

## 낙동강 중류 지역의 부착규조 군집의 변화와 유기오탁지수 (DAIpo)에 의한 수질평가

박 정 원\* · 최 재 신 · 김 미 경<sup>1</sup>

(경북대학교 생물학과, <sup>1</sup>영남대학교 해양과학연구소)

Variations of Epilithic Diatom Community and an Assessment of Water Quality by DAIpo in the Middle Reaches of the Nakdong River. Park, Jung-Won\*, Jae-Sin Choi and Mi-Kyung Kim<sup>1</sup> (Department of Biology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea, <sup>1</sup>Marine Science Research Center, Yeungnam University, Gyongsan 712-749, Korea)

In order to the epilithic diatom community and an assessment of water quality with diatom assemblage index of organic water pollution (DAIpo) in the middle reaches of the Nakdong River, the samples were collected from nine sampling stations on May, July, September, November, 2002 and on January 2003. A total 162 taxa was identified from this study, which were classified into 139 species and 23 varieties belonging to 33 genera. *Achnanthes minutissima*, *Navicula subminuscula*, *Navicula viridula* var. *rostellata*, *Nitzschia inconspicua* and *Nitzschia palea* identified in every stations and examination for the whole periods. A total of 12 taxa was dominant species at any station at least one more times. In this study, average DAIpo was 30.90~44.61 and the saprobic level was estimated  $\beta$ -mesosaprobic in the middle reaches of the Nakdong River.

**Key words:** Nakdong River, epilithic diatom, dominant species, DAIpo

### 서 론

수계 생태계의 생물중 부착규조류는 수계 생태계의 1차 생산자로서 중요한 구성 요소이고 수계의 물리화학적 조건에 따라 종조성이 변화함으로 (Kato, 1989), 부착규조류에 대한 군집 조사는 하천 생태계의 이해와 생물학적 수질평가에 이용할 수 있는 적절한 생물군이라 할 수 있다 (Descy, 1979; Lange-Bertalot, 1979). 따라서 규조류를 이용하여 하천의 수질을 파악하는데 간단하고 기계적인 방법이 여러 연구자에 의해 제안되었다 (Sládecěk, 1973; Descy, 1979; Lange-Bertalot, 1979; Kobayasi and Mayama, 1989; Watanabe *et al.*, 1990). 그 중에서 하천의

수질 평가를 위해 부착규조류를 오염에 대한 내성 정도에 따라 여러 생태군으로 분류하여 부수성 지수를 얻는 방법이 많이 제안되고 있는 것은 부수성 지수와 화학적 분석이 잘 부합되기 때문이다 (Lange-Bertalot, 1979; Kobayasi and Mayama, 1989; Watanabe *et al.*, 1990).

낙동강은 함백산에서 발원하여 남해에 이르는 남한의 제 2의 강으로 안동, 구미, 대구, 부산 등 대도시와 주변에 각종 산업이 발달하고 있어, 오염물질의 방출이 증가하여 수질 오염이 매우 심각한 실정에 있다. 따라서 낙동강을 대상으로 한 연구 활동은 매우 활발한 편이나 주로 하구역 지역에 편중되어 있고 (송, 1996), 중류 지역의 담수조류에 대한 조사는 이 (1998)의 보고에 일부만 포함되어 있다. 낙동강 중류 지역은 골재채취와 원수확보를 위

\* Corresponding author: Tel: 053) 950-5344, Fax: 053) 953-3066, E-mail: algaekr@yahoo.co.kr

해 고무보트를 설치하여 반담수화 되어가고 있으므로 이 지역의 수계 생태계에 대한 연구가 절실하다.

본 연구는 낙동강의 중류 지역에 대한 기초 연구로써 부착규조류의 종조성과 우점종의 변화 등 군집 변화를 분석하고, 부착규조류의 오염 내성종에 따른 생태군을 이용하여 유기오염지수에 의한 생물학적 수질 현황을 파악하였다 (Asai, 1995; Asai and Watanabe, 1995).

### 재료 및 방법

본 연구는 낙동강 중류 지역인 경북 예천군 풍양면 청곡리에서 성주대교가 위치한 경북 성주군 선남면 소하리까지 모두 9개의 정점을 선정하여, 2002년 5월부터 2003년 1월까지 2개월마다 각각 1회씩 채집·조사하였다 (Fig. 1). 각 정점이 위치한 행정명은 다음과 같다.

