

남해 동부 연안해역 하계 해조식생의 생태학적 평가

한상조 · 황성일* · 전수경* · 김대권* · 신종암
(전남대학교 · **수중생태기술연구소)

An Ecological Evaluation of Summer Marine Algal Flora in Eastern coast of Namhae

Sang-Jo HAN · Sung-Il HWANG[†] · Sue-Kyung JUN* · Dae-Kweon KIM* · Jong-Ahm SHIN
(Chonnam National University · **Underwater Ecology Institute)

Abstract

For the ecological evaluation of marine algal flora, their communities were examined at 8 sites at eastern coast of Namhae, Korea, from August 7 to August 15, 2015. A total of 125 species, comprising 10 green, 15 brown, 100 red algal, was identified. *Gelidium elegans*, *Ulva australis*, *Lithophyllum okamurae* and *Hypnea charoides* were represent in all sites. The flora investigated could be classified into six functional groups such as coarsely branch form 48.0%, thick leather form 13.6%, filamentous form 12.0%, jointed calcareous form 11.2%, crustose form 8.0% and sheet form 7.2% during the study period. Two ecological state group(ESG) were evaluated based on these functional groups. While ESG I, the late successional species group, formed 32.8% of the algal community; ESG II, composed of opportunistic species, comprised 67.2%. The average ecological evaluation index (EEI) of eastern coast of Namhae, Korea was 4.0, and that of Tongyeong and Namhae was 4.7 and 4.5, and that of Goseong and Geoje was 4.0 and 2.5, so the ecological environments of Goseong and Geoje were not so good as Tongyeong and Namhae. Physiognomic analysis indicated an inland sea type at Chubongdo, Yeon-daedo, Beokryeon, Songjeong, Donghwa and Mangchi. On the other hand, physiognomic analysis indicated an open sea type at Maemuldo and Susan. A cluster analysis of species occurrence suggested that the number of marine algal species differed among the sampling sites. The state of the coastal environment were determined using a community indices. Environmental conditions according to dominance index(DI) and diversity(H') was "normal" at southern coast of Korea in summer. To evaluate of environmental assessment using to marine algae, changes in marine algal communities constantly should be studied.

Key words : ESG, Functional group, Marine algal flora, Eastern coast of Namhae, Summer

I. 서론

해조류는 연안 해양생태계의 일차생산자로서 어패류의 산란장, 생육장 및 은신처로서 생태학적으로 중요한 역할을 할 뿐만 아니라 부착생물

로서 서식지의 다양한 환경변화에 빠르게 반응하기 때문에, 연안생태계의 환경변화를 예측하는 유용한 지표생물(bio-indicator)으로 이용되고 있다 (Kim et al., 2013).

최근 우리나라에서는 해조군락이 소멸되고 무

[†] Corresponding author : 061-644-7605, watereco@hanmail.net

* 이 논문은 바다숲 조성사업의 일환으로 연구되었음.

절석회조류가 번무하는 갯녹음현상이 확산되고 있어, 대형 해조군락의 복원 및 수산자원 증대를 위하여 바다숲의 보전과 회복에 관심이 집중되고 있으며, 소멸된 해조군락의 회복을 위하여 바다숲 조성사업이 활발히 전개되고 있다(Cho et al., 2012).

연안에 서식하는 해조류의 생태학적 기능 및 해양 생태계의 안정성을 파악하기 위해서는 해조류의 출현 종과 생물량 및 주요 구성 종에 대한 파악이 필요하며, 이는 해조군집의 특성을 파악하는 중요한 척도로 이용될 뿐만 아니라(Choi et al., 2008), 해양생태계의 다양성과 생산성을 평가하는 중요한 기준으로 활용될 수 있다. 해조류 종조성에 대한 결과를 바탕으로 기능형군 및 ESG(Ecological State Group) I & II을 구분할 수 있으며, 이런 결과로부터 조사지역이 환경적인 스트레스가 적은 생육지인지 혹은 인위적으로 교란이나 오염이 많은 곳인지 등을 추정할 수 있을 것이다(Littler & Littler, 1984).

본 연구 해역인 남해안 다도해 도서주변은 수온이 연중 변화폭이 크고, 이로 인해 다양한 해조류가 분포한다. 이러한 이유로 일차생산자로서의 해조군락은 연안 수산자원의 보호관리, 증식을 추구하는 측면에서 매우 높은 관심대상이 된다. 본 연구를 수행한 남해안 해역은 많은 연구자들에 의해 다양한 연구가 진행되어 왔다(Choi, 2008; Choi et al., 2008; Kang & Nam, 2015; Park et al., 2011). 본 연구는 전국적인 바다사막화의 진행과 세계적인 기후변화에 대응하기 위하여 연안생태계의 1차 생산자인 해조류식생의 지속적인 모니터링을 위하여 남해 동부 연안의 통영시 매물도·추봉도·연대도, 남해군 벽련·송정, 고성군 동화, 거제시 망치·수산의 하계 해조류의 생태학적 특성을 파악하는데 있다.

