

생활주변 친수공간인 서울시내 소하천 수질 및 유량 기초자료 조사

수환경 생태팀

박진아 · 이도훈 · 서미연 · 권승미 · 이상철 · 배경석 · 엄석원 · 김민영

Evaluation of Basic Water Quality and Flow Rate Data of Small Creeks in Seoul

Aquatic Ecology Team

**Jin-a Park, Do-hoon Lee, Mi-yeon Seo, Seung-mi Kwon,
Sang-chil Lee, Kyung-seok Bae, Seok-won Eom and Min-young Kim**

Abstract

We evaluated the water quality and flow rate of 18 small creeks in Seoul to develop a database for small creeks management. The BOD concentrations of small creeks were lowest in July and highest in December. The SS concentrations were highest in July and lowest in November. Concentrations of T-N and T-P were highest in December and October, respectively. The numbers of total coliforms and fecal coliforms were highest in June, after which they decreased rapidly. The water quality in 80% of water the small creeks was greater than Level IV of the national criteria for rivers. If microbes were excluded, 50% of the total small creeks were Level I and II, while 16% were over Level IV. When the water quality level between small creeks and streams in related water systems was compared, the water quality of creeks was better at small than at streams. Microbes acted as the main factors that decreased the water quality level of both small creeks and streams. The flow volumes of small creeks differed by as much as 20 times in some cases within the measured period. Specifically, the flow volumes of the small creeks in the Hong-je water system differed greatly between the two measured periods and were measured at 1 L/sec or dry during the water shortage period. Differences in the Tan water system flow volumes between the two measured periods were small when compared to the other water systems however, their flow volumes were very low as they were less than 10 L/sec, even during the static period, except for Jang-ji and Won-ji. Differences in the Chang-reung and Jin-gwan water system flow volumes between the two measured periods flowed regularly and did not differ greatly.

Key words : small creek, stream, flow volume, water quality, water quality level

서론

서울시에는 국가하천 3개(한강, 중랑천, 안양천), 지방하천 33개(청계천, 탄천, 홍제천 등), 소하천 18개(장지천, 원지천 등)가 있으며 조사대상인 소하천의 유로 연장 평균은 1,094 m, 평균 유역면적 2.38 km², 하폭은 3~54 m이다. 소하천은 소하천 정비법 제3조(소하천의 지정 및 관리)에 의거 자치구의 구청장이 지정하고 이들의 정비와 유지관리를 하고 있다. 소하천은 주민들의 생활공간 내에 위치하여 손쉽게 접근할 수 있는 친수공간으로 자연환경적인 가치 외에 물놀이 등으로 시민들의 접촉이 용이하게 일어나고 있다. 그러나 지금까지의 수질 및 수환경 조사는 중랑천이나 안양천과 같은 주요하천 위주로 이루어졌고, 1, 2차 지류인 소하천에 대한 체계적인 조사는 미흡한 실정이다.

따라서 소하천의 수질 및 유량 실태 조사를 통해 해당 자치구에서는 소하천 관리업무에 활용하고, 시민들에게 소하천 수질정보를 제공함으로써 수질보호의 중요성에 대한 인식을 고취시키고 나아가 생태환경에 적합한 하천 조성을 위해 하천의 특성에 맞는 관리방안을 도출하여 사람·물·도시가 공생하는 물환경도시 조성에 필요한 기초자료를 확보하고자 한다.

하였고, 분기별로 비소, 시안, 유기인, PCB, 6가 크롬, 음이온계면활성제, 사염화탄소, 1·2-클로로에탄, PCE, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름, DEHP, 안티몬, 구리, 용해성철, 수은 등의 18 항목을 추가로 분석하였다. 현장수질은 미국 YSI사의 YSI6600으로 측정하였으며, 그 외의 항목은 수질오염 공정시험 기준 및 EPA method에 따라 분석하였다.

하천수의 수질등급은 환경정책기본법 시행령 별표 1의 3. 수질 및 수생태계 (2)생활환경기준을 따랐으며 본 조사에서는 Ia 등급과 Ib 등급은 I등급으로 합치고, V등급부터는 등급외로 서술하였다.

유량측정을 위하여 유량이 많고 하폭이 넓은 하천은 하상특성에 적합하게 일정구간을 구획하여 구간별 유속을(유속계 이용) 측정하고, 대상지점에서 하상단면(수심, 하폭)을 작성하여 실측한 유속과 하상단면 값을 이용 유량을 산정(유속-면적법, Velocity-Area Method)하였고, 유량이 적은 하천은 메스실린더 등을 이용하여 일정시간에 흐르는 양을 측정하여 조사하였다. 유량계는 미국 0.03~7.5 m/sec의 유속이 측정이 가능한 Swoffer Instruments사의 Model 3000을 이용하였다. 수심에 따라 2인치와 1 $\frac{1}{8}$ 인치의 프로펠러를 사용하였다.

연구방법

1. 조사대상

조사대상인 18개 소하천은 유로연장평균은 1 km 정도이며 탄천 수계에 8개, 중랑천 수계에 3개, 안양천 수계에 1개, 홍제천 수계에 5개, 창릉천 수계에 1개가 분포되어 있다(그림 1, 표 1).

2. 조사 방법

수질은 2009년 6월부터 12월까지 다음과 같이 분석하였다.

수온, pH, DO는 현장에서 측정하고 BOD, COD, SS, T-N, T-P, 총대장균군, 분원성 대장균군 등 7개 항목은 소하천별로 월 1회 채수분석

결과 및 고찰

1. 수질분석자료

1) 수질항목 월별 비교

소하천의 월별 항목별 평균값은 표 2와 같고 각 주요항목의 소하천 월별 데이터를 그림 2~4에 나타냈다.

현장에서 측정한 항목 중 DO는 수온에 영향을 많이 받아 8월에 가장 낮고 11, 12월에 가장 높게 나타났으며 pH는 8월에 가장 높고 9월에 가장 낮았다. 조사기간 동안 BOD는 7월에 가장 낮고 12월에 가장 높았고 COD는 6월에 가장 높고 9월에 가장 낮았다. SS는 장마철인 7월과 갈수기인 11월에 가장 높았다. 총질소는 12월에, 총인은 10월



Fig. 1. Location map of small creeks in Seoul.

에 가장 높았다. 총대장균군수와 분원성대장균군수는 6월에 가장 높고 7월에 급격히 낮아졌다.

용해성 철은 전체 측정 건에서 0.069 mg/L로 1건 측정되었으며 음이온계면활성제는 최대 0.330 mg/L의 농도로 10건 측정되었고, DEHP는 최대 5.5 ng/L의 농도로 4회 검출되었다. 나머지 중금속(6가크롬, 구리, 수은, 안티몬, 비소), 클로로포름, 시안, 유기인, 1,2-디클로로에탄, PCB, 사염화탄소, 디클로로메탄, 벤젠은 모두 검출되지 않아 유해물질에 오염된 하천은 발견되지 않았다. 검출되지 않은 항목들의 정량한계는 용해성 철 0.03 mg/L, 음이온계면활성제 0.02 mg/L, DEHP 0.0025 mg/L, 6가크롬 0.02 mg/L, 구리 0.008 mg/L, 수은 0.001 mg/L, 안티몬 0.0005 mg/L, 비소 0.005

mg/L, 클로로포름 0.0001 mg/L, 시안 0.01 mg/L, 유기인 0.0005 mg/L, 1,2-디클로로에탄 0.001 mg/L, PCB 0.0005 mg/L, 사염화탄소 0.001 mg/L, 디클로로메탄 0.002 mg/L, 벤젠 0.001 mg/L이다.

2) 소하천의 하천수 등급

하천수의 수질등급은 환경정책기본법 시행령 별표 1의 3. 수질 및 수생태계 (2)생활환경기준을 참고하였으며, Ia 등급과 Ib 등급은 I등급으로 합쳐 표현하고, IV등급기준을 넘는 경우에는 등급외로 표기하였다.

