

전남 광양의 수어천 수역에 있어서 식물플랑크톤과 부착조류 군집의 계절적 변화

이 경* · 윤 숙 경

(가톨릭대학교 생명과학부, 부천 420-743)

Seasonal Changes of the Phytoplankton and the Periphyton Community at the Suer Stream in Kwangyang. Lee, Kyung and Sook-Kyung Yoon (School of Life Sciences, The Catholic University of Korea, Puchon 420-743, Korea)

Seasonal changes of the phytoplankton and the periphyton community were investigated from August 1998 to April 1999 at five stations at the Suer stream in Kwangyang. A total of 112 species of phytoplankton were identified. Of those, the diatoms were present at all stations but the green algae, the bluegreen algae, and the dinoflagellates were present at Station 4 and Station 5 more frequently than the other stations. The phytoplankton standing crops varied from 10,100 cells/l at Station 4 in April 1999 to 1,489,100 cells/l at Station 4 in October 1998. The seasonal variation patterns of phytoplankton standing crops were different among stations as well as the pattern of presence. The dominant species were as follows: *Achnanthes minutissima*, *Aulacoseira distans* v. *alpigena*, *Cocconeis placentula* v. *lineata*, *Cymbella minuta*, *C. silesiaca*, *Fragilaria arcus* v. *recta*, *Peridinium cinctum*, *Rhizosolenia longiseta*, *Synedra rumpens* and filamentous algae. Of those, *Achnanthes minutissima*, *Rhizosolenia longiseta*, *Synedra rumpens* and filamentous algae showed the highest rate of occupation in the phytoplankton standing crops during the investigated periods. A total of 99 species of periphyton were identified. Among those, the diatoms of the periphyton community were observed frequently rather than those of the phytoplankton community. The ecological indicator values showed β -mesosaprobous in saprobity and was close to eutraphentic in trophic state. There were no considerable differences between the ecological indicator values by planktonic diatoms and periphytic diatoms.

Key words : Phytoplankton, Periphyton, Standing crops, Ecological indicator values, The Suer stream

서 론

산간 계류수역에서 저차 생산구조를 담당하고 있는 식물플랑크톤과 부착조류는 수중환경을 지표하는 성질을 지니고 있으며, 특히 부착조류는 수심이 얇은 곳에서

식물플랑크톤보다 수계의 일차생산력 및 먹이사슬에 더 크게 기여하고 있다 (Wetzel, 1975). 더구나 근래에 들어서는 식물플랑크톤과 부착조류의 주요 구성원인 돌말류(규조류)가 수질 평가 및 환경요인 변화를 나타내는 매우 유효한 지표종으로 밝혀져 있어 (Dixit *et al.*, 1992) 식물플랑크톤 및 부착조류의 출현 상황은 담수 생태계에

* Corresponding Author: Tel: 032) 340-3355, Fax: 032) 340-3765, E-mail: lkay@www.cuk.ac.kr

있어 중요한 의미를 갖고 있다.

국내 산간계류에서의 식물플랑크톤 및 부착조류에 대한 연구는 주로 수중생태계의 생물상 조사의 일환으로 이루어졌으며(이, 1986; 장, 1986), 또한 근래에 들어서는 부착조류를 이용한 수질평가의 일환으로 수행되어 왔다(최 등, 1998). 한강 수계에서는 임계댐 축조예정지(정과 이, 1978), 월악산 계류수역(정, 1979), 계방산 계류수역(정과 이, 1982), 섬강 상류 수역(신, 1996), 금강 수계에서는 칠갑산 및 계룡산 계류수역(정과 이, 1980)과 운장산 계류수역(김 등, 1998), 영산강 수계에서는 월출산 계류수역(이, 1989), 섬진강 수계에서는 피아골 계류수역(정과 이, 1983), 낙동강 수계에서는 주흘산 계류수역(정, 1979), 신천 계류수역(Chung *et al.*, 1985; 최 등, 1998), 양산천 계류수역(김 등, 1992), 밀양강 계류수역(최와 정, 1995) 등에서 연구가 이루어졌다. 주로 한강 수계와 낙동강 수계에서 연구가 수행되었으며 기타 수계에서는 연구가 미흡한 실정이다.

