

한국 남해안 정자도의 해조상 및 군집구조 변화

유현일 · 정보경 · 박정광 · 허진석 · 박미선¹ · 최한길^{2*}

국립수산과학원 해조류바이오연구센터, ¹국립수산과학원 전략양식연구소, ²원광대학교 생명과학부/기초자연과학연구소

Seasonal Variability of Marine Algal Flora and Community Structure at Jungjado, on the South Coast of Korea

Hyun Il Yoo, Bo Kyung Jeong, Jeong Kwang Park, Jin Suk Heo, Mi-Seon Park¹ and Han Gil Choi^{2*}

Seaweed Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Mokpo 530-831, Korea

¹Aquaculture Management Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

²Faculty of Biological Science and Research Institute for Basic Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

Marine algal flora and community structure were seasonally examined at Jungjado, on the southern coast of Korea, from July 2007 to May 2008. A total of 112 seaweeds, including 15 green, 24 brown, and 73 red algae, were identified and 33 species were found throughout the year. The average seaweed biomass was 145.78 g dry weight m⁻², and the biomass was maximal in winter (184.74 g) and minimal in autumn (106.17 g). The dominant and subdominant species in terms of biomass were *Sargassum thunbergii* and *Grateloupia elliptica* in summer, *S. thunbergii* and *Coralina pilulifera* in autumn, *S. thunbergii* and *Chondracanthus intermedius* in winter, and *Sargassum fusiforme* and *G. elliptica* in spring. The vertical distribution patterns of seaweeds from the upper to lower intertidal zones at Jungjado were *S. thunbergii* - *Ulva conglobata* - *Gelidium elegans* in summer; *Caulacantus ustulatus* - *Chondria crassicaulis* - *C. pilulifera* in autumn; *Ulva australis* - *S. thunbergii* - *G. elliptica* in winter; and *Gloiopeltis tenax* - *S. fusiforme* - *G. elliptica* in spring. Seasonally the evenness, richness, and diversity indices tended to have their highest values during the winter and their lowest values in the summer. However, the dominant index was recorded as lowest in winter and highest in the summer. The C/P, R/P, and (R+C)/P values reflecting the flora characteristics were 0.58, 3.04, and 3.62, respectively.

Key words: Algal flora, Biomass, Community, Dominant species, Vertical distribution

서론

해양의 연안생태계는 지구에서 종다양성과 생산성이 가장 높은 곳이며(De Forges et al., 2000), 기초생산자인 해조류는 다양한 해양 동·식물의 서식처(착생기질, 산란장, 생육장)로서 생태적 서비스를 제공한다(Lindstrom, 2009). 따라서, 생산자인 해조류의 종별 형태, 크기와 군집에서 개체군 종류, 종조성 및 생물량 등은 이를 이용하는 해양생물의 종다양성과 밀접한 관련이 있으므로 해조류의 군집구조를 파악하는 것은 연안생태계의 먹이망을 이해하는데 필수적인 요소이다(Hooper et al., 2005; Lindstrom, 2009). 또한, 해조류의 군집구조는 시·공간적으로 변화하고 있는 것으로 알려져 있는데, 이는 인간의 직·

간접적인 활동으로 인한 수질환경(부영양화, 수질오염, 퇴적물 증가 등)과 기후 변화(수온상승과 해양산성화 등), 나아가 이러한 무생물적 환경의 변화로 인한 생물학적 상호작용인 경쟁과 섭식압의 변화 때문이다(Tribollet and Vroom, 2007; Szmant 2002). 환경오염과 부영양화가 심한 해역에서는 해조류의 종다양성이 감소하여 단순화된 군집구조를 보임으로써 해조류의 종조성과 군집구조는 암반 연안생태계의 환경 상태를 확인하는 생물학적 지시자(biological indicator)로 활용된다고 하였다(Wells et al., 2007).

한국의 남해안(부산광역시 해운대- 전남 해남군 토말)은 리아스식 해안으로 해류의 변화가 심하고, 해역에 따라 물리적 환경(수온, 탁도 등)이 달라서, 해역별 해조류의 종조성과 군집구

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0927>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 47(6) 927-934, December 2014

Received 29 October 2014; Revised 3 December 2014; Accepted 9 December 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 63. 850. 6579 Fax: +82. 63. 857. 8837

