

## ***Cochlodinium Polykrikoides* 적조가 발생하는 해역에서 호우에 의한 담수 유입 범위와 질소, 인의 농도변동**

이 영 식 · 임 월 애 · 이 삼 근  
국립수산과학원 양식환경연구소  
(2007년 1월 10일 접수; 2007년 7월 12일 채택)

## **Horizontal Distributions of Salinity and the Concentrations of DIN and DIP After Heavy Rainfall Events in Areas of *Cochlodinium Polykrikoides* Bloom Occurrence**

Young Sik Lee, Wol Ae Lim and Sam Geun Lee  
Aquaculture Environment Institute, NFRDI, Gyeongnam 650-943, Korea  
(Manuscript received 10 January, 2007; accepted 12 July, 2007)

We examined the horizontal distribution of salinity and the concentrations of DIN and DIP after heavy rainfall events in coastal areas of South Korea from Yeoja Bay to Narodo and from Gwangyang Bay to Geomodo to determine whether fresh water actually flows into areas of *Cochlodinium polykrikoides* red tides and to observe its effect on the growth of this organism after heavy rainfall.

Following heavy rainfall (155 mm) in the Yeosu and Suncheon regions, the average salinity was 21 and 29 psu at Yeoja Bay and in the coastal waters of Narodo, respectively. After 126 mm of rainfall, the values were 19 and 25 psu in the coastal waters of Yeosu and Geomodo, respectively. This may have been caused by an influx of fresh water, after the rainfall event, into the open sea coastal areas around Narodo and Geomodo from the Dong and Seomjin Rivers, which are about 3540 km away. After the rainfall, the concentrations of NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, and PO<sub>4</sub>-P were slightly increased; however, the concentration of NO<sub>3</sub>-N was greatly increased and diffused throughout the coastal areas of Narodo and Geomodo, which frequently experience *C. polykrikoides* blooms.

The influence of NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, and PO<sub>4</sub>-P on the occurrence of *C. polykrikoides* red tides in coastal areas around Narodo and Geomodo after heavy rainfall does not appear to be great. Instead, the occurrence *C. polykrikoides* red tides in the coastal areas of Narodo and Geomodo seems to be facilitated by NO<sub>3</sub>-N.

Key Words : Coastal water, *Cochlodinium Polykrikoides* red tides, DIN, DIP, Heavy rain

### 1. 서 론

연안해역을 효과적으로 이용하고 관리하기 위해서는 연안해역의 수질 특성을 정확히 이해할 필요가 있다. 그리고, 연안해역은 외해의 해수와 육지로부터 담수가 유입되는 해역으로 수질이 때와 장소에 따라 크게 변동한다. 이와 같은 이유로 많은 연구가 만 내 또는 강 하구를 대상으로 하고 있지만<sup>1,2)</sup>,

만을 벗어난 만 외부의 수질변동 특성이나 그 원인에 대한 보고는 그리 많지 않다.

또 우리나라에서 자주 발생하는 *Cochlodinium polykrikoides* 적조는 여수와 통영주변해역을 중심으로 남해와 동해에서 거의 매년 발생하고, 때로는 대규모로 발생하여 많은 문제를 일으키고 있다. *C. polykrikoides* 가 적조로 관측되기까지는 대규모로 증식해야 하며, 이때 많은 양의 영양염(질소, 인 등)이 필요하다. 그러나, 적조 발생시에 이용된 영양염이 어디에서 유입되는지에 대하여 의문이 많다.<sup>3)</sup>

Corresponding Author : Young Sik Lee, Aquaculture Environment Institute, NFRDI, Gyeongnam 650-943, Korea  
Phone: +82-55-641-2142  
E-mail: leecys@momaf.go.kr

