

신천의 부착규조 군집을 이용한 유기오탁 판정

김 용 재

(대진대학교 생명과학과)

An Assessment of Organic Pollution using Attached Diatom Assemblages in the Shinchon Stream. Kim, Yong Jae (Department of Life Science, Daejin University, Pochun, Kyunggi, 487-711, Korea)

This study was investigated to the assessment of organic pollution using attached diatom assemblages in the Shinchon stream on April, June, September and December 1999. Diatoms were identified total 74 taxa which composed of 68 species, 4 varieties and 2 unidentified species. The Centrales were 5 taxa and Pennales were 69 taxa. Dominant species were *Navicula subminuscula*, *Navicula saprophila* and *Nitzschia palea* which were saprophilous taxa to organic pollution. *N. palea* was dominant species at st. 1~3 on April, June and September and *N. subminuscula* was recorded as dominant species at st. 4 on June, September and December. *N. saprophila* was dominated only at station 4 on April. DAIPo values were ranged 0.4~15.3 at all stations from April to December and the water qualities were polysaprobic states except to α -mesosaprobic state at st. 1 on June. If *Navicula* sp. was identified as saprophilous taxa, DAIPo value of this station will be 3.5 and water quality of the station will be polysaprobic state. This stream was assessed the water qualities of polysaprobic states.

Key words : Attached diatom assemblage, DAIPo, α -mesosaprobic, Polysaprobic state, Saprophilous taxa

서 론

1970년대부터 경제개발 정책 하에 산업화 및 도시화가 가속화되었다. 이에 동반되는 각종 환경문제에 대해 민, 관 모두가 1980년대 후반부터 매우 높은 관심을 가지게 되었으나 이미 많은 하천이나 호수 등의 수질은 악화되어있다. 이러한 문제의 사례로는 1996년 한탄강 물고기 폐사 사고 등이 있다. 한탄강은 임진강의 제1지류로서 군사보호 지역이며 자연상태로 보존되어 있으나 포천군, 양주군, 연천군 및 파주군 등에 분포하고 있는 소 하천에서 유입되는 오탁된 수질에 의해 수질오염은 가중되고 있다(경기북부환경운동연합, 1997). 김 (1999)

은 한탄강의 제1지류인 포천천의 조사에서 특히 여름에 수질오염이 매우 심각한 것으로 보고하였다.

수질의 생물학적 평가는 Kolkwits and Marrson (1908)에 의해 처음으로 saprobic system이 제안되었다. 그 후에 다양한 방법과 생물군이 지표종으로 이용되었으나 생물군에 의한 정확한 수질의 표현이 어려운 문제이므로 수질을 정량적으로 표현하기 위한 Beck's index와 Pantle과 Buck's index를 제안하였다(Beck, 1955; Pantle and Buck, 1955). Sladéck (1973)는 saprobic system을 도입하여 여러 방법으로 발전시켰다. Descy (1979)는 요인 분석을 기초로 한 새로운 지수인 SI를 제안하였다. 특히 구조군집의 생태적 적응의 특성은 수계의 여러 환경 조건에 따라 정량적 변화를 한다는 특성을 이용하여

* Corresponding author: Tel: 031) 539-1851, Fax: 031) 539-1850, E-mail: yjkim@road.daejin.ac.kr

수계의 유기오탁을 판정하기 위해 구조류의 오염내성에 관해 Lange-Bertalot (1979)가 보고하였다. Watanabe *et al.* (1986)가 생물학적 지수 시스템인 DAIPo (Diatom assemblage index to the organic water pollution)를 제안하였다. 그들은 전 출현종에 상대빈도를 구하고 호청수성종, 광적응성종 및 호오탁성종의 3가지 생태군으로 분류하였으며 DAIPo 공식에 의해 정점별 및 조사시기별로 값을 구해 정량적 수질 평가를 하였다 (Watanabe and Asai, 1990).

우리나라에서는 국외에서 행하여진 바와 같은 다양한 방법으로 수질을 평가할 수 있는 방법이 개발된 적이 없으며 또한 생물학적 지수에 의한 정량적 연구도 미흡하다. 국내에서 부착규조 군집 및 수질에 대한 조사보고는 1980년대 후반부터 정 (1987), Choi and Chung (1990), 이와 정 (1992), 이 (1998) 및 최 등 (1998) 등에 의해서 낙동강을 중심으로 남부지역에 편중되어 있다. 그 외의 지역에서 수행된 연구는 장 등 (1999) 등이 있으나 경기북부 지역의 조사는 김 (1999)과 김 등 (1999)이 있을 뿐 거의 조사가 이루어지지 않고 있다.

