

한강하류의 환경학적 연구 IIX. 갈수기 부착돌말류의 유기오탁지수 (DAIpo index)에 의한 수질 평가

정 승 원 · 박 성 환¹ · 이 진 환^{1,*}

한양대학교 자연과학대학 생명과학과, ¹상명대학교 자연과학대학 생명과학과

Environmental Studies in the Lower Part of the Han River IIX. Assessment for Water Quality Using Epilithic Diatom Assemblage Index to Organic Water Pollution (DAIpo) in Dry Season

Seung Won Jung, Sung Hwan Park¹ and Jin Hwan Lee^{1,*}

Department of Life Science, Hanyang University, Seoul 133-743, Korea,

¹Department of Life Science, Sangmyung University, Seoul 110-743, Korea

Abstract – In order to access the water quality using epilithic diatom assemblage index to organic water pollution (DAIpo) in the lower part of the Han River, the diatom samples were collected bi-weekly at 2 stations by means of artificial substrates of ceramic tiles from February, 2004 to February, 2005. A total of 60 taxa, representing 18 genera 51 species, 7 varieties and 2 forms, of diatoms were identified in the present study. Dominant percentages of *Aulacoseria granulata* and *Melosira varians* (Indifferent taxa) were 22.76~ 30.30% and 17.44~ 34.78%, respectively, and *Nitzschia palea* (Saprophilous taxa) were 15.00~ 31.76% at St. 1. In St. 2, the percentages of dominant species, *N. palea*, were 19.86~ 58.20%. Average DAIpo index was 40.6 in St. 1 and 32.1 in St. 2, and the saprobic level was shown β -mesosaprobic in the lower part of the Han River. It is suggested that epilithic diatoms as bioindicators and a DAIpo index indicate useful for analyzing assessment of the water quality.

Key words : DAIpo index, epilithic diatoms, dry season, the Han River

서 론

우리나라 하천은 산업 발전과 인구 증가에 따라 생활 및 농업용 용수의 사용증가로 유량부족과 수질 오염이 악화되고 있으며, 도시하천의 정비 사업에 의해 생물 서식처가 많이 훼손되고 있다. 특히 갈수기의 하천은 유속이 느리고 유량이 적어 수질의 악화가 심화되고 있다.

이와 같은 환경특징에 따라 하천에서 수질 오염에 의한 부영양화는 빈번한 조류 대발생의 원인이 되고 있다 (Horne and Goldman 1994).

하천의 수질을 판정하는 생물학적 방법은 어류, 저서 무척추 동물, 부유 식물플랑크톤, 부착돌말류 등이 사용되고 있다. 이 중 부착돌말류는 수서 생태계에서 1차 생산자로서 다른 대형식물이나 동물군집에 비하여 수질환경의 변화에 민감할 뿐만 아니라 다양한 기질에 부착하여 서식하기 때문에 수질을 판정하는 지표로 널리 이용되고 있다 (Round 1993). 또한 이들의 분포는 수환경에

*Corresponding author: Jin Hwan Lee. Tel. 02-2287-5152. Fax. 02-2287-0070. E-mail. jhlce@smu.ac.kr

적응하여 군집을 형성하기 때문에 생태학적 지위를 이해함은 물론 단·장기적인 영향에 의한 누적효과를 파악할 수 있고 시·공간적인 변화를 근거로 미래의 수환경을 예측할 수 있다. 부착돌말류는 빈부수성 수역에서 강부수성 수역에 이르기까지 광범위하게 분포하고 있어 이를 통한 수질평가 방법은 다른 부착조류보다 환경변화에 따른 누적된 수질을 보다 정확하게 파악할 수 있으므로 채수 당시의 순간치를 측정하는 화학적 방법보다 수환경의 수질을 폭 넓게 이해하고 기록할 수 있는 장점이 있다(Watanabe 1981). 부착돌말류를 이용한 하천의 수질 평가는 여러 연구자들에 의해서 많은 지수들이 개발되었다(Descy 1979; Sládeček 1986; Watanabe and Asai 1990; Coste and Ayphassorhp 1991; Descy and Coste 1991; Kelly and Whitton 1995; Kelly *et al.* 1995; Prygiel and Coste 2000). 이중 DAIPo 지수는 Watanabe (1981)가 환경의 일반적인 지표로 사용되어온 BOD₅, COD, 전기전도도 값과 부착돌말류와의 관계로 호오염성 중(Tolerant taxa), 광적응성 중(Indifferent taxa), 호청수성 중(Intolerant taxa)으로 분류하고, 각 오염군별로 수질을 평가하는 DCI(Diatom Community Index)를 처음 제안하였다. 그 후 Sumita and Watanabe (1983)는 DCI 지수의 일부를 수정 및 보완하여 오탁이 없는 수역을 100, 오탁이 가장 심한 수역을 0으로 평가하는 새로운 방법인 NDCI(New Diatom Community Index)를 제안하였다. 또한 Watanabe *et al.* (1986)은 수질의 유기오탁에 대한 내성지수에 의해 호오염성 중, 광적응성 중, 호청수성 중으로 구분하고, 이들의 상대빈도에 의해 수질을 평가하는 DAIPo 지수(Diatom Assemblage Index to organic water pollution)를 제안하였고, 다시 1990년에 의해 호오염성 중, 광적응성 중, 호청수성 중으로 수질 오염을 평가하였다(Watanabe and Asai 1990).

