

## 漢江의 汚染度

崔 相  
韓國科學技術研究所

### HAN RIVER POLLUTION STUDIES

*Sang Choe*

Korea Institute of Science and Technology, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

The Han River is an important water source in Seoul and neighbouring districts, for public and industrial supply, and for agriculture and fishery. Nowadays, more than six million inhabitants are supplied with water from this river. The total length of the river is 470 km, and has  $17 \times 10^9$  m<sup>3</sup> an average annual flow. The hydrographic characteristics at Seoul are 653 m<sup>3</sup>/sec in an average flow, 4,608 m<sup>3</sup>/sec in the maximum average flow, and 201 m<sup>3</sup>/sec in the minimum average flow. These are influenced in some degree by snowmelt in early spring, and greatly by the flood during summer. For the pollution problems, the periods of low flow are critical ones. As a rule they occur around the months November through June. Nowadays, most of the sewage from towns and industries is discharged untreated. Apart from domestic and industrial sewages, there are some discharges of mineral matter by mines in the upriver region.

In general, water quality of the Han River is kept very clean and healthy until Kwangnaru of the upper region of Seoul. A large pollution, however, is received in the downstream by the domestic and industrial sewages of Seoul. It can be seen that dissolved oxygen, COD and BOD<sub>5</sub> diminish markedly, and the intensity of almost every water parameter of the river continues to increase.

Comparison of the figures for 1971 derived from a sampling point 40 km downstream of Kwangnaru leads to the conclusion that hardness, Ca and Mg were no changed; alkalinity, Si and soluble-Fe were slightly increased; CO<sub>2</sub>, acidity, Cl, NO<sub>2</sub>-N, Cu, Zn and Al were increased in 2 and 3 times; total residue, total ignitious residue, COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, Mn, Pb and total-Fe were increased in 4 to 7 times; and SO<sub>4</sub>, particulate-Fe and Cd were increased in 10 to 11 times. On the other hand, coliforms were increased in 650 times; fecal coliforms in 365 times; enterococci and total plate counts in 30 times, respectively.

In view points of water quality standards, the down Han River water is now leveling out in Cd, coliforms and fecal coliforms for the agricultural use; in dissolved oxygen and some trace elements (Cu, Zn, Pb and Cd) for the fishery use; in ammonia, COD, BOD<sub>5</sub>, and Cd for the drinking use.

#### 緒 言

流路延長 470 km 의 漢江水系는 洛東江水系 (525 km)보다는 다소 짧으나 流路面積은 26,219 km<sup>2</sup> (洛東江은 23,852 km<sup>2</sup>), 年間的 總流出水量은 170 億톤 (洛東江은 150 億톤)에 이르러, 우리나라 全

河川水의 流出總量 630 億톤의 27%를 차지하여, 內容的으로는 南韓에서 가장 큰 規模의 河川水系를 이루고 있다. 現在 漢江의 水資源은 農業用水, 家庭用水, 發電用水, 工業用水, 休養·觀光用水로서 또는 水產用水로서 多角的으로 利用되고 있고, 將來에도 그 需要가 더욱 增加될 것

이 展望되며, 漢江이 지나는 自然環境의, 社會經濟的, 그리고 産業的인 意義는 자못 큰것이 있다.

周知한 바와 같이 漢江은 北漢江水系와 南漢江水系가 京畿道 楊平郡 兩水里에서 合流하여 漢江本流를 이루고 있고, 本流水의 水質은 光나루에서 이루어진 年間變化가 崔·鄭·郭(1968 a, b)과 崔(1968)에 의해서 밝혀진 바가 있고, 北漢江水系의 化學的 水質과 細菌學的 水質의 年變化는 衣岩댐의 下流水域에서 이루어진 Choe and Kwak (1971)과 Choe and Kim(1971)의 詳細한 報告가 있다. 이외에 北漢江의 水質은 衣岩댐의 鐵이온의 分布(崔·郭, 1970)와 糞便性 汚染細菌의 分布(崔·金, 1970)에 관한 報告가 알려져 있고, 洪(1969)은 北漢江과 南漢江의 陸水學的 比較研究에 관한 報告를 發表하고 있다. 이것들에 의하면 春川의 都市廢水와 隣近의 工場廢水는 北漢江의 水質에 다소의 影響을 주고 있으나 그 정도는 아직 僅少하고, 光나루의 서울特別市의 上水道 取水部位까지는 極히 健全하고 優秀한 河川水質이 維持 供給되고 있으며, 그 下流域에서는 서울 市民들의 生活廢水와 工場廢水가 添加되어 下流域일수록 심한 汚染을 받고 있다. 서울特別市 周邊의 漢江本流水의 汚染은 600萬 市民의 上水道 水水源으로서, 工業水水源으로서 또는 水產水水源으로서 深刻한 問題를 提起하고 있으며, 正確한 水質汚染의 實態를 把握하여 水資源의 汚染防止와 二保全對策이 時急하게 要求되고 있다.

漢江下流水域의 汚染狀況에 관해서는 權·外(1968)가 1967年 6~12月에 廣壯洞에서 安養川下流의 鹽倉洞 合流地點까지의 8개地點에서 實施한 汚染狀況에 관한 調査가 報告되어 있고, 車·外(1970)는 1970年 7~11月에 워커·힐에서 鹽倉洞까지의 6개地點에서 實施한 汚染狀況에 관해서, 또 洪·林(1971)은 八堂에서 第2漢江橋사이의 夏季, 秋季, 冬季의 水質變動을 각각 報告하고 있다. 그러나 여기서 취급된 水質要素는 9~16개項目에 지나지 않아 이것만으로는 漢江本流水에 서울特別市가 미치는 汚染狀況을 檢討하는데는 다소 不足한 감이 있고, 또 각종 水水源으로서의 水質評價도 하기가 어렵다. 여기에 있어서 筆者는 光나루의 取水塔附近에서 金浦郡 新谷里 梧柳島 아랫쪽까지의 약 40 km의 流域에 걸쳐 地點別로 또 季節別, 流下水量別로 44개項目에 걸친 全般的인 水質調査를 實施하여, 流下過程에 따른 汚染狀況을 浮刻하였다. 이 結果는 調査當時의 詳細한 汚染狀況이 把握될 뿐 아니라 漢江下流 水質源의 多角的利用과 그 保全對策에 貴重한 基礎資料가 될것이고, 나아가서는 漢江水의 水質規準設定과 水質環境 保全對策에 크게 寄與하는 것이라고 믿어진다.

調査地域과 地點

漢江下流水域의 調査地域은 光나루에서 京畿道 金浦郡 新谷里앞까지의 약 40 km의 流域이고

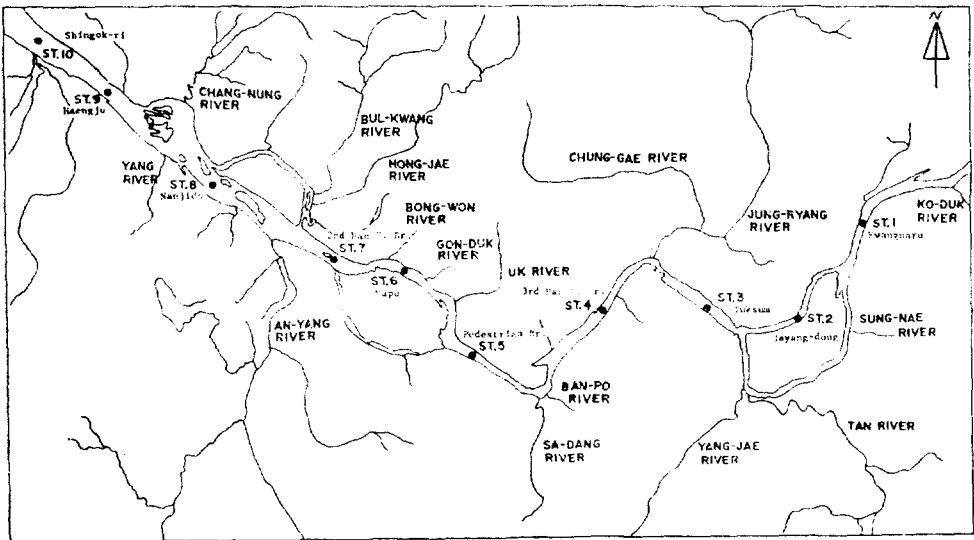


Fig. 1. The sampling stations for water pollution studies in the downstream of Han River, from Kwangnaru (St. 1) to Shingok-ri (St. 10), in 1971.

이 區域을 距離와 流下過程중의 物的標의을 감안하여 10개 定點을 設定하였으며, 각 定點의 位置는 다음과 같다 (第1圖 參照).

St. 1 (광나루). 광나루의 上水道 取水塔에서 약 200 m 下流地點.

St. 2 (紫陽洞). 잠실大橋의 약 500 m 上流쪽이며, 紫陽洞이 漢江쪽으로 突出된 地點.

St. 3 (독섬). 現在 建設중인 永東大橋의 약 30 m 上流地點.

St. 4 (第3漢江橋). 第3漢江橋의 약 30 m 上流地點.

St. 5 (人道橋). 人道橋 上流쪽 약 30 m 地點.

St. 6 (麻浦). 唐人里 發電所 排水路에서 약 100 m 下流地點.

St. 7 (第2漢江橋). 第2漢江橋에서 약 30 m 上流地點.

St. 8 (蘭芝島). 蘭芝島 下端地點.

St. 9 (幸州). 幸州 나루터로부터 약 50 m 上流地點.

St. 10 (新谷里). 梧柳島 下流쪽 약 100 m 地點.

### 調查 및 採水方法

水質의 汚染度 調査는 1971年 6月 15日, 9月 20日, 12月 28日 3회에 걸쳐 實施하였으며, 6月은 漢江水의 最大濁水期, 9月은 洪水期의 終期 (물의 透明度가 回復된 増水期에 該當됨), 12月은 冬季의 結水期에 접어들 直前이고, 冬季의 濁水期에 들어가는 時期에 該當된다.

調査는 小型機械船을 利用하여 午前 8時에 光나루定點을 起點으로해서 漢江을 流下하면서 各定點의 河心部에서 表層水(表面下 30 cm)와 底層水(河床에서 약 50 cm 上部)를 調査項目에 따라 各々 다른 採水器로 採水를 하고, 現場觀測을 實施하였다. 定點 1에서 定點 10까지 약 3~4時間의 作業時間이 要했다. 그리고 一般分析用 試水는 Kitahara 式 採水器에 의해서, 微量金屬類와 毒性物質 分析試水는 폴리에칠렌製 採水器에 의해서, 또 細菌調査用 試水는 滅菌한 폴리에칠렌製 採水器에 의해서 各々 採水하여, 最終定點의 調査가 끝나는대로 곧 試水를 實驗室로 運搬하여, 溶存개스, pH, BOD<sub>5</sub>, 細菌測定은 當日處理를 하였으며, 그외의 것은 急速冷凍 (-20°C)한

試水를 使用하였고, 全分析은 5日以內에 끝내도록 하였다.

各 定點에서는 水深, 透明度, 水温이 測定되고, pH, 溶存酸素, CO<sub>2</sub>, M-알카리度, P-酸度, 硬度, Ca, Mg, 鹽化物, SO<sub>4</sub>, COD, BOD<sub>5</sub>, 蒸發殘留物, 強熱殘查量, 榮養鹽類 (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, 可溶性 總窒素, PO<sub>4</sub>-P, SiO<sub>2</sub>-Si 등), 微量金屬類 (全鐵, 可溶性 鐵, 粒子性 鐵, Fe<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup>, Cu, Mn, Zn, Pb, Al, Cd, Cr 등), 毒性物質 (As, CN, 페놀, H<sub>2</sub>S 등), 細菌類 (大腸菌群, 糞便性 大腸菌, 腸球菌, 一般細菌등) 등 44개 項目의 水質要素가 測定, 分析되었다.

### 分析方法

水質의 分析方法은 筆者등이 漢江水系 (광나루와 衣岩댐)의 水質調査에 使用한 方法을 그대로 採用하였으며, 그 概要는 다음과 같다.

水温 採水時 現場에서 水銀溫度計(눈금 1/10)에 의해서 測定하였다.

透明度 直徑 25cm의 透明度板을 使用하여 測定하였다.

pH Beckman Expandomatic pH Meter 에 의해서 實驗室內에서 測定하였다.

溶存酸素 現場에서 固定한 다음 實驗室로 운반하여 Winkler 法에 의해서 測定하였다.

炭酸개스 Standard Methods (A.P.H.A., 1965, 以下같은)에 의거하여 分析하였다.

P-酸度 Phenolphthalein 混合指示藥 (Phenolphthalein 0.3g 와 Thimol blue 0.1g 를 50% Ethanol 400 ml 에 溶解한 다음 0.02N-NaOH 溶液으로 약간 綠色이 나타날때까지 加한것)을 使用하여 0.02N-NaOH 溶液으로 滴定하여 算出한다 (日本分析化學會·北海道支部, 1967).

