

漢江의 水質과 水質規準에 關한 考察

崔 相

韓國科學技術研究所

STUDIES ON THE WATER QUALITY OF THE HAN RIVER WATER, AND WATER QUALITY STANDARDS

Sang Choe

Korea Institute of Science and Technology

ABSTRACT

Monthly mean values for EDTA hardness in the Han River water were determined for March 1966 through May 1967. The hardness was retained a range of 22-59 mg/L, the maximum value of 59 mg/L was approached in the months of mid-winter, indicating a seasonal variation. The annual ranges of Ca and Mg were 3.7-9.1 mg/L, 1.5-10.4 mg/L, respectively. The annual range of Mg : Ca ratio was 0.18-2.60. And the hardness correlated closely with Mg volume.

In Korea, fortunately, most river waters are not yet suffering from damaging pollution. We must try to establish our water quality criteria based on scientific data, and make research recommendations for the following water uses: public water supplies, aquatic life and wildlife, industry, recreation and aesthetics.

물은 多樣한 用途를 지닌 貴重한 天然資源이다. 물이 지니고 있는 各種 에너지의 利用을 除外하더라도 飲料水, 家庭用水, 各種 産業과 化工業의 産業用水로서, 우리의 自然環境과 리크리에이션 場所로서, 또는 水界의 各種 生物資源을 涵養하는 環境要素로서 그 利用價値는 簡單하게 評價할 수 없을 만큼 커다란 內容을 지니고 있다.

이러한 見地에 비추어 누구를 막론하고, 自然水의 水質을 汚濁할 權限은 없는 것이며, 自然水는 元來의 水質狀態를 되도록 保全하면서 그것이 지니는 多角的인 利用에 支障이 없도록 하여야 한다.

産業과 化工業이 發達되고, 우리의 社會生活이 發達할 수록 모든 地表水와 沿岸水域은 漸次的으로 汚染되어가기 마련이며, 이러한 趨勢에 對한 努力이 소홀할 때는 우리는 머지않은 將來에 莫大의 報償을 받쳐야만 한다. 多幸하게도

우리나라의 地表水는 그 大部分이 아직 汚染以前의 狀態에 있다고 할 수 있다.

天然水에의 汚染要素의 流入과 그 擴散은 물의 効果的 利用에 明白히 相反하는 結果를 갖어 오는 것이며, 現在의 技術的 段階로서도 물의 汚染要素의 除去作業은 容易치 않고, 또 汚染要素의 一部分의 除去作業이 可能하다 하여도 이것에는 많은 經費가 所要된다.

한편 우리의 環境을 깨끗이 하고, 正常的인 健康을 維持하는데도 良質의 地表水가 確保되어야 하는 것이지만, 産業과 化工業에서도 그 段階와 過程이 發達할 수록 製品管理에서는 嚴格한 用水의 水質規準이 要求되는 것이며, 水中의 各種 生物資源을 涵養하는 漁業 및 水產用水로서도 自然的인 限界를 넘는 어떠한 物質의 放出도 水中生物의 生活을 威脅하고 破壞하는 結果를 招來하게 되는 것이며, 그 影響은 이것을 利用하는 우리들의 健康과 生活에 까지도 미치게 된다.

이러한 意味에서 各種의 用水는 그 利用過程에서 生成된 모든 不純物, 毒成分等を 除去하여 廢棄하여야 될 것이며, 이것을 規制하는 水質保護策이 하루 速히 講究되어야 할 것이다. 現在 우리나라에는 水質保護對策이 없고, 水道法에 의한 簡單한 水質規制(保健社會部令 第106號, 1963年 3月 13日 公布)가 마련되어 있을 뿐이다.

筆者는 우리나라 地表水의 水質狀況을 포착하고 이것들의 多面的인 利用을 위한 基礎調査의 一環으로서 漢江下流 水域의 基礎生産 및 植物플랑크톤의 色素量의 年變化(崔·鄭·郭, 1968a)와 同水域의 榮養鹽類 및 主要이온類의 年變化(崔·鄭·郭, 1968 b)에 關한 調査를 實施하여, 광나루까지의 漢江水는 아직 極히 健全하고 또 水質的으로도 世界各國의 主要河川의 그것에 比해 越等할 정도로 良質이라는 結果를 밝혔으나, 여기에 漢江下流水域의 硬度에 關한 調査結果를 報告하는 同時에 漢江水의 飲料水源으로서의 價値를 한번 더 評價하여, 水質保護를 위한 各種 水質要素의 規準量에 關해서 論議한다.