생물학적 지수에 의한 수질평가가 매우 미흡하며 조사가 수행되지 않은 경기도 북부지역인 경기도 양주군, 동두천시 및 연천군에 위치하는 신천을 대상으로 부착규조 군집을 분석하고 유기오탁을 판정하기 위해 1999년 4월부터 1999년 12월까지 4회 시료를 채집 및 조사하였다.

조사 및 방법

한탄강의 제1지류인 신천은 경기도 양주군에서 발원하여 동두천시를 관류하며 연천군 전곡에서 합류된다. 본 하천의 유로 연장은 총 37.5 km이며 유로 면적은 369.3 km²이다. 발원지로부터 중류까지 20.5 km는 총 유로 연장의 53%로서 양주군을 관류하며, 다음 유로 연장 12 km (36%)는 동두천시를 관류하고, 하류 5 km는 연천군에 속한다. 본 하천의 수질오염원은 생활하수, 산업폐수 및 축산폐수로 분류할 수 있다. 이 중에 생활하수 발생량은 45,820 m³/일이며 이 중에 BOD 부하량은 9,318 kg/일이다. 산업폐수는 섬유, 피혁 및 금속업체 등으로부터 발생되며 이들 업체의 69.3%는 신천 상류 지역인 양주군 지역에 산재하고 있다. 폐수 발생량은 총 57,765 m³/일이며 이중에 섬유업체의 오염 발생량이 40.1%로 가장 많았다. BOD 부하량은 5,566 kg/일이며 COD 부하량은 6,150 kg/일 그리고 SS 부하량은 5,556 kg/일로 보

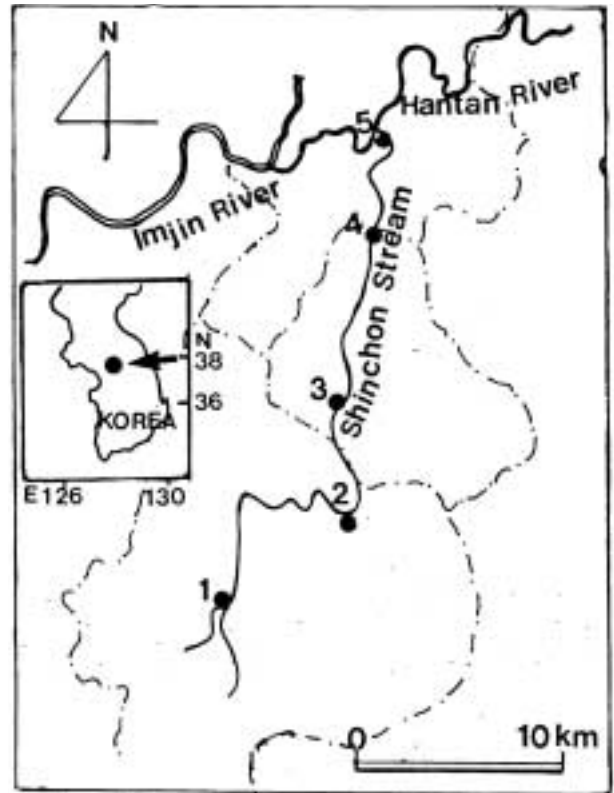


Fig. 1. A map showing the sampling stations in the Shinchon stream.

고되었다. 그리고 축산폐수는 육류소비의 증가로 폐수 발생량은 계속 증가하고 있으며 1999년 이전의 총 발생량은 2,757 m³/일이며 BOD 부하량은 7.171 kg/일이다 (건교부·한국수자원공사, 1997).

부착규조 군집을 분석하고 유기오탁을 판정하기 위해 신천에 4개의 정점을 선정하여 1999년 4월, 6월, 9월 및 12월에 각각 1회씩 시료를 채집, 조사하였다 (Fig. 1). 환경요인 중에 수온과 전기전도도는 WTW-LF 91 membrane EC meter로, pH는 HI 8314 membrane pH meter로 현장에서 측정하였다. DO와 BOD₅는 Winkler법으로 측정하였고 (APHA, 1985) 환경부의 자료 (1999)를 참조하였다. 수심이 10~30 cm 정도이고 유속이 약 40 cm/sec인 장소에서 표면이 편평하고 그 면이 수면과 평행한 돌에 부착하고 있는 시료를 솔로 긁어 채집하였다. 채집한 시료는 formalin으로 고정하였고 Permanganate method (Handey, 1974)에 의해서 처리한 후 영구표본을 제작하여 검경하였다. 상대빈도는 각 정점의 영구 표본에서 500개체 이상의 피각을 계수하여 산출하였으며 우점종은 어떤 정점에서의 평균 출현율을 구한 후, 전 출현종

가운데 평균 출현율을 상회하는 상대빈도를 가진 종들 가운데 최고의 상대 빈도를 가진 종이다(Fukushima *et al.*, 1990). 부착규조의 군집 구조를 분석하기 위하여 각 정점마다 출현종의 상대 빈도를 기본자료로 하여 Shannon-Weaver (1963)의 종다양성 지수 및 Simpson (1949)의 우점도 지수를 구하였다. 신천의 유기오탁은 Watanabe and Asai (1990)의 DAIPo 방법으로 평가하였으며, 출현종을 유기오탁에 대한 내성도를 기준으로 3가지 생태군으로 분류하였다. 그리고 DAIPo를 BOD₅ 및 오탁계급을 비교한 것은 Table 6과 같다.