M-알카리度 Methyl red 混合指示藥 (Methyl red 0.02g 와 Brom cresol green 0.1g 를 95% Ethanol 100ml 에 溶解한것)을 使用하여 0.02N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液으로 滴定하여 算出한다 (日本分析化學會·北海道支部, 1967).

硬度 試水의 pH 를 10으로 調節한 다음 EBT 를 指示藥으로 해서 EDTA 標準溶液으로 滴定하여 Ca 와 Mg 의 含量을 求하여, 이것에 對應하는 CaCO<sub>3</sub> 의 量으로 나타냈다.

Ca NN 指示藥을 使用하여 EDTA 標準溶液

으로 滴定하는 方法으로 定量하였다 (日本分析化學會・北海道支部, 1967).

**Mg** 硬度測定에서 얻은 Ca+Mg의 含量에서 Ca量을 減해준 量으로 나타냈다.

**鹽化物** 第2水銀 比色法에 의해서 定量하였다 (Utsumi, 1952).

**COD** KMnO<sub>4</sub> 酸性法에 의해 定量하였다.

**BOD<sub>5</sub>** Standard Methods에 의거한 方法에 의해서 測定하였다.

**蒸發殘留物** 蒸發접시에 넣은 試水를 水浴上에서 蒸發하여 105°C에서 1時間 乾燥한 후 坪量하여 求하였다 (半谷, 1960).

**強熱殘查物** 蒸發殘留物을 測定한 試料를 700°C에서 燃燒하여 測定하였다(半谷, 1960).

**NH<sub>4</sub>-N** Strickland and Parsons (1968)에 의거한 Richards and Kletsch 法에 의해서 定量하였다.

**NO<sub>2</sub>-N** Strickland and Parsons (1968)에 의거한 方法에 의해서 定量하였다.

**NO<sub>3</sub>-N** Strickland and Parsons (1960)에 의거한 Mullin and Riley 變法에 의해서 定量하였다.

**可溶性 窒素總量** NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N의 含量으로서 나타냈다.

**PO<sub>4</sub>-P** Strickland and Parsons (1968)에 의거한 Murphy and Riley 法에 의해서 定量하였다.

**SiO<sub>2</sub>-Si** Strickland and Parsons (1968)에 의거한 Mullin and Riley 變法에 의해서 定量하였다.

**鐵** 全鐵分은 試水를 鹽酸酸性으로 한 다음 Standard Methods에 의거한 o-Phenanthroline 法에 의해서 定量하고, 溶解性 鐵分은 Toyo濾紙 (No. 6)로 濾過한 試水를 全鐵分과 같은 方法으로 定量하였다. 粒子性 鐵分은 全鐵分에서 溶解性 鐵分을 減한 量으로 나타냈고, Fe<sup>+2</sup>는 濾過한 試水를 鹽酸處理를 하지 않고 직접 o-Phenanthroline으로 發色하여 測定하였으며, Fe<sup>+3</sup>는 溶解性 鐵分에서 Fe<sup>+2</sup>의 量을 減해준 값으로 나타냈다.

**Mn** Goto *et al.* (1962)의 Formaldoxim 法에 의해서 定量하였다.

**Cu** Sodium diethyl-dithiocarbamic acid로 發色하여 CCl<sub>4</sub>로 抽出한 다음 比色法에 의해서 定量하였다.

**Zn** Standard Methods에 의거한 Dithizone-CCl<sub>4</sub>의 抽出法에 의한 比色法으로 定量하였다.

**Pb** Standard Methods에 의거한 Dithizone-CCl<sub>4</sub>의 알카리性 溶液에서 抽出하여 比色法으로 定量하였다.

**Al** Standard Methods에 의거한 Alminon의 암모늄鹽으로 發色하여 比色法으로 定量하였다.

**Cd** Standard Methods에 의거한 Dithizone-Chloroform의 抽出法에 의한 比色法으로 定量하였다.

**Cr** 6價의 Cr만 定量하였으며, Standard Methods에 의거하여 Diphenylcarbazine로 發色시켜 比色法으로 定量하였다.

**페놀** 試水를 일단 蒸溜하여 Standard Methods에 의거하여 4-amino-antipyrine-chloroform으로 抽出하여 比色法으로 定量하였다.

**CN** 試水를 蒸溜한 다음 Standard Methods에 의거하여 檢水를 Pyridine-pyrazolone으로 發色하여 比色法으로 定量하였다.

**硫化水素** Strickland and Parsons(1968)에 의거하여 試水를 p-phenylenediamine-HCl로 發色하여 比色法으로 定量하였다.

**大腸菌群** Standard Methods에 의거하여 檢水 100ml를 無菌의으로 Millipore filter(HA type, pore size 0.45μ, 以下 같음)에 濾過하여 集菌된 Millipore filter를 M-Endo 培地(Difco)에서 37°C, 18時間 培養한 후 나타나는 金屬光澤의 暗赤褐色 集落을 計數하였다.

**糞便性 大腸菌** Geldreich *et al.*(1965)에 의거하여 無菌의으로 檢水 100ml의 細菌을 Millipore filter에 集菌하여, M-FC 培地 (Difco)에서 44.5°C, 18-24時間 培養하여 나타나는 靑色集落을 計數하였다.

**腸球菌** Standard Methods에 의거하여 無菌의으로 檢水 100ml중의 細菌을 Millipore filter에 集菌하여 M-Enterococcus Agar 培地에서 37°C, 48時間 培養하여 분홍색 또는 赤色 集落을 計數하였다.

모든 比色定量은 Beckman Spectrophotometer DU2를 使用하여 Light-path 50 mm의 比色管으로 測定하였다.

## 結 果

## 降水量과 流水量

漢江水系의 重要地點인 春川(北漢江水系), 驪州(南漢江水系) 및 서울(漢江本流水系)에 있어서의 1966~1970年(단 서울은 1961~1970년까지의 10年間)까지의 旬別 平均降水量은 第2圖와 같다.

3 地域의 降水量의 季節的 變動에는 거의 差異가 없다. 12月の 降水量이 가장 적고, 以後 漸增하나 4月に 약간 많아졌다가 다시 줄어 7~9月の 雨期를 맞게되나, 7月에는 平均 390~470mm의 降水가 集中되어 年間的 最高記錄을 이룩한다. 7~9月の 雨期에는 年間的 總降水量의 63~65%의 降水가 있으며, 9月以後에는 다시 줄어 들어 12月の 最低降水月에 이르게 된다. 그리고 이地域의 年間的 總降水量은 春川 1,445 mm, 驪州 1,251 mm, 서울 1,491mm 이고, 서울地方의 降水가 다소 많고, 驪州地方에서 적은 傾向이 있다.

이것에 따른 서울(광나루)에 있어서의 1966~1970年の 平均流水量은 第3圖와 같다. 流水量은 1月に 가장 적고(단 北漢江水系에서는 6월에 最少値가 나타난다), 이때 春川에서는  $182 \text{ m}^3/\text{sec}$ , (6月에는  $168 \text{ m}^3/\text{sec}$ ), 驪州에서는  $22 \text{ m}^3/\text{sec}$ , 서울에서는  $204 \text{ m}^3/\text{sec}$ 의 流水量이 있다. 1月以後 漢江水는 漸增하여 6月に 다시 한번 渴水期를 맞아 7~9月の 洪水期를 맞게되며, 7月에는 年間的 最高流水가 記錄된다. 이때 春川에서는  $3,557 \text{ m}^3/\text{sec}$ , 驪州에서는  $1,836 \text{ m}^3/\text{sec}$ , 서울에서는  $4,608 \text{ m}^3/\text{sec}$ 의 流水量이 있다. 以後 漢江水는 다시 減水하여 1月の 最少流水期에 접어든다. 南漢江의 流水量은 北漢江의 그것보다 少量이고, 渴水期인 1月에는 漢江本流水의 11~13%, 7月の 増水期에는 23~61%이고, 年間平均 29.6%의 水量이 供給되고 있다. 이리하여 서울 광나루에 있어서의 漢江本流水의 年間平均流量은  $653 \text{ m}^3/\text{sec}$ , 最高 平均流量은  $4,608 \text{ m}^3/\text{sec}$ , 最低 平均流量은  $201 \text{ m}^3/\text{sec}$  이고, 여기의 6月の 調査期는 初夏의 심한 渴水期의 많은 水質惡化가 일어날때에 該當되고, 9月은 洪水期 즉 最大出水期의 末期인

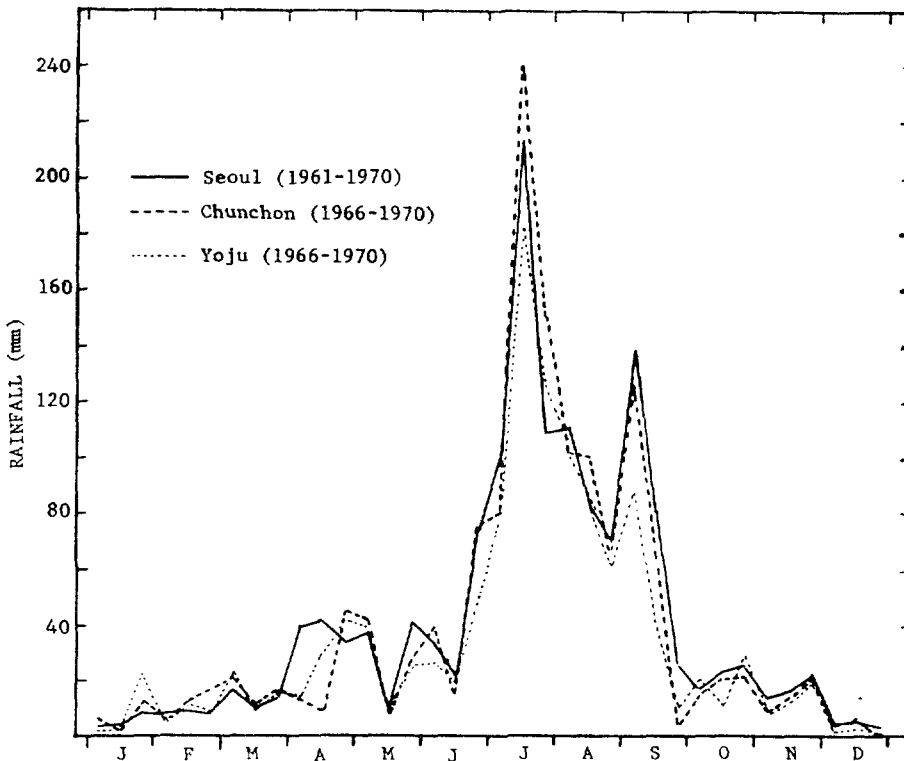


Fig. 2. Monthly average rainfall amounts at Seoul, Chunchon and Yoju districts.

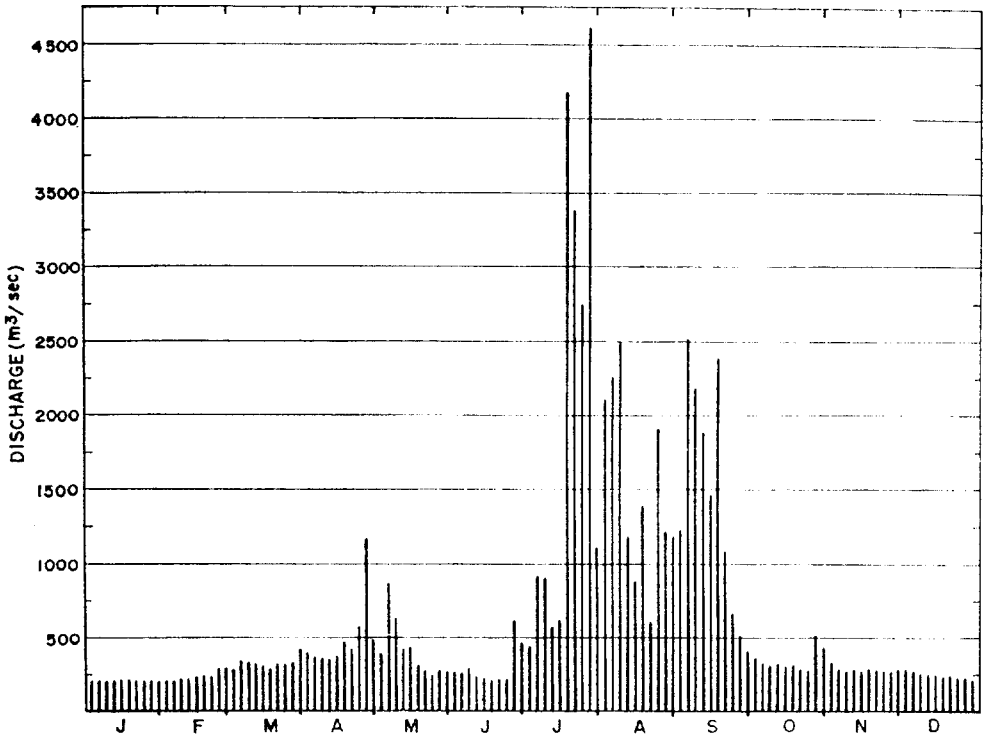


Fig. 3. The seasonal variation of average discharge of the Han River in the period from 1966 to 1970.

