

서해 백령도 연안의 해조상 및 군집구조

Marine Algal Flora and Community Structure in Beakryoung-do, Western Coast of Korea

김용이¹, 김주희², 김영식^{3*}

Yong Yi Kim¹, Ju Hee Kim², Young Sik Kim^{3*}

¹대학원생, 군산대학교 해양생물자원학과, 군산, 54150, 대한민국

²선임연구원, 국립해양생물자원관 생태보전실, 서천, 33662, 대한민국

³교수, 군산대학교 해양생물자원학과, 군산, 54150, 대한민국

¹Graduate Student, Department of Marine Biology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

²Senior Researcher, Department of Ecology and Conservation, Marine Biodiversity Institute of Korea, Scutcheon, 33662, Korea

³Professor, Department of Marine Biology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

(Received 16 Nov 2022, Revised 5 Dec 2022, Accepted 15 Dec 2022)

Abstract Beakryoung-do is located in the north along the western coast of South Korea. Owing to its geographical limitations, not many studies have been conducted on marine algae in this region. This study aims to investigate the marine algal flora and the community structure in the intertidal and subtidal zones of Nampo-ri, Beakryoung-myeon, Ongin-gun, Incheon regions of South Korea. The study was conducted from August 2015 to June 2016 during all seasons. A total of 95 algal species, including 7 green algae, 12 brown algae, and 76 red algae were collected and identified; 52 algal species were found in the intertidal zone and 83 in the subtidal zone. The vertical distribution of algae from upper to lower intertidal zone was *Neorhodomela aculeata* - *Caulacanthus okamurae*, *Gelidiophycus freshwateri* - *Neorhodomela aculeata*, *Caulacanthus okamurae* - *Sargassum thunbergii*, *Caulacanthus okamurae*. Findings indicated that *Sargassum thunbergii* and *Neorhodomela aculeata* were the biomass-dominant species in the intertidal zone and *Corallina officinalis* and *Undaria pinnatifida* were biomass-dominant in the subtidal zone. Average values of marine algae biomass in the intertidal and subtidal zones were 252.6 g wet weight m⁻² and 291.9 g wet weight m⁻², respectively. Further, 38 new species were found in Beakryoung-do, with 25 of them specifically found in the subtidal zone. More studies on marine algal flora in the subtidal zone are needed to understand the changes in marine flora along the western coast.

Keywords : Algal flora, Beakryoung-do, Community structure

서 론

바다에 착생하여 서식하는 해조류는 유기물을 생산할 뿐만 아니라 산란장과 서식처를 제공하거나[1]

물질순환 등 매우 중요한 역할을 하며[2, 3, 4], 이외에도 식료품, 의약품 해조 콜로이드 산업, 화장품의 원료와 동물의 사료 등 다양한 산업과 문화발전에 기여하는 중요한 수산식물이다[5, 6].

* Corresponding author

Phone: +82-63-469-4597 Fax: +82-63-469-7441

E-mail: kimys@kunsan.ac.kr

This is an open-access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

해조류 군집구조는 서식처의 환경에 따라 혹은 동일한 장소에서 계절에 따라 서로 다른 군집구조를 나타낸다[7, 8, 9]. 이는 수온[10], 염분[11], 광도[12], 조석[13], 파도[14], 영양염[15] 등 다양한 환경적, 물리·화학적으로 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 해조류 군집구조 분석은 종조성, 생물량의 시·공간적 변화, 다양한 환경요인에 대한 정보를 축적하는 연구에 매우 중요한 역할을 한다 [16, 17, 18, 19].

한국의 해조상 연구는 Kang [20]이 한국산 해조류 414종을 보고한 구제론적 연구에서부터 시작하여, 이후 여러 연구자에 의해 해조 군집에 대한 다양한 분석 방법으로 연구되어 왔다. 이 중 서해안의 해조상 연구는 서해 중부 연안 해조 군집에 대한 조사 [21], 서해 경기만 도서의 해조류 군집구조 조사[22] 등 몇몇 연구자들[4, 23, 24, 25]에 의해 서해 연안과 도서 지역의 해조상 및 군집구조 연구가 이루어졌다.

본 연구 지역인 백령도는 서해 최북단에 위치하는 도서로써 인천에서는 222.2 km, 황해도 장연에서는 10 km, 황해도 장산곶에서는 15 km 정도 떨어져 있는 도서이다[26]. 내륙에서는 10-15 km 정도로 가까운 곳에 위치하지만, 휴전선으로 인해 접근할 수 있는 내륙과는 상당히 먼 곳에 위치하고 있다. 이러한 지리적 특성으로 인해 백령도의 해조류에 관한 조사는 매우 빈약한 실정이다. Lee [27]의 하계조사를 시점으로 이후에는 비교적 접근이 쉬운 하계와 춘계 등한 계절에 국한된 조사가 이루어졌으며, 비로소 Baek et al. [28]에 의해 계절별 연구가 수행되었으나 조하대 조사는 가을철에만 수행되었다. 또한 대부분의 연구가 종조성을 확인하는 정도로 수행되었지만, Baek et al. [28]의 연구에서 종조성, 우점종, 피도, 수직분포, 생물량 등 해조류 군집구조를 파악할 수 있는 연구가 수행되었다. 그러나 Baek et al. [28]의 연구는 가을을 제외한 조하대 자료가 없고, 그 이후 많은 기간이 경과하였기에 백령도 연안의 조간대 및 조하대 계절별 해조상을 밝히며, 해조류 군집구조를 파악하여 빈약한 해조류 관련 정보를 보완하고 이전 연구와 비교를 통해 변화 양상을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구는 인천광역시 옹진군 백령면 남포리 일대 (37° 54' 41.32" N, 124° 41' 31.65" E)의 조간대 및 조하대에서 계절별(2015년 8월, 11월, 2016년 2월, 2016년 6월) 1회씩 조사를 실시하였다(Fig. 1). 조사는 최간조사에 조간대 상부, 중부, 하부, 조하대 수심 1m, 2m, 4m로 나누어 실시하였으며, 조하대는 Scientific SCUBA diving을 이용한 조사를 실시하였다.

