

한국 남서해안 흑산도와 홍도의 조간대 해조류 생물량과 군집구조의 계절적 변동

오지철 · 박서경 · 최한길* · 남기완¹

원광대학교 생명과학부/기초자연과학연구소, ¹부경대학교 자원생물학과

Seasonal Variation in Biomass and Community Structure of Intertidal Seaweeds at Heuksando and Hongdo, Southwestern Coast of Korea

Ji Chul Oh, Seo Kyoung Park, Han Gil Choi* and Ki Wan Nam¹

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

¹Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Seasonal variation in marine macroalgal community structure was examined at the intertidal zones of Heuksando and Hongdo, Shinan, Korea, from July 2008 to May 2009. In total, 86 macroalgal species were identified, including 12 green, 19 brown, and 55 red algae; 67 species at Heuksando and 70 species at Hongdo, were observed. Annual seaweed biomass was 252.44 g dry wt / m² at Heuksando and 217.67 g dry wt/m² at Hongdo. The dominant seaweed in importance value (IV > 15) differed between the sites: *Sargassum thunbergii* at Heuksando and *Corallina pilulifera* at Hongdo. The vertical distribution pattern of seaweeds from the upper to lower intertidal zones at Heuksando was *Gloiopeltis* spp., *Ulva* spp. – *S. thunbergii*, *S. fusiforme*, *Hildenbrandia rubra* – *S. thunbergii*, *C. pilulifera*. On the rocky shore of Hongdo, seaweed zonation was distinct: *Porphyra yezoensis*, *Gloiopeltis* spp., *Ulva* spp. – *C. pilulifera*, *S. fusiforme*, *Myelophycus simplex* – *Chondrus ocellatus*, *C. pilulifera*, and *Carpopeltis affinis*. Annual seaweed coverage, richness index (R), evenness index (J'), and diversity index (H') values were greater at Hongdo (41.35%, 12.82, 0.59, and 2.50 respectively) than at Heuksando (31.54%, 11.93, 0.44, and 1.87 respectively), which may indicate that the seaweed community at Hongdo is more stable relative to the one at Heuksando.

Key words: Biomass, Community structure, Heuksando, Hongdo, Seaweed

서 론

해양생태계에서 일차생산자의 중요한 구성원의 하나인 해조류는 무척추동물과 척추동물의 산란장과 섭이장 그리고 포식자에 대한 은신처뿐만 아니라, 부착 동·식물에게는 착생기질로 이용되므로 해양생물의 종다양성과 생산성을 증대에 일조한다(Lindstrom, 2009). 온대해역의 해조류 군집구조는 계절적으로 변화하는 수온, 염분 및 광주기 등 무생물적 환경요인(Lobban and Harrison, 1997)과 경쟁과 섭식압 등의 생물학적요인, 그리고 인간의 직·간접적 활동(부영양화, 퇴적물의 증가 등)에 따라 변화한다(Tribollet and Vroom, 2007). 특히, 인간활동에 기인한 환경오염이나 부영양화가 발생한 해역에서는 해조류의 종다양성이 낮고 단순화된 군집구조를 가지는 것으로 알려져 있어 해조상과 군집구조로 생태계의 환경변화를 예측 혹은 진단

할 수 있어 생물학적 지시자(biological indicator)로 사용된다(Diez et al., 1999; Wells et al., 2007).

우리나라 전라남도 연안은 해안선의 굴곡이 심하고 다양한 크기의 많은 섬들로 구성되어 있을 뿐만 아니라, 해류, 수온, 수심과 탁도의 변화가 매우 심한 해양적 특성을 보인다(Kang, 1966; Choi, 1992). 전라남도 해역에서 해조류 연구의 시초는 정약전이 1814년에 집필한 자산어보에서 흑산도에 35종이 출현한 것으로 기록되어 있는 것이며, 해조학자인 Kang (1966)은 한국산 해조류의 지리적 분포를 구분하면서 대흑산도와 소흑산도에서 89종이 생육하는 것을 보고하였다. 이후 Lee et al. (1986a)은 대흑산도와 소흑산도를 포함한 6개 섬의 하계 조사에서 129종을 기재하였고 Kang (1966)의 연구 결과와 비교하여 이곳에 서식하는 해조류는 총 160종으로 기록하였다. 이외에도 홍도와 흑산도가 포함된 행정구역인 신안군의 우이도의 계절별

Article history;

Received 19 June 2013; Revised 25 June 2013; Accepted 1 December 2013

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

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

Kor J Fish Aquat Sci 46(6) 878-885, December 2013

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0878>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

