

도시하천의 부영양화 실태 및 수질 평가 - 중랑천, 탄천 중심으로 -

수환경 생태팀

김광래 · 권승미 · 안은란 · 김경희 · 김선배 · 배경석 · 이민환

Assessment of Water Quality Environment and Condition of Eutrophication

Focus on Jungrang and Tan stream

**Kwang-rae Kim, Seung-mi Kwon, Eun-rhan Ahn, Kyung-hee Kim,
Sun-bae Kim, Kyung-seok Bae and Min-hwan Lee**

Abstract

The purpose of this study was not only to assess the water quality, but also to know the condition of eutrophication on 10 sites of Jungrang stream, 8 sites of Tan stream every month from February 2011 to December 2011. The results showed that the average pH was 7.7 to 8.4 and DO was over 7.5 mg/ℓ, which satisfied the living environment level I a, which is "VERY GOOD". The concentration of pollutants was high, during the dry season, but was low, during the raining season, and increased a lot at downstream because of effluence from the sewage treatment center. The average of BOD was 3.9 mg/ℓ (living environment level III) at Jungrang stream, and 5.3 mg/ℓ (living environment level IV). The average of COD was 7.3 mg/ℓ, at the Jungrang stream, and 9.0 mg/ℓ, at the Tan stream, which satisfied the living environment level IV. The average of Total Nitrogen(TN), Dissolved Total Nitrogen(DTN), NH₃-N, and NO₃-N were 9.994 mg/ℓ, 9.590 mg/ℓ, 2.110 mg/ℓ, 4.964 mg/ℓ, respectively, at the main stream of the Jungrang stream, and 8.537 mg/ℓ, 8.184 mg/ℓ, 1.552 mg/ℓ, 4.486 mg/ℓ, respectively, at the main stream of the Jungrang stream. The average of Total Phosphorus(TP), Dissolved Total Phosphorus(DTP), PO₄-P were 0.598 mg/ℓ, 0.489 mg/ℓ, 0.228 mg/ℓ, respectively, at the main stream of the Jungrang stream, and 0.584 mg/ℓ, 0.511 mg/ℓ, 0.233 mg/ℓ, respectively, at the main stream of the Tan stream, which satisfied the living environment level VI. The average of N/P ratio was 28.1(11.1~46.3) at the main stream of the Jungrang stream, and 16.2(15.4~17.8) at the main stream of the Tan stream. Since the ratio is sufficiently high, over 10, it is assumed that P, rather than N, made a role as an important control factor for phytoplankton formation. The

correlation coefficient of BOD and COD at the Jungrang stream was 0.768, which was higher than that of the Tan stream, with 0.742. The correlation coefficient of COD and TN was higher than that of BOD and TN, while that of COD and TP was lower than that of BOD and TP. The concentrations of TN, DTN, NH₃-N, NO₃-N, Cl⁻, SO₄²⁻, DO, Water Temperature, EC, DTP and PO₄-P were high during the dry season, while concentrations of SS, BOD, TP, and Chlorophyll-a were high during the raining season.

Key words : Jungrang stream, Tan stream, BOD, CO, TN, TP

서 론

중랑천은 경기도 양주시에서 발원하여 의정부시의 중심부를 지나 남류하다가 하류부에서 유역의 최대 지류인 청계천과 합류한 후 한강본류에 유입되는 대표적인 도시 하천이다. 그리고 탄천은 경기도 용인시에서 발원하여 북류하다 성남의 분당신도시를 통과해 양재천과 합류한 후 한강에 유입되는 도시하천이다(1).

중랑천과 탄천에서는 물고기 대량 폐사와 집중호우로 인한 홍수피해 그리고 고농도의 질소, 인 등의 유입으로 인해 한강 본류의 오염을 가중시킬 수 있는 등 도심하천으로서의 여러 문제점들을 가지고 있다.

우리나라 하천환경은 1960~1970년대 산업화, 공업화에 따른 인구집중과 무분별한 도시개발로 파괴되었고(2,3), 1970년~80년대에는 하천의 제방이나 바닥을 콘크리트로 조성하거나 복개해 주차장이나 도로로 이용하였다(4). 1990년대 중반 이후부터 전국적으로 생태복원사업 등으로 친환경 공법을 도입해 콘크리트 제방을 제거하고 돌망태를 쌓거나 정화식물을 심어 생태계 훼손, 수질악화 등 하천의 기능을 잃은 도심 하천을 건강한 하천으로 복원하고 있다(5, 6). 그러나 많은 지자체가 생태하천 복원사업을 시행하면서, 본래의 하천 기능보다 수변의 공원화 또는 물놀이장 등 친수공간 조성에 주안점을 두어 또 다른 부작용을 불러오고 있는 실정이다. 그래서 서울시는 하천정비기본계획을 수립하여 자연친화적인 하천환경을 조성하고 있다.(7) 이렇게 자연형 하천 정비를 진행중

이거나 완료한 서울의 하천수는 한강으로 유입되고 있다. 한강 수계를 과학적이고 체계적으로 관리하기 위해 한강 본류로 유입되는 주요하천의 오염물질의 거동 파악이 반드시 필요하다.

따라서 본 연구에서는 한강 본류로 유입되는 중랑천과 탄천의 수질 현황을 조사하여 중랑천과 탄천의 영양상태를 파악하고 향후 관리방안을 모색해 보고자 하였다.

연구 방법

1. 조사지점 및 조사기간

한강으로 유입되는 중랑천과 탄천 수계를 대상으로 하였다(그림 1). 조사지점은 표 1에서와 같이 각 하천의 합류지점이나 한강으로 유입 직전의 하천 하류로 선정하였다.

2011년 2월부터 2011년 12월까지 각 조사지점에 대하여 월 1회 시료를 채취하여 수질특성을 조사 분석하였다. 또한 강우시 오염물질이 하천에 미치는 영향을 조사하기 위하여 탄천수계에서 4월에 1회의 시료채취 분석도 수행하였다. 그러나 조사지점이 결빙이거나 수량의 부족으로 건천인 경우에는 시료를 채취하지 못하였다.

2. 현장조사 및 시료채취

pH, 전기전도도, DO, 수온 등 경시변화가 심한 항목은 시료 채취 현장에서 휴대용측정기(YSI, 600QS-O-M, USA)를 이용하여 측정하였다.

Table 1. The locations of sampling sites

Stream name	No	Sampling site	World Geodetic System	
			False Easting	False Northing
Jungrang	J1	Sangdogyo	204508.721	465186.865
	J2	Dobongcheon	204455.275	464422.350
	J3	Between Dobongcheon and Danghyuncheon	204343.621	463799.388
	J4	Danghyuncheon	205321.126	460026.025
	J5	Wolgyegyo 1	205574.068	459243.650
	J6	Mukdongcheon	206438.477	457382.554
	J7	Uicheon	206242.407	457155.819
	J8	Gunjagyo	206387.412	451173.697
	J9	Cheonggyecheon	204603.707	450724.976
	J10	Jungrangcheon downstream	202745.415	449518.725
Tan	T1	Daegokgyo	210845.735	441017.493
	T2	Changgokcheon	210862.273	441189.473
	T3	Between Changgokcheon and Jangjicheon	210349.642	441882.021
	T4	Jangjicheon	210395.415	442061.541
	T5	Gwangpyeonggyo	209567.962	443273.236
	T6	Tancheongyo 1	207324.291	444551.838
	T7	Yangjaecheon	206508.446	444307.098
	T8	2Tancheon downstream	206036.958	445937.331

