

경북 연안에 서식하는 대게(*Chionoecetes opilio*)의 수심 및 월별 출현 양상

김유진 · 박원규¹ · 이보람^{2*} · 김병섭³ · 박경원⁴

한국해양과학기술원 대양자원연구부, ¹부경대학교 자원생물학과, ²국립수산과학원 수산자원연구센터, ³한국수산자원공단 동해본부, ⁴마린리서치(주)

The Monthly and Bathymetric Occurrence Pattern of the Snow Crab *Chionoecetes opilio* Along the Coastal Sea of Gyeongbuk, Korea

Yujin Kim, Wongyu Park¹, Bo Ram Lee^{2*}, Byoungsub Kim³ and Kyungwon Park⁴

Ocean Georesources Research Department, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan 49111, Republic of Korea

¹Division of Fisheries Life Sciences, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

²Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Republic of Korea

³East Sea Branch, Korea Fisheries Resources Agency, Pohang 37601, Republic of Korea

⁴Marine Research Co., Ltd., Busan 49126, Republic of Korea

The size distribution, maturation, and molting stages of the snow crab *Chionoecetes opilio* in the coastal sea of Gyeongbuk were investigated to understand its monthly and bathymetric occurrence patterns. *C. opilio* was collected from three depth strata (A1, 100–120 m; A2, 120–180 m; A3, 180–220 m) from May to November 2020. The average sex ratio was 0.8. The mean carapace width was largest in females in October, and in males in November. The occurrence rate of small immature crabs was the highest in A1. The ratio of ovigerous females at 75–80 mm was highest at A2 and A3. There was a significant difference in carapace width in females and depth in both sexes in September and October. The occurrence rate of immature crabs was the highest in A1, whereas that ovigerous and spawned females was higher in A2 and A3 than in A1. Very old-shelled females occurred highly in September and October. The occurrence rate of newly shelled males was higher throughout the study period. This research indicated that the size distribution, maturation conditions, and molting stages of *C. opilio* varied with water depth strata in the coastal sea of Gyeongbuk, Korea.

Keywords: *Chionoecetes opilio*, Coastal sea of Gyeongbuk, Depth stratum, Carapace width, Ovigerous female

서론

대게(*Chionoecetes opilio*)는 베링해, 알래스카 연안, 일본 서부 및 우리나라 동해 연안, 북대서양 캐나다 연안에 주로 서식하며, 진흙과 사니질 형태의 저질에서 서식 한다(Jadamec et al., 1999). 동해에 서식하는 대게는 200–400 m의 수심, 근연종인 홍게(*Chionoecetes japonicus*)는 500 m 이하의 수심에 분포하는 것으로 알려져 있으며(Cha et al., 2014), 동해의 중요한 수산자원으로 이용되고 있다. 수요의 증가에 따른 어획량 증가로

인해 자원량이 감소하는 경향을 나타내었고, 이에 대게의 보호를 위해 총허용어획량(total allowable catch, TAC)제도 및 모든 크기의 암컷과 두홍갑장이 9 cm 이하 수컷의 포획을 금지하여 대게의 자원을 관리하고 있다. 대게는 계절 회유를 하는 종으로 계절에 따라 분포 양상이 다르게 나타난다(Sainte-Marie and Hazel, 1992; Mullowney et al., 2018). 대게의 분포는 저질의 종류, 수심 그리고 수온과 같은 환경요인에 의해 영향을 받으며(Orensanz et al., 2005), 연급군 강도(year-class strength)와 가입(recruitment)에 영향을 미친다(Dawe and Colbourne,

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 650. 2254 Fax: +82. 55. 650. 2206

E-mail address: borami5169@korea.kr



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.2024.0060>

Korean J Fish Aquat Sci 57(1), 60-68, February 2024

Received 9 January 2024; Revised 26 January 2024; Accepted 21 February 2024

저자 직위: 김유진(연구원), 박원규(교수), 이보람(연구원), 김병섭(실장), 박경원(상무이사)

2002). 따라서 대게의 분포를 파악하는 것은 자원관리에 필수적이며, 더욱이 생활사를 이해하기 위해 시기와 수심을 모두 고려한 연구가 필요하다.

국내 대게에 관한 연구는 탈피 및 성장(Chun et al., 2009), 성숙과 산란(Chun et al., 2008), 재생산 및 분포특성(Cha et al., 2014), 유생의 수직분포특성(Lee et al., 2023) 등이 있다. 국내에서 수행된 연구의 대부분 200 m 이상의 깊은 수심에서 조사되어왔으며, 200 m 이하의 수심에 출현하는 대게의 분포 및 출현 양상에 대한 연구는 부족한 실정이다. 또한 200 m 이하의 낮은 수심에서는 보호초를 설치할 정도로 대형 저인망에 의한 미성숙 개체의 혼획이 많은 것으로 보고 되어있다(Kang, 2020). 따라서 200 m 이하의 수심에 분포하는 대게의 생활사에 대한 연구가 필수적이다.

본 연구는 한국 경상북도 연안의 수심 200 m 이하의 수심에 분포하는 대게의 크기 분포, 성숙 단계, 탈피 단계 변화를 분석하여 월별, 수심별 출현 양상 변화를 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 채집

대게는 2020년 5월부터 11월까지 동해의 죽변, 후포, 축산, 강구의 총 4개의 해역에서 해역당 3개의 정점에서 채집되었다. 각 해역들은 수심에 따라 Area 1 (100–120 m), A1; Area 2 (120–180 m), A2; Area 3 (180–220 m), A3로 구분하였다(Fig. 1). 채집은 월 1회 실시하였으며, 7월과 8월의 경우 투망일과 양말일이 7월말과 8월초로 7–8월로 구분하였다.

대게는 길이 800 mm, 지름 450 mm, 망목 35 mm의 원형 상

업용 새우 통발을 사용하여 채집하였고, 각 정점 별로 50개의 통발을 한 틀로 엮어서 사용하였다. 투망 후 3일 이내에 양망하였으며, 채집된 시료는 즉시 빙장 후 실험실로 운반하여 분류 및 측정하였다.

