

동해 중부 대진과 죽변 연안의 저서 해조류 군집구조

신재덕¹ · 안중관¹ · 김영환^{1*} · 이송복² · 김정하³ · 정익교⁴

(¹충북대학교 생명과학부, ²강릉대학교 해양생명공학부, ³성균관대학교 생명과학전공, ⁴부산대학교 해양과학과)

Community Structure of Benthic Marine Algae at Daejin and Jukbyeon on the Mid-East Coast of Korea

Jae Deok Shin¹, Jung Kwan Ahn¹, Young Hwan Kim^{1*}, Sung Bok Lee²,
Jeong Ha Kim³ and Ik Kyo Chung⁴

¹School of Life Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763,

²Division of Marine Resource Development, Kangnung National University, Gangneung 210-702,

³Department of Biological Science, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, and

⁴Department of Marine Science, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

The species composition and variation of benthic marine algae at Daejin and Jukbyeon on the mid-east coast of Korea were investigated seasonally from August 2006 to April 2007. As a result, the total of 85 species, including 8 chlorophytes, 26 phaeophytes, 50 rhodophytes and 1 sea grass were identified. 52 species were found at Daejin and 74 species at Jukbyeon. Dominant species in importance value were *Corallina pilulifera*, *Chondrus ocellatus*, melobesioidean algae, *Sargassum horneri*, *Sargassum yezoense* and *Phyllospadix japonica* at Daejin, and *Corallina pilulifera*, melobesioidean algae, *Phyllospadix japonica*, *Acrosorium polyneurum*, *Sargassum siliquastrum* and *Hizikia fusiformis* at Jukbyeon, respectively. The vertical distribution of algae were characterized by *Corallina pilulifera*, *Hizikia fusiformis*, *Sargassum* spp. (*S. siliquastrum*, *S. yezoense*) and *Symphyclocladia latiuscula* at intertidal zone, *Sargassum* spp. (*S. horneri*, *S. serratifolium*, *S. yezoense*), melobesioidean algae, *Phyllospadix japonica* and *Corallina pilulifera* at 1 m depth, melobesioidean algae, *Phyllospadix japonica* and *Sargassum* spp. (*S. horneri*, *S. yezoense*) at 5 m depth and melobesioidean algae, *Phyllospadix japonica* and *Sargassum* spp. (*S. horneri*, *S. micracanthum*, *S. yezoense*) at 10 m depth.

Key Words: community, Daejin, Jukbyeon, marine algae, seasonal change

서 론

한국 동해안의 해조류에 대한 연구는 Okamura(1915a, b)에 의해 동해안에 분포하는 해조류가 처음으로 보고된 이래, Kang(1966)은 한국산 해조류의 지리적 분포를 논하면서 동해안 일대를 동해안 북부와 동해안 중남부로 나누고, 동해안에 출현하는 해조류 196종(남조식물 3종, 녹조식물 25종, 갈조식물 48종, 홍조식물 120종)의 목록을 정리한 바 있다. 이후 1980년대에 들어 동해안에 분포하는 해조류의 생태적 특성이 본격적으로 밝혀지기 시작하였다.

먼저 Kim and Lee(1981)는 경북 월성군 일대의 해조군집과 종조성을 조사하면서 배열법과 분류법을 이용하여 해조군집을 검토하였고 조간대 내의 부위별 차이보다는 지리적 인 차이에서 유의한 변이가 나타남을 밝혔다. 고와 성(1983) 및 고(1983)는 강원도 고성군 오호리의 해조류 생산성을 조사하고 해조류 식생의 계절변화와 대형 갈조류 성장양식의 관계를 구명하였다. 이후 여러 연구자들에 의하여 동해안 해조군집의 구조적 특성이 보고되었는데(부 1985; Boo and Lee 1986; 남 1986; 이와 오 1986; 이와 이 1988; 이 1991; Chung et al. 1991; 김 등 1997; Lee et al. 2001), 이를테면 김 등(1997)은 강원도 명주군 주문진 일대에서 조간대 해조군집을 계절별로 조사하여 수직분포의 층위를 상부와 중하부의 2개 부위로 구분할 수 있다고 결론지었다.

*Corresponding author (kimyh@cbnu.ac.kr)

한편 Kang(1966)이 동해안에 출현하는 해조류 196종의 목록을 정리한 이래 동해안 해조류의 정성적 규모도 비교적 다양하게 밝혀져 왔다. 예를 들면 부(1987)는 강원도 해역 해조류 분포를 논하면서 231종(남조식물 9종, 녹조식물 22종, 갈조식물 55종, 홍조식물 145종)의 해조류를 보고하였고, Lee and Kim(1999)은 414종(남조식물 33종, 녹조식물 51종, 갈조식물 99종, 홍조식물 231종)의 해조류가 동해안에서 출현하는 것으로 집계하였다.

이를 종합하여 볼 때, 최근 20여 년간 몇몇 연구자들에 의하여 동해안 해조류의 정성·정량적 특성이 비교적 구체적으로 밝혀지고 있다고 평가된다. 그럼에도 불구하고 그간 이루어진 해조류 분포 조사가 일부 지역에 국한되었고, 생물량 자료 역시 빈약한 편이어서, 그간 몇몇 연구자들(이 1991; 남 등 1996; 김 등 1997)에 의하여 해조군집의 정량적 규모가 파악되었을 따름이다.

이와 같은 배경 아래 이 연구는 해조류 분포가 비교적 상세하게 밝혀지지 않은 동해 중부의 대진과 죽변 연안을 대상으로 조간대 및 조하대 해조군집의 정성·정량적 특성을 보다 명백히 구명하고자 시도되었다.

