쳐 현장조사가 수행되었다. 봉암갯벌은 모래 함량이 70% 이상인 모래 갯벌로 알려져 있으나, 실제 조사결과 갯벌의 상부지역을 중심으로 니질 함량이 증가하고 있는 것으로 나타났다. TOC 함량도 2000년대 초반에 비해 증가한 것으로 나타났으나, 최대 TOC 함량이 1% 수준으로 심각한 수준의 유기물 증가가 나타나지는 않았다. 봉암갯벌의 대형저서동물 군집구조는 2000년대 초반에 비해 출현종수 및 서식밀도가 크게 증가하였다. 또한 2000년대 초반에 비해 오염지시종의 출현종수 및 서식밀도는 감소하였고, 종다양도지수를 비롯한 군집지수는 크게 증가하는 등 환경 개선의 결과가 일부 나타나고 있다. 마산만의 입구에 위치한 봉암갯벌은 마산만의 영향을 크게 받는다. 마산만 특별관리해역 지정 및 오염총량제 실시로 인해 오염물질의 농도가 감소하였고, 그로 인해 봉암갯벌로 유입되는 오염물질의 농도 역시 감소되었을 것으로 판단된다. 그러나 환경자료의 부재 및 조사 시기의 차이 등으로 인해 본 연구 결과만으로 환경이 개선되었다고 단정 지을 수 없다. 추후 환경 및 대형저서동물의 개체군, 군집에 대한 추가 조사를 통한 환경개선 유무에 대한 평가가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 한국연구재단 이공분야기초연구사업(신진연구사업; NRF-2018R1C1B6007458)의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

Aberson MJR, SG Bolamb and RG Hughes. 2016. The effect of sewage pollution on the feeding behaviour and diet of *Hediste* (*Nereis diversicolor* (O.F. Müller, 1776)) in three estuaries in south-east England, with implications for saltmarsh erosion. Mar. Pollut. Bull. 105:150~160.

Barbier EB, SD Hacker, C Kennedy, EW Koch, AC Stier and BR Silliman. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. Ecol. Monogr. 81:169~193.

Borja A, J Franco and V Perez. 2000 A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Mar. Pollut. Bull. 40:1100~1114.

Bosch JA, C Jeffrey, W Cornwell and K Michael. 2015. Short-term effects of nereid polychaete size and density on sediment inorganic nitrogen cycling under varying oxygen conditions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 524:155~169.

Burlinson FC and AJ Lawrence. 2007. A comparison of acute and chronic toxicity tests used to examine the temporal stability of a gradient in copper tolerance of *Hediste diversicolor* from the Fal estuary, Cornwall, UK. Mar. Pollut. Bull. 54:66~71.

Cardoso PG, D Raffaelli, AI Lillebø, T Verdelhos and MA Pardal. 2008. The impact of extreme flooding events and anthropogenic stressors on the macrobenthic communities' dynamics. Estuar. Coast. Shelf Sci. 76:553~565.

Chainho P, JL Costa, ML Chaves, DM Dauer and MJ Costa. 2007. Influence of seasonal variability in benthic invertebrate community structure on the use of biotic indices to assess the ecological status of a Portuguese estuary. Mar. Pollut. Bull. 54:1586~1597.

Choi HK. 2016. A systematics and ecological notes on marine polychaetes (Annelida, Polychaeta) from Korea, with the secondary production of *Hediste japonica* population in Suncheon Bay. PhD. Thesis. Chosun Univ. pp. 248~284.

Choi JW, JY Seo, CH Lee, TK Ryu, CG Sung, GM Han and S Hyun. 2005. Spatial distribution patterns of macrobenthic communities during winter and summer in the Masan Bay special management area, southern coast of Korea. Ocean Polar Res. 27:381~395.

