

한국 동해안 중부의 저서 해조류 군집

이재일* · 김현겸** · 유경동*** · 윤희동**** · 김영환****†

*, **** 충북대학교 생물학과, ** 한국수산자원관리공단 동해지사, *** 생태기술연구소

Benthic Marine Algal Community on the Mid-east Coast of Korea

Jae-Il Lee* · Hyun-Kyum Kim** · Kyong-Dong Yoo*** · Hee-Dong Yoon**** · Young-Hwan Kim****†

*, **** Department of Biology, Chungbuk National University, Cheongju 362-763, Korea,

** Korea Fisheries Resources Agency East Sea Branch, Pohang 790-310, Korea,

*** Eco-Technology Institute Co., LTD, Yeonhui-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-829, Korea

요 약 : 우리나라 동해안 중부의 축산항 지역에서 2007년 7월부터 2009년 5월까지 계절별로 조간대와 조하대 해조류의 종조성과 군집구조를 조사하였다. 2년에 걸친 조사를 통해 밝혀진 해조류는 총 98종(녹조류 13종, 갈조류 23종, 홍조류 62종)이었고, 조사시기별로는 33~63종의 범위로 나타났다. 이 가운데 녹조류 2종(구멍갈파래, 떡청각), 갈조류 3종(참그물바당말, 툃, 왜모자반), 그리고 홍조류 11종(작은구슬산호말, 흑돌잎, 참도박, 참지누아리, 붉은까막살, 진분홍딱지, 진두발, 잔금분홍잎, 개서실, 모로우붉은실, 참보라색우무)의 16종은 모든 조사시기에 관찰되었다. 해조류의 단위면적당 생물량은 평균 629.68 g dry wt m⁻²이었으며, 계절별로 119.30~1,660.96 g dry wt m⁻²의 범위를 보였다. 조사지역 해조군집의 수직분포는 조간대에서 작은구슬산호말과 모자반류, 조하대 1m에서 모자반류, 5m에서 모자반류와 무절산호조류 그리고 10m에서 무절산호조류로 대표되었다.

핵심용어 : 축산항, 해조류, 종조성, 군집구조, 생물량, 수직분포

Abstract : Benthic marine algal flora and community structure at Chuksan on the mid-east coast of Korea were investigated seasonally from July 2007 to May 2009. Ninety-eight seaweed species were identified, including 13 green, 23 brown and 62 red algal species. The number of species found ranged between 33 and 63 among seasons. Two green (*Ulva australis* and *Codium arabicum*), three brown (*Dictyota dichotoma*, *Sargassum fusiforme* and *Sargassum yezoense*), and eleven red algae (*Corallina pilulifera*, *Lithophyllum okamurae*, *Pachymeniopsis elliptica*, *Grateloupia filicina*, *G. cornea*, *Hildenbrandia rubra*, *Chondrus ocellatus*, *Acrosorium polyneurum*, *Chondria crassicaulis*, *Polysiphonia morrowii* and *Symphocladia latiuscula*) were observed throughout the survey period. Average marine algal biomass was 629.68 g dry wt m⁻² and it ranged seasonally from 119.30 to 1,660.96 g dry wt m⁻². The vertical distribution of marine algae was characterized by *Corallina pilulifera* and *Sargassum* spp. in the intertidal zone; *Sargassum* spp. at 1 m depth; *Sargassum* spp. and melobesioidean algae at 5 m depth; and melobesioidean algae at 10 m depth.

Key Words : Chuksan, Marine algae, Flora, Community structure, Biomass, Vertical distribution

1. 서 론

한국 동해 연안의 저서 해조류는 20세기 초반 몇몇 외국 인들에 의하여 단편적인 연구가 수행되었으며(Lee and Kim, 1999), 1960년대 이후 비로소 체계적으로 정리되었다. 특히 Kang(1966)은 한국 해조류의 지리적 분포를 논하면서 수온, 조류 등 해황을 바탕으로 한반도의 동해안을 원산만 이북의

동해북구(Northern East Coast Section)와 원산만에서 영일만 남쪽 울기곶까지의 동해남구(Southern East Coast Section)로 구분하였다. 또한 그는 한국산 해조류 414종을 보고하였고 동해남구에는 196종(남조류 3종, 녹조류 25종, 갈조류 48종, 홍조류 120종)이 분포한다고 하였으며 동해남구의 경우 온대계 해조류가 출현하는 것으로 정리하면서, 해조상의 조성에서 온대계 해조류(temperate species)가 70%로 크게 우세하고 북방계(boreal species)가 10%로 미약하다는 점을 밝혔다.

Kang(1966)의 연구를 전후하여 동해 울릉도(Noda and Kang, 1964; Kang, 1965)와 독도(Kang and Park, 1969)의 해조류

* First Author : ljiforever@daum.net, 043-276-6180

† Corresponding Author : kimyh@cbnu.ac.kr, 043-261-2295

종조성을 밝히는 연구가 진행되었다. 울릉도와 독도의 경우가 가까운 동해안과는 그 해조상에 있어서 상당한 차이를 보일 뿐만 아니라 오히려 남해안의 해조상과 유사하다는 점 때문에 Kang(1966)에 의하여 한국 해조류의 지리적 분포에서 남해구(South Coast Section)로 구분되었다.

한편 1970년대에 서해안 또는 남해안에서는 지역 해조상을 밝히거나 해조군집을 생태적으로 해석하려는 시도가 다양하게 전개되었으나, 이 시기에 동해 연안은 단지 해조류 미기록 종의 산지 또는 계통분류학적 연구의 재료 채집지로만 그치고 있다(Lee and Kim, 1999).