현장에서 측정한 항목의 경우 용존산소는 최소 7.2 mg/L, 최대 15.8 mg/L로 조사기간 전 지점에

Table 1. Present status of small creeks in Seoul

Stream	Creek	Starting point	Ending point	Length (m)	Area (km ²)
Tan-cheon	Naegok	1-1492 Naegok, Seocho	1-2332 Naegok, Seocho	530	0.45
	Jangji	487-1 Geoyeo, Songpa	769 Jangji, Songpa	4,080	6.89
	Wonji	211 Wonji, Seocho	480-8 Shinwon, Seocho	1,000	0.76
	Shinwon	184-15 Naegok, Seocho	436-11 Shinwon, Seocho	1,330	2.17
	Angol	350 Naegok, Seocho	304-1 Naegok, Seocho	1,000	0.81
	Saewon	162 Wonji, Seocho	516-3 Wonji, Seocho	1,600	1.16
	Umyeon	San94-1 Umyeon Seocho	634-18 Umyeon Seocho	1,400	1.11
Jungrang-cheon	Hyeong-chon	634-108 Umyeon Seocho	356-1 Umyeon Seocho	750	0.60
	Insu	San74 Ui Gangbuk	265-10 Ui Gangbuk	290	3.54
	Baekun	San69 Ui Gangbuk	4-1 Ui Gangbuk	394	4.04
Anyang-cheon	Ori	San127-1 Suyu Gangbuk	522-58 Suyu Gangbuk	406	0.92
	Yeokgok	163 Hang Guro	222-32 Hang Guro	1,010	6.12
Hongje-cheon	Gugi	7-1 Gugi Jongro	57-2 Sinyeong Jongro	1,860	3.64
	Gugi 1	192-1 Gugi Jongro	244-3 Gugi Jongro	1,050	0.98
	Pyeong-chang	404 Pyeongchang Jongro	64-2 Pyeongchang Jongro	1,110	2.52
	Pyeong-chang 1	2-2 Pyeongchang Jongro	64-2 Pyeongchang Jongro	470	1.03
	Pyeong-chang 2	6-165 Pyeongchang Jongro	58-2 Pyeongchang Jongro	170	0.50
Chang-reung-cheon	Jingwan	283-1 Jingwannae Eunpyeong	1-14 Jingwanwae Eunpyeong	2,000	5.60

서 I등급(기준 5 mg/L 이상)을 나타냈다. 수소이온농도(pH)는 최소값 6.9, 최대값 9.5로서 6월의 구기, 구기1, 평창2, 8월의 안골, 구기1, 인수, 장지, 신원, 원지, 9월의 백운 지점을 제외하고는 모두 6.5~8.5의 범위였다. 소하천명 아래 해당수계의 이름을 함께 기록한 그림 5는 조사기간 동안 소하천별 DO 농도와 pH 분포이다.

BOD는 최소 0.1 mg/L, 최대 11.6 mg/L의 분포로 I등급 기준을 만족하는 지점이 전체 측정수

112회(기간*지점, 채수불가 경우 제외) 중 87회, II등급 10회, III등급 10회에 달해 77%의 기간 또는 지점이 BOD농도로서 I등급 기준을 만족한다고 볼 수 있다. 9월의 형촌, 12월의 새원 지점에서는 IV등급 정도의 농도를 보였고, 6월 장지, 11월 새원 및 12월 형촌 지점은 8 mg/L를 넘어 등급 외의 기준인 경우도 3회 발생하였다. 새원 지점과 형촌 지점은 유량이 매우 적은 지점이며 특히 형촌 지점은 바닥에 저니가 많이 끼어있는

Table 2. Monthly average concentrations of each item at small creeks, in Seoul from Jun. to Dec., 2009

	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Temperature(°C)	22.0	22.3	24.1	22.2	18.1	12.5	4.2
DO(mg/L)	10.9	10.4	8.7	9.5	12.2	13.5	13.5
pH	8.2	8.0	8.5	7.3	7.9	7.2	7.5
BOD(mg/L)	1.7	0.4	1.1	1.2	1.0	2.1	3.0
COD(mg/L)	3.5	3.1	2.8	2.4	2.8	3.4	2.8
SS(mg/L)	2.2	16.0	3.1	2.2	3.7	16.1	8.6
T-N(mg/L)	3.81	3.32	3.32	2.93	4.27	3.86	4.51
T-P(mg/L)	0.14	0.09	0.10	0.09	0.14	0.13	0.09
Total coliforms(/100mL)	161,133	28,994	63,882	37,700	62,407	53,282	47,569
Fecal coliforms(/100mL)	12,247	1,204	5,091	2,683	6,139	5,519	18,854

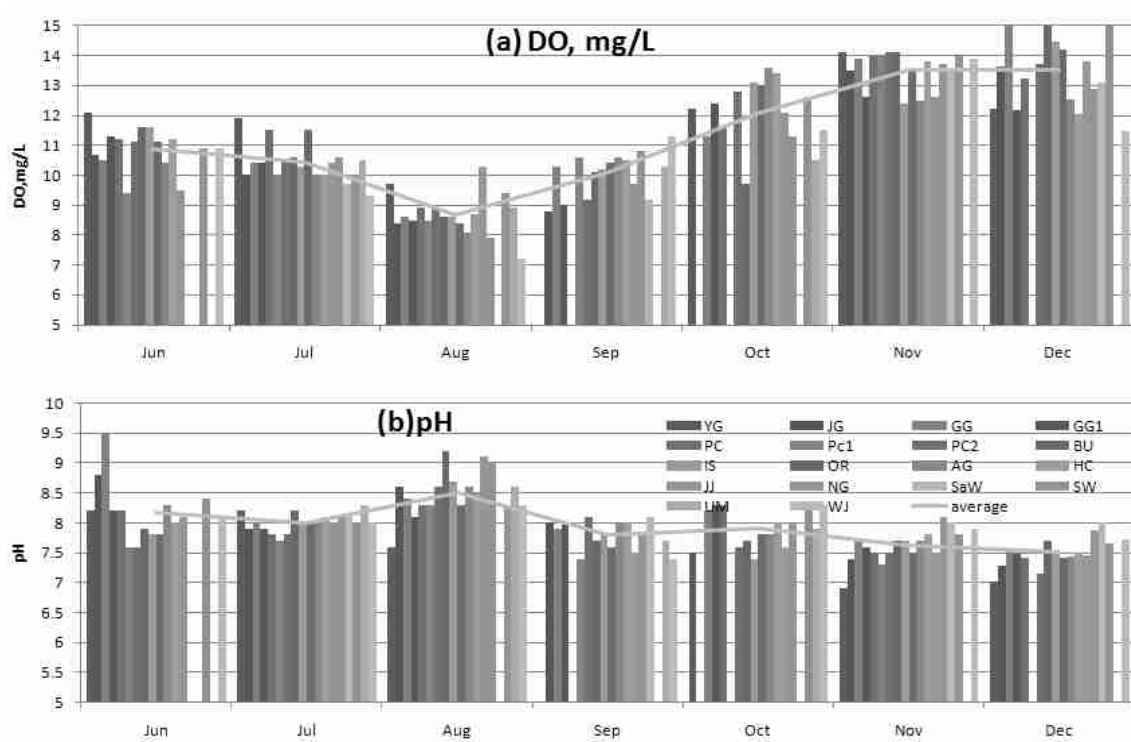


Fig. 2. Monthly variations of (a) dissolved oxygen (mg/L) and (b) pH according to water system of main streams in Seoul from Jun. to Dec., 2009.

YG : Yeokgok-cheon JG : Jingwan-cheon GG : Gugi-cheon GG1 : Gugi1-cheon
 PC : Pyeongchang-cheon PC1 : Pyeongchang1-cheon PC2 : Pyeongchang2-cheon
 BU : Baekun-cheon IS : Insu-cheon OR : Ori-cheon AG : Angol-cheon
 HC : Hyeongchon-cheon JJ : Jangji-cheon NG : Naegok-cheon SaW : Saewon-cheon
 SW : Shinwon-cheon UM : Umyeon-cheon WJ : Wonji-cheon.

