

한국 부산 연안의 저서 해조상과 군집 구조

김주희 · 윤석현 · 남기완[†]
(국립수산과학원 · [†]부경대학교)

Flora and Community Structure of Benthic Marine Algae in Busan, Korea

Ju-Hee KIM · Seok-Hyun YOUN · Ki-Wan NAM[†]
(National Fisheries Research & Development Institute · [†]Pukyong National University)

Abstract

Marine algal flora and community structure were investigated seasonally at four stations in Busan, in which coastal area and estuary affected by Nakdong river are involved, from February 2011 to October 2011. Total 78 species including 9 of cholophyta, 17 of phaeophyta and 52 of rhodophyta were found during the study period. Maximum and minimum species number were recorded at station 1(57 species) and at 3(32 species). As based on the cluster analysis, grouping pattern between the four stations was significantly affected by season and Nakdong river run off. At station 3 directly exposed on Nakdong river run off, species diversity was relatively low and dominant species were similar throughout four seasons. However, coverage at the station was relatively high because of *Ulva* bloom. This difference results from salinity and nitrates concentrations closely related with river runoff controlled according to precipitation. Marine algal coverage was high at lower salinity and higher nitrate concentration. In conclusion, the spatio-temporal distribution of benthic marine algae in estuary of Nakdong river was mainly determined by the precipitation and river run off with the seasons, whereas that in coastal area was seasonally affected by general physical, chemical, biological and dynamic factors.

Key words : Community structure, Flora, Benthic marine algae

I. 서론

해조류의 생태연구에 있어서 생육지를 여러 형으로 구분하는 것은 해조류의 정착성 분포 특성을 고려할 때 매우 중요하며, 이와 관련된 많은 연구들이 보고되어 있다(Kang, 1966; Cheney, 1977; Underwood, 1981; Amsler et al., 1995). 특

히 해조의 수직 분포에 관해서 많은 연구자들이 저조선이나 평균 조고를 주목하였다(Underwood, 1981; Amsler et al., 1995). 보통 해조 생육대의 층상 구조를 논의하는데 있어서 수직적인 생태적 구분은 평균 고조선과 해양 식생의 상한 사이인 상조간대, 조석에 의해 규칙적으로 대기에 노출되는 조간대, 그리고 조간대 하부부터 해조류의

[†] Corresponding author : 051-629-5922, kwnam@pknu.ac.kr

* 이 논문은 2012학년도 국립수산과학원(과제명: 하구어장 실효성 평가 및 관리전략 수립) 지원에 의하여 연구되었음.

생육 하한선의 수심까지인 조하대로 나뉜다 (Kang, 1968). 이 중에서 조간대는 간조 시에 공기 중에 직접 노출되는 곳으로, 많은 해조류들이 분포한다.

조간대는 담수의 유입의 유무에 따라 크게 연안지역과 하구지역으로 나뉜다. 연안지역은 육지와 바다가 직접 접해 있는 곳으로 바다와 육지 요인들이 상호 영향을 미치는 역동적인 지역이라고 할 수 있다(Garrison, 2004). 이에 반해 하구지역은 담수와 해수가 만나는 완충지대로서 일반적으로 시·공간적인 염분변화가 크고, 하천수와 함께 유입되는 영양염류와 부유물질의 농도가 높다(양성렬 외, 2001).

이와 같이 지역에 따른 다양한 환경요소들은 해조류의 군집 구조에 영향을 준다. 물리(파도, 노출, 빛, 기질), 화학적(염분, 영양염) 요소들은 해조류가 서식할 수 있는 공간 및 식피에 영향을 미치며, 생물 상호간의 경쟁과 섭취 등과 같은 생물학적 요소는 종의 수직적 분포를 결정한다(Nelson et al., 2008). 특히 하구지역의 염분은 해조류의 종 구성과 피도를 결정하는 주요 인자로서, 그 농도에 따라서 해조상적 특징이 다르게 나타난다(Josselyn, 1985). 이에 비하여 수온, 광도 및 영양염류는 해조류의 생물량을 조절하는 주요 제한요인으로 간주된다(Lillebo et al., 2005). 이 중에서도 그 소비가 높은 암모니아와 질산염 같은 영양염류는 해조류의 생물량 변화에 중요하게 작용한다(Lotze and Schramm, 2000).

Wilkinson 외(1995)에 따르면 연안지역은 비교적 높은 종다양성을 보이거나 하구지역으로 갈수록 출현종 수가 감소하고, 형태적으로는 사상형의 다년생 해조류가 우점한다고 보고하였다. 또한 하구지역에서는 녹조류의 번무 현상이 관찰되는데(Martins et al., 2007), 인간 활동에 의해 부영양화가 빈번하게 일어나는 연안지역에서도 이러한 녹조류의 번무현상이 나타난다(Teichberg et al., 2010).

부산은 쿠로시오 해류의 지류인 대마난류의 영

향을 강하게 받으며, 연안지역과 하구지역 모두를 포함한다. 부산의 남단에 위치한 가덕도와 대포는 낙동강 하구역에 위치하여 하천수의 영향을 많이 받을 뿐만 아니라 담수와 해수가 만나는 복잡한 순환 양상을 보이는 지역이다. 그러나 최근에는 낙동강 하구역에 대한 인위적인 개발 압력이 증가하면서 연안-하구역 생태계의 환경 변화가 급격하게 진행되고 있는 실정이다(임정현 외, 2010). 1987년 준공된 하구둑 건설 전·후의 물리·화학적 해양환경 변화를 살펴보면, 건설 후에는 건설 전에 비해 담수의 흐름이 약해 졌고 조류가 흐름을 주도하던 혼합 기작이 담수의 방류가 주도하는 체계로 변화하였다(장성태·김기철, 2006). 특히 해양 오염지역으로 많은 연구 대상이 된 진해만의 입구에 위치하고 있는 가덕도의 경우 북쪽 연안의 신항 개발, 가덕도와 거제도를 연결하는 거가대교 건설 그리고 주변 지역의 개발 등으로 해양 환경 스트레스가 높아지고 있는 실정이다(유창일 외, 2008). 그럼에도 불구하고 지금까지 부산 지역의 해조군집에 대한 연구는 주로 해운대 동백섬(Lee & Kang, 1971; Yoo, 2003), 기장(Lee et al., 1984; Choi et al., 2010), 용호동(남기완·김영식, 1999), 영도(최창근, 2007), 일광만(강필준 외, 2008)과 같은 담수의 유입에 노출이 비교적 없는 연안지역에 집중되어 있어서, 낙동강 하구역과 같은 해양환경 특성에 대한 해조식생의 연구는 미진한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 부산지역의 다양한 연안 지역과 하구지역의 해조식생을 정성·정량적으로 비교 검토하여 부산의 해조류 군집에 대한 시·공간적 변화를 고찰하고, 나아가서 해조류 군집의 종구성, 생물량 및 피도 등의 군집구조적 특성을 파악하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

