

부산지역 3개 하천의 수질 특성 비교

황 선출·이 봉 헌·박 원 우·이 성 옥·이 부 용·박 흥 재
인제대학교 환경학과·부산대학교 화학과·부산전문대학 공업화학과
*화학시험 검사소·**대구효성가톨릭대학교 환경보건학과
(1997년 8월 10일 접수)

Water Quality Comparison in the Three Streams of Pusan Area

Sun-Chool Hwang, Bong-Hun Lee*, Won-Woo Park**, Sung-Ug Lee**,
Bu-Yong Lee***, and Heung-Jai Park

Dept. of Environmental Science, Inje Univ., Kimhae 621-749, *Dept. of Chemistry, Pusan Nat'l Univ., Pusan 609-735,
Dept. of Industrial Chemistry, Pusan Junior College, Pusan, *Chemical Inspection and Testing Institute, Pusan,
****Dept. of Environmental Hygiene, Hyosung Catholic Univ., Taegu 713-701
(Manuscript received 10 August 1997)

The purpose of this study was to investigate the pollutions of water qualities in 30 water samples from Nakdong River, Western Nakdong River, and Suyoung Stream. COD, BOD, T-N and negative ions(F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) of water samples were analyzed and the relationships between water qualities were examined.

The mean concentrations of COD(20.26ppm), BOD(25.36ppm), and T-N(18.05ppm) were the highest in the water sample of Suyoung Stream among the three streams and those of F⁻(0.25ppm), Cl⁻(27.70ppm), and SO₄²⁻(37.66ppm) in Western Nakdong River, that of NO₃⁻(10.81ppm) in Nakdong River. The water quality of Suyoung Stream was the worst among the three streams in Pusan area. The relationships between water qualities were as follows : BOD and COD showed very high correlation(coefficient, r=0.97), SO₄²⁻ and NO₃⁻ did high one(0.75), and NO₃⁻ and COD, BOD did relatively high ones(0.56 and 0.48, respectively).

Key words : water quality, COD, BOD, T-N, F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, relationship

1. 서 론

낙동강의 오염은 그 근원지인 태백시부터 시작되며 대구의 비산 염색 단지 등의 오염이 하천에 가중되고 있다. 이후 하천은 일부 자정이 되나 중간의 오염원(경산, 진주, 밀양, 양산의 공단과 종말 처리장, 그리고 부산의 사상 장림공단 등)들에 의하여 점점 오염이 심각해지고 있으며 갈수기의 경우, 낙동강 하류 전역이 만성 부영양 화에 시달리고 있다. 특히 양산 공단의 비대화는 담수화 되어가는 하구에 치명적인 오염원으로 부각되고 있다.

상류에서의 부유 물질과 오염 물질은 하류로 이송됨에 따라 화학적, 물리적 작용에 의해 자정 작용을 하게 되나 하류에 많은 영향을 끼친다. 그러나 오염 부하량이 많거나 낙동강과 같이 하구둑이 조성되어 하천의 흐름이 느려질 경우 하상으로의 침전은 가속화되며 침전 퇴적물에 의한 수질 오염은 중요한 문제가 된다.

본 연구는 낙동강 오염이 가장 많이 진행된 하류에서의 오염원을 파악하고 오염 현황을 연구하며 수질 현황

을 체계적으로 연구함으로써 수질 오염을 예측할 수 있으며 하구의 수문 운영의 결과로 나타나는 해양 오염의 기초 자료를 제공할 수 있다. 낙동강에 대한 연구로는 이 등(1988)과 박 등(1994)의 연구가 있으며 서낙동강에 대한 연구로는 김의 연구(1992)가 있고 수영천에 대한 연구로는 박의 연구(1988)가 있으나 이들 연구는 수질에 대해서만 연구하였으며 강물중 음이온 분석이나 수질간 상관성에 대한 연구는 거의 없었다.

