

1996년 5월 한국 남해 및 서해 연안역의 해양환경과 식물플랑크톤 군집동태

이 준 백
제주대학교 해양학과

Phytoplankton Community Dynamics and Marine Environments in the Southern and Western Coastal Waters of Korea in May, 1996

Joon-Baek Lee

Department of Oceanography, Cheju National University, Cheju-do 690-756, Korea

The characteristics of marine environment and phytoplankton community dynamics have been investigated in the southern and western coastal waters of Korea in May, 1996. Water temperature, salinity, and transparency varied in the range of 9.3~16.0°C, 31.7~35.5‰, 0.4~9.2 m, respectively. The concentration of total inorganic nitrogen and phosphate phosphorus distributed in the range of 1.86~62.42 μ M and 0.08~0.86 μ M, respectively, showing relatively high nitrogen in the southern waters and relatively high phosphorus in the western waters. The N/P ratio were higher in the southern waters than in the western waters. It is believed that the southern waters have been more eutrophicated by the nitrogen sources in Korean waters. A total of 44 species of phytoplankton occurred including 22 spp. of diatom, 21 spp. of dinoflagellate, and 1 sp. of silicoflagellate. The standing crops of phytoplankton were in the range of $1.5 \times 10^3 \sim 46.6 \times 10^3$ cells l^{-1} , relatively higher abundance in the southern waters than in the western waters. Dinoflagellate was much abundant in the southern waters, which is likely to be related to the eutrophication of the southern waters. Whereas the western waters showed relatively low standing crops. Particularly a benthic diatom, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, was most dominant in all most western stations, where this species would be resuspended by the physical movement of water rather than any chemical factors involved in the shallow water.

Key words : phytoplankton, community dynamics, environmental factor, Korean coastal waters,
Cheju Island

서론

식물플랑크톤은 해양생태계내 먹이연쇄의 1차생산자로서 중요한 역할을 담당하지만 때때로 유해성 미세조류는 적조를 형성하여 수산생물과 인간에게

지 피해를 입히기도 한다. 근래에 들어 우리나라 연안역은 인구의 증가에 따른 도시의 집중화와 산업기반 시설물의 증가가 가속화되면서 연안역의 부영양화가 심화되어 가고 있으며 그로 인한 적조의 피해도 그 범위가 남해안에서 서해안 및 동해안까지 확산되어 가고 있다 (김 등, 1997). 그러므로 연

안역의 해양환경과 식물플랑크톤에 관한 조사와 관측은 적조예측을 위한 사전조사로서 매우 중요한 일이라 할 수 있다.

지금까지 우리나라 남해, 서해 및 제주 연안역의

식물플랑크톤 연구는 1950년대에 대한해협을 비롯한 남해안일대 조사를 시발점으로 하여 조사범위를 넓혀 왔다. 주된 연구동향은 식물플랑크톤의 출현종 분포와 현존량에 관한 연구 (Shim and Park,

