태안화력발전소 주변 해조군집의 생태 연구

유종수* · 김영환¹

(한국해양대학교 해양과학기술연구소, ¹충북대학교 생명과학부)

Ecological Study of the Marine Algal Community at the Coast of Taean Thermal Power Plant, Korea

Jong Su Yoo* and Young Hwan Kim¹

Research Institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University, Busan 606-791 and

¹Division of Life Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

The community structure of benthic marine algae was investigated at Taean Thermal Power Plant and other places around Taean Peninsula, the west coast of Korea. Total of 100 species including 3 Cyanophyta, 14 Chlorophyta, 18 Phaeophyta, and 65 Rhodophyta were identified. The number of species was highest with 78 species at the Power Plant intake, followed by 61 at the discharge, 56 at Bunjeondo, and 50 at Maoe. It was noteworthy that a subtropical species *Caulerpa okamurae* was collected at the intake in autumn and it was the first observation in the west coast of Korea. The pattern of vertical algal distribution showed *Gloiopeltis furcata* occurred in the upper intertidal zone, *Sargassum thunbergii* and *Corallina* spp. in the middle and lower zone and *Enteromorpha* spp. in the lower middle zone. These were all dominant species except for *Enteromorpha* spp., which was subdominant species. Other subdominant species were *Chondrus ocellatus* and *Neorhodomela aculeata*. The average diversity indices were between 0.70 and 1.20 at each area based on their dry weight. The similarity index was 0.79 between the algal flora of this study and that of 1987, indicating that the condition of the benthic environment remained unchanged since then. This area maintained its environmental quality, so the algal community remained same with similar structure. This study area seemed a suitable place for long term monitoring of the benthic environment where industrial facilities such as a power plant might affect the benthic algal community.

Key Words: benthic marine algae, community structure, flora, species diversity, Taean Thermal Power Plant

서 론

산업의 급속한 발달과 생활수준의 향상에 따라 전력수요는 날로 급증하고 있으며, 최근 이를 충당하기 위한 대용량 발전소의 건설이 불가피한 실정에 있다. 기력발전소의 가동은 다량의 냉각수가 필수적인데, 우리나라의 경우 냉각수를 확보할 목적으로 대다수의 발전소가 해안이나 하천에 건설되어 있다.

기력발전소의 가동이 주변 해양환경에 미치는 영향을 보면, 먼저 냉각 계통에 부착하는 생물을 제거하기 위하여 사용하는 화학물질과 냉각수로 사용된 다량의 온배수를 들 수

있다(Blake *et al.* 1976; 김과 이 1986; Langford 1990). 주변 생태계로 방류된 다량의 온배수는 각 생물군이 갖는 물리·화학적 리듬에 영향을 초래하게 된다. 이런 열에너지의 연속적인 첨가는 종국적으로 수생태계 생물다양성의 변화를 가져오게 되는데, 특히 부착해조류와 같은 고착성 생물의 종조성이나 군집구조에 변화를 야기시킬 수 있다(Roessler 1971; Thorhaug 1974; Kolehmainen *et al.* 1975; 김과 최 1995). 이러한 환경영향에 따른 해양생태계의 변모를 평가하기란 쉬운 일이 아니다. 이는 생물의 생존에 영향을 주는 요인이 다양할 뿐 아니라 그 요인들 또한 생물군마다 다르게 작용하기 때문이다. 따라서 발전소의 건설과 가동에 따른 영향을 평가하기 위해서는 다양한 연구가 수행되어야 하며, 특히 건설 이전의 체계적이고 광범위한 기초자료의 축적 없이는 그것이 어떤 영향을 주었으며, 앞으로 어떤 방향성을 갖고 생태

*Corresponding author (jsyoo@hhu.ac.kr)

계를 변화시킬 것인가에 대한 예측이 불가능하기 때문이다.

우리나라에서 발전소의 건설과 가동에 따른 해조식생의 변화 양상을 주기적으로 연구한 경우는 극히 드물며(김과 이 1980; 김 1986; 김과 유 1992; 김과 허 1998), 이들 또한 건설이 완료되고 가동을 시작하는 시점에서 조사가 이루어져 건설과 가동에 따른 식생변화의 기준자료가 빈약한 실정이다. 특히 주기적인 연구의 미비에 따른 자료 축적이 빈약하여 해양생태계의 변화에 의한 식생의 변동 예측모델을 제시한 경우는 전무한 실정에 있다.

태안화력발전소가 위치한 태안군 원북면 학암포일대의 부착해조류에 관한 연구는 발전소 건설 전인 1987년도 조사에서 총 121종의 해조류가 보고 되었고(Yoo and Kim 2003), 태안반도의 다른 연안에서는 소수의 조사가 수행된 바 있다(김 등 1995; 이 등 1997).

본 연구는 태안화력발전소의 가동 직전의 해조식생에 대한 계절별 소장양식을 조사하여 기존자료와 비교 고찰함으로써, 발전소 건설에 따른 지형 변화가 해조류 군집구조에 미치는 영향을 고찰하고, 가동이후 식생의 변화양상을 추적하는데 필요한 자료를 확보하고자 시도되었다.

