

BSPN68120-12320-3

낙동강하구 을숙도 갯벌에 서식하는 재첩의 생태학적 연구

www.kiost.ac.kr

An ecological study on the *Corbicula japonica* inhabiting at the
estuarine Eulsuk Island tidal flat in the Nakdong River

이공학개인지초연구지원사업 최종(결과)보고서

양식A101

① 부처사업명(대)	기초연구사업	보안등급(보안, 일반)	일반					
② 사업명(중)	이공학개인지초연구지원사업	공개가능여부(공개, 비공개)	공개					
③ 세부사업명(소)	보호연구							
④ 과제성격(기초, 응용, 개발)	기초	④-1 실용화 대상여부(실용화, 비실용화)	비실용화					
⑤ 과제명	국문	낙동강 하구 을숙도갯벌에 서식하는 재첩의 생태학적 연구						
	영문	An ecological study on the <i>Corbicula japonica</i> inhabiting at the estuarine Eulsuk Island tidal flat in the Nakdong River						
⑥ 주관연구기관	한국해양과학기술원							
⑦ 협동연구기관								
⑧ 주관연구책임자	성명	최진우	직급(직위) 전문연구위원 (직원)					
	소속부서	위해성분석연구센터	전공 해양학					
⑨ 연구개발비 및 참여연구원수 (단위: 천원, M·Y)								
년도	정부출연금 (A)	기업체부담금			정부의 출연금 (B)	상대국 부담금 (F)	합계 G=(A+B+E)	참여 연구원수
		현금 (C)	현물 (D)	소계 E=(C+D)				
1차년도	50,000			0			50,000	3
2차년도	41,667			0			41,667	3
3차년도	41,667			0			41,667	4
4차년도	16,666			0			16,666	
5차년도				0			0	
합계	150,000	0	0	0	0	0	150,000	10
⑩ 총연구기간	2016. 11. 01 ~ 2019. 10. 31 (36개월)							
⑪ 다년도협약연구기간	기재하지 않음							
⑫ 당해연도연구기간	2019. 07. 01 ~ 2019. 10. 31 (04개월)							
⑬ 참여기업	중소기업수	대기업수	기타	계				
				0				
⑭ 국제공동연구	상대국연구기관수		상대국연구개발비		상대국연구책임자수			

관계 규정과 모든 지시사항을 준수하면서 국가연구개발사업에 따라 수행 중인 연구개발과제의 최종보고서를 붙임과 같이 제출 합니다.

