

서울지역 支川水質汚染度 調査研究

水質保全科・細菌科

姜熙坤・李敏煥・尹重燮・吉惠卿

金益洙・金旻永・朴相賢

Survey on the Water Contamination of Tributary Water in Seoul Area

Water Preservation Division・Bacteriology Division

Hee Gon Kang, Min Hwan Lee, Joong Sub Yun, Hye Kyung Kil

Ik Soo Kim, Min Young Kim and Sang Hyun Park

== Abstract ==

This survey was carried out to investigate water contamination degree at 17 points of tributary water flow into Han river from January to December 1990.

The results were as follows;

1. In analysis of general items, the values of pH were neutral in all sites, the annual average ranges of DO were 3.6~9.1 ppm in Tanchon streams, 3.6~9.4 ppm in Jungrang streams and 0.8~7.3 ppm in Anyang streams. Those of BOD were 4.8~48.1 ppm in Tanchon streams, 6.1~52.5 ppm in Jungrang streams, and 6.9~138.4 ppm in Anyang streams.

2. In analysis of nutrient salts, the annual average ranges were 1.303~17.210 ppm in $\text{NH}_3\text{-N}$, 0.010~0.707 ppm in $\text{NO}_2\text{-N}$, 0.222~3.873 ppm in $\text{NO}_3\text{-N}$, and 0.062~2.501 ppm in T-P.

3. In the analysis of heavy metals Cd, Hg, CN, Cr^{+6} were not detected and the other heavy metals, As and F were detected lowly.

4. The contamination degree of coliform was ranged $2.7 \times 10^5 \sim 3.9 \times 10^6 / 100 \text{ ml}$.

緒 論

서울시는 1인당 1일 最大 給水量을 489 l 급수보급을 99.5%로 1000萬이 넘는 市民에게 수도물을 공급¹⁾하여 서울지역 居民의 食수로 利用되는 漢江上水源으로 水質의 重要性은 至大하다. 따라서 漢江으로 流入되는 支川水質의 重要性 또한 간과할 수 없기 때문에 서울市에서는 漢江을 맑고 깨끗하게 할 必要性을 재인식하고 분

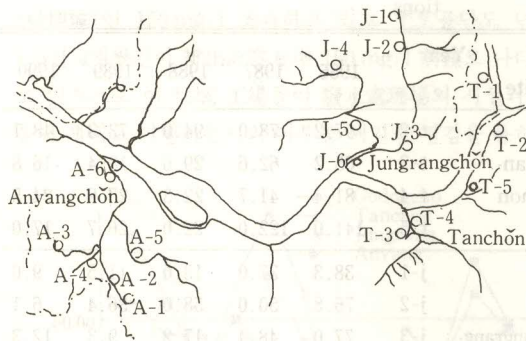
류하수관을 설치하여 漢江으로 직접 放流시키던 下廢水를 下水處理場으로 유도하여 4개 下水處理場(중랑, 단천, 안양, 난지)에서 處理하여 放流하도록 하고 있다. 그러나 現在 증설된 4개 下水處理場에서는 流入된 下廢水를 충분히 處理하지 못하는 실정이다. 이에 서울市에서는 306萬t/日을 處理할 수 있는 處理場의 증설을 1995년에는 530萬t/日(중 224萬t/日)²⁾으로 증설, 지속적인 努力을 기울여 漢江水質改善을 위하여 체계적으로 推進하고 있다.

本 研究에서는 漢江으로 流入되는 支川의 水質變化를 調査分析하여 長期 水質管理 方案의 기초자료로 提示하고자 한다.

調査對象 및 方法

1. 調査對象

漢江에 流入되는 中流수계 6개소, 安陽수계 6개소, 檀 川수계 5개소 等 總 17개 地點을 調査對象으로 하였으며 그 地點은 Fig. 1과 같다.



