

## 〈論 文〉

## 漢江의 水質指數 算定에 關한 研究

“A Study on Evaluation for the Han River Water Quality Index”

徐 廷 鉉\*

Jung-Hyun SUH, B.S., M.S.E.

**Abstract**

The theory and practice of water quality scoring and indexing are introduced. The monthly water analysis data are available for six stations along the down-stream Han River within the areal boundary of the Special City of Seoul. The data cover the period between 1975 and 1979 inclusive and contain the analytical findings on 37 water constituents including DO, BOD, temperature, total solids and etc.

Six parameters are selected from the 37 items, that, to the judgement of the writer, best reflect the water quality of the Han River. They are; dissolved oxygen saturation, pH, fecal coliform, total solids, BOD and nitrate+ammonia. For each of the six parameters, a subscore function is developed and graphically presented to facilitate the transform of a measurement of the parameter to a subscore on a common score (e.g. 0-100)

The score of a sample is calculated as a function of the six subscores, using four different approaches; (1) the unweighted arithmetic water quality score, (2) the weighted arithmetic water quality score, (3) the unweighted multiplicative score and (4) the reduced (total) score. Independent of these calculated scores, the experts' score which is calculated by averaging the ratings of water quality experts is obtained and compared with each of the four calculated scores by means of the least square method.

The experts' score compares most favorably with the "reduced" score with the correlation coefficient of 0.956; therefore this method of water quality scoring is adopted to calculate the Han River water quality scores and indices.

Water quality index data for Guiri, Dukdo, Pokwangdong, Noryangjin, Yongdungpo and Kayang Stations, 1975-1979 are as follows:

| Station \ Year | Yearly Water Quality Index |      |      |      |      | 5 Year      |
|----------------|----------------------------|------|------|------|------|-------------|
|                | 1975                       | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | Average WQI |
| Guiri          | 66.6                       | 71.9 | 74.3 | 75.6 | 73.8 | 72.4        |
| Dukdo          | 62.4                       | 67.2 | 63.6 | 64.9 | 68.8 | 65.4        |
| Pokwangdong    | 45.1                       | 41.3 | 44.8 | 40.3 | 52.2 | 44.7        |
| Noryangjin     | 46.7                       | 43.8 | 44.9 | 46.8 | 56.4 | 47.7        |
| Yongdungpo     | 40.7                       | 36.7 | 36.6 | 40.0 | 44.9 | 39.8        |
| Kayang         | —                          | 34.0 | 32.7 | 34.4 | 35.3 | 34.1        |

\* 本學會 正會員 國立環境研究所 環境保健研究部長

The overall water quality index data of the Han River between Guiri and Kayang Stations are found; 47.3 in 1976, 48.0 in 1977, 48.5 in 1978 and 54.7 in 1979, indicating the general trend towards water quality improvement in this part of the river, in terms of the increased water quality index by average 1.85 points per year during this period.

Finally the optimum sampling frequencies distributed among the six stations, using an equation which takes into account the coefficients of variation of the water quality scores and indices are calculated.

## 1. 序 論

河川水와 같은 自然水의 水質의 良否를 말할때 물의 어떤 成分 含有濃度와 物理的 狀態 個個를 가지고 表現을 하는 例가 흔하다. 例를 들어, 河川水의 溶存酸素量이라던가, 細菌數의 많고 적음에 따라 斷片的으로 그 水質을 말하는 것과 같다. 그러나 近來의 傾向은 水質에 가장 크게 影響을 주는 몇個의 成分濃度を 어떤 同一尺度 위에 各各 轉換하여 이들을 合算 綜合하는 等의 所謂 水質評點(Water Quality Scoring) 方法을 써서 水質指數(Water Quality Index)를 表示한다.

水質指數는 水質에 관한 各種雜多한 資料를 意味있는 것으로 轉換하는데 必要한 傳達道具이며, 이 指數를 使用하므로써 (1) 利用 可能한 資源의 合理的 分配 (2) 採水한 地點(定點)의 等級分類, (3) 水質基準의 施行 (4) 傾向分析, (5) 國民啓蒙 및 (6) 科學的인 研究의 여러 目的을 達成할 수 있으며 特別 水質管理의 政策決定 過程에서 便利하게 利用될 수 있다. 反面 指數를 作成하는 方法에 대한 一致된 意見이 아직 없으며 또한 水質專門家中에는 指數가 誤用되기 쉽고 여러 技術的인 情報가 이렇게 簡單한 數字에 지나지 않는 指數 뒤에 가려질 憂慮가 있다는 意見도 있어 널리 適用될 수 있는 水質指數의 開發이 遲延되어 왔다. 따라서 이러한 事實을 念頭に 두면서, (1) 水質에 관한 情報를 國民에게 더 容易하게 傳達할 수 있으며, (2) 現在의 水質測定資料를 利用하여 쉽게 얻을 수 있고 (3) 너무 複雜多樣한 技術概念이나 反對로 너무 非專門的으로 單純化했다는 極과極의 兩側批難을 다 避할 수 있고, (4) 客觀的이면서도 專門家의 判斷에 비교하는 그러한 水質指數의 開發의 必要性이 높다.

이 研究는 河川에 대한 水質指數의 概念發展과 漢江下流의 一部 水域에 있어서의 合理的인 水質指數를 算出하고 이를 利用하는 方法을 紹介하는데 있다.

## 2. 水質指數와 水質評點의 概念

水質의 指數를 作成하는데 3가지 過程이 必要하다. 即 水質의 觀測(測定), 評點 및 指數作成의 各各의 過

程이다.

### 가. 水質의 測定

水質에 대한 觀測은 採水한 試驗水의 몇個의 成分 또는 狀態에 관한 項目에 대한 測定值를 한組로 하여 나타낸다. 水質測定을 위한 採水方法에는 (1) 特定時間, 特定場所에서 1回 採水하여 水質成分의 單純調査하는 것, (2) 特定場所에서, 時間을 달리하여 여러個를 계속적으로 採水檢査하는 것(時間의 函數로서의 水質調査) (3) 時間을 固定하고 몇個의 定點(河川에 따라 서로 다른 地點)에서 1時에 採水檢査하는 것(定點의 函數로서의 水質調査) (4) 몇個의 場所에서 任意의 回數 採水하여 그 水域의 水質을 檢査하는 것과 (5) 어느 時間 어느 한 地點에서 測定을 始作하여 下流로 向해 移動하는 水塊의 水質變化를 測定하는 것(流速과 時間, 또는 始點으로부터의 距離의 函數로서의 水質) 등이 있다. 其中 가장 흔한 水質測定 採水方法은 (1)의 特定 時間, 定點에서의 單純採水方法인바 그 檢査 成績으로서는 水質評點은 可能해도 水質指數의 作成은 不可能하며 水質指數를 얻기 위해서는 (2)~(5)의 採水方法에 의한 測定值가 있어야 한다.

### 나. 水質評點(Water Quality Scoring)

水質評點은 一回의 測定結果에 부여하는 點數로서, 水質의 維持基準值(水質管理를 위하여 維持되어야 할 水質의 成分項目別 基準值)와 그 一回 測定值가 얼마나 項目別로 서로 近似한가에 따라 水質評點이 決定된다.

水質測定은 特定試料水(即 特定 時間, 特定 定點에서 採水한 물)에 대한 것으로서 測定對象 成分項目을 定하는 것으로 足하다. 그러나 水質評點은 첫째, 그 水域의 水質維持基準를 項目別로 定義해야 하며, 둘째 이 基準值와 測定值사이의 項目別 近似度를 測수 있는 尺度를 定義하여야 한다.

水質評點은 (1) 水質維持基準值와 測定值와의 各成分項目別 偏差를 그 定義된 尺度에 따라 點數로 轉換하고(以下 項目別 水質評點이라 한다). (2) 이들을 合算하여 水質評點을 얻는다.

水質評點을 얻는 또 하나의 方法은 水質專門家들로

하여금 水質試驗成績에 綜合的 點數를 주게 하여 이들을 平均하는 것이다.

採點의 基準은 一般的으로 百點 滿點制이다. 即 各成分項目에 대해 水質을 最上으로 하는 濃度를 項目別 水質評點 100으로 하고 水質을 最下로 하는 濃度를 零으로 한다. 그러나 기울기(eclipsing)을 막기위해 零대신 10~20을 주는것이 普通이다.

項目別 水質評點의 尺度는 두가지 서로 다른 模樣을 갖는다. 하나는 pH와 溶存酸素에서 보는바와 같이 어느 濃度에서 最高點數 100을 갖고 그 앞뒤측으로 漸次 減點되는 경우와 또 하나는 成分項目 濃度 零 또는 背景濃度(background count)가 있는것은 그 값을 100으로 하는 경우이다. 한편 水質維持基準을 어떤 點數(例를 들면 80)에 맞추고, 點數 100과 이 水質維持基準에 준 點數와의 相互 關係에서 다른 濃度에 該當하는 項目別 水質評點을 얻을 수 있게 한다.

