

우리나라 덕적도 주변해역에 서식하는 민꽃게(*Charybdis japonica*)의 성숙과 산란

윤병일 · 고수진 · 이수정 · 권대현 · 최동혁*

국립수산과학원 서해수산연구소 기후환경자원과

Maturity and Spawning of Asian Paddle Crab *Charybdis japonica* in the Coastal Waters of the Deokjeok Islands, Korea

Byeongil Youn, Sujin Koh, Soojeong Lee, Daehyeon Kwon and Donghyuk Choi*

Environment and Fisheries Resources Research Division, West Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Incheon 22383, Republic of Korea

The Asian Paddle Crab *Charybdis japonica* is an economically important species of crustacean inhabiting the waters of the West Sea of Korea. This study investigated the gonadal development of *C. japonica* and size at group maturity. Between March 2022 and November 2023, a total of 1,310 specimens were collected from the central region of the West Sea. The gonadal somatic index of the specimens was found to peak in June. Analysis of the gonad tissue and the frequency of appearance of ovigerous crabs indicated that the main spawning period occurs from June to August. Additionally, monthly egg diameter measurements revealed that Asian paddle crabs spawn multiple times annually. Given the current decline in the catches of sea crabs in the West Sea of Korea, we recommend continuous monitoring of the maturity and spawning of crabs in this marine environment.

Keywords: Asian paddle crab, *Charybdis japonica*, Spawning season, Deokjeok Islands

서론

우리나라 서해는 수심이 낮은 반 폐쇄성 해양으로 해저지형이 단순하고 조류가 강하여 해수의 수직·수평 혼합이 활발하게 이루어지고, 대기의 영향을 크게 받아 수온변동이 크게 나타난다(KORDI, 1998). 서해 중간대지역의 갯벌은 두 생태계를 구성하는 생물들을 부분적으로 수용할 수 있기 때문에 생물의 종류가 더욱 다양하며 육지에서 유입되는 영양염류가 풍부하고 먹이와 은신처가 많아서 해양생물의 산란 및 성육장으로써 매우 중요한 역할을 한다(MEIS, 2024).

민꽃게(*Charybdis japonica*)는 십각목 (Order Decapoda), 꽃게과(Family Portunidae)에 속하며, 일부 지방에서는 박하지, 돌게, 무당게라고 불리고, 우리나라의 전 연안과 일본, 중국, 타이완, 말레이시아 및 하와이에 분포하는 종이다. 주 서식지는 얕은 바다의 진흙, 모래, 펄 또는 조간대 지역이며, 분포 지역에서 상업적으로 중요한 수산자원이다(Kim, 1973). 우리

나라의 민꽃게 어획량은 2008년부터 증가하기 시작하여 2009년에 6,882톤(서해 3,384톤)으로 나타났고, 2018년에는 8,430톤(서해 3,313톤)으로 최고 어획량을 보였다. 최근 2023년에는 2,010톤(서해 1,200톤)으로 감소추세이다(KOSIS, 2023; Fig. 1). 어획량감소 원인은 연안오염으로 인한 수질변화, 대규모 감척사업 및 방조제 건설 등이 될 수 있으며(lee, 1999; Jeong and Yang, 2015), 민꽃게의 지속가능한 이용을 위해서는 산란 개체군을 보호하는 방안들을 모색해야 할 필요가 있다.

민꽃게의 생태학적 국내연구는 민꽃게의 생태 및 종묘생산연구(MOF, 1999), 집단의 형태학적 변이성(Heo et al., 2006), 섭식생태(Seo and Hong, 2009), 유생분포(Yeon et al., 2011) 등이 수행되었으며, 국외연구에서는 후쿠오카의 연안에서 민꽃게의 성장 및 생식생태(Kobayashi and Vazquez-Archdale, 2018), 뉴질랜드 북동부에서의 민꽃게의 번식과 생태연구(Wong and Sewell, 2015) 등이 수행된 바 있다. 하지만 민꽃게는 상업적 가치가 높은 수산자원으로 생물생태학적 연구가 부족하며, 효율

*Corresponding author: Tel: +82. 32. 745. 0610 Fax: +82. 32. 745. 0569

E-mail address: donghyuk_87@naver.com



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2024.0726>

Korean J Fish Aquat Sci 57(6), 726-733, December 2024

Received 8 August 2024; Revised 25 September 2024; Accepted 31 October 2024

저자 직위: 윤병일(연구원), 고수진(연구원), 이수정(연구사), 권대현(연구관), 최동혁(연구원)

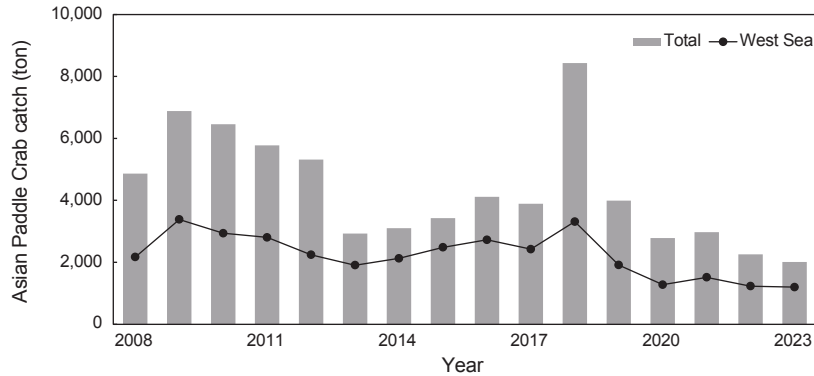


Fig. 1. Annual variation of total and in the West Sea catch of Asian paddle crab *Charybdis japonica*.

