

통영연안에 서식하는 보라성게(*Anthocidaris crassispina*)와 말뚝성게(*Hemicentrotus pulcherrimus*)의 위 내용물과 서식지 해조군락

김남길* · 장재길

경상대학교 해양생명과학과 / 해양산업연구소

Stomach Contents of the Sea Urchins, *Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus* and Characterization of the Marine Algal Community along the Tongyeong Coast of Korea

Nam-Gil Kim* and Jae-Gil Jang

Department of Marine Biology and Aquaculture/Institute of Marine Industry,
Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

The seaweed community and stomach contents of the dominant herbivorous sea urchins *Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus* were examined from November 2008 to October 2009, in coastal areas of Tongyeong, Korea. Thirty-five seaweeds including two green, nine brown, and 24 red algae, were found over the study period. Seventeen seaweeds (two green, two brown, and 13 red) and two invertebrates were found in the stomachs of *A. crassispina*. In *H. pulcherrimus*, stomach contents were two green, one brown, 11 red seaweeds, and two invertebrates. The shell diameter of *A. crassispina* and *H. pulcherrimus* ranged from 22.3 to 62.3 mm and 15.3 to 40.1 mm, respectively. Total body weights ranged from 48.5 to 86.7 g for *A. crassispina* and from 7.7 to 25.9 g for *H. pulcherrimus*. The total weight of stomach contents were 5.1 to 25.8 g in *A. crassispina* and 1.7 to 11.8 g in *H. pulcherrimus*. The range of gonad weight was 3.6 to 17.0 g in *A. crassispina* and 0.8 to 4.0 g in *H. pulcherrimus*. The gonad index (GI) for *A. crassispina* peaked in July and reached a minimum in December, whereas the GI for *H. pulcherrimus* was highest in February, and lowest in May.

Key words: Sea urchin, *Anthocidaris crassispina*, *Hemicentrotus pulcherrimus*, Stomach content, Marine algal community, Gonad index.

서론

성게는 극피동물문(Echinodermata), 성게강(Echinoidea)에 속하는 잡식동물로 다양한 종류의 먹이를 섭식한다(Lawrence, 1975; Lee, 1998; Lee et al., 1998). 성게류는 주로 연안에 서식하지만 수심이 깊은 곳까지도 분포하며, 소라, 전복과 같이 군집의 형태로 이동을 하면서 특히 해조류를 많이 섭취하기 때문에 해조류의 성염이 소실될 뿐만 아니라 유엽이 부착하여 성장할 수 없을 정도로 이르게 된다. 따라서 성게가 군집으로 이동하는 지역과 집단서식지에서는 과도한 섭식작용에 의해 연안해역의 해조류가 사라지게 되고 이는 바다숲의 사막화

로 이어져 갯녹음 현상을 나타내게 되는데 이것이 소위 성게에 의한 갯녹음(sea urchin barren)이라 하는 것이다. 따라서 자연 생태계의 해조군락지에 서식하는 성게의 섭식특성을 파악하는 것은 성게에 의한 갯녹음 예방대책 및 성게자원의 적정 관리를 통한 바다숲의 복원 및 관리에도 상당한 기여를 할 수 있을 것으로 생각된다.

성게자원의 생태에 관한 국내 연구로는 보라성게의 산란과 성장(You et al., 1982), 실내 표지실험(Hur and Yoo, 1985), 강원 연안산 북쪽말뚝성게의 생태와 이식(Son et al., 1989), 성게의 연령과 성장(Hong and Chung, 1998; Chung et al., 2005), 보라성게와 말뚝성게의 지역별 번식생태학적 특성(Lee et

Article history;

Received 10 November 2011; Revised 30 November 2012; Accepted 11 December 2012

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9155 Fax: +82. 55. 772. 9159

E-mail address: ngkim@gnu.ac.kr

Kor J Fish Aquat Sci 45(6) 686-693, December 2012

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0686>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

al., 2000), 북쪽말뚝성게의 산란유발 및 초기성장(Lee et al., 2003) 등이 있으며, 섭식과 관련된 연구로는 Lee et al. (1998)의 제주연안의 해조상과 성게의 섭식효과, Yoo et al. (2004)의 동근성게의 분포와 피식 패턴 및 성게의 먹이소비량 및 먹이선택성(Kim et al., 2007) 등이 있다. 한편, 성게의 생리, 생태와 관련된 국외의 연구는 매우 활발하여 섭식특성과 먹이, 갯녹음과 관련된 연구들이 대다수를 이루고 있고, 특히 북미와 유럽 등에서는 갯녹음 뿐만 아니라 성게어업의 측면에서 이루어진 상당수의 연구들이 학위논문으로 발표되어 있다(Grosjean, 2001; Grabowski, 2003; Hereu, 2004; Grupe, 2006; Kühn, 2006; Nayar, 2009).

