

부착조류와 유기오탁지수에 의한 소하천의 수질평가

조관형[†]

청운대학교 철도행정토목학과
(2010. 3. 8. 접수/2010. 4. 1. 수정/2010. 4. 16. 채택)

Water Quality Assessment in Small Streams by Epilithic Diatoms and DAIp_o

Kwanhyung Jo[†]

Dept. of Civil and Environmental Engineering, Chungwoon University, Hongsung, Korea
(Received March 8, 2010/Revised April 1, 2010/Accepted April 16, 2010)

ABSTRACT

In this study, a method for river water quality evaluation by algal examination was investigated. For development of this method, algae living in small rural streams in Gwangcheon-Cheon were collected and observed by microscope. Samples were collected at six stations from May 2008 to May 2009. To elucidate the relationship between pollution and the algal species, diatom grasps were collected from the streams and used to determine the water quality grade. The numerical EC value was compared with the value of DAIp_o (Diatom Assemblage Index of Organic Water Pollution), and the results showed a tendency to a mutually inverse relationship. Further, the numerical BOD and COD values were compared to the DAIp_o value. The results showed that, various diatoms reside in Gwangcheon-Cheon, and water quality was found to be second-grade at all the examined points. These results indicate pollution of streams by livestock wastewater; however continuous monitoring will be necessary to more definitely determine the reason for the Gwangcheon-Cheon pollution.

Keywords: epilithic diatom, water quality, DAIp_o, livestock wastewater

I. 서 론

일반적으로 하천은 이수와 치수의 기능이 있다고 알려져 있다. 이수는 하천과 물이 주는 가치를 말하며, 치수는 기능이라기보다는 엄밀한 의미에서 하천관리의 목표이다. 하천은 이러한 이수적 가치와 치수적 관리대상 이외에 가장 기본적인 기능인 환경기능이 있다. 하천의 환경기능은 하천 동·식물의 서식처로서의 기능, 수질의 자정기능 그리고 심미적 기능으로 구분할 수 있다. 심미적 기능은 다른 표현으로 친수기능이라고 할 수 있다. 이수는 가치이고, 치수는 관리의 목표이며 환경만이 진정한 의미의 기능(자연이 물리·화학·생물작용을 통하여 스스로 역할을 하는 것)이라고 할 수 있다. 따라서 하천의 가치(이수)와 관리(치수)와 기능

(환경)은 상충되지만, 위에 언급한 하천의 요소 모두는 인간사회에 필수적인 요소라고 할 수 있다.¹⁾

해양과 근접하게 위치하고 있는 지역에서의 하천의 하구는 하천의 상류로부터 여러 형태의 오염물질에 노출되어 있으므로 상당한 양의 오염물질이 육상에서 유입되는 최종적인 경로에 해당된다. 육상의 하천 수질은 유역의 상류에서는 비교적 오염되어 있지 아니하나 하천의 하류로 흘러가면서 수질이 악화되는 양상을 나타내는 것이 일반적이다. 이와 같이 하류에서의 수질악화는 도시개발, 인구집중 및 생활수준의 향상으로 인하여 물사용량의 증가와 함께 다량의 오염물질을 배출하는 원인이 되고 있다. 특히 농촌에서의 하류에서의 수질악화는 무분별한 농축산폐수의 배출에 기인하는 경우가 많이 있다.²⁾

부착조류를 이용한 생물학적 평가지수는 상당히 다양하고 일부의 지수들은 오염에 민감한 종 또는 내성적 종들만을 대상으로 확률적인 분포를 이용하여 지수를 산정하는 방식을 따르고 있다. 부착조류 지수는 거의

[†]Corresponding author : Dept. of Civil and Environmental Engineering, Chungwoon University
Tel: 82-41-630-3287, Fax: 82-41-630-3287
E-mail : jokwan@chungwoon.ac.kr

대부분 규조류(diatom)를 이용하고 있다. 대부분의 규조류 지수는 유기물오염(saprobicity)를 대상으로 하고 있으며, 최근 부영양화에 대한 지수를 이용하는 사례가 늘고 있다. 각 생물지수마다 개별적인 장단점을 가지고 있으나 어떤 지수가 모든 환경에서 가장 좋은 결과를 제시하기란 어렵다.³⁾ 지역과 환경에 따라 부착조류의 분포와 민감도가 다를 수 있고 이러한 결과들이 최종적으로 부착조류의 오염에 대한 민감도나 지표값을 설정하는데 관여하게 되므로 어떤 지수를 이용한다하여도 해당 환경의 특성을 고려하거나 또는 종들의 민감도나 지표값의 조정이 필요하다.⁴⁾ DAIPo는 규조류를 이용한 유기물오염 평가를 위해 일본에서 개발된 지수로서,⁵⁾ 오염에 대한 민감도나 가중치를 이용하여 지수를 계산하지 않고 오염민감종과 내성종에 대한 정보만을 이용한다. 따라서 DAIPo는 다른 지수들에 비해 상대적으로 계산이 간편하고 지표종의 구분이 용이한 것이 장점이다. 그간 국내에서 DAIPo를 이용하여 생물학적 수질을 평가한 사례들이 있으며⁶⁾ 국제적으로도 이 지수의 적용성이 인식되었기 때문에,⁶⁾ 본 연구에서는 유기물 지수의 대표로서 DAIPo를 선정하였다.

