

## 곡릉천 생태계의 오염부하량과 계절에 따른 자정능의 변화

이선경 · 심규철 · 김재영 · 김준민 · 장남기

서울대학교 사범대학 생물교육과

## Pollutant Loading and Changes of the Self-Purification Capacity with Season in Gokneung Stream Ecosystem

Lee, Sun-Kyung, Kue-Cheol Shim, Jae-Young Kim,  
Choon-Min Kim and Nam-Kee Chang

Department of Biology Education, Seoul National University

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the changes of water quality and the patterns of self-purification with season in Gokneung stream. The vegetation in the ecosystem around Gokneung stream was dominated by *Quercus* species. In the physicochemical analysis based on the contents of DO, BOD, conductivity and total phosphorus, the upstream seemed to have been polluted, but the downstream was self-purified. In biological investigation by bentic macroinvertebrates, the result was similar to that in the physicochemical analysis. The self-purification constant based on BOD of the upstream, 1.013, was the highest. In the self-purification constants with month, that of September was 0.995 and that of January was 0.272. These results indicated that the self purification capacities of spring and autumn were larger than those of winter and summer in Gokneung stream.

**Key words** : Bentic macroinvertebrates, Gokneung stream, Physicochemical analysis, Self-purification, Self-purification constant, Water quality

### 서 론

하천의 자정능력에 대한 연구는 Streeter와 Phelps(1925)가 하천에 대한 평형 방정식을 제안한 이후, 활발히 진행되어 왔다. Vladimir와 Peter(1975)가 협소한 하천에서의 자정능력에 대한 모형을 제시하였고, Fonseca 등 (1982)은 Rio Negro 강의 오염과 자정작용에 관한 연구에서 수온, pH, 전기전도도, 부생식물, 대장균 등을 조사하여 하천의 자정작용의 중요성을 강조하였으

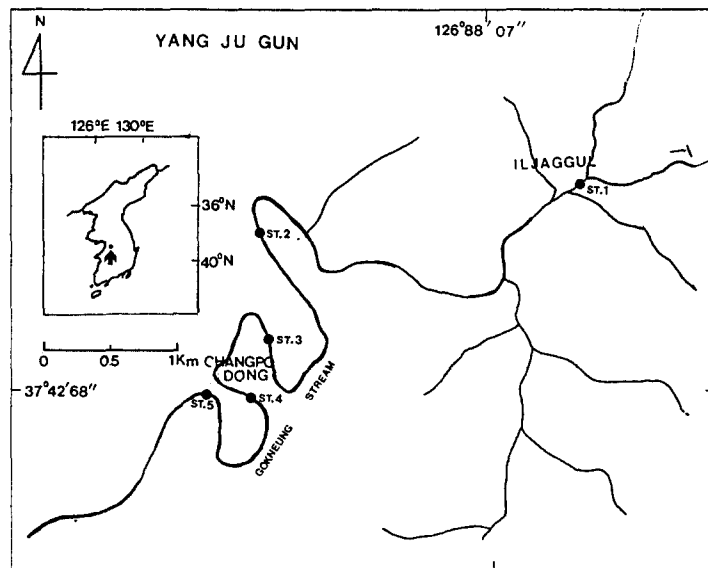
며, Avnimelech 등(1981), Koussouris 등(1989)은 오염된 하천 및 호수에서 질화작용과 자정작용을 연구하였다. 또한 Bashmakova(1986)는 Danube 강의 자정작용에서 Bacterioplankton의 호흡속도를 연구하였으며, Dor 등(1987)은 강의 자정작용에 따른 육수생물학적 변화를 측정하기도 하였다.

우리나라에서는 함(1973)이 금호강에서, 김과 이(1974)가 탄천에서 탈산소계수와 재폭기계수를 추정 또는 실측하여 자정관계를 분석하였고, 이 등(1980)은 낙동강 수계의 수질 보전을 위한 조사중 하천의 자정인자에 대한 평가를 하였다. 이(1982)는 낙동강을 포함한 5개 하천에 대하여 실측과 실험을 토대로 DO모형에 관계되는 계수를 산출하고 하천구간별로 자정관계를 조사하였으며, 이와 한(1984)은 용존산소를 중심으로 하여 낙동강 중류부의 자정능력에 대한 평가를 하였다.

그러나 국내 하천의 자정작용에 관한 대부분의 연구에서는 실측결과를 통한 연구보다 추정을 통한 연구가 많은 편이며(이와 한 1984), 오염된 하천에서 자정작용이 일어나는 과정이나, 녹지대를 통과하면서 하천의 자정능이 변화하는 정도 등 녹지대가 하천 생태계의 평형 회복에 미치는 영향을 조사한 연구는 국내외적으로 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 곡릉천에서의 계절에 따른 수질의 변화와 자정 작용의 양상을 조사하여, 하천생태계가 갖고 있는 오염에 대한 자정작용과 오염부하량과의 관계를 구명하기 위한 기초자료를 얻고자 하였다.

## 조사지 개황

곡릉천은 경기도 양주군과 벽제읍에 걸쳐 위치해 있으며( $126^{\circ}43' \sim 127^{\circ}00' E$ ,  $37^{\circ}40' \sim 37^{\circ}46' N$ ), 오봉산을 기점으로 한 지류와 송추골, 동산동으로부터 오는 지류가 일자골 부근에서 만나서



**Fig. 1.** A map of the studied area in Gokneung Stream located in Yangju Gun and Byuje Eup, Gyonggi Do.

서북쪽으로 흘러 일영을 지나 임진강 및 한강으로 유입되는 비교적 큰 하천이다(Fig. 1). 조사지역과 가장 가까운 서울의 기상자료(중앙기상대 1985)에 의하면, 이 지역은 연평균기온 11.6°C, 최고기온 38.2°C, 최저기온 -23.1°C, 최한월 평균기온 -3.5°C, 연강수량은 1,364.8 mm이다.

