

낙동강 하구 을숙도 갯벌에 서식하는 일본재첩 (*Corbicula japonica*) 의 생식소 발달과 치패가입

김정현^{1,2}, 최진우¹, 서진영¹

¹한국해양과학기술원 위해성분석연구센터, ²전남대학교 해양기술학부

The gonadal development and spat recruitment of a marsh clam, *Corbicula japonica* in the Eulsuk tidal flat of the Nakdong River estuary, Korea

Jeong-Hyeon Kim^{1,2}, Jin-Woo Choi¹ and Jin-Young Seo¹

¹Risk Assessment Research Center, KIOST, 41 Jangmok 1-gil, Geoje 53201, Republic of Korea

²Faculty of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea

ABSTRACT

The gonadal development, fatness index and spat recruitment of the marsh clam, *Corbicula japonica* were investigated by using both histological observations and population structure data. Specimens of *C. japonica* were collected from March 2017 to November 2018 in the Eulsuk tidal flat of the Nakdong River estuary, Korea. The mainly adult clams consisted of shell length 21 to 30 mm, and their density ranged from 8 to 32 ind./m². The monthly density of *Corbicula* spats was very low and in the range of 0 to 22 ind./m², and the highest density occurred in July 2017. Monthly variation of fatness index showed similar patterns to the variation of gonadal development. The sex ratio of male and female was 1:1.4. The gonadal maturity cycle of *C. japonica* could be classified into five stages according to its developing conditions with the ripe stage from July to August. From the results on gonadal development, fatness index and in-situ spat recruitment, the spawning season of *C. japonica* in the study area was estimated to be from July to September, and main recruitment might occur in August.

Key words: *Corbicula japonica*, Eulsuk tidal flat, Spawning, Histology, Recruitment, Nakdong River estuary

서 론

재첩류는 담수 및 기수역에 서식하는 이매패류로 낙동강 하구지역에서는 하굿둑이 건설되기 이전에는 재첩의 생산량이 매우 높았으나, 현재는 하굿둑 외측의 일부 지역에서만 서식하고 있는 것으로 나타났다. 국내 일본재첩 생산량은 섬진강 유역에서 총 생산량의 30% 이상으로 부산 경남 지역 생산량의 대부분을 차지하고 있다. 그러나 섬진강을 비롯한 국내 연안

하구역의 바다화 현상과 담수 공급량 감소 등의 요인으로 인해 일본재첩의 생산량은 매년 감소하고 있다. 이러한 일본재첩을 비롯한 수산자원의 지속가능한 어업을 위해서는 과학적이고 체계적인 자원관리방안 마련이 필요하며, 이를 위해서는 정확한 산란기 파악이 필요하다.

산란기에 관한 기존 연구들을 살펴보면, 강원도 양양의 일본재첩 (*Corbicula japonica*) 은 비만도로 산란기를 파악한 결과 주 산란기는 8월초에서 9월 중순인 것으로 나타났고 (Kim *et al.*, 2003), 경상북도 서식 일본재첩의 경우 생식소 조직분석 결과, 부분산란기가 7-9월인 것으로 나타났고 (Byun and Chung, 2001; Chung *et al.*, 2004). 그 외에도 경상북도 재첩류의 경우 육안으로 성 성숙도를 파악한 결과, 일본재첩 (*C. japonica*) 의 산란기는 7-8월이었고, 참재첩 (*Corbicula leana*) 은 7-8월로 나타났고 (Jo *et al.*, 1998). 형산강 하구의 참재첩 (*C. leana*) 은 비만도와 생식소 조직분석 결과 6월 하순부터 9월 중순 (Kim and Yoo, 2000), 강원도 남대천 일본

Received: December 10, 2019; Revised: December 20, 2019;
Accepted: December 27, 2019

Corresponding author: Jin-Young Seo

Tel: +82 (10) 8162-7342, e-mail: jyseo@kiost.ac.kr
1225-3480/24745

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.

재첩은 생식소 조직분석 결과 부분산란기가 6-9월 (Kim *et al.*, 2003) 인 것으로 나타났다. 이처럼 재첩류의 주 산란기는 이르면 6월부터 주로 7, 8월에 시작되어 9월까지 지속되는 것으로 나타났다. 그러나 이는 모두 2000년대 이전 혹은 2000년대 초에 조사된 결과들이며, 남해안 특히 서식환경이 현저하게 다른 낙동강 하구의 갯벌에 서식하는 일본재첩에 대한 산란기 파악 연구는 부족한 실정이다.

낙동강 하구둑 전면 개방에 앞서 낙동강 하구역에서 재첩의 자원량 회복을 위해서는 재첩에 대한 기초생태학적 정보가 필요하며, 그 중에서도 자원량 관리를 위해서는 산란시기와 치패가입 시기 및 강도에 대한 정보획득이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 낙동강 하구역에서 서식하는 것으로 알려진 일본재첩의 산란기와 치패의 현장 가입시기와 강도를 파악하기 위해서 기존 연구들에서 많이 사용되었던 비만도 지수, 생식소의 조직학적 연구방법, 그리고 현장 조사를 통한 치패 가입시기와 가입밀도에 대한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 갯벌 환경요인

본 연구지역인 을숙도에 서식하는 일본재첩의 서식지 환경 파악을 위해 하나의 정점을 선정하여 갯벌 표층 퇴적물 온도와 염분을 측정하였다 (Fig. 1). 퇴적물 온도는 휴대용 온도계를 이용하여 0.1°C 단위까지 측정하였고, 염분은 갯벌 표층 고인 물을 휴대용 염분계 (Refractometer MASTER-S/MillM, ATAGO) 를 사용하여 1 psu 단위까지 측정하였다.

2. 시료의 채집 및 분석

일본재첩의 치패 가입시기를 파악하기 위해 2017년 7월부터 11월까지, 2018년 3월부터 11월까지 매월 1회 수행하였다. 채집시에는 상자형 코어 샘플러 (채집면적 0.025 m²) 를 이용해 4회씩 채집하여 망목크기 1 mm 체에 생물만을 걸러내었다. 또한 일본재첩 성체의 개체군 조사를 위해 2017년 3월부터 11월까지, 2018년 3월부터 11월까지 매월 1회, 방형구 (50 x 50 cm) 를 이용하여 10회 이상 반복 채집하였다.

