

大腸菌群에 의한 漢江水質汚染趨勢에 관한 調查研究

細菌科

林鳳澤 · 申正植 · 朴亨彥 · 申明德 · 朴相賢 · 朴聖培

Tendency of coliform contamination in Han River

Microbiology Division

Bongtack Lim, Jungshick Shin, Hyungwon Parck, Myungduck Shin,
Sanghyun Parck, Seongbae Parck

= Abstract =

The pollution of Han river at Seoul areas was investigated by coliform Number from 1969 to 1984.

The results were as follows

- 1) In 1984 coliform number in Guei was $3.3 \times 10^3/100\text{ml}$, and in Dookdo was $4.3 \times 10^3/100\text{ml}$, in Bokwangdong was $3.1 \times 10^4/100\text{ml}$, in Noryangzin was $7.0 \times 10^4/100\text{ml}$, in youngdeungpo was $5.2 \times 10^5/100\text{ml}$

The more river flows down the more contaminated

- 2) Annual distribution of coliform was irregular but relation to annual precipitations was so most highly significant that the correlation coefficient was $-0.83(p < 0.01)$ and coliform numbers as pollution index was more valuable than BOD. COD and evaporated residue
- 3) The tendency of coliform contamination through 16 years was slightly down wards from 5.406 in 1969 to 4.987 in 1984.

序 文

漢江水原의 汚染度는 서울地域의 産業發達과 大都市 人口의 集中等 環境 汚染要因들로 集約 說明 될 것이다.

이와 같은 漢江水質의 惡化는 一般 市民들로 하여금 上水道水에 對한 不潔感을 주어 周邊 山麓一帶의 所謂 藥水터물을 찾게 되고 또는 生水라하여 近郊 山間 溪谷에서 供給하는 天然水를 市販하는 商行爲가 생겼으며 上水道水를 使用하는 家庭에서는 이를 淨化 하여야 된다고 생각하여 各種 淨水器具의 販賣가 盛行되는 現象까지 일으키게 되었다.

한편 近年에 이르러 漢江에서는 水溫이 높아지고 濁水期가 되는 봄, 여름 철에 魚類들이 종종 폐죽음을 당하는 現象이 나타났고 이러한 현상은 其實 漢江水質

에 汚染된 많은 有機物質들이 各種微生物들의 分解作用으로 因한 溶存酸素가 消費되어 魚類가 生存할 수 있는 限界値以下로 낮아 졌기 때문이다.¹⁾ 그러나 이러한 現象들은 어떤 工場 廢水 등에서 흘러나온 化學的 毒劇物로 추측 上水道水까지 危害感을 갖게 한다. 또한 有機物質에 依한 汚染이라 하여도 이같은 現象들은 分明 漢江水系의 生態系를 破壞시키고 市民保健과 情緒生活에도 많은 惡影響을 끼친은 事實이다. 이에 當局으로서도 많은 環境計劃이 樹立施行되어 風致美觀上 으로나 觀光 스포츠 消暢資源으로 또는 맑고 깨끗한 上水道原水와 生活用水 産業用水의 確保를 爲하여 漢江水質을 되살리는데 努力을 기울여 왔다. 卽 八堂댐 建設 淸溪川 下水處理場建設 各種産業場의 市界外로의 移轉 또는 廢水處理場의 設置運營 江邊兩岸의 公園 綠地化 衛生處理場의 下流로의 移轉, 市民의 環境淨化 意識의 提高 漢江 綜合開發計劃에 依한 下水管路의 分

離流去가 이루어 질 것이며 이에 自然淨化機構와 더불어 많은 汚染要因과 함께 16年 동안의 變化過程을 大腸菌群의 汚染度로 살펴 보았다.

試驗期間 및 方法

1) 期間 : 1969년부터 1984년까지 16년간 月別로 各水原地를 中心으로 採水 檢査한 結果를 綜合 하였다.

2) 方法 : APHA-AWWA-WPCF RTANDARD METHODS for the axamination of water and waste water. Total coliform MPN test項에 準하였다.

