水質管理를 위한 水質指數의 適用

—Water Quality Index Approach to Water Quality Management

* 金 淸 州
** 林 哉 明
*** 申 應 培

Abstract

To compare the different water quality parameters on an equal basis, the transformation functions, which are developed and applied by the previous inuestigators, expressed negative- exponentially and parabolically are employed. Unweighted additive and unweighted multiplicative water quality indexes are selected to apply the Han river water quality. As a result, it is believed that maltiplicative index is more sensitive to reflect adequately in overall quality which may result with zero or poor quality in any parameters. Water quality index system is responsive to changes in water quality resulting from municipal and industrial waste effluents and also is an effective method for indicating and reporting overall quality and expressing quality trends in the giuen area.

1. 序 論

河川·湖水·海洋의 水質을 物理的·化學的·生物學的으로 調査·分析하여 일반적으로 濃度(mg/l, ppm)로 表示하고 있다. 水質을 "깨끗하다" "더럽다" "濁하다" 등의 형용사적 表現을 빌리지 않고 pH·DOC(溶存酸素) BOD(生化學的酸素要求量) 温度등 물의 汚濁을 나타내는 項目으로 表示하고 있다. 그러나 이와같은 項目은 이 分野에 종사하는 科學者나 技術者에게는 有用할지 모르지만 이 分野에 관여하지 않는 科學者나 一般大衆에게는 큰 意味를 주지 못한다.

* KIST 環境計劃研究室 研究員
** KIST 環境計劃研究室 研究員
*** KIST 環境計劃研究室長·工学博士

확고한 環境政策을 樹立하고 環境質프로그램(Environmental Quality programs)을 효율적으로 遂行하는 데 있어 現狀態와 그 推移에 대한 正確하고 시기적절한 情報가 필요하다. 또한 大衆들은 環境을 保全하기 위하여 그들이 消費하는 資金이 環境의 質을 改善하였는지 與否를 알權利가 있다. 環境質의 變化를 알기 위하여는 環境質을 나타내는 파라매터를 測定하여야 하지만 측정된 개개의 파라매터의 값이 보고된다 하여도 大衆이나 政策決定者들에게는 重要한 意味를 부여하지 못한다 하겠다. 그러므로 마치 國家의 經濟狀態에 영향을 주는 여러 因子들을 綜合하여 國民総生産量(GNP)으로, 物価의 變動을 消費者物価指數(CPI)로 각각 發表하듯이 環境測定資料들을 종합하여 單一數値로 表示하는 環境質指數(Environmental Quality Index)를 設

定하여 環境管理를 하는 것이 바람직하다 하겠다.

美國이나 캐나다등지에서는 이 環境의 質을 把握하기 위하여 水質指數(Water Quality Index) 大氣質指數(Air Quality Index) 등의 시스템을 도입하고 있다.[5,6,7] 本 硏究에서는 水質指數에 관하여 서술하고 後에 大氣質指數에 대하여 언급하고자 한다.

2. 一般理論

(1) 變換函數(Transformation Functions)

個個의 水質測定파라메터-예를들면, pH, 温度, DO, BOD, 등-들을 測定値 그자체로서는 서로를 비교하기는 어렵다. 즉 pH5와 DO 5mg/l는 水質의 相対的인 크기를 비교·분석하기란 곤란하다. 그러므로 각 測定値들을 同一한 等級으로 變換하여 서로 비교할 수 있는 函數를 만들어야 한다. 이 函數는 汚染因子가 水質에 미치는 影響에 의하여 결정되어야 한다. 예를들어 水質測定値가 5가 변화한다면 이 數値가 水質에 미치는 영향은 pH와 浮遊物質에 있어서 정도가 다르다.

水質汚染因子들의 一定한 크기의 變化量이 高濃度에서 보다 低濃度에서 水質에 미치는 影響은 크며, 일반적으로 濃度가 높아질수록 水質은 더욱 나쁘다. 이와같은 경우 水質變換函數(Tramsformation Functions)는 陰指數 函數(Negative Exponential Functions)로 表示하는 것이 적당하다.[3]

$$fi(xi) = \exp(-ai\ xi) \quad \cdots\cdots (1)$$

여기서, xi : i번째 因子의 測定値
ai : i번째 因子의 常數
fi(xi) : i번째 因子의 變換函數

變換函數値가 0인 경우는 自然環境狀態에서는 許容할 수 없는 水質이며 1은 理想的인 水質條件을 나타낸다. 그러나 pH, 온도와 같은 測定項目은 水質變化와 環境에 미치는 影響은 음지수곡선의 特性을 나타내지 않고 拋物線函數로 表現된다.

Walski와 Parker[1]는 表面水의 水質基準으로 變換函數를 만들었으며 McClelland[4]는 앙케이트를 조사하여 水質變換曲線을 만들었다.