재료 및 방법

이 조사는 동해 중부의 대진과 죽변 지역에서 2006년 7월부터 2007년 4월까지 계절별로 실시되었다. 계절별 조사는 각 조사정점의 조간대와 조하대 1 m, 5 m, 10 m 수심에서 조사시기별로 조사지역의 해조류 식생을 대표할 수 있는 곳을 선정하여 스쿠버다이빙에 의해 실시하였다.

채집된 재료는 현장에서 10% 포르말린-해수 용액으로 고정시켜 실험실로 운반하여 검정 동정하였다. 동정된 해조류의 학명과 목록 정리는 한국 해조목록의 분류체계(강 1968; 이와 강 1986, 2002) 및 일본해조류도감(千原 1996; 吉田 1998)을 기준으로 하였다. 출현종 목록은 녹조류, 갈조류, 홍조류 및 해산 종자식물에 국한하여 작성하였다.

해조군집 기초조사는 조사정점에 10 cm × 10 cm로 구획된 50 cm × 50 cm의 방형구를 각각 5회 설치하여 출현종의 피도와 빈도를 조사하였으며(Saito and Atohe 1970), 군집의 우점종 파악을 위한 중요도 계산은 출현종의 빈도와 피도를 바탕으로 아래와 같은 수식이 이용되었다(Barbour *et al.* 1987).

$$\text{피도}(C) = (\text{출현종 } i \text{가 차지하는 면적/방형구의 면적}) \times 100$$

$$\text{빈도}(F) = (\text{출현종 } i \text{가 있는 소방형구의 수/세분된 소방형구의 수}) \times 100$$

$$\text{상대피도}(RC) = (i \text{종의 피도 합/전종의 피도 합}) \times 100$$



Fig. 1. Study site (●) on the mid-east coast of Korea.

$$\text{상대빈도}(RF) = (i \text{종의 빈도 합/전종의 빈도 합}) \times 100$$

$$\text{중요도}(IV) = (RC + RF) / 2$$

해조상 특성을 해석하는 지표로는 Chlorophyta/Phaeophyta의 C/P(Segawa 1956), Rhodophyta/Phaeophyta의 R/P(Feldmann 1937), 그리고 (Rhodophyta + Chlorophyta)/Phaeophyta의 (R + C)/P(Cheney 1977)를 이용하였다.

결과 및 고찰

이 조사에서 관찰된 해조류의 목록과 계절별 출현은 Table 1과 같고, 이를 문별로 종합한 결과는 Table 2와 같다. 조사 기간을 통하여 녹조류 8종, 갈조류 26종, 홍조류 50종 및 해산종자식물 1종의 총 85종의 해조류가 관찰되었다. 지역별로는 대진에서 52종(녹조류 4종, 갈조류 15종, 홍조류 32종, 해산종자식물 1종), 그리고 죽변에서 74종(녹조류 8종, 갈조류 22종, 홍조류 43종, 해산종자식물 1종)이 출현하여 죽변 연안의 해조류 종조성이 비교적 다양한 것으로 나타났다(Table 1).

계절별로는 20-42종의 범위로 해조류가 관찰되었는데, 대진에서는 여름에 31종으로 가장 많이 출현한 반면, 겨울에

Table 1. The flora of algae and sea grass at investigated localities

Site Species \ Seasons	Daejin				Jukbyeon			
	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring
Chlorophyta								
<i>Enteromorpha intestinalis</i>						*	*	
<i>Ulva conglobata</i>								*
<i>Ulva pertusa</i>						*		*
<i>Chaetomorpha moniliger</i>	*	*				*		
<i>Cladophora sakaii</i>								*
<i>Bryopsis plumosa</i>	*	*				*		
<i>Codium arabicum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Codium fragile</i>	*	*			*	*		*
Phaeophyta								
<i>Leathesia difformis</i>								*
<i>Colpomenia bullosa</i>								*
<i>Colpomenia sinuosa</i>		*	*		*	*	*	*
<i>Scytosiphon lomentaria</i>								*
<i>Petalonia binghamiae</i>							*	*
<i>Desmarestia ligulata</i>	*							
<i>Desmarestia viridis</i>								*
<i>Undaria pinnatifida</i>	*		*	*	*		*	*
<i>Dictyopteris divaricata</i>	*		*			*		*
<i>Dictyopteris undulata</i>				*				
<i>Dictyota dichotoma</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Dilophus okamurae</i>				*				*
<i>Pachydictyon coriaceum</i>			*	*		*	*	*
<i>Spatoglossum pacificum</i>								*
<i>Hizikia fusiformis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sargassum confusum</i>		*						
<i>Sargassum fulvellum</i>	*							
<i>Sargassum horneri</i>	*			*	*	*	*	*
<i>Sargassum macrocarpum</i>					*			
<i>Sargassum micracanthum</i>		*				*		
<i>Sargassum nigrifolium</i>					*			
<i>Sargassum serratifolium</i>						*	*	
<i>Sargassum siliquastrum</i>							*	*
<i>Sargassum thunbergii</i>								*
<i>Sargassum yezoense</i>	*		*	*	*	*	*	*
<i>Sargassum</i> sp.		*				*	*	*
Rhodophyta								
<i>Porphyra tenera</i>							*	
<i>Nemalion vermiculare</i>	*							
<i>Gelidium amansii</i>	*				*	*		
<i>Gelidium</i> sp.		*		*				
<i>Pterocladia capillacea</i>					*			
<i>Amphiroa zonata</i>	*							
<i>Corallina pilulifera</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pneophyllum zostericum</i>			*				*	*
<i>Gloiopeltis furcata</i>		*						*
<i>Carpopeltis affinis</i>						*		
<i>Grateloupia acuminata</i>					*			
<i>Grateloupia elliptica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Grateloupia filicina</i>	*	*		*	*	*		
<i>Grateloupia lanceolata</i>	*	*		*	*	*	*	*
<i>Grateloupia okamurae</i>	*							