結果 및 考察

1984年 一年間 月別로(1회) 檢査한 結果는 Table 1과 같다. 여기서 구의수원지 $33 \times 10^3/100\text{ml}$, 독도 $4.3 \times 10^3/100\text{ml}$, 보광 $3.1 \times 10^4/100\text{ml}$, 노량진 $7.0 \times 10^4/100\text{ml}$, 영등포 $5.2 \times 10^5/100\text{ml}$ 의 順으로 例年과 다름 없이 下流로 갈수록 大腸菌群의 汚染度가 높아 졌으며 이는 市內로 부터 生活下水 産業廢水들이 各支川을 通하여 流入되기 때문이다. 또 月別 汚染度 變化는 降水量 및 水溫 등 氣象條件에 따라 다르게 나타날것으로 84年 年中 總降水量의 76%가 7, 8, 9, 3個月 동안 集中的으로 내리었고 이와 같은 많은 降水量이 있기 前달인 5, 6, 7월이 各各 $6.1 \times 10^5/100\text{ml}$, $1.2 \times 10^5/100\text{ml}$, $5.9 \times 10^5/100\text{ml}$ 로서 年中 가장높은 汚染數

值를 보였다. 其外的 月別로는 모두 $10^4/100\text{ml}$ 로 여름과 가을이 平均的으로 높았으며 겨울과 봄이 가장 낮게 나타 난것은 水溫으로 인한 大腸菌群의 번식조건이 원인으로 풀이 할 수 있다. 以上에서의 漢江 汚染度는 Orsanco water user committee 調査에 依한 Ohyo River의 境遇 Average $10^3/100\text{ml}$ 와 비교할 때 독도수원지 以上の 原水는 같은 level의 오염도 이었으나 보광 수원지 以下の 경우는 이보다 높게 나타났다.

2) 16년간의 年度別 水原地別 汚染度 檢査 結果는 Table 2에서와 같이(Fig. 2 참조) 1969년 구의수원지에서 $2.1 \times 10^2/100\text{ml}$ 로 가장 낮은 汚染值 였으며 1975년 $9.1 \times 10^3/100\text{ml}$ 로 가장 높은 오염치를 보였고 이는 75년도 降水總量이 1,067.4mm로 비교적 적었던 年度였기 때문으로 생각된다.

그러나 測定地點中 가장 下流였던 永登浦 水源地의 境遇 汚染度가 가장 낮았던 年度는 1970年 $1.8 \times 10^3/100\text{ml}$ 로서(降水量) 1,700mm 이상의 降水量을 2年 연속으로 가졌던 해이다. 이는 亦是 서울地域 降水量과 서울지역의 汚染源을 合流시킨 제일 下流에서 갈라타내 주고 있음을 보여주었다. 반대로 全年度中 $2.8 \times 10^6/100\text{ml}$ 의 最高 汚染度를 보여주었던 1973년도의 總降水量이 불과 928.1mm로 가장 가물었던 年度라는 事實로도 降水量과 汚染度와의 關係를 잘 說明하여 주고 있다. 또한 Fig. 1 各水源地別 汚染度曲線의 變化를 살펴보면 구의수원지와 독도수원지는 漢江의 主要 汚染河川인 淸溪川과 中浪川의 合流以後의 普光洞, 鷺梁

Table 1. Distribution of coliform in Han River and precipitation of monthly in Seoul area (1984)

Month	Site	Guei	Doogdo	Bokwang	Noryang-jin	Yeong-deungpo	Mean (3 point)	Precipitation of Monthly
1		7.4×10	5.5×10^2	3.1×10^3	5.6×10^4	7.5×10^4	2.6×10^4	10.7
2		2.5×10	4.0×10^2	1.8×10^4	5.0×10^3	3.7×10^4	1.2×10^4	14.9
3		7.2×10	3.6×10^2	7.4×10^3	6.0×10^3	3.6×10^4	9.6×10^3	11.4
4		1.1×10^2	5.8×10^2	3.3×10^4	7.0×10^4	5.8×10^4	3.2×10^4	41.8
5		8.0×10^2	8.3×10^3	2.2×10^4	1.8×10^4	3.0×10^6	6.1×10^5	35.2
6		7.2×10^3	1.3×10^4	—	3.0×10^5	1.7×10^5	1.2×10^5	105.5
7		3.0×10^3	5.3×10^3	(5.0×10)	5.0×10^4	2.3×10^6	5.9×10^5	269.9
8		2.5×10^4	2.5×10^3	4.7×10^3	1.2×10^4	1.1×10^5	3.1×10^4	330.9
9		2.0×10^2	4.5×10^3	1.7×10^5	1.5×10^5	1.3×10^4	6.8×10^4	348.1
10		1.1×10^2	1.2×10^2	1.8×10^4	8.2×10^3	1.3×10^5	3.1×10^4	21.4
11		1.3×10^2	1.4×10^2	—	9.0×10^4	2.2×10^5	7.8×10^4	35.5
12		2.4×10^3	1.6×10^4	—	7.0×10^4	3.0×10^4	3.0×10^4	24.2
Ave.		3.3×10^3	4.3×10^3	3.1×10^4	7.0×10^4	5.2×10^5	2.1×10^5	Total 1,249.6

