J. Korean Fish. Soc. 32(1), 88~97, 1999 한수지, 32(1), 88~97, 1999

동중국해 북부해역 클로로필-*a*의 분포특성과 해양환경 특성

오현주 · 강영실 · 박정훈
국립수산진흥원 어장환경과

Distributional Characteristics of Chlorophyll-*a* and Oceanographic Conditions in the Northern Part of East China Sea

Hyun Ju OH, Young Shil KANG and Jung Hoon PARK
Fisheries Oceanography Division, National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

The distributional characteristics of chlorophyll-*a* and their relationship to the oceanographic condition were investigated in the northern part of East China Sea in February, May, August and November during 1995~1997.

The temperature and salinity were high in the eastern area and low in the western area. Thermocline and halocline were strongly formed at the 50 m depth in August. Dissolved oxygen was low in August with value of 3.77 mℓ/ℓ, particularly in the near coast of East China, where dissolved oxygen was less than 2.0 mℓ/ℓ. Transparency was high in May while low in February.

Total nitrogen and phosphate concentrations were high in November while silicate concentrations was high in August. They showed the seasonal variations. Total nitrogen and silicate revealed high concentrations in the near coast of East China, where the salinity was the lowest. Especially, total nitrogen and silicate were higher in August than the other survey months in the near coast of East China. Phosphate showed the even distributional pattern.

Chlorophyll-*a* appeared high in August with 0.512 μg/ℓ and low in February with 0.372 μg/ℓ. Annual means in each survey depth was high at the 10 m depth with 0.632 μg/ℓ and gradually decreased toward the more deep depth. But the cencentrations at 150 m depth near the bottom again increased as 0.243 μg/ℓ. In the seasonal patterns of vertical distribution of chlorophyll-*a*, the maximum depth value was surface in February, 30 m in May, 10 m in August and 20 m in November. Transparency showed the highest value in May. It means that there are the close relationship between the vertical distribution of chlorophyll-*a* and transparency.

Key words: East China Sea, Chlorophyll-*a*, thermocline, halocline, transparency

서 론

동중국해 북부해역은 중국 및 일본과 인접한 해역으로서 쿠로시오난류와 중국대륙연안수, 황해난류 그리고 황해저층냉수 등의 수괴로부터 영향을 받는 해역이다 (Zhang and Weng, 1996). 또한, 쿠로시오난류가 동중국해 북부해역에서 대마난류 및 황해난류로 분리되므로 쿠로시오본류의 특성 및 세력을 파악하는데 있어 해양학적으로 중요한 해역이다. 특히 하계에는 양자강으로부터 유입되는 담수의 영향으로 수괴의 특성이 매우 복잡할 뿐만 아니라, 기초생물생산력이 높아 어장으로서의 가치가 매우 높은 것으로 알려져있다 (Guo and Zhang, 1996).

생태계에서 기초생산자로서 중요한 역할을 하는 식물플랑크톤은 생태계내의 물리화학적 환경요인의 변동에 따라 종조성이나 출현량에 있어 뚜렷한 변동을 보인다. 클로로필-*a*는 식물플랑크톤 중 가장 높은 비율을 나타내는 색소로 클로로필-*a* 농도의 조사로 식물플랑크톤 양변동을 모니터링할 수 있다. 따라서 클로로필-*a*의 시공간적 변동을 파악하는 것은 생태계내의 물질순환을 밝히기 위한 기초자료로서 매우 중요하다 (Chen and Go, 1983).

Wu et al. (1995)은 동중국해 및 황해에서 춘계 및 추계의 클로로필-*a*의 분포특성에 관하여 보고하였다. 이 연구에서 Wu et al. (1995)은 혼합수층에서 클로로필-*a*의 함량이 높으며 수온약층의 하부경계에서 최대값을 갖는 특징이 있다고 밝혔다. Zhang and Weng (1996)은 춘계의 동중국해 및 황해의 수괴특성에 관한 연구에서 동중국해 북부해역에는 양자강 희석수와 황해고유수 그리고 황해난류수가 분포한다고 보고하였으며, 계절에 따라 그 세기와 분포양상이 다르다고 밝혔다. Guo and Zhang (1996)은 춘계와 추계에 양자강수가 영향을 미치는 해역에서 식물플랑크톤 밀도가 매우 높다고 밝혔으며, 이 해역에서 클로로필-*a* 농도도 높다고 밝혔다. 이외에도 동중국해 북부해역에 분포하는 동물플랑크톤 양상과 수리학적 관계에 관한 연구가 이루어진 바 있다 (Zhang, 1995).

이와같이 동중국해 북부해역에 대한 해양학적 연구가 다수 이루어져 있으나 클로로필-*a*에 관한 연구는 계절적으로 춘계와 추계에 제한되어져 있으며, 또한 변동에 미치는 해양학적 영향에 대한 고찰이 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 동중국해 북부해역 생태계에서 클로로필-a의 계절별 변동과 수직 · 수평분포특성을 밝혔으며, 또한 클로로필-a의 변동특성과 해양환경과의 관계를 분석하였다.

재료 및 방법

동중국해 북부해역 C (32°30′N 124°~127°59.1′E, 30°N 124°~127°57.0′E)에서 CSK (Cooperative Study for Kuroshio) 조사시 설정된 315선, 316선의 각각 13개 정점에서 1995~1997년간 각각 사계절을 대표하는 2, 5, 8, 11월에 해양조사를 실시하였다 (Fig.1). 본 연구에서는 동중국해 북부해역의 3개년간의 자료를 평균하여 분석하였다.

해양환경요인으로 수온, 염분, 용존산소 및 투명도를 조사하였다. 수온과 염분은 각 조사정점의 표준수층 (표층, 10 m, 20 m,

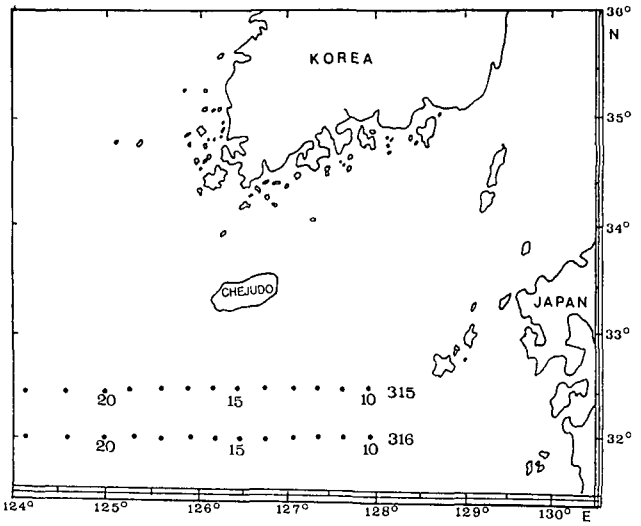

Fig. 1. Map showing the sampling stations.

30 m, 50 m, 75 m, 100 m, 125 m, 150 m)에서 CTD (Sea Bird, SBE 19)로 조사하였다.

용존산소는 현장에서 고정한 후 실험실에서 자동적정장치 (Brand Co., GERMANY)를 이용하여 Winker 방법에 의한 나까이 변법으로 정량하였다 (Nakai, 1933). 투명도는 Secchi disk (지름 35 cm)로, 시험조사 관측시 유사한 시간대인 주간에 조사된 315선의 정점 13, 17, 21과 316선의 10, 15, 17에서 조사하였다.