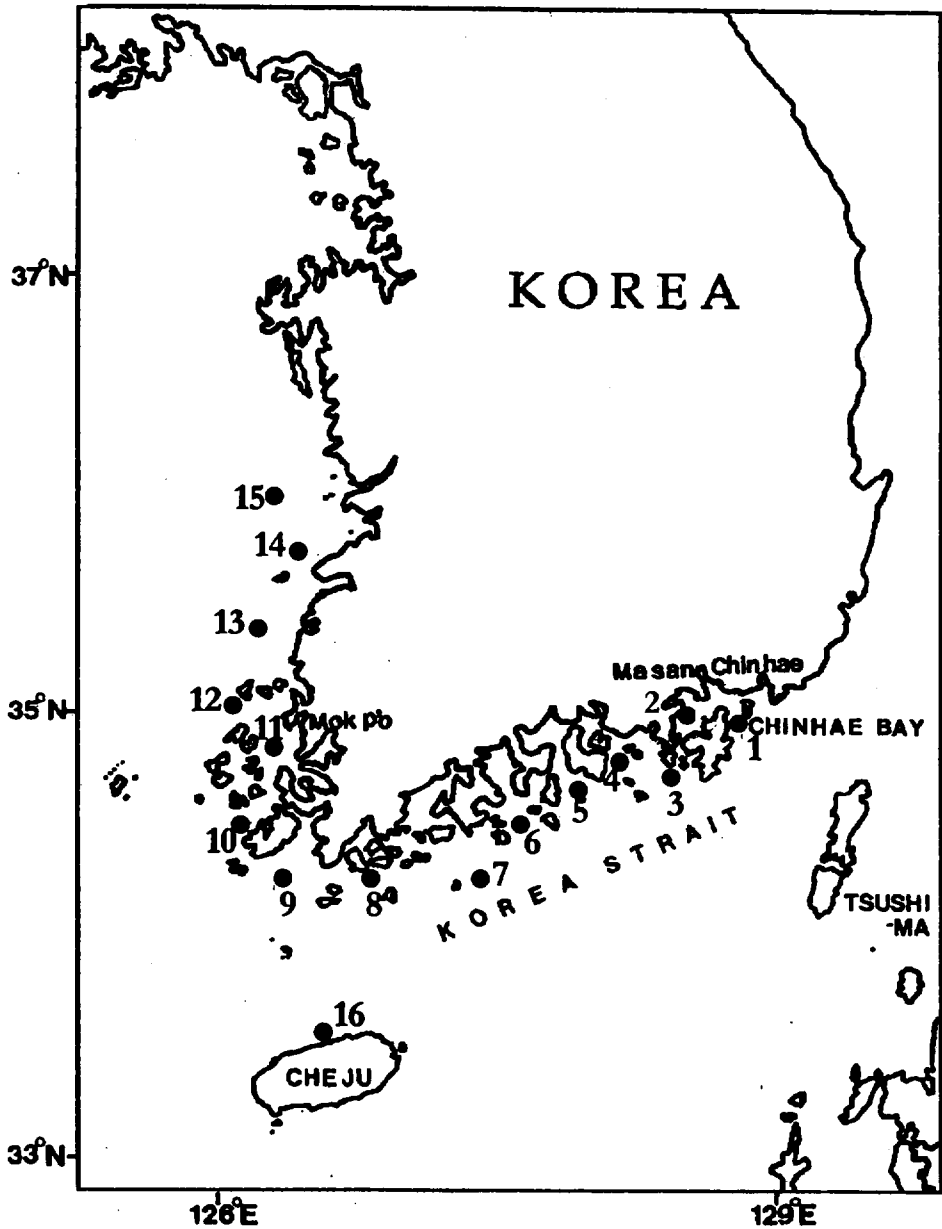


Fig. 1 Sampling stations in the southern and western coasts of Korea

1984; 장·심, 1986; 최 등 1988; 이, 1989; 이 등, 1990, 1993, 1995b; 장 등, 1990)와 chlorophyll a에 의한 생물량 및 14 Carbon 법에 의한 1차생산에 관한 연구 (전·고, 1983; Shim and Park, 1986; 이 등, 1989, 1993, 1995b; 최, 1991; Chung and Yang, 1991; Shim et al., 1992)가 주류를 이루고 있으며 최근에는 적조생물과 극미세조류등에 대한 관심이 고조되고 있다 (Lee and Yoo, 1990; 윤 등, 1991; Chung and Kang, 1996; 김·신, 1997; 김 등, 1997). 그러나 이러한 연구들의 대부분은 특정한 해역을 중심으로 이루어졌기 때문에 연안역의 식물플랑크톤 동태를 동시에 파악하는데 미흡한 점이 있었다. 따라서 식물플랑크톤의 대발생이 시작되는 일정한 시기에 우리나라 연안역의 전반적인 관측점에 대한 조사는 의미가 있다고 생각된다. 이 연구는 적조발생 시작이 우려되는 봄철 남해와 서해의 연안역과 제주 연근해역의 넓은 범위를 같은 시기에 조사하여 해양환경요인의 특성과 식물플랑크톤 군집분포 특성을 파악하기 위하여 실시되었다.

재료 및 방법

1996년 5월 15일부터 19일까지 제주대학교 실습선 한라호를 이용하여 남해안, 서해안 및 제주 근해의 16개 정점의 표층, 중층, 저층에서 해양환경요인의 관측 및 시료의 채집을 실시하였다 (Fig. 1). 정점 1부터 8까지는 남해연안역, 정점 9부터 15까지는 서해연안역, 그리고 정점 16은 비교정점으로 제주 근해역 등 3개의 해역을 대표하여 선정하였으며, 물리·화학적 요인과 식물플랑크톤의 종 조성, 현존량, chlorophyll a를 각 정점의 표층, 중층, 저층에서 측정하여 분석자료로 이용하였다. Table 1은 관측점의 위치와 현황을 나타내고 있다.

식물플랑크톤의 시료는 각 정점에서 수층별로 Niskin 채수기를 이용하여 1 l씩 채수하여 현장에서 Lugol 용액으로 최종농도가 약 1% 되게 고정하였다. 분석시료는 침전법에 의해 농축된 시료를 사용하였다. 정량분석은 농축시료를 균일하게 섞어

1ml를 취한 후 Sedgwick-Rafter counting chamber에 넣고 광학현미경하에서 최소 2회 반복 계수한 뒤 평균하여 cells l^{-1} 로 환산하여 현존량으로 표시하였다. 정성분석은 고배율 (x400~1,000) 하에서 규조류, 와편모조류, 편모조류를 중심으로 이루어졌으며 심 (1994), 이 등 (1995a), Hasle and Syvertsen (1997), Steidinger and Tangen(1997), Thronsen (1997) 등을 근거로 동종이명 및 분류체계를 정리하였다. Chlorophyll a를 측정하기 위한 시료는 일정량의 시수를 GF/C filter로 여과한 후 90% 아세톤으로 24시간 동안 냉장실에서 색소를 추출하여 spectrophotometer (Shimadzu UV-1020)로 측정하였다. 측정된 흡광도값은 Parsons et al. (1984) 식에 의해 단위 체적당 chlorophyll a량 (μg Chl a l^{-1})로 계산하였다.

조사해역의 물리화학적 측정항목은 수온, 염분, 투명도, 용존태 무기영양염류를 분석하였다. 수온과 염분은 CTD (SBE 19-03)를 이용하여 측정하였으며 투명도는 직경 30 cm의 백색 Secchi disk에 의해 측정하였다. 용존태 무기영양염류로는 질산-질소 (NO_3-N), 아질산-질소 (NO_2-N), 암모니아-질소 (NH_4-N)을 합한 총 무기질소, 인산-인 (PO_4-P), 규산-규소 (SiO_2-Si) 등을 Standard method (APHA et al., 1994)에 의해 측정하였다.

결 과

해양환경 특성

물리환경: 조사기간중 수온은 9.3~16.0°C의 범위로서 평균 13.1°C였으며 해역별로는 남해안은 평균 13.4°C (12.4°C~14.1°C), 서해안은 평균 12.4°C (10.6°C~13.9°C), 제주 근해는 15.2°C의 분포를 보여 남해안이 서해안 보다 평균 1°C가 높고 제주 근해가 가장 높은 수온을 보였다 (Fig. 2A). 층별 평균수온의 분포는 표층에서 13.8°C, 중층에서 12.9°C, 저층에서 12.6°C로써 표층에서 저층으로 갈수록 낮아지고 있지만 정점간 특이성은 없었고 정점 15인 군산 근해역에서 표층과 저층의 수온차이가 가장 컸다. 염분은 전 정점에서 31.7~35.5‰의 범위로서

Table 1. Position, water depth, and sediment type of the sampling stations in the southern and western coastal waters of Korea.

Station	Name	Coordinate	Water Depth (m)	Sampling date & time	Sediment type
1	Chinhae Bay	34° 57.0' N 128° 52.4' E	37	1996. 5. 15 14:00	Mud
2	Chindong Bay	35° 01.2' N 128° 34.5' E	20	1996. 5. 15 10:59	Mud
3	Tongyoung	34° 42.5' N 128° 25.8' E	52	1996. 5. 15 16:22	shelly Mud
4	Namhae-do	34° 47.5' N 128° 07.7' E	24	1996. 5. 15 18:11	Mud
5	Kwangyang Bay	34° 41.5' N 127° 54.4' E	24	1996. 5. 16 21:27	Mud
6	Gamag Bay	34° 24.4' N 127° 37.2' E	22	1996. 5. 16 09:08	Mud
7	Keomun-do	34° 12.5' N 127° 22.7' E	30	1996. 5. 16 12:14	Mud
8	Wan-do	34° 16.5' N 126° 48.7' E	28	1996. 5. 17 10:15	shelly Mud
9	Jin-do	34° 16.5' N 126° 15.5' E	28	1996. 5. 17 16:02	muddy Sand
10	Keocha-do	34° 30.8' N 126° 00.5' E	33	1996. 5. 17 18:00	gravelly muddy Sand
11	Mokpo	34° 47.0' N 126° 15.3' E	22	1996. 5. 17 19:24	Mud
12	Sinan	35° 03.7' N 126° 58.7' E	24	1996. 5. 17 21:00	Clay
13	Youngkwang	35° 22.4' N 125° 05.6' E	15	1996. 5. 18 07:48	shelly Mud
14	Beuynsan	35° 45.0' N 126° 20.0' E	17	1996. 5. 18 10:54	muddy Sand
15	Kunsan	35° 56.0' N 126° 17.0' E	25	1996. 5. 18 12:30	shelly muddy Sand
16	Cheju-do	33° 32.0' N 126° 25.0' E	79	1996. 5. 19 17:18	Mud

