

평택호에서 수환경과 식물플랑크톤의 계절적 동태

신 재 기*

(건국대학교 지역건설환경공학과)

Seasonal Dynamics of Aquatic Environment and Phytoplankton in Pyeongtaek Reservoir, Korea

Jae-Ki Shin*

Department of Biological Systems Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Seasonal investigations were conducted to determine the major aquatic environmental factors and the variation of phytoplankton in Pyeongtaek Reservoir in March, June, September, and December 2000. Heavy rainfall mainly occurs from late June to mid-September, and water quality of reservoir was high in the influent zone of stream and riverine zone of reservoir. The biomass of phytoplankton was related to aquatic environmental factors. In particular, its value increased where nutrient concentration was high. Likewise, the increase of turbidity was found to have anthropogenic effects on the varying quantity of phytoplankton. The phytoplankton composition in quantitative survey identified into 43 genera and 71 species. Species numbers of Bacillariophyceae, Cyanophyceae, and Chlorophyceae accounted for 17%, 15%, and 49%, respectively, with the remainder constituting less than 3-7%. The distribution of such phyla also significantly varied according to seasons, accounting for 25%, 37%, 61%, and 14% in March, June, September, and December, respectively. Bacillariophyceae and Chlorophyceae were observed throughout the year, while Cyanophyceae proliferated in June and September. Euglenophyceae and Dinophyceae were prevalent in March and September, while Cryptophyceae occurred in March and December. The succession trend of phytoplankton showed the maximum cell density was followed by Bacillariophyceae (6.8×10^3 cells·mL⁻¹)→Chlorophyceae (3.7×10^3 cells·mL⁻¹)→Cyanophyceae (1.3×10^4 cells·mL⁻¹)→Cryptophyceae (1.2×10^3 cells·mL⁻¹). The cell density was the highest in the upstream. Dominant species were composed of *Aulacoseira ambigua*, *Stephanodiscus hantzschii* f. *tenuis* of Bacillariophyceae, *Anabaena spiroides* var. *crassa*, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria amphibia* of Cyanophyceae, *Actinastrum hantzschii* var. *fluvatile*, *Pediastrum duplex* var. *reticulatum* of Chlorophyceae, *Euglena gracilis*, *Trachelomonas* spp. of Euglenophyceae, and *Chroomonas* spp., *Cryptomonas* spp. of Cryptophyceae. As a results, seasonal variation of phytoplankton in Pyeongtaek Reservoir was evident in spite of inflow the high concentration of nutrients from watershed streams, because hydrological control and anthropogenic disturbance in reservoir were found to have major effects on the retention time of water.

Key Words: eutrophication, *Microcystis*, phytoplankton, Pyeongtaek Reservoir, *Stephanodiscus*, wastewater, water quality

서 론

평택호는 농업용수 확보의 목적으로 간척에 의해 인위적으로 조성된 하천 또는 하구형 담수호이다. 저수지는 유역의 도시, 농경지와 각종 공단시설 등 다양한 오염원이 위치하고 있고, 저수면적에 대한 유역 면적의 비율이 매우 높아 그 관

리가 쉽지 않았으며, 그 결과 부영양화로 인한 수원의 수질 악화는 불가피하였다(신과 전 2002; 신과 황 2003; 신 등 2003b). 저수지의 수질오염은 생태계의 허용환경용량 초과로 인해 나타나는 현상으로써 과다한 영양염 유입에 의한 식물플랑크톤의 높은 생산성을 초래하는 것으로 볼 수 있다(OECD 1982; Thornton *et al.* 1990; UN 1992; Wetzel 2001; Kalf 2002; 신 등 2003a, b).

하천수는 최종적으로 저수지로 공급되기 때문에 저수지의 수환경은 유역 하천의 오염 수준에 의해 좌우될 수 있으며,

*Corresponding author (jaekishin@hanmail.net)

지역간에 그 차이가 크고 다양하다(신 등 2000; 신 등 2003). 또한, 저수지의 오염은 기후, 수문과 지형학적 조건 뿐만 아니라 유역에서 오염원의 위치와 수리학적 체류시간이 중요한 변수가 될 수 있고, 하천수가 유입되는 직하류의 인접한 수역에서 그에 대한 영향 변동이 가장 심하며, 하류로 갈수록 감소하는 일반적인 특성을 보이게 된다(Kennedy and Walker 1990; 신 등 2003a).

식물플랑크톤은 저수지의 정체수역에서 1차 생산성을 지배하는 대표적인 생물 군집으로써, 수환경에 대한 지표로 널리 활용될 뿐만 아니라 상위 영양단계에 중요한 먹이와 에너지원으로 제공될 수 있다(Lindeman 1942; Fogg 1991). 특히, 식물플랑크톤의 생물량과 종조성은 수중 광환경, 수온과 저수 형태에 따라 달라질 수 있으나(Kimmel *et al.* 1990), 무엇보다도 생산성과 양적인 증감 조절은 영양염의 수준과 밀접한 관련성이 있기 때문에(Schindler 1978; Kimmel *et al.* 1990), 수환경을 연구함에 있어 식물플랑크톤의 계절적 변동은 매우 중요하다.

평택호에서 수환경과 식물플랑크톤에 관한 선행 연구는 매우 미흡하였다. 초기 담수화 시기에 수질(권 1976; 홍 등 1976), 플랑크톤 천이의 연구가 있었고(권 1976; 조 1976), 20년 후인 1997-1998년에 수질 특성과(황과 이 1998; 신과 전 2002) 식물플랑크톤의 군집 구조를 조사한 연구가 있었다(신과 김 2002). 또한, 2000년에 유역을 대상으로 수환경 오염도와(신 등 2003b) 조류생장잠재력측정을 평가한 연구가 추가되었다(신과 황 2003). 본 연구는 평택호를 대상으로 수환경과 식물플랑크톤을 동시에 조사하였고, 담수호의 수질 개선을 위해 추진되고 있는 정책에 대한 유용한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

재료와 방법

조사지 개황

본 연구 대상지는 우리나라 중부 서해에 인접한 아산만(37° 00' N, 127° 00' E)부근이다(Fig. 1). 만 연안의 주변에는 방조제 건설에 의해 간척 개발된 4개의 저수지(대호, 삼교호, 석문호와 평택호)가 위치하고 있다(신 등 2003b). 평택호는 그 중의 하나이고, 농업용수 확보를 목적으로 경기도와 충청남도의 경계에 위치한 감조수역인 진위천-안성천 하구를 가로질러 1970년 12월에 착공 후 1973년 12월에 준공된 인공호이다(홍 등 1976; 황과 이 1998; 신 등 2003b). 방조제의 총 길이는 2,564 m이고, 높이는 17 m이다. 유역면적은 40.4 km²이고, 저수면적은 0.6 km²으로써 그 비율은 67에 해당한다. 저수량은 82,892 × 10³ m³이고, 평균 수심과 수리학적 체류시간은 각각 4.2-7.1 m, 25-34일이다. 수심은 배수갑문 부근이 가장 깊고, 상류로 갈수록 급격하게 감소한다

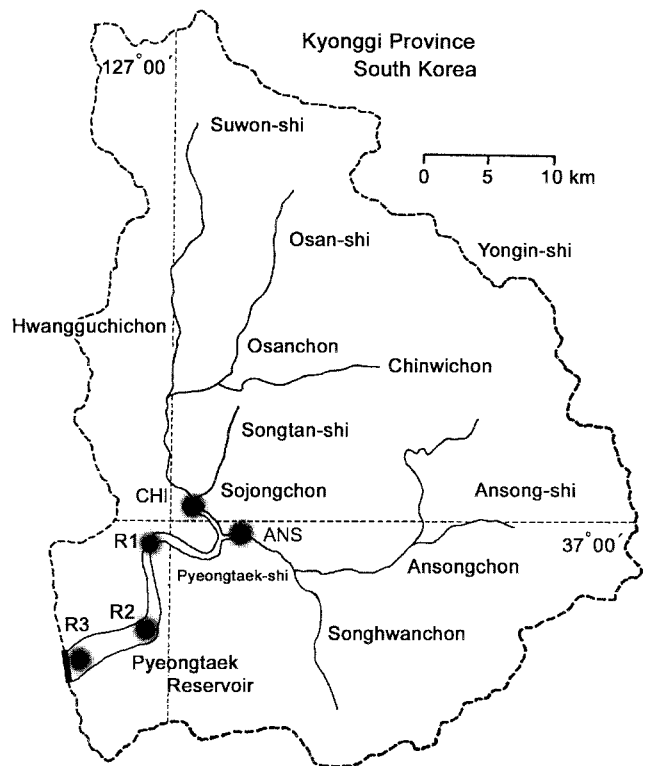


Fig. 1. Map showing sampling stations for the survey of aquatic environment and phytoplankton community in Pyeongtaek Reservoir.

