

## 태안반도 꽃지 약용해조의 계절적 군집구조 및 수직분포

이기훈 · 유현일 · 최한길\*

(원광대학교 생명과학부)

### Seasonal Community Structure and Vertical Distribution of Medicinal Seaweeds at Kkotji in Taean Peninsula, Korea

Ki Hun Lee, Hyun Il Yoo and Han Gil Choi\*

Faculty of Biological Science and Research Institute for Basic Science, Wonkwang University, Iksan, Jeonbuk 570-749, Korea

Marine algal flora and community structure of medicinal seaweeds were examined at Kkotji of Taean Peninsula, Korea from May 2005 to January 2006. Seventy-nine seaweeds including 42 medicinal algae and one marine plant were identified. *Sargassum thunbergii* was the representative alga occurred at all seasons and shore levels. The dominant medicinal seaweeds were perennial *S. thunbergii*, *Neorhodomela aculeata*, and *Corallina pilulifera*, and ephemeral *Monostroma grevillei*, *Porphyra yezoensis*, and *Ulva pertusa*. Their vertical distribution were *N. aculeata* - *P. yezoensis*, *M. grevillei*, and *U. pertusa* - *C. pilulifera* from high to low intertidal zone. The average biomass of medicinal seaweeds varied from 34.17 g m<sup>-2</sup> in spring to 56.41 g m<sup>-2</sup> in summer. At Kkotji shore, the opportunistic species (*Enteromorpha*, *Ulva*, and *Cladophora*) and turf-forming algae (*Caulacanthus okamurae* and *Gelidium divaricatum*) were easily observed. Such fast growing ESG II (ecological state group) was 87.50% and slow growing perennial algae, ESG I was only 12.15%. Also, diversity index (H') and dominance index (DI) indicate that the seaweed community of Kkotji is unstable. Therefore, Kkotji rocky shore should be more protected from human activities such as turbulence and eutrophication in order to maintain species diversity and abundance of medicinal seaweeds.

**Key Words:** biomass, community structure, Kkotji, medicinal, seaweed

#### 서 론

해조류는 해양생태계의 일차생산자로서 다양한 해양생물의 산란장, 은신처 및 성육장의 역할을 하고 있으며, 동양에서는 기원전 300-800년 전에 서양에서는 1,400년 전부터 식용과 약재로 사용되었다(Waaland 1981; Inderggaard and Minsaas 1991). 전 세계적으로는 20,000종의 해조류가 존재하고 107속, 493종을 인간이 활용하고 있으며 그중에서 60여 종이 식용, 의약 및 화장품 산업의 주요한 자원이다(Tseng 1981). 유럽에서는 알긴산 혹은 기능성식품의 원료로 *Laminaria* spp., *Ascophyllum nodosum*, *Chondrus crispus*, *Palmaria palmata*와 같은 소수 몇 종이, 동양과 태평양 지역에서는 다양한 해조류가 식용으로 활용되었다. 또한, 해조류

는 해양자원생물과 가축의 사료, 육상식물(예, 토마토)의 비료 및 토양개선편제, 화장품, 생물가스(예, 메탄가스), 하수정화, 의약품 및 종이의 원료 등 다양한 용도로 사용되고 있다(Lee 1987; Oh et al. 1990; Guiry and Blunden 1991).

해조류가 의약품으로 이용된 기록은 중국에서 기원전 2세기에 발간된 "신농백초경"에서 찾을 수 있으며(Zhao 2001), 유럽에서도 오래전부터 상처 및 질병 치료에 해조류가 이용되어 왔다(Chapman and Chapman 1980). 일본인은 *Digenea simplex*와 *Chondria armata*를 구충제로, *Laminaria* spp.는 고혈압 치료제로 사용하였다(Takagi 1975). 중국에서는 *Sargassum*과 *Laminaria* 종을 갑상선과 성병 치료제(Dawson 1966), 유럽에서는 *Chondrus crispus*를 설사와 요실금 치료제, *Corallina officinalis*를 구충제로 이용한 기록이 있다(Dawson 1966; Chapman and Chapman 1980). 해조류의 다양한 약리작용은 다당류, 아미노산, 스테로이드화합물, 단백질 및 다양한 이차대사산물에 의한 것으로 밝혀지고 있다

\*Corresponding author (hgchoi@wku.ac.kr)

(Takagi 1975; Jurd *et al.* 1995; Zhao 2001; Kim *et al.* 2004; Smit 2004).

우리나라 해조류 중에서 약용종은 총 54종(녹조 16종, 갈조 17종, 홍조 21종)이며, 청각(*Codium fragile*)과 지층이(*Sargassum thunbergii*)는 식품으로 이용되면서 구충을 제거하는 효과를 보았으며, 미역(*Undaria pinnatifida*)는 출산 후 손실된 혈액을 보충하고 자궁 수축을 돕기 위해 식용되었다(Oh *et al.* 1990). 최근에, 갈조류(미역, 다시마, 감태 등)의 열수 추출물에서 항혈액응고 활성 물질이 확인되었고(Kim *et al.* 2004), 새빨간검둥이(*Neorhodomela aculeata*)와 모란갈파래(*Ulva conglobata*)의 추출물은 항균, 항염증 및 항산화 효능을 보였다(Jin *et al.* 2006; Lee *et al.* 2006; Lim *et al.* 2006). 또한, 제주도산 홍조류 26종의 물과 메탄을 추출물은 모두 항산화 및 항고혈압에 대한 생리활성을 나타냈으며, 항산화 효능이 탁월한 해조류는 *Gracilaria vermiculophylla*, *G. textorii*, *Grateloupia filicina*, *Polysiphonia japonica*였고(Heo *et al.* 2006), 항고혈압에 효능이 뛰어난 해조류는 *Grateloupia filicina*, *Sinkoraena lancifolia*와 *Pachymeniopsis lanceolata*였다(Cha *et al.* 2006). 우리나라 제주도산 해조류의 항산화 활성은 중국의 청도(Qingdao)산 해조류 28종과 산둥반도(Shandong Province)의 27종에 비해 월등함으로써(Yan *et al.* 1998; Zhang *et al.* 2007), 새로운 항산화 및 항고혈압제와 같은 의약품으로 개발 가능성이 높다. 따라서, 우리나라 해안에서 약용해조류의 종류와 분포, 약리작용 및 자원량에 대한 연구는 해조류를 이용한 의약품 개발을 위해 매우 절실한 상태이다.

