Korean J. Environ. Biol. 18(3) : 355~365(2000) Published September 24

대청호의 수질과 식물플랑크톤 현존량

이 진 환* · 오 희 목[1] · 맹 주 선[2]

상명대학교 생물학과, 생명공학연구소 [1]환경생물소재연구실, [2]서강대학교 생명과학과

적 요 - 본 연구는 1998년 5월부터 11월까지 대청호의 2개 정점 표 · 중 · 저층에서 수질과 일차생산을 나타내는 식물플랑크톤 현존량과의 관계를 규명하기 위하여 물리 · 화학적 환경요인(수온, 용존산소량, pH, 투명도, 총질소, 질산염, 아질산염, 암모니아, 총인, 인산염, 용존총인, 총유기탄소, 부유물질), 식물플랑크톤 현존량, chlorophyll-*a*의 농도를 조사하였다. 영양염류(아질산염, 질산염, 암모니아 및 인산염)가 과거에 비하여 증가되었으며, 총질소, 총인, chlorophyll-*a* 및 투명도는 부영양화의 기준치를 초과하여 대청호의 수질은 심한 부영양화 수역으로 판명되었다. 식물플랑크톤 현존량은 7월과 8월의 정점 1을 제외하고 년중 대발생을 유지하고 있었으며, 봄철 대발생은 아질산염, 질산염 및 인산염의 영향이 큰 것으로 판명되었다. Chlorophyll-*a*의 농도는 식물플랑크톤 현존량의 월별 변동과 대부분 같은 경향으로 변화하였다. 여름철에 높은 부유물질은 장마기의 강우에 따른 것으로 판단되며, 특히 8월의 많은 종속영양 세균수는 높은 수온과 장마시 주변 수역으로부터 유입된 각종 유기영양염류의 유입에 따른 대량증식으로 추정된다.

서 론

우리나라의 대형 인공호수들은 1970년대 초부터 건설되기 시작하여 다목적 댐으로 운영되고 있다. 수자원 공급원으로 이용되는 대형 호수들은 형태적, 수리 수문학적 그리고 기후적인 특성으로 인해 수중 생태계의 변화와 심각한 수질 오염 상태를 나타내고 있다. 수질오염은 식물플랑크톤 군집구조를 크게 변화시키고, 물리 · 화학적 요인에 의해 생장을 조절하는 제한 요인으로 작용한다. 호수의 부영양화는 인구의 증가와 산업의 발달에 따라 도시하수 및 산업하수에 의해 시작되었으며, 최근에는 수자원 관리와 레포츠에 대한 요구가 크게 증가함에 따라 보트 타기나 낚시 같은 여가활동에 의해 초래되기도 한다. 또한 주변 유역으로부터 영양염류와 호수내 가두리 양식장으로부터 질소와 인의 유입도 부영양화의 한 원인이 되고 있다. 이에 따라 특정한 식물플랑크톤이 대량 번성하여 수화를 형성하게 되면 호수의 경관을 해치게 된다. 수중산소가 고갈되어 물고기가 질식사하게 되며, 일부 식물플랑크톤은 이취미물질을 생산하기도 한다. 아울러 독성물질에 의한 피해를 유발하며, 남조류 종의 일부는 민물의 "흙냄새"를 나게 하는 원인이 된다. 결국 여름철 조류나 미생물에 의해 이취미 문제가 발생하여 공중위생과 국민보건에 커다란 문제를 야기시키고 있다.

대청호에 있어서 수질과 식물플랑크톤의 일차생산에 관한 연구는 1980년 12월 댐이 형성되어 담수호가 된지 4년만에 처음으로 수화현상을 보고한 바 있으며(김 등 1984; 이 등 1985), 수온의 성층화와 조류의 일차생산 및 남조류의 분포에 관한 연구가 있었다(박과 이 1986; 오 등 1998). 대청호의 수질과 부영양화에 관한 연구와(정 1998; 오 1998; 오 등 1999), 식물플랑크톤의 년중 동태에 관한 조사가 이루어졌다(오 등 1995; 정 1995; 이 1999; 신 등 1999). 한편 수질 연구의 일환으로 유기물 및 인산염의 동태에 관한 조사와(배 등 1994; 황 등 1994; 이 등 1995; 오 등 1997), 최근에는 남조류의 대발생으로 이 취미 문제에 관한 논의가 있었다(오 등 1999).

본 연구는 대청호에서 1998년 5월부터 11월까지 매월 2개 정점에서 수심별로 물리 · 화학적 환경요인과 식물플랑크톤 현존량을 조사하여, 수질을 부영양화 기준치와 비교하고 일차생산으로 표현되는 chl-*a*와 식물플랑크톤 현존량 사이의 관련성을 규명하며 아울러 식물플랑크톤 대발생에 영향을 미치는 환경요소를 밝히고자

본 연구는 1998년 한국과학재단 국제공동연구과제(과제번호: 985-0500-001-2)로 수행되었음.

* Corresponding author: Jin-Hwan Lee, Tel. 02-2287-5152, Fax. 02-396-6133, E-mail. jhlee@pine.sangmyung.ac.kr

한다.

재료 및 방법

본 연구는 1998년 5월부터 11월까지 매월 수온, 수소이온농도, 용존산소량은 표층으로부터 2 m간격으로 저층까지, 나머지 물리 · 화학적 환경요인과 생물학적 요소(식물플랑크톤 현존량, chlorophyll-*a*, 종속영양 세균수)는 표 · 중 · 저층에서 각각 조사하였다.

대청호는 1980년 12월에 댐의 건설로 이루어졌으며 호안이 복잡하고 정체수역이 빈번한 수지형 인공호수로서 동경 127°25′~27°40′, 북위 36°20′~36°30′에 위치한다. 대청호는 유역면적 4,134 km^2, 저수면적 72.8 km^2, 총 저수량 1,490×10^6 m^{3}으로, 금강유역에 인접한 지역에 상수원, 농업용수, 생활용수, 홍수조절 및 전력에너지 공급등 다목적으로 이용되고 있다. 정점 1은 수심이 비교적 얕고 인접한 곳에 수중폭기 시설의 영향으로 수층이 매우 불안정하며 취수장이 있는 곳이다. 정점 2는 수심이 깊고 수층이 비교적 안정되어 있으며 본류수역으로 회남교 아래이다(Fig. 1).

1. 물리 · 화학적 환경요인

수온 및 용존산소량은 DO meter(YSI Model 95)로, 수소이온 농도는 pH meter(Hanna)로, 투명도는 직경 30 cm의 Secchi Disk를 이용하여 현장에서 측정하였다. 질소는 TN, NO_3^--N, NO_2^--N, NH_4^+-N로 나누어 각각 측정하였는데, NH_4^+-N은 시료에 phenate와 hypochlorous acid를 첨가하여 발색시킨후 630 nm에서, NO_2^--N은 surfanilamide와 NED-dihydrochloride로 반응시켜 생성된 azo-dye를 543 nm에서 분광광도계(Phamacia-LKB, Ultrospec III)로 흡광도를 측정하여 정량하였고(APHA, 1992), NO_3^--N은 Szechrome NB 시약을 사용해 600 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다(Wynne and Rhee 1986). 인은 TP, $PO4^{3-}$-P (soluble reactive phosphorus: SRP)로 나누어 각각 측정하였으며, SRP는 시료를 phosphomolybdate법(Murphy and Riley 1962)으로 발색시킨 후 5 cm light path cuvette를 사용하여 885 nm에서 흡광도를 측정하여 정량분석하였다. TN, TP, 용존 총질소(TDN) 그리고 용존 총인(TDP)은 persulfate법에 따라 질소 또는 인을 질산염과 인산염으로 각기 산화시킨 후 측정하였다(Menzel and Corwin 1965; D'Elia 등 1977). 유기물량 분석을 위한 유기탄소량은 여과하지 않은 시료인 총유기탄소(TOC)와 여과한 시료인 총용존유기탄소(TDOC)로 나누어 측정하였다. 시료를 초음파분쇄기(Lab-Sonic Sydtem, 600-W)에서 처리한 후 탄소분석기(Shimadzu, TOC-500-A)를 이용하여 총탄소(TC)와 무기탄소(IC)를 정량하고, TC에서 IC를 뺀 값을 총유기탄소로 하였다. 부유물질의 농도는 시료 1 *l*를 Whatman GF/F filter로 여과하고, 이 여과지를 105°C에서 24시간 건조시킨 후 여과지의 무게를 측정하여 계산하였다.

