

## 백야도 연안의 동계 해양환경 특성에 따른 식물플랑크톤의 종조성과 군집 분석

김미경\* · 박정원<sup>1</sup>

(영남대학교 해양과학연구소, <sup>1</sup>경북대학교 생물학과)

### Analysis of Species Composition and Communities of Phytoplankton through Marine Environmental Factors in the Coastal Water of Baegyado Island during Winter

Mi-Kyung Kim\* and Jung-Won Park<sup>1</sup>

Marine Science Research Center, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749 and

<sup>1</sup>Department of Biology, Kyungbuk National University, Daegu 702-701, Korea

This study was to clarify the variations in a marine ecosystem through examining the species composition of phytoplankton in the coastal water of Baegyado Island during winter. Water temperature, salinity, SS, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N and SiO<sub>2</sub>-Si were significantly different and in inverse proportion to the chlorophyll *a* and species number according to stations and water depth. The total number of species was 88, composed of 94% Bacillariophyceae, 3.4% Chrysophyceae, 2.2% Dinophyceae and 1.1% Euglenophyceae. The dominant species were *Rhizosolenia setigera*, *Skeletonema costatum* and *Stephanopyxis palmeriana*. The maximum of standing crops was 5,450 cells · ml<sup>-1</sup>, while the minimum was 1,700 cells · ml<sup>-1</sup>. The coastal water was influenced with two water bodies which had characteristics of low water temperature – low salinity and high water temperature – high salinity.

**Key Words:** Baegyado Island, marine environment, species composition, standing crop, winter

#### 서 론

1차 생산자인 식물플랑크톤의 종조성과 군락 변동은 해양 환경에 민감하게 반응하여 해양 생태계의 동태를 파악할 수 있는 중요 지표 인자로 활용되고 있다. 본 연구의 대상지인 남서해역은 제주도 남방에서 북상하는 대마난류, 서해에서 남하는 황해냉수괴, 남해안의 남해연안수 및 중국내륙에서 발원하는 중국 대륙연안수 등의 다양한 수괴가 교차하는 해역으로 계절에 따라 식물플랑크톤의 분포와 특성을 달리한다(김과 윤 1997). 남서해역은 반폐쇄적인 작은 내만으로 이루어져 육상으로부터 생활하수나 산업폐수로 인한 영양염 공급과 내만 일대는 홍합, 굴 등의 패류양식과 외만에는 가

두리 어류양식이 성행하고 있는 해역으로 이들의 해양환경의 특성은 식물플랑크톤 군집에 직접적인 영향을 주게 된다(김 등 1995; 박과 윤 2003). 이 일대는 1984년 이후부터 해마다 적조가 발생하여 양식업에 막대한 피해를 입히고 있다(NFRDI 1998). 남서해역의 연구는 가막만 일대의 연구(김과 윤 1997; 윤 1998; 윤 2000)와 여수 연안의 연구(김 등 1995; 김과 윤 1997; 박과 윤 2003)는 활발하게 진행되어 왔으나 본 조사 대상지인 백야도 인근 해역의 해양 생태계 연구의 기초 자료는 거의 전무한 실정이다.

고돌산반도의 땅끝인 백도와 백야도 사이는 해역의 폭이 갑자기 좁아지는 작은 해협으로 이 사이를 지나는 해류가 와류를 발생시키거나 표층과 저층의 수괴가 물리·화학적인 요인으로 혼합되어 식물플랑크톤의 군집에 변동을 야기시킬 수 있는 수역일뿐만 아니라 다양한 계절적인 변동이 예상되는 지역이다.

\*Corresponding author (mkkim@yumail.ac.kr)

본 연구는 백야도 연안의 해류의 특성에 따른 해양환경 특성을 파악하고, 정점별, 수층별 식물플랑크톤의 거동을 분석하여 해양생태계 구조를 규명하여 동계 해양생물의 잠재력을 파악할 수 있는 기초자료로 이용하고자 한다.

**재료와 방법**

**해양환경**

본 조사해역은 전라남도 여수 고돌산반도와 이어진 백도와 백야도 사이 연안이다(Fig. 1). 조사 시기는 2002년 1월에 백야도 연안을 중심으로 5개 정점(S-1~S-5)을 중심으로 실시하였다. 시료는 표층(S)과 저층(D; 수심 15-20 m)에서 이화학적인 요인(수온, 염분, pH, DO, COD, Chl *a*)과 영양염(NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, SiO<sub>2</sub>-Si) 분석으로 해양환경 요인을 조사하였다.

이화학적인 요인은 CTD(Ocean Seven 316, Idronaut, Italy)로 현장에서 측정하였고, 영양염류와 화학적산소요구량(COD)은 현장에서 일정량의 시료를 막 여과지(pore size: 0.45 μm, Millipore)에 여과시킨 후, 여과된 해수를 dry ice로 급속 냉동시켜 실험실로 옮겨 즉시 Standards Methods(SMWQ 1992; APHA, AWWA, WEF 1995)으로 분석하였다.