다. 水質指數

水質評點으로부터 水質指數를 얻는다. 그러나 採水計劃의 內容에 따라 水質指數 作成의 方法이 다를 수 있다. 特定時間 特定定點에서 採水하는 單純 水質測定에서는, 水質指數를 얻을 수 없다.(이때는 水質評點만 可能하다.) 한 定點에서 時間의 函數로서 여러번 測定할때는 各測定時 얻는 水質評點의 算術平均値를 水質指數(其期間의)로 한다.

停滯하고 있어 水質이 比較的 均一하다고 認定되는 水體에 대해서는, 여러 定點에서 얻은 水質評點 또는 水質指數(同一期間의)의 平均値로서 그 水體의 水質指數로 할수 있다. 反面 흐르는 물에서는 여러개의 定點間의 水質測定値사이에는 差異가 甚해, 그대로 平均하여, 水質指數로 할수 없으므로, 各定點의 水質評點 또는 水質指數가 그대로 適用될 수 있을 것으로 豫測되는 河川距離나 그 流量等을 加重値로하여 計算하므로써 그 水域全體의 水質指數를 얻는다.

R.O. Ball<sup>12)</sup>에 의하면 이 水域이 上水源으로 使用될때는, 各定點의 水質評點 또는 水質指數에 加重値를 指數로하여 加重시켜, 이를 全定點에 걸쳐 相乘積算하여 求하고, 그 水域이 餘暇善用 程度의 目的에 利用될때는, 各定點의 水質評點 또는 水質指數에 該當加重値를 乘하고, 全定點에 걸쳐 加重 算術平均値를 얻어 水質指數로 하면, 그 水域全體의 水質을 適正히 表現할수 있다고 한다.

이와는 別途로 水質評點에 依存하지 않고, 水質을 여러回數 測定하여 各 成分項目濃度가 그 水質維持基準値를 超過하는 頻度와 그 影響을 받는 水域範圍等을 考慮하여 水質指數를 얻는 경우도 있다.

3. 水質評點의 計算

水質評點을 얻기위해서 무엇보다도 正確한 水質測定이 必須的이다. 測定과 關聯하여 水質을 表示하는데 있어 重要도가 높은 試驗對象成分項目이 무엇인가를 決定하여야한다. Dunnette<sup>2)</sup>는 여러 水質專門家에게 設問質疑한 結果, 水質에 影響을 주는 各成分들의 相對的 加重値를 얻었는데, 그 內容은 溶存酸素를 1.0로 하여 <表-1>과 같다.

<表-1> 成分 項目別 加重値(DO 1.0 基準)

| 成分項目     | 相對的 加重値 | 成分項目  | 相對的 加重値 |
|----------|---------|-------|---------|
| 溶存酸素(DO) | 1.00    | 濁 度   | 0.29    |
| 水 溫      | 0.57    | 浮遊固體  | 0.26    |
| 大腸菌      | 0.40    | 比電導率  | 0.23    |
| pH       | 0.40    | 總 固 體 | 0.21    |
| 生物學的指數   | 0.38    | 溶存固體  | 0.18    |
| BOD      | 0.36    | 重 金 屬 | 0.17    |
| 암모니아+窒酸鹽 | 0.31    | C O D | 0.14    |

이를 根據로 하여 그는 美國 Oregon州의 水質指數를 만들때, 溶存酸素飽和率(DO와 水溫의 相關値), pH, 大腸菌數, BOD, NH<sub>3</sub>+NO<sub>3</sub> 및 總固體의 6個項目을 測定對象으로 定하고, 項目別水質評點들을 合하여 水質評點을 計算할때 溶存酸素飽和率과 pH 項目別 水質評點에 各各 0.4와 0.2의 加重値를 乘하였고, 其他 4個 項目別水質評點에 各各 0.1을 乘하여 各項目別水質評點間에 比重을 달리 하였다. 水質評點의 計算方法은 Ott<sup>13)</sup>가 記述한 것으로 잘 說明된다. 即 n個의 對象成分項目을 定한 물의 i番째 成分濃도가 X<sub>i</sub> 일 때 그 項目別水質評點函數 f<sub>i</sub>(X<sub>i</sub>)를 利用하여, 그 項目別 水質評點 S<sub>i</sub>를 얻고, 이렇게 얻은 n個의 項目別水質評點의 函數로서 水質評點을 計算한다. 이때 n個의 項目別水質評點들은 모두 同一한 尺度(0~100點) 위에서 各各의 成分項目이 갖는 環境의 特性을 表示할수 있게 해야 한다.

水質評點 S의 計算에는 두가지 方法이 많이 쓰여진다.<sup>14)</sup> 그 하나는 S를 S<sub>i</sub>의 加重(또는 非加重)의 加算으로 導出하는 것으로서

$$S_A = \sum_{i=1}^n W_i S_i \dots\dots\dots(1)$$

但 W<sub>i</sub>는 項目別評點 S<sub>i</sub>에 주는 加重値로  $\sum_{i=1}^n W_i = 1$  이다.

萬一, 모든 i에 대하여 W<sub>i</sub>=1/n로 同一 加重値일때 S<sub>A</sub>를 非加重算術 水質評點, WQSAU (Unweighted

Arithmetic Water Quality Score)라 부르고, 적어도 한개의  $W_i \neq 1/n$  일때  $\bar{S}_A$ 를加重算術水質評點, WQSA(Arithmetic Water Quality Score)라 한다.

또 하나는加重的積算으로導出한다. 即

$$\bar{S}_M = \prod_{i=1}^n S_i^{W_i} \dots \dots \dots (2)$$

萬一 모든  $i$ 에 대하여  $W_i = 1/n$ 이면  $\bar{S}_M$ 는非加重幾何水質評點, WQSMU(Unweighted Multiplicative Score)라 하고  $W_i$ 의一部 또는全部가同一數值가 아닐때  $\bar{S}_M$ 는加重幾何水質評點, WQSM(Multiplicative Score)라 한다.<sup>4)</sup>

最近 R.O. Ball<sup>5)</sup>등은各項目別水質評點이 그平均値로부터 벗어나는非均等性(Nonuniformity)를考慮하여非加重算術水質評點을다음式(3)에 의하여減點시키는減點式水質評點  $\bar{S}_R$ 를提示했다.

$$\bar{S}_R = \bar{S}_A - \frac{1}{m} \left[ \left( \frac{n_D}{n} \right) 100 \right] = \bar{S}_A - \frac{1}{m} S_D \dots \dots \dots (3)$$

但  $n_D$  :  $(\bar{S}_A - S_D)$ 值 보다 작은 값을 갖는項目別水質評點의個數

$\bar{S}_A$  : 非加重算術水質評點, WQSAU

$S_D$  :  $\left( \sum_{i=1}^n |S_i - \bar{S}_A| \right) / n$  平均算術分離度, (Mean Arithmetic Separation)

$n$  : 對象項目別水質評點의個數

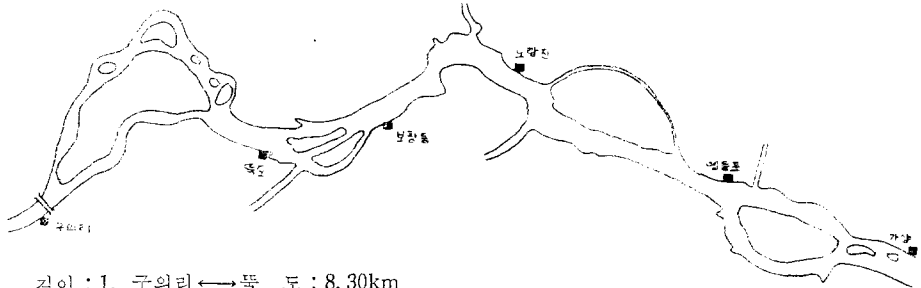
$m$  : 任意의數值, 2, 3, ...

#### 4. 漢江下流 一部水域의 水質

서울特別市 行政區域內에 있는 漢江水域內 6個 定點(九宜里, 楸道, 普光洞, 露梁津, 永登浦 및 加陽)의 1975~1979(加陽은 1976~1979)에 걸친 月 1回의 定期的인 水質測定記錄을 利用하였다. 이 水質測定對象項品은 DO, BOD等 37個로서, 大端히 廣範하다. 採水는 6個 定點에서 거이 同日 晝間에 實施되었고, 1個月 間隔의 規則的인 月別 採水로 認定할수 있었다.

<그림-1>은 該當 水域과 定點의 位置 및 定點間의 河川距離를 表示한다.

이 水域은 서울地區로부터의 污水等으로 汚染이 進行되고 있어 現在의 水質이 自然狀態의 原來 水質과는 全然 달라져 있음은 明白하다.



- 길이 : 1. 구의리 ↔楸道 : 8.30km
- 2.楸道 ↔보광동 : 2.65km
- 3.보광동 ↔노량진 : 6.05km
- 4.노량진 ↔영등포 : 7.40km
- 5.영등포 ↔가양 : 6.25km

총장(구의리 ↔가양) : 30.6km

<그림-1> 水質評點 對象 漢江 水域과 採水 地點(定點)

#### 5. 漢江의 水質指數

既述한 漢江의 水質測定記錄에 의거 이 水域의 水質指數를 作成하였다.

