

## 하계 임하호에서 식물플랑크톤 군집의 구조

박정원 · 신종학<sup>1</sup> · 이갑숙<sup>1</sup>

(경북대학교 생물학과, <sup>1</sup>대구대학교 생물교육과)

**적 요** - 본 조사는 임하댐을 대상으로 상·중·하로 구별하여 호수내에 16개 정점, 유입하천에 3개의 정점 등 모두 19개의 정점을 선정하여 1996년 8월 5일과 9월 10일에 식물플랑크톤의 군집구성, 현존량, 우점종 그리고 각 지수를 조사하였다. 본 조사에서 동정된 식물플랑크톤은 6강 13목 6아목 25과 66속 143종 27변종 1품종으로 모두 171종류였다. 현존량 변화에서 표층은  $47.350 \times 10^3 \sim 184.65 \times 10^3$  individuals/ml, 중층은  $1.08 \times 10^3 \sim 54.33 \times 10^3$  individuals/ml, 하층은  $0.69 \times 10^3 \sim 115.85 \times 10^3$  individuals/ml였다. 1992년에서 1994년의 조사에서 우점하였던 종은 거의 사라지고, *Oocystis lacustris*, *Elakatothrix gelatinosa*, *Aulacoseira ambigua*, *Synedra acus* 등의 종이 우점종으로 조사되었다.

### 서 론

최근 들어 수자원의 효율적 및 다목적 이용을 위해 축조된 인공댐은 현대 산업의 고도화, 댐 주변의 생활하수, 공장폐수 및 축산폐수 그리고 인간생활의 향상 등으로 오염부하량이 증가하고, 이에 따라 수질의 오염과 부영양화로 인해 심각한 문제가 야기되고 있으며, 수중생태계의 생물상도 큰 변화를 초래하고 있다. 그러므로 수중생태계의 균형 유지와 수질을 개선하고 보존할 수 있는 대책이 요망되고 있다.

수자원의 효율적 이용과 다목적 이용을 위해 개발된 임하 다목적댐은 1992년에 준공된 것으로써 하천생태계가 호수생태계로 전환되어 수중생태계의 환경변화와 함께 생물군집의 변화가 동반되며(Maitland 1990) 특히 하천에서 생육하던 부착성 또는 tychoplankton은 완전히 사라지고 부유성종으로 대체된다(Round 1981).

그러나 갈수기, 하천의 오염물질의 유입, 비점원 오염물질 유입 그리고 각종 공사에 따른 부유물질의 유입으로 호수생태계는 매우 심각한 상태로 변화되고 있으며 생태계의 기본 구조를 구성하고 있는 식물플랑크톤의 군집 구조는 매우 민감하게 변화되고 있다.

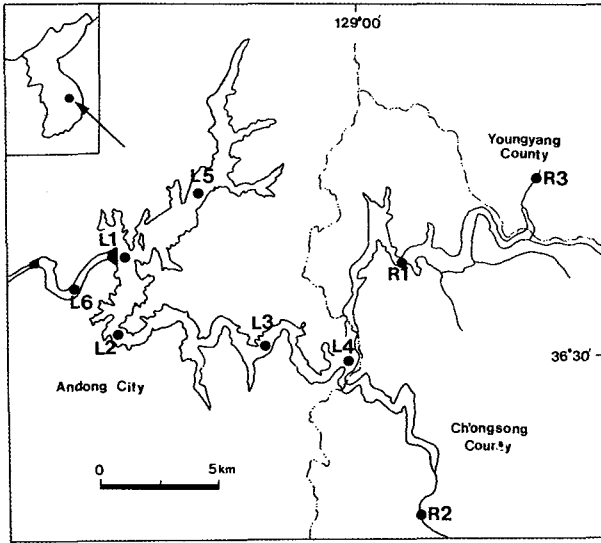
특히 영양염의 질적·양적 증가는 매우 빠른 속도로 호수를 부영양화시키며 이에 필수적으로 식물플랑크톤의 대발생에 따른 수화현상(녹조현상)은 호수의 악취를 유발케 하고 독성물질을 함유함에 따라 생물의 심각한

생육저해를 유발시킨다(Falconer 1993). 이와 같은 호수의 수질을 개선하고 보호하기 위해 필수적으로 식물플랑크톤에 대한 기본적인 조사가 필요하며, 더욱이 식물플랑크톤의 연구를 통하여 호수의 영양상태를 파악할 수 있다. 지표종에 대한 생태학적 조사는 호수의 수질에 대해 안정적이고 객관적으로 판정할 수 있는 가장 적절한 자료이다(Borney 1989; Hutchinson 1967). 그러므로 수중생태계의 1차 생산자로서 중요한 지위를 점유하고 있는 식물플랑크톤의 종조성, 군집구조, 우점종, 현존량 등의 조사를 통하여 호수생태계를 평가하는 것은 매우 중요하다(Munawar 1970, 1972).

본 조사 대상지인 임하호는 김과 정(1993), 김 등(1995), 김 등(1997)에 의해 댐의 완공시기인 1992년부터 1994년까지 식물플랑크톤 군집구조에 대한 조사가 계속 이루어져 왔다. 그러나 1992년부터 1994년까지 식물플랑크톤 군집구조에 대한 조사는 호수의 표층에 대한 조사만 있었을 뿐, 호수의 심층인 중층과 하층에서 식물플랑크톤의 조사가 전무하다. 본 조사는 임하호의 하계 식물플랑크톤의 층상별 군집구조를 비교 분석하였다.

### 조사 기간 및 정점

본 조사는 임하댐내에 모두 상·중·하로 구별하여 15개 정점, 보조댐 그리고 유입 하천에 3개 정점 등 모두 19개 정점을 설정하여(Fig. 1), 1996년 8월 5일과 9



**Fig. 1.** A map showing the sampling station in Lake Imha and its tributaries.

- L1: Dam (Surface: L1-1, Middle: L1-2, Low: L1-3)
- L2: Ch'önchi-ri (Surface: L2-1, Middle: L2-2, Low: L2-3)
- L3: Chirye-ri (Surface: L3-1, Middle: L3-2, Low: L3-2)
- L4: Hachi-ri (Surface: L4-1, Middle: L4-2, Low: L4-3)
- L5: Chünp'yöng (Surface: L5-1, Middle: L5-2, Low: L5-3)
- L6: Subsidiary Dam, R1: Ch'öngsong-gum Chinbo-myon
- R2: Ch'öngsong-gum P'ach'ön-myon, R3: Yöngyang-gun Hyön-ri.

월 10일에 실시하였다. 댐내의 층별 구별에서 각 정점마다 깊이가 다르기 때문에, 편의상 각 정점의 바닥 부분을 하층으로 하고 표층과 하층의 중간이 되는 깊이를 중층으로 하였다.

**재료 및 방법**

식물플랑크톤의 정성분석은 plankton net (Rhigosha N<sub>max</sub>25, Japan)을 사용하였으며, 정량분석은 11용 폴리에틸렌 용기로 채집하여 Lugol's 용액으로 고정하였다. 고정된 시료는 실험실에서 48~72시간 침전시킨 후 50 ml로 농축하고, 농축한 시료는 잘 혼합한 후 Sedgwick-Rafter plankton counting Chamber에 골고루 분산시켜 계수하여 단위 체적당 개체수를 현존량으로 계산하였다.

출현종은 광학현미경 400~1000배하에서 묘화장치로 스케치하였고, 필요에 따라서는 현미경사진을 촬영하여

동정하였다(Nikon Labophot, Nikon). 종의 동정에는 정(1993), Hindak(1977, 1984, 1988, 1990), Komarek & Fott(1983) 그리고 Prescott(1962) 등을 참조하였으며, 종의 분류는 Smith(1950)의 분류체계에 의거하였다. 규조강의 동정을 위한 시료는 Permanganate 방법(Hendey 1974)에 의하여 세정한 후 Pleurax로 봉입하여 영구표본을 제작하였고, 현미경 사진을 촬영한 후(Nikon Labophot, Nikon) 동정하였으며, Simonsen(1979) 체계에 따라 분류하였다.