- J-1 Jungrang (Upper)
- J-2 Uuichon
- J-3 Jungrang (mid.)
- J-4 Jongrungchön
- J-5 Chonggaechön
- J-6 Jungrang (lower)
- A-1 Anyang (Upper)
- A-2 Kuro Industrial Complex
- A-3 Youngdungpo M.I.C.
- A-4 Gaewhachön
- A-5 Dorimchön
- A-6 Anyang (lower)
- T-1 Wangsungchön
- T-2 Godogchön
- T-3 Yangjaechön
- T-4 Tanchön
- T-5 Songnaechön

Fig. 1. Water sampling sites for each stream.

2. 調査方法

1) 調査期間 : 1990年 1월부터 12월까지 每月 中순경에 각 地點別로 月 1회씩 2日間に 걸쳐 試料를 채취하였으며 降雨時에는 降雨量 50 mm 内外일 경우는 2~3일 후, 50~100 mm일 때는 5일 후, 100 mm 以上일 때는 7일 후에 採水함을 원칙으로 하였다.

2) 採水方法 : 代表되는 地點 中央部の 水深 1/3 地點에서 採水하였으며 분류하수관 流入으로 流量이 極히 적은 地點은 3개 地點의 표출수를 채취하여 混合試料로 하였고, 일반 항목 및 中금속 分析和 微生物 汚染度調査 試料는 各各 試料 용기를 구분하여 採水하였다.

3) 分析方法 : 環境汚染 公定試驗法(水質)에 의거하여 分析하였으며 Standard Method 및 衛生試驗法注解를 참고하여 分析하였다. 分析項目中 기온, 수온, 용존 산소, pH는 採水현장에서 측정하였으며 그의 項目은 最 단시간내에 分析함을 원칙으로 하였다. SO_4^{-2} 등의 음이온은 Ion Chromatograph로 比較分析하였다.

4) 分析機器

- Atomic Absorption Spectrophotometer: Hitachi Model 170-30
- Ion Chromatograph: Dionex Model 4000i
- UV-Visible Spectrophotometer i Varian Model
- Ion Analyzer: Orion Model EA 920
- pH Meter: Drion Model SA 720

結果 및 考察

1. 일반항목

1) pH : 漢江에 流入되는 支川水質의 Table 2와 Fig.

Table 2. The annual average concentration of 5 items.

Site	Item	pH	DO	BOD	COD	SS
Tanchön	t-1	7.02	9.1	4.8	16.8	8.2
	t-2	7.12	4.2	48.1	40.3	31.5
	t-3	7.04	6.5	16.8	17.9	38.1
	t-4	6.96	4.6	24.5	27.2	41.5
	t-5	7.09	3.6	17.0	23.7	25.1
Jungrangchön	j-1	7.05	7.2	9.0	23.8	23.9
	j-2	7.16	9.4	6.1	12.8	10.9
	j-3	7.08	4.9	12.3	19.5	27.1
	j-4	7.28	7.8	30.1	24.7	24.9
	j-5	6.98	3.6	52.5	39.8	74.2
	j-6	7.07	5.5	13.4	16.6	23.7
Anyangchön	a-1	7.01	3.6	47.2	42.2	35.8
	a-2	7.04	0.8	131.5	68.5	128.2
	a-3	7.09	4.4	138.4	73.6	97.1
	a-3	7.11	3.7	68.7	49.4	87.6
	a-4	7.07	7.3	6.9	22.5	11.7
a-5	7.04	2.4	46.2	38.8	55.8	

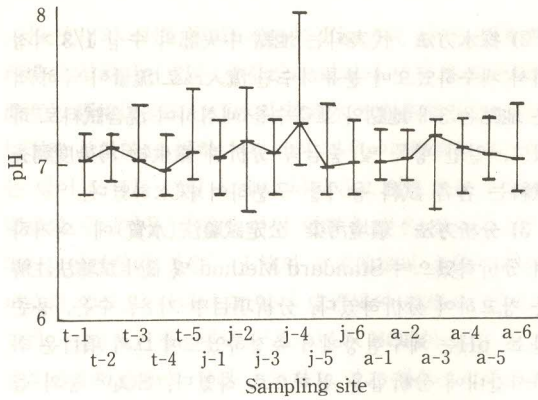


Fig. 2. Annual average and range of pH value.

