

강원 사천연안 자연암반의 해조류 군락과 저서동물 군집

김병수 · 최윤석* · 윤종국** · 박기영†

(주)비에스해양개발(대표) · *블루텍(연구원) · **한국수산자원공단 동해본부(실장) ·

†강릉원주대학교(교수)

Algal and Macrozoobenthic Community in Natural Rock Area off the Sacheon Coast of Gwangwon Province

Byong-Su KIM · Youn-Scuk CHOI* · Jong-Kuk YOON** · Kie-Young PARK†

Bs Ocean Development(CEO) · *Bluetec(researcher) · **Korea Fisheries Resources Agency East Sea branch(division director) · †Gangneung Wonju National University(professor)

Abstract

Distribution and community of benthic algae and macrozoobenthose were investigated in a natural rock area off the Sacheon coast of Gangnung Gwangwon Province. Major results are summarized as follows: Macroalgal assemblage collected in the natural rock of Sacheon constituted a total of 36 species, including 4 species (11.1%) of Chlorophyta, 10 species (27.8%) of Ochrophyta, 22 species (61.1%) of Rhodophyta, with biomasses ranging from 161.7 to 1,278.1 gwwt/m². The most dominant macroalgal species were *Plocamium telfairiae*, *Sargassum horneri* and *Grateloupia cornea*. Major grazers in the natural rock of Sacheon were echinodea, univalve shell, and Aplysia. Their monthly abundances were 29-56 ind./225m² in echinode, 20-46 ind./225m² in univalve shell, and 3-9 ind./225m² (with the exception of no appearance in August to October) in Aplysia. Epibenthic zoobenthos in the natural rock of Sacheon were identified by 25 species of five phyla. Of these, Mollusca was highest with 11 species, followed by six species of Echinodermata and Porifera, respectively, and one species of Arthropoda and Chordata, respectively.

Key words : Sea urchins, Sea hare, Algae, Sacheon, Macrozoobenthic

I. 서론

최근 연안 어장의 해조류가 소실되고 어·패류의 산란·서식장 및 먹이자원 부족으로 어류자원의 감소 및 서식하는 전복, 성게 등의 생식소 및 육질부가 감소하므로 상품성이 하락하여 어민들의 소득이 감소되고 있으며, 갯녹음 현상에 따른 연안 어장의 황폐화는 심각한 단계에 이르고 있다(Yoon, 2021). 정부에서는 연안 자연암반의 치유와 환경 보전의 차원에서 생태 공학적 측면과

생물학적 측면을 동시에 이용한 바다숲 조성사업을 실시하여 황폐화된 연안 어장에 인공어초를 시설하고 다년생 해조류를 이식함과 동시에 포자를 방출하여 유업을 발생하는 방법, 해조 포식량이 높은 조식동물을 유인하여 동시에 제거하고 이식 해조를 보호하는 방법, 인공적으로 울타리 같은 바다숲을 자연암반이나 인공어초 사이에 시설하여 바다숲을 회복하는 노력 등을 기울이고 있다(Kwon et al., 2007).

성게류와 같은 조식동물은 연안에 서식하며,

† Corresponding author : +82 033-640-2342, parkky@gwnu.ac.kr

소라, 전복과 같이 군집의 형태로 이동하여 해조류를 대량 섭식하므로 해조류의 성엽이 소실될 뿐만 아니라 유엽이 부착하여 성장할 수 없을 정도에 이르게 되므로 조식동물의 섭식특성을 파악하는 것은 갯녹음 예방대책 및 바다숲의 복원 및 관리에도 상당한 기여를 할 수 있다(Kim and Jang, 2012).

동해안 연안 자연암반의 저서동물은 성게류, 군소류, 고등류가 가장 대표적이고, 저서동물 층성계는 등근성계(*Strongylocentrotus nudus*), 새치성계(*Strongylocentrotus intermedius*), 말뚝성계(*Hemicentrotus pulcherrimus*) 3종의 암초성이 가장 중요종이며 이중 과거에는 강원 이북에 주로 서식하는 한해성인 새치성계가 가장 우점하였으나, 최근에는 기후 온난화에 따른 수온 상승에 따라 온대성인 등근성계의 개체수가 가장 증가하여 우점종으로 변화되었으며, 말뚝성계는 연안 낮은 수심의 암반 사이에 서식하는 잠입성 소형 성계이나, 단위면적당 밀도가 높고 생식소 양이 많아 해녀들의 주 소득원이 되고 있다(Son, 1999). 성계의 생태에 관한 연구는 보라성계의 산란과 성장(Yoo et al., 1982), 동해안 성계 3종의 생태적 특징(Son, 1999), 보라성계의 연령과 성장(Hong, 1996), 보라성계와 말뚝성계의 지역별 번식 생태학적 특성(Lee et al., 2000) 등 많은 연구가 이루어져 왔다.

군소류는 군소(*Aplysia kurodai*), 말군소(*Aplysia juliana*), 검은테군소(*Aplysia parvula*) 3종이 주로 서식하고 있으며(Seo, 2009), 개체수는 다른 저서동물에 비해 적지만 해조류를 섭식하는 포식량은 성계보다도 높은 섭이율을 보이므로 군소의 대량 발생 시 해조장에 가장 큰 영향력을 갖는 개체군으로 대표된다(Yoo et al., 2007).

동해안에 서식하는 소형 고등류는 분포하는 개체수는 많으나 그 섭식량이 적고 해조장에 큰 영향을 미치지 않지만 지역별 특성에 따라 대량 발생하여 해조를 대량으로 훼손하는 경우가 종종 있다.

그러므로 본 연구에서는 자연암반에 서식하는 저서동물의 분포 상태와 주요종에 대한 생태를 규명하여 연안 생태계와 바다숲 조성을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 조사지 개황

동해안에서 저서동물, 해조류 분포상 및 주요종의 생태 측정을 위한 시료의 채집이 용이하고, 해역별 특성이 뚜렷한 곳을 조사한 결과 강원도 강릉시 사천진리 해역의 자연암반을 선정하였으며, 연안 모래사장에서 250~300 m 떨어진 곳으로 주변이 사질대인 수심 5~10 m의 독립된 암반으로 저서동물의 이동이 크지 않고, 연중 비슷한 환경에서 조사가 가능한 지역이다[Fig. 1]. 또한 해조상이 풍부하고 암반 주변에 다양한 저서생물이 서식하며, 저서생물 분포상과 생태특성을 조사하기 위하여 외력의 영향이 적으며, 인근 사근진 해역에서 과거 해조상 등을 조사한 자료가 있으므로 비교 고찰이 용이한 곳으로 선정하였다.



[Fig. 1] Map showing the sampling site in Sacheon natural rock(N37° 50.779, E128° 52.333).

