

한국 서해안 꽃게, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876)의 난 성숙과 산란

서형철* · 장인권 · 조영록 · 김종식 · 김봉래
국립수산과학원 서해특성화연구센터

Gonad Maturation and Spawning of the Blue Crab, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) from the West Sea of Korea

Hyung Chul SEO*, In Kwon JANG, Yeong Rok CHO, Jong Sheek KIM
and Bong Rae KIM
West Sea Mariculture Research Center, NFRDI, Taean 357-945, Korea

The gonad maturation and spawning of blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) using samples caught by trammel net in the western coast of Korea from January to December. The gonadosomatic index (GSI) showed the highest value of 15.0 in June and lowest value of 1.29 in August. Hepatosomatic index (HSI) showed the lowest in the spawning season from June to July. Thereafter, from August the value started to increase to 5.77 in December, showing an adverse trend against GSI. In the histological studies of the female reproductive organ, the gonad filled with primary oocytes from January to February and secondary oocytes in May. The female gonads mature from June, and mature and immature groups could be distinguished from December to February or March. In August, female developed another cycle of gonad development, showing new primary oocytes in the gonads again. Some of female crabs had receptaculum filled with already active sperm cells in it from March to May. In the time of August to September, almost all the females had the sperm sacs in the receptaculum. From the result, the coupling period estimated from August to September. Total RNA and DNA values of the crabs were highest in May (2.51, 0.57 $\mu\text{g}/\text{mg}$). The DNA value remained unchanged except for the value in May (0.09-0.13 $\mu\text{g}/\text{mg}$), while RNA value was lowest in January (1.08 $\mu\text{g}/\text{mg}$). The RNA/DNA ratio was the lowest (6.23%) in May and highest (18.05%) in July. The value of correlations coefficient between body weight and fecundity of the crabs was higher than that of between carapace width and fecundity.

Key words: Blue crab, *Portunus trituberculatus*, GSI, HSI, RNA/DNA

서 론

꽃게, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876)는 우리나라 주요 수산생물로 내만성이 강해 사니질 환경에서 주로 서식하며, 일본, 중국 및 대만 연안해역에 광범위하게 분포하고 있다 (Hong, 2006). 특히 우리나라 및 일본은 점차 고갈 되어가는 꽃게자원 증강을 위해 인공종묘 생산된 치계를 연안에 방류하여 자원증식을 통해 어획량 증가를 도모하고 있다 (Hamasaki et al., 2004; MOMAF, 2007). 또한 수산자원보호령에 의해 꽃게는 지역에 따라 다소 차이는 있지만 6-8월로 포획금지기간을 설정하여 연안자원 조성 및 보호를 하고 있다. 그러나 최근 꽃게에 대한 수요증대로 중국어선의 불법어업과 과도한 어획으로 자원이 감소될 우려가 있어 보다 과학적인 자원평가를 위한 연구자료 축적이 필요한 실정이다.

최근 꽃게에 관한 연구로는 서해안 일반 꽃게와 보라색 변이 꽃게의 계측형질 및 AFLP 분석에 의한 집단구조 (Yeon

et al., 2008), 중국 동해연안에 서식하는 꽃게 집단의 유전학적 차이 (Liu et al., 2008), 꽃게 표지마커를 위해 부분 절단된 다리의 재생 (Okamoto, 2006), 꽃게 난황 형성의 분자학적 특징 및 발현분석 (Yang et al., 2005) 등의 분자생물학적 연구와 실내에서 사육된 꽃게의 난 형성 및 산란유도 (Hamasaki et al., 2004), 꽃게 종묘 생산시 유생발달 단계와 대량폐사와의 관계 (Arai et al., 2004), 꽃게의 유생성장 연구 (Sohn, 2007), 꽃게 유생의 수온변화에 따른 탈피와 성장 (Kim, 2006) 등의 분자학적 및 생식생물학적 연구들이 수행된 바 있다.

또한 생식소 성숙기작과 정확한 산란시기를 규명하는 방법으로는 생식선중량지수 GSI (gonadosomatic index), 간체장지수 HSI (hepatosomatic index) 등의 지표를 조사하거나, 형태적 (Maru and Obara, 1973; Song et al., 1988), 조직학적 방법 (Adiyodi and Subramonian, 1983; Burnell, 1983) 그리고 생화학적 방법 (Kim et al., 2006) 등이 이용되고 있다.

특히, GSI는 생식기관이 독립되어 있는 갑각류, 어류 및 패류 등의 다양한 생물의 생식주기 및 산란시기를 밝히는데

*Corresponding author: crabseo@nfrdi.go.kr

이용 되어왔다 (Gunstrom, 1968; Lee, 1999; Hamasaki et al., 2004). 또한 간췌장 (hepatopancreas)은 일반적으로 척추동물의 간, 췌장의 지방조직과 (adipose tissue), 곤충의 지방체 (fat body)와 유사한 역할을 하는 기관으로 주로 지질을 저장하고 소화효소를 생산하는 것으로 알려져 있다. 저장된 지질은 탈피 전 (premolt stage)과 같은 특정 시기에 일부 기관과 조직에 이동되고, 갑각류의 암컷에서는 난소의 성숙에 중요한 역할을 한다 (Wen et al., 2001).

형태학, 조직학 및 유전학적 방법은 조직 및 세포의 형태와 염기 배열 등으로써 영양상태를 나타내는 지표로 사용함과 동시에, 생식소의 외부형태 및 내부구조를 관찰함으로써 생식주기를 밝히는데 많은 연구가 이루어져 왔다 (Matsuyama and Matsuura, 1983; Lee and An, 1989; Kim et al., 2006; Yeon et al., 2008).

