Journal of Environmental Science International
22(6); 761~771; June 2013

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
http://dx.doi.org/10.5322/JESI.2013.22.6.761

ORIGINAL ARTICLE

강릉 사근진 해역의 해산식물 군집구조 특성

김영대 · 안중관[1)*] · 박미선[2)] · 김현겸[3)] · 민병화 · 연수영[4)] · 김영환[4)]

국립수산과학원 동해수산연구소, [1)]국립공원연구원, [2)]국립수산과학원 양식관리과,
[3)]한국수산자원관리공단, [4)]충북대학교 생물학과

Characteristics of Subtidal Marine Plant Community Structure at Gangneung Sageunjin in the East Coast of Korea

Young Dae Kim, Jung Kwan Ahn[1)*], Mi Seon Park[2)], Hyun Gyem Kim[3)],
Bong Hwa Min, Su Yeoung Yeon[4)], Young Hwan Kim[4)]

East Sea Regional Fisheries Research Institute, Gangneung, NFRDI 210-860, Korea
[1)]Korea National Park Research Institute Marine Research Center, Sacheon-si 664-701, Korea
[2)]National Fisheries Research &Development Institute. Busan 619-705, Korea
[3)]Korea fisheries resources agency, East Sea branch, Pohang 1002-2, Korea
[4)]Department of Biology, Chungbuk National University, Chengju 361-763, Korea

Abstract

The species composition and variation of marine plants at Saguenjin in the east coast of Korea were investigated monthly from October 2008 to December 2009. As a result, 92 species of marine plants identified, 91 species were seaweeds (7 green algae, 22 brown algae, 62 red algae) and 1 were sea grass. Dominant species in importance value were melobesioidean algae, *Ulva pertusa* and *Phyllospadix iwatensis*. The vertical distribution of algae were characterized by melobesioidean algae, *U. pertusa* at 3 m depth, melobesioidean algae, *P. iwatensis* and *U. pertusa* at 5 m depth and melobesioidean algae, *Chondrus ocellatus* and *Prionitis cornea* at 10 m depth.

Key words : Sageunjin, Marine plants, Seaweed, Subtidal zone

1. 서 론

해산식물은 연안 생태계의 1차 생산자뿐만 아니라 각종 어패류의 산란과 보육장소, 서식처 및 은신처 등 중요한 역할을 수행하고 있고, 인류도 식용, 사료 그리고 비료 등의 전통적인 이용과 더불어 현대에는 의약품, 공업용 원재료 등 산업적으로 중요한 생물자원으로 각광받고 있다(Dring, 1992; Graham과 Wilcox, 2000). 해조류는 극동아시아인 한국, 일본, 중국에서 오래전부터 식용으로 이용하고 있으며 대량으로 해면양식이 이루어지고 있다(Sohn, 1996). 최근에는 해조류가 다양한 항암, 항균 및 기능성 물질(Worm 등, 2000)을 함유하는 것으로 밝혀져 의약품 개발의 원료로서 관심이 증대되고 있으며 바이오에너지와 이산화탄소 저감 등의 연구소

Received 12 February, 2013; **Revised** 14 June, 2013;
Accepted 24 June, 2013
[*]**Corresponding author** : Jung Kwan Ahn, Korea National Park Research Institute Marine Research Center, Sacheon 664-701, Korea
Phone: +82-55-831-8507
E-mail: jungkwanahn@gmail.com

ⓒ The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
ⓒⓒ This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

재로 활용되고 있다(Chunhan, 1987; Gao와 McKinley, 1994; Horn 등, 2000).

Kang(1996)은 국내 연안의 해조상 분석과 해류 특성에 따라 5개 구역으로 나누어 해조류 분포를 논하며, 동해안을 원산만 이북의 동해북구와 울기곶까지 동해남구로 구분하였고, 동해남구 해조류 196종(남조류 3종, 녹조류 25종, 갈조류 48종, 홍조류 120종)을 보고하였다. 이후 1980년대에 들어 동해안에 분포하는 해조류의 특성이 밝혀지기 시작하였고, 해조류 이외의 중요 해산식물인 해초류도 동해안 지역에 7종이 분포하는 것으로 보고되었다(Lee와 Lee, 2003).

동해안 해조류 군집에 대한 연구의 대부분은 접근이 용이한 조간대에서 수행되었으며(Boo와 Lee, 1986; Boo, 1987; Lee와 Lee, 1988; Lee 등, 1993; Lee와 Kim, 1999), 동해안 조간대는 조수 간만의 차이가 매우 적어 조간대의 폭이 좁은 특징으로 대부분의 해산식물은 조간대보다는 조하대에 주로 출현하고 있다(Kim 등, 2011a). 조하대 해산식물에 관한 연구는 SCUBA diving 등을 통한 제한적인 조사를 수행하여야 하며, 조사가 어려운 중에도 해조류를 대상으로 연구한 자료는 오호리 죽도 조하대에 대한 연구(Koh, 1983; Koh와 Sung, 1983; Koh 등, 1989)를 필두로 몇몇 연구자들(Chung 등, 1991; Choi 등, 2006; Kim 등, 1983, 2007, 2010, 2011a, 2011b, 2012b; Nam, 1986; Shin 등, 2008a, 2008b, 2011; Yoo, 2003)에 의해서 일부 밝혀졌지만, 동해안 연안의 조하대 해조군집의 특성을 규명하기에는 미흡한 실정이다.

동해안의 해조상과 군집에 관한 수년간의 연구를 통하여 해조류 서식지에 대한 특성이 밝혀지고 있으며 이러한 노력과 결과는 연안이용과 보존에 매우 유용한 자료로 사용될 것으로 판단된다. 해조류는 다양한 환경의 영향을 받고 있으나 그중 수온이 중요한 환경요소이다(Fujita, 2010; Kim 등, 1998). 광량과 영양염도 중요한 환경요소이다(Kim, 2010). 따라서 고착성 해산식물은 연안 생태계에서 다양한 생태학적 중요성 이외에도 생물학적 혹은 비생물학적 환경변화에 따라 해조군집의 종다양성, 출현종 및 생물량이 변화하는 특징으로 환경변화를 알 수 있는 훌륭한 지표생물(indicator organism) 또는 생물지시자(bio-indicator)로 사용이 가능하다(Abbott와 North, 1971; Orfanidis 등, 2001). 본 연구는 동해안 중부에 위치한 사근진해안의 조하대 해산식물 군집을 조사하여 연구가 미약하였던 국내 조하대 해산식물 군집에 대한 기초자료를 확보하고 주변 도시의 발달과 피서객의 영향으로 위기에 처해있는 연안 해양생태계의 보전을 위한 자료를 확보하기 위해서 수행되었다.

