

## NOAA 위성자료에 의한 해수표면 수온분포와 *Cochlodinium polykrikoides* 적조 발생의 상관성

서 영 상 · 김 정 희 · 김 학 균  
국립수산진흥원 어장환경부  
(2000년 2월 1일 접수)

### Relationship between Sea Surface Temperature derived from NOAA Satellites and *Cochlodinium polykrikoides* Red Tide occurrence in Korean Coastal Waters

Young-Sang Suh, Jeong-Hee Kim and Hak-Gyoon Kim

National Fisheries Research & Development Institute yssuh@nfrdi.re.kr, jhkim@nfrdi.re.kr, hgkim@nfrda.re.kr  
(Manuscript received 1 February, 2000)

The relationship between the distribution of sea surface temperature(SST) and dinoflagellate(*Cochlodinium polykrikoides*) bloom areas were studied.

The SST data were derived from the infrared channels of AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) sensor on NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 12 and 14 satellites during 1995-1998.

The initial water temperature at *C. polykrikoides* bloom was about 21°C at the coastal areas of the South Sea and along the shore of the East Sea of Korea during the summer season of 1995. The northern limit of red tides was coincident with that of 21°C isothermal line in the East Sea.

The red tides that initially bloomed at the coast of Pohang on September 21, 1995 moved to the coast of Uljin on September 26, 1995. The skipped appearance of the red tides in the areas between Pohang and Uljin was due to the East Korean Warm Current, which was moving offshore from Pohang to approach to Uljin.

The cold water which was formed by tidal front in the western coast of the South Sea and by upwelling water from deep layer in the southeastern coast of the Korean peninsula played a role in blocking the spreading of red tides during summer season in 1997 and 1998.

In conclusion, the distribution of red tides appeared to be dependent on the initial water temperature at red tides bloom.

The SST at the red tides varied from 21°C to 25°C; 21°C, 23°C, 24°C and 24-25°C in 1995, 1996, 1997 and 1998, respectively.

Key words : red tide, sea surface temperature(SST), NOAA Satellite, cold water, *cochlodinium*

#### 1. 서 론

바다의 식물플랑크톤이 일시에 대량번식 하거나 집적됨으로써 바닷물의 색이 변하는 적조현상은 근래에 대두되고 있는 해양환경 문제 중의 하나로 해양생태계에 심각한 영향을 미치고 있다.

1960년대 이후 공업 입국과 경제 발달에 따라 연안 수역이 부영양화되고, 1970년부터 남해 인접연안 또는 진해만을 중심으로 적조가 발생하기 시작하였다. 1990년대 상반기까지 출현한 적조는 시·공간적 변동이 다소 일정하여 특정기간에 특정만이나 연안에 국한되었으나,

1995년 이후는 적조 발생 현황이 계절변화나 출현하는 공간의 제한성을 벗어나 수온분포 양상, 일사량, 영양염 분포 등에 따라서 패턴이 다양하게 변하는 경향을 보이고 있다.

따라서, 적조 발생에 대한 조기 발견과 단기간에 시·공간적 변동상황을 모니터링 할 수 있는 기술이 절실히 요구됨과 동시에 적조 발생 상황을 파악하기 위해서 물리, 화학, 생물학적 인자들과의 상관성 연구가 필요하게 되었다. 이러한 연구의 방법상의 문제로 최근에는 지구 탐사위성의 원격탐사기법을 이용한 적조탐색 기술개발

이 한가지 방안으로 대두되고 있다. 특히 적조 종의 배양 시 여러 종의 성장에 알맞은 수온을 찾는 실험실 연구를 통해, 해양에서 특정 종의 적조가 대발생하는 시기의 수온과 실험실 배양조건에서 최적 수온이 일치하였으므로,<sup>15)</sup> 본 연구에서는 이러한 적조종과 발생에 적합한 수온을 분석하기 위하여 원격탐사의 자료를 활용하였다. 적조원격 탐색기법을 적용 및 실용화하기 위해, 1995년부터 1998년까지 한반도 연안 및 외해역에서 대규모로 발생하여 많은 피해를 가져왔던 유독성 적조인 *Cochlodinium polykrikoides* 적조 발생 해역의 수온분포와 적조분포 양상의 관계성을 NOAA 위성의 AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) 감지기로 실시간 관측한 적외선 자료를 이용하여 연구하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

1995년부터 1998년까지 *C. polykrikoides* 적조가 발생한 시기와 일치하는 NOAA 위성 12, 14호 AVHRR의 근적외선 영역인 채널 2와 적외선 영역인 채널 3, 4, 5의 위성자료를 이용하여 한반도 연근해의 수온분포를 추출하였다. 특히 적조 발생 해역의 초기 수온과 적조분포의 적정 수온대를 파악하고자 하였다.

