

## 금강 수계에서 식물플랑크톤의 군집 구조

김준태 · 박유라 · 조현실 · 부성민  
(충남대학교 자연과학대학 생물학과)

### The Phytoplankton Community Structure in the Main Stream of the Kumgang River, Korea

Jun Tae Kim, Eu Ra Park, Hyun Sil Cho and Sung Min Boo  
(Department of Biology, Chungnam National University,  
Daejeon 305-764, Korea)

#### ABSTRACT

The phytoplankton community of Kumgang river was investigated at the three stations from May to September, 1994. A total of 321 species was identified, which was classified into 131 genera, 20 orders, 8 classes. Green and euglenoid algae showed a maximum number of species at the Napo station in September, but there were no significant changes in different locations in the species number of blue green algae. The number of diatom species decreased from May to September at each station. Standing crop was low with  $15.9 \times 10^4$  individuals/ $\ell$  in August, but high with  $37.8 \times 10^4$  individuals/ $\ell$  in September. *Merismopedia* spp., *Oscillatoria* spp., *Microcystis aeruginosa* and *Cyclotella meneghiniana* predominated in Kumgang River.

**Key words** : Kumgang, Phytoplankton, Algae flora, Standing crop

#### 서 론

강은 주변에서 유입되는 여러 오염원으로 인하여 강 본류의 수 환경이 크게 변화하게 된다. 또한, 강의 하류는 바다와 접하게 되므로 서해와 같이 조차가 큰 곳에서는 만조시 해수가 상류까지 거슬러 올라가게 되어 강의 이화학적 성질이 많은 영향을 받게 되며, 이로 인한 수환경의 변화는 식물 플랑크톤의 종 조성 및 군집 구조의 변화를 초래하여 다른 생물군들

에게 다양한 영향을 미칠 것이라 예상된다.

금강은 우리나라에서 4대 강 의 하나로 전라북도 장수군에 위치한 소백산맥과 노령산맥 사이에서 발원하여 충청남도 와 전라북도를 흘러 군산과 장항 사이에서 서해로 유입되며 총 연장 404.4 km에 유역 면적은 약 9,900 km<sup>2</sup>에 이른다. 국내에서 4대 강 유역의 식물플랑크톤의 군집 구조에 관한 연구는 한강(정 등, 1965; 정, 1972; 정과 이, 1978; 심과 최, 1978)과 낙동강(Kim and Lee, 1991; Seo and Chung, 1994)에서 꾸준히 수행되어 왔고, 하

구에서 인공호로 전환된 영산호에서는 식물플랑크톤의 현존량이 조사(김과 최, 1988)된 바 있다. 특히 낙동강 유역에서는 식물플랑크톤의 구조는 물론 기능에 관한 집약적인 연구가 수행되면서, 수질의 변화와 담수조류의 관계가 지속적으로 검토되고 있다(Cho *et al.*, 1993; Cho and Shin, 1995).

금강에서는 수 환경에 관한 이화학적 연구(김과 기, 1978)가 하구역에서 수행된 바 있으며, 금강 본류의 식물플랑크톤의 종조성이나 구조에 관한 연구는 정과 이(1979) 및 정 등(1985)이 있다. 본 연구는 하구역 갑문의 폐쇄로 수 환경의 크나 큰 변화가 예상되는 금강의 중류에서 하류사이에 3개 지소를 선정하여, 식물플랑크톤의 군집 구조와 기능에 관한 지속적인 연구의 일환으로 조류상과 우점종 및 현존량을 검토하였다. 본 연구의 진행 중에 하구역이 폐쇄되었으므로, 이 연구의 결과는 앞으로 금강의 수 환경 변화에 관한 생물학적 기초 자료가 되리라 간주된다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사 시기와 지소

본 조사는 금강의 중류에서 하류까지 조사 거리를 고려하여 3개 지소를 선정하고 1994년 5월부터 9월까지 매 월 수행하였다. 제 1지소는 충청남도 연기군 금남면 대평리에 위치한 금남대교 밑으로, 하안은 모래와 자갈로 이루어져 있다. 제 2지소는 충청남도 부여군 장암면 장동리에 위치한 곳으로 강 유역은 모래와 자갈로 이루어져 있다. 장동리 지소는 제 1지소에서 대략 70 km 하류에 위치하였다. 제 3지소는 전라북도 옥구군 나포면 나포리에 위치한 강의 하구로서 유속이 빠르고 해수와 섞이게 되며 하안 및 하상은 빨로 이루어진 곳이다. 제 3지소에서 약 20 km 남서쪽에 하구역이 있으며, 이는 1994년 8월 말경 폐쇄되었으므로, 이후로 해수는 더 이상 금강으로 유입되지 않고 있다.