이와 같이 부착돌말류를 이용한 생물학적 수질평가 방법은 1970년대부터 활발히 연구되고 있으며(Czarnacki and Blinn 1978; Lange-Bertalot 1979; Asai and Watanabe 1995; Dixit and Smol 1995), 국내에서도 1990년대 이후에 낙동강을 포함한 주요 하천에서 부착돌말류의 군집 구조와 함께 수질평가가 활발하게 연구되었다(Choi and Chung 1990; 정 등 1992, 1993; 이와 김 1996; 이 1998; 김 2001; 박 등 2004). 그러나 한강하류역에서 부착돌말류에 의한 수질평가 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서, 본 연구는 2004년 2월부터 2005년 2월까지 한강하류역에서 오염내성에 따른 부착돌말류의 오염군을 분석하여 유기오탁지수(DAIPo index)에 의한 수질을 평가하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

한강은 강원도 삼척군 하장면 대덕산에서 시작되어 남한강과 북한강이 경기도에서 합류되어 서울을 거쳐 서해로 이어지는 총 길이 약 481.7 km이고, 총 유역면적 약 26,018 km²인 우리나라의 5대강 중 하나이다. 특히 한강하류는 수도권 지역 2,000만 시민의 생활용수 외에도 농업·산업·공업용수의 근원으로서 많은 인구 부양과 산업발전을 뒷받침하는 중요한 수자원이며, 서울특별시민과 경기도민의 주요 휴식공간으로 이용되고 있다.

2. 조사기간 및 정점

한강하류에서 2004년 2월 29일부터 2005년 2월 27일까지 1년간 풍수기(7~9월)를 제외한 갈수기에 격주 간격으로 조사를 실시하였다. 다만 한강에서 풍수기의 조사를 제외한 것은 하계에 집중강우에 의해 유속이 빠르고 유량이 많기 때문에 영양염류의 희석 및 부착조류가 빠른 유속에 의해 기질에서 탈리되기 때문에 정확한 평가가 어려웠기 때문이다(Lange-Bertalot 1979; 박과 이 2007). 조사정점 선정은 팔당댐의 방류량에 직접적 영향

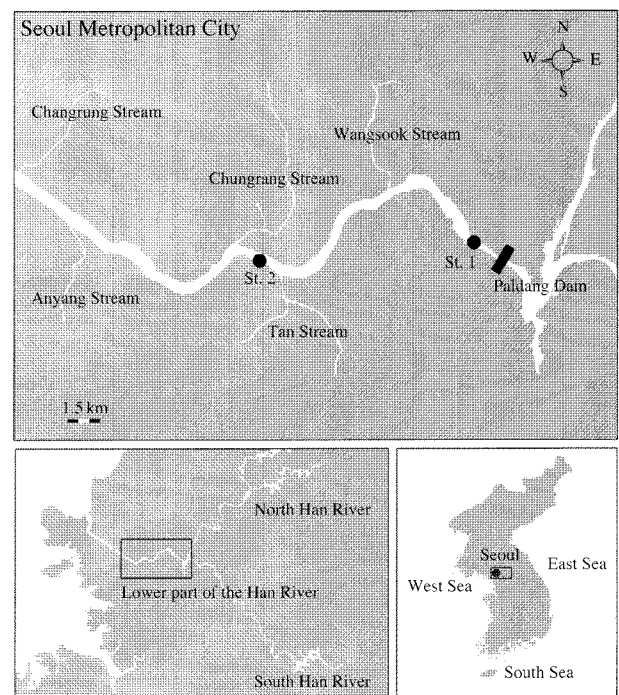


Fig. 1. A map showing the sampling stations in the lower part of the Han River.

