

한국 동해안 조하대 해산식물의 군집구조

신재덕·안중관·김영환*
충북대학교 생물학과

Structure of the Subtidal Marine Plant Community on the East Coast of Korea

Jae Deok Shin, Jung Kwan Ahn and Young Hwan Kim*

Department of Biology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

The species composition and distributions of benthic marine plants on the East Coast of Korea were studied. We examined all species found in the intertidal and subtidal zones at four sites seasonally from August 2006 to May 2009. Of the 148 species identified, 92 were rhodophytes, 39 were phaeophytes, 16 were chlorophytes, and 1 was a seagrass. The most species (125) were found at Jukbyeon, while the fewest (99) were found at Chuksan. Overall, the numbers of species were highest during the spring and lowest in autumn. Seventy-five species (50 rhodophytes, 15 phaeophytes, 9 chlorophytes, and 1 seagrass) were found at all four sites. The dominant species providing cover were melobesioidean algae, *Sargassum* spp., *Phyllospadix japonica*, and *Corallina pilulifera*. The vertical distribution of benthic marine plants was characterized by *C. pilulifera*, *Sargassum* spp., *Hizikia fusiformis*, *Grateloupia elliptica*, *Symphycladia latiuscula*, *Grateloupia lanceolata*, *Ulva pertusa*, and *Chondria crassicaulis* in the intertidal zone; *Sargassum* spp., *P. japonica*, *Prionitis cornea*, *C. pilulifera*, and *Acrosorium polyneurum* at 1 m depth; *Sargassum* spp., *P. japonica*, and melobesioidean algae at 5 m depth; and melobesioidean algae at 10 m depth. There was variation among the sites, presumably due to differences in the local conditions.

Key words: Distributional patterns, East Coast, Marine plants, Species composition, Subtidal zone

서 론

한국 동해 연안의 해조류는 Okamura (1915a, b, 1917)에 의하여 처음으로 보고된 이래 단편적으로 밝혀지기 시작하여 1960년대 이후 비로소 체계적으로 정리되기 시작하였다. 먼저 Kang (1966)은 수온, 조류 등의 해황 특징을 중심으로 한국산 해조류의 지리적 분포를 북동해구, 남동해구, 동남해구, 서해구 및 제주구의 5개 해역으로 구분하였는데, 한국산 해조류 414종 가운데 한국의 동해에 해당하는 동해남구에는 196종(남조식물 3종, 녹조식물 25종, 갈조식물 48종, 홍조식물 120종)의 해조류가 출현하는 것으로 정리하였다. 이후 1980년대부터 한국 동해안 해조류의 정성·정량적 특성이 본격적으로 밝혀지기 시작하였다.

먼저 Kim and Lee (1980)가 경남 고리에서 그리고 Kim et al. (1980)이 경남 온산면에서 각각 방형구법을 이용하여 해조류의 분포적 특성을 분석 고찰하면서 동해안 해조류의 정량생태적 연구가 시작되었다. 그 후 Kim and Lee (1981)는 경북 월성군 일대의 해조군집과 종조성을 조사하면서 배열법(ordination)과 분류법(classification)을 이용하여 해조군집을 분석한 결과, 해조군집은 조간대 내의 부위별 차이보다는 지리적인 차이에서 유의한 변이가 나타남을 밝혔다. Koh (1983)는 강원도 죽도에서 조하대 해조류의 식생과 환경의 상호관계를 조사하고, 해조류 군집에 대한 해수운동의 영향을 정성적

으로 분석하였다. 한편 Boo (1985)는 강릉에서 그리고 Chung et al. (1991)은 갈라미의 해조 군집 연구에서 간만의 차가 거의 없는 지역의 해조 식생은 조간대의 상부와 하부의 두 군으로 크게 구분된다고 밝혔다. 그 밖에 몇몇 연구자들에 의하여 동해안 해조군집의 구조적 특성이 보고되었다 (Lee and Lee, 1988; Lee, 1991; Kim et al., 1997; Lee et al., 2001).

한편 Kang (1966)이 동해안에 출현하는 해조류 196종의 목록을 정리한 이래 동해안 해조류의 정성적 규모 또한 다양하게 밝혀져 왔다. 예를 들면 Boo (1987)는 강원도 해역 해조류 분포를 논하면서 231종(남조식물 9종, 녹조식물 22종, 갈조식물 55종, 홍조식물 145종)의 해조류가 출현한다고 보고하였고, Lee (1991)는 동해안 조간대 해조류 분포를 216종(녹조식물 25종, 갈조식물 52종, 홍조식물 139종)으로 보고하였다. Lee and Kim (1999)은 414종(남조식물 33종, 녹조식물 51종, 갈조식물 99종, 홍조식물 231종)의 해조류가 동해안에서 출현하는 것으로 집계하였고, Yoo (2003)는 동해안 영일만 내외해역 조하대 해조군집 구조를 분석하여 78종(남조식물 2종, 녹조식물 10종, 갈조식물 19종, 홍조식물 47종)의 해조류 생육을 보고하였다. 그 밖에 Choi et al. (2006)은 동해안 울진 연안 조하대 해역에서 87종(녹조식물 11종, 갈조식물 29종, 홍조식물 47종) 그리고 Sohn et al. (2007)은 동해안 북부에서 남부에 걸친 12개 지역 연안에서 116종(녹조식물 15종, 갈조식물 31종, 홍조식물 70종)의 해조류가 분포하고 있음을 보고하였다.

*Corresponding author: kimyh@cbnu.ac.kr

이를 종합하여 볼 때, 최근 20여 년간 동해안 해조류의 정성·정량적 특성이 비교적 구체적으로 밝혀지고 있다고 평가된다. 그러나 몇몇 연구자들 (Lee, 1991; Nam et al., 1996; Kim et al., 1997)에 의하여 해조군집의 정량적 규모가 파악되었을 뿐 그간 동해안에서 이루어진 해조류 분포 조사에서는 피도나 빈도 또는 생물량 등 정량적 자료의 확보가 대체로 미흡한 실정이다. 뿐만 아니라 동해안을 대상으로 수행된 많은 연구의 조사시기가 한 두 계절에 국한되었거나 조사지역도 조간대를 주로 다루고 있다.

조하대 군집에 대한 연구가 미흡한 것은 SCUBA diving을 해야 하는 등 현장조사의 어려움이 많기 때문이다 (Yoo, 2003). 그러나 부착해조류가 해중립의 구성원으로 많은 해양생물의 주된 서식지와 산란장으로 제공될 뿐만 아니라 그 자체가 중요한 해양생물자원으로 이용되고 있으므로 (Terawaki et al., 1998; Yoo et al., 2001; Seo and Yoo, 2003; Kim and Yoo, 2003), 조하대 해조군집에 대한 정보의 확보가 절실히 요구되고 있다. 그럼에도 불구하고 한국 동해안의 조하대 해조군집은 최근 몇몇 연구자들 (Sohn, 1983; Kim et al., 1983; Chung et al., 1991; Choi, 1999; Yoo, 2003; Choi et al., 2006; Park, 2008; Shin et al., 2008a, b)에 의해서 그 특성이 일부 밝혀졌을 뿐이며, 이들 역시 시간적 및 공간적으로 단편적인 조사에 그치고 있는 실정이다.

한편, 해산종자식물 역시 연안 및 하구생태계에서 해양동물들에게 먹이, 서식처 및 산란장을 제공해 줌으로써 연안의 수산생산력을 향상시키고, 해수의 수질 향상에 매우 중요한 역할을 담당하고 있다 (Short and McRoy, 1984; Ward et al., 1984; Fonseca and Fisher, 1986). 그렇지만 해산종자식물 분포의 정성·정량적 특성이 비교적 구체적으로 밝혀져 있지 않고, 최근 한반도 연안에서 매년 그 서식면적이 감소하고 있는 것으로 나타났다 (Lee and Lee, 2003). 최근 우리나라의 해산종자식물 연구는 주로 잘피 (*Zostera marina*)의 생태적 특성 구명에 대한 연구들이 몇몇 연구자들에 의하여 파악되었을 뿐이어서 (Kong, 1981; Huh et al., 1998; Lee, 2001; Lee et al., 2002; Kim, 2004), 해산종자식물의 보존 및 복원을 위한 분포적 및 생태적 특성 구명 연구가 절실히 요청되고 있다.

