

## 춘계 한국 남서해역 식물플랑크톤의 공간적 분포

이 준 백

제주대학교 해양과학대학

### Spatial Distribution of Phytoplankton in the Southwestern Sea of Korea in Spring

Joon-Baek Lee

College of Ocean Science, Cheju National University, Jeju-Do 690-756, Korea

Spatial distribution of phytoplankton was investigated in the southwestern sea of Korea in May 2000 in terms of phytohydrography. Sampling was done at the 0m, 30m, 50m of 15 selected stations, and permanent slides of each samples were prepared by QPS method for quantitative and qualitative analyses. Phytoplankton standing crops ranged from  $3.23 \times 10^4$  to  $1.09 \times 10^7$  cells  $\cdot \ell^{-1}$  in the study area. Dominant species comprised of 9 diatoms and 2 phytoflagellates, showing high dominance by diatom and most predominance by *Skeletonema costatum* in all layers of most stations. Phytohydrographic results indicate that the study area might be divided into 4 categories, that is, I area is designated as neritic area where terrestrial and coastal species occur frequently, II area as intermediate area, III area as offshore area where oceanic species dominate, and IV area as the others. Especially in the II area, *Skeletonema costatum* was most predominant at both surface and 30m layers in most stations and represented an characteristic of northward expansion with spring massive bloom.

**Key words** : phytoplankton, spatial distribution, *Skeletonema costatum*, phytohydrography, spring bloom

### 서론

수서생태계에서 광합성을 통하여 기초적인 생산을 담당하는 식물플랑크톤은 해양의 생산성을 평가하는데 매우 중요한 기준이 된다. 이런 식물플랑크톤의 공간적인 분포는 해양 생태계 내에서 일차 생산과정을 결정하는 중요한 구성 요소이나 물리·화학적 변화에 따라 공간적 및 시간적 특성이 다르게 나타난다. 온대역 식물플랑크톤은 계절적인 분포 특성이 뚜렷하게 나타내는데 특히 봄철과 가을철에 대발생을 일으키는 것으로 알려져 있다. 본 연구해역인 제주해협의 서쪽에 위치한 한국 남서해역은 황해 연안수와 대마난류가 만나는 조경해역을 이루고 있어 수산 생

물자원이 풍부한 해역으로 알려져 있다(Cho et al., 1983). 이 해역에서의 식물플랑크톤 연구는 Choe (1969)와 Shim and Park(1984) 등의 연구가 있으나, 식물플랑크톤의 현존량 분포와 군집 동태에 관한 정보는 많지 않다. 본 연구에서는 한국 남서해역에 있어서 식물플랑크톤 군집의 공간적 분포를 식물 수문학적 방법으로 접근을 시도하였다.

### 재료 및 방법

조사는 2000년 4월 30일부터 5월 7일까지 제주대학교 실습선 아라호를 이용하여 남서해역의 15개 정점을 선정하여 각 정점의 0 m, 30 m, 50 m에서 수층별로 행해졌

다. 북위 33° 30' N 위도선(A line), 북위 34° N 위도선(B line), 34° 30' N 위도선(C line)을 따라 동경 126° E부터 124° E까지 30' 간격으로 각 라인에 3개의 정점을 선정하여 st. 1~5 (A line), st. 6~10 (B line), st. 11~15 (C line)으로 나타내었고(Fig. 1), 식물플랑크톤의 시료는 Niskin채수기를 이용하여 각 정점에서 수층별로 각각 50 ml씩 채수하여 현장에서 Bouin용액으로 고정시켜 실험실로 운반하여 분석을 실시하였다.