매월 채집된 일본재첩은 vernier calipers를 사용하여 각 개체별 각장 (SL, shell length) 을 0.01 mm까지 측정하였고, 전자저울로 전중량 (TW, total weight), 육질부의 중량 (MW, meat weight) 을 0.001 g까지 측정하였다. 또한 일본재첩의 연급군 분석은 각장길이 빈도분포 자료를 이용하여 FiSAT II (version 1.2.2) 프로그램 내 Bhattacharya (1967) 의 세대분석방법으로 구분하였다.

일본재첩의 산란기 추정을 위해 비만도 지수와 생식소 조직 분석을 수행하였다. 비만도 지수는 2017년 3월부터 11월까지,

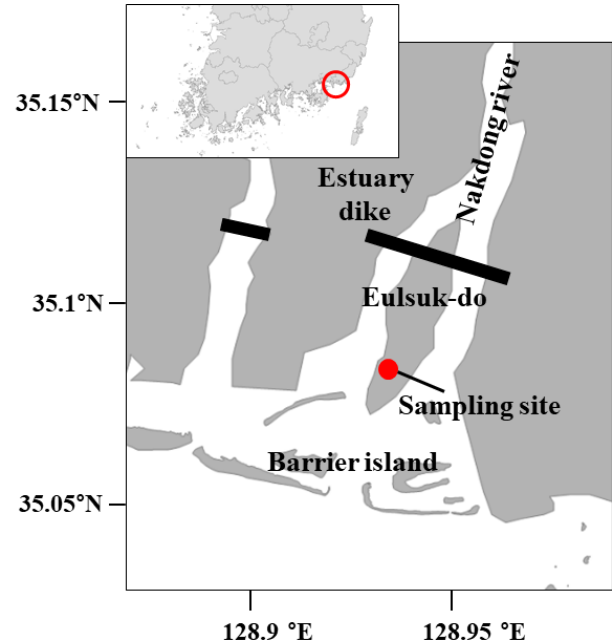


Fig. 1. Map showing the study area and sampling site at the Eulsuk tidal flat of the Nakdong River estuary.

2018년 3월부터 11월까지 월별 채집된 개체들의 각장 길이와 육질의 무게를 구하였다. 비만도 지수의 산출식은 다음과 같다.

$$\text{Fatness index (FI)} = (\text{MW} / \text{SL}^3) \times 1000,$$

여기서 MW: 육질부 무게, SL: 각장의 길이.

생식소 조직분석은 2018년 3월부터 11월까지 월별 채집된 개체들 중 각장크기 20 mm 이상인 개체를 대상으로 수행하였다. 재첩의 생식소 발달과정을 관찰하기 위해 매월 채집된 일본재첩의 패각과 육질부를 분리한 뒤, 육질부를 Davison's solution에 24-48시간 고정하였다. 고정이 완료된 시료는 에탄올 탈수과정을 거친 후 파라핀으로 포매하였다. 포매된 조직은 마이크로톰을 이용하여 6 μm 두께로 절단하여 절편을 만들었으며 탈 파라핀 과정을 거친 후 Harris' Hematoxylin과 0.5% Eosin Y로 비교염색하였다. 제작된 조직시료는 광학현미경을 이용하여 생식소 발달단계를 관찰하였다.

결 과

1. 서식지 환경

조사기간 동안 을숙도 갯벌의 표층 퇴적물 온도는 11.9-35.5°C 범위로 나타났으며, 2017년과 2018년 모두 3월부터 퇴적물 온도가 증가하기 시작하였고, 8월에 30°C 이상으로 가장 높았다가 9월 이후 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 2). 최저기온은 2017년에는 11월, 2018년에는 3월로 다소 차이를

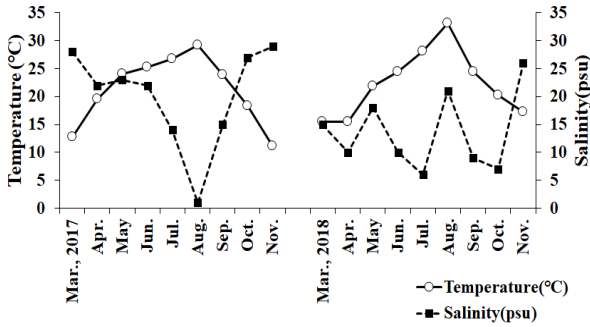


Fig. 2. Temperature and porewater salinity of surface sediments at the Eulsuk tidal flat of the Nakdong River estuary during the study period.

보였다. 조사기간 동안 평균 퇴적물의 온도는 21.8°C였고, 퇴적물 온도가 20°C 이상으로 유지되는 기간은 2017년에는 4월부터 9월까지, 2018년에는 5월부터 10월까지로 유사하게 나타났다.

간조 시 을숙도 갯벌의 염분은 1-29 psu 범위로 나타났으며, 2017년 11월에 29 psu로 가장 높게 나타났고, 8월에 1 psu로 비가 온 뒤 즉시 조사하여 가장 낮게 나타났다. 월 평균 염분은 2017년에 21.2 psu로 여름철을 제외한 시기에 모두 20 psu 이상이었고, 2018년에는 13.6 psu로 11월을 제외한 대부분 기간에 20 psu 이하로 나타나 2017년에 비해 감소하였으며, 조사기간 동안 을숙도에서 염분 변화의 폭이 큰 것으로 나타났다.

2. 일본재첩의 산란

본 연구에서는 일본재첩의 산란기를 파악하기 위해 비만도 지수와 생식소의 조직분석을 수행하였다. 비만도지수는 각장크기 20 mm 이상인 성패를 사용하였다. 본 연구에서 분석에 사용한 일본재첩의 각장 평균 크기는 2017년에는 25.1-28.8 mm였고, 2018년에는 22.8-27.6 mm였다. 2017년과 2018년에 분석에 사용된 개체는 각장크기 25-27 mm의 비중이 30.0%로 가장 높았다. 2017년 월별 비만도 지수는 0.039-0.053, 2018년에 0.039-0.048의 범위를 보였다 (Fig. 3). 2017년과 2018년 모두 3월부터 비만도지수가 점차 증가하여 8월에 최고값을 보였고, 9월에 급격히 감소하는 경향을 보였다. 비만도 지수로 산란기를 파악해 본 결과, 비만도지수가 급격히 감소하는 8월에서 9월 사이에 산란이 되는 것으로 파악되었다.

