

한국 연안 해조류 생물량의 연간 변동 양상: 경상남도 욕지도 지역

최창근^{1*} · 김정하² · 정익교³

(¹부경대학교 양식학과, ²성균관대학교 생명과학과, ³부산대학교 해양과학과)

Temporal Variation of Seaweed Biomass in Korean Coasts: Yokjido, Gyeongnam Province

Chang Geun Choi^{1*}, Jeong Ha Kim² and Ik Kyo Chung³

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

²Department of Biological Science, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

³Department of Marine Science, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

The seasonal variation of marine algal biomass and community were studied with nondestructive sampling and quadrat method during May 2006 to April 2008 in the intertidal and subtidal zone at Yokjido. As result, total 120 species, 13 Chlorophyta, 34 Phaeophyta, 71 Rhodophyta and 2 Spermatophyta were identified in this study. The major species which contributed significantly to the total biomass were *Ulva pertusa*, *Undaria pinnatifida*, *Ecklonia stolonifera*, *Sargassum horneri*, *S. serratifolium*, *Gelidium amansii* and *Prionitis cornea*. The mean biomass was 235.5 g wet wt m⁻² in intertidal, 1,038.9 g wet wt m⁻² in 1 m, 1,013.1 g wet wt m⁻² in 5 m, and 19.7 g wet wt m⁻² in 10 m depths of mean sea level. Seasonal biomass change in intertidal zone, the peak season was in spring, while the lowest was in autumn. The vertical distribution of marine vegetation was characterized by *Ulva pertusa* - *Gelidium divaricatum* - *Gloiopeltis furcata* - *Sargassum thunbergii* - *Hizikia fusiformis* at intertidal zone, and *Caulerpa okamurae* - *Gelidium amansii* - *Chondrus ocellatus* - *Ecklonia stolonifera* - *Sargassum horneri* - *Gracilaria textorii* at subtidal zone. These result indicates that the marine algal species and biomass of 1 m and 5 m depths in subtidal zone are greater than intertidal zone, and *Ecklonia stolonifera* and *Sargassum* spp. are the dominant species of Yokjido.

Key Words: biomass, community, nondestructive sampling, seasonal variation, vertical distribution

서 론

해조류는 연안생태계에서 중요한 일차 생산자로서 물질순환을 주도하고 생물자원으로서 오랫동안 인류에 의해 이용되고 있다(Zimmerman *et al.* 1994). 해조류는 식용으로서의 용도 외에도 의약품, 공업용, 사료용, 비료용 등으로 광범위하게 이용되며, 연안에 서식하는 어류와 패류의 산란, 서식 및 먹이 제공, 바이오 에너지원 등으로 이용되거나 주목받고 있다(Dawes 1998; Worm *et al.* 2000). 또한 해조류는 영양염 제거에 따른 biofilter 기능과 부착생물의 착생기질로서 생

물 다양성을 증대시키는 기능을 한다(Hemminga *et al.* 1999; McCall *et al.* 1999; 강과 김 2004).

최근에는 해양이 탄소순환을 전 지구적으로 조절하는 측면에서 연안에 서식하는 해조류가 많은 양의 CO₂를 대기 및 해양으로부터 흡수하는 흡수원으로서 이산화탄소를 저감하는 기술로 활용할 수 있다는 개념의 정립과 함께 많은 양의 CO₂ 저감 효과와 같은 중요한 역할을 기대할 수 있다는 측면에서 중요성이 높아지고 있다(윤 등 1999).

하지만 최근 이러한 해산식물은 환경오염, 도시화와 산업화에 따른 각종 오염물질의 유입, 해양에서 빈번하게 발생하는 선박사고에 의한 유류 유출사고, 해안개발에 따른 해안 이용도 증가로 인한 생태계 변화 및 주요 수산자원의 생산력 저하를 초래하고 있다(Lobban and Harrison 1994).