한국 동해안 해조류가 본격적인 연구의 대상으로 자리잡게 된 것은 1980년대부터이며, 울기등대의 남쪽인 온산면 일대의 해조류 분포를 조사한 Kim et al. (1980)의 결과를 필두로 해조류 분포의 정성·정량적 해석이 다양하게 시도되었다. 그 결과 이제까지 우리나라 동해안에 분포하는 것으로 밝혀진 해조류는 남조류 33종, 녹조류 51종류(50종, 1변종), 갈조류 99종류(96종, 3품종), 홍조류 231종류(226종, 2변종, 3품종)의 총 414종류에 이른다(Lee and Kim, 1999). 이를 한국의 전 연안에 생육하는 해조류와 분류군별로 비교하여 볼 때(Lee and Kang, 1986), 동해안에는 남조류 69%, 녹조류 63%, 갈조류 73%, 홍조류 65%가 생육하고, 전체적으로는 한국산 해조류의 약 67%가 동해안에 분포하는 것으로 밝혀졌다.

일반적으로 녹조류와 홍조류는 온대나 열대역에 주로 생육하는 반면, 갈조류는 한대역에 흔히 나타나는 것으로 인식되고 있다(Cheney, 1977). 우리나라 연안에서 가장 수온이 높은 제주도 연안에서 녹조류가 64%, 갈조류가 59%, 그리고 홍조류가 79% 가량 출현하고 있음을 비추어 볼 때(Boo, 1988), 상대적으로 동해안은 홍조류의 비율이 낮은 반면 갈조류의 비율이 높게 나타나는 대조적인 양상을 보여서 주목되었다(Kang, 1966).

그런데 이제까지 우리나라 동해안에서 해조류 분포가 조사된 정점들은 경상북도 북단에 위치한 울진원자력발전소 주변 해역부터 북쪽의 동해안 북부와 포항시 앞의 영일만부터 남쪽의 동해안 남부 연안들에 치우쳐 있는 실정이다. 우리나라 동해안의 중부에 해당하는 울진부터 영일만까지의 약 100 km에 이르는 연안에서는 Shin et al.(2011)이 동해안의 4개 정점 가운데 하나로 축산을 선정하고 해조류의 출현종과 수직분포의 특징을 학계에 보고한 결과가 있을 뿐이다.

한편 최근 동해안에서 조하대를 중심으로 다양한 해조류의 식생이 줄어들거나 사라지고 탄산칼슘 성분의 체벽을 가진 무절산호조류가 암반을 뒤덮는 갯녹음이 확산되고 있다(MOF, 2002). 소실된 해조자원의 회복과 생태계 복원을 위해 인공어초나 자연석 투하를 이용한 종묘 부착, 바다숲 조성을 위한 십자형 또는 상자형 인공어초의 개발(NFRDI, 2007a;

NFRDI, 2007b) 등을 통해 바다숲을 조성하는 등 다양한 노력이 전개되고 있다. 그렇지만 이러한 시도들이 나름대로 효율적인 성과를 거두려면 동해안의 많은 정점에서 해조상 및 해조군집의 특성과 변동이 상세하게 파악되고, 이를 바탕으로 과학적인 대책이 마련되어야 한다.

본 연구에서는 동해 중부의 축산항 주변 조간대와 조하대의 해조류 분포를 2년간 계절별로 조사하여 해조류의 종조성과 군집구조를 살펴보았다.

2. 재료 및 방법

본 조사는 경상북도 울진군 축산항 죽도산 외측(36°30' 30.11" N, 129°27' 12.26" E)에서 2007년 7월부터 2009년 5월 까지 계절별로 8회에 걸쳐 조간대와 조하대에서 해조류 식생을 파악하였다(Fig. 1).

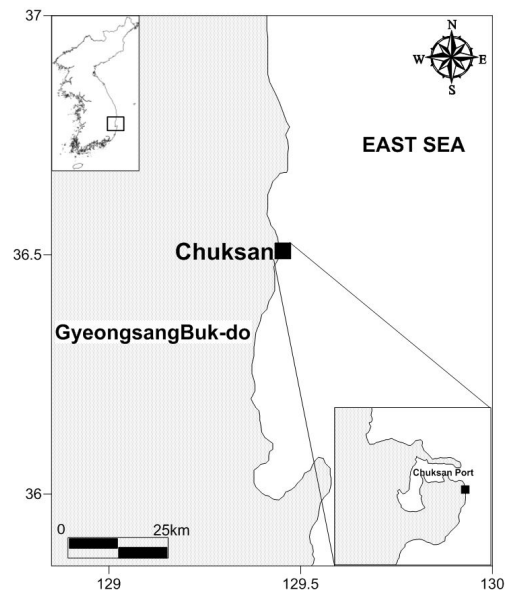


Fig. 1. A map showing the location at Chuksan on the East Coast.

먼저 조간대에서는 해조류의 종조성을 파악하기 위하여 조간대 암반에서 출현하는 해조류를 가능한 한 넓은 범위에서 채집하였다. 이와는 별도로 생물량 측정을 위하여 해조군집을 대표할 수 있는 곳에 50 cm × 50 cm 방형구를 설치하고, 파괴적 표본추출법(destructive sampling method)으로 방형구 내에 출현하는 해조류를 모두 수거하였다. 채집된 해조류는 현장에서 10% 포르말린-해수 용액으로 고정시켜 실험실로 운반하여 동정하였다. 동정된 해조류의 국명 인용과 목록정리는 NIBR(2013)의 체계를 따랐으며, Algaebase

(<http://www.algaebase.org>, Guiry and Guiry, 2015)로 검색하여 학명을 확인하였다. 각 방형구별로 채집된 해조류는 실험실에서 담수로 충분히 씻고 종류별로 구분하여 건조로(drying oven)에서 105℃로 24~48시간 건조시킨 후, 건조된 시료를 0.01 g 수준까지 무게를 측정하여 단위 면적(m²)당 무게로 환산하고, 해조류 종류별 생물량 평균치와 단위 면적당 현존량 구성비(%)를 구하였다.