Table 1. (continued)

Site Species \ Seasons	Daejin				Jukbyeon			
	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring
<i>Grateloupia turuturu</i>		*						
<i>Grateloupia</i> sp.					*			
<i>Prionitis cornea</i>	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Caulacanthus ustulatus</i>							*	
<i>Chondracanthus intermedia</i>	*	*				*		
<i>Chondracanthus tenellus</i>	*				*	*	*	
<i>Chondrus nipponicus</i>		*				*		
<i>Chondrus ocellatus</i>	*				*			*
<i>Gracilaria asiatica</i>					*			
<i>Hypnea charoides</i>						*		
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	*			*	*			*
<i>Plocamium ovicornis</i>					*			
<i>Plocamium telfairiae</i>		*				*		
<i>Champia parvula</i>	*				*	*		
<i>Lomentaria catenata</i>	*			*	*	*		*
<i>Lomentaria hakodatensis</i>					*		*	*
<i>Lomentaria lubrica</i>						*		
<i>Campylaephora crassa</i>			*	*		*		*
<i>Ceramium kondoii</i>					*			
<i>Ceramium tenerrimum</i>	*		*		*	*		
<i>Reinboldiella schmitziana</i>					*			
<i>Dasya</i> sp.						*		
<i>Acrosorium flabellatum</i>							*	
<i>Acrosorium polyneurum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Acrosorium</i> sp.					*			
<i>Delesseria serrulata</i>			*					
<i>Chondria crassicaulis</i>	*	*		*	*	*	*	*
<i>Chondrophyucus intermedia</i>				*	*	*		*
<i>Chondrophyucus undulata</i>					*	*		*
<i>Laurencia pinnata</i>				*				
<i>Laurencia</i> sp.	*				*			
<i>Neosiphonia japonica</i>					*			
<i>Polysiphonia</i> sp.		*	*	*	*	*	*	
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	*	*	*	*	*	*	*	*
melobesioidean algae	*	*	*	*	*		*	*
Seagrass								
<i>Phyllospadix japonica</i>		*	*	*	*	*	*	*

20종으로 가장 적게 출현하였다. 죽변에서는 여름과 가을 그리고 봄에 각각 41종, 41종 및 40종으로 출현종수가 다소 많았으나, 겨울에 29종이 관찰되어 대체로 겨울철에 적은 계절적 추세를 보였다(Table 2).

김과 김(1991)은 울진 발전소 주변 해역의 해조류 구성비율을 녹조류 12.4%, 갈조류 25.6%, 홍조류 53.6%로 보고하였고, 최 등(2006)은 울진 연안 조하대에서 2년에 걸친 조사에서 해조류 구성비율을 녹조류 12.6%, 갈조류 33.3%, 홍조류 54.0%로 보고한 바 있다. 이들 결과를 이번 조사에서 나타난 결과(녹조류 9.5%, 갈조류 30.9%, 홍조류 59.5%)와

비교해 볼 때, 출현종의 구성비율에서 큰 차이를 보이지 않았다.

4계절을 통하여 연중 발견되는 종으로는 녹조류 떡창각(*Codium arabicum*), 갈조류 불레기말(*Colpomenia sinuosa*), 참그물바탕말(*Dictyota dichotoma*), 툫(*Hizikia fusiformis*), 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 왜모자반(*S. yezoense*), 홍조류 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 참도박(*Grateloupia elliptica*), 떡도박(*G. lanceolata*), 붉은까막살(*Prionitis cornea*), 잔금분홍잎(*Acrosorium polyneurum*), 참서실(*Chondria crassicaulis*), 참보라색우무(*Symphyocladia latiuscula*), 무절산

Table 2. The number of algal and sea grass species collected at investigated localities

Site Taxa \ Seasons	Daejin					Jukbyeon				
	Summer	Autumn	Winter	Spring	Sum	Summer	Autumn	Winter	Spring	Sum
Chlorophyta	4	4	1	1	4	2	6	2	5	8
Phaeophyta	8	5	7	9	15	8	10	11	18	22
Rhodophyta	21	16	11	16	32	30	24	15	16	43
Seagrass	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	33	27	20	27	52	41	41	29	40	74

Table 3. The seasonal change of C/P, R/P and (R+C)/P at investigated localities

Value	Daejin					Jukbyeon				
	Summer	Autumn	Winter	Spring	Sum	Summer	Autumn	Winter	Spring	Sum
C/P	0.50	0.80	0.14	0.11	0.39	0.25	0.60	0.18	0.28	0.33
R/P	2.63	3.20	1.57	1.78	2.30	3.75	2.40	1.36	0.89	2.10
(R+C)/P	3.13	4.00	1.71	1.89	2.68	4.00	3.00	1.55	1.17	2.43

호조류(melobesioidean algae), 해산종자식물 게바다말 (*Phyllospadix japonica*)의 총 15종이었다.

조사지역에서 해조상의 특색을 비교할 수 있는 지표로 Feldmann(1937)은 갈조식물에 대한 홍조식물의 비(R/P)를 제안하여 해조류의 지리적 분포한계를 구분하는 지수로 사용하였고, Segawa(1956)는 갈조식물에 대한 녹조식물의 비(C/P)를 수평분포지수로 사용하였다. 동해 중부의 대진과 죽변의 조간대 및 조하대에서 조사된 C/P ratio, R/P ratio, (R+C)/P ratio는 Table 3과 같다. C/P ratio는 대진에서 0.11에서 0.80까지 평균 0.39의 값을 나타내었고, 죽변에서는 0.18에서 0.60까지 평균 0.33으로 주로 가을 조사에서 다른 계절에 비해 상대적으로 높은 값으로 조사되었다.

