

경남 남해군 진주만에 서식하는 종뿔 (*Arcuatula senhousia*) 의 분포와 번식주기

이희중¹, 조재권², 김현중³, 박경일³

¹국립수산과학원 남동해수산연구소, ²국립수산과학원 남해수산연구소,
³국립군산대학교 수산생명의학과

Seasonal Distribution and Reproductive Cycle of Asian Date Mussel (*Arcuatula senhousia*) in Jinju Bay, Southern Coast of Korea

Hee-Jung Lee¹, Jae-Kwon Cho², Hyoun Joong Kim³ and Kyung-Il Park³

¹Southeast Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science (NIFS) of Korea, Tongyeong 53085, Republic of Korea

²South Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science (NIFS) of Korea, Yeosu-si 59780, Republic of Korea

³Department of Aquatic Life Medicine, ONS College, Kunsan National University, Gunsan 54150, Republic of Korea

ABSTRACT

Arcuatula senhousia, a bivalve mollusk, exerts a significant negative impact on ecological aspects within the realm of bivalve aquaculture. This study delved into the reproductive cycle and distribution of *A. senhousia* in Jinju Bay, Korea, spanning from February to December 2020. The species inhabiting Jinju Bay displayed a dense concentration in the central part of the bay, where shellfish aquaculture facilities are prevalent. However, they experienced a complete die-off in August, and no specimens were collected thereafter until the conclusion of the experiment. The reproductive cycle of *A. senhousia*, collected from February to July 2020, revealed that 13.6% were females, while 56% were males in the early developmental stage among the specimens collected in February. Males exhibited a more rapid maturation of reproductive organs. Gonadal maturation was observed in both male and female specimens starting in May, with spawning occurring from May to July. The mortality of *A. senhousia* observed in August was attributed to underwater hypoxia or anoxic conditions. The insights into the reproductive cycle of *A. senhousia* inhabiting the Jinju Bay area are anticipated to hold value for the development of techniques in shellfish aquaculture management.

Key words: Reproductive cycle, *Arcuatula senhousia*, Jinju Bay

서 론

종뿔 (*Arcuatula senhousia*) 은 최대 각장이 3 cm에 불과한 소형 담치류로서 주로 사니질 퇴적물에 죽사로 서로 결속하여 분포하며 유기물이 풍부한 해역에 대량으로 출현한다

(Kim, 2006). 또한 이들은 환경오염이 상당히 진행된 곳에서 서식하기 때문에 오염지표 종으로도 알려져 있다 (Pearson and Rosenberg, 1978). 종뿔은 내만이나 하구역 조간대 및 조하대의 연성 퇴적물에 밀집하여 무산소 또는 빈산소 환경을 조성함으로써 패류 살포식 양식장의 해적생물로 인식되고 있다 (Crooks, 2002; Allen and Williams, 2003; Kim, 2006).

진주만은 경상남도 남해군, 사천시, 하동군 사이에 위치하며 남북길이 18 km, 동서길이 15 km, 평균수심은 4 m이다. 이 해역은 수심이 낮고 퇴적물내 펄 함량이 높아 새꼬막과 피조개 양식을 하는 살포식 양식장이 밀집해 있다. 진주만 내 살포식 양식장에서 생산되는 양식품종은 새꼬막 (*Anadara kagoshimensis*) 과 피조개 (*A. broughtonii*) 이며 두 양식품종 모두 종뿔 발생 여부에 따라 양식생산성이 영향을 받는다

Received: September 06, 2023; Revised: September 16, 2023;
Accepted: September 25, 2023

Corresponding author: Kyung-Il Park

Tel: +82 (63) 469-1882, e-mail: kipark@kunsan.ac.kr
1225-3480/24842

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.

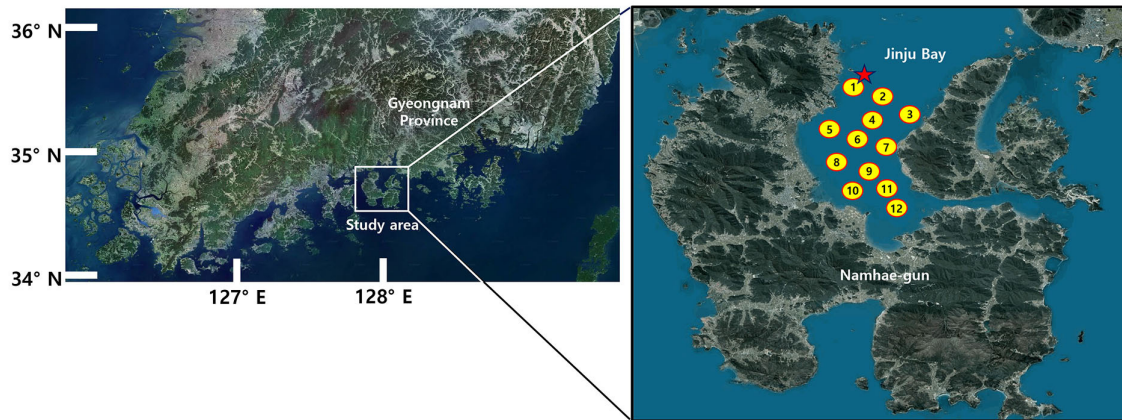


Fig. 1. A map showing the quarterly sampling points of *Arcuatula senhousia*, *Anadara broughtonii*, and *A. kagoshimensis*. Star indicates water quality monitoring point.