2019년 11월 19일

주관연구책임자 : 최진우

주관연구기관장 : 김용서

※ 전자접수이므로 주관연구책임자 및 주관연구기관장 서명(인, 직인)은 생략

〈 연구결과 요약문 〉

양식A202

연구개요	<ul style="list-style-type: none"> • 낙동강 하구역은 1980년대 이전에는 재첩의 어획량이 매우 높았으나, 1980년대 후반 하굿둑 건설 이후 낙동강에서의 재첩 개체수는 급감하였고, 현재는 강서구 녹산과 명지 일대의 하구역에서 일부 서식하는 것으로 알려져 있음 • 하굿둑 건설 이후 낙동강 하구역에 서식하는 재첩에 대한 연구는 전무한 실정임. • 본 연구에서는 낙동강 하구 을숙도갯벌에 서식하는 기수산 이매패류인 일본재첩 (<i>Corbicula japonica</i>)의 개체군 생태에 대한 연구를 수행하여 일본재첩 자원의 관리와 증식방안에 대한 기초자료를 제공하고자 함. 		
연구 목표대비 연구결과	<ul style="list-style-type: none"> • 낙동강 하구 일본재첩의 분포 현황을 파악하기 위해 을숙도 갯벌 내 20개 정점에서 현장조사를 수행하였으며, 그 결과 조사 정점 중 가장 남동쪽에 위치한 정점 20을 제외한 모든 조사정점에서 일본재첩이 출현하였으며, 서식밀도는 0~52개체/m²의 범위를 보였고, 생체량은 0~269 g wet/m²의 범위를 보였음. • 을숙도에 서식하는 일본재첩이 개체군 연구는 2017년 4월부터 2018년 11월까지 수행한 결과, 각장크기 25mm 내외의 개체 비중이 가장 높았고, 치패의 주요 가입 시기는 7~8월이었음. • 일본재첩의 생리생태학적 특성과약을 위해 염분 구배에 따른 섭식률 실험을 수행한 결과 을숙도 서식 일본재첩은 15 psu에서 섭식률이 가장 높게 나타났고 (12.6 ml/min), 30 psu 에서도 8.0 ml/min으로 섭식 활동이 가능한 것으로 나타났음. • 을숙도 서식 일본재첩의 자원량 및 2차 생산량을 추정한 결과, 자원량은 12.5톤, 2차 생산량은 2017년에 0.81 kg/m²/yr, 2018년에 0.71 kg/m²/yr로 추정되었음. 		
연구개발결과의 중요성	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 낙동강 하구역에 서식하고 있는 일본재첩의 서식생태, 연령조성, 생산량, 자원량 등에 대한 생태학적 정보가 하구둑 건설 이후에는 보고된 바가 없음. 낙동강 서식 재첩의 증분류 및 생태학적 정보 제공. • 1980년대 후반 낙동강 하구둑이 건설된 이후 하구의 퇴적상이 사질에서 니질로 변동하였고, 담수 공급의 제한으로 염분의 증가가 하여 재첩의 개체수가 급감하였음. 낙동강 하굿둑 개방 후 재첩 복원 및 관리에 필요한 섭식, 생리, 산란 생태 등에 대한 정보 제공. 		
중심어	<i>Corbicula japonica</i>	distribution pattern	recruitment
	clearance rate	size composition	Eulsuk tidal flat
	Nakdong River estuary		

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	4
(1) 연구의 필요성	4
(2) 연구목적	4
2. 연구수행내용 및 연구결과	4
(1) 연구수행 내용	4
(2) 연구수행 결과	5
3. 연구개발결과의 중요성	8
4. 참고문헌	9
5. 연구성과	10

1. 연구개발과제의 개요

(1) 연구의 필요성

· 재첩은 연체동물문, 이매패강, 백합목, 재첩과에 속하는 이매패류로 수심이 얕은 사질 퇴적상에 서식하는 것으로 알려져 있다. 국내에는 약 9종의 재첩이 존재하고 있으며 (Lee, 2016), 주로 섬진강, 강원도 고창, 동해안의 남대천, 송지호 등 담수 혹은 기수역에서 주로 서식하고 있음 (Lee et al., 2012; Huh, 1998, Kim and Yoo, 2000; Park et al., 2016).

· 낙동강은 1980년대 후반 건설된 하굿둑으로 인해 하구역으로 내려오는 담수의 양이 인위적으로 조절되고 있다. 상류지역의 오염과 하류지역의 담수량 감소로 인해 하굿둑 건설 이전에는 기수산 재첩의 어획량이 매우 높았으나, 현재는 하굿둑 남쪽의 일부 지역에서만 서식하는 것으로 알려져 있음. 하굿둑 건설 이전 낙동강에 서식하였던 것으로 보고된 종은 담수종인 재첩 (*Corbicula fluminea*), 참재첩 (*Corbicula leana*), 기수종인 일본재첩 (*Corbicula japonica*), *Corbicula elatitior* 등이 있으나 (Jang and Kim, 1992), 현재 일본재첩 (*C. japonica*) 만이 낙동강 하구 을숙도 갯벌과 명지 일대에서 서식하고 있는 것으로 알려져 있음 (Seo et al., 2017).

· 국내에서는 환경 변화에 대한 담수산 및 기수산 재첩의 섭식률 및 여과율 변동에 대한 연구가 일부 수행되었으며 (Lim et al., 2005; Hwang et al., 2001), 그 외에도 일본재첩의 성장과 종묘생산 (Kim, 2002), 번식특성 (Choi et al., 2007), 정자형성과정 및 정자의 미세구조적특징 (Jun et al., 2009), 사육조건에 따른 유생의 성장과 생존 (Lee et al., 2011) 등과 같이 자원생물학과 관련된 연구들이 수행되어왔으나, 장기간에 걸친 일본재첩의 개체군 연구 결과는 전무한 실정임.

