

## 한탄강의 돌 부착조류 군집의 시, 공간 동태

김 용 재\*

(대전대학교 생명과학과)

### Temporal and Spatial Dynamics of an Epilithic Algal Community in the Hantan River

Yong-Jae Kim\*

Department of Life Science, Natural Science, Daejin University, Pochun, Gyunggi, 487-711, South Korea

This study investigated the temporal and spatial dynamics of an epilithic algal community in the Hantan River in November 2001, February, May and August 2002. It was identified a total of an epiphilithic 301 taxa which were composed of 275 species, 16 varieties and 10 unidentified species. The standing crops ranged between 598,600-16,525,200 cells · cm<sup>-2</sup> and showed the temporal and spatial variations. A higher value was found at the lower station than the upper station in winter, but a higher value was found at the upper station than the lower station in summer due to the effects of typhoons. Chlorophyll concentrations ranged between 13.4-304.2 μg · cm<sup>-2</sup>. Standing crops and chlorophyll showed similar trends in autumn and winter, but temporal dynamics were not apparent in the overgrowth of *Lyngbya*, *Schizothrix* and so others in Cyanophyceae in spring and summer. They were composed of species in Chlorophyceae- Bascillariophyceae-Cyanophyceae and no seasonal effect was detected. Low diversity index values probably indicated the effects of environmental stresses (water temperature, flow and current velocity) other than organic pollution. An assessment of organic pollution using epilithic diatoms (DAI<sub>po</sub>) showed α-oligosaprobic states at the upper- and mid- stations, and α-mesosaprobic states at the lower- stations.

**Key Words:** chlorophyll-*a*, DAI<sub>po</sub>, diversity index, dynamics, epilithic algae

#### 서 론

조류 군집의 종조성은 1차 생산력을 포함한 군집의 전반적인 대사 과정에 영향을 미친다. 즉, 조류 생산력의 차이가 종조성의 차이에서도 일어날 수 있다(Parsons *et al.* 1977). 일부 조류는 계절에 따른 연중 변화 특성을 보여 주며 이 변화는 조류의 종조성과 영양염(Lund 1950), 온도(Klarer and Hickman 1975), 또는 섭식(Porter 1973)과의 관계로 분석하는 연구가 진행되어 왔다.

수중 생태계에서 다양한 기질에 부착하여 생물막을 형성하는 부착조류는 식물플랑크톤과 수생식물과 더불어 1차 생산자로서 중요한 역할을 한다. 그러나 하천에는 식물플랑크톤보다 돌부착조류의 생물량이 많고 생산성이 더 높아 하천

의 물질 대사 측면에서 기여도가 더 크다(Lambert 1993; 신과 조 1998) 하천성 플랑크톤 발생이 유속과 유량의 극단적인 변동으로 방해받아 돌 부착조류의 역할은 매우 중요하다(Antone 1995). 이러한 부착조류 군집의 계절 동태에 대하여 많은 연구자들이 관심을 갖고 연구하여 왔다(Klarer and Hickman 1975; Moss 1976; 김 등 1997; 이와 윤 2000).

본 조사는 돌을 기질로 하는 부착조류를 대상으로 시, 공간 동태와 구조류를 이용하여 하천의 유기오탁을 판정하여 하천 생태계의 보존과 복원 등 관리를 위한 기초 자료로 활용하기 위하여 수행하였다.

#### 재료와 방법

##### 조사지 개황

한탄강은 북한지역과 경기북부지역을 관류하는 임진강 수계의 주요 하천이다. 본 하천은 강원도 철원지역에서 발원하

\*Corresponding author (yjkim@daejin.ac.kr)

여 경기도 양주군에서 임진강과 합류하여 서해안으로 유입된다. 한탄강의 지천으로는 영평천, 포천천과 신천 등이 있다. 본 하천은 경기 북부지역에 각 종 용수를 공급하는 주요 수자원이지만 갈수기에 유량이 적어 강물의 흐름에 의한 자정작용이 매우 부족한 실정이다. 그러나 한탄강은 상류 지역은 협곡으로 되어 있고 하상 계수가 크고 하천의 바닥이 큰 바위나 돌로 구성되어 있기 때문에 유속이 빠르다. 이러한 지형의 특징 때문에 여름에 레포츠 지역으로 관심이 집중되기도 한다(건설교통부 1997). 한탄강의 조사 정점 1은 강원도 철원군 동송읍 상진리, 정점 2는 강원도 철원군 동송읍 대위리, 정점 3은 강원도 철원군 영북면 소화산리, 정점 4는 경기도 연천군 연천읍 문암동, 정점 5는 경기도 연천군 연천읍 궁평리 그리고 정점 6은 경기도 연천군 전곡읍 전곡에 선정하였다(Fig. 1).

