

동해안 울진 연안 조하대 저서 해조류의 군집구조

최창근^{1*} · 곽석남² · 손철현³

(¹한국해양대학교 해양과학기술연구소, ²부경대학교 해양과학공동연구소, ³부경대학교 양식학과)

Community Structure of Subtidal Marine Algae at Uljin on the East Coast of Korea

Chang Geun Choi^{1*}, Seok Nam Kwak² and Chul Hyun Sohn³

¹Research Institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

²Korea Inter-University Institute of Ocean Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

³Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Studies have been made of the species composition and variation of benthic marine algae at subtidal zone of Uljin on the east coast of Korea. Destructive method was employed to measure biomass over four seasons (2000-2002). Of 87 marine algae species identified, 11 were Chlorophyta, 29 were Phaeophyta and 47 were Rhodophyta. Dominant species in biomass were *Ulva pertusa*, *Undaria pinnatifida* and *Sargassum piluliferum* in summer, *Laminaria religiosa*, *Sargassum fulvellum* and *Gigartina tenella* in autumn, *Codium fragile*, *Undaria pinnatifida*, *Sargassum horneri*, *S. piluliferum* and *S. ringgoldianum* in winter, and *Undaria pinnatifida*, *Dictyopteris divaricata*, *Sargassum confusum* and *S. horneri* in spring. In general, green algae (*Ulva pertusa*, *Codium fragile*) and brown algae (*Undaria pinnatifida*, *Sargassum fulvellum*, *S. horneri*, *S. piluliferum*) appeared predominantly in the 3, 6 m depths and red algae (*Gelidium amansii*, *Plocamium telfairiae*) in the 9, 12 m depths. The barren ground of the rocky shore might provide the decrease of benthic marine algae biomass and species.

Key Words: barren ground, benthic marine algae, biomass, subtidal zone

서 론

Kang(1968)은 한국산 해조류의 지리적 분포를 논하면서 수온, 조류 등 해황을 바탕으로 해조류의 분포를 기준으로 하여 한국 연안을 북동해구, 남동해구, 동남해구, 서해구 및 제주구의 5개 해역으로 구분하고, 원산만에서 영일만 남쪽 울기곶까지의 남동해구의 해조류 조성이 북방계 10%, 온대계 70%, 남방계 4% 및 범세계종 16%로 되어 있음을 보고하였다(이와 이 1988; 김 등 1997).

동해안의 해안선은 단조롭고 외해와 직접적으로 접촉하고 있어서 파도의 영향을 끊임없이 받게 되고, 조석 간만의 차는 0.3-0.4 m로 작아서 조간대의 폭이 협소한 특징이 있다(부 1987). Taniguchi(1981)는 온대구와 한대구의 경계로서 식생이 빈약하다고 보고하였고, Boo와 Lee(1986)는 R/P값

을 근거로 동해 해역의 해조상은 난온대역(Warm temperate region)과 냉온대역(Cold temperate region)의 중간형이라고 주장하였다.

동해안 지역의 해조류를 대상으로 본격적인 연구가 시작된 것은 1980년대부터이며, 동해안의 남부, 중부 및 북부에 걸쳐 비교적 고르게 해조류 분포의 정성 정량적 해석이 시도되었다(김 등 1997). 그렇지만 동해안을 대상으로 수행된 많은 연구들이 한 두 계절에 국한되었거나 또는 군집의 정성적 측면과 조간대만을 대상으로 다루었기 때문에 조하대 해조 군집의 구조적 특성을 파악하는 데는 많은 어려움이 있다.

우리나라의 연안은 1960년대부터 임해공단 건설에 따른 공업화 및 도시의 발달로 공장폐수 및 생활하수 등 오염물질의 유입, 각종 해난 사고, 환경오염 등으로 조간대 및 조하대 연안은 날로 오염되어 가고 있다(최 등 2002). 또한 연안에 서식하는 해양생물들의 종조성 및 생물량도 빠르게 감소하고 있는 실정이다. 따라서 최근에는 이에 대한 환경보전의 차원에서 생물을 이용하여 생태계를 복원하려는 생태공학

*Corresponding author (changgeuni@hanmail.net)

측면의 생태복원이 중요시되고 있다. 생태공학적인 개념 하에 목적 대상 해역에 이식 대상 종을 선정 시에는 대상 지역에서 생육이 가능하거나, 현재는 서식하지 않지만 이전에 분포했었던 종을 활용하는 것이 타당하다(최 등 2002). 따라서 생태복원의 측면에서 볼 때 어느 대상 해역에 서식하는 해조류의 종 목록 및 계절 변동에 관한 자료는 매우 중요한 자료로써 활용될 가능성이 높다.

