

팔당호에서 식물플랑크톤 군집 동태와 수질과의 상관성

김종민* · 한명수¹ · 정원화 · 박준대

(국립환경연구원, ¹한양대학교 자연과학대학 생명과학과)

Correlation between Phytoplankton Dynamics and Water Quality in Paldang Reservoir. Kim, Jongmin*, Myung-Soo Han¹, Weonhwa Jheong and Jundae Park (National Institute of Environmental Research, Kyeongseo-dong, Seo-gu Incheon 404-170, Korea; ¹Department of Life Science, Hanyang Univ., Seoul 133-791, Korea)

This study was aimed to analyze the long-term fluctuation of water quality and phytoplankton dynamics of Paldang reservoir in Korea and to assess the relationship between algal bloom patterns and hydrological, limnological data. Diatoms in Paldang reservoir occurred continuously through the year. Blue-green algae occurred during the summer season (from June to Sept.), and the highest count was observed in July. Occurrence pattern of green algae was similar to that of blue-green algae. The rest of algae contained a lot of *Cryptomonas* spp. whose concentration was high from May to Aug. Dominant algal genera (>7,000 cells mL⁻¹) in Paldang reservoir were *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Scenedesmus*, and *Cryptomonas* spp. *Microcystis* and *Anabaena* occurred during the summer season. Many different green algal genera were found in Paldang reservoir but their abundances were very low. There were some significant correlations ($r > 0.3$, $p < 0.05$) between algal taxa and water quality; diatoms and water temperature, TP; blue-green algae and water temperature, pH, DO saturation, COD, TP; green algae and water temperature, pH, DO saturation, COD, SS, TP. Furthermore, algal genera and water quality was significantly correlated ($r > 0.3$, $p < 0.05$); *Aulacoseira* and TN, TP; *Anabaena* and water temperature, DO saturation, COD, TP; *Microcystis* and water temperature, pH, DO saturation, TP; *Coelastrum* and COD, SS; *Scenedesmus* and water temperature, COD, TN, TP; *Cryptomonas* and DO saturation, TN. In Paldang reservoir, the water temperature had relatively big effect on blue-green algal bloom that was also dependant upon its hydrologic condition.

Key words : algal genera, algal taxa, COD, correlation, Paldang reservoir

서 론

한강 수계의 제일 하류 쪽에 위치한 팔당호는 1973년 남·북한강과 경안천이 합류하는 지점에 발전을 목적으로 댐을 축조하여 형성된 호수로서, 만수면적은 38.2 km², 총 저수용량은 244백만톤에 달한다. 육수학적 특성은 수

문 조作的 영향을 받으며 체류시간이 짧고 성층의 발달이 미약한 대표적인 하천형 호수이다. 팔당호의 수표면적에 대한 유역면적의 비는 618로 국외의 자연호에 비해 매우 크다. 이는 호수성상의 여러 요인이 유역의 특성에 따라 지배된다는 것을 의미하며, 호소의 수질은 물론 생태계의 구성 역시 유역의 강우와 오염물질의 배출에 영향을 받음에 따라 호수의 천이도 매우 빨리 진행될 수

* Corresponding author: Tel: 032) 560-7466, Fax: 032) 568-2041, E-mail: jongm@dreamwiz.com

있음을 암시한다(공, 1992).

팔당호에서 강우량 또는 유입량이 식물플랑크톤 발생에 미치는 영향은 매우 크다. 갈수기에는 유역의 고농도 영양물질이 유입되고 유량도 적어 호수의 체류시간이 길어질 뿐만 아니라 수온이 쉽게 상승하는 특징을 보인다. 홍수기에는 유량의 급격한 증가로 대부분의 조류가 호수로부터 유출되기 때문에 조류 개체수는 급속히 감소된다(천 등, 2001; Hong *et al.*, 2002). 또한 식물플랑크톤의 생산력(productivity)과 생체량(biomass)은 기상학적 또는 수문학적 조건, 유역의 크기와 특성 또는 형상, 호수내 유입수의 특성 및 수량 등에 의존한다. 김과 김(1990)은 팔당호에서 수초에 의한 일차생산과 식물플랑크톤의 일차생산을 합하여 연간 총 6,700 tC yr⁻¹이 생성되며 이 중 식물플랑크톤에 의한 유기물 생성이 64%에 달한다고 보고한 바 있다. 즉, 팔당호의 식물플랑크톤 동태에는 여러 환경인자가 단독 혹은 복합적으로 영향을 미치며 조류발생 정도를 조절한다.

팔당호에 분포하는 조류의 동태에 관하여는 이미 많은 연구가 수행된바 있다(이, 1986; 서 등, 1988; 류 등, 1995; 한 등, 1995, 1999, 2002; 김, 1998; Hong *et al.*, 2002). 그러나 대부분 단기적인 조사자료에 의한 것으로, 지속적이고 장기적인 조사결과를 통하여 식물플랑크톤의 동태와 수질과의 관계를 규명하고자한 시도는 거의 없는 실정이다. 본 연구는 1997년부터 2000년까지 4년에 걸쳐 조사된 팔당호 식물플랑크톤 조사자료를 토대로 각 분류군별 세포수 및 점유율 그리고 우점 조류속의 장기변동 패턴을 평가하고자 하였으며, 아울러 이들과 수질과의 관계를 규명하고자 시도되었다.