2. 재료 및 방법

강원도 강릉시 경포대 해변으로부터 북쪽으로 접해있는 강릉시 안현동(사근진, 37°48'N, 128°54'E)의 조하대 3 m, 5 m, 10 m 수심의 자연암반에서 2008년 10월부터 2009년 12월까지 매월 조사를 실시하였다(Fig. 1).

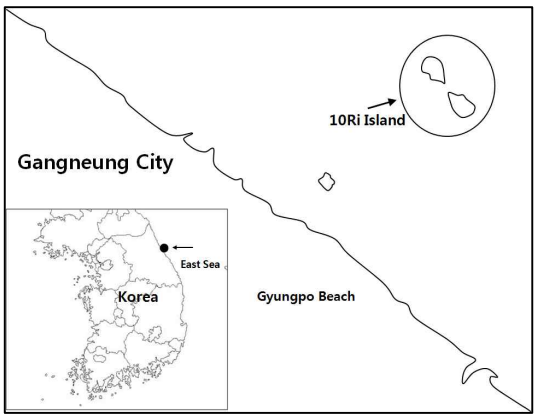

Fig. 1. Map showing the location of sampling sites at 10Ri Island, east coast of the Korea.

연구 지역은 외해에 접하고 있어 파도의 영향을 많이 받는 지역으로 해류 소통이 원활하다. 조간대지역은 암반이 잘 형성되어 있으며 수심 20~30 m 지역에는 모래가 완만한 경사로 조하대까지 넓게 분포하여, 조하대의 기질은 주로 모래와 일부 암반이 분포하는 특징이 있다.

예비조사를 통하여 조사지의 조하대 해산식물의 수직적 분포를 대표할 수 있는 것으로 판단되는 수심 3 m, 5 m 및 10 m 지점을 대상으로 2008년 10월에 1 m × 1 m 영구방형구를 설치하였다. 영구방형구는 모든 수심에서 2개씩 설치하였고, 이후 2009년 12월까

지 매월 영구방형구 중심에 50 cm × 50 cm 스테인레스 방형구를 놓아 디지털 카메라로 수중 사진을 촬영하였다. 이때 대형 해조류에 가려지는 해조류의 동정을 위하여 바닥의 해조류가 보이도록 대형 해조류의 조관(canopy)을 움직여 한 번 더 사진을 촬영하였고, 화면상에서 종 동정이 어려울 것으로 예상되는 해조류는 주변에서 소량 채취하여 동정에 참고하였다. 해조류 출현종의 목록 정리와 국명 인용은 Lee와 Kang(1986, 2002)과 Lee(2008)에 따랐다. 남조류(blue-green algae)는 최근 세균의 일종인 남세균(cyanobacteria)으로 간주하기 때문에 조사 대상에서 제외하였고, 무절산호조류(민산호말, melobesioidean algae)는 PC 모니터 상에서 종 수준의 정확한 동정이 어려운 탓에 부득이 무절산호조류로 일괄 처리하였다(Kim 등, 2011a).

수심별로 매월 영구방형구에 출현한 해조류를 PC 모니터의 화상을 이용하여 종별 피도와 빈도를 측정하고 상대피도와 상대빈도를 계산하였다(Kim 등, 2011a). 피도와 빈도는 수심별 영구방형구마다 2회 반복하여 평균치를 계산하였고, 이렇게 얻어진 영구방형구별 상대피도와 상대빈도 평균치를 바탕으로 종별 중요도(importance value: IV)를 계산하였다(Brower 등, 1998; Cox, 1996; Lee 등, 2001).

수심(3 m, 5 m, 10 m)별로 조사지역의 해산식물 식생을 대표할 수 있을 것으로 판단되는 곳에 방형구(50 cm × 50 cm)를 놓아, 방형구 내에 출현하는 모든 해산식물을 SCUBA용 칼등으로 완전히 채집하였다. 각 방형구별로 채집된 시료는 종류별로 구분하여 습중량을 0.1 g 수준까지 측정한 후 단위면적(m^2)당 무게로 환산하였다.

해조상을 해석하는 지표로 Chlorophyta/Phaeophyta (Segawa, 1956), Rhodophyta/Phaeophyta(Feldmann, 1937), (Rhodophyta+Chlorophyta)/Phaeophyta(Cheney, 1977)를 이용하였다.

3. 결 과

3.1. 종조성

강릉 사근진에서 2008년 10월부터 2009년 12월까지 해조류 91종(녹조류 7종, 갈조류 22종, 홍조류 62종)과 해산종자식물 1종 총 92종의 해산식물이 출현하였다(Table 1). 수심별로는 3 m에서 39종(녹조류 5종, 갈조류 10종, 홍조류 23종, 종자식물 1종), 5 m에서 39종(녹조류 2종, 갈조류 15종, 홍조류 21종, 종자식물 1종) 그리고 10 m에서 72종(녹조류 4종, 갈조류 19종, 홍조류 48종, 종자식물 1종)이 관찰되어 가장 많은 해산식물이 나타났다. 해산식물의 월별 출현은 2009년 3월에 45종으로 가장 많았고 2008년 11월에 16종으로 적었으며, 수심에 따른 월별 출현종수의 변화는 다소 상이한 양상을 보였다(Fig. 2).