이 연구는 한국 동해 연안 해역의 저서 해조류 군집의 특성을 명확히 밝히기 위하여 울진 연안을 대상으로 조하대 해조 군집의 종조성과 해조상의 변화 등 시공간적 변화 양식을 조사하여 동해안 울진 연안 조하대의 해조류 및 해양 생태계의 현 상태를 파악할 수 있는 기초 자료를 마련하고자 시도되었다.

재료 및 방법

이 조사는 경상북도 울진군 나곡, 죽변, 골장, 곡해, 봉수, 양정지역에서 각각 한 지점씩 총 6지역의 연안에서 2000년 8월부터 2002년 2월까지 18개월간 계절별로 실시되었다. 계절별 조사는 각 조사점의 조하대 3, 6, 9, 12 m 수심에서 조사시기별로 조사지역의 해조류 식생을 대표할 수 있는 곳을 선정하여 스쿠버다이빙에 의해 해조류를 채집하였다.

해조군락의 분석을 위한 정량조사는 조사 대상 수심에서 0.5×0.5 m 크기의 방형구를 설치하고 방형구 내의 모든 해조류를 끝갈 등으로 완전히 수거한 후 10% 포르말린-해수 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 현존량은 방형구 내의 해조류를 1 m²에 대한 중량 습중량으로 환산하였다. 또한 조사 정점의 주변 해역 기질을 자세히 조사하면서 그곳에 서식하는 해조류를 정성적으로 채집하였다.

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

해양 생태계의 계절적인 변화와 주변 해역의 갯녹음 현상, 상태 및 진행상황 등은 조사 수심별로 스쿠버다이빙하여 수중카메라(Nikonos V)와 수중디지털카메라(Olympus 3040z)로 촬영을 실시하여 해조군락 및 수중 자연 암반 등 기질을 관찰하고 기록하였다.

해조상을 해석하는 지표로는 C/P(Segawa 1956), R/P(Feldmann 1937), (R+C)/P(Cheney 1977)를 이용하였다.

결과 및 고찰

울진 연안 조하대에서 2년에 걸친 조사를 통하여 총 87종(녹조식물 11종, 갈조식물 29종, 홍조식물 47종)의 해조류가 관찰되었다(Tables 1, 2). 조사시기별로는 28-39종의 범위로

해조류가 관찰되었으며, 대체로 비슷한 출현 종수를 나타냈지만 2001년 겨울철과 봄철에 적은 계절적 추세를 보였다.

김과 김(1991)은 울진 발전소 주변 해역에서 182종의 해조류를 채집·동정하여 이번 결과에 비하여 많은 종을 보고하였다. 그러나 이 보고는 3년간에 걸쳐 조간대와 조하대를 대상으로 하였기 때문에 출현종만으로 비교하기는 어렵다. 하지만, 김과 김(1991)은 해조류 분류군별 구성비율을 녹조류 12.4%, 갈조류 25.6%, 홍조류 53.6%로 보고하여, 이번 조사에서 나타난 결과인 녹조류 12.6%, 갈조류 33.3%, 홍조류 54.0%와 출현종의 구성비율이 비슷하였다.

4계절을 통하여 연중 발견되는 종으로는 녹조류 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 떡청각(*Codium adhaerens*), 청각(*C. fragile*), 갈조류 애기다시마(*Laminaria religiosa*), 홍조류 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 진분홍딱지(*Hildenbrandtia rubra*), 흑돌잎(*Lithophyllum okamurae*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 참도박(*Pachymeniopsis elliptica*)으로 총 9종이 전체 조사기간 동안에 관찰되었다.

생물량 자료는 군집의 특성을 이해하는데 있어서 중요한 척도가 되고 있으므로, 각 연안 해조군집의 특성을 정량적으로 파악하고 서로 비교하기 위해서는 다양한 정점들에서 생물량 자료를 확보함이 바람직하다(김 등 1995).

이번 조사를 통하여 밝혀진 단위면적당 해조류 무게의 계절적 변화는 Table 3과 같다. 조사 수심에 따른 방형구별 주요 출현 종은 수심 3 m에서 24종, 수심 6 m에서 21종, 수심 9 m에서 17종, 그리고 수심 12 m에서 12종으로 수심이 깊어질수록 차츰 감소하는 추세를 보였다.