어떤 해역에서 약용해조류를 포함한 해조류의 종조성은 환경적인 스트레스의 변화에 따라 달라진다. 환경적인 스트레스가 적은 곳에서는 경쟁종(competitors)이, 인위적인 교란 혹은 오염과 같은 스트레스가 증가되면 스트레스 내성종(stress-tolerators)이, 심각한 교란이나 부영양화 해역에서는 기회종(opportunists)이 주로 출현한다(Diez *et al.* 1999; Arévalo *et al.* 2007). Littler and Littler(1984)는 해조류를 외부형태, 내부구조, 광합성률 및 초식자의 섭식에 대한 생존 전략에 따라 6가지 기능형군으로 구분하였다. Orfanidis *et al.* (2001)은 6가지 기능형군을 근거로 생장이 느린 다년생 해조류인 다육질형(thick leathery form), 유절산호말형(jointed calcareous form), 각상형(crustose form)을 생태학적 상태 그룹(ecological state group)인 ESG I으로, 상대적으로 빠른 성장을 보이는 엽상형(sheet form), 사상형(filamentous form), 성긴분기형(coarsely branched form)의 해조류를 ESG II로 구분하였다. ESG I에 속하는 해조류의 피도 혹은 생물량이 많으면 인간의 간섭이 적은 곳, ESG II에 속하는 해조류가 상대적으로 많으면 교란이나 오염이 많은 곳으로 판정하였다. 따라서 본 연구는 서해안의 안면도 꽃지 해안에

서 출현하는 해조류의 계절적 종조성, 생물량 및 약용해조류의 수직분포와 자원량을 파악하고 출현종의 구성비와 형태적 특징에 따라 꽃지 해안의 해조류 서식환경의 적합성을 파악할 목적으로 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 채집방법

해조류는 충남 태안군 승언리에서 서남쪽으로 약 4 km쯤 떨어진 안면도 꽃지해수욕장 인근에 있는 할아버바위와 할미바위 주변(36°30'N, 126°20'E)의 조간대에서 2005년 5월부터 2006년 1월까지 계절별로 정량 및 정성 채집되었다. 정량 채집은 꽃지 해안을 대표할 수 있는 조간대를 설정하고 10 × 10 cm로 구획된 방형구(50 × 50 cm)를 상, 중, 하부에 각각 3개, 총 9개의 방형구를 놓고 현장에서 피도와 빈도를 Saito and Atope(1970)의 방법에 의해 야장에 기록한 후 끝갈을 이용하여 방형구내에 출현한 해조류를 전량 채집하였다. 약용해조류를 포함한 해조상을 파악하기 위해서는 조사해역에 서식하는 모든 해조류를 정성 채집하였다. 채집된 해조류는 현장에서 포르말린-해수 용액(5-10%)으로 고정시켜 실험실로 운반한 후 현미경을 사용하여 동정하였으며, 출현종 목록 및 국명은 Lee and Kang(2001)에 따랐다.

정량 채집된 해조류는 담수로 수회 세척하여 모래와 불순물을 제거하고 동정한 후 60°C로 세팅된 건조기에서 7일 동안 건조한 후 건조량을 측정하고 단위 면적당(m<sup>2</sup>) 생물량으로 환산하였다. 피도는 현장에서 Saito and Atope(1970)의 피도등급에 의해 기록된 야장을 근거로 단위 면적당 피복 백분율로써, 빈도는 25개의 소방형구(10 × 10 cm)에 대한 각종의 출현 방형구 수의 비로 구하였다. 상대피도는 방형구내의 전 출현종의 피도 합에 대한 대상종의 피도 백분율로, 상대빈도는 방형구내의 전 출현종의 빈도 합에 대한 대상종의 빈도 백분율로 나타났다. 꽃지 해안의 우점종을 판단하는 중요도는 상대피도와 상대빈도의 산술평균으로 나타났다.

정성 채집된 해조류를 동정하여 분류군별로 구분한 후 갈조류에 대한 녹조류의 비(C/P)로 해조류의 수평분포지수로 이용하고(Segawa 1956), 갈조류에 대한 홍조류의 비(R/P)로 해조류의 지리적 분포를 구분하는 지수로 사용하였고(Feldmann 1937), (R + C)/P도 계산하였다(Cheney 1977).

계절별로 모든 방형구의 평균 생물량을 구하고 정성자료와 함께 풍도지수(richness index, R), 다양도지수(diversity index, H')와 균등도지수(evenness index, E)를 SPDIVERS.BAS프로그램(Ludwig and Reynolds 1988)을 이용하여 계산하였다. 다양도지수는 출현종수(richness)와 종간의 풍도(예, 생물량, 피도)의 분포인 균등도(evenness)에 의해 결정되므로 풍도 및 균등도 지수와 보통 일치하지 않는

다(Ludwig and Reynolds 1988). 즉, 풍도지수는 출현종수와 비례하고 균등도지수는 출현종이 유사한 풍도를 가지면 높다. 본 연구에서는 Margalef(1958)의 풍도지수, Shannon's 다양도지수, McNaughton(1967)의 우점도 지수(dominance index)를 이용하였다. 우점도 지수의 계산식은 아래와 같다.

$$\text{우점도 지수}(D_1) = n_1 + n_2/N$$

( $n_1$  = 제1 우점종 생물량,  $n_2$  = 제2 우점종 생물량, N = 방형구내 총 생물량)

우점종(dominant species)은 군집 내에서 가장 보편적이고 높은 피도와 생물량을 보이는 종으로서 군집에 대한 상대적인 기여도로 산출되는 중요도를 기준으로 판정하는 것이 적절하다고 함으로써(Barbour et al. 1987; Koh 1990), 본 연구에서 제1, 제2 우점종은 중요도에 의해 결정되었다.

해조류의 기능형은 출현종의 형태 및 내부구조에 따라 엽상형(sheet form), 사상형(filamentous form), 성긴분기형(coarsely branched form), 다육질형(thick leathery form), 유절산호말형(jointed calcareous form), 각상형(crustose form)의 6개 그룹으로 구분되었다(Littler and Littler, 1984). 해조류의 기능형을 토대로 하여 생물학적상태그룹(ecological state group)인 ESG I(다육질형, 유절산호말형, 각상형)과 ESG II(엽상형, 사상형, 성긴분기형)로 구분되었다(Orfanidis et al. 2001, 2003).

## 조사지 개황

서해안은 크고 작은 섬이 많고 해저지형과 해안선이 복잡한 전형적인 리아스식 해안이며 제주도 서쪽을 지나 북상하는 황해난류의 영향을 받는 지역이다. 황해난류는 봄-여름에는 발해만까지 유입되지만, 가을-겨울에는 서해 연안수로 인해 북상하지 못하게 되므로 수온은 여름철에 27-28°C, 겨울철에 4-6°C로 수온의 연교차가 매우 크다. 염분은 연안수의 유입으로 동해와 남해의 35‰에 비해 낮은 31-32‰이고 본 연구 대상 해안의 조수 간만의 차는 약 6.0 m이다(Lee and Chang 1989). 서해안은 매우 발달된 갯벌과 조수 간만의 차로 생성된 부니의 영향으로 투명도가 매우 낮으며, 암반은 굴 껍질, 따개비 및 부유물질의 퇴적으로 인해 해조류의 식생이 남·동해안에 비하여 매우 빈약한 곳이다.

## 결 과

### 종조성

꽃지 해안에서 출현한 해산식물은 총 80종으로 녹조 13종(16.3%), 갈조 18종(22.5%), 홍조류 48종(60.0%), 현화식물 1종(1.25%)이며, 홍조류의 비율이 가장 높았다(Table 1). 해

조류만 보면, 봄에는 녹조 2종(4.3%), 갈조 12종(25.5%), 홍조류 33종(70.2%)으로 총 47종이, 여름에는 녹조 6종(10.5%), 갈조 10종(17.5%), 홍조 41종(71.9%)으로 4계절 중에서 가장 많은 57종이 출현하였다. 가을에는 총 44종(녹조 6종, 13.6%; 갈조 7종, 15.9%; 홍조 31종, 70.5%)이, 겨울에는 가장 출현종수가 적은 총 43종(녹조 4종, 9.3%; 갈조 9종, 20.9%; 홍조 30종, 69.8%)이 출현하였다. 꽃지 해안에서 연중 관찰되는 해조류는 패(*Ishige okamurae*), 지충이(*Sargassum thunbergii*), 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 작은 구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 애기가시덤불(*Caulacanthus okamurae*), 꼬시래기(*Gracilaria vermiculophylla*), 부챗살(*Ahnfeltiopsis flabelliformis*), 진두발(*Chondrus ocellatus*), 비단 풀사촌(*Ceramium japonicum*), 잔금분홍잎(*Acrosorium polyneurum*), 새빨간검둥이(*Neorhodomela aculeata*), 참보라 색우무(*Symphyclocladia latiuscula*) 등 24종으로 나타났다(Table 1).

