

[Note]

하계 독도 연안 해조류의 종조성 변동과 갯녹음현상

김미경* · 신재기¹ · 차재훈²

(영남대학교 해양과학연구소, ¹한국수자원공사 수자원연구원, ²한국수권환경연구소)

Variation of Species Composition of Benthic Algae and Whitening in the Coast of Dokdo Island during Summer

Mi-Kyung Kim*, Jae-Ki Shin¹ and Jae-Hun Cha²

Marine Science Research Center, Yeungnam University, Gyongsan 712-749,

¹Korea Institute of Water and Environment, Korea Water Resources Corporation, Daejeon 305-730 and

²Korean Environmental Research Center for Hydrosphere, Ansan 425-180, Korea

This study was to clarify the variations in a marine ecosystem through examining the species composition of benthic algae in the coast of Dokdo Island during summer (June & August, 2003). The total number of species found in benthic algae was 45 composed of 11% green algae, 29% red algae and 60% brown algae. The dominant species were *Enteromorpha linza*, *Cladophora* spp. and *Codium fragile* for green algae, *Ecklonia cava*, *Eisenia bicyclis*, *Sargassum confusum*, *S. patens*, *S. horneri*, *Myagropsis myagroides* for brown algae and *Amphiroa ephedraea*, *A. pusilla*, *Lithophyllum okamurae*, *Corallina* spp., *Laurencia pinnata*, *L. hamata*, *Chondria crassicaulis*, *C. dasyphylla*, *Gelidium amansii*, *Neosiphonia yendoii* and *Polysiphonia yendoii* for red algae. The number of benthic algal species decreased more in this study than in previous researches. The whitening of the rocky shore might provoke the decrease of benthic algal biomass and species.

Key Words: benthic algae, Dokdo Island, species composition, summer, whitening

서 론

독도는 울릉도에서 92 km, 육지(포항)에서 약 267 km 떨어진 우리나라 최동단에 위치해 있고, 독도를 중심으로 주변에는 많은 크고 작은 바위로 둘러져 있다. 독도의 지리와 지형학적인 특징과 변화가 심한 해황으로 인하여 독도의 해산 식물상의 연구는 육지 연안이나 제주도에 비해 부진한 편이다. 60년대에 Noda and Kang(1964)과 Kang(1965, 1966)의 연구가 학계에 처음 보고되기 시작하면서 독도의 해산 식물상의 신비가 풀리기 시작하였고, 80년대는 이와 부(1981)와 90년대의 박 등(1992), 김 등(1996), 오(1998), 독도연구보전협회(1999), 한국해양연구소(2000), 김과 김(2000) 등의 연구 결과로 독도 연안의 해조상의 변화는 지속적으로 관찰되고 있다.

독도의 해조류에 대하여 Kang and Park(1969)은 45종을 관찰하였고, 이와 부(1981)가 102종, 김 등(1996)은 113종, 독도연구보전협회(1999)는 89종을 보고하였다. 김과 김(2000)에 의하면 독도 연안에 존재하는 해조류의 종수가 급격히 감소하였다고 보고하였는데, 이는 울릉도와 함께 해수 온도의 상승과 남쪽의 열대성 해류의 북상이나 지구 온난화에 의한 수환경의 변화에 의한 갯녹음(백화)현상에 기인한다고 처음으로 밝힌 바 있다.

해조류는 해양 생태계에서 1차 생산을 담당하는 기초 생물체로서 해양동물의 먹이가 되는 해양생물 자원이 될뿐만 아니라, 해수의 영양염 등을 직접 흡수하여 수환경에 영향을 미치는 조절자 역할을 한다(Lee 1999).

본 연구는 독도 연안의 하계 해조 종조성과 해조상의 변화를 조사하여 이미 발표된 바 있는 독도 해조상의 연구 결과들과 비교함으로써 독도 연안의 해양 생태계를 파악할 수 있는 기초자료를 마련하고자 시도되었다.

*Corresponding author (mkkim@yumail.ac.kr)

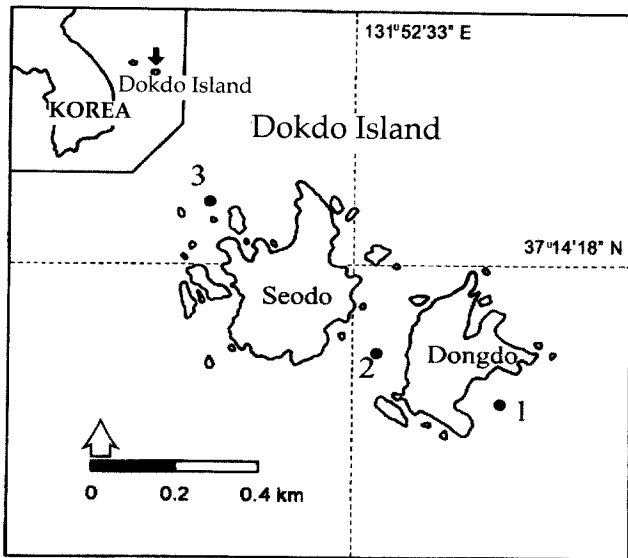


Fig. 1. Sampling sites in the Dokdo Island.