- 정점 1: 경북 예천군 풍양면 청곡리
- 정점 2: 경북 상주시 성동리 남산 상주시 수도사업소
- 정점 3: 경북 상주시 낙동면 낙동리
- 정점 4: 경북 구미시 도개면 초곡리
- 정점 5: 경북 구미시 고아면 예강리
- 정점 6: 경북 구미시 비산동 상수도 취수장
- 정점 7: 경북 칠곡군 왜관읍 중지리
- 정점 8: 경북 칠곡군 왜관읍 낙산리
- 정점 9: 경북 성주군 선남면 소하리 (성주대교)

이화학적 요인인 수온, pH 및 전기전도도는 check mate 90으로, DO는 YSI 58을 사용하여 현장에서 측정하였다. BOD, COD<sub>Mn</sub> 및 COD<sub>Cr</sub>는 경북지역환경기술개발센터의 연구보고서를 인용하였다 (이 등, 2003). 부착 규조의 시료 채집은 주로 수심 10~30 cm에 있는 돌중에서 지름 10~20 cm 정도의 돌을 수 개 선정하여 칫솔로 수면과 평행한 윗면을 긁어서 채집한 후, 원 시료를 잘 혼합하여 사용하였다.

동정을 위한 시료는 Permanganate method (Hendey, 1974)에 의하여 세정하고 Pleurax로 봉입하여 영구 표본을 제작한 후 Nikon Labophot로 동정하였다. 출현 종의 동정은 Krammer and Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, b)를 주로 이용하였고, 분류 체계는 Simonsen (1979) 체계에 따라 분류하였다. 부착규조 군집의 상대빈도는 임의로 선정된 현미경 하의 시야에서 500개 이상의 피각을 계수하여 산출하였다. 군집분석은 각 정점마다 출현종의 상대빈도를 이용하여 Shannon-Weaver (1963)의 다양도 지수, Simpson (1949)의 우점도 지수를 구하였다.

조사 수역의 생물학적 수질 오염의 평가는 부착 규조의

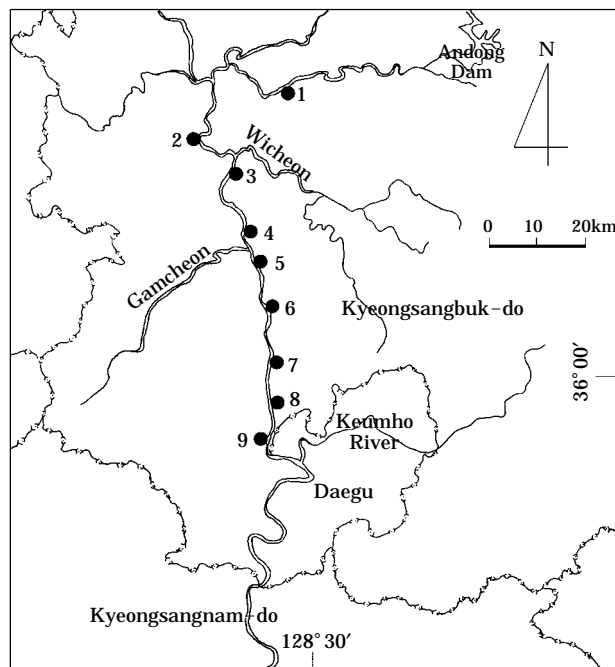


Fig. 1. A map showing the sampling stations in the middle reaches of the Nakdong River.

상대빈도를 이용하여 Watanabe *et al.* (1990)의 DAIPo (Diatom Assemblage Index to Organic Pollution) 방법으로 평가하였다. DAIPo는 각 규조류의 유기 오염에 대한 내성도를 기준으로 호오염성종 (saprophylic taxa), 호청수성종 (saproxenous taxa), 그리고 광적응성종 (indifferent taxa)의 3가지 생태군으로 나누어 (Asai and Watanabe, 1995) 규조군집내 이들 생태군들의 상대빈도를 근거로 구해지는 값이다.

### 결과 및 고찰

낙동강 중류 지역에서 조사된 이화학적 요인은 Table 1과 같다. 수온은 7월의 정점 4에서 31.5°C로 가장 높았고, 2003년 1월의 정점 8에서 0.6°C로 가장 낮았다. 7월과 1월의 평균 수온의 차이는 26.2°C로 계절적 변화의 폭이 컸다. pH는 5.6~9.0의 범위였으며, 조사 시기별로 거의 비슷하였고, 7월의 경우 pH 값에 차이가 많았다. 전기전도도는 각 정점별로 그 변화가 크지 않았고 11월에 정점 8에서만 60 μS cm<sup>-1</sup>로써 매우 낮았다. BOD는 0.2~5.4 mg L<sup>-1</sup>의 범위로 정점별 및 계절적 변화의 폭이 컸다. COD<sub>Mn</sub>는 0.6~7.0 mg L<sup>-1</sup>의 범위였으며, 계절적으로 7월이 평균 4.6 mg L<sup>-1</sup>로 가장 높았다. COD<sub>Cr</sub>는 14.0~