가. 水質評點 對象 成分項目의 決定

D.A. Dunnette<sup>2)</sup>의 方法에 따라 水質評點對象項目이로, 水溫과 DO(溶存酸素 飽和率로 單一 項目으로 取扱), pH, 總固體,  $NH_3 + NO_3$ , BOD, 및 大腸菌數의 6個를 選定하였다. 一般的으로 水質評點 對象項目은 水質의 損傷을 가장 잘 表示할 수 있고, 또 各項目間에서 相互 內容이 重複되지 않는 것을 選擇할 必要가 있다. 普遍的으로 擇해지는 水質評點 對象 成分項目은

<表-2>와 같다.

나. 項目別 水質 評點函數의 決定

Dunnette<sup>2)</sup>의 方法에 따라 對數的 轉換法을 썼다. 이 것은 對數-算術(log-arithmetic) 方眼紙의 對數度數軸에 項目別水質評點을 10~100의 尺度로 記入하고 橫軸인 算術度數축에 測定值 濃度等を 對比시켜 曲線을 얻어 作成한다. 이 方法에 의하면 低濃度에서의 一定變化는 高濃度에서의 同一量 變化에 비해 大端히 큰 影響을 주는 結果가 되어 水質評點函數로서 理想的이다.

(1) 溶存酸素 飽和率

飽和率(%) 自體를 그대로 이 項目別 水質評點值로 잡았다. 例를 들어 80% DO飽和의 DO項目別水質評點

〈表-2〉

水質評點 對象 試驗 成分項目

| 評點項目                   | 成 分 項 目 |     |     |     |    |    |    |     |      |       |    |     |     |   |       |    |    |     |     |                 |                 |   |                 |        |       |     |                  |    |    |   |   |
|------------------------|---------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|------|-------|----|-----|-----|---|-------|----|----|-----|-----|-----------------|-----------------|---|-----------------|--------|-------|-----|------------------|----|----|---|---|
|                        | DO      | BOD | COD | CCE | TC | FC | pH | JTU | Odor | Color | TS | TSS | FSS | T | Cond. | Cl | TH | ALK | TKN | NO <sub>2</sub> | NH <sub>3</sub> | P | PO <sub>4</sub> | Toxics | Pest. | ABS | MnO <sub>2</sub> | Fe | Mn | 人 |   |
| Horton <sup>5)</sup>   | ×       |     |     | ×   | ×  |    | ×  |     |      |       |    |     |     | × | ×     |    |    | ×   |     |                 |                 |   |                 |        |       |     |                  |    |    |   | × |
| NSFI <sup>6)</sup>     | ×       | ×   |     |     |    | ×  | ×  |     |      |       |    |     |     | × |       |    |    |     |     | ×               |                 |   | ×               | ×      | ×     |     |                  |    |    |   |   |
| Dinius <sup>7)</sup>   | ×       | ×   |     |     |    | ×  | ×  |     |      |       |    |     |     | × |       |    |    |     | ×   |                 |                 |   |                 |        |       |     |                  |    |    |   |   |
| Pratti <sup>8)</sup>   | ×       | ×   | ×   | ×   | ×  |    | ×  |     |      |       | ×  |     |     | × |       |    |    |     |     |                 |                 |   |                 |        |       | ×   | ×                | ×  | ×  |   |   |
| McDuffie <sup>9)</sup> | ×       | ×   | ×   |     |    |    |    |     |      |       |    | ×   |     | × |       |    |    |     | ×   |                 |                 |   |                 |        |       |     |                  |    |    |   |   |
| Harkins <sup>10)</sup> | ×       | ×   |     |     |    |    | ×  |     |      |       |    |     |     |   |       |    |    |     |     | ×               |                 |   | ×               |        |       |     |                  |    |    |   |   |
| Dunnette <sup>2)</sup> | ×       | ×   |     |     |    | ×  |    |     |      |       | ×  |     |     |   |       |    |    |     |     | ×               | ×               |   |                 |        |       |     |                  |    |    |   |   |

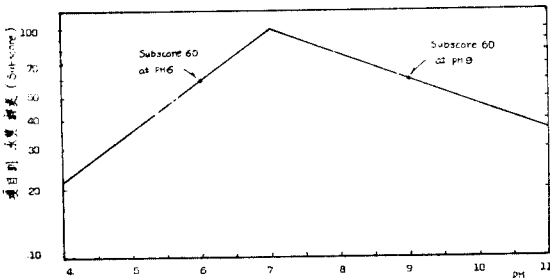
은 80으로 하였다. 100%를 넘는 過飽和에 대해서는

$$100 - \frac{1}{2}(\% \text{ 飽和值} - 100)$$

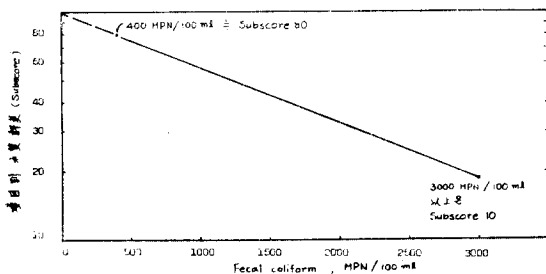
로 計算하여 過飽和의 경우도 程度의 差異를 두면서 未飽和의와 마찬가지로 이 項目別水質評點에 減點을 주었다. 또 20%以下의 未飽和에 대해서는 一律적으로 10을 주었다.

(2) pH

一般的으로 認定되고 있는바에 따라 pH 6과 pH 9를 各各 pH項目水質評點值 60으로 하고 pH 7에 100을 주어 直線을 그어 〈그림-2〉와 같이 기울기를 주었다. 이것은 酸側直線勾配를 알카리側直線勾配의 2배로 잡은 結果가 되어 水生生物에 대해 酸性水質이 알카리性水質보다 더 有害하다는 一般의 水質 影響論과 合致시켰



〈그림 2〉 pH에 대한 項目別水質評點 函數



〈그림 3〉 大腸菌에 대한 項目別 水質 評點 函數

다.

(3) 大腸菌數

大腸菌數에 대한 項目別 水質評點函數를 단드는데 있어서 一般的으로 水泳할 수 있는 水質의 限界인 400 MPN/100ml<sup>11)</sup>를 評點 80으로 하고 直線의 기울기를 定했다. 또 3,000MPN/100ml 以上의 大腸菌數를 갖는 項目別 水質評點은 一律적으로 10으로 하였다(그림 3)

(4) 總固體

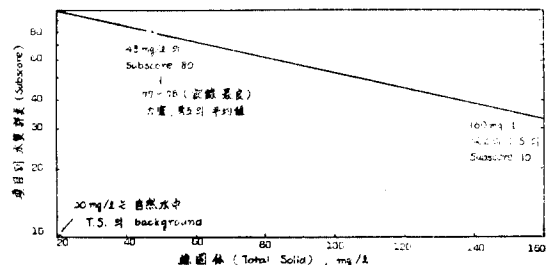
河川에 따라 總固體의 background count가 相異하며 漢江이 이 水域에서는 大概 20mg/l로 推定되어 이를 項目別 評點 100으로 하고 記錄上 最良의 狀態를 보였던 77~78年の 九宜 및 碓氷 定點의 測定值의 平均인 48mg/l를 評點 80으로 하여 直線勾配를 決定하였으며 160mg/l 以上의 總固體의 項目別 評點은 一律적으로 10으로 하여 〈그림-4〉를 作成하였다.

(5) BOD

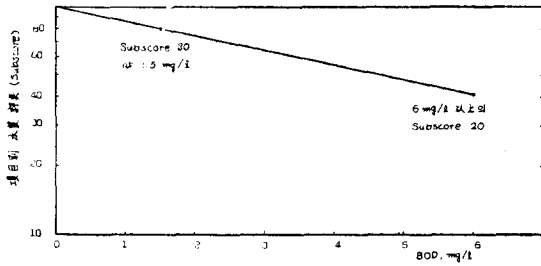
一般的으로 BOD가 1mg/l以下이면 極히 優秀한 水質로 認定되므로 1.5mg/l를 BOD 項目別水質評點 80으로 하고 BOD에 대한 直線勾配를 얻어 〈그림-5〉를 作成하였으며 BOD 6mg/l 以上은 一律적으로 20을 주었다.

(6) 암모니아性窒素와 窒酸性窒素

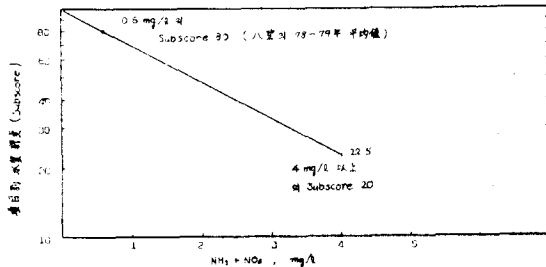
本 水域 上流인 한 定點에서의 測定值가 0.6mg/l를



〈그림 4〉 總固體에 대한 項目別 水質 評點 函數



〈그림-5〉 BOD에 대한 項目別 水質 評點 函數



〈그림-6〉 (NH<sub>3</sub>-N) + (NO<sub>3</sub>-N)에 대한 項目別 水質 評點 函數

平均으로 나타났으므로 이를 이 項目別水質評點 80으로 하여 直線勾配를 얻어 〈그림-6〉을 作成하였다. 또 4mg/l 이상인 경우는 一律으로 20을 주었다.