Table 2. Distribution of coliform in 5 Reservoirs by MPN and Precipitation

No.	Years	Guei	Doogdo	Bokwang-dong	Noryangjin	Young-deungpo	(3 point) Average	Precipitation
1	1969	3.1×10^2 2.1×10^2 2.4×10	—	4.6×10^3 1.4×10^3 5.4×10^2	2.8×10^3 9.3×10^2 2.3×10^2	9.2×10^3 2.8×10^3 2.3×10^2	1.7×10^3 (3.23)	1,736.8
2	1970	2.3×10^3 8.0×10^2 1.8×10	—	3.5×10^3 1.4×10^3 3.0×10^2	5.4×10^3 1.8×10^3 1.0×10^2	5.4×10^3 1.8×10^3 1.0×10^2	1.7×10^3 (3.23)	1,708.2
3	1971	2.8×10^4 7.2×10^3 3.0×10^2	—	1.2×10^7 4.5×10^6 6.0×10^4	2.2×10^6 5.7×10^5 2.9×10^2	2.3×10^6 1.5×10^6 4.0×10^5	2.2×10^6 (6.34)	1,359.7
4	1973	9.0×10^3 2.7×10^3 8.0×10	4.0×10^4 6.2×10^3 1.7×10^2	4.5×10^5 1.6×10^5 2.8×10^4	4.5×10^5 1.1×10^5 1.3×10^4	2.8×10^7 4.8×10^6 2.2×10^4	1.0×10^6 (6.0)	928.1
5	1974	8.0×10^3 3.3×10^3 1.1×10^2	1.3×10^4 5.2×10^3 1.6×10^2	6.7×10^5 2.1×10^5 1.7×10^4	1.4×10^5 6.6×10^4 2.8×10^4	4.3×10^5 4.8×10^5 2.2×10^4	1.5×10^5 (5.18)	1,250.7
6	1975	9.2×10^3 9.1×10^3 2.6×10	9.2×10^3 3.0×10^3 3.2×10^2	2.8×10^6 8.7×10^5 9.2×10^3	9.2×10^5 1.7×10^5 2.0×10^4	1.8×10^6 4.8×10^5 3.2×10^4	5.0×10^5 (5.70)	1,067.4
7	1976	1.8×10^3 6.4×10^2 1.4×10^2	2.1×10^4 3.5×10^3 9.2×10^2	1.6×10^6 3.7×10^5 1.4×10^4	9.2×10^5 1.0×10^4 2.0×10^4	9.2×10^6 9.5×10^5 2.8×10^4	4.4×10^5 (5.64)	1,109.5
8	1977	2.4×10^4 3.1×10^3 2.2×10	2.4×10^4 4.6×10^3 2.2×10^2	5.4×10^5 1.1×10^5 1.4×10^3	2.8×10^5 7.3×10^4 2.0×10^4	1.6×10^6 4.1×10^5 9.5×10^3	1.9×10^5 (5.28)	1,147.5
9	1978	1.6×10^3 3.0×10^2 9.5×10	9.2×10^3 4.2×10^3 2.2×10^2	1.6×10^6 4.1×10^5 4.5×10^3	2.4×10^6 4.3×10^5 2.2×10^3	2.8×10^6 4.8×10^5 1.2×10^4	4.4×10^5 (5.64)	1,160.9
10	1979	3.5×10^3 5.5×10^2 1.7×10	6.4×10^3 1.6×10^3 2.1×10	7.9×10^4 3.4×10^4 2.8×10^3	1.8×10^4 5.4×10^3 1.4×10^2	3.5×10^6 4.6×10^4 1.4×10^2	2.8×10^4 (4.45)	1,279.4
11	1980	1.7×10^3 4.9×10^2 2.0×10	3.5×10^4 3.9×10^3 1.0×10^2	1.7×10^5 4.0×10^4 1.1×10^4	1.8×10^5 2.9×10^4 4.0×10^2	6.0×10^5 1.1×10^4 3.3×10^3	2.7×10^4 (4.43)	1,242.4
12	1981	4.2×10^3 1.2×10^3 3.2×10	3.7×10^4 4.7×10^3 2.4×10^2	3.5×10^5 4.7×10^4 2.0×10^3	7.2×10^4 2.9×10^4 3.1×10^3	3.2×10^6 4.0×10^5 3.1×10^3	1.6×10^5 (5.20)	1,216.2
13	1982	4.6×10^4 7.1×10^3 1.1×10^2	2.3×10^4 9.1×10^3 2.7×10^2	1.1×10^7 1.0×10^6 4.1×10^3	1.4×10^6 2.4×10^5 3.2×10^3	2.7×10^7 2.6×10^6 4.8×10^3	1.3×10^6 (6.11)	949.3
14	1983	3.6×10^2 3.5×10^2 8.3×10	3.2×10^3 1.8×10^3 2.4×10^2	7.4×10^4 2.0×10^4 1.8×10^3	5.5×10^4 4.1×10^4 5.6×10^3	7.4×10^4 5.9×10^4 1.8×10^4	3.9×10^4 (4.59)	1,205.1
15	1984	2.5×10^4 3.3×10^3 2.5×10	1.6×10^4 4.3×10^3 1.2×10^2	1.7×10^5 3.1×10^4 5.0×10	3.0×10^5 7.0×10^4 5.0×10^3	3.0×10^6 5.2×10^5 1.3×10^4	2.1×10^5 (5.32)	1,249.6