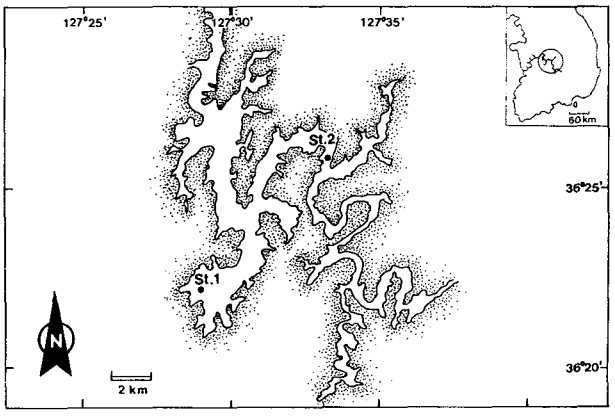

Fig. 1. A map showing the sampling stations in the Daechung Reservoir. (St. 1: Chudong site, St. 2: Hoinam bridge site)

2. 생물학적 조사

식물플랑크톤 현존량은 정해진 정점과 수심에서 van Dorn 채수기로 1,000 ml를 채수하여 선상에서 Lugol's solution으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 침전법에 의하여 24시간 이상 침전 시킨 후 상등액을 siphon으로 버리고 150~200 ml로 농축하였으며, 이를 잘 희석한 후 0.1 ml를 취하여 Palmer-Maloney chamber에 넣고(Palmer and Maloney, 1954) 광학현미경(Nikon YS2)×100~×400에서 3회 계수한 후 평균치를 구하여 단위체적당 세포수를 식물플랑크톤 현존량으로 환산하였다. Chlorophyll-*a*의 농도는 chloroform-methanol v/v, 2:1)을 이용하여 색소를 추출한 후 Fluorometer(Turner design 450)로 측정하였다(Wood, 1985). 총 종속영양 세균은 시료를 nutrient agar plate에 도말한 후 35°C에서 48시간 동안 배양한 후 colony수를 측정하여 계산하였다.

결 과

1. 수 온

수온은 최저 8.1°C(5월, 정점 2의 수심 26 m)에서 최고 26.9°C(7월, 정점 1의 표층)까지 변화폭이 계절별로

컸다. 수심별 변화는 정점 1에서 5월과 6월에 표층과 저층의 수온 차이가 각각 4.5°C와 4.9°C를 나타내어 약한 수온약층이 형성되었으나, 7월부터 10월까지 그 차이는 1.7~2.9°C 그리고 11월에는 0.5°C로 수심별로 일양한 값을 나타내었다(Fig. 2). 정점 2에서는 5월과 6월에 최저·최고 폭이 각각 13.3°C와 11.9°C를 나타내어 강한 수온약층이 10~16 m 사이에 형성되었으며, 1998년 7월부터 10월까지 4.8~5.9°C의 차이를 그리고 11월에는 0.6°C로 차이가 거의 없었다(Fig. 3). 따라서 수심이 깊고 수층이 비교적 안정된 정점 2에서 5월과 6월에 강한 수온약층이 형성되었으며, 5월과 6월에 정점 1과 7월부터 10월까지 정점 2의 10~20 m층에서는 약한 수온약층이 형성되고 있었다.

2. 용존산소량

용존산소량은 최저 0.3 mg l^{-1}(6월, 정점 2의 수심 22 m)에서 최고 11.0 mg l^{-1}(7월, 정점 2의 표층과 2 m)까지 변화폭이 매우 컸다. 정점 1에서 표층과 저층사이에 용존산소량의 차이는 5월 3.0 mg l^{-1}, 6월 4.5 mg l^{-1}, 10월 5.3 mg l^{-1}였으며, 7월, 8월, 11월에는 0.6~1.8 mg l^{-1}의 범위였다. 정점 2에서는 강한 수온약층이 형성되었던 5월과 6월에 표층과 저층의 용존산소량 차이는 각각 3.8 mg l^{-1}과 9.2 mg l^{-1}를 보여 저층에서 낮은 값을 보였다. 7월과 8월에도 표층보다 저층에서 각각 6.1 mg l^{-1}과 5.0 mg l^{-1}의 낮은 값을 나타내어 수온약층의 영향이 컸으며, 10월과 11월의 차이는 크지 않았다.

3. pH

수소이온 농도는 최저 6.5(8월, 정점 1의 수심 8 m와 12 m)에서 최고 9.6(5월, 정점 2의 수심 1, 2 m: 6월, 정점 2의 수심 1, 2, 4 m)까지 변화폭이 매우 컸다. 월별 변화 경향은 정점 1에서 5월에 7.8~8.8, 6월에 8.0~8.9, 7월에 7.7~9.0로 3개월동안 알카리성이었다. 8월에는 6.5~6.8, 10월에 6.9~7.8, 11월에 7.0~7.4로 약 산성 또는 중성이었다. 정점 2에서는 5월과 6월에 7.6~9.6, 7월에 7.3~7.4로 3개월동안 알카리성이었다. 8월에는 수심 1~2 m에서 7.7~8.3으로 약한 알카리성이었으나, 4 m부터 35 m까지 6.7~6.9로 약 산성을 나타내어 대조를 이루었다. 10월에 7.0~7.4의 범위를 보였으며, 11월에도 7.3~7.5의 범위로 2개월간 수심별로 큰 차이가

