한국환경과학회지 제18권(제12호), 1383～1390, 2009
Journal of the Environmental Sciences

광주지역 저수지수 수질특성에 관한 연구

김동수·박종환*·김연희·송형명·박종태
광주광역시보건환경연구원, *영산강물환경연구소
(2009년 6월 22일 접수; 2009년 8월 24일 수정; 2009년 9월 29일 채택)

A Study on the Water Quality Characteristics of the Reservoirs in Gwangju City

Dong-Soo Kim, Jong-Whan Park*, Yun-Hee Kim,
Hyung-Myung Song and Jong-Tae Park
Gwangju Metropolitan Health & Environment Research Department, Gwangju 502-240, Korea
**Yeongsan River Environmental Research Laboratory, Gwangju 500-480, Korea*
(Manuscript received 22 June, 2009; revised 24 August, 2009; accepted 29 September, 2009)

Abstract

This study was performed to investigate the physico-chemical properties and phytoplankton concentration from February to December, 2007 in Gwangju area reservoirs. Water samples from 20 reservoirs were analyze d. As results of the water quality analysis, the average pH was 7.6 and annual pH were 6.3 ～9.6. The higher pH of 8.6 ～ 9.6 were showed from March to August due to eutrophication. Chlorophyll-a concentration ranged from 0.4 to 164.3 mg/㎥. The highest chlorophyll-a concentration was observed in August. BOD was correlated with SS, T-N, and Chlorophyll-a(R=0.82, 0.90 and 0.84) respectively. COD was correlated with BOD, SS and Chlorophyll-a(R= 0.89, 0.77 and 0.76) respectively. The T-N/T-P ratios were 4～281, so phosph orus was considered to be the limiting factor in most of points. The trophic state showed eutrophicate states in Gwangju reservoirs. Therefore it was necessary to monitor continuously. In order to monitor the reservoirs, an algae prediction system must be used.

Key Words : T-N, Algae, Chlorophyll-a

1. 서 론

호소는 대부분 폐쇄성 또는 준폐쇄성 수역공간이라는 구조적 특성 때문에 하천에 비해 자체정화 능력이 떨어지며 영양염류의 축적이 용이하여 일단 오염이 되면 부영양화 (eutrophication) 등 2차 오염이 유발될 우려가 크다는 특성을 지니고 있다.

저수지의 특성은 대량의 물이 한 곳에 오랫동안 머무는 정체성수역이므로 오염물이 계속 유입되어 저수지의 자정능력을 초과할 때 저수지의 수질은 점차 악화되며, 이런 현상은 저수지의 성층현상에 의해서 더욱 박차를 가하게 된다. 비록 장기간에 걸친 저수결과 오염물로서 유입된 유기물이 분해 된다하더라도 조류합성과 번식에 영양소가 될 무기물은 축적될 수밖에 없기 때문이다. 그 결과 수중에 맛과 냄새를 초래하는 각종 조류가 대량 번식하게

Corresponding Author : Dong-Soo Kim, Gwangju Metropolitan Health & Environment Research Department, Gwangju 502-240, Korea
Phone: +82-62-380-1910
E-mail: kds2628@korea.kr

되고, 이들 조류가 죽게 되면 저수지 바닥으로 침적되어 타 생물에 의해 분해되어 분해결과 생기는 물질 (질소와 인)은 다른 조류의 번식을 초래할 수 있는 영양소가 된다. 이러한 순환을 거듭하게 되면 저수지 수질은 점차 악화되어 나중에 쓸모없는 늪으로 변하게 된다. 이 현상을 부영영화 (eutrophication)라고 한다. 따라서 저수지에 조류가 많이 증식한다는 것은 해당 저수지가 부영양화 과정 중에 있다는 것을 뜻하게 된다. 부영양화는 탄소, 질소, 인 같이 조류의 증식에 영양원인 질소와 인들이 바닥에 축적될 때 발생하게 된다. 이러한 물질들은 자연의 삼림지대 등에 있는 썩은 식물, 농지에서 사용되는 비료, 가축사육장의 동물의 분뇨 그리고 가정에서 많이 사용되는 합성세제 등이 함유되어 있는데, 이러한 물질들은 저수지 주변의 물이 유입될 때 함께 들어가게 된다[1].