그래서 본 연구에서는 수질에서 COD, BOD, T-N, F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻등을 분석하여 낙동강, 서낙동강, 수영천의 오염정도를 파악하고 수질 분석 항목간 상관성을 조사하며 오염원을 규명함과 동시에 세 하천의 오염 문제 해결을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 연구재료 및 방법

2.1 조사지점 선정

강물 채취 지역은 환경 정책 기본법(환경청, 1991)

제15조에 의한 측정지역 선정기준에 따라 본 연구를 하기 전에 충분히 예비 탐사를 시행한 후 낙동강은 15개 지점, 서낙동강은 7개 지점, 수영천은 8개 지점을 결정하였고 그 위치는 GPS(Global Positioning System, Motorola model No A11131B118)를 사용하여 측정하였다(Table 1). 조사 지점을 나타낸 그림과 각 명칭은 전에 보고한 논문(황 선출 등, 1997)에 수록되어 있다.

2.2 조사기간 및 방법

실험 재료의 채취는 1997년 2월20일에서 6월15일까지 세 하천의 강물을 조사대상 총 30개 지점에서 공정시험법에 따라 각 조사지점에서 채수하였다.

2.3 강물의 수질오염 분석법

2.3.1 화학적 산소요구량(Chemical Oxygen Demand, COD) 분석

수질오염, 폐기물, 토양오염 공정시험법에 따라 산성 100℃에서 과망간산칼륨에 의한 화학적 산소요구량을 이용하여 분석하였다(환경부, 1996; 송 승달, 1984; APHA, 1985).

2.3.2 생물학적 산소요구량(Biochemical Oxygen Demand, BOD) 분석

수질오염, 폐기물, 토양오염 공정시험법에 따라 분석하였다(환경부, 1996; 전 상호, 1991).

2.3.3 총질소량(Total Nitrogen, T-N) 분석

수질오염, 폐기물, 토양오염 공정시험법에 따라 자외선 흡광광도법으로 분석하였다(환경부, 1996; 수자원 공사, 1997).

2.3.4 음이온(F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) 분석

Whatman No. 5B로 여과 후 다이오넥스사의 DX-100 Ion Chromatography로 강물중 네가지 음이온을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 COD, BOD 및 T-N 분석 결과

낙동강, 서낙동강, 수영천의 수질중 COD, BOD, T-N의 결과를 Fig. 1-3에 나타내었다.

3.1.1 낙동강에서의 COD, BOD 및 T-N

COD의 경우 구포교 근처(site 1)와 덕포동 앞(site 6)에서 농도가 6.12ppm으로 가장 높았고 site 7에서 4.94ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 5.62ppm이었다. BOD의 경우 구포교 근처(site 1)와 site 8에서 농도가 7.50ppm으로 가장 높았고 BOD와 마찬가지로 site 7에서 4.80ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 7.01ppm이었다. COD와 BOD는 거의 비슷한 경향을 띄었고 약품처리 등 고도의 정수처리후 사용 가능한 공업용수 2급, 농업용수로만 사용할 수 있는 4급수를 유지하였다. T-N의 경우 구포동 앞(site 2)에서 농도가 16.08ppm으로 가장 높았고 낙동교 앞(site 9)에서 9.34ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 11.76ppm이었다. 사상의 공업폐수와 가정하수가 유입되는 지점(site 10)에서 T-N 농도가 점점 증가하여 을숙도 앞(site 13) 이후 점차 감소하는 경향을 보여 이 지점이 T-N의 오염원 역할을 하는 것으로 추정된다.