본 연구는 전라남도 광양시 진상면 일대의 수어댐을 중심으로 한 수어천 계류수역에 서식하는 식물플랑크톤 및 부착조류 군집의 계절 변화 및 출현 상황을 밝히며 아울러 수어천 계류수역의 수질을 Van Dam *et al.* (1994)의 방법에 의거하여 평가하였다. 또한 각 분류군의 계절 변화 및 출현상황은 제2 수어댐 건설로 인한 수중생태계 변화에 대한 기초 자료로서의 의미를 갖는다.

조사지의 개요

본 연구의 조사대상지는 전라남도 광양시 진상면 섬거리의 수어댐 담수수역을 중심으로 하는 수어천 계류수역의 5개 정점을 대상으로 하였다. 수어댐은 수어천 하구로부터 상류 약 9km 지점에 생활용수 및 공업용수 공급을 위하여 1974년에 축조되었으며, 수어천은 전라남도 광양시 진상면과 옥룡면, 그리고 전라남도 구례군 다압면의 경계지점인 백운산(1,217m)에서 발원, 남동류하여 남해안으로 유입하는 유역면적 121.7km², 유로연장 36.3km인 준용하천이다. 정점 1은 수어천 상류 수역으로 지계마을과 어치마을 사이의 어치교 아래 정점이 선정되었다. 하상은 작은 돌과 큰 돌, 모래로 이루어져 있으며 수색은 맑고 유속은 빨랐다. 정점 2는 억불봉으로부터 수어천으로 유입되는 지류인 성두천의 구황교 아래 정점이 선정되었다. 하상은 작고 굵은 돌 혹은 커다란 돌로 이루어져 있으며 수색은 맑고 수심은 30cm 내외였으며 하천의 폭이 좁고 유속은 빨랐다. 정점 3은 수어천의 유입지류인 웅동천의 신전교 아래 정점이 선

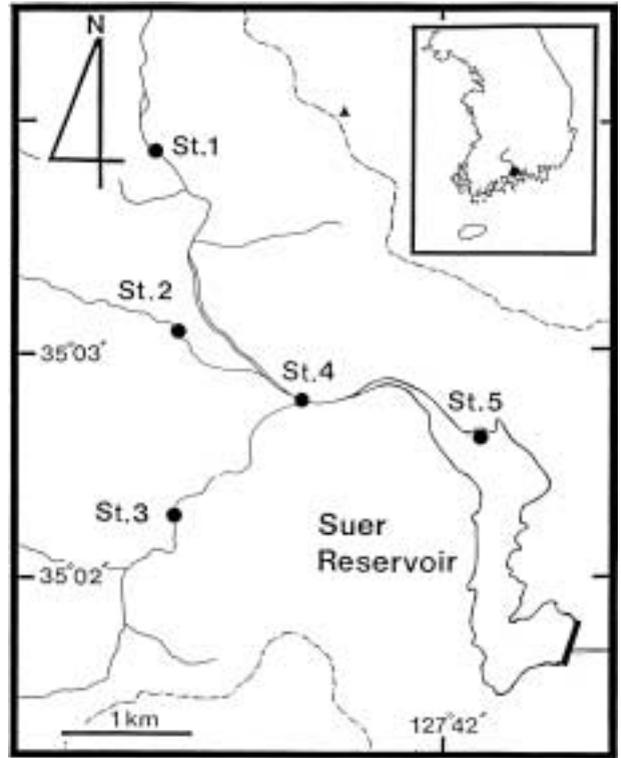


Fig. 1. Map showing the investigated stations at the Suer stream in Kwangyang.

정되었다. 하상은 작은 돌과 모래로 이루어져 있으며 수색은 맑고 수심은 30cm 내외였으며 유속은 비교적 빨랐다. 정점 4는 제2 수어댐 축조 예정지이며 유수성 산간 계류수역이 거의 끝나는 곳으로 주변의 지류가 합류되어 수어댐 담수수역으로 유입되기 직전의 황죽교 아래 정점이 선정되었다. 하상은 커다란 돌로 이루어져 있으며 수색은 비교적 맑은 녹색이었고 수심은 1m 내외였으며 유속은 비교적 느렸다. 정점 5는 수어댐 담수수역 내에 위치하는 정점으로 수색은 흐린 녹색이었고 수괴는 대체로 정체되어 있었다(Fig. 1).

재료 및 방법

선정된 수어천 수역의 5개 정점에서 1998년 8월과 10월, 1999년 1월과 4월, 4회에 걸쳐 이화학적 환경요인을 측정하였고 식물플랑크톤 및 부착조류의 채집이 이루어졌다.