以上에서 보는 바와같이 項目別水質 評點函數의 勾配 決定에는 主觀的인 見解가 많이 作用하고 있다. 理想的으로는 對象水域이 比較的 良好한 水質을 가지고 있다고 認定되면 그 歷史的 記錄의 平均値를 水質維持 基準値로하여 各各의 項目別 水質評點 80程度로 하므로서 勾配를 만들수 있으나 既述한 바와같이 漢江의 이 水域은 汚染이 甚해 基準으로 하기는 不適하여 一般的으로 認定되는 良好한 水質基準을 參考하여 項目別 水質評點函數를 作成하였다. 勿論 水質評點이나 水質指數가 갖는 意味는 그것 自體의 絶對値도 重要하나 (勿論 이렇게 作成된 項目別 水質評點函數로 誘導되는 水質評點이나 水質指數는 約 80 前後에서 良好한 水質이라고 認定될 것임), 年次的으로 또한 定點別로 水質變化의 傾向分析이 더욱 重要性을 갖는 것이므로 項目別水質 評點函數作成過程과 方法에 대해 異論이 있을 수 있어도, 그렇게 만들어진 水質 指數의 本質的인 有効性에는 影響을 미치지 못할것임이 明白하다.

다. 漢江 水質評點 計算

水質評點을 얻는 다섯가지 方法中 非加重幾何水質評點法, WQSMU를 除外한 네가지 即 (1) 加重算術水質評點法, WQSA (2) 非加重算術水質評點法, WQSAU

(3) 非加重幾何水質評點, WQSM 및 (4) “減點”式水質評點法, “Reduced” Score를 各各 適用하였다.

(1) WQSA( $\bar{S}_{A-1}$ )法에 의한 計算

溶存酸素飽和率에 관한 項目別水質評點에 0.4의 加重値를, pH에 대한 項目別水質評點에 0.2의 加重値를 그리고 其他 4個 成分에대한 項目別水質評點에 各各 0.1의 加重値를 곱하여 合計하였다.

計算은 6個 定點別 1975~1979 期間에 걸쳐 月別로 하였다.

(2) WQSAU ( $\bar{S}_{A-2}$ )法에 의한 計算

項目別水質評點値에 加重値를 適用치 않고, 그들 6個의 算術平均値를 取했다.

(3) WQSMU ( $\bar{S}_M$ )法에 의한 計算

水質測定 對象成分項目이 여섯이므로 各 項目別水質評點値 6個의 相乘積의 1/6 제곱으로 얻었다.

(4) “Reduced” Score ( $\bar{S}_T$ )法에 의한 計算

式 (3)의 定數  $m$ 를 3으로하여 計算하였다.

다. 最終 水質評點 方法의 決定

네가지 計算方法에 의하여 얻은 同一 水質分析表에 대한 네가지 水質評點을 各各 比較하면 (1) 加重算術評點, WQSA( $\bar{S}_{A-1}$ )이 가장 높은 數値를 나타내어 다음으로 높은 數値인 非加重算術水質評點, WQSAU ( $\bar{S}_{A-2}$ )보다 5~10點 上廻하고 (2) 非加重幾何水質評點 WQSMU( $\bar{S}_M$ )와 “減點”式水質評點, “Reduced” Score ( $\bar{S}_T$ )는 서로 비슷하여 그값은 WQSAU 보다 若干 밀둘게 나타났다.

既述한 Dunnette<sup>2)</sup>는 WQSA法을 使用했고, 其他 많은사람들이 이方法을 使用했다. Landwehr<sup>3)</sup>는 水質專門家들의 意見을 綜合하여 WQSMU가 가장 適合하다는 結論을 얻었고 Ball<sup>4)</sup>은 “Reduced” Score를 提唱했다. 한편 WQSAU는 가장 簡潔하고, 直觀的인 評點方法이다.

漢江의 水質에 適用한 水質評點法을 選擇하기 위해, 그 水質分析表(測定表)中에서 20個의 標本을 無作爲로 골라 水質專門家의 主觀的 採點을 받아, 이를 各 標本別로 平均하여, 專門家水質評點, ( $\bar{S}_{EX}$ )을 얻어 20個 標本들에 대하여 計算된 네가지 서로 다른 水質評點群과 各各 對比하므로서, 그 相關關係를 調査하였다.

(1) 專門家水質評點과의 比較

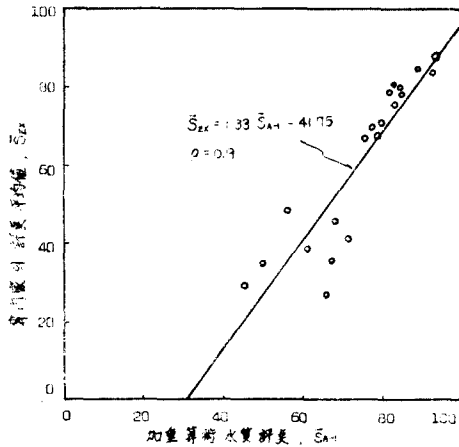
〈表-3〉에서 20個 標本 試料에 대한 서로 다른 方法에 의한 다섯가지 水質評點을 比較 하였다.

(2) 相關關係

〈그림-7〉 〈그림-8〉 〈그림-9〉 및 〈그림-10〉에서 4個의 水質評點計算法에 의한 結果 即  $\bar{S}_{A-1}$ ,  $\bar{S}_{A-2}$ ,  $\bar{S}_M$  및  $\bar{S}_T$ 의 各各과 專門家의 評點의 平均인  $\bar{S}_{EX}$ 와의 關係를

〈表-3〉 20個試料에 대한 水質評點

| 試料番號 | 加重算術評點<br>WQSA, $\bar{S}_{A-1}$ | 非加重算術評點<br>WQSAU, $\bar{S}_{A-2}$ | 非加重幾何評點<br>U, $\bar{S}_M$ | “減點”式評點<br>$\bar{S}_T$ | 專門家評點<br>$\bar{S}_{EX}$ |
|------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1    | 66.0                            | 34.8                              | 24.1                      | 34.8                   | 26.5                    |
| 2    | 45.4                            | 35.7                              | 25.5                      | 24.6                   | 29.2                    |
| 3    | 50.0                            | 37.8                              | 26.8                      | 26.7                   | 34.5                    |
| 4    | 67.3                            | 54.6                              | 45.9                      | 43.5                   | 35.1                    |
| 5    | 61.1                            | 48.0                              | 37.6                      | 36.9                   | 38.7                    |
| 6    | 71.7                            | 58.5                              | 43.3                      | 47.4                   | 41.4                    |
| 7    | 68.0                            | 54.0                              | 44.0                      | 48.7                   | 45.6                    |
| 8    | 55.5                            | 42.1                              | 32.0                      | 36.5                   | 47.8                    |
| 9    | 75.7                            | 64.3                              | 52.7                      | 58.7                   | 66.7                    |
| 10   | 77.1                            | 66.5                              | 53.7                      | 60.9                   | 69.3                    |
| 11   | 78.0                            | 68.8                              | 61.3                      | 63.8                   | 67.5                    |
| 12   | 80.4                            | 73.2                              | 59.6                      | 67.6                   | 70.6                    |
| 13   | 84.7                            | 76.4                              | 74.1                      | 65.3                   | 75.4                    |
| 14   | 85.4                            | 80.9                              | 79.7                      | 75.3                   | 78.1                    |
| 15   | 82.2                            | 74.1                              | 60.6                      | 68.5                   | 79.0                    |
| 16   | 83.8                            | 76.1                              | 61.7                      | 70.5                   | 80.0                    |
| 17   | 84.4                            | 82.7                              | 82.3                      | 71.6                   | 80.7                    |
| 18   | 93.7                            | 90.7                              | 92.4                      | 85.1                   | 83.6                    |
| 19   | 88.9                            | 85.4                              | 82.5                      | 78.0                   | 84.4                    |
| 20   | 93.0                            | 89.7                              | 88.9                      | 84.1                   | 87.4                    |

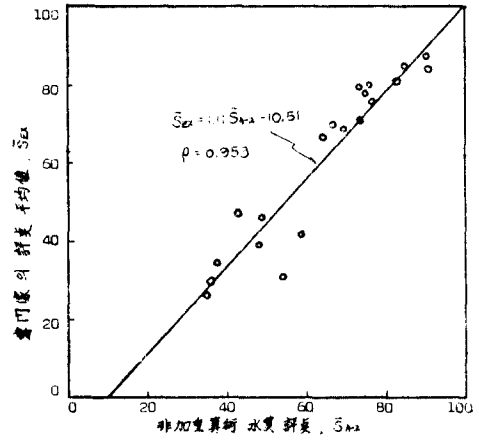


〈그림-7〉  $\bar{S}_{A-1}$ 과  $\bar{S}_{EX}$  關係

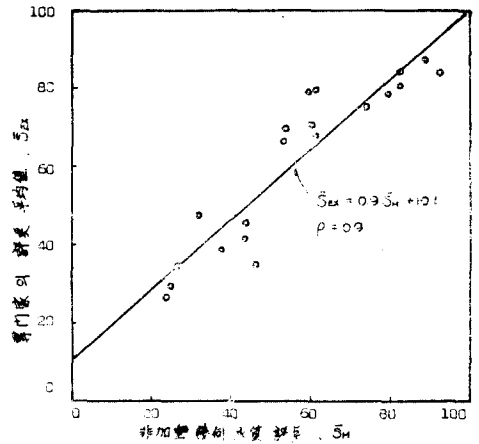
回歸曲線과 그 相關係數로 比較했다.