생화학적 방법으로는 단백질, 지질, glucose 등을 분석하거나 이외에도 생식소내 핵산량 변화 및 비율을 측정하는 방법이 있다. DNA 양 변화는 생체량 (Holm-Hansen et al., 1968)과 세포수 (Regnault and Luguët, 1974)의 척도가 되고 RNA 농도는 세포활동의 지표로 여겨지기 때문에 (Brachet, 1961) 1980년대부터 RNA와 DNA의 농도 및 그 비율을 분석하여 어류와 패류에서는 영양상태 판별 및 생식주기의 변화와 관련된 많은 연구가 실시되고 있다 (Pease, 1976; Bulow et al., 1981; Robbins et al., 1990; Juinio et al., 1992). 또한 갑각류를 대상으로 RNA와 DNA의 비율을 이용한 연구로는 우리나라 자연산 대하의 3집단에 대한 성숙지수에 대한 연구 (Kim et al., 2006)가 있으며 꽃게에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

우리나라는 1980년대 이후부터 꽃게의 자원증식을 위해 치계 방류와 수산자원보호령에 의한 포획금지기간을 설정하여 노력하고 있지만, 종 또는 개체군 수준에서의 생식소 발달, 산란량, 탈피주기 및 성장 등에 대한 연구가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 서해안에 서식하는 꽃게 자원을 안정적인 수준에서 지속적 이용과 관리 할 수 있는 방안을 마련하는데 필요한 기초자료를 위해 GSI와 HSI의 월 변화, 조직학적인 관찰에 의한 생식소 발달과정, RNA와 DNA 함량, 외포란 (산란)량 등을 파악하였다.

재료 및 방법

실험 재료

실험에 사용된 꽃게는 충남 태안군 근흥면 연근해의 가의도 해역에서 3중 자망으로 어획된 개체를 매월 1회, 암컷 10마리씩을 1년간 정기적으로 채집하여 총 120마리를 사용하였다.

GSI와 HSI 조사

GSI 및 HSI의 년중 변화를 조사하기 위하여 각 시료의 개체별 체중, 갑장, 그리고 갑폭을 측정후 생식소와 간 췌장을 적출하여 이들 조직의 외부 체액을 닦아낸 후 각 조직의 중량을 측정하고 아래 식에 의해 GSI와 HSI를 산출하였다.

$$GSI = \frac{\text{Ovary weight (g)}}{\text{Body weight (g)}} \times 100$$

$$HSI = \frac{\text{Weight of hepatopancrease (g)}}{\text{Body weight (g)}} \times 100$$

난 성숙 조사

꽃게의 난 성숙 발달과정을 조사하기 위하여 난소 일부를 적출하여 Bouin's solution에 24시간 고정을 한 후, 70% 알코올로 수세를 하여 자동포매기 (Tissue processor, Leika, Germany)로 탈수과정을 거쳐 파라핀에 고정, 5 μm 두께로 잘라 연속절편을 만들었으며, Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 이중염색을 하였다. 조직 표본은 광학현미경하에서 관찰하였으며, 판독은 Han (1988)의 방법에 따라 난 성숙 발달단계를 조사하였다.

RNA 및 DNA 함량측정

RNA와 DNA의 함량분석은 Clemmensen (1993)의 방법에 의거 분석하였다. 꽃게의 RNA와 DNA 분석을 위하여 매월 암컷 10마리의 생식소를 1g씩 각각 분리하여 초저온 냉동기에 -70℃로 보관하였다. 각각의 시료는 냉동건조기에서 20시간 건조시킨 후 3-5 mg씩 취하여 각 시료마다 2배수로 하여 원심분리튜브에 넣고 0.4 mL의 TE-SDS (0.01%) 용액을 넣어 진동분쇄기 (Swing mixer)로 15분간 분쇄하였다. 균일하게 분쇄된 시료를 6,000 rpm에서 7분 동안 원심분리기 (Minifuge T, Heraeus Christ GmbH, Germany)로 원심분리 한 후 상등액을 0.25 mL씩 채취하여 그 중 DNA 측정용 0.1 mL, RNA 측정용 0.1 mL를 각각 96 well microplate 에 넣고 RNase 0.025 mL을 DNA 측정용 시료에 첨가하여 효소에 의해 RNA가 분해된 후 DNA양을 측정하였다. 분석용 기기는 형광분광광도계로 (Asent high fluorescence photospectrometer, Thermo electronic, Germany)로 emission 365 nm와 extinction 590 nm에서 Ethidium Bromide 0.025 mL를 넣고 TE-SDS를 기본 흡광도로 하여 RNA와 DNA의 농도를 분석하였다.

외포란 (산란)량 조사

외포란량은 Sasaki and Kawasaki (1982)의 방법에 따라 한 마리의 꽃게가 외포란한 난 중에서 약 500개의 난을 분리하여 총 중량을 측정하였고, 측정값을 난의 갯수로 나누어 난 1개의 중량을 구하였다. 총 30마리의 꽃게를 사용하여 이와 같은 방법으로 측정을 반복하여 각 이들의 평균을 구하고 이 값을 난 개체 중량으로 간주하였다. 그리고 꽃게 어미의 산란된 난 전체 중량을 위와 같이 측정하여 난 개체 중량으로 나누어서 각 개체별로 외포란 된 난 수를 산정하였다. 외포란량 조사에 사용된 재료의 체중은 228.8-907.1 g (평균 499.0±29.6 g)이었다.