해조류의 군집조사는 50 cm x 50 cm의 방형구를 조간대(상부, 중부, 하부)와 조하대(1 m, 2 m, 4 m) 각 조위에서 3개씩 사진 촬영 후, 방형구 안의 해조류를 전량 채집하였다. 또한 정성채집을 병행하여 조사지역의 종 조성을 파악하였다. 채집된 해조류는 현장에서 5-10%의 해수 포르말린 용액으로 고정시켜 실험실로 운반한 후 광학현미경을 이용하여 동정하였고, 종동정은 녹조류, 갈조류, 홍조류에 국한하여 동정하였으며, 출현 해조류의 학명[29] 및 국명은 국가생물종목록집에 따랐다[30]. 각 조위의 방형구에 출현한 해조류는 Saito and Atobe [31]의 방법에 의해 피도(C, Coverage)와 빈도(F, Frequency)를 산출하였고, 상대 피도 (RC, Relative Coverage), 상대빈도 (RF, Relative Frequency) 및 중요도 (IV, Important Value)를 산출하였다[32]. 정량채집된 해조류는 담수로 수 회 세척하여 모래와 불순물을 제거하였으며, 브러쉬와 핀셋을 이용하여 부착생물들을 제거하였다. 세척된 샘플은 종별로 구분하고 습중량을 측정하여 단위면적당 생물량(wet wt. m²)으로 환산하였다. 해조류 종별 생물량 평균값과 단위면적당 생물량 구성비(%)를 구하여 생물량 구성비가 30% 이상인 종은 우점종으로 10-30%인 종은 준우점종으로 구분하였다[4, 21, 33].

결 과

1. 해조상

백령도 남포리 연안에서 출현한 해조류는 총 95종으로 녹조류 7종, 갈조류 12종, 홍조류 76종이었다 (Table 1). 조간대에서는 총 52종(녹조류 5종, 갈조류 8종, 홍조류 39종)이 출현하였으며, 하계 18종(녹조류 1종, 갈조류 3종, 홍조류 14종), 춘계 14종(갈조류 2종, 홍조류 12종), 동계 35종(녹조류 5종, 갈조류 7종, 홍조류 23종), 춘계 23종(녹조류 1종, 갈조류 3종,

홍조류 19종)이 출현하였다.

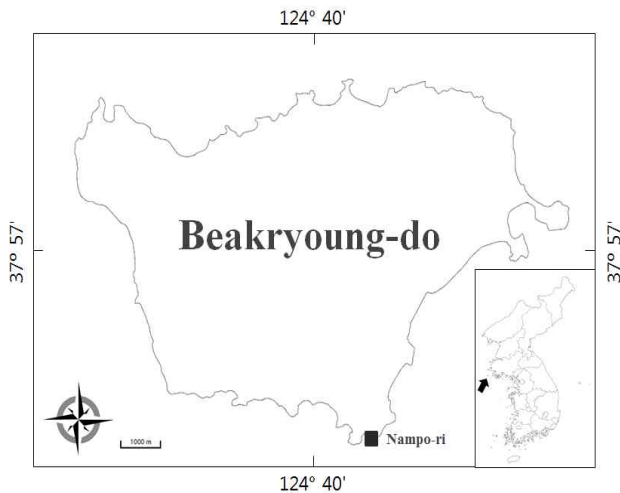


Fig. 1. A map showing the sampling site in Beakryoung-do, western coast of Korea

조하대에서는 총 83종(녹조류 3종, 갈조류 10종, 홍조류 70종)이 출현하였으며, 하계 31종(녹조류 1종, 갈조류 4종, 홍조류 26종), 추계 56종(녹조류 3종, 갈조류 6종, 홍조류 47종), 동계 22종(갈조류 2종, 홍조류 20종), 춘계 24종(녹조류 1종, 갈조류 4종, 홍조류 19종)이 출현하였다.

그 중 지충이(*Sargassum thunbergii*)와 새빨간검둥이(*Neorhodomela aculeata*), 참보라색우무(*Symphocladia latiuscula*), 산호말류(*Corallina* spp.)가 조간대에서 연중 출현하였으며, 조하대에서 다시마(*Saccharina japonica*), 참보라색우무, 부챗살(*Ahnfeltiopsis flabelliformis*), 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*)가 연중 출현하였고, 참보라색우무가 조간대와 조하대 조사 모두 연중 출현하였다.

