

# 生態系에 있어서 自淨係數의 測定과 汚染負荷量의 調節 原理

張楠基 · 金在永

서울대학교 사범대학 생물교육과

## Determination of Self-purification Constants and Regulation of Pollutants Loaded in the Ecosystems

Chang, Nam-Kee and Jae-Young Kim

Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University

### ABSTRACT

To determinate self-purification constants of pollutants loaded in the ecosystems, the self-purification process was formulated, and a measurement method of the self-purification constants was derived.

$$C = C_0 e^{-st}$$

When  $C_0$  is the initial pollutant amounts loaded in a ecosystem, and  $C$  is the rest pollutant amounts after the time,  $t$ , the equation of the self-purification,  $s$ , is

$$s = \frac{P}{C}$$

When in aquatic ecosystem,  $C_0$  is the initial pollutant amounts loaded in water body, and  $C$  is the rest pollutant amounts after the time,  $t$ , the self-purification constant,  $s$ , is

$$s = \frac{\ln C_0 - \ln C}{t}$$

Self-purification constants of pine and oak forests at Kwangneung in Kyonggido were 0.07 and 10 respectively, of BOD in Gokneung stream in Kyonggido was 0.51, and of glucose and phosphate in pools on the stone in Mt. Jiri were 0.49 and 15.19 respectively.

### 緒 論

地球의 生態系에서는 生態系를 구성하고 있는 각 영양 단계의 생물군집에 의해 여러가지 無機, 有機 物質이 끊임없이 生産되고 分解되면서 循環하고 있다. 특히 物質 循環 및 自淨作用과 가장 관계가 깊은 것은 물의 순환이다. Chang *et al.* (1978)은 동·식물의 작용, 증발작용, 증산

작용 및 강수의 작용 등에 의해 모든 가용성 염류는 지표면으로 집적한다는 설을 발표하였다. 이 설은 自淨作用을 잘 설명해 준다.

물은 지표면이나 식물체 표면적을 비롯하여 다른 육상동물의 체표면을 통하여 대기중으로 깨끗한 수증기의 형태로 증발되고 증산되어 구름을 이루고 비나 눈으로 되어 지표면에 되돌아 오게 된다. 이 순환과정에서 깨끗한 수증기와 구름은 대기중의 汚染物質을 용해하고 흡착하여 산성비(acid rain)로 되면서 대기를 自淨하고 지표면에 떨어져 하천이나 호수에 모이고 결국 바다로 모이게 된다. 우리나라 서울의 우수의 평균 pH는 5.1이었다(장 등, 1989; 장 과 신, 1990; 환경처, 1991).

지표면에 존재하는 물은 낮은 곳을 따라 흐르면서 물보다 비중이 작은 유기물질과 용해물질을 지표면에 남기며 지하로 스며들면서 깨끗한 지하수가 된다. 토양층에 남아 있던 이온화된 무기태 양분은 지표면에서 일어나고 있는 증발작용에 의해 지표면에 집적하게 된다. 이러한 증거로는 간사지토양에서 염분이 지표면에 집적된다는 연구결과(Chang *et al.*, 1978)에 의해 알 수 있다. 식피가 발달된 곳에서는 식물에 의해 유효양분이 흡수되어 식물체로 집적된 물질은 낙엽이나 낙지등의 유체로 결국 지표면에 축적되면서 분해 생물에 의해 분해되어 무기화하고 일부는 다시 순환하고 나머지는 지하수나 지표수로 되어 바다에 모이게 된다. 물의 순환과정은 마치 동물의 순환계와 같이 汚染物質을 自淨하면서 生態系를 깨끗하게 유지하고 있다

그러므로 본 연구는 大氣, 陸上, 土壤, 陸水 및 海洋 生態系에 있어서 생물의 환경을 이루고 있는 물질의 생산과 분해에 의한 평형의 원리를 구명하여 生態系의 自淨作用을 고찰하려고 한다.