위성자료와 비교를 하기 위한 실측자료는 국립수산진흥원의 *C. polykrikoides* 적조 발생 상황정보와 김 등<sup>11)</sup>의 자료를 이용하였다. 적조 상황정보에는 일일단위의 적조 발생 해역, 적조 원인 생물 및 밀도 등의 정보가 제공되고 있다.

2.1. 오차 수정 및 기하학적 보정

인공위성이 케도운동을 할 때 자체의 pitch, roll, yaw, tilt 등에 의해 약간의 위치오차를 가져오며, 인공위성과 지상수신국간 1초 이내의 미세한 시간차이 등에 의해 지도상의 위치와 영상자료가 일치하지 않는 경우가 있다. 이를 일치시키고 또 통과 위성의 고도에 따라 변형되는 지구표면 위치를 기하학적으로 보정하였다.<sup>12)</sup>

2.2. MCSST 기법을 이용한 수온계산

MCSST(Multi Channel Sea Surface Temperature) 기법으로 표면수온을 계산하였으며,<sup>10)</sup> Albedo의 유무에 따라 낮과 밤의 공식을 다르게 적용하였다. Albedo를 고려해야하는 낮의 경우에는 McClain *et al.*<sup>9)</sup>의 알고리즘을 이용하였고 Albedo가 없는 야간에는 Bernstein<sup>6)</sup>의 알고리즘을 사용하였다.

NESDIS(National Environmental Satellite Data and Information Service)에서 1995년 3월 개정 발표한 Split-Window의 MCSST 공식은 아래와 같고, 각 계수의 값은 Table 1에 나타내었다.

$$SST = A \times T_4 + B \times (T_4 - T_5) + C \times (T_4 - T_5) \times (\text{SEC}(\text{sza}) - 1) + D \times (\text{SEC}(\text{sza}) - 1) + E$$

\* sza : satellite zenith angle

해수표면온도만을 처리하기 위해서, 다음 경우는 제외시켰다.

Table 1. The coefficients to calculate MCSST using satellite data (NESDIS)

Satellite	Time	A	B	C	D	E(Celsius)
NOAA-12	daytime	1.013674	2.443474	0.314312	0.0	-0.912
	nighttime	1.013674	2.443474	0.314312	0.0	-0.912
NOAA-14	daytime	1.017342	2.139588	0.779706	0.0	-0.543
	nighttime	1.029088	2.275385	0.752567	0.0	-1.145

- (i) 계산된 온도가 0℃ 이하일 경우
- (ii) 인접 pixel과의 온도차가 5℃ 이상일 경우
- (iii) T<sub>3</sub>-T<sub>4</sub> < 0℃ 일 경우
- (iv) 인접 pixel Albedo 값의 차가 6% 이상일 경우

여기서, 첫 번째 조건은 한국 연근해역의 해수표면온도가 0℃ 이상임을 근거로 하여, 전산작업의 시간을 절약하고자 제외시켰고, 둘째 조건은 우리 나라 근해에서 해수표면온도의 평균경사가 크다하나, 1 km당 5℃ 이내 이므로 이보다 더 큰 경우는 수온과 현격하게 차이가 나는 안개 또는 얽은 구름으로 간주하여 계산에서 제외시켰다. 세 번째 조건은 AVHRR의 채널 3에서 환산된 온도(T<sub>3</sub>)와 채널 4에서 환산된 온도(T<sub>4</sub>)의 차이가 0℃ 이하일 경우를 나타내는 것이다. 채널 3은 그 특성상 구름에 대단히 민감하여, 일반적으로 T<sub>3</sub> < T<sub>4</sub>가 되고, 구름이 전혀 없는 경우에는 T<sub>3</sub> = T<sub>4</sub>로 나타난다. 따라서, T<sub>3</sub> - T<sub>4</sub> < 0의 경우는 구름에 의한 것으로 사료하여 자료를 계산에서 삭제하였다. 네 번째 조건은 daytime 자료의 경우 AVHRR의 채널 2에서 Albedo 값을 계산하고 인접화소(pixel)간의 값 차가 6% 이상이면 구름이나 대기의 조건에 오염된 것으로 간주하고 계산에서 삭제하였다.

3. 결 과

1995년부터 1998년까지 *C. polykrikoides* 적조가 발생한 시기에 한반도 연안역의 수온과 적조생물 분포간의 관계를 파악하고자 NOAA 위성자료로부터 수온을 분석하여 실제 적조생물의 분포와 비교하였다.<sup>2~5)</sup>

3.1. 1995년 적조발생 해역과 수온 분포

1995년 9월 21일 수온 21~22℃ 등온선에 걸쳐, 경주 양남과 포항 석병에 분포하던 *C. polykrikoides* 적조(Fig. 1)는 5일 뒤에 울진군 후포와 삼척시 원덕에서 나타났다. 이때, 울진~삼척간 해수온은 21℃ 였다. 10월 8일 삼척 근덕과 동해 천곡에서 적조가 분포하였으나(Fig. 2), 21℃ 등온선이 연안에서 외해역으로 이동되면서 적조는 10월 13일경 사라졌다.

