

한국 동해안 독도의 해조상 및 대황(*Eisenia bicyclis*) 부착기의 생물상^{1a}

박서경² · 이정록³ · 허진석³ · 안대성² · 이행필² · 최한길^{3*}

Marine Algal Flora and Ecological Role of *Eisenia bicyclis* in Dokdo, East Sea, Korea^{1a}

Seo Kyoung Park², Jung Rok Lee³, Jin Suk Heo³, Dae Sung An², Haeng Pil Lee², Han Gil Choi^{3*}

요약

독도 해역의 해조류는 2013년 5월과 7월에 14개 정점에서 정성채집 하였으며, 대황의 생태학적 역할을 확인하기 위하여 7월과 11월에 23개체를 채집하여 부착기에 서식하는 해조류와 동물을 동정하였다. 대황의 줄기길이와 무게의 회귀식으로 생물량을 측정하였다. 해조류는 녹조류 18종, 갈조류 35종과 홍조류 75종을 포함하여 총 128종이 관찰되었으며, 성긴분기형이 47.66%로 가장 우점하였고 안정된 환경에 서식하는 ESG I 그룹에 속하는 종이 91종(71.09%)이었다. 또한, R/P, C/P, (R+C)/P는 2.14, 0.51과 2.66으로 온대성과 혼합성 해조상을 보였다. 대황의 생물량은 23.74kg m⁻²이고 밀도는 64 fronds m⁻²로 확인되었다. 한편, 대황의 부착기에서 해조류 12종과 동물 83종(환형 15종, 연체 25종, 절지 34종, 극피 3종, 기타 6종)의 1,248개체가 동정되어 생태학적으로 매우 중요한 핵심종으로 확인되었으며, 넓은마디육질꼬리옆새우붙이가 538개체(43.11%)로 가장 우점하였다. 본 연구 결과 독도의 해조류 출현종수는 이전 연구에 비해 증가하였고 성긴분기형과 ESG I 해조류가 우점하는 것으로 나타나 현재까지 독도 연안의 환경은 매우 안정된 상태라고 판단된다.

주요어: 기능형군, 해조류, 착생동물

ABSTRACT

Seaweeds were identified after qualitative sampling at 14 stations of Dokdo coasts from May to July 2013 and seaweeds and animals inhabiting 23 *Eisenia bicyclis* plants were examined to evaluate its ecological role. Biomass was calculated by using regression between stipe length and weight of *E. bicyclis*. A total of 128 species were identified, including 18 green, 35 brown, and 75 red algae. Coarsely branched form was dominant functional group occupying 47.66% and 91 species (71.09%) were in ESG I group, growing in stable environmental coast. Also, R/P, C/P, and (R+C)/P were 2.14, 0.51, and 2.66, respectively showing temperate and mixed flora. Biomass and density of *E. bicyclis* were 23.74kg m⁻² and 64 fronds m⁻². Twelve seaweeds and 83 animal species (15 Annelida, 25 Mollusca, 34 Arthropoda, 3 Echinodermata, and 6 others) were observed from 23 holdfasts and *Erichthonius pugnax* was dominant taxon having 538 (43.11%) of 1,248 animal individuals. These results indicate that *E. bicyclis* is a keystone species showing very important ecological role.

1 접수 2014년 8월 4일, 수정 (1차: 2014년 10월 17일, 2차: 2014년 11월 12일), 게재확정 2014년 11월 13일

Received 4 August 2014; Revised (1st: 17 October 2014, 2nd: 12 November 2014); Accepted 13 November 2014

2 (주)생태와 환경 Institute of Eco and Environmental Incorporation, Bucheon, Korea 421-741, Korea (p2hqueen@hanmail.net)

3 원광대학교 생명과학부 Faculty of Biological Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea (hgchoi@wku.ac.kr)

a 본 논문은 정부(환경부)의 재원으로 국립생물자원관의 '나고야의정서 대응 창의 연구개발을 위한 인력양성 사업'의 지원을 받아 수행하였습니다(NIBR No. 2013-02-071).

* 교신저자 Corresponding author: Tel: 063) 850-6579, Fax: 063) 857-8837, E-mail: hgchoi@wku.ac.kr

In conclusion, the number of seaweeds increased because of intensive research and dominance of coarsely branched form and ESG I group seaweeds, representing that environmental condition of Dokdo is still intact.

KEY WORDS: FUNCTIONAL FORM GROUP, SEaweEDS, EPIPHYTIC FAUNA

서론

독도는 쓰시마 난류의 지류인 동한난류와 북한한류가 만나는 경계 해역으로 풍부한 어장이 형성되며, 배타적 경제 수역 설정에 중요한 요충지로서 한국과 일본의 정치 및 외교적 분쟁 지역이다(Kim and Kim, 2000). 또한, 독도는 한반도에서 약 217km 떨어진 섬으로 다른 지역에 비해 인간 활동에 의한 영향이 적은 안정된 생태계로 다양한 해양생물이 서식하는 자연의 보고로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2004; Choi *et al.*, 2009). 하지만, 지구온난화로 인한 수온상승, 관광객과 어선의 빈번한 왕래, 수비대와 민간인의 거주 등으로 인하여 환경오염이 점차 증가되고 있으며, 울릉도와 독도 인근에서 갯녹음 해역의 확대에 인하여 해조류 출현 종수와 대형 해조류의 생물량 혹은 피도가 감소되고 있는 것으로 기록되어 있다(Kim and Kim, 2000; Kim *et al.*, 2004; Choi *et al.*, 2009).

대형 갈조류로 구성된 켈프대(kelp bed)는 해조숲, 해초대, 무절산호대와 함께 해양저서군집의 “Big Four”에 포함되며(Foster, 2001), 다양한 해양 무척추 및 척추동물의 산란장과 먹이장 등 연안생태계 먹이사슬에서 생산자로서 매우 중요한 역할을 한다(Eriksson *et al.*, 2006; Muraoka, 2008; Lindstrom, 2009; Pabis and Sicinski, 2010). 특히, 대형 갈조류의 엽체와 부착기는 구조적으로 매우 복잡하여 다양한 해조류(Kim and Choi, 2004)와 동물의 서식지로 활용되며, 일반적으로 복잡한 구조를 가진 서식처에서 착생동물의 종다양성(species diversity)과 종풍부도(species richness)가 높은 것으로 확인되었다(Steneck *et al.*, 2002; Eriksson *et al.*, 2006; Coleman *et al.*, 2007; Anandavelu *et al.*, 2013). 독도 조하대에는 모자반류와 갑태, 대황과 같은 대형 갈조류가 수관부(canopy)를 광범위하게 형성하고 있는 것으로 알려져 왔으나, 무절산호조류와 성계류가 번무하는 갯녹음 해역의 증가로 대형 갈조류의 개체군과 종다양성이 감소되고 있는 실정이다(Kim and Kim, 2000; Kim *et al.*, 2004). 특히, 대황은 한국과 일본 연안인 동북아시아에 분포하는 지역종(endemic species)으로서 우리나라의 울릉도와 독도, 그리고 일본의 일부 지역에 제한적인 분포를 보인다(Kang, 1968; Muraoka, 2008; Choi *et al.*, 2009; Arakawa *et al.*, 2013). 일본에서는 조하대의 수관부를 형성하는 갑태와 대황