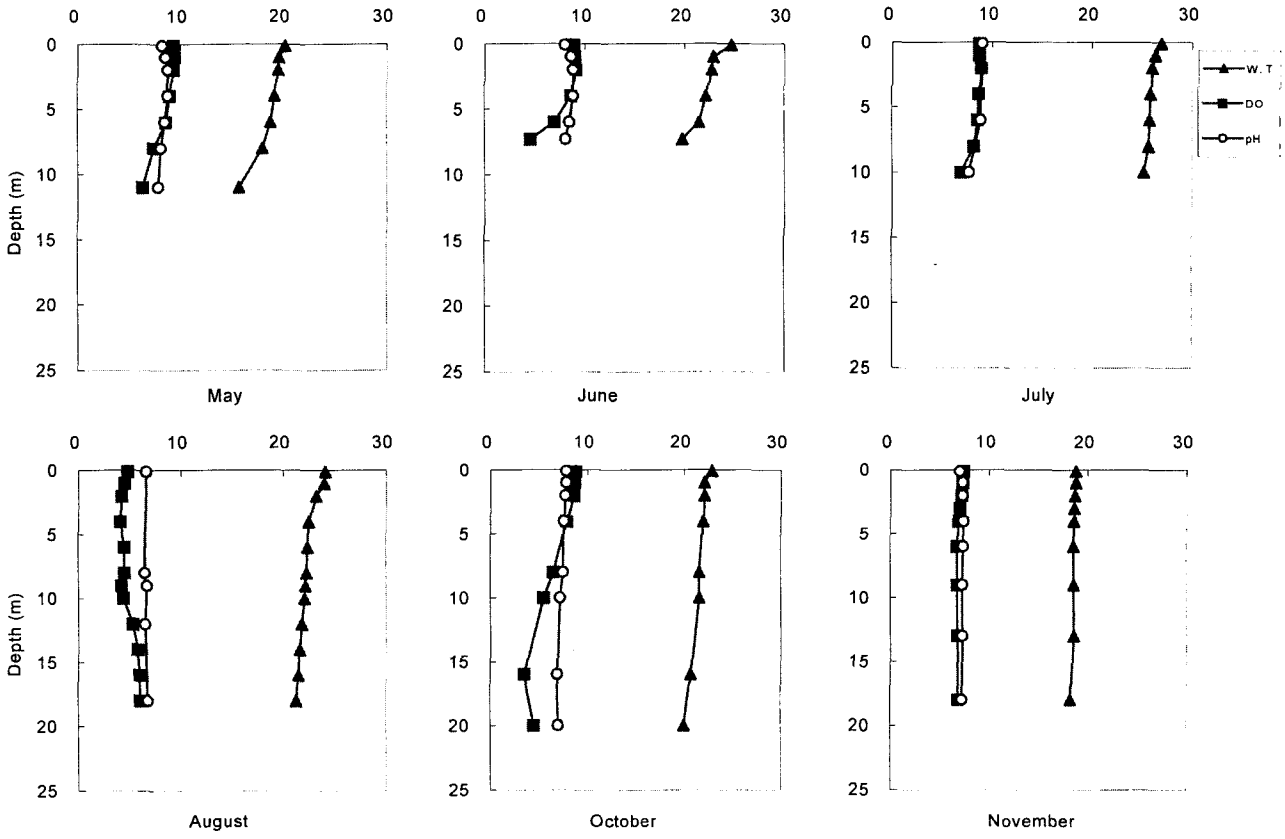

Fig. 2. Vertical profile of water temperature (°C), DO (mg l^{-1}), pH in the Daechung Reservoir during the period from May to November 1998 (Station 1).

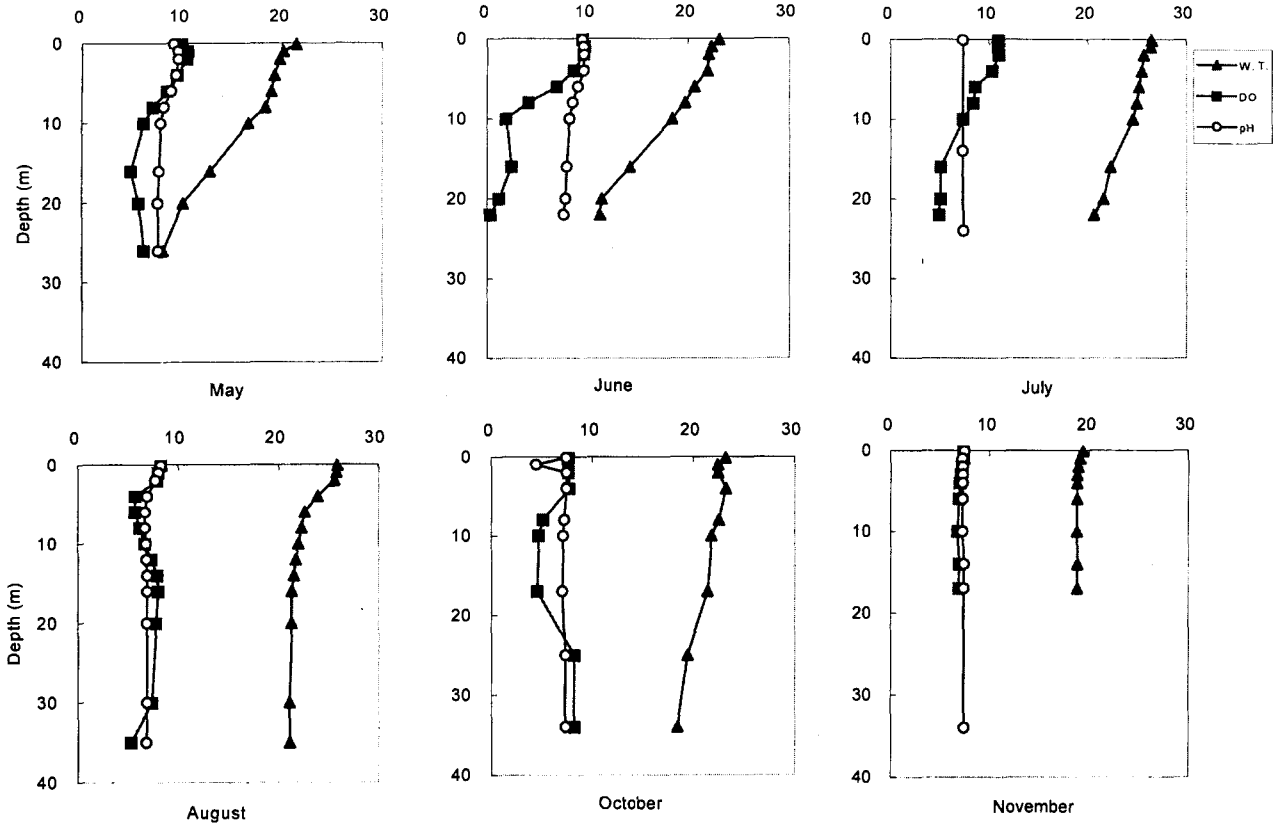

Fig. 3. Vertical profile of water temperature (°C), DO (mg l^{-1}), pH in the Daechung Reservoir during the period from May to November 1998 (Station 2).

없었다.

4. 투명도

투명도는 최저 0.5 m (8월, 정점 1)에서 최고 3.3 m (8월, 정점 1)까지 전반적으로 낮은 값을 나타내었다. 정점 1에서 5월과 6월에 공히 2.5 m, 7월에 3.3 m였으나, 8월에 0.3 m로 현저히 낮아졌고 10월과 11월에 각각 2.0 m와 1.9 m로 다시 높아졌다. 정점 2에서는 5월에 1.5m, 6월과 7월에 공히 2.5 m, 8월에 1.4 m로 낮아졌다가 10월과 11월에 각각 2.1 m와 2.0 m로 다시 높아졌다.

5. TN

총질소의 농도는 최저 3.384 μM (6월, 정점 1의 표층)에서 최고 5.731 μM (6월, 정점 2의 중층)까지 변화하였으며, 평균 4.538 μM로서 그 폭이 그리 크지 않았다 (Table 1). 정점 1의 표층에서 년중 3.384~5.693 μM의 범위로 평균 4.512 μM이었으며, 6월에 가장 낮은 3.384 μM이었고, 7월에 4.800 μM로 비교적 높은 농도를 보이다가 11월까지 낮아지는 경향이었다. 중층과 저층에서는 6월에 각각 5.238 μM, 5.693 μM으로 비교적 높은 농도를 보였으나, 표층과 마찬가지로 7월부터 11월까지 점차 낮아지는 경향을 보였다. 정점 2에서는 년중 3.532~5.731 μM의 범위로 평균 4.564 μM을 나타내어 정점 1과 비슷한 농도였다. 표층에서 6월에 4.974 μM로 높게 나타났으나 7월부터 11월까지 점점 낮은 농도를 나타내었다. 중층과 저층에서도 정점 1과 마찬가지로 6월에 가장 높은 농도인 5.731 μM과 5.541 μM을 각각 보였으며 7월부터 11월까지 점차 낮아지는 경향을 보였다.