(Sugawara *et al* 1961; Crooks 1996).

국내의 종밧에 관한 연구는 주로 연안해역의 분포 조사 및 개체군 생태연구가 진행되어왔다 (Kim, 1999; Kim, 2008; Jeon, 2013). 그러나 종밧의 가입 시기를 특정할 수 있는 번식 주기에 대한 연구는 부재한 실정이다. 따라서 이 연구는 살포식 패류 양식장에서 해적생물인 종밧을 제어하기 위한 기초 자료의 확보를 목적으로 남해군 진주만 해역 내 종밧의 계절적 분포와 생식주기를 파악하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 해양환경

진주만 해역의 해양환경을 측정하기 위하여 34°55′ 09.3″N, 127°57′ 52.0″E의 표층 (수심 1 m) 에 연속수질 측정 Onset 로거 (HOBO onset U26-001) 를 설치하고 1시간 간격으로 수온 (°C) 및 DO (Dissolved Oxygen)(mg/L) 를 관측하였다. 또한 매월 다항목 수질측정기 (YSI proDSS) 를 활용하여 수온 (°C), 염분 (psu), DO (mg/L)와 pH를 측정하였다. 수질 측정 위치는 Fig. 1의 별표와 같다.

2. 분포

진주만 내 종밧의 분포 조사는 2020년 3월부터 12월까지 수행되었다. 이 시기에 종밧을 비롯하여 새꼬막, 피조개의 계절적 분포양상을 조사하기 위하여 살포식 패류양식장이 분포하고 있는 해역을 중심으로 12개 정점에서 Van Veen Garb 채니기 (채취면적: 0.07 m²) 를 사용하여 각 정점에서 3회 (0.21 m²) 씩 퇴적물을 채취하였고, 선상으로 인양된 퇴적물은 2 mm 망목의 체를 이용하여 퇴적물과 종밧, 새꼬막, 피조개를 분리하였다 (Fig. 1). 시료는 냉장 보관하여 실험실로 옮긴 뒤 생존개체와 폐사개체를 계수하였고, 이를 평균을 내어 단위

면적당 출현 개체 수 (개체/m²) 로 환산하였다.

3. 종밧의 크기, 중량과 글리코겐 정량

종밧의 월별 개체측정, 글리코겐 정량 및 생식소 발달 단계 조사를 위해 2020년 2월부터 7월까지 매월 30개체를 채집하였다 (Fig. 1의 St. 6). 종밧은 사다리꼴 모양의 형망 (위: 350 mm, 아래: 620 mm, 양쪽 대각선 200 mm, 망목크기 0.5 mm) 을 사용해 배에서 인양하여 채집된 퇴적물에서 채집하였다. 채집이 완료된 종밧은 실험실로 옮긴 뒤 종밧 내 유기물을 제거한 후 각고 (mm) 와 전중량 (g) 을 측정하였고, 이후 개각하여 습중량 (g) 을 측정하였다. 비만도는 [조직 습중량 (g) / 전중량 (g)] ×100으로 산정하였다 (Crosby and Gale, 1990). 종밧 체조직 내 글리코겐 함량을 측정하기 위하여 2020년 3월부터 7월까지 매월 45개체를 3그룹 (15개체씩) 으로 나누어 동결건조 하였다. 동결건조가 완료된 시료는 막자사발을 이용하여 파우더 형태로 만들었으며, 약 20 mg을 15 ml conical tube에 넣고 무게를 측정한 뒤 15% TAC (Trichloroacetic acid) 3 ml를 분주하였다. 그 후 4°C에서 1시간동안 반응시킨 뒤 2,000 rpm으로 원심분리하였다. 이후 상등액 500 μl를 새로운 튜브에 옮겨 Ethanol 4 ml와 섞은 다음 원심분리 (3,000 rpm) 하여 얻은 상등액에 500 μl 황산을 첨가하여 반응시킨 후 490 nm에서 흡광도를 측정했다 (Dubois *et al.*, 1956).