김과 김(1991)은 울진원자력발전소 주변에서 C/P ratio를 0.39로 보고하였고, 최 등(2006)의 울진연안에서 조사된 결과에서는 0.43의 값을 보고하여 이번 조사의 값과 비슷하게 나타났다.

R/P ratio와 (R+C)/P ratio는 대진에서 각각 2.30과 2.68로 조사되었고, 죽변에서 각각 2.10과 2.43의 값을 나타내었는데, 이러한 결과는 김과 김(1991)의 조사 결과에서 보고된 R/P ratio 평균 1.97과 (R+C)/P ratio 평균 2.55의 값과 비슷하며, 최 등(2006)의 조사 결과에서 보고된 1.87과 2.30의 값과 비슷한 값을 나타냈다. (R+C)/P ratio는 대진과 죽변에서 여름과 가을 조사에서 다른 계절에 비해 상대적으로 높은 값을 보였다. 대진과 죽변의 해조상은 (R+C)/P ratio가 각각 평균 2.68, 2.43으로 나타나, Kang(1966)이 지적한 바와 같이 온대성 해조상의 특징을 나타내고 있는 것으로 사료된다.

대진과 죽변의 해조류 조사 결과를 바탕으로 분석된 중요

도는 Table 4와 같다.

대진의 해조군집에서 계절에 따른 주요 종들의 군집 내 중요도는 여름에 작은구슬산호말이 20.3으로 가장 높게 나타났고, 다음으로 진두발(*Chondrus ocellatus*)이 17.1이었다. 가을에는 무절산호조류 34.9, 작은구슬산호말 16.1, 그리고 팽생이모자반 14.4의 순으로 나타났다. 겨울에도 무절산호조류가 39.3으로 가장 높게 나타났으며 다음으로 왜모자반과 게바다말이 각각 16.0과 15.4로 나타났다. 한편 봄에는 왜모자반이 24.3으로 가장 높았고, 무절산호조류와 팽생이모자반이 각각 11.1과 10.7의 순으로 조사되었다.

죽변에서 출현한 주요 종들의 군집 내 중요도는 여름에 작은구슬산호말이 21.0으로 가장 높았고, 다음으로 무절산호조류가 18.6이었으며, 가을에는 게바다말이 28.5로 가장 높게 나타났고, 잔금분홍잎이 11.8, 툫이 10.2이었다. 겨울에는 무절산호조류 32.8, 파배기모자반(*S. siliquastrum*) 15.0, 게바다말 14.8, 팽생이모자반 13.3의 순으로 나타났다. 봄철에는 무절산호조류가 23.1로 가장 높게 나타났고, 다음으로 툫과 게바다말이 각각 16.6과 11.8의 순으로 나타났다.

중요도 10 이상을 나타내는 해조류는 대진에서 갈조류 팽생이모자반, 왜모자반, 홍조류 작은구슬산호말, 진두발, 무절산호조류, 해산종자식물 게바다말로 조사되었으며, 죽변에서는 갈조류 툫, 팽생이모자반, 파배기모자반, 홍조류 작은구슬산호말, 잔금분홍잎, 무절산호조류, 해산종자식물 게바다말로 조사되었으며, 대진과 죽변에서 중요도가 10을 넘는 녹조류는 한 종도 없었다. 중요도 값을 근거로 하였을 때, 대진의 우점 및 준우점종은 작은구슬산호말, 왜모자반, 팽생이모자반, 게바다말, 무절산호조류로 나타났으며, 죽변은 작

은구슬산호말, 게바다말, 툫, 무절산호조류로 나타나 두 지역 모두 갈조류 모자반류와 홍조류 산호말류가 공통 우점종임을 반영해 주고 있다.

동해 중부 연안의 해조군집에서 갈조류나 홍조류가 우점적으로 나타나는 반면, 녹조류가 상대적으로 빈약한 분포를 보이는 현상은 이미 몇몇 연구자들에 의하여 확인된 바 있다. 이를테면 1992-2000년의 9년에 걸쳐 동해안의 3개 원자력발전소 배수로 해조군집을 조사한 결과, 동해 남부의 고리원전이나 월성원전에서는 녹조류의 생물량 구성비율이 23-24%를 차지한 반면에 동해 중부에 위치한 울진원전에서 9년간 녹조류가 차지한 비율은 고작 1%에 불과하였다(김과안 2005). 한편 2003-2004년에 계절별로 울진원전 주변의 해조군집 조사에서도 생물량으로 본 우점종의 대부분은 갈조류나 홍조류이었고, 녹조류는 단지 구멍갈파래(*Ulva pertusa*) 한 종만이 한 두 계절에 10% 내외의 현존량 구성비율을 보였을 따름이다(이 등 2007).

수직분포는 식물군집의 가장 중요한 속성의 하나로서 해조류의 경우 건조, 광선에 대한 노출, 경쟁 등의 환경요인들에 의해서 결정된다(Dring 1992; 부 1987). 피도 자료를 통한 대진과 죽변의 수직분포 변화는 Table 6과 같다.