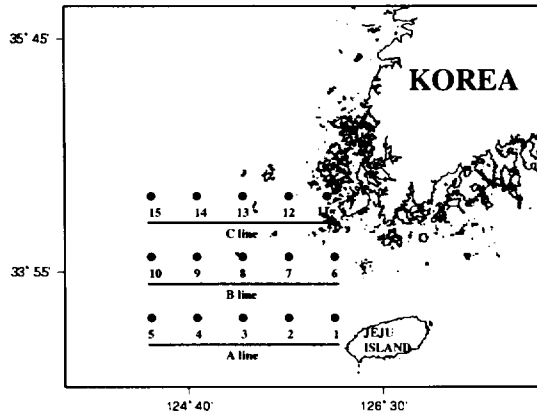


Fig. 1. Map showing the sampling stations in the study area.

고정된 시료는 Quantitative Protogol Stain 방법 (일명 QPS법 또는 정량 한천포매도염색법 : Montagnes and Lynn, 1993)에 의해 영구표본을 제작하였고 정량 분석은 광학현미경(Zeiss, Axioplan II)으로 규조류, 와편모조류와 식물편모조류의 분류군별로 단위체적당 세포수를 계수하였다. 정성분석은 고배율(x400-1000)하에서 Shim(1994), Tomas(1997) 등의 참고문헌을 근거로 종을 동정하였다. 식물 수문학적(phytohydrographic) 수역을 구분하기 위해 식물플랑크톤의 정성과 정량자료로 각 정점간의 유사도를 구하여 통계프로그램을 이용하여 집괴분석을 실시하였다.

### 결과 및 고찰

#### 현존량 분포

조사지역의 식물플랑크톤 현존량은 전 정점에서

$3.23 \times 10^4 \sim 1.09 \times 10^7$  cells  $\cdot \ell^{-1}$  범위로 전 정점 평균은  $1.62 \times 10^6$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ 이었다(Table 1). 층별로 보면 표층이  $4.40 \times 10^4 \sim 8.47 \times 10^6$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ 의 범위로 평균은  $2.03 \times 10^6$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ , 30 m 층은  $4.99 \times 10^4 \sim 1.09 \times 10^7$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ 의 범위로 평균은  $2.05 \times 10^6$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ , 50 m 층은  $ND \sim 2.97 \times 10^6$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ 의 범위로 평균은  $7.69 \times 10^5$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ 로 30 m 층이 표층보다 약간 높은 현존량을 나타내었으며 50 m 층은 낮은 현존량 분포를 보이고 있다(Table 1).

조사해역의 현존량을 기존의 조사와 비교해 보면, 한국남서해역(Shim and Park, 1984)의  $6.7 \times 10^3 \sim 3.9 \times 10^5$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ , 제주도 해안선 주변(Lee et al., 1989)의  $5.3 \times 10^3 \sim 5.2 \times 10^5$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ , 제주도 문섬 주변(Choa and Lee, 2000)  $1.5 \times 10^3 \sim 7.0 \times 10^5$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ 보다 훨씬 높았다. 또 목포해역(Park, 1984)의  $2.3 \times 10^3 \sim 1.6 \times 10^6$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ , 황해의  $3.9 \times 10^3 \sim 1.6 \times 10^5$  cells  $\cdot \ell^{-1}$  (Chang and Shim, 1986)와  $7.7 \times 10^3 \sim 2.3 \times 10^5$  cells  $\cdot \ell^{-1}$  (Cho et al., 1999) 범위 보다도 높은 현존량을 보이고 있어 조사시기는 식물플랑크톤에 의한 춘계 대발생의 특징을 보였다.

#### 우점종 분포

우점종 선정은 각 정점에서 현존량의 점유율이 10% 이상이고, 전 정점 및 각 층별로 출현빈도가 50%이상 되는 종을 기준으로 하였다. 우점종은 총 11종이었으며 규조류가 9종, 식물편모조류가 2종으로 규조류가 높은 우점을 보였으며 우상목 규조인 *Cylindrotheca closterium* 1종을 제외하고 모두 중심목 규조류였다(Table 2). 층별로 보면 표층이 7종, 30 m 층이 10종, 50 m 층이 3종의 우점종이 분포하고 있으며, 30 m 층이 가장 높은 우점종의 다양성을 보이고 있으며 특히 식물편모조류가 우점종으로 출현하고 있는 특징을 보였다.