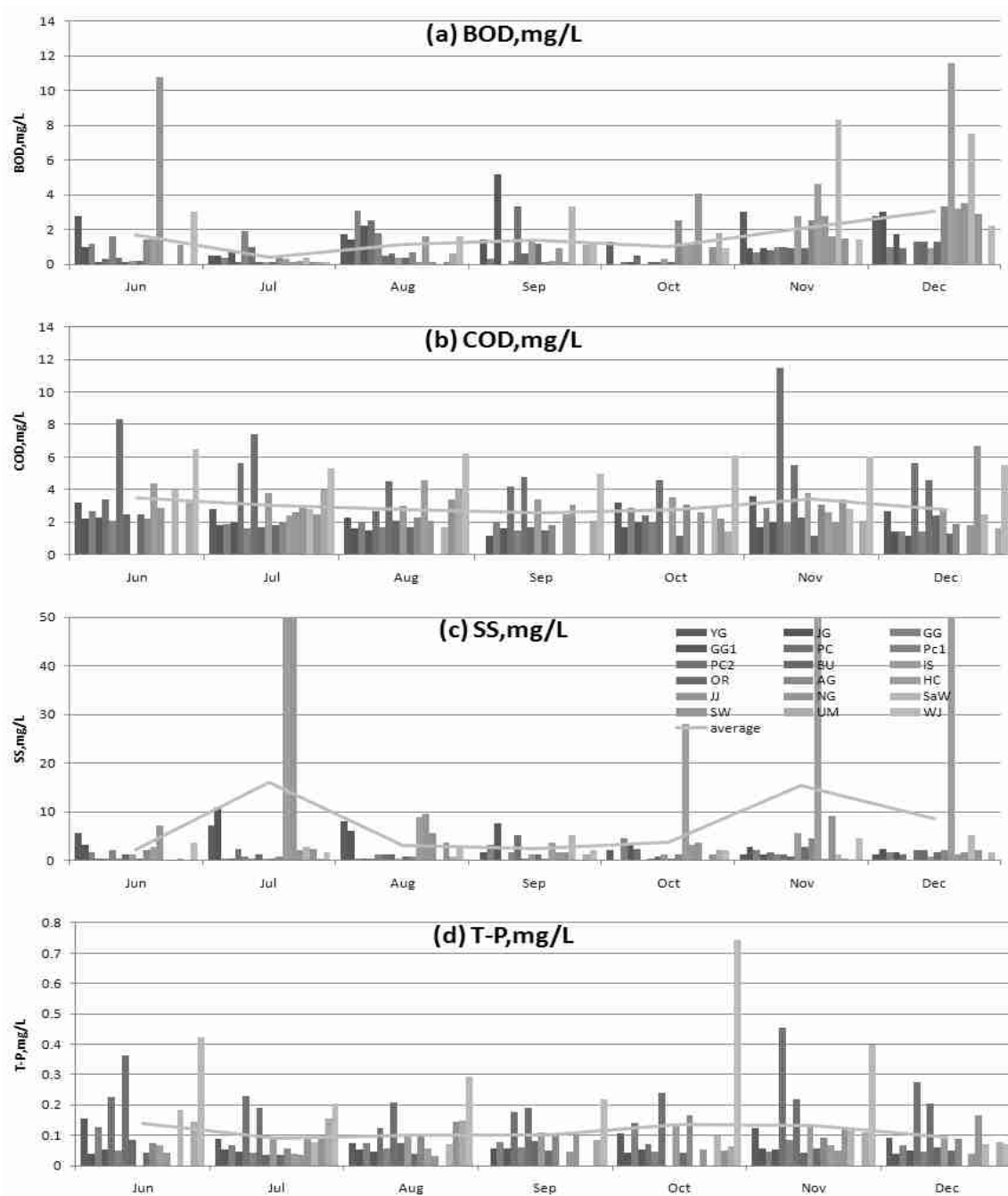


Fig. 3. Monthly variations of (a) BOD(mg/L) (b) COD(mg/L), (c) SS(mg/L) and (d) T-P(mg/L) at each small creek in Seoul from Jun. to Dec., 2009.

YG : Yeokgok-cheon JG : Jingwan-cheon GG : Gugi-cheon GG1 : Gugi1-cheon
 PC : Pyeongchang-cheon PC1 : Pyeongchang1-cheon PC2 : Pyeongchang2-cheon
 BU : Baekun-cheon IS : Insu-cheon OR : Ori-cheon AG : Angol-cheon
 HC : Hyeongchon-cheon JJ : Jangji-cheon NG : Naegok-cheon SaW : Saewon-cheon
 SW : Shinwon-cheon UM : Umyeon-cheon WJ : Wonji-cheon.

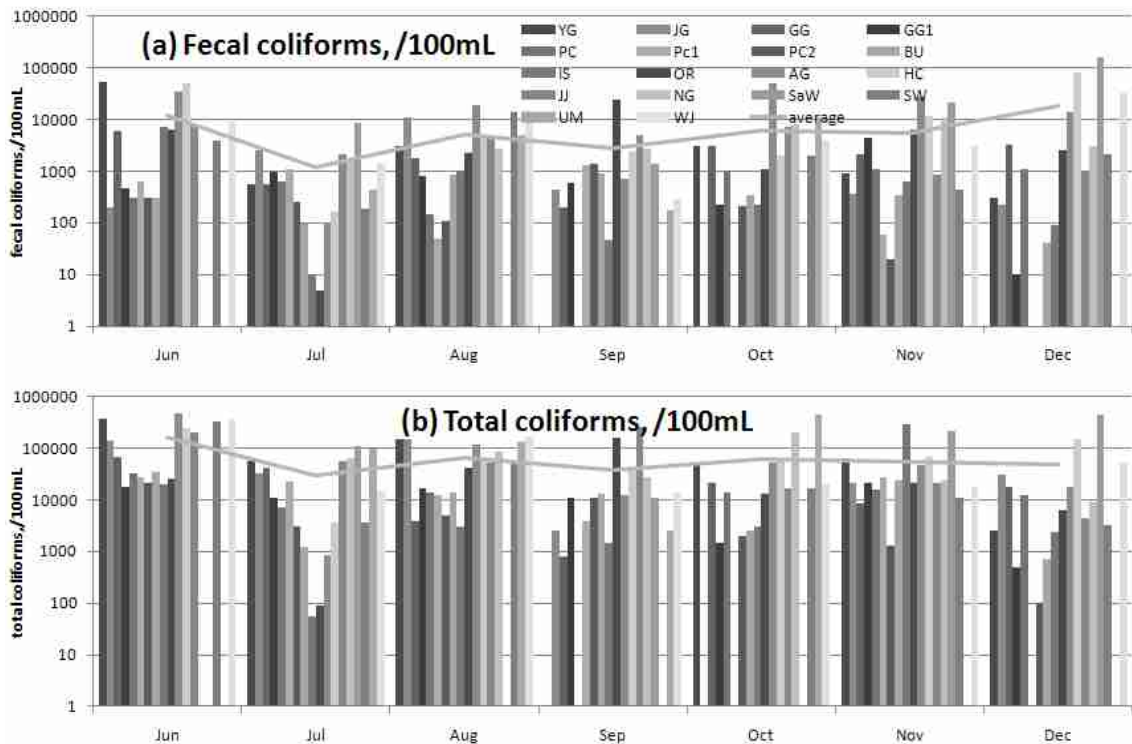


Fig. 4. Monthly variations of (a) fecal coliforms(/100mL) and (b) total coliforms(/100mL) at each small creek in Seoul from Jun. to Dec., 2009.

YG : Yeokgok-cheon JG : Jingwan-cheon GG : Gugi-cheon GG1 : Gugi1-cheon
 PC : Pyeongchang-cheon PC1 : Pyeongchang1-cheon PC2 : Pyeongchang2-cheon
 BU : Baekun-cheon IS : Insu-cheon OR : Ori-cheon AG : Angol-cheon
 HC : Hyeongchon-cheon JJ : Jangji-cheon NG : Naegok-cheon SaW : Saewon-cheon
 SW : Shinwon-cheon UM : Umyeon-cheon WJ : Wonji-cheon.

상태였다. COD는 최소 1.2 mg/L, 최대 11.5 mg/L의 분포로 I등급 기준을 만족하는 지점이 전체 측정수 112회(기간*지점, 채수불가 경우 제외) 중 88회, II등급 10회, III등급 11회에 달해 78%의 기간 또는 지점이 COD농도로서 I등급 기준을 만족한다고 볼 수 있다. 6월과 7월의 장지 지점에서는 IV등급 정도의 농도를 보였고, 11월 형촌 지점은 9 mg/L를 넘어 등급 외의 기준인 경우도 1회 발생하였다. 장지지점은 측정기간 동안 공사의 영향을 받은 것으로 보인다. SS는 최소 0.4 mg/L, 최대 222 mg/L의 분포를 보였으며 25 mg/L이하 (I~III 등급)을 만족하는 경우가 전체 데이터 중 107회로 94%에 해당하는 기간 또는 지점이 SS 농도로서 III 등급이상이라 할 수 있다. 6월 구기

와 10월 역곡 지점에서 IV등급, 6월 구기1, 11월, 12월 형촌지점이 등급외였으며 저니에 의한 오염에 기인하는 것으로 보인다. 총인은 최소 0.033 mg/L, 최대 0.745 mg/L의 분포로 I등급 기준을 만족하는 지점이 전체 측정수 112회 중 8회, II등급 64회, III등급 25회에 달해 65%의 기간 또는 지점이 총인농도로서 II등급 기준을 만족한다고 볼 수 있다. 역곡천의 경우 6월, 10월, 11월에 0.3 mg/L를 넘어 등급외를 보였고 11월 형촌천과 7월 장지천에서도 등급외였다(그림 6).

미생물 검사 중 총대장균군은 최소 55/100 mL, 최대 490,000/100 mL의 분포로 I등급 3지점(8월 내곡, 11월 백운, 12월 평창2), II등급 4지점(7월 원지, 8월 역곡, 9월 구기, 12월 구기1) III등급

19지점이며 나머지 86개는 5000/100 mL이상으로 전체의 75%가 II등급을 넘었다. 분원성대장균은 최소 0/100 mL, 최대 160,000/100 mL의 분포로 I등급 12회, II등급 5회, III등급 33회로 나타났으며 나머지 62회는 1,000/100 mL이상으로 전체의 54%가 III등급을 초과하는 것으로 조사되었다.

