

## 담수역 생태계의 부영양화 및 녹조 연구 Prediction and modelling of changes of freshwater ecosystem

이원호<sup>1</sup>, 신윤근<sup>2</sup>, 김영길<sup>1</sup>  
Wonho Yih<sup>1</sup>, Yoon Keun Shin<sup>2</sup>, and Young Geel Kim<sup>1</sup>

### 1. 서론

새만금 담수호의 생태계의 변화를 예측하기 위하여, 대상해역 인근의 저염수역에서 부영양화 및 미소조류 생태계에 관한 연구를 계획하였다. 이는 새만금호의 미소조류 생태계 변화와 부영양화의 과정을 완화시킬 수 있는 길을 모색하기 위한 3개년 연구계획으로서, 제 1년차 연구의 현장 조사 및 자료분석 결과를 보고한다. 당해년의 연구 목표는 "연구대상수역의 이화학적 특성조사 및 생태계 구조 파악"이었으며, 수괴의 이화학적 특성 (온도, 염분, 용존산소, SS, 영양염류, 엽록소 등) 및 미소조류의 정성, 정량적 변동 등을 대상으로 하였다.

### 2. 재료 및 방법

1) 조사 정점 및 조사 시기: 1999. 8 - 2000. 2. 동안의 6차에 걸친 현장 조사를 실시하였다. 만경강 하류역의 망해사 북측 정점 (ST. 2), 만경대교 중간지점 (ST. 1), 간만에 따른 염분의 변화가 미미하여 염분 최고치가 1.0 ppt 이하인 목천포교 중간지점 (ST. 3) 등의 3개 정점에서 다음 항목을 조사하였다.

2) 미소조류 정성분석: plankton net(구경 25 cm, 망목 70 $\mu$ m)을 수직에인 하여 채집된 시료를 Formalin용액으로 고정한 후, 광학현미경하에서 분석.

3) 미소조류 정량분석: 시료를 Lugol's solution으로 고정하고, 침전 농축된 세포를 Sedgewick-Rafter counting chamber를 이용하여 계수.

4) 이화학적 수질

- 시료의 보존: 보존액(황산50%) 1ml/1L로 처리 후 아이스박스에서 넣어 보존.
- 고형부유물질 (SS): 건중량을 측정한 GF/C 위에 걸러지고 남은 시료의 건중량을 구하여 무게 차를 구함 (APHA, 1992).
- 규산염 (SiO<sub>2</sub>-Si): 몰리브덴산 암모늄 적정법 이용.
- 클로로필 a(Chl-a): 90%의 Acetone 추출법 이용 (APHA, 1992).
- 인산염인(PO<sub>4</sub>-P): 몰리브덴산 암모늄-아스코르빈산 혼합액과 잘 혼합하여 생성된 몰리브덴 청의 흡광도를 880nm에서 검액하여 농도 결정.
- 총인 (T-P): 아스코르빈산환원법을 이용 (APHA, 1992).
- 총질소(T-N): 과황산칼륨과 혼합 후 가열 분해 처리 후 220nm에서 검액.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 이화학적 특성의 변동

5차에 걸쳐 매월 정점1에서 24시간 동안 4시간 주기로 시료를 채취하고, 이화학적 특성치를 분

<sup>1</sup>군산대학교 해양정보과학과(Department of Ocean Information Science, Kunsan National University, Kunsan 573-701 KOREA),

<sup>2</sup>상지대학교 환경공학과(Department of Environmental Engineering, Sangji University, Wonjoo, 220-702 KOREA)

석하였다. 이화학적 특성 항목 가운데, 하루 중의 시간대에 따른 변동폭이 월별 특성치의 평균 준위의 연중 변동폭보다 크게 나타난 것들이 많았다. 이로써, 하구역 시료채취 체계 확립을 위하여 매우 신중하게 고려해야 할 사항으로 "일중 채취시각의 표준화"가 크게 부각되었다.