6. NO_3^--N

질산성 질소의 농도는 11월 정점 1의 저층에서 최저 0.570 μM를, 5월의 정점 1의 표층에서 최고 1.891 μM을 나타내어 변화폭이 약간 있었다. 월별 변화 경향은 5월의 표층을 제외하고 6월에 가장 높은 농도를 보이다가 7월과 8월에 감소하고 10월에 약간 증가하였다가 11월에 최저치를 나타내고 있었다. 정점별 변화를 보면 정점 1의 표층에서 5월에 1.891 μM로 약간 높은 농도를 보였고, 이후 감소하여 11월에 가장 낮은 0.978 μM을 나타내었다. 중층과 저층에서는 6월에 1.720 μM과 1.600 μM을 각각 보여 상대적으로 높은 농도를 나타내다가 7월

Table 1. Monthly variations of nutrients during the period from May to November 1988 in the Daechung Reservoir (S: Surface, M: Middle, B: Bottom) (unite: μM l^{-1})

		NO_3^--N							NO_2^--N						
Station	Layer	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean
1	S	1.891	1.698	1.356	1.460	1.470	0.978	1.476	0.020	0.024	0.027	0.002	0.011	0.014	0.016
	M	1.488	1.720	1.235	1.336	1.501	0.823	1.351	0.019	0.023	0.028	0.001	0.028	0.014	0.019
	B	1.507	1.600	1.208	0.765	1.607	0.570	1.210	0.025	0.030	0.028	0.005	0.030	0.012	0.022
	Mean	1.629	1.673	1.266	1.187	1.526	0.790	1.345	0.021	0.026	0.028	0.003	0.023	0.013	0.019
2	S	1.306	1.814	1.195	1.262	1.557	0.927	1.344	0.017	0.041	0.028	0.008	0.010	0.013	0.020
	M	1.514	1.874	1.289	1.458	1.648	0.808	1.432	0.030	0.026	0.044	0.008	0.015	0.013	0.023
	B	1.545	1.795	1.322	1.181	1.607	1.154	1.434	0.029	0.005	0.001	0.021	0.012	0.037	0.018
	Mean	1.455	1.828	1.269	1.300	1.604	0.963	1.403	0.025	0.024	0.024	0.012	0.012	0.021	0.020
		NH_4^+-N							PO_4^--P						
Station	Layer	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean
1	S	0.038	0.045	0.052	0.002	0.021	0.005	0.027	0.009	0.012	0.001	0.006	0.005	0.007	0.007
	M	0.056	0.035	0.040	0.039	0.056	0.023	0.042	0.012	0.001	0.012	0.028	0.003	0.023	0.013
	B	0.118	0.065	0.028	0.049	0.125	0.017	0.067	0.005	0.001	0.001	0.031	0.014	0.006	0.01
	Mean	0.071	0.048	0.040	0.030	0.067	0.015	0.045	0.009	0.005	0.005	0.022	0.007	0.012	0.010
2	S	0.003	0.045	0.004	0.021	0.021	0.011	0.018	0.006	0.004	0.002	0.008	0.005	0.008	0.006
	M	0.172	0.025	0.040	0.058	0.056	0.005	0.059	0.011	0.002	0.001	0.032	0.021	0.007	0.012
	B	0.109	0.016	0.004	0.058	0.090	0.023	0.050	0.005	0.009	0.014	0.015	0.037	0.011	0.015
	Mean	0.095	0.029	0.016	0.046	0.056	0.013	0.042	0.007	0.005	0.006	0.018	0.021	0.009	0.011
		TN							TP						
Station	Layer	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean
1	S	4.481	3.384	4.800	4.681	4.481	4.197	4.337	0.335	0.349	0.170	0.204	0.175	0.245	0.246
	M	3.532	5.238	4.900	4.538	4.465	4.126	4.467	0.330	0.361	0.187	0.380	0.634	0.198	0.348
	B	4.872	5.693	4.773	4.555	4.482	4.010	4.731	0.339	0.346	0.173	0.381	0.222	0.213	0.279
	Mean	4.295	4.772	4.824	4.591	4.476	4.111	4.512	0.335	0.352	0.177	0.322	0.344	0.219	0.291
2	S	4.090	4.974	4.813	4.557	4.329	4.107	4.478	0.376	0.356	0.181	0.192	0.193	0.188	0.248
	M	3.532	5.731	4.814	4.331	4.343	4.179	4.488	0.496	0.352	0.201	0.350	0.549	0.172	0.353
	B	4.983	5.541	4.820	4.475	4.371	4.162	4.725	0.421	0.589	0.235	0.803	0.369	0.215	0.439
	Mean	4.202	5.415	4.816	4.454	4.348	4.149	4.564	0.431	0.432	0.206	0.448	0.370	0.192	0.347

과 8월에 약간 감소하였다. 그리고 10월에 중층과 저층에서 각각 1.501 μM, 1.607 μM로 약간 증가하였다가 11월에 최저치를 나타내었다. 정점 2에서는 년중 0.808~1.874 μM의 범위로 평균 1.403 μM을 나타내어 정점 1보다 전반적으로 낮은 값을 보였다. 6월에 표층, 중층, 저층에서 각각 1.814 μM, 1.874 μM, 1.795 μM로 상대적으로 높은 농도를 나타났고, 7월과 8월에 각 층에서 약간 감소하였다가 10월에 모두 증가하여 정점 1과 유사한 변화양상을 나타내었다.

7. NO_2^--N

아질산성 질소는 최저 0.001 μM (7월, 정점 2의 저층: 8월, 정점 1의 중층)에서 최고 0.044 μM (7월, 정점 2의 중층)까지 변화하고 있었다. 정점별 변화를 보면 정점 1에서 년중 0.001~0.030 μM의 범위로 평균 0.019 μM이었다. 표층에서 5월부터 증가하여 7월에 최고치 0.027 μM까지 높아졌고, 8월에 0.002 μM로 감소하였다가 11월까지 증가하는 경향을 나타내었다. 중층과 저층에서도 5월부터 8월까지는 표층과 같은 양상이었으나, 10월에 7월과 거의 같은 값을 보여 차이가 있었다. 정점 2에서는 년중 0.001~0.044 μM의 범위로 평균 0.020 μM을 나타내어 정점 1보다 변화폭이 좁았다. 표층에서 6월에 0.041 μM로 가장 높게 나타났고 7월에 0.028 μM로 감소하였다가 11월까지 증가하고 있었다. 중층에서는 5월과 6월에 유사한 값을 보이다가 7월에 0.044 μM로 가장 높은 농도를 보였다. 저층에서는 5월부터 7월까지 낮아지는 경향이었으며, 11월에 가장 높게 나타났다.

8. NH_4^+-N

암모니아성 질소의 농도는 아질산성 질소보다는 높고 질산성 질소보다는 낮았다. 조사기간 중 이 농도는 최저 0.002 μM (8월, 정점 1의 표층)에서 최고 0.172 μM (5월,

정점 2의 중층)까지 평균 0.044 μM였다. 정점 1에서 년중 0.002～0.125 μM의 범위로 변화하였으며 평균 0.045 μM이었다. 표층에서는 5월, 6월, 7월에 각각 0.038 μM, 0.045 μM, 0052 μM로 증가하였으며, 8월에 가장 낮은 0.002 μM를 보이다가 10월에 높아졌다. 중층에서는 5월부터 10월까지 0.035～0.056μM의 범위였고 11월에 0.023 μM으로 낮아졌으나, 전반적으로 표층보다 높은 농도를 보였다. 저층에서는 중층과 같은 월별 변화양상을 나타내었으나 농도는 더욱 증가하였다. 즉, 표층부터 저층으로 갈수록 암모니아성 질소는 증가하였다. 정점 2에서는 년중 0.003～0.172 μM의 범위로 평균 0.042 μM을 나타내어 정점 1보다 약간 낮은 농도를 보였다. 표층에서 5월과 7월에 각각 0.003 μM, 0.004 μM로 낮은 값을 보였고, 6월에 0.045 μM로 높아졌고 8월부터 11월까지는 0.011～0.021의 범위였다. 중층과 저층에서는 5월에 각각 0.172 μM, 0.109 μM로 조사기간 중 거의 최고치를 나타났고 6월과 7월에 감소하였다가 8월과 10월에 증가하는 추세를 보였다.