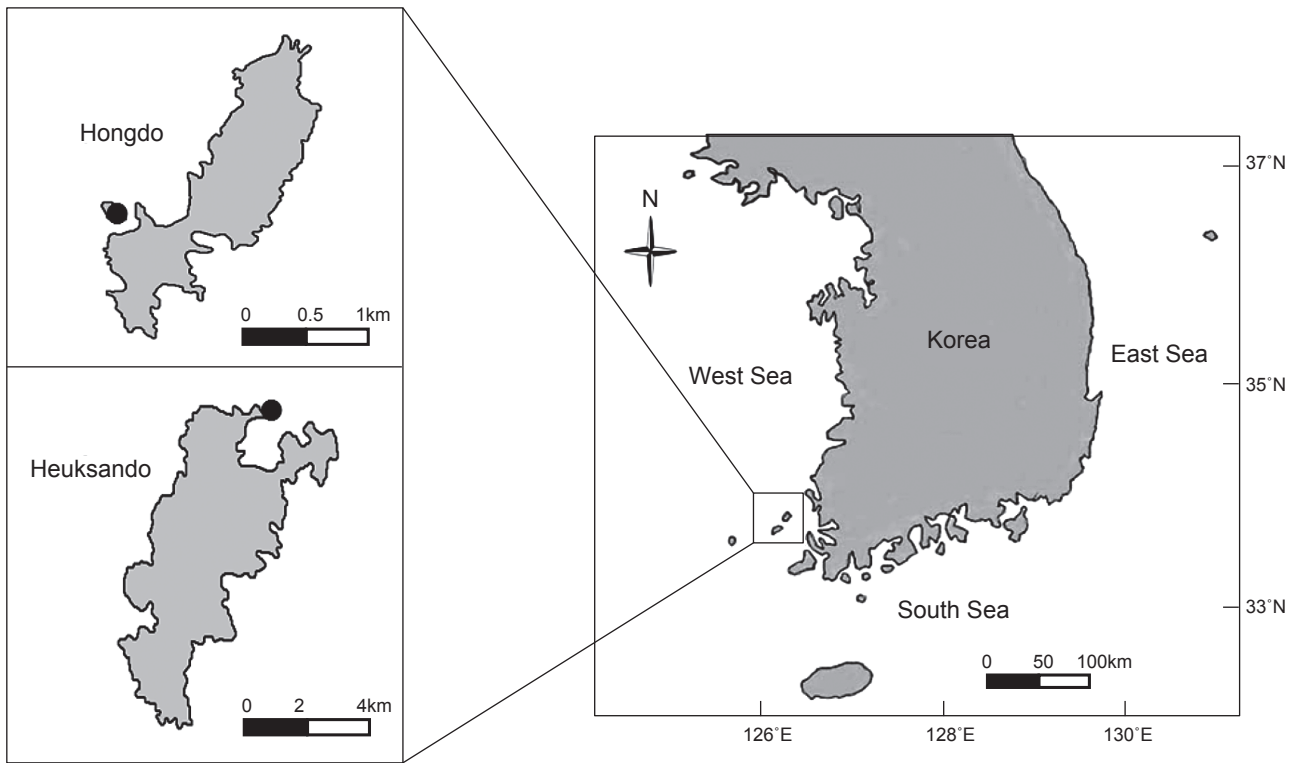


Fig. 1. A map of study sites and the location of Heuksando and Hongdo Islands, Korea.

조사에서 139종(진리 76종, 성촌 124종)이 관찰되었으며(Choi et al., 1994), 도초군도의 무인도서 15개의 하계조사에서 53종(Park et al., 2007)과 신안군의 3개면(압해, 자은, 암태면)의 인근 무인도서 16개의 하계조사에서 63종을 기재하였다(Oh et al., 2005). 홍도와 흑산도는 육지와 멀리 떨어진 유인도로서 연구를 위한 접근성 및 비용이 많이 들어 지금까지 계절적인 군집구조 및 생물량 변화에 대한 연구가 수행되지 않았다.

Kang (1966)은 우리나라 연안의 해조류의 지리적 분포를 동해안 북부, 동해안 중남부, 남해안(울릉도 포함), 서해안, 제주도의 5개구(section)로 나누면서 흑산도와 홍도를 남해안의 서쪽 북방한계선이라고 하였다. 20여년이 지난 80년대 중반에는 남해구와 서해구의 경계에 있는 소흑산도와 추자군도를 제주구로 포함시킬 것을 제안하였다(Lee et al., 1986a, 1986b). 이외에도 해조학자들은 녹조류가 열대해역, 갈조류가 한대해역, 홍조류가 온대해역에서 많이 출현한다는 사실을 근거로 하여 분류군별 출현종수를 이용한 갈조류에 대한 녹조류의 비(C/P), 갈조류에 대한 홍조류의 비(R/P), 갈조류에 대한 녹조 및 홍조류의 비로 (R+C)/P를 이용하여 조사해역의 해조상의 특징을 파악하려고 하였다(Feldmann, 1937; Segawa, 1956; Cheney, 1977). 특히, (R+C)/P의 비율은 Cheney (1977)의 비율로 회자되면서 해조상의 특성(한온대, 온대, 열대)을 나타내기 위하여 우리나라의 수많은 해조류 생태학자들과 유럽의 학자들에 의해 사용되

어 왔다(Van Den Hoek, 1975; Kapraun, 1980; Bolton, 1986; Garbary, 1987; Schils and Coppejans, 2003).

본 연구는 우리나라 해조류의 지리적 분포에 매우 중요한 경계지역인 서남해안 흑산도와 홍도 연안의 해조류 군집의 특성을 파악하기 위하여 해조상, 우점종, 수직분포와 생물량의 계절적 변화양상을 밝히고자 하였다. 또한, 연구해역을 중심으로 다양한 섬에서 수행된 Cheney (1977)의 값들의 비교 및 해석을 시도하였다.

재료 및 방법

전남 신안군에 위치한 흑산도와 홍도 해역에서 2008년 7월부터 2009년 5월까지 계절별로 최 간조기에 해조류를 정량 및 정성 채집하였다(Fig. 1). 조간대 상, 중, 하부에 각 5개의 방형구(50 cm × 50 cm)를 무작위적으로 놓고 Saito and Atobe (1970)의 방법에 따라 피도와 빈도를 기록한 후에 방형구내의 해조류를 전량 채집하였다. 또한, 홍도와 흑산도의 해조류 출현종을 파악하기 위하여 조간대의 다양한 기질과 조위에서 서식하는 모든 해조류를 정성 채집하였다. 채집된 해조류는 포르말린-해수용액(5-10%)으로 현장에서 고정시켜 실험실로 운반한 후 현미경을 사용하여 분류 및 동정하였으며, 출현종 목록 및 국명은 Lee and Kang (2002)에 따랐다.