### 3.2 플랑크톤의 시공간적 분포

(1) 미소조류 종조성의 월별 변화 조사 결과, 규조류, 녹조류, 남조류에 의한 천이과정이 진행되고 있다는 것을 알게 되었으며, 겨울철에는 비교적 고온을 선호하는 녹조류의 비율이 다소 감소되는 것을 볼 수 있다. 본 조사에서 보편적으로 출현한 규조류는 *Achnanthes*, *Actinoptychus*, *Aulacoseira*, *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Fragilaria*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Paralia sulcata*, *Pinnularia*, *Plagiogramma vanheurckii*, *Stephanodiscus*, *Synedra*, *Thalassiosira* 등이며, 녹조류에서는 *Actinastrum*, *Closterium*, *Pediastrum*, *Scenedesmus* 등이다. 남조류로는 *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, 유글레나류인 *Euglena*, 갈색편모조류 *Chroomonas* 등이 보편종으로 출현하였다.

#### (2) 미소조류 현존량의 월별 변화

미소조류의 현존량은 1차-5차의 전 조사 기간 중, 62-6-71(cells/ml) 범위였다. 1차조사에서는 내측에서는 남조류인 *Aphanizomenon flos-aquae*에 의해 우점도가 결정되었으며, 망해사 지점에서는 *Paralia sulcata*에 의해 우점도가 결정되었다. 2차조사에서는 *Stephanodiscus hantzschii*에 의해 우점도가 결정되었으며 망해사 지점에서는 *Odontella aurita*에 의해 우점되었다. 3차조사에서는 은편모조류인 *Chroomonas* sp.와 *Stephanodiscus hantzschii*에 의해 목천포교와 만경대교 지점에서 우점종으로 관찰되었다. 5차조사에서는 *Stephanodiscus hantzschii*에 의해 우점되었으며 망해사 지점에서는 *Asterionella kariana*에 의해 우점되었다.

#### (3) 미소조류의 오염지표성

*Stephanodiscus*는 *Aulacoseira*와 함께 대표적인 부영양화 규조류 속으로서, 본 조사에서는 1종이 (*Stephanodiscus hantzschii*) 겨울철의 우점도가 높았다. *Aulacoseira*는 춘계에 수중의 용존 규소가 고갈되고, 여름에 인(P)의 농도가 충분히

증가한 부영양화된 수역에서 증가하는 종류로 보고되었으며, 본 조사에서도 *Aulacoseira* 속의 종들이 보편종으로 출현하고 있다. 녹조류에서도 부영양화 지표종으로 알려진 *Micractinium*, *Pandorina*, *Scenedesmus* 등이 출현하였으며, 남조류에서도 부영양화 지표종인 *Oscillatoria tenuis*, *Microcystis aeruginosa* 등이 출현하였다. 이러한 지표종의 출현 양상은 본 수역에서 부영양화가 진행 중임을 시사한다.

#### 4) 우점 미소조류 종들의 생리생태

남조류인 *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*와 저생성 규조류인 *Paralia sulcata*를 포함한 5-6종에 의해 주요 우점도가 결정되었다. 이 가운데 남조류 *Aphanizomenon flos-aquae*와 규조류 *Paralia sulcata*에 대하여, 이들의 분포와 관련된 환경요인들에 대한 분석을 실시하였다. 분석 대상 환경요인(수온, 총질소, 인산염-인, 염분) 별 미소조류 현존량과의 산포도를 보면, *Paralia sulcata*는 총질소 부족과 낮은 염분에 의한 제한을 받는 것으로 판단되며, *Aphanizomenon flos-aquae*는 4가지 대상 환경요인 모두에 대한 뚜렷한 경향성을 나타내어, 향후 담수화 부영양화 및 하계 수온성층에 의한 상층수온의 상승 등의 변화가 초래 될 경우 녹조 형성의 잠재성이 있음을 시사하였다. 그러나 총질소 1.0ppm 이하 또는 인산염-인 0.3 ppm 이하의 농도에서는 *Aphanizomenon flos-aquae*의 농도가 150 cells/ml 이하로 나타나, 부영양화 문제해결의 가능성을 나타내었다.