시료 측정 및 분석

채집된 대게는 복절의 형태를 기반으로 암수를 구분한 후 두흉갑폭(carapace width, 이하 갑폭)을 0.1 mm, 중량(body weight)을 0.01 g까지 측정하였으며, 갑폭을 기준으로 크기별 그룹을 분류하였다. 성숙단계는 수컷의 경우 생식소의 색과 발달 상태를 기준으로 미성숙 수컷(immature female, IF), 성숙 수컷(mature male, MM)으로 구분하였고, 암컷의 경우 외포란의 여부를 확인하여 미성숙 암컷(immature female, IF), 성숙 암컷(mature female, MF), 포란 암컷(ovigerous female, OV), 산란 암컷(spawned female, SF)으로 구분하였다(Watson, 1970). 탈피 단계의 판별은 Jadamec et al. (1999)의 방법을 참고하여 탈피 직후 단계(soft shell, 탈피 후 0–2주, 갑각 껍질이 매우 연하고 손가락으로 벗겨진다), 신갑각(new shell, 탈피 후 2–12개월, 갑각과 집게발이 단단하나 손가락으로 세게 누를 시 함입되고 갑각 외부의 가시와 집게발의 지절(dactyl)은 날카롭거나 살짝 마모되고 복부는 밝은 빛을 띤다), 구갑각(old shell, 탈피 후 13–24개월, 갑각과 집게발이 단단하며 손가락으로 눌러도 함입되지 않고, 가시는 마모되어 가장자리가 둥글고 갑각 표피에 기생 생물의 부착이 있다), 최구갑각(very old shell, 탈피 후 24–36개월, 배면과 복면 가시의 마모의 범위가 넓고 갑각 표피에 기생 생물이 부착이 많다)의 4단계로 갑각의 상태를 구분하였다.

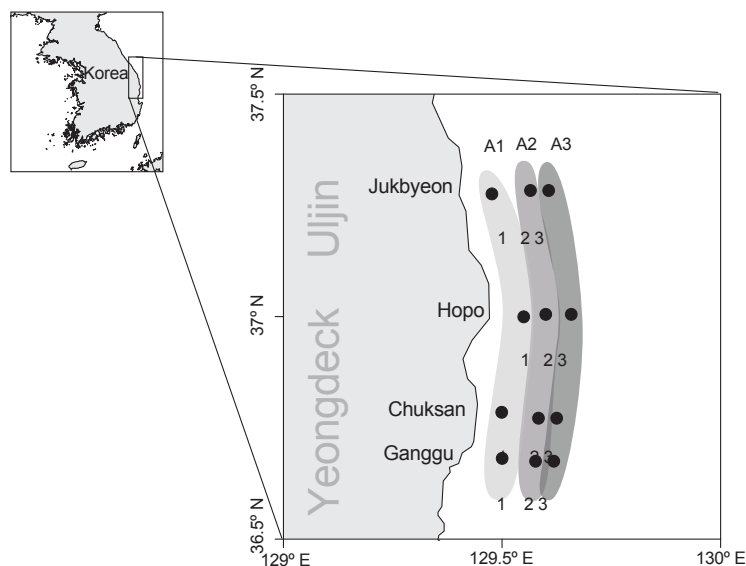


Fig. 1. Map of sampling area. Sampling stations were grouped by depth stratum in the coastal sea of Gyeongbuk, Korea. The depth strata range from 100–120 m for A1, 120–180 m for A2, and 180–220 m for A3.

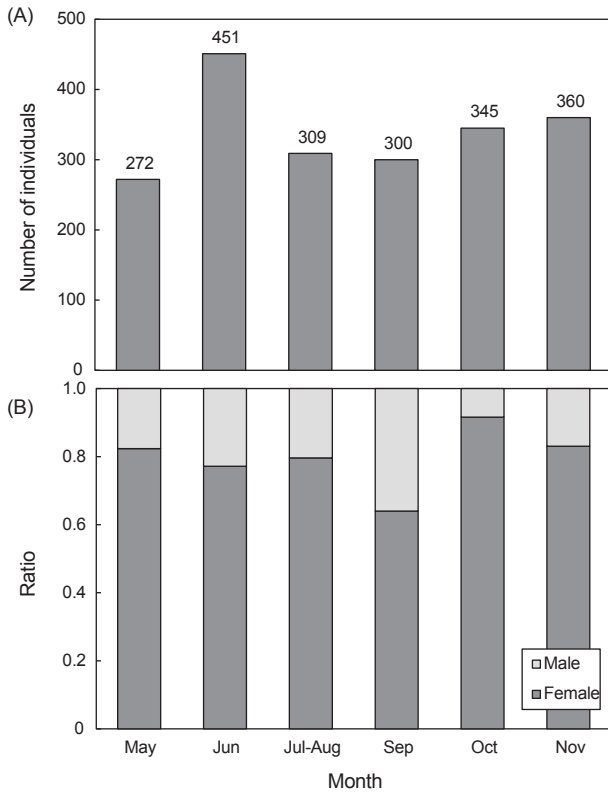


Fig. 2. Monthly variations of the total catch number (A) and sex ratio (B) of snow crab *Chionoecetes opilio* in the coastal sea of Gyeongbuk, Korea.

통계분석

대개의 암컷과 수컷의 성비는 월별, 수심별로 나타낸 후, 카이제곱검정(χ^2 test)를 이용하여 검정하였다. 암수 평균 갑폭이 월별, 수심 구역별 차이와 채집 월에 따른 평균 갑폭 크기가 수심 구역에 따른 차이를 분석하기 위해 이원분산분석(Two-way ANOVA)을 실시한 후 Scheffe 사후 분석 검정을 실시하였다. 모든 통계 분석은 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, version 27) 프로그램을 이용하여 실행되었다.

