Algae
Volume 22(1): 45-52, 2007

강릉 연안의 해조군락과 유용 해조자원 분포

손철현[1*] · 최창근[2] · 김형근[3]

([1]부경대학교 양식학과, [2]한국해양대학교 해양과학기술연구소, [3]강릉대학교 해양생명공학부)

Algal Communities and Useful Seaweed Distribution at Gangnung and It's Vicinity in East Coast of Korea

Chul Hyun Sohn[1]*, Chang Geun Choi[2] and Hyung Geun Kim[3]

[1]*Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*
[2]*Research Institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea*
[3]*Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea*

An intertidal marine benthic algal vegetation and vertical distribution at Kangnung and it's vicinity, the eastern coast of Korea was investigated to clarify the community structure and vertical distribution by quadrat method. Marine algae identified from the area were 116 species; 15 green, 31 brown and 70 red algae. The dominant species were *Ulva pertusa*, *Codium fragile*, *Undaria pinnatifida*, *Dictyota dichotoma*, *Gelidium amansii*, *Corallina pilulifera*, *Carpopeltis affinis*, *Grateloupia filicina*, *Pachymeniopsis elliptica* and *Chondrus ocellatus* at study sites. The vertical distribution of intertidal marine algae was divided into three distinct zones. They were characterized by *Porphyra tenera* at the upper, *Enteromorpha* spp. and *Ulva pertusa* at the middle, and *Sargassum thunbergii*, *Hizikia fusiformis* and *Pachymeniopsis elliptica* at the lower zones, respectively. The vertical distribution of subtidal zone algae were characterized by *Laminaria* spp. at 15m depth and *Kjellmaniella crassifolia* at 15 to 25 m depths, whereas *Agarum cribrosum* was dominant at the lower zone than 25 m depth.

Key Words: community, dominant, intertidal, subtidal, vertical distribution

서 론

최근 우리나라 연안 특히 동해안 연안에서는 엽상 해조군락이 줄어들고 각상의 무절산호조류가 증가하는 갯녹음 현상이 급격히 진행되고 있다. 동해는 난류와 한류가 만나는 해역으로 여름철에는 난류의 영향이, 겨울철에는 한류의 영향이 크게 미치고 있다. 쿠로시오 난류의 영향이 크게 미치는 곳에 갯녹음 현상이 뚜렷하게 나타나고 있어서 동해안 연안을 따라 북쪽에서 남쪽으로 갈수록 석회조류의 번무에 의한 해조류의 감소현상이 나타나고 있다(해양수산부 2002; 최 등 2006). 갯녹음이 발생하면 해조군락이 소멸되어 해중림 파괴에 따른 물리적 구조는 물론 먹이사슬의 변화에 따라 수산자원의 고갈과 함께 해양생태계 전반에 구조적 변동을 일으킨다.

우리나라의 해조류 분포는 Kang(1966)이 해조상 분석과 해류의 특성에 따라 5개 구역으로 나누었고 이중 동해안은 원산만 이북의 동해북구와 남쪽의 울기곶까지 동해남구로 구분한 바 있다. 동해남구에 분포하는 해조류는 196종으로 이들 중에는 한류세력이 미치는 북방계가 10% 정도 출현한다고 정리하였으며 삼나무말(*Coccophora langsdorfii*), 개다시마(*Kjellmaniella crassifolia*), 마른나무(*Tichocarpus crinitus*), 참빗풀(*Odonthalia corymbifera*) 등은 한류종으로 동해연안의 대표종으로 나타내었다.

동해연안 해조류에 대한 연구는 1980년대 이후 생태적인 연구가 활발히 수행되어(Boo 1985; Boo and Lee 1986; 부 1987; 이와 이 1988; Chung *et al.* 1991; 김 등 1997; 김 등 2004) 강원해역 해조류의 분포는 남조류 9종, 녹조류 22종, 갈조류 55종, 홍조류 145종으로 총 231종이 분포한다고 정리하였다.

*Corresponding author (alpasohn@hanmail.net)

지금까지 동해연안 일대의 해조상에 관한 대부분의 연구는 한 지역 해조상의 특성을 구명하고 이를 구계론적으로 해석하거나 생태학적 자료를 얻기 위한 기초연구에 목적을 두었다.

이 연구에서는 최근의 동해연안 일대 해양생태계의 급격한 구조적 변동을 인식하여 기본적인 해조상과 해조군락 동태와 유용해조 분포를 구명함으로써 이를 토대로 추후 이와 관련한 연구에 연속성을 부여하고, 군락 변화의 정확한 시간적 지표를 제시하는데 있다. 이와 같은 기초적 연구가 정확히 확립됨으로써, 추후 갯녹음 등에 따라 소멸되어진 해중림 복원 또는 해양목장화와 같은 주요 연구 과제를 설정할 필요성, 방향과 목표, 대상 해조류의 선정 등과 같은 구체적 연구 방안을 제시할 수 있는데 이 연구의 필요성이 있다.

