

## 부착규조 군집과 유기오탁지수를 이용한 오산천의 수질평가

김백호\* · 최환석\*\* · 김미연\*\*\* · 유형빈\*\*\*

\* 한양대학교 생명과학과

\*\* (주) 바이오리소스

\*\*\* 전남대학교 생물교육과

## Assessment for Water Quality of the Osan Stream using Epilithic Diatom Assemblage Index to Organic Pollution(DAIpo)

Baik-Ho Kim\* · Hwan-Seok Choi\*\* · Mi-Yeon Kim\*\*\* · Hyung-Bin Yoo\*\*\*

\* Dept. of Life science, Hanyang University, Seoul, Korea

\*\* Bioresource Inc., Kwangju, Korea

\*\*\* Dept. of Biological Education, Chonnam University, Kwangju, Korea

### Abstract

To investigate the epilithic diatom community and water quality of the Osan stream, water samples were collected from the eight stations from April to September 2003. Sampling was two times before and after heavy rain. Total 52 diatom were identified and divided into 12 saproxenosus taxa, 6 saphophilous taxa and 34 indifferent taxa, respectively. The DAIpo values higher after heavy rain than before that. According to tolerance degree to the organic water pollution, all sampling stations ranged from  $\alpha$ -oligosaprobic to  $\alpha$ -mesosaprobic. Thus, the result indicates that the water quality of Osan stream is gradually improved by heavy rain.

Key words : Epilithic diatom community, Osan stream, DAIpo values, Water quality

### I. 서 론

하천이나 호소와 같은 담수환경에 서식하는 부착규조를 포함한 담수조류군집(淡水藻類群集)은 수생관속식물에 비하여 1차 생산력은 낮지만 수중생태계의 저차생산자로서 먹이연쇄를 통한 에너지 흐름에 중요한 위치를 차지하고 있는 생물군이다. 특히, 하천 수역의 담수조류는 하천의 경사, 유속

과 유량, 하상의 지질과 토양의 성질과 더불어 주변에서 공급되는 다양한 종류의 유, 무기물에 의하여 그들의 분포 및 현존량 특성이 결정된다. 또한 이들은 수중의 온도, 빛, 영양염 구배 등과 같은 물리화학적 요인들에 대하여 신속한 반응을 보이는 특징이 있다. 그 가운데 하천의 부착규조 군집은 하천의 오탁상황을 포함한 수계의 제반 환경 조건에 따라 정량적 변화를 보임에 따라 이들 생

물군의 시간적, 공간적 천이나 변이에 대한 특성을 근거로 하여 변화가 예상되는 장래의 수환경을 예측할 수 있으며<sup>1), 2)</sup> 또한 수환경 변화를 종합적으로 반영하는 여러 이점을 가지고 있는 생물군으로 수질의 생물학적 평가법으로 이들 군집을 많이 이용하고 있는 실정이다. 수질의 생물학적 평가는 Kolkwits and Marson<sup>2)</sup>에 의해 처음으로 saprobic system이 제안되었다. 그 후 지표종과 같은 다양한 방법들이 이용되었으나 수질의 정량적 표시가 어려워져 Beck's index와 Pantle과 Buck's index가 제안되었다. 그 후 Descy<sup>3)</sup>는 요인 분석을 기초로한 새로운 SI 지수를 제안하였다. Lange-Bertalot<sup>4)</sup>은 환경 변화에 따라 구조군집이 정량적 변화를 갖는 생태적 특성을 이용하여 수계의 유기오탁을 판정하기 위해 구조류의 오염내성에 대하여 발표하였고 Watanabe 등은 DAIp(Diatom Assemblage Index to Organic Pollution)라는 생물학적 지수를 제안하였다. 이들은 출현종에 대한 상대빈도를 구하여 오염내성에 따라 3가지의 생태군으로 분류하고 공식에 의해 정량적인 수질 평가를 수행하였다.