결 과

월별 출현 개체수 변화 및 성비

조사 기간 동안 대개는 암컷 1,625개체, 수컷 412개체로 총 2,037개체가 채집되었다. 6월에 451로 개체수가 가장 많았고, 5월에 272개체로 가장 적었다(Fig. 2A). 조사기간 동안 모든 월에서 암컷 출현 비율이 높았다. 월별 평균 성비는 0.80이었고, 10월에 0.92로 암컷의 비율이 가장 높았다(Fig. 2B). 암컷과 수컷의 성비는 월별로 유의한 차이가 있었다(χ^2 test, $P < 0.001$). 수심별 개체수는 A2에서 969로 가장 많았고, A1에서 367개체로

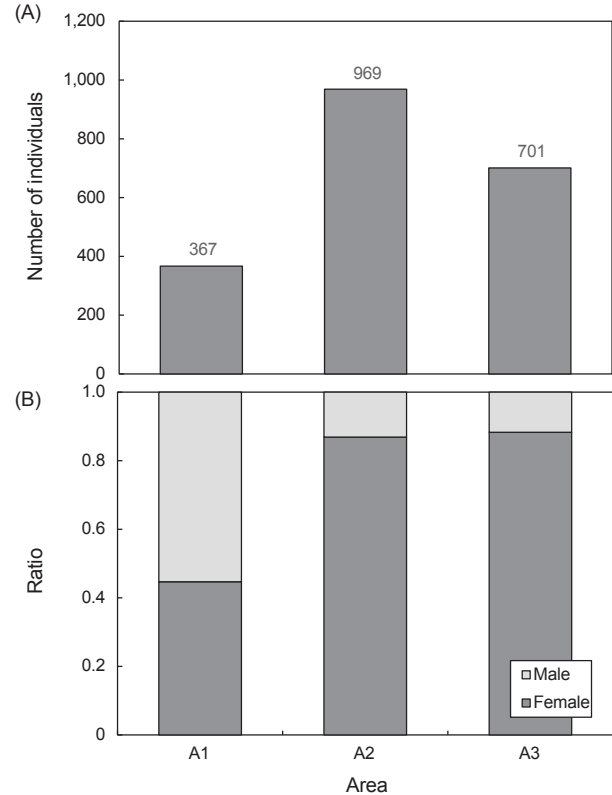


Fig. 3. Variations of the total catch number (A) and sex ratio (B) of snow crab *Chionoecetes opilio* at each depth stratum (100–120 m for A1, 120–180 m for A2, and 180–220 m for A3).

가장 적었다. 수심별 성비는 A1에서 0.45로 수컷의 비율이 높았으며, A2와 A3에서는 각각 0.87, 0.88로 암컷의 비율이 높았다(Fig. 3). 암컷과 수컷의 성비는 수심별로 유의한 차이가 있었다(χ^2 test, $P < 0.001$).

암수 크기 조성

조사 기간 동안 채집된 대개의 전반적인 크기 빈도 분포를 갑폭을 기반으로 나타냈다. 암컷의 크기빈도는 한 번의 피크를 보였으며, 수컷은 비교적 범위가 넓고 불규칙적이었다(Fig. 4). 갑폭의 범위는 19.8 mm에서 104.7 mm까지 나타났으며 중량은 6.3 g에서 386.3 g으로 범위가 넓게 나타났다. 전체적으로 수컷이 암컷보다 큰 표준편차를 보였으며, 특히 중량에서 가장 큰 편차를 보였다(Fig. 5).

크기 빈도 분포

조사기간 동안 채집된 암컷의 갑폭은 19.8–101.5 mm의 범위였으며, 주로 70–80 mm의 범위에서 높은 출현 빈도를 보였다(Fig. 6). 5월과 10월에 갑폭이 34 mm 이하의 작은 개체들이 출현하였고, 10월에 갑폭이 가장 큰 개체(101.5 mm)가 출현하였다. 수컷의 갑폭은 26.5–104.7 mm의 범위였으며, 월별로 크기

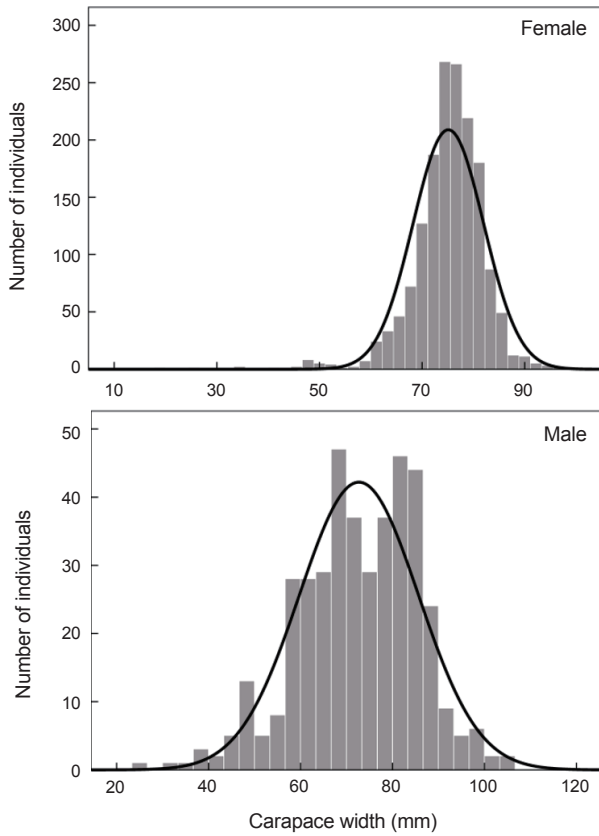


Fig. 4. Size distribution of snow crab *Chionoecetes opilio* during the study period (May to November, 2020).

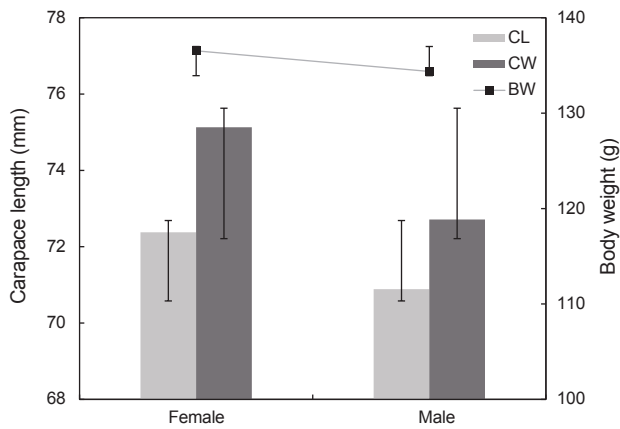


Fig. 5. Mean carapace width, carapace length and body weight of snow crab *Chionoecetes opilio* in the eastern coastal sea of Gyeongbuk, Korea. CL, Carapace length; CW, Carapace width; BW, Body weight. The bars mean standard deviation.