재료 및 방법

이 조사는 동해안 북부에서 남부에 걸친 지역인 강원도 양양군 남애, 강릉시 연곡, 소돌, 사천, 경포, 동해시 대진, 삼척시 근덕, 갈남, 경상북도 울진군 나곡, 죽변, 봉평, 울산시 울주군 온양지역에서 각각 한 정점씩 총 12지역의 연안에서 2000년부터 2002년까지 계절별로 1회씩 해조상 조사를 실시하였다(Fig. 1). 또한, 소돌 지역에서는 2006년 4월부터 8월까지 월 1회씩 조간대에 착생한 해조류의 수직분포 조사를 실시하였다.

해조군락의 분석을 위한 정량조사는 조간대 상부에서 조간대 하부까지 연속적으로 0.5 m × 0.5 m 크기의 방형구를 설치하고 방형구 내의 모든 해조류를 끌칼 등으로 완전히 수거한 후 10% 포르말린-해수 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다.

동정된 해조류의 학명과 목록 정리는 한국 해조목록의 분류체계(강 1968; 이와 강 1986; 이과 강 2001) 및 일본해조류도감(千原 1996; 吉田 1998)을 기준으로 하였다.

출현 종 자료를 이용한 각 지점간의 유사도(similarity)를 분석하기 위하여, 유사도 지수 행렬로부터 각 조사 지역과 출현 종을 연결하는 방법으로 group-average를 이용하였다. 군집분석은 PRIMER(Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer package를 이용하여 수지도(dendrogram)를 나타내었다.

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

군집의 우점종 파악을 위한 중요도 계산은 출현종의 빈도와 피도를 기초로 아래와 같은 수식이 이용되었다(Barbour *et al.* 1987).

피도(C) = (출현종 (i)가 차지하는 면적/방형구의 면적) × 100

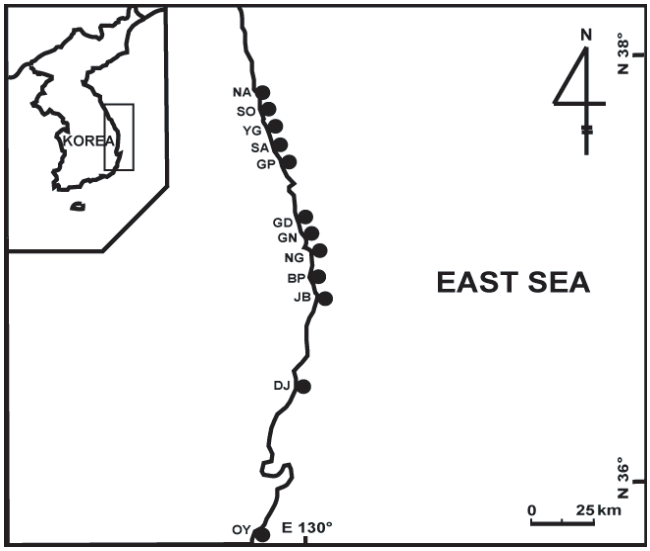

Fig. 1. Study site (●) at east coast of Korea. NA, Namae; SO, Sodol; YG, Youngok; SA, Sachun; GP, Gyoungpo; GD, Geunduk; GN, Galnam; NG, Nagok; BP, Bongpyoung; JB, Jukbyun; DJ, Daejin; OY, Onyangg; BP, Bongpyoung.

빈도(F) = (출현종 (i)가 있는 소방형구의 수/세분된 소방형구의 수) × 100

상대피도(RC) = (i종의 피도 합/전 종의 피도 합) × 100

상대빈도(RF) = (i종의 빈도 합/전 종의 빈도 합) × 100

중요도(IV) = (RC + RF) / 2

결과 및 고찰

동해안 연안 조간대에서 수행한 조사를 통하여 총 116종(녹조식물 15종, 갈조식물 31종, 홍조식물 70종)의 해조류가 조사되었다(Table 1, Fig. 2). 조사 지역별로는 6–51종의 범위로 해조류가 관찰되어 조사 지역별로 다양하게 출현하였다. 조사 지역 중에서 소돌은 총 51종의 해조류가 출현하여 가장 다양한 해조류가 출현한 곳이었고, 사천과 갈남도 각각 38종과 33종으로 상대적으로 많은 해조류가 출현한 지역이었다. 반면에 나곡은 갈조류와 홍조류가 각각 3종씩 출현하여 총 6종으로 가장 빈약하였고 죽변도 8종의 해조류가 조사되어 적은 출현 종 수를 나타냈다.

