

한강 하류의 남조류 및 환경요인의 연간 (2000~2003) 변화에 대하여

서미연^{1,2} · 김백호¹ · 배경석² · 한명수^{1,*}

(¹한양대학교 환경과학과, ²서울시 보건환경연구원)

Annual Fluctuation (2000~2003) of Water Quality and Cyanobacterial Abundance in the Lower Part of Han-River. Suh, Mi-Yeon^{1,2}, Baik-Ho Kim¹, Kyung-Seok Bae² and Myung-Soo Han^{1,*} (¹Department of Environmental Science, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea ²Seoul Metropolitan Government, Research Institute of Public Health Environment, Seoul 137-130, Korea)

For 4 years (2000~2003), annual fluctuations of standing crops of cyanobacteria and physicochemical factors were examined at five sites from Bridge of Seungsoo to Bridge of Seungsan in the lower part of Han River. The cyanobacterial abundance (ND to 4,167 cells mL⁻¹) was strongly decreased during the heavy rains in every year. During the similar periods in 2003, cyanobacteria hardly observed, and comprised below of 10 percentage of total phytoplankton. In the period of little cyanobacteria, some green algae and diatom dominated the phytoplankton community, while the concentration of chlorophyll a has not largely change. These results indicate that heavy frequent precipitation strongly limited the growth of cyanobacteria, and lead an algal succession by the appearance of new algal groups.

Key words : annual fluctuation, cyanobacteria, chlorophyll a, rainfall, Han River, water quality

서 론

한강은 지리적으로 한반도 중심부에 위치하여 있고 서울시를 동서로 관통하며 총 유로 연장이 481.7 km, 유역면적이 26,018 km²으로서, 서울 및 수도권 지역의 상수원으로 중요한 역할을 하는 하천이다. 또한 수도권 시민들에게 쾌적한 휴식 및 레저공간의 제공, 철새 도래지 등 생태학적으로도 그 가치가 매우 높기 때문에 지속가능한 수자원의 보호 및 관리가 요구되고 있다. 한강의 수생태계는 하계에 편중된 강우(몬순)에 의해 심한 생태계 교란을 받고 있다(박 등, 2002). 서울지역의 과거 10년간 년 평균 강수량은 1,562.0 mm로서 세계 평균치에 비하

면 적은 양은 아니지만 년 강수량의 79.2% 이상이 하계(6~9월)에 집중적으로 발생하며, 이들의 60% 이상이 저장되지 못한 채 직접 바다로 유입되는 특징을 가지고 있다(An and Jones, 2000; An and Kim, 2003).

서울시의 중심하천인 한강은 1982~1986년까지 실시한 한강종합개발사업이 완료된 이후, 한강의 수질은 점차 개선되고는 있으나(최, 1990), 회복속도가 매우 느리고 하천수로내 수중보, 교각 등 시설물의 증가로 정체수역이 발생하여 국지적 수질오염이 심하며, 이로 인한 하류수역의 영양염 농도가 계속하여 증가하기 때문에 부영양화에 의한 조류대발생 가능성이 매우 높다(서울시, 1998). 특히 매년 겨울부터 이듬해 봄까지는 절대 강우가 적어 하천의 유지용수 부족으로 인한 자정능 저하 및 국지적 조

* Corresponding author: Tel) 02-2220-0956, Fax) 02-2296-1741, E-mail: hanms@hanyang.ac.kr

류대발생 등의 수질악화를 겪고 있다(서울시, 1998). 최근 하천 유역에 10개소에 이르는 시민공원지구 조성은 앞으로 더욱 수질오염이 심화될 가능성이 높아졌고, 오염의 형태도 기존의 하류로 갈수록 물의 색깔이 탁하고 부패취를 보이는 상태에서 다리(대교)를 중심으로 구간별 체류시간 지연으로 인한 영양물질 농도의 증가로 인한 국지적 남조류가 대발생하는 특징을 보였다(서울시, 1999).

한강 중, 하류에서 남조류 대발생은 주로 봄철 및 고온 갈수기에 국지적으로 발생한다고 보고하였으나(심과 최, 1978; 한 등, 1993; Lee and Yoon, 1994; 김, 1996; 김 등, 1998), 대부분 단편적인 조사이고 장기적인 남조류 변동을 보고한 사례는 없으며, 최근의 남조류 거동에 대한 연구는 거의 없다. 뿐만 아니라 한강수계가 서울, 경기 지역 시민들의 상수원이자 휴식공간으로서의 기능을 감안한다면 시민들의 친수기간인 여름철이나 집중강우기 동안 독성 남조류에 관한 연구는 매우 중요하다 하겠다. 특히 2004년 청계천의 복원화 사업이후 보다 많은 시민들의 친수공간의 확보를 위한 효율적인 수자원 이용 및 관리 면에서도 조류독소를 생성하여 수중생물은 물론 인간의 건강까지 위협하는 남조류의 동태를 파악하는 연구(Penalosa *et al.*, 1990; Toranzo *et al.*, 1990; Andersen *et al.*, 1993; Rodger *et al.*, 1994; Devidze *et al.*, 1998)는 매우 시기적절하다 하겠다.