## 研究 및 測定方法

### 1. 自淨作用의 數學的 모델

生態系內에서 生産되는 모든 물질의 產物은 生産과 分解가 平衡을 이루어 그 生態系가 維持保存되고 있다는 生態學의 法則을 수식으로 표현하고 기존의 數學 모델과 비교하여 고찰함으로써 理論化하였다. 이 수학적 모델로부터 自淨係數를 定義하고 實測하는 방법을 유도하였다. 뿐만 아니라 自淨期를 예측하는 半自淨期, 95% 自淨期 및 99% 自淨期를 추정하였다.

### 2. 自淨係數의 實測

본 연구에서 개발한 自淨係數의 實測方法을 적용하여 경기도 광릉의 50년 이상으로 추정되는 소나무(*Pinus densiflora*)林과 신갈나무(*Quercus mongolica*)林을 조사대상 森林生態系로 선정하였다. 이 군락은 이미 Kim and Chang(1975)에 의해 물질의 생산과 분해가 평형에 도달한 森林生態系로 평가되었기 때문이다. 조사는 1991년 12월에 실시하였다.

陸水生態系의 하천생태계로서는 경기도 소재 曲陵川을 調査하천으로 선택하였다. 곡능천은 산악의 지리적 분포가 능안으로부터 삼상리 사이가 5굴곡 사행천을 이루고 있어 BOD의 회복이 육안으로도 관찰할 수 있을 만큼 自淨되는 곳이다. 이 지역을 1992년 6월에 현지조사하여 自淨係數를 측정하였다.

지리산 피아골 연곡천의 바위위에 있는 직경이 1~2m내외이고 최고수심이 30cm 정도의 고인물에 포도당과 무기인산을 각각 넣어 오전 10시부터 오후 5시까지 한 시간 간격으로 분해량을 조사하였다. 이들 岩上水의 실험전 pH는 5.00, DO는 7.8 ppm, 온도는 24.1℃였다. 실험일자는

1992년 6월 30일이었다.

3. 分析方法

소나무林과 신갈나무林床에 축적된 유기물의 분석은 Kim and Chang (1975)의 방법에 따랐다.

곡능천과 연곡천의 岩上水의 BOD, 무기인산 및 포도당의 분석은 Golterman(1971)의 방법에 의해 수행하였다.

結果 및 考察

1. 自淨作用

지구생물권에 존재하는 生態系내에 汚染物質이 부하되면 물리, 화학 및 생물학적 작용에 의해 분해되어 없어져 버린다. 이것을 自淨作用(self-purification)이라고 한다. 그러면 生態系내에 현재 오염물질(contaminant)의 양이 C 만큼 축적되어 존재한다고 하면 그 生態系내에서 단위시간 당 분해(decomposition)되는 오염물질의 양은 축적되어 존재하는 오염물질의 양 C에 비례한다.

$$-\frac{dC}{dt} = sC$$

이 때 비례상수를 s라고 하면 위식에서 t는 시간을 나타낸다. 이 식을 다음과 같이 바꾸어 쓸 수 있다.

$$-\frac{dC}{dt} = sC \dots\dots\dots (1)$$

(1) 식에서 生態系내에서 自淨作用이 일어나는 속도를 自淨力 혹은 自淨能이라 하고 이 때 s를 自淨係數(self-purification constant)라고 한다. C를 분해하는 최초의 시간을 t=0라 하고, 이 때의 오염물질의 양을 C<sub>0</sub>라 하면 自淨作用에 의해 t시간 동안 自淨되고 남은 오염물질의 양을 C라 하고 (1)식을 풀면

$$C = C_0 e^{-st} \dots\dots\dots (2)$$

로 된다. (2) 식에서 自淨係數 s를 알면 최초의 오염물질 C<sub>0</sub>가 시간에 따라 자정되는 과정을 알 수 있다.