군집 분석은 현존량을 기본 자료로 Shannon-Weaver(1963)의 다양성 지수, Simpson(1949)의 우점도 지수 그리고 Pielou(1966)의 균등도 지수를 구하였으며 유사도 지수는 Brower & Zar(1977)의 방법에 의해 산출하였다.

각 정점별로 출현한 종들의 현존량을 모두 합산한 후, 각 정점에서 출현종의 상대 비율에서 5% 이상되는 종을 우점종 및 아우점종으로 선택하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 식물플랑크톤의 군집 구성**

본 조사 수역에서 동정된 식물플랑크톤의 종합적인 결과는 6강 13목 6아강 25과 66속 143종 27변종 1품종으로 모두 171종류였다(Appendix 1). 출현한 종의 월별 구성에서 8월에 출현한 종은 5강 11목 5아강 22과 51속 98종 19변종으로 모두 117종류이고, 9월에는 6강 12목 6아목 24과 49속 75종 11변종인 총 86종류였다. 1996년도에 조사된 식물플랑크톤은 171종류로서 1992년의 234종류, 1993년의 288종류, 1994년의 302종류보다는 적게 출현하였다(김 등 1997). 1996년도의 출현종이 적은 것은 다른 년도에 비해 조사 회수가 적은 것과 조사 장소의 차이 및 과거 하천에서 생육하던 종들은 거의 사라지고 정체된 수역에서 적응하여 생육하는 종들이 출현하였기 때문으로 생각된다.

출현 종의 강별 구성비에서 8월에는 녹조강이 70.1%, 규조강이 12%, 남조강이 12%, 유글레나강이 4.3%, 와편모조강이 1.7%의 순으로 구성되었으며, 9월의 경우 녹조강이 65%, 규조강과 남조강이 각각 13%, 유글레나강이 5.8%, 와편모조강이 2.3%, 황색편모조강이 1.2%로 구성되었으며, 전체적으로 녹조강이 63.7%, 규조강이 14.6%, 남조강이 10.5%, 유글레나강이 9.4%, 와편모조강이 1.2%, 황색편모조강이 0.6%로 구성되었다.

각 정점별 월별 출현 종수에서, 댐내의 표층에서 8월의 경우 L6-1에서 15종류로 가장 적었고 L4-1에서 68종류로 가장 많았으며(Appendix 1), 중층에서는 L1-2에

서 1종류만 출현하였고 L4-2에서 42종류로 출현 종수가 가장 많았다(Appendix 2). 그리고 하층에서는 L3-3에서 4종류만 출현하였고 L4-3에서 20종류로 가장 많았다(Appendix 3). 하천에서는 R1에서 출현 종수가 33종류로 가장 많았다(Appendix 1). 9월에는 표층에서 L2-1에서 16종류로 가장 적었고 정점 L4-1에서 54종류로 가장 많았으며, 중층에서는 L1-2에서 8종류로 가장 적었고 L4-2에서 27종류로 출현 종수가 가장 많았다. 또한 하층에서는 L1-3, L3-3 및 L5-3에서 각각 5종류가 출현하였으며 L4-3에서 29종류로 가장 많았다. 하천에서는 R1에서 18종류로 출현 종수가 많았다. 전체적으로 표층에서 출현 종수가 많았고 하층으로 갈수록 출현 종수가 적었다. 이것은 식물플랑크톤이 광합성을 하기 위해 빛을 필요로 하기 때문에 빛이 도달하는 깊이까지는 식물플랑크톤이 많이 분포하나 수심이 내려갈수록 빛의 양이 적어지기 때문에 식물플랑크톤의 출현 종이 적어지는 것으로 생각된다(Ruttner 1953).

특히 정점 L4에서 출현 종수가 다른 정점에 비해 많은 것은 수심이 낮고, 유입 하천인 반변천, 화매천 그리고 서시천의 영향을 직접 받기 때문에 각 하천에서 서식하던 tychoplankton과 L4에서 서식하던 부유성 종들이 함께 채집되었기 때문으로 생각된다.

각 정점별 월별 출현한 종류의 정성적 비교에서 전 조사 기간 동안 출현한 종류는 *Eudorina elegans*, *Coelastrum reticulatum*, *Oocystis lacustris*, *Elakatothrix gelatinosa*, *Scenedesmus grahneisii*, *Crucigeniella apiculata* 등을 포함하여 모두 13종류이고, 호수내의 정점에서만 출현한 종은 *Lobomonas rostrata*, *Eudorina elegans*, *Echinospaeridium nordstedtii*, *Golenkinia radiata*, *Pediastrum simplex*, *Lagerheimia chodatii*, *Closterium strigosum* 등을 포함하여 71종류였고, 하천에서만 출현한 종은 *Gonium formosa*, *Ulothrix aequalis*, *Pediastrum boryanum*, *Scenedesmus intermedius*, *Cosmarium tumidum*, *Phormidium orientale* 등을 포함하여 모두 28종류였으며 댐과 하천에 공통으로 출현한 종은 *Pandorina morum*, *Micractinium pusillum*, *Ankryra judayi*, *Pediastrum tetras*, *Coelastrum reticulatum*, *Ceratium hirundinella*, *Oscillatoria agardhii* 등을 포함하여 모두 71종류였다(Appendix 1).

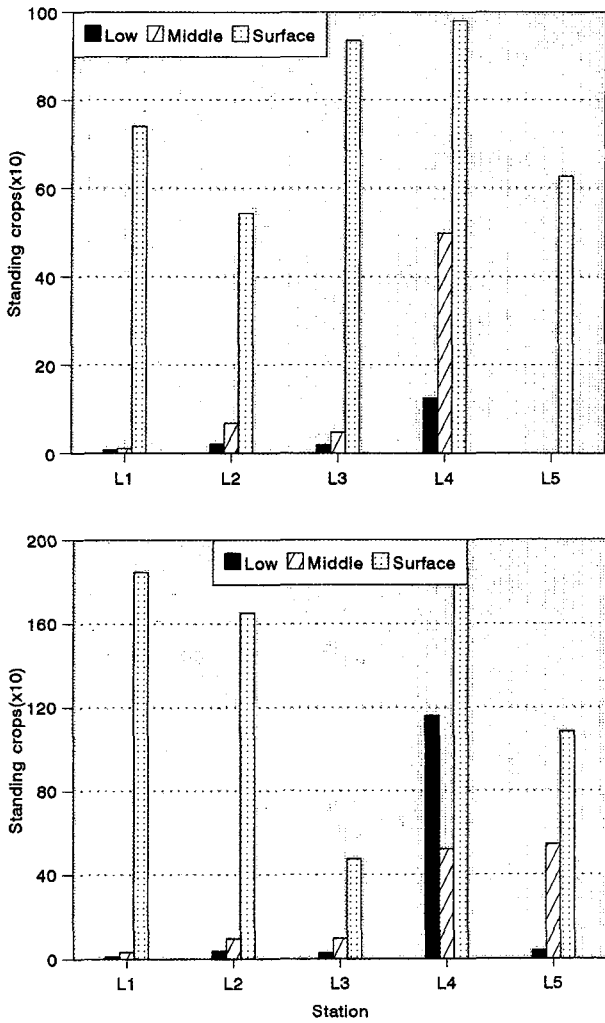
본 조사에서 출현한 종수는 1992년(김과 정 1993), 1993년(김 등 1995) 및 1994년(김 등 1997)에 비해 종수가 낮았다. 과거의 조사에서 많이 출현하였던 부착성 종이나 tychoplankton 종의 출현에 비해 부유성 종이 대부분 출현한 것은 댐의 완공에 따라 하천 수계에서 호수 환경으로 완전히 변화된 것으로 추정된다.

