

## 2004년 하계 남해안 해황과 식물플랑크톤의 분포 특성

오현주<sup>1\*</sup> · 이용화<sup>2</sup> · 양준혁<sup>1</sup> · 김승한<sup>1</sup>

### The Characteristics of Phytoplankton Distributions Related to the Oceanographic Conditions in the Southern Waters of the Korean in Summer, 2004

Hyun-Ju OH<sup>1\*</sup> · Yong-Hwa LEE<sup>2</sup> · Jun-Hyuk YANG<sup>1</sup> · Seung-Han KIM<sup>1</sup>

#### 요 약

2004년 하계 한국의 남해안에서 수온, 식물플랑크톤, 동물플랑크톤, 영양염류 등 자료를 분석하여 해양환경과 식물플랑크톤의 관계를 분석하였다. 조사해역에서 수온은 20.5~31.5°C 범위로 거제 남부해역 및 거문도 해역에서 20.0~25.0°C의 수온전선대가 형성되었으며, 특히, 수온전선대가 강하게 형성된 거제도 남부해역에서는 영양염류의 농도가 높았으며, 식물플랑크톤 색소 중 가장 높은 비율로 나타나는 클로로필-*a*의 농도가 전선역의 내측에서 0.4 $\mu$ g/L 이상의 분포를 보였고, 동물플랑크톤 현존량은 500mg/m<sup>3</sup> 이상의 분포를 보였다.

주요어 : 수온, 식물플랑크톤, 동물플랑크톤, 영양염류, NOAA, SeaWiFS

#### ABSTRACT

We analyze relation between phytoplankton and marine environment based on data such as water temperature, phytoplankton, zooplankton, nutrient collected from the southern coast of Korea in the summer, 2004. The water temperature range of the study area was 20.5~31.5°C and there was formed a water temperature frontal zone from 20.0°C to 25.0°C in Geojedo southern coast and Geomundo island. Especially, high density of nutrients were shown in the southern coast of Geojedo in which water temperature frontal zone was formed strongly, the concentration of chlorophyll-*a* which is appeared at the highest rate among the phytoplankton pigments was shown more than 0.4 $\mu$ g/L in the inside of frontal zone and zooplankton biomass was than 500mg/m<sup>3</sup> in that area.

**KEYWORDS** : SST, Phytoplankton, Zooplankton, Nutrients, NOAA, SeaWiFS

2007년 7월 19일 접수 Received on July 19, 2007 / 2007년 8월 16일 심사완료 Accepted on August 16, 2007

1 국립수산물과학원 남해수산연구소 South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute

2 국립수산물과학원 동해수산연구소 East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute

\* 연락처 E-mail : hjoh@momaf.go.kr

## 서론

식물플랑크톤은 기초생산력의 척도로서 생태계에 기초먹이 생물로 중요한 역할을 한다. 우리나라의 남해는 대마난류와 황해 난류, 남해연안수 및 황해 냉수의 분포로 전선을 형성하여 수평적으로 수괴의 구조가 달라지고 기초생물생산력이 높으며(오 등 1999), 한국남해연안은 고온·고염(28.5°C, 30.4 psu)의 대마난류수와 고밀도의 남해안연안수가 만나 전선이 형성된다고 알려져 있다(공영, 1971). 또한, 남해는 서해 및 동중국해와 인접하고 있어 그 주변 해황이 복잡하며, 동계에는 강한 북서계 질풍으로 인한 전 수층의 혼합으로 균질한 수괴를 형성한다. 그리고 하계에는 양자강 등의 중국하천수의 유입으로 중국대륙연안수가 형성되어 우리나라로 확장됨으로써 영향을 끼친다(국립수산진흥원, 2001; 오 등, 2006). 또한, 하계 제주도 해협과 거문도 인근해역에 걸쳐 형성되는 저층의 냉수괴와 저온, 저염수, 황해 저층냉수가 확장되어 나타난다(김 등 1991; 조와 김 1994). 특히, 전선역의 변화는 생물군집의 종조성과 분포에 영향을 미칠 뿐만 아니라 어장형성에도 중요한 영향을 끼치게 된다(Bowman and Easias, 1977; Kiorboe *et al.*, 1988; Nakata *et al.* 1995). 제주도 주변해역의 물리적 영향에 의해 클로로필-*a*와 영양염의 분포가 영향을 받아 수온전선역에서 식물플랑크톤의 현존량이 고농도로 분포하였고, 동물플랑크톤도 제주 북동부해역의 전선역에서 매우 풍부하여 수온전선대와 밀접한 관련을 가진다(박 등, 1990, 양 등, 1990). 최(2005)에 의하면 초겨울 대마도와 제주도를 잇는 지선을 중심으로 15~22°C의 전선대가 형성되었고, 부유물질간에 유사한 분포를 보여 해황과 부유물질과 연관이 있다고 한다.