**식물플랑크톤의 정성과 정량 분석**

식물플랑크톤은 직경이 40 μm인 망목 크기를 가진 플랑크톤 네트를 사용하여 표층 30 cm하에서 약 2노트의 속력으로 5-10분간 수평적으로 예인 채집하였으며, 채집된 시료는 현장에서 5% 중성 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하여, 광학현미경으로 검경·동정하였다. 종의 동정과 분류체계는 이와 장(1996), Fukuyo *et al.*(1990), Thomas(1996)의 분류법에 따랐으며, 군집구조의 분석은 출현종들의 현존량을 구한 후, 현존량을 근거로 상대빈도를 구하였다. 상대빈도를 기본 자료로 하여 종 다양성 지수(Shannon-Weaver 1963)와 우점도 지수(Simpson 1949)를 구하였다.

식물플랑크톤의 현존량은 각 정점의 표층, 저층으로 구분된 층별로 전도 채수기에 의해 채수한 해수 시료를 1l 폴리 에틸렌병에 옮긴 후, 즉시 선상에서 5% 중성 포르말린으로 고정하였다. 시료는 실험실에서, 침전법에 따라 48시간 이상 침전시켜 100-150 ml로 농축하였다. 농축된 시료는 균일한 분포를 위하여 흔들어 주고 1 ml를 뽑아 Sedgewick-Rafter Counting Chamber를 사용하여 100-400배 광학현미경 하에서 계수하였다.

염록소-*a*는 Murphy and Riley(1962)의 방법을 Strickland and Parson(1972)이 실용화한 방법을 이용하여 분석하였다. 시료의 양은 물의 탁도에 따라 50-2,000 ml를 여과시켰다. 사

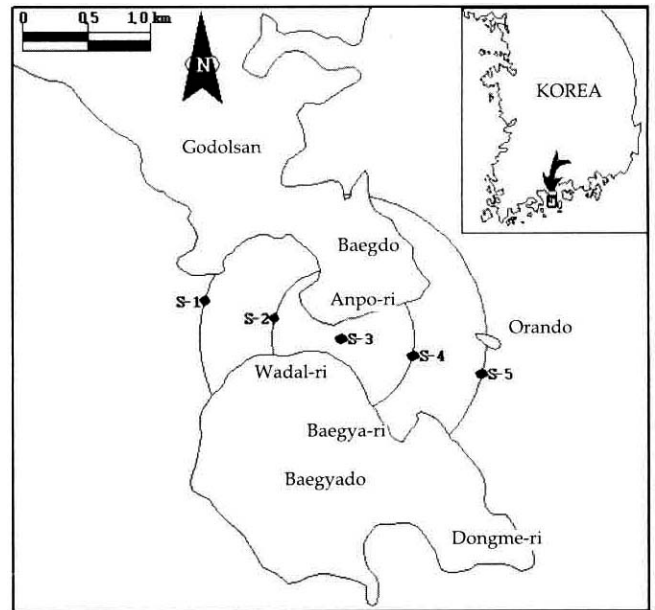


Fig. 1. Sampling sites in the coastal water of Baegyado.

용된 막 여과지는 MgCO<sub>3</sub>로 전처리하며, spectrophotometer로 시료를 분석하기 전에 -20°C의 냉동기에 빛을 차단하여 보관하였다. 여과 찌꺼기는 90% acetone 처리 12시간 후에 5,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 침전시켰다. 엽록소-*a*의 양은 Jeffrey and Humphrey (1976)식에 의하여 산출하였다.

**해양환경과 식물플랑크톤의 유의성 분석**

해양환경인자들과 상대빈도에 의한 식물플랑크톤 현존량과의 상호 유의성을 파악하기 위해 Spearman rank correlation coefficient를 사용하였다. 이 방법은 환경인자의 시·공간적 변화량을 등위화하여 각 인자간의 상관계수(*r<sub>s</sub>*)를 구하고 그 유의성을 결정하는 방법으로 통계프로그램 SPSS v. 10.0에 의해 계산되었다. 유의성 검정은 p=0.05 수준에서 판정하였다(Jung *et al.* 2000).

**결과와 고찰**

**이화학적인 특성**

본 조사해역의 수온은 표층의 경우 정점 S-2에서 6.92°C로 가장 낮았고, 정점 S-5에서 7.19°C로 가장 높았다. 저층은 정점 S-2에서 6.84°C로 가장 낮았고, 정점 S-5에서 7.19°C로 가장 높았다. 표층과 저층의 수온 차이는 거의 없었으며, 전반적으로 정점 S-4와 S-5가 정점 S-1, S-2, 그리고 S-3에 비해 수온이 약간 높은 것으로 나타났다(Table 1).