이화학적 환경요인 중 기온 및 수온은 봉상수온도계로 현장에서 측정하였고 pH는 Portable pH meter (Hanna HI9024)로 현장에서 측정하였다.

식물플랑크톤의 정량 및 정성 분석을 위한 시료는 Lee and Yoon (1996)과 Lee *et al.* (1998)에 따라 처리하였으며, 부착조류의 정성 분석을 위한 시료는 Lee and Round (1987)와 Lee *et al.* (1998)에 따라 처리한 후 분석하였으며, 식물플랑크톤 군집 구조의 다양성은 Shannon의 지수 (H)를 이용하였다(이, 1979). 돌말류의 동정에는 Hustedt (1930), Patrick and Reimer (1966, 1975) 등을 참조하였으며, 남조류 및 녹조류의 동정에는 Prescott (1962), Hirose *et al.* (1977), Hindák (1977, 1988, 1990) 등을 참조하였다.

결과 및 고찰

1. 이화학적 환경요인

수어천 수역의 5개 정점에서 측정된 이화학적 환경요인의 결과는 다음과 같다 (Table 1).

기온은 1999년 1월 정점 3에서 6.5°C가 최저였으며 1998년 8월 정점 1에서 32.0°C가 최고였다. 수온은 1999년 1월 정점 3에서 6.5°C가 최저였으며 1998년 8월 정점 5에서 29.0°C가 최고였다. 기온이 수온보다 높은 일반적인 현상을 볼 수 있었다. pH는 1998년 10월 정점 4에서 6.4가 최저였으며 1998년 8월 정점 3에서 7.0이 최고였으며 전체적으로 중성에 가까운 약산성으로 나타났다. 국내 산간 계류수역에서 조사된 pH 값과 비교해 보면 계룡산 계류수역 (정과 이, 1980), 지리산 계류수역 (정과 이, 1983), 월출산 계류수역 (이, 1989) 및 계방산 계류수역 (정과 이, 1982)에 비해서는 높았으며, 월악산 및 주흘산 계류수역 (정, 1979), 칠갑산 계류수역 (정과 이, 1980), 주왕산 계류수역 (정 등, 1985), 덕유산 계류수역 (이 등, 1990)에 비해서는 낮았으나 조종천 상류수역 (이, 1991)과는 유사하였다.

2. 식물플랑크톤 종조성 및 현존량

총 출현한 식물플랑크톤은 112종류였으며 5분에 속하는 80종, 9변종, 1품종, 22미동정종으로 구성되었다 (Appendix 1). 출현종류 중 돌말류는 *Achnanthes minutissima*, *Cocconeis placentula v. lineata*, *Cyclotella* sp., *Cymbella minuta*, *C. silesiaca*, *Navicula exigua*, *N. sp. 1*, *Synedra delicatissima*, *S. fasciculata* 등 9 종류의 출현빈도가 높았으며 녹조류는 *Closteriopsis longgissima*, *Monoraphidium contortum*, *Scenedesmus ecornis* 등 3 종류의 출현빈도가 높았다. 돌말류는 모든 조사 정점에 걸쳐 고른 출현 양상을 보였으나, 녹조류, 남조류, 외편모조류 등은 정점 4 및 정점 5에서 주로 출현하여 정점에

Table 1. The physicochemical factors at the Suer stream.

Station	Time	pH	Temperature (°C)		Date
			Air	Water	
1	14:10	6.8	32.0	24.7	25 Aug 1998
2	14:45	6.7	31.0	23.8	"
3	15:15	7.0	31.5	23.8	"
4	15:45	6.9	29.9	27.8	"
5	11:40	6.7	29.2	29.0	26 Aug 1998
1	16:20	6.6	19.8	16.5	22 Oct 1998
2	17:40	6.7	19.9	16.5	"
3	18:15	6.9	16.0	15.5	"
4	15:30	6.4	20.1	20.0	"
5	11:50	6.6	23.5	19.8	23 Oct 1998
1	14:05	6.6	6.8	8.2	21 Jan 1999
2	14:40	6.5	8.5	8.8	"
3	15:10	6.8	6.5	6.5	"
4	15:40	6.9	7.8	7.6	"
5	16:05	6.9	10.5	9.8	"
1	15:40	6.7	25.2	19.8	24 Apr 1999
2	16:10	6.5	23.4	19.2	"
3	16:30	6.9	23.2	19.3	"
4	16:45	6.8	23.0	20.8	"
5	17:10	6.9	24.0	20.0	"

Table 2. The species numbers of phytoplankton observed at the Suer stream.

