

부산시 기장군 연안의 해조상 및 군집 특성

최창근¹ · M.T.H. Chowdhury² · 최인영³ · 홍용기^{2*}

¹부경대학교 생태공학과

²부경대학교 생물공학과

³국립공원관리공단 국립공원연구원

Marine Algal Flora and Community Structure in Kijang on the Southern East Coast of Korea

CHANG GEUN CHOI¹, M.T.H. CHOWDHURY², IN YOUNG CHOI³ AND YONG-KI HONG^{2*}

¹Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Department of Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

³National Park Research Institute, Korea National Park Service, 16-1, Hogyong-ri, Jucheon-myeon, Namwon-si, Jeollabuk-do, Korea

기장 연안 해조류의 해조상 및 군집 구조를 분석하기 위해서 2006년 8월과 2009년 8월에 연구를 수행하였다. 해조류는 녹조류 6종, 갈조류 10종, 홍조류 38종 등 총 54종의 서식이 확인되었다. 이 중 35종의 해조류가 각각의 조사 시기에 공통적으로 출현하였다. 평균 현존량은 2006년에 616.0 g m⁻²에서 1,462.4 g m⁻²였고, 2009년에는 354.8 g m⁻²에서 965.6 g m⁻²이었다. 현존량이 가장 높은 지역은 문동이었고, 가장 낮은 곳은 서암(2006년)과 동백(2009년)이었다. 출현 해조류를 6개의 기능형으로 구분하면, 성긴분지형이 58.7%와 58.1%, 다육질형이 10.9%와 11.6%, 사상형이 13.0%와 9.3%, 각상형이 6.5%와 9.3%, 엽상형이 6.5%와 7.0%, 유절산호말형이 4.3%와 4.7%로 나타났다. 생태지수인 R/P, C/P, (R+C)/P 값은 2006년에 4.00, 0.75, 4.75와 2009년에 5.17, 1.00, 6.17로 나타났다. 2006년과 2009년의 자료를 분석했을 때, 기장 연안의 해조류 출현 종 수와 현존량은 유사하였다. 이러한 자료로 볼 때, 기장 연안에서 시행된 소규모 공사 전, 후인 2006년과 2009년의 해조류 중 다양성에는 변화가 나타나지 않은 것으로 분석되었다.

Marine algal flora and community structure were investigated at four sites in Kijang area on the southern east coast of Korea in August 2006 and August 2009, respectively. A total of 54 seaweeds including 6 green, 10 brown, 38 red were collected and identified. Of 54 seaweeds, 35 species were found throughout the survey period. Mean biomass in wet weight was from 616.0 g m⁻² to 1,462.4 g m⁻² in 2006, and 354.8 g m⁻² to 965.6 g m⁻² in 2009. Maximum biomass was recorded at Mundong site, and minimum was recorded at Seoam (2006) and Dongbaek (2009) sites. The flora investigated (2006, 2009) could be classified into six functional groups such as coarsely branched form (58.7%, 58.1%), thick leathery form (10.9%, 11.6%), filamentous form (13.0%, 9.3%), crustose form (6.5%, 9.3%), sheet form (6.5%, 7.0%) and jointed calcareous form (4.3%, 4.7%) during survey period. The R/P, C/P and (R+C)/P values reflecting flora characteristics were 4.00, 0.75 and 4.75 at 2006, and 5.17, 1.00 and 6.17 at 2009, respectively. Therefore, the number of marine algae species and biomass in Kijang area were similar when they were comparing with the previous data. It suggest that any changes of seaweed diversity have not been observed in Kijang coastal area before and after the anthropogenic construction between 2006 and 2009.

Keywords: Anthropogenic construction, Biomass, Community, Functional form, Kijang

서 론

한 지역의 생물 다양성은 서식지의 형성 또는 생육에 따른 서식지 형태를 변화시키는 생물들의 존재 여부에 의해 긍정적으로 영향을 받게 된다(Thompson *et al.*, 1996; Bates and DeWreede, 2007). 일반적으로 생물에 대한 서식지 공급과 이에 따른 긍정적

인 상호작용의 중요성은 해양 생태계에서 독특하게 표현되기도 한다(Bertness *et al.*, 1999; Stachowicz, 2001). 그러므로 주요 해역의 해조상 및 군집조사 연구는 그 지역의 분포에 관련된 자료와 지역 개체군에 대한 유용한 생태학적 정보를 제공해 준다는 점에서 매우 중요하다 할 수 있을 것이다(Boo and Lee, 1986; 강 등, 2008).

최근 인위적인 원인에 의한 해조류 중 다양성의 변화는 우리나라 연안 환경을 포함한 세계 여러 나라의 연안 지역에서 보고되

*Corresponding author: ykhong@pknu.ac.kr

었다(Lotze and Milewski, 2004; Bates *et al.*, 2005; 최, 2007). 인위적인 스트레스의 원인인 부영양화, 부유물질의 퇴적, 연안의 개발 및 공사, 서식지 파괴, 과도한 수확 등은 해조류 군집의 변화를 초래하는 주요 원인으로 작용한다. 이러한 스트레스들은 광합성을 위한 빛과 영양염의 유입, 성공적인 포자 방출과 어린 배아의 재가입 잠재력과 같은 해조류의 기본적인 요구조건의 방해 요인이 된다(Bates and DeWreede, 2007). 결과적으로 환경적 스트레스를 받은 해조류 군집은 종종 다년생 해조류 군집에서 생활사가 빠른 단년생 해조류 군집으로 전환되기도 한다(Lotze *et al.*, 1999). 이러한 변화는 그 지역 생물 다양성의 변화 및 해조류 출현 종과 기능형군 그룹의 변화를 초래하게 된다.

