

## 남서해역의 유해성 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* Margalef 모니터링을 위한 환경특성과 식물플랑크톤 군집 동태

조 은 섭 · 최 용 규  
국립수산과학원 남해수산연구소  
(2004년 10월 28일 접수; 2005년 2월 2일 채택)

### The characteristics of marine environment and phytoplankton community around southwestern waters for ichthyotoxic dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* monitoring programme

Eun Seob Cho and Yong Kyu Choi

South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-823, Korea  
(Manuscript received 28 October, 2004; accepted 2 February, 2005)

This study was to determine the fluctuation in phytoplankton assemblages with regarding to environmental conditions and nutrients, which were surveyed around Mokpo waters in the southwestern waters, Korea. Sampling was carried out on the Mokpo, Sinan, and Wando coasts from March to November 2003. The maximum sea surface temperature was recorded in August, and it ranged around 25°C regardless of sampling sites. However, salinity in Mokpo waters showed a great variation, which ranged from 5-30 psu and recoded the minimum of 5 psu in July and the maximum of 30 psu in November. Moreover, in Mokpo waters, the chlorophyll *a* and SS concentration of the surface layer were also the highest values of 20 µg l<sup>-1</sup> and 40 µg l<sup>-1</sup>, respectively than those of Sinan and Wando waters. The concentrations of NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, and PO<sub>4</sub>-P were also the highest values of 0.018 µmol l<sup>-1</sup>, 0.062 µmol l<sup>-1</sup>, 1.2 µmol l<sup>-1</sup>, and 0.078 µmol l<sup>-1</sup>, respectively in Mokpo waters than those of Sinan and Wando waters. During the period of this study, the majority of the taxa were diatoms; *Thalassiosira rotula*, *Rhizosolenia setigera*, *Prorocentrum minimum*, *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylindrus danicus*, *Pseudonitzschia pungens*, and *Chaetoceros* spp. were detected in the dominant species of phytoplankton. The dinoflagellates were relatively abundant during the summer season in Wando waters, which attained an abundance of 10-20%. In Mokpo waters, DIN/DIP was the highest value of 700 in March, whereas the lowest was shown in Wando waters. However, DIN/DIP value in summer at Wando waters was extremely reversed, which appeared to be associated with the development of dinoflagellates. On the basis of factor analysis using SYSTAT 6.0, nutrient showed somewhat correlation with chlorophyll *a*. Consequently, the process of discharge of fresh water in Mokpo waters plays an important role in extremely fluctuation in nutrients and conditions. Although Wando waters maintains a lack of nutrients, it should be influenced by different water current and may be associated with a concentration of nutrients.

Key Words : DIN/DIP, Environment, Freshwater, Nutrients, Phytoplankton, Wando

#### 1. 서 론

남해안은 비교적 큰 조석 차와 잘 발달된 리아스

식 해안 특성을 보여, 수많은 도서 및 곡선형 해안선에 의한 반 폐쇄적 특성을 보이는 내만 해역이 발달되어 있어서 오래 전부터 해양수산자원의 산란 및 육성장으로 광범위하게 이용되고 있다. 비록 산업폐수 및 생활하수 유입에 따른 부영양화가 일부 내만에서 진행되었으나, 아직도 남해안은 천연의 자

Corresponding Author : Eun Seob Cho, South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-823, Korea  
Phone: +82-61-690-8959  
E-mail: eun-5657@hanmail.net

연환경을 지속적으로 유지 관리를 위하여 다양한 종합적인 연구가 이루어져 왔다<sup>14)</sup>. 특히 남서해역은 계절에 따라 대마난류, 한국연안 고유수, 중국대륙 연안수, 황해저층 냉수 등 다양한 수괴가 영향을 미치는 해양특성을 가지고 있다<sup>7,15)</sup>. 따라서 이들 해역이 궁극적으로 수산자원의 효율적인 이용 및 관리 측면에서 매우 중요하기 때문에 수질환경 특성 및 기초해양생물 생산에 대하여 윤<sup>12,13)</sup> 등이 최근 보고한 바 있다.

이러한 남해안 서해남부 연안해역에 대한 기초연구에도 불구하고, 본 연구에서 조사정점으로 설정한 가장 큰 이유는 청정해역으로 알려진 완도를 중심으로 진도, 강진 등의 내만해역에서 유해성 *Cochlodinium polykrikoides* Magalef 적조가 1999년부터 매년 발생되고 있다는 점이다<sup>2)</sup>. 그러나 이 연구의 조사정점으로 설정한 목포와 신안해역은 아직까지 *C. polykrikoides* 적조발생이 없는 관계로, 완도연안 해역과는 좋은 비교가 될 수 있다<sup>2)</sup>. 이 중에 대한 적조 형성에 대하여 양자강수의 유입과 유출이 *C. polykrikoides* 적조발생을 유도 또는 소멸케 한다고 보고한 바 있고<sup>10)</sup>, 최<sup>21)</sup>도 외해의 저염분수 유입에 의한 적조발생 가능성을 제시하였다. 한편, 정<sup>20)</sup> 등은 외부에서 적조를 형성하여 물리적 집적에 의해 대규모 적조를 발생시켰다고 주장한 바 있다. 최근 임에 의하면 남해연안수와 남해외양수 사이에 형성되는 연안경계전선역이 *C. polykrikoides* 적조의 발생원인의 역할을 한다고 보고한 바 있다<sup>19)</sup>. 그러

나 여기에 대한 많은 논의가 되었으나, 아직까지 뚜렷한 결론을 내리지 못하고 있는 실정이다<sup>19)</sup>. 한가지 분명한 사실은 제주해협 서쪽에 위치한 한국 남서해역은 황해 연안수와 대마난류가 만나는 조경해역을 이루고 있어, *C. polykrikoides* 적조가 발생되는 해양환경학적 요인이 있을 것으로 판단된다.