*Corresponding author (changgeuni@hanmail.net)

해조류와 같은 해양생태계의 일차 구성원이 되는 해산식물의 감소(김 등 2007; 최 2007)는 우리나라 연안의 환경보전과 생산력 증대에 많은 문제점을 일으킬 뿐 만 아니라, 갯녹음 현상과 같은 사회적인 문제로 대두되고 있다. 따라서 갯녹음의 원인 구명과 해조군집 및 해중림의 복원에 많은 관심들을 기울였지만 현재의 상황과 해조군집의 다양성, 현존량 등을 비교할 수 있는 과거 자료가 충분하지 않기 때문에 과학적 자료에 근거한 정확한 판단을 내릴 수 없다는 것이 문제로 남아있다. 따라서 국내 연안 해조류를 대상으로 지역 해조상, 생물량 및 해조군집의 연간 변동을 생태학적으로 접근하여 밝히는 연구는 우리나라 해조자원을 보다 명백히 구명한다는 목적과 한국 해조생태학의 필수적인 자료 확보 및 축적에 기여할 수 있으므로 매우 중요하다고 판단된다.

이 연구는 한국 연안 해조류 생물량의 연간 변동 양상을 파악하기 위하여 남해안 옥지도 지역의 조간대 및 조하대에 서식하는 해조류의 군집 구조와 분포특성을 파악하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

해조류 군집연구는 경상남도 통영시 옥지면 옥지도 인근 해역의 조간대 조위별 상, 중, 하부와 조하대 1 m, 5 m, 10 m 수심에서 각각 5개 연구지역의 해조류 식생을 대표할 수 있는 곳을 선정하여 2006년 5월부터 2008년 4월까지 24개월 간 계절별로 실시하였다.

해조군락의 분석을 위한 연구는 정성과 정량적인 방법으로 수행되었으며, 조하대의 경우에는 SCUBA diving으로 조사하였다. 생물량 추정을 위한 해조류의 채취는 해조군집의 훼손을 최소화하기 위하여 비파괴적인 방법(nondestructive sampling)을 적용하였다(Littler and Littler 1985). 생물량 추정을 하기 위한 해조류 채취는 25개의 소방형구(0.1 m × 0.1 m)로 나누어진 0.5 m × 0.5 m 크기의 방형구를 설치하여 대표성을 나타내는 1-2개의 방형구 내에 출현하는 모든 해조류를 끝칼 등으로 완전히 수거한 후 10% 포르말린-해수 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 또한 조사 정점의 주변 해역 기질을 자세히 조사하면서 그 곳에 서식하는 해조류를 정성적으로 채집하였다.

조사 연구지역인 옥지도에 출현하는 대형 해조류인 곰피, 미역(*Undaria pinnatifida*), 모자반류 등은 10 cm 간격으로 길이 등급(size class)을 설정하여 측정하였다. 0-10 cm 이내를 class 1로, 11-20 cm 이내를 class 2 등으로 표시하여 샘플의 길이를 각 길이 등급별로 측정하였다(최 2007). 해조류 생물량 산정은 해조류 종별 피도 또는 길이 등급(size class)에 대한 습중량의 회귀공식을 도출하고 비파괴적 방법으로 연구된 자료에 반영하여 산출하였으며 단위면적 당 무게(g wet

Table 1. Regression equation for the estimation of major algal biomass

Species	Regression equation	
	Coverage	Size class
<i>Ecklonia stolonifera</i>		$y = 7.63x - 9.35$
<i>Sargassum serratifolium</i>		$y = 4.42x - 1.60$
<i>Undaria pinnatifida</i>		$y = 5.93x - 8.98$
<i>Sargassum horneri</i>		$y = 8.73x - 25.94$
<i>Sargassum fulvellum</i>		$y = 19.26x - 42.74$
<i>Myagropsis myagroides</i>		$y = 25.07x - 57.24$
<i>Ulva pertusa</i>	$y = 3.03x + 10.28$	
<i>Gelidium amansii</i>	$y = 1.44x + 5.41$	
<i>Prionitis cornea</i>	$y = 6.39x - 35.20$	
<i>Hypnea saidana</i>	$y = 1.92x - 3.36$	
<i>Chondrus crispus</i>	$y = 6.58x - 31.91$	
<i>Lomentaria catenata</i>	$y = 3.43x - 11.30$	

wt. m⁻²)로 환산하여 표시하였다(Table 1).