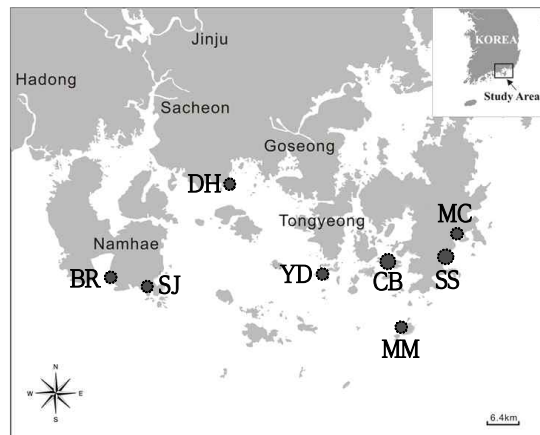
II. 조사방법 및 내용

1. 조사시기 및 조사지역

본 연구는 2015년 8월 7일부터 15일까지 남해 동부 연안의 4개 해역인 통영시, 남해군, 거제시, 고성군 해역을 대상으로 통영시 매물도, 추봉도, 연대도, 남해군 벽련, 송정, 거제시 망치, 수산, 고성군 동화 지역 등 총 8개 지역 내 32개 정점을 조사하였다(Fig. 1). 각 지역의 조사 값은 해당지역 내 4개 정점들의 평균값으로 나타내었다.

2. 해조류의 채집, 운반 및 처리

해조류의 채집은 각 지역별로 수심 2m와 수심 4m에서 각각 해조류를 채집하여 지역별 평균을 구하였다. 해조류 정량채집은 각 지역을 대표할 수 있는 곳을 설정하여 10cm×10cm로 세분된 50cm×50cm 방형구를 이용하여 방형구 내에 출현하는 모든 해조류들을 끝칼로 전량 채집하여 실험실로 운반하였고, 채집된 해조류는 현장에서 포르말린 해수용액(5~10%)으로 고정시켰다.



MM, Maemuldo; CB, Chubongdo; YD, Yeondaedo; BR, Beokryeon; SJ, Songjeong; DH, Donghwa; MC, Mangchi; SS, Susan.

[Fig. 1] Map showing the study sites at eastern coast of Namhae, Korea.

3. 해조류의 종조성

채집한 해조류는 실험실로 운반한 후 광학현미

경을 이용하여 분류, 동정하였다.

4. 군집의 중요도

군집의 우점종 파악을 위한 중요도 계산은 출현종의 피도와 빈도를 기초로 하여 Muller-Dombois & Ellenberg(1974)을 따랐다.

5. 기능형군

해조류의 기능형은 출현종의 외부형태 및 내부 구조에 따라 엽상형(sheet form, S), 사상형(filamentous form, F), 성긴분기형(coarsely branched form, CB), 다육질형(thick leathery form, TL), 유절산호말형(jointed calcareous form, JC), 각상형(crustose form, C)의 6개 그룹으로 구분하였다(Littler & Littler, 1984). 또한 해조류의 기능형을 토대로 하여 생물학적 상태그룹(ecological state group)인 ESG I (TL, JC, C)과 ESG II (S, F, CB)로 구분하였다(Orfanidis et al., 2001; 2003).

6. 생태학적평가지수(EEI, ecological evaluation index)

EEI는 연안해역의 생태학적 상태를 평가하기 위한 지수로 인위적인 스트레스가 해양 저서식물의 생태적 상태등급을 매우 좋음 상태에서 빈약 상태로 변화시키는 것인지를 평가하는 생물학적 지표이다. 해양 생태계의 구조 및 기능의 변화는 ESG I 과 ESG II로 해양 저서식물을 분류함으로써 평가한다(Orfanidis et al., 2001; 2003).

각각의 ESG의 절대풍부도(absolute abundance of ESG I, II)는 각 표본의 피도(%)로 추출하였다. 추출된 ESG I, II의 값은 5개의 서로 다른 EEI 및 생태학적평가등급(ESC, ecological status class)에 대입하여 생태학적 상태를 평가하였다(Orfanidis et al., 2001; 2003).

7. R/P, C/P, (R+C)/P값

해조류의 지리적 특성을 파악하기 위해 갈조류

에 대한 홍조류의 비 R/P를 구하였다. 이 값이 1 미만이면 극지, 1.0~2.0미만은 한대, 2.0~3.0미만은 아한대에서 온대, 3.0~3.2 미만은 온대, 3.2~4.2 미만은 온대에서 아열대, 4.2 이상은 열대 해조상을 나타낸다(Feldmann, 1937). 해조류의 수평 분포지수로 갈조류에 대한 녹조류의 비 C/P를 구하였다. 이 값은 난해(warm sea)일수록 녹조류의 종수가 많아지는 것을 이용한 것으로, 한대에서 아열대 지역까지 0.4~1.5의 값을 나타낸다(Segawa, 1956). 또한 녹조류가 열대에서 우세한 점에 주목하여 갈조류에 대한 홍조류와 녹조류를 합한 값의 비 (R+C)/P를 구하였다. 이 값은 3보다 작을 때는 온대성 또는 한대성의 해조상을 나타내며, 6 또는 그 이상의 값을 나타내면 열대 해조상의 특징을 나타내며. 이들의 중간 값은 혼합성 해조상을 나타낸다(Cheney, 1977).

8. 군집지수 및 유사도분석

남해 동부 연안해역의 하계 해조식생의 군집지수는 Margalef(1958)의 풍도지수(richness index, R), Shannon & Weaver(1963)의 다양도지수(diversity index, H')와 Pielou(1966)의 균등도 지수(evenness index, J')를 Primer 6.0을 이용하여 계산하였다. 우점도 지수(dominance index, DI)는 McNaughton(1967)을 이용하였다.