염분은 수온, 밀도와 유의성이 높아 해수의 가장 중요한 이화학적 특성을 띄는 요소이다. 염도에 따라 해수의 물리·생물학적 환경이 달라진다. 따라서 염도에 적응하는 범위가

Table 1. Variations of environmental factors in the coastal water of Baegyo Island

Physico-chemical factors	Stations									
	S-1		S-2		S-3		S-4		S-5	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
Wat. Tem. (°C)	6.94	6.89	6.92	6.84	7.01	7.02	7.15	7.15	7.19	7.19
Salinity (‰)	33.35	33.36	33.19	33.35	33.24	33.34	33.33	33.35	33.36	33.36
pH	8.32	8.37	8.27	8.33	8.27	8.32	8.18	8.27	8.25	8.27
DO (mg·l <sup>-1</sup> )	11.3	11.44	11.34	11.44	11.06	11.05	11.23	10.93	10.93	11.38
COD (mg·l <sup>-1</sup> )	2.91	3.28	0.18	1.09	0.54	0.91	0.91	1.82	2.00	2.00
SS (mg·l <sup>-1</sup> )	9.45	12.45	12.12	15.88	14.44	19.35	13.34	17.02	20.33	25.11
NH <sub>4</sub> -N(μg·l <sup>-1</sup> )	1.03	1.24	1.21	1.35	1.06	1.46	1.28	1.49	1.10	1.15
NO <sub>3</sub> -N(μg·l <sup>-1</sup> )	1.31	1.75	1.39	2.05	1.37	1.83	1.61	1.61	1.91	1.84
NO <sub>2</sub> -N(μg·l <sup>-1</sup> )	0.53	0.48	0.23	0.22	0.18	0.26	0.23	0.23	0.44	0.50
PO <sub>4</sub> -P(μg·l <sup>-1</sup> )	0.28	0.45	0.18	0.52	0.29	0.40	0.54	0.20	0.35	0.58
SiO <sub>2</sub> -Si(μg·l <sup>-1</sup> )	0.07	0.16	0.13	0.09	0.14	0.08	0.12	0.09	0.07	0.59

S, surface water; D, Deep water.

큰 생물과 적응 범위가 지극히 좁은 생물로 나누어지며 이들의 생태적 성격도 다르게 나타난다. 본 해역의 염분은 표층의 경우 정점 S-2에서 33.19‰로 가장 낮았고, 정점 S-5에서 33.36‰로 가장 높았다. 저층은 정점 S-3에서 33.34‰로 가장 낮았고, 정점 S-5에서 33.36‰로 가장 높았다. 염분은 정점 S-2와 S-3이 표층과 저층이 약간의 차이가 있었을 뿐, 전반적으로 표층과 저층의 염분은 거의 유사하게 나타났다. 본 조사에서 수온과 염도의 역상관관계를 나타내는 일반적인 특징과는 다르게 나타난 이유는 겨울에 해수가 수직혼합이나 와류로 인하여 표층과 저층의 해수가 거의 균질하게 혼합되었기 때문으로 판단된다(Jo *et al.* 2000; Jung *et al.* 2000; Jung *et al.* 2001).

본 해역의 수소이온농도는 표층의 경우 정점 S-4에서 8.18로 가장 낮았고, 정점 S-1에서 8.32로 가장 높았다. 저층은 정점 S-4와 S-5가 8.27로 가장 낮았고, 정점 S-1에서 8.37로 가장 높았다. 조사된 pH값 8.18-8.32는 일반적인 해수에서 나타나는 수치로써 하계의 담수유입의 영향과는 달리 동계인 조사시기에는 인근 해역으로 유입되는 담수의 영향이 거의 없었던 것으로 사료된다.

본 조사해역의 용존산소는 표층의 경우 정점 S-3에서 11.06 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정점 S-2에서 11.34 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 저층은 정점 S-3에서 10.93 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정점 S-1과 정점 S-2는 11.44 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 용존산소의 포화도는 표층의 경우 정점 S-3에서 113.3%로 가장 낮았고, 정점 S-2에서 115.8%로 가장 높았다. 저층은 정점 S-4에서 112.4%로 가장 낮았고, 정점 S-1에서 116.9%로 가장 높았다. 전반적인 경향으로 정점 S-1과 정점 S-2의 용존산소량이 정점 S-3, S-4, S-5에 비해 높게 나타났고, 정점 S-5는 표층에 비해 저층에서 높게 나타났다.

본 조사해역의 화학적산소요구량은 표층의 경우 정점 S-3에서 0.55 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았으며 정점 S-1에서 2.91 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 저층은 정점 S-3에서 0.91 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정점 S-1에서 3.28 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 표층과 저층 모두 정점 S-1에서 가장 높은 수치를 나타냈다. 이는 백야도에 인접한 양식장의 유기물과 어선의 오폐수가 원인이 되어 화학적 산소요구량이 증가한 것으로 사료된다.

부유물질량(SS)은 표층의 경우 정점 S-1에서 9.45 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정점 S-5에서 20.33 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 저층은 정점 S-1에서 12.45 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정점 S-5에서 25.11 mg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다.