E-mail address: hgchoi@wku.ac.kr

조의 차이를 보인다고 하였다(Kang, 1966; Sohn, 1987; Choi, 1992). 남해안에서 해조류에 대한 기록은 1814년에 집필된 정약전의 자산어보가 최초이고, 이후, Kang (1966)이 “한국산 해조류의 지리적 분포”에서 출현종수를 기록하였으며, 다양한 해조학자들에 의해 남해안의 다양한 해역에서 해조상, 생물량 및 수직분포에 관한 연구가 수행되었다(Hwang et al., 1997; Oh et al., 2002; Choi and Huh, 2008; Kwak and Huh, 2009; Park et al., 2011). 남해안 해역에서 4계절 수행된 해조상 연구에서 출현종수는 마산만에서 42종(Kwak and Huh, 2009), 통영에서 82종(Park et al., 2011), 광양만에서 122종(Kim et al., 1991)과 78종(Choi and Huh, 2008), 그리고 완도군 신지도에서 120종(Hwang et al., 1997)이 기재되어 있으며, 이외의 대부분의 연구는 일부 계절별 조사가 수행되어(Lee and Boo, 1982, 1984; Lee et al., 1983; Kim et al., 1986; Koh, 1990; Lee et al., 1991; Oh et al., 2002; Song et al., 2011), 해조류의 계절별 군집구조의 변화를 파악하는 것은 한계가 있다.

따라서 본 연구는 남해안 해조류의 군집구조를 보다 심도있게 이해하기 위하여 우리나라에서 가장 많은 해조류가 양식되고 있는 지역 중 하나인 전남 완도에 위치하며 비교적 인간의 간섭 적은 정자도를 선택하여 계절별 해조상, 생물량, 우점종 및 수직 분포의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

해조류는 전라남도 완도군 정자도(34°39' N, 126°98' E)에서 2007년 7월부터 2008년 5월까지 계절별로 최 간조기에 암반 조간대에서 정량 및 정성 채집되었다(Fig. 1). 정량 채집은 연구 정점을 대표하는 해조상과 생물량을 나타내는 암반 조간대의 상부, 중부 및 하부에 각 3개의 방형구 (50 cm × 50 cm)를 무작위로 놓고 현장에서 Saito and Atobe (1970)의 방법에 의해 피도와 빈도를 야장에 기록한 후 방형구 내의 해조류를 정량 채집하였다. 또한, 연구 정점에서 서식하는 모든 해조류를 정성 채집하여 종조성을 파악하였으며, 채집된 해조류는 현장에서 포르말린-해수 용액(5-10%)으로 고정시켜 실험실로 운반한 후 광학현미경을 사용하여 분류 및 동정하였으며, 종 목록 및 국명은 Lee and Kang (2002)에 따라 작성한 후 Algaebase (<http://www.algaebase.org>, Guiry and Guiry, 2014)로 검색하여 학명을 확인하였다.

정량 채집된 해조류는 담수로 수회 세척하여 모래와 불순물을 제거하고, 동정한 후 70°C로 세팅된 드라이오븐에서 7일 동안 건조하여 건조량을 0.01 g 수준까지 측정하고 단위 면적당(m²) 생물량으로 환산하였다. 피도와 빈도는 현장에서 기록한 야장을 근거로 정량화하였으며, 우점종을 판단하는 중요도(importance value, IV)는 상대피도와 상대빈도의 산술평균으로 나타났다(Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974). 또한, 출현종 목록을 이용하여 갈조류에 대한 녹조류의 비(C/P), 갈조류에 대한 홍조류의 비(R/P) 및 갈조류에 대한 홍조류와 녹조류 합

(R+C)/P를 계산하여 해조류의 지리적 분포 특성을 파악하였다(Feldmann, 1937; Segawa, 1956; Cheney, 1977).

계절별로 출현한 해조류의 종별 평균 생물량을 근거로 하여 풍도지수(richness index, R), 다양도지수(diversity index, H'), 균등도지수(evenness index, J')를 계산하였다(Margalef, 1958; Fowler and Cohen, 1990). 우점도지수(dominance index)는 군집 내에서 생물량의 순서에 따라 제 1과 제 2 우점종을 선택하여 2종의 생물량 합에 대한 총 해조류 생물량의 비율로 계산하였고(McNaughton, 1967; Lee et al., 1983) 계절별 유사도(similarity)를 분석하였다(Bray and Curtis, 1957). 유사도 분석에서 생물량 자료는 변환(square root transformation)하여 사용하였고 계절별 개체군에 대한 유의차는 SIMPROF (similarity profile) test를 이용하여 검정하였다. 마지막으로 그룹별 유의차가 발견되면 SIMPER (similarity percentage) 분석을 실시하여 그룹간 비유사도(disimilarities)에 기여하는 종을 확인하였다. 군집 분석은 PRIMER version 6 (Clarke and Gorley, 2006)를 이용하여 산출 및 도식화 하였다.

결 과

해조상과 군집구조

본 연구기간에 남해안 정자도에서 동정된 해조류는 녹조류 15종, 갈조류 24종, 홍조류 73종으로 총 112종이었으며(Table 1), 홍조류가 출현종수의 65.17%를 차지하였다. 계절별 출현종수는 65-82종으로 여름에 최대였고 가을에 최소였으며, 녹조류는 5-11종(7.69-13.41%), 갈조류는 13-21종(20.00-28.38%), 그리고 홍조류는 46-53종(62.16-72.31%)으로 계절적 변동을 보였다(Table 2). 정자도 조간대 암반에서 연중 관찰되는 해조류는 총 33종으로 녹조류 3종과 갈조류 8종, 홍조류 22종으로 확인되었다(Table 1).