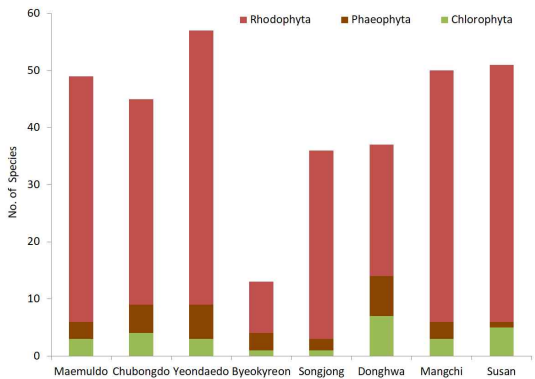
군집의 공간적인 변화를 파악하기 위한 자료처리는 Primer(Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) 6.0을 사용하였다(Clarke & Gorley, 2006). 유사도(similarity) 지수(Bray & Curtis, 1957)를 구하고, 유사도 지수 행렬로부터 각 조사지역과 출현 종을 연결하는 방법으로 group-average를 이용하였다. 군집분석은 Primer 6.0을 이용하여 수지도(dendrogram)를 나타내었고, 유사도 행렬에 기초하여 집괴분석(cluster analysis)을 수행하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 종조성

남해 동부 연안해역에서 하계에 출현한 해조류는 총 125종으로 녹조류 10종, 갈조류 15종, 홍조류 100종이었으며, 분류군별 구성비는 녹조류 8.0%, 갈조류 12.0%, 홍조류 80.0%로 홍조류의 출현이 가장 많았다.

지역별로는 통영시 매물도에서 49종(녹조류 3종, 갈조류 3종, 홍조류 43종), 추봉도에서 45종(녹조류 4종, 갈조류 5종, 홍조류 36종), 연대도에서 57종(녹조류 3종, 갈조류 6종, 홍조류 48종), 남해군 벽련에서 13종(녹조류 1종, 갈조류 3종, 홍조류 9종), 송정에서 36종(녹조류 1종, 갈조류 2종, 홍조류 33종), 고성군 동화에서 37종(녹조류 7종, 갈조류 7종, 홍조류 23종), 거제시 망치에서 50종(녹조류 3종, 갈조류 3종, 홍조류 44종), 수산에서 51종(녹조류 5종, 갈조류 1종, 홍조류 45종)이었다.



[Fig. 2] The number of marine algae occurred at the eight sites in summer 2015 of study area, eastern coast of Namhae, Korea.

통영시 연대도에서 57종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 거제시 수산>거제시 망치>통영시 매물도 순으로 나타났다. 8개 지역에서 홍조류의 비율은 고성군 동화를 제외하고 모든 지역에서

70% 이상이었고, 남해군 송정의 경우 91.7%로 매우 높았다([Fig. 2]).

하계 남해 동부 연안해역 8개 지역에 모두 출현한 해조류는 우뚝가사리(*Gelidium elegans*), 구멍갈파래(*Ulva australis*), 흑돌잎(*Lithophyllum okamurae*), 참가시우무(*Hypnea charoides*) 등 4종으로 나타났으며, 7개 지역 모두에서 출현한 해조류는 <Table 1>과 같다.

2. 군집의 중요도

군집의 우점도는 피도(C), 빈도(F), 상대피도(RC), 상대빈도(RF)의 값을 이용하여 중요값(Important Value, IV>5)을 산출하였다. 매물도에서는 우뚝가사리가 19.3으로 가장 높았고, 가지까막살(*Grateloupia chiangii*)이 5.6으로 가장 낮았다. 추봉도에서는 검둥감태(*Ecklonia kurome*)가 18.7로 가장 높은 값을 보였고, 덩불청각(*Codium intricatum*)이 5.1로 가장 낮았으며, 연대도에서는 고리마디게발(*Amphiroa beauvoisii*)이 21.5로 가장 높았고, 분부챗말(*Padina gymnospora*)이 8.4로 가장 낮은 값을 보였다. 벽련에서는 참가시우무가 41.1로 가장 높았고, 발굽애기산호말(*Jania unguolata*)이 13.6으로 가장 낮았다. 송정에서 참가시우무 20.6으로 가장 높았고, 고리마디게발 5.7로 가장 낮았다. 동화에서는 곱피(*Ecklonia stolonifera*)가 19.3으로 가장 높았고, 알쏭이모자반(*Sargassum confusum*) 9.9로 가장 낮았다. 망치에서는 구멍갈파래 30.2로 가장 높았고, 우뚝가사리가 5.5로 가장 낮았다. 수산에서는 우뚝가사리가 16.1로 가장 높았고, 가지까막살이 5.5로 가장 낮게 나타났다([Fig. 3]).