材料 및 調査方法

水質의 硬度는 EDTA 硬度로 나타냈다. 試水의 採水場所는 前報(崔·鄭·郭, 1968a)의 定點이며, 千戶橋 上流쪽 約 100m의 漢江中央部

의 最深部이며, 광나루의 서울特別市 上水道源의 下流쪽이 된다. 1966年 3月 25日부터 1967年 5月 8日까지의 1年餘에 걸쳐 約 3週間隔으로(洪水期 때의 濁水가 심할 때는 되도록 避했음) 모두 18回의 調査를 實施하였다.

Van Dorn型 採水器에 의해서 上層水와 下層水를 採水하여, 3時間 以內에 實驗室로 運搬되어 곧 Millipore Filter (HA型, 孔徑 0.45 μ)로 濾過하여 分析하였으며, 當日 分析하지 못할 경우에는 -15°C에서 冷凍하여 2日 以內에 分析을 마쳤다.

EDTA 硬度의 分析法은 EDTA 滴定法에 의하여 Ca+Mg의 全量을 滴定하므로써 얻었으며, 同時에 이루어진 水温, pH, 溶存가스類, 榮養鹽類, BOD, COD 및 主要이온類의 分析結果를 前報에서 引用 使用하였다.

結 果

1. 硬度의 年變化

漢江 下流水의 EDTA 硬度의 年間變動은 第1圖와 같다. 硬度는 年間을 通해서 21.7~58.8 mg/L (平均 35.8 mg/L)로 變動하고, 上層水에서 23.2~55.2 mg/L (34.9 mg/L), 下層水에서 21.7~58.6 mg/L (36.6 mg/L)로서 下層水의 硬度가 약간 높은 結果를 보여주고 있으며, 季節的으로

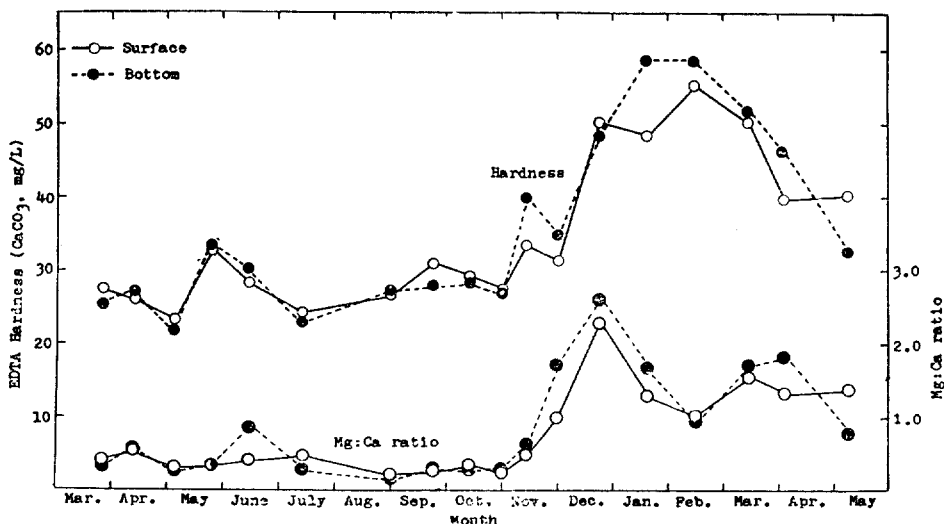


Fig 1. Seasonal cycles of EDTA hardness and Mg : Ca ratio of the Han River water from 1966 to 1967.