Station	1	2	3	4	5
Month					
Aug 1998	12	6	9	22	35
Oct 1998	7	5	8	13	9
Jan 1999	4	5	2	3	12
Apr 1999	5	4	4	14	28

Table 3. Shannon's index (H) on the phytoplankton community at the Suer stream.

Station	1	2	3	4	5
Month					
Aug 1998	0.62	0.39	0.86	1.15	1.21
Oct 1998	0.26	0.64	0.72	0.34	0.40
Jan 1999	0.19	0.34	0.30	0.43	0.72
Apr 1999	0.43	0.30	0.55	0.97	0.95

따른 출현 양상을 달리하였다. 돌말류 중 *Achnanthes*속, *Cocconeis*속, *Cymbella*속, *Navicula*속의 종류는 대부분 조사 정점 전반에 걸쳐 출현하였으나 Patrick (1977)이 밝힌바와 같이, *Asterionella*속, *Cyclotella*속, *Fragilaria*속, *Gomphonema*속, *Nitzschia*속, *Pinnularia*속, *Synedra*속의 종류는 보다 정체 수역인 정점 4 및 정점 5에서 주로 출현하여 돌말류 내에서도 출현양상을 달리

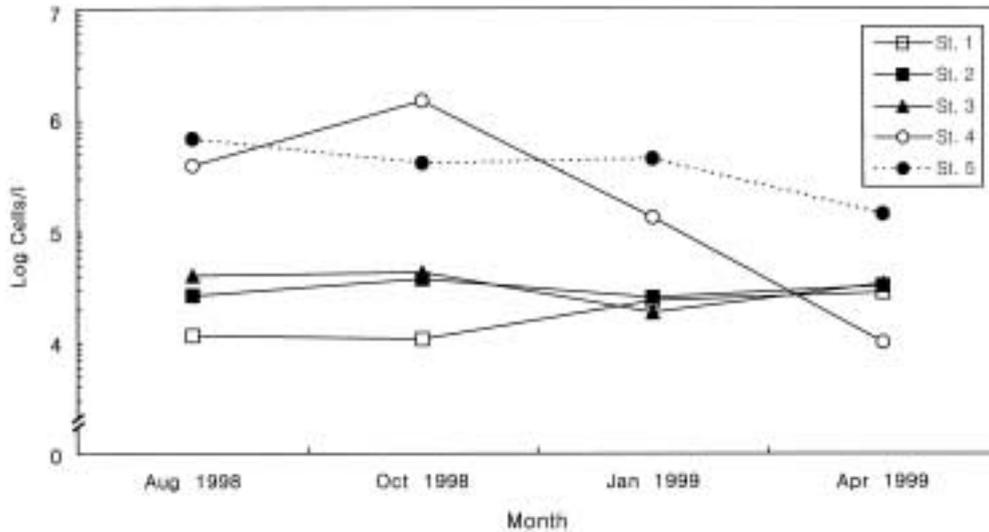


Fig. 2. The seasonal changes of phytoplankton standing crops (cells/l) at the Suer stream.

하였다. 또한 *Cymbella*속의 종류 중 *C. affinis*는 동계에 만 출현하였고 *C. tumida*는 춘계에서부터 하계에 이르기까지 출현하였으며 *C. minuta*는 사계절 전반에 걸쳐 고르게 출현하여 운장산 계류수역(김 등, 1998)과는 다른 양상을 나타내었다.

출현종류 수는 1998년 8월 정점 5에서 35종류로 가장 많이 출현하였고 1999년 1월 정점 3에서 2종류로 가장 적게 출현하였다(Table 2). 계절별로는 동계에 비교적 적게 출현하였으며 하계에 비교적 많은 수가 출현하였다. 정점별로는 정점 2에서 비교적 적은 수가 출현하였으며 정점 4 및 정점 5에서 많이 출현하였다. 한편 출현한 식물플랑크톤의 종 다양성은 1998년 8월 정점 5에서 1.21이 최고였으며 1999년 1월 정점 1에서 0.19가 최저였다(Table 3). 계절별로는 춘계 및 하계에 다양성 지수가 높게 나타났으며 동계에 낮게 나타나 출현종류 수의 변이와 유사하였다.