결 과

환경요인들 중에 (Table 1) 수온은 4월부터 12월까지 5.6~32.3°C의 범위였다. 정점간의 수온의 차이는 작았으나 전반적으로 정점 1에서 높은 경향을 나타내었다. pH는 7.1~8.0의 범위로 하천 전체가 유사한 상태였다. 전기전도도는 1,040~2,700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위였으며 정점 1의 전기전도도가 하류의 정점보다 전반적으로 높았다. BOD₅는 8.2~37.4 mg/l의 범위로 1999년 6월과 9월에 가장 높았다. 정점 1에서 4까지 유사하였지만 정점 5에서 가장 낮았다.

부착규조 군집은 총 74분류군으로 2목, 3아목, 8과 19속, 68종, 4변종 및 2미동정종으로 구성되어 있다. 중심규조목은 5분류군, 익상규조목은 69분류군이였다 (Table 2). 각 조사 시기별 출현분류군 수는 1999년 4월에는 총 42분류군, 6월에는 43분류군, 9월에는 48분류군 그리고 12월에는 39분류군이였다.

각 정점의 출현 분류군수는 1999년 4월에 19~28분류군의 범위로 정점 4에서 가장 적었으며 정점 2에서 가장 많았다. 6월에는 정점 1, 2와 3에서 15분류군으로 최저였으며 정점 5에서 29분류군으로 최대였다. 9월에는 정점 3에서 15분류군으로 가장 적었고 정점 1에서 25분류군으로 최대였다. 그리고 12월에는 15~21분류군으로 각 정점간의 출현 분류군의 수는 비슷했다.

우점종은 Table 3과 같이 4월에는 정점 1, 2 및 3에서 *Nitzschia palea* 그리고 정점 4에서는 *Navicula saprophila*였으며, *Navicula accomoda*, *Navicula subminuscula* 및 *Gomphonema pseudoaugur* 등이 아우점종이였다. 이들 우점종과 아우점종의 상대빈도는 전체의 62% 이상의 높은 비를 점유하였다. 6월에는 정점 1~4까지 *Nitzschia palea*가, 정점 5에서는 *Navicula subminuscula*가 우점종으로서 이들은 27.1% (정점 4)~88.6% (정점 2)의 높은 상대빈도를 나타내었으며, 아우점종은

Table 1. Environmental factors in the Shinchon stream.

Station Month / Factor	1	2	3	4	5
'99 Apr. Water Temp. (°C)	10.0	-	7.9	-	9.0
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-	-	-	-	-
pH	7.7	-	7.9	-	8.0
BOD ₅ (mg/l)	15.4	-	31.3	-	19.9
'99 Jun. Water Temp. (°C)	29.8	25.3	26.2	22.8	24.3
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1930	1040	1135	1280	1440
pH	7.7	7.4	7.2	7.1	7.5
BOD ₅ (mg/l)	37.0	22.4	25.3	12.9	16.1
'99 Sep. Water Temp. (°C)	32.3	28.7	30.1	27.5	30.6
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2700	1820	1960	1620	1820
pH	7.4	7.2	7.4	7.2	7.6
BOD ₅ (mg/l)	29.2	39.4	40.1	37.4	14.3
'99 Dec. Water Temp. (°C)	6.6	5.9	6.6	10.3	5.6
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1700	1354	1417	1980	1235
pH	7.8	7.6	7.8	7.7	8.0
BOD ₅ (mg/l)	17.2	16.4	16.0	8.2	12.6

Table 2. Summary of attached diatom assemblages in the Shinchon stream.

Order	Suborder	Family	Genus	Species	Variety	Unidentified sp.	Total
Cenetales	1	2	4	5	-	-	5
Pennales	2	6	15	63	4	2	69
	2	3	8	19	68	4	74

N. subminuscula 등 4분류군이였다. 9월에는 정점 1, 2, 3 및 5에서 *Nitzschia palea* (43.4~71.7%)가, 정점 4에서 *N. subminuscula* (45.3%)가 우점종이었고 아우점종은 *Gomphonema pseudoaugur* 등 4분류군이였다. 12월에는 정점 1에서만 *Nitzschia palea*가 91%의 높은 상대빈도로, 정점 2~5에서는 *N. subminuscula*가 52.8~74.7%의 상대빈도로 우점종을 나타내었다. 아우점종은 *N. seminulum*과 *Nitzschia palea*이였다. 본 조사 동안 모든 정점에서 우점종 및 아우점종의 구성은 유사하였으며 단지 우점종의 출현 기간, 정점 및 구성비에서 차이가 있었다.