울진 조하대 해조류의 생물량을 연중 대표하는 해조류는 수심 3 m에서는 미역(*Undaria pinnatifida*), 애기다시마(*Laminaria religiosa*)와 모자반 속(*Sargassum* spp.)으로 주로 대형 갈조류가 우점 하였다. 수심 6 m에서도 미역, 애기다시마, 모자반 속 해조류로 수심 3 m와 동일하게 갈조류가 대표적이었다. 수심 9 m의 대표적인 해조류는 미역, 다시마, 모자반 속 해조류 외에도 녹조류 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 홍조류 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 돌가사리(*Gigartina tenella*) 등의 현존량이 높았다. 수심 12 m의 경우에는 녹조류 청각(*Codium fragile*), 갈조류 쇠꼬리산호말(*Desmarestia viridis*), 미끈뽀대그물말(*Dictyopteris divaricata*), 홍조류 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*) 그리고 잔금분홍잎(*Acrosorium polyneurum*) 등이 미역, 모자반 속 해조류 이외에도 계절에 따라서 대표되는 해조류로 출현하는 경향을 보였다. 더욱이 수심 12 m의 대표적 해조류인 이들 종류는 상대적으로 낮은 수심인 3 m, 6 m에서 대표되는 해조류에 비해 조하대에서 분포 수심이 있어서도 큰 차이를 나타냈다.

조하대 해조 군집은 일정 수심 이하에서는 조간대에서와

Table 1. A list of marine algal species found at Uljin (Sum, Summer; Aut, Autumn; Win, Winter; Spr, Spring)

Species	2000		2001				2002
	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut	Win
Chlorophyta							
<i>Enteromorpha intestinalis</i>					+		
<i>Ulva pertusa</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Urospora penicilliformis</i>	+		+				
<i>Chaetomorpha moniligera</i>							+
<i>Cladophora opaca</i>						+	
<i>C. sakaii</i>					+		+
<i>Bryopsis plumosa</i>				+			
<i>Caulerpa okamurae</i>					+		
<i>Codium adhaerens</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. fragile</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. latum</i>			+				
Phaeophyta							
<i>Chordaria flagelliformis</i>	+						
<i>Colpomenia sinuosa</i>	+		+	+	+		+
<i>Cutleria cylindrica</i>	+			+	+		
<i>Desmarestia ligulata</i>			+				
<i>D. viridis</i>	+		+				
<i>Undaria pinnatifida</i>	+		+	+	+		+
<i>Agarum cribrosum</i>	+				+		+
<i>Costaria costata</i>			+	+			
<i>Laminaria religiosa</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Dictyopteris divaricata</i>	+		+	+			
<i>D. undulata</i>					+		
<i>Dictyota dichotoma</i>	+	+	+	+	+	+	
<i>D. linearis</i>	+						
<i>D. maxima</i>		+		+	+		
<i>Dilophus okamurae</i>					+		+
<i>Padina arborescens</i>						+	
<i>P. crassa</i>	+			+			
<i>Spatoglossum pacificum</i>							+
<i>Hizikia fusiformis</i>					+	+	
<i>Sargassum confusum</i>				+	+		
<i>S. fulvellum</i>		+				+	
<i>S. hemiphyllum</i>			+				+
<i>S. horneri</i>		+	+	+	+	+	+
<i>S. micracanthum</i>		+					
<i>S. nigrifolium</i>		+					
<i>S. piluliferum</i>	+						+
<i>S. ringgoldianum</i>	+	+	+				
<i>S. sagamianum</i>						+	
<i>S. thunbergii</i>	+	+				+	
Rhodophyta							
<i>Helminthocladia australis</i>	+					+	
<i>Gelidium amansii</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. divaricatum</i>				+		+	
<i>G. pacificum</i>				+			+
<i>Pterocladia capillacea</i>					+		+
<i>Dumontia simplex</i>							+
<i>Hildenbrandtia rubra</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lithophyllum okamurae</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Amphiroa dilatata</i>		+	+		+	+	

Table 1. (continued)