하천의 바닥은 주로 자갈이 있는 사양토로 되어 있고(농촌진흥청 1977), 하천내의 인위적인 구조물로는 하천변에 행락시설과 농업용수를 위한 물보가 있는 지점이 있으며, 하천 근처에는 군부대와 인가들이 산재하여 오염원으로 작용한다. 곡릉천에서 송추골, 동산동으로부터 오는 지류가 만나서 다소 오염이 되어 있는 일자골 부근에서 시작하여 하천의 생태상황과 인간의 영향 등을 반영할 수 있는 5개 지점을 조사장소로 택하였다(Fig. 1).

조사 지역은 전체 곡릉천의 중·상류 유역의 일부이며, 그 중 지점 1인 일자골 부근은 본 조사에서 가장 상류쪽에 가깝게 위치하는 곳이지만 녹지대로 지정된 지역 안에 존재하는 다른 지점과는 달리 송추골, 동산동으로부터 지역주민의 생활하수, 축산폐수, 농업용수, 식당하수 등의 오염물질이 부하되고 있다. 하천의 주변에는 고마리, 여뀌 등이 많이 분포하고 있었다. 지점 2부터 5까지는 녹지대로 지정된 지역 안에 존재하고 있으며, 지점 2는 신흥유원지 부근으로 지점 1로부터 3.5 km 떨어져 있어 다른 지점간의 거리에 비해 긴 편인데 이는 주거인구에 의한 오염원의 유입이 거의 없어지기 시작하는 지점을 선정할 때문이다. 지점 2의 하천 주변에는 사철쭉, 고마리, 갯버들 등의 식물이 분포하고 있다. 지점 3은 신흥유원지에서 1.8 km의 거리에 있는 온릉교로 지점 2쪽으로 소규모의 묘지와 행락객을 위한 보트장 시설과 보육원 및 몇 채의 인가가 있고 산으로 둘러싸여져 있다. 하천변에는 고마리, 달뿌리풀, 한삼덩굴, 돼지풀, 여뀌, 쥐손이풀, 나도개피, 샷갯사초, 물쭉, 가막사리, 익모초, 망초, 쭉, 골풀 등이 자라고 있다. 지점 4는 지점 3보다 1.2 km 아랫쪽에 있는 장포교인데, 하천 주변에는 닭의 장풀, 샷갯사초, 쭉, 달뿌리풀, 칩, 암크령, 까치수영, 여뀌, 갈대, 방동사나대가리, 갯버들, 강아지풀 등이 있었고, 온릉교와의 사이에 보를 막아 만든 보트장시설이 있다. 지점 5는 청운산장이 있는 곳으로 가장 하류에 위치하며, 1.4 km 떨어진 장포교와의 사이에 보트장 시설과 함께 하천변에 소규모 행락시설이 있다. 하천변에는 고마리 군락과 사초과식물들이 분포하고 있다.

## 연구 방법

곡릉천의 수계 생태계에 영향을 미칠 것으로 생각되는 곡릉천 유역의 육상 생태계의 식생 조사는 1992년 8월에 1:25,000의 지형도(국립지리원 1991)를 참고하여 무작위적으로 30개소의 방형구를 설치한 후 식생 조사를 실시하였다. 방형구의 크기는 주로 5 m × 5 m, 10 m × 10 m, 20 m × 20 m를 사용하였다. 현존 식생도는 현지 식생 조사에서 얻어진 식물 군락 단위를 기본으로 하여 작성하였다(Küchler 1967).

이화학적 수질 조사는 1992년 2월 부터 매월 실시하였으나 계절에 따른 수질의 변화를 보기 위하여 1992년 3월, 6월, 9월, 1993년 1월의 조사 결과를 중점적으로 분석하였다. 각 조사지점에서는 수계의 기온, 수온, 수심, 하폭, 유속, 유량, 수소이온농도(pH), 용존 산소량(DO), 생물학적 산소요구량(BOD), 전기전도도(conductivity), 총인 등의 여러가지 이화학적 요인을 측정하였다. 기온과 수온은 검수채취현장에서 0.1°C 간격으로 눈금이 표시되어 있는 봉상수온온도계로 측정하였다. 유량, 유속의 측정은 보건사회부 공해공정시험법의 유량, 유속측정법중 개수로에 의한 측정법을 이용하여 측정하였다. 용존산소량은 oxygen meter(JENWAY model 9070)를 사용하여 측정하였고, pH는 digital pH/ion meter(DMS DP-B5)로 측정하였으며, 전기전도도는

conductivity/ion meter(TOA model CM-30ET)를 사용하여 측정하였다. BOD는 Standard method(APHA,AWWA,WPCF 1985)에 따라 측정하였고, 총인은 standard molybdate법에 의해 spectrophotometer로 정량하였다(Moore and Chapman 1986).