하천수의 수질등급(생활환경기준)을 구분하는 8 가지 항목 모두에서 I등급인 하천은 8월 내곡, 11월 백운, 12월 평창2지점, II등급인 하천은 6월 원지, 8월 역곡, 11월 구기1 지점 뿐이었고 전체의 82% 정도가 III등급을 초과하였다. 한편 미생물 항목을 제외하면 전체의 66%가 I등급이고 III등급을 초과하는 비율은 17% 정도였다(그림 7).

3) 수계별 소하천과 지천의 수질 농도 및 수질 등급 비교

수계별 소하천과 해당 수계 지천의 수질을 비교하기 위하여 국립환경과학원에서 운영하는 EFIS의 데이터를 참고하였다. 안양천 수계의 목감천, 안양천1, 안양천2, 안양천3, 안양천4, 안양천5, 중랑천 수계의 중랑천1, 중랑천2, 중랑천3, 중랑천4, 창릉천 수계의 창릉천1, 창릉천2, 창릉천3, 탄천수계의 탄천1, 탄천2, 탄천3, 탄천4, 탄천5, 홍제천 수계의 홍제천 및 양재천(본 조사에서는 탄천수계에 포함시킴) 등 20개 지점의 2009년 6월부터 12월까지 자료 중 pH, DO, BOD, SS, 총대장균군, 분원성대장균군을 분석하였다.

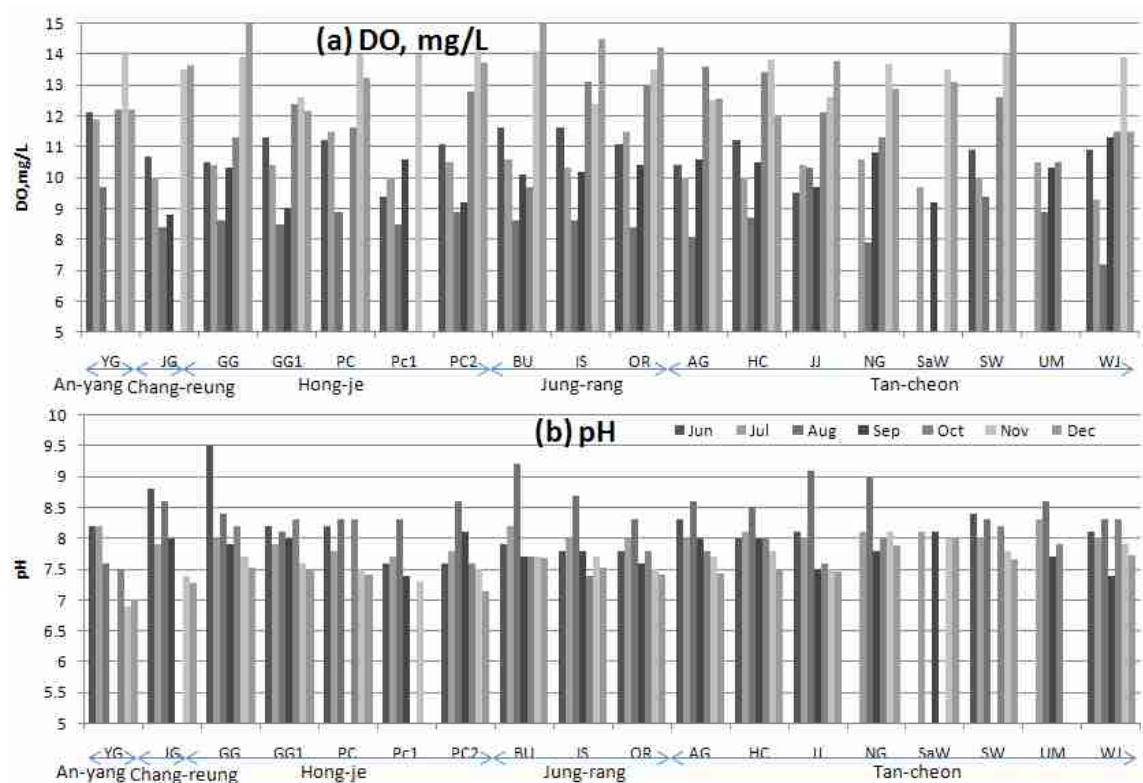


Fig. 5. Monthly variations of (a) dissolved oxygen(mg/L) and (b) pH according to water system of main streams in Seoul from Jun. to Dec., 2009.

YG : Yeokgok-cheon JG : Jingwan-cheon GG : Gugi-cheon GG1 : Gugi1-cheon
 PC : Pyeongchang-cheon PC1 : Pyeongchang1-cheon PC2 : Pyeongchang2-cheon
 BU : Baekun-cheon IS : Insu-cheon OR : Ori-cheon AG : Angol-cheon
 HC : Hyeongchon-cheon JJ : Jangji-cheon NG : Naegok-cheon SaW : Saewon-cheon
 SW : Shinwon-cheon UM : Umyeon-cheon WJ : Wonji-cheon.

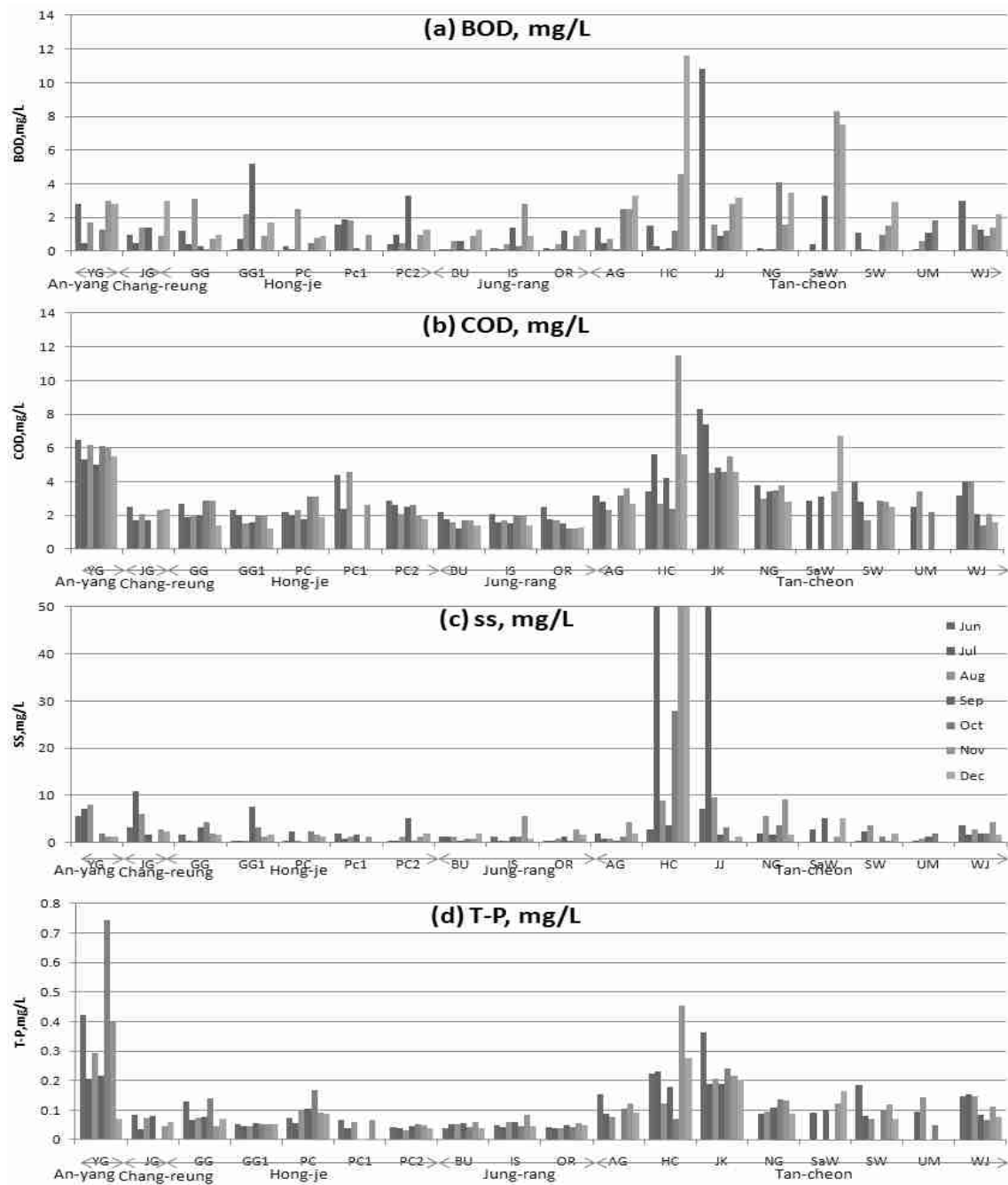


Fig. 6. Monthly variations of (a) BOD(mg/L), (b) COD(mg/L), (c) SS(mg/L) and (d) T-P(mg/L) according to water system of main streams in Seoul from Jun. to Dec., 2009.