따라서 *C. polykrikoides* 적조에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 식물플랑크톤 모니터링이 절실히 요구되는 바이다. 이 논문에서는 목포, 신안, 완도연안을 대상으로 식물성 플랑크톤의 시·공간적 변화 양상과 각 해역의 생물해양학적 환경특성을 통하여 유해성 적조가 발생되는 원인에 대하여 토의하고 기초 자료로 이용하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

조사 정점은 목포항 2개 정점, 신안연안 2개 정점과 적조가 발생된 완도해역 2개 정점을 대상으로 조사하였다(Fig. 1). 현장조사는 2003년 3월부터 11월까지 매월 초경에 11차례에 걸쳐 수행하였다. 각 조사 정점에서의 표층수온과 염분은 염분계 YSI 6920을 이용하여 측정하였고, 식물플랑크톤의 종 조성 및 개체수를 관찰하기 위하여 해수 1 L를 채수하여 Lugol's solution으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 3일 이상 침강시킨 후 상등액을 제거하여 5 ml로 농축시켰다. 농축 시료는 Sedgwick-Rafter에 분산시킨 뒤 광학현미경 (Olympus, BX50) 하에서 검정한 뒤 세포수를 계수하였다. 부유물질 (SS)은 미

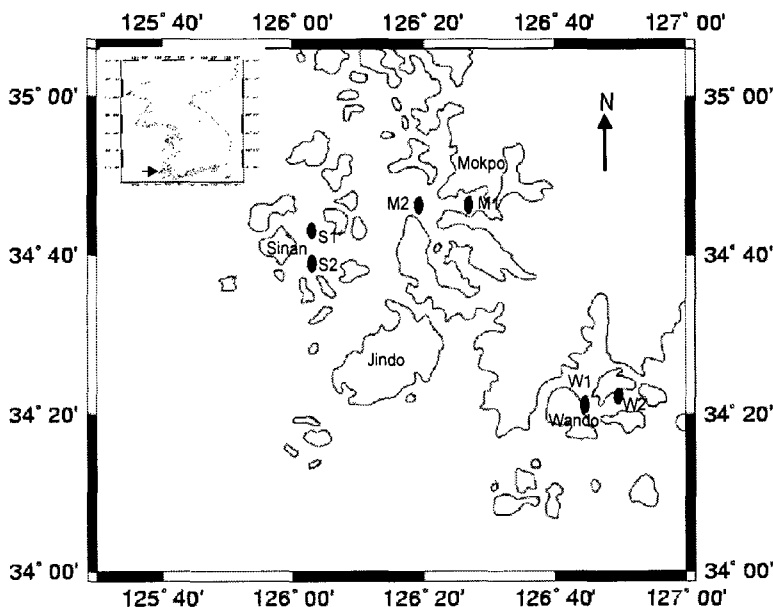


Fig. 1. Map showing the sampling locations. Arrow indicates study area.

남서해역의 유해성 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* Margalef  
모니터링을 위한 환경특성과 식물플랑크톤 군집 동태

리 무게를 측정한 0.7  $\mu\text{m}$ 의 유리섬유 여과지 (GF/F filter)로 여과하여 건조한 후 항량 차로 측정하였고, Chlorophyll *a*는 해수시료를 0.45  $\mu\text{m}$  여과지로 여과하여 90% acetone으로 추출한 후 Spectrophotometer (Perkin Elmer, LS50B)로 비색 정량하였다. 암모니아질소 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), 질산질소 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), 아질산질소 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), 인산인 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )는 해양환경공정시험법에 따랐다<sup>22)</sup>. 각 해역별 환경요인을 파악하기 위하여 수온, 염분, 암모니아질소, 질산질소, 아질산질소, 인산인, Chlorophyll *a* 7개 요인을 가지고 상관계수행렬을 SYSTAT 6.0 프로그램을 이용하여 주성분 분석 (Principal Component Analysis)을 실시하였다.

### 3. 결 과

Fig. 2은 월별 각 조사해역별 수온, 염분, 클로로필 *a*, SS 변화를 나타낸 것으로 목포해역 (M1과 M2)의 경우 4월부터 수온이 상승하기 시작하여 8월에 최고 25 $^{\circ}\text{C}$ 을 보였고, 그 이후부터는 수온이 떨

어져서 11월에는 15 $^{\circ}\text{C}$  정도를 나타내었다. 이러한 수온변동은 신안 (S1과 S2), 완도해역에서도 (W1과 W2) 비슷한 경향을 보였다. 신안과 완도해역의 염분도 변화를 보면 9월부터 30 psu 이하에서 계속 상승하여 11월에는 최고 34 psu 이상을 보였고, 추이를 보면 3월에서 6월까지 완만한 변화에서 7월과 8월에는 떨어지는 동일한 양상을 나타내었다. 이와 반대로, 목포의 경우 염분도 변화폭도 5-30 psu로 매우 크고 월별 일정한 패턴도 보이지 않았다. 이는 영산강 하구로 유입되는 담수에 의해서 염분도의 큰 영향을 미친 것으로 추측된다. 그러나 클로로필의 농도는 목포의 경우 최고 20  $\mu\text{g l}^{-1}$  이상으로 신안과 완도의 최고 8  $\mu\text{g l}^{-1}$ 에 비하면 2배 이상 높게 보였다. 최고농도는 목포에서 주로 3월에 국한된 반면에, 신안과 완도는 3월과 8월에 집중되어 있었다. 공통된 점은 8월 이후 클로로필 *a*의 농도는 급격히 감소되어 11월에는 거의 0  $\mu\text{g l}^{-1}$ 에 가깝게 나타났다. 부유물질의 농도도 목포에서는 3월부터 6월까지