1995년 하계에 적조가 남해 연안 및 동해 중부에 걸쳐 발생했을 때 수온은 21℃ 내외였으며, 21℃ 등온선 분포의 북쪽 한계와 적조 발생 해역의 북쪽 한계가 연안에서 일치함을 보여, 등온선의 분포와 적조 해역분포간에 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다.

포항 연안에서 북쪽으로 100 km 떨어진 울진 연안에

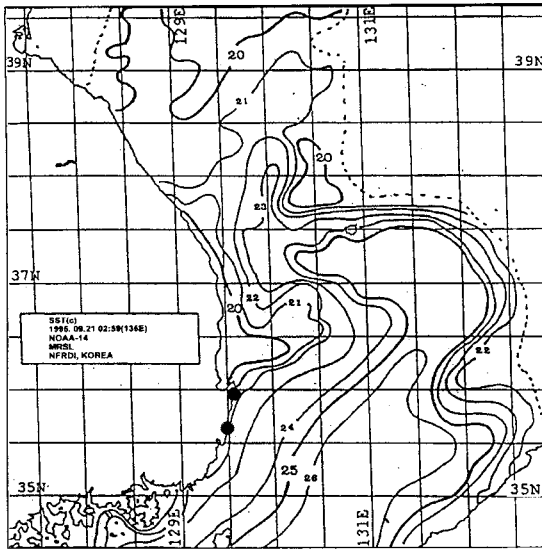


Fig. 1. *Cochlodinium polykrikoides* bloom(closed circles) and sea surface temperature derived from NOAA satellite(blooming area: Yangnam at Kyongju-Sukbyoeng at Pohang, 630-2,200 cells/m<sup>l</sup>, Sept. 21, 1995).

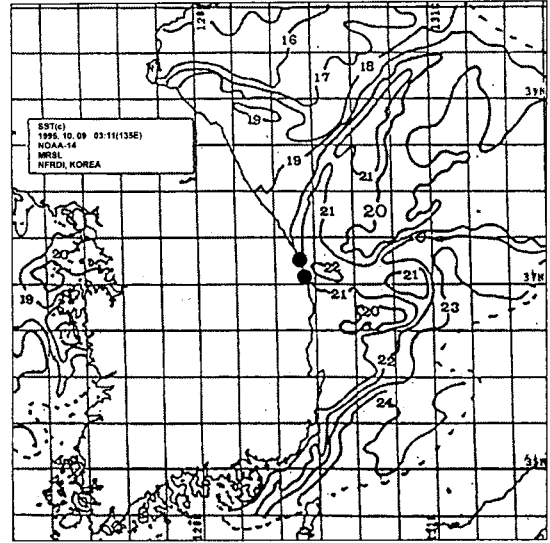


Fig. 2. *Cochlodinium polykrikoides* bloom(closed circles) and sea surface temperature derived from NOAA satellite(blooming area: Kunduck at Samchuk-Chungkog at Donghae, 300-1,300 cells/m<sup>l</sup>, Oct. 8, 1995).

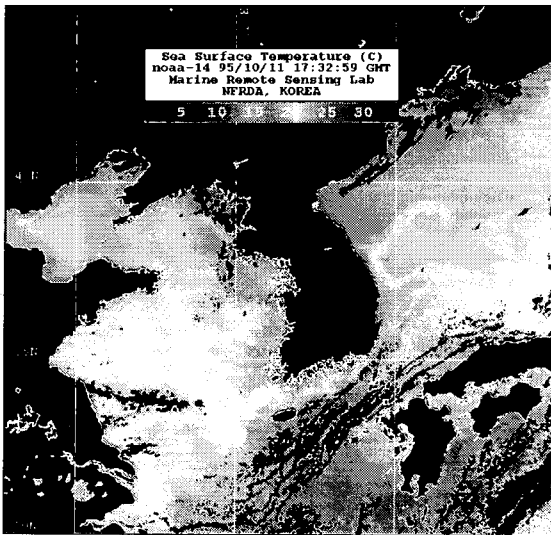


Fig. 3. Sea surface temperature derived from NOAA satellite(Oct. 11, 1995).

며칠만에 적조가 나타난 것은 포항 연안에 접안한 난류수가 외해역으로 벗어났다 재차 울진연안에 접안하는 과정에서 이동된 것으로 사료된다(Fig. 3).

