

철원북방 DMZ내의 중영양호 토교저수지의 생태학적 연구 V.  
경안천(팔당호)과 토교저수지에서 식물플랑크톤의  
크기별 현존량과 Chlorophyll *a*의 계절 변동

한명수<sup>1,3</sup> · 이후량<sup>2</sup> · 홍성수<sup>3</sup> · 김영옥<sup>1</sup>  
이 경<sup>4</sup> · 최영길<sup>1</sup> · 김세화<sup>5</sup> · 유광일<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 생명과학과, <sup>2</sup>한양대학교 환경대학원, <sup>3</sup>한양대학교 환경과학과,  
<sup>4</sup>가톨릭대학교 생명과학부, <sup>5</sup>용인대학교 생명과학과

Ecological studies on Togyo Reservoir in Chulwon, Korea. V.  
Seasonal Changes of Size-Fractionated Standing Crops and  
Chlorophyll *a* of Phytoplankton in Kyungan Stream of  
Paldang River-Reservoir Systems and Togyo Reservoir, Korea

Myung-Soo Han<sup>1,3</sup>, Hu-Rang Lee<sup>2</sup>, Sung-Su Hong<sup>3</sup>, Young-Ok Kim<sup>1</sup>,  
Kyung Lee<sup>4</sup>, Yong-Keel Choi, Sewha Kim<sup>5</sup> and Kwang-Il Yoo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Life Science, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea, <sup>2</sup>Dept. of Environmental  
Engineering Graduate School Environmental Studies, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea,  
<sup>3</sup>Dept. of Environmental Science, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea,  
<sup>4</sup>Dept. of Biology, The Catholic University of Korea, Puchon 422-743, Korea,  
<sup>5</sup>Dept. of Life Science, Yong-In University, Yongin 449-714, Korea

**Abstract** - With physico-chemical environmental factors such as temperature, DO, pH, conductivity and nutrients, size fractionated of phytoplankton standing crops and chlorophyll *a* concentrations ( $> 8 \mu\text{m}$ ,  $3 \sim 8 \mu\text{m}$  and  $< 3 \mu\text{m}$ ) and their relationships were investigated at each station of Kyungan Stream and Togyo Reservoir from April to November in 1997. The two sampling sites showed different nutrient status: Kyungan Stream was eutrophic, while Togyo Reservoir was mesotrophic. Large sizes of phytoplankton and chl. *a* were higher in Kyungan Stream, opposite to those of Togyo Reservoir; Standing crops of phytoplankton ( $> 8 \mu\text{m}$ ) and chl. *a* ( $3 \sim 8 \mu\text{m}$ ) were high in Kyungan Stream, while phytoplankton ( $3 \sim 8 \mu\text{m}$ ) and chl. *a* ( $< 3 \mu\text{m}$ ) were abundant in Togyo Reservoir.

These results imply that phytoplankton community in the highly eutrophicated water mainly comprised the large filamentous and/or colonial algae, such as *Microcystis* spp. and *Aphanizomenon flos-aquae*, which easily enriched by nutrients loading.

**Key words** : Size-fraction, phytoplankton, Chlorophyll *a*, Kyungan Stream of Paldang River-Reservoir Systems, Togyo Reservoir

\* Corresponding author: Kwang-Il Yoo, Tel. 02-2290-0951,  
Fax. 02-2299-3495, E-mail. kiyoo@netsgo.com

## 서 론

우리 나라 담수호는 대부분이 1970년 이후에 건설된 인공 다목적 댐으로 음용수, 농업 및 공업용수와 홍수방지를 목적으로 건설되어 계절에 따른 유입·유출량 및 유속의 차가 크다. 또한 산업발전과 인구증가로 인해 수질오염의 증가와 부영양화는 더욱 가속화되어 녹조의 대발생은 수서생태계의 교란을 야기시키고 있다(한 등 1993; 김 등 1997; 홍 2001). 식물플랑크톤은 수서생태계의 일차 생산자로서 수질의 변화에 따라 현존량과 종조성이 크게 변화하기 때문에 그들의 분포는 수중환경의 특성을 잘 표현하고 있다(이, 1994). 따라서 식물플랑크톤의 현존량, 종조성 등의 생물학적 요인과 함께 이화학적 요인에 대한 조사를 근간으로 이들의 계절적 변화 및 상호관계를 파악함은 담수역에서 매우 중요하다.

일반적으로 식물플랑크톤은 크게 소형플랑크톤(20~200  $\mu\text{m}$ ), 미세형플랑크톤(2~20  $\mu\text{m}$ ), 초미세형플랑크톤(0.2~2  $\mu\text{m}$ )로 분류하며, 이중 미세형플랑크톤은 수중생태계내 microbial loop를 통한 효율적 에너지 전환 역할에 중요성이 보고되고 있으며 최근에는 초미세형플랑크톤의 중요성도 크게 부각되고 있다(Man *et al.* 1987; Akihiro and Kazuaki 1997). 그러나 국내는 해수에서 심 등(1984)이 광양만에서 미세형플랑크톤의 분포패턴에 관한 연구를 시작으로 간헐적인 조사가 있으나 담수에서는 거의 이루어지지 않았다.

본 연구는 부영양성 경안천과 중영양성으로 알려진 비무장지대내의 토교저수지의 크기별 식물플랑크톤 및 chl. *a* (>8  $\mu\text{m}$ , 3~8  $\mu\text{m}$ , <3  $\mu\text{m}$ )의 계절적 변동을 파악하기 위해 물리·화학적 환경요인과 함께 시도되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지개황

수도권 상수원인 팔당호로 유입되는 경안천은 유역면적이 총 49.6 km<sup>2</sup>로 남한강과 북한강에 비해 유역이 비교적 짧은 작은 하천형 호소이며 유역주변에는 축사와 농경지가 산재해 있다(Kong 1997). 또한 최근의 수도권 인구집중에 따른 생활 오염원도 증가추세에 있으며 갈수기에 특히 악화된 오염상태를 보이고 있다(국립환경연구원 1995).