현재 우리나라에서는 이와 같은 부착구조의 환경생태학적 중요도에 비하여 구조에 대한 전문적인 연구는 미흡한 실정이며<sup>5)</sup> 특히 낙동강을 비롯한 남부 지역에 대한 보고<sup>6), 7), 8)</sup> 들이 주류를 이루고 있으며, 경기 지역에서의 조사는 김<sup>9)</sup>과 김 등<sup>10)</sup>의 보고들이 있어 많은 조사가 이루어져 있지 않은 상태이다.

오산천은 경기도 용인, 화성과 오산시를 통과하는 하천으로 길이는 약 31km이다. 경기도 용인시 구성읍 석성산에서 발원하여 기흥읍 중앙을 가로질러 신갈저수지로 흘러든다. 저수지 남쪽에서 나오는 물길은 동쪽에서 흘러나오는 신리천, 장지천 등의 지류와 합치면서 오산시 중심부를 관통하여 남쪽으로 흐르다가 평택시 서탄면과 진위면의 경계에서 진위천으로 흘러들어가게 된다. 오산천은 전형적인 도심하천의 특성을 가지고 있으며, 연평균 기온은 11.3°C, 연평균 강수량은 1,193mm이다. 총 유로연장 및 유역면적은 각각 2935km, 152.8km<sup>2</sup>로서, 하천 주변에는 농경지 및 공장, 시가지, 숙박 및 레저 시설 등이 다양하게 위치하고 있어 이에

따르는 수질 오염 현상이 심화되고 있는 실정이다.

본 연구는 경기도 중남부지역인 경기도 오산, 용인에 위치한 오산천과 그 지천에 대하여 부착구조군집을 분석하고 수계의 유기오탁을 판정하기 위하여 2003년 4월부터 9월까지 하계 집중강우 전후를 중심으로 시료의 채집 및 조사를 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

본 연구는 경기도 용인과 화성을 중심으로 오산천 본류와 지천을 대상으로 총 8개의 정점을 선정하여, 2003년 4월 ~ 9월에 걸쳐 여름철 집중강우 전과 후로 나누어 두 차례의 현장조사를 실시하였다. 각 정점의 개황은 다음과 같다 (Table 1).

시료채취는 각 현장에서 수심 10~50cm에 있는 돌층에서 그 정점의 가장 보편적으로 분포되어 있는 지름 10~30cm 정도 되는 여러 돌을 선택하여 수면과 평행한 돌의 상면부의 5cm×5cm를 부드러운 솔을 이용하여 긁어서 얻은 원시료를 잘 혼합하여 사용하였다.

시료분석은 고정액으로 처리한 후 실험실 운반 즉시 침전시키고 필요에 따라 과망간산칼륨 촉매하에 산처리하여 표본을 제작하였다. 부착구조의 분류 및 동정은 농축된 시료로부터 표본을 제작하여 광학도립현미경(Nikon, 1000배 이하)하에서 실

Table 1. Explanation of sampling stations in Osan stream, 2003.

지점	행정구역	비고
1	경기도 기흥시 기흥읍 자곡천 상류	산간 계곡 위치
2	경기도 용인시 신갈읍 신갈천	생활 하수 오염
3	경기도 화성시 동탄면 신리천	공장 폐수 유입
4	경기도 오산시 오산천 본류	공장 폐수 유입
5	경기도 오산시 오산천 본류	주변 공장 시설 위치
6	경기도 용인시 고매리 고매천	생활 하수 유입
7	경기도 오산시 오산천 본류	공장 폐수 유입
8	경기도 화성시 처동천	주거 밀집 지역 위치

시하였다. 분류체계는 Hirose et al.<sup>11)</sup>과 최와 김<sup>12)</sup>을 따랐다. 또한 조류의 군집특성을 분석하기 위하여 모든 시료에 대해 동일한 방법으로 농축한 후, 농축된 시료 0.1ml을 취하여 Sedwick-Rafter Chamber하에서 개체수를 산정하고, 규조 군집의 상대빈도 산정을 위하여 계수는 임의로 선정된 현미경 시야 내에서 피각의 수가 500개 이상이 되도록 하였다. 부착규조 군집분석을 위한 종 다양성지수는 출현종의 상대빈도를 기본으로 하여 Shanon-Weaver(1963)의 방법으로 계산하였다.