적이고 지속적인 수산자원 관리를 위해 산란생태 연구가 필수적으로 진행되어야 한다.

따라서 본 연구는 우리나라 서해연안에 서식하는 민꽃게의 갑폭(carapace width) 조성, 성비, 생식소속도지수(gonadosomatic index, GSI), 성숙도, 난경크기 등을 분석하여 민꽃게의 자원관리와 평가를 위한 성숙과 산란특성 등 기초 생물학적정보를 제공하는 것을 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

시료 및 측정

본 연구는 민꽃게의 산란특성을 파악하기 위해 2022년 3월부

터 2023년 11월까지 우리나라 서해연안의 덕적도 주변해역에서 자망 및 통발에 어획된 민꽃게 시료를 사용하였다(Fig. 2). 어획된 개체는 실험실에서 개체별로 갑폭(carapace width)은 digital vernier calipers (Mitutoyo CO., Kawasaki, Japan)를 이용하여 0.01 mm까지 측정하였고, 체중(body weight), 생식소중량(gonad weight)은 0.01 g까지 측정하였다. 또한 암수의 비율은 월별로 나타냈으며, 성비는 Chi-squared test 검정으로 분석하였다.

생식소 발달과정과 GSI

생식소 발달과정은 생식소의 크기와 색, 난립의 크기 등을 기준으로 생식소 성숙단계를 육안으로 관찰하였고, 미숙(imma-

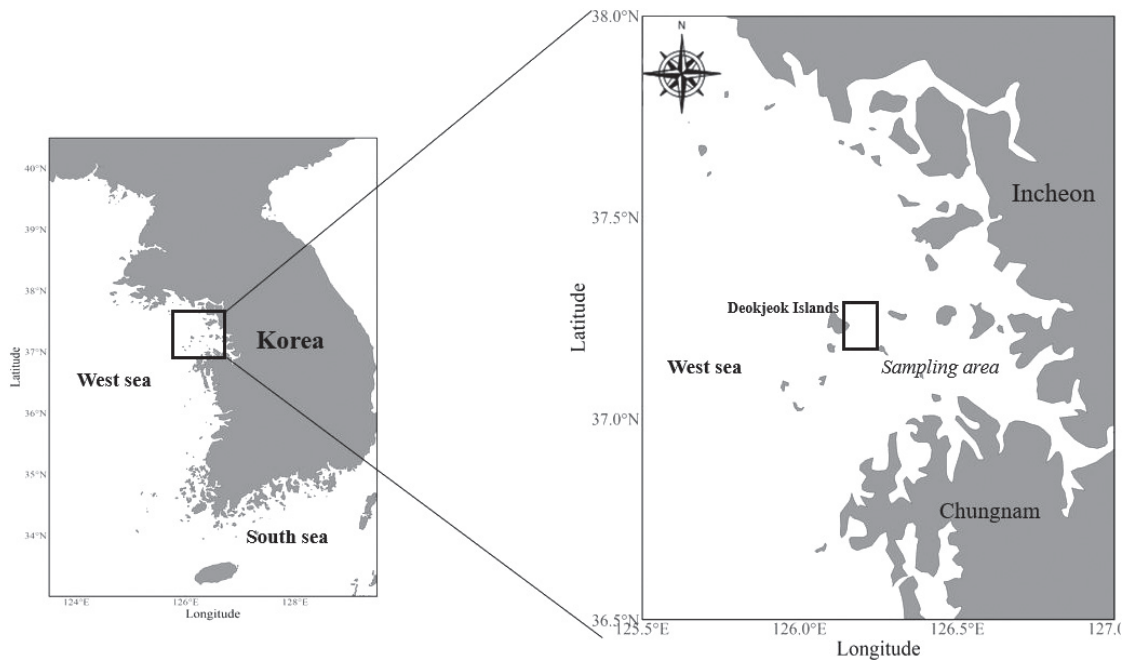


Fig. 2. Location of Asian paddle crab *Charybdis japonica* sampling area in the present study.

ture), 중숙(early maturing), 성숙(late maturing), 완숙(ripe), 방중 및 방후(spawning and spent)의 5단계로 구분하였다. 산란기를 추정하기 위한 GSI의 월 변화는 다음 식으로 구하였으며, 여기서 GW는 생식소 중량(습중량, g)이고, BW는 체중(습중량, g)이다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 100$$

생식소 조직학적 관찰

생식소의 조직학적 발달단계는 해부한 생식소샘플을 10% 중성 포르말린으로 고정하여 수세와 탈수과정을 거쳐 파라핀에 포매한 후, 4–6 μm 두께로 연속절편을 제작하였다. 제작된 조직표본은 Mayer's Hematoxylin-0.5% Eosin (H-E) 이중염색, AB-PAS와 Masson 삼중염색을 실시하였고, 마리놀(marinol)로 봉입하였다. 그리고, 제작된 생식소 조직표본은 광학현미경(SZX16-ILLT; Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 검정하였다.