정자도 해조류의 연평균 생물량(g dry wt. m²)은 145.78 g이었으며 계절별로 106.17-184.74 g으로 가을에 최소였고 겨울에 최대였다. 계절별 해조류의 생물량 구성을 보면, 여름철 생물량(148.46 g)의 24.78%를 지층이(36.78 g)가 차지하였고, 도박(19.11%, 28.37 g)과 툇(18.09%, 26.85 g)이 높은 생물량을 보이는 준우점종이었다(Fig. 1). 가을에는 지층이(38.43 g)와 작은구슬산호말(26.01 g)이 번무하였고, 겨울에는 지층이의 생물량이 급증(101.96 g, 55.19%) 하였으며, 준우점종은 애기돌가사리(20.45 g)였다. 봄철에 정자도 조간대 암반에서 서식하는 툇(47.61 g)과 도박(29.71 g)은 해조류 생물량의 33.12%와 20.67%를 차지하였다(Fig. 1).

해조류의 상대빈도와 상대피도의 산술평균인 중요도(IV)를 근거로 한 조간대의 조위별 우점종(빈도, 피도)의 수직분포는 Table 3과 같다. 여름에는 조간대 상부에서 지층이(17.33%, 6.69%), 중부에서 모란갈파래(22.67%, 11.00%), 하부에서는 우뚝가사리(25.33%, 16.42%)가 우점하였고, 가을에는 상부에

Table 1. Marine algal lists, biomass (g dry wt. m⁻²) at four seasons on the shores of Jungjado, southern coast of Korea

Species	Summer	Autumn	Winter	Spring
Chlorophyta				
<i>Collinsiella cava</i>			+	+
<i>Monostroma nitidum</i>	+	+	+	+
<i>Ulva compressa</i>	+		+	
<i>Ulva intestinalis</i>	+		+	
<i>Ulva linza</i>	+	+	+	0.06
<i>Ulva prolifera</i>			+	
<i>Ulva australis</i>	13.54	0.33	4.23	7.6
<i>Ulva conglobata</i>	8.75			+
<i>Cladophora albida</i>		+		+
<i>Chaetomorpha spiralis</i>	+			
<i>Bryopsis plumosa</i>			+	+
<i>Bryopsis</i> sp.	+			
<i>Codium adhaerens</i>	0.11			0.13
<i>Codium subtubulosum</i>	+			
<i>Codium fragile</i>	+	0.42		
Phaeophyta				
<i>Papenfussiella kuromo</i>	+			+
<i>Ishige okamurae</i>	0.04			0.04
<i>Ishige foliacea</i>			+	+
<i>Leathesia marina</i>	+			+
<i>Colpomenia sinuosa</i>	+		0.1	0.16
<i>Scytosiphon lomentaria</i>			1.39	+
<i>Myelophycus simplex</i>	5.55	+		0.15
<i>Sphacelaria divaricata</i>	+	+	+	+
<i>Desmarestia ligulata</i>	+	+		+
<i>Undaria pinnatifida</i>	1.9		+	+
<i>Ecklonia cava</i>	+	+	1.88	+
<i>Saccharina japonica</i>	+			+
<i>Dictyopteris divaricata</i>		+	+	+
<i>Dictyopteris undulata</i>	+	+	+	+
<i>Rugulopteryx okamurae</i>	+	+	+	+
<i>Dictyopteris pacifica</i>			+	+
<i>Sargassum fusiforme</i>	26.85	1.22	12.41	47.61
<i>Sargassum fulvellum</i>	+	+	0.28	+
<i>Sargassum horneri</i>		+		
<i>Sargassum micracanthum</i>	+	+	+	+
<i>Sargassum coreanum</i>	+			
<i>Sargassum siliquastrum</i>		+		+
<i>Sargassum thunbergii</i>	36.78	38.43	101.96	8.25
<i>Sargassum</i> sp.	+		+	