약용해조류는 해조류 79종에서 53.2%인 42종(녹조 6종, 갈조 9종, 홍조 27종)이며, 항지혈, 항균, 항염증 및 항종양 등 다양한 효능을 나타내는 종이었다(Table 1). 계절별로는 봄에 30종(녹조 1, 갈조 6, 홍조 23종), 여름에 32종(녹조 2, 갈조 5, 홍조 25종), 가을에 26종(녹조 4, 갈조 4, 홍조 18종), 겨울에는 28종(녹조 2, 갈조 5, 홍조 21종)이 약용 해조류로 나타났다. 대표적인 약용 해조류는 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 우뭇가사리, 참지누아리(*Grateloupia filicina*), 꼬시래기, 쌍발이서실(*Laurencia okamurae*), 새빨간검둥이 등으로 이들은 항지혈, 항균, 항고혈압, 항산화, 항종양 및 뇌혈관 질환에 효능이 있는 종이다(Table 1). 식용으로 이용되는 청각(*Codium fragile*), 지충이, 우뭇가사리, 참지누아리, 꼬시래기도 다양한 약효를 가진 종임을 참고문헌으로 확인되었다.

### 생물량, 피도 및 수직분포

해조류: 꽃지 해안에서 출현한 해조류의 연평균 생물량( $\text{g m}^{-2}$ )은 건중량으로 54.54 g이며 봄에 40.40 g으로 최소값, 가을에 68.12 g으로 최대값을 보였고(Table 1), 4계절 평균 피도는 12.78%이며 그레빌레홀파래(*Monostroma grevillei*)가 우점적으로 나타난 봄에 19.23%로 최대값을 겨울에 4.19%로 최소값을 나타냈다.

생물량과 피도를 조위별로 보면, 봄에 조간대 상부에서 33.92 g이었는데 그중에서 지충이가 27.20 g으로 80.19%를 차지하였다. 중부에서 평균 생물량은 28.52 g 중에서 그레빌레홀파래가 20.04 g을, 하부에서는 58.79 g이고 지충이가 24.16 g(41.09%)으로 가장 빈무하였다(Fig. 1A). 피도는 상부와 중부에서는 그레빌레홀파래가 각각 11.19%와 20.88%를 차지하였고 하부에서는 고리매(*Scytosiphon lomentaria*)가 8.81%로 최대였다. 따라서 봄철에 꽃지 조간대 해안의 해조

**Table 1.** Seasonal seaweed floras, biomass (g dry wt. m<sup>-2</sup>), functional (F) form, and the efficacy of medicinal seaweeds at Kkotji, Korea (Sp, Spring; Su, Summer; A, Autumn; W, Winter) (Oh *et al.* 1990; Zhao 2001; Heo *et al.* 2006)

Species	Sp	Su	A	W	F-form	Efficacy
Chlorophyta						
<i>Monostroma grevillei</i>	7.03				S	
<i>Enteromorpha linza</i>	+				S	Ah/Ap/Cv
<i>Enteromorpha prolifera</i>			+		S	Ah/Ap/Cv
<i>Ulva conglobata</i>			+		S	Ab/Ai/Ap
<i>Ulva pertusa</i>		18.76		+	S	Ab/Af/Ah/Ao/Ap/At/Cv
<i>Ulva</i> sp.			+		S	
<i>Cladophora sakaii</i>		+			F	
<i>Cladophora</i> sp.		+			F	
<i>Cladophora wrightiana</i>				+	F	
<i>Bryopsis hypnoides</i>		+			F	
<i>Bryopsis plumosa</i>		+	+	+	F	Af/Am
<i>Codium fragile</i>			+		CB	Af/Ap/At/Cv/V
<i>Codium subtubulosum</i>		+	+	+	CB	
Phaeophyta						
<i>Ectocarpus confervoides</i>	+	+			F	
<i>Ralfsia verrucosa</i>	+	+			C	
<i>Ishige okamurae</i>	+	+	+	+	CB	Ap
<i>Ishige sinicola</i>	+	+	+	+	CB	Ap
<i>Colpomenia sinuosa</i>	+				CB	Ao/At/Cv
<i>Petalonia fascia</i>	1.23			+	S	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	0.29				S	Af/Ah/Ap/At/Cv
<i>Punctaria latifolia</i>	+	+			S	
<i>Sphacelaria furcigera</i>	+	+		+	F	
<i>Undaria pinnatifida</i>	+		+	+	TL	Ac/Ah/An
<i>Dictyopteris latiuscula</i>				+	CB	Ah/Cv
<i>Dictyopteris undulata</i>	0.77	0.55			CB	
<i>Dictyota dichotoma</i>		+			S	Ah/Cv
<i>Myagrosis myagroides</i>			+		CB	
<i>Sargassum fusiformis</i>		+			CB	Af/At/Cv
<i>Sargassum fulvellum</i>			10.20	+	CB	
<i>Sargassum coreanum</i>			5.30	+	CB	
<i>Sargassum thunbergii</i>	17.12	29.98	21.85	22.54	CB	Af/Ap/Cv/V
Rhodophyta						
<i>Erythrotrichia carnea</i>		+	+		F	
<i>Porphyra yezoensis</i>	3.09			+	S	Af/Ap/At
<i>Galaxaura falcata</i>	+	+	2.02		CB	
<i>Gelidium amansii</i>	1.41	0.06	0.27	+	CB	Af/Ah/Am/Ao/Ap/At/Cv/V
<i>Gelidium divaricatum</i>	+	+	+	+	CB	Af/Ap/At/Cv/V
<i>Gelidium pusillum</i>	+	+		+	CB	Ap/At
<i>Pterocladia capillacea</i>	+	0.03			CB	Ao/Ah/Ap
<i>Dumontia simplex</i>	3.52			0.84	S	
<i>Pneophyllum zostericum</i>	+	+	+	+	C	
<i>Amphiroa zonata</i>			+		JC	
<i>Corallina officinalis</i>	+	+	+	0.10	JC	Ap/V
<i>Corallina pilulifera</i>	+	+	17.02	6.39	JC	Ap
<i>Carpopeltis affinis</i>	+	5.17	2.63	8.30	CB	Ao/Ah
<i>Grateloupia divaricata</i>				+	CB	A
<i>Grateloupia filicina</i>		+	+	+	CB	A/Ah/Ao/Ap/At/V
<i>Grateloupia prolongata</i>	+	0.25	1.80	1.03	CB	Ap/V
<i>Grateloupia turuturu</i>	+	+			TL	A

Table 1. (continued)