종다양성 지수 (Table 4)는 1999년 4월에 0.80~0.91의 범위로서 전체 정점에서 비슷하였다. 본 조사기간에는 우점종 및 아우점종의 상대빈도 차이가 크지 않은 결과로 추정된다. 6월에는 0.25~0.85의 범위로서 정점 2와 3에서는 다양도가 매우 낮았다. 본 정점들의 우점종은 *Nitzschia palea*로서 88% 이상의 높은 상대빈도로 번무하였다. 또한 정점 1에서도 다양도가 0.5로서, 본 정점역시 *N. palea*가 61.9%의 높은 상대빈도를 나타내었다.

Table 3. Dominant species (%) of attached diatom assemblages at each station in the Shinchon stream.

Station	April	June
1	<i>Nitzschia palea</i> (37.1)	<i>Nitzschia palea</i> (66.3)
2	<i>Nitzschia palea</i> (30.1)	<i>Nitzschia palea</i> (88.1)
3	<i>Nitzschia palea</i> (49.8)	<i>Nitzschia palea</i> (88.6)
4	<i>Navicula saprophila</i> (32.7)	<i>Navicula subminuscula</i> (35.9)
5	—	—
	September	December
1	<i>Nitzschia palea</i> (71.7)	<i>Nitzschia palea</i> (91.0)
2	<i>Nitzschia palea</i> (48.3)	<i>Navicula subminuscula</i> (62.1)
3	<i>Nitzschia palea</i> (45.1)	<i>Navicula subminuscula</i> (72.1)
4	<i>Navicula subminuscula</i> (45.3)	<i>Navicula subminuscula</i> (52.8)
5	<i>Nitzschia palea</i> (43.4)	<i>Navicula subminuscula</i> (74.7)

그러나 정점 4와 5에서는 우점종 및 아우점종의 상대빈도가 유사한 결과로 전자의 정점들보다 지수가 높았다. 9월에는 0.50~0.71의 범위로 본 조사기간 역시 각 정점간의 지수는 유사하였다. 우점종의 상대빈도는 45% 이상이었으며 다른 분류군의 상대빈도와 합한 결과와 유사하였다. 12월에는 0.18~0.58로서 전반적으로 낮았다. 특히 정점 1에서는 우점종인 *Nitzschia palea*가 91%의 높은 상대빈도에 의해 4회의 조사 동안 다양도가 가장 낮았다. 중, 하류의 정점들은 우점종이 *Navicula subminuscula*로서 58.2% 이상의 상대빈도로 다양성 지수가 비슷하였다.

우점도 지수 (Table 4)는 4월에 0.19~0.27로서 낮았는데 이것은 우점종과 아우점종의 상대빈도가 각 정점마다 유사하기 때문이다. 6월에는 0.17~0.79로서 다양하였는데 *N. palea*가 높은 상대빈도를 나타내는 정점 2와 3에서 높았다. 9월에는 0.29~0.53의 범위였으며 12월에는 0.37~0.83의 범위였다.

오염 내성도에 따른 3가지 생태군에서 호오탁성종은 12분류군, 호청수성종은 7분류군 그리고 광적응성종은 55분류군이었다 (Table 5). 우점종 중에서 호오탁성종은 *Navicula saprophila*, *Navicula subminuscula* 및 *Nitzschia palea* 등 3분류군이며, 호청수성종 및 광적응성종은 조사되지 않았다. 아우점종 중에 호오탁성종은 *Gomphonema pseudoaugur*, *Navicula accomoda*, *N. subminuscula*, *Navicula seminulum* 및 *N. palea* 등 5분류군이며 호청수성종은 조사되지 않았다.

유기오탁에 따른 생태군은 1999년 4월에 호청수성 및

Table 4. Diversity and dominance index of attached diatom assemblages at each station in the Shinchon stream.

Station	Month / Index	1	2	3	4	5
Apr.	Diversity	0.91	0.87	0.81	0.80	—
	Dominance	0.20	0.19	0.27	0.20	—
Jun.	Diversity	0.52	0.26	0.25	0.85	0.75
	Dominance	0.44	0.78	0.79	0.17	0.26
Sep.	Diversity	0.51	0.55	0.65	0.72	0.61
	Dominance	0.53	0.33	0.29	0.28	0.31
Dec.	Diversity	0.18	0.58	0.51	0.57	0.44
	Dominance	0.83	0.41	0.53	0.37	0.57

Table 5. Percentage (%) of ecological diatom groups classified by degrees of pollution tolerance in attached diatom assemblages at each station in the Shinchon stream.