본 연구는 강우(또는 팔당댐 방류)에 의한 식물플랑크톤 군집변동, 특히 남조류 현존량의 변화를 파악하여 효율적인 수자원의 확보 및 수질관리를 위한 기초자료를 제공하기 위하여, 한강 하류 5개 지점(성수대교~성산대교)에서 2000년 4월부터 2003년 10월까지 총 43개월 동안 월별로 2~5회씩 식물플랑크톤 및 기초 환경조사를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 조사기간

조사지점은 성수대교에서 성산대교까지 총 5개 대교의 중심부를 선정하였으며 위치는 다음과 같다. St. 1은 성동구 성수동에서 강남구 압구정동을 잇는 성수대교, St. 2는 용산구 한남동에서 강남구 신사동을 연결하는 한남대교, St. 3은 용산구 한강로 3가에서 동작구 본동까지 연결되는 한강대교, St. 4는 마포구 도화동부터 영등포구 여의도동을 연결하는 마포대교(St. 4), St. 5는 마포구 망

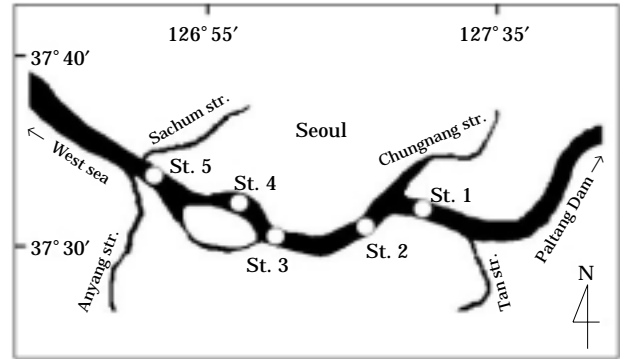


Fig. 1. A map showing the sampling sites in the mid-and lower part of Han River.

원동에서 영등포구 양평동을 잇는 성산대교 등 총 5개 지점이다(Fig. 1). 조사는 2000년 4월부터 2003년 10월까지 총 43개월간 매월 2~5회씩 채수하였다. 시료채수는 한강시민공원사업소에서 운영하는 선박을 이용하여 하폭 중심부에서 표층수(50 cm)를 채수하였다. 조사기간 동안 한강 유역 강수량은 기상청, 팔당댐 방류량은 (주)한국수력원자력의 자료를 각각 참고하였다.

2. 현장조사 및 환경요인 분석

현장의 수온, pH, 용존산소 측정은 현장에서 Portable multiparameter를 이용하여 직접 측정하였다(YSI 610-D, USA). 영양염 분석을 위한 시료는 5 L Van Dorn 채수기를 이용하여 채수후 4 L 폴리에틸렌 채수통에 시료를 넣고 Ice box에 담아 실험실로 운반한 후 수질오염공정시험방법(환경부, 1997)에 준하여 분석하였다. 암모니아성 질소(NH₄-N)는 암모니아가 차염소 산(sodium hypochlorite) 공존하에 페놀(phenol)과 반응하여 생기는 인도페놀 블루의 흡광도를 측정하여 정량하는 인도페놀법(penenate method)을 이용하였고, 아질산성 질소(NO₂-N)는 시료를 5 A 여지로(Whatman, England) 여과한 다음 sulfanilamide solution과 산성하에서 반응시킨 후 naphthyl-ethylenediamine dihydrochloride solution을 이용하여 발색시킨 뒤 543 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다. 질산성 질소(NO₃-N)의 측정은 cd-cu reduction column에 시료를 통과시켜 아질산염으로 환원시킨 뒤, 543 nm에서 흡광도를 측정하였고, 인산염(PO₄-P)은 인산이온이 몰리브덴 산(molibdate solution)과 반응하여 생기는 황색의 몰리브덴 산 착체를 아스코르빅 산(ascorbic acid)으로 환원시켜 그 흡광도를 측정하여 정량하는 아스코르빅 방법(ascorbic method)을 이용하여 분

석하였다. Chlorophyll a는 현장수 500 mL를 GF/C filter (Whatman 1.2 μm, England)로 여과한 후, 90% acetone 10 mL를 넣은 test tube에 넣고 마쇄하여 하룻밤 냉암소에 방치하여 엽록소를 추출한 후 2000 rpm에서 20분간 원심분리하고 상등액을 취하여 UV/Visible Spectrophotometer (Beckman DU650)를 사용하여 Multiple wavelength에서 측정하였다.

