

부산시 기장군 연안의 춘계 해조 군집 특성

정승욱* · 최창근**†

* 부경대학교 생태공학과 박사과정, ** 부경대학교 생태공학과 교수

Characteristics of Marine Algal Communities in the Spring
at Gijang-gun, Busan

Seung-Wook Jung* · Chang-Geun Choi**†

* Ph.D. Student, Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

** Professor, Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

요약 : 본 연구는 부산시 기장군 연안의 춘계 해조 군집 특성을 파악하고자 수행하였다. 연구는 2017년 5월부터 6월까지 스쿠버 다이빙(scuba diving)을 이용하여 정량 및 정성 조사를 실시하였다. 연구 결과 녹조류 13종(10.7%), 갈조류 18종(14.9%), 홍조류 90종(74.4%) 등 총 121종의 해조류가 출현하였고, 조간대에서 총 56종, 조하대에서 총 110종으로 조하대 출현종이 2배가량 많았으며, 해역별로는 문동 88종, 공수 76종, 대변 75종 순으로 높았다. 연구 해역의 평균 생물량은 1,501.5 g·m⁻²로 확인되었으며, 조간대 1,133.5 g·m⁻², 조하대 1,869.4 g·m⁻²로 조하대가 더 높았고, 해역별로는 문동 2,234.0 g·m⁻², 공수 1,228.1 g·m⁻², 대변 1,044.4 g·m⁻² 순으로 높았다. 높은 생물량을 나타낸 종은 조간대에서 *Ulva australis*, *Sargassum thunbergii*, *Corallina pilulifera*, 조하대에서 *Sargassum macrocarpum*, *Undaria pinnatifida*, *Phycodrys fimbriata*로 확인되었다. 해조류 기능형군별 피도 비율에 따라 군집 상태를 분석한 결과 연구 해역 전체는 'Low', 집단별로는 'Low' ~ 'Moderate' 상태를 나타내었고, 이는 기회종(opportunistic species)이 기장 해역 전체에 걸쳐 폭넓게 분포하고 있는 것을 나타내기 때문에 교란이나 환경오염 등의 문제가 고려된다. 특히 기장 해역은 해조류 양식이 주를 이루고 있어 양식장 조성과 국가어항개발 및 연안 정비 등의 연안개발로 인한 인위적인 영향이 해조 군집에 지속적인 영향을 미칠 것으로 생각되며, 해역 전반에 걸친 해조 군집의 장기 모니터링과 우수한 해조 군집에 대한 관리 방안이 필요할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 부산, 기장, 해조류, 해조 군집, 생물량, 군집 상태

Abstract : Quantitative and qualitative surveys were conducted during scuba diving activity between May 2017 and June 2017 in order to analyze spring marine algal community structure at Gijang-gun, Busan. A total of 121 species including 13 (10.7%) Chlorophyta, 18 (14.9%) Phaeophyta, and 90 (74.4%) Rhodophyta were identified. The species count in the subtidal zone (110 species) was twice as high as in the intertidal zone (56 species). In terms of regions, 88, 76, and 75 species were found in Mundong, Gongsu, and Daebyeon, respectively. Mean biomass for the whole study area was 1,501.5 g·m⁻², higher for the subtidal zone (1,869.4 g·m⁻²) than for the intertidal zone (1,133.5 g·m⁻²). Mean biomass by region values were 2,234.0 g·m⁻², 1,228.1 g·m⁻², and 1,044.4 g·m⁻² for Mundong, Gongsu, and Daebyeon, respectively. *Ulva australis*, *Sargassum thunbergii*, and *Corallina pilulifera* had high biomass in the intertidal zone, while *Sargassum macrocarpum*, *Undaria pinnatifida*, and *Phycodrys fimbriata* had high biomass in the subtidal zone. The composition ratio of marine algal functional forms suggests that the entire study area had 'Low' status, and all sites fell within 'Low' to 'Moderate' status. Results indicate that opportunistic species are widely distributed throughout the Gijang-gun coast, hence potential effects of disturbance and environmental pollution should be considered. Seaweed farming in particular - a major activity along the Gijang-gun coast -, together with effects of other anthropogenic activities such as national fishing port development and the coastal improvement project, could have long-term effects on marine algal communities. Therefore, long-term monitoring and management plans for marine algal communities will be required.

Key Words : Busan, Gijang, Marine algae, Algal community, Biomass, Community status

* First Author : apple1936@naver.com, 051-629-6546

† Corresponding Author : cgchoi@pknu.ac.kr, 051-629-6546

1. 서론

연안 생태계에서 해조류는 일차 생산자, 유용 수산 자원의 산란처, 서식처 및 먹이원 등으로 크게 기여하며, 다양한 산업 분야에서도 높은 활용도를 지니고 있다(Oh et al., 1990; Dawes, 1998; Zemke-White and Ohno, 1999; Choi et al., 2002; 2008). 또한, 해조류는 영양염 변화, 중금속 오염, 수온 변화 등 환경변화와 물리적 환경에 민감하게 반응하는 특성이 있어 생물학적 지표로서의 활용도가 높으며, 연안 생태계 변화를 확인할 수 있는 척도로도 사용될 수 있다(Levine, 1984; Vásquez and Guerra, 1996; Orfanidis et al., 2001; 2003; Yoo, 2003; Choi et al., 2006; Tribollet and Vroom, 2007; Chakraborty et al., 2014). 하지만 최근 연안 개발, 서식지 파괴, 자원 남획, 부영양화, 부유물 퇴적 등 다양한 인위적 교란이 많이 발생하여 연안의 해조 군집이 훼손되거나 변화를 초래하는 것으로 알려져 있다(Bates and DeWreede, 2007; Choi et al., 2010).

한국 동해안의 해조류 연구는 부산포에서 수행된 Okamura (1892)의 연구가 시초이고, Kang(1966)이 한국산 해조류의 지리적 분포를 논하면서 많은 연구들이 수행되었다. 동해안 남부 해조류를 대상으로 수행된 연구는 Lee and Kang(1971), Lee(1972; 1974)의 부산 동백섬 연구로부터 시작되었으나 이후 연구들이 간헐적으로 이루어졌고, 주로 조간대에서 수행되었으며, 조하대 해조 군집 구조 특성에 관한 연구는 부족한 실정이다.

