

한국 동해 남부 연안생태계 연구

I. 1994년 9월에 있어서의 식물플랑크톤의 군집구조와 1차생산력

이준백 · 한명수* · 양한섭**

제주대학교 해양학과, *한양대학교 생물학과, **부경대학교 해양학과

The Ecosystem of the Southern Coastal Waters of the East Sea, Korea

I. Phytoplankton Community Structure and Primary Productivity in September, 1994

Joon-Baek LEE, Myung-Soo HAN* and Han-Seob YANG**

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

*Department of Biology, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

**Department of Oceanography, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Phytoplankton community and primary productivity have been investigated in a fall season in the southern coastal waters of the East Sea, Korea. A strong thermocline formed at the 20~60 m layer and a cold water mass also existed in the bottom around Yong-il Bay. The offshore of the surveyed area was likely to be influenced by relatively warmer water, whereas the inshore represented higher primary productivity with lower water temperature and lower salinity.

A total of 133 species of phytoplankton occurred, representing 107 spp. of diatom, 23 spp. of dinoflagellate, 3 spp. of silicoflagellate. *Skeletonema costatum* and *Asterionellepsis glacialis* were most predominant with more than 30% dominance ratio, while *Leptocylindrus danicus* was also dominant at all transect lines. Standing crops of phytoplankton ranged from 2.7×10^3 to 141.6×10^3 cells l^{-1} . Chlorophyll a concentration varied with stations and layers, but the 30~50 m layer showed maximum with about $1.18 \mu g l^{-1}$ rather than at the surface layer. It is believed that the maximum in standing crops and chlorophyll of phytoplankton formed at the 20~50 m layer above the thermocline during the survey.

Phytoplankton primary productivity ranged from 0.32 to 3.04 mgC $m^{-3} hr^{-1}$, showing higher at the inshore than at the offshore. The range of integrated primary productivity was 263.3~1085.5 mgC $m^{-2} day^{-1}$ for the euphotic layer. Photosynthesis rates varied with the range from 0.76 to 8.04 mgC mgChl $a^{-1} hr^{-1}$. Phytoplankton photosynthesis at the inshore was saturated at lower irradiance (15~35% of surface) and showed higher efficiency. Thus, it revealed that the phytoplankton community probably adapted to the middle of euphotic layer because the depth of mixing layer became thinner due to the formation of thermocline.

Key words : phytoplankton, community structure, standing crops, primary productivity, The East Sea

서 론

시간 및 공간적 변화가 매우 심한 연안생태계는 수평적으로 하구역 및 해면이 해양과 경계를 이루면서 유기 및 무기물질의 교환과 여과작용이 일어나는 장소이다. 또한, 수직적으로는 전선의 형성과 용승에 의한 advection과 divergence 현상이 일어나 매우 역동적이고 영양염 공급이 왕성하게 일어나는 장소로서 물리, 화학, 생물학적 과정이 매우 복잡한 장소이다.

한국 동해 남부해역은 몇 개의 서로 다른 수괴가 수직적으로 분포하고 있는 해역으로서 상부수층에는 대만해협으로부터 유입되는 대만난류수와 동해연안을 따라 남하하는 북한난류수가 나타나며, 중·저층에는 동해고유

냉수가 존재하고 있어 이 수괴들의 분포는 시공간적인 변화를 보인다 (Gong and Son, 1982). 그리고 동남해역의 연안역은 냉수괴의 출현해역으로 널리 알려져 있으며, 이에 대해서는 동해고유냉수의 용승 또는 북한난류수의 확장등으로 설명하고 있다 (Gong and Park, 1969; Park, 1978; Kim and Kim, 1983). 또한 대만난류의 지류인 동한난류가 동해안을 따라 북상하면서 이들 냉수괴와 접촉하여 수직적으로 약층을 이루고, 수평적으로 극전선을 형성하고 있다 (Gong and Park, 1969). 따라서 이 해역은 물리, 화학, 생물해양학적으로 매우 복잡한 특성을 나타내는 장소로서 연안과 해양생태계의 상호작용을 이해하는데 매우 중요한 실마리를 제공한다.

지금까지 동해를 중심으로한 식물플랑크톤에 관한 연

구는 비교적 많이 이루어져 왔다고 볼수 있다. 식물플랑크톤에 의한 식생역 구분 (Shim and Lee, 1983; Shim et al., 1989; Park et al., 1995)과 분포특성 (Shim and Lee, 1987; Shim et al., 1995) 등의 군집구조 연구가 수행되었다. 또한 생물량과 생산력에 관한 연구가 이루어졌으며, 특히 Nanophytoplankton의 높은 chlorophyll량과 생산력이 강조되었다 (Chin and Hong, 1985; Cho, 1985; Shim et al., 1985, 1992). 그러나 이러한 연구들은 주로 광범위한 지역을 대상으로 개괄적인 식물수문학적 이해에 기여한 반면, 수평적이고 연속적인 구조를 파악하는데 미흡하였다. 본 연구는 여러 수괴가 복잡하게 나타내는 동해 동남해역에 있어서 표층의 수온, 염분 및 클로로필의 연속적인 관측을 통하여 수평적인 수괴특성을 밝히고 연안역과 외해역에 있어서 식물플랑크톤 군집구조 및 1차생산력의 특성을 이해할 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

1994년 9월 24일 12:00시 부터 25일 14:00시 까지 조사해역 해황의 예비조사를 위하여 부산 동남쪽 외해역 (★)에서 포항 영일만 안쪽까지 동해 남부해역에서 수온, 염분 및 chlorophyll a의 연속측정이 현장에서 가능하도록 설계된 On-line system을 이용하여 지그재그 형태로 표층의 수괴특성 및 chlorophyll a의 농도를 측정하였다 (Fig. 1). 또한 이를 바탕으로 역동적인 환경변화가 관측된 장소를 중심으로 1994년 9월 26일 부터 27일 까지 포항, 감포, 울산, 고리 앞 4개 단면 (A, B, C, D Line)의 각 3개정점을 선정하여 총 12개 정점에서 Niskin 채수기 (용량 5 l)를 이용하여 수층별로 시료를 채취하였다. 즉, 연안역의 정점에서는 0, 5, 10, 30, 50 m 수층에서, 외해역의 정점에서는 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 m 수층에서 현장관측 및 해수시료를 채취하였다 (Fig. 1).