재료 및 방법

본 연구는 1997년부터 2000년까지 4년 동안 매년 5월부터 11월까지(1998년은 5~10월) 수행하였다. 시료의 채수는 팔당댐 앞에서 수행되었으며 조사지점은 Fig. 1과 같다(한강물환경연구소, 1997~2000).

팔당호의 수위변동, 댐 유입량 및 방류량, 유역 강우량 등은 한국수력원자력(주)의 댐 운영정보 및 기상연보(기상청) 자료를 이용하였다. 이화학적 수질조사항목은 수온, pH, DO, 전기전도도, COD, SS, 총인, 총질소, 투명도, 엽록소 *a*이며 이들 중 수온, pH, DO 및 전도도는 현장 수질 측정계기인 'Surveyor 4' (Hydrolab, 오스틴, 미국)를 이용, 현장에서 측정되었다. COD, SS 및 영양염류는 수질오염 공정시험방법(환경부, 1995, 2000)에 따라, COD는 망간

법을, 총질소와 총인은 각각 자외선 흡광광도법과 아스코르빈산 환원법을 이용하여 분석되었다.

엽록소 *a*는 GF/C 여과지로 시료 적당량을 여과 후 90% 아세톤으로 암냉소에서 24시간 동안 엽록소를 추출하여 663, 645, 630 그리고 750 nm의 파장에서 Carry 1E 흡광광도계(Varian, 미국)로 흡광도를 측정, 계산하였다. 용존산소 포화도는 수증기압의 변동을 무시하고 Mortimer(1981)가 제안한 포화 용존산소 농도 산출식을 이용하여 실측 용존산소 농도와의 비를 백분율로 구하였다.

$$\ln C = 7.7117 - 1.31403 \ln(T + 45.93)$$

C : Dissolved oxygen saturation concentration (mg L⁻¹)

T : Water temperature (°C)

식물플랑크톤 분석용 시료는 채수 직후 플라스틱 채수병에 담아 Lugol's 액을 1~2% 첨가하여 고정시키고 실험실로 운반하여 분석하였다. 식물플랑크톤 현존량의 계수에는 광학현미경(Nikon, Japan)과 Sadwick-Rafter counting chamber를 사용하여 대부분 200배율 하에서

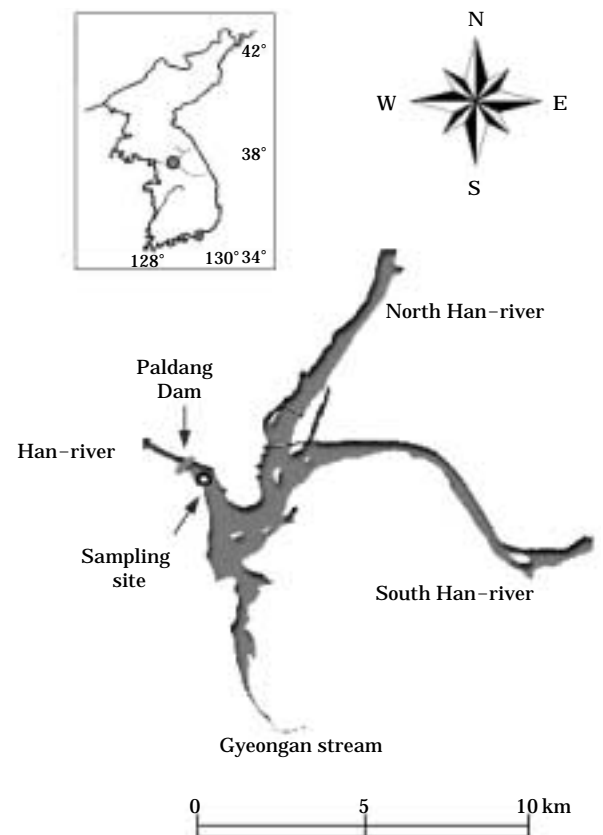


Fig. 1. Map of sampling site in Paldang reservoir, Korea.

수행하였다. 우점속의 기준은 매년 5~11월까지 매년 20회 이상 조사된 자료를 속별로 모두 더해 각각 그해의 총 세포수로 하고, 이들의 4년간 평균치가 7,000 cells mL⁻¹이 넘는 속으로 하였다.

출현한 식물플랑크톤과 수질과의 상관성은 SPSS 10.0 for windows 소프트웨어 (SPSS Inc.)를 이용하여 분석하였다.

결 과

1. 계절별, 연도별 분류군별 점유율 및 현존량 변화추이

규조류는 조사기간 중 비교적 지속적으로 출현하는 경향을 보였다 (세포수가 2,000 cells mL⁻¹ 이상을 나타낸 달: 1997년 7월, 9~11월; 1998년 5~10월; 1999년 5~7월; 2000년 5~11월). 1997년 7월말의 피크는 *Cyclotella* 속의 급격한 증가 (18,145 cells mL⁻¹)에 기인한 것이며 *Aulacoseria*속과 함께 매년 발생하는 규조류의 대부분을 차지하였다. 조사기간 중 남조류는 매년 6~9월에 집중적으로 발생하는 특징을 보였으며 (세포수가 2,000 cells mL⁻¹ 이상을 나타낸 달: 1997년 7, 9월; 1998년 7, 9, 10월; 1999년 7, 8월; 2000년 6, 7월), 대부분 7월경 가장 높

은 세포수를 보였다. 녹조류의 경우 높은 세포수를 나타내는 시기 (세포수가 2,000 cells mL⁻¹ 이상을 나타낸 달)는 6~8월로서 (1998년 6~9월; 1999년 6~8월; 2000년 5~8월) 남조류의 경우와 유사하였다. 기타 조류는 *Cryptomonas*속이 거의 대부분을 차지하였으며, 조사기간 중 *Cryptomonas*속이 상대적으로 높은 세포수 (2,000 cells mL⁻¹ 이상)가 관찰된 시기는 8월 (1997), 6월 (1998), 5월 (2000)이었다.