Species	Sp	Su	A	W	F-form	Efficacy
<i>Grateloupia elliptica</i>	+	+			TL	A/Ah/Am/Ao
<i>Prionitis patens</i>	+	+		+	CB	
<i>Callophyllis crispata</i>			+	+	S	
<i>Callophyllis</i> sp.			+		S	
<i>Schizymenia dubyi</i>	+	+			S	Ah/Ao
<i>Caulacanthus okamurae</i>	+	1.39	+	+	F	
<i>Gracilaria textorii</i>		+	0.04		TL	Ah/Ao
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	+	+	+	+	CB	Ab/Af/Ah/Am/Ao/Cv
<i>Ahnfeltiopsis paradoxa</i>	+	0.88	0.36		CB	
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	+	+	0.11	1.25	CB	A/Ab/Ah/Ao/At/Cv
<i>Chondrus ocellatus</i>	+	0.17	0.22	0.98	CB	Am/At
<i>Chrysomenia wrightii</i>		+	0.50		CB	
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	0.37	0.65	0.22	+	CB	
<i>Champia bifida</i>	+				F	
<i>Champia japonica</i>		+			F	
<i>Ceramium japonicum</i>	+	+	0.01	0.16	F	Ap
<i>Ceramium kondoi</i>	0.72	0.34	+	0.09	F	Af/Ap/At/Cv
<i>Ceramium tenerrimum</i>		+		+	F	
<i>Ceramium</i> sp.		+			F	
<i>Acrosorium polyneurum</i>	+	+	+	0.73	S	
<i>Acrosorium yendoi</i>	+	+	+	0.15	S	
<i>Dasya sessilis</i>		0.05			F	
<i>Chondria crassicaulis</i>	+	+	+	+	CB	Ah/Ao
<i>Laurencia intermedia</i>	+	+			CB	Af/Am/Ao
<i>Laurencia okamurae</i>	0.59	+	0.04	0.58	CB	Af/Ah/Am/Ao/Ap/At/Cv
<i>Neorhodomela aculeata</i>	2.24	0.49	5.49	5.45	CB	Af/Ai/Am/Ao/V
<i>Polysiphonia japonica</i>		+		0.59	F	Af/Ah/Ao/At/Cv
<i>Polysiphonia morrowii</i>	1.67	0.16	+	+	F	Ab/Af/Am
<i>Polysiphonia</i> sp.		+	+		F	
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	0.35	0.99	0.04	0.55	CB	Ao/At/Cv
<i>Symphyocladia linearis</i>		+			CB	
Spermatophyta						
<i>Phyllospadix iwatensis</i>	+	+	+	+	TL	
No. of species	48	58	45	44		
Biomass(g dry wt. m <sup>-2</sup> )	40.40	59.92	68.12	49.73		

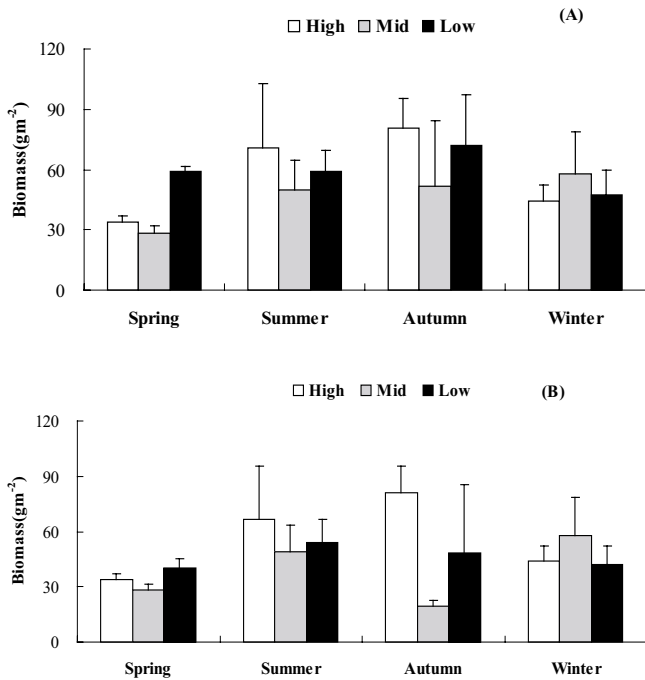
A, Agglutinin; Ab, Anti-bleeding; Ac, Anticoagulant; Af, Antifungal; Ah, Antihypertensive; Ai, Anti-inflammatory; Am, Anti-microbial; An, Anti-nicotine poisoning; Ao, Antioxidant; Ap, Antipyretic; At, Antitumor; Cv, Cerebrovascular; V, vermifuge; S, sheet form; F, filamentous form; CB, coarsely branched form; TL, thick leathery form; JC, jointed calcareous form; C, crustose form  
Table 1. continued.

류 수직분포는 상부에서 그레빌레홀파래(피도)와 지층이(생물량), 중부에서 그레빌레홀파래, 하부에서 비단풀(피도)과 지층이(생물량)로 나타났다.

여름철 생물량은 상부에서 70.95 g, 중부에서 50.03 g, 하부에서 58.83 g으로 나타났으며, 지층이가 조간대에서(상부 60.87 g, 중부 28.11 g, 하부 0.96 g) 고르게 번무하였으며, 구멍갈파래는 중부(17.92 g)와 하부(38.36 g)에서 우점하였다. 피도는 상부와 중부에서 지층이가 9.13%와 1.69%를 차지하였으며, 하부에서는 구멍갈파래가 31.31%로 생물량 분

포와 유사한 경향을 보였다. 여름에는 상부와 중부에서 지층이와 구멍갈파래가, 하부에서는 구멍갈파래가 우점적인 출현을 보였다.

가을철 생물량은 조간대 상부에서 80.82 g이며 피도는 12.06%로 측정되었으며 지층이(57.84 g, 8.19%)와 새빨간검둥이(14.01 g, 2.75%)가 우점적인 출현을 보였으며, 중부에서는 생물량 51.67 g이며 모자반이 생물량(30.32 g)과 피도(6.56%)에서 주요종으로 나타났다. 하부에서는 평균 생물량은 71.94 g이었고 작은구슬산호말(47.30 g, 5.31%)과 큰잎모



**Fig 1.** Seasonal seaweed biomass (A) and medicinal algal biomass (B) of three tidal levels at Kkotji rocky shore of Taean Peninsula, Korea. Bars are standard errors (n = 3 replicates).

자반(15.91 g, 1.31%)이 높은 생물량과 피도를 보였다. 가을철 해조류의 수직분포는 지층이, 새빨간검둥이(상부)-모자반(중부)-작은구슬산호말(하부)의 순서로 나타났다.

겨울철 생물량과 피도는 상부에서 44.13 g(4.06%)이며 지층이(29.83 g, 2.5%)가 대부분을 차지하였고, 중부에서는 57.69 g(4.0%)으로 지층이(23.71 g, 1.13%), 작은구슬산호말(11.64 g, 0.13%), 새빨간검둥이(7.75 g, 0.5%)와 까막살(6.58 g, 1.19%)이 우점하였다. 조간대 하부에서는 생물량이 47.41 g, 피도가 4.5%이고 까막살(*Carpopeltis affinis*, 15.43 g, 0.69%), 지층이(14.07 g, 1.06%)와 작은구슬산호말(7.53 g, 1.50%)이 우점종이었다(Fig. 1A). 겨울철 해조류 수직분포는 지층이(상부)-지층이, 작은구슬산호말(중부)-까막살, 지층이, 작은구슬산호말(하부)로 나타났다.