2에서와 같이 全地域에서 중성으로 나타났다.

2) DO : 支川水의 용존산소는 Table 2, Fig. 3과 같이 탄천수계에서 年平均 3.6(성내천)~9.1(왕숙천) ppm, 중랑천수계에서 3.6(청계천)~9.4(우이천) ppm으로 나타났으며 漢江本流로 直接 流入하는 중랑下地點이 5.5 ppm으로 비교적 양호했으나, 안양수계는 年平均 0.8(구로공단)~7.3(도림천) ppm이었으며 漢江本流로 流入하는 안양下地點이 2.4 ppm으로 안양천 汚染狀態를 잘 나타내고 있다.

3) BOD : 各 支川의 BOD 濃度를 調査한 結果는 Table 3, Fig. 4와 같다. 都市人口 集中現象과 소득 向上에 따라 用水의 使用量이 增加하고 汚染物質 부하량은 增加하게 된다. 水中 有機物의 存在를 가능할 수 있는 BOD 濃度는 Table 2에서와 같이 탄천수계에서 年平均

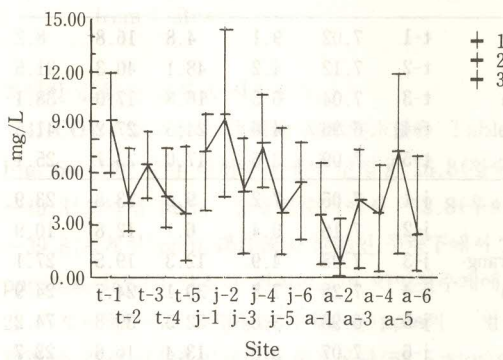


Fig. 3. Annual average and range of DO.

4.8(왕숙천)~48.1(고덕천) ppm으로 나타났고 중랑下地點은 13.4 ppm으로 낮게 나타났다. 안양수계는 6.9(도림천)~138.4(영등포기계공단) ppm, 구로공단

131.5 ppm으로 공단지점에서 현저히 높게 나타났다. 各地點의 年度別 BOD 濃度를 調査한 Table 3에서도 모든 地點에서 前年度에 比하여 BOD 濃度가 현저히 낮은 것을 알 수 있다. 이는 汚染物質의 排出量에 기인하였다 고 판단하기 보다는 降雨量의 增加(전년도 1364.8 mm, 90년도 2355.4 mm)로 인한 下川水의 희석효과에 기인한 것으로 사료된다.

우이천, 성내천 등과 같이 분리하수관으로 일반하수가 流入되고 雨水만이 흐르는 支川은 水質이 良好한 편

Table 3. The annual comparison of BOD concentrations.

Site	Year	Year				
		1986	1987	1988	1989	1990
Tan-chon	t-2	97.2	78.0	94.0	73.3	48.1
	t-3	65.2	62.6	29.6	18.4	16.8
	t-4	81.4	41.7	22.3	23.9	24.5
	t-5	141.0	122.0	22.0	26.7	17.0
Jungrang-chun	j-1	38.3	37.0	13.0	11.5	9.0
	j-2	76.8	50.0	58.0	36.4	6.1
	j-3	77.0	48.4	17.2	9.3	12.3
	j-4	87.7	78.0	93.0	90.5	30.1
	j-5	72.0	75.2	48.0	44.7	52.5
	j-6	100.7	75.0	28.0	14.8	13.4
Anyang-chun	a-1	106.5	89.3	123.0	69.2	47.2
	a-3	187.3	174.0	205.0	165.4	138.4
	a-4	139.6	98.7	137.0	119.5	68.7
	a-6	98.5	90.0	109.0	74.6	46.2

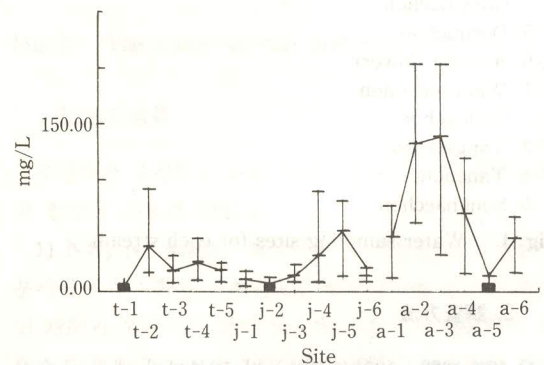


Fig. 4. The annual average and range of BOD.