9. TP

총인의 농도는 최저 0.170 μM (7월, 정점 1의 표층)에서 최고 0.803 μM (8월, 정점 2의 저층)까지 변화폭이 그리 크지 않았다. 정점별 변화를 보면 정점 1에서는 년중 0.170～0.634 μM의 범위였으며, 표 · 중 · 저층에서 5월과 6월에 0.330～0.361 μM로 비슷하였으며, 7월에는 0.170～0.187 μM로 낮아졌다. 표층에서 8월부터 11월까지 0.175～0.245 μM의 범위였고, 중층에서는 8월부터 증가하여 10월에 0.634 μM를 나타내었고 11월에 감소하는 추세였다. 저층에서 8월에 0.381 μM로 중층과 비슷하였으나 10월과 11월에 비슷한 농도로 낮아졌다. 정점 2에서는 년중 0.172～0.803 μM의 범위로 평균 정점 1보다 변화폭이 더 넓었다. 표층과 중층에서 월별 변화경향은 정점 1과 매우 유사하였으나 농도는 약간 높았다. 저층에서는 5월과 6월에 각각 0.421 μM, 0.589 μM로 비교적 높은 농도를 보였고, 7월에 감소하였다가 8월에 최고치 0.803 μM을 나타났다. 이후 10월부터 11월까지 감소 추세를 나타내었다.

10. PO_4^--P

인산염 인의 농도는 최저 0.001 μM (6월, 정점 1의 저층: 7월, 정점 1의 표층과 저층: 7월, 정점 2의 중층)에서 최고 0.037 μM (10월, 정점 2의 저층)까지 변화폭이 매우 컸다. 정점 1에서는 년중 0.001～0.031 μM의 범위로 평균은 0.010 μM이었다. 수심별 변화를 보면 표층에서 5월과 6월에 각각 0.009 μM, 0.012 μM를 보였고, 7월부터 11월까지 0.170～0.245 μM의 범위를 나타내었다. 중층에서 5월과 7월에 공히 0.012 μM를, 8월과 11월에 0.028 μM로 증가하였으며 10월에 낮아진 반면 11월에 높아졌다. 저층에서 6월과 7월에 낮아졌고 8월에 높아졌으며 10월과 11월에 낮아졌다. 정점 2에서는 년중 0.001～0.037 μM의 범위였으며, 평균 0.011 μM로 정점 1과 유사하였다. 표층에서 7월에 0.002 μM로 가장 낮은 값이었고, 나머지 조사달에서는 0.004～0.008 μM로 비슷하였다. 중층에서는 5월에 0.011 μM이었으나 6월과 7월에 점차 감소하여 0.001 μM까지 낮아졌다. 8월에 0.032 μM로 증가하였다가 11월까지 감소하는 추세였다. 저층에서는 5월부터 10월까지 증가하여 0.037 μM을 보였고, 11월에 다시 감소하였다. 인산염 인의 농도는 정점 1의 중층과 저층에서 각각 표층의 약 2배, 약 1.5배가량 높았으나, 정점 2의 저층에서는 표층의 2.5배, 중층에서는 2.0배가량 높은 농도를 보였다.

11. TDN

총 용존질소의 농도는 최저 2.249 μM (5월, 정점 2의 중층)에서 최고 4.936 μM (6월, 정점 2의 저층)까지 변화폭이 그리 크지 않았다(Table 2). 정점 1에서 월별변화양상은 뚜렷하지 않았고 거의 균일한 값을 나타내었으며, 정점 2에서도 비슷하였다. 수심별 변화를 보면, 정점 1에서 5월의 표층에서 4.425 μM, 중층과 저층에서 공히 2.919 μM를 보여 약간 차이가 있었을 뿐, 수심에 따른 차이도 거의 없었다.

12. TDP

총 용존인의 농도는 최저 0.145 μM (11월, 정점 1의 중층)에서 최고 0.421 μM (5월, 정점 2의 저층)까지 변화폭이 약간 큰 편이었다. 월별 변화양상을 보면 정점 1에서 5월과 6월에 각각 0.316～0.318 μM, 0.327～0.330 μM의 범위를 보이다가 7월부터 11월까지 0.145～0.266 μM의 범위로 낮아졌다. 이와같은 경향은 정점 2에서도 매우 유사하였다. 수심별로 보면 정점 1의 10월과 정점 2의 5월과 6월에 저층으로 갈수록 약간 농도가 높아질 뿐 나머지 달은 모두 거의 유사하여 수심에 따른 변화가 거의 없었다.

13. TOC

총 유기탄소의 농도는 최저 0.569 μM (5월, 정점 2의 저층)에서 최고 4.838 μM (8월, 정점 1의 저층)까지 변화폭이 8배 이상이었다. 정점 1에서 월별 변화를 보면 5월에 1.148～1.673 μM에서 6월에 1.695～3.029 μM로 증가하였다. 7월에 표층과 중층에서 각각 4.249 μM와

Table 2. Monthly variations of chemical and biological factors during the period from May to November 1998 in the Daechung Reservoir (S: Surface, M: Middle, B: Bottom) (unit: μM l^{-1})

		TDN							TDP						
Station	Layer	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean
1	S	4.425	3.232	4.792	4.633	4.417	3.092	4.099	0.318	0.330	0.170	0.201	0.167	0.154	0.223
	M	2.919	4.746	4.784	4.533	4.417	2.794	4.062	0.316	0.327	0.175	0.155	0.220	0.145	0.223
	B	2.919	5.617	4.700	4.249	4.377	2.951	4.136	0.318	0.327	0.175	0.266	0.233	0.177	0.249
	Mean	3.421	4.532	4.759	4.472	4.404	3.006	4.099	0.317	0.328	0.173	0.207	0.207	0.159	0.232
2	S	3.198	4.368	4.561	4.419	4.238	3.707	4.082	0.319	0.327	0.178	0.163	0.179	0.179	0.224
	M	2.249	4.519	4.790	4.186	4.369	3.905	4.003	0.324	0.326	0.181	0.204	0.213	0.158	0.234
	B	4.927	4.936	4.661	4.261	4.334	4.130	4.542	0.421	0.409	0.187	0.148	0.187	0.214	0.261
	Mean	3.458	4.608	4.671	4.289	4.314	3.914	4.209	0.355	0.354	0.182	0.172	0.193	0.184	0.240

		TOC							Suspended solids (unit: mg l^{-1})						
Station	Layer	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean
1	S	1.673	1.695	4.249	3.463	3.120	4.260	3.077	2.00	–	2.55	13.50	4.00	4.25	4.38
	M	1.626	2.203	4.440	3.186	2.799	3.618	2.979	4.00	2.00	2.80	72.97	2.00	4.25	14.67
	B	1.148	3.029	1.572	4.838	1.849	4.750	2.864	1.00	4.00	4.65	72.00	8.75	23.46	18.98
	Mean	1.482	2.309	3.420	3.829	2.589	4.209	2.973	2.33	3.00	3.33	52.82	4.92	10.65	12.68
2	S	2.049	2.144	2.445	2.784	1.944	1.951	2.220	3.00	1.67	5.95	7.67	3.60	3.75	4.11
	M	1.602	2.111	2.884	2.618	1.852	3.045	2.352	1.00	2.00	8.30	26.50	7.40	4.00	8.20
	B	0.569	1.272	3.617	3.853	3.210	1.906	2.772	2.00	2.67	9.00	165.00	45.50	25.63	41.63
	Mean	1.407	1.842	2.982	3.085	2.335	2.301	2.448	1.67	2.11	7.75	66.39	18.83	11.13	17.98