#### 약용해조류

꽃지 해안에 출현하는 약용 해조류의 계절별 생물량은 건중량으로 34.17-56.41  $g\ m^{-2}$ 이며 봄에 최저, 여름에 최대를 보였다(Fig. 1B). 조위별로 보면, 봄에는 하부에서 최대(40.06 g), 여름에는 상부에서 66.41 g, 가을에는 상부에서 80.79 g, 겨울에는 중부에서 57.69  $g\ m^{-2}$ 로 최대였다. 계절별로 중요한 약용해조류의 생물량( $g\ dry\ wt.\ m^{-2}$ )은 봄에는 상부에서 지층이(27.20 g)와 새빨간검둥이(6.72 g), 중부에서 방사무늬김(8.48 g)과 그레빌레홀파래(20.04 g), 하부에서 지층

이(24.16 g), 우뚝가사리(4.24 g), 모로우붉은실(5.02 g)이었다. 여름에는 상부에서 지층이(60.87 g), 중부에서 지층이(28.11 g)와 구멍갈파래(17.92 g), 하부에서 구멍갈파래(38.36 g)와 까막살(10.91 g)로 나타났다. 가을에는 상부에서 지층이(57.84 g)와 새빨간검둥이(14.01 g)가, 중부에서 지층이(7.70 g), 개지누아리(5.40 g)와 작은구슬산호말(2.09 g)이, 하부에서는 작은구슬산호말(47.30 g)이 우점하였다. 겨울에 약용해조류와 생물량은 상부에서 지층이가 29.83 g, 새빨간검둥이가 8.59 g이었으며, 중부에서는 지층이가 23.71 g, 작은구슬산호말이 11.64 g이고, 하부에서는 까막살(15.43 g), 지층이(14.07 g), 작은구슬산호말(7.53 g)이 번무하였다.

연구수행기간에 높은 생물량을 보인 약용해조류는 조간대 상부에서 지층이와 새빨간검둥이, 중부에서 지층이와 파래류, 하부에서 지층이와 작은구슬산호말로 나타났다. 계절에 따라 높은 생물량을 보인 해조류는 봄에 방사무늬김(8.5  $g\ m^{-2}$ )과 그레빌레홀파래(20.0  $g\ m^{-2}$ ), 여름에는 구멍갈파래(17.92  $g\ m^{-2}$ ), 가을에는 개지누아리(5.4  $g\ m^{-2}$ )로 확인되었다.

#### 중요도

중요도(importance value)가 5.0 이상인 출현종의 생물량과 피도는 Table 2와 같다. 4계절 모두 출현하며 중요도가 높은 종은 지층이였고 새빨간검둥이는 봄, 가을 및 겨울에 중요도가 5.0 이상이었다. 중요도를 기준으로 선정된 제1, 2 우점종(dominant species)은 봄에 그레빌레홀파래(27.20)와 지층이(19.89)였고, 여름에 구멍갈파래(51.20)와 지층이(27.58)였다. 가을에는 지층이(18.48)와 작은구슬산호말(16.27)이 제1, 2 우점종으로 선정되었고, 겨울에는 지층이(33.06)와 까막살(17.41)이 우점하였다(Table 2).

중요도가 5 이상인 우점종의 계절적 생물량은 Fig. 2와 같다. 연중 출현하는 지층이의 계절적 평균 생물량은 17.12 g(봄)-39.50 g(가을)이며 다른 해조류에 비해 매우 높았고, 중요도는 18.49-33.06으로 가을에 최소값을 겨울에 최대값을 보였다(Fig. 2). 계절종인 그레빌레홀파래(7.03 g), 고리매(0.29 g)와 방사무늬김(3.09 g)은 봄에 중요도가 높은 종으로 나타났다.

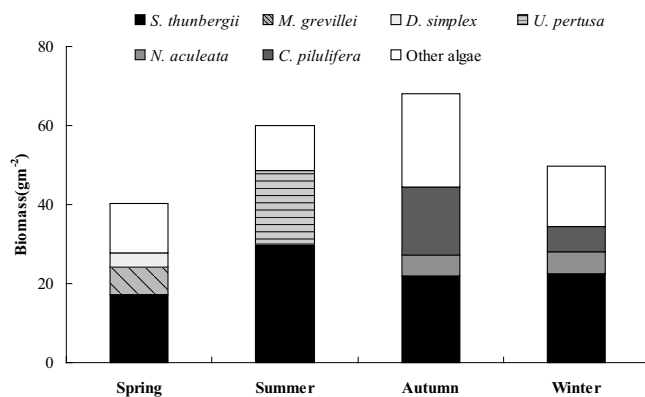
#### 기능형 및 생태학적 상태그룹

현화식물인 새우말(*Phyllospadix iwatensis*)을 다육질형에 포함시킨 기능형군 비율은 성긴분기형 34종(42.50%), 사상형 19종(23.75%), 엽상형 17종(21.25%), 다육질형 5종(6.25%), 유절산호말형 3종(3.75%), 각상형 2종(2.50%)의 순서를 보였다. 봄에는 출현한 48종 중에서 성긴분기형이 23종(47.92%), 엽상형 10종(20.83%), 사상형 7종(14.58%), 다육질형 4종(8.33%), 유절산호말형 2종, 각상형 2종으로

**Table 2.** Seasonal variation mean biomass (g dry wt. m<sup>-2</sup>), coverage (%), relative coverage (RC), relative frequency (RF) and importance value (IV) of dominant seaweeds at Kkotji of Taean peninsula, Korea

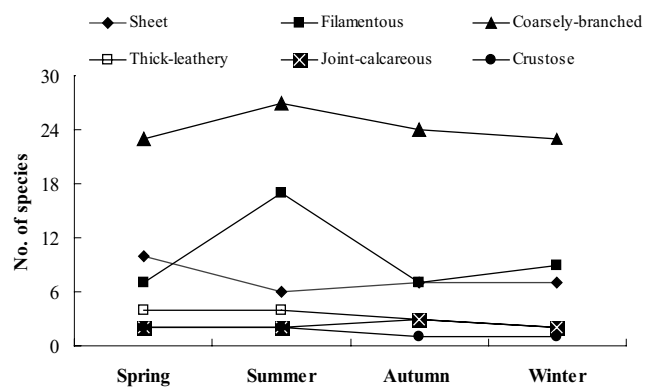
Season	Species	Biomass	Coverage	RC(%)	RF(%)	IV*
Spring	<i>Monostroma grevillei</i>	7.03	21.00	30.98	23.42	27.20
	<i>Sargassum thunbergii</i>	17.12	3.84	19.28	20.51	19.89
	<i>Neorhodomela aculeata</i>	2.24	2.81	14.29	13.73	14.01
	<i>Ceramium kondoi</i>	0.72	4.41	10.85	8.11	9.48
	<i>Polysiphonia morrowii</i>	1.67	4.35	10.72	7.21	8.96
	<i>Porphyra yezeensis</i>	3.09	1.88	2.85	12.16	7.49
	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	0.29	2.38	5.85	6.31	6.08
Summer	<i>Ulva pertusa</i>	18.76	10.54	63.81	38.28	51.05
	<i>Sargassum thunbergii</i>	29.98	3.88	23.46	31.49	27.47
	<i>Caulacanthus okamurae</i>	1.39	0.75	4.54	8.64	6.59
Autumn	<i>Sargassum thunbergii</i>	21.85	3.06	19.52	17.45	18.48
	<i>Corallina pilulifera</i>	17.02	2.21	14.95	17.58	16.27
	<i>Neorhodomela aculeata</i>	5.49	1.73	11.17	12.01	11.59
	<i>Sargassum fulvellum</i>	10.20	2.35	15.54	6.37	10.96
	<i>Galaxaura falcata</i>	2.02	1.63	11.11	6.67	8.89
	<i>Carpopeltis affinis</i>	2.63	1.46	9.26	7.77	8.53
	<i>Grateloupia prolongata</i>	1.80	0.54	3.57	6.43	5.00
Winter	<i>Sargassum thunbergii</i>	22.54	1.56	27.47	33.08	30.28
	<i>Carpopeltis affinis</i>	8.30	0.85	15.02	18.80	16.91
	<i>Neorhodomela aculeata</i>	5.45	0.46	8.06	10.53	9.29
	<i>Corallina pilulifera</i>	6.39	0.58	10.26	8.27	9.26
	<i>Acrosorium polyneurum</i>	0.73	0.60	10.62	4.51	7.57
	<i>Laurencia okamurae</i>	0.58	0.46	8.06	4.51	6.28

Asterisk (\*) denotes the importance value (IV) > 5.