강원도 철원군 동송읍 양지리의 비무장지대내에 위치하고 있는 토교 저수지는 약간의 농경지와 군사 시설을 제외하고는 대부분이 자연림으로 구성되어 있고 인간

활동이 철저히 통제된 인위적인 오염이 거의 없는 곳이다. 토교저수지는 1976년 상수원 및 관개를 목적으로 건설되었으며, 만수면적은 3,348 ha이고, 유역면적은 2,370 ha로 저수지는 비교적 작은 범위의 유역을 갖고 있다. 제방의 높이는 10.1 m, 길이는 880 m이며 최고 수위 14 m, 평균 수위는 7.6 m이다(한 등 1995).

### 2. 물리·화학 및 생물학적요인

조사는 1997년 4월부터 1997년 11월까지 매월 1회 동일한 지점에서 실시하였다(Fig. 1). 경안천의 강수량은 양평관측소의 자료를 이용하였고 토교저수지의 강수량은 철원관측소의 자료를 이용하였다(한국수문조사월보 1997). 수온, pH (Model 290A, Orion, USA)와 전도도 (Model 33, YSI, USA)는 현장에서 5 l의 Van-Dorn 채수기로 채수하여 측정하였으며, 용존산소는 Winkler 방법(Parsons *et al.* 1984)에 따라 현장에서 고정하여 실험실에서 수질자동적정기로 (716 DMS Titrino, Metrohm, Switzerland)로 측정하였다.

영양염(NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>) 측정을 위한 시료는 현장에서 GF/F filter로 여과하여 분석전까지 -20°C로 냉동 보관하였다. 시료의 분석은 standard method (APHA 1992)에 따라 UV Spectrophotometer (Hp 8503, Hewlett-Packard, USA)로 측정하였다.

식물플랑크톤의 생물량은 소형 플랑크톤(>8  $\mu\text{m}$ ), 미세형 플랑크톤(3~8  $\mu\text{m}$ ), 극소형 플랑크톤(<3  $\mu\text{m}$ )의 크기별로 chl. *a*와 현존량을 측정하였다. 크기별 chl. *a* 측정은 채수된 시료의 일정량(경안천: 200 ml, 토교저수지; 300 ml)을 각각 pore size 8  $\mu\text{m}$ 과 3  $\mu\text{m}$ 의 polycarbonate

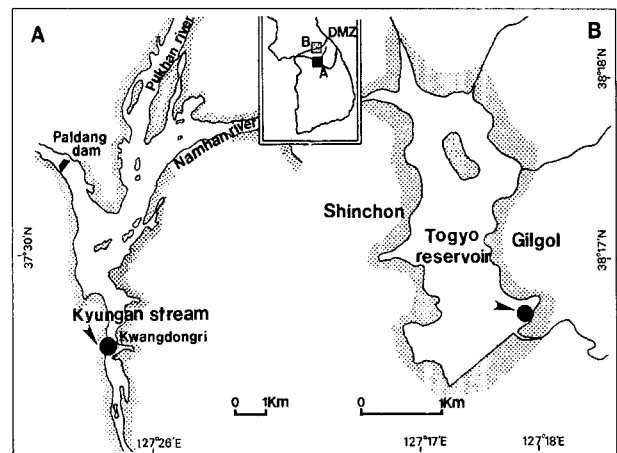


Fig. 1. The studied area at Kyungan Stream of Paldang River-Reservoir Systems and Togyo Reservoir, Korea. Arrows indicate the sampling stations.

membrane filter를 이용하여 분획하였고, 3  $\mu\text{m}$  이하의 분획물은 GF/F로 여과하여 얻었다. 이후 냉동암실에서 90% acetone을 이용하여 24시간 동안 색소를 추출한 후 UV-VIS Spectrophotometer (Hp 8503, Hewlett-Packard, USA)로 크기별 chl. *a*를 측정하였다. 식물플랑크톤의 현존량의 Bouin's 용액(최종농도 5%)과 glacial acetic acid(최종농도 1%)를 이용하여 현장에서 고정하였다. 이때 사용된 Bouin's 용액은 상온에서 37% 중성 포르말린에 picric acid를 넣어 과포화 시킨 후, 상등액만을 취한 것이다. 고정된 시료는 경안천은 2 ml, 토교저수지는 10 ml를 취하여 membrane filter를 이용하여 크기별 (>8  $\mu\text{m}$ , 3~8  $\mu\text{m}$ , <3  $\mu\text{m}$ )로 분획을 하였다. 분리된 시료는 Quantitative Protargol Staining (QPS)법 (Montagnes and Lynn 1987)에 의해 영구 표본을 만든 후 현존량 및 동정은 광학현미경( $\times 400$ ,  $\times 1000$ ) 하에서 관찰하였다.

결 과

1. 물리·화학적 환경요인의 변화

두 지점간의 수온의 변화는 크지 않았지만 용존산소 포화도는 경안천이 110.9~188.6%, 토교저수지가 48.1~119.1%로 큰 차이를 보였으며, pH는 경안천이 7.9~9.6, 토교저수지에서 7.7~8.6로 관찰되었다 (Fig. 2). 영양염의 경우도 경안천이 질소, 인, 규산염 모두 토교저수지보다 고농도로 관찰되었으며, 농도 변화도 크게 관찰되었다. 반면 토교저수지는 큰 변화가 없었다. N/P비 역시 경안천이 261~1,540의 범위였으며 토교저수지는 2~146의 범위로 4월, 8월, 11월의 일시적 질소제한을 제외하고는 대부분 시기에 두 지점 모두 인 제한 현상이 관찰되었다 (Table 1).