조사대상으로 선정된 오산천의 수질 오염도 평가는 Watanabe와 Asai(1990)의 DAIPo방법으로 수행되었으며, 출현한 부착규조를 오염도에 대한 내성도를 기준으로 호오탁성종 용어(Saprophilous taxa), 광적응성종(Indifferent taxa)과 호청수성종(Saproxenous taxa)의 3분류군으로 나누고 아래에 제시된 DAIPo값은 수질계급(Watanabe and Asai, 1990)과 비교하여 평가하였다. 또한 산정된 DAIPo값은 별도로 측정된 BOD값과 비교하여 Table 2와 같이 수질 평가를 수행하였다.

$$DAIPo = 50 + \frac{1}{2} \left( \sum_{i=1}^p E_i - \sum_{j=1}^q S_j \right)$$

$\sum_{i=1}^p E_i$ : 규조군집 중에서 출현한 1부터 p까지의 호청수성종의 상대출현도(%)의 합

$\sum_{j=1}^q S_j$ : 규조군집 중에서 출현한 1부터 q까지의 호오탁성종의 상대출현도(%)의 합

Table 2. Relationships among the DAIPo, BOD and Saprobic degrees.

DAIPo	BOD	Saprobic degree
100 - 85	0.625 - <	Xenosaprobic
85 - 70	0.625 - 1.25	$\beta$ -oligosaprobic
70 - 50	1.25 - 2.50	$\alpha$ -oligosaprobic
50 - 30	2.50 - 5.00	$\beta$ -mesosaprobic
30 - 15	5.00 - 10.0	$\alpha$ -mesosaprobic
15 - 0	< - 10.0	Polysaprobic

### III. 결과 및 고찰

본 조사에서 동정된 규조는 총 52종이었으며, 이들은 Hirose 등의 분류체계에 따라 2목 3아목, 8과 18속 48종 4변종으로 분류되었다. 조사시기에 따른 출현종의 변화는 1차 조사에서 41종, 2차에서 38종으로 큰 차이는 나타나지 않았다.

유기오탁에 대한 내성정도에 따른 3개의 생태군으로 분류해보면 호청수성종이 12종, 호오탁성종이 6종 그리고 광적응성종이 34종이 출현한 결과를 나타내었다.

이러한 부착규조들의 정점별, 시기별 분포현황을 살펴보면, *Cyclotella meneghiniana*, *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira varians*, *Tabellaria flocculosa*, *Synedra ulna*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Achnanthes lanceolata*, *Achnanthes minutissima*, *Diploneis ovalis*, *Navicula lanceolata*, *Navicula peregrina*, *Navicula pupla*, *Cymbella affinis*, *Cymbella tumida*, *Cymbella ventricosa*, *Nitzschia palea*, *Fragilaria vaucheriae*, *Gomphonema olivaceum*, *Gomphonema parvulum* 등 19종이 상대빈도 10%이상의 비율로 1회 이상, 1개의 정점 이상에서 출현하여 전체 출현종에 대하여 이들이 36%의 상당한 수준으로 점유하고 있는 것으로 나타났다.

각 출현종의 상대빈도 중에서 *Gomphonema olivaceum*이 2차 조사의 정점 6에서 60%로 본 조사에서 가장 높은 상대빈도를 나타내었으며, 정점 3에서도 27.8%의 비교적 높은 상대도를 나타내었다. *Aulacoseira granulata*는 1차 조사의 정점 1에서 28.5%를 보인 반면에, 2차 조사에서 정점 2와 4에서 각각 39.6, 34.5%를 나타내어 1차 조사보다 분포도가 더 증가되는 경향을 보였다. *Synedra ulna*의 경우는 1차에서 정점 2와 7에서 각각 22.5와 34.2%의 상대도를 나타낸 반면, 2차에서는 정점 1에서만 29.7%의 상대빈도를 나타내어 위의 종과 다른 분포 성향을 나타내었다. 이 밖에 상대빈도 30%이상의 상대도값을 보인 종은 *Achnanthes lanceolata*는 2차의 정점 5에서 35%, *Nitzschia palea*는 1차의 정점 8에서 30.5%의 값을 보인 것으로 나타났다(fig. 1)