2. 수직분포

해조류의 중요도(Importance Value, >10)로 본 조위별 수직분포를 보면 조간대에서 하계에 상부에는 애기가시덤불, 중부에는 애기가시덤불, 새빨간검둥이, 하부에는 지충이, 비단풀류(*Ceramium* spp.), 애기가시덤불, 작은구슬산호말 순으로 분포하였다. 추계에 상부에는 애기우뭇가사리(*Gelidiophycus freshwateri*), 중부에는 새빨간검둥이, 애기우뭇가사리, 참보라색우무, 하부에는 애기가시덤불, 지충이, 산호말류 순으로 나타났으며, 동계에 상부에는 새빨간검둥이, 비단풀(*Ceramium kondoi*), 중부에는 지충이,

납작파래(*Ulva compressa*), 하부에는 미끌풀, 비단풀, 지충이, 파래류(*Ulva* sp.), 모로우붉은실(*Polysiphonia morrowii*) 순으로 나타났다. 춘계에 상부에는 새빨간검둥이, 바위두둑(*Leathesia marina*), 중부에는 새빨간검둥이, 미끌풀, 비단풀, 하부에는 지충이, 대롱불레기말(*Dactylosiphon durvillei*), 미끌풀 순으로 나타났다(Table 2).

조하대에서는 하계 1 m 수심에서 구멍갈파래(*Ulva australis*), 미역, 비단풀류, 지충이, 산호말류, 2 m 수심에서 구멍갈파래, 미역, 우뭇가사리가, 4 m 수심에서 산호말류, 미역, 구멍갈파래가 출현하였다. 추계에 1 m 수심에서 구멍갈파래, 참지누아리(*Grateloupia filicina*), 산호말류, 다시마가, 2 m 수심에서 산호말류, 우뭇가사리, 4 m 수심에서 산호말류, 구멍갈파래, 우뭇가사리, 잎꼬시래기가 나타났다. 동계에 1 m 수심에서 참산호말, 작은구슬산호말이 2 m, 4m 수심에서 참산호말이 분포하였다. 춘계에는 1 m 수심에서 미역, 다시마, 참보라색우무가, 2 m 수심에서 미역, 참산말(*Desmarestia ligulata*), 누른끈적이(*Botryocladia wrightii*)가, 4m 수심에서 참산호말, 누른끈적이, 산호말류가 분포하였다(Table 2).

3. 생물량

습중량으로 측정된 해조 군집의 연간 평균 생물량은 조간대에서는 252.6 g wet wt. m²였으며, 조하대에서는 291.9 g wet wt. m²로 나타났다. 계절별로는 조간대에서 하계 401.4 g wet wt. m², 추계 229.1 g wet wt. m², 동계 188.6 g wet wt. m², 춘계 121.4 g wet wt. m²로 하계에 가장 높았고, 춘계에 가장 낮은 것으로 나타났다. 조하대에서는 하계 339.4 g wet wt. m², 추계 462.3 g wet wt. m², 동계 16.0 g wet wt. m², 춘계 349.9 g wet wt. m²로 추계에 가장 높았고 동계에 가장 낮은 것으로 나타났다(Fig. 2).

4. 우점종

해조류 종별 생물량 평균값과 단위면적당 생물량 구성비(%)로 구분하였을 때, 조간대에서 전 계절에 걸쳐 지충이가 하계 47.28%, 추계에 35.40%, 동계에 33.99%, 춘계에 45.67%로 우점종으로 나타났으며,

Table 1. A list of marine algal species collected at intertidal and subtidal zones in Beakryoung-do, western coast of Korea

Taxa / Seasons	Intertidal				Subtidal			
	Su	Au	Wi	Sp	Su	Au	Wi	Sp
Green algae								
<i>Bryopsis plumosa</i>						+		
<i>Cladophora albida</i>			+					
<i>Ulva australis</i>	+		+	+	+	+		+
<i>Ulva compressa</i>			+					
<i>Ulva linza</i>			+					
<i>Ulva</i> sp.			+					
<i>Umbraulva japonica</i>						+		
Brown algae								
<i>Desmarestia ligulata</i>								+
<i>Dictyopteris divaricata</i>			+					+
<i>Dictyopteris prolifera</i>						+		
<i>Leathesia marina</i>			+	+				
<i>Dactylosiphon durvillei</i>			+	+				
<i>Sargassum thunbergii</i>	+	+	+	+	+	+		
<i>Ishige okamurae</i>			+		+			
<i>Undaria pinnatifida</i>	+		+		+		+	+
<i>Saccharina japonica</i>	+		+		+	+	+	+
<i>Sphacelaria fusca</i>		+				+		
<i>Sphacelaria sessilis</i>						+		
<i>Sphacelaria</i> sp.						+		
Red algae								
<i>Bangia fuscopurpurea</i>			+	+				
<i>Neopyropia</i> sp.			+					
<i>Neopyropia yezoensis</i>			+					
<i>Erythrocladia irregularis</i>		+				+		
<i>Erythrotrichia carnea</i>						+		
<i>Erythrotrichia reflexa</i>						+		
<i>Erythrotrichia</i> sp.					+			
<i>Auduinella</i> sp.						+		
<i>Aglaothamnion callophyllidicola</i>				+		+		+
<i>Antithamnion nipponicum</i>							+	+
<i>Campylaephora crassa</i>						+		
<i>Ceramium japonicum</i>						+		
<i>Ceramium kondoi</i>	+		+	+	+	+	+	
<i>Ceramium</i> sp.	+					+		
<i>Herpochondria corallinae</i>			+				+	+
<i>Herpochondria dentata</i>						+		
<i>Herpochondria elegans</i>					+	+		
<i>Dasya</i> sp.					+			
<i>Dasyisiphonia japonica</i>							+	
<i>Acrosorium flabellatum</i>						+	+	
<i>Acrosorium polyneurum</i>		+	+		+	+		+
<i>Acrosorium venulosum</i>							+	
<i>Acrosorium yendoi</i>			+	+		+	+	+
<i>Acrosorium</i> sp.				+	+	+		
<i>Erythrogloussum minimum</i>						+		
<i>Hideophyllum yezoense</i>						+		+
<i>Wynneophycus geminatus</i>						+		