부(1987)는 강원도 해역의 해조상을 대표할 수 있는 지역대 표 종 (locally abundant species with restricted distribution)들로는 마른나무(*Tichocarpus crinitus*), 개다시마(*Kjellmaniella crassifolia*), 참빗풀(*Odonthalia corymbifera*), 산말(*Desmarestia ligulata*), 쇠미역(*Costaria costata*), 삼나무말(*Coccophora langsdorfii*) 등의 북방계종으로 인식되고 있다고 하였는데, 이들 해조류들은 대부분 이번 조사에서 생육이 확인되어 지역대표종으로 대표할 수 있다고 판단된다.

Table 1. A list of marine algal species found at 12 localities in east coast of Korea

Species	NA	YG	SO	SA	GP	DJ	GD	GN	NG	JB	OY	BP
Chlorophyta												
Enteromorpha compressa		+	+									
E. intestinalis			+									
E. linza			+			+						
E. prolifera			+									
Ulva lactuca	+					+		+				
U. pertusa		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
Urospora penicilliformis											+	
Chaetomorpha aerea	+	+										
C. moniligera			+									
Cladophora japonica			+	+								
C. rudolphiana			+									
C. sakaii			+									
Bryopsis plumosa	+											
Codium adhaerens										+		
Codium fragile	+		+	+	+		+	+		+	+	+
Phaeophyta												
Ectocarpus arctus								+				
Chordaria flagelliformis											+	
Leathesia difformis						+	+	+				
Colpomenia bullosa			+				+	+				
Colpomenia sinuosa			+								+	
Endarachne binghamiae							+					
Petalonia fascia			+									
Scytosiphon lomentaria			+			+	+	+				
Cutleria cylindrica											+	+
Desmarestia viridis				+							+	
Undaria pinnatifida			+	+		+	+	+	+	+	+	+
Chorda filum			+									
Agarum cribrosum			+	+	+						+	
Costaria costata			+	+		+						
Laminaria japonica				+	+							
Dictyopteris divaricata			+	+	+		+	+				
D. latiuscula				+	+							
Dictyota dichotoma	+	+		+	+	+	+	+	+	+		
D. divaricata		+										
D. linearis											+	
Dilophus okamurae			+									
Spatoglossum pacificum			+	+								
Hizikia fusiformis		+	+			+	+	+				
Sargassum fulvellum			+									
S. horneri		+	+	+			+	+				
S. nigrifolium			+									
S. piluliferum									+			
S. ringgoldianum											+	
S. sagamianum				+								
S. thunbergii	+		+					+		+		
S. sp.				+			+	+				
Rhodophyta												
Porphyra okamurae		+										
P. suborbiculata				+								
P. tenera			+									
Helminthocladia australis											+	
Nemalion vermicylare								+				
Bonnemaisonia hamifera			+									
Delisea fimbriata				+								
Gelidium amansii			+		+		+	+			+	+
Pterocladia capillacea		+						+				
Lithophyllum okamurae			+									

Table 1. (continued)

Species	NA	YG	SO	SA	GP	DJ	GD	GN	NG	JB	OY	BP
Lithothamnion cystocarpioideum				+								
Amphiroa beauvoisii			+									
A. sp.				+								
Corallina officinalis										+	+	+
C. pilulifera	+	+	+	+	+							+
Carpopeltis affinis	+	+						+	+		+	+
Prionitis cornea			+	+						+		
P. crispata								+				
Grateloupia divaricata				+								
G. filicina	+		+		+	+		+	+		+	+
G. okamurae											+	+
G. sparsa			+	+	+							
G. turuturu	+	+	+		+			+				
Halymenia acuminata				+								
Pachymeniopsis elliptica	+	+	+			+	+	+			+	+
P. lanceolata				+								
Gloiopeltis furcata							+		+			
Tichocarpus crinitus				+								
Callophylis japonica												+
Kallymenia sp.				+								
Schizymenia dubyi		+										
Tsengia nakamurae											+	+
Plocamium telfairiae	+			+				+			+	
Hypnea japonica				+								
H. saidana											+	
Hypnea sp.				+								
Phacelocarpus japonicus				+								
Gracilaria verrucosa								+				
Ahnfeltia plicata			+									
Ahnfeltiopsis flabelliformis			+									
Chondrus ocellatus	+	+	+	+	+			+				
Chondracanthus intermedia			+					+				
C. teedii			+									
C. tenellus					+			+			+	
Chrysymenia wrightii											+	
Rhodymenia intricata			+									
R. pertusa			+									
Lomentaria catenata			+									+
L. hakodatensis	+	+						+				
Champia parvula			+									
Campylaephora crassa		+										
Ceramium tenerrimum			+					+				
C. japonicum	+											
Griffiitsia japonica		+										
Acrosorium flabellatum				+								
A. polyneurum			+									
A. yendoi								+				
A. sp.				+								
Phycodrys fimbriata				+								
Heterosiphonia japonica				+								
H. sp.					+							
Chondria crassicaulis	+	+				+	+	+				
Laurencia hamata												+
L. nipponica	+			+	+			+				
L. okamurae												+
Odonthalia corymbifera			+									
Polysiphonia harlandii	+											
P. japonica		+										
P. morrowii			+									
Symphyocladia latiuscula		+	+	+			+	+				