우점율은 각 층에 따라 차이가 많았으나, *Skeletonema costatum* 이 표층에서 최고 98.0%(정점 3), 30 m 층에서 최고 97.6%(정점 3), 50 m 층에서 최고 95.4%(정점 1)을 나타내고 있어 단연 가장 높은 우점율을 보인 종으로 평가된다(Table 2). 이 종은 특히 정점 1, 2, 3과 정점 13의 대부분 층에서 90%이상의 높은 우점율을 보였으며(Table 2), 대부분의 정점에서  $10^6$  cells  $\cdot \ell^{-1}$

총계 한국 남서해역 식물플랑크톤의 공간적 분포

Table 1. Distribution of phytoplankton standing crops (cells · ℓ<sup>-1</sup>) in the southwestern waters of Korea in May 2000

Station	Depth(m)	Centralis	Pennalis	Diatoms	Dinoflagellates	Phytoflagellates	Total standing crops
St. 1	0	1.196.550	3.150	1.199.700	0	0	1.199.700
	30	7.294.760	2.200	7.296.960	7.040	220	7.304.220
	50	750.293	5.119	755.412	5.118	426	760.956
St. 2	0	6.031.960	7.600	6.039.560	5.000	0	6.044.560
	30	1.213.000	1.000	1.214.000	2.500	500	1.217.000
	50	2.666.734	25.999	2.692.733	10.832	5.633	2.709.198
St. 3	0	5.310.832	61.666	5.372.498	0	0	5.372.498
	30	4.378.000	20.000	4.398.000	12.000	17.000	4.427.000
	50	429.840	3.240	433.080	2.520	1.980	437.580
St. 4	0	756.360	18.540	774.900	540	720	776.160
	30	218.127	154.000	372.127	6.500	12.500	391.127
	50	67.000	6.001	73.001	167	0	73.168
St. 5	0	43.667	334	44.001	0	0	44.001
	30	28.599	4.680	33.279	173	16.467	49.919
	50	26.865	5.265	32.130	0	135	32.265
St. 6	0	497.999	11.001	509.000	167	0	509.167
	30	159.167	27.083	186.250	417	0	186.667
	50	-	-	-	-	-	-
St. 7	0	2.141.533	69.066	2.210.599	1.401	467	2.212.467
	30	60.493	9.014	69.507	0	173	69.680
	50	62.167	9.834	72.001	0	500	72.501
St. 8	0	344.200	1.200	345.400	400	28.600	374.400
	30	776.249	10.834	787.083	0	0	787.083
	50	1.112.635	7.733	1.120.368	0	483	1.120.851
St. 9	0	766.500	2.000	768.500	0	500	769.000
	30	827.467	6.767	834.234	0	967	835.201
	50	801.600	5.800	807.400	3.400	5.600	816.400
St. 10	0	1.109.550	70.850	1.180.400	1.300	3.900	1.185.600
	30	2.584.867	7.467	2.592.334	467	8.866	2.601.667
	50	2.959.166	6.167	2.965.333	1.500	334	2.967.167
St. 11	0	758.335	41.669	800.004	0	0	800.004
	30	903.334	35.001	938.335	0	0	938.335
	50	-	-	-	-	-	-
St. 12	0	2.358.000	46.800	2.404.800	0	900	2.405.700
	30	96.800	22.800	119.600	0	400	120.000
	50	786.667	58.336	845.003	0	0	845.003
St. 13	0	8.461.598	6.533	8.468.131	0	0	8.468.131
	30	10.874.933	13.001	10.887.934	867	0	10.888.801
	50	442.172	12.652	454.824	173	0	454.997
St. 14	0	137.334	3.335	140.669	3.834	22.666	167.169
	30	345.833	9.167	355.000	0	74.167	429.167
	50	570.417	5.001	575.418	0	417	575.835
St. 15	0	106.413	2.607	109.020	2.453	3.067	114.540
	30	429.000	14.800	443.800	200	20.000	464.000
	50	657.253	5.601	662.854	2.800	4.853	670.507
0m avg		2.001.389	23.090	2.024.479	1.006	4.055	2.029.540
30m avg		2.012.709	22.521	2.035.230	2.011	10.084	2.047.324
50m avg		755.521	10.450	765.970	1.767	1.357	769.095
Total avg		1.589.873	18.687	1.608.560	1.595	5.165	1.615.320