동정된 해조류의 학명과 목록은 한국 해조목록의 분류체계(강 1968; 이와 강 1986; 이와 강 2002) 및 일본해조류도감(千原 1996; 吉田 1998)을 기준으로 하였다.

결과 및 고찰

연구기간 중 옥지도 인근 해역에서 채집된 해산식물의 총 출현 종 수는 120종으로 녹조류 13종, 갈조류 34종, 홍조류 71종 및 해산현화식물 2종이 출현하였다(Table 2). 계절별 연구에서는 33-74종의 범위였으며, 계절별 분포 특성을 보면 분류군별로 출현한 해조류의 출현 종 수는 크게 차이를 보이지 않았다. 계절별 녹조류 출현 종 수는 3-7종, 갈조류는 2008년 4월을 제외하면 8-14종, 홍조류 역시 같은 시기를 제외하면 20-31종 사이에서 출현하였다. 2008년 4월의 경우 녹조류는 다른 계절과 큰 차이가 없었지만, 갈조류와 홍조류의 출현 종 수는 각각 22종, 44종으로 다른 연구시기에 비해 상대적으로 다양한 해조류가 출현하였다. 이는 겨울철과 봄철에 다양한 해조류가 출현하여 다른 계절에 비해 출현 종 수가 풍부해지는 일반적인 해조류의 분포 특성이라고 판단된다.

계절별로 연중 출현하는 보편적인 해조류로는 녹조류인 옥덩굴(*Caulerpa okamurae*), 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 갈조류인 불레기말(*Colpomenia sinuosa*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 툯(*Hizikia fusiformis*), 패(*Ishige okamurae*), 구슬모자반(*Sargassum piluliferum*), 지층이(*S. thunbergii*), 홍조류인 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 애기우뭇가사리(*G. divaricatum*), 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*), 진분홍딱지(*Hildenbrandtia rubra*), 흑돌잎(*Lithophyllum okamurae*), 작은

Table 2. Seasonal change in marine algal and floristic composition in Yokjido

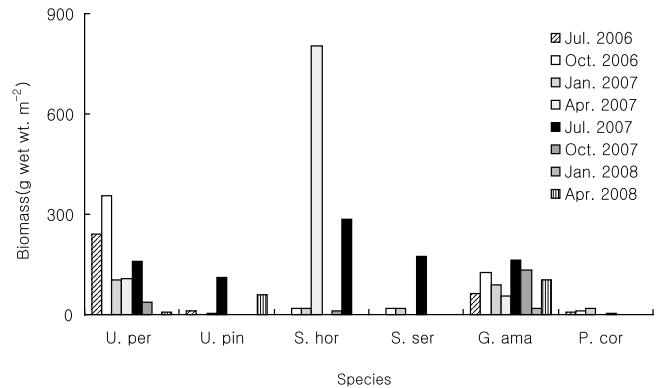
Division	2006		2007		2008				Total
	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	
Chlorophyta	3	3	4	3	5	7	4	6	13
Phaeophyta	8	9	13	14	8	10	12	22	34
Rhodophyta	20	24	31	25	27	30	20	44	71
Spermatophyta	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sum	33	38	50	44	42	49	38	74	120

Table 3. Seasonal change in mean biomass (g wet weight m⁻²) according to the depth in Yokjido

