

京都大学工学部 正会員 工修 住友 恒

1. はじめに 汚濁とはきわめて相対的な表現であり、各水利用目的によってその定義も大に異なりうる。ある特定の水使用をとり上げれば、その使用目的を考慮して汚濁の定義化を行なうことは必ずしもそう困難なことではない。しかし、昨今注目されつつある広域汚濁防止計画などにおいては、その地域内に多種の水使用者が含まれるため、これらの使用者に共通した一つの汚濁測定単位を設定すること、あるいは汚濁の定義化を行なうことは非常に困難である。ここでは、多種の水使用者が共存する場合に、これらの使用者に共通した汚濁の測定単位を汚濁指標 PI (Pollution Index) として提示することを目的とし、多項目の水質をいかに指標化するかについて検討する。この種の指標表示は特に上流区域計画などにおける一つの計画パラメータとして、あるいは行政上、世論とのコミュニケーションの手段として特に有用であろう。

2. 汚濁指標の提示 提示される汚濁指標を以下に簡単に記す。ある水の多項目の水質を $C_1, C_2, C_3, \dots, C_i, \dots, C_L$ と表わすとき、この C_i の相互関係あるいは一般化は論ずることさえ一般に困難とされている。まず水の用途 j を限定するとき、その用途 j に対する各水質項目 i の許容限界値 L_{ij} に注目する。各 C_i を無次元化して (C_i/L_{ij}) を求め、各項目の水質を相対的に表示する。この (C_i/L_{ij}) は、各項目水質がある所定の目的に対し、許容水質限界値以上あるいは以下、どの程度汚染されているかを表わす。汚濁指標はこの無次元数によって表示できよう。すなわち、

$$PI_j = f(C_1/L_{1j}, C_2/L_{2j}, \dots, C_i/L_{ij}, \dots, C_L/L_{Lj}) \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 PI_j は用途 j に対する汚濁指標。式(1)の関数として、種々の表現が考慮しうるが、結果のみを簡単に記すと次のごとくなる。

$$PI_j = f(\max.(C_i/L_{ij}), \text{mean.}(C_i/L_{ij})) \quad \text{----- (2)}$$

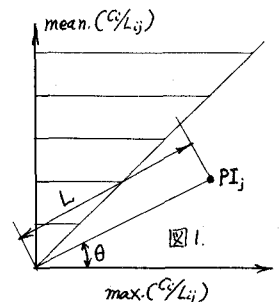
ここで、 $\max.(C_i/L_{ij})$ は各 (C_i/L_{ij}) 値中の最大値、 $\text{mean.}(C_i/L_{ij}) = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L (C_i/L_{ij})$ 。

水利用にあたり処理の必要性は $\max.(C_i/L_{ij})$ によって決定されることが少なくないことを上式では考慮している。すなわち、他の項目がいかに良好な水質でも、一項目でも許容限界値を越えるものがある場合、その水は処理しなければ使用することはできない。

式(2)の表現として図-1による検討を加えた。各汚濁指標 PI_j が図上、45°線と横軸に囲まれる領域にプロットされ、原点からの距離 L 、および角度 θ によって表わしうる点に注目。かつ、既存水質データ¹⁾により検討したところ、 θ は大巾に変動しないとみなしうるところから各 PI_j は距離 L のみによって表わしうるものとし、式(2)を次のごとく表わす。

$$PI_j = m \cdot \sqrt{\{\max.(C_i/L_{ij})\}^2 + \{\text{mean.}(C_i/L_{ij})\}^2} \quad \text{---- (3)}$$

m は定数。 $\max.(C_i/L_{ij})$ および $\text{mean.}(C_i/L_{ij})$ の両方に 1.0 {すなわち、各 (C_i/L_{ij}) が全て 1.0 で、処理必要の限界} のとき、 $PI_j = 1.0$ と設定すれば、 m の値を決定し、汚濁指標



$$PI_j \text{ を次のごとく提示できる。} \quad PI_j = \sqrt{\frac{\{\max.(C_i/L_{ij})\}^2 + \{\text{mean}(C_i/L_{ij})\}^2}{2}} \quad (3)'$$