		Chlorophyll-*a* (unit: μg l^{-1})							Heterotrophic bacteria (unit: CFUml^{-1})						
Station	Layer	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Mean
1	S	18.7	3.4	5.3	6.0	47.8	13.8	15.8	10	9	245	13,500	2,450	575	2,798
	M	22.1	3.1	10.8	4.0	4.8	12.7	9.6	335	335	1,780	11,500	1,600	895	2,741
	B	6.2	4.1	12.9	2.3	2.5	16.6	7.4	515	515	580	46,000	10,550	2,700	10,143
	Mean	15.7	3.5	9.7	4.1	18.4	14.4	10.9	286	286	868	23,666	4,866	1,390	5,227
2	S	8.5	6.9	40.7	13.0	29.6	10.1	18.1	180	180	240	6,000	3,650	840	1,848
	M	2.9	8.4	65.0	1.7	2.2	13.0	15.5	1,380	1,380	1,120	54,000	2,250	915	10,174
	B	1.3	0.8	7.5	11.7	4.6	12.7	6.4	560	350	950	258,500	4,850	6,850	45,343
	Mean	4.2	5.4	37.7	8.8	12.1	11.9	13.4	706	637	770	106,167	3,583	2,868	19,121

4.440 μM로 높은 농도를 보이다 8월에 약간 감소하였으나, 저층에서는 오히려 4.838 μM로 최고치를 나타내었다. 10월에 8월보다 더욱 감소하다가 11월에 월평균 가장 높은 값을 보였다. 수심별 변화를 보면 표층에서 5월, 7월, 10월에 저층으로 갈수록 농도가 낮아졌지만, 6월, 8월, 11월에는 오히려 저층에서 높은 값을 보였다. 정점 2에서 월별 변화는 정점 1과 달랐다. 즉, 5월부터 증가하여 8월에 최고치를 보였으며, 이후 11월까지 감소추세였다. 수심별 변화를 보면 5월과 6월에 표층에서 높은 농도를 보였으나, 7월부터 10월까지 오히려 저층으로 갈수록 농도가 높아졌다.

14. 부유물질

부유물질의 양은 최저 1.00 mg l^{-1} (5월, 정점 1의 중층과 정점 2의 저층)에서 최고 165.00 mg l^{-1} (8월, 정점 2의 저층)까지 변화폭이 매우 컸다. 정점 1에서는 년중 1.00～72.97 mg l^{-1}의 범위로 평균은 12.68 mg l^{-1}이었다. 월별 변화를 보면 5월부터 7월까지 1.00～4.65 mg l^{-1}의 범위로 낮은 값을 보이다가, 8월에 평균 52.82 mg l^{-1}로 증가하였다. 10월에 2.00～8.75 mg l^{-1}로 감소하였다가 11월에 약간 증가하였다. 수심별로 보면 년중 표층보다 저층에서 높은 값을 나타내었다. 정점 2에서는 년중 1.00～165.00 mg l^{-1}의 범위였으며, 평균 17.98 mg l^{-1}로서 정점 1보다 약간 높은 값을 보였다. 월별 변화를 보면 정점 1과 마찬가지로 5월부터 7월까지 낮은 농도지만 계속 증가하다가, 8월에 평균 66.39 mg l^{-1}로 최고치를 보였다. 10월과 11월에 각각 평균 18.83 mg l^{-1}, 11.13 mg l^{-1}으로 점차 감소하였다. 수심별로 보면 표층보다 저층에서 년중 높은 값을 나타내어 정점 1과 같은 변화 경향을 나타내었다.

15. Chlorophyll-*a*

Chl-*a*의 농도는 최저 0.8 μg l^{-1} (6월, 정점 2의 저층)에서 최고 65.0 μg l^{-1} (7월, 정점 2의 중층)까지 변화의 폭이 매우 컸다. 정점 1에서는 년중 2.3~47.8 μg l^{-1}의 범위로 평균 11.0 μg l^{-1}이었다. 표층에서 10월에 최고치 47.8 μg l^{-1}을 보였으며, 5월과 11월에 각각 18.7 μg l^{-1}, 13.8 μg l^{-1}을 보였고, 6월부터 8월까지는 비슷한 값을 보였다. 중층의 월별 변화경향은 7월의 표층을 제외하고 유사하였다. 5월에 저층에서 표층과 중층보다 1/3~1/4 정도 낮은 농도였으나, 7월과 11월에는 오히려 저층에서 더 높은 농도를 보였다. 정점 2에서는 0.8~65.0 μg l^{-1}의 범위로 평균 13.4 μg l^{-1}이었으며, 정점 1보다 농도범위도 넓고 평균 농도도 높았다. 표층에서 7월에 40.7 μg l^{-1}로서 가장 높았으며, 8월에 감소하였다가, 10월에 29.6 μg l^{-1}로 증가한 후, 11월에 다시 감소하는 추세였다. 중층에서는 7월과 11월에 각각 65.0 μg l^{-1}, 13.0 μg l^{-1}를 나타내었고, 나머지 조사달에는 1.7~8.4 μg l^{-1}의 범위였다. 저층에서는 5월과 6월에 매우 낮은 값을 나타내었으며, 7월부터 11월까지 4.6~12.7 μg l^{-1}의 범위를 보였다.

16. 식물플랑크톤 현존량

식물플랑크톤 현존량은 최저 2.5×10^4 cells/l (8월, 정점 1의 중층)에서 최고 7.5×10^6 cells/l (6월, 정점 1의 표층)까지 약 300배의 큰 변화폭을 보였으며, 년중 평균 1.6×10^6 cells/l이었다(Table 3). 정점 1에서 5월과 6월에 표층과 중층에서 $2.8\sim7.5\times10^6$ cells/l의 대발생을 보였으며, 7월과 8월에 낮은 현존량을 보이다가 11월의 표·중·저층에서 $1.1\sim2.0\times10^6$ cells/l의 대발생을 나타내어 월별 변화양상이 뚜렷하였다. 정점 2의 표층에서는 년중 $1.1\sim3.3\times10^6$ cells/l의 대발생을 나타내었다. 중층에서 5월부터 7월까지 $1.0\sim3.6\times10^6$ cells/l의 대발생을 보였으나, 8월부터 11월까지는 $1.3\sim4.8\times10^5$ cells/l의 낮은 값을 보였다. 저층에서 8월에 6.5×10^4 cells/l를 보였고, 나머지 달에는 $2.4\sim7.9\times10^5$ cells/l의 범위였다.

17. Heterotrophic bacteria

총 종속영양 세균의 수는 최저 9 $CFUml^{-1}$ (6월, 정점 1의 표층)에서 최고 258,500 $CFUml^{-1}$ (8월, 정점 2의 저층)까지 변화폭이 매우 컸다. 정점 1에서 월별 변화를 보면 5월부터 7월까지 계속 높아져 8월에 11,500~46,000 $CFUml^{-1}$으로 크게 증가하였다. 10월에는 8월보다 현저히 감소하여 1,600~10,550 $CFUml^{-1}$이었으며, 11월에 더욱 낮은 575~2,700 $CFUml^{-1}$이었다. 수심별로 보면 7월에 중층에서 높은 수를 보인 것을 제외하면 전반적으로 저층에서 많은 수를 나타내었다. 정점 2에서는 년중 180~258,500 $CFUml^{-1}$의 범위로 평균 19,121 $CFUml^{-1}$로서 정점 1보다 훨씬 높은 값을 보였다. 월별 변화를 보면 정점 1과 마찬가지로 5월과 6월에 거의 같은 값을 보이다가 7월에 평균 770 $CFUml^{-1}$이었다. 8월에는 표층, 중층, 저층에서 각각 6,000 $CFUml^{-1}$, 54,000 $CFUml^{-1}$, 258,500$CFUml^{-1}$으로 평균 106, 167 $CFUml^{-1}$을 보여 대단히 높은 수치였다. 10월에는 평균 3,583 $CFUml^{-1}$으로 8월보다 현저히 낮았으며, 11월에도 평균 2,868 $CFUml^{-1}$로서 더욱 낮아졌다. 수심별로 보면 5월부터 7월까지 중층에서 높았고, 8월부터 11월까지는 저층에서 높은 값을 나타내어 정점 1과 다른 경향이었다.