2017년 을숙도 서식 일본재첩의 비만도 분석 결과, 일부 개체들에서는 5월부터 이미 비만도가 감소하는 경향이 나타났다. 이는 성장의 차이에 의한 결과일 수도 있으나, 이미 산란에 의한 감소일 수도 있으므로 이를 확인해 보기위해 2018년 시료

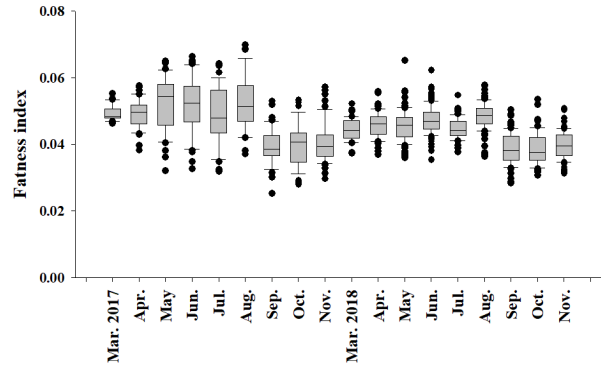


Fig. 3. The fatness index of *Corbicula japonica* adults collected at the Eulsuk tidal flat.

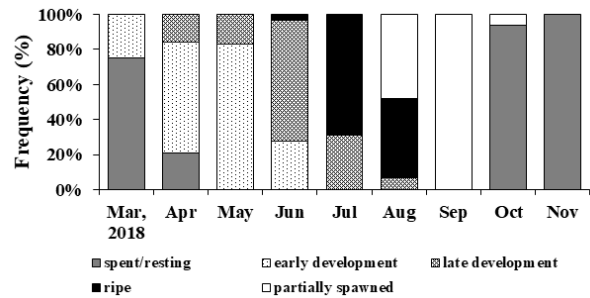


Fig. 4. The gonadal developmental stages of *Corbicula japonica* population at the Eulsuk tidal flat from Mar., 2018 to Nov., 2018.

를 대상으로 생식소 조직 분석을 수행하였다. 생식소 조직분석에 이용된 일본재첩은 총 215 개체로 월별 평균 24 개체를 사용하였고, 사용된 개체의 평균 각장 크기는 23.9-29.4 mm의 범위로, 월별 평균 크기는 26.7 mm로 나타났다. 이 중 암컷은 평균 14 개체/월, 수컷 10 개체/월로 성비는 1.4:1로 나타났다. 생식소 조직분석 결과, 을숙도 갯벌에 서식하는 일본재첩의 생식주기는 초기 활성기 (Early development), 후기활성기 (Late development), 완숙기 (Ripe), 부분산란기 (Partially spawning), 퇴화 및 비활성기 (Spent/Resting)의 5단계로 구분할 수 있었다. 초기활성기 개체들은 3월부터 6월까지 관찰되었으며, 암컷과 수컷 모두 4월에 60% 이상, 5월에 80% 이상으로 유사하게 나타났다 (Fig. 4). 후기활성기는 4월-8월에 걸쳐 출현하였으며 4월과 5월에 일부 암컷에서 관찰되었고, 6월에 암수 모두 비중이 가장 높았다. 이 시기에 발달중인 암컷의 난모세포, 수컷의 정모세포들이 식별되었고, 생식소 역시 크기가 좀 더 커진 것을 관찰되었다 (Fig 5). 완숙기 개체들은 6월-8월 걸쳐 나타났고, 7월에 암컷의 50%, 수컷의 모든 개체들이 해당되었다. 이 시기에는 최대로 커진 생식소를 관찰할 수 있었고, 생식소 내 완숙된 생식세포들이 밀집된