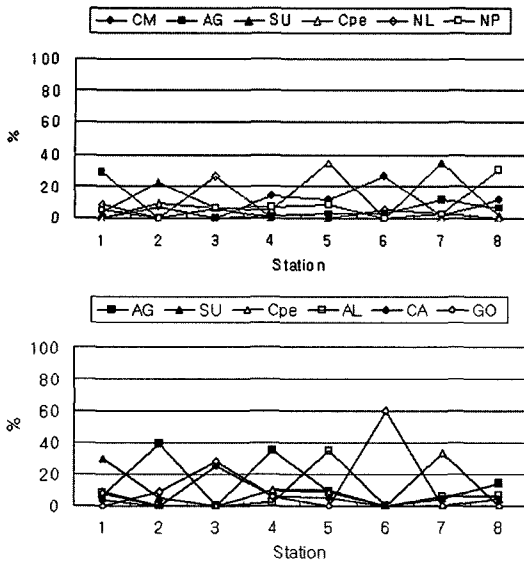


Fig. 1. Comparison with relative abundance of dominant species at each station in Osan stream, 2003.(CM: *Cyclotella meneghiniana*, AG: *Aulacoseira granulata*, SU: *Synedra ulna*, CPe: *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, NL: *Navicula lanceolata*, NP: *Nitzschia palea*, AL: *Achnanthes lanceolata*, CA: *Cymbella affinis*, GO: *Gomphonema olivaceum*, top: first sampling, bottom: second sampling)

본 연구에서 조사된 우점종과 우점도 지수는 Table 3과 같다. 각 정점에서 1회 이상 제 1 또는 제 2 우점종으로 출현한 규조는 *Aulacoseira granulata*, *Synedra ulna*, *Navicula lanceolata*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Achnanthes lanceolata*, *Nitzschia palea*, *Achnanthes minutissima*, *Navicula pupla*, *Cyclotella glomerata*, *Tabellaria flocculosa*, *Cymbella ventricosa*, *Cymbella tumida*, *Aulacoseira varians*, *Gomphonema olivaceum*, *Bacillaria paxillifer*, *Cymbella affinis* 등 총 17종으로 나타났다. 우점도 지수의 경우, 1차에서는 0.28~0.53, 2차에서 0.30~0.73으로 전반적으로 여름철 집중 강우 후에 실시한 2차 조사에서 우점 현상이 심화되는 경향을 나타내었다. 이와 같은 현상은 집중 강우에 의하여 수계의 생물 군집에 혼란이 초래되어 불안정한 구성에 의한 것으로 판단되었다.

이들을 앞서 기술한 바와 같이 오염에 대한 내성도에 따른 생태군별로 보면 정점 1의 경우는 오산천의 지류인 지곡천의 상류지역이지만 1차 조사에서는 호청수성종보다 호오탁성종의 구성비율이 상대적으로 높게 나타나고 있으며, 강우 후인 2차

Table 3. Dominant species and dominant indices at each station in Osan stream, 2003.