漢江水質이 가장 良好한 時期에 該當되고, 또 12月은 結氷直前의 冬期の 渴水期때의 水質을 나타내는 것이라고 할 수 있다.

**季節別, 地點別 水質變動**

1971年 6月, 9月 및 12월에 實施한 漢江下流域(광나루에서 新谷里 梧柳島 아랫쪽 定點까지)의 季節別 水質調査結果를 第1表에 總括하고, 流下過程에 따른 定點別 각종 水質變化는 第4~11圖와 같다.

水深, 透明度, 水温, pH, O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 飽和度의 季節別, 地點別 變動은 第4圖와 같다.

水深 定點에 따라 水深의 差異가 심하나 10개 定點중 광나루定點이 6~8.8 m로서 가장 깊었고, 蘭芝島定點이 1.5~2 m로서 가장 얇았다. 全定點의 水深範圍는 6월에 1.5~8.5 m(平均 4.9 m), 9월에 2.0~8.8 m(5.8 m), 12월에 2.8~7.5 m(5.3 m)로서 增水期인 9월의 水深이 가장 컸었다.

透明度 6월에 0.2~2.4 m(1.3 m), 9월에 1.1

~2.5 m(1.7 m), 12월에 0.7~3.7 m(1.9 m)로서 9월에 가장 컸고 6월에 낮았다. 그러나 각 季節을 통해서 濁점까지는 大體로 2 m以上, 最高 2.8 m까지의 透明度를 지나나 流下過程에 따라 漸減하여 新谷里에서는 0.2 m까지의 透明度를 나타내게 된다.

水温 水温은 季節에 따라 틀리고, 6월에 21.5~22.6°C, 9월에 20.5~23.5°C, 12월에 1.2~3.7°C로 變動하고, 6월에는 上下水層에 따른 水温差異가 거의 없으나 9월에는 表層水가, 12월에는 底層水의 水温이 다소 높게 된다. 流下過程에 따라 큰 變動은 없으나 第2漢江橋 下流域에서는 唐人里의 火力發電所의 温排水의 影響이 뚜렷하게 나타나, 6, 9월에는 最高 2.5°C, 平均 1.0~1.4°C, 12월에는 平均 1.6°C의 水温上昇效果를 자아내고 있다.

pH 6월에 7.3~8.1(7.7), 9월에 7.2~7.9(7.6), 12월에 7.0~8.0(7.6)으로 變動하고 上下水層의 差異는 거의 없고, 流下過程에 따라 뚜렷한 酸性化現象을 자아내고 있다.

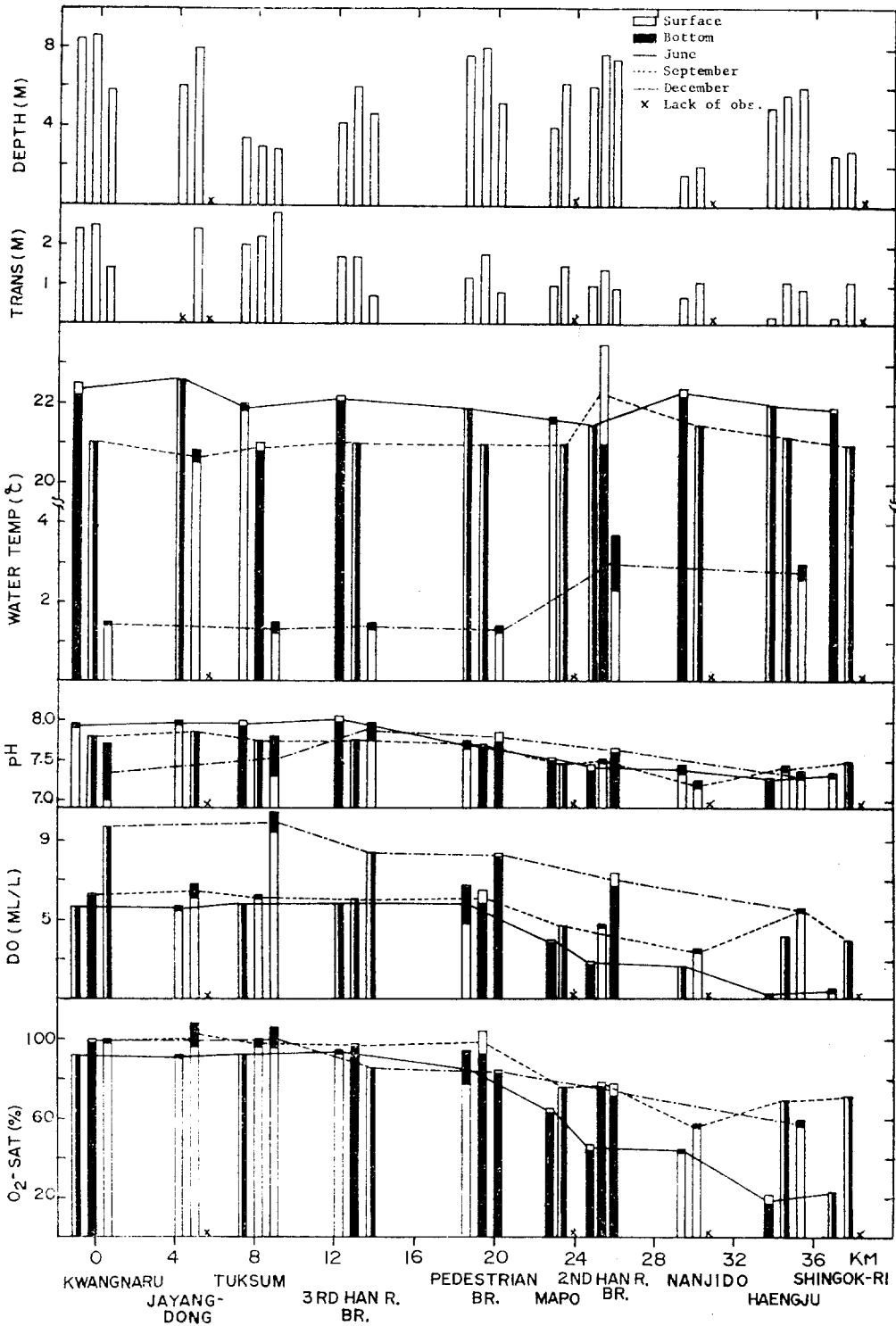


Fig. 4. Seasonal changes of depth, transparency, water temperature, pH, dissolved oxygen and saturation percentage of oxygen in the downstream of Han River; plotted distance from headwater in 1971.

Table 1. Summary of water quality of the downstream

Parameter	Unit	June 15, 1971						Surface Water	
		Surface Water		Bottom Water		Whole Water		Range	Mean
		Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean		
Depth	m	—	—	—	—	1.5—8.5	4.9	—	—
Transparency	m	—	—	—	—	0.2—2.4	1.3	—	—
W. T.	°C	21.5—22.6	22.0	21.5—22.6	22.0	21.5—22.6	22.0	20.5—23.5	21.5
pH		7.30—8.05	7.64	7.28—7.98	7.66	7.28—8.05	7.65	7.15—7.85	7.5
O <sub>2</sub>	ml/l	1.32—5.75	3.96	1.05—5.82	4.04	1.05—5.82	4.00	3.40—6.54	5.2
O <sub>2</sub> Sat.	%	21.4—93.3	64.2	17.1—94.4	65.4	17.1—94.4	64.8	54.5—104.0	83.0
CO <sub>2</sub>	mg/l	4.5—9.9	7.6	4.6—10.3	7.3	4.5—10.3	7.5	7.2—15.8	11.0
M-Alkalinity	mg/l	35.9—49.3	41.8	35.9—50.1	41.8	35.9—50.1	41.8	35.1—44.1	39.0
P-Acidity	mg/l	10.3—22.6	17.3	10.5—23.4	16.6	10.3—23.4	16.9	16.4—35.9	26.0
Hardness	mg/l	36.3—43.7	38.8	36.3—45.2	39.1	36.3—45.2	39.0	32.1—41.0	36.0
Ca	mg/l	10.29—11.02	10.60	10.21—11.02	10.62	10.21—11.02	10.61	8.83—12.26	10.0
Mg	mg/l	2.57—4.25	3.01	2.61—4.69	3.05	2.57—4.69	3.03	1.55—2.74	2.0
Cl	mg/l	4.77—20.47	10.26	4.66—21.77	10.49	4.66—21.77	10.37	2.41—12.41	6.0
SO <sub>4</sub>	mg/l	nd—0.9	0.4	0.2—1.1	0.4	nd—1.1	0.4	nd	—
COD	mg/l	1.89—7.93	4.19	2.01—11.33	4.80	1.89—11.33	4.50	1.64—10.13	4.0
BOD <sub>5</sub>	mg/l	0.36—10.49	4.61	0.26—12.89	6.68	0.26—22.11	5.65	0.39—4.28	2.0
Total Res.	mg/l	67—219	113	67—1517	286	67—1517	199	63—151	8.0
Total Ign. Res.	mg/l	37—158	75	34—1379	234	34—1379	154	26—53	3.0
NH <sub>4</sub> -N	µg/l	91—404	273	97—424	276	91—424	274	2—384	10.0
NO <sub>2</sub> -N	µg/l	13.9—42.9	25.7	12.9—41.5	24.9	12.9—42.9	25.3	4.1—23.6	13.0
NO <sub>3</sub> -N	µg/l	640—948	850	671—969	857	640—969	854	385—496	4.0
Total Sol.-N	mg/l	0.91—1.37	1.15	0.95—1.41	1.16	0.91—1.41	1.15	470—816	6.0
PO <sub>4</sub> -P	µg/l	7—58	28	6—56	27	6—58	27	21—61	—
SiO <sub>2</sub> -Si	mg/l	1.34—3.64	1.71	1.32—2.60	1.62	1.32—3.64	1.66	0.90—0.94	0.0
Total-Fe	µg/l	79—4231	963	95—5468	1312	79—5468	1137	341—1554	6.0
Sol.-Fe	µg/l	74—235	130	76—241	127	74—241	128	73—184	10.0
Part.-Fe	µg/l	5—3996	833	2—5283	1184	2—5283	1009	157—1462	5.0
Fe <sup>+2</sup>	µg/l	15—123	64	12—125	61	12—125	62	9—41	—
Fe <sup>+3</sup>	µg/l	14—118	66	8—157	66	8—157	66	36—174	—
Cu	µg/l	1.6—5.0	3.6	2.0—6.5	3.5	1.6—6.5	3.6	1.6—6.7	3.0
Mn	µg/l	nd—59	16	nd—60	14	nd—60	15	1—17	—
Zn	µg/l	nd—180	88	60—580	230	nd—580	159	15—39	—
Pb	µg/l	nd—124	82	nd—160	72	nd—160	77	12—48	—
Al	µg/l	6—12	9	8—12	10	6—12	9	2—4	—
Cd	µg/l	4—10	7	4—14	9	4—14	8	nd—8	—
Cr	µg/l	nd—40	16	nd—40	20	nd—40	18	nd—20	—
H <sub>2</sub> S	mg/l	nd	—	nd	—	nd	—	nd	—
Phenol	mg/l	nd	—	nd	—	nd	—	nd	—
As	mg/l	nd	—	nd	—	nd	—	nd	—
CN	mg/l	nd	—	nd	—	nd	—	nd	—
Total Coliforms	no/100ml	260—190000	65444	100—181500	81816	100—190000	73630	100—58330	15.0
Fecal Coliforms	no/100ml	20—100000	18415	20—85000	26523	20—100000	22469	200—30030	7.0
Enterococci	no/100ml	0—1590	642	0—2570	849	0—2570	746	153—3270	1.0
Total Plate Counts	no/ml	300—117000	24403	133—112000	38066	133—117000	31235	15000—360000	77.0



Han River, from Kwangnaru to Shingok-ri, in 1971.