Su, Summer; Au, Autumn; Wi, Winter; Sp, Spring

<i>Myriogramme livida</i>								+
<i>Phycodrys fimbriata</i>			+		+			+
<i>Phycodrys</i> sp.								+
<i>Sorella repens</i>								+
<i>Laurencia obtusa</i>			+	+				+
<i>Laurencia</i> sp.	+			+	+	+		
<i>Neorhodomela aculeata</i>	+	+	+	+	+	+		
<i>Neosiphonia</i> sp.	+	+			+	+		
<i>Polysiphonia morrowii</i>			+					
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Symphyocladia linearis</i>	+					+		
<i>Symphyocladia pumila</i>				+	+	+	+	
<i>Symphyocolax koreana</i>					+			
<i>Amphiroa ephedraea</i>					+	+		+
<i>Corallina officinalis</i>						+	+	
<i>Corallina pilulifera</i>	+	+			+	+	+	
<i>Corallina</i> sp.	+	+	+	+		+		+
<i>Lithophyllum okamurae</i>						+		
<i>Pneophyllum zostericola</i>						+	+	+
<i>Synarthrophyton chejuensis</i>						+		
<i>Gelidiophycus freshwateri</i>	+	+	+			+		
<i>Gelidium elegans</i>			+	+	+	+		
<i>Gelidium vagum</i>								+
<i>Gelidium</i> sp.						+		
<i>Caulacanthus okamurae</i>	+	+				+		
<i>Hypnea charoides</i>								+
<i>Dumontia simplex</i>			+	+	+			
<i>Gloiopeltis complanata</i>		+				+		
<i>Gloiopeltis furcata</i>			+	+				
<i>Chondrus ocellatus</i>					+	+		
<i>Gloiosiphonia capillaris</i>				+			+	
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>			+	+	+	+	+	+
<i>Gracilaria cuneifolia</i>							+	
<i>Gracilaria textorii</i>					+	+	+	+
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	+				+			
<i>Grateloupia asiatica</i>						+		
<i>Grateloupia chiangii</i>				+		+		
<i>Grateloupia cornea</i>						+		
<i>Grateloupia elliptica</i>					+			
<i>Grateloupia filicina</i>			+		+	+		
<i>Grateloupia kurogii</i>					+			
<i>Grateloupia prolongata</i>			+					
<i>Grateloupia turuturu</i>	+					+		
<i>Polyopes affinis</i>		+	+	+		+		+
<i>Plocamium cartilagineum</i>					+			
<i>Fushitsunagia catenata</i>			+	+				+
<i>Lomentaria flaccida</i>	+	+				+		
<i>Lomentaria hakodatensis</i>					+			
<i>Botryocladia wrightii</i>			+			+	+	+

Table 2. Vertical distribution of dominant species (Importance Value, >10) at intertidal and subtidal zones in Beakryoung-do, western coast of Korea

Tidal levels	Summer	Autumn	Winter	Spring	
Intertidal	Upper	<i>Caulacanthus okamurae</i>	<i>Gelidiophycus freshwateri</i>	<i>Neorhodomela aculeata</i> <i>Ceramium kondoi</i>	<i>Neorhodomela aculeata</i> <i>Leathesia marina</i>
	Middle	<i>Caulacanthus okamurae</i>	<i>Neorhodomela aculeata</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Neorhodomela aculeata</i> <i>Dumontia simplex</i>
	Lower	<i>Neorhodomela aculeata</i>	<i>Gelidiophycus freshwateri</i>	<i>Ulva compressa</i>	<i>Ceramium kondoi</i>
		<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Caulacanthus okamurae</i>	<i>Dumontia simplex</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>
Subtidal		<i>Ceramium sp.</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Ceramium kondoi</i>	<i>Dactylosiphon durvillei</i>
		<i>Corallina pilulifera</i>	<i>Corallina sp.</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Dumontia simplex</i>
		<i>Ulva australis</i>	<i>Ulva australis</i>	<i>Corallina officinalis</i>	<i>Undaria pinnatifida</i>
	1m	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Grateloupia filicina</i>	<i>Corallina pilulifera</i>	<i>Saccharina japonica</i>
		<i>Ceramium sp.</i>	<i>Corallina sp.</i>		<i>Symphyclocladia latiuscula</i>
		<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Saccharina japonica</i>		
		<i>Corallina sp.</i>			
	2m	<i>Ulva australis</i>	<i>Corallina sp.</i>	<i>Corallina officinalis</i>	<i>Undaria pinnatifida</i>
		<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Gelidium elegans</i>		<i>Desmarestia ligulata</i>
		<i>Gelidium elegans</i>			<i>Botryocladia wrightii</i>
		<i>Corallina sp.</i>	<i>Corallina sp.</i>	<i>Corallina officinalis</i>	<i>Corallina officinalis</i>
	4m	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Ulva australis</i>		<i>Botryocladia wrightii</i>
	<i>Ulva australis</i>	<i>Gelidium elegans</i>		<i>Corallina sp.</i>	
		<i>Gracilaria textorii</i>			