의 생산성에 영향을 미치는 광에 대한 반응 연구(Maegawa and Kida, 1987; Maegawa *et al.*, 1988), 5-6년생 대황의 성장과 성숙에 관한 연구(Taniguchi *et al.*, 1993)가 수행되었고 최근에는 대황 숲의 면적이 매년 감소하고 있어 성계에 대한 생물학적 섭식압에 대한 연구와 고수온에 대한 영향을 연구하였다(Arakawa *et al.*, 2013; Muraoka, 2008). 대황은 독도의 조하대 2-10m 수심에서 주로 서식하며, 적정 수심은 5m 내외이고 생물량은 7.6-29.0kg m⁻²이며, 밀도는 118.6 fronds m⁻²로 알려져 있으나(Kang *et al.*, 2001), 다른 해양생물의 서식지로서 생태학적 중요성에 대한 연구는 수행되지 않았다. 또한, 대황은 분류학적으로 다시마목(Laminariales)의 갑태과(Lessoniaceae)에 속하며, 수명이 6년 정도인 다년생 해조류로서 울릉도와 독도가 북방한계선으로 기록되어 있다(Sohn *et al.*, 1992; Kang *et al.*, 2001; Choi *et al.*, 2009). 이외에도 대황은 식용과 알긴산의 원료, 그리고 유용수산자원(성계, 소라, 전복)의 먹이원으로 이용되고 있으며(Ahn *et al.*, 2012; Yoon *et al.*, 2013; Muraoka, 2008), 최근에 의약품의 원료(Cahyana *et al.*, 1992; Nakamura *et al.*, 1996; Yoon *et al.*, 2013)로서의 개발 가능성도 높은 것으로 알려져 있다. 대황은 생태적, 산업적, 그리고 희소성 등으로 매우 중요한 해조자원이지만, 최근 수온상승, 갯녹음 확대와 더불어 환경오염(Kim *et al.*, 2004; Choi *et al.*, 2009; Yoon *et al.*, 2010) 증가 등으로 독도 해역의 자연 개체군이 감소하는 것으로 알려져 있어 이에 대한 대책이 필요한 상태이다. 따라서, 본 연구는 독도 조하대 해조상의 변화와 우점종인 대황이 해양 무척추 및 척추동물의 서식장소로 제공되는 생태학적 역할을 확인하기 위하여 수행되었다.

연구방법

본 연구는 독도의 조하대와 조하대의 해조상을 파악하기 위하여, 2013년 5월에 5정점과 7월 9정점에서 해조류를 정성 채집하여(Figure 1), 포르말린-해수용액(5-10%)으로 현장에서 고정한 후 실험실로 운반하여 분류 및 동정하였다. 정성 채집된 해조류는 분류 및 동정한 후에 해조상의 특성을 파악하기 위하여 갈조류에 대한 녹조류의 비(C/P), 갈조류에 대한 홍조류 비(R/P), 갈조류에 대한 녹조 및 홍조류의 비(R+C)/P를 계산하였다(Feldmann, 1937; Segawa, 1956;

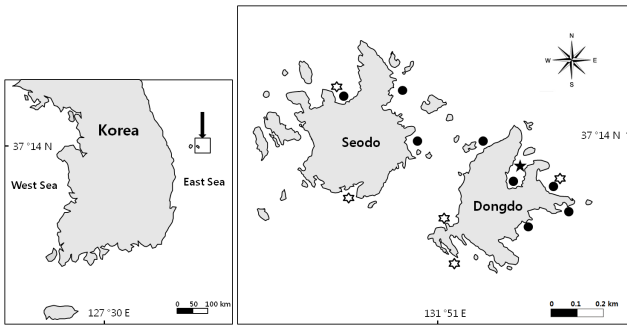


Figure 1. Sampling sites of seaweeds(☆, May; ●, July) and *Eisenia bicyclis* holdfasts (★, May and July) around the coast of Dokdo, Korea

Cheney, 1977). 해조류의 기능형은 출현종의 형태 및 내부 구조에 따라 엽상형(sheet form), 사상형(filamentous form), 성긴분지형(coarsely branched form), 다육질형(thick leathery form), 유절산호말형(jointed calcareous form), 각상형(cructose form)의 6개 그룹으로 나누어 분석하였으며 (Littler and Littler, 1984; Steneck and Dethier, 1994), 이를 근거로 생태학적 상태 그룹(Ecological State Group, ESG) ESG I (다육질형, 유절산호말형, 각상형, 성긴분지형)과 ESG II (엽상형, 사상형)으로 구분하였다(Wells *et al.*, 2007).

대황의 생물량을 조사하기 위하여, 2013년 5월에 SCUBA diving으로 조하대에 영구 방형구(50 × 50cm) 5개를 설치하였고 방형구 내에 서식하는 엽체의 줄기 길이(stipe length)를 현장에서 측정하였고, 방형구 인근에 서식하는 대황 62개체를 채집한 후 줄기 길이와 무게(g wet weight)를 측정하여 회귀식을 만든 후 방형구내의 대황 줄기 길이를

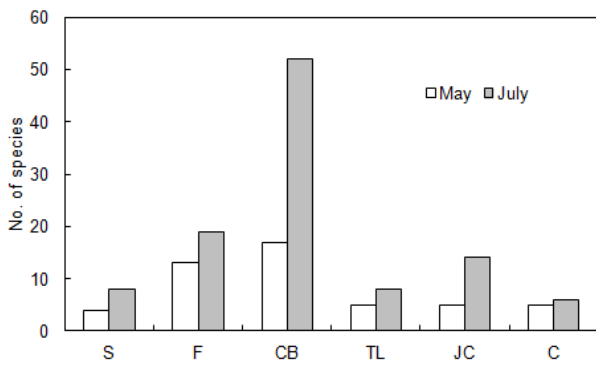


Figure 2. Number of species in six functional form groups of seaweeds observed at Dokdo, Korea. S, Sheet form; F, Filamentous form; CB, Coarsely Branched form; TL, Thick Leathery form; JC, Jointed Calcareous form; C, Crustose form

이용하여 생물량으로 환산하였다. 또한, 대황 부착기의 생물상을 조사하기 위하여 7월과 11월에 각기 성체 5개체와 18개체를 동도의 일출봉 북동쪽 조하대에서 채집하여 (Figure 1), 부착기에 서식하는 해조류와 동물을 분리 및 동정하였다. 해조류의 학명과 목록은 한국 해조목록의 분류 체계(Kang, 1968; Lee and Kang, 2002)와 해조류의 국가생물종 목록집 (Kim *et al.*, 2013)을 참고하여 선행 연구에서 출현한 해조류의 종 목록도 정리하였다.