여수주변해역에서 *C. polykrikoides* 적조가 대규모로 발생하는 해역은 내나로도 동북쪽의 해창만 입구 주변 해역, 여수시 금오도 동부연안해역, 그리고 남해도 남부해역이며, 여수시 금오도 동부연안해역에서는 강우 후 대규모 *C. polykrikoides* 적조가 발생한다<sup>3)</sup>. 또 *C. polykrikoides* 적조가 발생한 해수에 질소 또는 섬진강 담수를 첨가한 경우에 증식량이 증가하였다<sup>3)</sup>. 해창만 입구의 북쪽에는 여자만이 있고 순천시를 경유한 동강과 순천시 생활하수 등이 여자만으로 유입된다. 그리고, 금오도 동부연안해역의 북쪽에는 광양만이 있고 호우 시에 많은 양의 섬진강 담수가 광양만을 거쳐 여수해만으로 유입된다. 그러나, 동천 담수 또는 섬진강 담수가 어디까지 유입되고 이로 인해 질소, 인의 농도분포 특성에 대한 조사는 거의 없어, 동강이나 섬진강으로부터 유입된 질소, 인 등이 주로 외해에서 자주 발생하는 *C. polykrikoides* 적조에 영향을 미치는지에 대하여 불명확하다.

이에 따라 *C. polykrikoides* 적조가 대규모로 발생하는 내나로도 서북쪽의 해창만 주변 해역, 여수시 금오도 동서부연안해역, 그리고 남해도 남부해역 등에서 호우에 의한 담수의 확산 범위와 그로 인한 질소, 인의 농도분포에 대하여 연구하였다.

## 2. 재료 및 방법

담수가 *C. polykrikoides* 적조 발생해역인<sup>3)</sup> 보들바다와 금오도 동부 연안해역으로 유입되는지를 알아보기 위해 여자만 북부의 동강의 담수가 유입되는 여자만에서 나로도 동부 연안해역의 Station 1~27과 섬진강의 담수가 유입되는 광양만에서 금오도 동부연안의 Station A~X 위치의 해수를 조사하였다 (Fig. 1). 현장조사와 시료채취는 여자만~나로도 동부 연안해역에 대해서는 일주일간 강우량이 155 mm를 기록한 후 2003년 7월 14일, 광양만~금오도 동부연안 해역에서는 일주일간 강우량이 126 mm가 관측된 후 2003년 8월 22일에 하였다 (Fig. 2). 강우량은 여수시와 순천시의 지방기상대의 일일 강우량을 평균하였다. 시료는 0.5 m의 깊이에서 채취하였으며, 염분은 현장에서 Environment Monitoring System (YSI, 6920)으로 측정하였다. DIN (dissolved inorganic nitrogen;  $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$ ) 과 DIP (dissolved inorganic phosphorus;  $\text{PO}_4\text{-P}$ ) 는 Whatman GF/C 여과지로 여과 후 해양환경공정시험 방법으로 분석하였다<sup>4)</sup>. 여자만에 대한 강우 자료는 여수와 순천지역 기상대의 자료를 인용하였다<sup>5)</sup>. 광양만으로 유입되는 담수의 양은 주로 섬진강에 크게 영향을 받는다. 그러나, 섬진강은 유역면적이

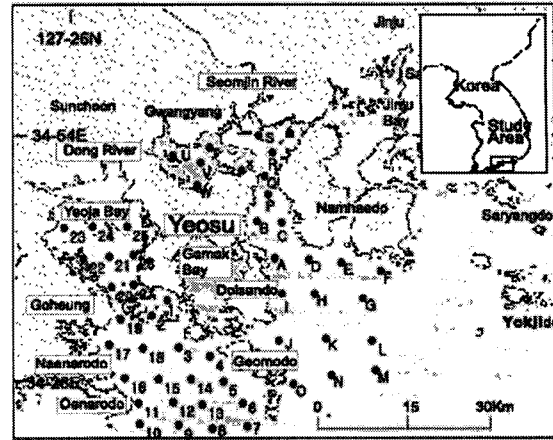


Fig. 1. Map of the sampling stations to determine the horizontal distribution of salinity and nutrients (1-27, A-X) following rainfall events at the coast of Yeosu, Korea.

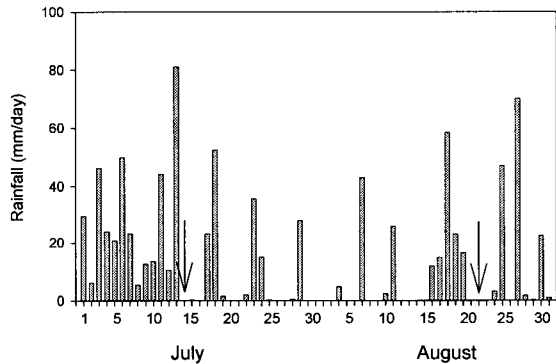


Fig. 2. Temporal variation of average rainfall in Yeosu and Suncheon.

