

한국 고흥군 무인도서 하계 해조상 및 해조류 군집구조

송지나 · 박서경 · 허진석 · 김보연 · 유현일¹ · 최한길*

원광대학교 생명과학부/기초자연과학연구소,
¹국립수산과학원 동해수산연구소

Summer Seaweed Flora and Community Structure of Uninhabited Islands in Goheung, Korea

Ji Na Song, Seo Kyoung Park, Jin Suk Heo, Bo Yeon Kim,
Hyun Il Yoo¹ and Han Gil Choi*

Faculty of Biological Science and Institute for Basic Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea
¹East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Kangneung 210-860, Korea

The intertidal benthic macroalgal floras of 19 uninhabited islands were investigated in the Goheung area, South Sea, Korea, in June 2008. Seaweed community structures on the rocky shores of four (Naemaemuldo, Ceoldo, Araedombaeseom, and Jinjioedo) of the 19 islands were also examined. Eighty macroalgal species were identified, including 13 green, 19 brown, and 48 red algae. The maximum number of species was found at Naemaemuldo, with 35 species, and the minimum was at Aredombaeseom, with 21 species. Seaweed biomass ranged from 21.39-76.22 g dry wt/m², with a maximum at Naemaemuldo, and minimum at Jinjioedo. *Sargassum thunbergii* was a representative species, distributed widely in the intertidal zone of the four islands. Subdominant seaweeds were *Corallina pilulifera* and *Ulva pertusa* at Naemaemuldo and Jinjioedo, respectively. Also, *Ishige okamurae* was dominant at Ceoldo and Araedombaeseom. Six functional seaweed forms were found at each study site, except for Araedombaeseom, which had four functional groups. On the rocky shores of the four sites, a coarsely-branched form was the most dominant functional group ranging from 44.44-61.90% in species number and 72.42-91.09% in biomass. In conclusion, among the four study sites, the shore of Naemaemuldo Island had the best ecological status, with the highest number of species, and greatest biomass (mainly brown and red algae) and functional form diversity of seaweeds. Furthermore, on the rocky shore of Naemaemuldo, coarsely branched- and joint calcareous-form seaweeds, which grow in clean and undisturbed environmental conditions, were the representative functional forms.

Key words: Algal flora, Biomass, Community, Dominant species, Functional form

서 론

해조류는 해양생태계의 일차생산자로서 어류 또는 무척추 동물의 산란장, 생육장 및 은신처로서 생태학적으로 중요한 역할을 수행하고 있으며, 부착생물로서 생물과 무생물학적 환경변화에 따라 종다양성, 출현종 및 생물량이 변화하는 특징 때문에 생물 지표자(biological indicator)로 사용가능하다(Orfanidis et al., 2001; Arévalo et al., 2007). 또한, 해조류는 부영양화 해역에서 영양염을 제거하는 생물정화자로서의 기능과 부착 동·식물의 착생기질로 사용되므로 해양생태계의 생물다양성에 지대한 영향을 준다(McCall et al., 1999).

해조류의 군집구조는 환경요인에 따라 밀접한 관련을 가지며 변화하는데, 안정된 해역에 교란(disturbance), 퇴적

(sedimentation) 및 생활하수 유입 등과 같은 환경스트레스가 증가되면 종다양성, 홍조·갈조류의 출현종수(비율) 그리고 이들의 생물량과 피도 및 비율의 감소가 발생하며, 반대로 기회종인 녹조류의 생물량이 증가되는 특성을 보인다(Arévalo et al., 2007; Pinedo et al., 2007; Wells et al., 2007). Littler and Littler(1984)는 해조류의 외부형태와 내부구조, 광합성율, 초식자의 섭식에 대한 생존전략에 따라 6가지 기능형군(엽상형, 사상형, 성긴분기형, 다육질형, 유절산호말형과 각상형)으로 구분하였다. Steneck and Dethier(1994)는 미세조류를 포함시키고 성긴분기형을 2개(피층형과 피층을 가진 엽상형)로 세분화하여 총 8개의 기능형으로 나누었으며, 많은 과학자들은 출현한 해조류의 기능형으로 환경상태를 해석하려고 하였다(Orfanidis et al., 2001, 2003; Yoo et al., 2007; Wells et al., 2007; Kim et al., 2010). 일반적으로 어떤 해역에서 생장이 느린 다년생 해조류인 다육질형(thick leathery form), 유절산호말형(jointed calcareous form)과