4. 생식소발달 단계

매월 채집된 종밧의 성숙속도 조사를 위해 조직학적 관찰을 수행하였다. 종밧의 체조직을 Davidson's 고정액에 24시간 고정 후 에탄올로 탈수 하였으며, 파라핀으로 포매한 후 6 μm 두께로 박절하여 Hematoxylin/Eosin으로 염색하였다. 이후 광학현미경을 활용해 성별을 구분하고 생식소 발달단계를 미

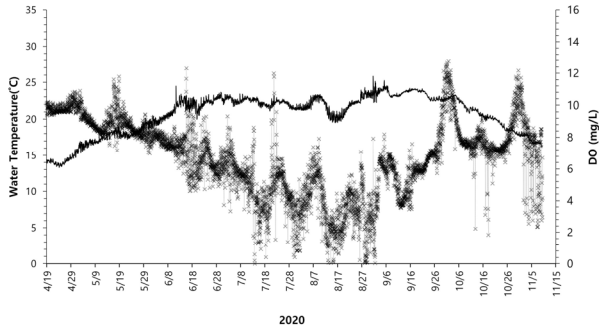


Fig. 2. Changes in water temperature, dissolved oxygen measured from April to November, 2020 in Jinju Bay, Korea.

분화기, 초기발달기, 후기발달기, 완숙기, 부분산란기, 산란후기 및 흡수기로 구분하여 관찰하였다 (Kang *et al.*, 2010).

결과 및 고찰

1. 해양환경

조사해역은 남해군 진주만으로 경상남도 사천시, 남해군, 하동군 사이에 둘러 싸여 있는 남북길이 18 km, 동서 길이는 12 km, 해안선 길이는 약 136 km에 이르는 반 폐쇄성 만(灣)으로 면적은 180 km²이다. 이곳은 소규모 하천(기화강, 사주천, 곤양천 등)을 통해 담수가 유입되며 북쪽 해역에는 남강댐이 있어 방류수의 영향을 크게 받는다. 퇴적환경은 주로 역 (gravel), 역질니 (gravellymud), 니질사 (muddy sand), 니 (mud) 등 4개의 퇴적상으로 그 중에서 니질이 우세한 특징

을 보인다 (Choi, 2013). 진주만의 북측으로는 수하식을 이용 굴양식, 중앙부는 살포식의 새꼬막 양식이 이루어지고 있다. 특히 진주만은 수출용 패류생산해역 (제7호 해역)으로 지정하여 관리하고 있어 수산업적으로 매우 중요한 해역이다 (Park *et al.*, 2011).

본 연구를 통하여 측정된 남해군 진주만해역의 2020년 4월부터 11월까지 관측된 수온 범위는 13.6-25.8°C였고, DO는 5.6-10.9 mg/L였다 (Fig. 2). 이 기간 중 4월부터 수온이 15°C에서 지속적으로 상승하여 6월 중순에는 24°C를 기록하였으며, 이 수온 (20°C 중반)은 10월초까지 유지되다가 이후 하강하여 조사 말기인 11월 초에는 13°C를 기록하였다. Onset 로거를 이용하여 측정된 DO는 조사 초기인 2020년 4월 말에는 10 mg/L를 상회하였으나 5월 중순부터는 8 mg/L이하로 감소하였고 이 시기부터 8월말까지는 지속적으로 감소하여 2 mg/L까지 떨어지다가 9월초부터 다시 증가하기 시작하였다. 특히 7월 중순부터 8월말까지의 기간에는 용존산소의 변동폭이 매우 커 대략 일주일 간격으로 용존산소량이 약 2 mg/L부터 6 mg/L까지 증가와 감소를 반복하였다. 또한 이 시기에는 무산소 상태를 기록하는 경우가 8월에는 27일동안 관측되었고, 발생시간도 매일 1-23시간 관측되었다. 특히, 8월 12일부터 19일까지의 1주일 동안 빈산소 상태가 매일 17-23시간 동안 지속되었다. 조사 기간 중 염분은 26.1-32.9 psu, pH는 7.9-9.1의 범위였다.

2. 종묘의 분포

Table 1은 2020년 진주만 내 종묘 분포조사 결과를 나타내고 있다. 종묘는 3월, 6월에는 관찰되었지만 8월에는 모든 조

Table 1. The number of *Arcuatula senhousia* collected in Jinju Bay in 2020

Site	individuals/m ²							
	Mar		Jun		Sep		Dec	
	Live	Dead	Live	Dead	Live	Dead	Live	Dead
St.1	0	0	5	0	0	0	0	0
St.2	0	0	0	0	0	0	0	0
St.3	0	0	0	0	0	0	0	0
St.4	0	19	0	10	0	19	0	0
St.5	744	403	10	48	0	14	0	0
St.6	0	29	322	96	0	638	0	0
St.7	72	130	0	10	0	0	0	0
St.8	0	62	10	10	0	10	0	0
St.9	0	14	96	154	0	53	0	696
St.10	0	0	14	134	0	235	0	53
St.11	0	0	0	0	0	0	0	0
St.12	0	0	0	0	0	0	0	0