2. 식물플랑크톤의 크기별 우점종의 변화

조사기간동안 두 지점에서 크기별 우점종의 계절적

변화는, 경안천은 대부분의 시기동안 소형플랑크톤이 우점하였다. 우점종의 월별변화는 4~6월까지 규조류 *Stephanodiscus* spp., *Cyclotella meneghiniana*와 녹조류 *Microactinium pusillum* var. *elegans*가 우점종으로 출현하였다. 이후 9~10월말까지 *Microcystis* spp.가 우점종으로 조사되었다 (Table 2). 토교저수지는 4월에 소형 플랑크톤인 *Chlamydomonas* spp.가 우점하였으며 이후 *Synecococcus sublividus*와 *Aphanocapsa delicatissi-*

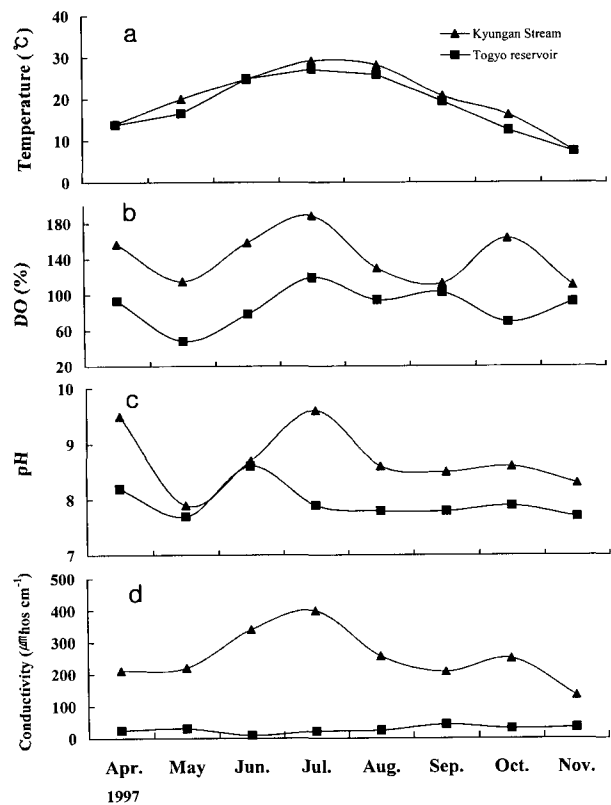


Fig. 2. Monthly variation of physical and chemical factors in Kyungan Stream of Paldang River-Reservoir Systems and Togyo Reservoir from April to November in 1997. a, Temperature (°C); b, Dissolved oxygen (%); c, pH; d, Conductivity ( $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ ).

Table 1. Nutrient levels in Kyungan Stream of Paldang River-Reservoir Systems and Togyo Reservoir, Korea from April to November, 1997

	Kyungan Stream			Togyo Reservoir		
	Min.	Max.	Avg.	Min.	Max.	Avg.
NH <sub>4</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	0.028	1.33	0.428	0.003	0.123	0.045
NO <sub>2</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	0.04	0.198	0.114	0.002	0.005	0.003
NO <sub>3</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	1.69	2.33	1.864	0.006	0.022	0.013
PO <sub>4</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	0.002	0.011	0.006	0	0.018	0.007
SiO <sub>2</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	0.03	6.3	2.324	0.016	0.018	0.017
N : P ratio	261.7	1540.8	572.8	0.003	146.1	19.6

**Table 2.** Monthly variation of dominant phytoplankton species (over 10% of total stanging crops) in Kyungan Stream of Paldang River-Reservoir Systems, Korea from April to November, 1997

	< 3 $\mu\text{m}$	3~8 $\mu\text{m}$	> 8 $\mu\text{m}$
Apr.	unknown picoplankton	<i>Stephanodiscus</i> spp.	<i>Stephanodiscus</i> spp.
May	unknown bar-shaped pico.	<i>Cyclotella</i> sp. unknown plankton	<i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Micractinium pusillum</i> var. <i>elegans</i>
Jun.	unknown picoplankton		<i>Coelastrum microporum</i> <i>Micractinium pusillum</i> var. <i>elegans</i> <i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>fluviatile</i>
Jul.	unknown rounded form	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Micractinium pusillum</i> var. <i>elegans</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i>
Aug.	unknown picoplankton	<i>Cosmarium</i> sp.	<i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Eudorina elegans</i>
Sep.	unknown rounded form	unknown rounded form	<i>Microcystis</i> spp.
Oct.	unknown rounded form	<i>Coelastrum</i> sp. <i>Cyclotella</i> sp.	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> <i>Microcystis</i> spp.
Nov.	unknown picoplankton	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Chroomonas</i> sp. <i>Stephanodiscus</i> spp.