3.1.2 서낙동강에서의 COD, BOD 및 T-N

COD와 BOD의 경우 비교적 깊은 강동교 근처(site 3)에서 농도가 14.39, 14.36ppm으로 가장 높았고 가장 깊은 녹산수문 앞(site 7)에서 6.12, 6.30ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 11.08, 10.95ppm이었다. 불암교 앞(site 1)에서부터 강동교 근처(site 3)까지 점점 증가하다 그 이후 점차 감소하는 경향을 보여 불암교에서부터 강동교사이의 신어천과 호계천을 통한 산업폐수와 생활하수가 주요오염원으로 추정된다. T-N의 경우 불암교 앞(site 1)에서 농도가 8.99ppm으로 가장 낮았고 하류로 갈수록 점차 증가하는 경향을 띄며 녹산수문 앞(site 7)에서 19.45ppm으로 가장 높았으며 평

Table 1. GPS data of sampling sites in Nakdong River, Western Nakdong River, and Suyoung Stream

| site | Nakdong River | | Western Nakdong River. | | Suyoung Stream | |
|------|---------------|--------------|------------------------|--------------|----------------|--------------|
| | latitude(°) | longitude(°) | latitude(°) | longitude(°) | latitude(°) | longitude(°) |
| 1 | 35.2027 | 128.9936 | 35.2185 | 128.9333 | 35.1915 | 129.1164 |
| 2 | 35.2003 | 128.9922 | 35.2102 | 128.9153 | 35.1869 | 129.1174 |
| 3 | 35.1953 | 128.9850 | 35.1852 | 128.9080 | 35.1818 | 129.1190 |
| 4 | 35.1911 | 128.9802 | 35.1738 | 128.9041 | 35.1771 | 129.1208 |
| 5 | 35.1887 | 128.3775 | 35.1600 | 128.9042 | 35.1736 | 129.1219 |
| 6 | 35.1845 | 128.9704 | 35.1525 | 128.9026 | 35.1716 | 129.1231 |
| 7 | 35.1833 | 128.9698 | 35.1183 | 128.9067 | 35.1674 | 129.1256 |
| 8 | 35.1812 | 128.9668 | | | 35.1631 | 129.1284 |
| 9 | 35.1754 | 128.9651 | | | | |
| 10 | 35.1711 | 128.9654 | | | | |
| 11 | 35.1649 | 128.9658 | | | | |
| 12 | 35.1607 | 128.9644 | | | | |
| 13 | 35.1523 | 128.9626 | | | | |
| 14 | 35.1408 | 128.9610 | | | | |
| 15 | 35.1233 | 128.9575 | | | | |

부산지역 3개 하천의 수질 특성 비교

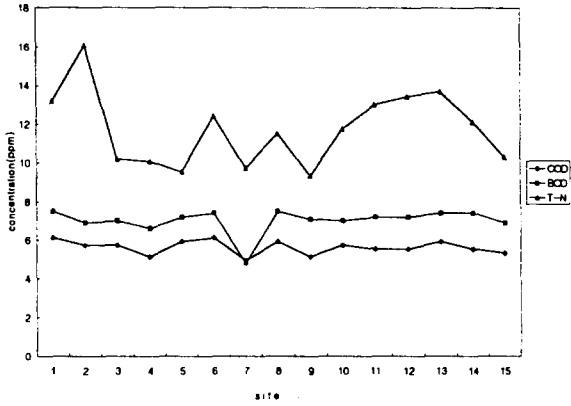


Fig. 1. COD, BOD, and T-N in the water of Nakdong River.

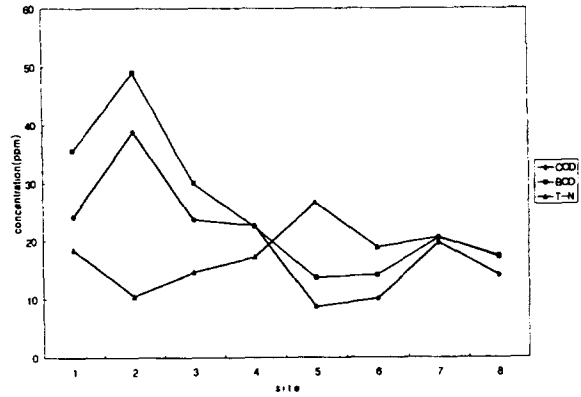


Fig. 3. COD, BOD, and T-N in the Water of Suyoung Stream.