통계처리

실험결과 자료 중 체중과 난중량과의 상관관계, 갑폭과 난중량과의 상관관계는 일원분산분석 (ANOVA test)를 이용하

여 95% 신뢰수준에서 실시하였다.

결 과

월별 GSI와 HSI 변화

실험에 사용된 꽃게 암컷 (n=120)의 평균체중은 311.5 ± 69.2 g, 평균 갑장은 80.2 ± 4.6 mm, 평균 전갑폭은 175.3 ± 13.4 mm이었다.

GSI 변화에 있어서 1-5월까지는 8.56-10.20으로 나타났으며, 6월에 최대값인 15.0 ± 3.7 을 보인 후, 7월은 4.58 ± 3.1 로 나타났으며 8월에는 연중 최저값인 1.29 ± 0.6 를 보였다 (Fig. 1). 9월은 2.71 ± 1.5 , 10월은 8.12 ± 1.6 , 12월에는 8.83 ± 0.9 로 나타났다.

HSI 변화에 있어서 1-5월까지는 6.41-5.0의 값이 유지되다가 6월과 7월에는 각각 3.31 ± 1.0 , 3.24 ± 0.7 로 연중 최저값을 나타내었다 (Fig. 1). 8월에는 8.28 ± 2.0 로 나타났으며 9월과 10월에는 각각 7.24 ± 1.2 , 7.92 ± 0.6 이었으며, 11월에는 6.38 ± 0.6 로 나타났다.

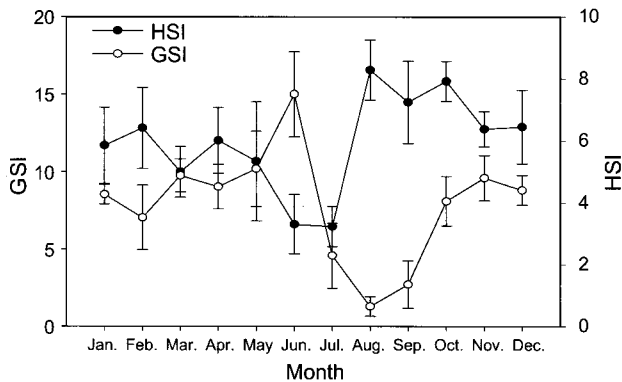


Fig. 1. Monthly changes of GSI and HSI for blue crab, *P. trituberculatus* (Miers, 1876) female collected from the West Sea of Korea during 1998. Squares indicate mean and vertical lines for maximum and minimum.

월별 난 성숙변화

꽃게 암컷의 난모세포 형성과정 및 생식소의 월별 변화는 Fig. 2와 같다. 1월에 채집된 난소의 생식세포 구성은 $40-60 \mu\text{m}$ 크기의 호염기성을 나타내는 난황 형성기 (previtellogenesis stage)로 접어드는 난모세포들이 출현하기 시작하였다. 또한 난경이 $160-218 \mu\text{m}$ 로 신장된 난황형성기 (vitellogenesis stage)의 난모세포들이 출현하기 시작하였다 (Fig. 2A).

3월에는 일부개체의 난소에는 생식상피로부터 감수분열전기 (meiosis prophase stage)의 난모세포들이 분열되는 현상이 나타났으며, 난경 $30-60 \mu\text{m}$ 의 난황 형성기의 난모세포와 $80-100 \mu\text{m}$ 의 약 호산성을 나타내는 초기 난황형성기 (primary vitellogenesis stage)의 난모세포들이 출현하였다 (Fig. 2B). 4월이 되면서 많은 개체들에서 초기 난황형성기의 난모세포들이 점진적으로 신장됨을 관찰할 수 있었으며 5월에는 일부

개체들에서 이들 난모세포가 분열되는 현상이 관찰되었다. 이 시기의 난경은 $210-321 \mu\text{m}$ 로 대다수의 개체들에서 활발한 난황형성과 난황형성기의 난모세포들이 충만되는 현상이 관찰되었다 (Fig. 2C). 6월의 난모세포들은 핵이 동물극 쪽으로 이동되는 완숙기 (ripe stage)의 난모세포들이 관찰되었고, 난경이 $264-486 \mu\text{m}$ 로 더욱 신장되는 것으로 나타났다 (Fig. 2D). 일부 개체들에서는 산란 후에도 난소에는 난황형성기의 난모세포들이 출현하였으며, 난경이 $148-204 \mu\text{m}$ 크기의 난황형성기의 난모세포들도 출현하였다 (Fig. 2E).

7월에는 외포란된 개체들과 난을 부화시킨 어미들 중, 완숙기 난모세포에서 핵이 동물극으로 이동하는 개체들과 완숙된 난들이 출현하였다 (Fig. 2D, 2E). 8월의 난소에서는 새로운 난황형성기 난모세포들로 이루어져 있었으며 난모세포들이 퇴화, 흡수되는 현상도 관찰할 수 있었다 (Fig. 2F).

9월의 난소 내에서는 난황형성기의 난모세포들의 퇴화, 흡수가 종료되고 난황형성기의 난모세포들이 재형성되어지는 과정이 관찰되었다 (Fig. 2G). 그러나 9월에는 난모세포의 분열 및 증식되는 현상은 관찰되지 않았다.

10월의 난경은 $160-215 \mu\text{m}$ 로 난황형성기의 난모세포들이 출현하였으며, 일부 미숙된 난황형성기의 난모세포들이 관찰되었다. 이러한 난소의 형태는 다음 해 2월까지 지속되었다.