이나 영등포기계공단, 구로공단은 産業廢水의 放流로 汚染度가 여전히 심각한 것으로 판단된다.

各 支川의 月別 BOD 結果는 Fig. 5와 같다. 下水處理場이 설치되어 있는 중량천과 탄천의 年 平均 BOD 濃度는 環境保全法 上 水의 放流水 水質基準인 30 ppm 以下로 比較的 良好하나 탄천의 경우 이 基準을 초과하는 달이 5, 11, 12월 등에서 나타나고 있으므로 下水處理場의 運轉가동 상태에 따라 影響을 받은 것으로 사료된다. 안양천의 경우는 上流와 下流地域의 水質이 거의 비슷한 것으로 나타나고 있어 處理場의 效率에 要하고 있다. 영등포기계공단과 구로공단은 BOD의 年 平均 濃도가 100 ppm을 훨씬 초과하고 있고 영등포기계공단의 경우 年 間 2/3 기간 동안이 排出業所의 排出許容基準 (나地域)인 150 mg/l 초과하고 있고 구로공단도 年 間 1/3인 4개월간이 排出許容基準 150 mg/l 前後로 나타나고 있으므로 이 地域 工場들이 廢水處理場의 시설과 가동이 제대로 이행하는지의 여부를 세밀한 點檢을 통하여

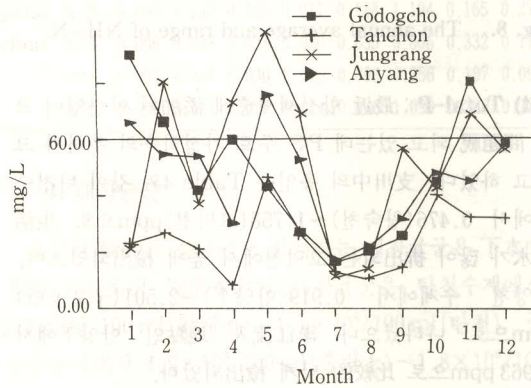


Fig. 5. Monthly comparison of BOD concentration from 4 sites.

확인할 必要가 있다고 사료된다.

4) COD : 支川水의 化學的 酸素要求量은 Table 3, Fig. 6에서와 같이 탄천수계에서 年 平均 16.8(왕숙천)~40.3(고덕천)ppm, 중량천수계에서 12.8(우이천)~39.8(청계천)ppm, 漢江流入 地點인 중량下에서 23.7 ppm으로 比較的 양호한 편이었으며 안양천수계에서는 22.5(도림천)~73.6(영등포기계공단)ppm의 범위도 BOD와 같이 영등포기계공단 구로공단(68.5 ppm)이 다소 높게 검출되었다. 漢江 流入地點인 안양下에서 38.8 ppm으로 前年度 16.9~83.9 ppm에 비해 양호해졌음을 알 수 있다.

5) SS : 支川水中 부유물질은 Table 3, Fig. 7에서와 같이 탄천수계에서 8.2(왕숙천)~41.5(탄천)ppm, 중

량천수계에서 10.9(우이천)~74.2(청계천)ppm이었으나 漢江 流入口인 중량下 地點은 23.7 ppm으로 유속에 따른 부유물질 침전 현상을 볼 수 있다. 안양천 수계는 11.7(도림천)~128.2(구로공단)ppm의 범위를 나타냈으며 漢江流入地域인 안양下에서는 55.8 ppm으로 역시 안양천 上流보다 낮게 나타났다.

