



한국 서남해역 무안, 진도와 거문도의 춘계 해조식생

임수연* · 강만구 · 이창혁 · 김성주 · 신종암
(전남대학교)

A Spring Marine Algal Vegetation in the Muan, Jindo and Geomundo Coast, Western South Sea of Korea

Su Yeon LIM[†] · Man-Gu KANG · Chang Hyeok LEE · Seong Ju KIM · Jong-Ahm SHIN
(Chonnam National University)

Abstract

To grasp the algal vegetation using the occurred species number, biomass and dominant species, this study was performed in the subtidal zone of Muan-gun, in the intertidal zone of Jindo-gun and in the intertidal zone and subtidal zone of Geomundo, the south-eastern coast of Jeollanamdo, Korea in the spring 2014. The total occurred species was 140 ones including 10 chlorophytes(7.14%), 54 phaeophytes(38.57%) and 76 rhodophytes(54.29%); the biomass was 70,484 g·w/m² in total. The flora characteristic using R/P ratio, geographical distribution pattern of algae, at the Station 9-1(intertidal zone) in Geomundo was tropical; the flora at the Station 6 (Maengseong-ri, Sanjodo, Jindo-gun) and the Station 9-2(subtidal zone) in Geomundo were mixed; the others were arctic to temperate. The physiognomic types were also shown. Each species was classified into six functional-form groups, and two ecological state groups(ESG) were evaluated based on these groups. The coarsely branched-group of functional-form groups was 44% of total occurred species. The ESG II in all study sites was high, and this is maybe due to the environmental stress such as pollution and disturbance, etc.

Key words : Marine algal vegetation, Functional group, ESG

I. 서론

해조류는 해양생태계의 기초생산자이며, 부영양화물질 흡수 등 수질정화 기능, 광합성에 의한 CO₂흡수, 해수 중의 용존산소 증가, 대기 중의 탄산가스 흡수·고정(Working Group of Nature Restoration for Ocean, 2004)등의 여러 기능을 가지고 있고, 기질에 부착한 이후 사멸하기 전까지 한 곳에 서식하는 고착생물로서 주변의 다양한 환경요소에 그대로 노출되어 살아가므로 생태계

의 생물지표(bioindicator)로 활용하기도 한다(Dawes, 1981; Worm et al., 2000; Kim & Choi, 2004; Lee et al., 2007; Kim & Shin, 2007).

해조류의 주어진 환경에 대한 형태와 기능적 적응은 개체의 생존과 생식에 중요한 역할을 담당하게 된다(Littler & Littler, 1984). 엽상체의 구조는 발달 생리학에 중요하며, 형태 역시 생태생리학에 중요하다. 서로 다른 분류군간에 어떤 형태들은 Littler and Littler (1983)이 언급한 것처럼 반복되어 나타나며, 이것은 임계환경요인에 대한

[†] Corresponding author : 061-659-7160, suyeon1717@nate.com

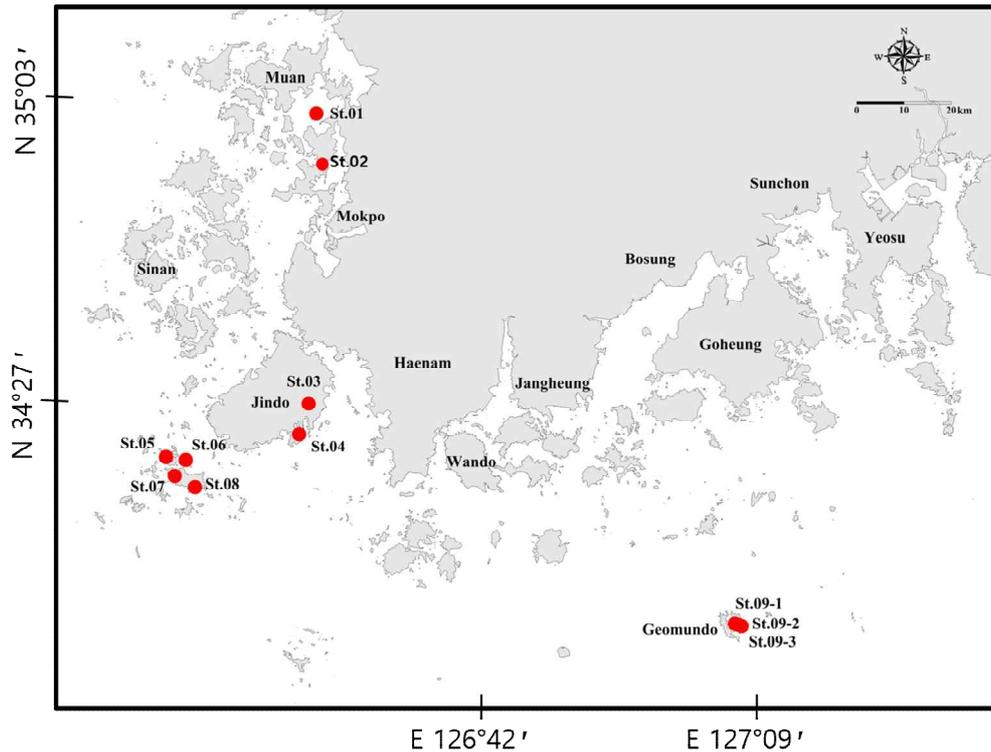
* 본 논문은 2014년 전라남도 해양생물자원조사(서부권역)의 일환으로 실시되었음.

수렴적응을 보인 것이다. 또한, 종들은 발산 선택 압에 직면하며, 선택압은 생산성, 번식성과 경쟁성에서 수명성과 환경내성보다 더 유리하다. 기능적 특징과 형태적 특징은 서로 관련되어 있으므로(Lobban & Harrison, 1994), 환경에 따른 적응양상, 즉, 환경에 따른 유전자형의 반응규격(norm of reaction) 및 가소성(plasticity)연구에 유용하다. 해조류의 기능형군에 관한 연구로서는 Littler & Littler(1980, 1983)의 형태적 차이와 관련한 물리적, 생태적 관계에 관한 연구, 기질의 안정성에 따른 기능형과의 관계에 관한 연구(Littler & Littler, 1984)와 초식동물과의 관계에서 섭식의 난이성과 조류의 기능형에 관한 연구(Steneck & Watling, 1982) 등이 있다.

또한, 바다숲은 국제적으로 중요한 습지의 일원으로 자리매김하였고, 연안역의 생태계 서비스 제공의 측면에서도 그 중요성이 널리 알려져 있

다. 따라서 환경학적으로나 생태학적으로, 또는 진화학적으로 해조식생에 관한 국제적, 국지적 연구가 매우 필요하다. 특히나, 인류의 증대된 활동이 지구에 장기간 영향을 끼치는 것을 지질학적 연대에 빚댄 인류세(Anthropocene)(Crutzen & Stoermer, 2000)의 기후변화결과인 지구온난화의 clockspeed(Fine, 1998)가 생각 외로 빠르므로 바다숲에 관한 시·공간적 자료의 축적이 시급하다. 상당한 자료가 축적이 되면 big data와 meta분석법을 활용하여 상황을 분석하고 패러다임의 변화를 찾기 위한 예측모델 생성으로 미래에 대비하여야 한다.