**Table 3.** Monthly variation of dominant phytoplankton species (over 10% of total stanging crops) in Togyo Reservoir, Korea from April to November, 1997

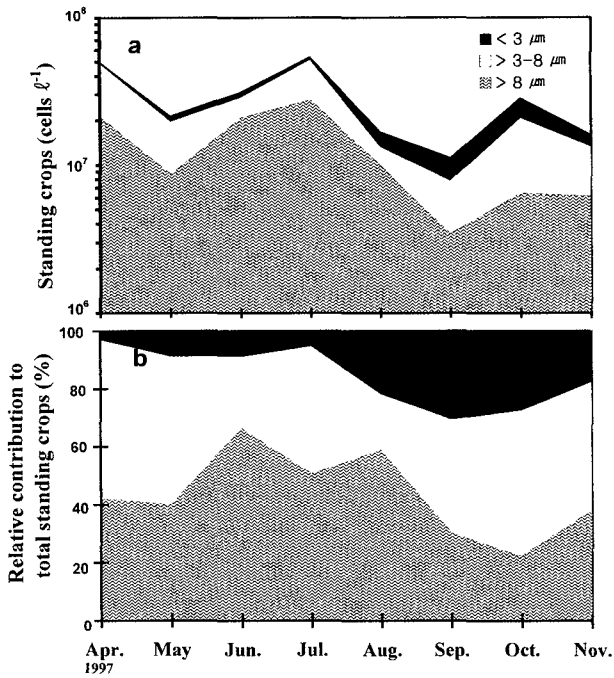
	< 3 $\mu\text{m}$	3~8 $\mu\text{m}$	> 8 $\mu\text{m}$
Apr.	unknown picoplankton	<i>Chlamydomonas</i> spp.	<i>Chlamydomonas</i> spp.
May	unknown picoplankton	<i>Chlamydomonas</i> spp. unknown plankton	<i>Rhizosolenia eriensis</i> <i>Synecococcus sublividus</i>
Jun.	semi-rounded unknown picoplankton	semi-rounded unknown picoplankton	<i>Synecococcus sublividus</i> <i>Aphanocapsa</i> sp. <i>Peridinium inconspicuum</i>
Jul.	unknown rounded form	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Stichococcus bacillaris</i> <i>Synecococcus sublividus</i>
Aug.	unknown picoplankton	<i>Cosmarium</i> sp. <i>Scenedesmus</i> sp.	<i>Cyclotella stelligera</i> <i>Westella botryoides</i> <i>Aphanocapsa delicatissima</i>
Sep.	unknown rounded form	bar shaped unknown plankton unknown rounded form	<i>Chroococcus</i> sp. <i>Stichococcus bacillaris</i>
Oct.	unknown rounded form		<i>Peridinium bipes</i>
Nov.	unknown picoplankton		<i>Peridinium bipes</i> <i>Chroococcus</i> sp. <i>Schroederia setigera</i>

ma가 우점하였다. 극소형 플랑크톤은 6월에 우점종으로 관찰되었으며, *Peridinium bipes*는 10월 이후 우점종으로 조사되었다(Table 3).

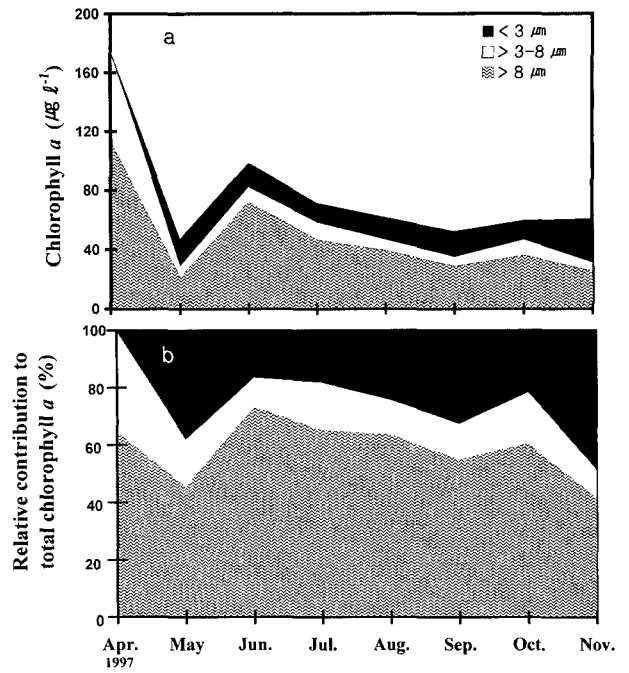
### 3. 크기별 식물플랑크톤의 현존량 변화

조사기간동안 두 지점에서 크기별 현존량의 변화를 보면, 경안천은 소형 플랑크톤이 전체 현존량의 변화와 유사한 양상을 보였으며, 6~8월까지 우점하였다. 소형

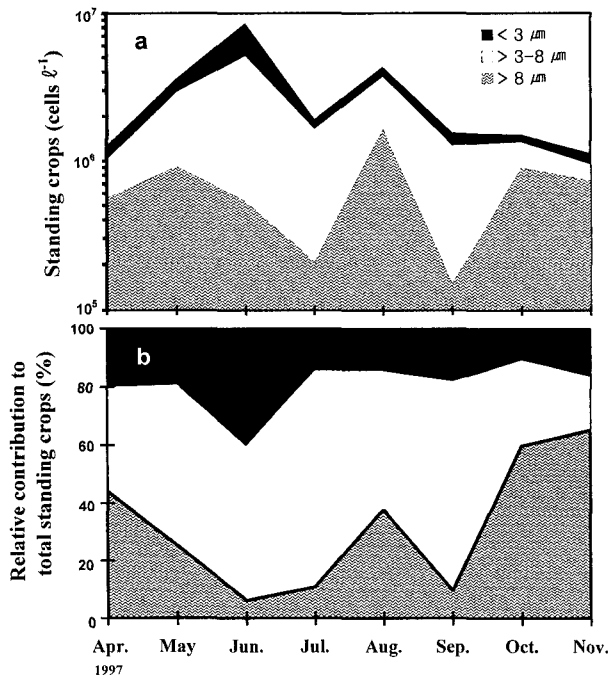
플랑크톤이  $3.4 \times 10^6 \sim 2.8 \times 10^7$  cells  $l^{-1}$ , 미세형플랑크톤은  $3.2 \times 10^6 \sim 2.8 \times 10^7$  cells  $l^{-1}$  (19.2~54.7%)로 4~5월과 10~11월에 증가하였다. 극소형플랑크톤은  $1.5 \sim 7.9 \times 10^6$  cells  $l^{-1}$  (2.9~30.6%)로 8~10월까지 상대적으로 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3). 토교저수지는 소형플랑크톤의 현존량은 경안천과 유사하게 변화하였다. 미세형플랑크톤은 5~8월에 높은 현존량을 보였고, 극소형플랑크톤은 6월에  $3.4 \times 10^6$  cells  $l^{-1}$ 으로 증가하였다(Fig.