(신 등 2003b).

평택호의 수문 현황에서 평균 유입 유량은 26.2 m³·s⁻¹이었고, 월 평균방류량은 94.9 × 10³ m³ (12.0-445.0 × 10³ m³ 범위)이었다. 저수지수의 배수를 위한 갑문을 연중 24%(약 90회) 조작하였고, 강수량은 7-10월 동안 풍부하여 총 강수량의 62%를 차지하였다(신 등 2003b). 또한, 이 시기 월방류량은 평균 방류량보다 초과하였고, 총방류량의 74%에 달한다. 저수지가 완공된 이후로 유역으로부터 퇴사가 지속적으로 유입(연평균 350 × 10³ m³)되고 있어 1985-2003년까지 준설을 시행하고 있고, 준설구간 하류부에는 연중 수색이 탁한 현상을 보이고 있다(신과 전 2002; 신 등 2003b).

평택호를 최종 집수역으로 하는 주요 유입하천은 황구지천, 진위천, 서정천, 안성천과 성환천이 해당하고, 오산천은 진위천의 중류부에서 합류되며, 평택호로 유입되는 본류는 진위천과 안성천으로써 안성천 수계에 해당한다. 하천은 소유역별로 중·상류에 중소도시를 두고 있으며, 이들 하천은 유역에서 발생하는 각종 생활 하·오수의 최종 배수로에 해당한다.

수환경 조사

본 연구는 평택호를 대상으로 강우 사정을 고려하여 2000년 3월, 6월, 9월과 12월에 각 1회씩 계절적으로 조사하였다.

Table 1. Comparison of pre-rainfall prior to sampling date in the Pyeongtaek Reservoir Watershed during January to December 2000. Plus-minus and parenthesis values indicate standard deviation, maximum and minimum, respectively. Mean data of rainfall for Suwon, Pyeongtaek, Ansong and Chonan area obtained from Korea Meteorological Agency.

| Factors\Sampling period | 2000 | | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| | 1 January-16 March | 17 March-8 June | 9 June-6 September | 7 September-4 December |
| Rainfall (mm) | 2.7±5.4 (24.5/0.1) | 2.4±4.3 (16.5/0.1) | 12.2±29.6 (172.6/0.1) | 18.8±27.8 (93.9/0.1) |
| Cumulative rainfall (mm) | 58.7 | 33.2 | 489.4 | 735.0 |

조사 지점은 하천의 유입부이면서 저수지의 최상류에 해당하는 진위천(CHI)과 안성천(ANS)에서 각 1개 정점과 저수지의 상류(R1), 중류(R2)와 하류(R3)에서 각 1개 정점으로 총 5개 지점이었고, 매번 GPS를 이용하여 동일 지점을 확인하였다(Fig. 1).

강수량은 유역에 위치한 측후소(수원, 평택, 안성과 천안)에서 측정된 일 자료의 평균값을 사용하였다(기상청 2000). 수온, DO, pH, 전기전도도와 탁도는 매번 보정한 YSI 6000 UPG meter로 현장에서 측정하였다. 수질 분석을 위한 시료는 CHI와 ANS의 경우 하상에서, R1-R3 구간은 소형 보트를 이용하여 각 지점의 중앙에서 직접 채수하였다. 유기물 분석을 위한 시료는 채수 후 그대로 사용하였고, 무기 영양염 분석을 위한 시료는 Whatman GF/F filter로 여과한 후 사용하였다. 수중 총질소(TN)와 총인(TP)은 persulfate digestion법(APHA·AWWA·WEF 1995), NH₄, NO₃, NO₂, SRP(soluble reactive phosphorus)와 SRSi(soluble reactive silicon) 영양염은 Rump and Krist(1988)와 APHA·AWWA·WEF(1995)의 방법에 따라 분석하였다. Chlorophyll-a 농도는 90% ethanol로 비등 추출하여 665 nm와 750 nm의 흡광도값으로 산정하였다(Nusch 1980). Algal Growth Potential Test(AGPT)는 신과 황(2003)에 제시된 방법으로 측정하였다. BOD는 초기 DO와 5일 동안 배양한 후 측정값의 차이로 보았고, COD는 중크롬산(K₂Cr₂O₇)을 산화제로 사용하는 크롬법을 적용하였다(APHA·AWWA·WEF 1995). 알칼리도는 Gran 적정법(Wetzel and Likens 1991), 경도는 EDTA 적정법(APHA·AWWA·WEF 1995)을 사용하였다. TSS는 전처리된 GF/F에 시료를 여과하고 건조 전후의 무게 차이로 계산하였다(APHA·AWWA·WEF 1995).

식물플랑크톤 분석

식물플랑크톤 검경을 위한 정량시료는 현장에서 Lugol's 용액으로 고정하였고, 5-7일 이상 정치한 후 10배 또는 20배로 농축시켰다. 농축 시료는 먼저 광학현미경(400× 또는 1,000×배율)으로 종조성을 파악하였고, 시료 1 ml을 Sedgwick-Rafter chamber에 담아 200×배율하에서 계수하

였다(Wetzel and Likens 1991). 규조류는 질산과 중크롬산(K₂Cr₂O₇)으로 산화시킨 후 세정하여 Pleurax로 영구표본을 만들어 동정하였다(APHA·AWWA·WEF 1995). 규조류 동정에는 Krammer and Lange-Bertalot(1991)를, 규조류를 제외한 다른 분류군은 Hirose *et al.*(1977), Prescott(1982)과 Watanabe(1996) 문헌을 참고하였다. 자료의 상관 분석은 SYSTAT[®] 8.0(SPSS Inc., 1998) 통계패키지를 이용하였다.

결과와 고찰

수환경 요인

평택호 유역에서 2000년에 내린 총강수량은 1,371.9 mm이었다. 무강수 일을 제외한 연중 강수량의 평균값과 범위는 각각 10.4 mm, 0.1-172.6 mm이었다. 시료 채수일을 기준으로 선행 강수량을 정리한 것은 Table 1과 같다. 평균 강수량은 6-12월이 1-5월보다 많았고, 누적 강수량은 1-6월 초순보다 6-9월 초순과 9-12월 초순동안이 각각 10.6배, 16.0배 더 풍부하였다(Table 1). 이러한 결과는 단순하게 저수지에 유입되는 수량이 많을 뿐만 아니라 저수지의 배수갑문 조작도 빈번하였을 것으로 추정되며, 신 등(2003)에 의하면, 7-10월 동안은 인위적인 갑문 조작으로 인해 저수지의 생태계 변화가 가장 심한 것으로 평가하였다(신과 전 2002; 신과 김 2002).

평택호의 주요 수환경 요인의 평균값, 최대값과 최소값을 나타낸 것은 Table 2와 같다. 수온의 범위와 평균값은 각각 5.2-28.9°C, 16.5°C이었다. 수온은 하천 유입부인 CHI에서 약 2°C정도 높았고, 저수지의 상·하류간에 큰 차이가 없었으나 수심이 깊은 하류가 중상류보다 조금 낮았다. DO는 5.1-12.3 mg O₂·l⁻¹ 범위로서 평균값은 8.3 mg O₂·l⁻¹이었고, 하천 유입부보다 저수지에서 1.3 mg O₂·l⁻¹ 정도 높았으며, 상류에서 하류로 갈수록 감소하는 경향을 보였다(Table 2). 수온과 DO의 이러한 양상은 신과 전(2002)의 결과와 일치하였고, 저수지에서 DO의 증가는 조류에 의한 왕성한 광합성 결과로 볼 수 있었다. pH의 평균값은 7.6-8.3 범위이었고, DO 분포와 유사하였다. 전기전도도는 239-870 μS·cm⁻¹

Table 2. Mean values of environmental factors in Pyeongtaek Reservoir and its main streams at March, June, September and December of 2000. Plus-minus and parenthesis values indicate standard deviation, maximum and minimum, respectively.

