

## 수질-P5 낙동강 하구 두 수계에서 하상구조와 오염특성

이종인\*, 이병호, 하종명<sup>1</sup>, 박흥재, 정성욱, 정정운, 정 운

<sup>1</sup>신라대학교 생명과학과, 인제대학교 환경시스템학부

### 1. 서 론

한강, 낙동강, 영산강, 금강 중 전 유역에서 간단히 약품 처리를 함으로써 식수로 사용할 수 있는 강물은 금강뿐이고 한강 하류나 낙동강 일부는 고도의 화학적 처리를 하여도 식수로 사용할 수 없을 정도로 오염되어 있다. 4대강 가운데 가장 심각한 오염을 보이는 강은 낙동강으로 특히 하구의 오염은 근해에 끼치는 영향이 크므로 하천 그 자체의 오염 뿐 아니라 적조 등의 원인이 될 수 있다.<sup>1-3)</sup> 하천오염의 주원인으로는 공장 폐수, 농약, 생활하수 등을 들 수 있다. 공장폐수에 의한 오염물질은 중금속류, 시안화합물, 페놀, 불소, PCB (Polychlorinated- biphenyl)등이 있고, 농업 및 축산 폐수에 의한 유기인, 유기염소, 질소, 인, 탄화수소 등이 있으며, 생활하수에서 기인하는 것으로는 합성 세제와 오물 등이다.

이러한 오염물질들은 하천의 유량 및 유속 하상 구조 등의 영향으로 하상의 저층에 퇴적 및 축적하게 된다. 하상에 퇴적되는 물질들은 산소가 충분히 공급되지 못하는 경우에 유기물의 분해가 일어나지 않고 혐기성 반응이 진행되며 유기물이 고농축 된다. 그리고 이와 같은 오염물질은 홍수 및 봄과 가을에 수피의 변동이 일어날 때 하상의 질소, 인 등의 영양염류와 중금속들이 이동하여 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 또한 이러한 퇴적물은 장기간 한 지역에 존재하여 점점 축적됨에 따라 지역적 오염을 가속화하는 원인이 되고 그 오염의 정도가 그 지역의 오염지표가 될 수 있다.<sup>10)</sup>

따라서 본 연구에서는 대구 경북의 상류로부터 물의 계속적인 유입이 있으며 수문 개폐에 따른 지속적인 유출이 있어 다소의 흐름이 있는 낙동강 본류와 겨울철에만 약간의 수문 개폐가 있고 조만강과 그 외 작은 지천에서의 물의 유입이 있을 뿐 비교적 정체된 특성을 가지고 있는 서낙동강을 대상으로 저토 퇴적물에 대한 오염특성이 하천의 오염에 대한 중요한 지표가 될 수 있으므로 하상구조와 수질오염의 상관관계를 파악하고, 오염된 하천이 인근 토양에 미치는 영향에 관하여 연구하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 1) 조사 기간 및 방법

2000년 10월에서 2001년 1월에 걸쳐 4회 조사하였다.

강물은 조사대상 지점에서 공정시험법에 따라 채수하였고, 저토는 저토 채취기(Ekman

Dredge, 316SS WILDCO, Saginaw, MI48602)로 채취하였다. 강물은 폴리에틸렌병에 담아 밀봉 후 보관하여 분석하였고, 저토는 건조시켜 분석하였다.

하상 구조는 GPS(Global Positioning System: Motorola Model No A11131B118)와 초음파 측정기(Interphase Echo 220)를 이용하여 각각의 조사 지점에서 측정하였다.

## 2) 낙동강 및 서낙동강의 조사 지점

강물 및 저토 채취 지역은 환경 정책 기본법 제 15조에 의한 토양 측정망 운영지침의 측정지역 선정기준에 따라 예비탐사를 시행한 후 낙동강 하류 중 본류에서 7개 지점과 서낙동강에서 15개 지점에서 GPS(Global Positioning System: Motorola Model No A11131B118)를 사용하여 선정하였다.

## 3) 분석 항목 및 실험 방법

### (1) 수질 분석법

#### ① 생물학적 산소 요구량(BOD)

수질 오염, 폐기물, 토양 오염 공정시험법<sup>13)</sup>에 따라 분석하였다.