가 다양하였다(Fig. 6). 9월과 10월에 갑폭이 104.7 mm로 출현 개체가 가장 컸고, 5월과 6월에는 41 mm이하의 작은 개체들

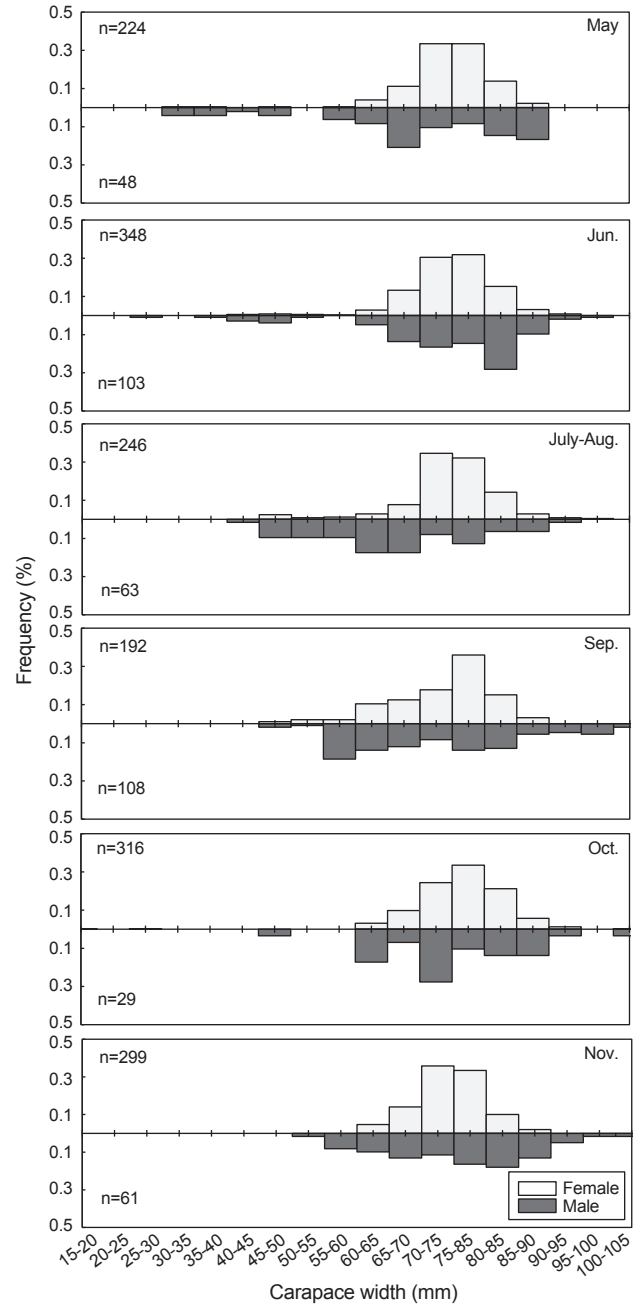


Fig. 6. Monthly size-frequency distribution of snow crab *Chionoecetes opilio* collected in the coastal sea of Gyeongbuk, Korea from May to November in 2020.

이 출현하였다.

수심에 따른 대게의 크기와 발달단계는 다양하였다(Fig. 7). A1에서 채집된 암컷과 수컷의 갑폭은 각각 25–90 mm, 25–100 mm로 크기 범위가 넓었고, 수컷은 주로 80–85 mm에서 출현 빈도가 높았다. A1에서 미성숙 개체의 비율이 가장 높았으며,

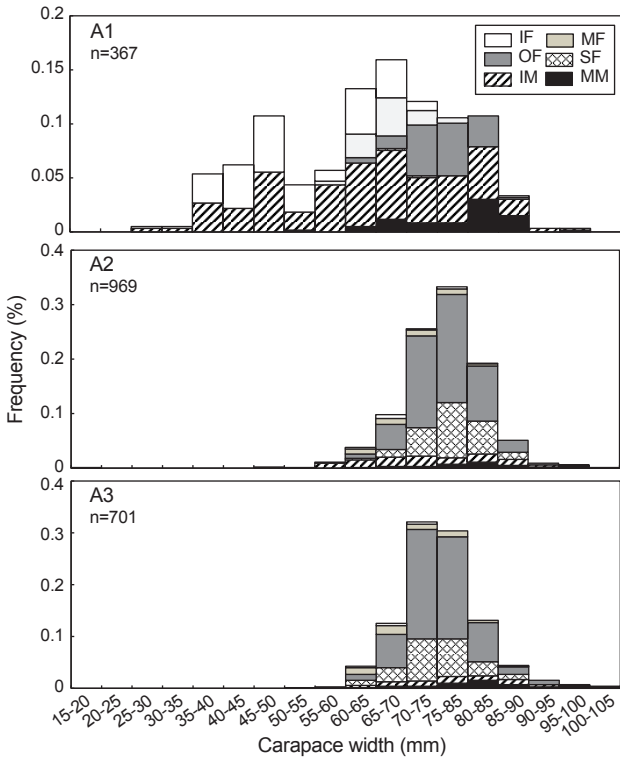


Fig. 7. Size-frequency distribution of snow crab *Chionoecetes opilio* by a sampling depth stratum (100–120 m for A1, 120–180 m for A2, and 180–220 m for A3). IF, Immature female; MF, Mature female; OF, Ovigerous female; SF, Spawned female; IM, Immature male; MM, Mature male.

그중 수컷 미성숙 개체의 비율이 44.8%, 암컷 미성숙 개체가 24.5%였다. A2에서는 암컷의 최소 갑폭 크기는 19.8 mm였고, 수컷의 최대 크기인 104.7 mm였다. 암컷은 70–80 mm, 수컷은 70–85 mm의 출현 빈도가 높았다. 또한 A2에서는 포란 암컷(55.5%) 가장 많이 출현하였으며, 다음으로는 산란 암컷이 23.5% 출현하였다. 수컷은 미성숙 개체가 10.4%, 성숙 개체가 3.7%로 출현하였다. A3에 출현하는 암컷의 갑폭 범위는 각각 55–105 mm였으며, 주로 70–75 mm 크기의 출현 빈도가 높았다. 수컷은 50–105 mm 범위였으며, 주로 75–85 mm 크기의 개체의 출현 빈도가 높았다. A3에서는 포란 암컷의 비율이 58.3%로 가장 높았으며 산란 암컷이 22.8%로 두 번째로 높았다. 수컷의 경우 미성숙 개체와 성숙 개체가 각각 6.4%, 5.2%로 출현하였다.