영양염류는 질산질소, 아질산질소, 인산인, 규산규소를 분석하였다. 일정량의 해수를 채수하여 여과한 후, 급속냉동시켜 실험실로 옮긴 다음 분석하였다. 질산질소는 Cu-Cd 칼럼을 이용한 환원 방법 (Strickland and Parsons, 1972)으로, 아질산질소는 산성에서 sulfanilamide와 반응시켜 diazo화하고 a-NED 제 2염산염으로 발색시키는 방법으로 분석하였다. 인산인은 아스코르빌산방법 (Murphy and Riley, 1962), 규산규소는 몰리브덴청법 (Stricklan and Parsons, 1972)으로 분석하였다. 본 연구에서는 질산질소와 아질산질소를 합하여 Total nitrogen으로 표시하였다.

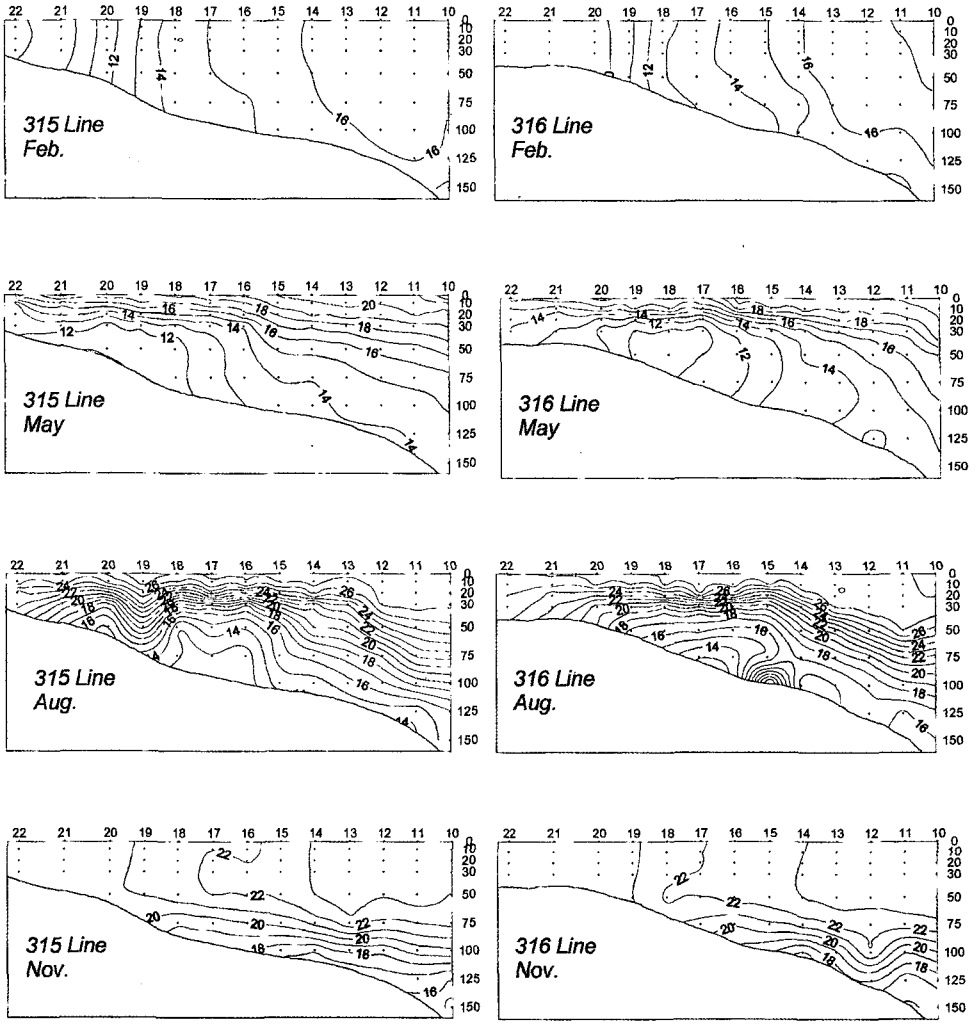

Fig. 2. Vertical distributions of mean temperature (℃) in February, May, August, and November during 1995~1997 in the nortern part of East China Sea.

클로로필-*a* 는 표준수층에서 500 ㎖를 채수하여 glass microfibre filter (Whatman, 0.45 ㎛)로 여과하였다. 여과가 끝나기 직전 산화를 방지하기 위하여 약 1 ㎖의 1% 탄산마그네슘용액으로 고정시킨 다음 냉동실에서 보관하였다. 냉동 보관된 여과지를 90% 아세톤 10 ㎖에 담그어 24시간 동안 냉암소에 방치하여 클로로필-*a*를 추출하였다. 추출된 클로로필-a를 원심분리시켜 상등액을 취하여 형광광도계 (Tuner Designs, Model 10-AU-000)로 분석하였다.

결과 및 고찰

해양환경

해양환경 변동특성을 밝히기 위하여 수온, 염분, 용존산소의 수직분포 및 투명도를 살펴보았다.

수온의 경우 (Fig. 2), 2월에는 평균 14.51℃이며, 7.69~16.29℃ 범위로 표 · 저층간 수직혼합이 잘 이루어져 표층과 저층과의 온도차가 거의 없었다. 중국연안인접해역인 서부해역에서 수온이 낮아 동고서저의 분포 양상을 보였다. 5월에는 평균 16.12℃이며, 9.66~19.32℃ 범위로 2월과 유사한 동고서저의 분포양상을 보였으며, 표층~50 m 수층에서 18℃를 중심으로 수온약층이 약하게 형성이 되기 시작하였다. 8월의 경우 평균 22.24℃, 10.25~26.98℃ 범위이며 수심 20~75 m에서 20℃를 중심으로 수온약층이 강하게 형성되어 표 · 저층간에 수직 혼합이 잘 이루어지지 않았다. 또한, 중국연안인접해역에서 수온이 낮은 동고서저의 분포양상을 보였다. 11월의 경우, 평균 21.89℃이며, 10.04~25.96℃ 범위로 8월의 분포양상과 유사하였으나, 8월과 달리 수온약층이 75 m 하부층에서 나타났다. 이상의 결과에서 수온이 중국연안인접해역에서 낮고 일본연안인접해역에서 높은 동고서저의 분포양상을 보이는 것은