재료와 방법

조사대상지인 독도(북위 37° 14' 12", 동경 131° 52' 07")는 쓰시마난류와 리만난류가 교차하는 동해에 위치하고 있으며, 두 개의 섬인 동도와 서도로 이루어져 있다(Fig. 1). 2003년 6월 20-22일, 8월 19-21일 2회에 걸쳐 하계 독도 연안의 조간대와 조하대 주변의 녹조류, 갈조류와 홍조류를 중심으로 해조 군락을 관찰하였다.

조사 정점 1은 동도 바깥쪽으로 수심이 26 m였고, 파도와 해류에 의한 연안수의 흐름이 원활한 수역이었고, 연안은 암반이 급경사를 이루고 있었다. 정점 2는 동도와 서도 사이 수심이 6 m 정도였으며 연안은 선착장이 인접하여 선박으로부터 유출된 기름, 오수와 모뎀, 선박 접안시설물의 장애로 해수의 흐름이 원활하지 않았고, 저서 기질은 모래로 덮여 있고, 선착장 안쪽은 자갈과 조수 웅덩이로 이루어져 있었다. 해수의 흐름이 원활하지 않는 선착장 옹벽 안에 고여 있는 해수는 거품현상이 심한 정체수역이었다. 정점 3은 독도에서 유일한 담수 용출지역인 물골(Shin *et al.* 2003)이 인접한 서도 수역으로 수심 20 m를 이루며 연안은 암반과 조수 웅덩이가 많았다.

정점 1과 3에서는 수심 20 m까지, 그리고 정점 2에서는 수심 6 m까지 해조류의 분포를 조사하였다. 조간대의 고조선 부근에서는 현장에서 0.5 m × 0.5 m의 방형구를 이용하여 한 정점에 각각 3곳을 임의로 정하여 시료를 채집하였고, 조하대에서는 각각 정점의 반경 5 m 내에서 5 m 간격으로 수심 별로 스쿠버 다이빙하여 디지털카메라(Olympus 5050z와 4040z)로 수중촬영을 실시하여 해조 군락을 관찰하였고, 시료를 채집하였다. 채집된 시료는 현장에서 고정액(포르말린

5%)을 첨가하여 액침고정하였고, 빛이 차단된 용기 내에 보관하여 실험실로 운반하여 종을 동정하였다. 종동정은 한국 동식물도감 해조류편(강 1968)을 중심으로 실시하였고, Strickland and Parsons(1972), Hiscock(1986), Tokuda *et al.* (1994), 김과 김(1999)과 이와 강(2001)도 참고로 하였다.

결과와 고찰

해조류의 종조성과 해조상

독도의 조간대와 조하대에서 발견된 해조류의 총종수는 45종이었고, 녹조류는 11%, 갈조류는 29%, 홍조류는 60%로 홍조류의 분포가 훨씬 높았다. 이는 이미 보고된 모든 연구와 비슷한 결과였다(Table 1). 해조류의 총종수는 Kang and Park(1969)이 발표한 45종과 동일한 종수이나 김 등(1996)의 113종과 독도연구보전협회(1999)의 89종과는 많은 차이가 있었다. 이는 채집시기, 채집 장소, 채집방법, 해수의 수환경, 해황 등에 따라 종수의 편차가 심한 것으로 사료된다.

R/P(Feldman 1937) 비율에 의한 해조상 분석은 김과 김(2000)과 김 등(1996)의 결과(각각 0.8과 4.5)를 제외하고 과거 모든 연구 결과에서는 2에 가까운 값이었고, Cheney(1977)에 의한 (R+C)/P 해조상의 해석 수치로는 본 조사에서 1.6였는데, 이는 이와 부(1981)와 김 등(1996)의 결과(4.1: 4.2)를 제외하고 앞의 모든 연구에서 3 이하의 값을 나타냈다. C/P비율(Segawa 1956)은 0.4였는데 이는 김 등(1996)과 Kang and Park(1969)의 비율(0.8)에 비하면 낮게 나타났다. 따라서 독도의 해조상 분석 수치는 울릉도, 남해안, 제주도 해조상 분석 수치(Table 1)와 거의 유사한 결과를 보임에 따라 독도는 이와 부(1981)가 주장한 울릉도와 독도의 해조상이 남해구나 제주구에서 분리된 독립구로서의 고유성을 지니고 있다는 주장과는 상반되는 결과를 가져 왔다(김과 김 2000). 이는 최근에 지구온난화에 의한 수온상승으로 인한 해조상이 변화되었음을 시사하고, 오(1998)의 연구 보고에서처럼 독도는 남해구나 제주구를 지나는 해류가 북상하여 독도 해황에 직·간접적인 영향을 줌에 따라 독도 고유구로서의 특별구의 의미가 희박함을 알 수 있다. 김과 김(2000)의 연구 보고에서처럼 본 조사기간에도 우리나라 남·동해안과 제주도에서 시작된 갯녹음현상이 독도의 전 연안(조간대와 조하대)(Fig. 3)에 확산됨에 따라 이 지역의 해조상의 변화와 해조류의 종조성이 많이 감소되어 해양 생태계의 극심한 변화로 독도의 해조상이 남해구와 제주구와 차별화되지 않고 유사한 해조상 환경이 형성되었다고 보고한 바 있다.