섭식생태와 관련된 연구보고로는 녹색성게의 먹이와 포식자(Himmelman and Steele, 1971), 해초밭에서의 성게섭식(Ogden, 1976), 성게류의 먹이와 섭식기작(Ridder and Lawrence, 1982), 갯녹음 해역으로부터 이식한 성게양식(Agatsuma, 1998), 해조, 해초, 성게 및 소라의 현존량과 수직분포(Notoya and Aruga, 1992), Canada Nova Scotia 에서의 성게와 kelp의 상호작용과 동역학(Scheibling et al., 1999), 북극해 주변 Kongsfjorden에서의 단각류와 성게의 먹이 기호성(Wessels et al., 2006) 등에 관한 연구가 있으며, 성게의 번식생태 및 자원관리와 관련된 연구로는 Seaward (2002)의 성게의 산란과 식물플랑크톤과의 관계, Grabowski (2003)의 미국 Maine주의 성게 어업과 개체군 역학, Vavrinec (2003)의 어획사망율에 따른 성게 개체군의 회복, Hereu (2004; 2005)의 지중해 북서부의 조하대 암반에 서식하는 어류, 성게 및 해조간의 먹이 상호작용 및 성게의 이동 패턴, Baron-Talre (2005)의 Maine주 성게산업의 부흥과 쇠퇴 Jones (2006)의 Maine주 성게어업의 평가와 관리 등에 관한 연구가 있다. 이 가운데 Lee et al. (1998)의 연구를 제외하면 자연생태계내의 해조군락과 그곳을 기반으로 살아가는 성게의 섭식물 조사는 거의 없고, 특히 매월 한 지역에서 집중적으로 성게의 섭식특성을 구명하기 위한 위 내용물 조사는 거의 이루어진 적이 없다.

따라서 본 연구는 연안암반의 자연군락지에 서식하는 해조류의 종조성과 해조군락에 서식하는 성게의 섭식특성을 파악하여 갯녹음으로 황폐화된 해조기반 생태계의 복원, 바다숲 조성 및 관리에 필요한 기초자료를 확보할 목적으로 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 경상남도 통영시 연명리 연안(34°46'48"N, 128°23'37"E)에서 2008년 11월부터 2009년 10월까지 매월 1회에 걸쳐 SCUBA diving에 의해 수행되었으며, 조하대 해조군락지와 그 주변에 서식하는 보라성게와 말뚝성게를 무작위로 매월 각기 30개체씩 채집하였다. 또한, 연구 해역에 서식하는 해조류를 채집하여 해조상을 파악하였다(Fig. 1). 채집된 보라성게와 말뚝성게는 살아 있는 상태로 실험실로 운반하여 각경과

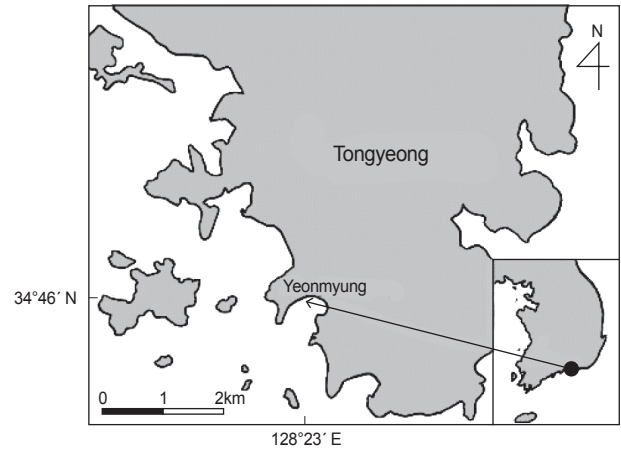


Fig. 1. A map showing sampling site in Tongyeong of southern coast, Korea.

전중량을 측정한 후 개봉하여 생식소와 위를 구분하여 각각의 습중량을 측정하였다. 분리된 위 내용물을 여과해수에 침적시켜 위 내용물을 세척하고 분리한 후 현미경하에서 가능한 종 수준까지 동정 및 분류하였다.

성게 2종의 전중량, 위 내용물 및 생식소 중량은 Mettler PC4400 (Mettler Co., Swiss) 전자저울로 0.01 g까지 정량한 후 습중량으로 나타내었고, 각경은 Mitutoyo Digimatic Digital Caliper (Mitutoyo Co., Japan)로 0.1 mm 길이까지 측정하였으며, 생식소지수(GI)는 “생식소중량 × 100/전중량”으로 계산하였다.

결과 및 고찰

조사해역은 통영시 미륵도의 남서쪽에 위치한 조용한 내만의 마을어장으로 주변에 양식장이 위치하고 조간대에서 조하대의 수심 1-7 m까지의 암반대를 중심으로 다양한 해조류가 분포하고 있어 성게류의 섭식활동이 비교적 활발한 곳이다.

연명리 연안에서 출현한 해조류는 6-25종으로 5월에 최대였고 8월에는 가장 적게 나타났다(Table 1). 분류군별 출현해조류는 녹조류 2종, 갈조류 9종, 홍조류 24종으로 총 35종이 동정되었는데, 이 결과는 Kim (1991)의 충무연안의 해조상 조사에서 보고한 출현종 수 72종에 비해 절반에도 미치지 못하는 것으로 나타났는데 이 같은 결과는 Kim (1991)의 조사에서는 통영연안에 총 12곳의 정점을 정해 해조상을 조사함으로써 많은 종의 출현을 확인할 수 있었던 것에 비하여 본 조사에서는 연명 한 곳만을 대상으로 조사한 결과여서 이와 같은 상당한 차이를 가질 수밖에 없었던 것으로 분석할 수 있다.