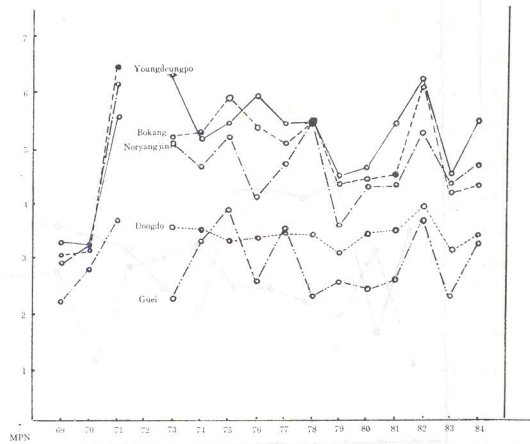


Fig. 1. The coliform numbers in 5 sample sites

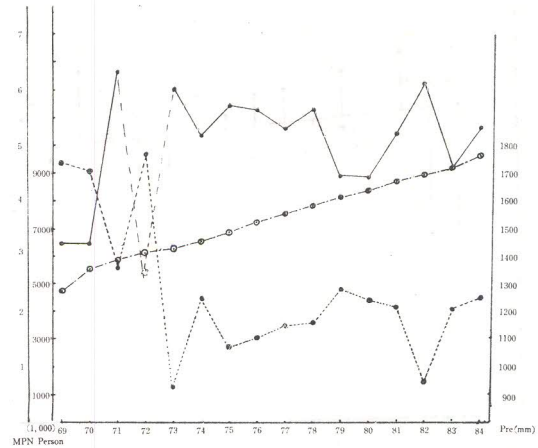


Fig. 2. The comparison of coliform number precipitation and population

津, 永登浦水源地的 汚染度 曲線과는 현격한 差로 完全히 分離되어 그려졌다. 이는 두 汚染川의 오염負荷量이 가장 크다는 것을 보여주는 것이며 서울地域降水量과 관련성을 잘 보여 준 것이다.