넓고 적당한 강우량 관측소가 없어 여자만과 같이 여수와 순천지역 기상대의 자료를 인용하였다.

## 3. 결과

### 3.1. 여자만~나로도 동부연안

Fig. 3에 여자만에서 나로도 동부연안까지 염분,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 수평분포를 나타냈다. 염분의 변동범위는 18.72~32.20 psu (평균 27.74 psu)였다. 여자만 서북쪽의 정점 23에서 가장 낮게 조사되었으며 남쪽으로 갈수록 증가하여 금오도 남쪽의 정점 7에서 가장 높게 나타났다.  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 변동범위는 0.46~8.05  $\mu\text{M}$  (평균 1.37  $\mu\text{M}$ )였다. 여자만 북부의 최저 염분이 관측된 정점에서 가장 높게 조사되었으며 여자만 입구까지 남쪽으로 내려갈수록 급격히 낮아졌으며, 나로도 동부연안과 금오도

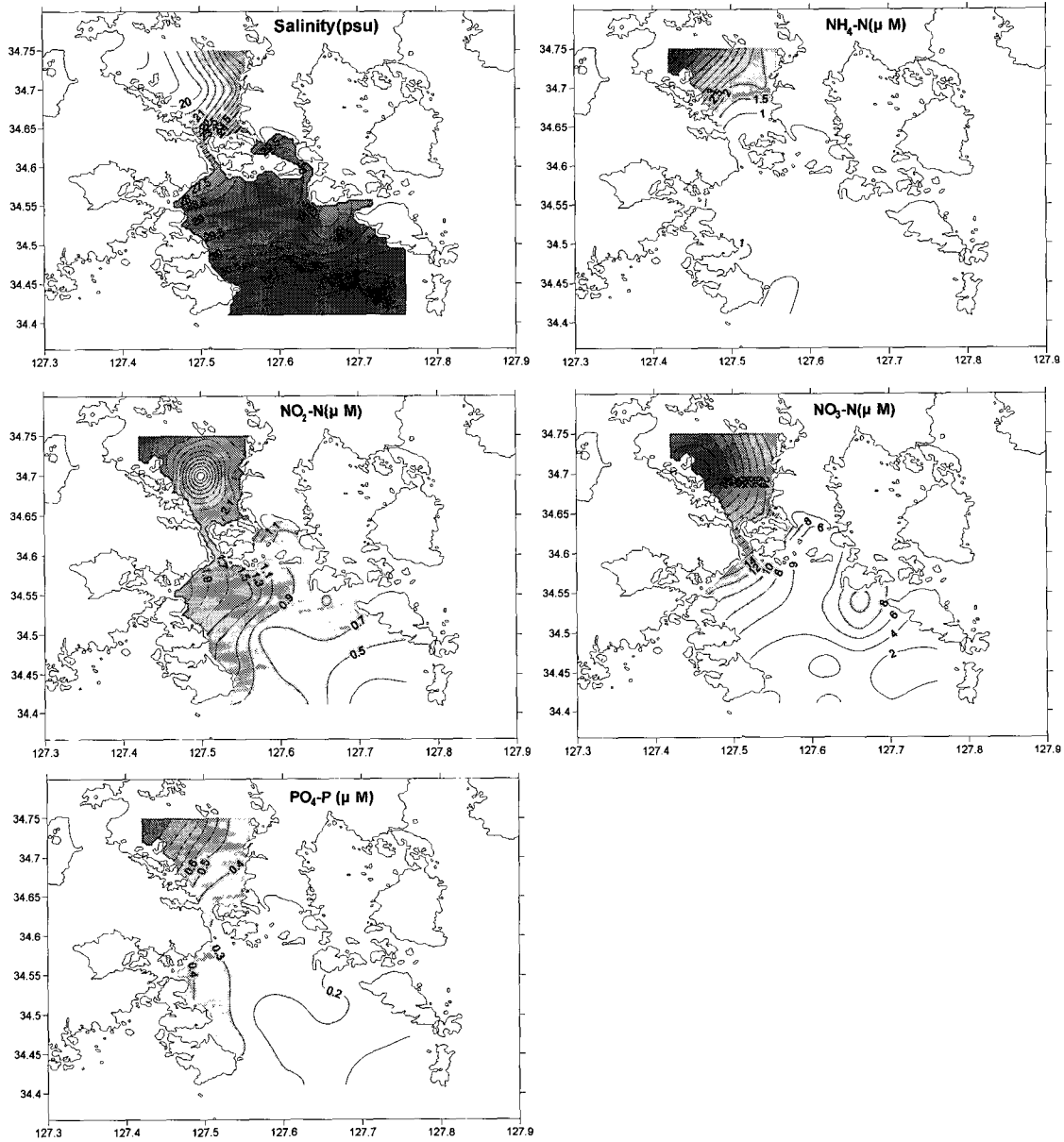


Fig. 3. Horizontal distributions of salinity and the concentrations of  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , and  $\text{PO}_4\text{-P}$  on 14 July 2003 from Yeosu Bay to Naro coastal area, South Sea of Korea.