Table 1. The number of macroalgal species observed at Heuksando and Hongdo, South-Western coast of Korea (Su, Summer; Au, Autumn; Wi, Winter; Sp, Spring; To, Total)

Taxon	Heuksando					Hongdo				
	Su	Au	Wi	Sp	To	Su	Au	Wi	Sp	To
Chlorophyta	3	3	3	5	7	5	4	2	3	8
Phaeophyta	10	7	8	8	15	10	8	4	8	15
Rhodophyta	22	31	20	20	45	26	24	21	25	47
Total	35	41	31	33	67	41	36	27	36	70

정량 채집된 해조류는 담수로 수회 세척하여 모래와 불순물을 제거하고, 동정한 후 60 °C로 설정된 건조기에서 7일 동안 건조하여 건조량을 측정하였고 단위면적당 생물량(g m⁻²)으로 환산하였다. Saito and Atobe (1970)의 방법에 의해 피도, 빈도, 상대피도와 상대빈도는 계산하였고, 중요도(importance value, IV)는 상대피도와 상대빈도의 평균값이다(Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974). 정성 채집된 해조류를 분류 및 동정한 후에 해조상의 특성을 파악하기 위하여 갈조류에 대한 녹조류의 비(C/P), 갈조류에 대한 홍조류 비(R/P), 갈조류에 대한 녹조 및 홍조류의 비로(R+C)/P가 계산되었다(Feldmann, 1937; Segawa, 1956; Cheney, 1977). 또한, 정점별 출현종과 생물량 자료를 이용하여 풍도지수(richness index, R), 다양도지수(diversity index, H')와 균등도지수(evenness index, J')를 계산하였다(Margalef, 1958; Fowler and Cohen, 1990). 우점도지수(dominance index, DI)는 군집 내에서의 생물량 순서에 따라 제 1, 2 우점종을 선택하고 2종의 생물량 합에 대한 총 생물량의 비율로 산출하였다(McNaughton, 1967; Lee et al., 1983). 해조류의 생물량으로 K-dominance 곡선을 그렸으며(Lambhead et al., 1983), 군집지수의 산출 및 도식화에는 PRIMER version 6 (Clarke and Gorley, 2006)을 사용하였다.

결 과

종조성

본 연구기간에 신안군 흑산도와 홍도의 해역에서 출현한 해조류는 총 86종(녹조 12종, 갈조 19종, 홍조 55종)이었으며, 홍조류의 출현종수가 63.95%를 차지하였다(Table 1). 흑산도에서는 계절별로 31-41종이 관찰되었고 연구기간에는 67종이 출현하였으며, 홍도에서는 27-41종으로 총 70종이 기록되었다(Table 1). 흑산도와 홍도 두 해역에서 연중 관찰되는 해조류는 툿(*Sargassum fusiformes*), 참모자반(*S. fulvellum*), 지충이(*S. thunbergii*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 진두

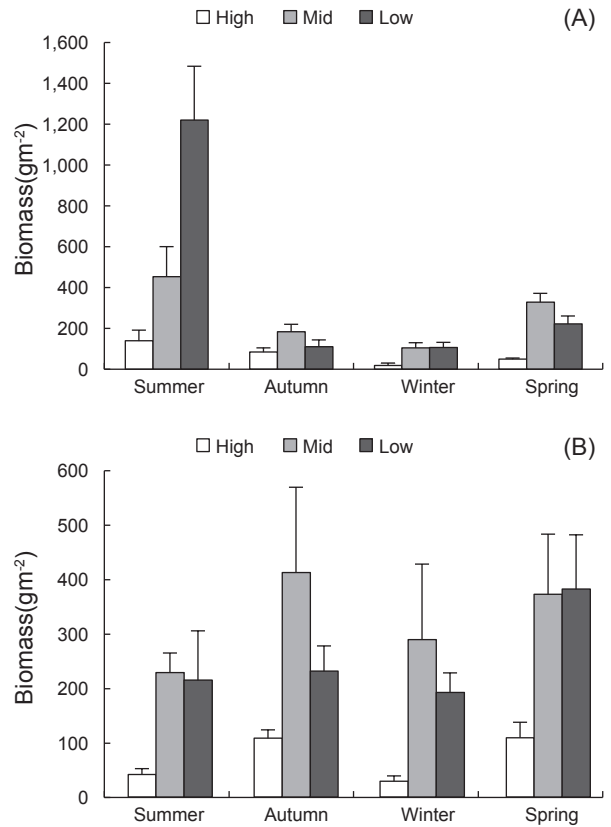


Fig. 2. Seasonal and vertical variations in mean seaweed biomass (g dry wt/m²) at Heuksando (A) and Hongdo (B), South-Western coast of Korea. Bars show standard errors (n=5 replicate).

발(*Chondrus ocellatus*), 개서실(*Chondria crassicaulis*)과 참보라색우무(*Symphyclocladia latiuscula*)로 7종이었다. 이외에도, 잎파래(*Ulva linza*), 구멍갈파래(*U. pertusa*)와 미끈뽀대그물말(*Dictyopteris divaricata*)은 흑산도에서, 가시파래(*U. prolifera*), 바위수염(*Myelophycus simplex*), 참도박(*Grateloupia elliptica*), 애기돌가사리(*Chondracanthus intermedius*), 마디잘록이(*Lomentaria catenata*)와 잔금분홍잎(*Acrosorium polyneurum*)은 홍도에서만 연중 출현하였다.