부산시 기장군에서 수행된 해조류 연구는 Choe and Chung (1970)이 고리원자력발전소 건설에 앞선 해양학적 조사의 일환으로 고리 해역 일대에서 140종의 해조류를 보고한 이후 Kim and Lee(1980), Lee et al.(1984), Yoo(2003), Kang et al. (2008), Choi et al.(2010), Kim et al.(2012), Yoo et al.(2013) 등의 해조 군집에 관한 연구가 이루어졌으며, Kim and Lee(1980)와 Lee et al.(1984)의 연구를 제외한 모든 연구에서 기장 해조 군집이 과거에 비해 빈약해져 지속적인 모니터링이 요구된다고 언급하였다. Kang(1966)은 해조상을 토대로 국내 연안을 5개의 구획으로 구분하면서 울산 울기곶을 기점으로 북쪽으로는 동남해구, 남쪽의 울산 및 부산은 동해안에 위치하지만 남해구로 구분하였으며, 이에 따라 기장은 울기곶과 인접한 지리적 특성으로 인해 동남해구와 남해구의 천이지대로서 작용할 것으로 예상된다.

따라서 본 연구는 과거 타해역에 비해 상대적으로 높은 출현종수와 생물량을 나타내었으나 최근 빈약한 해조상을 나타내는 기장 해역의 해조 군집을 대상으로 현재 해조류의 종조성 및 군집특성, 과거 연구와의 비교를 통한 군집의 변동 등을 면밀히 파악하며, 추후 해조상의 구계론적 연구를 수행하는데 있어 근거자료를 제공하고자 수행하였다.

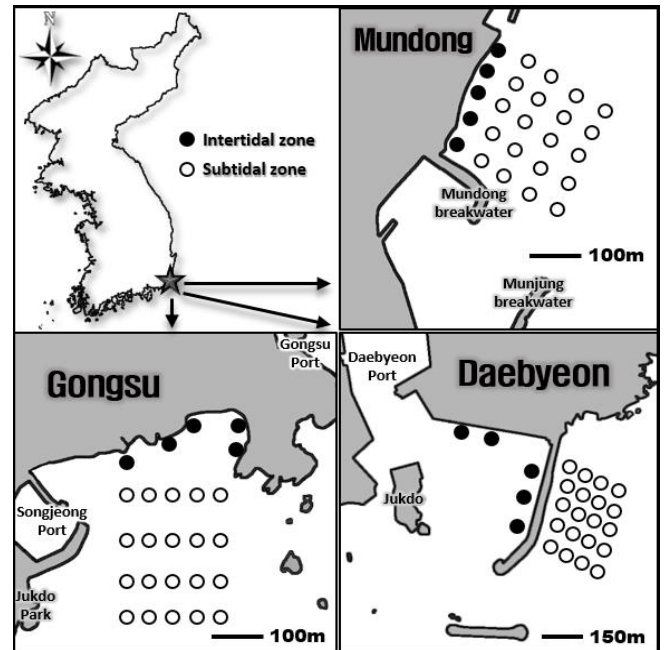


Fig. 1. The map showing the sampling site of Gijang-gun, Busan, south-eastern coast of Korea.

2. 재료 및 방법

본 연구는 부산시 기장군에 위치한 문동, 대변, 공수 등 3개 해역의 조간대와 조하대에서 2017년 5월부터 6월까지 수행되었으며, 조하대는 수심 11m까지 수중잠수조사(SCUBA Diving)를 이용하여 실시하였다(Fig. 1). 각 해역의 조간대와 조하대에서 해조 군집을 대표할만한 장소를 선정 후 Transect line을 설치하였으며, 정량조사는 10×10 cm 크기로 소분화된 50×50 cm 크기의 방형구를 사용하여 조간대에서는 5개 정점, 조하대에서는 20개 정점에 걸쳐 사진 촬영 후 출현한 모든 해조류를 정량 채집하는 동시에 종별 피도와 빈도를 기록하였고(Saito and Atohe, 1970), 정성조사는 정점 주변 및 이동 시에 채집을 병행하였다.

채집된 해조류 시료는 아이스박스에 담아 실험실로 운반하였으며, 담수로 세척하고, 불순물을 제거한 후 현미경(Olympus SZX9, Olympus BX50)을 이용하여 남조류를 제외한 모든 해조류를 동정하였고, 동정 시 Kang(1968), Chihara(1970), Abbott and Hollenberg(1976), Yoshida(1998), Lee(2008) 등 해조류 도감 및 관련 논문들을 참고하였다. 동정된 샘플은 페이퍼 타올과 거즈로 수분을 제거한 후 종별로 전자저울(CAS, CBL3200H)을 이용해 0.01 g 수준까지 습중량을 측정하였으며, 단위 면적당 생물량($g \cdot m^{-2}$)으로 환산하였고, 결과 분석 시 각 해역별 정점은 크게 조간대, 조하대로 나누어 총 6개 집단으로 구분하였다. 출현종 증명 및 국명, 목록 정리는 Kim

et al.(2013)을 따랐으며, Kang(1968)과 Lee and Kang(2001)을 참고하였다.

우점종을 파악하고자 출현 종의 피도와 빈도를 토대로 상대피도, 상대빈도를 산출한 후 중요도(Important Value: IV)를 계산하였고, 군집의 생태지수 파악을 위해 다양도 지수(Shannon and Wiener, 1963), 풍부도 지수(Margalef, 1958), 균등도 지수(Pielou, 1977) 및 우점도 지수(Simpson, 1949) 등을 계산하여 비교하였다. 종조성과 생물량 자료를 토대로 집괴 분석을 위해 PRIMER(Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) version 6.0을 이용하여 유사도 분석(Bray and Curtis, 1957)을 실시한 후 수치지도(Dendrogram)를 작성하였다. 또한 해조류의 군집 상태를 알아보고자 출현종을 Littler and Littler (1984)의 6개 기능형(Functional form)으로 분류하였으며, 각 기능형군별 피도를 토대로 ESG (Ecological State Group) I, II 비율을 산출한 후 Orfanidis et al.(2001; 2003)이 제시한 Matrix를 이용하여 해조 군집 상태를 분석하였다.

3. 결과

3.1 종조성

부산시 기장군 문동, 대변, 공수 등 3개 연구 해역에서 출현한 해조류는 녹조류 13종(10.7%), 갈조류 18종(14.9%), 홍조류 90종(74.4%) 등 총 121종이며, 해역별로는 문동 88종, 공수 76종, 대변 75종 순으로 높았다. 수심별로는 조간대에서 총 56종, 조하대에서 총 110종으로 조하대 출현종이 2배 가량 많았으며, 해역별 출현종수는 문동 조하대에서 80종으로 최대, 조간대에서 27종으로 최소값을 나타내었다. 전 해역에서 출현한 공통종은 녹조류 *Ulva australis* 외 1종, 갈조류 *Dictyopteris prolifera* 외 5종, 홍조류 *Erythrotrichia carnea* 외 34종 등 총 43종이며, 대부분이 소형 홍조류인 것으로 확인되었다(Table 1).