#### 환경요인과 돌부착조류 분석

한탄강을 대상으로 돌 부착조류의 시, 공간 동태를 조사하기 위해 2001년 11월부터 2002년 8월까지 6개의 정점을 선정하여 계절별로 실시하였다. 수온과 전기전도도는 WTW-LF 91 EC merter로, pH는 HI 8314 meter를 사용하여 현장에서 직접 측정하였다. DO와 BOD<sub>5</sub>는 Winkler azaid법으로 측정하였다. 총질소와 총인은 APHA(1992)와 수질오염·폐기물 공정시험방법(환경부 1995)에 따라서 분석하였다.

부착조류의 시료는 유속이 약 30-40 cm·sec<sup>-1</sup>인 지점을 선정하여 상면이 편평한 돌을 5×5 cm<sup>2</sup>의 면적을 솔로 긁어 100 ml로 정량 채집하여 lugol's solution을 넣어 고정하였다. 부착조류의 현존량(cells·cm<sup>-2</sup>)은 농축된 시료 1 ml를 취해 Sedgwick-Rafter chamber에서 계수하여 APHA(1992)에 의거하여 산정하였다. 부착 규조류는 농축된 시료 중 일부를 취하여 permanganate method(Hendey 1974)에 의거하여 세정한 후 pleurax로 봉입하여 영구표본을 제작하여 광학현미경 하에서 동정하였다. 부착 규조류의 현존량은 Sedgwick-Rafter chamber에서 계수하여 규조강의 총 현존량을 산출하고, 영구표본에서 각 종의 상대빈도를 계산한 후, 각 종의 현존량을 산정하였다. 또한 엽록소 농도는 정량 채집 시료를 bbe cuvette에 넣어 fluorometer(bbe moldaenke algae analyser)로 측정하였다. 군집의 우점종은 현존량 중에 평균 현존량을 상회하는 종들 중에 최대 현존량을 나타내는 종으로 하고, 평균 현존량 이상을 차지하는 종을 아우점종으로 선정하였다. 출현종의 현존량을 기본 자료로 하여 Shannon-Weaver(1963)의 종 다양성 지수, Shimpson(1949)의 우점도 지수를 구하였다. 부착 규조 군집을 이용하여 하천의 유기오염을 판정하기 위하여 Watanabe and Asai(1990)의 DAIPo 방법으로 평가하였다.

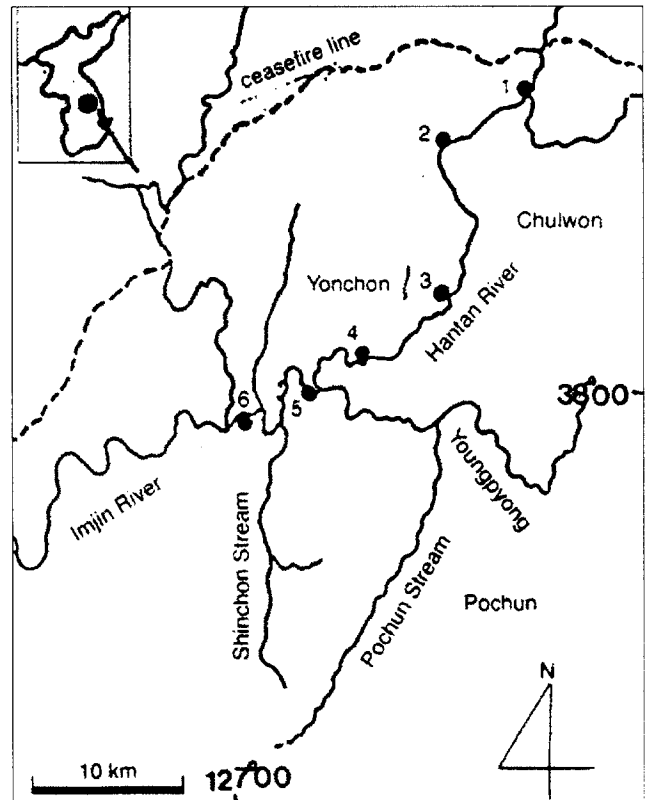


Fig. 1. A map showing the sampling stations in the Hantan River

## 결 과

#### 환경요인

환경요인들 중에 수온은 0.6-25.5°C의 범위이며, 겨울인 2002년 2월에 최저였고 5월에 최고였다. 수온은 우리나라 기온변화에 따른 전형적인 계절변화를 보여주었다. 전기전도도는 61.9-510.0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 의 범위로서 2002년 8월에 정점 1에서 최저였고 2001년 11월에 최고였다(Table 1). 본 요인은 상류에서 하류로 갈수록 최대 5배 이상까지 증가하였다.