3. 식물플랑크톤 현존량

식물플랑크톤의 계수는 5 L Van Dorn 채수기로 표층수를 채수한 후, 250 mL 폴리에틸렌 채집병에 시료를 넣고 현장에서 Lugol's 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 식물플랑크톤 현존량은 세포밀도를 고려하여 잘 혼합하여 광학현미경 (Axioskop, Zeiss, Germany) 200~400배 하에서 Sedgewick-Rafter Chamber를 이용하여 계수하였다.

결과 및 고찰

1. 환경요인의 변화

조사기간 동안 한강유역의 강수량은 최저 2.4 mm (2002년 2월)에서 최고 698 mm (2001년 7월)로서, 매년 6~9월 사이에 총 강수량의 74.3~83.5%를 차지하였다 (Fig. 2). 가장 높은 강수량을 보였던 2003년에는 강우가 2월부터 11월까지 총 강우의 99%가 고르게 분포하였으며, 5~9월 사이에 전체의 50%를 차지하였다. 동일기간 중 팔당댐의 방류량은 최저 102.8 ton sec⁻¹ (2001년 12월)에서 최고 2495.8 ton sec⁻¹로서 강우가 집중되었던 6월부터 9월까지 평균 637.4~1657.6 ton sec⁻¹로 방류하였다 (Fig. 2). 하천 및 호소와 같은 담수생태계는 대개 강수에 의한 유입량, 수체의 흐름 및 방류 등에 의해 생태계의 특성이 결정된다 (Carmack, 1979). 한강수계의 경우, 강우 집중시기에 팔당댐의 방류량 및 서울시를 중심으로 하는 주변 도시로부터 강우 및 하수의 유입에 의해 높은 방류량에 의해 수온 및 수중내 화학물질의 감소현상이 뚜렷하다 (서울시, 1998).

수온 및 용존산소는 계절성이 뚜렷하였다. 수온은 최저 1.5°C (2000년 1월 St. 2)에서 최고 26.4°C (2000년 8월 St. 5)의 범위로 전형적인 온대지역의 수온분포를 나타냈다 (Fig. 3). 용존산소 농도는 수온과 상반된 특성을 보였으며, 최저 5.0 mg L⁻¹ (2001년 9월, St. 5)에서 16.9 mg L⁻¹ (2001년 2월, St. 1)로서 강우 집중기 (6~9월)에 낮았으

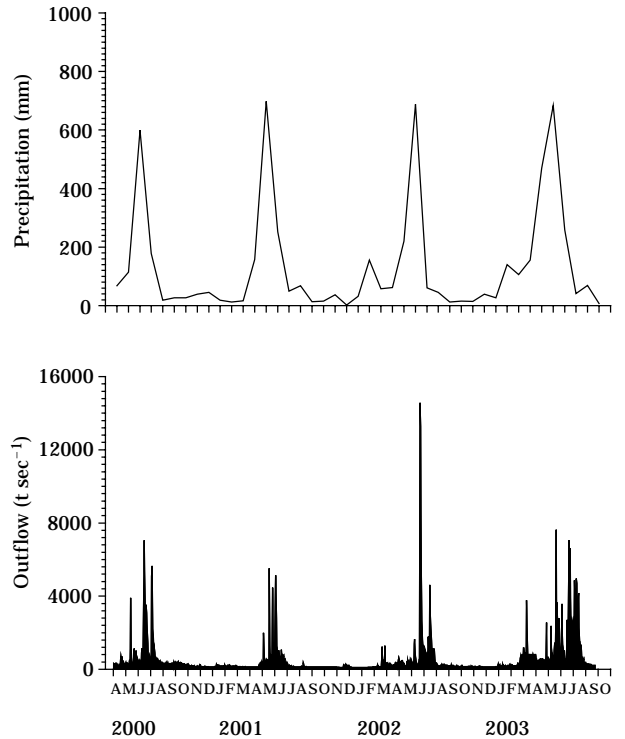


Fig. 2. Annual fluctuations of precipitation in the lower part of the Han River and outflow from Pal'tang Dam.