Kang(1966)은 한국산 해조류의 지리적 분포에 관한 연구에서 연안의 수온과 해류 등 해양 환경을 토대로 동해안 북부, 동해안 남부, 남해안, 서해안 및 제주도의 5개 해역으로 우리나라 연안을 구분하였다. 기장 지역은 동해안의 남단에 위치하며 쿠로시오 해류의 지류인 대마난류의 영향을 강하게 받는 곳으로 Kang(1966)이 구분한 남동해구와 남해구의 경계에 위치하여 우리나라 해조류의 지리적 분포 구분에 있어 매우 중요한 지형적 특색을 갖는 지역이다(강 등, 2008).

최근에 진행된 동해안 남부 지역 해조류에 관한 연구로는 남과 김(1999)이 부산 용호동 일대의 해조 군집 연구, Yoo(2003)의 부산 동백섬과 서암 조간대(유, 2003)의 해조 군집구조를 들 수 있다. 한편, 최(2007)는 부산 영도의 해조상과 곰피 군락에 관하여 연구를 수행하였으며, 최(2008)는 월성 원자력 발전소 부근의 해조군집을 조사한 바 있다.

이 연구의 조사지역인 부산시 기장군 동백리 해안 일대에는 최근 부경대학교 수산과학연구소 신축공사가 진행되었다. 기존에 운영되다가 폐쇄된 어류양식장 부지 등을 대상으로 약 2년간의 공사기간을 거쳐 신축공사가 완료되었으며 해안가에 바로 인접한 해변에 약 2만평 규모로 연구소 건물을 완공하였다. 연구소와 인접한 바닷가 해안으로는 해안도로를 신설하여 일반인들이 사용할 수 있는 도로를 만들어 해안으로의 접근이 용이하게 건설되었다. 또한 이곳은 부산광역시의 외곽에 위치하여 도시화로 인한 연안 생태계의 변화가 예상되는 지역이다(강 등, 2008). 하지만 이곳 해조류에 관한 연구 뿐 만 아니라, 이 연구지역 주변 해안 공사 전, 후의 해조군집 변화에 관한 연구는 매우 빈약한 실정이다.

이 연구는 이러한 배경을 바탕으로 기장 연안 해역에 서식하는 해조류 군집의 특성을 보다 명확하게 밝히기 위하여 부경대학교 수산과학연구소 신축공사 전, 후의 기장 지역 조간대를 대상으로 변화된 해조군집을 조사하였으며, 서식 해조류의 분포와 특성 등 시공간적 변화 양상과 같은 정량 자료를 확보하여 이 결과를 토대로 공사 이전에 연구된 결과와 상호 비교, 고찰하여 해안 공사에 의한 해조류의 군집 구조와 특성의 변화 양상을 파악하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

이 조사는 부산시 기장군 동백리 인근 해역에서 진행된 부경대학교 수산과학연구소 신축공사 전, 후의 해조군집 변화를 파악하기 위하여 실시하였다. 조사정점은 부산시 기장군 일대에서 조사

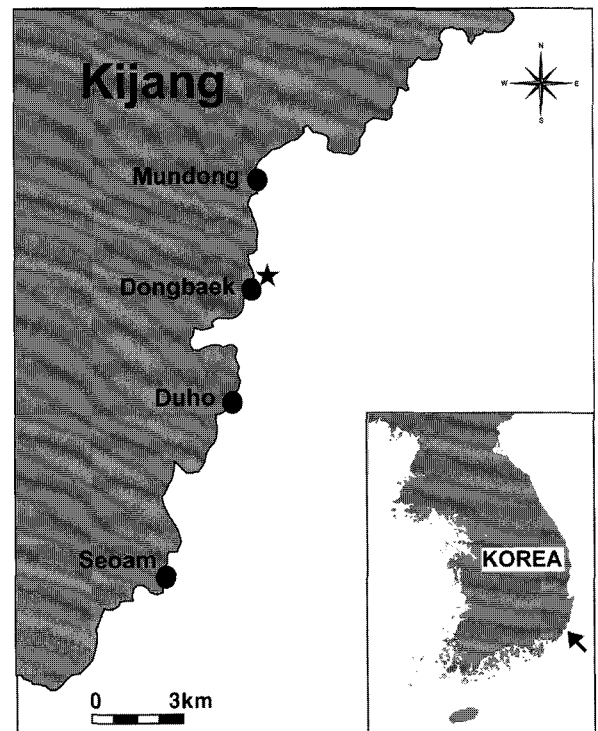


Fig. 1. The map showing four sampling sites of marine algal benthic algae in Kijang area, Korea. Asterisk(★) above the closed circle indicated a construction site.

지역의 해조류 식생을 대표할 수 있는 곳을 중심으로 네 곳(서암, 두호, 동백, 문동)을 선정한 뒤, 수산과학연구소 공사 이전인 2006년 8월과 공사 이후인 2009년 8월에 해조상 및 군집조사를 실시하였다(Fig. 1).