충청남도 홍성군의 광천읍을 관통하는 광천천은 오서산에서 발원하여 광천읍을 통과하고 철새들의 휴식처이고 인간들의 각종 레저 휴식처로 잘 알려진 천수만으로 유입되는 소하천이다. 천수만으로 유입되는 하천은 진죽천, 광천읍을 가로지르는 광천천과 상지천 등 3개의 하천이 있는데, 이 중 광천천 하류지역 용암교 부근의 생물화학적 산소요구량(BOD)은 11 ppm까지 오염되어 담수호 목적인 농업용수기준(8 ppm)을 맞추지 못하고 있다. 상지천의 수질도 광천천과 만나는 포항교 지점에서 13.3 ppm까지 악화되었다. 부영양화를 일으키는 T-N과 T-P의 농도도 농업용수 기준을 6~7배 초과하고 있다. 이 지역의 오염은 주로 부족한 축산폐수 처리 시설 때문인데, 축산폐수는 발생량이 1,000 m³/day 이상이고 BOD 농도는 33,000 ppm 이상으로 발생하는 것으로 추정하고 있지만 이중 처리되는 양은 상당히 부족한 상태이다.

본 조사에서는 규조류(돌말류)가 물의 오염과 어떤 관계가 있으며 또한 물의 오염을 어느 정도로 반영하고 있는지 파악하기 위하여 종의 사진 촬영과 세척 등을 실행하였으며, 이화학적 환경요인도 더불어 조사하여 본 연구의 정확성을 기하려고 하였다. 위와 같은 실험을 행한 후 규조류를 통한 광천천의 전체 수질이 어느 정도인지를 파악하고 또한 어떤 규조류들이 서식하고 있는지 알고자 본 연구를 수행하였다. 또한 본 연구에서는 하천에 서식하는 조류를 채집·관찰하여 수질오염

도와 비교·분석하여 수질오염이 조류의 서식에 미치는 영향 및 그 역학관계를 조사하는 데에 중점을 두었다.

II. 재료 및 방법

1. 채수지점 및 위치선정

수질조사시기는 2008년 5월부터 2009년 5월까지 매월 중순에 시료를 채취하였으며, 채수지점은 Fig. 1과 같이 6개 지점을 선정하였는데, 오염된 물이 하천에 유입되는 지점의 직상류와 유입 후 충분히 혼합된 지점 및 지천과 본류와의 합류전이나 합류 후 충분히 혼합된 지점 또는 필요에 따라 설정하는 지점을 선정하였다. 채수위치는 채수지점에서 단면에 걸쳐 균질성을 확보해야 하는데, 이는 한 채수지점의 여러 수심에서 일정한 거리간격으로 시료를 채취함으로써 달성된다. 따라서 한 채수지점에서 채취된 시료를 유량에 비례하여 혼합한 시료를 대표시료로 함을 원칙으로 하였고, 수면으로부터 약 20 cm 밑에서 채수병에 시료를 채취한 후 저온을 유지하는 통에 넣어 실험실로 운반하였다. 매월 시료를 채수, 분석하는 것을 원칙으로 하였으며, 강우시에는 강우의 영향을 받지 않는 시기로 수질이 안정되었다고 판단되는 날로 측정시기를 조정하였고 가능한 한 채수시기 및 채수순서를 조사지점별로 일정하게 하였다. 하천수의 기상, 상황, 계절에 따른 강우량, 유량, 유속의 시간적 변동을 고려하여 채수지점별 물의 성질을 대표할 수 있도록 하였다.

S1지점은 죽전교 아래 지점이며, 오서산에서 내려오는 물과 장곡에서 내려오는 물이 합쳐져서 장곡호를 만든 곳으로 상류의 물로서 주변에는 오서산이 감싸고 있으며, 장곡호의 물은 채수하기가 어려워 장곡호 바로 밑의 죽전교에서 채집이 되었다. S2 지점은 소암교 아래 지점으로서, 광천천 중류의 물이며 수심이 상당히 깊었다. 하천의 우측으로는 논이 있으며 좌측으로는 도로가 있고 도로 건너편에 주택과 철공소가 있다. 다리

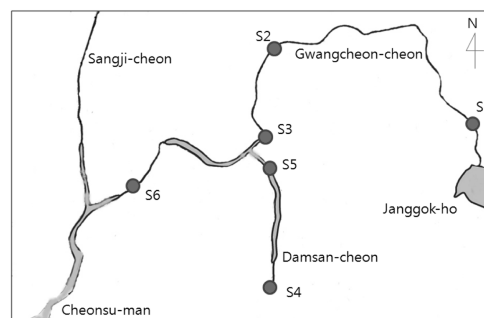


Fig. 1. Sampling station map in the Gwangcheon-cheon.