RNA 및 DNA 함량 변화

꽃게 암컷의 RNA와 DNA 함량 변화를 측정된 결과 Fig. 3과 같다. RNA 및 DNA 함량은 각각 5월에 최고값인 $2.51 \pm 0.8 \mu\text{g/mg}$ 와 $0.40 \pm 0.3 \mu\text{g/mg}$ 로 나타났다. RNA 함량은 1월에 $1.08 \pm 0.1 \mu\text{g/mg}$ 로 연중 가장 낮은 값을 보였으며, 점진적으로 증가하여 5월에 최고값인 $2.51 \pm 0.8 \mu\text{g/mg}$ 을 보였고 그 후 6월부터 12월까지는 $1.11 \pm 0.1-1.50 \pm 0.2 \mu\text{g/mg}$ 의 범위를 보였다. DNA 함량은 5월을 제외하고 연중 $0.09 \pm 0.01-0.13 \pm 0.03 \mu\text{g/mg}$ 의 범위를 보였다. 또한 RNA/DNA의 비율은 5월에 연중 최저값인 $6.23 \pm 2.1 \mu\text{g/mg}$ 을 보인 후, 6월부터는 증가하기 시작하여 7월에는 연중 최고값인 $18.0 \pm 3.5 \mu\text{g/mg}$ 을 보였다.

외포란량

갑폭에 대한 외포란량은 갑폭 (CW, mm)과 외포란량 (En, number)의 관계를 파악하기 위해 측정치를 각각 로그변환 (ln)하여 상관관계를 분석한 결과 아래와 같은 관계식이 성립되었다 (Fig. 4).

$$\ln En = 1.21 \ln CW - 0.95 \quad (r^2 = 0.25)$$

갑폭에 따른 외포란량은 갑폭 $74.5-110.0$ mm (평균 91.3 ± 9.6 mm)에서 $1.6 \times 10^6-4.9 \times 10^6$ 개로 나타났다. 상관관계의 유의성을 검증한 결과, 두 변량간에는 회귀관계가 성립하였으며 체중의 증가에 따라 난의 중량이 증가하는 경향을 보였다 ($P < 0.05$). 체중 (TW, g)과 난 중량 (EW, g)의 관계를 로그변환 (ln)하여 회귀분석을 한 결과 두 변량간에는 아래와 같은 회귀