식물플랑크톤의 검경을 위한 시료는 1 l 정도를 현장에서 중성 formaldehyde로 최종농도 약 0.4%로 고정하여 실험실로 운반후 침전법에 따라 시료를 농축시킨 후, Sargent-Rafter counting chamber를 사용하여 현미경의 저배율 (x100) 하에서 식물플랑크톤의 개체수를 계수하였으며, 동정은 고배율 (x400~1,000) 하에서 규조류, 와편모조류, 편모조류를 중심으로 이루어졌으며 동정이명은 Hasle and Syvertsen (1996), Steidinger and Tangen (1996), Thronsen (1993)을 근거로 정리하였다. Chlorophyll a를 측정하기 위한 시료는 일정량의 시수를 GF/C filter로 여과한 후 90% 아세톤으로 24시간 동안 냉동암실에서 색소를 추출하여 UV-VIS Spectrophotometer

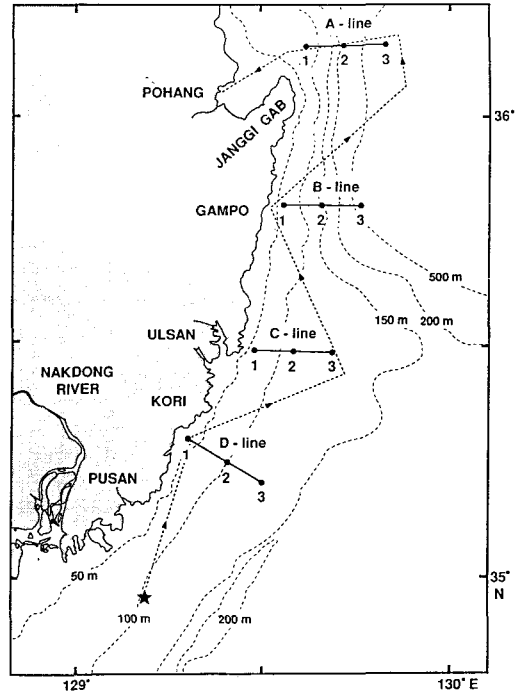


Fig. 1. A map showing the bathymetry and the sampling stations in the southern coastal waters of the East Sea, Korea, 24~27 September, 1994 (--- : cruise track, ● : vertical sampling stations).

(Hewlett Packard 8453)로 측정하였다. 또한 On-line system 관측에서 Fluorometer (Turner designer 10-AU)로 측정된 in vivo chlorophyll a 값은 spectrophotometer로 측정된 값을 이용하여 chl a값으로 보정하였다.

1차생산력은 같은 관측기간중 1994년 9월 26일 부터 27일 사이에 정선관측 line의 연안역 정점 (정점 A1, B1, C1, D1)과 외해역 정점 (정점 A3, B3, C3, D3)에서 실시하였다 (Fig. 1). 측정은 Parsons et al. (1984)에 의한 ^{14}C 방법을 이용하였다. 배양용 test tube에 100 ml의 해수를 채운 후, 약 $3 \mu Ci$ 의 $NaH^{14}CO_3$ 를 주입하여 배양하였다. 배양은 주간에는 현장수온의 자연광하에서, 야간에는 $600 \mu E m^{-2} s^{-1}$ 광조건하에서 약 2시간 정도를 실시하였다. 배양이 끝난 각각의 시료는 Whatman GF/C filter로 여과하여 포집한 후 용량 20 ml의 scintillation vial에 옮긴 다음 여과지 위의 inorganic ^{14}C 을 제거하기 위하여 0.5 N HCl 용액을 사용하여 acid fuming을 행하였다. 이 후 각각의 vial에 약 15 ml의 scintillation cocktail을 첨가한 다음 scintillation counter (Bethold BF8000)의 external standard method에 의하여 carbon activity를 측정하였다. 현장해수의 total CO_2 의 값은 pH와 alkalinity에 의하여 계

산되었다.

표층광도의 100, 68, 35, 15, 5% 각 광조건에서 배양하여 단위체적당 1차생산력 ($\text{mgC m}^{-3} \text{hr}^{-1}$)을 계산하였으며, 광도계 (Li-Cor 1000)에 의해 측정된 일일광량과 배양시 광량의 비례에 의해 일일 1차생산력 ($\text{mgC m}^{-3} \text{day}^{-1}$)을 구하였다. 수층의 1차생산력을 구하기 위하여 투명도에 의해 유광층을 계산하여 각 광조건으로 부터 추정된 수심을 결정하였다. 이를 근거로 각 광도수심의 일일 1차생산력 ($\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$)을 추정하였고 합산하여 수층의 면적당 일일 1차생산력 ($\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$)을 계산하였다. 식물플랑크톤 생산력의 특성을 밝히기 위하여 최대광합성율 (P_{max} =maximum assimilation number), 광합성효율 ($\Delta P/\Delta I = \alpha$, initial slope), 포화광량 (I_k =saturation irradiance), 최대광량 (I_{max} =maximum irradiance) 등을 구하였다.

조사해역의 물리화학적 측정항목은 수온, 염분외에 용존산소, 용존태 무기영양염류와 입자태 유기탄소 (POC) 및 유기질소 (PON)를 분석하였다.

결과 및 고찰

해황의 예비조사

On-line system을 이용한 표층수의 수온, 염분 및 chl *a* 농도분포를 Fig. 2에 나타내었다. 출발점인 부산 동남쪽 외해역 (★) 부터 고리 연안 (정점 D1 부근)까지의 관측

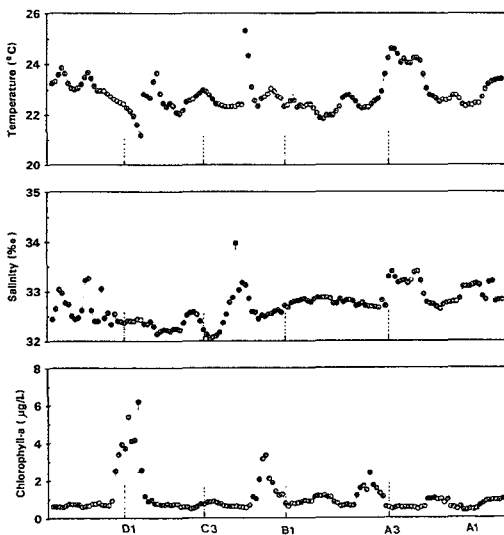


Fig. 2. Horizontal variations of temperature, salinity and in vivo chlorophyll fluorescence along the cruise track by the on-line system.

선에서는 수온 및 염분의 범위가 각각 $22.4 \sim 23.9^\circ\text{C}$ 및 $32.3 \sim 33.3\text{‰}$ 로 수온은 연안으로 갈수록 낮아지고 염분은 소폭으로 변동하고 있으며, 대체적으로 연안쪽에서 상대적 저온, 저염수가 존재하고 있다. 반면 chl *a* 농도는 외해역에서 $1 \mu\text{g l}^{-1}$ 이하로 낮고 해역간 차이가 작으나, 고리 앞 해역의 최저염분을 나타내는 지점부터 chl *a*의 농도가 현저히 증가하는 특징을 보인다.

고리 앞 (정점 D1 부근)에서 울산 외해역 (정점 C3 부근)까지는 수온 및 염분의 범위가 각각 $21.2 \sim 23.7^\circ\text{C}$ 및 $32.1 \sim 32.6\text{‰}$ 로 수온의 변화폭은 약간 크지만 염분의 변화폭은 다소 적다. 수온은 대체적으로 연안에서 약간 떨어진 정점에서 최저치를 보인 후 급격히 증가하는 양상을 보이나, 염분의 변화양상은 뚜렷하지 않다. chl *a*의 농도는 최저수온을 보이는 정점 부근에서 $6.2 \mu\text{g l}^{-1}$ 로 최대값을 나타낸 후 급격히 감소하여 그 이후 나머지 해역에서는 $1 \mu\text{g l}^{-1}$ 이하로 매우 낮은 농도를 보인다.