아래 좌우로 1.5 m 지름의 하수구 구멍이 있으며 주변의 생활하수가 유입되고 있다. 이곳의 물은 장곡호에서 내려오는 물로서 죽전마을에서 내려오는 물도 합쳐져서 내려오는 곳으로 합류지점인 가시곡교의 중간 지점에 해당된다. S3 지점은 가시곡교 아래 지점이며, 장곡호의 물과 오서산에서 내려오는 물이 합쳐지는 곳으로 물살이 세고 돌이 많고 물의 깊이는 그다지 깊지 않다. 주변에 주택과 도로가 있으며, 광천천과 담산천의 합류지역으로 중요한 조사지점으로 보았다. S4 지점은 상담교 아래 지점으로서, 오서산에서 내려오는 계곡물 중 상류층의 물이다. 물의 깊이는 그리 깊지는 않고 돌이 많고 물살은 다소 강하다. 주변은 몇 가구의 주택과 오서산으로 둘러싸여 있고 주차장 바로 아래에 위치하고 있다. S5 지점은 하담1교 아래 지점이며, 다리 아래에 지름 1m의 하수구 유입구가 있고, 그 유입구로 축산폐수나 생활하수 등이 유입되기 때문에 점오염원에 의해 하천이 얼마만큼 오염이 되는지 살필 수 있다. 오서산에서 내려오는 물로 중류층의 물로서 물의 세기는 세지 않으며 돌이 많고 물은 다소 깊었다. S6 지점은 광천교 아래 지점이며, 광천천의 하류에 속하며 물살은 세지 않고 수심은 천수만의 유입부여서 갈수록 깊어진다. 물의 탁도는 높았고 쓰레기가 많이 부유하고 있으며 어류가 다수 발견되었다. 또한 광천의 중심에 위치해 있어서 광천시내의 주택가와 상가들로부터 오염된 오수들이 유입되고 있다.

2. 수질분석방법

하천의 수질분석은 Table 2와 같이 수질환경기준 및 하천 보호를 위해 필요한 항목 및 일반오염물질과 유기오염물질 및 영양염류 등을 선정하여 조사하였다. 수질분석을 위하여 pH는 pH 측정기(Fisher AP62), EC는 전기전도도계(TOA CT-27112B), DO는 용존산소측정계(YSI 551)를 사용하여 현장에서 즉시 측정하였으며, BOD, COD, T-N, T-P 분석은 Standard Methods⁷⁾와 수질오염공정시험법⁸⁾에 의거하여 분석하였다.

3. 조류채집 및 동정 분류 방법

시료는 주로 수심 30 cm에 있는 평평한 돌, 또는 수집이 편리한 직사각형의 돌을 수 개 선정하여 앞면을 플라스틱솔로 씻면, 또는 옆면을 긁어서 부착된 시료를 모두 수거하여 증류수가 들어 있는 100 ml 시료병에 넣고 1%의 루골 용액으로 고정한 후 냉장 보관하였다. 시료의 채집은 수심과 수평의 납작한 돌을 선정하여 앞면을 플라스틱 솔로 긁어 증류수와 섞어 100 ml 시료병에 넣어 루골(lugol) 용액으로 고정하였고 수온, 기

온, pH, EC, DO는 현장에서 즉시 측정하였다. 그리고 시료는 즉시 실험실로 옮겨 Hendey의 방법⁹⁾에 따라 세척하였으며, 세척한 시료는 영구프레파라트를 제작하였다. 이화학적 수질분석을 위한 시료와 세척된 시료는 냉암실에 보관하였다. 동정과 사진촬영을 위한 시료는 Hendey의 방법에 의하여 세정한 후 마운트 미디어(Mount media)로 봉입하여 영구 세정을 제작하였으며, 광학 현미경(Olympus-CH30)으로 400~1000배의 배율에서 관찰하였고, 주요 종은 사진 촬영(Leica LMDS)을 하였으며, 부착구조 군집의 상대 빈도 등을 구하기 위하여 임의로 선정된 현미경 하의 시야에서 500개 이상의 피각을 계수하였다. 동정은 주요 종을 중심으로 이루어졌으며 기타 너무 미미한 종은 제외시켰다. 또한 주요종과 동정하기 애매모호한 종은 전자현미경(SEM)으로 사진을 찍어 확인하였다.