저서 동물상은 분류군별 도감을 이용하여 동정하였다 (Kim, 1973; Lee and Jae, 1983; Lee, 1984; Jo, 1989; 1990; Barnard and Karaman, 1991; Shin, 1996; Sim, 1999; Takashi, 2000; Kim and Kim, 2001; Min, 2004).

결과 및 고찰

1. 해조상

독도 인근 해역의 14개 정점에서 서식하는 해조류는 128종이었으며, 분류군 별로 녹조류 18종, 갈조류 35종, 홍조류 75종으로 홍조류가 58.59%를 차지하는 최대 분류군으로 확인되었다(Table 1). 봄철(5월)에 독도 연안의 5개 정점에서는 49종(녹조 7종, 갈조 16종, 홍조 26종)이, 그리고 여름인 7월에는 107종(녹조 15종, 갈조 31종, 홍조 61종)이 동정되어 조사 정점에 따라 출현종 수가 다르게 나타났다(Table 1). 독도 해조상에 대한 선행연구에서 Lee and Boo(1981)는 96종, Sohn *et al.*(1992)은 43종, Kim *et al.*(2004)은 3개 정점의 조간대와 조하대 샘플에서 총 45종, Choi *et al.*(2009)은 4년간(2003년 - 2006년) 6개 정점의 조하대 채집에서 95종을 보고하였다. 연구방법과 시기의 차이가 있어서 이전의 연구결과와 직접적인 비교는 어렵지만, 본 연구에서 해조류의 출현종수는 가장 많은 것으로 나타났다 (Table 1). 현재까지 독도의 해조상 연구를 정리하면, 독도에서 관찰된 해조류는 271종(녹조 30종, 갈조 63종, 홍조 178종)이었으며, 출현종수가 100종 이상이 기록된 것은 Kim *et al.*(1996)과 금번의 연구였다(Table 1).

Kim *et al.*(2004)은 지구온난화에 의한 수온상승과 갯녹음 발생에 의한 독도의 해조류 출현종수가 감소한다고 하였지만, 조간대와 SCUBA diving으로 조하대에 서식하는 해조류를 여러 정점에서 집중적으로 채집한 결과, 본 연구에서 해조류의 출현종수는 128종으로서 45종(Kim *et al.*, 2004)에 비해 약 3배 증가함을 알 수가 있었다. 이러한 결과는 독도의 해조상은 보다 다양한 정점에서 조간대와 조하대에 서식하는 해조류를 4계절에 걸쳐 채집 및 동정하여야만 보다 정확하게 파악될 수 있다는 것을 암시한다. 물론, 독도 연안에서 다이빙 연구를 수행하는 것은 파도와 날씨

Table 1. Macroalgal lists and functional (F)- form on the rocky shores of the Dokdo, East Sea, Korea

Species	1	2	3	4	5	6	7	F-form
CHLOROPHYTA								
<i>Monostroma</i> sp.							+M	S
<i>Ulva clathrata</i>		+	+					S
<i>Ulva compressa</i>	+	+		+		+	+J	S
<i>Ulva intestinalis</i>						+		S
<i>Ulva linza</i>			+		+	+		S
<i>Ulva pertusa</i>			+	+		+		S
<i>Chaetomorpha linum</i>	+	+	+				+M, J	F
<i>Chaetomorpha moniligera</i>	+					+	+J	F
<i>Chaetomorpha spiralis</i>						+	+J	F
<i>Chaetomorpha</i> sp.							+J	F
<i>Cladophora albida</i>	+	+	+			+	+M	F
<i>Cladophora japonica</i>					+	+	+J	F
<i>Cladophora opaca</i>					+	+		F
<i>Cladophora rupestris</i>							+J	F
<i>Cladophora sakaii</i>	+	+	+			+	+M, J	F
<i>Cladophora vagabunda</i>	+		+					F
<i>Cladophora</i> sp.							+M, J	F
<i>Bryopsis caespitosa</i>	+							F
<i>Bryopsis corymbosa</i>			+					F
<i>Bryopsis hypnoides</i>		+	+					F
<i>Bryopsis plumosa</i>		+	+			+	+M	F
<i>Caulerpa geminata</i>							+J	CB
<i>Caulerpa okamurae</i>	+	+	+		+	+	+J	CB
<i>Codium arabicum</i>	+	+	+			+	+J	TL
<i>Codium coactum</i>		+						CB
<i>Codium fragile</i>		+	+		+	+	+M, J	CB
<i>Codium hubbsii</i>							+J	CB
<i>Codium subtubulosum</i>							+J	CB
<i>Derbesia marina</i>			+			+		F
PHAEOPHYTA								
<i>Ectocarpus arctus</i>							+J	F
<i>Feldmannia mitchelliae</i>		+						F
<i>Ralfsia verrucosa</i>							+M, J	C
<i>Ralfsia</i> sp.1		+						C
<i>Ralfsia</i> sp.2		+						C
<i>Sphacelaria californica</i>		+						F
<i>Sphacelaria rigidula</i>				+				F
<i>Sphacelaria yamadae</i>	+		+					F
<i>Sphacelaria</i> sp.		+					+M, J	F
<i>Halopteris filicina</i>	+							F
<i>Dictyopteris divaricata</i>		+	+		+	+		CB
<i>Dictyopteris latiuscula</i>						+		CB
<i>Dictyopteris pacifica</i>					+	+	+J	CB
<i>Dictyopteris prolifera</i>	+	+		+	+	+	+M, J	CB
<i>Dictyopteris undulata</i>	+	+		+	+	+	+J	CB
<i>Dictyota coriacea</i>			+				+M, J	S

(Table 1. Continued)

