

갯녹음 지역과 바다숲 조성지에 서식하는 둥근성게, *Strongylocentrotus nudus*, 산란기의 생태적 특성

최윤석 · 김병수* · 손용수** · 김형해*** · 이동제*** · 김명래*** · 박기영+
블루텍(연구원) · *(주)비에스해양개발(대표) · **오션가드(대표) ·
***국립강릉원주대학교(학생) · +국립강릉원주대학교(교수)

Comparative Ecological Characteristics of Globular Sea Urchin Spawning Period of *Strongylocentrotus nudus* in Barren and Marine Forest Areas

Youn-Scuk CHOI · Byong-Su KIM* · Yong-Soo SON** · Hyung-Hae KIM*** · Dong-Je LEE*** ·
Myoung- Rae KIM*** · Kie-Young PARK†
Bluetec(researcher) · *Bs Ocean Development(CEO) · **Ocean guard(CEO) · ***Gangneung Wonju National
University(student) · †Gangneung Wonju National University(professor)

Abstract

Ecological characteristics of the globular sea urchin *Strongylocentrotus nudus* in barren areas (due to blanching) and seaweed forest (constructed) areas was compared during the spawning period of August to December off shore Duekshin-ri, Uljin, Kyeongbuk Province of Korea. Seaweed communities consisted of a total of 18 species in 3 phyla with biomass of 481.4 g/m² the barren areas, and a total of 18 species in 3 phyla with 8,259.9 g/m² in the seaweed forest, where 17.2-fold higher biomass than that in the barren habitats was recorded. Sea urchins tests were with ranges of their diameter from 4.8 to 7.9 cm (monthly mean: 5.5-6.2 cm) in the barren areas and 4.9 to 7.6 cm (monthly 5.3-6.3 cm) in the seaweed forest. Ranges of test heights fell between 2.3 and 4.8 cm (mean 3.0-3.3 cm) in the barren areas, and 1.6 and 4.8 cm (3.0-3.7 cm) in the marine forest areas. Gonad index of sea urchins peaked in September in the barren areas (15.9) and the marine forest areas (25.1), decreased until November (to 3.9 and 4.5, respectively), then increased progressively again from December. Gonad index was 1.6-fold higher in the marine forest areas than that in the barren areas. Despite the region- or water temperature-dependent variations the spawning period is estimated to be from August to November on the east coast and it can be an effective way for scientific sea forest management to remove sea urchins before the spawning period.

Key words : Sea urchins, *Strongylocentrotus nudus*, Barren areas, Marine forest areas, Gonad index.

I. 서론

전 세계적으로 성게류는 약 900종 정도가 서식

하는 것으로 알려져 있으며(Ku, 1999), 그중에서 우리나라에 서식하고 있는 성게는 몸이 방사대칭 이고 구형이며 항문은 각의 위쪽, 위항부는 중앙

† Corresponding author : 033-640-2342, parkky@gwnu.ac.kr

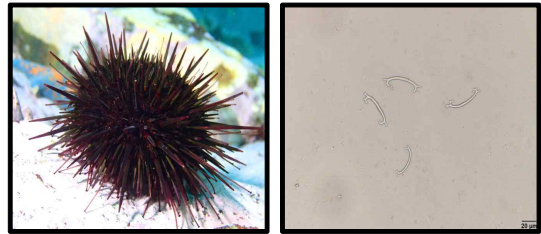
* 이 논문은 2017년도 국립강릉원주대학교 장기해외파견 연구지원으로 수행되었음.

에 위치한 등근성계(*Stronglyocentrotus nudus*), 새치성계(*Stronglyocentrotus intermedius*), 말뚝성계(*Hemicentrotus pulcherrimus*), 보라성계(*Anthocardaris crassispina*) 등과 같은 정형아강(Regularia) 8과 21종, 이측방사대칭이고 모양은 여러 형태이며, 앞과 뒤의 방향성이 있는 연잎성계(*Scaphechinus mirabilis*), 엽통성계(*Schizaster lacunosus*) 등과 같은 부정형아강(Irregularia) 8과 9종으로 총 성계강(Echinodidea)은 16과 30종이 기록되어 있다(Sin and No, 1996; MABIK, 2012).

과거 강원 이북에 한해성인 새치성계가 가장 우점하였으나, 수온 상승 등으로 온대성인 등근성계의 개체수가 증가하여 해조숲을 훼손하는 대표적인 조식동물로 손꼽히고 있다(Son, 1999). 최근 동해안 연안에 확산되고 있는 갯녹음 현상(whitening event)으로 성계의 서식량이 급속히 증가하고 있는데, 이는 갯녹음 암반에 피복된 무질산호조가 성계 유생의 변태를 촉진하는 것으로 조식동물의 군집형성을 촉진하여 갯녹음 현상이 악화되는 경향이 있다(Kim et al., 2007).

등근성계는 대형 북방계로서 분류학상 극피동물문(Echinodermata), 성계강(Echinoidea), 성계목(Echinoida), 등근성계과(Stronglyocentrotidae)에 속하며, 작은 중형 또는 대형으로 반구 모양이다(Ku, 1999). 보라성계와 외형이 흡사해서 과거 보라성계로 동정된 개체의 상당수는 이 종으로 생각되며 보라성계와 비교하면 가시의 길이가 비교적 일정하고 가시를 포함한 전체 모습이 둥글다(Hong, 1996). 그러므로 외형적 판단이 어렵기 때문에 본 연구에 사용된 성계는 외형과 관족의 골편(spicules of podium)으로 분류를 하였다([Fig. 1]).

성계류 자원의 생태에 관한 국내 연구로는 보라성계의 산란과 성장(You et al., 1982), 강원 연안산 북쪽 말뚝성계의 생태와 이식(Son et al., 1989), 보라성계의 연령과 성장(Hong and chung, 1998), 보라성계와 말뚝성계의 지역별 번식 생태학적 특성(Lee et al., 2000), 북쪽말뚝성계의 산란 유발 및 초기성장(Lee et al., 2003), 동해안 성계



[Fig. 1] Photographs showing the spicules of podium and external form of *Stronglyocentrotus nudus*.

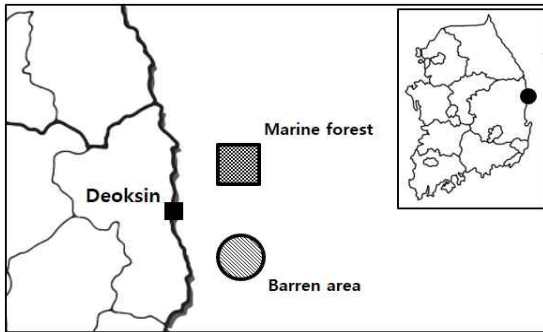
3종의 생태적 특징(Son, 1999), 동해안 조식성 무척추동물과 해조류간 상호작용(Yoo et al., 2007), 등이 있으며, 일본에서는 성계류의 서식환경과 생태에 관하여 많은 연구 결과가 있으나(Fuji, 1960a, 1962; Kawamura, 1966a, 1966b; Sugimoto et al., 1982; Agatsuma et al., 1988; Tuji et al., 1989 등) 최근 발생하고 있는 갯녹음 지역과 바다숲 조성지역의 생태 비교에 관한 연구는 미비한 실정이다. 갯녹음 현상의 주요 원인 중 하나로 손꼽히는 조식동물인 등근성계의 개체수 조절은 감태 등의 다년생 해조를 이식한 바다숲 조성을 위해 필수로 수행되어야 하며, 대부분 자연암반에 많은 양이 분포하고 있어 매년 많은 예산을 들여 제거하고 있지만 개체수 조절은 어려운 실정이다. 그러므로 본 연구는 해조류가 거의 없거나 소량 분포하고 있는 갯녹음 지역과 바다숲 조성사업으로 해조류가 풍부한 곳에 서식하는 등근성계를 대상으로 완전히 상반된 해역의 등근성계 산란기를 중심으로 생태적 특성에 대한 비교 분석을 통해 좀 더 효과적으로 조식동물의 개체수 조절을 위해 대표종인 등근성계의 특성에 대한 연구를 진행하여 기초자료를 확보하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 조사지 개황