군집내의 우점종과 아우점종의 선정은 기존의 첫 번째와 두 번째의 상대빈도를 가진 종을 각각 우점종과 아우점종으로 정하는 방법보다 군집구조 중의 중요 집단으로 해석하는 방법⁹⁾ 즉, 어떤 시기에서 평균 출현율을 구한 후, 전 출현종 가운데 평균 출현율을 상회하는 상대빈도를 가진 종들 가운데 최고의 상대빈도를 가진 종을 우점종으로 하고 다음으로 상대빈도가 높은 종을 아우점종으로 정하였다. 만일 정점의 모든 종이 평균 출현율을 상회하지 못하는 상대빈도를 가질 경우에는 그 시기에는 우점종이 없는 것으로 간주하였다.

수질은 DAIPo(Diatom Assemblage Index to organic water pollution) 방법⁹⁾으로 평가하였으며 그 식은 다음과 같다.

$$DAIPo = 50 + \frac{1}{2} \left(\sum_{r=1}^p Xi - \sum_{r=1}^q Si \right)$$

$\sum_{r=1}^p Xi$: 구조군집 중 출현한 1부터 p 까지의 혐오탁성 종(Saproxenous taxa)의 상대출현도(%)의 합
 $\sum_{r=1}^q Si$: 구조군집 중 출현한 1부터 q 까지의 호오탁성 종(Saprophilous taxa)의 상대출현도(%)의 합

위의 식으로부터 구해진 DAIPo 값에서 100은 전혀 오탁이 진행되지 않은 수역, 0은 가장 오탁도가 높은 수역을 의미하는데, 조사된 DAIPo 값은 BOD 및 수질 등급과 비교하였고 EC와 상관관계는 통계 프로그램으로 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

본 연구의 조사기간은 2008년 3월부터 2009년 5월까

지 시행되었으며 1차, 2차, 3차 분석은 광천천의 수질을 알 수 있는 대표성을 띠는 장소로 S2 지점을 선택하여 이화학적 분석을 하였는데, 이 지점은 충청남도 보건환경연구원에서 광천천을 대표하는 지점으로 간주하여 주기별로 분석을 하는 곳이다. 4차 수질분석은 S2 지점 한 곳 보다는 광천천 전체를 조사 분석하는 것이 광천천의 수질을 보다 정확히 알 수 있을 것으로 사료되어 상류에서부터 하류까지 6개 지점인 S1, S2, S3, S4, S5, S6을 선정하여 구조류 조사하였으며, 5차 채집에서는 4차 채집 시에 가장 오염도가 높은 곳으로 판정된 S1 지점 한 곳만을 선정하여 수질이 얼마나 향상되었는지 조사하였다. 본 연구는 광천천의 주요지점과 지류 중 6개 장소를 선택하여 5차례 하천 아래에 있는 돌에 붙은 구조류의 군집분석을 통하여 수질판정법인 DAipo법⁸⁾에 의하여 광천천의 수질을 평가하였고, 그 외에 BOD, COD, T-N, T-P, 수온, pH, EC, DO 등은 측정하였으며 그 결과는 Table 1과 같다.

4차 채집(2009.1.15)시에 수온은 S3지점이 6.0°C로 가장 높았고 S2 지점은 0.1°C로 가장 낮았다. BOD는 담삼천 상류인 S5 지점이 5.6 mg/l로 가장 낮았고 S2 지점이 37.3 mg/l로 가장 높았다. COD는 BOD와 유사하게 담삼천 상류인 S5 지점이 4.2 mg/l로 가장 낮았고 S2 지점이 37.3 mg/l로 가장 높았다. T-N은 S6

지점이 13.9 mg/l로 가장 낮았고, S2 지점이 22 mg/l로 가장 높았다. T-P도 역시 상류인 S4지점과 S5 지점은 1.2 mg/l로 가장 낮게 나왔고 하류인 S2 지점에서 4.0으로 가장 높았다. pH는 S5에서 6.6으로 중성 이하의 값이 나왔고 반면 S6 지점에서는 7.3으로 중성보다 약간 높게 나타났다. EC로 보면 담삼천 상류인 S4 지점에서 14.1 mS/m을 나타냈고 S2 지점에서는 35.5 mS/m으로 가장 높았다. DO는 S4 지점과 S2 지점에서 각각 1.4 mg/l, 1.6 mg/l로 낮은 값을 보였고, S5 지점에서는 포화농도에 가까운 11.2 mg/l로 높게 나타났다. 5차 채집(2009.5.23)시 S1 지점에서는 BOD는 2.7 mg/l, COD는 6.3 mg/l, T-N은 6.0 mg/l, T-P는 0.1 mg/l, pH는 5.7로 4차 채집시보다 낮아졌으나 EC와 DO는 각각 20 mS/m, 6.6 mg/l로 4차 채집 때보다 높았다. 이화학적 수질분석 결과로는 상류보다 하류로 갈수록 특히 4차 채집 시 S2 지점이 가장 오염도가 높은 것으로 사료되며, 4차 수질 분석과 5차 수질 분석 결과 S1 지점은 상류에 있는 장곡저수지의 수질이 향상됨으로 말미암아 수질이 많이 향상된 것을 보여 주고 있다.