September 20, 1971				December 28, 1971					
Bottom Water		Whole Water		Surface Water		Bottom Water		Whole Water	
Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
--	--	2.0-8.8	5.8	--	--	--	--	2.8-7.5	5.3
--	--	1.1-2.5	1.7	--	--	--	--	0.7-2.8	1.3
20.8-21.5	21.0	20.5-23.5	21.2	1.2-2.6	1.7	1.4-3.7	2.1	1.2-3.7	1.9
7.25-7.85	7.60	7.15-7.85	7.59	7.00-7.85	7.6	7.37-7.98	7.7	7.00-7.98	7.6
3.51-6.82	5.25	3.40-6.82	5.25	5.43-9.65	8.11	5.45-10.44	8.15	5.43-10.44	8.13
56.3-108.0	83.5	54.5-108.0	83.5	57.0-98.0	82.7	57.8-106.3	84.0	57.0-106.3	83.4
7.3-16.7	11.7	7.2-16.7	11.8	5.6-15.1	11.1	7.1-20.0	12.5	5.6-20.0	11.8
34.7-44.3	39.7	34.7-44.3	39.7	43.5-57.6	52.6	44.4-64.0	54.1	43.5-64.0	53.4
16.6-38.0	26.7	16.4-38.0	26.7	6.0-18.8	12.6	6.0-22.6	14.1	6.0-22.6	13.3
31.9-40.1	36.0	31.9-41.0	36.1	41.2-53.9	47.8	40.8-51.6	47.7	40.8-53.9	47.8
9.56-11.31	10.58	8.83-12.26	10.50	12.47-15.76	14.00	11.53-16.49	14.10	11.53-16.49	14.09
1.82-2.88	2.34	1.55-2.88	2.40	2.39-4.03	3.08	2.52-3.89	3.03	2.39-4.03	3.05
1.92-11.38	5.80	1.92-12.41	6.02	6.76-19.18	14.22	6.76-20.90	14.64	6.76-20.90	14.43
nd		nd		0.3-9.7	2.7	0.4-11.8	3.0	0.3-11.8	2.8
1.17-11.33	4.30	1.17-11.33	4.41	1.95-33.99	21.67	3.78-41.23	25.94	1.95-41.23	23.80
0.39-6.29	2.72	0.39-6.29	2.50	3.69-17.68	12.50	3.87-18.82	12.90	3.69-18.82	12.70
68-260	108	63-260	98	90-126	108	100-237	144	90-237	126
28-54	41	26-54	40	39-64	49	58-128	83	39-128	66
3-387	146	2-387	153	103-1017	662	151-1052	697	103-1052	679
4.3-29.5	13.8	4.1-29.5	13.5	7.0-28.9	21.0	9.1-35.3	23.7	7.0-35.3	22.4
378-529	470	378-529	460	481-786	585	467-780	578	467-786	582
503-843	630	470-843	627	863-1566	1268	942-1554	1299	863-1566	1284
21-63	41	21-63	41	6-108	56	5-147	64	5-147	60
0.87-0.93	0.91	0.87-0.94	0.91	2.31-3.30	2.72	2.38-3.59	2.81	2.31-3.59	2.77
421-2482	920	341-2482	789	684-1255	956	659-3689	1368	659-3689	1162
39-119	82	39-184	95	215-515	337	225-633	368	215-633	352
342-2391	838	157-2391	694	168-1011	618	284-3006	1001	168-3006	810
8-45	22	8-45	23	23-275	159	26-274	165	23-274	162
31-108	60	31-174	72	98-263	178	2-457	202	2-457	190
2.0-20.9	10.0	1.6-20.9	6.8	3.6-8.3	6.3	12.9-17.8	16.0	3.6-17.8	11.1
3-24	13	1-24	11	16-164	99	12-182	110	12-182	104
14-50	22	14-50	24	21-126	73	28-105	73	21-126	73
12-72	36	12-72	34	24-118	67	24-120	74	24-120	71
2-4	3	2-4	3	2-12	9	2-14	9	2-14	9
nd-8	3	nd-8	3	nd-24	16	nd-24	14	nd-24	15
nd-20	4	nd-20	4	nd-40	30	nd-40	30	nd-40	30
nd		nd		--		--		--	
nd		nd		--		--		--	
nd		nd		--		--		--	
nd		nd		--		--		--	
200-46030	14400	100-58330	14785	145-48000	18116	10-44600	19043	10-48000	18580
100-24400	7521	100-30030	7697	45-18700	7886	0-17200	1029	0-18700	8980
142-3503	1174	142-3503	1156	25-2330	1247	0-4650	1872	0-4650	1531
18000-320000	132800	15000-360000	104900	1050-235125	143190	4290-238235	155154	1050-238235	149172

O<sub>2</sub> 6월에 1.05~5.82 ml/l (4.00 ml/l), 9월에 3.40~6.80 ml/l (5.25 ml/l), 12월에 5.43~10.44 ml/l (8.13 ml/l)로 變動하고, 水溫에 따라 含有量의 差異가 크게 나타난다. 上下水層間의 含有量 差異는 거의 없으나 流下過程에 따라 溶存酸素量은 漸減하여 幸州, 新谷里에서는 季節에 따라 1.05 ml/l의 最低值(6月)까지 低下하는 積이 있다.

한편 이것을 飽和度로 보면 6월에는 17~94%, 9월에는 55~108%, 12월에는 57~106%로 되고, 특검까지는 아직 90% 以上の 飽和度를 지녀, 相當히 良好한 水準을 지나나 第3漢江橋, 人道橋를 거치는 동안에 惡化되어, 麻浦부터는 急激한 減少가 일어나, 그 下流域에서는 더욱 惡化된다. 이리하여 幸州, 新谷里에서는 最低 17%, 平均 20%의 溶存酸素 飽和度까지 低落되는 積이 있다.

CO<sub>2</sub>, M-알칼리度, P-酸度, 硬度 및 鹽分의 季節別, 地點別 變動은 第5圖와 같다.

CO<sub>2</sub> 6월에 4.6~10.3 mg/l (7.5 mg/l), 9월에 7.2~16.7 mg/l (11.8 mg/l), 12월에 5.6~20.0 mg/l로 變動하고, 6월에 적고 9, 12월에 크며, 水層에 따른 含有量 差異는 別로 없다. CO<sub>2</sub>量은 流下過程에 따라 增加한다.

M-알칼리度 6월에 36~50 mg/l (42 mg/l), 9월에 35~44 mg/l (40 mg/l), 12월에 44~64 mg/l (54 mg/l)로 變動하고, 9월에 적고 12월에 크다. 水層에 따른 含有量 差異는 없고, 流下過程에 따라 增加한다.

P-酸度 6월에 10~23 mg/l (17 mg/l), 9월에 16~38 mg/l (27 mg/l), 12월에 6~23 mg/l (13 mg/l)로 變動하고, 9월에 적고 12월에 큰 값을 나타낸다. 水層에 따른 含有量 差異는 거의 없으나 9월의 増水期에 增加하는 것이 注目되고, 流下過程에 따라 增加한다.

硬度 6월에 36~45 mg/l (39 mg/l), 9월에 32~41 mg/l (36 mg/l), 12월에 41~54 mg/l (48 mg/l)로 變動하고, 9월에 적고 12월에 크다. 水層에 따른 含有量 差異는 거의 없으며, 流下過程에 따라 다소 增加하나 顯著하지 않다.

鹽化物 6월에 4.7~21.8 mg/l (10.4 mg/l), 9월에 1.9~12.4 mg/l (6.0 mg/l), 12월에 6.8~20.9 mg/l (14.4 mg/l)로 變動하고, 9월에 적고

12월에 크다. 水層에 따른 含有量 差異는 거의 없고, 流下過程에 따라 顯著한 增加가 일어난다. 鹽分量은 特검까지는 거의 添加가 없이 7 mg/l 以下가 維持되나 第3漢江橋에서 人道橋부터 크게 增加되는 것이 注目된다.

Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, COD 및 BOD<sub>5</sub>의 季節別, 地點別 變動은 第6圖와 같다.

Ca와 Mg Ca는 6월에 10.2~11.0 mg/l (10.6 mg/l), 9월에 8.8~12.3 mg/l (10.5 mg/l), 12월에 11.5~16.5 mg/l (14.1 mg/l)로 變動하고, 6, 9월에 낮고 12월에 다소 增加한다.

한편 Mg는 6월에 2.6~4.7 mg/l (3.0 mg/l), 9월에 1.6~2.9 mg/l (2.4 mg/l), 12월에 2.4~4.0 mg/l (3.1 mg/l)로 變動하고, 역시 12월에 高值를 나타낸다. Ca와 Mg는 모두 水層에 따른 含有量 差異는 거의 없고, 流下過程에 따라 약간의 增加가 있으나 顯著하지 않다. 단 Ca에 있어서는 12월에 第3漢江橋부터의 增加가 顯著하며 어떤 汚染源의 添加가 推測된다.

COD 6월에 1.9~11.3 mg/l (4.5 mg/l), 9월에 1.2~11.3 mg/l (4.4 mg/l), 12월에 2.0~41.2 mg/l (23.8 mg/l)로 變動하고, 6, 9월에 적고 12월에 크다. COD는 底層水가 表層水보다 크고, 流下過程에 따라 漸次的으로 增加하고, 第3漢江橋에서 蘭芝島에 걸쳐 最大値를 자아내고, 新谷里쪽 下流部에서는 오히려 약간의 減少가 일어나고 있다.

BOD<sub>5</sub> 6월에 0.26~22.11 mg/l (5.65 mg/l), 9월에 0.39~6.29 mg/l (2.50 mg/l), 12월에 3.69~18.82 mg/l (12.70 mg/l)로 變動하고, 9월에 낮고 12월에 높다. BOD<sub>5</sub>도 COD와 같이 底層水의 값이 다소 높고, 流下過程에 따라 漸次的으로 增加하나, 6, 9, 12월을 통해서 特검까지는 아직 平均 5 mg/l 以下の 低值를 나타내 比較的 깨끗한 水質이 維持되나, 第3漢江橋부터는 漸次 惡化되어 新谷里에서는 季節에 따라서는 最高 22 mg/l 까지 上昇한다.

蒸發殘留物, 強熱殘查物, 榮養鹽類 및 鐵分의 季節別, 地點別 變動은 第7, 8 圖와 같다.

蒸發殘留物과 強熱殘查量 蒸發殘留物은 6월에 67~1,517 mg/l (199 mg/l), 9월에 63~260 mg/l (98 mg/l), 12월에 90~237 mg/l (126 mg/l)로 變動하고 6월에 높고 9월에 낮다. 蒸發殘留物은 恒

常 表層水보다 底層水에서 含量이 높고, 蘭芝島 定點까지는 流下過程에 따라 약간의 增加가 있으나 幸州부터는 季節에 따라 1,500 mg/l 를 上廻하는 急激한 增加가 일어난다.

한편 이것의 強熱殘查量은 6월에 34~1,379 mg/l (154 mg/l), 9월에 26~54 mg/l (40 mg/l), 12월에 39~128 mg/l (66 mg/l)로 變動하고, 蒸發 殘留物과 같이 6월에 높고 9월에 낮다. 역시 表