해조 식생의 수직 분포도

조차(10-15 cm)가 작은 독도연안의 해조류는 조간대의

Table 1. Comparison of benthic algal distributions in the coast of Dokdo Island and other coasts

Sampling sites (refernces)	Total number of species	Green algae (%)	Brown algae (%)	Red algae (%)	R/P	(R+C)/P	C/P
Dokdo (this study)	45	11	29	60	2.1	1.6	0.4
Dokdo (Kim and Kim 2000)	24	9.7	43.5	47.8	0.8	0.9	0.2
Ulleungdo (Kim and Kim 2000)	53	12	40	48	1.3	1.7	0.4
Dokdo (KACN/MOMAF 1999)	89	13.5	24.7	61.8	2.5	3.1	0.6
Dokdo (Kim <i>et al.</i> 1996)	113	12.4	15.9	71.7	4.5	4.2	0.8
Ulleungdo (Kim <i>et al.</i> 1996)	172	9.9	26	64	2.5	2.9	0.4
Dokdo (Lee and Boo 1981)	102	10.8	18.6	65.7	3.5	4.1	0.6
Ulleungdo (Lee and Boo 1981)	148	8.8	21.6	66.2	3.1	3.5	0.4
Dokdo (Kang and Park 1969)	45	17.8	22	51	2.3	3.1	0.8
South coast (Kang 1966)	348	15	33	62	2.7	2.3	0.5
South-East coast (Kang 1966)	196	13	25	62	2.5	3	0.5
Jejudo (Kang 1966)	205	17	25	58	2.3	3	0.7
Korean coast (Kang 1966)	414	15	24	61	2.6	3.2	0.6
Ulleungdo (Kang 1965)	108	16.7	26.9	53.7	2.0	2.6	0.6
Ulleungdo (Noda and Kang 1964)	69	18.8	30.4	49.3	1.6	2.2	0.6

C, Chlorophyta; R, Rhodophyta; P, Phaeophyta; R/P (Feldman 1937); (R+C)/P (Cheney 1977); C/P (Segawa 1956). The number of Cyanophyta was not included in the percents. KACN; The Korean Association for Conservation of Nature; MOMAF, Ministry of Marine Affairs and Fisheries.

상, 중, 하부와 조하대의 상부에 걸쳐 분포하고 있었다(Fig. 4). 조간대 상부는 파도의 포말이 미치는 영역으로 모든 정점이 암반과 조수 웅덩이가 많았고, 정점 2의 선착장 주변은

암반과 자갈로 이루어져 있다. 이 정점은 녹조류, 갈조류와 홍조류의 순으로 대상 분포를 하고 있었으며, 대표적인 종은 잎파래 (*Enteromorpha linza*), 대황 (*Eisenia bicyclis*), 서실류

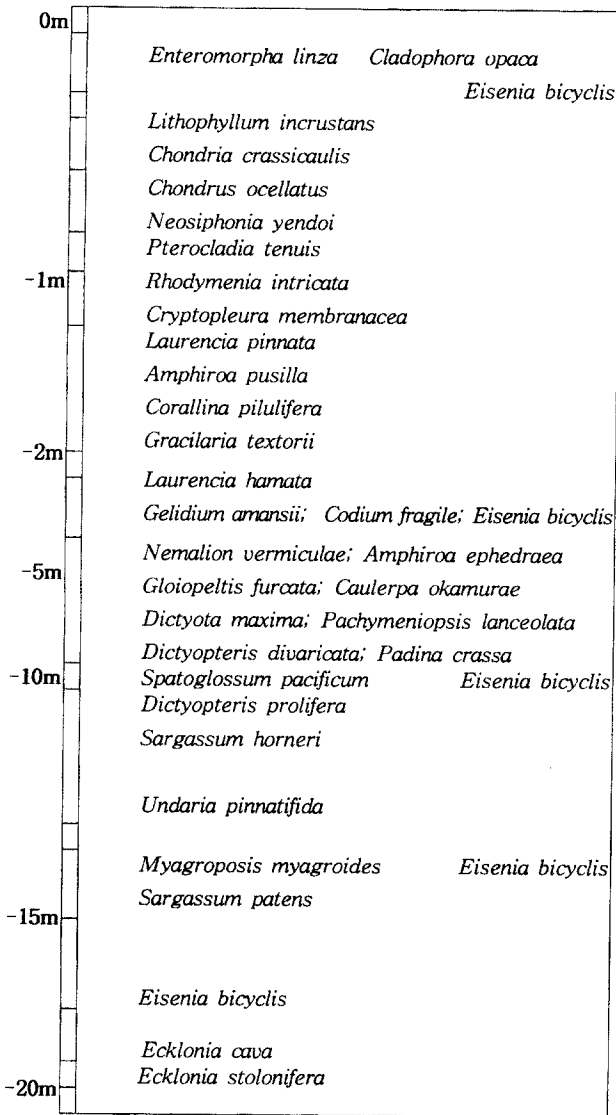


Fig. 4. General vertical distribution of benthic algae observed in three stations of the coast of Dokdo Island in August, 2003.