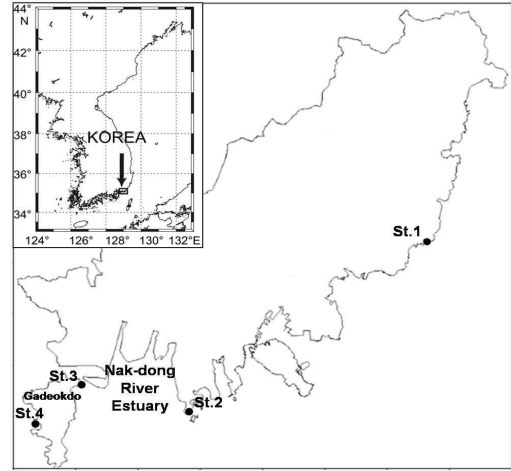
1. 현장채집 및 영양염 분석

본 연구는 부산지역 내에서 담수의 유입에 따라 연안 지역과 하구 지역으로 나누어 4개의 정점을 선정 후 2011년 2월부터 2011년 10월까지 계절 별로 수행되었다[그림 1]. 정점 1은 부산의 기장에 위치하고 있어, 외양의 해류에 직접적으로 노출 되어있다. 정점 2 또한 부산의 물운대에 위치하여 외양수에 노출되어 있으나, 강우량이 많은 봄, 여름에 담수의 영향이 다소 나타나는 지역이다. 반면 정점 3은 낙동강 하구와 인접한 가덕도 동편에 위치하고 있어 계절에 상관없이 낙동강 담수의 유입이 많이 나타난다. 정점 4는 가덕도의 서편에 위치하여 내만인 진해만의 특성이 나타나고, 강우량이 많은 봄, 여름에 담수의 영향이 다소 나타나는 지역이다. 조사 정점의 수온과 염분은 T-S meter(Thermo, ORION 3 STAT T-S meter)를 이용하여 직접 측정하였다. 영양염류는 각 정점에서 직접 채취한 해수를 여과하여 플라스틱 샘플병에 담아 실험실로 운반한 후 냉동보관 하였다. 그 후 자동분석기(Bran-Luebbe® TRA-ACS 2000 Autoanalyzer)를 이용해 영양염류(암모니아, 질산염, 인산염)를 분석하였다. 해조류의 정량 채집은 각 정점을 대표할 수 있는 구간대를 선정하고 10 cm x 10 cm 로 구획된 50 cm x 50 cm 크기의 방형구를 상, 중, 하부에 놓고 피도와 빈도를 Saito & Atobe (1970)의 방법에 의해 측정 후 끝갈을 이용하여 방형구내의 모든 해조류를 전량 채집하였다. 채집된 해조류는 아이스박스 등을 이용하여 저온 보관한 후 즉시 실험실로 운반하여 포르말린-해수 용액(3~10%)으로 고정하였고, 현미경을 사용하여 동정, 분류하였다.

2. 해조군집 분석

정량 채집된 해조류는 실험실에서 담수로 수회 세척하여 모래와 불순물을 제거하고 동정한 후 80℃로 설정된 건조기에서 48시간 동안 건조한 후 건조량을 측정하여 단위 면적(m²)당 생물량으

로 환산하였다. 피도는 Braun-Blanquet 피도 등급(1: 20% 이하, 2: 20~40%, 3: 40~60%, 4: 60~80%, 5: 80% 이상)에 의해 기록된 야장자료를



[그림 1] 부산 지역의 조사 정점도

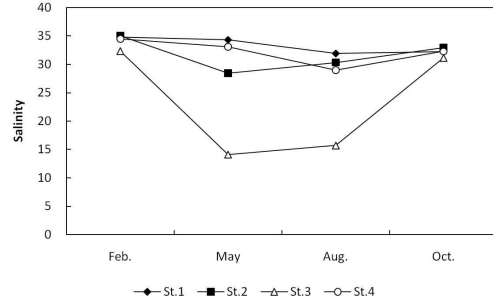
근거로 단위 면적당 피복 백분율이며(Saito & Atobe, 1970), 빈도는 전체 조사 방형구 수에 대한 대상 종의 출현 방형구 수의 비로 산출하였다. 이를 기초로 하여 상대피도는 방형구 내의 전 출현종의 피도 합에 대한 대상 종의 피도 백분율로, 상대빈도는 방형구 내의 전 출현종의 빈도 합에 대한 대상 종의 빈도 백분율로 나타내었다. 조사정점의 주요 종을 알아 낼 수 있는 중요도(IV, important value)는 상대피도와 상대빈도의 산술평균으로 계산하였다(Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974). 각 정점별 종 다양도는 Shannon의 다양도 지수(H')를 이용하였다. 출현종 및 출현종의 피도 자료를 이용한 Bray-Curtis(Bray & Curtis, 1957)의 유사도 지수(Similarity)는 PRIMER 6.0 Computer package를 사용하여 정점별로 제시되었다.

3. 해조군집과 환경요인과의 상관분석

해조류 군집과 해양의 환경요인과의 상관관계를 살펴 보기 위해서 양성렬 외(2001)에 따라 연

안지역과 하구지역에서 비교적 큰 차이를 보이는 환경요인으로 염분과 영양염류(암모니아, 질산염, 인산염)를 선정하였다. 환경 요인으로 선정된 염분과 영양염류(암모니아, 질산염, 인산염)는 계절별, 정점별로 현장에서 직접 측정하고, 분석하였다. 그리고 해조군집 분석 자료 중 계절별, 정점별에 따라 분석된 해조류의 평균 피도와 생물량, 전체 해조류 중 갈파래류(Ulva)의 평균 피도와 생물량을 바탕으로 본 연구에서 측정된 환경요인과 해조류 군집 구조간의 유의차 검정을 상관관계(Korean Minitab Ver. 4.0)를 살피고, Excel program을 이용해 이 관계를 제시하였다.

의 범위로 측정되었다. 정점 3에서는 1.79~30.21 μM 의 범위를 보이면서 다른 정점들에 비해서 비교적 높게 나타났으며, 봄에 30.21 μM 으로 측

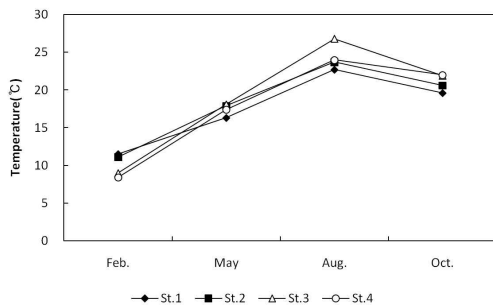


[그림 3] 조사 정점 염분의 계절 변동

III. 연구 결과

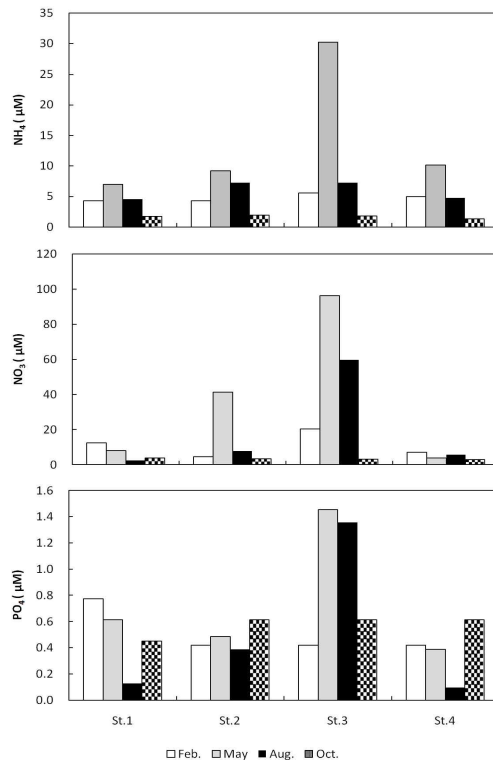
1. 조사지 수온, 염분 그리고 영양염류

각 정점에서 수온은 계절에 따라 8.4~26.8°C로 측정되었으며, 각 정점의 계절적 변화는 유사하였다[그림 2].