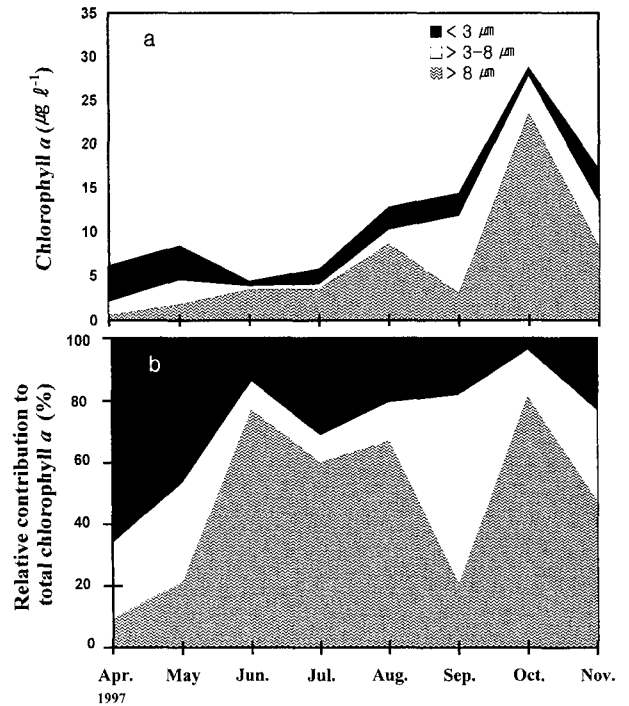
**Fig. 3.** Monthly variation of size-fractionated standing crops ( $\text{cells } l^{-1}$ ) (a) and their percentage contribution to total standing crops (b) in Kyungan Stream of Paldang River-Reservoir Systems, Korea.



**Fig. 5.** Monthly variation of size-fractionated chl. *a* ( $\mu\text{g } l^{-1}$ ) (a) and their percentage contribution to total chl. *a* (b) in Kyungan Stream of Paldang River-Reservoir Systems, Korea.



**Fig. 4.** Monthly variation of size-fractionated standing crops ( $\text{cells } l^{-1}$ ) (a) and their percentage contribution to total standing crops (b) in Togyo Reservoir.



**Fig. 6.** Monthly variation of size-fractionated chl. *a* ( $\mu\text{g } l^{-1}$ ) (a) and their percentage contribution to total chl. *a* (b) in Togyo Reservoir.

4).

4. Chl. a의 크기별 변화

조사기간 동안 식물플랑크톤의 크기별 chl. a의 변화를 보면, 경안천에서 소형플랑크톤은 21.5~113.3  $\mu\text{g l}^{-1}$  (41.7~73.1%), 극소형플랑크톤은 0.2~29.5  $\mu\text{g l}^{-1}$  (0.1~48.4%), 미세형플랑크톤은 6.0~62.1  $\mu\text{g l}^{-1}$  (9.9~35.4%)로 관찰되었다 (Fig. 5). 토교저수지는 소형플랑크톤이

0.6~23.5  $\mu\text{g l}^{-1}$  (9.7~81.6%)로 4월과 9월을 제외하고 대부분 시기에 증가하였다. 미세형플랑크톤은 0.4~88.0  $\mu\text{g l}^{-1}$  (8.6~61.1%), 극소형플랑크톤은 46.4~66.1%로 4월과 5월에 증가하는 경향이 관찰되었다 (Fig. 6).