을 받는 정점 1(팔당대교)과 지류 하천인 탄천의 직접적 영향을 받는 정점 2(영동대교)를 각각 선정하였으며 (Fig. 1), 정점 1은 저질이 암반 및 자갈로 구성되어 있고, 정점 2는 사질로 구성되어 있었다.

부착돌말류의 채집은 충분한 광량이 바닥까지 닿을 수 있는 수심 0.5 m의 저질에서 2×2 cm ceramic tiles의 인공기질을 설치하여 매 채집시마다 각각의 ceramic tile을 수거하여 정량 및 정성분석을 하였다(박과 이 2007).

3. 환경요인과 부착돌말류의 정량 및 정성분석

한강하류역의 수질평가를 위한 환경요인은 권 등 (2006)에서 인용하였고, 부착돌말류의 종조성 및 세포수는 인공기질인 ceramic tile을 설치 후 격주마다 부착돌말류를 채집 후, 황산 및 질산을 이용하여 세포 내용물을 제거 후 외부골격을 광학현미경 및 주사전자현미경으로 동정 및 계수하였다(von Stosch 1974).

4. 유기오탁지수 (DAIp)의 분석

DAIp지수는 각 돌말류의 유기오염에 대한 내성도를 기준으로 호오염성 종(SPT: saprophilous taxa), 광적응성 종(IDT: Indifferent taxa), 호청수성 종(SXT: saproxenous taxa)의 3가지 오염군으로 나누어 이들의 상대빈도를 근거로 아래의 공식과 같이 지수를 구하였다(Watanabe and Asai 1990).

$$DAIp = 50 + \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^p x_i - \sum_{j=1}^q s_j \right)$$

$\sum_{i=1}^p x_i$: 조사정점에서 출현한 1부터 p까지의 호청수성 종의 상대빈도(%)의 총합

$\sum_{j=1}^q s_j$: 조사정점에서 출현한 1부터 q까지의 호오염성 종의 상대빈도(%)의 총합

결 과

1. 부착돌말류의 출현종 및 우점종

본 조사기간 동안 출현한 돌말류는 60분류군으로 2목 3아목 8과 18속 51종 7변종 2품종으로 구성되어 있었다 (Table 1). 출현 분류군 중 *Navicula* 속과 *Nitzschia* 속에 각각 9종으로 가장 많이 출현하였으며, *Synedra* 속이 6종, *Aulacoseira* 속이 4종이었다. 정점별로는 정점 1에서 호오염성 종이 4종, 광적응성 종이 37종, 호청수 종이 6종으로 총 48종이 출현하였고, 정점 2에서는 호오염성 종이 2종, 광적응성 종이 28종, 호청수 종이 5종 등 총 35종이 출현하였다. 정점별 우점종은 정점 1에서 호오염성 종인 *Nitzschia palea* (15.00 ~ 31.76%)와 광적응성 종

Table 1. Composition of systematical taxa of epilithic diatoms during the periods from Feb. 2004 to Feb. 2005 in the lower part of the Han River

Order	Suborder	Family	Genus	Species	Variety	Forma
Centrales	1	2	5	10	2	1
Pennales	2	6	13	41	5	1
Total	3	8	17	51	7	2

Table 2. Rate and polluted group of dominant species in epilithic diatoms during the periods from Feb. 2004 to Feb. 2005 in the lower part of the Han River

Date	St. 1			St. 2		
	Dominant species	D.R. (%)	E.C.	Dominant species	D.R. (%)	E.C.
Mar. 14, 2004	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	43.18	IDT	<i>Aulacoseira granulata</i>	32.61	IDT
Mar. 28	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	22.67	IDT	<i>Nitzschia palea</i>	38.55	SPT
Apr. 11	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	19.83	IDT	<i>Nitzschia palea</i>	24.43	SPT
Apr. 25	<i>Nitzschia palea</i>	27.38	SPT	<i>Nitzschia palea</i>	19.86	SPT
May 9	<i>Nitzschia palea</i>	15.00	SPT	<i>Nitzschia palea</i>	36.36	SPT
May 23	<i>Nitzschia palea</i>	31.76	SPT	<i>Nitzschia palea</i>	28.74	SPT
Jun. 5	<i>Fragilaria capucina</i>	15.94	SXT	<i>Fragilaria capucina</i>	21.11	SXT
Oct. 17	<i>Aulacoseira granulata</i>	28.07	IDT	ND	ND	ND
Oct. 31	<i>Aulacoseira granulata</i>	30.30	IDT	ND	ND	ND
Nov. 28	<i>Aulacoseira granulata</i>	23.53	IDT	ND	ND	ND
Dec. 12	<i>Melosira varians</i>	27.69	IDT	ND	ND	ND
Dec. 27	<i>Melosira varians</i>	26.26	IDT	<i>Nitzschia palea</i>	58.20	SPT
Jan. 16, 2005	<i>Aulacoseira granulata</i>	23.96	IDT	<i>Diatoma vulgare</i>	42.24	IDT
Jan. 30	<i>Melosira varians</i>	17.44	IDT	<i>Nitzschia palea</i>	31.51	SPT
Feb. 13	<i>Aulacoseira granulata</i>	22.76	IDT	<i>Nitzschia palea</i>	25.37	SPT
Feb. 27	<i>Cymbella minuta</i>	26.01	SXT	ND	ND	ND