3.2 생물량

연구 해역의 평균 생물량은 녹조류 63.1 g·m⁻² (4.2%), 갈조류 654.3 g·m⁻² (43.6%), 홍조류 784.1 g·m⁻² (52.2%) 등 총 1,501.5 g·m⁻²로 확인되었으며, 수심별로는 조간대 1,133.5 g·m⁻², 조하대 1,869.4 g·m⁻²로 조하대가 더 높았다. 해역별로는 문동 2,234.0 g·m⁻², 공수 1,228.1 g·m⁻², 대변 1,044.4 g·m⁻² 순으로 나타났으며, 집단별로는 문동 조하대가 2,975.5 g·m⁻²로 가장 높았고, 공수 조간대가 914.0 g·m⁻²로 가장 낮았다. 집단에 따른 분류군별 생물량 비율은 녹조류의 경우 0.1~19.0%로 3개 해역 모두 조간대의 생물량이 더 높았고, 갈조류의 경우 13.6~61.5%로 해역에 따라 달랐으며, 홍조류의 경우 34.4~86.2%로 조하대의 생물량이 더 높았다(Table 1).

집단별로 높은 생물량을 나타낸 상위 3종을 분석한 결과

조사해역 전체에 걸쳐 조간대에서 *Ulva australis*, *Sargassum thunbergii*, *Corallina pilulifera*, 조하대에서 *Sargassum macrocarpum*, *Undaria pinnatifida*, *Phycodrys fimbriata*의 생물량이 높게 나타나 조간대와 조하대의 생물량 우점종이 뚜렷하게 구분되었다. 집단별로는 문동 조간대에서 *S. thunbergii*가 512.1 g·m⁻², 조하대에서 *U. pinnatifida*가 1,171.4 g·m⁻², 대변 조간대에서 *S. thunbergii*가 478.8 g·m⁻², 조하대에서 *P. fimbriata*가 397.5 g·m⁻², 공수 조간대에서 *S. thunbergii*가 341.1 g·m⁻², *P. fimbriata*가 918.3 g·m⁻²로 생물량이 가장 높았다(Table 1).

3.3 우점종

연구 집단별 출현종의 중요도(IV)를 토대로 상위 5종을 분석한 결과 조사해역 전체에 걸쳐 조간대에서는 Melobesioidean algae(10.8%), *Ulva australis*(8.5%), *Corallina pilulifera*(7.7%), *Sargassum thunbergii*(7.2%), *Chondracanthus intermedius*(5.3%), 조하대에서는 Melobesioidean algae(11.3%), *Phycodrys fimbriata* (7.7%), *Acrosorium ciliolatum*(5.3%), *Plocamium telfairiae*(4.8%), *Grateloupia cornea*(4.0%)가 주요 우점종으로 확인되었다. 각 집단별 최우점종은 문동 조간대에서 Melobesioidean algae (13.3%), 조하대에서 Melobesioidean algae(6.9%), 대변 조간대에서 Melobesioidean algae(11.4%), 조하대에서 Melobesioidean algae(17.1%), 공수 조간대에서 *Sargassum thunbergii*(8.7%), *Phycodrys fimbriata*(14.7%)로 확인되었으며, 공수를 제외한 4개 집단에서 모두 Melobesioidean algae가 최우점하는 것으로 나타났다(Table 2).

3.4 군집지수

집단별 해조류 군집 생태지수를 분석한 결과 종풍부도 범위는 3.56~9.88, 균등도 범위는 0.42~0.55, 다양도 범위는 1.75~2.43, 우점도 범위는 0.19~0.37이며, 종풍부도, 균등도 및 다양도는 문동의 조하대에서 가장 높았고, 우점도는 공수의 조하대에서 가장 높았다(Table 3).

3.5 군집 상태 분석

해조류 기능형군 비율은 해역 전체 평균 121종 가운데 성긴 분기형 42종(34.7%), 사상형 34종(28.1%), 엽상형 19종(15.7%), 다육질형 13종(10.7%), 각상형 7종(5.8%), 유절산호말형 6종(5.0%) 순으로 나타났다. 각 기능형군 가운데 엽상형, 사상형, 성긴분기형은 ESG II, 다육질형, 각상형, 유절산호말형은 ESG I 으로 구분한 뒤, 그룹별 평균 피도를 토대로 생태학적 상태를 구한 결과 가장 해역 전체 조간대 및 조하대는 'Low'를 나타내었고, 집단별로는 문동 조간대 및 조하대가 'Moderate', 대변과 공수 두 해역 모두 조간대 및 조하대가 'Low'로 나타났다. 해역 간 해조 군집의 생태학적 상태는 상대적으로 문동이 우수하고, 대변 및 공수가 빈약하게 나타났다(Table 4).

Table 1. List of Marine algal species and biomass ($g \cdot m^{-2}$) investigated at study sites