Phelps(1944)는 하천의 自淨作用을 연구하는데 다음과 같은 식을 이용하였다.

$$C = C_0 10^{-kt} \dots\dots\dots (3)$$

(3) 식에서 C<sub>0</sub>는 최초의 오염물질의 농도이고 C는 C<sub>0</sub>가 유입되어 t시간(보통 日單位) 흘러 내렸을 때의 감소한 오염물질의 농도이다.

(2)식을 10을 저로하는 상용대수의 형태로 바꾸면

$$C = C_0 10^{-0.434st} \dots\dots\dots (4)$$

이다. 따라서 s를 k로 나타내면

$$k = 0.434 s \dots\dots\dots (5)$$

이다. s나 k는 自淨係數로 값이 크면 클수록 自淨作用的 속도가 크다는 것을 의미한다.

### 2. 汚染負荷量과 淨化

오염과 정화는 광합성과 호흡, 엽록체와 미토콘드리아, 동화작용과 이화작용, 식물과 동물, 생산자와 소비자의 관계와 대비되는 원리이다. 생태계내에서 생물과 노폐물은 먹히고 먹는 관계로 물질의 생산과 분해가 평형을 이루고 있다. 그러므로 生態系를 이루고 있는 생물군집에서 생산되는 오염물(pollutant)의 양을 P라고 하면 그 군집의 생태계내에서 축적되는 오염물질에 의한 오염속도는

$$\frac{dC}{dt} = P - sC \dots\dots\dots (6)$$

으로 나타낼 수 있다. (6)식에 의해 C를 구하면

$$C = \frac{P}{s} (1 - e^{-st}) \dots\dots\dots (7)$$

이다. (7)식은 P가 일정량으로 生態系에 이입되면 自淨作用이 일어나면서 환경의 오염은 지수함수적으로 증가한다는 것을 뜻한다. 이 때 P는 이 生態系의 오염부하량이다. 자연 生態系내에서는 물질의 생산과 분해가 평형상태에 있으므로 dC/dt = 0 이다. 즉,

$$P = sC \dots\dots\dots (8)$$

로 오염부하량은 sC 의 한계를 넘지 않는다.

### 3 自淨係數의 測定方法

#### 가) 陸上生態系

특별한 경우를 제외하고는 지표면으로부터 100m내외의 높이에 이르기까지 엽록체의 녹색층이 덮여 있어 가시광선의 에너지를 유기물의 화학에너지로 보존하고 있다. 이 결과 森林生態系, 초지생태계 등의 陸上生態系를 형성한다. 이러한 생태계내에서 생산되는 오염물질을 자정하는 自淨係數 s를 측정하는 원리를 고찰하여 보기로 한다. 森林生態系나 초지생태계에서 물질의 생산과 분해가 평형에 도달한 조건하에서는 森林床이나 草地床에 그 生態系를 구성하고 있는 낙엽, 낙지, 낙피, 동물의 유체와 분뇨 등 모든 오염물질이 시간의 순서에 따라 위로 쌓인다. Chang and Yoshida(1973)에 의하면 조사 지역을 일지점화하고 조사시간을 연단위로 할 때, 맨윗층에 쌓인 생활 오염물은 P에 해당하며 그 이하의 층에 시간의 순서에 따라 분해자에 의해 분해되어 자정되면서 축적된 양이 C이다.

生態系가 물질의 생산과 분해의 평형에 이르렀을 때에 (6)식을 적용하면 이 生態系의 오염부하량은 P이고 오염의 증가속도 dC/dt = 0 으로 (8)식이 된다. 이 식에서 自淨係數 s를 구할 수 있다. 즉,

$$s = \frac{P}{C} \dots\dots\dots (9)$$

이다. P는 그 陸上生態系가 차지하고 있는 지상의 단위 면적당 오염물질의 연이입량이다. C는 P를 포함하여 A<sub>1</sub>층까지의 단위면적당 총 축적량이다. 즉,

$$s = \frac{P}{P + C_F + C_H + C_{A1}} \dots\dots\dots (10)$$

(10) 식에서 P는 L층으로 낙엽이나 낙지뿐만 아니라 그 생태계를 구성하고 있는 모든 생물의 생활노폐물과 유체등의 연생산량을 말한다. C<sub>F</sub>, C<sub>H</sub> 및 C<sub>A1</sub> 은 F, H 및 A<sub>1</sub> 층에 집적되어 있는 단위면적당 C의 양이다.

