

강원도 동강의 수질과 식물플랑크톤군집

이진환*

(상명대학교 자연과학대학 자연과학부)

The Water Quality and the Phytoplankton Communities in the Dong River of Kangwon Province, Korea

Jin Hwan Lee*

Division of Natural Sciences, Sangmyung University, Seoul 110-743, Korea

The present study is to examine the water quality and to analyze the planktonic and benthic phytoplankton communities at 6 stations in the Dong River and its tributary streams of Kangwon Province from November, 2001 to March, 2002. During the studies, water temperature ranged from 3.5 to 12.8°C; pH, 6.5-7.9; DO, 9.29-11.36 mg·l⁻¹; BOD₅, 0.20-2.38 mg·l⁻¹; TN, 1.2842-3.1871 mg·l⁻¹; TP, 0.0052-0.0576 mg·l⁻¹; and SS, 0.85-9.62 mg·l⁻¹. The standard of water quality according to the Korean Environmental Preservation Law showed the first class except St. 6 through the survey. Six taxa of planktonic phytoplankton identified were poor flora in November, 2001. The representative species frequently observed were the diatoms *Achnanthes lanceolata*, *Achnanthes minutissima*, *Cymbella minuta*, *Cymbella parva*, *Diatoma vulgare*, *Fragilaria construens*, *Gomphonema pervulum*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia palea*., *Scenedesmus* sp. of green algae and *Stephanodiscus hantzschii*. Monthly dominant species of phytoplankton were *Achnanthes lanceolata* and *A. minutissima* in both February and March, 2002, but the blue-green algae, *Oscillatoria* sp. and the diatom, *Stephanodiscus hantzschii* were predominant at some stations in March. Phytoplankton standing crops ranged from 9.84×10^3 to 3.56×10^4 cell·l⁻¹ in November and $1.68-2.99 \times 10^5$ cell·l⁻¹ in February, while it changed $4.52-8.01 \times 10^5$ cell·l⁻¹ at St. 1, 2, 3 and $1.03-1.71 \times 10^6$ cell·l⁻¹ at St. 4, 5, 6 in March. Benthic phytoplankton communities was composed of 38 taxa in November, 31 taxa in February and 23 taxa in March. It showed a contrary tendency to planktonic phytoplankton diversity. Benthic diatoms which were more than 25% of the total populations were *Cymbella turgida*, *Diatoma vulgare*, *Cocconeis placentula*, *Navicula cryptocephala* var. *intermedia* in November; *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula*, *Achnanthes minutissima* in February; and *Achnanthes lanceolata* and *Cyclotella meneghiniana* in March.

Key Words: benthic diatoms, Dong River, phytoplankton, water quality

서론

강원도 영월의 동강은 삼척군에서 발원하여 정선군 정선읍 가수리 수미마을 앞 조양강과 동남천의 합류지점으로부터 영월군 영월읍 하송리 서강과의 합류지점까지 즉, 남한강이 시작되는 약 50.5 km를 일컫는다. 동강일대는 국내 하천 중에서 사행구간이 가장 발달되어 있고, 주변에 자연경관이 뛰어나, 식생 및 동물상이 풍부하며 인적이 드물어 자연생태계로서는 잘 보존되어 있는 곳이다.

최근 건설교통부에서는 수자원의 부족을 이유로 영월읍 거운리에 동강댐 건설을 하기 위하여 1996년부터 환경영향평가를 수행하였다(한국수자원공사 1997). 한국수자원공사(1999)는 내용 보안을 위하여 1998년 9월부터 1999년 7월까지 "영월 다목적댐 건설사업 생태환경(동·식물상)조사"를 통하여 포유류, 조류, 양서류, 파충류, 어류, 육상곤충, 수서곤충, 식생과 식물상, 생태가치 평가에 대하여 조사하여 자연생태계와 생물다양성 보전이 바람직하다고 결론내렸다. 이외에도 동강댐 건설과 관련하여 주변의 동·식물상의 분포, 생태 현황, 식생, 야생동물 등에 많은 연구가 종합적으로 이루어졌다(환경부 1998, 1999; 김과 한 1999). 국립환경연구원(2002)에서는 동강의 자연환경을 보전하기 위하여 2001

*Corresponding author (jhlee@smu.ac.kr)

년 10월부터 2002년 3월까지 지형, 지질, 포유동물, 어류, 조류, 식물, 식생과 수질 등에 대하여 종합적인 조사하였다. 이와같이 동강에 대한 많은 조사보고서, 환경평가 보고서와 생물상을 조사하면서 식물플랑크톤군집에 대한 연구는 거의 없었다. 다만, 수질은 원주지방 환경청과 강원도 환경연구원에서 정기적으로 실시하는 자료가 있을 뿐이다.

본 연구는 동강과 그 지류인 기화천, 동남천, 조양강, 창리천 수계로부터 유입오염원에 따른 수질의 변화와 이에 따른 부유성과 저서성 식물플랑크톤군집의 정성과 정량적인 변동을 조사하여 향후 동강생태계 보존자료로 활용하고자 한다.

재료와 방법

본 연구는 동강 생태계 보전지역 설정을 위한 조사의 일환으로 2001년 10월에 예비 조사 겸 현지 답사를 거쳐, 11월 14-16일, 2002년 2월 19-21일, 3월 15-17일에 동강과 그 지류인 조양강, 동남천, 기화천에서 물리·화학 수질 환경요인과 부유성·저서성 식물플랑크톤군집을 조사하였다.

조사정점

조사정점은 영월 다목적댐 예정지역로 지정되었던 수역에서 기존의 조사 자료와 비교 분석하기 위하여 아래와 같이 6개 정점을 선정하였다(Fig. 1).