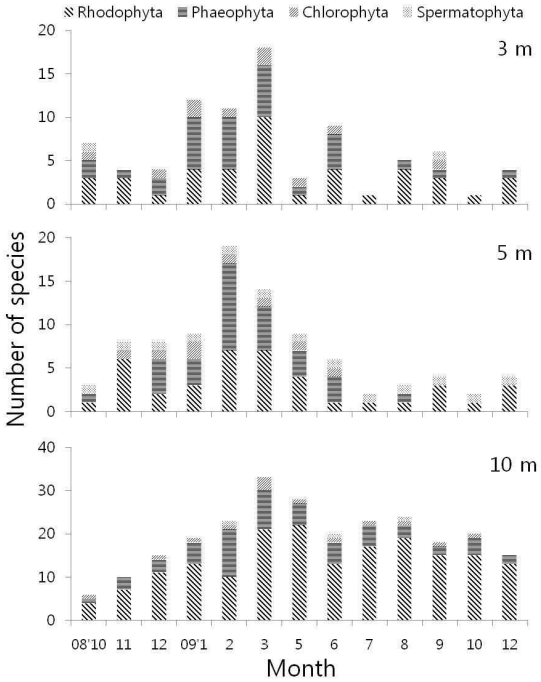

Fig. 2. The number of marine plants occurred at each depth in Sageunjin.

무절산호조류(melobesioidean algae)와 함께 모든 수심에서 출현한 해산식물은 녹조류 1종(구멍갈파래 *Ulva pertusa*), 갈조류 9종(불레기말 *Colpomenia sinuosa*, 미역쇠 *Petalonia binghamiae*, 미역 *Undaria pinnatifida*, 미끈뼈대그물말 *Dictyopteris divaricata*, 참그물바탕말 *Dictyota dichotoma*, 벗그물바탕말 *Dilophus okamurae*, 참가죽그물바탕말 *Pachydictyon coriaceum*, 괭생이모자반 *Sargassum horneri*, 검둥모

Table 1. A list of marine algal species observed at Sargeunjin

Species	Depth (m)			Species	Depth (m)		
	3	5	10		3	5	10
Chlorophyta				*Grateloupia elata*			+
Monostroma nitidum	+	+		*Grateloupia elliptica*	+	+	+
Ulva pertusa	+	+	+	*Grateloupia filicina*	+		
Umbraulva japonica	+		+	*Grateloupia kurogii*			+
Cladophora sp.			+	*Grateloupia lanceolata*			+
Bryopsis plumosa			+	*Grateloupia prolongata*			+
Codium arabicum	+			*Polyopes lancifolia*			+
Codium fragile	+			*Prionitis cornea*	+	+	+
Phaeophyta				*Callophyllis japonica*			+
Ectocarpus sp.		+	+	*Tichocarpus crinitus*		+	
Nemacystus decipiens			+	*Ahnfeltiopsis flabelliformis*			+
Colpomenia sinuosa	+	+	+	*Ahnfeltia fastigiata*			+
Petalonia binghamiae	+	+	+	*Caulacanthus ustulatus*			+
Petalonia fascia			+	*Chondracanthus tenellus*			+
Desmarestia ligulata			+	*Chondrus ocellatus*		+	+
Desmarestia tabacoides		+		*Chondrus pinnulatus*			+
Desmarestia viridis		+	+	*Chondrus verrucosa*			+
Undaria pinnatifida	+	+	+	*Gracilaria textorii*			+
Agarum clathratum			+	*Hypnea charoides*	+		
Laminaria japonica	+		+	*Hypnea japonica*	+		+
Dictyopteris divaricata	+	+	+	*Hypnea saidana*			+
Dictyopteris latiuscula		+		*Plocamium ovicornis*			+
Dictyopteris undulata			+	*Plocamium telfairiae*		+	+
Dictyota dichotoma	+	+	+	*Champia japonica*			+
Dictyota linearis		+		*Lomentaria catenata*			+
Dilophus okamurae	+	+	+	*Rhodymenia intricata*		+	+
Pachydictyon coriaceum	+	+	+	*Rhodymenia pertusa*			+
Sargassum confusum		+	+	*Pterothamnion yezoense*	+		
Sargassum horneri	+	+	+	*Dasya sessilis*	+		
Sargassum nigrifolium	+	+	+	*Heterosiphonia japonica*		+	+
Sargassum yezoense			+	*Heterosiphonia pulchra*	+		+
Rhodophyta				*Acrosorium flabellatum*	+	+	+
Delisea pulchra		+		*Acrosorium polyneurum*	+	+	+
Gelidium amansii		+	+	*Congregatocarpus pacificus*			+
Pterocladiella capillacea		+	+	*Delesseria serrulata*	+	+	+
Amphiroa anceps			+	*Phycodrys fimbriata*			+
Bossiella cretacea	+	+	+	*Yoshidaphycus ciliatum*	+		
Corallina officinalis			+	*Chondria crassicaulis*			+
Corallina pilulifera	+	+	+	*Chondrophycus intermedia*		+	+
Marginisporum aberrans			+	*Laurencia okamurae*	+		
Marginisporum crassissimum			+	*Laurencia pinnata*	+		
Dumontia simplex	+			*Odonthalia corymbifera*			+
Hyalosiphonia caespitosa	+	+		*Polysiphonia morrowii*	+	+	+
Gloiopeltis tenax	+		+	*Symphyocladia latiuscula*			+
Carpopeltis prolifera			+	*Symphyocladia linearis*		+	+
Grateloupia acuminata		+		*Melobesioidean algae*	+	+	+
Grateloupia angusta	+			Spermatophyta			
Grateloupia divaricata	+			*Phyllospadix iwatensis*	+	+	+

자반 *S. nigrifolium*), 그리고 홍조류 8종(굵은마디말 *Bossiella cretacea*, 작은구슬산호말 *Corallina pilulifera*, 참도박 *Grateloupia elliptica*, 붉은까막살 *Prionitis cornea*, 부채분홍잎 *Acrosorium flabellatum*, 잔금분홍잎 *A. polyneurum*, 보라잎 *Delesseria serrulata*, 모로우붉은실 *Polysiphonia morrowii*)의 18종 해조류와 해산종자식물인 새우말(*Phyllospadix iwatensis*) 등 총 19종이었다.

3.2. 피도 및 빈도

사근진의 영구방형구에서 조사된 해산식물의 피도는 수심에 따라 다소 상이하게 나타났다(Fig. 3). 먼저 수심 3 m의 평균 피도는 86.2%(61.0%~118.0%), 수심 5 m의 평균 피도는 81.3%(66.0%~97.0%)이었으며, 수심 10 m의 평균 피도는 50.7%(24.7%~94.0%)로 나타났다. 따라서 출현한 해산식물의 피도를 수심별로 비교해 보면, 수심 3 m에서 가장 높았고, 수심 10 m에서 가장 낮게 조사되었다.