평균 33.9%를 나타냈으며 해역별로 보면 남해안이 평균 34.6% (34.1%~35.4%), 서해안이 평균 33.0% (32.0%~34.4%), 제주 근해에서는 34.5%의 분포를 나타내어 서해안에서 가장 낮은 염분을 보였다 (Fig. 2B). 층별 평균은 표층에서 33.6%, 중층에서 34.2%, 저층에서 33.9%를 보이며 표·저층보다 중층에서 높은 염분을 보이고 있었다. 특히 정점 14, 15 에서는 표층의 염분이 중·저층보다 상대적으로 낮은 특이한 염분분포를 보이고 있었다. 조사 해역

의 투명도 범위는 0.4~9.15 m 로써 남해안은 평균 4.8 m, 서해안은 평균 2.5 m, 제주근해는 7 m의 투명도를 나타내어 제주근해가 가장 높은 투명도를 보였으며 정점 9부터 정점 13까지 서해안에서 가장 낮은 투명도를 보였다 (Fig. 2C).

화학환경: 영양염류중 무기질소의 해역별 농도를 보면 질산-질소는 남해안이 평균 2.98 μM (1.29~4.85 μM), 서해안이 평균 2.49 μM (0.98~4.11 μM), 제주 근해가 2.48 μM 을 나타내었으며, 아질산-질소

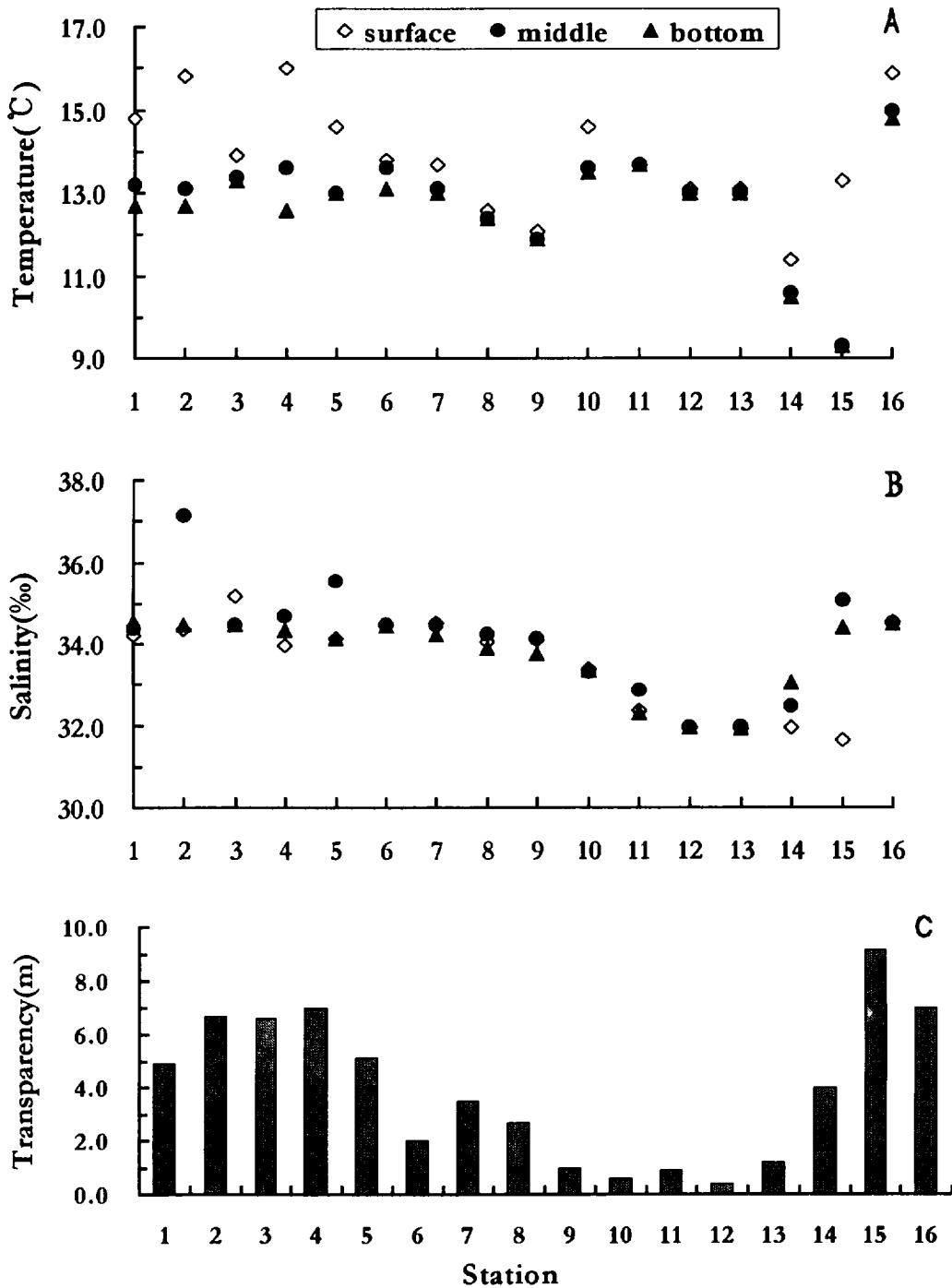


Fig. 2. Water temperature (A), salinity (B) and transparency (C) at each layer in the southern and western coastal waters of Korea in May, 1996.