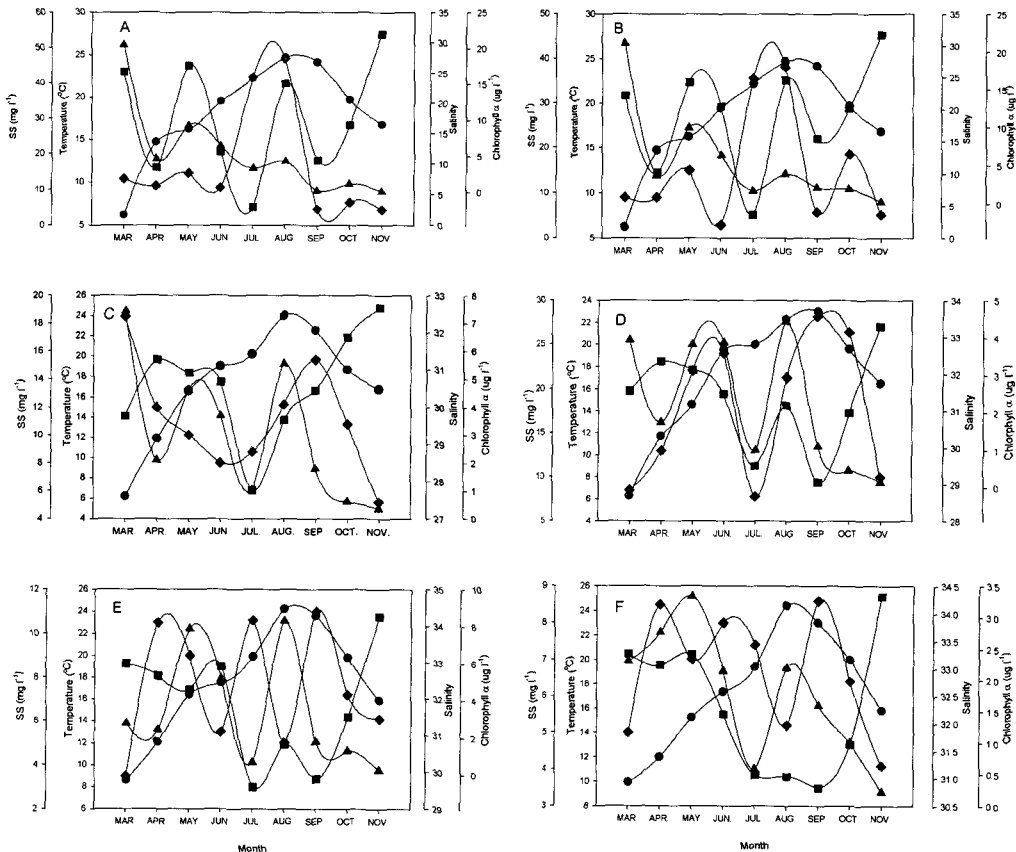


Fig. 2. Monthly variations of the sea water temperature (●), salinity (■), Chlorophyll *a* (▲), and SS (◆) at sampling sites. A. Mokpo water (M1), B. Mokpo water (M2), C. Sinan water (S1), D. Sinan water (S2), E. Wando water (W1), F. Wando water (W2).

는  $15 \text{ mg l}^{-1}$  이하로 보였으나, 7월과 8월에서 가장 높은  $40 \text{ mg l}^{-1}$  이상을 나타내어 신안과 완도에서 최고  $25 \mu\text{g l}^{-1}$  로 약 1.5배 이상 높게 나타났다. 그러나 대부분 9월 이후부터는 감소되는 경향을 보여 거의 클로로필과 유사한 변화 곡선을 보였다. 일반적으로 남서해역은 동측에 비하여 조석 차에 의한 부유현상이 크고 수심이 얕아서 부유물질량이 많고 변화폭도 크다. 목포, 신안, 완도 모두 비슷한 조석 주기 및 수심 특성을 갖고 있지만, 목포에서 훨씬 높은 부유물질량을 보인 이유는 최근 들어 영산강 하구 독과 금호방조제 건설 및 항내의 선박운항을 위하여 준설 사업 등으로 인한 육상기원의 물질유입이 많은 영향을 미친 것으로 추측된다.

Fig. 3는 시·공간적 영양염 분포를 나타낸 것이다. 인산인은 목포(M1)에서 9월에 약  $0.078 \mu\text{mol l}^{-1}$  로 최대값을 보이고, 완도(W1)에서 3월에 약  $0.002 \mu\text{mol l}^{-1}$  로 최소값을 나타내었다. 암모니아는 목포(M2)에서 9월에 약  $0.018 \mu\text{mol l}^{-1}$  로 최대값을 보이고, 완도(W1과 W2)에서 3월에 약  $0.002 \mu\text{mol l}^{-1}$  로 최소값을 나타내었다. 아질산질소는 6, 7월에 목포