Table 2는 채집시기별 종의 구성표로서 전체적으로 중심형 구조류보다 우상형 구조가 많이 차지하였고, 청수성종의 비율은 3차 채집 시 S2 지점이 7종으로 가장

Table 1. Comparison of water quality from 6 sites at each survey along the Gwangchen-cheon

Item	1st	2nd	3rd	4th						5th
	S2	S2	S2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1
Water Temp. (°C)				4.3	0.1	6.1	4.9	5.6	5.0	24
BOD (mg/l)				13.1	37.3	10.3	6.1	5.6	28.1	2.7
COD (mg/l)				8.0	20.4	7.7	4.6	4.2	18.3	6.3
T-N (mg/l)				12.9	22.0	18.5	13.9	19.8	12.0	6.0
T-P (mg/l)				1.3	4.0	1.6	1.2	1.2	1.4	0.1
pH				6.98	6.9	6.9	6.9	6.6	7.3	5.7
EC (ms/m)				17.0	35.5	28.2	14.1	26.5	32.5	20
DO (mg/l)				3.5	1.6	8.4	1.4	11.2	4.1	6.6
Mean Depth (cm)				30.5	50	16.5	10	14	11.5	14
DAipo	30.3	23	53.8	20.8	59.5	57.1	90.3	63	57.6	48

Table 2. Comparison of epilithic algae number from 6 sites at each survey along the Gwangchen-cheon

Class	1st	2nd	3rd	4th						5th
	S2	S2	S2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1
Centrales	5	5	2	3	3	2	1	1	2	3
Pennales	20	20	23	21	25	27	16	26	14	19
Saproxenous	4	3	3	5	3	4	5	6	2	4
Saprophilous	4	6	3	2	3	5	2	6	4	4

많은 반면 4차 채집 시 S6 지점이 2종으로 가장 적었고, 오타성종의 비율은 3차 채집 시 S2 지점과 4차 채집 시 S5 지점이 6종으로 가장 많았으나 4차 채집 시 S4 지점과 S1 지점이 2종으로 적었다.

각 채집 시기, 장소별 종의 구성을 보면 1차, 2차, 3차 채집에서 우상형 구조의 구성 비율이 중심형 구조의 구성 비율보다 상당히 높았고, 3차 채집 시 중심형 구조가 2종으로 가장 적은 반면 우상형 구조는 23종으로 가장 많았다. 청수성종과 오타성종의 비율은 1차 채집 시에는 같았으나 2차, 3차 채집에서는 오타성종의 비율이 다소 높게 나타났다. 4차 채집에서는 전체적으로 우상형 구조의 비율이 높았고 S4, S5에서 중심형 구조가 1종으로 가장 적었고 S1, S2에서 3종으로 다소 높았다. 우상형 구조는 S6에서 14종으로 낮았고 S5에서 26종으로 높았다. 청수성종과 오타성종의 비율을 보면 S4, S3, S1에서는 청수성종의 비율이 높았고 S5와 S2에서는 같았으며 S6에서는 반대로 오타성종의 비율이 높았다. 5차 채집에서도 역시 우상형 구조의 종수가 19종으로 중심형 구조인 3종보다 높게 나타났으며 청수성종과 오타성종은 같게 나타났다.

수중생태계에서 1차 생산자의 역할을 담당하는 부착성조류의 종조성 및 현존량은 환경요인의 변화에 따라 민감하게 반응하기 때문에 수질을 판정하는 지표로 이용될 수 있다.¹⁰⁾ Table 3에 나타낸 바와 같이 S2 지점은 오염물질의 유입 유무에 따라 1차, 2차, 3차의 채집 시기별로 수질변화가 심하여 2급수에서 4급수 사이의 심한 변화를 보였고, 4차 채집 시에는 안정된 2급수의 수질을 나타내었다. 특히 4차 채집시의 S1지점은 4급수를 나타내었지만 담산천의 상류이고 오염원의 유입이 없는 S4 지점은 1급수의 하천 수질로 나타난 반면에, S3·S5·S6와 같은 하류의 채취 지점은 2급의 하천수로 판정되었으며, 마지막 5차 채집 시의 S1 지점은 상류의 장곡저수지의 수질 저하로 인하여 2급수의 하천수질로 판정되었다. 1차 S2 지점에서의 DAIPo 값은 30.3으로 α -중부수성의 3급수, 2차 S2 지점에서의 DAIPo 값은 23으로 α -중부수성의 4급수, 3차 S2 지점에서는 DAIPo 값이 53.8로서 α -빈부수성의 2급수로서 수질이 향상되었으며 2009년 1월의 4차 채집에서 S4 지점은 DAIPo 값이 90.3로 극빈부수성의 1급수를 나