(*Chondria* spp.)와 붉은실류(*Neosiphonia* sp.)로 관찰되었다. 그 외 정점의 조간대 상부의 암반은 일부 조수 웅덩이를 제외하고 해조류의 출현이 드문 것으로 나타났다.

조간대의 상부와 중부는 서실류, 산호말류(*Corallina* spp.), 게발류(*Amphiroa* spp.), 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*), 두갈래분홍치(*Rhodymenia intricata*), 깃꼴서실(*Laurencia pinnata*), 개우무(*Pterocladia tenuis*), 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 국수나물(*Nemalion vermiculae*) 등의 홍조류가 번무하고 있었으며 드물게 녹조류인 대마디말류(*Cladophora* spp.)와 청각(*Codium fragile*)이 혼생하였다. 대황은 조간대 상, 중, 하부와 조하대 상부에 까지 넓게 분포하고 있었다. 갈조류는 하부 조간대에서 상부 조하대 수심 20 m까지 넓은 군락을 이루어 거대한 해중림을 이루고 있었다(Fig. 2A, D). 수심 5-10 m 사이는 큰그물바탕말(*Dictyota maxima*), 가시뼈대그물말(*Dictyopteris*

prolifera), 참가시그물바탕말(*Spatoglossum pacificum*), 분부챗말(*Padina crassa*), 모자반류(*Sargassum* spp.)와 대황이 혼생하였고, 드물게 개도박(*Pachymeniopsis lanceolata*)이 이들 군락과 함께 서식하였다. 조하대 상부에는 대부분의 군락에 거대 갈조류(kelp)들이 자생하였는데, 독도 연안의 대표 다년생 갈조류인 대황 군락(Fig. 2) 아래에 감태(*Ecklonia cava*)가 수심 20 m 부근에서 거대 군락을 이루고 있었다(Fig. 2A, D). 이들 해중림 조관 아래에는 아주 드물게 곱피(*Ecklonia stolonifera*)가 식생하였다.

해조류의 종조성

본 조사를 포함하여 Kang and Park(1969), 이와 부(1981), 김 등(1996), 오(1998), 독도연구보전협회(1999)가 지금까지 보고한 독도 연안의 해조류 총종수는 186종이었다(Table 2). 녹조류는 본 조사에서 1종(*Cladophora japonica*)이 추가되어 21종이었고 갈조류는 본 조사에서 1종(*Dictyota maxima*)이 추가되어 34종이었으며, 홍조류는 본 조사에서 10종(*Gracilaria textorii*, *Pterocladia tenuis*, *Liagora japonica*, *Lithophyllum incrustans*, *L. okamurae*, *Pachyarthron cretaceum*, *Spatoglossum pacificum*, *Laurencia hamata*, *L. pinnata*, *Neosiphonia yendoi*)이 추가되어 131종으로 가장 많은 종이 확인되었다.

본 조사에서 독도 연안의 해조류의 종조성(Table 3)은 45종으로 다른 연구에 비하면 비교적 적은 수인데(Table 2), 이는 연안의 환경뿐만 아니라 채집 시에 채집 장소의 선정과 채집 수, 방법과 시기에 따라 정량 또는 정성적 차이가 있을 것으로 사료된다(Table 4).

본 조사에서 6월과 8월에 2차에 걸쳐 출현한 우점종은 녹조류인 잎파래(*Enteromorpha linza*), 대마디말류(*Cladophora* spp.)와 청각(*Codium fragile*)이었고, 갈조류는 다년생인 모자반류(*Sargassum confusum*, *S. patens*, *Myagropsis myagroides*), 대황과 감태가 주를 이루었다. 홍조류는 게발류(*Amphiroa ephedraea*, *A. pusilla*), 흑돌잎(*Lithophyllum okamurae*), 산호류(*Corallina* spp.), 서실류(*Laurencia pinnata*, *L. hamata*, *Chondria crassicaulis*, *C. dasyphylla*), 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 쇠털붉은실(*Neosiphonia yendoi* 혹은 *Polysiphonia yendoi*)이 우점하였다.