### 2. 채집 및 동정

종조성을 파악하기 위하여 식물플랑크톤은 플랑크톤 네트(구경 30 cm, 망목 40  $\mu$ m)를 표층에서 10 cm 정도의 깊이에 약 5분 동안 물의 흐름 방향으로

두어 채집하고 현장에서 루골액으로 고정하였다. 종의 동정은 Nikon Aphaphot DIC apparatus로 400~1,000배의 배율에서 수행하였다. 출현한 종들은 Toshihiko(1964), Akiyama and Yamagishi(1991)를 기준으로 하여 동정하고 분류하였다. 주요 종들은 Nikon FX-35A로 촬영하여 사진 표본으로 두었고, 액침 표본 또한 표본실에 보관하였다.

현존량의 측정을 위하여 시료는 1,000 ml 채수병으로 표층수를 채수하여 현장에서 즉시 루골액으로 고정하고 실험실에 옮겨 냉암소에 두었다. 이들은 3~4일 동안 침전시킨 후 상등액을 제거하여 100 ml로 농축하였다. 농축된 시료는 1 ml 취하여 Sedgwick-Rafter counting chamber에 넣어 전체 개체수를 계수한 후 1ℓ당 개체수(individuals/ℓ)로 계산하였다(Bernard, 1971).

## 결과 및 고찰

### 1. 조류상

동정된 식물플랑크톤은 총 8강 20목 131속 321종으로 정리되었다(Table 1). 본 조사에서는 출현 빈도가 극히 낮고 분류학적 판정이 어려운 분류군을 출현종 목록에서 보류시켰기 때문에, 전체 출현종 수는 이보다 많을 것으로 기대된다. 이 결과는 한강 하류의 356종(심과 최, 1978) 보다는 적으나, 낙동강 하구역에서의 227종(Cho *et al.*, 1993) 보다는 많은 것이다. 한강은 하류가 해수와 접하고 있어 이질적인 수괴를 가짐으로써 종조성이 다양했던 것으로 여겨진다. 낙동강은 1987년 11월 하구둑이 완공된 후 해수의 유입이 오랫동안 중단된 곳으로, 상류와 하류에서 수괴의 이화학적 성질이 보다 균등화되어 생물종의 구성도 비교적 단순화 되었다고 판단될 수 있다. 이는 유수역에서 하구둑이 건설되어 수질의 담수화가 지속되면 수질 오염이 가속화되고 종 다양성이 감소한다는 연구와도(Patrick and Reimer, 1966) 부합되는 사실이다. 이와 같은 점으로 볼 때, 금강은 낙동강 보다는 수괴가 다양하고 수질의 이화학적 특성도 다양하다고 간주된다.

금강의 식물플랑크톤은 녹조강이 133종으로 41%, 규조강이 100종으로 31%, 남조강이 51종으로 16%

Table 1. Species number of phytoplankton at the ordinal level in Kungang River from May to September, 1994.

Taxa	May			June			July			August			September		
	Daeyong Jangam	Napo	Daeyong Jangam	Napo	Daeyong Jangam	Napo	Daeyong Jangam	Napo	Daeyong Jangam	Napo	Daeyong Jangam	Napo	Daeyong Jangam	Napo	
Class Cyanophyceae															
Order Nostocales	6	8	3	4	3	2	6	4	2	7	9	5	5	8	
Order Chroococcales	6	2	3	5	6	6	4	3	5	5	4	4	5	6	
Order Pleurocapsales	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Class Bacillariophyceae															
Order Pennales	49	41	32	39	39	32	28	10	7	31	18	20	18	20	
Order Centrales	7	11	16	5	10	17	4	7	13	5	10	14	6	6	
Class Chlorophyceae															
Order Chlorococcales	16	26	14	26	34	7	21	30	12	41	42	23	40	37	
Order Volvocales	1	3	1	1	4	1	3	2	1	6	5	4	5	5	
Order Chaetophorales	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	
Order Zygnematales	6	5	5	4	7	2	4	6	2	4	7	4	6	8	
Order Tetrasporales	-	1	-	-	2	-	3	2	-	3	4	2	2	3	
Order Ulotricales	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	
Order Oedogoniales	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Order Ulvales	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Class Crysophyceae															
Order Ochromonadales	2	-	-	-	-	-	1	1	-	3	1	-	2	1	
Class Cryptophyceae															
Order Cryptomonadales	1	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
Class Dinophyceae															
Order Peridimiales	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1	3	3	
Class Euglenophyceae															
Order Eugenales	2	1	-	7	2	-	3	5	-	7	5	-	17	19	
Class Xanthophyceae															
Order Mischococcales	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
Order Tribonematales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
Total	99	102	77	93	109	67	80	71	42	112	107	78	112	115	