Station	Month / Group	1	2	3	4	5
April	Saproxenous	1.4	0	0	0	—
	Saprophilous	75.5	86.6	86.2	92.9	—
	Indifferent	23.1	13.4	13.8	7.1	—
June	Saproxenous	1.3	0.2	0.4	0	1.3
	Saprophilous	70.6	88.1	93.9	78.6	77.5
	Indifferent	28.1	4.6	5.7	21.4	21.2
September	Saproxenous	0.9	0.4	0	0.2	0.2
	Saprophilous	92.3	98.8	93.3	90.6	88.6
	Indifferent	6.8	1.2	6.7	9.2	11.2
December	Saproxenous	0	0	0	0	0
	Saprophilous	99.3	92.4	90.2	87.8	93.4
	Indifferent	0.7	7.6	9.8	12.2	6.6

광적응성종은 각각 0~1.4%와 7.1~23.1%의 범위로 낮았으나 호오탁성종은 75.5~92.9%로 높았다. 6월에 호청수성종은 0~1.3%로 매우 낮았으며 광적응성종도 4.6~32.5%로 역시 낮았다. 호오탁성종은 상류 수역인 정점 1에서 70.6%이며 중류에서 가장 높은 95.2% 및 93.9%의 빈도를 나타내었다 하류에서도 78.6%와 77.5%로 빈도가 높았다. 본 조사기간 중에 정점 1에서 호오탁성종인 *Nitzschia palea*가 66.3%이었다. *Navicula sp.*가 종으로 동정되지 않아 호오탁성종인지 알 수 없다. 그러나 1999년 6월에 정점 1에서 BOD가 37.0 mg/l, 전기전도도가 1,930 $\mu\text{S/cm}$ 로서 (Table 1) 매우 오염된 수역으로 *Navicula sp.*의 상대빈도가 23.8%로 호오탁성일 가능성이 높다. 만약 본 종이 호오탁성일 경우 본 정점의 호오탁성종 상대빈도가 94.4%로 증가한다. 9월에는 상류부

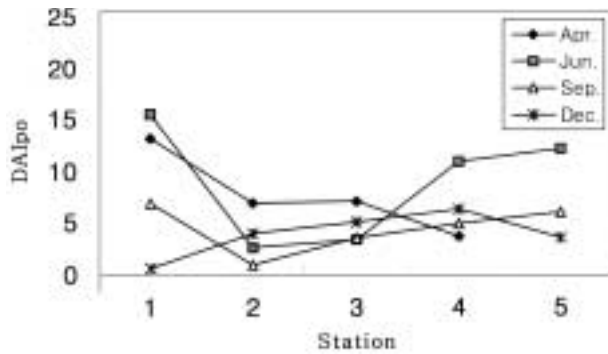


Fig. 2. Variation of DAIPo values at station in the Shinchon stream.

Table 6. Relationships among the DAIPo, BOD and saprobic degrees (from Watanabe and Asai, 1990).

DAIPo	BOD ₅	Saprobic degrees
100~85	> ~0.625	극빈부수성
85~70	0.625~1.25	β-빈부수성
70~50	1.25~2.50	α-빈부수성
50~30	2.50~5.00	β-중부수성
30~15	5.00~10.0	α-중부수성
15~	10.0~	<강부수성

터 하류까지 호오탁성종이 88.6~98.8%이며 12월에도 호오탁성종이 87.8~99.3%로 높았다 (Table 5).

본 하천의 유기오탁 평가는 DAIPo 값을 기준으로 하였다 (Fig. 2, Table 6). 1999년 4월에 방성천, 홍죽천 및 연곡천 등 3지천이 모여 신천을 이룬 정점 1에서 DAIPo 값이 13.0으로 최대였고 수질은 강부수성이었다. 정점 2부터 하류까지의 DAIPo 값은 더욱 감소하여 6.7, 6.9 및 3.6으로 조사되었다. 6월에는 정점 1에서 DAIPo 값이 15.3으로 4월과 비슷하며 *Navicula sp.*가 호오탁성종으로 동정된다면 본 정점의 DAIPo 값은 3.5로서 강부수성으로 판정된다. 정점 2와 3에서는 각각 4.6과 5.7로 조사되었다. 하류 정점은 값이 10.7과 11.9로서 DAIPo가 약간 증가하였으나 역시 강부수성이었다. 9월에는 상류부터 하류까지 DAIPo 값이 0.8~5.8까지 매우 낮았으며 특히 정점 2에서 DAIPo 값이 0.8로서 오탁도는 강부수성이었다. 그리고 12월에는 정점 1에서 DAIPo 값이 0.4로 가장 낮았으며 정점 2부터 5까지 3.3~6.1의 범위였고 오탁도는 강부수성이었다. 본 하천의 유기오탁은 4월부터 12월까지 전체 정점에서 강부수성으로 판정되었다.