사정점에서 생존개체를 채집할 수 없었고 12월에도 채집되지 않았다. 종밧은 살포식 양식장이 밀집해있는 St. 5에서 가장 높은 분포 (744 개체/m²) 를 보였고, 조사기간동안 10-744 개체/m² 범위였다. St. 7에서는 3월에만 72 개체/m²가 관찰되었다. 6월의 경우 3월에 비해 종밧 출현 해역이 2개소에서 6개소 (St. 1, 5, 6, 8, 9, 10) 로 늘어났으며 출현 밀도는 5-322 개체/m² 범위였다. 해당 해역에서 관찰될 종밧은 족사를 이용하여 집단을 이뤄 서식하고 있었다. 일반적으로 종밧 개체군 규모의 변동은 환경에 따른 기회종의 형태를 띄며 해마다 변동폭이 큰 것으로 보고되던 바 있다 (Crooks 1996). 진주만의 종밧 밀도는 10-744 개체/m²로써 군산무녀도 (17,184-39,456 개체/m²), 전남 목포 조간대 (4,890-10,595 개체/m²), 경남 진동만(50-475 개체/m²), 전남 여자만 (25-16,660 개체/m²), 전남 득량만 조하대 (2,780-14,135 개체/m²) 에 비해 높은 수준은 아니었다. 그러나 종밧은 오염지표 종으로 저서환경을 혐기성으로 변화시키는 특성이 있어 패류 살포식 양식장의 최적환경 조성을 위해서는 종밧의 분포 및 밀도에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다 (Kim, 1999; Jeon, 2013; Lee, 2023).

3. 기타 양식 패류종의 분포

새꼬막 분포조사 결과 새꼬막은 3월 St. 1에서만 19 개체/m²가 채집되었으며 나머지 정점에서는 폐사된 개체만 채집되었다 (Table 2). 6월의 경우 St. 1, 4, 5, 6, 7, 8, 12에서만 10-58 개체/m²가 확인 되었다. 9월에는 St. 4, 8, 9, 10, 11, 12 등 5개 정점에서만 5-48 개체/m²의 생존개체가 조사 되었으며, 12월에는 St. 1, 11, 12 등 3개 정점에서만 5-235 개체

/m² 밀도로 분포하고 있었다. 피조개는 6월과 9월에 각 1개 정점 (St. 1, 11) 에서 생존개체가 확인되었고 서식밀도는 두 정점 모두 5 개체/m²이었다 (Table 3). 또한 12월의 경우 생존한 피조개가 St. 8과 11에서 각 5, 62 개체/m²로 확인되었다 (Table 3). 일반적으로 진주만의 새꼬막 양식은 4-5월에 평균 각장 1.5 cm 크기의 종패를 살포하면서 시작되며 종패는 전라남도 해역 (여자만 및 득량만) 에서 구입한다. 새꼬막 수확은 동년 11월부터 이듬해 4월까지 형망을 이용하여 이루어진다. 이번 조사에서 나타난 새꼬막 밀도수준은 여자만 (2,600-625 개체/m²), 득량만 (4,175-850 개체/m²) 에 비해 밀도가 높지 않았다 (Lee, 2023). 진주만의 피조개 밀도는 광양만 (12 개체/m²) 에 비해 5배 높았다 (Moon, 2012).

상기 내용을 종합하면 St. 2와 3에서는 연구기간 중 모든 조사 패류종이 채집되지 않았으며, 종밧은 6개소에서, 새꼬막은 10개소, 피조개는 3개소에서만 생존 개체들이 확인되었다. 각 종의 분포 특성은 종밧의 경우 만 중앙부, 새꼬막은 만 전역, 피조개는 만 남부에서 주로 확인됨으로써 지리적 특성에 따른 분포의 차이가 있는 것으로 판단된다. 그러나 본 연구를 통하여 이러한 분포 특성의 원인은 규명되지 않았으므로 이에 대한 추가 연구가 요망된다.

4. 종밧의 크기, 중량과 글리코겐 분석

남해군 진주만 내 서식하는 종밧은 2020년 2월부터 7월까지만 채집이 되었고, 8월부터 12월까지는 채집을 실시하였으나 폐사된 개체만 확인되었다. 채집된 종밧의 각장은 2020년에는 19.5-23.4 mm 범위였으며, 패각 성장은 6월에 유의적

Table 2. The number of Ark shells *Anadara kagoshimensis* collected in Jinju Bay in 2020