**Table 1.** Environmental factors at each sampling station in the middle reaches of the Nakdong River.

Station Month / Factors	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
'02. 5	Water Temp. (°C)	23.0	23.0	24.0	25.0	23.5	24.0	26.8	23.0	22.0
	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	197.0	249.0	192.0	179.0	190.0	182.0	235.0	224.0	220.0
	pH	7.5	7.8	7.5	7.6	7.8	9.0	7.6	9.0	8.9
	BOD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	3.2	3.8	4.4	1.9	2.2	2.0	3.9	3.8	4.4
	COD <sub>Mn</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1.7	2.0	4.0	3.5	1.2	4.2	0.6	2.6	3.5
	COD <sub>Cr</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Water Temp. (°C)	26.8	29.4	29.6	31.5	31.1	31.0	30.7	29.0	28.9
	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	219.0	219.0	257.0	219.0	215.0	215.0	250.0	203.0	215.0
	pH	7.1	7.7	8.1	8.2	8.2	5.8	5.8	5.7	5.9
	BOD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1.7	2.0	4.0	3.5	1.2	4.2	0.6	2.6	3.5
	COD <sub>Mn</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4.0	4.2	4.4	5.0	3.8	4.8	5.0	4.8	5.0
	COD <sub>Cr</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Water Temp. (°C)	21.7	24.6	22.6	23.4	24.1	24.8	22.9	22.9	22.4
	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	216.0	267.0	195.0	231.0	183.0	189.0	265.0	235.0	236.0
	pH	7.1	7.1	6.6	6.6	6.6	6.6	6.8	6.9	6.6
	BOD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1.1	1.9	1.0	4.9	1.3	1.5	1.8	1.4	2.8
	COD <sub>Mn</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	2.8	3.2	2.6	2.0	4.2	2.8	4.0	3.4	4.0
	COD <sub>Cr</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	19.6	18.1	37.7	19.6	21.1	18.1	28.7	19.6	28.7
11	Water Temp. (°C)	7.8	12.1	6.4	7.2	12.0	9.2	8.2	7.9	6.3
	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	199.0	219.0	60.0	190.0	188.0	265.0	209.0	161.0	284.0
	pH	8.8	8.8	7.9	7.8	8.2	8.7	8.5	8.9	8.0
	BOD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0.8	2.3	1.0	1.0	1.5	0.2	1.6	1.3	0.2
	COD <sub>Mn</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	2.8	3.8	2.2	2.6	2.4	2.2	3.6	3.0	3.2
	COD <sub>Cr</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	19.8	16.5	21.0	19.8	19.8	24.7	16.5	24.7	19.8
'03. 1	Water Temp. (°C)	7.2	8.0	4.7	8.0	2.7	1.0	1.5	0.6	0.7
	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	218.0	349.0	207.0	211.0	230.0	179.0	280.0	255.0	286.0
	pH	7.1	6.6	7.1	7.1	7.1	6.9	6.6	6.6	6.1
	BOD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	2.8	3.5	2.8	2.6	2.6	3.4	3.0	2.7	3.7
	COD <sub>Mn</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	3.0	7.0	2.0	2.0	2.4	2.2	4.2	2.6	3.2
	COD <sub>Cr</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	17.1	29.5	20.2	17.1	17.1	17.1	14.0	18.6	14.0

**Table 2.** Summary of epilithic diatom in the middle reaches of the Nakdong River.

Order	Subord.	Fam.	Gen.	Sp.	Var.	Total
Centrales	1	2	6	19	1	20
Pennales	2	5	27	120	22	142
Total	3	7	33	139	23	162

37.7  $\text{mg L}^{-1}$ 였으며, 월별로는 9월이 평균 23.5  $\text{mg L}^{-1}$ 로 가장 높았다.

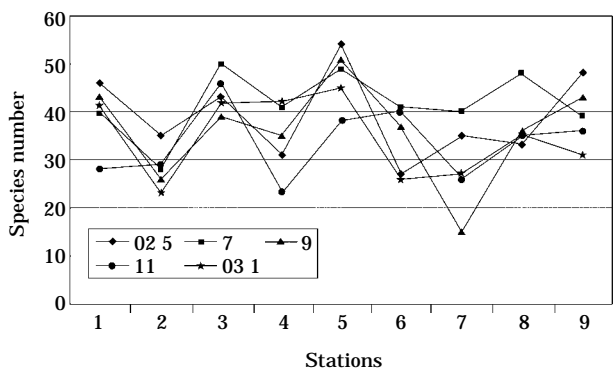
본 조사에서 동정된 부착조류는 모두 162분류군으로 이들은 2목 3아목 7과 33속 139종 23변종으로 구성되었다 (Table 2). 월별 출현 종수에서 2002년 5월은 97분류군, 7월은 108분류군, 9월은 91분류군, 11월은 85분류군, 그리고 2003년 1월에는 86분류군이 출현하여 7월에 출현 종수가 가장 많았다. 출현 분류군 중에서 *Navicula*속

이 34분류군으로 가장 많이 출현하였고, 이어서 *Nitzschia*속이 19분류군, *Gomphonema*속이 12분류군, *Fragilaria*속이 11분류군 순으로 출현하였으며, *Cyclostephanos*속, *Thalassiosira*속, *Meridion*속, *Hantzschia*속 등을 포함한 12속은 1분류군만 출현하였다.

