

ORIGINAL ARTICLE

## 동해안 3개 해역의 조하대 해조상 및 군집구조

김영대 · 박미선 · 유현일<sup>1)\*</sup> · 김상우 · 정희동 · 민병화 · 진형주<sup>2)</sup>

국립수산과학원 동해수산연구소, <sup>1)</sup>국립수산과학원 해조류 바이오연구센터, <sup>2)</sup>강릉원주대학교 해양생명공학부

### Characteristics of Seasonal Variations of Subtidal Seaweed Community Structure at Three Areas in the East Coast of Korea

Young-Dae Kim, Mi-Seon Park, Hyun-Il Yoo<sup>1)\*</sup>, Sang-Woo Kim, Hee-Dong Jeong, Min-Bong hwa, Hyung-Joo Jin<sup>2)</sup>

East Sea Regional Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangneung 210-860, Korea

<sup>1)</sup>Seaweed Research Center, NFRDI, Mokpo 530-831, Korea

<sup>2)</sup>Department of Marine Molecular Biotechnology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, 210-702, Korea

#### Abstract

The purpose of this study is to analyze seasonal variations of seaweed community structure according to ocean environment at three areas in the east coast of Korea. Mean water temperatures of Gosung, Samchuk, and Gyeongju were 8.3°C, 11.2°C, and 13.1°C, respectively, during the growing winter season of 2011. Subtidal benthic macroalgal flora and community structure were investigated at the sites between February to November 2011. The numbers of seaweed species at the areas were 38, 12, and 15, respectively. The amounts of biomass were 7.35 kg m<sup>-2</sup>, 1.80 kg m<sup>-2</sup>, and 0.84 kg m<sup>-2</sup>, respectively, during the period. The values of C/P, R/P, and (R+C)/P representing flora characteristics at Sokcho area were 0.1, 1.1, and 1.2, respectively. The values of flora characteristics at Samchuk were 0.3, 0.6, and 1.0, respectively. The values of flora characteristics at Gyeongju were 0.4, 4.0, and 1.2, respectively.

**Key Words** : Algal flora, Water temperature, Community, Seaweed species

#### 1. 서론

2007년에 발간된 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 제 4차 보고서에 따르면 21세기에는 기후변화가 가속화되어 해수 평균수온이 6.4°C, 해수면은 최대 59 cm 상승될 것으로 예상하였으며 우리나라 주변 해역은 지난 41년간 1.35°C, 연간 0.03°C 상승하였는데 이러한 기후변화는 대기중 이산화

탄소 농도 증가 및 해류변화 등이 원인이며, 이로 인해 생태계의 먹이망 구조변화, 어류자원변동이 예상된다 (ME, 2010). 기후변화의 대표적 현상인 수온 상승은 해조류의 생장에 영향을 미치며 해조류가 소실되는 것 녹음 현상의 원인으로 주목 받고 있다(Fujita, 2010). 수온변화 및 영양염등의 다양한 환경적인 요소는 암반 등에 부착하여 서식하는 해조류의 해조상 및 군집구

received 18 September, 2012; revised 12 November, 2012;

accepted 23 November, 2012

\*Corresponding author : Hyun Il Yoo, Seaweed Research Center, Mokpo, NFRDI 530-831, Korea

Phone: +82-61-280-4750

E-mail: hiyoo@nfrdi.go.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

조에 있어서 매우 중요하다 (Kim 등, 1998; Novaczek, 1980; Maegawa, 1990; Maegawa와 Kida, 1989).

Kang(1966)은 수온과 해류 등에 의한 해조류 분포를 기준으로 우리나라 연안을 동해 북부, 동해 남부, 남해안, 서해안 및 제주도의 5개 해역으로 구분하였다. 동해 북부는 원산만 이북, 동해 남부는 울산 울기곶까지로 구분되었으나, 이후 약 40여년의 환경변화로 인해 동해 중부(강원도) 해역과 동해 남부(포항시) 해역의 해조류 분포의 차이점이 확인되었다(Kim 등, 2010, 2011). 동해 중부의 경우, 수심 30 m까지 해조류가 서식한 반면에 남부에서는 수심 15 m 이내에서 서식하였으며, 그 원인은 수온과 광량에 따른 것으로 분석된다(NFRDI, 2007).

수온과 더불어 광량은 해조류 분포를 결정짓는 중요한 요소로 광합성과 생장에 영향을 준다(Kim, 2010). 실제로 동해 남부의 경우 암반이외의 저질은 모래 및 깻로 형성되어 있고 동해 북부는 암반과 모래 형태로 되어 있어 광 투과율에서 많은 차이를 보이고 있다. 갑태의 경우, 우리나라 제주도의 경우 수심 30 m까지 서식하고 동해안 남부는 10 m, 동해 북부는 약 15 m, 남해안은 2~5 m의 서식 범위를 가지고 있다(NFRDI, 2007). Boo(1987)는 동해안의 해조상 및 서식 특성 연구에서 남조식물문 9종, 녹조식물문 22종, 갈조식물문 55종, 홍조식물문 145종으로 총 231종이 출현한다고 보고하였고, Kim 등(1997)은 강원 주문진 해역에서 녹조식물문 10종, 갈조식물문 22종, 홍조식물문 44종으로 총 76종이 출현한다고 보고하였다. 포항시 영일만에서 해조류 144종(Nam 등, 1996)이 출현하여 해역별로 차이를 보이고 있다. 같은 장소에서도 조사 시점에 따라 해조상과 생물량의 변화가 나타나고 있다. 예를 들면, 강원 임원 해역 조사에서 다시마, 개다시마, 미역, 우뚝가사리, 야끼시리구멍쇠미역 등이 서식하였는데 현존량은  $429.9 \text{ g/m}^2$ 이었고, 조사당시 우점종은 다시마였다(Jang 등, 1994). 그러나 본 연구에서는 다시마, 개다시마 등이 이미 소실되었으며 대형갈조류의 현존량도 현저히 감소하였다. 따라서 이러한 변화의 원인에 대하여 면밀한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 그동안 동해안에서 다양한 형태의 해조류 서식에 관한 많은 연구가 이루어 졌다(Boo 와 Lee, 1986; Boo, 1987; Lee 와 Lee, 1988; Lee 등,