이와 같은 배경 아래 이 연구는 한국 동해안을 대상으로 하여 해조류와 해산종자식물을 포함하는 해산식물 군집의 특성을 보다 포괄적으로 규명하기 위하여 4개 정점에서 각 해안별로 조간대 및 조하대 해산식물의 정성·정량적인 군집 특성을 계절별로 파악하고, 조하대의 수심에 따른 수직분포 양상을 조사하여 한국 동해안 해산식물의 생태적 특성을 보다 명백히 하고자 시도되었다. 이 연구를 통하여 얻어지는 결과는 국지적인 해산식물 군집의 특성을 밝히고, 나아가서 생물 다양성의 자료 확보를 통한 보전생물학 건지의 귀중한 기초자료로 활용될 수 있다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다. 특히 최근 동해안에서 조하대를 중심으로 갯녹음 현상이 폭넓게 확대되고 있음을 감안할 때 (MOMAF, 2002), 이와 같은 연구는 갯녹음 확산범위 추정과 수산업 보호를 위한 대책 수립에도 다소나마 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

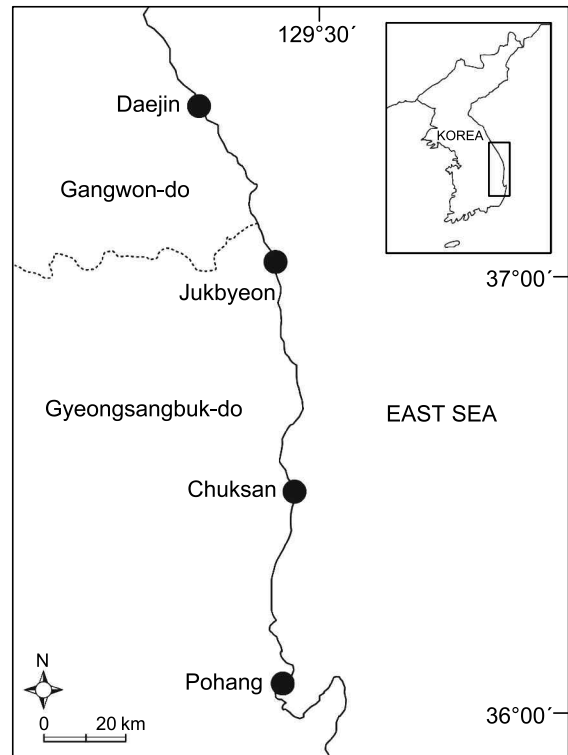


Fig. 1. A map showing the study area on the East Coast of Korea.

재료 및 방법

조사지 해역의 현황

동해안의 대진 (37°20'58.12"N, 129°15'39.33"E), 죽변 (37°03'22.69"N, 129°25'47.58"E), 축산 (36°30'30.11"N, 129°27'12.26"E) 그리고 포항 (36°04'24.37"N, 129°25'04.66"E) 지역의 조간대와 조하대 1 m, 5 m, 10 m 수심의 자연암반에서 계절별로 조사지역의 해산식물 식생을 대표할 수 있는 곳을 선정하여 스쿠버다이빙에 의해 조사를 실시하였다 (Fig. 1). 조사는 대진에서 12계절 (2006년 8월~2009년 5월), 죽변에서 8계절 (2006년 8월~2008년 4월), 축산에서 8계절 (2007년 7월~2009년 5월), 그리고 포항에서 4계절 (2008년 8월~2009년 5월)에 걸쳐 실시되었다.

이 연구의 대상지 중 대진, 죽변, 축산은 외해에 접하고 있어 파도의 영향을 많이 받는 지역이며, 연안은 암반이 급경사를 이루고 있고, 조하대의 기질은 주로 모래와 암반으로 구성되어 있는 특징이 있다. 반면 포항 연안은 내만에 위치해 상대적으로 파도의 영향이 다른 조사지역보다 적으며, 완만한 경사를 이루고 있고, 조하대의 기질은 주로 모래가 많고 일부 암반이 분포하는 특징이 있다.

해산식물의 종조성 및 피도 조사

해산식물의 종조성을 파악하기 위하여 각 정점의 조간대와 조하대 암반에 출현하는 해산식물을 가능한 한 넓은 범위에서 계절별로 채집하였다. 채집된 재료는 현장에서 10% 포르말린

-해수 용액으로 고정시켜 실험실로 운반하여 동정하였다. 동정된 해조류의 목록 정리는 Lee and Kang (2002)의 체계를 따랐으며, 최근 세균의 일종으로 간주되는 남조류 (남세균)는 조사 대상에서 제외하였다.

해산식물의 종조성 조사와 병행하여 군집의 정량적 특성을 파악하기 위하여 비파괴적 표본추출법 (nondestructive sampling method)으로 피도를 측정하였다. 이때 현장에서 동정이 어려운 경우에는 극히 소량을 채취하여 실험실에서 검경 동정하였다. 조사정점별로 조간대와 조하대의 1 m, 5 m 및 10 m 정점에서 25개의 소방형구 (10 cm × 10 cm)로 나누어진 50 cm × 50 cm의 방형구를 각각 5회 설치하여 (random point sampling, 5 replicates) 방형구 내에 출현하는 모든 해산식물의 피도를 측정하였다.

자료 분석

해상상 특성을 해석하는 지표로는 분류군의 출현종 수를 기준으로 녹조류와 갈조류의 C/P 비 (Segawa, 1956), 갈조류와 홍조류의 R/P 비 (Feldmann, 1937) 그리고 녹조류, 갈조류 및 홍조류의 (R+C)/P 비 (Cheney, 1977)를 비교 분석하였다.

조간대 및 조하대에서 계절별로 조사된 출현종의 피도 자료를 바탕으로 5개 방형구의 종별 평균치 (%)를 얻은 다음, 구성 비율이 30% 이상이면 우점종 (dominant species), 그리고 10~29%이면 준우점종 (subdominant species)으로 판정하였다 (Kim and Huh, 1998).

해산식물 군집의 구조적 특징은 피도 자료를 바탕으로 배열법 (ordination)의 일종인 DCA (detrended correspondence analysis)와 집괴분석 (cluster analysis)을 실시하여 분석하였다. 배열법은 Hill (1979)의 DECORANA (detrended correspondence analysis)를 이용하였고, 이때 사용한 프로그램은 PISCES 사의 CAP (community analysis package)이다. 한편 집괴분석의 유사지수 산출은 완전결합 (complete linkage)을 이용하였고, 거리지수는 Chord distance를 택하였다(Ludwig and Reynolds, 1988).

결 과

해산식물의 종조성과 분포적 특성

한국 동해안의 4개 조사정점에서 관찰된 해산식물은 총 148종으로 녹조식물 16종, 갈조식물 39종, 홍조식물 92종, 해산중자식물 1종이었다 (Table 1).