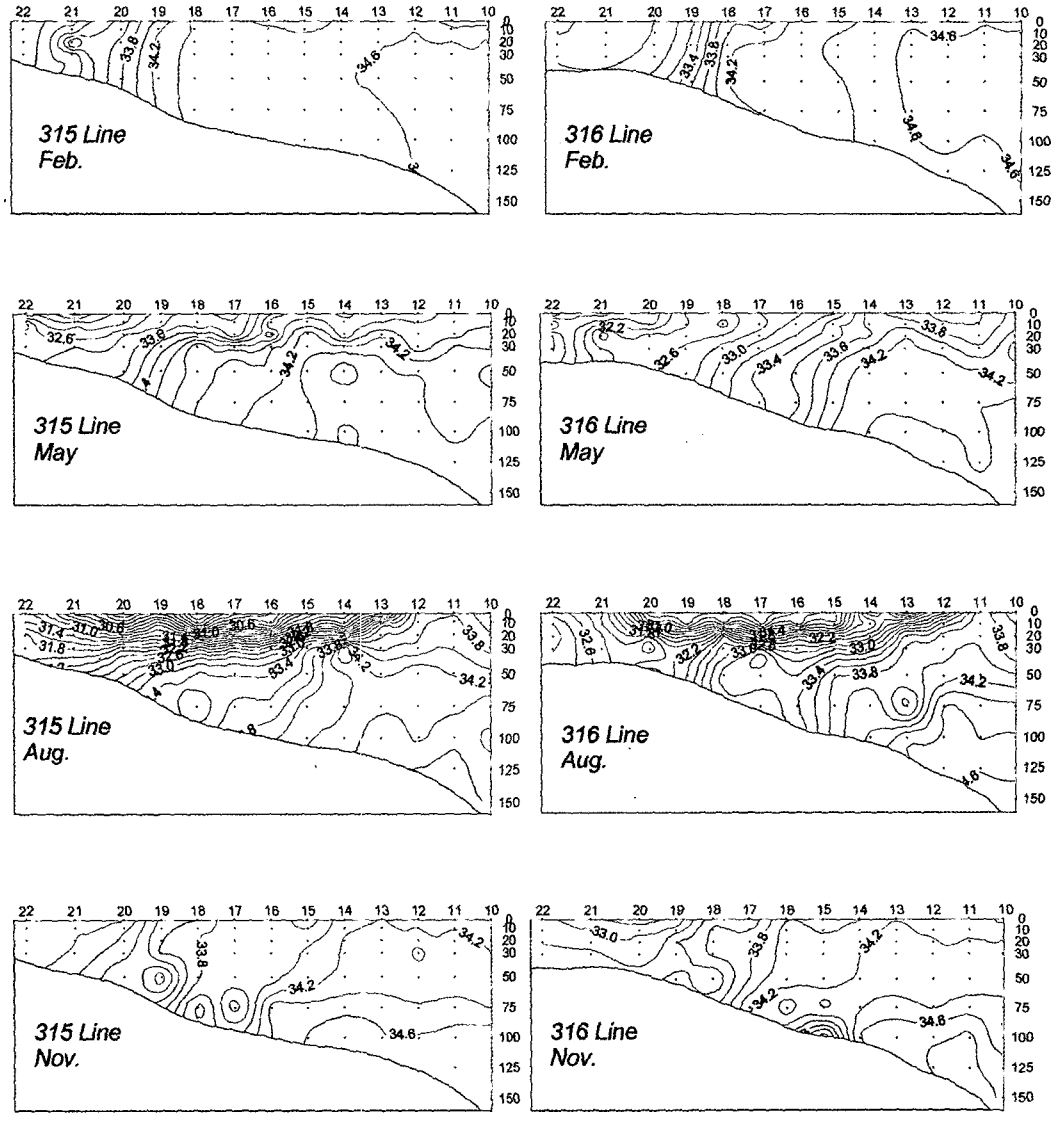

Fig. 3. Vertical distributions of mean salinity (psu) in February May, August, and November during 1995~1997 in the nortern part of East China Sea.

일본연안인접해역이 쿠로시오난류의 영향을 많이 받는 해역이기 때문이다. 이와같은 사실을 Lin et al. (1993)도 밝힌 바 있다.

염분의 경우 (Fig. 3) 전 조사월에 수온과 유사한 동고서저의 분포양상을 보였다. 2월에는 평균 34.24 psu이며, 32.01~34.68 psu 범위로 중국연안인접해역인 315선의 정점 18~20과 316선의 정점 17~19에서 염분전선대가 형성되었다. 5월의 경우, 평균 33.72 psu이며, 31.46~34.59 psu범위로 20~50 m 수층에서 염분약층이 형성되기 시작하였다. 특히 315선에서는 316선보다 강하게 염분약층이 형성되었다. 8월의 경우, 평균 32.96 psu이며, 31.52~35.31 psu 범위로 10~50 m 수층에서 염분농도 32 psu를 중심으로 염분약층이 강하게 형성되어 표·저층간 염분차가 크게 나타났다. 염분약층은 중국연안인접해역을 중심으로 정점 315/12, 316/11까지 확대되는 분포양상을 보였다. 11월 경우 평균 33.97 psu이고, 32.78~34.86 psu의 범위이며 정점 315/17~315/19를 중심으로 염분전선대가 약하게 형성되었다. Kim and Rho (1994)는 중국대륙연안수의 지표가 되는 염분농도를 32 psu로 밝혔으며, 제주도 부근 해역에까지 출현한다고 보고하였다. Kim et al. (1991)에 따르면, 하계의 중국대륙연안수는 하계에 평균 25 m 두께로 제주도 서쪽 해역에서 분포한다. 그러나 본 연구에서는 중국대륙연안수의 두께는 약 30 m 층 두께로 분포하여 제주도 서쪽해역보다 두껍게 나타났다. 용존산소의 경우 (Fig. 4), 2월에는 평균 5.85 ㎖/ℓ, 3.94~6.67 ㎖/ℓ 범위로 표·저층간 차이가 없었으며 서고동저의 분포양상을 보였다. 5월의 경우, 평균 5.18 ㎖/ℓ, 3.37~6.01 ㎖/ℓ 범위로 2월과 달리 동, 서부간의 차이는 적으며, 표·저층간에 차이가 나타나기 시작하였다. 8월의 경우, 평균 3.77 ㎖/ℓ, 1.14~4.56 ㎖/ℓ 범위로 표·저층간의 수직혼합이 이루어지지 않아 표층과 저층의 농도차가 크게 나타났다. 중국연안인접해역에서 용존산소의 농도가 높아 동고서저의 분포 양상을 보였다. 특히, 중국연안인접해역의 저층을 중심으로 하여 수심 20~30 m 수층까지 형성된 용존산소의 농도가 3.0 ㎖/ℓ이하의 저산소층이 정점 315/19와 316/15까지 분포하였다. 이러한 저산소층의 형성은 강한 수온약층으로 인해 표층과 저층간에 수직혼합이 이루어지지 않았기 대문이라 판단