pH는 6.6-9.5의 범위로서 2002년 8월에 정점 4에서 가장 낮았고 5월에 정점 6에서 가장 높았다(Table 1). DO는 8.2-13.2  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 의 범위로서 8월에 정점 6에서 최저였고 2월에 정점 3에서 최고였다(Table 1). BOD<sub>5</sub>는 0.4-5.7  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 의 범위로서 2002년 8월에 정점 1에서 가장 낮았고 2001년 11월에 가장 높았다(Table 1). 총질소는 2002년 2월과 5월에 정점 1에서 1.1  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 로 최저였고 2001년 11월에 정점 5와 2002년 2월 정점 6에서 5.5  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 로서 최고였다(Table 1). 본 요인의 계절 변화는 작았으나 상류부터 하류로 갈수록 증가폭이 컸다. 총인의 농도는 2001년 11월에 정점 1에서 4  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 로 가장 낮았고, 2002년 5월에 98  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ 로 가장 높았다(Table 1). 정점별 변화 경향은 매우 뚜렷하나 계절 변화는 거의 없



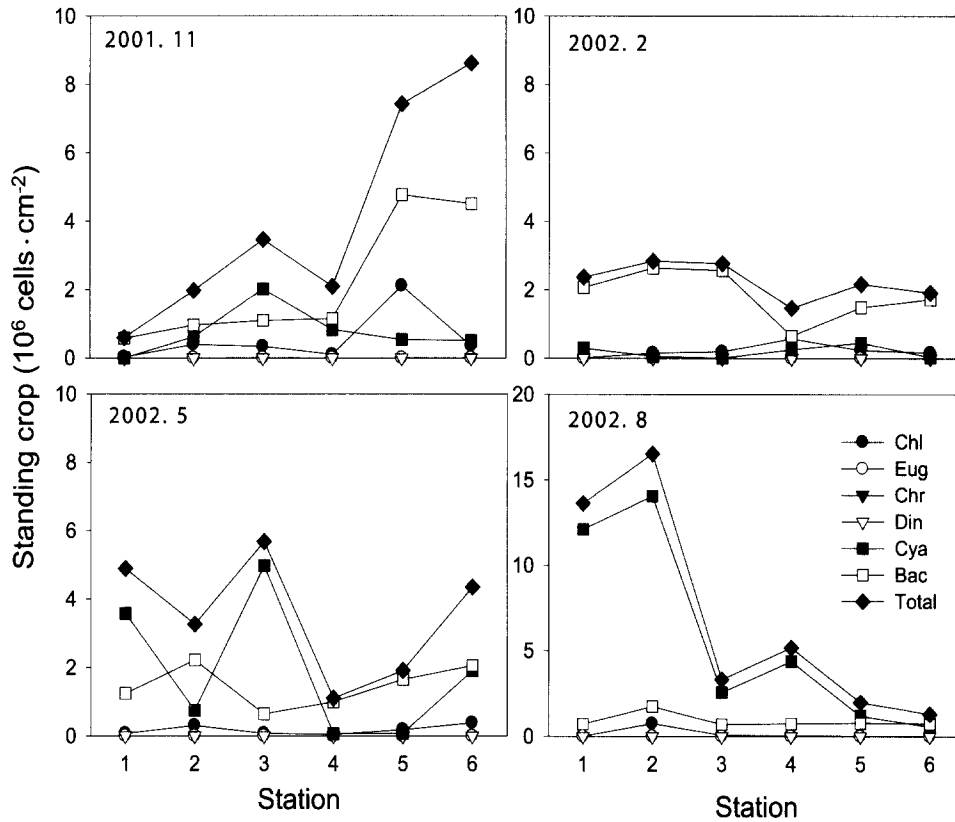


Fig. 3. Temporal and spatial changes of standing crops(cells · cm<sup>-2</sup>) of epilithic algal communities at each station in the Hantan River.

부착조류 현존량은 0.6-16.5×10<sup>6</sup> cells · cm<sup>-2</sup>의 범위로서 2001년 11월에 최저였고 2002년 8월에 정점 2에서 최대였다 (Fig. 3). 조사 동안 현존량은 공간적 차이는 매우 뚜렷하였으나 계절에 따른 변화는 없었다. 2001년 11월의 현존량은 상류에서 하류로 갈수록 점진적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 2002년 2월과 5월의 현존량은 공간적으로 불규칙한 변화 경향을 나타낸 반면에 8월에는 상류에서 하류로 갈수록 적어지는 경향을 나타내었다(Fig. 3). 규조강은 2001년 11월부터 2002년 5월까지 총 현존량의 25.4-96.5%의 범위로서 높은 비를 점유하였으며 그 다음이 녹조강, 남조강과 유글레나강의 순이었다(Fig. 3). 2002년 5월과 8월에는 남조강의 현존량이 4.0-94.7%의 범위였으며 상류 수역에서 높았다(Fig. 3). 특히 8월에는 총 현존량이 남조강의 현존량에 의해 결정되었다.