생물량 및 우점종

흑산도와 홍도 연안에 서식하는 해조류의 연평균 생물량(g dry wt/m²)은 235.06 g /m²였으며, 흑산도 해조류의 계절별 생물량은 77.40-604.68 g/m² (연평균, 252.44 g/m²)이고 겨울에 최소이고 여름에 최대로서 계절적 변동이 나타났다(Fig. 2). 홍도해역에서 해조류 생물량은 연평균 217.67 g/m²이었고 계절별로 161.76-287.95 g/m²로서 여름에 최소였고 봄에 최대였다(Fig. 2). 조위별 생물량은 흑산도 조건대 상부에서 19.08-139.40 g/m², 중부에서 105.41-453.59 g/m², 하부에서 107.70-

Table 2. Seasonal vertical distribution of dominant seaweeds (IV>15) growing on the intertidal rocky shores of Heuksando and Hongdo, South-Western coast of Korea

Site/Season	High	Mid	Low	
Heuksando	Summer	<i>Myelophycus simplex</i> (34.66)	<i>Gloiopeltis tenax</i> (55.54)	<i>Sargassum thunbergii</i> (30.42)
		<i>Gloiopeltis furcata</i> (31.45)	<i>Sargassum thunbergii</i> (20.46)	<i>Sargassum fusiforme</i> (21.96)
	Autumn	<i>Sargassum thunbergii</i> (43.48)	<i>Hildenbrandia rubra</i> (26.85)	<i>Corallina pilulifera</i> (18.51)
		<i>Corallina pilulifera</i> (18.22)	<i>Sargassum fusiforme</i> (20.36)	<i>Saccharina japonica</i> (17.36)
		<i>Hildenbrandia rubra</i> (17.55)	<i>Sargassum thunbergii</i> (17.86)	<i>Chondrus ocellatus</i> (17.17)
			<i>Chondria crassicaulis</i> (15.07)	
	Winter	<i>Porphyra yezoensis</i> (43.11)	<i>Jania adhaerens</i> (29.90)	<i>Corallina pilulifera</i> (28.65)
		<i>Ulva minima</i> (21.32)	<i>Sargassum thunbergii</i> (19.84)	<i>Hildenbrandia rubra</i> (26.84)
	Spring		<i>Hildenbrandia rubra</i> (18.85)	
		<i>Ulva linza</i> (18.39)	<i>Sargassum thunbergii</i> (39.03)	<i>Chondria crassicaulis</i> (21.41)
		<i>Gloiopeltis tenax</i> (16.86)		<i>Dumontia simplex</i> (21.31)
		<i>Scytosiphon lomentaria</i> (15.93)		<i>Symphyocladia latiuscula</i> (15.66)
			<i>Sargassum thunbergii</i> (15.13)	
Hongdo	Summer	<i>Gloiopeltis furcata</i> (42.10)	<i>Myelophycus simplex</i> (25.90)	<i>Sargassum fusiforme</i> (28.13)
		<i>Gloiopeltis tenax</i> (28.89)	<i>Sargassum thunbergii</i> (19.20)	<i>Sargassum thunbergii</i> (22.97)
		<i>Ulva prolifera</i> (15.52)	<i>Sargassum fusiforme</i> (18.47)	<i>Ulva pertusa</i> (15.85)
	Autumn	<i>Sargassum fusiforme</i> (34.38)	<i>Corallina pilulifera</i> (30.29)	<i>Carpopeltis affinis</i> (22.97)
		<i>Sargassum thunbergii</i> (18.15)	<i>Sargassum fusiforme</i> (23.10)	<i>Chondrus ocellatus</i> (20.81)
	Winter			<i>Corallina pilulifera</i> (18.61)
		<i>Porphyra yezoensis</i> (43.29)	<i>Corallina pilulifera</i> (26.50)	<i>Corallina pilulifera</i> (34.37)
		<i>Gloiopeltis furcata</i> (25.18)	<i>Sargassum thunbergii</i> (16.05)	<i>Carpopeltis affinis</i> (18.79)
	Spring		<i>Myelophycus simplex</i> (15.20)	
		<i>Ulva linza</i> (43.93)	<i>Sargassum fusiforme</i> (22.12)	<i>Corallina pilulifera</i> (24.63)
		<i>Porphyra yezoensis</i> (24.09)	<i>Ulva linza</i> (16.67)	<i>Chondrus ocellatus</i> (21.10)
		<i>Gloiopeltis furcata</i> (19.13)		

1,221.04 g/m²로 조위가 낮아질수록 증가하는 패턴을 보였다. 홍도 조간대 상부에서 생물량은 29.40-109.34 g/m² (평균 72.13 g/m²), 중부에서 229.04-412.36 g/m² (325.84 g/m²), 하부에서 192.00-381.95 g/m² (255.05 g/m²)로서 상부에서 가장 낮았고 중부에서 최대였다(Fig. 2).