암수 크기와 계절 및 수심 간의 상관관계

조사기간 동안 대게의 갑폭 크기는 성별에 따라 월별, 수심별로 유의한 차이가 있었다(Table 1). 암컷의 경우 평균 갑폭의 크기는 월별, 수심 그리고 월별과 수심의 상호작용에 유의한 차이가 있었다($P < 0.001$, Table 1). A1에서는 A2와 A3에 비해 갑폭

의 크기가 작은 개체들이 출현하였으며, 10월에 26.1 mm로 갑폭이 가장 작은 개체가 출현하였다(Fig. 8). 수컷의 경우 평균 갑폭 크기는 수심에 따라 유의한 차이가 있었으나($P < 0.001$), 월별 그리고 월별과 수심의 상호작용에는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$, Table 1). 수컷 또한 A1에서 갑폭의 크기가 작은 개체들이 출현하였고, 11월을 제외하는 A3에서 평균 갑폭이 큰 개체들이 출현하였다(Fig. 8).

성숙 및 탈피 단계에 따른 출현 비율

채집된 대게의 성숙 단계에 따른 출현 비율은 월별로 다양하였다. 조사 기간 동안 10월을 제외하고 포란 암컷의 비율이 가장 높았다. 그중 5월에 포란 암컷의 비율이 70.2%로 출현율이 가장 높았다. 10월은 산란 암컷의 비율이 50.4%로 성숙 단계 중 출현율이 가장 높았다(Fig. 9). A1에서는 암컷 전체에 대한 포란 암컷의 비율이 48.8%로 상대적으로 낮았으며, A2와 A3에서는 각각 64.8%, 66.1%로 비율이 높았다. 수심이 깊어질수록 포란 암컷의 출현율이 높았다. 성숙 암컷, 포란 암컷 그리고 산란 암컷의 개체수는 A1에서 111개체로 가장 적었고, A2에서 824개체로 가장 많았다. 포란 암컷의 비율은 66.3%로 A2에서 가장 높았다(Fig. 10).

채집된 대게의 월별 갑각 상태에 따른 출현율을 성별로 구분하여 나타냈다. 조사 기간 동안 암컷은 5월부터 탈피 직전 단계의 출현율이 점진적으로 증가하다가, 11월에 감소하는 양상을 보였다. 5월에는 구갑각의 비율이 가장 높았으며, 6–10월에서는 최구갑각의 비율이 가장 높았다. 수컷은 신갑각의 비율이 대부분을 차지했으며 특히 11월은 98.4%로 압도적으로 높은 출현율을 보였다(Fig. 11). 수심별 대게 갑각 상태에 따른 출현율은 성별에 따라 차이가 있었다. A1에서는 암수 모두 신갑각의 출현율이 가장 높았다. 암컷의 경우 최구갑각의 출현율이 3.7%

Table 1. Results of two-way ANOVA with interaction effects between a depth stratum and month (May to November, 2020) in the carapace width of snow crab *Chionoecetes opilio*

Sex	Variation source	df	MS	F	P
Female	Month	5	468.498	11.817	0.000*
	Depth stratum	2	3,472.091	87.578	0.000*
	Month X Depth stratum	10	417.865	10.540	0.000*
	Error	1,607	39.646		
	Total	1,624			
Male	Month	5	164.300	1.199	0.309
	Depth stratum	2	2,572.694	18.775	0.000*
	Month X Depth stratum	9	222.310	1.622	0.107
	Error	395	137.027		
	Total	412			

* $P < 0.001$

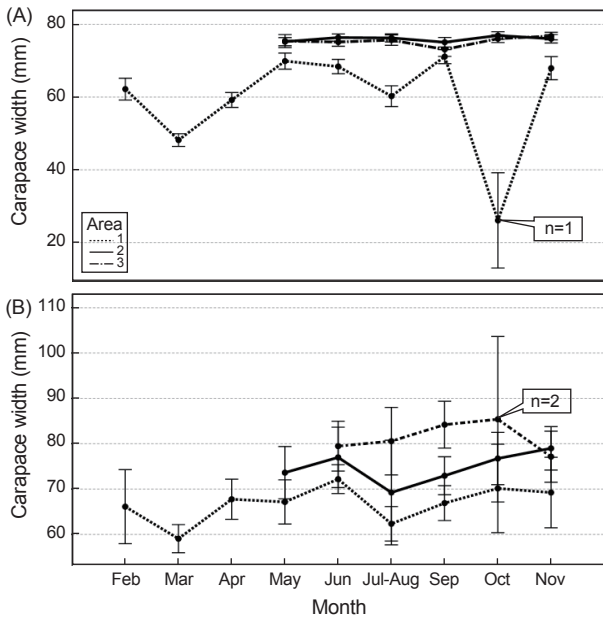


Fig. 8. Variations of the mean carapace width of female (A) and male (B) of snow crab *Chionoecetes opilio* along a depth stratum (100–120 m for A1, 120–180 m for A2, and 180–220 m for A3) from May to November, 2020. The bars mean standard errors.

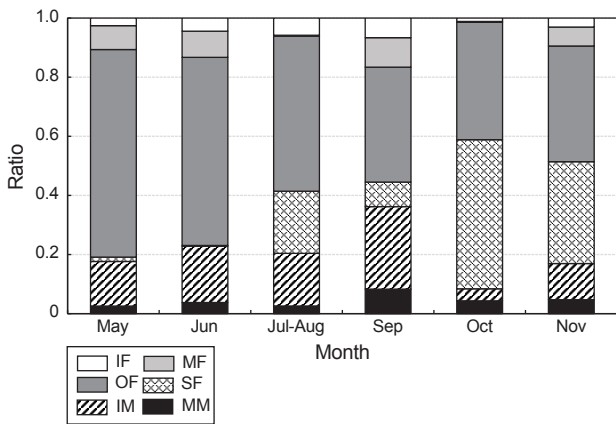


Fig. 9. Monthly variations of the maturation stage of snow crab *Chionoecetes opilio* in the eastern coastal sea of Gyeongbuk, Korea. IF, Immature female; MF, Mature female; OF, Ovigerous female; SF, Spawned female; IM, Immature male; MM, Mature male.