고찰

국내하천의 수질에 대한 관심은 소 하천보다 전반적으로 대형 하천에 집중되어 있다. 그러나 대형 하천의 수질을 개선시키기 위해 소 하천에 대한 관심이 요구된다. 1970년대 이후 경제성장에 대해 많은 투자와 관심이 집중되어 왔으나 환경오염에 대한 관심이 부족한 상태였으며 현재 그 영향은 매우 크다. 본 조사 수역인 신천은 1970년대 말부터 서울 소재 소규모 공해배출업소들이 무분별하게 이주해와 지천 및 본류에 분포하고 있다. 이에 따라 인구는 약 18만명이며 생활하수 배출량은 131,945 m³/일로서 계속 증가하고 있는 추세다. 또한 본 하천 유역에 551개의 섬유, 피혁 및 금속업체가 산재하며 이들 업체로부터 산업폐수의 발생량은 57,765 m³/일이다. 이 중에 섬유와 피혁업체로부터 폐수는 총 산업폐수 발생량의 50% 이상이다. 그리고 축산 폐수는 2,757 m³/일이다. 이들 오염 배출량 중에 인구에 의한 BOD 하중이 가장 많았으며 다음은 축산이다. 그리고 산업폐수는 COD 하중이 가장 많았다. 그리고 T-N 하중은 축산 폐수에서 1,237 kg/일로 가장 많으며 T-P 하중은 인구와 축산폐수에서 대부분이었다. 이와 같은 오염 부하량은 1,429.5~262,241.3 m³/일로서 하천 유량을 초과하고 있다. 하수종말처리장은 47,000톤/일정도로 이들 오염원을 처리할 용량이 매우 부족하다 (임진강유역대책본부, 1999). 이에 따라 신천의 오염상태는 계속 가중되고 있다.

국내의 많은 하천의 pH는 하천에 따라 약간씩 차이가 있으나 약산성에서 약알칼리의 범위로 보고되고 있다 (이와 정, 1992; 정 등, 1993; 신과 조, 1998; 김, 1999). 그러나 본 하천의 pH는 pH 7.0 이상이며 계절변화가 없었다. 인간의 영향이 적은 산지하천의 경우 하천 근접내의 생물적 요인과 물리·화학적 요인에 의해 pH가 결정되지만 (Maitland, 1990) 본 하천은 유량보다 산업, 축산 및 생활폐수의 많은 유입으로 항상 거의 일정한 상태로 유지되고 있는 것으로 판단된다. 본 하천의 BOD₅는 6월과 9월에 상, 중류 정점에서 22.5~40.1 mg/l이며 하류 정점에서도 14.3 mg/l 이상으로서 도시하천으로 보고되고 있는 양재천, 금호강 및 대구시 신천의 BOD₅보다 약 5배 이상 높았다 (이와 정, 1992; 정 등, 1993; 최 등, 1993; 장 등, 1999). 반대로 용존산소량은 6월과 9월에 3~5 mg/l로 매우 낮았다. 그리고 환경부 (1999)의 자료 중에 본 하천의 상류 정점에서 총질소의 농도는 30 mg/l 이상이었으며 총인의 농도는 0.608 mg/l로 이상으

로 보고되고 있다. 이와 같은 결과를 기초로 중성의 pH, 낮은 농도의 용존산소량 및 높은 BOD₅는 적은 유량 및 각종 폐수의 다량 유입과 여름에 미생물의 활발한 유기물 분해작용으로 하천의 부착조류나 수생식물의 산소발생량을 초과한 것으로 판단된다 (Laws, 1981).

본 하천은 도시하천으로서 우점종은 양재천과 대구시를 관류한 신천의 중, 하류 정점 그리고 포천천의 중류에서 조사된 우점종이 *Nitzschia palea*와 또는 *Navicula subminuscula*로서 동일하며 그들의 상대빈도도 비슷하였다 (김, 1999; 장 등, 1999; 최 등, 1993). 특히 *N. palea*는 전형적인 호오탁성종으로서 오타화된 수역에서 우점종으로 출현하며 DAIPo가 49 이하인 β, α중부수성 및 강부수성 수역 등에 광범위하게 출현한다 (Watanabe and Asai, 1992). 국내의 각 하천에서도 DAIPo가 6 이하인 강부수성 수역에서 본 종이 우점종으로 조사되었다 (이와 정, 1992; 최 등, 1993; 김, 1999). 본 수역에서 *N. palea*와 함께 우점종인 *N. subminuscula*는 호오탁성 수역의 대표적인 종이며 DAIPo 값이 14 이하인 강부수성 수역과 α-중부수성 수역에서 높은 출현율을 나타내지만 β-중부수성 수역에는 낮은 출현율을 나타내는 것으로 보고하였다 (Watanabe and Asai, 1992). 또한 본 종은 호알칼리성종으로 유기오염물질과 산업폐수와 같은 중금속물질이 많은 오타화된 수역에서 내성을 가지는 것으로 보고하였다 (Lange-Bertalot and Rumrich, 1980).