근래 국내의 대부분의 호수들이 1980년대 후반에 들어 급격한 부영양화로 인하여 남조류의 물꽃현상과 수질악화를 겪고 있다. 유역에 사람이 살지 않는 산간의 소형저수지들의 일부를 제외하고는 모두 유역에 농경지와 축산농가가 있어 호수를 부영양화시킬 정도로 인의 유출이 크다. 우리나라 호수의 부영양화는 축산과 내수면양식어업의 규모가 증가한 1980년대 후반에 급격히 진전되어 많은 호수가 부영양호로 바뀌었다. 그 결과 과거에는 남조류가 나타나지 않던 호수에서도 여름이면 남조류가 출현하여 호수를 녹색으로 물들이고 있으며 유기물 농도 증가, 수돗물 냄새발생, 독성 남조류의 증식 등의 피해를 유발하고 있어 호수수질 악화의 가장 주요한 원인이 되고 있다. 호소는 어족의 서식지로서 식량을 제공해주며, 맑은 물은 우리의 심신의 피로를 풀어주고 수상스키, 보트놀이, 요트타기, 낚시 등 많은 레크레이션을 즐길 수 있을 뿐만 아니라 호소 주변의 아름다운 경관은 호소수와 어우러져 관광자원으로서의 역할까지 겸하고 있다. 아울러 생태학적 및 학술적 가치도 갖추고 있다. 호소는 매우 복잡한 생태계로 다종다양한 생물의 분포로 생물의 보호와 함께 학술연구의 대상이 되고 있다[2].

최근 도시화와 산업화로 생활하수, 축산폐수 등 부하량의 증가로 수질이 악화되고 있는 실정이어서 광주지역 관내 저수지에 대한 수질특성을 파악하여 저수지의 수질관리, 개선, 친환경 사업, 생태학적 이용방법 등의 자료를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사대상 및 기간

광주지역 저수지 중 Table 1과 Fig. 1과 같이 동구 2개소, 서구2개소, 남구 7개소, 북구 3개소, 광산구 6개소를 총 20개소에 대하여 2007년 2월부터 12월까지 매월 1회 수질검사를 실시하였다.

2.2. 조사방법

광주지역의 저수지에 대하여 수질오염공정시험방법[3]에 의하여 수질검사를 실시하였다. Table 1의 농업용수로 사용하고 있는 호소 20개소에 대하여 pH 등을 측정하였으며, 시료는 4 L 폴리에틸렌 용기를 사용하였다.

Table 2와 같이 저수지수의 검사방법은 환경부령 제 99-208호 (2000. 1. 5)의 수질오염공정시험방법[3]에 준하여 실험을 실시하였다. 식물성phytoplankton (조류)은 시료채수 후 루골용액 2 v/v%를 가하여 침강 농축시켜 실험하였다.

Table 1. The site number of investigation of the reservoir in Gwangju

Region	No. of sites
Total	20
Dong-gu	2
Seo-gu	2
Nam-gu	7
Buk-gu	3
Gwangsan-gu	6

Fig. 1. The sampling sites in Gwangju Reservoir.

Table 2. Analytical methods and instruments for each item

Items	Analytical Methods and Instruments
pH	pH meter Method (ORIN model 520A, USA)
SS	Weight Method
COD	$KMnO_4$ Method
BOD, DO	YSI 5000
NH_3-N, NO_2-N, PO_4-P, Chlorophyll a	Spectrophotometer Method (SHIMADZU UV1201, JAPAN)
NO_3-N	Ion Chromatography Method (DX-600 As14 Column, USA)
T-N, T-P	Spectrophotometer Method (AACS III, Bran+Luebbe)
Phytoplankton	Sedgwick-Rafter chamber (Carlzeiss auxio scope)

3. 결과 및 고찰

3.1. 기상특성

호소수의 수온(Water temperature)은 생장의 시작과 개체군의 크기를 결정하며, 계절적 주기성에 주요한 역할을 담당하는 환경요소[4]이며, 평균기온이 올라감에 따라 수온도 상승하였다.

2007년에는 광주지역 연평균 강수량이 1,621 mm이었고, 일반적으로 6～9월 사이에 강우가 집중되었으며, 특히 9월에 490.7 mm의 집중강우로 우리나라 연평균 강수량보다 약 338 mm 가 더 내렸다. 기온은 1월에 2.4℃로 가장 낮은 평균기온을 나타냈으며, 점점 기온이 상승하여 6월부터 8월까지 22.9～26.9℃를 나타냈으며, 10월에 평균기온이 16.3℃이었고 12월에는 4.9℃를 나타냈다. 일조시간은 4월～5월에 212～230.1 hr/month로 높았으며, 12월에 103.9 hr/momth를 제외하고는 6～9월에 98.4～134.2 hr/month로 가장 낮았는데 이 기간은 강수기간이 길었기 때문으로 사료되며, 10월～11월에는 182.4～191.8 hr/month를 나타냈다.