본 조사 수역의 출현종류는 국내의 다른 산간 계류수역(정, 1979; 정 등, 1985; 이, 1989; 이 등, 1990)과 유사하였으며 출현종류 수에 있어서는 최상류 정점에서 하류 정점으로 내려갈수록 출현종류 수가 증가하는 산간 계류수역(정과 이, 1980; 이, 1989)의 일반적인 현상을 나타내었다.

출현한 식물플랑크톤 중 들말류를 대상으로 Van Dam et al. (1994)의 Ecological indicator values를 적용시켜본 결과, 본 조사 수역의 수질 오염정도는 2.3으로 β -중부 수성을 나타내었으며, 영양상태는 4.8로 부영양 단계에 근접해 있었다. 식물플랑크톤 현존량은 1999년 4월 정

점 4에서 10,100 cells/l로 최저였으며 1998년 10월 정점 4에서 1,489,100 cells/l로 최대였다(Fig. 2). 식물플랑크톤 현존량의 정점 및 계절별 변이를 보면, 정점 1은 하계에서부터 추계로 가면서 약간의 감소를 보이다가 동계에서부터 춘계로 가면서 계속 증가하였다. 정점 2 및 정점 3은 하계에서부터 추계로 가면서 약간 증가하다가 동계로 가면서 감소하였고 춘계로 가면서 다시 증가하였다. 정점 4는 하계에서부터 추계로 가면서 크게 증가하였다가 동계에서부터 춘계에 이르기까지 계속 감소하였으며, 정점 5는 하계에서부터 추계로 가면서 감소하였다가 동계에 다시 증가하였고, 다시 춘계로 가면서 감소하였다. 계절에 따른 정점별 변이 양상을 보면 산간계류의 성격을 띠는 정점 1, 정점 2 및 정점 3은 보다 정체수역인 정점 4, 수어댐 담수수역인 정점 5와는 크게 구별할 수 있었다.

식물플랑크톤 군집의 현존량의 10% 이상을 차지하는 우점종은 *Achnanthes minutissima*, *Aphanocapsa grevillei*, *Asterionella formosa*, *Aulacoseira distans* v. *alpigena*, *Cocconeis placentula* v. *lineata*, *Cosmarium punctulatum* (?), *Cyclotella stelligera*, *C. sp.*, *Cymbella minuta*, *C. silesiaca*, *Eunotia pectinalis* v. *minor*, *Fragilaria arcus* v. *recta*, *Gomphonema olivaceum*, *Monoraphidium aquatum*, *M. contortum*, *Navicula sp. 1*, *Peridinium cinctum*, *Rhizosolenia longiseta*, *Scenedesmus eornis*, *Stichococcus subtilis*, *Synedra fasciculata*, *S. rumpens*, filamentous algae 1, 2 등 24 종류였다(Table 4). 정점 1 및 정점 2에서는 1999년 1월과 4월에 fila-

Table 4. The dominant species of phytoplankton standing crops (cells/l) at the Suer stream. (unit 1,000 cells/l)

Taxa	Station Month			1			2			3			4			5					
	Aug	Oct	Jan	Apr	Aug	Oct	Jan	Apr	Aug	Oct	Jan	Apr	Aug	Oct	Jan	Apr	Aug	Oct	Jan	Apr	
<i>Achnanthes minutissima</i>					12.5	19.8			11.9	21.1	9.3				30.2						
<i>Aphanocapsa grevillei</i>													83.6								
<i>Asterionella formosa</i>																					126.2 (27.4%)
<i>Aulacoseira distans</i> v. <i>alpigena</i>		9.2 (85.2%)																			
<i>Cocconeis placentula</i> v. <i>lineata</i>	7.3 (62.9%)				19.5	4.2			5.9				69.7								
<i>Cosmarium punctulatum</i> (?)												3.8 (11.2%)									
<i>Cyclotella stelligera</i>																					90.2 (19.6%)
<i>C. sp.</i>					2.9 (10.9%)																42.9 (10.3%)
<i>Cymbella minuta</i>					12.5	3.2						7.6 (22.4%)			75.4	1.4 (13.9)					
<i>C. silesiaca</i>				5.2 (18.3%)								15.1 (44.4%)				2.7 (26.7%)					
<i>Eunotia pectinalis</i> v. <i>minor</i>																					
<i>Fragilaria arcus</i> v. <i>recta</i>				19.4 (68.3%)								7.6 (22.4%)									
<i>Gomphonema olivaceum</i>																					
<i>Monoraphidium aquatum</i>																					
<i>M. contortum</i>																					16.5 (11.3%)
<i>Navicula</i> sp. 1																					22.0 (15.1%)
<i>Peridinium cinctum</i>																					
<i>Rhizosolenia longisetata</i>																					
<i>Scenedesmus ecornis</i>									13.8	5.3											
<i>Stichococcus subtilis</i>																					
<i>Synedra fasciculata</i>																					
<i>S. rumpens</i>																					
Filamentous form algae 1																					
Filamentous form algae 2																					
Total standing crops	11.6	10.8	23.9	28.4	26.7	37.5	25.4	32.6	40.5	43.4	18.6	34.0	394.8	1,489.1	135.8	10.1	688.8	416.4	459.8	146.0	