조사 연안의 암모니아 질소(NH<sub>4</sub>-N)는 표층의 경우 정점 S-1에서 1.03 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정점 S-4에서 1.28 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 저층은 정점 S-5에서 1.15 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정점 S-4에서 1.49 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 또한 암모니아 질소는 표층에 비해 저층에서 높게 나타났다. 이는 동·식물플랑크톤의 사체나 인근 양식장의 사료와 어류의 분비물 등이 저층에 침전되어 저층에서 암모니아 질소의 농도가 해수로 용출된 것으로 사료된다.

본 조사해역의 질산 질소는 표층의 경우 정점 S-1에서 1.31 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정점 S-5에서 1.91 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 저층은 정점 S-4에서 1.61 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정점 S-2에서 2.05 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 표층에 비해 저층의 수치가 약간 높았으나 광양만(조 등 1994)에 2.2-6.2 μg·l<sup>-1</sup>에 비해서는 매우 낮은 수치를 나타냄으로 비교적 육지로부터 유기물질의 유입이나 오염원이 적은 것으로 사료된다.

본 조사해역의 아질산 질소는 표층의 경우 정점 S-3에서 0.18 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정점 S-1에서 0.53 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 저층은 정점 S-2에서 0.22 μg·l<sup>-1</sup>로 가장 낮았고, 정



Table 2. (continued)

Species	St.	S-1		S-2		S-3		S-4		S-5	
		S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
<i>Fallacia pygmaea</i>		+									
<i>Gonidoma ostenfeldii</i>			+								
<i>Gyrosigma acuminatum</i>								+			
<i>Hyalodiscus stelliger</i>					+						+
<i>Lauderia annulata</i>								+			
<i>Leptocylindrus aamcus</i>			+		+		+				+
<i>L. danicus</i>										+	
<i>Licmophora abbreviata</i>		+					+				+
<i>Lithidesmium undulatum</i>			50								
<i>Lithidesmium</i> sp.			+								
<i>Melosira</i> sp.											+
<i>Nitzschia longissima</i>					+						
<i>N. pacifica</i>					100		+			+	+
<i>N. pungens</i>								50			
<i>N. rectilonga</i>		+									
<i>Pleruosigma rectum</i>					100						
<i>P. affine</i>			+		100		+	+			+
<i>P. salinatum</i>			+								
<i>Pseudonitzschia multistriata</i>			+								
<i>Rhizosolenia indica</i>									+		
<i>R. setigera</i>		150	50	50	150	100	+	50	+	+	+
<i>Rhizosolenia</i> sp.			+								
<i>Skeletonema costatum</i>		1750	2250	1400	3350	1350	1200	2300	1500	800	1750
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>		300	350	800	900	150	250	350	550	950	550
<i>Stephanopyxis</i> sp.										+	
<i>S. turris</i>						+					
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		+	+		150		+	100	100	50	
<i>T. angustii</i>					+						
<i>T. anguste-lineata</i>		+	+								
<i>T. condensata</i>			150	100	100		50		50		
<i>T. hyalina</i> sp.							+				
<i>T. leptopus</i> sp.									+		
<i>Thalassiosira mala</i>								50			
<i>T. ostrupii</i>			+	+							
<i>T. pacifica</i>							+				
<i>T. rutula</i>			+	100	+				+	100	
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>			+								+

+: less than 50 cells · ml<sup>-1</sup>

점 S-5에서 0.5  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 높았다.

본 조사 정점의 인산 인은 표층의 경우 정점 S-2에서 0.18  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 낮았고, 정점 S-4에서 0.54  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 높았다. 저층은 정점 S-4에서 0.2  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 낮았고, 정점 S-5에서 0.58  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 높았다. 인산 인은 표층의 농도에 비해 심층이 높았고, 다만 정점 S-4는 표층의 농도가 저층에 비해 높게 나타났으나 전반적으로 인산 인의 농도도 인근의 광양만(조 등 1994)의 1.68-137.20  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 에 비해서는 매우 낮은 수치를 보였다.

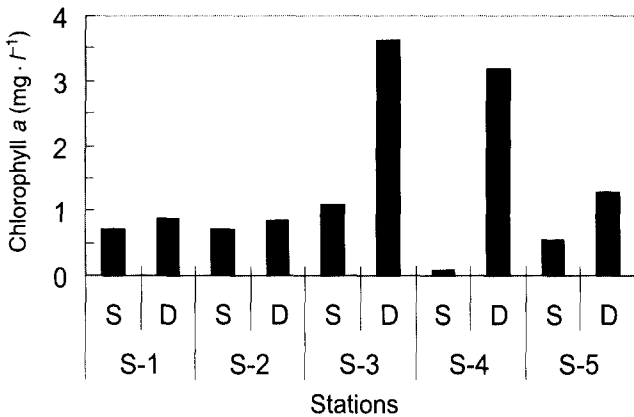
본 조사 정점의 규산 규소는 표층의 경우 정점 S-5에서

0.07  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 낮았고, 정점 S-3에서 0.14  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 높았다. 저층은 정점 S-3에서 0.082  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 낮았고, 정점 S-1에서 0.16  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 높았다. 이는 정점 S-5에서 규조류의 현존량이 상대적으로 높게 나타난 결과로 미루어 볼 때 규산 규소가 규조류의 영양원으로 작용되었다고 사료된다(Table 2).