위 내용물의 경우 보라성게(*Anthocidaris crassispina*)에서 월별 5-11종의 해조류 및 무척추동물이 나타났고 2월과 4월에 11종으로 가장 많은 종이 나타난 반면 9월에 가장 적은 5종만이 나타났다. 위 내용물의 분류군별 조성은 녹조류 2종, 갈조류 2종, 홍조류 13종으로 총 17종의 해조류와 2종의 무척추동물이

Table 1. Marine macroalgae appeared at sea urchin habitat from November 2008 to October 2009 on the rocky shore of Tongyeong, Korea

Species	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.
<i>Ulva lactuca</i>						+		+				
<i>U. pertusa</i>	+	+		+					+	+	+	+
<i>Colpomenia sinuosa</i>	+											
<i>Dictyopteris divaricata</i>							+					
<i>Endarachne binghamiae</i>							+					
<i>Sargassum fulvellum</i>						+						
<i>S. fusiforme</i>				+		+	+					
<i>S. horneri</i>						+						
<i>S. miyabei</i>			+									
<i>S. thunbergii</i>	+			+	+							
<i>Undaria pinnatifida</i>	+	+	+			+	+					
<i>Acrosorium uncinatum</i>							+					
<i>A. yendoii</i>	+	+			+	+	+			+	+	+
<i>Aglaothamnion oosumiense</i>	+											
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>									+			
<i>Carpopeltis affinis</i>					+	+						
<i>Chondrus ocellatus</i>				+		+		+		+	+	+
<i>C. armatus</i>											+	+
<i>C. pinnulatus</i>								+				
<i>Gelidium amansii</i>	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. corneum</i>									+			
<i>G. divaricatum</i>	+			+			+					
<i>Gracilaria textorii</i>							+					
<i>Grateloupia elliptica</i>		+			+	+	+	+				
<i>G. patens</i>						+						
<i>G. turuturu</i>	+	+				+						
<i>Halymenia acuminata</i>				+		+						
<i>Kallymenia crassiuchula</i>			+									
<i>Lomentaria catenata</i>			+	+		+						
<i>L. hakodatensis</i>						+		+	+			
<i>Pachymeniopsis yendoii</i>	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+
<i>Plocamium telfairiae</i>				+			+		+		+	+
<i>Polysiphonia morrowii</i>	+	+										
<i>Schizymenia dubyi</i>		+										
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>				+		+		+				

나타났다(Table 2).

말뚝성게(*Hemicentrotus pulcherrimus*)에서도 보라성게와 같이 위 내용물속에 해조류와 무척추동물이 동시에 출현하였는데 월별로는 6-11종이 동정되어, 3월과 8월에 각각 최대와 최소값을 나타내었다(Table 3). 분류군별로는 녹조류 2종, 갈조류 1종, 홍조류 11종으로 총 14종의 해조류와 2종의 무척추

동물이 나타났다. 말뚝성게의 경우 위 내용물 분석에서 나타난 해조류의 종 수는 보라성게에 비해 3종 정도 적은 것으로 나타났다. 이는 두 종의 먹이경쟁이나 수심 등 서식지 환경의 차이에 의해 나타난 결과로 판단된다. 이러한 결과는 위 내용물에서 나타난 먹이해조의 종류로 볼 때 1개월 전후의 시차가 있는 것으로 유추할 수 있다.

Table 2. Marine macroalgae and invertebrates identified from the stomach contents of *Anthocidaris crassispina* collected in the seaweed community on the rocky shore of Tongyeong from November 2008 to October 2009

Species	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.
<i>Ulva pertusa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Endarachne binghamiae</i>												+
<i>Acrosorium polyneurm</i>				+	+	+	+	+	+			+
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>			+									
<i>Chondrus ocellatus</i>		+	+		+	+			+			+
<i>Ceramium cimbricum</i>	+	+	+	+	+	+	+					
<i>Chondracanthus tenellus</i>	+											
<i>Gelidium amansii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. corneum</i>		+	+	+							+	+
<i>G. divaricatum</i>								+		+		
<i>Grateloupia elliptica</i>		+										
<i>G. turuturu</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Plocamium telfairiae</i>				+		+		+	+	+		
<i>Polysiphonia morrowii</i>	+			+				+	+	+		+
<i>Pterocladia tenuis</i>		+										
<i>Caprella mutica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Balanus trigonus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Number of species	8	9	9	10	8	9	7	10	9	8	5	8

성게 2종의 위 내용물에서 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 잔금분홍잎(*Acrosorium poluneurum*), 진두발(*Chondrus ocellatus*), 우뚝가사리(*Gelidium amansii*), 비단풀(*Ceramium kondoi*), 미끌지누아리(*Grateloupia turuturu*), 모로우붉은실(*Polysiphonia morrowii*)이 높은 빈도로 나타났다. 이 가운데 지누아리속(*Grateloupia*), 붉은실속(*Polysiphonia*), 진두발속(*Chondrus*)과 말뚝성게의 위 내용물에서 나타난 마디잘록이속(*Lomentaria*)은 Lawrence (1975)와 Ridder and Lawrence (1982)의 보고에서도 성게의 먹이로 나타나고 있으나 이들 종이 성게류의 먹이선택성에 의해 섭식된 종이라 하기 보다는 주변에 서식하고 있는 해조류가 본 연구해역의 조사지에서 나타난 해조류와 공통으로 서식하고 있다는 측면에서 자연적으로 섭이된 것으로 생각된다.