등근성계의 갯녹음 지역과 바다숲 조성지역의 뚜렷한 생태 비교를 위하여 동일지역에서 해조류

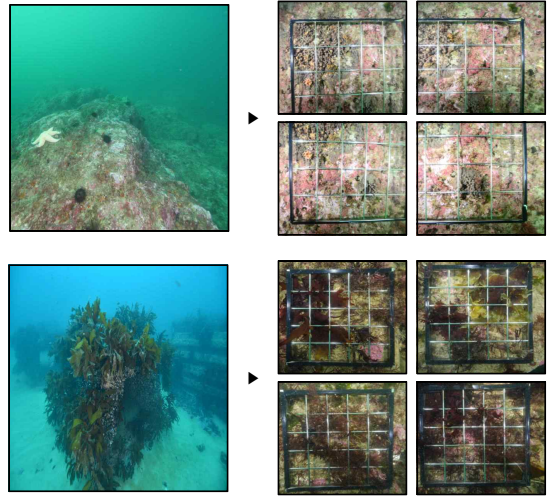
상태의 변화가 완전히 다른 곳을 조사 Site로 선정하기 위하여 바다숲을 조성한 여러 곳을 사전 조사한 결과 경상북도 울진군 매화면 덕신리 해역의 바다숲 조성지역에는 이식한 감태(*Ecklonia cava*)를 비롯하여 구멍갈파래(*Ulva australis*), 참깨도박(*Pachymeniopsis elliptica*), 우뚝가사리(*Gelidium amansii*), 진두발(*Chondrus ocellatus*) 등 대형 해조군락의 해조상이 풍부하였다. 갯녹음 지역은 무절산호초가 암반 전체에 피복되어 있어, 해조류가 거의 없거나 소량의 홍조류 위주로 해조상을 형성하고 있었다. 수심은 10~12 m, 암반 및 해조장 조성지 주변이 사질로 둘러싸여 있고, 조사지의 수평거리도 100 m 이상으로 성게의 이동이 불가하므로 두 지역의 해조류 풍요도 및 해조상이 현저한 차이가 난다. 따라서 해조류 먹이 자원의 차이에 따른 성게의 생태 특성 변화과정을 비교 분석할 수 있는 좋은 조건을 가진 곳으로 판단하여 Site로 선정하였다([Fig 2, 3]).



[Fig. 2] Map showing the sampling sites in barren and marine forest areas.(B.A: N36° 52.391, E129° 25.535, M.A: N36° 52.338, E129° 25.533).

2. 해양환경

영덕군 덕신리 해역의 해양환경은 해양환경정보포털의 해양환경측정망 저층 수온 자료를 인용하였고, 과거 5년 평균 수온과 금년 수온을 8~12월까지 상, 중, 하순으로 구분하여 분석하였다.



[Fig. 3] A view of algae condition in under water at sampling sites.(up: barren areas(B.A), down: marine forest areas(M.A))

3. 해조상

해조상 조사는 2019년 8월에서 11월 4회에 걸쳐 Site 내에 서식하는 해조류를 수중촬영한 후 0.5×0.5 m 크기의 방형구를 4회 사용하여 서식하고 있는 해조류를 끝갈 등을 이용해 파괴법으로 전량 채집하였다. 채집된 해조류는 실험실로 운반하여 당일 생물 상태에서 Site 별, 분류군별 종 단위까지 동정하고 중별 습중량을 측정하여 현존량(g/m²)으로 나타내었다. 갯녹음 지역은 무절산호초인 진분홍딱지(*Hildenbrandia rubra*)가 전 암반에 피복되어 있으므로 수중채집이 불가능하여 Table에 +로만 표시하였다. 매일 동일한 장소에서 채집이 될 수 있도록 각 Site 별로 수중에 부표를 시설하여 표시하였다.

4. 서식습성 및 생태특성

2019년 8월부터 12월까지 등근성게 산란기를 중심으로 매일 scuba diving으로 조사지에 서식하는 등근성게의 서식 습성을 관찰하여 수중촬영하고, 30개체 이상을 무작위로 채집하여 생물 상태

로 운반하여 측정하였다. 조사항목 중 각경, 각고는 vernier caliper를 이용하여 1/10 mm까지 측정하였고, 전중량은 생체중량을 측정하였다. 생식소와 소화관 중량은 각을 절개하여 시약 스폰으로 내용물을 꺼내어 전자저울로 0.01 g까지 측정하였고, 내부를 깨끗이 제거한 껍질의 무게를 측정하여 각중량으로 표시하였으며, 다음과 같은 계산식으로 각 항목별 지수를 산출하였다. 또한 정밀 생태 특성 파악을 위하여 각경/각고비, 각경/중량비, 암수의 생식소양, 소화관 중량, 성비, 각 부위의 구성비, 생식소 및 소화관의 월별 생태 사진, 관족의 골편(spicules of podium) 등을 조사하였다.

$$\text{생식소지수} = \frac{\text{생식소 중량}}{\text{전중량}} \times 100$$

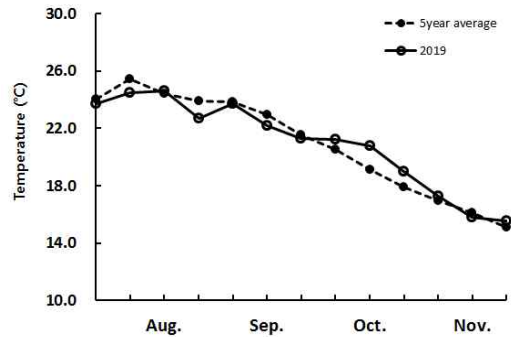
$$\text{소화관내용물지수} = \frac{\text{소화관 중량}}{(\text{각경})^2 \times \text{각고}} \times 10$$

$$\text{각중량지수} = \frac{\text{각중량}}{(\text{각경})^2 \times \text{각고}} \times 10$$

Ⅲ. 연구 결과

1. 해양환경

영덕군 덕신리 해역의 8월 수온은 과거 5년 평균 24.0~24.4℃, 금년 23.7~24.6℃로 거의 비슷한 분포 범위를 보였다. 9월은 과거 5년 평균 23.0~23.9℃, 금년 22.2~23.7℃로 다소 낮은 경향을 보였고, 10월은 과거 5년 평균 19.1~21.5℃, 금년 20.8~21.3℃로서 10월 중순 이후 평년보다 다소 높은 값을 보였다. 11월은 과거 5년 평균 16.1~17.9℃, 금년 15.8~19.0℃로 과거 5년 평균 수온보다 1℃ 이상 높은 값을 보였으며, 12월 초순은 과거 5년 평균 15.2℃ 금년 15.5℃로 나타났다 (Fig 4). 여름철 고수온기는 과거 5년 평균과 비슷한 수온이나, 10월 중순 이후 1℃ 이상 고수온을 보이므로, 수온의 급격한 변화가 없어서 등근성계의 산란기가 늦거나 길어질 것으로 판단되었다.



[Fig 4] Monthly variations of water temperature at the sampling site.

2. 해조상

조사지에서 채집된 해조류는 갯녹음 지역에서 녹조류 1종(5.0%), 갈조류 3종(17.0%), 홍조류 14종(78.0%)이 출현하였고, 월별로 9월 14종, 8월, 10월, 11월은 9~11종으로 총 18종이 채집되었다. 바다숲 조성지역은 녹조류 2종(11.0%), 갈조류 2종(11.0%), 홍조류 14종(78.0%)이 출현하였고, 월별로 8월, 11월에 15종씩, 9, 10월에는 13~14종으로 동일하게 18종이 채집되었다(<Table 1>).

<Table 1> Number of appearance species by month in barren and marine forest areas

Site	Division	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total
B.A	Chlorophyta	1	1	1	1	1
	Phaeophyta	2	3	1	1	3
	Rhodophyta	6	10	8	9	14
	Total	9	14	10	11	18
M.A	Chlorophyta	2	2	2	2	2
	Phaeophyta	2	2	2	2	2
	Rhodophyta	11	10	9	11	14
	Total	15	14	13	15	18

현존량은 갯녹음 지역에서 전 조사지의 암반에 갯녹음 원인 해조류인 진분홍딱지가 대부분 피복되어 있었고, 그 외 구멍갈파래가 월별 6.9~50.8

갯녹음 지역과 바다숲 조성지에 서식하는 동근성게, *Strongylocentrotus nudus*, 산란기의 생태적 특성

g/m², 총 90.2 g/m²으로 가장 현존량이 높게 나타났다. 잔금분홍잎(*Acrosorium polyneurum*)이 월별 1.2~47.1 g/m², 총 84.6 g/m²으로 차순위였고, 감태, 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 흑돌잎(*Lithophyllum okamurae*)이 상위종으로 나타났다. 문별 현존량은 홍조류가 월별 38.4~99.1 g/m², 총 304.8 g/m², 녹조류가 월별 6.9~50.8 g/m², 총 90.2 g/m², 갈조류는 월별 8.9~35.6 g/m², 총 86.4 g/m²의 현존량을 나타내었다. 갯녹음 암반은 진분홍 딱지의 피복도가 가장 높았으나 현존량 표시가 불가능하여 +로 표시하였다(<Table 2>).