한편 조간대부터 조하대 1 m, 5 m, 10 m 지점까지 비파괴적 표본추출법(nondestructive sampling method)으로 10 cm×10 cm로 구획된 50 cm×50 cm의 방형구를 각각 5회 설치하여 출현종의 피도를 조사하였으며, 각 계절별로 갯녹음에 의한 무절산호조류(melobesioidean algae)의 피복률을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 해조군집의 정성적 분석

축산항 죽도산 외측 해역의 조간대 및 조하대에서 2007년 7월부터 2009년 5월까지 수행된 조사를 통해 밝혀진 해조류는 총 98종(녹조류 13종, 갈조류 23종, 홍조류 62종)이었다. 조사시기별로는 33~63종의 범위를 보였으며, 2009년 5월에 가장 많이 출현하였고 2008년 8월에 가장 적었다(Table 1).

계절별 특징을 살펴보면, 녹조류 2종(구멍갈파래; *Ulva pertusa*, 떡청각; *Codium arabicum*), 갈조류 3종(참그물바탕말; *Dictyota dichotoma*, 툯; *Sargassum fusiforme*, 왜모자반; *Sargassum yezoense*) 그리고 홍조류 11종(작은구슬산호말; *Corallina pilulifera*, 흑돌잎; *Lithophyllum okamurae*, 참도박; *Pachymeniopsis elliptica*, 참지누아리; *Grateloupia filicina*, 붉은까막살; *Grateloupia cornea*, 진분홍딱지; *Hildenbrandia rubra*, 진두발; *Chondrus ocellatus*, 잔금분홍잎; *Acrosorium polyneurum*, 개서실; *Chondria crassicaulis*, 모로우붉은실; *Polysiphonia morrowii*, 참보라색우무; *Symphyocladia latiuscula*)이 모든 계절에 걸쳐 출현하였으며, 특정 계절에 출현한 해조류는 녹조류 3종(초록실; *Ulothrix flacca*, 초록털말; *Urospora penicilliformis*, 흐린대마디말; *Cladophora opaca*), 갈조류 8종(참솨털; *Ectocarpus siliculosus*, 긴볼레기말; *Colpomenia bullosa*, 고리매; *Scytosiphon lomentaria*, 산말; *Desmarestia ligulata*, 감태; *Ecklonia cava*, 참가시그물바탕말; *Dictyopteris pacifica*, 주름뼈대그물말; *Dictyopteris undulata*, 알송이모자반; *Sargassum confusum*) 그리고 홍조류 15종(참국수나물; *Nemalion vermiculare*, 개우무; *Pterocladia capillacea*, 고리마디게말; *Amphiroa beauvoisii*, 잘피겹데기; *Hydrolithon sargassi*, 꽃지누아리; *Grateloupia imbricata*, 털지누아리; *Polyopes lancifolius*, 붉은땀띠; *Kallymenia crassiuscula*, 참가시우무; *Hypnea charoides*, 갈래잎; *Schizymenia dubyi*, 깃꼴비단풀;

Ceramium japonicum, 민자루다홍풀; *Dasya sessilis*, 검은서실; *Palisada intermedia*, 깃꼴서실; *Laurencia pinnata*, 애기서실; *Laurencia venusta*, 쇠털붉은실; *Neosiphonia yendoii*)이었다.

3.2 해조군집의 정량적 분석

8회의 조사 기간 동안 조간대에서 출현한 해조류의 단위 면적당 생물량은 평균 629.68 g dry wt m⁻²(119.30~1,660.96 g dry wt m⁻²)이었으며, 2008년 11월에 가장 많았고, 2009년 2월에 가장 적게 나타났다(Table 2). 전반적으로 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*)의 생물량이 많았으며, 툯(*Sargassum fusiforme*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*) 그리고 왜모자반(*Sargassum yezoense*)이 작은구슬산호말에 이어 많은 생물량을 나타내었다.

단위면적당 생물량 구성비를 바탕으로 우점종(생물량 구성비 30% 이상)과 준우점종(생물량 구성비 10~29%)을 살펴보면, 작은구슬산호말이 준우점종으로 나타난 2008년 1월과 2009년 5월을 제외한 조사시기에서 우점종으로 출현하였으며, 왜모자반이 4회의 조사에서 우점종으로 나타났다(Table 3).

계절에 따라 수심별 해조류 출현종의 피도 변화는 Table 4와 같았다. 조간대에서는 작은구슬산호말(평균 41.2%)과 모자반류(*Sargassum* spp.; 평균 24.3%)가 모든 조사시기에 출현하여 높은 피도를 보였으며, 툯, 참보라색우무, 붉은까막살, 개도박(*Pachymeniopsis lanceolata*), 무절산호조류(melobesioidean algae)의 순으로 다소 높은 피도 값을 나타내었다. 조하대 1 m에서 모자반류가 평균 피도 36.4%로 높은 값을 보였고 다음으로 붉은까막살, 개도박, 떡청각, 참도박으로 나타났다.

조하대 5 m에서는 무절산호조류와 모자반류가 각각 평균 피도 10.1%와 9.2%로 비교적 높게 나타났으며, 떡청각, 참그물바탕말, 개그물바탕말(*Rugulopteryx okamurae*), 미끈뼈대그물말(*Dictyopteris divaricata*), 잔금분홍잎 그리고 마디잘록이(*Lomentaria catenata*)의 피도가 다소 높았다. 조하대 10 m에서는 무절산호조류의 평균 41.2%로 피도가 가장 높게 나타났다.