McClelland의 曲線을 分析하여 보면 이것도 陰指數函數와 拋物線函數로 表現될 수 있다. Walski와 Parker의 式이 McClelland의 曲線보다는 使用하기가 편하며 많은量의 資料를 쉽게 處理할 수 있다. McClelland의 曲線을 方程式으로 表現하여 Walski와 Parker 式에 포함되어 있는 項目인 경우는 常數를 平均하고 Walski 式에 없는 項目(BOD_5, DO(%))는 McClelland 曲線方程式을 使用하였다.

溶存酸素(%)[4] : $f(DO) = -0.00003DO^2 + 0.015\ DO - 0.2$ ……(2)

pH[1] : $f(pH) = [25-(pH-7)^2]/25$,

$2 \leqq pH \leqq 12$: $pH<2, pH>12\ f(pH) = 0$ …(3)

BOD_5 (mg/ℓ)[4] : $f(BOD_5) = \exp(-0.12BOD_5)$ ……(4)

浮遊物質(mg/ℓ)[1] : $f(ss) = \exp(-0.02SS)$ ……(5)

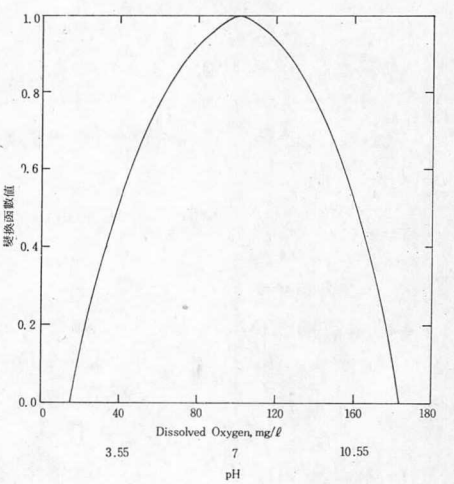
NO_3-N (mg/ℓ)[1,4] : $f(N) = \exp(-0.2N)$ …(6)

PO_4-P (mg/ℓ)[1,4] : $f(P) = \exp(-2.6P)$ …(7)

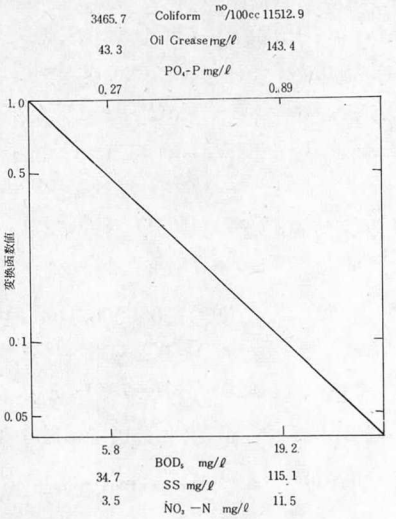
油分(mg/ℓ)[1] : $f(oil) = \exp(-0.016\ Oil)$ …(8)

大腸菌(no/100mℓ)[1] : $f(C) = \exp(-0.0002\ C)$ ……(9)

위 式들 중에 음지수함수는 semi log paper에 그리면 직선이 되며 그림 2와 같다.



〈그림-1〉 DO·pH 変換函数



〈그림-2〉 陰指数変換函数

(2) 水質指數(Water Quality Index)

개개의 水質파라매터 測定値를 同一한 基準에서 비교할 수 있는 變換函數値로 變形한 후에는 이 變換數値들을 綜合하여 單一數値로 表現되어야 하는데 이에는 여러 方法이 있다.[1,4]

첫째 Brown etal[9]이 제안한 方法으로서 개개 變換數値를 산술적으로 합하여 평균하는 算術水質指數(Addifive Water Quality Index)이다.

$$WQI(A)=\sum_{i=1}^{n} Wifi(xi) \cdots\cdots (10)$$

여기서, xi : i번째 파라매터의 測定値

fi(xi) : i번째 파라매터의 變換函數値

wi : i번째 파라매터의 相対加重値, $\sum_{i=1}^{n} wi = 1$

n : 파라매터의 수

둘째로 倍水質指數(Multiplicative water Quality Index) 로서 한 개의 水質파라매터가 全体水質에 미치는 영향을 보다 민감하게 나타내 준다.[1,4,8]

$$WQI(M)=\prod_{i=1}^{n} fi(xi)^{wi} \cdots\cdots (11)$$

위의 두 水質指數는 各各 파라매터에 加重値 wi를 付加하였지만 實際的으로 가중치를 부가하기란 용이한 것은 아니며 또한 필요성이 없는 경우에는 다음과 같이 表示될 수 있다.[8]