· 낙동강 하굿둑 건설이후 일본재첩의 서식생태, 연령조성, 생산량, 자원량 등에 대한 생태학적 정보가 보고된 바가 없음. 특히 하구둑 건설 이후 갯벌에 분포하는 일본재첩이 증가된 염분에 의해 받고 있는 생리스트레스를 파악하는 것이 필요함.

(2) 연구 목표

· 을숙도 갯벌의 일본재첩 서식지 환경에 대한 모니터링과 개체군 연구를 통하여 생태적 특성을 파악하고 자원증식 및 지속가능한 관리에 대한 정보를 제공하고자 하며, 향후 낙동강 하구둑 개방 이후에 대한 대응책으로 일본재첩 개체군의 생태정보를 축적함이 필요할 것으로 판단됨.

· 본 연구 최종목표는 낙동강 하구 을숙도 갯벌 내 일본재첩의 분포 현황을 파악하고, 개체군 생태 연구를 통해 산란기 등 개체성장 특성 파악을 통해 지속가능한 자원 확보 및 유지를 위한 기초 자료 제공을 목적으로 함.

2. 연구수행내용 및 연구결과

(1) 연구수행내용

- 낙동강 재첩의 분포 현황파악: 재첩이 분포하고 있다고 알려져 있는 을숙도 조간대 사질 갯벌에서 재첩의 분포양상을 조사
- 낙동강 재첩의 기원 파악(종동정): 낙동강 조간대 해역에서 출현하는 재첩의 정확한 종동정을 위해 형태적 분류와 함께 유전자 분석 실시
- 낙동강 재첩의 개체군 생태연구: 2017년과 2018년 3월부터 11월까지 매월 현장조사 수행. 100개체 이상 채집 후 각장길이 (mm), 습중량 측정
- 생리학적 특성 파악: 염분 구배에 따른 섭식률 실험 수행
- 산란기 파악: 비만도 지수 산출, 조직분석
- 낙동강 재첩의 자원생태 연구: 낙동강 재첩의 지속가능 자원량 산출, 2차 생산량 조사
 - 자원량: $B = (D \times W \times A) / q$ (D: 면적당 평균밀도, W: 평균중량, A: 총 서식면적, q: 어획률)
 - 2차 생산량: $P_{t \rightarrow t+1} = (N_t + N_{t+1}) / 2 \times (W_{t+1} - W_t)$ (P: Production, N: (시간별 time series) 개체수, W: 개체별 평균 생체량, t: 시간)

(2) 연구수행 결과

· 분포현황

- 조사 정점 중 가장 남동쪽에 위치한 정점 20을 제외한 모든 조사정점에서 일본재첩이 출현하였으며, 서식밀도는 0~52개체/m²의 범위를 보였고, 생체량은 0~269 g wet/m²의 범위를 보였음 (그림 1). 정점 당 평균 서식밀도는 14 개체/m²였고, 1 개체 당 평균 무게는 1.1g인 것으로 나타났음.
- 일본재첩은 주로 을숙도 남서쪽에 위치한 정점들에서 높은 서식밀도를 보였음.

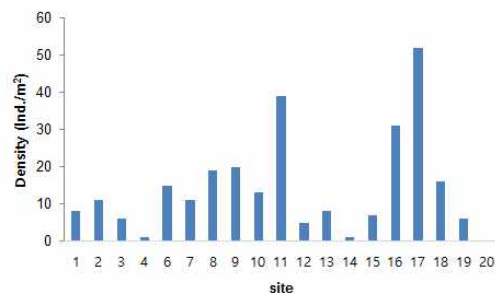
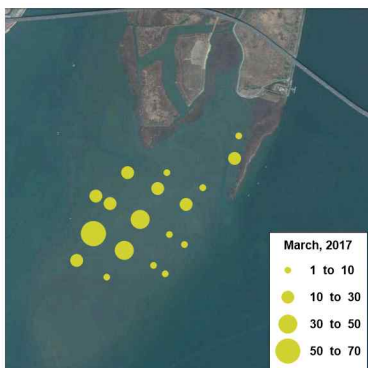


그림 1. 을숙도 갯벌에 서식하는 일본재첩의 분포 현황 (좌) 및 정점 별 재첩 서식밀도 (우).