* SPT: Saprophilous taxa, IDT: Indifferent taxa, SXT: Saproxenous taxa, ND: No data, D.R.: Dominant rate, E.C.: Ecological character.

인 *Aulacoseira granulata* (22.76~30.30%), *Melosira varians* (17.44~27.69%), *Stephanodiscus hantzschii* (19.83~43.18%) 등이 출현하였으며, 정점 2에서 호오염성 종인 *N. palea* (19.86~58.20%)가 우세하게 출현하였다. 계절별 우점종의 변화는 정점 1에서 수온이 낮은 초봄에는 광적응성 종인 *S. hantzschii*가, 수온이 높아지는 봄 중순 이후에는 호오염성 종인 *N. palea*가 상대적으로 높은 빈도로 출현하였고, 가을철에는 다시 광적응성 종인 *A. granulata*와 *M. varians*가 높게 우점하였다. 정점 2에서 *Diatoma vulgare*가 초 겨울에 일시적으로 우세하게 출현하였을 뿐 호오염성 종인 *N. palea*가 년중 높게 우점하였다(Table 2).

2. 부착돌말류의 오염내성도에 따른 오염군 변화와 DAIPo지수

출현종을 오염내성도에 따른 3가지 오염군, 즉 호오염성 종(SPT), 광적응성 종(IDT), 호청수성 종(SXT)으로 구분하여 조사시기 및 정점별로 구성비를 구하였다(Table 3). 정점 1에서 호오염성 종의 빈도는 최저 0.0%(2004년 3월 14일)에서 최고 51.8%(2004년 10월 17일)로 큰 차이를 보였고, 광적응성 종의 빈도는 최저 37.2%(2005년 2월 13일)에서 최고 87.0%(2004년 3월 14일)로 변화폭이 컸다. 호청수성 종은 최저 1.8%(2004년 10월 17일)에서 최고 29.6%(2005년 2월 27일)까지 변화하였다.

Table 3. Percentage of three diatom groups divided into the degree of pollution tolerance in the epilithic diatom communities during the periods from Feb. 2004 to Feb. 2005 in the lower part of the Han River

Date	St. 1 (%)			St. 2 (%)		
	STP	IDT	SXT	STP	IDT	SXT
Mar. 14, 2004	0.0	87.0	13.0	62.2	37.8	0.0
Mar. 28	22.9	65.6	11.5	45.1	53.7	1.2
Apr. 11	33.8	53.8	12.5	39.8	44.4	15.7
Apr. 25	32.3	52.1	15.6	32.4	59.3	8.3
May 9	26.6	50.0	23.4	47.3	33.6	19.1
May 23	42.0	45.7	12.3	30.5	59.9	9.6
Jun. 5	16.9	61.5	21.5	22.3	69.3	8.4
Oct. 17	51.8	46.5	1.8	ND	ND	ND
Oct. 31	45.5	50.5	4.0	ND	ND	ND
Nov. 28	36.5	58.8	4.7	ND	ND	ND
Dec. 12	25.6	70.7	3.7	ND	ND	ND
Dec. 27	27.4	68.7	3.9	60.3	39.2	0.5
Jan. 16, 2005	34.4	60.4	5.2	41.9	56.8	1.3
Jan. 30	25.1	67.7	7.2	35.6	54.8	9.6
Feb. 13	41.4	37.2	21.4	55.2	40.3	4.5
Feb. 27	30.0	40.4	29.6	ND	ND	ND
Mean	30.8	57.3	12.0	43.0	49.9	7.1

※ SPT: Saprophilous taxa, IDT: Indifferent taxa, SXT: Sproxenous taxa, ND: No data

정점 2에서 호오염성 종의 빈도는 최저 22.3%(2004년 6월 5일)에서 최고 62.2%(2004년 3월 14일)로 변화하였고, 광적응성 종의 빈도는 최저 33.6%(2004년 5월 9일)에서 최고 69.3%(2004년 6월 5일)로 변화폭이 컸다. 호청수성 종은 0.0%(2004년 3월 14일)에서 최고 19.1%