#### ② 화학적 산소 요구량(COD)

수질 오염, 폐기물, 토양 오염 공정시험법<sup>14)</sup>에 따라 산성 100℃에서 과망간산칼륨에 의한 화학적 산소요구량을 이용하여 분석하였다.

#### ③ 부유물질(SS)

수질 오염, 폐기물, 토양 오염 공정시험법<sup>15)</sup>에 따라 분석하였다.

#### ④ 총 질소(T-N)

수질 오염, 폐기물, 토양 오염 공정시험법<sup>16)</sup>에 따라 자외선 흡광광도법으로 분석하였다.

#### ⑤ 총 인(T-P)

수질 오염, 폐기물, 토양 오염 공정시험법<sup>17)</sup>에 따라 자외선 흡광광도법으로 분석하였다.

### (2) 저토 중의 중금속 분석

채취한 저토는 자연 건조 후, 분쇄, 혼합하여 다시 자연 건조시킨 후 유해 중금속 측정용 특급시약인 질산, 염산, 과염소산을 사용하여 다음과 같은 질산-염산-과염소산 고체 시료 분해법으로 전처리 후 Inductively Coupled Plasma( SPS Plasma Spectrophotometer, S II Sei-ko Instruments)를 사용하여 저토 중 중금속을 분석하였다.

#### 4) 결과 및 고찰

##### (1) 낙동강 분석 결과

##### 1) 낙동강의 하상 구조

낙동강의 7개 조사지점에서 깊이를 측정한 결과 조늘(Site 3)에서 37 ft로 가장 깊었으며 대저동(Site 6)이 29 ft로 비교적 깊었으며 양산대교(Site 1)가 5 ft, 양산천 입구(Site 2)가 8 ft로 비교적 수심이 얕았다.

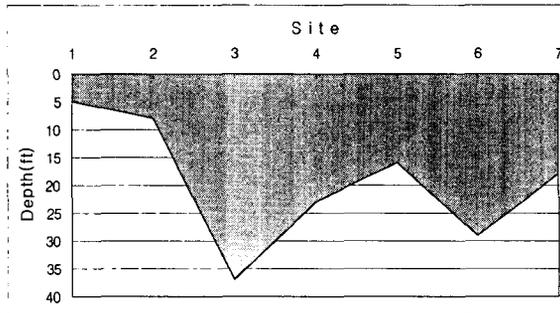


Fig. 1 Depth distribution of Nakdong River

##### 2) 낙동강의 수질

낙동강의 수질 분석결과 (Table 1) DO의 경우 양산천 입구(Site 2)와 구포대교(Site 5)이 각각 8.122 ppm, 8.044 ppm로 가장 높았으며 대동수문(Site 4)이 5.322 ppm으로 가장 낮았다. BOD의 경우 조늘(Site 3)이 3.089 ppm으로 가장 높았으며, 대저동(Site 6)이 1.911 ppm로 가장 낮게 나타났다. COD의 경우 하구(Site 7)가 7.170 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 대동수문(Site 4)이 3.941 ppm으로 가장 낮았다. T-N의 경우 대저동(Site 6)이 3.667 ppm로 비교적 높았으며, 양산천 입구(Site 2)가 2.792 ppm로 낮게 나타났다. T-P의 경우 하구(Site 7)이 1.609 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 대동수문(Site 4)이 0.338 ppm으로 가장 낮게 나타났다. SS는 양산대교(Site 1)가 0.024 ppm으로 비교적 높게 나타나 수심이 깊은 곳에서 오염도가 높은 경향은 띄지 않았다.

Table 1. BOD, COD, SS, T-N, and T-P in the water sample of Nakdong River  
(unit : ppm)

| 항목<br>위치 | DO    | BOD   | COD   | T-N   | T-P   | SS    |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Site 1   | 7.333 | 2.456 | 6.502 | 3.208 | 0.719 | 0.024 |
| Site 2   | 8.122 | 2.533 | 6.101 | 2.792 | 0.669 | 0.020 |
| Site 3   | 7.967 | 3.089 | 6.101 | 2.917 | 0.589 | 0.013 |
| Site 4   | 5.322 | 2.967 | 3.941 | 3.125 | 0.338 | 0.021 |
| Site 5   | 8.044 | 2.600 | 6.858 | 3.417 | 0.512 | 0.013 |
| Site 6   | 7.967 | 1.911 | 5.656 | 3.667 | 0.900 | 0.019 |
| Site 7   | 7.900 | 2.867 | 7.170 | 3.563 | 1.609 | 0.019 |