Date	Intertidal	Subtidal			
		1m	5m	10m	
2006 Jul.	284.0	297.5	721.3	50.8	
	118.0	844.4	1,292.3	0	
2007 Jan.	128.2	1,962.1	1,259.8	106.4	
	Apr.	414.3	744.5	902.4	0
	Jul.	178.7	2,137.2	1,024.5	0
	Oct.	156.1	481.4	1,018.6	0
2008 Jan.	134.2	1,386.5	1,483.2	0	
	Apr.	468.8	457.2	422.0	0
Mean	235.3	1,038.9	1,013.1	19.7	

구슬산호말 (*Corallina pilulifera*), 참곱슬이 (*Plocamium telfairiae*), 애기돌가사리 (*Chondracanthus intermedia*), 돌가사리 (*C. tenellus*), 개서실 (*Chondria crassicaulis*), 진두발 (*Chondrus ocellatus*), 마디잘록이 (*Lomentaria catenata*), 잔금분홍잎 (*Acrosorium polyneurum*), 무질산호조류 (*Melobesioidean algae*), 해산현화식물인 *Halophila ovalis*, 거머리말 (*Zostera marina*)로 총 24종이 관찰되었다.

남해의 하계 해조군집 연구에서 강 등(1993)은 옥지도의 조하대 해조상을 44종으로 보고하여 이번 연구에 비해 빈약한 출현 종 수를 보고하였는데, 이는 하계에 국한된 연구였기 때문에 출현 종 수가 다소 빈약하게 나타난 것으로 판단된다. 출현종이나 주요종의 목록을 비교해보면 이번 연구와 유사함을 알 수 있다. 김(1991)은 충무 연안의 해조상 연구에서 충무 연안의 저조선 1 m 부근은 미역이 대상분포를 하며 이 지역의 우점종으로 구멍갈파래, 청각, 불레기말, 팽생이모자반, 미야베모자반 (*S. miyabei*), 잎꼬시래기 등으로 옥지도 지역과 유사한 해조상을 보고하였다. 돌산도의 조하대 해조군락 연구에서는(손 등 1983) 조하대의 수직분포가 조간대에 비해 뚜렷하지는 않지만, 조하대에서 군락을 이루며 우점하는 주요 종들이 두 지역간에 유사하게 연구되어, 기존에 몇몇 연구지역에서 보고된 조하대에서 출현하는 해조류

**Fig. 1.** Seasonal change in biomass of major marine algae in Yokjido. *U. per*: *Ulva pertusa*, *U. pin*: *Undaria pinnatifida*, *S. hor*: *Sargassum horneri*, *S. ser*: *Sargassum serratifolium*, *G. ama*: *Gelidium amansii*, *P. cor*: *Prionitis cornea*.

의 종조성이 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있다.

계절에 따른 주요 출현종의 평균 생물량 변화는 Fig. 1과 같다. 평균 생물량은 대부분 겨울철과 봄철 연구시에 가장 높았다. 구멍갈파래의 경우에는 여름과 가을철 연구시에 가장 높은 생물량을 보였다. 2006년 10월 연구시 356.2 g m⁻²로 생물량이 가장 높았고, 2006년과 2007년 여름 연구시에도 다른 계절에 비해 높게 나타났다. 팽생이모자반은 겨울철과 봄철에 높은 생물량을 보였는데 2007년 4월에 804.2 g m⁻²로 가장 높았고, 2006년과 2007년의 여름철 조사시에는 출현하지 않는 계절적인 변동을 보여주었다. 홍조류인 우뚝가사리는 연중 고르게 출현하여 생물량의 변화폭은 크지 않았지만, 여름과 가을 연구에서 높았고 2007년 7월인 여름철 연구에서 162.6 g m⁻²로 가장 높게 나타났다.