바다숲 조성지역은 월별 1,587.4~2,281.6 g/m²으로 이식한 해조류인 감태가 월별 750.5~850.7 g/m², 총 3,201.7 g/m²이 채집되어 가장 높은 현존량을 보였다. 다음으로 우뚝가사리가 월별 173.6~793.2 g/m²으로 총 1,517.2 g/m²이 채집되었으며,

차순위는 참깨도박이 총 1,418.3 g/m², 구멍갈파래가 총 455.4 g/m², 개우무(*Pterocladia capillacea*)가 총 370.3 g/m²의 순으로 나타났다. 문별 현존량은 홍조류가 월별 653.8~1,185.1 g/m²으로 총 4,305.6 g/m², 갈조류가 월별 806.0~912.5 g/m²으로 총 3,469.9 g/m², 녹조류가 월별 52.8~185.4 g/m², 총 484.4 g/m²의 현존량을 보였다(<Table 3>).

3. 서식습성 및 생태특성

가. 서식습성

동근성게의 대체적인 서식 습성은 노출형(Exposure type)으로 나타났다. 특히 갯녹음 지역에서 노출 서식상태를 보이는 개체가 많았는데, 해조류가 없는 대형 전석 또는 암반은 성게 밀도가 높고 대부분의 성게가 노출되어 서식하였으며,

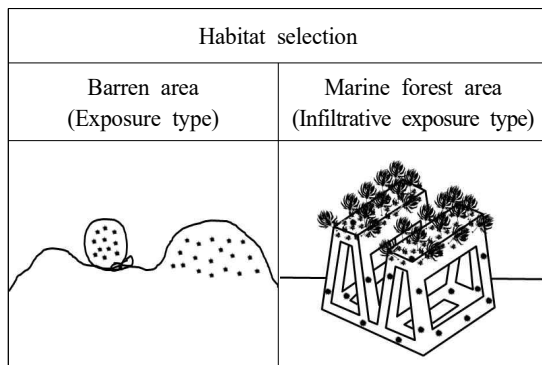
<Table 2> Monthly biomass(g/m²) by appearance species in barren areas

Site	Species	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total
	Chlorophyta					
	<i>Ulva australis</i>	10.5	22.0	50.8	6.9	90.2
	Phaeophyta					
	<i>Ecklonia cava</i>	5.7	13.2	32.4	9.5	60.8
	<i>Rugulopteryx okamurae</i>		12.8			12.8
	<i>Sargassum horneri</i>	3.2	9.6			12.8
	Rhodophyta					
	<i>Acrosorium polyneurum</i>	1.2	31.2	47.1	5.1	84.6
	<i>Chondracanthus tenellus</i>		6.4	4.8		11.2
	<i>Chondrus ocellatus</i>		3.6			3.6
B.A	<i>Chondrus crispus</i>		12.4			12.4
	<i>Corallina pilulifera</i>	13.5	14.2	18.8	13.5	60.0
	<i>Corallina officinalis</i>				17.2	17.2
	<i>Gelidium amansii</i>			7.6	8.2	15.8
	<i>Rhodymenia intricata</i>				1.9	1.9
	<i>Lithophyllum okamurae</i>	10.2	9.3	11.3	9.7	40.5
	<i>Lomentaria catenata</i>				2.3	2.3
	<i>Phacelocarpus japonicus</i>		4.8	1.2		6.0
	<i>Plocamium telfairiae</i>	12.3	10.2	8.3	2.5	33.3
	<i>Pterocladia capillacea</i>	1.2	14.8			16.0
	<i>Hildenbrandia rubra</i>	+	+	+	+	+
	Total	57.8	164.5	182.3	76.8	481.4

<Table 3> Monthly biomass(g/m²) by appearance species in marine forest areas

Site	Species	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total
Chlorophyta						
	<i>Ulva australis</i>	182.3	60.2	50.1	162.8	455.4
	<i>Codium arabicum</i>	3.1	2.8	2.7	20.4	29.0
Phaeophyta						
	<i>Ecklonia cava</i>	780.2	820.3	850.7	750.5	3,201.7
	<i>Sargassum horneri</i>	25.8	50.3	30.1	162.0	268.2
Rhodophyta						
	<i>Acrosorium polyneurum</i>		1.6			1.6
	<i>Chondracanthus tenellus</i>	7.3	10.2	11.4	32.8	61.7
	<i>Chondrus ocellatus</i>	30.4	39.6	31.5	235.6	337.1
M.A	<i>Corallina pilulifera</i>	1.8	5.2	4.4	3.5	14.9
	<i>Corallina officinalis</i>	2.5				2.5
	<i>Dichotomaria falcata</i>	47.0	2.8	104.8	139.2	293.8
	<i>Gelidium amansii</i>	793.2	300.2	250.2	173.6	1,517.2
	<i>Lomentaria catenata</i>				5.6	5.6
	<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	148.2	200.5	686.4	383.2	1,418.3
	<i>Phacelocarpus japonicus</i>	8.8				8.8
	<i>Plocamium telfairiae</i>				12.8	12.8
	<i>Polyopes prolifer</i>	20.3	30.1	60.8	128.4	239.6
	<i>Pterocladia capillacea</i>	50.7	56.4	192.8	70.4	370.3
	<i>Synarthrophyton chejuensis</i>	8.5	7.2	5.7	+	21.4
Total		2,110.1	1,587.4	2,281.6	2,280.8	8,259.9

바다숲 조성지역에서는 해조류가 서식하는 부분 보다는 어초 하단부의 노출면에 많은 성체가 서식하는 것으로 나타났다([Fig. 5]).



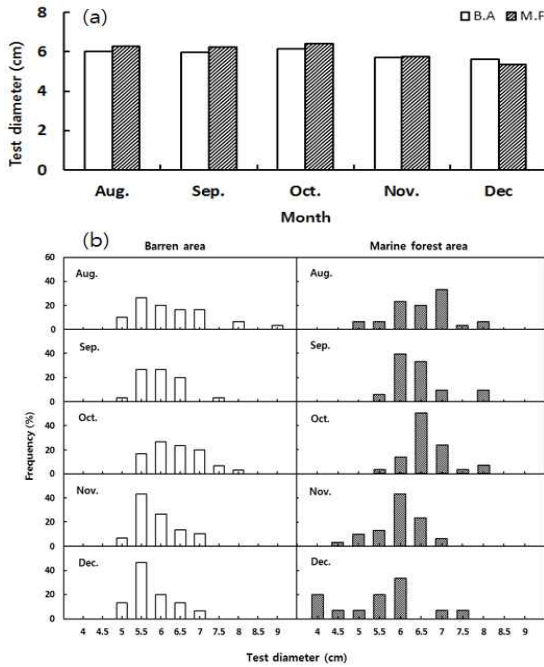
[Fig. 5] Underwater habitat selection of *Strongylocentrotus nudus* at barren and marine forest areas.

나. 각경 및 각고

각경은 갯녹음 지역에서 4.8~7.9 cm의 범위였으며, 바다숲 조성지역은 4.9~7.6 cm로 두 지역 비슷한 범위를 보였다. 평균 각경은 갯녹음 지역 5.6~6.2 cm, 바다숲 조성지역 5.3~6.4 cm로 12월을 제외한 8~11월까지는 바다숲 조성지역에서 평균 각경이 다소 높게 나타났다([Fig. 6(a)]).

각경의 조성범위는 갯녹음 지역은 8~10월까지 5.0~7.0 cm대에서 17~27%의 조성비를 보이고 mode가 넓게 나타났는데, 11~12월에는 5.0~6.0 cm대에서 20~47%로 mode가 좁아지면서 소형군에 밀집되는 경향을 보였다. 바다숲 조성지역의 mode는 갯녹음 지역보다 8~10월까지 대형군(5.5~7.0 cm)으로 치우쳤고, 주 mode도 좁은 범위에서 높게 나타났으며, 특히 10월에 6.0 cm대에서 50%, 11월에는 5.5 cm대에서 43%로 일정한 크기의 조성비에 밀집되는 경향을 보였다([Fig. 6(b)]).