YG : Yeokgok-cheon JG : Jingwan-cheon GG : Gugi-cheon GG1 : Gugi1-cheon
 PC : Pyeongchang-cheon PC1 : Pyeongchang1-cheon PC2 : Pyeongchang2-cheon
 BU : Baekun-cheon IS : Insu-cheon OR : Ori-cheon AG : Angol-cheon
 HC : Hyeongchon-cheon JJ : Jangji-cheon NG : Naegok-cheon SaW : Saewon-cheon
 SW : Shinwon-cheon UM : Umyeon-cheon WJ : Wonji-cheon.

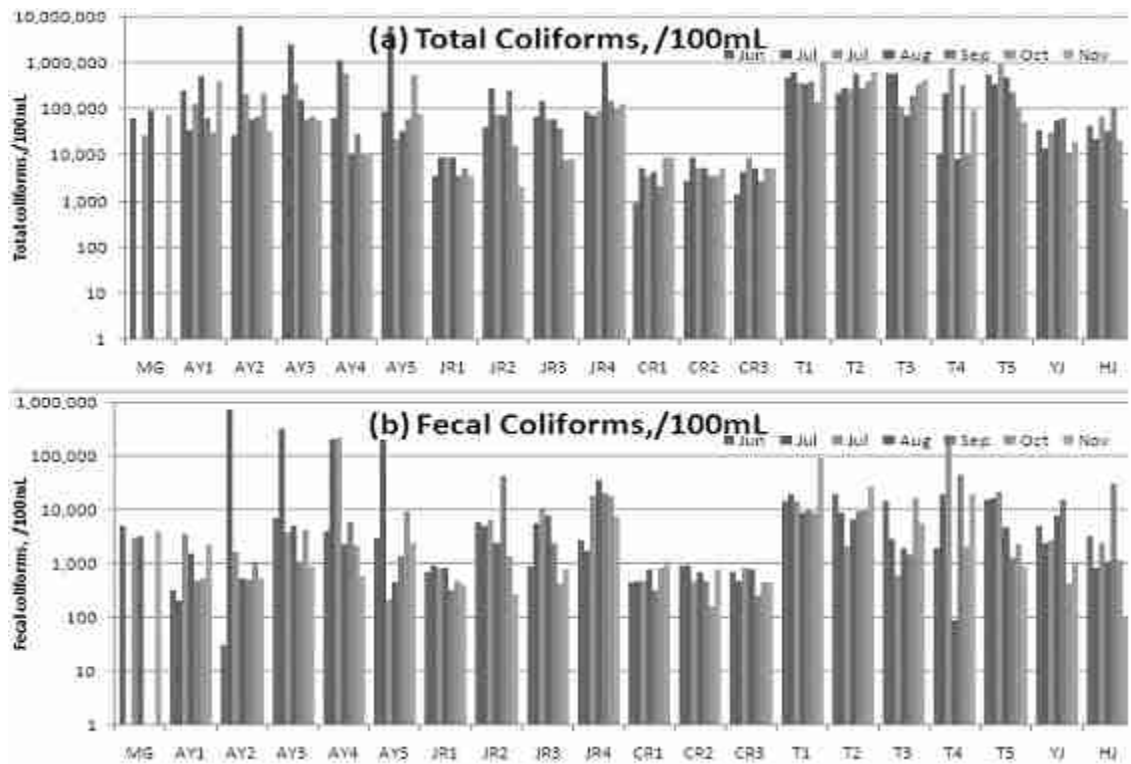


Fig. 7. Monthly variations of total coliforms(/100mL) and fecal coliforms(/100mL) at main streams in Seoul from Jun. to Dec., 2009.
 YG : Yeokgok-cheon JG : Jingwan-cheon GG : Gugi-cheon GG1 : Gugi1-cheon
 PC : Pyeongchang-cheon PC1 : Pyeongchang1-cheon PC2 : Pyeongchang2-cheon
 BU : Baekun-cheon IS : Insu-cheon OR : Ori-cheon AG : Angol-cheon
 HC : Hyeongchon-cheon JJ : Jangji-cheon NG : Naegok-cheon SaW : Saewon-cheon
 SW : Shinwon-cheon UM : Umyeon-cheon WJ : Wonji-cheon.

그림 8, 9, 10은 지천의 주요 항목 자료를 수계 별로 나타낸 것이다.

용존산소농도는 최소값 5.3 mg/L, 최대값 16.4 mg/L의 분포로 전체 81% 정도의 기간 및 지점이 5 mg/L였다. pH는 최소값 6.8, 최대값 9.3의 분포로 전체 97%의 데이터 중 5건을 제외하고 6.5~8.5 이내로 나타났다. BOD는 최소값 0.3 mg/L, 최대값 28.0 mg/L로 전체 등급에 고르게 분포하였다. COD는 최소값 2.4 mg/L, 최대값 16.8 mg/L로 I등급과 II등급을 합쳐 14.3%, III등급 이상이 85.7%로 BOD 농도보다 COD 농도를 기준으로 할 때 수질은 더 불량한 것으로 나타났다. SS는 최소값 1.2 mg/L, 최대값 532 mg/L로 25

mg/L 이하인 기간 및 지점이 전체의 80% 정도였다. T-P는 최소값 0.032 mg/L, 최대값 2.136 mg/L로 62.9%의 기간 및 지점이 IV등급을 초과하였다. 총대장균군은 최소값 700/100 mL, 최대값 6,500,000/100 mL로 89% 정도의 기간 및 지점이 5,000/100mL를 넘어 III등급을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 분원성대장균군은 최소값 30/100 mL, 최대값 750,000/100 mL로 63% 정도의 기간 및 지점이 1,000/100 mL를 넘어 III등급을 만족하지 못하였다.

하천수의 수질등급(생활환경기준)을 구분하는 8 가지 항목 모두에서 I등급과 II등급인 지천은 나타나지 않았고, III등급 6.4%를 제외하면 전체의

93% 정도가 IV등급을 넘었다. 한편 미생물 항목을 제외하면 I등급과 II등급의 비율이 32%이고 IV등급을 넘기는 비율은 55% 정도였다. 소하천과 해당지천의 하천수등급 분포를 살펴보면 소하천이 지천보다 수질은 전체적으로 양호하였다. 특히 BOD의 경우 소하천은 I등급이 77.7%인데 비해 지천은 25.7%에 그쳤다.

소하천과 지천 모두 미생물 항목이 하천수 등급을 떨어지게 하는 주요원인으로 작용하였으며 미생물 항목을 등급산정에서 제외할 경우 소하천은 I등급이 66.1%로 지천의 20.7%보다 높게 나타났

다(표 4, 5).

수계별 소하천과 지천의 각 항목별 평균, 최대, 최소값은 표 6과 같다.

안양천 수계에서의 BOD 평균농도는 소하천 1.9 mg/L, 지천 5.1 mg/L로 소하천은 평균 수질이 I등급이었으나 지천은 III등급에 미치지 못하였다. 창릉천 수계에서의 BOD 평균농도는 소하천 1.3 mg/L, 지천 3.1 mg/L로 소하천은 평균 수질이 I등급이었으나 지천은 II등급에 미치지 못하였고 SS 농도는 3.1배 정도 차이를 보였다. 다른 하천과 달리 총대장균군과 분원성대장균군수는 지천