점유율이 50% 이상을 나타냈던 시기는 규조류의 경우 6, 7, 9~11월 (1997), 5~8월 (1998), 5, 6, 8, 10, 11월 (1999), 5, 8~11월 (2000)이었으며, 남조류는 7월 (1997), 7, 9월 (1998), 7, 8월 (1999), 7월 (2000)이었고, 녹조류는 9월 (1998), 6, 8, 9월 (1999), 5~9월 (2000)이었다 (Fig. 2).

2. 우점속의 출현빈도 변화

조사기간 중 매년 주로 관찰되는 우점속은 규조류인 *Aulacoseira*속 및 *Cyclotella*속, 녹조류인 *Scenedesmus*속 그리고 은편모조류인 *Cryptomonas*속이었으며, 남조류인 *Microcystis*속과 *Anabaena*속은 하절기에만 연속하여 출현하는 경향을 보였다 (Fig. 3).

*Aulacoseira*속은 1997~1999년보다는 2000년에 높은 세포수를 나타냈고, 점유율도 높았다. 이와 관련하여 한

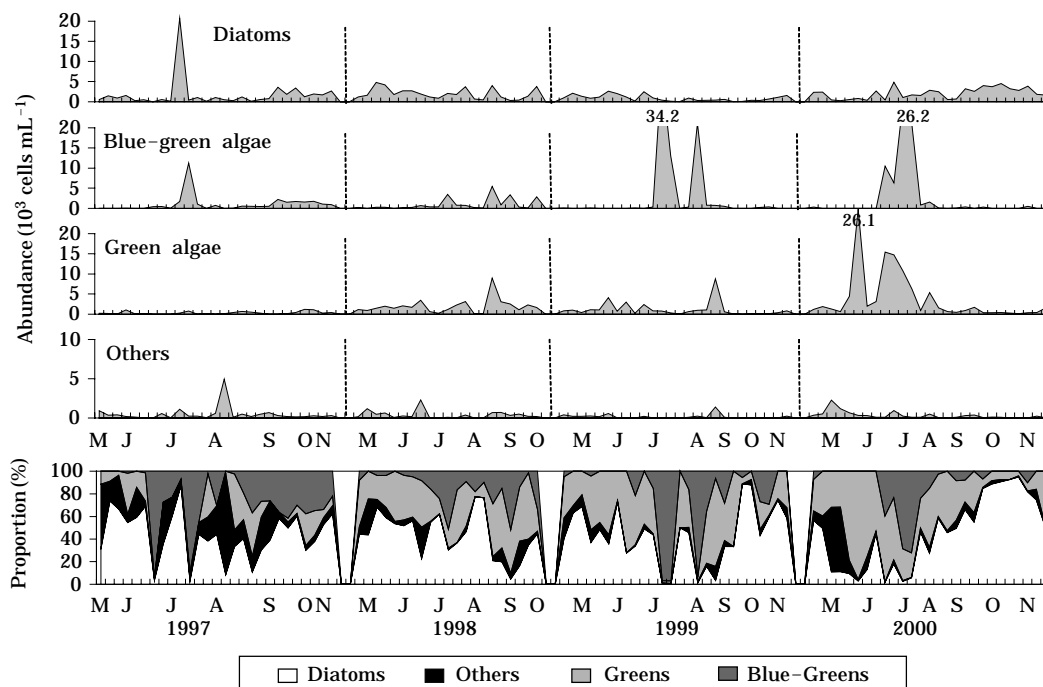


Fig. 2. Annual and seasonal variations of abundance and proportion of algal taxa from 1997 to 2000, Paldang reservoir, Korea.