Species Name	F-F	Mudong			Daeyeon			Gongsu			Total		
		INT	SUB	Mean	INT	SUB	Mean	INT	SUB	Mean	INT	SUB	Mean
Chlorophyta													
<i>Bryopsis plumosa</i>	F							+	+	+	+	+	+
<i>Codium arabicum</i>	C					0.7	0.3		2.3	1.2		1.0	0.5
<i>Codium latum</i>	S		1.6	0.8								0.5	0.3
<i>Derbesia marina</i>	F								+	+		+	+
<i>Chaetomorpha spiralis</i>	F		0.1	0.0								0.0	0.0
<i>Cladophora dotyana</i>	F		+	+								+	+
<i>Cladophora sakaii</i>	F		+	0.0				0.2	+	0.1	0.1	+	0.0
<i>Cladophora vagabunda</i>	F							+	+	+	+	+	+
<i>Blidingia minima</i>	S				+		+				+		+
<i>Ulva australis</i>	S	131.1	0.3	65.7	68.0		34.0	104.7	+	52.3	101.3	0.1	50.7
<i>Ulva compressa</i>	S	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+
<i>Ulva linza</i>	S				+	+	+	68.7		34.3	22.9	+	11.4
<i>Umbraulva japonica</i>	S		0.3	0.1					0.6	0.3		0.3	0.1
Phaeophyta													
<i>Desmarestia tabacoides</i>	S					57.2	28.6					19.1	9.5
<i>Dictyota coriacea</i>	S		5.9	3.0		16.9	8.5					7.6	3.8
<i>Dictyopteris latuscula</i>	CB		1.2	0.6								0.4	0.2
<i>Dictyopteris pacifica</i>	CB					29.9	15.0	+		+	+	10.0	5.0
<i>Dictyopteris prolifera</i>	CB		8.0	4.0		138.6	69.3		99.6	49.8		82.1	41.0
<i>Rugulopteryx okamurae</i>	S		39.9	20.0		16.7	8.4		58.0	29.0		38.2	19.1
<i>Ectocarpus crouaniorum</i>	F								+	+		+	+
<i>Papenfussiella kuromo</i>	F		0.1	0.1								0.0	0.0
<i>Colpomenia sinuosa</i>	S	1.1	7.1	4.1	7.8	+	3.9	0.6		0.3	3.2	2.4	2.8
<i>Petalonia binghamiae</i>	S					0.5	0.2					0.2	0.1
<i>Myagropsis myagroides</i>	TL		98.0	49.0								32.7	16.3
<i>Sargassum coreanum</i>	TL		151.9	75.9								50.6	25.3
<i>Sargassum fusiforme</i>	TL							84.0		42.0	28.0		14.0
<i>Sargassum horneri</i>	TL		0.1	0.1		202.4	101.2		1.3	0.7		68.0	34.0
<i>Sargassum macrocarpum</i>	TL		309.3	154.6								103.1	51.5
<i>Sargassum thunbergii</i>	TL	512.1		256.1	478.8		239.4	341.1		170.5	444.0		222.0
<i>Undaria pinnatifida</i>	TL		1,171.4	585.7					9.9	4.9		393.8	196.9
<i>Ecklonia cava</i>	TL		35.5	17.8					40.7	20.4		25.4	12.7
<i>Sphacelaria fusca</i>	F		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rhodophyta													
<i>Stylonema alsidii</i>	F		+	+	+	+	+				+	+	+
<i>Stylonema cornu-cervi</i>	F				+	+	+				+	+	+
<i>Erythrotrichia carnea</i>	F		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Porphyrostromium japonicum</i>	F					+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bangia gloiopeltidicola</i>	F	+		+				+		+	+		+
<i>Porphyra</i> sp.	S	+		+	+		+				+		+
<i>Alatocladia modesta</i>	JC		8.2	4.1		5.0	2.5					4.4	2.2
<i>Amphiroa anceps</i>	JC		0.9	0.5								0.3	0.2
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	JC		14.8	7.4		10.6	5.3					8.5	4.2
<i>Corallina aberrans</i>	JC		87.9	43.9		2.5	1.2		9.6	4.8		33.3	16.6
<i>Corallina officinalis</i>	JC		3.3	1.7		0.3	0.2		0.7	0.3		1.4	0.7
<i>Corallina pilulifera</i>	JC	355.7	25.2	190.4	133.3	0.8	67.0	117.9	+	59.0	202.3	8.4	105.3
<i>Lithophyllum okamurae</i>	C		14.8	7.4		2.3	1.2		49.2	24.6		22.1	11.1

부산시 기장군 연안의 춘계 해조 군집 특성

Table 1. (Continued)

Species Name	F-F	Mudong			Daeyeon			Gongsu			Total		
		INT	SUB	Mean	INT	SUB	Mean	INT	SUB	Mean	INT	SUB	Mean
<i>Pneophyllum zostericola</i>	C		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acrochaetium secundatum</i>	F					+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Colaconema hyalosiphoniae</i>	F		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dichotomaria falcata</i>	CB		38.5	19.3		69.4	34.7		3.8	1.9		37.2	18.6
<i>Scinaia japonica</i>	CB		3.4	1.7								1.1	0.6
<i>Scinaia okamurae</i>	CB		1.4	0.7								0.5	0.2
<i>Aglaothamnion callophyllidicola</i>	F		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Antithamnion callocladum</i>	F		+	+								+	+
<i>Antithamnion nipponicum</i>	F					+	+					+	+
<i>Antithamnion sparsum</i>	F		+	+		+	+					+	+
<i>Antithamnionella breviramosa</i>	F		+	+								+	+
<i>Callithamniella pacifica</i>	F	+	+	+					+	+	+	+	+
<i>Centroceras distichum</i>	F		+	+								+	+
<i>Centroceras gasparrinii</i>	F				6.4	+	3.2				2.1	+	1.1
<i>Ceramium codii</i>	F				+	+	+				+	+	+
<i>Ceramium nakamurae</i>	F		+	+								+	+
<i>Ceramium paniculatum</i>	F	182.6		91.3		+	+	71.2	+	35.6	84.6	+	42.3
<i>Herpochondria corallinae</i>	CB					+	+					+	+
<i>Herpochondria dentata</i>	CB	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Herpochondria elegans</i>	CB	+	+	+		+	+		+	+	+	+	+
<i>Pterothamnion yezoense</i>	F		+	+		+	+					+	+
<i>Dasysiphonia japonica</i>	F	+	+	+		+	+				+	+	+
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	F	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acrosorium ciliolatum</i>	S	+	50.1	25.1		43.2	21.6	11.7	57.4	34.5	3.9	50.3	27.1
<i>Erythrogloussum minimum</i>	S					+	+					+	+
<i>Phycodrys fimbriata</i>	S				3.8	397.5	200.6	23.7	918.3	471.0	9.2	438.6	223.9
<i>Sorella repens</i>	S		+	+								+	+
<i>Chondria crassicaulis</i>	CB				7.8		3.9				2.6		1.3
<i>Herposiphonia plumula</i>	F		+	+								+	+
<i>Laurencia okamurae</i>	CB		7.7	3.9								2.6	1.3
<i>Neosiphonia savatieri</i>	F	+	+	+							+	+	+
<i>Osmundea pinnatifida</i>	CB		0.1	0.0					0.2	0.1		0.1	0.0
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	CB		3.2	1.6		0.6	0.3	0.7	0.1	0.4	0.2	1.3	0.8
<i>Symphyocladia linearis</i>	CB		0.5	0.3					+	+		0.2	0.1
<i>Symphyocladia marchantioides</i>	S	+	+	+		0.5	0.2	+	+	+	+	0.2	0.1
<i>Symphyocladia pumila</i>	CB	+	+	+					+	+	+	+	+
<i>Anotrichium tenue</i>	F		0.2	0.1					+	+		0.1	0.0
<i>Anotrichium yagii</i>	F				+	+	+	+	0.4	0.2	+	0.1	0.1
<i>Gelidiophycus freshwateri</i>	CB	3.0		1.5	12.0		6.0	+		+	5.0		2.5
<i>Gelidium elegans</i>	CB		12.7	6.3		0.7	0.3		11.0	5.5		8.1	4.1
<i>Gelidium galapagense</i>	CB					+	+					+	+
<i>Pterocladia capillacea</i>	CB		8.5	4.3		4.1	2.0		6.4	3.2		6.4	3.2
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	CB	4.8	+	2.4	5.1	+	2.5	+	+	+	3.3	+	1.6
<i>Hypnea japonica</i>	CB							2.0		1.0	0.7		0.3
<i>Hypnea saidana</i>	CB					+	+	1.2	1.8	1.5	0.4	0.6	0.5
<i>Gloiopeltis furcata</i>	CB	12.4		6.2	3.0		1.5	4.1		2.1	6.5		3.3
<i>Gloiopeltis tenax</i>	CB	12.7		6.4							4.2		2.1
<i>Chondracanthus intermedius</i>	CB		2.1	1.0	116.6	+	58.3	10.5	3.5	7.0	42.4	1.9	22.1