해조상과 군집조사는 각 조사 정점별로 해조 생육 상한선에서 하부 조간대까지 transect line을 설정하여 각 정점별로 조사를 실시하였다. 해조류의 정량 조사는 설정된 transect를 따라 50 cm×50 cm 크기의 방형구를 이용하여 방형구 내에 출현하는 모든 해조류를 끝갈 등으로 전량 채집한 후 10% 포르말린-해수 용액으로 고정된 뒤 아이스박스 등을 이용하여 저온 보관하며 즉시 실험실로 운반하여 분석하였다. 현존량은 방형구내의 해조류를 실험실에서 담수로 충분히 씻어 불순물을 제거한 뒤 페이퍼 타월 등으로 습기를 제거한 뒤 습중량을 측정하여 단위면적(m²)당 생물량으로 환산하였다. 또한 조사 정점의 주변 해역 기질을 자세히 조사하면서 그곳에 서식하는 해조류를 정성적으로 채집하였다.

중 동정은 남조류를 제외한 녹조류, 갈조류, 홍조류에 국한하여 이루어졌으며, 동정된 해조류의 학명과 국명 인용 및 목록 정리는 한국 해조목록의 분류체계(강, 1968; 이와 강, 1986; 2001) 및 일본해조목록(Yoshida *et al.*, 1995)을 참고로 하였다. 조사지역에 출현하는 해조류의 분포적 특성 및 해조상을 해석하는 지표로는 수온의 변동과 밀접한 연관이 있어서 해조상의 지리적 분포관계와 수평분포 지수 등의 특성을 다소 뚜렷하게 확인해주는 것으로 이용되는 R/P(Feldmann, 1937), C/P(Segawa, 1956)와 (R+C)/P(Cheney, 1977)값을 이용하여 분석하였다. 유사도지수는 PRIMER computer package를 이용하여 수치도를 작성하였다(Clarke and Gorley, 2006).

결 과

종조성

조사기간 동안 이 지역에 출현한 해조류는 총 54종으로 확인되었으며, 분류군별로는 녹조류 6종, 갈조류 10종, 홍조류 38종으로 홍조류의 출현 비율이 70.4%로 가장 높게 나타났다(Table 1). 이 중에서 2006년의 출현 해조류는 녹조류 6종, 갈조류 8종, 홍조류 32종으로 총 46종이 생육하였으며, 2009년에는 녹조류와 갈조류가 각각 6종, 홍조류가 31종이 조사되어 총 43종의 해조류가 출현하였다. 각 조사 정점별 출현 종 수는 2006년의 경우, 문동에서 총 33종으로 가장 많이 출현하였고, 서암에서 19종으로 가장 빈약하게 나타났다. 2009년에도 출현 종 수는 문동에서 30종으로 상

Table 1. List of marine algal species investigated at study sites according to the survey period (SA: Seoam, DH: Duho, DB: Dongbaek, MD: Mundong)

Species	2006				2009			
	SA	DH	DB	MD	SA	DH	DB	MD
Chlorophyta								
<i>Ulothrix flacca</i>	+		+					+
<i>Ulva compressa</i>				+	+			+
<i>Ulva intestinalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ulva linza</i>	+		+	+	+	+	+	+
<i>Ulva pertusa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Codium fragile</i>				+		+		+
Phaeophyta								
<i>Ectocarpus</i> sp.		+		+				
<i>Ishige okamurae</i>	+		+	+			+	+
<i>Colpomenia sinuosa</i>	+		+		+		+	
<i>Myelophycus simplex</i>					+			
<i>Dictyota dichotoma</i>		+				+		+
<i>Dilophus okamurae</i>	+							
<i>Hizikia fusiformis</i>		+						
<i>Sargassum nigrifolium</i>		+		+				
<i>Sargassum thunbergii</i>	+	+	+	+	+	+		+
<i>Sargassum</i> sp.						+		
Rhodophyta								
<i>Galaxaura falcata</i>								+
<i>Gelidium amansii</i>				+	+		+	+
<i>Gelidium divaricatum</i>	+	+	+	+		+	+	+
<i>Hildenbrandtia rubra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lithophyllum okamurae</i>		+	+		+	+	+	+
<i>Lithophyllum</i> sp.					+		+	+
<i>Amphiroa beauvoisii</i>			+			+		+
<i>Corallina pilulifera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carpopeltis affinis</i>						+		+
<i>Grateloupia elliptica</i>	+		+	+	+	+	+	+
<i>Grateloupia kurogii</i>								+
<i>Grateloupia lanceolata</i>		+	+	+				
<i>Grateloupia livida</i>			+					
<i>Grateloupia turuturu</i>		+				+	+	+
<i>Prionitis cornea</i>	+	+	+	+	+		+	+
<i>Prionitis patens</i>			+					