Species	2000		2001				2002
	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut	Win
<i>Corallina officinalis</i>	+						+
<i>C. pilulifera</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carpopeltis affinis</i>	+	+		+	+	+	+
<i>C. cornea</i>	+		+	+	+	+	
<i>Grateloupia divaricata</i>						+	
<i>G. filicina</i>	+	+			+	+	+
<i>G. okamurae</i>	+	+		+		+	
<i>G. prolongata</i>						+	
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>P. lanceolata</i>		+					
<i>Prionitis divaricata</i>		+					
<i>Callophyllis japonica</i>	+						
<i>Tsengia nakamurae</i>	+						
<i>Plocamium telfairiae</i>	+	+	+		+	+	+
<i>Hypnea charoides</i>		+			+	+	+
<i>H. saidana</i>	+	+					
<i>Gracilaria textorii</i>						+	
<i>G. verrucosa</i>		+				+	
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>					+		+
<i>Chondrus crispus</i>					+		
<i>C. ocellatus</i>		+		+	+	+	+
<i>C. pinnulatus</i>		+					
<i>Gigartina intermedia</i>	+				+	+	+
<i>G. teedii</i>		+					
<i>G. tenella</i>	+	+	+	+	+	+	
<i>Chrysomenia wrightii</i>	+				+	+	
<i>Lomentaria catenata</i>	+	+	+			+	+
<i>L. hakodatensis</i>		+			+	+	
<i>Champia parvula</i>		+	+			+	+
<i>Ceramiopsis japonica</i>							+
<i>Griffitsia japonica</i>					+		
<i>Acrosorium polyneurum</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Dasya sessilis</i>			+				
<i>Heterosiphonia japonica</i>		+					+
<i>Chondria crassicaulis</i>						+	
<i>Laurencia hamata</i>	+						
<i>L. okamurae</i>	+					+	
<i>Polysiphonia morrowii</i>							+
<i>Symphyocladia latiuscula</i>							+

같은 극심한 환경 변화는 어느 정도 균일화가 이루어지고 단지 수심에 따른 빛의 증감과 기질 등과 같은 몇 개의 주요한 환경 요소에 의해 영향을 받는다. 수심의 증가와 함께 종수의 감소 경향과 홍조류 출현비의 증가 경향은 조하대 해조 분포에 대한 빛의 영향을 반영해 주는 현상으로 여겨진다(남 1986).

동해안 울진 인근 해역에서 조사된 조하대 해조류 현존량 자료는 그다지 많지 않기 때문에 이 조사 결과와 직접 비교하기는 불가능하다. 다만 이번 조사가 수행된 울진으로부터

북서쪽에 위치한 죽도에서는 수심별 현존량이 수심 1.5m 부근에서 제일 높은 값을 보였으며 모든 수심에서 주로 갈조류에 의해 현존량이 지배되었다고 하여(남 1986) 이번 결과와 유사하게 나타났다.

수직분포는 식물군집의 가장 중요한 속성의 하나로서 해조류의 경우 건조, 광선에 대한 노출, 경쟁 등의 환경요인들에 의하여 결정된다(Dring 1982; 부 1987).

울진 해역 조하대 해조류의 수직분포는 수심 3m에서 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 청각(*Codium fragile*), 미역(*Undaria*

Table 2. Seasonal change in marine algal and floristic composition at Uljin (Sum, Summer; Aut, Autumn; Win, Winter; Spr, Spring)

Division	2000		2001				2002	Total
	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut	Win	
Chlorophyta	4	3	5	5	5	4	5	11
Phaeophyta	13	9	11	11	12	8	9	29
Rhodophyta	20	23	12	12	20	27	22	47
Total	37	35	28	28	37	39	36	87

Table 3. Seasonal Changes in biomass of major marine algae according to the depths at Uljin (Sum, Summer; Aut, Autumn; Win, Winter; Spr, Spring)(unit : wet wt/m²)