3) 水質 汚染의 三大 要因의 하나인 人口 增加와 견주어 보면 69, 70의 兩年度는 계속된 많은 降水量으로 오염도가 가장 낮아 졌으며, 71년도 1,360mm의 비교

적 많은 강수량에도 불구하고 全年度中에서 $2.2 \times 10^6 / 100\text{ml}$ 로 가장높은 오염도를 나타낸것은 1969년에서 1970년 사이에 人口 增加幅이 70만명으로(Table 3 참조) 가장 많았으며 이는 人口증가에 부수되는 오염요인의 增大가 71년도에 작용한 것으로 풀이된다. 以上の 結果를 참작하여 보광수원지 以下 各 採水地點 汚染度를 平均하여 16년간의 變化趨勢를 살펴 보면(그림

Table 3. Annual precipitations and population in Seoul area Distribution and of BOD, COD, and Evaporated Residue value.

No.	Year's	Precipitation	Population	BOD	COD	Evaporated Residue
1	1969	1,736.8	4,776,928	—	—	—
2	1970	1,708.2	5,525,262	—	—	—
3	1971	1,359.7	5,850,925	—	—	—
4	1972	1,769.6	6,076,143	—	—	—
5	1973	928.1	6,289,556	6.1	—	—
6	1974	1,250.7	6,541,500	3.2	6.9	119
7	1975	1,067.4	6,889,502	7.4	6.4	127
8	1976	1,109.5	7,254,958	9.0	7.0	131
9	1977	1,147.5	7,525,629	7.4	9.3	97
10	1978	1,160.9	7,823,195	7.5	8.6	113
11	1979	1,279.4	8,114,021	3.9	6.2	112
12	1980	1,242.4	8,366,756	4.6	4.7	132
13	1981	1,216.2	8,676,037	5.7	5.6	128
14	1982	949.3	8,916,481	6.1	5.5	127
15	1983	1,205.1	9,200,000	6.4	5.9	106
16	1984	1,249.6	7,600,000	—	—	—

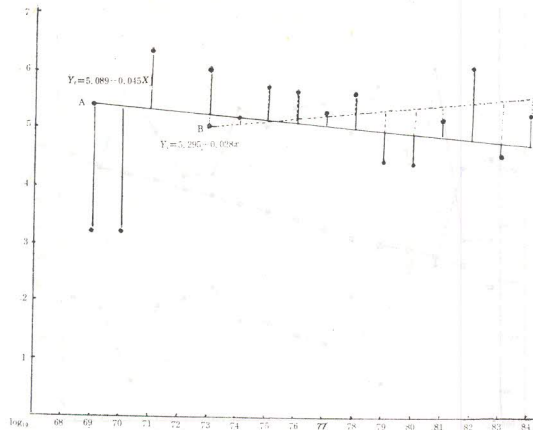


Fig. 3. The trends line of coliform Numbers by each year

3 참조) 1969년도 부터의 汚染曲線을 하나의 傾向線으로 그려보면 回歸方程式은 $Y_c = 5.089 - 0.045X$ 로서 69년도 5.406에서 1984년도 4.987로 약간의 下向線으로 나타난다. 이는 各種 漢江의 水質改善 計劃이 奏效된 結果라고 생각된다.

한편 前述한 人口增加에 따른 産業化 大都市化등 오염요인의 增大와 1,769.6mm의 많은 降水量으로 72년도 오염도가 낮아 졌을 可能性은 있었으나 試驗結果가 누락되었으며, BOD, COD, ER등 다른 理化學的 檢査項目이 追加實施된 1973년 부터의 汚染度 曲線으로 傾向線을 그어보면 $Y_c = 5.295 + 0.028X$ 로 73년도 $10^{4.087}$ 에서 84년도 $10^{5.603}$ 으로 나타나 反對로 汚染度가 73년도 기점으로 높은 지고 있음을 보여주었다. 이는 水質 改善對策이 限界點에 이르렀음을 보여 준 것이라 생각되며 앞으로 漢江 綜合開發 計劃에 依한 下水管路의 分離 流去와 같은 大事業이 이루어 짐으로써 解決 될