(M1)에서 약  $0.062 \mu\text{mol l}^{-1}$  로 최대값을 보이며, 3월과 8월에 목포(M2)에서 약  $0.001 \mu\text{mol l}^{-1}$  로 최소값을 나타내어 그 변화폭이 컸다. 질산질소는 7월에 목포(M1)에서 약  $1.2 \mu\text{mol l}^{-1}$  로 최대값을 보이며, 11월에 완도(W2)에서 약  $0.001 \mu\text{mol l}^{-1}$  로 최소값을 나타내었다. 전반적으로 보면, 목포의 경우 4월과 7월 그리고 9월에 영양염들이 높은 값을 나타내었다. 이러한 패턴은 신안이나 완도에서는 뚜렷하지는 않지만 유사한 경향을 보이고 있으며, 목포해역에서 멀리 떨어질수록 그 경향은 미약하게 나타난다. 이것은 인공 구조물인 영산강 하구독의 영향으로 판단된다. 문순 기후에 속하는 우리나라는 늦봄부터 여름까지 장마와 태풍의 영향으로 강수량이 많아져 연안으로의 담수 유입이 많은 계절이다. 그러나 하구독은 담수를 저장하였다가 일시적으로 많은 양의 담수를 방류하므로, 4월, 7월 그리고 9월에 영양염이 높은 값을 보이는 것은 강수량 및 하구독의 담수량 방류에 의한 영향으로 판단된다.

Fig. 4는 월별 식물플랑크톤의 상대적 비율을 나타낸 것으로 3월에는 목포, 신안, 완도해역 모두에

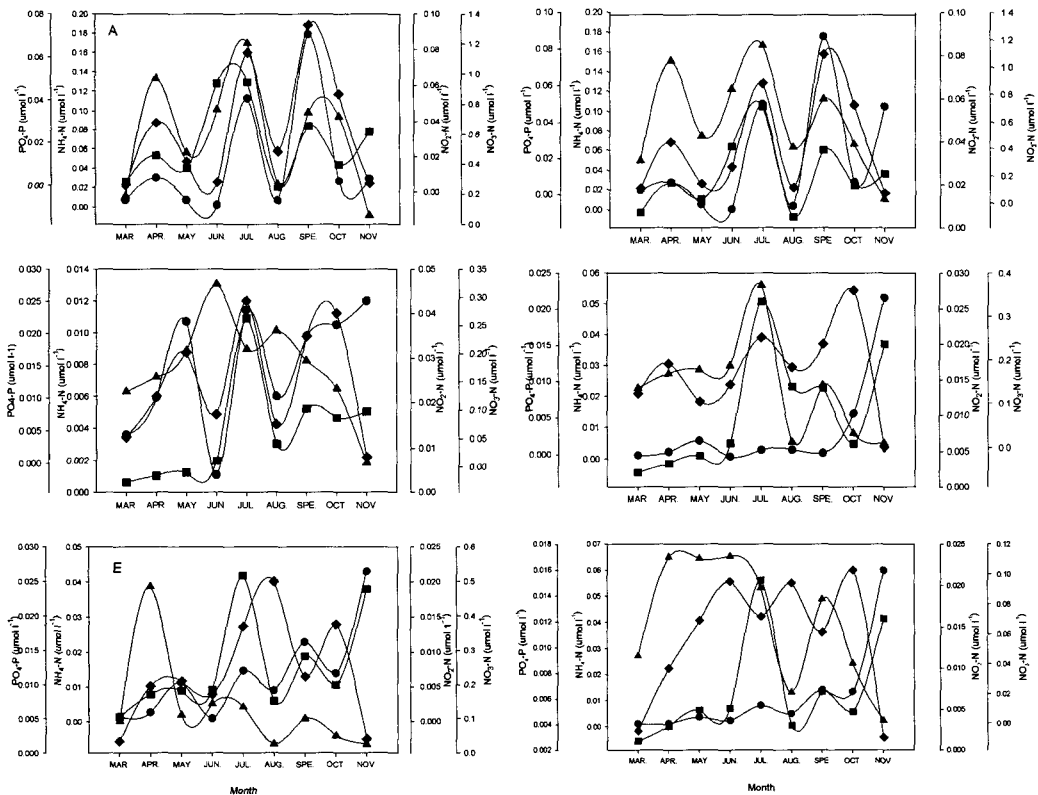


Fig. 3. Monthly variations of  $\text{NH}_4\text{-N}$  (●),  $\text{NO}_2\text{-N}$  (■),  $\text{NO}_3\text{-N}$  (▲), and  $\text{PO}_4\text{-P}$  (◆) concentrations at sampling sites. A. Mokpo water (M1), B. Mokpo water (M2), C. Sinan water (S1), D. Sinan water (S2), E. Wando water (W1), F. Wando water (W2).

남서해역의 유해성 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* Margalef  
모니터링을 위한 환경특성과 식물플랑크톤 군집 동태