이처럼 연안에서 적조 발생 해역 간 거리 간격이 멀리 떨어져 있는 연안을 따라 국지적으로 번식된 적조가 해류의 영향으로 외해로 수송되면서 영양염이 풍부한 연안의 이상적 환경조건을 벗어나게 되지만, 해류가 다

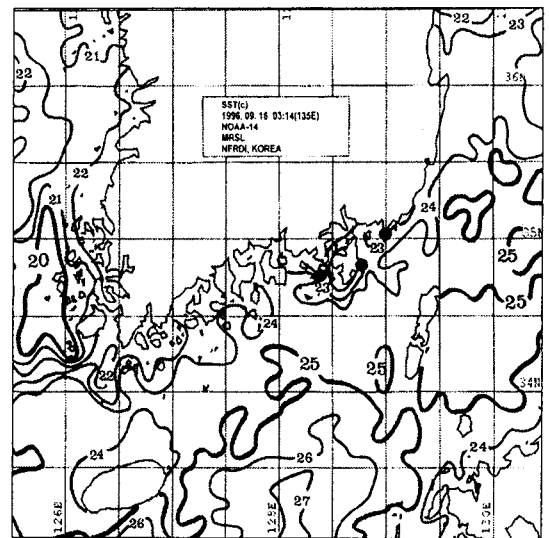


Fig. 4. *Cochlodinium polykrikoides* bloom(closed circles) and sea surface temperature derived from NOAA satellite(blooming area: Mirukdo, Soimal, Dadaepo at Pusan, 240-2,200 cells/m<sup>l</sup>, 250-430 cells/m<sup>l</sup>, 2,500-3,000 cells/m<sup>l</sup>, Sept. 15, 1996).

시 연안 접안될 때 적조는 물리적으로 연안쪽으로 집결되며 다시 부영양화된 연안환경과 같은 좋은 성장 조건을 만나게 됨으로써 대량번식이 연안에서 다시 나타나는 결과이다.<sup>11,13,14)</sup>

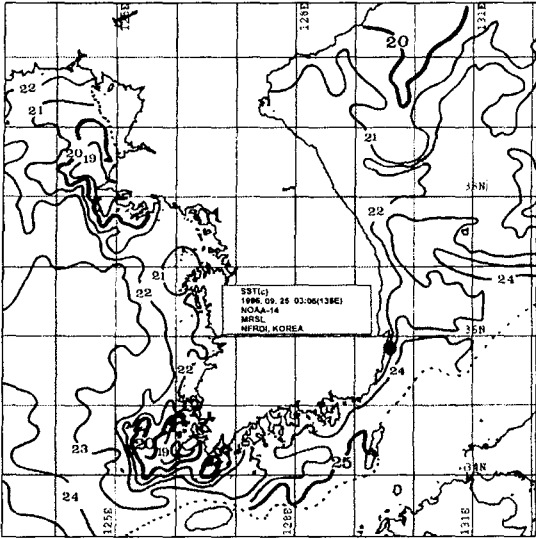


Fig. 5. *Cochlodinium polykrikoides* bloom (closed circles) and sea surface temperature derived from NOAA satellite (blooming area: Kyongju coast, 1,000 cells/ml, Sept. 25, 1996).

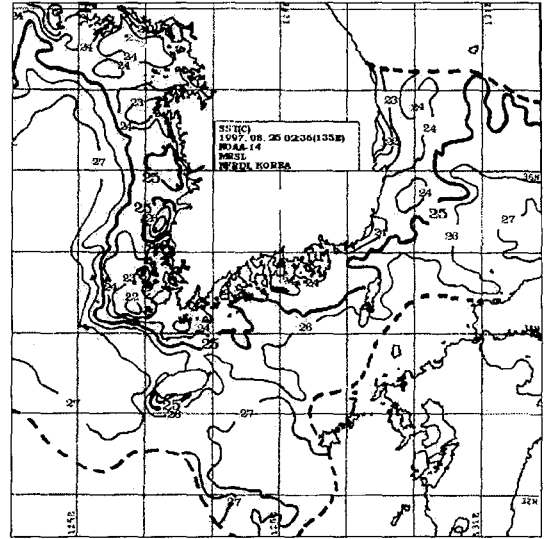


Fig. 6. *Cochlodinium polykrikoides* bloom (black dot) and sea surface temperature derived from NOAA satellite (blooming area: Narodo, Yokchido-Tolsando, 600-1,500 cells/ml, 200-1,500 cells/ml, Aug. 25, 1997).