울산 외해역 (정점 C3 부근)에서 감포 연안 (정점 B1 부근)까지는 수온과 염분이 각각 $22.3 \sim 25.3^\circ\text{C}$ 및 $32.1 \sim 33.1\text{‰}$ 의 범위로 염분의 변화폭은 적으나 수온은 다른 관측선에 비해 큰 변화폭을 보인다. 그러나 수온은 중간지점에서 특이하게 상승하고 있고 그의 정점의 변화폭은 1°C 로 매우 작다. 염분역시 수온이 상승하는 중간해역에서 최대값을 보인 후 다시 감소하는 경향을 보인다. chl *a*의 농도는 수온 및 염분 최대값을 나타내는 중간지점 이후 북쪽지점에서 연안으로 갈수록 점차 증가하여 $3.4 \mu\text{g l}^{-1}$ 의 최대값을 보인 후 다시 감소하는 경향을 보인다.

감포연안 (정점 B1)에서 장기갑 외해역 (정점 A3)까지 관측선은 수온과 염분이 각각 $21.9 \sim 23.6^\circ\text{C}$ 및 $32.7 \sim 32.9\text{‰}$ 의 범위로 변동폭은 매우 적다. 또한 chl *a*의 농도는 외해역 부근에서 $2.37 \mu\text{g l}^{-1}$ 의 소규모 증가가 관측되었다. 장기갑 외해역 (정점 A3)에서 영일만 (정점 A1) 안쪽까지 관측선에서는 수온 및 염분의 범위가 $22.4 \sim 24.6^\circ\text{C}$ 및 $32.7 \sim 33.4\text{‰}$ 로 대체적으로 고온, 고염수가 존재하고 있다. 그러나 chl *a*의 농도는 $1.1 \mu\text{g l}^{-1}$ 이하로 다른 관측선들 보다 상대적으로 낮으며 해역별 차이 역시 매우 적지만 영일만 안쪽으로 접근하면서 chl *a*가 증가하는 경향을 나타낸다. 이상의 예비조사를 통하여 Fig. 2에서 처럼 3번의 최대 염록소가 잡혔는데 그중 고리 연안역 (정점 D1)이 가장 높은 농도를 보였으며 이때 상대적 저염, 저온인 수괴가 형성되어 있었다. 또한 감포 외해역 (정점 B3와 A3)에서는 상대적 고염, 고온의 수괴가 존재하고 있음을 보이고 있어 이와같은 수평적인 연속관측의 결과로 볼 때 조사해역은 여러 수괴의 영향을 받고 있는 것으로 생각된다.

물리화학적 환경요인의 수직분포

수온, 염분의 연직분포 특징을 보면, 영일만 앞 A-line은 12~22°C 범위의 비교적 강한 수온약층이 20~60 m 층에 형성되어 있으며 120 m 이심에는 3°C 이하의 저온수가 존재하나, B, C, D Line에는 약한 수온약층이 존재하고 있다. 한편 고리 앞 D-line에는 연안쪽은 20~22°C 범위의 비교적 균일한 고온수가 표층에서 저층까지 분포하며 외해쪽은 이보다 약간 높은 22~24°C의 상대적 고온 표층수가 영향을 미치고 있다 (Fig. 3).

한편, 염분은 수온 20°C 이상의 대마난류 표층수 경우 32.6~33.4‰의 범위이며, 수온의 범위가 5~15°C 사이의 몇 개 수층에서는 34.1‰ 이상의 고염수도 존재하는데 이는 Yang et al. (1991)이 정의한 대마난류 중층수의 영향을 받기 때문이라 생각된다.

용존산소의 포화농도와 관측농도의 차이를 걸보기산소 소비량 (AOU)라 할 때 수온과 AOU의 관계는 Fig. 4과 같이 표시할 수 있으며 두 성분사이에는 비교적 좋은 역의 상관성을 보인다. 즉 20°C 이상의 표층수에서 AOU값이 가장 낮고, 수심이 깊어짐에 따라 증가하는 경향을 보이는데 이는 식물플랑크톤의 왕성한 광합성과 대마난류 표층수의 영향에 의한 것으로 생각된다. 그러나 수온 5~17°C 범위에서는 다소 분산되어 있으며 이는 용존산소 농도가 상대적으로 낮은 대마난류 중층수의 영향때문이라고 생각된다 (Yang et al., 1991).

수온과 영양염류의 관계를 보면 수온이 증가함에 따라 영양염류도 거의 직선적으로 증가하며, 질산염과 인산염의 관계도 매우 좋은 정의 상관관계로서 기울기 ($\Delta N/\Delta P$)는 13.5로 지금까지 동해에 보고된 12.5~13.4 (Chung et al., 1989; Shim et al., 1989)과 비슷하다 (Fig. 4). 입자태 유기탄소 농도는 51.3~363.0 μM , 입자태 유기질소

농도는 10.5~59.5 μM 로서 모든 정점의 수온약층 상부 경계에 해당하는 20~50 m 사이의 층에서 최대값을 나타내었는데 이러한 결과는 식물플랑크톤 현존량 및 chl *a*량이 이들 층에서 최대값을 나타내는 결과와 잘 일치하고 있다.

이상의 결과를 종합하면, 조사해역은 영일만 부근의 저층에 냉수괴가 존재하지만 수온약층으로 인하여 상부층에 영향을 미치지 못하고 있다. 또한 부산앞 외해부터 영일만 외해까지 대마난류수의 영향으로 상대적 고온수가 확장되어 있으나 고리 앞 연안역은 비교적 생산력이 높고 상대적 저온, 저염인 연안수가 존재하고 있다. 따라서 이러한 물리화학적 영향으로 인하여 식물플랑크톤 현존량 및 chl *a* 수직분포는 수온약층 상층부에서 최대층을 이루고 있다고 생각된다.

식물플랑크톤 종조성

조사기간중 출현한 식물플랑크톤은 총 133종으로 규조류가 총 107종 (40속, 94종, 2변종, 2품종, 9미동정종), 와편모조류가 총 23종 (10속, 18종, 1품종, 4미동정종), 규질편모조류가 총 3종 (2속, 3종)이었다 (Appendix 1). 출현종수의 구성비율은 규조류가 전체 종수의 80.5%, 와편모조류가 17.3%를 차지하고 있다. 정점간 출현빈도가 80% 이상 되는 종류는 총 6종으로서 규조류는 *Asterionellopsis glacialis*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia longissima*, *Proboscia alata f. gracillima*, *Pseudo-nitzschia seriata* 등 5종이며 와편모조류는 *Prorocentrum micans* 1종으로 전 조사 정점에서 출현하는 특징을 보였다.