재료와 방법

해조상

해조류의 채집은 태안화력발전소가 위치한 충청남도 태안군 원북면 학암포 인근 지역에서 1993년에 계절별로 2월, 5월, 8월과 10월에 실시하였다. 조사는 발전소의 취수구와 배수구 그리고 대조구로서 발전소의 배수구로부터 각각 3 km와 6 km 떨어진 분점도와 마외에서 실시하였다(Fig 1).

해조상 조사는 각 조사지점의 조간대와 조하대에 생육하는 부착해조류를 대상으로 하였고, 조하대 해조류는 SCUBA diving을 통하여 채집하였다. 채집된 시료는 현장에서 10% 포르말린-해수으로 고정하고 실험실로 운반하여 현미경하에서 분류·동정하였다(Nikon E600, SMZ800). 채집·동정된 해조류는 이와 강(2001)의 분류목록을 따라 정리하였다.

군집구조

현존량은 각 조사지점별로 부착해조류가 출현하는 암반 위에 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 방형구 10개를 무작위로 놓고, 방형구 내에 출현하는 모든 해조류를 채집하여 분석하였다. 각 방형구로 채집된 시료는 담수로 충분히 씻고 종별로 구분하여 건열멸균기에서 105°C 로 48시간 건조시키고, 건조기에서 식힌 후, 건물량($\text{g dw} \cdot \text{m}^{-2}$)을 0.01 g 수준까지 측정하여 단위면적(m^2)당 무게로 환산하였다(U.S. EPA 1973).

각 조사정점에 조사된 현존량 자료는 조사정점별로 평균을 구한 다음, 정성자료와 함께 조사정점별 종다양성

Fig. 1. A map of study area showing the location of sampling sites.

(Shannon's diversity index, H')을 계산하였다. 다양성지수 (diversity index)는 종별 평균 현존량을 바탕으로 SPIDIVERS.BAS 프로그램을(Ludwig and Reynolds 1988) 이용하여 계산하였다. 정정분석에서만 확인된 종은 건물량의 측정 한계인 0.01 g 으로 간주하였다. 또한 발전소 건설 전후 종다양성의 변화를 파악하기 위하여 1987년에 조사된 해조상 자료와 금번 결과를 비교하였다(Yoo and Kim 2003). 이때 사용한 유사도 지수는 Sørensen's index를 따랐다(Sørensen 1948).

결 과

해조상

조사기간을 통하여 태안화력발전소 주변 해역에서 관찰된 해조류는 남조식물 3종, 녹조식물 14종, 갈조식물 18종, 홍조식물 65종으로 총 100종이었으며, 조사정점별로는 발전소의 배수구지점에서 78종(남조식물 2종, 녹조식물 9종, 갈조식물 14종, 홍조식물 53종)으로 가장 많았고, 발전소의 취수구 지점에서 61종(남조식물 1종, 녹조식물 13종, 갈조식물 11종, 홍조식물 36종), 분점도에서 56종(남조식물 2종, 녹조식물 9종, 갈조식물 8종, 홍조식물 37종), 그리고 마외에서는 50종(남조식물 1종, 녹조식물 7종, 갈조식물 7종, 홍조식물 35종)이 출현하였다(Appendix 1).

Fig. 2. Seasonal variation in the composition of number of algal species at the coast of Taean Thermal Power Plant (Rhod, Rhodophyta; Phae, Phaeophyta; Chlo, Chlorophyta; Cyan, Cyanophyta).

조사시기에 따른 문별 출현종수는 53-67종의 범위로 나타났는데, 봄에 53종, 여름에 67종, 가을에 59종, 그리고 겨울에는 59종의 해조류가 관찰되었다. 이와 같은 출현종수의 변동은 주로 홍조식물의 번무 정도에 따라 결정되는 것으로 밝혀졌다(Fig. 2).

해조류 출현종수를 조사정점별로 비교하여 보면, 여름의 경우를 제외하고는 대체로 발전소의 조사정점들(취수구와 배수구 지점)에서 대조구역(분점도와 마외)보다 다양한 식생을 보이고 있음이 주목되었다. 계절에 따른 전체 출현종수의 변동은 발전소 배수구 지역을 제외하고는 대체로 유사한 경향성을 보였다(Fig. 3A).

한편, 금번 조사에서 가을에 발전소 배수구지점에서 채집된 옥덩굴(*Caulerpa okamurae*)은 동해안 남부와 남해안 일부, 그리고 제주도에 분포하는 남방성 종으로 알려져 왔고(Kang 1966), 서해안에서는 이제까지 보고된 바 없었는데, 그 생육이 확인되어 주목되었다.