며, 하류로 갈수록 감소하였다. 조사기간 동안 pH는 최저 7.0 (2002년 10월, St. 5)에서 최고 8.6 (2000년 9월, St. 4, St. 5, 10월, St. 1, 2001년 4월, St. 1)의 범위로서 전체적으로 하류로 갈수록 낮아지는 경향을 보였다 (Fig. 3). 이들은 식물플랑크톤 현존량이나 chlorophyll-a의 변동과 비교적 일치하였으며, 2000년 9~11월을 제외한 모든 조사기간 중 봄철 갈수기에 pH 8.0~8.6 범위로서 다른 계절보다 높게 나타났다. 한편, 매년 강우량이 60 mm 이상이었던 강우집중기 (6~9월)에는 비교적 낮은 pH (<8.0)를 나타냈다. BOD는 최저 0.5 mg L⁻¹ (2003년 8월과 9월 St. 1)에서 최고 10.7 mg L⁻¹ (2002년 3월 St. 4)의 범위로서 강우기에는 낮은 농도를 보였으며, 수리학적 체류시간이 길어지는 겨울~봄(갈수기)에 비교적 높은 농도를 나타냈다. 연간 변동을 살펴보면, 2000년 2.9 mg L⁻¹ (St. 1)~3.5 mg L⁻¹ (St. 5), 2001년 4.2 mg L⁻¹ (St. 1)~4.8 mg L⁻¹ (St. 5), 2002년 3.9 mg L⁻¹ (St. 1)~4.6 mg L⁻¹ (St. 5), 2003년 2.7 mg L⁻¹ (St. 1)~3.5 mg L⁻¹ (St. 5)로 하류로 갈수록 높은 농도를 보였다.

수중내 NO₂-N는 최저 N.D (2000년 8, 9월 St. 1~5, 2001년 3월 St. 1~5, 2002년 1월 St. 1~5, 7~9월 St.

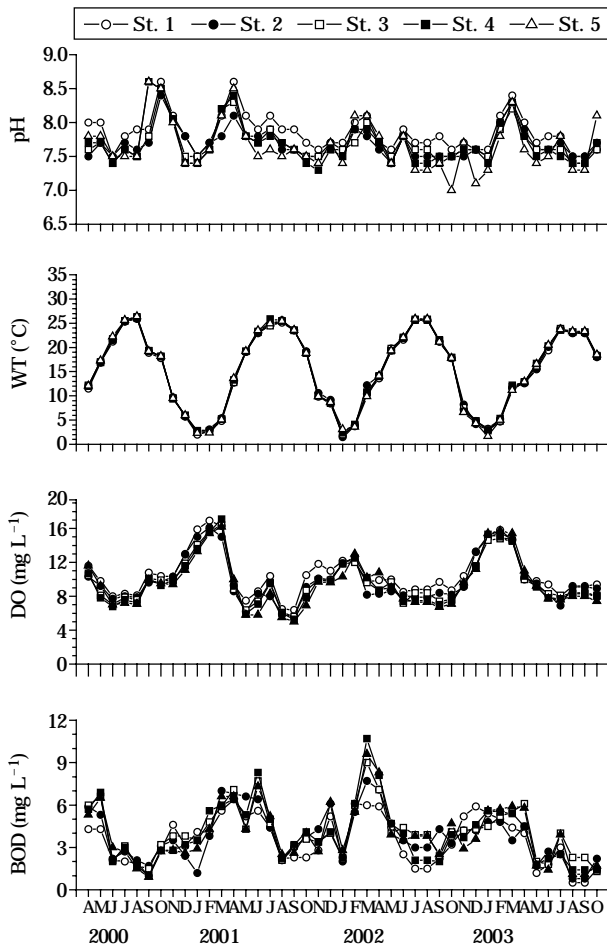


Fig. 3. Annual fluctuations of pH, water temperature, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand in the lower part of the Han River.