*Corresponding author: hgchoi@wku.ac.kr

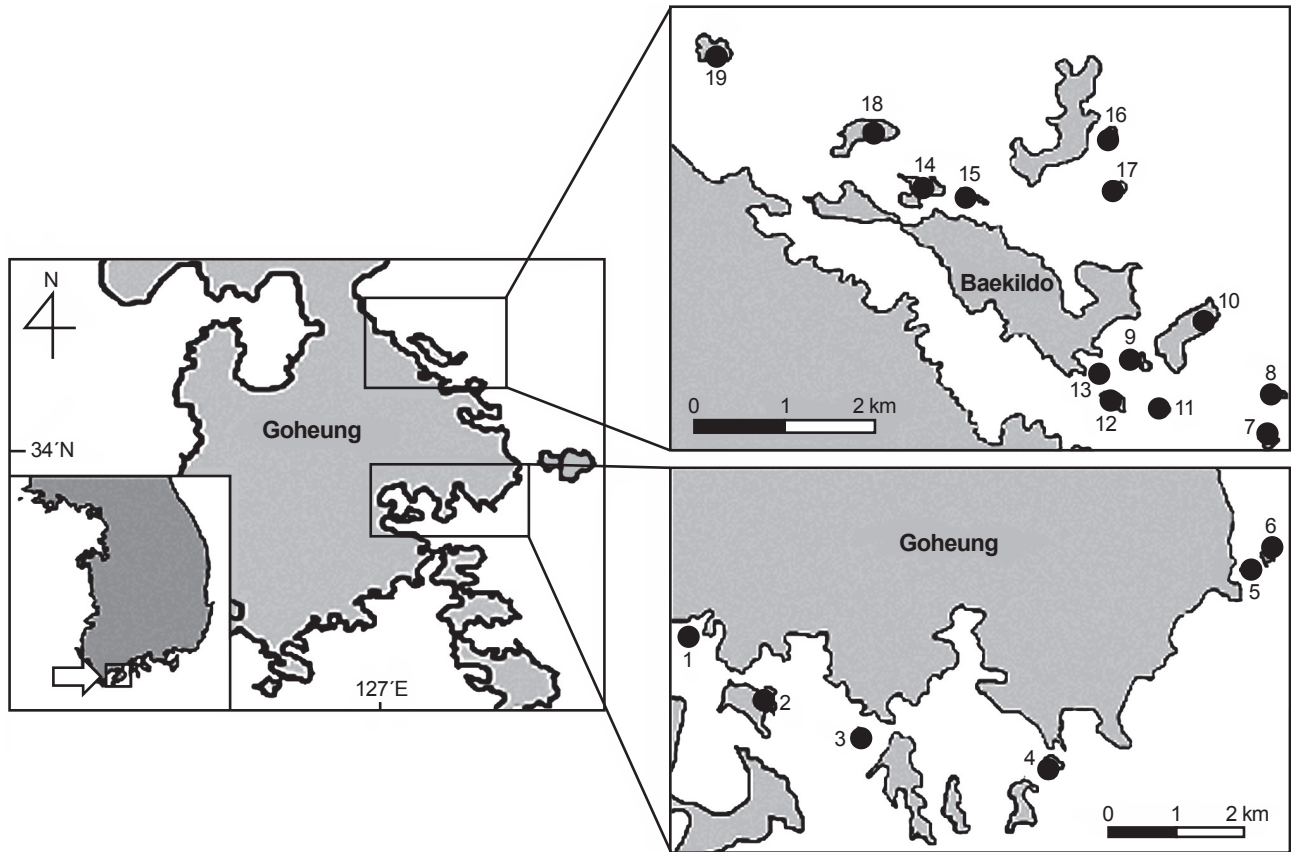


Fig. 1. A map of study area showing the location of sampling sites. 1, Junggudo; 2, Wado; 3, Sochumdo; 4, Soauctaedo; 5, Naemaemuldo; 6, Oemaemuldo; 7, Kkosariseom; 8, Ceoldo; 9, Gilmado; 10, Haehado; 11, Araedombaeseom; 12, Widombaeseom; 13, Jageundombaeseom; 14, Jwado; 15, Jindo; 16, Jinjioedo; 17, Daejido; 18, Miducdo; 19, Jeodo.

각상형(crustose form) 해조류의 피도 혹은 생물량이 많으면 부영양화, 교란과 같은 인간의 간섭이 적은 지역이며, 빠른 성장을 보이는 엽상형(sheet form), 사상형(filamentous form) 해조류가 많으면 오염도가 높은 지역, 성긴분기형(coarsely branched form)이 많으면 환경적 스트레스가 중간정도인 것으로 판정한다(Yoo et al., 2007; Wells et al., 2007; Kim et al., 2010).

우리나라 남해안은 해안선의 굴곡이 심하고 크고 작은 많은 섬들로 구성되어 있을 뿐만 아니라 해류, 수온, 염분, 수심, 영양염 및 탁도 등의 측면에서 매우 복잡한 해양적 특성을 나타내

며(Kang, 1966; Choi, 1992), 쿠로시오 난류의 영향으로 해조류의 식생이 풍부하고 지역간의 생육 해조류 종조성이 상이하여 이에 대한 보다 집중적인 연구를 필요로 한다(Sohn, 1987). 남해안에서 해조류에 대한 연구는 Kang(1966)의 연구를 시초로 많은 연구자에 의해 해조상 및 생태학적 연구가 수행되었으나(Yoo and Lee, 1980; Lee and Boo, 1982; Lee et al., 1983, 1985; Kim et al., 1996), 이전 연구의 대부분은 접근이 용이한 연안과 유인도에 국한되고 무인도서의 해조상과 군집구조에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

Table 1. Marine benthic algal species occurred in uninhabited islands in Goheung, southern coast of Korea

Taxon	JG	WD	SC	SA	NM*	OM	KS	CD*	GM	HH	ADB*	WDB	JDB	JWD	JD	JJO*	DJ	MD	JED
Chlorophyta	0	1	0	2	5	5	2	4	3	3	5	0	4	2	4	6	3	3	2
Phaeophyta	0	3	0	8	5	8	4	5	8	7	5	2	3	4	6	6	3	6	2
Rhodophyta	2	4	4	8	25	17	8	16	7	11	11	2	5	4	5	15	3	4	1
Total	2	8	4	18	35	30	14	25	18	21	21	4	12	10	15	27	9	13	5

*, Quantitative data; JG, Junggudo; WD, Wado; SC, Sochumdo; SA, Soauctaedo; NM, Naemaemuldo; OM, Oemaemuldo; KS, Kkosariseom; CD, Ceoldo; GM, Gilmado; HH, Haehado; ADB, Araedombaeseom; WDB, Widombaeseom; JDB, Jageundombaeseom; JWD, Jwado; JD, Jindo; JJO, Jinjioedo; DJ, Daejido; MD, Miducdo; JED, Jeodo.