서부연안에서는 1 정도로 조사되었다.  $\text{NO}_2\text{-N}$ 의 변동범위는  $0.16 \sim 2.57 \mu\text{M}$  (평균  $1.22 \mu\text{M}$ )였다. 여자만 중앙정점에서 낮게 나타났으나 대체로 여자만에서 남쪽으로 내려갈수록 감소하였다.  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 변동범위는  $0.86 \sim 40.15 \mu\text{M}$  (평균  $12.27 \mu\text{M}$ )였다. 여자만 북서쪽에서 아주 높게 조사되었으며, 남쪽으로 내려갈수록 급격히 낮아졌다.  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 변동범위는  $0.06 \sim 1.15 \mu\text{M}$  (평균  $0.33 \mu\text{M}$ )였으며, 여자만 북부

에서 높게 나타났고 남쪽으로 내려갈수록 낮게 나타났으며, 금오도 동부연안에서는  $0.2 \mu\text{M}$  정도로 조사되었다.

### 3.2. 광양만~금오도 동부연안

Fig. 4에 광양만에서 금오도 동부연안까지 염분,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 수평 분포를 나타냈다. 염분의 변동범위는  $0.22 \sim 30.00 \text{ psu}$  (평균  $17.70 \text{ psu}$ )였다. 광양만의 섬진강 하구 주변(정점 S)