[그림 2] 조사 정점 수온의 계절 변동

염분의 경우 정점 1에서는 연평균 33.3 psu로 유사하였고, 정점 2와 4는 계절에 따라 28.4 psu~35 psu로 나타났다. 정점 3은 나머지 세 정점에 비하여 가장 큰 염분의 변동 폭을 보였다 [그림 3]. 영양염류는 암모니아, 질산염 및 인산염을 계절별, 정점별로 측정하였다[그림 4]. 암모니아는 계절에 따라 정점 1에 1.71~7.00 μM 의 범위로 나타났으며, 정점 2에서는 1.93~9.21 μM



[그림 4] 조사 정점 영양염류의 계절별 변동

정된 기간 중 가장 높게 나타났다. 정점 4에서는 1.29~10.14 μM 의 범위를 보였다. 질산염은 계절에 따라 정점 1에서 2.36~12.29 μM 의 범위로 나타났으며, 정점 2에서는 3.43~41.29 μM 의

범위를 보였다. 정점 3에서는 3.21~96.14 μM 의 비교적 높았으며, 봄에 96.14 μM 로 최대값을 보였다. 여름에 질산염 농도는 59.71 μM 로 비교적 높게 유지되었다. 정점 4는 2.86~6.93 μM 의 범위로 나타났다. 인산염은 계절에 따라 정점 1에서 0.13~0.77 μM 의 범위를 보였으며, 정점 2에서 0.39~0.61 μM 의 범위로 나타났다. 그리고 정점 3에서는 0.42~1.45 μM 의 범위를 보이며, 암모니

아, 질산염과 같이 봄에 비교적 높게 나타났다. 정점 4에서는 0.10~0.61 μM 의 범위를 보였다.

2. 종조성

연구기간 동안 이 지역에 출현한 해조류는 총 78종이었으며, 분류군별로는 녹조류(Chlorophyta) 9종, 갈조류(Phaeophyta) 17종, 홍조류(Rhodophyta)

<표 1> 조사 정점의 계절별 해조류 종조성

Species	Feb.				May				Aug.				Oct.				Total
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Chlorophyta																	
<i>Ulva pertusa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ulva linza</i>	+	+	+		+	+	+	+			+	+				+	
<i>Ulva intestinalis</i>																	+
<i>Ulva clathrata</i>		+															
<i>Ulva arasaki</i>								+									
<i>Monostroma nitidum</i>				+													
<i>Cladophora sp.</i>							+										
<i>Cladophora japonica</i>											+						+
<i>Bryopsis plumosa</i>	+																
Phaeophyta																	
<i>Undaria pinnatifida</i>		+					+										
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		+					+										
<i>Scytosiphon canaliculatus</i>		+															
<i>Sargassum thunbergii</i>	+	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+		+	+
<i>Sargassum horneri</i>	+		+	+			+	+					+			+	+
<i>Sargassum hemiphyllum</i>		+		+	+												
<i>Sargassum fusiforme</i>	+					+		+	+	+		+		+		+	+
<i>Sargassum confusum</i>		+		+		+		+									
<i>Rugulopteryx okamurae</i>		+			+	+				+				+			
<i>Petrospongium rugosum</i>								+									
<i>Myelophycus simplex</i>					+				+								
<i>Ishige sinicola</i>								+									+
<i>Ishige okamurae</i>								+					+	+		+	+
<i>Dictyota coriacea</i>		+					+						+	+		+	+
<i>Dictyopteris prolifera</i>									+				+				
<i>Colpomenia sinuosa</i>	+			+	+			+	+								+
<i>Colpomenia bullosa</i>	+			+	+												
Rhodophyta																	
<i>Symphycloadia latiuscula</i>	+	+			+	+	+	+	+	+			+	+			
<i>Pterocladia capillacea</i>	+	+							+	+	+	+	+				+
<i>Porphyra yezoensis</i>		+		+													
<i>Porphyra suborbiculata</i>	+		+	+				+									
<i>Polysiphonia morrowii</i>		+		+			+										
<i>Polyopes prolifer</i>	+	+			+												
<i>Polyopes affinis</i>	+				+	+			+				+				
<i>Polyneura japonica</i>	+				+				+								
<i>Plocamium telfairiae</i>	+				+				+				+				
<i>Neosiphonia japonica</i>	+	+	+	+		+	+									+	
<i>Neosiphonia elongella</i>																+	
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+	+
<i>Lomentaria catenata</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+			
<i>Laurencia venusta</i>						+	+	+	+			+	+	+		+	+

한국 부산 연안의 저서 해조상과 군집 구조

Species	Feb.				May				Aug.				Oct.				Total
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
<i>Laurencia pinnata</i>	+	+			+								+				
<i>Laurencia intricata</i>								+					+				
<i>Hypnea pannosa</i>	+																
<i>Hypnea charoides</i>	+								+	+			+				
<i>Heterosiphonia pulchra</i>					+												
<i>Heterosiphonia japonica</i>	+		+														
<i>Grateloupia turuturu</i>	+	+	+					+									
<i>Grateloupia sparsa</i>		+												+			
<i>Grateloupia lanceolata</i>		+		+	+	+	+		+				+	+			
<i>Grateloupia imbricata</i>									+								
<i>Grateloupia filicina</i>	+		+			+	+					+					
<i>Grateloupia elliptica</i>	+	+		+	+	+			+	+			+	+			
<i>Grateloupia divaricata</i>																+	
<i>Grateloupia cornea</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+					
<i>Grateloupia asiatica</i>						+											
<i>Gracilariopsis longissima</i>												+			+		
<i>Gloiopeltis furcata</i>	+				+				+								
<i>Gelidium amansii</i>	+		+	+	+		+	+									+
<i>Gayliella flaccida</i>						+											
<i>Delisea pulchra</i>									+								
<i>Cryptopleura ramosa</i>	+		+		+										+		
<i>Corallina pilulifera</i>	+	+			+	+		+	+	+		+	+	+		+	+
<i>Chondrus ocellatus</i>	+	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+
<i>Chondrus nipponicus</i>															+		
<i>Chondrophycus intermedius</i>									+	+		+	+				+
<i>Chondrophycus cartilagineus</i>		+		+	+												
<i>Chondria crassicaulis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+	+
<i>Chondracanthus tenellus</i>	+	+		+		+		+	+	+		+		+	+		
<i>Chondracanthus intermedius</i>	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>Champia parvula</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+		+		+			
<i>Ceramium kondoi</i>			+			+										+	
<i>Ceramium boydenii</i>	+		+														
<i>Caulacanthus ustulatus</i>								+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Campylaephora hypnaeoides</i>	+	+	+				+									+	
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aglaothamnion callophylicicola</i>														+			
<i>Acrosorium yendoii</i>	+		+						+								+
<i>Acrosorium polyneurum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+	+
Chlorophyta	3	3	2	2	2	2	3	3	1	1	3	2	1	1	2	3	9
Phaeophyta	5	8	1	6	6	6	2	8	5	3	0	2	5	5	1	7	17
Rhodophyta	32	24	16	16	23	22	14	16	26	16	7	14	23	16	8	12	52
Sum	40	35	19	24	31	30	19	27	32	20	10	18	29	22	11	22	78

52종으로 홍조식물이 66.7%로 가장 높은 비율로 출현하였다<표 1>.

계절별 출현종 수는 겨울과 봄에 55종으로서 가장 많이 출현하였으며, 가을에 47종, 여름에는 38종 순으로 나타났다. 정점별 종 수를 비교해 보면, 정점 1에서 총 57종으로 가장 많았고, 정점 2는 총 48종, 정점 4는 43종으로 나타났다. 정점 3에서

는 32종으로 가장 빈약한 출현종 수를 보였다.

각 정점에 따른 출현 해조류의 분류군별 구성 비율을 살펴보면, 정점 1에서 녹조류는 다른 계절에 비해 겨울에 7.5%로 비교적 높게 나타났고, 갈조류는 봄에 19.4%로 비교적 높게 나타났다. 반면 홍조류는 녹조류, 갈조류에 비해 계절에 상관없이 74.2~81.3%로 높은 구성비율을 나타냈다.