- 정점 1: 강원도 영월군 영월읍 거운리 남한강 수계 동강
- 정점 2: 강원도 평창군 미탄면 마하리 진탄나루터 동강
- 정점 3: 강원도 정선군 정선읍 운치리 동강
- 정점 4: 강원도 정선군 정선읍 가수리 동남천 하류
- 정점 5: 강원도 정선군 정선읍 굴암리 조양강 하류
- 정점 6: 강원도 평창군 미탄면 마하리 창리천 하류

환경 요인

수온은 현장에서 ST meter(YSI model 85)와 pH meter(YSI model 60)로 측정하였고, 수온은 1/10°C 봉상수는 온도계로 보정하였다. pH는 휴대용 pH meter(YSI model 60)로, 부유물질은 측정 전 millipore 여과지(pore size 0.45 μm, d = 47 mm)를 105°C 건조기에서 24시간 건조 후, 0.001 mg까지 무게를 측정하여 시수 500 ml를 여과시켰다. 여과지는 건조기에서 105°C, 24시간 건조시킨 후 무게를 측정하여 여과하기 전의 여과지 무게를 뺀 값으로 하였다. 용존산소량은 ST meter(YSI model 85)로 현장에서 측정하였으며, 이를 보정하기 위하여 산소병에 시수를 넣은 후 manganous sulfate solution과 potassium hydroxide-potassium iodide mixture solution으로 고정한 후 실험실에서 적정하였다. 생화학적 산소 요구량(BOD)은 시료를 BOD 병에서 20°C 5일간 배양한 후, Winkler법에 따라 산소값을 구하여 산출하였다. 총 질소

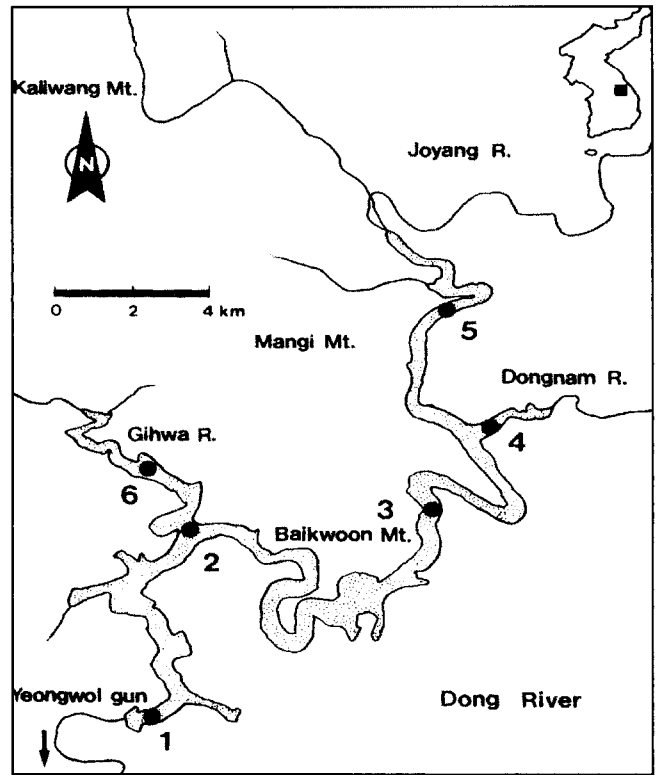


Fig. 1. Map showing the sampling stations in the Dong River, Kangwon Province of Korea.

와 총인은 persulfate법에 따라 시수 4 ml에 0.67% potassium persulfate용액(0.3% NaOH 첨가) 6 ml를 가하고 120°C에서 45분간 가열하여 완전히 산화시킨 후 0.3N HCl 0.6 ml를 가하여 잘 섞어준 후 완충용액(3% boric acid, 2.02% NaOH) DHK 8.6 ml를 가하여 생성된 질산성-질소와 인산염-인을 각각 600 nm, 885 nm에서 각각 흡광도를 측정하여 정량하였으며(Wetzel and Likens 1991), Autoanalyzer(ALLIANCE, Continuous Flow Mannager)로 보정하였다.

부유성 식물플랑크톤

정해진 6개 정점에서 시수 1 l를 채수하여 즉시 4% 중성 포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하여 24시간 동안 침전시킨 후, 상등액을 siphon으로 버리고 150-200 ml로 농축하여 공시재료로 하였다. 정량분석은 시료 1 ml를 Palmer Meloney Counting Chamber에 넣고 광학현미경(Nikon 115) ×400하에서 3회 계수한 후 평균치를 구하여 단위 체적당 세포수를 현존량으로 환산하였다. 정성분석은 농축된 시료를 적당량 슬라이드에 놓고 ×400-1,000하에서 검경·동정하였다. 한편 소형 돌말류는 Hasle and Fryxell(1970)의 방법을 변형하여 세포내 유기물을 제거하고, aluminium stub에 고정하여 건조시킨 후, gold-palladium coating(JEOL, MSC-101)하여 주사전자현미경(JEOL, JSM-5600LV)으로 관찰하였다.

Table 1. Seasonal variations of physicochemical factors in the Dong River of Kangwon Province during Nov. 2001 to Mar. 2002

EF \ St.	1	2	3	4	5	6	
WT(°C)	Nov., 2001	7.1	7.6	6.7	8.1	8.2	9.3
	Feb., 2002	3.5	6.2	3.6	6.0	8.8	8.1
	Mar., 2002	9.8	11.5	9.8	11.0	12.3	12.8
pH	Nov., 2001	6.7	7.5	6.5	7.0	7.3	7.3
	Feb., 2002	6.6	7.7	6.9	7.3	7.4	7.9
	Mar., 2002	7.1	7.6	6.8	7.1	7.4	7.5
DO (mg·l ⁻¹)	Nov., 2001	10.65	10.33	10.29	10.75	10.13	9.54
	Feb., 2002	11.36	10.14	11.01	10.83	10.63	9.45
	Mar., 2002	10.01	9.86	9.29	9.44	10.46	9.73
BOD (mg·l ⁻¹)	Nov., 2001	1.03	1.09	1.36	0.82	1.02	2.21
	Feb., 2002	0.20	0.40	0.50	1.29	1.09	2.38
	Mar., 2002	0.64	0.63	1.50	0.27	0.56	1.23
TN (mg·l ⁻¹)	Nov., 2001	2.2963	1.8254	1.2842	2.3068	2.1009	2.3661
	Feb., 2002	2.4859	1.2974	2.9769	2.3366	2.4709	2.7344
	Mar., 2002	2.5128	2.5749	2.9419	3.1871	2.2202	2.6915
TP (mg·l ⁻¹)	Nov., 2001	0.0052	0.0069	0.0121	0.0110	0.0100	0.0240
	Feb., 2002	0.0308	0.0173	0.0225	0.0160	0.0376	0.0164
	Mar., 2002	0.0147	0.0164	0.0216	0.0163	0.0579	0.0204
SS (mg·l ⁻¹)	Nov., 2001	1.49	2.02	2.05	1.61	1.47	2.23
	Feb., 2002	2.44	9.62	2.43	2.23	2.47	2.72
	Mar., 2002	2.12	0.85	0.93	3.67	1.38	2.63

EF: Environmental Factors

저서성 식물플랑크톤

6개 정점에서 고히기질(암반 또는 자갈)에 부착된 시료를 채집하거나 부드러운 솔로 긁어 즉시 5% 중성 포르말린으로 고정하였다. 실험실에서 정성분석은 부유성 시료와 동일하게 처리하였으며, 출현빈도가 높은 돌말류 표본은 위의 주사 전자현미경으로 사진을 찍어 도판(Plate)을 작성하였다.