따라서 본 연구는 남해안 고흥군 해역의 무인도서 19개에서 여름철 해조류의 종조성을 파악하고, 그 중에서 해조류 출현종수와 생물량이 상대적으로 풍부한 무인도서 4개를 대표 정점으로 선정하여 해조류의 종다양성, 생물량, 주요종 및 기능형 구성을 확인하여 해조류의 군집 특성을 파악하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

해조류의 종조성을 파악하기 위하여, 남해안 중부에 위치한 고흥군의 19개 무인도서에서 2008년 6월 22-28일에 서식 해조류를 채집하였다(Fig. 1). 19개의 무인도 중에서 해조류 출현종

Table 2. Marine algal lists, biomass (g dry wt/m²), and functional (F) form at the four study sites in Goheung, southern coast of Korea

Species	Naemaemuldo	Ceoldo	Araedombaeseom	Jinjjoedo	F-form
Chlorophyta					
<i>Monostroma nitidum</i>		+	0.41	0.60	S
<i>Ulva compressa</i>			+		S
<i>Ulva linza</i>		0.43			S
<i>Ulva prolifera</i>	+		+		S
<i>Ulva conglobata</i>	0.30		4.98	0.87	S
<i>Ulva pertusa</i>	0.41	4.56	1.39	3.58	S
<i>Cladophora albida</i>	+			+	F
<i>Cladophora rudolphiana</i>				+	F
<i>Bryopsis plumosa</i>				+	F
<i>Codium fragile</i>	+	0.17			CB
Phaeophyta					
<i>Ralfsia verrucosa</i>		+		+	C
<i>Ishige okamurae</i>		26.42	14.51	2.53	CB
<i>Ishige sinicola</i>		1.18	3.45	0.06	CB
<i>Colpomenia sinuosa</i>	+				CB
<i>Myelophycus simplex</i>			+		CB
<i>Undaria pinnatifida</i>	+				TL
<i>Dictyota dichotoma</i>				0.01	S
<i>Silvetia siliquosa</i>	+				CB
<i>Sargassum fusiformis</i>	3.99	9.88	+	0.58	CB
<i>Sargassum thunbergii</i>	52.47	15.79	13.31	11.33	CB
Rhodophyta					
<i>Porphyra yezoensis</i>	0.21		0.07		S
<i>Nemalion vermiculare</i>	+				CB
<i>Gelidium amansii</i>	+	0.35		+	CB
<i>Gelidium divaricatum</i>	3.05	0.22	0.77	+	CB
<i>Pterocladia capillacea</i>	+				CB
<i>Lithophyllum okamurae</i>	+	+		+	C
<i>Corallina officinalis</i>	+	+			JC
<i>Corallina pilulifera</i>	13.66	+		0.53	JC
<i>Jania rubens</i>	+				JC
<i>Carpopeltis affinis</i>	+	0.72	+	0.20	CB
<i>Prionitis elata</i>	+				CB
<i>Grateloupia filicina</i>	+				CB

+, present; S, Sheet form; F, Filamentous form; CB, Coarsely-Branched form; TL, Thick-Leathery form; JC, Jointed-Calcareous form; C, Crustose form.

Table 2. Continued

Species	Naemaemuldo	Ceoldo	Araedombaeseom	Jinjioedo	F-form
<i>Gloiopeltis tenax</i>			+		CB
<i>Gloiopeltis complanata</i>	0.01		0.30		CB
<i>Gloiopeltis furcata</i>	1.77				CB
<i>Cruoriopsis japonica</i>			+		C
<i>Caulacanthus okamurae</i>		0.47	2.59	0.31	F
<i>Gracilaria chorda</i>	+				CB
<i>Gracilaria textorii</i>	+	0.24		+	TL
<i>Gracilaria verrucosa</i>	+	+	+	0.50	CB
<i>Chondracanthus intermedia</i>	+	+		0.26	CB
<i>Chondracanthus tenellus</i>	+	0.05			CB
<i>Lomentaria hakodatensis</i>				+	CB
<i>Ceramium japonicum</i>		+			F
<i>Ceramium kondoi</i>		+		+	F
<i>Ceramium tenerimum</i>	+				F
<i>Acrosorium polyneurum</i>	+				S
<i>Dasya villosa</i>				+	F
<i>Chondria crassicaulis</i>	0.16	2.13	+	0.03	CB
<i>Laurencia obtusa</i>			+		CB
<i>Laurencia okamurae</i>	+	0.03	+	+	CB
<i>Polysiphonia morrowii</i>	0.19			+	F
<i>Symphycloadia latiuscula</i>	+	1.36			CB
Number of species	35	25	21	27	
Biomass (g dry wt/m ²)	76.22	64.00	41.78	21.39	

+, present; S, Sheet form; F, Filamentous form; CB, Coarsely-Branched form; TL, Thick-Leathery form; JC, Jointed-Calcareous form; C, Crustose form.

수와 생물량에서 고흥군을 대표할수 있는 4개 섬(내매물도, 켄도, 아래돔배섬, 진지외도)의 조간대 상부, 중부 및 하부에 10 cm × 10 cm로 구획된 방형구(50 cm × 50 cm)를 각 3개씩 놓고 현장에서 Saito and Atohe(1970)의 방법에 의해 야장에 기록한 후 방형구내에 출현한 모든 해조류를 끝을 이용하여 전량 채집하였다. 채집된 해조류는 현장에서 포르말린-해수 용액(5-10%)으로 고정하여 실험실로 운반한 후 현미경을 사용하여 동정하였으며, 출현종 학명 및 국명 정리는 Lee and Kang(2002)의 분류체계를 따랐다. 해조류의 기능형은 출현종의 외부형태, 내부구조, 광합성 효율 등에 따라 엽상형, 사상형, 성긴분기형, 다육질형, 유절산호말형, 각상형의 6개 그룹으로 구분하였다(Littler and Littler, 1984). 정량 채집된 해조류는 담수로 수회 세척하여 모래 및 불순물을 제거하고 동정한 후 60℃로 설정된 건조기에서 7일간 건조하여 건조량을 측정하고 단위 면적당(m²) 생물량으로 환산하였다. 피도는 피도 등급에 의해 기록된 야장을 근거로 단위 면적당 피복 백분율로써, 빈도는 전체 방형구 수(25개)에 대한 대상 종의 출현 방형구 수의 비로 계산하였다. 상대 피도는 방형구 내의 전 출현종의 피도 합에 대한 대상 종의 피