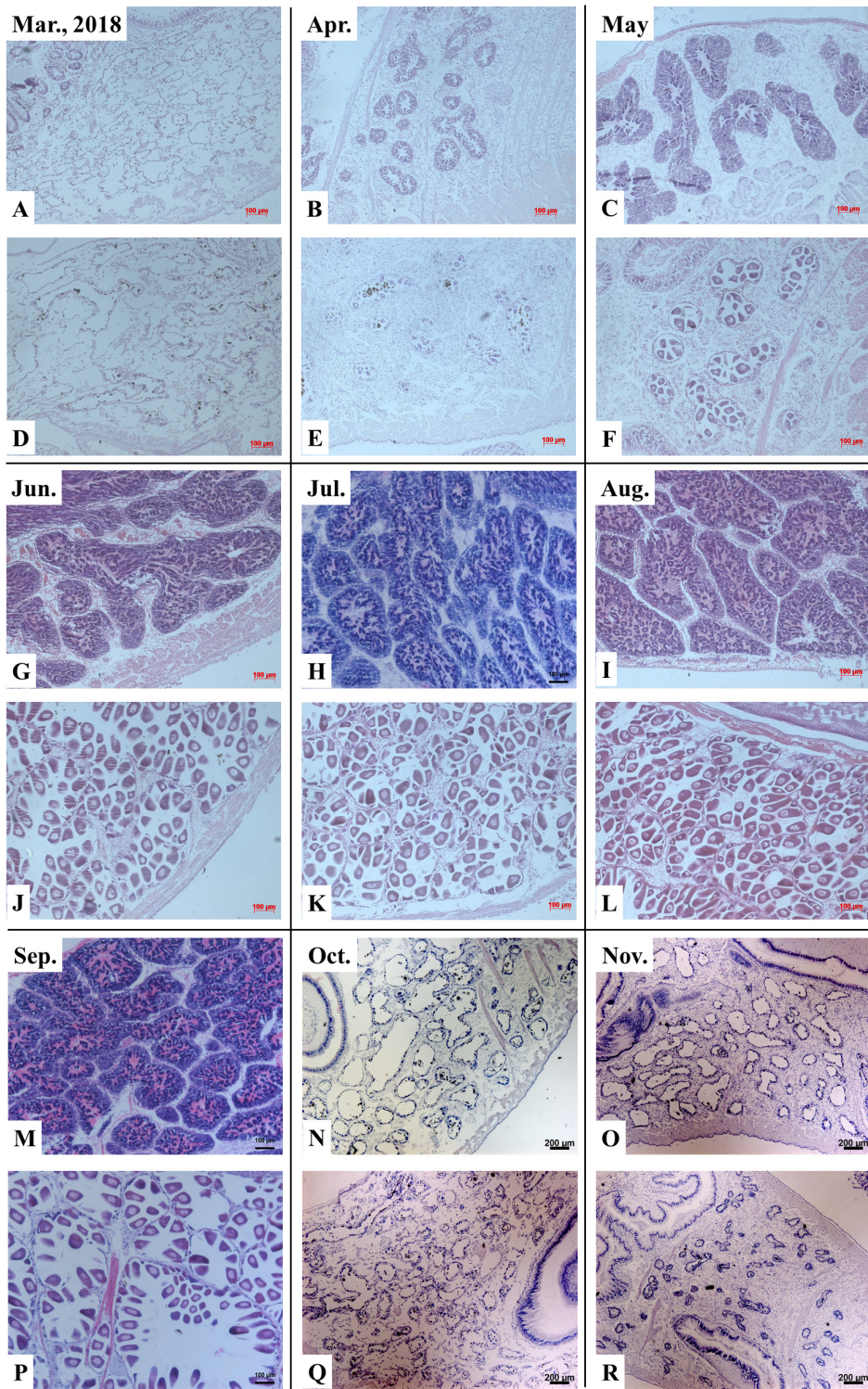


Fig. 5. The gonadal tissue images of *Corbicula japonica* showing the sexual maturity stages from Mar., 2018 to Nov., 2018 (early development stage: **A, B, C**; late development stage: **D**; ripe stage: **E**; partially spawning stage: **F, G**; spent/resting stage: **H, I**; Male: **A, B, C, G, H, I, M, N, O**; Female: **D, E, F, J, K, L, P, Q, R**).

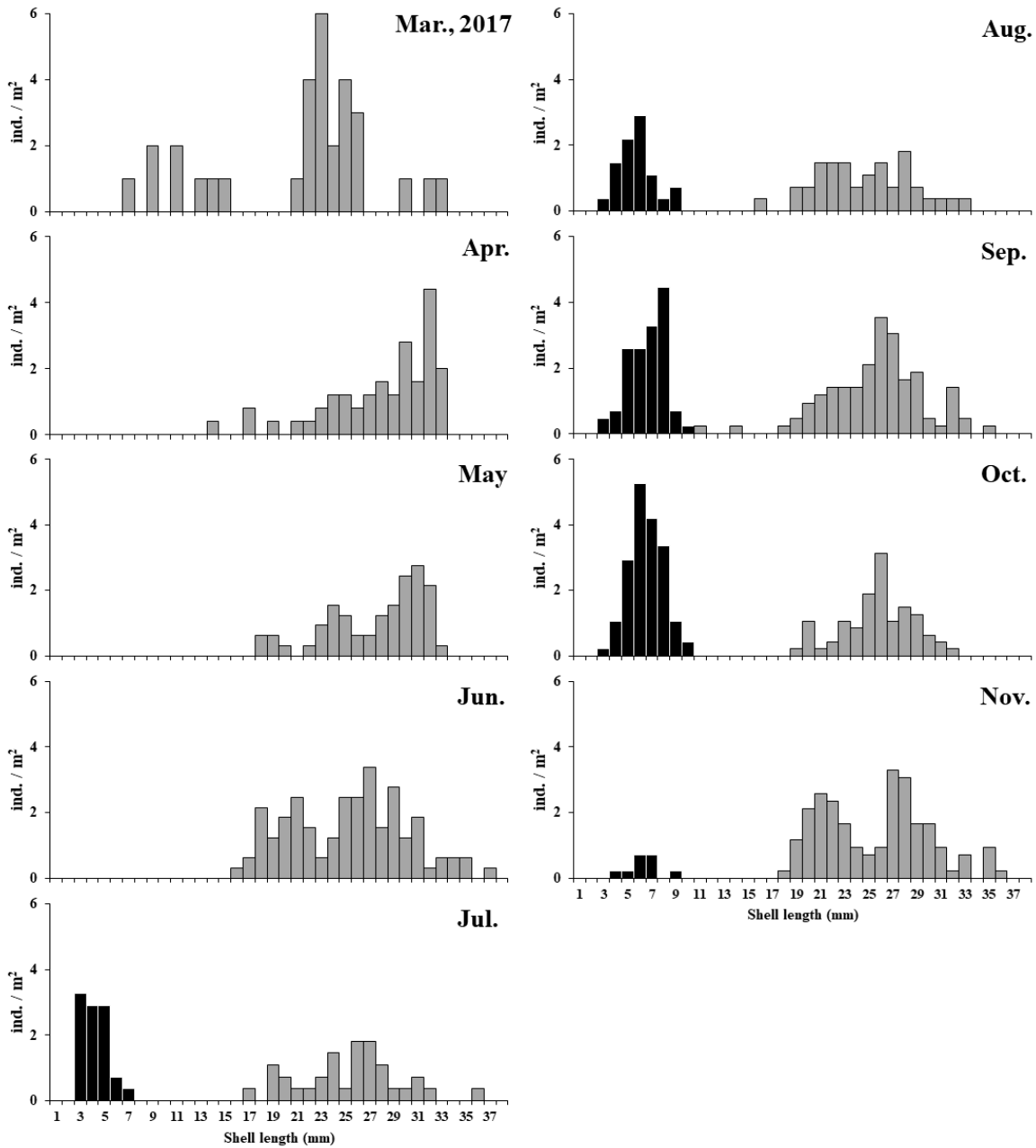


Fig. 6. The size-frequency graphs of the shell length of *Corbicula japonica* population at the Eulsuk tidal flat (From Mar., 2017 to Nov., 2017, black bars: collected by 2 mm sieve, gray bars: quadrat 50 x 50 cm).