생물학적 수질조사를 위해 1992년 6월 13일과 14일에 걸쳐 저서성 대형 무척추 동물의 출현을 조사하였다. 저서성 대형 무척추 동물의 채집은 계류형 Surber net(50 cm × 50 cm)를 사용하여 각 지점에서 2회 저층을 채취하고 5 % formalin 혹은 75 % ethanol에 고정시킨 후, 실험실에서 공극의 지름이 1 mm인 체를 이용하여 정량시료를 얻었다(윤 등 1991). 저서생물의 동정 및 분류는 윤 (1988), McCafferty(1981), 律田(1964) 등을 참조하였으며, 동정, 분류된 후의 시료는 80% ethanol에 보존하였다. 각 조사지점의 개체별 현존량에서 제1우점종 혹은 제2우점종을 선정하였으며, 우점도 지수(DI)는 McNaughton's Dominance Index ( $DI = (n_1 + n_2) / N$ ;  $n_1$ : 제1우점종의 개체수,  $n_2$ : 제2우점종의 개체수,  $N$ : 총개체수)를 이용하여 산출하였다(McNaughton 1967). 다양도지수는 Shannon-Weaver function(1949)을 Llyod와 Gheraldi(1964)가 변형한 공식인  $H' = -\sum [(n_i/n) \log_2(n_i/n)]$  ( $n$ : 총개체수,  $n_i$ : 각 종의 개체수)을 사용하였다. 생물오탁지수는 Beck(1955)와 Tsuda(1964)의 방법으로 구하였다(律田 1964).

조사구역에서의 하천의 자정능을 추정하기 위해 BOD와 유속을 이용하여 장과 김(1992)의 방법에 따라 자정계수  $s = (\ln BOD_0 - \ln BOD) / t$  ( $BOD_0$ : 초기 BOD,  $BOD$ : 최종 BOD)를 구하였으며, 이를 통하여 곡릉천유역의 자정능력과 오염부하량과의 관계를 조사하였다.

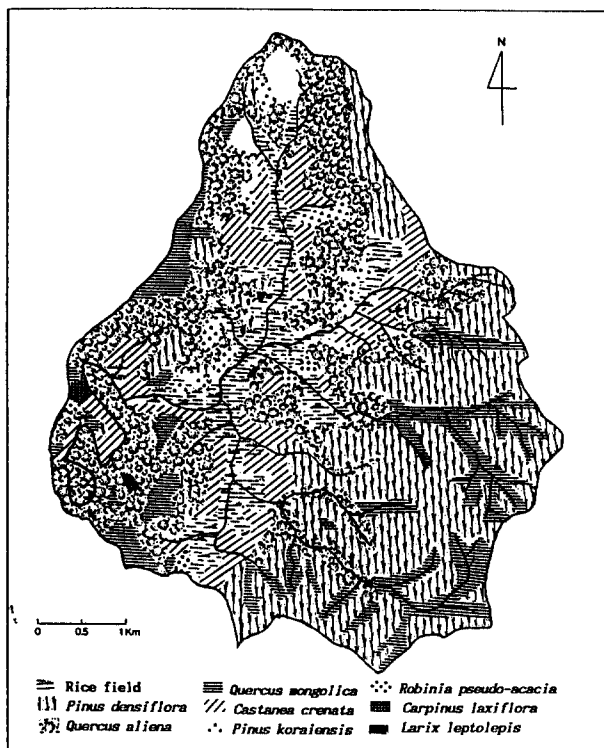


Fig. 2. Actual vegetation map of Gokneung stream basin.

## 결과 및 논의

### 1) 곡릉천 지역의 식생조사

하천주변의 삼림은 하천내에 사는 수서곤충류의 성충들이 서식장소로서 이용하게 된다. 따라서 하천 지역의 육상생태계의 식생은 수계 생태계에 영향을 미칠 것으로 생각할 수 있다(김과 임 1990). 곡릉천 지역의 육상 생태계의 식생 조사 결과 작성된 현존 식생도는 Fig. 2와 같다. 상류 지역의 하천변에는 주로 인가와 논이 있었으며, 그 주변에 잣나무(*Pinus koraiensis*), 밤나무(*Castanea crenata*) 등이 있었다. 하류로 내려오며 따라 하천변에는 주로 신갈나무(*Quercus mongolica*), 갈참나무(*Quercus aliena*), 졸참나무(*Quercus serrata*) 및 서나무(*Carpinus laxiflora*) 등이 섞여 있었으며, 하천과 다소 떨어진 산등성이 부분에는 소나무(*Pinus densiflora*)가 우점하고 있었다.

### 2) 이화학적 수질 조사

곡릉천 수계에서의 5개 조사 지점에 대한 수질 현황을 파악하기 위해 설정한 항목의 분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 수온의 변화를 보면, 3월의 평균 수온은 10.5°C 이고, 6월, 9월, 1993년 1월의 경우는 각각 20.5°C, 16.8°C, -1.9°C로 기온에 의존하여 변화하였다(Fig. 3). 각 조사 지점의 pH는 6.63~8.92의 범위의 값을 나타내었으며, 년 평균 pH는 6.88~7.77 이었다. 일반적으로 물의 pH는 수온상승에 의한 유기물 분해 작용과 광합성에 의한 CO<sub>2</sub>량의 다소에 따라 좌우된다(산업기지개발공사 1988). 본 조사 수계에서는 하천내에 서식하고 있는 다량의 조류 및 수생 식물들의 작용으로 pH가 중성 및 약 알칼리성을 나타낸 것으로 사료된다.