1993; Lee 와 Kim, 1999; Chung 등, 1991; Shin 등, 2008a, b; Choi 등, 2009). 이들 연구는 주로 한 해역에서 시기별로 해조 서식과 특성을 분석하는 연구로서 방형구를 이용한 수심별 파괴적 표본추출(destructive sampling)법으로 수행되어졌다. 이들 자료는 동해 연안의 해조류 서식상 및 군집구조를 이해할 수 있는 중요한 연구 자료이다. 그러나, 동해 해역별로 같은 시기에 해조상의 변화를 조사한 자료는 없는 실정이다. 본 연구는 수온 등 환경이 해조류 서식에 미치는 영향을 분석하기 위하여 동해 연안의 3개 해역을 중심으로 계절별 해조상과 군집 구조를 분석함으로써 환경과 해조류와의 관계를 연구하였다. 이를 통해서 고성군 대진, 삼척시 임원, 경주시 감포 3개 해역을 대상으로 분기별로 해조상을 수온과 영양염과 비교 및 분석하여 해양 환경에 따른 해조류 분포 특성을 밝히고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 조사지 개황

강원도 고성군 대진 저도어장은 우리나라의 대표적 자연해조상을 가지고 있는 해역이다. 이 해역은 공장 등 오염원이 없고 외해로 연결되어 있고 휴전선 접경 해역으로 어업기간은 4~11월로 한정되어 있다. 삼척시 임원 해역은 조석간만의 차이가 남·서해 연안에 비해 적은 반면에 외해의 형태를 가지고 있어 해류 흐름이 최대  $0.5 \text{ m/s}$  이상으로 비교적 강한 흐름을



Fig. 1. Study sites on the east coast of Korea.

보인다. 수온은 동해 저층냉수의 변동에 따라 계절적으로 온도차가 매우 크며, 특히 표·저층 간의 수온 차이가 크다(NFRDI, 2008, 2009). 경주시 감포는 외해와 바로 연결되어 있으며 저질 대부분은 암반으로 구성되어 있다(Fig. 1).

2.2. 환경 특성

국립수산과학원의 해양조사연보(2011)의 연안 정지관측자료에서 속초, 죽변, 감포 3개 지점 및 국토해양부의 한국해양환경 조사연보(2011) 자료를 활용하여 수온과 영양염 변동 등을 분석하여 해조류 서식 특성과 비교 분석하였다.

2.3. 해조상 및 군집구조

해조상 및 해조류의 군집구조에 대한 조사는 고성군 저도, 삼척시 임원 및 경주시 감포에서 2011년 2월부터 11월까지 분기별(4회)로 수행되었다. 생물량 측정을 위한 정량 조사는 수심 5, 10, 15, 그리고 20 m 수심에서 각각 10 cm × 10 cm로 구획된 방형구(50 cm × 50 cm)를 3개씩 놓고, 방형구 내에 출현하는 해조류를 끝갈을 이용하여 모두 채집하였다. 채집된 해조류는 현장에서 10% 포르말린-해수 용액으로 고정하여 실험실로 운반한 후 현미경 검경을 통해 동정하였으며, 출현종의 목록 및 국명은 Lee와 Kang (2002)에 따랐다. 생물량은 방형구별로 채집된 분류군 중에서 피도가 2% 이상인 해조류를 담수로 깨끗이 씻어서 모래 등의 이물질을 제거한 후 종별로 습중량을 0.1 g 수준까지 측정하고, 단위면적당 생물량(g wet wt m<sup>2</sup>)으로 환산하였다. 연구 해역의 해조류 군집지수는 조사시

기별로 출현한 해조류의 종별 평균 생물량과 종수를 근거로 하여 Margalef(1958)의 풍도지수(richness index, R), Shannon(1948)의 다양도지수(diversity index, H'), Pielou(1969)의 균등도지수(evenness index, J')와 McNaughton(1967)의 우점도지수(dominance index)를 계산하고 각 정점의 유사도(similarity)를 분석하였다(Bray와 Curtis, 1957). 유사도 분석에 있어 그룹간 유사차 유무는 SIMPROF(similarity profile) test로 검정하였다. 군집분석은 PRIMER version 6(Clarke와 Gorley, 2006)를 이용하여 산출 및 도식화 하였다.

3. 결과

3.1. 수온 및 영양염 장기변동

3.1.1. 동해안 수온 변동

동해안의 동해 북부 해역인 속초시, 중북부 울진군 죽변, 동해 남부 경주 감포의 수온 변동을 1971년부터 2011년 까지 조사한 결과를 분석하였다. 속초의 평균 수온은 13.6°C, 죽변 15.2°C, 감포 16.0°C로 연간 평균 수온에서도 해역별로 차이를 보이고 있다(Fig 2). 연간 최저 수온은 1986년도에 속초 해역에서 11.3°C, 최고 수온은 감포 해역이 17.2°C로 많은 차이를 보이고 있다. 3개 해역의 최저 평균 수온은 속초 11.3°C, 죽변 12.4°C, 감포 13.1°C로 나타났다. 3개 해역의 최고 평균 수온은 속초 15.6°C, 죽변 17.3°C, 감포 17.2°C로 해역별로 뚜렷한 차이를 보이고 있다(Fig. 2a). 본 연구의 수온 변동 자료를 보면 해조류가 성장하는 시기인 2011년 11~3월의 해역별 평균 수온은 속초 8.3°C, 죽

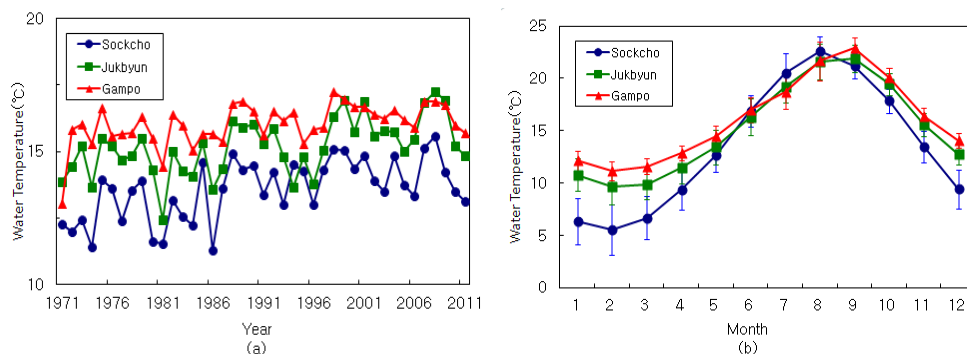


Fig. 2. Variations of average water temperature at study sites of Sokcho, Jukbyun, and Gampo during 1971-2011.