Table 1. Continued

Species	2006				2009			
	SA	DH	DB	MD	SA	DH	DB	MD
<i>Plocamium telfairiae</i>			+	+	+		+	+
<i>Hypnea charoides</i>				+		+	+	+
<i>Hypnea japonica</i>				+				
<i>Gracilaria textorii</i>					+	+	+	
<i>Gracilaria verrucosa</i>		+			+	+		
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>			+	+		+	+	
<i>Chondrus crispus</i>			+	+	+		+	
<i>Chondrus ocellatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chondracanthus intermedia</i>	+		+	+	+		+	+
<i>Chondracanthus tenellus</i>			+	+				
<i>Champia parvula</i>							+	
<i>Lomentaria catenata</i>				+	+			+
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	+	+	+	+				
<i>Camphyllaephora crassa</i>		+						
<i>Ceramiopsis japonica</i>	+			+			+	
<i>Acrosorium polyneurum</i>		+	+		+			
<i>Heterosiphonia japonica</i>		+	+	+	+	+	+	+
<i>Chondria crassicaulis</i>	+	+	+	+		+		+
<i>Laurencia okamurae</i>		+		+			+	+
<i>Polysiphonia morrowii</i>		+	+	+			+	+
<i>Symphyocladia latiuscula</i>		+	+				+	
Melobesioidean algae	+	+	+	+	+	+	+	+

대적으로 가장 다양하게 나타났으며 두호에서 25종으로 가장 적게 조사되었다. 각 조사 정점별 연도별 출현 종 수는 큰 차이 없이 유사하게 나타났다(Table 2).

2006년과 2009년의 조사에서 두 해 모두 관찰된 종은 총 35종으로, 녹조류인 초록털말(*Ulothrix flacca*), 납작파래(*Ulva compressa*), 창자파래(*U. intestinalis*), 잎파래(*U. linza*), 구멍갈파래(*U. pertusa*), 청각(*Codium fragile*), 갈조류인 패(*Ishige okamurae*), 불래기말(*Colpomenia sinuosa*), 참그물바탕말(*Dictyota dichotoma*), 지층이(*Sargassum thunbergii*), 홍조류인 우뚝가사리(*Gelidium amansii*), 애기우뚝가사리(*G. divaricatum*), 진분홍딱지(*Hildenbrandtia rubra*), 흑돌잎(*Lithophyllum okamurae*), 고리마디게발(*Amphiroa beauvoisii*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 참도박(*Grateloupia elliptica*), 미끌지누아리(*G. turuturu*), 붉은까막살(*Prionitis cornea*), 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*), 참가시우무(*Hypnea charoides*), 꼬시래기(*Gracilaria verrucosa*), 부챗살(*Ahnfeltiopsis flabelliformis*), 주름진두발(*Chondrus crispus*), 진두발(*C. ocellatus*), 애기돌가사리(*Chondracanthus intermedia*), 마디잘록이(*Lomentaria catenata*), 비단풀사촌(*Ceramiopsis japonica*), 잔금분홍잎(*Acrosorium polyneurum*), 엇가지풀(*Heterosiphonia japonica*), 개서실(*Chondria crassicaulis*), 쌍발이서실(*Laurencia okamurae*), 모로우붉은실(*Polysiphonia morrowii*), 참보라색우무(*Symphyocladia latiuscula*), 무절산호조류(Melobesioidean algae)였고, 이는 전체 출현 종 중에서 약 65%에 해당하는 해조류가 공사 전, 후에 가장 연안에서 동일하게 출현하는 것으로 나타났다(Table 1).

유사도에 근거한 조사 연도별 정점 간의 집괴분석 결과 크게 2

Table 2. The number of marine algal species investigated at study sites according to the survey period (SA: Seoam, DH: Duho, DB: Dongbaek, MD: Mundong)

Division	2006					2009				
	SA	DH	DB	MD	Total	SA	DH	DB	MD	Total
Chlorophyta	4	2	4	6	6	4	4	3	6	6
Phaeophyta	4	5	3	4	8	5	2	2	3	6
Rhodophyta	11	18	23	23	32	18	19	22	21	31
Sum	19	25	30	33	46	27	25	27	30	43

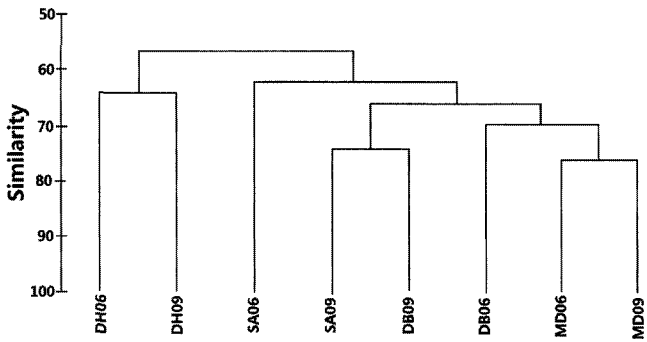


Fig. 2. A dendrogram produced by clustering location flora using average linkage at 4 sampling sites at Kijang according to the survey period (SA: Seoam, DH: Duho, DB: Dongbaek, MD: Mundong, 06: 2006, 09: 2009).

개의 그룹으로 나누어졌는데, 유사도 55% 수준에서 두호와 다른 정점 그룹으로 구분되었다(Fig. 2). 문동은 75% 수준에서 그룹 지어졌으며, 서암과 동백도 70~75% 수준에서 그룹 지어진 것으로 나타났다.