특히 정점 2는 모래(Fig. 3A)와 암반 기질(Fig. 3A-D)로 형성되어 있었는데 일부 암반들(Fig. 3A)은 게발류(*Amphiroa* spp.)와 같은 유절산호말이 우점하였으나, 일부 다른 암반들(Fig. 3A)은 흑돌잎류(*Lithophyllum* spp.)과 같은 무절산호말이 우점하여 갯녹음현상의 전형적인 천이과정이 나타나고 있었다.

해조류 종조성의 계절적인 변화

1960년도부터 시작된 독도 해조상 조사는 독도의 악천후

Table 2. Comparison of species composition of benthic algae in the tide zone of the coast of Dokdo Island.

Species	Kang & Park (1969)	Lee & Boo (1981)	Kim <i>et al.</i> (1996)	Oh (1998)	this study
Chlorophyta					
<i>Enteromorpha clathrata</i>		*	*		
<i>E. compressa</i>	*	*		*	
<i>E. linza</i>			*	*	*
<i>Ulva pertusa</i>			*		
<i>Chaetomorpha aerea</i>	*	*	*	*	
<i>C. moniligera</i>	*			*	
<i>C. spiralis</i>				*	
<i>Cladophora albida</i>	*	*	*		
<i>C. japonica</i>				*	*
<i>C. opaca</i>				*	*
<i>C. sakaii</i>	*	*	*		
<i>C. uncinella</i>	*		*		
<i>Bryopsis caespitosa</i>	*				
<i>B. corymbosa</i>			*		
<i>B. hypnoides</i>		*	*	*	
<i>B. plumosa</i>		*	*	*	
<i>Caulerpa okamurae</i>	*	*	*	*	*
<i>Codium adhaerens</i>	*	*	*		
<i>C. coactum</i>		*		*	
<i>C. fragile</i>		*	*	*	*
<i>Derbesia marina</i>			*		
Phaeophyta					
<i>Ralfsia verrucosa</i>				*	
<i>Leathesia difformis</i>				*	
<i>Colpomenis sinuosa</i>				*	
<i>Endarachne binghamiae</i>			*	*	
<i>Hydroclathrus clathratus</i>			*	*	
<i>Myelophycus simplex</i>					
<i>Sphacelaria californica</i>		*		*	
<i>S. subfusca</i>					
<i>S. yamadae</i>			*		
<i>Halopteris filicina</i>	*			*	
<i>Carpomitra cabreriae</i>			*	*	
<i>Sporochmus moorei</i>	*		*		
<i>Undaria pinnatifida</i>				*	
<i>Ecklonia cava</i>				*	*
<i>E. stolonifera</i>			*		*
<i>Eisenia bicyclis</i>		*		*	*
<i>Dictyopteris divaricata</i>		*	*	*	*
<i>D. prolifera</i>		*		*	*
<i>D. undulata</i>	*	*		*	*
<i>Dictyota dichotoma</i>		*		*	
<i>D. maxima</i>	*	*	*		*
<i>Dilophus okamurae</i>					*
<i>Distromium decumbens</i>	*	*			
<i>Pachydictyon coriaceum</i>			*	*	
<i>Padina arborescens</i>			*	*	
<i>Padina crassa</i>		*	*	*	*
<i>Zonaria diesingiana</i>				*	
<i>Myagropsis myagroides</i>	*	*		*	*
<i>Sargassum confusum</i>		*			*
<i>S. coreanum</i>			*		

(continued)

Table 2. (continued)

Species	Kang & Park (1969)	Lee & Boo (1981)	Kim <i>et al.</i> (1996)	Oh (1998)	this study
Phaeophyta					
<i>S. filicinum</i>	*	*	*	*	*
<i>S. horneri</i>			*		
<i>S. horneri</i>		*			
<i>f. furcatodentatum</i>	*	*			*
<i>S. patens</i>					
Rhodophyta					
<i>Bangia atropurpurea</i>				*	
<i>Acrochaetium radiatum</i>					
<i>Auduilnella codii</i>			*	*	
<i>A. daviesii</i>					
<i>A. infestans</i>			*		
<i>Nemalion vermiculare</i>	*		*		*
<i>Trichogloea requienii</i>			*		
<i>Galaxaura falcata</i>			*	*	
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	*	*		*	
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>			*	*	
<i>Gracilaria textorii</i>			*		*
<i>Gelidium amansii</i>		*			*
<i>G. pusillum</i>	*	*	*		
<i>Pterocladia capillacea</i>	*	*		*	
<i>P. tenuis</i>			*		*
<i>Peyssonnelia caulifera</i>					
<i>Fosliella zostericola</i>			*	*	
<i>Heteroderma sargassi</i>				*	
<i>Liagora japonica</i>					*
<i>Lithophyllum incrustans</i>					*
<i>L. okamurai</i>					*
<i>L. okamurai</i>					
<i>f. japonicum</i>				*	
<i>Lithothamnion cystocarpioideum</i>			*	*	
<i>Dermatolithon canescens</i>		*			
<i>Alatocladia modesta</i>		*		*	
<i>Amphiroa ephedraea</i>		*		*	*
<i>A. pusilla</i>			*		*
<i>Corallina officinalis</i>		*	*	*	*
<i>C. pilulifera</i>		*	*	*	*
<i>Jania arborescens</i>			*		
<i>J. radiata</i>			*		
<i>Marginisporum aberrans</i>			*	*	
<i>M. crassissima</i>			*		
<i>Carpopeltis affinis</i>		*	*		
<i>C. angusta</i>				*	
<i>Grateloupia livida</i>		*			
<i>Grateloupia okamurai</i>		*	*		*
<i>G. prolongata</i>				*	
<i>G. turuturu</i>		*			
<i>Halymenia acuminata</i>			*		*
<i>Polysiphonia yendoi</i>			*		
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>		*	*	*	*
<i>P. lanceolata</i>			*		*
<i>Pachyarthron cretaceum</i>		*			
<i>Gloiosiphonia capillaris</i>	*				