것을 확인할 수 있었다. 부분산란기 개체들은 8-10월에 관찰되었다. 8월에는 전체의 40% 가량이 부분산란기였고, 9월에는 관찰한 모든 암컷과 수컷 개체가 부분산란기에 속하는 것으로 나타났다. 이 시기에는 생식소 내 가득 채우고 있었던 생식세포들이 일부 방출되어 비어있는 부분과 방출되지 못하고 남아 있는 잔존 생식세포들을 관찰 할 수 있었으며, 최대로 커졌던 생식소가 다소 수축되었다. 산란을 끝낸 퇴화 및 비활성기 개

체들은 10월에 수컷은 90%이상, 암컷은 모든 개체에서 관찰되었으며, 11월에는 모든 개체가 퇴화 및 비활성기인 것으로 나타났다. 이 시기에는 산란을 마치고 텅 비어버린 생식소들이 점차 수축되어지는 모습이 관찰되었다. 생식소 조직분석 결과, 일본재첩은 시기에 따른 암컷과 수컷의 생식소 성숙에 큰 차이는 없었고, 산란기는 8-10월까지, 연중 1회 산란하는 것으로 나타났다.

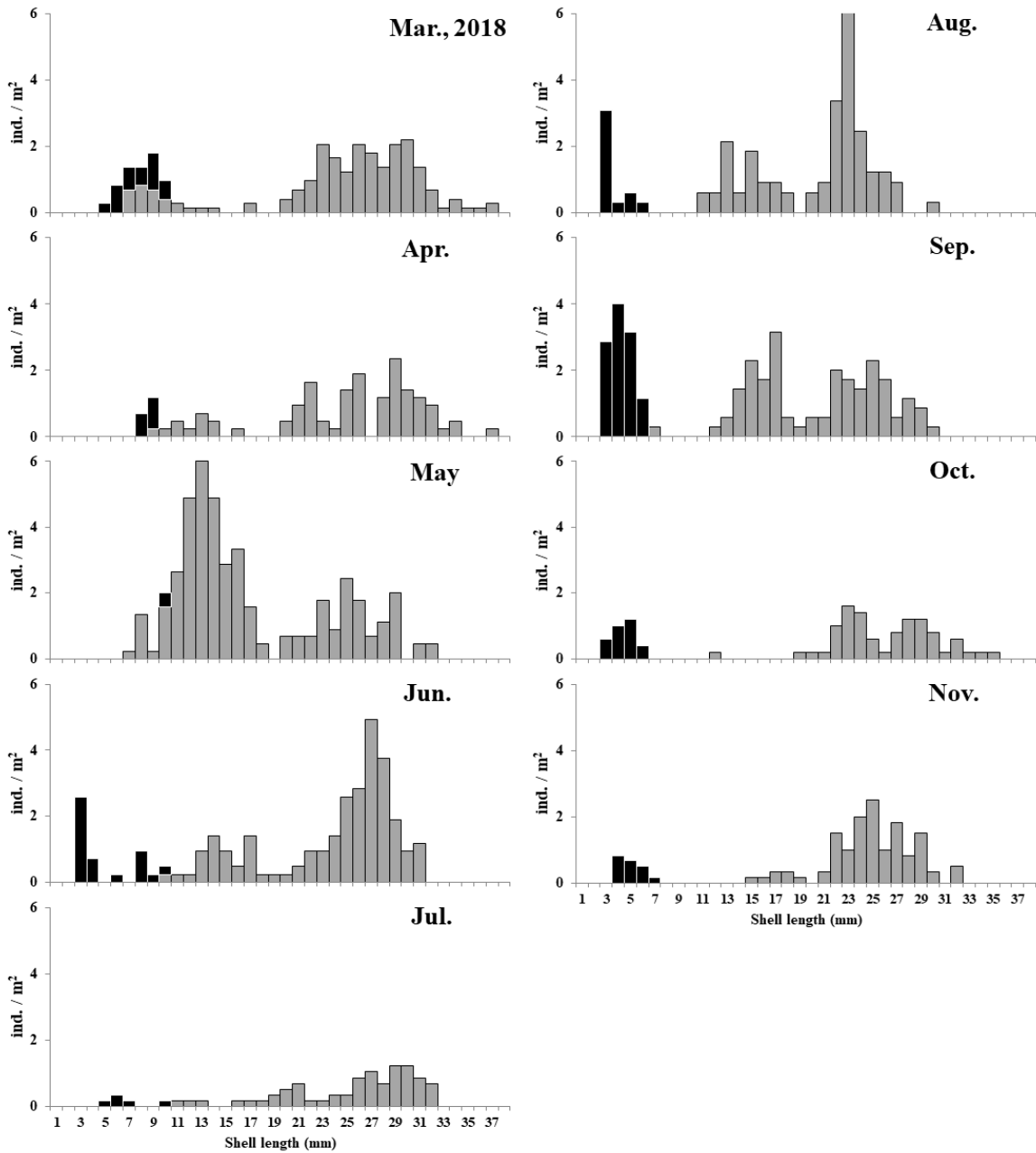


Fig. 7. The size-frequency graphs of the shell length of *Corbicula japonica* population at the Eulsuk tidal flat (From Mar., 2018 to Nov., 2018, black bars: collected by 2 mm sieve, gray bars: quadrat 50 x 50 cm).

비만도 지수의 월별 변화와 생식소 조직발달을 비교하였을 때 비만도 지수가 증가하는 3-8월까지 초기활성기, 후기활성기, 완숙기로 점차 성숙하였으며, 비만도 지수가 감소하는 9월에 생식소는 부분산란기, 10-11월에 퇴화 및 비활성기 상태로 나타났다. 따라서 을숙도에서 서식하는 일본재첩은 연중 1회 산란하며, 을숙도 일본재첩의 비만도 지수는 생식소 발달단계와 유사하게 변화하였고, 초기활성기 (3-5월), 후기활성기 (4-7

월), 완숙기 (7-8월), 부분산란기 (7-9월), 퇴화 및 휴식기 (10-3월) 로 구분되었으며, 산란 가능 시기는 7월부터 9월까지이며, 주 산란기는 8월인 것으로 판단된다.