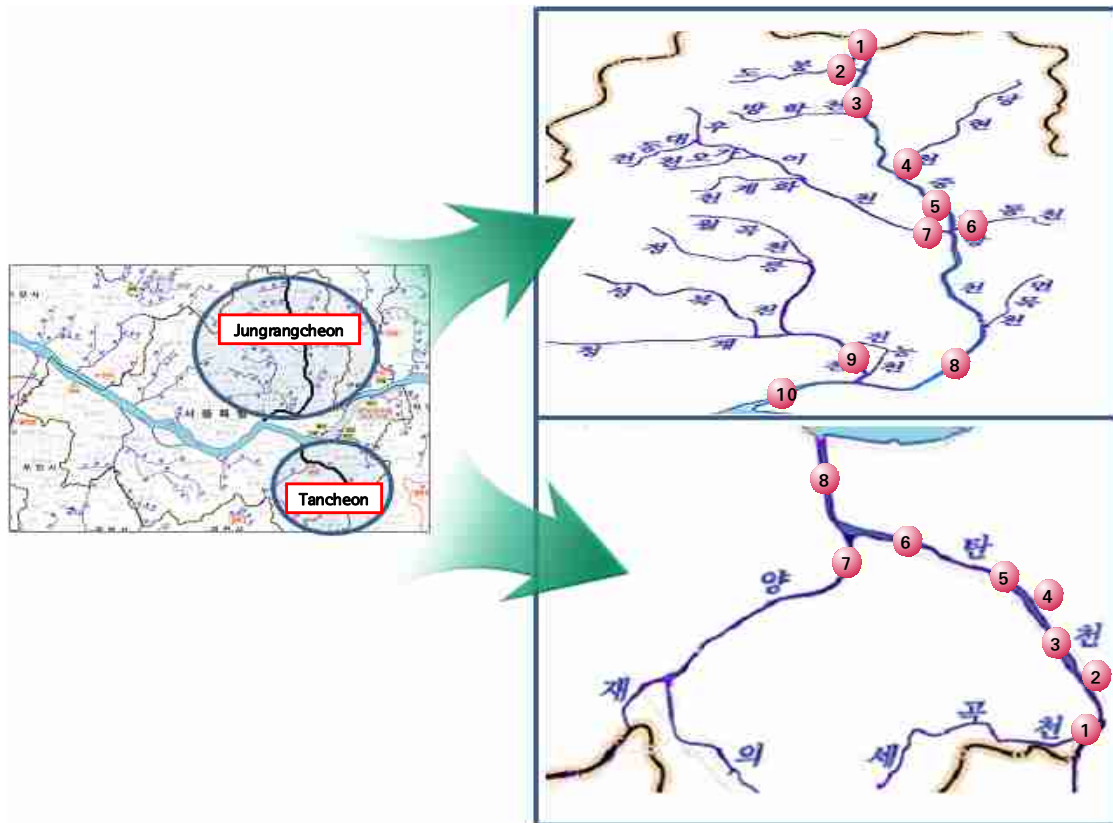


Fig. 1. The sampling sites.

휘발성유기화합물 질은 40 mL 유리병에, 이화학실험용은 4 L 용기에 각각 채수하여 아이스박스에 넣어 냉장상태를 유지하면서 실험실로 이동하여 수질검사를 실시하였다.

3. 분석방법 및 분석기기

본 실험은 수질오염공정시험기준(8)에 따라 분석하였고 분석기기는 다음과 같다.

- 1) 영양염류, 페놀, 시안, ABS : UV-Visible Spectrophotometer(Thermo evolution500)
- 2) BOD : Diaphragm electrode(Thermo scientific orion 4-star)
- 3) 휘발성유기화합물질, 유기인계 등 유기물질 : Gas Chromatography and Mass(Agilent 6890 Series GC System and 5973 Network Mass Selective Detector)
- 4) 중금속 및 비금속 등 : ICP(Spectro ciros)
- 5) 무기이온물질 : Ion Chromatography(Dionex ICS-2000)
- 6) 수은 : Mercury Analyzer(NIC SP-3D)
- 7) 조류 : Algae lab analyser(bbe moldaenke)

결과 및 고찰

1. 수질분석결과 및 평가

1) 수온 (Water temperature)

각 조사지점의 수온을 표 2에 나타내었다. 수온의 계절적인 변화는 중랑천과 탄천 본류 그리고 유입되는 하천 모두 여름철이 최고이고 겨울철(2월)이 최저이지만 그 변화는 일률적이지 않고 상당한 굴곡을 나타냈다. 여름철의 조사에서는 전 지점에서 비슷한 수온 분포를 보였다. 그러나 겨울철(2월) 중랑천의 경우에는 J1지점에서 7.5℃이었고 유하하면서 점점 낮아져 J8지점은 3.2℃, 한강 합류전인 J10지점은 9.2℃로 높아졌다. 이는 조사당일(16일) 평균기온이 -0.5℃이었으므로 하류로 흘러갈수록 수온이 낮아지다가 중랑 물재생센터에서 하수처리과정 중에 온도가 상승된 물의 방류로 인해 중랑천 하류지점이 높아졌다고 추정된다.

탄천의 경우에는 T1지점에서 10.5℃였고 유하하면서 점점 낮아져 T5지점은 7.2℃였다 그러나 광평교 하류인 T6지점에서 11.8℃로 다시 높아졌고, 한강 합류전인 T8지점은 9.8℃로 낮아졌다.

Table 2. Water temperature at each sampling site

(Unit : ℃)

Site Month	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
2	7.5		7.7	3.0	5.5			3.2	1.1	9.2	10.5	0.9	8.7	4.2	7.2	11.8	6.0	9.8
3	11.5		11.4	10.3	10.6			11.7	9.3	13.2	13.1	7.5	12.0	9.4	11.1	12.7	10.3	12.4
4	15.2		15.4	14.1	13.7			13.6	13.4	17.3	16.3	11.3	16.4	12.1	15.3	16.9	11.5	17.1
5	18.9	22.1	19.6	19.4	20.2		18.7	19.5	17.9	20.3	20.0	17.2	20.2	18.8	19.9	20.0	19.0	20.2
6	24.9		25.9	25.6	25.6			24.8	23.9	24.9	23.5	22.0	22.8	22.6	23.1	23.0	22.4	23.7
7	21.7	22.6	21.7	22.9	21.8	21.6	20.5	21.7	23.4	23.6	21.8	21.0	21.8	21.6	21.4	22.3	20.9	22.3
8	24.3		24.2	24.4	25.2	24.1	25.1	24.1	25.0	25.6	24.5	23.8	24.8	23.6	24.8	25.1	23.4	25.0
9	22.0		21.6	20.7	20.1	18.8	20.5	19.2	20.1	22.7	23.5	19.1	22.9	20.0	22.0	22.7	18.6	22.0
10	15.6		16.8	14.9	16.1	12.8	12.7	13.3	15.5	18.8	17.5	12.9	17.8	14.5	16.1	19.2	14.8	17.8
11	14.7		14.4	12.6	13.1			11.2	13.3	16.9	17.2	12.4	16.2	14.2	14.9	16.8	13.7	16.4
12	10.0		9.9	9.5	8.8	4.9	4.7	7.3	8.1	12.9	13.1	9.8	11.7	6.8	9.7	12.5	8.7	12.2
Ave	16.9	22.4	17.1	16.1	16.4	16.4	17.0	15.4	15.5	18.7	18.3	14.4	17.8	15.4	16.9	18.5	15.6	18.1

이는 조사당일(18일) 평균기온이 1.6°C이었으므로 하류로 흘러 갈수록 수온이 낮아지다가 탄천1교 상류의 탄천 물재생센터의 방류로 인해 높은 수온의 물이 유입되었기 때문으로 사료된다. 또한 중랑천과 탄천본류로 유입되는 하천들(도봉천, 당현천, 목동천, 우이천, 청계천, 창곡천, 장지천, 양재천)은 유량이 적고 수심이 낮으므로 기온의 영향을 많이 받아 중랑천과 탄천본류보다 수온이 매우 낮게 조사되었다.

수온은 기온, 계절, 강우량 등에 따라서 큰 영향을 받고, 하천 환경에서 생활하는 모든 생물에게 있어서 가장 중요한 요소이다. 수온은 어류, 대형 무척추동물(macroinvertebrates) 그리고 일차생산자(조류 등)에게 영향을 미치며(9) 특히, 어류는 외부의 온도변화에 따라 체온이 변화되는 변온동물로서 스스로 체온을 유지 할 수가 없기 때문에 견딜 수 있는 온도 범위를 가지고 있다. 수온의 연중 변화는 각종 어류의 생활과 밀접한 관계가 있고, 특히 그들의 회유, 이동, 번식시기, 주생장시기 등을 결정하는 중요한 요소이다.(10)하천의 수온변동은 서식종의 분포와 수에 큰 영향을 미치므로 하천의 온도차가 생태계에 미치는 영향에 대해 앞으로 더 조사를 할 필요가 있다고 판단된다.

2) 수소이온농도(pH)

pH는 수중에서 일어나는 모든 화학 및 생화학적 수질변화에 대한 지표로서 환경정책기본법에 의한 하천의 생활환경기준중 보통이상 III등급이 6.5~8.5이고 그 이하 등급은 6.0~8.5이다. 지점별 연평균 pH는 표3과 같이 7.7~8.4로 하천의 생활환경기준에 적합하였다. 중랑천은 4월에 J8, J9, 5월에 J2, J3, J4, J5, J7, J8, J9, 6월에 J4지점이 기준치인 8.5를 초과하였고 탄천은 5월에 T4지점에서 9.9로 가장 높게 조사되었다. 7월에는 대부분의 지점에서 pH가 낮게 조사되었다. 이는 봄철에 급격하게 높아진 수온과 유량의 감소로 체류시간이 길어져서 조류의 증식이 다량 발생하였고, 이렇게 다량 발생된 조류는 일조시간대에 광합성작용의 영향으로 용존 CO₂를 감소시켰기 때문에 pH가 증가된 것으로 사료된다. 그리고 7월에는 시료 채취(중랑천 5일, 탄천 6일)전 강우(3일 115 mm)의 영향으로 유량이 증가하면서 하상의 조류가 하류로 씻겨 내려가서 pH가 감소된 것으로 추정된다.