NA, Namae; YG, Youngok; SO, Sodol; SA, Sachun; GP, Gyoungpo; DJ, Daejin; GD, Geunduk; GN, Galnam; NG, Nagok; JB, Jukbyun; OY, Onyang; BP, Bongpyoung

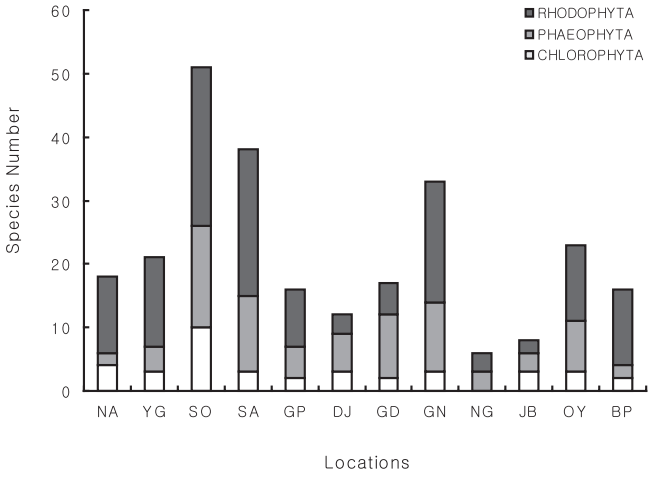

Fig. 2. Species number of marine algae investigated at east coast of Korea. NA, Namae; YG, Youngok; SO, Sodol; SA, Sachun; GP, Gyoungpo; DJ, Daejin; GD, Geunduk; GN, Galnam; NG, Nagok; JB, Jukbyun; OY, Onyang; BP, Bongpyoung.

Table 2. The value of C/P, R/P, I/H ratio at each 12 localities

Locations	C/P	R/P	I/H
NA	2.00	6.00	0.00
YG	0.75	3.50	0.00
SO	0.63	1.56	0.38
SA	0.25	1.92	0.80
GP	0.40	1.80	1.50
DJ	0.50	0.50	0.25
GD	0.20	0.50	0.40
GN	0.27	1.73	0.75
NG	0.00	1.00	1.00
JB	1.00	0.67	1.00
OY	0.38	1.50	0.40
BP	1.00	6.00	1.00

NA, Namae; YG, Youngok; SO, Sodol; SA, Sachun; GP, Gyoungpo; DJ, Daejin; GD, Geunduk; GN, Galnam; NG, Nagok; JB, Jukbyun; OY, Onyang; BP, Bongpyoung.

전체 조사 지역 중 6군데 이상의 지역에서 빈번하게 출현한 종으로는 녹조류의 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 청각(*Codium fragile*), 갈조류의 미역(*Undaria pinnatifida*), 참그물바탕말(*Dictyota dichotoma*), 홍조류의 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 참까막살(*Carpopeltis affinis*), 참지누아리(*Grateloupia filicina*), 참도박(*Pachymeniopsis elliptica*), 진두발(*Chondrus ocellatus*)로 나타났다.

이와 이(1988)는 영일만 일대 해조상에 관한 연구에서 각 채집지별로 연중 채집되는 해조류로 구멍갈파래(*U. pertusa*), 청각(*C. fragile*), 지충이(*Sargassum thunbergii*), 우뭇가사리(*G. amansii*), 작은구슬산호말(*C. pilulifera*), 붉은까막살(*Prionitis cornea*), 진두발(*C. ocellatus*), 개서실(*Chondria crassicaulis*), 모로우붉은실(*Polysiphonia morrowii*), 참보라색우무(*Symphyocladia latiuscula*) 등을 보고하여 이번 조사시 빈번하게 출현한 종들과 유사함을 보였다.

부(1987)는 강원도 해역 해조류의 분포에서 해조류 분류군별 구성비율을 녹조류 10%, 갈조류 25%, 홍조류 65%로 발표하였고, 김과 김(1991)은 울진 발전소 주변 해역의 해조류 구성비율을 녹조류 12.4%, 갈조류 25.6%, 홍조류 53.6%로 보고하였는데 이번 조사 결과인 녹조류 12.9%, 갈조류 26.7%, 홍조류 60.3%와 출현종의 구성비율이 비슷하였다.