Table 1. The number of benthic marine plants observed at four sampling sites on the East Coast of Korea

Taxa	Site				Total
	Daejin	Jukbyeon	Chuksan	Pohang	
Chlorophyta	12	15	13	13	16
Phaeophyta	26	30	22	27	39
Rhodophyta	68	79	63	65	92
Spermatophyta	1	1	1	1	1
Total	107	125	99	106	148

먼저 대진에서는 녹조식물 12종, 갈조식물 26종, 홍조식물 68종 그리고 해산중자식물 1종으로 총 107종의 해산식물이 관찰되었다. 조사시기별로는 29~66종의 범위로 나타났으며, 봄에 다양하고 여름에 적은 계절적 추세를 보였다. 죽변에서는 녹조식물 15종, 갈조식물 30종, 홍조식물 79종 그리고 해산중자식물 1종으로 총 125종이 관찰되었다. 조사시기별로는 39~88종의 범위로 나타났으며, 봄에 출현종이 많고 가을에 적은 추세를 보였다. 축산에서는 녹조식물 13종, 갈조식물 22종, 홍조식물 63종 및 해산중자식물 1종으로 총 99종이 관찰되었다. 계절별로는 37~64종의 범위로, 봄과 겨울에 많고 여름과 가을에 적게 나타났다. 한편 포항에서는 녹조식물 13종, 갈조식물 27종, 홍조식물 65종, 그리고 해산중자식물 1종으로 총 106종이 관찰되었다. 계절별로는 겨울과 봄에 다양하고 여름과 가을에 적은 경향을 보였다.

조사지역 가운데 죽변에서 가장 많은 125종이 출현하여 4개 정점 총 출현종수의 84.5%를 차지한 반면, 축산에서는 가장 적은 99종 (총 출현종수의 66.9%)이 관찰되었다. 또한 4개 지점을 통틀어 계절별 출현종수를 살펴보면 봄에 122종, 여름에 109종, 가을에 100종, 겨울에 116종이 출현하여 봄에 출현종수가 가장 많았고, 가을에 가장 적은 것으로 나타났다 (Table 2).

Table 2. Seasonal fluctuation of the number of benthic marine plants found at four sampling sites on the East Coast of Korea

Taxa	Site	Spring	Summer	Autumn	Winter
		Chlorophyta	14	13	14
Phaeophyta		32	24	22	32
Rhodophyta		75	71	63	69
Spermatophyta		1	1	1	1
Total		122	109	100	116

Table 3. The comparison of C/P, R/P and (R+C)/P values of benthic marine algae at four sampling sites on the East Coast of Korea

	Site	Daejin	Jukbyeon	Chuksan	Pohang	Mean
C/P		0.46	0.50	0.59	0.48	0.51
R/P		2.62	2.63	2.86	2.41	2.63
(R+C)/P		3.08	3.13	3.45	2.89	3.14

한편, 본 조사를 통하여 전 조사지역에서 공통적으로 출현한 해산식물은 녹조식물 9종, 갈조식물 15종, 홍조식물 50종, 해산중자식물 1종으로 모두 75종이었는데, 이는 총 출현종수의 절반에 해당하는 수준이다.

해산식물상의 분포적 특성을 비교하기 위한 기준으로 이용되는 C/P, R/P 그리고 (R+C)/P의 값을 각 조사지역별로 비교한 결과는 다음과 같다 (Table 3). 먼저 C/P 값은 0.46~0.59의 범위 (평균 0.51)로 축산에서 높고 대진에서 낮게 나타났다.

R/P 값은 2.41~2.86의 범위 (평균 2.63)로 축산에서 높고 포항에서 다소 낮은 값을 보였다. 한편 (R+C)/P 값은 평균 3.14의 값으로 축산에서 3.45로 가장 높았고, 포항에서 2.89로 가장 낮았다.

수직분포 및 피도 변화

한국 동해안의 4개 조사정점에서 조사된 조간대와 조하대의 해산식물 수직분포 양식과 피도 조사 결과를 정리하면 다음과 같다.

먼저 대진 지역은 암반 기질에 가장 높은 피도로 무절산호조류 (melobesioidean algae)가 우점하고 있으며, 모자반류 (*sargassum* spp.), 게바다말 (*Phyllospadix japonica*), 작은구슬산호말 (*Corallina pilulifera*), 툯 (*Hizikia fusiformis*), 떡청각 (*Codium arabicum*), 참보라색우무 (*Symphyclocladia latiuscula*), 잔금분홍잎 (*Acrosorium polyneurum*), 진두발 (*Chondrus ocellatus*) 및 참그물바탕말 (*Dictyota dichotoma*)이 상대적으로 높은 피도로 조사되었다. 대진의 해조군집에서 계절에 따른 우점 및 준우점종은 갈조식물 모자반류, 홍조식물 무절산호조류와 작은구슬산호말, 해산종자식물 게바다말이 모든 계절에서 우점적인 생육을 보이며 대진 연안을 대표하는 해산식물로 밝혀졌다.

대진의 피도자료를 통한 수직분포 변화는 조간대에서 작은구슬산호말과 모자반류가 주로 우점하는 가운데 참도박 (*Grateloupia elliptica*), 툯, 참보라색우무, 참그물바탕말, 무절산호조류, 참서실 (*Chondria crassicaulis*), 잔금분홍잎 등이 함께 우점하였고, 조하대 수심 1 m에서는 모자반류와 게바다말이 주로 우점하고 있으며, 붉은까막살 (*Prionitis cornea*), 무절산호조류, 참보라색우무가 함께 나타났다. 조하대 수심 5 m에서는 무절산호조류와 모자반류가 주로 출현하였고, 게바다말과 떡청각이 함께 출현하였고, 조하대 수심 10 m에서는 무절산호조류가 주로 우점하고 있으며, 게바다말과 모자반류가 함께 나타났다.

죽변 지역은 암반 기질에 가장 높은 피도로 모자반류가 우점하고 있으며, 다음으로 무절산호조류, 게바다말, 툯, 작은구슬산호말, 붉은까막살, 잔금분홍잎, 떡도박 (*Grateloupia lanceolata*), 참서실, 참그물바탕말이 상대적으로 높은 피도로 조사되었다. 죽변의 해조군집에서 계절에 따른 우점 및 준우점종은 갈조식물 모자반류, 홍조식물 무절산호조류, 해산종자식물 게바다말이 모든 계절에서 우점적인 생육을 보이며 죽변 연안을 대표하는 해산식물로 밝혀졌다.

죽변의 피도자료를 통한 수직분포 변화는 조간대에서 작은구슬산호말, 툯, 그리고 모자반류가 주로 우점하는 가운데 게바다말, 참사슬풀 (*Champia parvula*), 참서실, 참보라색우무 등이 함께 우점하였고, 조하대 수심 1 m에서는 모자반류가 주로 우점하고 있으며 함께 무절산호조류, 작은구슬산호말, 붉은까막살, 떡도박, 게바다말이 출현하고 있었다. 조하대 수심 5 m에서는 무절산호조류가 주로 출현하였고, 게바다말, 모자반류, 구멍갈파래 (*Ulva pertusa*), 참곱슬이 (*Plocamium telfairiae*), 잔금분홍잎이 함께 나타났다. 조하대 수심 10 m에

서는 무절산호조류가 주로 우점하였고, 게바다말, 돌가사리 (*Chondracanthus tenellus*), 미역 (*Undaria pinnatifida*)이 함께 출현하였다.

축산 지역은 암반 기질에 가장 높은 피도로 모자반류가 우점하고 있으며 무절산호조류 및 작은구슬산호말, 떡청각, 툯, 붉은까막살, 참보라색우무, 떡도박, 참그물바탕말, 벗그물바탕말 (*Dilophus okamurae*) 순으로 높은 피도로 조사되었다. 축산의 해조군집에서 계절에 따른 우점 및 준우점종은 갈조식물 모자반류와 홍조식물 무절산호조류와 작은구슬산호말이 모든 계절에서 우점적인 생육을 보이며 축산 연안을 대표하는 해산식물로 밝혀졌다.

축산의 피도자료를 통한 수직분포 변화는 조간대에서 작은구슬산호말, 모자반류, 툯 및 참보라색우무가 주로 우점하였고, 조하대 수심 1 m에서는 모자반류가 주로 우점하고 있으며 함께 붉은까막살, 떡도박, 떡청각이 출현하고 있었다. 조하대 수심 5 m에서는 무절산호조류가 주로 출현하였고, 미끈뽀대그물말 (*Dictyopteris divaricata*), 모자반류, 떡청각, 참그물바탕말, 잔금분홍잎, 벗그물바탕말이 함께 출현하였다. 조하대 수심 10 m에서는 무절산호조류만이 우점하였다.