3) 전기전도도 (Electrical Conductivity)

전기전도도는 전기가 통하기 쉬운 정도를 나타

Table 3. pH at each sampling site

Site Month	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
2	8.2		8.1	8.4	8.1			8.5	8.7	7.9	8.2	8.3	8.1	8.2	8.1	7.9	8.3	7.9
3	7.7		7.6	7.8	7.7			7.8	8.1	7.6	7.3	7.6	7.6	7.7	7.5	7.5	7.6	7.6
4	8.4		8.5	8.7	8.3			8.6	8.8	8.1	8.0	8.1	8.1	8.0	7.9	7.9	8.1	8.0
5	8.5	9.3	8.7	9.0	8.6		9.0	9.0	8.7	8.1	8.2	8.2	8.1	9.9	8.1	8.1	8.2	8.1
6	8.1		7.9	8.7	7.9			8.4	8.1	7.6	7.5	7.8	7.6	7.9	7.8	7.6	7.6	7.4
7	7.2	7.5	7.8	7.4	7.3	7.4	7.3	7.5	7.3	7.2	7.3	7.3	7.4	7.5	7.3	7.3	7.5	7.4
8	7.9		8.2	8.3	7.9	8.2	8.1	7.9	8.5	7.4	8.3	8.1	8.1	8.5	8.2	7.9	8.1	7.9
9	8.4		8.2	8.4	8.2	8.3	8.1	8.6	8.7	8.2	8.2	7.7	7.6	7.6	7.6	7.5	7.7	7.7
10	8.2		8.1	8.3	8.0	8.1	7.9	8.4	8.3	7.8	8.3	8.2	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.2
11	8.0		8.1	8.2	8.2			7.9	8.0	7.8	7.6	7.7	7.7	7.8	7.7	7.7	7.7	7.7
12	8.0		8.0	7.9	7.9	7.7	7.7	7.4	8.0	7.6	7.6	8.2	7.7	7.8	7.6	7.6	7.5	7.6
Ave	8.1	8.4	8.1	8.3	8.0	7.9	8.0	8.2	8.3	7.8	7.9	7.9	7.8	8.1	7.8	7.7	7.8	7.8
Max	8.5	9.3	8.7	9.0	8.6	8.3	9.0	9.0	8.8	8.2	8.3	8.3	8.1	9.9	8.2	8.1	8.3	8.2
Min	7.2	7.5	7.6	7.4	7.3	7.4	7.3	7.4	7.3	7.2	7.3	7.3	7.4	7.5	7.3	7.3	7.5	7.4

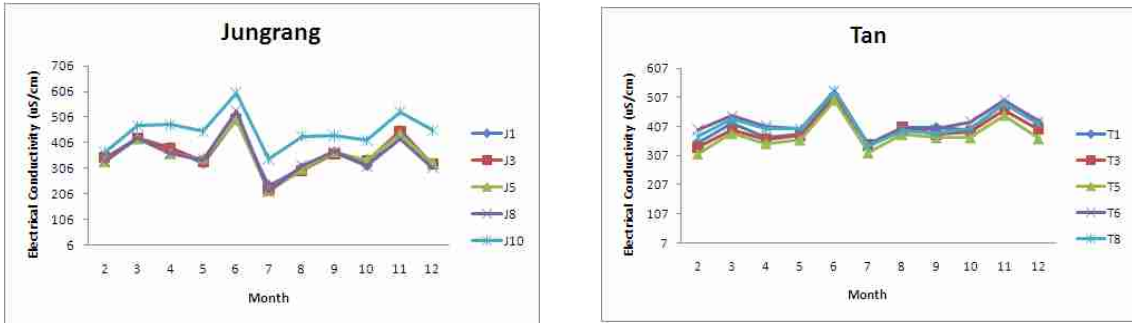


Fig. 2. Variations of Electrical Conductivity in Jungrang stream & Tan stream.

태는 값으로 중랑천과 탄천 본류의 전기전도도는 그림 2에 나타났다. 중랑천의 경우에는 전기전도도의 평균값이 상류인 J1지점에서는 362.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 였고, 유하하면서 J8지점 357.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 한강합류전인 J10지점 451.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 높은 값을 보인다. 탄천의 경우에는 상류인 T1지점에서 407.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 였고, 유하하면서 T5지점 377.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, T6지점 424 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 높아졌다가 한강합류전 T8지점에서 413.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 값을 보였다. 그리고 갈수기인 6월에 측정지점 전체가 가장 높은 값을 나타냈으며, 중랑천의 하류지점인 J10지점에서 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 탄천은 T6 지점에서 530 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 가장 높았으나 풍수기인 7월에 가장 낮게 측정되었다. 이는 수온과 마찬가지로 하수처리장의 영향을 가장 많이 받고 있기 때문으로 해석되어지며, 7월의 집중 강우에 의해 유입유량이 증가하면서 전기전도도에 영향을 주는 이온성분과 유기오염물질이 희석되었기 때문에 낮아진 것으로 해석되어진다.

4) 용존산소(Dissolved Oxygen)

중랑천본류의 군자교 상류지점의 용존산소 평균농도는 9.54~9.87 mg/L이었고, J8지점 9.28 mg/L, J10지점은 7.69 mg/L로 낮아졌다. 탄천본류의 용존산소 평균농도는 탄천1교 상류지점에서 9.14~9.58 mg/L, T6지점 8.53 mg/L, T8지점 8.57 mg/L로 낮아졌다. 그러나 하천의 생활환경기준의 Ia(매우 좋음)등급을 유지하며 양호한 것으로 조사되었다. 중랑천과 탄천본류의 월별 농도의 변화는 그림 3과 같이 가을과 겨울철이 높은 농도를 보이고 여름철이 가장 낮게 나타났다. 중랑천과

탄천본류로 유입되는 하천의 용존산소 평균농도는 J4지점 11.85 mg/L, J9지점 9.93 mg/L, T4지점 10.5 mg/L, T7지점 10.29 mg/L로 본류보다 높은 농도를 보였으나 T2지점은 9.0 mg/L로 조사되었다. T2지점에서 6월달에 4.5 mg/L 가장 낮은 농도를 보였지만 조사 하천 모두가 어류 생존허용농도인 4 mg/L 이상 이었다(11). 중랑천과 탄천의 지점별 용존산소의 농도는 하수처리장의 영향을 가장 많이 받고 있는 것으로 나타났고, 계절적으로 여름이 낮고 겨울이 높은 이유는 대기중의 산소가 수표면의 물속으로 분산 흡수되어 흡수된 수중산소는 기체의 분압에 의해 어느 정도 용존되는데 수온이 높아짐에 따라 용존산소의 포화율이 낮아지기 때문이라 판단된다.

5) 생물화학적 산소 요구량(Biochemical Oxygen Demand)

BOD는 수중의 유기물질이 수중의 호기성 미생물에 의해 분해될 때 소비되는 산소소비량을 나타내는 것으로 하천의 유기물질 오염도를 평가하는 중요한 지표이다. 중랑천과 탄천 본류의 BOD 농도를 그림 4에 나타났다. 중랑천의 BOD 평균값은 3.9 mg/L로 III등급(보통)이었고, 탄천의 평균값은 5.3 mg/L로 IV등급(약간나쁨)이었다. 길 등(12)이 연구한 결과에 따르면 중랑천의 하류인 성동교 지점에서 1999년 10.9 mg/L, 2000년 14.9 mg/L로 조사되었으나, 이번 조사에서는 J8지점 3.3 mg/L, 한강합류전인 J10지점 6.0 mg/L로 크게 감소하였다. 또한 탄천 하류 삼성교지점에서도 1999년 11.9 mg/L, 2000년에는 15.7 mg/L이었으나 이번조사

에서는 약 30%수준에 불과한 T6지점 5.1 mg/L, 한강합류전 T8지점에서 5.3 mg/L로 조사되었다. 그리고 중랑천과 탄천 본류로 유입하는 하천들은 본류보다 더 농도가 낮으므로 본류의 오염을 가중시키지 않는 것으로 조사되었다. 이는 서울시에서 수질개선을 위해 하천정비기본계획을 세우고 자연친화적인 하천환경을 조성하였고 하수처리장의 적절한 운영으로 철저한 수질관리를 한 결과로 사료된다.

계절적 변동은 여름철이 낮고 갈수기에 높은 농도를 보였는데 이는 여름철에 강우량이 많아 BOD농도가 희석되었기 때문인 것으로 해석할 수 있고 특히 갈수기에 수질이 악화되므로 이에 대한 적절한 수질관리가 이루어져야 할 것이다.