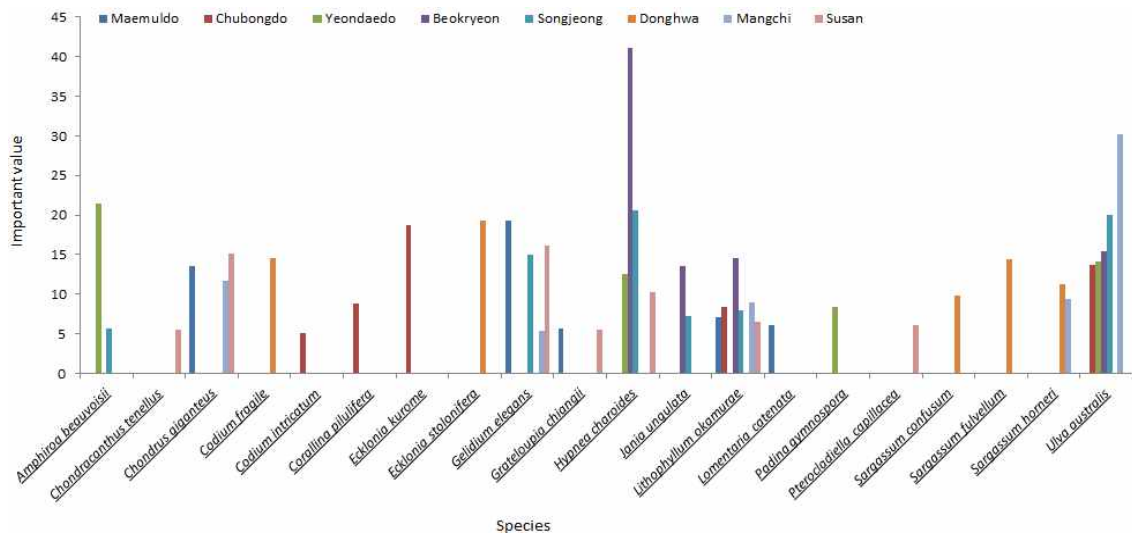
3. 기능형 및 생태학적 상태그룹

본 연구기간 동안 8개 지역에서 출현한 해조류를 6개 기능형으로 구분하면, CB 60종(48.0%), F 15종(12.0%), S 9종(7.2%), TL 17종(13.6%), JC 14종(11.2%), C 10종(8.0%)이었다. ESG I 에 속하는

<Table 1> List of algal species occurred in more than four sites of study area in summer 2015, eastern coast of Namhae, Korea

	Mae- muldo	Chu- bongdo	Yeon- daedo	Beok- ryeon	Song- jeong	Dong -hwa	Mang-c hi	Su- san
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	+	+	+				+	+
<i>Amphiroa beauvoisii</i>		+	+		+		+	+
<i>Champia parvula</i>	+		+		+		+	+
<i>Chondracanthus tenellus</i>	+	+	+	+	+		+	+
<i>Chondrus ocellatus</i>	+	+	+				+	+
<i>Cladophora sakaii</i>	+	+				+	+	+
<i>Corallina pilulifera</i>		+	+		+		+	+
<i>Galaxaura apiculata</i>	+	+	+				+	+
<i>Gelidium elegans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gracilaria incurvata</i>	+	+			+		+	+
<i>Gracilaria textorii</i>	+	+	+	+		+	+	
<i>Grateloupia chiangii</i>	+	+	+			+	+	+
<i>Herpochondria elegans</i>	+	+	+		+		+	+
<i>Hypnea charoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Laurencia venusta</i>			+		+	+	+	+
<i>Lithophyllum okamurae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lomentaria catenata</i>	+	+	+		+	+	+	+
<i>Pterocladia capillacea</i>	+	+	+		+	+	+	+
<i>Rhodomenia intricata</i>	+	+	+	+	+		+	+
<i>Sargassum horneri</i>		+	+	+	+	+	+	+
<i>Ulva australis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

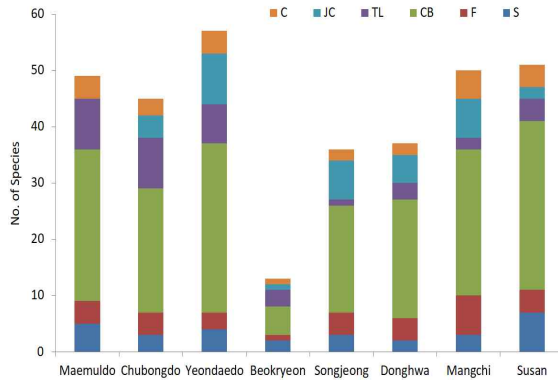
+, species present



[Fig. 3] Dominant species with high important value more than 5.0 in summer 2015 of study area, eastern coast of Namhae, Korea.

종은 41종(32.8%)이고, ESG II에 속하는 종은 84종(67.2%)으로 나타났다.

지역별 기능형은 [Fig. 4]에 상세히 나타내었다.