먼저 대진의 경우, 조간대에서는 작은구슬산호말이 연중 높은 피도로 조사되었으며, 그밖에 참보라색우무, 툫, 왜모자반, 참도박, 염주말(*Chaetomorpha moniligera*), 애기돌가사리(*Chondracanthus intermedia*), 참그물바탕말, 잔금분홍잎, 떡청각 등의 피도가 다소 높게 나타났다. 조하대 1 m에서는 왜모자반이 연중 가장 높은 피도로 나타났으며 다음으로 무절산호조류, 팽생이모자반, 게바다말, 작은구슬산호말, 참보라색우무, 붉은까막살, 미역(*Undaria pinnatifida*), 개도박, 잔금분홍잎, 떡청각으로 조사되었다. 조하대 5 m에서는 무절산호조류가 가장 높은 피도를 보였으며, 함께 게바다말, 진두발, 팽생이모자반, 왜모자반, 우뚝가사리(*Gelidium amansii*), 참도박, 떡청각 등이 높게 나타났다. 조하대 10 m에서는 무절산호조류의 피도가 가장 높게 나타났고, 게바다말, 진두발, 팽생이모자반, 왜모자반, 떡청각 등이 높은 피도로 조사되었다.

죽변의 조간대에서는 툫이 가장 높은 피도로 조사되었으며, 그밖에 작은구슬산호말, 모자반류, 개서실, 게바다말, 참그물바탕말, 잔금분홍잎, 참도박 등이 높은 피도로 조사되었다. 조하대 1 m에서는 왜모자반이 연중 가장 높은 피도값을 보였으며, 다음으로 무절산호조류, 톱니모자반(*S. serratifolium*), 팽생이모자반, 게바다말, 작은구슬산호말, 붉은까막살, 개도박, 잔금분홍잎 등이 조사되었다. 조하대 5 m에서는 해산중자식물인 게바다말이 가장 높은 피도로 조사되었으며 무절산호조류, 왜모자반, 팽생이모자반, 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*), 잔금분홍잎, 벗그물바탕말(*Dilophus*

okamurae), 미역 등이 높게 나타났다. 한편 죽변의 조하대 10 m에서는 무절산호조류의 피도가 가장 높게 나타났고, 붉은까막살, 게바다말, 미역, 왜모자반, 참도박, 돌가사리(*Chondracanthus tenellus*) 등이 높은 피도로 조사되었다.

동해 중부 연안의 해조 군집조사 중 조하대 수직분포에 관하여 최 등(2006)은 울진해역에서 수심 3 m에서는 미역, 애기다시마(*Laminaria religiosa*)와 모자반 속(*Sargassum* spp.)으로 주로 대형 갈조류가 우점한다고 하였고, 수심 6 m에서도 미역, 애기다시마, 모자반 속 해조류로 수심 3 m와 동일하게 갈조류가 대표적이었다고 보고하였다. 또한 수심 9 m의 대표적인 해조류는 미역, 다시마, 모자반 속 해조류와 녹조류 구멍갈파래, 홍조류 우뚝가사리, 돌가사리 등의 현존량이 높았고, 수심 12 m의 경우에는 녹조류 청각(*Codium fragile*), 갈조류 쇠꼬리산말(*Desmarestia viridis*), 미끈뽕대그물말(*Dictyopteris divaricata*), 홍조류 우뚝가사리, 참곱슬이, 잔금분홍잎 등이 계절에 따라서 대표되는 해조류로 출현하는 경향을 보고하였다.

또한 김 등(1983)은 강릉 남쪽 3 km 지점의 안인진 일대의 해조류 조사결과 조간대 상부에서 염주말, 조간대 중부에서 지충이(*S. thunbergii*), 조간대 하부에서 벗그물바탕말, 서실 속(*Laurencia* spp.), 산호말류(*coralline algae*)가 우점한다고 하였고, 수심 0.2-2 m 사이에서 벗그물바탕말 이외에 불레기말, 모자반류(*S. horneri*, *S. miyabei*), 수심 2-9 m 깊이에서는 검은서실(*Chondrophycus intermedia*), 보라잎(*Delesseria serrulata*), 참갈고리풀(*Bonnemaisonia hamifera*), 잇가지풀(*Heterosiphonia japonica*) 등이 생육하고 있고, 수심 9-10 m의 수심에서는 미역과 마디잘록이(*Lomentaria catenata*)가 대표하는 종으로 보고하였다.

한편 Chung et al.(1991)은 동해안 갈남의 해조류 조사결과 여름에 조간대에서 참국수나물(*Nemalion vermiculare*), 툫, 벗그물바탕말이 우점하고 있으며, 수심 0.5-3 m 깊이에서는 참보라색우무, 작은구슬산호말, 붉은까막살, 수심 3-4 m에서는 옥덩굴(*Caulerpa okamurae*), 큰서실, 붉은까막살, 진두발, 팽생이모자반 등이 대표되는 해조류로 출현하고 있고, 겨울에 조간대에서는 김 속(*Porphyra* spp.), 툫 등이 우점하고 있고, 수심 0.5-4 m 깊이까지 전체적으로 미역, 왜모자반, 벗그물바탕말이 우점하여 출현하고 있음을 보고하여 이번 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

대진 해조군집의 계절별 수직분포 변화는 조간대에서 작은구슬산호말, 참보라색우무, 툫, 참도박이 여름에서 봄까지 연중 분포하였고, 왜모자반, 참그물바탕말, 잔금분홍잎, 떡청각도 한 계절을 제외한 3계절에 걸친 분포를 보였다. 조하대 1 m에서는 왜모자반이 연중 분포하였고, 무절산호조류, 팽생이모자반, 참보라색우무, 잔금분홍잎, 떡청각이 3계절에 걸쳐 분포를 보였다. 조하대 5 m에서는 연중 분포하는 종

Table 4. The important value of algal and sea grass species at investigated localities