6) 화학적 산소 요구량(Chemical Oxygen Demand)

COD는 2010년 1월 1일부터 하천의 생활환경기준에 설정되었고 수중의 유기물질을 산화제를 사용하여 화학적으로 분해 산화하는데 소요되는 산

소량을 말한다. 그림 5는 중랑천과 탄천 본류의 COD 농도변화를 나타낸 것이다. COD 평균값은 중랑천본류 7.3 mg/L, 탄천 9.0 mg/L로 하천의 생활환경기준 IV등급(약간나쁨) 이었다. 중랑천본류의 상류인 J1지점 평균COD는 7.0 mg/L 이었으나 유하하면서 점점 감소해 J8지점은 5.6 mg/L 이었다. 그러나 한강합류전인 J10지점은 11.2 mg/L로 J8지점보다 2배이상 증가한 농도였다. 탄천본류는 상류인 T1지점이 9.6 mg/L이었고, 유하하면서 자정작용으로 점점 감소하여 T5지점은 8.0 mg/L이었으나 T6지점에서 9.3 mg/L로 증가하였다가 8.8 mg/L로 한강에 유입되는 것으로 조사되었다. 신 등(13)이 연구한 결과에 따르면 중랑천 하류의 성동교 지점이 90년 26.0 mg/L, 97년 13.7 mg/L로 47%정도 감소하였으나 이번 조사에서는 J10지점 11.2 mg/L로 97년에 비해 18.2% 감소하였다. 탄천 삼성교지점은 90년에 19.4 mg/L, 98년에는 10.7 mg/L로 45%정도 감소하였으나 이번조사에서는 한강합류전 T8지점이 8.8

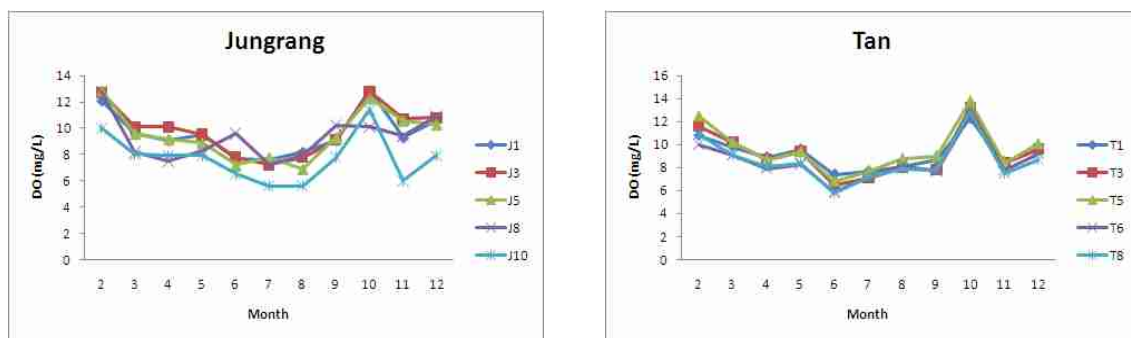


Fig. 3. Variations of Dissolved Oxygen in Jungrang stream & Tan stream.

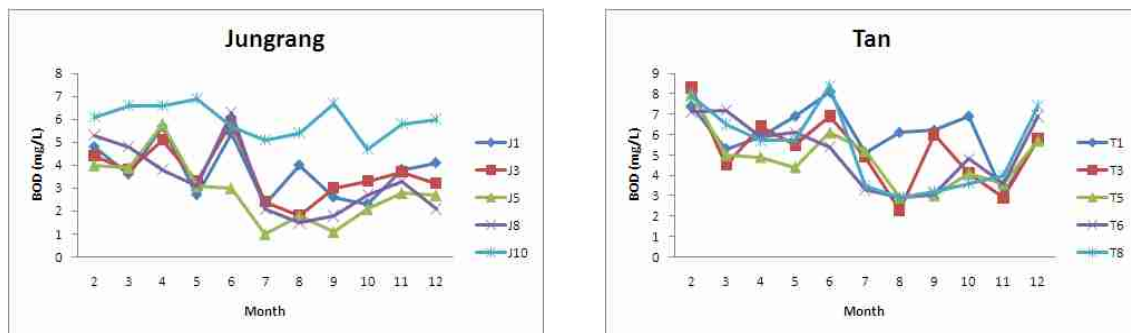


Fig. 4. Variations of Biochemical Oxygen Demand in Jungrang stream & Tan stream.

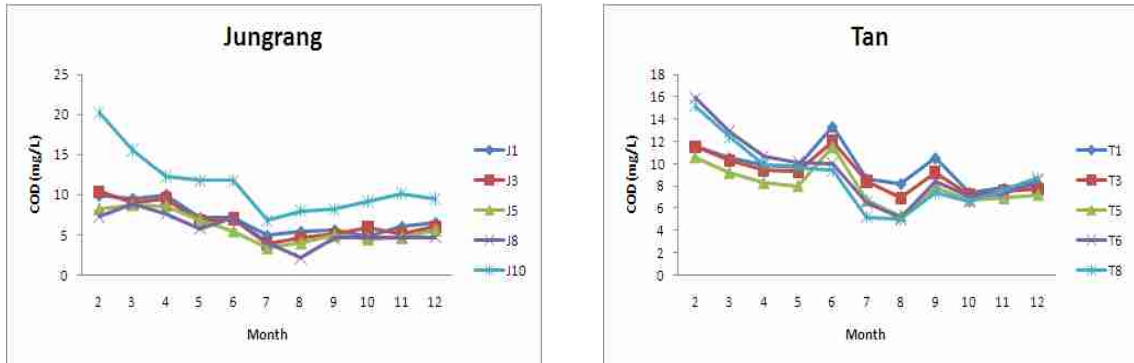


Fig. 5. Variations of Chemical Oxygen Demand in Jungrang stream & Tan stream.

mg/L로 약 18%정도 감소하였다. BOD는 앞에서와 같이 큰 폭으로 감소하였으나 COD는 BOD에 비해 약간 감소하였다. 이는 생분해성 유기물질 관리지표인 BOD 중심의 수질관리 정책으로 판단되며, 하천의 생활환경기준에 2010년부터 COD가 설정 되었으므로 앞으로 수질관리에 난분해성 유기물질을 감소하는 정책으로 바뀌면서 감소 할 것으로 사료된다. 본류보다 낮은 농도로 본류에 유입하는 하천의 경향과 여름철이 낮고 갈수기에 높은 농도를 보인 계절적 변동은 BOD의 변화와 유사한 경향을 보였다. 여름철에 강우량이 많아 COD농도가 희석되었으며 또한 하수처리장 방류수중의 COD농도가 여름철보다 갈수기에 더 높은 농도로 배출된 것으로 해석할 수 있다.

7) 영양염류 (Nutrients)

질소와 인은 호소나 하천의 부영양화를 일으키는 영양염류이고 식물성플랑크톤 생산의 제한 원소로 되어있기 때문에 대단히 중요하다. 질소는 크게 유기성질소와 무기성질소로 분류할 수 있으며, 무기성 질소 성분은 암모니아성 질소, 질산성질소, 아질산성질소로 크게 분류할 수 있다(14). 중랑천과 탄천의 질소농도 변화를 표4, 그림 6에 나타내었다. 총질소(Total Nitrogen, TN), 용존 총질소(Dissolved Total Nitrogen, DTN), NH₃-N, NO₃-N의 중랑천본류의 평균농도는 각각 9.994 mg/L, 9.590 mg/L, 2.110 mg/L, 4.964 mg/L이었고, 탄천본류의 평균농도는 각각 8.537 mg/L, 8.184 mg/L, 1.552 mg/L, 4.486 mg/L이었다. 총

질소중에서 DTN, NH₃-N, NO₃-N는 중랑천본류가 각각 96.0%, 21.1%, 49.7%, 탄천본류가 각각 95.9%, 18.2%, 52.5% 차지하였다. 질소 대부분이 입자상이 아닌 용존 상태로 존재하고, 용존 상태의 질소중 질산화 반응의 최종생성물인 질산성 질소가 가장 많은 것으로 조사되었다. 중랑천과 탄천본류의 지점별 평균농도는 TN, DTN, NH₃-N, NO₃-N 모두 COD의 평균 농도 변화와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 NH₃-N의 평균농도는 J5지점에서 가장 낮았고, NO₃-N의 평균농도는 J5지점에서 가장 높았다. 한강으로 유입되기전 J10지점의 총질소 평균농도는 15.296 mg/L로 길 등(12)이 조사한 2000년의 성동교지점 19.132 mg/L보다 약간 감소한 농도이다. 탄천은 2000년 삼성교지점에서 18.356 mg/L였는데 이번조사에서는 한강합류전 T8지점의 평균농도가 8.495 mg/L로 약2배 이상 감소한 농도였다. 이 결과는 탄천과 중랑천본류의 총질소 농도가 물재생시설의 방류수에 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 판단된다. 계절별 변화는 그림 6과 같이 갈수기(동절기)에 높고 풍수기에 낮은 것으로 나타났다. 특히 겨울철에 NH₃-N의 농도가 크게 증가하였는데 이는 수온이 낮을 경우 암모니아를 산화시키는 미생물의 활동 저하 때문으로 사료된다.