결 과

수질

조사기간 중 수온은 최저 3.5°C(2002년 2월, 정점 1)에서 최고 12.8°C(3월, 정점 6)까지 비교적 큰 차이를 보였으며, 월별 변화 경향은 2월에 가장 낮았고, 3월에 높았다(Table 1). 정점별 변화의 폭은 2001년 11월에 6.7-9.3°C, 2월에 3.5-8.8°C, 3월에 9.8-12.3°C이었으며, 2월에 5.3°C로 가장 차이가 컸다. 정점별 수온의 변화경향은 정점 1 → 3 → 4 → 5 → 6 → 2의 순으로 높아졌다. 수소이온 농도의 변화는 최저 6.5(2001년 11월, 정점 3)에서 최고 7.9(2월, 정점 6)까지 약간의 차이를 보였으며, 월 평균은 2001년 11월에 7.05, 2002년 2월에 7.30, 3월에 7.25로서 중성에 가까웠다. 정점별 차이는 하류에서 상대적으로 낮아 약 산성을 나타내고, 상류에

서는 약간 높은 알칼리성이었다. 부유물질의 농도는 최저 0.85 mg·l⁻¹(2002년 3월, 정점 2)에서 최고 9.62 mg·l⁻¹(2월, 정점 2)까지 큰 폭으로 변화하고 있었다. 용존산소량은 최저 9.29 mg·l⁻¹(2002년 3월, 정점 3)에서 최고 11.36 mg·l⁻¹(3월, 정점 6)까지 큰 차이가 없었다. 월별·정점별 변화는 2001년 11월에 9.54-10.75 mg·l⁻¹, 2월에 9.45-11.36 mg·l⁻¹, 3월에 9.29-10.46 mg·l⁻¹의 범위였으며, 정점별 변화경향은 정점 6이 다른 정점에 비해 항상 낮은 값을 보였다. 생화학적 산소 요구량은 최저 0.20 mg·l⁻¹(2002년 2월, 정점 1)에서 최고 2.38 mg·l⁻¹(2월, 정점 6)까지 비교적 큰 차이가 있었다. 월별·정점별 변화는 정점 6에서 매월 높은 값을 보였고, 2001년 11월과 2002년 3월에 정점 3이 정점 2보다 약간 높은 농도를 보였다. 총 질소(TN)의 농도는 최저 1.2842 mg·l⁻¹(2001년 11월, 정점 3)에서 최고 3.1871 mg·l⁻¹(3월, 정점 4)까지 차이가 그리 크지 않았다. 월 평균 변화는 2001년 11월에 2.0300 mg·l⁻¹, 2002년 2월에 2.3837 mg·l⁻¹, 3월에 2.6881 mg·l⁻¹로 월별 차이가 크지 않았다. 정점별 변화는 2월 정점 2와 11월 정점 3에서 약간 낮은 농도를 보인 것 외에 전반적으로 비슷한 값을 보였다. 총인(TP)의 농도는 최저 0.0579 mg·l⁻¹(3월, 정점 5)까지 10배 이상의 변화폭이 있었다. 월 평균 변화는