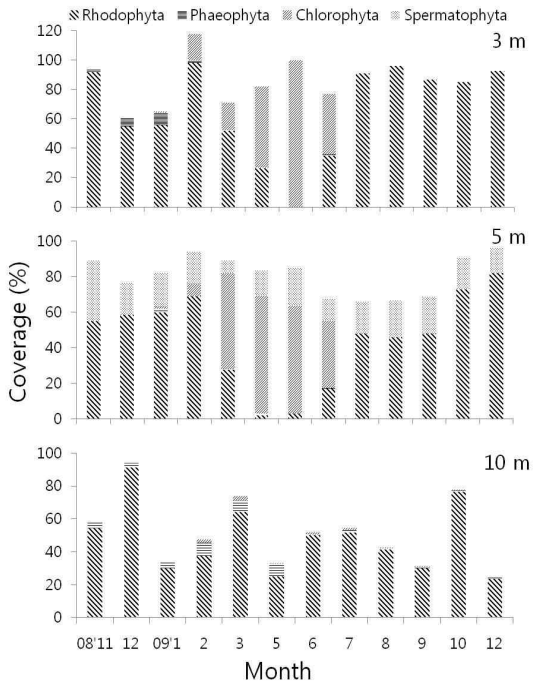

Fig. 3. The sum of coverage of marine plants occurred at each depth in Sageunjin.

각 수심별 출현 해산식물의 피도는 먼저 수심 3 m에서 무절산호조류가 피도 평균치는 70.0%로 구멍갈파래가 20.3%의 순으로 출현하였다. 수심 5 m에서는 무절산호조류가 49.8%, 새우말 27.8%, 구멍갈파래 20.8%의 순으로 나타났다. 수심 10 m에서는 무절산호조류가 36.7%로 나타났으며, 다른 수심과 다르게 진두발 12.6%, 붉은까막살 9.3%, 부채분홍잎 7.2% 등의 다양한 해산식물이 출현하여 비교적 다양한 피도 분포를 보였다. 따라서 사근진 해안의 전 수심에서 무절산호조류의 피도가 연중 높게 나타났다.

해산식물의 빈도 조사결과 피도의 결과와 유사한 경향을 보여서 수심 3 m에서 빈도 합계가 가장 높았고 수심 10 m에서 가장 낮았다.

3.3. 현존량

사근진 조하대 수심별 영구방형구 주변의 해산식물 연평균 현존량은 수심 3 m에서 460.1 g wet weight m^{-2}로 가장 많았고, 수심 5 m에서 412.5 g wet weight m^{-2} 그리고 수심 10 m에서 가장 적은 347.7 g wet weight m^{-2}로 나타났다(Table 2). 각 수심별로 현존량을 대표하는 해산식물은 수심 3 m에서 미역과 괭생이모자반의 갈조류가 우점 하였고, 수심 5 m에서는 해산종자식물인 새우말과 함께 갈조류인 미역, 괭생이모자반 그리고 녹조류 구멍갈파래가 현존량의 대부분을 차지하였다. 반면 수심 10 m에서는 마디잘록이(*Lomentaria catenata*), 다시마(*Saccharina japonica*) 그리고 미끈뼈대그물말 등의 해산식물이 다량 출현하였다.

3.4. 우점종

사근진의 영구방형구에서 측정한 해산식물의 피도와 빈도 조사 결과를 바탕으로 계산한 종별 중요도는 Table 3과 같다. 무절산호조류가 평균 중요도 49.3%로 가장 높았으며, 그밖에 구멍갈파래(14.9%), 새우말(9.2%) 등의 해산식물이 우점종으로 나타났다.

수심별 우점종의 구성 양식은 다소 상이하였다. 먼저 수심 3 m에서는 무절산호조류가 연평균 중요도 67.3% 그리고 구멍갈파래가 21.7%의 연평균 중요도를 나타내는 우점종 이었고, 모로우붉은실(5.2%), 볏그물바탕말(3.3%) 등이 주요종으로 나타났다. 수심 5 m

Table 2. Monthly changes in biomass of major marine algae according th the depths at Sageunjin

(unit: g wet weight m^{-2})

Depth	Species \ Month	2008			2009									
		10	11	12	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12
3 m	*Undaria pinnatifida*				49.6	56.6	1133.2		577.6					320.0
	Sargassum horneri			33.2	18.8	28.4	66.2	381.8	1165.0					
	Hyalosiphonia caespitosa						48.4	259.2						681.4
	Ulva pertusa					5.2	5.0	201.6	121.6					
	Dilophus okamurae	26.0		69.4	47.4	18.4	13.2				2.8	21.4		
	Polysiphonia morrowii				1.6		131.2							
	Codium fragile	102.4												
	Dictyota dichotoma				9.6	47.8	41.4							
	Phyllospadix iwatensis											93.0		
	Prionitis angusta		81.0											
	Pachydictyon coriaceum					53.2			17.2					
	Delesseria serrulata				5.2	1.2	44.8							
5 m	*Phyllospadix iwatensis*						66.4			660.0		740.2		15.2
	Undaria pinnatifida					51.2	16.0	677.4	552.2					
	Ulva pertusa		1.4		46.4	35.8	71.0	780.2	248.8					
	Sargassum horneri				23.2		55.6	861.8	178		0.4			
	Tichocarpus crinitus											82.4		
	Grateloupia elliptica							69.0						
	Delesseria serrulata					2.8	63.2							
	Hyalosiphonia caespitosa						49.0	14.2						
10 m	*Lomentaria catenata*				1.6	1.0		234.6	225.4	249.6	178.2	41.6	3.0	
	Laminaria japonica		767.4											
	Dictyopteris divaricata					3.6	21.0	70.6	11.8	209.4	222.2			
	Phyllospadix iwatensis					0.4					397.0			
	Dilophus okamurae					5.2	0.6		112.2	19.6	88.8		0.8	
	Chondrus ocellatus				31.2		3.2	2.6		80.2	17.6	84.6		4.2
	Acrosorium polyneurum		16.2		1.0		5.0	2.2	39.0	11.4	139.4	5.2		
	Gelidium amansii			58.6			16.4	39.4			13.0	41.2	0.4	8.2
	Gloiopeltis tenax							2.0			1.0	172.6		
	Plocamium telfairiae			0.4						44.0	57.8		0.6	41.8
	Heterosiphonia pulchra						6.0	4.8	11.0	7.2	56.8	10.2		
	Chondria crassicaulis		75.6	12.0	1.8								2.4	
	Petalonia binghamiae								85.0					
	Pachydictyon coriaceum								0.8				83.0	
	Odonthalia corymbifera						5.8	3.2	27.6	4.0	20.4	17.0	3.2	
	Codium fragile	74.4												
	Ulva pertusa				6.2	17.0	5.8	31.6		1.6	6.0	2.8		
	Acrosorium flabellatum					27.0	7.0	31.2				5.0		
	Heterosiphonia japonica						22.8	3.0	34.4					
	Prionitis cornea		3.2	5.0	15.8			5.8			26.0		3.4	