| Factors/Sampling stations | Chinwi Stream | Ansong Stream | Pyeongtaek Reservoir | | |
|---|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | CHI | ANS | R1 | R2 | R3 |
| Water temperature (°C) | 18.6±8.3 (28.9/10.4) | 16.2±8.2 (25.2/8.0) | 16.3±10.2 (26.7/5.7) | 16.3±10.3 (28.0/5.8) | 14.9±9.7 (24.8/5.2) |
| Dissolved oxygen (mg O ₂ ·l ⁻¹) | 7.8±1.1 (9.6/6.6) | 7.2±0.7 (7.9/6.3) | 9.9±1.5 (12.3/9.5) | 8.7±1.0 (10.5/7.9) | 7.9±1.6 (9.1/5.1) |
| pH | 7.8±0.2 (7.9/7.5) | 7.6±0.1 (7.7/7.4) | 8.3±0.5 (8.8/7.7) | 8.0±0.5 (8.7/7.4) | 7.9±0.5 (8.8/7.4) |
| Conductivity (μS·cm ⁻¹) | 699.3±55.7 (760.0/613.0) | 364.5±90.5 (466.0/225.0) | 560.0±263.3 (827.0/244.0) | 595.3±302.3 (867.0/240.0) | 550.3±270.0 (870.0/239.0) |
| Turbidity (NTU) | 12.2±1.9 (14.7/10.2) | 14.5±3.8 (18.6/8.3) | 19.4±4.4 (25.3/15.5) | 40.5±45.3 (108.0/13.2) | 30.9±40.4 (91.3/7.6) |
| Alkalinity (mg CaCO ₃ ·l ⁻¹) | 94.2±14.8 (113.7/75.0) | 73.4±25.4 (108.0/42.5) | 75.3±27.9 (102.0/38.0) | 68.0±25.7 (90.0/31.0) | 63.8±23.9 (86.0/30.0) |
| Hardness (mg·l ⁻¹) | 161.3±22.6 (189.0/126.0) | 94.3±24.1 (124.0/70.5) | 105.0±46.4 (168.0/70.0) | 106.0±48.7 (173.0/70.0) | 102.8±50.0 (172.0/66.0) |
| Total suspended solids (mg SS·l ⁻¹) | 19.4±4.6 (24.0/14.3) | 23.8±9.2 (34.1/8.9) | 32.1±24.3 (68.0/15.0) | 30.4±24.3 (66.5/14.4) | 20.9±11.7 (34.0/10.0) |
| Chlorophyll-a (μg·l ⁻¹) | 23.0±9.3 (32.9/10.6) | 11.5±3.5 (16.4/8.9) | 71.6±56.3 (130.4/13.6) | 36.9±42.0 (98.8/5.5) | 25.4±39.5 (84.1/0.3) |
| Algal growth potential (mg dw·l ⁻¹) | 212.7±94.2 (324.4/93.9) | 43.7±19.4 (63.4/17.3) | 72.7±52.5 (138.4/16.5) | 16.3±12.3 (30.7/2.9) | 10.0±15.1 (32.2/0.0) |
| Biological oxygen demand (mg O ₂ ·l ⁻¹) | 11.2±3.7 (14.5/5.4) | 8.1±3.0 (10.1/2.9) | 6.6±2.5 (10.2/4.8) | 5.8±2.7 (9.8/4.6) | 6.3±2.8 (10.4/4.1) |
| Chemical oxygen demand (mg O ₂ ·l ⁻¹) | 14.1±1.6 (16.7/12.5) | 11.0±1.2 (12.2/9.3) | 12.6±2.3 (14.7/9.4) | 9.8±2.4 (12.1/6.7) | 8.7±2.8 (11.6/6.0) |
| Total nitrogen (μg N·l ⁻¹) | 11,330.9±2,872.8 (14,886.7/7,351.0) | 7,065.0±1,776.4 (8,628.5/4,045.5) | 8,432.5±2,885.6 (11,223.0/9,286.0) | 7,134.8±1,720.1 (8,363.0/4,601.0) | 6,636.5±1,949.4 (8,074.0/3,880.0) |
| Ammonium (μg N·l ⁻¹) | 3,757.7±942.5 (5,073.9/2,917.7) | 2,626.2±1,484.5 (4,342.3/720.9) | 4,385.8±2,932.2 (6,357.2/73.1) | 3,029.3±2,277.4 (5,546.2/28.4) | 2,168.2±2,265.8 (5,367.5/20.4) |
| Nitrate (μg N·l ⁻¹) | 913.4±243.1 (1,178.7/591.4) | 801.7±47.7 (862.0/745.4) | 806.3±203.3 (1,045.4/552.9) | 928.7±327.0 (1,359.2/574.9) | 1,009.4±470.1 (1,690.2/613.3) |
| Nitrite (μg N·l ⁻¹) | 232.2±77.0 (336.4/152.9) | 177.5±124.4 (353.4/89.5) | 226.2±239.8 (503.0/82.2) | 216.3±252.0 (504.4/37.0) | 200.3±266.5 (503.0/0.9) |
| Total phosphorus (μg P·l ⁻¹) | 837.0±295.1 (1,142.7/528.6) | 447.4±207.6 (713.5/198.0) | 453.8±112.0 (585.7/345.0) | 262.0±137.0 (415.7/117.9) | 206.8±114.0 (323.9/72.2) |
| Soluble reactive phosphorus (μg P·l ⁻¹) | 531.9±175.4 (661.2/283.9) | 133.4±58.1 (192.3/54.4) | 220.3±157.4 (417.3/52.1) | 51.4±36.9 (94.5/11.2) | 31.9±45.7 (99.1/0.0) |
| Soluble reactive silicon (μg Si·l ⁻¹) | 2,730.0±788.0 (3,296.7/1,690.0) | 3,578.3±892.6 (4,365.0/2,330.0) | 2,530.0±540.1 (3,270.0/1,890.0) | 2,317.5±586.9 (3,190.0/1,550.0) | 2,225.0±582.0 (3,120.0/1,510.0) |

범위로서 평균값은 553.9 μS·cm⁻¹이었고, R1-R3 구간은 CHI와 ANS의 중간 수준이었다(Table 2).

수중 탁도는 7.6-108.0 NTU 범위이었고 시공간적으로 하계와 중하류(R2-R3) 구간에서 다소 높았다. 알칼리도는 30.0-113.7 mg CaCO₃·l⁻¹ 범위이었고, CHI를 제외한 정점

에서 큰 차이가 없었으나 하류로 갈수록 감소하는 경향이 있었다. 경도는 평균값은 66.0-189.0 mg CaCO₃·l⁻¹ 범위이었고, 평균값은 113.9 mg CaCO₃·l⁻¹로써 다른 정점의 평균 농도에 비해 CHI가 59 mg CaCO₃·l⁻¹ 정도 높았다(Table 2). 경도값에 의해 연수(0-75 mg CaCO₃·l⁻¹), 중경수(76-150 mg

$\text{CaCO}_3 \cdot \text{I}^{-1}$)와 경수($151\text{--}300 \text{ mg CaCO}_3 \cdot \text{I}^{-1}$)로 구분하는 기준(Miller *et al.* 1974)에 따르면, CHI는 경수에 해당하였고, 다른 정점은 중경수에 속하였다(Table 2). 이것은 최종적으로 오염도를 평가할 수 있는 척도가 될 수 있으며, 경도의 증감은 전기전도도, 총용존물질(TDS), 알칼리도, 총용존탄소, 칼슘과 마그네슘 농도와 유사한 패턴을 보이게 된다(Miller *et al.* 1974). TSS는 $8.9\text{--}68.0 \text{ mg SS} \cdot \text{I}^{-1}$ 범위였고, R1-R3 구간이 하천 유입부보다 $6.2 \text{ mg SS} \cdot \text{I}^{-1}$ 정도 높았으며, 최대값은 R1-R2 구간에서 관찰되었다. TSS의 증감 변동은 탁도의 결과와 유사하였고, 수중 투명도에 영향을 미치는 직접적인 요인이 될 수 있다. 유기 또는 무기질 측면으로 보면, 식물플랑크톤 생물량과 장마, 집중호우와 태풍 등으로 인한 탁수 유입에 밀접한 관련성이 있을 수 있고, 준설에 의한 인위적 교란도 크게 좌우하게 될 것으로 판단된다(신과 전 2002).