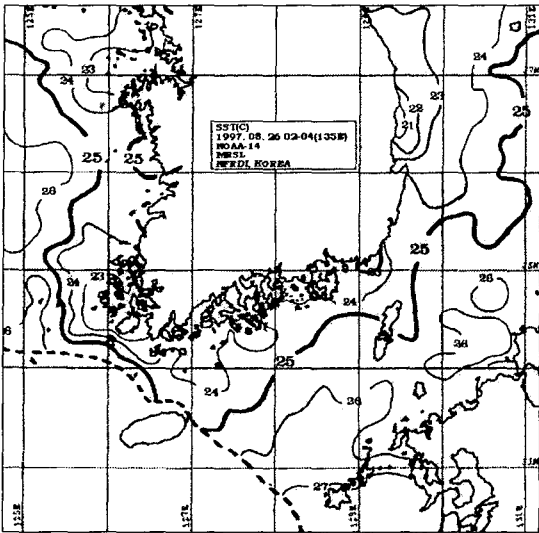


Fig. 7. *Cochlodinium polykrikoides* bloom (black dot) and sea surface temperature derived from NOAA satellite (blooming area: Narado, Tolsando-Saryangdo, Namhaedo, 1,000 cells/ml, 650-2,100 cells/ml, 800-1,600 cells/ml, Aug. 26, 1997).

### 3.2. 1996년 적조발생 해역과 수온 분포

1996년 9월 15일 *C. polykrikoides* 적조는 미륵도, 거제도 동부, 부산 다대포에서 수온 23°C 내외에서 발생하였으며(Fig. 4), 9월 16일에는 완도, 득량만, 사랑도 및 미륵도 인근해역에서, 9월 17일에는 가덕도 및 거제도 동부에서, 9월 19일에는 부산 기장, 가덕도 서측-진해만,

거제시, 거금도-나로도 서부에서, 9월 25일에는 경주시 연안에서 발생하였다. 이때의 수온은 모두 23°C 내외였다(Fig. 5). 25일 이후 수온이 22°C 이하로 떨어지기 시작하였고, 적조도 소멸되었다.

### 3.3. 1997년 적조발생 해역과 수온 분포

1997년 8월 25일 *C. polykrikoides* 적조는 남해도 연근해와 고흥반도 나로도 해역의 24°C 수온대에서 나타나기 시작하였다(Fig. 6). 8월 26일 24°C 등온선이 남해연안에서 확장함과 동시에 적조 분포해역 또한 고흥반도 나로도 해역에서 남해 전연안으로 확산되었다(Fig. 7). 1997년 9월 4일 적조는 남해도와 거제도간 해역에서 큰 규모로 발생했고, 수온은 25°C였다(Fig. 8). 이때, 부산-울산까지 수온은 주변 외해역보다 약 5°C 낮은 냉수대가 출현하고 있었으며, 냉수대 해역에서는 적조가 발생하지 않았다. 연안용승 현상으로 출현하였던 냉수대가 부산-울산간 해역에서 소멸한 이후 *C. polykrikoides* 적조는 다시 발생하였으며, 이때 해수 온도는 24°C 내외였다. 9월 12일 냉수대가 사라진 울산연안에서는 24°C 등온선 분포와 함께 높은 농도의 적조가 분포하였으며, 여수-돌산도 부근 연안에서도 발생하였다(Fig. 9). 남해 연근해역에서 분포하던 24°C 등온선이 외해역으로 이동됨에 따라 적조발생 지역이 급격히 감소하였다.

동해남부와 진도 연근해역에 냉수대가 나타났을 때, 냉수대는 적조가 확산되지 않도록 차단하는 역할을 하였다.<sup>8)</sup> 남해 연안에서 발생한 적조가 동해 남부 및 서해 남부 연안으로 확산되지 않음을 보였다.

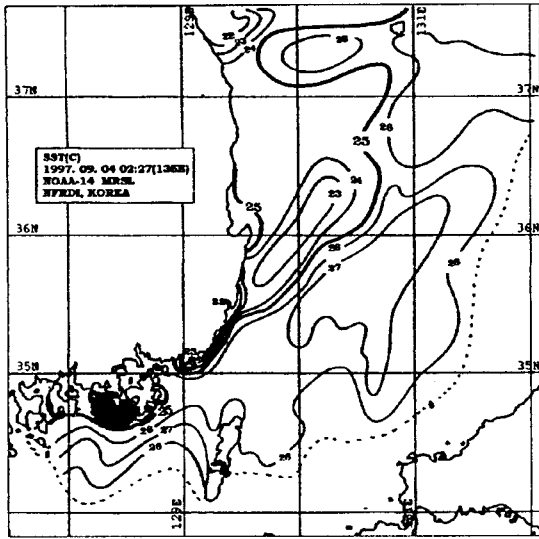


Fig. 8. *Cochlodinium polykrikoides* bloom(black dot) and sea surface temperature derived from NOAA satellite(blooming area: Namhaedo, Saryangdo, Kojeodo, 120-1,500 cells/ml, 2,000-10,500 cells/ml, 500-5,000 cells/ml, Sept. 4, 1997).