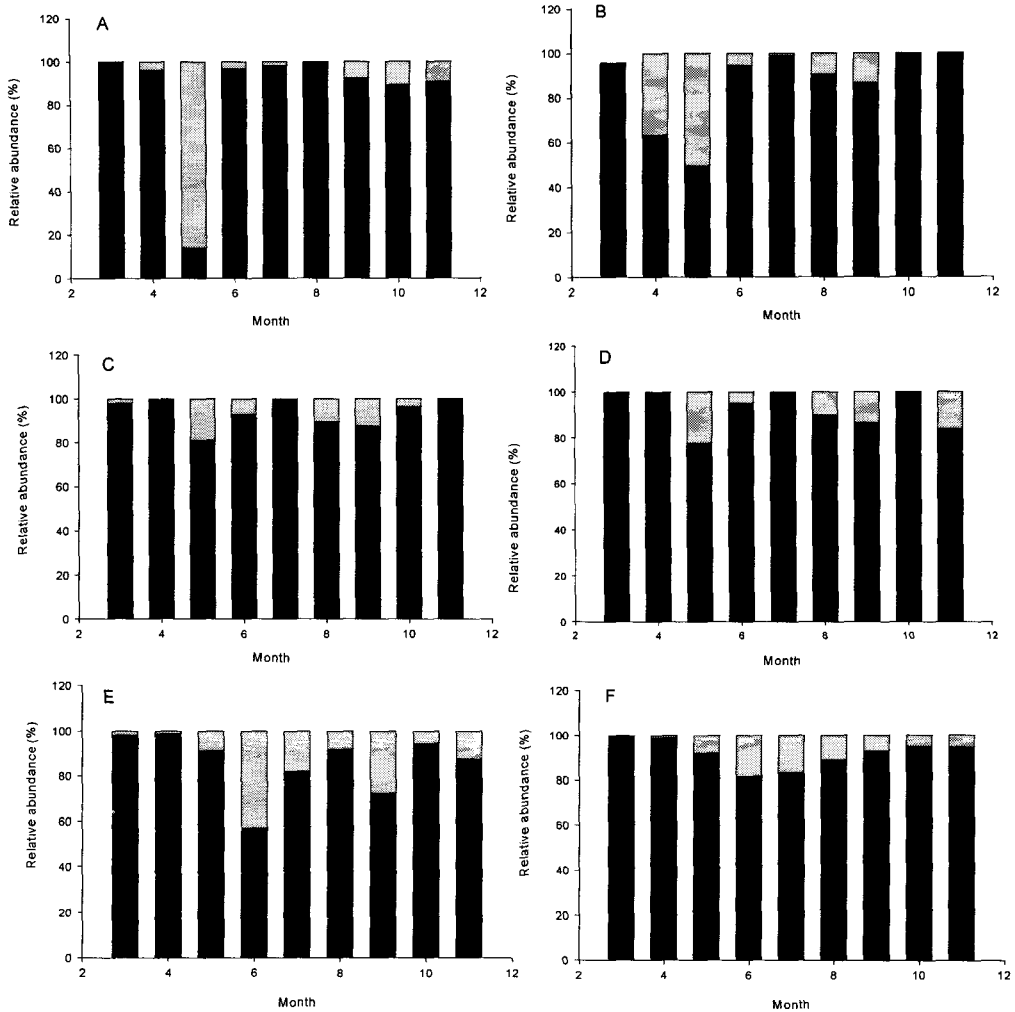


Fig. 4. Monthly variations of relative abundance in phytoplankton at sampling sites. Diatoms (black fine pattern) and dinoflagellates (gray fine pattern). A. Mokpo water (M1), B. Mokpo water (M2), C. Sinan water (S1), D. Sinan water (S2), E. Wando water (W1), F. Wando water (W2).

서 *Thalassiosira rotula* Meunier 종이 96% 이상의 우점을 보였고, 4월에는 *Rhizosolenia setigera* Brightwell 종이 많이 출현했다. 그러나 5월에서는 목포에서 규조류 대신 와편모조류인 *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller 종이 50% 이상을 점유하고 있는 반면에, 신안과 완도는 규조류가 대부분 나타났다. 그 이후부터는 대부분 규조류에 속하는 *Chaetoceros curvisetus* Pavillard, *Leptocylindrus danicus* Cleve, *Pseudonitzschia pungens* (Grunow) Hasle, *Chaetoceros* spp가 50% 이상의 우점을 보였다. Fig. 5는 용존무기질소와 용존무기인의 비를 나타낸 것이다. 약 700에 이르는 높은 값은 3월에 목포(M1)에서 나타났으며, 10월에 신안(S2)에서 DIN/DIP 비가 약 2.2로 가장 낮은 값을 보였다. 전반적으로

로 목포 연안에서 DIN/DIP 비가 높게 나타났으며, 완도 해역에서 DIN/DIP 비가 낮게 나타났다. 9월과 10월의 경우 전체 정점에서 DIN:DIP비가 약 13 이하이다. 또한 신안이나 완도 정점에서는 3월부터 8월까지 DIN:DIP 비가 16 이하이거나 거의 16 내외이다. Kang 등은 N:P 비가 16보다 작으면 식물플랑크톤의 성장에는 인이 제한인자로 작용한다고 하였다<sup>1)</sup>. 이것은 담수 유입으로 인하여 염하구 형태의 생태계를 나타내고 있으며, 인이 식물플랑크톤의 성장에 제한 인자로 작용하고 있음을 보이고 있다. Fig. 6는 수온, 염분 및 영양염과 클로로필 *a*와의 관계를 보기 위하여 요인 분석을 한 결과이다. 전체 변동의 약 26%를 설명하는 요인 1에서 염분과는 강한 음의 상관관을 보이는 반면에, 영양염과는 강한 양의 상