정점별 출현종수는 15~45종의 범위를 보이고 있으며 정점 D3에서 가장 적었고 정점 C1에서 가장 많았다 (Table 1). 관측 Line에 따라 출현종수의 차이를 나타내어

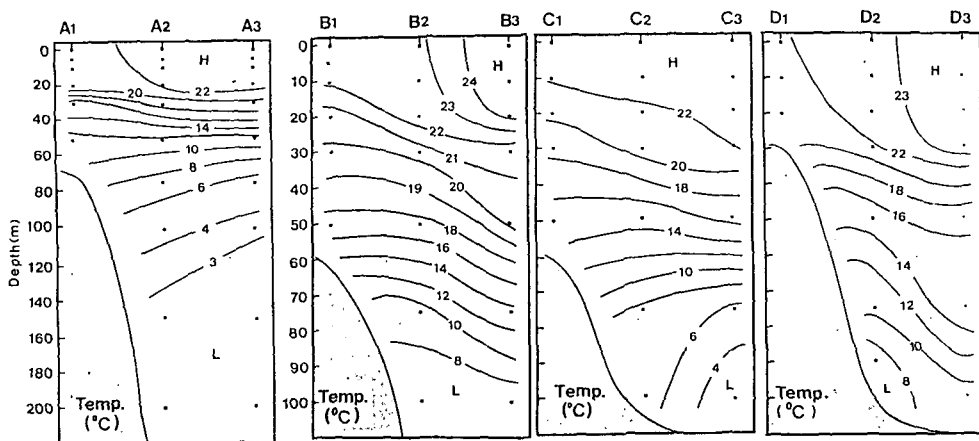


Fig. 3. Vertical profiles of water temperature at the four transects.

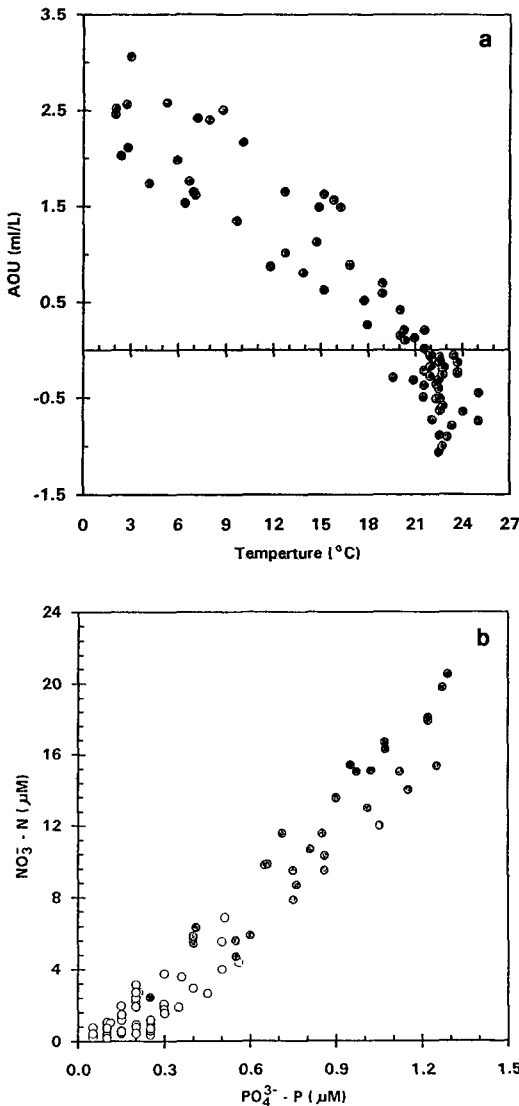


Fig. 4. Plots of AOU against temperature (a) and nitrate against phosphate (b) for all stations. (b; The open circle represents higher than 20°C, the dark circle lower than 20°C)

조사해역은 여러 가지 수위가 영향을 미치고 있음을 의미한다. 정점별 규조류 출현종수는 14~40종으로 C-line

을 중심으로 출현종수가 많은 분포를 하지만, 외편모조류는 1~9종로서 정점 B3에서 가장 많이 출현하였고 특히 북쪽의 A와 B-line에서 많은 출현종수를 보이고 있다. 규질편모조류는 정점별로 1~2종만이 출현하였으며 주로 D-line 정점에서 출현하는 특징을 보이고 있다.

출현종수와 현존량의 관계에 의해 Shannon-Wiener의 종다양성지수를 구해 보면, 정점간 1.08~2.46의 범위를 보였고 평균값은 1.84이었다 (Table 1). 정점별로 보면 가장 출현종수가 많은 정점 C1, D1에서 종다양성지수는 높은 값을 보이고 있는 반면, A와 B-line 정점에서는 비교적 낮은 값을 보이고 있다. Shim et al. (1995)에 의하면 동해해역의 식물플랑크톤 종다양성지수는 계절에 따라 상당히 다양하게 변화하고 있으며 가을 (평균 2.12), 여름 (평균 1.69), 봄 (평균 1.24) 순으로 낮아지고 있다고 했으나 본 조사시기가 가을임에도 불구하고 낮은 값을 보이고 있다.

한편 우점종 선정은 각 정점에서 현존량이 10^4 cells l^{-1} 이상이고 우점율이 10% 이상이며 출현빈도가 25% 이상인 종을 기준으로 하였으며, 총 6종의 규조류가 조사기간중 우점하고 있었다 (Table 2). 정점 B2와 B3은 규조류보다 외편모조류의 현존량이 높으나 10^4 cells l^{-1} 이상되는 외편모조류는 출현하지 않았다. 우점종 중에서 높은 우점율을 보인종은 *Skeletonema costatum*과 *Asterionellopsis glacialis*로서 각각 32.0% (103.8×10^3 cells l^{-1})과 31.5% (114.7×10^3 cells l^{-1})를 점유하였고, *Leptocylindrus danicus*는 모든 관측 line에서 고루 우점함으로써 본 연구에서 동남해역의 대표종으로 파악되었다.

지금까지 조사해역을 포함한 동해일대의 해역에서 185~190종의 식물플랑크톤 출현이 보고되었지만 (Shim and Lee, 1983; Shim et al., 1995), 본 조사는 추계에만 이루어져 상대적으로 적은 종수를 보이고 있다. 또한 우점종 역시 기존의 보고에 의하면 계절적인 변화를 보이고 있으며 그 중 본 조사시기에 우점하고 있는 *Leptocylindrus danicus*는 춘계에 우점한 보고가 있고 *Proboscia alata f. gracillima*도 출현빈도가 높은 우점종이라고 보고되고 있다 (Shim et al., 1995). 또한 외편모조류는 출현종수에서 규조류 보다 적게 출현하지만 하계에 *Prorocentrum*

Table 1. Species number of each taxon of phytoplankton and mean species diversity in the southern coastal waters of the East Sea, Korea, 24~27 Sept., 1994

Taxa / Stations	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
Diatom	23	35	34	32	15	18	40	30	32	22	30	14
Dinoflagellate	6	4	7	5	7	9	5	5	3	4	6	1
Silicoflagellate		1	2	1						2	2	
Total No.	29	40	43	38	22	27	45	35	35	28	38	15
Species diversity	1.85	1.38	1.33	1.71	1.63	1.73	2.44	2.10	2.27	2.46	2.09	1.08