갯녹음 지역과 바다숲 조성지에 서식하는 둥근성게, *Strongylocentrotus nudus*, 산란기의 생태적 특성

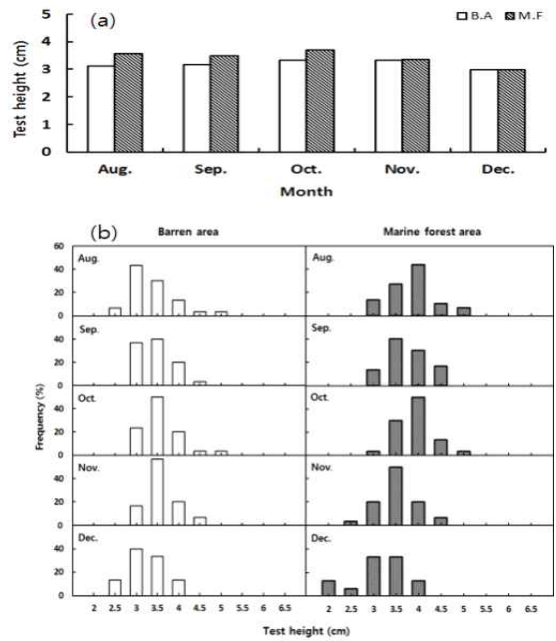


[Fig. 6] Monthly variations of mean test diameter(a) and frequency of mean test diameter(b) of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

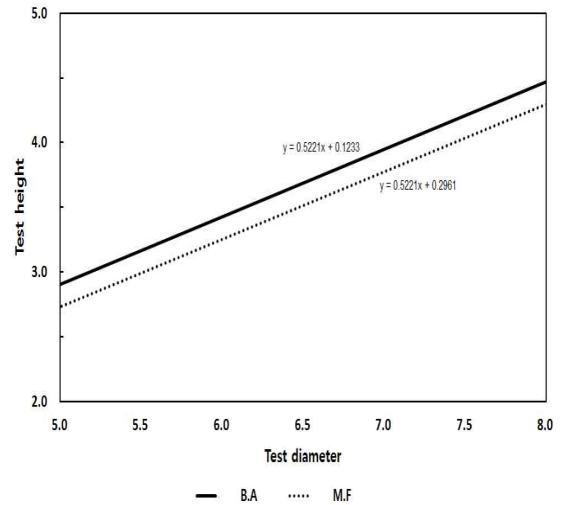
각고는 갯녹음 지역에서 2.3~4.8 cm의 범위에서 평균치는 3.0~3.3 cm의 범위를 보였고, 바다숲 조성지역은 1.6~4.8 cm의 범위에서 평균치는 3.0~3.7cm의 범위를 보였다([Fig. 7(a)]).

각고의 조성범위는 갯녹음 지역에서 8~12월까지 2.5~3.5 cm대가 70~80%를 차지하였고, 11월에만 3.5~4.0 cm대에서 전체의 57%를 차지하여 mode가 좁게 나타났다. 바다숲 조성지역에서는 3.0~4.0 cm대가 8~10월까지 70~80%를 차지하였고, 11월에는 3.0~4.5 cm대가 주 mode로 나타났다([Fig. 7(b)]).

둥근성게의 각경에 대한 각고의 상관관계는 두 지역 모두 비슷한 양상으로 나타났으며, 개체군의 크기 차이는 있지만 두 지역 모두 각경이 증가할수록 각고도 증가하는 양의 상관관계로 기울기 값이 같은 것으로 나타났다([Fig. 8]).



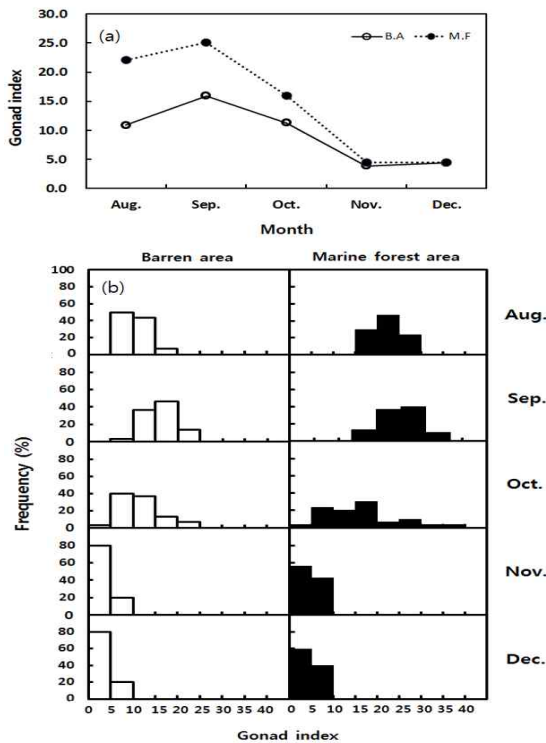
[Fig. 7] Monthly variations of mean test height(a) and mean test height composition(b) of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.



[Fig. 8] Relationships between test diameter and test height of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

다. 생식소

갯녹음 지역과 바다숲 조성지역에서 생식소 지수의 월별 변화는 두 지역 모두 8월부터 증가하여 9월에 최대치를 보인 후 11월까지 감소하였으며, 이후 12월부터 서서히 증가하기 시작하였다. 갯녹음 지역은 9월에 15.9, 바다숲 조성지역에서는 9월에 25.1로 최대치를 보였다. 이후 급격히 감소하여 11월은 각각 3.9와 4.5로 감소하였으며, 12월 이후 생식소 지수가 감소하지 않고, 두 지역이 비슷한 경향을 보였다([Fig. 9(a)]).

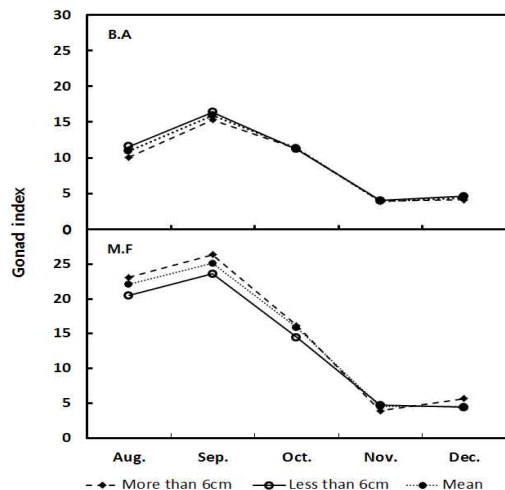


[Fig. 9] Monthly variations of gonad index(a) and frequency of gonad index (b) of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

월별 생식소 지수의 분포는 갯녹음 지역에서 8월 5.0~15.0의 범위에 주 mode가 형성되어 전체의 93%가 밀집되어 있다가 산란 초기인 9월에 10~20의 범위에서 84%로 범위가 상승하였다. 이

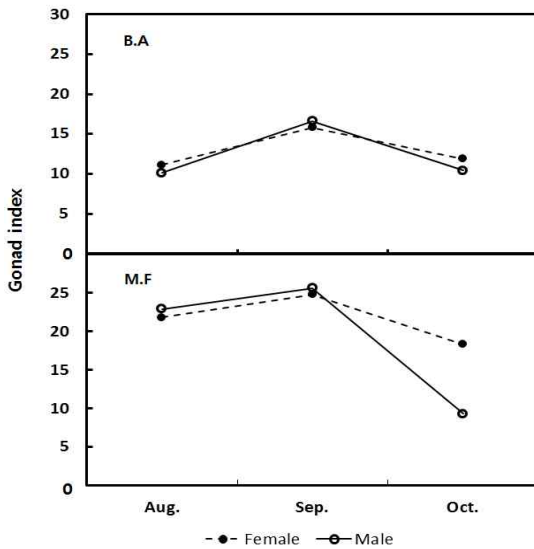
후 산란과 함께 10월 급격히 감소하여 11월과 12월에는 대부분의 개체가 빈 알집만 남은 상태에서 전 개체의 80%가 5 이하의 지수 분포를 보였다. 바다숲 조성지역에서는 8월 15~30범위에 주 mode가 형성되어 9월에 15~35까지 범위가 상승하였고, 10월부터 감소되어 5~20으로 나타났다. 11월, 12월에는 갯녹음 지역과 동일하게 전 개체가 10 이하의 범위를 보였는데, 8~10월까지의 mode가 넓게 분산되어 있다가 산란을 마친 후 주 mode가 0~10의 범위에 집중되는 것으로 나타났다([Fig. 9(b)]).