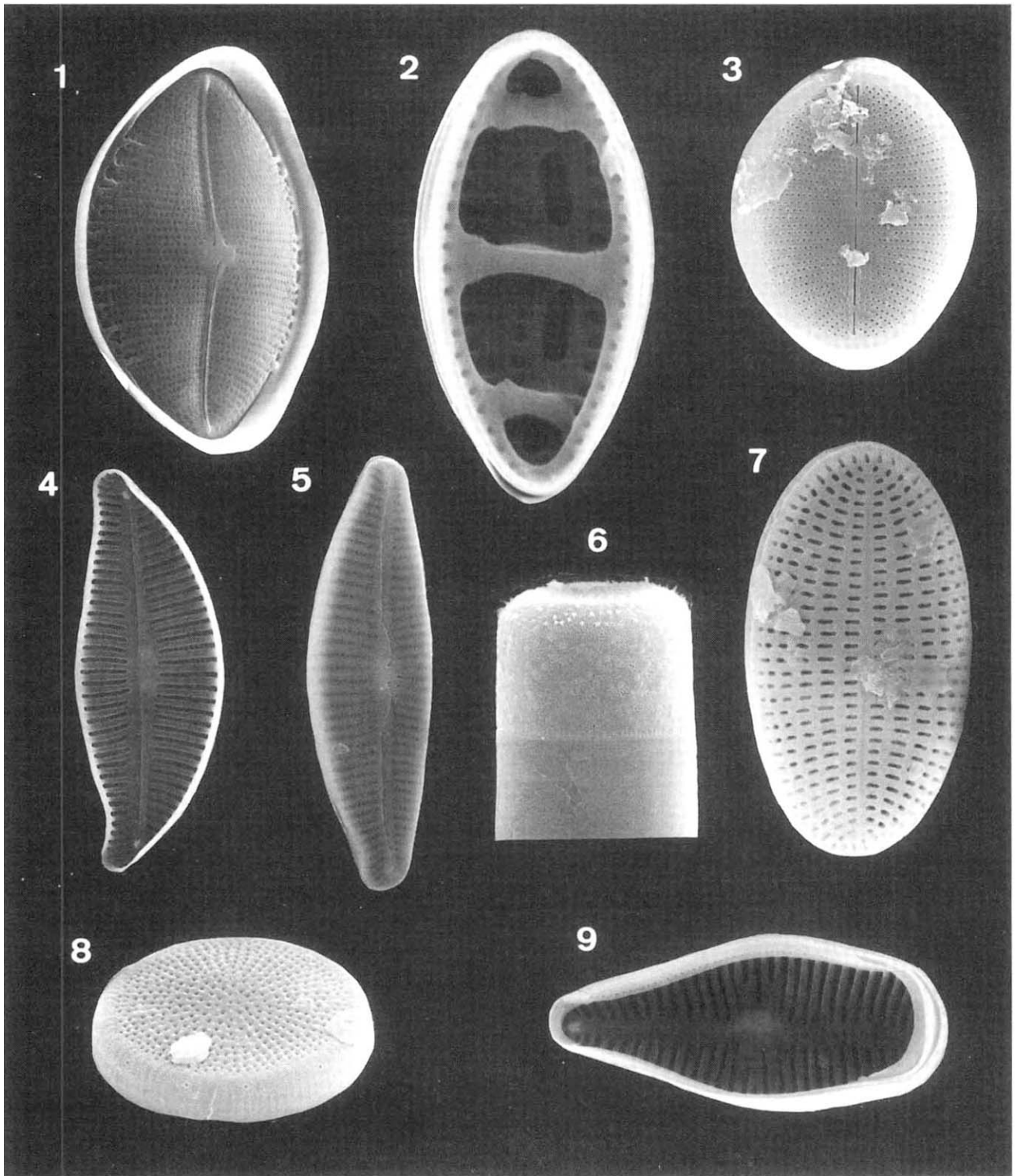


Plate I. Major benthic diatoms in the Dong River. **Fig. 1.** External view of *Cocconeis* sp. ($\times 3,700$), **Fig. 2.** Internal view of *Denticula tenuis* ($\times 17,000$), **Fig. 3.** Internal view of *Cocconeis* sp. ($\times 5,000$), **Fig. 4.** Internal view of *Cymbella turgida* ($\times 2,700$), **Fig. 5.** External view of *Cymbella cistia* ($\times 3,000$), **Fig. 6.** Girdle view of *Melosira varians* ($\times 4,500$), **Fig. 7.** Valve view of *Cocconeis placentula* var. *euglypta* ($\times 7,000$), **Fig. 8.** External valve view of *Stephanodiscus hantzschii* ($\times 5,000$), **Fig. 9.** Internal valve view of *Gomphonema pseudoaugur* ($\times 4,500$).

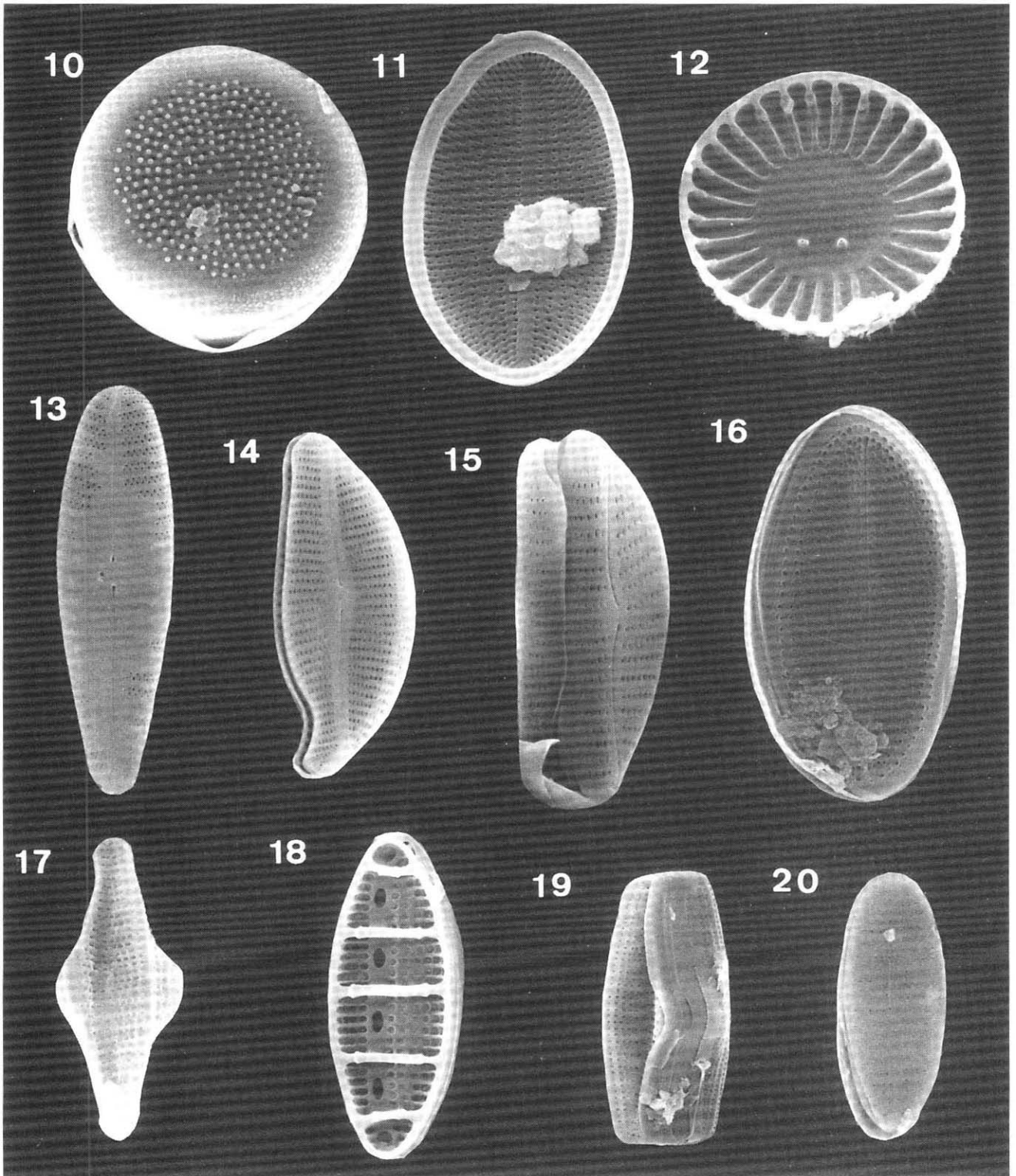


Plate II. Major benthic diatoms in the Dong River. **Fig. 10.** External valve view of *Cyclotella* sp. ($\times 6,500$), **Fig. 11.** Internal view of *Cocconeis scutellum* ($\times 5,000$), **Fig. 12.** Internal view of *Cyclotella meneghiniana* ($\times 5,500$), **Fig. 13.** External view of *Gomphonema pseudoaugur* ($\times 5,000$), **Fig. 14.** External valve view of *Cymbella turgida* ($\times 8,500$), **Fig. 15.** External view of *Cymbella minuta* ($\times 5,500$), **Fig. 16.** Internal view of *Cocconeis pediculus* ($\times 5,500$), **Fig. 17.** External valve view of *Nitzschia sinuata* var. *tabellaria* ($\times 4,500$), **Fig. 18.** Internal view of *Denticula tenuis* ($\times 7,500$), **Fig. 19.** Girdle view of *Achnanthes brevipus* var. *intermedia* ($\times 3,700$), **Fig. 20.** External view of *Achnanthes* sp. ($\times 15,000$).