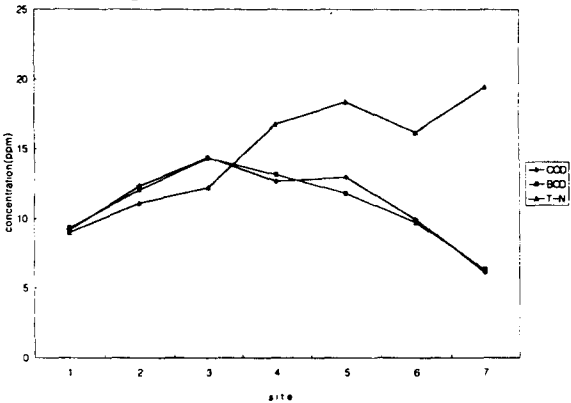


Fig. 2. COD, BOD, and T-N in the water of Western Nakdong River.

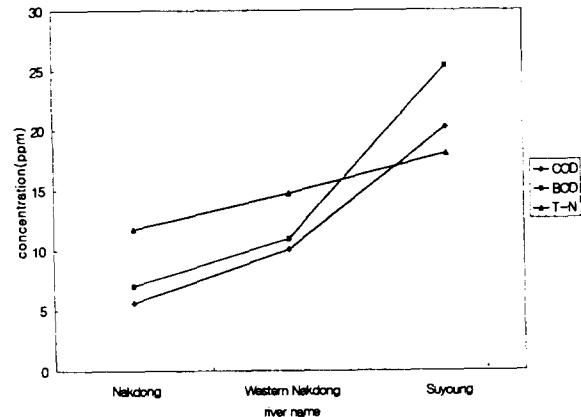


Fig. 4. The variation of mean COD, BOD, and T-N in the water of Nakdong River, Western Nakdong River, and Suyoung Stream.

균농도는 14.73ppm이었다. 따라서, T-N의 주요염원은 조만강으로 유입되는 생활하수와 농업용수로 추정된다.

3.1.3 수영천에서의 COD, BOD 및 T-N

COD와 BOD의 경우 원동교 하류(site 2)에서 38.87, 49.00ppm으로 농도가 가장 높았고 site 5에서 8.69, 13.67ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 20.25, 25.36ppm이었다. 낙동강, 서낙동강과 마찬가지로 COD와 BOD가 비슷한 경향을 띄었고 5급수 정도를 유지하였으며 site 2와 site 3 사이로 유입되는 생활하수와 농업용수가 주요염원으로 추정된다. T-N의 경우 온천천 유입지점과 수영교사이의 중앙지점(site 5)에서 농도가 26.69ppm으로 가장 높았고 원동교 하류(site 2)에서 10.51ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 18.05ppm이었다.

3.1.4 세 하천의 COD, BOD 및 T-N 비교

낙동강은 COD의 평균농도가 5.62ppm이고, BOD는 7.01ppm, T-N은 11.76ppm이었으며(Fig. 4) 정의 연구(1994)에서 COD는 13.40ppm, BOD는 8.20ppm으로

1993년에 비해 낮아 수질이 향상되었지만 약품처리 등 고도의 정수처리후 사용 가능한 농업용수 2급, 농업용수로만 사용할 수 있는 4급수를 유지하며 세 하천중에서는 오염 정도가 가장 덜하였다. 서낙동강은 COD 11.08, BOD 10.95, T-N 14.73ppm이었으며 김의 연구(1992)에서 COD 0.50, BOD 8.20ppm보다 높게 나타나 1992년에 비해 수질이 악화되었다. 수영천은 평균농도가 COD 20.26, BOD 25.36, T-N 18.05ppm이며, 박의 연구(1988)에서 COD 32.11, BOD 31.11ppm 보다는 낮아 1988년 이후 그 동안 다소 개선되었지만 서낙동강과 마찬가지로 농업용수로도 사용이 불가능한 5급수 정도를 유지하며 세 하천중 농도가 가장 높았다. 따라서 낙동강에서 서낙동강, 수영천으로 갈수록 오염이 심해졌다.