Site	individuals/m ²							
	Mar		Jun		Sep		Dec	
	Live	Dead	Live	Dead	Live	Dead	Live	Dead
St.1	19	158	24	763	0	106	5	43
St.2	0	0	0	34	0	10	0	38
St.3	0	62	0	0	0	0	0	10
St.4	0	125	29	72	5	24	0	5
St.5	0	0	5	72	0	355	0	24
St.6	0	29	10	5	0	130	0	38
St.7	0	202	10	197	0	38	0	0
St.8	0	259	58	254	10	307	0	48
St.9	0	19	0	715	5	34	0	10
St.10	0	0	0	14	134	0	235	0
St.11	0	0	0	86	48	48	38	192
St.12	0	0	10	91	10	34	0	29

Table 3. The number of Blood cockles *Anadara broughtonii* collected in Jinju Bay in 2020

Site	individuals/m ²							
	Mar		Jun		Sep		Dec	
	Live	Dead	Live	Dead	Live	Dead	Live	Dead
St.1	0	0	5	0	0	0	0	10
St.2	0	0	0	0	0	0	0	0
St.3	0	0	0	0	0	0	0	0
St.4	0	0	0	0	0	0	0	0
St.5	0	0	0	0	0	0	0	0
St.6	0	0	0	0	0	0	0	0
St.7	0	0	0	0	0	0	0	0
St.8	0	0	0	0	0	0	5	10
St.9	0	0	0	5	0	0	0	0
St.10	0	0	0	0	0	0	0	0
St.11	0	0	0	0	5	86	62	134
St.12	0	0	0	0	0	0	0	298

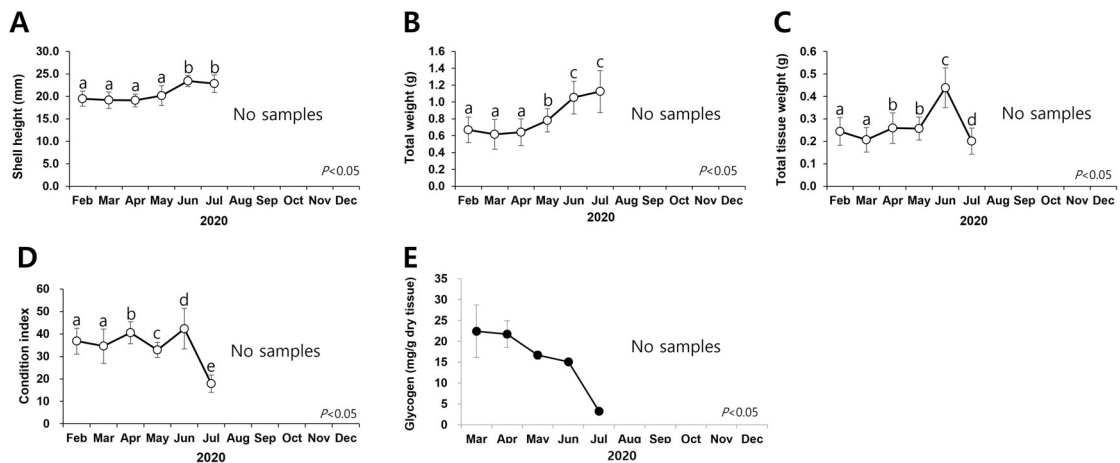


Fig. 3. Changes in biometric data and glycogen concentration of *Arcuatula senhousia* collected from February through July, 2020, Jinju Bay, Korea.

($P < 0.05$) 으로 증가하였다 (Fig. 3A). 전중량은 0.62-1.12 g 으로 5월부터 유의적 ($P < 0.05$) 으로 증가해 7월에 가장 높았다 (Fig. 3B). 타 지역의 종뿔에 대한 선행연구에 따르면, 7-9월에 군산 무너도 조간대에 서식하는 종뿔은 각고 7-20 mm, 전 중량은 0.1-0.9 g의 범위였다 (Jeon, 2013). 본 연구에서 측정된 종뿔 조직의 습중량은 0.20-0.44 g 범위였으며, 6월에 유의적 ($P < 0.05$) 으로 가장 높았고, 이후 1/2가량 감소하였다 (Fig. 3C). 비만도의 경우 2-6월까지 평균 36.8-42.3으로 확인되었으나, 조사 마지막 시기인 7월에 17.9로 급격히 감소하였다 (Fig. 3D). 체조직 내 글리코겐 함량을 분석한 결과

3월 22.4 ± 6.3 mg/g dry weight에 가장 높았으며 시간이 지남에 따라 글리코겐함량은 감소하였고, 7월에는 3.3 mg/g dry weight에 불과하였다 (Fig. 3E). 이후에는 더 이상 종뿔이 채집되지 않아 추가 분석이 불가하였다. 따라서 종뿔 역시 체내 글리코겐 함량의 변화는 생식소 발달과 매우 밀접한 연관을 갖고 있다는 선행연구 결과와 동일하였다 (Joose and Geraerts, 1983).