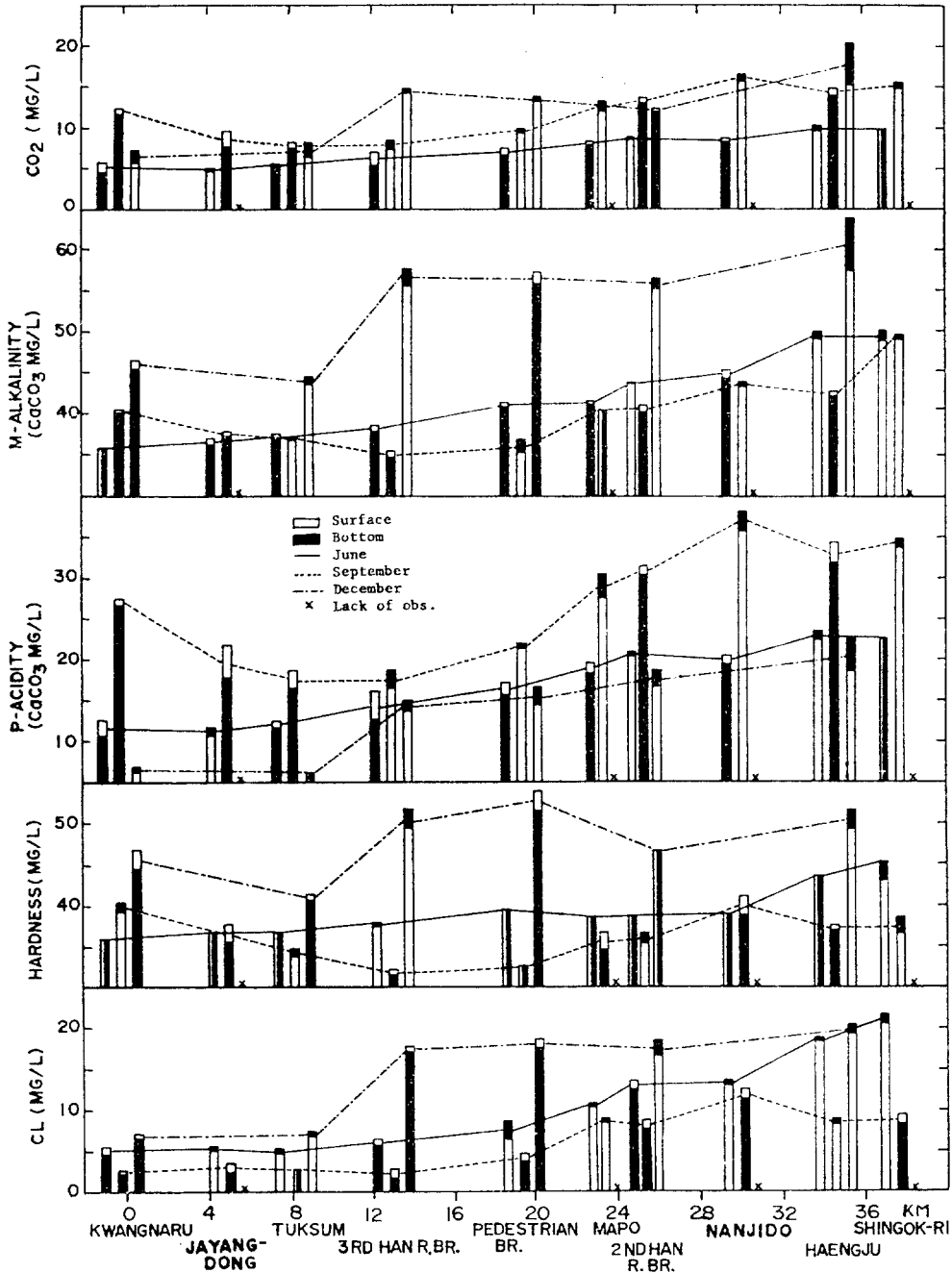


Fig. 5. Seasonal changes of CO<sub>2</sub>, alkalinity, acidity, hardness and chlorides in the downstream of Han River; plotted distance from headwater in 1971.

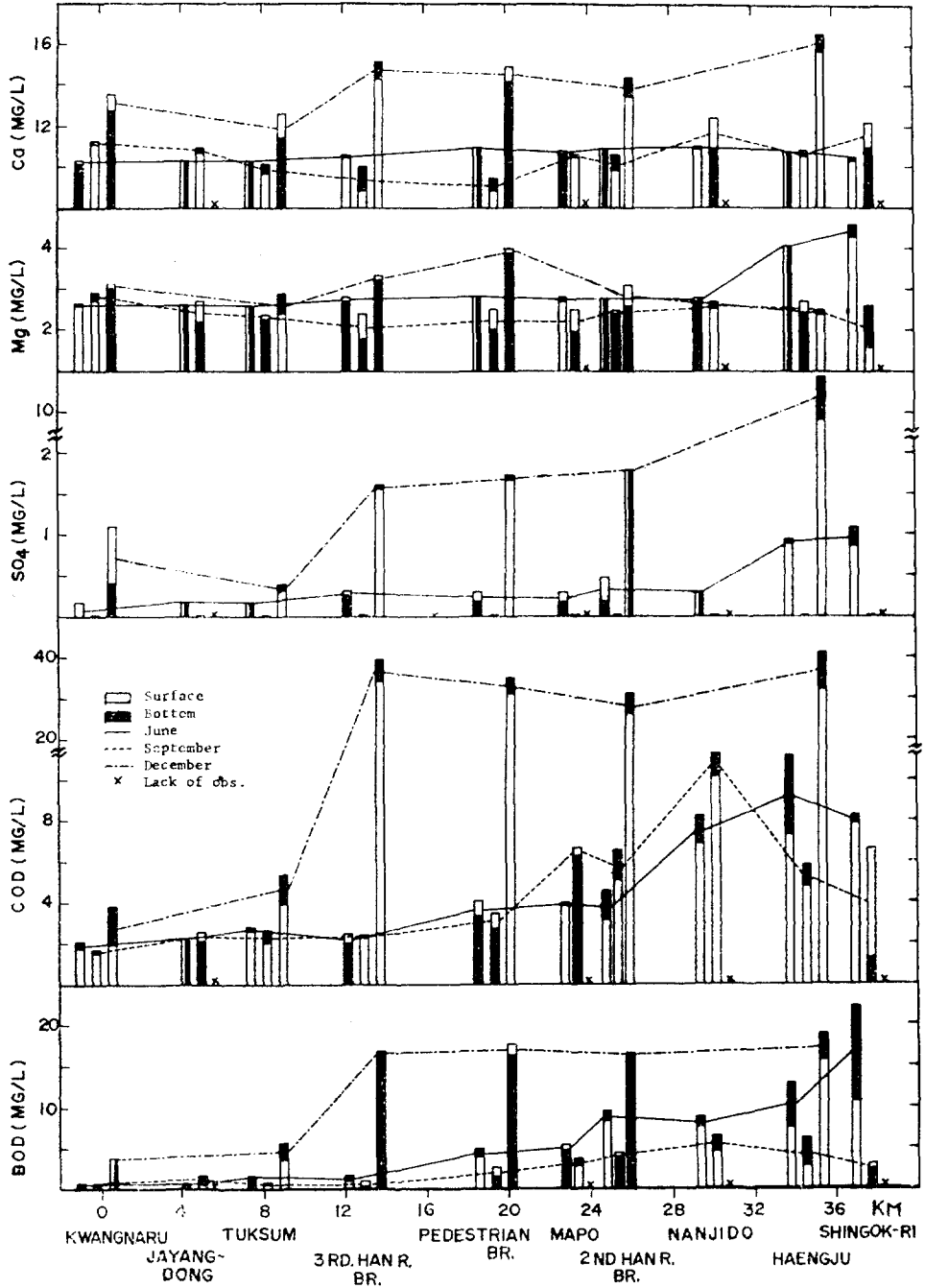


Fig. 6. Seasonal changes of Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, COD and BOD<sub>5</sub> in the downstream of Han River; plotted distance from headwater in 1971.

層水보다 底層水の 含量이 크고, 流下過程에 따라 거의 含量의 變動이 없으나 幸州下流域에서는 激增되고, 이것은 蘭芝島~幸州間에 어떤 뚜렷한 汚染源의 添加가 있는 것을 나타내고 있다. 또

強熱殘渣物의 蒸發殘留物에 對한 比率은 表層水에서 43~66% (51%), 底層水에서 37~81% (58%)이고 平均하여 55% 정도가 된다.

營養鹽類 NH<sub>4</sub>-N는 6월에 91~424 μg/l (274

μg/l), 9월에 2~387 μg/l (153 μg/l), 12월에 151 ~1,052 μg/l (697 μg/l)로 變動하고 9월에 적고

12월에 많다. 水層에 따른 含量差異는 別로 없고, 濁水期에는 濁심까지, 그리고 增水期에는 人道

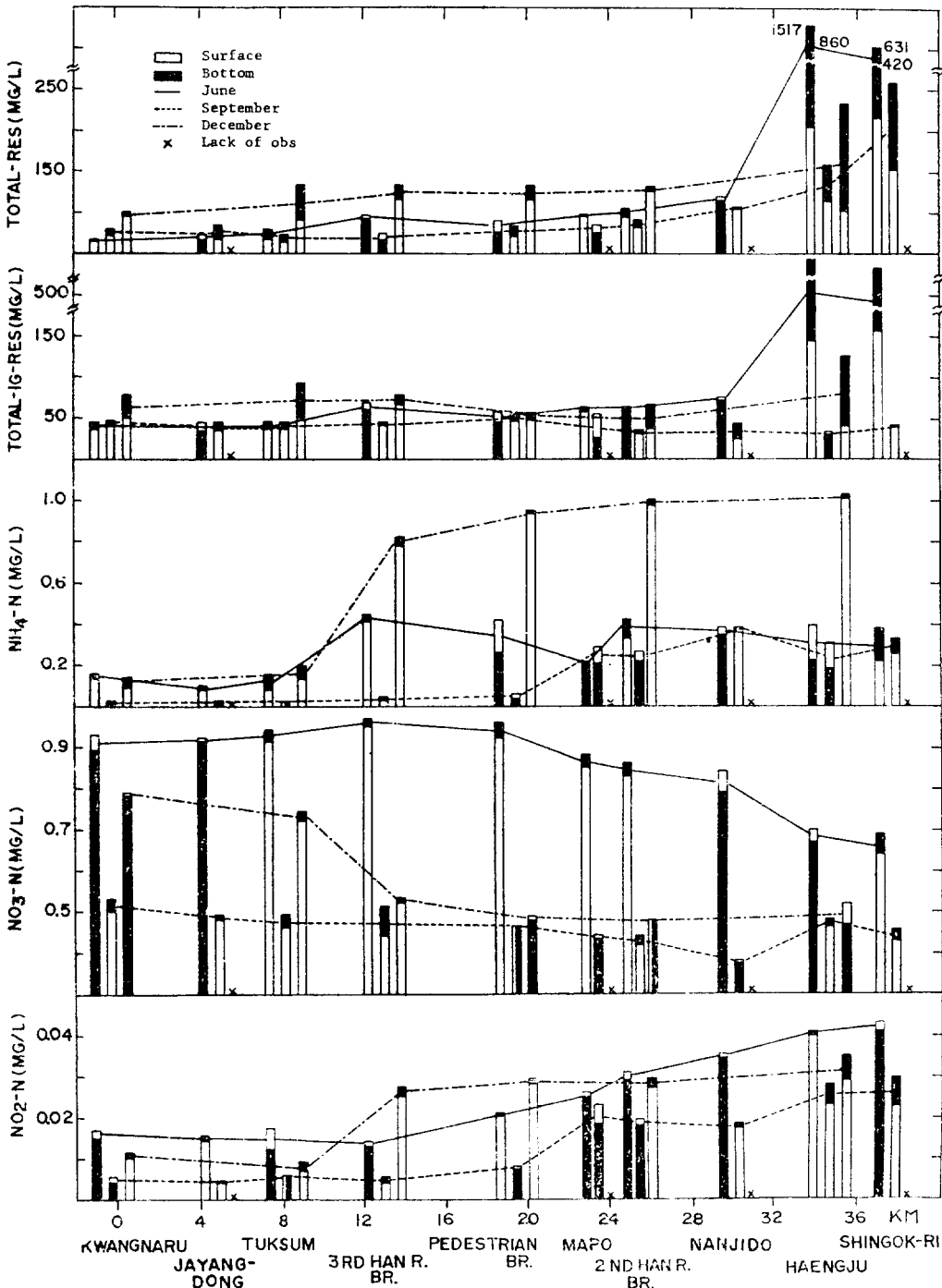


Fig. 7. Seasonal changes of total residue, total ignitious residue, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N and NO<sub>2</sub>-N in the downstream of Han River; plotted distance from headwater in 1971.

橋까지 거의 같은 값을 나타내나 그 以下의 定點에서는 流下過程에 따라 增加한다.

$\text{NO}_3\text{-N}$ 는 6월에 640~969  $\mu\text{g/l}$  (854  $\mu\text{g/l}$ ), 9월에 378~529  $\mu\text{g/l}$  (460  $\mu\text{g/l}$ ), 12월에 467~786  $\mu\text{g/l}$  (582  $\mu\text{g/l}$ )로 變動하고, 9월에 적고 6월에 많다. 窒酸鹽은 광나루~특점定點에서 季節에 따라 平均 500~900  $\mu\text{g/l}$ 의 含量이 있으나 이것은 流下過程에 따라 減少現象이 일어난다.

$\text{NO}_2\text{-N}$ 는 6월에 13~43  $\mu\text{g/l}$  (25  $\mu\text{g/l}$ ), 9월에 4~30  $\mu\text{g/l}$  (14  $\mu\text{g/l}$ ), 12월에 7~35  $\mu\text{g/l}$  (22  $\mu\text{g/l}$ )로 變動하고, 9월에 적고 6월에 많다. 水層에 따른 含量差異는 거의 없고, 特점까지는 거의 같은 값이 維持되나 그 以下의 定點에서는 流下過程에 따라 顯著한 增加가 일어난다.