는 3月에서 10月까지는 21.7~33.4 mg/L로서 거의 變動이 없으나 11月부터 急增되어 1, 2月에는 특히 下層水에서 年間의 最高值인 約 60 mg/L에 達하여 以後 減少되는 年變化를 이루고 있다. 그러나 1967年 3, 4月에는 前年度의 同時節에 比較하여 3月에는 約 25 mg/L, 4月에는 約 16 mg/L, 5月에는 約 6 mg/L가 各各 높은 硬度

를 나타냈으나 이것이 單純한 年間變動의 差異인지 아닌지는 次後의 資料에 의하여 決定되겠다.

한편 Ca量은 第1表에서 알 수 있는 바와 같이 年間을 통해서 3.7~9.1 mg/L의 範圍로 變動하고, 上層水에서 4.2~8.7 mg/L (6.6 mg/L), 下層水에서 3.7~9.1 mg/L (6.5 mg/L)로서 上, 下

Table 1. The Han River water qualities, and comparison with U.S. and Europe WHO water criteria.

Parameter	Han River Water			Criterion Value	
	Maximum	Minimum	Mean	U.S.A.	Europe (WHO)
W.T.(°C)	27.0	0.2	13.2	Natural temp. +2°C	—
pH	7.5	6.5	6.94	6.5—8.5	7.0—8.5
O ₂ Saturation (%)	105.0	89.6	97.9	85	—
CO ₂ (mg/L)	26.8	6.7	16.4	—	—
Hardness (as CaCO ₃ mg/L)	21.7	58.6	35.8	200	100—500
Ca (mg/L)	9.11	3.66	6.59	50	—
Mg (mg/L)	10.35	1.54	4.38	20	—
Cl (mg/L)	13.07	5.02	8.97	50	350
BOD (mg/L)	3.06	0.01	1.47	20	—
COD (KMnO ₄ mg/L)	6.82	0.88	2.53	—	—
NH ₄ -N (μg-at/L)*	7.65	0.45	4.06	35.7	35.7
NO ₂ -N (μg-at/L)*	0.90	0.12	0.40	—	—
NO ₃ -N (μg-at/L)*	35.85	2.90	17.65	357	357
Total Soluble Nitrogen (μg-at/L)*	8.83	41.96	22.54	—	—
PO ₄ -P (μg-at/L)**	0.58	0.09	0.23	4.8(Total)	—
SiO ₂ -Si (mg/L)	15.30	3.80	8.27	no	no
Fe (μg/L)	82.8	18.5	49.9	150	100
Mn (μg/L)	58.0	15.0	32.0	100	100
Cu (μg/L)	4.66	0.30	1.45	100	50

* Multiply by 14 to obtain μg.

** Multiply by 31 to obtain μg.

no: No standard proposed. Turbidity will include colloidal silica.

層水의 差異는 거의 없고, 季節의으로는 秋, 冬季에 높고, 春季와 初冬季에 低值를 나타낸다.

또 Mg量은 年間을 통해서 1.5~10.4 mg/L의 範圍로 變動하고, 上層水에서 1.6~9.6 mg/L (4.6 mg/L), 下層水에서 1.5~10.4 mg/L (5.2 mg/L)로서 下層水의 含量이 다소 높았으며, 季節의으로는 春, 夏, 秋季를 통해서 1~3 mg/L로서 거의 一定하였고, 冬季에 增加되어 8~10 mg/L의 高

值를 나타내고 春季에 低值를 나타내는 年變化를 보여주고 있으며, Mg量의 年變化는 硬度의 年變化와 비슷한 傾向을 나타내고 있다.

한편 Mg : Ca의 比는 年間을 통해서 0.18~2.60의 範圍로 變動하고, 上層水에서 0.20~2.28, 下層水에서 0.18~2.60이며, 上, 下層水의 差異는 거의 없다. 그러나 3~10月까지는 0.18~0.86의 거의 一定한 값이 維持되고, 11月에서

冬季에 걸쳐 높은 값을 나타내나, 1~2月の 低値는 그 時期의 Ca量의 低値가 影響한 탓이라고 하겠다 (第1圖 參照).