3. 일본재첩의 가입 및 성장

을숙도 갯벌에서 방형구 조사로 출현한 일본재첩의 각장크기는 6.24-37.47 mm의 범위를 보였고, 평균 각장은 23.92

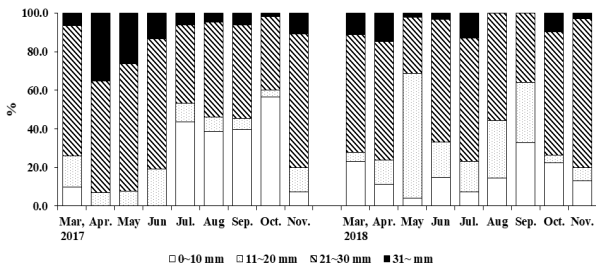


Fig. 8. The percentage proportion of shell length size categories of *Corbicula japonica* collected at the Eulsuk tidal flat from Mar., 2017 to Nov., 2018.

mm였다 (Fig. 6; Fig. 7). 일본재첩의 각장크기별 분포를 살펴보면, 2017년에는 모든 시기에 21-30 mm 크기의 비중이 60% 이상으로 가장 높았고, 8월에는 80% 이상으로 가장 높게 나타났다 (Fig. 8). 2018년에는 3월과 4월에 21-30 mm 크기의 비중이 60% 이상으로 가장 높았고, 5월에는 11-20 mm 크기의 비중이 가장 높게 나타났다. 6월부터 8월까지 다시 21-30 mm 크기의 비중이 높게 나타났다. 9월에는 1-10 mm 크기의 비중이 가장 높았고, 10월과 11월에는 21-30 mm 비중이 높게 나타났다. 2017년에 비해 2018년에는 각장크기 11-20 mm의 비중이 높아졌고, 21-30 mm 내외의 비중은 감소하였다.

을숙도 갯벌에서 치패 조사를 수행 한 결과, 2017년 7월에 각장크기 3 mm내의 개체가 관찰되었고, 11월까지 매월 가입이 이루어지는 것으로 나타났다 (Fig. 6). 그러나 2017년에는 3월부터 6월까지 치패조사가 수행되지 않아 이 시기에 치패의 가입 유무에 대해서는 판단할 수 없었다. 2018년에는 3월부터 11월까지 치패 가입양상을 조사하였고, 그 결과 6월에 처음으로 각장크기 3 mm 내의 개체가 관찰되었으며, 11월까지 관찰되었다 (Fig. 7). 각장크기 5 mm 이하 개체의 서식밀도는 2017년에는 4-22 개체/m², 2018년에는 0-12 개체/m² 범위로 나타났다. 2017년 7월에 22 개체/m²로 가장 높았고, 이외의 시기에서는 4-6 개체/m²로 나타났다. 2018년에는 9월에 12 개체/m²로 가장 높았고 다른 시기에는 0-7 개체로 나타났다. 치패 평균 서식밀도는 각각 9 개체/m², 4 개체/m²로 2017년에 비해 2018년에 감소한 것으로 나타났다.

을숙도 갯벌에 서식하는 일본재첩의 성패와 치패의 빈도분포를 살펴본 결과, 월별 3-4개의 연급군으로 구분되었다 (Fig. 9). 2017년에는 3월에 각장크기 16 mm (C2), 25 mm (C3), 30 mm (C4) 내외의 연급군으로 구분되었으나 일부 시기에는 뚜렷하게 보이지 않았고, 2017년 7월에는 새로 가입된 각장크기 3 mm 내외 치패들이 (C1) 단일모드로 뚜렷하게 보였다. 각 연급군별 각장의 성장을 보면 새로 가입된 치패들은 시간이 경과하면서 8월에 평균 7.0 mm, 10월에 8.5 mm까지 성장하

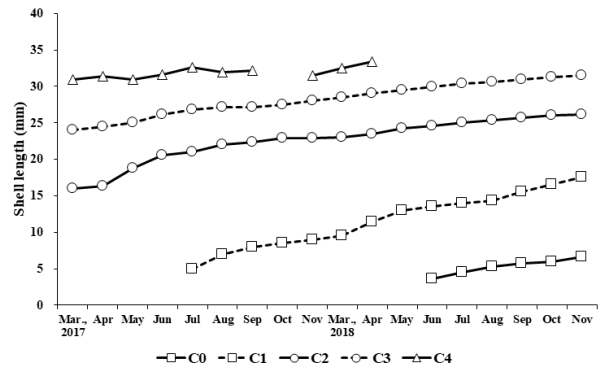


Fig. 9. Growth curves for the five cohorts of *Corbicula japonica* from Mar., 2017 to Nov., 2018.

는 모습을 보였고, 3월에 16 mm, 25 mm, 30 mm 연급군들은 11월에 22 mm, 28 mm, 33 mm 로 각각 성장하였다. 이후 33 mm 내외 개체들은 2018년 3월 이후 거의 출현하지 않았으며, 이외의 연급군들은 2018년 3월 이후에도 출현하여 11월까지 17.0 mm, 26.0 mm, 32 mm 로 점차 성장하는 모습을 보였으며, 6월에는 새로 가입된 치패 (C0) 들이 6.6 mm로 성장하는 모드를 보였다.

일본재첩의 치패가 현재 서식하고 있는 성패의 서식밀도에 따라 가입량에 변동이 있는지 파악하기 위해 상관분석을 수행한 결과, 치패의 가입량은 성패의 서식밀도와 유의한 것으로 나타났다 ($P < 0.05$). 2017년 6월 서식밀도는 32 개체/m²로 이 중 80% 이상이 각장크기 20 mm이상 개체로 구성되어 조사기간 중 일본재첩 성패의 서식밀도가 가장 높았으며 이후 2017년 7월에 치패의 가입량은 22 개체/m²로 다른 시기에 비해 높게 나타났다. 2018년에는 8월 서식밀도를 보면 30 개체/m²로 이 중 각장크기 20 mm 이상 성패는 56%를 차지하였고, 이후 9월에 치패 가입량이 12 개체/m²로 높게 나타났으나 2017년에 비해 2018년에는 산란시기에 산란가능한 성패의 비중이 다소 감소한 것으로 나타났다. 을숙도 갯벌에 서식하는 각장크기 20 mm 이상의 산란가능한 일본재첩이 2017년에 비해 2018년에 감소하였으며, 이들 개체가 감소함으로 인해 을숙도에 새로 가입되는 치패가 감소한 것으로 생각된다.