Depth (m)	Species	2000		2001			2002	
		Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut	Win
3	<i>Ulva pertusa</i>	20.5	53.5			2.3	28.1	
	<i>Codium adhaerens</i>			132.6			40.6	79.0
	<i>C. fragile</i>	15.3	55.1	521.7			60.2	
	<i>Chordaria flagelliformis</i>	264.2						
	<i>Undaria pinnatifida</i>	843.8		1,016.1	1,555.6	381.8		184.3
	<i>Costaria costata</i>				112.7			
	<i>Laminaria religiosa</i>			35.9			12,762.4	
	<i>Dictyota dichotoma</i>	36.6	14.8	31.2	32.8			
	<i>Spatoglossum pacificum</i>							55.3
	<i>Sargassum confusum</i>				512.0	60.1		
	<i>S. fulvellum</i>		311.2				29.2	
	<i>S. horneri</i>			717.1	177.6	49.3		480.9
	<i>S. piluliferum</i>	1,180.0					56.2	328.7
	<i>S. ringgoldianum</i>	169.4	115.2	445.4				
	<i>S. thunbergii</i>	94.5					80.9	
	<i>Helminthocladia australis</i>						38.1	
	<i>Corallina pilulifera</i>		19.4					
	<i>Pachymeniopsis elliptica</i>						42.6	
	<i>Hypnea charoides</i>						49.0	
	<i>Chondrus ocellatus</i>		29.8				40.9	
<i>Lomentaria hakodatensis</i>						97.8		
<i>Acrosorium polyneurum</i>				183.9				
<i>Dasya sessilis</i>				71.2				
<i>Polysiphonia morrowii</i>							151.6	
6	<i>Ulva pertusa</i>	122.9	32.7	4.8		28.4	14.9	
	<i>Codium adhaerens</i>			15.0			36.7	
	<i>C. fragile</i>	22.8	37.7	143.9	25.4			
	<i>Chordaria flagelliformis</i>	40.8						
	<i>Undaria pinnatifida</i>	1,207.5		254.3	738.5			23.7
	<i>Laminaria religiosa</i>						166.4	175.1
	<i>Dilophus okamurae</i>							30.3
	<i>Spatoglossum pacificum</i>							63.5
	<i>Sargassum confusum</i>				1,145.6	25.8		
	<i>S. hemiphyllum</i>			304.1				54.9
	<i>S. horneri</i>		121.6	843.9	1,265.5	99.8		315.9
	<i>S. nigrifolium</i>		117.4					
	<i>S. piluliferum</i>							36.9
	<i>Helminthocladia australis</i>						76.1	
<i>Gelidium amansii</i>		8.5		63.9	28.7	72.6		

Table 3. Seasonal Changes in biomass of major marine algae according to the depths at Uljin (Sum, Summer; Aut, Autumn; Win, Winter; Spr, Spring)

Depth (m)	Species	(unit: wet wt/m ²)						
		2000		2001			2002	
		Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut	Win
6	<i>Grateloupia divaricata</i>						27.6	
	<i>Pachymeniopsis elliptica</i>					79.1		
	<i>Lomentaria catenata</i>			55.5				
	<i>Acrosorium polyneurum</i>			33.8				
	<i>Laurencia okamurae</i>	64.9						
	<i>Polysiphonia morrowii</i>							117.6
9	<i>Ulva pertusa</i>	81.0					343.1	35.9
	<i>Codium fragile</i>	22.3	5.3	17.4		7.1		
	<i>Desmarestia viridis</i>			46.7				
	<i>Undaria pinnatifida</i>			374.5	16.7			
	<i>Laminaria religiosa</i>				30.7			
	<i>Sargassum confusum</i>					103.9		
	<i>S. hemiphyllum</i>			174.3				
	<i>S. horneri</i>			138.1	400.6			152.7
	<i>S. ringgoldianum</i>	37.6						
	<i>Gelidium amansii</i>	63.9			86.0			22.0
	<i>Pterocladia capillacea</i>					56.4		
	<i>Corallina pilulifera</i>						22.3	
	<i>Grateloupia divaricata</i>						46.7	
	<i>Plocamium telfairiae</i>	7.9						
	<i>Gigartina tenella</i>						147.2	
	<i>Acrosorium polyneurum</i>				47.7	104.8		46.7
<i>Polysiphonia morrowii</i>							123.2	
12	<i>Ulva pertusa</i>			24.8				
	<i>Codium fragile</i>			200.8				
	<i>C. latum</i>			73.2				
	<i>Desmarestia viridis</i>	214.0						
	<i>Undaria pinnatifida</i>	524.5		80.0				
	<i>Agarum cribrusum</i>	27.7						
	<i>Dictyopteris divaricata</i>				650.0			
	<i>Sargassum hemiphyllum</i>							142.1
	<i>S. horneri</i>			50.0				
	<i>Gelidium amansii</i>			45.6				189.6
	<i>Plocamium telfairiae</i>			128.4				
	<i>Acrosorium polyneurum</i>			133.2		23.2	38.8	33.2

pinnatifida), 모자반 속(*Sargassum* spp.), 애기다시마(*Laminaria religiosa*) 등 모자반 속을 포함하는 대형 갈조류가 우점하였다(Table 4). 6 m 수심의 해조류도 3 m 수심과 큰 차이를 보이지 않았으며 대부분 모자반 속 식물을 포함하는 대형 갈조류가 우점종을 이루었고, 9 m 수심까지도 모자반 속 식물이 뚜렷하게 우점하는 특징을 나타냈다. 12 m 수심에서는 모자반 속 식물보다는 미역(*U. pinnatifida*), 미끈뽀대그물말(*Dictyopteris divaricata*) 등의 갈조류가 우점하였고, 홍조류 우뚝가사리(*Gelidium amansii*)와 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*)가 넓게 분포하였다.