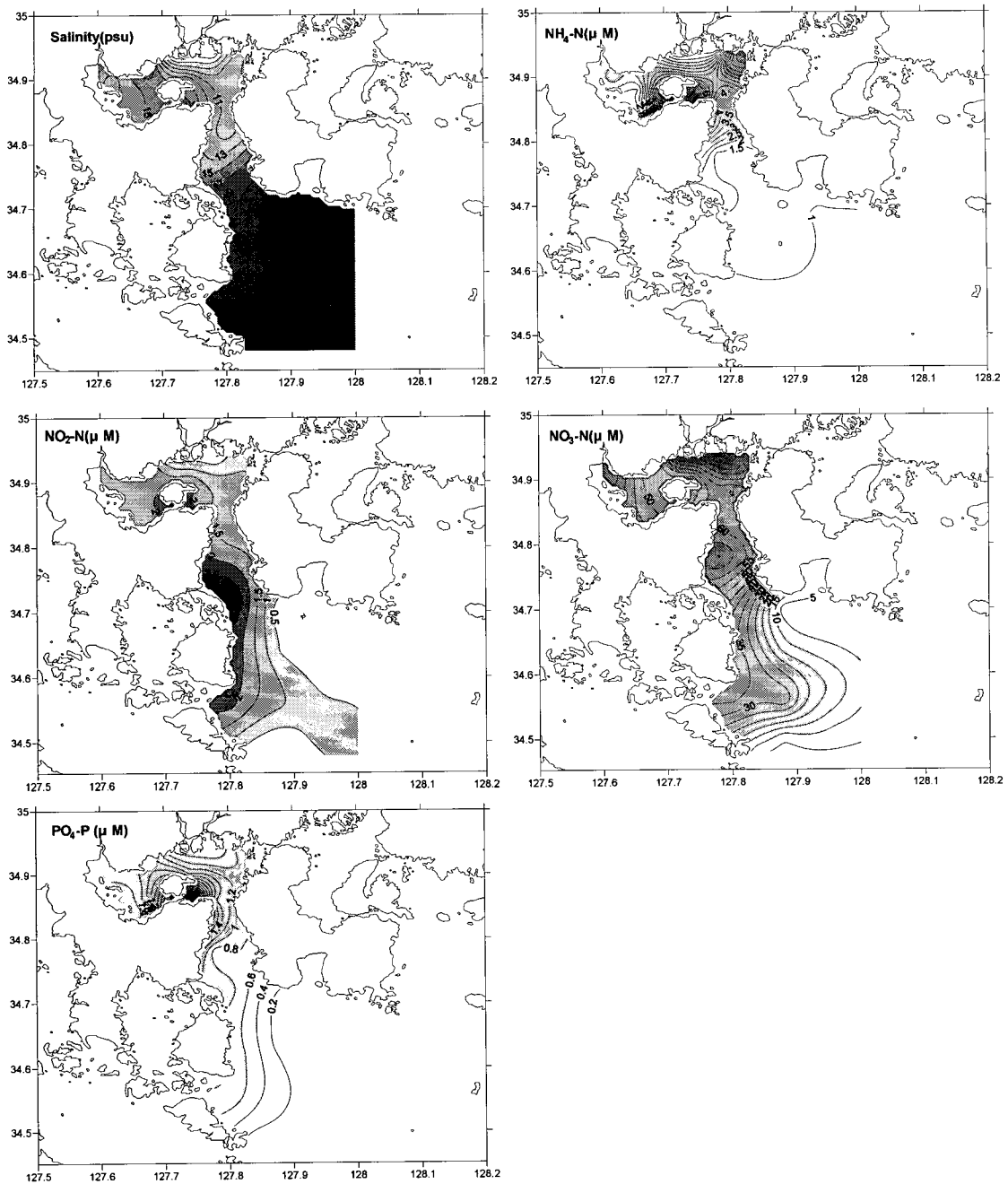


Fig. 4. Horizontal distributions of salinity and the concentrations of  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , and  $\text{PO}_4\text{-P}$  on 22 August 2003 from Gwangyang Bay to Namhae coastal area, South Sea of Korea.

에서 가장 낮게 조사되었으며, 남쪽으로 내려갈수록 높아져 금오도 동부연안해역에서는 25 psu 정도로 조사되었다.  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 변동범위는  $0.50\sim 12.15\ \mu\text{M}$  (평균  $2.88\ \mu\text{M}$ )였다. 주로 광양만에서 높게 나타났으며, 돌산도와 남해도 사이에서는  $1\ \mu\text{M}$ 정도가 관

측되었다.  $\text{NO}_2\text{-N}$ 의 변동범위는  $0.01\sim 3.31\ \mu\text{M}$  (평균  $1.21\ \mu\text{M}$ )였으며, 여수시와 광양만 주변해역에서 약간 높게 관측되었다.  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 변동범위는  $0.95\sim 88.23\ \mu\text{M}$  (평균  $43.16\ \mu\text{M}$ )였다. 섬진강 하구, 광양만 서쪽, 여수시 주변해역에서 높게 조사되었으며,

여수시 주변해역에서 남쪽으로 내려갈수록 그 농도가 감소하였으며, 금오도 동쪽 연안해역에서 30  $\mu\text{M}$ 의 농도가 관측되었다.  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 변동범위는 0.05~4.75  $\mu\text{M}$  (평균 0.93  $\mu\text{M}$ )였다. 광양만의 남부 해역에서 가장 높게 조사되었으며, 남쪽으로 내려갈수록 감소하여 돌산도 주변해역에서는 0.6  $\mu\text{M}$ 정도가 관측되었다. 홍수기의 여수해만에서 금오도 동부연안해역까지 염분, DIN,  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 평균 농도는 25.50 psu, 17.60  $\mu\text{M}$ , 0.70  $\mu\text{M}$ 정도가 관측되어<sup>6)</sup> 염분과  $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 이번 조사와 비슷하였으며, DIN은 이번 조사에서 약간 높게 조사되었다.