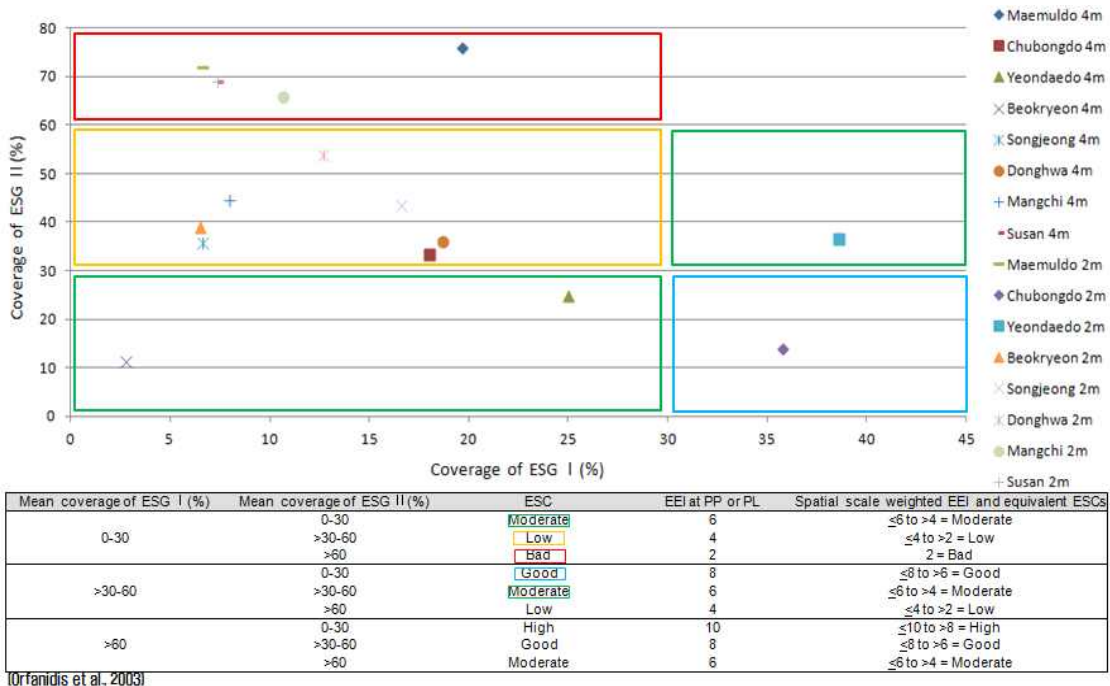


[Fig. 4] Marine algae composition of six functional form groups at the eight study sites in summer 2015, eastern coast of Namhae, Korea.

4. EEI 및 ESC

남해 동부 연안해역 8개 지역에서 출현한 하계 해조류를 6개 기능형으로 구분한 후, ESG I에 속하는 종의 피도(%)의 합과 ESG II에 속하는 종의 피도(%)의 합을 5개의 서로 다른 EEI 및 ESC에 대입하여 생태학적 상태를 평가하였다 (Orfanidis et al., 2001; 2003).

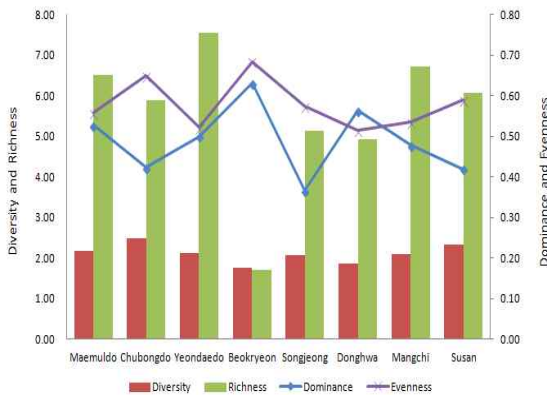
남해 동부 연안해역의 생태학적 상태를 지역별로 살펴보면, 매물도에서는 평균값 EEI 2.0으로 빈약(Bad)상태, 추봉도, 연대도에서는 각각 평균값 EEI 6.0으로 보통(Moderate)상태, 벽련에서는 평균값 EEI 5.0으로 보통(Moderate)상태, 송정, 동화에서는 평균값 EEI 4.0으로 낮음(Low)상태, 망치에서는 평균값 EEI 3.0으로 낮음(Low)상태, 수산에서는 평균값 EEI 2.0으로 빈약(Bad)상태로 나타났다([Fig. 5]).



[Fig. 5] The ecological evaluation index (EEI) symbol plot of marine algae in summer 2015 of eight study sites, eastern coast of Namhae, Korea.

5. 군집지수 및 유사도

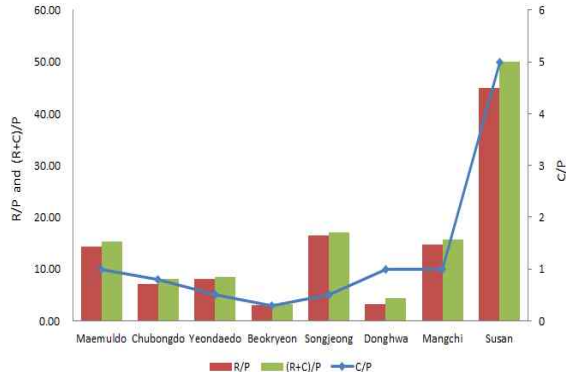
해조류의 생물량(biomass)을 이용하여 산출한 다양한 군집지수는 다음과 같다. DI는 0.37~0.63의 범위로 남해군 송정에서 가장 낮았고, 남해군 벽련에서 가장 높았다. 출현종수와 관련된 R은 1.71~7.56으로 남해군 벽련에서 가장 낮았고, 57종이 출현한 통영시 연대도가 가장 높았다. J'는 0.51~0.68로 고성군 동화에서 가장 낮았고, 남해군 벽련에서 최대였다. R과 J'를 근거로 산출된 H'는 1.75~2.47의 범위로 남해군 벽련에서 최소였고, 통영시 추봉도에서 최대였다([Fig. 6]).