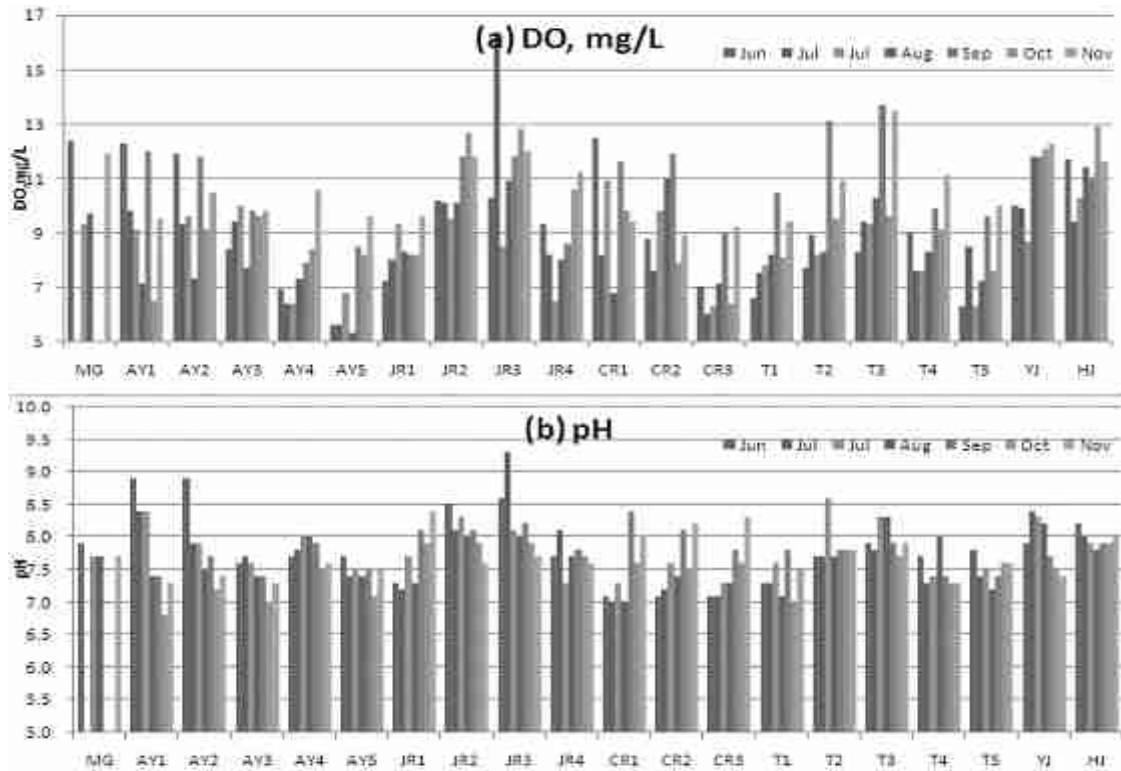


Fig. 8. Monthly variations of (a) dissolved oxygen(mg/L) and (b) pH at main streams in Seoul from Jun. to Dec., 2009.

MG : Mokgam-cheon, AY1 : Anyang-cheon1, AY2 : Anyang-cheon2, AY3 : Anyang-cheon3, AY4 : Anyang-cheon4 and AY5 : Anyang-cheon5 belong to Anyang-stream water system. JR1 : Jungrang-cheon1, JR2 : Jungrang-cheon2, JR3 : Jungrang-cheon3 and JR4 : Jungrang-cheon4 belong to Jungrang-stream water system. CR1 : Changreung-cheon1, CR2 : Changreung-cheon2 and CR3 : Changreung-cheon3 belong to Changreung-stream water system. T1 : Tan-cheon1, T2 : Tan-cheon2, T3 : Tan-cheon3, T4 : Tan-cheon4, T5 : Tan-cheon5 and YJ : Yangjae-cheon belong to Tan-stream water system. HJ : Hongje-cheon belongs to Hongje-stream water system.

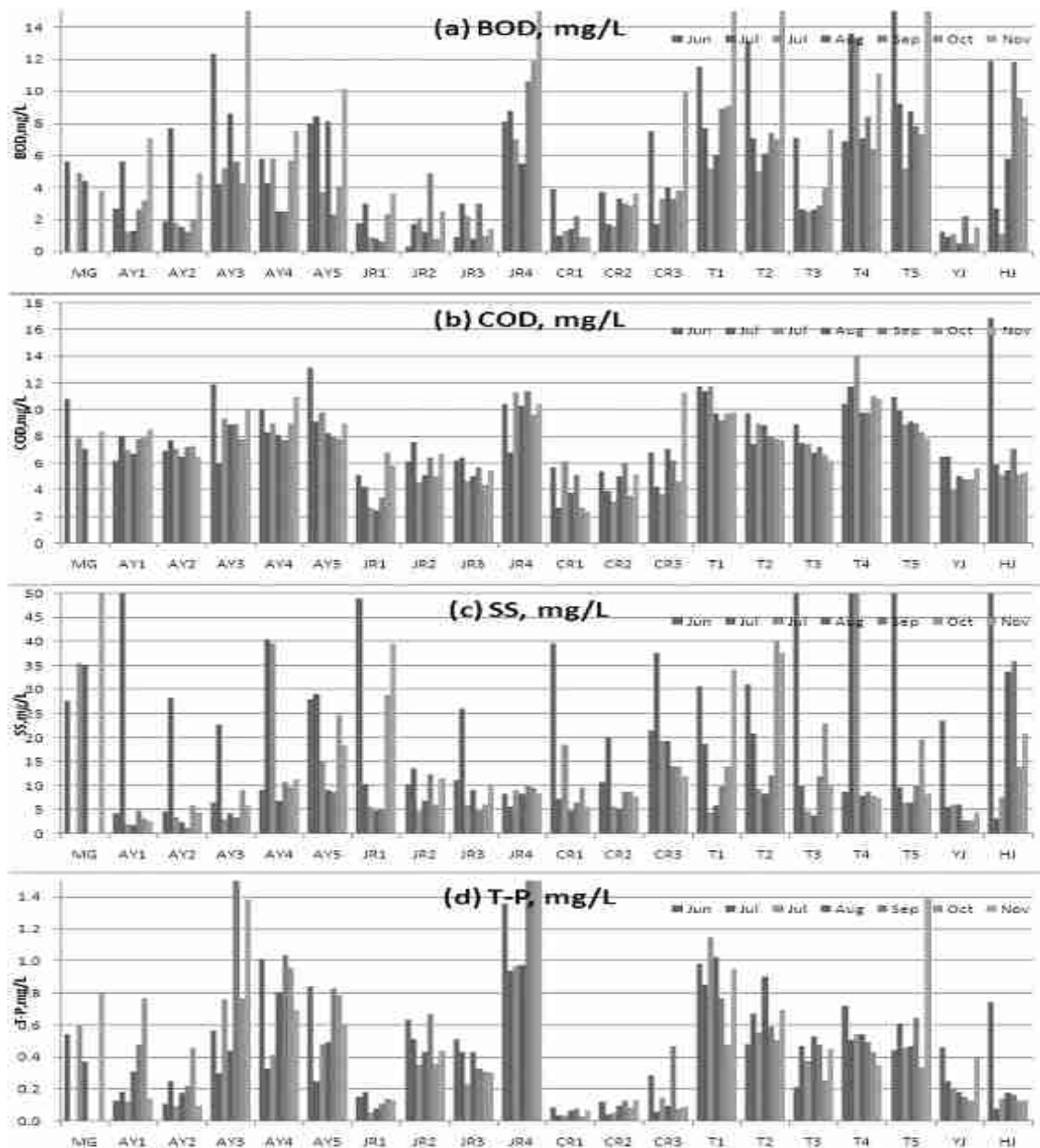


Fig. 9. Monthly variations of (a) BOD(mg/L), (b) COD(mg/L), (c) SS(mg/L) and (d) T-P(mg/L) at main streams in Seoul from Jun. to Dec., 2009.

MG : Mokgam-cheon, AY1 : Anyang-cheon1, AY2 : Anyang-cheon2, AY3 : Anyang-cheon3, AY4 : Anyang-cheon4 and AY5 : Anyang-cheon5 belong to Anyang-stream water system. JR1 : Jungrang-cheon1, JR2 : Jungrang-cheon2, JR3 : Jungrang-cheon3 and JR4 : Jungrang-cheon4 belong to Jungrang-stream water system. CR1 : Changreung-cheon1, CR2 : Changreung-cheon2 and CR3 : Changreung-cheon3 belong to Changreung-stream water system. T1 : Tan-cheon1, T2 : Tan-cheon2, T3 : Tan-cheon3, T4 : Tan-cheon4, T5 : Tan-cheon5 and YJ : Yangjae-cheon belong to Tan-stream water system. HJ : Hongje-cheon belongs to Hongje-stream water system.

보다 소하천에서 각각 2.2배, 3.2배 정도 높게 검출되었다. 홍제천 수계에서 소하천과 지천간 BOD 평균 농도차와 SS 평균 농도차는 각각 8.1배, 66 배로 다른 하천에서의 차이보다 현저히 높았다. BOD 평균은 소하천 0.9 mg/L, 지천 7.3 mg/L로 소하천은 등급기준을 훨씬 상회하며 만족하였으나 지천은 IV등급이었다. 중랑천 수계에의 BOD 평균농도는 소하천 0.5 mg/L, 지천 3.8 mg/L로 소하천은 평균 수질이 I등급이었으나 지천은 III등급이었다. 탄천 수계에서의 BOD 평균농도는 소하천 2.3 mg/L, 지천 7.7 mg/L로 소하천은 평균 수질이

II등급에 미치지 못하였고 지천은 IV등급이었다.