BOD는 $2.9\text{--}14.5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{I}^{-1}$ 범위였고, 평균값은 $7.6 \text{ mg O}_2 \cdot \text{I}^{-1}$ 이었다. COD은 $6.0\text{--}16.7 \text{ mg O}_2 \cdot \text{I}^{-1}$ 범위였고, 평균값은 $11.2 \text{ mg O}_2 \cdot \text{I}^{-1}$ 이었다. BOD와 COD는 하천 유입부에서 하류로 갈수록 감소하는 양상을 보였다(Table 2). 또한, 계절적으로 볼 때 BOD는 3월에 현저하게 높았고, 다른 시기에는 9월에 상류에서 조금 높은 값을 보였다. COD는 3-6월이 9-12월보다 높았고, 특히 9월에 상류에서 가장 높았다. 신과 전(2002), 신 등(2003b)에 의하면, 평택호에서 BOD와 COD의 증가는 유역으로 유입되는 미처리 하수와 하수 처리수의 영향이 매우 크기 때문으로 평가하였다.

수중 영양염과 chl-a 생물량

TN은 $3,880.0\text{--}14,886.7 \text{ } \mu\text{g N} \cdot \text{I}^{-1}$ 범위였고, 평균 농도는 $8,119.9 \text{ } \mu\text{g N} \cdot \text{I}^{-1}$ 이었다. NH_4 는 $20.4\text{--}6,357.2 \text{ } \mu\text{g N} \cdot \text{I}^{-1}$, NO_3 는 $552.9\text{--}1,690.2 \text{ } \mu\text{g N} \cdot \text{I}^{-1}$, NO_2 는 $0.9\text{--}504.4 \text{ } \mu\text{g N} \cdot \text{I}^{-1}$ 범위였고, 평균농도는 각각 $3,193.4 \text{ } \mu\text{g N} \cdot \text{I}^{-1}$, $891.9 \text{ } \mu\text{g N} \cdot \text{I}^{-1}$, $210.5 \text{ } \mu\text{g N} \cdot \text{I}^{-1}$ 이었다(Table 2). 또한, TN에 대한 비율은 NH_4 가 32.7-52.0%, NO_3 가 8.1-15.2%, NO_2 는 2.0-3.0% 범위으로써 N 성분은 정점에 따라 상이한 결과를 보였고, NH_4 의 비중이 더욱 높았다. TN은 R1에서 R3로 갈수록 감소하였고, 농도가 가장 낮은 9월을 제외하고는 시공간적으로 차이가 적었다. NH_4 와 NO_3 는 서로 상반되는 양상을 보여 NH_4 는 상류에서, NO_3 는 하류에서 높은 경향이였다(Table 2). 또한, NH_4 는 R1에서 계절적 차이가 적었으나, R2-R3 구간에서 컸고, 9월에는 전 정점에서 고갈 현상이 현저하였다. NO_3 는 NH_4 와 달리 3월에서 12월로 갈수록 증가하였고, NO_2 는 수온이 증가하는 6월에 특히 높았다.

TP의 범위와 평균값은 각각 $72.2\text{--}1,142.7 \text{ } \mu\text{g P} \cdot \text{I}^{-1}$, $441.4 \text{ } \mu\text{g P} \cdot \text{I}^{-1}$ 였고, TN의 분포와 유사하였다. SRP는 $0\text{--}661.2 \text{ } \mu\text{g P} \cdot \text{I}^{-1}$ 범위였고 평균값은 $193.8 \text{ } \mu\text{g P} \cdot \text{I}^{-1}$ 이었다(Table

2). SRP는 TP의 15.4-63.5% 범위를 차지하였고, TP가 높을수록 SRP의 농도도 높은 경향을 보였다. 또한, 9월을 제외한 시기에는 R1이 R2-R3 구간보다 높았고, 그 차이는 6월에 더욱 컸다. 평균 농도로 볼 때, R1이 R2-R3 구간에 비해 5.3배 더 풍부하였다(Table 2). SRSi는 $1,510.0\text{--}4,365.0 \text{ } \mu\text{g Si} \cdot \text{I}^{-1}$ 범위였고, 평균값은 $2,676.2 \text{ } \mu\text{g Si} \cdot \text{I}^{-1}$ 이었으며, ANS를 제외하고는 정점간에 차이가 크지 않았다(Table 2).

Chl-a 농도는 $0.3\text{--}130.4 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{I}^{-1}$ 범위였고, 평균값은 $33.7 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{I}^{-1}$ 이었다(Table 2). 계절에 관계없이 R1에서 항상 높은 농도를 유지하였고, 하천 유입부인 CHI와 ANS에서 낮았으며, 다른 시기에 비해 3월과 9월에 더욱 높았다. 또한, 선행 강수량이 빈약한 3월 갈수기에는 저수지의 전 정점에서 평균 농도가 $96.9 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{I}^{-1}$ 으로써 높았으나, 강수량이 풍부한 9월 풍수기에는 R1이 R2-R3 구간보다 11배 정도 커서 대비가 되었다. 하천 유입부보다 R1에서 chl-a가 높은 것은 수중 영양염이 풍부하게 공급되는 환경으로 볼 수 있고(신과 전 2002), 유입수와 저수지가 혼합되는 수리학적 변화가 중요한 작용 요인으로 추정되었다(신 등 2000; 신 등 2003a). AGPT값은 $0.0\text{--}324.4 \text{ mg dw} \cdot \text{I}^{-1}$ 범위였고, 평균값은 CHI에서 $212.7 \text{ mg dw} \cdot \text{I}^{-1}$, R1에서 $72.7 \text{ mg dw} \cdot \text{I}^{-1}$ 로써 매우 높았다(Table 2). CHI는 유역의 점오염원 영향이 절대적이었고(신과 황 2003), R1은 유역의 영향 뿐만 아니라 유속 감소에 따른 체류시간의 증가가 복합적으로 작용하였기 때문으로 본다.

주요 수환경 요인과 chl-a의 관계에서 하천 유입부와 R1-R3 구간의 특성은 구분될 수 있었다(Fig. 2). 수중 영양염은 전술한 바와 같이 CHI가 ANS보다 월등히 높은 농도로 유입되었고, R1에서 R3로 갈수록 감소하는 현상이 현저하였다. 특히, R1-R3 구간에서 chl-a가 증가함에 따라 NO_3 와 NO_2 는 유의한 상관성이 관찰되지 않았고($p > 0.001$, Figs 2C-D), TN($r = 0.998$, $p < 0.001$), NH_4 ($r = 0.988$, $p < 0.001$), TP($r = 0.998$, $p < 0.001$), SRP($r = 0.989$, $p < 0.001$)와 SRSi($r = 0.998$, $p < 0.001$) 농도는 높아졌으며(Fig. 2A-B, E-G), AGPT($r = 0.989$, $p < 0.001$)값도 증가하였다(Fig. 2H). CHI는 주요 오염물질 공급원으로 볼 수 있었고, 높은 영양염을 기반으로 식물플랑크톤 발생 잠재력이 다른 정점에 비해 R1에서 큼을 알 수 있었다. 이러한 현상은 유역 하천의 심각한 오염도를 짐작할 수가 있으며, 유입하천은 저수지의 부영양화에 대해 1차적으로 원인을 제공하는 유용한 사례가 될 수 있을 것으로 본다(신 등 2003a, b). 반면에, 수중 탁도는 오히려 R1보다 R2와 R3에서 높았는데 R1은 생물학적 영향이, R2-R3 구간은 무기물의 영향이 더욱 우세하게 작용하는 것으로 볼 수 있었다(Fig. 2I).