上記は用途 j に対する汚濁指標であり、その性格は限界値 L_{ij} のセリ方によって定まる。ある特定の用途に対する L_{ij} を用いる場合、この指標はその特定用途に対するものと限定される。数種用途への平均的な許容値を用いる場合、この指標はこれから用途への平均的な汚濁指標といえよう。

3. 総合汚濁指標 ある地域内の全用途に対する汚濁指標を求める場合、それぞれ用途に対して各 PI_j を求めた後、これを総合的に表示することが可能であろう。

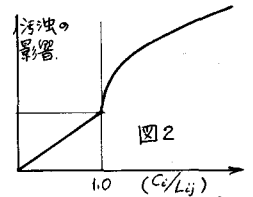
$$PI = \sum_{j=1}^J (\omega_j \cdot PI_j) \quad (4) \quad \text{ただし、} \sum_{j=1}^J \omega_j = 1.0 \quad (4)'$$

ω_j は各用途 j の重み係数で、社会における各用途の重要度などにより決定しうる。汚濁の経済性などはこの点にて考慮しうる。

4. 補足事項 (C_i/L_{ij}) の算定にあたり次のごとき注意が必要である。汚濁の進行にともない、数値が増大してゆく水質項目 (BOD など)、逆に減小してゆくもの (DO など)、特にそのいずれにも限定しないもの (pH など) がある。上記は C_i 値が増大してゆくものについて記した。また汚濁の影響は処理の経済性を考慮するとき、必ずしも C_i 値に比例して増大するとはいえず、許容値 L_{ij} を越えるものについては $\{ (C_i/L_{ij}) > 1.0 \text{ のとき} \}$ 、その影響量を図2に示すごとく考慮する必要がある。このとき、 (C_i/L_{ij}) 値は次式によって計算、これを

$$(3)' \text{ 式に用いる。} \quad (C_i/L_{ij})' = 1.0 + 5 \log (C_i/L_{ij}) \quad (5)$$

ただし、 $(C_i/L_{ij}) > 1.0$ のとき。これから補足注意事項については詳細を略す。(文献(2)参照)



5. 適用例 上記指標の例として、ニューヨーク州の全主要地表水について求めたものから、その結果のみ若干をここに記す。用途を表1のごとく大別し、各許容値は既存データ³⁾より、表中に示されるごとく平均的に設定した。算定結果の一例を表2に示す。

表1	水温	色	濃度	pH	大腸菌	全溶活性炭	SS	全N	リン	硬度	Cl ⁻	鉄イオン	S	DO
1. 直接人体に接触する水, PI_1	85°F	13	5	6.5-8.3	103	500	-	45	-	-	-	-	250	4.0
2. 間接的に " PI_2	-	-	18	6.2-8.1	2,000	500	10	28	250	-	-	0.7	250	3.0
3. 人体に接触しない水, PI_3	98	-	-	6.1-9.1	-	510	90	-	294	17.1	195	5.6	-	2.0

6. おわりに 以上、ここに記した指標は許容水質限界値を用いて汚濁を相対的に表わしたものである。指標が1.0を越えるものについては何らかの処理が必要ともいえよう。

なお本研究は筆者が42年度文部省在外研究員として、New York, Syracuse大学において行なった研究の一部であり、Dr. N. L. Nemerow教授の指導によるものであることを記し、感謝の意を表わすとともに、末石昌太郎教授はじめの本出張にあたっての幾多の関係者諸氏に深く感謝する次第である。

(Location)	PI_1	PI_2	PI_3	PI
Erie Lake, (Buffalo)	7.9	2.5	0.6	3.6
Ontario " (Rochester)	8.1	3.5	0.6	4.1
Oneida " (Cicero)	2.1	0.8	0.6	1.1
Hudson River (Watford)	8.1	3.5	0.6	4.1
Delaware " (P. Jarvis)	0.4	0.1	0.3	0.3
Niagara " (Youngstown)	6.0	1.4	0.2	2.5

表2 $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = 1/3$

文献 1) New York Dept. of Health, "Periodic Report of Water Quality Surveillance Net Work, 1960 thru 1964.

2) N. L. Nemerow & H. Sumitomo, "Pollution Index for Benefit Analysis", Water Resource Research, 投稿中.

3) FWPCA, "Interim Report of the National Technical Advisory Committee on Water Quality Criteria, June 30, 1967.