明白하게 가장 優秀한 것은 “減點”式評點  $\bar{S}_T$  方法이다. 即 回歸曲線의 기울기가 1.07로 1에 제일 가깝고 또한 切片도 零에 가장 가까운  $-0.425$ 이고 또한 相關係數가 0.956의 높은 數值이다.

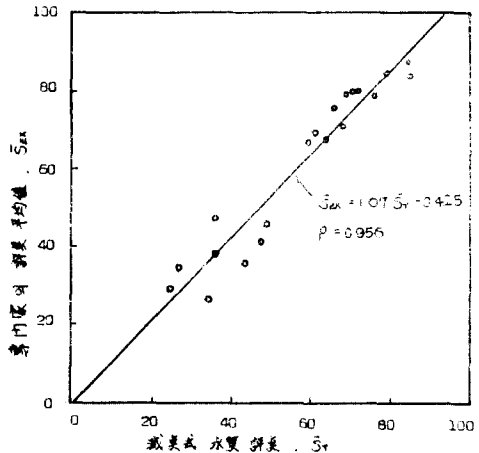
그러나 計算方法이 比較的 簡便한  $\bar{S}_{A-2}$ 와  $\bar{S}_M$ 도 同一하게 有効히 使用할 수 있는 範圍에 屬한다. 다만



〈그림-8〉  $\bar{S}_{A-2}$ 와  $\bar{S}_{EX}$  關係



〈그림-9〉  $\bar{S}_M$ 과  $\bar{S}_{EX}$  關係



〈그림-10〉  $\bar{S}_T$ 과  $\bar{S}_{EX}$  關係

(表-4) 6個定點別, 年度別, 月別 水質評點,  $S_T$  ("減點"式 評點 方法)

| 月   | 定 點 : 九 宜 里 |      |      |      |      |       | SD*  | 定 點 : 亭 豆 |      |      |      |      |       | SD   | 定 點 : 普 光 洞 |      |      |      |      |       | SD    |
|-----|-------------|------|------|------|------|-------|------|-----------|------|------|------|------|-------|------|-------------|------|------|------|------|-------|-------|
|     | 年 度 別       |      |      |      |      | 月 平 均 |      | 年 度 別     |      |      |      |      | 月 平 均 |      | 年 度 別       |      |      |      |      | 月 平 均 |       |
|     | 1975        | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |       |      | 1975      | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |       |      | 1975        | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |       |       |
| 1   | 77.9        | 73.7 | 77.2 | 82.1 | 72.0 | 76.6  | 3.93 | 69.9      | 67.5 | 63.0 | 70.3 | 66.5 | 67.4  | 2.95 | 37.6        | 55.2 | 47.5 | 41.0 | 40.3 | 44.3  | 7.09  |
| 2   | 70.7        | 69.6 | 72.9 | 78.1 | 73.3 | 72.9  | 3.28 | 63.7      | 66.4 | 67.8 | 63.0 | 73.5 | 66.9  | 4.19 | 43.7        | 29.0 | 54.8 | 35.8 | 53.1 | 42.3  | 11.06 |
| 3   | 68.4        | 59.5 | 73.3 | 78.7 | 72.0 | 70.4  | 7.12 | 54.9      | 62.1 | 68.6 | 73.7 | 73.4 | 66.5  | 8.03 | 35.9        | 52.6 | 45.6 | 39.4 | 42.0 | 43.1  | 6.39  |
| 4   | 62.0        | 66.8 | 76.5 | 78.2 | 60.0 | 68.7  | 8.30 | 57.7      | 65.1 | 60.1 | 62.7 | 58.0 | 60.7  | 3.16 | 37.8        | 52.2 | 44.0 | 36.7 | 51.4 | 44.4  | 7.29  |
| 5   | 74.7        | 74.4 | 73.6 | 74.7 | 71.6 | 73.8  | 1.31 | 63.4      | 69.4 | 60.6 | 59.2 | 75.8 | 65.7  | 6.88 | 49.6        | 30.9 | 57.2 | 32.6 | 54.1 | 44.9  | 12.30 |
| 6   | 60.6        | 78.7 | 85.1 | 80.3 | 78.0 | 76.5  | 9.33 | 59.8      | 72.9 | 67.0 | 64.5 | 65.3 | 65.9  | 4.74 | 43.5        | 33.5 | 39.1 | 27.4 | 45.1 | 238.9 | 9.14  |
| 7   | 5.05        | 75.5 | 67.6 | 78.8 | 68.5 | 69.1  | 9.17 | 56.2      | 68.5 | 66.3 | 65.7 | 70.5 | 65.4  | 5.50 | 49.3        | 41.5 | 44.1 | 36.4 | 63.2 | 46.9  | 10.23 |
| 8   | 58.7        | 68.6 | 76.7 | 67.4 | 84.1 | 71.1  | 9.64 | 69.9      | 61.2 | 65.9 | 63.4 | 80.3 | 68.1  | 7.53 | 54.5        | 28.8 | 37.2 | 47.7 | 6.21 | 46.1  | 13.30 |
| 9   | 67.0        | 73.6 | 75.3 | 72.9 | 80.2 | 73.8  | 4.75 | 64.1      | 68.3 | 61.6 | 71.6 | 79.3 | 69.0  | 6.93 | 60.3        | 57.0 | 38.4 | 47.9 | 59.6 | 52.6  | 9.37  |
| 10  | 60.9        | 71.0 | 71.1 | 72.3 | 77.9 | 70.6  | 6.14 | 5.67      | 67.6 | 67.4 | 68.8 | 63.4 | 64.6  | 4.50 | 48.7        | 37.1 | 38.4 | 47.0 | 50.0 | 44.2  | 6.04  |
| 11  | 71.8        | 74.4 | 61.4 | 70.0 | 75.8 | 70.7  | 5.65 | 65.4      | 67.7 | 59.8 | 60.6 | 62.0 | 63.1  | 3.35 | 39.8        | 36.5 | 50.7 | 46.1 | 53.4 | 45.3  | 7.13  |
| 12  | 71.1        | 76.9 | 81.0 | 74.0 | 72.5 | 75.1  | 3.94 | 67.1      | 69.5 | 64.8 | 55.5 | 57.3 | 62.8  | 6.14 | 40.0        | 41.7 | 40.6 | 45.6 | 46.5 | 42.9  | 2.97  |
| 年平均 | 66.6        | 71.9 | 74.3 | 75.6 | 73.8 | 72.4  | 6.50 | 62.4      | 67.2 | 63.6 | 64.9 | 68.8 | 65.4  | 5.66 | 45.1        | 41.3 | 44.8 | 40.3 | 52.2 | 44.7  | 8.66  |
| SD* | 7.05        | 5.23 | 6.08 | 4.45 | 6.18 |       |      | 5.27      | 3.21 | 3.65 | 5.37 | 7.86 |       | 7.53 | 10.46       | 6.66 | 6.71 | 7.16 |      |       |       |