한편 포항 지역은 암반 기질에 가장 높은 피도로 작은구슬산호말이 우점하고 있으며 게바다말, 모자반류, 지충이 (*Sargassum thunbergii*), 참가시우무 (*Hypnea charoides*), 구멍갈파래, 우뚝가사리 (*Gelidium amansii*), 떡도박, 참서실 및 참도박 순으로 높은 피도로 조사되었다. 포항의 해조군집에서 계절에 따른 우점 및 준우점종은 홍조식물 작은구슬산호말과 갈조식물 모자반류가 주로 우점적인 생육을 보이며 포항 연안을 대표하는 해산식물로 밝혀졌다.

포항의 피도자료를 통한 수직분포 변화는 조간대에서 작은구슬산호말이 주로 우점하는 가운데 구멍갈파래, 참서실, 참가시우무, 모자반류, 지충이 등이 함께 우점하였고, 조하대 수심 1 m에서는 게바다말이 주로 우점하고 있으며 함께 떡도박, 작은구슬산호말, 참가시우무, 마디잘록이 (*Lomentaria catenata*)가 출현하고 있었다. 조하대 수심 5 m에서는 우뚝가사리와 모자반류가 주로 출현하였고, 조하대 수심 10 m에서는 피도가 10%를 넘는 주요종은 출현하지 않았다.

군집구조 분석

한국 동해안의 4개 지점과 지점별 조간대, 조하대 1 m, 5 m, 10 m 수심에서 조사된 피도 자료를 바탕으로 DCA 배열법을 수행한 결과는 Fig. 2에 보인 바와 같다. 다소 변이는 있으나 대체로 조간대에 해당하는 정점들이 제1축에서 가장 높은 하중을 가지고 구분되었고, 조하대 1 m의 정점들이 제1축의 중앙에서 군을 형성하였으며, 조하대 5 m와 조하대 10 m의 정점들이 낮은 하중을 가지는 방향으로 구분되었다. 그리고 제2축에서는 외해에 직접 맞닿아 있는 대진, 죽변, 축산 정점들이 내만에 위치한 포항 정점과 확연하게 구분되는 양상을 보였다.

따라서 한국 동해안의 해조류 분포는 수직분포에 따라 조간대, 조하대 1 m, 조하대 5 m 및 조하대 10 m로 순차적으로

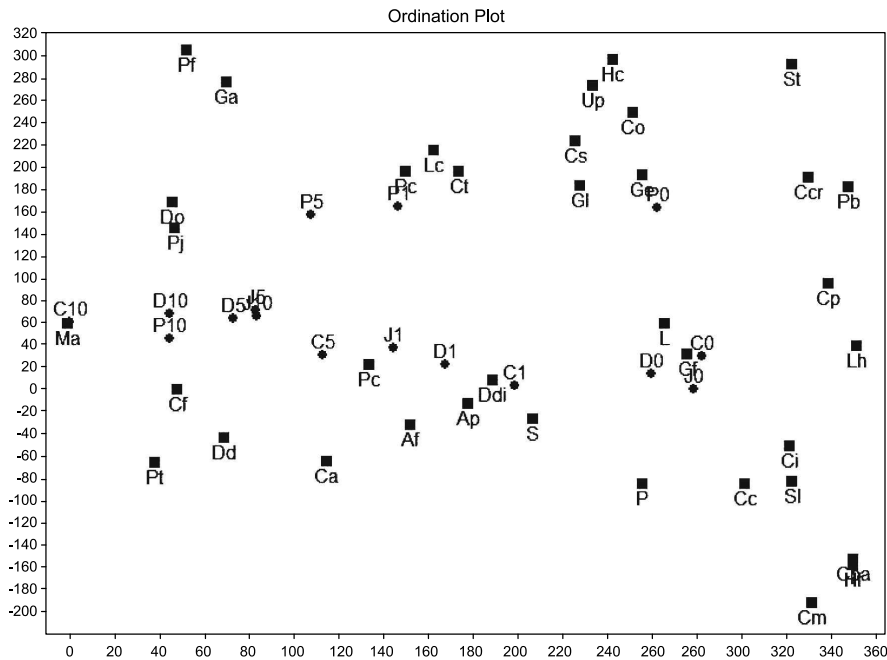


Fig. 2. The result of detrended correspondence analysis (DCA) ordination for the marine plants coverage occurred at investigated sites. D, Daejin ; J, Jukbyeon ; C, Chuksan ; P, Pohang ; 0, intertidal zone ; 1, subtidal zone 1 m ; 5, subtidal zone 5 m ; 10, subtidal zone 10 m ; Pj, *Phyllospadix japonica* ; Up, *Ulva pertusa* ; Cc, *Campylaephora crassa* ; Ct, *Chondracanthus tenellus* ; Gl, *Grateloupia lanceolata* ; Ca, *Codium arabicum* ; Lc, *Lomentaria catenata* ; S, *Sargassum* spp. ; Ma, Melobesioidean algae ; Dd, *Dictyopteris divaricata* ; Pb, *Petalonia binghamiae* ; Pf, *Phycodrys fimbriata* ; Do, *Dilophus okamurae* ; Af, *Ahnfeltiopsis flabelliformis* ; Cs, *Colpomenia sinuosa* ; Pc, *Prionitis cornea* ; P, *Polysiphonia* spp. ; L, *Laurencia* spp. ; Ci, *Chondracanthus intermedius* ; Lh, *Lomentaria hakodatensis* ; Cm, *Chaetomorpha moniliger* ; Ga, *Gelidium amansii* ; Cp, *Corallina pilulifera* ; Ap, *Acrosorium polyneurum* ; St, *Sargassum thunbergii* ; Co, *Chondrus ocellatus* ; Hc, *Hypnea charoides* ; Pc, *Pachydictyon coriaceum* ; Pt, *Plocamium telfairiae* ; Ddi, *Dictyota dichotoma* ; Ge, *Grateloupia elliptica* ; Sl, *Symphyclocladia latiuscula* ; Cpa, *Champia parvula* ; Ccr, *Chondria crassicaulis* ; Gf, *Grateloupia filicina* ; Cf, *Codium fragile* ; Hf, *Hizikia fusiformis*.

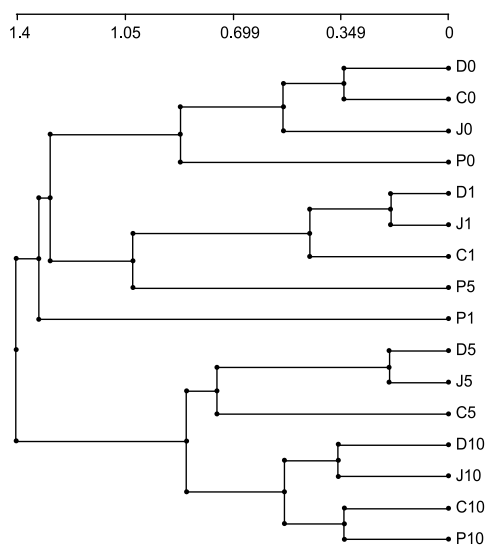


Fig. 3. The dendrogram from the similarity indices of marine plants coverage occurred at investigated sites. D, Daejin ; J, Jukbyeon ; C, Chuksan ; P, Pohang ; 0, intertidal zone ; 1, subtidal zone 1 m ; 5, subtidal zone 5 m ; 10, subtidal zone 10 m.

구분될 뿐만 아니라, 한편으로는 외해와 직접 맞닿아 파도의 영향을 받는 지역과 내만에 위치해 파도의 영향을 상대적으로 적게 받는 지역이 분리되는 경향을 보이는 것으로 나타났다.