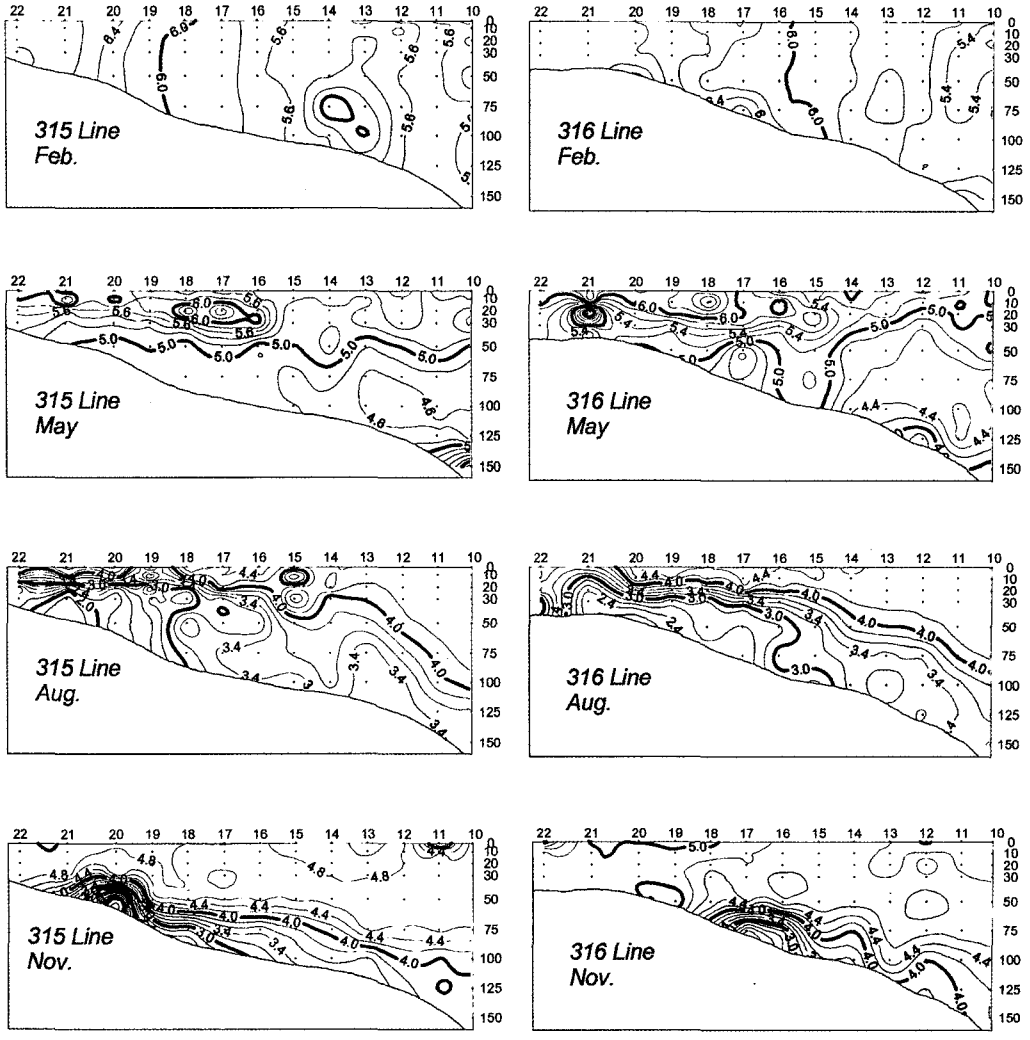

Fig. 4. Vertical distributions of mean dissolved oxygen (㎖/ℓ) in February, May, August, and November during 1995~1997 in the northern part of East China Sea.

된다. 11월의 경우, 평균 4.58 mℓ/ℓ, 2.43~4.99 mℓ/ℓ 범위로 8월에 형성된 저산소층이 75 m 하부층으로 이동되어 분포하였다.

투명도의 변동양상을 보면 계절별로는 춘계인 5월에 평균 15.7 m로 가장 높으며, 동계인 2월에 8.8 m로 가장 낮았다(Fig. 5). 투명도 범위는 2월에는 2~9.7 m, 5월에는 6~21 m, 8월에는 7~15 m 그리고 11월에는 9~20 m 범위였다. 조사 정점중 중국연안에 가장 인접한 정점 315/21의 투명도가 연평균 4.12 m로 가장 낮고 중국연안에서 가장 멀리 위치한 정점 316/10의 연평균 투명도가 16.5 m로 가장 높았다.

영양염류의 분포

총질소의 경우(Fig. 6), 2월에는 평균 5.15 μg-at/ℓ이며, 1.36~9.36 μg-at/ℓ 범위로 중국연안인접해역인 서부해역과 일본연안인접해역인 동부해역이 중앙해역보다 약 1.0 μg-at/ℓ 정도 높게 나타났다. 5월에는 평균 3.87 μg-at/ℓ이며, 1.9~6.41 μg-at/ℓ 범위로 2월과

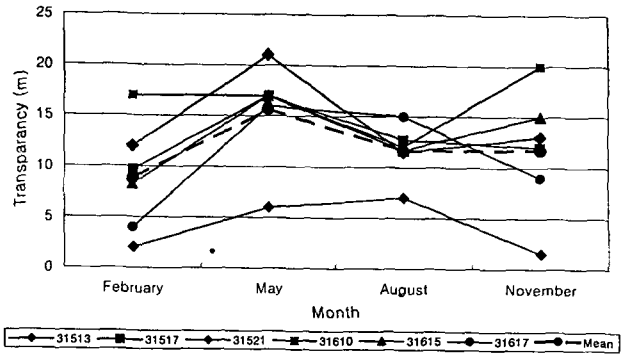

Fig. 5. Seasonal change in transparency (m) in each survey station during 1995~1997 in the northern part of East China Sea.

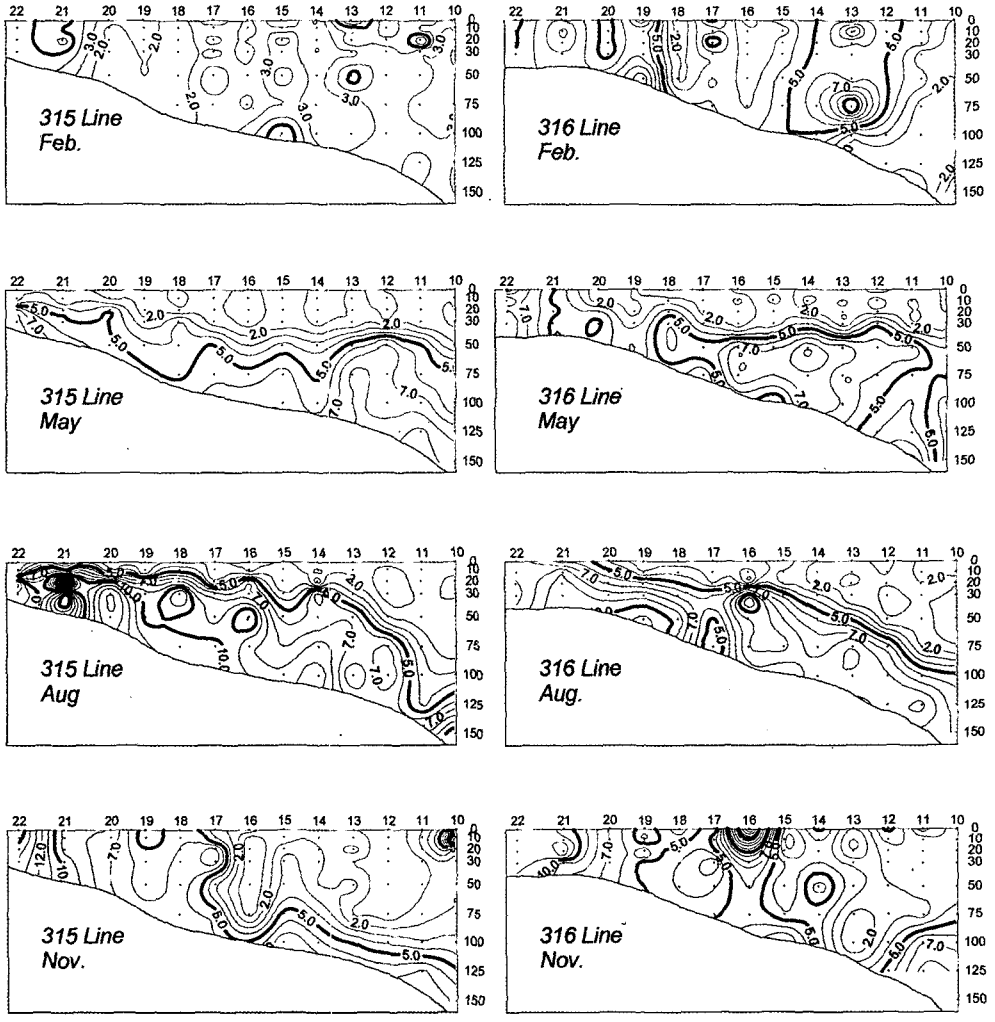

Fig. 6. Vertical distributions of mean silicate concentrations (μg-at/ℓ) in February, May, August, and November during 1995~1997 in the northern part of East China Sea.