변 11.2°C, 감포 13.1°C였다. 연중 수온 분포로는 최저값은 속초가 2월에 5.6°C, 최고값은 8월에 22.6°C, 죽변은 최소값은 2월 9.6°C, 최대값은 9월 21.9°C, 감포 최소값은 2월 11.2°C, 최대값은 9월 22.9°C를 보였다. 이들 해역의 연중 평균값은 속초 13.6°C, 죽변, 15.2°C, 감포 16.1°C로 겨울철에 해역별로 뚜렷한 차이를 보이고 있는 반면에 수온이 상승하는 여름철에는 거의 비슷한 경향을 보이고 있다(Fig 3b).

3.1.2. 영양염 변동

영양염류의 장기 변동 양상은 해역별로 뚜렷한 차이를 보이고 있지 않다. 거진 해역의 DIP의 경우 2011

년도에 0.04 mg/L로 가장 적은 값을 보인 반면에 2003년도에 0.201 mg/L을 보였다. 동해 남단인 감포에서도 조사기간 동안 0.04 mg/L~0.204 mg/L의 범위를 보여 해역별로 뚜렷한 차이가 없었다. 거진에서의 T-N의 최소치는 0.151~0.618 mg/L 이었고 감포는 0.074~0.577 mg/L이었다. 이러한 경향은 다른 영양염에서도 유사한 경향을 보였다(Fig. 3).

2011년도 DIP 영양염류의 거진, 삼척, 감포의 해역별로 최소값은 각각 0.005, 0.006, 0.005 mg/L이었고 최대값은 각각 0.022, 0.023, 0.022 mg/L 이었다. T-N의 경우 해역별로 최소값은 각각 0.151, 0.186, 0.074

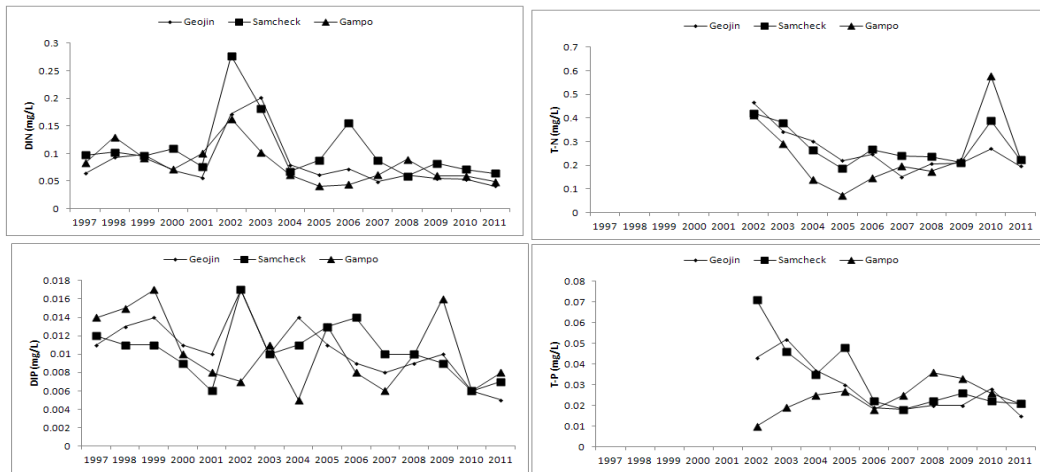


Fig. 3. Variations of average nutrients at study sites of Sokcho, Jukbyun, and Gampo during 1997-2011.

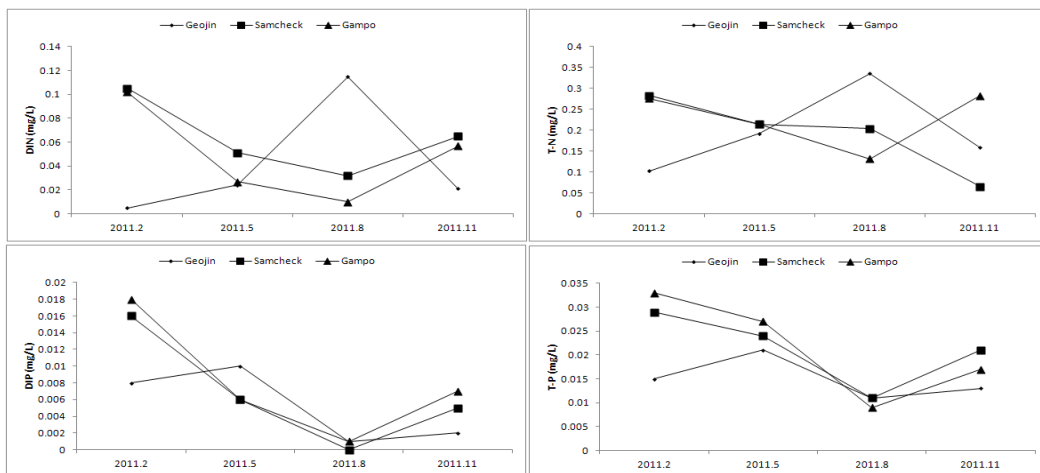


Fig 4. Variations of average nutrients at study sites of Sokcho, Jukbyun, and Gampo during 2011.





mg/L 이었고, 최대값은 각각 0.618, 0.606, 0.651 mg/L 으로 영양염의 장기 변동과 유사하게 해역별로 뚜렷한 경향을 보이지 않았다(Fig. 4).