크기별 생식소 지수는 갯녹음 지역에서 6 cm 이상의 대형군이 소형군보다 전체적으로 지수가 낮거나 같은 경향을 보였다. 정상적으로 먹이를 섭취한 바다숲 조성지역은 8월과 9월 대형군이 6 cm 이하의 소형군보다 생식소 지수가 높았으나, 산란과 더불어 대형군의 지수가 급격히 감소하여 11월에는 대형군이 소형군보다 지수가 낮아지는 경향을 보이므로서 대형군이 소형군보다 난 성숙 속도가 빠르고 산란도 먼저 마치는 것으로 나타났다([Fig. 10]).



[Fig. 10] Monthly variations of the gonad index according to the size of test diameter of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

성별에 의한 생식소 지수는 갯녹음 지역은 8~10월까지 암, 수의 지수가 12~16으로 성별의 구분에 따른 차이가 나지 않았다. 바다숲 조성지는 산란 전 8월과 9월에 암컷의 지수가 18~25인 반면 수컷의 지수는 8월과 9월에 23~26으로 암컷보다 높다가 산란중인 10월에 오히려 암컷은 18이었으나 수컷은 9로 급격히 감소하였다([Fig 11]).

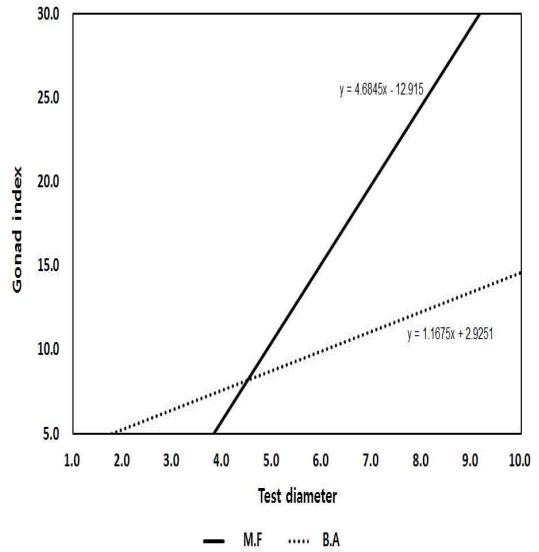


[Fig. 11] Monthly variations of gonad index according to the sex of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

각경에 대한 생식소 지수의 상관관계는 각경이 커질수록 생식소 지수가 증가하는 양의 상관관계로 바다숲 조성지역이 증가폭이 크고 기울기 값이 약 4배 높게 나타났다([Fig. 12]).

라. 소화관 내용물

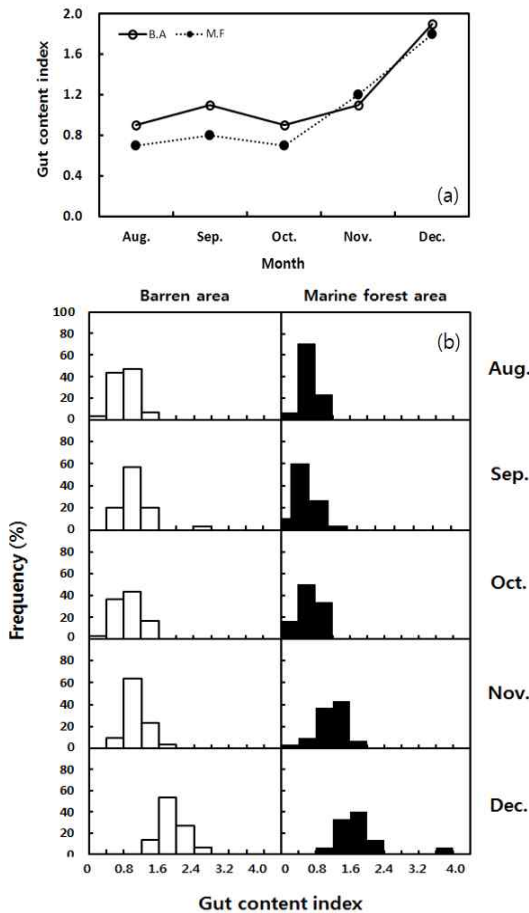
소화관 내용물 지수는 갯녹음 지역에서 8월에 0.9로 낮았으나, 11월과 12월에는 1.1~1.9로 상승하였다. 바다숲 조성지역은 8월에 0.7이었으나, 11과 12월에 1.2~1.8로 갯녹음 지역의 지수가 더 높게 나타났다([Fig. 13(a)]).



[Fig. 12] Relationships between test diameter and gonad index of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

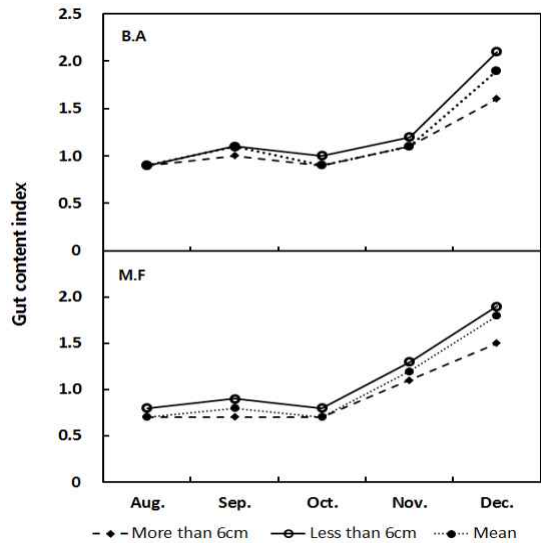
소화관 내용물 지수의 분포 갯녹음 지역에서 8월에 0.4~1.2에서 mode가 형성되었으며, 9월 0.8~1.2, 10월 0.4~1.2로 비교적 지수가 낮았으나, 산란 후 12월에는 1.6~2.4로 mode가 높은 곳으로 치우쳤다. 바다숲 조성지역은 8월 0.4~0.8, 9월 0.4~0.8의 범위에서 주 mode가 60~70%로 집중되었고, 11월부터 0.4~2.0의 범위에서 주 mode가 0.8~1.6, 12월에는 1.2~2.0의 범위에서 주 mode가 1.6~2.0으로 점차 상승하므로 산란 전 소화관 내용물 지수가 낮았으나 산란 후 상승하는 것으로 나타났다([Fig. 13(b)]).

크기에 따른 소화관 내용물 지수는 [Fig. 14]와 같이 갯녹음 지역과 바다숲 조성지역 모두 6 cm 이상의 대형군이 소형군보다 지수가 낮은 것으로 나타났다. 특히 11월 이후 대형군은 1.1~1.6이었으나 소형군은 1.2~2.1로 높아지므로 지수의 차이가 현저하게 나타났고, 소형군이 대형군보다 섭이 의욕이 강한 경향을 보였다.



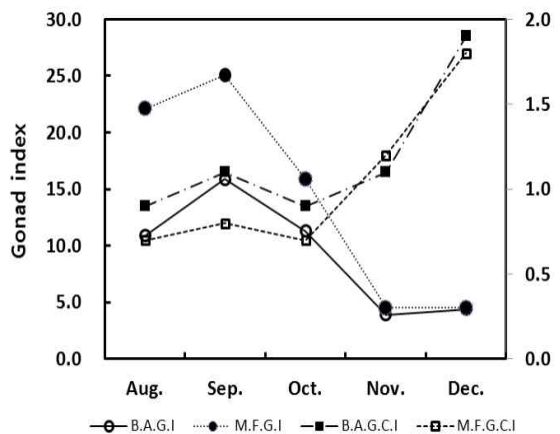
[Fig. 13] Monthly variations of the gut content index(a) and gut content index composition(b) of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

생식소 지수와 소화관 내용물 지수 비교 시 두 지역 모두 지수가 상반된 결과를 보였다. 갯녹음 지역의 생식소 지수가 10.9~15.9로 높을 때 소화관 지수는 0.9~1.1로 낮은 값을 보였다. 바다숲 조성지역도 생식소 지수가 15.9~25.1로 높을 때 소화관 지수는 0.7~ 0.8로 낮은 값을 보였고, 바다숲 조성지역의 차이가 더 크게 나타났다. 산란 후 11, 12월에 두 지수가 반대 양상을 보였는데 두 지역 모두 생식소 지수가 3.9~4.5로 급격히 낮