Table 1. Continued

Species	Summer	Autumn	Winter	Spring
Rhodophyta				
<i>Stylonema alsidii</i>	+	+		
<i>Bangia gloiopeltidicola</i>		+		+
<i>Pyropia yezoensis</i>			0.01	
<i>Nemalion vermiculare</i>	+			
<i>Dichotomaria falcata</i>		+		
<i>Pterocladia capillacea</i>	+	0.13	+	
<i>Gelidium elegans</i>	6.96	6.84	11.95	10.79
<i>Gelidiophycus freshwateri</i>	0.2	+	0.34	0.6
<i>Lithophyllum okamurae</i>	+	+	+	+
<i>Synarthrophyton chejuense</i>		+	+	
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	+	+		+
<i>Amphiroa anceps</i>		5.92	0.22	+
<i>Corallina officinalis</i>	+	+	+	+
<i>Corallina pilulifera</i>	1.72	26.01	3.81	4.87
<i>Jania adhaerens</i>	+	+	+	
<i>Marginisporum aberrans</i>		+	+	+
<i>Corallina crassisima</i>		0.92	+	
<i>Polyopes affinis</i>	0.18	0.05	1.32	2.8
<i>Polyopes lancifolius</i>	+			
<i>Grateloupia asiatica</i>	+	+	+	+
<i>Grateloupia prolongata</i>	+			
<i>Grateloupia sparsa</i>	+			+
<i>Grateloupia turuturu</i>			+	+
<i>Grateloupia elliptica</i>	28.37	3.86	12.92	29.71
<i>Grateloupia lanceolata</i>		+	+	
<i>Gloiopeltis complanata</i>	+		+	+
<i>Gloiopeltis furcata</i>	1.41		5.91	1.41
<i>Gloiopeltis tenax</i>	4.15	+	0.41	13.73
<i>Callophyllis adhaerens</i>	+			+
<i>Callophyllis japonica</i>	+	+		
<i>Peyssonnelia japonica</i>	+	+	+	+
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	0.07	2.32	0.02	+
<i>Plocamium telfairiae</i>		+	0.01	0.02
<i>Plocamium</i> sp.				+
<i>Hypnea asiatica</i>		5.63	0.01	
<i>Gracilaria textorii</i>	+	+	+	+
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>			+	+
<i>Chondrus ocellatus</i>	7.69	4.22	2.55	11.3
<i>Chondrus crispus</i>	0.13			
<i>Chondracanthus tenellus</i>	0.87	1.83	+	+
<i>Chondracanthus intermedius</i>	2.54		20.45	3.3

Table 1. Continued

Species	Summer	Autumn	Winter	Spring
<i>Chrysiomenia wrightii</i>		+		+
<i>Lomentaria catenata</i>	+	+	+	+
<i>Lomentaria hakodatensis</i>		+	0.49	+
<i>Champia parvula</i>	+	0.03		
<i>Antithamnion nipponicum</i>			+	+
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>	+		+	+
<i>Ceramium japonicum</i>	+		0.04	+
<i>Ceramium boydenii</i>	+	+		+
<i>Ceramium tenerrimum</i>	+		+	
<i>Griffithsia japonica</i>	+			
<i>Herpochondria elegans</i>	+			
<i>Acrosorium polyneurum</i>	+	+	+	
<i>Acrosorium ciliolatum</i>	+	+	+	+
<i>Acrosorium yendoii</i>	0.01	0.05	0.23	0.15
<i>Erythrogllossum minimum</i>	+			+
<i>Phycodrys fimbriata</i>	+			+
<i>Dasya villosa</i>		+		+
<i>Dasyisiphonia japonica</i>	+	+	0.04	+
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	+	+	+	
<i>Digenea simplex</i>	+			
<i>Chondria crassicaulis</i>	0.61	5.58	+	+
<i>Laurencia hamata</i>	+			
<i>Palisada intermedia</i>		+	0.2	+
<i>Laurencia okamurae</i>	+	+	+	+
<i>Laurencia pinnata</i>	+	+	+	
<i>Laurencia sp.</i>		1.17		
<i>Leveillea jungermanniioides</i>	+			
<i>Neorhodomela aculeata</i>	+	+	+	+
<i>Neosiphonia japonica</i>	+			
<i>Polysiphonia morrowii</i>		+	0.73	+
<i>Polysiphonia sp.</i>	+		+	
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	0.04	1.19	0.81	1.04
Spermatophyta				
<i>Phyllospadix iwatensis</i>	+	+	+	+
Number of species	82	65	72	76
Biomass (g dry wt. m ⁻²)	148.46	106.17	184.74	143.73

+, present

서 하부까지 애기가시덤불(53.33%, 28.88%)-개서실(42.67%, 12.32%)-작은구슬산호말(60.00%, 35.13%)의 순서였다. 겨울에는 조간대 상부에서 구멍갈파래(38.67%, 16.25%), 중부에서 지충이(38.67%, 19.06%), 하부에서 도박(25.33%, 12.13%)

Table 2. Marine benthic algal species occurred at four seasons on the shores of Jungjado, southern coast of Korea

Species	Summer	Autumn	Winter	Spring	Total
Chlorophyta	11	5	8	8	15
Phaeophyta	18	13	15	21	24
Rhodophyta	53	47	48	46	73
Total	82	65	71	75	112

이 우점하였고 봄철에는 풀가사리(33.33%, 6.19%)–뚝(64.0%, 16.44%)–도박(48.00%, 7.94%)이 조간대의 상·중·하부 지역에서 번무하는 종으로 나타나 조위에 따른 우점종은 계절별 변화를 보였다.