본 연구는 우리나라 서남해역의 무안군, 진도군과 거문도의 조간대와 조하대에 서식하는 해조류의 종과 양 등을 조사하고 해조식생의 특징을 파악하고 목록화하여 상기한 일련의 연구에 일조하고자 수행되었다.



[Fig. 1.] Map showing the study sites.

II. 재료 및 방법

본 연구는 전라남도 서부권역의 무안군(2지점)의 조하대, 진도군(6지점)의 조간대, 여수시 삼산면(거문도) 동도리(3지점)의 조간대와 조하대 지역을 대상으로([Fig. 1]), 2014년 춘계(3월~5월)의 해조식생을 파악하고자 실시하였다.

조사지역의 개황은 다음과 같다. Rho et al. (2012)은 서남해역 생태구(western South Sea Ecoregion)를 여수반도 서안부터 변산반도 남단에 이르는 한반도 돌출부로 조석 혼합이 강한 해역이며, 이 구역의 가장 중요한 분류자는 탁도이고, 탁도가 높은 연안역은 표층 해수가 저층해수와 저질의 영향을 많이 받으며, 수온이 상대적으로 낮고 각종 영양염이 풍부하며, 김과 미역 등 대형조류의 양식이 활발하다고 하였다.

무안군의 St. 1의 저질은 사니질이고, 최저 수심은 간조시 2~3m 이며, 내만으로 유속이 빠르지 않았다. St. 2의 저질은 약간의 암반과 니질로 이뤄져있고, 간조시 최저 수심이 4~5m이고, St. 1보다 유속이 빨랐으며, 암반지형에서 대부분의 해조류가 관찰되었다. 진도군의 St. 3은 진도군 동쪽에 위치하고, 조간대 암반 지형이 최저 간조시에 단절되어 조간대 하부는 작은 암석과 사질로 이루어져있는 지형이며, 우수영의 주변이라서 유속은 매우 빨랐다. St. 4는 진도군 남쪽에 위치하고, 조간대 지형이 발달하여 최저 간조시에도 조간대 하부가 암반으로 이루어진 지형이며, 만만에 위치하여 유속은 빠르지 않았다. 진도군 상조도(St. 5-6)와 하조도(St. 7-8)는 조간대 지형이 발달하여 최저 간조시에도 조간대 하부까지 암반으로 이루어져있다. St. 9-1은 거문도 동도 남쪽 지역으로 조하대 상부(5m 이내), 조하대 중부(5~10m 이내) 지역까지는 크고 작은 암석이 주를 이루며, 조하대 하부(10m 이하)에서는 작은 암석과 사니질 층이 주를 이루고 있으며, 가파르지 않고 완만한 경사지형으로, 주변에 길게 형성된

인공구조물(방파제)이 있어 조사시 유속이 빠르지 않았다. St. 9-2, 9-3은 St. 9-1과 200~300m 가량 떨어진 지점으로 조하대 중부(5~10m 이내)까지 암반으로 이루어져 있으며 조하대 하부에서는 암석이 주를 이루고 경사는 매우 가파르며, 조사시 파도가 강하고 유속이 빠른 편이었다.

채집은 최간조 시에 맞추어 조간대와 조하대에서 하였다. 조간대의 경우, 저조선 방향으로 line transect을 설정하고 상부, 중부, 하부로 나눈 다음 10cm x 10cm로 세분화된 50cm x 50cm 방형구를 이용하여 사진 촬영 후, 방형구 내에 출현한 해조류를 끝칼로 전량 채취하였다. 조하대의 경우, SCUBA Diving을 하여 조사하였다. 채취한 해조류는 아이스박스에 보관하여 실험실로 운반하였다. 분류군의 학명과 표준국명은 「국가 생물종 목록집」(Kim et al., 2013)에 따랐다. 생물량은 습중량을 측정하여 단위면적당 생물량(g·w·m²)으로 환산하였다. 피도는 단위면적당 출현종이 차지하는 면적의 백분율이며, 빈도는 전체 조사 방형구 수에 대한 대상 종의 출현 방형구 수의 비로 산출하였다. 이를 기초로 하여 상대피도와 상대빈도를 산술평균하여 중요도를 구하였고, 이는 우점종을 식별하는데 이용하였다(Muller-Dombois & Ellenberg, 1974; Yoo & Lee, 1980). 해조상의 양상을 파악하기 위한 지수의 산출은 Feldmann (1937, R/P), Segawa(1956, C/P), Cheney(1977, (R+C)/P)을 이용하여 분석하였다.

환경요인에 대한 생물의 반응도 또는 생물군집의 안정도를 평가하기 위해 종다양도 지수(H')와 우점도 지수(DI)를 구하였고, 이를 <Table 1>의 방법에 따라 평가하였다.

· 종다양도 지수(Shannon & Wiener, 1963)

$$H' = -\sum(P_i)\ln(P_i)$$

(P = 총생물량에 대한 i번째 종의 생물량 비율)

· 우점도 지수(McNaughton, 1967)

$$DI = n_1 + n_2 / N$$

(n₁ = 제 1우점종의 생물량, n₂ = 제 2우점종의 생물량, N = 방형구내 총생물량)

<Table 1> Evaluation of community stability and the environmental condition according to various community indices obtained from biomass data

DI*	H*	CS*	EC*
0.90~1.00	0.00~1.00	Extreme unstable	Very Bad
0.7~0.90	1.00~2.00	Unstable	Bad
0.50~0.70	2.00~3.00	Normal	Normal
0.25~0.50	3.00~4.00	Stable	Good
<0.25	>4.00	Very Stable	Very Good

Source : Park et al., 2006 · Lee et al., 2007 & Kim, 2011.

DI: Dominance index, H: Diversity index,

CS: Community stability, EC: Environmental condition.

조사 지역의 환경상태를 추정하기 위하여 출현종의 기능형군은 Littler & Littler(1984)에 기초하여 6개 군으로 분석하였고, 이를 근거로 2개의 생태학적 상태 그룹(Ecological State Group: ESG), ESG I 과 ESG II로 구분하였다. ESG I에 엽상형(Sheet-Group), 사상형(Filamentous-Group), 성긴 분기형(Coarsely Branched-Group)이, ESG II에 다육 질형(Thick Leathery-Group), 유절산호말형(Jointed Calcareous-Group), 각상형(Crustose-Group)이 속해 있다(Orfanidis et al., 2001).

Taniguti(1987)에 따라 상관(相觀, physiognomy) 분석을 하였다. 정점별로 해조류의 엽체색에 따라 녹색형, 갈색형, 홍색형으로 나누고, 그 조합인 상관형에 따라 해조군집의 조성을 추정하였

다. 내만성군락은 다른 색의 조합이고, 녹색-갈색형상관은 이 군락이 녹색형과 갈색형이 위, 아래로 대상분포를 하며, 녹색-홍색형상관보다 고염분 해역에 보이는 상관형, 외양성군락은 같은 색의 조합으로 갈색-갈색형은 아한대, 온대외양, 홍색-홍색형은 아열대의 외양, 즉 온대와 아열대의 경계 부근에 보이는 상관형이다.