타냈으며, S5 지점에서는 DAIPo 값이 63으로 α -빈부수성의 2급수, S6 지점에서는 DAIPo 값이 57.6으로 α -빈부수성의 2급수, S3 지점은 DAIPo 값이 57.1로 α -빈부수성의 2급수, S1 지점은 DAIPo 값이 20.8로 α -중부수성의 4급수, S2 지점은 DAIPo 값이 59.8로 α -빈부수성의 2급수를 나타내어 4차 채집에서는 S1 지점이 가장 오염된 곳으로 판정되었다. 그러나 2009년 5월의 S1 지점에서의 5차 채집 시에는 DAIPo 값이 48.0으로 β -중부수성의 2급수로 수질이 향상되었다. 광천천의 여러 채집 지점에서의 평균 DAIPo 지수는 평균 30.5를 보여 β -중부수성 수역이었다. 이는 부영양화된 낙동강 및 금호강에서도 β -중부수성 이하의 DAIPo 지수를 보여 우리나라 주요 하천에서 유사한 DAIPo 지수를 보였다.¹¹⁻¹³⁾ 4차 수질분석에서 상류에서부터 하류까지의 6개 지점에서의 구조류를 통한 분석 결과 S1 지점이 가장 오염도가 높은 것으로 나왔으며 5차 채집에서는 오염도가 가장 높았던 S1 지점의 수질이 많이 향상된 것이 관찰되었다.

각 채취 지점별 우점종과 아우점종의 분포를 조사한 결과, Table 4에서와 같이 S2지점의 1차 채집시 우점종은 오타성종인 *N. pupula*, 아우점종은 오타성종인 *N. palea*이었고, 2차 채집시에도 우점종은 1차 채집시와 마찬가지로 *N. pupula*이었고, 아우점종도 오타성종인 *N. palea*이었다. 1, 2차 채집시 광천천에서의 DAIPo지수는 대부분의 조사기간에서 α -중부수성에서 β -중부수성이었으며, 이때에는 *N. Palea*가 주로 우점하였는데 이들은 오염된 수역에 분포하는 지표종으로 알려져 있다.¹⁴⁾ 3차 채집에서는 청수성종인 *A. convergens*가 우점종이었으며, 아우점종은 오타성종인 *N. pupula*가 차지하였다. 4차 채집에서는 S2, S3, S4, S6 각각의 지점에서 청수성종인 *A. subhudsonia*, *A. subhudsonia*, *A. convergens*, *A. convergens*가 출현된 반면 S5 지점에서는 오타성종인 *N. amphibia*, *C. meneghiniana*가 우점종으로 나타났다. 아우점종은 3곳 즉 S2, S3, S6 지점에서 오타성종인 *C. meneghiniana*가 두 번째로 많이 관찰되었고 S1 지점과 S4 지점에서는 *F. capucina*가 아우점종이었고 S5 지점 한 곳만이 아우점종이 청수성종인 *A. subhudsonia*가 관찰되었다. 5차 채집에서는 *C. meneghiniana*가 우점종, 아우점종은 S.

Table 3. Comparison of DAIPo value and water quality grade only by DAIPo from 6 sites at each survey

Item	1st	2nd	3rd	4th						5th
	S2	S2	S2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1
DAIPo	30.3	23	53.8	20.8	59.5	57.1	90.3	63	57.6	48
Water Quality Grade	3rd	4th	2nd	4th	2nd	2nd	1st	2nd	2nd	2nd

Table 4. Dominant species (%) of epilithic diatom from 6 sites at each survey in the Gwangchen-Cheon

Station	1st	2nd	3rd	4th	5th
S1	-	-	-	<i>Fragilaria capucina</i> (8)	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (21.6) <i>Synedra dellicatissima</i> var. <i>angustissima</i> (18)
S2	<i>Navicular pupula</i> (34.2) <i>Nitzscha palea</i> (15.2)	<i>Navicular pupula</i> (41.4) <i>Nitzscha palea</i> (13.2)	<i>Achnanthes convergens</i> (33.2) <i>Navicular pupula</i> (10.8)	<i>Achnanthes subhudsonia</i> (76) <i>Cyclotella meneghiniana</i> (18)	-
S3	-	-	-	<i>Achnanthes subhudsonia</i> (35.8) <i>Cyclotella meneghiniana</i> (13.6)	-
S4	-	-	-	<i>Achnanthes convergens</i> (42.4) <i>Fragilaria capucina</i> (28)	-
S5	-	-	-	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (61) <i>Nitzscha amphibia</i> (20.6) <i>Achnanthes subhudsonia</i> (16.2)	-
S6	-	-	-	<i>Achnanthes convergens</i> (31.8) <i>Cyclotella meneghiniana</i> (13.6)	-