## 2. 현존량의 변화

각 정점에서 월별 현존량의 호수의 변화에서, 8월의 표층에서는 L2-1에서  $54.43 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치였고, L4-1의 현존량은  $98.1 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치였다(Fig. 2). 중층의 경우 L1-2에서  $1.08 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치였으며, L4-2에서 현존량이  $49.88 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치였다. 하층은 L1-3에서 현존량이  $0.69 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치였고, L4-3에서  $12.47 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치였으며, 정점 L5는 중층과 하층의 채집을 하지 못해 본 조사의 고찰에서 제외하였다. 9월의 지소에 따른 현존량 변화에서 표층은 정점 L3-1에서  $47.35 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치였으며, 정점 L1-1에서 현존량이  $184.65 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치였다. 중층은 L1-2에서  $3.2 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치를, 정점 L5-2에서  $54.330 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를 나타냈으며, 하층은 L1-3에서  $1.12 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치를 정점 L4-3에서  $115.85 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를 나타냈다. 보조댐인 정점 L6의 현존량은 8월에  $49.3 \times 10^3$  individuals/ml, 9월은  $48.95 \times 10^3$  individuals/ml로 조사되었으며, 하천수의 현존량 변화에서는 8월에 정점 R2에서  $4.45 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치였으며 9월에는 정점 R1에서  $3.12 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치였다(Fig. 3).

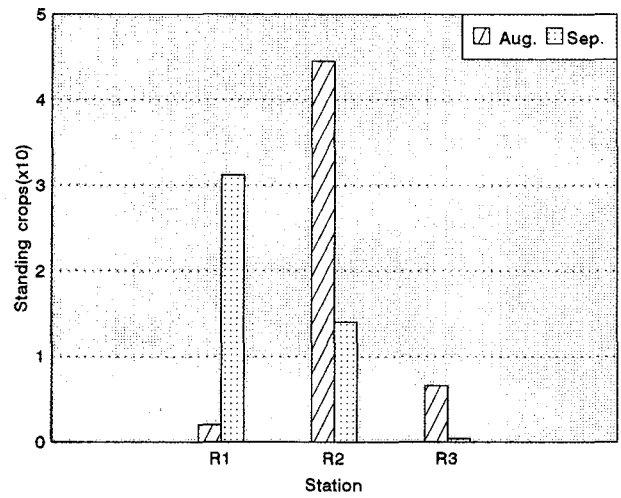
댐내의 식물플랑크톤 현존량의 변화는 하천수의 유입으로 직접 영향을 받는 정점인 L4의 현존량이 가장 높았고 본댐으로 갈수록 현존량이 낮아졌는데, 이러한 이유는 L4의 경우 하천의 영향을 직접 받기 때문에 부유성 플랑크톤과 tychoplankton 등이 합류되고 또한 수심이 댐내의 다른 정점에 비해 낮기 때문에(7m) 식물플랑크톤의 광합성에 필요한 광선이 저층까지 도달하고 표층과 저층의 낮은 온도 차이 때문으로 추정된다(Ruttner 1953). 유입하천의 현존량은 댐내의 현존량에 비해 수치가 매우 낮았다. 이것은 댐내보다 유량이 적고, 물이 상류에서 하류로 계속 흐른다는 점, 그리고 하천수계는 환경적인 영향(즉 강우)을 많이 받기 때문으로 생각된다. 또한 현존량 계산의 일관성을 위해 채집시 부유성 종만을 대상으로 하였기 때문으로 추정된다.

각 분류군의 정점별·월별 현존량 변화에서는 현존량이 높은 녹조강, 규조강, 남조강 등 3강을 선택하여 조사하였다. 8월에 댐내의 표층에서 녹조강의 현존량은 정점 L1-1에서  $72.65 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를, 정점 L3-1에서  $13.75 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치를 나타냈으며, 중층에서는 L4-2에서  $6.4 \times 10^3$  individuals/ml로



**Fig. 2.** Changes of the standing crops (individuals/ml) of phytoplankton community at each station in Lake Imha. (A: August, B: September)

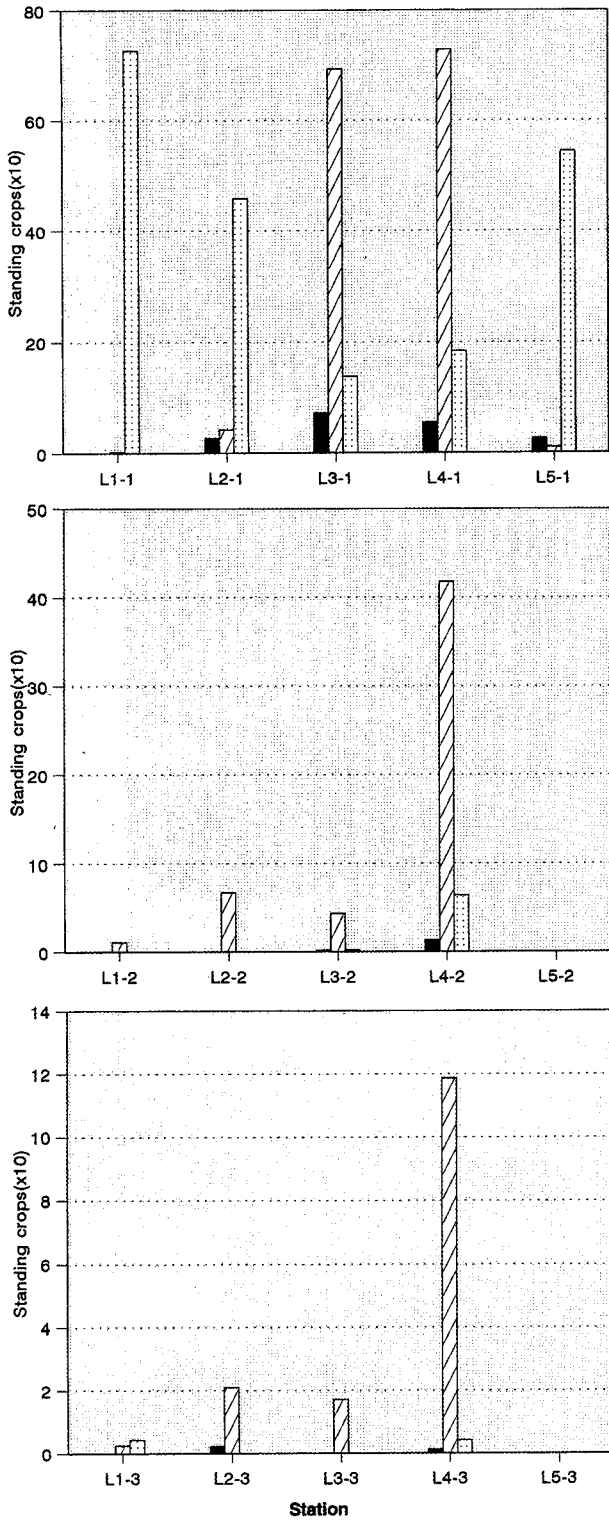
최고치였고, 정점 L1-2와 L5-2에서는 녹조강의 출현이 없었다. 하층의 녹조강의 현존량은 정점 L1-3와 L4-3에서 각각  $0.44 \times 10^3$  individuals/ml,  $0.42 \times 10^3$  individuals/ml이며 정점 L2-3, L3-3와 L5-3에서는 녹조강의 출현이 없었다(Fig. 4). 녹조강의 9월의 변화에서는 표층의 경우 정점 L1-1에서  $179.65 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를 정점 L4-1에서  $11.35 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치로 나타났으며, 중층은 정점 L5-2에서  $37.2 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를 정점 L3-2에서  $0.48 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치였으며, 하층은 정점 L4-3에서  $3.4 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를 정점 L3-3에서 최저치로 조사되었다(Fig. 5). 규조강의 현존량 변화에서 8월에 표층의 경우, 정점 L4-1에서  $72.8 \times 10$  individuals/ml로 최고치를 정점 L1-1에서  $0.2 \times 10^3$  individuals/ml