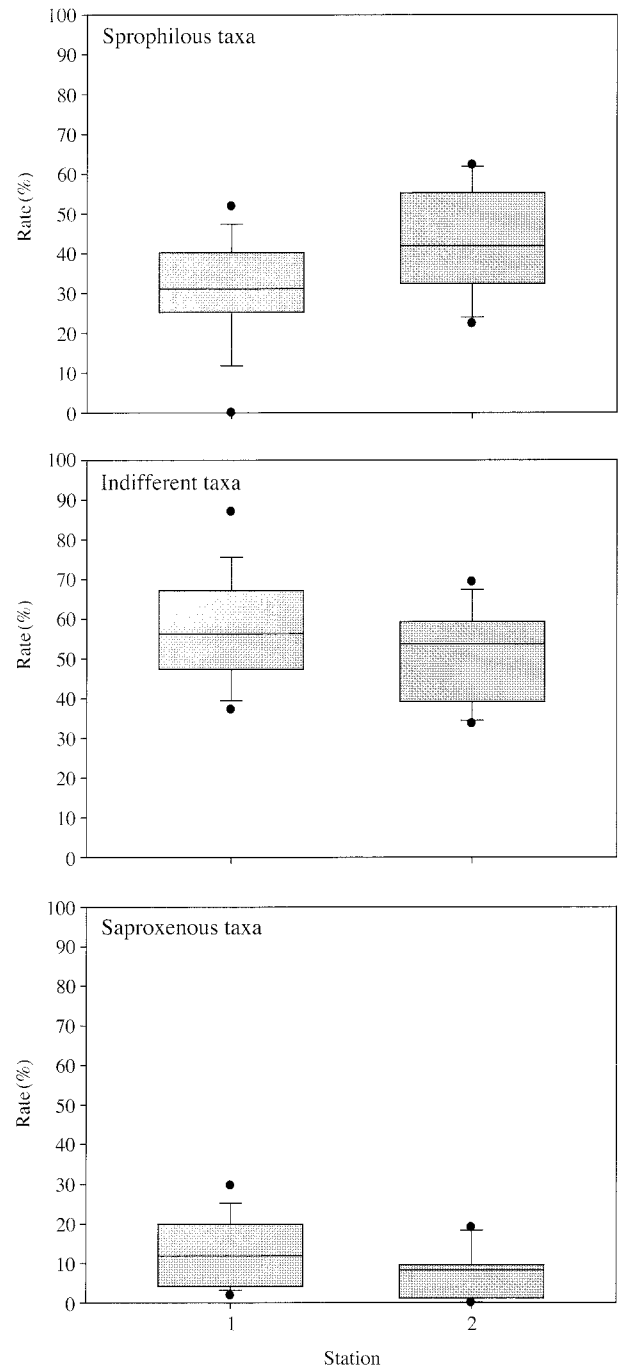


Fig. 2. Rate of three diatom groups divided by degree of pollution tolerance in the epilithic diatom communities at each station during the periods from Feb. 2004 to Feb. 2005 in the lower part of the Han River.

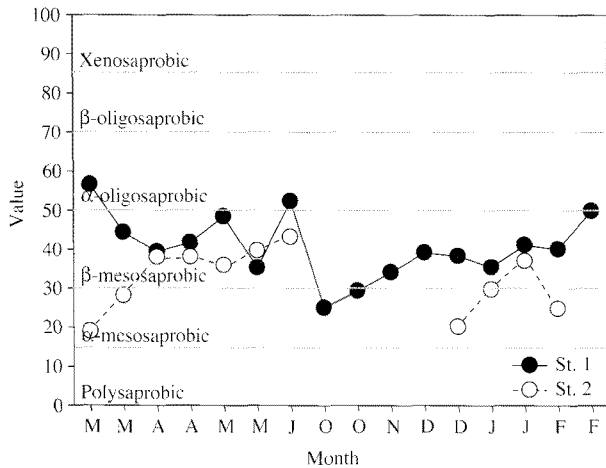


Fig. 3. Monthly changes of DAIPo values during the periods from Feb. 2004 to Feb. 2005 in the lower part of the Han River.

(2004년 5월 9일)까지 변화하였다(Fig. 2: Table 3). 정점 2에서 일부 기간에는(2004년 10월 17일, 31일, 11월 28일, 12월 27일, 2005년 2월 27일) ceramic tile 유실에 따라 분석하지 못하였다.