#### 4. 고찰

여자만과 고흥연안해역에서 2003년도 분기별로 조사한 값의 평균(이하 “2003년도 평균”) 염분은 각각 32.97, 33.23 psu였다<sup>7)</sup>. 이번 조사에서 여자만과 고흥연안의 평균염분은 각각 약 21과 29 psu로 2003년도 평균치보다 상당히 낮아 호우로 많은 양의 담수가 여자만으로 유입되고, 일부는 외나로도까지 확산된 것으로 보인다.  $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 2003년도 평균치는 여자만과 나로도 동부연안해역에서 각각 1.31, 1.43  $\mu\text{M}$ 였다. 이번 조사결과와 비교해보면, 여자만 남부에서는 2003년도의 평균치보다 약간 높게 조사되었으며, 나로도 동부연안은 오히려 2003년도의 평균치보다 낮게 조사되었다. 따라서, 호우로 육지로부터  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 유입 양은 많지 않은 것으로 보이며, 그 영향은 여자만 정도로 보인다.  $\text{NO}_2\text{-N}$ 의 경우 2003년도 평균치는 여자만과 나로도 동부연안해역에서 각각 0.33, 0.31  $\mu\text{M}$ 였다. 이번 조사에서 나로도 동부연안해역에서 0.5  $\mu\text{M}$ 이상으로 2003년도 평균치보다 약간 높아 호우에 의해  $\text{NO}_2\text{-N}$ 가 여자만에서 나로도 동부연안해역까지 유입된 것으로 보인다.  $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 2003년도 평균치는 여자만과 나로도 동부연안해역에서 각각 2.15, 2.73  $\mu\text{M}$ 였다. 이번 조사의 경우 2003년도 평균치보다 여자만에서는 10배 이상, 내나로도 동부연안해역에서는 5배정도 높게 조사되어 호우로 상당히 많은 양의  $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 유입된 것으로 보인다.  $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 2003년도 평균치는 여자만과 나로도 동부 연안해역에서 각각 0.25, 0.27  $\mu\text{M}$ 로 보고되었다. 이번 조사의 경우 2003년도 평균치보다 여자만에서는 2배 이상, 내나로도 동부연안해역에서는 비슷하게 조사되어, 호우로  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 농도에는 큰 변화가 없어 보인다.

한편 이번 조사에서 여수연안해역의 평균 염분은 19 psu정도였으며, 2003년 평균값이 31.70 psu 인 점<sup>7)</sup>을 감안하면 일주일간 126 mm의 호우로 섬진강 등으로부터 상당히 많은 양의 담수가 여수연안해역

으로 유입된 것으로 보인다. 또 섬진강 하구로부터 40 km 떨어진 금오도 동부연안해역에서 2003년도 평균 염분이 33.20 psu인 점을 고려하면 이번 조사에서 관측된 염분 약 25 psu는 상당히 낮은 값으로 호우로 섬진강 등으로부터 상당히 많은 양의 담수가 금오도 동부연안해역까지 유입된 것으로 보인다. 여수연안과 금오도 동부해역의 2003년도 평균  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도는 각각 1.22, 0.88  $\mu\text{M}$ 였다. 이번 조사에서 여수연안과 금오도 동부해역의  $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 1.5  $\mu\text{M}$  이하로 2003년도의 평균 농도보다 약간 높게 조사되어 호우로  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 영향은 크지 않은 것으로 보인다. 여수연안과 금오도 동부해역의  $\text{NO}_2\text{-N}$ 의 2003년도 평균 농도는 각각 0.52, 0.33  $\mu\text{M}$ 로 이번 조사에서는 돌산도와 금오도 동부해역을 중심으로 2003년도 평균치보다 약간 높아 호우로 육지로부터  $\text{NO}_2\text{-N}$ 가 약간 유입된 것으로 보인다.  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 경우 2003년 평균치가 여수연안과 금오도 동부해역에서 각각 3.20, 3.71  $\mu\text{M}$ 였다. 이번 조사에서 여수연안과 금오도 동부해역에서 평균 농도는 각각 약 4.0, 2.5  $\mu\text{M}$ 로 조사되어 호우로 상당히 많은 양의  $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 육지에서 유입된 것으로 보인다. 또 그 농도는 금오도 남부해역에서도 높게 관찰되어 호우로  $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 외해인 금오도까지 광범위하게 증가하였다.  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 경우 여수연안과 금오도 동부해역에서 년 평균 농도는 각각 0.38, 0.26  $\mu\text{M}$ 였다. 이번 조사에서 돌산도 동부연안 해역에서 0.6  $\mu\text{M}$  정도로 2003년 평균보다 2배정도 높게 관측되었으나 돌산도 동부연안해역보다 남쪽의 정점에서는 2003년 평균과 비슷하게 조사되어 상류에 강력한  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 점 오염원인 석고야 적장이 있음<sup>1)</sup>에도 불구하고  $\text{NO}_3\text{-N}$ 만큼 많은 양의  $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 호우로 유입되지 않은 것으로 보인다.