정점 2에서 녹조류는 계절에 따라 4.5~8.6%로 나타났다으며, 갈조류는 겨울, 봄 및 가을에 20~22.9%로 비교적 높은 비율을 보였으나, 여름에 15%로 비교적 낮게 나타났다. 홍조류는 정점 1과 마찬가지로 출현하는 문별 구성비율이 68.6~80%로 비교적 높았다. 정점 3은 녹조류와 갈조류가 계절에 따라 각각 10.5~30%, 0~10.5%로 구성됨으로써, 정점 3 외의 정점들과 달리 녹조류가 갈조류의 문별 구성 비율보다 높았다. 홍조류는 전체적으로 70~84.2%를 차지하며, 겨울에 84.2%로 비교적 높게 나타났다. 정점 4에서 녹조류는 정점 1과 2에 비해 비교적 높은 8.3~13.6%의 범위로 나타났다. 갈조류는 여름에 11.1%로 비교적 낮게 나타난 반면, 가을에는 31.8%로 높게 증가하였다. 홍조류는 겨울, 봄 그리고 가을에 54.5~66.7%로 정점 1, 2 그리고 3에 비해 홍조류의 문별 구성 비율이 비교적 낮았다.

연중 출현 한 종은 총 22종으로, 녹조류 2종, 갈조류 4종 그리고 홍조류 16종이 나타났으며, 이중 홍조류가 약 72.7%로 높은 비율을 기록했다.

3. 생물량과 피도

본 연구에서 분석된 부산연안의 해조류의 생물량과 피도는 <표 2>와 같다.

계절별 평균 생물량은 봄에 263.3 g dry wt m^{-2} 으로 가장 많이 나타났고, 겨울에 가장 적은 100 g dry wt m^{-2} 로 나타났다. 겨울에 정점 1에서는 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)이, 정점 2에서는 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*)이 비교적 높은 생물량을 나타냈으며, 정점 3에서는 중요도가 5.0 이상으로 분석된 종 모두 각각 30 g dry wt m^{-2} 이상으로 나타났다. 정점 4에서는 우뚝가사리(*Gelidium amansii*)가 22.7 g dry wt m^{-2} 로 비교적 높게 나타났다. 봄에 정점 1에서는 참보라색우무(*Symphocladia latiuscula*)이, 정점 2에서는 작은구슬산호말이 비교적 높은 생물량을 나타냈으며, 정점 3에서는 중요도가 60.5로 두드러

지게 높게 나타난 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)가 생물량 또한 116.2 g dry wt m^{-2} 으로 높게 나타났다. 정점 4에서는 지층이(*Sargassum thumbergi*)가 306.5 g dry wt m^{-2} 로 상당히 높은 생물량을 나타냈다. 여름과 가을에는 정점 1과 2에서 작은구슬산호말의 생물량이 다른 해조류에 비해 많이 나타났으며, 정점 3과 4에서는 갈파래류의 생물량이 비교적 많이 나타났다. 각 정점별 연평균 생물량은 정점 2에서 284.4 g dry wt m^{-2} 으로 다른 정점에 비해 가장 많았으며, 정점 3은 118.9 g dry wt m^{-2} 으로 가장 적은 생물량을 보였다.

계절별 해조류의 평균 피도는 겨울에 18.7%로 낮았고, 가을에 33.3%로 가장 높게 나타났다. 겨울에 정점 1에서는 구멍갈파래(3.6%)가, 정점 2에서는 매끈이고리매(*Scytosiphon canaliculatus*, 10.7%)의 피도가 가장 높았고, 정점 3에서는 앞갈파래(*Ulva linza*)가 9.3%의 피도 값으로 가장 높았다. 정점 4에서는 방사무늬김(*Porphyra yezoensis*)이 7.3%로 높게 나타났다. 봄에는 구멍갈파래의 피도가 각 정점에서 높게 나타났다. 여름에는 정점 1에서 구멍갈파래의 피도가 15.8%로 가장 높았으며, 정점 2에서는 작은구슬산호말의 피도가 10.9%로 가장 높게 나타났다. 정점 3에서는 여름에 앞갈파래의 피도가 급격히 증가하여 17.2%로 가장 높은 피도값을 가진다. 정점 4에서도 앞갈파래의 피도는 14.7%로 높게 나타났다. 가을에 정점 2를 제외한 모든 정점에서 구멍갈파래의 피도가 높게 나타나는데, 그 중 정점 3은 구멍갈파래의 피도는 32.4%로 계절별 가장 높았다. 각 정점별 연평균 피도(%)는 정점 3에서 35.8%로 가장 높은 피도 값을 보였으며, 정점 1은 21.7%로 가장 낮은 피도를 보였다.

4. 중요종

이번 조사에서 분석된 부산 연안의 중요도(IV) 5 이상인 주요 종은 <표 2>와 같다. 중요도의 순위에 따른 계절별 제 1, 2 주요 종을 살펴보면,

한국 부산 연안의 저서 해조상과 군집 구조

<표 2> 조사 정점의 계절별 해조류의 생물량, 피도 그리고 주요종

Month	Species	Site											
		1			2			3			4		
		C. ¹	B. ²	IV. ³	C.	B.	IV	C.	B.	IV	C.	B.	IV
Feb.	<i>Ulva pertusa</i>	3.6	12.1	18.9	5.2	8.3	11.4	6.8	35.6	31.2	0.7	5.8	7.1
	<i>Ulva linza</i>	1.6	1.1	7.7	1.5	1.7	7.1	9.3	35.5	34.0			
	<i>Sargassum horneri</i>	1.2	33.8	7.4									
	<i>Porphyra suborbiculata</i>	2.7	1.5	12.8							5.3	2.1	19.4
	<i>Chondria crassicaulis</i>	2.0	19.1	11.3	2.1	15.7	5.5	4.7	36.6	19.4			
	<i>Polyopes affinis</i>	1.0	17.0	6.7									
	<i>Scytosiphon canaliculatus</i>				10.7	20.9	23.4						
	<i>Lomentaria catenata</i>				2.5	37.9	8.1						
	<i>Acrosorium polyneurum</i>				1.6	20.2	6.3						
	<i>Corallina pilulifera</i>				1.3	61.4	6.0						
	<i>Porphyra yezoensis</i>										7.3	8.3	24.1
	<i>Monostroma nitidum</i>										1.7	2.4	9.9
	<i>Gelidium amansii</i>										2.2	22.7	9.4
Total	12.1	84.6		24.9	166.0		20.8	107.8		17.1	41.4		
May	<i>Ulva pertusa</i>	9.2	37.2	23.1	20.9	57.9	41.6	27.9	116.2	60.5	18.6	61.6	45.1
	<i>Ulva linza</i>	3.5	5.9	7.6				8.3	11.1	14.7	3.5	7.3	9.0
	<i>Sargassum thunbergii</i>	2.2	63.1	6.0							8.9	306.5	19.2
	<i>Sargassum fusiforme</i>										2.5	27.9	5.8
	<i>Chondria crassicaulis</i>				1.6	18.6	5.1	2.7	21.2	7.4			
	<i>Corallina pilulifera</i>				3.5	136.3	10.5						
	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>				4.5	58.0	9.2						
	<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	9.2	85.5	18.8									
	<i>Gloiopeltis furcata</i>	2.2	8.5	8.8									
	<i>Lomentaria hakodatensis</i>	2.6	30.2	6.5									
Total	28.9	230.5		30.4	270.8		38.9	148.4		33.4	403.4		
Aug.	<i>Ulva pertusa</i>	15.8	75.6	41.3	2.8	23.1	18.9	4.1	17.7	30.1	5.3	57.8	26.2
	<i>Ulva linza</i>							17.2	32.4	63.1	14.7	33.6	49.7
	<i>Sargassum thunbergii</i>				0.9	82.0	6.2				3.0	42.1	7.6
	<i>Corallina pilulifera</i>	4.6	151.4	15.3	10.9	290.4	46.5						
	<i>Chondria crassicaulis</i>				0.8	11.1	7.4				1.7	15.4	7.3
	<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	2.7	51.9	7.3									
	<i>Polyopes affinis</i>	2.0	20.3	6.0									
	Total	20.3	299.2		15.4	406.5		21.3	50.1		24.6	148.9	
Oct.	<i>Ulva pertusa</i>	9.2	27.2	22.2				32.4	72.2	48.3	22.1	58.7	77.4
	<i>Ulva linza</i>							29.9	96.9	45.8			
	<i>Sargassum thunbergii</i>				4.3	111.0	16.4						
	<i>Chondria crassicaulis</i>				4.7	30.0	18.5						
	<i>Corallina pilulifera</i>	1.9	71.7	9.4	8.8	136.2	29.2						
	<i>Symphyclocladia latiuscula</i>	8.6	86.8	19.2	1.8	12.5	8.3						
	<i>Laurencia pinnata</i>	3.8	13.1	9.4									
	<i>Dictyopteris prolifera</i>	2.1	12.5	5.3									
	<i>Caulacanthus ustulatus</i>				1.8	4.4	6.7						
	<i>Sargassum fusiforme</i>										1.7	9.1	6.4
Total	25.6	211.3		21.4	294.2		62.3	169.2		23.8	67.8		
Mean	21.7	206.4		23.0	284.4		35.8	118.9		24.7	165.4		