Table 3. The importance value of marine alga species observes in permanent quardrats at Sageunjin

Species	Depth			Mean
	3 m	5 m	10 m	
Melobesioidean algae	67.3	48.1	32.4	49.3
Ulva pertusa	21.7	21.2	1.8	14.9
Phyllospadix iwatensis		27.4	0.1	9.2
Chondrus ocellatus		0.3	11.5	3.9
Prionitis cornea			10.4	3.5
Polysiphonia morrowii	5.2	1.6	0.4	2.4
Acrosorium flabellatum			5.9	2.0
Corallina pilulifera			5.9	2.0
Dilophus okamurae	3.3		1.0	1.4
Hypnea saidana			3.3	1.1
Dictyopteris divaricata	0.4	0.4	2.5	1.1
Chondrophycus intermedia		0.2	3.0	1.1
Grateloupia elliptica	0.2	0.1	2.7	1.0
Acrosorium polyneurum	0.3	0.4	2.3	1.0

에서도 무절산호조류의 중요도가 평균 48.1%로 제 1 우점종이었으며, 새우말(27.4%)과 구멍갈파래(21.2%)가 우점종으로 나타났다. 수심 10 m에서도 무절산호조류(32.4%)의 우점은 계속되었으나, 진두발(Chondrus ocellatus, 11.5%)과 붉은까막살(10.4%)이 우점종으로 그리고 작은구슬산호말(5.9%), 부채분홍잎(5.9%) 등 다양한 해산식물이 주요종으로 나타나서 3 m 또는 5 m의 경우와 다른 양상을 보였다.

4. 고 찰

본 연구를 통하여 동해안 사근진 조하대에서 동정된 해산식물은 해조류 91종(녹조류 7종, 갈조류 22종, 홍조류 62종)과 해산종자식물 1종으로 총 92종이었다. 최근 강원도 동해안 조하대에서 조사된 해산식물은 먼저 울진지역 조하대에서 87종(Choi 등, 2006), 대진지역에서 95종(Shin 등, 2008b), 비화지역 57종 그리고 최북단의 저도지역에서 38종(Kim 등, 2012a, b)의 해산산식물이 보고되었고 조사지 인근의 사천 조하대에서 81종(Kim 등, 2011a)이 보고되어 울진을 제외한 다른 지역보다 해산식물의 출현이 많이 나타났다. 해산종자식물을 제외한 해조류의 분류군별 구성 비율을 살펴보면, Choi 등(2006)은 울진지역의 해조류 구성 비율이 녹조류 12.6%, 갈조류 33.3%, 홍조류 54.0%로 보고하였고, Shin 등(2008b)은 대진지역에서 녹조류 11.3%, 갈조류 24.5%, 홍조류 64.1%로 보고하였으며, Kim 등(2011a)은 사천지역에서 녹조류 12.3%, 갈조류 25.9%, 홍조류 61.7%로 보고하였다. 또한 Kim 등(2012a, b)은 비화지역에서 녹조류 12.3%, 갈조류 26.3%, 홍조류 61.4%로 보고하였고, 고성군 저도에서도 홍조류가 50% 이상 출현한 것으로 보고하였다. 이들 조사결과를 종합하면 녹조류는 평균 12.1%, 갈조류는 평균 27.5%, 홍조류는 평균 60.3%로 나타나 녹조류 7.8%, 갈조류 24.4%, 홍조류 67.8%의 이번 조사결과와 비교하였을 때 녹조류와 갈조류의 비율이 다소 낮고 홍조류의 비율이 높게 나타났다.

한편 해조류의 지리적 분포 특징을 나타내는 방법으로 각 분류군의 출현종수를 기준으로 C/P, R/P 그리고 (R+C)/P의 값이 흔히 사용되는데 R/P 값은 한온대 지역에서 1.1, 열대지역은 4.3으로 평가하고, (R+C)/P의 값이 3보다 작을 때는 온대성 내지 한대성 해조상, 6 이상이면 열대성의 해조상 그리고 그 중간 값이면 혼합형 해조상의 특징을 나타낸다고 하였다(Cheney, 1977). 이번 조사결과를 Table 4에서 보는 바와 같이 과거 동해안에서 조사된 값과 비교하면 C/P 값은 0.3으로 과거 동해안의 조간대 및 조하대에서 조사된 값인 0.4～0.6에 비하여 다소 낮게 나왔다. R/P 값은 2.8로 나타나 혼합형 해조상을 가지는 것으로 나타났다. 다만 과거 주변 동해안 조하대에서 조사된 값인 1.9～2.4에 비하여 다소 높았고 오히려 조간대에서 조사된 값인 2.5～2.9에 가까운 결과를 보였다. 이러한 경향은 (R+C)/P 값에도 확인할 수 있다. 과거에 조사된 동해안 조간대의 (R+C)/P 값은 3.0～3.3으로 혼합 식생의 특징을 나타내었고, 조하대에서 조사된 (R+C)/P 값은 2.3～2.8로 온대성 또는 한대성 해조상의 특징을 보이는 것으로 나타났는데, 본 연구에서 조사된 해조상의 (R+C)/P 값은 3.1로 혼합형에 가까운 해조상을 가지는 것으로 나타나 조간대의 결과와 유사한 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 울진(Choi 등, 2006), 사천(Kim 등, 2011a) 그리고 비화지역(Kim 등, 2012)의 조하대보다 본 조사지역인 사근진 조하대