3.2. 종조성

2011년에 3개 해역에 출현한 해조류는 총 49종(녹조식물문 3종, 갈조식물문 20종, 홍조식물문 26종)으로 홍조식물문의 출현빈도가 53.06%로 최대였다. 정점별로 보면 저도에서 총 38종이 출현하여 녹조식물문 2종, 갈조식물문 17종, 홍조식물문 19종이었고, 분류군별 비율은 녹조식물문이 5.26%, 갈조식물문이 44.74%, 홍조식물문이 50.00%였으며, 계절별 출현종은 17-25종으로 추계에 최소였고 동계에 최대였다. 임원에서는 12종이 출현하여 녹조식물문이 2종(16.67%), 갈조식물문 6종(50%), 홍조식물문 4종(33.33%)을 보였고, 계절별 출현종은 7-12종으로 춘계에 최소였고 하계에 최대였다. 감포에서는 15종으로 녹조식물문 2종(13.33%), 갈조식물문 5종(33.33%), 홍조식물문 8종(53.33%)이 나타났고, 계절별 출현종은 5-12종으로 춘계에 최소를 동계에 최대를 보였다. 저도와 감포에서는 홍조식물문이 50%이상의 비율로 나타나 대표적인 분류군이었으며, 반면 임원에서는 갈조식물문이 홍조식물문보다 높은 비율을 차지하였다(Table 1).

연구 기간동안 모든 정점에서 모두 출현한 종은 없었

으며, 각 정점별로 모두 출현한 종은 저도에서 구멍갈래래(*Ulva pertusa*), 쇠꼬리산말(*Desmarestia viridis*), 미역(*Undaria pinnatifida*), 야키시리구멍쇠미역(*Agarum clathratum*), 다시마(*Saccharina japonica*), 알송이모자반(*Sargassum pallidum*), 참빗풀(*Odonthalia corymbifera*)로 7종이었으며, 임원에서는 감태(*Ecklonia cava*), 알송이모자반(*S. pallidum*), 팽생이모자반(*S. horneri*), 우뚝가사리(*Gelidium amansii*), 개우무(*Pterocladia capillacea*), 참곱슬이(*Plocamium telfairae*)로 6종이, 감포에서 팽생이모자반(*S. horneri*), 잔금분홍잎(*Acrosorium polyneurum*), 모로우붉은실(*Polysiphonia morrowii*)로 3종이 나타났다(Table 2).

정점별로 계절별 출현종의 생물량데이터를 바탕으로 집괴분석한 결과 유의차를 보이는 5개의 그룹(A, B, C, D, E)으로 구분되었다(Fig. 5). 임원에서 두 그룹(D, E)으로 나뉘었으며 두 그룹 사이에 74.07%의 유의차를 보였다(SIMPROF test, p<0.05). 임원의 두 그룹과 다른 3개 그룹들 간의 유사도는 급격히 낮아져 임원(D, E)과 감포의 겨울(C) 사이에는 32.79%의 유사도를 보이고 감포의 남은 계절(B)그룹과 24.38% 유사도를 보였으며, 저도(A)그룹과 나머지 4개그룹간에는 23.19%로 가장 낮은 유사도로 유의차를 보였다(SIMPROF test, p<0.05).

**Table 2.** Vertical distribution of dominant seaweed biomass (g wet wt/m<sup>2</sup>) in the subtidal rocky shore of three regions in east coast of Korea during the study period

	Jeodo		Imwon		Gampo	
5 m	<i>Dictyopterus divaricata</i>	879.14	<i>Sargassum horneri</i>	200.09	<i>Plocamium telfairae</i>	99.50
	<i>Dictyota linearis</i>	636.23	<i>Dictyota dichotoma</i>	41.20	<i>Sargassum horneri</i>	57.72
	<i>Ecklonia cava</i>	326.80	<i>Desmarestia viridis</i>	31.25	<i>Pterocladia capillacea</i>	31.67
	other species	1092.08	other species	53.44	other species	42.49
10 m	<i>Sargassum pallidum</i>	639.73	<i>Sargassum horneri</i>	66.20	<i>Sargassum pallidum</i>	383.94
	<i>Saccharina japonica</i>	565.55	<i>Undaria pinnatifida</i>	59.25	<i>Sargassum horneri</i>	167.74
	<i>Undaria pinnatifida</i>	235.38	<i>Plocamium telfairae</i>	40.75	<i>Ecklonia cava</i>	76.33
	other species	575.04	other species	75.30	other species	49.65
15 m	<i>Saccharina japonica</i>	723.05	<i>Sargassum horneri</i>	53.04	<i>Dictyopterus divaricata</i>	297.82
	<i>Odonthalia corymbifera</i>	335.05	<i>Acrosorium polyneurum</i>	7.75	<i>Polyneura japonica</i>	45.42
	<i>Sargassum patens</i>	225.30	<i>Polysiphonia morrowii</i>	1.00	<i>Cutleria multifida</i>	32.78
	other species	444.37	other species	0.76	other species	59.15
20 m	<i>Agarum clathratum</i>	675.30				

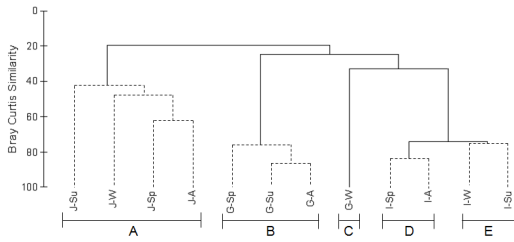


Fig. 5. Results of cluster analysis performed based on Bray-Curtis similarity of seaweed floras and biomass.

3.3. 생물량

연구기간동안 3개정점의 전체 생물량(g wet wt m<sup>2</sup>)은 3329.20 g으로 녹조식물문 82.13 g, 갈조식물문 2712.97 g, 홍조식물문 534.10 g으로 갈조식물문이 전체 생물량의 81.49%를 차지하였다. 저도에서 해조류 평균생물량은 7349.56 g(녹조식물문 143.07 g, 갈조식물문 6040.33 g, 홍조식물문 1166.16 g)이었고, 임원에서는 1798.56 g(녹조식물문 22.17 g, 갈조식물문 1488.54 g, 홍조식물문 287.35 g), 감포에서 840.00 g(녹조식물문 81.16 g, 갈조식물문 610.04 g, 홍조식물문 148.80 g)으로 3개 정점 모두 갈조식물문이 70% 이상을 차지해 우점하는 분류군으로 나타났다(Fig. 6).