엽록소 a 농도는 13.4-304.2 mg · cm<sup>-2</sup>의 범위로서 2001년 11월에 정점 5에서 최대였고 2002년 8월에 정점 6에서 최저였다(Fig. 4). 엽록소 농도는 상류에서 하류 또는 계절에 따른 변화의 경향성이 없었다.

우점종은 Table 2와 같이 17종류로 구성되어 있으며 남조강이 9종류로 가장 많았다. 남조강은 *Homoeothrix*속, *Lyngbya*속, *Phormidium*속, *Scizothrix*속으로 구성되어 있고, 녹조강은 *Scenedesmus*속과 *Ulothrix*속이었다. 규조강은 *Achnanthes*

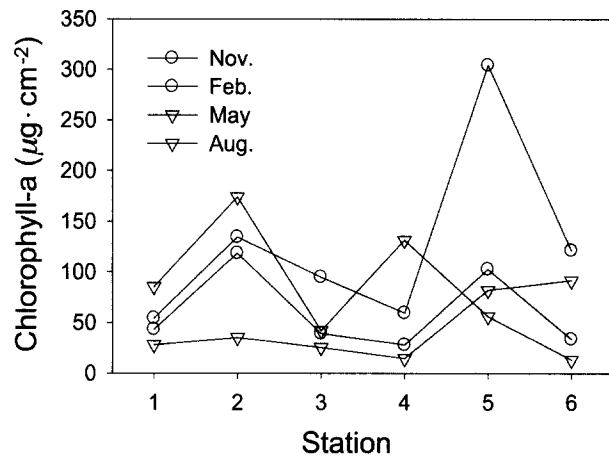


Fig. 4. Temporal and spatial changes of chlorophyll-a(µg · cm<sup>-2</sup>) of epilithic algal communities at each station in the Hantan River.

속, *Navicula*속과 *Nitzschia*속 등이었다. 2001년 11월과 2002년 2월의 우점종은 상류 정점에서 규조강의 종류로 구성되어 있다. 이들 중에 *Achnanthes alteragracillima*와 *Achnanthes minutissima*이었으며 중, 하류에는 규조강, 녹조강과 남조강이 조사되었다. 5월과 8월에는 대부분의 정점에서 남조강의 종들이 우점하였다. 우점종의 계절 변화는 정점별로 약간의 차이는 있으나 규조강-규조강-남조강-남조강의 순이었다.

**Table 2.** Fig. 3. Temporal and spatial changes of dominant species of epilithic algal communities in the Hantan Rivr (%)

Station / Month	November, 2001	Station / Month	February, 2002
1	<i>Achnanthes minutissima</i> (39.9)	1	<i>Achnanthes alteragracillima</i> (58.9)
2	<i>Achnanthes minutissima</i> (22.5)	2	<i>Achnanthes minutissima</i> (46.6)
3	<i>Lyngbya lagerheimii</i> (34.5)	3	<i>Achnanthes alteragracillima</i> (24.3)
4	<i>Phormidium purpurascens</i> (32.8)	4	<i>Ulothrix subtilissima</i> (29.2)
5	<i>Nitzschia amphibia</i> (13.7)	5	<i>Lyngbya affixa</i> (19.4)
6	<i>Scenedesmus acutus</i> (21.7)	6	<i>Navicula saprophila</i> (25.0)

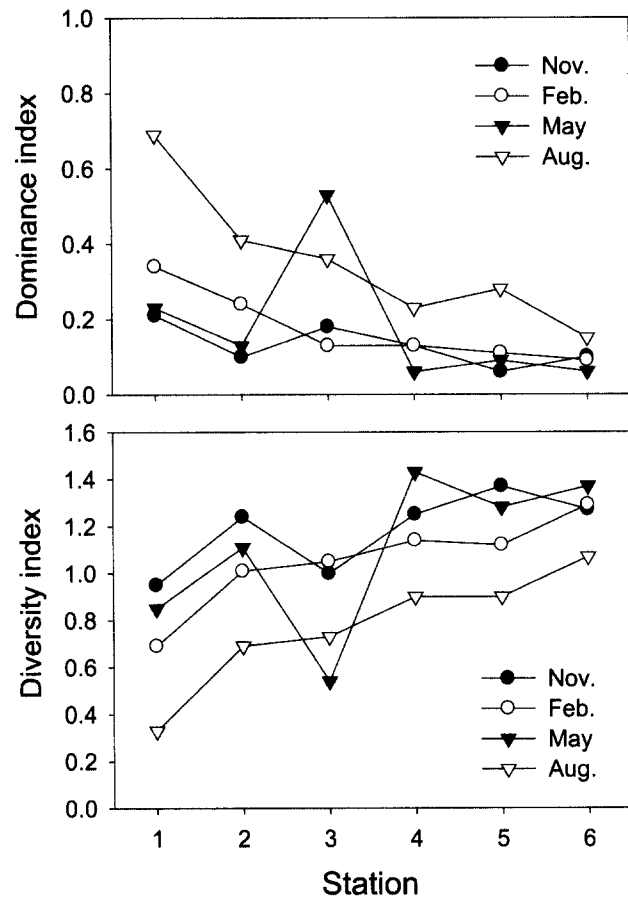
Station / Month	May, 2002	Station / Month	August, 2002
1	<i>Schizothrix vaginata</i> (41.5)	1	<i>Lyngbya confervoides</i> (84.6)
2	<i>Achnanthes minutissima</i> (39.9)	2	<i>Lyngbya angusta</i> (62.5)
3	<i>Homoeothrix varians</i> (71.8)	3	<i>Phormidium luridum</i> (35.7)
4	<i>Navicula minima</i> (13.6)	4	<i>Phormidium papyraceum</i> (35.7)
5	<i>Navicula subminuscula</i> (18.2)	5	<i>Phormidium luridum</i> (50.8)
6	<i>Lyngbya angusta</i> (14.5)	6	<i>Phormidium luridum</i> (29.5)