인 성분은 크게 유기성 인과 무기성 인으로 나뉘며, 무기성 인은 인산염과 다중 인산염으로 분류되고, 자연수나 하수에서는 대부분 인산염형태로 존재한다(14). 중랑천과 탄천의 인 농도 변화를 표 4, 그림 7에 나타내었다. 총인 중에서 용존

성 총인, PO₄-P는 중량천분류가 각각 81.8%, 38.2%, 탄천분류가 각각 87.5%, 40.0% 차지하였다. 그리고 총인(Total Phosphorus, TP), 용존성 총인(Dissolved Total Phosphorus, DTP), PO₄-P의 중량천분류의 평균농도는 각각 0.598 mg/L, 0.489 mg/L, 0.228 mg/L였으며, 탄천분류의 평균농도는 각각 0.584 mg/L, 0.511 mg/L, 0.233 mg/L이었다. 총인의 하천 생활환경기준은 VI등급(매우나쁨)을 초과하였다. 중량천과 탄천분류의 지점별 TP, DTP, PO₄-P의 평균농도와 계절적 변화는 앞의 COD평균농도 변화와 비슷한 경향을 보였다. 한강으로 유입되기전 J10지점의 총인 평균농도는 1.486 mg/L로 길 등(12)이 조사한 2000년의 성동교지점 1.459 mg/L과 비슷한 농도였고, 탄천은 2000년 삼성교지점에서 0.860 mg/L였는데 이번조사에서는 한강합류전 T8지점의 평균농도가 약 25%정도 감소한 0.639 mg/L였다. 이는 물재생센터에서 배출된 방류수가 하천에 가장 큰 영향을 미쳤고, 권(15) 등이 연구한 결과와 같이 오랜 시간에 걸쳐 유입된 오염물질이 침전되어 생성된 퇴적물과 폭우 등으로 합류식 하수관거의 월류수 그리고 강우에 의한 비점오염물질의 유입 등으로 기인한 것으로 예상되며 이에 대한 자세한 연구가 필요하다. TN, TP가 하절기가 낮은 이유는 여름철에 강우량이 많아 BOD농도가 희석된 결과와 유역 식물이 여름철에 활발하게 질소와 인을 이용하였기 때문으로 판단된다. 또한 동절기에 높은 이유는 수온 저하에 따른 질소와 인 제거 미생물 활동이 급격하게 저하되었기 때문이며, 이 이유로 공공하수처리시설 방류수 수질기준도 TN, TP가 여름철기준(20 mg/L, 2 mg/L)보다 동절기 기준(60 mg/L, 8 mg/L)이 약 3배 이상 높다. 그러므로 장기적으로 한강의 II등급(약간 좋음)을 실천해 나가려면 고도처리공법의 효율적 체계적 운영과 하수관거의 철저한 정비 그리고 처리시설의 유지관리에 철저를 기하며 더 많은 투자를 해야 될 것으로 판단된다.

담수조류의 성장에 대한 제한 영양염을 평가함에 있어 N/P비가 많이 적용되는데(16) 중량천과 탄천분류의 N/P비는 표4.와 같다. 중량천분류의 N/P비 평균은 28.1(11.1~46.3)이었고 탄천분류

의 N/P비 평균은 16.2(15.4~17.8)이었다. 생물의 N, P 함량은 가용량과 생물의 종류에 따라 달라지며 N/P 무게비가 10이상이면 인이 제한영양소로 작용하는 것으로 알려져 있다(17) 이번 조사에서는 N/P비가 10이상으로 높아 질소보다 인이 식물성플랑크톤 발생에 중요한 제한 인자로 작용할 수 있을 것으로 추정되었다. 중량천 분류의 N/P비는 군자교지점이 46.3으로 가장 높게 나타났고, 한강 합류전 J10지점이 11.1로 가장 낮았다. 유기물과 질소 그리고 인의 농도가 가장 높은 한강하류지점의 N/P비가 낮아진 이유는 질소가 결핍되어 낮아진 것이 아니라 상대적으로 인의 농도가 높아져서 낮아졌다. 따라서 한강의 부영양화 방지를 위해서는 질소보다 인의 오염원을 제거해야 될 것으로 판단된다.

클로로필a는 하천 생활환경기준이 설정되지 않아 호소생활환경기준을 참조한 결과 Ia(매우 좋음)등급인 5 mg/m³이하로 양호하였다.

8) 음이온물질 (Anions)

표 5는 음이온 물질들인 불소이온, 염소이온, 황산이온의 평균농도를 조사한 결과이다.

이번조사에서 불소이온은 정량한계 부근으로 미량검출 되었는데, 불소는 보편적인 원소로 화강암 지역의 형석, 빙정석 등의 광물 속에 불소화합물 형태로 존재하므로 주로 지질학적인 영향을 많이 받는다(18).

염소이온의 평균값은 중량천분류 53.684 mg/L, 탄천분류가 59.618 mg/L 이었다. 표5에서와 같이 J1지점 평균 염소이온농도는 53.871 mg/L, J8지점 50.948 mg/L였으나 한강합류전인 J10지점은 61.994 mg/L였다. 탄천분류는 T1지점이 60.384 mg/L, T5지점 55.404 mg/L이었으나 T6지점 61.242 mg/L, 한강합류전인 T8지점은 62.221 mg/L이었다. 염소이온은 자연계에서 대부분 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속과 결합하여 염을 형성하고, 토양이나 암석 중에는 소량만 존재한다. 또한 지하수 중의 농도도 높지 않은 편이다. 그리고 염소이온은 인위적요인 즉, 생활하수, 공장폐수 등의 유입이나 풍송염의 낙하 또는 해수의 침투에 의한 증가를 주된 원인(19)이라고 한다. 따라서 중

랑천하류, 탄천1교지점 그리고 탄천하류는 물재생 센터와 인위적인 요인에 의한 오염물질이 유입되었다고 의심이 된다. 염소이온의 계절에 따른 변화를 살펴보면 전기전도도와 같은 경향을 보이며,

강수량이 많은 계절에 낮았다.

황산이온의 평균농도는 중랑천 본류 32.798 mg/L, 탄천본류 35.892 mg/L이었고, 계절적 변화는 염소이온의 경향처럼 하절기에 낮았다.

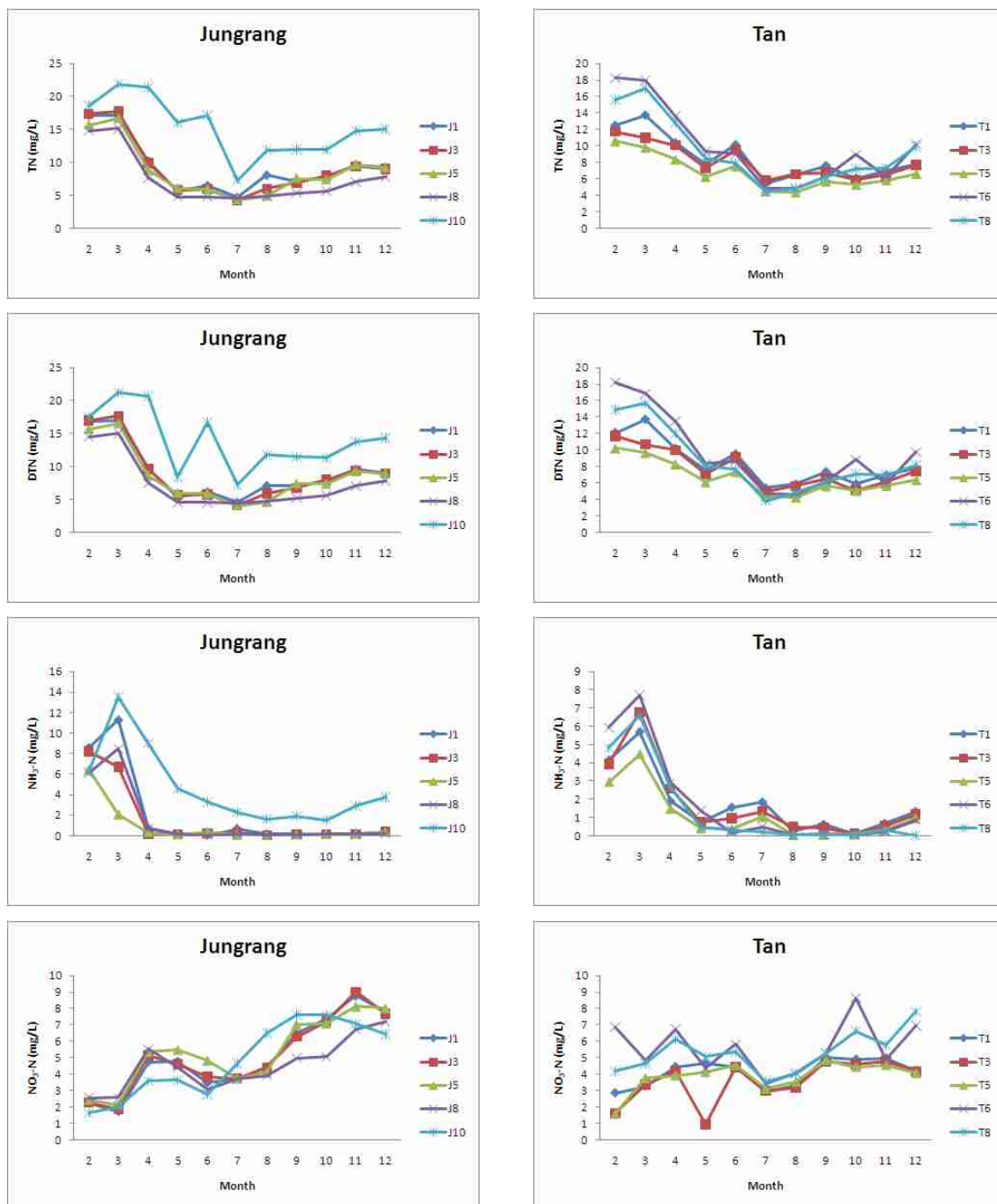


Fig. 6. Variations of Nitrogen in Jungrang stream & Tan stream.