조사 수계에서 용존 산소량은 3월의 경우 12.4~14.6 mg/l 로 비교적 높았으며, 나머지의 경우는 8.0~12.1 mg/l 사이로 나타났다. 지점 1에서 지점 5로 내려갈수록 용존산소량이 증가하고

**Table 1.** Changes of water temperature, pH, DO, BOD, conductivity and total phosphorus with season in Gokneung stream

	Temperature(°C)				pH				DO(mg/l)			
	Mar	Jun	Sep	Jan	Mar	Jun	Sep	Jan	Mar	Jun	Sep	Jan
site 1	8.0	18.4	15.0	-2.0	7.16	6.92	6.63	6.80	12.4	8.0	9.9	9.1
site 2	11.0	22.5	17.0	-1.5	8.92	7.34	7.05	7.23	14.6	8.4	10.3	11.5
site 3	11.5	21.5	17.0	-2.0	8.57	7.51	7.39	7.33	14.6	8.8	9.9	12.1
site 4	10.5	20.3	17.0	-2.0	8.81	7.35	7.06	7.13	13.7	9.2	10.3	11.2
site 5	11.5	19.7	18.0	-2.0	8.80	7.48	7.26	7.53	14.3	9.6	10.3	11.6

	BOD(mg/l)				Conductivity(μS/cm)				Total-P(10 <sup>-2</sup> mg/l)			
	Mar	Jun	Sep	Jan	Mar	Jun	Sep	Jan	Mar	Jun	Sep	Jan
site 1	8.5	5.6	6.7	8.1	182.7	146.5	156.3	234.0	6.2	5.2	3.3	1.2
site 2	3.3	3.0	1.8	5.0	177.5	126.5	124.6	189.7	5.9	5.0	1.3	0.9
site 3	3.3	2.7	1.5	4.9	171.1	115.3	125.0	165.4	2.6	4.3	0.7	1.6
site 4	1.1	2.2	1.5	4.4	158.0	116.7	125.5	142.5	1.7	4.2	1.6	0.5
site 5	1.5	2.5	0.7	4.3	134.2	108.9	121.4	138.2	1.9	4.0	1.0	1.0

있으며, 증가폭은 동계인 1월이 2.5 mg /l 로 가장 크다(Table 1). 수중에 용해되어 있는 용존 산소는 주로 대기로부터의 재폭기(reaeration)와 조류의 광합성에 의해 공급되므로(조 1982), 물과 공기와의 접촉면적, 유속 등과 함께 산소를 발생하는 식물의 양 및 활성도와 온도 등이 상호작용하여 결정되며(안과 이 1988, Chrzanowski and Hubbard 1988), 계절이나 지역에 따라 큰 변화를 나타낸다. 곡릉천 수계의 경우 하계인 6월에 용존 산소량이 감소하는 것은 이러한 계절적 특성을 잘 반영하고 있으며(Fig. 3), 지점 1에서 지점 5로 내려갈수록 용존 산소량이 증가하는 것은 오염량이 감소함에 따라 산소를 많이 소비하는 생물의 양이 감소하기 때문으로 생각된다.

생물학적 산소요구량은 수중의 오염원으로 작용하는 유기물이 생물학적으로 산화될 경우에 소비되는 최소량(최와 조 1984, Van and Meyer-Reil 1982)이며, 수체 내에 존재하는 유기 오염물질의 척도라 할 수 있다(장과 김 1992). 이러한 생물학적 산소요구량의 변화는 3월의 경우 지점 1에서 8.5 mg /l로 생활 하수나 축산 폐수 및 농업 용수의 영향을 많이 받은 하천의 특징을 지니고 있으나, 지점 4와 5에서는 각기 1.1 mg /l, 1.5 mg /l로 감소하여 7.0~7.4 mg /l의 감소를 나타내고 있다. 이로부터 3월에는 지점 1이 수질 환경기준(환경처 1991)에 비추어 볼 때 5급수(공업용수 3급, BOD 8.1~10.0 mg /l)로 초기의 오염이 크고, 자정작용도 크게 일어남을 알 수 있다. 6월의 경우는 지점 1에서 5.6 mg /l이던 것이 지점 4에서는 2.2 mg /l로 3.4 mg /l 감소하여 초기의 오염도도 낮지만 자정작용도 감소함을 볼 수 있다(Fig. 4). 이를 근거로 볼 때 곡

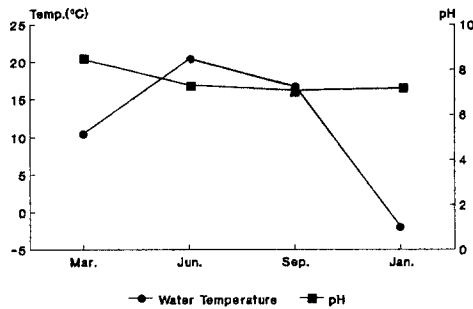


Fig. 3. Changes of water temperature and pH with season in Gokneung stream.

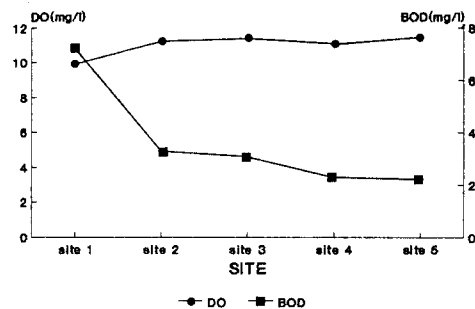


Fig. 4. Changes of the yearly mean of dissolved oxygen and biological oxygen demand with site in Gokneung stream.