3.2. Water temperature(수온)

수온(Water temperature)은 식물phytoplankton의 생장, 개체군 및 군집에 영향을 미치고, 수중 생태계의 구조 및 기능에 중요한 역할을 하는 요인으로 수계 생태계 조사 시 기본 자료로 조사해야 할 요인이다[5]. pH 8.5 이상일 때 각 지점별 년 평균수온과의 관계를 살펴보면, 년 평균수온이 18℃ 이하일 때는 pH 8.5 이상이 측정되지 않았으며, 연평균 수온이 18℃ 이하일 때 조류의 활동이 활발하지 못하다는 것을 알 수 있었다. 각 지점별 평균수온은 17.3 ～ 20.5℃로 나타났으며, 6월부터 9월까지 26～29℃로 완만한 상승분포를 나타냈고, 7월과 8월에 월중 최고수온인 30℃이었다.

3.3. pH(수소이온농도)

연평균 pH(수소이온농도)는 7.6이며, 각 지점별 pH는 6.3～9.6 범위를 나타내었다. 가장 높은 pH는 7월에 pH 9.6이었고, 3월부터 8월까지 pH 8.8～9.6을 나타냈다. 이 기간은 수온상승으로 인하여 수중에 녹아있는 CO_2 농도가 낮아지고 광합성 작용으로 인한 CO_2의 소비는 수중의 pH를 상승시켜 이에 적응한 남조류가 성장할 수 있는 유리한 조건을 제공하게 된다[6]. pH 상승원인은 수중식물의 광합성에 의거 유리탄산 (CO_2)이 소비되면, 평행을 유지하기 위하여 탄산이온 (CO_3^{2-})일부가 가수분해하여 탄산수소이온을 보충하여 수산화물 이온이 생성되며, 갈수기에 알카리도가 증가하는 원인은 탄산수소이온이 탄산에 의해 수산화물이온을 생성함을 알 수 있었다.

Fig. 2와 같이 각 지점별 pH 8.5 이상의 회수를 살펴보면, 모두 24회로 나타났으며, 수온범위별로 pH 8.5 이상인 횟수를 구분하였을 때 15～20℃에서 4회, 20～25℃에서 4회, 25～30℃에서 16회로 나타났고, 수온이 25～30℃일 때 부영양화가 일어날 수 있

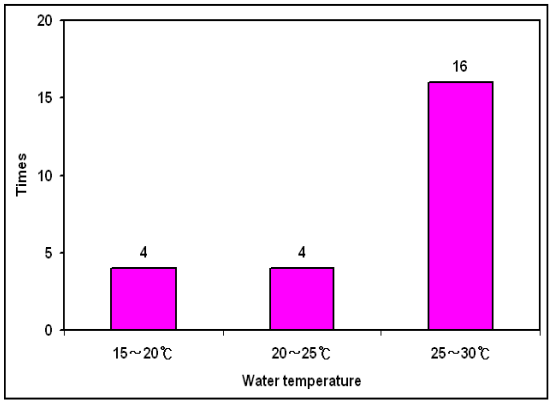

Fig. 2. The number of times for water temperature range in more than pH 8.5.

는 조건임을 알 수 있었다.

Fig. 3와 같이 pH 8.5 이상의 월별 분포를 살펴보면, 5월 5회, 6월 8회, 7월 7회로 6월에 높게 나타난 횟수가 많았음을 알 수 있다. 따라서 수온의 증감에 따라 pH에 영향을 주는 밀접한 상관관계를 보였다.

3.4. COD, BOD, DO, SS(화학적산소요구량, 생물학적산소요구량, 용존산소, 부유물질)

호소의 생활환경기준에 의한 각 지점별 연평균 COD농도에 대한 COD등급을 살펴보면, '좋음'의 Ib에 해당하는 지점 1개소, '약간좋음'의 II에 해당하는 지점도 1개소, 보통의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 일반 생태계로 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 생활용수로 이용하거나 일반적 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있는 '보통'의 III가 6개소이며, 상당량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 농업용수로 사용하거나 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있는 "약간 나쁨"의 IV가 가장 많은 10개소이며, '나쁨'의 V가 2개소로 나타났다.

준공년도에 따른 COD 평균농도를 보면 1940년대 13개소, 1960년대 2개소, 1970년대 5개소로 나타났으며, 1940년대에 준공된 저수지에서의 COD 농도는 6.8 mg/L로 오래된 저수지일수록 농도가 높게 나타나 저수지의 유효저수량을 늘리고 주기적인 준설이 필요한 것으로 사료된다.