지금까지 연구는 남해의 제주도 주변해역을 중심으로 해류의 변동 및 저염수의 특징 등 물리적 특징, 해황과 부유물질의 관계 등을 위주로 연구가 이루어지거나, 동·식물플랑크톤

과 수괴와의 관계 등 생물학적 특징에 대한 연구는 특정해역에 대하여 주로 이루어 졌다. 특히 한국남해의 식물플랑크톤의 분포와 수괴 특성에 관한 연구(박 등, 1990)가 이루어졌으나, 17여년의 세월이 흘렀고 그동안 많은 해양 환경이 급변하였기에 본 연구에서는 해양 및 지구의 기후변화가 크게 일어나는 하계에 남해의 해황이 어떤 변동 특징을 갖고 그에 따른 생물이 어떻게 반응하는가를 살펴보기 위하여, 위성을 통한 광역 수온의 변동 및 해양의 물리, 화학적 환경과 식물플랑크톤과의 관련성을 구명하였다.

## 연구 방법

남해의 26개 정점에서 2004년 8월 3일에서 6일까지 해양조사를 실시하였으며, 각 조사 정점에서 얻어진 수온, 염분, 식물플랑크톤, 클로로필-*a*, 동물플랑크톤과 영양염류를 분석하였다.

수온과 염분은 CTD (SBE19)로 관측하였으며, 식물플랑크톤은 20개 정점의 표층에서 해수 1L를 채수한 후 루골용액으로 고정하여 농축하였으며, 클로로필-*a*는 Membrane Filter (0.45 $\mu$ m)로 여과한 해수 500mL를 냉암소에 보관 후 90% 아세톤에서 추출하였으며, 실험실에서 형광분광광도계(Spectrofluorometer, Perkin Elmer LS50B)로 측정하였다. 클로로필-*a*는 식물플랑크톤 양을 색소 중 가장 높은 비율을 나타내므로 해양생태계의 1차 생산량 추정에 많이 사용된다(Harvey, 1934; Richard and Thomson, 1952). 동물플랑크톤은 NORPAC 네트(망구 45cm, 망목 334 $\mu$ m, 길이 1.8m)를 사용하여 100m 수심으로부터 표층까지 수직으로 인망하여 채집 즉시 선상에서 7% 중성포르말린으로 고정 후 실험실로 운반하여 습증량으로 현존량을 구하였다. 500mL의 해수를 표면에서 채수하여 여과한 후 급속 냉동시켜 실험실로 옮긴 다음 영양염류 질산질소, 아질산질소, 인산인, 규산규소를 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2002)에 따라 분석하였다. 또한

남해연안의 시·공간적 변동을 파악하고자 열감지 위성인 NOAA 위성에 탑재된 고해상도 감지기(AVHRR)의 적외선 band 자료와 가시영역 band 자료를 분석하여 얻어진 수온 분포 영상을 이용하였다. 해양수색관측 위성 SeaWiFS의 클로로필-*a* 분포는 SEABAM (SeaWiFS Bio-optical Algorithm Mini-workshop) 알고리즘을 기반으로 전지구 대상 클로로필 추정 알고리즘(OC2)을 이용하여 현장에서 관측된 클로로필-*a*의 농도 단위( $\mu\text{g/L}$ )와 달리  $\text{mg/m}^3$  농도로 계산하였다(McClain, 1997; O'Reilly *et al.*, 1998).

## 결과 및 고찰

### 1. 해양의 물리, 화학적 특징

8월 남해 연안의 표층 수온은 20.5~31.5°C 범위로, 거제도 연안역에서 20.0~25.0°C 범위의 수온전선대가 강하게 형성되었으며, 평년에 비해서는 동경 125~127°를 제외한 대부분의 해역에서 고온으로 1.0°C 저온상을 보였다. 표층 염분은 25.70~33.99psu 범위로 제주도 서쪽해

역의 28psu를 중심으로 염분전선이 남북방향으로 형성되었으며 평년에 비해서는 동경 126~127°에서 1.00~2.00psu 높은 분포를 보였다(그림 2). 이는 고온, 고염의 대마난류의 세기가 강해서 연안 내측까지 영향을 받은 것으로 사료된다.

그림 3에서 질산질소, 아질산질소, 인산인, 규산규소의 분포특징을 살펴보았다. 아질산질소는 0.10~0.52 $\mu\text{Mol/L}$  범위로 33°N 이남해역인 제주도 인접해역과 거제도 인접 연안에서는 0.40 $\mu\text{Mol/L}$  이상의 분포를 보였는데 연안해역은 대부분 0.20 $\mu\text{Mol/L}$  내외의 농도 분포를 보였으며, 질산질소는 0.78~9.65 $\mu\text{Mol/L}$  범위로 대부분의 해역에서 0.20  $\mu\text{Mol/L}$  내외의 분포를 보였다. 아질산질소와, 질산질소가 전선역에서 낮은 농도 분포를 보인 것은 클로로필-*a* 생산에 사용되어 낮은 농도분포를 보였다는 강 등(1999)의 연구결과와 일치하였다. 인산인은 0.02~0.25 $\mu\text{Mol/L}$  범위로 거제도 인접해역에서 0.20 $\mu\text{Mol/L}$  이상의 분포를 보인 반면 나머지 해역에서는 0.10 $\mu\text{Mol/L}$  내외의 분포를 보였다. 규산규소는 1.20~10.08 $\mu\text{Mol/L}$  범위로 거제도 연안역과 제주도 동부해역에서