한강하류의 수질 오염도를 DAIPo 방법을 이용하여 평가한 결과, 정점 1에서는 25.0~56.5까지 평균 40.6을, 정점 2에서는 18.9~43.1까지 평균 32.1로 각각 β -중부수성 수역(β -mesosaprobic level)을 나타내었으나 정점 1에서 더 높았다. 계절별 평균 지수는 봄철에 38.6, 여름철에 47.7, 가을철에 29.5, 겨울철에 35.5로 가을철에 가장 낮았다. 정점별로는 정점 1에서 봄철과 겨울철에 각각 44.2와 40.6으로 β -중부수성 수역이었으며, 가을철에는 29.5로 α -중부수성 수역이었다. 정점 2에서는 계절별 DAIPo지수와 수질 오염도는 봄철에 33.0으로 β -중부수성 수역을, 겨울철에 27.9로 α -중부수성 수역에 해당되었다(Fig. 3).

고 찰

수중생태계에서 1차 생산자의 역할을 담당하는 부착돌말류의 종조성 및 현존량은 환경요인의 변화에 따라 민감하게 반응하기 때문에 수질을 판정하는 지표로 이용할 수 있으며(Round 1993). 한강하류에서 Watanabe와 Asai(1990)에 의한 부착돌말류의 DAIPo지수는 평균 36.4를 보여 β -중부수성 수역으로 나타났다. Ryding과 Rast(1989)의 수질 평가에서 한강하류는 총 인과 chlorophyll *a* 농도가 각각 평균 $1,161 \mu\text{g L}^{-1}$ 및 $25.2 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 과영양화 상태로(권 등 2006), 낮은 DAIPo지수와 연관성이

밀접하였다. 이는 부영양화된 낙동강 및 금호강에서도 평균 β -중부수성 이하의 DAIPo지수를 보여 우리나라 주요하천에서 유사한 DAIPo지수를 보였다(정 등 1993; 이 1998; 박 등 2004).

정점별 DAIPo지수의 변화에서 정점 1에서는 조사기간 중 대부분이 β -중부수성을 나타내었으나, 2월, 3월, 6월에 α -빈부수성이었다. 이때의 우점종은 *Fragilaria capucina* 및 *Cymbella minuta*로 호청수시 나타나는 종이며(Lange-Bertalot 1979; Watanabe *et al.* 1988; Dixit and Smol 1995), 본 조사시 평균 BOD₅ 및 전기전도도가 각각 1.8 mg L^{-1} , $114 \mu\text{S cm}^{-1}$ 로 다른 시기에 비해 상대적으로 깨끗한 수질을 보이고 있었다(권 등 2006). 한편 이(1998)의 보고에서 낙동강의 부착돌말류에 의한 유기오탁지수 평가에서 낮은 BOD₅ 농도와 α -빈부수성 수역에서 나타는 호청수성 종들이 출현하여 본 연구 결과와 유사하였다. 한강하류에서 2004년 2월, 3월, 6월을 제외한 조사기간에는 α -중부수성에서 β -중부수성이었으며, 이때에는 *A. granulata*, *M. varians*, *N. palea*가 주로 우점하였는데 이들은 오염된 수역에 분포하는 지표종으로 알려져 있다(Palmer 1969; Harper 1992). 탄천의 영향을 직접적으로 받는 지역인 정점 2에서는 호호염성 종인 *N. palea*(Watanabe and Asai 1990)가 조사기간 중 대표적 출현종으로 평균 20.86%의 비율로 출현하였고, 특히 12월에 *N. palea*는 58.20%의 높은 우점을 나타내었다. 이때 *N. palea*가 우점할 경우 BOD₅ 및 전기전도도는 각각 $4.2 \sim 7.2 \text{ mg L}^{-1}$ 및 $145 \sim 202 \mu\text{S cm}^{-1}$ 로 악화된 수질을 나타내고 있었다. 낙동강에서도 BOD₅가 $6.3 \sim 12.7 \text{ mg L}^{-1}$ 로 수질 악화와 함께 *N. palea*가 우점하였다고 보고하여 본 연구와 유사하였다(이 1998). 한강하류의 수질 판정을 위한 DAIPo지수 산정에서 중요하게 영향을 미치는 부착돌말류는 크게 *A. granulata*, *C. minuta*, *F. capucina*, *N. palea*, *M. varians*였으며, β -중부수성 이하에서는 호호염성 종인 *N. palea*의 출현 영향이 컸고, *C. minuta* 및 *F. capucina*가 α -빈부수성에서 우점하고 있었다. 특히 *C. minuta*는 호청수성 종들 중 오염에 매우 민감한 지표성을 나타내고 있다(Lange-Bertalot 1979). 따라서 한강 하류역에서 수질 판정할 수 있는 주요 지표종으로 위에 제시된 종들을 이용할 수 있다고 판단된다. 또한 본 연구에서 DAIPo지수의 변이는 전기전도도와 BOD₅와 밀접한 상관성을 나타내었는데, 전기전도도 및 BOD₅는 환경평가 자료로서 안정도 및 신뢰도가 우수하며(Kobayasi *et al.* 1985; Watanabe and Asai 1990), 측정의 간편성 및 DAIPo지수를 이용하여 수질 판정시 보정 및 비교가 용이하다(정 등 1993). 그러나 전기전도도 및 BOD₅뿐만 아니라 총 인, 총 질소 등과 같은 유기 오염