3.2 수질 중 음이온(F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) 분석 결과

세 하천의 수질중 F⁻, Cl⁻, NO₃⁻ 및 SO₄²⁻의 농도는 Fig. 5-7과 같았다.

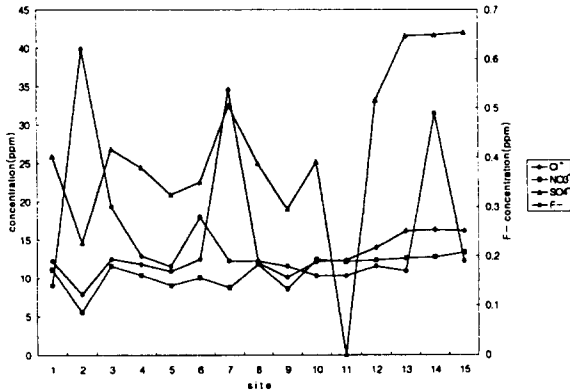


Fig. 5. F-, Cl-, NO₃⁻, and SO₄²⁻ in the water of Nakdong River.

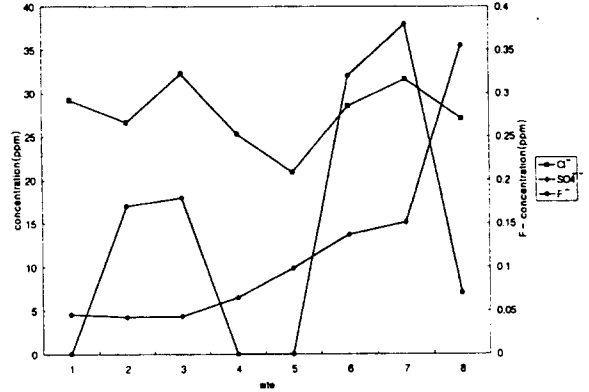


Fig. 7. F-, Cl-, and SO₄²⁻ in the water of Suyoung Stream.

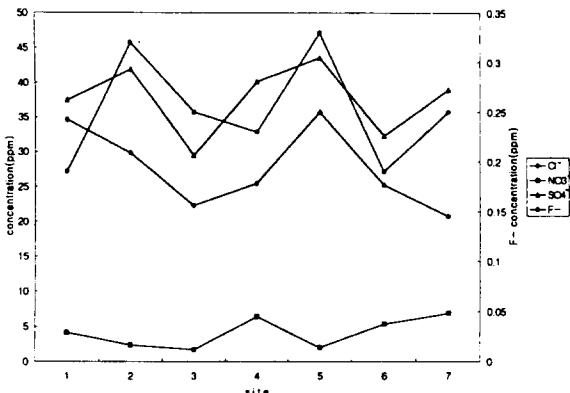


Fig. 6. F-, Cl-, NO₃⁻, and SO₄²⁻ in the water of Western Nakdong River.

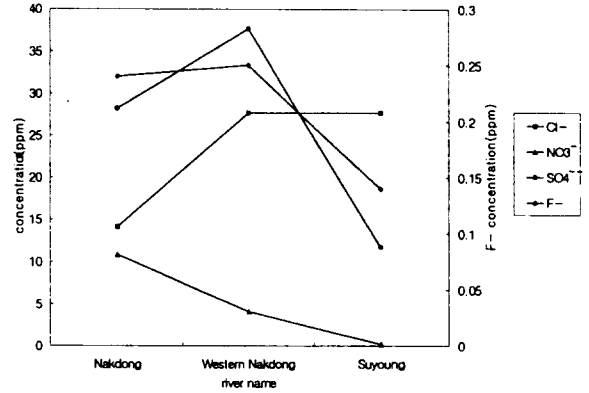


Fig. 8. The variation of mean F-, Cl-, NO₃⁻, and SO₄²⁻ in the water of Nakdong River, Western Nakdong River, and Suyoung Stream.