Fig. 4와 같이 월별 DO 및 COD의 분포특성은 충북의 초평저수지의 수질변화에 관한 조사연구[7]와 비슷한 경향을 나타냈다. COD의 경우 여름철인 6월에서 8월까지 가장 높게 나타났으며, 특히 7월에는 평균농도가 8.5 mg/L로 호소의 생활환경기준인 '나쁨'의 V등급으로 나타났다. BOD의 농도범위는 1.3 ~ 2.8 mg/L로 여름철인 6월과 7월에 높게 나타났으며, 9월에는 집중강우의 영향으로 가장 낮은 농도를 나타냈고, 이는 월별 COD의 농도변화와 비슷한 경향을 나타냈다. DO의 경우 여름보다 봄에 DO가 높게 나타났으며, 이는 수온이 낮은 때 기체의 용해도가 증가하기 때문인 것으로 사료된다.

SS 농도는 9월에 최고농도인 53.0 mg/L을 나타냈

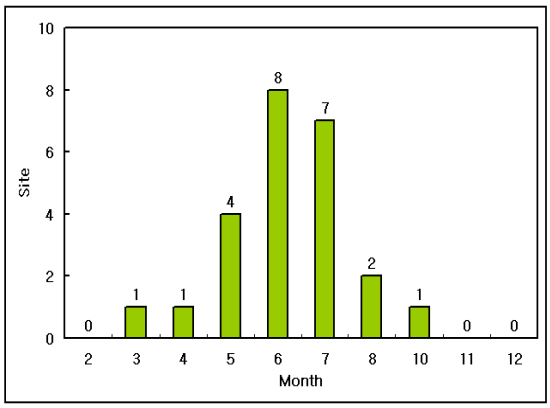

Fig. 3. Characteristic distribution of the sites over 8.5 in monthly pH.

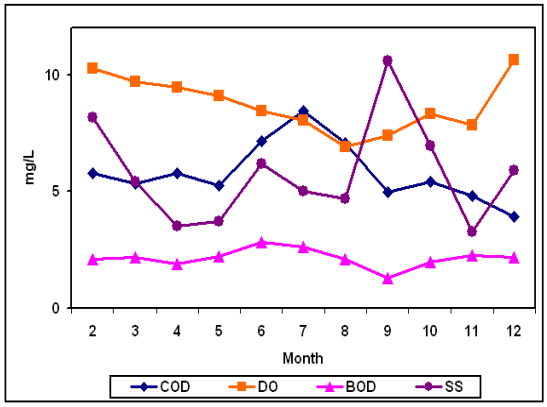

Fig. 4. Monthly distribution of COD, BOD, DO and SS concentration.

으며, 이는 9월에 일 최고 123 mm와 92 mm의 집중강우로 인하여 주변 오염물질의 유입으로 인해서 높게 나타난 것으로 사료된다

3.5. T-N, T-P, Chlorophyll-a(총질소, 총인, 클로로필-a)

T-N은 아미노산, 폴리펩티드 단백질을 비롯한 여러 유기화합물의 질소를 나타내는 유기성질소와 암모니아성질소, 아질산성질소, 질산성질소를 나타내는 무기성질소와의 혼합물이며, 인과 같이 수중의 부영양화를 일으키는 원인물질로 알려져 있다. T-N과 NO_3-N의 농도는 9월에 가장 높게 나타났으며, 이는 9월에 일최대 123 mm의 집중강우로 인해서 바닥의 저질의 부상으로 인한 영향과 8월에 Chlorophyll-a의 농도가 최대로 종의 사멸 등에 의하여 증가함을 알 수 있었다.

인산이온은 지질학적 원인에 의해 물속에 존재하기도 하지만 분뇨, 사체, 공장폐수, 비료 등의 혼입에 의한 경우가 많으므로 수질오염의 지표가 되며 질소와 함께 부영양화의 원인이 된다. 또한 수원지에서 발생되는 조류나 방선균의 발육에 의한 이취물질의 발생원이 되기도 하는데 수중이나 토양 중에 pH 8.5 이하에서는 Na_3PO_4로 존재하는 것으로 알려져 있다[8]. T-P와 PO_4-P의 농도는 각각 0.300 mg/L과 0.295 mg/L으로 9월에 가장 높았고 이는 T-N와 NO_3-N의 농도와 비슷한 경향을 나타냈다.

T-N에 대한 NH_3-N, NO_2-N, NO_3-N의 평균 구성비는 NH_3-N 11.5%, NO_2-N 0.7%, NO_3-N 49.0%을 나타냈으며. 월별 T-N에 대한 NH_3-N의 구성은 5.8 ~ 29.3%이었고 다른 달에 비해 3월에 T-N에 대하여 NH_3-N가 29.3%로 높게 나타났으며, T-N에 대한 NO_3-N의 구성은 6.8~76.1%로 9월에 가장 높은 76.1%를 나타냈다. T-P에 대한 평균 구성비 PO_4-P 59.7%, Porg-P 40.3%를 나타냈다.