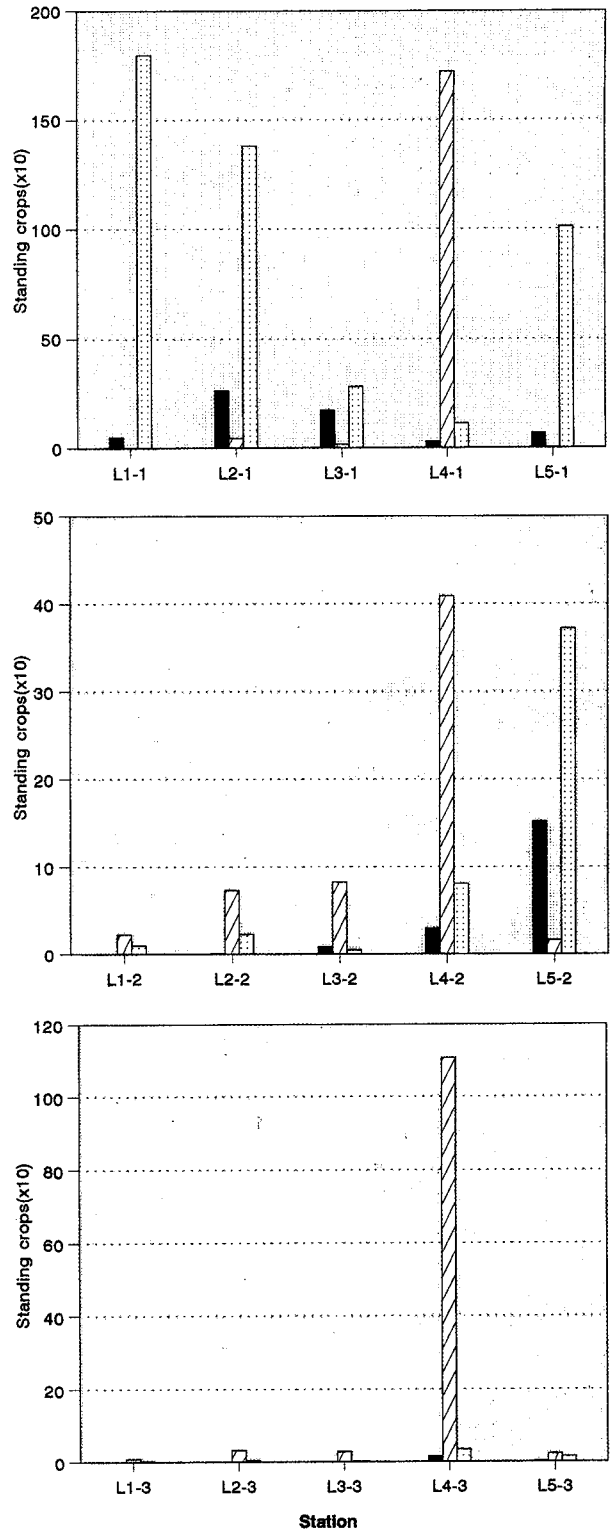
**Fig. 3.** Changes of the standing crops (individuals/ml) of phytoplankton community at each station in tributaries of Lake Imha.

로 최저치였으며, 중층은 정점 L4-2에서  $41.76 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치였고 L5-2에서는 규조강의 출현은 없었다. 하층의 경우도 중층과 마찬가지로 정점 L4-3에서  $11.86 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를 정점 L5-3에서는 규조강의 출현이 없었다(Fig. 4). 9월의 표층에서 규조강의 변화는 정점 L4-1에서  $172.0 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치였으며, 정점 L1-1에서는 규조강의 출현이 없었다. 중층에서는 L4-2에서  $40.88 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를, 정점 L5-2에서  $1.6 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치를 나타냈으며, 하층은 정점 L4-3에서  $110.75 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를, 정점 L1-3에서  $0.8 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치로 조사되었다(Fig. 5). 8월에 표층에서의 남조강 현존량의 변화에서 정점 L3-1에서는  $7.2 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를, 정점 L1-1에서는 남조강이 출현하지 않았으며, 중층에서는 L4-2에서  $1.28 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를, 정점 L1-2, L2-2, 그리고 L5-2에서는 남조강이 출현하지 않았다(Fig. 4). 하층은  $0.02 \times 10^3 \sim 0.22 \times 10^3$  individuals/ml 사이였으며 정점 L1-3와 L5-3에서는 남조강이 출현하지 않았다. 9월의 표층에서 남조강의 현존량 변화는 정점 L2-1에서  $26.35 \times 10^3$  individuals/ml로 최고치를, 정점 L4-1에서  $2.95 \times 10^3$  individuals/ml로 최저치였으며, 중층에서는  $0.04 \times 10^3 \sim 15.19 \times 10^3$  individuals/ml의 범위였고, 정점 L1-2에서는 남조강이 출현하지 않았다. 하층에서는  $0.04 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^3$  individuals/ml의 범위였고 정점 L1-3과 L2-3에서는 남조강이 조사되지 않았다(Fig. 5).

8월의 표층에서 녹조강의 현존량 대부분을 차지한것



**Fig. 4.** Changes of the standing crops (individuals/ml) of each class phytoplankton community at each station in Lake Imha on August 1996. (A: Surface, B: Middle, C: Low) (■: Cyanophyceae, ▨: Bacillariophyceae, ▤: Chlorophyceae)



**Fig. 5.** Changes of the standing crops (individuals/ml) of each class phytoplankton community at each station in Lake Imha on September 1996. (A: Surface, B: Middle, C: Low) (■: Cyanophyceae, ▨: Bacillariophyceae, ▤: Chlorophyceae)

은 *Oocystis lacustris*의 대발생에 의한 것이었으며, 표층, 중층, 하층에서 규조강의 현존량이 높은 것은 *Aulacoseira ambigua*, *Synedra acus*의 대발생에 의한 것이었다. 9월에 녹조강의 현존량이 높은 것은 *Elakatothrix gelatinosa*, *Oocystis lacustris*의 대발생에 의한 것이며, 그리고 규조강의 현존량이 높은 것은 8월의 경우와 마찬가지로 *Aulacoseira ambigua*, *Synedra acus*의 대발생에 의한 것이며, 남조강은 8월에 비해 9월의 현존량이 높은 것은 *Aphanocapsa delicatissima*의 대발생에 의한 것이다.

### 3. 우점종의 변화

8월의 표층에서 우점종은, 녹조강에 속하는 *Oocystis lacustris*가 정점 L3-1과 L4-1을 제외한 전 정점에서 우점으로 조사되었고 정점 L3-1과 L4-1에서는 규조강에 속하는 *Synedra acus*가 우점으로 출현하였다(Table 1). 그리고 아우점종으로 조사된 종은 *Elakatothrix gelatinosa*, *Tetraedron minimum*, *Scenedesmus grahneisii*, *Crucigeniella apiculata* 등 녹조강에 속하는 종과 *Synedra acus*, *Aulacoseira ambigua* 등 규조강에 속하는 종들이 아우점으로 조사되었다. 중층에서 우점으로 출현한 종은 규조강에 속하는 *Aulacoseira ambigua*이고 아우점으로 조사된 종은 *Synedra acus*였고, 정점 L1-2와 L2-2에서는 우점종의 현존량이 매우 높고 다른 종들의 출현량은 낮아 아우점으로 선택할 종들이 없었다. 하층에서는 정점 L1-3에서만 녹조강에 속하는 *Oocystis lacustris*가 우점종이었고 다른 정점에서는 규조강인 *Aulacoseira ambigua*, *Synedra acus*가 우점으로 조사되었으며 아우점종들은 녹조강에 속하는 *Scenedesmus grahneisii*, 규조강인 *Aulacoseira ambigua*, *Synedra acus* 등으로 조사되었다.