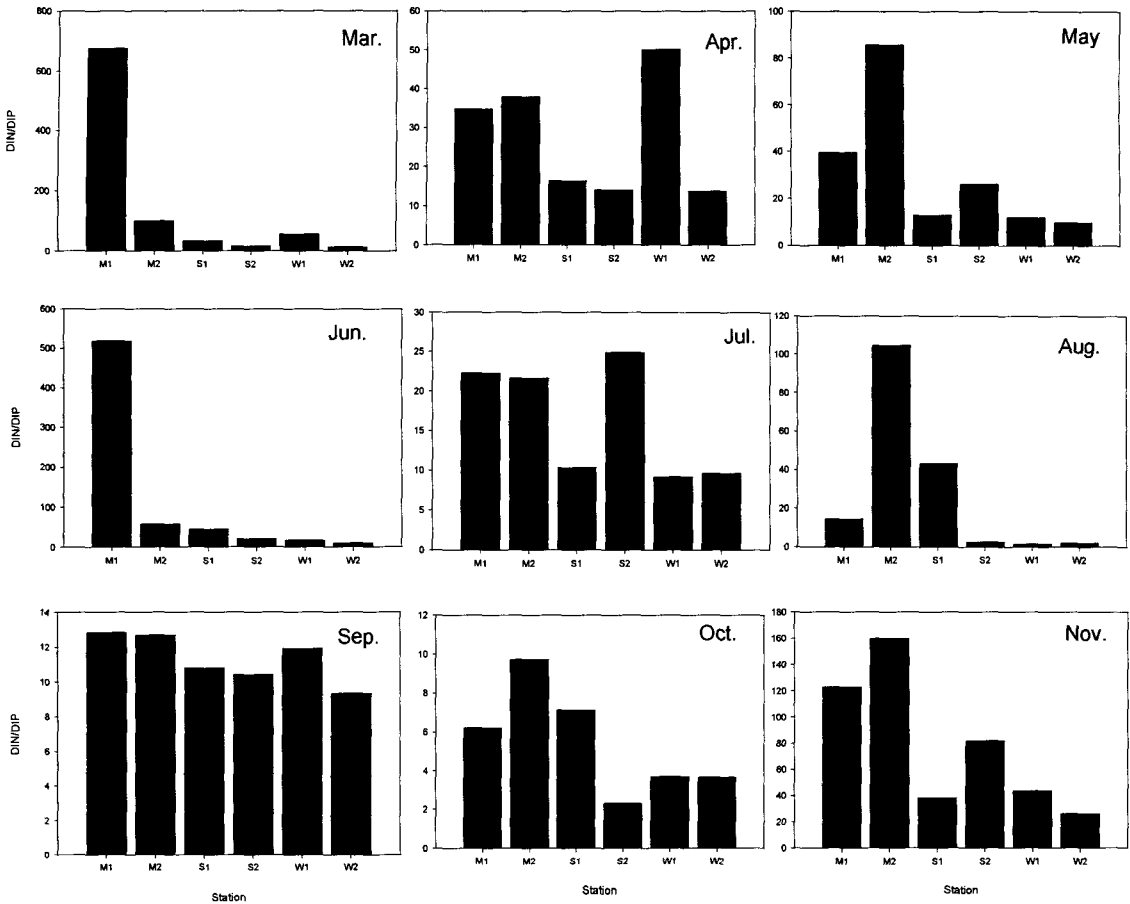


Fig. 5. Monthly variations of DIN/DIP at sampling sites. A. Mokpo water (M1), B. Mokpo water (M2), C. Sinan water (S1), D. Sinan water (S2), E. Wando water (W1), F. Wando water (W2).

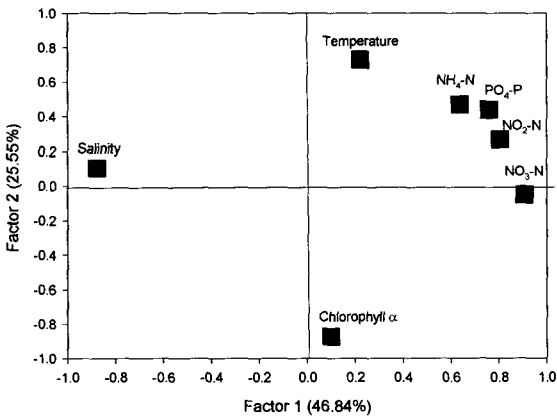


Fig. 6. Factor analysis by PCA for environmental and nutritional component using SYSTAT 6.0.

관을 나타내었으며, 수온과 클로로필 *a*와는 약한 양의 상관을 보였다. 이것은 담수 유입에 의해서 영양염의 농도가 증가하며, 또한 클로로필 *a*도 증가함을

나타내고 있다.

#### 4. 고찰

목포해역은 영산호와 금호방조제 건설 등으로 인하여 환경 및 해양생태계 변화가 발생했던 지역으로<sup>6)</sup>, 신안과 완도해역에 비하여 낮은 염분도와 담수성 식물플랑크톤의 출현이 바로 방조제 부근에서 불규칙한 담수방류로 인하여 일시적인 현상이 아니라 만성적인 영향을 미치고 있는 것으로 추측된다. 또한 목포해역은 신안과 완도해역에 비하여 조석차가 적어서 용존산소의 감소 및 낮은 염분도로 인하여 저층에 서식하고 있는 생물에게도 많은 영향을 미칠 뿐만 아니라 해양생물상의 자원감소도 초래할 것으로 보인다<sup>6)</sup>. 따라서 목포해역은 신안과 완도에 비하여 담수방류, 유기물 증가 등으로 환경교란이 일어나 불안정한 해양생태계를 보인다.

한국남서해역은 내만 해역이 발달되어 반폐쇄적 특성을 나타내나, 영산강과 섬진강 이외에는 내만으

남서해역의 유해성 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* Margalef  
모니터링을 위한 환경특성과 식물플랑크톤 군집 동태