조사 지역에서 해조상의 특색을 비교할 수 있는 지표로 Feldmann(1937)은 갈조식물에 대한 홍조식물의 비(R/P)를 제안하여 해조류의 지리적 분포한계를 구분하는 지수로 사용하였고, Segawa(1956)는 갈조식물에 대한 녹조식물의 비(C/P)를 수평분포지수로 사용하였다. 동해 연안의 조간대에서 조사된 R/P ratio, C/P ratio, I/H ratio는 Table 2와 같다. 홍조류와 갈조류의 출현비인 R/P ratio는 대진과 근덕에서 0.50으로 가장 낮았고, 남애와 봉평에서는 6.00으로 가장 높게 조사되었다. 그 외의 지역에서는 대부분 1.00에서 1.92 사이의 값을 나타냈다. Chung *et al.*(1991)은 갈남에서 R/P ratio를 계절별로 1.9에서 4.0까지 평균 2.9로 보고하여 이번 조사보다는 조금 높게 나타났다. Boo and Lee(1986)는 속초지역 해조상 조사에서 R/P ratio를 월별로 구한결과 1.44에서 3.10 사이의 값으로 보고하였다. 김과 김(1991)은 울진 지역에서 1987년과 1988에 1.97과 1.75로 보고하여 이번 조사지역인 나곡, 죽변, 온양에서 얻어진 값인 0.67에서 1.50사이의 값과 유사했다. C/P ratio는 각 지역별로 0.20에서 2.00까지의 값을 나타냈지만, 대부분 지역에서 0.75이하의 값을 보였다. 이 값은 김과 김(1991)이 울진 원자력 발전소 주변에서 조사한 1986년의 0.47, 1987년의 0.28, 1988년의 0.44와 비슷한 값을 나타냈다. 또한 월성 지역에서 보고한 0.44에서 0.65 사이의 값과도 유사하게 나타났다.

각 조사지역에서 분석된 중요도 자료는 Table 3과 같다. 중요도 10 이상을 나타낸 해조류는 죽변에서 녹조류 구멍갈파래(*U. pertusa*), 나곡, 죽변, 봉평에서 갈조류 미역(*U. pinnatifida*), 나곡의 참그물바탕말(*D. dichotoma*), 나곡의 구슬모자반(*Sargassum piluliferum*)으로 조사되었다. 전체 조사지역에서 중요도가 10을 넘는 홍조류는 한 종도 없었다. 나곡지역은 갈조류 미역, 참그물바탕말, 구슬모자반의 중요도가 다른 지역에 비해 높게 나타나 이들 갈조류가 이 지역에서 우점종임을 반영해 주었다. 녹조류 구멍갈파래는 거의 모든 지역에서 중요도가 높게 나타나서 대표적인 우점종으로 조사되었다. 이 외에도 갈조류 미역, 참그물바탕말, 홍조류 작은구슬산호말(*C. pilulifera*), 참까막살(*C. affinis*), 참지누아

Table 3. The important value of marine algal species at each 12 localities

Species	NA	YG	SO	SA	GP	DJ	GD	GN	NG	JB	OY	BP
Chlorophyta												
Enteromorpha compressa		6.1	1.2									
E. linza			1.8			4.0						
Ulva lactuca	1.4					7.8		2.5				
U. pertusa		7.7	3.7	3.3	8.9	5.5	6.5	2.5		13.1	6.1	4.1
Chaetomorpha aerea	3.6	5.0										
Codium adhaerens										3.0		
C. fragile	2.6		2.2	2.5	8.7		4.0	3.7		7.3	2.8	3.9
Phaeophyta												
Chordaria flagelliformis											4.4	
Leathesia difformis						4.2	2.9	1.6				
Scytosiphon lomentaria			2.2			4.3	5.3	1.3				
Cutleria cylindrica											2.9	4.6
Desmarestia viridis				1.8							5.6	
Undaria pinnatifida			3.2	4.5		8.9	4.0	2.3	17.4	15.7	6.9	12.2
Agarum cribrosum			1.2	2.1	9.4						2.8	
Costaria costata			1.1	3.4		4.2						
Laminaria japonica				3.9	2.2							
Dictyopteris divaricata			2.7	1.7	2.8		3.3	1.5				
D. latiuscula				1.1	3.9							
Dictyota dichotoma	3.3	2.9		3.1	5.2	5.3	4.0	2.7	11.2	4.6		
Hizikia fusiformis		2.2	2.4			4.6	3.3	2.0				
Sargassum horneri		2.2	2.7	3.8			5.6	2.0				
S. piluliferum									15.9			
S. sagamianum				3.0								
S. thunbergii	8.6		2.6					2.7		6.3		
Rhodophyta												
Gelidium amansii			1.6		2.9		3.4	3.1			3.2	5.3
Corallina officinalis										3.4	1.1	2.7
C. pilulifera	4.3	5.7	2.9	1.9	4.6							3.3
Carpopeltis affinis	2.0	5.7						3.1	4.3		3.2	3.3
Prionitis cornea			2.6	1.3						6.2		
Grateloupia filicina	4.7		2.0		3.3	5.1		3.5	4.7		3.6	3.7
G. okamurae											2.5	4.6
G. sparsa			1.4	3.4	2.4							
G. turuturu	3.8	2.7	1.5		2.4			2.5				
Pachymeniopsis elliptica	3.1	2.7	2.0			5.1	6.1	3.5			2.6	3.7
Gloiopeltis furcata							2.7		3.6			
Tsengia nakamurae											4.6	2.5
Plocamium telfairiae	5.5			1.5				2.7			1.8	
Chondrus ocellatus	7.4	2.3	2.6	1.9	2.9			4.0				
Lomentaria hakodatensis	3.8	2.9						4.4				
Acrosorium sp.				3.0								
Chondria crassicaulis	4.2	3.3				4.6	3.3	4.8				
Laurencia nipponica	3.9			1.5	2.5			4.6				
L. okamurae												4.4
Symphyocladia latiuscula		3.3	3.0	2.4			5.6	3.9				