2. 해양환경

조사지인 강릉시 사천진리 해역의 해양환경은 해양환경정보포털의 해양환경측정망 수온 자료를 인용하여 강릉시 사천진리 해역의 2020년 수온과 2015년에서 2019년까지 5개년 평균치의 2, 5, 8,

11월 4개월 자료를 이용하여 2020년 수온과 5년 평년치를 계절별로 비교 분석하였다.

3. 해조상

해조상 조사는 2020년 4월부터 11월까지 8개월 간 매월 해조류 식생을 대표할 수 있는 곳을 선정하여 다이빙을 통해 해조류를 채집하였다.

정량조사는 조사 대상 해역의 동일장소에서 채집을 위한 수중부표를 설치하고, 동일지역 해조상을 훼손하지 않는 범위에서 1.0×1.0 m 크기의 방형구를 사용한 후 수중카메라를 이용하여 촬영을 하였으며, 방형구 내의 모든 해조류를 끝갈 등으로 완전히 수거하여 현장에서 생물 상태로 아이스박스 에 넣어 즉시 실험실로 운반하였고, 각 분류군별, 종 단위까지 동정하고, 종별 습중량을 측정하여 현존량(biomass)으로 나타내었다. 조사 중 진분홍딱지(*Hildenbrandia rubra*), 흑돌잎(*Lithophyllum okamurae*) 등의 무절산호조류는 암반에 피복되어 채집이 용이하지 않아 현존량을 측정할 수 없었기에 조사결과에는 +로 표시하여 출현종만 나타내어 사천진리 해역에 서식하는 해조류의 계절적 분포상 및 우점종의 변화상을 도출하였다.

4. 저서동물상

저서동물 분포상 조사는 조사지 선정을 위한 사전 잠수조사에서 조사 암반 중 저서동물의 종류가 가장 다양하고 평탄한 곳을 선정하여 분포 개체의 계수를 쉽고 정확하게 하기 위하여 5 m 간격으로 구획된 15.0×15.0 m(225 m²) 면적에 대형 고정 방형구를 설치하고, 각 월별로 방형구 내에 서식하는 부착동물에 대해 수중메모판을 이용하여 주요 조식동물은 계수하고, 기타 종은 출현종을 메모판에 기재하고 사진 및 동영상 촬영 후 모니터링과 병행하여 출현종을 조사하였고, 단위면적당(225 m²) 분포량으로 환산하였다. 부착동물은 종별로 수중카메라를 이용하여 촬영

하여 이들의 서식습성을 파악하여 그 특성을 도출하였다.

5. 주요종의 분포 및 생태특성

월별 고정방형구(225 m²) 내에 서식하는 주요 조식동물인 성게류, 군소, 대수리를 채집하여 생물 상태로 즉시 실험실로 운반하였다.

각각의 출현종의 생태 측정은 성게의 경우 각경, 각고, 중량, 생식소, 소화관 내용물 등을 측정하였고, 각고, 각고는 vernier caliper를 이용하여 1/10 mm까지 측정하였으며, 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.

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

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

군소는 체장, 전중량, 난소 등을 측정하였으며, 체장은 vernier caliper를 이용하여 1/10 mm까지 측정하였고, 전중량은 생체중량을 측정하였다. 난소는 군소를 절개하여 난소를 절취 후 전자저울로 0.01g 까지 측정하였다.

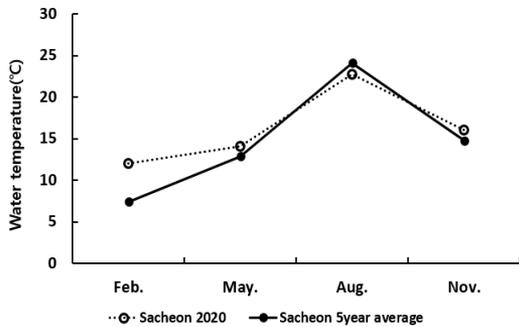
대수리는 각폭, 각고, 전중량 등을 측정하였으며, 각폭, 각고는 vernier caliper를 이용하여 1/10 mm까지 측정하였고, 전중량은 생체중량을 측정하였다.

III. 연구 결과

1. 해양환경

조사지인 강릉시 사천진리 해역의 금년 수온과 평년(5년 평균) 수온을 계절별(2, 5, 8, 11월)로 비

교하였다.



[Fig 2] Seasonal variations of mean water temperature at sampling site.

2월은 평년대비 4.6°C 고온상을 보였고, 동계 수온이 평년에 비해 높게 나타났으며, 5월에는 1.2°C 고온상을 보임으로 평년대비 약간 높은 수온차를 보였으나 동계보다는 수온차가 적었다. 8월은 평년대비 1.4°C 저온상이었고, 하계의 수온은 평년대비 상당히 낮게 나타났으므로, 성계의 산란기에 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다. 11

월은 1.3°C 고온상을 보임으로써 계절적으로 동계에 고수온을 보이다가 하계에는 다시 낮아졌다가 추계로 갈수록 점차 평년상을 보이는 현상이 나타났다([Fig 2]).

2. 해조상

강릉시 사천진리 해역에서 채집하여 동정된 해조류는 총 36종으로 녹조류 4종(11.1%), 대롱편모조류 10종(27.8%), 홍조류 22종(61.1%)이 출현하였으며, 해조류의 출현종수가 가장 많은 시기는 5월에 32종, 4월과 10월에 각각 25종이었고, 가장 적은 시기는 하계인 8월에 10종이 출현하였다 (<Table 1>).

사천진리 해역 자연암반에서 2020년 4월부터 11월까지 채집된 해조류 현존량은 161.7-1,278.1 gwwt/m²으로, 4월에서 6월에 943.2-1,278.1 gwwt/m²으로 가장 높았으며 하계에 접어들수록 급격히 감소하였으나 추계인 11월에는 서서히 증가하는 경향을 보였다(<Table 2>).

<Table 1> Number of appearance species by month in Sacheon natural rock.

Division	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Chlorophyta	3	3	3	2	1	2	4	4	4
Ochrophyta	9	10	9	5	2	2	7	7	10
Rhodophyta	13	19	17	12	7	9	12	13	22
Total	25	32	29	19	10	13	25	24	36

<Table 2> Biomass(wet weight in g/m²) of algal division in Sacheon natural rock.

Division	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Chlorophyta	16.4	16.0	16.6	13.6	7.3	10.6	17.3	25.9	123.7
Ochrophyta	616.7	717.5	406.9	103.0	19.8	27.3	72.5	108.6	2,072.3
Rhodophyta	310.1	544.6	595.5	452.0	134.6	144.1	114.1	150.8	2,445.8
Total	943.2	1,278.1	1,019.0	568.6	161.7	182.0	203.9	285.3	4,641.8

<Table 3> Monthly biomass(wet weight in g/m²) by appearance species in Sacheon natural rock.