· 종동정

- 유전자의 서열 시퀀싱을 위해 추출한 DNA에서 CO-1 유전자 만을 증폭하였음 (CO-1 universal primer: LC01490: GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG) (Seo et al., 2017).
- 섬진강과 을숙도 갯벌에서 채집된 개체 중 형태적으로 다소 차이를 보였던 10개체를 분석한 결과, 섬진강 기수역과 을숙도 갯벌에 서식하는 재첩 10종은 모두 일본재첩 (*Corbicula japonica*)인 것으로 확인되었음.

· 개체군 변동

- 2017년과 2018년 을숙도 갯벌에서 출현한 일본재첩의 평균 서식밀도는 2017년 13~31 개체 /m², 2018년 11~33 개체 /m²로 나타남.
- 2017년 7월에 각장크기 3~5 mm 개체의 비중이 가장 높게 나타났고, 9월과 10월에는 6~9 mm 개체 비중이 높게 나타남 (그림 2).
- 2018년에는 6월에 3~5 mm 개체가 관찰되었고 9월에 3~5 mm 개체의 서식밀도가 가장 높게 나타남.
- 2017년과 2018년 을숙도 일본재첩의 계군분석 결과, 조사기간 동안 5개의 계군으로 구분되었음.
- 각 계군별 월 평균 성장은 C0(0.5 mm), C1(0.8 mm), C2(0.6 mm), C3(0.4 mm), C4(0.2 mm)로 나타나 2017년에 가입된 C1이 가장 높은 반면, C4가 가장 낮았음.

· 재첩의 가입시기 및 가입강도

- 을숙도에서 서식하는 일본재첩의 치패 가입시기는 치패의 출현시기를 조사하여 추정이 가능하며, 월별 현존량 조사에서 2017년 7월에 가입이 시작되어 8월부터 10월까지 치패가 출현하고 있었음 (그림 2). 2018년에는 6월부터 가입이 시작되어 7월에서 10월까지 가입이 이루어지고 있었음.
- 가입밀도는 2017년 7월에 최대 4 개체 /m² 로서 매우 낮은 가입강도를 보였고, 2018년에도 이와 유사한 가입강도를 보였음. 이는 을숙도 갯벌에 서식하는 일본재첩 개체군에서 자연적인 재생산이 일어나고 있으나 어떤 요인들에 의해서 현재의 가입밀도는 매우 낮아서 정상적인 개체군 유지가 어려운 실정임. 실제적으로 어민들의 치패 투입이 을숙도에 이루어지고 있어서 성패의 현존량이 현재 수준이라도 유지하고 있는 실정임. 가입밀도를 높이기 위한 방안이 모색되지 않고는 을숙도 갯벌에서 지속가능한 재첩생산은 어려울 것임.