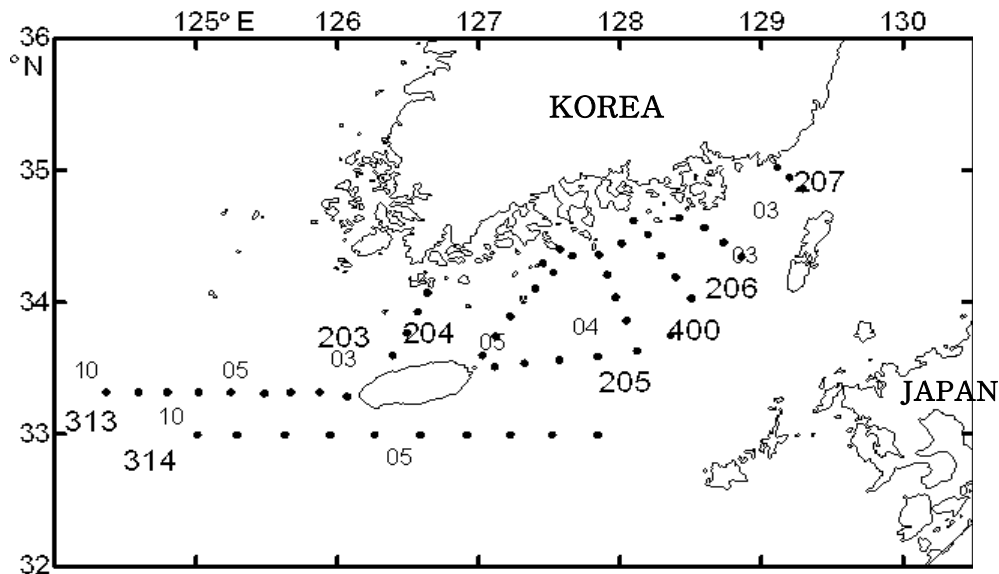


FIGURE 1. Sampling station located in the southeastern coastal water of Korea

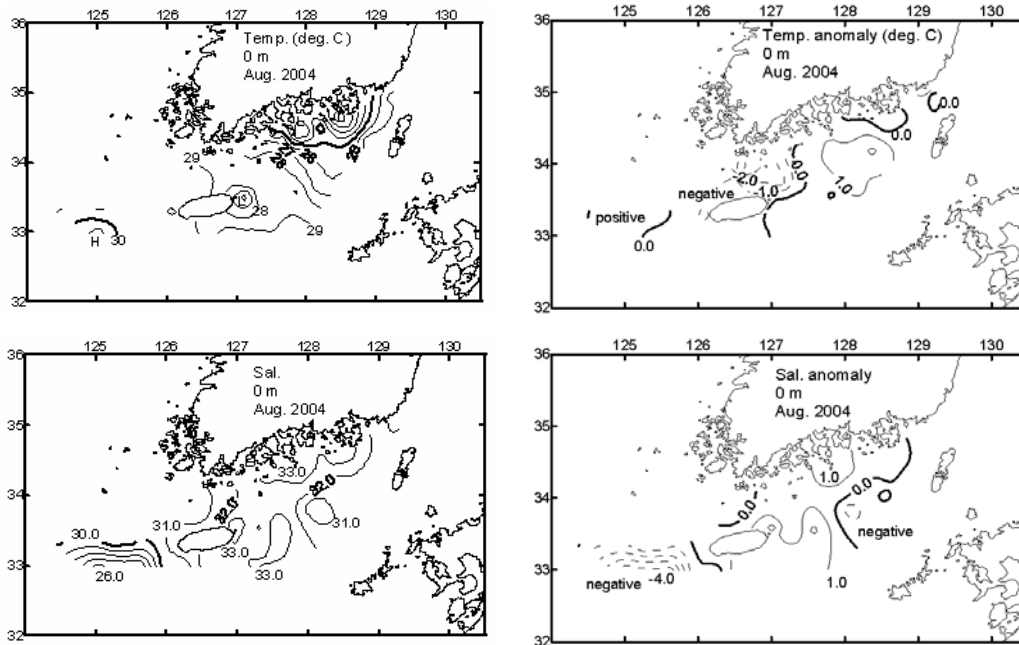


FIGURE 2. Horizontal distributions of temperature, salinity in the southern around the Korean Peninsula in August, 2004