Table 2. Dominant species of phytoplankton in the southern coastal waters of the East Sea, Korea, 24~27 September, 1994

Station	Species name	Dominance ratio (%)
A2	<i>Leptocylindrus danicus</i>	12.8
A3	<i>Leptocylindrus danicus</i>	14.7
B1	<i>Leptocylindrus danicus</i>	10.9
B3	<i>Chaetoceros decipiens</i>	16.3
C1	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	31.5
C2	<i>Skeletonema costatum</i>	11.9
C3	<i>Chaetoceros socialis</i>	15.0
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	14.5
D1	<i>Chaetoceros socialis</i>	14.1
	<i>Skeletonema costatum</i>	32.0
D2	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	12.2
	<i>Guinardia delicatula</i>	10.6
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	12.5
	<i>Skeletonema costatum</i>	26.3

속이 우점하는 것으로 보고되었는데 본 조사에서는 *Proocentrum micans*가 출현빈도와 현존량에 있어 우점하는 특징을 보이고 있다. Park et al. (1991)은 동해 전선역의 식물플랑크톤 군집분석 결과 냉수성, 온수성, 냉온수성 규조류가 우점하는 수괴와 와편모조류가 우점하는 북부 연안표층 수괴로 나누었는데 본 연구에서도 와편모조류가 우점적으로 출현한 A와 B line의 외해역은 북부연안 표층수의 영향을 받고 있다고 판단된다.

식물플랑크톤 현존량과 chlorophyll a의 분포

조사기간중 식물플랑크톤 현존량의 표층 분포는 $2.7 \times 10^3 \sim 63.6 \times 10^3$ cells l^{-1} 범위로써 규조류에 의해 좌우되고 있었다 (Fig. 5). 규조류의 현존량은 정점 B3에서 1.1×10^3 cells l^{-1} 로 가장 낮고 정점 C3에서 55.3×10^3 cells l^{-1} 로 가장 높아 약 50배의 차이를 나타내어 정점별 차이가 컸다. 와편모조류 현존량은 정점 D1에서 9.1×10^3 cells l^{-1} 로 가장 높고 전 정점에서 비슷한 분포양상을 보였으나 정점 B2와 B3에서는 와편모조류가 종수와 현존량에 있어서 규조류 보다 우점하고 있었다. 그의 규질 편모조류의 현존량은 아주 적은 분포를 보였다. 또한 현존량의 수직분포는 $2.7 \times 10^3 \sim 141.6 \times 10^3$ cells l^{-1} 의 범위로 변화의 폭이 심하였으며 10~30 m층에서 비교적 높은 것으로 나타났다 (Fig. 5). 수직분포 역시 규조류의 현존량 변화에 따라 좌우되어 2.3×10^3 cells l^{-1} (정점 D3의 50 m 층)~ 103.2×10^3 cells l^{-1} (정점 C3의 20 m 층)의 범위를 보였으며 와편모조류는 거의 영향을 미치지 못하고 있다. 그러나 동해 남부역의 식물플랑크톤 현존량은

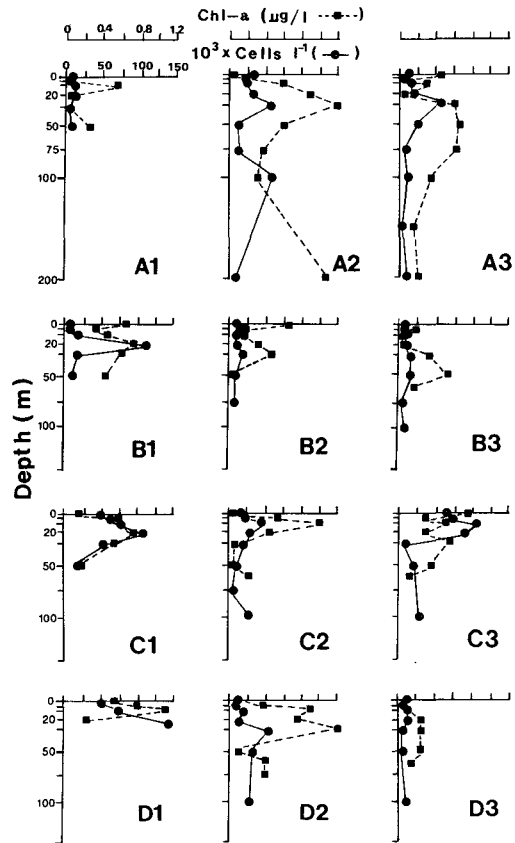


Fig. 5. Fluctuations of phytoplankton standing crops and chlorophyll a in the southern coastal waters of the East Sea, Korea, 24~27 September, 1994

netplankton 보다 nanoplankton에 의해 좌우된다고 Shim et al. (1985, 1992)에 의해 평가되었지만 본 조사는 이를 구분하지 않았다.

한편 chlorophyll a 농도는 식물플랑크톤 현존량과 마찬가지로 정점별, 수층별 변화폭이 컸다 (Fig. 5). 정점별 수층의 chl a 평균값은 정점 D1에서 $0.67 \mu g l^{-1}$ 로 가장 높고 D3가 가장 낮았다. 즉 고리앞 연안역과 외해역은 앞서 수온 분포에서 볼 수 있듯이 chl a와 현존량에 있어서도 뚜렷한 경계를 이루고 있다고 생각되며 이는 연속관측 (On-line system)의 결과에서도 확인되었다. 수직 분포를 보면 정점 A2의 30 m 층과 정점 D2의 50 m 층에서 $1.17 \sim 1.18 \mu g l^{-1}$ 로 가장 높았으며 대체적으로 표층 보다는 20~50 m 층에서 높은 분포를 보였다. 또한 chl a이 높은 곳에서 대체적으로 식물플랑크톤 현존량도 높았으며 chl a 최대층과 현존량 최대층은 연안쪽은 20 m, 외해쪽은 30~50 m에서 형성되어 있었다. Shim et al. (1992)은 동해의 chlorophyll 최대층은 유광층 밑부분

(표층광도의 약 1% 전후)에 형성되고 있다고 보고하고 있지만 본 연구에서는 연안쪽은 유광층의 중층부에서, 외양역은 유광층 밑부분에서 최대층을 형성하고 있다고 판단된다. 정점 C3와 D3등 외해역에서는 chl α 와 현존량이 전혀 상관성을 보이지 않았는데 이는 nanoplankton등 본 연구에서 구분하지 않은 소형 식물플랑크톤이 외해역에 우점할 가능성이 있지만 계수의 오차로 인해 현존량이 낮게 평가되었을 것으로 생각된다.