(continued)

Table 2. (continued)

Species	Kang & Park (1969)	Lee & Boo (1981)	Kim <i>et al.</i> (1996)	Oh (1998)	this study
Rhodophyta					
<i>Schimmelmania plumosa</i>					*
<i>Spatoglossum pacificum</i>					*
<i>Gloiopeltis furcata</i>			*		
<i>Callophyllis adhaerens</i>			*		
<i>C. adnata</i>			*		
<i>C. crispata</i>			*		
<i>C. japonica</i>			*		
<i>C. rhynchocarpa</i>			*	*	
<i>Cruoriella japonica</i>				*	
<i>Chondrococcus hornemanni</i>					
<i>Opuntia californica</i>		*	*		
<i>Caulacanthus okamurae</i>	*	*		*	*
<i>Plocamium telfairiae</i>			*		
<i>Hypnea charoides</i>	*			*	*
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>		*	*	*	*
<i>Chondrus ocellatus</i>			*		
<i>Gigartina intermedia</i>			*	*	
<i>G. teedii</i>				*	*
<i>G. tenella</i>		*	*	*	
<i>Gloioderma iyoense</i>				*	*
<i>Rhodymenia intricata</i>		*	*	*	
<i>Lomentaria catenata</i>				*	
<i>L. hakodatensis</i>			*	*	
<i>Champia bifida</i>			*	*	
<i>C. expansa</i>		*	*		
<i>C. japonica</i>	*	*	*	*	
<i>C. parvula</i>			*	*	
<i>Antithamnion callocladdus</i>		*	*	*	
<i>A. nipponicum</i>		*	*		
<i>Anotrichium tenue</i>					
<i>Balliella crouanioides</i>		*	*		
<i>Callithamnion callophyllidicola</i>	*	*	*	*	
<i>Campylaephora crassa</i>	*	*	*	*	
<i>Centroceras clavulatum</i>		*		*	
<i>Ceramiopsis japonica</i>			*		
<i>Ceramium aduncum</i>		*	*		
<i>C. boydenii</i>		*			
<i>C. codii</i>		*	*		
<i>C. fastigiramosum</i>		*			
<i>C. paniculatum</i>			*		
<i>Ceramium tenerimum</i>	*	*			
<i>Griffithsia heteroclada</i>	*	*	*	*	
<i>G. japonica</i>	*	*	*		
<i>G. venusta</i>			*		
<i>Gymnophycus hypsispermis</i>			*		
<i>Gymnothamnion elegans</i>		*			
<i>Herpochodria elegans</i>				*	
<i>Platythamnion yezoense</i>			*		
<i>Pleonosperium caribaeum</i>			*		
<i>Wrangelia tayloriana</i>	*	*			
<i>Acrosorium polyneurum</i>		*			
<i>Acrosorium uncinatum</i>			*	*	

(continued)

Table 2. (continued)

Species	Kang & Park (1969)	Lee & Boo (1981)	Kim <i>et al.</i> (1996)	Oh (1998)	this study
Rhodophyta					
<i>A. yendoi</i>			*		
<i>Erythroglossum minimum</i>		*		*	
<i>Hypoglossum barbatum</i>		*	*		
<i>Schizoseris subdichotoma</i>			*		
<i>S. pygmaea</i>		*			
<i>Sorella repens</i>			*	*	
<i>Dasya sessilis</i>		*	*		
<i>D. villosa</i>				*	
<i>Dasysiphonia chejuensis</i>		*		*	
<i>Heterosiphonia japonica</i>	*	*		*	
<i>H. pulchra</i>		*	*	*	
<i>Benzaitenia yenoshimensis</i>				*	
<i>Chondria crassicaulis</i>	*	*	*	*	*
<i>C. dasyphylla</i>	*		*		*
<i>Herposiphonia fissidentoides</i>			*		
<i>H. parca</i>		*			
<i>H. secunda</i>	*	*			
<i>Janczewskia morimotoi</i>	*	*			
<i>Laurencia cartilaginea</i>		*			
<i>L. hamata</i>					*
<i>L. intermedia</i>		*			
<i>L. nipponica</i>	*	*			
<i>L. okamurae</i>	*	*	*	*	
<i>L. pinnata</i>					*
<i>L. venusta</i>	*	*	*	*	
<i>Polysiphonia harlandii</i>			*	*	
<i>P. japonica</i>	*	*			
<i>P. morrowii</i>			*	*	
<i>P. notoensis</i>		*			
<i>P. subtilissima</i>				*	
<i>P. yendoi</i> (= <i>Neosiphonia yendoi</i>)					*
<i>Symphyclocladia latiuscula</i>				*	
<i>S. marchantioides</i>		*	*	*	
<i>S. pennata</i>		*	*		