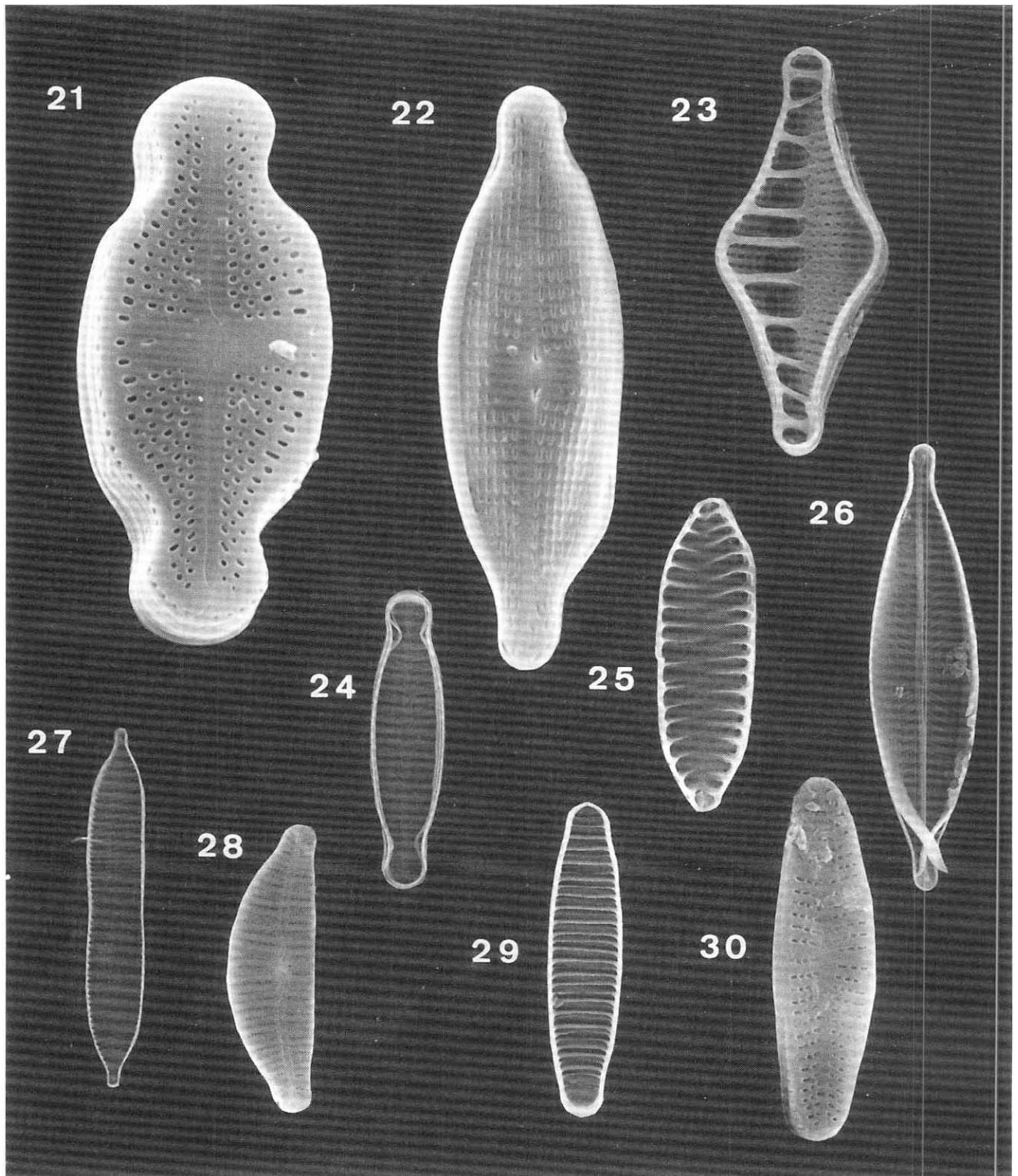


Plate III. Major benthic diatoms in the Dong River. **Fig. 21.** External valve view of *Navicula mutica*, **Fig. 22.** External valve view of *Navicula cryptocephala*, **Fig. 23.** Internal valve view of *Nitzschia sinuata* var. *tabellaria* ($\times 5,000$), **Fig. 24.** Internal view of *Navicula pupula* var. *capitata* ($\times 5,500$), **Fig. 25.** Internal valve view of *Surirella angusta* ($\times 3,000$), **Fig. 26.** Internal view of *Navicula capitatoradiata* ($\times 3,300$), **Fig. 27.** Internal valve view of *Synedra ulna* var. *oxyrhynchus* ($\times 2,000$), **Fig. 28.** External view of *Cymbella tumida* ($\times 2,500$), **Fig. 29.** Internal view of *Diatoma vulgare* ($\times 1,700$), **Fig. 30.** External view of *Achnanthes lanceolata* ($\times 8,500$).

2001년 11월 $0.0115 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 2002년 2월 $0.0234 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 3월에 $0.0246 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 11월보다 2월과 3월에 약 2배의 높은 농도를 보였다. 정점별 차이는 2002년 2월 정점 1과 3월 정점 5를 제외하고 전반적으로 비슷한 농도를 보였다.

부유성 식물플랑크톤

2001년 11월에 출현한 식물플랑크톤군집은 녹조류 2종류와 돌말류 14종류로 총 16종류였고, 2002년 2월에는 남조류 1종류, 녹조류 4종류, 돌말류 28종류 등 총 33종류, 3월에는 남조류 1종, 녹조류 3종류, 돌말류 33종류로 총 37종류였다. 월별·정점별 출현종수는 11월에 최저 3종(정점 2)에서 최고 8종(정점 3)까지 변화하였으며, 2월에는 최저 10종(정점 6)에서 최고 16종(정점 1과 2)까지, 3월에는 최저 18종(정점 4)에서 최고 25종(정점 1)까지 변화하였다. 월별 평균 출현종수는 2001년 11월에 6종류로 가장 빈약하였으며, 2002년 2월에 14종류, 3월에 20종류로 가장 다양하였다. 2001년 11월에 6개 정점 중 5개 정점 이상에서 출현한 종은 *Diatoma vulgare*, *Navicula pupula* var. *capitata*, *Nitzschia* sp. 등이었고, 2월에는 *Achnanthes minutissima*, *Cymbella parva*, *Nitzschia palea* 등, 3월에는 녹조류 *Scenedesmus* sp., 돌말류 *Achnanthes lanceolata*, *A. minutissima*, *Cymbella minuta*, *C. parva*, *C. tumida*, *Fragilaria construens*, *Gomphonema pervulvum*, *Nitzschia palea*, *Stephanodiscus hantzschii* 등으로 출현빈도로 보았을 때 대표종으로 판단되었다. 월별 식물플랑크톤 우점종과 비율을 보면 11월에는 특별한 우점종이 없었으며, 2월에는 정점 1과 4에서 *Achnanthes lanceolata*가 각각 23.4%, 23.1%, 정점 2와 6에서 *A. minutissima*가 각각 20.2%, 52.1%였고, 정점 3에서는 녹조류 *Geminella* sp.가 65.0%, 정점 5에서는 *Cymbella parva*가 26.2%를 차지하였다. 3월에는 정점 1과 2에서 *Achnanthes minutissima*가 각각 30.1%, 30.3%였고, 정점 3과 4에서도 같은 종이 각각 45.8%, 43.8%를 차지하였다. 한편 정점 5에서는 남조류 *Oscillatoria* sp.가 46.4%를, 정점 6에서는 *Stephanodiscus hantzschii*가 31.6% 우점하였다. 월별 식물플랑크톤 현존량의 변화를 보면 2001년 11월에 $9,840\text{--}35,581 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 낮은 밀도를 보였다가, 2002년 2월에 $168,048\text{--}298,882 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 증가한 후, 3월에는 정점 1, 2, 3에서 $452,387\text{--}801,216 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 그리고 정점 4, 5, 6에서는 $1,032,658\text{--}1,712,064 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 를 보였다. 즉, 3월의 식물플랑크톤 현존량은 11월의 50배, 2월의 4배 이상으로 증가하여 대발생에 가까운 값을 보였다(Fig. 2).