Table 1. (Continued)

Species Name	F-F	Mundong			Daeyeon			Gongsu			Total		
		INT	SUB	Mean	INT	SUB	Mean	INT	SUB	Mean	INT	SUB	Mean
<i>Chondracanthus teedei</i>	CB		0.2	0.1								0.1	0.0
<i>Chondracanthus tenellus</i>	CB		166.9	83.4		0.6	0.3		43.2	21.6		70.2	35.1
<i>Chondrus ocellatus</i>	CB	52.3	26.9	39.6	12.5		6.2	3.0	0.3	1.6	22.6	9.1	15.8
<i>Callophyllis crispata</i>	CB					0.7	0.4		2.5	1.2		1.1	0.5
<i>Callophyllis japonica</i>	CB		93.3	46.6								31.1	15.5
<i>Callophyllis rhynchocarpa</i>	CB					0.2	0.1		0.9	0.4		0.4	0.2
<i>Pugetia harveyana</i>	S								0.3	0.1		0.1	0.0
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	CB		2.2	1.1	89.2		44.6	5.1		2.5	31.4	0.7	16.1
<i>Gracilaria textorii</i>	TL		20.4	10.2		3.4	1.7		+	0.0		6.8	3.4
<i>Grateloupia cornea</i>	CB		48.6	24.3		13.9	7.0		51.5	25.8		38.0	19.0
<i>Grateloupia crispata</i>	CB		6.3	3.2		1.5	0.7		4.1	2.1		4.0	2.0
<i>Grateloupia elata</i>	CB					20.4	10.2		1.4	0.7		7.3	3.6
<i>Grateloupia sparsa</i>	TL								4.1	2.0		1.4	0.7
<i>Grateloupia turuturu</i>	TL		14.5	7.2								4.8	2.4
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	TL	47.8	174.5	111.2	18.4		9.2	42.3	6.3	24.3	36.1	60.3	48.2
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	TL	167.4	7.4	87.4							55.8	2.5	29.1
<i>Polyopes affinis</i>	CB	9.4		4.7	14.0		7.0	15.1		7.6	12.9		6.4
<i>Schizymenia dubyi</i>	S		4.0	2.0								1.3	0.7
<i>Peyssonnelia caulifera</i>	C					14.8	7.4		8.3	4.1		7.7	3.8
<i>Peyssonnelia dubyi</i>	C		+	+					0.6	0.3		0.2	0.1
<i>Peyssonnelia japonica</i>	C	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Plocamium telfairiae</i>	CB		23.1	11.6		15.8	7.9	4.1	92.4	48.2	1.4	43.8	22.6
<i>Plocamium uncinatum</i>	CB		32.0	16.0								10.7	5.3
<i>Binghamia californica</i>	CB								+	+		+	+
<i>Lomentaria catenata</i>	CB		218.6	109.3		6.8	3.4		34.1	17.1		86.5	43.3
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	CB				17.5	+	8.8	+	+	+	5.8	+	2.9
<i>Rhodymenia intricata</i>	CB		22.1	11.1		15.9	8.0	2.2	17.5	9.9	0.7	18.5	9.6
Melobesioidean algae	C	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
No. Species	Chlorophyta	2	7	7	4	2	5	5	8	9	7	12	13
	Phaeophyta	2	12	13	2	8	9	4	6	10	4	16	18
	Rhodophyta	23	61	68	24	53	61	32	50	57	45	82	90
	Total	27	80	88	30	63	75	41	64	76	56	110	121
Biomass (g·m ⁻²)	Chlorophyta	131.1	2.2	66.7	68.0	0.7	34.3	173.6	2.9	88.2	124.2	1.9	63.1
	Phaeophyta	513.2	1,828.5	1,170.9	486.5	462.4	474.5	425.7	209.5	317.6	475.1	833.4	654.3
	Rhodophyta	848.2	1,144.8	996.5	439.5	631.7	535.6	314.8	1,329.8	822.3	534.2	1,034.0	784.1
	Total	1,492.5	2,975.5	2,234.0	994.1	1,094.7	1,044.4	914.0	1,542.2	1,228.1	1,133.5	1,869.4	1,501.5

F-F, Functional form; INT, Intertidal zone; SUB, subtidal zone; S, Sheet; F, Filamentous; CB, Coarsely branched; TL, Thick leathery; JC, Jointed calcareous; C, Crustose.

부산시 기장군 연안의 춘계 해조 군집 특성

Table 2. Dominant species based on importance value at the study sites (Top 5 species)

Species Name	Mundong		Daeyeon		Gongsu		Total	
	Intertidal zone	Subtidal zone	Intertidal zone	Subtidal zone	Intertidal zone	Subtidal zone	Intertidal zone	Subtidal zone
<i>Ulva australis</i>	10.2		8.0		7.2		8.5	
<i>Ulva linza</i>					6.5			
<i>Sargassum thunbergii</i>	5.5		7.4		8.7		7.2	
<i>Corallina aberrans</i>		4.1						
<i>Corallina pilulifera</i>	10.9		7.4				7.7	
<i>Ceramium paniculatum</i>	6.3							
<i>Acrosorium ciliolatum</i>				4.9		7.5		5.3
<i>Phycodrys fimbriata</i>				8.5		14.7		7.7
<i>Chondracanthus intermedius</i>			10.7		5.3		5.3	
<i>Chondracanthus tenellus</i>		6.1						
<i>Grateloupia cornea</i>		4.1				5.6		4.0
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>		4.1						
<i>Peyssonnelia caulifera</i>				3.4				
<i>Peyssonnelia japonica</i>				3.5				
<i>Plocamium telfairiae</i>						7.3		4.8
Melobesioidean algae	13.3	6.9	11.4	17.1	7.8	10.0	10.8	11.3