와 변화가 심한 해황으로 인하여 독도에 접근하는 것이 용이하지 않아 특히 겨울에 조사한 기초자료가 없는 실정이다 (Table 2). 대부분의 조사 회수는 1 혹은 2회만 실시한 단발성 연구이긴하나, 일반적인 독도의 해조상의 공통점은 홍조류의 종수가 가장 많았고 갈조류, 녹조류, 남조류의 순으로 종수가 적었다는 것이다. 종수는 1999년 이후로 급격히 적게 나타났는데 이는 조사정점의 지리적 특징과 채집방법과 시기에 따라 종수가 달라질 수 있는 복합적인 요인이 있으나 무엇보다 2000년부터 나타난 갯녹음현상이 가장 직접적인 원인으로 사료된다(김과 김 2000).

Fig. 3에서 정점 2뿐만 아니라 전 정점에서 암반 위는 갯녹음현상으로 부착지가 강하게 발달한 대황, 감태와 모자반류를 제외한 대부분의 부착동식물이 착생할 수 없는 서식지로

바뀌어 가고 있음을 알 수 있었다. 김과 김(2000)은 봄과 여름에 나타나는 일시적인 갯녹음현상이 해조류의 종수의 감소에 영향을 끼친 것으로 보고했으나, 본 조사를 수행하고 있는 시기에도 여전히 심각하게 갯녹음현상이 진행되고 있음을 알 수 있었다. 최근에 계속되고 있는 기상이변과 수온 상승(국립수산진흥원 1995, 국립수산과학원 1999-2001)에 의한 요인으로 제주도, 남해안과 동해안의 갯녹음현상이 울릉도뿐만 아니라 독도 조하대까지 확산됨으로 독도 해조류의 종수가 감소되었고, 앞으로도 심각한 생태계 변화가 예견된다.

독도 조간대 연안은 경사가 가파른 암반이 연안지대와 급경사로 연결되어 있어 사람이 접근하기 어려운 지리적 여건을 갖추고 있으나 잦은 어민들의 출입향, 독도 경비대원들

Table 3. Species composition of benthic algae in the tide zone of Dokdo Island in June and August, 2003

Divisions	Species	Divisions	Species
Chlorophyta	<i>Caulerpa okamurae</i> <i>Cladophora opaca</i> <i>C. japonica</i> <i>Codium fragile</i> <i>Enteromorpha linza</i>	Rhodophyta	<i>Corallina officinalis</i> <i>C. pilulifera</i> <i>Cryptopleura membranacea</i> <i>Gelidium amansii</i> <i>Gigartina tenella</i> <i>Gloiopeltis furcata</i> <i>Gracilaria textorii</i> <i>Grateloupia prolongata</i> <i>Gymnogongrus flabelliformis</i> <i>Laurencia hamata</i> <i>L. pinnata</i> <i>Liagora japonica</i> <i>Lithophyllum incrustans</i> <i>L. okamurae</i> <i>Nemalion vermiculare</i> <i>Neosiphonia yendoii</i> (= <i>Polysiphonia yendoii</i>) <i>Pachyarthron cretaceum</i> <i>Pachymeniopsis lanceolata</i> <i>Plocamium telfairiae</i> <i>Pterocladia tenuis</i> <i>Rhodymenia intricata</i> <i>Spatoglossum pacificum</i>
Phaeophyta	<i>Dictyopterus divaricata</i> <i>D. prolifera</i> <i>Dictyota dichotoma</i> <i>D. maxima</i> <i>Ecklonia cava</i> <i>E. stolonifera</i> <i>Eisenia bicyclis</i> <i>Myagropsis myagroides</i> <i>Padina crassa</i> <i>Sargassum confusum</i> <i>S. horneri</i> <i>S. patens</i> <i>Undaria pinnatifida</i>		
Rhodophyta	<i>Amphiroa ephedraea</i> <i>A. pusilla</i> <i>Chondria crassicaulis</i> <i>C. dasyphylla</i> <i>Chondrus ocellatus</i>		

Table 4. Comparison of benthic algal compositions between the previous studies and this report according to the sampling periods in the coast of Dokdo Island