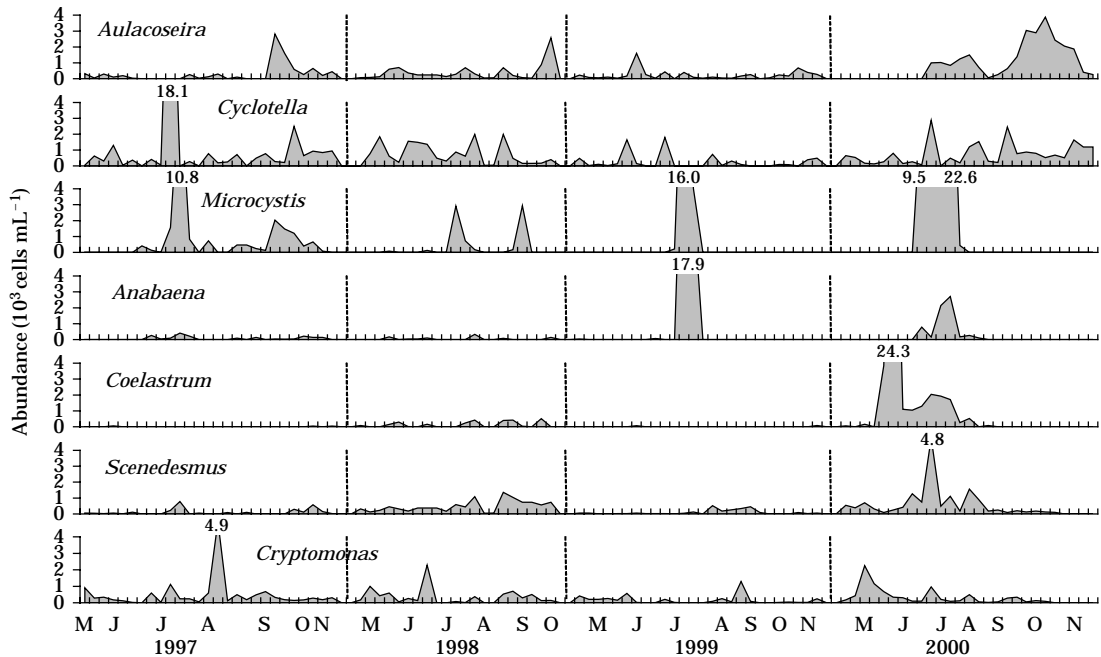


Fig. 3. Annual and seasonal variations of abundance of algal genera from 1997 to 2000, Paldang reservoir, Korea.

등 (1995)은 팔당호에서 부영양화의 지표종으로 출현하는 *Aulacoseira*속이 1984년 이후 1993년 조사시점까지 부영양화 진행속도에 비례하여 세포수가 증가되고 있는 속이라고 보고한 바 있다. 계절적으로 봄보다는 대부분 강우기가 지난 9월 말 이후에 비교적 높은 세포수를 나타냈다. *Cyclotella*속은 1997, 1998, 2000년에 높은 수준의 세포수가 관찰되었으며, 주로 하절기 이전에 빈번하게 관찰되었다. *Microcystis*속은 매년 7월경에 거의 주기적으로 대발생 하였으며, 이 시기와 연중 가장 높은 수온을 나타내는 시기는 거의 일치하였다. *Anabaena*속의 대발생 시기는 *Microcystis*속의 경우와 비슷한 경향을 보였다 (1999, 2000년). 녹조류의 경우 많은 다양한 종류의 속이 관찰되었으나 그 양은 별로 많지 않았으며 *Scenedesmus*속이 비교적 매년 꾸준히 일정량 출현하였다. 특히 2000년의 경우 *Coelastrum*속은 6월 초 ($24,280 \text{ cells mL}^{-1}$) 및 7월 초 ($2,043 \text{ cells mL}^{-1}$), 그리고 *Scenedesmus*속은 7월 초 ($4,785 \text{ cells mL}^{-1}$)에 피크치를 나타냈다. 기타 조류속은 앞에서 언급한 바와 같이 *Cryptomonas*속이 대부분을 차지하였다.

3. 식물플랑크톤 군집과 환경인자간의 관계

조사기간 중 각 분류군별 세포수와 수질조사 자료 간의 상관관계는 유의성이 있는 것 ($p < 0.05$)으로 나타난 항목도 높지 않은 것으로 나타났다. 엽록소 *a* 항목을 제외한

조사항목 중 $p < 0.05$, 상관계수 0.3 이상을 나타낸 분류군은 규조류의 경우 수온 ($r = -0.54$)과 총인 ($r = -0.43$)이었으며, 남조류는 수온 ($r = 0.46, 0.50$), pH ($r = 0.39, 0.42$), DO포화도 ($r = 0.6$), COD ($r = 0.4$) 그리고 총인 ($r = 0.49$)이었다. 녹조류는 수온 ($r = 0.47$), pH ($r = 0.46$), DO포화도 ($r = 0.44, 0.56$), COD ($r = 0.82$), SS ($r = -0.47$), 총인 ($r = 0.42$)이었다 (Table 1).

각 우점속의 세포수와 수질조사 자료 간의 상관도도 높지 않았다. 엽록소 *a* 항목을 제외한 조사항목 중 $p < 0.05$, 상관계수 0.3 이상을 나타낸 속은 *Aulacoseira*속의 경우 총질소 ($r = 0.41$)와 총인 ($r = -0.52$)이었고, *Anabaena*속은 수온 ($r = 0.42, 0.48$), DO포화도 ($r = 0.53$), COD ($r = 0.39$) 및 총인 ($r = 0.42$)이었다. *Microcystis*속은 수온 ($r = 0.49$), pH ($r = 0.41$), DO포화도 ($r = 0.59$) 및 총인 ($r = 0.5$)였고, *Coelastrum*속은 COD ($r = 0.61$)와 SS ($r = -0.42$)였다. *Scenedesmus*속은 수온 ($r = 0.5, 0.64$), COD ($r = 0.38$), 총질소 ($r = 0.54$) 그리고 총인 ($r = 0.39$)이었으며 *Cryptomonas*속은 DO포화도 ($r = 0.39, 0.43$)와 총질소 ($r = 0.55$)였다 (Table 2).