5. 종뿔의 생식소 발달 단계

종뿔의 월별 생식소 발달단계를 관찰한 결과 종뿔은 자웅이

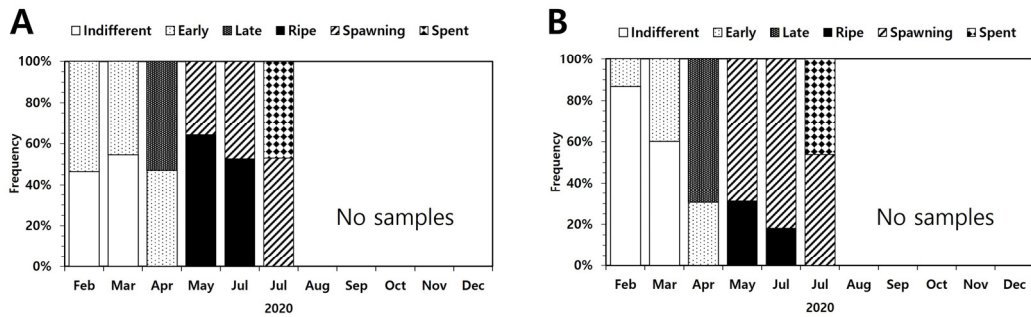


Fig. 6. Variation in monthly relative frequencies (%) of gonadal development stages in males (A) and females (B) of *A. senhousia* cultured in 2020 in Jinju Bay, Korea.

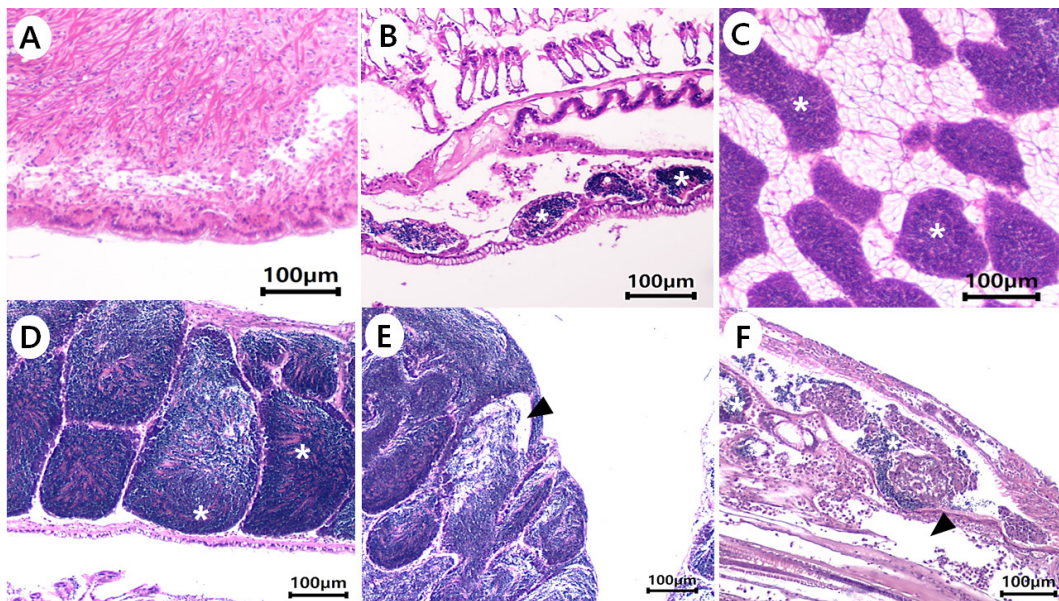


Fig. 4. Gonadal development of male *Arcuatula senhousia* collected from February through July, 2020 in Jinju Bay, Korea (A: Indifferent stage, B: Early developed stage, C: Late developed stage, D: Ripe stage, E: Spawning stage, F: Spent stage). Asterisks indicate gonads, and arrow heads indicate enlarged lumen after gonad spent.

체였으며, 성비는 암:수 = 1:1이었다. Kang *et al.* (2010) 이 제시한 기준에 따라 구분된 성별 생식소 발달 단계의 조직학적 관찰 결과는 Fig. 4와 Fig. 5에 나타냈으며, 월별 생식소 발달 단계의 분포는 Fig. 6과 같다. 2월에 채집된 종말의 경우 30개 체 중 13개체가 미분화기로 확인되었으며, 초기발달기의 수컷 15개체, 암컷 2개체가 확인되어 수컷이 보다 빠르게 성숙이 이루어 지는 것으로 확인되었다. 2월과 3월에 채집된 수컷 종말의 생식소는 미분화기와 초기발달기가 서로 유사한 비율이었으나 4월에는 미분화기는 관찰되지 않았고 후기발달기의 개체들이 급격히 증가하여 초기발달기와 후기발달기가 비슷한 비율로 나타났다. 따라서 본격적인 생식소 발달은 4월부터 나타나는 것으로 판단된다. 5월에는 완숙기가 46%였으며, 부분