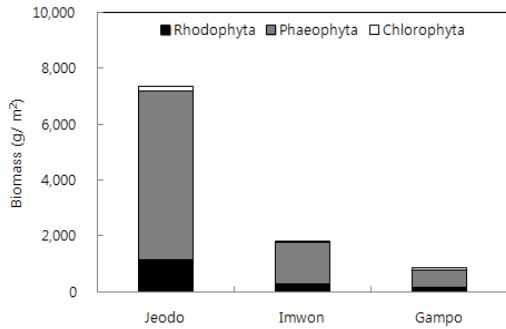


Fig. 6. Average biomass (g wet wt/m<sup>2</sup>) of per sea weed division in the subtidal rocky shore of three islands in east coast of Korea during the study period.

각 정점의 연평균 조위별 생물량은 저도에서 수심 5 m(733.56 g), 10 m(503.93 g), 15 m(431.94 g), 20 m(168.83 g)으로 5 m에서 최대를 보이고 20 m에서 야키시리구멍쇠미역(*Agarum clathratum*)의 생물량만이 나타나 최소를 보였다. 임원에서는 10 m(503.93

g)에서 최대를 보였고 5 m(231.38 g)에서 최소였으며, 감포에서는 저도와 비슷하게 5 m(325.96 g)에서 최대였고 15 m(62.54 g)에서 최소를 보였다(Fig. 7).

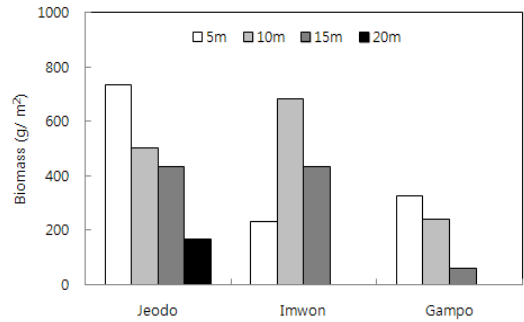


Fig. 7. Average biomass (g wet wt/m<sup>2</sup>) of per depth in the subtidal rocky shore of three islands in east coast of Korea during the study period.

3.4. 수직분포

해조류의 생물량에 따른 우점종(dominant species)의 수직분포를 보면, 갈조식물문이 모든 조사정점의 조위대 조위별로 높은 생물량을 가지고 있어 동해안을 대표하는 종으로 확인되었다. 저도에서는 조위별로 갈조식물문이 8종이 골고루 분포하고 있어 수직분포가 잘 나타났다. 수심 15 m에서 높은 생물량으로 홍조식물문인 참빛풀이 우점종이었고 야키시리구멍쇠미역 한 종만이 20 m에서 군락을 형성하였다. 임원에는 팽생이모자반이 모든 조위에서 우점종이었고, 준우점하여 나타는 종들의 생물량은 낮아 수직분포가 잘 나타나지 않았다. 수심 10 m에서 홍조식물문인 참곱슬이가 우점하였다. 감포에서는 조위별로 갈조식물문과 홍조식물문이 골고루 분포하여 수직분포가 잘 나타나 있으나 우점하는 종들이 대부분의 생물량을 차지하였다(Table 2).

3.5. 군집지수

각 정점의 계절별 해조류 출현종수와 생물량은 저도 해역이 모든 계절에서 높게 나타났다. 계절별 출현종수를 분석한 결과, 우점하는 분류군의 비율은 고성군 저도에서 동계와 추계에 홍조식물문이 높은 비율을 보였으며, 춘계와 하계에는 갈조식물문의 비율이 높게 나타났다. 삼척시 임원에서는 춘계에 홍조식물



문과 갈조식물문이 같이 우점하는 분류군이었으며 모든 계절에서는 갈조식물문이 우점하였다. 경주시 감포에서는 동계에 홍조식물문이 우점하였으며 다른 계절에서는 홍조식물문과 갈조식물문이 우점하여 나타났다. 생물량으로 분석한 결과, 제 1, 2우점종과 전체 생물량의 비율로 분석한 우점도 지수(Dominance index, DI)는 저도에서 0.29-0.68로 춘계에 최대, 동계에 최소였고, 임원에서는 0.60-0.81로 하계에 최소, 춘계에 최대를 나타냈다. 감포는 0.50-0.91로 동계에 최소, 춘계에 최대를 보였고, 3개 정점 모두 춘계에서 최대값을 나타냈다. 감포에서 우점도 지수는 대체로 높게 나타났다. 종다양도 지수(Diversity index, H')는 저도에서 1.63-2.60, 임원에는 1.23-1.88, 감포에서는 0.64-2.02로 모든 정점에서 춘계에 최소를 보였다. 저도와 감포는 동계, 임원은 하계에 최대였다. 풍도지수(Richness index, R)는 저도(2.12-3.95)가 모든 계절에서 높게 나타났으며 동계에 최대, 하계에 최소였다. 임원(0.92-1.86)은 춘계에 최소, 하계에 최대였고, 감포(0.81-1.84)는 춘계 최소, 동계 최대였다. 균등도지수(Evenness index, J)도 대체로 저도(0.60-0.81)에서 높게 나타났으며 춘계에 최소, 동계에 최대였다. 임원(0.61-0.76)은 추계에 최소, 하계에 최대였고, 감포(0.40-0.81)는 춘계에 최소, 동계에 최대였다.

#### 4. 고 찰

동해안의 수온 변동 자료를 분석한 결과, 동해 북부 일수록 겨울철에 수온이 낮은 반면 여름철에는 수온 약층이 약해지면서 표층과 저층의 수온이 비슷한 경향을 보이고 있다(NFRDI, 2011). 따라서 본 연구에서 조사 해역의 수온 변동은 속초의 최소값은 2월에 5.6°C, 최고값은 8월에 22.6°C, 죽변은 최소값이 2월 9.6°C, 최대값이 9월 21.9°C, 감포 최소값은 2월 11.2°C, 최대값은 9월 22.9°C를 보였다. 겨울철의 저 수온은 한해성 해조류인 다시마 등을 번식하게 하는 환경적인 요인이 되고 있다. 한해성 해조류인 다시마, 쇠미역은 고성군 대진에서만 관찰 되었다. Choi(2006)의 연구에서는 얘기다시마가 울진해역에서 출현한바 있다. 그러나, 이번 연구 해역인 삼척시 임원해역에서는 찾아볼 수가 없어 다시마의 서식 범위가 점차 북상하고 있

는 것으로 판단된다. 미역의 경우 동해 북부의 한해성과 남해안의 온수성 미역이 엽상 형태가 다르게 나타나고 있는데(MOMAF, 1997), 강원 해역에서는 북방형 미역이 주로 나타나고 있어(Shin 등, 2008; Kim 등, 2010) 수온에 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.