군집구조

태안화력발전소 주변 해역에서 조사된 단위면적당 해조류의 평균현존량은 Fig. 3B와 같다. 먼저, 봄에는 발전소 배수구지점에서 $361.46 \text{ g dw} \cdot \text{m}^{-2}$ (이하 g으로 약함)으로 조사정점 가운데 가장 많았고, 취수구지점에서 330.44 g , 대조구역인 분점도에서 288.47 g , 그리고 마외에서 94.32 g 로 가장 적게 나타났다. 여름에는 발전소 배수구지점에서 643.19 g 로 가장 많았고, 대조구역인 분점도에서 463.15 g , 취수구지점에서 352.11 g , 그리고 마외에서 335.19 g 이었다. 가을에는 분점도에서 489.55 g 가운데 가장 많았고, 취수구지점에서 245.50 g , 마외에서 213.48 g , 그리고 배수구지점에서 203.72 g 으로

Fig. 3. Seasonal comparison of number of algal species (A), mean biomass (B), and species diversity index (C) at the coast of Taean Thermal Power Plant.

가장 적게 나타났다. 겨울에는 분점도에서 179.06 g 으로 가장 많았고, 배수구 지점에서 114.21 g , 취수구지점에서 109.44 g , 그리고 대조구인 마외에서 52.00 g 순으로 나타났다.

이들 결과를 종합하여 볼 때, 태안화력발전소 주변 해역의 단위면적당 해조류 평균현존량은 겨울에 $52.00\text{--}179.06 \text{ g}$, 봄에 $94.32\text{--}361.46 \text{ g}$, 여름에 $335.19\text{--}643.19 \text{ g}$, 그리고 가을에 $203.72\text{--}489.55 \text{ g}$ 의 범위로 나타나서, 겨울에 총 평균현존량 113.68 g 로 가장 적었다가, 봄 이후 증가하여 여름에 총 평균현존량 448.41 g 으로 가장 많았고, 가을에는 다소 감소하는 계절 변동 추세를 보였다. 조사장소별 단위면적당 평균현존량을 시기별로 비교해 볼 때, 전반적으로 대조구역인 마외의 평균현존량이 가장 적은 반면, 발전소의 배수구지점은 봄과 여름에, 그리고 대조구인 분점도는 겨울과 가을에 각각 가장 많은 평균현존량을 보였다.

지역별 우점종의 계절별 변화는 다음과 같다. 봄에는

Table 1. Biomass value for marine algal species per unit area (m^2) collected randomly at Taean Thermal Power Plant sites in May (Species which had a total biomass in less than 0.01g were removed from the list) (unit: $\text{g dw} \cdot \text{m}^{-2}$)

Species	Power Plant		Reference	
	Intake	Discharge	Bunjeom	Maoe
<i>Enteromorpha</i> spp.	121.80	19.43	+	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		0.28		
<i>Sargassum thunbergii</i>	176.83	166.05	61.00	+
<i>Porphyra</i> sp.	5.01	1.08		
<i>Dumontia simplex</i>		0.94	11.54	+
<i>Corallina</i> spp.	7.12	173.44	215.09	5.66
<i>Gloiopeltis furcata</i>	19.53	+		+
<i>Chondrus ocellatus</i>	+	+	0.09	+
<i>Ceramium kondoi</i>	+	+	0.18	38.70
<i>Neorhodomela aculeata</i>	+			49.12
<i>Polysiphonia japonica</i>				+
<i>Polysiphonia morrowii</i>	+	+	0.45	+
<i>Polysiphonia</i> sp.				0.72
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	0.15	0.24	0.12	0.12

Table 2. Biomass value for marine algal species per unit area (m^2) collected randomly at Taean Thermal Power Plant sites in August (unit: $\text{g dw} \cdot \text{m}^{-2}$)

Species	Power Plant		Reference	
	Intake	Discharge	Bunjeom	Maoe
<i>Enteromorpha linza</i>	+		+	0.07
<i>Enteromorpha</i> spp.	37.43		27.32	23.91
<i>Ulva pertusa</i>	10.31	31.08	5.80	+
<i>Undaria pinnatifida</i>		16.24	28.92	
<i>Sargassum thunbergii</i>	156.28	86.84	152.75	+
<i>Pterocladia capillacea</i>	+			0.27
<i>Corallina officinalis</i>	+	+	+	0.04
<i>Corallina</i> spp.	43.64	369.76	245.11	283.57
<i>Prionitis patens</i>		0.29		
<i>Schizymenia dubyi</i>		1.07		0.95
<i>Caulacanthus ustulatus</i>			+	0.03
<i>Gracilaria verrucosa</i>	+		+	0.23
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	+	+	+	8.12
<i>Chondrus ocellatus</i>	99.73	61.60	+	+
<i>Champia parvula</i>		0.19		
<i>Campylaeophora crassa</i>	+		+	0.27
<i>Acrosorium</i> spp.				10.00
<i>Chondria crassicaulis</i>	0.37	+	+	
<i>Chondria dasyphylla</i>			0.88	
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	4.35	76.12	2.37	7.73

Neorhodomela aculeata(52%)와 *Ceramium kondoi*(41%)가 우점 하였던 마외를 제외하고는 대체로 *Sargassum thunbergii*, *Enteromorpha* spp., *Corallina* spp.가 우점종이었다(Table 1). 여름에는 전 조사지역에서 *Corallina* spp.와 *S. thunbergii* 우점종 이었다. 준우점종은 지역에 따라 차이가 있었는데, 취수구지 점에서는 *Chondrus ocellatus*(28%)와 *Enteromorpha* spp.(11%),