한편, 정점별로 조사된 해산식물 피도자료를 바탕으로 집괴분석을 실시한 결과, Chord distance 1.400 수준에서 조간대, 조하대 1 m, 조하대 5 m 그리고 조하대 10 m의 수심별로 순차적인 그룹이 형성되었다 (Fig. 3). 다만, 포항의 조하대 5 m는 다른 지역의 조하대 1 m와 그룹이 형성되는 특이함을 보였다.

고찰

이 연구를 통하여 동해 연안 4개 정점의 조간대와 조하대의 방형구 내에서 채집·동정된 해산식물은 총 148종으로 녹조식물 16종, 갈조식물 39종, 홍조식물 92종, 해산중자식물 1종이었다. 해산중자식물을 제외한 해조류의 분류군별 구성비율은 녹조식물 10.9%, 갈조식물 26.5%, 홍조식물 62.6%로 나타났다.

이제까지 동해안에서 조사된 해조류 구성비율과 비교하면, Kang (1966)은 동해남구의 해조류 구성비율을 녹조식물 12.9%, 갈조식물 24.9%, 홍조식물 62.2%로 보고하였고, Lee (1991)는 동해안 조간대에서 녹조식물 11.6%, 갈조식물

24.9%, 홍조식물 64.4%로 보고하였으며, Lee and Kim (1999)은 녹조식물 13.4%, 갈조식물 26.0%, 홍조식물 60.6%로 보고하였다. Yoo (2003)는 동해안에서 보고된 해조류 중 남조식물을 제외한 분류군별 구성비율을 녹조식물 12.6%, 갈조식물 23.7%, 홍조식물 63.7%로 보고하였고, Sohn et al. (2007)은 동해안 12개 지역에서 조사된 해조류의 분류군별 구성비율을 녹조식물 12.9%, 갈조식물 26.7%, 홍조식물 60.3%로 보고하였으며, Shin et al. (2008a)은 동해중부 대진과 죽변연안의 해조류 구성비율을 녹조식물 9.5%, 갈조식물 30.9%, 홍조식물 59.5%로 보고하였다. 이들 조사결과를 종합하면 녹조식물은 평균 12.2%, 갈조식물은 평균 26.1%, 홍조식물은 평균 61.7%로 나타나 본 조사와 대체로 유사함을 보였다. 다만, 녹조식물의 구성비율이 본 조사에서 다소 낮았고, 갈조식물은 다소 높게 나타났는데, 이것은 조하대 조사에 따른 조간대와와의 생물환경의 차이 때문으로 판단된다.

한편 본 연구에서 조사된 해조상의 지리적 분포특성을 파악하기 위해 분석한 C/P 값은 평균 0.51, R/P 값은 평균 2.63, (R+C)/P 값은 평균 3.14로 나타났다. Table 4에서 보는 바와 같이 동해안에서 조사된 R/P 값은 2.5~2.9, (R+C)/P 값은 3.0~3.5로 혼합 식생의 특징으로 보고되었는데, 이번 조사결과에서도 유사하게 나타나 온대성과 한대성 분포 특성을 갖는 혼합형 해조상을 갖는 것이 재확인 되었다.

Table 4. A comparison of C/P, R/P and (R+C)/P ratio at several localities on the East Coast of Korea

Localities	C/P ratio	R/P ratio	(R+C)/P ratio
The eastern coast (Kang, 1966)	0.5	2.5	3.0
The eastern coast (Lee and Lee, 1997)	0.6	2.8	3.3
Wolsunggun area (Lee, 1993)	0.6	2.7	3.3
Yeongil Bay (Lee et al., 1997)	0.5	2.9	3.5
Gallam (Chung et al., 1991)	0.4	2.9	3.3
Jangho (Lee and Kim, 1999)	0.5	2.5	3.0
Present study	0.5	2.6	3.1

피도 자료를 바탕으로 해산식물 군집의 특성을 파악하기 위해서 DCA 배열법을 수행한 결과 조간대에 해당하는 정점들이 제1축에서 가장 높은 하중을 가지고 구분되었고, 조하대 1 m의 정점들이 제1축의 중앙에서 군을 형성하였으며, 조하대 5 m와 조하대 10 m의 정점들이 낮은 하중을 가지는 방향으로 구분되었고, 제2축에서는 외해에 직접 맞닿아 있는 대진, 죽변, 축산 정점들이 내만에 위치한 포항 정점과 확연하게 구분되는 양상을 보였다. 또한 피도자료를 바탕으로 군집의 동태를 파악하고자 집괴분석을 실시한 결과에서는 Chord distance 1.400 수준에서 조간대, 조하대 1 m, 조하대 5 m, 조하대 10 m의 수심별로 순차적인 그룹이 형성되었다. 따라서 동해안의 4개 지점과 지점별 조간대, 조하대 1 m, 5 m, 10 m 수심에서 조사된 피도의 결과를 바탕으로 해산식물 군집의 특성을 파악

한 결과, 지점별로는 파도에 직접 영향을 받는 대진, 죽변 및 축산지역과 내만에 위치해 상대적으로 파도의 영향이 적은 포항지역이 구분되며, 수심별로는 조간대, 조하대 1 m, 5 m, 10 m의 수직분포별로 군집의 특성이 뚜렷한 구분이 이루어지는 것으로 밝혀졌다.

Neushul (1967)은 조간대 해조 군락은 주로 극심한 환경변화를 초래하는 노출 또는 파도와 같은 역학적 환경 요소에 관련되어 그 수직 분포 구조가 이해되고, 조하대 해조 군락에 대하여는 수심 및 빛 등과 관련된 물리적 현상의 관점에서 조간대와 구분되어 해석되어 진다고 하였다. 또한 그는 서부 Washington의 조하대 해조 식생의 연구에서 빛의 증감을 수반하는 수심과 물의 유동, 기질 및 계절에 의해 해조 군락의 구조가 영향 받는다고 지적하고 있으며, Shepherd and Womersley (1981)은 기질을 1차적인 환경 요소로 들고 있다.

본 연구에서도 파도와 같은 역학적 환경 요소에 의해서 해산식물 군집간 조성의 차이가 발생하는 것으로 생각되며, 노출 및 파도와 관련되어 생기는 물의 운동은 수심에 따라서 해산식물 군집의 구배에 영향을 끼치는 경향을 나타내는 것으로 생각된다. 기질의 경사와 관련된 해산식물의 분포 차이는 Koh and Sung (1983)이 동해안 죽도의 해산식물연구에서 지적하고 있으며, Sohn et al. (1983)의 남해안 돌산도의 해조류연구와 Nam (1986)의 동해안 죽도의 해조류연구에서도 언급한바 있다. 또한 기질 경사도의 변화는 sedimentation의 변화의 수반과 함께 빛의 양도 80%정도까지 감소시킨다는 보고도 있다 (Shepherd and Womersley, 1970). 특히 Mathieson (1979)과 Shepherd and Womersley (1981) 등은 기질의 종류 및 안전성과 관련하여 기질 효과는 해조 군집의 불연속을 유발시킬 정도로 강하게 분리시킨다고 보고하고 있다. 이와 같은 조하대 해조 군집은 조간대와 다르게 환경변화가 일정 수심부터는 단순화되어 광량의 감소와 부착기질 등과 같은 몇몇의 환경 요인에 의해 영향을 받는 것으로 생각된다. 이러한 사실은 몇몇 연구자들 (Lamb and Zimmerman, 1964; Sears and Wilce, 1975; Mathieson, 1979; Nam, 1986)도 같은 해석을 하고 있다.

한편, 금번 조사에서 해산식물 수직분포 연구 결과를 종합하면 다음과 같다 (Table 5). 조간대는 작은구슬산호말, 모자반류, 톳, 참보라색우무, 지층이, 구멍갈파래, 참서실로 특징지어지고, 조하대 수심 1 m는 모자반류, 게바다말, 무절산호조류, 붉은까막살, 참가시우무, 떡도박이 우점하며, 조하대 수심 5 m는 무절산호조류, 게바다말, 모자반류, 떡청각, 우뭇가사리가 번무하였고, 조하대 수심 10 m는 무절산호조류가 주로 분포하는 가운데 게바다말이 함께 우점하였다.