Pyeongtaek Reservoir

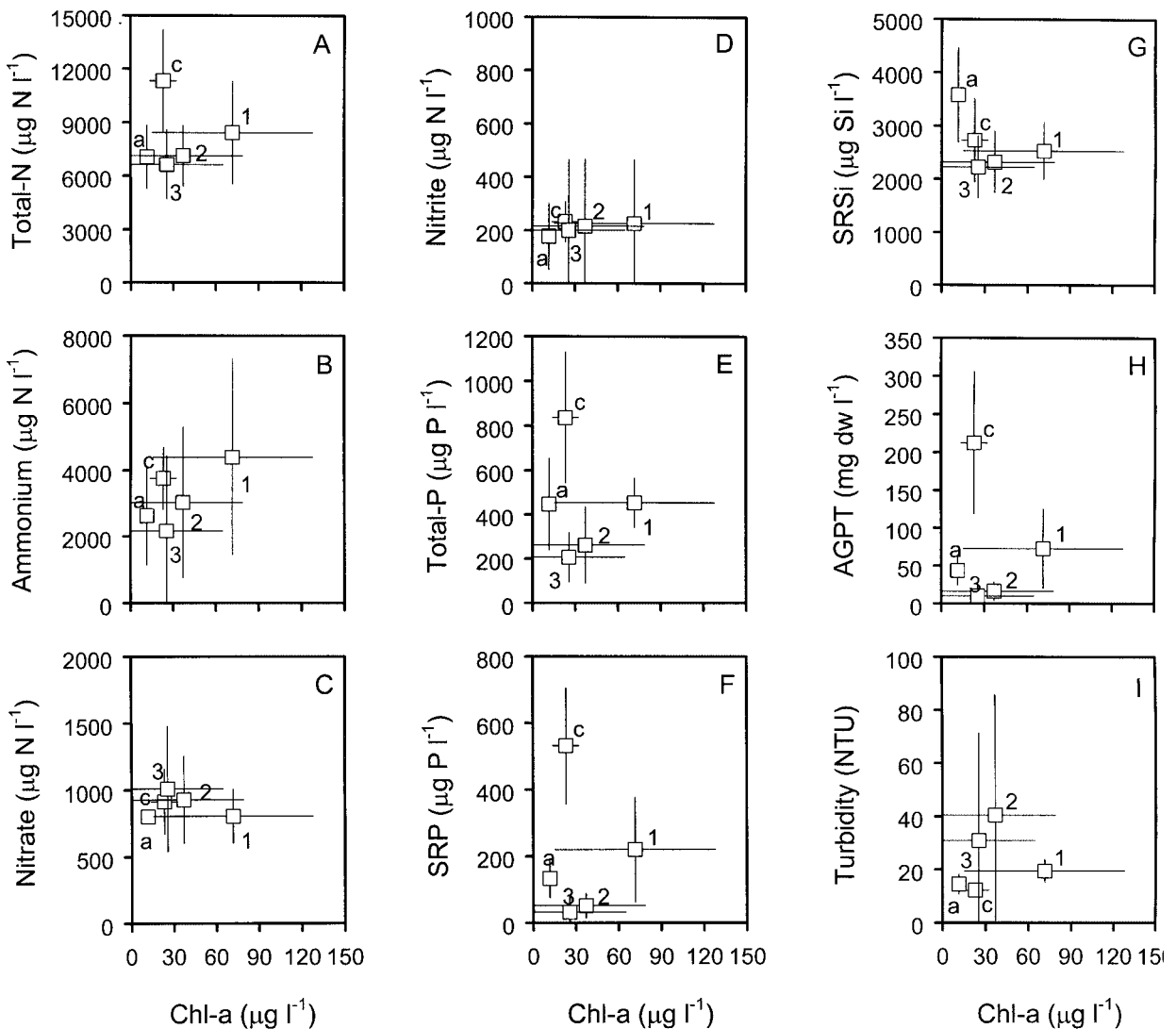


Fig. 2. Relationships between chlorophyll-a concentration and major environmental factors in Pyeongtaek Reservoir. c: Chinwi Stream, a: Ansong Stream, 1: R1(riverine zone), 2: R2(transition zone) and 3: R3(lacustrine zone).

식물플랑크톤의 분류군 변동

평택호의 3개 지점에서 정량 관찰된 식물플랑크톤의 분류군, 종조성과 현존량을 나타낸 것은 Table 3과 같으며, 분류군의 계절 변동을 나타낸 것은 Fig. 3과 같다. 조사된 식물플랑크톤은 총 43속 71종으로 정리되었고, 주요 분류군은 규조류(17%), 남조류(15%), 녹조류(49%), 유글레나조류, 와편모조류, 은편모조류와 황색착편모조류(< 3-7%)로 구성되었다. 계절적으로 볼 때, 3월, 6월, 9월과 12월에 각각 25%, 37%, 61%와 14%로써, 규조류, 유글레나조류와 와편모조류는 3월과 9월에, 남조류는 6월과 9월에, 녹조류는 3월, 6월과 9월에, 은편모조류는 3월과 12월에 각각 풍부하였다(Fig. 3). 관찰된 총 세포수에 대한 상대 밀도는 규조류, 남조류와 은

편모조류가 높았고, 정점간에 변동 폭이 큰 분류군으로는 남조류와 녹조류가 해당하였다(Fig. 3). 평택호의 식물플랑크톤 종조성과 변동은 1997년 3-11월 기간에 정성과 정량조사된 신과 김(2002)의 결과와 유사하였다.

규조류는 3월에 총세포수의 평균값이 $6.0 \times 10^3 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-1}$ 로써 다른 시기에 비해 12배 더 많았다(Fig. 3A). 남조류가 가장 번무하였던 시기는 9월이었고, 총세포수는 R1($7.7 \times 10^3 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-1}$)이 R2-R3($1.0 \times 10^3 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-1}$) 구간에 비해 월등히 많았으며, 하계에 평균 세포수는 $1.2 \times 10^4 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-1}$ 에 달하였다(Fig. 3B). 녹조류는 3-9월에 평균세포수가 $1.3 \times 10^3 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-1}$ 이었고, 6월에 R3에서 총세포수가 $5.2 \times 10^3 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-1}$ 로써 가장 많았다(Fig. 3C). 은편모조류는 규조류

Pyeongtaek Reservoir

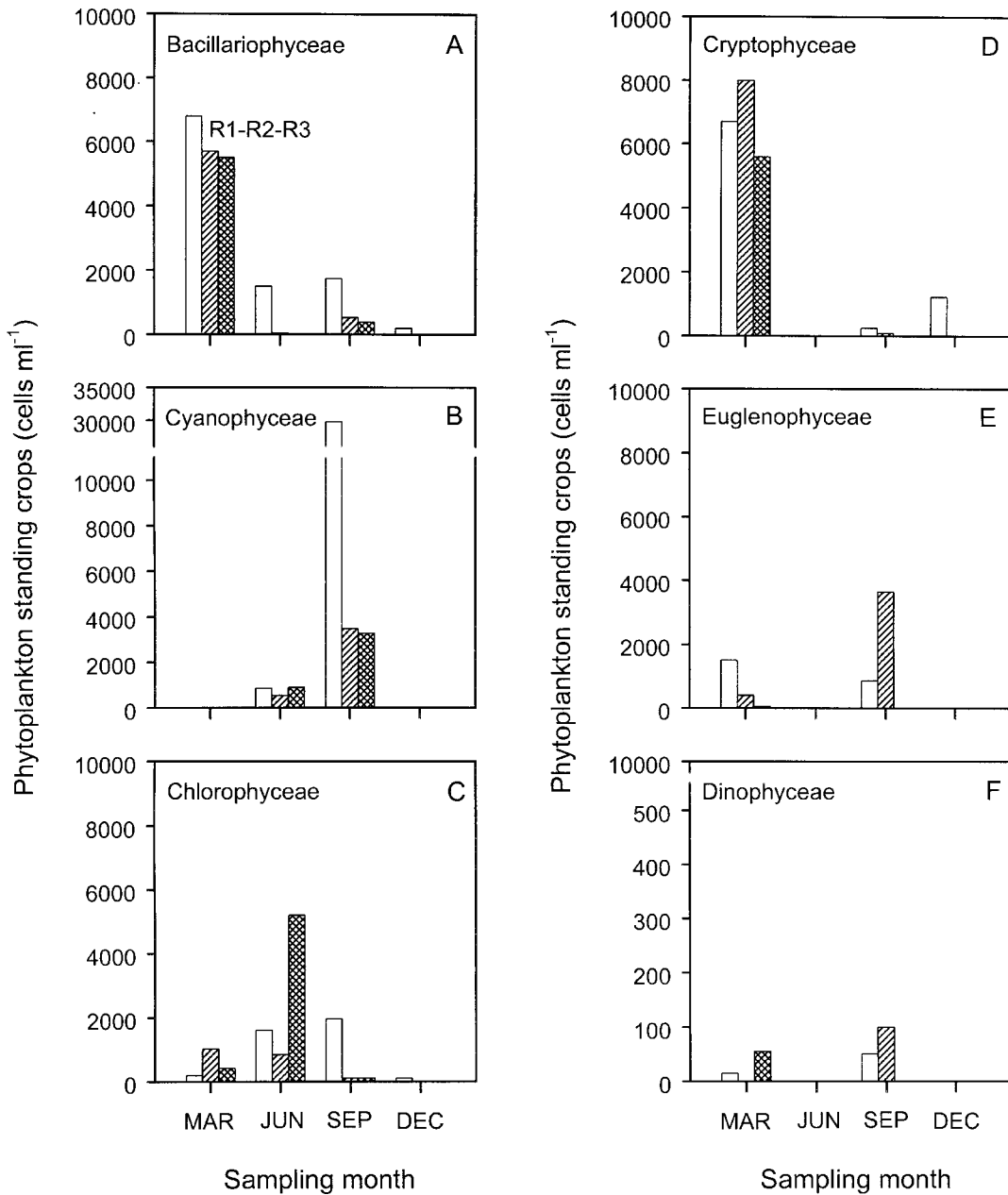


Fig. 3. Temporal and spatial variations of the standing crops of phytoplankton in Pyeongtaek Reservoir in March, June, September and December 2000. R1: riverine zone, R2: transition zone and R3: lacustrine zone.