9월에 우점종으로 조사된 종은 녹조강에 속하는 *Elakatothrix gelatinosa*가 정점 L4-1을 제외한 전 정점에서 우점하는 것으로 조사되었고 정점 L4-1에서는 8월과 마찬가지로 규조강인 *Synedra acus*가 우점하는 것으로 조사되었다(Table 2). 우점종으로 조사된 종은 *Oocystis lacustris*, *Aulacoseira ambigua* 등이었고 특히 남조강에 속하는 *Aphanocapsa delicatissima*가 아우점종으로 출현하였다. 중층에서는 L5-2에서만 녹조강인 *Elakatothrix gelatinosa*가 우점하는 것으로 조사되었고 다른 전 정점에서는 규조강에 속하는 *Aulacoseira ambigua*, *Synedra acus*가 우점으로 출현하였다. 아우점종으로 조사된 종은 녹조강의 *Oocystis lacustris*, *Scenedesmus grahneisii*, 남조강의 *Aphanocapsa delicatissima*, 규조강의 *Cyclotella atomus*, *Cyclotella orientalis*, *Cyclotella*

*pseudosterigella*, *Melosira varians*, *Synedra acus*, *Aulacoseira ambigua* 등이었다.

하층에서는 규조강의 *Aulacoseira ambigua*, *Synedra acus* 그리고 *Cyclotella atomus*가 우점하는 것으로 조사되었고, *Cyclotella atomus*는 정점 L5-3에서 우점하는 것으로 조사되었다. 아우점종에 속하는 종들은 녹조강의 *Oocystis lacustris*, 남조강의 *Aphanocapsa delicatissima*, *Phormidium valderianum* var. *tenuis* 등이었고 규조강은 *Aulacoseira ambigua*, *Melosira varians*, *Synedra acus* 등으로 조사되었다. 보조대인 정점 L6에서는 8월의 우점종은 *Oocystis lacustris*이었고(Table 1) 9월의 우점종은 *Elakatothrix gelatinosa*였다(Table 2).

하천수에서 8월의 우점종은 R1과 R3에서는 녹조강인 *Scenedesmus acutus*였고 R2에서는 규조강인 *Cymbella tumida*였다(Table 1). 9월의 우점종은 R1과 R2에서는 규조강인 *Cymbella affinis*였으며 R3에서는 규조강인 *Melosira varians*였다(Table 2).

본 조사 시기와 비슷한 계절인 7월, 9월의 과거의 조사에서 출현한 우점종은 1993년에(김 등 1995) *Monoraphidium contortum*, *Planktosphaeria gelatinosa*, *Anabaena solitaria* f. *planctonica*, *Carteria sinica* 등이었고, 1994년은(김 등 1997) *Aulacoseira distans* var. *alpigena*, *Achnanthes minutissima*, *Cyclotella ocellata*, *Phacotus lenticulatus* 등이었으나 본 조사에서는 과거에 우점하였던 종은 거의 사라지고 *Oocystis lacustris*, *Elakatothrix gelatinosa*, *Aulacoseira ambigua*, *Synedra acus* 등의 종으로 완전히 대체되었다. *Oocystis lacustris*는 부영양화와 여름에 흔히 출현하는 종이고(Huchinson 1967), *Elakatothrix gelatinosa*는 euplankton이며, *Synedra acus*는 pH가 중성이고 전기전도도가 낮은 장소를 선호하는 종이다(정 1993). Harper (1992)는 여러 영양 단계에 따른 식물플랑크톤의 계절적인 발생에서 *Oocystis lacustris*는 여름에 중영양호에서, *Elakatothrix gelatinosa*와 *Synedra acus*는 부영양 및 과영양호에서 출현한다고 하였다. 따라서 조사된 우점종으로 판단되는 임하호는 이미 중영양단계에서 부영양단계에 이행된 것으로 판단된다.

### 4. 우점도, 다양도, 균등도, 유사도 지수

#### 1) 우점도 지수

본 조사 기간 동안의 우점도 지수에서 표층의 경우 8월에 0.21~0.54의 범위였고 9월은 0.4~0.79의 범위로 9월이 8월보다 높게 조사되었다(Table 3). 8월의 우점도 지수가 가장 높은 정점인 L3-1의 우점종은 *Synedra acus*로 전 출현종의 현존량 상대비율에서 72.63%로 거

**Table 1.** Dominant and subdominant species at each station of Lake Imha and its tributaries in August 1996

Station	Dominant species	Subdominant species
L1	L1-1	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Elakatothrix gelatinosa</i> <i>Tetraedron minimum</i> <i>Scenedesmus grahneisii</i> <i>Crucigeniella apiculata</i>
	L1-2	<i>Aulacoseira ambigua</i>
	L1-3	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Scenedesmus grahneisii</i> <i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Cyclotella atomus</i>
L2	L2-1	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Tetraedron minimum</i> <i>Scenedesmus grahneisii</i> <i>Crucigeniella apiculata</i> <i>Synedra acus</i>
	L2-2	<i>Aulacoseira ambigua</i>
	L2-3	<i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Cyclotella atomus</i>
L3	L3-1	<i>Synedra acus</i> <i>Scenedesmus grahneisii</i> <i>Peridinium borgei</i> <i>Anabaena macrospore</i>
	L3-2	<i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Synedra acus</i>
	L3-3	<i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Synedra acus</i>
L4	L4-1	<i>Synedra acus</i> <i>Scenedesmus grahneisii</i>
	L4-2	<i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Synedra acus</i>
	L4-3	<i>Synedra acus</i> <i>Aulacoseira ambigua</i>
L5	L5-1	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Tetraedron minimum</i> <i>Scenedesmus grahneisii</i> <i>Crucigeniella apiculata</i> <i>Peridinium borgei</i>
L6	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Elakatothrix gelatinosa</i> <i>Scenedesmus grahneisii</i>	
R1	<i>Scenedesmus acutus</i> <i>Coelastrum astroideum</i> <i>Oocystis lacustris</i> <i>Scenedesmus obtusa</i> <i>Actinastrum hantzschii</i>	
R2	<i>Cymbella tumida</i> <i>Coelastrum reticulatum</i> <i>Phormidium valderianum</i> var. <i>tenuis</i> <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	
R3	<i>Scenedesmus acutus</i>	

의 절대량을 차지하였고, 9월에 우점도 지수가 가장 높은 정점인 L5-1의 우점종은 *Elakatothrix gelatinosa*로 현존량의 상대비율은 88.69%로 매우 높았다. 중층의 경우 8월은 0.42~0.99이고 9월은 0.19~0.48이었다 (Table 3). 8월에 우점도 지수가 가장 높은 정점 L1-2였고 우점종은 *Synedra acus*이고 현존량 상대비율은 97.35%로 거의 절대량을 차지하였다. 9월의 우점도 지수는 8월에 비해 낮았고 우점도 지수가 가장 높은 정점은 L2-2이고 우점종은 *Synedra acus*였고 현존량의 상

대비율은 62.07%였다. 하층의 8월 우점도 지수는 0.34~0.48의 범위였고 9월은 0.26~0.57의 범위였다 (Table 3). 8월에 우점도 지수가 가장 높은 정점은 L3-3였고 우점종은 *Aulacoseira ambigua*였으며 현존량 상대비율은 58.66%였다. 9월에 우점도 지수가 가장 높은 정점은 L4-3였으며 우점종은 *Synedra acus*이고 현존량 상대비율은 65.65%였다. 보조덤인 정점 L6의 8월의 우점도 지수는 0.27이고 9월은 0.42였다. 유입하천의 경우 8월은 0.17~0.90으로 변화의 폭이 매우 컸으며 9월의 경우도