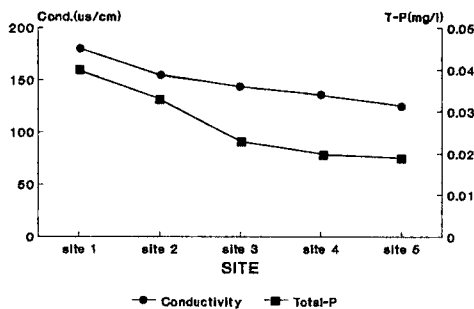


Fig. 5. Changes of the yearly mean of conductivity and total-phosphorus with site in Gokneung stream.

릉천의 자정작용은 현저하게 나타난다고 할 수 있다. 특히 동계와 춘계의 경우는 하계에 비해 자정작용에 중요한 영향을 미치는 유량이 상대적으로 작아서 전체적인 오염도가 높으며, 춘계와 추계에는 자정작용이 크게 나타난다. 그러나 하계에는 전체적인 오염도도 낮아서, 자정작용도 감소하고 있다.

각 조사지점 별 전기전도도는 동계에 평균 174.0  $\mu\text{s/cm}$ 로 가장 높으며, 하계의 평균 전기전도도는 122.8  $\mu\text{s/cm}$ 로 가장 낮다. 지점별 전기전도도는 생물학적 산소요구량의 경우와 마찬가지로 지점 1에서 높고 지점 4, 5에서

낮음을 볼 수 있다(Fig. 5). 전기전도도는 용액 속에 들어있는 유기물의 양을 반영할 수 있으므로 지점 1의 오염이 심하고, 아래로 내려갈수록 오염의 양이 감소함을 알 수 있다.

총인의 양은 지점 1에서는 높고, 지점 5로 내려갈수록 낮아지며, 3월의 경우 농도변화가 비교적 크게 나타났다. 수중의 인은 식물성 플랑크톤이나 수생식물의 생장에 필수적인 요인이지만 호소수계의 경우 다른 영양염류와는 달리 저질에 침전되는 양이 많아 수질오염의 지표가 되고 있다(전과 박 1989). 그러나 본 조사 수계의 경우 총인이 3월의 경우 가장 높은 지역이 지점 1의 0.062 mg/l로 인에 의한 오염정도는 심각하지 않은 것으로 생각된다.

이와 같이 용존산소량, 생물학적 산소요구량, 전기전도도, 총인의 양 등이 거의 비슷한 경향으로 나타나고 있으며, 가장 상류쪽인 지점 1에서 오염되었던 물이 지점 5로 내려갈수록 자정되어 깨끗해짐을 볼 수 있다. 이 때 각 지점 사이에는 하나 혹은 그 이상의 지류들이 존재하고 있어 자정능이라기 보다는 단순한 희석작용에 의한 것이라고도 생각할 수 있다. 그러나 본 연구에서 각 지류가 본류와 만나기 직전 지점의 이화학적 수질분석결과 본류와의 차이가 거의 없어 이는 오염물의 유입중단으로 인한 하천의 자정능에 의한 정화작용임을 알 수 있었다.

### 3) 생물학적 수질 조사

수질 오염도의 진단은 크게 이화학적 방법과 생물학적 방법에 의해 이루어진다. 그 중 이화학적 방법은 측정이 간편하여 일반화되어 있다고 볼 수 있으나 이는 제한된 화학적 지표로 어떤 순간의 수질만을 측정하는 것이어서 환경요인의 변화가 심하고, 그 구조가 복잡한 실제의 자연수질을 평가하는데에는 문제가 있다. 따라서 적합한 평가방법은 그 수역을 지속적으로 대표할 수 있는 생물을 이용하는 방법이 더욱 바람직하다고 할 수 있을 것이다(호소수질연구소 1991).

곡릉천 5개 지점에 대해 1992년 6월 13일과 14일에 실시한 조사에서 출현한 저서성 대형 무척추동물의 각 종별 개체수 현존량은 Table 2와 같다. 출현한 총분류군은 6강 14목 25종으로 빈모류 1종, 거머리류 2종, 복족류 2종, 와충류 1종, 선충류 1종 및 곤충류 18종이었다. 총개체수 현존량은 226 개체/0.5 m<sup>2</sup>로 나타났으며, 각 지점별 총 출현종 수는 10~19종이고 각 지점의 구성종에는 차이가 있다.

지점 1은 오염 수역의 지표종(호소수질연구소 1991)인 복족류(*Radix auricularia coreana*, *Semisulcospira gotteschei*)와 깔다구류(*Chironomus* sp.)가 우점종으로 나타났으며, 지점 2에서는 깔다구류(*Chironomus* sp., *Orthocladinne* sp.), 지점 3은 깔다구류(*Orthocladinne* sp.)와 플라나리아(*Dugesia* sp.)가 우점종으로 나타났다. 지점 4에서는 청정수역의 지표종인 하루살이류(*Ephemorus latifolium*)와 날도래류(*Hydrosyche* sp.)가 우점종으로 나타났는데, *Ephemorus*, *Ephemera* 등은 위 등(1991)의 보고에 의하면 BOD 2 mg/l이하인 수역에서 높은 출현 빈도를 나타내는 종이다. 지점 5에서는 역시 하루살이류(*Ephemorus latifolium*)와 플라나리아(*Dugesia* sp.)가 우점종으로 나타났다. 따라서, 우점종만으로도 수질이 오염 수역에서 청정 수역으로 변화되어 가는 것을 관찰할 수 있다.