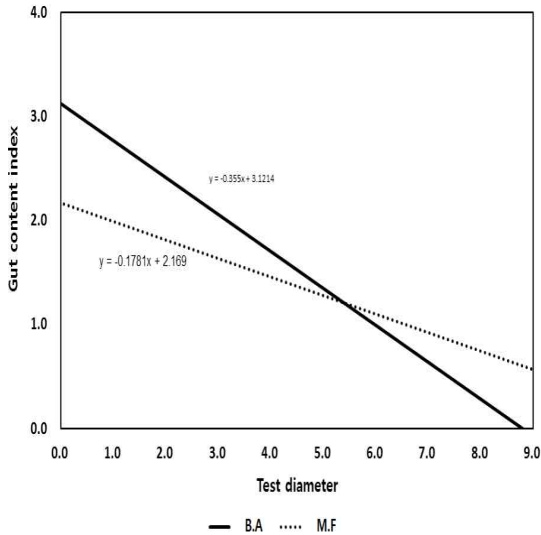
[Fig. 14] Monthly variations of the gut content index according to the size of test diameter of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

아질 때, 소화관 지수는 1.1~1.9로 크게 증가하였으며, 두 지수가 변하는 시점은 11월을 기점으로 급반전하는 것으로 나타났다([Fig. 15]).



[Fig. 15] Monthly variations of the gonad index and gut content of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

각경에 대한 소화관 내용물 지수는 [Fig. 16]과 같은 음의 상관관계로 나타났다. 각경이 증가할수록 두 지역 모두 소화관 내용물 지수가 낮아졌으며 갯녹음 지역이 바다숲 조성지역보다 심하게 지수치가 낮아지는 것으로 나타났다.

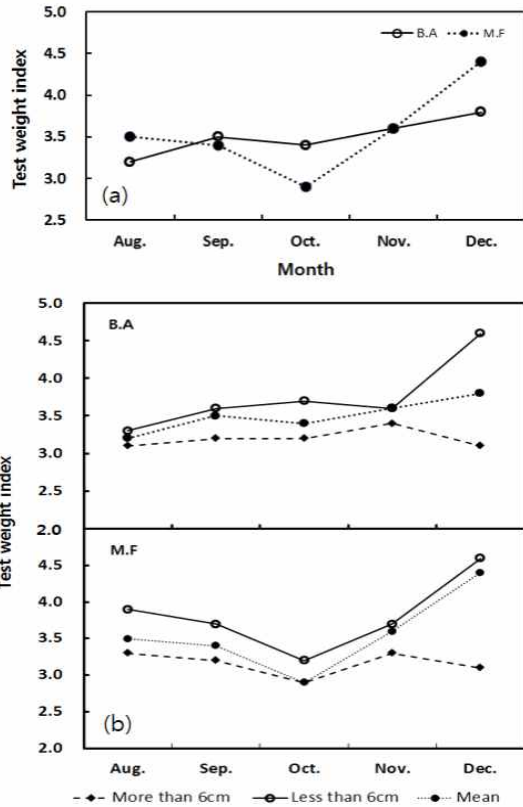


[Fig. 16] Relationships between test diameter and gut content index of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

마. 각중량

각중량 지수는 8월에서 10월까지 큰 변화가 없었으나, 산란 후 섭이량이 증가하여 소화관 내용물 지수가 증가하는 11월 이후 갯녹음 지역에서는 3.6~3.8로 큰 변화가 나타나지 않았고, 바다숲 조성지역에서는 3.6~4.4로 높아져 먹이원인 해조류가 풍부하므로 섭이율이 높아져 각중량 지수도 증가하는 것으로 추정된다([Fig. 17(a)]).

각경의 크기에 따른 각중량 지수는 각경이 6 cm 이상인 대형군일수록 낮아지는 현상이 현저하게 나타났다. 8월에서 12월까지 각중량 지수는 갯녹음 지역과 바다숲 조성지역에서 대형군이 3.1~3.4, 2.9~3.4로 각각 나타났으나, 소형군에서는 3.3~4.6, 3.2~4.6으로 대형군보다 지수치가 월등히 높았다([Fig 17(b)]).



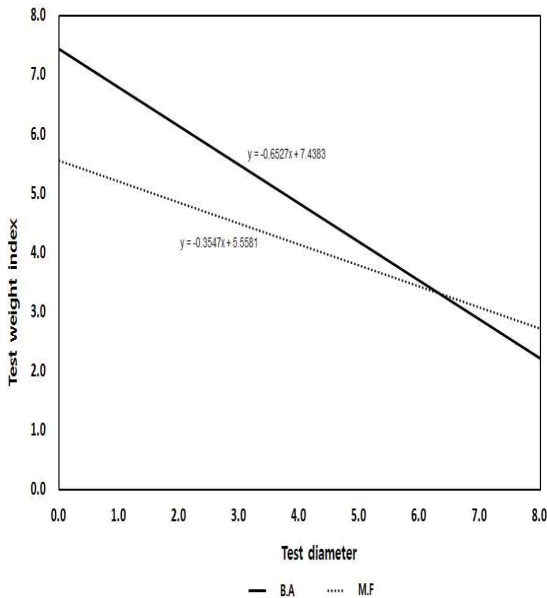
[Fig. 17] Monthly variations of the test weight index(a) and test weight index according to the size(b) of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

동근성게의 각경에 대한 각중량 지수의 상관관계는 [Fig. 18]과 같은 음의 상관관계로 나타났으며, 각경이 증가할수록 각중량 지수가 낮아졌고, 갯녹음 지역에서 더 심하게 낮아지는 것으로 나타났다.

바. 부위별 구성비

동근성게의 각 부위별 구성비는 갯녹음 지역에서 각 66.6%, 생식소 11.0%, 소화관 22.4%, 바다숲 조성지역에서 각 64.0%, 생식소 18.2%, 소화관 17.8%로 갯녹음 지역은 각과 소화관 비율이 높고, 바다숲 조성지역은 생식소 구성비가 높게 나타났다. 8월에서 12월까지 두 지역의 월별 각

의 구성비율은 62.7~71.6%, 62.1~69.7%로 큰 변화가 없었으나, 생식소는 갯녹음 지역이 8월에서 10월까지 12.2~17.6%를 차지하였고, 바다숲 조성 지역은 8월에서 10월까지 19.2~25.4로서 갯녹음 지역보다 구성비가 월등히 높게 나타났으며, 산란을 마친 11월 이후에는 두 지역 모두 5.4~5.6, 5.6~6.2로서 큰 차이를 보이지 않았다.



[Fig. 18] Relationships between test diameter and test weight index of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

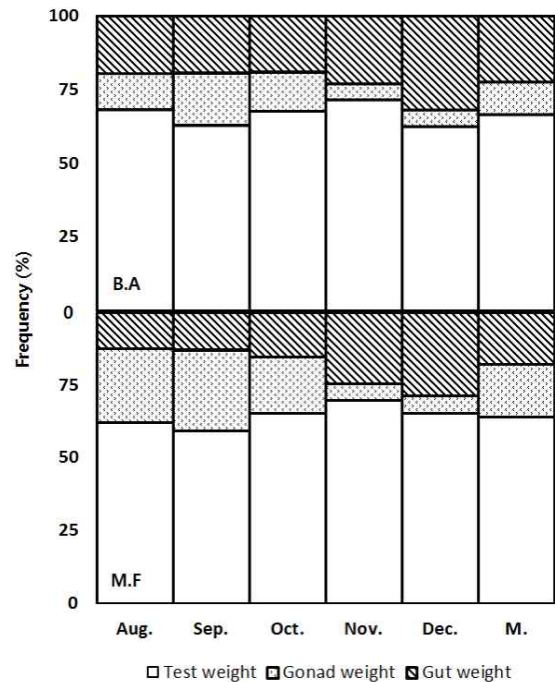
IV. 결론

1. 해조상 비교

우리나라 동해안 경북 울진군 덕신리 해역의 갯녹음 지역과 바다숲 조성지역에 서식하는 동근성계의 산란기인 8월에서 12월의 생태에 대해 비교한 결과는 다음과 같다.