다양도 지수는 0.33-1.44의 범위로서(Fig. 5) 상류에서 하류로 갈수록 점차 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 11월과 5월에 정점 3에서 불규칙한 변화 경향이 있었다. 다양도 지수는 8월 정점 1에서 최소였다. 이것은 출현종류 수와 현존량 등은 다른 조사 시기와 정점과 비슷하였으나 우점종인 *Lyngbya confervoides*의 현존량이 총 현존량의 84.6%로서 다른 정점의 우점종보다 높았다. 5월에 정점 4에서 지수가 최대였는데 평균 현존량 이상을 점유하는 종이 17종류로 많이 출현하였다.

우점도는 0.06-0.69의 범위로 매우 낮았다(Fig. 5). 우점도 지수는 계절적으로 8월에 가장 높았으며 공간적으로는 상류에서 하류로 갈수록 낮아지는 경향을 나타내었다. 5월에 정점 3에서도 경사에 의한 유속이 다른 정점보다 빠르므로 남조강의 *Homoeothrix*속이나 *Phormidium*속 등이 번성한 결과로 우점도가 상대적으로 높아지는 경향을 나타내었다(Fig. 5)

돌 부착규조류를 유기오탁 내성도에 따른 생태군은 Table 3과 같다. 호오탁성종은 *Cyclotella meneghiniana* 등 9종류, 호청수종은 *Achnanthes convergens* 등 16종류 그리고 광적응성종은 97종류였다. 우점종 중에 호오탁성종은 *Navicula subminuscula* 1종류였으며, 호청수종은 없었고 광적응성종은 *Achnanthes minutissima*, *Achnanthes alteragracillima*, *Navicula minima*, *Nitzschia amphibia* 등 4종류였다. 유기오탁에 따른 생태군은 호오탁성종이 0-49.0%의 범위였다. 호청수종은 1.1-42.1%의 범위였다. 호오탁성종과 호청수종의 구성비는 상류 정점과 하류 정점 간에 뚜렷한 차이를 나타내었다.

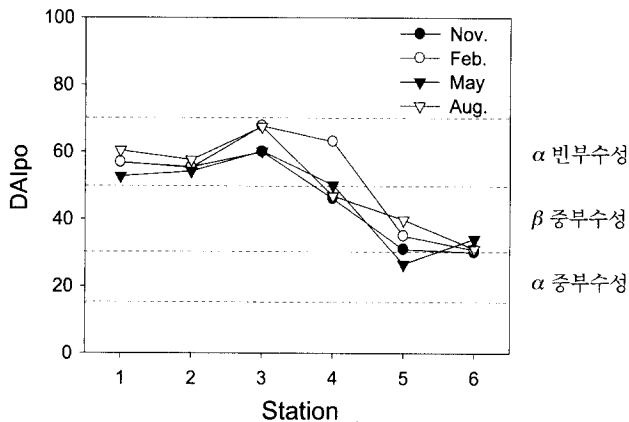
돌 부착규조류에 의한 유기오탁 평가는 DA<sub>Ipo</sub> 값을 기준으로 하였다(Fig. 6). DA<sub>Ipo</sub> 값은 상류 정점과 하류 정점간의 뚜렷한 차이를 나타내었다. DA<sub>Ipo</sub> 값은 상류 정점에서는 52.7-60.4의 범위로  $\alpha$ -빈부수성이었고, 중류수역인 정점 3에서 DA<sub>Ipo</sub> 값이 60-67.7의 범위로  $\alpha$ -빈부수성이었으며, 상류

**Fig. 5.** Temporal and spatial changes of diversity index and dominance index of epilithic algal communities in the Hantan River.

보다 높아지는 경향을 나타내었다. 하류 정점은 26.6-39.8의 범위로서  $\alpha$ -중부수성 수역이었다. 그러므로 한탄강의 유기오탁도는 시, 공간적으로 차이는 있지만  $\alpha$ -중부수성에서  $\alpha$ -빈부수성의 수역으로 판정되었다.