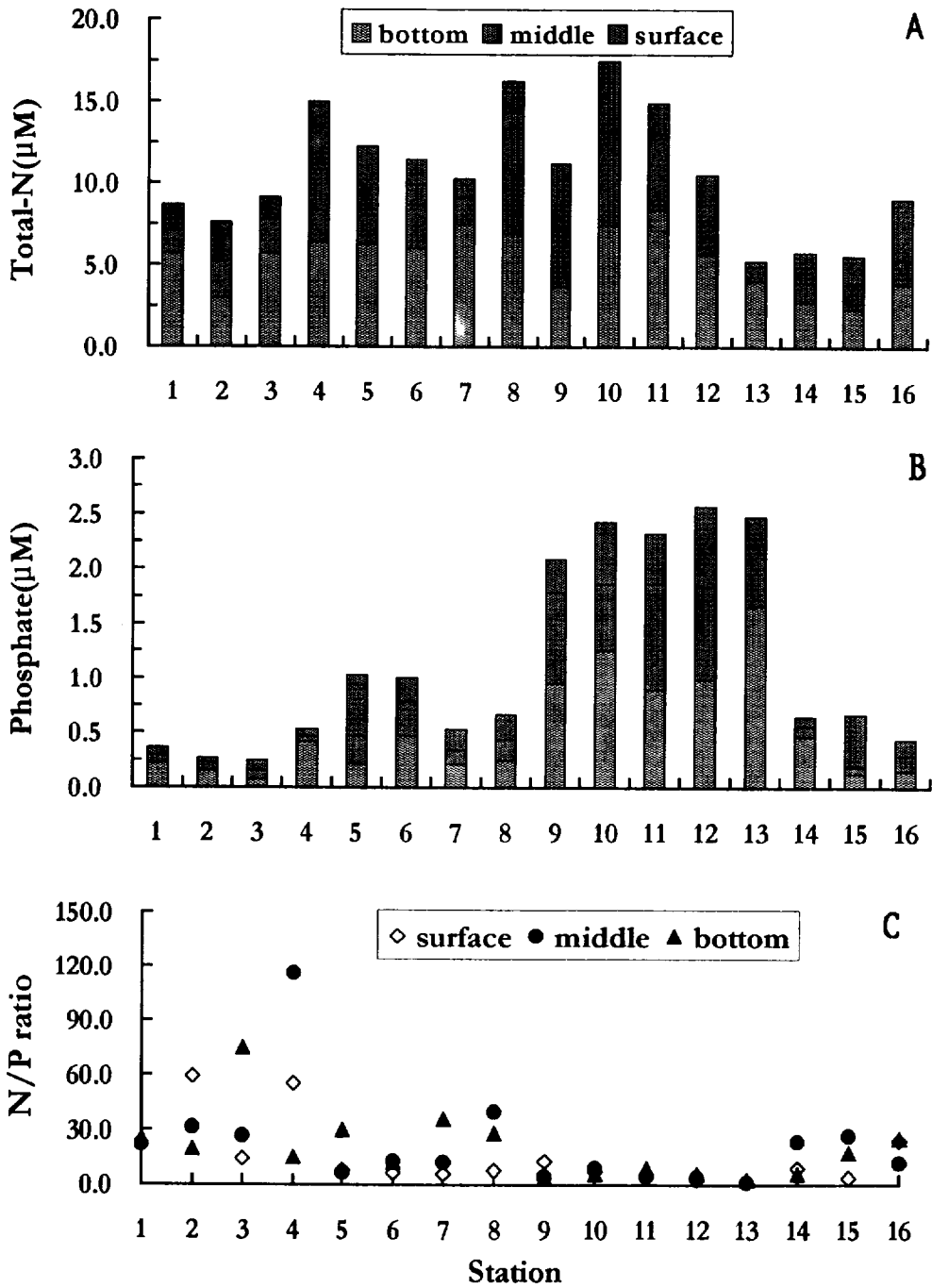


Fig. 3. Total nitrogen (A), phosphate phosphorus (B) and N/P ratio (C) at each layer in the southern and western coastal waters of Korea in May, 1996.

는 남해안이 평균 $0.22 \mu\text{M}$ ($0.03 \sim 0.42 \mu\text{M}$), 서해안이 평균 $0.41 \mu\text{M}$ ($0.09 \sim 0.73 \mu\text{M}$), 제주 근해가 $0.24 \mu\text{M}$ 을 나타내었고, 암모니아-질소는 남해안이 평균 $0.57 \mu\text{M}$ ($0.00 \sim 1.47 \mu\text{M}$), 서해안이 평균 $0.47 \mu\text{M}$ ($0.08 \sim 0.86 \mu\text{M}$), 제주 근해가 $0.30 \mu\text{M}$ 을 나타내었다. 총 무기질소농도는 전 정점에서 $1.86 \sim 62.42 \mu\text{M}$ 의 범위로써 남해안이 평균 $3.77 \mu\text{M}$, 서해안이 평균 $3.37 \mu\text{M}$, 제주 근해가 $3.02 \mu\text{M}$ 를 보여 남해안이 서해안 보다 약간 높은 분포를 보였다 (Fig. 3A). 인산-인의 해역별 농도는 남해안이 평균 $0.19 \mu\text{M}$ ($0.08 \sim 0.34 \mu\text{M}$), 서해안이 평균 $0.63 \mu\text{M}$ ($0.22 \sim 0.86 \mu\text{M}$), 제주 근해가 $0.15 \mu\text{M}$ 을 보여 서해안이 다른 연안역보다 월등히 높았다 (Fig. 3B). 한편 해역별 평균 N/P비는 남해안이 19.8 ($6.0 \sim 116.3$), 서해안이 5.3 ($1.3 \sim 27.0$)을 보여 무기질소에 의한 부영양화가 심한 남해안에서 높은 값을 보였다 (Fig. 3C). 규산-규소의 해역별 농도는 남해안이 평균 $5.35 \mu\text{M}$ ($3.75 \sim 8.60 \mu\text{M}$), 서해안이 평균 $4.89 \mu\text{M}$ ($2.12 \sim 7.54 \mu\text{M}$), 제주 근해가 $3.95 \mu\text{M}$ 을 나타내었다.