군집지수

정자도 조간대에서 출현한 해조류의 종별 평균 생물량 자료를 근거로 하여 집괴분석을 수행한 결과, 그룹A(가을)와 그룹B(여름·겨울·봄)로 구분되었다. 그룹A와 그룹B는 유사도가 48.03%로서 유의차를 나타냈으며 (SIMPROF test, $P < 0.05$), 그룹 B에서 봄과 여름에 유사도는 72.01%, 그리고 봄·여름과 겨울 사이에 유사도는 62.33%로 나타났다(Fig. 2). SIMPER 분석 결과, 유사도 분석에 의해 그룹 A와 B가 구분되도록 기여한 해조류는 지충이가 18.09%로 최고였으며, 뚝(16.98%)이 다음으로 확인되었다(Fig. 3). 지충이와 뚝의 그룹별 평균 비유사도는 11.48 ± 1.09 와 10.78 ± 1.47 로서 10이상의 비유사도를 나타냈으며 다른 출현종도 생물량 변화로 인하여 그룹을 구분하는데 기여하였다(Fig. 3).

생물량으로 산출한 군집지수를 보면, 우점도 지수(DI)는 0.44-0.66로서, 제 1, 2 우점종(지충이, 애기돌가사리)의 생물량이 겨울철 생물량(184.74 g)의 66.26%를 차지하여 최대값(0.66)을 보였고, 여름에 최소값을 보였다. 반면에, 계절별 균등도지수(J)는 0.40-0.50범위로 겨울에 최소였고 여름에 가장 높았다. 풍도지수(R)는 출현종수가 최대(82종)인 여름에 16.19로 높았고 겨울에 최소(13.41)였다. 출현종과 종별 생물량에 의해 계산되는 다양도지수(H')는 여름에 최대였고 겨울에 최소였다(Table 4). 한편, 정자도에서 해조상의 지역적 특성을 나타내는데 C/P 값은 0.33-0.61로 여름에 최대였고 겨울에 최소였으며(Table 4), 계절별 R/P 값은 2.19-3.62였고, (R+C)/P 값은 2.57-4.00로서 모두 가을에 최대였고 봄에 최소값을 기록하였다(Table 4).

고찰

해조류의 출현종수는 지역, 조사방법 및 조사시기에 따라 큰 변화를 보이며(Oh et al., 2002; Kim et al., 2008), 일반적으로 시간의 경과와 함께 출현종수는 감소하는 경향을 나타낸다(Kim et al., 2013). 본 연구에서 4계절 동안 출현한 해조류는

Table 3. Vertical distribution of dominant seaweeds based on importance value (IV>10) at four season on the shores of Jungjado, southern coast of Korea

Shore levels	Summer	Autumn	Winter	Spring
High	<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Caulacanthus ustulatus</i>	<i>Ulva australis</i>	<i>Gloiopeltis tenax</i>
	<i>Ulva australis</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Ulva australis</i>
	<i>Ulva conglobata</i>	<i>Chondria crassicaulis</i>	<i>Gloiopeltis furcata</i>	<i>Gloiopeltis furcata</i>
	<i>Myelophycus simplex</i>	<i>Corallina pilulifera</i>		
Mid	<i>Ulva conglobata</i>	<i>Chondria crassicaulis</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Sargassum fusiforme</i>
	<i>Ulva australis</i>	<i>Gelidium elegans</i>	<i>Chondracanthus intermedius</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>
	<i>Sargassum thunbergii</i>		<i>Sargassum fusiforme</i>	
	<i>Gloiopeltis furcata</i>			
	<i>Chondracanthus intermedius</i>			
	<i>Myelophycus simplex</i>			
Low	<i>Gelidium elegans</i>	<i>Corallina pilulifera</i>	<i>Grateloupia elliptica</i>	<i>Grateloupia elliptica</i>
	<i>Corallina pilulifera</i>	<i>Chondria crassicaulis</i>	<i>Polysiphonia</i> sp.	<i>Chondrus ocellatus</i>
	<i>Ulva australis</i>		<i>Gelidium elegans</i>	<i>Corallina pilulifera</i>
	<i>Sargassum fusiforme</i>			<i>Sargassum fusiforme</i>
			<i>Gelidium elegans</i>	

Table 4. Average biomass (g dry wt. m⁻²), percent cover (%) and various community indices of seaweeds at four season on the shores of Jungjado, southern coast of Korea

Community indices	Summer	Autumn	Winter	Spring
Biomass (g m ⁻²)	148.46	106.17	184.74	143.73
Percent cover (%)	48.01	57.10	54.35	29.18
Dominance index (DI)	0.44	0.61	0.66	0.54
Richness index (R)	16.19	13.71	13.41	14.88
Evenness index (J')	0.50	0.49	0.40	0.48
Diversity index (H')	2.22	2.05	1.72	2.08
Chlorophyta / Phaeophyta (C/P)	0.61	0.38	0.53	0.38
Rhodophyta / Phaeophyta (R/P)	2.94	3.62	3.20	2.19
(R + C) / P	3.55	4.00	3.73	2.57