Species	4	5	6	7	8	9	10	11	Total.
Chlorophyta									
<i>Bryopsis plumosa</i>							2.7	4.2	6.9
<i>Codium arabicum</i>	1.2	1.5	0.8			1.3	2.1	2.7	9.6
<i>Codium fragile</i>	5.1	6.2	7.3	8.5	7.3	9.3	10.2	15.5	69.4
<i>Ulva australis</i>	10.1	8.3	8.5	5.1			2.3	3.5	37.8
Ochrophyta									
<i>Colpomenia sinuosa</i>	5.2	7.3	3.7	2.1	4.7		3.7	4.1	23.5
<i>Dictyopteris divaricata</i>		5.3	6.8				9.2		21.3
<i>Dictyopteris pacifica</i>	8.5	7.2	6.3				5.3	7.8	35.1
<i>Dictyota ciliolata</i>	10.2	5.3	11.2	5.7			3.5	4.7	40.6
<i>Dictyota dichotoma</i>	128.4	99.6	5.7	20.5				20.7	274.9
<i>Petalonia binghamiae</i>	35.6	19.2							54.8
<i>Rugulopteryx okamurae</i>	15.4	12.7	213.5	14.5		7.1	8.3	15.3	286.8
<i>Sargassum horneri</i>	287.2	452.4	79.2	60.2	15.1	20.2	34.1	35.7	984.1
<i>Sargassum micracanthum</i>	20.5	17.1	10.4				8.4	10.2	66.6
<i>Undaria pinnatifida</i>	105.7	98.7	70.1					10.1	284.6
Rhodophyta									
<i>Acrosorium flabellatum</i>	20.4	36.4							56.8
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	3.1	2.3	1.5	2.5	1.7	2.0	2.1	1.5	16.7
<i>Bangia fuscopurpurea</i>	75.1	85.1	80.2						240.4
<i>Callophyllis crispata</i>	13.2	11.4	10.8						35.4
<i>Chondrus elatus</i>	3.7	4.4	3.5	2.8			4.1	5.4	23.9
<i>Chrysmenia wrightii</i>							2.9	3.8	6.7
<i>Dichotomaria falcata</i>	2.1	0.8	1.5	7.1					11.5
<i>Dumontia simplex</i>		3.8	4.7			2.5	3.7	5.1	19.8
<i>Gelidium elegans</i>		80.5	130.7	229.2	90.5	83.1	42.1	50.3	706.4
<i>Grateloupia cornea</i>		130.2	140.4	74.8	30.5	42.7	38.7	40.4	497.7
<i>Grateloupia sparsa</i>		40.8	50.1	30.8					121.7
<i>Grateloupia turuturu</i>	13.2	10.4	9.5						33.1
<i>Helminthocladia yendoana</i>	24.8	30.5							55.3
<i>Hildenbrandia rubra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lithophyllum okamurae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lomentaria catenata</i>		2.4	4.4						6.8
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	108.8	3.6	57.6	5.6					175.6
<i>Marionella schmitziana</i>	4.5	3.7	2.5	2.7		2.4	3.5	4.7	24
<i>Plocamium telfairiae</i>	41.2	53.5	60.3	71.4	10.4	9.8	11.4	21.5	279.5
<i>Polyopes affinis</i>		44.8	37.8	25.1				9.7	117.4
<i>Polysiphonia morrowii</i>							3.1	5.2	8.3
<i>Rhodymenia intricata</i>					1.5	1.6	2.5	3.2	8.8
Total	943.2	1,278.1	1,019.0	568.6	161.7	182.0	203.9	285.3	4,641.8

<Table 4> Species composition of macrozoobenthos in Sacheon natural rock.

Species	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
Arthropoda								
<i>Octomeris sulcata</i>					+	+	+	
Chordata								
<i>Halocynthia roretzi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Echinodermata								
<i>Apostichopus japonicus</i>	+	+	+				+	+
<i>Henricia reniessa</i>					+	+	+	
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Patiria pectinifera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Strongylocentrotus intermedius</i>	+	+	+			+	+	
<i>Strongylocentrotus nudus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Mollusca								
<i>Aplysia kurodai</i>	+	+	+	+				+
<i>Ceratostoma burnetti</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chlorostoma lischkei</i>	+	+	+	+				
<i>Crepidula onyx</i>		+	+	+	+			
<i>Liolophura japonica</i>	+	+	+			+	+	
<i>Mytilus unguiculatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Neptunea arthritica</i>	+	+	+			+	+	
<i>Nucella heyseana</i>	+	+	+			+	+	+
<i>Ostrea denselamellosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Reishia clavigera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Swiftopecten swiftii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Porifera								
<i>Callyspongia differentiata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cliona celata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Echinoclathria noto</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Halichondria oshoro</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Haliclona permollismilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hymeniacidon sinapium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

출현종별 현존량은 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)이 984.1 gwwt/m²으로 가장 높게 나타났고, 우뚝가사리(*Gelidium elegans*) 706.4 gwwt/m², 붉은까막살(*Grateloupia cornea*) 497.7 gwwt/m², 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*) 279.5 gwwt/m² 순으로 나타났으나 전체적인 피도는 참곱슬이가 전 암반에 골고루 분포하고 있었다. 4월에서 11월까지

연중 출현종은 청각(*Codium fragile*), 팽생이모자반, 개그물바탕말(*Rugulopteryx okamurae*), 우뚝가사리, 참곱슬이, 붉은까막살 등이었고, 진분홍딱지, 흑돌잎, 고리마디게발(*Amphiroa beauvoisii*) 같은 산호조류는 연중 현존량이나 피도의 큰 차이 없이 항상 분포하는 것으로 나타났다(<Table 4>).

3. 저서동물상

조사지점에서 출현한 저서동물은 5문(phylum) 25종(species)으로 연체동물문 11종, 극피동물 및 해면동물이 각각 6종, 그 외 절지동물 및 척삭동물이 각각 1종씩 출현하였다. 출현 개체수가 많은 성게류, 고둥류, 군소류는 별도로 개체수를 표시하였으므로 본 <Table 3>은 출현 유무만 표시하였고, 주요 분류군에서 연체동물의 입빨고둥, 관절매물고둥, 옆주름고둥, 대수리는 다른 종에 비해 개체수가 월등히 많았으며, 극피동물의 등근성게, 새치성게도 출현 개체수가 많았다.