Site Species \ Seasons	Daejin				Jukbyeon			
	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring
Chlorophyta								
<i>Chaetomorpha moniligera</i>	0.6	3.9						
<i>Codium arabicum</i>	0.6	2.4	2.3	6.0	1.1	2.6	1.4	2.0
<i>Codium fragile</i>					1.2	0.7		0.6
Phaeophyta								
<i>Colpomenia sinuosa</i>			0.5	2.5			0.5	3.3
<i>Undaria pinnatifida</i>	3.6		0.5	3.4	3.8		0.5	3.9
<i>Dictyopterus divaricata</i>	1.8		0.8					
<i>Dictyota dichotoma</i>	1.2	1.2	2.6	1.3	0.6	3.1	1.9	2.0
<i>Dilophus okamurae</i>								3.1
<i>Pachydictyon coriaceum</i>				2.2				
<i>Hizikia fusiformis</i>	2.8	2.0	1.7	5.1	4.4	10.2	2.6	16.6
<i>Sargassum fulvellum</i>	0.7							
<i>Sargassum horneri</i>	0.4	14.4		10.7	1.2	5.6	13.3	4.4
<i>Sargassum micracanthum</i>		4.6						
<i>Sargassum serratifolium</i>							8.9	
<i>Sargassum siliquastrum</i>							15.0	11.1
<i>Sargassum yezoense</i>	1.0		16.0	24.3	1.2	3.9		6.2
Rhodophyta								
<i>Gelidium amansii</i>	2.4	0.6		1.3	1.2			
<i>Corallina pilulifera</i>	20.3	16.1	10.3	2.6	21.0	5.8		1.7
<i>Grateloupia elliptica</i>	6.0	0.6	1.1	1.6	3.5		0.6	0.6
<i>Grateloupia filicina</i>	0.7	0.7		0.6	1.6	0.8		
<i>Grateloupia lanceolata</i>	2.5	1.1		0.6	6.2			0.7
<i>Grateloupia sp.</i>					2.0			
<i>Prionitis cornea</i>	4.1	2.0	1.2	1.4	7.0	6.3	2.9	
<i>Chondracanthus intermedia</i>	1.2	2.4						
<i>Chondracanthus tenellus</i>	4.2				5.8			
<i>Chondrus ocellatus</i>	17.1				1.6			0.7
<i>Hypnea charoides</i>						1.0		
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	1.4			0.6				
<i>Plocamium telfairiae</i>						5.3		
<i>Lomentaria catenata</i>	0.6			1.0	0.5	2.0		1.0
<i>Lomentaria hakodatensis</i>							2.1	1.6
<i>Campylaeophora crassa</i>			0.7	4.0		2.2		
<i>Acrosorium polyneurum</i>	1.5	0.6	1.9	1.7	1.6	11.8	2.7	2.3
<i>Chondria crassicaulis</i>					1.4	3.4		1.9
<i>Chondrophycus intermedia</i>					0.5	3.0		
<i>Laurencia sp.</i>					3.6			
<i>Polysiphonia sp.</i>		0.6	0.7	2.3		2.7		
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	7.3	0.8	5.0	5.7	1.3	1.1		1.4
melobesioidean algae	16.0	34.9	39.3	11.1	18.6		32.8	23.1
Seagrass								
<i>Phyllospadix japonica</i>	2.1	11.0	15.4	10.1	9.3	28.5	14.8	11.8

으로 무절산호조류가 조사되었고, 게바다말이 여름에서 겨울까지, 왜모자반과 떡청각이 가을부터 봄까지 분포하였다. 조하대 10 m에서는 게바다말이 연중 분포하는 종으로 나타났다. 왜모자반과 떡청각은 가을부터 봄까지, 붉은까막살은 여름, 가을, 봄에 분포하였다.

죽변 해조군집의 계절별 수직분포 변화는 조간대에서 뜻이 연중 분포하였고, 작은구슬산호말, 참보라색우무, 왜모자반, 참그물바탕말, 개서실, 떡청각이 여름과 가을, 그리고 봄에 분포하였다. 조하대 1 m에서는 게바다말, 잔금분홍잎, 떡청각이 연중 분포하였고, 왜모자반이 가을부터 봄까지 분포

Table 5. Dominant and subdominant species at investigated localities

Species/Season		Summer	Autumn	Winter	Spring
Daejin	Dominants	<i>Corallina pilulifera</i>	melobesioidean algae	melobesioidean algae	<i>Sargassum yezoense</i>
	Subdominants	<i>Chondrus ocellatus</i> melobesioidean algae	<i>Corallina pilulifera</i> <i>Sargassum horneri</i>	<i>Sargassum yezoense</i> <i>Phyllospadix japonica</i>	melobesioidean algae <i>Sargassum horneri</i>
Jukbyeon	Dominants	<i>Corallina pilulifera</i>	<i>Phyllospadix japonica</i>	melobesioidean algae	melobesioidean algae
	Subdominants	melobesioidean algae <i>Phyllospadix japonica</i>	<i>Acrosorium polyneurum</i> <i>Hizikia fusiformis</i>	<i>Sargassum siliquastrum</i> <i>Phyllospadix japonica</i>	<i>Hizikia fusiformis</i> <i>Phyllospadix japonica</i>

Table 6. The seasonal changes in coverage of major marine algae according to the depths at investigated localities

(unit: %)