112종(녹조 15, 갈조 24, 홍조 73종)이었으며, 계절별로 65-82종이었다. 남해안에서 4계절 조사된 해역에서 동정된 해조류의 출현종수는 42-122종으로 마산만에서 최소였고 광양만에서 최대였으며, 광양만에서는 122종(Kim et al., 1991)에서 78종(Choi and Huh, 2008)으로 감소하여 해조류의 종다양성은 시·공간적인 변화를 보였다(Table 5). 본 연구지역에 출현한 해조류 종수는 광양만의 78종에 비해 많았고 신지도의 120종에 비해 적었으나, 종다양성이 상당히 높은 지역으로 확인되었다.

인위적 환경오염 및 교란의 증가는 해조류 생물량과 출현종 감소의 원인으로 알려져 있다(Brown et al., 1990; Díez et al.,

1999). 본 연구지역인 정자도의 연평균 생물량은 145.78 g으로 남해 중부 거문도의 86.65-243.35 g (평균 153.86 g)과 유사하였으며(Koh, 1990), 서남해의 홍도(217.67 g)와 흑산도(254.44 g)의 66.97%와 57.29%수준으로 다소 낮은 생물량을 나타냈다(Oh et al., 2013). 조사시기를 고려해 볼 때 정자도는 매우 높은 생물량을 유지하고 있는 것으로 판단되며 홍도, 흑산도의 경우 거문도 및 정자도에 비해 외해에 위치하여 인간의 간섭이나 교란에서 비교적 자유롭기 때문에 높은 생물량을 나타내는 것으로 판단된다(Yoo et al., 2007).

정자도의 생물량에 따른 계절별 우점종과 준우점종은 여름에 지충이와 도박, 가을에는 지충이와 작은구슬산호말, 겨울에는 지충이와 애기돌가사리, 봄에는 툃과 도박으로 봄철을 제외한 3계절에 걸쳐 지충이가 제 1 우점하였다. 이들 해조류는 남해안에서 일반적으로 우점하는 보편적인 해조류로 알려져 있다(Choi, 2008; Park et al., 2011).

우리나라와 같은 온대해역에서는 겨울과 봄에 여름과 가을에 비해 높은 출현종수를 보이며(Round, 1981), 이와 같은 해조류의 출현양상은 갈조류와 홍조류 출현종수의 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 1975; Choi and Huh, 2008). 본 연구에서는 겨울과 봄에 가을보다 높은 출현종수를 보였으나 여름에 가장 많은 해조류가 출현하여 다른 패턴을 나타냈다. 이와 같은 여름철 출현종수의 증가는 한 계절에만 출현하는 계절성 해조류의 증가가 원인으로 여름철에만 출현한 해조류는 녹조류 3종, 갈조류 1종, 홍조류 10종이었다. 또한, Song (1986)과 Choi and Huh (2008)는 봄에 홍조류의 출현비율이 감소하는 반면 갈조류의 비율은 증가하는 것으로 보고하였는데 본 연구에서도

Table 5. Floristic comparisons of marine seaweeds for several localities in south-western coast of Korea (Sp, Spring; Su, Summer; Au, Autumn; Wi, Winter)

Locality	Season	C	P	R	Total	C/P	R/P	(R+C)/P	Reference
Masan Bay	Sp, Su, Au, Wi	5	8	29	42	0.63	3.63	4.25	Kwak and Huh, 2009
Tongyeong	Sp, Su, Au, Wi	10	25	47	82	0.40	1.88	2.28	Park et al., 2011
Samchonpo	Sp, Su, Au,	8	19	57	84	0.42	3.00	3.42	Kim et al., 1986
Kwangyang Bay	Sp, Su, Au, Wi	13	27	82	122	0.48	3.04	3.52	Kim et al., 1991
Kwangyang Bay	Sp, Su, Au, Wi	13	17	48	78	0.76	2.82	3.59	Choi and Huh, 2008
Goheung-gun	Su	13	19	48	80	0.68	2.53	3.21	Song et al., 2011
Chongsando	Su, Wi	16	34	86	136	0.47	2.53	3.00	Lee et al., 1991
Geomundo	Su	14	36	80	130	0.39	2.22	2.61	Lee and Boo, 1984
Geomundo	Sp, Su, Au	19	47	123	189	0.40	2.62	3.02	Koh, 1990
Shinjido	Sp, Su, Au, Wi	15	31	74	120	0.48	2.39	2.87	Hwang et al., 1997
Jungjado	Sp, Su, Au, Wi	15	24	73	112	0.63	3.04	3.67	This study
Wando-gun	Su	16	29	101	146	0.55	3.48	4.03	Lee and Boo, 1982
Jindo-gun	Su	14	24	78	116	0.58	3.25	3.83	Lee et al., 1983
Haenam-gun	Su	10	15	62	87	0.67	4.13	4.80	Oh et al., 2002
Huksando	Sp, Su, Au, Wi	7	15	45	67	0.47	3.00	3.47	Oh et al., 2013
Hongdo	Sp, Su, Au, Wi	8	15	47	70	0.53	3.13	3.67	Oh et al., 2013
Chujado	Sp, Su, Au, Wi	15	47	100	162	0.32	2.13	2.45	Kim et al., 2008