조사 해역의 엽록소 *a*의 변화에서, 표층은 정점 5에서 0.55  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 낮았으며 정점 3에서 1.10  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 높았다(Fig. 2). 저층은 정점 2에서 0.83  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 낮았으며, 정점 3에서 3.62  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 높았다. 표층에 비해 저층의

**Table 3.** Number of each phytoplankton taxon in the coastal water of Baegyado in winter

Division	Order	Suborder	Family	Genus	Species	Variety
Bacillariophyceae	2	3	13	30	81	1
Chrysophyceae	1	-	1	2	2	1
Dinophyceae	2	-	2	2	2	-
Euglenophyceae	1	-	1	1	1	-
Total	6	3	17	35	86	2



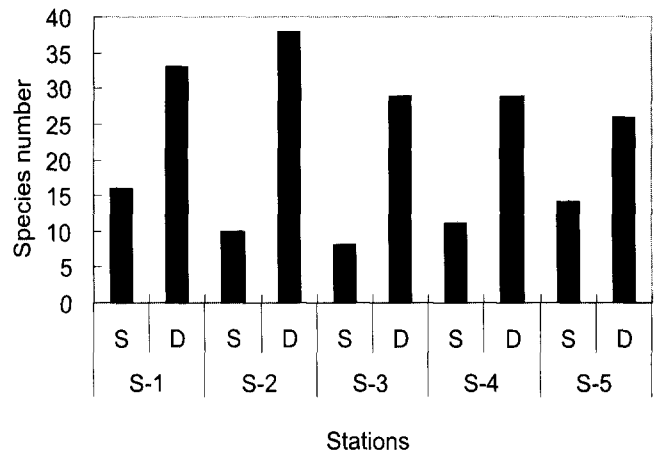
**Fig. 2.** Variations of chlorophyll *a* of phytoplankton in the coastal water of Baegyado in winter (S, surface water; D, deep water).

엽록소 양이 높았고 특히 정점 3과 4의 저층이 높게 나타났다. 그러나 인접한 광양만(조 등 1994)의 2월의 엽록소의 양은 10  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 에 비해서는 매우 적은 양이었다(Fig. 2).

본 연안은 해류의 영향과 바람 등의 물리적 영향과 수층의 혼합 등으로 이화화적인 특성이 정점 S-3을 중심으로 S-1과 S-2는 저온저염 수괴와 S-4와 S-5는 고온고염 수괴의 영향권에 놓여 있어 서로 다른 특징을 지닌 해양생태계 구조를 이루고 있었다. 백야도 인근 해역은 다른 만의 해역에 비해 비교적 청정한 수역이라 할 수 있으나 정점과 수층별로 해양환경 특성이 뚜렷한 차이를 나타냈다. 남서해역에는 일반적으로 대마난류와 남해안 연안수의 영향으로 고온 고염수괴, 저온 저염수 그리고 저염수괴의 영향을 받는 수괴 3종류로 구분된다(김과 윤 1997). 본 연구 해역에는 S-1은 저온 저염수괴로부터 영향을 받고, S-5는 고온 고염수괴의 영향을 받는 경향을 나타냈고, 정점 S-3를 중심으로 성격이 서로 다른 해류가 합류하는 수역인 것으로 추정된다.

**식물플랑크톤의 종조성**

본 조사해역에서 동정된 식물플랑크톤은 모두 88종으로 이들은 4강 6목 3아목 17과 35속 86종 2변종으로 구성되었다(Table 2). 이 결과는 남서해역에 나타난 85종(김과 윤 1997)과 가막만의 81종과 거의 유사한 종수를 나타냈다. 동정된 식물플랑크톤의 군집별 출현율에서 돌말강이 83종으로 출현



**Fig. 3.** Species numbers of phytoplankton in the coastal water of Baegyado in winter(S, surface water; D, deep water).

율 94.3%로 가장 많은 출현종 수를 나타냈다. 황갈조강은 3종으로 출현율은 3.4%, 외편모조강이 2종으로 2.2%, 유글레나강(Euglenophyceae)이 1종으로 1.1%였다(Table 3).

각 정점의 출현종 수는 표층의 경우 정점 S-3에서 8종으로 출현종 수가 가장 적었고, 정점 S-1은 16종으로 출현종 수가 가장 많았다. 저층은 정점 S-5에서 26종으로 출현종 수가 가장 적었고, 정점 S-2에서 출현종 수가 33분류군으로 출현종 수가 가장 많았다. 출현종 수는 표층에 비해 저층에서 출현종 수가 2-3배로 훨씬 많이 출현하였다(Fig. 3).