달리 50 m 이하 수층에서 5 μg-at/ℓ이상의 높은 농도 분포를 보였다. 8월의 경우, 평균 5.2 μg-at/ℓ이며, 2.37~7.79 μg-at/ℓ 범위로 표·저층간의 수직혼합이 잘 이루어지지 않아 표층과 저층간에 농도차가 2~5 μg-at/ℓ 정도로 크게 나타났다. 11월의 경우, 평균 7.62 μg-at/ℓ이며, 2.42~7.15 μg-at/ℓ 범위로 중국연안인접해역에서 10.0 μg-at/ℓ 이상으로 높게 분포하였으며 전 조사월중 가장 높은 농도분포를 보였다.

인산인의 경우 (Fig. 7) 2월에는, 평균 0.27 μg-at/ℓ이며, 0.04~0.52 μg-at/ℓ 범위로 표층과 저층간에 혼합이 잘 이루어져 수층간 차이가 없었으며 또한 정점간 차이도 매우 적었다. 그러나 316선중 일본연안에 인접한 동부해역의 30~50 m 수층에서 0.5 μg-at/ℓ 이상의 높은 농도가 출현하였다. 5월에는, 평균 0.28 μg-at/ℓ이며, 0.01~0.57 μg-at/ℓ 범위로 표·저층간의 농도차가 2월에 비해 컸다. 50 m 하부층에서 0.5 μg-at/ℓ 보다 높은 농도가 분포하였다. 8월의 경우, 평균 0.25 μg-at/ℓ이며, 0.02~0.93 μg-at/ℓ 범위를 보였다. 316선의 중앙해역의 30 m 하부층에서 높은 농도 분포 양상을 보였다. 11월에는, 평균 0.46 μg-at/ℓ이며, 0.12~0.85 μg-at/ℓ 범위로 타 조사월과 달리 중국연안인접해역 및 저층에서 높은 농도를 나타내었다. 이상의 결과에서 인산인은 총질소와는 달리 11월을 제외한 전 조사월에 정점간 차이가 매우 적으며, 비교적 일정한 농도분포를 보였다. 이러한 현상은 아마존강 (Chase et al., 1980; Edemond et al., 1981) 및 양자강 (Edmond et al., 1985) 등 큰 하천의 하구역에서 자주 나타난다. 또한 남해 표층수에서도 이러한 현상이 보고된 바 있다 (Kim et al., 1998). 이러한 현상은 인산인이 수화철에 의해 제거, 현탁물질에 의해 흡착 및 탈착되었기 때문이며 수온, 염분, 및 산화환원상태등의 환경변화에 따른 흡착, 탈착 등의 차이 때문에 나타난 것으로 알려져 있다 (Tanaka et al., 1987). 또한 Edmond et al. (1985)는 양자강 하구역에서 염분농도에 관계없이 인산인의 농도가 일정하게 나타나는 것은 현탁물질에 의한 인산인의 흡착·탈착평형 때문이라고 밝혔다.

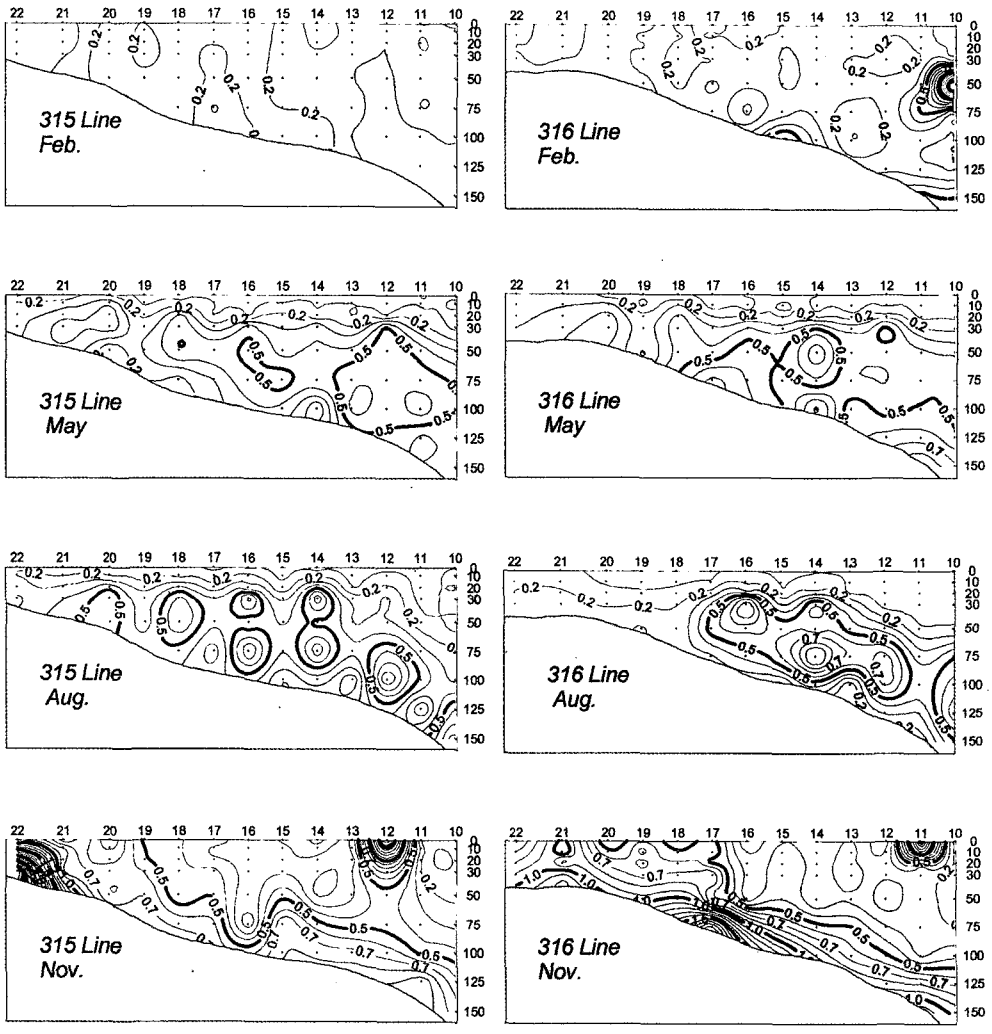

Fig. 7. Vertical distributions of mean phosphate concentrations (μg-at/ℓ) in February, May, August, and Nobember during 1995~1997 in the northern part of East China Sea.