*C. polykrikoides*에 의한 적조의 발생 해역에서 질소와 인의 유입 기원, 확산 범위, 농도분포특성에 대하여 파악하는 것은 *C. polykrikoides* 적조 발생 메커니즘의 이해나 발생전망 등에 있어 아주 중요하다. 이미 보고된 것처럼, 여수주변해역에서 *C. polykrikoides* 적조가 발생하는 해역은 주로 나로도 와 금오도사이의 보돌바다, 금오도 북부의 금오수도, 돌산도 동부-금오도 동부연안해역이다. 그리고, 대규모 *C. polykrikoides* 적조(>6,000cells/mL)가 발생하는 해역으로는 내나로도 북쪽의 해창만 입구, 돌산도 동부, 금오도 동부 및 서부해역이다<sup>3)</sup>.

이번 조사에서 나로도와 금오도사이의 보돌바다, 금오도 북부의 금오수도, 돌산도 동부- 금오도 동부연안해역에서 염분은 각각 27.5-31, 29, 19-27 psu로 2003년 평균염분(>31 psu)보다 상당히 낮아 호우로 많은 양의 담수가 유입된 것으로 보인다. 같은 해역

에서 용존무기질소 중에서  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와  $\text{NO}_2\text{-N}$ 의 농도는 2003년 평균치와 비교해 이번 조사 결과치는 그리 높지 않은 것으로 보인다. 그러나,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 농도는 나로도 와 금오도사이의 보돌바다, 금오도 북부의 금오수도, 돌산도 동부-금오도 동부연안해역에서 각각 4-14, 8-10, 10-45  $\mu\text{M}$ 로 2003년도 평균치 <3.71  $\mu\text{M}$ 보다 상당히 높다. 그리고,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도의 증가는 여자만으로 유입된 담수의 영향을 받는 해역에서는 보돌바다 중앙까지, 광양만으로 유입된 담수의 영향을 받는 해역으로는 금오도 남부 연안까지 관측되었다.  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 경우 나로도 와 금오도사이의 보돌바다, 금오도 북부의 금오수도, 돌산도 동부-금오도 동부연안해역에서 각각 0.2-0.4, <0.2, 0.2-0.8  $\mu\text{M}$ 로 같은 해역에서 2003년도 평균치(<0.38  $\mu\text{M}$ )보다 비슷하거나 약간 높게 조사되었다.

따라서,  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와  $\text{NO}_2\text{-N}$ 는 호우로 인한 그 농도의 변동이 크지 않아 *C. polykrikoides* 적조의 발생에 미치는 영향은 그리 크지 않은 것으로 보인다. 그러나,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 이번 조사에서 호우로 동천이나 섬진강 등으로부터 많은 양이 유입되었으며, *C. polykrikoides*가 증식하기에 적당한 환경이 조성된 후 호우가 발생하면 다량의  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 유입으로 *C. polykrikoides* 적조의 발생규모가 증가할 수 있을 것으로 보인다. 또 대규모로 *C. polykrikoides* 적조가 발생하면서 비교적 외해인 금오도 남부 해역에서도 호우에 의한  $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 *C. polykrikoides* 증식에 영향을 미칠 수 있을 것으로 보인다. 그리고, 이번 조사에서  $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 호우 시에 오히려 그 농도가 낮거나 약간 높은 수준으로 조사되어 호우 시에 유입된  $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 *C. polykrikoides* 적조 발생에 미치는 영향은 그리 크지 않은 것으로 보인다. 그러나, 최근의 연구에 의하면 *C. polykrikoides*은 유기인을 이용하여 증식하는 것으로 조사되었다<sup>8)</sup>. 따라서, 호우 시에 유입된 유기인을 이용하여 *C. polykrikoides*이 대규모로 증식할 수도 있어 이에 대한 연구도 필요하다.