와 함께 3월에 평균 세포수가 2.3×10^3 cells·mL⁻¹로써 풍부하였고, 9월과 12월에는 각각 1.1×10^2 cells·mL⁻¹, 4.1×10^2 cells·mL⁻¹로써 3월에 비해 4.8-17.5%에 해당하여 빈약하였다(Fig. 3D). 유글레나조류와 와편모조류는 3월과 9월에 평균 세포수가 각각 6.5×10^2 , 1.5×10^3 cells·mL⁻¹, 2.3×10^3 , 5.0×10^2 cells·mL⁻¹로써 9월보다 3월에 조금 더 많았다(Fig. 3E-F).

식물플랑크톤의 개체군 변동

규조류(**Bacillariophyceae**): 규조류는 *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Gyrosigma*, *Melosira*, *Stephanodiscus*와 *Synedra* 속이 주류를 이루어, 중심형 규조류가 대부분을 차지하였다(Table 3). *Aulacoseira*속 규조류는 6-9월에 풍부하였고, *A. ambigua*(900-1,075 cells·mL⁻¹), *A. granulata*(75 cells·

Table 3. The species composition and maximum standing crops of phytoplankton observed by quantitative survey in Pyeongtaek Reservoir at March, June, September and December of 2000. r: rare, +: < 30 cells, 1: < 1×10^2 cells, 2a: < 5×10^2 cells, 2b: < 1×10^3 cells, 3a: < 5×10^3 cells, 3b: < 1×10^4 cells and 4a: < 5×10^4 cells \cdot mL^{-1} , respectively. The letter-numeric in parenthesis indicate sampling stations: riverine zone (R1), transition zone (R2) and lacustrine zone (R3)

| Species name \ Sampling month | 2000 | | | |
|---|----------|--------|-----------|----------|
| | March | June | September | December |
| Bacillariophyceae | | | | |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> | . | 2b(R1) | 3a(R1) | . |
| <i>Aulacoseira granulata</i> | . | . | 1(R3) | . |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> | . | . | 2a(R3) | r |
| <i>Aulacoseira subartica</i> | . | . | 1(R1) | . |
| <i>Cyclotella atomus</i> | . | . | 2a(R2) | . |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> | . | 2a(R3) | 1(R1) | . |
| <i>Cyclotella stelligera</i> | . | . | . | 2a(R1) |
| <i>Gyrosigma</i> sp. | . | + | . | . |
| <i>Melosira varians</i> | . | 1(R2) | . | r |
| <i>Stephanodiscus hantzschii</i> f. <i>tenuis</i> | 3b(R1-3) | . | . | . |
| <i>Stephanodiscus</i> sp. | . | . | . | r |
| <i>Synedra acus</i> | r | 1(R3) | 1(R1) | . |
| Cyanophyceae | | | | |
| <i>Anabaena planktonica</i> | . | . | 2a(R1) | . |
| <i>Anabaena spiroides</i> var. <i>crassa</i> | . | . | 3a(R1) | . |
| <i>Chroococcus turgidus</i> | . | 2b(R1) | . | . |
| <i>Dactylococcopsis</i> sp. | . | r | . | . |
| <i>Lygbya major</i> | . | r | . | . |
| <i>Merismopedium elegans</i> | . | . | 2a(R1) | . |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> | . | 2a(R3) | 4a(R1) | . |
| <i>Microcystis ichthyoblabe</i> | . | r | . | . |
| <i>Oscillatoria amphibia</i> | . | . | 4a(R1) | . |
| <i>Oscillatoria limnetica</i> | . | . | r | . |
| <i>Oscillatoria limosa</i> | . | 2a(R2) | r | . |
| Chlorophyceae | | | | |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> | 1(R3) | . | . | . |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>fluviatile</i> | . | . | 3a(R1) | . |
| <i>Ankistrodesmus falcatus</i> | 2a(R1-2) | 1(R3) | . | 1(R1) |
| <i>Ankistrodesmus spiralis</i> | . | . | 1(R1) | . |
| <i>Chlamydomonas globosa</i> | 2a(R1) | . | . | . |
| <i>Chlamydomonas</i> sp. | . | . | r | . |
| <i>Closterium gracile</i> | . | . | + | . |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> | . | . | r | . |
| <i>Coelastrum sphaericum</i> | . | 2b(R3) | . | . |
| <i>Cosmarium undulatum</i> f. <i>minor</i> | . | + | . | . |
| <i>Eudorina elegans</i> | . | . | 2a(R1) | . |
| <i>Golenkinia radiata</i> | . | . | r | . |
| <i>Kirchneriella contorta</i> | . | . | 1(R3) | . |
| <i>Lagerheimia longiseta</i> | . | + | . | . |
| <i>Micractinium pusillum</i> | 2b(R1) | . | . | + |
| <i>Monoraphidium griffith</i> | . | . | r | 1(R1) |
| <i>Oocystis</i> sp. | . | r | . | . |
| <i>Pandorina morum</i> | . | 1(R1) | 2a(R1) | . |
| <i>Pediastrum duplex</i> var. <i>reticulatum</i> | . | 3a(R1) | . | . |
| <i>Pediastrum</i> sp. | . | 2b(R1) | . | . |

Table 3. (continued)

| Species name \ Sampling month | 2000 | | | |
|--|--------|--------|-----------|----------|
| | March | June | September | December |
| <i>Polyedriopsis spinulosa</i> | . | . | + | . |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> | 2a(R1) | . | . | . |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> f. <i>maximus</i> | + | 1(R3) | . | . |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>acuminatus</i> | . | . | 1(R1) | . |
| <i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>arcuatus</i> | . | . | r | . |
| <i>Scenedesmus bicaudatus</i> | . | . | + | . |
| <i>Scenedesmus ecornis</i> var. <i>ecornis</i> | . | r | . | . |
| <i>Scenedesmus longispina</i> | . | . | 1(R1) | . |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> | + | 2a(R3) | 1(R1) | . |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>westii</i> | . | . | + | . |
| <i>Scenedesmus</i> sp. | . | + | . | . |
| <i>Schroederia setigera</i> | . | . | r | . |
| <i>Selenastrum capricornutum</i> | 2a(R2) | . | . | . |
| <i>Tetrastrum heterocanthum</i> | . | . | 1(R1) | . |
| <i>Treubaria setigerum</i> | . | . | + | . |
| Euglenophyceae | | | | |
| <i>Euglena elastica</i> | . | . | + | . |
| <i>Euglena gracilis</i> | 3a(R1) | . | 1(R1) | r |
| <i>Euglena</i> sp. | 2a(R1) | + | r | . |
| <i>Phacus longicauda</i> | . | . | + | + |
| <i>Trachelomonas</i> sp. | + | + | 3a(R2) | . |
| Dinophyceae | | | | |
| <i>Dinophysis</i> sp. | + | . | . | . |
| <i>Gymnodinium</i> sp. | 1(R3) | . | . | . |
| <i>Peridinium</i> sp. | + | . | 1(R2) | . |
| Cryptophyceae | | | | |
| <i>Chroomonas</i> sp. | 3b(R1) | . | . | . |
| <i>Cryptomonas</i> sp. | 2a(R1) | . | 2a(R1) | 3a(R1) |
| Chrysophyceae | | | | |
| <i>Ophiocytium capitatum</i> var. <i>longispinum</i> | . | r | . | . |
| <i>Ophiocytium cochleare</i> | . | . | r | . |
| <i>Ophiocytium parvulum</i> | . | . | r | . |

mL^{-1}), *A. granulata* var. *angustissima* ($488 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$)와 *A. subartica* ($25\text{--}38 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$)가 주종을 이루었다. *Aulacoseira* 속 조류는 9월에 다양하였고, 6월과 12월에는 적었으며, 3월에는 관찰되지 않았다. *Cyclotella*속은 *C. atomus* ($250\text{--}500 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$), *C. meneghiniana* ($5\text{--}500 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$)와 *C. stelligera* ($200 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$)가 관찰되었다. *Cyclotella*속 개체군은 *Aulacoseira*속이 관찰되는 시기와 유사하였고, *C. atomus*는 9월에, *C. meneghiniana*는 6월에, *C. stelligera*는 12월에 각각 높은 현존량을 기록하였다.