정점별 출현 종수는 15~54분류군으로 정점 3과 5가 다른 정점에 비해 출현 종수가 많았으며, 각 정점별 혹은 계절적 출현 종수의 변화는 불규칙하였다 (Fig. 2). 그리고 전 정점과 전 계절에 출현한 종은 *Achnanthes minutissima*, *Navicula subminuscula*, *Navicula viridula* var. *rostellata*, *Nitzschia inconspicua* 그리고 *Nitzschia palea* 등 5분류군으로 이들 분류군이 낙동강 중류 지역에서 중요한 분류군이었다.

각 정점의 우점종 변화에서 *Achnanthes minutissima*, *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia palea* 그리고 *Navicula*

*subminuscula* 등은 채집 시기마다 대부분의 정점에서 우점종으로 출현하였고, *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Diatoma vulgare*, *Navicula minima*, *Navicula pu-*



**Fig. 2.** Variations of the species number at each sampling station in the middle reaches of the Nakdong River.

*pula* 그리고 *Nitzschia amphibia* 등은 특정한 달에 한 정점에서만 우점하였다 (Table 3). 정점 1과 2에서는 청수성 종으로 알려진 종들이 우점할 것으로 예상하였으나, 조사 결과 오염 수역에 내성을 가진 종으로 알려진 *Nitzschia palea* (Descy, 1979; Lange-Bertalot, 1979)와 *Nav. subminuscula* (정, 1993; 김, 2001) 등이 우점종으로 출현하였다. 정점 3, 4, 그리고 5에서는 광적응성종인 *A. minutissima*와 호오염성종인 *Nitzschia palea*가 우점하였다. 특히 *Nitzschia palea*는 유기오염이 심한 곳이나 산업폐수가 심한 곳의 대표적인 종으로 알려져 있다 (김, 2001). 본 조사 정점들은 골재 채취가 이루어지고 주변은 주로 비점 오염원만 있으므로, 두 종의 우점에 대해서는 골재 채취로 인해 부유한 퇴적물의 영향인지 혹은 비점오염원의 영향인지는 보다 세밀한 생태 조사가 필요하다. 정점 6, 7, 8, 그리고 9에서 우점한 종들 역시 대부분 오염 내성 종 (Kobayasi and Mayama, 1989)들로 이들 종들의 우점은 대도시인 구미 및 왜관 등지에서 유입된 물질의 영향

**Table 3.** Dominant species (%) of epilithic diatom at each sampling station in the middle reaches in the Nakdong River.

Station	2002 May	July
1	<i>Nitzschia palea</i> (23.64)	<i>Nitzschia palea</i> (20.12)
2	<i>Navicula subminuscula</i> (49.92)	<i>Nitzschia inconspicua</i> (38.98)
3	<i>Nitzschia palea</i> (51.18)	<i>Nitzschia palea</i> (27.93)
4	<i>Achnanthes minutissima</i> (72.73)	<i>Achnanthes minutissima</i> (32.37)
5	<i>Nitzschia palea</i> (26.34)	<i>Nitzschia palea</i> (43.18)
	<i>Navicula pupula</i> (26.34)	
6	<i>Nitzschia inconspicua</i> (59.08)	<i>Nitzschia palea</i> (46.75)
7	<i>Nitzschia inconspicua</i> (34.02)	<i>Nitzschia palea</i> (34.47)
8	<i>Achnanthes minutissima</i> (30.53)	<i>Nitzschia palea</i> (63.37)
9	<i>Achnanthes minutissima</i> (14.51)	<i>Navicula minima</i> (37.07)
	September	November
1	<i>Navicula subminuscula</i> (34.87)	<i>Nitzschia inconspicua</i> (40.19)
2	<i>Nitzschia inconspicua</i> (39.81)	<i>Navicula subminuscula</i> (32.66)
3	<i>Nitzschia palea</i> (66.83)	<i>Achnanthes minutissima</i> (33.59)
4	<i>Nitzschia palea</i> (51.69)	<i>Achnanthes minutissima</i> (30.72)
5	<i>Nitzschia palea</i> (44.50)	<i>Achnanthes minutissima</i> (43.89)
6	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (27.30)	<i>Navicula gregaria</i> (20.68)
7	<i>Navicula subminuscula</i> (82.36)	<i>Nitzschia palea</i> (47.93)
8	<i>Achnanthes lanceolata</i> (14.64)	<i>Diatoma vulgare</i> (30.23)
9	<i>Nitzschia palea</i> (54.59)	<i>Nitzschia palea</i> (36.83)
	2003 January	
1	<i>Cymbella affinis</i> (21.20)	
2	<i>Nitzschia inconspicua</i> (53.68)	
3	<i>Navicula gregaria</i> (33.00)	
4	<i>Cymbella affinis</i> (24.90)	
5	<i>Achnanthes minutissima</i> (58.10)	
6	<i>Nitzschia inconspicua</i> (41.19)	
7	<i>Nitzschia amphibia</i> (31.17)	
8	<i>Nitzschia inconspicua</i> (37.93)	
9	<i>Nitzschia inconspicua</i> (68.28)	