1차생산력

표층의 1차생산력은 0.32 (정점 B3)~3.04 (정점 D1) $\text{mgC m}^{-3} \text{hr}^{-1}$ 의 범위를 보였다 (Table 3). 해역별로 보면 B, C, D line에서는 연안역의 정점이 외해역보다 높은 1차생산력을 보인 반면, A-line인 경우 연안역인 정점 A1이 영일만 입구에 위치하고 있어 높은 현존량과 생산력이 예상되지만 오히려 외해역인 정점 A3에서 높은 생산력을 보였다. 그러나 전체적으로 보면 조사해역은 연안쪽인 정점에서 높은 생산력을 보인 반면 외해역에서는 상대적으로 낮은 생산력을 보이고 있다고 생각된다. 한편 정점별 수층의 단위 면적당 1차생산력의 범위는 263.3 (정점 B1)~1085.5 (정점 A3) $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ 로 평균 640.4 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ 이었으며 (Table 3), 정점 C1도 1,022.8 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ 로 상당히 높은 1차생산력을 보이고 있으며 체적당 1차생산력과 마찬가지로 연안역이

외해역보다 높은 분포를 보이고 있다. 그러나 Table 3에서와 같이 체적당 1차생산력과 면적당 1차생산력의 분포가 정점간 상이한 것은 수층의 유광층 깊이가 면적당 1차생산력의 계산에 영향을 미치고 있기 때문이다.

Chin and Hong (1985)는 대한해협을 계절별 체적당 1차생산력 측정에서 하계 (8월)에 0.57~0.79 $\text{mgC m}^{-3} \text{hr}^{-1}$ 로 가장 낮고 추계 (11월)에 9.24~13.05 $\text{mgC m}^{-3} \text{hr}^{-1}$ 로 가장 높다고 보고하였다. Chung and Yang (1991)은 한국 남해안 표층수의 체적당 1차생산력은 2~222 $\text{mgC m}^{-3} \text{day}^{-1}$ 범위로 4월이 가장 높다고 보고했다. 또한 Lee et al. (1989)은 제주도 해안선에서 측정된 체적당 1차생산력은 1.31~117.04 $\text{mgC m}^{-3} \text{day}^{-1}$ 라고 보고했다. 한편 수층의 면적당 1차생산력은 한국 동남해역의 추계 (10월)에 700~2,700 (평균 1,310) $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ (Shim and Park, 1986), 남해안이 314~1,727 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ 의 범위 (Chung and Yang, 1991), 서해안은 평균 883.9 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ (Chung and Park, 1988)이고, 제주도 동부연안역은 평균 257.7 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ (Lee et al., 1993)라고 보고되어 본 조사시기에 있어 수층의 1차생산력은 남해안과 서해안 보다는 낮으나 제주도 주변해역 보다는 높은 생산력을 나타내고 있다고 생각된다.

최대광합성율은 0.76 (정점 B3)~8.04 (정점 D1) $\text{mgC mgChl-}\alpha^{-1} \text{hr}^{-1}$ 의 범위로서 연안역이 외해역보다 높아 1차생산력과 같은 결과를 나타내었다 (Table 3). 광합성효율은 광합성율과 광량의 초기기울기로서 0.007~0.054의 범위를 나타내어 변화가 심하였다. 연안역인 정점 C1과 D1에서 각기 0.049, 0.054로써 상대적으로 높은 광합성효율을 나타내며 포화광량도 150 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로서 낮았는데 이는 연안역의 식물플랑크톤 군집이 외양역 보다 비교적 낮은 광량에서도 광합성이 포화되고 효율도 높기 때문이라고 생각된다. 한편 광합성이 감소되기 시작되는 최대광량은 233~673 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 정점간 변화의 폭이 컸으나 Shim and Park (1986)에 의해 밝혀진 한국 동남해역에서의 최적광량인 300~700 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 범위와 같은 결과를 나타내었다.

이상의 결과로 보면 조사해역에 있어 식물플랑크톤의 포화광량은 130~360 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로서 표층광도의 약 15~35 %인 광량에서 광합성이 포화되는 특성을 보이고 있으며 600 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이상의 광량에서는 광저해가 일어나고 있다고 판단된다. 이는 계절적으로 하계와 추계에는 수온약층의 형성과 함께 수직 혼합층이 상대적으로 얇아지기 때문에 식물플랑크톤이 유광층 중층부에서 적응하기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 Chung and Yang (1991)은 남해안에서 수온약층이 강한 8월에 표층

Table 3. Primary productivity, P_{\max} , $\Delta P/\Delta I (=a)$, I_k , and I_{\max} of phytoplankton in the southern coastal waters of the East Sea, Korea, 24~27 September, 1994

St.	PP (hr)	Int PP	P_{\max}	$\Delta P/\Delta I (=a)$	I_k	I_{\max}
A1	1.03	493.1	6.26	0.017	360	448
A3	2.72	1085.5	6.28	0.029	220	287
B1	1.25	263.3	1.96	0.006	340	600
B3	0.32	371.6	0.76	0.003	260	408
C1	3.02	1022.8	7.32	0.049	150	408
C3	1.39	561.8	1.92	0.007	260	408
D1	3.04	922.8	8.04	0.054	150	673
D3	0.36	401.9	3.42	0.026	130	233

PP (hr) (primary productivity per hour at the surface) : $\text{mgC m}^{-3} \text{hr}^{-1}$

Int PP (daily depth-integrated primary productivity in the water coulum) : $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$

P_{\max} (maximum assimilation number) : $\text{mgC mgChl-}\alpha^{-1} \text{hr}^{-1}$

$\Delta P/\Delta I (=a, \text{ initial slope})$: $(\text{mgC mgChl-}\alpha^{-1} \text{hr}^{-1}) / (\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1})$

I_k (saturation irradiance) : $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$

I_{\max} (maximum irradiance) : $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$

광도의 5~10%인 수심에서 식물플랑크톤이 적응된다고 보고하였다. 따라서 이와 비교하면 본 조사시기의 식물플랑크톤은 기존의 보고보다 상대적으로 약간 높은 광도에서 적응하고 있다고 생각되지만 계절적으로 광에 대한 적응력은 달라질 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 보충되어야 한다고 생각된다.

요 약

한반도 동남해역에 있어서 가을철 식물플랑크톤 군집 구조 및 1차생산력의 특성을 조사하였다. 표층 연속관측 시스템에 의해 조사해역은 여러 수괴의 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며 3개정점에서 chl *a* 최대를 보였다. 영일만 부근의 해수특성은 20~60 m에서 강한 수온약층이 형성되었으며 저층에는 냉수괴가 존재하였다. 조사해역의 연안역은 비교적 생산력이 높고 상대적 저온·저염수가 존재하고 있었으며 외해역은 상대적 고온수의 영향을 받고 있었다.

출현한 식물플랑크톤은 총 133종으로 규조류가 총 107종(40속, 96종, 2변종, 2품종, 9미동정종), 와편모조류가 총 23종(10속, 18종, 1품종, 4미동정종), 규질편모조류가 총 3종(2속, 3종)으로써 구성비율은 규조류가 전체 종수의 80.5%, 와편모조류가 17.3%를 차지하고 있다. 30% 이상의 높은 우점율이 보인 종류는 *Skeletonema costatum*과 *Asterionellopsis glacialis*였으며, *Leptocylindrus danicus*는 모든 관측 line에서 우점하여 조사해역의 대표종이었다. 식물플랑크톤 현존량은 $2.7 \times 10^3 \sim 141.6 \times 10^3$ cells ℓ^{-1} 의 범위로 규조류가 양적으로 우세하였고 20~30 m 층에서 비교적 높은 분포를 보였다. Chlorophyll *a* 농도는 정점별, 수층별 변화폭이 컸으며, 표층보다는 30 m와 50 m 층에서 $1.17 \sim 1.18 \mu\text{g} \ell^{-1}$ 로 최대를 보였다. 조사해역의 식물플랑크톤 현존량 및 chl *a*는 수온약층 상부경계에 해당하는 20~50 m에서 최대층을 형성하고 있었다.