mentous algae가 최고의 점유율을 나타내었으며 이외에 *Aulacoseira distans* v. *alpigena*, *Cocconeis placentula* v. *lineata*, *Cymbella minuta*, *C. silesiaca*, *Fragilaria arcus* v. *recta*, *Peridinium cinctum* 등이 우점종으로 출현하였다. 정점 3에서는 1999년 1월에 *Achnanthes minutissima*와 *Synedra rumpens*가 최고의 점유율을 나타내었으며 *Rhizosolenia longiseta*가 1998년 10월 정점 4 및 정점 5에서 최고의 점유율을 나타내었다. 산간 계류수역에서 *R. longiseta*의 출현은 주왕산 및 월출산 계류수역(정 등, 1985; 이, 1989)에서도 보고된 바 있으나 이들 수역에서의 이화학적 환경요인은 본 연구 결과와 전반적으로 유사하였다. 전체적으로 본 조사 수역에서는 *Achnanthes*속, *Cocconeis*속, *Cymbella*속, *Navicula*속의 종류들이 우세하게 출현하여 월악산 및 주왕산 계류수역(정, 1979), 주왕산 계류수역(정 등, 1985), 월출산 계류수역(이, 1989)의 우점종과 유사하였다.

3. 부착조류의 종조성

총 출현한 부착조류는 99종류였으며 3문에 속하는 60종, 20변종, 3품종, 16미등정종으로 구성되었다(Appendix 2).

출현종류 중 돌말류는 *Cocconeis placentula* v. *lineata*, *Cymbella minuta*, *C. naviculiformis*, *C. tumida*, *C. turgidula*, *Fragilaria vaucheriae*, *Melosira varians*, *Navicula avenacea*, *N. veneta*, *Pinnularia* sp. 등 10종류의 출현빈도가 높았으며 특히 돌말류는 전체 출현한 99종류 중 78종류를 차지하여 78.8%의 높은 출현 빈도를 나타내었다. 출현빈도가 높은 돌말류 중 *Melosira varians* 한 종만 중심돌말류이고 나머지는 모두 깃돌말류로, 유수수계에서 보편적으로 출현하는 부착돌말류로 알려진 종류이다(Whitton, 1975). 출현종류는 주왕산 계류수역(정 등, 1985), 덕유산 계류수역(이 등, 1990) 및 조종천 상류수역(이, 1991)과 비교해 볼 때 유사했으나 출현종류 수는 더 많았다. 녹조류는 *Closterium*속, *Cosmarium*속, *Spondylosium*속, *Staurastrum*속의 종류가, 남조류는 *Oscillatoria*속의 종류가 빈번히 출현하였다.

부착조류의 정점 및 계절별 출현종류 수는 1999년 1월 정점 4에서 23종류로 가장 많았고 1998년 8월 정점 1과 1999년 4월 정점 4에서 각각 1종류로 가장 적었다(Table 5). 계절별로는 정점 1 및 정점 2는 정점 3, 정점 4, 정점 5보다 비교적 적게 출현하였으며 계절별로는 정점 3을 제외한 모든 정점에서 동계에 가장 많이 출현하였고 하계와 추계에 비교적 많이 출현하였다. 계절별 출현종류 수에 있어서 부착조류는 식물플랑크톤의 계절별

Table 5. The species numbers of periphyton observed at the Suer stream.

Station	1	2	3	4	5
Month					
Aug 1998	1	5	5	15	14
Oct 1998	7	5	15	9	8
Jan 1999	18	18	13	23	17
Apr 1999	4	4	11	1	3

출현 상황과는 달랐다.