[Fig. 6] Ecological indices of algae community at the study sites in summer 2015 of study area, eastern coast of Namhae, Korea.

해조상의 지역적 특성을 나타내는데 유용한 C/P값과 R/P값, (R+C)/P값을 살펴보면, C/P값의 경우 0.3~5.0의 범위로 남해군 벽련에서 0.3으로 최소였고, 거제시 수산에서 5.0으로 최대였다. R/P값은 남해군 벽련에서 3.0으로 최소였고, 거제시 수산에서 45.0으로 최대였으며, (R+C)/P값은 남해군 벽련에서 3.3로 최소, 거제시 수산에서 50.0으로 최대로 R/P값과 같은 양상을 보였다 ([Fig. 7]).

남해 동부 연안 하계에 출현한 종 자료를 바탕으로 집괴분석을 수행하여 다음과 같은 수지도



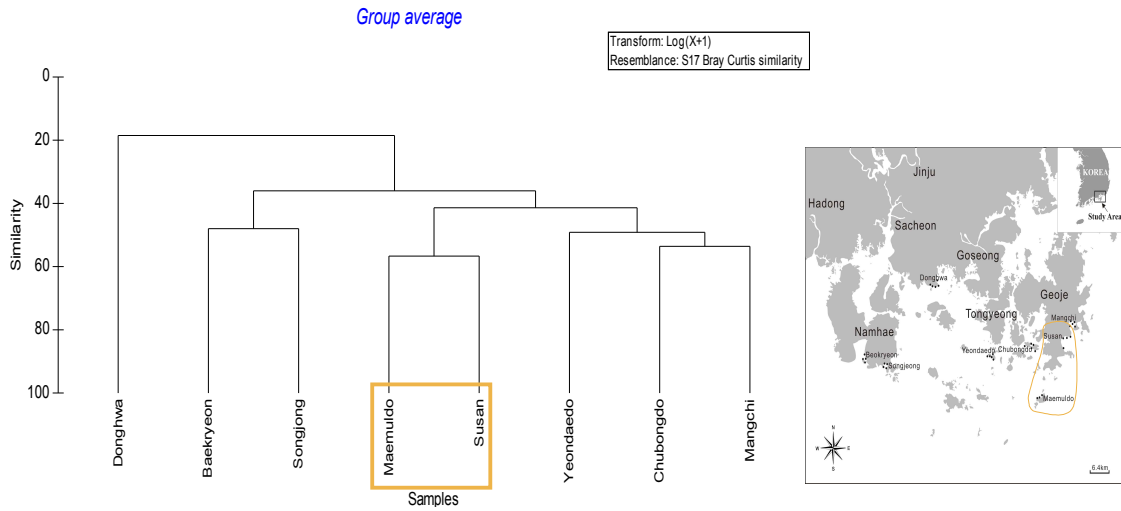
[Fig. 7] C/P, R/P, (R+C)/P indices of algae community at the study sites in summer 2015 of study area, eastern coast of Namhae, Korea.

(dendrogram)를 얻었다. 수지도는 통영시 매물도와 거제시 수산에서 우뚝가사리, 왕진두발 (*Chondrus giganteus*), 흑돌알이 출현해조류 중 각각 60.8%, 53.8%로 공통적으로 높게 우점하여 유사도가 56.7%로 그룹화 되었고, 그 외 지역에서 출현 해조류의 유사도는 크게 높지 않은 것으로 파악되었다([Fig. 8]).

IV. 고찰

남해 동부 연안해역에서 하계에 출현한 해조류는 총 125종으로 전체 출현종수 대비 녹조류 8.0%, 갈조류 12.0%, 홍조류 80.0%를 차지하여 녹조류와 갈조류에 비해 홍조류의 출현 종이 많았다. 지역별 출현종수는 최소 13종(벽련)에서 최대 57종(연대도)으로, 이는 Choi et al.(2008), Park et al.(2011), Kang & Nam(2015)에 비해서 전 조사 정점에서 비교적 더 많은 종이 출현한 것으로 나타났다.

각 분류군의 출현종수를 기준으로 해조류의 지리적 분포 특징을 나타내는 방법으로 Feldman(1937)은 R/P값을, Segawa(1956)는 C/P값을, Cheney(1977)는 (R+C)/P의 값을 사용하였다.



[Fig. 8] A dendrogram produced by clustering location flora using average linkage and map in summer 2015 of study area, eastern coast of Namhae, Korea.

하계 남해 동부 연안해역에서 C/P값은 0.3~1.7의 범위로 온대 또는 혼합성 해조상을 보였고, R/P값과 (R+C)/P값은 각각 3.3~21.0, 4.3~22.7로, (R+C)/P값이 3~6의 범위인 혼합성 해조상을 보이는 고성군 동화를 제외한 모든 지역에서 열대성 해조상을 보였다. Kim et al.(1986), Choi(2008), Ahn et al.(2013), Kang & Nam(2015), Jang(2015)이 보고한 남해 동부 연안 주변지역의 C/P값, R/P값, (R+C)/P값과 비교하면 C/P값은 0.1~0.9, R/P값은 0.8~5.0, (R+C)/P 값 1.2~5.7로 모든 값이 본 연구결과에 비해 낮았다. 이는 본 연구가 하계에만 실시하여 녹조류와 갈조류의 출현종이 거의 없었고, 특히 해조군집을 구성하는 갈조류의 종수가 1~2종의 차이에도 생태지수의 값이 큰 변동을 나타내기 때문으로 사료되어, 이들 값으로 해조상의 지역적 특성을 판단하는 것은 어려웠다.