산란기가 처음으로 관찰되었는데 비율은 53%였다. 방정은 7월까지 이어졌으며, 이때도 방정중인 종말의 비율은 50%에 달하였다. 7월에는 산란후기의 종말이 처음 나타났으며 비율은 약 50%를 차지하였다. 2월과 3월 암컷 종말의 경우 초기발달기는 약 10-30%에 불과하여 수컷보다 현저히 낮은 생식소 발달을 나타냈다. 미분화기는 4월부터 관찰되지 않았으며 이 때 후기발달기는 70%에 달하였다. 5월에 확인된 완숙기를 나타내는 개체는 30%였고 나머지 70%의 개체가 부분산란기였다. 산란은 7월까지 이어졌으며 이때도 55% 이상의 개체들이 산란 중이었다. 7월에 채집된 개체들의 약 45%가 산란후기를 나타냈으며 흡수기는 관찰되지 않았다.

일반적으로 종말의 수명은 18-24개월로 대부분 1년생이 관

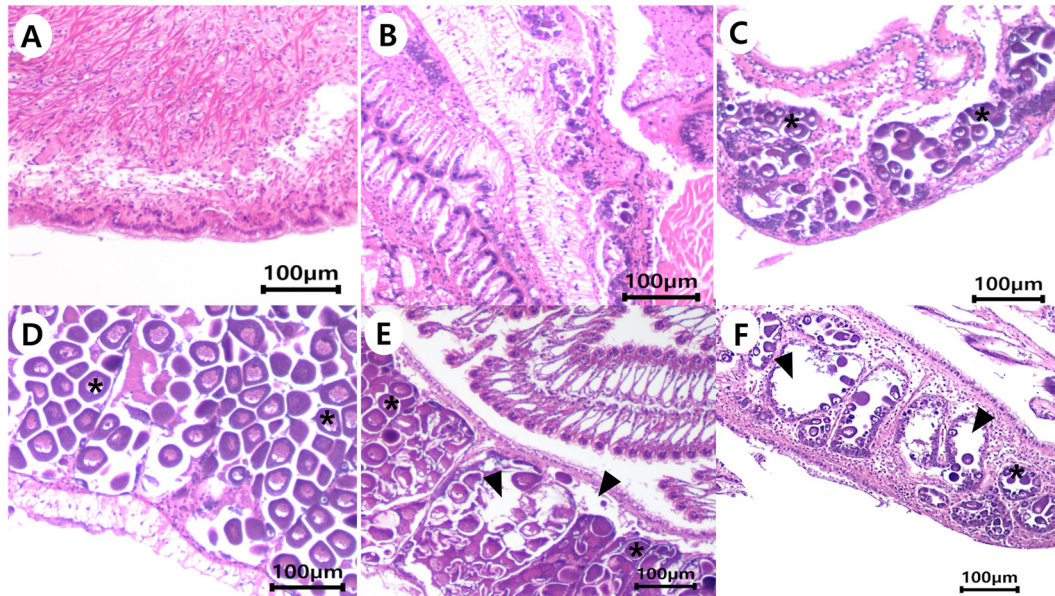


Fig. 5. Gonadal development of female *Arcuatula senhousia* collected from February through July, 2020, Jinju Bay, Korea (**A:** Indifferent stage, **B:** Early developed stage, **C:** Late developed stage, **D:** Ripe stage, **E:** Spawning stage, **F:** Spent stage). Asterisks indicate gonads, and arrow heads indicate enlarged lumen after gonad spent.

찰되며 (Crooks, 1996), 산란량은 각고 20 mm 개체를 기준으로 14만 개에 달한다고 보고되고 있다 (Sgro *et al.*, 2002). 이번 연구 결과 종밧은 5월부터 산란을 시작하여 7월까지 지속되었으며, 주 생식소 방출기는 5월에서 7월까지인 것으로 확인되었다. 다만 8월 이후부터 생존 개체가 채집되지 않으면서 산란종결 시기는 확인할 수 없었다. 향후 정확한 진주만 종밧의 번식주기 및 산란 특성에 대한 이해를 위해서는 종밧의 폐사 원인 규명과 가입 기작에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

6 종밧의 폐사

본 조사에서 종밧은 2020년 8월 이후 생존개체가 채집되지 않았다. 종밧의 생존 조건에 관하여 Kim (2006) 의 연구에 따르면 수온이 10-30℃의 범위를 벗어난 경우와 염분 20-40 psu을 벗어났을 때 폐사가 발생하였다. 따라서 본 조사 결과에서는 상기 환경 조건을 벗어나지 않았으므로 수온과 염분은 진주만에서 발생한 종밧 폐사의 직접적인 원인은 아닌 것으로 판단된다. 그러나 Nakamura *et al.* (1997) 은 25℃, 무산소 상태에서 반수사망기간 2일, 전체사망기간은 3일임을 보고한 바 있다. 따라서 본 조사에서 수중의 무산소상태가 8월의 경우 거의 매일 나타났으며, 지속 시간도 매일 수 시간에 걸쳐 발생함을 고려할 때, 2020년 8월 진주만 일대에서 발생한 종밧의 폐사는 무산소 환경이 매우 큰 영향을 끼친 것으로 판단된다. 폐사 이후 더 이상 생존 치패나 성체가 21년 3월까지 확인되지