연구 수심에 따른 계절별 생물량 변동은 Table 3과 같다. 조간대에 서식하는 해조류의 평균 생물량은 235.3 g m⁻²로 연구되었는데, 봄철 연구인 2007년 4월과 2008년 4월에 각각 414.3 g m⁻², 468.8 g m⁻²로 상대적으로 다른 계절에 비해 높았다. 이는 봄철 연구시 갈조류인 툫과 지층이가 우점하였기 때문에 다른 계절에 비해 높은 생물량을 나타낸 것으로 판단된다. 이 외에 다른 계절에 연구된 시기별 생물량 변동은 큰 차이를 보이지 않았다. 조하대의 경우, 1 m와 5 m 수심에 서식하는 해조류의 계절별 생물량 변동은 변화폭이 크지 않았

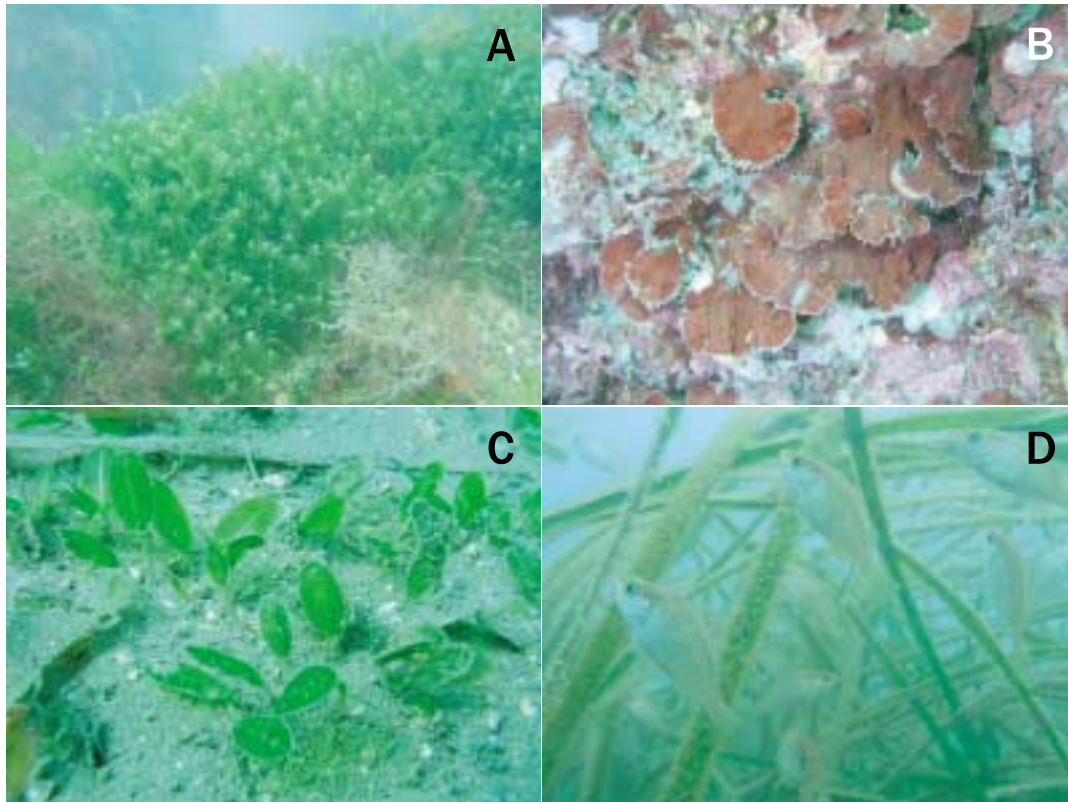


Fig. 2. Benthic marine algal communities on the shore in Yokjido. A. *Caulerpa okamurae* in 1 m depth, B. *Peyssonnelia caulifera* on the rock in 5 m depth, C. *Halophila ovalis* in 5 m depth, D. Seagrass bed of *Zostera marina* with juvenile *Sebastes inermis* in 5 m depth.