출현한 부착조류 중 돌말류를 대상으로 Van Dam *et al.* (1994)의 Ecological indicator values를 적용시켜 본 결과, 본 조사 수역의 수질 오염 정도는 2.0으로 β -중부 수성을 나타내었으며, 영양상태는 4.6으로 부영양 단계에 근접해 있는 것으로 나타났다. 부유돌말류 및 부착돌말류의 출현에 따른 Ecological indicator values에는 큰 차이가 없었다.

적 요

전라남도 광양시 진상면 일대의 수어댐 담수수역을 중심으로 하는 수어천 수역을 대상으로 이화학적 환경요인, 식물플랑크톤의 종조성과 현존량 및 부착조류에 대한 조사를 1998년 8월부터 1999년 4월까지 총 5개 정점에서 실시하였다.

이화학적 환경요인 중 pH는 중성에 가까운 약산성을 나타내었고, 출현한 식물플랑크톤은 112종류였으며 조사 정점 중 하류수역인 정점 4 및 정점 5에서는 녹조류, 남조류 및 외편모조류의 출현빈도가 높아 정점간의 차이를 나타내었다. 출현한 돌말류는 대부분이 소형 깃돌말류였다. 계절별로는 동계에 적게 출현하였고 하계 및 추계에 많이 출현하였으며 정점별로는 하류 정점으로 갈수록 출현종류 수가 증가하였다. 식물플랑크톤 현존량은 1999년 4월 정점 4의 10,100 cells/l이 최저였으며 1998년 10월 정점 4의 1,489,100 cells/l이 최대였다. 정점별 현존량 변이 역시 정점 1, 정점 2, 정점 3에서와 하류수역인 정점 4 및 정점 5에서는 다른 양상을 나타내었다. *Achnanthes minutissima*, *Rhizosolenia longiseta*, *Synedra rumpens*, filamentous algae 등이 조사 기간 중 최고의 점유율을 나타내었으며 이외에 *Aulacoseira distans* v. *alpigena*, *Cocconeis placentula* v. *lineata*, *Cymbella minuta*, *C. silesiaca*, *Fragilaria arcus* v. *recta*, *Peridinium cinctum* 등이 주요 우점종으로 출현하였다.

부착조류는 99종류가 출현하였는데, 돌말류의 출현빈

도가 매우 높았으며 출현종류는 식물플랑크톤 군집과 약간의 차이를 나타내었다. 출현종류 수는 동계에 가장 많이 출현하여 식물플랑크톤의 계절별 출현상황과는 차이를 나타내었다. 출현한 식물플랑크톤 및 부착조류 중 각각의 돌말류를 대상으로 Ecological indicator values를 적용시켜본 결과, 본 조사 수역의 수질 오염정도는 β -중부수성을 나타내었으며, 영양상태는 부영양 단계에 근접한 상태를 나타내었다. 부유돌말류 및 부착돌말류의 출현에 따른 Ecological indicator values에는 차이가 없었다.