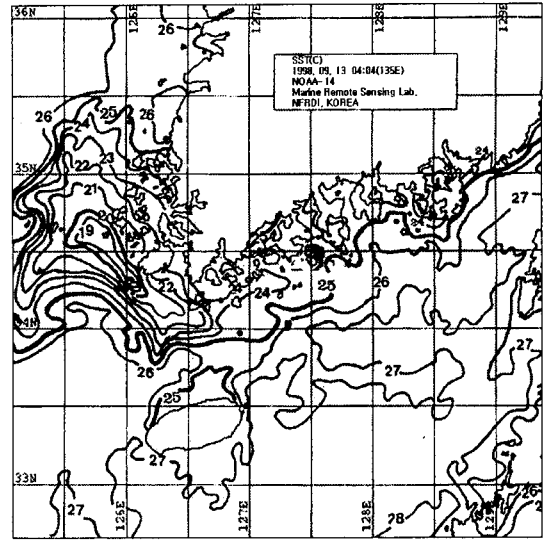


Fig. 10. *Cochlodinium polykrikoides* bloom(black dot) and sea surface temperature derived from NOAA satellite(blooming area: Narodo, Kumodo, 820-10,000 cells/ml, 630-6,000 cells/ml, Sept. 13, 1998).

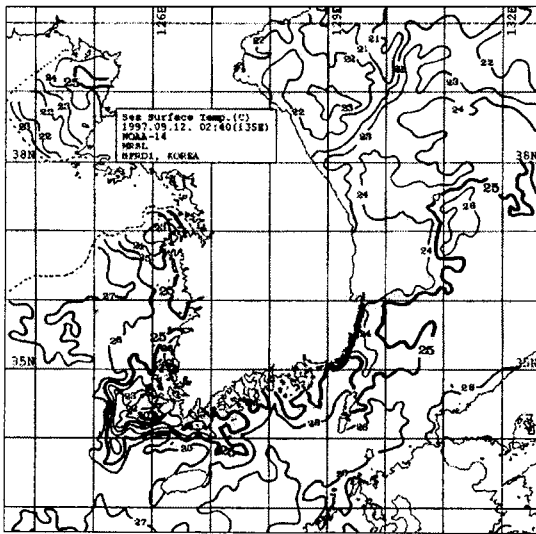


Fig. 9. *Cochlodinium polykrikoides* bloom(black dot) and sea surface temperature derived from NOAA satellite(blooming area: Narodo, Kadokdo-Pohang, 300-2,200 cells/ml, 5,100-21,900 cells/ml, Sept. 12, 1997).

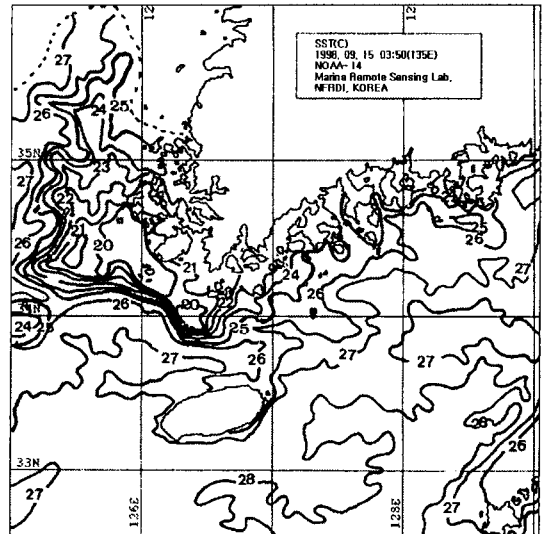


Fig. 11. *Cochlodinium polykrikoides* bloom(black dot) and sea surface temperature derived from NOAA satellite(blooming area: Narodo, Kumodo, 320-25,000 cells/ml, 50-1,400 cells/ml, Sept. 15, 1998).

#### 3.4. 1998년 적조발생 해역과 수온 분포

1998년 *C. polykrikoides*는 완도-나로도 연안역에 걸쳐 수온 24~25℃를 중심으로 분포하였다. 9월 13일 고흥반도 나로도 해역을 중심으로 수온 24℃ 내외에서 적조

분포가 확장되었다(Fig. 10). 그러나 9월 15일 수온 25℃ 등온선이 고흥반도 나로도 해역 및 여수연안에 인접하여 24℃ 등온선의 영역이 축소됨에 따라 확장되던 적조 분포 규모가 축소되었다(Fig. 11). 이후 10월 2일 수온

24-25℃ 등온선이 고흥반도-여수-남해도 연안에서 외해역으로 다소 이동되고, 연안수온이 22℃ 내외로 분포됨에 따라 적조가 완전 소멸되었다.