Table 4. General vertical distribution of marine algae investigated in Yokjido

Depth		Species
Intertidal	Upper	<i>Ulva pertusa</i> , <i>Gelidium divaricatum</i> , <i>Gloiopeltis furcata</i>
	Middle	<i>Ulva pertusa</i> , <i>Sargassum thunbergii</i> , <i>Gloiopeltis furcata</i>
	Lower	<i>Hizikia fusiformis</i> , <i>Sargassum thunbergii</i> , <i>Chondria crassicaulis</i>
Subtidal	1 m	<i>Caulerpa okamurae</i> , <i>Gelidium amansii</i> , <i>Chondrus ocellatus</i> , <i>Chondracanthus intermedia</i> , <i>Plocamium telfairiae</i>
	5 m	<i>Ecklonia stolonifera</i> , <i>Sargassum horneri</i> , <i>Gelidium amansii</i>
	10 m	<i>Gelidium amansii</i> , <i>Gracilaria textorii</i>

고, 대체로 가을과 겨울철에 높게 나타났다. 5 m 수심에서는 다년생 갈조류인 곱피가 우점하였기 때문에 생물량의 변화 폭이 크지 않았던 것으로 판단된다. 10 m 수심은 바닥이 빨로 구성되어 있기 때문에 해조류의 착생 및 서식이 불리하여 다른 수심에 비해 상대적으로 출현하는 해조류의 출현 종 수와 생물량이 낮게 연구되었다.

해조류 생물량에 관한 다양한 연구에서 대부분 해조류의 생물량이 겨울철 또는 봄철에 가장 높고, 여름철에 가장 낮은 계절별 변동을 많이 나타내고 있다. 광양만 일대(이 등 1975) 서식 해조류의 생물량은 봄철에 최대값을, 여름철에는 최소값을 나타내 유사한 계절적 변동을 나타냈다. 손 등 (1982)은 남해안 돌산도에서 해조류의 생물량을 연구한 결과 지층이와 툫 등이 겨울에서 봄철에 이르는 동안 이 지역 해조류 군락의 85-90%를 차지하여 절대 우점종이라고 밝혔는데, 옥지도에서도 봄철에는 이들 해조류가 조간대의 최우점종으로 연구되었다. 고(1990)는 현존량을 이용한 생물량 (biomass)은 피도나 밀도처럼 군집의 속성을 이해할 수 있으며, 상위 영양단계에 기여할 수 있는 결합 먹이 에너지 (bound food energy)를 표현한다는 점에서 중요한 생태지수로 간주된다고 하였다. 거문도에서 연구된 생물량의 변동을 계절별로 비교해 보면, 평균적으로 지층이, 작은구슬산호말, 불등풀가사리, 툫 등이 차례로 높은 생물량을 나타냈다고 보고하여 옥지도에서 연구된 생물량의 변동과 유사했다.

연구지역인 옥지도의 조간대와 조하대에 서식하는 해조류의 수직분포는 Table 4와 같다. 조간대 상부에서는 녹조류인 구멍갈파래와 홍조류인 애기우뭇가사리, 불등풀가사리 (*Gloiopeltis furcata*)가 우점하였다. 중부의 경우 이들 해조류

외에 갈조류인 지층이가 분포하였고, 조간대 하부에서는 갈조류 툫과 지층이, 홍조류인 개서실이 우점하여 분포하였다. 조하대에서는 1 m 수심에서 녹조류인 옥덩굴, 홍조류인 우뚝가사리, 애기돌가사리 등이 분포하였고, 5 m 수심에서는 갈조류인 곱피와 팽생이모자반이 우점하였다. 수심 10 m의 경우에는 기질이 빨로 구성되어서 많은 해조류가 분포하지는 않았지만, 홍조류인 우뚝가사리와 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*)가 분포하였다.