비나 눈이 내리면 지표수나 지하수와 함께 유기물로부터 분해되어 무기화된 무기물은 삼림이나 초지를 이루고 있는 생산자인 식물의 뿌리털에 의해 흡수되어 수체(water body)는 정화된다.

**나) 陸水生態系**

陸水生態系는 陸上生態系와는 달리 담수로 이루어진다. 陸上生態系로부터 맑은 샘물로 시작되어 수체가 흘러 하천을 이루거나 이동이 전혀 없는 폐쇄호를 형성한다.

하천생태계나 湖沼生態系에서 오염물질의 자정작용은 수체를 매개로 하여 일어난다. 陸水生態系는 고등동물의 순환계와 같이 수중세균, 원생동물, 수중조류, 수생식물, 패류, 수서곤충, 어류 등이 생태계를 이루고 살면서, 서로 먹히고 생활노폐물을 먹어 광합성을 하고 호흡을 하여 에너지를 얻어 살고 있다. 생태계 전체로 볼 때, 엽록체와 미토콘드리아의 작용이 평형에 도달하여 있다.

그러나 육상에 살고 있는 인간 사회가 발달하면서 인간 군집의 쓰레기가 자정되지 않은 채 陸水生態系로 유입되어 수체는 오염되고 湖沼生態系와 하천생태계는 물질의 생산과 분해가 평형을 잃고 생태계가 변화되고 있다. 그러므로 수체의 自淨係數 s를 측정하는 것은 수체보존을 위해 매우 중요하다.

수체내에 축적된 오염물질이 분해되어 자정되는 시간적 변화량은 (2)식으로 나타낼 수 있다. 만일 한 지점에서 P양의 오염물질이 t 시간동안 유입되어 부하된다면 하천에 축적되는 오염물질량 C는

$$C = \int_0^t P e^{-st} dt$$

로 구할 수 있다. 위 식을 풀면 (7) 식을 얻을 수 있으며 이 식은 하천의 오염부하량 P에 의한 수질오염을 나타낸다.

고등동물의 순환배설계나 소화계와 같은 이치로 陸水生態系를 생각하면 소화계에서 소화흡수율을 측정하는 방법과 같이 수체속에서 t 시간동안에 변화하는 오염물질의 양을 정량하면 s를 측정할 수 있다. 즉, (3)식에서

$$\ln(C/C_0) = - st$$

이 식에서 s를 구하면

$$s = \frac{\ln C_0 - \ln C}{t} \dots\dots\dots (11)$$

(11) 식에 의해 처음 부하된 오염물질의 양  $C_0$ 를 측정하고  $t$ 시간동안 수중 조건에서 분해되어 자정되고 남은 오염물질의 양  $C$ 를 측정하면 自淨係數  $s$ 를 구할 수 있다.  $t$ 의 측정은 호소의 경우 경과한 시간이고 하천의 경우는 수체가 흐른 시간으로 유속을 측정하여 구할 수 있다.

수체의 오염도를 나타내는데 탁도, 냄새, 색도, 질소화합물, 인, 유기물, 생물학적 산소 요구량 (BOD), 화학적 산소 요구량(COD), 용존 산소량(DO), 가스, 광물질, 세균, 조류, 기타 미생물, 수서곤충, 어류, 기타동물 등이 수질 오염의 척도로 사용된다.