위 결과에서 각 분류군 및 우점조류속과 COD농도가 유의한 상관성을 보였던 경우는 남조류 (*Anabaena*속) 및 녹조류 (*Coelastrum*속, *Scenedesmus*속)에서 관찰되었고 규조류에서는 유의한 결과를 보이지 않는 것으로 나타났다. Fig. 4는 COD농도와 각 분류군별 개체수 변화를 도

Table 1. The correlation coefficients between each abundance of algal taxa and environmental factors in Paldang reservoir from 1997 to 2000, Korea.

Group	Year	N	W.T.	pH	DO-sat.	COD	SS	TN	TP	Chl-a
Diatoms	1997	26	-0.535	0.319	0.047	-0.324	-0.215	-0.164	-0.178	0.298
	1998	21	-0.197	0.196	-0.047	-0.093	-0.267	-0.009	-0.159	0.356
	1999	26	-0.153	0.380	0.333	0.328	-0.276	0.113	-0.327	0.113
	2000	27	-0.162	0.297	-0.032	-0.194	0.305	-0.306	-0.426	0.342
Blue-green algae	1997	27	0.167	0.382	0.326	-0.194	-0.100	-0.005	0.050	0.194
	1998	21	0.350	-0.004	-0.002	-0.138	-0.150	-0.158	0.018	-0.010
	1999	26	0.460	0.284	0.216	0.396	-0.045	-0.077	-0.106	0.521
	2000	27	0.500	0.421	0.600	0.300	0.025	0.149	0.491	0.606
Green algae	1997	27	-0.055	0.128	0.259	-0.134	-0.468	0.046	0.032	-0.056
	1998	21	0.412	0.286	0.163	0.033	-0.278	0.086	-0.284	0.369
	1999	26	0.193	0.255	0.444	0.017	-0.113	0.091	-0.207	0.653
	2000	27	0.472	0.458	0.562	0.820	0.185	-0.027	0.418	0.427
Others	1997	27	0.235	0.295	0.391	0.012	-0.149	-0.115	-0.100	0.510
	1998	21	0.154	0.254	0.252	0.063	-0.273	0.583	-0.269	0.841
	1999	26	0.021	0.232	0.434	0.034	-0.094	0.110	-0.167	0.575
	2000	27	0.068	0.265	0.138	0.334	-0.299	-0.105	0.242	0.223

* Boldface indicate $p < 0.05$.

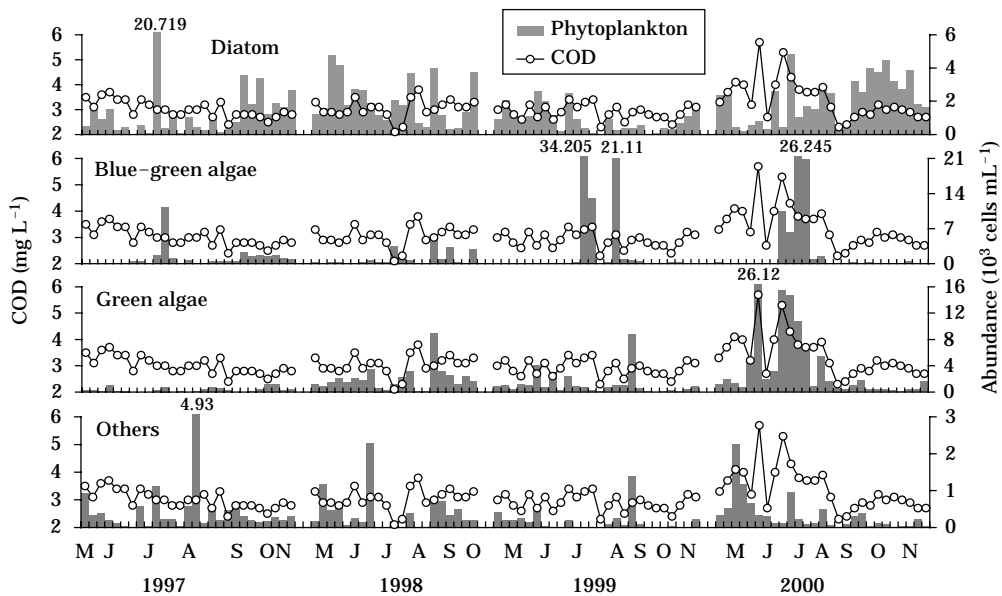


Fig. 4. Annual and seasonal fluctuation of abundance of algal taxa and COD in Paldang reservoir, Korea (from 1997 to 2000).

시한 것인데 특히 2000년의 경우 녹조류 개체수의 변화와 COD농도변화의 유사성이 비교적 뚜렷하게 나타났다.

고찰

남조류는 높은 수온, 고농도의 인 및 낮은 N/P 비의 환

경조건에서 현저하게 발생하는 것으로 보고된 바 있다 (Tilman *et al.*, 1982; Tilman and Kiesling, 1983; Smith, 1983; Seale *et al.*, 1987; Stockner and Shortreed, 1988; Happer, 1992). 그런데 팔당호에서는 유역 강우에 의한 유입량이 급격히 증가하면, 수중의 인 농도는 증가하나 (공, 1992) 남조류 발생량은 뚜렷한 감소를 나타냈다 (김

Table 2. The correlation coefficients between each abundance of dominant algal genera and environmental factors in Paldang reservoir from 1997 to 2000, Korea.