**Fig. 2.** Seaweed biomass (g dry wt. m<sup>-2</sup>) of dominant species at Kkotji rocky shore of Taean Peninsula, Korea.

나타났다(Fig. 3). 여름에는 58종에서 성긴분기형이 27종(46.55%)으로 최대 그룹을 보였으며, 사상형 17종, 엽상형 8종, 다육질형 4종, 유절산호말형과 각상형 각 2종이 관찰되었다. 가을에는 성긴분기형 24종(53.33%), 사상형과 엽상형 각 7종(15.56%)으로 나타났으며, 다육질형과 유절산호말형도 각 3종씩 출현하였으며, 각상형은 1종이 관찰되었다. 겨울에는 44종의 해조류가 출현하였으며, 성긴분기형 23종, 사



**Fig 3.** Seasonal variations of species number in six functional form group collected at Kkotji rocky shore of Taean Peninsula, Korea.

상형 9종, 엽상형 7종, 다육질형 2종, 유절산호말형 2종, 각상형 1종으로 구분되었다(Fig. 3). 성긴분기형은 4계절 모두 23종 이상으로 가장 출현 종 수가 많았으며, 대부분의 기능형군 해조류의 종 수 변화는 계절별 변화 폭이 적었으나 사상형은 봄-여름 사이에 10종 증가하였다. 여름철에 출현한 사상형 해조류는 *Cladophora*, *Bryopsis*, *Ceramium* 속(genus)에 속하는 종이였다(Table 1).

**Table 3.** Seasonal community indices for biomass(g dry wt. m<sup>-2</sup>) and distributional patterns of seaweeds at Kkotji of Taean peninsula, Korea

Community indices	Spring	Summer	Autumn	Winter
Dominance index (DI)	0.60	0.81	0.57	0.62
Diversity index (H')	1.98	1.43	1.90	1.80
Richness index (R)	12.68	13.90	10.41	10.99
Evenness index (J')	0.51	0.35	0.50	0.48
Chlorophyta/Phaeophyta (C/P)	0.17	0.60	0.86	0.44
Rhodophyta/Phaeophyta (R/P)	2.75	4.10	4.43	3.33
(R + C)/P	2.92	4.70	5.29	3.78

**Table 4.** Comparisons of flora characteristics and ecological state group (ESG) based on seaweed functional forms among seaweed floras investigated at the western coasts of Korea

Site	Flora characteristics			ESG II(%)			ESG I(%)			References
	C/P	R/P	(R+C)/P	S	F	CB	TL	JC	C	
Uihang	0.40	3.80	4.20	19.23	21.79	51.28	5.14	2.56	0.00	Oh and Lee(1998)
Padori	0.52	3.00	3.50	18.75	23.96	50.00	3.13	2.08	2.08	Lee and Chang(1989)
Padori	0.56	2.63	3.19	23.44	15.63	57.81	1.56	1.56	0.00	Lee <i>et al.</i> (1997)
Padori	0.40	1.93	2.33	14.00	16.00	60.00	8.00	2.00	0.00	Lee <i>et al.</i> (2000)
Kkotji	0.72	2.67	3.39	21.25	23.75	42.50	6.25	3.75	2.50	This study
Yonggwang	1.09	2.55	4.20	23.53	31.37	39.22	0.00	1.96	3.92	Hwang <i>et al.</i> (1996)

C/P, R/P, (R+C)/P, see Table 3; S, sheet form; F, filamentous form; CB, coarsely branched form; TL, thick leathery form; JC, jointed calcareous form; C, crustose form

출현한 해조류를 생물학적 상태그룹(ecological state group)으로 구분하여 보면, ESG I에 속하는 해조류가 10종(12.15%), 교란이나 환경오염이 상대적으로 심한 해역에서 출현한 ESG II에 속하는 해조류가 70종으로 전체 출현종의 87.50%를 차지하였다. 계절별로 기회종인 생태학적 상태그룹(ESG II)에 속하는 출현종수는 봄에 40종(83.33%), 여름에 50종(86.21%), 가을에 38종(84.44%), 겨울에 39종(88.64%)로서 겨울에 가장 높은 비율을 보였으며, 출현종수는 여름에 최대 50종으로 나타났다(Table 1).

#### 군집지수

해조류의 생물량(biomass)을 이용하여 산출한 다양한 군집지수는 Table 3과 같다. 우점도 지수(DI)는 0.57-0.81의 범위이며, 제1, 2 우점종인 구멍갈파래와 지충이가 전체 생물량(59.92 g m<sup>-2</sup>)의 70.85%(42.35 g)를 차지하는 여름에 최대였다. 출현종수와 관련된 풍도 지수(R)는 10.41-13.90으로 58종이 출현한 여름에 최대였다(Table 3). 균등도지수(J')는 0.35-0.51로써 봄에 최대였고 구멍갈파래와 지충이가 우점한 여름에 최소값을 보였다. 풍도와 균등도 지수를 근거로 산출된 종다양도지수(H')는 여름에 최저(1.43)였고 봄에 최대(1.98)였다.

해조상의 지역적 특성을 나타내는데 유용한 계절별 C/P 값은 0.17-0.86(평균 0.72)의 범위로 4계절 중에서 녹조류가

최소 2종과 갈조류가 최대 12종이 출현한 봄에 최저였고 가을에 최대였다(Table 3). 계절별 R/P값은 2.75-4.43이며 사계절에 대한 평균 R/P값은 2.67이었으며, C/P값과 마찬가지로 봄에 최저였고 가을에 최대로 나타났다. (R + C)/P 값의 경우는 봄에 2.75로 최소를 가을에 5.29로 최대였으며, 꽃지 해안의 4계절 출현종에 대한 (R + C)/P값은 3.39로 확인되었다(Table 3).

#### 고찰

어떤 해역의 해조상이 열대 혹은 한대 해역에 가까운지를 나타내는 방법으로 Segawa(1956)는 C/P값을, Feldman(1937)은 R/P값을 제안하였다. 한대에서 아열대 해역의 C/P값은 0.4-1.5 사이, 한 온대에서 열대 해역의 R/P 값은 1.1-4.3의 범위 내에 존재하며, (R + C)/P 값의 경우 온대 및 한대성 해조상은 3 이하를, 열대성 해조상은 6 이상의 값을, 3-6의 범위에 있으면 혼합성 해조상으로 구분된다(Feldmann 1937; Segawa 1956; Cheney 1977; Lee *et al.* 2000). 서해안에서 수행된 이전의 연구에서 C/P 값은 0.40-1.09, R/P 값은 1.93-3.80, (R + C)/P 값은 2.33-4.20의 범위로 나타났다(Table 4). 본 연구가 수행된 꽃지 해안에서 4계절에 출현한 해조류에 대한 C/P 값은 0.72, R/P값은 2.67, (R + C)/P 값은 3.39로써 혼합성 해조상을 보였으며 서해안



**Table 5.** Evaluation of community stability and environmental condition according to diversity and dominance indices obtained by seaweed biomass(g dry wt. m<sup>-2</sup>) (Park et al. 2006)

Diversity index (H')	Dominance index (DI)	Interspecific competition	Community stability	Environmental condition
0.00-1.00	0.90-1.00	no	extreme stable	very bad
1.00-2.00	0.70-0.90	weak	unstable	bad
2.00-3.00	0.50-0.70	normal	normal	normal
3.00-4.00	0.25-0.50	high	stable	good
> 4.00	< 0.25	very high	very stable	very good

에서 수행된 다른 연구와 유사한 값을 보였다(Table 4).