울진군 덕신리 해역은 동해안 장호 해역의 해조류 구성 비율 녹조류 11.7%, 갈조류 25.2%, 홍조류 63.1%(Lee and Kim, 1999) 및 울진 해역 6

개소 해조류 구성 비율 녹조류 12.6%, 갈조류 33.3%, 홍조류 54.0%(Choi et al., 2006)의 결과와 비교하여 녹조류와 갈조류의 출현비가 낮지만 홍조류의 출현비가 높게 나타났다. 덕신리 해역의 해조상이 인근 해역보다 풍부하지 못하고 갈조류의 비율이 낮은 것은 인공적으로 시설한 바다숲 조성지역이므로 시설년도가 짧고(3년), 이식해조류인 감태가 부착기질을 대부분 점유하여 소형해조류의 광합성을 저해하므로 종수가 적은 것으로 사료된다. 특히 갈조류는 종수가 적은 것은 미역, 쇠미역 등 갈조류의 소실기인 8~11월에 이루어진 것 때문으로 생각된다. 해조류 현존량은 바다숲 조성지가 월 평균 2,065.0 g/m²으로 월 평균 120.4 g/m²인 갯녹음 지역보다 17.2배의 높은 해조류의 풍부도를 보였다. 각 지역에 서식하는 성체의 생태특성도 먹이 자원의 다양성과 현존량 및 소화율에 의해 큰 차이가 난 것으로 생각된다.



[Fig. 19] Frequency of body components of *Strongylocentrotus nudus* in barren and marine forest areas.

2. 등근성게 서식습성 및 생태특성 비교

등근성게는 춘계와 추계에는 전석과 암반의 표면에 붙어 생활하고 여름에는 암반의 그림자에서 생활하는 경향이 있다(Tuji et al., 1989). 강원 남해 연안에 서식하는 성게 3종의 서식습성은 등근성게 노출형, 새치성게 반노출형(Infiltrative), 말뚝성게 잠입형(Infiltration type)으로 구분하였고(Son, 1999), 삼척 호산에 서식하는 등근성게는 갯녹음 지역에서 노출 서식 개체가 많았고, 해조장에서는 숨은 개체의 비율 또한 낮았으며 바위틈에 서식하는 개체가 노출 서식처 개체보다 각경이 작은 소형 개체가 서식하였으므로(You et al., 2004), 본 조사와 비슷한 경향을 보였다.

등근성게의 연령과 각경 크기와의 관계는 일본 북해도 Urakawa 연안산은 2년생 41.8 mm, 3년생 51.8 mm, 4년생 61.1 mm(Kawamura, 1966a), 북해도 Yoichi 연안산은 2년생 35.7 mm, 3년생 46.2 mm, 4년생 54.3 mm, 5년생 62.6 mm(Kawamura, 1966b), 해상 가두리 사육시험에서 등근성게의 연간 각경 성장량은 1~2년생이 20 mm, 3~4년생이 10 mm, 5~6년생이 5 mm 정도 성장하는 것으로 나타났으므로(Park and Son, 1998), 성게의 성장 차이는 먹이 해조류, 서식환경, 수온 변화 등 여러 가지 요인이 있는 것으로 사료된다.

각경에 대한 각고의 비는 강원연안 새치성게 이식에 관한 연구(Son et al., 1989)에서 해조가 없는 깊은 곳 성게를 10 m층 해조장으로 이식한 결과 이식한 성게의 각경에 대한 각고의 비가 높게 나타났으며 비율은 약 1/2정도였고, 경북 연안산 등근성게의 각경은 각고의 2배 정도로 나타났다고(Park and Son, 1998). 본 연구에서도 해조가 적은 갯녹음 지역보다 해조가 풍부한 바다숲 조성 지역에서 각경에 대한 각고의 비가 높아졌으므로 일치되는 결과를 보였다.

등근성게 산란기는 지역에 따라 차이가 있지만 Son(1989)은 강원 연안에서 등근성게의 생식소 지수가 7월부터 증가하여 8월에 12~16으로 최대

치를 보인 후 9월부터 감소하여 10월부터 다시 8 이하로 급격히 감소하므로 산란기를 8~10월로 추정하였으며, 일본 Shinor, Hokkaido 지역은 9~10월, Asmushi에서는 9~11월초로 지역에 따라 약간의 차이가 있지만 주로 9~10월의 수온 하강기(12~20°C)인 것으로 보고하였으며(Sugimoto et al., 1982), 등근성게 생식소 발달은 겨울에서 봄까지 먹이량과 관계가 깊은 것에 기인하는 새치성게와 같은 원인으로 추정하였다(Kawamura, 1966b). 경북 연안의 수심 12~13 m에서 등근성게 산란기는 1992년에는 8~10월로 추정하였으나, 1993년에는 수온 14.5~22.5°C인 8~11월로 전년에 비해 1개월 늦어지므로, 동일장소에서도 그 해의 수온의 변화에 따라 산란기와 산란기간이 달라진다고 보고하였다(Park and Son, 1989). 본 연구에서는 해조류가 풍부한 바다숲 조성지역이 갯녹음 지역보다 생식소 지수 최대치를 보인 9월 1.6배 높은 값을 나타냈으므로 먹이자원은 풍요도에 따라 동일 장소에서 산란기는 같지만 생식소의 양에는 큰 차이가 있음을 알 수 있고, 울진군 덕신리 해역의 생식소 지수에 의한 주 산란기는 수온 15.0~22.0°C인 9월에서 11월로 추정하였다.

성게의 크기에 따른 생식소 지수는 보라성게의 경우 고연령군이 저연령군에 비해 일찍 산란을 마친다고 하였으며(Yoo et al., 1982), 새치성게의 경우 각경이 큰 개체일수록 일찍 산란하고(Son et al., 1989), 등근성게 생식소 지수는 각경 45 mm 이하의 개체는 12~14로 낮고, 각경 50 mm부터 23으로 증가하여 60 mm 이상의 대형 성게는 25 내외로 높았다고 하였으므로(Park and Son, 1998), 산란 전에는 대형군이 지수가 높고 산란 후 소형군보다 낮아진다는 본 결과와 일치되었다.

성별에 따른 생식소 지수는 새치성게의 경우 생식소 지수가 최고치일 때 난소는 성장기, 성숙 전기였으며, 정소는 성숙전기, 성숙후기였고, 암컷에서 성숙란이 생식소낭 내에 충만하는 것은 단기간이지만, 수컷에서는 조기에 정자피가 출현한다 하였고(Sugimoto et al., 1982), 말뚝성게도

수컷이 암컷보다 일찍 성숙한다 하였다(Park et al., 1990). 본 연구에서도 수컷이 산란기에 생식수 지수가 급격히 감소하여 암컷보다 일찍 산란하는 것으로 나타나 비슷한 결과를 보였다.

소화관 내용물 지수가 갯녹음 지역에서 더 높게 나타난 것은 바다숲 조성지역이 소화관 내용물의 부피가 크지만 갯녹음 지역에서 딱딱하고 무게가 많이 나가는 모래, 돌, 무절산호조 등의 내용물이 주를 이루는 것에 기인하는 것으로 사료되며, 제주도와 통영에서 보라성게와 말뚝성게의 섭식효과와 위 내용물을 조사한 결과 해조류 뿐만 아니라 태형동물, 해면류, 모래와 펄입자, 산호조류 등 다양한 종류의 동, 식물이 출현하므로 잡식성의 먹이 습성을 나타낸다고 하였다(Lee et al., 1998; Kim and Jang, 2012). 또한 두 지역 동일하게 생식수 지수가 높은 시기에는 소화관 내용물 지수가 낮았으나, 산란 후 지수가 높게 나타남으로서 소화관 내용물 지수는 생식수 지수와 반대 경향을 보였다. 새치성게 소화관 내용물 지수는 생식소 지수와 역상관 관계로 특히 난과 정자가 형성되어 방출이 시작되는 7~11월 사이에 심하게 반대 양상을 보이는데, 이는 생식소가 성숙되는 시기에 먹이를 대량으로 섭취하다가 산란기에 먹이 섭취량이 급속히 감소되고, 산란 후 다시 활발한 먹이 섭취를 시작하기 때문이라 보고하였다(Son(1999). 섭취량의 변화는 4, 5월에 최대를 보인 후 6월 이후 낮아져 7~9월에 최저를 보인 후 12월부터 다시 증가되며 생식소 발달이 좋은 개체는 소화관 내용물 지수가 낮아진다고 하였다(Fuji, 1962), 생식소 중량이 증가할 때 소화관 중량이 현저히 감소한다고 하였다(Son, 1989). 등근성게의 경우 해조류에 따라 통계학적으로 유의성의 유무를 보였지만, 평균적인 먹이 섭취량이 군집의 경우 더 높은 것으로 나타나 먹이 경쟁에 의한 해조류 섭취가 촉진된다고 하였는데(Kim et al., 2007), 갯녹음 지역에는 성게가 군집을 이루므로 더 섭취가 촉진된다고도 볼 수 있을 것 같다. Fuji(1962)는 생식소 지수가 높은 시기에

는 소화관 내용물 지수가 낮아진다고 하였으며, 북해도 남부의 10m층 등근성게의 소화관 내용물 지수는 4~5월에 1.4로서 최고 높은값을 보였고, 8월 하순에 0.5로 가장 낮은 값을 나타내었는데(Agatsuma and Sugawara, 1988) 다른 연구자들의 보고도 본 연구와 거의 일치 하는것으로 나타났다.