참 고 문 헌

- 김맹기, 김종원, 이학영. 1992. 양산천의 부착규조군집에 대한 연구. 한국육수학회지 **25**(1): 9-19.
- 김백호, 최민규, 정연태, 이종빈, 위인선, 길봉섭. 1998. 운장산 계류의 식물플랑크톤 종류상과 계절변동. 환경생물학회지 **16**(4): 383-390.
- 신윤근. 1996. 섬강 상류의 식물플랑크톤상 연구. 한국육수학회지 **29**(3): 143-157.
- 이 경. 1986. 담수규조류 연구사. p. 225-247. 한국식물분류학사 개설. 정영호 편. 아카데미서적, 서울.
- 이 경. 1989. 월출산 계류수역의 식물플랑크톤. 한국자연보존협회 조사보고서 **27**: 205-211.
- 이 경. 1991. 조종천 상류지역의 플랑크톤. '91 자연생태계 지역조사(환경처). 환경처, 서울.
- 이 경, 김훈수, 남상호. 1990. 무주 설천면 일원의 반딧불과 그 먹이(다슬기) 서식지의 실태조사 보고. 자연보존 **70**: 24-32.
- 이범준. 1979. Shannon의 함수. 한국해양학회지 **14**(1): 32-38.
- 장윤경. 1986. 담수조류 연구사. p. 191-224. 한국식물분류학사 개설. 정영호 편. 아카데미서적, 서울.
- 정영호. 1979. 월악산 달천 및 주흘산 조령천의 식물성플랑크톤. 한국자연보존협회 조사보고서 **15**: 174-195.
- 정영호, 이 경. 1978. 남한강상류 임계댐 축조예정수역의 식물성플랑크톤에 대한 분류와 구제. 한국자연보존협회 조사보고서 **13**: 183-204.
- 정영호, 이 경. 1980. 칠갑산 및 계룡산 계류수역의 식물성플랑크톤. 한국자연보존협회 조사보고서 **17**: 171-183.
- 정영호, 이 경. 1982. 계방산 계류수역의 식물성플랑크톤. 한국자연보존협회 조사보고서 **20**: 149-157.
- 정영호, 이 경. 1983. 지리산 피아골 계류수역의 생물군집구조에 관한 연구. 1) 식물성플랑크톤에 관하여. 한국자연보존협회 조사보고서 **21**: 137-142.
- 정영호, 노경희, 이옥민. 1985. 주왕산 수역의 규조류와 물먼지말류에 대한 분포와 현존량. 한국자연보존협회 조사보고서 **23**: 129-140.
- 최재신, 정 준. 1995. 밀양강의 부착규조 군집 분포. 한국육수학회지 **28**(1): 79-86.
- 최재신, 김한순, 강만도. 1998. 신천의 부착 규조군집의 계절적 동태. 한국육수학회지 **31**(3): 235-240.
- Chung, J., T.H. Watanabe and M.K. Horki. 1985. Assessment of water quality by epilithic diatoms of Sin-chun water-system. *Research Review of Kyungpook National University* **39**: 99-112.
- Dixit, S.S., J.P. Smol, J.C. Kingston and D.F. Charles. 1992. Diatoms: Powerful indicators of environmental change. *Environ. Sci. Technol.* **26**(1): 22-33.
- Hindák, F. 1977. Studies on the Chlorococcal Algae (Chlorophyceae). I. Veda. Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava.
- Hindák, F. 1988. Studies on the Chlorococcal Algae (Chlorophyceae). IV. Veda. Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava.
- Hindák, F. 1990. Studies on the Chlorococcal Algae (Chlorophyceae). V. Veda. Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava.
- Hirose, H., T. Yamagishi, M. Akiyama, T. Ioriya, K. Imahori, H. Kasaki, S. Kumano, H. Kobayasi, E. Takahashi, K. Tsumura and M. Hirano. 1977. Illustrations of the Japanese Fresh-Water Algae. Uchidarokakuho Publishing Co., Ltd., Tokyo.
- Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomaceae). In: A. Pascher die Süßwasser-flora Mitteleuropas. Vol. 10. 2nd ed. Verlag von Gustav Fisher, Jena.
- Lee, K. and F.E. Round. 1987. Studies on freshwater *Amphora* species. I. *Amphora ovalis*. *Diatom Research* **2**: 193-203.
- Lee, K. and S.-K. Yoon. 1996. A study on the phytoplankton in the Paldang Dam Reservoir. III. The changes of diatom community structure. *Algae* **11**(3): 277-283.
- Lee, K., S.-K. Yoon and M.-S. Han. 1998. Ecological studies on Togyo Reservoir in Chulwon, Korea. IV. The establishment of periphytic algae on artificial substrate at mesocosm. *Algae* **13**(4): 461-466.
- Patrick, R. 1977. Ecology of freshwater diatoms and diatom communities, p. 284-332. In: The Biology of Diatoms (ed. Werner, D.). University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- Patrick, R. and C.W. Reimer. 1966. The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 1. Monographs of The Academy of Natural Sciences of Philadelphia. No. 13. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- Patrick, R. and C.W. Reimer. 1975. The Diatoms of the United States. Vol. 2 (Part 1). Monographs of The Aca-

- demy of Natural Sciences of Philadelphia. No. 13. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- Prescott, G.W. 1962. Algae of the Western Great Lakes Area. Otto Koeltz Science Publishers, Königstein.
- Van Dam, H., A. Mertens and J. Sinkeldam. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands J. Aquatic Ecology* **28**(1): 117–133.
- Wetzel, R.G. 1975. Limnology. W.B. Saunders Co., Philadelphia.
- Whitton, B.A. 1975. Algae. p. 81–105. *In: River Ecology* (ed. Whitton, B.A.). University of California Press, Berkeley and Los Angeles.