꽃지 해안에 서식하는 해조류 79종에서 42종이 항지혈, 항균, 항염증 및 항종양 등 다양한 효능을 가지는 종이였다. 청각은 우리나라에서 김치에 넣어 음식으로 구충을 예방하였으며, 중국에서는 자송조(刺松藻)라 불리며 청열해독(清熱解毒), 부종, 소변질환 치료 및 회충약으로 활용되었다(Zhao 2001). 미역(*Undaria pinnatifida*)은 오래전부터 태아출산 후 혈액보충과 자궁수축을 위해 식용되었으며, 미역의 에테르 추출물은 담배의 니코틴 독성을 치료하는 물질을 함유하는 것으로 나타났다(Takagi 1975). 또한, 서해안의 대표적인 해조류인 지층이도 항균, 항열, 구충제 및 뇌혈관질환 치료에 효능이 있는 것으로 알려졌다(Tseng 1981; Oh et al. 1990). 약용해조류의 계절별 생물량은 건중량으로 34.1-56.4 g m<sup>-2</sup>로서 전체 생물량의 73-97%를 차지하였으며, 주요종은 조간대 상부에서 지층이와 새빨간검둥이, 중부에서 지층이와 파래류, 하부에서는 지층이와 작은구슬산호말로 나타났다. 계절에 따라 높은 생물량을 보인 해조류는 봄에 방사무늬김(8.5 g m<sup>-2</sup>)과 그레빌레홀파래(20.0 g m<sup>-2</sup>), 여름에는 구멍갈파래(17.92 g m<sup>-2</sup>), 가을에는 개지누아리(5.4 g m<sup>-2</sup>)로 확인되었다.

약용 해조류 42종이 출현하고 약용 해조류가 전체 생물량의 73-97%를 나타내는 꽃지 해안에서의 해조류의 종다양성 및 자원량의 유지는 서식처의 환경상태와 밀접한 관련이 있다. 교란이나 부영양화와 같은 환경적인 스트레스의 증감은 해조류 군집의 안정도에 영향을 미치므로 다양한 해조류 군집지수와 출현종의 양상은 환경상태를 나타내는 지시자(bio-indicator)의 역할을 한다(Orfanidis et al. 2001; Pinedo et al. 2007). 우점도지수와 다양도지수는 반비례적인 관계를 보이며, 단계별 종간경쟁, 군집안정도 및 환경상태의 상호관계는 Table 5와 같다(Park et al. 2006). 꽃지 해안의 군집안정도와 환경상태를 우점도 지수로 판단해 보면 봄(0.60), 가을(0.57), 겨울(0.62)에 정상(normal)이지만, 여름(0.81)에는 군집안정도가 불안정(unstable)하고 환경상태도 나쁜(bad) 것으로 평가된다. 또한, 꽃지 해안의 종다양도 지수도 1.43-1.98의 범위로 해조류의 서식환경이 좋지 않은 것으로 나타났다. 오염된 해역에서 자주 관찰되는 해조류는 녹조류의

*Blidingia*, *Enteromorpha*, *Ulva*, *Cladophora*, *Codium*속에 속하는 종과 홍조류의 *Corallina elongata*, *Chondria coerulea*, *Caulacanthus ustulatus*, *Gelidium pusillum*으로 알려져 있다(Díez et al. 1999; Orfanidis et al. 2001; Arévalo et al. 2007; Pinedo et al. 2007). 또한, Piazzini and Cinelli(2001)은 오염이 심각한 곳에서는 덩불형(turf-forming)의 해조류가 많이 관찰된다고 하였다. 꽃지 해안에서는 부영양화 해역에서 관찰되는 녹조류는 10종(*Enteromorpha* 2종, *Ulva* 3종, *Cladophora* 3종, *Codium* 2종), 홍조류 3종(*Corallina* 2종, *Chondria* 1종) 및 덩불형 홍조류 2종(*Gelidium divaricatum*, *Caulacanthus okamurai*)이 출현하여 인간에 의한 오염이 상당히 심각한 곳으로 판단된다.

Orfanidis et al.(2001)은 안정된 환경에서 서식하며 생장이 느린 다년생 해조류(다육질형, 유절산호말형, 각상형)를 ESG I, 환경적 스트레스가 심한 교란 혹은 오염지역에서 빠른 생장을 하며 생산력이 높은 해조류를 ESG II로 구분하였다. 본 연구에서 ESG I에 속하는 해조류가 10종(12.15%), ESG II에 속하는 해조류(엽상형, 사상형, 성긴분기형)가 70종으로 전체 출현종의 87.50%를 차지하는 것으로 확인되어 교란 및 오염지역에서 출현하는 종이 대부분이었다. 서해안에서 수행된 다른 연구에서도 ESG II에 속하는 해조류의 구성비가 88-94%의 범위를 보였으며 영광해역에서 최대값을 나타냈다(Table 4). 서해안은 해수의 탁도가 높아서 엽상형 및 사상형 해조류의 비율이 31-59%로 매우 높게 나타난다고 하였으나(Sohn 1987), Hwang et al.(1996)의 분석 결과, 서해안 해조상의 기능형별 구성비는 남·동해안과 커다란 차이를 보이지 않았다. 본 연구에서 ESG II에 속하는 해조류가 많은 것은 탁도가 높은 서해안의 자연환경에 의한 영향도 있겠지만, 태안반도 최대의 꽃지 해수욕장의 개장으로 피서객이 급증하는 여름철에 오염지역에서 잘 나타나는 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)가 번무하고, 대마디말류(*Cladophora* spp.)가 출현하였으며, ESG II에 속하는 해조류의 구성비가 봄과 가을에 비해 여름에 높은 것으로 보아 인간에 의한 교란이나 오염이 해조류의 종조성 및 군집구조에 중요한 영향을 미치는 것으로 판단된다.

결론적으로, 꽃지 해안에서는 약용해조류 42종을 포함하

여 80종의 해양식물이 출현하였고 생물량과 피도를 근거로 할 때 주요 약용종은 파래류, 지층이, 새빨간검둥이와 작은 구슬산호말이었다. 하지만, 꽃지 해안에서는 부영양화 지역에서 흔히 관찰되는 녹조류 10종, 홍조류 3종, 덩불형 홍조류 2종이 출현하였고, 인위적 교란이나 오염으로 환경상태가 열악한 곳에서 빠른 성장을 보이는 ESG II에 속하는 종이 전체 해조류 출현종의 88%를 차지함으로써 해조류의 종보존 및 환경오염에 대해 지대한 관심이 요구된다.