를 차지하였다. 이 이외에 유글레나조강 24종, 외편모조강 5종 등이 채집되었다 (Table 1). 담수역에서의 식물플랑크톤 군집 구조는 규조류, 녹조류, 남조류 순으로 이루어지며 (Hutchinson, 1967), 국내

에서 이미 조사된 수계의 경우 (심과 최, 1978; Cho *et al.*, 1993, 심 등, 1991)에도 규조류가 전체 분류군에서 가장 큰 비율을 차지하고 있다. 그러나, 본 조사에서는 녹조강이 가장 큰 분류군을 이루었으며,

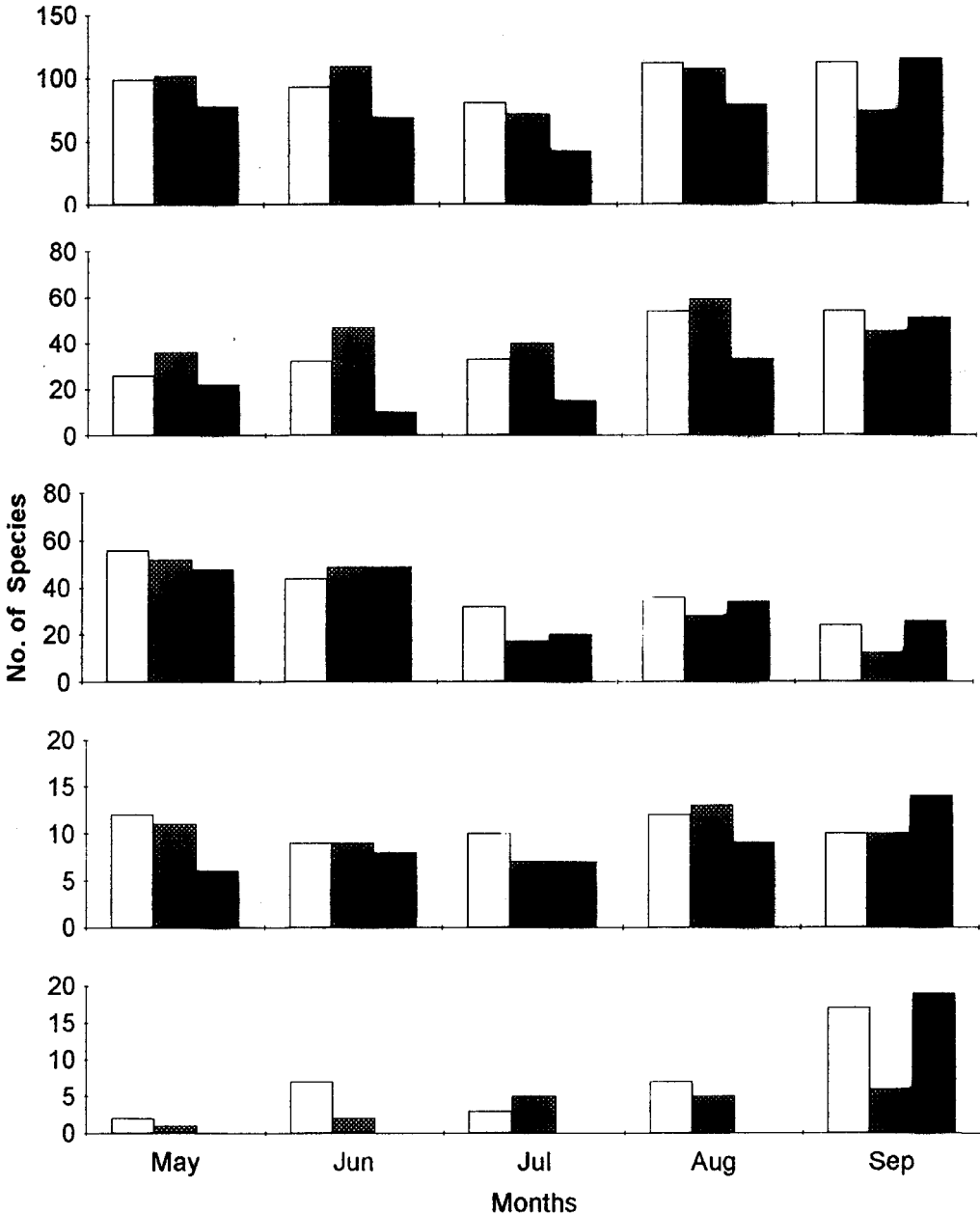


Fig. 1. Monthly changes in the total species number (the uppermost), Chlorophyceae (the second), Bacillariophyceae (the third), Cyanophyceae (the fourth) and Euglenophyceae (the fifth) in different months and stations in Kumgang River. (□: Daepyongri, ▨: Jangam, ■: Napo)

유글레나강도 고려할 만한 비율을 차지했다. 이는 하구언이 폐쇄된 후인 9월에 녹조강 47%, 규조강 22%, 남조강 13% 및 유글레나조강 13%로 녹조강과 유글레나조강의 비율이 높아진데 기인한다. 이와 같은 결과는 금강 하류역이 하구언으로 폐쇄되어 수환경의 급작스런 변화가 초래되고, 이로 인하여 종다양성이 일시적으로 증가한 것으로 간주될 수 있으며, 수환경의 담수화가 장기간 지속되면 금강의 식물플랑크톤도 담수역 근접 구조형이 되리라고 추정된다.

녹조강은 9월에 78종으로 많았으나, 5월에 52종으로 적었다 (Fig. 1). 지소별 변화는 장암에서 8월에 59종으로 많았고, 나포에서 6월에 10종으로 적었다. 녹색소구체목 (Chlorococcales)은 전체 녹조류에서 가장 큰 분류군이 되며, 8월에는 대평리와 장암에서 가장 많은 출현종을 보인 반면, 9월에는 대평리와 나포에서 출현종이 유사하였다 (Fig. 2). 