각 조사지점에서의 우점도지수, 종 다양성지수 및 생물 오락지수는 Table 3과 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이 우점도지수(DI)는 지점 1이 0.55로 가장 높고, 지점 3과 지점 5는 0.50이상이나 지점 4는 0.38로 가장 낮았다. Beck's Biotic Indices(1955)에 의하면 지점 1, 2는 강부수성(polysaprobic), 지점 3은  $\beta$ -중부수성( $\beta$ -mesosaprobic), 지점 4, 5는 빈부수성(oligosaprobic)으로 나타나고, Beck-Tsuda's Biotic Indices(1960)에 의하면 지점 1, 2는  $\beta$ -중부수성( $\beta$ -mesosaprobic), 지점 3, 4, 5는 빈부수성(oligosaprobic) 수역으로 나타났다. 그러나

**Table 2.** Species and individual occurrences (No. /0.5 m<sup>2</sup>) of benthic macroinvertebrates collected at each survey site in Gokneung stream

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5
Class Insecta					
Ephemeroptera					
<i>Baelis</i> sp.	3	13	39	32	3
<i>Epeorus latifolium</i>			2	40	21
<i>Ephemerella</i> sp.				38	11
<i>Ephemera</i> sp.					3
Tricoptera					
<i>Hydropsyche</i> sp.			26	39	15
Odonata					
<i>Calopteryx</i> sp.			1		2
<i>Cericion</i> sp.		1			1
<i>Onychogomphus viridicostus</i>			3	2	2
<i>Sieboldius</i> sp.				1	1
Megaloptera					
<i>Protohermes grandis</i>		1		3	3
Diptera					
<i>Chironomus</i> sp.	67	21	9		1
<i>Orthocladinne</i> sp.	56	24	88	29	6
<i>Pentaneura</i> sp.			9	1	11
<i>Tipula</i> Kub.	1		1	1	1
Hemiptera					
<i>Diplonychus japonicus</i>		2			
<i>Laccotrephes japonensis</i>					1
<i>Ranatra chinensis</i>		1			3
Coleoptera					
<i>Eubrinax</i> sp.	1	2	1		1
Class Nematoda					
<i>Rhabdiasoidea</i>				1	
Class Oligochaeta					
<i>Limnodrilus socialis</i>	2	1			
Class Hirudinea					
<i>Glossiphonia</i> sp.	1	9	11		
<i>Erpobdella</i> sp.	17	7	5		
Class Gastropoda					
<i>Semisulcospira gotteschei</i>	76	4	11	4	4
<i>Radix auricularia coreana</i>	107				
Class Turbellaria					
<i>Dugesia</i> sp.		19	43	18	51
Species number	10	13	14	13	19
Individual number	331	105	249	209	141

Beck의 지수나 Beck-Tsuda의 지수는 군집내의 종 구성에 대한 분석이 없는 점과 단지 종수만을 고려하기 때문에 조사규모나 방법에 따라서 그 결과가 크게 달라질 수 있는 문제점이 있다



**Table 3.** Dominance indices, species diversity indices and biotic indices in Gokneung stream

Site	Dominant indices (DI)	Species diversity indices (H')	Beck's biotic indices	Beck-Tsuda's biotic indices
Site 1	0.55	2.32	-1	13
Site 2	0.43	2.99	-1	17
Site 3	0.53	2.81	7	21
Site 4	0.38	2.88	14	22
Site 5	0.51	3.15	11	29

(호수수질연구소 1991). 따라서 지점 1, 2의 경우 전체 판정은 강부수성으로 나타나지만 종의 구성은 일반적인 경향과는 다소 차이가 있음을 볼 수 있다. 한편 다양도 지수는 2.32~3.15 사이로 Staub 등(1970)의 기준에 의하면 지점 1 부터 4까지는  $\beta$ -중부수성으로 나타났으며, 지점 5는 빈부수성 지역으로 나타났다. 따라서 지점 1의 오염된 물이 자정되었음을 알 수 있다. 저서성 대형 무척추동물에 의한 수질조사는 이화학적 조사보다 수질의 변화를 보다 민감하게 반영하고 있음을 알 수 있고, 곡릉천의 자정작용이 현저함을 알 수 있다.

#### 4) 곡릉천의 자정능과 오염부하량과의 관계

생물학적 산소 요구량을 토대로 하여 곡릉천의 자정계수를 구하기 위해 장과 김(1992)이 제시한 식을 적용하였으며, 그 결과는 Table 4에 나타내었다. Table 4에서 보는 바와 같이 지점 1과 지점 2사이에는 오염물의 유입이 중단되지만, 이미 유입된 오염물로 인하여 하천의 유기물 농도는 높고, 또한 이의 분해를 위한 미생물등의 분해자도 많이 존재하여 BOD도 높다. 이것이 약 3,450 m의 거리를 이동하면서 상당량 정화되어 지점 2에서의 평균 BOD 값은 3.28 정도로 떨어진다 (Table 4). 이 때의 BOD 자정계수는 1.013으로 본 연구의 조사구간 중 가장 높은 값을 나타낸다. 즉, 가장 자정작용이 활발하게 일어나고 있음을 말해준다. 이는 물론 지점 1과 2사이에 흘러드는 2개의 지천의 유입으로 인한 희석도 비중을 차지하지만, 지점 1과 2사이에 서식하는 생물들이 상당한 양의 유기물을 흡수하여 사용함으로써 자정에 참여하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 이 구간내에 설치된 간이 물보 및 대형물보로 인하여 유속이 다소 느려져 미생물과 조류의 증식을 유도하고 이로 인하여 수체의 자정이 극대화되는 것이라고 생각된다.