저서성 식물플랑크톤

2001년 11월에 출현한 저서성 식물플랑크톤군집은 돌말류 38종류로 부유성보다 훨씬 다양하였다. 정점별 25% 이상 출현한 종은 정점 1에서 *Cymbella turgida*, *Diatoma vulgare*, 정점

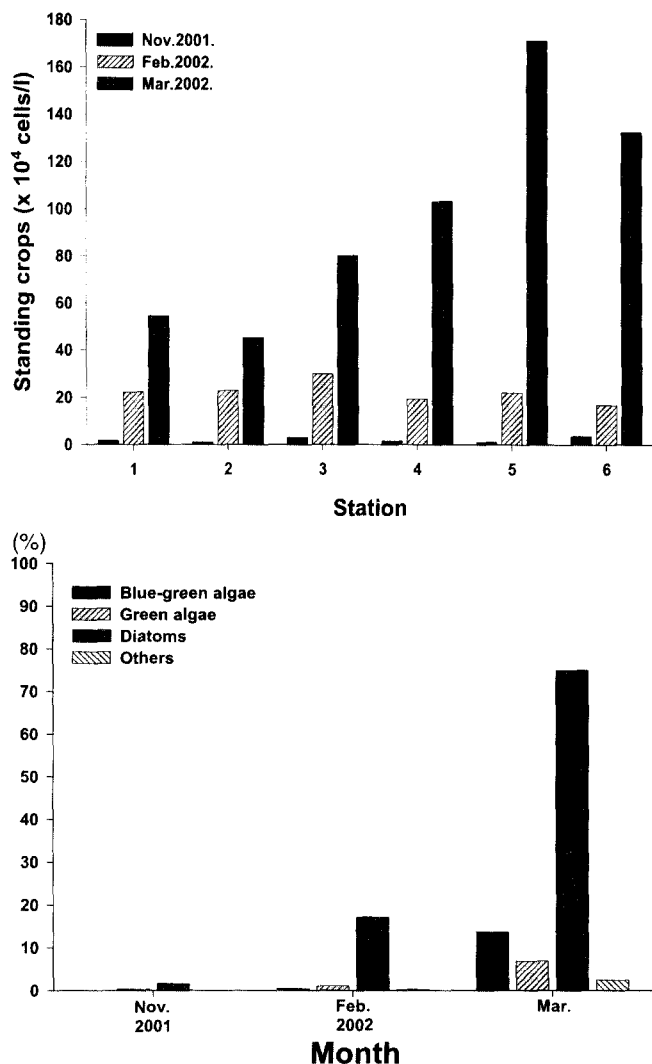


Fig. 2. Monthly variations of standing crops (upper) and major taxa (lower) of phytoplankton communities in the Dong River, Korea.

4에서 *Cocconeis placentula*, 정점 6에서 *Navicula cryptocephala* var. *intermedia*였다. 출현빈도가 10% 이상 출현한 종은 정점 1에서 *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Navicula rhyncocephala*, 정점 2에서 *Navicula cryptocephala* var. *intermedia*, *Navicula gracilis*, *N. radiosa*, 정점 3에서 *Navicula cryptocephala* var. *veneta*, 정점 4에서 *Achnanthes lanceolata*, 정점 5에서 *Achnanthes lanceolata*, *Cymbella turgida*, *Navicula cryptocephala* var. *veneta*, 정점 6에서 *Achnanthes lanceolata* 등이었다. 2002년 2월에는 돌말류 31종류로 11월보다 7종류 빈약한 종조성을 보였다. 정점별로 25% 이상 출현한 종은 정점 1, 2, 4에서 *Achnanthes lanceolata*, 정점 3과 5에서 *Cocconeis placentula*, 정점 4에서 *Achnanthes minutissima*였다. 10% 이상 출현한 종은 정점 1, 2, 5, 6에서 *Achnanthes minutissima*, 정점 5에서 *Cyclotella* sp., *Nitzschia kuetzingiana*, 정점 6에서 *Achnanthes lanceolata*였다(Fig. 3). 3월에는 돌말류 23 분류군으로 11월에

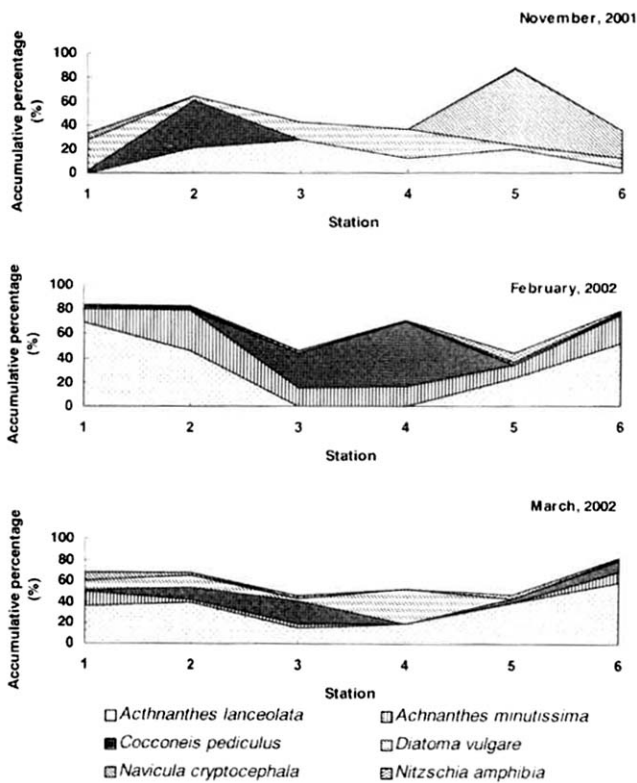


Fig. 3. Monthly variations of major benthic diatoms in the Dong River, Korea.