Cong Y, GT Banta, H Selck, D Berhanu, E Valsami-Jones and

[붙임3] 연구개발성과 활용계획서

연구개발성과 활용계획서

1. 연구성과 및 활용 현황

가. 과학기술/학술적 연구성과

(단위: 건)

과학기술/학술적 연구성과(단위 : 건)													
전문학술지 논문게재				초청 강연 실적	학술대회 논문발표		지식재산권				수상 실적	출판실적	
국내논문		국외논문			국내	국제	출원		등록			저역서	보고서
SCI	비SCI	SCI	비SCI				국내	국외	국내	국외			
0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0

나. 전문학술지 논문게재 성과 정보

전문학술지 논문게재 성과정보											
과제번호	게재연월	논문제목	총저자명	출처	학술지명	권(호)	학술지구분	sci여부	impact Factor	국제공동연구논문	기여도
2018R1C1B6007458	201812	마산만 봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물의 하계 분포양상	서진영; 김정현; 최진우	직접입력	한국환경생물학회지	36(4)	국내	SCI미등재		아니오	100

2. 연구개발성과 활용 계획 (해당항목에 “○” 표시)

기술이전	기업화	후속연구 추진	타 사업 활용	그 밖의 목적 활용	연구결과 활용중단
		○	○		

가. 당해연도 활용계획

당해연도에는 지금까지의 연구 결과를 정리하여 강회유참갯지렁이의 개체군 변동에 대한 논문을 SCI(E)급 저널에 투고할 예정이며, 본 연구 논문은 강회유참갯지렁이의 생리 생태학적 특성 파악에 매우 의미 있는 자료로 활용될 것으로 판단된다. 또한 봉암갯벌의 퇴적물에 대한 중금속 자료는 최근에는 조사되거나 보고된 논문이 거의 없는 실정이므로, 마산만의 환경 변동에 대한 중요한 자료로 활용 가능할 것이다.

나. 활용방법

- 봉암갯벌에 서식하는 대형저서동물의 종조성 및 군집조성에 대한 데이터 베이스 마련 및 군집연구에 활용
- 강회유참갯지렁이의 개체군 연구 결과를 기초연구 자료로 활용
- 현 상태의 봉암갯벌 내 퇴적물 중금속 농도 자료 확보 및 추후 비교 연구에 활용가능
- 강회유참갯지렁이를 퇴적물 영향평가 및 독성실험에 시험생물로 활용

다. 차년도 이후 활용계획

한국해양과학기술원 남해연구소는 임해에 위치하고 있고, 대형 수조와 생물 사육 시설을 갖추고 있어 생물의 대량 배양이 용이하다. 강회유참갯지렁이는 갯벌생물의 특성상 일 평균 수 시간 동안 대기에 노출이 필요하다. 현재 이러한 자동 입출수 시스템을 구축 중에 있으며, 본 설비가 완성되면 생물에 대한 대량 배양이 가능할 것이다. 배양 시스템의 구축과 동시에 참갯지렁이의 대량 배양 연구를 수행할 예정이며, 생물의 대량 공급이 가능하면, 퇴적물 독성실험에 대한 시험생물로의 활용 가능할 것이다. 대량 배양 시스템이 구축이 되면 국내 연안의 오염퇴적물 위해성 평가, 퇴적물 내 독성물질 영향 평가 등에 시험생물로 이용 가능할 것이며, 추후 국내 퇴적물 독성평가의 시험생물로 개발 및 지정이 된다면 다양한 퇴적물에 대한 영향 평가에 활용 가능할 것이다.

3. 기대효과

- 참갯지렁이류에 속하는 *Hediste* 종에 대한 개체군 연구가 수행되어 산란 및 가입기 파악이 가능해 졌으며, *Hediste* 종에 대한 생태학적 기초 정보 제공은 물론, 실내 사육에 필요한 사육 및 서식지 적합 환경 조건 파악이 가능 할 것으로 판단됨
- 퇴적물 독성실험에 필요한 실험생물로의 개발이 가능할 것으로 기대됨

4. 문제점 및 건의사항

-없음

시 험 결 과 서

제 목 : 시험결과서 (2020-TS-00212)

한국기초과학지원연구원 대전광역시 유성구 과학로 169-148	발행번호 TS-00212 페이지 (1/4)	KBSI 한국기초과학지원연구원 KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE

1. **의 뢰 자**
   - 기 관 명 : 한국해양과학기술원
   - 주 소 : (53201)경상남도 거제시 장목면 장목1길 41, 연구동 2103호
   - 의뢰일자 : 2020-01-21
2. **시험결과서의 용도** 연구용
3. **시험대상품목/물질/시료명** : BA_core
4. **시험기간** : 2020-01-21 ~ 2020-02-05
5. **시험방법** :
6. **시험환경** (필요한 경우)
7. **시험결과** (내용이 초과되면 2페이지에 기재)

	Cr mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg
BA st.1 0~1cm	21.31	8.15	10.28	335.0	29.51	189.0
BA st.1 1~2cm	18.15	6.95	8.43	236.7	21.49	166.4
BA st.1 2~3cm	17.74	7.04	7.93	195.0	21.24	172.4
BA st.1 3~4cm	17.17	6.62	8.44	175.7	19.74	157.7
BA st.1 4~5cm	19.62	7.19	8.40	182.2	20.40	167.3
BA st.1 5~6cm	19.11	7.24	8.74	181.8	19.86	168.1
BA st.1 6~7cm	20.58	7.03	8.90	195.4	22.42	164.2
BA st.1 7~8cm	18.17	6.99	8.90	191.8	19.90	163.5
BA st.1 8~9cm	17.99	7.17	8.01	178.5	19.81	163.0
BA st.1 9~10cm	14.10	6.20	7.25	161.0	15.88	136.9
BA st.1 10~11cm	12.52	5.88	6.99	150.9	14.54	122.3
BA st.2 0~1cm	18.80	6.50	7.65	287.9	18.62	142.9
BA st.2 1~2cm	14.11	6.10	6.08	272.5	15.47	116.8
BA st.2 2~3cm	16.98	6.57	7.22	277.5	17.21	134.9
BA st.2 3~4cm	10.87	5.30	4.96	194.9	12.70	103.8
BA st.2 4~5cm	10.04	4.80	4.69	181.2	11.50	95.0
BA st.2 5~6cm	12.59	5.48	5.22	184.6	13.14	106.3
BA st.2 6~7cm	16.92	6.05	5.99	203.9	14.35	120.2
BA st.2 7~8cm	18.21	6.46	7.32	270.4	18.30	135.8
BA st.2 8~9cm	18.87	6.54	6.96	259.7	16.99	137.7
BA st.2 9~10cm	18.18	5.86	7.33	230.3	16.02	126.6

시 험 결 과 서

제 목 : 시험결과서 (2020-TS-00212)

한국기초과학지원연구원 대전광역시 유성구 과학로 169-148	발행번호 TS-00212 페이지 (2/4)	한국기초과학지원연구원 KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE

	Cr mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg
BA st.2 10~11cm	20.46	6.92	9.16	260.8	17.01	146.6
BA st.3 0~1cm	33.48	10.11	14.67	382.0	40.53	272.9
BA st.3 1~2cm	27.34	9.61	12.54	335.6	37.96	241.4
BA st.3 2~3cm	28.08	9.37	12.00	345.9	32.68	238.6
BA st.3 3~4cm	27.21	9.41	12.43	323.3	31.81	236.5
BA st.3 4~5cm	22.51	8.93	9.73	279.1	27.67	216.0
BA st.3 5~6cm	24.34	8.79	10.86	273.4	29.57	226.3
BA st.3 6~7cm	22.46	8.93	10.50	286.4	28.72	222.9
BA st.3 7~8cm	25.16	9.13	11.29	285.3	27.73	224.3
BA st.3 8~9cm	25.54	9.53	11.74	284.4	30.77	234.2
BA st.3 9~10cm	27.06	9.08	12.12	282.5	32.17	230.8
BA st.3 10~11cm	23.88	9.04	11.60	279.4	28.29	218.1
BA st.8 0~1cm	43.29	11.32	19.47	423.3	49.15	296.0
BA st.8 1~2cm	25.12	8.93	12.03	306.1	30.40	209.7
BA st.8 2~3cm	24.06	8.64	11.87	265.1	27.38	202.8
BA st.8 3~4cm	22.71	8.44	10.88	294.1	25.28	188.7
BA st.8 4~5cm	44.31	7.72	22.38	258.8	21.69	168.5
BA st.8 5~6cm	26.01	7.87	10.02	262.6	21.98	171.0
BA st.8 6~7cm	22.01	8.09	10.21	266.4	24.66	185.2
BA st.8 7~8cm	29.71	8.53	11.47	294.4	26.64	198.9
BA st.8 8~9cm	23.18	8.76	11.59	289.8	26.61	189.7
BA st.8 9~10cm	24.92	8.70	11.88	294.9	28.47	200.8
BA st.8 10~11cm	25.17	9.00	12.36	285.9	28.82	199.1
BA st.10 0~1cm	41.07	11.41	19.36	392.1	50.73	283.9
BA st.10 1~2cm	33.56	10.03	16.20	317.9	40.79	244.0
BA st.10 2~3cm	29.62	9.59	13.98	294.3	37.17	207.5
BA st.10 3~4cm	20.08	6.89	9.47	213.1	26.76	146.4
BA st.10 4~5cm	22.31	8.26	11.56	261.8	27.79	179.6
BA st.10 5~6cm	20.00	7.48	10.42	231.8	24.46	157.7
BA st.10 6~7cm	21.11	7.69	10.47	258.5	24.78	167.4
BA st.10 7~8cm	22.96	8.36	11.51	268.4	28.10	185.4
BA st.10 8~9cm	23.02	7.93	11.34	261.9	24.48	171.8
BA st.10 9~10cm	20.33	7.90	10.99	276.4	22.96	164.8
BA st.10 10~11cm	16.54	6.71	10.13	221.9	19.69	134.6

시 험 결 과 서

제 목 : 시험결과서 (2020-TS-00212)

한국기초과학지원연구원 대전광역시 유성구 과학로 169-148	발행번호 TS-00212 페이지 (3/4)	한국기초과학지원연구원 KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE

	As mg/kg	Se mg/kg	Cd mg/kg	Sb mg/kg	Pb mg/kg	Hg mg/kg
BA st.1 0~1cm	3.23	0.00	0.40	0.42	53.08	0.03
BA st.1 1~2cm	2.50	0.00	0.30	0.34	24.65	0.02
BA st.1 2~3cm	2.46	0.00	0.40	0.43	22.52	0.02
BA st.1 3~4cm	2.74	0.00	0.36	0.34	20.67	0.02
BA st.1 4~5cm	2.93	0.00	0.39	0.37	22.70	0.02
BA st.1 5~6cm	1.47	0.00	0.34	0.33	22.11	0.06
BA st.1 6~7cm	3.34	0.00	0.36	0.39	23.12	0.02
BA st.1 7~8cm	3.13	0.00	0.31	0.34	23.25	0.02
BA st.1 8~9cm	3.14	0.00	0.36	0.38	23.12	0.02
BA st.1 9~10cm	2.56	0.00	0.26	0.30	19.15	0.02
BA st.1 10~11cm	2.60	0.00	0.25	0.31	15.90	0.02
BA st.2 0~1cm	2.91	0.00	0.14	0.30	21.89	0.02
BA st.2 1~2cm	2.46	0.00	0.12	0.25	17.50	0.01
BA st.2 2~3cm	3.10	0.00	0.20	0.26	19.40	0.01
BA st.2 3~4cm	2.11	0.00	0.10	0.20	13.98	0.01
BA st.2 4~5cm	2.43	0.00	0.09	0.17	13.15	0.01
BA st.2 5~6cm	3.41	0.00	0.06	0.24	15.47	0.01
BA st.2 6~7cm	2.38	0.00	0.16	0.30	17.76	0.02
BA st.2 7~8cm	3.88	0.00	0.25	0.43	21.29	0.01
BA st.2 8~9cm	4.07	0.00	0.28	0.45	20.10	0.02
BA st.2 9~10cm	3.88	0.00	0.27	0.45	18.31	0.02
BA st.2 10~11cm	4.04	0.00	0.50	0.49	21.17	0.02
BA st.3 0~1cm	6.94	0.00	0.53	0.67	39.60	0.05
BA st.3 1~2cm	5.49	0.00	0.52	0.56	34.87	0.04
BA st.3 2~3cm	6.65	0.00	0.51	0.51	32.57	0.04
BA st.3 3~4cm	7.45	0.00	0.53	0.56	32.79	0.03
BA st.3 4~5cm	6.46	0.00	0.46	0.50	28.54	0.03
BA st.3 5~6cm	5.06	0.00	0.50	0.50	31.36	0.04
BA st.3 6~7cm	5.61	0.00	0.49	0.52	29.55	0.03
BA st.3 7~8cm	4.94	0.00	0.43	0.50	30.10	0.03
BA st.3 8~9cm	5.40	0.00	0.46	0.56	31.66	0.03
BA st.3 9~10cm	5.99	0.00	0.51	0.51	31.51	0.03
BA st.3 10~11cm	5.23	0.00	0.49	0.57	29.19	0.03
BA st.8 0~1cm	8.46	0.00	0.56	0.73	44.23	0.05
BA st.8 1~2cm	6.34	0.00	0.37	0.52	29.28	0.03
BA st.8 2~3cm	5.99	0.00	0.37	0.52	27.62	0.03