본 조사해역인 광양만에 대하여 기존에 조사되었던 심 등(1984)의 조사(211종)와 조 등(1994)의 조사(152종)에 비하면 출현종 수가 적었고, 인근 해역인 마산만(유와 이 1976)의 63종, 득량만(윤 1999)의 75종보다는 출현종 수가 많았다. 기존의 조사에 비해 본 조사에서 출현종 수가 적은 것은 조사시기가 계절적으로 생물의 활성이 낮은 동계이고, 외편모조류 등은 낮은 수온으로 인해 휴면상태인 관계(박과 윤 2003)로 주로 낮은 온도에 적응성이 높은 규조류만 채집되었기 때문으로 생각된다.

본 조사해역에서 표층은 8-16종, 저층은 26-33종으로 표층에만 출현한 종은 *Amphora coffeaeformis*, *Cerataulina dentata*, *Fallacia pygmaea*, *Thalassiosira mala*, *Nitzschia pungens* 등을 포함하여 모두 11종이었고, 저층에서만 출현한 종은 *Amphiprora alata*, *Bacillaria paxillifer*, *Ceratium fusus*, *Chaetoceros siamense*,

**Table 4.** Diversity (Div.) and dominance (Dom.) indices in the coastal water of Baegyo Island in winter

Indices	S-1		S-2		S-3		S-4		S-5	
	Div.	Dom.	Div.	Dom.	Div.	Dom.	Div.	Dom.	Div.	Dom.
S	0.909	1.315	1.198	1.431	0.784	1.285	0.916	1.200	1.089	1.229
D	1.175	1.163	0.897	0.939	1.475	1.057	1.386	0.980	0.932	1.022

**Table 5.** Coefficients of Spearman rank ( $r_s$ ) and probabilities between physico-chemical elements and standing crops of phytoplanktons in the surface water of Baegyo Island during winter

	Water T.	Sal.	pH	DO	COD	SS	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si	Div.	Dom.
Water Tem.	1	0.7	-0.718	-0.9	0.4	0.8	0.2	0.7	0.051	0.9	-0.359	-0.1	-0.9
Sal.	NS	1	-0.154	-0.6	0.9	0.3	-0.3	0.3	0.718	0.5	-0.872	-0.1	-0.5
pH	NS	NS	1	0.462	0.154	-0.616	-0.821	-0.872	0.289	-0.821	0	-0.308	0.821
DO	*	NS	NS	1	-0.3	-0.9	0.1	-0.5	0.103	-0.7	0.154	0.3	0.7
COD	NS	*	NS	NS	1	-0.1	-0.5	-0.1	0.821	0.3	-0.872	-0.3	-0.3
SS	NS	NS	NS	*	NS	1	0.2	0.7	-0.359	0.6	0.103	0	-0.6
NH <sub>4</sub> -N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	0.7	-0.359	0.4	0.205	0.6	-0.4
NO <sub>3</sub> -N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	-0.051	0.6	-0.205	0.6	-0.6
NO <sub>2</sub> -N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	-0.103	-0.947	0.205	0.103
PO <sub>4</sub> -P	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	-0.205	-0.2	-1
SiO <sub>2</sub> -Si	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	1	-0.205	0.205
Div.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	0.2
Dom.	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	1

Div, diversity indices of phytoplankton; Dom, dominance indices of phytoplanktons.

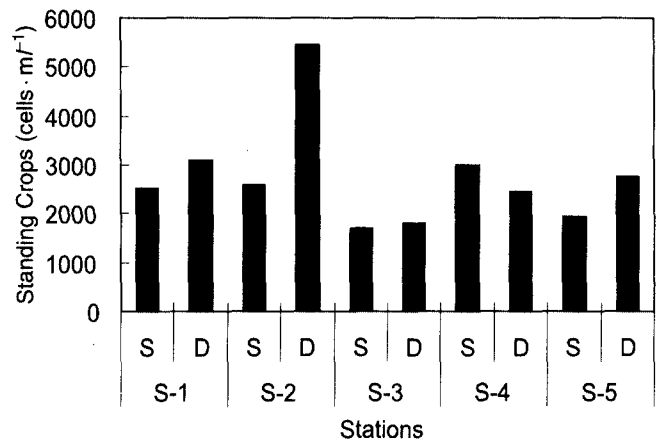
\*\* :  $p < 0.01$ ; \* :  $p < 0.05$ ; N = 5, NS: non significance.