외포란 출현율 및 난모세포 크기 월변화

조사결과 민꽃게의 외포란개체가 부족하여 덕적도 해역에서 2020년 1월부터 2024년 6월까지 자망 및 통발어업에서 어획된 암컷개체를 구입하여 조사하였고, 외포란 출현율은 월별 외포란 개체(ovigerous individuals)를 계수하여 파악하였다. 또한 난모세포 크기 빈도의 월변화는 성숙한 난(exogenous vitellogenic oocyte) 기준으로 제작된 조직표본을 광학현미경(SZX16-ILLT; Olympus)을 통해 검정하였고, 난모세포의 크기는 영상분석프로그램(i-Works 2.0; Nahwoo Trading Co., Suwon, Korea)으로 장경(long diameter)과 단경(short diameter)을 측정하였다.

결 과

갑폭조성 및 성비

이 연구에서는 2022년 3월부터 2023년 11월까지 총 1,310 개체의 민꽃게를 측정한 결과 암컷 600마리, 수컷 710마리로 나타났다. 암컷의 갑폭은 최소 43.3 mm, 최대 87.1 mm, 평균 65.0 mm로 나타났으며, 가장 많은 갑폭분포는 60.0–70.0 mm 범위에서 49.0%로 나타났다. 수컷의 갑폭은 43.6 mm, 최대 106.8 mm, 평균 72.5 mm로 나타났으며, 가장 많은 갑폭 분포는 60.0–70.0 mm 범위에서 30.1%로 나타나 암컷과 동일한 경향을 보였다(Fig. 3). 암컷과 수컷의 성비는 0.9:1.5로 수컷의 비율이 높게 나타났으며, Chi-squared test 결과(Table 1), 암수 간의 성비는 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$).

월별 생식소 속도지수(GSI)

민꽃게의 GSI 월변화를 분석한 결과, 2022년 암컷과 수컷의

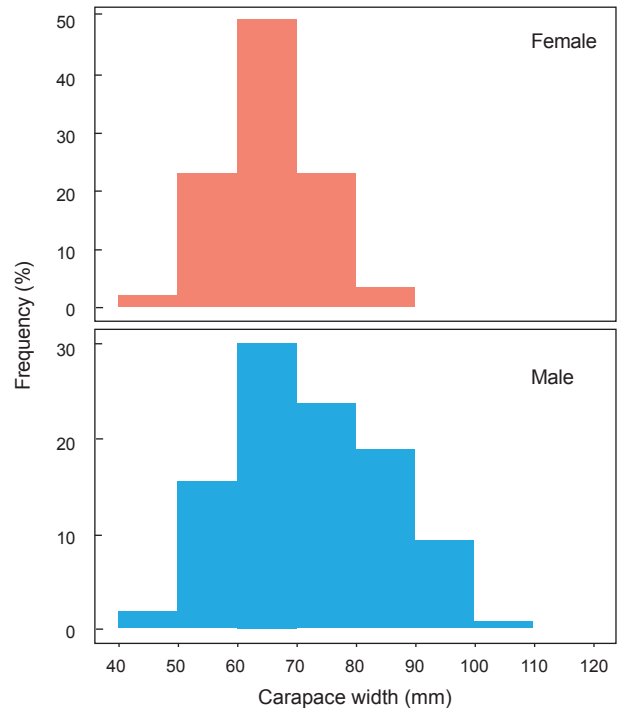


Fig. 3. Frequency according to carapace width of Asian paddle crab *Charybdis japonica* collected in the Coast waters of Deokjeok Islands, Korea.

GSI 범위는 각각 0.34–13.42, 0.11–1.85로 나타났다. 암컷의 GSI 월변화는 11월부터 증가하기 시작하여 6월에 최고값을 보였고, 이후에는 점차 낮아져 9월에 최저값을 보였다. 반면, 수컷의 GSI 월 평균 범위는 0.44–0.70으로 나타나 월별로 큰 변화를 보이지 않았다. 2023년에는 암컷과 수컷의 GSI 범위가 각각 0.07–14.69, 0.02–1.50로 나타났다. 암컷의 GSI 월변화는 10월부터 증가하기 시작하여 7월에 최고값을 보였으며, 9월에 최저값이 나타났고, 수컷은 월평균 0.33–0.57 범위로 큰 변화를 나타내지 않았다(Fig. 4).

월별 성숙도의 변화

생식소 성숙단계는 미숙(immature), 중숙(early maturing), 성숙(late maturing), 완숙(ripe), 방중 및 방후(spawning and spent)의 5단계로 구분되었으며, 미숙단계는 투명하고 연한 얇은 납작한 띠 형태였다(Fig. 5A). 중숙단계는 얇은 띠에서 연한 주황색을 띠기 시작하여 진한 주황색으로 나타났고, 형태는 얇은 띠에 생식소가 붙어 길고 얇은 물결형태를 보였다(Fig. 5B). 성숙단계는 생식소가 부풀어 진한 갈색으로 나타났고(Fig. 5C), 가장 발달한 완숙단계는 적갈색의 두꺼운 물결형태를 보였다(Fig. 5D).