1~5, 2003년 8월 St. 1, 2, 9월 St. 1, 2, 10월 St. 1)에서 최고 1.3 mg L⁻¹ (2001년 5월 St. 1)의 범위를 보였다(Fig. 4). 이들은 강우발생시 증가하는 경향을 보였으며, 2000~2001년에는 높은 강수량을 보인 시기에 높게 나타난 반면, 2002~2003년에는 100 mm 이상의 초기 강우시에 가장 높은 농도를 보였다. 한편, 5개 지점의 평균농도는 0.1~0.4 mg L⁻¹ 범위로서 강우기를 제외하면 큰 차이를 보이지 않았다. NO₃-N은 최저 0.1 mg L⁻¹ (2000년 9월)에서 최고 8.6 mg L⁻¹ (2001년 1월 St. 4)의 범위를 나타냈으며, 계절과 지점에 따른 차이는 보이지 않았다. 흥미롭게도 2001년 3월에 높은 식물플랑크톤 현존량을 보였던 시기보다 약 1~2개월 정도 빠른 시기에 높은 농도를 나타냈다. NH₄-N은 최저 0.0 mg L⁻¹ (2000년 8월, 9월 St. 1~5, 2001년 1월 St. 3, 4, 5, 2002년 12월 St. 2, 3, 4, 5, 2003년 7월 St. 2, 3, 4, 8월 St. 1~5, 9월 St. 1~5)에

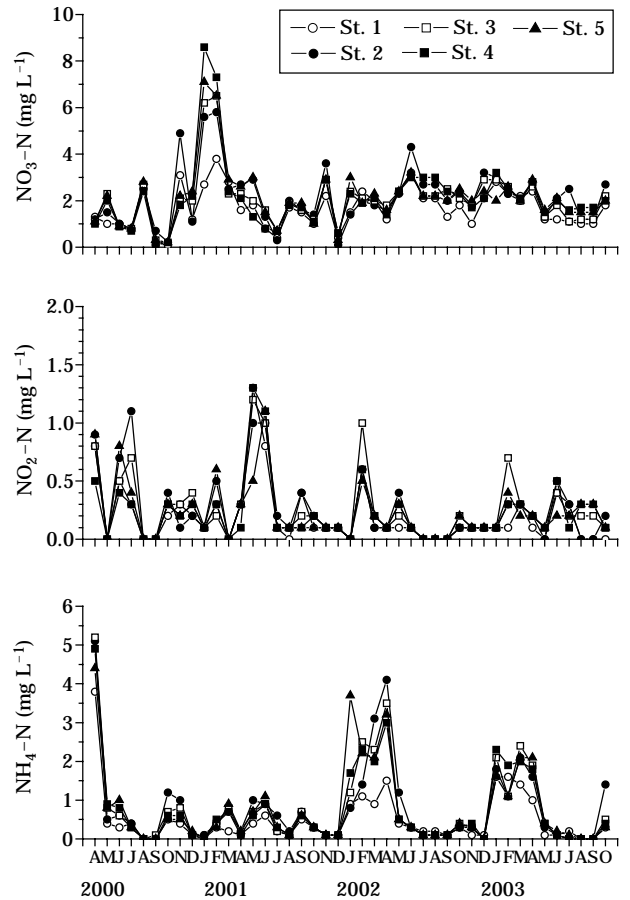


Fig. 4. Annual fluctuations of the concentrations of nitrogen (NH₄-N, NO₂-N and NO₃-N) in the lower part of the Han River.

서 최고 5.2 mg L⁻¹ (2000년 4월 St. 3)를 보였으며, 집중 호우가 있었던 하계에 비교적 낮은 반면, 갈수기(2~5월)에 높은 농도를 나타냈다. 결국, 한강수계의 질소성분은 강우에 의해 큰 영향을 받으며, 남조류 현존량에 큰 영향을 주는 것으로 사료되었다. 한편, PO₄-P는 최저 N.D (2000년 7월 St. 1~5, 10월 St. 1, 3, 5, 2001년 7월 St. 1, 8월 St. 1, 2002년 1월 St. 1, 7월 St. 1, 8월 St. 1, 2003년 5월 St. 1, 2, 8월 St. 1, 2, 9월 St. 1, 2)에서 최고 0.9 mg L⁻¹ (2003년 6월 St. 5)의 범위를 나타냈다. 전체적으로 조사지점, 시기, 계절별 농도차이는 보이지 않았으나, 중랑천이 유입되는 St. 2에서 전반적으로 높은 농도를 보였으며, T-P역시 유사한 경향을 나타냈다. 지점 2는 갈수기 동안 가장 높은 체류시간을 가지며, 선행 보고문에 의하면 남조 발생이 빈번하게 일어났던 지점이기도 하다. N/P ratio (NO₃-N/PO₄-P)는 0~135로서 큰 폭의 범위를 나타냈다. St. 1 (2002년 1월, 7~8월)에서 가장 높았으며,