C: Coverage, B: Biomass(g dry wt m⁻²), IV: Important value

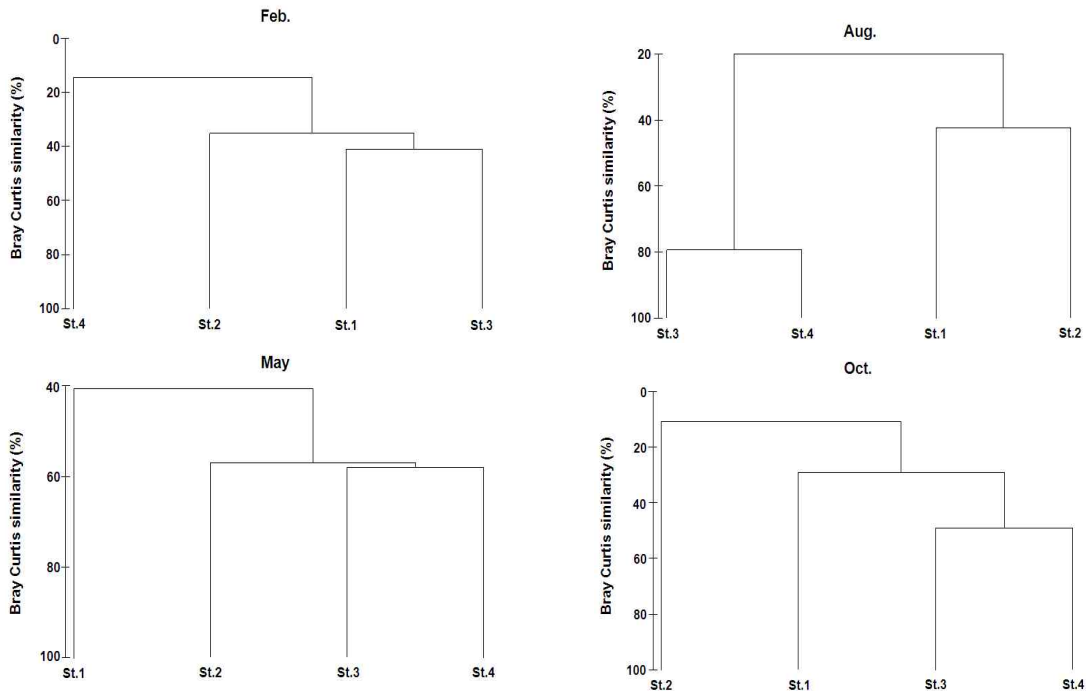
정점 1의 겨울에는 구멍갈파래(18.9), 둥근돌김 (*Porphyra suborbiculata*, 12.8), 봄에는 구멍갈파래 (23.1), 참보라색우무(18.8), 여름에는 구멍갈파래 (41.3), 작은구슬산호말(15.3), 가을에는 구멍갈파래(22.2), 참보라색우무(19.2)로 나타났다. 정점 2의 겨울에는 매끈이고리매(23.4), 구멍갈파래 (11.4), 봄에는 구멍갈파래(41.6), 작은구슬산호말 (10.5), 여름에는 작은구슬산호말(46.5), 구멍갈파

래(18.9), 가을에는 작은구슬산호말(29.2), 개서실 (*Chondria crassicaulis*, 18.5)로 나타났다. 정점 3의 겨울에는 잎갈파래(34.0), 구멍갈파래(31.2), 봄에는 구멍갈파래(60.5), 잎갈파래(14.7), 여름에는 잎 갈파래(63.1), 구멍갈파래(30.1), 가을에는 구멍갈 파래(48.3), 잎갈파래(45.8)로 나타났다. 정점 4의 겨울에는 방사무늬김(24.1), 둥근돌김(19.4), 봄에는 구멍갈파래(45.1), 지충이(19.2), 여름에는 잎갈

파래(49.7), 구멍갈파래(26.2), 가을에는 구멍갈파래(77.4), 툇(*Sargassum fusiforme*, 6.4)으로 나타났다. 모든 정점에서 구멍갈파래가 중요도가 높은 주요 종으로 나타났으며, 정점 3의 경우에는 구멍갈파래가 계절에 상관없이 중요도 30 이상으로 높은 우점율을 보였다. 정점 별 주요 종 수(IV > 5)는 정점 1이 가장 풍부 하였으며, 정점 3이 상대적으로 빈약하였다.

4. 집괴분석

유사도에 근거한 계절별 정점 간의 집괴분석

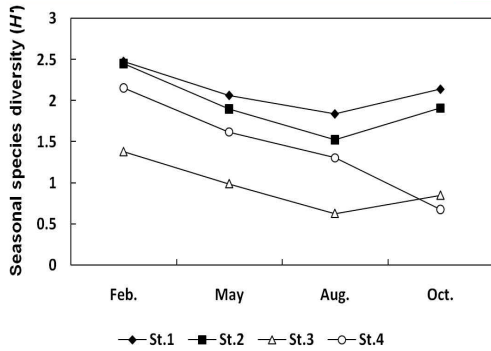


[그림 5] 유사도 결과에 근거한 계절별 정점 간의 집괴분석

해조류의 정점별 평균 피도를 이용하여 산출한 종 다양성 지수(H')값은 정점 1에서 1.83~2.47의 범위로 4개의 정점 중 가장 높았고, 계절에 따라 여름에 1.83으로 가장 낮았으며, 겨울에 2.47로 높게 나타났다. 정점 2에서는 1.51~2.45의 범위로 정점 1에 비하여 다소 낮았지만 큰 차이는 없었

결과, 겨울에는 유사도 40% 수준에서 정점 1, 2 그리고 3이 한 그룹으로 나타났으며, 정점 4는 별개의 그룹으로 구분되었다. 봄에는 유사도 60% 수준에서 정점 2, 3 그리고 4가 한 그룹으로 나타났고, 정점 1은 별개의 그룹으로 구분되었다. 여름에는 비교적 높은 80%의 유사도 수준에서 정점 3과 4가 한 그룹이 되었고, 유사도 40%수준에서 정점 1과 2가 한 그룹으로 나타났다. 가을에는 다시 유사도 30% 수준에서 정점 1, 3 그리고 4가 한 그룹으로 나타났고, 정점 2가 별개의 그룹으로 구분되었다[그림 5].