Species	1	2	3	4	5	6	7	F-form
<i>Erythrotrichia japonica</i>							+M	F
<i>Bangia atropurpurea</i>						+		F
<i>Porphyra pseudolinearis</i>						+		S
<i>Audouinella codii</i>			+					F
<i>Audouinella infestans</i>			+					F
<i>Dichotomaria falcata</i>			+					CB
<i>Scinaia japonica</i>					+	+		CB
<i>Nemalion vermiculare</i>	+		+		+	+	+J	CB
<i>Trichogloea requienii</i>			+					CB
<i>Liagora japonica</i>					+			CB
<i>Alatocladia modesta</i>		+					+J	JC
<i>Amphiroa anceps</i>						+	+M, J	JC
<i>Amphiroa ephedrae</i>		+			+	+	+J	JC
<i>Amphiroa foiaceae</i>							+J	JC
<i>Amphiroa misakiensis</i>							+J	JC
<i>Amphiroa pusilla</i>		+	+		+			JC
<i>Amphiroa zonalis</i>							+J	JC
<i>Amphiroa</i> sp.							+M, J	JC
<i>Corallina elongata</i>							+J	JC
<i>Corallina confusa</i>							+J	JC
<i>Corallina officinalis</i>		+	+	+	+	+	+M	JC
<i>Corallina pilulifera</i>		+	+	+	+	+	+J	JC
<i>Corallina crassissima</i>		+						JC
<i>Corallina</i> sp.							+M, J	JC
<i>Jania adhaerens</i>							+M	JC
<i>Jania arborescens</i>			+				+J	JC
<i>Lithothamnion cystocarpioideum</i>			+			+	+J	JC
<i>Colaconema daviesii</i>		+						F
<i>Pneophyllum zostericola</i>			+					C
<i>Jania radiata</i>			+					JC
<i>Jania rubens</i>							+J	JC
<i>Lithophyllum incrustans</i>					+			C
<i>Lithophyllum okamurae</i>		+			+	+		C
<i>Lithophyllum</i> sp.							+M, J	C
<i>Marginisporum aberrans</i>			+			+		JC
<i>Marginisporum crassissima</i>			+					JC
Melobesioidean algae						+		JC
<i>Fosliella zostericola</i>							+M, J	C
<i>Titanoderma deisper</i>		+					+M, J	C
<i>Acanthopeltis japonica</i>							+M	CB
<i>Gelidium amansii</i>		+			+	+	+M, J	CB
<i>Gelidium australe</i>							+J	CB
<i>Gelidium crinale</i>		+						CB
<i>Gelidium divaricatum</i>							+J	CB
<i>Gelidium pusillum</i>	+		+					CB
<i>Gelidium</i> sp.							+J	CB
<i>Pterocladia capillacea</i>	+	+	+	+	+	+	+M, J	CB

(Table 1. Continued)

Species	1	2	3	4	5	6	7	F-form
<i>Hildenbrandia rubra</i>						+	+J	C
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>		+	+					CB
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	+					+		F
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	+	+			+		+J	F
<i>Dudresnaya japonica</i>							+J	CB
<i>Dumontia simplex</i>						+		S
<i>Gloiopeltis furcata</i>			+			+	+M, J	CB
<i>Gloiopeltis tenax</i>						+	+J	CB
<i>Chondracanthus intermedia</i>			+			+		CB
<i>Chondracanthus tenellus</i>			+				+J	CB
<i>Chondracanthus teedii</i>				+	+			CB
<i>Chondrus ocellatus</i>		+	+	+		+	+J	CB
<i>Gloiosiphonia capillaris</i>	+							F
<i>Gloiosiphonia</i> sp.		+						F
<i>Schimmelmania plumosa</i>					+			CB
<i>Hypnea charoides</i>	+				+	+	+J	CB
<i>Hypnea saidana</i>		+						CB
<i>Callophyllis adhaerens</i>		+	+					S
<i>Callophyllis adnata</i>			+					S
<i>Callophyllis crispata</i>			+					S
<i>Callophyllis rhynchocarpa</i>			+					S
<i>Peyssonnelia caulifera</i>						+		C
<i>Peyssonnelia japonica</i>						+	+M, J	C
<i>Peyssonnelia</i> sp.		+						C
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>			+		+	+		CB
<i>Portieria hornemanii</i>				+				CB
<i>Opuntiella californica</i>			+					CB
<i>Carpopeltis affinis</i>		+	+					CB
<i>Carpopeltis</i> sp.							+J	CB
<i>Halymenia acuminata</i>		+	+					TL
<i>Grateloupia elliptica</i>			+		+	+	+J	CB
<i>Grateloupia filicina</i>						+		CB
<i>Grateloupia lanceolata</i>		+	+	+	+	+	+J	CB
<i>Grateloupia livida</i>		+		+				CB
<i>Grateloupia okamurae</i>			+		+			CB
<i>Grateloupia prolongata</i>		+					+M	CB
<i>Grateloupia turuturu</i>						+	+M	CB
<i>Polyopes lancifolius</i>							+J	CB
<i>Prionitis cornea</i>						+		CB
<i>Rhodymenia intricata</i>			+			+	+J	CB
<i>Gracilaria textorii</i>			+		+	+		CB
<i>Gracilariopsis longissima</i>							+J	CB
<i>Plocamium telfairiae</i>		+	+			+		CB
<i>Plocamium</i> sp.							+J	CB
<i>Champia bifida</i>			+				+J	F
<i>Champia expansa</i>			+			+		CB
<i>Champia japonica</i>	+	+	+					F

(Table 1. Continued)

Species	1	2	3	4	5	6	7	F-form
<i>Chondria dasyphylla</i>	+		+		+			CB
<i>Chondria</i> sp.							+J	CB
<i>Chondrophycus cartilaginea</i>		+						CB
<i>Chondrophycus kangjaewonii</i>							+J	CB
<i>Chondrophycus undulatus</i>							+J	CB
<i>Chondrophycus</i> sp.							+J	CB
<i>Herposiphonia fissidentoides</i>			+					F
<i>Herposiphonia parca</i>		+						F
<i>Herposiphonia secunda</i>	+	+						F
<i>Janczewskia morimotoi</i>	+	+						CB
<i>Laurencia hamata</i>					+			CB
<i>Laurencia intermedia</i>		+				+		CB
<i>Laurencia nipponica</i>	+	+						CB
<i>Laurencia okamurae</i>	+	+	+			+	+J	CB
<i>Laurencia pinnata</i>					+	+	+J	CB
<i>Laurencia venusta</i>	+	+	+				+J	CB
<i>Neosiphonia elongella</i>							+J	F
<i>Neosiphonia harlandii</i>			+					F
<i>Neosiphonia japonica</i>	+	+						F
<i>Neosiphonia porrecta</i>							+M, J	F
<i>Neosiphonia savatieri</i>							+J	F
<i>Polysiphonia morrowii</i>			+			+	+M	F
<i>Polysiphonia notoensis</i>		+						F
<i>Polysiphonia yendoi</i>			+		+			F
<i>Symphyocladia latiuscula</i>						+		CB
<i>Symphyocladia linearis</i>						+		CB
<i>Symphyocladia marchantioides</i>		+	+					CB
<i>Symphyocladia pumila</i>		+	+				+M	CB
Chlorophyta	9	11	14	2	5	15	18	29
Phaeophyta	10	19	14	10	14	30	35	60
Rhodophyta	23	66	73	11	26	50	75	171
Total	42	96	101	23	45	95	128	260