Table 2. Dominance rate (%) and frequency of dominant species of phytoplankton in the southwestern sea of Korea in May 2000

Species name / Station	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	St. 12	St. 13	St. 14	St. 15	Freq.
0m layer																
Diatoms																
<i>Chaetoceros</i> sp.				20.5%												11
<i>Detonula</i> sp.							10.8%							56.1%	25.3%	11
<i>Paralia sulcata</i>										10.1%						1
<i>Skeletonema costatum</i>	69.7%	97.8%	98.0%	68.4%	63.6%	84.7%	80.6%	56.4%	80.3%	63.9%	49.4%	60.7%	91.7%	16.3%	46.9%	15
<i>Thalassiosira gravida</i>							11.3%	11.0%								12
<i>Thalassiosira hyalina</i>										21.4%						10
<i>Thalassiosira</i> sp.	20.6%				15.9%						32.6%	36.0%				12
30m layer																
Diatoms																
<i>Chaetoceros</i> sp.				14.5%												8
<i>Detonula</i> sp.							26.3%							57.3%		7
<i>Skeletonema costatum</i>	97.6%	96.5%	97.6%	25.2%	50.3%	67.4%	59.5%	57.6%	86.8%	54.3%	44.9%	11.5%	93.7%		33.2%	14
<i>Thalassiosira gravida</i>										16.4%					13.5%	7
<i>Thalassiosira pacifica</i>										11.4%					13.2%	7
<i>Thalassiosira rotula</i>																5
<i>Thalassiosira</i> sp.						14.7%	21.1%				40.3%	66.9%		14.4%		13
<i>Cylindrotheca closterium</i>				38.8%												13
Phytoplankton																
<i>Hemiselmis</i> sp.														16.9%		1
<i>Meringosphaera</i> sp.					33.0%											4
50m layer																
Diatoms																
<i>Paralia sulcata</i>					10.9%											6
<i>Skeletonema costatum</i>	95.4%	94.1%	92.2%	73.1%	44.8%	62.1%	84.4%	74.4%	55.2%	35.9%	71.7%	87.1%	72.4%	14.6%		13
<i>Thalassiosira</i> sp.				11.2%	22.6%	19.5%			44.1%	47.0%	11.0%					10

이상의 높은 현존량을 보여(Table 1), 조사 시기에 대 발생이 진행되고 있었다고 생각된다.

Shim and Park(1984)은 한국 남서해역의 하계 우점종으로 외양성 및 연안성 규조류, 난류성 소형 와편모조류와 편모조류가 출현한다고 보고하였으나, 본 조사시기인 춘계의 우점종 분포는 다른 특징을 나타내고 있었다. 본 조사시기에 가장 우점한 *Skeletonema costatum*은 Lee et al.(1999)에 의해 양자강 하구 및 동중국해의 하계에도 높은 우점율을 보고되었으며, 춘계와 하계에 넓은 해역에 우점하고 있는 것으로 생각된다. 그러나 1980년대 하계에 조사된 Shim and Park(1984)의 보고에서는 *Skeletonema costatum*이 우점하고 있지 않아 조사해역의 우점종 조성이 예전과 달라지고 있으며 이것은 해양환경 변화와 관계가 있을 것으로 추론된다.