해조류의 발생, 성장 및 성숙은 다양한 환경 영향에 의하여 결정된다(Arevalo 등, 2007; Lee 등, 2007). 해조류를 포함한 고착성 해양서식지의 천이는 육상의 천이와 달라서 천이 극상이 짧다(Dring, 1992). 따라서 고착성 해양군집은 생태계의 발달과 천이 이론을 실증하는데 적합하다(Kim, 2010.). 이번 연구는 해역별로 수온 정도가 다른 3개 정점에 대한 분기별 해조식생에 관한 연구가 이루어 졌다. 이에 수온과 영양염에 따라 해조류의 서식 특성이 파악할 수 있을 것으로 예상된다.

저도어장은 고성군 대진 해역보다 북단 어장으로 북한 생태계를 추정 할 수 있는 중요한 지리적 특성을 가지며 저도는 군사보호구역으로 4월에서 11월까지 한시적으로 조업이 허용되는 특수해역이다. 대진 해역의 풍부한 해조상은 자연해조상으로 판단할 수 있어(Kim 등, 2010), 비슷한 해양 환경과 오염원이 없고 해류 소동이 활발할 뿐 아니라 일정기간 출입이 제한되어 보호를 받고 있다는 점에서 풍부한 해조상을 가질 것으로 예상된다. 이들 해역의 계절별 서식해조상과 종 특성 등에 관한 연구가 일년 사계절로는 처음으로 이루어 졌다. NFRDI(2007)의 연구 결과에 따르면, 동해 북부권인 강원 해역의 해조상은 수심 30 m 까지 서식하였다. 좀더 세부하면 강원 남부의 경우 갯녹음 현상으로 인해 부분적으로 해조 식생이 빈약한 모습을 보였으나 강원북부의 고성군 해역에서는 해조류 피도 80% 및 대형 갈조식물문이 우점하는 등 자연해조상을 보였다. 수심 20~30 m에서는 야끼시리구멍쇠미역이 풍부하게 서식하는 특성을 가지고 있다(NFRDI, 2007). 이번 연구에서도 수심 20 m 이심에 사계절 내내 야끼시리구멍쇠미역이 우점종으로 서식하고 있었다.

본 연구에서의 2011년에 3개 해역에 출현한 해조류는 49종(녹조식물문 3종, 갈조식물문 20종, 홍조식물문 26종)으로 홍조식물문의 출현빈도가 53.06%로 최대였다. 각 해역별 결과는 저도 해역 38종, 임원 해

역 12종, 감포 해역 15종이었다. 저도와 감포에서는 홍조식물문이 50%이상의 비율로 나타나 대표적인 분류군이었으며, 반면 임원에서는 갈조식물문이 홍조식물문보다 높은 비율을 차지하였다. 기존 연구의 다른 해역의 해조류 출현종 결과를 분석하면 울진 87종(Choi 등, 2006), 고성군 대진 해역 73종(Kim 등, 2010), 속초연안 96종(Boo와 Lee, 1986), 삼척시 갈남 91종(Chung 등, 1991), 포항시 영일만 144종(Nam 등, 1996)이 출현하였다. 기존 연구결과와 출현종의 차이를 보이고 있는 것은 최근 갯녹음 현상과 많은 연관이 있을 것으로 판단된다. 국립수산물학원 연구결과에 따르면 동해안의 갯녹음 현상은 42.42%라고 밝혀 점차 심화되고 있는 양상이다(NFRDI, 2011). 삼척시 임원의 인근 해역인 갈남의 해조 서식상은 총 90종 중 녹조식물문 8종, 갈조식물문 21종, 홍조식물문 61종(Chung 등, 1991)으로 홍조식물문 비율이 높았다. 다른 연구자의 해역별로 홍조식물문이 차지하는 해조상의 경우, 삼척시 장호의 홍조식물문 비율 63.1%(Shon 등, 2007), 울진원전주변 홍조식물문 53.6%(Kim과 Kim, 1991), 포항시 영일만 65.5%(Lee 등, 1997)로 나타났다. 본 연구에서 임원 해역의 경우 이러한 경향과 달리 갈조식물문이 50.0%, 홍조식물문이 33.33%로 나타나 다른 해역과 차이를 보이고 있다. 이러한 결과는 삼척시 임원의 경우 동해안의 대표적인 갯녹음 해역으로 분류된바 있으며 이 해역에는 2004~2007년에 걸쳐 바다숲조성을 실시하였다(kim 등, 2012). 대상종으로 다시마, 모자반, 감태등으로 인위적으로 갈조식물문을 대규모로 조성한것이 영향을 미친 것으로 판단된다.

각 해역별로 해조류의 서식 특성을 나타내는 방법으로 Segawa(1956)가 갈조식물문에 대한 녹조식물문의 비(C/P)로서 한대지역(0.4)과 아열대지역(1.5)으로 구분하는 방법이 있다. Feldmann(1937)은 갈조식물문에 대한 홍조식물문의 비(R/P)를 이용하여 한·온대 지역(1.1)과 열대지역(4.3)을, Cheney(1977)는 갈조식물문에 대한 홍조식물문과 녹조식물문과의 합의 비인 (R+C)/P를 이용하여 그 값이 3보다 작을 때는 온대 내지 한대성 해조상을, 6 이상이면 열대성 해조상을 그리고 그 중간 값이면 혼합성 해조상으로 구분하였다. 이러한 방법은 우리나라 해조류 서식 특성을 연구하는 방법으로 활용되어져 왔다. 본 연구에서 고성