$\text{PO}_4\text{-P}$ 는 6월에 6~58  $\mu\text{g/l}$  (27  $\mu\text{g/l}$ ), 9월에 21~63  $\mu\text{g/l}$  (41  $\mu\text{g/l}$ ), 12월에 5~147  $\mu\text{g/l}$  (60  $\mu\text{g/l}$ )

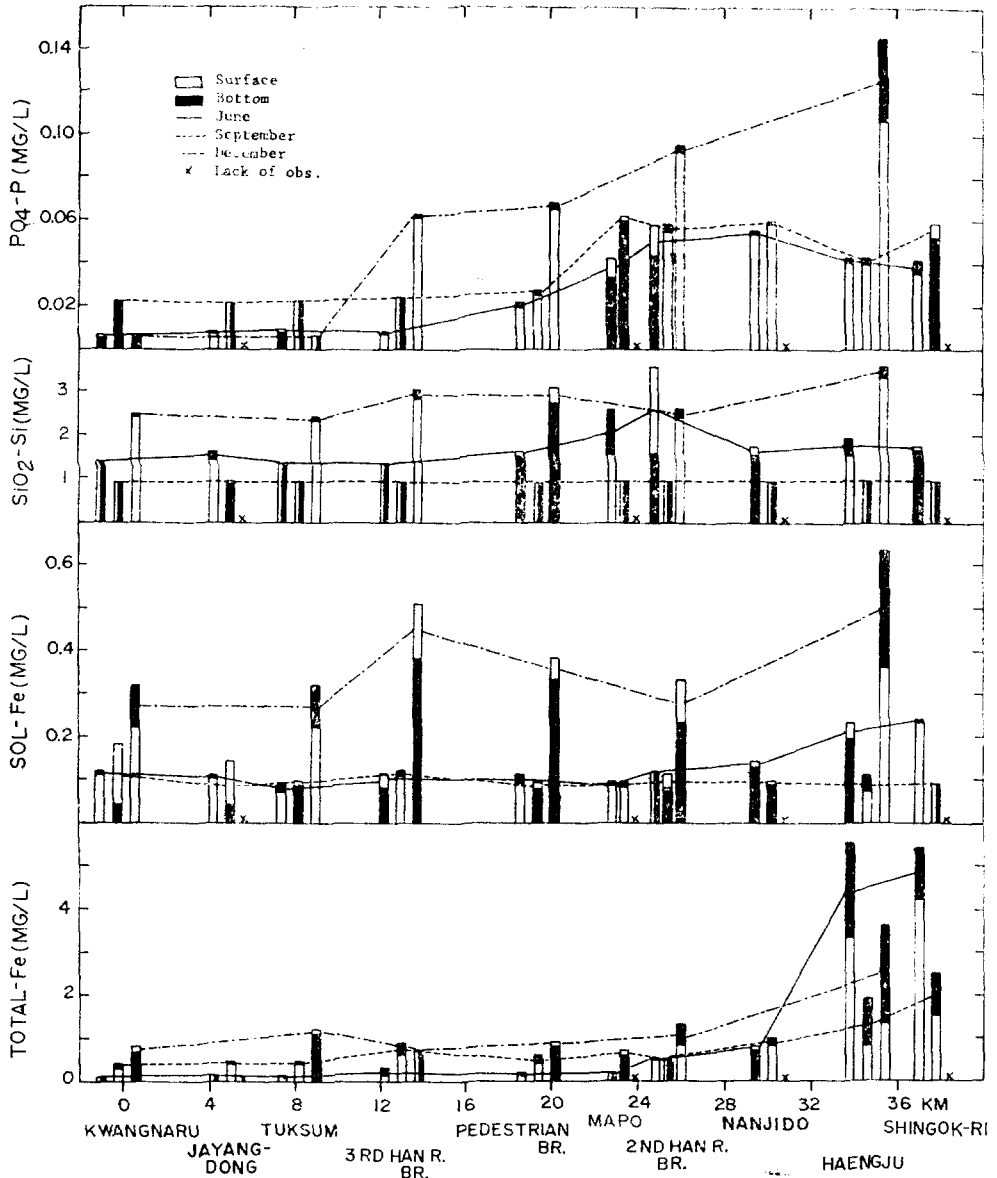


Fig. 8. Seasonal changes of  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{SiO}_2\text{-Si}$ , soluble-Fe and total-Fe in the downstream of Han River; plotted distance from headwater in 1971.

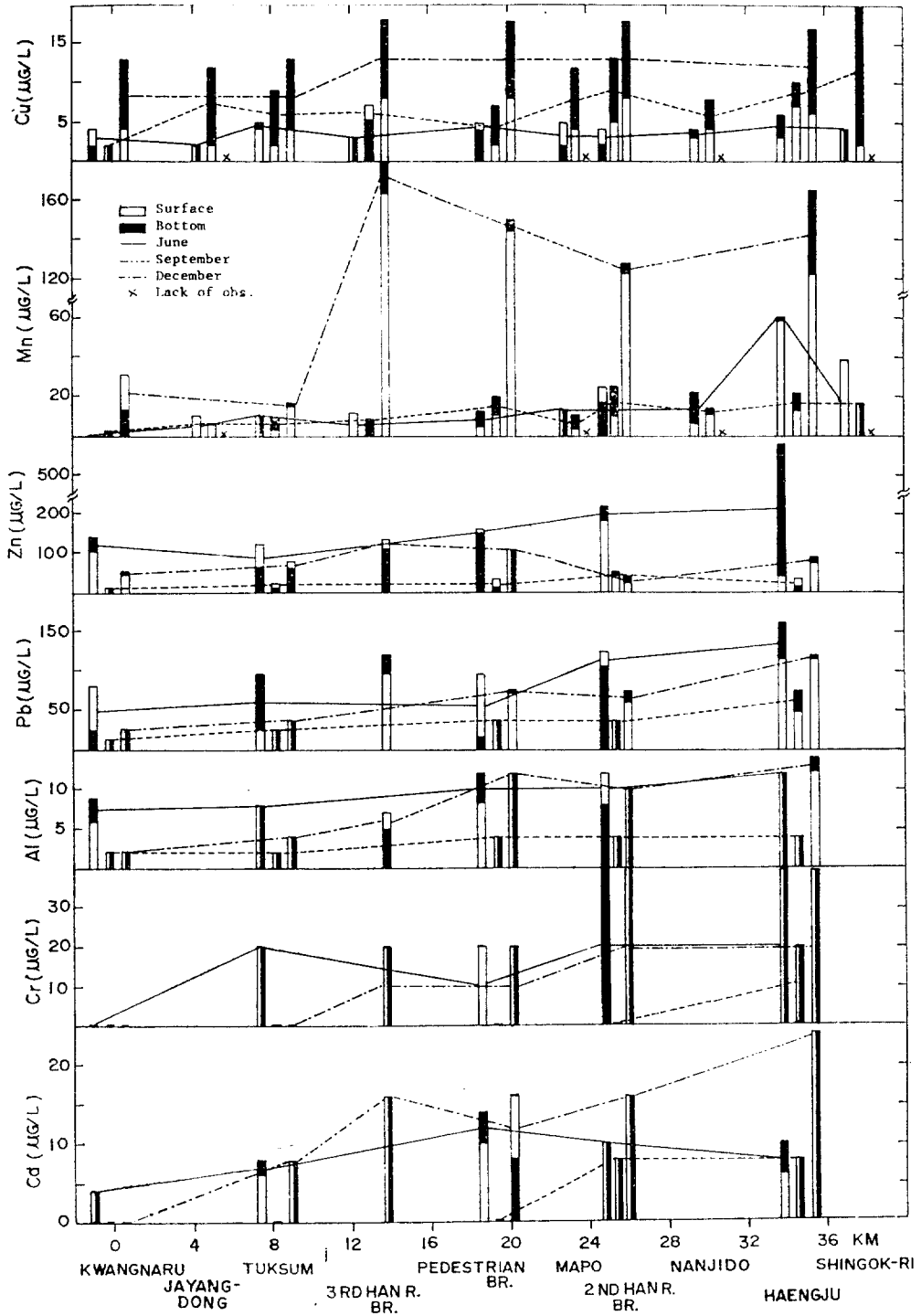


Fig. 9. Seasonal changes of Cu, Mn, Pb, Al, Cr and Cd in the downstream of Han River; plotted distance from headwater in 1971.

로 變動하고, 6월에 적고 12월에 많다. 역시 水層에 따른 變動은 거의 없고, 특정까지는 거의 같은 값이 維持되나 그 以下의 定點에서는 流下過程에 따라 顯著한 增加가 일어난다.

SiO<sub>2</sub>-Si는 6월에 1.32~3.64 mg/l (1.66 mg/l), 9월에 0.87~0.94 mg/l (0.91mg/l), 12월에 2.31~3.59 mg/l (2.77mg/l)로 變動하고, 9월에 적고 12월에 많다. 水層에 따른 含量差異는 거의 없고, 流下過程에 따라 다소의 變動은 있으나 顯著하지 않고, 특히 9월의 增水期에는 광나루에서 新谷里까지 平均 1 mg/l의 均一한 값을 나타내는 것이 注目된다.

溶解性 鐵分 6월에 74~241 μg/l (128 μg/l), 9월에 39~184 μg/l (95 μg/l), 12월에 215~633 μg/l (352 μg/l)로 變動하고, 9월에 적어 12월에 많고, 水層에 따른 含量差異는 顯著치 않다. 流下過程에 따른 變化도 增水期 (9月)에는 變化가 없

고, 濁水期에는 第3漢江橋 또는 第2漢江橋부터 增加가 일어난다.

全鐵 6월에 79~5,468 μg/l (1,137 μg/l), 9월에 341~2,482 μg/l (789 μg/l), 12월에 659~3,689 μg/l (1,162 μg/l)로 變動하고, 季節別로 심한 差異는 없으나, 幸州부터 심한 汚染이 일어나고 있고, 이것을 除外하면 6월에 적고 12월에 많다. 全鐵도 恒常 表層水보다 底層水의 含量이 크고, 流下過程에 따라 다소의 增加가 있다고 할수 있다.

Cu, Mn, Zn, Pb, Al, Cr 및 Cd 등 微量金屬類의 季節別, 地點別 變動은 第9圖와 같다.

Cu 6월에 1.6~6.5 μg/l (3.6 μg/l), 9월에 1.6~20.9 μg/l (6.8 μg/l), 12월에 3.6~17.8 μg/l (11.1 μg/l)로 變動하고, 6월에 적고 12월에 많다. 水層別 含量差異는 6월을 除外하면 底層水에서 높은 傾向이 있고, 流下過程에 따라 다소의

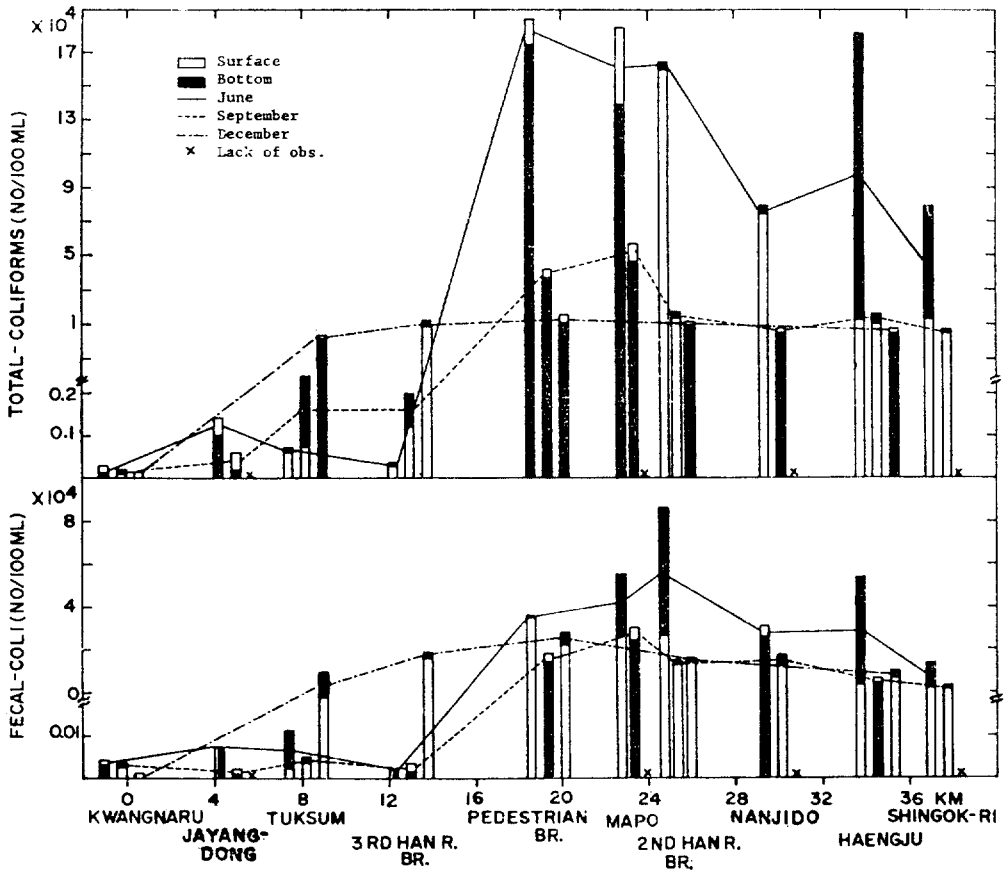


Fig. 10. Seasonal changes of total coliforms and fecal coliforms in the downstream of Han River; plotted distance from headwater in 1971.