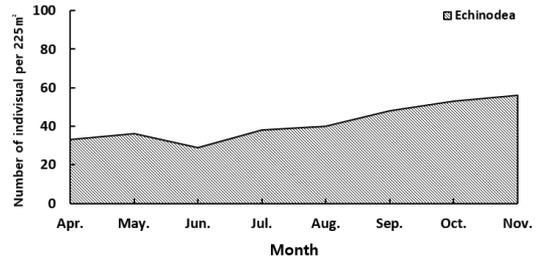
계절별 출현종은 부착성 저서동물의 경우 이동이 불가하여 연중 출현하였으나, 이동성 저서동물인 돌기해삼(*Apostichopus japonicus*), 군소 등은 시기에 따라 출현하지 않는 종이 있었으나 등근성게, 새치성게, 말뚝성게, 별불가사리(*Asterias amurensis*) 등 개체수가 많은 종류와 일부 고둥류는 연중 출현하는 것으로 나타났다.

대표적인 출현종의 서식형태는 등근성게, 새치성게의 경우 노출형(Exposure type) 또는 반노출형(Infiltrative exposure type)으로 암반 표면에 부착하여있고, 말뚝성게의 경우 암반 틈새에 잠입(Infiltrative)하여 있는 형태로 서식하였다. 우렁챙이(*Halocynthia roretzi*)의 경우 암반표면에 일부 부착되어 있었다. 고둥류는 대체로 분산되어 많은 개체가 분포하였으며, 대수리는 바위틈이나 움푹 파인 곳에 밀집해 서식하는 양상을 보였다.

4. 주요종의 분포 및 생태특성

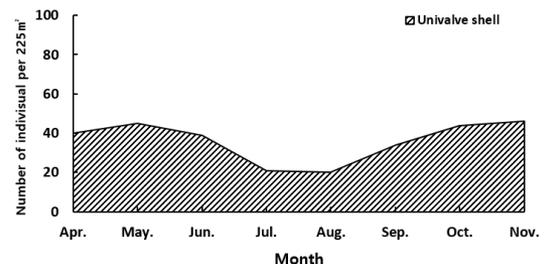
가. 주요종의 분포

성게류의 월별 출현 개체수는 29-56 ind./225m²의 범위로 나타났다. 4월에서 11월까지 월별 개체수는 큰 편차를 보이지 않았고, 4월과 5월에 30개체 정도였으며, 6월에 29개체로 최소치를 보인 후 7월 이후부터 점차 개체수가 증가하는 경향을 보였다. 성게류의 종별 분포량은 등근성게, 새치성게, 말뚝성게의 순으로 나타났다(Fig 3).



[Fig 3] Monthly variations of the distribution of echinodea in Sacheon natural rock.

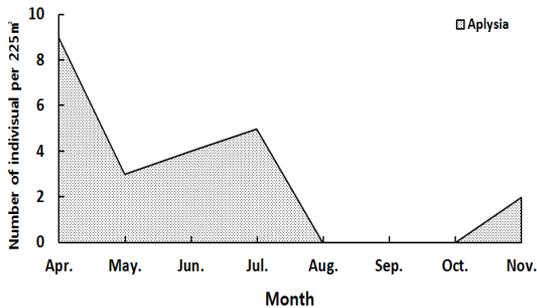
고둥류의 월별 출현 개체수는 20-46 ind./225m²의 범위로 4월에서 6월의 춘계에 39-40 ind./225m²로 증가하는 경향을 보였고, 6월부터 8월까지 감소하다가 8월 이후부터 다시 개체수가 증가하는 경향을 보였다. 종별 분포량은 대수리(*Reishia clavigera*), 입빨고둥(*Ceratostoma burnetti*), 옆주름고둥(*Nucella heyseana*), 관절매물고둥(*Neptunea arthritica*)의 순으로 나타났다. 과거 강원 연안에 우점하던 밤고둥(*Chlorostoma lischkei*), 명주고둥(*Chlorostoma xanthostigma*)의 개체수가 감소하고 온대성인 대수리가 대량 번식하는 분포 특성을 보였으며, 암반 틈새 등에서 대규모 군집을 형성하므로 개체수가 가장 많은 것으로 나타났다(Fig 4).



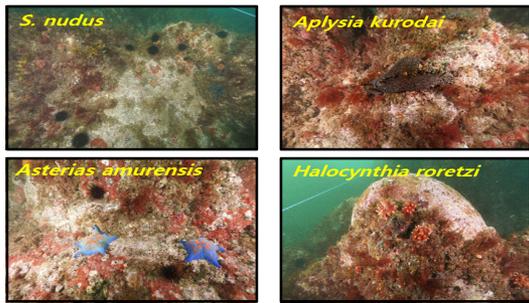
[Fig 4] Monthly variations of the distribution of univalve shell in Sacheon natural rock.

군소는 8월 산란기 전 3-9 ind./225m²가 출현하였으며, 4월에 9개체로 개체수가 가장 많았고, 산란기 이후에 새로 발생한 개체는 11월부터 발생하였으며, 2개체가 출현하였으나 해조류 섭이량이 많아 조식동물 중 가장 해조숲 훼손에 큰 영

향을 끼치는 포식자이다([Fig 5]).



[Fig 5] Monthly variations of the distribution of aplysia at Sacheon natural rock.

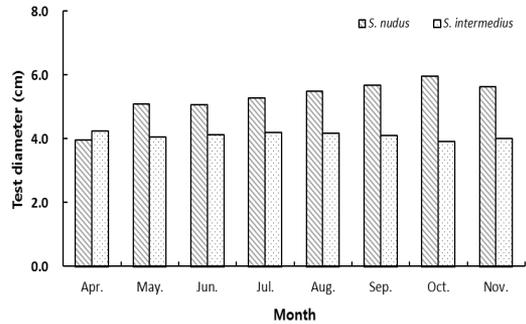


[Fig 6] A photographys showing the underwater habitat selection of macrozoobenthos in Sancheon natural rock.

나. 생태특성

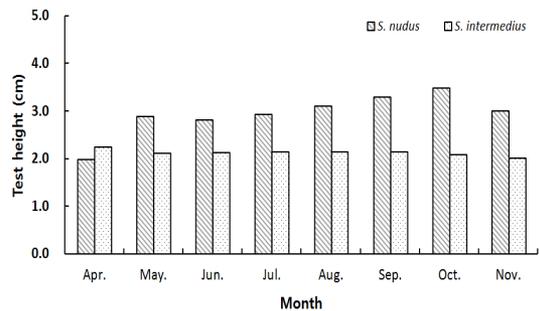
등근성계의 각경은 2.6-8.7 cm의 범위로 나타났으며, 평균 각경은 4.0-6.0 cm의 범위로, 4월에 4.0 cm로 평균치가 최소였고, 점차 증가하여 10월에 6.0 cm로 최대치를 보였다. 5월에서 11월까지 평균 각경 범위는 5 cm 내외로 3-4년생이 주축을 이루고 있었다([Fig 7]).