非加重算術水質指數 : $WQI(AU)=\sum_{i=1}^{n} fi(xi)/n$ ·····(12)

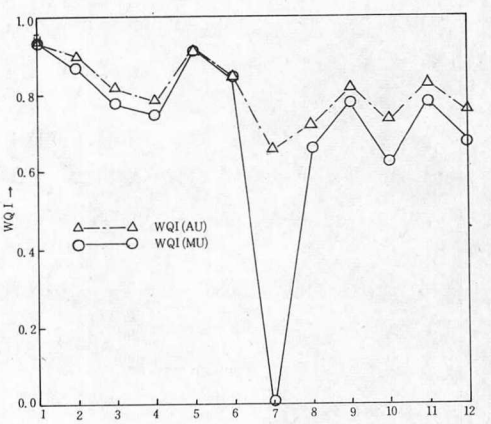
非加重倍數水質指數 : $WQI(MU)=(\prod_{i}^{n} fi(xi))^{1/n}$ ·····(13)

셋째로 變換函數를 이용한 水質指數에는 널리 이용된 적은 없지만 綜合環境質指數[11], 綜合水質指數[2]에 사용된 自乘平均平方根水質指數 (Root Mean Square water Quality Index)이다.

$$WQI(RS)=\sqrt{\sum_{i=1}^{n} fi(xi)^2/n} \cdots\cdots (14)$$

3. 漢江水質에의 應用

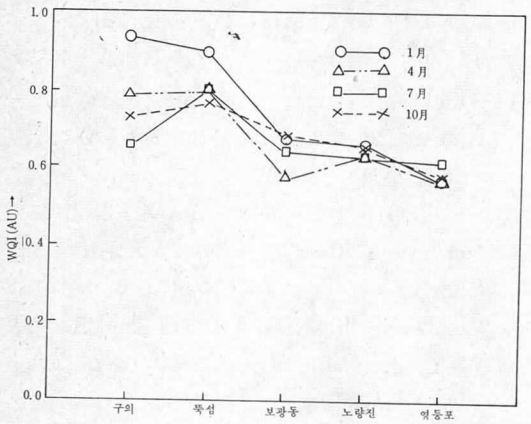
水質指數가 실제로 하천의 水質을 어떻게 반영하는가를 把握하기 위하여 漢江主流의 水質測定資料를 이용하였다.[2] 서울市의 5개 水源地水域 중(九宣水域의) 水質測定値와 水質變換函數値 및 水質指數는 표 1과 그림 3과 같다.



〈그림-3〉 九宣水源地의 季節的水質指數変化

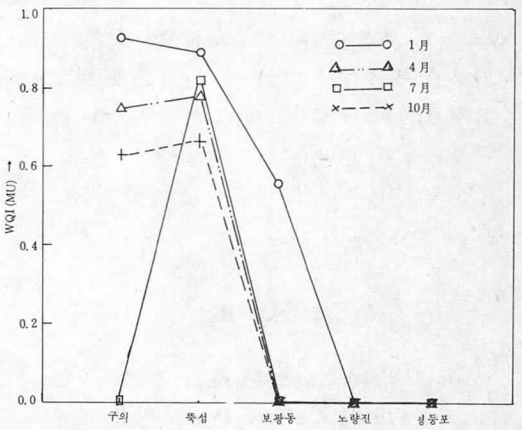
Landwehr 와 Deininger[8]에 의하면 水質分野에 종사하는 전문가들과의 水質測定項目에 부가하는 加重値에 관한 의견교환에서 水質指數들 중에 WQI(MU)가 가장 좋은 相関関係를 가지고 있다. 그림 3을 살펴보면 WQI(MU)가

WQI (AU)보다 값이 낮고 7月에는 WQI (MU)가 0.0이 되었다. 즉 WQI (MU)는 한 測定項目의 測定値가 水質指數에 미치는 영향은 WQI (AU)보다 민감함을 알 수 있다. 7月의 WQI (MU)가 0.001 된것은 표 1에서 보는 바와 같이 大腸菌이 92.000MPN/100mℓ이었기 때문이다.



〈그림－4〉 季節的 地域別WQI (AU)의 変化

漢江主流의 九宣水源地, 뚝도水源地, 보광동水源地, 노량진水源地, 영등포水源地水域의 水質의 季節別(1月, 4月, 7月, 10月)水質指數는 그림 4, 그림 5와 같다. 이에서 보는 바와같이 WQI (AU)는 구의地域에서 영등포 지역으로 내려가면서 더욱 더 낮은 값을 나타낸다. 이러한 현상은 漢江은 主流의 各 支川에서 多量의 下水 및 廢水가 미처리된 채 방류되고 있다는 사실을 水質指數에서도 여실히 나타내 주고 있다. 그림 3, 4, 5에서 WQI에 變化를 주는 主된 水質項目은 浮遊物質, BOD_5, 大腸菌이며 특히 WQI (MU)가 보광동지역부터 WQI가 0.0으로 下落된 것은 大腸菌수의 상당한 증가에 기인된다. 水質指數를 倍數水質指数로 表現하는 것이 바람직하다 하겠으나 현재 漢江水의 水質을 WQI (MU)로 表示하면 Coliform의 영향으로 보광동수역 이후부터는 指數가 0.0이 된다. 그러므로 漢江水의 水質이 改善되기 전까지는 水質指数를 WQI (AU)로 사용하는 것이 바람직하다고 사려된다.