도 백분율로, 상대빈도는 방형구 내의 전 출현종의 빈도 합에 대한 대상 종의 빈도 백분율로 구하였다. 우점하는 해조류를 판단하는 중요도는 상대피도와 상대빈도의 산술평균으로 나타냈다(Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974).

또한, 정점별 출현종과 생물량 자료를 이용하여 풍도지수(richness index, R), 균등도지수(evenness index, J'), 다양도지수(diversity index, H')를 계산하였다(Margalef, 1958; Fowler and Cohen, 1990). 우점도지수(dominance index, DI)는 군집내에서 가장 보편적이고 높은 생물량을 보이는 종을 우점종으로 정하고 제 1, 2우점종 생물량의 합에 대한 전체 생물량의 비율로 산출하였다(McNaughton, 1967; Lee et al., 2007). 해조류의 출현종 유·무로 각 정점에 따른 유사도(similarity)를 분석하고(Bray and Curtis, 1957), 출현한 해조류의 우점도는 K-dominance 곡선으로 비교하였다(Lamshead et al., 1983). 군집지수의 산출 및 도식화에는 PRIMER version 6(Clarke and Gorley, 2006)을 사용하였으며 유사도 분석에 따른 각 그룹의 유의차는 SIMPROF(similarity profile) tests를 실시하여 검정하였다.

Table 3. Vertical distribution of dominant seaweeds based on importance value (IV>10) at four study site in Goheung, southern coast of Korea

Shore levels	Namaemuldo	Ceoldo	Araedombaeseom	Jinjioedo
High	<i>Gloiopeltis furcata</i> (37.09)	<i>Ishige okamurae</i> (24.15)	<i>Caulacanthus okamurae</i> (35.93)	<i>Ulva pertusa</i> (59.37)
	<i>Ulva conglobata</i> (18.81)	<i>Ulva pertusa</i> (17.58)	<i>Gloiopeltis complanata</i> (23.73)	<i>Monostroma nitidum</i> (27.48)
	<i>Porphyra yezoensis</i> (17.98)	<i>Caulacanthus okamurae</i> (11.92)	<i>Ulva conglobata</i> (17.05)	
	<i>Gelidium divaricatum</i> (15.69)		<i>Sargassum thunbergii</i> (16.69)	
Mid	<i>Sargassum thunbergii</i> (36.90)	<i>Sargassum thunbergii</i> (48.53)	<i>Gelidium divaricatum</i> (36.23)	<i>Sargassum thunbergii</i> (37.90)
	<i>Porphyra yezoensis</i> (30.66)	<i>Ishige okamurae</i> (38.00)	<i>Caulacanthus okamurae</i> (20.21)	<i>Ulva pertusa</i> (31.70)
	<i>Corallina pilulifera</i> (23.44)		<i>Ishige okamurae</i> (12.67)	<i>Ulva conglobata</i> (14.49)
Low			<i>Monostroma nitidum</i> (12.43)	
	<i>Corallina pilulifera</i> (42.74)	<i>Ishige okamurae</i> (29.22)	<i>Ishige okamurae</i> (45.10)	<i>Ishige okamurae</i> (26.71)
	<i>Sargassum thunbergii</i> (36.90)	<i>Sargassum fusiformis</i> (21.63)	<i>Ulva pertusa</i> (17.08)	<i>Corallina pilulifera</i> (13.98)
	<i>Polysiphonia morowii</i> (10.72)	<i>Chondria crassicaulis</i> (18.51)	<i>Caulacanthus okamurae</i> (12.20)	<i>Sargassum thunbergii</i> (13.88)
		<i>Sargassum thunbergii</i> (12.84)		

Table 4. Average seaweed biomass (g dry wt/m²) and richness of functional(F)-form groups at the four study sites in Goheung, southern coast of Korea

F-form	Biomass				Richness			
	NM	CD	ADB	JJO	NM	CD	ADB	JJO
Sheet	0.92	4.99	6.85	5.06	5	3	6	4
Filamentous	0.19	0.47	2.59	0.31	3	3	1	7
Coarsely-branched	61.45	58.30	32.34	15.49	21	14	13	12
Thick-leathery	+	0.24	-	+	2	1	-	1
Jointed-calcareous	13.66	+	-	0.53	3	2	-	1
Crustose	+	+	+	+	1	2	1	2
Total	76.22	64.00	41.78	21.39	35	25	21	27

-, absent; +, present; NM, Namaemuldo; CD, Ceoldo; ADB, Araedombaeseom; JJO, Jinjioedo.