유기물의 오염인 경우는 회석, 환산, 흡착, 침전 등에 의한 오염물질의 정화는 수질의 입장에서 보면 오염물질의 분포 상태가 변하는 것으로 오염물질이 산화 분해되어 무기화하는 진정한 自淨作用이라고 볼 수 없다. 오염물질의 농도를 나타내는 척도로 BOD, COD, DO, 유기탄소 등과 포도당과 같은 목적물을 하천에 부하하여 그 분해량에 의해 (11)식을 적용하여 自淨係數를 측정하였다. 그러나 自淨係數는 그 生態系의 환경조건에 의해 좌우된다. 하천의 온도, 수심, 유속, 저질, 생물군집의 상태등이 自淨係數의 크기를 좌우하는 중요한 요인이며 오염물질의 종류와 농도도 중요한 요인이다. 미생물에 의해 분해되는 포도당은  $s$ 가 크나 리그닌과 같은 유기물질은 분해가 어려우며 따라서  $s$ 가 작다.

본 연구에서는 완전히 빛을 차단하여 수체속에 있는 엽록체의 작용을 막고, 미토콘드리아만 작용시키면 온도가 20℃로 일정한 조건에서 산소의 소모량은 그 수체내에 존재하는 오염물질의 농도를 나타내는 척도가 된다. 그러므로  $t$ 를 日單位로 하면 BOD/5 days로 하여 계산하면  $s$ 를 구할 수 있다. 즉,

$$s = \frac{\ln BOD_0 - \ln BOD}{t} \dots\dots\dots (12)$$

(12)식을 하천이나 湖沼生態系의 自淨係數를 측정하는데 적용하려면 (6)식을 적용하여 오염부하량  $P$ 를 0으로 하고 이 때의  $BOD_0$ 를 측정하고  $t$ 시간/24 시간 경과한 후에 BOD를 측정하여  $s$ 를 구할 수 있다. 하천생태계에서는 오염부하량이 없는 구간을 선택하여 BOD가 높은 수체가  $t$ 시간 동안 흐른 지점에서 BOD를 측정하여 (12)식에 대입하면  $s$ 를 계산해 낼 수 있다.

(11)식에 의해  $C_0$ 와  $C$ 를 오염의 척도가 되는 목적물의 양으로 대입하면 그 물질에 대한  $s$ 를 구할 수 있다. 그러나 BOD의 경우는 오염물질의 전체적 척도가 되므로 조사하천의 구간 구간을 조사하여 전 하천의 自淨係數를 평가하면 좋을 것으로 생각된다.

Fair *et al.* (1968)은 BOD를 직접 사용하지 않고 수체의 오염물질을 산화분해하여 자정하는데 소요되는 산소의 양을 추정할 수 있는 계수의 관계식을 만들어 Fair 계수  $f$  혹은 自淨係數를 추정하였다. 즉,

$$f = \frac{ka}{kd}$$

이 식에서  $ka$ 를 구하면,

$$ka = f kd \dots\dots\dots (13)$$

(13)식에서  $kd$ 는 탈산소계수(deoxygenation constant)이고,  $ka$ 는 재폭기계수(re-aeration constant)이다. 재폭기계수는 탈산소계수에 비례하며 그 비례상수에 해당하는 것을 自淨係數라고 생각하였다.

따라서 kd 는

$$BOD_t = BOD_0(1 - e^{-kt}) \dots\dots\dots (14)$$

(14)식에서 BOD<sub>t</sub>는 t일 배양 후의 BOD(mg /l)이고, BOD<sub>0</sub>는 최종 BOD, 즉 20일 배양 후의 BOD(mg /l)이고, t는 배양기간(day)이고, kd는 20일 에서의 탈탄소계수( /day)이다.

재폭기계수는 Streeter and Phelps(1925)에 의해 제안된 다음 식에 의하여 유속과 수심으로 추정하였다.

$$ka = C \frac{V}{H^2} \dots\dots\dots (15)$$

(15)식에서 ka는 하천의 재폭기계수( /day)이고, V는 하천의 평균 유속(m/s)이고, H는 하천의 평균 수심(ft)이며 C는 水路傾斜와 粗度(roughness)에 의해 결정되는 상수이다.