새치성계의 각경은 2.3-5.4 cm의 범위로 나타났으며, 평균 각경은 3.0-4.2 cm로써, 4월에서 11월까지 각경의 편차가 0.3 cm를 보임으로써 매월 비슷한 크기의 개체가 채집되었다. 전체적으로 등근성계가 새치성계보다 각경이 1.2 cm 정도 큰 개체가 채집되었는데, 이는 성계 종류에 따라 동일 연급군이지만 종별 생태특성에 따른 크기의 차이에 의한 것으로 추정된다.



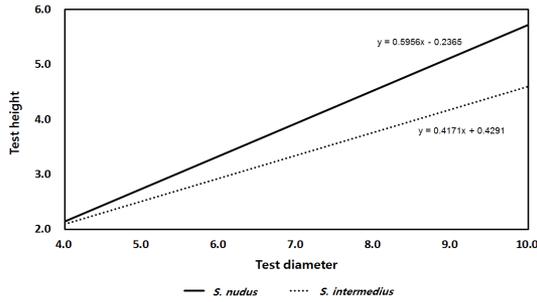
[Fig 7] Monthly variation of the mean test diameter of *Stronglyocentrotus nudus* and *Stronglyocentrotus intermedius* in Sacheon natural rock.

각고는 2020년 4월에서 11월까지 등근성계가 1.2-5.5 cm의 범위로 나타났으며, 평균 각고는 2.0-3.5 cm의 범위를 보였다. 새치성계의 각고는 1.3-3.0 cm의 범위로 나타났으며, 평균 각고는 2.0-2.3 cm의 범위를 보였다. 본 실험에서 새치성계보다는 등근성계가 더 대형종이 분포하는 현상을 보였다([Fig 8]).



[Fig 8] Monthly variation of the mean test height of *Stronglyocentrotus nudus* and *Stronglyocentrotus intermedius* in Sacheon natural rock.

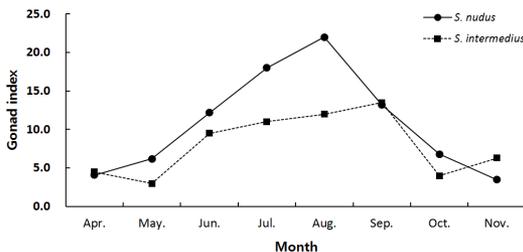
등근성계과 새치성계의 각경에 대한 각고의 상관관계는 [Fig 9]와 같이 나타났으며, 등근성계는 $Y=0.5956X-0.2365$, 새치성계는 $Y=0.4171X+0.429$ 의 관계식으로 나타났으며, 등근성계가 새치성계보다 각경이 증가할 때 각고의 증가율이 높았다.



[Fig 9] Relationship between the test diameter and test height of *Stronglyocentrotus nudus* and *Stronglyocentrotus intermedius* in Sacheon natural rock.

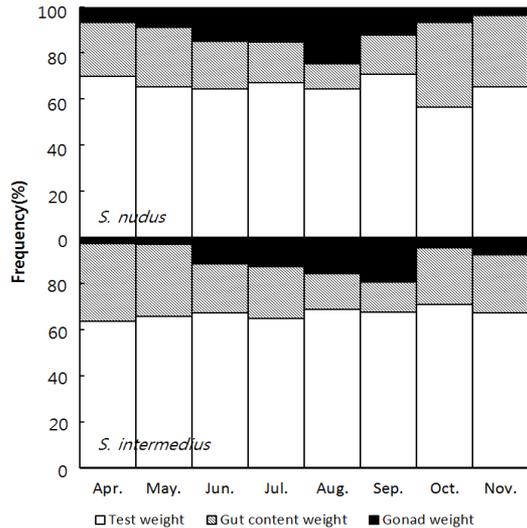
월별 생식소 지수의 변화는 등근성계가 0.1-30.3의 범위로 나타났으며, 평균 생식소 지수는 3.5-22.0으로 4월부터 서서히 증가하여 8월에 22.0으로 최대치를 보인 후 9월부터 감소하기 시작하여 11월에 3.5로 최소치를 보였다. 새치성계 역시 4월부터 증가하여 9월에 13.5로 최대치를 보였고, 10월에는 4.0으로 급격히 감소하였다. 최대치를 보인 시점은 등근성계는 8월, 새치성계는 9월에 최대치를 보였으며, 최고치를 보인 시점에서 등근성계의 생식소 지수가 새치성계의 생식소 지수보다 1.6배 높은 수치를 보였다([Fig 10]).

생식소 지수를 이용하여 성계의 산란기를 추정하면, 등근성계는 수온 17.3-23.7°C 범위의 8월에서 10월, 새치성계는 수온 17.3-23.0°C 범위의 9월에서 10월로 나타났다.



[Fig 10] Monthly variation of the gonad index of *Stronglyocentrotus nudus* and *Stronglyocentrotus intermedius* in Sacheon natural rock.

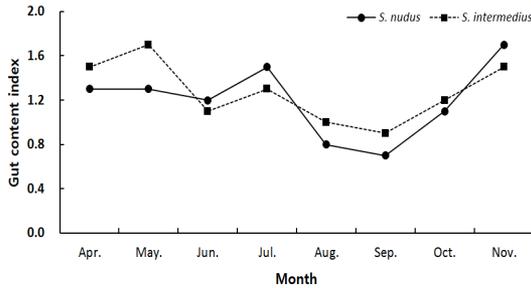
각 부위별 구성비는 등근성계 각 65.0%, 소화관 내용물 23.1%, 생식소 11.9%, 새치성계 각 66.7%, 소화관내용물 23.5%, 생식소 9.7%로 구성되어 있었으며, 두 종 모두 체 구성 비율이 비슷하게 나타났다. 등근성계는 6월부터 생식소의 구성비가 증가해 8월에 24.6%를 보인 후 10월부터 감소하였으며, 소화관 내용물 구성비는 4-5월에 20%대 이상이었으나, 7월부터 점차 감소해 8월에 10.8% 였다가 10월에 36.8%로 급증하였다. 새치성계도 등근성계와 비슷하게 각중량과 생식소 중량은 체 구성비에 있어 극히 상반된 현상을 보였다. 산란 전 활발한 섭이 활동을 하고 산란 시 먹이활동을 중단하고 산란을 마치고 다시 먹이 활동이 활발한 것으로 나타났으며, 각의 구성비는 연중 큰 변화를 보이지 않는 것으로 나타났다.



[Fig 12] Proportion of the body components(test, gut content, gonad) of *Stronglyocentrotus nudus* and *Stronglyocentrotus intermedius* in Sacheon natural rock.