결 과

무인도서 해조상

전남 고흥군에 위치한 19개 무인도서에서 하계에 출현한 해조류는 총 80종(녹조 13종, 갈조 19종, 홍조 48종)이었고, 분류군별 구성비는 녹조류가 16.25%, 갈조류가 23.75%, 홍조류가 60.00%로서 홍조류의 출현종수가 최대였고, 녹조류가 최소였다. 도서별 해조류의 출현종수는 2-35종으로 중구도에서 가장 적었고, 내매물도에서 최대였다(Table 1). 해조류 출현종의 유무를 바탕으로 19개 무인도서는 5개 그룹 즉, 그룹 A(중구도, 소침도), 그룹 B(저도), 그룹 C(길마도, 미덕도, 윗돛배섬, 작은돛배섬), 그룹 D(소옥태도, 내매물도, 외매물도), 그룹 E(대지도, 꼬사리섬, 진지외도, 와도, 좌도, 해하도, 아래돛배섬, 진도, 컬도)로 구분되었다(Fig. 2). 중구도와 소침도가 속하는 그룹 A는 나머지 4개의 그룹과 유사도가 18.17%로 매우 낮았으며, 그룹 D와 E사이 유사도가 34.35%로 유의차를 보였다(SIMPROF test, $P<0.05$). 그룹 D-E와 그룹 C간의 유사도는 32.04%였고,

그룹 B와 나머지 그룹사이의 유사도는 25.67%로 통계학적인 유의차를 보였다(SIMPROF test, $P<0.05$). 특히, 와도는 지리적 위치로는 그룹 A에 포함되는 중구도와 소침도의 사이에 있으면서도 구멍갈파래, 패, 넓패와 지층이가 출현하여 인근도서인 중구도와 소침도에서 구별되는 해조상을 보여 그룹 E에 포함되는 것으로 나타났다.

조사를 수행한 19개의 섬에서 공통으로 출현한 해조류는 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 툫(*Sargassum fusiformis*), 지층이(*S. thunbergii*), 애기우뭇가사리(*Gelidium divaricatum*), 까막살(*Carpopeltis affinis*), 꼬시래기(*Gracilaria verrucosa*), 개서실(*Chondria crassicaulis*)과 쌍발이서실(*Laurencia okamurae*)이었고, 내매물도에서는 서·남해안에서 잘 발견되지 않는 국수나물(*Nemalion vermiculare*) 개체군이 확인되었다(Table 2).

주요도서 해조군집

해조류 출현종수와 지리적 분포를 토대로 선정된 4개 도서(내매물도, 컬도, 아래돛배섬과 진지외도)에서는 총 53종의 해조류(녹조 10종, 갈조 10종, 홍조 33종)가 출현하였으며, 내

Table 5. Average biomass (g dry wt/m²), percent cover (%) and various community indices of seaweeds at the four study sites in Goheung, southern coast of Korea

Community indices	Naemaemuldo	Ceoldo	Araedombaeseom	Jinjioedo
Biomass (g/m ²)	76.22	64.00	41.78	21.39
Percent cover (%)	18.25	33.60	20.77	22.31
Dominance index (DI)	0.87	0.66	0.67	0.70
Richness index (R)	7.61	5.29	4.55	8.15
Evenness index (J')	0.30	0.54	0.57	0.50
Diversity index (H')	1.06	1.68	1.66	1.62

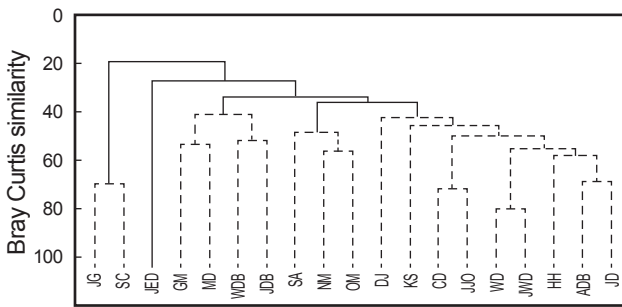


Fig. 2. Results of cluster analysis performed on Bray Curtis similarity from standardised species presence/absence transformed data. The dotted lines indicate no significant difference among the study sites (SIMPROF test). See the abbreviation of islands in Table 1.

매물도에서 35종으로 가장 많았고, 아래돛배섬에서 21종으로 최소였다. 4개의 무인도서에서 홍조류가 전체 출현종수의 62.26%(52.38-71.43%)를 차지하였으며, 특히 내매물도에서 71.43%로 다른 도서에 비해 홍조류 비율이 매우 높게 나타났다. 해조류의 생물량은 21.39-76.22 g dry wt/m²로 내매물도에서 최대였고, 다음으로 켄도, 아래돛배섬의 순서였으며 진지외도에서 최소로 나타났다(Table 2). 생물량의 구성을 분류군별로 보면, 녹조류가 0.71-6.78 g dry wt/m²로서 내매물도에서 최소였으며, 아래돛배섬에서 최대였다. 갈조류는 14.51-56.46 g dry wt/m²로 진지외도에서 14.51 g dry wt/m²로 최소였고 지층이가 전체 생물량의 68.84%(52.47 g dry wt/m²)를 차지한 내매물도에서 56.46 g dry wt/m²로 최대였다. 홍조류는 1.83-19.05 g dry wt/m²로 진지외도에서 1.83 g dry wt/m²(8.55%)로 가장 낮았고 19.05 g dry wt/m²(24.99%)로 내매물도에서 가장 높았다. 4개 무인도서에서 갈조류인 지층이(*Sargassum thunbergii*)와 패(*Ishige okamurae*)의 번무로 갈조류가 전체 생물량의 60% 이상을 차지하여 녹조류와 홍조류에 비해 높게 나타났다. 정점별로 해조류 생물량과 종다양성을 나타낸 K-dominance 곡선을 보면, 아래돛배섬에서는 우점종 3종(패, 지층이, 모란갈파래: 생물량 순서)이 전체 생물량의 78.49%(32.80 g dry wt/m²)를 차지하였으며, 켄도(패, 지층이, 툫)와 진지외도(지층이, 구멍갈파래, 패)에서는 80% 정도를 보였다. 또한, 내매물도에서는 우점종(지층이, 작은구슬산호말, 툫)이 전체 생물량의 92%를 보였다