로 유입되는 대형 하천이 없어 육상으로부터 유입되는 영양염류 공급이 충분하지 않다. Ki와 Kim, Kim과 Ki 그리고 Yang과 Kim은 금강과 같은 큰 강이 있는 연안해역은 담수유입으로 영양염류가 항상 충분히 존재하는 해역이며, 이러한 화학 성분들은 담수와 해수의 물리적 혼합 과정에 의해서 농도가 크게 변한다고 하였다<sup>3,5,10</sup>. 이러한 사실들은 영산강 하구와 인접 해역에서 영양염류 농도의 변화가 큰 이유를 설명해 준다. 조사기간 중 목포, 신안, 완도해역에서 공통적으로 다양한 종 조성을 나타내며, 연중 규조류에 의해 점유되고 있으나, 5월에 특이적으로 목포해역에서 와편모조류인 *P. minimum* 적조생물이 우점을 보인 이유는 담수유입에 따른 영양염류 공급으로 급속한 성장에 필요한 영양염류 섭취가 빨라 규조류의 성장을 제한한 것으로 생각된다. 이 종은 폐쇄적 특성을 나타내고 있는 내만해역에서 나타나는 적조생물로서<sup>8</sup>, 부영양화와 관련된 일반적인 적조원인종이다. 따라서 목포해역은 신안과 완도에 비하여 오염정도가 심하며, 외부 유입수와의 공급도 적음에 따라 앞으로 부영양화 현상이 많이 진행될 것이고, 내만형 적조생물의 출현도 많이 나타날 것으로 보인다. 한편, 신안과 완도해역은 목포에 비하여 영양염류가 월등히 적음에도 불구하고, 이미 김과 같은 해조류 양식장이 대규모로 설치되어 있어서, 이들 양식생물의 성장에는 필연적으로 영양염류가 필요하게 되고, 그 양은 내만으로 유입되는 육상기원의 물질으로는 사실적으로 많이 부족하다<sup>14</sup>. 그래서 그 부족분을 한국연안 고유수, 황해저층 냉수 및 중국대륙 연안수와 같이 외해로부터의 공급원에서 찾을 수 있는 것이 큰 특징이다<sup>14</sup>.

와편모조류는 규조류처럼 월별 장기변동을 보이지 않고 고수온기에 단기적 출현 양상을 보이는 것이 일반적 특징이다. 이 연구에서도 수온이 높은 시기에 와편모조류의 비율이 대체적으로 높았다 (Fig. 4). 특히 완도해역에서 조사기간 중 7-9월 사이의 와편모조류가 차지하는 상대비율이 목포와 신안해역에 비하여 가장 높았다. 여름철 우리나라 연안에 영향을 많이 미치는 외해수로는 대마 난류수, 양자강 희석수, 황해냉수 등 여러 수괴가 복합적으로 작용될 수 있다<sup>10</sup>. Fig. 5에서 보는 바와 같이 여름철 완도해역의 DIN/DIP 비율이 다른 해역보다 변동폭이 훨씬 크다는 것은 외해 난류수의 영향을 받아서 DIN/DIP 비율이 일시적으로 증폭됨에 따라 와편모조류의 성장을 촉진시킬 뿐만 아니라 세포밀도도 높일 수 있는 중요한 인자로서 작용할 가능성이 높은 것으로 보인다. *C. polykrikoides*는 각 (theca)을 가지지 않는 와편모조류로서 내만성 적조생물과는 달리 영양염이 비교적 낮은 해역에서도

적조를 일으킬 수 있는 종으로 알려져 있다<sup>4,11,16-18</sup>. 이 실험의 결과에서 보듯이 목포해역은 담수의 영향으로 인하여 염분도의 급격한 하강 및 부유물질의 증대로 *C. polykrikoides* 성장에 적합하지 않은 조건을 갖고 있다. 한편, 신안해역은 해양환경 특성상 목포해역보다 완도해역에 훨씬 더 근접해 보이지만, *C. polykrikoides* 적조발생을 위해서는 난류 (warm current)의 영향을 많이 받는 해역에서 잘 발생할 경우가 많기 때문에, 아마 신안해역은 해양 지리상 난류보다 황해 저층수의 영향이 많이 미칠 수 있으므로 *C. polykrikoides* 적조발생이 나타나고 있지 않는 것으로 추측된다. 그기에 반하여, 완도해역은 지리적으로 목포나 신안해역보다 난류수의 영향을 많이 받을 수 있을 뿐만 아니라 여러 수괴의 외해수와 복합적으로 작용을 미칠 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 완도해역에 대한 여러 수괴와의 경계선에서 DIN/DIP 변화로 *C. polykrikoides*를 순식간에 증식을 유발 시킬 수 있다고 보인다. 앞으로 *C. polykrikoides*에 대한 적조 발생기구는 연안해역의 해양구조에 의한 해양환경 특성과 밀접한 관련성을 있을 수 있으므로 해양학적, 환경학적, 생물학적, 지리학적 등 종합적인 연구를 통해 규명되어야 될 것 같다.

## 5. 요약

이 연구는 2003년 목포, 신안, 완도해역을 대상으로 3월부터 11월까지 환경요인, 영양염 및 식물플랑크톤 변동을 조사했다. 수온은 조사해역에 관계없이 8월에 최대 25°C를 보였으나, 염분도는 목포에서 5-30라는 큰 변화폭을 보였다. 7월에 최소 5, 11월에 최대 30을 나타냈다. 또한 목포는 클로로필과 부유물질도 20 ug l<sup>-1</sup>, 40 ug l<sup>-1</sup>로 가장 높게 나타났으며, 암모니아, 아질산질소, 질산질소, 인산염도 0.018 μmol l<sup>-1</sup>, 0.062 μmol l<sup>-1</sup>, 1.2 μmol l<sup>-1</sup>, 0.078 μmol l<sup>-1</sup>로 가장 높았다. 조사기간 중 규조류가 대부분을 점유하였고, 우점종은 *Thalassiosira rotula*, *Rhizosolenia setigera*, *Prorocentrum minimum*, *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylindrus danicus*, *Pseudonitzschia pungens*, *Chaetoceros* spp.로 나타났다. 와편모조류는 완도해역에서 신안과 목포에 비하여 여름철에 10-20%의 높은 상대적 비율을 보였다. DIN/DIP 비율은 목포에서 3월에 최대 700을 보인 반면에, 완도는 가장 낮게 나타났다. 그러나 여름철에는 그 비율이 상당히 전환되었다. factor 분석 결과 3개 해역은 모두 영양염과 클로로필 *a*와는 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 목포해역은 주변으로부터 담수유입으로 인하여 해양환경 생태계에 큰 영향을 미치는 것으로 보이며, 완도해

역은 다른 해역에 비하여 영양염은 비록 낮지만 외부 해양수가 많이 미칠 수 있는 지역으로 영양염 공급을 받을 수 있을 것으로 보인다.