## 사 사

본 연구는 해양수산부 '해조류를 이용한 온실가스 저감기술 개발' 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Arévalo R., Pinedo S. and Ballesteros E. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Mar. Pollut. Bull.* **55**: 104-113.
- Barbour M.G., Burk J.H. and Pitts W.D. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. The Benjamin/Cumming Pub. Co., Inc.
- Cha S.H., Lee K.W., and Jeon Y.J. 2006. Screening of extracts from red algae in Jeju for potentials marine angiotensin - I converting enzyme (ACE) inhibitory activity. *Algae* **21**: 343-348.
- Chapman V.J. and Chapman D.J. 1980. *Seaweeds and their Uses*. 2nd edn. Chapman & Hall. London
- Cheney D.P. 1977. R & C/P- A new improved ratio for comparing seaweed floras. *Suppl. J. Phycol.* **13**: 129.
- Dawson E.Y. 1966. *Marine Botany, An Introduction*. Holt, Rinehard and Wiston Inc. New York.
- Díez I., Secilla A., Santolaria A. and Gorostiaga J.M. 1999. Phytobenthic intertidal community structure along an environmental pollution gradient. *J. Mar. Pollut. Bull.* **38**: 463-472.
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. *Rev. Alg.* **10**: 1-340.
- Guiry M.D. and Blunden G. 1991. *Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential*. John Wiley & Sons, New York.
- Heo S.J., Cha S.H., Lee K.W. and Jeon Y.J. 2006. Antioxidant activities of red algae from Jeju island. *Algae* **21**: 149-156.
- Hwang E.K., Park C.S., Sohn C.H. and Koh N.P. 1996. Analysis of functional form groups in macroalgal community of Yonggwang vicinity, western coast of Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* **29**: 97-106.
- Indergaard M. and Minsaas J. 1991. Animal and human nutrition. In: Guiry M.D. and Blunden G. (eds), *Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential*. John Wiley & Sons Ltd, New York. pp. 21-64.
- Jin D.Q., Lim C.S., Sung J.Y., Choi H.G., Ha I.H. and Han J.S. 2006. *Ulva conglabata*, a marine alga, has neuroprotective and anti-inflammatory effects in murine hippocampal and microglial cells. *Neurosci. Lett.* **402**: 154-158.
- Jurd K.M., Rogers D.J., Blunden G. and McLellan D. 1995. Anticoagulant properties of sulphated polysaccharides and a proteoglycan from *Codium fragile* spp. *atlanticum*. *J. Appl. Phycol.* **7**: 339-345.
- Kim Y.M., Kim D.S. and Choi Y.-S. 2004. Anticoagulant activities of brown seaweed extracts in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**: 1008-1013.
- Koh N.P. 1990. An ecological study of resources of marine plants in Geomundo Islands. *Algae* **5**: 1-37.
- Lee H.B. and Chang R.H. 1989. A qualitative and quantitative analysis of seasonal change of an algal community at Padori of Taean peninsula, west coast of Korea. *Korean J. Phycol.* **4**: 19-40.
- Lee I.K. 1987. Symposium on useful natural resources in Korea. 2. Marine resources. *Kor. Pharm. Soc. (special issue)*: 39-68.
- Lee J.H., Lee K.H., Yoo H.I., Zhou X.L., Kim Y.S., Choi H.G. and Nam K.W. 2006. Antimicrobial activity of *Neorhodomela aculeata* extracts against human skin pathogens. *J. Kor. Fish. Soc.* **39**: 292-296.
- Lee J.W., Oh B.G. and Lee H.B. 1997. Marine algal flora and community of Padori area in Taean peninsula, the west coast of Korea. *Algae* **12**: 131-138.
- Lee J.W., Oh B.G. and Lee H.B. 2000. Marine benthic algal community at Padori, west coast of Korea. *Algae* **15**: 111-117
- Lee Y. and Kang S. 2001. *A Catalogue of the Seaweeds in Korea*. Cheju National University Press, Cheju.
- Lim C.S., Jin D.Q., Sung J.Y., Lee J.H., Choi H.G., Ha I.H. and Han J.S. 2006. Antioxidant and anti-inflammatory activities of the methanolic extract of *Neorhodomela aculeata* in hippocampal and microglial cells. *Biol. Pharm. Bull.* **29**: 1212-1216.
- Littler M.M. and Littler D.S. 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrate stability in a subtropical rocky intertidal system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **74**: 13-34.
- Ludwig J.A. and Reynolds J.F. 1988. *Statistical Ecology: A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. *General System.* **3**: 36-71.
- McNaughton S.J. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. *Nature* **216**: 168-169.
- Oh B.G. and Lee H.B. 1998. Marine algal flora and community of Uihang in Taean peninsula, western coast of Korea. *Korean J. Environ. Biol.* **16**: 181-192.
- Oh Y.S., Lee I.K. and Boo S.M. 1990. An annotated account of Korean economic seaweeds for food, medical and industrial uses. *Kor. J. Phycol.* **5**: 57-71.
- Orfanidis S., Panayotidis P. and Stamatis N. 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal and water; A marine benthic macrophytes-based model. *Medit. Mar. Sci.* **2**: 45-65.

- Orfanidis S., Panayotidis P. and Stamatis N. 2003. An insight to the ecological evaluation index (EEL). *Ecol. Indicators* **3**: 27-33.
- Park Y.K., Seo K.S. and Choi C.K. 2006. *Environmental Biology*. Daehakseolim, Seoul.
- Piazzini L. and Cinelli F. 2001. Distribution and dominance of two introduced turf-forming macroalgae on the coast of Tuscany, Italy, northwestern Mediterranean Sea in relation to different habitats and sedimentation. *Bot. Mar.* **44**: 509-520.
- Pinedo S., Garcia M., Satta M.P., Torres M. and Ballesteros E. 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality; A case study in the Northwestern Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.* **55**: 126-135.
- Saito Y. and Atobe S. 1970. Phytosociological study of intertidal marine algae. *I. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **21**: 37-67.
- Segawa S. 1956. *Coloured illustrations of the seaweeds of Japan*. Hokkusha, Osaka.
- Smit A.J. 2004. Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: A review. *J. Appl. Phycol.* **16**: 245-262
- Sohn C.H. 1987. Phytogeographical characterization and quantitative analysis of algal communities in Korea. Ph.D. Thesis. Chonnam National University, Kwangju, Korea.
- Takagi M. 1975. Seaweeds as Medicine. In: Tokida J. and Hirose H. (eds), *Advance of Phycology in Japan*. VEB Gustav Fischer Verlag Jena. Lizenznummer. pp. 321-325.
- Tseng C.K. 1981. Commercial cultivation. In: Lobban C.S. and Wynne M.J. (eds), *The Biology of Seaweeds*. Blackwell, Oxford. pp. 680-725.
- Waaland J.R. 1981. Commercial utilization. In: Lobban C.S. and Wynne M.J. (eds), *The Biology of Seaweeds*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 726-741.
- Yan X., Nagata T. and Fan X. 1998. Antioxidative activities in some common seaweeds. *Plant Foods Hum. Nutr.* **52**: 253-262.
- Zhang W.W., Duan X.J., Huang H.L., Zhang Y. and Wang B.G. 2007. Evaluation of 28 marine algae from the Qingdao coast for antioxidative capacity and determination of antioxidant efficiency and total phenolic content of fractions and subfractions derived from *Symphyclocladia latiuscula* (Rhodomelaceae). *J. Appl. Phycol.* **19**: 97-108
- Zhao Y.-F. 2001. The medicinal marine algae from Shandong Province. *Terri. & Nat. Res.* **4**: 59-60.

---

Received 14 August 2007

Accepted 12 September 2007