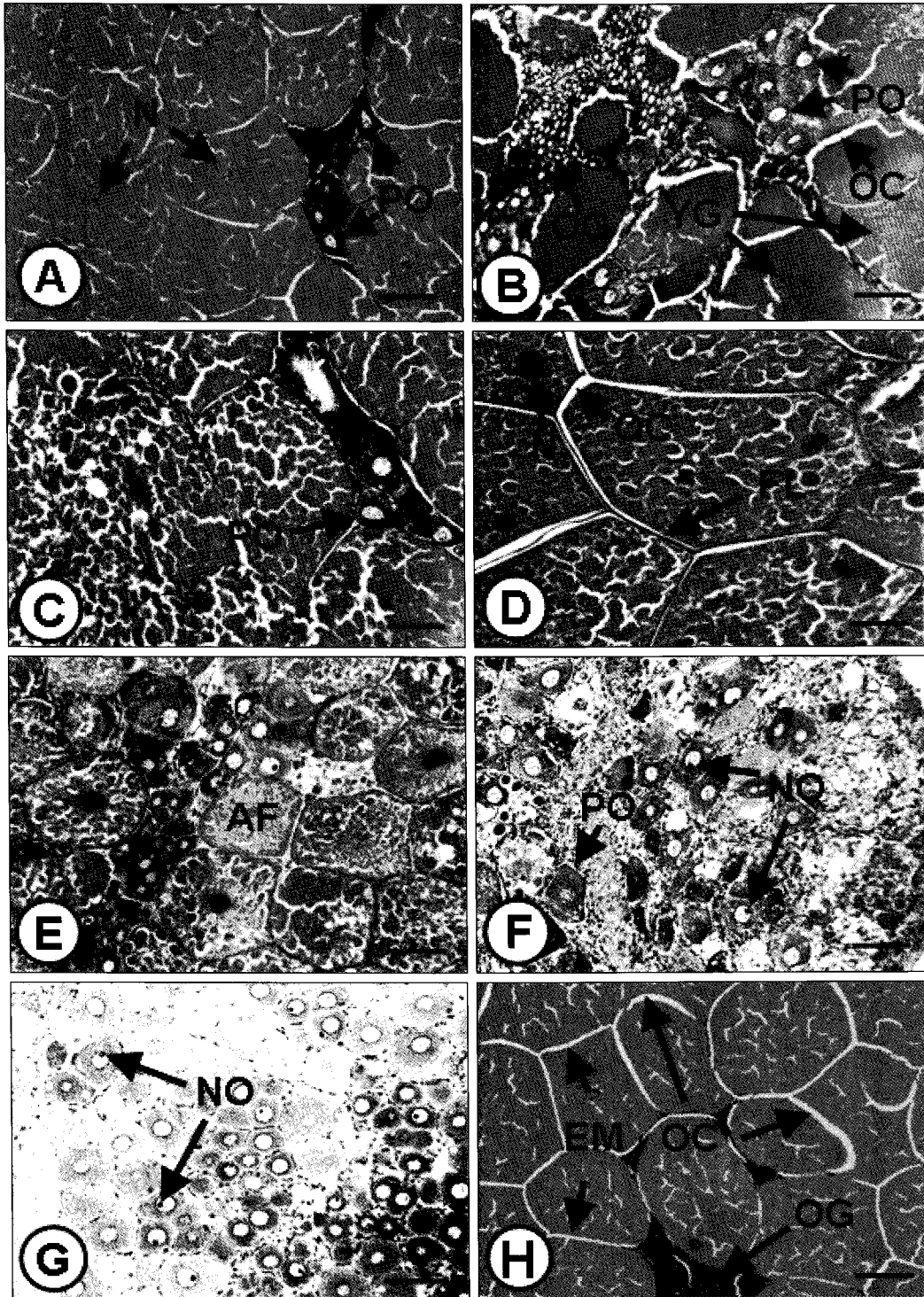


Fig. 2. Developmental stages in the ovary of blue crab, *P. trituberculatus* (Miers, 1876) by transverse section (scale bar: 50 μ m). A, the ovary in January (a lot of oocytes in secondary vitellogenesis stage and some previtellogenesis oocytes were found); B, the ovary in March (a large number of oocytes in stage of meiotic prophase were observed near on the wall of reproductive epithelia. Oocytes in primary and secondary vitellogenesis stages and in previtellogenesis stage were found); C, the ovary in June (nuclei in ripe stage's oocytes were migrated into margin of animal pole); D, the ovary in July; E, the ovary in August (oocytes in secondary vitellogenesis stage were not found. A black arrow indicates oocyte which is degenerated and absorbed); F, the ovary in September; G, the ovary in October (secondary vitellogenic oocytes were newly found); H, the ovary in October (secondary vitellogenic oocytes were newly found); AF, atretic ovarian follicle; Em, egg membrane; FL, follicle layer; N, nucleus; NO, nucleous; OC, ovarian cavity; OG, oogonium; PO, perinucleolus oocyte; YG, yolk globule.

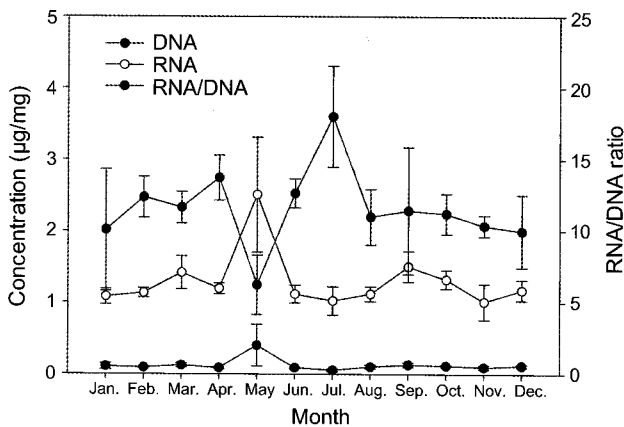


Fig. 3. Monthly changes of RNA, DNA and RNA/DNA concentration ratios in gonads of blue crab, *P. trituberculatus* (Miers, 1876) female collected from the West Sea of Korea during 1998.

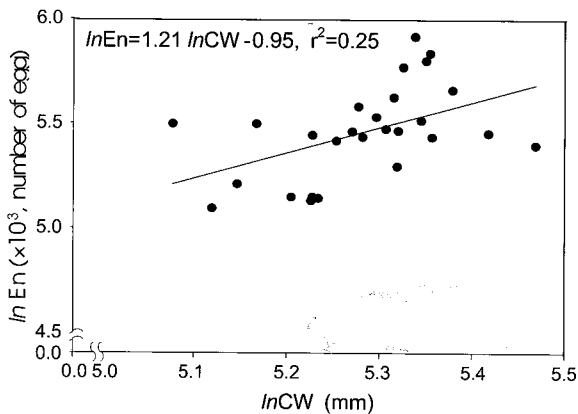


Fig. 4. Relationship between egg number (En) and carapace width (CW) of blue crab, *P. trituberculatus* (Miers, 1876) female collected from the West Sea of Korea during 1998.

관계식이 성립되었다 (Fig. 5, $P < 0.005$)

$$\ln En = 0.841 \ln TW - 0.53 \quad (r^2 = 0.82)$$

고찰

서해안에 서식하는 꽃게의 난 성숙 및 산란은 일조시간이 점점 길어지고 수온이 상승하는 5월부터 활성화되어, 장일 광주기와 고수온인 6-8월에 주로 산란이 이루어지는 것으로 나타났다. 서해안 꽃게의 산란시기는 Kim and Kim (1974)과 Yeon (1997)의 외포란된 꽃게를 대상으로 산란시기를 조사한 결과에 의하면 6-7월로 보고되고 있어 본 연구결과와 다소 차이를 보였다. 이와 같은 현상은 우리나라 동해안과 일본측 해역에 서식하는 대게, *Chionoecetes opilio* 산란기를 비교한 결과에서도 약 1개월 정도의 시기 차이가 있는데 이는 양해역간의 지역적 차이와 수온 등의 해양환경적인 차이로 추정된다고 하였다 (Chun et al., 2008). 또한 갑각류의 성숙 및 산란 또한 수온, 염분, 광주기가 복합적으로 영향을 미치며,

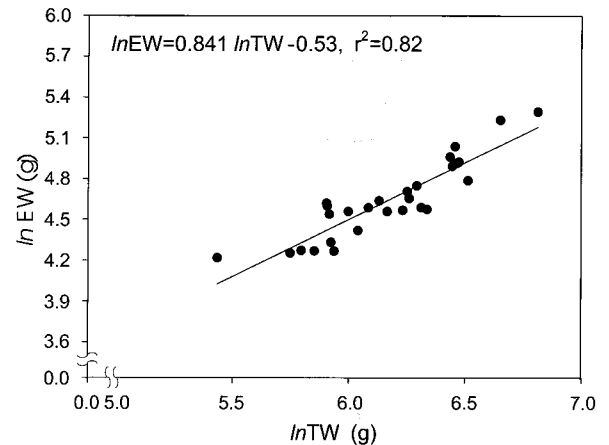


Fig. 5. Relationship between egg weight (EW) and total weight (TW) of blue crab, *P. trituberculatus* (Miers, 1876) female collected from the West Sea of Korea during 1998.