배수구지점에서는 *Symphyocladia latiuscula*(12%), 대조구역 지점들에서는 우점종이 전체 현존량의 85%이상씩을 차지하 였다(Table 2). 가을에도 *Corallina* spp.와 *S. thunbergii*가 우점 종이었고, 대조구에서는 이들이 현존량이 98%, 82%씩을 차 지하였다. 그러나 발전소 주변에서는 70% 이하였고, 특히 배수구지점에서는 준우점종의 출현이 많았다(Table 3). 겨울

Table 3. Biomass value for marine algal species per unit area (m^2) collected randomly at Taean Thermal Power Plant sites in October (unit: $\text{g dw} \cdot \text{m}^{-2}$)

Species	Power Plant		Reference	
	Intake	Discharge	Bunjeom	Maoe
<i>Ulva pertusa</i>	29.79	25.73	8.47	+
<i>Sargassum thunbergii</i>	120.01	81.92	304.60	
<i>Corallina</i> spp.	43.64	22.35	175.97	174.68
<i>Plocamium telfairiae</i>	+	+	+	0.16
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	0.49	0.08	0.48	1.30
<i>Chondrus ocellatus</i>	49.57	72.88	+	+
<i>Acrosorium flabellatum</i>	+	+	0.03	
<i>Chondria crassicaulis</i>	0.48	+	+	
<i>Neorhodomela aculeata</i>	+		+	37.34
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	0.63	0.76	+	+

Table 4. Biomass value for marine algal species per unit area (m^2) collected randomly at Taean Thermal Power Plant sites in February (unit: $\text{g dw} \cdot \text{m}^{-2}$)

Species	Power Plant		Reference	
	Intake	Discharge	Bunjeom	Maoe
<i>Enteromorpha</i> spp.	31.38	+		
<i>Colpomenia bullosa</i>	0.04			
<i>Sargassum thunbergii</i>	56.60	55.38	60.76	
<i>Dumontia simplex</i>	0.66	+	0.24	+
<i>Corallina</i> spp.	20.26	56.26	117.44	
<i>Gloiopeltis furcata</i>	+	+		17.90
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	+	+	+	0.04
<i>Chondrus ocellatus</i>	+	2.39	0.62	
<i>Chondracanthus intermedia</i>	0.50	+		
<i>Neorhodomela aculeata</i>	+	+		33.80
<i>Polysiphonia</i> sp.		+		0.26
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	+	0.18	+	+

역시 대체로 *Corallina* spp.와 *S. thunbergii*가 우점종이었으나, 분점도를 제외하고는 현존량이 100 g 이상인 종이 없었다. 마외에는 위의 2종 대신 *N. aculeata*와 *Gloiopeltis furcata*가 우점종으로 나타났다(Table 4).

태안화력발전소 주변 해역의 해조군집을 대표하는 우점종과 준우점종의 조사시기별 변동은 Table 5에 정리하였다. 해조군집의 구성양상은 조사시기와 조사정점에 따라 다소의 차이가 있었는데, 이를테면 발전소의 조사정점들(취수구와 배수구 예정지점)에서는 조간대 하부에 *Chondrus ocellatus*가 여름과 가을에 다량 생육하고 있으며, 대조구역인 분점도에서는 연중 *Sargassum thunbergii*와 *Corallina* spp.가 우점하는 단순한 군집이 유지되는 반면, 마외에서는 여름을 제외한 계절에 *Neorhodomela aculeata*가 우점종 또는 준우점종으로 나타나는 독특함을 보였다. 태안화력발전소 주변 해역의 부착해조군집구조는 전반적으로 조간대 중부와 하부에 걸쳐 *S.*

*thunbergii*와 *Corallina* spp.의 우점 군집으로 대표되었으며, 그 밖에 조간대 상부에 *G. furcata*, 그리고 조간대 중부-하부에 *Enteromorpha* spp.가 번무하는 것으로 밝혀졌다.

종다양성

태안화력발전소 주변 해역의 해조류 종 다양성지수는 Fig. 3C에서 보는 바와 같다. 먼저, 봄에는 발전소의 취수구지점에서 1.02으로 가장 높았고, 분점도에서 0.70으로 가장 낮았다. 여름에는 취수구지점에서 1.39로 가장 높았고, 마외에서 0.66로 가장 낮았으며, 그 외는 1.00 이상이였다. 따라서, 봄에 조사된 종 다양성지수 범위(0.7-1.0)와 비교하여 볼 때, 발전소의 정점들과 분점도에서는 1.1-1.4의 범위로 비교적 높게 나타났는데, 이는 출현종의 다양함에 덧붙여 우점종의 현존량 구성비율이 비교적 고루 분포하였기 때문인 것으로 해석된다. 가을에는 취수구지점에서 1.31로 가장 높게 나타난 반

Table 5. Dominant and subdominant algal species at the coast of Taean Thermal Power Plant (Abbreviations for species; Cera kon, *Ceramium kondoi*; Chon oce, *Chondrus ocellatus*; Cora spp, *Corallina* spp.; Ente spp, *Enteromorpha* spp.; Gloi fur, *Gloiopeltis furcata*; Neor acu, *Neorhodomela aculeata*; Sarg thu, *Sargassum thunbergii*; Symp lat, *Symphyocladia latiuscula*; Ulva per, *Ulva pertusa*)