*Nitzschia palea*와 *Navicula subminuscula*는 호오탁성종으로 분류되었고 서로 다른 환경에서 생육하는 것으로 보고되었으나 (Watanabe and Asai, 1992; Lange-Bertalot and Rumrich, 1980) 본 조사에서는 이들의 보고와 다른 환경에서 우점종으로 출현하였다. 특히 산업폐수가 적절 하천으로 배출되고 수온이 높은 상류 정점에서는 *N. palea*가 우점종이었으나 *N. subminuscula*의 상대빈도는 낮았다. 그러나 수온, BOD₅가 조금 낮은 하류 정점에서는 *N. subminuscula*의 상대빈도가 높았고 *N. palea*는 전자의 분류군보다 약 1/2~1/3 이하의 상대빈도로 조사되었다. 이와 같은 결과는 두 분류군이 호오탁성종이지만 다른 수질을 선호하는 것으로 판단되며 더 자세한 생태를 조사할 필요가 있다.

부착규조를 이용한 유기오탁 판정은 DAIPo 값에 의거하였다. 지금까지 국내에서 DAIPo에 의거하여 수질을 판정한 대부분의 하천은 상류에서 하류로 갈수록 빈부수성-중부수성-강부수성으로 점차 오염도가 증가하는 경향성을 나타내었다 (이와 정, 1992; 이, 1998; 최 등, 1998; 김, 1999; 김 등, 1999). 또한 DAIPo값과 BOD, 전기전도도와와의 상관관계가 0.8 이상의 높은 관계를 보고

한 바 있다 (Watanabe and Asai, 1990; 김, 1999). 그러나 본 조사에서는 DAIPo 값은 0.4~15.3의 범위로 상류부터 하류까지 모두 강부수성이었으며, 정점별로 비슷하였고, 계절적 변화도 없었다. 결과적으로 본 하천은 상류부터 하류까지 모든 수역에 오염배출원인 인구, 산업체, 축산업체 그리고 요식업체 등이 많이 분포하고 있으며 많은 폐수를 배출하고 있다. 이와 같은 하천의 수질을 개선시키고 청정수역으로 보존하기 위해서는 환경에 대한 많은 관심, 하수관거 설치, 하수처리장 시설확대 그리고 오염배출 업소에 대해 지속적인 지도단속이 필요한 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 신천의 부착규조 군집을 분석하고 유기오탁을 판정하기 위해 5곳의 정점을 선정하여 1999년 4월, 6월, 9월, 12월에 총 4회 시료를 채집 및 조사하였다. 부착규조 군집은 총 74분류군으로 2목, 3아목, 8과 19속, 68종, 4변종 및 2미동정종으로 구성되어 있다. 중심규조목은 5분류군이고, 익상규조목은 69분류군이었다. 우점종은 4월, 6월과 9월에 정점 1~3에서 *Nitzschia palea*, 정점 4에서 *Navicula saprophila*, 12월에 정점 1에서 *N. palea*, 정점 2~5에서 *Navicula subminuscula*로 3분류군만이 조사되었다. 3가지 생태군 중 호청수성종은 1.5% 이하였으며, 광적응성종은 0.7~28.1%로 낮았다. 그러나 호오탁성종은 70.6~99.3%로 매우 높았다. DAIPo 값은 조사동안 0.4~15.3의 범위였다. 조사 계절별 DAIPo 값은 1999년 4월에 3.6~13의 범위로 수질은 전체 정점에서 강부수성이었다. 6월에는 정점 1에서 15.3으로 α-중부수성이었으나 만약 미동정종인 *Navicula sp.*가 호오탁성종으로 동정되면 DAIPo 값은 3.5로 낮아진다. 이 결과 정점 1~3까지 2.5~3.5의 범위이고 정점 4와 5에서 10.7과 11.9로서 강부수성의 수질로 판정된다. 9월과 12월에는 DAIPo 값이 각각 0.8~4.3의 범위와 0.4~6.1의 범위로 유기오탁은 모두 강부수성으로 판정되었다. DAIPo 값에 의한 본 하천은 상류부터 하류까지 강부수성의 매우 오타화된 수질로 판정되었다.