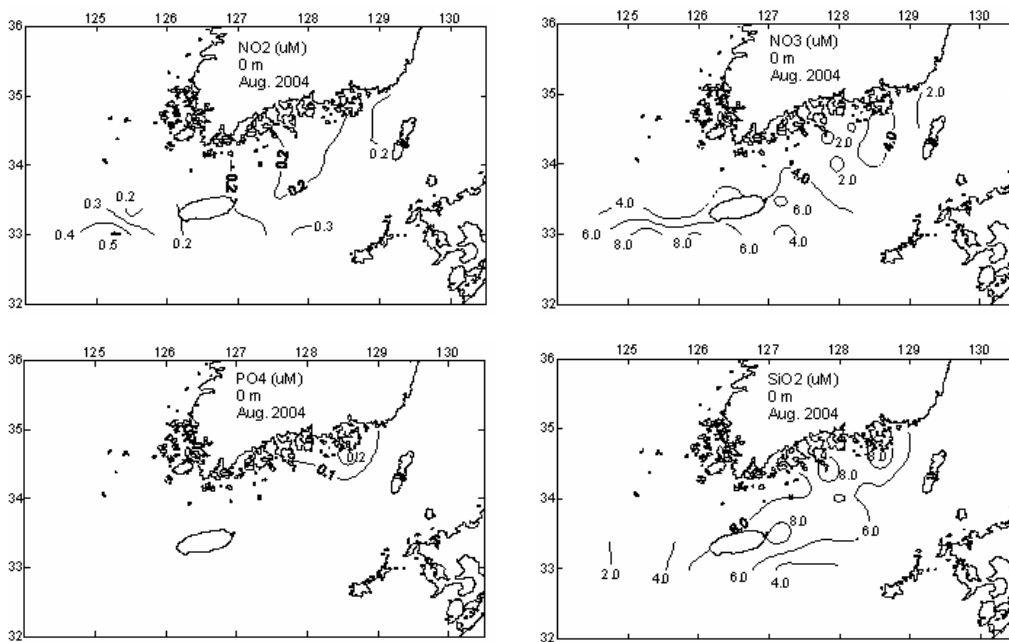


FIGURE 3. Horizontal distributions of nitrate, nitrite, phosphate, silicate in the southern around the Korean Peninsula in August, 2004

조밀한 농도 분포로 수온과 유사한 분포경향을 보였다. 일반적으로 대마난류는 고온, 고염, 빈영양을 나타내는 것으로 알려져 있다. 그리고 전선역에서는 물리적인 수렴현상으로 영양염류가 풍부하며 식물플랑크톤의 생산성이 높다고 알려져 있다(Pingree *et al.*, 1975; Floodgate *et al.*, 1981). 본 연구에서도 전선역이 발달한 거제도 남부 연안에서 영양염류가 높게 나타났다.

## 2. 해양의 생물학적 특징

2004년 8월에 클로로필-*a*는  $0.04 \sim 0.87 \mu\text{g/L}$ 의 범위로 평균  $0.23 \mu\text{g/L}$ 였다. 제주~대마도 내측 해역에서는  $1.00 \mu\text{g/L}$  이상의 분포를 보였으며, 특히 거제~부산간 해역에서 클로로필-*a* 농도가  $0.50 \mu\text{g/L}$ 를 중심으로 조밀한 분포를 보였다(그림 4). 전선역의 클로로필-*a* 농도가 비전선대보다 약 1.5배 높은 분포 경향을 보인다고 보고한 연구결과(강 등, 1999)와 비슷한 경향을 보였다. 또한, 클로로필-*a*는 좌선환류층 좌측연안과 저층, 거제도 연안에서 높아 하계 남해 전선역 내측의 연안수역이 생물생산력이 높고, 외해에 비해 식물플랑크톤의 현존량이 높다는 연구결과와 유사한 분포 경향을 보였다(추와 김, 1998; 김 등, 2005). 동물플랑크톤 현존량(그림 5)은  $25 \sim 849 \text{mg/m}^3$  범위로, 거제도 연안에서  $800 \text{mg/m}^3$ 의 고밀도로 분포하여 기초생산자로서 중요한 식물플랑크톤의 농도에 따라 상위 영양단계인 동물플랑크톤의 생산량이 영향을 받는다는 Harvey (1955)의 연구결과와 일치하였다.