이 결과는 금강의 상류역에 녹조류의 종 수가 증가한다는 결과 (정 등, 1985)와 여름에 녹조강의 비율이 높다는 보고 (Seo and Chung, 1994)와 일치하는 것으로 계절적인 요인과 상관 관계가 있음을 보여준다. 또한, 하구언 폐쇄로 인하여 다량의 유기물이 누적됨으로써 녹색소구체목에 속하는 녹조류가 번무했다는 가정을 간과할 수는 없으므로, 이 분류군의 종 다양성과 수질의 상관 관계에 관한 연구가 필요하다고 생각된다.

규조강은 5월에 82종으로 많고, 9월에 37종으로 적었다 (Fig. 1). 지소별 양상은 대평리에서 5월에 56종으로 많았고, 장암에서 9월에 12종으로 적었다.

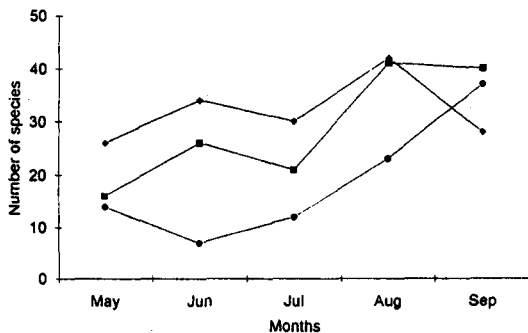


Fig. 2. Monthly changes in the species number of the green chlorococcalean algae in different months and stations in Kumgang River. (■: Daepyongri, ◆: Jangam, ●: Napo)

우상형 규조는 대평리에서 나포로 갈수록 종 수가 감소하였으나, 9월에는 대평리에서 18종, 나포에서 20종이 출현하여 상하류의 차이가 없었다. 해수가 유입되는 지역에 흔히 출현하는 중심형 규조는 나포 지소에서 많았으나, 9월에는 세 지소 모두 6종으로 같았다. 전체 규조류에서 중심형 규조강의 비율도 대평리에서 나포로 갈수록 증가하였으나, 9월에는 두 지소간의 차이가 없었다 (Fig. 3). 이점은 기수성 규조류가 하류역에 많다고 지적한 정 등 (1985)의 결과와 다르며, 낙동강 하구둑 건설 후에 중심형 규조가 급격히 감소하였다는 보고 (Kim and Lee, 1991)와 일치하는 것으로, 금강 하구언의 폐쇄로 인한 하류의 담수화가 *Chaetoceros* spp., *Coscinodiscus* spp., *Thalassiosira* spp. 등의 중심형 규조류 감소에 원인이 된 것으로 사료된다.