일본 북해도 남부 등근성게의 각종량 지수는 6~8월 하순 감소하고, 산란기인 9월부터 소화관 내용물 지수와 같이 상승하여 1월 하순에 4.4로서 최고 높게 나타났다고 하였는데(Agatsuma and Sugawara, 1988), 본 연구에서도 12월에 4.6으로 비슷한 결과를 보였다. 경북 연안 등근성게의 각종량 지수는 각경이 2 cm일 때 5.1로 가장 높았으나 각경이 커짐에 따라 점차 낮아져 각경 4.2 cm일 때 3.2로 가장 낮았으며(Park and Son, 1998), 10m 층의 대형 성게는 2 m 층의 소형성게보다 각종량 지수가 월등히 낮게 나타났으므로(Son, 1999), 본 연구와 일치된 결과를 보였다.

등근성게의 각, 생식소, 소화관의 구성비는 갯녹음 지역에서 각과 소화관 비율이 높았고 바다숲 조성지역은 생식소 구성비가 높게 나타났다. 남해 연안의 새치성게도 해조가 풍부한 곳으로 이식한 성게는 생식소 구성비가 높은 반면 소화관 구성비가 높은 것으로 나타나서 본 연구와 비슷한 결과를 보였다(Son et al., 1989).

3. 종합결론

경북 덕신리 해역의 등근성게는 해조류가 적은 갯녹음 지역에 비해 해조가 풍부한 바다숲 조성 지역에서 각경에 대한 각고의 비고 높고, 생식소 지수의 최대치가 1.6배 높은 값으로 나타으며, 매년 수온에 따라 산란기의 편차가 존재하겠지만 본 연구에서 주 산란기는 9~11월로 나타났다.

바다숲 조성 시 필수적으로 동반되어야 하는 조식동물의 제거를 효과적으로 수행하기 위해서는 지역이나 수온에 따라 산란기 편차가 존재하

지만 동해안에서 8~11월로 추정되며, 산란기 이전 조식동물을 구제한다면 훨씬 효과적인 바다숲 관리 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 먹이원이 거의 없는 갯녹음 지역은 바다숲 조성 지역에 비해 생식소의 양은 적지만 동일한 시기에 산란을 하며, 같은 생태적 특성을 띄고 있다. 따라서 바다숲 조성지의 이식 해조류 보호를 위해 구제 작업을 우선 시 해야하지만 갯녹음 지역의 구제도 동시에 수행해야 효과적인 개체수 조절이 가능할 것으로 사료된다. 본 연구는 조식동물의 한 종에 속하는 둥근성게를 대상으로 수행하였지만 동해안에는 성게류에 속하는 새치성게, 말뚝성게 및 고등류, 군소류 등 조식동물은 다양하게 분포하고 있다. 이러한 조식동물의 산란기 및 생태에 관한 연구가 동해안에서 수행된다면 더욱 효과적으로 조식동물 개체수 조절이 가능할 것으로 생각된다.

References

- Agatsuma Y and Sugawara Y(1988). Reproductive cycle and food ingestion of the sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*(A. Agassiz), in southern Hokkaido. II. Seasonal changes of the Gut content and test weight. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 30, 43~49.
- Agatsuma Y, Motoya S and Sugawara Y(1988). Reproductive cycle and food ingestion of the sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*(A. Agassiz), in southern Hokkaido. I. Seasonal changes of the gonad. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 30, 33~41.
- Choi CG, Kwak SN and Sohn CH(2006). Community Structure of Subtidal Marine Algae at Uljin on the East Coast of Korea. Algae vol 21(4), 463~470.
<https://doi.org/10.4490/algae.2006.21.4.463>
- Feldmann J(1937). Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranee. Rev. Alg. 10, 1-340.
- Fuji A(1960a). Studies on the Biology of the Sea Urchine I. Superficial and Histological Gonadal Changes in Gametogenic process of Two Sea Urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 11(1), 1~14.
- Fuji A(1962). Studies on the Biology of the Sea Urchine V. Food consumption of *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. Jap. Jour. Ecol. 12(5), 181~186.
- Hong SW(1996). Age and Growth of Sea Urchin, *Anthocidaris crassispina* (A. Agassiz). master thesis. Cheju National University.
- Kawamura K(1966a). Ecological studies and some discussion about the methods of conservation of the sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*, on the coast of Urakawa. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 5, 7~30.
https://doi.org/10.5179/benthos1996.53.2_79
- Kawamura K(1966b). On the Age determining character and growth of a sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*. Hokkaido. Cen. Fish. Exp. Stn. 6, 56~61.
- Kim NG and Jang JG(2012). Stomach Contents of the Sea Urchins, *Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus* and Characterization of the Marine Algal Community along the Tongyeong Coast of Korea. Korean J Fish Aquat Sci. 45(6), 686~693.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0686>
- 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(3), 133~140.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2007.40.3.133>
- Ku HD(1999). Studies on the Egg Development and Larval Growth in Hybridization of *Strongylocentrotus intermedius* and *Strongylocentrotus nudus*. master thesis. Gangnung Wonju National University.
- Lee IK and Kim YH(1999). Biodiversity and distribution of marine benthic organisms and uses of algal resources in the coastal zone of Korea and Japan. I. Benthic marine algae in the east coast of Korea. Algae. 14, 91~110.
- 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.
- MEIS, <https://www.meis.go.kr/mei/observe/port.do>.
- NATIONAL MARINE BIODIVERSITY INSTITUTE OF KOREA(2012). National List of Marine Species. 149~151
- Park MY, Lee YH and Chang JW(1990). Spawning Season of the Sea urchin, *Hemicentrotus pulcherrimus*(A. Agassiz). Bull. Korean Fish. Soc. 44, 67~76.
- Park YJ and Son YS(1998). Growth and Maturity of *Strongylocentrotus nudus* and *Hemicentrotus pulcherrimus* Inhabiting the Coastal Area of Kyungbuk, Korea. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea. 54, 11~17.
- Sin S and No BJ(1996). Illustrated encyclopedia of fauna&flora of Korea 36, Ministry of Education.
- Son YS(1999). Some Ecological Characteristics of Sea Urchins, *Strongylocentrotus intermedius*, *Strongylocentrotus nudus* and *Hemicentrotus pulcherrimus* in the East Sea Fisheries Research Institute, Bull. Nat'l. Fish. Res. Inst. Korea 57, 55~66.
- Son YS, Park YJ, Kim JD and Lee SD(1989). Study on ecology and transplantation of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*(A. Agassiz) in the coast of Kangwon-do in Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency. 43, 105~118.
- Sugimoto T, K Tajima and K Tomita(1982). Reproductive cycle of the sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*, on the northern coast of Hokkaido, Sci. Rep. Hokkaido Wakkanai Fish. Exp. Sta. 24, 91~99.
- Tuji S, Yoshiya M, Tanaka M, Kuwahara A and Uchino K(1989). Seasonal Changes in Distributions and Ripeness of Gonad of a Sea Urchin *Strongylocentrotus nudus* in the Western Part of Wakasa Bay. Bull. Kyoto Ocean Fish. Sci. 12, 15~21.
- 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 *Anthocardaris crassispina*(A. Agassiz). Bull. Kor. Fish. Soc. 15, 345~358.
-
- Received : 21 February, 2024
 - Revised : 06 May, 2024
 - Accepted : 28 May, 2024