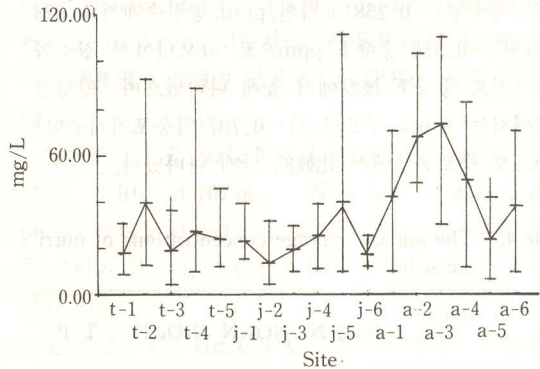


Fig. 6. The annual average and range of COD.

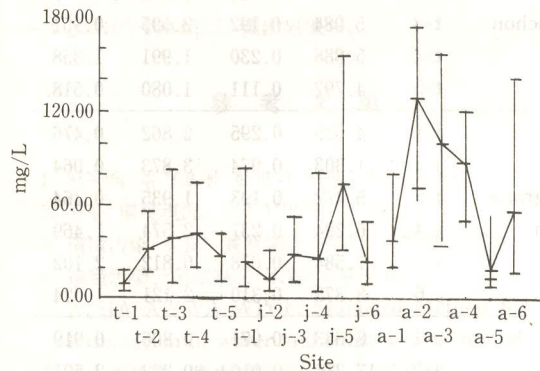


Fig. 7. The annual average and range of SS.

2. 영양염류

부영화의 주원인이 되는 질소, 인 화합물의 支川水中의 함량은 다음과 같았다.

1) NH_3-N : 動物의 배설물중 유기성질소 화합물이 분해하여 무기화되는 첫단계인 암모니아성 질소는 汚染된 時間이 오래되지 않아 물속에 소화기계 傳染病이 生存해 있을 위험성이 높으므로 衛生學的으로 重要한 汚染 指標가 된다.

본 조사지점의 암모니아성 질소 함량은 Table 4, Fig. 8과 같이 탄천수계에서 1.999(왕숙천)~8.419(고덕천)ppm, 중량천수계에서 1.303(우이천)~8.373(중

량下)ppm으로 漢江으로 流入되는 中流下地點의 濃도가 높다는 點은 주목할 만하다. 안양천수계는 2.639(도림 천)~17.210(구로공단)ppm으로 구로공단, 영등포기계 공단(15.616 ppm), 개화천(13.196 ppm)이 比較的 높 게 나타났다.

2) $\text{NO}_2\text{-N}$: 암모니아성 질소 산화에 의해 生成된 아질산성질소의 含量은 Table 4와 같이 탄천수계가 0.063(왕숙천)~0.258(고덕천)ppm, 중랑수계가 0.074 (우이천)~0.310(중랑下)ppm으로 암모니아성 질소와 마찬가지로 中流下 地點에서 높게 나타났으며, 안양천 수계에서는 0.010(구로공단)~0.707(영등포기계공단) ppm으로 구로공단에서 比較的 낮게 나타났다.

Table 4. The annual average concentrations of nutri- ent salts.

Site	Item	NH ₃ -N NO ₂ -N NO ₃ -N T-P			
Tanchon	t-1	1.999	0.063	3.376	0.476
	t-2	8.419	0.258	0.552	1.758
	t-3	5.084	0.192	2.595	0.951
	t-4	5.888	0.230	1.991	1.358
	t-5	4.792	0.111	1.080	0.518
Jungrang- chun	j-1	4.929	0.295	2.862	0.476
	j-2	1.303	0.074	3.873	0.064
	j-3	5.422	0.193	1.935	0.464
	j-4	6.294	0.237	2.574	1.469
	j-5	7.584	0.078	0.812	2.102
	j-6	8.373	0.310	2.121	1.324
Anyang- chun	a-1	8.633	0.071	0.806	0.919
	a-2	17.210	0.010	0.222	2.501
	a-3	15.616	0.707	0.320	1.518
	a-4	13.196	0.097	0.743	1.640
	a-5	2.639	0.182	2.593	1.123
	a-6	9.092	0.084	0.382	0.963