5. 총 식물플랑크톤 현존량과 크기별 변동과의 상관성

식물플랑크톤의 전체 현존량과 크기별 변동과 상관관계를 보면, 두 조사지점에서 각각 다르게 나타났다. 경안

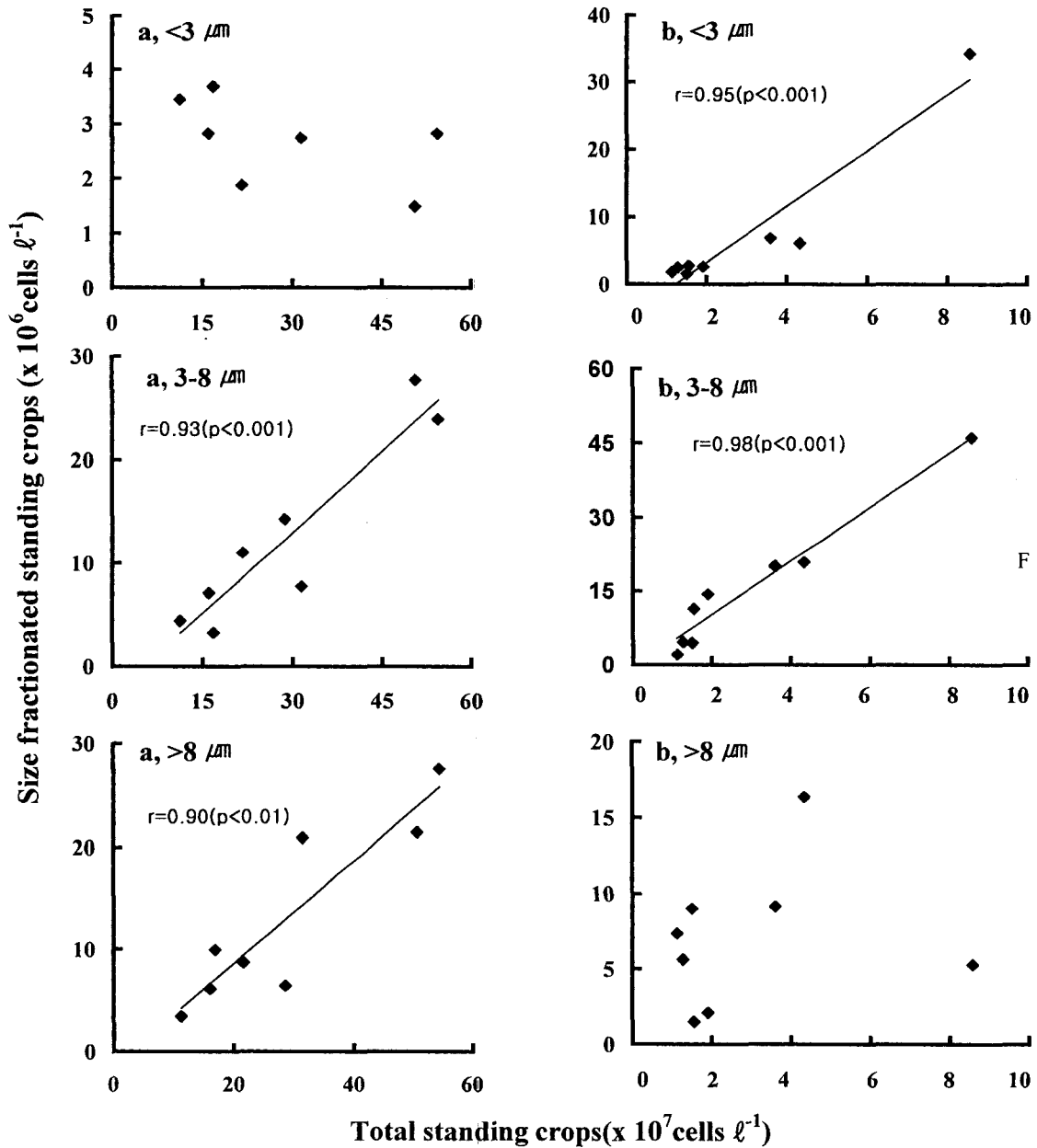
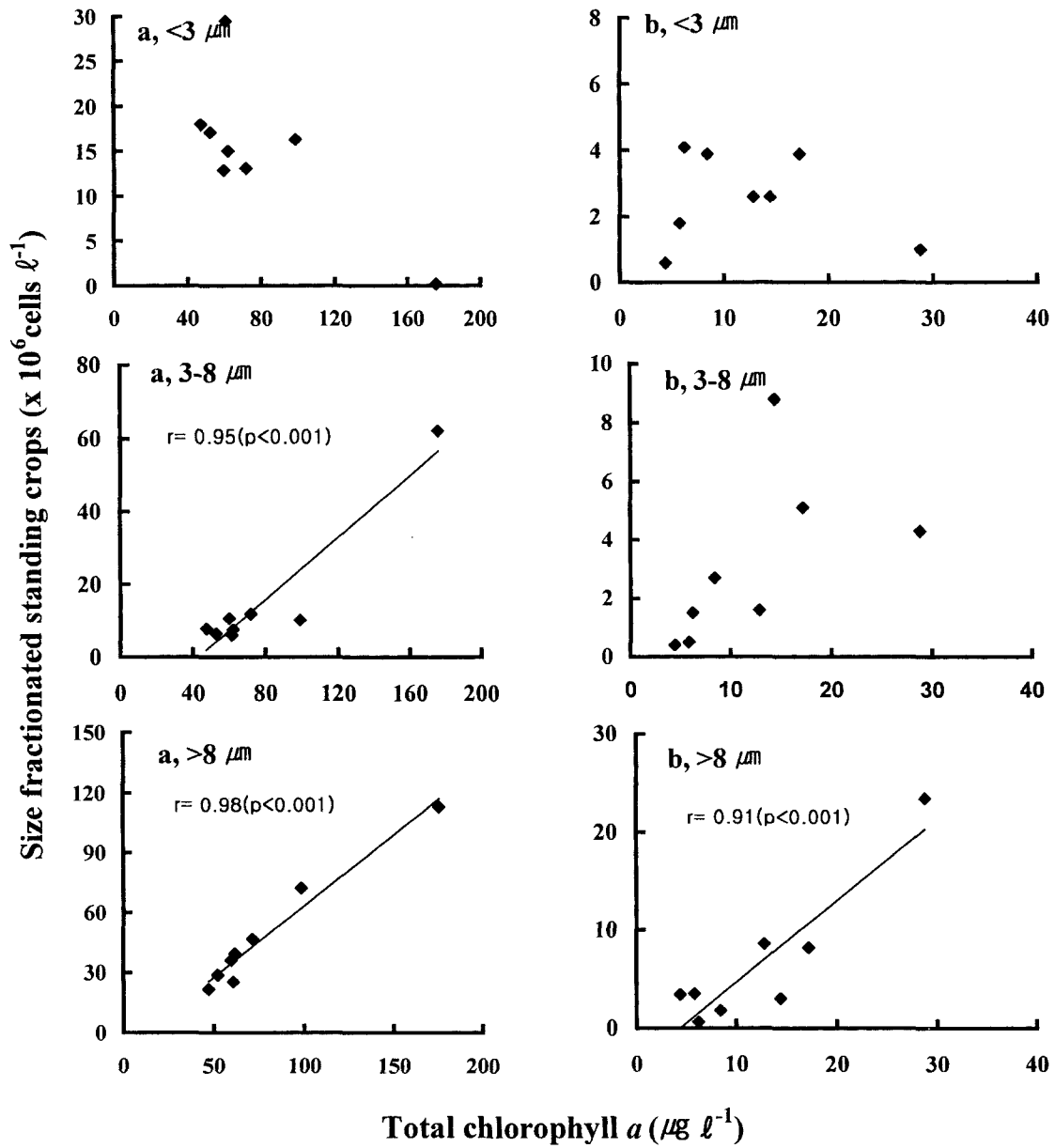


Fig. 7. Relationships between total standing crops and size-fractionated standing crops in Kyungan Stream of Paldang River-Reservoir System (a) and Togyo Reservoir, Korea (b).