Table 4. A comparison of C/P, R/P and (R+C)/P ration at several localities in the east coast of Korea(C: Chlorophyta, P: Phaeophyta, R: Rhodophyta)

	Localities	C/P	R/P	(R+C)/P
Intertidal zone	The eastern coast (Kang, 1966)	0.5	2.5	3.0
	The eastern coast (Lee and Lee, 1997)	0.6	2.8	3.3
	Gallam (Chung 등, 1991)	0.4	2.9	3.3
Intertidal zone +Subtidal zone	Daejin (Shin 등, 2008b)	0.5	2.6	3.1
Subtidal zone	Uljin (Choi 등, 2006)	0.4	1.9	2.3
	Sacheon (Kim 등, 2011a)	0.5	2.4	2.9
	Bihwa (Kim 등, 2012)	0.5	2.3	2.8
	This study	**0.3**	**2.8**	**3.1**

에서 홍조류의 출현비율이 높게 나타난 결과이다.

조하대 해산식물의 수직분포는 수심과 빛 등의 물리적인 현상으로 수직 분포 구조가 이해되고 있고 실제로 Washington 조하대에 대한 연구에서도 빛의 증감을 수반한 수심과 해수유동, 기질 및 계절에 의해 해조군락이 영향을 받는 것을 지적하였다(Neushul, 1967). Sohn 등(1983)은 남해안 돌산도에서 Nam(1986)은 동해안 죽도에서의 연구결과 기질 경사도의 변화에 따라 침전물 침강의 변화를 수반하여 빛의 양도 80% 정도까지 감소시킨다고 보고하였다. 따라서 조하대 해산식물 군집은 일정 수심부터 단순화되어 광량의 감소와 부착기질 등 몇몇 환경요인에 의해 영향을 받는 것으로 해석되고 있다(Lamb과 Zimmermann, 1964; Sears와 Wilce, 1975; Mathieson, 1979; Nam, 1986). 동해안의 조하대에서 수심별 해조류 출현을 비교한 연구 중에서 Choi 등(2006)은 경북 울진의 조하대에서 그리고 Kim 등(2010)은 강원도 대진의 조하대에서 수심이 깊어질수록 출현종수가 차츰 감소한다고 밝혔다. 그러나 이번 조사에서는 공히 39종이 출현한 수심 3 m와 5 m보다 오히려 10 m에서 74종으로 가장 많은 종이 출현하였다. 제주도(Chung 등, 1998), 울릉도와 독도(Kim과 Kim, 2000; Kim 등, 2004), 사천(Kim 등, 2011a) 등의 조사결과 무절산호조류의 우점적 생육이 서식지의 해조류 다양성을 감소시키는 것으로 나타났고, 본 조사지에서도 조하대 상부에 무절산호조류가 대부분의 피도를 차지하며 우점하여 해조류 출현이 적게 나타난 특징과 관련이 있는 것으로 보인다.

수심에 따른 해산식물의 양적 변화는 먼저 Choi 등(2006)의 울진 조하대 해조류 연구에서 수심이 깊어질수록 현존량의 감소하는 것으로 나타났고, 삼척 비화연안에서도 수심이 깊어짐에 따라 해조류 현존량이 감소하는 결과가 나타났다(Kim 등, 2012b). 본 연구 결과도 수심이 깊어짐에 따라 현존량의 감소가 나타나는 유사한 결과를 보였다. 그러나 Choi 등(2009)의 독도 조하대에 관한 연구에서는 깊은 수심에서 현존량이 증가하였는데, 이는 외해에 의하여 해수의 투명도가 연안에 비해 높아 대형 갈조류인 감태(*Ecklonia cava*), 대황(*Eisenia bicyclis*) 및 모자반류의 번무로 나타난 결과이며, 사근진 조하대의 발달된 사질 해안의 기질 특성으로 인한 연안 탁도 증가와 이에 따른 광량 감소로 수심이 깊어짐에 따라 해산식물의 양적 감소가 나타나는 것으로 판단된다.

온대 해역에 분포하는 대부분의 해조류는 수온이 낮아지는 가을 또는 이른 겨울에 발아하여 겨울과 봄에 최성기를 맞고, 수온이 높아지는 늦봄이나 여름에 포자를 형성하며, 조체가 유실되는 소장양식을 보이고 있다(Chihara, 1970). 국립수산과학원의 한국해양환경조사연보(NFRDI, 2009, 2010)에 따르면 강릉지역의 수온 변화는 겨울인 2월에 수온이 낮고 여름인 8월에 수온이 높은 즉, 계절에 따른 수온변화 양상을 관측하였고, 동해연안 수온의 계절적 변화는 동해안 북부인 고성 거진과 동해안 남부인 경주 감포에서도 동일하게 나타났다. 각 지역에서 수온이 낮은 2월과 고수온의 8월이 동일하게 나타나서 동해안 지역의 수온변화는 계절에 따라 특히 월 변화에 있어 2월에 낮고 8월에 높은 특징으로 대표할 수 있다. 따라서 사근진 조하대 해조류의 현존량 변동은 수심에 따라 다소 상이하지만 이와 같은 온대 해조류의 전형적인 계절별 소장양식과 동해안 연안의 수온변화에 기인하는 것으로 해석된다.