Genera	Year	N	WT	pH	DO-sat	COD	SS	TN	TP	Chl- <i>a</i>
<i>Cyclotella</i>	1997	27	0.198	0.305	0.137	-0.041	-0.104	0.151	0.024	0.545
	1998	21	0.158	0.085	-0.043	-0.041	-0.251	0.179	-0.128	0.578
	1999	26	0.019	0.084	0.039	0.166	-0.093	0.104	-0.084	-0.042
	2000	27	-0.119	0.007	-0.060	-0.103	0.327	-0.080	-0.048	0.347
<i>Aulacoseira</i>	1997	27	-0.304	0.230	0.027	-0.225	-0.040	-0.178	-0.127	0.220
	1998	21	-0.080	0.047	-0.150	-0.002	-0.180	-0.311	-0.088	0.064
	1999	26	-0.024	0.120	0.047	0.229	-0.172	0.413	-0.214	0.004
	2000	27	-0.170	0.255	0.009	-0.269	0.291	-0.307	-0.523	0.278
<i>Anabaena</i>	1997	27	0.118	0.326	0.099	-0.266	0.002	0.015	0.149	0.178
	1998	21	0.260	0.098	-0.003	0.245	-0.067	-0.093	0.186	0.317
	1999	26	0.418	0.361	0.152	0.393	-0.075	-0.309	-0.238	0.516
	2000	27	0.479	0.360	0.529	0.242	-0.028	0.130	0.418	0.533
<i>Microcystis</i>	1997	27	0.289	0.348	0.367	-0.115	-0.046	0.024	0.067	0.185
	1998	21	0.353	0.087	0.114	-0.318	-0.098	-0.185	0.083	-0.204
	1999	26	0.362	0.336	0.148	0.348	-0.064	-0.278	-0.203	0.498
	2000	27	0.486	0.408	0.590	0.307	0.029	0.147	0.499	0.594
<i>Coelastrum</i>	1997	27	-0.320	-0.130	-0.031	0.141	-0.415	0.118	-0.102	0.026
	1998	21	0.362	0.348	0.062	0.050	-0.166	-0.079	-0.157	0.163
	1999	26	-0.251	0.013	0.027	0.183	-0.112	0.113	-0.194	-0.111
	2000	27	0.192	0.235	0.367	0.611	0.100	-0.040	0.116	0.058
<i>Scenedesmus</i>	1997	27	0.008	0.285	0.162	-0.118	-0.183	0.145	0.218	0.153
	1998	21	0.638	0.292	0.075	0.062	-0.299	-0.178	-0.052	0.062
	1999	26	0.343	-0.114	0.168	0.016	0.038	0.539	0.393	0.244
	2000	27	0.502	0.455	0.313	0.381	0.246	0.016	0.404	0.542
<i>Cryptomonas</i>	1997	27	0.237	0.297	0.394	0.001	-0.146	-0.122	-0.106	0.508
	1998	21	0.178	0.244	0.256	0.071	-0.256	0.554	-0.243	0.827
	1999	26	0.008	0.235	0.433	0.033	-0.097	0.108	-0.169	0.566
	2000	27	0.122	0.276	0.168	0.354	-0.253	-0.098	0.263	0.247

* Boldface indicate $p < 0.05$.

등, 2002a; Hong *et al.*, 2002). 반면, 남조류의 bloom에 의한 피크가 나타나는 시기는 높은 수온이 관찰되는 시기와 거의 일치하였다 (Fig. 5). 결과적으로 볼 때, 팔당호에서의 남조류 bloom에는 유입량에 의한 1차적인 영향을 제외하면, 수온조건이 인 농도 증가에 의한 영향보다 더 크게 작용한 것으로 사료되었다. 이것은 팔당호의 경우 이미 조류 대발생을 일으키기에 충분한 인이 존재하기 때문이다 (한 등, 1995; Kong, 1997).

남조류 발생시기 및 형태는 여름철 짧은 기간에 급격히 발생한 후 곧 감소하는 경향을 보였는데, 이것은 강우 등으로 유입량이 증가하는 여름철의 경우 거의 일정한 저수용량을 갖는 팔당호의 특성상 유입유량의 대부분을 방류하게 되므로 체류시간이 짧아져, 수체교환이 빠르게 진행되었기 때문인 것으로 사료되었다.

식물플랑크톤은 광합성을 하는 동안 유기물을 생산하는데 (Tanaka *et al.*, 1974; Wetzel, 1983), 규조류와 COD

와의 상관관계 분석결과에서는 유의한 ($p < 0.05$) 상관성을 나타내지 않은 반면, 남조류 및 녹조류에서는 유의한 상관성을 보였고, 남조류보다는 녹조류에서 더 높은 상관성을 나타낸 바 있어 ($r = 0.82$, 2000년), 규조류는 유기물 농도증가(여기서는 COD)에 거의 기여하지 않는 것으로 판단되었다.