C, Chlorophyta; P, Phaeophyta; R, Rhodophyta

봄철 조사에서 갈조류의 비율이 최대였고 홍조류의 비율이 최저로 나타나 유사한 결과를 나타냈다

해조류의 분류군별 출현종수를 이용하여 Segawa (1956)는 C/P값을, Feldmann (1937)은 R/P값을, Cheney (1977)는 (R+C)/P 값을 제안하였으며 각 수치는 해조상의 지리적 한계를 구분하는 기준으로 사용되고 있다. C/P 값은 한대해역에서 아열대해역에 걸쳐 0.4-1.5범위의 값을 보이고, R/P 값은 한·온대에서 열대해역에서 1.1-4.3 범위를, (R+C)/P 값은 3보다 작을 때는 온대성 내지 한대성 해조상이고 6이상이면 열대성을, 중간값일때는 혼합성해조상을 의미한다(Feldmann, 1937; Segawa, 1956; Cheney, 1977). 본 연구에서 C/P값은 0.63으로 계절별는 0.38-0.61의 범위를 보여 한대성 해역으로 나타났으나, R/P 값은 3.04(2.19-3.62)로 온대해역으로 구분되었다. (R+C)/P 값은 3.67 (2.57-4.00)로 혼합성 해조상으로 특징지어졌다. Boo and Lee (1986)는 속초지역의 연구에서 홍조류와 갈조류의 출현비율과 수온의 월 변동을 비교하여 R/P값이 지역 해조상의 특성을 규명할 수 있음을 밝혔으나, Choi (1992)는 서·남해안의 경우 내만에서 외양으로 갈수록 수온 이외의 퇴적물의 영향에 의해 C/P, R/P, (R+C)/P값 모두 감소하는 것을 지적하여 이 세가지 지수의 사용에 신중을 기해야 할 것으로 사료된다.

결론적으로, 본 연구 정점인 정자도는 해조류의 출현종수 및 생물량에 비교적 풍부한 해조상을 나타내고 있는 것으로 보여 지고 있으나 직접적으로 비교할 수 있는 과거 자료가 존재하지 않기 때문에 이 지역의 군집구조의 변화를 알기 위해서는 지속

적인 모니터링이 수행되어야 할 것이다. 또한 해조상의 지리적 분포한계와 수평분포 지수인 C/P, R/P, (R+C)/P를 사용하기 위해서는 퇴적물의 영향이 높은 서·남해안의 전반적인 해조상비교가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 “해역특화 생태통합양식(IMTA) 기술 개발” 과제(RP-2014-RE-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Boo SM and Lee IK. 1986. Studies on benthic algal community in the east coast of Korea. 1. Floristic composition and periodicity of a Sokcho rocky shore. *Kor J Phycol* 1, 107-116.
- Bray JR and Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol Monogr* 27, 325-349.
- Brown VB, Davies SA and Synnot RN. 1990. Long-term monitoring of the effects of treated sewage effluent on the intertidal macroalgal community near Cape Schanck, Victoria, Australia. *Bot Mar* 33, 85-98.
- Cheney DP. 1977. R and C/P- A new improved ratio for comparing seaweed floras. *Suppl J Phycol* 13, 129.
- Choi CG. 2008. Algal flora in Hallyeo-haesang national park