\*SD : 標準偏差

| 月   | 定 點 : 露 梁 津 |       |      |       |       |       | SD    | 定 點 : 永 登 浦 |      |      |       |      |       | SD    | 定 點 : 汜 淸 |      |      |      |      |       | SD |      |
|-----|-------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------------|------|------|-------|------|-------|-------|-----------|------|------|------|------|-------|----|------|
|     | 年 度 別       |       |      |       |       | 月 平 均 |       | 年 度 別       |      |      |       |      | 月 平 均 |       | 年 度 別     |      |      |      |      | 月 平 均 |    |      |
|     | 1975        | 1976  | 1977 | 1978  | 1979  |       |       | 1975        | 1976 | 1977 | 1978  | 1979 |       |       | 1975      | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |       |    |      |
| 1   | 38.4        | 56.1  | 45.0 | 51.3  | 52.5  | 48.7  | 7.00  | 37.3        | 50.3 | 37.9 | 36.6  | 48.1 | 42.0  | 6.60  |           |      |      |      |      |       |    | 4.28 |
| 2   | 43.5        | 31.9  | 48.7 | 34.5  | 39.4  | 39.6  | 6.77  | 41.5        | 26.7 | 37.9 | 24.6  | 39.5 | 34.0  | 7.80  |           |      |      |      |      |       |    | 8.16 |
| 3   | 36.8        | 49.6  | 39.3 | 39.4  | 58.3  | 44.7  | 9.06  | 32.9        | 39.4 | 37.9 | 34.7  | 33.2 | 35.6  | 2.90  |           |      |      |      |      |       |    | 9.15 |
| 4   | 39.0        | 51.4  | 44.0 | 42.9  | 54.4  | 46.3  | 6.36  | 36.3        | 39.9 | 37.3 | 34.4  | 59.2 | 41.4  | 10.14 |           |      |      |      |      |       |    | 6.49 |
| 5   | 54.0        | 34.5  | 59.8 | 30.4  | 57.3  | 47.2  | 13.70 | 36.0        | 27.1 | 38.5 | 25.5  | 56.9 | 36.8  | 12.54 |           |      |      |      |      |       |    | 5.45 |
| 6   | 48.7        | 35.3  | 35.1 | 29.8  | 64.5  | 42.7  | 14.05 | 27.4        | 30.7 | 34.6 | 31.7  | 39.7 | 32.8  | 4.63  |           |      |      |      |      |       |    | 2.82 |
| 7   | 50.1        | 45.7  | 51.2 | 57.4  | 68.4  | 54.6  | 8.79  | 44.6        | 31.4 | 38.4 | 54.2  | 23.3 | 38.4  | 11.89 |           |      |      |      |      |       |    | 4.76 |
| 8   | 53.2        | 32.2  | 40.3 | 58.2  | 75.3  | 51.8  | 16.67 | 44.6        | 32.5 | 37.9 | 51.9  | 60.2 | 45.4  | 11.01 |           |      |      |      |      |       |    | 3.36 |
| 9   | 56.8        | 64.1  | 41.9 | 63.0  | 60.7  | 57.3  | 9.05  | 54.2        | 48.5 | 32.1 | 58.3  | 50.7 | 48.8  | 10.02 |           |      |      |      |      |       |    | 6.10 |
| 10  | 49.0        | 39.0  | 44.7 | 57.6  | 43.0  | 46.7  | 7.09  | 59.3        | 34.5 | 38.6 | 50.3  | 44.0 | 45.3  | 9.80  |           |      |      |      |      |       |    | 4.63 |
| 11  | 53.3        | 46.8  | 38.7 | 46.7  | 55.1  | 48.1  | 6.48  | 37.7        | 43.1 | 34.6 | 44.1  | 46.2 | 41.1  | 4.82  |           |      |      |      |      |       |    | 3.63 |
| 12  | 37.1        | 39.3  | 50.6 | 50.8  | 48.2  | 45.2  | 6.52  | 36.9        | 36.6 | 33.3 | 33.5  | 38.3 | 35.7  | 2.21  |           |      |      |      |      |       |    | 2.75 |
| 年平均 | 46.7        | 43.8  | 44.9 | 46.8  | 56.4  | 47.7  | 10.11 | 40.7        | 36.7 | 36.6 | 40.0  | 44.9 | 39.8  | 9.13  |           |      |      |      |      |       |    | 6.25 |
| SD  | 7.33        | 10.21 | 6.78 | 11.43 | 10.21 |       |       | 8.91        | 7.75 | 2.28 | 11.40 | 11.0 |       |       | 7.63      | 5.14 | 6.01 | 6.49 |      |       |    |      |



$S_{A-2}$ 는 낮은 數値에서 專門家水質評點보다 높게 나타나며  $S_M$ 는 中間以上の 數値에서 專門家水質評點보다 낮게 나타나는 傾向이 있다.  $S_T$ 의 長點은 非均等性이 높은 낮은  $S_{A-2}$ 의 水質評點値에서 더 많이 減點을 하게 되는데 있을 것이다.  $S_{A-1}$ 은 全般的으로 專門家評點보다 大體로 높게 나타나 問題가 있으나 其他의 方法들 사이에는 큰 差異가 없는 結果이다.

(3) 決定된 漢江水域 水質評點方法

“減點”式 評點方法  $S_T$ 로서 이 水域의 水質評點을 計算하고 그 水質指數를 얻었다.

〈表-4〉는 6個定點에서 1975~1979(但 加陽은 1976~1979)에 걸친 月別 水質評點이다.

마. 漢江水質指數

〈表-4〉의 水質評點에서 各定點別 및 該當 水域全體에 대한 水質指數를 얻는다.

(1) 定點別 水質指數

6個 定點別 年度別 및 5個年(加陽은 4個年) 平均 水質指數는 〈表-5〉와 같다.

(2) 漢江水域의 水質指數

九宜里 부터 加陽까지 30.6km에 걸친 水域의 水質

〈表-5〉 漢江의 6個定點別, 年度別 및 平均水質指數

| 定點別 | 年度別 水質指數 |      |      |      |      | 5個年<br>(또는 4<br>個年)<br>平 均<br>水質指數 |
|-----|----------|------|------|------|------|------------------------------------|
|     | 1975     | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |                                    |
| 九宜里 | 66.6     | 71.9 | 74.3 | 75.6 | 73.8 | 72.4                               |
| 득도  | 62.4     | 67.2 | 63.6 | 64.9 | 68.8 | 65.4                               |
| 普光洞 | 45.1     | 41.3 | 44.8 | 40.3 | 52.2 | 44.7                               |
| 露梁津 | 46.7     | 43.8 | 44.9 | 46.8 | 56.4 | 47.7                               |
| 永登浦 | 40.7     | 36.7 | 36.6 | 40.0 | 44.9 | 39.8                               |
| 加陽  | —        | 34.0 | 32.7 | 34.4 | 35.3 | 34.1                               |

指數를 다음과 같이 求하였다.

(가) 2個의 隣接定點의 中間地點의 上流는 上部定點까지 그 上部定點의 水質評點 또는 指數로 代表케 하고 下流는 下部定點까지 그 下部定點의 水質評點 또는 指數로 代表케 하였다.

(나) 한 中間地點과 다음 中間地點 사이의 거리와 全體거리(30.6km)의 比를 그 區間水質評點(또는 指數)에 適用하는 加重値로 하였다.

(다) 이 水域의 兩端은 九宜里와 加陽으로 定하고 이 兩定點에서의 水質評點에 適用하는 加重値는 各定點에서 各各 下流 첫번째 中間地點과 (九宜里의 경우) 上流 마지막 中間地點(加陽의 경우)까지의 距離와 總河川距離(30.6km)의 比로서 各各 求하였다.

(라) 加重値를 適用한 相乘積計算法에 의하여 76~79 4個年間的 各 年度別 이 水域의 水質指數를 〈表-6〉과 같이 얻었다.

6. 水質指數의 活用

既述한바와 같이 水質檢査 結果를 指數化하면 여러 方面에 利用할 수 있고 特히 水質保全에 관한 政策決定에 重要한 資料가 되고 또한 國民啓蒙에 좋은 資料가 된다. 여기서는 두가지 用途를 例示한다.

가. 水質의 年間變化傾向

〈表-5〉와 〈表-6〉에서 보든바와 같이 漢江의 下流水域의 水質은 1975年 以來 큰 變化는 없으나 若干씩 改善되는 現象을 보이고 있고 特히 1979年度는 그 現象이 顯著하다. 定點別로 보면 九宜里의 水質指數는 1975~1979 5年間 平均이 72.4로 水質이 良好하며 득도가 65.4로 普通程度의 水質로 判定할 수 있고 普光洞 露梁津 永登浦는 나쁘며 加陽은 極히 나쁘다고 말할 수 있다. 九宜, 加陽間 30.6km 全水域에 걸친 水質

〈表-6〉 九宜里~加陽 間 漢江 水域의 水質指數

| 定點        | 定點間<br>距離 km | 定點間中<br>點相互隣接<br>間距離<br>$L_i$ , km | 加重値<br>$N_i = \frac{L_i}{\sum L_i}$ | 加重 水質 指數, $I_i^w$ |      |      |      | 備 考                                    |
|-----------|--------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|------|------|------|--|
|           |              |                                    |                                     | 1976              | 1977 | 1978 | 1979 |  |
| 九宜里       | 8.30         | 4.15                               | 0.14                                | 1.82              | 1.83 | 1.83 | 1.83 | $I_i$ = 該當定點,<br>年度의 水質指數<br>(〈表-5〉에서) |
| 득도        | 2.60         | 5.45                               | 0.18                                | 2.13              | 2.13 | 2.12 | 2.14 |  |
| 普光洞       | 6.05         | 4.32                               | 0.14                                | 1.68              | 1.70 | 1.63 | 1.74 |  |
| 露梁津       | 7.40         | 6.72                               | 0.22                                | 2.30              | 2.31 | 2.33 | 2.43 |  |
| 永登浦       | 6.25         | 6.82                               | 0.22                                | 2.21              | 2.21 | 2.25 | 2.31 |  |
| 加陽        | 3.12         | 3.12                               | 0.10                                | 1.42              | 1.42 | 1.42 | 1.43 |  |
| $\Sigma$  | 30.6         | 30.6                               | 1.0                                 |                   |      |      |      |  |
| $\bar{w}$ | (水域의 水質指數)   |                                    |                                     | 47.3              | 48.0 | 48.5 | 54.7 |  |

은 1976, 1977, 및 1978은 나쁜 것으로 判定되나 1979는 普通程度의 水質로 改善되었으며 1976~1979年間 平均 1.85點의 向上되었다. 參考로 一般的으로 使用되는 水質評價基準는 다음과 같다.