Sampling periods	Seasons	References	Cy	Ch	Rh	Ph	Total numbers
1967, Summer	Summer	Kang and Park (1969)	4	8	23	10	45
1981. 9	Autumn	Lee and Boo (1981)	5	11	67	19	102
1995. 8	Summer	Kim et al. (1996)	·	14	81	18	113
1997. 10 & 1999. 5	Spring, Autumn	KACN/MOMAF (1999)	·	12	55	22	89
1999.6, 8 & 11	Summer, Autumn	Kim and Kim (2000)	·	2	10	11	23
2003. 6 & 8	Summer	this study	·	5	27	13	45

Cy, Cyanophyta; Ch, Chlorophyta; Rh, Rhodophyta; Ph, Phaeophyta

의 생활 필수품 운반을 위한 선박 왕래, 선박에서 방류되는 오 폐수와 기름의 유출, 이들의 생활 오수와 파도로 인해 먼 바다로부터 밀려 온 쓰레기 등이 서서히 독도 연안 생태계를 위협하고 있었다.

결론적으로 본 연구 결과, 독도 해조류의 종조성이 심하게 감소되었음을 알 수 있는데 이는 하계에 일반적으로 일어나는 해조류의 잎녹음이나 끝녹음 현상으로 생체량과 개체량이 감소된 이유도 있겠지만, 이 연구시기에 지구 온난화에 의한 수온상승으로 갯녹음현상이 진행되어 연안 생태계가 사막화되어 해조류의 종조성이 감소하였는 것으로 사료된다. 따라서, 연안 생태계 내에서 생물체의 먹이사슬의 불균형과 생태계 교란을 방지하기 위해 갯녹음현상의 근원적인 해결책이 강구되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 2003년도 경상북도 울릉군청의 지원으로 수행되었다.

참고문헌

- 강제원. 1968. 한국동식물도감. 제8권 식물편(해조류). 삼화출판사. 465 pp.
국립수산과학원. 1993-2001. 동해수산연구소 해양자원정보지. <http://www.nfrda.re.kr/korea/data/data11.htm>.
국립수산진흥원. 1995. 우리나라 동·서·남해 연안 수온의 변동 추이. 국립수산진흥원 사업보고서. 16 p.

- 김미경, 김기태. 2000. 울릉도 독도의 해조류 연구: I. 해조류의 종조성 감소와 해조상의 변화. *Algae* **15**: 119-124.
- 김미경, 김영환. 1999. 일반조류학. 아카데미서적. 194 pp.
- 김영환, 김형섭, 김광훈, 이육재, 옥정현, 이인규. 1996. 울릉도·독도의 하계 해조상. 자연실태종합보고서. **10**: 275-320. (Kim *et al.* in Table 2)
- 독도연구보전협회. 1999. 독도 해양환경 수산자원 보전을 위한 기초연구. 해양수산부. 544 pp. (KACN/MOMAF in Tables 1 & 4)
- 박찬선, 황은경, 손철현. 1992. 독도의 해조군락에 대한 예보. 선연구회 논문집. 1-46 pp.
- 오윤식. 1998. 독도의 해조류 분석 특성. 독도연구보전협회. 75-89 pp.
- 이용필, 강서영. 2001. 한국산 해조류의 목록. 제주대학교 출판부. 662 pp.
- 이인규, 부성민. 1981. 울릉도·독도의 해조상. 한국자연보존협회 조사보고서. **19**: 201-214. (Lee & Boo in Table 2)
- 한국해양연구소. 2000. 독도 생태계 등 기초조사 연구. 해양수산부. BSPM 99045-00-1282-6. 1033 pp.
- Cheney D.P. 1977. R&C/P - a new and improved ratio for comparing seaweed floras. *J. Phycol.* **13**: 12.
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. *Fev. Algol. T.X.* Thèse, Paris.
- Hiscock S. 1986. *Red seaweeds*. Aidgap, Somerset. 101pp.
- Kang J.W. 1965. Marine algae of Ulrungdo Island in Japan Sea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* **6**: 41-58.
- Kang J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* **7**: 1-125.
- Kang J.W. and Park G.H. 1969. Marine algae of Dok-do (Liancourt Rocks) in the Sea of Japan (I). *Bull. Pusan Fish. Coll.* **9**: 53-62.
- Lee R.E. 1999. *Phycology*. Cambridge University Press. 614pp.
- Noda M. and Kang J.W. 1964. Notes on the marine algae of Woolyungdo Island in the Japan Sea. *Bull. Jap. Soc. Phycol.* **12**: 39-43.
- Segawa S. 1956. *Coloured illustrations of the seaweeds of Japan*. Hoikusha Pub. Co. Osaka.
- Shin J.K., Kim M.K., Kang C.K., Hwang S.J. and Chung M.H. 2003. Freshwater ecosystem (MulKol) and periphytic algal biomass in the Tok Island, Korea. *Korean J. Limnol.* **36**: 463-466.
- Strickland J.D. and Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada* **167**: 1-310.
- Tokuda H., Kawashima S., Ohno M. and Ogawa H. 1994. *Seaweeds of Japan*. Midori Shobo Publication. Tokyo. 194pp.

Received 2 March 2003

Accepted 18 March 2003