Sampling station	1st Dominant species	2nd Dominant species	DI	
1st	1	<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>	0.38
	2	<i>Synedra ulna</i>	<i>Navicula pupla</i>	0.32
	3	<i>Navicula lanceolata</i>	<i>Cyclotella glomerata</i>	0.40
	4	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i>	0.28
	5	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	<i>Cymbella ventricosa</i>	0.46
	6	<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0.53
	7	<i>Synedra ulna</i>	<i>Cymbella tumida</i>	0.47
	8	<i>Nitzschia palea</i>	<i>Aulacoseira varians</i>	0.44
2nd	1	<i>Synedra ulna</i>	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	0.39
	2	<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Gomphonema olivaceum</i>	0.48
	3	<i>Gomphonema olivaceum</i>	<i>Cymbella affinis</i>	0.52
	4	<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Synedra ulna</i>	0.44
	5	<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Synedra ulna</i>	0.45
	6	<i>Gomphonema olivaceum</i>	<i>Navicula pupla</i>	0.73
	7	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0.47
	8	<i>Bacillaria paxillifer</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>	0.30

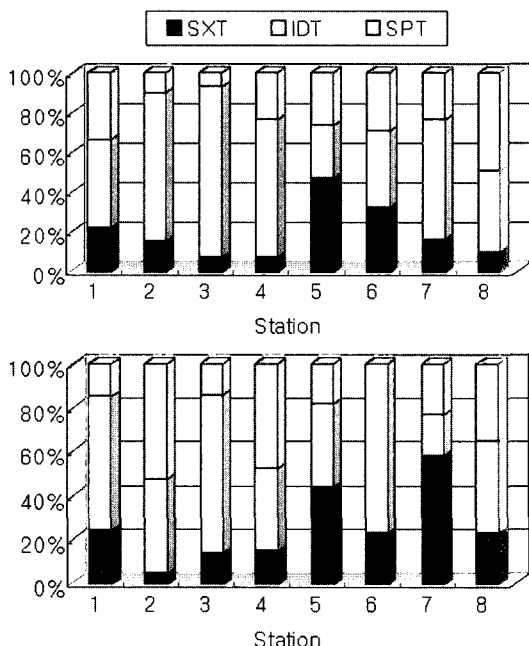


Fig 2. Comparison with three taxa based on pollution tolerance at each station in the Osan stream on 2003.(SPT : Saprophilous taxa, IDT : Indifferent taxa, SXT : Saproxenous taxa)

조사에서는 다소 두 생태군간의 반전 현상이 일어나기도 하였다. 그 외의 정점에서는 2차 조사의 정점 6을 제외하고 3개의 생태군이 모두 혼재되어 있는 양상을 나타내었다(Fig 3). 특히, 정점 2와 4의 경우는 여름철 집중 강우 후에 오히려 호오탁성종이 급격하게 증가하는 현상을 나타내었는데 이는 이러한 정점들이 산업시설과 주거지역에서 배출되는 하폐수의 영향을 직접적으로 받는 곳에 위치해 있기 때문에 그에 의한 수질 악화가 원인이 된 것으로 판단되었다.

본 조사에서 3가지의 생태군들이 각 정점별로 또는 조사시기별로 혼재된 양상과 더불어 변이가 심하게 나타나고 있었는데 이 같은 현상은 인접해 있는 점오염원에 의한 수질의 변동과 강우에 의한 수계의 부정적인 영향이 직접적으로 작용한 것으로 판단되었다.

수질 평가를 위한 DAI<sub>po</sub>의 산출 결과는 1차 조사에서 27.2~51.2, 2차 30.15~56.1로 전체적인 범위는 27.2~56.1의 값을 나타내었다. 이에 따라서

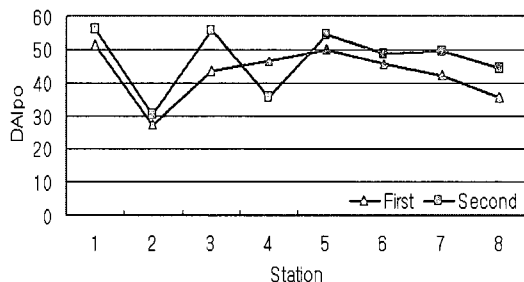


Fig 3. Variation of DAI<sub>po</sub> values at each station in the Osan stream, 2003.

여름철 집중 강우 전보다 그 후에 DAI<sub>po</sub>값이 더 증가되는 경향을 나타내었다.