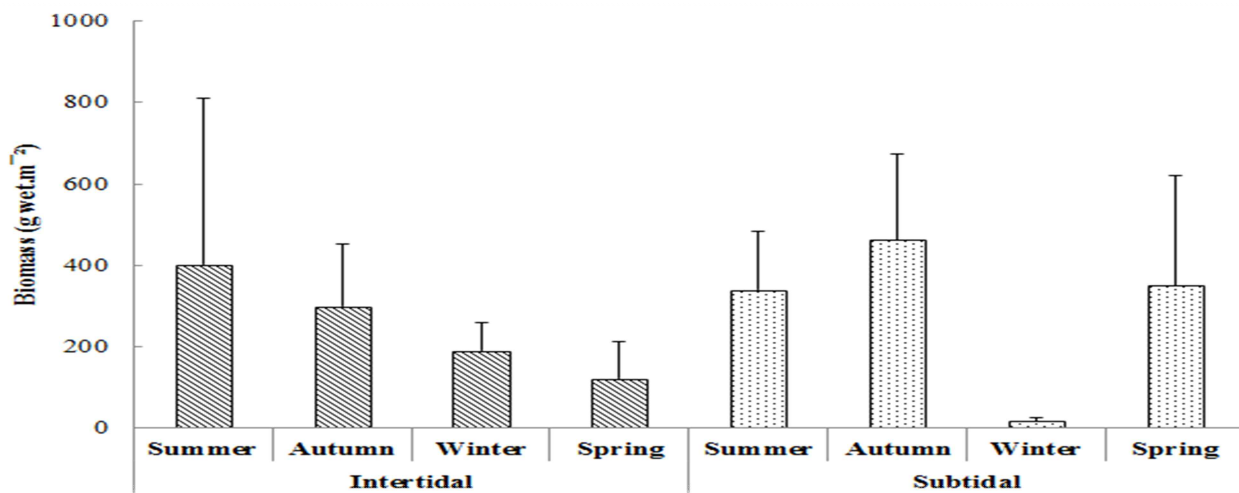


Fig. 2. Seasonal variation of algal biomass (g wet wt. m⁻²) in Beakryoung-do, western coast of Korea (Bar means standard deviation)

추계에 새빨간검둥이가 39.87%로 지층이와 같이 우점하는 것으로 나타났다(Table 3).

조하대에서는 우점종으로 동계에 참산호말 (*Corallina officinalis*)이 64.11%, 춘계에 미역

(*Undaria pinnatifida*)이 50.99%로 우점하는 종이였으며, 그 외에 하계와 추계에는 해당되는 해조류가 없었다.

Table 3. Dominant and subdominant macro algal species at intertidal and subtidal zones in Beakryoung-do, western coast of Korea

Tidal levels		Summer	Autumn	Winter	Spring
Intertidal	Dominant Species	<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Neorhodomela aculeata</i> <i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>
	Subdominant Species	<i>Caulacanthus okamurae</i> <i>Neorhodomela aculeata</i>	<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	<i>Neorhodomela aculeata</i> <i>Dumontia simplex</i>	<i>Neorhodomela aculeata</i> <i>Dumontia simplex</i>
Subtidal	Dominant Species	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Corallina</i> sp.	<i>Corallina pilulifera</i>	<i>Undaria pinnatifida</i>
	Subdominant Species	<i>Saccharina japonica</i>	<i>Herpochondria elegans</i>	<i>Myriogramme livida</i>	<i>Saccharina japonica</i>
		<i>Sargassum thunbergii</i> <i>Ulva australis</i>	<i>Symphyclocladia latiuscula</i> <i>Corallina pilulifera</i>	<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	<i>Symphyclocladia latiuscula</i>

고찰

1. 해조상

본 연구에서 채집·동정된 해조류는 총 95종으로 선행 연구결과인 41종~75종[27, 28, 34]과 비교하였을 때 출현종 수는 상당히 증가한 것을 알 수 있다. 그러나 이런 결과는 선행 연구에서 한 계절 조간대 조사만 수행되었거나[27, 34], 4 계절 조간대 조사가 수행되었더라도 조하대 조사가 한 계절에만 국한되어[28] 출현종 수가 차이 나는 것으로 추정된다.