월별 성숙도 변화는 2022년 3월에 미숙단계 개체비율이 40%로 나타났고, 중숙부터 성숙개체까지 출현하였다. 4월부터 6월

Table 1. Size distributions of Asian paddle crab *Charybdis japonica* collected from March to December 2022–2023 in the Coast waters of Deokjeok Islands, Korea

Year	Month	Total number	(Unit, mm)						Sex ratio
			Female (CW)			Male (CW)			
			Range	Mean	N	Range	Mean	N	
2022	Mar.	60	55.2-80.0	66.0	30	55.5-93.4	70.6	30	1.0:1.0
	Apr.	40	48.9-71.7	59.6	20	55.4-79.1	66.0	20	1.0:1.0
	May	60	47.5-68.5	56.2	30	49.3-84.4	65.4	30	1.0:1.0
	Jun.	59	55.4-83.4	66.6	30	55.2-75.5	63.2	29	1.0:1.0
	Jul.	34	49.9-76.9	63.1	4	67.0-91.8	77.0	30	0.1:7.5
	Aug.	57	52.9-70.2	60.3	30	55.7-69.1	63.2	27	1.1:0.9
	Sep.	59	58.9-81.8	71.5	29	70.5-96.4	86.0	30	1.0:1.0
	Oct.	43	64.6-87.1	76.0	14	75.2-103.3	90.8	29	0.5:2.1
	Nov.	52	66.3-79.0	72.1	22	70.1-106.8	89.4	30	0.7:1.4
	Dec.	60	48.6-70.2	62.4	30	50.1-101.4	72.6	30	1.0:1.0
2023	Mar.	56	43.3-72.8	57.7	26	43.6-96.4	65.8	30	0.8:1.2
	Apr.	98	50.9-79.5	64.6	39	51.2-97.1	72.7	59	0.9:1.2
	May	96	47.2-71.8	59.6	49	50.6-70.0	61.7	47	0.7:1.5
	Jun.	93	58.0-80.3	68.0	33	58.4-95.9	78.4	60	1.0:1.0
	Jul.	94	54.0-81.9	65.8	34	48.1-99.1	73.0	60	0.6:1.8
	Aug.	117	55.0-68.7	61.3	59	46.0-79.3	61.4	58	0.6:1.8
	Sep.	53	59.6-83.3	72.1	22	60.8-90.8	74.6	31	0.7:1.4
	Oct.	81	61.3-84.6	71.8	51	61.1-90.7	78.3	30	1.7:0.6
Nov.	98	50.6-83.4	66.9	48	52.8-96.6	74.1	50	1.0:1.0	
Total		1,310	43.3-87.1	65.0	600	43.6-106.8	72.5	710	0.9:1.5

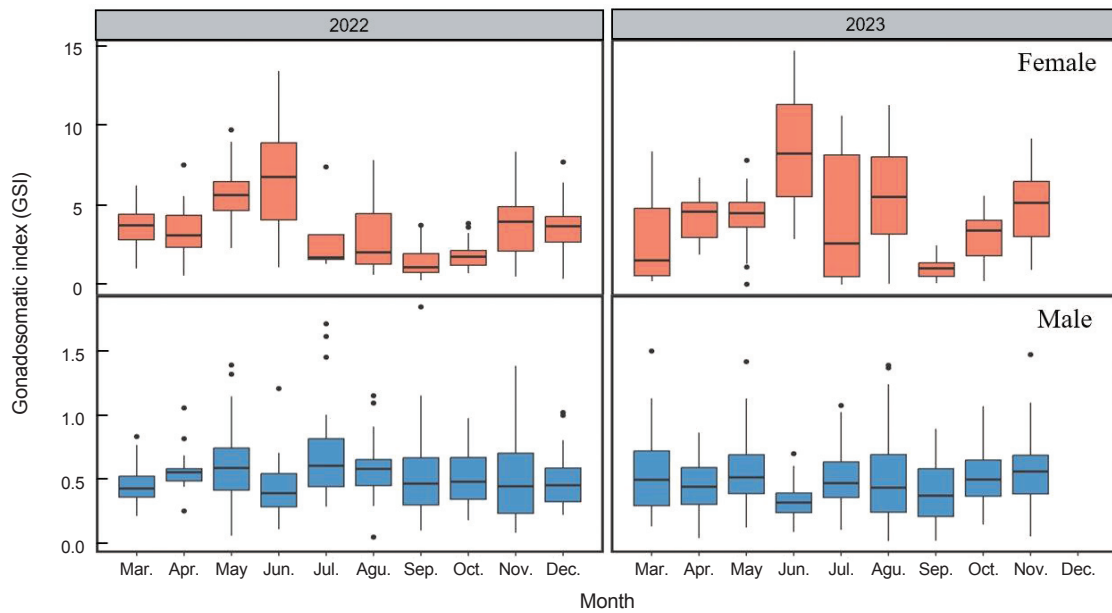


Fig. 4. Monthly variation in gonadosomatic index (GSI) of Asian paddle crab *Charybdis japonica* collected from March to December 2022-2023 in the Coast waters of Deokjeok Islands, Korea.