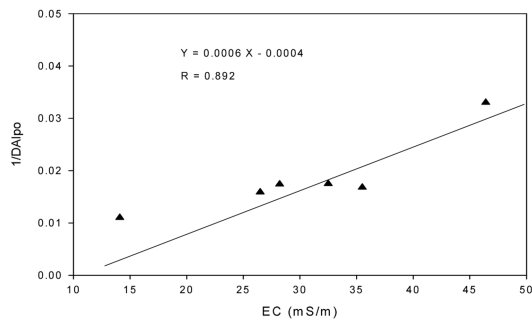


Fig. 2. The relationship between EC (electrical conductivity) and inverse DAIpo value.

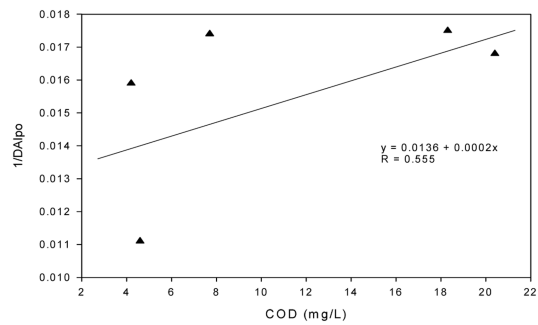


Fig. 4. The relationship between COD (chemical oxygen demand) and inverse DAIpo value.

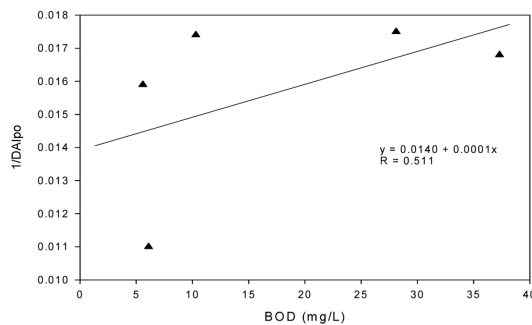


Fig. 3. The relationship between BOD (biochemical oxygen demand) and inverse DAIpo value.

dellicatissima var. *angustissima*가 관찰되었다.

Fig. 2~Fig. 4는 EC, BOD 및 COD와 DAIpo 값과의 상관관계를 나타내는 그림으로서, Fig. 2에 나타낸 바와 같이, EC와 DAIpo 값과는 서로 반비례경향을 보

였고, Fig. 3~Fig. 4에서와 같이 BOD와 DAIpo 값, COD와 DAIpo 값과의 관계도 서로 반비례관계를 나타냈다. 이와 같은 결과는 광천천의 여러 채집 지점에서의 평균 DAIpo 지수는 β-중부수성 수역을 나타내었고, 이 결과는 부영양화된 낙동강 및 금호강에서도 β-중부수성 이하의 DAIpo 지수를 나타내고 있는 것을 볼 때에, 오염도가 높은 하천은 BOD, COD와 더불어 EC 수치도 높아지고 결국 오염이 진행되는 중부수성 상태에서는 DAIpo 계산식에서의 혐오탁성종(Saproxenous taxa)의 출현도(%)의 함을 감소시키고 호오탁성종(Saprophilous taxa)의 상대출현도(%)의 함을 증가시켜 DAIpo 값과 BOD, COD, EC의 농도와는 서로 반비례의 경향을 갖는 것으로 추정된다. 또한 이 화학적 수질 분석 결과 4차 채집 시에 광천천 6곳 중 S2가 1차, 2차, 3차 채집시보다 수질이 급격히 악화된 것으로 나타났으나 구조류를 통한 수질 분석결과는 4