해조류 생물량과 종다양성을 근거로 도식화된 K-dominance 곡선을 보면, 흑산도에서 여름에 우점하는 해조류는 지층이 (322.00 g/m², 53.25%)와 툇(110.66 g/m², 18.30%)으로 2종이 전체 생물량의 71.55%를 차지하였고, 가을에는 지층이와 작은 구슬산호말이 158.85%, 겨울에는 제 1우점종인 지층이(25.69 g/m², 33.19%)와 제 2우점종인 참모자반의 생물량 합이 37.82

g/m²(전체 생물량의 48.87%)이었다. 또한, 흑산도에서 봄에는 지층이(118.62 g/m², 58.98%)와 참보라색우무(13.75 g/m², 6.84%)가 주요종이었고 해조류의 종다양성은 겨울에 최대 여름에 최소로 나타났다(Fig. 3A). 홍도에서는 제 1과 제 2우점종을 보면, 여름에는 지층이(64.15 g/m², 39.66%)와 툇(28.77 g/m², 17.79%), 가을에는 작은구슬산호말(102.09 g/m²)과 툇(39.94 g/m²)으로 전체 생물량의 56.33%를 차지하였고 겨울에는 작은구슬산호말(50.15%)과 지층이(11.13%), 그리고 봄에는 작은구슬산호말(32.14%)과 불레기말(25.38 g/m², 8.82%)로 확인되었다(Fig. 3B).

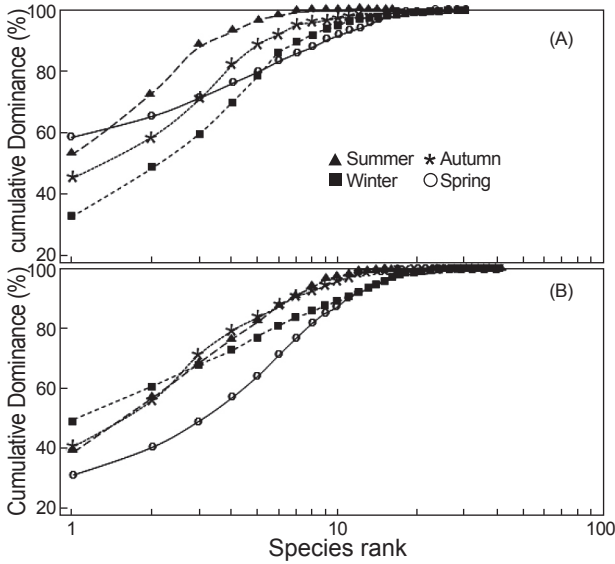


Fig. 3. K-dominance curves (X-axis logged) for average seaweed biomass at Heuksando (A) and Hongdo (B), South-Western coast of Korea.

수직분포

해조류의 상대피도와 상대빈도로 계산한 중요도(IV)를 근거로 조간대의 조위별 우점종을 보면, 흑산도에서 지충이(17.60)가 모든 계절에 조간대 상부에서 하부까지 고르게 출현하며 높은 중요도 값을 보여 대표종이었으며(Table 2), 수직분포는 김·지충이·파래류·풀가사리류(상부) - 지충이·툇·진분홍딱지·개서실(중부)-지충이·툇·작은구슬산호말·개서실·참보라색우무·구멍갈파래(하부)로 나타났다. 한 계절에만 우점하는 종은 여름에 조간대 상부의 바위수염과 불등풀가사리(*Gloiopeltis furcata*), 하부의 구멍갈파래였으며, 가을에는 하부에서 다시

마(*Saccharina japonica*)와 진두발이었다. 조간대 상부에서 방사무늬김(*Porphyra yezoensis*)과 애기파래(*U. minima*), 그리고 중부에서 덩이애기산호말(*Jania adhaerens*)이 겨울에만 번무하였고, 봄에는 상부에서 잎파래와 고리매(*Scytosiphon lomentaria*)가, 하부에서 미끌풀(*Dumontia simplex*)과 참보라색우무가 우점하였다.

홍도에서 중요도 값에 근거한 대표종은 작은구슬산호말(14.88)이었으며, 수직분포는 풀가사리류·갈파래류·김류·지충이(상부) - 작은구슬산호말, 툇, 지충이, 바위수염(중부) - 툇, 지충이, 진두발, 작은구슬산호말, 까막살(하부)로 확인되었다(Table 2). 특정 계절에만 번무하는 종으로는 여름철 조간대 상부에서 서식하는 참풀가사리(*Gloiopeltis tenax*)와 가시파래, 중부에서 바위수염, 그리고 하부에서 구멍갈파래였다.

군집지수

해조류의 연평균 피도는 흑산도에서 31.54% (계절별, 26.29-35.71%)이고 홍도에서 41.35% (계절별, 31.74-64.14%)였으며(Table 3), 생물량과 출현종수로 계산된 연평균 군집지수는 흑산도에서 제 1, 2 우점종이 지충이(130.81 g/m²)와 툇(34.25 g/m²)으로 전체 생물량(252.44 g/m²)의 65.39%를 차지하여 우점도 지수(DI)가 0.65였으며, 홍도에서 작은구슬산호말(73.26 g/m²)과 지충이(35.48 g/m²)가 49.96%를 차지하여 0.50으로 나타났다. 4계절 출현종수와 평균 생물량값을 이용한 풍도지수(R)는 흑산도에서 11.93 (계절별, 5.31-8.06)과 홍도에서 12.82 (계절별, 5.06-7.86)로서 계절별 변화에 비해 훨씬 높게 나타났으며, 균등도지수(J')는 제1우점종(지충이)이 52%를 차지한 흑산도(0.44)에 비해 출현한 해조류의 생물량이 균등하게 분포한 홍도에서 0.59로 높았다. 다양도지수(H')는 흑산도에서 1.87이고 홍도에서 2.50로 나타났다.