소화관 내용물 지수의 월별 변화는 등근성계의 경우 0.4-1.7의 범위(평균 0.7-1.7)로 나타났고, 새치성계는 0.2-2.6의 범위(평균 0.9-1.7)로 비슷하게 나타났다. 두 종 모두 춘계에 소화관 내용물 지

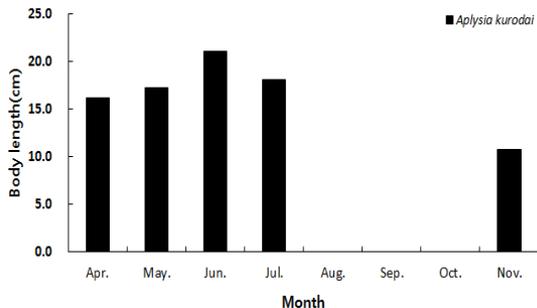
수가 높았고, 여름철에 등근성계는 0.7-0.8, 새치 성계는 0.9-1.0으로 급격히 낮아졌다가 가을철에 다시 증가되는 경향을 보였다([Fig 13]).



[Fig 13] Monthly variation of the gut content index of *Stronglyocentrotus nudus* and *Stronglyocentrotus intermedius* in Sacheon natural rock.

나. 군소

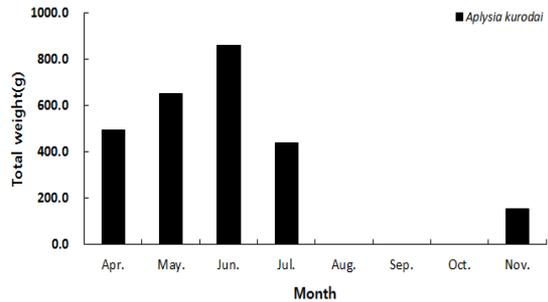
체장은 4월에 9.7-28.9 cm(평균 16.2 cm), 5월에 14.1-22.9 cm(평균 17.2 cm), 6월에 16.1-26.0 cm(평균 21.1 cm)로 증가하다가 7월에 16.9-20.2 cm(평균 18.1 cm)로 감소하였고, 8월부터 발견되지 않다가 11월에 다시 8.8-12.8 cm(평균 10.8 cm)의 개체가 채집되었다([Fig 14]).



[Fig 14] Monthly variation of the mean body length of *Aplysia kurodai* in Sacheon natural rock.

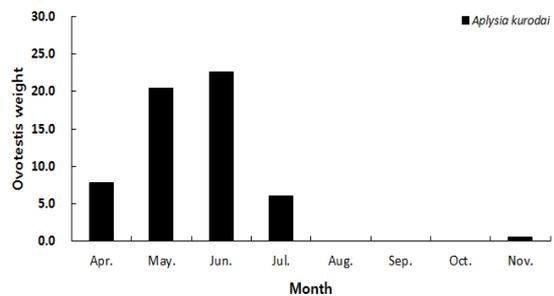
전중량은 조사 첫 달 4월에 86.3-982.2 g(평균 495.9 g)으로 비교적 대형 개체가 채집되었으며, 6월에 561.4-1,202.2 g(평균 560.5 g)으로 급속히

증가하였다가 7월에 368.2-532.5 g(평균 439.3 g)으로 감소하였으며, 8월부터 개체가 채집되지 않았고, 11월에 다시 112.4-200.9 g(평균 156.7 g)의 개체가 채집되었다([Fig 15]).



[Fig 15] Monthly variation of the mean total weight of *Aplysia kurodai* in Sacheon natural rock.

난소 중량 변화는 4월에 0.7-16.1 g(평균 7.8 g)이었으나, 5월과 6월에 각각 평균 20.4 g, 22.6 g으로 급격히 성장되었으며, 7월에 5.1-6.7 g(평균 6.1 g)의 크기를 보인 후 7월 이후 산란과 더불어 전부 폐사되고, 10월에 다시 출현한 개체에서는 모든 개체가 난소 중량이 0.5-0.6 g(평균 0.55 g)으로 미성숙된 상태를 보였다([Fig 16]).

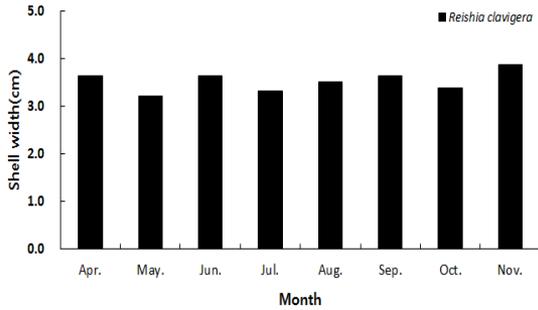


[Fig 16] Monthly variation of the mean ovotestis weight of *Aplysia kurodai* in Sacheon natural rock.

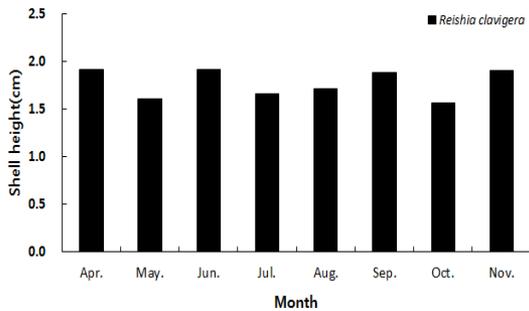
다. 대수리

4월에서 11월까지 각폭의 범위는 2.2-4.9 cm로 나타났으며, 평균 각폭은 3.2-3.0 cm로 월별로 큰

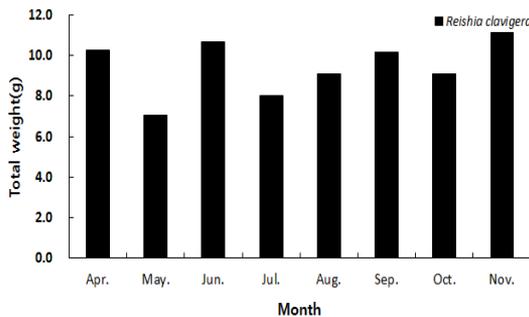
차이를 보이지 않았다([Fig 17]). 각고는 1.0-3.0 cm의 범위로 나타났으며, 평균 각고는 1.6-1.9 cm의 범위로 나타났다([Fig 18]).



[Fig 17] Monthly variation of the mean shell width of *Reishia clavigera* in Sacheon natural rock.



[Fig 18] Monthly variation of the mean shell height of *Reishia clavigera* in Sacheon natural rock.



[Fig 19] Monthly variation of the mean total weight of *Reishia clavigera* in Sacheon natural rock.