이상의 년별 분석결과를 통해 *C. polykrikoides* 적조의 발생시 초기 수온값과 수온의 공간적 분포 형태가 적조의 분포 유지와 소멸시까지 밀접한 관련성을 지니며 적조분포의 시공간적인 조정자 역할을 하는 것으로 나타났다.

남해 연안에서 *C. polykrikoides* 적조발생의 초기 및 확장 분포되었던 수온대는 1995년에는 21℃, 1996년에는 23℃, 1997년에는 24℃, 과 1998년에는 24~25℃로 나타났다.

#### 4. 고찰

본 연구에서는 *C. polykrikoides* 적조발생의 해역분포 양상과 수온의 분포양상간의 관계를 연구하고자 하였다. 해양에서 직접관측을 수시로 수행하기에는 많은 어려움이 따르므로 위성 관측에 의한 수온 분석방법을 채택하였으나, 위성자료에서 구한 수온의 신뢰성에 대한 검토를 위하여 1995년부터 1998년까지 *C. polykrikoides*의 적조발생해역 현장에서 측정된 수온 자료를 분석하였다.

남해와 동해 남부 해역에서 수온이 가장 낮았던 시기는 1995년, 가장 높았던 시기는 1998년으로, 이 시기의 *C. polykrikoides* 관측 수온 분포와 적조 발생 초기의 수온 분포를 0.5℃ 단위로 빈도 분포표를 작성하였다(Fig. 12, Fig. 13). 1995년과 1998년의 *C. polykrikoides* 적조 발생 건수는 각각 171건과 167건이었고, 각각 20.6~21.0℃ 범위와 24.6~25.0℃ 범위에서 최빈값을 보였다(Fig. 12). *C. polykrikoides* 초기 발생시 수온의 최빈 범위는 1995년(34건)과 1998년(42건)에 대해서, 각각 21.1~22.5℃ 범위와 25.1~25.5℃ 범위로 나타났으며, 이 결과들은 위성으로 측정된 값과 유사하였다(Fig. 13).

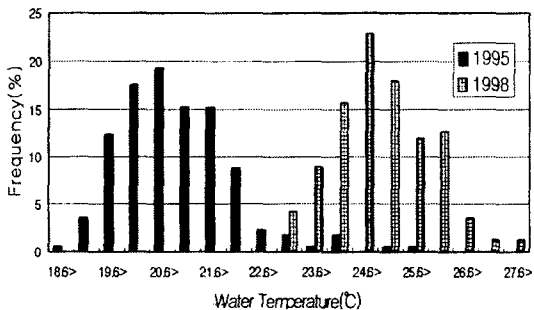


Fig. 12. The frequency of the field temperature at *Cochlodinium polykrikoides* bloom areas in 1995(171 case) and 1998(167 case).

본 연구는 이 분야의 연구에 대한 기초적인 방법으로 활용될 것으로 기대하며, 차후 계속해서 원격탐사기법을 적용하여 적조발생에 영향을 미치는 수온 이외의 여러 인자들과의 상관성을 밝혀보고, 상관식으로 정규화 하고자 한다.

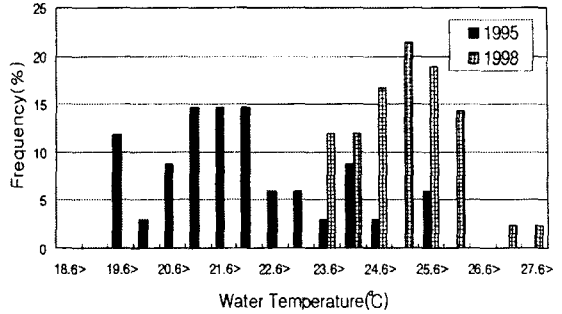


Fig. 13. The frequency of the initial field temperature at *Cochlodinium polykrikoides* bloom areas in 1995(34 case) and 1998(42 case).

#### 5. 결론

최근 한반도 연안역에 발생한 *C. polykrikoides* 적조의 공간적 분포와 수온분포 양상간의 관계성을 파악하기 위해 NOAA 위성 AVHRR 수온자료와 적조 발생해역의 적조분포 실측자료를 비교 분석하였다.