호소의 생활환경기준에는 T-P에 대한 T-N의 농도비율이 7 미만일 경우에는 T-P의 기준을 적용하지 아니하며, 그 비율이 16이상일 경우에는 T-N의 기준을 적용하지 아니한다고 규정하였다[9].

식물성phytoplankton의 세포구성비는 C : N : P = 100 : 20 : 1정도의 비율이며, 가장 이론적인 mole비가 C : N : P = 100 : 16 : 1이므로 만약 N : P의 mole비가 16보다 크면 인(P)가 제한인자가 되고 N : P의 mole비기 적을때는 질소(N)에 의해 제한을 받는다[10].

소양호의 경우 T-N/T-P비를 18~620으로 보고하였으며, 이러한 높은 T-N/T-P비는 우리나라 대부분의 호수에서 나타나는 일반적 현상이며, 외국호수와 비교할 때 매우 특이한 현상이라고 하였다[11]. 우리나라 대부분의 호소에서 T-N/T-P비가 20 이상으로 인이 제한 요인으로 T-N/T-P의 비가 4~281로 나타났으며, 이는 대부분이 인이 제한영양소임을 알 수 있었다. 엽록소는 녹색의 엽록체 속에서 빛에너지를 흡수하여 물과 이산화탄소로부터 유기화합물인 탄수화물로 동화시키는 역할을 하기 때문에 광합성에서 가장 중요하다.

Chlorophyll-a는 8월 최대농도가 Fig. 1의 G4지점에서 164.323 mg/㎥으로 평균농도에 가장 큰 영향을 주었으며, 또한 3월, 6월 및 10월에 Submersible spectrofluoro meter로 측정한 결과 녹조류, 규조류 및 은편모조류에 의한 영향으로 높게 나타났다. Fig. 5와 같이 T-N/T-P의 비는 Chlorophyll-a의 농도와 반비례 경향을 나타냈으며, 이는 총인의 영향을 나타낸 것으로 사료된다.

호수의 영양상태 (tropic state)에 따라 호수를 분류하는 방법에는 몇 가지가 있는데, 크게 빈영양호 (ologotrophic lake)와 부영양호 (eutrophic lake)의 두 부류로 구분하기도 하고 과영양호 (hypertrophic lake), 부영양호, 중영양호 (mesotrophic lake), 빈영양호, 극빈영양호 (ultra oligotrophic lake) 등으로 나누기도 한다.

박테리아에서 물벼룩, 피라미, 쏘가리에 이르기

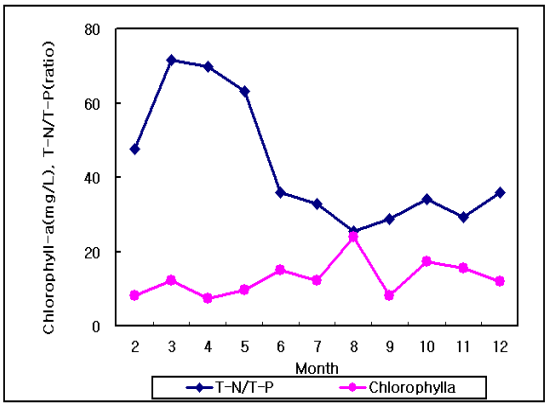

Fig. 5. Distribution of chlorophyll-a and T-N/T-P.

까지 모든 나머지 생물들은 식물phytoplankton이 광합성하여 만든 유기물이거나 육성식물이 광합성으로 생산한 유기물을 먹고 사는 것이다. 식물phytoplankton이 많은 물은 식물phytoplankton세포들이 많이 떠 있어 물이 혼탁하게 됨으로 물의 투명도를 좌우한다. 또한 BOD, 수중산소의 양을 비롯한 수질 화학적 특성 뿐 아니라 어류의 양도 좌우하므로 부영양화도는 호수의 특성을 규정짓는 가장 중요한 인자이다[12].

Chlorophyll-a 농도를 이용하여 부영양화도를 나타내기 위한 여러 가지 방법이 제시되는데 OECD[13]에서는 Chlorophyll-a 농도가 25 mg/㎥이상이면 부영양화단계로 분류하고 있다. 이 방법을 적용하였을 때 3개소에서 부영양화단계이며, 전체의 14.2%를 차지하였다. 또한 U.S.EPA[14]에서는 10 mg/㎥보다 높으면 부영양화단계로 분류하고 있으며, 13개소에서 부영양화단계로 나타났으며 이는 전체의 61.9%이다.