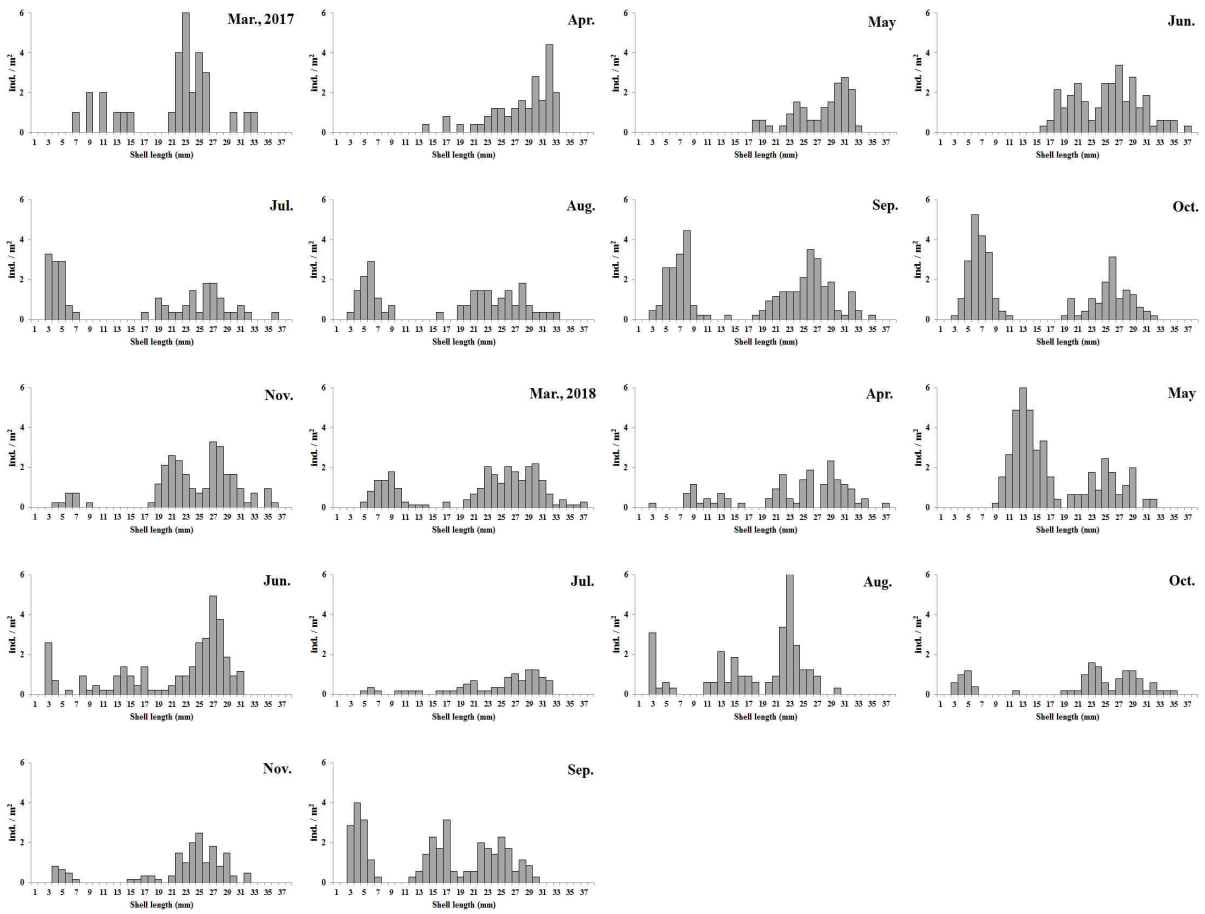


그림 2. 울속도 갯벌에 서식하는 일본재첩의 월별 각장빈도분포

· 산란기 파악

- 울속도에서 서식하는 일본재첩의 산란기를 추정하기 위해 2017년과 2018년 월별 비만도 지수를 산출하였고, 생식소 조직분석은 2018년 3월부터 11월까지 채집한 개체를 대상으로 수행하였음 (그림 3).
- 2017년 조사기간 동안 비만도 지수는 0.02-0.07의 범위를 보였고, 9월에 가장 낮게 나타남. 2018년 비만도 지수는 0.02-0.07의 범위를 보였고, 2017년과 동일하게 9월에 감소하는 것으로 나타났음.
- 비만도 지수는 2017년과 2018년 모두 9월에 감소하는 경향을 보였으며 이 시기에 주로 산란하는 것으로 추정됨.

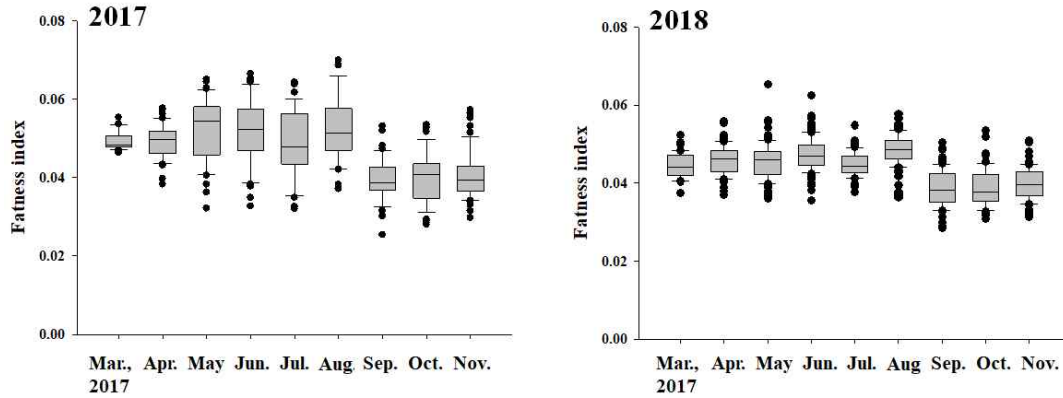


그림 3. 을숙도 갯벌에 서식하는 일본재첩의 2017년과 2018년 비만도 지수

- 생식소 조직학적 관찰결과 2018년 7-8월에 생식소 완숙과 산란 중인 상태가 모두 관찰되었으며, 9월에는 산란 중인 개체와 산란 종료 개체가 모두 관찰되었음 (그림 4).
- 위와 같이 비만도 지수와 생식소 조직학적 관찰을 통한 을숙도 일본재첩의 산란시기를 추정 한 결과 7월부터 9월까지 산란을 하는 것으로 나타남.