Season	Sites	Power Plant		Reference	
		Intake	Discharge	Bunjeom	Maoe
Spring		Sarg thu Ente spp	Cora spp Sarg thu	Cora spp Sarg thu	Neor acu Cera kon
Summer		Sarg thu Chon oce Cora spp Ente spp	Cora spp Sarg thu Symp lat	Cora spp Sarg thu	Cora spp
Autumn		Sarg thu Chon oce Cora spp Ulva per	Sarg thu Chon oce Ulva per Cora spp	Sarg thu Cora spp	Cora spp Neor acu
Winter		Sarg thu Ente spp Cora spp	Sarg thu Cora spp	Cora spp Sarg thu	Neor acu Gloi fur

면, 배수구지점에서 1.28, 대조구역인 분점도에서 0.75, 그리고 마외에서 0.51로 가장 낮게 나타났다. 따라서 발전소의 조사점들에서는 1.3 정도로 상대적으로 다소 높은 다양성을 보인 반면, 대조구역들에서는 0.5-0.7의 비교적 낮은 다양성을 나타내었다. 한편, 겨울의 종 다양성지수는 발전소의 취수구지점에서 1.09로 가장 높았고, 배수구지점 0.82, 마외 0.70, 그리고 분점도 0.68 순이었다.

각 조사점들에서 밝혀진 우점종들의 현존량 구성비율이 대체로 유사한 수준임을 감안해 볼 때, 종 다양성이 발전소 취수구와 배수구에서는 평균 1.20과 1.09로 다소 높았고, 대조구역인 분점도와 마외에서는 각각 0.82와 0.70으로 낮게 나타났다.

고 찰

태안화력발전소 주변 해조류는 동일한 지역에서 1987년 총 121종(남조식물 6종, 녹조식물 18종, 갈조식물 16종, 홍조식물 81종)의 생육이 보고 되었는데(Yoo and Kim 2003), 금번 조사에서는 총 100종(남조식물 3종, 녹조식물 14종, 갈조식물 18종, 홍조식물 65종)이 관찰되어 6년이 경과하면서 해조류 식생이 다소 감소하였고 특히 홍조류의 감소가 두드러졌다. 1987년과 금번 조사에서 공통으로 출현한 해조류는 금번 조사에서 생육이 확인된 총 100종 가운데 62종(남조식물 1종, 녹조식물 9종, 갈조식물 10종, 홍조식물 42종)으로 공통 출현종의 비가 67%를 보였고, 조사시기별로는 봄, 여름, 가을, 겨울 순으로 낮아졌으며, 대체로 60% 이하의 공통 출현

비를 보였다. 따라서 해조상의 천이가 어느 정도 있어 그 구성양식이 다소 변화하였음을 알 수 있었다.

서해안은 저층이 대체로 빨리 덮혀 있어 해조류의 생육에 불리한 환경을 제공하고 있을 뿐만 아니라(이 1973), 다른 해역에 비하여 탁도가 높은 환경조건(Koh and Lee 1982; 박과 김 1990)에 기인하여, 이미 Kang(1966)은 우리나라 연안 중 서해안의 해조식생이 가장 빈약함을 지적한 바 있다. 그러나 태안화력발전소 일대는 태안해안국립공원의 최북단에 위치하여 서해안 기타 연안보다 양호한 해양환경을 갖고 있다. 이는 해조류 출현종수에서도 알 수 있는데, 서해안 기타 연안 뿐 아니라(이 등 1985; 유와 김 1990; 김과 유 1992), 태안반도의 다른 지역들보다도 대체로 풍부한 해조상을 유지하고 있었다(김 등 1995; 이 등 1997).

해조류의 단위면적당 평균 현존량은 동일한 지역의 1987년 조사에서 계절별 변동이 33.59-427.69 g의 범위로 보고하였는데(Yoo and Kim 2003), 봄의 경우를 제외하고는 대체로 금번 조사결과가 높은 수준이었다. 또한 서해안 타 지역과 비교하여 볼 때, 가로림만의 평균현존량 33.5 g(범위 9.4-81.2 g)(이와 이 1982), 무창포의 73.66 g(범위 57.24-92.76 g)(김과 이 1985) 또는 채석강의 103.29 g보다(박과 김 1990) 모두 높은 수준임을 알 수 있다. 따라서 다양한 종조성과 함께 태안화력발전소 주변 해역은 서해안의 다른 해역에 비하여 해조류 식생이 풍부한 것으로 밝혀졌다.

Yoo and Kim(2003)은 1987년 조사에서 조간대 상부로부터 *Gloiopeltis furcata*, *Corallina* spp.와 *Sargassum thunbergii*로 대표되는 수직 분포를 밝힌 바 있는데, 이들 모두 금번 조사에서

도 우점하였다. 그러나 1987년 봄에 조간대 상부에서 우점하였던 갈조식물 *Scytosiphon lomentaria*(고리매)는 금번 조사에서는 거의 출현하지 않아 다소 주요종간의 차이가 있음이 밝혀졌다.