이들 환경요인은 성숙과 관련된 기타 생리조절 기능에도 관련이 되어 있는 것으로 보고되어 있다 (Aiken and Waddy, 1989; Waddy and Aiken, 1992; Laufer et al., 1993). 그리고 동일종이라도 서식지에 따라 생식소가 성숙되는 시기 차이가 있을 뿐만 아니라 섭취하는 먹이 즉, 영양상태 등이 큰 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다 (Hamasaki et al., 2004). 본 연구에서는 서해안에 서식하는 꽃게만을 대상으로 하여, 향후 남해안과 동해안에 서식하는 꽃게를 대상으로 서식지역에 따른 성숙 시기 차이를 검토할 필요가 있을 것으로 사료된다. 또한 꽃게의 산란기간을 6-8월로 볼 때 동일지역이라도 빠른 개체는 5월 중순부터 늦은 개체는 9월 초순까지도 출현할 것으로 판단되며 산란기가 3개월 이상 지속될 것으로 판단된다. 특히, 이러한 자연산란 시기는 포획 금지시기를 밝힘으로서 보다 효율적 자원 관리를 위해 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

꽃게의 GSI를 연중 변화를 조사한 결과 1월에 5.56이었던 것이 5월에 10.2로 서서히 증가되어 6월에는 15.0로 가장 높은 값을 보였다. 이후 8월에는 년 중 최저값인 1.29를 나타내었다. 따라서 꽃게의 생식소 발달은 수온 및 광주기의 장일화가 상호보완적으로 작용하는 것으로 판단되었으며, 꽃게의 월별 생식소 발달과정을 조직학적 방법에 의해 검토한 결과 이 시기의 난소 내 세포질에 난황구들이 축적된 난황형성기 난모세포 및 완숙란이 출현하였고, 8월부터 GSI의 급격한 감소로 생식소 내 생식세포가 퇴화, 흡수되는 경향을 나타내었다.

간 체장지수 (HSI)의 변화는 암컷의 생식소 발달과 밀접하게 연관되어 변화를 보이는데 꽃게의 경우 전형적인 역 상관관계가 성립되었다. 이와 같은 역상관 관계는 간체장에 저장되어 있는 vitellogenin, glucose, lipid 등이 생식소의 난모세포의 발달에 사용되기 위하여 이동을 하기 때문인 것으로 알려져 있다 (Wen et al., 2001). 본 실험에 사용된 꽃게의 경우도 GSI와 HSI가 역상관 관계가 성립하는 것은 난 성숙 발달에 요구되는 에너지의 사용 차이에 기인된 것으로 판단되며, 생

식세포의 형성시 난황 전구물질인 vitellogenin을 합성하고 저장하는 시기 및 에너지원으로 사용하는 시기가 다르기 때문인 것으로 생각된다.

본 실험에서 RNA와 DNA의 농도는 산란 전인 5월에 가장 높은 값을 보였으나 RNA/DNA의 비율은 6.23로 가장 낮은 값을 보였다. RNA와 DNA양의 연중 변화는 산란이 일어나기 직적으로 판단되는 5월에 가장 높은 값을 보임으로 생식소 건 중량 1 mg당 세포의 수가 가장 많은 시기임을 알 수 있었다. 또한 영양상태의 지표로 이용되는 RNA/DNA의 비율이 5월의 경우에 RNA의 농도가 다른 시기보다 2배 이상 증가를 하였지만 DNA의 증가로 인하여 오히려 낮은 비율을 나타내었다. 이와 같은 현상은 난모세포의 성숙이 일어나기 전 작은 크기의 난모세포를 다량 포함하고 있어 생식소 단위면적당 DNA의 농도가 증가한 것으로 생식소에서 RNA/DNA의 비율은 영양상태의 지표보다 난모세포의 성숙도 및 수를 나타내는 지표로 작용한다는 것을 나타내고 있다(Li et al., 2000). 또한 9월에 RNA 농도가 점진적인 증가추세를 보였는데 이는 외포란 이후 2차 산란을 위하여 난모세포 크기 증가에 기인한 것으로 추정되었으며 난모세포의 양에서는 5월보다는 낮은 것으로 나타났다. 이와 같이 산란시기에 이르러 단백질 합성에 직접적으로 관련된 RNA의 농도는 대하, *Fenneropenaeus chinensis*, 요각류 및 일부 어패류의 경우에도 가장 높은 값을 나타내었고(Båmstedt, 1983; Kim et al., 2006) 본 연구에서도 RNA와 DNA의 연중변화로 난소의 성 성숙을 간접적으로 나타내는 지표로 사용할 수 있음을 확인하였다. 그러나 생식소에서의 RNA/DNA 비율은 영양상태 이외에도 세포수와 세포량에 의해서 그 값이 변화하고(Li et al., 2000), 갑각류에서는 유생시기동안 탈피주기에 따른 생리작용에 의하여 RNA/DNA의 비율이 복잡한 현상이 보고되고 있으며(Sulkin et al., 1975; Anger and Hirche, 1990) 이를 응용한 더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

꽃게는 3회(Gonzalez Gurriaran, 1985), 4회(Wear, 1974) 산란하는 종으로 보고되어 있으며, 1차 외포란된 난이 부화한 후 다시 2차 외포란을 하는데 2차 외포란량은 1차에 비해 적다고 보고되었다(Oshima, 1938). 본 연구에서 1차 꽃게의 외포란량은 Oshima (1938)의 결과와 유사하여 7.9×10^5 - 4.1×10^6 개로 나타났으나 반면 Pyen (1970)은 꽃게의 외포란량을 갑폭 140.0 mm 내외의 크기는 1.0×10^5 개, 갑폭 218.0 mm 내외의 크기는 3.9×10^6 개로 보고하였다.