남해연근해에서 출현한 식물플랑크톤의 현존량은  $47 \sim 536 \text{cells/L}$ 의 범위로 정점별 식물플랑크톤의 현존량을 살펴보면(그림 6) 동경 125°의 서측해역에서  $400 \text{cells/L}$  이상의 분포를 보였으며 거제도 남부해역과 거문도해역에서 약  $300 \text{cells/L}$ 로 출현하였다. 1990년에 출현한 식물플랑크톤현존량은  $142 \sim 7,438 \text{cells/L}$ 로 2004년보다 다량 출현하였다. 이러한 현상은 1990년에는 수온  $20.0 \sim 23.0^\circ\text{C}$ 의 수온전선대가

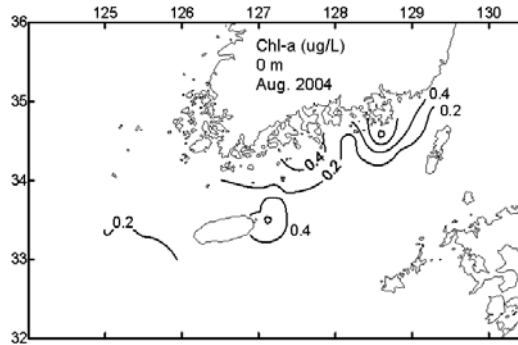


FIGURE 4. Horizontal distributions of chlorophyll *a* ( $\mu\text{g/L}$ ) in the southern around the Korean Peninsula in August, 2004

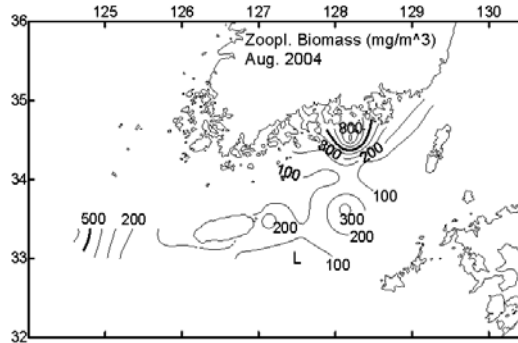


FIGURE 5. Horizontal distributions of Zooplankton biomass ( $\text{mg/m}^3$ ) in the southern around the Korean Peninsula in August, 2004

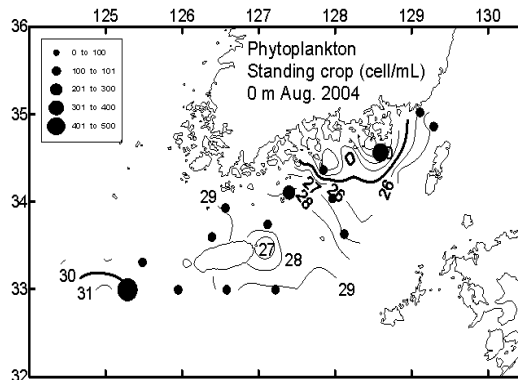


FIGURE 6. Distributions of phytoplankton standing crop (cells/mL) in the study area

2004년보다 넓고 강하게 형성되어 상대적으로 2004년보다 물리적 수렴현상이 강하게 작용하여 식물플랑크톤현존량이 다량 출현하는 것으로 판단된다. 결국 생태계 내에서 기초생산자로 중요한 역할을 하는 식물플랑크톤은 생태계내의 물리, 화학적 환경요인에 따라 종조성이나 출현양이 변동을 보인다는 연구결과(양과 김, 1990)와 일치하였다.

### 3. 식물플랑크톤 종조성

2004년 8월 표면에 출현된 식물플랑크톤의 종은 32속 59종이며, 규조류는 21속 34종, 와편모조류는 11속 24종, 야광충 1속 1종으로 출현하였다. 규조류는 62.6%를 차지하였으며, *Chaetoceros* spp.가 24.1%로 가장 우점하였고, 다음으로 *Cylindrotheca closterium*이 18.7%으로 우점하였다(표 1).

해역별 식물플랑크톤의 분포특징을 살펴보면(그림 7), 205선 03~05 정점과 314선 05점을 제외한 대부분의 해역에서 *Chaetoceros*류가 우점하였고, 와편모류는 *Gymnodinium spirale*, *Prorocentrum* spp.이 연안보다 외해에서 우점하였다. 적조가 발생한 거제도 남부해역 및 거문도 해역 주변인 203~207선의 연안측은 규조류보다 와편모조가 대부분 우점하였는데, 특히 타 해역에서 출현하지 않은 *Cochlodinium polykrikoides*가 출현하였다. 1990년에는 31속 68종이 출현하였으며, 2004년의 연구결과처럼 *Chaetoceros*가 대부분 우점하였으나, 2004년과 달리 *Chaetoceros affinis*가 75%이상으로 우점하여 나타났다. 그러나, 1990년에는 출현하지 않았던 와편모조류 *Co. p.* 400~920cells/L 출현하였다(국립수산과학원, 2005). 이러한 결과는 기상변동과 인간의 과도한 개발로 인한 오염부하 등의 복합적인 요인들의 영향을 받아 해양생태계가 변하였고, 저온·고염을 선호하고 열악한 해양환경에서도 생존이 뛰어난 *Co. p.* 유해적조에 의해서 2004년 연구결과에서는 *Co. p.* 이 다량 출현하는 등 식물플랑크톤의

TABLE 1. Abundance of species of phytoplankton in the southern around Korean Peninsula in August, 2006 (R: Rare, C: Common, CC: Abundant)