사근진 조하대 해산식물의 수직분포 연구 결과를

종합하면 수심 3 m에서는 무절산호조류와 구멍갈파래, 수심 5 m에서 무절산호조류와 구멍갈파래, 새우말 그리고 수심 10 m에서 무절산호조류, 진두발, 붉은까막살, 작은구슬산호말, 부채분홍잎이 우점하였다. 이러한 결과를 과거에 보고된 주변 지역의 결과와 비교해보면 몇 가지 유사한 점을 확인해 볼 수 있다. 먼저 이번 조사지역에서 가장 가까운 곳에 위치한 사천지역의 경우 비교적 얕은 바다에서 구멍갈파래와 무절산호조류가 우점하고, 깊은 바다의 경우 붉은까막살, 작은구슬산호말이 우점하여 사근진에서 나온 우점종과 유사한 것으로 나타났다(Kim 등, 2011a). 또한 사근진에서 남동 방향으로 약 50여 km에 위치한 삼척시 대진 연안의 조하대 해조군집에서 나타난 수직분포 양상을 보면 무절산호조류, 부채분홍잎, 진두발 등의 많은 종이 유사한 것을 볼 수 있다(Shin 등, 2008a, 2008b, 2011). 이처럼 멀리 떨어져있는 지리적 차이에도 불구하고 세 지역의 해조군집이 유사한 이유는 해안선이 단조롭고 외해와 직접적으로 접촉하는 등의 동해안 특유의 특징에 의해 지역 간의 해양환경의 차가 크지 않다는 점이 원인인 것으로 사료된다(Boo, 1987). 그 외에도 이번 조사지역에서 가장 멀리 떨어진 경상북도 울진(Choi 등, 2006)의 경우에도 많은 종들이 유사한 것으로 나타났다.

갯녹음은 다양한 원인에 의해 해조장(seaweed bed)이 파괴되고 해조류가 있던 암반에 무절산호조류가 피복된 후 사멸됨으로서 암반이 흰색으로 보이는 것을 말하며(Kim 등, 2007), 갯녹음 해역은 해조류의 출현종수와 현존량이 감소하는 특징을 보인다(Chung 등, 1998; Terawaki 등, 2001). 사근진 조하대 수심 3 m와 수심 5 m의 경우 무절산호조류의 우점적 생육과 더불어 해산식물의 출현종수가 적음을 고려할 때 사근진 조하대는 갯녹음이 심화된 지역으로 보이며, 이에 대한 보다 면밀한 연구가 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

Abbott, I. A., North, W. J., 1971, Temperature influences on floral composition in California coastal waters, Proc. Intl. Seaweed Symp., 7, 72-79.

Boo, S. M., 1987, Distribution of marine algae from shore area of Kangwon province, Korea J. Phycol., 2, 223-235.

Boo, S. M., Lee, I. K., 1986, Studies on benthic algal community in the east coast of Korea, I. Floristic composition and periodicity of Sokcho rocky shore. Korean J. Phycol., 1, 107-116.

Brower, J. E, Zar, J. H., von Ende, C. N., 1998, Field and Laboratory Methods for General Ecology, 4th ed. WCB/McGraw-Hill, Boston, U.S.A., 90-96.

Cheney, D. P., 1977, R & C/P-A new and improved ratio for comparing seaweed floras, Suppl. J. Phycol., 13, 129.

Choi, C. G., Kwak, S. N., Sohn, C. H., 2006, Community structure of subtidal narine algae at Uljin on the east coast of Korea, Algae, 21, 463-470.

Choi, C. G., Kwak, S. N., Shon, C. H., 2009, Marine algal flora and community structure in Dokdo, east sea, Korea, Kor. J. Fish Aquat. Sci., 42, 503-508.

Chunhan, V. D., 1987, Seaweed biomass as a source of energy, Energy, 12, 375-378.

Chung, H. S., Cho, K. W., Chung, K. H., Kim, J. H., Shin, J. H., Seo, Y., W., Kang, J. S., Lee, I. K., 1998, Ecological characteristics of algal whitening in coastal zone of Seogwipo area, Cheju island, Algae, 13, 361-374.

Chung, H. S., Lee, H. J., Lee, I. K., 1991, Vertical distribution of marine algae on a Gallam rocky shore of the mid-east coast of Korea, Korean J. Phycol., 6, 55-67.

Cox, G. W., 1996, Laboratory Manual of General Ecology, 7th ed. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, U.S.A., 88-97.

Dring, M. J., 1992, The Biology of Marine Plants. Cambridge University Press, Cambridge, 199 pp.

Feldmann, J., 1937, Researches sur vegetation marine de la Miditerranee. La cote des Alberes, Rev., Algol., 10, 1-339.

Gao, K., McKinley, K., 1994, Use of macroalgae for marine biomass production and CO2 remediation, a review, J., appl., Phycol., 6, 45-60.

Graham, L. E., Wilcox L. W., 2000, Algae, Prentice Hall, NJ, 640 pp.

Horn, S. J., Aasen, I. M., Ostgaard, K., 2000, Ethanol production from seaweed extract, J., ind Microbiol Biotechnol., 25, 249-254.

Kang, J. W., 1996, On the geographical distribution of marine algae in Korea. Bull, Pusan Fish, Coll. 7, 1-125.

Kim, H. S., Lee, I. K., Koh, C. H., Kim, I. H., Suh, Y. B., Sung, N. K., 1983, Studies on the marine benthic communities in inter- and subtidal zones Ⅰ, Analysis of benthic community structures at Aninjin, Eastern Coast of Korea. Proc Coll Natur Sc, SNU., 8, 71-108.

Kim, M. K., Kim, K. T., 2000. Studies on the seaweeds in the islnade of Ullungdo and Dokodo: I. Decrease of algal species compositions and changes of marine algal flora, Algae, 15, 119-124.

Kim, M. K., Shin, J. K., Cha, J. H., 2004, Variation of species composition of benthic algae and whitening in the coast of Dokdo island during summer, Algae, 19, 69-78.

Kim, Y. D., Gong, Y. G., Jeon, C. Y., Song, H. I., Park, M. S., Lee, C. S., Yoo, H. I., Kim, Y. H., 2010, Marine algal flora and community structure in Daejin on the mid-east coast of Korea. Kor J Fish Aquat. Sci., 43, 532-539.

Kim, Y. D., Kim, S. K., Hong, J. P., Gong, Y. G., 2007, The manual for the construction of seaweed forest on the east coast of Korea. NFRDI, Kangneung, Korea, 1-51.

Kim, Y. D., Park, M. S., Moon, T. S., Ahn, J. K., Kim, S. J., Kim, Y. H., 2011a, An Analysis of Subtidal Macroalgal Community Structure Using a Modified Photo Quadrat Method, Kor. J. Fish Aquat. Sci., 44, 298-307.

Kim, Y. D., Park, M. S., Yoo, H. I., Min, B. H., Moon, T. S., Choi, H. G., 2011b, Seasonal variation in subtidal seaweed community structure at Hajung, on the southeast coast of Korea. Kor. J. Fish Aquat. Sci., 44, 740-746.