고 찰

본 연구에서 수온약층이 정점 1과 2에서 5월과 6월에, 정점 2에서 7월부터 8월까지 10~20 m층에서 각각 형성되었다. 5월에 정점 1의 수온약층을 경계로 DO는 1.1 mg l^{-1}, pH는 0.3 감소하였으며, 6월에도 DO 2.4 mg l^{-1}, pH는 0.4가 감소하였다. 정점 2에서 수온약층을 경계로 5월에 DO는 1.3 mg l^{-1}, pH는 0.2, 6월에 DO는 2.2 mg l^{-1}, pH는 0.6이 각각 감소하였다. 7월과 8월에도 이를 경계로 DO는 2.3 mg l^{-1}와 2.2 mg l^{-1}, pH는 0.1과 0.8이 각각 감소하여 성층간 수질의 특성이 달랐다. 본 조사수역에서 1991, 1992년 모두 수심 10 m내외에서 수온약층이 형성되었으나(한국수자원공사 1992, 1993), 1993년 8월부터 10월까지 정점 1에서 수온약층이 뚜렷

Table 3. Monthly variations of phytoplankton standing crops in the Daechung Reservoir

	Surface		Middle		Bottom	
	st. 1	st. 2	st. 1	st. 2	st. 1	st. 2
May	3,020,548	1,098,920	2,777,316	1,639,735	2,020,408	279,877
June	7,526,642	1,809,077	3,612,422	1,748,707	665,047	398,139
July	406,930	3,311,537	1,012,072	4,629,444	797,577	785,456
Aug.	759,951	2,728,291	24,935	222,694	155,699	65,371
Oct.	4,212,378	2,689,904	268,311	129,298	130,020	244,444
Nov.	1,337,851	1,820,000	1,067,123	479,808	2,019,472	553,896

하지 않았으며, 정점 2에서는 32~33 m층에서 강한 수온약층이 형성되 10월까지 유지되었다(오 등 1995). 이 등(1995)도 1993년 9월에 35~40 m 층에서 강한 수온약층을 관찰하였으며, 오 등(1997)은 회남교에서 1994년 9월 10 m 층에서 강한 수온약층을 관찰하였다. 박과 이(1986)는 수온약층을 경계로 DO와 pH가 현저히 낮아졌는데, 이는 장마철에 호수 부근의 각종 비점 오염원이 다량 호수내로 유입되어 수중 미생물에 의해 오염원을 분해하는데 DO가 많이 소모되고, 그 결과 유기산이 생성된 것으로 판단하였다. 이와같이 대청호에서 수온약층을 경계로 DO와 pH가 현저히 감소하는 예는 비교적 잘 알려져 있다.

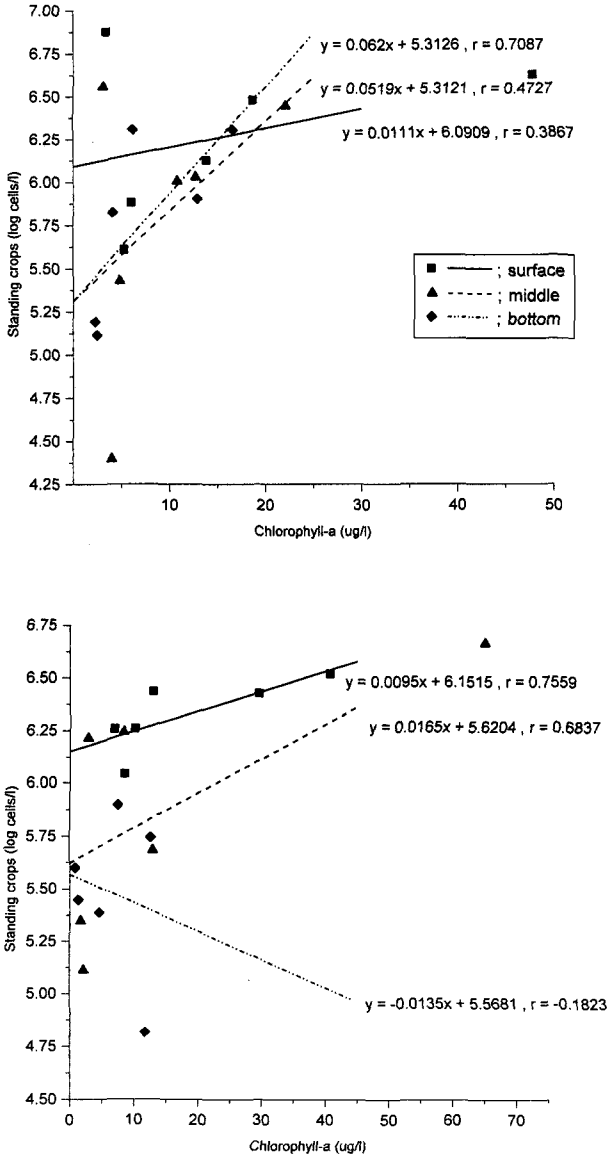

Fig. 4. The relationship between phytoplankton standing crops and chlorophyll-*a* in the Daechung Reservoir (upper; St. 1, Lower; St. 2)

호수에 있어서 수질의 영양상태를 판단하는 지표로서 총인, 총질소, 엽록소의 양, 투명도를 사용한다(Vollenweider 1968; Forsberg and Ryding 1980; Heiskary and Walker 1986). 본 연구수역의 1980년대의 총인과 총질소는 빈영양 또는 중영양 상태였으나(산업기지개발공사 1983; 박과 이 1986), 1990년대 중반이후 현재까지 부영양화 상태를 유지하고 있다(오와 김 1995; 이 등 1995; 김 등 1998; 이 1999; 신 등 1999; 오 등 1999). 즉, Forsberg와 Ryding (1980)은 총인 0.100 mg l^{-1} 이상, 총질소 1.5 mg l^{-1} 이상이면 과영양 수역이라고 제시한 바, 본 연구에서 총인과 총질소의 농도는 과영양화 수준이었다. Vollenweider (1968)에 따르면 chl-*a*의 농도가 25 μgl^{-1} 이상을 부영양화 수역으로 제시한 바, 1993년 8월과(오와 김 1995), 본 연구의 7월과 10월에는 부영양화 상태를 나타내었다. 한편 Heiskary and Walker (1986)의 기준은 10 μgl^{-1} 이상으로 1990년 중반이후 초가을부터 겨울을 제외한(이 1999), 모든 연구결과에서 부영양화 수준을 넘어서고 있었다. Heiskary and Walker (1986)는 부영양화 기준을 투명도 1.5 m 이하일 때로 제시한 바, 본 연구에서는 8월에 정점 1과 2에서 각각 0.3 m와 1.4 m를 보였을 뿐 나머지 조사달은 그 이상을 나타내어 이의 기준은 대청호에서 잘 적용되지 않았다. 즉, 위의 3가지 요소는 모두 부영양화 내지는 과영양화 수준인데 반하여 투명도는 일부 조사달을 제외하고 평균적으로 2.0 m를 넘어서 있었다.

한편 일차생산량을 나타내는 식물플랑크톤 현존량과 Chl-*a* 농도의 관계를 회귀식과 상관계수를 구하였다 (Fig. 4). 정점 1의 저층에서는 상관계수가 0.7087로 정의상관을 보였으며, 중층과 표층에서는 이보다 낮은 0.4727과 0.3867을 각각 보였다. 표층에서 낮은 상관계수는 6월의 정점 1에서 식물플랑크톤 현존량은 7.5×10^6 cellsl^{-1}의 대발생을 보였으나 Chl-*a*의 값은 3.4 μgl^{-1}으로 매우 낮았다. 이는 세포의 크기가 매우 작은 남조류 중 *Microcystis* spp.와 *Anabaena* spp.의 수가 많았기 때문으로 판단된다. 정점 2의 표층과 중층에서 식물플랑크톤 현존량과 Chl-*a*의 관계는 정의상관을 보였으며 상관계수는 각각 0.7559과 0.6837이었다. 즉, 년중 식물플랑크톤 현존량이 높을 때 Chl-*a*의 농도도 높았다. 다만 저층에서 식물플랑크톤 현존량과 Chl-*a*의 농도 사이에 역상관 관계였는데, 이때 두 요소의 숫자와 농도가 매우 낮아 큰 의미가 없었다. 따라서 본 수역에서 일차생산은 식물플랑크톤군집에 의해 좌우되고 있었으며, 세포의 크기도 매우 중요하게 작용하는 것으로 나타났다.