3) $\text{NO}_3\text{-N}$: 질소화합물의 最終分解產物인 질산성질 소 含量은 Table 4와 같이 탄천수계에서 0.552(고덕천) ~3.376(왕숙천)ppm으로 왕숙천에서 질소화합물중 암 모니아성질소나 아질산성질소보다 많이 檢出되어 질소 화합물 汚染時間이 경과된 것을 알 수 있으며 고덕천에 서는 대부분이 암모니아성 질소가 檢出되어 流入下水의 汚染 상황임을 알 수 있다. 중랑천 수계는 0.812(청계 천)~3.873(우이천)ppm으로 우이천 역시 汚染時間의

경과를 알 수 있고, 안양천 수계는 0.222(구로공단) ~2.593(도림천)ppm으로 다른 수계에 比하여 암모니아 성 질소는 다량 檢出되었으나 질산성질소는 少量 檢出되 어 안양천수계는 주로 最近의 질소화합물 汚染源 流入이 되고 있음을 推定할 수 있다.

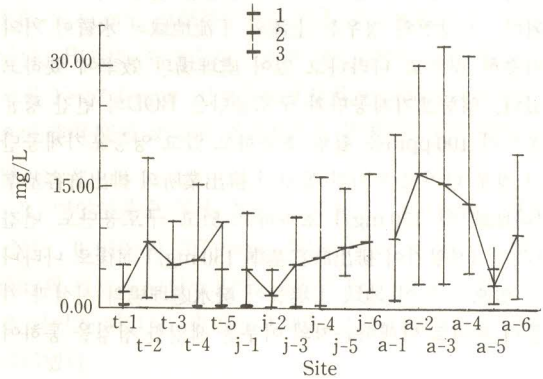


Fig. 8. The annual average and range of $\text{NH}_3\text{-N}$.

4) Total-P: 最近 합성세제중에 添加된 인산염이 크 게 問題視 되고 있는데 P은 주로 가정하수의 부하가 크 다고 하였다. 支川中의 총인은 Table 4와 같이 탄천수 계에서 0.476(왕숙천)~1.758(고덕천)ppm으로 生活 下水가 많이 排出되는 고덕천에서 높게 檢出되었으며, 안양천 수계에서 0.919(안양下)~2.501(구로공단) ppm으로 나타났으나 漢江流入 地點인 안양下에서 0.963ppm으로 比較的 낮게 檢出되었다.

3. As, F 및 중금속

As, F 및 중금속의 年間 地點別 平均濃度는 Table 5 와 같다. As의 平均値는 0.004~0.008 mg/l을 나타내 는데 As는 일반 自然水中에 微量으로 存在하고 있다고 報告되고 있으며 環境基準는 0.005 mg/l 이하이므로 一 般排出汚染源에 依한 汚染度는 적은 것으로 판단된다.

F는 大部分이 음용수질기준인 1ppm 이하로 나타났 으나 영등포기계공단에서 1.152ppm이 檢出되었다.

중금속중 Cr은 0.011(양재천)~0.193(영등포기계공 단)ppm의 범위를 나타냈고, Pb의 平均濃度는 0.009~0.050 mg/l을 나타내고 있다.

Cu는 0.012~0.128 ppm, Fe는 0.239~1.270 ppm, Zn은 0.048~0.275 ppm으로 檢出되었으나 이들 大部分 이 微量으로 나타났으며 Cd, CN, Hg, Cr⁺⁶은 畵支川에 서 不檢出로 나타났다.

Table 5. The annual concentrations of As, F and heavy metals.