식물플랑크톤 군집동태

출현종 조성: 조사기간중 식물플랑크톤의 총 출현종수는 44종 (18과 22속 42종 2미동정종)으로 분류군별 출현종수는 규조류가 22종 (10과 13속 21종 1미동정종), 와편모조류가 21종 (7과 8속 20종 1미동정종), 규질편모조류가 1종 (1과 1속 1종)이 출현하였다 (Table 2, Appendix 1). 출현종의 구성비율은 규조류가 50.0%, 와편모조류가 47.7%, 규질편모조류가 2.3%를 차지하였다. 정점별 출현종수는 정점 1에서 23종으로 가장 많았고, 정점 10이 5종으로 가장 적었다.

우점종: 각 정점 및 각 층에서 현존량의 구성 비율이 50%이상인 종을 우점종으로 선택하였으며 *Paralia sulcata*, *Pleurosigma angulatum*, *Thalassira aestivalis* 등 규조류 3종, *Protoperidinium subinermis* 와편모조류 1종등 모두 4종이었다 (Table 3). *Paralia sulcata*는 남해안의 일부 정점과 서해안의 전 정점에서 우점하였고,

*Pleurosigma angulatum*는 남해안의 일부 정점에서 우점하였다. 와편모조류인 *Protoperidinium subinermis*는 남해안 정점 1에서만 우점한 것이 특이하였다

현존량 분포: 현존량은 $1,557 \sim 46,643 \text{ cells } l^{-1}$ 의 분포로써 제주 근해인 정점 16에서 가장 적고 남해안인 진해만 정점 1에서 가장 많았다 (Fig. 4). 해역별 현존량은 남해안인 경우 정점간 차이가 많이 나타났지만 서해안은 정점간 차이가 별로 나타나지 않았다. 분류군별로 보면 남해안은 와편모조류의 현존량이 규조류보다 약 2배의 현존량을 보였으며, 서해안은 규조류에 의해 높은 현존량을 유지하고 있었다. 층별 현존량의 변화는 정점간에는 상당한 차이가 있어 뚜렷한 경향성을 보이지 않았다.

Chlorophyll *a* 량 분포: 해역별로 보면 남해안이 평균 $1.56 \mu\text{g } l^{-1}$, 서해안이 평균 $1.50 \mu\text{g } l^{-1}$, 제주 근해가 $1.93 \mu\text{gchl-}a \text{ } l^{-1}$ 의 분포로써 남해안과 서해안이 차이를 보이지 않았으며, 오히려 제주 근해가 가장 높았다. 제주 근해는 일반적으로 $1 \mu\text{g } l^{-1}$ 이하의 낮은 농도를 보이고 있지만 이번 조사에서는 특이하게 높은 값을 보이고 있었다.

고 찰

한국 남해안과 서해안은 전남 진도 서단과 제주도 차귀도를 연결하는 선을 기점으로 나뉘며 그곳부터 경남 울기갑 까지를 남해안, 그 이북을 서해안이라고 지칭한다. 그리고 제주 근해역은 남해안, 서해안. 그리고 동중국해와 접하는 중간해역을 말한다. 이들 해역은 년중 각기 다른 해류와 수괴의 영향을 받아 해역이 가지는 독특한 해양환경특성을 나타내고 있다. 남해안은 한국 연안수와 대마난류의 영향을 주로 받고 있으며 서해안은 황해 중앙저층냉수와 황해난류에 의한 계절적인 영향을 나타내고 있고, 제주 근해는 Kuroshio로부터 분지한 대마난류수의 영향을 받고 있어 년중 다른 해역보다 높은 수온 분포를 보이고 있다 (노·방, 1998). 본 조사기간중 나타난 수온과 염분 분포는 이상과 같은 연안역의 물리환경 특성을 잘 나타내고 있다

Table 2. Occurrence list of phytoplankton in the southern and western coastal waters of Korea in May 17~19, 1996.

Species name \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Diatom																
<i>Azpeitia nodulifer</i>	*							*		*						
<i>Chaetoceros cinctus</i>	*		*													
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	*															
<i>Coscinodiscus curvatulus</i>								*	*							
<i>Coscinodiscus rothii</i>		*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*
<i>Diploneis crabro</i>	*	*								*	*					*
<i>Guinardia striata</i>	*			*	*											
<i>Nitzschia longissima</i>	*										*		*			
<i>Nitzschia sigma</i>			*													
<i>Nitzschia sp.</i>	*	*	*		*	*		*						*	*	*
<i>Odontella aurita</i>																*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*			*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pleurosigma angulatum</i>		*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*
<i>Pleurosigma elongatum</i>	*								*			*				
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>					*											
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	*															
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>		*	*	*												*
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	*	*		*	*											
<i>Thalassiosira aestivalis</i>						*						*				
<i>Thalassiosira hyalina</i>	*															
<i>Thalassiosira rotula</i>	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tropidoneis lepidoptera</i>	*	*	*		*		*		*		*		*	*	*	*
Dinoflagellate																
<i>Alexandrium fraterculus</i>	*	*		*	*		*						*	*	*	*
<i>Ceratium furca</i>				*											*	
<i>Ceratium fusus</i>	*	*			*		*									
<i>Ceratium lineatum</i>	*			*	*									*	*	
<i>Ceratium trichoceros</i>	*														*	
<i>Dinophysis fortii</i>	*	*		*	*	*								*		*
<i>Heterocapsa triquetra</i>														*		
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>		*		*	*											
<i>Prorocentrum balticum</i>		*			*		*									*
<i>Prorocentrum micans</i>		*														*
<i>Prorocentrum triestinum</i>						*										
<i>Prorocentrum sp.</i>	*	*	*	*									*	*	*	*
<i>Protooperidinium aetomaticum</i>	*	*														
<i>Protooperidinium bipes</i>				*	*										*	
<i>Protooperidinium breve</i>							*									
<i>Protooperidinium claudicans</i>															*	
<i>Protooperidinium curvipes</i>											*					
<i>Protooperidinium pyriforme</i>																*
<i>Protooperidinium roseum</i>														*		*
<i>Protooperidinium subinermis</i>	*	*	*	*	*		*								*	
<i>Pyrocystis lunula</i>				*	*						*			*		
Silicoflagellate																
<i>Dictyocha fibula</i>	*															
Number of species	23	18	9	14	18	8	9	6	6	5	7	7	8	13	14	15

Table 3. Distribution of dominant phytoplankton at each station and layer in the study area (S: surface layer, M: middle layer, B: bottom layer).