용존산소 평균농도는 소하천은 11.0~11.9 mg/L, 지천은 8.9~11.2 mg/L으로 소하천에서 평균 1.7 mg/L 정도 높게 나타났으며, 수소이온농도는 소하천과 지천 모두 7.5~8.0로 나타났다. BOD 농도는 탄천 수계>안양천 수계>창릉천 수계>홍제천 수계>중랑천 수계의 순으로 높았으며, 지천의 경우에는 탄천 수계>홍제천 수계>안양천 수계>창릉천 수계>중랑천 수계의 순으로 소하천과 지천 모두 탄천의 농도가 가장 높았으나 홍제천의 경우 소하천과 지천의 농도차가 매우 컸

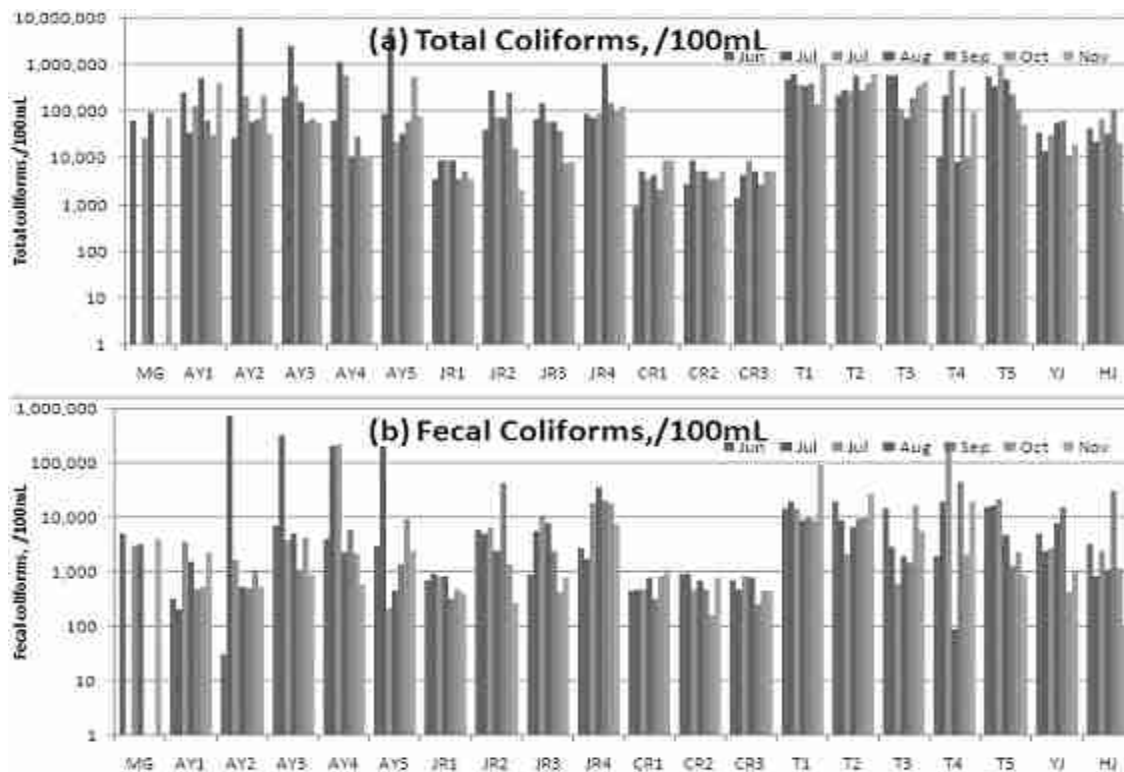


Fig. 10. Monthly variations of total coliforms(/100mL) and fecal coliforms(/100mL) at main streams in Seoul from Jun. to Dec., 2009.

MG : Mokgam-cheon, AY1 : Anyang-cheon1, AY2 : Anyang-cheon2, AY3 : Anyang-cheon3, AY4 : Anyang-cheon4 and AY5 : Anyang-cheon5 belong to Anyang-stream water system. JR1 : Jungrang-cheon1, JR2 : Jungrang-cheon2, JR3 : Jungrang-cheon3 and JR4 : Jungrang-cheon4 belong to Jungrang-stream water system. CR1 : Changreung-cheon1, CR2 : Changreung-cheon2 and CR3 : Changreung-cheon3 belong to Changreung-stream water system. T1 : Tan-cheon1, T2 : Tan-cheon2, T3 : Tan-cheon3, T4 : Tan-cheon4, T5 : Tan-cheon5 and YJ : Yangjae-cheon belong to Tan-stream water system. HJ : Hongje-cheon belongs to Hongje-stream water system.

다. SS 농도는 탄천 수계 > 창릉천 수계 > 안양천 수계, 홍제천 수계 > 중랑천 수계의 순으로 높았으며, 지천의 경우에는 홍제천 수계 > 탄천 수계 > 안양천 수계 > 창릉천 수계 > 중랑천 수계의 순으로 소하천과 지천 모두 탄천의 농도가 둘다 높고 차이가 많이 나지 않았으나 홍제천의 경우 소하천과

지천의 농도차가 매우 컸다. 총대장균군수와 분원성대장균군수는 탄천 수계 > 창릉천 수계 > 안양천 수계 > 홍제천 수계 > 중랑천 수계의 순으로 홍제천 수계와 중랑천 수계는 $10^4/100$ mL 정도이고 안양천 수계, 창릉천 수계, 탄천수계는 $10^5/100$ mL를 나타냈다. 지천의 경우에는 안양천 수계 > 탄천 수

Table 3. Percentages of river water quality level at whole investigated small creeks in Seoul From Jun. to Dec., 2009(%)

	Level I	Level II	Level III	Level IV	exceed-ance
DO		100.0		0.0	0.0
pH		91.1			8.9
BOD	77.7	8.9	8.9	1.8	2.7
COD	78.6	8.9	9.8	1.8	0.9
SS		95.5		1.8	2.7
TP	7.1	57.1	22.3	8.9	4.5
Total coliforms	2.7	3.5	17.0		76.8
Fecal coliforms	10.7	4.5	29.5		55.3
Total	0.9	2.7	13.4	67.0	16.1
Except microbe	5.4	45.5	22.3	10.7	16.1

Table 4. Percentages of river water quality level at 5 main streams(Jung-rang, An-yang, Tan and Hong-je Stream) in Seoul From Jun. to Dec., 2009(%)

	Level I	Level II	Level III	Level IV	Exceedance
DO		100			
pH		96.4			3.6
BOD	24.1	13.1	18.2	22.6	21.9
COD	8.0	6.6	29.9	26.3	29.2
SS		79.6		19.0	1.5
TP	2.2	12.4	16.8	6.6	62.0
Total coliforms	0.0	1.5	9.5	89.1	
Fecal coliforms	1.5	1.5	32.8	64.2	
Total	0.0	0.0	5.1	27.7	67.2
Except microbe	1.5	5.1	12.4	13.9	67.2

Table 5. Comparisons of water quality parameters at main streams and its tributaries in Seoul from Jun. to Dec., 2009

Water system		DO (mg/L)	pH	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	Total coliforms (/100mL)	Fecal coliforms (/100mL)	
An- yang	average	small creek	11.9	7.5	1.9	3.9	100,643	9,021
		stream	8.9	7.7	5.1	15.9	547,234	45,984
	max	small creek	14.1	8.2	3.0	8.0	370,000	55,000
		stream	12.4	8.9	17.3	86.8	6,500,000	750,000
	min	small creek	9.7	6.9	0.5	1.2	2,500	280
		stream	5.3	6.8	1.2	1.2	10,000	30
Chang- reung	average	small creek	11.0	7.9	1.3	4.5	105,667	3,233
		stream	8.9	7.5	3.1	14.1	4,945	616
	max	small creek	13.6	8.8	3.0	10.8	260,000	11,000
		stream	12.5	8.4	10.0	39.6	9,200	1,100
	min	small creek	8.4	7.3	0.5	1.6	21,000	200
		stream	6.0	7.0	0.9	4.8	940	170
Hong- je	average	small creek	11.3	7.9	0.9	1.4	19,594	1,780
		stream	11.2	8.0	7.3	92.5	43,243	5,707
	max	small creek	15.5	9.5	3.1	4.4	160,000	24,000
		stream	12.9	8.2	11.9	532.0	110,000	31,000
	min	small creek	8.5	7.1	0.1	0.4	100	0
		stream	9.4	7.8	1.1	3.2	700	100
Jung- rang	average	small creek	11.6	7.9	0.5	1.4	28,016	1,695
		stream	10.0	7.9	3.8	12.2	105,111	7,313
	max	small creek	15.8	9.2	2.8	5.6	290,000	7,200
		stream	16.4	9.3	16.3	49.0	1,110,000	42,000
	min	small creek	8.4	7.4	0.1	0.4	55	5
		stream	6.5	7.2	0.3	4.8	2,200	270
Tan	average	small creek	11.1	8.0	2.3	15.9	100,860	14,014
		stream	9.4	7.7	7.7	19.2	305,614	17,592
	max	small creek	15.4	9.1	11.6	222.0	490,000	160,000
		stream	13.7	8.6	27.9	109.0	1,000,000	245,000
	min	small creek	7.2	7.4	0.1	0.4	840	45
		stream	6.3	7.0	0.5	2.8	8,636	91

계 > 중랑천 수계 > 홍제천 수계 > 창릉천 수계의 순으로 창릉천수계와 안양천 수계를 빼고는 모두 10만 단위가 넘게 검출되었으며 소하천과 지천의 상관관계가 나타나지 않았다.