**Table 2.** Dominant and subdominant species at each station of Lake Imha and its tributaries in September 1996

Station	Dominant species	Subdominant species	
L1	L1-1	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	<i>Oocystis lacustris</i>
	L1-2	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Aulacoseira ambigua</i>	<i>Cyclotella orientalis</i> <i>Cyclotella pseudosterigella</i> <i>Synedra acus</i>
	L1-3	<i>Aulacoseira ambigua</i>	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Melosira varians</i> <i>Synedra acus</i>
L2	L2-1	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Aphanocapsa delicatissima</i>
	L2-2	<i>Synedra acus</i>	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Cyclotella atomus</i>
	L2-3	<i>Synedra acus</i>	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Aulacoseira ambigua</i>
L3	L3-1	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>
	L3-2	<i>Synedra acus</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> <i>Aulacoseira ambigua</i>
	L3-3	<i>Synedra acus</i>	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Aulacoseira ambigua</i>
L4	L4-1	<i>Synedra acus</i>	<i>Aulacoseira ambigua</i>
	L4-2	<i>Aulacoseira ambigua</i>	<i>Scenedesmus grahneisii</i> <i>Synedra acus</i>
	L4-3	<i>Synedra acus</i>	<i>Aulacoseira ambigua</i>
L5	L5-1	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>
	L5-2	<i>Elakatothrix gelatinosa</i> <i>Aphanocapsa delicatissima</i>	<i>Oocystis lacustris</i>
	L5-3	<i>Cyclotella atomus</i>	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Aphanocapsa delicatissima</i> <i>Phormidium valderianum var. tenuis</i>
L6	<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	<i>Oocystis lacustris</i>	
R1	<i>Cymbella affinis</i>	<i>Scenedesmus incrassatulus</i>	
R2	<i>Cymbella affinis</i>		
R3	<i>Melosira varians</i>	<i>Cyclotella atomus</i> <i>Cyclotella meneghiniana</i> <i>Cymbella affinis</i>	

0.28~0.91로 변화의 폭이 매우 컸다(Table 4). 1994년 9월의 우점도 지수에서 담내는 0.12~0.72로 변화의 폭이 매우 크게 조사되었으나 본 조사에서는 0.4~0.79로 1994년의 조사보다 변화의 폭이 낮아졌다. 이것은 1994년의 조사에서는 우점종의 구성이나 아우점종의 구성에서와 같이 가뭄의 영향으로 호수가 하천적인 기능을 나타냄으로서 기존의 호수성과 하천성 환경에 의해 우점도 지수의 변화가 컸으나 본 조사에서 조사된 우점종들은 완전한 부유성종들로 정수된 수역에 적응하여 생육하는 종들만이 조사되었기 때문에 우점도 지수의 변화의 폭이 낮아진 것으로 추정된다.

## 2) 다양도 지수

표층의 8월의 다양도 지수는 정점 L3-1이 0.55로서 가장 낮았고 정점 L2-1이 0.87로 가장 높았으며 9월은 0.23~0.51의 범위로 8월에 비해 변화의 폭이 적었다(Table 3). 중층의 8월은 0.01~0.60의 범위였고, 9월은 0.50~0.76의 범위로 조사되었다(Table 3). 하층은 8월이 0.36~0.56의 범위였으며 9월은 0.37~0.62의 범위였다(Table 3). 정점 L6는 8월이 0.73이었고 9월은 0.51이었으며 유입하천의 경우 8월은 0.11~0.90의 범위로 변화의 폭이 매우 컸으며 9월은 0.1~0.6의 범위로 조사되었다(Table 4).



**Table 3.** Dominance, Diversity and Evenness index of each station in each layer of Lake Imha on August and September 1996

Month		8					9				
index\Station		L1-1	L2-1	L3-1	L4-1	L5-1	L1-1	L2-1	L3-1	L4-1	L5-1
Surface	Dominance	0.30	0.21	0.54	0.52	0.24	0.64	0.61	0.40	0.69	0.79
	Diversity	0.66	0.87	0.55	0.61	0.81	0.32	0.35	0.51	0.33	0.23
	Evenness	0.56	0.63	0.39	0.38	0.59	0.31	0.32	0.48	0.22	0.21
Middle	Dominance	0.99	0.95	0.42	0.49	-	0.19	0.48	0.42	0.32	0.29
	Diversity	0.01	0.06	0.47	0.60	-	0.76	0.50	0.53	0.71	0.62
	Evenness	0.02	0.09	0.44	0.37	-	0.84	0.47	0.48	0.50	0.53
Low	Dominance	0.34	0.43	0.48	0.45	-	0.26	0.48	0.57	0.50	0.37
	Diversity	0.56	0.50	0.36	0.46	-	0.62	0.47	0.37	0.47	0.52
	Evenness	0.80	0.72	0.60	0.35	-	0.88	0.61	0.53	0.32	0.74

**Table 4.** Dominance, Diversity and Evenness index of each station in tributaries of Lake Imha on August and September 1996

Month		8				9			
index\Station		L6	R1	R2	R3	L6	R1	R2	R3
Dominance		0.27	0.17	0.36	0.90	0.42	0.87	0.91	0.28
Diversity		0.73	0.90	0.55	0.11	0.51	0.11	0.10	0.60
Evenness		0.64	0.81	0.78	0.18	0.51	0.37	0.20	0.86

### 3) 균등도 지수

8월의 균등도 지수는 표층에서 0.38~0.63의 범위였고 9월은 0.21~0.48의 범위로 조사되었고(Table 3), 중층은 8월에 0.02~0.44의 범위로 9월은 0.47~0.84의 범위로 조사되었으며(Table 3) 하층은 8월에 0.35~0.80, 9월은 0.32~0.88의 범위로 조사되었다(Table 3).

1992년, 1993년 및 1994년의 각 지수의 변동 폭이 본 조사의 수치의 변동 폭보다 높은 것은 하천의 환경 상태에서 호수환경 생태로의 전환점에 있었고 또한 호수화의 초기 상태에서 생태적으로 불안정한 상태로 수계생물의 군집 구조, 종조성 등이 다양하게 나타남으로서 각 지수의 수치가 변동의 폭이 높은 것으로 추정된다.

### 4) 유사도 지수

8월의 유사도 지수에서 정점 L1과 정점 L5가 0.907, 그리고 정점 L1과 정점 L2가 0.883, 또한 정점 L3과 정점 L4가 0.936으로 식물성플랑크톤의 군집 구조가 아주 유사한 것으로 조사되었다(Table 5). 특히 본댐의 정점인 L1과 가까운 정점 L2, L5의 유사도 지수가 높은 것은 유입하천의 영향을 받는 정점인 L3, L4 지역과는 달리 정점 L2에서는 완전한 호수 생태임을 알 수 있다. 특히 유사도 지수가 높은 정점들의 우점종은 *Oocystis lacustris*가 정점 L4을 제외한 전 정점에서 우점으로 출현하였고 아우점 역시 *Elakatothrix gelatinosa*, *Tetradron minimun*, *Scenedesmus grahneisii*, *Cricogeniella*

*apiculata* 등 거의 전 정점에서 공통적으로 아우점을 형성하였다. 그리고 댐내의 정점과 하천수와의 유사도는 매우 낮게 조사되어 댐내의 군집구조와 하천의 군집구조가 완전히 다른 것으로 밝혀 졌다. 그리고 본댐의 영향을 가장 많이 받는 보조댐 정점인 L6와 L1과의 유사도는 0.45로서 낮은 유사도를 나타냈으나 우점종 및 아우점종들은 정점 L1과 매우 유사하였다. 이와 같은 군집 구조는 채집 이전에 외부의 물리적인 환경의 변화에 의해 교란된 생태가 안정된 생태로 가고 있음을 알 수 있다.