Species name \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Paralia sulcata</i>		B				M	MB		MB	MB	SMB	SM		SMB	B	MB
<i>Pleurosigma angulatum</i>				B	B			MB					S			
<i>Thalassiosira aestivalis</i>							S									
<i>Protoperdinium subinermis</i>	M															

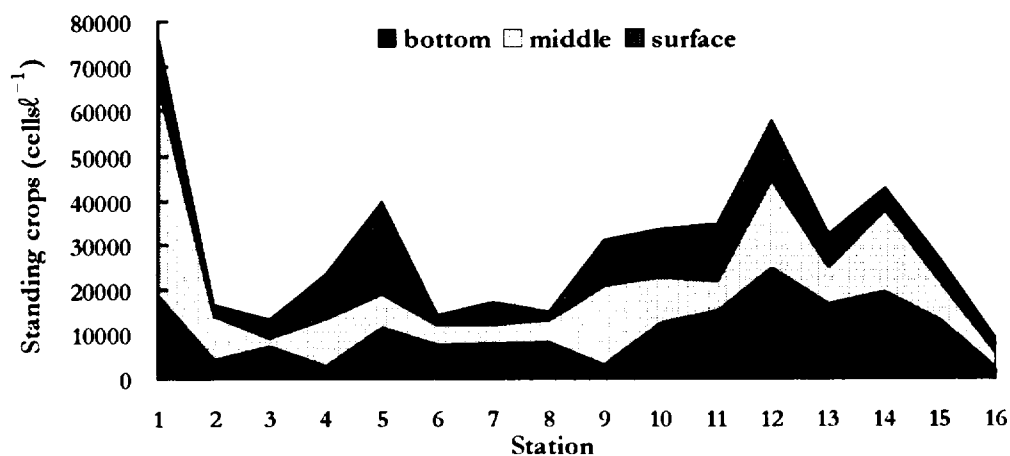


Fig. 4. Spatial distributions of standing crops of phytoplankton at each layer in the southern and western coastal waters of Korea in May, 1996.

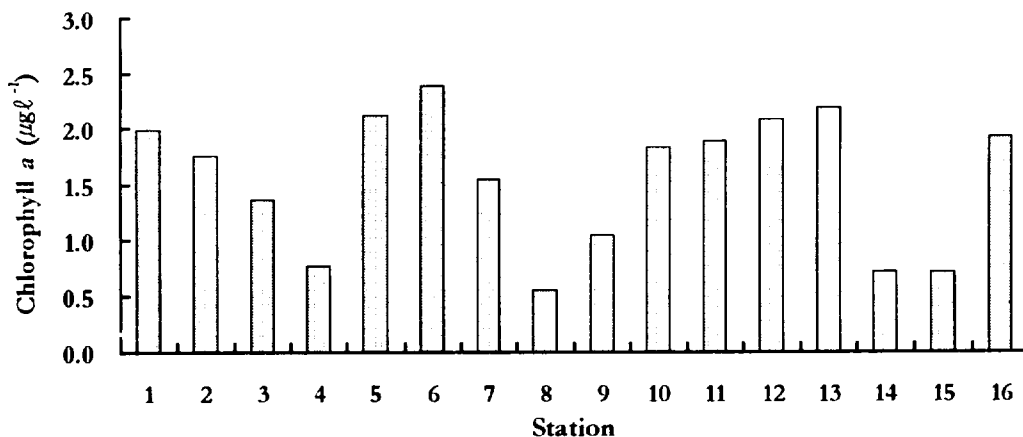


Fig. 5. Spatial distribution of chlorophyll a of phytoplankton at the surface layer in the southern and western coastal waters of Korea in May, 1996.

고 본다. 특히 투명도는 서해안 정점 9에서 13까지 가장 낮았는데 이는 서해안의 조석류의 흐름에 의한 퇴적층의 재부유와 혼합이 활발함을 나타내고 있다 (최, 1991). 영양염류는 대부분이 육수와 접하여 반폐쇄만으로 형성되어 있는 남해안에서 높은 N/P비를 보이고 있어 질소원에 의한 부영양화가 진행되고 있음을 나타내었다. 이 현상은 진해만을 비롯한 남해안에 산재한 반폐쇄만에서 근래들어 적조발생이 증가하고 있는 것과 관계가 있다고 생각된다 (김 등, 1997). 식물플랑크톤은 영양염 농도에 따라 많은 영향을 받고 있는데 남해안에서는 외편모조류의 현존량이 규조류보다 더 높은 값을 보이는 것은 이러한 부영양화와 관계가 있음을 나타내며 진해만과 마산만 등 상습적인 적조발생지역은 규조류에서 편모조류로 군집구조가 바뀌어 가고 있다 (Lee and Yoo, 1990; 김 등, 1997). 반면 서해안은 질소원 보다는 인산에 의한 영양염 공급이 더 활발한 것으로 나타났으며 남해안에 비해 식물플랑크톤 현존량이 낮았지만 대부분의 정점에서 *Paralia sulcata* 단일종에 의한 현존량을 유지하고 있었다. 저서성 규조류인 *Paralia sulcata* 는 빠른 조류의 흐름 등 물리적 요인에 의해 일시적으로 부유하는 특성을 보이고 있는 서해안의 주요한 우점종으로 알려져 있다 (장·심, 1986; 장 등, 1990; 최, 1991). 한편 제주 근해는 다른 연안역 보다 높은 수온과 염분을 나타내었지만 영양염류는 낮은 특징을 보이고 있었다 (최, 1998). 또한 식물플랑크톤 현존량도 가장 낮은 수준을 보이고 있었지만 chlorophyll a량은 오히려 높은 수준을 보이고 있었다. 이는 난류수 유입에 따른 picophytoplankton 또는 nanophytoplankton의 증가가 현존량 계수에서 누락될 수 있기 때문이라 생각되며 이러한 극미세 플랑크톤에 의한 구체적인 연구가 요구되고 있다. 이상의 결과를 종합하면 남해안은 질소원에 의한 부영양화, 서해안은 물리적 환경요인에 의한 영향, 제주 근해는 난류수 영향 등 각각의 해역별 특성이 식물플랑크톤 군집동태에 중요하게 영향을 미치고 있었다.