Yeon (1997)은 꽃게의 갑폭이 8.3-17.2 cm의 범위에서 갑폭이 증가함에 따라 외포란수도 증가하며, 최대갑폭 17.2 cm에서 5.4×10^6 개, 최소갑폭 8.3 cm에서 2.1×10^6 개를 가진다고 보고하였다. 본 연구에서도 꽃게의 갑폭과 외포란량의 상관계수인 $r^2=0.25$ 보다 체중에 대한 난 중량의 상관계수 값($r^2=0.8253$)이 산란수가 증가되는 경향을 나타냈으며 이와 같은 현상은 Oshima (1938), Hamasaki et al. (2004)의 연구와 유사한 결과를 보였다. 따라서 산란수의 추정은 체중에 대한 난 중량

과의 관계를 이용하는 것이 더 바람직할 것으로 사료된다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원의 연구과제인 갑각류양식기술 개발시험(RP-2008-AQ-053)의 지원에 의해 수행되었습니다. 본 연구에 사용된 샘플과 측정 자료를 위해 애써주신 서해특성화연구센터의 직원분들께 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

- Adiyodi, R. and T. Subramonian. 1983. Arthropoda-Crustacea. Rep. Biol. Invert., 1, 443-495.
- Aiken, D.E. and S.L. Waddy. 1989. The interaction of temperature and photoperiod in the regulation of spawning by American lobsters (*Homarus americanus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43, 2258-2270.
- Anger, K. and H.J. Hirche. 1990. Nucleic acids and growth of larval and early juvenile spider crab, *Hyas araneus*. Mar. Biol., 105, 403-411.
- Arai, D., K. Hamasaki, K. Maruyama, Y. Obata, S.I. Tsumura and M. Takano. 2004. Relationship between mass mortality of megalops and morphogenesis of zoeas in the seed production of swimming crab *Portunus trituberculatus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 70, 567-572.
- Båmstedt, U. 1983. RNA concentration in zooplankton: seasonal variation in boreal species. Mar. Ecol. Prog. Ser., 11, 291-297.
- Brachet, J. and A.E. Mirskyeds. 1961. Nucleocytoplasmic interactions in unicellular organism. The Cell, New York, Academic Press, 771-841.
- Bulow, F.J., M.E. Zeman, J.R. Winningham and W.F. Hudson. 1981. Seasonal variations in RNA-DNA ratios and indicators of feeding, reproduction, energy storage and condition in a population of bluegill, *Lepomis macrochirus* Rafinesque. J. Fish Biol., 18, 237.
- Burnell, G.M. 1983. Growth and reproduction of the scallop, *Chlamys varia* (L), on the west coast of Ireland. Ph. D. Thesis, National University of Ireland, Galway, Ireland.
- Chun, Y.Y., B.G. Hong, K.S. Hwang, H.K. Cha, S.I. Lee and S.J. Hwang. 2008. Maturation of reproduction organs and spawning of the snow crab chionoecetes opilio from the east sea of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 41, 119-124.
- Clemmensen, C. 1993. Improvements in the fluorimetric determination of the RNA and DNA content of individual marine fish larvae. Mar. Ecol. Prog. Ser.,