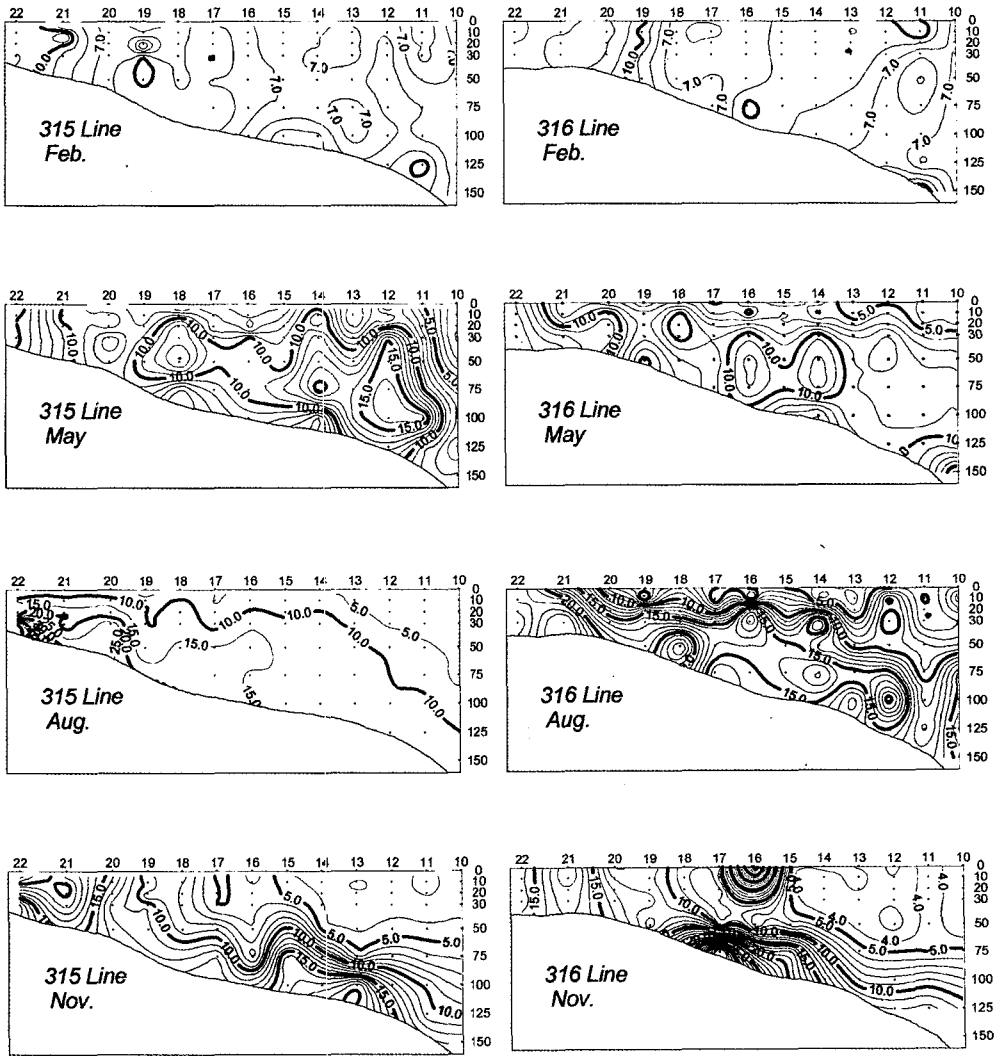

Fig. 8. Vertical distributions of mean total nitrogen concentrations (μg-at/ℓ) in February, May, August, and November during 1995~1997 in the northern part of East China Sea.

규산규소의 경우 (Fig. 8) 2월에는, 평균 7.41 μg-at/ℓ이며, 2.96~19.8 μg-at/ℓ 범위로 표 · 저층간에 농도차가 적었으며, 중국연안인접해역에서 높아 서고동저의 분포양상을 보였다. 5월에는, 평균 7.94 μg-at/ℓ이며, 4.64~12.26 μg-at/ℓ 범위로 대부분의 해역 20 m 하부층 및 중국연안인접해역에서 농도가 매우 높게 나타났다. 8월에는, 평균 10.49 μg-at/ℓ이며, 5.09~20.58 μg-at/ℓ 범위로 중국연안인접해역 및 50 m 하부층에서 높게 나타났다. 11월에는, 평균 8.7 μg-at/ℓ이며, 5.71~13.89 μg-at/ℓ 범위로 주로 100 m 하부층에서 높게 나타났다.

총질소 및 인산인의 평균값은 계절적으로 11월에 가장 높게 나타났으며, 8월에 가장 낮게 나타났다. 그러나 규산규소는 8월에 가장 높고 그 외 조사월인 2, 5, 11월에는 각각 7.41 μg-at/ℓ, 7.97 μg-at/ℓ, 8.7 μg-at/ℓ로 비슷한 값을 보였으며 규산규소는 총질소와 인산인과는 달리 계절적으로 다른 변동양상을 나타내는 것으로 나타났다. 이는 생태계내에서 규산규소는 총질소와 인산인과는 다른 물질순환 과정에 의해 농도가 결정되고 있음을 의미한다.

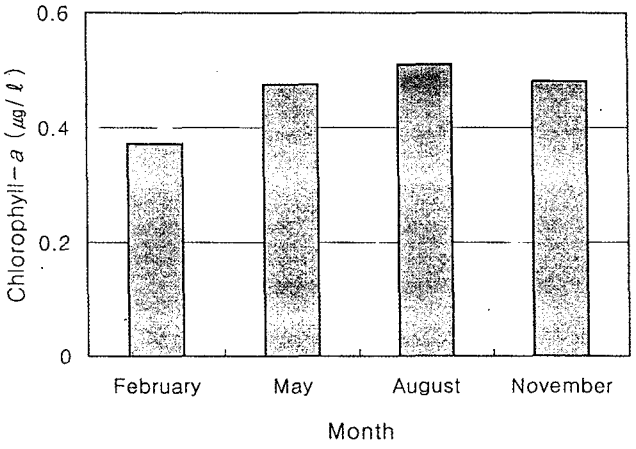

Fig. 9. Seasonal variations in mean chlorophyll-*a* (μg/ℓ) during 1995~1997 in the northern part of East China Sea.

클로로필-a의 분포

클로로필-a의 계절별 평균값의 변동을 보면 (Fig. 9), 하계인 8월에 평균 0.512 μg/ℓ로 가장 높았으며 동계인 2월에 0.372 μg/ℓ로 가장 낮게 나타났다. 온대해역에서 대부분의 식물플랑크톤은 춘계나 추계에 대량 번식이 일어난다고 밝혀져있다 (Harvey, 1955). 그러나 이와같은 사실과는 달리 영양염이 풍부한 연안내만쪽에서는 일사량이 풍부한 하계에 식물플랑크톤의 생산이 높다고 보고된 바 있다 (Sze, 1984). 따라서 본 연구에서 하계인 8월에 클로로필-a의 양이 가장 높은 것은 동중국해 북부해역이 양자강수의 유입에 의해 8월에 영양염이 다량 공급되며, 또한 일사량도 풍부하기 때문인 것으로 판단된다.

연평균 클로로필-a 농도의 수층별 변동을 분석하기 위하여 전 조사 정점의 클로로필-a 농도를 수층별로 평균하여 살펴보았다. 연평균 농도의 수층별 분포양상을 보면 (Fig. 10), 10 m 수층에서 평균 0.632 μg/ℓ로 가장 높으며 수층이 깊어질수록 점차적으로 낮아져 125 m 수층에서 평균 0.19 μg/ℓ로 가장 낮아졌다. 그러나 저층인 150 m 수층에서는 0.243 μg/ℓ으로 다시 조금 높아졌다. 식물플랑크톤 생산은 일사량이 풍부한 표층보다는 오히려 표층에서 조금 떨어진 10~20 m 수층에서 높으며 또한 영양염의 공급이 많은 저층에서 높아진다고 밝혀진바 있다 (Choi et al., 1995). 본 연구는 이와같은 사실을 잘 입증하고 있다.