중량은 4월에서 11월까지 채집된 개체 중 4월에 5.0-24.9 g(평균 10.3 g), 6월에 4.0-20.0 g(평균 10.6 g), 11월에 6.7-21.5 g(평균 11.1 g)으로 비교적 큰 개체가 출현하였다([Fig 19]). 월에 따른 성장 변화나 개체군의 생태적 차이가 없는 것으로 나타났다.

IV. 결론

강릉시 사천진리 자연암반에 분포하는 해조류와 저서동물 분포상을 비교분석한 결과 해조상에 있어 Han(2012)은 본 조사지 인근인 강릉 가이암에 출현한 해조류의 종수는 2006년 10월에 10종, 2007년 10월에 23종이라 보고하였는데, 본 조사에서는 25종으로 더 많이 나타났으며, Lee and Kim(1999)은 동해안 장호 해역에 조사한 해조류 구성비가 녹조류 11.7%, 대룡편모조류 25.2%, 홍조류 63.1%로 보고하여 본 결과와 거의 일치되게 나타났고, (Choi et al., 2006)은 울진 해역에서 녹조류 12.6%, 대룡편모조류 33.3%, 홍조류 54.0%로 보고하였으므로 본 조사보다는 대룡편모조류의 출현비가 조금 높게 나타났다.

출현종 구성에 있어 Feldmann(1937)의 홍조류 종수에 대한 대룡편모조류 총 종수비인 R/P값을 이용하여 한·온대지역(1.1)과 아열대지역(3 이상)으로 구분하여 특성을 연구하였었는데 금번 조사에서는 R/P값이 2.2로서 온대지역의 해조상 값에 가까웠고, Son(1999)은 1993년 양양군 남애리 해역에서는 1.33으로 보고하여 본 조사보다 다소 낮았었는데 이는 과거보다 점차 해조상이 온대화 되는 것에 기인한다고 생각된다.

본 연구의 조사지점 인근 지역인 강릉 사근진 해역의 해조류 현존량은 226.4-2,127.7 gwwt/m²으로 나타났으므로(Han, 2012) 비슷한 경향을 보였다. Sohn et al.(2007)은 강릉 연안 조하대 해조류 수직분포는 연안 수심 15 m 내외에 다시마 (*Saccharina japonica*), 15-25 m에 개다시마

(*Saccharina sculpera*)가 대규모 군락을 이루고, 더욱 깊은 수심에서는 야키시리구멍쇠미역(*Agarum cribrosum*)이 분포한다고 보고하였고, Nam(1986)은 동해안 죽도 수심 12 m 부근에 연중 애기다시마(*Saccharina religiosa*) 군락이 높은 피도로 우점하여 분포한다고 보고하였다.

등근성계의 각경은 Choi(2020)의 경북 덕신리에서 채집된 성계의 평균 각경 4.9-7.6 cm보다 소형이었고, 경북 창포리 수심 7-8 m에서 채집한 성계의 각경 40-80 mm보다(Park and Son, 1998) 소형으로써 강원 연안의 등근성계가 경북 연안의 등근성계보다 크기가 작은 것으로 나타났다.

성계의 각경 크기에 따른 연령에 관한 연구는 Kawamura(1966a)는 일본 북해도 Urakawa 연안산 등근성계가 2년생 41.8 mm, 3년생 51.8 mm, 4년생 61.1 mm라 보고하였고, 북해도 Yoichi 연안산은 2년생이 35.7 mm, 3년생이 46.2 mm, 4년생이 54.3 mm, 5년생이 62.6 mm라고 보고하였으며(Kawamura, 1966b), 제주시 대포리 연안의 보라성계는 1세 13.52 mm, 2세 21.77 mm, 3세 27.84 mm, 4세 32.48 mm, 5세 35.97 mm로 보고되었으나, 제주시 영락리 연안은 2세 23.87 mm, 3세 31.42 mm, 4세 37.58 mm(Hong, 1996)라 보고하였으므로, 성계의 성장은 동일종이라 하더라도 서식환경, 먹이 해조류, 지형적 차이 등에 의해 많은 영향을 받는 것으로 추정된다.

등근성계가 새치성계보다 각경이 증가할 때 각고의 증가율이 높게 나타났는데, 각경에 대한 각고의 비는 강원 연안 새치성계 이식에 관한 연구에서 해조가 없는 깊은곳 성계를 10 m 해조군락으로 이식한 결과 각경에 대한 각고의 비가 높게 나타났고, 각고는 각경의 약 1/2정도 였다고 보고되었다(Son et al., 1989). 경북 연안산 등근성계의 성장과 성숙에서 등근성계의 각경은 각고의 2배 정도로 보고하였으며(Park and Son, 1998), 본 연구에서는 등근성계는 각경의 각고비가 0.55, 새치성계는 0.51로 나타났으므로 기존 연구와 비슷한 결과를 보였다.

성계의 산란기에 대한 연구는 경북 석병 연안에서 등근성계 산란기가 1992년에는 23-20°C인 8-10월, 1993년에는 수온 14.5-22.5°C인 8-11월로 나타나 동일 장소에서도 수온 변화에 따라 변한다고 하였는데(Park and Son, 1998), 본 연구에서도 등근성계는 수온이 17.3-23.7°C인 8-10월로 나타나 비슷한 결과를 보였으며, 등근성계는 수온이 높을수록 일찍 산란을 마치며, 낮으면 서서히 이루어지는 것으로 나타났다. 다른 연구에서도 등근성계의 산란기는 일본의 Shinori, Hokkaido 지역은 9-10월, Asmushi 지역은 9-11월 초로 지역에 따라 차이가 있지만, 주 산란기는 9-10월의 수온 하강기인 것으로 조사되었다(Sugimoto et al., 1982). Son(1999)은 등근성계는 생식소 지수가 9월초에 최대치를 보인 후 10월부터 감소되었으며, 새치성계는 9월에 생식소 지수가 13.0으로 최대치를 보인 후 9-11월에 감소되어 강원 남해 연안에서의 주 산란기는 등근성계 8-9월, 새치성계 9-11월로 추정하여 본 연구결과와 거의 일치되었다. Choi(2020)도 경북 덕신 연안에서 조사한 등근성계의 주 산란기를 수온 15.0-22.0°C인 9-11월로 나타났다고 보고하였다. Lee et al.(2000)은 잠수기선으로 채집한 새치성계의 생식소 지수는 10월에 최대치를 보인 후 12월에 최소치를 나타낸다 하였고, Son et al.(1989)은 강원 연안 새치성계 이식시험 결과에 의한 산란기는 9월에서 11월 사이의 3-4개월 간으로 추정하였으므로, 동해안에 있어서 성계의 산란기는 수온에 따라 약간에 차이는 있지만 대부분의 연구결과가 등근성계, 새치성계는 공히 여름철 수온 상승기에 생식소 지수의 상승과 더불어 산란을 시작하여 수온 하강기에 산란을 마치는 특성을 보였다. Son(1999)은 새치성계의 소화관 내용물 지수는 생식소 지수와 역상관관계를 보였고, 특히 산란기인 7월에서 11월 사이에 심하게 반대 양상을 보인다고 하였고, 또한 다른 연구에서도 생식소가 성숙하기 시작하는 시기에 대량으로 먹이를 섭취하였다가, 산란기에는 먹이 섭취량이 급속히 감소되고, 산란 후

활발한 먹이 섭이를 시작한다고 보고하였다(Fuji, 1962).