#### 4. 결 론

*C. polykrikoides* 적조가 대규모로 발생하는 여수 주변 연안해역에서 호우에 의한 담수의 확산 범위와 그로 인한 질소, 인의 농도분포 특성에 대하여 연구하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

이번 조사에서 여자만과 고흥연안의 평균염분은 각각 약 21과 29 psu였으며, 일주일간 155 mm의 호우로 많은 양의 담수가 여자만으로 유입되고, 일부는 외나로도까지 확산되었다. 또 여수연안해역에서는 평균 염분은 19 psu정도였으며, 일주일간 126

mm의 호우로 섬진강 등으로부터 상당히 많은 양의 담수가 여수연안해역으로 유입되었으며, 섬진강 하구로부터 40 km 떨어진 금오도 동부연안해역에서 염분이 약 25 psu로 관측되어 상당히 많은 양의 담수가 금오도 동부연안해역까지 유입되었다.

질소원 중에서  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와  $\text{NO}_2\text{-N}$ 는 호우로 인한 그 농도의 변동이 크지 않아 *C. polykrikoides* 적조의 발생에 미치는 영향은 그리 크지 않은 것으로 보인다. 그러나,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 호우로 동천이나 섬진강 등으로부터 많은 양이 유입되었으며, *C. polykrikoides*에 의한 적조발생에 크게 영향을 미칠 수 있을 것으로 보인다. 더욱이 확산 범위는 나로도 동부, 금오도 동부까지로 조사되어 비교적 외해에서도 호우 시에 유입된  $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 *C. polykrikoides* 적조발생에 영향을 줄 수 있을 것으로 조사되었다. 그리고, 이번 조사에서  $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 호우 시에 오히려 그 농도의 변동이 크지 않아 호우 시에 유입된  $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 *C. polykrikoides* 적조 발생에 미치는 영향은 그리 크지 않은 것으로 보인다.

#### 감사의 글

이 연구는 국립수산과학원(RP-2007-ME-006)에 의해 운영되었으며, 현장조사에 적극 협조해주신 탐구 11호 승무원께 깊이 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- 1) Lee Y. S., Lee J. S., Jung R. H., Kim S. S., Go W. J., Kim K. Y., Park J. S., 2001, Limiting Nutrient on Phytoplankton Growth in Gwangyang Bay, Journal of the Korean Society of Oceanography, 6, 201-210.
- 2) Lee Y. S., Moon S.-Y., 2006, The water quality in the Soho coastal seawaters of Gamak Bay before and after a typhoon, Journal of the Korean Society of Oceanography, 11, 117-123.
- 3) Lee Y. S., 2006, Factors affecting outbreaks of high-density *Cochlodinium polykrikoides* red tides in the coastal seawaters around Yeosu and Tongyeong, Korea, Marine Pollution Bulletin, 52, 1249-1259.
- 4) 해양수산부, 2002, 해양환경공정시험방법, 330pp.
- 5) 기상청 (<http://www.kma.go.kr>), 여수 순천지역 기후자료.
- 6) Lim D.-I, Um I.-K., Jeon S.-K., Yoo J.-M., Jung H.-S., 2003, Physicochemical characteristics of coastal pseudo-estuarine environment formed during the summer flood season in the

*Cochlodinium Polykrikoides* 적조가 발생하는 해역에서 호우에 의한 담수 유입 범위와 질소, 인의 농도변동

south coast of Korea, Journal of the Korean Society of Oceanography, 8, 151-163.

7) 국립수산과학원 (<http://www.nfrdi.re.kr>), 여수 연안 해양환경 조사자료.

8) Lee Y. S., 2006, Utilization of various nitrogen,

phosphorus, and selenium compounds by *Cochlodinium polykrikoides*, Proceeding of the Korean environmental science society conference, Nov. 16-18, 269-277.