이러, 2월보다도 적은 빈약한 종조성을 보였다. 정점별로 25% 이상 출현한 종은 정점 1, 2, 4, 6에서 *Actinanthus lanceolata*, 정점 5에서 *Cyclotella meneghiniana*였으며, 10% 이상 출현한 종은 정점 1과 2에서 *Actinanthus minutissima*, 정점 3에서 *Actinanthus lanceolata*, *Denticula tenuis*, *Diatoma elongatum* f. *tenuis*, *Nitzschia amphibia*, 정점 4에서 *Cocconeis placentula*, *Cymbella turgida*, *Denticula tenuis*, 정점 5에서는 *Actinanthus lanceolata*, *Cocconeis placentula* 등이었다.

고 찰

동강의 수온은 수심이 깊지 않아 대기의 온도와 같은 변화 양상을 보였으며, 정점간 차이는 조사시간에 따라 차이가 있었다. 수소이온농도는 6.5-7.9로 계방산 5.7-6.5(정과 이 1981), 피아골 5.8-6.0(정과 이 1982), 주왕산 6.7-7.8(정 등 1985), 백운산 계곡 6.7-7.3(정 등 1986) 등 다른 고지대 수역의 값과 유사하였다. 용존산소량은 전반적으로 높은 농도를 보였고, 정점 6이 타 정점에 비해 항상 낮은 것은 수온 상승과 수질오염에 따른 이유로 판단된다. 부유물질의 농도는 낮은 값을 나타내어 환경부에서 제시한 수역별(하천, 호소) 수질환경 기준 등급에 비교하면 동강의 용존산소량과 부유물질은 각각 1급수에 해당되었다. 우리나라의 시원상류는 대체로 600-1,200 m에서 기원하며, 이곳의 유수역은 기온과 수온

이 한냉하여 한여름이라도 8°C를 기록하며, 용존산소량은 과포화 상태이며, 수소이온농도는 대체로 약산성이라 하였다(정 1985). BOD는 조사기간 중 정점 1부터 5까지 1급수에 가까운 1.00 mg·l⁻¹ 내외의 값을 보였으나, 기화천에 위치한 정점 6에서는 2.36-2.73 mg·l⁻¹의 범위로 2급수의 수질이었다. 본 조사에서 기화천과 창리천에서는 BOD는 2001년 11월 0.82 mg·l⁻¹, 2002년 2월 1.29 mg·l⁻¹을 보였으나, 영월댐 공동조사단(2000)에서는 1999년 11월 1.2 mg·l⁻¹, 2000년 1월과 2월에 각각 1.2 mg·l⁻¹, 1.5 mg·l⁻¹를 기록하여 거의 유사한 값을 보였다. 기화천 주변에 산재되어 있는 송어 양식장에서 유입되는 오폐수로 때문에 BOD 기준 2급수 수준이었으며, 총인과 총 질소의 농도는 OECD 기준으로 중·빈영양역 수준이었다(Ryding and Rast 1989). 이는 주변에 송어 양식장이 산재해 있고, 이로부터 각종 배출수가 흘러내려 유기물이 많은 것으로 판단되었다.

원주지방 환경청에서 2001년 매월 정점 1과 가까운 영월읍 삼옥리 삼옥나루터와 정점 5의 조양강에서 수질을 조사하여 비교할 수 있었다. 또한 영월댐 공동조사단(2000)에서 1999년 11월과 2000년 1월, 2월에 정점 4의 동남천과 정점 6의 창리천에서 수질을 조사한 바 있었다. 정점 1과 영월읍 삼옥리 나루터에서 본 조사에서 BOD는 2001년 11월 1.02 mg·l⁻¹, 2002년 2월 1.09 mg·l⁻¹을 보였으나, 원주지방 환경청(2001)에서 1년간 매월 조사에서는 0.5-1.4 mg·l⁻¹의 범위를 보여 유사한 값을 나타내었다. 정점 5와 정선군 북면 장열리에서는 본 조사에서 BOD는 2001년 11월 1.02 mg·l⁻¹, 2002년 2월 0.2 mg·l⁻¹을 보였으나, 원주지방 환경청에서 1년간 매월 조사에서 0.5-1.2 mg·l⁻¹의 범위를 보였다. 굴암리는 조양강에 인접해 있으며 이번 조사에서 수질은 1급수를 유지하였으며, 영월댐 공동조사단(2000)의 2000년 1월과 2월의 조사에서도 BOD가 각각 1.2 mg·l⁻¹, 0.9 mg·l⁻¹로 대부분 1급수를 유지하였으나, COD는 2000년 1월에 2.9 mg·l⁻¹, 2월에 1.7 mg·l⁻¹ 수질기준 2급수를 나타내었다. 정점 4와 동남천에서는 BOD는 2001년 11월 0.82 mg·l⁻¹, 2002년 2월 1.29 mg·l⁻¹를 보였으나, 영월댐 공동조사단(2000)에서는 1999년 11월 1.2 mg·l⁻¹, 2000년 1월과 2월에 각각 1.2 mg·l⁻¹, 1.5 mg·l⁻¹를 기록하여 1-2급수였다. 본 조사에서 동남천 상류에 탄광의 영향으로 하상의 자갈이 거무스름하고, 부착 규조류는 많았으나 수질은 양호하였으며, 과거 3회 조사(1999년 11월, 2000년 1월, 2월)에서도 BOD와 COD 기준 2급수를 유지하였다. 따라서 본 조사에서 동강의 수질은 계절과 정점에 따라 약간의 차이는 있으나, 정점 6을 제외하고 대부분 1급수 수준이었다.

동강의 부유성 식물플랑크톤군집은 기존에 조사가 이루어지지 않아 직접적으로 비교할 수 없었다. 시원상류로 향할수록 수질은 빈영양성(oligotrophic)으로 수중의 일차생산은 식