Table 3과 같이 Forsberg and Ryding이 제시한 부영양화도를 평가한 결과 지점별 T-N, T-P, Chlorophyll-a 모두 과영양화단계가 1개소, 부영양화단계가 10개소로 나타나 52.3%가 모두 부영양화단계 이상을 나타냈다.

충청북도의 지평지는 3월, 4월과 12월을 제외하고는 부영양이상의 상태이고 전체적으로 백분율로 나타내면 부영양상태가 31%, meso-과영양상태가 19%, 과영양상태가 26%였다. 그리고 부영양상태 이상이 76%로 나타나 지평지는 부영양상태라 판단된다고 보고하였다[15]. 월평균농도가 T-P의 경우 3월과 12월에 중영양화 단계를 제외하고 모두 부영양화 단계이상으로 나타났다.

Table 3. Trophic state of Forsberg and Ryding

	T-P	T-N	Chlorophyll a
Feb	E	E	E
Mar	E	H	E
Apr	E	H	E
May	M	E	E
Jun	E	E	E
Jul	E	E	E
Aug	E	E	E
Sep	E	E	E
Oct	E	E	E
Nov	E	E	E
Dec	M	E	E
Aveg	E	E	E

*M: Mesotrophication, E: Eutrophication, H: Hypertrophication

3.6. phytoplankton(플랑크톤)

식물성 phytoplankton은 운동력이 없거나 극히 적어 수체의 유동에 따라 수체 내에 부유하면서 생활하는 단일 개체, 집락성, 선상형태의 광합성 생물을 총칭한다.

조사기간 동안 출현한 조류는 총 47종으로 녹조류 18종, 규조류 12종, 남조류 7종, 와편모조류와 황색편모조류 각각 3종, 갈색편모조류와 유글레나류 각각 2종 순으로 나타났다. 조사기간 동안 거의 출현한 종은 녹조류의 *Ankistrodesmus sp, Ankistrodesmus sp,* 규조류의 *Cyclotella sp, Navicula sp,* 갈색편모조류의 *Cryptomonas sp* 이었다, 녹조류의 *Microcystis sp*는 227,800 cells/mL로 가장 높은 현종량을 나타냈으며, 특히 11월에 거의 1,000～133,300 cells/mL의 높은 세포수로 우점하였다. *Microcystis*는 호소내의 수화 (water bloom)를 일으키는 대표적인 조류로 온대지역에 출현하며, 봄부터 발생하여 늦여름에 극에 달하고 수체내의 영양염 농도가 감소하는 생육환경의 부적합 등에 의해 분해되기 시작하여 저니상태로 침전하여 월동하는 것으로 알려져 있다.

Fig. 1의 N2지점은 남조류가 2월과 6월 모두 출현하였으며, 특히 6월에는 남조류의 현존량도 12,400 cell/mL으로 *Anabaena sp, Microcystis sp* 종이 가장 많이 나타났다. 6월에 Chlorophyll-a도 가장 높은 농도를 나타났고 수화현상이 발생하였음을 알 수 있었다. *Anabaena*는 공 또는 그와 유사한 형태의 세포가 실 모양으로 연결되어 염주 모양의 균체를 형성한다. 주로 여름철에 번성하여 청록색의 수화를 형성한다. 또한 곰팡이 냄새의 원인물질인 geosmin을 산출하여 수돗물에 심한 이취미를 유발시키거나 응집침전 과정에서 잘 제거가 되지 않는 까닭에 여과지를 폐쇄시키며 때로는 여과수로 누출되는 등 각종 정수시 장해를 일으킨다[15]. Fig. 1의 G3지점은 6월에 phytoplankton의 현존량이 7,470 cells/mL로 녹조류의 출현이 가장 많았으며, *Crucigenia sp*의 현존량은 6,600 cells/mL으로 가장 높게 나타났다.

생물체량은 남조류 53%, 규조류 22%, 녹조류 13%, 갈색편모조류 6%, 황색편모조류 3%, 유글레나류 2%, 와편모조류 1% 순으로 나타났으며, 조사기간 동안 출현한 총 생물체량을 살펴보면 2월에 45,670 cells/mL로 가장 낮은 생물체량을 나타냈고, 6월에 79,710 cells/mL, 11월에는 328,280 cells/mL로 가장 높은 현존량을 나타냈으며, 2월에는 규조류, 6월 녹조류, 11월에는 남조류의 현존량이 가장 높았다. 2월에는 규조류의 *Synedra sp*가 8,870 cells/mL, 6월과 11월에는 남조류의 *Microcystis sp*가 각각 13,400, 214,400 cells/mL로 가장 높은 세포수로 우점하였다.