### 식물 수문학적 분포

각 정점의 식물플랑크톤 종조성과 현존량을 기준으로 각 층별로 유사도를 구하여 집괴분석에 의하여 식물 수문학적 분포를 분석한 결과 조사해역은 4개의 수역으로 구분되었다(Fig. 2). I 수역은 육상의 영향을 받고 연안성 종류가 많이 분포하는 수역, II 수역은 중간역, III 수역은 외양성 종류가 많이 분포하는 외해역, IV 수역은 기타 수역으로 분류되었다.

층별로 보면 표층은 크게 3개 수역으로 구분되었는데 I 수역은 정점 11과 12가 포함되어 연안성 및 육상종의 영향을 많이 받는 수역, II 수역은 종조성 및 현존량의 분포가 비슷한 정점으로 이루어진 중간해역으로 가장 많은 정점을 포함하고 있으며, III 수역은 가장 서쪽에 위치하여 외양성 종류가 많이 출현하고 있는 외해역이며 특이하게 제주도 북서해역의 정점 1을 포함하고 있었다(Fig. 2). 30m 층도 표층과 같은 수역 구분의 특징을 나타내어 I 수역과 II 수역은 같은 특징을 보였고 III 수역은 정점 10이 포함되어 보다 외해역의 범위가 확장되는 특징을 보였다(Fig. 2). 조사해역의 각 정점간 거리가 비교적 가까워 표층은 유사도가 매우 높아 0.9 이상을 보였으나, 30m 층은 유사도가 낮아 정점간 종조성과 현존량 분포에 있어 차이가 많이 나타나고 있었다. 그러나 II 수역은 표층과 30m 층 모두 *Skeletonema costatum*가 높은 점

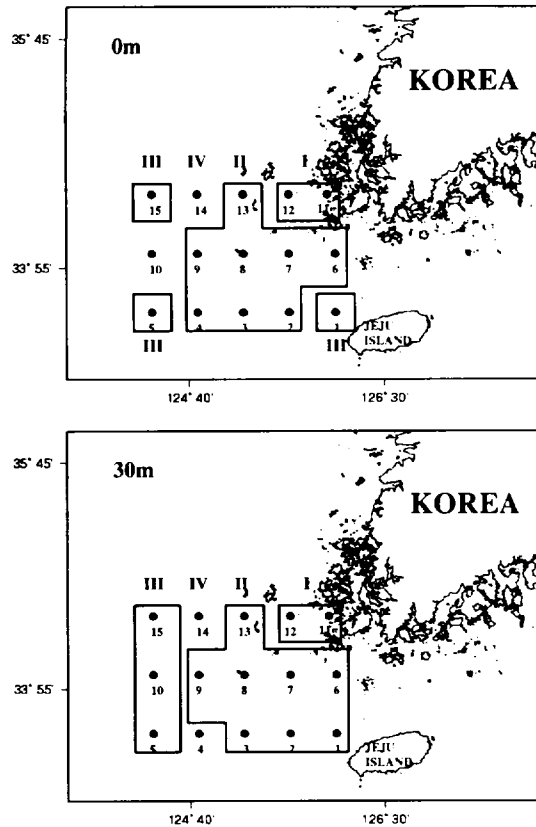


Fig. 2. Phytohydrographic distribution based on phytoplankton species composition and abundance in the southwestern sea of Korea in May 2000.

유율로 우점하고 있어 이 종이 춘계에 상당히 넓게 분포하여 북쪽으로 확산되는 경향성을 보이고 있다고 생각되며 이것은 조사해역의 해양환경 변화와 밀접한 관계가 있을 것으로 사료된다.