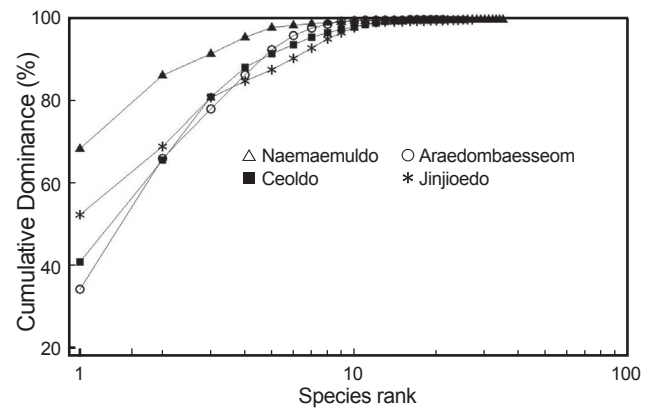


Fig. 3. K-dominance curves (X-axis logged) for average seaweed biomass at four study sites in Goheung, southern coast of Korea.

(Fig. 3).

고흥군의 주요 무인도서 4개에서 출현한 해조류 53종을 기능형별로 구분하면, 성긴분기형 27종(50.94%), 엽상형과 사상형이 각 9종, 유절산호말형과 각상형이 각기 3종, 다육질형 2종이었다(Table 2). 정점별로는 내매물도에서 성긴분기형이 출현종수의 60.00%(21종)와 생물량의 80.62%(61.45 g dry wt/m²)를 차지하여 다른 정점에 비해 높게 나타났으며, 유절산호말형이 다음으로 높은 생물량(13.66 g dry wt/m²)을 보였다. 켄도에서는 성긴분기형이 14종(56.00%)과 생물량(58.30 g dry wt/m²)의 91.09%를 차지하였으며, 엽상형이 3종으로 다음 순서였다. 아래돛배섬에서도 성긴분기형이 최대(출현종수의 61.90%; 생물량의 77.41%)였으나, 유절산호말형과 다육질형이 없어서 기능형군의 다양성이 최소로 다른 지역과 구분되었다. 진지외도에서도 출현종수의 44.44%와 생물량의 72.42%를 보인 성긴분기형이 가장 우점하는 기능형군이었고 사상형이 7종(25.93%)으로 다른 정점에 비해 높았다. 고흥군 4개 정점에서 출현한 해조류 출현종의 44-62%가 성긴분기형으로서 고흥군에 서식하는 해조류의 대표적인 기능형군으로 밝혀졌다(Table 4).

해조류의 중요도(importance value)를 근거로 한 조건대의 조위별 우점종의 수직분포는 Table 3과 같다. 도서별로 우점종은 차이를 나타냈는데, 방사무늬김(*Porphyra yezoensis*)과 불등풀가사리(*Gloiopeltis furcata*)는 내매물도의 조건대 상·

중부에서만 번무하였고, 툫(*Sargassum fusiformis*)과 개서실(*Chondria crassicaulis*)은 켈도의 조간대 하부에서, 참풀가사리(*Gloiopeltis complanata*)는 아래돛배섬의 상부에서만 우점하는 종이였다. 또한, 켈도에서는 패(*Ishige okamurae*)가, 아래돛배섬에서는 애기가시덤불(*Caulacanthus okamurae*)이 조간대 상부에서 하부까지 풍부하게 나타나는 종이였다. 갈조류 지충이(*Sargassum thunbergii*)는 아래돛배섬에서 조간대 상부 암반에서, 그리고 나머지 3개 도서(켈도, 진지외도, 내매물도)에서는 중부와 하부에서 중요도 값이 높게 나타남으로써 4개 무인도서의 대표종이었으며, 내매물도를 제외한 3개 도서에서는 패가 우점하는 것으로 확인되었다.

해조류의 생물량(biomass)을 이용하여 산출한 다양한 군집지수를 살펴보면, 우점도 지수(DI)는 0.66-0.87의 범위이며, 내매물도에서는 제 1, 2우점종인 지충이(52.47 g dry wt/m²)와 작은구슬산호말(13.66 g dry wt/m²)이 전체 생물량(76.22 g dry wt/m²)의 86.76%를 차지하여 우점도지수가 0.87로 최대였고, 켈도에서 제 1, 2우점종인 패(26.42 g dry wt/m²)와 지충이(15.79 g dry wt/m²)가 전체 생물량(64.00 g dry wt/m²)의 65.95%를 차지하여 0.66으로 최소였다. 출현종수와 관련된 풍도지수(R)는 켈도에서 최소값(4.55)을 그리고 진지외도에서 최대값(8.15)을 보였다. 출현종수와 생물량에 따라 변화하는 균등도지수(J')는 0.30-0.57로써 아래돛배섬에서 최대였고 내매물도에서 최소였다. 출현종수와 종간의 풍도 데이터(생물량)의 분포인 균등도지수에 의해 결정되는 다양도 지수(H')는 내매물도에서 출현종수는 많지만 지충이가 68.84%를 차지하여 균등도지수가 낮아 최저값(1.06)을, 켈도에서 최대값(1.68)을 나타냈다(Table 5).