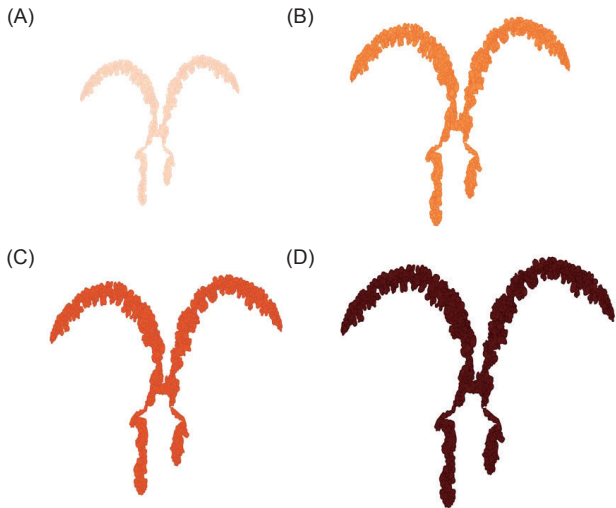


Fig. 5. The Maturity stage of Asian paddle crab *Charybdis japonica* collected from March to December 2022-2023 in the Coast waters of Deokjeok Islands, Korea. A, Immature; B, Early maturing; C, Late maturing; D, Ripe (MOF, 1999).

에서는 미숙부터 성숙개체까지 출현이 줄어들면서 완숙개체가 출현하여 6월에 93%로 가장 높게 나타났다. 7월부터는 방중 및 방후개체가 출현하기 시작하였고, 이후 감소하면서 9월에 미숙개체가 확인되었다. 10월에서는 중숙개체로 발달되면서 12월에 성숙개체가 확인되었다. 2023년 3월에는 미숙부터 성숙개체까지 출현하였으며, 그중 중숙개체 비율이 46%로 나타났

다. 4월에서는 중숙과 성숙개체가 54, 36%로 출현하였으며, 완숙개체가 출현하였다. 5월부터는 방중 및 방후개체가 출현하기 시작하였으며, 9월에 미숙개체가 확인되었다. 10월에서는 중숙개체로 발달하였고, 11월에서는 주로 중숙과 성숙개체가 67%, 21%순으로 출현하였다(Fig. 6). 따라서 민꽃계의 성숙도의 월변화를 확인한 결과 산란기는 5-9월이며, 주 산란기는 6-8월로 추정되었다.

생식소 조직 발달단계

암컷 생식소의 경우 미숙단계는 조직에서 난원세포(oogonia)와 축적되지 않은 난모세포로 조직발달을 확인할 수 없었다. 중숙단계는 난황이 축적되기 시작한 난모세포들(endogenous and exogenous vitellogenic oocyte)이 주를 이루며 난원세포는 소수 관찰되었고, 난황형성과정은 난모세포의 세포질 주변에 소포가 존재하였다(Fig. 7A). 성숙단계는 대부분 exogenous vitellogenic oocyte의 형태이며 난원세포 주변으로 난황과립(yolk globules)이 축적되었고, endogenous vitellogenic 단계의 난모세포도 소수 발견되었다(Fig. 7B). 완숙단계는 대부분 exogenous vitellogenic oocyte가 관찰되며 다량의 난황이 축적되어 크기가 커졌고, 난황이 전체적으로 세포질에 분포되어 있어 핵과인의 관찰이 어려웠으며, 난을 둘러싼 용모막(chorionic membrane)이 관찰되며 난황소구체와 기름방울이 융합되는 특징을 보였다(Fig. 7C). 방중 및 방후단계는 대부분 난모세포가 방출되었으며, 일부 성숙된 난모세포의 퇴화가 진행되었다. 또한 난황과립은 불규칙적으로 수축되고 중앙부로 이동이 되며 막표면도 불규칙적인 형태를 보였다(Fig. 7D).