다. 반면 정점 3에서는 0.62~1.38의 범위로 4개의 정점 중 가장 낮은 값을 보였다. 정점 4의 종 다양성 지수는 0.67~2.15의 범위로 나타났으며, 정점 1, 2 그리고 정점 3과는 달리 가을에 0.67로 가장 낮은 종 다양성 지수를 보였다[그림 6].



[그림 6] 종 다양성 지수(H')

IV. 고찰 및 결론

본 연구에서 관찰된 해조류의 총 출현종 수는 78종으로 과거 부산 지역 내의 영도(최창근, 2007), 용호동(남기완·김영식, 1999), 동백섬(Lee & Kang, 1971; Yoo, 2003), 기장(Lee et al., 1984; Choi et al., 2010) 그리고 일광만(강필준 외, 2008)에서 조사된 종 수보다 적었다<표 3>. 이러

<표 3> 부산지역 내 조사된 종 수 및 생물량 비교

Site	Number of species	Biomass (gm ⁻²)	References
Youngdo	69	nd ¹	최창근(2007)
Yongho-dong	96	1,241~1,648(W ²)	남기완·김영식(1999)
Dongbaekseom	82	nd	Yoo(2003)
Kijang-intertidal zone	127	242~262(D ³)	Lee et al.(1984)
Kijang-subtidal zone	59	850(W)	Choi et al.(2010)
Ilkwang	103	95.7(D)	강필준 외(2008)
Gadeokdo(w) ⁴	43	165(D)	This study
Gadeokdo(e) ⁵	32	119(D)	This study
Morundae	48	284(D)	This study
Kijang	55	206(D)	This study

nd: No data, W: Wet weight, D: Dry weight, Gadeokdo(w): Gadeokdo west, Gadeokdo(e): Gadeokdo east

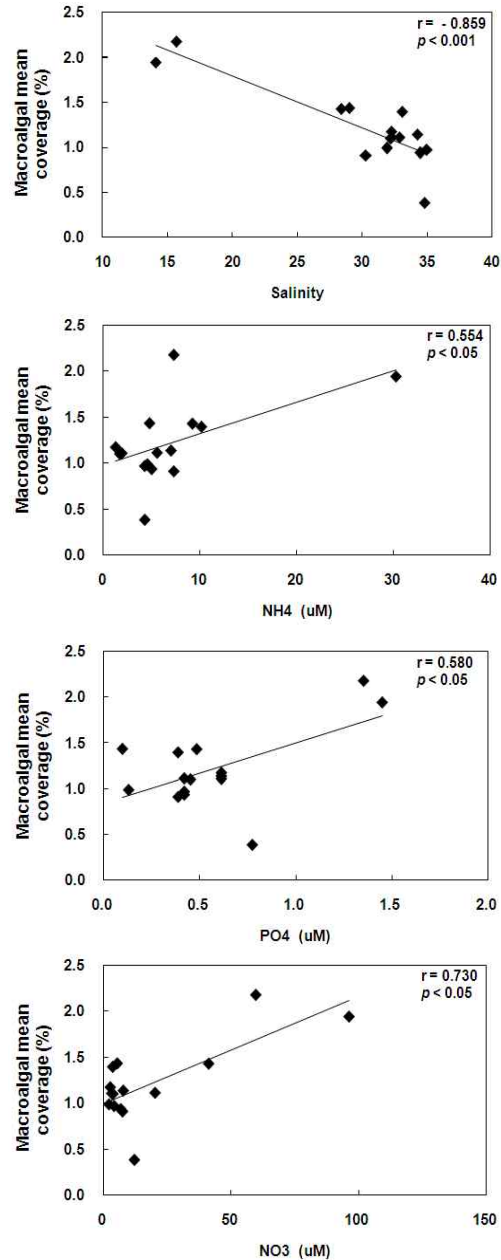
한 결과는 2000년대 이후 부산 인근의 해조류 출현종 수의 감소(최창근, 2007; 강필준 외, 2008)와 그 경향을 같이 하는 것으로, 최창근(2007)과 강필준 외(2008)의 연구 결과에서도 언급된 바와 같이 주로 인근 해역 개발 사업에 따른 연안 오염에 그 원인이 있는 것으로 판단된다.

Wilkinson 외(1995)에 따르면 연안 지역과 하구지역은 서로 다른 해조류의 종조성 패턴을 보이는데, 본 조사에서도 계절에 상관없이 외양수의 영향만을 받는 연안지역에 위치한 정점 1은 가장 많은 57종이, 낙동강 하구에 위치해 담수의 영향을 항상 받는 정점 3은 가장 적은 32종이 관찰되는 서로 다른 해조상적 특성을 나타냈다. 이는 Josselyn(1985)에 의해서도 언급된 바와 같이 염분 변동이 큰 하구지역에 잘 적응된 종이 적기 때문에 사료된다. 정점에 따른 출현 해조류의 분류군별 구성비율은 연안지역인 정점 1, 2 및 4에서 홍조류(정점1: 75.4%, 정점2: 72.9%, 정점4: 60.5%), 갈조류(정점1: 19.3%, 정점2: 20.8%, 정점4: 25.6%), 녹조류(정점1: 5.3%, 정점2: 6.3%, 정점4: 14.0%)의 순으로 나타났다. 이에 비하여 낙동강 하구역의 정점 3에서는 홍조류(81.3%), 녹조류(12.5%), 갈조류(6.3%) 순으로 관찰되어서 녹조류의 출현비율이 갈조류를 상회하였다. 이러한 결과는 강필준 외(2008)의 보고에서도 확인할 수 있으며, 담수의 영향에 기인하는 염분과 영양염이 가장 관련이 깊은 것으로 판단된다.

4개의 조사 정점별 연평균 해조류의 생물량(g dry wt m⁻²)은 118.9~284.4 g dry wt m⁻²로서 전체의 연평균 생물량은 193.8 g dry wt m⁻²로 나타났다. 이는 일광의 약 95.7 g dry wt m⁻²(강필준 외, 2008), 기장의 242~262 g dry wt m⁻²(Lee et al., 1984)과 유사한 수준으로 볼 수 있다<표 3>. 이전의 연구(강필준 외, 2008; Lee et al., 1984)에 비해 종 수가 감소하였음에도 불구하고, 비교적 비슷한 생물량이 관찰되는 이유는 개체별 생물량이 높은 모자반류인 지충이, 산호말

류인 작은구슬산호말의 지속적 출현 및 높은 우점율에 의한 것으로 사료된다. 각 정점별 단위면적당 해조류의 연평균 생물량은 연안지역인 정점 1, 2 및 4에 비하여 낙동강 하구역의 정점 3에서 118.9 g dry wt m^{-2} 으로 비교적 적었으나, 해조류의 연평균 피도값은 35.8%을 나타냄으로서 정점 1(21.7%), 2(23%) 및 4(24.7%)에 비해 비교적 높게 나타났다<표 2>. 이와 같이 높은 피도에도 불구하고 적은 생물량의 기록은 정점 3에서 피도 대비 적은 생물량을 나타내는 엽상형인 구멍갈파래와 잎갈파래에 의하여 우점 되었기 때문으로 사료된다. 이러한 소수종에 의한 우점 현상은 종 다양성 지수를 통해서도 확인할 수 있다[그림 6]. 해조류의 피도를 이용하여 산출한 종 다양성 지수(H')은 정점 1에서 1.83~2.47의 범위로 4개 정점 중 가장 높았고, 정점 2에서는 1.51~2.45의 범위로 정점 1에 비하여 다소 낮았지만 주목 할 만한 차이는 아니었다. 이에 비해 정점 3과 4에서는 각각 0.62~1.38과 0.67~2.15의 범위에 비교적 낮은 값을 보임으로써 상대적으로 특정 종에 의한 높은 우점성을 나타내었다. 이러한 결과는 유입 담수에 대한 노출(정점 3)과 홍기훈과 김경태(1991)에 의해서도 언급된 바와 같이 내만성 부영양화(정점 4)가 직접적인 원인인 것으로 생각된다.