### 요약

춘계 한국 남서해역의 식물플랑크톤의 공간적 분포 특성을 2000년 5월에 총 15개 정점의 표층, 30m, 50m 층에서 조사하였다. 조사시기의 식물플랑크톤 현존량은 전 정점에서  $3.23 \times 10^4 \sim 1.09 \times 10^7$  cells  $\cdot \ell^{-1}$  범위로 전 정점 평균은  $1.62 \times 10^6$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ 이었다. 우점종은 총 11종이었으며 규조류가 9종, 식물편모조류가 2종으로 규조류가 높은 우점을 보였으며 *Skeletonema*

*costatum*이 전 정점에서 가장 높은 우점을 보였다. 식물 수문학적 분포를 분석한 결과 조사해역은 4개의 수역으로 구분되었다. I 수역은 연안성 종류가 많이 분포하는 연안역, II 수역은 중간역, III 수역은 외양성 종류가 많이 분포하는 외해역, IV 수역은 기타 수역으로 분류되었다. 또 II 수역은 *Skeletonema costatum*가 표층과 30 m 층에서 춘계 대발생을 나타내었으며 북쪽 방향으로 뻗어 나가는 분포 특징을 보이고 있다.

### 사 사

본 연구의 관측과 채집에 도움을 주신 제주대학교 실습선 아라호 선원 여러분께 감사드리며, 시료의 분석과 논문의 정리를 도와 준 이지은양께 감사드립니다.

### 참고문헌

Chang, M. and J.H. Shim. 1986. A study on the phytoplankton of the Yellow Sea in spring. 1984. Ocean Research, 8: 1-11. (in Korean)

Cho, K.D., S.Y. Hong, H.J. Kim and Y.R. Yang. 1983. Structure of shelf front and distribution of planktons in the eastern part of the Yellow Sea. Bull. Korean Fish. Soc., 16(4): 316-329. (in Korean)

Cho, S.H., W.D. Yoon, D.H. Lim, J.K. Choi, J.H. Noh, H.J. Jeon and T.Y. Song. 1999. Spatio-temporal distribution of chlorophyll a, primary productivity and size-fractionated standing stock of the phytoplankton community in the Yellow Sea. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 57: 163-173. (in Korean)

Choa, J.H. and J.B. Lee. 2000. Bioecological characteristics of coral habitats around Moonsom, Cheju Island, Korea I. Environmental properties and community structures of phytoplankton. The Sea(Journal of the Korean Society of Oceanography), 5(1): 59-69.

(in Korean)

Choe, S., 1969. Phytoplankton studies in Korean waters IV. Phytoplankton in the adjacent seas of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 4(2): 49-67. (in Korean)

Lee, J.B., Y.C. Choi and Y.B. Go. 1989. Primary production of phytoplankton around the coast line of Cheju Island. Journal of Korean Earth Science Society, 10(1): 62-67. (in Korean)

Lee, J.B., B. Shynn and D.W. Kang. 1999. Water mass properties and phytoplankton community dynamics in the East China Sea in the summer seasons, 1997-1998. In: (eds) Matsuno, T. K. Matsuoka and J. Ishizaka, The East China Sea. Preceedings of the 2nd International Workshop on Oceanography and Fisheries in the East China Sea. Faculty of Fisheries, Nagasaki Univ. Japan, 2: 25-26.

Montagnes, D.J.S. and D.H. Lynn. 1993. A quantitative protargol stain (QPS) for ciliates and other protists. In: (eds) Kemp, P.F., B.F. Sherr, E.B. Sherr and J.J. Cole, Aquatic Microbial Ecology. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 229-240.

Park, K.Y. 1984. On phytoplankton of the Mokpo Bay in spring. Bulletin of Institute of Littoral Biota, Mokpo National College, 1(1): 57-65. (in Korean)

Shim, J.H. 1994. Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea Vol. 34 Phytoplankton. Ministry of Education, Republic of Korea, pp. 487. (in Korean)

Shim, J.H. and Y.C. Park. 1984. Community structure and spatial distribution of phytoplankton in the southwestern sea of Korea, in early summer. J. Oceanol. Soc. Korea, 19(1): 68-81.

Tomas, C.R. (ed.), 1997. Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, San Diego, pp. 858.