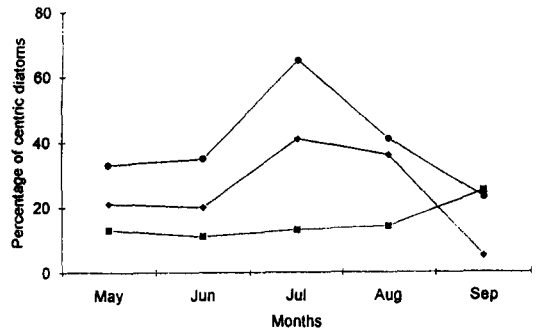


Fig. 3. Monthly changes in the percentage of the centric diatoms to total diatoms in different months and stations in Kumgang River. (■: Daepyongri, ◆: Jangam, ●: Napo)

남조강은 9월에 21종으로 많았으나, 5월에 16종으로 종수에 변화가 적었다 (Fig. 1). 지소별로는 나포에서 9월에 14종으로 다른 지소보다 많았다. 대부분의 호소에서 남조류의 번식은 인과 질소 등의 영양염류의 농도에 따라 결정되며 (Schindler *et al.*, 1971; Smith, 1983), *Oscillatoria* spp.와 *Microcystis* spp.가 부영양화된 호소에서 우점하게 된다. 따라서, 9월에 나포 지소에서 남조류의 증가는 유기물의 증가에 의한 것으로 추정되며, 금강의 호소화에 의한 수환경 변화는 남조류의 지속적인 번

성에 주요 요인이 될 것으로 사료된다.

유글레나조강은 9월에 21종으로 많았으나, 5월에는 3종으로 적었다 (Fig. 1). 특히, 나포 지소에서는 8월까지 출현종을 관찰할 수 없었으나 9월에 19종으로 종의 수가 급격히 증가한 점은 매우 주목할 만한 결과로서, 나포의 수질 변화가 다른 지소보다 뚜렷히 일어났음을 시사한다고 볼 수 있다. 유글레나조강은 유기물질의 증가로 인하여 출현종이 풍부하여 지고, 그 구성 비율도 높게 나타나며 (Conforti, 1991; Gojdic, 1953), 온도가 높고 용존 산소량이 낮으며 질소계 화합물과 인산염의 농도가 높은 환경에서 흔히 나타난다 (Wetzel, 1975). 따라서, 금강 하구언의 폐쇄로 인한 각종 물질의 축적 및 영양염류의 농도 증가로 인한 수환경 변화가 유글레나조강의 번성에 원인이 된 것으로 사료된다.

기타 분류군으로는, 외편모조강이 7월 이후에 각 지소별로 수 종 출현하였으며, 황색편모조강과 황녹색조강이 각각 4종, 갈색편모조강이 1종 동정되었으나, 이들의 출현은 기록이 심하였다.

## 2. 현존량

금강에서 식물플랑크톤의 현존량은 지소 및 월별로 검토하였다 전체 조사 지소에서 현존량의 변화는 8월에  $15.9 \times 10^4$  개체/ℓ로 일시적으로 감소하였으나 점진적으로 증가하여 9월에는  $37.8 \times 10^4$  개체/ℓ로 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 4). 일반적으로 안정된 수계에서의 식물플랑크톤 현존량 변화는 계절적인 변화에 의해 규칙적인 주기성을 나타내며 (Earle *et al.*, 1987; Dokulil and Skolaut, 1986), 여름과 겨울에 양적인 증가가 일어나 전형적인 bimodal pattern을 보이게 된다 (Hutchinson, 1967). 한강에서의 현존량은 상류에서 전형적인 주기성을 보였으나, 오염 수역인 하류로 갈수록 여름에 증가하고 겨울에 감소하며 (심과 최, 1978), 주암호에서도 유사한 경향을 보인다 (이와 송, 1995). 1981년 12월 하구둑 완공으로 인공 담수화된 영산호에서의 현존량은 전형적인 온대 지방의 담수 생태계의 연중 분포와 달리 매우 불안정하였다 (김과 최, 1988). 금강에서는 식물플랑크톤의 전체 개체수의 변화에서 뚜렷한 주기성을 발견하기 어려웠으며, 이는 금강이 하구언

폐쇄 전후의 유량 변동, 전기와 우기의 교차 및 각종 오폐수의 유입과 같은 인위적인 환경 간섭이 다른 수역보다 극심하였기 때문이라고 생각된다.