Ⅲ. 결 과

1. 출현종

11개 정점의 해조식생 조사 결과, 녹조류 10종(7%), 갈조류 54종(39%), 홍조류 76종(54%)으로 총 140종이 출현하였다(<Tables 2-3>).

무안군(St. 1, 2)에서는 녹조류와 갈조류 각 4종, 홍조류 3종이 출현하였고, 진도군(St. 3~8)에서는 녹조류 5종, 갈조류 21종, 홍조류 21종이 출현하였다.

거문도(St. 9-1~9-3)의 조간대에서는 녹조류가 출현하지 않았고, 갈조류 18종, 홍조류 28종 출현하였으며, 조하대에서는 녹조류 1종, 갈조류 11종, 홍조류 24종이 출현하였다.

2. 생물량

분류군별 생물량은 녹조류 1,340 g·w·w/m², 갈조류 53,990 g·w·w/m², 홍조류 151,154 g·w·w/m²로

<Table 2> The number of algal species collected in Muan, Jindo and Geomundo coast, western South Sea of Korea in the spring, 2014

Station* Division	1	2	3	4	5	6	7	8	9-1		9-2		9-3		Total
	Su	Su	In	Su	In	Su	In	Su							
Chlorophyta	1	3	0	1	0	1	1	2	0	0	0	1	0	0	10(7%)
Phaeophyta	1	3	3	3	4	3	4	4	2	6	6	2	10	3	54(39%)
Rhodophyta	1	2	2	3	2	10	1	3	14	11	6	8	8	5	76(54%)
Total	3	8	5	7	6	14	6	9	16	17	12	11	18	8	140(100%)

*1: Tando-ri Mangun-myeon Muan-gun, 2: Seongnae-ri Mangun-myeon Muan-gun, 3: Gahak-ri Jisan-myeon Jindo-gun, 4: Geumgap-ri Uisin-myeon Jindo-gun, 5: Yeomi-ri Jodo-myeon Jindo-gun, 6: Maengseong-ri Jodo-myeon Jindo-gun, 7: Changyu-ri Jodo-myeon Jindo-gun, 8: Sinyuk-ri Jodo-myeon Jindo-gun, 9: Dongdo-ri Samsan-myeon Geomundo, In: Intertidal zone, Su: Subtidal zone.

<Table 3> The list of marine algal species occurred in 11sites coastal area of western South Sea of Korea in the spring, 2014

Species	Station*														
	1 Su	2 Su	3 In	4 In	5 In	6 In	7 In	8 In	9-1 In Su		9-2 In Su		9-3 In Su		
Chlorophyta	1	3		1		1	1	2				1			
<i>Codium arabicum</i>													+		
<i>C. fragile</i>		+													
<i>C. subtubulosum</i>		+													
<i>Monostroma nitidum</i>							+								
<i>Ulva australis</i>	+			+				+							
<i>U. linza</i>		+													
<i>U. prolifera</i>						+		+							
Phaeophyta	1	3	3	3	4	3	4	4	2	6	6	2	10	3	
<i>Colpomenia sinuosa</i>														+	
<i>Dictyota coriacea</i>												+			
<i>Ecklonia cava</i>										+				+	
<i>Hydroclathrus clathratus</i>											+				
<i>Ishige okamurae</i>							+								
<i>Myelophycus simplex</i>			+		+	+	+	+						+	
<i>Padina arborescens</i>											+				
<i>Rugulopteryx okamurae</i>														+	
<i>Sargassum confusum</i>										+					
<i>S. coreanum</i>												+			
<i>S. fusiforme</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>S. horneri</i>		+											+	+	
<i>S. macrocarpum</i>											+			+	
<i>S. micracanthum</i>														+	
<i>S. miyabei</i>											+			+	
<i>S. piluliferum</i>											+				
<i>S. serratifolium</i>										+				+	
<i>S. thunbergii</i>			+	+	+	+	+	+						+	
<i>Silvetia siliquosa</i>				+	+			+							
<i>Spatoglossum solieri</i>	+	+													
<i>Undaria pinnatifida</i>		+							+		+			+	
Rhodophyta	1	2	2	3	2	10	1	3	14	11	6	8	8	5	
<i>Acrosorium ciliolatum</i>										+					
<i>A. polyneurum</i>										+					
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>						+				+		+		+	
<i>Alatocladia modesta</i>														+	
<i>Amphiroa anceps</i>										+	+	+			
<i>A. beauvoisii</i>											+			+	
<i>A. ephedraea</i>														+	
<i>Antithamionella spirographidis</i>												+			
<i>Callophyllis japonica</i>										+					
<i>Chondracanthus intermedius</i>														+	
<i>C. tenellus</i>											+			+	
<i>Chondrus crispus</i>										+					
<i>C. giganteus</i>										+	+	+	+		
<i>C. ocellatus</i>										+	+				
<i>Corallina pilulifera</i>										+	+				
<i>C. aberrans</i>											+				
<i>Dermonema pulvinatum</i>			+			+		+							
<i>Dichotomaria falcata</i>													+	+	
<i>Gelidium elegans</i>						+			+	+			+	+	
<i>Gloiopeltis furcata</i>			+	+	+	+	+	+							
<i>Gloiopeltis tenax</i>									+		+				
<i>Gracilaria cuneifolia</i>		+													
<i>G. textorii</i>						+									
<i>G. vermiculophylla</i>						+									
<i>Grateloupia asiatica</i>										+					
<i>G. chiangii</i>						+			+	+		+			
<i>Lomentaria catenata</i>									+	+					
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>														+	
<i>P. lanceolata</i>						+		+							
<i>Peyssonelia caulifera</i>												+		+	
<i>Plocamium telfairiae</i>									+	+				+	
<i>Polyopes affinis</i>				+	+	+					+			+	
<i>Polysiphonia morrowii</i>	+	+				+									
<i>Porphyra</i> sp.				+											
<i>Pterocladia capillacea</i>									+					+	
<i>Symphocladia latiuscula</i>										+					

*Sea the Table 2.

총 70,484 g·w·w/m²이었고, 조사 지역별로는 St. 2에서 갈조류(18,552.8 g·w·w/m²), St. 9-1 조간대에서 홍조류(2,772.4 g·w·w/m²)가 가장 높게 나타났다. 조사 전지역 종별 생물량은 미역(*Undaria pinnatifida*)이 14,167.2 g·w·w/m², 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)이 1088.9 g·w·w/m², 지충이(*S. thunbergii*)가 715 g·w·w/m², 감태(*Ecklonia cava*)가 686.7 g·w·w/m²순으로 높게 나타났고, 참까막살(*Polyopes affinis*)이 0.4 g·w·w/m², 바위수염(*Myelophycus simplex*)이 0.8 g·w·w/m², 가지까막살(*Grateloupia chiangii*)이 2.4 g·w·w/m²순으로 낮게 나타났다.