않았다. 이러한 개체군 크기의 변동은 환경에 민감하게 의존하는 기회종인 종밧의 생태학적 특성을 감안할 때 종밧의 서식에 적합하지 않은 환경이 이 해역에서 발생한 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원 사업과제 (지속가능한 남해안 패류양식 안정화 연구 R2023048) 의 일환으로 수행되었습니다.

REFERENCES

Allen, B.J. and Williams, S.L. (2003) Native eelgrass *Zostera marina* controls growth and reproduction of an invasive mussel through food limitation. *Marine ecology progress series*, **254**: 57-67.

Choi, M.K., Kim, H.C., Hwang, D.W., Lee, I.S., Kim, Y.S., Kim, Y.J. and Choi, H.G. (2013) Organic enrichment and pollution in surface sediments from shellfish farming in Yeosu bay and Gangjin Bay, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **46**(4): 424-436.

Crooks, J.A. (1996) The population ecology of an exotic mussel, *Musculista senhousia* in a southern California bay. *Estuaries*, **19**: 24-50.

Crooks, J.A. (2002) Predators of the invasive Mussel *Musculista senhousia*(Mollusca: Mytilidae). *Pacific science*, **56**(1): 49-56.

Crosby, M.P. and Gale, L.D. (1990) A review and

- evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method. *Journal of Shellfish Research*, **9**: 232-237.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Pebers, P.A., Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of Sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, **28**(3): 350-356.
- Jeon, H. I. (2013) Distribution pattern of *Musculista senhousia*(Bivalvia:Mytilidae) and tidal-falt sediments in the Munyedo of Gunsan, Korea. Chonnam national university, Master thesis. 40pp.
- Joosse, J., and Geraerts, W.P.M., (1983) Endocrinology, Editor(s): A.S.M. SALEUDDIN, KARL M. WILBUR, The Mollusca, Academic Press, Pages 317-406.
- Kang, D.H., Fu-Lin, E.C., Yang, H.S., Lee, C.H., Koh, H.B., Choi, K.S., (2010) Growth, reproductive condition, and digestive tubule atrophy of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Gamakman bay off the southern coast of Korea. *Journal of Shellfish Research*, **29**(4), 839-845.
- Kim, Y. S. (2008) Long-term variation of water quality and bivalvia communities in the Gamak bay. Chonnam national university, Master thesis. 56pp.
- Kim, Y. H. (1999) Benthic polychaetous communities in Deugryang bay and Yoja bay, Southern coast of Korea. Yosu national university, Master thesis. 118pp.
- Kim, Y. S. (2006) Studies on biological control and the habitat environment of harmful organisms in Arkshell (*Anadara broughtonii*) breeding farms. Yosu national university, Doctor thesis. 131pp.
- Nakamura, M., Shinagawa A., Toda, K., Nakao, S. (1997) Tolerance of 4 bivalves from lake Shinji and Nakaumi to environmental factors. *Suisanzoushoku*, **45**(1): 179-185.
- Lee, S. J. (2023) Spatio-temporal distribution of macrobenthic assemblages in Jindong bay, Yeoha bay, Deukryang bay of fisheries protected area, Southern coast of Korea, Pukyong national university, Master thesis. 172pp.
- Moon, S. H. (2012) Marine environment and zoobentonic changeable aspects arounds Sangamcheon, Korea. Chonnam National University, Master thesis. 73pp.
- Park, K., Jo, M.R., Lee, H.J., Kwon, J.Y., Son, K.T., Lee, T.S. (2011) Evaluation of the effect of the discharged water from bong stream after rainfall events on the bacteriological water quality in Gangjinman, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **44**(6): 622-629.
- Pearson, T.H and Rosenverg, R. (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution on marine environment. *Oceanography and Marine Biology*, **16**: 229-311.
- Sgro, L., Turolla, E., Mistri, R.R.M. 2002. Sexual maturation and larval development of the immigrant Asian date mussel, *Musculista senhousia*, in a Po River deltaic lagoon. *Italian Journal of Zoology*, **69**: 223-228.
- Sugawara, K., Ebihara, T., Ishii, T., Aoki, K., and Uchida, A. (1961) Outbreak of a mussel *Brachidontes senhousia* in Urayasu shellfish rearing ground. *In Reports of the Chiba Prefecture Inner-Bay Fisheries Experimental Station*, **3**: 83-92.