硬度和 關係가 깊은 Ca, Mg 量과 EDTA 硬度和의 相關關係는 第2圖와 같다. Ca 量과 硬度和 사이에는 一定한 關係를 찾기 어렵지만 Mg 量과 硬度和 사이에는 相當히 密接한 關係가 있고, Mg 量

의 增加에 따라 硬度和가 增加되며, 硬度和 (H;mg. CaCO₃)와 Mg 量 (M;mg/L) 사이에는 $\log H = 1.337260 + 0.041271 M$ 라는 指數曲線의 關係式이 成立된다.

2. 其他의 水質要素

上水道用水의 水質規準 要素로서 많은 parameter 가 定設되어 있다. 이것들에는 水温, pH, 臭

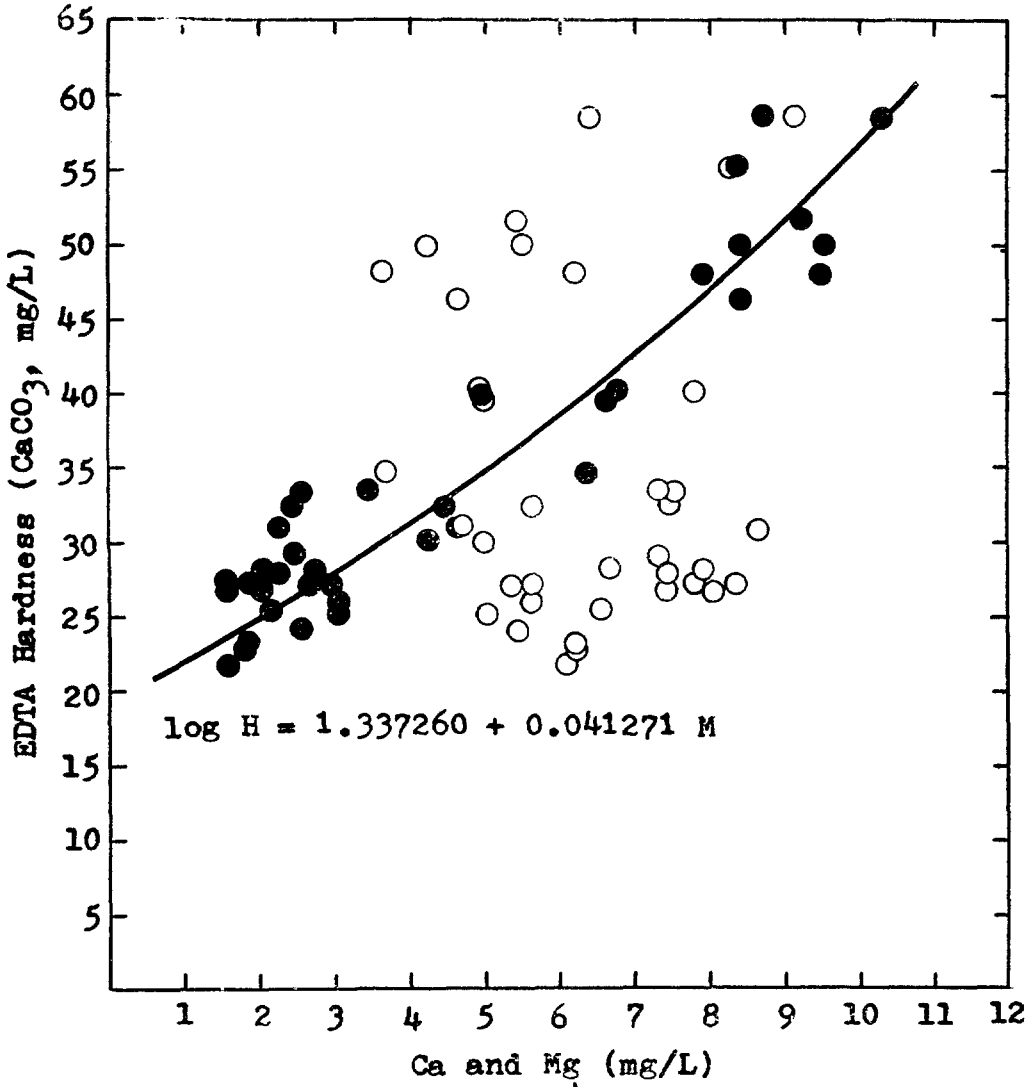


Fig. 2. Relationship among EDTA hardness, Ca (○) and Mg (●) of the Han River water.