Table 3. Ecological indices of marine algal community at study sites

Indices	Mundong		Daeyeon		Gongsu	
	Intertidal zone	Subtidal zone	Intertidal zone	Subtidal zone	Intertidal zone	Subtidal zone
Species richness	3.56	9.88	4.20	8.86	5.87	8.58
Evenness index	0.55	0.55	0.52	0.52	0.55	0.42
Diversity index	1.80	2.43	1.76	2.15	2.05	1.75
Dominance index	0.21	0.19	0.28	0.19	0.19	0.37

Table 4. Coverage (%) by functional form and ecological status at the study sites

Functional form	Mundong		Daeyeon		Gongsu		Mean	
	Intertidal zone	Subtidal zone	Intertidal zone	Subtidal zone	Intertidal zone	Subtidal zone	Intertidal zone	Subtidal zone
Sheet	8.8	8.8	9.6	14.4	15.2	19.0	11.2	14.1
Filamentous	4.9	1.4	1.7	0.2	2.5	0.3	3.0	0.6
Coarsely branched	11.2	47.6	25.6	16.3	17.7	18.9	18.2	27.6
Thick leathery	8.8	15.6	8.0	2.4	12.8	2.0	9.9	6.7
Jointed calcareous	8.8	11.6	5.6	3.2	4.0	2.4	6.1	5.7
Crustose	9.6	9.5	9.6	17.4	5.6	9.0	8.3	11.9
Total of ESG I	27.2	36.7	23.2	23.0	22.4	13.4	24.3	24.3
Total of ESG II	24.9	57.8	36.9	30.9	35.4	38.1	32.4	42.3
Ecological Status	Moderate	Moderate	Low	Low	Low	Low	Low	Low

Table 5. The comparison of the previous studies at vicinity area

References	Tidal	Number of species					Mean Biomass	
		Season	C	P	R	Total	Season	weight
Kim and Lee (1980)	INT	Sp, Su, Au, Wi	16	30	53	99	-	
Lee et al. (1984)	INT, SUB	Sp, Au	13	24	90	127	Sp	262.0 g·m ⁻² (D)
Yoo (2003)	INT	Sp, Su, Au, Wi	6	17	47	70	-	
Kang et al. (2008)	INT, SUB	Sp, Su, Au, Wi	10	17	76	103	Sp	286.1 g·m ⁻² (W)
Choi et al. (2010)	INT, SUB	Su	6	10	38	54	Su	879.0 g·m ⁻² (W)
Kim et al. (2012)	INT	Sp, Su, Au, Wi	4	11	43	58	Sp	230.5 g·m ⁻² (D)
Yoo et al. (2013)	SUB	Sp, Su, Au, Wi	8	15	50	73	Sp	1,726.5 g·m ⁻² (W)
This study	INT, SUB	Sp	13	19	89	121	Sp	1,501.5 g·m ⁻² (W)
Total			34	56	185	275	-	

C, Chlorophyta; P, Phaeophyta; R, Rhodophyta; INT, Intertidal zone; SUB, Subtidal zone; Sp, Spring; Su, Summer; Au, Autumn; Wi, Winter; D, Dry weight; W, Wet weight

3.6 군집 집괴 분석

각 해역의 종별 생물량 자료를 조간대와 조하대로 구분하여 총 6개의 집단을 대상으로 집괴분석을 실시한 결과 해역에 상관없이 크게 조간대 및 조하대로 구분되었으며, 비유사도는 91.30%로 그 차이가 뚜렷하였다. 각 군집별 유사도는 조간대 58.31~59.08%, 조하대 39.57~54.98%를 나타내었으며, 조간대의 경우 상대적으로 해역 간 유사도가 높았고, 조하대의 경우 문동이 해변 및 공수와는 비유사도 65.75%로 차이를 보였다(Fig. 2).

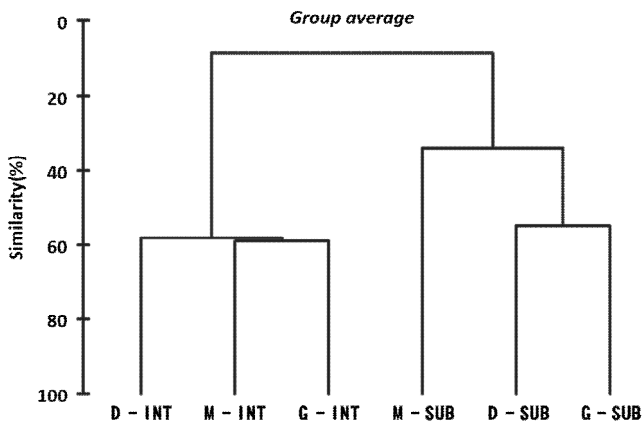


Fig. 2. Bray-Curtis cluster analysis dendrogram generated on the basis of mean biomass at study sites. M, Mundong; D, Daebyeon; G, Gongsu; INT, Intertidal zone; SUB, Subtidal zone.

4. 고찰

본 연구에서 채집 및 동정된 춘계 기장 해역의 해조류는 총 121종으로 기장에서 수행된 이전 연구들과 비교 시 Kim and Lee(1980), Lee et al.(1984) 및 Kang et al.(2008)의 연구와는 유사한 수준이며, 다른 연구에 비해 상대적으로 높게 나타났다. Yoo(2003), Choi et al.(2010), Kim et al.(2012) 및 Yoo et al.(2013)의 결과는 각 연구에서 언급된 바와 같이 주로 인근 연안 개발이나 다른 외부 요인들에 인한 영향 내지 조사 당시 계절 및 정점 등의 차이로 인해 출현종수가 상대적으로 적었던 것으로 추측된다. 본 연구 및 이전 연구들을 종합한 결과 녹조류 34종, 갈조류 56종, 홍조류 185종 등 총 275종이 생육하는 것으로 확인되었고, 이는 Kim et al.(2013)의 국가 생물 종목록집(해조류)에 기록된 국내 분포 해조류 908종 가운데 대략 30% 수준이며, Lee et al.(1984)이 언급했듯이 기장 해역의 해조류 출현종수가 풍부하여 다양성이 높은 것으로 판단된다(Table 5).