로 낮았으며 수컷에서는 출현하지 않았다. A2에서 암컷은 탈피 직전 단계의 비율이 50.3%로 가장 높았으나, 수컷에서는 0.8%로 가장 낮았다. A3에서는 암컷의 경우 최구갑각이 41.5%로 가장 높았으며, 수컷은 신갑각의 비율이 가장 높았다(Fig. 12).

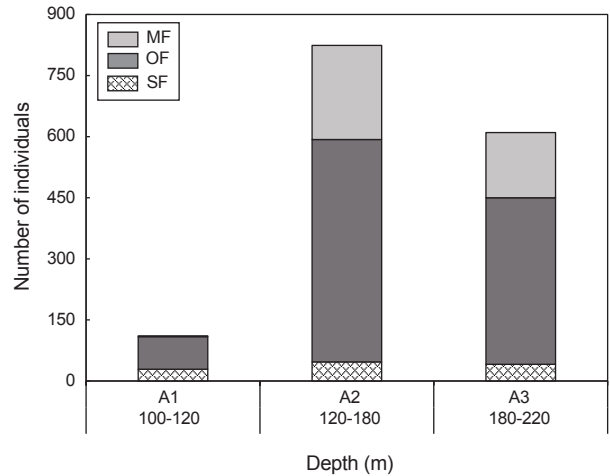


Fig. 10. Variations in the number and ratio of female snow crab *Chionoecetes opilio* collected at each depth stratum. MF, Mature female; OF, Ovigerous female; SF, Spawned female.

고 찰

해양 갑각류의 성비는 희유, 탈피, 환경 그리고 수명과 같은 다양한 요인에 영향을 받는다(Wenner, 1972; Melville-Smith, 1989; Sumer et al., 2013). 일부 저서성 십각류의 경우 교미를 위해 무리를 이루며(Stevens et al., 1994), 암컷은 수컷에 비해 무리 지어 생활하는 경향을 보이기 때문에 성비에 차이가 있다(Keller et al., 2012). 대게의 경우 봄철에 암컷이 교미와 탈피를 위해 수온이 따뜻한 연안으로 무리를 지어 분포하며, 수컷의 경우 교미가 끝난 후 수온이 낮은 곳으로 이동하는 특징 때문에 암컷과 수컷의 출현 시기에 차이가 있다(Adams, 1979; Lovrich et al., 1995; Dionne et al., 2003). 그러나 본 연구에서는 월별 성비 변화에 뚜렷한 패턴이 보이지 않았으며, 모든 조사기간 동안 암컷의 비율이 높았다(Fig. 2). 이는 일본 홋카이도 남쪽해역의 연구 결과와 일치하였는데, 수컷 개체만의 어획으로 인해 수컷의 개체수 감소가 발생하여 월별 암컷 비율이 낮게 나타난 것으로 판단된다(Yosho et al., 2009). 또한 성비는 동일종이라고 할지라도 서식지에 따라 차이가 존재하기 때문에(Oh, 2011) 성비의 차이는 수온, 염분과 같은 환경요인의 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

대게속(Genus *Chionoecetes*)에 속하는 종들은 수심에 따라 크기와 분포 양상이 다양하다(Hooper, 1986; Lovrich et al., 1995). 대게는 미성숙 개체의 성장을 증가시키기 위해 수온이 상대적으로 높고 수심이 얇은 곳으로 이동한 후, 탈피와 교미를 한 후에 크기가 큰 수컷 개체들이 깊은 수심으로 회유한다(Adams, 1979; Lovrich et al., 1995; Dionne et al., 2003). 갑폭 40 mm 이하의 미성숙 붉은대게는 깊은 수심에 머물다가 수컷은 성장에 따라, 암컷은 성숙도가 높아짐에 따라 얇은 곳으로

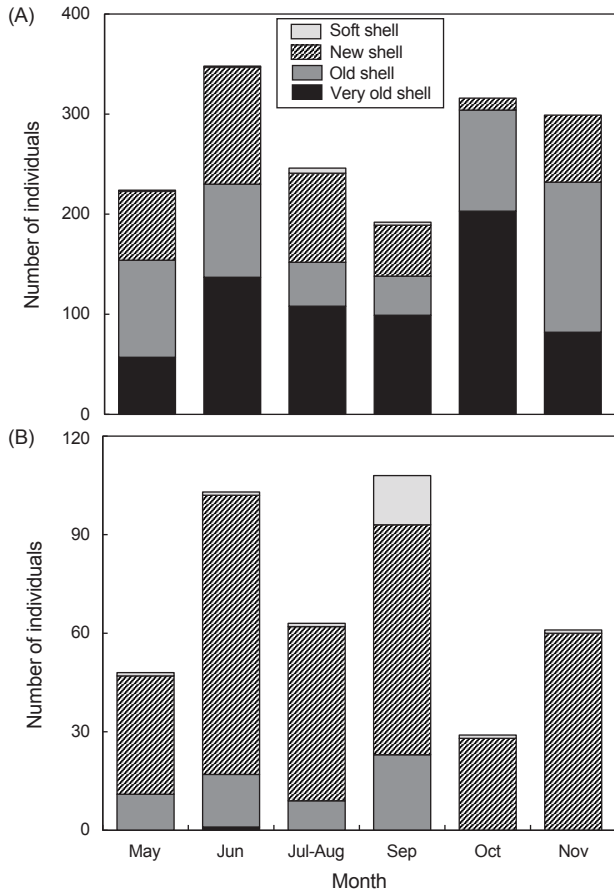


Fig. 11. Monthly variations of the carapace condition of female (A) and male (B) of snow crab *Chionoecetes opilio* in the eastern coastal sea of Gyeongbuk, Korea.