**Fig. 8.** Relationships between total chl. *a* and size-fractionated chl. *a* in Kyungan Stream of Paldang River-Reservoir System (a) and Togyo Reservoir, Korea (b).

천은 미세형 ( $r = 0.93, p < 0.001$ )과 소형 ( $r = 0.90, p < 0.001$ )이 각각 높은 상관관계를 보인 반면에, 극소형에서는 뚜렷한 유의성은 볼 수 없었다(Fig. 7a). 그러나 토교저수지는 미세형 ( $r = 0.98, p < 0.001$ )과 극소형 ( $r = 0.95, p < 0.001$ )이 각각 높은 상관을 보였지만, 소형은 전체 현존량과는 유의성이 없었다(Fig. 7b).

전체 chl. *a*에 대한 크기별 chl. *a*와 관계에서 경안천과 토교저수지 모두 소형과 높은 상관관계를 보였으며, 경안천은 미세형 ( $r = 0.95, p < 0.001$ )에서도 높은 상관관

계를 확인하였다(Fig. 8a, b).

### 고 찰

조사기간 중 영양염 농도와 식물플랑크톤 현존량은 경안천이 토교저수지보다 높게 관찰되었다. 이는 두 지점의 물리적 특성의 차이에 의한 것으로 토교저수지는 폐쇄형의 저수지로 강우에 의해 수공급이 이루어지고

유출구가 없어 비교적 안정된 수체를 보이는 반면, 경안천은 유역주변에 오염원이 많고 수심이 낮으며(평균 5 m), 강우시에 유속이 급증하여 급격한 수체변화가 일어나지만 갈수기에는 정체형 호수로 전환된다(홍 2001).

식물플랑크톤 현존량과 chl. *a* 농도는 경안천이 토교저수지보다 높았는데, 경안천의 경우 식물플랑크톤의 현존량이 증가할수록 chl. *a*의 농도도 증가한 반면, 7월에는 현존량의 증가하였지만 chl. *a*는 낮았다. 토교저수지 역시 추계에 현존량은 감소하였으나 chl. *a*는 증가하였다. 이처럼 조류생물량과 chl. *a*의 불일치는 첫째, 세포크기에 따라 chl. *a*의 함유량이 다르고(Odate and Yanada 1993), 둘째, 세포크기는 같으나, 종에 따라 색소조성 및 함량의 차이를 보이는 phylogenetic adaptation 현상(Jiménez *et al.* 1987), 셋째, 동일종 내에서도 환경적 조건에 따라 색소의 상대적 비율 차이인 ontogenetic adaptation 등으로 해석되어진다(Jiménez *et al.* 1987).

경안천의 경우 식물플랑크톤의 현존량은 주로 소형조류에 의존된 반면, 토교저수지에서는 극소형에 의존되었다. 또한 경안천에서 미세형플랑크톤의 현존량은 급격히 증가하였음에도 불구하고 chl. *a*는 감소하거나, 소형종이 증가하였으나 chl. *a*는 약간 감소되는 상반된 결과를 보였다. 그러나 일반적으로 군체를 형성하는 녹조 *Coelastrum microporum*처럼 세포의 크기에 비해 낮은 chl. *a*를 가지며, 대부분의 극소형 남조가 세포체적당 높은 chl. *a*를 나타내며, 동일종에서 수환경의 조건에 따라 함유된 chl. *a*의 변동은 매우 유동적이다. 일반적으로, 극소형은 bacteria와 같은 중속영양생물들로 주로 구성되었으며, 부영양호보다 빈영양호나 중영양호에서 우세하다고 보고되어 있다(Nianzhi and Rong 1994; Nianzhi and Hsun 1997). 전체 식물플랑크톤 현존량에 대하여 극소형은 서로 역관계를 갖는다(Takamura and Yukihidro 1994).

식물플랑크톤 분포는 두 지역 공히 암모니아와 높은 상관관계를 보였는데, 경안천은 미세형 ( $r = 0.848$ ,  $p < 0.05$ ), 토교저수지는 미세형 ( $r = 0.761$ ,  $p < 0.05$ ), 극소형 ( $r = 0.824$ ,  $p < 0.05$ )으로 나타났다. 조류는 대개 질소계 영양염 중에서 암모니아를 우선적으로 이용하며, 다음으로 아질산염과 질산염을 흡수한다(Corre 1995). 빈영양의 환경에서 극소형이 총일차생산력의 80%, 전체 chl. *a*의 70%까지 차지한다(Arantza and Purdle 1994; Wasielewska 1997). 조사유역주변에 유기오염원이 많고, 질산염 제공원이 풍부한 경안천에서는 소형플랑크톤이 우점한 반면, 인위적 오염원이 배제된 토교저수지는 재생된 질소, 즉 암모니아를 주 질소 공급원으로 극소형, 미세형이 우점하는 것으로 판단된다.