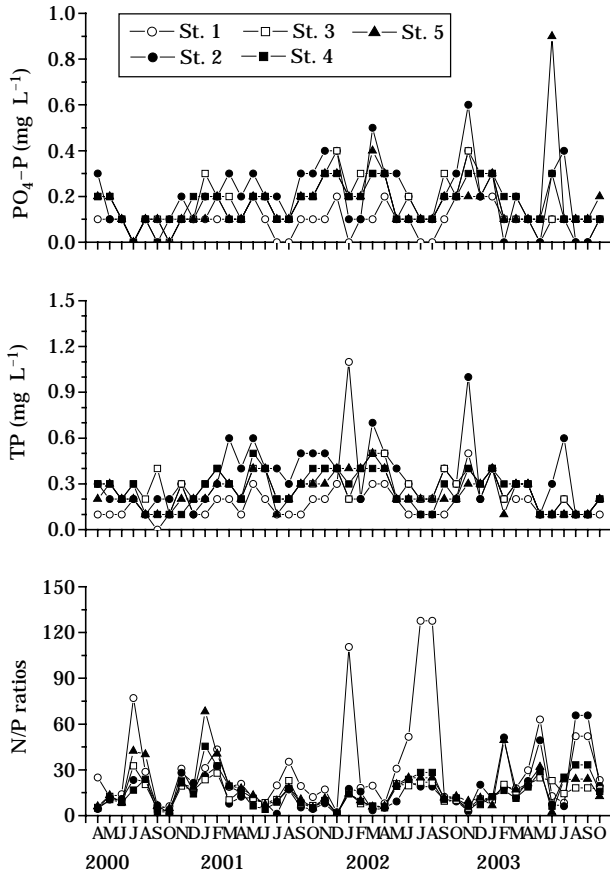


Fig. 5. Annual fluctuations of the concentrations of phosphorus (PO₄-P and total phosphate) and N/P ratios in the lower part of the Han River.

높은 식물플랑크톤 현존량과 엽록소 *a*가 나타났다 (Fig. 5). 또한 St. 1을 제외하고는 대부분 평균 20 이상으로 한강종합개발 이전보다 증가하였고 (유, 2004), 잠실 및 신곡 수중보의 건설에 의한 체류시간 증가로 영양물질 농도 증가 및 축적이 그 원인으로 사료되었다.

2. 식물플랑크톤의 변화

조사기간 동안 엽록소 *a* 농도는 최저 1.2 mg m⁻³ (2000년 9월 St. 3, 4)에서 최고 87.8 mg m⁻³ (2003년 1월 St. 5)로 큰 폭의 범위를 보였다. 2000~2001년 (6~7월), 2002~2003년 (1~4월)에는 각각 50 mg m⁻³ 이상의 높은 농도를 보였다 (Fig. 6). 해를 거듭할수록 봄철 조류대발생 peak는 뚜렷하였고, 점차 농도가 증가하였다. 또한 2000년 10월, 2001년 6~7월, 2002년 3~4월, 2003년 1~4월 동안에는 엽록소 *a* 농도를 근거로 하는 부영양화 기준 (OECD, 1983)인 25 mg m⁻³를 훨씬 초과하였다. 식물플

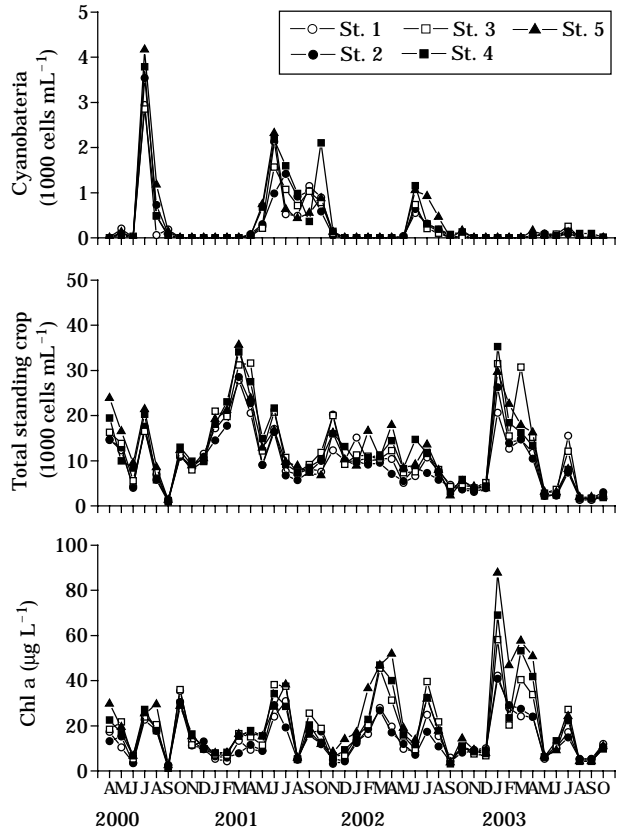


Fig. 6. Annual fluctuations of total standing crop of phytoplankton and cyanobacteria and concentrations of chlorophyll *a* in the lower part of the Han River.