9월의 유사도 지수에서 정점 L1, L2, L3, 그리고 L5의 지수가 0.74~0.95로 높은 유사도를 나타냈다. 이것은 완전한 호수 상태인 이들 정점들이 생태적으로 매우 안정되어 있음을 알 수 있으며, 현존량의 절대치를 차지한 우점종 역시 *Elakatothrix gelatinosa*로 조사되었다. 그리고 보조댐인 정점 L6와 정점 L1, L2, L3, 그리고 L5와의 유사도는 0.73~0.94로 조사되어 보조댐 역시 본댐의 영향을 받고 있음을 알 수 있으며 9월의 식물플랑크톤의 군집 구조는 정수생태의 전형을 나타냄을 보여 준다. 호수의 정점과 하천의 유사도는 8월과 마찬가지로 매우 낮아 호수 생태와 하천의 생태는 완전히 다른 생태임을 나타내며, 정점 L4가 호수의 다른 정점들과 유사도가 낮게 조사된 것은 L4는 호수내의 다른 정점에 비해 수심이 낮고 하천의 영향을 상당히 받고 있어 호

Table 5. Matrix of similarity in Lake Imha and its tributaries

(September)										
	R 3	R 2	R 1	L 6	L 5	L 4	L 3	L 2	L 1	St.
L 1		0.947	0.752	0.364	0.000	0.014	-0.000	-0.000	-0.000	R 3
L 2	0.883		0.551	0.121		-0.000		-0.000		R 2
L 3	0.226	0.492		0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	R 1
L 4	0.166	0.407	0.936		0.854	0.143	0.726	0.871	0.937	L 6
L 5	0.907	0.893	0.307	0.231		0.063	0.813	0.961	0.948	L 5
L 6	0.454	0.425	0.183	0.181	0.468		0.167	0.061	0.050	L 4
R 1	-0.000		-0.000	-0.000		-0.000		0.912	0.742	L 3
R 2	0.133	0.148	0.063	0.101	0.149	0.037	0.686		0.929	L 2
R 3	-0.000	0.042	0.043	0.103	0.077	-0.000	0.139	0.167		L 1
St.	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	R 1	R 2	R 3	

(August)

수의 생태와 하천의 생태가 혼합된 것으로 추정된다. 즉 8월과 9월에 호수내의 다른 정점에서는 녹조강인 *Oocystis lacustris*, *Elakatothrix gelatinosa*가 우점이었으나 본 정점에서는 규조강인 *Synedra acus*가 우점으로 조사 되어 호수내의 다른 정점과는 차이가 있음을 알 수 있다.

### 참 고 문 헌

- 김용재, 정 준(1993) 임하호의 식물 플랑크톤 군집분석. 육수지 26 : 175-196.
- 김용재, 최재신, 김도한, 정 준(1995) 임하호의 식물 플랑크톤 군집의 생태학적 고찰. 육수지 28 : 61-78.
- 김용재, 최재신, 김한순(1997) 임하호의 식물 플랑크톤 군집 구조. 육수지 30 : 307-324.
- 정 준(1993) 한국담수조류도감. 아카데미 서적, 서울.
- Borney AD (1989) Phytoplankton. 2nd ed. Routledge, Chapman and Hall Inc., London.
- Brower JE & JH Zar (1977) Field and Laboratory method for general ecology. WM. C. Brown Co. Publ., Iowa.
- Falconer TR (1993) Algal Toxins in Seafood and Drinking Water. Academic Press, London.
- Haepfer D (1992) Eutrophication of Freshwaters. Chapman & Hall, London.
- Hindak F (1977) Studies on the Chlorococcal Algae/Chlorophyceae/I. Veda, Biol. Prac., Brastilava.
- Hindak F (1980) Studies on the Chlorococcal Algae/Chlorophyceae/II. Veda, Biol. Prac., Brastilava.
- Hindak F (1984) Studies on the Chlorococcal Algae/Chlorophyceae/III. Veda, Biol. Prac., Brastilava.
- Hindak F (1988) Studies on the Chlorococcal Algae/Chlorophyceae/IV. Veda, Biol. Prac., Brastilava.
- Hindak F (1990) Studies on the Chlorococcal Algae/Chlorophyceae/V. Veda, Biol. Prac., Brastilava.
- Hendey NI (1974) The permanganate method for cleaning freshly gathered diatoms. *Microscopy* 32 : 423-426.
- Huchinson GE (1967) A Treatise on Limnology. Vol. II. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Komarek J & B Fott (1983) Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales. Die Binnengewässer, Band XVI, 7. Halfe.
- Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Maitland PS (1990) Biology of Fresh Waters. 2nd Ed. Chapman and Hall, New York.
- Munawar M (1970) Limnological studies on freshwater ponds of Hyderabad-India. II. The Biocenose. *Hydrobiologia* 36 : 105-128.
- Munawar M (1972) Ecological studies of Euglenineae in certain polluted and unpolluted environments. *Hydrobiologia* 39 : 307-320.
- Pielou EC (1966) The measurement of diversity in different of biological collections. *J. Theoret. Biol.*, 13 : 131-144.
- Prescott GW (1962) Algae of the Western Great Lakes Area. WM. C. Brown Co. Publ., Iowa.
- Round FE (1981) The Ecology of Algae. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ruttner F (1953) Fundamentals of Limnology. Univ. Toronto Press, Canada.
- Shannon E & W Weaver (1963) The Mathematical Theory of Communication. Illinois Univ. Press, Urbana.
- Simonsen R (1979) The Diatom System: Ideas on Phylogeny. *Bacillaria*, 2 : 9-71.
- Simpson EH (1949) System of water quality from biological point of view. *Arch Hydrobiol. Beih.* 7, *Erhrg. Limnol.*, 7 : 218
- Smith GM (1950) The Fresh-Water Algae of the United States. McGraw-Hill Book Comp., New York.

## The Summer Phytoplankton Community Structure in Lake Imha

Chung-Won Park, Jong Hak Shin<sup>1</sup> and Kab Sook Lee<sup>1</sup>

(Department of Biology, Kyungpook National University, Taegu 701-702, Korea,

<sup>1</sup>Department of Biology Education, Taegu University, Kyungsan 712-714, Korea)

**Abstract** - The dynamics of phytoplankton community in Lake Imha and its tributaries was investigated at nineteen stations in August and September 1996. A total of 171 taxa [171 species (including 1 forms and 27 varieties), 66 genus, 25 families, 6 suborders, 13 orders and 6 class] were identified. The standing crops of phytoplankton ranged from  $47.35 \times 10^3$  to  $184.65 \times 10^3$  individuals/ml in surface layer,  $1.08 \times 10^3 \sim 54.33 \times 10^3$  individuals/ml in middle layer and  $0.69 \times 10^3 \sim 115.85 \times 10^3$  individuals/ml in low layer. Dominant species determined by standing crops of each species were *Oocystis lacustris*, *Elakatothrix gelatinosa*, *Aulacoseira ambigua* and *Synedra acus*, however, the most species dominated from 1992 to 1994 disappeared. [Lake Imha, phytoplankton, standing crops, dominant species].