본 연구결과는 수체의 체류시간 및 영양염류와 같은 물리·화학적 조건이 다른 수역에서 식물플랑크톤 및 chl. *a* 양의 불균형적 분포를 가져오게 하며, 이러한 차이는 동일한 분류군내에서도 수환경에 의해 지배됨을 시사해주었다.

## 적 요

오염부하량이 높은 경안천과 오염부하량이 낮은 철원 북방 비무장지대내 토교저수지에서 식물플랑크톤의 크기별 현존량과 chlorophyll *a* 농도에 대한 계절적 변화 및 환경요인과의 상호관계를 조사하였다. 또한 식물플랑크톤의 크기를 고려하여  $> 8 \mu\text{m}$ ,  $3 \sim 8 \mu\text{m}$ ,  $< 3 \mu\text{m}$  세포 크기별로 분류하여 현존량과 chl. *a* 농도를 관찰하였다.

물리·화학적 환경요인은 경안천이 토교저수지보다 높게 나타났다. 식물플랑크톤 현존량은 경안천에서 10배 정도 높았으나 크기별 chl. *a*의 농도는 두 지점 모두 소형플랑크톤에서 높은 농도를 보였다. 경안천 식물플랑크톤의 현존량은 대부분 미세형이었지만 chl. *a*는 부분적으로 극소형이 우위를 차지하였다. 반면, 토교저수지에서는 현존량은 소형과 미세형이, chl. *a*는 소형에서 높이 분포하였다.

따라서 영양염 및 물리적 조건이 서로 상이한 수계에서의 식물플랑크톤의 분포는 출현종의 크기를 결정하기도 하고 출현종의 특성에 따라 현존량과 chl. *a*의 불균형적 특성을 유도한다.

## 사 사

본 연구는 한국학술진흥재단지원 한양대학교 기초과학연구소 연구과제(1998-015-D00231)의 연구비 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

## 인 용 문 헌

- 국립환경연구원. 1995. 호소내 오염하천 유입부의 식물에 의한 정화처리 연구(1) 팔당호 및 경안천 유입부의 육수학적 특성.
- 김법철, 박주현, 임병진, 허우명, 황길순. 1997. 국내 주요호수의 육수학적 조사(1); 옥정호. 한국육수학회지. 30:431-453.
- 심재형, 신은영, 이원호. 1984. 광양만 식물플랑크톤 군집에 관한 연구. 한국해양학회지. 19:172-180.



- 이옥민. 1994. 주암호의 연간('92) 식물플랑크톤의 분포 및 현존량의 동태. 한국육수학회지. 27:327-337.
- 한국수문조사월보. 1997. 건설부.
- 한명수, 유재근, 유광일, 공동수. 1993. 팔당호의 생태학적 연구. 한국육수학회지. 26:141-149.
- 한명수, 이경, 유광일. 1995. 철원 북방 DMZ내의 중영양호 토교저수지의 생태학적 연구. 한국육수학회지. 28:487-495.
- 홍성수. 2001. 수도권 상수원 수질과 부영양화에 관한 환경생태적 연구. 석사학위논문, 한양대학교. 서울.
- Akihiro S and T Kazuaki. 1997. Productivity of picoplankton compared with that of larger phytoplankton in the Subarctic region. *J. Plankton Res.* 19(7):907-916.
- APHA. 1992. *Standard methods for the examination of water and wastewater.* Washington, DC. 18th ed. APHA, AWWA, WPCF.
- Arantza I and DA Purdle. 1994. Size distribution of Chl. *a* biomass and primary production in a temperate estuary (Southampton Water): the contribution of photosynthetic picoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 115:283-297.
- Corre PL. 1995. Ammonium assimilation and regeneration by size-fractionated plankton in permanently well-mixed temperate waters. *J. Plankton Res.* 18 (3):355-370.
- Kong DS. 1997. Limnological and ecological characteristics of a river-Reservoir (Paldang), Korea. *Kor. J. Lim.* 30 (supplement): 524-535.
- Jiménez FJ, Rodriguez B Bautista and V Rodriguez. 1987. Relations between chlorophyll, phytoplankton cell abundance and biovolume during a winter bloom in Mediterranean coastal water. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 105:161-173.
- Man C, JH Shim and HT Huh. 1987. Nanoplankton of the Korean Coastal Water 1. Taxonomical considerations of some important species from Chonsu Bay and adjacent waters. *J. Ocean Res.* 1, 2:7-14.
- Montagnes DJS and DH Lynn. 1987. A Quantitative Pro-targol Stain (QPS) for Ciliate : method description and test of its quantitative nature. *Mar. Microb. Food Webs.* 2(2):83-93.
- Nianzhi J and W Rong. 1994. Size structures of micro-plankton biomass and production in Jiaozhou Bay, China. *Ocean.* 23:259-276.
- Nianzhi J and N Hsun. 1997. Spatial variations of size-fractionated Chl., Cyanobacteria and Heterotrophic bacteria in the Central and Western Pacific. *Hydrobiologia.* 352:219-230.
- Odate T and M Yanada. 1993. Phytoplankton Carbon Biomass Estimated from the Size-Fractionated Chl. *a* Concentration and Cell density in the Northern Coastal Waters from Spring Bloom to Summer. *Bull Plankton Soc. Japan.* 39(2):127-144.
- Parsons R, TM Tadashi and B Hargrave. 1984. *Biological oceanographic processes.* Pergamon Press. pp. 61-118.
- Takamura N and N Yukihiro. 1994. Picophytoplankton biomass in relation to lake trophic state and the TN : TP ratio of lake water in Japan. *J. Phycol.* 30:439-444.
- Wasielewska SE. 1997. Picoplankton and other groups of phytoplankton in various shallow lakes. *Hydrobiologia.* 343:79-85.

(Received 7 December 2001, accepted 28 February 2002)