**Table 4.** Diversity and dominance index in epilithic diatom communities at each sampling station in the middle reaches of the Nakdong River.

Station Month / Index		1	2	3	4	5	6	7	8	9
'02. 5	Diversity	2.99	2.00	1.70	1.31	2.46	1.27	2.05	2.23	3.26
	Dominance	0.21	0.64	0.74	1.22	0.37	0.97	0.46	0.35	0.12
7	Diversity	2.58	1.75	2.92	2.21	2.46	2.35	2.62	1.93	2.35
	Dominance	0.25	0.62	0.23	0.39	0.48	0.53	0.32	0.92	0.39
9	Diversity	2.32	1.89	1.63	1.87	2.32	2.60	0.69	2.81	1.91
	Dominance	0.39	0.55	1.04	0.69	0.51	0.25	1.59	0.18	0.74
11	Diversity	1.96	2.00	2.32	2.12	2.16	2.76	1.73	2.48	2.30
	Dominance	0.51	0.46	0.39	0.37	0.51	0.21	0.64	0.30	0.39
'03. 1	Diversity	2.77	1.57	2.53	2.37	1.90	2.09	2.07	2.11	1.29
	Dominance	0.24	0.79	0.36	0.39	0.81	0.49	0.41	0.46	1.13

과 골재 채취의 영향 등이 복합적으로 작용하기 때문인 것으로 추정된다.

각 조사 정점의 다양도 지수의 변화에서, 5월은 1.70~3.26의 범위로 변화의 폭이 컸다 (Table 4). 정점 9에서 다양도 지수가 높은 것은 우점종으로 출현한 *A. minutissima*의 상대빈도가 14.51%로 상당히 낮았고 다른 출현 종들의 상대빈도도 0.52~11.40%로 전 출현 종들의 출현율이 비슷하게 나타났기 때문에 판단된다. 7월에는 1.75~2.62의 범위였으며, 정점 2와 정점 8이 각각 1.75, 1.93으로 다른 정점에 비해 낮았다. 이는 정점 2에서 출현 종수가 28분류군으로 비교적 적었고, 아우점종인 *Nav. subminuscula*의 상대빈도가 32.93%로 높게 나타났으며, 정점 8에서는 우점종인 *Nitzsc. palea*의 상대 빈도가 63.37%로 매우 높았기 때문에 생각된다. 9월의 다양도 지수는 0.69~2.81로 변화의 폭이 매우 컸으며, 정점 7은 0.69로 본 조사에서 가장 낮았다. 정점 7에서 *Nav. subminuscula*는 상대빈도가 82.36%로 출현종의 대부분을 차지할 정도로 초우점이었고, 반면 출현 종수는 15분류군으로 적었다. 11월의 다양도 지수는 1.73~2.76의 범위로 7월과 비슷하였다. 2003년 1월에는 정점 9에서 1.29로 가장 낮았고 정점 1에서 2.77로 가장 높았다. 각 정점의 우점도 지수의 변화에서, 5월은 0.12~1.22의 범위였으며, 7월은 0.25~0.92, 9월은 0.25~1.59, 11월은 0.21~0.64의 범위로 비교적 낮았다. 2003년 1월은 정점 1에서 0.24로 가장 낮았고, 정점 9에서 1.13으로 가장 높았다.