동해안에서 조사한 해산식물 중 주요종 (전체 평균피도 5% 이상의 종)들에 대한 수심별 피도 변화를 살펴보면, 모자반류는 조간대에서 15.1%, 조하대 1 m에서 2.50%로 높은 피도로 나타났고, 조하대 5 m와 10 m에서는 각각 9.6%와 1.5%로 낮아지는 경향을 보였다. 무절산호조류는 조간대에서 4.3%, 조하대 1 m에서 4.7%로 출현한 반면, 조하대 5 m에서는 13.3%, 조하대 10 m에서는 20.9%로 나타나 수심이 깊어질수록 피도가 증가하는 것으로 나타났다. 작은구슬산호말은 조간

Table 5. A comparison of vertical distribution pattern of benthic marine plants at four sampling sites on the East Coast of Korea (species : >5% mean coverage)

Depth	Daejin	Jukbyeon	Chuksan	Pohang
Intertidal	<i>Corallina pilulifera</i> <i>Sargassum</i> spp. <i>Hizikia fusiformis</i> melobesioidean algae <i>Symphycloadia latiuscula</i>	<i>Hizikia fusiformis</i> <i>Sargassum</i> spp. <i>Corallina pilulifera</i>	<i>Corallina pilulifera</i> <i>Sargassum</i> spp. <i>Hizikia fusiformis</i>	<i>Corallina pilulifera</i> <i>Sargassum thunbergii</i> <i>Chondria crassicaulis</i> <i>Ulva pertusa</i>
Subtidal 1 m	<i>Sargassum</i> spp. <i>Phyllospadix japonica</i> melobesioidean algae	<i>Sargassum</i> spp. <i>Phyllospadix japonica</i> melobesioidean algae	<i>Sargassum</i> spp. <i>Prionitis cornea</i>	<i>Phyllospadix japonica</i> <i>Grateloupia lanceolata</i> <i>Hypnea charoides</i>
Subtidal 5 m	melobesioidean algae <i>Phyllospadix japonica</i> <i>Sargassum</i> spp.	<i>Phyllospadix japonica</i> melobesioidean algae <i>Sargassum</i> spp.	melobesioidean algae <i>Sargassum</i> spp. <i>Codium arabicum</i>	<i>Gelidium amansii</i>
Subtidal 10 m	melobesioidean algae <i>Phyllospadix japonica</i>	melobesioidean algae	melobesioidean algae	-

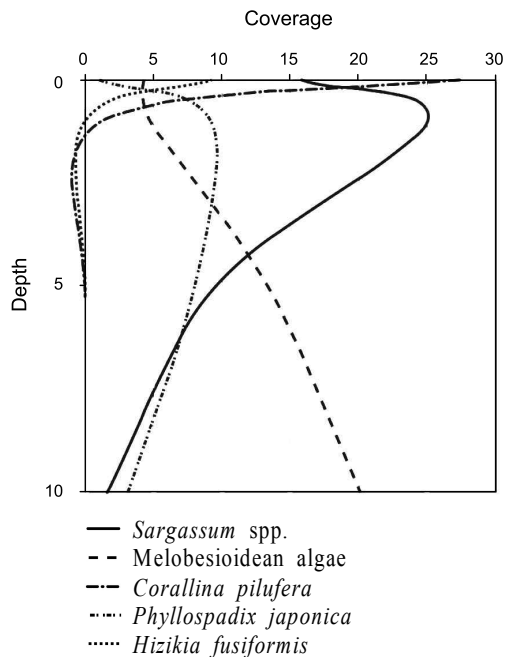


Fig. 4. Variation of coverage values of major marine plants in different depths.

대 27.6%, 조하대 1 m 1.4% 그리고 조하대 5 m와 10 m에서 출현하지 않아 조간대에서만 주로 우점하는 특징을 보였고, 게바다말은 조간대 0.7%, 조하대 1 m, 5 m, 10 m 각각 9.2%, 8.0%, 3.1%로 나타나 조하대 수심 1 m와 5 m 내외에서 주로 우점하는 것으로 나타났다. 툫은 조간대에서만 9.6%의 피도를 보였을 뿐 조하대에서는 나타나지 않았다 (Fig. 4).

이를 종합해 보면, 포항 지역과 그 밖의 지역으로 구분할 수 있는데 포항보다 위도가 높은 대진, 죽변 및 축산 지역 조간대의 경우 대형 갈조식물인 모자반류, 작은구슬산호말, 툫 등이 우점하였고, 조하대 1 m, 5 m에서는 조간대에서 우점하던 모자반류가 계속 우점하였고, 무절산호조류와 해산중자식물인 게바다말이 우점하였으며, 조하대 10 m에서는 무절산

호조류만이 우점하는 경향을 보였다. 따라서 조간대는 중간경쟁과 다양한 환경 압박 (stress)으로 인해 피도가 높은 종이 상대적으로 많았고, 조하대 5 m까지는 주로 대형 해산식물과 무절산호조류, 조하대 10 m 이하는 빛에 대한 공간 경쟁이 약한 무절산호조류가 우점하는 것으로 나타났다. 한편 포항지역의 조간대는 작은구슬산호말, 지층이, 참서실, 구멍갈파래가 우점하였고, 조하대 1 m에서는 게바다말, 떡도박, 참가시우무가 우점하였으며, 조하대 5 m에서는 우뚝가사리가 우점하는 경향을 보여 조간대와 조하대 1 m까지 피도가 높은 종이 상대적으로 많았고, 조하대 5 m는 부착기질 및 광 조건에 대한 영향으로 우뚝가사리만이 우점함을 보였다.

한국 동해안 연안의 해산식물 군집조사 중 조하대 수직분포에 관하여 Kim et al. (1983)은 강릉 남쪽 3 km 지점의 안인진 일대의 해조류 조사결과에서 조간대 상부에서 염주말 (*Chaetomorpha monilifera*), 조간대 중부에서 지층이, 조간대 하부에서 벗그물바탕말, 서실류 (*Laurencia* spp.), 산호말류 (coralline algae)가 우점한다고 하였고, 수심 0.2~2 m 사이에서는 벗그물바탕말 이외에 불레기말 (*Colpomenia sinuosa*)과 모자반류 (*Sargassum horneri*, *Sargassum miyabei*), 수심 2~9 m 깊이에서는 검은서실 (*Chondrophyucus intermedia*), 보라잎 (*Delesseria serrulata*), 참갈고리풀 (*Bonnemaisonia hamifera*), 엇가지풀 (*Heterosiphonia japonica*) 등이 생육하고 있고, 수심 9~10 m의 수심에서는 미역과 마디잘록이가 대표하는 종으로 보고하였다. 또한 Chung et al. (1991)은 동해안 갈남의 해조류 조사결과 여름에 조간대에서 참국수나물 (*Nemalion vermiculare*), 툫, 벗그물바탕말이 우점하고 있으며, 수심 0.5~3 m의 깊이에서는 참보라색우무, 작은구슬산호말, 붉은까막살, 수심 3~4 m의 깊이에서는 옥덩굴 (*Caulerpa okamuraa*), 큰서실 (*Laurencia nipponica*), 붉은까막살, 진두발, 팽생이모자반 (*Sargassum horneri*) 등이 대표되는 해조류로 출현하고 있고, 겨울에 조간대에서는 김류 (*Porphyra* spp.), 툫 등이 우점하고 있으며, 수심 0.5~4 m 깊이까지 전체적으로 미역, 왜모자반 (*Sargassum yezoense*), 벗그물바탕말이 주로 출현하고 있음을 보고하여 이번 연구결과와 유사함을 보였다.