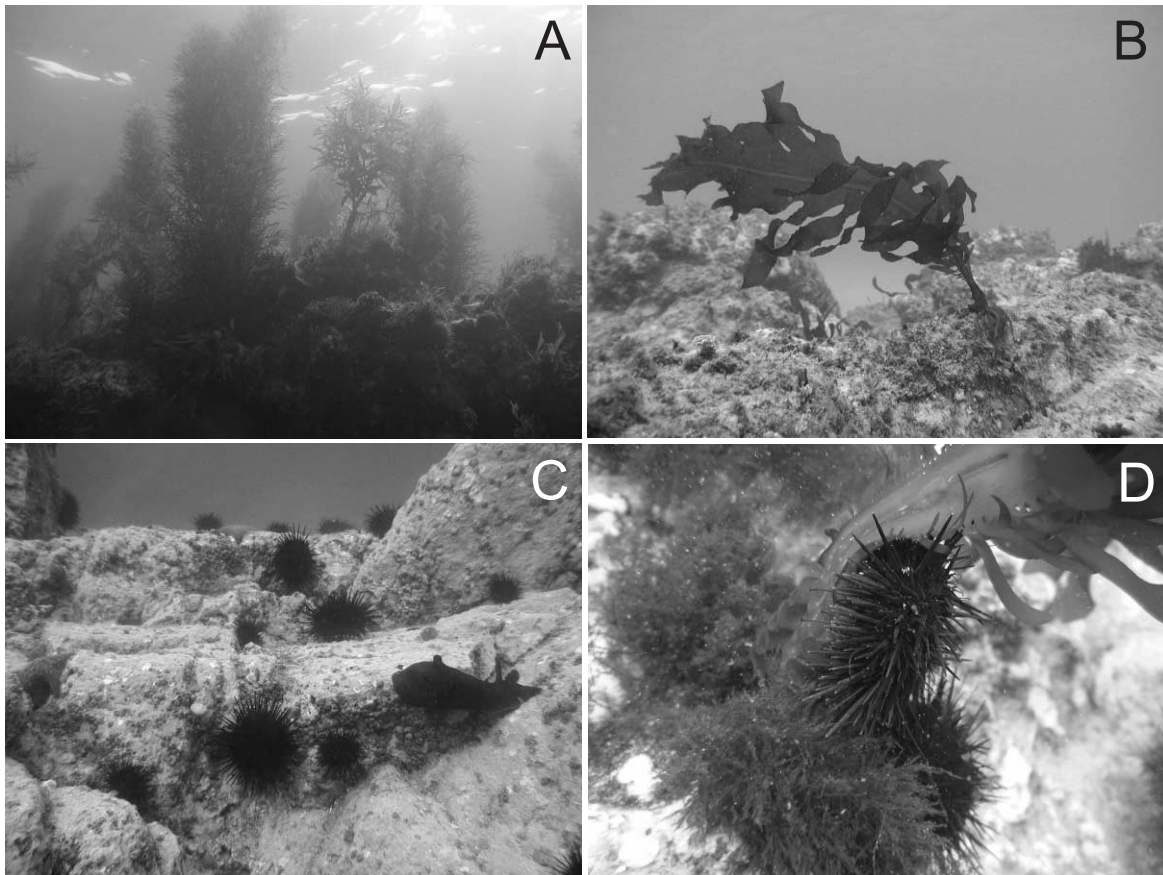
부(1987)는 강원도 해역의 해조류 수직분포를 논하면서 장호, 속초, 호산 등의 조하대에서 비틀대모자반(*Sargassum sagamianum*)이 우점한다고 보고하여 동해안 지역 조하대에 모자반 속 식물이 광범위하게 분포하고 있음을 시사하였다. 김 등(2004)은 하계 독도 해역 해조류의 수직분포 조사에서 갈조류가 조하대 수심 20 m까지 넓은 균락을 이루어 거대한 해중림을 이루고 있다고 보고하였다. 이중 대부분은 독도 해역의 특징적인 우점종인 감태(*Ecklonia cava*)와 대황(*Eisenia bicyclis*)이 거대 균락을 이루고 있지만, 모자반 속(*Sargassum* spp.) 해조류와 혼생을 하면서 우점하고 있다고 보고하였다.