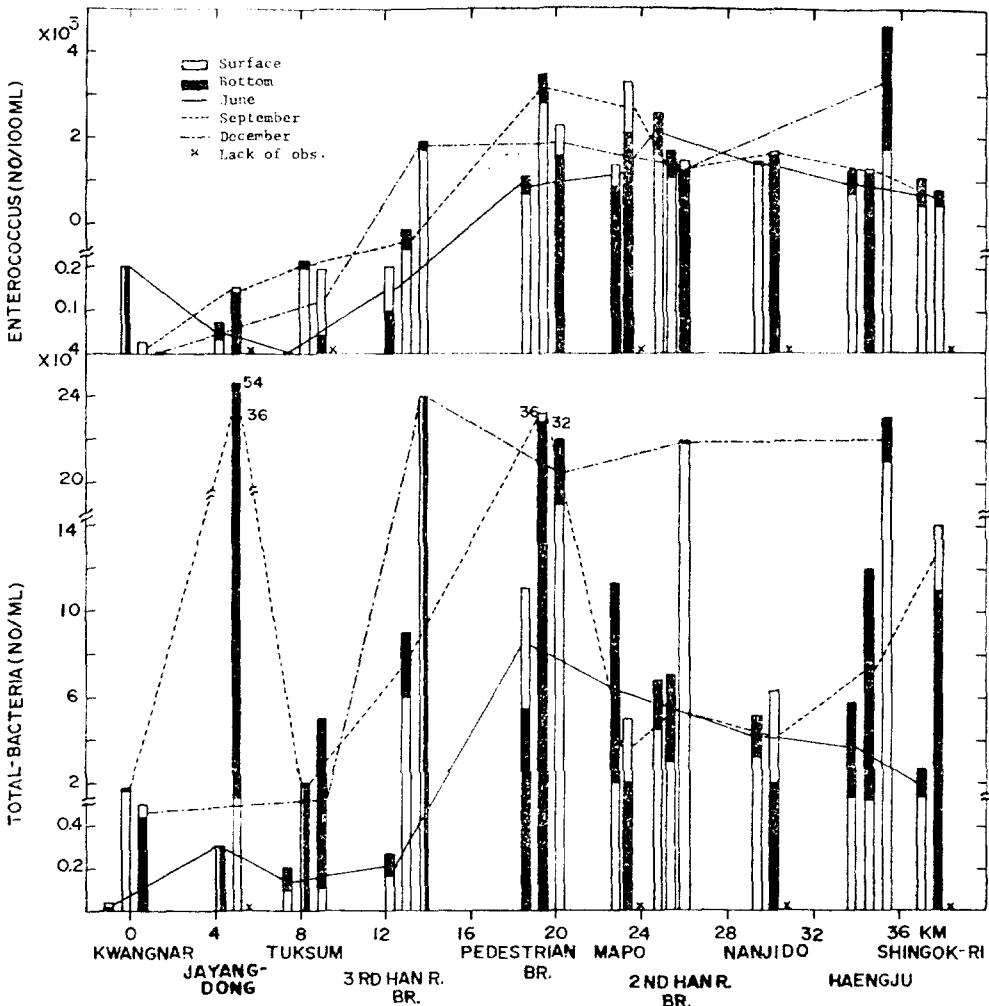


Fig. 11. Seasonal changes of enterococci and total plate counts in the downstream of Han River; plotted distance from headwater in 1971.

增加가 있으나, 6月の 경우에는 全定點을 통해서 3~5  $\mu\text{g/l}$ 의 濃度를 나타내고 있다.

**Mn** 6월에 0~60  $\mu\text{g/l}$  (15  $\mu\text{g/l}$ ), 9월에 1~24  $\mu\text{g/l}$  (11  $\mu\text{g/l}$ ), 12월에 12~182  $\mu\text{g/l}$  (104  $\mu\text{g/l}$ )로 變動하고, 9월에 적고 12월에 많다. Mn은 表層水보다 底層水에 다소 많은 傾向이 있고, 流下過程에 따라 약간의 增加가 일어나나 顯著하지 않다. 12月에는 第3漢江橋에서 含量이 激增하며, 특히 下流에서 어떤 汚染이 있는 것을 나타내고 있다.

**Zn** 6월에 0~580  $\mu\text{g/l}$  (159  $\mu\text{g/l}$ ), 9월에 14~50  $\mu\text{g/l}$ , 12월에 21~126  $\mu\text{g/l}$  (73  $\mu\text{g/l}$ )로 變動하고, 9월에 적고 6월에 많다. 6월에는 顯著하

게 底層水의 含量이 높았으나 9, 12月에는 거의 差異가 없어지고, 渴水期때는 流下過程에 따라 다소의 增加가 일어나고 있다.

**Pb** 6월에 0~160  $\mu\text{g/l}$  (77  $\mu\text{g/l}$ ), 9월에 12~72  $\mu\text{g/l}$  (34  $\mu\text{g/l}$ ), 12월에 24~120  $\mu\text{g/l}$  (71  $\mu\text{g/l}$ )로 變動하고, 9월에 적고 6월에 많다. 底層水에서 다소 含量이 높은 傾向이 있으나 顯著하지 않고, 流下過程에 따라 다소의 增量이 일어난다.

**Al** 6월에 6~12  $\mu\text{g/l}$  (9  $\mu\text{g/l}$ ), 9월에 2~4  $\mu\text{g/l}$  (3  $\mu\text{g/l}$ ), 12월에 2~14  $\mu\text{g/l}$  (9  $\mu\text{g/l}$ )로 變動하고, 9월에 적고 6월에 많다. 水層에 따른 含量差異는 거의 없고, 流下過程에 따라 다소의

増量이 일어난다.

**Cd** 6월에 4~14  $\mu\text{g/l}$  ( $8\mu\text{g/l}$ ), 9월에 0~8  $\mu\text{g/l}$  ( $3\mu\text{g/l}$ ), 12월에 0~24  $\mu\text{g/l}$  ( $15\mu\text{g/l}$ )로 變動하고, 9월에 적고 12월에 많다. 水層別 含量差異는 거의 없고, 流下過程에 따라 顯著한 増量이 일어나고 있다.

**Cr** 6월에 0~40  $\mu\text{g/l}$  ( $18\mu\text{g/l}$ ), 9월에 0~20  $\mu\text{g/l}$  ( $4\mu\text{g/l}$ ), 12월에 0~40  $\mu\text{g/l}$  ( $30\mu\text{g/l}$ )로 變動하고, 9월에 적고 12월에 많다. 水層別 含量差異는 거의 없고, 流下過程에 따라 약간의 増量이 일어난다.

**其他의 毒性物質** 12월을 除外한 6월과 9월에는 페놀, CN 및 硫化水素를 測定하였으나 分析方法에서 提示한 方法에 의해서는 全然 檢出되지 않았다.

**大腸菌群, 糞便性 大腸菌, 腸球菌 및 一般細菌類**의 季節的, 地點的 變動은 第10~11圖와 같다.

**大腸菌群** 6월에 100~190,000개/100ml (73,630개/100ml), 9월에 100~58,330개/100ml (14,785개/100ml), 12월에 10~48,000개/100ml (18,580개/100ml)로 變動하고, 9월에 적었고 6월에 많았다. 水層別로는 表層水보다 底層水에서 보다 많은 量이 나타나고, 流下過程에 따른 增加가 顯著하다. 즉 大腸菌群에 있어서는 光나루까지의 比較的 깨끗한 물은 紫陽洞부터 汚染이 시작되어 人道橋에서 第2漢江橋사이에서 最惡의 狀態를 나타내 그 以下의 地點에서는 오히려 減少되는 現象을 나타내고 있다.

**糞便性 大腸菌** 6월에 20~100,000개/100ml (22,469개/100ml), 9월에 100~30,030개/100ml (7,697개/ml), 12월에 0~18,700개/100ml (8,980개/100ml)로 變動하고, 9월에 적었고 6월에 많았다. 역시 底層水의 含量이 많고, 流下過程에 따라 增加가 일어나 季節에 따라서는 毒섬서도 相當한 汚染이 일어나, 人道橋~第2漢江橋 區間에서 最惡의 狀態를 나타내 그 以下의 定點에서는 오히려 다소의 減少現象이 일어나고 있다.

**腸球菌** 6월에 0~2,570개/100ml (746개/100ml), 9월에 142~3,503개/100ml (1,156개/100ml), 12월에 0~4,650개/100ml (1,531개/100ml)로 變動하고, 6월에 적었고 12월에 많았다. 역

시 底層水의 含量이 많고, 流下過程에 따라 增加되고, 人道橋~第2漢江橋 區間에서 가장 많은 數量이 나타난다.

**一般細菌** 6월에 133~117,000개/ml (31,235개/ml), 9월에 15,000~360,000개/ml (104,900개/ml), 12월에 1,050~238,235개/ml (149,172개/ml)로 變動하고, 6월에 적었고 12월에 많았다. 大體的으로 底層水의 含量이 크고, 季節에 따라서는 紫陽洞부터 심한 一般細菌의 汚染이 일어나 人道橋定點에서 最高의 汚染이 이루어져, 이것이 다소의 増減을 거듭하면서 下流域에 이른다.

### 考 察

서울特別市를 中心으로 한 漢江下流域水가 받는 각종 汚染源, 汚染因子 및 그 負荷量은 해마다 늘어가는 狀態에 있다. 河川이 받아드리는 汚染은 汚染量과 河川의 流量, 그리고 河川水의 流下狀態에 따라 相異하게 되나, 漢江의 汚染負荷量에 관해서는 아직 基本資料조차 提示되지 않고 있는것이 實情이다. 그러나 漢江의 上, 中流쪽의 汚染은 比較的 적고, 衣岩댐에서 光나루까지는 극히 健全하고 優秀한 河川水가 流下되나 (Choe and Kwak, 1971; Choe and Kim, 1971), 光나루下流부터는 600萬의 人口를 지나는 서울特別市의 都市廢水 및 각종 工場廢水에 의해 많은 汚染이 일어나, 下流水域의 水資源의 多角的 利用에 큰 障害을 招來하고 있다.

一般水質은 光나루의 上水道 取水塔 下流部부터 汚染이 시작되어 流下過程에 따라 汚染이 增加되고, 細菌類는 人道橋~第2漢江橋 區間에서 最惡의 汚染狀態를 이루어 漸次減少되어 京畿灣에 注入하게 되나, 1971년의 6월, 9월 및 12월에 測定한 각종 水質을 平均하여 光나루에서 幸州~新谷里에 이르러는 사이에 받는 水質汚染狀況은 第2表와 같다.

이것에 의하면 水溫에 있어서는 唐人里의 火力發電所의 溫排水의 影響이 第2漢江橋부터 나타나 最高 2.5°C (6월), 平均 1.2°C의 水溫上昇을 일으키고 있고, 透明度는 약 1/3로 低下되고, pH는 0.33이 低落되는 酸性化現象이 일어난다. 또 光나루에서 약 97%의 酸素飽和도는 幸州, 新

Table 2. Comparison of average roads\*<sub>1</sub> of water parameters at Kwangnaruru (St. 1) and Haengju (St. 9) ~Shingok-ri (St. 10) in 1971.

Parameter	Unit	Kwangnaruru (St. 1)	Haengju~Shingok-ri (St. 9-10)	Parameter	Unit	Kwangnaruru (St. 1)	Haengju~Shingok-ri (St. 9-10)
Transparency	m	2.0	0.7	Total Sol.-N	μg/l	841	1,032
pH		7.70	7.37	PO <sub>4</sub> -P	μg/l	11.2	54.5
O <sub>2</sub> Sat.	%	96.6	46.7	SiO <sub>2</sub> -Si	mg/l	1.58	1.73
CO <sub>2</sub>	mg/l	7.8	13.5	Total-Fe	μg/l	409	3,006
M-alk.	mg/l	40.7	49.0	Sol.-Fe	μg/l	163	225
P-Acid.	mg/l	14.9	25.7	Part.-Fe	μg/l	246	2,781
Hardness	mg/l	40.5	42.6	Cu	μg/l	4.4	8.1
Ca	mg/l	11.6	11.9	Mn	μg/l	8.1	51.2
Mg	mg/l	2.8	3.1	Zn	μg/l	60	139
Cl	mg/l	4.7	15.4	Pb	μg/l	25	105
SO <sub>4</sub>	mg/l	0.28	2.53	Al	μg/l	3.7	9.7
COD	mg/l	2.2	12.7	Cr	μg/l	0	33
BOD <sub>5</sub>	mg/l	1.7	14.1	Cd	μg/l	1.3	13.3
Total-Res.	mg/l	80	360	Total Coli.	no/100ml	136	89,113* <sub>2</sub>
Total Ig.-Res.	mg/l	49	254	Fecal Coli.	"	93	33,938* <sub>2</sub>
NH <sub>4</sub> -N	μg/l	93.3	444.2	Enterococci	"	72	2,013* <sub>2</sub>
NO <sub>2</sub> -N	μg/l	10.4	33.4	Total Plate Counts	no/ml	7,431	203,217* <sub>2</sub>
NO <sub>3</sub> -N	μg/l	737.5	554.0				

\*<sub>1</sub> Average loads of water parameter were used the data for June, September and December.