1, Kang and Park (1969); 2, Lee and Boo (1981); 3, Kim *et al.* (1996); 4, Kim and Kim (2000); 5, Kim *et al.* (2004); 6, Choi *et al.* (2009); 7, This study; S, Sheet form; F, Filamentous form; CB, Coarsely-Branched form; TL, Thick Leathery form; JC, Jointed Calcareous form; C, Crustose form; M, May; J, July

같은 기상 여건과 시·공간적인 접근의 어려움으로 인하여 해조류의 종조성을 파악하는 것은 쉽지 않는 일이므로 좀 더 체계적이고 집중적인 그리고 장기적인 연구가 요구된다. 기후변화로 인한 아열대종인 옥덩굴(*Caulerpa okamurae*)의 피도 증가와 같은 연구는(Choi *et al.*, 2009) 독도에 대한 해조상 및 군집구조의 정확한 파악과 향후 지구온난화와 환경변화에 따른 종조성의 변화 모니터링을 위한 매우 중요한 자료로 활용될 것이다.

우리나라 연안, 해조류의 지리적 분포를 5개구(section)로 구분한 Kang(1966)은 남해구에 울릉도·독도를 포함시켰

으나, Lee and Boo(1981)는 다른 해역과 구분되는 높은 C/P값(0.58)과 해조류 종조성을 근거로 독도구를 지정해야 한다고 하였다. 해조류의 분류군별 출현종수를 근거로 해조류의 지리적 분포의 특성을 나타내는 C/P값은 한대해역에서 아열대해역에 걸쳐 0.4-1.5를 보이고(Segawa, 1956), R/P값은 한대와 극지역에서 ≤ 1.0 이하, 온대에서 1.0-4.0, 열대해역에서 ≥ 4.0 이상을 나타내며(Feldmann, 1937), (R+C)/P값에 따라 온대성 내지 한대성(< 3), 혼합성(3-6), 열대성(> 6) 해조상으로 구분된다(Cheney, 1977). 본 연구에서 C/P값은 0.51로서 Lee and Boo(1981)의 0.58에 비해

낮게 나타났으나 다른 선행 연구에 비해 높은 값을 보였다 (Table 2). 하지만, Oh *et al.*(2013)에 의해 남해안과 서해안의 경계 구역에 위치한 흑산도와 홍도에서 연구된 C/P값이 0.47과 0.53으로서 본 연구와 매우 유사하였으며, 동해안 영일만의 0.51과 큰 차이가 없었다. 전촌리에서는 0.83으로서 매우 높은 값을 보였다. 한편, 본 연구에서 R/P값은 2.14로 온대 해조상을 가진 것으로 판단되며, Cheney(1977)가 제안한 (R+C)/P값은 2.66으로 온대성 내지 한대성을 나타냄으로서 이들 생태지수로 판단할 때 독도의 해조상은 Kang(1966)이 보고한 바와 같이 온대성 해조상을 나타내는 것으로 확인되었다. 본 연구를 포함한 독도에 관한 선행 연구의 결과 자료를 통합하여 계산한 C/P값, R/P값 및 (R+C)/P값은 0.48, 2.85와 3.33으로 확인되었다(Table 2).

Wells *et al.*(2007)은 느린 성장과 긴 수명을 가지는 다년생 해조류인 ESG I 그룹(다육질형, 유절산호말형, 각상형, 성긴분기형)이 많으면 환경이 안정된 지역이고, 빠른 성장과 짧은 수명을 가지는 기회종 해조류인 ESG II그룹(엽상형, 사상형)의 종이 많이 출현하면 부영양화, 교란 및 오염 등의 환경적 스트레스가 심각한 혹은 오염지역으로 판단하였다. 본 연구에서 출현한 해조류를 형태 및 내부구조에 따라 6개의 기능형 군으로 구분한 결과(Figure 2), 봄철인 5월에 ESG I에 속하는 종은 65.31%인 32종(성긴분기형 17종, 다육질형 5종, 유절산호말형 5종, 각상형 5종)이었고, ESG II에 속하는 종은 17종(엽상형 4종, 사상형 13종)으로 34.69%를 차지하였다. 한편, 7월에 ESG I에 속하는 종은 74.77%인 80종(성긴분기형 52종, 다육질형 8종, 유절산호말형 14종, 각상형 6종)이었고, ESG II에 속하는 종은 27종(엽상형 8종, 사상형 19종)으로 25.23%를 차지하였다. 본 연구에서 5월과 7월의 자료를 통합하여 볼 때, 안정된 환경에서 출현하는 ESG I에 속하는 종은 71.09%인 91종(성긴분기형 61종, 다육질형 8종, 유절산호말형 16종, 각상형 6종)이었고, 교란이나 환경오염이 발생한 지역에서 관찰되는 ESG II에 속하는 종은 37종(28.91%)으로 현재까지 독도의 환경은 안정된 상태로 판단되며, 특히 성긴분기형 해조류는

출현종(128종)의 47.66%(61종)로 가장 우점하는 기능형군 해조류였다.

2. 대황 부착기의 생물상

고정 방형구 인근에서 무작위로 채취한 대황 줄기(stipe)의 평균 길이는 21.41cm (2.4 - 61.1 cm, n=62 fronds)였으며, 조체별 평균 무게(g wet weight)는 182.59 g (5.65 - 587.30 g, n=62)으로서 양의 상관관계를 보였으며 $R^2=0.78$ 로 신뢰할만한 값을 나타낸다(Figure 3). 독도의 고정 방형구내에 서식하는 대황 밀도는 64 fronds m^{-2} 였으며, 줄기(stipe)와 무게(g wet weight)의 관계식으로 환산한 생물량은 23.74 kg wet wt. $kg m^{-2}$ 였다. Kang *et al.*(2001)은 독도에서 대황 개체군의 밀도를 118.6 fronds m^{-2} 로 보고하였는데 본 연구에 비해 2배 정도 높은 밀도를 나타냈다. 생물량은 27.8 kg wet weight m^{-2} 로 본 연구결과와 유사하였으나 높은 밀도는 새롭게 가입한 어린 대황 개체 때문인 것으로 판단된다.