한편, 두 종 모두 서식지내에 존재하는 절지동물문 단각목 바다대벌레과의 바다대벌레(*Caprella mutica*)와 완홍목 따개비과의 삼각따개비(*Balanus trigonus*)를 섭식하는 것으로 나타났다. 이는 성게가 연안생태계에서 해조류를 주로 섭식하는 조식성 동물임에도 순수한 초식자(hervivores)가 아니라 잡식성(omnivores) 소비자의 양면성을 가지고 생태계에 적응하고 있기에 나타난 결과로 생각된다. 이러한 결과를 뒷받침 해주는 많은 사례가 선행 연구자들의 연구결과에서도 나타나고 있는데, 전 세계에 분포하는 성게류 195종에 대한 섭식특성에 대하여 총설로 정리한 Lawrence (1975)와 이를 보완하여 성게

류의 먹이와 섭식기작을 정리한 Ridder and Lawrence (1982) 및 Briscoe and Sebens (1988)의 보고가 대표적인 예이다. 이들은 성게류가 각상 산호조류(encrusting corallines)를 포함한 모든 해조류뿐만 아니라 유공충(formaminiferans), 담치와 같은 이매패류(bivalves), 복족류(gastropods), 갯지렁이류(polychaete), 히드라류(hydroids), 말미잘류(pennatulids), 태형동물(bryozoans), 해면류(sponges), 갑각류(crustacean), 따개비류(*Balanus*), 게류(crabs) 및 모래와 땀의 입자알갱이(sand and mud ball)뿐만 아니라 심지어 같은 성게류까지 섭식하는 다종, 다형의 잡식성으로 보고하고 있다. 이 같은 결과는 Lee (1998)와 Lee et al. (1998)의 보고에서도 입증되고 있는데, Lee et al. (1998)은 제주연안의 해조상과 섭식효과에 관한 보고에서 보라성게와 말뚝성게 두 종 모두에서 해조류뿐만 아니라 태형동물, 해면류, 모래와 땀 입자, 산호조류(coralline algae), 갑각류, 난막에 쌓인 미확인 난(eggs) 등이 나타났다고 보고함으로써 성게류가 다양한 종류의 동, 식물을 먹이로 하고 있음을 명확히 하고 있다. 이와 같은 성게의 식성은 성게의 종류, 유체와 성체, 산란 전과 산란 후 및 서식환경의 차이 등(Ridder and Lawrence, 1982; Barker et al., 1998; Seaward, 2002)과 성게 생활사의 전 과정에서 자신의 체골격 형성이나 에너지 수치 측면에서 성게의 이동패턴, 먹이의 분포와 양 및 먹이의 종류 등에 따라서 변화하는 것으로 유추할 수 있다(Lawrence, 1975; Notoya and Aruga, 1992; Hereu, 2005).

Table 3. Marine macroalgae and invertebrates identified from the stomach contents of *Hemicentrotus pulcherrimus* collected in the seaweed community on the rocky shore of Tongyeong from November 2008 to October 2009

Species	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.
<i>Ulva pertusa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acrosorium polyneurm</i>			+	+	+	+	+		+	+		+
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>												
<i>Chondrus ocellatus</i>					+			+	+		+	+
<i>Ceramium cimbricum</i>	+	+	+	+	+	+						+
<i>Chondracanthus tenellus</i>	+											
<i>Gelidium amansii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. corneum</i>											+	+
<i>Grateloupia turuturu</i>		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
<i>Lomentaria hakodatensis</i>			+									
<i>Plocamium telfairiae</i>								+	+			
<i>Polysiphonia morrowii</i>		+	+	+	+							+
<i>Caprella mutica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Balanus trigonus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Number of species	6	7	9	8	9	6	6	7	8	6	7	10

성계의 섭식특성에 대한 다양한 연구가 이루어진 후, 구미 지역에서는 수출을 목적으로 성계의 생식소 생산량을 증대시키기 위해 다양한 방법으로 성계양식을 시도하여 왔다(Agatsuma, 1998; Cook et al., 1998; Kelly et al., 1998). Agatsuma (1998)는 일본 북해도의 갯녹음 해역에서 먹이부족으로 생식소 중량이 감소한 성계를 채집하여 콩치와 임연수어를 먹이로 성계양식을 수행하여 생식소 중량이 크게 증가하였다고 하였고, Barker et al. (1998)은 New Zealand에서 pellet사료, kelp, 갈파래, 콩, 어분 등을 먹이로 하여 성계의 섭식율, 흡수 효율, 성장 및 생식소 증가효과 등을 구명하였으며 Cook et al. (1998)은 연어사료와 해조류를 먹이로 한 성계의 성장에 대한 연구를 통해 연어사료가 해조류에 비해 2-6배 이상 생장이 빠르다고 하였다. 한편, Kelly et al. (1998)은 가두리양식법으로 성계와 연어를 복합양식할 경우 먹지 않고 유실된 연어사료가 성계의 먹이가 됨으로써 성계의 생산량 증가와 저질오염을 저감시키는 효과를 얻을 수 있다고 하여 생장이 낮고 생식소가 발달하지 않아 상품성이 없는 갯녹음 해역의 성계를 활용하고 가두리양식장의 오염을 줄일 수 있는 방법을 제시하였다. 성계의 섭식특성에 대한 이러한 연구결과는 향후 갯녹음 해역에서의 바다숲의 복원, 관리 및 보존에 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