조사 기간 동안 비교적 지속적인 출현과 높은 피도를 보인 해조류의 수심에 따른 평균 피도를 비교해 본 결과(Fig. 2), 작은구슬산호말이 조간대에서 높은 피도를 보였으며, 조하대 1 m 이하부터 출현하지 않았다. 모자반류는 조하대 1 m에서 피도가 가장 높게 나타났으며, 수심이 깊어질수록 피도가 낮아지는 경향을 보였다. 무절산호조류는 조간대와 조하대 1 m에서 피도가 낮았으며, 조하대 5 m부터 피도가 증가하여 조하대 10 m에서 높은 값을 나타내었다.

Table 1. List of marine algal species observed at Chuksan

Species \ Season	2007		2008				2009	
	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Aug.	Nov.	Feb.	May
Chlorophyta								
<i>Bryopsis plumosa</i>	+					+		+
<i>Codium arabicum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Codium fragile</i>	+			+	+	+	+	+
<i>Cladophora opaca</i>					+			
<i>Cladophora sakaii</i>	+			+			+	+
<i>Ulothrix flacca</i>						+		
<i>Urospora penicilliformis</i>							+	
<i>Ulva australis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ulva compressa</i>	+		+				+	+
<i>Ulva conglobata</i>						+	+	
<i>Ulva intestinalis</i>	+		+	+	+		+	+
<i>Ulva linza</i>			+	+			+	+
<i>Ulva prolifera</i>	+		+	+	+	+	+	+
Phaeophyta								
<i>Desmarestia ligulata</i>				+				
<i>Dictyota coriacea</i>	+	+			+	+	+	+
<i>Dictyota dichotoma</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyopteris divaricata</i>	+			+				+
<i>Dictyopteris pacifica</i>			+					
<i>Dictyopteris prolifera</i>	+	+	+		+	+		+
<i>Dictyopteris undulata</i>			+					
<i>Rugulopteryx okamurae</i>			+			+	+	+
<i>Ectocarpus siliculosus</i>							+	
<i>Colpomenia bullosa</i>								+
<i>Colpomenia sinuosa</i>			+	+				+
<i>Petalonia binghamiae</i>	+			+	+		+	+
<i>Scytosiphon lomentaria</i>								+
<i>Sargassum confusum</i>								+
<i>Sargassum fusiforme</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sargassum horneri</i>	+	+	+	+		+	+	+
<i>Sargassum micracanthum</i>	+	+	+			+		
<i>Sargassum nigrifolium</i>	+			+		+	+	+

한국 동해안 중부의 저서 해조류 군집

Table 1. (continued)

Species \ Season	2007		2008				2009	
	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Aug.	Nov.	Feb.	May
<i>Sargassum serratifolium</i>			+					+
<i>Sargassum thunbergii</i>					+	+		
<i>Sargassum yezoense</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Undaria pinnatifida</i>	+		+	+	+		+	+
<i>Ecklonia cava</i>						+		
Rhodophyta								
<i>Bangiadulcis atropurpurea</i>			+				+	+
<i>Pyropia suborbiculata</i>			+	+			+	+
<i>Pyropia tenera</i>	+		+				+	
<i>Pyropia yezoensis</i>			+	+				
<i>Hildenbrandia rubra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Amphiroa beauvoisii</i>		+						
<i>Corallina crassissima</i>	+		+	+				
<i>Corallina pilulifera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hydrolithon sargassi</i>	+						+	
<i>Lithophyllum okamurae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pneophyllum zostericola</i>							+	
<i>Synarthrophyton chejuensis</i>						+		+
<i>Nemalion vermiculare</i>						+		
<i>Ahnfeltia plicata</i>				+			+	
<i>Antithamnion nipponicum</i>				+			+	
<i>Campylaephora crassa</i>	+	+	+		+	+	+	+
<i>Ceramium japonica</i>							+	
<i>Ceramium kondoi</i>		+			+	+	+	+
<i>Ceramium paniculatum</i>	+	+	+				+	
<i>Ceramium tenerrimum</i>	+	+	+				+	+
<i>Dasya sessilis</i>	+							
<i>Dasysiphonia japonica</i>							+	+
<i>Heterosiphonia pulchra</i>		+	+					+
<i>Acrosorium flabellatum</i>	+		+				+	+
<i>Acrosorium polyneurum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cumathamnion serrulatum</i>	+	+	+					
<i>Chondria crassicaulis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

Table 1. (continued)

Species \ Season	2007		2008				2009	
	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Aug.	Nov.	Feb.	May
<i>Laurencia okamurae</i>			+	+				
<i>Laurencia pinnata</i>			+					
<i>Laurencia venusta</i>		+						
<i>Laurencia</i> sp.							+	+
<i>Neosiphonia japonica</i>				+		+		
<i>Neosiphonia yendoi</i>				+				
<i>Palisada intermedia</i>				+				
<i>Polysiphonia morrowii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Symphocladia latiuscula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gelidiophycus freshwateri</i>						+	+	+
<i>Gelidium elegans</i>	+	+	+			+	+	+
<i>Pterocladia capillacea</i>				+				
<i>Hypnea charoides</i>							+	
<i>Gloiopeltis furcata</i>			+	+			+	+
<i>Chondracanthus intermedius</i>							+	+
<i>Chondracanthus tenellus</i>	+	+		+			+	+
<i>Chondrus ocellatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Kallymenia crassiuscula</i>								+
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	+	+	+	+	+		+	+
<i>Grateloupia asiatica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Grateloupia cornea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Grateloupia imbricata</i>					+			
<i>Grateloupia livida</i>				+		+	+	+
<i>Grateloupia sparsa</i>						+	+	+
<i>Grateloupia turuturu</i>		+		+				+
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	+	+	+	+	+		+	+
<i>Polyopes lancifolius</i>	+							
<i>Schizymenia dubyi</i>								+
<i>Peyssonnelia japonica</i>	+	+	+		+	+	+	+
<i>Plocamium telfairiae</i>	+	+	+			+		
<i>Champia parvula</i>	+	+	+			+	+	+
<i>Lomentaria catenata</i>	+	+	+	+		+	+	+
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	+						+	+
<i>Lomentaria lubrica</i>							+	+