**Table 3.** Percentage (%) of ecological diatom groups classified by degrees of pollution tolerance in epilithic diatom communities in the Hantan River.

Station		1	2	3	4	5	6
Month / Group							
November	Saproxenous	23.6	15.0	22.0	10.7	2.5	4.1
	Saprophilous	10.0	4.1	2.0	18.4	40.6	43.8
	Indifferent	66.4	80.9	76.0	70.9	56.9	52.1
February	Saproxenous	13.8	13.5	35.9	30.3	1.2	10.8
	Saprophilous	0	2.9	0.6	4.1	31.3	49.0
	Indifferent	86.2	83.6	63.5	65.5	67.5	40.2
May	Saproxenous	6.3	9.9	26.3	16.3	1.9	2.6
	Saprophilous	0.9	1.4	5.9	16.0	48.7	34.2
	Indifferent	92.8	88.7	67.8	67.7	49.4	63.2
August	Saproxenous	21.1	18.0	42.1	20.6	1.1	3.4
	Saprophilous	0.4	2.8	7.2	26.7	21.5	41.0
	Indifferent	78.5	79.2	50.7	52.7	77.4	55.6



**Fig. 6.** Temporal and spatial changes of DAIPo values in the Hantan River.

**고찰**

일반적으로 하천 상류의 바닥은 바위나 큰 돌로 구성되어 있고 급경사로서 유속이 빠른 상태이며, 하류는 작은 자갈이나 모래로 구성되어 있고 유량은 많고 유속은 완만하다. 하천 생태계에서 돌 부착조류의 종조성과 종수는 하천의 자연적인 특성인 지질과 지형의 영향과 인간 활동의 영향에 의해 결정되어 진다(Hynes 1970). 수질이 깨끗하고 유속이 느린 ( $5 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ ) 곳은 palmella 단계의 녹조류가 우점을 하며  $20 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$  인 곳은 남조류인 *Phormidium*속이 우점을 한다. 그리고 오염원이 있고 유속이 느린 곳에서는 녹조류의 *Chaetophora*속과 *Scenedesmus*속이 우점하며,  $20 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$  이상인 곳은 규조류가 우점하는 것으로 알려져 있다 (Zimmerman 1962). 또한 성장기 동안 유량이 적고 수질이

깨끗할 때, 군집의 성장이 왕성하여 규조강, 녹조강과 남조강의 종들로 두껍게 기질을 덮게 된다. 그러나 우기에 폭우 등으로 홍수가 발생하면 돌 부착조류 군집은 많은 유량과 유속에 의해 매우 불안정하게 되고 유실로 큰 변화를 초래하게 된다(Butcher 1947). 한탄강은 상류 수역에서 중류까지는 큰 협곡을 형성하고, 바닥이 큰 바위나 자갈로 구성되어 있고 유속이 빠른 편이며 하류는 자갈이나 모래로 바닥을 형성하고, 유속이 완만하다(건설교통부 1997). 이와 같은 지형과 지질의 특성에 의해 중수는 상류에서 하류로 갈수록 증가하였다. 종조성은 계절에 따라 차이가 있지만 가을과 겨울에는 갈수기이고 유량이 적은 상태로서 상류에는 규조강인 *Achnanthes*속이 우점종과 아우점종으로 조사되었다. 중류 수역에는 남조강의 *Lyngbya*속과 *Phormidium*속이 그리고 하류에는 규조강의 *Nitzschia*속과 녹조강의 *Scenedesmus*속으로 구성되어 있다. 그러나 많은 강우의 빈도가 높은 계절인 봄과 여름에는 종조성이 상당한 변화가 있었다. 5월에는 규조강의 속들이 감소한 반면에 덩어리로 구성되어 있는 남조강의 *Schizothrix*속, *Homoeothrix*속, 그리고 *Phormidium*속 등이 주요 부착조류 군집으로 조사되었다. 8월에는 태풍 루사 등 폭우의 영향으로 부착력이 약한 많은 종이 탈리되어 감소한 반면에 부착력이 강하고 물의 흐름에 잘 적응되어 있는 *Lyngbya*속과 *Phormidium*속이 덩어리를 형성하며 우점종으로 조사되었다. 특히 8월에 정점 1과 2에서는 *Lyngbya*속이 급격하게 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 다른 종보다도 유속이나 흐름에 대해 잘 적응했기 때문으로 사료된다.