차 채집 시 광천천 6곳 중 S1이 가장 오염된 곳으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 S2에서 1차, 2차, 3차 채집의 이화학적 수질 분석 평균값으로 볼 때 4차 채집 시 S2 아래 하천 양쪽의 하수구와 논에서 흘러나오는 오염물질인 비점오염원에 의해 일시적으로 악화된 데에 원인이 있는 것으로 보이며 지속적인 값으로는 사료되지 않는다. 이러한 차이를 좀 더 명확히 하기 위해서는 S2 아래 하천에 대한 앞으로의 지속적인 수질 분석과 구조류와의 관계를 규명하는 실험이 필요할 것으로 판단된다. 따라서 광천천 본류의 수질개선을 위하여 유입되는 오염원의 정화사업이 중요하다고 할 수 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 부착구조류와 물의 오염상태와의 관계를 조사하였으며, 부착구조류의 조사를 통하여 소하천인 광천천의 전체 수질이 어느 정도인지를 파악하고 어떤 구조류들이 서식하고 있는지 조사하였다. 또한 하천에 서식하는 조류를 채집·관찰하여 수질오염도와 비교·분석하고 수질오염이 조류의 서식에 미치는 영향을 조사하였다. 광천천의 대표성을 나타내는 6개의 조사 지점을 선정하여, 부착 구조류를 채집하고 수질을 측정하여 광천천의 오염정도를 객관적이고 다양한 방법으로 조사한 결과 도출된 결론은 다음과 같다.

1. 부착구조류 분석결과 6개의 지점 중 대표성을 띤 한 지점의 수질은 평균적으로 2급수의 수질을 나타내었으며, 광천천 전체를 대상으로 6개 지점 중 최상류 지점 한 곳을 제외한 다섯 곳은 수질이 나쁠 때에는 4급수를 나타내기도 하였으나 평균적으로는 2급수의 수질을 나타내고 있다.

2. 각 채취 지점별 우점종과 아우점종의 분포를 조사한 결과, 다양한 우점종들이 각 지점별로 관찰되었으나 우점종은 오탁성종인 *Navicular pupula*가 여러 지점에서 많이 관찰되었고 아우점종은 오탁성종인 *Nitzsch palea*와 *Cyclotella meneghiniana*가 관찰되었다.

3. 유기오탁지수(DAIpo)와 전기전도도(EC), BOD, COD 측정치와의 상관관계를 분석한 결과 DAIpo와 EC가 가장 높은 상관관계를 나타낸 반면, DAIpo와 BOD 및 COD와는 높지 않은 상관관계를 나타내었으며, DAIpo 값과는 모두 반비례관계를 나타내었다.

4. 오염도가 높은 하천은 BOD, COD 및 EC의 수치도 높아지며, 중부수성 상태에서는 혐오탁성종의 출현도를 감소시키고 호오탁성종의 출현도를 증가시켜

DAIpo 값과 BOD, COD 및 EC 농도와는 서로 반비례의 경향을 갖는다.

참고문헌

1. Wu, D. S., Jo, K. H. and Cho, Y. T. : Introduction to water pollution. Donghwa Publishing Co., 2006.
2. Jo, K. H., Kweon, J. H. and Park, K. Y. : Water and sewerage treatment, Sinkwang Publishing Co., 2008.
3. Korea Ministry of Environment : Final research report of establishment of stream rehabilitation model, standard, and survey plan for healthy condition recovery of water ecology, 2007.
4. Choi, H. S. and Yu, C. M. : A study on the epilithic algae in a stream drained from hot springs. *Korean Journal of Environmental Health Sciences*, **24**(3), 131-136, 1998.
5. Watanabe, T., Asai, K. and Houki, A. : Numerical estimation of organic pollution of flowing water by using the epilithic diatom assemblage- Diatom Assemblage Index (DAIpo). *Science of the Total Environment*, **55**, 209-218, 1986.
6. Watanabe, T. and Asai, K. : Numerical simulation using diatom assemblage of organic pollution in streams and lakes. *Review of Inquiry and Research*, **52**, 99-139, 1990.
7. Am. Water Works Assoc., Water Environ. Fed., Am. Public Health Assoc. : Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st Ed., Washington, D. C., 2005.
8. Choi, K. C. : Water analysis. Donghwa Publishing Co., 2004.
9. Hendy, N. I. : The permanganate method for cleaning freshly gathered diatom. *Microscopy*, **32**, 423-426, 1974.
10. Round, F. E. : A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality. HMSO, London, 1993.
11. Chung, J., Choi, J. S. and Lee, J. H. : Assessment for water of the Kumho river using epilithic diatom assemblage index to organic water pollution (DAIpo). *Korean Journal of Environmental Biology*, **11**, 43-58, 1993.
12. Lee, J. H. : Epilithic diatoms in the Nakdong river and its value of the diatom assemblage index of organic water pollution (DAIpo). *Korean Journal of Limnology*, **31**, 38-44, 1998.
13. Park, J. W., Choi, J. S. and Kim, M. K. : Variations of epilithic diatom community and an assessment of water quality by DAIpo in the middle reaches of the Nakdong river. *Korean Journal of Limnology*, **37**, 70-77, 2004.
14. Palmer, C. M. : A composite rating of algae tolerating organic pollution. *Journal of Phycology*, **5**, 78-82, 1969.