소하천 중에서는 탄천수계의 오염이 가장 심하고, 중랑천과 홍제천이 가장 깨끗하였으며 지천 중에서는 탄천과 홍제천의 오염이 심하였다.

2) 유량분석자료

2009년 풍수기를 지나 11월과 12월에 2회 유량을 측정하였다. 표 6은 유량을 측정할 날짜의 2주 전부터의 강수량을 나타낸다. 유량을 측정할 11월 11일과 12일 이전의 2주간 총강수량은 62.4 mm, 12월 15일과 16일 이전의 2주간 총강수량은 18.7 mm였다. 표 7은 11월과 12월의 소하천별 유량을 나타내었다. 유량은 측정하는 시기에 따라 최대 20배 정도까지 차이를 보였다. 특히 홍제천 수계의 평창천, 구기천, 구기1천은 갈수기와 안정기의 유량차이가 매우 크게 나타났고 구기천을 제외하고 갈수기 기간 중 건천 내지는 1 L/sec 미만의 유량을 보여 홍제천 수계가 갈수기에 수량면에서 취약하게 나타났다. 탄천수계는 다른 수계에 비해 두 기간 동안의 차이가 크지 않았으며 신원, 원지, 형촌천은 갈수기 때 오히려 수량이 많은 경우도 있었다. 장지천과 원지천을 제외한 나머지 탄천수

Table 7. Flow rate of each small creek in Seoul on Nov. and Dec., 2009(L/sec)

Small creek	Nov.	Dec.
Gu-gi	42.0	5.9
Gu-gi 1	9.0	0.8
Nae-gok	5.8	1.5
Baek-un	39.6	20.9
Sae-won	9.7	3.8
Shin-won	7.0	15.1
An-gol	6.6	4.8
Yeok-gok	12.7	6.5
O-ri	8.0	1.3
U-myeon	dry	dry
Won-ji	13.1	24.6
In-su	17.1	3.5
Jang-ji	125.1	70.3
Jin-gwan	37.7	32.8
Pyeong-chang	19.0	0.9
Pyeong-chang 1	0.2	dry
Pyeong-chang 2	1.8	0.5
Hyeong-chon	8.5	11.2

Table 6. Daily precipitation in Seoul 2 weeks ago and during the survey period(30th of Oct. to 16th of Dec., 2009) (mm)¹⁾

Date	10/30	10/31	11/01	11/02	11/03	11/04	11/05	11/06	11/07	11/08	11/09	11/10
Precipitation		19.5	4			0	0.3	0.1	4.5	34		
Date	11/11	11/12	11/13	11/14	11/15	11/16	11/17	11/18	11/19	11/20	11/21	11/22
Precipitation			2.5			0			0	0.5		1
Date	11/23	11/24	11/25	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/01	12/02	12/03	12/04
Precipitation			1.5				4		0.1	2.5		3.5
Date	12/05	12/06	12/07	12/08	12/09	12/10	12/11	12/12	12/13	12/14	12/15	12/16
Precipitation			1.7	7	0.5	0	3.5					

¹⁾ Data were quoted from www.kma.go.kr.

계의 소하천의 유량은 평시에도 10 L/sec를 넘지 못하였다. 창릉천 수계의 진관천은 두 기간의 유량차가 별로 없이 거의 일정한 수량이 흐르고 있었다.

유량부족으로 인해 계절적으로 수로가 끊기는 하천, 하상설계의 문제로 수로가 단절되는 하천에서는 물고기 등 생물서식지로 부적절하며 상하류간 이동 또한 단절될 수 있다. 이밖에도 건천인 하천, 수량이 매우 적고 유속도 매우 낮아 바닥에 이끼나 저니층이 두텁게 자리하고 있는 하천, 갈수기 외에도 군데군데 바닥이 드러난 하천 등의 문제 뿐 아니라 평상시와 갈수기의 심한 유량 차이가 발견되어 적절한 하천유지수량을 위한 대책이 필요하다. 기타 일반하수가 하천으로 직접 유입되는 경우도 목격되었다.

결 론

소하천의 수질 및 유량을 조사하여 그 결과를 소하천 관리업무에 활용하고 나아가 사람·물·도시가 공생하는 물환경도시 조성을 위한 기초자료로 제공하기 위하여 서울시내 18개 소하천 조사결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 소하천의 수질항목 결과에서 BOD는 장마 등으로 인해 유량이 풍부한 7월에 가장 낮고 갈수기인 12월에 가장 높았다. SS는 장마철인 7월과 갈수기인 11월에 가장 높았다. 총질소는 12월에, 총인은 10월에 가장 높았다. 총대장균군수와 분원성대장균군수는 6월에 가장 높고 7월에 급격히 낮아졌다.
2. 하천수의 수질등급(생활환경기준)을 구분하는 6가지 항목 모두에서 I등급인 소하천은 8월 내곡, 11월 백운, 12월 평창2지점, II등급인 하천은 6월 원지, 8월 역곡, 11월 구기1 지점 뿐이었고 전체의 80%정도가 IV등급을 넘었다. 한편 미생물 항목(총대장균군, 분원성대장균군)을 제외하면 전체의 66%가 I등급이고 IV등급을 넘기는 비율은 16%정도였다. 따라

서 I등급수 처럼 보이더라도 실제로는 미생물 오염 발생이 우려되므로 시민들의 친수활동에 주의가 필요하며, 이에 따른 대책이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

3. 해당지천의 하천수 수질등급 분포와 비교해 보면 수질은 소하천이 지천보다 전체적으로 양호하였다. 특히 BOD의 경우 소하천은 I등급이 77.7%인데 비해 지천은 25.7%에 그쳤다. 소하천과 지천에서 모두 미생물 항목이 하천수 수질등급을 떨어지게 하는 주요원인이었으며 등급산정에 미생물 항목을 제외할 경우 소하천은 II등급 이상이 50.9%로 지천의 6%보다 높게 나타났다. 소하천 중에서는 탄천수계가 가장 오염이 심하고 중랑천과 홍제천이 가장 깨끗하였으며, 지천 중에서는 탄천과 홍제천의 오염이 심한 것으로 나타났다.

4. 소하천의 유량은 측정 시기에 따라 최대 20배 정도까지 차이를 보였다. 특히 홍제천 수계의 평창천, 구기천, 구기1천은 갈수기와 안정기의 유량차이가 매우 크게 나타났고 구기천을 제외하고 갈수기 기간 중 건천 내지는 1 L/sec 미만의 유량을 보여 홍제천 수계가 갈수기에 수량 면에서 취약하게 나타났다. 탄천수계는 두 기간 동안 다른 수계에 비해 차이가 크지 않았으며 신원, 원지, 형촌천은 갈수기 때 오히려 수량이 많은 경우도 있었다. 조사기간 동안 탄천수계의 장지천의 유량이 가장 풍부한 것으로 조사되었으나 장지천과 원지천을 제외한 나머지 탄천수계의 소하천의 유량은 11월에도 10 L/sec를 넘지 못하였다. 창릉천 수계의 진관천은 조사기간 동안 차이가 별로 없이 거의 일정한 수량이 흐르고 있었다.

유량부족으로 인해 계절적으로 수로가 끊기는 하천, 하상설계의 문제로 수로가 단절되는 하천에서는 물고기 등 생물서식지로 부적절하며 상하류간 이동 또한 단절될 수 있다. 이밖에도 건천인 하천, 수량이 매우 적고 유속도 매우 낮아 바닥에 이

끼층이 두텁게 자리하고 있는 하천, 갈수기 외에도 군데군데 바닥이 드러난 하천 등의 문제 뿐 아니라 평상시와 갈수기의 심한 유량 차이가 발견되어 적절한 하천유지수량을 위한 대책이 절실히 필요한 것으로 조사되었다.

참고문헌

1. 행정안전부, 소하천정비법(법률 제 9758호), 2009.
2. 환경부, 수질오염 공정시험기준, 2009.
3. 환경부, 환경정책기본법 시행령 별표 1, 2009.
4. www.kma.go.kr
5. www.efis.go.kr