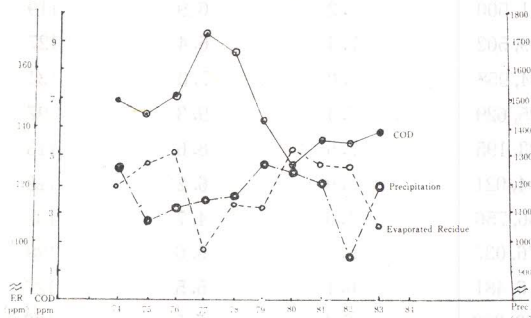


Fig. 5. Relation of precipitation COD and evaporated residue

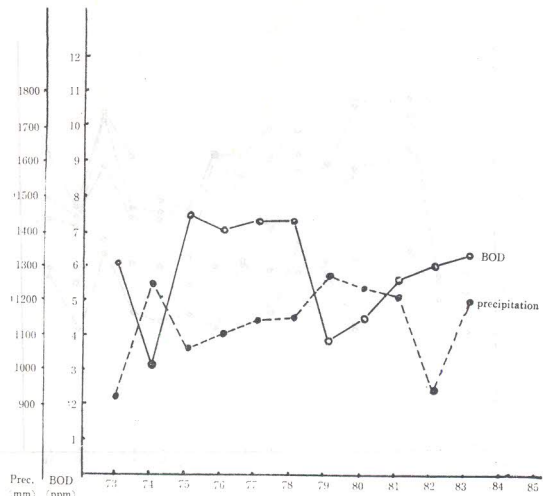


Fig. 4. Comparison of BOD and precipitation curve

것으로 展望된다.

3) Fig. 2에서 보여주는 바와 같이 大腸菌群 汚染度와 降水量曲線과는 單一軸을 形成하여 面鏡對稱과 같이 나타났다. 즉 앞서 說明한 바와 같이 降水量 1,000 mm帶 이하였던 73년, 75년, 82년도에는 어김없이 汚染度曲線의 peak를 이루었고 反對로 우량이 많았던 69, 70, 74, 79, 83년에는 오염도 曲線이 下向 溪谷을 이루었음을 보여 주고 있다. 이에 두 變數間의 相關係數를 算定한 結果 降水量과 大腸菌群의 $r = -0.83$ ($p < 0.01$)로 高度의 逆相關 임을 보여주었고 한편 理化學的인 試驗項目인 COD는 $r = -0.03$, 증발잔유물은 $r = -0.25$ 로서 낮은 相關度를 보였으며 生物化學的인 試驗方法인 BOD는 $r = -0.4$ 로서 降水量과의 相關度가 比較的 높게 나타 났으나, 大腸菌群에 比較해서 낮았다. 이는 大腸菌群에 依한 水質 汚染度 測定이 가장 指標性이 큰 測定 尺度가 되는 것으로 나타 났다.

結 論

1969년부터 1984년까지 16년 동안 大腸菌群 汚染度로 漢江 原水의 汚染變化 趨勢를 調査하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 1984년도 地點別 年平均 大腸菌群 汚染度는 구의 $3.3 \times 10^8/100\text{ml}$, 독도 $4.3 \times 10^8/100\text{ml}$, 보광동 $3.1 \times 10^4/100\text{ml}$, 노량진 $7.0 \times 10^4/100\text{ml}$, 영등포 $5.2 \times 10^5/100\text{ml}$ 순으로 下流로 갈수록 높은 오염치를 나타냈다.

2) 全 試驗年度中 1,000mm帶 以下の 降水量을 가진 73년, 75년, 82년도에 $1.0 \times 10^8/100\text{ml}$, $5.0 \times 10^5/100\text{ml}$, $1.3 \times 10^8/100\text{ml}$ 로 높은 오염도를 보였고 반대

로 總降水量이 많았던 69, 70, 74, 79년도에 $1.7 \times 10^3/100\text{ml}$, $1.7 \times 10^3/100\text{ml}$, $1.5 \times 10^5/100\text{ml}$, $2.8 \times 10^4/100\text{ml}$ 로 낮은 오염치를 나타냈다.

3) 1969년도 부터 16년간의 오염도 傾向은 69년도 5.406에서 84년도 4.987로서 漢江 水質은 약간의 改善 傾向으로 나타났다.