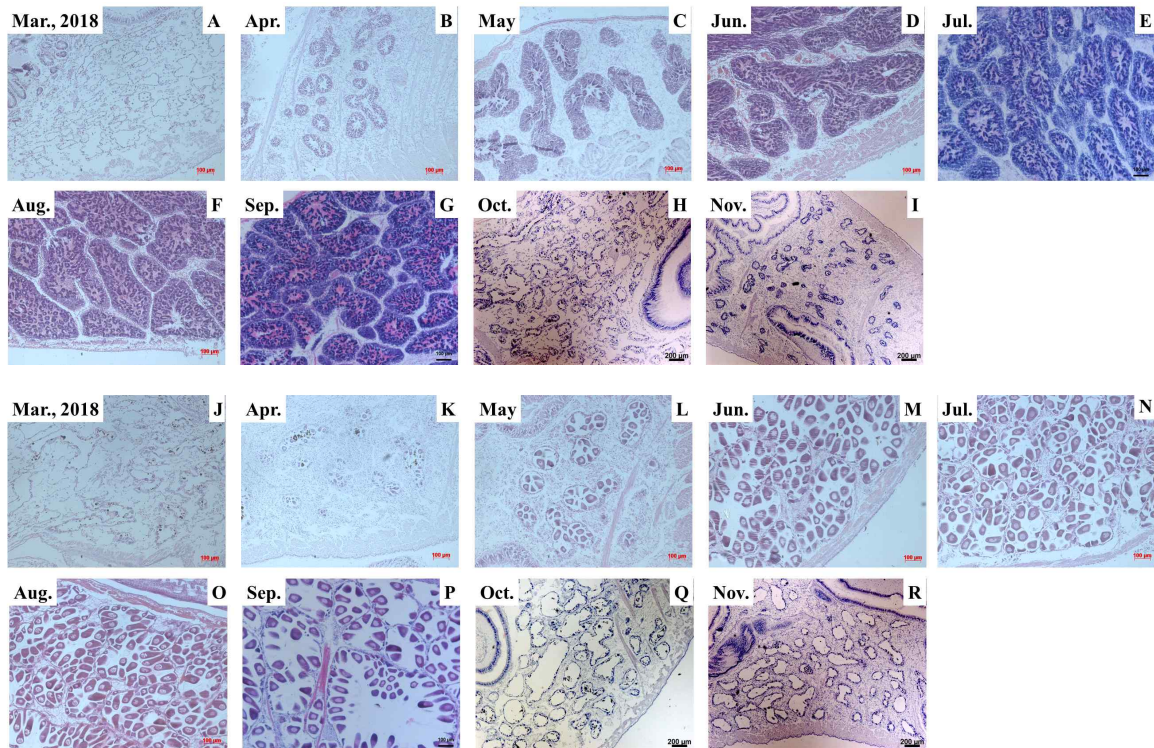


그림 4. 을숙도 갯벌에 서식하는 일본재첩의 생식소 분석 결과 ((A~I: 암컷; J~R: 수컷; 초기활성기: B, C, K, L; 후기활성기: D, M ; 완숙기: E, N; 부분산란기: F, G, O, P; 퇴화기: A, H, I, J, Q, R)

· **생리학적 특성 파악**

- 실험에 사용한 개체의 평균 각장크기는 $28.7 \pm 1.1\text{mm}$ 였음.
- 5 부터 30 psu까지 5 psu 간격으로 실험을 수행한 결과, 15 psu (12.6 ml/min)에서 섭식률이 가장 높게 나타났고, 5 psu에서 상대적으로 섭식률이 낮게 나타났음 (그림 5).
- 일본재첩은 기수재첩으로 염분범위 10 psu 내외의 환경에서 서식하는 것으로 알려져 있으나, 을숙도 갯벌에 서식하는 일본재첩의 경우 계절에 따라 염분 변동이 매우 심하게 나타나는 곳에 서식하여 염분에 대한 내성 범위가 넓어진 것으로 판단됨.