해조군락지에서 채집된 보라성계와 말뚝성계의 각경, 전중량 및 위 내용물의 월별 변화는 Fig. 2와 같다. 보라성계의 각경은 평균 22.3-62.3 mm로 9월에 최소였고 2월에 최대였으며, 말뚝성계는 평균 15.3-40.1 mm의 각경을 보여 7월에 최소였고 1월에 최대값을 나타냈다(Fig. 2a). 보라성계와 말뚝성계

의 전중량은 각각 평균 48.5-86.7 g/개체, 7.7-26.0 g/개체로 나타났고(Fig. 2b), 위 내용물의 무게는 보라성계에서 평균 15.1-35.8 g/개체, 말뚝성계에서 평균 1.7-11.8 g/개체로 나타났다(Fig. 2c). 두 종의 전중량과 위 내용물의 중량은 보라성계의 경우 각각 10월에 최소, 2월에 최대를 나타내었으나 말뚝성계의 경우 9월에 최소였고 11월에 최대를 보여 두 종간에 1-3개월간의 시차로 최소, 최대치가 다르게 나타났다. Son et al. (1989)은 수심 10 m와 30 m에서 채집하여 조사한 북쪽말뚝성계(*Strongylocentrotus intermedius*)의 각경이 8월에 최대 2월에 최소라고 하여 본 조사에서 9월에 최대치를 나타낸 말뚝성계보다 1개월 정도 빠르게 나타났는데 이는 Son et al. (1989)의 조사가 2개월 간격으로 조사가 이루어졌다는 점과 조사해역인 동해안에 서식하는 북쪽말뚝성계가 남해안의 내만에 서식하는 말뚝성계보다 기본적으로 크기가 크다는 점 및 주요한 먹이원인 해조류의 종류와 수온 등 주변 환경의 차이를 감안하면 큰 차이로는 생각되지 않는다. 그러나 본 조사에서 나타난 각경, 전중량, 위 내용물량 결과와 국내에서 이루어진 선행 연구 결과들을 직접적으로 비교하기는 매우 어려운 면이 있다. 그것은 본 연구는 매월 1회에 걸쳐 1년간 장기적으로 조사가 수행된 반면, 국내연구의 대부분이 짧은 기간에 걸쳐 집중적으로 섭식효과 조사가 이루어졌다는 점(Lee et al., 1998), 동근성계(*Strongylocentrotus nudus*)를 대상으로 한 단기간의 피식패턴이나 먹이 선택성에 대해서만 연구가 이루어진 점(Yoo et al., 2004; Kim et al., 2007), 산란과 성장(Yoo et al., 1982; Hong and Chung, 1998; Lee et al., 2003; Chung et al., 2005) 및 번식생태학적 특성과 유전적 변이(Lee et al., 2000) 등 연구

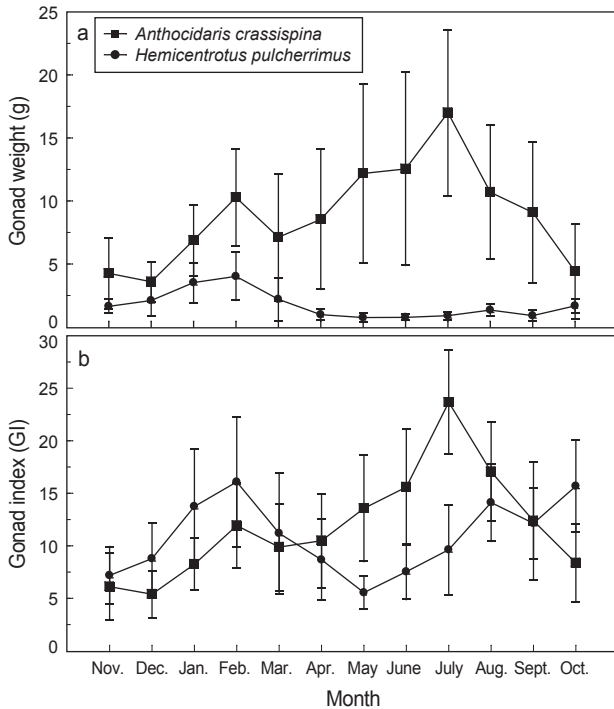


Fig. 2. Monthly variation of shell diameter (a), total body wet weight (b) and wet weight of stomach contents (c) in both sea urchins, *Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus* collected in the seaweed community on the rocky shore of Tongyeong from November 2008 to October 2009. All data means that average value per individual.