Site	Item	As	F	Cr	Pb	Cu	Fe	Mn	Zn
Tan-chun	t-1	0.005	0.129	0.051	0.023	0.052	0.256	0.132	0.098
	t-2	0.005	0.193	0.016	0.017	0.059	0.703	0.309	0.122
	t-3	0.006	0.172	0.011	0.009	0.024	0.632	0.180	0.049
	t-4	0.006	0.157	0.017	0.033	0.097	0.346	0.173	0.062
	t-5	0.006	0.185	0.014	0.045	0.031	0.845	0.267	0.057
Jung-rang-chun	j-1	0.007	0.447	0.028	0.022	0.012	0.727	0.417	0.064
	j-2	0.004	0.082	0.019	0.030	0.025	0.286	0.157	0.048
	j-3	0.006	0.306	0.024	0.009	0.021	0.716	0.400	0.071
	j-4	0.008	0.105	0.019	0.012	0.052	0.239	0.031	0.048
	j-5	0.007	0.110	0.036	0.021	0.033	0.478	0.123	0.098
	j-6	0.007	0.286	0.010	0.022	0.034	0.354	0.131	0.062
An-yang-chun	a-1	0.006	0.377	0.077	0.030	0.057	0.799	0.271	0.145
	a-2	0.008	0.268	0.013	0.011	0.058	1.270	0.240	0.160
	a-3	0.005	1.152	0.193	0.017	0.128	1.104	0.165	0.275
	a-4	0.006	0.794	0.021	0.030	0.035	0.806	0.332	0.116
	a-5	0.004	0.248	0.030	0.016	0.063	0.356	0.197	0.099
	a-6	0.006	0.441	0.021	0.014	0.046	1.099	0.288	0.122

4. 대장균군

사람과 動物의 장내에서 서식하는 대장균군은 下水中 多量 存在하며 支川水中의 대장균군은 탄천수계에서 $2.7 \times 10^5/100 \text{ ml}$ (양재천) ~ $1.1 \times 10^6/100 \text{ ml}$ (탄천), 중랑천수계에서 $4.9 \times 10^5/100 \text{ ml}$ (중랑上) ~ $1.8 \times 10^6/100 \text{ ml}$ (청계천), 안양천수계에서 $6.7 \times 10^5/100 \text{ ml}$ (도림천) ~ $3.9 \times 10^6/100 \text{ ml}$ (구로공단)으로 나타났으며 안양천수계가 다른 수계보다 比較的 높게 檢出되었다.

漢江으로 流入되는 支川水 17개 地點은 1990年 1月부터 12月까지 採水하여 調査된 結果 다음과 같았다.

1. 일반항목중 pH는 全地點에서 中性으로 나타났으며, DO는 탄천수계가 3.6~9.1 ppm, 중랑천수계가 3.6~9.4 ppm, 안양천수계가 0.8~7.3 ppm으로 나타났다. BOD는 탄천수계가 4.8~48.1 ppm, 중랑천수계가 6.1~52.5 ppm, 안양천수계가 6.9~138.4 ppm이었으며 前年度에 比하여 전반적으로 BOD가 낮게 나타났다.

2. 영양염류중 $\text{NH}_3\text{-N}$ 는 1.303~17.210 ppm, $\text{NO}_2\text{-N}$ 는 0.010~0.707 ppm, $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 0.222~3.873 ppm의 범위를 나타냈으며, 地點에 따라 이들 比率이 작은 차이가 있었다. 총인은 0.062~2.501 ppm의 범위를 나타냈다.

3. 중금속 Cd, Hg, CN, Cr^{+6} 은 全地域에서 不檢出되었으며 그외의 중금속 및 As, F는 낮게 檢出되었다.

4. 대장균군 汚染度는 年平均 $2.7 \times 10^5/100 \text{ ml}$ ~ $3.9 \times 10^6/100 \text{ ml}$ 로 檢出되었다.

參 考 文 獻

1. 서울의 환경보전 현황과 대책, 53, (1990).
2. 서울 環境現況, 113, (1990).
3. 環境汚染(水質) 實態調査 지침 : 환경청 (1984).
4. 環境汚染公定試驗法(水質) : 환경청.
5. APHA-AWWA-WPCF: Standard Method for the Examination of water and wastewater, 16th ed.
6. 日本藥學會 : 衛生試驗法注解, 금원출판사, (1986).
7. 김종택편저 : 환경오염공정시험법해설, 신광출판사, (1986).