해조상의 지역적 특성을 나타내는 C/P값은 흑산도에서 0.30-

Table 3. Average biomass (g dry wt/m²), percent cover (%), and various community indices of seaweeds at Heuksando and Hongdo, South-Western coast of Korea (Sp, Spring; Su, Summer; Au, Autumn; Wi, Winter)

Community indices	Heuksando				Hongdo			
	Su	Au	Wi	Sp	Su	Au	Wi	Sp
Biomass(g/m ²)	604.68	126.56	77.40	201.13	161.76	250.71	170.27	287.95
Percent cover(%)	26.29	34.24	29.93	35.71	34.64	34.88	31.74	64.14
Dominance index(DI)	0.72	0.59	0.49	0.66	0.57	0.55	0.61	0.41
Richness index(R)	5.31	8.06	6.90	6.03	7.86	6.34	5.06	6.18
Evenness index(J')	0.38	0.49	0.62	0.50	0.52	0.54	0.60	0.68
Diversity index(H')	1.37	1.81	2.14	1.75	1.94	1.92	1.97	2.42
(C/P)	0.30	0.43	0.38	0.63	0.50	0.50	0.50	0.38
(R/P)	2.20	4.43	2.50	2.50	2.60	3.00	5.25	3.13
(R+C)/P	2.50	4.86	2.88	3.13	3.10	3.50	5.75	3.50

C, Chlorophyta; P, Phaeophyta; R, Rhodophyta

Table 4. 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
Chongsando	Su, Wi	16	34	86	136	0.47	2.53	3.00	Lee et al., 1991
Chujado	Su	16	39	124	179	0.41	3.18	3.59	Lee et al., 1986b
	Sp, Su, Au, Wi	15	47	100	162	0.32	2.13	2.45	Kim et al., 2008
Sohuksando	Su	4	22	55	81	0.18	2.50	2.68	Lee et al., 1986a
	Su	20	42	114	176	0.48	2.71	3.19	Choi et al., 1994
Huksando	ND	14	22	53	89	0.64	2.41	3.05	Kang, 1966
	Su	15	32	82	129	0.47	2.56	3.03	Lee et al., 1986a
	Sp, Su, Au, Wi	7	15	45	67	0.47	3.00	3.47	This study
Hongdo	Sp, Su, Au, Wi	8	15	47	70	0.53	3.13	3.67	This study
Geomundo	Su	14	36	80	130	0.39	2.22	2.61	Lee and Boo, 1984
	Sp, Su, Au	19	47	123	189	0.40	2.62	3.02	Koh, 1990
Uido	Su	5	10	26	41	0.50	2.60	3.10	Kang et al., 1979
	ND	21	26	92	139	0.81	3.54	4.35	Choi et al., 1994
Dochodo	Su	10	14	29	53	0.71	2.07	2.79	Park et al., 2007
Jaeundo	ND	20	18	52	90	1.11	2.89	4.00	Choi et al., 1994
Soangundo	Su	14	23	87	124	0.61	3.78	4.39	Lee and Boo, 1982
Sinan-gun	Su	11	16	36	63	0.69	2.25	2.94	Oh et al., 2005
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
Goheung-gun	Su	13	19	48	80	0.68	2.53	3.21	Song et al., 2011

C, Chlorophyta; P, Phaeophyta; R, Rhodophyta; ND, No Data

0.63의 범위로 여름에 최소, 봄에 최대를 보였으며, 홍도에서 0.38-0.50의 범위로 봄에 최소였고 여름에서 겨울까지 0.50으로 동일하였다. R/P값과 (R+C)/P값은 흑산도에서 2.20-4.43, 2.50-4.86의 범위로 여름에 최소 가을에 최대를 보였고, 홍도에서는 각각 2.60-5.25, 3.10-5.75의 범위로 여름에 최소 겨울에 최대값을 보였다. 흑산도와 홍도의 연평균 C/P, R/P, (R+C)/P값을 보면 갈조류의 비율이 많은 흑산도에서 모두 낮게 나타났다(Table 3).

고 찰

본 연구 지역인 흑산도와 홍도에서 동정된 해조류는 86종(녹조 12종, 갈조 19종, 홍조 55종)이었으며, 인근 해역의 해조류 출현종수와 비교하여 보통 수준이었다(Kang, 1966; Uhm, 1968; Kang et al., 1979; Lee et al., 1986a; Choi et al., 1994). 이전의 연구에서는 Kang (1966)이 대흑산도와 소흑산도에서 89종, Lee et al. (1986a)은 흑산도와 소흑산도를 포함한 6개 섬의 하

계 조사에서 129종을 기재하였다(Table 4). 홍도에서는 동계에 24종(Uhm, 1968), 우이도와 매섬에서 하계에 65종(Kang et al., 1979), 우이도에서 112종(Choi et al., 1994), 하태도에서 112종(Oh and Lee, 1989), 그리고 진도에서는 116종이 기록되었다(Lee et al., 1983). 이외에도 서남해안에 위치한 섬인 자은도에서 92종, 조도군도에서 114종, 소안군도에서 124종이 출현하였다는 기록이 있다(Choi et al., 1994). 최근 10년 이내의 연구로는 신안군 도초면의 15개 무인도서의 하계 조사에서 53종(Park et al., 2007)이, 신안군 압해면, 자은면과 압태면 인근의 16개 무인도서의 하계 조사에서 63종이 출현하였다(Oh et al., 2005). Park et al. (2012)은 신안군 하의도 갯벌의 7개 정점에서 9종의 해조류가 서식하고 있다고 밝혔으며, 인근의 완도군 청산도의 3지역(당리, 진산리, 동촌리)의 조간대와 조하대에서 2계절(여름, 겨울)에 출현한 종이 136종으로 기록되었으며(Lee et al., 1991), 제주도의 추자도(예초, 후포)에서는 162종이 서식하는 것으로 확인되었다(Kim et al., 2008). Choi et al. (1994)은 우의도의 진리에서 76종, 성흔에서 124종의 해조류가 동정

되어 같은 섬이라도 탁도와 같은 미소해양특성에 따라 종다양성은 차이가 있다고 하였으며, Park et al. (2012)의 연구에서 본 것처럼 연성저질인 갯벌에서는 종다양성이 현저하게 감소한다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 해조상은 환경의 변화와 더불어 채집 방법 및 시기가 따라 달라지기 때문에 홍도와 흑산도 해역의 해조류 종다양성에 대한 논의는 좀더 자료가 축적된 후에 논의되어야 하며 효율적인 해조자원의 관리 및 변화를 모니터링하기 위한 노력이 요구된다.