Station	Depth (m)	Species	Daejin				Jukbyeon			
			Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring
Intertidal		<i>Corallina pilulifera</i>	51.0	48.0	33.6	7.6	55.0	11.2		3.2
		<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	6.8	1.2	14.4	14.8	1.6	2.0		1.4
		<i>Hizikia fusiformis</i>	11.0	5.0	4.0	14.8	13.2	25.0	7.0	47.8
		<i>Sargassum siliquastrum</i>							51.2	
		<i>Sargassum yezoense</i>	0.8		7.4	25.2	0.8	13.0		7.6
		<i>Grateloupia elliptica</i>	12.4	0.4	0.4	2.0	2.2		0.8	0.4
		<i>Chaetomorpha moniligera</i>	1.2	12.0						
		melobesioidean algae			5.6	4.0			6.6	6.2
		<i>Chondracanthus intermedia</i>	0.2	7.0			0.2	4.0		
		<i>Dictyota dichotoma</i>	2.2	0.2	2.4		0.6	7.8		0.8
		<i>Phyllospadix japonica</i>							15.2	
		<i>Chondria crassicaulis</i>					2.4	6.2		4.2
		<i>Acrosorium polyneurum</i>	1.6		1.4	0.2		4.8	2.0	
		<i>Lomentaria hakodatensis</i>							4.0	2.4
		<i>Codium arabicum</i>	1.0	0.2		0.4	0.2	0.2		0.4
	<i>Polysiphonia</i> sp.		0.4	0.8			6.2			
Subtidal	1	melobesioidean algae	6.0	25.8	14.0		14.0		22.0	7.2
		<i>Sargassum horneri</i>	0.2	26.2		8.8		0.2	15.2	
		<i>Sargassum serratifolium</i>							29.6	
		<i>Sargassum yezoense</i>	0.6	26.2	31.8	34.0		8.8	11.0	31.1
		<i>Phyllospadix japonica</i>			15.2	10.8	3.2	0.4	1.6	18.4
		<i>Corallina pilulifera</i>	24.4				11.6	0.2		
		<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	21.4		0.2	0.2				
		<i>Prionitis cornea</i>	10.8		0.6		12.6	0.8		
		<i>Undaria pinnatifida</i>	6.0			3.2	3.6			
		<i>Grateloupia lanceolata</i>	9.0				11.0			
		<i>Grateloupia</i> sp.	1.8				5.6			
		<i>Campylaephora crassa</i>				6.0				
		<i>Chondracanthus tenellus</i>	5.4				2.6			
		<i>Acrosorium polyneurum</i>	3.0	0.2	0.4		0.2	12.0	0.2	0.2
		<i>Laurencia</i> sp.					8.6			
	<i>Codium arabicum</i>		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.6	
	<i>Colpomenia sinuosa</i>			0.2	0.4				5.0	
	5	melobesioidean algae	35.0	43.8	54.4	8.8	37.0		44.0	30.8
		<i>Phyllospadix japonica</i>	5.0	14.0	15.8		26.4	66.0	25.0	1.6
		<i>Chondrus ocellatus</i>	18.0							
<i>Sargassum horneri</i>			9.4		14.4	1.2		2.4	9.6	
<i>Sargassum yezoense</i>			9.4	10.4	4.0	0.4		6.4	9.6	

Table 6. (continued)

(unit: %)

Station	Depth (m)	Species	Daejin				Jukbyeon			
			Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring
		<i>Gelidium amansii</i>	8.2			4.0	0.8			
		<i>Grateloupia elliptica</i>	7.4		0.2					
		<i>Codium arabicum</i>		0.2	2.4	4.2				
		<i>Plocamium telfairiae</i>						12.0		
		<i>Acrosorium polyneurum</i>				0.2	0.2	9.8	0.4	
		<i>Dilophus okamurae</i>								7.2
		<i>Undaria pinnatifida</i>	1.2			2.6	4.0		0.4	
10		melobesioidean algae	22.8	34.6	54.6	16.0	8.0		14.4	22.2
		<i>Phyllospadix japonica</i>	0.8	18.2	17.6	18.4		2.0	3.2	12.0
		<i>Chondrus ocellatus</i>	40.4				1.4			
		<i>Sargassum horneri</i>		5.8		6.0	0.4			1.6
		<i>Sargassum micracanthum</i>		11.0						
		<i>Sargassum yezoense</i>		5.8	2.2	4.8			6.4	
		<i>Codium arabicum</i>		0.2	1.6	6.4				
		<i>Dictyopteris divaricata</i>	7.2							
		<i>Chondracanthus tenellus</i>	6.4				12.2			
		<i>Polysiphonia</i> sp.				6.0				
		<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	4.4							
		<i>Prionitis cornea</i>	0.2	0.4		1.2	3.6	9.0	8.6	
		<i>Undaria pinnatifida</i>	2.0							11.4
		<i>Grateloupia elliptica</i>	0.8			0.8	6.0			

하였다. 조하대 5 m에서는 게바다말이 여름부터 봄까지 연중 분포하였으며, 팽생이모자반과 왜모자반이 여름, 겨울 및 봄에 분포하였고, 잔금분홍잎은 여름부터 겨울까지 분포하였다. 조하대 10 m에서는 게바다말이 가을부터 봄까지, 붉은까막살이 여름부터 겨울까지 분포하는 계절적 특징을 나타냈다.

국내 갯녹음 현상에 대해서는 손 등(1982)에 의해 최초로 보고되었으며, 최 등(2006)에 따르면 국내에 보고된 갯녹음 현상은 제주도에서부터 시작하여 이제는 동, 서, 남해안 전 연안의 조간대와 조하대에 확산되어 해조상의 변화와 해조류 종조성의 감소 등 해양 생태계의 극심한 변화를 유발하는 단계까지 이르렀고, 최근에는 갯녹음의 진행 및 확산이 동해안 연안을 중심으로 빠르게 진행되고 있다고 보고하였다.

본 조사 지역인 대진과 죽변 해역은 외해에 직접 접하고 있어 파도의 영향을 많이 받는 지역으로, 조하대의 수심 1-5 m의 기질은 주로 암반으로 구성되어 있고, 수심 10 m는 대부분 모래와 일부 암반이 혼합되어 있는 특징이 있다. 수심 5 m까지는 모자반류와 잘피류의 혼합 군락이 암반을 기질로 발달하고 있으나, 무절산호조류만이 자연암반을 뒤덮는 갯녹음 지역 또한 넓은 분포를 보이고 있다. 수심 10 m에서는 일부 자연 암반에서 모자반류와 잘피류 등 일부 해조류가 무절산호조류와 함께 암반을 덮고 있을 뿐, 대부분의 암반에서

무절산호조류만이 우점하고 있어, 이 지역의 갯녹음이 조하대에 넓게 확산되어 분포하고 있음이 확인되었다.