한편 태안화력발전소 지역들의 해조류 종다양성은 현존량을 기준으로 한 결과 1.09와 1.20으로 대조구인 분점도 0.82와 마와 0.70보다 전반적으로 높았는데, 이는 종조성과 현존량 결과에서 나타난 바와 같이 발전소 조사지역들에서는 출현종의 다양함에 덧붙여 우점종의 현존량 구성비율이 비교적 고루 분포하는 반면, 대조구 지역들에서는 해조군집이 대체로 1-2종류의 우점 출현종들에 의하여 지배되는 단순한 구성양식을 보이는 데 기인하는 것으로 해석된다. 그러나 국내 다른 연안에서 조사된 종다양성 지수는 김(1983)이 피도를 기준으로 전 연안을 1.28-1.59의 범위로, Yoo(2003b)는 광양만에서 1.67 그리고 Yoo(2003a)는 부산에서 1.87로 보고하여 금번 조사보다 높았으나, 종다양성 지수를 구하는 기준자료가 현존량과 피도로 차이가 있어 직접적인 비교가 어려운 것으로 생각된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서, 유(2003)는 종다양성 지수에 대한 기준자료의 표준화가 필요함을 강조하였다.

본 조사지역은 서해안의 지형 특성을 고려해 볼 때, 금번 조사에서 밝혀진 100종의 출현종수는 6년 전과 비교하여 다소 감소하기는 하였지만, 서해안 다른 지역보다는 비교적 다양한 해조식생을 유지하고 있는 것으로 판단된다. 한편 1987년 해조상 자료와 비교한 Sørensen의 유사도 지수는 0.79로 해조상의 천이가 어느 정도 있었음에도 불구하고 높은 유사도를 보였다. 이는 Yoo(2003a)가 대도시화한 부산의 해조식생이 경제성장과 함께 변화된 환경으로 유사도 지수가 과거와 비교하여 0.64, 0.45로 감소하고 있다고 보고한 것과 Yoo(2003b)가 광양만에서 건설 전후의 해조식생을 비교하면서 유사도가 0.49-0.56의 수준인 것은 산업개발을 위한 매립과 준설작업 등에 의한 환경요인의 변화로 지적인 것과는 대조를 보였다.

이와 같이 산업개발 또는 연안도시의 확대에 따른 해조식생의 변화에 대한 문제는 지구 환경변화에 따른 생물다양성 감소와 함께 국제 환경문제로 제기되고 있다(Lee et al. 1996; 정 등 1998; 김 등 2000; Yoo 2003a, b, c). 본 조사지역인은 서해안 타 지역에 비하여 청정지역을 유지하고 있고 대체로 해조식생이 안정된 것으로 판단된다. 따라서 본 지역은 발전소와 같은 산업시설물이 주변 해조식생과 공존할 수 있지를 모니터링하기에 매우 적합한 장소로 판단되며, 특히 국내에서는 산업개발 이전, 건설원료와 가동에 따른 해조식생 변화를 동일 장소에서 같은 연구 인력이 주기적으로 연구한 바가 없어, 이후의 해조식생의 천이과정을 연구하는 것은 환경변화와 해조군집의 상관관계를 밝히는 중요한 자료가 될 것으

로 생각된다.