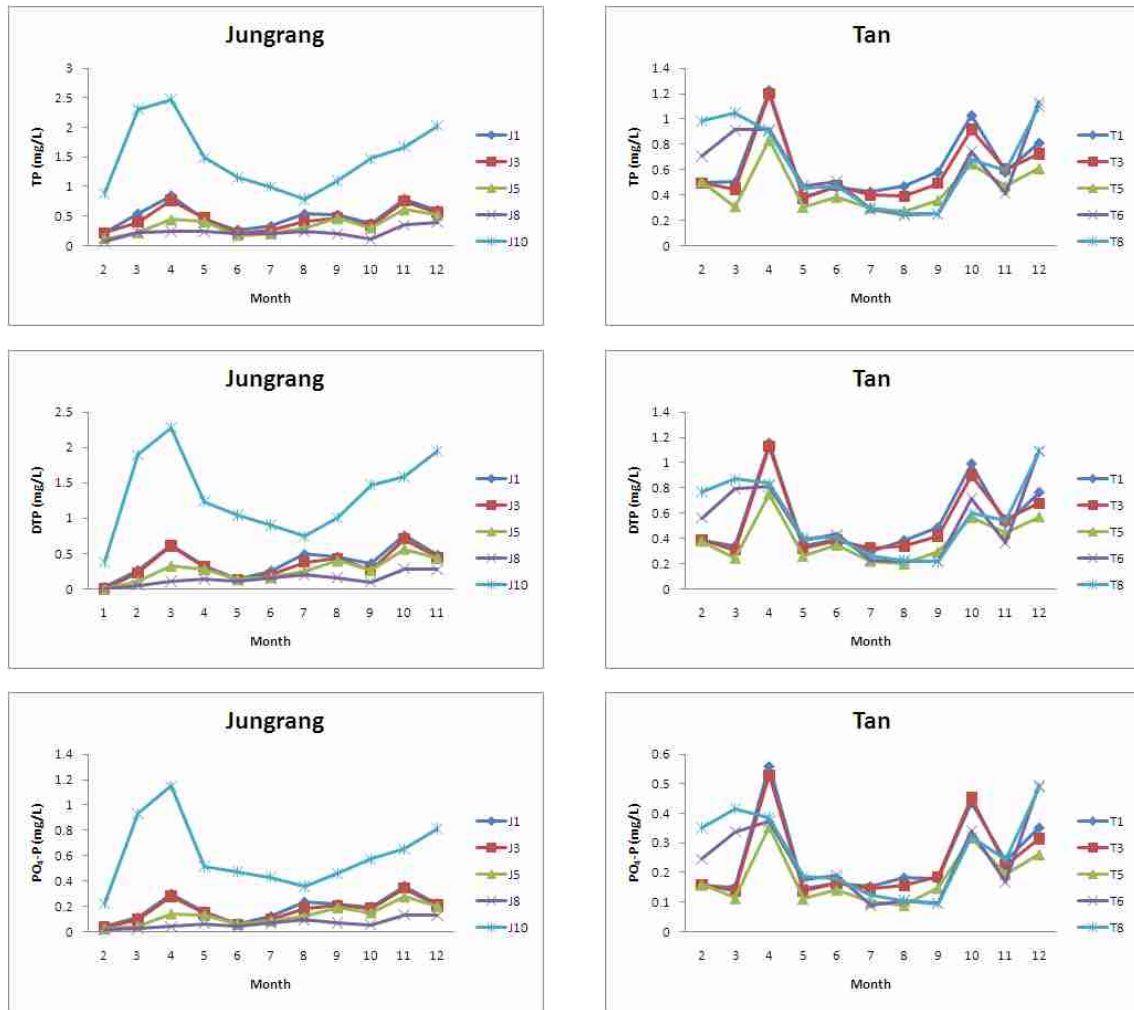


Fig. 7. Variations of Phosphorus in Jungrang stream & Tan stream.

Table 4. T/N ratio, Total Nitrogen, Phosphorus and Chlorophyll-a average concentrations in Jungrang stream & Tan stream

Site	TN(mg/L)	TP(mg/L)	TN/TP	Chlorophyll a (mg/m ³)	Site	TN(mg/L)	TP(mg/L)	TN/TP	Chlorophyll a (mg/m ³)
J1	9.369	0.496	22.9	2.1	T1	8.627	0.634	15.5	2.5
J3	9.112	0.442	25.1	3.0	T3	8.065	0.592	15.4	2.0
J5	8.734	0.341	35.2	1.6	T5	6.787	0.453	16.5	2.2
J8	7.487	0.225	46.3	3.5	T6	9.950	0.599	17.8	2.8
J10	15.270	1.486	11.1	2.7	T8	9.256	0.639	15.7	2.3

Table 5. Fluoride, Chloride and Sulfate average concentrations in Jungrang stream & Tan stream

Site	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Site	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
J1	0.164	53.871	34.480	T1	0.185	60.384	35.802
J3	0.135	51.022	32.174	T3	0.156	58.838	36.197
J5	0.159	50.587	32.190	T5	0.159	55.404	37.538
J8	0.156	50.948	33.080	T6	0.154	61.242	33.895
J10	0.178	61.994	32.065	T8	0.157	62.221	36.030

Table 6. Suspended solids average concentrations in Jungrang stream & Tan stream (Unit : mg/L)

	J1	J3	J5	J8	J10	T1	T3	T5	T6	T8
Ave	12.7	19.5	12.3	7.8	11.3	6.5	7.0	9.4	8.5	7.0
Max	26.6	74.6	59.8	12.8	25.2	14.4	18.0	23.2	21.6	16.0
Min	2.2	2.0	2.4	3.2	2.4	1.6	1.2	2.0	2.4	2.4

9) 기타

부유물질 평균농도를 중랑천본류와 탄천본류 지점별 조사한 결과는 표 6과 같다. 하천 생활환경 기준 Ia(매우 좋음)등급인 25 mg/L이하를 50%도 못 미치는 중랑천본류의 평균농도 12.7 mg/L, 탄천본류의 평균농도 7.7 mg/L 이었다. 길 등(12)이 조사한 2000년의 중랑천 성동교지점 8.1 mg/L, 탄천 삼성교지점에서 10.1 mg/L였는데, 이번조사에서는 중랑천 하류인 J10지점이 11.3 mg/L로 다소 증가하였으나, 탄천하류 T8지점은 7.0 mg/L로 낮아졌다. 중랑천은 동부간선도로 확충과 중랑천 제방시설 확충 등 여러공사로 인하여 증가한 것으로 사료된다.

하천의 사람 건강보호 기준 중 중금속(Hg, As, Cd, Cr⁶⁺, Pb, Cr), 휘발성유기화합물(Benzene, 1,2-Dichloroethane, Dichloromethane, Tetrachloroethylene, Carbon tetrachloride)과 페놀, 시안, 유기인 등 유독물질은 검출되지 않았으나 음이온계면활성제(SBS)는 3월, 6월, 12월에 정량 한계 수준으로 미량 검출되었다.

2. 상관성 분석

중랑천의 수질과 탄천의 수질특성을 비교 분석하기 위하여 항목간 상관계수를 조사하였으며, 수질

항목의 상호관계는 SPSS 17.0을 사용하여 Pearson's correlation analysis를 실시하였다.

중랑천본류와 탄천본류 각 5개 지점에 대하여 총 11회에 걸쳐 채수한 55개씩의 자료를 이용하여 항목별 상관 분석한 결과를 표 7, 표 8에 나타내었다. 중랑천의 경우 상관도가 가장 높은 물질을 살펴보면 총질소와 가장 높은 상관성을 보인 항목으로는 DTN으로 Pearson 단순 상관계수 r 은 0.978이고, NH₃-N($r=0.868$) > COD($r=0.816$) > Cl⁻($r=0.652$) > BOD($r=0.632$) > F⁻($r=0.589$) > TP($r=0.574$) > PO₄-P($r=0.507$) > DTP($r=0.485$) > EC($r=0.462$) > SO₄²⁻($r=0.416$) 순으로 양의 상관성이 높았고($p < 0.01$), 수온($r=-0.514$)과 NO₃-N($r=-0.379$)는 음의 상관관계를 보였다. 탄천의 경우는 총질소와 가장 높은 상관성을 보인 항목으로는 DTN으로 Pearson 단순 상관계수 r 은 0.995이고, NH₃-N > COD > Cl⁻ > BOD > TP > DTP > PO₄-P 순으로 강한 양의 상관성이 보였고($p < 0.01$), 수온의 Pearson 단순 상관계수 r 은 -0.597, SS는 $r=-0.457$ 로 유의성 검정 결과 유의수준 0.01에서 유의함으로 두변수간의 음의 상관관계는 매우 유의하였다. 또한 중랑천 총인의 상관성은 DTP($r=0.986$) > PO₄-P($r=0.984$) > BOD($r=0.591$) > COD($r=0.589$) > TN($r=0.574$) >