Kim, Y. D., Park, M. S., Yoo, H. I., Kim, S. W., Jeong, H. D., Hwa, M. B., Jin, H. J., 2012a, Characteristics of Seasonal Variations of Subtidal Seaweed Community Structure at Three Areas in the East Coast of Korea. Journal of the Environmental Sciences, 21(11), 1407-1418.

Kim, Y. H., Park, M. S., Yoo, H. I., Min, B. H., Jin, H. J., 2012b, Seasonal variation of seaweed community structure at Subtidal zone of Bihwa on the southeast coast of Korea, Kor J. Fish Aquat. Sci., 45, 262-270.

Kim, Y. H., 2010, Algae, second edition, Bioscience, p. 616.

Koh, C. H., 1983, Community structure and productivity of phytobenthos in Juckdo (eastern coast of Korea) II. Seasonal changes of algal vegetation in relation to annual growth of larger brown algae, Korean J. Bot., 26, 181-190.

Koh, C. H., Oh S. H., Sung, N., Ahn, I., Kang, Y. C., 1989, Algal zonation and seasonality in subtidal area of a wave-exposed coast at Ohori, east coast of Korea, Korean J. Phycol., 4, 171-182.

Koh, C. H., Sung, N., 1983, Community structure and productivity of phytobenthos in Jukdo (eastern coast of Korea) I. Benthic marine algal vegetation and its environment, Korean J. Bot., 26, 119-130.

NFRDI, 2009, Annual Report of Korean Marine Environment Monitoring 2008, vol., 13, pp 400.

NFRDI, 2010, Annual Report of Korean Marine Environment Monitoring 2009, vol., 14, pp 422.

Lamb M. and Zimmermann M. 1964. Marine vegetation of Cape Ann, Massachusetts. Rhodora 66, 217-254.

Lee, I. K., Kim, Y. H., 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, J. W., Lee, H. B., 1997, Marine benthic algal flora in the east coast of Korea, J Ind Sci Chongju Univ., 15, 289-302.

Lee, J, W., Lee, H. B., 1988, A floristic study on marine benthic algae of Yongil Bay and adjacent areas, eastern coast of Korea, Korean J. Phycol., 3, 165-182.

Lee, J. W., Kim, Y. H., Lee, H. B., 2001, The community structure of intertidal marine benthic algae in the east coast of Korea II, Sokcho, Algae, 16, 113-118.

Lee, J. W., Lee, H. B., Lee, I. K., 1993, A study on the community structure of intertidal marine benthic algae in the east coast of Korea Ⅰ, An intertidal marine benthic algal community at Sokcho, Korean J. Phycol., 8, 67-75.

Lee, Y. P., 2008, Marine algae of Jeju, Academybook, Korea, 477 pp.

Lee, Y. P., Kang, S. Y., 2002, A catalogue of the seaweeds

in Korea, Cheju National University Press, 662 pp.

Lee, I. K., Kang, J. W., 1986, A check list of marine algae in Korea, Korea J. Phycol., 1, 311-325.

Lee, K. S., Lee, S. Y., 2003, The seagrasses of the Republic of Korea; World atlas of seagrasses, Univ. of California Press, 193-198.

Mathieson, AC., 1979, Vertical distribution and longevity of subtidal seaweeds in northern New England, U.S.A. Bot. Mar. 30, 511-520.

Nam, K. W., 1986, On the marine benthic algal community of Chuckdo in eastern coast of Korea, Korean J. Phycol., 1, 185-202.

Orfanidis, S., Panayotidis P., Stamatis N., 2001, Ecological evaluation of transitional and coastal and water, A marine benthic macrophytes-based model, Medit. Mar. Sci., 2, 45-65.

Neushul, M., 1967, Studies of subtidal marine vegetation in western Washington, Ecology 48, 83-94.

Park, J. G., 2008, Marine algal communities and seaweed beds of barren ground along the eastern coast of Korea. Ph. D. Dissertation, Gangneung National University, Gangneung, Korea.

Sears, JM., Wilce, RT., 1975, Sublittoral benthic marine algae of southern Cape Cod and adjacent island: seasonal periodicity, associations, diversity and floristic composition, Ecol. Monogr 45, 377-365.

Segawa, S., 1956, Coloured illustrations of the seaweeds of Japan, Hoikusha Publ. Co., Osaka, 114.

Shin, J. D., Ahn, J. K., Kim, Y. H., 2011, Structure of the Subtidal Marine Plant Community on the East Coast of Korea, Kor J. Fish Aquat. Sci., 44, 85-94.

Shin, J. D., Ahn, J. K., Kim, Y. H., Lee, S. B., Kim, J. H., Chung, I. K., 2008a, Community structure of benthic marine algae at Daejin and Jukbyeon on the mid-east coast of Korea, Algae, 23, 231-240.

Shin, J. D., Ahn, J. K., Kim, Y. H., Lee, S. B., Kim, J. H., Chung, I. K., 2008b, Temporal variations of seaweed biomass in Korean coast: Daejin, Gangwondo, Algae, 23, 327-334.

Sohn, C. H., 1983, Astudy on the Algal communities of Odongdo, southern coast of Korea, Bull Korean Fish Soc., 16, 368-378.

Sohn, C. H., 1996, Historical review on seaweed cultivation of Korea, Algae, 11, 357-364.

Terawaki, T., Hasegawa, H., Arai, S., Ohno, M., 2001, Management-free techniques for restoration of Eisenia and Ecklonia beds along the central Pacific coast of Japan, J. Appl. Phycol., 13, 13-17.

Sohn, C. H., Lee, I. K., Kang, J. W., 1983, Benthic marin algal of Dolsan-island in the southern coast of Korea Ⅱ, Bull Korean Fish Soc., 16, 379-388.

Worm, B, Lotze, H. K., Sommer, U., 2000, Coastal food web structure, carbon storage, and nitrogen retention regulated by consumer pressure and nutrient loading, Limnol Oceanogr., 45, 339-349.

Yoo, J. S., 2003, Structural characteristics of benthic algal community in the subtidal zone of Yeongil inner and outer bay, Algae, 18, 365-369.