표층의 1차생산력은 $0.32 \sim 3.04 \text{ mgC m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$ 의 범위이며, 수층의 면적당 일일 1차생산력의 범위는 $263.3 \sim 1085.5 \text{ mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 로써 연안역이 외해역 보다 높았다. 광합성율의 범위는 $0.76 \sim 8.04 \text{ mgC mgChl a}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ 로써 연안역의 식물플랑크톤이 비교적 낮은 광량에서 광합성이 포화되고 광합성효율도 높은 것으로 나타났다. 조사해역에 있어 식물플랑크톤의 포화광량은 표층광도의 15~35%인 특성을 보이고 있는데 이는 수온약층의 형성과 함께 수직 혼합층이 상대적으로 얇아지기 때문에 유광층 중층부에서 적응하는 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 1994년 교육부 해양·수산과학분야 학술연구조성비의 지원에 의해 수행되었으며, 관측을 도와주신 제주대학교 실습선 백경호의 선원들과 제주대학교 해양학과 학생들에게 감사를 드린다. 또한 물리·화학적 자료 분석을 맡아주신 국립수산진흥원 남해연구소의 김성수박사께 감사를 드린다.

참 고 문 헌

- Chin, P. and S. Y. Hong. 1985. The primary production of phytoplankton in the western channel of the Korea Strait. Bull. Korean Fish. Soc., 18, 74~83 (in Korean).
- Cho, C. H. 1985. Chlorophyll-*a* concentrations of microplankton and nannoplankton in the coastal seas of Korea in fall. Bull. Korean Fish. Soc., 18, 63~66 (in Korean).
- Chung, K. H. and Y. C. Park. 1988. Primary production and nitrogen regeneration by macrozooplankton in the Kyunggi Bay, Yellow sea. J. Oceanol. Soc. Korea, 23, 194~206 (in Korean).
- 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, C. S., J. H. Shim, Y. C. Park and S.G. Park. 1989. Primary productivity and nitrogenous nutrient dynamics in East Sea of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 24, 52~61.
- Gong, Y. and C. K. Park. 1969. On the oceanographical character of the low temperature region in the Eastern Sea of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 4, 69~91 (in Korean).
- Gong, Y. and S. J. Son. 1982. A study of oceanic thermal fronts in the Southern Japan Sea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 28, 25~54 (in Korean).
- Hasle, G. R. and E. E. Syvertsen. 1996. Marine diatoms. In *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*, C.R. Tomas, ed. Academic Press, San Diego, pp.5~385.
- Kim, C. H. and K. Kim. 1983. Characteristics and origin of the cold water mass along in the east coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 18, 73~83 (in Korean).
- Lee, J. B., Y. C. Choi and Y. B. Go. 1989. Primary production of phytoplankton around the coast line of Cheju Island. Jour. Korean Earth Science Society, 10, 62~67 (in Korean).
- Lee, J. B., J. H. Choa, Y. B. Go and Y. C. Choi. 1993. Bioecological studies of the eastern coastal area in Cheju Island (II) Phytoplankton dynamics and primary productivity around U-do. Jour. Korean Earth Science Society, 14, 458~466 (in Korean).

- Park, C. K. 1978. Chemical oceanographic aspect of the cold water mass in offshore of the east coast of Korea. Bull. Korean Fish. Soc. 11, 49~54 (in Korean).
- Park, J. S., C. K. Kang and K. H. An. 1991. Community structure and spatial distribution of phytoplankton in the polar front region off the East Coast of Korea in summer. Bull. Korean Fish. Soc., 24, 237~247.
- Parsons, T. R., Y. Maita, and C. M. Lalli. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford, 173pp.
- Shim, J. H. and W. H. Lee. 1983. Plankton study in the southeastern sea of Korea (I) Phytoplankton distribution in September, 1981. J. Oceanol. Soc. Korea, 18, 91~103.
- Shim, J. H. and W. H. Lee. 1987. Distribution of phytoplankton species and associated environmental factors in the Southwestern Waters of the East Sea (Sea of Japan), Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 22, 34~42.
- Shim, J. H. and Y. C. Park. 1986. Primary productivity measurement using carbon-14 and nitrogenous nutrient dynamics in the southeastern 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.
- Shim, J. H., H. G. Yeo and J. G. Park. 1995. Primary production system in the southern waters of the East Sea, Korea. II. The structure of phytoplankton community. J. Oceanol. Soc. Korea, 30, 163~169.
- Shim, J. H., S. R. Yang and W. H. Lee. 1989. Phytodrography and the vertical pattern of nitracline in the southern waters of the Korean East Sea in early spring. J. Oceanol. Soc. Korea, 24, 15~28.
- Shim, J. H., W. H. Lee, and S. Y. Bak. 1985. Studies on the plankton in the Southwestern Waters of the East Sea (Sea of Japan) (II) Phytoplankton-standing crop, nanofraction, and primary production. J. Oceanol. Soc. Korea, 20, 37~54.
- Steidinger, K. A and K. Tangen. 1996. Dinoflagellates. In *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*, C.R. Tomas, ed. Academic Press, San Diego, pp.387~584.
- Thronsdon, J. 1993. The Planktonic marine flagellates. In *Marine Phytoplankton, A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorids*, C.R. Tomas, ed. Academic Press, San Diego, pp.7~145.
- Yang, H. S., S. S. Kim, C. G. Kang and K. D. Cho. 1991. A study on sea water and ocean current in the sea adjacent Korea Peninsula. Bull. Korean Fish. Soc., 24, 185~192 (in Korean).

1997년 7월 18일 접수
1997년 12월 20일 수리

Appendix 1. Chek-list of phytoplankton occurred in the southern coastal waters of the East Sea, Korea, in September, 1994
DIATOMS

- Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehrenberg
Asterionella gracillima (Han. in Rob.) Heiberg
Asterionella notata (Gru.) Grunow in V.Heurck
Asterionellopsis glacialis (Cas.) F.E. Round
 = *Asterionella glacialis* Castracane
Aulacoseira granulata (Ehr.) Simonson
Aulacoseira sp.
Bacteriastrum delicatulum Cleve
Bacteriastrum elongatum Cleve
Bacteriastrum furcatum Shadbolt
 = *Bacteriastrum varians* Lauder
Bacteriastrum hyalinum Lauder
Bacteriosira bathyomphala (Cl.) Syv. & Hasle
 = *Bacteriosira fragilis* Gran