본 연구에서 고찰하여 적용한 (11)식과 (12)식은 하천체나 호소체를 수체가 통과할 때 生態系를 이루고 있는 영양단계별 생물들에 의해 산화분해되어 자정되는 것을 직접적으로 구하는 방법인데 반하여 Fair 계수 f는 재폭계수를 추정하고 BOD의 변화를 20일간 측정하여 계산하기 때문에 낙차가 크고, 급류나 유속이 급하면 크고 정체되어 있는 호소는 낮게 나오는 결점을 안고 있다.

**4. 自淨期의 推定**

生態系 내의 오염물질의 自淨係數 s를 알면 그 이상 오염부하량이 없는 조건하에서 그 오염물질에 대한 自淨期를 계산할 수 있다. 오염물질이 그 생태계내에서 반으로 自淨되는데 필요한 시간은 (2)식에 의해 계산하면

$$\frac{C_0 / 2}{C_0} = e^{-st}$$

위 식의 양변에 대수를 취하여 t를 구하면

$$t = \frac{\ln 2}{s} = \frac{0.693}{s}$$

半自淨期를 t<sub>0.50</sub>으로 표시하면

$$t_{0.50} = \frac{0.693}{s} \dots\dots\dots (16)$$

오염물질이 95% 自淨되는데 필요한 시간 t<sub>0.95</sub>는

$$t_{0.95} = \frac{3}{s} \dots\dots\dots (17)$$

오염물질이 99% 自淨되는데 필요한 시간 t<sub>0.99</sub>는

$$t_{0.99} = \frac{5}{s} \dots\dots\dots (18)$$

로 추정할 수 있다.

### 5. 自淨係數의 測定

광능의 소나무林과 참나무林의 林床에 매년 이입되는 낙엽, 낙지, 낙피, 낙과, 동식물의 유체, 동물분 등의 森林生態系의 생활산물, 곡능천의 BOD, 지리산 연곡천의 岩上水의 포도당과 無機 磷酸의 自淨係數를 (10)식과 (11)식에 의하여 測定한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다.

광능 森林生態系에서 매년 소나무와 신갈나무林의 林床에 유입되는 유기물의 양과 自淨係數를 測定한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다. 소나무林과 신갈나무林의 生態系에서 일어나는 自淨作用은 하천생태계에서 일어나는 自淨作用에 비하면 대단히 작다. 육상의 오염물질은 고형으로 지상의 대기속에서 수분과 온도 등의 환경조건에 따라 수용성으로 분해되면 생산자나 분해자에 의해 재흡수되어 수체는 정화되면서 陸水生態系로 유입된다. 광능의 소나무林과 신갈나무林의 林床에 축적되어 있는 유기물질의 自淨係數는 각각 0.07과 0.10으로 그 양이 반으로 자정되는데 소나무林床에서는 10년 참나무林床에서는 7년이나 걸린다는 결과를 얻었다. Table 2에서 보는 바와 같이 99%가 자정되는 데는 각 森林生態系에서 무려 75년과 50년에 이르고 있다. 이는 陸上生態系가 일단 오염되면 自淨作用에 의해 회복된다는 것은 대단히 어렵다는 것을 말해 주고 있다. 우리나라의 경우는 장등(1987)과 그 공동연구자에 의해 낙엽의 생산과 분해에 관한 연구가 전국적으로 실시되었으나 오염의 입장에서 고찰하기는 이번이 처음이다.