고 찰

해조류는 유럽에서 수질평가의 생물학적 지표자(biological indicator)로 이용하였으며, 해조상의 구성과 풍도(출현종수)는 연안의 생태학적 상태(ecological status)를 평가하는 중요한 열쇠이다(Arévalo et al., 2007; Wells et al., 2007). 우리나라 남해안에 위치한 고흥군 인근의 19개 무인도서에서 채집된 해조류는 녹조류 13종, 갈조류 19종, 홍조류 48종으로 총 80종이었으며, 조사 정점별 출현종은 2-35종으로 도서별로 커다란 차이를 보였다. 본 조사해역의 인근도서에서 하계에 보고된 출현종수와 비교해보면, 고흥군의 서쪽에 위치한 우이도에서 112종(Choi et al., 1994), 진도에서 116종(Lee et al., 1983)에 비해 출현종수가 적었지만, 남·서해안에 위치한 신안군 무인도서 16개에서 63종(Oh et al., 2005), 도초군도 무인도서 15개에서 53종(Park et al., 2007), 서·남해안에 있는 영광발전소 37종(Kim and Yoo, 1992), 영광 17종(Hwang et al., 1996)에 비해 많은 종이 출현하였다. 따라서 고흥군 연안의 생태적 수준은 신안군, 도초군도와 영광에 비해 높고 외해에 위치한 우이도, 하태도와 진도에 비해 낮은 것으로 나타났다.

4개의 주요 도서에서는 우점종은 녹조류인 모란갈파래와 구멍갈파래, 갈조류인 패와 지충이, 툫, 홍조류인 작은구슬산호말이었으며, 구멍갈파래는 해남군 무인도에서도 우점종으로 기록되었고(Oh et al., 2002), 지충이와 패는 중요도가 10이상인면서 3개 이상의 정점에서 출현하여 대표적 해조류로 확인되었다. 특히, 본 연구에서 지충이는 정량채집을 실시한 고흥군의 4개 무인도서의 조간대 상부에서 하부까지 고르게 분포하였고, 정점별로 생물량(평균 11.33-52.47 g/m²)과 피도(평균 1.31-11.06%)에서 최대값을 보인 종이였으며, 인근의 영광(Hwang et al., 1996)과 해남(Oh et al., 2002)등 남해안에서도 번무하는 것으로 기록되어 남해안 암반 조간대의 대표종임이 확인되었다. Koh(1990)는 거문도의 해산식물자원에 관한 생태학적 연구에서 각 조사 정점별 중요도가 높은 종으로 지충이, 불등풀가사리, 툫, 작은구슬산호말, 구멍갈파래 등으로 기록하였는데, 본 연구에서 실시한 고흥군 주요 무인도 4개 도서에서 나타난 우점종들과 유사했으며 이들 해조류가 남해안에서 일반적으로 우점하는 보편적인 종들로 판단된다.

본 연구지역 해조류의 수직분포는 대체로 조간대 상부에서 애기가시덤불과 파래류, 중부에서 지충이와 패, 하부에서 작은구슬산호말, 패와 지충이였다. 남해안의 오동도에서는 조간대 상부에서 애기우뭇가사리, 잎파래, 중부에서는 개서실, 구멍갈파래, 하부는 미역, 지충이 등이 나타났으며(Sohn, 1983), 거문도에서는 조위에 따라 불등풀가사리, 참풀가사리, 바위수염, 툫, 지충이, 작은구슬산호말 등이 폭넓게 분포하여 매우 유사한 수직분포 패턴을 보였다(Koh, 1990). Choi(1992)는 한국 서·남해안 해조류의 전형적인 수직분포 양상은 조간대 상부에서 불등풀가사리와 애기우뭇가사리, 중부에서 지충이, 구멍갈파래와 툫, 그리고 하부에서 작은구슬산호말, 개서실, 참보라색우무와 모자반류(하부)가 높은 생물량을 보인다고 하였다.

해조류의 생물량과 기능형군의 다양성은 환경상태와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Arévalo et al., 2007; Pinedo et al., 2007; Wells et al., 2007). 해조류 생물량은 일반적으로 안정되고 청정한 해역에서 높았으며, 부영양화가 심각한 해역에서는 기회종인 녹조류의 생물량이 그리고 안정된 환경에서는 홍조류와 갈조류의 생물량이 높았다(Díez et al., 1999; Wells et al., 2007). 4개 도서의 생물량은 녹조류가 0.71-6.78 g dry wt/m², 갈조류 14.51-56.46 g dry wt/m², 홍조류 1.83-19.05 g dry wt/m²로 우점종인 지충이의 번무로 갈조류의 생물량이 높게 나타났으며, 녹조류는 아래돛배섬에서, 갈조류와 홍조류는 내매물도에서 최대의 생물량을 보였다. 4개 도서에서 출현한 해조류의 생물량(203.41 g dry wt/m²)을 기능형으로 구분하여 보면, 성긴분기형이 82.40%(167.60 g dry wt/m²), 엽상형이 8.76%(17.82 g dry wt/m²) 그리고 유절산호말형이 6.98%(14.19 g dry wt/m²)으로 우점하는 기능형이었으며, 출현종수를 기능형군으로 구분하면, 성긴분기형 50.94%, 엽상형과 사상형이 각각 16.98%, 유절산호말형과 각상형이 각각 5.66%, 다육질형이 3.77%의 순서로 나타났다. 이러한 결과는 남해안에 서식하는 해조류의 기능형

군별 구성비가 성긴분기형, 사상형, 엽상형, 다육질형, 각상형과 유절산호말형 순서이고, 성긴분기형과 사상형의 비율이 높다는 Sohn(1987)의 기록과 유사하였다.