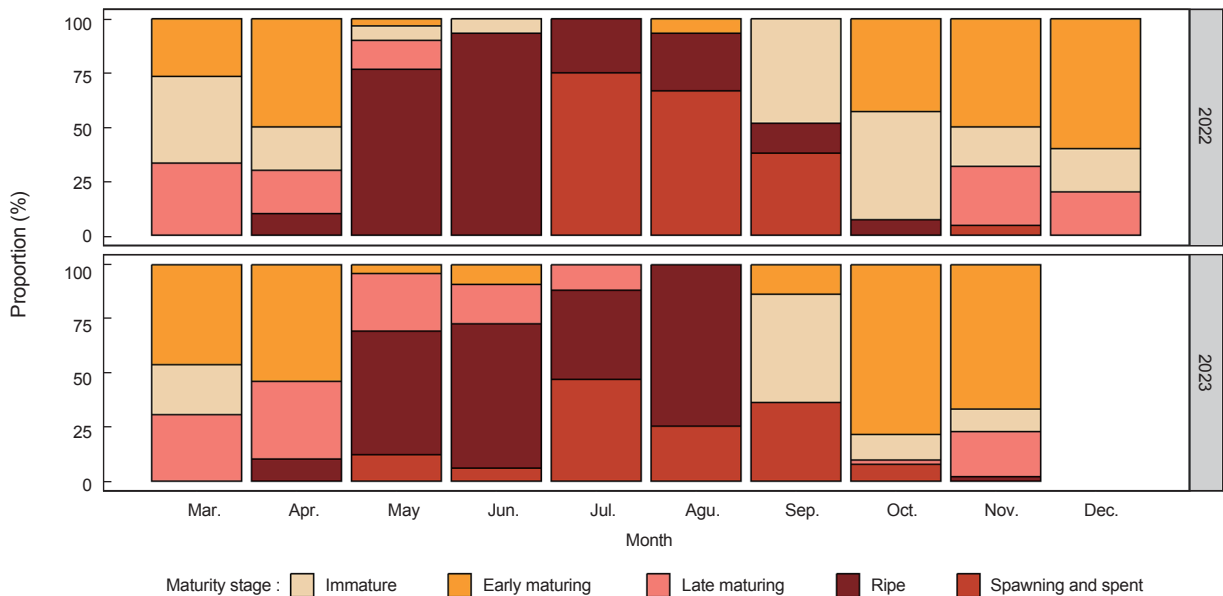


Fig. 6. Monthly changes of maturity stages of Asian paddle crab *Charybdis japonica* collected from March to December 2022-2023 in the Coast waters of Deokjeok Islands, Korea.

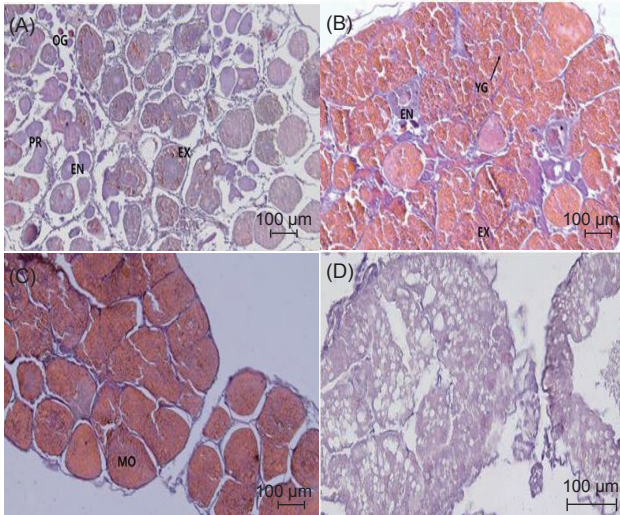


Fig. 7. Photomicrographs of ovarian development phases of Asian paddle crab *Charybdis japonica* collected from March to December 2022–2023 in the Coast waters of Deokjeok Islands, Korea. A, Early maturing; B, Ate maturing; C, Ripe; D, Spawning and spent, previtellogenic oocyte; OG, Oogonia; EN, Endogenous vitellogenic oocyte; EX, Exogenous vitellogenic oocyte; MO, Mature oocyte.

Table 2. Monthly change in ovigerous individuals appearance rate for sample during maturation in the gonads of *Charybdis japonica* from January to December 2020–2024 (until June 2024) in the Coast waters of Deokjeok Islands, Korea

Month	Individuals (A)	Ovigerous inds. (B)	R.A (B/A, %)
January	74	0	0.0
March	205	0	0.0
April	209	0	0.0
May	227	0	0.0
June	146	8	5.5
July	63	18	28.6
August	110	17	15.5
September	152	0	0.0
October	161	0	0.0
November	120	0	0.0
December	130	0	0.0

R.A., Relative abundance.

외포란 출현율 및 난모세포크기 월변화

민꽃게 암컷의 외포란 출현율은 2020년 0월부터 2024년 6월까지 월별 출현량을 조사하였다(Table 2). 외포란 출현율은 6월부터 5.5%로 증가하면서 7월에 28.6%로 가장 높았고, 8월에 15.5%가 출현하였다. 민꽃게의 월별 난모세포크기 변화는

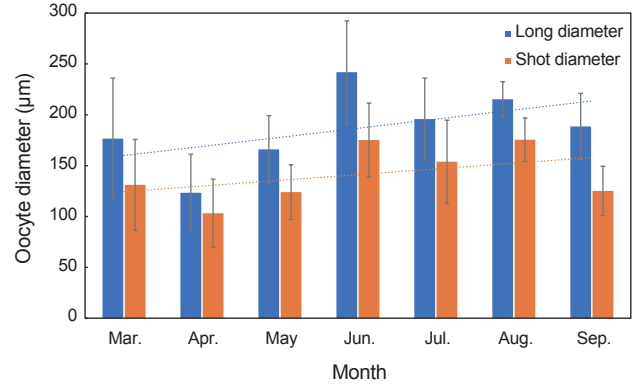


Fig. 8. Monthly of egg size diameter of *Charybdis japonica* collected from March to December 2022–2023 in the Coast waters of Deokjeok Islands, Korea.

생식소 조직의 난모세포를 장경(가장 긴축)과 단경(짧은 축)으로 구분하여 측정하였다. 난모세포의 크기는 3월에 장경 176.5 μm, 단경 131.1 μm로부터 성장하였고, 가장 큰 시기는 6월로 장경이 241.9 ± 50.5 μm, 단경이 175.2 ± 36.4 μm이었다. 외포란이 일어난 6월 이후 생식소내(내포란) 잔존난의 크기는 장경 195.8 μm, 단경 153.2 μm 이상을 유지하는 것으로 확인되었다(Fig. 8).