陸水生態系는 陸上生態系와는 달리 水質保存에 역점을 두어 생각하면 BOD의 회복을 자정작용의 척도로 삼는 것이 좋을 것으로 판단되어 본 연구에서는 곡능천에서 自淨係數를 측정하는데 알맞는 장소를 선정하여 自淨係數s를 측정한 결과는 Table 1과 같으며 0.52이었다. 이 값을 k로 환산하면 0.22에 해당한다. 미국의 오하이오강의 경우 20℃에서 이 값이 0.1이고 같은 방법으로 일본의 하천에서 조사한 결과는 0.15~1.85로 보고되고 있다(手塚, 1974). 그러므로, 본 연구에

**Table 1.** Estimation of the self-purification constants for the accumulation and decomposition of pollutants on the floors of forests and in the water body in aquatic ecosystems

Site	Ecosystem	Unit	Initial amounts	Later amounts	Duration time	Self purification constant (s)	Self purification constant (k=0.434s)
Kwangnung	Oak forest	Organic matter (g/m <sup>2</sup> /year)	344	3035	—	0.101	0.044
	Pine forest	Organic matter (g/m <sup>2</sup> /year)	306	4274	—	0.067	0.029
Gokneungcheon	Stream	BOD (mg/l/day)	5.40	1.60	2.33	0.522	0.227
Mt. Jiri	Pool on	Glucose (mg/l/day)	9368	5945	0.92	0.494	0.214
	the stone	Phosphate (mg/l/day)	1.67	0.27	0.12	15.185	6.590



**Table 2.** The self-purification time for the contaminants of organic matter in forest ecosystems and BOD, glucose and inorganic phosphate in aquatic ecosystems

Site	Ecosystem	Unit	Loss constant (1/s)	Halftime (0.693/s)	95% time (3/s)	99%time (5/s)
Kwangnung	Oak forest	years	9.90	6.86	29.70	49.50
	Pine forest	years	14.93	10.34	44.78	74.63
Gokneungcheon	Stream	days	1.92	1.33	5.75	9.58
Mt. Jiri	Pool on the	days	2.02	1.40	6.07	10.12
	stone	days	0.07	0.05	0.20	0.33

서 제안한 自淨係數  $s$ 의 測定法은 바르다는 것을 알 수 있다.

지리산 피아골의 연곡천에 있는 岩上水에 인위적으로 포도당과 무기인산을 부하시켜 자정량을 조사하여  $s$ 를 계산한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다. 포도당의 自淨係數  $s$ 는 0.49였고 무기인산의 自淨係數는 15.19였다.  $k$ 로 환산하면 각각 0.21, 6.59였다. 이 결과는 부하되는 오염물질의 종류에 따라 정화되는 속도가 다르다는 것을 나타낸다. 미국이나 일본의 하천의 自淨係數는 포도당을 부하하여 측정된 값으로 본 실험의 결과와 잘 일치한다는 것을 나타낸다. 포도당과 무기인산의 自淨係數를 비교하면, 무기인산의 자정계수가 무려 30배 가량이나 높다. 이 결과는 무기물의 자정작용이 유기물의 오염보다는 빠르게 자정된다는 것을 나타내고 있다.

金·李(1974), 趙(1982), 李·韓(1984) 등이  $kd$  계수를 추정하고  $kd$  계수를 조사하여  $f$  계수를 自淨係數로 하여 계산한 결과와 비교하면 조그마한 연못이 0.5~1.0으로 가장 낮고 급류나 낙차가 있는 곳이 5.0이상으로 높고 상대적으로 온도가 5℃에서는 1.58로 높으나 25℃에서는 0.86이고 30℃에서는 0.74로 감소하였다. 이 결과는 水中生態系가 오염물질을 산화분해하여 자정하는데 필요한 DO가 제한요인 조건에서는 잘 일치하나 극단의 온도와 유속에서는 DO가 제한요인으로 작용하지 않기 때문에 다소의 의문을 갖게 한다. 그러나 Fair *et al.* (1968)에 의해 제안된  $f$  계수로 한강의 自淨係數를 추정된 치는 1.10~2.98(趙, 1982)였고 성남시 炭川의 경우는 4.02(金·李, 1974)였으며 洛東江 中部에서는 5.0~15.6(李·韓, 1984)으로 보고되었다. 이들의 自淨係數 추정치와  $s$ 의 自淨係數와 비교할 때 그들의 차이는 신뢰범위내에 있음을 알 수 있다.