고흥군의 대표적인 4개 무인도서인 내매물도, 컬도, 아래돛 배섬과 진지외도를 비교해보면, 내매물도에서 출현종, 기능형군 다양성과 생물량이 최대이고 녹조류의 생물량은 최소였으며, 기능형군의 다양성이 높고 성긴분기형과 유절산호말형이 가장 우점하여 해조류의 서식장소로서 가장 좋은 지역으로 나타났다. 반면에 아래돛배섬에서 출현종수는 최소이고 생물량은 진지외도에 비해 약간 높게 나타났으나, 엽상형 해조류의 출현종수와 생물량이 높게 나타남으로써 해조류 군집구조 분석을 통하여 볼 때 4개 무인도서 중에서 내매물도가 가장 좋은 생태환경을 가진 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 환경부 무인도서 조사에 참여하여 수행되었으며, 이 논문은 2011학년도 원광대학교 교비지원에 의해서 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 Poll Bull* 55, 104-113.
- Bray JR and Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol Monogr* 27, 325-349.
- Choi DS. 1992. On the state of marine algal resources in the west-southern coast of Korea. *Bull Inst Litt Environ* 9, 81-103.
- Choi DS, Kim KY, Lee WJ and Kim JH. 1994. Marine algal flora and community structure of Uido Island west-southern coast of Korea. *Korean J Environ Bio* 12, 65-75.
- Clarke KR and Gorley RN. 2006. PRIMER V6: user manual/tutorial. PRIMER-E Ltd, Plymouth, U.K., 1-190.
- Díez I, Secilla A, Santolaria A and Gorostiaga JM. 1999. Phytobenthic intertidal community structure along an environmental pollution gradient. *J Mar Poll Bull* 38, 463-472.
- Fowler J and Cohen L. 1990. *Practical Statistics for Field Biology*. John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A., 1-227.
- Hwang EK, Park CS, Sohn CH and Koh NP. 1996. Analysis of functional form group in macroalgal community of Yonggwang vicinity, western coast of Korea. *J Korean Fish Soc* 29, 97-106.
- Kang JW. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull Busan Fish Coll* 7, 1-125.
- Kim BY, Kim WS and Choi HG. 2010. Seasonal variability of seaweed biomass along the vertical shore gradients of Nachido and Odo islands, the Yellow Sea, Korea. *Fish Aqua Sci* 13, 324-331.
- Kim KY, Huh SH and Kim GH. 1996. Diversity and abundance of sublittoral macroalgae around Daedo Island, the south coast of Korea. *Algae* 11, 171-177.
- Kim YH and Yoo JS. 1992. Marine algal vegetation at the coast of Korea. *Korean J Environ Biol* 10, 100-109.
- Koh NP. 1990. An ecological study on resources of marine plant in Geomundo Islands. *Korean J Phycol* 5, 1-37.
- Lambhead PJD, Platt HM and Shaw KM. 1983. The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *J Nat Hist* 17, 859-874.
- Lee IK, Lee HB and Lee IK. 1983. A summer marine algal flora of islands in Jindo-gun. *Rep Sur Nat Environ Korea* 3, 293-311.
- Lee IK and Boo SM. 1982. A summer marine algal flora of islands in Wando-kun. *Rep Sur Nat Environ Korea* 2, 209-227.
- Lee IK, Lee YP and Chung HS. 1985. A summer marine algal flora of Chuja Islands. *Rep Sur Mat Environ Korea* 5, 287-308.
- Lee KH, Yoo HI and Choi HG. 2007. Seasonal community structure and vertical distribution of medicinal seaweeds at Kkotji in Taean Peninsula, Korea. *Algae* 22, 209-219.
- Lee Y and Kang S. 2002. *A Catalogue of the Seaweeds in Korea*. Cheju National University Press, Cheju, Korea, 1-662.
- Littler MM and Littler DS. 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrate stability in a subtropical rocky intertidal system. *J Exp Mar Biol Ecol* 74, 13-34.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics* 3, 36-71.
- McCall RK, Moncreiff CA, Randall TA, Caldwell JD and Blackburn BR. 1999. Seagrass epiphytes: Contribution to local Chlorophyll a concentration. *Gulf Research Reports* 11, 74
- McNaughton SJ. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. *Nature* 216, 168-169.
- Mueller-Dombois D and Ellenberg H. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons, New York, U.S.A., 1-547.
- Oh BG, Lee JW and Lee HB. 2002. A summer marine

- benthic algal flora and community of uninhabited island in Haenangun, southern coast of Korea. *J Korea Fish Soc* 35, 57-63.
- Oh BG, Lee JW and Lee HB. 2005. Summer marine algal vegetation of uninhabited islands in Sinangun, southwestern coast. *Algae* 20, 53-59.
- 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 (EEI). *Ecol Indic* 3, 27-33.
- Park CS, Wee MY and Hwang EK. 2007. Summer algal flora uninhabited islands in Dochodo, southwestern coast of Korea. *Algae* 22, 305-311.
- Pinedo S, Garcia M, Satta MP, Torres M and Ballesteros E. 2007. Rocky shore communities as indicators of water quality; a case study in the north-western Mediterranean. *Mar Poll Bull* 55, 126-135.
- Saito Y and Atobe S. 1970. Phytosociological study of intertidal marine algae. 1. Usujiri Benten-Jima, Hokkaido. *Bull Fac Fish Hokkaido Univ* 21, 37-67.
- Sohn CH. 1983. A study on the algal communities of Odongdo, southern coast of Korea. *Bull Korean Fish Soc* 16, 368-378.
- Sohn CH. 1987. Phytogeographical characterization and quantitative analysis of algal communities in Korea. Ph.D. thesis. Chonnam National Univ., Kwangju, Korea, 1-111.
- Steneck RS and Dethier MN. 1994. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos* 69, 476-498.
- Wells E, Wilkionson M, Wood P and Scanlan C. 2007. The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European water framework directive. *Mar Pollut Bull* 55, 151-161.
- Yoo HI, Lee JH, Lee KH, Baek SH, Heo YB, Noh HS and Choi HG. 2007. Summer marine algal flora and community structures in Taean Peninsula, Korea. *J Kor Fish Soc* 40, 210-219.
- Yoo SA and Lee IK. 1980. A study on the algal communities in the south coast of Korea. *Proc Col Nat Sci Seoul Nat'l. Univ* 5, 109-138.

2011년 7월 15일 접수

2011년 9월 8일 수정

2011년 10월 5일 수리