*Stephanodiscus*속은 *S. hantzschii* f. *tenuis* ($5,500\text{--}6,800 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$)와 *Stephanodiscus* spp. 2종이었다. *S. hantzschii*

f. *tenuis*는 3월에 평균 세포수가 $6.0 \times 10^3 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로써 규조류 중에서 가장 높은 밀도를 보였고, *Stephanodiscus* spp.는 12월에 관찰만 되는 수준이었다(Table 3). 이 속은 특히 우리나라의 부영양화된 수계에서 늦가을부터 이듬해 봄까지 만성적인 번무현상을 보이고 있고, 오염지표 평가에 활용 가능성이 높아 앞으로 지속적인 관찰이 필요할 것으로 본다(조 등 1998). 그 외, 규조류는 *Synedra acus*가 3-9월에 $13\text{--}50 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$ 범위로, *Melosira varians*가 6월과 12월에 $20\text{--}40 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$ 범위로 출현하였고, *Gyrosigma* spp.는 6월에 관찰만 되는 수준이었다.

남조류(Cyanophyceae): 남조류는 *Anabaena*, *Chroococcus*, *Merismopedium*, *Microcystis*와 *Oscillatoria*속 조류가 주종을 이루었고, 6-9월에 번무하였다(Table 3). *Anabaena*속 조류는 *A. planktonica*(125 cells·mL⁻¹)와 *A. spiroides* var. *crassa*(81-3,083 cells·mL⁻¹)의 2종이 해당하였다. 최대 밀도는 *A. spiroides* var. *crassa*가 *A. planktonica*보다 높았고, 9월에만 확인되었다. *Chroococcus*속과 *Merismopedium*속은 각각 *C. turgidus*(400-900 cells·mL⁻¹)와 *M. elegans*(400 cells·mL⁻¹)이었고, 6월과 9월에만 관찰되었다.

*Microcystis*속은 *M. aeruginosa*(465-13,042 cells·mL⁻¹)와 *M. ichthyoblabe*의 2종이 관찰되었다. *M. aeruginosa*는 6월보다 9월에 폭발적인 증가를 보였고, *M. ichthyoblabe*는 6월에 관찰만 되는 정도이었다(Table 3). *Oscillatoria*속 남조류는 *O. amphibia*(1625-13,167 cells·mL⁻¹), *O. limnetica*와 *O. limisa*(150 cells·mL⁻¹) 등 3종이 주로 관찰되었다. *O. amphibia*는 9월에, *O. limosa*는 6월에 각각 높은 밀도를 기록하였고, *O. limnetica*는 9월에 확인되는 정도이었다.

녹조류(Chlorophyceae): 녹조류는 *Actinastrum*, *Ankistrodesmus*, *Chlamydomonas*, *Coelastrum*, *Cosmarium*, *Eudorina*, *Micractinium*, *Pandorina*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*와 *Selenastrum*속 조류가 주류를 이루었다(Table 3). 이 중에서 mL당 10² 세포가 넘는 개체군은 단세포 조류보다 군체형이 더욱 많았다. *Actinastrum*속은 *A. hantzschii*와 *A. hantzschii* var. *fluviatile*이었고, 각각 3월(40 cells·mL⁻¹)과 9월(1,333 cells·mL⁻¹)에 관찰되었다. *Ankistrodesmus*속은 *A. falcatus*(33-400 cells·mL⁻¹)가 3-6월과 12월에, *A. spiralis*(38 cells·mL⁻¹)는 9월에 출현하였다. *Chlamydomonas*속은 *C. globosa*(50-400 cells·mL⁻¹)와 *Chlamydomonas* spp.이었고, 각각 3월과 9월에 출현하였다. *Coelastrum*속은 *C. reticulatum*과 *C. sphaericum*(100-800 cells·mL⁻¹)이 해당하였고, 각각 9월과 6월에 관찰되었다. *Pediastrum*속은 *P. duplex* var. *reticulatum*(250-3,700 cells·mL⁻¹)과 *Pediastrum* spp.(933 cells·mL⁻¹)이었고, 6월에만 관찰되었다.

*Scenedesmus*속은 *S. acuminatus*(160 cells·mL⁻¹), *S. acuminatus* f. *maximus*(20-40 cells·mL⁻¹), *S. acuminatus* var. *acuminatus*(50 cells·mL⁻¹), *S. arcuatus* var. *arcuatus*, *S. bicaudatus*(25 cells·mL⁻¹), *S. ecornis* var. *ecornis*, *S. longispina*(50 cells·mL⁻¹), *S. quadricauda*(20-400 cells·mL⁻¹), *S. quadricauda* var. *westii*(25 cells·mL⁻¹)와 *Scenedesmus* spp.(20 cells·mL⁻¹)의 총 10종으로 다른 분류군에 비해 종수가 풍부하였다(Table 3). 이 중에서 *S. acuminatus*는 3월에, *S. quadricauda*는 6월에 100 cells·mL⁻¹을 초과하여 다른 종보다 많은 편이었다. 그 외, *Eudorina elegans*(163 cells·mL⁻¹)와 *Pandorina morum*(50-175 cells·

mL⁻¹)은 9월에, *Micractinium pusillum*(20-800 cells·mL⁻¹)과 *Selenastrum capricornutum*(100-200 cells·mL⁻¹)은 3월에 세포밀도가 높았다. 또한, *Closterium gracile*(13 cells·mL⁻¹), *Cosmarium undulatum* f. *minor*(5 cells·mL⁻¹), *Golenkinia radiata*, *Kirchneriella contorta*(31 cells·mL⁻¹), *Lagerheimia longiseta*(5 cells·mL⁻¹), *Monoraphidium griffith*(50 cells·mL⁻¹), *Oocystis* spp., *Polyedriopsis spinulosa*(13 cells·mL⁻¹), *Schroederia setigera*, *Tetrastrum heterocanthum*(50 cells·mL⁻¹)과 *Treubaria setigerum*(13 cells·mL⁻¹)이 6월-9월에 저밀도로 관찰되었다.

편모조류(Flagellates): 유글레나조류는 *Euglena*, *Phacus*와 *Trachelomonas*속이 주로 관찰되었다(Table 3). *Euglena*속은 *E. elastica*(13 cells·mL⁻¹), *E. gracilis*(20-1,100 cells·mL⁻¹)와 *Euglena* spp.(10-400 cells·mL⁻¹)이었고, 3월에 풍부하였다. *Phacus longicauda*와 *Trachelomonas* spp.는 각각 5-13 cells·mL⁻¹와 5-3,600 cells·mL⁻¹ 범위로 관찰되었고, *Trachelomonas* spp.는 *Euglena*속과 달리 유입량이 급증한 후인 9월에 풍부하였다.