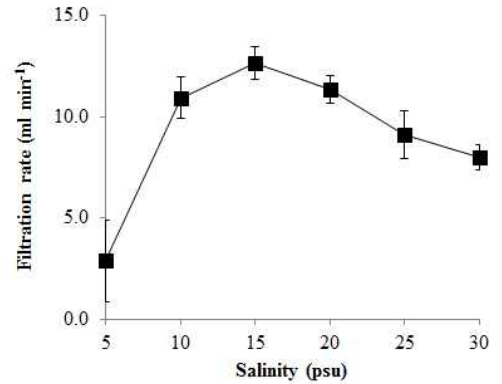


그림 5. 염분구배에 따른 을숙도 서식 일본재첩의 섭식률 변동 양상.

· **자원량 산정**

을숙도에서 서식하는 일본재첩의 자원량을 추정하기 위해 면적당 평균 서식밀도, 평균중량, 총 서식면적을 산출한 결과, 평균 서식밀도는 26 개체/m², 평균중량은 4.4 g/m², 총 서식면적은 537,612 m² 로 나타났으며 이 자료를 토대로 추정된 을숙도 일본재첩의 자원량은 12.5 톤이 었음.

표. 1 조사기간 동안 을숙도 갯벌에서 출현한 일본재첩의 평균 서식밀도를 토대로 추정한 자원량

Mean density (ind. /m ²)	Mean biomass (g/ind.)	Area(m ²)	Catch ability	Stock biomass(kg)
26	4.4	537,612	0.203	12,538.2

· **2차 생산량 산정**

- 을숙도 일본재첩의 각장 및 생물량 자료를 이용하여 이차 생산량 추정 결과, 2017년과 2018 년에 각각 0.81 kg/m²/yr, 0.71 kg/m²/yr 으로 나타나 2017년에 비해 2018년에 다소 감소함.
- 월별 이차생산량은 2017년에 29.6~286.4 g/m², 2018년에 19.9~99.8 g/m²의 범위를 보임.
- 현존 생물량이 새롭게 생산되는 생물량으로 교체되는데 소요되는 회전시간은 2017년에 0.6, 2018년에 0.7로 나타나 을숙도 갯벌에서 일본재첩의 생물량이 새롭게 교체되는데 약 1년 6 개월 정도 소요되는 것으로 추정됨.