사 사

이 논문은 1999학년도 대전대학교 학술연구비지원에 의한 것임.

인용문헌

- 건설교통부·한국수자원공사. 1997. 임진강유역 조사 최종보고서. 197pp.
- 김용재. 1999. 부착규조 군집에 의한 포천천의 수질평가. 한국육수학회지 **32**: 135-140.
- 김용재, 양희건, 최유정, 최중신. 1999. 영평천의 부착규조 군집구조. 대전대학교 환경연구소논문집 **2**: 17-28.
- 경기북부환경운동연합. 1997. 임진강, 한탄강 종합학술조사 사업보고서 57pp.
- 신재기, 조경재. 대청천에서 부착조류의 1차 생산성. 한국육수학회지 **31**: 294-302.
- 이정호. 1998. 낙동강의 부착규조와 유기오탁지수(DAIpo). 한국육수학회지 **31**: 38-44.
- 이정호, 정 준. 1992. 금호강의 오타도에 따른 부착규조의 정점별 변화. 한국육수학회지 **25**: 105-112.
- 장광현, 김현우, 최상호, 김중곤, 주기재. 1999. 도시하천(서울 양재천) 및 산지하천(경기도 사기 막천)에서 부착규조 군집의 동태. 한국육수학회지 **32**: 229-237.
- 정 준. 1987. 부착규조에 의한 형산강 수계의 수질 평가. 한국조류학회지 **2**: 139-46.
- 정 준, 최재신, 이정호. 1993. 부착규조 군집의 유기오탁지수(DAIpo)에 의한 금호강의 수질평가. 한국육수학회지 **11**: 43-58.
- 최재신, 정 준, 김도한. 1993. 금호강 부착규조 군집에 의한 신천의 수질비교. 한국육수학회지 **26**: 165-173.
- 최재신, 김한순, 강만도. 1998. 신천의 부착규조 군집의 계절적 동태. 한국육수학회지 **31**: 235-240.
- 환경부. 1999. 환경부 www.me.go.kr.
- APHA, AWWA, APCF, 1985. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 16th ed. APHA. New York.
- Beck, W.M. 1955. Suggested method for reporting biotic data. *Sew. Ind. Wastes*. **27**: 1193-1197.
- Choi, J.S. and J. Chung. 1990. An assessment of water quality by epilithic diatoms of namchon water system. *Kor. J. Phycol.* **5**: 173-191.
- Descy, J.P. 1979. A new approach to water quality estimation using diatoms. *Nova Hedwig. Beih.* **64**: 305-323.
- Fukushima, H., T. Kobayashi, and H. Ohtsuka. 1990. Morphological variability of the diatom *Ceratoneis arcus* var. *recta*. *Proc. 10th Int. Diatom Symp. Joensuu.* **1998**: 139-147.
- Handey, N.I. 1974. The permanganate method for cleaning freshly gathered diatoms. *Microscopy* **32**: 423-426.
- Kolkwitz, R. and M. Marrson. 1908. Ekologie der pflanzlichen saprobien. *Ber. deutsch. bot. Ges.* **26**: 505-519.
- Laws, E.A. 1981. Aquatic pollution. John Wiley & Sons, Inc. NY. 482pp.
- Lange-Bertalot, H. 1979. Pollution tolerance of diatom as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwig. Beih.* **64**: 285-304.
- Lange-bertalot, H. and U. Rumrich. 1980. The taxonomic identity of some ecologically important small Naviculae. 6th Diatomj-Symposium 135-149.
- Pantle, R. and H. Buck. 1955. Die biologische bewachung der Gewasser und die Darstellung der Ergebnisse. *Ges. Wasserfach* **96**: 604.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The Mathematical Theory of Communication. Illinois Univ. Press, Univ. 177pp.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* **163**: 1-688.
- Sledéck, V. 1973. Systems of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. 7, Ergebn. Sci.* **7**: 1-218.
- Watanabe, T., K. Asai, A. Houki, S. Tanaka and T. Hizuka. 1986. Saprophylic and eury saprobic diatom taxa to organic water pollution and diatom assemblage index (DAIpo). *Diatom* **2**: 23-73.
- Watanabe, T. and K. Asai. 1990. Numerical simulation using diatoms assemblage of organic pollution in stream and lakes. *Rev. Inq. and Res.* **52**: 99-139.
- Watanabe, T. and K. Asai. 1992. Simulation of organic water pollution using Highly prevailing diatom taxa (1). Diatom assemblage in which the leading taxon belongs to *Achnanthes*, *Anomoeoneis*, *Aulacoseira* or *Melosira*. *Diatom* **7**: 13-19.

(Received 19 Mar. 2001, Manuscript accepted 2 May 2001)