2. 수직분포

과거 서해안 해조 군집 연구 결과들[21, 28, 35, 36]과 비교시 서해안 중부지역과 남부지역 조간대에서 일반적으로 나타나는 지층이(*S. thunbergii*)가 본 연구 지역 조간대에서도 높은 중요도를 나타내었다(Table 4). Baek et al. [28]의 연구와 비교하였을 때 조간대 상부와 중부는 비슷한 수직분포를 나타내었으나(Table 4), 조간대 하부에서 지층이, 애기가시덤불이 높은 중요도를 나타내며 이전 연구와는 다소 차이가 있는 것으로 확인되었다. 이는 Baek et al. [28]의 연구 지역이 같은 백령도에 위치에 있지만, 섬의 북부인 두무진 지역이었고, 본 연구 지역은 섬의 남쪽인 남포리 지역이기에 백령도 북쪽과 남쪽 두 지역 간 조간대 하부의 환경적 차이로 나타난 것이 아닌가 판단된다.

3. 생물량

생물량 자료는 군집 특성을 이해하는 데 중요한 척도가 되며, 각 연안의 해조 군집의 특성을 정량적으로 파악하고, 생물량 자료를 비교 검토하는 것이 해조 군집 분석에 매우 중요하다고 할 수 있다[21, 37]. 이번 연구의 생물량은 습중량으로 측정되어 실제 건중량과 비교하기는 다소 미흡하지만 습중량의 20%로 적용하여 건중량을 계산하였을 때[38], 연평균 생물량은 54.45 g dry wt. m²로 나타났다(Table 5).

서해안 지역은 연구 지역에 따라 연평균 생물량의 차이가 크게 나타나는데 본 연구 지역 인근인 백령도 두무진 지역에서 119.4 g dry wt. m² [28], 덕적도 서포리 지역에서 80.62 g dry wt. m² [36], 학암포 지역에서 88.78 g dry wt. m² [25], 어청도 지역에서는 237.5 g dry wt. m² [24], 변산반도에서는 91.45 g dry wt. m² [39]로 나타나 본 연구 지역의 연평균 생물량은 다른 서해안 지역에 비해 다소 낮았다.

4. 우점종

백령도 연안의 우점종은 조간대에서 전 계절에 걸쳐 지층이로 나타났으며, 추계에 새빨간검둥이와 지층이가 함께 우점하였다. 준우점종으로는 애기가시덤불과 참보라색우무, 미끌풀로 주변 지역인 경기만 일대 도서 조간대의 선행 연구[22, 36]와 비교하였을 때 각각 도서들의 우점종이 서로 다르게 나타났으며, 백령도 지역에서만 새빨간검둥이가 우점종으로 나타나 지역 간 차이가 있는것으로 판단된다.

Table 4. The comparison of vertical distribution of dominant species with previous study at Beakryoung-do, western coast of Korea

References	Upper	Middle	Lower
[28]	<i>Neopyropia</i> ssp.	<i>Neorhodomela aculeata</i>	<i>Saccharina japonica</i>
	<i>Gloiopeltis furcata</i>	<i>Ulva compressa</i>	<i>Ulva australis</i>
	<i>Caulacanthus okamurae</i>		<i>Dumontia simplex</i>
	<i>Gelidiophycus freshwateri</i>		
This study	<i>Neorhodomela aculeata</i>	<i>Neorhodomela aculeata</i>	<i>Sargassum thunbergii</i>
	<i>Caulacanthus okamurae</i>	<i>Caulacanthus okamurae</i>	<i>Caulacanthus okamurae</i>
	<i>Gelidiophycus freshwateri</i>	<i>Gelidiophycus freshwateri</i>	<i>Gelidiophycus freshwateri</i>

Table 5. Comparison of macro algal biomass at several sites in western coast of Korea

Sites	Biomass (g dry wt. m ⁻²)	References
Beakryoung-do	119.4	[28]
Deokjeok-do	80.62	[36]
Hakampo	88.78	[25]
Eocheong-do	237.5	[24]
Byeonsan	91.45	[39]
Beakryoung-do	54.45(272.3)*	This study

* (), g wet wt. m⁻²

5. 백령도 조하대의 해조상

서해안과 백령도 주변 선행 연구 자료들은 대부분 조간대 위주의 조사로 조하대 조사는 많지 않다. 서해안의 조하대 조사는 특성상 조수간만의 차가 크고, 탁도가 높으며, 퇴적물이 대부분 펄질로 이루어져 조사를 수행함에 있어 어려움이 있다[25]. 본 연구에서도 수심 5m 이하에서는 바닥이 펄질로 이루어져 해조류가 출현하지 않았고 수심 4m부터 해조류가 출현하여 군집을 형성하고 있었다. 이러한 조건 속에서 출현종의 약 87%(83종)가 조하대에서 출현하였으며 조하대에서만 출현한 해조류도 43종이었다(녹조류 2종, 갈조류 4종, 홍조류 37종, Table 6). 즉, 조간대 조사만으로는 일정 지역에 서식하는 해조류 출현종을 확인하기에는 매우 미흡함을 알 수 있었다. 또한 이미 선행된 백령도 연구에서는 보고되지 않았고, 본 연구 결과 새롭게 출현한 종이 총 38종(녹조류 2종, 갈조류 4종, 홍조류 32종)이었고, 그 중 25종은 조하대에서만 출현하였다. 이러한 결과는 차후에 더욱 정확한 서해안 해조상 변화를 확

인하기 위해서는 조하대 해조류에 관한 지속적인 연구가 반드시 수행되어야 할 것으로 판단된다.