생물량

이번 연구를 통하여 분석된 기장의 각 정점별 평균 생물량은 2006년의 경우 문동에서 1,462.4 g m⁻²로 최대 생물량을 보였으며, 동백에서 1,270.4 g m⁻²을, 두호와 서암에서는 각각 1,196.2 g m⁻²와 616.0 g m⁻²으로 나타났다(Table 3). 각 정점별로 생물량이 가장 높았던 해조류는 서암의 경우 잎파래(226.2 g m⁻²), 두호와 동백에서는 지층이(495.6 g m⁻², 679.6 g m⁻²), 문동에서는 구멍갈파래(539.0 g m⁻²)로 분석되었다.

2009년에 연구된 정점별 해조류의 평균 생물량은 2006년과 동일하게 문동에서 965.6 g m⁻²으로서 가장 큰 해조류 생물량을 나타냈다. 두호에서는 615.0 g m⁻², 서암에서 551.5 g m⁻²를 나타냈으며 동백에서 354.8 g m⁻²로 가장 낮은 생물량을 보였다. 각 정점별로 생물량이 가장 높게 나타난 해조류는 서암, 두호, 문동에서 동일하게 갈조류인 지층이가 각각 188.6 g m⁻², 366.4 g m⁻² 및 396.2 g m⁻²의 생물량을 보였다. 동백에서는 홍조류인 작은구슬산호말이 89.8 g m⁻²로 다른 해조류에 비해 가장 높은 생물량을 나타냈다.

각 정점에서 가장 높은 생물량을 보인 몇몇 해조류 우점 종들의 높은 생물량은 정점별 생물량의 69.4%~95.3%를 차지 할 만큼

Table 3. Change of mean biomass (fresh weight g m⁻²) of algal species at study sites according to the survey period (SA: Seoam, DH: Duho, DB: Dongbaek, MD: Mundong)

Species	2006				2009			
	SA	DH	DB	MD	SA	DH	DB	MD
Chlorophyta								
<i>Ulothrix flacca</i>	0.2		1.2	1.0				
<i>Ulva linza</i>	226.2		0.6	14.6	86.8		2.6	
<i>Ulva pertusa</i>	153.0	0.2	100.2	539.0	167.4	2.2	88.4	238.0
<i>Codium fragile</i>				22.2		0.8		
Phaeophyta								
<i>Ectocarpus</i> sp.		9.8		1.2				
<i>Ishige okamurae</i>			0.2	3.4			1.8	
<i>Colpomenia sinuosa</i>	0.4		0.2					
<i>Dictyota dichotoma</i>		9.8				8.4		2.4
<i>Hizikia fusiformis</i>		344.2						
<i>Sargassum thunbergii</i>	208.0	495.6	679.6	449.6	188.6	366.4		396.2
Rhodophyta								
<i>Gelidium amansii</i>					11.8			
<i>Gelidium divaricatum</i>	0.8		0.4	1.2			0.8	22.8
<i>Lithophyllum okamurae</i>			1.6					
<i>Amphiroa beauvoisii</i>			1.6					6.6
<i>Corallina pilulifera</i>		201.6	154.4	11.0	79.4	164.8	89.8	32.8
<i>Grateloupia elliptica</i>				30.0	2.8	0.8		12.8
<i>Grateloupia lanceolata</i>		30.0		1.4				

Table 3. Continued

Species	2006				2009			
	SA	DH	DB	MD	SA	DH	DB	MD
<i>Grateloupia livida</i>			0.6					
<i>Prionitis cornea</i>	0.2							5.8
<i>Plocamium telfairiae</i>					2.0		0.8	
<i>Hypnea charoides</i>							32.6	46.8
<i>Gracilaria textorii</i>					4.8			
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>			7.2	4.0				
<i>Chondrus crispus</i>			1.0					
<i>Chondrus ocellatus</i>	4.0		178.4	86.8	5.6	28.4	68.0	46.4
<i>Chondracanthus intermedia</i>			121.8	28.2	0.9		66.9	16.8
<i>Lomentaria catenata</i>					1.4			12.8
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	1.6	11.8	18.8	6.2				
<i>Camphylaephora crassa</i>		4.8						
<i>Ceramiopsis japonica</i>	0.2			0.6				
<i>Acrosorium polyneurum</i>		4.4						
<i>Heterosiphonia japonica</i>		3.0		0.8				
<i>Chondria crassicaulis</i>	21.4	42.6	1.8	251.8		24.2		116.8
<i>Laurencia okamurae</i>		0.2						
<i>Polysiphonia morrowii</i>		8.4	0.2	9.4		2.2	3.1	8.6
<i>Symphyclocladia latiuscula</i>		29.8	0.6			16.8		
Total	616.0	1,196.2	1,270.4	1,462.4	551.5	615.0	354.8	965.6

높았다. 또한 이들 해조류의 평균 생물량은 조사 시기별로 다량 출현하는 경우가 대부분이었으며, 조사 시기에 따른 생물량과 우점하는 해조류의 종 조성에는 큰 차이를 나타내지 않고 유사하게 조사되었다. 모든 정점에서 조사 시기별로 우점하는 해조류로는 녹조류인 잎파래, 구멍갈파래와 갈조류인 지층이, 홍조류인 작은 구슬산호말, 진두발, 개서실 등으로 나타났다.