물질 영향에 의한 지수와외의 관계 연구가 미비하여 더 활발한 연구가 이루어져야 된다고 판단된다.

본 연구에서 두 정점간의 거리는 비록 약 20 km로 짧으나, 정점 1과 정점 2의 DAIPo지수는 차이는 비교적 컸다. 이는 정점 2에서 오염이 심각한 탄천의 영향을 직접적으로 받고 있으므로(신 등 2001), 정점 1보다 낮은 지수를 나타내었다고 판단된다. 한강하류역의 수질은 팔당댐부터 행주대교까지 하부로 내려갈수록 그 오염부하가 점점 가중되고 있으며(권 등 2006), 그 가장 큰 원인은 오염된 지류하천들의 한강본류로 유입을 원으로 평가하여(Chang 2005), 본 연구결과와 잘 일치하고 있었다. 따라서 본 연구결과와 기존 연구결과에 따라 한강은 하류로 갈수록 DAIPo지수는 더욱 더 낮아져서 악화된 수질을 나타내며, 이의 가장 큰 영향은 오염된 지류하천의 영향이 가장 크다고 할 수 있다. 따라서 한강본류의 수질 개선을 위하여 유입되는 오염된 지·하천의 정화사업이 시급하다고 판단된다.

적 요

본 연구는 한강하류역에서 2개 정점을 선정하여 2004년 2월부터 2005년 2월까지 갈수기에 격주 간격으로 인공기질을 이용하여 부착돌말류에 의한 수질평가를 수행하였다. 조사기간 중 출현한 부착돌말류는 총 60분류군으로 2목 3아목 8과 18속 51종 7변종 2품종으로 구성되어 있었다. 정점별 우점종은 정점 1에서 광적응성 종인 *A. granulata* (22.76~30.30%), *M. varians* (17.44~34.78%)와 호오염성 종인 *N. palea* (15.00~31.76%) 등이 출현하였으며, 정점 2에서는 호오염성 종인 *N. palea* (19.86~58.20%)가 주요 우점종이었다. DAIPo지수는 정점 1에서는 평균 40.6을, 정점 2에서는 평균 32.1로 각각 β-중부수성 수역이었으나, 정점 2에서 수질이 더 악화되어 있었다. 본 연구에서 출현한 우점종들이 한강하류역에서 수질 판정할 수 있는 주요 지표종이며, 이들의 상대빈도에 의한 DAIPo지수는 수질평가의 유용한 수단이 될 수 있었다.

사 사

본 연구를 위하여 시료의 채집과 자료 정리를 도와준 상명대학교 해양생물연구실 주형민, 권오윤님께 감사료를 표합니다.