NA, Namae; YG, Youngok; SO, Sodol; SA, Sachun; GP, Gyoungpo; DJ, Daejin; GD, Geunduk; GN, Galnam; NG, Nagok; JB, Jukbyun; OY, Onyang; BP, Bongpyoung.

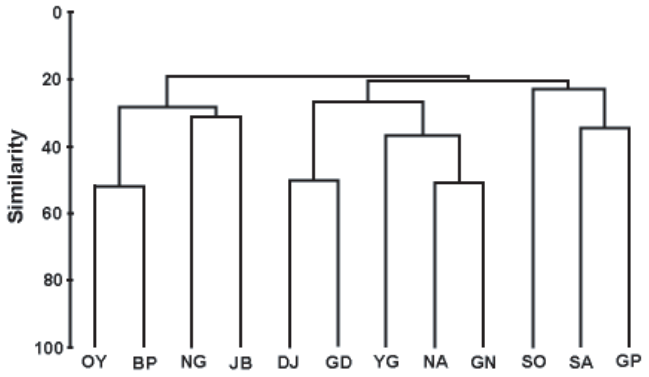

Fig. 3. A dendrogram produced by clustering location flora using average linkage. NA, Namae; YG, Youngok; SO, Sodol; SA, Sachun; GP, Gyoungpo; DJ, Daejin; GD, Geunduk; GN, Galnam; NG, Nagok; JB, Jukbyun; OY, Onyang; BP, Bongpyoung.

리(*G. filicina*), 참도박(*P. elliptica*), 진두발(*C. ocellatus*) 등의 중요도가 높았다. Lee *et al.*(1993)은 속초지역 해조군집 조사에서 중요도로 판명한 우점종의 경우 왜모자반(*Sargassum yezoense*)이 일년 내내 우점 하였다고 보고하였다. 또한 준우점종은 개서실(*C. crassicaulis*), 김파래(*Bangia atropurpurea*), 작은구슬산호말(*C. pilulifera*) 등을 보고하였는데, 이번 조사에서 나타난 결과와 유사했다. 남 등(1996)은 영일만 인근 해역에서 계절별 우점종 조사결과 구멍갈파래와 진두발(*C. ocellatus*), 지충이(*S. thunbergii*), 참도박(*P. elliptica*) 등으로 나타냈고, 부(1987)는 강원해역 해조류 분포조사에서 우점종으로 조간대 상부는 불등풀가사리(*Gloiopeltis furcata*), 염주말(*Chaetomorpha moniligera*) 등, 중 · 하부는 톳(*Hizikia fusiformis*), 작은구슬산호말, 모로우붉은실(*P. morrowii*), 개서실 등을 보고하여 이번 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

각 조사지역에서 조사된 출현종 자료를 바탕으로 집괴분석을 수행한 결과 Fig. 3과 같은 수지도(dendrogram)를 얻었다. 수지도는 2개 구역으로 유사도 20% 수준에서 나누어져 독립된 무리를 형성하였다. 이 구역은 울산시 울주군의 온양과 경북 울진군의 봉평, 나곡, 죽변 지역이 하나의 큰 무리를 이루고, 나머지는 강원도의 각 지역이 하나의 무리를 형성하였다. 이는 해조류 출현종이 강원도 해역과 경상북도 이남의 해역으로 크게 구분되어 짐을 보여주는 결과이다.

이 지역의 해조 군락조사 중 수직분포에 관하여 부(1987)는 강원 해역에서 6월과 8월의 조간대 해조류 수직분포는 조간대 상부에서 불등풀가사리(*Gloiopeltis furcata*), 염주말(*C. moniligera*), 국수나물(*Nemalion vermicularae*), 흐린대마디말(*Cladophora opaca*) 등이 우점종을 이루며, 조간대 중하부는 톳(*Hizikia fusiformis*), 작은구슬산호말(*C. pilulifera*), 모로우붉은실(*P. morrowii*), 개서실(*C. crassicaulis*) 등이 우점 한다고 하였다. 또한 식생의 층위를 구분한 결과 조간대는 녹색대의 상부와 적갈색대의 중하부인 2개의 층위로 대별된다고 하였고 특히 장호, 속초, 호산 등의 조하대에서 비틀대모자반(*Sargassum sagamianum*)이 우점 한다고 보고하여 동해안 지역 조하대에 모자반속 식물이 광범위하게 분포하고 있음을 시사하였다.