홍도와 흑산도 인근 해역의 조간대에서 해조류의 생물량은 신안군 하의도(성촌)에서 여름철에 160.46 g dry wt/m²였으며 (Choi et al., 1994), 고흥군 4개섬(내매물도, 켄도, 아래돔배섬, 진지외도)에서 여름철에 21.39–76.22 g dry wt/m² (평균 50.85 g dry wt/m²)였다(Song et al., 2011). 서해안 중부의 부안군 외조도와 주삼도 조간대에서 해조류의 연평균 생물량(계절별 조사)은 59.25 g dry wt/m² (여름 49.83 g dry wt/m²)과 86.74 g dry wt/m² (여름 129.56 g dry wt/m²)를 보였다(Choi et al., 2008; Heo et al., 2011). 또한, 전남 여수시 거문도 4개 정점(대삼부도, 서도, 동도, 고도)에서의 조간대와 조하대(수심 3-4m)에서 평균 생물량(봄, 여름, 가을)은 83.32-169.16 g dry wt/m² (평균 121.48 g dry wt/m²)로 기록되었으며(Koh, 1990). 본 연구지역인 흑산도와 홍도의 조간대에 서식하는 해조류의 연평균 생물량은 흑산도에서 252.44 g dry wt/m²와 홍도에서 217.67 g dry wt/m²로서 다른 해역에 비해 높게 나타났으며, 추자도(예초, 후포)의 연평균 생물량(습중량, 425.63 g wet wt/m²)과 비교해도 결코 낮지 않았다.

Lee et al. (1986a)은 흑산도 하계 해조류 조사에서 수직분포는 상부에서부터 불등풀가사리·바위수염·뜸부기·구멍갈파래·지층이·툇·참보라색우무·미역·다시마의 순서로 뚜렷한 구분을 보인다고 하였다. 신안군 도초군도와 신안군 3개면(압해, 자은, 압태면)에서도 불등풀가사리·애기가시덤불·패·바위수염(상부)·지층이·구멍갈파래·납작파래·참구슬산호말·진두발(중부)·참보라색우무·팽생이모자반·우뭇가사리·참도박·알뽕이모자반(하부)의 수직분포를 보였다(Oh et al., 2005; Park et al., 2007). 신안군 도초면 우이도에서는 상·중부에서 불등풀가사리·애기우뭇가사리·바위수염이 우점하였으며, 하부에서는 지층이·작은구슬산호말·구멍갈파래·바위수염이 번무하는 것으로 나타났다(Choi et al., 1994). 이외에도 완도군 청산도의 조간대 상부에서 불등풀가사리, 중·하부에서 작은구슬산호말·참산호말·툇·지층이가 번무하는 것으로 확인되었다(Lee et al., 1991). 본 연구지역인 흑산도에서 김·지층이·파래류·풀가사리류 (상부)·지층이·툇·진분홍딱지·풀가사리류 (중부)·지층이·툇·작은구슬산호말·개서실·진분홍딱지 (하부)였고, 홍도에서는 풀가사리류·파래류·김류·지층이(상부)·작은구슬산호말, 툇, 지층이, 바위수염(중부)·툇, 지층이·진두발, 작은구슬산호말, 까막살(하부)이 번무하여 20여년 경과 후의 해조류의 수직분포는 커다란 변화가 없었으나, 흑산도에서 번무하던 뜸부

기는 현재 관찰되지 않아 뜸부기의 개체군 감소는 서해안과 함께 서남해안에서도 발생하고 있음이 확인되었다.