Josselyn (1985)은 염분이 해조류의 종조성과 피도를 결정하는 주요 요인이며, 염분 농도에 따라 다른 해조상을 보인다고 언급하였다. 이번 연구에서도 전체 해조류 군집의 피도와 염분은 음의 상관관계를 보였다($r=-0.859$, $p<0.001$). 이에 비하여 암모니아는 전체 해조류 평균 피도와 양의 상관관계를 나타냈으며($r=0.554$, $p<0.05$), 인산염($r=0.580$, $p<0.05$)과 질산염($r=0.730$, $p<0.05$) 또한 전체 해조류 평균 피도와 양의 상관관계를 나타냈다[그림 7]. 이러한 상관성은 비교적 높은 영양염 수준의 하구역과 폐쇄성 내만에서 보여지는 녹조류의 번무현상과 관련이 있는데(Martins et al., 2007; Fox et al., 2008), 일반적으로 번무의



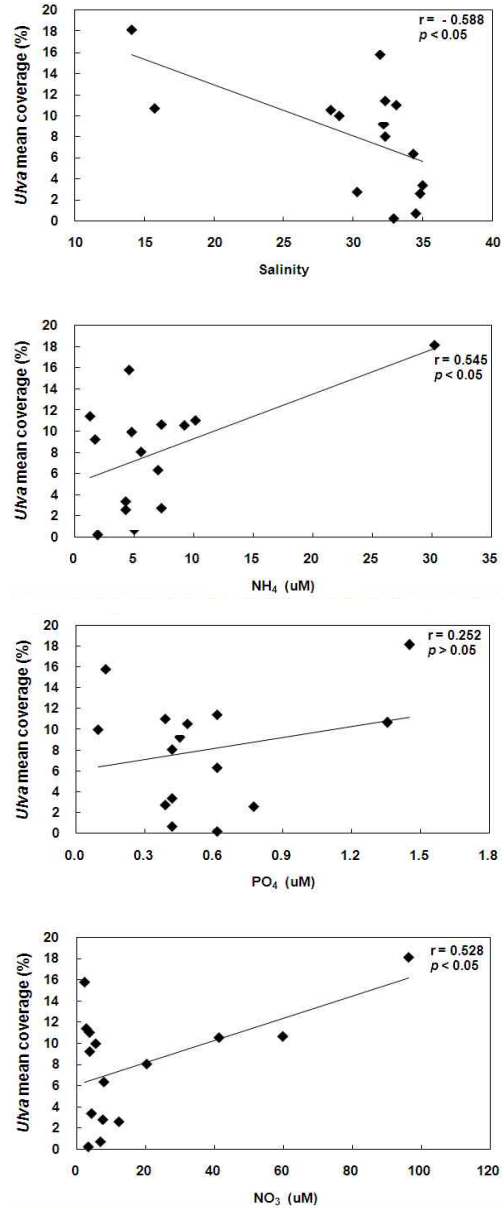
[그림 7] 조사 정점 내 해조류 군집의 피도와 환경요인(염분, 암모니아, 인산염, 질산염)사이의 상관관계

주요 종으로는 창자갈파래(*Ulva intestinalis*), 구멍갈파래, 참갈파래(*Ulva lactuca*)와 같은 갈파래류가 알려져 있다(Kamer & Fong, 2000; Barr et

al., 2008; Arevalo et al., 2007). 이 중에서 가장 높은 식피율을 나타내는 구멍갈파래와 잎갈파래를 대상으로 염분과 영양염의 상관관계를 분석한 결과, 갈파래류의 평균 피도와 염분은 음의 상관관계($r=-0.588$, $p<0.05$)를, 암모니아는 양의 상관관계($r=0.545$, $p<0.05$)를, 질산염 또한 양의 상관관계($r=0.528$, $p<0.05$)를 나타냈다[그림 8]. 이것은 비교적 높은 영양염 수준과 낮은 염분농도에서 갈파래류의 강한 적응력을 시사하는 것으로 정점 3과 4에서 높은 식피에 대한 설명이 가능하다.

유사도에 근거한 계절별 정점간의 집괴분석 결과, 봄에는 유사도 60% 수준에서 정점 2, 3 및 4가 한 그룹으로 나타났고, 여름에는 비교적 높은 80%의 유사도 수준에서 정점 3과 4가 한 그룹을 이루었다. 이는 환경요인에 영향을 미치는 담수의 영향 범위 변화에 의한 것으로 사료된다. 일반적으로 하구둑의 방류량은 하구역의 염분 및 영양염과 밀접한 관계가 있다(Lillebo et al., 2005). 낙동강 하구둑의 방류량은 강우량이 많고, 증발량이 상대적으로 적은 봄과 여름에 증가하며(박순 외, 2008), 이 처럼 계절에 따라 달라지는 방류량은 담수의 유출량을 조절하여 낙동강 하구의 환경요인 변화에 영향을 미친다. 국가해양환경측정망의 자료로부터 2003~2008년의 계절별로 측정된 염분 자료 중 계절에 따라 그 변화가 나타나는 정점 2, 3 및 4와 가장 인접한 지역에서 조사된 자료와 기상청으로부터 제공된 강우량의 계절별 평균 자료를 사용하여 분석한 결과 염분은 강우량과 음의 상관관계($r=-0.583$, $p<0.001$)를, 영양염과 강우량은 양의 상관관계(Martins et al., 2001; Lillebo et al., 2005)를 나타냈다. 따라서, 정점 2와 4가 연안지역임에도 불구하고 계절에 따라 하구역인 정점 3과 높은 유사도 수준을 보이는 것은 담수 유입량과 그 영향 범위의 확장 정도에 따른 것으로 해석되며, 정점 3과 4가 여름에 비교적 높은 유사도를 보이는 것은 낙동강 하구로 복상하는 해류에 의해서 가덕도 방향으로 편향하는 낙동강 유출수(장성태·김기철, 2006)의

영향으로 보인다.



[그림 8] 조사 정점 내 해조류 군집 중 갈파래류의 피도와 환경요인(염분, 암모니아, 인산염, 질산염)사이의 상관관계

결론적으로, 부산연안의 해조 식생은 이전의 연구에 비해 중 수는 대체적으로 감소했으나 갈

파래류의 번무와 생물량이 비교적 높은 모자반류와 산호말류가 우점함으로써 생물량은 크게 낮아지지 않았다. 특히 낙동강 하구역은 연안지역과 달리 종 다양도가 낮음에도 불구하고 비교적 높은 연평균 피도가 관측되는 것은 엽상형 갈파래류의 번무에 기인한다. 이러한 현상은 진해만의 부영양화된 수괴 영향과 봄 여름 동안 담수가 유입되는 연안지역의 정점 4에서도 관찰되었다. 이는 이 지역의 해조 식생이 주로 염분과 영양염에 중요하게 영향을 받고 있음을 시사한다고 볼 수 있다. 따라서 부산 연안 지역의 해조식생이 계절에 따라 변동하는 일반적인 물리, 화학, 생물학 및 역학적 요인들에 의해 영향을 받고 있는데 비하여, 낙동강 하구역의 해조 군집의 시공간적 변화는 주로 염분과 영양염의 농도에 영향을 주는 강우량과 담수의 유출량(방류량)에 의해 조절되는 것으로 판단된다.