연구 해역의 평균 생물량은 1,501.5 g·m⁻²로 이전 연구들과 비교 시 생물량 측정 방법(건중량 또는 습중량)과 계절적 차이 등을 고려해도 높은 수준이며, 특히 문동의 생물량은 2,234.0 g·m⁻²로 동일한 해역에서 수행된 연구인 Yoo et al. (2013)의 춘계 평균 생물량 1,726.5 g·m⁻²와 비교해도 매우 높았다. 따라서 연구 시기별로 차이는 있으나 과거에 비해 춘계 해조류 생물량은 다소 증가한 것으로 보인다.

생태지수 분석 결과 문동과 해변의 경우 종풍부도와 다양도는 조하대, 우점도는 조간대에서 상대적으로 높았고, 균등도는 동일하게 나타났으며, 공수의 경우 종풍부도와 우점도

는 조하대, 균등도와 다양도는 조간대에서 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 차이는 3개 해역 모두 조하대 해조군집의 출현종수와 생물량이 조간대에 비해 더 높은 공통점을 보였으나 집단별로 높은 우점도를 나타내는 종수가 상이하어 나타난 결과이다. 특히 공수 조하대의 우점도가 다른 집단에 비해 유난히 높았던 점은 다른 집단에서 최우점종의 생물량 비율이 34.31~48.16%인데 반해 공수 조하대의 최우점종인 (*Phycodrys fimbriata*)의 생물량 비율이 59.54%로 전체 생물량의 절반 이상을 차지한 결과로 판단된다.

출현한 해조류의 ESG별 평균 피도(%)를 토대로 생태학적 상태를 분석한 결과 해역 전체는 'Low', 집단별로는 'Low' ~ 'Moderate' 상태를 나타내었으며, 이는 교란이나 환경오염이 상대적으로 높은 해역에 출현하는 기회종(opportunistic species)인 ESGⅡ가 기장 전체에 걸쳐 폭넓게 분포하고 있다는 것을 의미한다. 하지만 조사 당시의 해조 군집 상태를 반영하기에는 부족함이 있고, 해역 고유의 특성을 고려하는 것이 타당할 것이며, 각 분류별 생물량을 고려하여 판단한다면 'Moderate' ~ 'Good' 상태를 나타낼 것으로 추측된다.

군집 분석결과 조간대와 조하대 군집이 크게 차이를 보였고, 두 집단의 차이에 대한 중별 기여도는 *Sargassum thunbergii* 8.66%, *Phycodrys fimbriata* 7.25%, *Corallina pilulifera* 4.98%, *Ulva australis* 4.04%, *Undaria pinnatifida* 3.99%, *Dictyopteris prolifera* 3.67% 등이 상대적으로 높았으며, *S. thunbergii*, *C. pilulifera*, *U. australis* 등은 조간대, *P. fimbriata*, *U. pinnatifida*, *D. prolifera* 등은 조하대에서만 출현하거나 상대적 생물량이 높았다. 해역별 해조 군집은 조간대의 경우 *Ulva linza*, *Sargassum fusiforme*, *Ceramium paniculatum*, *Chondracanthus intermedius*, *Ahnfeltiopsis flabelliformis*, *Pachymeniopsis lanceolata*, 조하대의 경우 *Desmarestia tabacoides*, *Sargassum coreanum*, *S. horneri*, *S. macrocarpum*, *Undaria pinnatifida*, *Ecklonia cava*, *Dichotomaria falcata*, *Phycodrys fimbriata*, *Pachymeniopsis elliptica* 등의 출현유무 및 생물량으로 인해 차이를 보이는 것으로 나타났다. Lee et al.(1984)은 기장 해조 군집을 조간대는 *Gloiopeltis* spp., *Sargassum thunbergii*, *Chondria crassicaulis*, 저조선 부근은 *Pachymeniopsis elliptica*, *Sargassum* spp., 조하대 얕은 수심(2m)에서 *Ulva australis*, *Grateloupia turuturu*, 중간 수심에서 *Rugulopteryx okamurae*, *Hypnea saidana*, *Rhodymenia intricata*, 깊은 수심(8~10m)에서 *Codium arabicum*, *Phycodrys fimbriata* 등이 대표한다고 언급하였으며, 본 연구결과와 비교하였을 때 일부 종들의 생물량 및 중요도의 변화는 있으나 대체로 유사한 특징을 나타내어 해조 군집의 수직분포에 큰 변화는 없는 것으로 판단된다.

이러한 결과 기장 해역의 해조 군집은 2000년대에 수행된 연구(Choi et al., 2010; Kim et al., 2012; Yoo et al., 2013)에서

해조상이 과거에 비해 빈약하다고 언급되었으나 본 연구에서 출현종수가 상대적으로 높았고, 생물량은 증가하는 경향을 보였다. 또한 연구 해역 해조 군집의 생태학적 상태를 분석한 결과 'Low' ~ 'Moderate' 상태를 나타내어 교란이나 환경오염 등의 문제를 고려하지 않을 수 없으나 Lee et al.(1984)의 연구와 비교 시 군집 분포, 특성, 일부 주요 우점종의 생물량이나 우점도에서 큰 차이를 보이지 않아 기장 해조 군집에서 기회종의 비율이 높은 것은 고유한 특성으로 나타났다. 하지만 기장 일대 해역은 미역이나 다시마 등의 해조류 양식이 주를 이루고 있어 양식장 조성과 국가어항개발 및 연안 정비 등의 연안개발로 인한 인위적인 영향이 해조 군집에 지속적인 영향을 미칠 것으로 생각되어 기장 해역 전반에 걸친 해조 군집의 장기 모니터링과 우수한 군집에 대한 관리 방안이 필요할 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2019년)에 의하여 연구되었음.