고 찰

이매패류의 생식주기는 비만도 지수, 생식소 지수 변화, 생식세포 및 생식소 발달 등의 자료를 이용해 추정해왔다 (Behzadi *et al.*, 1997; Marsden, 1999; Chung *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2006; Shin *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2014). 또한 이매패류의 생식소의 성숙에 영향을 미치는 요인으로는 수온 (Chung *et al.*, 1991, 1994), 먹이량 (Chung *et*

al., 1991; Griffiths, 1997), 일조시간 (Fretter, 1984) 등이 보고되었으며, 이 중 수온은 생식소 발달과 성숙에 가장 중요한 요인이라고 하였다 (Mackie, 1984). 기존 연구들에서 일본재첩의 주 산란기는 수온이 20°C 이상인 시기인 6-9월로, 수온과 생식주기가 밀접한 관계에 있으며, 또한 지역적 차이에 따라 산란기가 다르게 나타날 수 있다고 하였다 (Byun and Chung, 2001; Kim et al., 2003; Chung et al., 2004). 본 연구결과 을숙도 일본재첩의 산란기는 7-9월로 기존연구들과 유사한 산란시기를 보였으며, 이 시기에 을숙도 갯벌의 표층 퇴적물 온도는 24.5-33.1°C 범위로 일본재첩의 산란조건에 충족되는 것으로 나타났다.

기존 연구 결과, 섬진강 서식 일본재첩은 5월에 치패가 관찰되었고, 이는 4월에서 5월경에 산란된 개체인 것으로 보고되었다 (Seo et al., 2018). 본 연구에서는 6월에 처음 3 mm 내외의 치패가 관찰되었고, 11월까지 5 mm 내외의 개체가 지속적으로 출현하였다. 일본재첩의 성장률은 월 1-2 mm 내외로 6월에 처음 출현한 3 mm 내외의 치패는 늦어도 5월에 산란된 것으로 추정할 수 있다. 그러나 생식소 조직관찰 결과를 보면 5월에는 아직 생식소 발달 단계 중 초기활성기 단계이므로 6월에 처음 출현한 3 mm 치패들은 2018년에 가입된 개체가 아닌 것으로 판단되며, 8월에 출현한 3 mm 내외의 치패들이 2018년에 처음 가입된 개체들로 판단된다. 또한 을숙도 재첩들은 9월에도 산란중인 개체들이 나타났는데, 이때 가입된 치패들은 10월부터 11월에는 수온 감소로 인해 성장이 점차 느려져 성장이 거의 이루어지지 않고 겨울을 맞이하게 된다. 이후 수온이 상승하는 4월 이후부터 다시 느리게 성장하게 되어 다음해 6월에 발견된 것으로 판단된다. 따라서 을숙도에서 치패가입 양상과 생식소 조직분석 결과에 따른 을숙도 일본재첩의 최초 산란시기는 7월로 판단되며, 이때 성장한 유생이 가입되어 8월에 3 mm 내외로 성장하는 것으로 판단된다.

이때패류에서 비만도 지수의 변화는 생식소 발달과 생식주기와 연관성을 보인다고 보고된 바 있으며, 꼬막 (*Tegillarca granosa*), 대복 (*Gomphina veneriformis*), 키조개 (*Atrina pectinata*) 의 비만도 지수는 생식소의 발달과 함께 증가하며, 산란 후에는 감소하는 경향을 보였다 (Lee, 1997; Park et al., 2003; Lee et al., 2006). 본 연구에서 을숙도 일본재첩의 월별 비만도 지수는 갯벌 표층퇴적물 온도가 상승하는 4월부터 점차 증가하여 8월에 가장 높게 나타났으며, 생식소도 4월부터 점차 발달하여 7월과 8월에 완숙기 개체의 비율이 가장 높게 나타났다. 이후 비만도는 9월에 급격히 감소하여 가장 낮게 나타났으며, 조직분석 결과에서도 이 시기에 대부분 개체들의 산란이 완료되었다. 따라서 계절에 따른 을숙도 갯벌의 수온과 퇴적물온도의 변화는 일본재첩의 비만도와 생식소 성숙에 영향을 미치는 것으로 나타났고, 이를 통해 비만도가 가장

높았던 8월과 급격히 감소한 9월 사이에 일본재첩의 산란이 이루어지는 것으로 판단된다.

일본재첩은 기수역에 서식하는 재첩으로, 생식에 참여하는 개체의 추정 각장 크기는 10-12 mm, 16 mm 이상이면 모두 생식에 참여하는 것으로 알려져 있다 (Byun and Chung, 2001). 2017년 섬진강 일본재첩의 산란시기인 5-6월에 생식이 가능한 크기인 10-12 mm개체는 5월에 528 개체/m², 6월에 656 개체/m²로 나타났다 (Seo et al., 2018). 그러나 을숙도에서는 산란시기인 7-9월에 각장크기 10-20 mm 개체는 평균 5 개체/m²로 거의 출현하지 않았고, 각장크기 20 mm 이상 개체수는 2017년 18 개체/m², 2018년에 11 개체/m²로 섬진강에 비해 20배 이상 낮은 서식밀도를 보였다. 또한 2017년에 비해 2018년에 산란 가능한 일본재첩의 서식밀도가 감소하여 재첩개체군 유지에 필요한 유생과 치패의 공급이 점차 감소할 것으로 판단된다.

조간대 지역인 을숙도의 경우 조석에 따라 염분변동과 주기적인 갯벌 표면 노출, 낙동강 하구둑 건설로 인한 담수유입 제한 등으로 인해 섬진강보다 을숙도에서 일본재첩이 성장하기에 어려운 환경조건인 것으로 판단된다. 이로 인해 을숙도에는 현재 서식하고 있는 재첩뿐만 아니라 치패의 가입량 감소에도 영향을 미칠 것으로 생각되며, 자연사망과 유생의 사망률을 고려하면 현재 을숙도에서 서식하는 일본재첩의 서식밀도에 도달할 수 없기 때문에 지속적으로 개체군이 감소할 것으로 판단된다. 따라서 을숙도 갯벌에서 일본재첩의 효율적인 자원관리를 하기 위해서는 산란시기인 7월부터 9월에 재첩 채집을 제한하는 방안이 고려되어야 할 것이다. 또한 향후 을숙도 재첩자원 증대를 위한 치패 살포시기와 치패크기에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 을숙도 갯벌에서 서식하는 일본재첩의 산란시기와 치패의 가입시기를 파악하기 위해서 비만도 지수, 생식소 발달단계, 현장 치패조사를 수행하였다. 을숙도 갯벌의 표층 퇴적물 온도는 5월부터 9월까지 20°C 이상이었으며, 을숙도 갯벌에서 출현하는 일본재첩의 평균 각장크기는 평균 20 mm 이상으로 대부분의 성체는 산란가능한 크기였다. 생식소 발달단계 관찰 결과, 을숙도 일본재첩의 생식소 성숙주기는 5단계로 초기활성기 (3-5월), 후기활성기 (4-7월), 완숙기 (7-8월), 부분산란기 (7-9월), 퇴화 및 비활성기 (10-3월) 로 구분할 수 있었다. 일본재첩의 치패가입은 2017년에 7월, 2018년에 8월에 처음 가입되는 것으로 나타났으며, 그 이전에 출현한 치패는 전년에 가입되어 동절기 동안 성장하지 못하고 월동한 개체인 것으로 판단된다. 따라서 비만도 지수와 생식소 발달단계,