이동하는 개체발달회유(ontogenetic migration)를 한다(Yosho et al., 2009). 대게 또한 수컷 미성숙 개체는 성장함에 따라, 암컷 개체는 성숙도가 높아짐에 따라 얇은 곳으로 이동하고, 교미 후 수심이 깊은 곳으로 이동하는 개체발달회유를 한다. 개체 발달회유시에 서식지의 환경에 따라 이동 범위가 결정되어 진다(Mullowney et al., 2018). 캐나다 뉴펀들랜드 래브라도주의 북부에서 수컷 대게는 수심 500–600 m의 수심에서 평균 갑폭 80–120 mm의 큰 개체들이 출현하였으며, 300–400 m 미만의 얇은 수심에서는 평균 갑폭 40–80 mm의 크기가 작은 개체들이 출현하였다(Dawe and Colbourne, 2002). 본 연구에서는 조사 기간 동안 암수 모두 수심에 따라 갑폭크기에 차이가 있었으며 (Table 1) 얇은 수심(100–120 m)에서는 다양한 크기의 미성숙 개체들이 출현하였고, 깊은 수심(120–180 m, 180–220 m)에서는 70–80 mm의 포란·산란 암컷의 출현율이 높았다(Fig. 7). 이를 토대로 경북 연안에 서식하는 대게의 경우, 수온이 높고 수심이 얇은 곳에서 성장한 후에 큰 수컷 개체들은 수심이 깊은 곳으로 회유하는 것으로 보여진다. 이는 본 연구의 수심별 성비 차

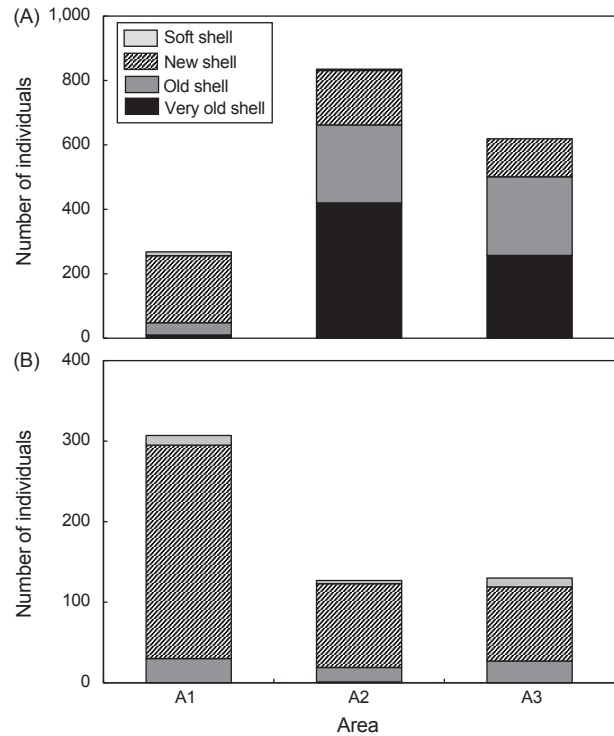


Fig. 12. Variations of the carapace condition of female (A) and male (B) of snow crab *Chionoecetes opilio* at each depth stratum (100–120 m for A1, 120–180 m for A2, and 180–220 m for A3).

이에서도 확인되며(Fig. 3), 수컷 대게는 교미 또는 탈피를 위해 얇은 수심으로 이동하기 때문에 수심이 깊어질수록 수컷의 비율이 낮은 것으로 판단된다.

대부분의 해양생물은 특정한 생식 주기를 가지고 있으며, 생식주기는 서식지와 해양환경에 따라 변화한다(Chun et al., 2008). 대게는 처음 산란을 시작하는 초산란군과 다회째 산란을 하는 경산란군으로 구분되며, 동해 일본 해역에 분포하는 대게의 초산란은 8–9월, 두 번째 산란군은 3–4월에 산란하는 것으로 알려져 있다(Ito, 1963). 동해에 서식하는 대게는 6월경부터 11월까지 생식선속도지수(gonadosomatic index)가 높은 초산란군이 분포한다(Chun et al., 2008). 본 연구에서도 가을철에 포란 암컷의 출현 비율이 낮고, 산란 암컷의 출현 빈도가 증가하여 동해에 서식하는 대게의 이전 초산란군 연구와 일치하였다. 또한 본 연구를 통해 동해에 서식하는 대게 산란군은 200–300 m 수심대(Cha et al., 2014)와 100–200 m의 수심에도 산란군이 존재하는 것으로 판단된다.

십각류의 갑각의 정도와 상태를 통해 탈피 단계를 식별하고 탈피 시기를 추정하는 것은 개체의 성장과 연령을 추정하는 데에 필수적이다(Farmer, 1973; Sampedro et al., 2003; Yamamoto et al., 2018). 캐나다 동북부 연안에서 탈피각과 탈피 직후 단계(soft shell)인 개체들이 혼재하여 발견되기도 하여, 이

해역의 대게는 탈피를 위해 얕은 곳으로 이동하는 것으로 생각된다(Sainte-Marie and Hazel, 1992). 동해에서 채집된 수컷 대게는 11월에서 이듬해 8월까지의 경갑상태인 개체의 출현율이, 9-10월에는 연갑상태 개체의 출현율이 높아 주 탈피 시기는 늦여름에서 초가을(9-10월)로 추정되었다(Cha et al., 2014). 본 연구에서 수컷은 전 월에 걸쳐 신갑각의 비율이 높았으며 암컷은 9월과 10월에 최구각각의 비율이 가장 높았다(Fig. 11). 이를 볼 때 암컷의 주 탈피 시기 또한 9월에서 10월로 추정된다. 이는 오랜 기간 포란 후 늦겨울에서 봄에 산란하는 암컷과 연중 탈피를 반복하며 빠른 성장을 하는 수컷 사이의 생활사 차이가 반영된 것으로 생각된다. 따라서 얕은 수심(100-120 m)에서는 탈피가 잦은 미성숙 개체의 출현율이 높아 신갑각의 비율이 높은 것으로 추정된다.