### 감사의 글

이 연구는 국립수산과학원(남해해양환경연구, RP-05-ME-6)의 지원에 의해 운영되었습니다. 헌신적으로 영양염 분석을 해 준 항상 성실하고 묵묵한 김수진 연구원에게 고마움을 전하며, 현장에서 시료를 채수하는데 많은 도움을 주신 탐구9호 정철수 선장님에게 감사드립니다.

### 참고 문헌

- 1) Kang, C. K., P. J. Kim, W. C. Lee and P. Y. Lee, 1999, Nutrients and Phytoplankton Blooms in the Southern Coastal Waters of Korea: I. The Elemental Composition of C, N, and P in Particulate Matter in the Coastal Bay Systems, J. Korean Soc. Oceanogr., 34, 86-94.
- 2) 국립수산진흥원, 2000, 1999년도 한국연안의 적조발생상황, 206pp.
- 3) Ki, J. H. and K. R. Kim, 1987, Studies on chemical and biological processes in the Keum river estuary, Korea. II. Factors controlling chlorophyll-a distribution, J. Oceanol. Soc. Korea, 22, 207-215.
- 4) 김학균, 최우정, 정영균, 정창수, 박종수, 안경호, 백철인, 1999, 나로도 인근해역에서 *C. polykrikoides* 적조의 최초발생과 환경특성, 수진연구보고, 57, 119-129.
- 5) Kim, K. R. and J. H. Ki, 1987, Studies on chemical and biological processes in the Keum river estuary, Korea. I. The cycle of dissolved inorganic nitrogen: General considerations, J. Oceanol. Soc. Korea, 22, 191-206.
- 6) 박홍식, 이재학, 최진우, 2000, 목포 주변 해역 조하대 저서동물 군집의 시·공간적 분포, 바다, 5, 169-176.
- 7) Seung, Y. H., 1992, Water masses and circulations around Korean peninsula, J. Oceanogr. Soc. Korea, 27, 324-331.
- 8) Steidinger, K. A. and K. Tangen, 1996, Dinoflagellates, In: Identifying marine diatoms and dinoflagellates, 387-584pp.
- 9) 양재삼, 최현용, 정해진, 정주영, 박종규, 2000, 전남 고흥 해역의 유해성 적조의 발생연구: 1. 물리·화학적 특성, 바다, 5, 16-26.

- 10) Yang, H. S. and S. S. Kim, 1990, Characteristics of spatio-temporal variation of the water quality in the lower Keum River, Bull. Korean Fish. Soc., 23, 225-237.
- 11) Whyte, J. N. C., N. Haig, N. G. Ginther and L. J. Keddy, 2001, First record of blooms of *Cochlodinium* sp. (Gymnodiniales, Dinophyceae) causing mortality to aquacultured salmon on the west coast of Canada, Phycologia, 40, 298-304.
- 12) 윤양호, 1998, 완도 신지연안해역 식물플랑크톤 군집구조 특성, 여수대학교 논문집, 12, 651-664.
- 13) 윤양호, 2001, 저수온기 목포연안해역의 해양환경학적 특성 1. 수질환경과 기초생산에 영향을 미치는 환경요인 해석, 한국물환경학회지, 17, 1-13.
- 14) 윤양호, 2003, 한국 남서해역의 식물플랑크톤 군집 출현 및 분포 특성, 여수대학교 수산과학연구소 논문집, 12, 1-17.
- 15) Lee, S. W., 1996, An outline of oceanophysics, Jipmundang Press, Seoul, 225pp.
- 16) Lim, W. A., W. J. Choi, Y. C. Park and K. H. Hum, 1999, Species composition and abundance of phytoplankton and marine bacteria during a *Cochlodinium* bloom in Tongyeong, Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst., 57, 145-151.
- 17) 이영식, 박영태, 김영숙, 김귀영, 박종수, 고우진, 조영조, 박승윤, 2001, *Cochlodinium polykrikoides* 적조 발생기작과 대책: 1. *Cochlodinium polykrikoides* 적조 발생과 소멸의 환경특성, 바다, 6, 259-264.
- 18) 이창규, 김형철, 이삼근, 정창수, 김학균, 임월애, 2001, 남해안 연안에서 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides*, *Gyrodinium impudicum*, *Gymnodinium catenatum*의 출현상황 및 온도, 염분, 조도 및 영양염류에 따른 성장 특성, 한수지, 34, 536-544.
- 19) 임월애, 2004, 한국 남해안의 *Cochlodinium polykrikoides* 적조 발생과정에 관한 연구, 부산대학교 대학원 박사학위논문, 119pp.
- 20) 정해진, 박종규, 최현용, 양재삼, 심재형, 신윤근, 이원호, 김형섭, 조경제, 2000, 전남 고흥 해역의 유해성 적조의 발생연구: 2. 1997년도 식물플랑크톤의 시공간적 변화, 바다, 5, 27-36.
- 21) 최현용, 2001, 한국 남해 나로도 와 소리도 사이 해역의 1998년 하계 해황 및 적조 소멸과의 관계. 바다, 6, 49-62.
- 22) 해양수산부, 2002, 해양환경공정시험방법, 330pp.