참 고 문 헌

- 권오윤, 정승원, 이진환. 2006. 한강 하류의 환경학적 연구 VII. 식물플랑크톤 군집의 변화에 미치는 물리 화학적 요인. 한국육수학회지. 39:340-351.
- 김용재. 2001. 신천의 부착규조 군집을 이용한 유기오탁 판정. 한국육수학회지. 34:199-205.
- 박정원, 최재신, 김미경. 2004. 낙동강 중류 지역의 부착규조 군집의 변화와 유기오탁지수(DAIPo)에 의한 수질평가. 한국육수학회지. 37:70-77.
- 박성환, 이진환. 2007. 한강하류의 환경학적 연구 IX. 인공기질을 이용한 부착돌말류의 천이와 요인분석. 환경생물. 25:16-26.
- 신정식, 정종흡, 오경두, 나규환. 2001. 장래 탄천수질과 한강 본류에 미치는 영향 예측. 한국환경위생학회지. 27:49-56.
- 이정호. 1998. 낙동강의 부착규조와 유기오탁지수(DAIPo). 한국육수학회지. 31:38-44.
- 이정호, 김용재. 1996. 낙동강 수계 댐호의 부착규조 및 영양단계. 환경생물. 14:18-28.
- 정 준, 최재신, 이정호. 1992. 부착규조에 의한 양산천의 수질평가. 환경생물. 10:9-23.
- 정 준, 최재신, 이정호. 1993. 부착규조 군집의 유기오탁지수(DAIPo)에 의한 금호강의 수질평가. 환경생물. 11:43-58.
- Asai K and T Watanabe. 1999. Statistic classification of epilithic diatom species into three ecological groups relating to organic water pollution (2) Saprophilous and saproxenous taxa. Diatom 10:35-47.
- Chang HJ. 2005. Spatial and temporal variations of water quality in the Han River and its tributaries, Seoul, Korea. 1993-2002. Water Air Soil Pollut. 161:267-284.
- Choi JS and J Chung. 1990. An assessment of water quality by epilithic diatoms of Namchun water system. Kor. J. Phycol. 5:173-191.
- Coste M and H Ayphassorho. 1991. Etude de la qualité des eaux du Bassin Artois-Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques (Application des indices diatomiques). Rapport Cemagref Bordeaux. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai.
- Czarnecki DB and DW Blinn. 1978. Diatoms of the Colorado River in Grand Canyon National Park and Vicinity (Diatoms of Southwestern USA. II). Bibliotheca Diatomologica 38:1-181.
- Descy JP. 1979. A new approach to water quality estimation using diatoms. Nova Hedwigia 64:305-323.
- Descy JP and M Coste. 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. Verh. int. Ver. Limnol. 24:2112-2116.

- Dixit SS and JP Smol. 1995. Diatom evidence of past water quality change in Adirondack seepage lakes (New York, U.S.A.). *Diatom Research* 10:113-129.
- Harper D. 1992. *Eutrophication of freshwaters. Principles, problems and restoration.* Chapman & Hall, New York.
- Horne AJ and CR Goldman. 1994. *Limnology.* McGraw-Hill, Inc. New York.
- Kobayasi H, S Mayama, K Asai and S Nakamura. 1985. Occurrence of diatoms collected from variously polluted rivers in Tokyo and its vicinity, with special reference to the correlation between relative frequency and BOD. *Bull. Tokyo Gakuge Univ. Sect. 4.* 37:21-46.
- Kelly MG and BA Whitton. 1995. The trophic diatom index: A new index for monitoring eutrophication in rivers. *J. Appl. Phycol.* 7:433-444.
- Kelly MG, CJ Penny and BA Whitton. 1995. Comparative performance of benthic diatom indices used to assess river water quality. *Hydrobiologia* 302:179-188.
- Lange-Bertalot H. 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia* 64: 285-304.
- Palmer CM. 1969. A composite rating of algae tolerating organic pollution. *J. Phycol.* 5:78-82.
- Prygiel J and M Coste. 2000. Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées NF T90-354. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai.
- Round FE. 1993. *A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality 1993.* HMSO, London.
- Ryding SO and W Rast. 1989. *The control of eutrophication of lakes and reservoirs.* Parthenon. Paris.
- Sládeček V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. *Arch. Hydrochim. Hydrobiol.* 14:555-66.
- Sumita M and T Watanabe. 1983. New general estimation of river pollution using new diatom community index (NDCI) as biological indicator based on specific composition of epilithic diatom community, Applied to Asano-gawa and Sai-gawa river in Ishikawa Prefecture. *Jap. J. Limnol.* 44: 329-340.
- von Stosch HA. 1974. Pleurax, seine Synthese und seine Verwendung zur Einbettung und Darstellung der Zellwände von Diatomeen, Peridineen und anderen Algen, sowie für eine neue Methode zur Elektivfärbung von Dinoflagellaten-Panzern. *Archiv für Protistenkunde* 116:132-141.
- Watanabe T. 1981. Pollution spectrum of taxon that is composed epilithic diatom community. *Res. Rep. Envir. Sc.* B121-R12. 10:34-43.
- Watanabe T and K Asai. 1990. Numerical simulation using diatom assemblage of organic pollution in stream and lakes. *The Review of Inquiry and Research* 52:99-139.
- Watanabe T, K Asai and A Houki. 1988. Numerical index of water quality using diatom assemblage. pp. 179-192. In *Biological monitoring of Environmental Pollution* (Yasuno M and BA Whitton eds.). Tokai University Press.
- Watanabe T, K Asai, A Houki, S Tanka and T Hizuka. 1986. Saprophytic and eurytopic diatom taxa to organic water pollution and diatom assemblage index (DAIPo). *Diatom.* 2:23-73.

Manuscript Received: July 9, 2008
Revision Accepted: August 15, 2008
Responsible Editor: Hak Young Lee