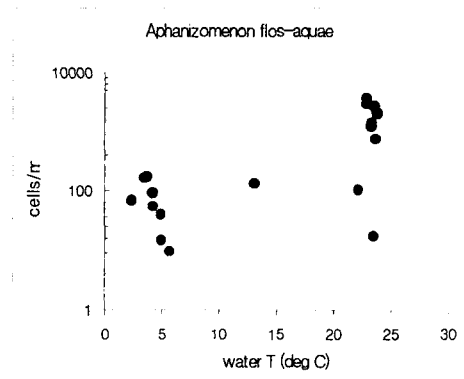


그림 1. 유독성 남조류인 *Aphanizomenon flos-aquae*의 농도 분포와 수온과의 관계

## 참고 문헌

- 김 병만, 이 충렬. 1998. 만경강 수계에 서식하는 어류 군집에 관한 연구. 한국육수학회지. 31(30) : 191-203.
- 박 정원, 정 준. 1996. 금호강에서 유글레나강의 개체군 변화. 한국육수학회지. vol.29, No.2, 133-142.
- 심 재형, 신 윤근, 이 원호. 1991. 만경강 하류의 환경과 식물플랑크톤 군집. 한국육수학회지. vol. 24, No.1, 45-54.
- 오 정순. 만경·동진강 염하구 식물플랑크톤의 생태 및 분류학적 연구. 1994. 서울대학교 이학석사학위논문.
- 이 충렬, 윤 일병, 김 익수. 1980. 만경강 어류 군집의 동태에 관한 연구. 한국육수학회지. 1394):267-283.
- 정 연태, 최 민규, 김 백호, 위 인선. 1992. 만경강 하계의 담수조류군집에 대한 생태학적 연구. 한국육수학회지 vol. 25, No.4. 257-283.
- 조 경제, 신 재기, 박 승국, 이 옥희. 1998. 담수산 *Stephanodiscus*속 규조류의 오염지표성 평가. 한국육수학회지. Vol. 31, No. 3, 204~210.

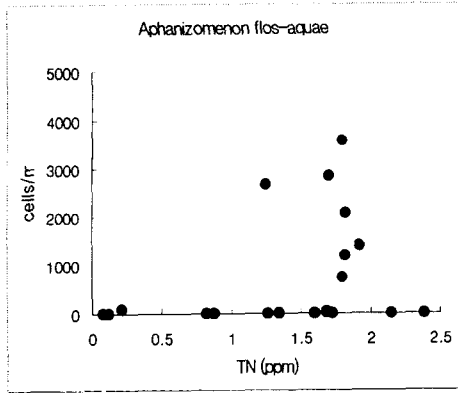


그림 2. 유독성 남조류인 *Aphanizomenon flos-aquae*의 농도 분포와 총질소와의 관계

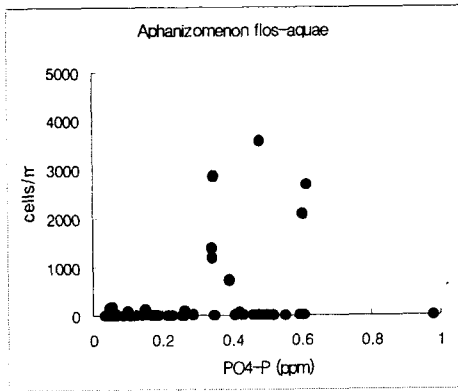


그림 3. 유독성 남조류인 *Aphanizomenon flos-aquae*의 농도 분포와 인산염-인과의 관계

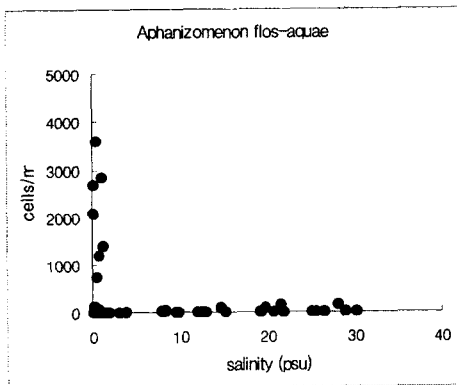


그림 4. 유독성 남조류인 *Aphanizomenon flos-aquae*의 농도 분포와 염분과의 관계