시 험 결 과 서

제 목 : 시험결과서 (2020-TS-00212)

한국기초과학지원연구원 대전광역시 유성구 과학로 169-148	발행번호 TS-00212 페이지 (4/4)	KBSI 한국기초과학지원연구원 KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE

	As mg/kg	Se mg/kg	Cd mg/kg	Sb mg/kg	Pb mg/kg	Hg mg/kg
BA st.8 3~4cm	7.24	0.00	0.37	0.58	26.36	0.03
BA st.8 4~5cm	6.26	0.00	0.30	0.52	23.21	0.02
BA st.8 5~6cm	6.35	0.00	0.40	0.53	27.49	0.03
BA st.8 6~7cm	7.39	0.00	0.34	0.50	26.68	0.02
BA st.8 7~8cm	7.36	0.00	0.41	0.57	26.90	0.02
BA st.8 8~9cm	6.33	0.00	0.38	0.58	26.48	0.02
BA st.8 9~10cm	6.47	0.00	0.47	0.60	28.10	0.02
BA st.8 10~11cm	5.31	0.00	0.44	0.49	29.29	0.03
BA st.10 0~1cm	8.16	0.00	0.61	0.90	43.05	0.06
BA st.10 1~2cm	8.43	0.00	0.49	0.88	37.15	0.04
BA st.10 2~3cm	6.66	0.00	0.41	0.69	31.70	0.03
BA st.10 3~4cm	3.46	0.00	0.23	0.55	21.30	0.03
BA st.10 4~5cm	4.97	0.00	0.34	0.64	26.52	0.02
BA st.10 5~6cm	5.98	0.00	0.32	0.65	23.05	0.05
BA st.10 6~7cm	5.02	0.00	0.33	0.70	24.16	0.02
BA st.10 7~8cm	5.48	0.00	0.39	0.73	26.12	0.02
BA st.10 8~9cm	5.10	0.00	0.32	0.83	34.00	0.02
BA st.10 9~10cm	5.01	0.00	0.36	0.66	23.83	0.02
BA st.10 10~11cm	4.47	0.00	0.36	0.56	19.44	0.01

상기 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 결과이며, 시료명은 의뢰자가 제시한 것으로
시험결과서의 직인이 없거나 사본은 무효임.
시험결과서는 "용도 이외의 사용 (법적 분쟁 또는 상업적 광고용 등)"을 금함.

확 인	작성자(시험자)	승인자
	신형선 02/10	代 [illegible] 02/11

2020.02.11.

한국기초과학지원연구원장

강회유참갯지렁이 (*Hediste diadroma*)의 개체군 생태 및 해양퇴적물 중금속 오염 시험생물 활용성 연구

Study on the population ecology of *Hediste diadroma* and its utility as a bio-indicator of heavy metals in marine sediment

KIOST 한국해양과학기술원

- 주 의 -

1. 이 보고서는 한국해양과학기술원에서 수행한 주요사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국해양과학기술원에서 수행한 주요사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.