3.2.1 낙동강에서의 음이온 농도

F⁻는 구포동 앞(site 2)에서 농도가 0.62ppm으로 가장 높았고 구포교 근처(site 1)에서 가장 낮았으며 평균 농도는 0.24ppm이었다. Cl⁻는 site 7에서 34.57ppm으로 가장 높았고 구포동 앞(site 2)에서 7.88ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 14.09ppm이었다. NO₃⁻와 SO₄²⁻는 을숙도 좌측(site 15)에서 13.32, 42.04ppm으로 가장 높았고 구포동 앞(site 2)에서 5.54, 14.60ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 10.81, 28.24ppm이었다. 뚜렷한 경향을 보기는 어렵지만 NO₃⁻와 SO₄²⁻의 경향을 볼 때 유속이 느린 을숙도의 좌측이 오염이 많이 된 것으로 생각된다.

3.2.2 서낙동강에서의 음이온 농도

F⁻는 서낙동교 앞(site 5)에서 0.33ppm으로 농도가 가장 높았고 불암교 앞(site 1)과 조만포 앞(site 6)에서 0.19ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 0.25ppm이었다. Cl⁻는 서낙동교 앞(site 5)에서 35.75ppm으로 가장 높았고 녹산수문 앞(site 7)에서 20.76ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 27.70ppm이었다. NO₃⁻는 녹산수문 앞(site 7)에서 6.86ppm으로 가장 높았고 강동교 근처

(site 3)에서 1.64ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 4.08ppm이었다. SO₄²⁻는 서낙동교 앞(site 5)에서 43.52ppm으로 가장 높았고 강동교 근처(site 3)에서 29.48ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 37.66ppm이었다. F⁻, Cl⁻, SO₄²⁻가 비슷한 경향을 보이며 이 세 물질이 모두 서낙동교 앞(site 5)에서 가장 고농도를 나타낸 것은 조만강의 오염물질 유입과 녹산수문에 의한 해수의 유입 때문으로 추정된다.

3.2.3 수영천에서의 음이온 농도

F⁻는 site 7에서 0.38ppm으로 농도가 가장 높았고 평균농도는 0.14ppm이었다. Cl⁻는 온천천의 유입지점(site 3)에서 32.27ppm으로 가장 높았고 site 5에서 20.90ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 27.69ppm이었다. NO₃⁻는 검출되지 않았다. SO₄²⁻는 수영교 앞(site 8)에서 35.55ppm으로 가장 높았고 원동교 하류(site 2)에서 4.24ppm으로 가장 낮았으며 평균농도는 11.73ppm이었다. Cl⁻는 전체적으로 높게 나타나 오염물질에 의한 것보다 해수의 영향으로 추정된다. SO₄²⁻는 하류로 갈수록 점점 증가하는 경향을 띄었고 수영교 앞(site 8)에서 농도가 가장 높은 것 역시 오염물질에 의한

Table 2. The correlation coefficient between water quality in Nakdong River, Western Nakdong River, and Suyoung Stream

| | COD | BOD | T-N | F | Cl | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ |
|-------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|------------------------------|-------------------------------|
| COD | 1 | | | | | | |
| BOD | 0.97* | 1 | | | | | |
| T-N | 0.22 | 0.23 | 1 | | | | |
| F | -0.24 | -0.29 | -0.12 | 1 | | | |
| Cl | 0.56* | 0.48* | 0.32 | -0.13 | 1 | | |
| NO ₃ | -0.71* | -0.74* | -0.58* | 0.16 | -0.61* | 1 | |
| SO ₄ ²⁻ | -0.47* | -0.54* | -0.22 | 0.27 | 0.07 | 0.75* | 1 |

* P < 0.05

** P < 0.01

것보다는 해수의 영향으로 추정된다.