지역별로 총생물량은 무안군에서 21,244.8 g·w·w/m²으로, 대형갈조류인 미역이 14,167.2 g·w·w/m²과 팽생이모자반이 4,355.6 g·w·w/m²으로 가장 많았다. 진도군의 총생물량은 18,149.6 g·w·w/m²으로, 전지역에 걸쳐 지충이와 툫(*S. fusiforme*)이 가장 많았다. 거문도 지역의 총생물량은 31,089.6 g·w·w/m²으로, 대형 갈조류인 감태, 미역과 구슬모자반(*S. piluliferum*), 홍조류인 우뚝가사리(*Gelidium elegans*), 고리마디게발(*Amphiroa beauvoisii*) 순으로 높게 나타났다.

3. 우점종

조사지역의 우점종과 이를 판단하기 위한 중요도의 결과값은 <Table 4>에 나타내었다. St. 1의 우점종은 모로우붉은실(*Polysiphonia morrowii*), St. 2의 우점종은 팽생이모자반(*S. horneri*)으로 나타났다. St. 3의 우점종은 불등풀가사리(*Gloiopeltis furcata*), St. 4와 St. 6의 우점종은 지충이로 나타났다. St. 5와 St. 7, St. 8에서는 툫으로 나타났다. St. 9-1 조간대의 우점종은 미역, 조하대의 우점종은 구슬모자반으로 나타났다. St. 9-2 조간대에서는 우점종이 미야베모자반(*S. miyabei*), 조하대의 우점종은 우뚝가사리로 나타났다. St. 9-3의 조간대에서는 우점종이 고리마디게발(*A. beauvoisii*), 조하대의 우점종은 감태(*E. cava*)로 나타났다.

<Table 4> Comparison of dominant species investigated in Muan, Jindo and Geomundo coast, western South Sea of Korea in the spring, 2014

Station*	Dominant Species	IV**
1 Su	<i>Polysiphonia morrowii</i>	51.57
2 Su	<i>Sargassum horneri</i>	25.71
3 In	<i>Gloiopeltis furcata</i>	32.54
4 In	<i>Sargassum thunbergii</i>	29.54
5 In	<i>Sargassum fusiforme</i>	37.53
6 In	<i>Sargassum thunbergii</i>	21.10
7 In	<i>Sargassum fusiforme</i>	42.01
8 In	<i>Sargassum fusiforme</i>	31.04
9-1 In	<i>Undaria pinnatifida</i>	32.07
Su	<i>Sargassum piluliferum</i>	22.55
9-2 In	<i>Sargassum miyabei</i>	15.91
Su	<i>Gelidium elegans</i>	27.46
9-3 In	<i>Amphiroa beauvoisii</i>	13.27
Su	<i>Ecklonia cava</i>	23.81

*See the Table 2, **IV: Important Value.

4. R/P, C/P, (R+C)/P 값

해조상의 양상을 파악하기 위한 지수의 산출값은 <Table 5>에 나타내었다.

<Table 5> R/P, C/P and (R+C)/P value at the 11 sampling sites in Muan, Jindo and Geomundo coast, western South Sea of Korea in the spring, 2014

Station*	R/P	C/P	(R+C)/P
1 Su	1.00	1.00	2.00
2 Su	0.67	1.00	1.67
3 In	0.67	-	-
4 In	1.00	0.33	1.33
5 In	0.50	-	-
6 In	3.33	0.33	3.67
7 In	0.25	0.25	0.50
8 In	0.75	0.50	1.25
9-1 In	7.00	-	-
Su	1.83	-	-
9-2 In	1.00	-	-
Su	4.00	0.50	4.50
9-3 In	0.80	-	-
Su	1.67	-	-

*See the Table 2.

녹조류가 출현하지 않은 지역이 있어, R/P값으로만 평가한 조사지역의 해조상은, 진도군 St. 6와 거문도의 St. 9-2 조하대는 혼합성 해조상으로, 거문도의 St. 9-1 조간대 지역에서 열대성 해조상을 나타냈고, 이들 지역을 제외한 모든 조사지역은 한대성에서 온대성 해조상으로 나타났다.

5. 군집지수

조사 정점별 해조류의 생물량을 토대로 산출한

우점도지수와 종다양도지수를 이용하여 군집의 안정도와 환경상태를 비교하였다(<Table 6>).

거문도 St. 9-1 조간대에서의 우점도지수(DI)는 안정(Stable)과 좋음(Good), 종다양도지수(H')는 보통(Normal), St. 9-2 조간대, St. 9-1과 St. 9-3의 조하대에서는 우점도지수(DI)가 보통(Normal), 종다양도지수(H')는 불안정(Unstable), 나쁨(Bad)으로 평가 값이 불일치하지만 비슷한 경향을 나타냈고, 무안군 운남면 성내리(St. 2)와 진도 상조도

<Table 6> Community indices based on the dominance index(DI) and diversity index(H') at the 11 sampling sites in Muan, Jindo and Geomundo coast, western South Sea of Korea in the spring, 2014

Station*		Ecological Index		CS*	EC*
1	Su	DI	0.84	Unstable	Bad
		H'	0.94	Very Unstable	Very Bad
2	Su	DI	0.25	Stable	Good
		H'	0.99	Very Unstable	Very Bad
3	In	DI	0.9	Very Unstable	Very Bad
		H'	0.39	Very Unstable	Very Bad
4	In	DI	0.8	Unstable	Bad
		H'	0.72	Very Unstable	Very Bad
5	In	DI	0.8	Unstable	Bad
		H'	0.82	Very Unstable	Very Bad
6	In	DI	0.49	Stable	Good
		H'	1.89	Unstable	Bad
7	In	DI	0.95	Very Unstable	Very Bad
		H'	0.8	Very Unstable	Very Bad
8	In	DI	0.87	Unstable	Bad
		H'	1.04	Unstable	Bad
9-1	In	DI	0.48	Stable	Good
		H'	2.01	Normal	Normal
	Su	DI	0.51	Normal	Normal
		H'	1.96	Unstable	Bad
9-2	In	DI	0.36	Normal	Normal
		H'	1.87	Unstable	Bad
	Su	DI	0.43	Unstable	Bad
		H'	1.4	Unstable	Bad
9-3	In	DI	0.6	Normal	Normal
		H'	2.02	Normal	Normal
	Su	DI	0.64	Normal	Normal
		H'	1.42	Unstable	Bad

*See the Table 1 and 2.

조도면 맹성리(St. 6)에서의 우점도지수(DI)는 안정(Stable)과 좋음(Good), 종다양도지수(H')는 불안정(Unstable), 나쁨(Bad)으로 군집의 안정도와 환경상태가 서로 상반되는 평가 값이 나타났다. 이는 대형갈조류와 대형 홍조류의 종수는 적었으나 그 생물량이 소형 갈조류와 소형 홍조류의 생물량보다 많았기 때문으로 추정된다.

6. 기능형군

해조류의 기능형군별 분석은 조사지역별 출현종으로 분석하였고, 그것을 바탕으로 생태학적 상태 그룹(Ecological State Group: ESG)인 ESG I 과 ESG II를 구분한 결과는 아래와 같다.

총 출현종 140종 중, 엽상형이 24%(34종), 사상형 9%(12종), 성긴분기형 44%(61종), 다육질형 15%(21종), 유절산호말형 7%(10종), 각상형이 1%(2종)이었고, ESG I 24%(33종)와 ESG II 76%(107종)로 나타났다.