한국 동해안 중부의 저서 해조류 군집

Table 2. Biomass of marine algal species observed at intertidal zone in Chuksan (unit: g dry wt m⁻²)

Division \ Season	2007		2008				2009	
	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Aug.	Nov.	Feb.	May
Chlorophyta								
<i>Codium arabicum</i>	-	-	-	9.88	-	-	-	-
Phaeophyta								
<i>Dictyopteria prolifera</i>	-	25.44	-	-	-	13.08	-	-
<i>Undaria pinnatifida</i>	-	-	2.15	20.24	-	-	1.75	18.92
<i>Sargassum fusiforme</i>	118.80	-	55.70	-	11.36	8.52	-	133.28
<i>Sargassum micracanthum</i>	-	-	-	-	-	342.28	-	-
<i>Sargassum yezoense</i>	186.92	17.00	61.06	-	30.40	-	72.05	215.08
Rhodophyta								
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	-	32.64	-	-	-	-	-	-
<i>Corallina pilulifera</i>	246.36	573.40	37.89	339.52	752.28	1,199.92	43.08	136.20
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	7.48	-	-	81.48	10.68	0.80	-	14.92
<i>Lomentaria catenata</i>	-	-	-	-	-	1.00	-	-
<i>Campylaephora crassa</i>	15.88	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acrosorium polyneurum</i>	-	3.84	-	-	-	-	-	-
<i>Chondria crassicaulis</i>	-	-	2.88	-	-	5.60	-	-
<i>Laurencia okamuraa</i>	-	-	-	23.36	-	-	-	-
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	-	4.64	0.79	55.32	5.32	89.76	2.42	6.04
Total	575.44	656.96	160.47	529.80	810.04	1,660.96	119.30	524.44

Table 3. Dominant (biomass proportion $\geq 30\%$) and subdominant (biomass proportion $10\% \leq x < 30\%$) species at intertidal zone in Chuksan

Division \ Season	2007		2008				2009	
	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Aug.	Nov.	Feb.	May
Phaeophyta								
<i>Sargassum fusiforme</i>	21	-	35	-	-	-	-	25
<i>Sargassum micracanthum</i>	-	-	-	-	-	21	-	-
<i>Sargassum yezoense</i>	32	-	38	-	-	-	60	41
Rhodophyta								
<i>Corallina pilulifera</i>	43	87	24	64	93	72	36	26
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	-	-	-	15	-	-	-	-
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	-	-	-	10	-	-	-	-

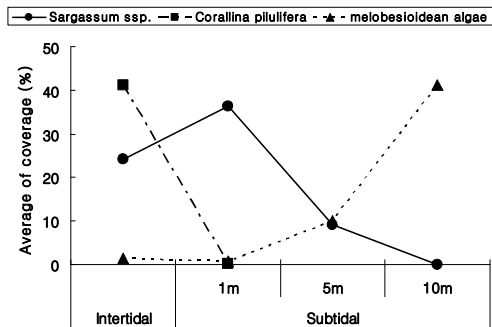


Fig. 2. Vertical distributional patterns of major species in intertidal and subtidal zone in Chuksan.

3.3 인근 조사결과와의 비교

본 조사 지역에서 녹조류 13종, 갈조류 23종, 홍조류 62종으로 총 98종의 해조류가 출현하였으며, 해조류의 문별 구성비는 녹조류 13.3%, 갈조류 23.5%, 홍조류 63.2%로 나타났다.

본 조사지역인 축산보다 북쪽에 위치한 울진 주변 해역에서 Kim and Choi(1995)은 울진 원자력발전소 주변 해역의 해조류 문별 구성비율을 녹조류 13%, 갈조류 19%, 홍조류 65%로 보고하였으며, Choi et al.(2006)은 울진 연안 조하대에서 녹조류 12.6%, 갈조류 33.3%, 홍조류 54.0%로 보고하였다. 한편 축산보다 남쪽에 위치한 영일만에서 Lee et al.(1997)은 조간대에서 녹조류 12.1%, 갈조류 22.4%, 홍조류 65.5%로 보고하였고, 영일만 조간대에서 6년간 조사가 이루어진 Park and Choi(2009)는 녹조류 16.4%, 갈조류 25.0%, 홍조류 58.6%로 보고한 바 있다. 이들 결과를 본 조사와 비교해 보면, 출현종의 구성비율이 큰 차이를 보이지 않았다. 한편 본 조사에서 갈조류 1종(툽니모자반; *Sargassum serratifolium*)과 홍조류 6종(모자반껍데기; *Hydrolithon sargassi*, 낭과쩍; *Synarthrophyton chejuensis*, 붉은땀띠; *Kallymenia crassiuscula*, 고등웃; *Peyssonnelia japonica*, 짝새기; *Ahnfeltia fastigiata*, 보라잎; *Cumathamnion serrulatum*)은 기존 연구에서 출현하지 않은 해조류였다.