Table 6. Newly recorded species in Beakryoung-do, western coast of Korea

Taxa	Intertidal	Subtidal
Green algae		
<i>Cladophora albida</i>	+	
<i>Umbrulva japonica</i>		+
Brown algae		
<i>Desmarestia ligulata</i>		+
<i>Dictyopteris divaricata</i>	+	+
<i>Dictyopteris prolifera</i>		+
<i>Ishige okamurae</i>	+	+
Red algae		
<i>Bangia fuscopurpurea</i>	+	
<i>Erythrocladia irregularis</i>		+
<i>Erythrotrichia carnea</i>		+
<i>Erythrotrichia reflexa</i>		+
<i>Erythrotrichia</i> sp.		+
<i>Auduinella</i> sp.		+
<i>Aglaothamnion callophyllidicola</i>	+	+
<i>Herpochondria corallinae</i>	+	+
<i>Herpochondria elegans</i>		+
<i>Acrosorium venulosum</i>		+
<i>Erythrogloussum minimum</i>		+
<i>Hideophyllum yezoense</i>		+
<i>Wynneophycus geminatus</i>		+
<i>Sorella repens</i>		+
<i>Symphyocladia linearis</i>	+	+
<i>Symphyocladia pumila</i>	+	+
<i>Symphyocolax koreana</i>		+
<i>Amphiroa ephedraea</i>		+
<i>Synarthrophyton chejuensis</i>		+
<i>Gelidium vagum</i>		+
<i>Hypnea charoides</i>		+
<i>Gloiopeltis complanata</i>	+	+
<i>Gracilaria cuneifolia</i>		+
<i>Gracilaria textorii</i>		+
<i>Grateloupia asiatica</i>		+
<i>Grateloupia chiangii</i>	+	+

<i>Grateloupia cornea</i>		+
<i>Grateloupia elliptica</i>	+	+
<i>Grateloupia filicina</i>	+	+
<i>Grateloupia kurogii</i>		+
<i>Plocamium cartilagineum</i>		+
<i>Fushitsunagia catenata</i>	+	+

결론

이 연구는 2015년 8월부터 2016년 6월까지 서해안 최북단 백령도 조간대 및 조하대에서 계절별 조사를 실시하여 해조류의 종조성과 생물량 및 군집구조를 연구하였다. 본 연구에서 조사된 해조류는 총 95종으로 녹조류 7종, 갈조류 12종, 홍조류 76종으로 조간대에서 총 52종이, 조하대에서 총 83종이 출현하였다. 수직분포는 조간대에서 새빨간검둥이, 애기가시덤불, 애기우뚱가사리-새빨간검둥이, 애기가시덤불-지층이, 애기가시덤불 순으로 나타났다. 생물량으로 본 우점종은 조간대에서 지층이와 새빨간검둥이가, 조하대에서는 참산호말과 미역이 각각 우점종으로 나타났다. 연평균 생물량은 조간대에서 252.6 g wet wt. m⁻², 조하대에서는 291.9 g wet wt. m⁻²로 나타났다. 이번 조사를 통하여 백령도에 새롭게 확인된 종은 총 38종으로 이 중 25종이 조하대에서 발견되어 차후 서해안 해조상 변화를 면밀하게 확인하기 위해서는 조하대 해조류에 관한 연구가 반드시 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

이 논문은 군산대학교 수산과학연구소 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

References

1. Dawes, C. J. 1998. Marine Botany. John Wiley & Sons. inc.. NewYork. 480pp.
2. Whitaker, S. G., Smith, J. R. and Murray, S. N. 2010. Reestablishment of the southern California rocky intertidal brown alga, *Silvetia comperessa*: An experimental investigation of techniques and abiotic and biotic factors that affect restoration success. *Restor. Ecol.* 18, 18-26.
3. Satheesh, S. and Wesley, S. G. 2012. Diversity and dis-

tribution of seaweeds in the Kudankulam coastal waters, south-eastern coast of India. *Biod. J.* 3, 79-84.

4. Ahn, J. K., Yoo, K. D., Oh, J. C., Lee, J. I., Yoon, H. D. and Kim, Y. H. 2017. Species composition and vertical distribution of marine algal communities at the Taean Peninsula of the west coast of Korea. *Korean J. Aquat. Sci.* 50, 55-64.
5. Zemke-White, W. L. and Ohno, M. 1999. World seaweed utilization: An end of century summary. *J. Appl. Phycol.* 11, 369-379.
6. Koch, M., Bowes, G., Ross, C. and Zhang, X. H. 2013. Climate change and ocean acidification effects on seagrasses and marine macroalgae. *Global Change Biol.* 19, 103-132.
7. Niell, F. X. 1977. Rocky intertidal benthic systems in temperature seas: A synthesis of their functional performances. *Helgolaender wiss. Meeresunters.* 30, 315-333.
8. Thom, R. M. 1980. Seasonality in low intertidal benthic marine algal communities in Central Puget Sound, Washington, U.S.A. *Bot. Mar.* 23, 7-11.
9. Bolton, J. J. 1981. Community analysis of vertical zonation pattern on a Newfoundland rocky shore. *Aquat. Bot.* 10, 299-316.
10. McQuaid, C. D. and Branch, G. M. 1984. Influence of sea temperature, substratum and wave exposure on rocky intertidal communities: an analysis of faunal and floral biomass. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 19: 145-151
11. Josselyn, M. N. and West, J. 1985. The distribution and temporal dynamics of the estuarine macroalgal community of San Francisco Bay. *Hydrobiologia* 129, 139-152.
12. Lüning, K. 1993. Environmental and internal control of seasonal growth in seaweeds. *Hydrobiologia* 260-261, 1-14.
13. Seapy, R. R. and Litter, M. M. 1982. Population and species diversity fluctuations in a rocky intertidal community relative to severe aerial exposure and sediment burial. *Mar. Biol.* 71, 87-96.
14. Dayton, P. K. 1971. Competition, disturbance, and community organization: The provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.* 41, 351-389.
15. Chapman, A. R. O. and Craigie, J. S. 1997. Seasonal growth in *Laminaria longicruris*: relations with dissolved inorganic nutrients and internal reserves of nitrogen. *Mar. Biol.* 40, 297-305.