무안군에서의 기능형군은 엽상형 46%, 사상형, 성긴분기형과 다육질형이 각각 18%로, ESG I 과 ESG II는 18%, 82%로 나타났고, 진도군에서의 기능형군은 엽상형 19%, 사상형 13%, 성긴분기형 68%로 ESG II가 100%로 나타났다.

거문도에서의 기능형군은 엽상형 24%, 사상형 5%, 성긴분기형 33%, 다육질형 23%, 유절산호말형 12%, 각상형 3%로, ESG I 38%, ESG II는 62%로 나타났다.

7. 상관(相觀, physiognomy)분석

조사 정점별로 출현한 해조류의 엽체색에 따라 녹색형, 갈색형, 홍색형으로 나누고 상관분석한 결과는 다음과 같다.

무안군 St. 1과 St. 2, 진도군 St. 4-8은 다른색 조합으로 내만성 군락 상관형으로 나타났고, 거문도 조사해역은 모두 같은색 조합으로 외양성 군락 상관형, St. 9-1은 홍색-홍색형으로 아열대의 외양성, St. 9-2와 St. 9-3은 갈색-갈색형으로 아한

대와 온대의양성 상관형으로 나타났다.

IV. 고찰

본 연구에서 조사한 정점에서 총 140종의 해조류가 출현하였다. 전체 출현종수 대비 녹조류 7%, 갈조류 39%, 홍조류 54%의 비율로, 녹조류와 갈조류에 비해 홍조류의 종 수가 많은 것을 확인하였다(<Table 2>).

본 연구와 인근지역의 선행연구들을 종합하여 서남해안의 해조식생을 비교 고찰하였다(<Tables 7-8>). 단, 조사시기, 조사정점과 조사방법의 차이로 직접적인 비교는 불가하다. 선행논문과 비교에 앞서, 본 연구의 조사항목을 지역별(무안군, 진도군, 거문도)로, 선행논문도 본 연구와 유사한 지역과 계절로 정리하였다.

무안 지역의 조사 당시 퇴적물과 부유물질로 인하여 SCUBA Diving시 시야가 확보되지 않아 어려움이 있었으나, 본 연구결과는 11종(홍조류 3종, 녹조류와 갈조류 4종씩) 출현하였고, 총생물량은 21,244.8 g·w·w/m²이고, 모로우붉은실(*P. morrowii*)과 구멍갈파래(*Ulva australis*)가 우점종이었다. 무안군의 인근지역인 영광의 향아도에서는 출현종이 21종(녹조류 8종, 갈조류 7종, 홍조류 6종), 총생물량은 820 g·w·w/m²이었고, 납작파래(*Ulva compressa*)와 애기우뭇가사리(*Gelidiophycus freshwateri*)가 우점종이었다(Hwang et al., 1996). 태안반도의 꽃지해수욕장 인근 주변에서는 총 47종(녹조류 2종, 갈조류 12종, 홍조류 22종)이 출현하였고, 총생물량은 40.40 g·d·w/m²으로, 그레빌레홀파래(*Monostroma grevillei*)와 지충이가 우점종이었다(Lee et al., 2007). 진도군에서는 본 연구결과, 총 47종(녹조류 5종, 갈조류와 홍조류 21종씩)이 출현하였고, 총생물량은 18,149.6 g·w·w/m²이고, 톳, 불등풀가사리(*G. furcata*)가 우점종이었다. 선행연구(Kim, 2011)에서는 2007년에 21종(녹조류 4종, 갈조류 10종, 홍조류 7종), 2008년은 23종(녹

조류 3종, 갈조류와 홍조류 10씩)이 출현하였다. 2년 동안 평균생물량은 266.0 g·d·w/m²이었고, 지층이(*S. thunbergii*)가 우점종이었다.

거문도에서 총 82종(녹조류 1종, 갈조류 29종, 홍조류 52종)이 출현하였고, 총생물량은 31,089.6 g·w·m²이고, 미역과 우뚝가사리가 우점종이고, 선행 연구 (Koh, 1990)에서는 출현종이 56종(녹조류, 5종, 갈조류 15종, 홍조류 36종), 총생물량은 209.97 g·d·w/m²이었고, 지층이(*S. thunbergii*)와 불등풀가사리(*G. furcata*)가 우점종이었다. Kim(2008)의 조사에서는 출현종 23종(갈조류 14종, 홍조류 9종), 총생물량은 1,753.3 g·w·m²이고, *Corallina*

*sp.*와 톱니모자반(*S. serratifolium*)이 우점종이었다.

Little & Littler(1984)에 따른 6개의 기능형군을 기초로 구분된 생태학적 그룹(ESG)은 후기 천이형의 종들로 구성된 ESG I 과 환경교란이나 오염이 상대적으로 심한 해양에서 출현하는 종이 속한 ESG II으로 나뉜다. 본 연구에서 조사지역 모두 ESG II가 높게 나타났다.

일반적으로 환경 교란 및 오염원에 노출된 지역에서는 천이의 초기단계에서 출현하며, 성장속도도 비교적 빠른 ESG II에 속하는 기회종의 비율이 높다(Orfanidis et al., 2001, 2003; Lee et al., 2007; Choi, 2008; Kim et al., 2008).

<Table 7> Comparison of flora characteristics and number of species investigated at the Muan, Jindo and Geomundo coast, western South Sea of Korea in the spring, 2014

Station	No. of species	Biomass (g·w·w/m ²)	Flora characteristic			References
			R/P	C/P	(R+C)/P	
Muan	11	21,244.8	0.75	1	1.75	This study
Hyanghado, Yonggwang	21	820.0	0.86	1.44	2	Hwang et al., 1996
Kkotji, Taean	47	40.40(dry)	2.75	0.17	2.92	Lee et al., 2007
Jindo	47	18,149.6	1	0.24	1.24	This study
Jindo	2007 [*]	266.0	0.7	0.4	1.1	Kim, 2011
	2008 [*]		2.8	0.5	3.3	
Dongdo, Geomundo	82	31,089.6	1.79	0.03	1.87	This study
Dongdo, Geomundo	56	209.97(dry)	2.4	0.33	2.73	Koh, 1990
Geomundo	23	1,0753.3	0.64	-	-	Kim, 2008

<Table 8> Comparison of Functional form group(%) at the Muan, Jindo and Geomundo coast, Jeollanamdo, western South Sea of Korea in the spring, 2014

Station	Functional form group(%)						References
	ESG II			ESG I			
	S*	F	CB	TL	JC	C	
Muan	46	18	18	18	-	-	This study
Hyanghado, Yonggwang	11	4	5	1	-	-	Hwang et al., 1996
Kkotji, Taean	20.83	14.58	47.92	8.33	4.17	4.17	Lee et al., 2007
Jindo	19	13	68	-	-	-	This study
Jindo	2007 [*]	23.8	9.5	61.9	4.8	-	Kim, 2011
	2008 [*]	21.7	4.4	60.9	6.1	6.1	
Dongdo, Geomundo	24	5	33	23	12	3	This study
Dongdo, Geomundo	9	10	27	7	2	-	Koh, 1990

*S: Sheet-Group, F: Filamentous-Group, CB: Coarsely Branched-Group, TL: Thick Leathery-Group, JC: Jointed Calcareous-Group, C: Crustose-Group.