갈조류 대황 부착기에서 착생해조류 12종(녹조 1종, 갈조 3종, 홍조 8종)이 동정되었고 그중에서 홍조류가 67%를 차지하였다(Table 3). 착생해조류는 일년생에 비해 다년생 해조류

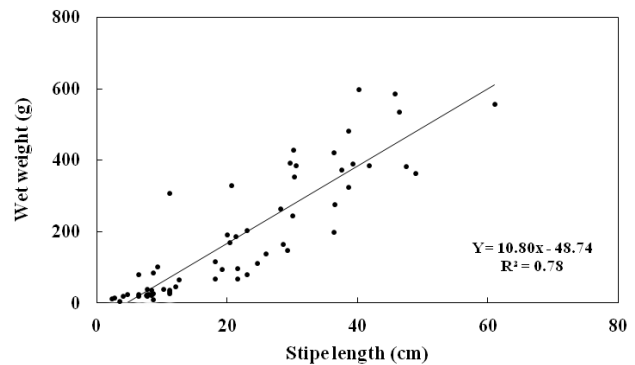


Figure 3. Relationship between stipe length (cm) and wet weight (g) of *Eisenia bicyclis* (n = 62 plants)

Table 2. Taxonomic composition and floristic ratios of seaweed communities investigated on the rocky shore of Dokdo, Korea

Chlorophyta	Phaeophyta	Rhodophyta	Total	R/P	C/P	(R+C)/P	Reference
9	10	23	42	2.30	0.90	3.20	Kang and Park (1969)
11	19	67	96	3.47	0.58	4.05	Lee and Boo (1981)
14	14	73	101	5.21	1.00	6.21	Kim <i>et al.</i> (1996)
2	10	11	23	1.10	0.20	1.30	Kim and Kim (2000)
5	14	26	45	1.86	0.36	2.21	Kim <i>et al.</i> (2004)
15	30	50	95	1.67	0.50	2.17	Choi <i>et al.</i> (2009)
18	35	75	128	2.14	0.51	2.66	This study
29	60	171	260	2.85	0.48	3.33	Total

에서 많이 관찰되고 갈파래목(Ulvales), 솜털목(Ectocarpales), 갯쇠털목(Sphacelariales)과 비단풀목(Ceramiales) 등의 다양한 분류군에서 발견되며(Russell, 1983), 숙주해조류 표면의 60% 이상을 피복하는 경우도 있다(Buschmann and Genez, 1993). Kim and Choi(2004)는 지층이를 숙주로 활용하는 착생해조류가 25종이었으며, 홍조류가 17종으로서 68%를 차지한다고 하였다. 해조류 부착기는 2차 기질(secondary substrate)로서 착생 해조류에게 1차 기질인 암반과 다른 서식공간을 제공하며, 암반에 비해 구조적으로 복잡하여 파도에 의한 탈락 감소 및 초식자에 의한 섭식감소 등의 긍정적인 역할로 인하여 다양한 해조류가 발견되고 있으며, 광량이 부족한 조하대에서 피코빌린(phycobilin)을 함유한 홍조류가 많이 출현하는 것으로 알려져 있다(Dring, 1990).

대황 부착기에 서식하는 해양 무척추동물은 83종이었으며, 환형동물(Annelida) 15종, 연체동물(Mollusca) 25종, 절지동물(Arthropoda) 34종, 극피동물(Echinodermata) 3종과 기타 6종으로 분류되었다(Table 4). 대황 부착동물은 1,248

개체(83종)로서 넓은마디육질꼬리옆새우붙이(*Erichthonius pugnax*)가 538개체(43.11%)로 최대였고, 육질꼬리옆새우붙이과(*Ischyroceridae* spp., 10.34%), 멜리타옆새우과(*Elasmopus*속, 4.73%), 멜리타옆새우과(*Maera*속, 4.73%), 삼각따개비(*Balanus trigonus*, 3.77%), 염주발갯지렁이과(*Syllidae* spp., 3.61%), 상아껍질벌레(*Phascolosoma scolops*, 3.29%), 고리털갯지렁이(*Eunice antennata*, 3.04%), 물

Table 3. Macroalgal list observed on the 23 holdfasts of *Eisenia bicyclis*

Division	Species
Chlorophyta	<i>Cladophora albida</i>
Phaeophyta	<i>Dictyota coriacea</i> , <i>Sphacelaria</i> sp., <i>Ectocarpus arctus</i>
Rhodophyta	<i>Amphiroa misakiensis</i> , <i>Jania arborescens</i> , <i>Campylaeophora</i> sp., <i>Corallina pilulifera</i> , <i>Corallia elongata</i> , <i>Binghamia californica</i> , <i>Plocamium</i> sp., <i>Symphyocladia pumila</i>

Table 4. List of marine invertebrate species observed on the 23 holdfasts of *Eisenia bicyclis*

Phylum	Species	No. of species	
Annelida	<i>Arabellidae</i> spp., <i>Capitella capitata</i> , <i>Cirratulus cirratus</i> , <i>Cirriformia tentaculata</i> , <i>Eunice antennata</i> , <i>Lumbrineris</i> sp., <i>Lysidice collaris</i> , <i>Lysidice</i> sp., <i>Naineris lavigata</i> , <i>Nicomache</i> sp., <i>Pherusa</i> sp., <i>Potamilla</i> sp., <i>Spirobranchus tetraceros</i> , <i>Syllidae</i> spp., <i>Terebellidae</i> spp.	15	
	<i>Arca boucardi</i> , <i>Barbatia virescens</i> , <i>Cantharidus jessoensis</i> , <i>Cardita leana</i> , <i>Cephalaspidea</i> sp., <i>Chamidae</i> sp., <i>Chlamys</i> sp., <i>Crassostrea</i> sp., <i>Irus irus</i> , <i>Ischnochitonidae</i> sp., <i>Lithophaga curta</i> , <i>Mitrella bicincta</i> , <i>Modiolus agripetus</i> , <i>Musculus</i> sp., <i>Musculus viridulus</i> , <i>Mytilus coruscus</i> , <i>Mytilus</i> sp., <i>Notaspidea</i> sp., <i>Omphalius pfeifferi carpenteri</i> , <i>Pholadidae</i> sp., <i>Sacoglossa</i> sp., <i>Scintilla</i> sp., <i>Septifer keenae</i> , <i>Tugali</i> sp., <i>Tugalina</i> sp.		25
	<i>Ampithoe ramondi</i> , <i>Alpheus</i> sp., <i>Aoroides columbiae</i> , <i>Balanus</i> sp., <i>Balanus trigonus</i> , <i>Caprella</i> sp., <i>Colomastix</i> sp., <i>Dynoides</i> sp., <i>Elasmopus japonica</i> , <i>Erichthonius pugnax</i> , <i>Hourstonius</i> sp., <i>Hyalidae</i> sp., <i>Idotea</i> sp., <i>Ischyroceridae</i> spp., <i>Janiridae</i> spp., <i>Jassa</i> sp., <i>Leptodius exaratus</i> , <i>Leucothoe</i> sp., <i>Limnoriidae</i> sp., <i>Maera pacifica</i> , <i>Maera serratipalma</i> , <i>Maera</i> sp., <i>Ostracoda</i> sp., <i>Pachycheles stevensii</i> , <i>Parapleustes</i> sp., <i>Peramphithoe namhaensis</i> , <i>Peramphithoe</i> sp., <i>Podocerus ulreungensis</i> , <i>Pugettia</i> sp., <i>Pycnogonida</i> sp., <i>Rhynchoplax messor</i> , <i>Squillidae</i> sp., <i>Stenothoe valida</i> , <i>Tanaiidae</i> sp.		
<i>Amphiuridae</i> sp., <i>Ophiothrix</i> sp., <i>Strongylocentrotus nudus</i>	3		
Others	<i>Anthozoa</i> sp., <i>Membranipora</i> sp., <i>Nemertina</i> sp., <i>Phascolosoma scolops</i> , <i>Plumulariidae</i> sp., <i>Porifera</i> sp.	6	