16. Abbott, T. A. and North, W. J. 1971. Temperature influences on floral composition in California coastal waters. *Proc. Intl. Seaweeds Symp.* 7, 72-79.
17. Orfanidis, S., Panayotidis, P. and Stamatis, N. 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: A marine benthic macrophytes-based model. *Mediterr. Mar. Sci.* 2, 45-65.
18. Wells, E., Wilkinson, M., Wood, P. and Scanlan, C. 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. Pollut. Bull.* 55, 151-161.
19. Schemer, H., Horta, P. A., de Oliveira, E. C., Simonassi, J. C., Hall Spencer, J. M., Chow, F., Nunes, J. M. C. and Pereira, S. M. B. 2013. Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along the SW Atlantic. *Mar. Pollut. Bull.* 76, 106-115.
20. Kang, J. W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* 7, 1-125.
21. Kim, Y. H., Yoon, H. J. and Yoo, J. S. 1995. Species composition and biomass of marine algal community on the mid-western coast of Korea. *J. Plant Biol.* 38, 389-398.
22. Lee, W. J., Yoon, H. S. and Boo S. M. 1997. Marine algal community of Gyonggiman Islets on the west sea of Korea. *Algae* 12, 139-144.
23. Yoo, H. I., Park, H. H. and Choi, H. G. 2009. Marine algal floras and community structure in the vicinity of the Taean power plant in Korea. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* 42, 387-394.
24. Kim, Y. S., Yang, E. A. and Nam, K. W. 2013 Benthic marine algal flora and community structure of Eocheongdo in western coast of Korea. *Korean J. Environ. Ecol.* 27, 655-665.
25. Heo, J. S., Han, S. J., Choi, H. G. and Nam, K. W. 2015. A study on long-term monitoring of seaweed flora and community structure at Hakampo, western coast of Korea. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* 48, 969-976.
26. Moon, C. H. 2005. Tourism-geographical characteristics of Baengnyeongdo Island and the potential possibilities and future prospects for the tourist development. *Intl. J. Tourism Hospitality Res.* 19, 61-82.
27. Lee, I. K. 1973. A check list of marine algae in summer of Baegryong Island. *Bull. Coll. Lib. Art & Sci. SNU* 19, 437-448.
28. Baek, J. M., Hwang, M. S., Lee, J. W., Lee, W. J. and Kim, J. I. 2007. The macroalgal community of Bagryoungdo Island in Korea. *Algae* 22, 117-123.
29. Guiry, M. D. and Guiry, G. M. 2022. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available from <http://www.algaebase.org>. Accessed: 14 November 2022.
30. Kim, H. S., Boo, S. M., Lee, I. K. and Sohn, C. H. 2013. National List of Species of Korea [Marine Algae]. 1-336.
31. Saito, Y. and Atobe, S. 1970. Phytosociological study of intertidal marine algae.1. Usujiri Benten-Jima, Hokkaido. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 21, 37-69.
32. Barbour, M. G. 1987. Terrestrial Plant Ecology. the Benjamins/Cumming Publ. Co., Inc. 634pp.
33. Kim, Y. H., Nam, K. W. and Sohn, C. H. 1997. Intertidal benthic marine algae at Chumunjin on the east coast of Korea: Flora, distribution and community structure. *Algae* 12, 117-130.
34. Lee, I. K., Oh, Y. S. and Chung, H. S. 1987. A marine algal flora of Taehongdo Islets, western coast of Korea. *Bull. KACN* 7, 329-354
35. Yoo, J. S. and Kim, Y. H. 1990. Structure analysis of intertidal algal communities in Muchangpo and Maryangri, western coast of Korea. *J. Plant Bio.* 33, 225-236.
36. Lee, W. J., Hwang, M. S., Baek, J. M., Lee, J. W. and Kim, J. I. 2007. Primary survey on algal community of Gyounggi Bay for restoration. *Algae* 22, 201-207.
37. Choi, C. G., Kwak, S. N. and Sohn, C. H. 2006. Community structure of subtidal marine algae at Uljin on the east coast of Korea. *Algae* 21, 463-470.
38. Taniguchi, K. 1998. From Isoyake to Kelp Forest. Shokabo. Tokyo. Japan. 196pp.
39. Han, S. J., Lee, J. H., Jeon, D. V., Oh, J. C., Kim, B. Y., Park, S. K., Choi, H. G. and Nam, K. W. 2014. Seasonal variation in macroalgal community structure around the Byeonsan peninsula, Korea. *Kor. J. Fish Aquat. Sci.* 47, 274-282.