안정된 해역에 교란(Turbulence), 퇴적(Sedimentation) 및 부영양화 등 인간의 활동에 의한 환경 스트레스가 추가되면 스트레스에 민감한 다년생 대형 갈조류가 소실되고 수명이 짧은 기회종으로 대체된다(Russell et al., 2009). 이러한 특징을 이용하

여 최근 유럽에서는 수질평가의 생물학적 지표자로 해조류의 종조성과 풍도(출현종수)를 이용한 연안 생태학적 상태를 평가하고 있다(Wells et al., 2007).

하계 남해 동부 연안해역에 출현한 해조류는 안정된 환경에서 서식하며 생장이 느린 다년생 해조류로 구성된 ESG I에 속한 종이 41종, 환경적 스트레스가 심한 교란 혹은 오염지역에서 빠른 성장을 하며 생산력이 높은 해조류로 구성된 ESG II에 속한 종이 84종으로 전체 출현종의 67.2%를 차지하였다. ESG II의 비율은 64.4~74.6%로 해역별로 살펴보면 통영시 64.4%, 남해군 68.3%, 고성군 73.0%, 거제시 74.6%로 통영시에서 가장 낮고 거제시에서 가장 높았다. 본 연구 지역에서 해조류의 기능형 군별 구성비는 CB, TL, F, JC 순으로 나타났으며, 이는 Sohn(1987)이 남해안에 서식하는 해조류의 기능형군별 구성비가 CB, F, S, TL, C, JC 순으로 CB와 F의 비율이 높다고 보고된 구성비와 유사하게 나타났다. 또한 한려해상국립공원 내 해조류의 기능형군별 구성비도 CB, F, TL 순으로 나타났다(Choi, 2008; Ahn et al., 2014). 기존 연구된 인근 해역의 해조

류의 ESG II 비율은 68.2~86.1%의 범위로 본 연구지역의 것과 유사하였다(Choi, 2008; Ahn et al., 2014; Kang & Nam, 2015; Jang, 2015). 다만,

해조류 군집 안정도는 인위적 또는 자연적인 환경 스트레스에 따라 변화하는 것으로 알려져 있으며(Wells et al., 2007), 해조류의 종조성과 생물량에 의해 산출된 DI와 H'는 중간경쟁, 군집안정도 및 환경상태를 평가하는데 이용되었다(Molvaer et al., 1997). 하계 남해 동부 연안해역의 DI에 의한 환경상태는 대부분 good 또는 normal으로 판정이 되었고, H'에 의한 평가는 통영시 매물도, 추봉도, 연대도, 남해군 송정, 거제시 망치, 수산이 normal이었고 그 외 지역에서는 bad으로 구분되었다. 통영시 매물도의 경우, DI 및 H'에 의한 환경상태가 normal으로 동일하게 평가된 반면, 나머지 모든 지역들은 우점도 지수에 의한 환경상태가 good 또는 normal으로 평가 되었고, 다양도에 의해서는 한 단계씩 낮은

normal 또는 bad으로 평가되었다. Oh et al.(2015), Park et al.(2011)이 보고한 남해 동부 주변 연안해역의 환경상태와 비교하면, DI에 의한 환경상태는 소매물도의 bad을 제외하고 모두 normal이었고, H'에 의한 평가는 예포의 normal을 제외하고 모두 bad으로 판정이 되어, 본 연구지역인 하계 남해 동부 연안해역의 환경상태가 기존 연구지역인 주변해역에 비해 양호한 것으로 평가되었다(<Table 2>).

하계 남해 동부 연안 해역의 해조식생은 인근해역과 비슷하며 해조 생태계 교란이나 환경오염이 덜한 것으로 보이나, 해조 생태계를 보존하기 위해서는 종조성과 생물량에 대한 지속적인 모니터링이 필요하며, 해조류가 생물지표자로서의 역할을 하기 때문에 기후변화 등 해양환경변화의 감시자로 활용하기 위해서는 해조군집 변동에 관한 지속적인 연구가 필요하다.

<Table 2> Evaluation of ecological status classes and community stability using dominance index and diversity index in southern coast of Gyeongnam, Korea

Site	Dominance index(DI)	EC	Diversity(H')	EC	Reference
Bijindo	0.69	normal	1.69	bad	Oh et al.(2015)
Somaemuldo	0.71	bad	1.57	bad	Oh et al.(2015)
Sangju	0.56	normal	1.99	bad	Oh et al.(2015)
Dala	0.65	normal	1.72	bad	Oh et al.(2015)
Dapo	0.66	normal	1.93	bad	Oh et al.(2015)
Yepo	0.61	normal	2.02	normal	Park et al.(2011)
Maemuldo	0.53	normal	2.17	normal	This study
Chubongdo	0.42	good	2.47	normal	This study
Yeondaedo	0.50	good	2.11	normal	This study
Beokryeon	0.63	normal	1.75	bad	This study
Songjeong	0.37	good	2.06	normal	This study
Donghwa	0.56	normal	1.86	bad	This study
Mangchi	0.48	good	2.09	normal	This study
Susan	0.42	good	2.32	normal	This study