References

- [1] Abbott, I. A. and G. J. Hollenberg(1976), Marine Algae of California. Stanford Univ. Press. California, pp. 1-827.
- [2] Bates, C. R. and R. E. DeWreede(2007), Do changes in seaweed biodiversity influence associated invertebrate epifauna? J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 344, pp. 206-214.
- [3] Bray, J. R and J. T. Curtis(1957), An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27, pp. 325-349.
- [4] Chakraborty, S., T. Bhattacharya, G. Singh, and J. P. Maity (2014), Benthic macroalgae as biological indicators of heavy metal pollution in the marine environments: Abiomonitring approach for pollution assessment. Ecotoxi. Environ. Safety. 100, pp. 61-68.
- [5] Chihara, M.(1970), Common seaweed of Japan in color. Hoikusha Pub. Co., Ltd. Osaka, pp. 1-173.
- [6] Choe, S. and T. W. Chung(1970), Oceanological studies for the construction of the Ko-ri nuclear power plant. KIST Res. Rept., CI 47-109, pp. 1-143.
- [7] Choi, C. G, J. H. Kim, and I. K. Chung(2008), Temporal variation of seaweed biomass in Korea coast: Yokjido, Gyeongnam Province. Algae. 23, pp. 311-316.
- [8] Choi, C. G., S. J. Oh, and I. J. Kang(2010), A study on the

- community structure of subtidal marine algae in Kijang, Korea, *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* 55, pp. 39-46.
- [9] 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*, 21, pp. 463-470.
- [10] Choi, C. G., Y. Takeuchi, T. Terawki, Y. Serisawa, M. Ohno, and C. H. Sohn(2002), Ecology of seaweed beds on two types of artificial reef. *J. Appl. Phycol.* 14, pp. 343-349.
- [11] Dawes, C. J.(1998), *Marine Botany*. John Wiley & Sons, Inc. New York, pp. 1-628.
- [12] Kang, J. W.(1966), On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Busan. Fish. Coll.* 7, pp. 1-125.
- [13] Kang, J. W.(1968), *Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea*. Vol. 8. Marine algae. Ministry of Education. Seoul. Korea, pp. 1-465.
- [14] Kang, P. J., Y. S. Kim, and K. W. Nam(2008), Flora and community structure of benthic marine algae in Ilkwang Bay, Korea. *Algae*, 23, pp. 317-326.
- [15] Kim, H. S., S. M. Boo, I. K. Lee, and C. H. Sohn(2013), National List of Species of Korea [Marine Algae]. National Institute of Biological Resources. Incheon, pp. 1-336.
- [16] Kim, J. H., S. H. Youn, and K. W. Nam(2012), Flora and community structure of benthic marine algae in Busan, Korea. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.* 26, pp. 920-934.
- [17] Kim, Y. H. and J. H. Lee(1980), A study on the marine algae at the coast of Kori Nuclear Power Plant. 1. Variation of algal community during 1977-1978. *Korean J. Bot.* 23, pp. 3-10.
- [18] Lee, I. K., H. S. Kim, C. H. Koh, J. W. Kang, S. Y. Hong, S. M. Boo, I. H. Kim, and Y. C. Kang(1984), Studies on the marine benthic communities in inter- and subtidal zone II. Qualitative and quantitative analysis of the community structure in south-eastern coast of Korea. *Proc. Coll. Natur. Sci., SNU* 9, pp. 71-126.
- [19] Lee, K. W.(1972), Annual variation of marine algae flora at Dongbaeksum. *Bull. Fish. Jeju Univ.* 1, pp. 8-16.
- [20] Lee, K. W.(1974), Observation of algal community near Dongbaeksum, Haeundae. *Bull. Fish. Jeju Univ.* 5, pp. 319-331.
- [21] Lee, K. W. and J. W. Kang(1971), A preliminary survey of the algal flora and communities of Dongbaeksum, Pusan. *Publ. Mar. Lab. Pusan Fish. Coll.* 4, pp. 29-37.
- [22] Lee, Y. P.(2008), *Marine Algae of Jeju*. Academy Press. Seoul, pp. 1-477.
- [23] Lee, Y. P. and S. Y. Kang(2001), *A Catalogue of the Seaweeds in Korea*. Cheju National University Press. Cheju, pp. 1-662.
- [24] Levine, H. G.(1984), The use of seaweeds for monitoring coastal waters. In Schubert, L.E (ed) *Algae as Ecological Indicators*. Academic Press. Inc. London, pp. 188-210.
- [25] Littler, M. M. and D. S. Littler(1984), Relationships between macroalgal functional form groups and substrate stability in a subtropical rocky intertidal system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 74, pp. 13-34.
- [26] Margalef, R.(1958), Information theory in ecology. *J. Gen. Systems.* 3, pp. 36-71.
- [27] Oh, Y. S., I. K. Lee, and S. M. Boo(1990), An annotated account of Korean economic seaweeds for food, medical and industrial uses. *Kor. J. Phycol.* 5, pp. 57-71.
- [28] Okamura, K.(1892), On the marine algae of Fusanpo. *Bot. Mag. Tokyo* 6, pp. 117-119.
- [29] Orfanidis, S., P. Panayotidis, and N. Stamatis(2001), Ecological evaluation of transitional and coastal and water; A marine benthic macrophytes-based model. *Medit. Mar. Sci.* 2, pp. 45-65.
- [30] Orfanidis, S., P. Panayotidis, and N. Stamatis(2003), An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecol. Indicators* 3, pp. 27-33.
- [31] Pielou, E. C.(1977), *Mathematical Ecology*. Wiley Company, New York, pp. 1-164.
- [32] Saito, S. and S. Atobe(1970), Phytosociological study of intertidal marine algae. I. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 21, pp. 37-67.
- [33] Shannon, C. E. and W. Weaver(1963), *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana, pp. 1-117.
- [34] Simpson, E. H.(1949), Measurement of diversity. *Nature*, 163, pp. 688-692.
- [35] Tribollet, A. D. and P. S. Vroom(2007), Temporal and spatial comparison of the relative abundance of macroalgae across the Mariana Archipelago between 2003 and 2005. *Phycologia*, 46, pp. 187-197.
- [36] Vásquez, J. A. and N. Guerra(1996), The use of seaweeds as bio-indicators of natural and anthropogenic contaminants in northern Chile. *Hydrobiologia*. 326/327, pp. 327-333.
- [37] Yoo, J. S.(2003), Dynamics of marine benthic community in intertidal zone of Seoam, Busan. *J. Korean Soc. Oceanogr.* 8, pp. 420-425.

- [38] Yoo, J. S., J. M. Kim, and C. G. Choi(2013), Changes in marine algal communities around Gijang Busan, Korea. Korean. J. Fish. Aquat. Sci. 46, pp. 303-309.
- [39] Yoshida, T.(1998), Marine algae of Japan. Uchida-Rokakuho Publishing Co., Ltd. Tokyo, pp. 1-1222.
- [40] Zemke-White, W. L and M. Ohno(1999), World seaweed utilisation: An end-of-century summary. J. Appl. Phycol., 11, pp. 369-376.

Received : 2020. 02. 06.

Revised : 2020. 03. 10. (1st)

: 2020. 03. 26. (2nd)

Accepted : 2020. 04. 27.