군 저도 해역에서 산출된 C/P값은 0.12, R/P값은 1.1, (R+C)/P값은 1.24로 나타나 고성군 저도 해역이 한대성 해조상의 특성을 보이는 것으로 밝혀 졌다. 삼척시 임원 해역에서 산출된 C/P값은 0.33, R/P값은 0.67, (R+C)/P값은 1.0로 나타나 고성군 저도 해역과 같이 한대성 해조상의 특성을 보였으며, 동해 남부 해역인 경주시 감포의 산출된 C/P값은 0.4, R/P값은 4.0, (R+C)/P값은 1.2로 나타나 다른 2개 해역과는 달리 열대성 해조상의 특성을 보이는 것으로 밝혀 졌다. Shin(2008b)의 고성군 대진 해역의 C/P 값은 0.42, R/P 값은 2.19, (R+C)/P 값은 2.62 다소 다른 양상을 보였으며, Kim(2010)의 연구결과에서는 C/P 값은 0.20, R/P 값은 1.72, (R+C)/P 값은 1.90로 나타나 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 삼척시 임원의 근접해역 울진군의 결과(Choi 등, 2006) C/P 값은 0.43, R/P 값은 1.87, (R+C)/P 값은 2.30이었고, 삼척시 갈남 연안 결과는 C/P 값은 0.27, R/P 값은 1.73으로 나타나 한, 온대해역의 특성을 나타내었다(Shon 등, 2007). 경주시 감포 인근 해역인 울산의 (Choi 등, 2010) C/P 값은 0.67, R/P 값은 2.67, (R+C)/P 값은 3.33으로 나타났다, 기장군 일광 해역의 연구에서는(Kang 등, 2008) C/P 값은 0.59, R/P 값은 4.47, (R+C)/P 값은 5.06 온, 아열대에 가까운 수치를 보여주고 있다. 이러한 결과는 Kang(1966)이 제안한 동해구를 동해 북부와 중남부로 세분한 결과와도 부분적으로 일치하는 것으로 나타나, 이들 지표값은 동해해역 해조상의 분포 특성을 이해하는 데 유용한 수단이 될 것으로 판단된다.

본 연구의 3개 해역의 전체 생물량(g wet wt m<sup>-2</sup>)은 3329.20 g으로 녹조식물문 82.13 g, 갈조식물문 2712.97 g, 홍조식물문 534.10 g으로 갈조류가 전체 생물량의 81.49%를 차지하였다. 이는 대체적으로 갈조식물문이 대형개체이어서 생물 종수와는 달리 생물량이 우점한 것으로 판단된다. 고성군 저도의 해조류 평균생물량은 7349.56 g으로 녹조식물문 143.07 g, 갈조식물문 6040.33 g, 홍조식물문 1166.16 g으로 각각 나타났다. 인근 대진 해역 수심 10m 기준으로 녹조식물문 3.4g, 갈조식물문 2,708.7 g, 홍조식물문 602.8 g으로 나타났다(kim, 2010), 강릉 안인의 해조류 생물량 700-2,000g, 강릉 연곡 연안의 해조류 생물량 446-1,089

g(Kim 등, 1983)으로 본 연구의 생물과는 다소 차이가 있다. 이는 고성군 저도가 통제되고 있으며 사람의 간섭이 최소화 되어 자연해조상을 유지하고 있는 것으로 판단된다. 삼척시 임월은 1798.56 g(녹조식물문 22.17 g, 갈조식물문 1488.54 g, 홍조식물문 287.35 g)으로 나타났다. 임월과 비화는 우리나라 대표적 갯녹음 해역으로 분류되는 장소이다. 비화는 임월과 수온과 영양염, 외해와 만나는 자연 여건 등을 고려하여 볼 때에 거의 유사한 환경을 가졌다고 판단된다. Kim (2012)의 연구결과에 해조류 평균 생물량은 1241.90 g으로 녹조식물문 23.61 g, 갈조식물문 169.19 g, 홍조식물문 49.10 g이었다. 거의 유사한 환경에도 불구하고 해조류 생물량 차이를 보이는 점을 분석한 결과, 임월 해역은 NFRDI(2007)에서 바다숲조성으로 대형 갈조식물문을 조성하였고, 대표적 조식동물인 성게류를 임월에서는 주기적으로 구제하였다. 반면에 비화에서는 조식동물 구제 노력이 없어 이러한 차이를 나타내는 것이라고 판단된다. 경주시 감포 해역에서는 해조류 생물량이 840.00 g으로 녹조식물문 81.16 g, 갈조식물문 610.04 g, 홍조식물문 148.80 g으로 나타나 저도, 임월에 비해 현저히 낮은 생물량을 보였다. 울산시 신리, 대송에서 연구한 Choi(2010) 결과에 따르면 생물량이 2,960.4-310.8 g, 기장군 일광에서 731.8-78.5 g의 생물량이 나타나 해역별로 많은 차이를 보이고 있다(Kang, 2008). 감포의 경우에도 빈약한 식생과 생물량을 보이고 있는 점에서 유사한 결과이다.

본 연구에서 나타난 바와 같이, 동해안은 위도에 따른 해역별로 수온의 차이가 나타나고 있고 점차 상승하고 있음이 분명해지고 있다. 해조군집이 수온의 변화에 따라 변화함으로 이에 대한 장기적인 모니터링으로 기후변화에 의한 영향을 확인하여야 할 것이다. 또한, 다수의 연구에서 나타난바와 같이 해역별로 서식하는 종과 우점종의 차이가 확인되었으며 생물량은 점차 감소하고 있어 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- Boo, S. M., 1987, Distribution of marine algae from shore area of Kangwon province, Korean J., Phycol., 2(2), 223-235.
- Boo, S. M., Lee, I. K., 1986, Studies on benthic algal community in the east coast of Korea, I., Floristic composition and periodicity of Sokcho rocky shore, Korean J., Phycol., 1, 107-116.
- Cheney, D. P., 1977, R & C/P-A new and improved ratio for comparing seaweed floras, Suppl., J., Phycol., 13, 129.
- Choi, C. G., Kwak, S. N., Sohn, C. H., 2006, Community structure of subtidal marine algae at Uljin on the east coast of Korea, Algae, 21(4), 463-470.
- Choi, C. G., Lee, H. W., Hong, B. K., 2009, Marine algal flora and community structure in Dokdo, east sea, Korea. Kor., J., Fish Aquat Sci., 42, 503-508.
- Choi, G. C., Hyun, S. R., 2010, Marine algae community of ulsan on the eastern coast of Korea, Kor., J., Fish., Aquat., Sci., 43(3), 246-253.
- Chung, H. S., Lee, H. J., Lee I. K., 1991, Vertical distribution of marine algae on a Gallam rocky shore of the mid-east coast of Korea, Korean J., Phycol., 6, 55-67.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N., 2006, User Manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd, Plymouth, PRIMER V6.
- Dring, M. J., 1992, The biology of marine plants, Combridge univ. Press, Cambridge.
- Feldmann, J., 1937, Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranee, La cote des Alberes Rev., Algol 10, 1-339.
- Fujita, D., 2010, Current status and problems of iosityake in Japan, Bull, Fish., Res., Agen., 32, 33-42.
- Jang, J. W., 1994, Marine algal flora and community structure in Kangwon, 122.
- Kang, J. W., 1966, On the geographical distribution of marine algae in Korea, Bull, Pusan Fish., Coll., 7, 1-125.
- Kang, P. J., Young, I. K., Ki, W. N., 2008, Flora and community structure of benthic marine algae in Ilkawang bay, Korea, Algae, 23(4), 317-326.
- Kim, C. H., Kim, K., 1983, Characteristics and origin of the cold water mass along the east coast of Korea, J., Oceanol Soc., 18, 73-83.
- Kim, H. K., Kim, Y. H., 1991, Marine Algal Communities around Three Nuclear Power Plants in Korea, Algae, 6(2), 157-192.
- Kim, H. Y., Hee, M. E., Kang, Y. S., 1998, Qualitative