분류군별 출현종수를 기준으로 해조류의 지리적 분포의 특징을 나타내는 C/P값은 한대해역에서 아열대해역에 걸쳐 0.4–1.5 범위의 값을 보이고(Segawa, 1956), R/P값은 한대와 극지역에서 ≤1.0이하, 온대에서 1.0–4.0, 열대해역은 ≥4.0 이상을 보였으며(Feldmann, 1937), (R+C)/P값에 따라, 온대성 내지 한대성(<3), 혼합성(3–6), 열대성(>6) 해조상으로 구분된다(Cheney, 1977). 본 연구에서는 C/P값이 0.47–0.53, R/P값은 3.00–3.13의 범위로 온대해역 해조상을 보였으며, Cheney (1977)의 비율인 (R+C)/P값은 흑산도에서 3.47이고 홍도에서 3.67로서 혼합된 해조상을 보였다. 흑산도와 홍도를 포함한 서남해안의 유인 및 무인도서의 (R+C)/P값은 모두 혼합성 해조상으로 나타났지만 시간적으로는 이전에 비해 최근 연구에서 증가한 값을 보였고, 외해에 위치한 섬에 비해 내만에 위치한 섬에서 높은 값을 보임으로써 해수온의 상승과 관련이 있는지 계속적인 관심이 요구된다. Garbary (1987)는 Feldmann과 Cheney 값은 북대서양의 해조류의 생물지리적 분포를 잘 반영하고 있다고 하였으나, Bolton (1986)은 남아프리카에서 이러한 군집지수를 이용하는 것은 한계가 있다고 밝혔으며, 이유는 해류와 용승류의 영향을 받기 때문이라고 하였다. 또한, Kapraun (1980)은 북대서양의 한온대역(cold-temperate region), 온대역(warm temperature region) 그리고 열대역(tropical region)의 해조상으로 Cheney (1977)의 값을 확인해 본 결과, 한온대역에서 <2.0이하, 온대역에서 3.0–4.0, 그리고 열대역에서 >5.0 이상을 보인다고 하였으며, 이는 Van Den Hoek (1975)의 결과와 유사하였다. 따라서, 우리나라의 생태학자들이 많이 사용하고 있는 군집지수인 C/P, R/P와 (R+C)/P값이 동, 서, 남해안과 제주 해안에서 해역(혹은 구역)과 위도를 잘 반영하고 있는지에 대한 종합적인 분석도 필요할 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 해양수산부의 재원으로 해양생명공학기술개발사업 연구개발비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Bolton JJ. 1986. Marine phytogeography of the Benguela upwelling region on the west coast of southern Africa: a temperature dependent approach. Bot Mar 14, 251-256.
- Cheney DP. 1977. R & C/P - A new and improved ratio for comparing seaweed floras. Suppl J Phycol 13, 129.
- 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 Biol* 12, 65-75.
- Choi HG, Lee KH, Wan XQ, Yoo HI, Park HH, Kim JH and Chang IK. 2008. Temporal variations in seaweed biomass in Korean coasts: Woejodo and Jusamdo, Jeonbuk. *Algae* 23, 335-342.
- Clarke KR and Gorley RN. 2006. PRIMER V6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd, Plymouth, U.K.
- 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. La cote des Alberes. *Rev Algol* 10, 1-339.
- Fowler J and Cohen C. 1990. *Practical Statistics for Field Biology*. John Wiley and Sons, New York, U.S.A.
- Garbary D. 1987. A critique of traditional approaches to seaweed distribution in light of the development of vicariance biogeography. *Helg Meeresunt* 41, 235-244.
- Heo JS, Park SK, Yoo HI, Song JN, Kim BY and Choi HG. 2011. Macroalgal community structure on the rocky shores of Ongdo, Jusamdo, and Woejodo Islands of the Yellow Sea, Korea. *Fish Aquat Sci* 14, 389-397. <http://dx.doi.org/10.5657/FAS.2011.0389>.
- Kang JW. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull Pusan Fish Coll* 7, 1-136.
- Kang JW, Sohn CH and Lee JH. 1979. The summer marine algal flora of Uido and Maeseon, southwestern coast of Korea. *The Rep KACN* 16, 95-107.
- Kapraun DF. 1980. Floristic affinities of North Carolina inshore benthic marine algae. *Phycologia* 19, 245-252.
- 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.
- Lambshhead 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 Boo SM. 1983. A summer marine algal flora of islands in Jindo-gun. *Rep Sur Natur Environ Korea* 3, 293-311.
- Lee IK, Choi DS, Oh YS, Kim GH, Lee JW, Kim KY and Yoo JS. 1991. Marine algal flora and community structure of Chongsando island on the South Sea of Korea. *Korean J Phycol* 6, 131-143.
- Lee IK, Kim HS and Chung HS. 1986a. A summer marine algal flora of Huksan islands, south-western coast of Korea. *Rep Sur Natur Environ Korea* 6, 257-284.
- Lee IK, Lee YP and Chung HS. 1986b. A summer algal flora of Chuja islands. *Rep Sur Natur Environ Korea* 5, 287-308.
- Lee YP and Kang SY. 2002. *A Catalogue of the Seaweeds in Korea*. Cheju National University Press, jeju, Korea.
- Lindstrom SC. 2009. The biogeography of seaweeds in south-east Alaska. *J Biogeogr* 36, 401-409.
- Lobban CS and Harrison PJ. 1997. *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, New York, U.S.A.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics* 3, 36-71.
- 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.
- Oh BG and Lee HB. 1989. A summer marine algal flora of Hatae Islands, south western coast of Korea. *J Indus Sci Res* 7, 163-172.
- Oh BG, Lee JW and Lee HB. 2005. Summer marine algal vegetation of uninhabited islands in Sinangun, southwestern coast. *Algae* 20, 53-59.
- Park CS, Wee MY and Hwang EK. 2007. Summer marine algal flora of uninhabited islands in Dochodo, southwestern coast of Korea. *Algae* 22, 305-311.
- Park CS, Park KY and Hwang EK. 2012. Algal flora of Hauido tidal flats in the southwestern coast of Korea. *Korean J Environ Biol* 30, 193-199.
- 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.
- Schils T and Coppejans E. 2003. Spatial variation in subtidal plant communities around the Socotra Archipelago and their biogeographic affinities within the Indian Ocean. *Mar Ecol Prog Ser* 251, 103-114.
- Segawa S. 1956. *Colored Illustrations of the Seaweeds of Japan*. Osaka, Pub. Co., LTD. Japan.
- Song JN, Park SK, Heo JS, Kim BY, Yoo HI and Choi HG. 2011. Summer seaweed flora and community structure of uninhabited islands in Goheung, Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 44, 524-532.
- 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.
- Uhm GB. 1968. *Marine algae of Hongdo*. Rep Acad Invest Hongdo, Ministry of Culture and Information 361-366.
- Van Den Hoek C. 1975. Phytogeographic provinces along the coasts of the northern Atlantic Ocean. *Phycologia* 14, 317-330.
- 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.