## 摘 要

본 연구에서는 생태계내에 이입되는 오염물질의 自淨係數를 측정하기 위하여 생태계내에서 일어나는 산화분해에 의한 자정작용을 수식화하고 이에 따라 自淨係數를 정의하여 자정계수를 조사하는 방법을 연구하고 이 방법에 따라 실측해 본 결과는 다음과 같다.

생태계내에서 처음으로 이입되는 오염물질의 양  $C_0$ 가 자정계수  $s$ 로  $t$ 시간 동안 산화분해되어 자정되면 자정되고 남은 오염물질의 양  $C$ 는 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$C = C_0 \cdot e^{-st}$$

그러므로 陸上生態系에서는 오염물질의 연부하량  $P$ 와 자정량이 평형상태에 도달하였다면

$$s = \frac{P}{C}$$

로 자정계수  $s$ 를 구할 수 있다.

陸水生態系에서는 수체에 부하된 최초의 오염물질의 축적량을  $C_0$ ,  $t$  시간이 경과한 후의 잔유 오염물질량을  $C$ 라고 하면,

$$s = \frac{\ln C_0 - \ln C}{t}$$

로  $s$ 를 측정할 수 있다.

이 방법에 의해 陸上生態系로서는 경기도 광능의 소나무림과 신갈나무림의 森林生態系에서 자정계수  $s$ 를 측정할 결과 각각 0.07, 0.10이었다. 陸水生態系의 경우로는 경기도 공릉천의 BOD 자정계수가 0.51이었으며 지리산 연곡천의 岩上水의 포도당 자정계수는 0.49였고 무기인산의 경우는 15.19였다.

### 引用文獻

- 金永煥, 李弘根. 1974. 炭川の汚染物質質量과 自淨作用에 대한 調査研究. 公衆保健雜誌, 11(2) : 290-296.
- 李弘根, 韓振錫. 1984. 落東江 中流部の 自淨能力에 對한 研究 - 溶存酸素를 중심으로 - 韓國水文學會誌, 17(2) : 85-97.
- 張楠基, 申恩榮. 1990. 서울 地域의 降雨의 pH에 관한 研究. 師大論叢, 40 : 75-90.
- 張楠基, 李性圭, 李福善, 金姬伯. 1987. 韓國의 落葉分解圖 및 年間無機營養分循環에 관한 研究. 한국생태학회지, 10(4) : 183-193.
- 張楠基, 李鈞祥, 申恩榮. 1990. 서울 地域의 大氣汚染이 降水와 生物에 미치는 영향. 1. 地域別 降水의 酸性化에 관하여. 한국생태학회지, 13(2) : 131-142.
- 趙光明. 1982. 漢江의 自淨常數 推定에 關한 研究. 陸士論文集, 23 : 385-396.
- 환경처. 1991. 대기환경수준 전지역이 감소추세 - '91년 7월 대기오염도 조사결과 - 환경소식, 8 : 4.
- 手塚泰彦. 1974. 河川の汚染. 築地書館. pp. 1-133.
- Chang, N. K., J. H. Kim and W. S. Lee. 1978. The salt accumulation model on the soil surface by evaporation, transpiration and rainfall. Kor. J. Ecol, 2(1~2) : 31-37.
- Chang, N. K., and Yoshida, S. 1973. Studies on the grass metabolism in a Sasa paniculata type grassland 1. The theoretical analysis applied to estimation of the gross assimilation. J. Japan. Grassl. Sci. 19(1) : 107-134.
- Fair, G. M., Geyer, J. C., and Okun, D. A. 1968. Water and wastewater engineering. John Wiley and Sons, Inc.
- Kim, C. M., and Chang, N. K. 1975. The decomposition rate of Pine and Oak litters affecting the amount of mineral nutrients of forest soil in Korea. 金遵敏 博士 回甲記念論文集. pp. 104-111.
- Golterman, H. L. 1971. Methods for chemical analysis of fresh waters. IBP Handbook No. 8 : 1-164.