이번 조사를 통해 밝혀진 해조류의 단위면적당 평균 생물량은 629.68 g dry wt m²(계절별 119.30 ~ 1,660.96 g dry wt m²의 범위)로 가을에 생물량이 많았고 겨울에 적게 나타났다. 본 조사와 동일하게 건중량으로 생물량이 측정된 Kim and Choi(1995)에 의하면 울진 원자력발전소 주변 해역의 해조류 생물량은 연 평균 539.56 g dry wt m²(계절 평균 317.18 ~ 763.55 g dry wt m²의 범위)로 봄에 생물량이 많았고 가을에 적게 나타났다. 본 조사와 비교시 해조류의 연 평균 생물량은 유사하였으나 계절 평균 생물량은 상이한 결과를 보였다.

기존에 이루어진 해조류의 수직 분포 조사를 살펴보면, 울진 연안에서 Choi et al.(2006)은 조하대 수직 분포를 수심 3m와 6m에서 미역(*Undaria pinnatifida*), 애기다시마(*Laminaria*

religiosa), 모자반속(*Sargassum* spp.) 그리고 수심 9m에서 모자반속 등 대형갈조류가 우점하는 것으로 보고하였으며, 수심 12m에서는 모자반속보다 미역, 미끈뽀대그물말 그리고 홍조류 우뚝가사리, 참곱슬이가 넓게 분포한다고 하였다. 본 조사에서는 수심 1m와 5m에서 모자반류가 우점하여 유사한 결과를 보였으나 수심 10m에서는 무절산호조류가 높은 피도를 보여 상이하게 나타났다.

Shin et al.(2008)은 죽변의 조간대에서 툽, 작은구슬산호말, 모자반류, 개서실 등의 피도가 높았으며, 조하대 1m에서 왜모자반, 무절산호조류, 모자반류, 작은구슬산호말, 붉은까막살, 개도박, 잔금분홍잎 등의 피도가 높은 것으로 나타났다. 조하대 5m에서는 무절산호조류, 모자반류, 잔금분홍잎, 개그물바탕말 등의 피도가 높았고, 조하대 10m에서는 무절산호조류, 붉은까막살, 미역, 돌가사리 등이 분포한다고 보고하여 본 조사 지역과 유사한 결과를 나타내었다.

4. 결론

동해안 중부에 위치한 축산항 주변 해역에서 수행된 조사를 통해 밝혀진 해조류는 총 98종(녹조류 13종, 갈조류 23종, 홍조류 62종)이었으며, 조사시기별로 33 ~ 63종의 범위를 보였다. 울진과 영일만 주변 해역에서 수행된 기존 조사와 비교해 볼 때 출현종의 종조성과 문별 구성비가 큰 차이를 보이지 않았으나, 본 조사의 출현종 중 7종(툽니모자반 *Sargassum serratifolium*, 모자반껍데기; *Hydrolithonsargassi*, 낭과쩍; *Synarthrophyton chejuensis*, 붉은땀띠; *Kallymenia crassiuscula*, 고등웃; *Peyssonnelia japonica*, 짝새기; *Ahnfeltia fastigiata*, 보라잎; *Cumathamnion serrulatum*)은 울진이나 영일만에서 출현하지 않은 종이였다.

해조류의 단위면적당 평균 생물량은 이제까지 동해안 일대에서 조사 분석된 결과와 대체로 유사하였다. 그러나 기존 조사와 달리 본 조사에서는 가을에 해조류의 생물량이 많이 나타나는 특징을 보였는데, 이는 Nam and Kim(1999)의 연구에서 언급된 조간대 및 조하대 해조 식생의 전체 현존량은 대형 갈조류와 산호말속의 존재 여하에 의존함이 보고되어 있는 바, 본 연구에서도 모자반속과 작은구슬산호말이 생물량의 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 특히 작은구슬산호말의 경우 겨울철인 2008년 1월과 2009년 2월에 생물량이 급격히 감소하여 총 생물량의 감소에 영향을 미친 것으로 판단된다.

조사정점의 조간대와 조하대 수심 1m, 5m, 10m 지점에서 2년에 걸친 조사 기간 동안 높은 평균 피도를 보였던 해조류는 조간대에서 작은구슬산호말과 모자반류, 조하대 1m에서 모자반류, 조하대 5m에서 모자반류와 무절산호조류 그리고 조하대 10m에서 무절산호조류로 나타났다.

한국 동해안 중부의 저서 해조류 군집

Table 4. The seasonal changes in coverage of marine algae according to the depths at investigated localities

(Unit: %)