### 3) 낙동강의 저토 오염

낙동강의 저토 오염 분석결과(Table 2) Cd의 경우 양산천 입구(site 2)가 0.749 ppm으로 가장 높았고, 하구(site 7)가 0.259ppm으로 가장 낮았다. Cr은 구포대교(site 5)가 20.863 ppm으로 가장 높은 수치를 나타내었고 조늘(site 3)이 2.228 ppm으로 가장 낮은 값을 나타내었다. Cu는 양산천 입구(site 2)가 12.286 ppm으로 가장 높았으며 조늘(site 3)이 0.664 ppm으로 가장 낮았다. Pb는 구포대교(site 5)가 24.033 ppm으로 가장 높은 값을 보였고 조늘(site 3)이 2.480 ppm으로 가장 낮은 값을 보였다. Zn의 경우 양산천 입구(site 2)가 85.486 ppm으로 가장 높았고 조늘(site 3)이 7.271 ppm으로 가장 낮은 수치를 나타내었다. 저토의 오염도 역시 수심이 깊은 곳에서 오염도가 높은 경향은 띄지 않았다.

#### (2) 서낙동강 분석 결과

##### 1) 서낙동강의 하상 구조

서낙동강 15개 조사 지점에서 깊이를 측정한 결과 대동수문 근처에서 맥도강 합류지점 전까지는 비교적 완만하다가 맥도강 합류지점에서 13 ft로 급격하게 깊어졌다가 다시 완만해져 움푹 패인 형태의 하상 구조를 나타내고 있으며, 중사도 부근에서 수심이 얕다가 강동교 근처에서 12 ft로 수심이 급격히 깊어지며, 녹산수문 역시 비교적 완만한 경사를 이루다가 수심이 12 ft로 급격히 깊어져 움푹 패인 형태의 하상 구조를 나타내고 있는 것을 볼 수 있다.

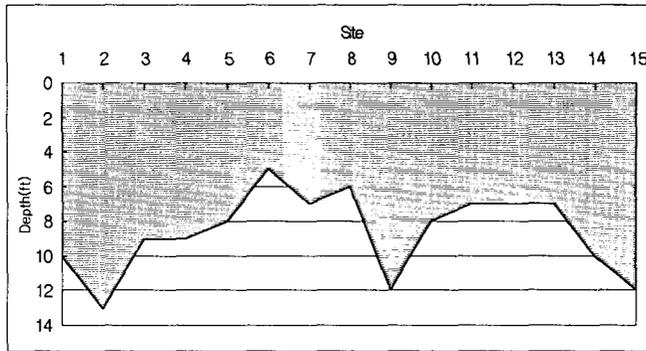


Fig. 2 Depth distribution of Western Nakdong River

## 2) 서낙동강의 수질

서낙동강의 15개 site의 수질분석 결과 (Table 1) BOD의 경우 신어천(site 5)과 호계천(site 6)이 각각 4.091 ppm, 4.691 ppm으로 가장 높았으며, 녹산수문(site 15)이 1.835 ppm으로 가장 낮았다. 서낙동강 유역에서 신어천(site 5)에서의 BOD기준 오염물질 발생량은 9,449.6 kg/일로 29 %를 차지하고 있어 오염물질 발생량이 많은 신어천에서 높은 수치를 보이는 것을 실험 결과를 통하여 볼 수 있다. 반면 실험기간 중 준설이 이루어진 조만강 유입부분(site 14)은 BOD기준 오염물질 발생량이 14,846.4 kg/일로 전체 발생량의 45 %를 차지하고 있으나, 실험 결과는 3.021 ppm으로 준설이 이루어지고 난 후 수질이 정화된 것으로 사료된다.

COD의 경우 수안치등섬(site 1)과 맥도강 유입부분(site 2)이 각각 9.824 ppm, 9.492 ppm으로 가장 높았으며, 녹산수문(site 15)이 5.593 ppm으로 가장 낮게 나타났다.

SS의 경우 중사도 우측(site 7)이 27.489 ppm으로 가장 높았고, 선암다리(site 4)가 5.596 ppm으로 가장 낮았다.

T-N의 분석결과 수안치등섬(site 1)이 3.651 ppm으로 가장 높았으며, 호계천(site 6)이 1.476 ppm으로 가장 낮았다.