참고문헌

- 김영환. 1983. 한국 조간대 해조군집의 생태학적 연구. 서울대학교 박사학위논문, 서울. 175 pp.
- 김영환. 1986. 고리원자력발전소 주변 해조류에 관한 연구 2. 1983년의 해조류 식생. 한국조류학회지 1: 241-249
- 김영환, 유종수. 1992. 영광원자력발전소 주변 해조군집에 관한 연구. 한국환경생물학회지 10: 100-109.
- 김영환, 윤현주, 유종수. 1995. 서해 중부 연안 해조군집의 종조성과 생물량. 한국식물학회지 38: 389-398.
- 김영환, 이인규. 1985. 서해안 무창포의 조간대 해조 군집구조의 분석. 한국식물학회지 28: 149-164
- 김영환, 이인규. 1986. 발전소 취·배수로에 생육하는 부착생물의 생태학적 연구. 충북대학교 논문집 31: 71-84
- 김영환, 이정호. 1980. 고리원자력발전소 주변 해조류에 관한 연구. 한국식물학회지 23: 3-10.
- 김영환, 최상일. 1995. 발전소 냉각계통이 해조식생에 미치는 영향. 한국조류학회지 10: 121-141.
- 김영환, 허성희. 1998. 서해안 영광원자력발전소 주변 해조군집의 종조성과 생물량. 한국수산학회지 31: 186-194.
- 김형근, 박중구, 송용수. 2000. 연곡천 하구연안의 갯녹음(백화) 현상. 환경과학 3: 35-41.
- 박연숙, 김영환. 1990. 서해안 하계 해조류 분포에 관한 식물지리학적 연구. 한국조류학회지 5: 39-50.
- 유종수. 2003. 부산 서암 조간대 부착해양생물군집의 동태. 바다 8: 420-425.
- 유종수, 김영환. 1990. 서해안 무창포와 마량리의 조간대 해조 군집 구조의 분석. 한국식물학회지 33: 225-236.
- 이용필, 강서영. 2001. 한국산 해조류의 목록. 제주대학교 출판부, 제주. 662 pp.
- 이인규. 1973. 하계 백령도 해조목록. 서울대학교 물리대학보 19: 437-448.
- 이인규, 김훈수, 최병래, 이해복. 1985. 한국연안해역의 저서생물군집에 관한 연구 III. 서해안의 군집구조에 관한 정성적라적 분석. 서울대학교 자연과학대학보 10: 57-100.
- 이인규, 이해복. 1982. 서해 가로림만 일대의 해조 군집에 관한 연구. 자연보존연구보고서 4: 325-337.
- 이재완, 오병권, 이해복. 1997. 서해안 태안반도 파도리 일대의 해조상과 군집. Algae 12: 131-138.
- 정호성, 조기용, 정경호, 김지희, 신종현, 서영완, 강재신, 이인규. 1998. 제주도 서귀포 연안의 백화현상에 대한 생태학적 특성. Algae 13: 361-374.
- Blake N.J., Doyle L.J. and Pyle T.E. 1976. The macrobenthic community of a thermally altered area of Tampa Bay, Florida. In: Esch G.W. and McFarlane R.W. (eds), Thermal ecology II. Technical Information Center, Energy Research and Development Administration. pp. 296-301.
- Kang J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. Bull. Pusan Fish. Coll., 7: 1-125.
- Koh C.H. and Lee H.B. 1982. Distributional pattern of macroalgae in coast of Deogjeog Islands. Rep. Surv. Nat. Env. Korea 2: 229-249.
- Kolehmainen S.E., Martin F.D. and Schroeder P.B. 1975. Thermal studies on tropical marine ecosystems in Puerto

- Rico. In: *Environmental effects of cooling systems at nuclear power plants*. International Atomic Energy Agency, Vienna. pp. 409-421.
- Langford T.E.L. 1990. *Ecological effects of thermal discharges*. Elsevier Applied Sci., London. 468 pp.
- Lee I.K., Choi C.I., Yoo J.S. and Lee S.D. 1996. Literature survey on biodiversity in Korea. KNCCN. Seoul, 191 pp.
- Ludwig J.A. and Reynolds J.F. 1988. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, N.Y. 337 pp.
- Roessler M.A. 1971. Environmental changes associated with a Florida power plant. *Mar. Pollut. Bull.* 2: 87-90.
- Sørensen T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *Biol. Skr., K. danske Vidensk. Selsk.* 5: 1-34.
- Thorhaug A. 1974. Transplantation of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Aquaculture* 4: 177-183.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1973. Biological Field and Laboratory Methods for Measuring the Quality of Surface Waters and Effluents. EPA-670/4-73-001.
- Yoo J.S. 2003a. Biodiversity and community structure of marine benthic organisms in the rocky shore of Dongbaekseom, Busan. *Algae* 18: 225-232.
- Yoo J.S. 2003b. Seasonal dynamics of marine benthic communities in intertidal zone of Gwangyang Bay, southern coast of Korea. *Ocean Res.* 25: 519-528.
- Yoo J.S. 2003c. Community dynamic of benthic marine algae at the intertidal and subtidal rocky shore of Samyang, Jeju Island. *Algae* 18: 301-309.
- Yoo J.S. and Kim Y.H. 2003. Community dynamics of the benthic marine algae in Hakampo, the western coast of Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 21: 428-438.

Received 3 December 2003

Accepted 10 December 2003

Appendix 1. The list of benthic marine algae at the coast of Taean Thermal Power Plant, West Korea (I: Intake, D: Discharge, B: Bunjeomdo, M: Maeo)