Station	Depth(m)	Species	2007		2008			2009		
			Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Aug.	Nov.	Feb.	May
Intertidal		<i>Codium arabicum</i>	-	0.2	-	2.0	0.8	0.4	4.4	-
		<i>Petalonia binghamiae</i>	-	-	-	0.4	0.4	-	-	-
		<i>Dictyopteris divaricata</i>	-	1.2	-	-	-	-	-	-
		<i>Dictyota coriacea</i>	-	-	-	-	-	4.0	-	-
		<i>Dictyota dichotoma</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-
		<i>Rugulopteryx okamurae</i>	-	-	-	-	-	-	-	2.0
		<i>Sargassum fusiforme</i>	4.8	-	37.6	8.6	2.7	0.3	-	-
		<i>Sargassum thunbergii</i>	-	-	-	-	-	0.8	-	-
		<i>Sargassum</i> ssp.	32.4	36.0	13.2	10.8	2.6	31.2	44.2	23.6
		<i>Corallina pilulifera</i>	52.2	33.4	20.6	32.8	66.0	52.2	11.4	61.2
		melobesioidean algae	-	1.2	-	-	-	-	5.0	4.8
		<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	2.6	0.4	-	-	0.8	0.2	0.8	1.6
		<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	-	0.6	-	5.6	6.8	1.0	0.4	2.4
		<i>Grateloupia cornea</i>	14.4	-	2.8	-	-	-	3.6	-
		<i>Chondracanthus intermedius</i>	-	-	-	-	-	-	3.6	-
		<i>Chondrus ocellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.8
		<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	-	-	2.0	-	-	-	-	1.2
		<i>Campylaephora crassa</i>	4.8	-	-	-	-	-	0.8	1.6
		<i>Acrosorium polyneurum</i>	-	0.2	-	-	1.2	0.4	2.8	-
		<i>Chondria crassicaulis</i>	0.4	0.4	0.4	0.6	2.4	1.0	-	2.0
	<i>Laurencia</i> sp.	-	-	-	1.8	-	-	-	-	
	<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	-	3.6	3.8	12.4	2.6	8.6	3.2	2.6	
Subtidal	1	<i>Codium arabicum</i>	2.4	3.0	0.6	1.0	8.6	-	-	-
		<i>Colpomenia sinuosa</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-
		<i>Dictyopteris divaricata</i>	1.8	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Dictyota coriacea</i>	-	0.4	-	-	-	-	-	-
		<i>Dictyota dichotoma</i>	-	1.2	-	1.6	-	1.2	-	-
		<i>Sargassum thunbergii</i>	-	-	-	1.2	-	-	-	-
		<i>Sargassum</i> ssp.	-	45.4	49.0	43.4	4.0	43.0	53.0	53.6
		<i>Corallina pilulifera</i>	-	-	-	1.0	-	-	-	-
		melobesioidean algae	-	-	5.6	0.8	-	-	-	-
		<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	7.0	-	-	1.4	4.4	-	-	-
		<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	12.8	-	-	-	8.2	-	-	-
		<i>Grateloupia cornea</i>	-	7.2	2.4	8.2	6.2	2.2	0.6	-
		<i>Chondracanthus tenellus</i>	-	-	-	0.2	1.2	-	-	-
		<i>Chondrus ocellatus</i>	-	0.8	-	-	-	-	-	-
		<i>Champia parvula</i>	-	0.8	-	-	-	-	-	-
		<i>Lomentaria catenata</i>	-	0.4	2.0	2.0	-	-	-	-
		<i>Acrosorium polyneurum</i>	-	0.2	-	0.4	3.0	5.0	-	-
		<i>Chondria crassicaulis</i>	-	-	-	-	-	5.0	-	-
		<i>Laurencia</i> sp.	-	-	-	-	-	6.2	-	-
		<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	-	-	5.2	1.2	-	-	-	-

Table 4. (continued)

(Unit: %)

Station	Depth(m)	Species	2007		2008			2009		
			Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Aug.	Nov.	Feb.	May
5		<i>Codium arabicum</i>	16.0	1.0	1.2	4.4	12.6	-	-	1.4
		<i>Colpomenia sinuosa</i>	-	-	-	1.6	-	0.6	-	-
		<i>Dictyopteris divaricata</i>	24.6	-	-	0.2	-	-	-	-
		<i>Dictyota coriacea</i>	-	0.2	-	-	-	0.4	4.0	2.8
		<i>Dictyota dichotoma</i>	-	3.6	12.0	0.2	-	-	5.8	7.2
		<i>Rugulopteryx okamurae</i>	-	-	-	-	-	3.5	18.2	5.6
		<i>Sargassum</i> ssp.	12.8	7.6	9.4	28.4	6.0	3.6	-	5.4
		melobesioidean algae	3.0	13.0	32.2	10.4	-	-	-	22.0
		<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	3.2	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	1.2	-	-	1.0	0.4	-	-	0.6
		<i>Grateloupia cornea</i>	0.4	-	-	0.2	0.3	-	1.0	-
		<i>Chondracanthus tenellus</i>	-	0.4	-	-	-	-	-	1.2
		<i>Plocamium telfairiae</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-
		<i>Lomentaria catenata</i>	-	-	-	6.2	-	-	-	3.2
		<i>Acrosorium polyneurum</i>	0.2	1.2	1.6	11.2	-	1.0	-	-
<i>Laurencia</i> sp.	-	0.8	-	-	-	-	-	-		
10		<i>Colpomenia sinuosa</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-
		<i>Dictyopteris divaricata</i>	0.8	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Rugulopteryx okamurae</i>	2.4	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Sargassum</i> ssp.	-	-	0.6	-	-	-	-	-
		melobesioidean algae	40.0	86.4	78.4	68.8	-	-	-	56.0
		<i>Laurencia</i> sp.	-	-	0.2	0.4	-	-	-	-

우리나라에서 갯녹음 현상은 Sohn et al.(1982)에 의해 최초 보고되었으며, MOF(2002)는 1980년대 이후부터 제주도와 남해안 일대에서 시작된 갯녹음 현상이 1990년대 이후 동해 연안에서도 그 피해가 심각하게 나타난다고 하였다. 갯녹음이 발생하면 해조군락이 소멸되어 바다숲 파괴에 따른 해양 생태계 전반에 구조적 변동을 일으킨다(Sohn et al., 2007). 갯녹음에 의한 피해가 인식되기 시작하면서 제주도와 동해안 일대에서 갯녹음 현상의 원인 규명 및 동태 조사, 갯녹음에 의해 소실된 바다숲 복원 사업 등이 이루어지고 있다(MOF, 2002; NFRDI, 2007c, 2008, 2009).

본 조사지역에서도 피도 분석을 통해 조간대와 조하대 수심 1 m 지점에서 무절산호조류의 피도가 낮고 비교적 다양한 해조류가 분포하고 있으나 조하대 수심 5 m 지점부터 무절산호조류의 피도가 증가하기 시작하여 수심 10 m 지점에서 넓게 분포되어 있는 것이 확인되었다.