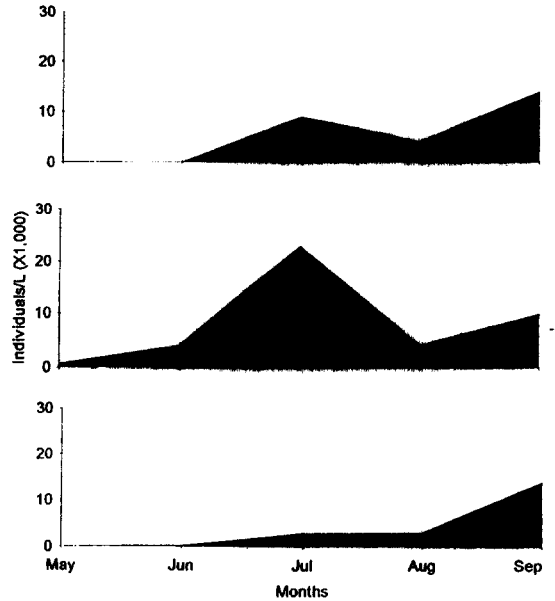


Fig. 4. Monthly changes in the phytoplankton cell numbers in different months and stations in Kumgang River. Daepyongri (the upper), Jangam (the middle), and Napo (the lower).

대평리와 나포에서의 현존량 변화는 5월에서 8월 까지 비슷한 양상으로 증가하였으며, 9월에 각각  $13.4 \times 10^4$  개체/ℓ와  $12.7 \times 10^4$  개체/ℓ로 최대 현존량을 보였다. 전 계절에 걸쳐 볼 때, 이 두 지소에서 규조류의 현존량의 가장 높았으며, 9월에 나포에서는  $9.7 \times 10^4$  개체/ℓ로 전체 현존량의 86%를 차지하였다. 이는 계절적 요인과 금강의 호소화라는 두 가지 요인이 복합적으로 작용한 것으로 여겨지며, 규조강의 많은 종들이 수질 오염의 지표종으로 간주된다는 점을 고려할 때 (Watanabe and Asai, 1990), 금강은 규조류를 이용하여 수질을 측정하고 관리할 수 있음을 보여 주고 있다. 한편, 장암에서는 7월에  $23.6 \times 10^4$  개체/ℓ로 최대 현존량을 보였는데, 이 시기에 *Microcystis aeruginosa*와 *Oscillatoria tenuis*를 비롯한 남조류의 현존량은  $15.3 \times 10^4$  개체/ℓ로

전체의 68%를 차지하였으며, 녹조류도  $5.6 \times 10^4$  개체/ℓ로 다른 지소에 비해 뚜렷히 높았다. 장암에서 남조류와 녹조류가 다른 지소보다 번무한 이유는 이 지역 수계의 물리 화학적 독특성에 기인한다고 간주될 수 있으나 이는 본 연구에서 검토되지 못하였다. *Microcystis* 속과 *Oscillatoria* 속에 속하는 남조류가 수화현상을 일으켰을 때는 어류나 가축 등에 독성 물질을 분비한다는 점을 고려할 때 (Carmichael, 1981), 이들의 현존량이 높은 점은 금강이 수질과 식물플랑크톤과의 관계에 대한 집약적인 연구가 시급히 요구되고 있다고 하겠다.

### 3. 우점종

우점종은  $5.0 \times 10^3$  개체/ℓ 이상 출현하는 분류군을 대상으로 선정하였다 (Table 2). 각 지소에서 규조류와 남조류의 종들이 월별로 교차되어 우점하여 한강과 낙동강에서의 연구 결과 (심과 최, 1978; Cho, et al., 1993)와 유사한 면을 보였다. 이는 수계의 복합적인 이화학적 요인에 의하여 우점하던 식물플랑크톤이 다른 종으로 치환되면서 현존량의 변화를 초래한다는 보고 (Reynolds and Reynolds, 1985)와 일치하는 것으로 생각된다. 녹조류의 출현종 수는 다양했으나 우점종을 이루지는 못한 점에서 한강의 연구 결과 (심과 최, 1978)와 유사하였다. 본 조사에