군소의 일반적인 성장은 가을에 어린 개체들이 나타나서 겨울까지 서서히 성장하여 봄, 초여름까지 꾸준히 성장하고 늦여름에는 개체들이 관찰되지 않았다가 가을에 어린 개체들이 출현하므로 수명은 1년생으로 추정되었다(Seo, 2009). 본 연구에서 채집된 군소는 2008년 부산 동백섬에서 채집된 군소(Seo, 2009)보다 전중량이 300 g 이상 큰 대형 개체였으며, 동백섬에서는 7월부터 개체가 발견되지 않고, 9월에 평균 53 g인 개체가 채집되었으나 강릉시 사천진리 연안에서는 8월부터 개체가 발견되지 않고, 11월에 다시 출현하는 것으로 나타났다. 군소는 조식동물 중 해조류 섭이량이 가장 높은(약 2,513 mg/m²) 대형 조식동물이므로, 그 포식량에 의해 급격한 성장이 이루어지는 것으로 추정되며, 등근성계(약 1,500 mg/m²), 새치성계(약 733 mg/m²)와 더불어 해조장에 가장 큰 영향을 갖는 개체군으로(Yoo et al., 2007) 이 종들의 구제 관리가 해조장 구성에 중요한 사안 중 하나이며, 이들의 구제는 등근성계, 새치성계, 군소 공히 산란기인 늦여름 이전에 집중적으로 수행되어야 최대의 효과를 거둘 수 있을 것으로 보인다.

대수리는 우리나라의 전 연안에 분포하는 소형 육식성 동물로 (Yang et al., 2010)은 각고가 1.9-2.8 cm 범위였으나 본 조사에서는 3.2-3.9 cm 로써 다른 지역보다 다소 큰 개체가 서식하는 것으로 나타났으며, 과거 동해안 연안암반의 고둥류 중에는 밤고둥이 가장 우점하였으나 최근 환경변화에 따라 집단 군락을 이루는 대수리가 대량 분포하는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과로 동해안 해조류의 분포양상 및 천이과정, 주요 조식동물의 분포 및 특성을 이용하여 금후 바다숲 조성의 더 효율적인 사업 추진을 위하여 해조류와 조식동물의 상호작용 및 분포와 생태에 대한 기초자료를 확보하고자 하였다.

References

- Choi CG, KWAK SN and Sohn CH(2006). Community Structure of Subtidal Marine Algae at Uljin on the East Coast of Korea. *Algae* vol21(4), 463~470.
<https://doi.org/10.4490/algae.2006.21.4.463>
- Choi YS(2020). A study on ecological characteristics of spawning season of sea urchin, *Strongylocentrotus nudus* in barren areas and marine forest areas. master thesis. Gangnung Wonju National University.
- Chun CK(2006). A Study on the subtidal seaweed ecology in northern area of Gangwon coast. master thesis. Gangnung Wonju National University.
- 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.
- Han KS(2012). Algal Succession on Gaiam (Gangneung, Korea) after Transplantation of *Ecklonia cave* Kjellman(Phaeophyta). doctoral dissertation. Gangnung Wonju National University.
- 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.
- 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, 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.
- Kim HS, Lee IK, Koh CH, Kim IH, Suh YB and Sung NK(1983). Studies on marine benthic communities in inter- and subtidal zone. I. Analysis of benthic community structure at Aninjin, east coast of Korea. Proc. Coll. Natur. Sci., SNU(8), 71~78.
- Kwon HO(2008). Manual of seaweed in whitening coastal area. doctoral dissertation. Pukyong National University. 123.
- 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 JJ, Kim BK, Kang SK, Chung SC, Lee KW and Choi KS(2000). Reproductive Ecology and Genetic Variations in the Sea Urchins *Anthocardaris crassispira* and *Hemicentrotus pulcherrimus* in the Cheju Coast. Journal of Aquaculture 13(2), 129~135.
- MEIS, <https://www.meis.go.kr/mei/observe/port.do>.
- Nam KW(1986). On the marine benthic algal community of Chuckdo in eastern coast of Korea. Korean J. Phycol(1), 185~202.
- Park YJ, Son YS(1998). Growth and maturity of *Strongylocentrotus nudus* and *Hemicentrotus pulcherrimus* inhabiting the coastal area of kyungbok, Korea. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea(54), 11~17.
- Seo HY(2009). Growth and Reproductive Cycle of *Aplysia kurodai* Baba(Mollusca: Opisthobranchia) in the Coastal Waters of Busan, Korea. master thesis. Pukyong National University.
- Sin S, 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.
- Sohn CH, Choi CG and Kim HG(2007). Algal Communities and Useful Seaweed Distribution at Gangnung and It's Vicinity in East Coast of Korea. Algae 22(1), 45~52.
- Sugimoto T, K Tajima and K Tomita(1982). Reproductive cycle of the sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*, on the northern coast of Hokkaid, Sci. Rep. Hokkaido Wakkanai Fish. Exp. Sta. 24, 91~99.
- Yang HS, Kim BK, Park HS and Choi KS(2010). Report on the Annual Reproductive Cycle and Imposex Phenomenon of the Rock-Shell, *Thais clavigera* in Jeju Port. Korean J. Malacol. 26(1), 97~105.
- Yoo JW, Kim H.J, Lee H.J, Lee CG, Kim CS, Hong JS, Hong JP and Kim DS(2007). Interaction between Invertebrate Grazers and Seaweeds in the East Coast of Korea. The Sea 12(3), 125~132.
- Yoo SK, Hur SB and Ryu HY. 1982. Growth and spawning of the sea urchin *Anthocardaris crassispira* (A. Agassiz). Bull Kor Fish Soc 15, 345~358.
- Yoon SY(2021). Effect of the elimination of grazers on ecology in the artificially-created marine forest off the coast of Gangwon Province of Korea. master thesis. Gangnung Wonju National University.

-
- Received : 27 September, 2023
 - Revised : 04 December, 2023
 - Accepted : 08 December, 2023