해조상의 특성을 나타내는 척도인 R/P값, C/P 값, (R+C)/P 값의 지수에 따르면 무안군의 해조상은 선행연구와 본 연구에서는 모두 한대성에서 온대성 해조상으로 나타났고, 진도군의 해조상은 선행연구와 본 연구에서 모두 한대성에서 온대성 해조상이었다.

거문도 St. 9-1 조간대의 R/P값(7.00)을 보면 이 지역은 열대성 해조상을, St. 9-2 조하대(4.00)는 혼합성 해조상을 나타냈지만, 거문도 조사 정점들 중에서 수치가 두 번째로 높았으며, 선행 논문(Koh, 1990; Kim, 2008)들의 수치에 비해 높은 값이 나타났다. 거문도등대의 표면수온 관측결과, 2000년부터 2010년도까지의 각 최저수온 즉 겨울철 수온상승이 뚜렷이 나타나고, 그 결과로 연교차가 작아지고 있으며, 연평균치도 서서히 증가 추세를 보여주고 있음을 볼 수 있다(Hahn, 2012). 따라서, 이들 지역의 R/P값이 높아진 것으로 판단된다.

상관(physiognomy)은 식생의 외관 또는 외형(external or outer appearance)(Muller-Dombois & Ellenberg, 1974; Barbour et al., 1987)으로서, 군집의 층위구조나 공간적 분포유형 같은 고유의 구조적 특징을 가짐(Kim et al., 2008), 해조군락과 환경과의 관계를 대충 파악할 수 있으나(Taniguti, 1987), 자료의 축적이 필요하다.

온난화현상과 기후변화는 지구의 환경을 변화시키며, 환경변화에 생물들은 적응한다. 하지만 환경변화가 급격하게 진행되는 것에 반하여, 생물종들의 반응은 빠르지 못하다(Baek, 2012).

최근 들어 연안 암반 지역의 대형 갈조류가 사라지고 조식동물과 무절석회조류가 증가하여 갯녹음현상이 발생하고 있다. 국내의 갯녹음 발생은 1992년 제주해역에서 최초 보고된 이후, 경북 연안으로 확장되었고, 최근 남서해까지 확산되었다(Korea Fisheries Resources Agency homepage, 2015). 본 연구조사 지점인 거문도 St 9-3에서도 갯녹음현상이 의심되었다. 갯녹음현상의 원인, 즉 바다숲의 쇠퇴요인 및 형성저해요인으로 생태학

적 요인과 인위적 요인을 들 수 있다(Taniguchi & Hasegawa, 1999). 갯녹음현상으로 인해 바다는 황폐화되고, 이는 바다숲의 여러 생태계서비스(공급, 지원, 조절, 문화서비스)를 인간이 제공받지 못해, 그로 인한 피해는 막대할 것으로 생각된다(Baek, 2012).

현재 우리나라에서는 더 큰 피해를 막기 위해 바다숲 조성사업을 실시하고 있다. 자원조성을 통한 어업인 소득증대를 위하여 소규모로 해중립 조성사업이 2002년부터 시작되었고, 2009년부터 국립수산물과학원에서 바다숲 조성사업을 추진하였다. 2011년부터는 한국수산자원관리공단에서 본격적으로 수행하고 있으며, 지침서도 제작되어 있으나(Korea Fisheries Resources Agency, 2014), <Table 9>와 같이 바다숲 지속 가능성 경영에 대한 일반적 구성 요소와 구체적 기준을 제안한다.

기후변화가 생물다양성에 미치는 영향에 관해 서라면 무엇보다 생물종과 군집, 그리고 생태계에 대한 종 구성, 구조, 기능, 동태 등에 대해 기준선 자료(baseline date)가 마련되어야 하고, 이를 토대로 환경 변화에 따라 천이 또는 기타 변화되는 모습을 밝혀야 할 것이다(Lee, 2011). 즉, 어느 한 생태계내의 모든 정보체계인 ecome(Saitou, 2013)의 연구가 필요하다.

인간 유래의 온실효과가스에 의한 오염이 지구 규모인 인류의 시대에 우리는 이 시대의 산물이며 동시에 창조자(Stager, 2011)이다. 따라서, 해조상을 조사하고 바다숲을 어떻게 조성하고 관리해 나아가야 할 방법을 결정하는 자도 우리들이다. 지구상의 모든 생물은 서로 의존하여 살아가는 공생체라고 할 수 있으므로(Saitou, 2013), 그러한 관점에서 바다숲의 복원과 보전에 모든 이해관계자들의 적극적 참여로 바다숲의 지속가능성과학(sustainability science)으로의 발전에 일조가 되었으면 한다.

해조류의 생물지리학적 연구는 해조류의 지리적 분포유형과 그 기작을 다루는 것으로서 기후변화에 의한 전구적 환경요인의 변화 때문에

<Table 9> General components and specific criteria for sea forest sustainability

Component	Criterion	Role of sea forest specialists, managers & consultants in meeting the criterion
Sea vegetation resource	Canopy cover	Provide expertise and action to select, plant and cultivate new algae as well as preserve and maintain existing algae.
	Age-distribution/ life table of algae in sea forest	Provide expertise and action for ongoing planting programs.
	Species in sea forest	Provide expertise in matching planting sites and algal species for exotic and indigenous species, or both.
	Native vegetation	Provide expertise and action in the preservation and maintenance of remnant native algae and sea forests.
Community framework	Public agency cooperation	Municipality and Korea Fisheries Resources Agency provide expertise within agency government and management programs.
	Public-private cooperation	Train public-private(including civil society) partnership and make the frame for promotion of sea forest sustainability science. Need responsive and responsible leadership/mastership/stewardship.
	Sightseeing and leisure-sports companies	Commercialists provide expertise and programs to clients.
	Blue industry cooperation	Work with related industries to develop standards for sea forest quality, construction methods, and so on.
	Neighborhood action	Provides expertise on algae and sea forests at individual and neighborhood level. Participate in community algae and sea forest events.
	Citizen-government-business interaction	Provide expertise to all segments of community on benefits of algae and sea forests, and on the value of appropriate management programs.
	General awareness of algae and sea forests as community resource	Provide expertise on algae and sea forests throughout community.
	Regional cooperation	Interact with algae and sea forest specialists, researchers, managers and consultants on a regional basis.
	Municipality wide management plan	Assist in development and implementation of shared vision for algae and sea forests in community.
	Municipalitywide funding	Provide expertise on the funding required for proper algae and sea forests care.
Sea vegetation resource management	Municipal and public staffing	Within municipal government and Korea Fisheries Resources Agency, strive for excellence among staff; outside them, demand excellence.
	Assessment tools	Provide expertise and action in evaluating the structure and function of sea forests.
	Protection of existing algae and sea forests	Provide expertise and action through algae and sea forests preservation plans and programs.
	Species, artificial algae reefs and their subsidence sites selection	Provide expertise to ensure that appropriate match among algae species, artificial algae reefs and their sinking sites occurs.
	Standards for algae and sea forest care	Adopt and adhere of professional standards for algae and sea forests care.
	People safety	Inform people that the diving without professional knowledge is dangerous.
	Recycling	Recycle and reuse algae waste products and drift algae.