서 *Cyclotella meneghiniana*와 *Aulacoseira granulata*를 비롯한 규조류가 공우성으로 나타나고 있는 점은 Hutchinson (1961)이 주장한 "paradox of the plankton"의 현상의 하나로 간주되며, 이들은 동일 시기에 미소 생육지를 서로 공유하고 있으나 이용하는 영양염류는 두 종간에 서로 다른 것으로 알려지고 있다. 대평리에서는 5월과 6월에 우점종이 뚜렷하지 않았으나, 7월 부터는 *Oscillatoria tenuis*, *Cyclotella meneghiniana*, *Merismopedia* spp.가 교대로 우점하였다. 장암은 6월과 8월 및 9월에는 *Cyclotella meneghiniana*가 우점한 반면, 7월에는 *Microcystis aeruginosa*가 우점하였다. 나포는 7월과 8월에 *Oscillatoria* spp.가 우점하였고, 9월에는 *Cyclotella meneghiniana*가 우점하였다. 장암에서는 7월에  $23.6 \times 10^4$  개체/ℓ로 최대 현존량을 보였는데, 이 시기에 *Microcystis aeruginosa*와 *Oscillatoria tenuis*를 비롯한 남조류의 현존량은  $15.3 \times 10^4$  개체/ℓ로 전체의 68%를 차지하였으며, 녹조류도  $5.6 \times 10^4$  개체/ℓ로 다른 지소에 비해 뚜렷히 높았다.

## 적 요

금강에서 3개 지소를 선정하여 1994년 5월부터 9월까지 식물플랑크톤의 군집구조를 조사하였다. 총 출현종은 8강 20목 131속 321종으로, 녹조강 133종, 규조강 100종, 남조강 51종, 유글레나조강 24종, 외편모조강 5종 등이 었다. 녹조류와 유글레나류가 9월에 나포에서 증가하고, 규조류는 감소하였으나, 남조류는 계절 변화가 뚜렷하지 않았다. 현존량은 8월에  $15.9 \times 10^4$  개체/ℓ로 일시적으로 감소하였으나, 9월에는  $37.8 \times 10^4$  개체/ℓ로 증가하는 경향을 보였다. 금강의 식물플랑크톤 군집에서 *Cyclotella meneghiniana*, *Merismopedia* spp., *Oscillatoria* spp. 및 *Microcystis aeruginosa*가 대표적인 우점종으로 출현하였다. 유글레나류가 하구언이 막힌 직후에 출현 종 수가 급작히 증가하고, 전체 현존량도 높은 점은 앞으로 금강에서 수 환경의 변화를 예상하여 준다.

Table 2. Dominant species of Kumgang River in different months and stations

Site	Month	Dominant species	Individuals/ℓ ( $\times 10^3$ )
Daepyong	May	not seen	
	June	not seen	
	July	<i>Oscillatoria tenuis</i>	8.4
	Aug.	<i>Cyc. meneghiniana</i>	5.9
	Sept.	<i>Merismopedia</i> sp.	35.8
Jangam	May	not seen	
	June	<i>Cyc. meneghiniana</i>	8.9
	July	<i>Microcystis aeruginosa</i>	89.4
	Aug.	<i>Cyc. meneghiniana</i>	5.6
	Sept.	<i>Cyc. meneghiniana</i>	35.5
Napo	May	not seen	
	June	not seen	
	July	<i>Osc. tenuis</i>	8.4
	Aug.	<i>Osc. guttulata</i>	6.4
	Sept.	<i>Cyc. meneghiniana</i>	34.4