Species	Sites	Month	February				May				August				October			
		I	D	B	M	I	D	B	M	I	D	B	M	I	D	B	M	
Cyanophyta																		
<i>Microcoleus chthonoplastes</i>													+				+	
<i>Microcoleus tenerimus</i>							+					+						
<i>Oscillatoria</i> sp.			+			+	+	+				+		+				
Chlorophyta																		
<i>Ulothrix flacca</i>						+	+											
<i>Enteromorpha compressa</i>		+				+	+	+	+	+		+	+	+		+		
<i>Enteromorpha intestinalis</i>						+	+			+			+		+			
<i>Enteromorpha linza</i>		+				+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		
<i>Enteromorpha prolifera</i>		+				+						+	+	+		+	+	
<i>Enteromorpha</i> sp.		+	+			+	+	+		+		+	+					
<i>Ulva lactuca</i>														+				
<i>Ulva pertusa</i>		+	+				+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Ulva</i> sp.		+	+			+	+	+										
<i>Urospora penicilliformis</i>						+	+	+										
<i>Cladophora</i> sp.								+		+		+					+	
<i>Bryopsis plumosa</i>										+				+				
<i>Caulerpa okamurae</i>															+			
<i>Codium fragile</i>										+		+		+		+		
Phaeophyta																		
<i>Ectocarpus arctus</i>		+					+		+									
<i>Ectocarpus</i> sp.		+	+															
<i>Sphacelaria</i> sp.			+	+			+	+		+	+	+			+	+		
<i>Dictyota dichotoma</i>										+	+	+	+					
<i>Spatoglossum pacificum</i>										+			+					
<i>Ishige okamurae</i>		+	+			+	+		+									
<i>Ishige sinicola</i>							+	+	+		+							
<i>Leathesia difformis</i>										+								
<i>Petrospongium rugosum</i>			+															
<i>Myelophycus simplex</i>		+	+				+					+			+			
<i>Colpomenia bullosa</i>		+																
<i>Colpomenia sinuosa</i>							+				+							
<i>Scytosiphon lomentaria</i>							+											
<i>Undaria pinnatifida</i>			+				+				+	+						
<i>Hizikia fusiformis</i>															+			
<i>Sargassum hemiphyllum</i>																+		
<i>Sargassum horneri</i>			+				+			+	+				+		+	
<i>Sargassum thunbergii</i>		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Rhodophyta																		
<i>Stylonema alsidii</i>			+	+			+	+			+	+						
<i>Erythrotrichia carnea</i>			+	+								+				+		
<i>Erythrocladia irregularis</i>			+															
<i>Bangia atropurpurea</i>			+							+					+			
<i>Porphyra tenera</i>		+				+	+											
<i>Porphyra</i> sp.		+					+											
<i>Amphiroa ephedraea</i>			+															
<i>Corallina officinalis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Corallina pilulifera</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Corallina</i> spp.		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Marginisporum crassissimum</i>															+			
<i>Mesophyllum erubescens</i>					+		+			+				+				
<i>Pneophyllum zostericolum</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+		
<i>Gelidium amansii</i>		+					+					+		+	+		+	

(Continued)

Appendix 1. (Continued)

Species	Month Sites	February				May				August				October			
		I	D	B	M	I	D	B	M	I	D	B	M	I	D	B	M
<i>Gelidium divaricatum</i>		+					+										
<i>Gelidium pusillum</i>					+												
<i>Gelidium tenue</i>														+	+		
<i>Pterocladia capillacea</i>		+	+		+	+	+	+		+			+	+	+		
<i>Caulacanthus ustulatus</i>			+	+								+	+		+		
<i>Dumontia simplex</i>		+	+	+	+	+	+	+	+								
<i>Gloiopeltis furcata</i>		+	+		+	+	+		+								
<i>Chondracanthus intermedia</i>		+	+												+		
<i>Chondracanthus tenellus</i>										+				+	+		+
<i>Chondrus crispus</i>																	+
<i>Chondrus ocellatus</i>		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hypnea charoides</i>			+														
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stenogramma interrupta</i>																+	+
<i>Schizymenia dubyi</i>											+		+				
<i>Solieria mollis</i>							+	+			+			+			
<i>Solieria robusta</i>											+						
<i>Carpopeltis affinis</i>													+				
<i>Grateloupia acuminata</i>										+	+			+			
<i>Gratelopia turuturu</i>										+	+		+	+	+	+	+
<i>Prionitis patens</i>											+					+	
<i>Gracilaria textorii</i>												+	+		+	+	
<i>Gracilaria verrucosa</i>								+		+		+	+				
<i>Plocamium telfairiae</i>				+						+	+			+	+	+	+
<i>Champia parvula</i>							+				+				+		
<i>Lomentaria hakodatensis</i>		+	+									+					
<i>Antithamnion nipponicum</i>			+	+			+	+		+	+	+		+	+	+	
<i>Callithamnion callophyllidicola</i>			+												+		
<i>Campylaephora crassa</i>			+	+						+		+	+	+			
<i>Ceramium boydenii</i>												+					
<i>Ceramium cimbrium</i>												+					
<i>Ceramium fastigiramosum</i>				+													
<i>Ceramium japonicum</i>							+			+	+		+				
<i>Ceramium kondoi</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+
<i>Wrangelia tanegana</i>																+	
<i>Dasya sessilis</i>											+						
<i>Acrosorium flabellatum</i>				+					+		+	+	+	+	+	+	
<i>Acrosorium polyneurum</i>		+	+	+	+			+	+			+	+		+	+	
<i>Acrosorium uncinatum</i>			+										+				
<i>Acrosorium yendoii</i>				+	+			+							+	+	
<i>Acrosorium</i> spp.													+				
<i>Erythroglossum minimum</i>											+						
<i>Chondria crassicaulis</i>			+			+	+			+	+	+		+	+	+	
<i>Chondria dasyphylla</i>												+				+	
<i>Laurencia intermedia</i>				+			+	+				+				+	
<i>Neorhodomela aculeata</i>		+	+		+	+			+				+	+		+	+
<i>Polysiphonia japonica</i>					+				+			+		+			+
<i>Polysiphonia morrowii</i>					+	+	+	+									
<i>Polysiphonia subtilissima</i>			+	+									+				
<i>Polysiphonia</i> sp.			+						+	+			+			+	
<i>Symphycladia latiuscula</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+