\*<sub>2</sub> Figures show at the Pedestrian Bridge (St. 5).

谷里에서는 半以下로 低落된다.

그러나 많은 水質要素중 硬度, Ca, Mg는 거의 變動이 없고, 알카리度, SiO<sub>2</sub>-Si, 可溶性 鐵分 등은 약간의 增加가 일어날 뿐이다. 나머지 大部分의 水質要素는 流下過程에 따라 汚染을 받아 大幅의 增加하나 2~3倍로 增加되는 것으로는 CO<sub>2</sub>, 酸度, 鹽分, NO<sub>2</sub>-N, Cu, Zn, Al 등이 있고, 4~6倍로 增加하는 것은 蒸發殘留物, 強熱殘留物, COD, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, Mn, Pb 등이 있으며, BOD<sub>5</sub>와 全鐵分은 6~7倍, SO<sub>4</sub>, 粒子性 鐵分, Cd 등은 두려 10~11倍로 增加하여, Cr는 광나루에서는 檢出되지 않던것이 下流域에서는 약 33 μg/l 정도가 檢出된다.

한편 NO<sub>3</sub>-N는 下流域에서는 上流域의 含量의 75% 정도로 減少되나 아마 이것은 河川의 自淨作用보다 脫窒細菌類에 의한 脫窒素現象이 일어난 結果라고 推定하는것이 옳을것 같다.

또 細菌類는 大腸菌群은 650倍, 糞便性 大腸菌은 365倍로 增加하고, 腸球菌과 一般細菌은 약 30倍로 늘어난다.

6月, 9月, 12月의 水質중 9月의 水質이 가장 좋은 것은 7~8月의 洪水와 増水에 따른 청소와 稀釋影響이라고 推定되고, 増水期の 稀釋率은 이 資料만으로는 斷定하기가 어렵다.

漢江下流水域의 水資源은 社會, 經濟面으로 매우 貴重한 天然資源이다. 그러면 이것을 각종 水面에서 檢討하여보면 다음과 같다.

첫째로 農業用水面에서 美國의 National Technical Advisory Committee (1968)에 의한 農業用水 水質規準과 對比하면 다른 水質은 편찮으나 Cd와 大腸菌群 및 糞便性 大腸菌에서 抵觸된다. 上記 規準에 의하면 Cd는 0.005 mg/l, 大腸菌群은 月平均 5,000개/100ml, 單回調査에서 20,000개/100 ml, 糞便性 大腸菌은 月平均 1,000개/100 ml, 單回調査에서 4,000개/100ml를 넘어서는 안되게 되어 있으나, 이 基準値를 그대로 適用한다면 Cd는 毒섬부터, 大腸菌群과 糞便性 大腸菌은 人道橋부터 下流의 漢江水는 農業用水로서 適合치못한 決論이 내려지게 된다.

둘째 水産用水面에서는 ORSANCO (1955)에서

基準이 내려진 暖水域의 溶存酸素量 3mg/l 以上の 基準値는 6月에는 第2漢江橋부터 3.0 mg/l 以下로 低落되어 특히 幸州, 新谷里에서는 6월에 1.05~1.45 mg/l (飽和度로는 17~23%)까지 低落하여, 魚類繁殖 또는 遡河魚類의 遡上을 妨害하는 뚜렷한 結果를 나타내고 있다. 이외에 Cu (Rudolfs, *et al.*, 1950; Pickering and Henderson, 1934), Zn(Rudolfs, *et al.*, 1950), Pb (Jones, 1933; Anon, 1930), Cd (McKee and Wolf, 1933)

등의 含量은 充分히 魚類와 其他의 水棲生物에 毒性的인 作用을 할 수 있는 濃度를 자아내고 있다.

셋째로 工業用水面에서는 이것을 前述한 美國의 National Technical Advisory Committee (1933)의 規準과 比較해보면 尙장 規準이 누그러둔 冷却用水로서의 使用도 알카리度 (20 mg/l로 規定되고 있음)는 광나루부터, 溶解性鐵分(0.5 mg/l로 規定되고 있음)은 12月の 광나루의 水質

Table 3. Drinking water standards and the Han River water quality.

Parameter	Unit	WHO* <sub>1</sub>			USPHS Drinking Water Standards* <sub>2</sub>		Station of Over Standards in the Han River
		Raw	Acceptable	Allowable	Recommended	Reject	
Color	units	300	5	50	15	—	3rd Han River Bridge (St. 4)
Oder	TON	* <sub>3</sub>	* <sub>3</sub>	* <sub>3</sub>	3	—	
Turbidity	units	—	5	25	5	—	
Ammonia	mg/l	0.5	—	—	—	—	
Calcium	mg/l	—	75	200	—	—	
Chloride	mg/l	—	200	400	250	—	
Copper	mg/l	1.5	1	1.5	1	—	
Iron	mg/l	50	0.3	1	0.3	—	
Magnesium	mg/l	—	50	150	—	—	
Manganese	mg/l	—	0.1	0.5	0.05	—	
Silver	mg/l	—	—	—	—	0.05	
Sulfate	mg/l	—	200	400	250	—	
TDS* <sub>4</sub>	mg/l	1,500	500	1,500	500	—	
Zinc	mg/l	15	5	15	5	—	
Arsenic	mg/l	0.05	—	0.05	0.01	0.05	3rd Han River Bridge (St. 4)
Barium	mg/l	—	—	1.0	—	1.0	
Cadmium	mg/l	0.01	—	0.01	—	0.01	
Chromium (+6)	mg/l	0.05	—	0.05	—	0.05	
Cyanide	mg/l	0.02	—	0.02	0.01	0.02	
Fluoride	mg/l	1.5	—	1.5	1.3	2.6	
Lead	mg/l	0.05	—	0.05	—	0.05	Kwangnaru (St. 1)
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	10	—	—	10	—	
Phenols	mg/l	0.002	0.001	0.002	0.001	—	
Selenium	mg/l	0.01	—	0.01	—	0.01	
CCE* <sub>5</sub>	mg/l	0.5	0.2	0.5	0.2	—	
Oil and Grease	mg/l	1	—	—	—	—	
COD	mg/l	10	—	—	—	—	
BOD <sub>6</sub>	mg/l	6	—	—	—	—	3rd Han River Bridge (St. 4)
Coliforms	no/100ml	50,000	1	—	—	1	

\*<sub>1</sub> Cited from Cox (1964)

\*<sub>2</sub> Cited from USPHS (1962)

\*<sub>3</sub> Unobjectionable

\*<sub>4</sub> Total dissolved solids

\*<sub>5</sub> Carbon chloroform extract

이境界線上에 있는 것을 알수 있다. 冷却用水보다 다소 規準이 嚴格한 低壓 보일러用水로서는 COD (5.0 mg/l로 規定되고 있음)가 第3漢江橋부터, 암모니아 (0.1 mg/l로 規定되고 있음)가 광나루부터, 硬度(20.0 mg/l로 規定되고 있음)가 광나루부터 規準值에 抵觸된다. 그리고 한층 더 嚴格한 基準을 要求하는 發電用 보일러用水는 COD, 浮遊物, 蒸發殘留物, 硬度, Al, Cu 등에 抵觸되어 몇段階의 處理를 하여야만 使用할 수 있겠다.

끝으로 家庭用水, 즉 飲料水源으로서의 適否를 WHO (Cox, 1964)와 美國의 飲料水基準 (USPHS, 1962)과 對比하면 第3表와 같다. 이것에 의하면 漢江下流水源은 암모니아, COD, BOD<sub>5</sub>, Cd 에 있어서는 第3漢江橋부터, 大腸菌群으로서는 人道橋부터, Pb는 嚴格히 따지면 광나루부터 上水道의 水源으로서 適當치 못하다는 判定이 내려지게 된다.

#### 附 記

끝으로 本研究調査에 많은 協助를 하여준 鄭兌和, 郭熙相, 金健治, 文亨植 諸氏에 깊은 謝意를 表한다.

#### 參 考 文 獻

- American Public Health Association. 1965. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 12th ed.
- Anon. 1960. Report of the water pollution research board, with the report of the director of the water pollution research laboratory for the year 1959. Dept. of Sci. Ind. Res., H. M. Stationery Office, London.
- Aquatic Life Advisory Committee of ORSANCO. 1955. Aquatic life water quality criteria—First progress report. Sewage ind. Wastes J., 27, 321-331.
- 車喆煥. 1970. 公害調査報告書, 第2部 水質汚染에 관한 調査研究. 127-226.
- 崔 相. 1968. 漢江의 水質과 水質規準에 관한 考察. 韓國海洋學會誌, 3, 47-54.
- 崔 相·鄭兌和·郭熙相. 1968. 漢江下流水域의 基礎生産과 植物플랑크톤 色素量의 年變化. 韓國海洋學會誌, 3, 16-25.
- 崔 相·鄭兌和·郭熙相. 1968. 漢江의 營養鹽類 및 主要이온類의 年變化와 그 水質의 考察, 韓國海洋學會誌, 3, 26-38.
- 崔 相·金健治. 1970. 表岩岬 下流水域의 糞便性 汚染細菌類의 分布. 韓國海洋學會誌, 5, 59-64.
- 崔 相·郭熙相. 1970. 表岩岬 下流水域의 鐵分量과 그 分布. 韓國海洋學會誌, 5, 52-58.
- Choe, S., and G. C. Kim. 1971. Bacteriological water quality of Lake Eui-am. J. oceanol. Soc. Korea, 6, 78-84.
- Choe, S., and H. S. Kwak. 1971. Chemical water quality of Lake Eui-am. J. oceanol. Soc. Korea, 6, 63-77.
- Cox, C. R. 1964. Operation and control of water treatment processes. World Health Org., Geneva, Switz.
- Geldreigh, E. E., H. F. Clark, C. B. Huff, and L. C. Best. 1965. Fecal-coliform-organism medium for the mbrane filter technique. J. amer. Water Works Ass., 57, 208-214.
- Goto, K., T. Komatsu, and T. Furukawa. 1962. Rapid colorimetric determination of manganese in water containing iron. A modification of the formaldoxim method. Anal. Chim. Acta, 27, 331-334.
- 半谷高久. 1960. 水質調査法. 丸善, 東京.
- 洪思煥. 1969. 南漢江과 北漢江의 陸水學的인 比較研究. 韓國陸水學會誌, 2(3-4), 51-67.
- 洪思煥·林中基. 1971. 漢江水系의 水質變動과 그 汚染度解析에 관한 研究. 韓國陸水學會誌, 4(3-4), 7-15.
- Jones, J. R. E. 1938. The relative toxicity of salts of lead, zinc, and copper to the stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.) and the effect of calcium on the toxicity of lead and zinc salts. J. exp. Biol., 15, 394.
- 權肅杓·沈吉淳·李栽熙·安成勳. 1968. 서울시 漢江 周邊 河川汚染에 관한 衛生學的 調査研究 (第一報). 最新醫學, 11, 155-164.
- McKee, J. E., and H. W. Wolf. 1963. Water quality criteria. Resources Agency of Calif., State Water Quality Control Board, Pub. No. 3-A, Sacramento.
- National Technical Advisory Committee. 1968. Water quality criteria. FWPCA, Washington, D. C.
- 日本分析化學會·北海道支部. 1967. 水の分析. 化學同人, 京都.
- Pickering, Q. H., and C. Henderson. 1964. The acute toxicity of some heavy metals to different species of warm water fishes. Proc. 19th Ind. Waste Conf.,

- Purdue Univ.
- Rudolf, W., G. E. Barnes, G. P. Edwards, H. Heukelien, E. Hurwitz, C. E. Renn, S. Steinberg, and W. F. Vaughan. 1950. Review of literature on toxic materials affecting sewage treatment processes, stream, and BOD determinations. *Sewage ind. Wastes*, J., **22**, 1157.
- Strickland, J. D. H., and T.R. Parsons. 1960. A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, No. 125.
- Strickland, J. D. H., and T. R. Parsons. 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, No. 167.
- U. S. Public Health Service. 1962. Drinking water standards. U. S. Public Health Service, Publ. No. 956, U. S. Govt. Printing Office, Washington, D. C.
- Utsumi, S. 1952. New colorimetric determinations by use of thiocyanates. I-II. New colorimetric determination of chloride using mercuric thiocyanate and ferric alum. *J. chem. Soc. Japan*, **73**, 835-841.