기능형 군 및 생태지수

이 연구기간에 각 정점에서 출현한 해조류를 6개의 기능형으로 구분하면, 2006년의 경우 성긴분기형 58.7%, 사상형 13.0%, 다육질형 10.9%, 엽상형 6.5%, 각상형 6.5%, 유절산호말형 4.3%였다. 2009년의 연구에서는 성긴분기형 58.1%, 다육질형 11.6%, 사상형 9.3%, 각상형 9.3%, 엽상형 7.0%, 유절산호말형 4.7%로 나타났다 (Table 4).

각 정점별 기능형의 구성종을 살펴보면, 성긴분기형과 다육질형의 출현 종 수는 거의 유사하게 높게 나타났으며, 엽상형과 사상

형의 출현 종 수도 정점에 따라서 높게 출현하는 경우도 있었다. 하지만, 조사 시기에 따른 기능형의 구성 비율은 시기에 따라 차이는 보이지만 성긴분기형, 다육질형, 사상형 비율의 평균값이 유사하게 나타났고, 이들 구성 비율이 상대적으로 다른 비율에 비하여 높았다.

해조상의 지역적 특성을 나타내는 생태지수인 R/P 값은 2006년의 경우 동백에서 7.67, 문동에서 5.75, 두호에서 3.60, 서암에서 2.75로 동백에서 최대였다 (Table 5). 2009년에도 동백이 11.0으로 가장 높았으며, 두호, 문동, 서암은 3.60-9.50의 값을 나타냈다. C/P 값은 2006년의 평균 값이 0.75, 2009년에는 1.00의 값을 보였고 각 정점에서 0.40-2.00 사이의 값을 나타냈다. (R+C)/P 값을 보면 다른 지수와 비슷하게 동백에서 가장 높은 값을 나타냈고, 서암에서 가장 낮은 값을 기록했다. 기장 지역의 전체 종에 대한 R/P 값은 4.00(2006년)과 5.17(2009년), C/P 값은 0.75(2006년)와 1.00(2009년), (R+C)/P 값은 4.75(2006년)와 6.17(2009년)을 나타냈다 (Table 5).

Table 4. Composition ratio (%) of marine algal functional form group investigated at study sites according to the survey period (SA: Seoam, DH: Duho, DB: Dongbaek, MD: Mundong)

Functional form	2006					2009				
	SA	DH	DB	MD	Total	SA	DH	DB	MD	Total
Sheet	15.8	4.0	10.0	6.1	6.5	11.1	8.0	11.1	6.7	7.0
Coarsely branched	52.6	52.0	56.7	60.6	58.7	51.9	48.0	48.1	50.0	58.1
Thick leathery	5.3	12.0	6.7	9.1	10.9	7.4	16.0	14.8	10.0	11.6
Filamentous	10.5	16.0	10.0	15.2	13.0	11.1	8.0	7.4	13.3	9.3
Jointed calcareous	5.3	4.0	6.7	3.0	4.3	3.7	8.0	3.7	6.7	4.7
Crustose	10.5	12.0	10.0	6.1	6.5	14.8	12.0	14.8	13.3	9.3

Table 5. The comparison of R/P, C/P, (R+C)/P value of marine algal flora at study sites according to the survey period (SA: Seoam, DH: Duho, DB: Dongback, MD: Mundong)

Ratio	2006					2009				
	SA	DH	DB	MD	Total	SA	DH	DB	MD	Total
R/P	2.75	3.60	7.67	5.75	4.00	3.60	9.50	11.0	7.00	5.17
C/P	1.00	0.40	1.33	1.50	0.75	0.80	2.00	1.50	2.00	1.00
(R+C)/P	3.75	4.00	9.00	7.25	4.75	4.40	11.5	12.5	9.00	6.17

고찰

이번 연구에서 확인된 기장 지역의 하계 해조류의 분류군별 출현 종 수는 과거에 이 지역 인근에서 조사된 기장(이와 강, 1971), 영일만(이 등, 1997)의 연구보다는 다소 감소한 것으로 나타났다. 하지만, 용호동(남과 김, 1999), 동백섬(Yoo, 2003), 서암(유, 2003), 영도(최, 2007), 월성(최, 2008)에 비해서는 유사하거나 다소 증가하였다. 또한, 과거에 보고된 이들 연구 결과들의 분류군별 출현 비율 결과들과 비교시에도 유사하게 나타났다.

최근 이산화탄소의 영향에 의한 지구온난화(Russell *et al.*, 2009)와 인위적인 공사 및 개변에 의한 해양 생태계의 변화에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(Bates *et al.*, 2005; Bates and DeWreede, 2007). 이들 연구에서는 해수온의 상승 및 각종 해안 사고 증가, 해양공간 이용 등으로 인한 연안에 서식하는 해양 생물들의 종 다양성이 감소하는 것으로 보고하고 있다(최, 2007). 이번 연구 결과 기장 연안에서 시행된 연구소 신축 공사 전, 후 출현 종의 비교 연구시 65%에 해당하는 해조류가 공통적으로 출현하는 것으로 나타났다. 또한 연구소 공사 지역인 동백의 출현 해조류 분류군비는 2006년에 녹조류 13.3%, 갈조류 10.0%, 홍조류 76.7%였고, 2009년에는 녹조류 11.1%, 갈조류 7.4%, 홍조류 81.5%로 공사 전후의 분류군 비율이 유사하게 나타났다. 이는 연안 인근에서 수행되는 단기간 및 소규모로 시행되는 공사는 해양 생물이 서식하는 조간대 및 조하대의 서식 기질을 인위적으로 변화시키지 않는다면 그 지역 서식 생물상에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다.