그리고 Lee *et al.*(1993) 역시 속초지역 조간대의 수직분포가 겨울철에 김파래(*B. atropurpurea*)가 최상위층에서 여름철까지 우점 하다가 서서히 사라진다고 하였다. 또한 봄철과 여름철에는 개서실(*C. crassicaulis*), 애기마디잘록이(*L. hakodatensis*), 작은구슬산호말(*C. pilulifera*), 지충이(*S. thunbergii*), 왜모자반(*S. yezoense*)이 조간대 상부에서 하부까지 우점 한다고 보고하였으나 이번 조사에서는 이점과 관련하여 부(1987)의 조사 당시와는 해조류의 종수나 다양성에서 많은 변화가 있는 것으로 비교된다. 특히 김파래나 개서실 등은 이번 조사에서는 나타나지 않았고 수직분포대의 우점도도 아주 다른 것으로 나타났다.

해조류 식생이 비교적 풍부한 소돌에서 조간대 수직분포의 시간적 공간적 변화는 짧은 시간에도 극심하게 변동하는 것으로 나타났다. 봄철에는 조간대 상부에 참김(*Porphyra tenera*)의 분포대가 뚜렷하게 나타났고 중부에는 구멍갈파래(*U. pertusa*)를 포함한 파래류, 그리고 중하부에서 저조선 부근에는 지충이(*S. tunbergii*), 톳(*H. fusiformis*), 참도박(*P. elliptica*) 등의 대상 수직분포 구조가 뚜렷하게 나타났다. 그러나 수온이 상승할수록 조간대 상부부터 군락의 소멸이 뚜렷하고 빠르게 나타나서 초여름에는 조간대 중부에 염주말(*C. moniligera*)과 파래류만 남고 거의 모든 해조류가 소멸하였으며 여름철에는 저조선 부근에 파래류만이 남아있고 조간대 해조류는 거의 소멸 상태였다. 특히 7월의 태풍 이후에는 조간대 상, 중부의 해조군락은 완전히 소멸하였다. 그러나 전반적인 식생의 층상 구조는 참김으로 대표되는 조간대 상부군, 파래류의 녹색대 중부군 그리고 지충이, 톳, 도박 등으로 대표되는 적, 갈색대 하부군의 3개 층위로 나누어진다.

부(1987)는 이와 관련하여 조간대 전체 식생의 상관에 있어서는 녹색의 상부와 적갈색대의 중, 하부 두 개의 층위로 구분하였는데, 상부층의 참김은 일시적으로 출현하였다가 소멸하는 점을 감안하면 두 개의 층위로 인식할 수 있을 것으로 보인다.

한편 조하대의 수직분포 구조에서는 연안 가까운 수심의 15 m 내외에는 다시마(*Laminaria japonica*), 15–25 m에는 개다시마(*Kjellmaniella crassifolia*)가 순군락을 이루고, 이보다 더 깊은 수심에는 구멍쇠미역(*Agarum cribrosum*)이 분포한다(Fig. 4).

이와 같은 현상은 다시마와 개다시마의 초기생장에 영향을 미치는 조도와의 관계에서(해양수산부 2002) 다시마는 120 μmol photons m^{-2} s^{-1}에서 그리고 개다시마는 40 μmol

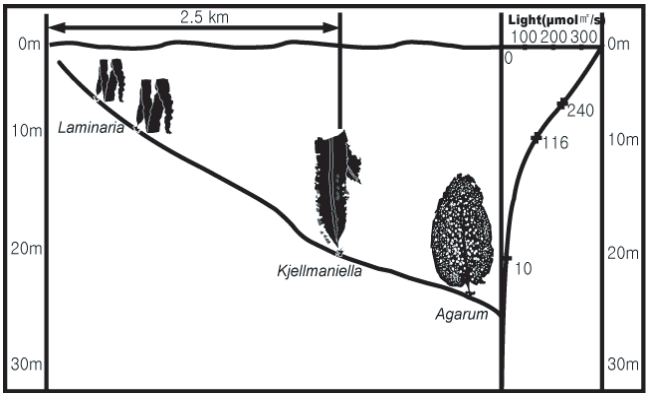

Fig. 4. Vertical distribution of useful marine algae in members of Laminariales on subtidal zone at Kangnung area.

photons m^{-2} s^{-1}에서 생장이 좋고 고조도에서는 생장이 부진하다고 하였는데, 이들의 조도에 대한 반응은 수직분포에 있어서 서식 수심과도 깊은 관계가 있는 것으로 보인다.