랑크톤 총 현존량은 최저 1,000 cells mL⁻¹ (2000년 9월 St. 2)에서 35,595 cells mL⁻¹ (2001년 3월 St. 5)로서 주로 봄철에 높은 밀도를 보였으며 하류지점에서 높았다. 조사기간 동안 2000년과 2002년 봄철 (1~4월)에는 낮은 밀도를 나타냈으며 같은 시기 2003년에는 높은 밀도를 보여 해를 거듭할수록 점차 조류밀도가 증가하는 경향을 나타냈다.

3. 남조류발생과 환경요인

조사기간 동안 남조류 현존량은 N.D (2000년 St. 1~5, 10~12월 St. 1~5, 2001년 1~3월 St. 1~5, 12월 St. 1~5, 2002년 1~4월 St. 1~5, 5월 St. 5, 9월 St. 2, 3, 11월 12월 St. 1~5, 2003년 1~3월 St. 1~5, 6월 St. 5, 8월 St. 1, 3, 9월 St. 1, 10월 St. 1, 5)에서 4167.5 cells mL⁻¹ (2000년 7월 St. 5)의 범위로서 조사시기 및 지점간에 큰 차이를 나타냈다 (Fig. 6). 조사기간 중 한강의 남조류대발생은 비록 2000~2002년까지 매년 1 차례의 peak를 보였

으며, 해를 거듭할수록 점차적으로 밀도가 감소하다가 2003년에는 거의 나타나지 않았다. 3차례의 남조류 peak는 주로 6~7월에 집중되었으며, 봄철에는 매우 낮았다. 또한 남조류는 식물플랑크톤 총 현존량의 10% 미만으로 낮은 기여도를 보였으며, 2003년에는 무시할 정도로 매우 낮았다. 특히 2003년 하절기 동안 낮은 남조류에 비해 상대적으로 높은 식물플랑크톤 및 엽록소 *a* 농도를 보였는데, 현존량의 대부분은 규조류 *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella meneghiniana*와 녹조류 *Scenedesmus ecornis*, 극히 낮은 밀도의 남조 *Oscillatoria sp.*로 구성되었다(준비중). 이와 같이 해를 거듭할수록 남조류의 밀도 감소현상은 비록 높은 peak를 보이지는 않았으나 빈도가 잦은 강우가 지속적으로 내렸기 때문으로 해석된다(Fig. 2). 강우는 4월부터 시작하였으며, 하절기 평균 수온이 다른 해보다 약 0.2~0.5°C 정도 낮았고, 지속적인 강우로 수온감소는 물론 광량, 영양염 희석 등(Granhall and Berg, 1972; Rheinhermer, 1985, 이와 장, 1997; 정 등, 2003)에 의해 남조류 성장이 크게 제한을 받은 것으로 판단된다. 다만, 강우(또는 댐방류)가 다양한 식물플랑크톤 중 유독 남조류 성장만을 제한 하는 것인지에 대한 규명은 추후 연구가 계속되어야 할 것이다.

적 요

한강 중하류의 남조류 및 환경요인의 연간변화(2000~2003)를 파악하기 위하여, 2000년 4월부터 2003년 10월까지 4년간 성수대교에서 성산대교까지 총 5개 지점을 선정하여, 수계의 기초환경요인 및 식물플랑크톤 현존량 변화를 조사하였다. 조사기간 동안, 남조류의 현존량은 점차적으로 감소하여 장기간 강우가 가장 많았던 2003년에는 거의 관찰되지 않았으며, 총 식물플랑크톤 현존량에 대한 남조류의 기여도는 약 10% 범위내였다. 이러한 현상은 매년 강우집중기 동안 팔당댐으로부터 많은 방류수가 유입됨으로서 수온감소는 물론 광량감소, 영양염류 희석 등에 의한 남조류의 성장이 제한된 것으로 판단되며, 동일시기에 다른 조류(녹조, 규조 등)의 높은 성장으로 엽록소 *a*와 식물플랑크톤 현존량이 뚜렷하게 증가하였다. 따라서 한강 하류의 고온기 동안 남조류 성장은 잦은 강우와 방류에 의해 제한을 받지만 규조나 녹조와 같은 다른 조류들의 높은 성장으로 대체되는 천이 현상을 보였으며, 기후영향을 크게 받는 전형적인 하천생태계의 특성을 나타냈다.