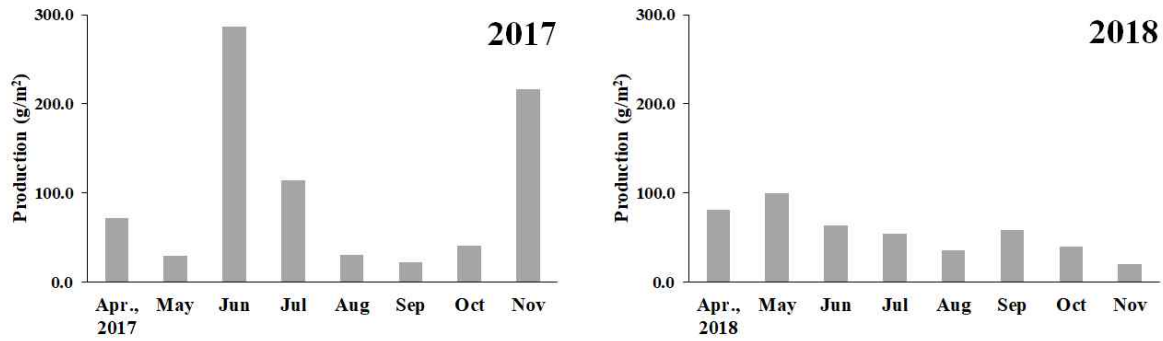


그림 6. 을숙도 갯벌에 서식하는 일본재첩의 이차 생산량

3. 연구개발결과의 중요성

- 낙동강 하구역에 서식하고 있는 재첩은 모두 일본재첩 (*Corbicula japonica*)으로 섬진강에 서식하는 종과 동일 종인 것으로 유전자 분석 결과 나타났음. 그러나 섬진강 서식 일본재첩은 염분 5~15에서만 섭식활동을 한 반면, 을숙도 재첩은 30 psu에서도 섭식이 가능한 것으로 나타나 차이를 보였음 (서 등, 2018).
- 낙동강 서식 일본재첩의 주 산란기는 하계 7~8월인 것으로 나타났고, 7~9월에 치패의 가입이 활발히 진행되는 것으로 조사되었음.
- 현재의 가입밀도는 매우 낮아서 정상적인 개체군 유지가 어려운 실정이며, 가입밀도를 높이기 위한 방안이 모색되지 않고는 을숙도 갯벌에서 지속가능한 재첩생산은 어려울 것임. 어민들의 주기적인 치패 투입이 을숙도에 이루어지고 있어서 성패의 현존량이 현재 수준이라도 유지하고 있는 실정임.
- 이러한 생리/ 생태학적 정보는 낙동강 하굿둑 개방 후 예상되는 환경변화에 따른 을숙도 갯벌에서의 재첩개체군 회복 및 지속가능한 관리를 위한 정보 제공에 활용될 것으로 판단됨.

4. 참고문헌

- Choi, K.H., Chung, E.Y. and Kwak, O.Y. (2007) Karyotype and reproductive characteristics of the dioploid brackish water clam, *Corbicula japonica* and the triploid freshwater marsh clam, *C. fluminea*. *Korean Journal of Malacology*, 23: 39–49.
- Huh, K.H. (1998) Allozyme variation and population structure of *Corbicula papyracea* from Nam and Sumjin River. *Korea Journal Genetics*, 20: 163–172.
- Hwang, S.J., Kim, H.S. and Shin, J.K. (2001) Filter-feeding effect of a freshwater bivalve (*Corbicula leana* PRIME) on phytoplankton. *Korean Journal Limnology*, 34: 298–309.
- Jang, I.K. and Kim, C.H. (1992). A study on the changes of the molluscan and crustacean fauna after the construction of the Nakdong estuary barrage. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, 25: 265–281.
- Jun, J.C., Kim, B.S., Chung, E.Y., Kim, J.H., Park, G.M. and Park, S.W. (2009) Spermatogenesis and ultrastructural characteristics of spermatozoa of brackish water diploid clam, *Corbicula japonica* (Bivalvia: Corbiculidae). *Development and Reproduction*, 2: 115–122.
- Kim, W.K., Lee, C.S., Lee, J.Y. and Hur, S.B. (2002) Production of artificial seedling of the brackish water clam, *Corbicula japonica*. *Journal of Aquaculture*, 15: 23–29.
- Lee, J.B., Shin, Y.J., Lee, J.H., Choi, Y.M., Lee, D.W. and Cha, H.K. (2012) Estimation of potential fishery yield for *Corbicula japonica* in the Seomjin River, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 28: 91–99.
- Lee, J.Y., Kim, W.K. and Lee, C.S. (2011) Growth and survival of the brackish water clam, *Corbicula japonica* larvae according to rearing conditions. *Korean Journal Malacology*, 27: 37–343.
- Lee, J.S. (2016) List of Korean mollusks. p. 219–220.
- Lim, K.H., Shin, H.C. and Yang, J.S. (2005) The influence of water temperature and food concentration on the filtration rates of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea*. *Korean Journal of Malacology*, 21: 19–24.
- Park, S.Y., Kang, S.W., Hwang, H.J., Chung, J.M., Song, D.K., Park, H.S., Han, Y.S., Lee, J.S., Kang, J.H. and Lee, Y.S. (2016) A mitochondrial cytochrome oxidase I gene based identification of *Corbicula* spp. commercially available in South Korea. *Korean Journal of Malacology*, 32: 27–131.
- Seo, J.-Y., Kim, J.-H., Chung, J.M., Lee, Y.S. and Choi, J.-W. (2017) Distribution patterns of a marsh clam, *Corbicula japonica* on the Eulsuk tidal flat of the Nakdong River estuary, Korea. *Korean Journal of Malacology*, 33: 185–193.



- 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.