계절별 클로로필-a 평균농도의 수층별 변동 양상을 보면 (Fig. 11), 동계인 2월에는 표층에서 0.508 μg/ℓ로 가장 높으며 수층 20 m까지는 차이가 매우 적었다. 춘계인 5월에는 30 m 수층에서 0.730 μg/ℓ로 가장 높았으며 다음으로 20 m 수층이 0.719 μg/ℓ로 높아 주로 20~30 m 수층에서 농도가 높게 나타났다. 하계인 8월에는 10 m 수층에서 0.884 μg/ℓ로 가장 높았으며 표층에서 20 m 수층까지는 0.6 μg/ℓ이상으로 높게 나타났다. 추계인 11월에는 20 m 수층에서 0.571 μg/ℓ로 가장 높았으며, 타 조사월과는 달리 50 m 수층까지 클로로필-a의 농도가 0.50 μg/ℓ로 높게 나타났다. 식물플랑크톤 및 클로로필-a의 수층별 분포는 빛의 입사량에 크게 영향을 받는다. 클로로필-a의 최대 농도 분포수층이 30 m로 가장 깊은 5월에 투명도는 4.19 m로 가장 높았으며 다음으로 11월에 13.1 m로 타 조사월에 비하여 가장 깊은 수층이었다. 따라서 본 연구에서도 클로로필-a의 분포수층이 빛의 입사량에 크게 좌우됨을 보여주었다.

클로로필-a의 수직적 분포양상을 보면 (Fig. 12), 2월에는, 평균 0.372 μg/ℓ 범위이며, 0.03~1.147 μg/ℓ 범위로 표·저층간에 차이가 적었다. 315선에서는 중국연안인접해역에서 0.4 μg/ℓ 이상으로 조금 높아 서고동저의 분포양상을 보였다. 5월에는, 평균 0.476 μg/ℓ 이며, 0.067~3.198 μg/ℓ 범위로 중국연안인접해역이 일본연안인접해역보다 0.6~1.0 μg/ℓ 정도로 높아 서고동저의 분포양상이 뚜렷하게 나타났다. 또한, 316/18~20의 50 m 수층에서 최고 3.198 μg/ℓ의 높은 농도값을 나타내었다. 8월에는, 평균 0.512 μg/ℓ이며, 0.027~0.884 μg/ℓ 범위로 5월과 유사한 서고동저의 분포양상을 보였다. 또한, 중국연안인접해역을 중심으로하여 수심 30 m 이상

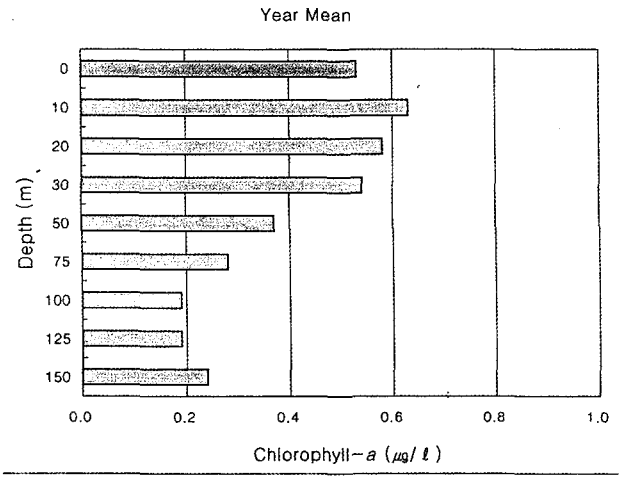

Fig. 10. Mean chlorophyll-a (μg/ℓ) of each depth in year during 1995~1997 in the northern part of East China Sea.

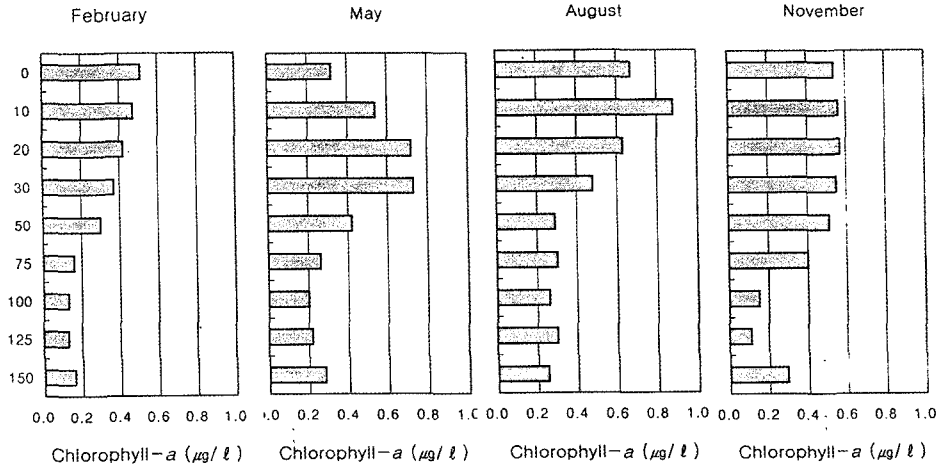

Fig. 11. Mean chlorophyll-a (μg/ℓ) of each depth in February, May, August and November during 1995~1997 in the northern part of East China Sea.

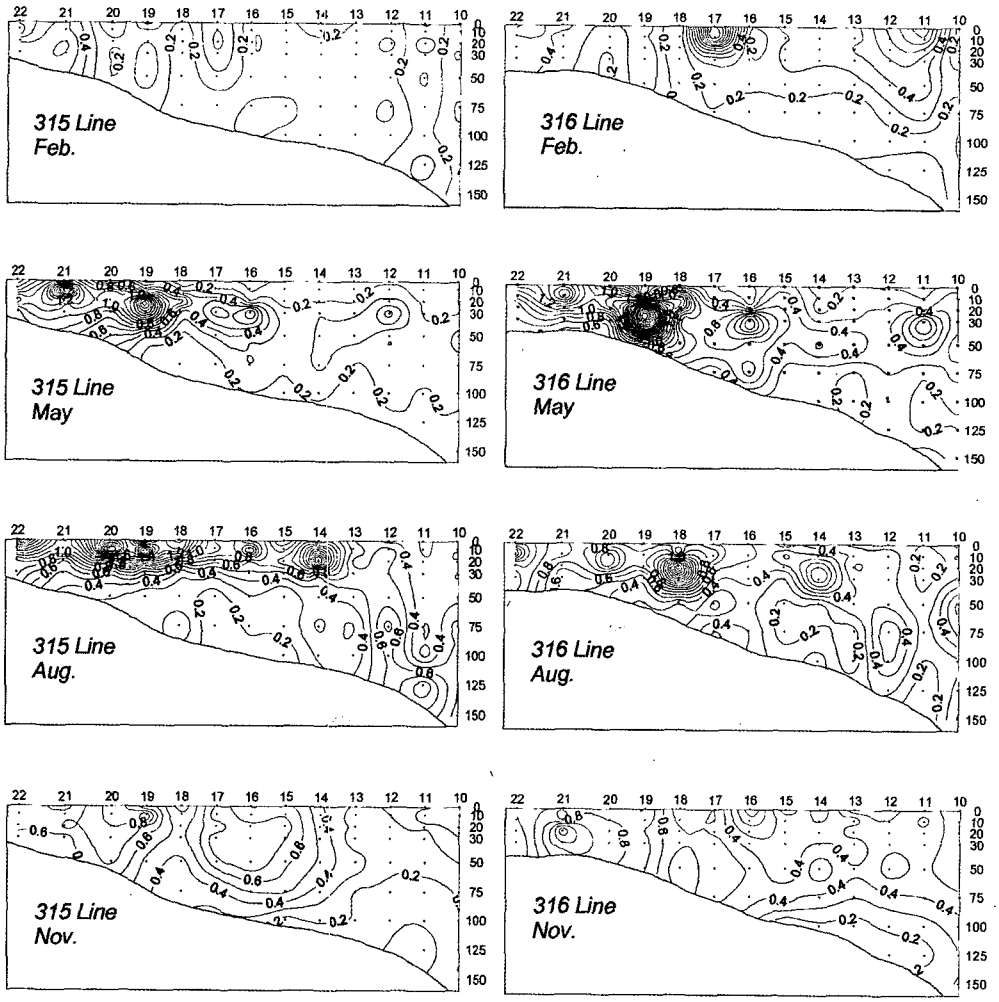

Fig. 12. Vertical distributions of mean chlorophyll-*a* ($\mu g/\ell$) in February, May, August, and November during 1995~1997 in the northern part of East China Sea.