References

- Adams AE. 1979. The life history of the snow crab, *Chionoecetes opilio*: A literature review. Alaska Sea Grant Report, University of Alaska, Fairbanks, AK, U.S.A., 78-13.
- Cha HK, Yang JH, Lee SI and Yoon SC. 2014. Reproduction and distribution of *Chionoecetes* crabs (*C. opilio* and *C. japonicus*) in the East Sea. Korean J Fish Aquat Sci 47, 637-644. <https://doi.org/10.5657/kfas.2014.0637>.
- Chun YY, Hong BG, Hwang KS, Cha HK, Lee SI and Hwang SJ. 2008. Maturation of reproductive organs and spawning of the snow crab *Chionoecetes opilio* from the East Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 41, 119-124. <https://doi.org/10.5657/kfas.2008.41.2.119>.
- Chun YY, Lee SI, Yoon SC, Cha HK and Kim JB. 2009. Molt and growth of the snow crab *Chionoecetes opilio* in the East Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 42, 380-386. <https://doi.org/10.5657/kfas.2009.42.4.380>.
- Dawe EG and Colbourne EB. 2002. Distribution and demography of snow crab (*Chionoecetes opilio*) males on the Newfoundland and Labrador shelf. In: Crabs in Cold Water Regions. Biology, Management, and Economics. Paul AJ, Dawe EG, Elnor R, Jamieson GS, Kruse GH, Otto RS, Sainte-Marie B, Shirley TC and Woodby D, eds. University of Alaska Sea Grant, Anchorage, AK, U.S.A., 577-594.
- Dionne M, Sainte-Marie B, Bourget E and Gilbert D. 2003. Distribution and habitat selection of early benthic stages of snow crab *Chionoecetes opilio*. Mar Ecol Prog Ser 259, 117-128. <https://doi.org/10.3354/meps259117>.
- Farmer AS. 1973. Age and growth in *Nephrops norvegicus* (Decapoda: Nephropidae). Mar Bio 23, 315-325. <https://doi.org/10.1007/bf00389339>.
- Hooper RG. 1986. A spring breeding migration of the snow crab, *Chionoecetes opilio* (O. Fabr.), into shallow water in Newfoundland. Crustaceana 50, 257-264. <https://doi.org/10.1163/156854086x00287>.
- Ito K. 1963. A few studies on the ripeness of eggs zuwai-gani. Bull Jap Sea REg Fish Res Lab 11, 65-76.
- Jadamec LS, Donaldson WE and Cullenberg P. 1999. Biological field techniques for *Chionoecetes* crabs. University of Alaska Sea Grant College Program, Anchorage, AK, U.S.A., 1-87.
- Kang SK. 2020. Economic calculation of the creation project of snow crab spawning and habitat ground. J Fish Bus Adm 51, 19-45. <https://doi.org/10.12939/FBA.2020.51.4.019>.
- Keller AA, Harms JH and Buchanan JC. 2012. Distribution, biomass and size of grooved tanner crabs (*Chionoecetes tanneri*) from annual bottom trawl surveys (2003-2010) along the US west coast (Washington to California). Deep Sea Res Part I Oceanogr Res Pap 67, 44-54. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2012.05.002>.
- Lee HG, Lee BR, Lee JH, Lee SJ and Ji HS. 2023. Vertical distribution characteristics of snow crab *Chionoecetes* spp. larvae in the East Sea. Korean J Fish Aquat Sci 56, 221-227. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0221>.
- Lovrich GA, Sainte-Marie B and Smith BD. 1995. Depth distribution and seasonal movements of *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae) in Baie Sainte-Marguerite, Gulf of Saint Lawrence. Can J Zool 73, 1712-1726. <https://doi.org/10.1139/z95-203>.
- Melville-Smith R. 1989. A growth model for the deep-sea red crab (Ger Yon Maritae) off South West Africa/Namibia (Decapoda, Brachyura). Crustaceana 56, 279-292. <https://doi.org/10.1163/156854089x00257>.
- Mullowney D, Morris C, Dawe E, Zagorsky I and Goryanina S. 2018. Dynamics of snow crab (*Chionoecetes opilio*) movement and migration along the Newfoundland and Labrador and Eastern Barents Sea continental shelves. Rev Fish Biol Fish 28, 435-459. <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9513-y>.
- Oh CW. 2011. Population biology of the swimming crab *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) (Decapoda, Brachyura) on the western coast of Korea, Yellow Sea. Crustaceana 84, 1251-1267. <https://doi.org/10.1163/001121611X586675>.
- Orensanz Jm, Ernest B, Armstrong DA, Stabeno P and Livingston P. 2005. Contraction of the geographic range of distribution of snow crab (*Chionoecetes opilio*) in the eastern Bering Sea: An environmental ratchet?. CalCOFI Rep 45, 65-79.
- Sainte-Marie B and Hazel F. 1992. Moulting and mating of snow crabs, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius), in shallow waters of the northwestern Gulf of Saint Lawrence. Can J Fish Aquat Sci 49, 1282-1293. <https://doi.org/10.1139/f92-144>.
- Sampedro MP, González-Gurriarán E and Freire J. 2003. Molt cycle and growth of *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in coastal habitats of Galicia, north-west Spain. J Mar Biol Assoc UK 83, 995-1005. <https://doi.org/10.1017/s0025315403008208h>.
- Stevens BG, Haaga JA and Donaldson WE. 1994. Aggrega-

- tive mating of tanner crabs, *Chionoecetes bairdi*. Can J Fish Aquat Sci 51, 1273-1280. <https://doi.org/10.1139/f94-127>.
- Sumer C, Teksam I, Karatas H, Beyhan T and Aydin CM. 2013. Growth and reproduction biology of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, in the Beymelek Lagoon (Southwestern Coast of Turkey). Turkish J Fish Aquat Sci 13, 675-684. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v13_4_13.
- Watson J. 1970. Maturity, mating, and egg laying in the spider crab, *Chionoecetes opilio*. J Fish Res Board Can 27, 1607-1616. <https://doi.org/10.1139/f70-181>.
- Wenner AM. 1972. Sex ratio as a function of size in marine Crustacea. Am Nat 106, 321-350. <https://doi.org/10.1086/282774>.
- Yamamoto T, Yamada T, Kinoshita T, Ueda Y, Yamasaki A and Hamasaki K. 2018. Moulting and growth in earlier and later moulters of adolescent male snow crabs (*Chionoecetes opilio*) (Brachyura: Majoidea) under laboratory conditions. Invertebr Reprod Dev 62, 49-55. <https://doi.org/10.1080/07924259.2017.1398189>.
- Yosho I, Hirose T and Shirai S. 2009. Bathymetric distribution of beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus* in the northern part of the Sea of Japan. Fish Sci 75, 1417-1429. <https://doi.org/10.1007/s12562-009-0169-y>.