고찰

민꽃게는 우리나라의 서해 및 남해안 일대에서 주로 어획되고 갑각류 어획량에서 높은 비중을 차지한다. 현재 우리나라에서는 경제성이 높은 갑각류로 민꽃게의 생태 및 종묘생산관련 많은 선행연구가 진행되었다(MOF, 1999). 하지만 민꽃게의 생태 연구는 약 20년 전 연구로(MOF, 1999), 최근 기후 및 인위적인 해양환경변화에 따른 급격한 생태계변동 때문에 민꽃게의 생태학적 변화를 재분석할 필요가 있다(Lim et al., 2020).

본 연구에서는 우리나라 서해연안의 덕적도 주변해역에서 서식하는 민꽃게의 산란생태를 연구를 위해 GSI 및 성숙도 월변화, 생식소 조직학적 발달과정, 외포란 출현빈도를 분석하여 산란기를 추정하였고, 산란특성은 월별 난모세포 크기를 측정하여 분석하였다. 민꽃게는 6월부터 성숙한 외포란이 출현하기 시작하였으며, 6월부터는 외포란의 성숙한 난들을 방란하기 시작하여 외포란 탈락개체가 다수 출현하였다. 그 결과 6–8월에는 외포란 탈락개체가 많은 빈도로 지속적으로 나타나 주산란기로 추정되었고, GSI 및 성숙단계에서는 9월까지 산란기로 이어지는 것으로 확인되었다. 또한 연평해역 민꽃게 유생 연구에서는 Megalopa기의 출현율이 가장 높은 때를 8월 말로 보고하여(Yeon et al., 2011) 민꽃게의 산란을 마치는 시기가 8월말에서 9월초로 판단된다.

국내 대다수 꽃게과 계류는 5–10월에 산란하고 산란수온은

20–28°C 범위로 알려져 있다(Kim, 2001; Jang et al., 2005). 그 중 민꽃게의 해역별 산란시기 범위를 보면 보령이 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 뉴질랜드 북동부에 서식하는 민꽃게는 17–22°C, 일본 후쿠오카에서는 18–20°C로 보고되었다(MOF, 1999; Wong and Sewell, 2015; Kobayashi and Vazquez-Archdale, 2018). 본 연구해역인 덕적도의 산란시기 수온범위는 2023년 6–8월의 평균 23.1°C, 2024년에 23.6°C로 나타나(국립해양환경정보, www.meis.go.kr), 덕적도 주변해역은 민꽃게의 산란 및 서식장으로 해양환경이 적합한 곳으로 확인되었다. 추가적으로 민꽃게는 해류나 조류와 같은 물리적 환경을 이용하여 유생을 운반하고 적합한 환경에서 성장하는 생존전략을 가지고 있기 때문에 덕적도에서 확산된 유생이 주변의 강화도와 연평도까지도 확산이 될 것으로 판단되며(McConaughy, 1992; Garvine et al., 1997; Tillburg et al., 2007), 추후 민꽃게의 생태학적 연구를 위해 넓은 범위에서 연평도와 강화도, 대청도까지를 지역개체군으로 함께 연구할 필요성이 있다. 그리고 다양한 서식환경의 산란수온 범위는 생태학적 비교연구를 통한 국내의 수온변화에 따른 자원관리의 방향성을 제시하거나 자원변동을 예측할 수 있는 연구자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구와 보령 민꽃게의 연구결과를 보면, 서해안의 민꽃게의 산란기는 6–9월로 약 4개월간 산란을 하는 것으로 나타났고(MOF, 1999), 뉴질랜드와 일본의 민꽃게의 산란기도 5–6월로 장기간으로 나타나(Wong and Sewell, 2015; Kobayashi and Vazquez-Archdale, 2018). 산란기간이 긴 것으로 추정되었다. 민꽃게는 산란이 끝난 후 빠르게 회복하여 생식소가 다시 발달하고, 다음 산란을 준비하는 것으로 추정되었다. 이는 꽃게과(Family Portunidae)에 속하는 꽃게(*Portunus trituberculatus*)에서도 산란 기간이 길고 연속적으로 산란하는 특성을 보였으며(Seo et al., 2009), 이러한 산란 특성은 감소하는 자원을 신속히 회복할 수 있는 요인으로 작용할 수 있다고 생각된다. 현재 민꽃게의 자원감소 원인은 조간대지역의 간척지 조성, 환경오염으로 인한 서식지 파괴 등으로 나타나고 있으나, 서식지 환경 조성 및 산란기 보호를 통한 자원회복이 가능 할 것으로 판단된다(Kobayashi and Vazquez-Archdale, 2018).