Species	
<i>Actinoptychus normanii</i>	R
<i>Anabaina flos-aquae</i>	R
<i>Bacillaria paxillifer</i>	R
<i>Bacteriastrum varians</i> var. <i>hispida</i>	R
<i>Caloneis schroedievi</i>	R
<i>Chaetoceros affinis</i>	R
<i>Ch. brevis</i>	R
<i>Ch. sericanthus</i>	C
<i>Ch. costatum</i>	C
<i>Ch. danicum</i>	C
<i>Ch. decipiens</i>	CC
<i>Ch. delicatulum</i>	R
<i>Ch. lorenzianus</i>	CC
<i>Co. gigas</i>	R
<i>Cylindrotheca closterium</i>	CC
<i>Cyclotella choctawhatchetna</i>	C
<i>Eucampia zoodiacus</i>	R
<i>Leptocylindrus danicus</i>	C
<i>Microcystis viridis</i>	C
<i>Navicula annexa</i>	R
<i>Nitzschi sigma</i>	R
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	R
<i>P. seriata</i>	C
<i>Pyrocystics hoctiluca</i>	R
<i>Rhizosolenia alata</i>	R
<i>Skeletonema costatum</i>	R
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	R
<i>Strauroneis amphioxys</i>	R
<i>Thalassiosira pacifica</i>	C
<i>Alexandrium affine</i>	R
<i>Alexandrium catenella</i>	R
<i>Ceratium furca</i>	R
<i>Ce. fusus</i>	R
<i>Ce. Trios</i>	R
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	C
<i>Heterosigma akashiwo</i>	R
<i>Gonialux polygrama</i>	C
<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	R
<i>Gymnodinium spirale</i>	CC
<i>Gyrodinium fissum</i>	R
<i>Gy. spp.</i>	R
<i>Peridinium depressum</i>	R
<i>P. rectum</i>	R
<i>P. sphaericum</i>	R
<i>Prorocentrum dentatum</i>	R
<i>Pro. micans</i>	R
<i>Pro. minimum</i>	CC
<i>Pro. triestinum</i>	CC
<i>Protoperidinium conicoides</i>	R
<i>Proto. claudicans</i>	R
<i>Noctiluca scintillans</i>	R

출현종과 개체수에서 차이를 나타내는 것으로 판단된다.

#### 4. NOAA위성영상으로 본 표면수온의 분포양상

2004년 8월 7일 표면수온의 NOAA 적외선 위성영상 자료를 분석한 결과(그림 8), 27.0~29.0℃의 대마난류가 대마도를 거쳐 북상하고 있으며, 진도군의 조도~완도군의 청산도 및 거제도 남부 연안을 중심으로 22.0~25.0℃의 냉수가 나타났다. 특히, 진도, 완도, 거제도 연안역에서 24.0℃를 중심으로 수온전선대가 형

성되었다. 이러한 결과는 그림2의 8월 3일~6일 동안 현장에서 관측된 표면수온분포처럼 거제도 남부 연안과 거문도 해역에서 24.0℃를 중심으로 수온전선대가 강하게 형성되었던 연구결과와 일치한다.