감사의 말씀

본 연구는국가지정연구실사업(2000-N-NL-01-290)의 지원을받아 수행하였음.

인 용 문 헌

- 김범철, 김동섭, 황길순, 최광순, 허우명, 박원규. 1996. 부영양화한 낙동강 수계에서 유기물 오염에 대한 조류 1차생산의 기여도. 한국조류학회지 **11**: 231-237.
- 김범철, 안태석, 조규승. 1988. 한강수계 인공호의 부영양화에 관한 비교연구, 한국육수학회지 **21**: 151-163.
- 박성배, 이상근, 장광현, 정광석, 주기재. 2002. 장마기의 강우가 낙동강 하류(물금)수질에 미치는 영향. 한국육수학회지 **35**: 160-171.
- 서울특별시. 1998. 한강생태계 조사연구.
- 서울특별시. 1999. 한강 조류발생 방지대책 및 수질개선 방안 연구.
- 심재형, 최중기. 1978. 한강하류에 있어서 부유성 조류군집의 구조 및 기능변화에 관한 연구. 한국해양학회지 **13**: 31-41.
- 이진환, 장 만. 1997. 한강하류의 환경학적 연구 2. 식물플랑크톤의 동태, 한국육수학회지 **30**: 193-202.
- 유호식. 2004. 한강수질의 월변동성에 관한연구. 한국물환경학회지 **20**: 352-356.
- 정승원, 이진환, 유종수, 2003. 한강하류의 환경학적 연구 5. 식물플랑크톤 군집 대발생의 특징. *Algae* **18**: 255-262
- 최재범. 1990. 한강종합개발과 관련한 한강의 수질개선효과(보고). 한국하수도학회지 **1**: 38-44.
- 한명수, 유재근, 유광일, 공동수. 1993. 팔당호의 생태학적 연구 1. 수질의 연변화: 과거와 현재, 한국육수학회지 **26**: 141-149.
- 환경부. 1997. 수질오염공정시험방법.
- Andersen R.J., H.A. Luu, D.Z.X. Chen, C.F.B. Holmes, M.L. Kent, M. Le Blanc, F.J.R. Taylor and D.E. Williams. 1993. Chemical and biological evidence links microcystins to salmon 'netpen liver disease'. *Toxicol* **31**: 1315-1323.
- An, K-G. and J.R. Jones. 2000. Temporal and spatial patterns in ionic salinity and suspended solids in a reservoir influenced by the Asian monsoon. *Hydrobiologia* **436**: 179-189.
- An, K-G. and D.S. Kim. 2003. Response of lake water quality to nutrient in puts from various streams and in-lake fishfarms. *Water, Air, and Soil Pollution* **149**: 27-49.
- Carmack, E.C. 1979. Combined influence of inflow and

- lake temperature on spring circulation in a riverine lake. *J. Phy. Oceanogr.* **9**: 422-434.
- Devidze, M. 1998. Harmful algal events in Georgian waters. In: Harmful Algae (Reguera B, Blanco J, Fernandez L, Wyatt T, eds). Vigo, Spain: Xunta de Galicia, Paris, France: Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, p. 91.
- Granhall, V. and B. Berg, 1972. Antimicrobial effects of Cellvibrio on blue-green algae. *Arch. Microbiol.* **84**: 234-242.
- Lee, K. and S.K. Yoon. 1994. Morphologic accounts of the diatom genus *Aulacoseira*, the dominant of the Han River. *Kor. J. Phycol.* **9**: 135-143.
- OECD. 1983. Eutrophication of waters. 3rd ed. W.B. Saunders. Philadelphia.
- Penaloza R., M. Rojas, I. Vila and F. Zambrano. 1990. Toxicity of a soluble peptide from *Microcystis* sp. to zooplankton and fish. *Freshwater Biol.* **24**: 233-240.
- Rheinhermer, G. 1985. Aquatic Microbiology. John Wiley & Sons, New York. pp. 145-184.
- Rodger H.D., T. Turnbull, C. Edwards and G.A. Codd. 1994. Cyanobacterial (blue-green-algal) bloom associated pathology in brown trout, *Salmo trutta* L., in Loch Leven, Scotland. *J. Fish. Dis.* **17**: 177-181.
- Toranzo, A.E., F. Nieto and J.L. Barja. 1990. Mortality associated with cyanobacterial bloom in farmed rainbow trout in Galicia (Northwestern, Spain). *Bull. Eur. Assoc. Fish. Pathol.* **10**: 106-107.
- (Manuscript received 16 February 2005,
Revision accepted 26 May 2005)