References

- Ahn J. K. · Kim B. K. · Jeong S. J. · Choi I. Y. and Jeong W. O.(2013). Intertidal marine benthic flora in eastern part of Hallyeohaesang National Park, southern coast of Korea, *Journal of National Park Research*, 4(4), 150~155.
- Ahn J. K. · Oh J. C. · Kim B. K. and Jeong J. B.(2014). Characteristic of marine algal community in island on the Hallyeohaesang National Park, southern coast of Korea, *Journal of National Park Research*, 5(4), 209~218.
- Bray J. R. and J. T. Curtis(1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin, *Ecol., Monogr.*, 27, 325~349.
- Cheney D. P.(1977). R & C/P. A new and improved ratio for comparing seaweed floras, *J. Phycol. (Suppl.)*, 13, 129.
- Cho J. K. · Lim Y. S. · Hong D. U. and Kim J. K.(2012). Modelling algae transport in coastal areas with marine afforestation, *Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering*, 15(1), 1~8.
- Choi C. G.(2008). Algal Flora in Hallyeo-haesang National Park, southern coast of Korea, *Journal of the Korean Fisheries Society*, 41(5), 371~380.
- Choi C. G. · Kim J. H. and Chung I. K.(2008). Temporal variation of seaweed biomass in Korean coasts: Yokjido, Gyeongnam Province, *Algae* 23(4), 311~316.
- Clarke K. R. and Gorley R. N.(2006). Primer v6; user manual/tutorial, PRIMER-E Ltd, Plymouth, 190.
- Feldmann J.(1937). Recherches sur la végétation marine de la méditerranée. La Côte des Albères, *Rev. Algol.*, 10, 1~339.
- Jang J. G.(2015). A Study on the Flora and Community Succession of Marine Algae in Sea Afforestation-Based Areas, Korean Coast, Ph. D Thesis, Gyeongsang Nat. Univ., 195.
- Kang P. J. and Nam K. W.(2015). An ecological evaluation of marine algal vegetation in the coastal waters of Goseong, southern Korea, *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(1), 082~087.
- Kim H. Y. · Sohn C. H. and Kang J. W.(1986). Algal communities of Sinsudo, southern coast and Woldo, western coast of Korea, *Korean J. Phycol.*, 1, 169~183.
- 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.
- Littler M. M. and Littler D. S.(1984). Relationships between macroalgal functional form groups and substrate stability in a subtropical rocky intertidal system, *J., Exp., Mar. Biol. Ecol.*, 74, 13~34.
- Margalef R.(1958). Information theory in ecology, *Gen., Syst.*, 3, 36~71.
- McNaughton S. J.(1967). Relationship among functional properties of California Grassland, *Nature*, 216, 168~169.
- Molvaer J. · Knutzen J. · Magnusson J. · Rygg B. · Skei J. and Sorensen J.(1997). Classification of environmental quality in fjord and coastal waters, A guide, Norwegian Pollution Control Authority, Oslo, Norway.
- Muller-Dombois D. and Ellenberg H.(1974). Aims and Methods of Vegetation Ecology, John Wiley & Sons, Inc., New York., 547.
- Oh J. C. · Ahn J. K. · Kim C. D. · Jeong J. B. and Choi H. G.(2015). Seasonal variations in the macroalgal flora and community structure in Hallyeohaesang National Park on the south coast of Korea, *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(5), 768~775.
- Orfanidis S. · Panayotidis P. and Stamatis N.(2001). Ecological evaluation of transitional and coastal and water; A marine benthic macrophytes-based model, *Medit. Mar. Sci.*, 2, 45~65.
- Orfanidis S. · Panayotidis P. and Stamatis N.(2003). An insight to the ecological evaluation index (EEI), *Ecol. Indic.*, 3, 27~33.
- Park M. S. · Yoo H. I. · Heo J. S. · Kim Y. D. and Choi H. G.(2011). Seasonal variation in the marine algal flora and community structure along the Tongyeong coast, Korea, *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44(6), 732~739.
- Pielou E. C.(1966). The measurement of diversity in different types of biological collections, *T. Theoret. Biol. Ann. Rev.*, 16, 229~311.

- Russell B. · Thompson J. · Falkenberg L. J. and Connell S. D.(2009). Synergistic effects of climate change and local stressors: CO₂ and nutrient-driven change in subtidal rocky habitats, *Global Change Biology*, 15, 2153~2162.
- Segawa S.(1956). *Colored Illustrations of the Seaweeds of Japan*, Osaka, Pub. Co., LTD. Japan.
- Shannon C. E. and W. Weaver.(1963). *The Mathematical Theory of Communication*, Univ. Illinois Press. Urbana., 177.
- Sohn C. H.(1987). *Phytogeographical Characterization and Quantitative Analysis of Algal Communities in Korea*, Ph. D Thesis, Chunnam Nat. Univ., 111.
- Wells E. · Wilkinson M. · Wood P. and Scanlan C.(2007). The use of macroalgal species richness and composition on inter tidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European water framework directive, *Mar. Pollut. Bull.*, 55, 151~161.
-

- Received : 30 January, 2018
- Revised : 12 March, 2018
- Accepted : 29 March, 2018