Table 7. Correlation coefficient between water pollutants in Jungrang stream

Variables	T-N	DTN	NH ₃ -N	NO ₃ -N	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	pH	DO	BOD	Water temp.	SS	EC	Chlorophyll a	COD	T-P	DTP	PO ₄ -P
T-N	1.000																	
DTN	0.978**	1.000																
NH ₃ -N	0.868**	0.864**	1.000															
NO ₃ -N	-0.379**	-0.367**	-0.595**	1.000														
F ⁻	0.589**	0.589**	0.497**	-0.095	1.000													
Cl ⁻	0.652**	0.633**	0.448**	-0.083	0.541**	1.000												
SO ₄ ²⁻	0.416**	0.424**	0.251	0.006	0.391**	0.831**	1.000											
pH	-0.206	-0.216	-0.213	0.114	0.254	0.256	0.299*	1.000										
DO	0.147	0.184	0.107	0.131	0.182	0.271	0.412**	0.341*	1.000									
BOD	0.632**	0.575**	0.484**	-0.238	0.403**	0.700**	0.414**	-0.016	-0.162	1.000								
Water temp.	-0.514**	-0.549**	-0.455**	0.026	-0.387**	-0.434**	-0.451**	-0.075	-0.676**	-0.094	1.000							
SS	-0.269*	-0.280*	-0.304*	0.275*	-0.143	-0.067	-0.079	0.281*	0.090	-0.060	0.217	1.000						
EC	0.462**	0.439**	0.272*	-0.014	0.286*	0.670**	0.420**	0.008	-0.209	0.654**	0.105	-0.124	1.000					
Chlorophyll a	0.002	-0.001	-0.037	0.042	0.153	0.134	0.129	0.147	0.081	0.125	0.105	-0.011	0.245	1.000				
COD	0.816**	0.772**	0.699**	-0.429**	0.567**	0.660**	0.346**	-0.058	-0.020	0.768**	-0.301*	-0.127	0.472**	-0.015	1.000			
T-P	0.574**	0.514**	0.411**	0.107	0.366**	0.370**	0.075	-0.224	-0.294*	0.591**	0.021	-0.024	0.470**	0.041	0.589**	1.000		
DTP	0.485**	0.430**	0.306*	0.207	0.297*	0.307*	0.034	-0.231	-0.316*	0.530**	0.089	-0.009	0.460**	0.078	0.466**	0.986**	1.000	
PO ₄ -P	0.507**	0.460**	0.341*	0.184	0.338**	0.296*	0.035	-0.221	-0.288*	0.526**	0.071	0.004	0.440**	0.063	0.483**	0.984**	0.991**	1.000

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

Table 8. Correlation coefficient between water pollutants in Tan stream

Variables	T-N	DTN	NH ₃ -N	NO ₃ -N	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	pH	DO	BOD	Water temp.	SS	EC	Chlorophyll a	COD	T-P	DTP	PO ₄ -P
T-N	1.000																	
DTN	0.995**	1.000																
NH ₃ -N	0.853**	0.858**	1.000															
NO ₃ -N	0.188	0.178	-0.171	1.000														
F ⁻	0.284*	0.301*	0.201	0.172	1.000													
Cl ⁻	0.663**	0.663**	0.402**	0.373**	0.266*	1.000												
SO ₄ ²⁻	0.020	0.012	-0.025	0.136	-0.005	0.512**	1.000											
pH	0.023	0.027	-0.137	-0.022	0.327*	0.134	0.090	1.000										
DO	0.165	0.180	0.195	0.018	0.223	0.352**	0.418**	0.468**	1.000									
BOD	0.616**	0.607**	0.430**	-0.001	0.129	0.566**	0.025	0.104	0.109	1.000								
Water temp.	-0.597**	-0.603**	-0.605**	-0.025	-0.207	-0.687**	-0.462**	-0.025	-0.585**	-0.408*	1.000							
SS	-0.457**	-0.453**	-0.387**	-0.019	-0.039	-0.640**	-0.245	-0.138	-0.245	-0.336*	0.572**	1.000						
EC	0.109	0.096	-0.102	0.377**	0.037	0.388**	0.080	-0.230	-0.445**	0.066	0.202	-0.235	1.000					
Chlorophyll a	-0.126	-0.146	-0.180	0.126	-0.129	-0.196	-0.103	-0.021	-0.215	-0.079	0.271*	0.003	0.178	1.000				
COD	0.847**	0.848**	0.695**	0.032	0.251	0.570**	-0.081	0.015	0.006	0.742**	-0.371**	-0.340*	-0.201	-0.136	1.000			
T-P	0.521**	0.501**	0.284*	0.421**	0.277*	0.564**	0.314*	0.174	0.323*	0.436**	-0.521**	-0.231	0.040	-0.105	0.313*	1.000		
DTP	0.423**	0.401**	0.167	0.466**	0.248	0.537**	0.332*	0.185	0.307*	0.378**	-0.471**	-0.213	0.056	-0.105	0.209	0.988**	1.000	
PO ₄ -P	0.383**	0.362**	0.141	0.462**	0.215	0.503**	0.344*	0.191	0.346**	0.321*	-0.455**	-0.176	0.026	-0.111	0.158	0.979**	0.992**	1.000

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

Table 9. Characteristics of pollutants discharge from Tan stream during Rainy and Dry day

Site	T-N	DTN	NH ₃ -N	NO ₃ -N	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	pH	DO	BOD	Water temp.	SS	EC	Chlorophyll a	COD	T-P	DTP	PO ₄ -P	
	T1	8.4	5.5	1.6	0.7	0.2	53.1	27.1	8.2	7.8	37.5	14.5	66.5	300.0	7.6	8.4	2.3	0.8	0.4
	T3	7.2	5.0	1.5	0.9	0.2	51.0	26.0	7.9	6.9	33.2	13.9	115.6	280.0	5.0	8.9	1.8	0.6	0.3
Rainy day	T5	6.7	4.2	0.5	1.4	0.3	49.8	27.5	7.9	7.4	31.8	13.9	202.8	276.0	7.2	11.7	1.5	0.4	0.2
	T6	9.7	7.8	2.4	1.2	0.2	56.0	28.3	7.8	6.4	39.6	14.5	125.6	317.0	10.7	9.8	1.3	0.6	0.3
	T8	8.1	5.3	1.3	0.5	0.3	54.1	27.6	8.0	5.0	32.1	14.2	279.6	302.0	7.0	7.5	2.1	0.5	0.2
	T1	10.4	10.2	1.9	4.4	0.2	59.1	33.6	8.0	8.9	5.9	16.3	10.8	370.0	1.0	9.9	1.2	1.2	0.6
	T3	10.1	10.0	2.6	4.2	0.2	58.6	33.8	8.1	8.7	6.4	16.4	8.4	364.0	1.3	9.4	1.2	1.1	0.5
Dry day	T5	8.4	8.3	1.5	3.9	0.2	57.0	35.3	7.9	8.7	4.9	15.3	6.8	349.0	0.4	8.3	0.8	0.8	0.4
	T6	13.6	13.5	2.9	6.8	0.2	66.9	35.9	7.9	7.9	5.9	16.9	15.6	407.0	1.8	10.7	0.9	0.8	0.4
	T8	12.8	12.0	2.6	6.1	0.3	66.5	35.3	8.0	8.1	5.7	17.1	8.4	400.0	0.3	9.9	0.9	0.8	0.4

DTN ($r=0.514$) > EC($r=0.470$) > NH₃-N($r=0.411$) > Cl⁻($r=0.370$) > F⁻($r=0.366$) 순으로 양의 상관성이 높았고($p < 0.01$) 탄천의 경우는 DTP > PO₄-P > Cl⁻ > TN > DTN > BOD > NO₃-N > DO > SO₄²⁻ > COD 순으로 양의 상관성이 높았고, 수온은 음의 상관관계에 매우 유의하였다.

중랑천의 BOD는 COD($r=0.761$) > Cl⁻($r=0.700$) > EC($r=0.654$) > TN($r=0.632$) > TP($r=0.591$) > DTN($r=0.575$) > DTP($r=0.530$) > PO₄-P($r=0.526$) > NH₃-N($r=0.484$) > SO₄²⁻($r=0.414$) > F⁻($r=0.403$) 순으로 강한 상관관계를 보였고, 탄천은 COD > TN > DTN > Cl⁻ > TP > NH₃-N > DTP > PO₄-P 순으로 강한 양의 상관관계를, 수온 > SS 순으로 강한 음의 상관관계를 나타냈다.