Table 6. Dominant and subdominant species at four sampling sites on the East Coast of Korea

Site	Dominant species	Subdominant species
Daejin	melobesioidean algae	<i>Hizikia fusiformis</i>
	<i>Sargassum</i> spp.	<i>Codium arabicum</i>
	<i>Phyllospadix japonica</i>	<i>Symphyclocladia latiuscula</i>
	<i>Corallina pilulifera</i>	<i>Acrosorium flabellatum</i> <i>Chondrus ocellatus</i>
Jukbyeon	<i>Sargassum</i> spp.	<i>Corallina pilulifera</i>
	melobesioidean algae	<i>Prionitis cornea</i>
	<i>Phyllospadix japonica</i>	<i>Acrosorium flabellatum</i>
	<i>Hizikia fusiformis</i>	<i>Grateloupia lanceolata</i> <i>Chondria crassicaulis</i>
Chuksan	<i>Sargassum</i> spp.	<i>Codium arabicum</i>
	melobesioidean algae	<i>Hizikia fusiformis</i>
	<i>Corallina pilulifera</i>	<i>Prionitis cornea</i>
		<i>Symphyclocladia latiuscula</i> <i>Grateloupia lanceolata</i>
Pohang	<i>Corallina pilulifera</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>
	<i>Phyllospadix japonica</i>	<i>Hypnea charoides</i>
	<i>Sargassum</i> spp.	<i>Ulva pertusa</i>
		<i>Gelidium amansii</i> <i>Grateloupia lanceolata</i>

Choi et al. (2006)은 울진연안에서 수심 3 m에서는 미역, 애기다시마 (*Laminaria religiosa*)와 모자반류 등 대형 갈조류가 우점한다고 하였고, 수심 6 m에서도 미역, 애기다시마, 모자반속 해조류로 수심 3 m와 동일하게 갈조류가 대표적이었다고 보고하였다. 또한 수심 9 m의 대표적인 해조류는 미역, 애기다시마, 모자반류 해조류와 녹조식물 구멍갈파래, 홍조식물 우뚝가사리, 돌가사리 등의 생물량이 높았고, 수심 12 m의 경우에는 녹조식물 청각, 갈조식물 쇠꼬리산말 (*Desmarestia viridis*), 미끈뽀대그물말, 홍조식물 우뚝가사리, 참곱슬이, 잔금분홍잎 등이 계절에 따라서 대표되는 해조류로 출현하는 경향을 보고하여 이번 조사 중 죽변의 조사결과와 다소 차이는 있으나, 대형갈조류 모자반류가 우점하는 조하대 특성은 유사하게 나타났다.

이번 조사 지역의 조하대 환경은 수심 1~5 m의 부착기질은 주로 암반으로 구성되어 있고, 수심 10 m의 기질은 대부분 모래와 일부 암반이 혼합되어 있는 특징이 있어서 해산식물이 드물게 분포하였다. 수심 5 m까지는 모자반류와 갈피류의 혼합 군락이 암반을 기질로 발달하고 있으나, 무절산호조류가 우점하는 지역이 넓게 분포하였고, 수심 10 m에서는 일부 자연 암반에서 모자반류와 게바다말 등이 무절산호조류와 함께 암반을 덮고 있을 뿐, 대부분의 암반에서 무절산호조류만이 우점하고 있어 이번 조사를 통해 동해 연안의 조하대에 무절산호조류가 넓게 분포하고 있음이 확인되었다.

한편, Nam (1986)은 동해안 죽도의 해산식물 연구에서 게바다말이 장소에 따라 집중적으로 분포하는 패치 (patch)식 분포 양식을 나타내고 있고, 기질이 모래와 관련되어 있어서 이 종의 분포는 기질과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각되어지며, 이 종의 수직 분포의 양상을 보면 지역에 따라서 좁게는

패치식 분포를 하는 곳도 있으나 전체적으로는 조간대에서 보다 그 경계가 뚜렷하지 않은 2~4개의 수직 분포 구역으로 나누어진다고 보고 하였다. 본 조사에서도 게바다말은 조간대에서부터 조하대까지 넓은 지역에 분포하고 있었으나 주로 수심 1 m와 5 m 내외의 지역에서 패치식 분포를 보이며 주로 분포하는 것으로 나타났으나 부착기질은 주로 모래가 많았으나 일부 암반에서도 분포하고 있는 것으로 나타났다.

동해 중남부 연안 4개 지점에서 피도를 기준으로 산정된 우점종 및 준우점종은 다음과 같다. 대진은 무절산호조류, 모자반류, 게바다말, 작은구슬산호말이 우점종으로 나타났으며, 톳, 떡청각, 참보라색우무, 잔금분홍잎, 진두발, 참그물바탕말이 준우점종으로 나타났다. 죽변은 모자반류, 무절산호조류, 게바다말, 톳이 우점종으로 나타났고, 준우점종으로는 작은구슬산호말, 붉은까막살, 잔금분홍잎, 떡도박, 참서실, 참그물바탕말을 들 수 있다. 죽산은 모자반류, 무절산호조류, 작은구슬산호말이 우점종으로 나타났고, 준우점종은 떡청각, 톳, 붉은까막살, 참보라색우무, 떡도박, 참그물바탕말이 조사되었다. 포항의 우점종은 작은구슬산호말, 게바다말, 모자반류로 조사되었고, 지충이, 참가시우무, 구멍갈파래, 우뚝가사리, 떡도박, 참서실, 참도박이 준우점종으로 나타났다.

따라서 동해 연안의 해산식물은 지역 모두 갈조식물 모자반류와 홍조식물 작은구슬산호말이 공통 우점종으로 조사되었다. 한편 4개 조사지점 중 지충이, 참가시우무, 구멍갈파래, 우뚝가사리는 한국 동해안의 남부 지역인 포항에서 우점종 또는 준우점종으로 관찰되었으나, 포항 북쪽의 3개 지점에서는 우점하지 않는 것으로 나타나 서식처 환경에 따른 우점종의 차이를 보였다 (Table 6).

사 사

이 논문은 국토해양부 ‘해조류를 이용한 온실가스 저감 연구사업’의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 논문의 정리에 도움을 주신 강릉원주대학교 김형근 교수님, 청주대학교 이재완 교수님 그리고 한국해양과학기술진흥원 유중수 박사님께 사의를 표합니다. 아울러 현장 조사에 있어 도움을 주신 이승복 선생님과 대진, 죽산, 죽변 어촌계 관계자 여러분에게 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- Boo SM. 1985. Vertical distribution patterns of the intertidal algal community on a Kangreung rocky shore, east coast of Korea. Proc Nat Sci Res Inst KANU 1, 46-53
- Boo SM. 1987. Distribution of marine algae from shore area of Kangwon province. Korean J Phycol 2, 223-235
- Cheney DP. 1977. (R & C)/P - A new and improved ratio for comparing seaweed floras. Suppl J Phycol 13, 129.