치폐가입 양상으로 추정된 을숙도 일본재첩의 산란시기는 7-9월이고, 주 산란은 8월에 집중되어 있었으며 치폐의 가입은 8월부터 이루어지는 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 연구재단의 이공분야 기초연구사업의 개인연구지원사업 (NRF - 2016R1D1A2B03932495) 의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Bhattacharya, C.G. (1967) A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, **23**: 115-135.
- Behzadi, S., Parivar, K. and Roustaian, P. (1997) Gonadal cycle of pearl oyster, *Pinctada fucata* (Gould) in northeast Persian Gulf, Iran. *Journal of Shellfish Research*, **16**: 129-135.
- Byun, K.S. and Chung, E.Y. (2001) Distribution and ecology of marsh clam in Gyeongsangbuk-do. II. Reproductive cycle and larval development of the *Corbicula japonica*. *Korean Journal of Malacology*, **17**(1): 45-55.
- 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.
- Chung, E.Y., Lee, T.Y. and An, C.M. (1991) Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis* on the west coast of Korea. *Journal of Medical and Applied Malacology*, **3**: 125-136.
- Chung, E.Y., Ryou, D.K. and Lee, J.H. (1994) Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the coast of Kimje, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **10**(1): 38-54.
- Chung, E.Y., Hur, S.B., Hur, Y.B. and Lee, J.S. (2001) Gonadal maturation and artificial spawning of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae), in Komso Bay, Korea. *Journal of Fisheries Science and Technology*, **4**: 208-218.
- Chung, E.Y., Kim, J.B., Kwak O.Y. and Lee, C.H. (2004) Seasonal changes in biochemical component of the adductor muscle, visceral mass and foot muscle of *Corbicula japonica*, in relation to gonad developmental phases. *Korean Journal of Malacology*, **20**(2): 111-120.
- Fretter, V. (1984) Prosobranchs. *In*: The Mollusca, Vol. 7. (ed. by Tompa, A.S., Verdonk, N.H., and van den Biggelaar, J.A.M.) pp. 1-45. Academic Press, New York.
- Griffiths, R.J. (1977) Reproductive cycle in littoral populations of *Choromytilus meridionalis* (Kr.) and *Aulocmays ater* (Molina) with a quantitative assessment of gamete production in the former. *Journal of Experiment Marine Biology and Ecology*, **30**: 53-71.
- Jo, M.K., Byun K.S. and Jang, M.H. (1998) Distribution and ecology of Genus *Corbicula* in the North Kyungsang province. I. Distribution and classification of Genus *Corbicula* in the North Kyungsang province. *Journal of Aquaculture*, **11**(4): 581-592.
- Kim, J.H. and Yoo, M.S., (2000) Reproduction cycle of marsh clam, *Corbicula leana* (Prime) in Hyongsan estuary. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **33**(3): 184-191.
- 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**(1): 23-29.
- Kim, W.K., Lee, J.Y., Lee, C.S., An, M.C., Kim, H.S., Choi, C.Y., Kim, J.W., Chung, E.Y., Kim, B.S. (2003) Reproductive Cycle and the Sex Ratio of *Corbicula japonica* from Namdae Stream in Gangwon-do, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **19**(2): 117-124.
- Kim, J.H., Son, M.H., Kang, H.W. and Lee, K.Y. (2013) Reproductive cycle of sulf clam, *Coecella chinensis* (Mesodesmatidae: Bivalvia), *Korean Journal of Malacology*, **29**(2): 113-120.
- Lee, J.H. (1997) Studies on the gonadal development and gametogenesis of the granulated ark, *Tegillarca granosa* (Linne), *Korean Journal of Malacology*, **13**(1): 55-64.
- Lee, S.J., Min, K.S., Kim, B.K., An, C.M., Ju, S.M. and Lee, J.S. (2006) Gonad development and gametogenic cycle of the pen shell, *Atrina pectinata* (Bivalvia: Pinnidae). *Journal of the Korean Fisheries Society*, **39**(5): 398-403.
- 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 of Malacology*, **27**(4): 337-343.
- Lee, M.H., Choi, J.D., No, G.H., Shin, S.J. and Ryu, D.K. (2017) Age and growth of *Corbicula japonica* in the Seomjin river, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **33**(2): 107-113.
- Mackie, G.L. (1984) Bivalves. *In*: The Mollusca, Vol. 7. (ed. by Tompa, A.S., Verdonk, N.H., and van den Biggelaar, J.A.M.) pp. 351-418, Academic Press, New York.
- Marsden, I.D. (1999) Reproductive cycle of the surf beach clam, *Paphies donacina* (Spengler, 1973) from New Zealand. *Journal of Shellfish Research*, **18**: 539-546.
- Park, J.J., Lee, J.Y., Lee, J.S. and Chang, Y.J. (2003) Gonadal development and gametogenic cycle of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae). *Journal of the Korean Fisheries Society*, **36**(4): 352-357.
- Ryu, D.K., Chung, E.Y. and Kim, Y.H. (2005) Age and

- growth of the brackish water clam, *Corbicula japonica* Prime on the west coast of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **21**(1): 57-64.
- Seo, J.Y., Kim, J.H., Choi, J.W., (2018) A comparative study on the ecological characters of *Corbicula japonica* populations inhabiting at the subtidal estuary of the Seomjin River and the intertidal Eulsuk sand flat of the Nakdong River, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **34**(3): 135-146.
- Shin, Y.K., Choi, N.J., Oh, B.S., Jung, A.J. and Kim, S.Y., (2007) Gonad development and reproductive cycle of the purplish washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Bivalvia: Veneridae) from Gangjin Bay. *Korean Journal of Malacology*, **23**(2): 165-172.