고(1990)는 거문도의 수직분포가 조간대에서 봄철에 불등풀가사리, 참풀가사리(상부), 툫, 지층이(중부), 불레기말, 구멍갈파래, 돌가사리(하부)로 구성됨을 보고하였고, 해조류의 피도와 현존량의 구배를 계절적으로 비교해 보면 계절이 봄에서 가을로 바뀌면서 해조류의 분포 중심이 조간대 상부에서 하부로 이동된다고 하였다. 하지만 해조류 분포 중심이 이동되는 경향은 지역에 따라 차이가 난다고 보고하였다. 남해안 돌산도(손 등 1982, 1983), 광양만(송 1986; 이 등 1975), 남해 조하대(강 등 1993)에서 연구된 해조군락의 수직분포는 수위에 따라 차이는 있지만 대부분 애기우뚝가사리, 잎파래(*Enteromorpha linza*), 개서실, 구멍갈파래, 지층이 등이 공통적으로 출현하여 유사한 수직분포를 나타내었다. 또한 최(1992)는 한국 서남해안 해조류의 조간대 수직분포를 불등풀가사리, 애기우뚝가사리(상부), 지층이, 구멍갈파래, 툫(중부), 작은구슬산호말, 개서실, 참보라색우무, 모자반류(하부)가 생육하는 것으로 보고하였고, 여러 지역에서 연구한 이러한 수직분포 결과는 욱지도에서 나타난 수직분포 결과와 유사함을 알 수 있다.

욕지도는 수심 5 m 부근까지 자연 암반이 발달하여 다양한 해조류가 착생하기에 적합한 것으로 조사되었다. 수심 1 m 부근 해역에서는 다양한 종류의 해조류가 서식하는데, 열대성 해조류로 알려진 녹조류 옥덩굴(Fig. 2A), 갈조류 모자반류, 홍조류 우뚝가사리, 가시우무, 돌가사리류가 우점하였다. 욱지도의 조하대는 수심 5 m 부근부터 암반과 빨로 구성되어 부유물질로 인한 낮은 투명도, 불량한 시야를 갖는 특징이 있다. 홍조류인 자루바다표고(*Peyssonnelia caulifera*)는 조하대의 그늘진 암반 주변, 구석진 어두운 곳에서도 서식하는 등 약한 빛 조건에서도 생육하는데, 욱지도의 5-6 m 수심에서 흔하게 확인되었다(Fig. 2B). 5-7 m 수심의 빨로 구성된 곳에서는 해산현화식물인 *Halophila ovalis*(Fig. 2C)가 2년의 조사기간 동안 전 계절에 생육이 확인되었다. *Halophila ovalis*는 우리나라 남해안의 여수, 남해 등과 일본 대마도 등지에서 서식이 확인되었지만, 현재 분포 및 우리나라의 고유 토착종인지 외래 유입종인지에 관한 연구 등이 미흡한 실정이다. 따라서 이 종에 대한 분류, 생태학적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 이 외에도 해산현화식물인 거머리말(*Zostera marina*)이 *Halophila ovalis*와 동일 지역

에서 생육하며, 울창한 해조장(seagrass bed)을 형성하여 볼락(*Sebastes inermis*), 쭈기미(*Inimicus japonicus*), 용치놀래기(*Halichoeres poecilopterus*) 등의 어류가 서식장으로 활용함을 알 수 있다(Fig. 2D).

2년간 연구된 욱지도 주변 해역의 연구 결과로 볼 때 해조류 생물량의 변동 및 해조군집은 인근 지역인 통영, 비진도, 연화도, 돌산도 등지의 남해 연안과 유사하게 나타났다. 그렇지만 인근의 많은 지역에서 조하대 연구가 수행되거나 축적된 자료가 부족하기 때문에 주변 지역과 정확하게 비교 분석하기에는 많은 제약이 따른다. 따라서 국내 연안 해조류 생물량의 연간 변동 뿐만 아니라 저서생태계의 자료 확보 및 축적, 훼손된 지역의 생태복원 등 자료 활용 면에서 지속적으로 모니터링과 조사, 연구를 수행하여야 할 필요성이 높다고 판단된다.