정점별로 살펴보면 정점 2에서 본 연구기간동안 가장 낮은 27.2와 30.15를 나타내었으며, 이와 다르게 하천의 상류부에 위치한 정점 1이 51.2와 56.1로 조사기간동안 가장 높은 값을 나타내어 상이한 결과를 보였다 (Fig. 3)

전체적으로 본 연구 대상으로 한 오산천의 정점들은 α-빈부수성부터 α-중부수성까지의 수질을 나타내고 있는 것으로 나타났으며, 1차와 2차 조사의 결과로 미루어 보아 여름철 집중 강우의 영향으로 하천 내의 수질 회복에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단되었다.

#### IV. 결 론

강우이전과 이후 유기오염이 비교적 심한 오산천의 부착조류군집과 수질변화를 파악하고자, 2003년 3월부터 9월 사이에 강우를 전후로 하여 두 차례에 걸쳐서 8개 조사지점에서 시료를 채취하였다. 총 52분류군이 동정되었으며, 12 비오염종, 6오염종, 34 무관종으로 구분되었다. DAI<sub>po</sub> values은 강우가 심하게 내린 이후에 증가하였다. 오산천의 유기오염에 대한 내성지수는 전체적으로 α-빈부수성에서 α-중부수성의 범위를 보였다. 오산천의 수질은 강우이후 점차 호전되는 것으로 나타났다. 그러나 가을이나 겨울과 같은 저온기로 접어들면 다시 각종 유기물의 유입에 의한 수질오염이 심화될 것으로 판단되므로 근본적인 수질관리대책 마련이 시급하다 하겠다.

## 참 고 문 헌

1. Watanabe, T. Pollution spectrum of taxon that is composed epilithic diatom cimmunity. Res. Rep. Envir. Sci. B121-R12-10:34-43, 1981.
2. Kolkwits, R and M, Marson Ekologie der pflanzlichen saprobien, Ber. deutch. bot, Ges, 26:505-519, 1908.
3. Descy, J,P, A new approach to water quality estimation using diatoms, Nova Hedwig, Beih, 64:305-323, 1979.
4. Lange-Bertalot, H, Pollution tolerance of diatom as a criterion for water quality estimation. Nova Hedwig, Beih, 64:285-304, 1979
5. 이정호, 낙동강의 부착규조와 유기오탁지수, 한국육수학회지, 31:38-44, 1998.
6. 이정호, 정준, 금호강의 오타도에 따른 부착규조의 정점별 변화, 한국육수학회지, 1992.
7. 정준, 최재신, 이정호, 부착규조 군집의 유기오탁지수에 의한 금호강의 수질평가, 한국육수학회지, 11:43-58, 1993
8. 최재신, 정준, 김도한, 금호강 부착규조 군집에 의한 신천의 수질비교, 한국육수학회지, 26-165-173, 1993.
9. 김용재, 부착규조 군집에 의한 포천천의 수질평가, 비교, 한국육수학회지, 32:135-140, 1999.
10. 김용재, 양희건, 최유정, 최중신, 영평천의 부착규조 군집, 대전대학교 환경연구소논문집 2: 17-28, 1999
11. Hirose, H.M., T. Akiyama, K. Imahori, H. Kasaki, S. Kumano, H. Kobayasi, E. Takahashi, T. Tsumura, M. Hirano and T. Yamagishi. Illustrations of the Japanese freshwater algae. 933 pp. Uchidarokakuho Publishing Co., Ltd., Tokyo, 1977.
12. 최민규, 김백호, 상수원의 오염에 대한 식물플랑크톤의 오수생물학적 연구-만경강 상류하천 및 저수지를 중심으로. 한국환경생물학회지 12: 151-174, 1994
13. Shanon-Weaver, The mathematical theory of communication, Illinois Univ. Press 177pp, 1963
14. Watanabe, T. and K. Asai, Numerical simulation using diatom assemblage of organic pollution in stream and lakes. *Rev. Inquiry and Research* 52:99-139, 1990