지점 2와 지점 3사이에는 1800 m의 거리로 자정계수는 0.111, 지점 3과 4사이에는 1200 m의 거리로 자정계수는 0.649이다. 그리고 지점 4와 5 사이의 자정계수는 0.048로 자정이 적게 일어남을 알 수 있다. 이는 행락철인 6월의 BOD 값에 의한 자정계수의 감소때문이다 (Table 1). 그럼에도 불구하고 그 지점보다 하류에 위치하는 수질의 절대적인 수준은 유지되어 고양군 주민들의 식수로 사용되는 수원지의 수질은 2급수(환경처 1991)를 유지하고 있다.

계절별로 BOD 자정계수를 비교해 보면, Table 5에 나타나 있는 바와 같이 9월의 자정계수가 가장 높아 0.995이고, 가장 낮은 것은 1월로 0.272이다. 따라서, 오염물의 양이 반으로 감소하는데에는 9월이 0.696일로 가장 짧고, 1월이 2.548일로 가장 길다는 것을 알 수 있다. 또한 오염물의 양이 95% 감소하는데에는 9월이 3.015일, 99% 감소하는데에는 5.025일이 걸리는데 비해 1월의 경우는 95% 감소하는데 11.029일, 99% 감소하는데 18.382일이 걸릴 것으로 예측된다.

이상에서 고찰한 바와 같이 독특한 자정작용을 가진 곡릉천의 자정능은 오염물의 유입이 중단되는 지점 1과 2사이의 구간에서 최대값을 지니게 되며, 이의 결과 오염되었던 수질이 자정되어 양호한 수질상태가 유지되게 된다. 이러한 과정에서 녹지대는 오염물의 유입 중단이라고 하는

**Table 4.** Self-purification coefficients of BOD of water body in Gokneung stream

Site	Initial value (mg /l)	Later value (mg /l)	Distance (m)	Time (day)	Self purification constant (s)	Self purification constant (k=0.434s)
1 ~ 2	7.23	3.28	3,450	0.78	1.013	0.440
2 ~ 3	3.28	3.10	1,800	0.51	0.111	0.048
3 ~ 4	3.10	2.30	1,200	0.58	0.649	0.282
4 ~ 5	2.30	2.25	1,400	0.46	0.048	0.021
1 ~ 5	7.23	2.25	7,850	2.33	0.501	0.217

**Table 5.** Self-purification coefficients of BOD of water-body and self-purification time in Gokneung stream

Month	Initial value Co*	Later value C*	s*	k* (0.434s)	1/s	Half time (day)	95% time (day)	99% time (day)
Mar	8.5	1.5	0.726	0.315	1.344	0.954	4.132	6.887
Jun	5.6	2.5	0.337	0.146	2.890	2.056	8.902	14.837
Sep	6.7	0.7	0.995	0.432	1.005	0.696	3.015	5.025
Jan	8.1	4.3	0.272	0.118	3.676	2.548	11.029	18.382

\* Co=BOD in site 1, C=BOD in site 5, s=self purification constant, k=0.434s

중요한 역할을 담당하고 있으며, 이로 인하여 곡릉천 생태계가 평형을 되찾게 된다. 따라서 도시 주변의 녹지대 설정은 생태계의 평형을 위한 최소한의 요구 조건이라고 할 수 있을 것이다. 그러나 구체적으로 어떠한 요인이 곡릉천의 독특한 자정작용에 관여하는지에 대해서는 보다 면밀한 조사 및 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 적 요

본 연구에서는 하천 생태계가 갖고 있는 오염에 대한 자정작용의 본질과 오염부하량과의 관계를 구명하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 곡릉천에서의 계절에 따른 수질의 변화와 자정작용의 양상을 조사하였다. 하천생태계에 영향을 미칠 것으로 생각되는 곡릉천 유역의 육상생태계의 식생조사 결과 하천의 주변 삼림에는 주로 참나무종류(*Quercus* sp.)가 우점하고 있었으며, 산등성이 부근에는 소나무(*Pinus densiflora*)가 우점하고 있었다. 이화학적 수질조사에서 수온 및 pH는 지소별 차이가 거의 없었으나, DO는 가장 상류인 일자골부근(지점 1)이 낮았고, 하류로 내려올수록 높아져 청운산장 부근(지점 5)이 가장 높았다. 평균 BOD는 지점 1이 7.23 mg /l로 가장 높았고, 지점 5가 가장 낮았다. 지점 1에서의 전기전도도는 179.9  $\mu$ s /cm, 총 인의 양은 0.040 mg /l로 높고, 지점 5가 낮았다. 수서곤충의 출현에 의한 생물학적 수질조사에서는 지점 1에서는 오염수역의 지표종인 복족류와 깔다구류가 우점종으로 나타났으며, 지점 4, 5에서는 청정수역의 지표종인 하루살이류(*Epeorus latifolium*), 날도래류(*Hydropsyche* sp.) 및 플라나리아 등이 우점종으로 나타났다. 생물 오염지수에 의한 수질판정에 의하면 지점 1, 2는  $\beta$ -중부수성, 지점 3, 4, 5는 빈부수성 수역으로 나타났다. BOD를 근거로 한 곡릉천의 자정계수는 지점 1과 2 사이의 구간이 1.013으로 가장 높았고, 전체적으로는 추계인 9월이 0.995로 동계인 1월(0.272)에 비해 높았다. 이로부터 상류인 지점 1에서 인간의 영향으로 오염되었던 물이 아래로 내려갈수록

자정되어 청정해질을 알 수 있으며, 이러한 자정작용은 동계와 하계에 비해 춘계와 추계에 더 크게 일어남을 알 수 있다.