- 水質이 極히 優秀하다—90點以上
- 良好하다—70~90點
- 普通이다—50~70點
- 나쁘다—30~50點
- 아주나쁘다—10~30點

나. 水質測定頻度の 最適化

現在 漢江의 이 水域에 對한 水質測定은 1個 定點에서 定期的으로 每月 1回 年 12回, 따라서 6個 定點에서의 總測定回數는 年間 72回가 된다. 그러나 理論上으로 보면 各定點에서 同一하게 같은 週期로 測定하는 것보다는 水質의 變化가 큰 定點에서 더 자주 測定하는 것이 全體的으로 考察 効率的이다.

또한 1個 定點만에 限定해 보아도 年間 每月 1回씩 測定하는 것보다는 水質變化가 큰 달에 더 자주 하는 것이 制限된 資源(人力, 豫算等)을 効率的으로 利用하는 結果가 된다. 이러한 水質測定頻度の 最適化는 水質指數를 利用할 수 있는 水域에 對해서 可能하다.

(1) 서로 다른 定點相互間의 水質測定頻度の 適正配定

水質指數를 統計的 處理하는데 있어

(1) 將來의 水質統計資料들은 現在의 資料들과 大端히 높은 相關關係를 갖고 (2) 水質測定에서 얻어지는 資料들은 正規密度分布한다는 假定을 한다.

또한 모든 測定値는 無作爲이고 相互 獨立的으로 看取한다. 이 마지막 假定은 事實과 다르며 各月別 水質測定値는 時間經過에 따라 相互 相關關係를 갖는 傾向이 있으나 Loftis<sup>11)</sup>等에 의하면 年間 測定回數가 12~30程度일 경우에는 이 相關性이 統計的 取扱結果에 큰 影響을 미치지 못함을 證明하였다.

한 定點에서의 水質測定回數를 일기 위하여 다음式을 利用한다.

$$P\left[Z \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma \sqrt{n}} < Z_{1-\frac{\epsilon}{2}}\right] = 1 - \epsilon \dots \dots \dots (4)$$

但  $\bar{x}$ : 標本數  $n$ 의 標本平均値

$\mu$ : 母集團의 平均値

$\sigma$ : 母集團의 標準偏差

$1-\epsilon$ : 信賴度(confidence level)

$P$ : 確率(probability)

$Z$ : 信賴係數(confidence coefficient)로서 信賴度 95%일 때 ( $1-\epsilon=0.95$ )

$$Z \frac{\epsilon}{2} = Z_{0.025} = -1.95, \quad Z_{1-\frac{\epsilon}{2}} = Z_{0.975} = 1.95$$

信賴度 90%일 때 ( $1-\epsilon=0.90$ )

$$Z \frac{\epsilon}{2} = Z_{0.05} = -1.65, \quad Z_{1-\frac{\epsilon}{2}} = Z_{0.95} = 1.65$$

信賴限界(confidence limits)를 생각하면,

$$\frac{|\bar{x} - \mu|}{\sigma \sqrt{n}} = Z_{1-\frac{\epsilon}{2}} \dots \dots \dots (5)$$

$|\bar{x} - \mu|$ 는 標本の 平均値가 母集團 平均値에서 벗어난 誤差로 이 許容限度는

$$|\bar{x} - \mu| = \alpha \cdot \mu \dots \dots \dots (6)$$

但  $\alpha$ : 許容誤差率

이 되고 다음式이 成立한다.

$$n = \left(\frac{Z_{1-\frac{\epsilon}{2}}}{\alpha}\right)^2 \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)^2 = K \cdot C^2 \dots \dots \dots (7)$$

但  $C_v = \sigma/\mu$ : 變化係數(coefficient of variation)

$K$ : 定數

$Z_{1-\frac{\epsilon}{2}}$ 는 母集團의 標準偏差  $\sigma$ 가 既知일 때 使用할 수 있으나 標本の 標準偏差  $s$ 인 경우는 Student의 係數  $t_{1-\frac{\epsilon}{2}}$ 를 使用해야 한다. 그러나 이 경우  $t_{1-\frac{\epsilon}{2}}$ 는 標本の 크기  $n$ 自體에 따라 變化하므로  $K$ 는 定數가 될 수 없다. 다만 本調査에서와 같이 利用可能 標本數가 60(加陽단 48)이 되는 경우는  $s$ 를 母集團의 標準偏差로 認定하여도 큰 誤差가 없다.

理論上으로는 許容할 수 있는 誤差率  $\alpha$ 와 信賴度  $1-\epsilon$ 을 事전에 定한後  $n$ 를 計算하는 것이 定石이다. 그러나 주어진 豫算과 人力 裝備等으로는 于先 全水域에 걸쳐 年間 測定할 수 있는 能力을 定하고 이를 各定點別로 適正 分割配定하는 수 밖에 없다.

只今 定點  $i$ 에서의 年間 測定數를  $n_i$ 라 하고 總能力(測定數)을  $N$ 라 하면,

$$\sum n_i = N = K \sum C^2 v_i \dots \dots \dots (8)$$

$$n_i = \frac{C^2 v_i}{\sum C^2 v_i} \times N \dots \dots \dots (9)$$

<表-7>은 6個 定點에 對해 年間總 72回測定 할 때 各定點別로 同一 信賴度와 許容誤差率下에서 適正 配定되는 水質測定數를 算出한 것이다.

(2) 1個 定點에서의 月別 測定頻度分布의 適正化

同一의 信賴度와 同一의 許容 誤差率下에 各定點에 適正配定된 年間 測定數는 <表-4>의 5年(加陽는 4年)의 月別 水質指數를 利用하여 다시 月別로 適正 細分 配定할 수 있다.

Dunnette<sup>12)</sup>는 月別 水質測定數를 다음과 같이 計算하였다.

$$n_i = \frac{s_j^2}{\sum s_j^2} \times N \dots \dots \dots (8)$$

但  $n_i$ : 定點의  $j$ 番 月의 測定數

$s_j$ : 定點의  $j$ 番 月의 標本標準偏差(數年記錄)

$N$ : 이 定點에 配定된 年間 總測定數

<表-7>

測點別 適正 年間 水質 測定數

| 定 點   | 平均 值<br>$\mu$ | 標準 偏差<br>$\sigma$ | 變 化 係 數<br>$C_v$ | $C_v^2$ | $C_v^2/\Sigma C_v^2$ | $C_v^2/\Sigma C_v^2 \times N (N=72)$ | 調 整 된<br>測定數 $n$ |
|-------|---------------|-------------------|------------------|---------|----------------------|--------------------------------------|------------------|
| 九 宜 里 | 72.4          | 6.5               | 0.09             | 0.008   | 0.043                | 3.1                                  | 3                |
| 号 豆   | 65.4          | 5.66              | 0.087            | 0.008   | 0.043                | 3.1                                  | 3                |
| 普 光 洞 | 44.7          | 8.66              | 0.194            | 0.038   | 0.207                | 14.9                                 | 15               |
| 露 梁 津 | 47.7          | 10.11             | 0.212            | 0.045   | 0.245                | 17.6                                 | 18               |
| 永 登 浦 | 39.8          | 9.13              | 0.229            | 0.052   | 0.283                | 20.4                                 | 20               |
| 加 陽   | 34.1          | 6.25              | 0.183            | 0.033   | 0.179                | 12.9                                 | 13               |
| 計     |               |                   |                  | 0.184   |                      | 72                                   | 72               |

<表-8> 6個定點別 年間水質 測定數의 月別適正分布  
九 宜 里 ( $n=3$ )

| 月 別 | 平均 值<br>$\bar{x}$ | 標 準 偏 差 |        | $\frac{s^2}{\Sigma s^2} \times n$ | 調 整 值 |
|-----|-------------------|---------|--------|-----------------------------------|-------|
|     |                   | $s$     | $s^2$  |                                   |       |
| 1月  | 76.6              | 3.93    | 15.44  | 0.09                              | 0     |
| 2月  | 72.9              | 3.28    | 10.76  | 0.06                              | 0     |
| 3月  | 70.4              | 7.12    | 50.69  | 0.29                              | 0     |
| 4月  | 68.7              | 8.30    | 68.89  | 0.40                              | 1     |
| 5月  | 73.8              | 1.31    | 1.72   | 0.01                              | 0     |
| 6月  | 76.5              | 9.33    | 87.05  | 0.50                              | 1     |
| 7月  | 69.1              | 9.17    | 84.09  | 0.49                              | 1     |
| 8月  | 71.1              | 9.64    | 92.93  | 0.54                              | 1     |
| 9月  | 73.8              | 4.75    | 22.56  | 0.13                              | 0     |
| 10月 | 70.6              | 6.14    | 37.70  | 0.22                              | 0     |
| 11月 | 70.7              | 5.65    | 31.92  | 0.18                              | 0     |
| 12月 | 75.1              | 3.94    | 15.52  | 0.09                              | 0     |
| 計   |                   |         | 519.27 | 3                                 | 4     |