氣, 맛, 色度, 濁度, 酸度, 硬度, 溶存養素量, 各種 窒素化合物 (암모니아鹽, 亞硝酸鹽, 硝酸鹽 및 窒素化合物 總量 등), BOD, COD, 一般細菌 및 大腸菌, 各種 無機이온類 (鹽素, 칼슘, 마그네슘, 硼素, 망간, 시안化合物, 弗化物, 페놀類, 포타슘, 소듐, 矽素, 磷酸類, 黃化物 등), 各種 金屬類 (砒素, 카드뮴, 크롬, 銅, 鐵, 鉛, 세레늄, 銀, 亞鉛, 水銀등), 油類 및 炭類, 殺蟲劑, 各種 放射性 物質 등이 對象으로 되어 있다.

이것들 중 漢江 下流水에서 測定된 各種 水質 要素의 年間變動과 美國 및 歐羅巴 (WHO)의 水質規準量은 第1表와 같다. 各國의 水質規準은 그 나라의 地表水의 天然狀態의 水質을 基盤으로 하여 設定된 것이며, 美國과 歐羅巴의 水質規準을 우리 漢江水의 광나루 上水道源의 水質과 比較하면 興味있는 事實을 알 수 있다.

水溫은 天然狀態에 依據하게 되어있고, pH는 6.5~8.5 (美國), 7.0~8.5 (歐州)의 範圍內에 들어가며, 溶存養素量은 極히 淸明한 狀態에 있다. 硬度는 美國, 歐州를 通해서 100~500 ppm으로 되어있으나 漢江水의 平均硬度는 35 ppm에 지나지않은 軟水이고, Ca와 Mg 및 鹽素量도 美國의 規準量보다 훨씬 低值를 나타내고 있다.

BOD는 漢江의 最高值가 約 3 mg/L, 平均值가 約 1.5 mg/L이나 最高值는 美國의 規準 2.0 mg/L를 上廻하고 있으며, 이것은 細菌類에 의한 河川水의 汚染이 많다는 事實을 알려주고 있다.

암모니아鹽, 窒酸鹽등도 漢江의 最高值는 美國의 規準量의 1/5~1/10程度에 不過하며, 磷酸鹽도 압도적으로 좋은 狀態에 있다. 鐵, 망간量도 漢江의 最高值가 美國의 規準量의 約 1/2이고, 銅量은 1/20에 지나지 않다.

이와같이 漢江의 光나루의 上水道水源의 水質은 BOD같은 것은 간혹 規準量을 上廻하는 일도 있기는 하나 아직은 極히 健全하고 淸明한 狀態에 있다는것을 알 수 있다.

論 議

광나루까지의 漢江水는 pH, 溶存가스類, 硬度, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu 등의 主要이온類, COD, BOD, 各種 營養鹽類 (NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N,

Total Soluble-N, PO₄-P, SiO₂-Si)등의 含量이 世界各國의 重要河川에 比較해서도 極히 良好한 狀態에 있고 (崔·鄭·郭, 1968b), 또 이것의 飲料水源으로서의 水質도 美國과 歐州 (WHO 設定에 의한)의 規準量보다 훨씬 좋고 좋은 狀態에 있는 것을 알게 되었다 (第1表 參照).

多幸하게도 우리나라 全體의 地表水系의 水質은 아직은 人爲的인 汚染을 그다지 받지 않은 좋은 狀態에 있다고 할 수 있으나, 이것은 積極的인 水質保護策을 講究해서가 아니라 産業과 工業이 發達하지 않는 原始狀態가 자아낸 自然的인 結果라고 할 수 있으며, 이것은 將次 人口의 急増과 各種 産業의 發達에 따라서는 急速的으로 우리나라 地表水系의 水質이 汚染, 惡化되어 갈 憂慮性이 甚다. 水質汚染은 가장 憂慮해야 할 公害의 一種이다. 우리의 健康과 直結되는 公害는 問題가 陽性化되어 適切한 對策이 講究되기 쉽지만 물이 汚染되어 一部의 물고기가 斃死하였다 하여도 사람들은 그다지 關心을 表明하지 않는다. 河川水系의 汚染은 그 流下水域의 水質을 惡化시키고, 또 그 流下道中의 生物相에 甚大한 影響을 미치면서 擴散되어 결국은 바다로 注入되는 것이며, 바다에서도 그곳의 沿岸生物資源에 막대한 影響을 미치게 된다. 이러한 河川水系의 汚染과 臨海工業地帶로 부터의 汚染影響은 나아가서는 우리나라 總漁業生産의 83% 이상을 차지하는 沿岸漁業과 養殖漁業을 威脅하고 衰退시키는 結果를 가져오게 될 것이며, 이것은 또한 많은 海產物을 利用하는 우리의 生活과 健康과도 直結되는 重大한 內容을 지니고 있는것이다.