목적이나 방법뿐만 아니라 성게의 종류, 월별 자료에 대한 정량적 자료의 부재 등에 있어서 많은 차이를 가지기 때문이다.

보라성게와 말뚱성게에 대한 월별 생식소 중량과 생식소 지수(GI)변화를 Fig. 3에 나타내었다. 성게의 성숙도를 결정짓는 보라성게와 말뚱성게의 생식소 중량은 각각 평균 3.6-17.0 g/개체와 평균 0.8-4.0 g/개체로 나타났고(Fig. 3a), 생식소 지수는 보라성게의 경우 평균 5.4-23.7/개체, 말뚱성게의 경우는 평균 5.5-16.1/개체로 나타났으며(Fig. 3b), 생식소 중량과 생식소 지수는 보라성게에 있어서는 12월에 최소, 7월에 최대치를 나타낸 반면 말뚱성게에서는 5월에 최소, 2월에 최대치를 나타내었다. Son (1999)은 동해안 성게 3종의 생태적 특성조사에서 말뚱성게의 생식소 지수가 2월에 최대를 나타내었고 5월에 최소를 나타내었다고 하였으며, Park et al. (1990)도 말뚱성게의 산란기에 관한 연구에서 생식소 지수가 2월에 최대, 6월에 최소를 나타내어 본 조사결과와 유사한 결과를 나타내었다. Son (1999)의 조사에서 동근성게와 새치성게의 경우 중에 따라 다소 차이가 있지만 7-9월에 최대를 나타내었고 10-12월에 최소를 나타내었다고 하였다. 이러한 결과로 볼 때 동해와 남해의 환경 차이를 감안하더라도 두 해역간의 생식소 지수변동 양상은 같거나 유사한 것으로 판단된다. 성게류의 생식소 지수

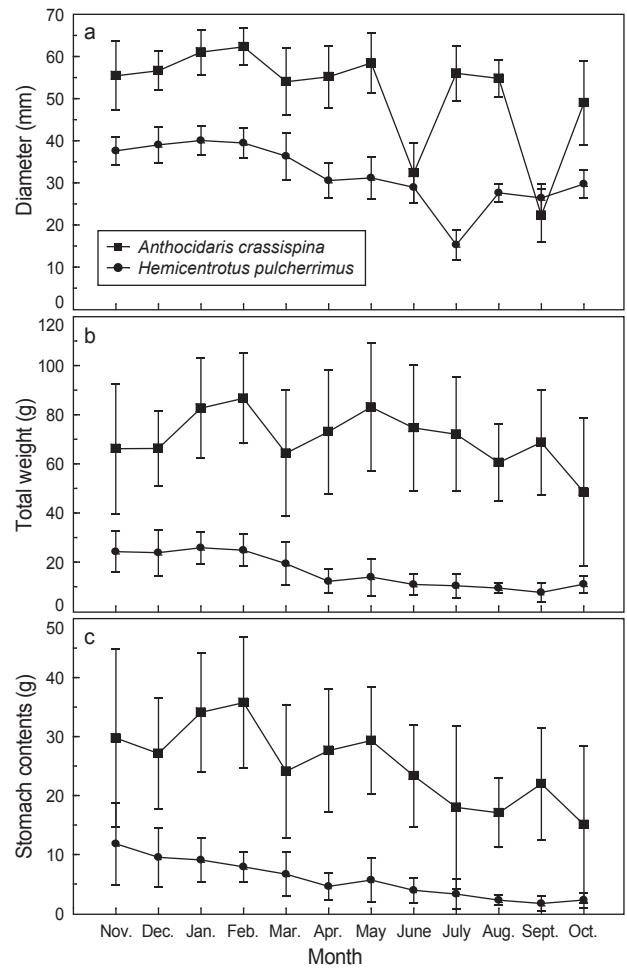


Fig. 3. Monthly variation of mean gonad wet weight (a) and mean gonad index by an individual (b) in both sea urchins, *Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus* collected in the seaweed community on the rocky shore of Tongyeong from November 2008 to October 2009.

감소는 산란기와 밀접하게 연관되어 있는데, 두 해역에 서식하는 종간 차이와 서식환경의 차이를 고려하더라도 남해안의 성게 산란기도 동해안과 큰 차이가 없는 것으로 해석할 수 있다.

또한 본 조사에서 두 종의 전중량과 위 내용물의 중량에서도 나타난 바와 같이 두 종 모두 시차를 두고 먹이경쟁을 함으로써 동일 서식지내에서 직접적인 먹이경쟁을 최소화하기 위한 섭식행동 패턴을 보이는 것이라 판단된다(Himmelman and Steele, 1971).