T-P분석 결과 맥도천 유입부분(site 2)이 0.249 ppm으로 가장 높았으며 강동교(site 9)와 강동교와 치등사이(site10) 구간이 0.144 ppm으로 가장 낮았다.

수심이 깊은 맥도강 유입부분(site 2)과 강동교 근처(site 9), 녹산수문 근처(site 15)에서 비교적 높은 오염도를 보이고 있어 수심이 깊은 곳에서 오염농도가 비교적 높은 경향이 있음을 알 수 있었다.

Table 2. Quality of water in Western Nakdong River

(unit: ppm)

| 항목<br>site | BOD   | COD   | SS     | T-N   | T-P   |
|------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 1          | 2.642 | 9.824 | 14.680 | 3.651 | 0.229 |
| 2          | 2.940 | 9.492 | 14.886 | 3.166 | 0.249 |
| 3          | 2.654 | 9.323 | 20.583 | 3.473 | 0.159 |
| 4          | 2.851 | 8.923 | 5.596  | 2.333 | 0.191 |
| 5          | 4.091 | 8.835 | 8.884  | 1.884 | 0.164 |
| 6          | 4.691 | 8.660 | 70.239 | 1.476 | 0.204 |
| 7          | 2.686 | 7.812 | 27.489 | 1.759 | 0.167 |
| 8          | 3.209 | 7.192 | 14.721 | 5.489 | 0.185 |
| 9          | 3.578 | 7.083 | 13.096 | 1.590 | 0.206 |
| 10         | 3.314 | 6.449 | 15.181 | 2.748 | 0.144 |
| 11         | 3.709 | 8.093 | 11.538 | 2.185 | 0.180 |
| 12         | 3.636 | 6.658 | 16.730 | 2.305 | 0.177 |
| 13         | 3.126 | 6.042 | 6.928  | 2.507 | 0.166 |
| 14         | 3.021 | 6.271 | 16.360 | 2.376 | 0.186 |
| 15         | 1.835 | 5.593 | 17.492 | 3.538 | 0.162 |

## 3) 서낙동강의 저토 오염

저토 중 중금속을 분석한 결과 Cd의 분석 결과 맥도강 유입 부분 (site 2)이 2.650 ppm으로 가장 높았으며 치등(site 11)은 ND로 가장 낮았다.

Cr의 경우 강동교(site 9)가 39.806 ppm으로 가장 높았고 서낙동강교 근처(site 12)가 6.080 ppm으로 가장 낮게 나타났다.

Pb의 경우 강동교 (site 9)가 31.506 ppm으로 가장 높게 나타났고 중사도와 강동교 사이(site 8)가 6.160 ppm으로 가장 낮았다.

중금속의 경우는 dump형태를 띄고 있는 맥도강 유입부분(site 2)과 강동교 근처(site 9), 녹산수문 근처(site 15)에서 오염도가 뚜렷이 높아 수심이 깊은 곳에서 저토 중 중금속 오염도가 높다는 것을 잘 알 수 있었다.

일본의 오염퇴적물의 잠정제거 기준과 본 연구에서 조사된 저토 중 중금속 농도를 비교하면 Cd의 경우 거의 모든 site에서 제거 기준인 0.1 ppm이상을 나타내고 있으며, 특히 수심이 깊은 맥도강 유입 부분에서는 2배가 넘는 수치를 보이고 있다.

Cr의 경우는 모든 site에서 제거 기준인 0.5 ppm을 훨씬 넘는 6.080 ppm이상의 수치를 보이고 있고, 강동교 근처에서는 39.806 ppm으로 매우 높은 값을 나타내고 있다.

Pb의 경우 역시 모든 site에서 제거 기준인 1.0 ppm을 넘어선 6.160 ppm이상의 값을 보이고 있고 강동교 근처는 31.506 ppm으로 상당히 오염되어 있어 오염퇴적물의 제거 즉, 준설이 필요함을 알 수 있었다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 낙동강의 7개 지점과 서낙동강의 15개 지점을 선정, 하상 구조와 수질, 저토 오염 등을 측정하여 흐름이 있는 낙동강 하류와 정체된 특성을 가지고 있는 서낙동강의 하상 구조와 수질 및 저토의 오염간의 상관관계에 대하여 알아보고 오염된 하천이 인근 토양에 미치는 영향에 대해 연구, 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 낙동강의 7개 조사 지점에서 하상 구조 및 수심 분석 결과 조늘(Site 3)이 37 ft로 가장 깊었으며 양산대교(Site 1)가 5 ft로 수심이 가장 얇았다. 서낙동강에서는 맥도천(site 2), 강동교 근처(site 9) 및 녹산수문 근처(site 15)의 세 곳에서 움푹 패인 형태의 하상 구조를 보였다.