요 약

한국 남해안과 서해안일대 그리고 제주근해의 총 16개 정점에서 1996년 5월 해양환경 특성과 식물플랑크톤 군집동태를 파악하였다. 수온은 9.3~16.0°C, 염분은 31.7~35.5‰, 투명도는 0.4~9.2 m의 범위를 보였다. 총무기질소와 인농도는 각각 1.86~62.42 μM, 0.08~0.86 μM의 범위로 분포하였으며 남해안은 높은 질소농도, 서해안은 높은 인농도를 보였다. N/P비는 남해안이 서해안보다 높아 남해안에서 질소원에 의한 부영양화를 보이고 있었다. 조사기간 중 출현한 식물플랑크톤은 총 44종 (18과 22속 42종 2미동정종)으로 규조류가 22종, 외편모조류가 21종, 규질편모조류가 1종이 동정되었다. 식물플랑크톤 현존량은 $1.5 \times 10^3 \sim 46.6 \times 10^3 \text{ cells l}^{-1}$ 의 범위로써 비교적 남해안이 서해안 보다 높았으며 특히 외편모조류는 남해안에서 더 높은 현존량을 보였는데 이것은 남해안의 부영양화와 관계가 있다고 생각된다. 반면 서해안은 비교적 낮은 현존량을 보였으며 특히 저서성 규조류 *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve가 서해안 대부분의 정점에서 우점하고 있는데 이는 천해역에 있어서 화학적인 요인보다는 물리적인 영양에 의해 재부유되는 이 종의 특성에 기인된다고 생각된다.

사 사

시료채집에 도움을 준 제주대학교 실습선 한라호 선원여러분께 심심한 감사를 드리며 플랑크톤 시료 분석에 도움을 준 제주대학교 해양학과 조승일군에게 감사를 드린다. 아울러 해양물리 및 영양염 자료분석에 도움을 준 제주대학교 해양학과 물리해양학, 화학해양학 실험실 여러분께 감사를 드린다. 이 연구는 1996년 교육부 기초과학 육성연구비 (BSRI-96-4445)의 지원에 의해 이루어졌다.

참고문헌

김창훈·신재범, 1997. 한국연안의 유해 유독 적조

- 조류의 발생과 독성생산. 한국조류학회지, 12, 269~276.
- 김학균 · 이삼근 · 안경호 · 윤성화 · 이필용 · 이창규 · 조은섭 · 김정배 · 최희구 · 김평중, 1997. 한국 연안의 적조 - 최근 적조의 발생원인과 대책. 국립수산진흥원, 부산, 280 pp.
- 노홍길 · 방익찬, 1998. 제주의 바다 (고유봉의 공저). 제주도 수산해양개발협의회, p. 11~42.
- 심재형, 1994. 한국식물도감: 식물편(해양식물플랑크톤). 교육부, 서울, 487 pp.
- 윤양호 · 노홍길 · 김영기, 1991. 제주도 연안해역에 출현하고 있는 적조생물. 제주대 해양연보, 14, 1~8.
- 이경 · 최중기 · 이진환, 1995a. 한국산 돌말류(규조류)의 분류학적 연구(II) - 출현목록. 한국조류학회지, 10, 13~81.
- 이준백, 1989. 제주도 북방 탐동연안해역 식물플랑크톤 군집의 종조성과 동태. 제주대 해양연보, 13, 35~45.
- 이준백 · 최영찬 · 고유봉, 1989. 제주도 해안선주변 식물플랑크톤의 기초생산. 한국지구과학회지, 10, 62~67.
- 이준백 · 고유봉 · 좌종현, 1990. 제주도 해안선주변 식물플랑크톤 군집의 구조와 동태. 한국조류학회지, 5, 159~171.
- 이준백 · 좌종현 · 고유봉 · 최영찬, 1993. 제주도 동부연안역의 생물생태학적 기초연구(II) - 우도주변 식물플랑크톤 군집동태와 일차생산력. 한국지구과학회지, 14, 458~466.
- 이준백 · 고희범 · 고유봉 · 최영찬, 1995b. 제주도 북부연안역의 생물생태학적 기초연구 - 함덕해역의 식물플랑크톤동태와 일차생산력. 제주대 해양연보, 19, 103~113.
- 장만 · 심재형, 1986. 춘계 서해의 식물플랑크톤 연구. 해양연구, 8, 1~11.
- 장만 · 심재형 · 이재학, 1990. 여름철 황해의 식물플랑크톤의 생태학적 연구. 해양연구, 12, 1~13.
- 전득산 · 고유봉, 1983. 제주도 주변해역의 chlorophyll-a 함량 분포. 제주대 해양연보, 7, 23~27.
- 최영찬, 1998. 제주의 바다 (고유봉의 공저). 제주도 수산해양개발협의회, p. 45~94.
- 최중기, 1991. 황해 중 · 동부 연안 수역의 조선전선이 식물플랑크톤 생산력과 분포에 미치는 영향. 한국해양학회지, 26, 223~241.
- 최중기 · 박용철 · 김용철 · 이영철 · 정창수 · 손승규 · 황학진 · 한범석, 1988. 서해 연안 어장의 생산력 조사. 국립수산진흥원 연구보고, 42, 143~168.
- APHA, AWWA, APEC, 1994. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC, 1288 pp.
- Chung, C.S. and D.B. Yang, 1991. On the primary productivity in the southern sea of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 26, 242~254.
- Chung, I.K. and Y.H. Kang, 1996. The ultrastructure of the chlorococcalean picoplankton isolated from the western channel of the Korea Strait. J. Korean Soc. Oceanol., 30, 529~536.
- Hasle, G.R. and E.E. Syvertsen, 1997. Marine diatoms. In Identifying Marine Phytoplankton, CR. Tomas, ed. Academic Press, San Diego, p. 5~385.
- Lee, J.B. and K.I. Yoo, 1990. Dynamics and seasonal succession of dinoflagellate community in Masan Bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 25, 106~116.
- Parsons, T. R., Y. Maita and C.M. Lalli, 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford, 173 pp.
- 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, 68~81.
- Shim, J.H. and Y.C. Park, 1986. Primary productivity measurement using carbon-14

- and nitrogenous nutrient dynamics in the southern sea of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 21, 13~24.
- Shim, J.H., H.G. Yeo and J.G. Park, 1992. Primary production system in the southern waters of the East Sea, Korea I. Biomass and productivity. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 27, 91~100.
- Steidinger, K.A. and K. Tangen, 1997. Dinoflagellate. In *Identifying Marine Phytoplankton*, C.R. Tomas, ed. Academic Press, San Diego, p. 387~584.
- Thronsen, J., 1997. The planktonic marine flagellates. In *Identifying Marine Phytoplankton*, C.R. Tomas, ed. Academic Press, San Diego, p. 591~729.