- 100, 177-183.
- Gonzalez, G.E. 1985. Reproduction de la necora *Macropipus puber* (L.) (Decapoda, Brachyura), y ciclo reproductivo en la Rla de Arousa (Galicia, N.W. Espana). Bol. Inst. Esp. Oceanogr, 2, 10-32.
- Gunstrom, G.K. 1968. Gonad weight/body weight ratio of mature chinook salmon males as a measure of gonad size. Progve. Fish Cult, 30, 23-25.
- Han, C.H. 1988. Physiological studies of the reproductive cycle of a freshwater prawn, *Macrobrachium nipponense* (De Haan). Ph. D. Thesis, Tokyo University, Japan.
- Hamasaki, K., H. Imai, N. Akiyama and K. Fukunaga. 2004. Ovarian development and induced oviposition of the overwintering crab *Portunus trituberculatus* (Brachyura: Portunidae) reared in the laboratory. Japan, Fisheries Sci., 70, 988-995.
- Holm-Hansen, O., W.H.Jr. Sutcliffe and J. Sharp. 1968. Measurement of deoxyribonucleic acid in the ocean and its ecological significance. Limnol. Oceanogr, 13, 507-514.
- Hong, S.Y. 2006. Marine Invertebrates in Korean Coasts. Academic Book. Seoul, Korea.
- Juinio, M.A.R., J.S. Cobb, D. Bengtson and M. Johnson. 1992. Changes in nucleic acids over the molt cycle in relation to food availability and temperature in *Homarus americanus* post larvae. Marine Biology, 114, 1-10.
- Kim, B.K. and S.K. Kim. 1974. Fishery biological Studies on the blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876), in the western sea of Korean Bull. Fish. Dev. Agency, Korea, 13, 59-75.
- Kim, S.H. 2006. Molting and growth of the larval swimming crab, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876), at different water temperature. M.S. Thesis, Kunsan University, Kunsan, Korea.
- Kim, S.K., J.S. Kim, B.R. Kim, D.H. Kim, Y.R. Cho, H.C. Seo, Y.H. Lee and J.H. Kim. 2006. Comparion of nucleic acid levels, ratio and ecophysiological aspects among three population of the Fleshy Prawn *Fenneropenaeus chinensis* in Korea. J. Fish. Sci. Technol., 9, 7-13.
- Laufer, H.J., S.B. Ahl and A. Sagi. 1993, The role of juvenile hormones in crustacean reproduction. Amer. Zool., 33, 365-374.
- Lee, J.H. 1999. Histological study on the reproductive cycle of *Potamocorbula amurensis* (Bivalvia: Corbulidae). J. Korean Fish. Soc., 32, 629-636.
- Lee, T.Y. and C.M. An. 1989. Early life history of marine animals, 3. On the maturity of *Crangon affinis*. Bull. Korean Fish. Soc., 22, 342-350.
- Li, Q., M. Osada and K. Mori. 2000. Seasonal biochemical variations in Pacific oyster gonadal tissue during sexual maturation. Fisheries Sci., 66, 502-508.
- Liu, Y., R. Liu, L. Ye, J. Liang, F. Xuan and Q. Xu. 2008. Genetic differentiation between populations of swimming crab *Portunus trituberculatus* along the coastal waters of the East China Sea. Hydrobiologia. (accepted paper).
- Maru, K. and A. Obara. 1973. Studies on the ecology of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). 3. On the seasonal variation of the fatness of soft bod. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn., 15, 23-32.
- Matsuyama, M. and S. Matsuura. 1983. On the maturation of Korai Prawn, *Penaeus chinensis* in the Yellow Sea. Science Bulletin Faculty of Agriculture, Kyushu University, 38, 71-79.
- MOMAF. 2007. Statistical Yearbook of Maritime Affair and Fisheries. Ministry of Maritime and Fisheries, Korea.
- Okamoto, K. 2006. Malformed regeneration of partly cut swimming leg as a marker for swimming crab *Portunus trituberculatus*. Fisheries Sci., 72, 1121-1123.
- Oshima, S. 1938. Biology and fishery research in Japanese blue crab *Portunus trituberculatus* (Miers). Journal of Imperial Fisheries Experimental Station, 9, 208-212.
- Pease, A.K. 1976. Studies of the relationship of RNA, DNA ratios and the rate of protein synthesis to growth in the oyster *Crassostrea virginica*. Fisheries Marine Service of Canada Technical Report, 622, 1-77.
- Pyen, C.K. 1970. Propagation of the blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876). Bull. Korean Fish. Soc., 3.
- Regnault, M. and P. Luguet. 1974. Study by evolution of nucleic acid content of prepuberal growth in the shrimp *Crangon vulgaris*. Mar. Biol., 25, 291-298.
- Robbins, I., P. Lubet and J.Y. Besnard. 1990. Seasonal variations in the nucleic acid content and RNA:DNA ratio of the gonad of the scallop *Pecten maximus*. Mar. Biol., 105, 191-195.
- Sasaki, K. and T. Kawasaki. 1982. Some aspects of the reproductive biology of the swimming crab, *Ovalipes punctatus* (De Haan), in Sendai bay and its adjacent waters. J. Agricul. Res. Tohoku, Japan, 30, 183-194.
- Song, H., Y. Ding and Y. Xu. 1988. A study on the breeding habits of blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers

- 1876) in the northern coastal waters of Zhejiang. J. Zhejiang Coll. Fish. Zhejiang Shuichan Xueyuan Xuebao, 7, 39-46.
- Sohn, D.S. 2007. Larval growth of swimming crab, *Portunus trituberculatus*. M.S. Thesis, Soonchunhyang University, Chungnam, Korea.
- Sulkin, S.D., R.P. Morgan and L.L.Jr. Minasian. 1975. Biochemical changes during larval development of the xanthid crab *Rhithropanopecis harrissii* II. Nucleic Acids. Mar. Biol., 32, 113-117.
- Waddy, S.L. and D.E. Aiken. 1992. Seasonal variation in spawning by preovigerous American lobster (*Homarus americanus*) in response to temperature and photoperiod manipulation. Can. J. Aquat. Sci., 49, 1114-1117.
- Wear, R.G. 1974. Incubation in British decapod crustacea, and the effects of temperature on the rate and success of embryonic development. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 54, 745-762.
- Wen, X.B., L.Q. Chen, C.X. Ai, Z. Zhou and H. Jiang. 2001. Variation in lipid composition of chine mitten-handed crab, *Eriocheir sinensis* during ovarian maturation. Com. Biochem. Physiol., (Part B), 130, 95-104.
- Yang, F., H.T. Xu, Z.M. Dai and W.J. Yang. 2005. Molecular characterization and expression analysis of vitellogenin in the marine crab *Portunus trituberculatus*. Com. Biochem. Physiol. (Part B), 142, 456-464.
- Yeon, I.J. 1997. Fishery biology of the blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers), in the west sea of Korea and the east china sea. PH. D. Thesis Pukyong University, Busan, Korea.
- Yeon, I.J., M.Y. Song, H.J. Hwang, M.H. Sohn, J.B. Kim, Y.J. Im, Y.S. Kim, K.S. Kim and I.C. Bang. 2008. Population structure of the blue and purple types of the blue crab *Portunus trituberculatus* (Miers) from the West sea of Korea based on morphometric characteristics and AFLP analysis. J. Kor. Fish. Soc., 41, 94-101.

2008년 9월 23일 접수
2009년 2월 10일 수리