Fig. 6과 같이 2월에는 규조류 (*Bacillariophyceae*) 31%, 녹조류 (*Chlorophyceae)* 28%, 갈색편모조류 (*Cryptophyceae)* 22%, 황색편모조류 (*Chrysophyceae)* 11%, 남조류(*Cyanophyceae)* 6%, 유글레나류 (*Euglenophyceae)* 1%, 와편모조류 (*Dinophyceae)* 1% 순서로 나타났으며, 남조류의 *Anabaena sp*, 녹조류의 *Ankistrodesmus sp*, 규조류의 *Synedra sp*, 갈색편모조류의 *Cryptomonas sp*가 가장 많이 출현하였다. 6월에는 녹조류 37%, 남조류 23%, 규조류 23%, 갈색편모조류 10%, 와편모조류 4%, 유글레나류 2%, 황색편모조류 1% 순으로 나타났으며, 남조류의 *Microcystis sp*, 녹조류의 *Coelastrum sp*, 규조류의 *Cyclotella sp*, 갈색편모조류의 *Cryptomonas sp,* 와편모조류의 *Peridinium sp*이 가장 많이 출현하였다. 11월에는 남조류 66.9%, 규조류 20.8%, 녹조류 5.0%, 황색편모조류 2.7%, 갈색편모조류 2.4%, 유글레나류 2.0%, 와편모조류 0.2%, 순으로 나타났으며, 남조류의 *Microcystis sp*, 규조류의 *Asterionella sp,* 녹조류의 *Closterium sp*, 황색편모조류의 *Synura sp,* 갈색편모조류의 C*ryptomonas sp,* 유글레나류의 *Euglena sp,* 와편모조류의 *Ceratium sp* 이 가장 많이 출현하였다.

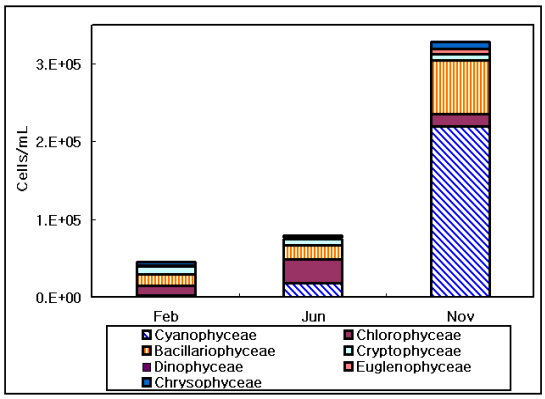

Fig. 6. The variation of algal biomass.

3.7. 상관성 비교

Table 4와 같이 BOD와 T-N이 0.8968로 가장 높았고, COD와 BOD가 0.8963, BOD와 SS가 0.8198, BOD와 Chlorophyll-a가 0.8406으로 높은 상관관계를 나타냈다. COD와 SS는 0.7678, COD와 Chlorophyll-a는 0.7611로 높은 상관성을 나타냈다.

Table 4. The correlation coefficient of test items

	pH	COD	DO	BOD	SS	T-N	T-P	Chlorophyll-a	WT	Green alage	Blue green	Diatoms	Cryptophyta
pH	1.0000												
COD	0.2216	1.0000											
DO	0.6609	-0.2292	1.0000										
BOD	0.2594	0.8963	-0.0178	1.0000									
SS	0.3429	0.7678	-0.0082	0.8198	1.0000								
T-N	0.4775	0.0481	0.5284	0.8968	0.0305	1.0000							
T-P	0.3347	0.2705	-0.1113	0.1727	0.2191	0.2473	1.0000						
Chlorophyll-a	0.2202	0.7611	-0.0171	0.8406	0.6946	0.2442	0.1015	1.0000					
WT	0.1822	0.5626	-0.0567	0.4437	0.3823	-0.1521	-0.1114	0.2406	1.0000				
Green alage	0.3098	0.2169	0.3525	0.4220	0.3594	0.3820	-0.1679	0.6020	0.0100	1.0000			
Blue green	0.4103	0.5970	0.2532	0.4910	0.5510	0.1994	-0.0825	0.5170	0.5248	0.2800	1.0000		
Diatoms	0.1980	0.0498	0.4287	0.3345	0.1640	0.1226	-0.2030	0.2606	0.0860	0.6462	0.0640	1.0000	
Cryptophyta	0.2173	0.3054	0.0459	0.2588	0.2708	0.3894	-0.0220	0.3635	0.1285	0.5857	0.2252	0.1597	1.0000

4. 결 론

2007년 2월부터 12월까지 광주지역 21개소 저수지의 수질특성에 대하여 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) pH는 년평균 7.6으로 각 지점별 pH는 6.3～9.6 범위이었고, 가장 높은 pH값은 3월～8월에 pH 8.8～9.6로 나타났다.