(2) 낙동강의 수질 분석 결과 DO의 경우 대동수문(Site 4)이 5.322 ppm으로 가장 낮았다. BOD의 경우 조늘(Site 3)이 3.089 ppm으로 가장 높았으며, COD는 하구(Site 7)가 7.170 ppm으로 가장 높게 나타났다. T-N의 경우 대저동(Site 6)이 3.667 ppm으로 높았고, T-P의 경우 하구(Site 7)가 1.609 ppm으로 가장 높게 나타났으며, SS는 양산대교(site 1)가 0.024 ppm으로 높게 나타나 수심이 깊은 곳에서 오염도가 높은 경향은 띄지 않았다. 그러나 서낙동강 수질 분석 결과 BOD는 호계천(site 6)이 4.691 ppm으로 가장 높았고, COD의 경우 수안치등섬(site 1)이 9.824 ppm으로 가장 높았으며, SS의 경우는 중사도 우측(site 7)이 27.489 ppm으로 가장 높았고, T-N의 분석 결과 수안 치등섬(site 1)이 3.651 ppm으로 가장 높았으며, T-P분석 결과 맥도천 유입 부분(site 2)이 0.249 ppm으로 가장 높았다. 수심이 깊은 맥도강 유입 부분(site 2)과 강동교 근처(site 9), 녹산수문 근처(site 15)에서 비교적 높은 오염도를 보이고 있어 수심이 깊은 곳에서 오염 농도가 높은 경향이 있음을 알 수 있었다.

(3) 낙동강의 저토 오염 분석 결과(Table 2), Cd의 경우 양산천 입구(site 2)가 0.749 ppm으로 가장 높았고, Cr은 구포대교(site 5)가 20.863 ppm으로 가장 높은 수치를 나타내었으며, Cu는 양산천 입구(site 2)가 12.286 ppm으로 가장 높았다. Pb는 구포대교(site 5)가 24.033 ppm으로 가장 높은 값을 보였고 Zn의 경우 양산천 입구(site 2)가 85.486 ppm으로 가장 높아 저토의 오염도 역시 수심이 깊은 곳에서 오염도가 높은 경향은 띄지 않았다. 그러나 서낙동강의 경우는 Cd는 맥도천(site 2)이 2.650 ppm으로 가장 높았으며, Cr과 Pb의 경우 강동교(site 9)가 39.806 ppm, 31.506 ppm으로 가장 높게 나타나 수심이 깊은 곳에서 중금속에 의한 오염도가 높다는 것을 뚜렷이 보여주었다. 중금속의 경우는 움푹 패인 형태를 띄고 있는 맥도천(site 2)과 강동교 근처(site 9), 녹산수문 근처(site 15)에서 오염도가 뚜렷이 높아 수심이 깊은 곳에서 저토 중 중금속 오염도가 높다는 것을 잘 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌

1. 동남 개발연구원. 낙동강 상수 원수 수질 개선 방안, 1994
2. 송승달. 금호강 유역의 수질, 토양 및 무의 중금속 함량에 관한 연구. 경북대학교 보건대학원 학위 논문집, 1984,
3. 환경처 고시 제 91-85호. 수질 오염 공정 시험법, 1991
4. 수자원공사. 수자원 조사 설계 및 개발 계획, 1997
5. 강서구청. 서낙동강 정화 계획안, 1991
6. Andelman J. B., S. M. Meyers, and L. C. Wilder. Chemicals in the environment, 1986 : 323-330.
7. 서병직. 폐기물 방생 예측과 자원화 활용 방안에 관한 연구. 한양 대학교 환경 과학 대학원. 석사 학위 논문, 1989 : 50.
8. 이철. 재활용을 위한 기술적 접근. 폐기물, 1993:145.18.전상호. 호소 퇴적물 준설이 수질에 미치는 영향의 평가 방법에 관한 연구. 한국 환경과학 연구협의회 연구 보고서, 1991 : 60