#### 5. 해수색위성영상으로 본 클로로필-a의 분포양상

2004년 7월 21일 SeaWiFS 위성으로 추정된 기초먹이생물량을 분석한 결과(그림 9), 고힌반도 및 거제연안에는 외해역에 비해 클로

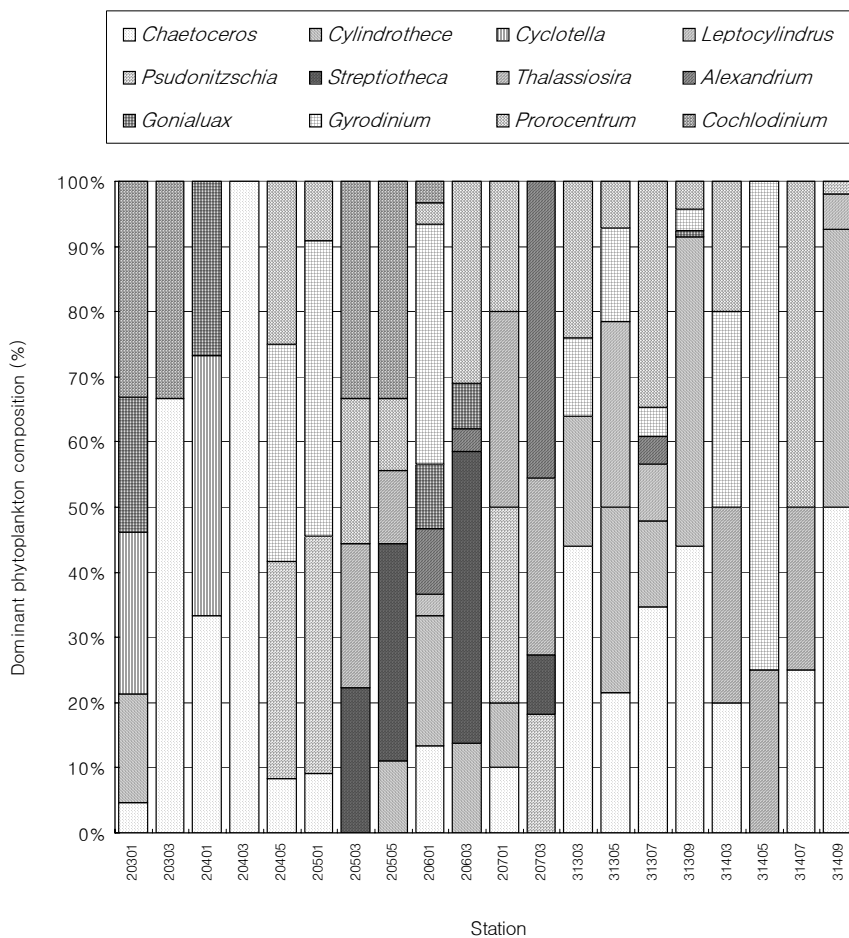


FIGURE 7. Composition of dominant phytoplankton standing crop (cells/mL) in the southern around the Korean Peninsula in August, 2004

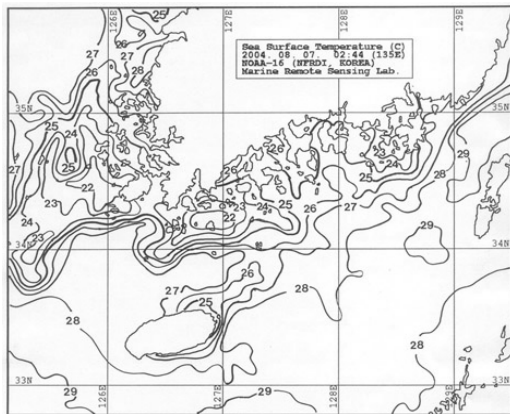


FIGURE 8. Distribution of sea surface temperature derived from SeaWiFS satellite in August 7, 2004

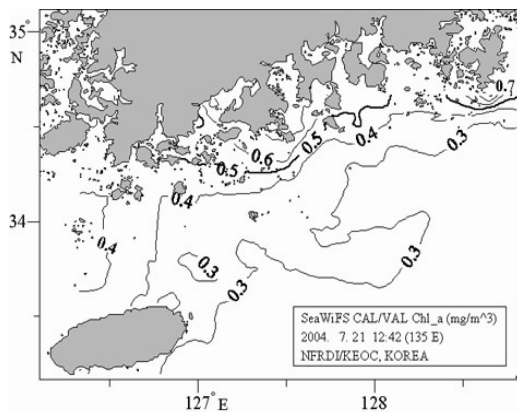


FIGURE 9. Distribution of chlorophyll-a derived from SeaWiFS satellite in July 21, 2004

로필-a가 0.5~0.7mg/m<sup>3</sup>로 높은 농도로 분포하였다. 본 연구결과와 2주간간의 시간적 차이를 보이나, 현장에서 관측된 클로로필-a 분포(그림4)처럼 다른 해역에 비해 고흡반도 및 거제도 남부연안에서 약 2배의 고농도로 분포하였다.

## 결론

2004년 8월 한국남해의 현장수온 및 위성광역수온 모두 20.0~30.0°C분포를 보였으며, 거

제도 연안측에서는 20.0~25.0°C의 수온전선대가 강하게 형성되었다. 영양염류의 분포특징을 살펴보면 아질산질소는 제주도 서측에서 높은 농도 분포를 보인 반면, 질산질소, 인산인, 규산규소는 거제도 남부해역을 중심으로 더 높은 농도 분포를 보였다. 클로로필-a 분포 특징은 전선이 형성된 거제도 남부해역에서 높게 나타났으며, 식물플랑크톤의 상위영양단계인 동물플랑크톤 현존량도 거제도 남부해역에서 높은 농도의 분포를 보였다. 2004년 8월에 출현한 식물플랑크톤의 개체수는 47~536cells/mL로 거제도 남부해역과 거제도 해역에서 높은 분포를 보였다. 1990년대에 비교해서는 적은 수가 출현하였으나, 수온전선대가 형성된 해역에서 고온, 고염에 주로 분포하고 열악한 환경에서도 생존능력이 뛰어난 종으로 알려진(국립수산진흥원, 1997), 와편모조류인 *Chochlodinium polykrikoides*가 다량 출현하였다.

전선대가 강하게 형성된 거제도 남부 연안에서 영양염류의 농도가 높게 나타난 곳에 식물플랑크톤, 동물플랑크톤 모두 높은 농도로 분포하는 것은 전선대 등 물리적인 수렴현상으로 인하여 영양염류가 풍부하게 되어 식물플랑크톤의 생산력이 높아진 것으로 판단된다.