- Choi CG, Kwak SN and Sohn CH. 2006. Community structure of subtidal marine algae at Uljin on the east coast of Korea. *Algae* 21, 463-470.
- Choi TY. 1999. Community structure of inter- and subtidal marine algae in Yeongil Bay area, the eastern coast of Korea. Ph.D. Thesis. Seoul National University. Seoul, Korea, 115.
- Chung HS, Lee HJ and Lee IK. 1991. Vertical distribution of marine algae on a Gallam rocky shore of the mid-east coast of Korea. *Korean J Phycol* 6, 55-67.
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Mediteranee. *Rev Algol* 10, 1-339.
- Fonseca MS and Fisher JS. 1986. A comparison of canopy friction and sediment movement between four species of seagrass with reference to their ecology and restoration. *Mar Ecol Prog Ser* 29, 5-22.
- Hill MO. 1979. DECORANA-A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell Univ, NY. U.S.A., 36.
- Huh SH, Kwak SN and Nam KW. 1998. Seasonal variations of eel grass, *Zostera marina* and epiphytic algae in *Zostera marina* bed in Kwangyang Bay. *J Korean Fish Soc* 31, 56-62.
- Kang JW. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull Pusan Fish Coll* 7, 1-125.
- Kim DH. 2004. An ecological study of *Zostera marina* in Gamak Bay, Yeosu. Ph.D. Thesis. Yosu National University. Yosu, Korea, 93.
- Kim HS, Lee IK, Koh CH, Kim IH, Suh YB and Sung NK. 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 NG and Yoo JS. 2003. Structure and function of submarine forest. 2. Population dynamics of *Ecklonia stolonifera* as submarine forest-forming component. *Algae* 18, 295-299.
- Kim YH and Huh SH. 1998. Species composition and biomass of marine algal community in the vicinity of Yonggwang nuclear power plant on the west coast of Korea. *J Kor Fish Soc* 31, 186-194.
- Kim YH and Lee JH. 1980. A study on the marine algae at the coast of Kori Nuclear Power Plant. I. Variation of algal community during 1977-1978. *Korean J Bot* 23, 3-10.
- Kim YH and Lee JH. 1981. Intertidal marine algal community and species composition of Wolseong area, east coast of Korea. *Korean J Bot* 24, 145-158.
- Kim YH, Lee JH and Rho CS. 1980. On the marine algae in Onsan area, east coast of Korea. I. The contents of heavy metals. *Korean J Bot* 23, 55-60.
- Kim YH, Nam KW and Sohn CH. 1997. Intertidal benthic marine algae at Chumunjin on the east coast of Korea : Flora, distribution and community structure. *Algae* 12, 117-130.
- Koh CH. 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 large brown algae. *Korean J Bot* 26, 181-190.
- Koh CH and Sung NK. 1983. Community structure and productivity of phytobenthos in Juckdo (Eastern coast of Korea) I. Benthic marine algal vegetation and its environment. *Korean J Bot* 26, 119-130.
- Kong YS. 1981. The ecological study of eelgrass, *Zostera marina* L. in Hansilpo, Chungmu. *Bull Tong-yeong Fish Jr Coll* 16, 1-8.
- Lamb M and Zimmermann M. 1964. Marine vegetation of Cape Ann, Massachusetts. *Rhodora* 66, 217-254.
- 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 JW. 1991. Community structure and geographical distribution of intertidal benthic algae in the east coast of Korea. Ph.D. Thesis. Seoul National University. Seoul, Korea, 210.
- Lee JW. 1993. A flora of marine benthic algae in Wolsunggun area, eastern coast of Korea. *J Ind Sci Res Chongju Univ* 11, 255-263.
- Lee JW and Lee HB. 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 JW and Lee HB. 1997. Marine benthic algal flora in the east coast of Korea. *J Ind Sci Chongju Univ* 15, 289-302.
- Lee JW, Kim YH and Lee HB. 2001. The community structure of intertidal benthic marine algae in the east coast of Korea II. Sokcho. *Algae* 16, 113-118.
- Lee KS and Lee SY. 2003. The seagrasses of the Republic of Korea. In: Green E.P., Short F.T. and Spalding M.D. (eds), *World Atlas of Seagrasses: present status and future conservation*. University of California Press, Berkeley, U.S.A., 193-198.
- Lee SY. 2001. A study on the ecological and taxonomical characteristics of *Zostera* (Zosteraceae) in Korea. Ph.D. Thesis. Hanyang University, Seoul, Korea,

- 167.
- Lee SY, Kwon CJ, Lee KS and Choi CI. 2002. Distribution of eelgrass, *Zostera marina* L. on coasts of the Korean peninsula : preliminary study for eelgrass restoration. *Ocean Polar Res* 24, 55-61.
- Lee SY, Lee JW and Lee HB. 1997. Marine benthic algal flora of Yongil bay and its adjacent areas, the eastern coast of Korea. *Algae* 12, 303-311.
- Lee YP and Kang SY. 2002. A catalogue of the seaweeds in Korea. Cheju National University Press, Cheju, Korea, 662.
- Ludwig JA and Reynolds JF. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, NY. U.S.A., 189-202.
- Mathieson AC. 1979. Vertical distribution and longevity of subtidal seaweeds in northern New England. U.S.A. *Bot Mar* 30, 511-520.
- MOMAF. 2002. Cause of phenomena of Getnokgum and the way to control it. MOMAF Report, 263 pp.
- Nam KW. 1986. On the marine benthic algal community of Chuckdo in eastern coast of Korea. *Korean J Phycol* 1, 185-202.
- Nam KW, Kim YS, Kim YH and Sohn CH. 1996. Benthic marine algae in the east coast of Korea : Flora, distribution and community structure. *J Korean Fish Soc* 29, 727-743.
- Neushul M. 1967. Studies of subtidal marine vegetation in western Washington. *Ecology* 48, 83-94.
- 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.
- Okamura K. 1917. On the marine algae of the east coast of Chosen. III. *Bot Mag Tokyo* 31, 76-78.
- Park JG. 2008. Marine algal communities and seaweed beds of barren ground along the eastern coast of Korea. Ph.D. Thesis, Gangneung National University, Gangneung, Korea, 152.
- Sears JM and Wilce RT. 1975. Sublittoral, benthic marine algae of southern Cape Cod and adjacent island: seasonal periodicity, associations, diversity and floristic composition. *Ecol Monogr* 45, 337-365.
- Segawa S. 1956. *Coloured illustrations of the seaweeds of Japan*. Hoikusha Publ Co. Osaka. Japan, 1996.
- Seo YW and Yoo JS. 2003. Screening for antioxidizing and tyrosinase-inhibitory activities of the extracts of marine algae from Busan coastal area. *Ocean Res* 25, 129-132.
- Shepherd SA and Womersley HBS. 1970. The sublittoral ecology of West Island, South Australia. 1. Environmental feature and the algal ecology. *Trans R Soc S Aust* 94, 105-138.
- Shepherd SA and Womersley HBS. 1981. The algal and seagrass ecology of Waterloo Bay. South Australia. *Aquat Bot* 11, 305-371.
- Short FT and McRoy CP. 1984. Nitrogen uptake by leaves and roots of the seagrass *Zostera marina* L. *Bot Mar* 27, 547-555.
- Shin JD, Ahn JK, Kim YH, Lee SB, Kim JH and Chung IK. 2008a. Community structure of benthic marine algae at Daejin and Jukbyeon on the mid-east coast of Korea. *Algae* 23, 231-240.
- Shin JD, Ahn JK, Kim YH, Lee SB, Kim JH and Chung IK. 2008b. Temporal variations of seaweed biomass in Korean coast: Daejin, Gangwondo. *Algae* 23, 327-334.
- Sohn CH. 1983. A study on the Algal communities of Odongdo, southern coast of Korea. *Bull Korean Fish Soc* 16, 368-378.
- Sohn CH, Choi CG and Kim HG. 2007. Algal communities and useful seaweed distribution at Gangnung and its vicinity in east coast of Korea. *Algae* 22, 45-52.
- Sohn CH, Lee IK and Kang JW. 1983. Benthic marine algal of Dolsan-island in the southern coast of Korea II. *Bull Korean Fish Soc* 16, 379-388.
- Terawaki T, Hasegawa H, Arai S and Ohno M. 1998. Technical view of seaweed forest formation in Japan. The 1st Joint Meeting of the CEST Panel of the UJNR 21, 1-11.
- Ward LG, Kemp WM and Boynton WR. 1984. The influence of waves and seagrass communities on suspended particulates in an estuarine embayment. *Mar Geol* 59, 85-103.
- Yoo JS. 2003. Structural characteristics of benthic algal community in the subtidal zone of Yeongil inner and outer bay. *Algae* 18, 365-369.
- Yoo JS, Cheun BS and Kim NG. 2001. Determination of Na⁺ channel blocker in seaweed. *Korean J Environ Biol* 19, 107-112.

2010년 11월 1일 접수

2011년 1월 26일 수정

2011년 2월 10일 수리