4) 降水量과 大腸菌群에 의한 汚染度는 $r = -0.83$ ($p < 0.01$)로 높은 逆相關을 보여 주었다.

參 考 文 獻

- 강희곤, 이광국, 김진곤, 조남준, 채영주, 이규남, 이정자, 박상현, 박성배: 漢江原水의 水質汚染度 調査研究. 서울특별시保健環境研究所報 19: 213 (1983)
- 김진곤, 이광국, 채영주, 강희곤, 조남준, 이규남, 박상현, 박성배: 漢江原水의 水質汚染度 調査 서울특별시 종합기술시험연구소보 18:154 (1982)
- 김진곤, 전형일, 한상운, 채영주, 조태웅, 이규남, 박상현, 박성배, 조남준, 최병현, 이정자: 漢江原水의 水質汚染度 調査, 서울특별시종합기술시험연구소보 17:317 (1981)
- 장재홍, 오수경, 조태웅, 전형일, 한상운, 채영주, 신연희, 박상현, 박성배: 漢江原水 및 支川水의 水質汚染度 調査研究. 서울특별시보건의연구소보 16: 229 (1980)
- 오영근, 이규남, 한상운, 조태웅, 김동일, 채영주, 이기란, 신연희, 박상현, 박성배: 漢江原水 및 支川水의 水質汚染度 調査研究: 서울특별시보건의연구소보 15:161 (1979)
- 오영근, 이규남, 한상운, 채영주, 유방열, 신연희, 박재주: 漢江原水 및 主要支川水의 汚染度 調査 서울특별시 보건의연구소보 14:143 (1978)
- 오영근, 이규남, 신정식, 김덕인, 전형일, 유방열, 신연희, 박재주: 漢江原水 및 主要支川水의 汚染度 調査. 서울특별시보건의연구소보 13:175 (1977)
- 신정래, 민병찬, 전형일, 박재주: 漢江原水 및 主要支川水의 汚染度 調査研究. 서울특별시보건의연구소보 12:163 (1976)
- 신정래, 신재영, 오수경, 유병태, 전형일, 박재주, 漢江原水 및 主要支川水汚染度 調査 서울특별시보건의연구소보 11:79 (1975)
- 김석주, 원재은, 임봉택, 신재영, 박두희, 서병태, 漢江原水 및 主要支川水汚染度 調査 서울특별시 위생연구소보 10:61 (1974)
- 김석주, 원재은, 임봉택, 우준제: 漢江主流의 오염도 調査 서울특별시위생연구소보 9:85 (1973)
- 오영근, 원재은, 임봉택, 신경철: 서울시내河川汚染度 調査研究 8:89 (1972)
- 김효상, 김종석, 이정자, 김민영: 서울특별시河川汚染度 調査研究 서울특별시립위생연구소보 7:49 (1971)
- 김효상, 원재은, 우준제: 서울특별시河川汚染度 調査研究 서울특별시위생시험소보 6:39 (1970).
- 김효상, 안정혜, 원재은, 이강문: 公害度 調査研究 제 2 부 하천오염 서울특별시위생시험소. 조사연구보고서 5:195 (1969)
- 환경청, 公害公定試驗法(水質分野) p. 570 (1981)
- 日本藥學會: 衛生試驗法注解. 金原出版社. p. 824 (1980)
- 保健社會部: 水道法에 依한 水質基準 및 水質檢査法 보사부령 제106호 (1963)
- APHA Standard Methods for the Examination of water and waste water 14th Ed. Washington D.C. (1976)
- 日本厚生省: 水道水 水質基準에 관한 厚生省令 第 11號 p. 1186 (1966)
- Tames A. Clark, Can. J.: The influence of increasing Number of non indicator organisms by the membran filter and presence-absence tests Microbial 26: (1980)
- 서울특별시. 서울통계연보 p. 23 (1983)
- 기상연구소. 서울지역 고저, 기온, 강수량, 연수치 (1984)
- 新井正藤原喜久夫共譯. 環境汚染と微生物 自然水の下水による汚染 p. 49 (1971)
- ORSANCO Water users committee, water Bacterial quality 43:630 (1971)