오염의 내성도에 따른 3가지 생태군 (Asai and Watanabe, 1995)의 변화는 Table 5와 같다. 호오염성종은 4.04~94.96%의 범위로 변화의 폭이 컸다. 우점종중 호오염성종은 *Nav. subminuscula*와 *Nitzsc. palea* 등 2분류군이

었다. 호청수성종은 0.64~43.78%의 범위였고, 우점종중 호청수성종은 *Achnanthes lanceolata* 등을 포함하여 4분류군이였다. 광적응성종은 19.42~86.61%로 변화의 폭이 컸으며 우점종중 광적응성종은 4분류군이 조사되었으나 *A. minutissima*와 *Nitzsc. inconspicua* 등 2분류군의 출현 빈도가 가장 높았다. 본 조사에서 생태군의 상대빈도에서 5월과 7월 그리고 9월에는 호오염성종의 비율이 월등히 높은 반면 호청수성종의 비율은 낮았으며, 수온이 낮아진 11월과 1월은 호오염성종의 비율이 낮아진 반면 호청수성종의 비율이 약간 증가하는 경향을 보였다. 생태군별 우점종 변화에서 5월과 7월은 호청수성종이 없었으나 9월에 정점 6과 8에서 호청수성종이 우점으로 출현하였고 11월에는 정점 8에서 그리고 2002년 1월에는 정점 1과 4에서 호청수성종이 우점으로 출현하였다. 호오염성 우점종은 2003년 1월의 정점 7에서만 *Nitzsc. amphibia*가 출현하였고 다른 달은 *Nav. subminuscula*와 *Nitzsc. palea*만이 출현한 반면, 호청수성종은 채집 시기와 정점마다 서로 다른 종이 우점으로 출현하였다.

우점종중에서, 지속적으로 출현한 *Nav. subminuscula*와 *Nitzsc. palea*는 호오염성종으로 금호강 (정 등, 1993), 한탄강의 지류인 포천천 (김, 1999), 경기도의 신천 (김, 2001) 등 도심 주변을 흐르고 수질오염도가 매우 심각한 수역에서 우점하는 것으로 보고되었다. 정 등 (1993)의 금호강 조사에서 전기전도도가 495~1,225  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , 김 (1999)의 포천천 조사에서 전기전도도가 244~979  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , BOD는 1.7~9.0  $\text{mg L}^{-1}$ , 그리고 김 (2001)의 신천 조사에서 전기전도도는 1,040~2,700  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , BOD는 8.2~40.1  $\text{mg L}^{-1}$ 에 비해 본 조사에서는 전기전도도가 161~349  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , BOD는 0.2~4.9  $\text{mg L}^{-1}$ 의 범위로 상당히 낮았다. 그러나  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 의 값은 14~37.7  $\text{mg L}^{-1}$ 로

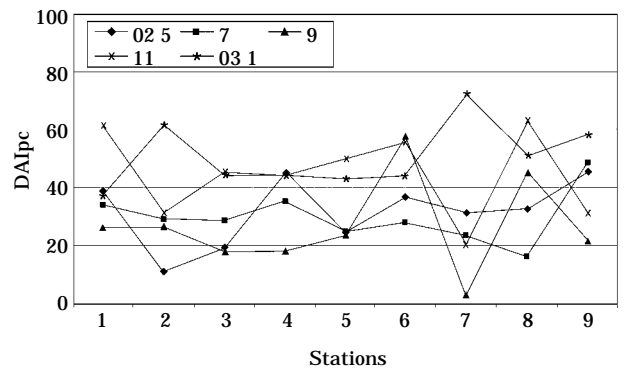
**Table 5.** Percentage of ecological diatom groups divided by degrees of pollution tolerance in epilithic diatom communities at each sampling station in the Nakdong River.

Station Month / Index		1	2	3	4	5	6	7	8	9
'02. 5	Saprophilous	31.64	79.46	64.84	11.42	55.84	28.12	40.66	35.36	21.77
	Saproxeous	8.95	1.12	3.31	1.97	5.23	1.90	3.47	1.11	13.49
	Indifferent	59.44	19.42	31.85	86.61	38.93	69.98	55.87	63.53	64.73
7	Saprophilous	35.69	43.81	49.68	33.14	54.81	53.85	55.68	72.92	17.00
	Saproxeous	4.12	1.60	7.02	4.12	4.81	10.66	3.42	5.72	15.65
	Indifferent	60.19	54.59	43.30	62.74	40.38	35.49	40.90	21.36	76.35
9	Saprophilous	52.66	47.60	70.08	69.66	59.40	26.31	94.96	31.37	60.50
	Saproxeous	5.04	0.64	5.52	5.78	7.28	41.90	0.78	22.81	4.96
	Indifferent	42.30	51.76	24.40	24.56	33.32	31.79	4.26	45.82	34.54
11	Saprophilous	5.25	39.52	21.06	26.19	12.11	15.73	60.35	16.10	40.52
	Saproxeous	28.27	1.57	11.47	14.44	12.10	27.30	1.92	43.78	3.86
	Indifferent	66.48	58.91	67.47	59.37	75.79	56.97	37.73	40.12	55.65
'03. 1	Saprophilous	4.04	27.15	13.20	18.21	4.10	13.85	48.42	13.80	19.36
	Saproxeous	30.41	4.14	24.62	29.97	17.68	25.50	2.53	10.04	1.80
	Indifferent	65.55	68.71	62.18	51.82	78.22	60.65	49.05	76.16	78.84

BOD값에 비해 약 10배, COD<sub>Mn</sub>의 값에 비해서는 약 5 배 정도 높은 값을 나타내므로, 본 조사 수역에서 이들 종들의 출현율이 높게 나타난 것은 낙동강 중류 지역의 수질은 오염도가 높다는 것을 간접적으로 대변해 주고 있다.