## Appendix 1. Continued

Taxa	Station Month	L-1		L-2		L-3		L-4		L-5		L-6		R-1		R-2		R-3	
		8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
<i>P. valderianum</i> var. <i>tenius</i>			r			r		r	r	r							2		r
CLASS BACILLARIOPHYCEAE																			
ORDER CENTRALES																			
SUBORDER COSCINODISCINEAE																			
FAM. THALASSIOSIRACEAE																			
<i>Aulacoseira ambigua</i>		r		r	r	+	r	+	1	+	r	+	+						
<i>A. granulata</i>			r			1		+	r				r						
<i>Melosira varians</i>								+					r				r	r	3
<i>Cyclotella atomus</i>																	r	r	2
<i>C. meneghiniana</i>															r				1
<i>C. orientalis</i>									r										
<i>C. pseudosterigella</i>																	r		
ORDER PEMMALES																			
SUBORDER ARAPHIDINEAE																			
FAM. DIATOMACEAE																			
<i>Diatoma vulgare</i>																		r	
<i>Astrionella formosa</i>									r						r				
<i>Synedra acus</i>		r		1	r	4	+	4	4				r	r					
<i>S. ulna</i>																	r		r
SUBORDER RAPHIDINEAE																			
FAM. ACHNANTHACEAE																			
<i>Cocconeis placentula</i> v. <i>lineata</i>																	2	r	
FAM. NAVICULACEAE																			
<i>Gyrosigma spencerii</i>									r		r								
<i>Cymbella affinis</i>													r		4		4		3
<i>C. tumida</i>											r		r				4	r	4
<i>Gomphonema parvulum</i>																			
<i>G. parvulum</i> var. <i>lagenula</i>																	r		r





## Appendix 2. Continued

Taxa	Station Month	L1-2		L2-2		L3-2		L4-2		L5-2	
		8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
FAM. SCENEDESMACEAE											
<i>Scenedesmus acuminatus</i>								r	r		
<i>S. acutus</i>					r			r			
<i>S. communis</i>						r		r	r		
<i>S. denticulatus</i>						r			r		r
<i>S. disciformis</i>								r			r
<i>S. grahneisii</i>			r	r	+	+	+	+	1		+
<i>S. obtusa</i>								r			
<i>S. opoliensis</i>							r	r	r		
<i>S. spinosus</i>			r					r	r		
<i>Crucigeniella apiculata</i>		r	+				r		r		
<i>Crucigenia quadrata</i>								r			
<i>Actinastrum hantzschii</i>								r	r		r
ORDER ZYGNEMATALES											
FAM. DESMIDIACEAE											
<i>Closterium strigosum</i>											r
<i>Cosmarium laeve</i>								r	r		
<i>C. logiense</i> f. <i>expansa</i>								r			
<i>C. lundellii</i> var. <i>corruptum</i>						r					
<i>C. rectangulare</i> var. <i>africanum</i>									r		
<i>Staurastrum iotantum</i> var. <i>tortum</i>			r			r	r	r	r		
<i>St. paradoxum</i>								r			
<i>St. sebalii</i> var. <i>gracilis</i>					r		r	r			
CLASS EUGLENOPHYCEAE											
ORDER EUGLENALES											
FAM. EUGLENACEAE											
<i>Trachelomonas dybowski</i>							r				
<i>T. hispida</i>							r				r
<i>T. hispida</i> var. <i>coronata</i>							r				
<i>T. playfairii</i>							r				
<i>T. planktonica</i>								r	r		r
<i>T. volvocina</i>			r			r	r	r			r
CLASS CHRYSOPHYCEAE											
ORDER CHRYSOMONADALES											
SUBORDER CHROMULININEAE											
FAM. MALLOMONADACEAE											
<i>Mallomonas</i> sp.									r		
CLASS DINOPHYCEAE											
ORDER PERIDINIALES											
FAM. PERIDINIACEAE											
<i>Peridinium borgei</i>						r		r			
FAM. CERATIACEAE											
<i>Ceratium hirudinella</i>		r		r			r				r
CLASS CYANOPHYCEAE											
ORDER CHROCOCCALES											
FAM. CHROCOCCACEAE											
<i>Microcystis aeruginosa</i>							+				r
<i>M. wesenbergii</i>		r					+		r		
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>			r		r			1	r	+	2
<i>Chroococcus minutus</i>									r	r	r
<i>Merismopedia tenuissima</i>									r	r	
ORDER OSCILLATORIALES											
SUBORDER OSCILLATORINEAE											
FAM. OSCILLATORIACEAE											
<i>Anabaena macrospora</i>									r		

## Appendix 2. Continued

Taxa	Station Month	L1-2		L2-2		L3-2		L4-2		L5-2	
		8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
<i>A. sp.</i>									r		
<i>Oscillatoria agardhii</i>									r		
<i>O. geminata</i> var. <i>sulphureaw</i>			r								
<i>Phormidium valderianum</i> var. <i>tenuis</i>						r	r	r	r		r
CLASS BACILLARIOPHYCEAE											
ORDER CENTRALES											
SUBORDER COSCINODISCINEAE											
FAM. THALASSIOSIRACEAE											
<i>Aulacoseira ambigua</i>		4	2	4	+	3	2	1	3		+
<i>A. granulata</i>					r			r	+		
<i>Melosira varians</i>			r	r					r		
<i>Cyclotella atomus</i>					1				r		
<i>C. meneghiniana</i>					r		r				
<i>C. orientalis</i>			1		+			r	r		
<i>C. pseudosterigella</i>			2				r		r		
ORDER PEMMALES											
SUBORDER ARAPHIDINEAE											
FAM. DIATOMACEAE											
<i>Fragilaria construens</i>									r		
<i>Astrionella formosa</i>								r			
<i>Synedra acus</i>		r	+	+	4	3	4	4	3		r
SUBORDER RAPIDINEAE											
FAM. NAVICULACEAE											
<i>Gyrosigma acuminatum</i>									r		
<i>G. spencerii</i>							r				
<i>Navicula cryptotenella</i>									r		

**Appendix 3.** Distribution of phytoplankton at each station in low of Lake Imha on August and September 1996

Symbols and values are relative abundance(%) of each taxon of phytoplankton.

r: &lt;1%, +: 1-5%, 1: 5-10%, 2: 10-30%, 3: 30-50%, 4: 50%&lt;

Taxa	Station Month	L1-3		L2-3		L3-3		L4-3		L5-3	
		8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
CLASS CHLOROPHYCEAE											
ORDER VOLVOCALES											
FAM. CHLAMYDOMODANACEAE											
<i>Pteromonas aculeata</i>								r			
FAM. VOLVOCAEEAE											
<i>Pandorina morum</i>								r	r		
<i>Eudorina elegans</i>					r						
ORDER TETRASPORALES											
FAM. COCOMYXACEAE											
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>									r		
FAM. PALMELLACEAE											
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>					r			r			
ORDER ULOTRICHIALES											
SUBORDER ULOTRICHINEAE											
FAM. ULOTRICHACEAE											
<i>Ulothrix subtilissima</i>							r	r			
ORDER CHLOROCOCCALES											
FAM. MICRACTINIACEAE											
<i>Echinosphaeridium nordstedtii</i>								r	r		
<i>E. hexacantha</i>										r	
<i>Achanthosphaera zachariasii</i>										r	
<i>Golenkinia radiata</i>										r	
<i>Micractinium pusillum</i>								r	r		
<i>Siderocystopsis fusca</i>								r			
FAM. CHARACIACEAE											
<i>Schroederia setigera</i>										r	
FAM. DICTYOSPHAERIACEAE											
<i>Dictyosphaerium puchellum</i>								r			
FAM. HYDRODICTYACEAE											
<i>Pediastrum boryanum</i>										r	
<i>var. longicorne</i>											r
<i>P. duplex</i>										r	
<i>P. simplex</i>							r	r	r		
<i>P. simplex</i> var. <i>echinulatum</i>					r			r	r		
<i>P. tetras</i>										r	
FAM. COELASTRACEAE											
<i>Coelastrum astroideum</i>								r			r
<i>C. reticulatum</i>					r		r	r	r		
FAM. RADIOCOCCACEAE											
<i>Coenococcus polycocca</i>								r			
FAM. OOCYSTACEAE											
<i>Oocystis lacustris</i>		4	2	r	2		1	r	r		3
<i>Monoraphidium arcuatum</i>										r	
<i>M. contortum</i>										r	
<i>M. griffithii</i>								r			
<i>M. minimum</i>		r					r				
<i>Lagerheimia chodatii</i>								r	r		
<i>Franceia elongata</i>								r			
<i>F. ovalis</i>										r	
<i>Tetraedron minimum</i>					r	r		r	r		+
<i>Polyedriopsis spinulosa</i>										r	
FAM. SCENEDESMACEAE											
<i>Scenedesmus acuminatus</i>								r	r		