2) T-N에 대한 NH_3-N, NO_2-N, NO_3-N의 평균 구성비가 NH_3-N 11.5%, NO_2-N 0.7%, NO_3-N 49.0%를 나타냈다.

3) PO_4-P와 Porg-P의 비는 평균 구성비 PO_4-P 59.7%, Porg-P 40.3%를 나타났다.

4) Chlorophyll-a의 농도범위는 0.4～164.323 mg/㎥이었고, 8월에 가장 높게 나타났다.

5) 호소의 생활환경기준에 의한 COD을 기준으로 살펴보면, '좋음'의 Ib 1개소, '약간좋음'의 II 1개소, '보통'의 III 6개소, '약간나쁨' IV 10개소이며, '나쁨' V 2개소로 농업용수 기준을 초과한 지점은 3개 지점이었다.

6) T-N/T-P의 비는 4～281로 나타났으며, 대부분인이 제한영양소로 나타났다.

7) 조사 기간동안 생물체량은 남조류 53%, 규조류 22%, 녹조류 13%, 갈색편모조류 6%, 황색편모조류 3%, 유글레나류 2%, 와편모조류 1% 순으로 나타났다.

8) 각각의 인자에 대한 항목별 상관관계를 살펴보면, COD와 Chlorophyll-a의 경우 0.7611, COD와 T-N의 경우 0.0481, COD와 T-P의 경우 0.2704, T-N와 T-P의 경우 0.2473으로 나타났다.

9) 광주지역 저수지는 Forsberg and Ryding이 제시한 부영양화도를 평가한 결과 지점별 연평균농도의 T-N, T-P, Chlorophyll-a에 대하여 52.3%가 모두 부영양화 단계이상으로 나타났고, 월별 평균농도를 살펴보면, 3월과 10월에 T-P의 중영양화 단계를 제외하고 모두 부영양화 상태를 나타내고 있어 철저한 관리가 요망되었다.

참 고 문 헌

1) 서울보건대학 환경기술연구소, 2004, 환경친화적인 무기계급속응집제에 의한 농업용저수지 복원기술개발, 농림부.
2) 유재근, 1997, 담수호 수질환경의 효율적인 관리, 농어촌진흥공사, 78-81.
3) 환경부, 2000, 수질공정시험방법, 환경부고시, 환경부령 제 99-208호.
4) Reynolds C. S., 1973, The seasonal periodicity of plan ktonic diatoms in a shallow eutrophic lake, freshwat. biol.
5) 박재윤, 신상천, 이준호, 이해근, 하경태, 이병근, 제갈봉창, 허완, 이도영, 2004, 경상북도 내 소규모 호소의 수질현황 및 부영양화 상태 평가, 경상북도보건환경연구원보.
6) 김명훈, 김민호, 조장천, 김상종, 1995, Cyanobacter의 증식에 따른 대청호 생태계 내의 생물군집 변화, 육수학회지, 28(1), 1-8.
7) 李鎭沅, 閔允熙, 申弼植, 趙慶珠, 朴光淳, 2000, 초평貯水池의 水質變化에 關한 調査硏究, 충청북도보건환경연구원보.
8) 이기동, 김병용, 박경수, 채수천, 유두철, 유재연, 강기화, 강인숙, 유재웅, 백원섭, 2004, 용담호 조류특성에 관한 연구, 전라북도보건환경연구원보.
9) 법제처 홈페이지, 2007, http://www.moleg.go.kr, 환경정책기본법
10) Anders Malmtren-Hanser, 1996, New Developments in Ecological Modeling. Proceedings of the Hydroinf ormatic 2, 759-767.
11) Lee H. W., K. G. An and S. S. Park, 2002, Long-term annual trend analysis of epilimnetic water quality and their longitudinal heterogeneities in lake Soyang, Kor ean Journal of Limnology, 35(1), 36-44.
12) 환경부, 2002, 호소환경관리반 교육교재.
13) Anon, 1982, Eutrophication of Waters Monitoring, As sessment and Control, Organization for Economic Co operation and Development, Paris.
14) EPA, 1976, U.S. Environmental Protection Agence W ater quality Criteria Research of the U.S. Environme ntal Protection Agency Proceedings of an EPA Spons ore Symposium.
15) 박명섭, 김태분, 이해근, 하경태, 이병근, 이기창, 김종용, 2006, 지평지의 수질특성 및 부영양화에 관한 연구, 경상북도보건환경연구원보.