본 조사에서 출현한 종들 중에서 호오염성종은 *Cyclotella atomus*, *Achnanthes exigua*, *Navicula accomoda*, *Nav. pupula*, *Nav. subminuscula*, *Nitzsc. palea* 등을 포함하여 모두 11분류군이었고, 호청수성종은 *D. vulgaris*, *Fragilaria capucina*, *Achnanthes japonica*, *C. affinis*, *Gomphonema clevei* 등을 포함하여 모두 18분류군으로, 호청수성종의 출현종 수가 호오염성종에 비해 많이 출현하였으나 상대빈도에서는 호오염성종이 훨씬 높게 나타났다. 이러한 생태군의 상대빈도에서, 골재채취 지역과 비골재 채취 지역간에도 거의 대부분 호오염성종의 상대빈도가 높게 나타나 낙동강의 중류 수역은 내부적 영향 뿐만 아니라 외부에서 유입되는 물질도 많은 영향이 있을 것으로 추측된다.

본 조사에서 유기오염에 대한 각 규조종의 내성도를 이용하여 수질을 평가한 DAIPo값을 근거로 수질을 분석해 보았다. 그 결과 5월에는 정점 2에서 10.98로 강부수성을 나타냈으며, 정점 1, 4, 6, 8 그리고 9가 β-중부수성이었다(Fig. 3). 정점 2의 낮은 DAIPo값은 호오염성종인 *Nav. subminuscula*가 49.92%의 상대빈도로 우점하였기 때문이다. 7월에는 정점 8이 16.4로 α-중부수성을 나타낸 반면, 정점 1, 4 그리고 9가 β-중부수성이었다. 정점 8



**Fig. 3.** Variations of DAIPo values at each sampling station in the middle reaches of the Nakdong River.

은 대표적 호오염성종인 *Nitzsc. palea*의 상대빈도가 63.37%로 매우 높은 비율로 나타나 DAIPo값이 낮았다. 9월에는 정점 7의 DAIPo값이 2.91로 매우 낮은 강부수성이었으며 정점 6과 8이 β-중부수성이었고 나머지 정점은 α-중부수성이었다. 정점 7에서 DAIPo값은 본 조사 정점에서 가장 낮은 수치인데 이 때의 우점종은 *Nav. subminuscula*였으며 상대빈도는 82.36%로 초우점을 보였다. 11월은 수질이 약간 양호하게 개선되어 정점 1, 5, 6 그리고 8이 α-빈부성이었고 정점 7만 α-중부수성을 나타냈다. 2003년 1월은 전반적으로 DAIPo값이 증가하였는데 특히 정점 7은 다른 계절과 달리 DAIPo값이 72.95로 β-빈부수성을 나타낼 정도로 수질이 양호하게 개선되었다.

본 조사 정점의 DAIPo의 월별 평균값은 30.90~44.61로  $\beta$ -중부수성이었고, 조사 수역의 수질은 유사한 것으로 조사되었다. 정점 2와 정점 7(2003년 1월은 제외)은 조사 시기에서 다른 정점에 비해 그 값이 감소하는 경향을 나타내는데, 정점 2는 상주시를 관통하는 병성천과 합류되는 정점이고, 정점 7은 조사 정점의 상류에 왜관 공단이 위치해 있으므로 두 정점은 도시 하수와 공단에서 유입되는 물질에 많은 영향을 받고 있는 것으로 판단된다. 2001년 6월에 골재 채취 허가 전의 낙동강과 만나는 반변천 하류와 안동시를 관통하는 낙동강에 출현하는 부착 구조류들에 대한 DAIPo 값에서(미발표, 2001), 반변천 하류의 값은 73.19~80.76( $\beta$ -빈부수성), 안동시를 관통하는 낙동강은 58.21~76.28( $\alpha$ -빈부수성)로 본 조사 수역보다 훨씬 높은 값을 나타내어 낙동강 중류 수역의 낮은 DAIPo 값은 골재 채취의 영향과 외부 유입물질의 영향이 있을 것으로 생각된다.