층에서 315선의 정점 14까지 높은 농도를 보이며, 316선에서는 수심 50 m 이상층에서 정점 17까지 높은 농도를 보였다. 11월에는, 평균 0.482 $\mu g/\ell$이며, 0.059~1.07 μg-at/ℓ 범위로 타 조사월에 비하여 농도 분포양상이 고르게 나타났다.

이상의 결과에서 5월과 8월 중국연안인접해역을 중심으로 나타나는 높은 클로로필-*a* 농도는 염분과 밀접한 관계를 보였다. 5월의 경우, 주로 33.0 psu 이하의 염분이 분포하는 해역에서 높은 클로로필-*a* 농도를 보이며, 8월 역시 33.0 psu를 중심으로 형성된 염분약층을 경계로하여 저염분이 분포하는 해역에서 높은 클로로필-*a* 농도를 보였다. 이는 양자강수에 의하여 영양염류가 풍부하게 유입된 결과라고 판단된다.

요 약

동중국해 북부해역의 클로로필-*a*의 분포특성과 해양환경과의 관계를 밝히기 위하여 1995년~1997년 3개년간 매년 2, 5, 8, 11월에 해양조사를 실시하였다.

수온과 염분은 전 조사월에 중국연안인접해역에서 낮아 동고서저의 분포를 보였으며, 수온약층과 염분약층이 50 m 수층을 중심으로 8월에 강하게 형성되었다. 용존산소는 8월에 평균 3.77 $m\ell/\ell$로 가장 낮았으며 특히, 중국연안인접해역의 저층을 중심으로 2.0 $m\ell/\ell$이하의 저산소층이 분포하였다. 투명도는 5월에 가장 높으며 2월에 가장 낮았다.

총질소와 인산인은 11월에 가장 높고 규산규소는 8월에 가장 높아 계절적으로 변동 양상이 달랐다. 총질소, 규산규소는 주로 저염수가 분포하는 중국인접연안역을 중심으로한 해역에서 높게 나타났다. 특히 염분이 가장 낮은 8월에 총질소와 규산규소의 농도가 높게 나타났다. 이와달리 인산인은 비교적 고른 분포양상을 보였다.

클로로필-*a*는 동계인 2월에 0.372 $\mu g/\ell$로 가장 낮게 나타났고, 8월에는 평균 0.512 $\mu g/\ell$로 가장 높게 나타났다. 또한 수층별 연평균값은 10 m 수층에서 0.632 $\mu g/\ell$로 가장 높게 나타났으며 수층이 깊어질수록 점차적으로 낮아졌고 저층인 150 m 수층에서 다시

0.243 μg/ℓ로 높아졌다. 계절별 평균 클로로필-a의 수직분포에서 2월에는 표층에서 5월에는 30 m 수층, 8월에는 10 m 수층에서, 11월에는 20 m 수층에서 최대 값을 보였다. 또한, 투명도가 평균 15.7 m로 가장 깊은 5월에 클로로필-a의 최대 농도 분포층도 30 m로 가장 깊었다. 이는 클로로필-a의 수직적 분포와 투명도가 밀접한 관계가 있음을 의미한다.

참 고 문 헌

Chase, E.M. and F.L. Sayles, 1980. Phosphorous in suspended sediments of the Amazon River. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 11 : 383~393.

Chen, D.S. and Y.B. Go, 1983. The distribution of chlorophyll *a* in the neighbouring waters of Cheju Island. *Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Cheju Nat. Univ.*, 7 : 23~27.

Choi, J.K., J.H. Noh, K.S. Shin and K.H. Hong, 1995. The early autumn distribution of chlorophyll-*a* and primary productivity in the Yellow Sea, 1992. *The Yellow Sea*, 1 : 68~80.

Eemond, J.M., A. Spivack, B.C. Grant, Hu M.H., C.Zexiam, C. Sung and Z. Xiushau, 1985. Chemical dynamics of the Changjiang estuary. *Cont. Shelf Res.*, 4 : 17~36.

Eemond, J.M., E.A. Boyle, B. Grant and R.F. Stallard, 1981. Chemical mass balance in the Amazon plum. 1. The nutrients. *Deep-Sea Res.*, 28 : 1339~1374.

Guo, Y.J. and Y.S. Zhang, 1996. Characteristics of phytoplankton distribution in Yellow Sea. *The Yellow Sea*, 2 (1) : 90~103.

Harvey, H.W., 1955. The chemistry and fertility of sea waters. *Cambridge Univ.* Press, 224pp.

Kim, S.S., W.J. Go, Y.J. Jo, P.Y. Lee and K.A. Jeon, 1998. Low salinity anomaly and nutrient distribution at surface saters of the south sea of Korea during 1996 summer. *J. Oceanol. Soc.* Korea, 3 (3) : 165~169.

Kim, K. and H.K. Rho, 1994. A study on China Coastal Water appeared in the Neighbouring Seas of Cheju Island. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27 : 515~528.

Kim, K., H.K. Rho and S.H. Lee, 1991. Water masses and circulation around Cheju-Do in summer. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 26 : 262~277.

Lin, K., L.Shu, H.Ishii, and H. Yoritaka, 1993. The current structure and volume transport of the Kuroshio in the northern East China Sea. *Essays on the investigation of Kuroshio Herichao Diaocha Yanjiu Luw Enxuan*, 5 : 42~51.

Murphy, J. and J.P. Riley, 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate on natural watirs. *Anal. Chim. Acta.*, 27 : 31.

Nakai, Z., 1933. On the improvements on the Winkler's method for determining oxygen in seawater. Bulletin of the Fishery Experiment Station of the Government General of Chosen, 4 : 43~48.

Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Sea Water Anaylsis (2nd edn.). *Bull. Fish. Res. Board Canada*, Vol. 167, 310pp.

Sze, P., 1984. A Biology of the Algae. Wm.C.Brown Phublishers, 181 pp.

Tanaka, K. and S. Hamada, 1987. Investigations on nutrients in turbid estauaries: Buffering of phosphate concentration by suspended sediments. *Bull. Coast. Oceanogr.*, 24 : 125~133.

Wu, Y.L., Y.J. Guo and Y.S. Zhang, 1995. Distributional characteristics of chlorophyll-*a* and primary productivity in the Yellow Sea. *The Yellow Sea*, 1 : 81~92.

Yang, H.S. and S.S. Kim, 1990. A study on sea water and ocean current in the sea adjacent to Korea peninsula. 1. Physical processes influencing the surface distributions of chlorophyll-*a* and nutrient in the southern sea of Korea in summer. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 23 : 417~424.

Zhang, H.Q., 1995. Relationship between zooplankton distribution and hydrographic characteristics of the southern Yellow Sea. *The Yellow Sea*, 1 : 50~67.

Zhang, Q.L. and X.C. Weng, 1996. Analysis of water masses in the south Yellow Sea in spring. *The Yellow Sea*, 2 (1) : 74~82.

1998년 9월 28일 접수
1998년 10월 30일 수리