〈그림－5〉季節的地域別WQI (Mu)의 変化

4. 結 論

河川의 水質測定資料를 陰指數函數와 抛物線函數로 表示하고 또한 개개의 函數値들을 調合하여 單一 水質指數로 表現하였다. 水質指数들 중에 WQI (MU)가 WQI (AU)보다 개개 測定項

表 1 九宣水源地의 水質指数 (1975)

日字 / 濃度 / 項目	1月 17日		4月 7日		7月 7日		10月 7日	
	測定値	變換値	測定値	變換値	測定値	變換値	測定値	變換値
pH	7.3	0.996	7.4	0.994	7.6	0.986	7.2	0.998
SS	6.0	0.887	49.0	0.375	11.0	0.803	5.0	0.905
DO	94.4	0.949	94.0	0.945	69.2	0.694	92.4	0.930
BOD_5	2.0	0.787	2.6	0.732	5.8	0.499	8.5	0.361
NO_3-N	0.04	0.992	1.6	0.726	0.18	0.965	0.1	0.980
Coliform	26	0.995	320	0.938	92.000	0.0	8.000	0.202
WQI (AU)		0.934		0.785		0.658		0.729
WQI (MU)		0.931		0.748		0.0		0.625

目의 測定値變化가 全体水質에 미치는 영향을 민감하게 반영한다. WQI(AU) 는 모든 測定項目들이 적당한 범위에 있을 경우는 좋은 指数라 생각되지만 어떤 파라매터도 變換函數値가 이에 근사한 값이면 WQI(MU) 가 좋다.

WQI를 漢江河川水에 적용하므로서 WQI 가 어떤 특정대상지역에서 都市下水, 産業廢水등의 排出로 야기되는 水質의 變化를 잘 表示하여 주고, 또한 대상지역의 水質을 가리키고 보고하는데 뿐만아니라 水質의 推移를 나타내는데 효과적인 方法이라고 생각된다.

그러므로 水質改善計劃을 위하여 私的·公的인 지원을 계속해서 얻기 위하여 현재 및 미래의 計劃目的을 達成하는데 있어서 그 progress를 평가·보고하는데 있어 WQI와 같이 독특하고 간단한 方法이 採擇되어야 할 것이라고 判斷된다.

參 考 文 獻

1. Walski, T. M. ,and Parker, F. L. , "Conumers Water Quality Index," J. Environmental Engineering Division, ASCE, Vol. 100, No. EE3, 1974.
2. Inhaber, H. , "An Approach to a Water Quality Index for Canada," Water Research, Vol.
3. Prati, L. , Pavanello, R., and Pesarin, F., "Assesment of Surface Water Quality by a Single Index of Pollution," Water Research Vol. 5, No. 9, 1971
4. McClelland, N. I.." Water Quality Index Application in the Kansas River Basin," USEPA Contract No. 68-01-0761, Kansas City, Missouri, 1974
5. Off, W. R., and Thom, G. C, "A Critical Review of Air Pollution Index Systems in the United States and Canada," J. Air Poll. Control Assoc., Vol. 26, No, 25, 1976
6. Stockton, E. C. , "Uniform Air Quality Index," J. Air Poll. Control Assoc., Vol. 25 , No. 9, 1975
7. Shenfeld," Note Ontario's Air Pollution Index and Alert System," J. Air Poll. Control Assoc., Vol. 20, No. 6, 1970
8. Landwehr, J. M., and Deininger, R. A., "A Comparison of Several Water Quality Index," J. water Poll. Control Fed., Vol. 46, No. 5, 1976
9. Brown, R. M., etal.," A Water Quality Index-Do We Dare?" Water Sew. Works, Vol. 117, No. 10, 1970
10. Harkins, R. D., "An Objective Water Quality Index" J. Water Poll. Control Fel., Vol. 46, No. 3, 1974
11. Inhaber, H., "Environmental Quality Index : Outline for National Index for Canada ,' Science N. Y. 186(4166)
12. 辛正來 外 5 人, "漢江源水 및 主要支川 汚染度 調査," 서울특별시保建研究所報, Vol. 11, 1975