그러나 Lee et al. (2000)은 7월부터 12월까지 5개월간 잠수기선으로 채집한 북쪽말뚱성게(*Stronglylocentrotus intermedius*)의 생식소 중량지수 조사 결과에서 10월에 최대를 보인 후 12월에 최소를 나타내었다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 채집된 말뚱성게(*Hemicentrotus pulcherrimus*)와의 종의 차이에서 기인한 것인지 짧은 기간의 조사를 통해서 전반

적인 섭식생태를 관찰하지 못해 나타난 것인지 추후 심도 있게 검토해 보아야 할 과제로 생각된다. 한편, 본 연구에서는 성계 서식지의 해조군락과 위 내용물 내의 해조류 동정을 통해 종조성 등 정성적인 자료만을 대상으로 분석하였기에 성계의 생식소 지수와 서식지내 해조군락의 변동양상을 구체적으로 파악할 수 없었던 한계가 있었으나 해조군락지내에 서식하는 성계의 먹이선택성은 뚜렷하게 나타나지 않는다는 것을 알 수 있었다(Himmelman and Steele, 1971; Lee et al., 1998).

이상의 결과에서 통영시 연명연안의 해조군락지에 서식하는 보라성계와 말뚝성계는 다양한 녹조류, 갈조류, 홍조류를 섭식할 뿐만 아니라, 이전의 연구에서 보고된 것처럼 다양한 종류의 무척추동물도 섭식하는 것으로 나타났다. 반면 개체의 중량, 각경 및 생식소 지수 등은 타 해역의 성계에 비해 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 특히 타 해역에서처럼 대형개체가 발견되지 않고, 소형개체의 비율이 높다는 점, 상당수의 성계가 빈껍질 상태로 발견된다는 점은 이 해역에 서식하는 성계의 성장, 번식에 생태학적으로 상당히 제한적인 요인이 작용하고 있는 것이 아닌가 생각된다. 그 이유로 조사해역의 탁도가 높아 수심 6 m에서는 해조상이 빈약하고 7 m 이상에서는 암반대가 끝나고 빨질로 된 저층이 발달하여 성계의 이동이 해조군락이 발달된 수심 2-4 m 범위에 제한되어 있어 해조섭식에 제한을 받고 있는 등 주변의 생태적 조건이 성계의 성장 및 번식환경에 매우 불리하게 작용하기 때문에 나타나는 것으로 추정된다. 앞으로 이러한 점을 토대로 천연의 해조군락지 내에서 일어나는 성계의 섭식행동과 해조군락의 유지, 번무 등 생산자와 소비자로서 두 그룹간의 생태적 연관성과 주변환경에 대해서 좀 더 세심하게 조사할 필요가 있고, 이러한 자료 축적은 성계의 섭식으로 발생된 갯녹음 해역을 바다숲으로 복원하고 관리하는데 많은 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- Agatsuma Y. 1998. Aquaculture of the sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*) transplanted from coralline flats in Hokkaido, Japan. J Shellfish Res 17, 1541-1547.
- Barker MF, Keogh JA, Lawrence JM, and Lawrence AL. 1998. Feeding rate, absorption efficiencies, growth, and enhancement of gonad production in the New Zealand sea urchin *Evechinus chloroticus* valenciennes (Echinoidea: Echinometridae) fed prepared and natural diets. J Shellfish Res 17, 1583-1590.
- Baron-Talre B. 2005. The rise and fall of the Maine sea urchin industry: A failure of management and institutions?. Ms. Thesis, The University of Maine, Maine, U.S.A.
- Briscoe CS, and Sebens KP, 1988. Omnivory in *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller) (Echinodermata: Echinoidea): predation on subtidal mussels. J Exp Mar Biol Ecol 115, 1-24.
- Chung SC, Kim JW, Natsukari Y and Song CB. 2005. Age and growth of sea urchin, *Pseudocentrotus depressus*. J Kor Fish Soc 38, 257-264.
- Cook EJ, Kelly MS and Mckenzie JD. 1998. Somatic and gonadal growth of the sea urchin *Psammechinus miliaris* (Gmelin) fed artificial salmon feed compared with a macroalgal diet. J Shellfish Res 17, 1549-1555.
- Grabowski RC. 2003. Population dynamics and spatial analysis of the Maine green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) fishery. Ms. Thesis, The University of Maine, Maine, U.S.A.
- Grosjean P. 2001. Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). Ph.D. Thesis, Universite Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium.
- Grupe PM. 2006. Purple sea urchins (*Strongylocentrotus purpuratus*) in and out of pits: The effects of microhabitat on population structure, morphology, growth, and mortality. Ms. Thesis, The university of Oregon, Oregon, U.S.A.
- Hereu B. 2004. The role of trophic interactions between fishes, sea urchins and algae in the northwestern Mediterranean rocky infralittoral. Ph.D. Thesis, University de Barcelona, Barcelona, Spain.
- Hereu B. 2005. Movement patterns of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a marine reserve and an unprotected area in the NW Mediterranean. Marine Ecology 26, 54-62.
- Himmelman JH and Steele DH. 1971. Foods and predators of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in Newfoundland water. Mar Biol 9, 315-322.
- Hong SW and Chung SC. 1998. Age and growth of the purple sea urchin, *Anthocardaris crassispina* in Cheju Island. J Kor Fish Soc 31, 302-308.
- Hur SB and Yoo SK. 1985. Laboratory tagging experiment of sea urchin, *Hemicentrotus pulcherrimus* (A. Agassiz). Bull Kor Fish Soc 18, 363-368.
- Jones K. 2006. Monitoring, assessment, and management of the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) fishery in Maine. Ms. Thesis, The University of Maine, Maine, U.S.A.
- Kelly MS, Brodie CC and Mckenzie JD. 1998. Somatic and gonadal growth of the sea urchin *Psammechinus miliaris* (Gmelin) maintained in polyculture with the Atlantic salmon. J Shellfish Res 17, 1557-1562.
- Kim NG. 1991. Benthic marine algal flora of Chungmu area in the southern coast of Korea. Bull Tong-Yeong Fish Tech Coll 27, 1-9.
- Kim SK, Kim YD, Jeon CY, Gong YG, Kim DS, Kim JH, Kim ML and Han HK. 2007. Algal consumption and preference of sea urchins, *Strongylocentrotus nudus*, *S. intermedius* and abalone, *Haliotis discus hannai*. J Kor Fish Soc 40, 133-140.
- Kühn C. 2006. Mathematical modeling of a sea urchin gene regulatory network. Ms Thesis, Max-Planck Institute for