이처럼 조간대에는 온대성 해조류가 대부분 이지만 조간대에서 조하대로 수심이 깊어질수록 한해성인 다시마류 순군락의 수직분포 구조가 명확하게 나타나고 있어 남해안 해조숲의 우점종이 모자반류인 점과는 대조적이다.

한편 남(1986)은 동해안 죽도의 해조군락 조사시 수심 12 m 부근에서 일년 내내 애기다시마(*L. religiosa*) 군락이 높은 피도로 우점하며 분포함을 조사하였다. 하지만 동해안의 대표적인 북방계 해조인 구멍쇠미역(*A. cribrosum*)은 관찰하지 못했는데, 이는 구멍쇠미역의 분포 수심이 일반적으로 깊기 때문에 이 조사에서 수행한 수심 12 m 부근에서는 확인하지 못했다고 하여 이 지역의 보다 깊은 수심에는 구멍쇠미역이 분포하고 있을 것임을 시사하였다. 이번 조사에서는 오히려 애기다시마군락은 확인할 수 없었고 구멍쇠미역의 순군락이 뚜렷이 발달하고 있음이 확인되었다.

해양수산부(2002)는 최근 갯녹음 현상에 의한 이 해역 다시마 군락의 현존량 변화에 대하여서도 다시마, 개다시마의 현존량 감소에 대하여 언급한 바 있다. 즉 70년대에 일본에서 이식된 애기다시마와 다시마는 물론 토착종인 개다시마의 자원도 최근에 급격히 감소하는 경향에 대해 수온과 관련된 원인을 시사하고 있는데, 이번 조사에서 구멍쇠미역의 뚜렷한 증가현상을 고려할 때 이 해역에 있어서 적어도 한해성 해조류인 다시마 군락의 천이 현상이 빠르게 진행되고 있음을 시사하고 있다 하겠다.

사 사

이 논문은 2006년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국대학교육협의회 대학교수 국내교류 연구비 지원에 의한 것임.

참고문헌

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

김기홍, 김영환. 1991. 한국 3개 원자력발전소 주변 해조군집. 조류학회지 **6:** 157–192.

김영환, 남기완, 손철현. 1997. 동해안 주문진 조간대의 저서 해조류: 해조상, 분포 및 군집구조. *Algae* **12:** 117–130.

김영환, 안중관, 이재일, 엄희문. 2004. 동해안 울진원전의 온배수 방출이 주변 해조군집에 미치는 영향. *Algae* **19:** 257–270.

남기완. 1986. 동해안 죽도의 해조군집에 관하여. 조류학회지 **1:** 185–202.

남기완, 김영식, 김영환, 손철현. 1996. 한국 동해 연안역의 저서 해조류: 해조상, 분포 및 군집구조. 한국수산학회지 **29:** 727–743.

부성민. 1987. 강원도 해역 해조류의 분포. 조류학회지 **2:** 223–235.

이용필, 강서영. 2001. 한국산 해조류의 목록. 제주대학교 출판부.

이인규, 강제원. 1986. 한국산 해조류의 목록. 조류학회지 **1:** 311–325.

이재완, 이해복. 1988. 동해안 영일만 일대의 해조상에 관한 연구. 조류학회지 **1:** 165–182.

최창근, 곽석남, 손철현. 2006. 동해안 울진 연안 조하대 저서 해조류의 군집구조. *Algae* **21:** 463–470.

해양수산부. 2002. 갯녹음(백화) 현상의 원인규명 및 대책. 해양수산부.

Barbour M.G., Burk J.H. and Pitts W.D. 1987. *Terrestrial plant ecology*. The benjamin/Cummings Pub. Co. Inc.

Boo S.M. 1985. Vertical distribution patterns of the intertidal algal community on a Kangneung rocky shore, east coast of Korea. *Proc. Nat. Sco. Res. Inst. KANU* **1:** 46-53.

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. *Korean J. Phycol.* **1:** 107-116.

Chung H.S., Lee H.J. and Lee I.K. 1991. Vertical distribution of marine algae on a Galnam rocky shore of the mid-east coast of Korea. *Korean J. Phycol.* **6:** 55-67.

Feldmann J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Miditerranee. 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.

Lee J.W., Lee H.B. and Lee I.K. 1993. A study on the community structure of intertidal marine benthic algae in the east coast of Korea. I. An intertidal marine benthic algal community at Sokcho. *Korean J. Phycol.* **8:** 67-75.

Segawa S. 1956. *Coloured illustrations of the seaweeds of Japan*. Hoikusha Publ. Co. Osaka.

吉田忠生. 1998. 新日本海藻誌. 內田老鶴圃.

千原光雄. 1996. 學研生物圖鑑. 海藻. 學習研究社.

Received 30 January 2007
Accepted 26 February 2007