사 사

이 논문은 국토해양부 “해조류를 이용한 온실가스 저감기술 개발” 연구개발사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- 강래선, 김중만. 2004. 한국 남해중부 금오열도 연안 암반 조하대 해조군집의 구조. *Algae* 19: 339-347.
- 강래선, 제종길, 손철현. 1993. 남해의 하계 해조군집 II. 조하대의 군집. *한국수산학회지* 26: 182-197.
- 강제원. 1968. 한국동식물도감. 제8권 식물편(해조류). 문교부. 465 pp.
- 고남표. 1990. 거문도의 해산식물자원에 관한 생태학적 연구. *한국조류학회지* 5: 1-37.
- 김남길. 1991. 총무 연안의 해조상. *통영수산대 논문집* 27: 118-126.
- 김영환, 안종관, 윤희동, 장민아. 2007. 고리원전의 온배수 방출이 주변 해조군집에 미치는 영향. *Algae* 22: 297-304.
- 손철현, 이인규, 강제원. 1982. 남해안 돌산도의 해조 I. 부산수대해 연보 14: 37-50.
- 손철현, 이인규, 강제원. 1983. 남해안 돌산도의 해조 II. 조하대 해조군락의 구조. *한국수산학회지* 16: 379-388.
- 송춘복. 1986. 남해안 광양만의 조간대 해조상에 관한 생태학적 연구. *한국조류학회지* 1: 203-223.
- 윤영상, 박종문, Volesky B. 1999. 조류배양을 통한 이산화탄소 및 암모니아의 동시처리. *한국생물공학회지* 14: 328-336.
- 이용필, 강서영. 2002. 한국산 해조류의 목록. 제주대학교 출판부, 662 pp.
- 이인규, 강제원. 1986. 한국산 해조류의 목록. *한국조류학회지* 1: 311-325.
- 이인규, 김영환, 이정호, 홍순우. 1975. 광양만의 해조류에 관한 연구 1. 해조군집의 계절적 변화. *한국식물학회지* 18: 109-121.
- 최도성. 1992. 한국 서남해안의 해조자원 실태에 관한 연구. *연안환경연구* 9: 81-103.
- 최창근. 2007. 부산 영도의 해조상과 곱피(*Ecklonia stolonifera* Okamura) 군락. *Algae* 22: 313-318.

- Dawes C.J. 1998. *Marine botany*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 628pp.
- Hemminga M.A., Marba N. and Stapel J. 1999. Leaf nutrient reabsorption, leaf lifespan and the of nutrients in seagrass systems. *Aquat. Bot.* **65**: 141-158.
- Littler M.M. and Littler D.S. 1985. Nondestructive sampling. In: Littler M.M. and Littler D.S. (eds), *Handbook of Phycological Methods*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 161-175.
- Lobban C.S. and Harrison P.J. 1994. *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University. New York, 366 pp.
- McCall R.K., Moncreiff C.A., Randall T.A., Caldwell J.D. and Blackburn B.R. 1999. Seagrass epiphytes: Contributions to local chlorophyll a concentration. *Gulf Research Reports* **11**: 74.
- Worm B., Lotze H.K. and Sommer U. 2000. Coastal food web structure, carbon storage, and nitrogen retention regulated by consumer pressure and nutrient loading. *Limnol. Oceanogr.* **45**: 339-349.
- Zimmerman R.C., Cabello-Pasini A. and Alberte R.S. 1994. Modeling daily production of aquatic macrophytes from irradiance measurements: A comparative analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **114**: 185-196.
- 吉田忠生. 1998. 新日本海藻誌. 内田老鶴圃. 1222 pp.
- 千原光雄. 1996. 學研生物圖鑑. 海藻. 學習研究社. 292 pp.

Received 15 October 2008

Accepted 20 November 2008