## 감사의 글

남해수산연구소 해양환경팀 연구원들, 본원 해양연구팀의 원격탐사실, 탐구3호 승무원 그리고 심사위원님의 노고에 감사드립니다. 본 연구는 국립수산과학원의 남해해양환경연구(RP-2007-ME-037)의 일환으로 수행되었습니다. **KACIS**

## 참고 문헌

- 강영실, 전경암. 1999. 한국남해 연안 전선의 생물, 화학적 특성 및 영양역학 구조. 한국수산학회지 32(1): 22-29.
- 공영. 1971. 한국남해연안 전선에 관한 연구. 한국해양학회지 6(1): 25-35.



- 국립수산과학원. 2005. 2004년도 한국연안의 적조 발생 상황. 23쪽.
- 국립수산진흥원. 1997. 한국연안의 적조, 최근 적조의 발생원인과 대책. 280쪽.
- 국립수산진흥원. 2001. 한국해양편람. 83쪽.
- 김구, 노홍길, 이상호. 1991. 하계 제주도 주변해역의 수계 및 해수순환. 한국해양학회지 26: 262-277.
- 김주일, 김진영, 최용규, 오현주, 추은경. 2005. 한국남해연안 전신구조에 따른 멸치 알의 분포. 한국어류학회지 17(3): 205-216.
- 박주식, 이삼근. 1990. 한국남해의 식물플랑크톤의 분포와 수괴특성. 한국수산학회지 23(3): 245-252.
- 서영상, 장이현, 김학균. 2003. *C. polykrikoides* 적조의 시공간 분포와 중규모 해양환경 변동간의 관계성. 한국지리정보학회지 6(3): 139-150.
- 양한섭, 김성수. 1990. 한반도 근해의 해류와 해수특성: 여름철 한국 남해 표층수 중 클로로필과 영양염의 염분분포에 영향을 주는 물리적 과정. 한국수산학회지 23(6): 417-424.
- 오현주, 강영실, 박정훈. 1999. 동중국해 북부해역 클로로필-*a*의 분포특성과 해양환경특성. 한국수산학회지 32(1) 88-97.
- 오현주, 서영상. 2006. 한국근해 해황과 클로로필 *a* 분포의 시공간적 변동 특성. 한국지리정보학회지 9(3): 36-45.
- 임월애, 강영실, 이창규. 2004. 우리나라 남해안에서의 와편모조 *Cochlodinium polykrikoides*와 *Gonyaulax polygramma* 적조 발생 특성. 한국해양학회 춘계학술발표 요약집. 283쪽.
- 조양기, 김구. 1994. 여름철 남해 저온수의 특성과 기원, 한국해양학회지 29: 414-421.
- 최용규. 2005. 한국 남해의 초겨울 해황과 관련된 표층 부유물질의 분포. 한국환경과학회지 14(11): 1063-1069.
- 추효상, 김동수. 1998. 한국 남해의 대마난류 변동이 멸치 난·자어의 연안역 수송에 미치는 영향. 한국수산학회지 31(2): 226-224.
- 해양수산부. 2002. 해양환경공정시험방법. 330쪽.
- Bowman, M.J. and W.E. Easias. 1977. Oceanic front in the coastal processes. Springer-Verlay, 114pp.
- Floodgate, G.D., G.E. Fogs, D.A. Jones, K. Lochte and C.M. Truly. 1981. Microbiological and zooplankton activity at a front in Liverpool Bay. Nature 290: 133-136.
- Harvey, H.W. 1934. Measurement of phytoplankton population, J. Mar. Biol. Ass. U.K. 19: 761-773.
- Harvey, H.W. 1955. The chemistry and fertility of sea waters. Cambridge Univ. Press. 224 pp.
- Kiorboe, T., P.Munk, K. Richardson, V. Christensen and H. Paulsen. 1988. Plankton dynamics and larvae herring growth, drift and survival in a frontal area. Mar. Ecol. Prog. Ser., 44: 205-219.
- McClain, C. R., H. Evans, J. W. Brown and M. Darzi. 1997. SeaWiFS quality control masks and flag: initial algorithms and implementation strategy. Vol. 28, Algorithms. Part I, SeaWiFS Technical Report Series. NASA TM 104566.
- Nakata, K., H. Zenitani and D. Inagake. 1995. Differences in food availability for Japanese sardine larvae between the frontal region and waters on the offshore side of Kuroshio. Fish. Oceanogr. 4(1): 68-79.
- O'Reilly, J.E., S. Maritorena, B.G. Mitchell, D.A. Siegel, K.L. Carder, S.A. Garver, M. Kahru and C.R. McClain. 1998. Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS. J. Geophys. Res. 103: 24,937-24,953.
- Pingree, R.D., P.P. Pugh, P.M. Holligan and G.R. Foster. 1975. Summer phytoplankton blooms and red tides along tidal fronts in the approaches to the England Channel. Nature. London 258: 672-677.
- Richard, F. A and Thomson. 1952. The estimation and characterization of plankton population by pigment analyses. II A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments, J. Mar. Res. 11: 156-172. **KAGIS**