Boo, S. M., 1987, Distribution of marine algae from shore area of Kangwon province, Korean J.,

- and quantitative analysis of warm tolerant benthic marine algae in Korea I., Kori nuclear power plant, *Algae*, 13(2), 213-226.
- Kim, Y. D., Gong, Y. G., Jeon, C. Y., Song, H. I., Park, M. S., Lee, C. S., Yoo, H. I., Kim, Y. H., 2010, Marine algal flora and community structure in Daejin on the mid-east coast of Korea. *Kor., J., Fish Aquat., Sci.*, 43(5), 532-539.
- Kim, Y. D., Park, M. I., Yoo, H. I., Min, B. H., Moon, T. S., Choi, H. G., 2012, Seasonal variation in subtidal seaweed community structure at hajung on the southeast coast of Korea, *Kor., J., Fish Aquat., Sci.*, 44(6), 532-539.
- Kim, Y. D., Hong, J. P., Song, H. I., Park, M. I., Moon, T. S., Yoo, H. I., 2012, Studies on Technology for Seaweed Forest Construction and Transplanted *Ecklonia cava* Growth for an Artificial Seaweed Reef J., *Environ., Biol.*, 33, 969-975.
- Kim, Y. H., 2010, *Algae*, second edition, 6.
- Kim, Y. H., Ki, W. N., Sohn, C. H., 1997, Intertidal benthic marine algae at chumunjin on the east coast of Korea: flora, distribution and community structure, *Algae*, 12(2).
- Lee, J. W., Lee, H. B., 1988, A floristic study on marine benthic algae of Yongil Bay and adjacent areas, eastern coast of Korea, *Korean J., Phycol* 3, 165-182.
- Lee, S. Y., Lee, J. W., Lee, H. B., 1997, Marine benthic algae flora of Yongil bay and its adjacent areas the eastern coast of Korea, *algae*, 12(4), 303-311.
- Lee, I. K., Kim, Y. H., 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*, 14, 91-110.
- Lee, Y. P., Kang, S. Y., 2002, *A Catalogue of the Seaweeds in Korea*. Cheju National University Press, Cheju.
- Maegawa, M., 1990, Ecological studies of *Eisenia bicyclis*(Kjellman)Setchell and *Ecklonia cava* kjellman, *Bull Fac Bioresources Mie Univ.*, 4, 73-145.
- Maegawa, M., Kida, W., 1989, Regeneration process of *Ecklonia* marine forest in the coastal area of Shima Peninsula, central Japan. *J., Phycol*, 37, 194-200.
- Margalef, R., 1958, Information theory in ecology, *General Systematics*, 3, 36-71.
- McNaughton, S. J., 1967, Structure and function in California grasslands, *Ecology*, 49, 962-972.
- ME, 2010, Climate change adaption actions for local government, 608.
- MOMAF, 1997, *Aquaculture of Undaria pinnatifida and Costaria costata*, 75.
- Nam, K. W., Kim, Y. S., Kim, Y. H., Sohn, C. H., 1996, Benthic marine algae in east coast of Korea: flora distribution and community structure, *J., Korean Fish., Soc.*, 29, 727-743.
- NFRDI Report, 2007, A Study on Construction of Seaweed Forest in the East Sea, In 2007 final report on fisheries life sciences and aquaculture sciences, Yemoonsa, Busan, Korea, 1-542.
- NFRDI, Report, 2008, Annual Report of Oceanographic Observations, 56.
- NFRDI, Report, 2009, Annual Report of Oceanographic Observations, 57.
- NFRDI, 2011, Studies on construction of seaweed forest area in Korea, 991.
- NFRDI, 2011, Annual report of oceanographic observations for 2011.
- Novaczek, I., 1980, The development and phenology of *Ecklonia radiata*(C.Ag.)J., Ag., PhD thesis, Auckland University, NewZealand.
- Pielou, E. C., 1969, *An introduction to Mathematical Ecology*, Wiley, New.
- Segawa, S., 1956, *Coloured illustrations of the seaweeds of Japan*, Hokkusha, Osaka.
- Shannon, C., 1948, A mathematical theory of communication, *Bell Syst Tech., J.*, 27.
- Shin, J. D., Ahn, J. K., Kim, Y. H., Lee, S. B., Kim, J. H., Chung, I. K., 2008a, Community structure of benthic marine algae at Daejin and Jukbyeon on the mid-east coast of Korea, *Algae*, 23, 231-240.
- Shin, J. D., Ahn, J. K., Kim, Y. H., Lee, S. B., Kim, J. H., Chung, I. K., 2008b, Temporal variations of seaweed biomass in Korean coast: Daejin, Kangwondo, *Algae*, 23, 327-334.
- Shon, C. H., Choi, C. G., Kim, H. G., 2007, Algal communities and useful seaweed distribution at gangnung and it's vicinity in east coast of Korea, *Algae*, 22(1), 45-52.