Source : Modified from Harris et al., 2004.

그 중요성이 더해가고 있다(Graham et al., 2009). 후학과 생태학 등을 포괄(Spellerberg & Sawyer, 1999)하며, 해조류의 경우에는 그 외에 해양학의 생물지리학은 생물학, 지리학, 분류학, 지질학, 기

모든 분야(cf. Sverdrup et al., 1970; Libes, 2009)도 필요하다.

앞으로 해조 및 해초식생에 관한 연구는 환경 변화에 따른 생태계 변화에 대응하기 위하여, 또한 예방적·적응적 태도로 생물다양성의 보전을 추진하기 위해서도 장기간의 체계적이고 지속적인 조사 연구가 필요하다(cf. Maegawa, 1990; Kawai et al., 2011; Kurashima, 2011; Murase, 2011; Nakaoka & Watanabe, 2011; Sakanishi, 2011; Tanaka et al., 2011; Terada, 2011; Yokoi et al., 2011; Yoshida et al., 2011). 결국은 바다숲의 구성 주체인 해조와 해초류의 번식, 성장과 생존을 위한 구체적 프로그램과 디자인이 필요하다. 또한, 서로 다른 생태계의 생물다양성을 비교할 때는 가능하면 스트레스가 없는, 또는 스트레스가 있어도 미미한 정도의 생태계를 대상으로 하는 것이 바람직하며(Omori & Thorne-Miller, 2006), 해양생물들이 생태학적 잔존생물(ecological relictics)이나 생물지리적 잔존생물(biogeographical relictics)(Naskrecki, 2011)이 되지 않도록, 풍요로운 생태계가 잔존서식처(refugia)가 되지 않도록 더 늦기 전에 조사연구가 이루어져야 할 것이다.

References

- Baek, Woon-Gil(2012). Chapter 6 Biodiversity. pp. 53~80. In Kwon TH and others. Environmental ecology : Ecosystem conservation and management. Life Science. 210 pp.
- Barbour, Michael G. · Burk, Jack H. · Pitts, Wanna D.(1987). Terrestrial plant ecology. 2nd ed. Benjamin/Cummings. 634 pp.
- Boris, W. · Lotze, Heike K. & Sommer, U.(2000). Coastal food web structure, carbon storage, and nitrogen retention regulated by consumer pressure and nutrient loading. Limnol. Oceanogr. 45(2), 339~349.
- Cheney, Donald P.(1977). R&C/P-A new and improved ratio for comparing seaweed floras. J. Phycol. (Suppl.) 13, 129.
- Choi, Han-Gil.(2008). Effects of thermal effluents from Wolsong nuclear power plant on macroalgal composition and community structure. Algae 23, 151~162.
- Crutzen, P. & Stoermer, E. F. 2000. The 'Anthropocene'. Global Change Newsletter. 41. 12~13.
- Dawes, Clinton J.(1981). Marine Botany. John Wiley & Sons, New York. 496 pp.
- Feldmann, J.(1937). Recherches sur la végétation marine de la méditerranée. La Côte des Albères. Rev. Algol. 10, 1~339.
- Fine, Charles H. 1998. Clockspeed: Winning industry control in the age of temporary advantage. Perseus Books. 272 pp.
- Graham, Linda E · Graham, James M · Wilcox, Lee W(2009). Algae. Ind ed. Benjamin Cummings. 616 pp.
- Hahn, Sang-Bouk(2012). S. D. Hahn Research Note Vol 489~495. Hahnguk Academy of Hydrographic Nature. 281 pp.
- Harris, Richard W. · Clakr, James. R. & Matheny, Nelda P.(2004). Arboriculture : Integrated management of landscape trees, shrubs and vines. 4th ed. Peason Education. 578 pp.
- Hwang, Eun-Kyoung · Park, Chan-Sun · Sogn, Chul-Hyun & Koh, Nam-Pyo(1996). Analysis of Functional Form Groups in Macroalgal Community of Yonggwang Vicinity, Western Coast of Korea. J. Korean Fish. 29, 97~106.
- Kawai, Hiroshi · Terada, Ryuta · Murase, Noboru · Yoshida, Goro · Kurashima, Akira & Kamiya, Mitsunobu(2011). Algal bed monitoring sites in Yura, Awaji Island and Takeno. Aquabiology. 33(4), 306~314.
- Kim Mi-Kyung & Shin, Jae-Ki(2007). Variations of Water Environments and Species Compositions of Microalgae during Summer in the Coast of Dokdo, Korea. Algae. 22(3), 193~199.
- Kim, Hyeong-Seob · Boo, Sung-Min · Lee, In-Kyu & Son Cheol-Heon(2013). National List of Species of Korea 「Marine Algae」. Ministry of Environment National Institute of Biological Resorces. 336 pp.
- Kim, Ju-Hee(2011). Marine Algal Community Structures and Physiological of Useful Species in The Korean Coasts. Kunsan National University