좀벌레과(*Janiridae* spp., 2.08%), 산호충강(*Anthozoa* sp., 1.44%), 바다대벌레속(*Caprella* sp., 1.36%), 애기돌맞조개(*Lithophaga curta*, 1.36%), 가시거미불가사리속(*Ophiothrix* sp., 1.28%), 개적구(*Modiolus agripetus*, 1.29%) 등의 순서였다(Table 4). 착생동물 1,248개체 중에서 절지동물문의 새우류가 66.74%(833개체)를 차지하여 대항 부착기에 가장 우점하는 분류군으로 확인되었다. 지중해 Gibraltar 해협 19개 정점에서 조간대와 조하대에 우점하는 해조류 4종에서 서식하는 착생동물은 106,274개체였으며, 그중 절지동물이 68%, 연체동물이 27%로 갑각류(crustaceans)가 50-80%를 차지하였고 조간대에 비해 조하대에서 많이 출현하는 것으로 기록되었다(Guerra-Garcia *et al.*, 2011). 또한, 인도에서는 해조류 5종에 부착하여 서식하는 동물이 평균 425개체였으며, 절지동물의 단각류가 35%, 환형동물의 다모류가 20%로 나타남으로써(Anandavelu *et al.*, 2013), 절지동물문의 갑각류가 해조류를 서식처로 가장 많이 활용하고 있다는 본 연구 결과와 매우 유사했다. Pabis and Sicinski (2010)는 복잡한 구조의 해조류 부착기는 다양한 무척추동물에게 은신처를 제공하고 파도와 같은 물리적, 기계적 스트레스를 감소시킬 수 있기 때문에 종다양성을 증가시킨다고 하였다.

결론적으로, 독도의 암반 해안에는 다양한 해조류가 서식하고 있으며 출현종수는 이전의 보고들에 비하여 증가한 것으로 나타났다. 또한, 출현한 해조류를 기능형군으로 구분하여 보면, 성긴분기형과 ESG I 그룹에 포함되는 해조류가 많아 독도 연안은 갯녹음이 발생하고 있지만 현재까지 해조류가 서식하기에 안정된 환경으로 판단된다. 대항은 다양한 착생 해조류와 착생동물의 서식처로서 활용되어 독도 연안의 생물다양성을 증대시키는 긍정적 효과(positive effect)를 유발하는 핵심종(keystone species)으로 확인되었다.

감사의 글

본 논문은 정부(환경부)의 재원으로 국립생물자원관의 '나고야의정서 대응 창의 연구개발을 위한 인력양성 사업'의 지원을 받아 수행하였습니다(NIBR No. 2013-02-071).

REFERENCES

- Ahn, B.R., H. E. Moon, H. R. Kim, H. A. Jung and J. S. Choi(2012) Neuroprotective effect of edible brown alga *Eisenia bicyclis* on amyloid beta peptide-induced toxicity in PC12 cells. *Arch. Pharm. Res.* 35(11): 1989-1998.
- Anandavelu, I., R. Jayabarathi, G. Padmavati and K.A. Jayaraj (2013) Epifaunal assemblage on morphologically distinct intertidal seaweeds of Kodiyaghat (South Andaman), India. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 3(3): 229-237.
- Arakawa, H., M. Ido, M. Arimoto and Y. Agatsuma(2013) Combined effects of high water temperature and low flow velocity on survival of brown algae *Eisenia bicyclis* and *Ecklonia cava*. *Can. J. Plant Prot.* 1(4): 125-128.
- Barnard, J.L. and G.S. Karaman(1991) The families and genera of marine gammaridean Amphipoda(except marine gammaroids). Parts 1 and 2. *Rec. Aust. Mus. Supplement* 13: 1-866.
- Buschmann, A.H. and P. Gomez(1993) Interaction mechanisms between *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta) and epiphytes. *Hydrobiologia*. 260/261: 345-351.
- Cahyana, A.H., Y. Shuto and Y. Kinoshita(1992) Pyropheophytin a as an antioxidative substance from the marine alga, Arame (*Eisenia bicyclis*). *Biosci. Biotech. Biochem.* 56(10): 1533-1535.
- Choi C.G., H.W.Lee and B.K. Hong(2009) Marine algal flora and community structure in Dokdo, East Sea, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.* 42(5): 503-508. (in Korean with English abstract)
- Cheney, D.P.(1977) R & C/P - A new and improved ratio for comparing seaweed floras. *Suppl. J. Phycol.* 13: 129.
- Coleman, M. A., E. Vytopil, P. J. Goodsell, B. M. Gillanders and S. D. Connell(2007) Diversity and depth related patterns of mobile invertebrates associated with kelp forests. *Mar. Fresh. Res.* 58(7): 589-595.
- Dring, M.J.(1990) Light harvesting and pigment composition in marine phytoplankton and macroalgae. In P.J. Herring, A.K. Campbell, M. Whitfield, and L. Maddock (eds.), *Light and Life in the Sea* (pp. 89-103). Cambridge University Press.
- Eriksson, B. K., A. Rubach and H. Hillebrand(2006) Biotic habitat complexity controls species diversity and nutrient effects on net biomass production. *Ecology* 87(1): 246-254.
- Feldmann, J.(1937) Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranee. La cote des Alberes. *Rev. Algol.* 10: 1-339. (in French)
- Foster, M.S.(2001) Rhodoliths: Between rocks and soft places. *J Phycol* 37: 659-667.
- Guerra-Garcia, J. M., M. P. Cabezas, E. Baeza-Rojano, D. Izquierdo, J. Corzo, M. Ros, J.A. Sánchez, A. Dugo-Cota, A. M. Flores-León and M. M. Soler-Hurtado(2011). Abundance patterns of macrofauna associated to marine macroalgae along the Iberian Peninsula. *Zool. Baetica* 22: 3-17.
- Jo, Y.W.(1989) Shallow-water phoxocephalid Amphipoda (Crustacea) of Korea. *Bijd. Dierk.* 59: 97-125.
- Jo, Y.W.(1990) Oedicerotid Amphipoda (Crustacea) from shallow waters of Korea. *Beaufortia* 39: 155-200.
- Kang, J.W.(1966) On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* 7: 1-136.