이와 같이 무절산호조류의 피도가 조하대에서 높게 나타나는 현상을 시공간적으로 평가하기 위해서는 인근 연안의 다양한 자료들과의 비교 검토가 필요하다고 판단된다. 그럼에도 불구하고 우리나라 동해안 가운데 영일만에서 울진에 이르는 중부 해역의 해조류 분포에 관한 자료는 매우 빈약한 실정이다. 따라서 갯녹음 현상의 현황을 정확하게 파악하고 향후 바람직한 대책을 수립하기 위해서는 동해안 중부 연안의 다양한 정점에서 해조군집의 정성·정량적 측정이 상세하게 구명되어야 할 것이다.

사 사

이 논문은 2013년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

- [1] Boo, S. M.(1988), Distribution of marine algae from shore area of Chejudo. *J. Cheju Studies* Vol. 5, pp. 97-114.
- [2] Cheney, D. P.(1977), R&C/P - a new and improved ratio for comparing seaweed floras. *J. Phycol.* Vol. 13(suppl.), p. 129.
- [3] Choi, C. G., S. N. Kwak and C. H. Sohn(2006), Community Structure of Subtidal Marine Algae at Uljin on the East Coast of Korea. *Algae* Vol. 21, No. 4, pp. 463-470.
- [4] Guiry, M. D. and G. M. Guiry(2015), Algaebase (<http://www.algaebase.org>)
- [5] Kang, J. W.(1965), Marine algae of Ullungdo Island in Japan Sea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* Vol. 6, pp. 41-58, 1 pl.
- [6] Kang, J. W.(1966), On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.* Vol. 7, pp. 1-125, 12 pls.
- [7] Kang, J. W. and G. H. Park(1969), Marine algae of Dok-do (Liancourt Rocks) in the Sea of Japan (I). *Bull. Pusan Fish. Coll.* Vol. 9, pp. 53-62, 2 pls.
- [8] Kim, Y. H. and S. I. Choi(1995), Effects of Cooling System at Power Plant on Marine Algal Vegetation. *Korean J. Phycol.* Vol. 10, No. 2, pp. 121-141.
- [9] Kim Y. H., J. H. Lee and C. S. Rho(1980), On the marine algae in Onsan Area, Esat Coast of Korea 2. Seasonal variation. *Korean J. Bot.* Vol. 23, No. 2, pp. 61-67.
- [10] Lee, I. K. and J. W. Kang(1986), A check list of marine algae in Korea. *Korean J. Phycol.* Vol. 1, No. 1, pp. 311-325.
- [11] Lee, I. K. and Y. H. Kim(1999), Biodiversity and Distribution of Marine Benthic Organisms and Uses of Algal Resources in the Coastal Zone of Korea and Japan. I. Benthic Marine Algae in the East Coast of Korea. *Algae* Vol. 14, No. 2, pp. 91-110.
- [12] Lee, S. Y., J. W. Lee and H. B. Lee(1997), Marine Benthic Algal Flora of Yongil Bay and its Adjacent Areas, the Eastern Coast of Korea. *Algae* Vol. 12, No. 4, pp. 303-311.
- [13] MOF(2002), Cause of Phenomena of Getnokgum and the Way to conthrol it. p. 263.
- [14] Nam, K. W. and Y. S. Kim(1999), Benthic Marine Algal Flora and Community Structure of Yongho-dong Area in Pusan, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 32, No. 3, pp. 374-384.
- [15] NFRDI(2007a), Marine Forest Establishment on the Cross-typed Artificial Seaweed Reefs. National Fisheries R&D Institute, p. 162.
- [16] NFRDI(2007b), Marine Forest Establishment on the Box-typed Artificial Seaweed Reefs. National Fisheries R&D Institute, p. 160.
- [17] NFRDI(2007c), A Study on Restoration of Barren Ground in Jeju island. p. 41.
- [18] NFRDI(2008), Report on the Marine Forest Establishment. p. 172.
- [19] NFRDI(2009), Study on the status of whitening occurrence in the water of Korea. p. 130.
- [20] NIBR(2013), National List of Species of Korea 「Marine Algae」. National Institute of Biological Resources. 336 pp.
- [21] Noda M. and J. W. Kang(1964), Notes on the marine algae of Woolyungdo Island in the Japan Sea. *Bull. Jap. Soc. Phycol.* Vol. 12, pp. 39-43, 1 pl.
- [22] Park, G. J. and C. G. Choi(2009), A Study on the Community Structure of Intertidal Benthic Marine Algae in Youngil Bay, Eastern Coast of Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 42, No. 6, pp. 664-673.
- [23] Shin, J. D., J. K. Ahn, Y. H. Kim, S. B. Lee, J. H. Kim and I. K. Chung(2008), Community Structure of Benthic Marine Algae at Daejin and Jukbyeon on the Mid-East Coast of Korea. *Algae* Vol. 23, No. 3, pp. 231-240.
- [24] Shin, J. D., J. K. Ahn and Y. H. Kim(2011), Structure of the Subtidal Marine Plant Community on the East Coast of Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 44, No. 1, pp. 85-94.
- [25] Sohn, C. H., I. K. Lee and J. W. Kang(1982), Benthic marine algae of Dolsan island in the southern coast of Korea I. *Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ. Busan* Vol. 14, pp. 37-50.
- [26] Sohn, C. H., C. G. Choi and H. G. Kim(2007), Algal Communities and Useful Seaweed Distribution at Gangnung and It's Vicinity in East Coast of Korea. *Algae* Vol. 22, No. 1, pp. 45-52.

Received : 2015. 02. 11.

Revised : 2015. 04. 10. (1st)

: 2015. 04. 22. (2nd)

Accepted : 2015. 04. 27.