*Distephanus speculum* 등을 포함하여 모두 53종이었다(Table 2). 표층과 저층에서 모두 출현한 종은 *Asterionella japonica*, *Chaetoceros decipiens*, *Eucampia zodiacus*, *Nitzschia pacifica*, *Thalassiosira condensa* 등을 포함하여 모두 25종이었다. 전 조사 정점의 표층과 저층에서 출현한 종은 *Rhizosolenia setigera*, *Skeletonema costatum*, *Stephanopyxis palmeriana* 등 3종이었고, 단 한번만 출현한 종은 *Cerataulina dentata*, *Distephanus speculum*, *Eutrepia pertyi*, *Lauderia annulata*, *Thalassiosira pacifica* 등을 포함하여 모두 4종이었다.

*Rhizosolenia setigera*, *Skeletonema costatum*, *Stephanopyxis palmeriana* 등은 동계에 인근의 득량만(윤 1999)과 서해안의 보령·서천 해안에서(이와 이 1997) 주요 출현종으로 보고되어 있어 이들 종들은 동계에 서해와 남해안에 출현하는 식물 플랑크톤의 주요 구성종인 것으로 판단된다.

#### 식물플랑크톤의 현존량과 우점종

각 조사지점의 현존량은 표층의 경우 정점 S-3에서 1,700 cells·m<sup>-1</sup>로 최저치였고, 정점 S-2에서 2,000 cells·m<sup>-1</sup>로 최고치였다. 저층은 정점 S-3에서 1,800 cells·m<sup>-1</sup>로 최저치였고, 정점 S-2에서 5,450 cells·m<sup>-1</sup>로 최고치였다. 전체적으로 저층의 현존량이 표층에 비해 높게 나타났다(Fig. 4). 이는 암모니아와 질소와 질산 질소의 농도가 표층보다 저층에서 높

**Fig. 4.** Standing crops of phytoplankton in the coastal water of Baegyo Island in winter(S, surface water; D, deep water).

게 나타난 결과(Table 1)로 인해 식물플랑크톤의 현존량이 높게 나타났다고 판단된다.

본 해역의 우점종은 *Skeletonema costatum*이고, 아우점종은 *Stephanopyxis palmeriana*였다. 다양도 지수는 표층의 경우 정점 S-3에서 0.784로 최저치였고, 정점 S-2에서 1.198로 최고치였다. 저층은 정점 S-2에서 0.897로 최저치였고, 정점 S-3에서 1.475로 최고치였다. 우점도 지수는 표층의 경우 정점 S-4에서 1.200으로 최저치였으며, 정점 S-2에서 1.431로 최고

**Table 6.** Coefficients of Spearman rank ( $r_s$ ) and probabilities between physico-chemical elements and phytoplanktons in the deep water of Beagyado during winter

	Water T.	Sal.	pH	DO	COD	SS	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	SiO <sub>2</sub> -Si	Div.	Dom.
Water T.	1	0.211	-0.872	-0.667	0.2	0.8	-0.1	-0.3	0.6	0	0.359	0.3	0.1
Sal.	NS	1	0.108	0.487	0.949	0.108	-0.791	0	0.632	0.580	0.973	-0.527	0.264
pH	NS	NS	1	0.789	0.154	-0.821	-0.205	0.154	-0.154	0.103	-0.079	-0.205	0.359
DO	NS	NS	NS	1	0.359	-0.564	-0.667	0.564	0.051	0.667	0.395	-0.718	0.103
COD	NS	*	NS	NS	1	-0.3	-0.6	-0.3	0.6	0.3	0.872	-0.3	0.4
SS	NS	NS	NS	NS	NS	1	-0.1	0.2	0.4	0.2	0.051	0.2	-0.1
NH <sub>4</sub> -N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	-0.5	-0.7	-0.9	-0.821	0.6	-0.3
NO <sub>3</sub> -N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	-0.1	0.8	0.103	-0.7	-0.4
NO <sub>2</sub> -N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	0.4	0.667	0.1	0.7
PO <sub>4</sub> -P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	1	0.667	-0.8	-0.1
SiO <sub>2</sub> -Si	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	-0.564	0.154
Div.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	0.5
Dom.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1

Div, diversity indices of phytoplankton; Dom, dominance indices of phytoplanktons.

\*\* :  $p < 0.01$ ; \* :  $p < 0.05$ ; N = 5, NS: non significant.

치였다. 저층은 정점 S-2에서 0.939로 최저치였고, 정점 S-1에서 1.163으로 최고치였다(Table 4).

#### 해양환경과 식물플랑크톤 현존량의 유의도 분석

백야도 연안의 동계 해양환경과 상대빈도에 의한 식물플랑크톤의 현존량과의 상관관계는 정점별 표층에서는 수온과 DO, DO와 SS, NO<sub>2</sub>-N와 SiO<sub>2</sub>-Si, 수온과 식물플랑크톤의 우점도 지수, PO<sub>4</sub>-P와 식물플랑크톤의 우점도 지수는 음의 상관관계가 있었고, 염분과 COD, 수온과 PO<sub>4</sub>-P는 양의 상관관계가 있었다(Table 5).