우리나라에는 아직 水質保護 또는 水質汚濁防止에 對한 施策이 講究되어 있지 않고 있으며, 다만 水道法에 의한 水質規準, 水質檢査方法, 健康診斷 및 衛生上의 措置에 關한 規程이 保健社會部令 第106號 (1963年 3月 13日 施行)로 設定되어 있을 뿐 이다.

多角度로 要求되는 各種用水의 水質規準은 用途에 따라서는 多少의 差異는 있겠으나 純粹하고 淸明할 수록 좋고, 이것은 飲料水源으로서도 그 要求도가 一致된다. 汚染은 더러운 것이다. 그러므로 이것의 恢復에는 많은 經費와 犧牲이

必하다. 이것은 先進國의 例에서 理解하고도 充分한 餘음이 있다.

그러나 効果적인 水質汚濁規制는 正確한 科學的 資料와 그 나라 地表水系의 天然狀態 (汚染以前)의 水質狀態에 依據하여야 될 것이며, 이러한 것을 根據로 하여, 또 各種 水質要素의 水質의 保健과 生物에 미치는 影響을 考慮하여 各種 水質要素의 許容規準量 (Standard)이 設定되어야 할 것이다. 이것은 모든 地表水의 水質을 人間의 文明生活의 用途에 支障이 없도록 하는 것이며, 各種 水質要素의 許容規準量은 各種 用水의 使用目的에 支障을 주지 않는 最大限까지는 許容

되어도 相關이 없을 것이며, 將來에 일어날 各種 用水의 水質要素의 規準까지 勘案한 目標量 (Goal)까지 設定되는 것이 좋을 것 같다.

이러한 狀態를 考慮하면 우리나라 地表水의 水質規準은 아직 基礎的 調查資料의 欠乏으로 그 規準設定이 어려운 狀態에 있다. 그러므로 여기에 많은 調查와 研究가 있어야 하겠으며, 이러한 結果로서 우리나라에도 確固한 水質保護策이 하루 速히 마련되어야 하겠다.

將來의 水質規準設定의 參考資料로서 여기에 美國에서도 工業과 各種 産業에 의한 水質汚染이 가장 적다고 할 수 있는 Washington州에 注

Table. 2. Surface water quality limit proposals, State of Washington. (by Rambow and Sylvester, 1967; All values in mg/L unless otherwise specified)

Parameters	Fresh Water		Salt Water	
	Standard	Goal	Standard	Goal
Alkalinity (phenol.)	*1	*1	*1	*1
Alkalinity (total)	*1	*1	*1	*1
Ammonia nitrogen	0.5	0.3	0.003	0.0025
Arsenic	0.005	0.003	0.004	0.003
Bacteria	*2	*2	*2	*2
Barium	0.05	0.01	0.06	0.05
Bicarbonate	*3	*3	*3	*3
BOD	2.0	1.0	2.0	1.0
Boron	0.3	0.1	5.5	4.7
Bottom deposits from waste-water discharge	None	None	None	None
Cadmium	0.001	0.0005	0.00013	0.00011
Calcium	*4	*4	*4	*4
Carbonate	*5	*5	*5	*5
Carbon chloroform ext.	0.10	0.00	0.10	0.05
Chloride	20	10	120% of nat.	Nat.
Chromium	0.01	Tr.	0.00006	0.00005
COD	*6	*6	*6	*6
Coliforms	240/100ml	50/100ml	240/100ml	50/100ml
Color	5 units over nat.	5 units	5 units	None
Conductivity	125% of nat.	110% of nat.	120% of nat.	Nat
Copper	0.02 above background	0.05	0.06	0.05
Cyanide	0.01	0.005	0.01	None
Oxygen	85% sat.	95% sat.	85% sat.	95% sat.
Fecal streptococci	*7	*7	*7	*7
Floating solids	None	None	None	None
Fluoride	1.0	0.5	1.5	1.3
Hardness (CaCO ₃)	20-125	20-75	—	—