露 梁 津 ( $n=18$ ) 永 登 浦 ( $n=20$ ) 加 陽 ( $n=13$ )

| 月 別 | $\frac{s^2}{\Sigma s^2} \times n$ | 調 整 值 | $\frac{s^2}{\Sigma s^2} \times n$ | 調 整 值 | $\frac{s^2}{\Sigma s^2} \times n$ | 調 整 值 |
|-----|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| 1月  | 0.75                              | 1     | 0.99                              | 1     | 0.66                              | 1     |
| 2月  | 0.70                              | 1     | 1.38                              | 1     | 2.39                              | 2     |
| 3月  | 1.26                              | 1     | 0.19                              | 0     | 3.01                              | 3     |
| 4月  | 0.62                              | 1     | 2.33                              | 2     | 1.51                              | 2     |
| 5月  | 2.88                              | 3     | 3.57                              | 4     | 1.07                              | 1     |
| 6月  | 3.03                              | 3     | 0.49                              | 1     | 0.29                              | 0     |
| 7月  | 1.18                              | 1     | 3.21                              | 3     | 0.81                              | 1     |
| 8月  | 4.26                              | 4     | 2.75                              | 3     | 0.41                              | 0     |
| 9月  | 1.26                              | 1     | 2.28                              | 2     | 1.34                              | 1     |
| 10月 | 0.77                              | 1     | 2.18                              | 2     | 0.77                              | 1     |
| 11月 | 0.64                              | 1     | 0.53                              | 1     | 0.47                              | 1     |
| 12月 | 0.65                              | 1     | 0.11                              | 0     | 0.27                              | 0     |
| 計   | 18                                | 19    | 20                                | 20    | 13                                | 13    |

<表-8>은 6個 定點別 年間 水質測定數의 適正 月別 分布를 1975~1979(加陽은 1976~1979)의 水質指數에 서 求한 것이다.

7. 結 論

河川等 水域의 一地點(定點)이나 水域의 部分 또는 全面에 대한 水質을 評價하는데 있어 水質評點(Water Quality Scoring)이나 水質指數(Water Quality Indexing)制를 導入하는 것이 여러面에서 有益하다. 勿論 本 制度의 導入은 水質 測定值가 正確하다는 것을 前提로 한다.

水質評點의 對象이 될 水質의 成分項目은 慎重히 定 하여야 하며 本 調査에서는 水溫, 溶存酸素(이 兩者는 合해서 DO 飽和率로 表示) BODs, 總固體, NH<sub>3</sub>+NO<sub>3</sub>, pH, 大腸菌數로 하였다.

項目別 成分濃度를 同一尺度로 만들어진 項目別 水 質評點值로 轉換하는데 必要한 項目別評點 函數는 그 水域에 바람직한 最低의 水質의 成分 濃度를 定하여 이를 各各 項目別水質評點, 80으로 하여 만들었으며 比較的 汚染되어 있지 아니한 水域의 경우는 過去의

목 豆 ( $n=3$ )

普 光 洞 ( $n=15$ )

| 別 月 | 목 豆 ( $n=3$ )                     |       | 普 光 洞 ( $n=15$ )                  |       |
|-----|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
|     | $\frac{s^2}{\Sigma s^2} \times n$ | 調 整 值 | $\frac{s^2}{\Sigma s^2} \times n$ | 調 整 值 |
| 1月  | 0.07                              | 0     | 0.78                              | 1     |
| 2月  | 0.14                              | 0     | 1.90                              | 2     |
| 3月  | 0.52                              | 1     | 0.63                              | 1     |
| 4月  | 0.08                              | 0     | 0.82                              | 1     |
| 5月  | 0.38                              | 1     | 2.35                              | 2     |
| 6月  | 0.18                              | 0     | 1.30                              | 1     |
| 7月  | 0.24                              | 0     | 1.62                              | 2     |
| 8月  | 0.45                              | 1     | 2.74                              | 3     |
| 9月  | 0.38                              | 1     | 1.36                              | 1     |
| 10月 | 0.16                              | 0     | 0.57                              | 1     |
| 11月 | 0.09                              | 0     | 0.79                              | 1     |
| 12月 | 0.30                              | 0     | 0.14                              | 0     |
| 計   | 2.9                               | 4     | 15                                | 16    |

歷史的 測定值의 算術平均値를 “바람직한 水質”의 成分 濃度에 代替할 수 있다.

項目別水質評點을 合計하여 水質評點을 計算하는 4 個의 方法中 非加重算術水質評點法( $\bar{S}_{A-2}$ ), 非加重幾何水質評點法( $\bar{S}_M$ )와 “減點”式水質評點法( $\bar{S}_T$ )는 全部 有效하게 利用될 수 있으며, 專門家의 20個의 標本 水質 成績에 對한 主觀的 評點의 平均과 比較해 볼때 “減點式”水質評點이 他에 比較 若干 優勢함을 立證하였다.

漢江의 서울特別市 行政區域內 水域인 九宣~加陽間의 6個 定點에서 1975~1979의 5年間 實施한 水質 測定 記錄(加陽은 1976년부터 4年間)에 對하여 水質指數를 導出한바 다음 結果를 얻었다.

(1) 定點別 平均 水質指數는 九宣里가 72.4, 鴨도 65.4, 普光洞 44.7, 露梁津 47.7, 永登浦 39.8 그리고 加陽이 34.1이다.

(2) 이 水域 全般에 걸친 年綜合水質指數는 各 定點에서의 年平均 水質指數에 그것이 影響을 미치는 河川 距離와 全水域距離의 比를 自乘한 數值를 全定點에 걸치 서로 곱하여 얻었으며 그 結果 1976年 47.3, 1977年 48.0, 1978年 48.5, 및 1979年 54.7의 水質指數를 나타내 이 水域에서 水質이 若干 好轉되어 가고 있음을 알 수 있다.

水質評點과 水質指數의 活用方法에 對해 두가지 例를 들었다. 特別 水質指數를 利用하여 6個 定點에 對해시 年間測定해야 할 最適 頻度를 統計的으로 誘導하므로써 現能力 即 年間 72回의 總測定 回數를 現在의 1定點當 月 1回, 年間 12回로 부터 年間 九宣里 3回, 鴨도 3回, 普光洞 15回, 露梁津 18回, 永登浦 20回 그리고 加陽 13回로 調整함이 合理的임을 알았다.

다만 行政上의 여러 事情으로 1定點 1月回 測定 原則이 繼續될 것이 豫想된다. 그러나 앞으로 더 많은, 그리고 더 正確한 水質測定資料가 蒐集되는 水域에 對해는 合理的으로 測定回數를 調整하는 것이 바람직하다.

아울러 이렇게 調整된 年間 測定回數의 定點別, 月別適正分布頻度를 얻는 方法도 紹介하였다.

이와같이 水質測定 水域에서 測定되는 水質 檢査結果를 水質評點과 水質指數로 轉換하여 隨時 弘報하면 水質保全에 關한 國民啓蒙이 容易해지고 또 水質에 關한 政策決定 過程에서도 이를 有用하게 使用할 수 있을 것으로 믿는다.

### 參 考 文 獻

1. R.O. Ball, Richard L. Church, "Water Quality

Indexing and Scoring" Journal of the Environmental Engineering, ASCE, EE4 Aug. 1980

2. D.A. Cunnette, "A Geographically Variable Water Quality Index used in Oregon", JWP-CF Vol. 51 No. 1, Jan., 1979
3. Ott. W.R., "Water Quality Indices: A Survey of Indices used in the United States". Rept. No. EPA-600/4-78-005 EPA, Washington D.C., 1978
4. Landwehr, J.M., "Water Quality Indices-Construction and Analysis", Ph.D. thesis, Univ. of Michigan, 1974
5. Horton, R.K., "An Index-Number System for Rating Water Quality" Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 37, No.3, Mar. 1965
6. Brown, R.M., et al, "A Water Quality Index-Do We Dare?", Water and Sewage work, Vol. 117, No. 10, Oct. 1970
7. Denius, S.H., "Social Accounting System for Evaluating Water Resources," Water Resources Research, Vol. 8, No. 5, Oct. 1972
8. Prati, L., Pavenello, R., and Persarin, F., "Assessment of Surface Water Quality by a Single Index of Pollution", Water Research, Vol. 5, 1971
9. McDuffi, B., and Honey, J.T., "A Proposed River Pollution Index", Presented at the April, 1973, American Chemical Society Conference, Division of Water Air and Waste Chemistry, held at New York, N.Y.
10. Harkins, R.D., "An Objective Water Quality Index", Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 46, No. 3, Mar., 1974
11. Loftis, J.C., and Ward, R.C., "Water Quality Monitoring-Some Practical Sampling Frequency Consideration", Colorado State University, Fort Collins
12. David A. Dunnette, Communication, Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 52, No. 11, Nov. 1980
13. "Quality Criteria for Water", U.S. Environmental Protection Agency, 1976, PB 263-943, Washington, D.C.