- Molecular Genetics, Berlin, Germany.
- Lawrence JM. 1975. On the relationship between marine plants and sea urchins. *Oceanogr Mar Biol A Rev* 13, 213-286.
- Lee CS, Lee JY, Kim DH, Ku HD and Jeong SH. 2003. Spawning and early growth of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*. *J Aquacult* 16, 129-134.
- Lee JJ, Kim BK, Kang SK, Chung SC, Lee KW and Choi KS. 2000. Reproductive ecology and genetic variations in the sea urchins *Anthocidaris crassispinata* and *Hemicentrotus pulcherrimus* in the Cheju coast. *J Aquacult* 13, 129-135.
- Lee KW, Sohn CH and Chung SC. 1998. Marine algal flora and grazing effect of sea urchin in the coastal waters of Cheju Island. *J Aquacult* 11, 401-419.
- Lee KW. 1998. Marine algal flora and grazing effect of sea urchins in the coastal waters of Cheju Island. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.
- Nayar R. 2009. The sea urchin fishery in Grenada: A case study of social-ecological networks. Ms. Thesis, University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.
- Notoya M and Aruga Y. 1992. Vertical distribution and standing crop of seaweeds, seagrasses, sea urchins and the spiny top shell along the coasts from Tappi to Fujishima, Tsugaru Peninsula, Aomori Prefecture. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58, 885-889.
- Ogden J. 1976. Some aspects of herbivore plant relationship on Caribbean reefs an seagrass beds. *Aquat Bot* 2, 103-116.
- Park MW, Lee YH and Chang JW. 1990. Spawning season of the sea urchin, *Hemicentrotus pulcherrimus* (A. Agassiz). *Bull Nat'l Fish Res Dev Inst Korea* 44, 48-76.
- Ridder CD and Lawrence JM. 1982. Food and feeding mechanisms: Echinoidea. In: *Echinoderm nutrition*. Jangoux M and Lawrence JM, eds. A. A. Balkema Press, Rotterdam, Netherlands, 57-115.
- Scheibling RE, Hennigar AW and Balch T. 1999. Destructive grazing, epiphytism, and disease: The dynamics of sea urchin-kelp interactions in Nova Scotia. *Can J Fish & Aquat Sci*, 56, 2300-2314.
- Seaward LCN. 2002. The relationship between green sea urchin spawning, spring phytoplankton blooms, and winter-spring hydrography at selected sites in Maine. Ms. Thesis, The University of Maine, Maine, U.S.A.
- Son YS. 1999. Some ecological characteristics of sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*, *Strongylocentrotus nudus* and *Hemicentrotus pulcherrimus* in the east coast of Korea. *Bull Nat'l Fish Res Dev Inst Korea* 57, 48-66.
- Son YS, Park YJ, Kim JD and Lee SD. 1989. Study on ecology and transplantation of the sea urchins, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz), in the coast of Kangwon-do in Korea. *Bull Fish Res Dev Agency* 43, 105-118.
- Vavrinec J. 2003. Resilience of green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) populations following fishing mortality: Marine protected areas, alternate stable states, and larval ecology. Ph.D. Thesis, The University of Maine, Maine, U.S.A.
- Wessels H, Hagen W, Molis M, Wiencke C and Karsten U. 2006. Intra- and interspecific differences in palatability of arctic macroalgae from Kongsfjorden (Spitsbergen) for two benthic sympatric invertebrates. *J Exp Mar Biol Ecol* 329, 20-33.
- Yoo JW, Son YS, Lee CG, Kim JS, Han CH, Kim CS, Moon YB, Kim DS and Hong JS. 2004. Distribution pattern of the sea urchin, *Strongylocentrotus nudus* in relation to predation pressure in Hosan, the east coast of Korea. *J Kor Soc Oceanogr* 9, 40-49.
- Yoo SK, Hur SB and Ryu HY. 1982. Growth and spawning of the sea urchin *Anthocidaris crassispinata* (A. Agassiz). *Bull Kor Fish Soc* 15, 345-358.