물성 부착조류와 이끼류에 의해 수행되며 에너지원은 주변 산림으로부터 유입되는 나뭇잎과 나뭇가지라고 하였으며 (Fisher and Likens 1973), 하천 생태계의 일차생산은 육상식물에 의해 좌우된다고 하였다(Cummins 1974). 본 조사에서 출현빈도와 종별 개체수가 높았던 식물플랑크톤 종은 2001년 11월에 *Asterionella formosa*, *Diatoma vulgare*, *Fragilaria capucina*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula pupula* var. *capitata*, *Nitzschia* sp. 등; 2002년 2월에 *Achnanthes minutissima*, *Cymbella affinis*, *C. parva*, *tumida*, *C. turgida*, *Melosia varians*, *Nitzschia palea* 등; 3월에는 녹조류 *Scenedesmus* sp., 돌말류 *Achnanthes lanceolata*, *A. minutissima*, *Cymbella affinis*, *C. minuta*, *C. parva*, *C. tumida*, *Fragilaria construens*, *Gomphonema olivaceum*, *G. parvulum*, *Nitzschia palea*, *Stephanodiscus* sp. 등이었다. Reid and Wood (1976)는 온대지방의 계류성 식물플랑크톤으로 *Asterionella formosa*, *Fragilaria capucina*, *Synedra ulna*, *Tabellaria fenestrata*, *Melosira granulata*, *Navicula* sp., 등이라고 하였으며, 우리나라 13개 하천에서 계류성으로 대표적인 식물플랑크톤은 *Melosira varians*, *Synedra acus*, *S. ulna*, *Cocconeis placentula*, *Navicula cryptocephala*, *N. pupula*, *N. radiosa*, *Cymbella affinis*, *C. tumida*, *C. turgida*, *C. ventricosa*, *Gomphonema olivaceum*, *G. parvulum* 등이라고 하였다(정 1985). 따라서 본 조사에서 출현한 식물플랑크톤 생태적 서식지를 고려할 때 기존의 문헌과 잘 일치된다고 할 수 있다. 한편 식물플랑크톤 현존량은 주왕산과 월출산의 계류수역과 유사하였으나(정 등 1985; 이 1989), 3월에 정점 4, 5, 6에서 $1.03\text{--}1.71 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 대발생을 보였는데, 이는 금강의 최상류인 운장산 계류에서 봄철에 $1.61 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 를 보여 유사하였다(김 등 1998).

저서성 돌말류와 수질과의 관계에서 수질이 2급수였던 정점 6에서는 *Achnanthes lanceolata*가 매월 총 출현 개체수의 25% 이상이었고, *Navicula cryptocephala* var. *intermedia*와 *Achnanthes minutissima*가 10% 이상이었다. 대체로 수질 1급수를 유지하였던 정점 1-5에서 25% 이상을 차지하였던 종은 *Achnanthes lanceolata*, *A. minutissima*, *Cocconeis pediculus*, *C. placentula*, *Cymbella turgida*, *Diatoma vulgare* 등이었다. 부착돌말에 의한 수질평가에서 강과 하천의 상류지점인 깨끗한 수질에서 우세한 종은 남천에서는 *Achnanthes minutissima*, *Aulacoseim granulata*, *Melosira varians*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia frustulum* var. *perpusilla* 등이 (Choi and Chung 1990), 양산천에서는 *Cocconeis placentula*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia palea*, *Synedra socia* 등이었다(김 등 1992; 정 등 1992). 금호강의 상류지점에서 우세하게 출현한 종은 *Achnanthes minutissima*, *Fragilaria construens* var. *venter*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia palea* 등이었다(이와 정 1992), 본 연구에서 출현한 부착돌말류도 조사시기나 정점에

따라 약간 차이는 있었지만 우리나라의 시원상류 계류수역에서 출현하는 종과 유사하여 수질을 잘 지표해주고 있었다.

참고문헌

- 국립환경연구원. 2002. 동강유역 생태계 조사보고서. 256 pp.
- 김맹기, 김종원, 이학영. 1992. 양산천의 부착규조군집에 대한 연구. 한국육수학회지 25: 9-19.
- 김백호, 최민규, 정연태, 이종빈, 위인선, 길봉섭. 1998. 운장산 계류의 식물플랑크톤 종류상과 계절변동. 한국환경생물학회지 16: 383-390.
- 김철환, 한미경. 1999. 동강일대(강원 영월, 평창, 정선)의 식물상. 1998년 전국자연환경조사 보고서. 환경부.
- 영월댐 공동조사단. 2000. 영월댐 조사결과보고서. 4. 환경. 561 pp.
- 이 경. 1989. 월출산 계류수역의 식물플랑크톤. 한국자연보존협회 조사보고서 27: 205-211.
- 이정호, 정 준. 1992. 금호강의 오타도에 따른 부착규조의 정범별 변화. 한국육수학회지 25: 31-40.
- 이정호, 정 준. 1993. 광천(경상북도 울진군)의 부착규조의 군집구조. 한국육수학회지 26: 223-233.
- 정영호. 1985. 계류의 식물성 플랑크톤. 자연보존 50: 12-15.
- 정영호, 노경희, 이 경. 1986. 백운산 수역의 식물플랑크톤에 대한 분류와 현존량. 한국자연보존협회 조사보고서 24: 169-177.
- 정영호, 노경희, 이옥민. 1985. 주왕산 수역의 구조류와 물먼지말류에 대한 분류와 현존량. 한국자연보존협회 조사보고서 23: 129-140.
- 정영호, 이 경. 1982. 계방산 계류수역의 식물플랑크톤. 한국자연보존협회 조사보고서 20: 149-157.
- 정영호, 이 경. 1982. 지리산 피아골 계류수역의 생물군집 구조에 관한 연구. 한국자연보존협회 조사보고서 21: 137-142.
- 정 준, 최재신, 이정호. 1992. 부착규조 군집의 유기오타 지수(DAIpo)에 의한 금호강의 수질평가. 한국환경생물학회지 11: 13-53.
- 한국수자원공사. 1997. 영월 다목적댐 건설사업 환경영향 평가서 - 동·식물상. pp.370-755.
- 한국수자원공사. 1999. 영월 다목적댐 건설사업 생태환경(동·식물상)조사 보고서. 306 pp.
- 환경부. 1998. 영월·정선(동강)의 자연환경.
- 환경부. 1999. 영월/정선(동강)의 자연환경. 제2차 자연환경 전국조사(1998).
- Choi J.S. and Chung J. 1990. An assessment of water quality by epilithic diatoms of Namchun water-system. Korean J. Phycol. 5: 173-192.
- Cummins K.W. 1974. Structure and function of stream ecosystem. Bioscience 24: 631-641.
- Fisher S.G. and Likens G.E. 1973. Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: an integrative approach to stream ecosystem metabolism. Ecological Monographs 43: 421-439.
- Hasle G.R. and Fryxell G.A. 1970. Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. Trans. Am. Micro. Soc. 89: 469-474.
- Reid G.K. and Wood R.D. 1976. Ecology of inland waters and estuaries. 2nd ed. Van Nostrand. 485 pp.
- Ryding S. and Rast W. 1989. The control of eutrophication of lakes and reservoirs. UNESCO and Parthenon Publishing Group.

Paris.

Wetzel R.G. and Likens G.E. 1991. *Limnological analyses*. 2nd ed.
Springer-Verlag. 391 pp.

Received 10 September 2004

Accepted 24 September 2004