Table 4. General vertical distribution of marine algae observed at Uljin

Depth(m)	Species
3	<i>Ulva pertusa</i> , <i>Codium fragile</i> , <i>Undaria pinnatifida</i> , <i>Sargassum fulvellum</i> , <i>S. horneri</i> , <i>S. piluliferum</i> , <i>S. ringgoldianum</i> , <i>S. thunbergii</i> , <i>Laminaria religiosa</i> , <i>Corallina pilulifera</i> , <i>Acrosorium polyneurum</i>
6	<i>Ulva pertusa</i> , <i>Codium fragile</i> , <i>Undaria pinnatifida</i> , <i>Sargassum hemiphyllum</i> , <i>S. horneri</i> , <i>S. nigrifolium</i> , <i>Laminaria religiosa</i> , <i>Dilophus okamurae</i>
9	<i>Ulva pertusa</i> , <i>Desmarestia viridis</i> , <i>Sargassum hemiphyllum</i> , <i>S. horneri</i> , <i>Gelidium amansii</i>
12	<i>Codium fragile</i> , <i>Undaria pinnatifida</i> , <i>Desmarestia viridis</i> , <i>Dictyopterus divaricata</i> , <i>Gelidium amansii</i> , <i>Plocamium telfairiae</i>

Table 5. The value of R/P, C/P, (R+C)/P ratio at the seasonal variation (Sum, Summer; Aut, Autumn; Win, Winter; Spr, Spring)

Value	2000		2001		2002		Mean	
	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut		Win
R/P	1.46	2.44	1.00	1.00	1.58	3.25	2.33	1.87
C/P	0.31	0.33	0.45	0.45	0.42	0.50	0.56	0.43
(R+C)/P	1.77	2.78	1.45	1.45	2.00	3.75	2.89	2.30

**Fig. 1.** Benthic algal communities on the rocky shore at Uljin. A. *Sargassum* spp. on the rock. B. *Undaria pinnatifida* on the rock. C. Climax of barren ground on the rock. D. Herbivores grazing on *Undaria pinnatifida*.

해조상의 특색을 비교할 수 있는 R/P ratio, C/P ratio, (R+C)/P ratio는 Table 5와 같다. R/P ratio는 평균 1.87로 나타났다. 김과 김(1991)이 1987년과 1988에 조사한 결과인 1.97, 1.75와 유사했다. R/P ratio는 2000년 가을과 2001년 가

을과 겨울 조사에서 다른 계절에 비해 상대적으로 높은 2.33에서 3.25의 값을 보였다. C/P ratio와 (R+C)/P ratio는 평균 값이 각각 0.43과 2.30이었는데, 김과 김(1991)이 울진 원자력 발전소 주변에서 조사한 비율인 0.39, 2.55와 비슷한 값을

나타냈다. 해조상은 (R+C)/P ratio가 평균 2.30으로 나타나, Kang(1966)이 지적한 바와 같이 온대성 해조상의 특징을 나타내고 있다.

손 등(1982)에 의해 처음으로 국내에 보고된 갯녹음 현상은 제주도에서부터 시작하여 이제는 동, 서, 남해안 전 연안의 조간대와 조하대에 확산되어 해조상의 변화와 해조류 종조성의 감소 등 해양 생태계의 극심한 변화를 유발하는 단계까지 이르렀다. 최근에는 갯녹음의 진행 및 확산이 동해안 연안을 중심으로 빠르게 진행되고 있다.

저서동물 중에서 갯녹음 해역에 우점하는 섭식자는 성게류와 복족류, 초식성 어류(Foster 1975; Shinmura 1983) 등이다. 이 중 성게는 해조의 가장 활동적인 섭식자이며(Ohno *et al.* 1990) 갈조류를 선호하여 섭이하는데, 30 g 내외의 개체는 1일당 체중의 3-3.5%를 섭이한다(최 등 2003).

조사 지역인 울진 해역은 외해에 접하고 있어 파도의 영향을 많이 받는 지역이며, 조하대의 기질은 주로 모래와 암반으로 혼합되어 있는 특징이 있다. 수심 5 m 부근까지는 암반이 발달해 있어, 주변 생태계는 울창한 해조 군락이 형성되어 있는 지역(Fig. 1A)과 성게 등 해조 섭식자가 많아 갯녹음이 심각하게 진행되어 무절석회조류와 성게만이 생육하고 있어 해조 식생을 전혀 볼 수 없는 지역(Figs 1C, D)으로 크게 나뉘어 진다. 성게 등 섭식자가 많은 지역은 해조류가 빠르게 감소하고(Fig. 1B) 무절석회조류가 자연 암반을 뒤덮어 갯녹음이 확산되고 있다.