반면에 저층은 NH<sub>4</sub>-N과 PO<sub>4</sub>-P가 음의 상관관계가 있었고, 염분과 COD, 염분과 SiO<sub>2</sub>-Si는 양의 상관관계가 있었다. 따라서 식물플랑크톤은 저층이 표층보다 해양환경이 식물플랑크톤 현존량과 유의도(양의 상관관계)가 뚜렷하였다.

결론적으로 여수의 백야도와 백야도 사이 연안의 동계 해양생태계는 동계 휴면을 동반하고, 생육 환경이 여름보다 저조한 시기임에도 불구하고, 정점 S-3을 중심으로 저온저염 수괴와 고온고염 수괴의 영향권에 따른, 해양환경과 생태계 구조가 뚜렷하게 구분이 되었고, 이에 따른 정점별과 수층별 식물플랑크톤의 종조성도 다양한 특성을 드러냈다.

#### 참고문헌

- 김대일, 윤양호. 1997. 식물플랑크톤 군집구조로 본 초겨울 한국 남서해역의 해양환경 특성. 수산과학연구소 연구보고, 6: 1-11.  
 김동수, 이길수, 김용주. 1995. 여수연안의 기상요인이 정치망어장의 해황에 미치는 영향. 여수수산대학교 수산과학연구소 연구보고, 4: 31-39.  
 박종식, 윤양호. 2003. 와편모조류 cyst 분포에 의한 한국 남서해역

- 의 해양환경 특성 1. 가막만 와편모조류 cyst의 시·공간적 분포. 한국수산학회지 36: 151-156.  
 심재형, 신은영, 최중기. 1984. 광양만 식물플랑크톤 분포에 관한 연구. 한국해양학회지 19: 121-133.  
 유광일, 이종화. 1976. 마산만의 환경화학적 연구. 식물플랑크톤의 연변화. 한국해양학회지 11: 34-38  
 윤양호. 1998. 가막만 남부 화태연안의 식물플랑크톤 군집구조 특성. 여수대학교 수산과학연구소 연구보고, 7: 129-144.  
 윤양호. 1999. 득량만 식물플랑크톤 군집의 시·공간적 분포특성. 한국환경생물학회지 17: 481-492.  
 윤양호. 2000. 가막만 북서부해역 식물플랑크톤 군집의 시·공간적 분포 특성. 여수대학교 수산과학연구소 논문집 9: 34-47.  
 이진환, 이은호. 1997. 화력발전소(보령·서천) 주변해역에서 식물플랑크톤 군집의 계절적 변화. Algae 12: 105-115.  
 이진환, 장만. 1996. 한국해산돌말(규조)도감. 자유아카데미, 서울. 109 pp.  
 조기안, 위인선, 최정일. 1994. 광양만 식물플랑크톤의 생태학적 연구. 한국환경생물학회지 12: 137-150.  
 해양수산부. 1998. 해양환경공정시험방법, 제1998-4호.  
 SMWQ. 1992. 수질오염, 폐기물, 토양오염 공정시험방법. 제1편 수질오염 공정시험법 동화기술. 669 pp.  
 APHA, AWWA, WEF. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. (eds), A.D. Eaton, L. S. Clesceri and A. E. Greenberg, Baltimore, 10: 157 pp.  
 Fukuyo Y., Takano H., Chihara M. and Matsuoka K. 1990. Red tide organisms in Japan-An illustrated taxonomic guide. Uchida Rokakuho, Tokyo, 430 pp.  
 Jeffrey S.W. and Humphrey G.F. 1976. New spectrophotometric equation for determining chlorophylls a, b, c<sub>1</sub> + c<sub>2</sub> in higher plant algae and natural phytoplankton. Biochim. Physiol. 167: 191-194.  
 Jo E.Y., Cha J.H., Kim M.K. and Kim K.T. 2000. Studies on the ecosystem in the Yeoung-II Gulf of Korea: I. Species composition and diversity of phytoplankton community Algae 15: 49-59.



- Jung J.A., Cho E.Y., Cha J.H., Kim M.K. and Kim K.T. 2000. Seasonal variations of physio-chemical characteristics and phytoplanktonic pigments in coastal seawater from Ullungdo and Dokdo Islands. *Korean J. Environ. Biol.* **18**: 425-440.
- Jung J.A., Cho E.Y., Cha J.H., Kim M.K. and Kim K.T. 2001. Community structures of phytoplanktons according to environmental factors in the coastal waters of Ullungdo and Tokdo Islands. *Algae* **16**: 325-335.
- Murphy J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* **27**: 31-36.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 1998. *Recent red tides in Korean coastal waters*. Busan 292 pp.
- Shannon C.E. and Weaver W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Illinois Univ. Press, Urbana, 177pp.
- Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nat.* **163**: 688.
- Strickland J.D.H. and Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* **167**: 1-310.
- Thomas C.R. (ed.) 1996. *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press. 858 pp.
- 

Received 9 September 2004

Accepted 22 September 2004