기장 지역 각 조사 정점의 평균 생물량은 2006년의 경우 616.0~1,462.4 g wet weight m⁻²이었다. 또한 2009년도에는 각 정점별로 354.8~965.6 g wet weight m⁻²으로 나타났다. 이는 기장 인근 용호동(남과 김, 1999)의 여름철 생물량인 954.1~2,420.8 g wet weight m⁻²와 비교시에는 현저히 낮은 값이지만, 일광만(강 등, 2008)의 여름철 생물량인 26.1~761.1 g wet weight m⁻²에 비교시에는 매우 높게 나타났다. 이러한 생물량은 여름철 조사에 국한된 결과로 가을 또는 겨울철 조사를 수행할 경우 모자반, 미역과 같은 대형 갈조류가 우점하게 되면 총 생물량이 증가할 가능성이 있다. 따라서 더욱 정확하게 해조군집을 해석하기 위해서는 다양한 환경 및 계절에 생육하고 있는 해조군집에 대한 연구를 수행하여 비교 분석할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

박 등(2007)의 보고에 의하면 남서해안에 출현한 해조류의 기능형군별 구성비는 성긴분기형, 사상형, 엽상형, 다육질형, 유절산호말형, 각상형 순으로 성긴분기형과 사상형의 구성비율이 높다고 하였다. 손(1987) 역시 우리나라 서, 남해안에 서식하는 해조류의 기능형군별 구성비가 성긴분기형, 사상형, 엽상형, 다육질형, 각상

형, 유절산호말형 순으로 성긴분기형과 사상형의 비율이 타 비율에 비해서 높다고 보고하였다. 최(2008)도 동해안 월성원전 주변의 해조군집 연구에서 성긴분지형, 사상형, 엽상형, 다육질형, 유절산호말형, 각상형 순으로 보고하였다. 이러한 연구 결과들을 보면, 우리나라 해역별 서식 해조류의 기능형군별 구성비는 이번 연구가 수행된 기장 지역을 포함하여 성긴분기형, 사상형의 구성 비율이 다른 비율에 비해 상대적으로 높은 유사한 경향을 나타냈다. 엽상형, 사상형, 성긴분기형 해조류는 환경적인 스트레스가 심한 교란 혹은 오염지역에서 나타나는 해조류로서(Orfandis *et al.*, 2001), 기능형군별 구성비로 판단했을 때 조사지역이 외양성의 특징을 가진 전형적인 온난대성 해조상의 특징을 반영한다고 할 수 있다(박 등, 2007).

해조류의 지리적 분포 양상을 분석하는데 있어서 Feldmann (1937)은 R/P 값을, Segawa(1956)는 C/P 값을 이용하여 한대에서 아열대 지역까지 구분하였다. Cheney(1977)는 (R+C)/P 값을 제안하여 값이 3 이하이면 온대성 또는 한대성 해조상, 6 이상이면 열대성 해조상, 그 중간값이면 혼합 해조상의 특징을 나타낸다고 하였다. 이 연구 결과 이 해역의 R/P 값은 4.00(2006년), 5.17(2009년)이었고, C/P 값은 0.75(2006년), 1.00(2009년)을, (R+C)/P 값은 4.75(2006년), 6.17(2009년)으로 나타났다. 이는 강 등 (2008)이 일광만 해조군집 연구에서 언급한 열대성에 가까운 혼합 해조상의 특성을 보인다고 할 수 있다. 이번 조사 지역 인근인 동해 남부 해역에서 조사된 이전의 연구(이와 강, 1971; 남과 김, 1999; 유, 2003; Yoo, 2003; 최, 2007, 2008, 강 등, 2008)와 비교해 보면 기장 지역의 여름철 해조상 생태지수는 일광만(강 등, 2008)과는 유사하게 나타났지만 나머지 다른 지역들 보다는 높았다.

결론적으로, 기장 일대에 생육하는 해조류 식생은 70-80년대에 수행된 연구에 비해서는 대체적으로 빈약해졌지만, 최근에 수행된 용호동, 일광만, 서암, 동백섬 등의 연구결과와 유사하게 나타났다. 하지만 해조류 종 다양성 및 생물량은 해수온 상승이나 인위적인 개발 등의 변화에 의하여 감소하는 경향을 나타낼 것으로 판단된다. 이와 더불어 전국적으로 확산되고 있는 갯녹음 현상의 진행도 가속화 될 것이라고 생각된다. 여름철 한 계절의 조사만으로 연안에서 시행된 공사의 영향 유무를 단언하는 것은 어렵고도 조심스럽기 때문에 장기간에 걸친 조사를 실시하여 더욱 다각도로 분석할 필요성이 있다. 이 지역 해조 식생 및 해조군집을 변화시키지 않기 위해서는 체계적인 모니터링 연구를 수행할 필요성이 있으며, 장기간의 모니터링 결과 생태계가 훼손되거나 보전의 필요성이 제기된다면 훼손된 생태계를 보전하기 위해서 생태공학적 기법을 활용한 생태복원 등을 수행하여 해양 생태계를 유지 관리하여야 할 것으로 판단한다.