현존량과 엽록소 농도의 변동은 비슷하였다. 일반적으로 하류 정점의 값들이 높았다. 이러한 하류에서의 증가는 조사 지역의 지질적인 영향과 인간의 영향을 반영한다(Antone 1995). 또한 연중 계절에 따라 변화하는 수온과 일사량(Tait

et al. 1994; Doddes et al. 1996), 부착할 수 있는 기질 종류 (Whitton 1984) 그리고 강우의 빈도의 영향으로 우기와 건기에 따라 큰 차이를 보이는 하천의 유속 (Antone and Benson-Evans 1988), 주위에 산재된 오염원으로부터 유출되는 영양염 농도 (Hutchinson 1967) 외에 초식생물의 섭식작용 (Esho and Benson-Evans 1984) 등을 들 수 있다. 유량과 강우량 등이 정점간의 차이가 연구지역의 공간적 변화를 유도하였다. 유량이 적을 때 엽록소 농도를 증가시키지만 폭우와 같은 갑작스러운 홍수는 저서성 조류 개체군의 빈도를 조절하는 연구결과와는 본 조사와 일치하였다 (Tett et al. 1978).

유량이 적은 갈수기인 가을과 겨울에 한탄강의 총 현존량은 강우가 많은 봄과 여름보다 낮았다. 그러나 구조강의 현존량은 가을과 겨울에 거의 모든 정점에서 다른 부착조류보다 많았다. 봄에는 구조강과 남조강이 정점에 따라 복잡한 증감 양상을 보여주었고, 여름에는 강우 등의 영향으로 구조강과 다른 조류는 현존량이 매우 적은 반면에 남조강의 현존량은 매우 많았다. 이와 같은 현존량의 분류군(강) 별의 계절변화가 뚜렷하게 나타났다. 또한 엽록소 농도의 변화는 일반적으로 현존량과 유사한 동태를 나타내는 것으로 보고되고 있고 (Antone 1995), 가을과 겨울에 현존량과 엽록소 농도는 유사한 변화 경향이 있었다. 그러나 봄과 여름에는 강우 등의 영향으로 남조강의 현존량이 급증하였고 구조강이나 다른 부착조류의 현존량은 부착조류가 탈리되어 유실됨으로써 상대적으로 현존량이 낮아져 현존량과 엽록소 농도는 상관성이 없었다. 상류 정점에서 현존량은 남조강에 의해 최대로 되었으나 엽록소의 농도는 가을과 겨울의 농도와 비슷하였다. 이것은 현존량이 높은 *Lyngbya*속의 세포 길이와 폭이 2-3  $\mu\text{m}$  정도로 매우 작아 이들이 함유하고 있는 엽록소의 함량도 매우 적기 때문이다.

둘 부착구조강의 오염도에 따른 생태군 조성 변화에서 상류 정점보다는 중류인 정점 3에서 호청수종의 비가 최대였다 (Watanabe and Asai 1990). 이것은 하천 조사 수역의 위치상 문제로서 최상류 수역은 비무장지대이기 때문에 조사가 불가능하였으며 최대한 한탄강의 상류 정점을 선정하였다. 이러한 지형의 특성 때문에 상류인 정점 1 주변에는 농경지가 분포하고 유량이 풍부한 상태였고 중류인 정점 3에서는 협곡의 지형에 의해 오염원이 거의 없는 상태였다. 또한 상류에서 중류로 흐르는 동안 바닥의 많은 바위나 자갈 등을 통해 자정작용이 충분히 일어난 것으로 추정된다. 생태군은 상류, 중류 정점에서 *Achnanthes convergens*와 같은 호청수종이 조사된 반면에 하류에서는 *Navicula subminuscula*와 *Nitzschia palea*와 같은 호오탁성종이 주로 조사되었다. 이와 같은 종의 분포는 국내 다른 하천의 분포와도 일치하는 경향을 나타내었다 (이 1998; 최 등 1998; 김 1999). 또한 상류에서 하류까지 모든 정점에서 *Achnanthes minutissima*와 *Navicula minima* 등

광적응성종이 보고 되고 있지만 *A. minutissima*는 청수역에 출현빈도가 높았다. 본 하천의 유기오탁도는  $\alpha$ -빈부수성에서  $\alpha$ -중부수성의 범위로서 상, 중류 수역은 여전히 청수역으로 유지되고 있다. 그러나 여름에 많은 관광객과 레프츠시설과 요식업소 등을 통해 인위적 오염원이 유입될 수 있다. 이와 같은 원인으로 청정수역에서 오염수역으로 전환될 가능성이 매우 크다. 하류수역은 중부수성으로 판정되었으며 이것은 포천시, 동두천시를 관류하는 포천천, 영평천과 신천의 하류는 강부수성 수역으로 판정되었다 (김 1999, 2001) 이러한 하천으로부터 유기 오염원이 유입됨으로서 오탁 될 가능성이 높다. 그러므로 대형 하천의 오염도를 줄이기 위해서는 합류되는 주변 소하천을 청정한 상태로 유지하도록 주변을 관리하는 것이 더욱 중요하다.