## 참 고 문 헌

- 김경렬, 기준하. 1978. 금강 하구에서의 화학적, 생물학적 재과정에 관한 연구. I. 질소계 화합물의 순환: 전반적 고찰. 해양학회지, **22**:191-206.
- 김광룡, 최정일. 1988. 영산호의 식물 플랑크톤 현존량. 조류학회지, **3**:183-192.
- 심재형, 신윤근, 이원호. 1991. 만경강 하류의 환경과 식물 플랑크톤 군집. 한국육수학회지, **24**:45-54.
- 심재형, 최중기. 1978. 한강 하류에 있어서 부유성 조류 군집의 구조 및 기능 변화에 관한 연구. 해양학회지, **13**:31-41.
- 이옥민, 송호영. 1995. 주암호의 연간('93) 식물플랑크톤의 분포 및 현존량의 동태. 육수학회지, **28**:427-436.
- 정영호. 1972. 한강의 Microflora에 관한 연구(제 6보)-남한강의 식물성 플랑크톤에 대한 분류와 한강 중심 수역의 수질 오락 판정. 식물학회지, **15**:117-148.
- 정영호, 이 경. 1978. 한강의 Microflora에 관한 연구(제 9보)-팔당댐 담수 수역의 식물성 플랑크톤의 분류와 환경요인에 대하여. 서울대 자연대 논문집, **3**:97-129.
- 정영호, 이 경. 1979. 금강 공주 수역의 식물성 플랑크톤. 식물학회지, **22**:141-145.
- 정영호, 심재형, 이민재. 1965. 한강의 Microflora에 관한 연구. 제 1 보 한강 하류의 식물성 plankton과 해수의 영향. 식물학회지, **8**:7-29.
- 정영호, 이옥민, 노경희. 1985. 금강 감조수역 식물성 플랑크톤의 연간(1984-'85) 동태. 자연보존 연구보고서, **7**:17-25.
- Akiyama, M. and T. Yamagishi. 1991. Illustrations of the Japanese Freshwater Algae. Uchida Rokakuho Co., Ltd.
- Bernard, J.M. 1971. Phytoplankton sampling with the Sediwick-Rafter Cell. *Limnol. Oceanogr*, **16**:19-28.
- Carmichael, W.W. 1981. The Water Environment: Algal Toxins and Health, New York, Plenum Press.
- Cho, K.J. and J.K. Shin. 1995. Persistent blooms of diatoms *Stephanodiscus hantzshii* f. *tenuis* and *S. parvus* in Naktong River. *Korean J. Phycol*, **10**:91-96.
- Cho, K.J., I.K. Chung and J.A. Lee. 1993. Seasonal dynamics of phytoplankton community in the Naktong River Estuary, Korea. *Korean J. Phycol*, **8**:15-28.
- Conforti, V. 1991. Taxonomic study of the Euglenophyta of highly polluted river of Argentina. *Nova Hedw*, **53**:73-93.
- Dokulil, M. and C. Skolaut. 1986. Succession of phytoplankton in a deep stratifying lake: Mondsee, Austria. *Hydrobiol*, **138**:9-24.
- Earle, J.C., H.C. Duthie and D.A. Scruton. 1987. Factors influencing the distribution of phytoplankton in 97 Headwater Lakes in Insular Newfoundland. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **44**:639-649.
- Godjics, M. 1953. The genus *Euglena*. Univ. of Wisconsin press. Tronto, 238p.
- Hutchinson, G.E. 1961. The paradox of the plankton. *Am. Nat.*, **95**:137-145.
- Hutchinson, G.E. 1967. A Treatise on Limnology. Vol. 2. John Wiley and Sons. Inc., New York. 1115p.
- Kim, J.W. and H.Y. Lee. 1991. A study on phytoplankton communities in the reservoir of Naktong River. *Korean J. Limnol*, **24**:143-151.
- Patrick, R. and C.W. Reimer. 1966. The diatoms of the United States exclusive Alaska and Hawaii. Monograph 13. Acad. Natur. Sci. Philad. 688p.
- Reynolds, C.S. and J. B. Reynolds. 1985. The atypical seasonality of phytoplankton in Cross Mere. 1972; an independent test of the hypothesis that variability in the physical environment regulates community dynamics and structure. *British J. Phycol*, **20**:227-242.
- Seo, J.K. and I.K. Chung. 1994. The phytoplankton community structure in the Naktong River Mouth. *Korean J. Limnol*, **27**:227-250.
- Schindler, D.W. and E.J. Fee. 1974. Experimental Lakes Area: Whole lake experiments in eutrophication. *J. Fish. Res. Bd. Can*, **31**:937-953.
- Smith, V.H. 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue green algae in lake phytoplakton. *Science*, **221**:669-671.
- Toshihiko, M. 1964. Illustrations of the Freshwater Plankton of Japan. Hiokusha publishing



Co., Ltd.

52:99-139.

Watanabe, T. and K. Asai. 1990. Numerical simulation using diatoms assemblage of organic pollution in streams and lakes. *Rev. Inq. Res.*,

Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. W.B. Saunders Comp., Philad. 743p.

---

Received April 3, 1996

Accepted July 9, 1996