3.2.4 세 하천의 음이온 농도 비교

F가 0.80ppm이상 물 속에 녹아들면 치아가 반상으로 변하는 F의 평균농도는 서낙동강에서 0.25ppm으로 가장 높았고 낙동강에서 0.24ppm으로 서낙동강과 비슷한 수치를 나타냈으며(Fig. 8) 수영천에서는 0.14ppm으로 가장 낮았다. Cl의 평균농도는 서낙동강에서 27.70ppm으로 가장 높았고 수영천에서 27.69ppm으로 서낙동강과 비슷했으며 낙동강에서는 14.09ppm으로 가장 낮았다. 그러므로, 서낙동강과 수영천이 낙동강에 비해 가정하수, 분뇨, 공업폐수 등이 많이 유입되는 것으로 예상할 수 있으며 반면에 수영천의 경우 수영교에서 밀려 올라오는 해수의 영향에 의해 Cl 농도가 높게 나타난 것으로 추정된다. NO₃⁻의 평균농도는 낙동강에서 10.81ppm으로 가장 높았다. 암모니아나 아질산성 질소에 대한 조사가 이루어지지 않았지만 세하천의 T-N의 평균농도와 비교해 볼 때 낙동강의 경우 T-N이 11.76ppm으로 대부분이 NO₃⁻로 존재하여 자연정화가 가장 많이 진행되었고, 서낙동강과 수영천의 경우 T-N이 각각 14.73, 18.05ppm으로 대부분 냄새가 심한 암모니아성 질소나 아질산성 질소의 상태로 존재하는 것으로 볼 때 자연정화가 거의 진행되지 않았다는 것을 알 수 있었다. SO₄²⁻의 평균농도는 서낙동강에서 37.66ppm으로 가장 높았으며 수영천에서 11.73ppm으로 가장 낮았다.

3.3 세 하천간 COD, BOD, T-N 및 음이온의 상관관계

Table 2에 나타난 각 강물 시료의 수질 분석 항목 상호간의 상관 관계를 보면 BOD는 COD와 매우 높은 상관관계를 나타내었고(상관계수 0.97) SO₄²⁻는 NO₃⁻와 높

은 상관관계를(0.75), Cl는 COD 및 BOD와 비교적 높은 상관관계를 나타내었다(0.56과 0.48). 한편 NO₃⁻는 COD 및 BOD와 높은 역상관관계를 나타내었고(-0.71과 -0.74), T-N 및 Cl와는 비교적 높은 역상관관계를(-0.58과 -0.61) SO₄²⁻는 COD 및 BOD와 비교적 높은 역상관관계를 나타내었다(-0.47과 -0.54).

참 고 문 헌

김도훈 1992, 서낙동강의 수질오염도에 관한 조사연구, 인제대학교 보건대학원, 환경관리학과.
 박위정. 1988, 수영천과 온천천의 수질오염에 관한 조사연구, 부산대학교 교육대학원, 생물교육.
 박홍재, 박종길, 박원우, 1994, 한국 환경 과학회지, 3(4), 409-416.
 송승달 1984, 금호강 유역의 수질, 토양 및 무의 중금속 함량에 관한 연구, 경북대학교 보건대학원, 학위논문집.
 수자원공사. 1997, 수자원 조사 설계 및 개발계획.
 이기중 1988, 낙동강 하구의 중금속 분포에 관한 연구, 85.
 전상호 1991, 호소 퇴적물 준설이 수질에 미치는 영향의 평가 방법에 관한 연구, 한국 환경과학 연구협회 연구 보고서, 60.
 정영언 1994, 낙동강 하류역의 수질 및 저질층의 중금속 분포특성, 부산전문대학교 공업화학과.
 환경부, 1996, 수질오염, 폐기물, 토양오염 공정시험방법, 동화기술.
 환경청 1991, 환경관계 법규, 환경정책 기본법.
 황선출, 이봉현, 박원우, 정영언, 박홍재, 정성욱, 1997, 한국 환경 과학회지, 6(5), 513-520.
 APHA, AWWA, WPCF, 1985, Standard method for the examination of water and wastewater.