중랑천에서 BOD와 COD의 상관계수는 $r=0.768$ 으로 탄천의 0.742보다 높았다. EC의 경우 중랑천은 BOD, COD, TN, TP, Cl⁻ 등과 높은 상관성을 보임으로써 현장에서 오염원의 평가시 적용도 가능할 것으로 판단된다. 그러나 탄천의 경우 NO₃-N, Cl⁻ 항목은 양의 상관관계, DO는 음의 상관관계가 있고 이를 제외한 나머지 항목은 모두 상관성이 크지 않은 것으로 나타났다. COD와 TN 상관계수(중랑천 $r=0.816$, 탄천 $r=0.847$)는 BOD와 TN 상관계수(중랑천 $r=0.632$, 탄천 $r=0.616$)보다 높은 상관성을 나타냈다. 그러나 COD와 TP 상관계수(중랑천 $r=0.589$, 탄천 $r=0.313$)는 BOD와 TP 상관계수(중랑천 $r=0.591$, 탄천 $r=0.436$)보다 낮은 상관성이 나타났다. 하천에서 중요한 오염도의 지표항목이며, 부영양화의 원인물질인 BOD, COD, TN, TP는 서로 높은 상관관계가 나타났다. 또한 이들 항목과 다른 항목들과 상관성을 보인다는 것은 오염의 지표설정과 오염원의 규명에 있어서 중요한 자료로 판단되며 또한 다른 요인과의 상관성을 규명하면 중요한 수질관리 및 수질정책의 자료가 될 것으로 사료된다.

3. 강우시 수질분석결과(4월 22일 강우량 19 mm)

강우시 오염물질이 하천에 미치는 영향을 연구하기 위해 강우일인 4월 22일(기상청 : 강우량 19 mm)과 비강우 3일후인 25일에 현장 측정과 시료 채취하여 분석한 결과를 표 9에 나타냈다.

강우일에 발생한 탁수에서 TN, DTN, NH₃-N, NO₃-N, Cl⁻, SO₄²⁻, DO, 수온, EC, DTP, PO₄-P의 농도는 비강우일보다 감소하였다.

수온은 김(10)의 연구에서 강우로 인한 영향은 겨울을 제외하면 수온을 상당히 저하시키고, 그 저하 강도는 강우시 뿐만 아니라, 그 후에도 오래 지속된다는 결과와 일치 하였다. 그리고 질소와 이온물질의 경우는 농도가 낮아지므로 강우로 인해 외부 오염원의 유입보다는 강우에 의한 희석효과가 더 크게 작용하는 것으로 판단된다. 또한 이온물질의 농도 감소가 전기전도도도 감소시켰을 것으로 해석된다. 표 9와 같이 강우시 SS 유입농도가 6배~30배 증가하였다. SS농도의 증가가 BOD, TP 및 Chlorophyll-a 농도 증가를 수반하였다. 이는 유속의 증가에 따라 물질의 이동능력이 증가해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생한 SS는 난분해성 유기물질보다 생물학적으로 분해가 가능한 유기물질이 더 많았다고 사료되고 인의 증가는 한강의 인부하량 증가로 이어질 것으로 예상된다.

결론

본 조사는 2011년 2월부터 12월까지 매월1회 중랑천 10개지점 (중랑천본류 5개지점, 유입 소하천 5개지점), 탄천 8개지점(탄천본류 5개지점, 유입 소하천 3개지점)을 대상으로 수질오염도를 조사 평가하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 중랑천본류와 탄천본류의 수온은 여름철에는 전 지점이 비슷하였으나 겨울철에는 물재생센터의 방류수와 합류된 후의 하류지점이 본류보다 약 4℃이상 높았다.
2. 중랑천, 탄천의 평균 pH는 7.7~8.4이었고, 용존산소는 조사한 전 지점에서 생활환경기준 I a(매우 좋음)등급 7.5 mg/L 이상을 유지하며 양호한 것으로 조사되었다.
3. 계절적으로는 유량이 적은 갈수기에 오염물질의 농도가 높아 수질이 악화되고 풍수기에 회복되는 경향을 보였고, 지점별로는 물재생센터

방류수 유입 후 하류지점의 오염물질 농도가 큰 폭으로 증가하였다.

4. BOD 평균값은 중랑천 3.9 mg/L(생활환경기준 III등급), 탄천 5.3 mg/L(생활환경기준 IV등급) 이었고, COD 평균값은 중랑천 7.3 mg/L, 탄천 9.0 mg/L로 하천의 생활환경기준 IV등급 이었다.
5. 총질소(Total Nitrogen, TN), 용존 총질소(Dissolved Total Nitrogen, DTN), NH₃-N, NO₃-N의 중랑천본류의 평균농도는 각각 9.994 mg/L, 9.590 mg/L, 2.110 mg/L, 4.964 mg/L 이었고, 탄천본류의 평균농도는 각각 8.537 mg/L, 8.184 mg/L, 1.552 mg/L, 4.486 mg/L 이었다. 총질소중에서 DTN, NH₃-N, NO₃-N는 중랑천본류가 각각 96.0%, 21.1%, 49.7%, 탄천 본류가 각각 95.9%, 18.2%, 52.5%를 차지하였다.
6. 총인(Total Phosphorus, TP), 용존성 총인(Dissolved Total Phosphorus, DTP), PO₄-P의 중랑천본류의 평균농도는 각각 0.598 mg/L, 0.489 mg/L, 0.228 mg/L였으며, 탄천본류의 평균농도는 각각 0.584 mg/L, 0.511 mg/L, 0.233 mg/L이었고, 하천 생활환경기준은 VI등급이었다.
7. 중랑천본류의 N/P비 평균은 28.1(11.1~46.3) 이었고 탄천본류의 N/P비 평균은 16.2(15.4~17.8) 이었다. N/P비가 10이상으로 높아 질소보다 인 이 식물성플랑크톤 발생에 중요한 제한 인자로 작용할 수 있을 것으로 추정되었다.
8. 중랑천에서 BOD와 COD의 상관계수 $r=0.768$ 으로 탄천의 0.742보다 높았다. COD와 TN 상관계수(중랑천 $r=0.816$, 탄천 $r=0.847$)는 BOD와 TN 상관계수(중랑천 $r=0.632$, 탄천 $r=0.616$)보다 높은 상관성을 나타냈다. 그러나 COD와 TP 상관계수(중랑천 $r=0.589$, 탄천 $r=0.313$)는 BOD와 TP 상관계수(중랑천 $r=0.591$, 탄천 $r=0.436$)보다 낮은 상관성이 나타났다.
9. TN, DTN, NH₃-N, NO₃-N, Cl⁻, SO₄²⁻, DO, 수온, EC, DTP, PO₄-P의 농도는 비강우시가 높았으나 SS, BOD, TP 및 Chlorophyll a 농도는 강우시에 높았다.

참고문헌

1. 건설교통부 한강홍수통제소 : 한강 및 주요지천 유량측정용역 보고서. 1996.
2. 한국건설기술연구원 : 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발 연구계획서. 1995.
3. 한국건설기술연구원 : 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발. 1999.
4. 이규찬 : 복원된 도시복개하천이 주민의 지역 이미지에 미치는 영향. 서울시립대학교 석사학위논문, 2007.
5. 양재준 : 국내 지방하천 생태하천복원 사업의 현황 및 개선방안에 관한 연구. 경원대학교 석사학위 논문, 2011.
6. 김양호 : 도시하천의 생태복원을 위한 하천정비 방안 연구. 울산대학교 석사학위논문, 2010.
7. 서울특별시 : 비전 서울 2006, p310, 2004.
8. 환경부 : 수질오염공정시험기준, 2008.
9. Sustainable Ecosystems Institute : An Analysis of the Effects of Temperature on Salmonids of the Pacific Northwest with Implications for Selecting Temperature Criteria, 2000.
10. 김인배 : 낙동강 하류의 수산 개발을 위한 기본 조사. 한국수산학회지, 3(1):65~70, 1970.
11. 이흥근, 송준상, 이지윤, 방기웅, 안령미, 어수미, 이영신, 이준호, 백도현 : 수질오염관리, 제1판 신광출판사, p199, 2005.
12. 길혜경, 유승성, 이길화, 서미연, 류동구, 김교봉, 김린태, 배경석, 김민영, 신재영 : 중랑천, 탄천 수질의 장기 변동과 관리방안. 서울특별시보건환경연구원보, 36:354~360, 2000.
13. 신진호, 이용민, 길혜경, 조기찬, 배경석, 신재영 : 서울시내 하천의 수질오염 동태규명에 관한 연구. 서울특별시보건환경연구원보, 34:339~346, 1998.
14. 조순행 : 물환경개론, 제1판 동화기술, p56~59, 2001.
15. 권승미, 신진호, 서미연, 최금순, 배경석, 신재영 : 도시하천 퇴적물 중의 오염물질 분포 양상 규명에 관한 연구-중랑천·탄천을 중심

- 으로-. 서울특별시보건환경연구원보, 34:331~338, 1998.
16. 신재기, 조주래, 황순진, 조경제 : 경안천~팔당호의 부영양화와 수질오염 특성. 한국하천호수학회, 33(4):387~394, 2000.
 17. 김범철, 사승환, 김문숙, 이윤경, 김재구 : 국내 호수의 제한영양소와 하수처리장 방류수 인 기준 강화의 필요성. 한국물환경학회, 23(4): 512~517, 2007.
 18. 김광래, 길혜경, 김현국, 김은숙, 노방식, 홍주희, 이진, 김정연, 이만호, 엄석원, 이재영 : 한국지하수도양환경학회지, 15(6):99~106, 2010.
 19. 국립환경과학원 : 주암호의 오염물질 거동과 생태계 변화에 관한 연구, p42, 2000.