Appendix 1. Systematic list of phytoplankton occurred in the southern and western coastal waters of Korea in May 17~19, 1996

- Division Bacillariophyta (규조식물문)** (강통돌말속)
- Class Bacillariophyceae (돌말강)** *Guinardia striata* (Stolterfoth) Hasle
- Order Centrales (중심돌말목)**
- Suborder Coscinodiscineae (체돌말아목)** **Suborder Biddulphiineae (실폐돌말아목)**
- Family Thalassiosiraceae Lebour 1930,** **Family Chaetocerae H.L. Smith 1872**
 emend. Hasle 1973 (센털돌말과)
- (끈원반돌말과) Genus *Chaetoceros* Ehrenberg 1844
 (센털돌말속)
- Genus *Thalassiosira* Cleve 1873 *Chaetoceros cinctus* Gran
- (끈원반돌말속) **Family Eupodisceae Kützing 1849**
- Thalassiosira aestivalis* Gran & Angst (눈돌말과)
- Thalassiosira hyalina* (Grunow in Genus *Odontella* Agardh 1832 (게눈돌말속)
- Cleve & Grunow) Gran
- Odontella aurita*
- (Lyngbye) Agardh
- Thalassiosira rotula* Meunier **Order Pennales (깃돌말목)**
- Family Melosiraceae Kützing 1844** **Suborder Araphidineae (헛등줄돌말아목)**
- (원통돌말과) **Family Diatomacea Dumortier 1822**
- Genus *Paralia* Heiberg 1863 (갯돌말속) (막돌말과)
- Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve Genus *Thalassionema* Grunow ex Hustedt
- Family Coscinodiscaceae Kützing 1844** 1932 (부챗살돌말속)
- (체돌말과) *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow)
- Genus *Coscinodiscus* Ehrenberg 1838 *Hallegraeff*
- (체돌말속) *Thalassionema nitzschioides* (Grunow)
- Coscinodiscus concinnus* W. Smith Grunow ex Hustedt
- Coscinodiscus curvatulus* Grunow in A. Schmidt
- Coscinodiscus rothii* (Ehrenberg) Grunow
- Family Hemidiscaceae Hendey 1937, emend. Simonsen 1975 (반원반돌말과)** **Suborder Raphidineae (등줄돌말아목)**
- Genus *Azpeitia* Peragallo in Tempère et **Family Naviculaceae Kützing 1844**
 Peragallo 1912 (맷돌돌말속) (쪽배돌말과)
- Azpeitia nodulifer* (A.Schmidt) Fryxell & Sims Genus *Diploneis* Ehrenberg ex Cleve 1894
 (도관돌말속)
- Diploneis crabro* (Ehrenberg) Ehrenberg ex Cleve
- Suborder Rhizosoleniineae (관돌말아목)** Genus *Pleurosigma* W. Smith 1853
 (갯나선돌말속)
- Family Rhizosoleniaceae Petit 1888** *Pleurosigma angulatum* (Quekett) W.Smith
- (관돌말과) *Pleurosigma elongatum* W.Smith
- Genus *Guinardia* H. Peragallo 1892

Genus *Tropidoneis* Cleve 1891 (꽃배돌말속)
Tropidoneis lepidoptera (Gregory)
 Cleve

Family Nitzschiaceae Grunow 1860
 (등침돌말과)

Genus *Nitzschia* Hassall 1845 (등침돌말속)
Nitzschia longissima (Brébisson ex
 Kützing) Grunow
Nitzschia sigma (Kützing) W.Smith
Nitzschia sp.

Genus *Pseudo-nitzschia* Peragallo in H.&M.
 Peragallo 1900 (사슬등침돌말속)
Pseudo-nitzschia delicatissima (Cleve)
 Heiden in Heiden & Kolbe
Pseudo-nitzschia seriata (Cleve) H.
 Peragallo

Division Dinophyta (외편모조식물문)

Class Dinophyceae (외편모조강)

Order Prorocentrales Lemmermann 1910

Family Prorocentraceae Stein 1883

Genus *Prorocentrum* Ehrenberg 1833
Prorocentrum balticum (Lohmann)
 Loeblich III
Prorocentrum micans Ehrenberg
Prorocentrum triestinum Schiller
Prorocentrum sp.

Order Dinophysiales Lindemann 1928

Family Dinophysiaceae Stein 1883

Genus *Dinophysis* Ehrenberg 1893
Dinophysis fortii Pavillard

Family Oxyphysaceae Sournia 1984

Genus *Oxyphysis* Kofoid 1926
Oxyphysis oxytoxoides Kofoid

Order Gonyaulacales F.J.R. Taylor 1980

Family Ceratiaceae Lindemann 1928

Genus *Ceratium* Schrank 1793
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède
 & Lachmann

Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin
Ceratium lineatum (Ehrenberg) Cleve
Ceratium trichoceros (Ehrenberg)
 Kofoid

Family Goniodomataceae Lindemann 1928

Genus *Alexandrium* Halim 1960
Alexandrium fraterculus (Balech)
 Balech

Family Pyrocystaceae (Schütt)

Lemmermann 1899

Genus *Pyrocystis* Murray ex Haeckel 1890
Pyrocystis lunula (Schütt) Schütt

Order Peridiniales Haeckel 1894

Family Peridiniaceae Ehrenberg 1828

Genus *Heterocapsa* Stein 1883
Heterocapsa triquetra (Ehrenberg)
 Stein
 Genus *Protoperidinium* F.J.R. Taylor 1987
Protoperidinium achtomaticum
 (Levender) Balech
Protoperidinium bipes (Paulsen)
 Balech
Protoperidinium breve Schiller
Protoperidinium claudicans (Paulsen)
 Balech
Protoperidinium curvipes (Ostenfeld)
 Balech
Protoperidinium pyriforme (Paulsen)
 Balech
Protoperidinium roseum (Paulsen)
 Balech
Protoperidinium subinerme (Paulsen)
 Loeblich III

Division Chrysophyta (황갈조식물문)

Class Dictyochophyceae (무색규질편모조강)

Order Dictyochoales Haeckel 1894

Family Dictyochaceae Lemmermann 1901

Genus *Dictyocha* Ehrenberg 1837
Dictyocha fibula Ehrenberg