지금까지의 연구 결과로 볼 때 울진 지역 조하대의 해조류 종조성은 다양한 해조류가 분포하여 종 다양성이 높다고 하기도는 몇몇 우점하는 대형 갈조류 종류들에 의해서 현존량이 높게 분포한다고 볼 수 있다. 이는 수온 상승, 섭식자의 섭식압 증가, 연안 개발 등으로 갯녹음 현상이 빠르게 진행되고 심화된다면 연안 생태계가 단순화하고 감소하여 해조류의 종 조성과 현존량이 감소될 것으로 판단된다.

따라서 연안 생태계 내에서 생태계 교란 등의 원인이 되는 갯녹음 현상을 극복하거나, 갯녹음이 진행되는 확산 면적을 감소시키든지 갯녹음 진행 속도를 늦추는 근본적인 해결책이 강구되어야 할 것이다.

사 사

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-075-C00015).

참고문헌

강제원. 1968. 한국동식물도감. 제8권 식물편(해조류). 문교부.

- 김기홍, 김영환. 1991. 한국 3개 원자력발전소 주변 해조군집. 조류학회지 **6**: 157-192.
- 김미경, 신재기, 차재훈. 2004. 하계 독도 연안 해조류의 종조성 변동과 갯녹음현상. *Algae* **19**: 69-78.
- 김영환, 윤현주, 유중수. 1995. 서해 중부 연안 해조군집의 종조성과 생물량. 식물학회지 **38**: 389-398.
- 김영환, 남기완, 손철현. 1997. 동해안 주문진 조간대의 저서 해조류: 해조상, 분포 및 군집구조. *Algae* **12**: 117-130.
- 남기완. 1986. 동해안 죽도의 해조군집에 관하여. 조류학회지 **1**: 185-202.
- 부성민. 1987. 강원도 해역 해조류의 분포. 조류학회지 **2**: 223-235.
- 손철현, 이인규, 강제원. 1982. 남해안 돌산도의 해조 I. 부산수대해연보 **14**: 37-50.
- 이용필, 강서영. 2002. 한국산 해조류의 목록. 제주대학교 출판부.
- 이인규, 강제원. 1986. 한국산 해조류의 목록. 조류학회지 **1**: 311-325.
- 이재완, 이혜복. 1988. 동해안 영일만 일대의 해조상에 관한 연구. 조류학회지 **1**: 165-182.
- 최창근, 김형근, 손철현. 2002. 순간집착체를 이용한 곰피(*Ecklonia stolonifera* Okamura)의 이식효과. 한국수산학회지 **35**: 608-613.
- 최창근, 김형근, 손철현. 2003. 해중담 조성을 위한 팽생이모자반(*Sargassum horneri*) 유체의 이식. 한국수산학회지 **36**: 469-473.
- Boo S.M. and Lee I.K. 1986. Studies on benthic algal community in the east coast of Korea. I. Floristic composition and periodicity of Sokcho rocky shore. *Koran 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.
- Dring M.J. 1982. *The biology of marine plants*. Adward Arnold. Great Britain.
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranee. La cote des Alberes. *Rev. Algol.* **10**: 1-339.
- Foster M.S. 1975. Regulation of algal community development in a *Macrocystis pyrifera* forest. *Mar. Biol.* **32**: 331-342.
- Kang J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* **7**: 1-125.
- Ohno M., Arai S. and Watanabe M. 1990. Seaweed succession on artificial reefs on different bottom substrata. *J. Appl. Phycol.* **2**: 327-332.
- Segawa S. 1956. *Coloured illustrations of the seaweeds of Japan*. Hoikusha Publ. Co. Osaka.
- Shinmura I. 1983. Series for construction of seaweed beds. ⑤ Technique and problem for construction of seaweed beds in southern coast of Japan. *Suisankenkyu* **2**: 67-71.
- Taniguchi M. 1981. Distribution theory of marine algal vegetation in the Far East. *Mar. Alg. Res.* **22**: 1-19.
- 吉田忠生. 1998. 新日本海藻誌. 内田老鶴圃.
- 千原光雄. 1996. 學研生物圖鑑. 海藻. 學習研究社.

Received 11 July 2006

Accepted 12 November 2006