사 사

본 연구는 해양수산부 '해조류를 이용한 온실가스 저감 연구사업'의 연구비 지원에 의해 수행되었다. 현장 조사에 협조해 준 고재환 씨와 박중구 박사 및 대진리, 죽변 어촌계 관계자 여러분에게 사의를 표한다. 논문을 심사하고 유익한 조언을 아끼지 않으신 편집위원장과 심사위원들에게 감사드린다.

참고문헌

- 강제원. 1968. 한국동식물도감. 제8권 식물편(해조류). 문교부.
 고철환. 1983. 저서식물의 군집구조와 생산성(동해안, 죽도) II. 해조류 식생의 계절변화와 대형갈조류 성장양상의 관계. 식물학회지 **26**: 181-190.
 고철환, 성낙길. 1983. 저서식물의 군집구조와 생산성(죽도, 동해안) I. 해조류의 식생과 환경. 식물학회지 **26**: 119-130.
 김영환, 남기완, 손철현. 1997. 동해안 주문진 조간대의 저서 해조류: 해조상, 분포 및 군집구조. 조류학회지 **12**: 117-130.
 김영환, 안중관. 2005. 동해안 3개 원전 배수로 해조군집의 생태적 특성. 조류학회지 **20**: 217-224.

- 김홍기, 김영환. 1991. 한국 3개 원자력발전소 주변 해조군집. 조류학회지 **6**: 157-192.
- 김훈수, 이인규, 고철환, 김일희, 서영배, 성낙길. 1983. 한국 연안 해역의 저서생물 군집에 관한 연구 I. 동해안(안인진)의 저서생물 군집구조. 서울대학교 자연과학대학 회보 **8**: 71-108.
- 남기완. 1986. 동해안 죽도의 해조군집에 관하여. 조류학회지 **1**: 185-202.
- 남기완, 김영식, 김영환, 손철현. 1996. 한국 동해 연안역의 저서 해조류: 해조상, 분포 및 군집구조. 한수지 **29**: 727-743.
- 부성민. 1985. 동해 강릉연안 해조군집의 수직분포. 강릉대학 자연집 **1**: 46-53.
- 부성민. 1987. 강원도 해역 해조류의 분포. 조류학회지 **2**: 223-235.
- 손철현, 이인규, 강제원. 1982. 남해안 돌산도의 해조 I. 부산수대해연보 **14**: 37-50.
- 이용필, 강서영. 2002. 한국산 해조류의 목록. 제주대학교 출판부.
- 이인규, 강제원. 1986. 한국산 해조류의 목록. 조류학회지 **1**: 311-325.
- 이재완. 1991. 한국 동해안 조간대의 해조류 군집구조와 지리적 분포. 서울대학교 박사학위논문.
- 이재완, 이해복. 1988. 동해안 영일만 일대의 해조상에 관한 연구. 조류학회지 **3**: 165-182.
- 이재일, 안중관, 장민아, 김영환. 2007. 울진원전 배수로 해조군집의 계절변화. 충북대학교 자연과학연구 **21**: 55-72.
- 이해복, 오윤식. 1986. 동해안 영일만의 하계 해조 군집. 조류학회지 **1**: 225-240.
- 최창근, 박석남, 손철현. 2006. 동해안 울진 연안 조하대 저서 해조류의 군집구조. 조류학회지 **21**: 463-470.
- 吉田忠生. 1998. 新日本海藻誌. 内田老鶴圃.
- 千原光雄. 1996. 學研生物圖鑑. 海藻. 學習研究社.
- Barbour M.G., Burk J.H. and Pitts W.D. 1987. *Terrestrial plant ecology*. The Benjamin/Cummings Publ. Co. Inc.
- Boo S.M. and Lee I.K. 1986. Studies on benthic algal community in the east coast of Korea 1. Floristic composition and periodicity of Sokcho rocky shore. *Korean J. Phycol.* **1**: 107-116.
- Cheney D.P. 1977. (R & C)/P - A new and improved ratio for comparing seaweed floras. *Suppl. J. Phycol.* **13**: 129.
- Chung H., Lee H.J. and 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.
- Dring M.J. 1992. *The biology of marine plants*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Mediteranee. *Rev. Algol.* **10**: 1-339.
- Kang J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* **7**: 1-125.
- Kim Y.H. and Lee J.H. 1981. Intertidal marine algal community and species composition of Wolseong area, east coast of Korea. *Korean J. Bot.* **24**: 145-158.
- Lee I.K. and 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., Kim Y.H. and Lee H.B. 2001. The community structure of intertidal marine benthic algae in the east coast of Korea II. Sokcho. *Algae* **16**: 113-118.
- Okamura K. 1915a. On the marine algae of the east coast of Chosen. I. *Bot. Mag. Tokyo* **29**: 28-29.
- Okamura K. 1915b. On the marine algae of the east coast of Chosen. II. *Bot. Mag. Tokyo* **29**: 205-207.
- Saito Y. and Atobe S. 1970. Phytosociological study of intertidal marine algae. 1. Usujiri Benten-Jima, Hokkaido. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* **21**: 37-69.
- Segawa S. 1956. *Coloured illustrations of the seaweeds of Japan*. Hoikusha Publ. Co. Osaka. 195 pp.

Received 26 May 2008

Accepted 10 August 2008