MOF (1999)에 의하면 민꽃게의 최소 성숙갑폭 크기는 34.4 mm로 확인되었고, 50%가 성숙한 760개체의 갑폭크기는 누적 정규분포를 통해 61.2 mm로 보고되었다. 뉴질랜드 북동부에 서식하는 민꽃게의 성숙갑폭은 46.4 mm였으며, 지중해 터키의 민꽃게속(Genus *Charybdis*)에 포함되는 *Charybdis longicollis*는 24.7 mm로 확인되었다(Wong and Sewell, 2015; Deval, 2020). 이번 연구에서는 민꽃게의 성숙갑폭을 분석하지 못하였다. 이는 어획된 민꽃게의 갑폭크기가 기존에 연구된 성숙갑폭보다 작은 개체가 채집되지 않았고, 향후 치계 확보를 위해서는 치계 서식지로 알려진 조간대 지역에서 채집이 필요 할 것으로 보인다(Kobayashi and Vazquez-Archdale, 2018). 결과적으로 민꽃게는 최근 어획량이 감소하여 자원회복이 필요하고, 자원

회복을 위한 서식지 환경조성 뿐만 아니라 주 산란기에 금어기를 설정하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. 또한 민꽃게는 꽃게와 산란시기가 비슷하기 때문에 동일한 자원관리가 이루어져야 하고, 자원관리의 단위를 설정하기 위한 남해와 동해의 생태 연구도 병행하여 수행될 필요가 있다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원 시험연구사업 “서해연안어업 및 환경생태조사(R2024009)”의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Deval MC. 2020. Population structure and dynamics of the invasive crab *Charybdis longicollis* parasitised by the rhizocephalan *Heterosaccus dollfusii* along the Mediterranean coast of Turkey. *Biologia* 75, 2239-2249. <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00479-x>.
- Garvine RW, Epifanio CE, Epifanio CC and Wong KC. 1997. Transport and recruitment of blue crab larvae: A model with advection and mortality. *Estuar Coast Shelf Sci* 45, 99-111. <https://doi.org/10.1006/ecss.1996.0161>.
- Heo YS, Lee BK and Huh MK. 2006. Morphological variability of the Japanese swimming *Charybdis japonica* populations. *Korean J Life Sci* 16, 672-675. <http://doi.org/10.5352/JLS.2006.16.4.672>.
- Jang IG, Jeon JC, Seo HC and Lee JY. 2005. The Culture of Swimming Crab. The Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Incheon, Korea, 1-194.
- Jeong YH and Yang JS. 2015. The long-term variations of water qualities in the Saemangeum salt-water lake after the sea-dike construction. *J Kor Soc Mar Environ Energy* 18, 51-63. <http://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2015.18.2.51>.
- Kim HS. 1973. Anomura, Brachyura. Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea. Samwha Publishing Company, Seoul, Korea, 1-694.
- Kim KB. 2001. Growth and reproduction of *Charybdis japonica* (A. Milne-edwards) (Decapoda: Portunidae) in Korean waters. Ph. D. Thesis. Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan, Korea.
- Kobayashi S and Vazquez-Archdale M. 2018. Growth and reproductive ecology of the portunid crab *Charybdis japonica* in an open seacoast and an inland bay in Fukuoka, Japan. *J Sea Res* 142, 52-65. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2018.09.006>.
- KORDI (Korea Ocean Research and Development Institute). 1998. A Biological Study of the Yellow Sea. KORDI, Busan, Korea, 523.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2023. Statistic Databased for Fishery Production Survey. Retrieved from <http://kosis.kr/> on Jun 11, 2024.

- Lee DY. 1999. Current Status and Conservation Measures of the Incheon Coastal Mudflats. The Incheon Institute, Incheon, Korea, 149.
- Lim JC, Ahn KH, Choi BK and Lee GY. 2020. Investigation plan to strengthen the conservation and management of estuary ecosystems. J Kor Island 32, 317-334. <https://doi.org/10.26840/JKI.32.4.317>.
- McConaugha JR. 1992. Decapod larvae: Dispersal, mortality, and ecology. A working hypothesis. Am Zool 32, 512-523. <https://doi.org/10.1093/icb/32.3.512>.
- MEIS (Marine Environment Information Station). 2024. About Mudflat. Retrieved from <https://www.meis.go.kr/mes/mudflat/learn/view1.do> on Mar 27, 2024.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 1999. Ecology and Seed Production of *Charybdis japonica*. MOF Fisheries Report 172, MOF, Sejong, Korea, 1-68.
- Seo HC, Jang IK, Cho YR, Kim JS and Kim BR. 2009. Gonad maturation and spawning of the blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) from the West Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 42, 48-55. <http://doi.org/10.5657/kfas.2009.42.1.048>.
- Seo IS and Hong JS. 2009. Food habits of the Asian paddle crab, *Charybdis japonica* (A. Milne-Edwards) on the Jangbong tidal flat, Incheon, Korea. Korean J Environ Biol 27, 297-305.
- Tilburg CE, Dittel AI and Epifanio CE. 2007. Retention of crab larvae in a coastal null zone. Estuar Coast Shelf Sci 72, 570-578. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.11.030>.
- Wong NA and Sewell MA. 2015. The reproductive ecology of the invasive Asian paddle crab, *Charybdis japonica* (Brachyura: Portunidae), in northeastern New Zealand. Invertebr Biol 134, 303-317. <https://doi.org/10.1111/ivb.12108>.
- Yeon IJ, Lee YS, Song MY and Park WG. 2011. Seasonal timing and distribution of *Charybdis japonica* (Decapoda: Portunidae) larvae off Yeonpyeong-do in the Yellow Sea, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 44, 162-166. <https://doi.org/10.5657/kfas.2011.44.2.162>.