사 사

이 논문은 2009학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임(PK-2009-68).

참고문헌

- 강제원, 1968. 한국동식물도감. 제8편. 식물편(해조류). 삼화출판사, 서울, 465 pp.
- 강필준, 김영식, 남기완, 2008. 한국 일광만 저서 해조류의 해조상과 군집구조. *Algae*, **23**: 317-326.
- 남기완, 김영식, 1999. 부산 용호동 일대의 저서 해조상 및 군집구조. *한국수산학회지*, **32**: 374-384.
- 박찬선, 위미영, 황은경, 2007. 한국 남서해안 도초군도 부인도서의 하계 해조상. *Algae*, **22**: 305-311.
- 손철현, 1987. 한국 해조류의 식물지리학적 특성과 군집의 정량적 분석. 박사학위논문, 전남대학교, 111 pp.
- 유종수, 2003. 부산 서암 조간대 부착생물군집의 동태. *한국해양학회지*, **8**: 420-425.
- 이기완, 강제원, 1971. 해운대 동백섬의 해조상 및 해조군락 (예보). *부산수대임연보*, **4**: 29-37.
- 이순열, 이재완, 이해복, 1997. 동해안 영일만과 그 주변 지역의 해조상. *Algae*, **12**: 303-311.
- 이용필, 강서영, 2001. 한국산 해조류의 목록. 제주대학교, 제주, 662 pp.
- 이인규, 강제원, 한국산 해조류의 목록. *한국조류학회지*, **1**: 311-325.
- 최창근, 2007. 부산 영도의 해조상과 곶피(*Ecklonia stolonifera* Okamura) 군락. *Algae*, **22**: 313-318.
- 최한길, 2008. 월성원자력발전소 온배수가 해조류 종조성 및 군집구조에 미치는 영향. *Algae*, **23**: 151-162.
- Bates, C.R. and R.E. DeWreede, 2007. Do changes in seaweed biodiversity influence associated invertebrate epifauna?, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **344**: 206-214.
- Bates, C.R., G.W. Saunders and T.C. Chopin, 2005. An assessment of two taxonomic distinctness indices for detecting seaweed assemblage responses to environmental stress. *Bot. Mar.*, **48**: 231-243.
- Bertness, M.D., G.H. Leonard, J.M. Levine, P.R. Schmidt and A.O. Ingraham, 1999. Testing the relative contribution of positive and negative interactions in rocky intertidal communities. *Ecology*, **80**: 2711-2726.
- Boo, S.M. and I.K. Lee, 1986. Studies on benthic algal community in the east coast of Korea. 1. Floristic composition and periodicity of a Sokcho rocky shore. *Korean J. Phycol.*, **1**: 107-116.
- Cheney, D.P. 1977. R & C/P - A new and improved ratio for comparing seaweed floras. *Suppl. J. Phycol.*, **13**: 129.
- Clarke, K.R. and R.N. Gorley, 2006. PRIMER V6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd, Plymouth, 190 pp.
- Feldmann, J., 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranee. La cote des Alberes. *Rev. Algol.*, **10**: 1-339.
- Kang, J.W., 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.*, **7**: 1-125.
- Lotze, H.K. and I. Milewski, 2004. Two centuries of multiple human impacts and successive changes in a North Atlantic food web. *Ecol. Appl.*, **14**: 1428-1447.
- Lotze, H.K., W. Schramm, D. Schories and B. Worm, 1999. Control of macroalgal blooms at early developmental stages: *Pilayella littoralis* versus *Enteromorpha* spp. *Oecologia*, **119**: 46-54.
- Orfanidis, S., P. Panayotidis and N. Stamatis, 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal and water; A marine benthic macrophytes-based model. *Medit. Mar. Sci.*, **2**: 45-65.
- Russell, B.D., J.I. Thompson, L.J. Falkenberg and S.D. Connell, 2009. Synergistic effects of climate change and local stressors: CO₂ and nutrient-driven change in subtidal rocky habitats. *Glo. Cha. Biol.*, **15**: 2153-2162.
- Segawa, S., 1956. Coloured illustration of the seaweeds of Japan. Hoikusha Publ. Co. Osaka. 195 pp.
- Stachowicz, J.J., 2001. Mutualism, facilitation, and the structure of ecological communities. *Bioscience*, **51**: 235-246.
- Thompson, R.E., B.J. Wilson, M.L. Tobin, A.S. Hill and S.J. Hawkins, 1996. Biologically generated habitat provision and diversity of rocky shore organisms at a hierarchy of spatial scales. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **202**: 73-84.
- Yoo, J.S., 2003. Biodiversity and community structure of marine benthic organisms in the rocky shore of Dongbaekseom, Busan. *Algae*, **18**: 225-232.
- Yoshida, T., K. Yoshinaga and Y. Nakajima, 1995. Check list of marine algae of Japan (revised in 1995). *Jpn. J. Phycol.*, **43**: 115-171.

2010년 5월 2일 원고접수

2010년 7월 22일 수정본 채택

담당편집위원: 김광용