- southern coast of Korea. *J Kor Fish Soc* 41, 371-380.
- Choi CG and Huh SH. 2008. Composition of marine algal community at the intertidal zone in Gwangyang Bay, South Sea, Korea. *J Kor Fish Soc* 41, 201-207.
- Choi DS. 1992. On the state of marine algal resources in the west-southern coast of Korea. *Bull Inst Litt Environ* 9, 81-103.
- Clarke KR and Gorley RN. 2006. *PRIMER V6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E Ltd, Plymouth.
- De Forges BR, Koslow JA and Poore GC. 2000. Diversity and endemism of the benthic seamount fauna in the southwest Pacific. *Nature* 405, 944-947. <http://dx.doi.org/10.1038/35016066>.
- 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.
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranee. *Rev Alg* 10, 1-339.
- Fowler J and Cohen C. 1990. *Practical Statistics for Field Biology*. John Wiley and Sons, New York, U.S.A.
- Guiry MD and Guiry GM. 2014. *AlgaeBase: world-wide electronic publication*. Galway: National University of Ireland. Electronic Database accessible at <http://www.algaebase.org/>. Searched on 10 June 2014.
- Hooper, DU, Chapin FS, Ewel JJ, Hector A, Inchausti P, Lavorel S, Lawton JH, Loreau M, Naeem S, Schmid B, Setälä H, Symstad AJ, Vandermeer J and Wardle DA. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol Monogr* 75, 3-35.
- Hwang EK, Park CS, Koh NP and Sohn CH. 1997. Benthic marine algal communities of Shinjido, southern coast of Korea. *J Kor Fish Soc* 30, 574-584.
- Kang JW. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull Pusan Fish Coll* 7, 1-125.
- Kim EA, Lee HB and Lee IK. 1986. Marine algal vegetation of Samchonpo, south coast of Korea. *Korean J Bot* 29, 175-783.
- Kim KY, Choi DS and Lee IK. 1991. Marine algal flora of Kwangyang bay, the south coast of Korea. *Proc Coll Natur Sci* 16, 9-24.
- Kim JH, Choi HG, Kim YS and Nam KW. 2013. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *KJNC* 7, 50-60.
- Kim MS, Kim M, Chung MH, Kim JH and Chung IK. 2008. Species composition and biomass of intertidal seaweeds in Chuja island. *Algae* 23, 301-310.
- Koh NP. 1990. An ecological study on resources of marine plants in Geomundo islands. *Korean J Phycol* 5, 1-37.
- Kwak SN and Huh SH. 2009. Species composition and distributional patterns of marine benthic algae at intertidal zone in Masan Bay. *J Kor Soc Mar Environ Saf* 15, 179-185.
- Lee IK and Boo SM. 1982. A summer marine algal flora of islands in Wando-gun. *Rep Surv Natue Environ Korea* 2, 209-232.
- Lee IK and Boo SM. 1984. A summer marine algal flora in Komundo islands, southern coast of Korea. *Rep Surv Natue Environ Korea* 4, 207-230.
- Lee IK, Choi DS, Oh YS, Kim GH, Lee JW, Kim KY and Yoo JS. 1991. Marine algal ora and community structure of Chongsando island on the South Sea of Korea. *Korean J Phycol* 6, 131-143.
- Lee IK, Lee HB and Boo SM. 1983. A summer marine algal flora of islands in Jindo-gun. *Rep Sur Natur Environ Korea* 3, 293-311.
- Lee YP and Kang SY. 2002. *A Catalogue of the Seaweeds in Korea*. Cheju National University Press, Cheju, Korea.
- Lee IK, Kim YH, Lee JH and Hong SW. 1975. A study on the marine algae in the Kwangyang bay. 1. The seasonal variation of algal community. *Kor J bot* 18, 109-121.
- Lindstrom SC. 2009. The biogeography of seaweeds in south-east Alaska. *J Biogeogr* 36, 401-409.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics* 3, 36-71. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01855.x>.
- 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, USA.
- Oh BG, Lee JW and Lee HB. 2002. A summer marine benthic algal flora and community of uninhabited islands in Haenamgun, southern coast of Korea. *J Kor Fish Soc* 35, 57-63.
- Oh JC, Park SK, Choi HG and Nam KW. 2013. Seasonal variation in biomass and community structure of intertidal seaweeds at Heuksando and Hongdo, southwestern coast of Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 46, 878-885. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0878>.
- Park MS, Yoo HI, Heo JS, Kim YD and Choi HG. 2011. Seasonal variation in the marine algal flora and community structure along the Tongyeong coast, Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 44, 732-739.
- Round FE. 1981. *The Ecology of Algae*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 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.
- Segawa S. 1956. *Colored Illustrations of the Seaweeds of Japan*. Osaka, Pub. Co., LTD, JP.
- Sohn CH. 1987. Phytogeographical characterization and quantitative analysis of algal communities in Korea. Ph. D. Thesis, Chonnam National University, Kwang Ju, Korea.
- Song CB. 1986. An ecological study of the intertidal macroalgae in Kwangyang bay, southern coast of Korea. *Kor J Phycol* 1, 203-223.

- Song JN, Park SK, Heo JS, Kim BY, Yoo HI and Choi HG. 2011. Summer seaweed ora and community structure of uninhabited islands in Goheung, Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 44, 524-532.
- Szmant AM. 2002. Nutrient enrichment on Coral reefs: is it major cause of coral reef decline?. *Estuarines* 25, 743-766.
- Tribollet AD and Vroom PS. 2007. Temporal and spatial comparison of the relative abundance of macroalgae across the Mariana Archipelago between 2003 and 2005. *Phycologia* 46, 187-197.
- Yoo HI, Lee JH, Lee KH, Baek SH, Heo YB, Noh HS and Choi HG. 2007. Summer marine algal floras and community structures in Taeon peninsula, Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 40, 210-219.
- Wells E, Wilkinson 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.