- Doctoral thesis. 178 pp.
- Kim, Jun-Ho · Seo, Kye-Hong · Lee, Kyu-Song · Ko, Seong-Deock · Lee, Jeom-Sook · Lim, Byeong-Seon · Moon, Hyeong-Tae · Cho, Kang-Hyeon · Lee, Hui-Seon · Ryu, Yeong-Han · Min, Byeong-Mi · Lee, Chang-Seok, Lee, Eum-Ju & Oh, Kyeong-Hwan(2008). *Modern ecology*. Revised ed. Gyomonsa. 434 pp.
- Kim, Jun-Hwan(2008). *Marine Algal Flora in the West of Souther Coast of Korea*. Chonnam National University. 36 pp.
- Kim, Myung-Sook · Kim, Mi-Ryang · Chung, Mi-Hee · Kim, Jeong-Ha & Chung, Ik-Kyo(2008). Species composition and biomass of intertidal seaweeds in Chuja Island. *Algae* 23(4), 301~310.
- Kim, Young-Sik & Choi, Han-Gil(2004). Epiphytic Algae Growing on *Sargassum thunbergii* in Southern and Western Coasts of Korea. *Korean J. Ecol.* 27(3), 173~177.
- Koh, Nam-Pyo(1990). An Ecological Study on Resources of Marine Plats in Geomundo Islands. *Korean J. Phycol.* 5(1), 1~37
- Korea Fisheries Resources Agency homepage.(Access on Jan 13, 2015). http://www.fira.or.kr/fira/fira_030305.jsp
- Korea Fisheries Resources Agency.(2014). The process for the Creation of Marine Forest. Korea Fisheries Resources Agency. 249 pp.
- Kurashima, Akifa(2011). Ecophysiological characteristics of *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis*. *Aquabiology.* 33(4), 330~336.
- Lee, Byeong-Hun(2011). Climate change & biological diversity. pp. 89~141. In Choi Jae-Cheon & Choi Yong-Sang(ed.). *Climate change textbook*. GreenEdu Doyosaebook. 631 pp.
- Lee, Jun-Ho · Kim, Woo-Jeong · Lee, Sang-Lim & Choi, Jae-Cheon(2011). Climate change and land borne ecological. pp. 241~263. In Translated by Choi Jae-Cheon & Choi Yong-Sang(ed.). *Climate change textbook*. GreenEdu Boyosaebook.
- Lee, Ki-Hun · Yoo, Hyun-Il & Choi, Han-Gil(2007). Seasonal Community Structure and Vertical of Medicinal Seaweeds at Kkotji in Taean Peninsula, Korea. *Algae* 22, 209~219.
- Lee, Wook-Jae · Hwang, Mi-Sook · Baek, Jae-Min · Lee, Jae-Wan & Kim, Join-In.(2007). Primary Survey on Algal Community of Gyounggi Bay of Restoration. *Algae.* 22(3), 201~207.
- Lee, Kwan-woo & Lee, Min-jue(2011). Sustainable Development and Biosphere Reserve Areas. pp. 49~64. UNESCO MAB 40th Anniversary: MAB's Performance and Future. 107 pp.
- Libes, Susan M(2009). *Introduction to marine biogeochemistry*. Elsevier. 928 pp.
- Littler, Mark M. & Littler, Diane S.(1980). The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae:field and laboratory tests of a functional form model. *Amer. Nat.* 116, 25~44.
- Littler, Mark M. & Littler, Diane S.(1983). Heteromorphic life-history strategies in the brown alga *Scytosiphon lomentaria*(Lyngb.) Link. *J. Phycol.* 19, 425~431.
- Littler, Mark M. & Littler, Diane S.(1984). Relationships between macroalgal functional form groups and substrata stability in a subtropical rocky-intertidal system. *J. Exp. Mar. Biol.* 74, 13~34.
- Lobban, Christopher S. & Harrison, Paul J.(1994). *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press. 366 pp.
- Maegawa M.(1999). Ecological Studies of *Eisenia bicyclis*(KJELLMA) sethell and *Ecklonia cava* KJELLMAN. The bulletin of faculty of bioresources, Mie University. 4, 73~145
- McNaughton, S. J.(1967). Relationship among functional properties of California Grassland. *Nature.* 216, 168~169.
- Mueller-Dombais, D. & Ellenberg, H.(1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. New York. 547 pp.
- Murase, Noboru(2011). Analysis of distribution patterns in the *Sargassum macrocarpum* population. *Aquabiology.* 33(4), 344~349.
- Nakaoka, Masahiro & Watanabe, Kentaro(2011). Biodiversity and ecosystem monitoring of seagrass beds. *Aquabiology.* 33(4), 315~322.
- Naskrecki, P.(2011). *Relics : Travel's in nature's time machine*. The Univ. of Chicago Press. 384 pp.
- Omori, M. & Thorne-Miller, B.(2006). *Marine Biodiversity*. Thukiji-Shokan. 208 pp.
- Orfanidis, S. · Panayotidis, P. & Stamatis, N.(2001). Ecological evaluation of transitional and coastal waters a marine benthic macrophytes-based model.

- Medit. Mar. Sci. 2, 45~65.
- Orfanidis, S. · Panayotidis, P. & Stamatis, N.(2003). An insight to the ecological evaluation index(EEI). *Ecol Indic* 3, 27~33.
- Park, Young-Gyu · Seog, Kwang-Seok & Choi, Chung-Gil(2006). *Environmental biology*. Daihaksseolim. 426 pp.
- Rho, Tae-Keun · Lee, Tong-Sup · Lee, Sang-Ryong · Choi, Man-Sik · Park, Chul · Lee, Jong-Hyun · Lee, Jae-Young · Kim, Seung-Su(2012). Reference Valuse and Water quality Assessment Based on the Regional Environmental Characteristics. 「The Sea」 *Journal of the Korean Society of Oceanography* 17(2), 45~58.
- Saito, Naruya. 2013. *Introduction to evolutionary genomics*. Springer. 461 pp.
- Sakanishi, Yoshihiko(2011). Eco-physiology of kelps in relation to light and temperature. *Aquabiology*. 33(4), 323~329.
- Segawa, S.(1956). *Coloured illustrations of the seaweeds of Japan*. Hoikusha Publ. Co., Osaka, Japan.
- Shannon, Claude E. & Weaver, W.(1963). *The mathematical theory of communications*, Univ. Illinois, Urbana. 117 pp.
- Spellerberg, Ian F. & Sawyer, John W. D(1999). *Canbridge Univ. Press*. 243 pp.
- Stager, J. Curt. 2011. *Deep future : The next 100,000 years of life on earth*. HarperCollins. 304 pp.
- Steneck, Robert S. & Watling, L.(1982). Feeding capabilities and limitation of herbivorous molluscs: A functional group approach. *Mar. Biol.* 68, 299~319.
- Sverdrup, H. U · Johnson, Martin W. & Fleming, Richard H(1970). *The oceans : their physics, chemistry, and general biology*. 9th printing. Prentice-Hall. 1987 pp
- Tanaka, Jiro · Sakanishi, Yoshihiko · Dasai, Akihiro & Aoki, Masakazu(2011). Long term monitoring on seaweed bed : Report from Shizugawa-site and Shimodo-site. *Aquabiology*. 33(4), 298~305.
- Taniguchi, Kazuya & Hasegawa Masatoshi(1999). Cyclic succession of marine algal communities in an infralittoral zone. *The Ecological Mechanism of "Isoyake" and Marine Afforestation*. pp. 25~37.
- Taniguti, Moritosi(1987). *The study of marine algal vegetation in the far east*. Inoue Book Company. 291 pp.
- Terada, Ryuta(2011). A review of a long-term survey for seaweed/seagrass communities in Japan. *Aquabiology*. 33(4), 291~297.
- Working Group of Nature Restoration for Ocean(2004). *Handbook of Nature Restoration for Ocean*. Vol. 1. Introduction. Gyosei. 107 pp.
- Worm, B. · Lotze, Heilke. K. & Sommer, U.(2000). Coastal food web structure, carbon storage, and nitrogen retention regulated by consumer pressure and nutrient loading. *Limnol. Oceanogr.* 45(2), 339-349.
- Yokoi, Ken-Ichi · Sasaki, Miki · Nakagawa, Masahiro(2011). A Nationwid long-term monitoring survey of seagrass and algal beds in the "Monitoring Sites 1000" project. *Aquabiology*. 33(4), 283~290.
- Yoo, Sun-Aae & Lee, In-Kyu(1980). A study on the algal communities in the South Coast of Korea. *Proc. Coll. Natural Sci. SNU.* 5, 109~13.
- Yoshida, Goro · Terawaki, Toshinobu · Yamashita, Azumi · Arai, Shogo & Tarutani, Kenji(2011). Variation in *Sargassum* forest characteristics along the coastal water temperature gradient from the Seo Inland sea to the Bungo Channel sea area. *Aquabiology*. 33(4), 337~343.

• Received : 17 March 2017

• Revised : 05 April, 2017

• Accepted : 18 April, 2017