## 인용문헌

- 국립지리원. 1991. 1:25,000 지형도.
- 김영환 · 이흥근. 1974. 탄천의 오염물질량과 자정작용에 대한 조사연구. 공중보건잡지 11:290-296.
- 김용범 · 임양재. 1990. 탄천의 대형수생식물군집의 분포와 환경. 한국생태학회지 13:297-309.
- 농촌진흥청. 1977. 정밀토양도. 양주군. 의정부편.
- 산업기지개발공사. 1988. 주암다목적댐 건설사업 환경관리조사 최종보고서. 463p.
- 안태석 · 이동훈. 1988. 파로호 수중생태계에서의 미생물 분포 및 활성도. 미생물학회지 26:230-236.
- 윤일병. 1988. 한국동식물도감. 제 30권. 수서곤충편. 문교부.
- 윤일병 · 박해철 · 이상협 · 원두희. 1991. 조종천 상류 저서형 대형무척추동물. '91 자연생태계 지역조사 - 조종천 상류조사 -. 환경처.
- 위인선 · 나철호 · 이종빈 · 백순기. 1991. 수환경오염에 대한 수서곤충 지표종에 관한 연구 - 영산강을 중심으로 -. 한국 환경생물학회지 9:42-54.
- 이서래 · 최언호 · 송기준 · 양재순 · 송현순 · 노재식. 1980. 낙동강 수계의 수질보존을 위한 조사 연구. 환경보존협회지 1:57-66.
- 이흥근. 1982. 전국 주요 하천 기초조사 제 2차년도. 서울대학교 보건대학원. 서울. pp 808-918.
- 이흥근 · 한진석. 1984. 낙동강 중류부의 자정능력에 대한 연구-용존산소를 중심으로. 한국수문학회지 2:85-97.
- 장남기 · 김재영. 1992. 생태계에 있어서 자정계수의 측정과 오염부하량의 조절 원리. 한국생태학회지 15: 287-296.
- 전상호 · 박용안. 1989. 소양호 퇴적물에 함유된 인의 존재형태와 용출 가능성에 대하여. 육수학회지 22:262-271.
- 조광명. 1982. 한강의 자정상수 추정에 관한 연구. 육사논문집 23: 385-396.
- 중앙기상대. 1985. 한국기후편람. 서울.
- 최의소 · 조광명. 1984. 환경공학. 청문각. pp 59-64.
- 함용수. 1973. 금호강의 자정능에 관한 연구. 영남대학교 논문집 pp. 95-103.
- 호소수질연구소. 1991. 생물학적 수질평가 기법연구(1차년도). 국립환경연구원 호소수질연구소.
- 환경처. 1991. 한국환경연감.
- 律田松竹. 1964. 水生昆蟲學. 北隆館.
- APHA, AWWA, WPCF. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. Washington, D.C.
- Avnimelech, Y., M. Lacher and A. Raveh. 1981. Studies of Lake Kinneret (Sea of Galilee) Watershed II. Nitrification and Self-Purification Processes in the Jordan Canyon. Water, Air, and Soil Pollution 15: 87-96.
- Bashmakova, I.K. 1986. Rate of respiration of the bacterioplankton as a factor in self-puri-

- fication of Danube water. *Microbiology* 55:113-116
- Chrzanowski, T.H. and G.J. Hubbard. 1988. Primary and bacterial secondary production in a south western reservoir. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:661-669.
- Dor, I., C. Dimentman, J. Eren and I. Kalinsky. 1987. Deep waste water reservoirs in Israel. 1. Limnological changes following self-purification. *Water Science and Technology* 19:317-322.
- Fonseca, O.J.M., J.I. Salem and V.L. Guarim. 1982. Pollution and autopurification of the Rio Negro in the vicinity of Manaus. *ACTA Amazon* 12: 271-278.
- Koussouris, T.S., I.T. Bertahas, A.C. Diapoulis and K.C. Gritzalis. 1989. Self-purification processes along a polluted river in Greece. *Water Science and Technology* 21:1869-1872.
- Küchler, A.W. 1967. *Vegetation mapping*. Ronald Press, New York. 472p.
- Lloyd, M. and R.J. Gheraldi. 1964. A table for calculation the 'Equitability' component of species diversity. *J. Anim. Ecol.* 33:217-225.
- McCafferty, W.P. 1981. *Aquatic entomology*. Jones and Bartlett Publishers, Inc. Boston.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of California grassland. *Nature* 216:168-169.
- Moore, P.D. and S.B. Chapman. 1986. *Methods in plant ecology*. Blackwell Scientific Publication.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Staub, R., J.W. Appling, A.M. Hofstetter and I.J. Hass. 1970. The effects of industrial wastes of Mamphis and Shelby county on primary plankton producers. *Bioscience* 20:905-912.
- Streeter, H.W. and E.B. Phelps. 1925. A study of the pollution and natural purification of the Ohio River. *Public Health Bulletin* No. 146.
- Van Es, F.B. and L.A. Meyer-Reil. 1982. Biomass and metabolic activity of heterotrophic marine bacteria. *Adv. Microbiol. Ecol.* 6:111-170.
- Vladimir, H. and A.K. Peter. 1975. A waste assimilative capacity model for shallow, turbulent stream. *Water Res.* 9: 233-241.

(1994년 5월 31일 접수)