은편모조류는 *Chroomonas*와 *Cryptomonas*속이었고, *Chroomonas* spp.는 3월에 1,000-3,200 cells·mL⁻¹ 범위로, *Cryptomonas* spp.는 3월, 9월과 12월에 83-1,225 cells·mL⁻¹ 범위로 출현하였다(Table 3). 또한, 외편모조류는 *Dinophysis* spp., *Gymnodinium* spp.와 *Peridinium* spp.가 3월과 9월에 5-100 cells·mL⁻¹ 범위로 관찰되었고, 황색착편모조류는 *Ophiocytium*속으로써 *O. capitatum* var. *longispinum*, *O. cochleare* 및 *O. parvulum*의 출현이 확인되었다(Table 3). 간척 담수호에서 해양성 외편모조류의 출현은 높은 현존량을 기록하지는 않으나, 다소 연안수의 영향을 받고 있음을 시사하는 원인이 될 수 있고, 이러한 결과는 신과 김(2002)에서도 제시되고 있었다. 또한, 배수갑문 조작과 일시적 준설 등의 인위적인 영향도 배제할 수 없기 때문에, 이에 대한 연구는 향후 추가적으로 필요할 것으로 본다.

우점 종조성과 계절 변동

평택호에서 2000년에 정량 조사된 식물플랑크톤 분포에서 mL당 10³ 세포를 초과한 종을 우점종으로 구분할 때, 총 11종으로 요약되었다(Table 4). 주요 우점 종조성은 규조류 *Aulacoseira ambigua*, *Stephanodiscus hantzschii* f. *tenuis*, 남조류 *Anabaena spiroides* var. *crassa*, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria amphibia*, 녹조류 *Actinastrum hantzschii* var. *fluviatile*, *Pediastrum duplex* var. *reticulatum*, 유글레나조류 *Euglena gracilis*, *Trachelomonas* spp.와 은편모조류 *Chroomonas* spp., *Cryptomonas* spp. 등이 해당하였다. 시기적으로 보면, 9월에 6종(55%)으로 가장 많았고, 남조류는 이 시기에 밀집되어 있었으며, 은편모조류 중 *Cryptomonas*

Table 4. Comparison of the important phytoplankton flora (> 1 × 10³ cells · m⁻¹) according to the sampling season in Pyeongtaek Reservoir

| Phytoplankton flora \ Sampling month | 2000 | | | |
|--|-------|------|-----------|----------|
| | March | June | September | December |
| Bacillariophyceae | | | | |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> | . | ● | ● | . |
| <i>Stephanodiscus hantzschii</i> f. <i>tenuis</i> | ● | . | . | . |
| Cyanophyceae | | | | |
| <i>Anabaena spiroides</i> var. <i>crassa</i> | . | . | ● | . |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> | . | . | ● | . |
| <i>Oscillatoria amphibia</i> | . | . | ● | . |
| Chlorophyceae | | | | |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>fluviatile</i> | . | . | ● | . |
| <i>Pediastrum duplex</i> var. <i>reticulatum</i> | . | ● | . | . |
| Euglenophyceae | | | | |
| <i>Euglena gracilis</i> | ● | . | . | . |
| <i>Trachelomonas</i> sp. | . | . | ● | . |
| Cryptophyceae | | | | |
| <i>Chroomonas</i> sp. | ● | . | . | . |
| <i>Cryptomonas</i> sp. | . | . | . | ● |

spp.는 12월에만 제한되어 있었다(Table 4). 또한, 최대 세 포밀도로 본 천이양상은 규조류(6.8 × 10³ cells · m⁻¹) → 녹조류(3.7 × 10³ cells · m⁻¹) → 남조류(1.3 × 10⁴ cells · m⁻¹) → 은편모조류(1.2 × 10³ cells · m⁻¹) 순으로 전개되었다.

사 사

본 연구는 2000년도 한국수자원공사 아산수도건설단의 연구비에 의해 수행되었으며, 연구 지원에 대해 감사드립니다. 또한, 본 논문을 심사해 주신 심사위원께 감사드립니다.

참고문헌

권오길. 1976. 아산호를 다녀와서. 한국생물교육학회지 6: 10.
 기상청. 2000. 기후 자료(수원, 천안) 및 민원 자료(평택, 안성).
<http://www.kma.go.kr>
 신윤근, 김영길. 2002. 아산호의 생태학적 연구 2. 식물플랑크톤 군집 구조. 한국육수학회지 35: 187-197.
 신윤근, 전상호. 2002. 아산호의 생태학적 연구 1. 이화학적 특성과 영양상태. 한국육수학회지 35: 181-186.
 신재기, 김동섭, 이혜근, 맹승진, 황순진. 2003a. 옥천천(만) 유역 하천과 만입부의 수환경 평가. 한국육수학회지 36: 181-190.
 신재기, 조주래, 황순진, 조경제. 2000. 경안천-팔당호의 부영양화와 수질오염 특성. 한국육수학회지 33: 387-394.
 신재기, 황순진, 조경제. 2003b. 평택호와 유역 하천의 수환경 및 오염도 평가. 한국육수학회지 36: 38-47.
 신재기, 황순진. 2003. 평택호와 유역 하천에서 조류생장잠재력측

정. 한국육수학회지 36: 172-180.
 조규승. 1976. 담수화 과정에 있는 아산호 및 남양호의 육수학적 양상에 관하여. 춘천교육대학 과학교육연구지 2: 67-79.
 조경제, 신재기, 광승국, 이옥희. 1998. 담수산 *Stephanodiscus*속 규조류의 오염지표성 평가. 한국육수학회지 31: 204-210.
 홍사육, 조현영, 나규환. 1976. 아산호의 육수학적 연구. 한국육수학회지 9: 55-59.
 황순진, 이상훈. 1998. 경기도 인공호수의 수질개선과 효과적인 관리방안 — 평택호를 중심으로. 경기개발연구원 연구보고서. 159 pp.
 APHA·AWWA·WEF. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC., USA.
 Fogg G.E. 1991. The phytoplanktonic ways of life. *New Phytol.* 118: 191-232.
 Hirose H., Akiyama M., Iriya T., Imahori K., Kasaki H., Kumana S., Kobayashii H., Takahashi E., Tsumura K, Hirano M. and Yamagishi T. 1977. *Illustrations of the Japanese Freshwater Algae*. Uchidarokakuho Publ. Co. Ltd. Tokyo, Japan. 927pp.
 Kalf J. 2002. *Limnology: Inland Water Ecosystems*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, USA. 592pp.
 Kennedy R.H. and Walker W.W. 1990. Reservoir nutrient dynamics. In: Thornton K.W., Kimmel B.L. and Payne F.E. (eds) *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA. pp. 109-131.
 Kimmel B.L., Lind O.T. and Paulson L.J. 1990. Reservoir primary production. In: Thornton K.W., Kimmel B.L. and Payne F.E. (eds) *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA. pp. 133-193.

- Krammer K. and Lange-Bertalot H. 1991. *Bacillariophyceae*. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart · New York. 576 pp.
- Lindeman R. 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* **23**: 399-418.
- Miller W.E., Maloney T.E. and Greene J.C. 1974. Algal productivity in 49 lake waters as determined by algal assays. *Water Research* **8**: 667-679.
- Nusch E.A. 1980. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Arch. Hydrobiol. Beih. (Ergebn. Limnol.)*, **14**: 14-36.
- OECD. 1982. *Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France. 154 pp.
- Prescott G.W. 1982. *Algae of the Western Great Lakes Area with an Illustrated Key to the Genera of Desmids and Freshwater Diatoms*. W.M. C. Brown Company Publishers, USA. 977 pp.
- Rump H.H. and Krist H. 1988. *Laboratory Manual for the Examination of Water, Wastewater, and Soil*. VCH Verlagsgesellschaft Publication, New York, USA. 190 pp.
- Schindler D.W. 1978. Factors regulating phytoplankton production and standing crop in the world's freshwaters. *Limnol. Oceanogr.* **23**: 478-496.
- SPSS. 1998. SYSTAT® 8.0 Statistics. SPSS Inc., Chicago, USA. 1086 pp.
- Thornton K.W., Kimmel B.L. and Payne F.E. 1990. *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA. 246 pp.
- UN(United Nations). 1992. *Protection of Inland Waters against Eutrophication*. New York, ECE/ENVWA/26. 29 pp.
- Watanabe M. 1996. Isolation, cultivation and classification of bloom forming *Microcystis* in Japan. In: Watanabe M.F., Harada K., Carmichael W.W. and Fujiki H. (eds) *Toxic Microcystis*. CRC Press, Boca Raton, London. pp. 13-34.
- Wetzel R.G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3rd ed. Academic Press, California, USA. 1006 pp.
- Wetzel R.G. and Likens G.E. 1991. *Limnological Analyses*. 2nd ed. Springer-Verlag New York Inc., USA. pp. 107-128.

Accepted 30 May 2003