팔당호는 유량이 많은 2개 하천과 유량이 적은 지천이 만나는 곳에 댐을 축조하여 조성된 호수이므로 호수 내 지점별로 수질 및 생물학적 특징이 뚜렷하게 구분된다. 일반적으로 이 3개의 하천이 모여 최종 방류되는 댐 앞을 대표지점으로 하고 있으나 이곳에서의 엽록소 *a* 농도 변화와 COD 농도는 거의 상관성을 보이지 않았다 (김 미 발표자료). 반면, 한 등 (2002)은 팔당호내 경안천 유입수역에서 엽록소 *a*의 증가에 따라 입자태 유기탄소의 뚜렷한 증가가 관찰되었다고 보고한 바 있다. 이것은 팔당호의 경우 조사지점 (특히 경안천 유입수역과 남한강 또는

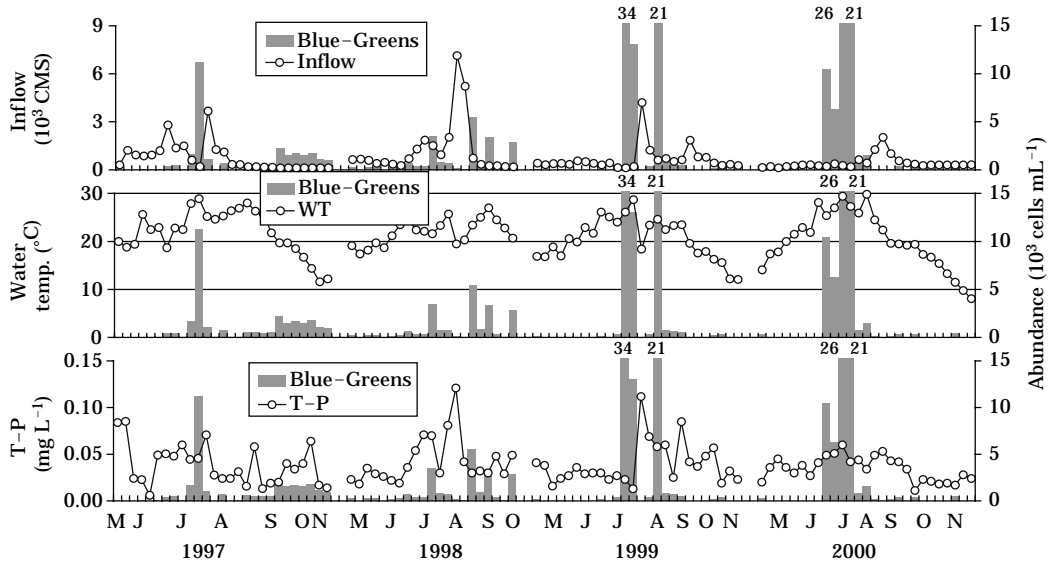


Fig. 5. Comparison between abundance of blue-green algae and inflow, water temperature, T-P in Paldang reservoir from 1997 to 2000

북한강 유입수역) 별로 수질 및 수문학적 특성이 현저한 차이를 보이기 때문이다. 실제로 2002년도의 경우 경안천 수역에서는 엽록소 *a* 농도변화가 COD 농도변화를 37% 정도 ($p < 0.01$) 설명할 수 있는 것으로 나타난 반면, 팔당댐 앞 수역에서 상기 두 항목 간에는 거의 상관성이 없었으며 유의한 결과를 보이지 않은 것으로 조사된 바 있다 ($p = 0.56$) (김, 미발표자료). 이것은 경안천이 유입하는 팔당호 수역이 팔당호 유입량의 대부분을 차지하는 북한강과 남한강 유량에 의해 댐 앞 수역(본류수역)과의 경계면에서 정체되기 때문이다 (공, 1992; 김 등, 2002b).

적 요

본 연구는 4년에 걸쳐 조사된 팔당호 식물플랑크톤 조사자료를 토대로 각 분류군별 세포수 및 점유율 그리고 우점 조류속의 장기변동 패턴을 평가하고, 아울러 이들과 수질과의 관계를 규명해보고자 시도되었다.

규조류는 조사기간 중 비교적 지속적으로 출현하는 경향을 보였으며, 남조류는 매년 6~9월에 집중적으로 발생하는 특징을 보였고 7월경 가장 높은 세포수를 나타냈다. 녹조류의 경우 높은 세포수를 나타내는 시기는 6~8월로서 남조류의 경우와 유사하였다. 기타 조류는 *Cryptomonas*속이 거의 대부분을 차지하였으며, 5~8월에 높은 세포수가 관찰되었다. 조사기간 중 우점속(매년 조사

기간 중 출현 세포수 총계가 평균 $7,000 \text{ cells mL}^{-1}$ 이상인 것을 대상으로 함)은 *Aulacoseira* 및 *Cyclotella*속(규조류), *Microcystis*와 *Anabaena*속(남조류), *Scenedesmus*속(녹조류) 그리고 *Cryptomonas*속(은편모조류) 이었다. 각 분류군별 세포수와 수질조사 자료 간의 상관관계는 낮은 수준을 보였으며, 유의성이 있는 것 ($p < 0.05$)으로 나타난 항목 중 상관계수 0.3 이상을 나타낸 분류군은 규조류의 경우 수온과 총인, 남조류는 수온, pH, DO포화도, COD, 총인, 녹조류는 수온, pH, DO포화도, COD, SS, 총인이었다. 속 (genera)별 상관계수 0.3 이상을 나타낸 것은 *Aulacoseira*속의 경우 총질소와 총인, *Anabaena*속은 수온, DO포화도, COD, 총인, *Microcystis*속은 수온, pH, DO포화도, 총인, *Coelastrum*속은 COD와 SS, *Scenedesmus*속은 수온, COD, 총질소, 총인, *Cryptomonas*속은 DO포화도와 총질소였다. 팔당호에서의 남조류 bloom에는 유입량에 의한 1차적인 영향을 제외하면, 수온조건이 인 농도 증가에 의한 영향보다 더 크게 작용한 것으로 사료되었다.