## 사 사

이 논문은 2003년도 대전대학교 학술연구과제 연구비 지원에 의해 연구되었음

## 참고문헌

- 건설교통부. 1997. 임진강 유역 조사 최종보고서. 197 pp.
- 김용재. 1999. 부착구조 군집에 의한 포천천의 수질 평가. 한국육수학회지 32: 135-140.
- 김용재. 2001. 신천의 부착구조 군집을 이용한 유기오탁 판정. 한국육수학회지 34: 199-205.
- 김현주, 윤혜순, 김진수, 김현우, 주기재. 1997. 산지하천에서 빛과 초식에 의한 부착조류의 생체량 변화. 한국육수학회지 30: 385-392.
- 신재기, 조정제. 1998. 대청천에서 부착조류의 1차 생산성. 한국육수학회지 31: 294-302.
- 이경, 윤숙경. 2000. 전남 광양의 수어천 수역에 있어서 식물플랑크톤과 부착조류 군집의 계절적 변화. 한국육수학회지 33: 38-50.
- 이정호. 1998. 낙동강의 부착구조와 유기오탁 지수(DAIPo). 한국육수학회지 31: 38-44.
- 최재신, 김한순, 강만도. 1998. 신천의 부착구조 군집의 계절적 동태. 한국육수학회지 31: 235-240.
- 환경부. 1995. 수질오염·폐기물 공정 시험방법. 동화기술. 565 pp.
- Antone S.E. 1995. Epilithic algal population dynamics of the River Wye System, Wales, U.K. *Algol. Stud.* 78: 11-31.
- Antone S.E. and Benson-Evans K. 1988. Environment and hydrological characteristics of the River Wye System, Wales, U.K. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 16: 3-37.
- APHA, AWWA, WEF. 1992. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- Butcher R.W. 1947. Studies on the ecology of river VII. The algae of organically enriched waters. *J. Ecol.* 35: 186-191.
- Doddes W.K., Huston R.E., Evans A.C., Gudder D.A., Fitz K.M. and Gray L. 1996. The relationship of floods drying, flow and light to primary production and producer biomass in a

- prairie stream. *Hydrobiol.* **333**: 151-159.
- Esho R.T and Benson-Evans K. 1984. Algal studies of the River Ely, South Wales, U.K. II. Epilithic algae. *Nova Hedwig.* **38**: 387-421.
- Hendey N.I. 1874. The permanganate method for cleaning freshly gathered diatoms. *Microscopy* **32**: 423-426.
- Hynes H.B.N. 1970. *The Ecology of Running Waters*. Liverpool Univ. Press. Liverpool. 555 pp.
- Hutchinson G.E. 1967. *A Treatise on Limnology*. Vol. II. *Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton*. John Wiley & Sons, New York, 1115 pp.
- Klarer D.M. and Hickman V. 1975. The effect of thermal effluent upon the standing crop of an epiphytic algal community. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* **60**: 17-62.
- Lamberti G.A. 1993. Grazing experiments in artificial streams. *J.N. Am. Benthol. Soc.* **12**: 337-343.
- Lund J.W.G. 1950. Studies on *Asterionella formosa* Hass. 2. Nutrient depletion and the spring maximum. *J. Ecol.* **38**: 1-35.
- Moss B. 1976. The effect of fertilization and fish on community structure and biomass of aquatic macrophytes and epiphytic algal population; an ecosystem experiment. *J. Ecol.* **64**: 313-342.
- Parsons T.R., Takahashi M. and Hargrave. B. 1977. *Biological Oceanographic Processes*. Pergammon Press. New York. 332pp.
- Porter K.G. 1973. Selective grazing and differential digestion of algae by zooplankton. *Nature* **244**: 179-180.
- Shannon C.E and Weaver W. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois Univ. Press, Urbana. 177 pp.
- Shimpson E.H. 1949. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. 2. Erhrgr. Limnol.* **7**: 218pp.
- Tait C.K., Li J.L., Lamberti G.A., Pearsons T.N. and Li H.W. 1994. Relationships between riparian cover and the community structure of high desert stream. *J.N. Am. Benthol. Soc.* **13**: 45-56.
- Tett P., Gallegos C., Kelly M.G., Horenberger M. and Cosby B.J. 1987. Relationships among substrate, flow and benthic microalgal pigment density in the Mechums River, Virginia. *Limnol. Oceanogr.* **23**: 785-797.
- Watanabe T. and Asai K. 1990. Numerical simulation using diatom assemblage of organic pollution in streams and lakes. *Rev. Inquiry and Res. (Kansai Univ. Foreign Studies)* **52**: 99-139.
- Whitton B.A. 1984. *Ecology of European Rivers*. Blackwell Scientific Publ. Oxford. 609pp.
- Zimmerman P. 1962. Der Einfluss der Strömung auf die Zusammensetzung der Lebens-gemeinschaften im Experiment. *Schweiz. Z. Hydrol.* **24**: 408-411.

---

Received 4 February 2004

Accepted 18 March 2004