1995년 하계 남해연안 및 동해 중부에 걸쳐 *C. polykrikoides* 적조가 대규모로 발생했던 해역의 수온은 21℃ 내외였다. 적조발생해역의 북한계선은 1995년 하계 21℃ 등온선의 북한계선 분포 및 이동과 일치하였다. 1997년 적조는 주로 수온 24℃ 해역에서 나타났으며 24℃ 해역의 확장과 함께 적조분포영역이 확산됨을 보였다. 냉수대의 영향으로 확산이 약화되었으나, 냉수대 소멸 후, 24℃ 수온역인 동해남부 연안선을 따라 적조의 발생과 분포가 뚜렷이 나타났다(Fig. 9). 1998년에는 24~25℃를 중심으로 적조 분포가 확장되었으나, 25℃ 등온선의 영역이 축소되면서 적조분포의 규모도 축소되었다.

*C. polykrikoides* 적조의 발생시 초기 수온값과 등수온선의 분포양상은 적조의 분포 유지와 소멸시까지 밀접한 관련성을 지니며 적조분포의 시공간적인 조정자 역할을 하는 것으로 나타났다. 그리고, 1997년과 1998년 하계 진도 연근해역에 발생한 20℃ 이하의 냉수대는 남해 서부연안의 적조가 서쪽으로 더 이상 확산되지 못하도록 하는 역할을 하였다. 동해 남부의 포항 연안에 나타난 적조가 수일 후 울진연안에 나타난 것은 포항 연안에 접안한 난류수가 외해역으로 벗어났다 재차 울진연안에 접안하는 난류에 의해 빠르게 이동된 것으로 사료되어진다.

남해 연안에서 *C. polykrikoides* 적조발생 및 분포가 지속되었던 수온은 1995년 21℃, 1996년 23℃, 1997년 24℃, 1998년 24~25℃였다.

#### 감사의 글

국립수산진흥원의 적조연구 및 조사에 참여하신 모든 분들과 연구에 도움을 주신 한상복 박사님, 부경대학교 강용관 교수님, 군산대학교 정해진 교수님 그리고 해양수산개발원 김정봉 센터장님께도 감사드립니다.

본 연구는 적조피해대책연구(해양수산부)의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 1) 김학균, 이삼근, 안경호, 윤성화, 이필용, 이창규, 조은섭, 김정배, 최희구, 김평중, 1998, 한국 연안의 적조-최근 적조의 발생원인과 대책, 국립수산진흥원, 215pp.
- 2) 한상복, 서영상, 안유환, 진경암, 정희동, 진현국, 1996, 1995년도 한국근해 수온분포도, 국립수산진흥원, 240pp.
- 3) 한상복, 서영상, 안유환, 진경암, 정희동, 1997, 1996년도 한국근해 수온분포도, 국립수산진흥원, 277pp.
- 4) 한상복, 서영상, 안유환, 진현국, 김정희, 박정훈, 장이현, 1998, 1997년도 한국근해 수온분포도, 국립수산진흥원, 283pp.
- 5) 한상복, 서영상, 강영실, 정희동, 김정희, 장이현, 진현국, 박정훈, 정규귀, 김학균, 1999, 1998년도 한국근해 수온분포도, 국립수산진흥원, 336pp.
- 6) Bernstein, R. L., 1982, Sea surface temperature estimation using the NOAA-6 advanced very high resolution radiometer, J. Geophys. Res. 97, 9455~9465.
- 7) Lauritson, L. and G. Nelson, 1979, Techniques for Data Extraction and Calibration of TIROS-N/NOAA Series Satellite Radiometers for Direct Readout Users, NOAA-NESS Publication, No. 107.
- 8) Mann, K. H. and J. R. N. Lazier, 1991, Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans, Blackwell scientific publications, 75~79.
- 9) McClain, E. P., W. G. Pichel and C. C. Walton, 1985, Comparative performance AVHRR based multi-channel sea surface temperatures, J. Geophys. Res., 90, 11,587~11,601.
- 10) McMillan, L. M., and D. S. Crosby, 1984, Theory and validation of the window sea surface temperature technique. J. Geophys. Res. 89, 3566~3661.
- 11) Ryther, J. H., 1955, Ecology of autotrophic marine dinoflagellates with references to red water conditions, In F. H. Johnson [ed.], The luminescence of biological systems. AAAS. 387~414.
- 12) SeaSpace, 1993, Terascan Package Manual, 388pp.
- 13) Steidinger, K. A., 1975, Basic factors influencing red tides, In toxic dinoflagellate blooms, Proc. 1st Int. Conf. Mass. Sci. Technol. Found, 153~162.
- 14) Tester, P. A., R. P. Stumpf, F. M. Vukovich, P. K. Fowler and J. T. Turner, 1991, An expatriate red tide bloom: Transport, distribution, and persistence. Limnol., Oceanogr., 36(5), 1053~1061.
- 15) Yamochi, S., 1984, Effects of temperature on the growth of six species of red tide flagellates occurring in Osaka Bay. Bull. Plankton Soc. 31(1), 15~22.