정점 1과 2의 표층에서 5, 6, 10, 11월에 나타난 식물플랑크톤의 대발생은 영양염류와 직접적인 관련이 있는 것으로 판단되었다. 즉, 대발생이 일어났을때 아질산염, 질산염, 암모니아, 인산염 및 총인의 농도가 상대적으로 높았다. 한편 7월과 8월에 낮은 현존량은 조사시기 전후에 많은 강우(7월 256 mm, 8월 782 mm) 및 유역으로부터 토사의 유입에 따른 물의 혼탁으로 광량이 크게 감소한데 기인하는 것으로 판단된다. 이와같은 원인은 부유물질에도 영향을 미쳐 정점 1과 2에서 농도가 매우 높았다. 8월에 높은 종속영양 세균수도 장마로 인하여 주변 수역으로부터 유입된 영양염류와 높은 수온 때문에 대량 증식한 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

김동근, 서윤수, 송준상, 이문호, 최재덕, 박건현, 최광수. 1984. 대청호의 부영양화에 관한 연구. 국립환경연구소 보고서.

김명운, 김민호, 조장천, 김상종. 1995. Cyanobacteria의 증식에 따른 대청호 생태 계내의 생물군집 변화. 한국육수학회지 28:1-9.

김명운, 김상종. 1997. 대청호 cyanobacteria 대발생 지역에서 환경요인의 일일변화 및 탄소의 흐름. 한국육수학회지 30: 1-7.

김철호, 이정호, 김도한, 최영길. 1998. 대청호에서 cyanobacteria수화와 *Anabaena cylindrica* 생장억제미생물 분포도의 상관관계. 한국육수학회지 31:173-180.

김철호, 이희준, 최영길, 박영식, 이기성, 최청일. 1996. 대청호 및 금강수계의 종속 영양미생물 분포와 세포외 효소 활성도의 계절별 변화. 한국육수학회지 29:17-28.

박동욱, 이홍근. 1986. 대청호 일부 수역의 성층화 현상과 조류의 일차 생산성에 관한 조사 연구. 한국수질오염보전 2:43-54.

배정옥, 김홍겸, 김도한, 전상호, 김휘중. 1994. 부영양호수의 수질개선을 위한 인산 염의 불활성화에 관한 연구(대청댐 수질개선을 중심으로). 한국육수학회지 27: 251-256.

산업기지개발공사. 1983. 다목적댐 저수지 수질 조사 보고서. pp. 42-70.

신재기, 조경제, 오인혜. 1999. 대청호에서 수환경 요인과 식물플랑크톤의 변동. 한국환경생물학회지 17:529-541.

오광철, 오희목, 이진환, 맹주선. 1995. 대청호 식물플랑크톤의 일주성 수직이동. 한국육수학회지 28:437-446.

오인혜. 1998. 대청호의 생태학적 연구(-'97). 한국육수학회지 31:79-87.

오희목, 김도한. 1995. 대청호의 남조류 수화발생에 대한 단기적 예측. 한국육수학회지 28:127-135.

오희목, 박준홍, 윤무환, 맹주선. 1997. 대청호 수화발생시 수중 인농도와 cyanobacteria의 다중인산염 분포관계. 한국육수학회지 30:97-106.

오희목, 반용호, 박대균, 이진환, 맹주선. 1999. 대청호내 cyanobacteria에 의한 취기물질 생산. 한국육수학회지 32: 181-188.

오희목, 이석준, 박정호, 맹주선. 1998. 대청호 성층파괴시 cyanobacteria의 수직분포 및 세포내 인의 조성. 한국육수학회지 31:54-61.

이기성, 고동규, 박영식, 최청일, 최영길. 1995. 대청호의 수심에 따른 유기물 분해능과 오염의 신호지표. 한국육수학회지 28:241-251.

이옥재, 이일규, 박희진, 안태영. 1995. 대청호에서의 질화작용. 한국육수학회지 28:11-18.

이정호. 1999. 대청호의 년중 식물플랑크톤 군집 동태. 한국육수학회지 32:358-366.

이홍근, 송준상, 이형진, 박 동, 이영신. 1985. 대청댐 저수지 청주시 상수도 취수원 오염원 조사. 산업기지개발공사 연구보고서.

정상진. 1995. 대청호의 식물 플랑크톤상에 관한 연구. 한국환경생물학회지 13:83-106.

정상진. 1998. 대청호의 수질에 관한 연구. 한국환경생물학회지 16:425-431.

한국수자원공사. 1992. 댐저수지 수질 회복 기술 개발에 관한 연구 I.

한국수자원공사. 1993. 댐저수지 수질 회복 기술 개발에 관한 연구 II.

황길순, 김동섭, 허우명, 김범철. 1994. 대청호의 일차생산과 가두리 양어장 및 유역으로부터의 유기물 부하량. 육수학회지 27:299-306.

APHA. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th ed. American Public Health Association, Washington, DC.

D'Elia CFP, A Steudler and N Corwin. 1977. Determination of total nitrogen in aqueous samples using persulfate digestion. Limnol. Oceanogr. 22:760-764.

Forsberg C and SO Ryding. 1980. Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waster-receiving lakes. Arch. Hydrobiol. 89:189-207.

Heiskary S and WW Walker. 1987. Developing phosphorus criteria for Minnesota lakes. Lake Reserv. Manage. 4: 1-9.

Menzel DW and N Corwin. 1965. The measurement of total phosphorus in seawater based on the liberation of organically bound fraction of persulfate oxidation. Limnol. Oceanogr. 10:280-282.

Vollenweider RA. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. OECD Paris. DAS/CSI/68.27.

Wood LW. 1985. Chloroform-methanol extraction of chlorophyll-*a*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 38-43.

Wynne D and GY Rhee. 1986. Effects of light intensity and quality on the relative N and P requirement the opti-

mum N : P ratio of marine planktonic algae. J. Plankton Res. 8:91-103.

Water Quality and Phytoplankton Standing Crops in the Daechung Reservoir

Jin Hwan Lee, Hee-Mock Oh[1] and Jueson Maeng[2]
Department of Biology, Sangmyung University, Seoul 110-743, Korea,
[1]Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Taejon 305-333, Korea,
[2]Department of Life Science, Sogang University, Seoul 121-742, Korea

Abstract - In order to study the relationship between water quality and phytoplankton standing crops, the authors investigated the physicochemical factors, phytoplankton standing crops and chlorophyll-*a* at two stations in the Daechung Reservoir during the period from May to November 1998. Nutrients (nitrite, nitrate, ammonia and phosphate) have gradually increased more than those of the previous reports. Concentrations of the total nitrogen, phosphorus, chlorophyll-*a* and transparency exceeded the standard value of eutrophication. It could be assumed that the eutrophication of the Daechung reservoir was caused by various pollutants. Chlorophyll-*a* concentration was under the influence of phytoplankton standing crops, but very tiny cell-sized blue-green algae were less important in regards to the chlorophyll-*a*. Except at station 1 from July to August, phytoplankton standing crops bloomed during the time of the survey. Spring phytoplankton blooms caused by nitrate and phosphate in the surface layer. High concentrations of the suspended solids in July and August were caused by an inflow of them due to heavy rains. Density of heterotrophic bacteria was high in August owing to the high water temperatures and the organic nutrients which were from the nearby reservoir.

Key words : Chlorophyll-*a*, Daechung reservoir, eutrophication, phytoplankton standing crops, water quality

(2000년 8월 20일 접수, 2000년 8월 31일 채택)