- Kang, J.W.(1968) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Vol. 8 Marine algae. Samhwa Press, Seoul, Korea.
- Kang, J.W. and G.H. Park(1969) Marine algae of Dokdo(Liancourt Rocks) in the Sea of Japan (I). Bull. Pusan Fish. Coll. 9: 53-62, 2p.
- Kang, R.S., K.S. Won, K.P. Hong and J.M. Kim(2001) Population studies on the kelp *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis* in Dokdo, Korea. Algae 16(2): 209-215.
- Kim, H.S.(1973) Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 14, Anomura: Brachyura. Seoul: Ministry of Education, 694 pp.
- Kim, H.S., S.M. Boo, I.K. Lee and C.H. Sohn(2013) National List of Species of Korea 「Marine Algae」. National Institute of Biological Resources, Ministry of Environment, Korea, 336 pp.
- Kim, W. and H.S. Kim(2001) Animals of Korea Series 6. Crab: good and resources. Seoul: Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Korea, 260 pp.
- Kim, M.K. and K.T. Kim(2000) Studies on the seaweeds in the islands of Ullungdo and Dokdo: I. Decrease of algal species compositions and changes of marine algal flora. Algae 15(2): 119-124. (in Korean with English abstract)
- Kim, M.K., J.K. Shin and J.H. Cha(2004) Variation of species composition of benthic algae and whitening in the coast of Dokdo island during summer. Algae 19(1): 69-78. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y.H., H.-S. Kim, G.H. Kim, W.J. Lee, J.H. Oak and I.K. Lee(1996) Summer marine benthic algal flora of Ullungdo and Dogdo Islands. Rep. Sur. Nat. Environ, Korea 10: 275-320. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y.S. and H.G. Choi(2004) Epiphytic algae growing on *Sargassum thunbergii* in southern and western coasts of Korea. Korean J. Ecol. 27(3): 173-177.
- Lee, Y.P. and S.Y. Kang(2002) A Catalogue of the Seaweeds in Korea. A publishing Department of Jeju National University, 662pp. (in Korean)
- Lee, I.K. and S.M. Boo(1981) Marine algal flora of Ulrung and Dogdo Islands. KACN 19: 201-214. (in Korean with English abstract).
- Lee, J.H.(1984) Polychaetous annelids from the Yellow Sea II. Family Glyceridae. Bull. KORDI 6: 13-19.
- Lee, J.H. and J.G. Jae(1983) Polychaetous annelids from the Yellow Sea I. Family Nephtyidae. Bull. KORDI 5: 19-27.
- Lindstrom, S.C.(2009) The biogeography of seaweeds in southeast Alaska. J. Biogeogr. 36: 401-409.
- Littler, M.M. and D.S. Littler(1984) Relationships between macroalgal functional form groups and substrate stability in a subtropical rocky intertidal system. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 74: 13-34.
- Maegawa, M. and W. Kida(1987) Studies on the production structure of *Eisenia bicyclis* and *Ecklonia cava* communities. Jap. J. Phycol 35: 34-40. (in Japanese with English abstract)
- Maegawa, M., W. Kida, Y. Yokohama and Y. Aruga (1988) Comparative studies on critical light conditions for young *Eisenia bicyclis* and *Ecklonia cava*. Jap. J. Phycol 36: 166-174.
- Min, D.K.(2004) Mollusks in Korea. Seoul: Hangul Graphics, 566 pp.
- Muraoka, D.(2008) *Eisenia bicyclis* bed coverage off Oshika Peninsula, Japan, in relation to sporophyte survival and *Strongylocentrotus nudus* abundance. J. Appl. Phycol. 20: 845-851.
- Nakamura, T., K. Nagayama, K. Uchida and R. Tanaka(1996) Antioxidant activity of phlorotannins isolated from the brown alga *Eisenia bicyclis*. Fish. Sci. 62: 923-926. (in Japanese with English abstract)
- Oh, J.C., S.K. Park, H.G. Choi and K.W. Nam(2013) Seasonal variation in biomass and community structure of intertidal seaweeds at Heuksando and Hongdo, southwestern coast of Korea. Kor. J. Fish. Aquat. Sci. 46(6): 878-885. (in Korean with English abstract).
- Pabis, K. and J. Sicinski (2010) Polychaete fauna associated with holdfasts of the large brown alga *Himantothallus grandifolius* in Admiralty Bay, King George Island, Antarctic. Polar Biol. 33: 1277-1288.
- Russell, G. (1983) Formation of an ectocarpoid epiflora on blades of *Laminaria digitata*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 11: 181-187.
- Segawa, S.(1956) Colored Illustrations of the Seaweeds of Japan. Osaka, Pub. Co., LTD. Japan.
- Shin, S.(1996). Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 36, Echinodermata. Seoul: Ministry of Education, 780 pp.
- Sim, C.J.(1999). Animals of Korea Ser. 2. Sponge 1: Hadromerida, Halichondrida, Haplosclerida, Poecilosclerida. Seoul: Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, 175 pp.
- Sohn, C.H., C.S. Park and E.K. Hwang(1992) A preliminary survey of the algal communities at Dogdo island, Korea. Island research 1:55-70.
- Steneck, R.S., M.H. Graham, B.J. Bourque, D. Corbett, J. M. Erlandson, J.A. Estes and M. J. Tegner(2002) Kelp forests ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. Environ. Conserv. 29(4): 436-459
- Steneck, R.S. and M.N. Dethier(1994) A functional group approach to the structure of algal dominated communities. Oikos 69: 476-498.
- Taniguchi, K., H. Kojima and K. Isogami(1993) The growth and maturation of 5 and 6 year-old plants of *Eisenia bicyclis*. Nippon Suisan Gakk. 59(8): 1349-1353.
- Takashi, O.(2000) Marine mollusks in Japan. Tokyo: Tokai University Press, 1173 pp.
- Wells, E., M. Wilkison, P. Wood and C. Scanlan(2007) The use

of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European water framework directive. Mar. Poll. Bull. 55: 151-161.

Yoon, Y.Y., S.J. Jung and S. C. Yoon(2010) Characteristics and long term variation trend of water mass in the coastal part of

East Sea, Korea. J. Korean Soc. Mar. Env. Eng. 10: 59-65.

Yoon, N. Y., S.H. Lee, K. B. Shim, C.W. Lim, M. H. Lee, H. A. Cho and C. Xie(2013) Quinone reductase induction activity of phlorotannins derived from *Eisenia bicyclis* in Hepa1c1c7 cells. Fish. Aquat. Sci. 16(1): 1-5.