Parameters	Fresh Water		Salt Water	
	Standard	Goal	Standard	Goal
Hydroxide	None	None	None	None
Iron	0.1 above nat.	0.0 above nat.	0.2	0.01 above nat.
Lead	0.02	Limit of det.	0.004	Limit of det.
Magnesium	*8	*8	*8	*8
Manganese	0.01	Tr.	0.04	0.002
Nitrate	0.4 above nat.	0.1 above nat.	0.6	0.6
Nitrogen (total)	1.0 above nat.	0.4 above nat.	0.6	0.5
Odor	3	1.0	3	1.0
Oil and tars	None	None	None	None
Pesticides*				
H	6.5-8.5	7.0-8.0	7.5-8.4	7.5-8.4
Phenol	0.0005	Limit of det.	0.05	0.04
Phosphate (total)	0.15	0.03	0.4	0.3
Potassium	5.0	2.5	450	380
Radioactivity	USPHS DWS	None	USPHS DWS	None
Selenium	0.002	Limit of det.	0.005	0.004
Silica	*9	*9	*9	*9
Silver	0.003	Limit of det.	0.0004	0.0003
Sodium	35 over nat.	10 over nat.	12,500	10,500
Sulfate	30	15	3,200	2,700
Surfactants	0.10 (LAS)	Tr. (LAS)	0.10 (LAS)	Tr. (LAS)
Temperature	Nat. temp. +2°C	Nat. temp. +1°C	Nat. temp. +2°C	Nat. temp. +1°C
Total dissolved solids	*10	*10	*10	*10
Toxicants	None	None	None	None
Turbidity	Nat.	5 units	5 units	3 units
Viruses**				
Zinc	Limit of det.	Limit of det.	0.012	0.01

- * Insufficient data.
- ** None proposed at present.
- *1 No specific limits.
- *2 No limit specified—refer to coliform organisms.
- *3 No limit specified—relates to conductivity and pH.
- *4 No limit specified—see hardness.
- *5 Although carbonate itself in moderate concentrations is not particularly detrimental, it is associated with high pH values. Any carbonate discharge is not to be detectable below the point of discharge.
- *6 Since the chemical oxygen demand is related to the BOD, DO, and CCE and is not a determination in the basic data program, it has no limit specified herein.
- *7 Fecal bacteria are represented by the coliform group standard.
- *8 Controlled by hardness content; no limit specified.
- *9 No standard proposed. Turbidity will include colloidal silica.
- *10 No standard proposed. Conductivity standards are related.

入되는 40 個의 河川水系의 水質을 對象으로 한 Rambow and Sylvester (1967)가 提議한 同州의 地表水와 沿岸水(河口域 除外)의 水質規準量 및

目標量을 紹介하면 第2表와 같다. 그들은 이것은 現在와 將來에 있어서 多角的인 水資源 利用에 支障을 주지 않는 값이라고 하였다.

參考文獻

- 崔 相·鄭兌和·郭熙相. 1968a. 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(1), 16-25.
- 崔 相·鄭兌和·郭熙相. 1968 b. 漢江의 營養鹽類 및 主要이온類의 年變化와 그 水質的 考察. 韓國海洋學會誌, 3(1), 26-38.
- Rambow, C. A. and R. O. Sylvester. 1967. Methodology in establishing water quality standards. J. Water Pollution Control Fed., 39(7), 1155-1163.
- U. S. Public Health Service. *Drinking water standards*. U. S. Pub. Health Serv., Publ. No. 956, U. S. Govt. Printing Office, Washington, D. C.