## 적 요

본 연구는 낙동강 중류 지역에 9개의 정점을 선정하여, 2002년 5월부터 2003년 1월까지 2개월마다 각각 1회씩 채집·조사하였다. 동정된 부착조류는 모두 162분류군으로 33속 139종 23변종으로 구성되었고, *Achnanthes minutissima*, *Navicula subminuscula*, *Navicula viridula* var. *rostellata*, *Nitzschia inconspicua* 및 *Nitzschia palea* 등 5분류군이 조사 기간 내내 출현하였다. 본 조사 정점의 DAIPo의 월 평균값의 범위는 30.90~44.61로  $\beta$ -중부수성이었다.

## 사 사

본 연구는 경북지역환경기술개발센터의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 사의를 표합니다.

## 인 용 문 헌

김용재. 1999. 부착규조 군집에 의한 포천천의 수질평가, 한국  
 육수학회지 **32**: 135-140.  
 김용재. 2001. 신천의 부착규조 군집을 이용한 유기오탁 판정,  
 한국육수학회지 **34**: 199-205.  
 부산광역시. 2002. 낙동강조사월보 제65호 낙동강연구센터 상  
 수도사업본부. 33pp.

송승달, 류승원, 이종욱, 채병수, 조영호, 고재기, 이정호. 1996.  
 낙동강 생태 보고서. 청파 문화센터, 대구.  
 이정호. 1998. 낙동강의 부착규조와 유기오탁지수(DAIPo), 한  
 국육수학회지 **31**: 38-44.  
 이종욱, 김미경, 박정원, 2003. 골재채취가 낙동강 환경생태계  
 에 미치는 영향. 경북지역환경기술개발센터.  
 정준, 최재신, 이정호. 1993. 부착규조군집의 유기오탁 지수  
 (DAIPo)에 의한 금호강의 수질 평가, 한국육수학회지 **26**:  
 165-173.  
 Asai, K. 1995. Statistic classification of epilithic diatom  
 species into three ecological groups relating to organic  
 water pollution (1) Method with coexistence index.  
*Diatom*. **10**: 13-34.  
 Asai, K. and T. Watanabe. 1995. Statistic classification of  
 epilithic diatom species into three ecological groups  
 relating to organic water pollution (2) Saprophyllous and  
 saproxenous taxa. *Diatom*. **10**: 35-47.  
 Descy, J.P. 1979. A new approach to water quality estima-  
 tion using diatoms. *Nova Hedwigia*. **64**: 305-323.  
 Hendey, N.I. 1974. The permanganate method for cleaning  
 freshly gathered diatom. *Microscopy*. **32**: 423-426.  
 Katoh, K. 1989. Succession of diatom assemblage in Lake  
 Tairo-Iko, Miyakejima Island. *Korean J. Phycol.* **4**:  
 135-142.  
 Kobayasi, H. and S. Mayama. 1989. Evaluation of river  
 water quality by diatoms. *Korean J. Phycol.* **4**: 121-  
 133.  
 Krammer, K. and H. Lange-Bertalot. 1986. Süßwasser-  
 flora von Mitteleuropa. Band 2/1. Bacillariophyceae 1.  
 Teil: Naviculaceae (H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D.  
 Mollenhauer, eds.). Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.  
 Krammer, K. and H. Lange-Bertalot. 1988. Süßwasser-  
 flora von Mitteleuropa. Band 2/2. Bacillariophyceae 2.  
 Teil: Bacillariaceae Epithemiaceae, Surirellaceae (H.  
 Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer, eds.).  
 Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.  
 Krammer, K. and H. Lange-Bertalot. 1991a. Süßwasser-  
 flora von Mitteleuropa. Band 2/3. Bacillariophyceae 3.  
 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae (H. Ettl, J.  
 Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer, eds.). Gustav  
 Fischer Verlag. Stuttgart.  
 Krammer, K. and H. Lange-Bertalot. 1991b. Süßwasser-  
 flora von Mitteleuropa. Band 2/4. Bacillariophyceae 4.  
 Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu *Na-  
 vicula* (Lineolatae) und *Gomphonema* (H. Ettl, J.  
 Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer, eds.). Gustav  
 Fischer Verlag. Stuttgart.  
 Lange-Bertalot, H. 1979. Pollution tolerance of diatoms as  
 a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwi-*

- gia.* **64**: 285-304.
- Shannon, C.E. and 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, E.H. 1928. Measurement of diversity. *Nat.* **163**: 1-688.
- Sládecěk, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch Hydrobiol. Beih.* **7**: 1-218.
- Watanabe, T., K. Asai, A. Houki and M. Sumita. 1990. Numerical simulation of organic pollution based on the attached diatom assemblage in Lake Biwa (1). *Diatom.* **5**: 9-20.
- (Manuscript received 10 October 2003,  
Revision accepted 28 February 2004)