Cerataulina smithii Ralfs
Chaetoceros affinis Lauder
Chaetoceros atlanticus Cleve
Chaetoceros brevis Schütt
Chaetoceros coarctatus Lauder
Chaetoceros compressus Lauder
Chaetoceros concavicornis Mangin
Chaetoceros constrictus Gran
Chaetoceros convolutus Castracane
Chaetoceros costatus Pavillard
Chaetoceros danicus Cleve
Chaetoceros debilis Cleve
Chaetoceros decipiens Cleve
Ch. didymus var. *protuberans* (La.) Gran & Yendo

Chaetoceros lorenzianus Grunow
Chaetoceros mitra (J.W. Bailey) Cleve
Chaetoceros pendulus Karsten
Chaetoceros peruvianus Brightwell
Chaetoceros pseudocrinitus Ostenfeld
Chaetoceros pseudocurvisetus Mangin
Chaetoceros radicans Schütt
Chaetoceros socialis Lauder
Chaetoceros subtilis Cleve
Chaetoceros sp.
Climacodium biconcavum Cleve
Climacodium frauenfeldianum Grunow
Climacosphenia moniligera Ehrenberg
Coscinodiscus centralis Ehrenberg
- Coscinodiscus concinnus* W. Smith
Coscinodiscus granii Gough
Coscinodiscus marginatus Ehrenberg
Coscinodiscus radiatus Ehrenberg
Cyclotella sp.
Cylindrotheca closterium (Ehr.) Reim. & Lewin
 = *Nitzschia closterium* (Ehrenberg) W.Smith
Dactyliosolen fragilissimus (Bergon) Hasle
 = *Rhizosolenia fragilissima* Bergon
Diploneis crabro (Eh.) Ehrenberg ex Cleve
Diploneis splendida (Gregory) Cleve
Diploneis sp.
Ditylum brightwellii (T.W.) Grunow in V.Heurck
Eucampia cornuta (Cle.) Grunow in V.Heurck
Eucampia zodiacus Ehrenberg
Fragilaria islandida Grunow in Van Heurck
Grammatophora marina (Lyngbye) Kützing
Guinardia delicatula (Cleve) Hasle
 = *Rhizosolenia delicatula* Cleve
Guinardia flaccida (Castracane) H. Peragallo
Guinardia striata (Stolterforth) Hasle
 = *Rhizosolenia stolterforthii* H.Peragallo
Gyrosigma sp.
Hemiaulus hauckii Grunow in Van Heurck
Hemiaulus indicus Karsten
Hemiaulus membranaceus Cleve
Hemiaulus sinensis Greville
Leptocylindrus danicus Cleve
Leptocylindrus minimus Gran
Melosira lineata (Dillwyn) Agradh
 = *Melosira juergensii* Agradh
Melosira nummuloides Agradh
 = *Aulacoseira nummuloides*
Meumiera membranacea (Cleve) P.C.Silva
 = *Stauroneis membranacea* (Cleve) Hustedt
 = *Navicula membranacea* Cleve
Navicula viridula (Kützing) Ehrenberg
Nitzschia frigida Grunow in Cleve & Grunow
Nitzschia longissima (Bré. ex Küt.) Grunow
Nitzschia pacifica Cupp
Nitzschia sigma (Kützing) W.Smith
Nitzschia sp.
Odontella longicruris (Greville) Hoban
 = *Biddulphia longicruris* Greville
Odontella sinensis (Greville) Grunow

Continued

- Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve
Pleurosigma sp.
Proboscia alata (Brightwell) Sundström
 = *Rhizosolenia alata* Brightwell
Proboscia alata f. *gracillima* (Grunow) Sundström
 = *Rhizo. alata* f. *gracillima* (Cleve) Grunow
Pseudo-nitzschia delicatissima (Cleve) Heiden
 = *Nitzschia delicatissima* Cleve
Pseudo-nitzschia pungens (Gru. ex Cleve) Hasle
 = *Nitzschia pungens* Grunow ex Cleve
Pseudo-nitzschia pungens var. *atlantica* (Cl.) Hasle
 = *Nitzschia pungens* var. *atlantica* Cleve
Pseudo-nitzschia seriata (Cleve) H.Peragallo
 = *Nitzschia seriata* Cleve
Rhizosolenia bergonii H.Peragallo
Rhizosolenia castracanei H.Peragallo
Rhizosolenia formosa H.Peragallo
 = *Rhizo. styliiformis* f. *latissima* Brightwell
Rhizosolenia hebetata J.W. Bailey
Rhizo. hebetata f. *semispina* (Hensen) Gran
Rhizosolenia setigera Brightwell
Rhizosolenia styliiformis H.Peragallo
Skeletonema costatum (Greville) Cleve
Skeletonema sp.
Stellarima stellaris (Roper) Hasle & Sims
 = *Coscinodiscus stellaris* Roper
Stephanopyxis nipponica Gran & Yendo
Stephanopyxis palmeriana (Greville) Grunow
Stephanopyxis turris (Ar. in Gr.) Ralfs in Prit.
Synedra fasciculata (Agardh) Kützing
 = *Synedra affinis* Kützing
 = *Synedra tabulata* (Agardh) Kützing
Synedra sp.
Thalassionema frauenfeldii (Grunow) Hallegraeff
Thalassionema nitzschioides (Gr.) Grun. ex Hus.
Thalassiosira angulata (Gregory) Hasle
 = *Thalassiosira decipiens* (Grunow) Jørgensen
Thalassiosira gravida Cleve
Thalassiosira hyalina (Gru. in Cl. & Gru.) Gran
Thalassiosira nordenskiöldii Cleve
Thalassiosira pacifica Gran & Angst
Thalassiosira rotula Meunier
Thalassiothrix longissima Cleve & Grunow
Ceratium furca (Eh.) Claparède & Lachmann
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin
Ceratium tripos (O.F. Müller) Nitzsch
Ceratium sp.
Dinophysis accuminata Claparède & Lachmann
Dissodium asymmetricum (Mangin) Loeblich
Gonyaulax digitale (Pouchet) Kofoid
Gonyaulax spinifera (Cla. & Lach.) Diesing
Gonyaulax sp.
Gymnodinium sp.
Phalacroma rotundatum (Cl. & La.) Kof. & Mich.
 = *Dinophysis rotundata* (Cla. & Lach.) Balech
Preperidinium muenieri (Pavillard) Elbrächter
 = *Diplopeltopsis minor* (Paulsen) Pavillard
 = *Zygabikodinium lenticulatum* Loe.Jr & Loe.III
Prorocentrum compressum (Bai.) Abé ex Dodge
Prorocentrum lima (Ehrenberg) Dodge
Prorocentrum micans Ehrenberg
Prorocentrum triestinum Schiller
Protoperidinium breve Schiller
Protoperidinium brochii (Kof. & Swezy) Balech
Protoperidinium brochii f. *inflatum* (Oka.) Schill.
Protoperidinium minutum (Kofoid) Loeblich III
Protoperidinium sp.
Scrippsiella trochoidea (Stein) Balech

SILICOFLAGELLATES

- Dictyocha fibula* Ehrenberg
Dictyocha speculum (Ehrenberg) Haeckel
Ebria tripartita (Schumann) Lemmemann

DINOFLAGELLATES

- Ceratium breve* (Ostenfeld & Schmidt) Schröder