참고 문헌

- 강제원(1968). 한국동식물도감 제8권 식물편(해조류), 문교부, 11~367.
- 강필준 · 김영식 · 남기완(2008). 한국 일광만 저서 해조류의 해조상과 군집구조, 한국조류학회지 23(4). 317~326.
- 남기완 · 김영식(1999). 부산 용호동 일대의 저서 해조상 및 군집구조, 한국수산과학회지 32(3). 374~384.
- 박순 · 윤한삼 · 이인철 · 김헌태(2008). 낙동강 하구역 해양물리환경에 미치는 영향인자 비교분석(I) - 하구둑 방류량과 기상인자, 해양환경안전학회지 14(2). 111~117.
- 양성렬 · 송환석 · 문창호 · 권기영 · 양한섭(2001). 낙동강 하구역의 담수유입에 따른 해양환경 및 일차생산력 변화, 한국조류학회지 16(2). 165~177.
- 유창일 · 윤한삼 · 박효봉(2008). 낙동강 하구역 해양물리환경에 미치는 영향인자 비교분석(II) - 춘계 국지 해양파랑과 기상인자, 해양환경안전학회지 14(2). 119~125.
- 이기완 · 강제원(1971). 해운대 동백섬의 해조상 및 해조군락(예보). 부산수산대학 임해연구소 연구보고 4. 29~37.
- 이인규 · 김훈수 · 고철환 · 강제원 · 홍성운 · 부성민 · 김일희 · 강영철(1984). 한국연안해역의 저서생물군집에 관한 연구 II. 동남연안의 군집구조에 관한 정성 정량적 분석. 서울대학교 자연과학대학보 9. 71~126.
- 임정현 · 최진휴 · 김준호 · 윤한삼 · 류청로(2010). 대도심 하구역 개발과 보전의 융합이용모형 개발 연구-낙동강 하구역을 중심으로, 수산해양교육연구 22(4), 589~603.
- 장상태 · 김기철(2006). 낙동강 하구에서의 해양환경 변화, 한국해양학회지 11(1). 11~20.
- 최창근(2007). 부산 영도의 해조상과 곰피(*Ecklonia stolonifera* Okamura) 군락, 한국조류학회지 22(4). 313~318.
- 홍기훈 · 김경태(1991). 영양염류가 풍부한 온대해역 내만(한국, 진해만)에서의 영양염류와 용존 산소의 연변화, 한국해양학회지 26(3). 204~222.
- Amsler, C. D., Rowley, R. J., Laur, D. R., Quetin, L. B. & Ross, R. M.(1995). Vertical distribution of Antarctic peninsular macroalgae: cover, biomass and species composition. *Phycologia* 34(5), 424~430.
- Arevalo, R., Pinedo, S. & Ballesteros, E.(2007). Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae, *Marine pollution bulletin* 55(1-6), 104~113.
- Barr, N. G., Kloeppel, A., Rees, T. A. V., Scherer, C., Taylor, R. B. & Wenzel, A.(2008). Wave surge increases rates of growth and nutrient uptake in the green seaweed *Ulva pertusa* maintained at low bulk flow velocities, *Aquatic biology* 3. 179~186.
- Bray, J. R. & Curtis, J. T.(1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin, *Ecological Monographs* 27(4), 325~349.
- Cheney, D. F.(1977). R&C/P, a new and improved ratio for comparing seaweed floras. *Journal of phycology* 13(Supplement s2). 12.
- Choi, C. G., OH, S. J. & Kang, I. J.(2010). A study on the community structure of subtidal

- marine algae in Kijang, Korea. Faculty of agriculture, Kyushu university 55(1), 39~46.
- Fox, S. E., Stieve, E., Valiela, I., Hauxwell, J. & McClelland, J.(2008). Macrophyte abundance in Waquoit bay: Effects of land-derived nitrogen loads on seasonal and multi-year biomass patterns, *Estuaries and coasts* 31(3), 532~541.
- Garrison, T.(2004). *Oceanography an invitation to marine science*. Sigma press, Seoul, Korea., 277~278.
- Josselyn, M.(1985). Do nutrients or physical factors control macroalgal growth in temperate estuaries? *Estuaries* 8(2B), 304.
- Kamer, K. & Fong, P.(2000). A fluctuating salinity regime mitigates the negative effects of reduced salinity on the estuarine macroalga, *Enteromorpha intestinalis*(L.) link, *Journal of experimental marine biology and ecology* 254(1), 53~69.
- Kang, J. W.(1966). On the geographical distribution of marine algae in Korea, *Bulletion Pusan Fisheries College* 7, 1~125.
- Lillebo, A. I., Neto, J. M., Martins, I., Verdelhos, T., Leston, S., Cardoso, P. G., Ferreira, S. M., Marques, J. C. & Pardal, M. A.(2005). Management of a shallow temperate estuary to control eutrophication: The effect of hydrodynamics on the system's nutrient loading, *Estuarine, Coastal and shelf science* 65(4), 697~707.
- Lotze, H. K. & Schramm, W.(2000). Ecophysiological traits explain species dominance patterns in macroalgal blooms, *Journal of phycology* 36(2), 287~295.
- Martins, I., Pardal, M. A., Lillebo, A. I., Flindt, M. R. & Marques, J. C.(2001). Hydrodynamics as a major Factor controlling the occurrence of green macroalgal blooms in a eutrophic estuary: A case study on the influence of precipitation and river management, *Estuarine, Coastal and shelf science* 52(2), 165~177.
- Martins, I., Lopes, R. J., Lillebo, A. I., Neto, J. M., Pardal, M. A., Ferreira, J. G. & Marques, J. C.(2007). Significant variations in the productivity of green macroalgae in a mesotidal estuary: Implications to the nutrient loading of the system and the adjacent coastal area, *Marine pollution bulletin* 54(6), 678~690.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H.(1974). *Aims and methods of vegetation Ecology*, Wiley press, New York, U.S.A., 547.
- Nelson, T. A., Haberlin, K., Nelson, A. V., Ribarich, H., Hotchkiss, R., Van Alstyne, K. L., Buckinham, L., Simunds, D. J. & Fredrickson, K.(2008). Ecological and physiological controls of species composition in green macroalgal blooms, *Ecology* 89(5), 1287~1298.
- Saito, Y. & Atobe, S.(1970). Phytosociological study of intertidal marine algae, 1. Usujiri Bente-Jima, Hokkaido. *Bulletin of faculty of fisheries Hokkaido university* 21(2), 37~69.
- Teichberg, M., Fox, S. E., Olsen, Y. S., Valiela, I., Martinetto, P., Iribarne O., Muto E. Y., Petti M. A. V., Corbisier T. N., Soto-Jimenez M., Paez-Osuna F., Castro P., Freitas H., Zitelli A., Cardinaletti M., Tagliapietra D. (2010). Eutrophication and macroalgal blooms in temperate and tropical coastal waters: nutrient enrichment experiments with *Ulva spp* *Global change biology* 16(9), 2624~2637.
- Underwood, A. J.(1981). Structure of a rocky intertidal community in New South Wales: Patterns of vertical distribution and seasonal changes, *Journal of experimental marine biology and ecology* 51(1), 57~85.
- Wilkinson, M., Telfer, T. & Grundy, S.(1995). Geographical variation in the distributions of macroalgae in estuaries, *Aquatic ecology* 29(3-4), 359~368.
- Yoo, J. S.(2003). Biodiversity and community structure of marine benthic organisms in the rocky shore of Dongbaekseom, Busan. *Algae* 18(3), 225~232.

-
- 논문접수일 : 2012년 10월 17일
 - 심사완료일 : 1차 - 2012년 11월 01일
 - 게재확정일 : 2012년 11월 02일