인 용 문 헌

공동수. 1992. 팔당호의 육수생태학적 연구. 고려대학교 박사 학위논문.
 기상청. 1980-2002. 기상연보.
 김용재. 1998. 팔당댐호의 식물플랑크톤 군집의 생태적 특성.

- 한국육수학회지 **31**(3): 225-234.
- 김동섭, 김범철. 1990. 팔당호의 일차생산. 한국육수학회지 **23**(3): 167-179.
- 김종민, 허성남, 노혜란, 양희정, 정완중, 임연택. 2002a. 팔당호 수질의 계절별 변화특성 및 장기추세. 한국물환경학회지 **18**(1): 67-76.
- 김종민, 허성남, 양희정, 노혜란, 정완중, 황 정, 이인선, 김무영. 2002b. 호소형 및 하천형 호수의 유기물 거동특성 비교 연구(I). 국립환경연구원 한강물환경연구소.
- 류홍일, 공동수, 천세억, 박혜경, 손영환, 류재근, 김종민. 1995. 호소내 오염하천 유입부의 식물에 의한 정화처리 연구(I). 국립환경연구원 한강물환경연구소.
- 서윤수, 조규승, 김범철, 허우명. 1988. 팔당상수원보호 종합대책에 관한 연구(1차년도-플랑크톤부분). 국립환경연구원.
- 이 경. 1986. 팔당 침수 수역 식물플랑크톤의 수직분포, 한국식물학회지 **29**: 117-127.
- 천세억, 김정현, 정원화, 박상정, 박혜경, 양상용, 김성수, 김동호, 이덕길, 최덕일. 2001. 조류예보제 시행결과보고서. 국립환경연구원.
- 한국수력원자력(주). 팔당댐 수계자료. <http://www.khnp.co.kr/index.jsp>.
- 한명수, 어운열, 유재근, 유광일, 최영길. 1995. 팔당호의 생태학적 연구 2. 식물플랑크톤의 군집구조의 변화. 한국육수학회지 **28**(3): 335-344.
- 한명수, 이동석, 유재근, 박용철, 유광일. 1999. 팔당호의 생태학적 연구 3. 식물플랑크톤의 일차 생산력과 광합성 모델 parameters. 한국육수학회지 **32**(1): 8-15.
- 한명수, 홍성수, 어운열. 2002. 팔당호의 생태학적 연구 4. 경안천 하류의 영양염 및 입자태 유기물 거동과 식물플랑크톤의 천이. 한국육수학회지 **35**(1): 1-9.
- 한강물환경연구소. 1997-2002. 팔당호 수질(조류포함) 조사자료.
- 환경부. 1995, 2000. 수질오염공정시험방법.
- Happer D. 1992. Eutrophication of Fresh waters : principles, problems and restoration, CHAPMAN & HALL, p. 75, pp. 199-200.
- Hong, S.-S., S.-W. Bang, Y.-A. Kim and M.-S. Han. 2002. Effects of rainfall on the hydrological conditions and phytoplankton community structure in the riverine zone of the Paldang reservoir, Korea. *J. of freshwat. Ecol.* **17**: 507-520.
- Kong, D.S. 1997. Limnological and ecological characteristics of a river-reservoir (Paldang), Korea. *Korean J. Limnol.* **30**-supplement: 524-535.
- Mortimer, C.F. 1981. The oxygen content of air-saturated freshwater over ranges of temperature and atmospheric pressure of limnological interest. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* **21**: 1-23.
- Seale, D.B., M.E. Boraas and G.J. Warren. 1987. Effects of sodium and phosphate on growth of cyanobacteria. *Water Res.* **21**: 625-631.
- Smith, V.H. 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* **221**: 669-671.
- Stockner, J.G. and K.S. Shortreed. 1988. Response of Anabaena and Synechococcus to manipulation of nitrogen : phosphorus ratios in a lake fertilization experiment, *Limnol. Oceanogr.* **33**: 1348-1361.
- SPSS Inc. SPSS 10.0 for Windows.
- Tanaka, N., M. Nakanishi and H. Kadota. 1974. The excretion of photosynthetic products by natural phytoplankton populations in Lake Biwa. *Japan J. Limnol.* **35**: 91-98.
- Tilman, D.R., S.S. Kilham and P. Kilham. 1982. Phytoplankton community ecology : The role of limiting nutrients. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **13**: 349-373.
- Tilman, D. and R. Kiesling. 1983. Freshwater algal ecology; Taxonomic trade-offs in the temperature dependence of nutrient competitive abilities. in current perspectives in microbial ecology, Klung, J., A.A. Reddy ed., pp. 314-319, ASM.
- Wetzel, R.G. 1983. Limnology. Saunders College Publishing.

(Manuscript received 21 March 2005,
Revision accepted 12 May 2005)