

多属性効用関数による水質総合指標

岐阜大学工学部

学生員○神谷好二郎

岐阜大学工学部

正 員 東海 明宏

岐阜大学流域環境センター 正 員 湯浅 晶

1. はじめに

従来、水質の有用性もしくは利水環境を評価する場合、BOD、COD、N、Pなどの個別の環境指標に基づいてきた。しかし、一方で限りある試料数と限定した水質項目を有効に活用する方法として、水質総合指標が検討されてきている。この水質総合指標の意義については、次の3点があげられる。

- (1) 複雑かつ多様な水質汚濁現象を一次元尺度に集約することで現象の比較が容易になること。
- (2) 水質比較が容易になるため、地域住民の水質問題の理解や関心を高める効果があること。
- (3) 限られた試料と限られた水質項目の有効活用が期待出来ること。

2. 研究目的

水質総合指標に関しては、原沢¹⁾らによってなされた河川水質の総合化に関する研究がこの分野の動向をまとめている。この研究では、総合指標の意義を検討しており、個別の環境指標は、各用途に対する影響すなわち各用途への汚濁の実態を直接表すものとは必ずしも言えないことを示唆している。その為、まず、実際に長良川水系にこの方法を適用する。次いで、この問題点に、多属性効用関数の考え方から再評価を試みる。

3. 水質解析

3-1 水質総合指標値の算出

原沢らが行った水質専門家への繰り返しアンケート法による水質項目に対し価値観数に基づいて決定された。水質総合指標は次の通りである。

$$CWQI_1 = \sum_{i=1}^n w_i v_i(x_i) \dots (1) \quad CWQI_2 = \prod_{i=1}^n v_i(x_i)^{w_i} \dots (2)$$

w_i : 水質項目 i の重み、 v_i : 水質項目 i の価値関数、 x_i : 水質項目 i の計測値、 n : 水質項目(この場合 $n=8$)

(1)、(2)式で使われている重み係数 w_i は、被験者7名の専門家の平均値として与えられている。

3-2 長良川水系への適用

原沢らの研究で用いた8つの水質項目に対する価値関数を、長良川及びその支流の伊自良川の水質観測データに適用した。用いたデータは岐阜市の公共

用水域測定結果²⁾である。図-1は長良川上流の長良橋における水質総合指標値の年度ごとの推移である。この図-1は、pHから NH_4-N までの8つの水質項目の価値を色分けし、その総和を(1)式に基づいて水質総合指標値として表している。この水質総合指標値は、最高値を1、最悪値が0である。また'78年前後が低い値で評価されているのはT-N、T-P、 NH_4-N の3項目のデータが不足しているためであって、決して水質状況が悪いことに起因するものではない。データが揃った年度以降は、ほぼ、一定の水質指標値となっている。

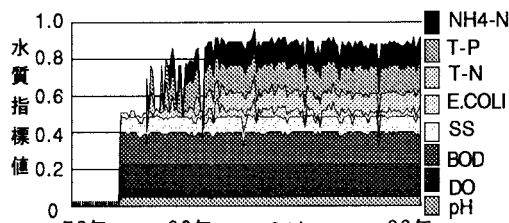


図-1 長良橋における水質総合指標値

長良川においては、長良橋、穂積大橋の2地点、伊自良川においては、本郷橋、竹橋、寺田橋の3地点で各々の水質総合指標値を求めた。合計5地点における水質指標値の善し悪しを円の大小で、また各地点の8つの水質項目の内訳を図-2で明らかにした。図-2では、各項目の水質総合指標値に対する割合を扇形中央部の角度で表している。また円の半径は各々の地点の水質総合指標値の大きさにしたがって差が明確に認識できるように表した。

この図から判明することは、伊自良川、長良川の両河川ともに上流から下流にかけて水質総合指標値が順に低下していることである。特に穂積大橋地点は、水質が良好でないと評価された伊自良川の流入地点よりも下流に位置するため、伊自良川流入地点よりも上流に位置する長良橋地点より水質が悪化していると評価されていることがわかる。また水質総合指標値の個々の項目については、各測定地点ともDO、BODは高い値で一定しており、pH、E.COLIについては低い値で一定している。その点SS、T-N、T-P、 NH_4-N においては各地点とも様々な値を示し、特に伊自良川の竹橋、寺田橋両地点のT-N、T-P、 NH_4-N の値が微少であるが増大へと変化していることがわかる。

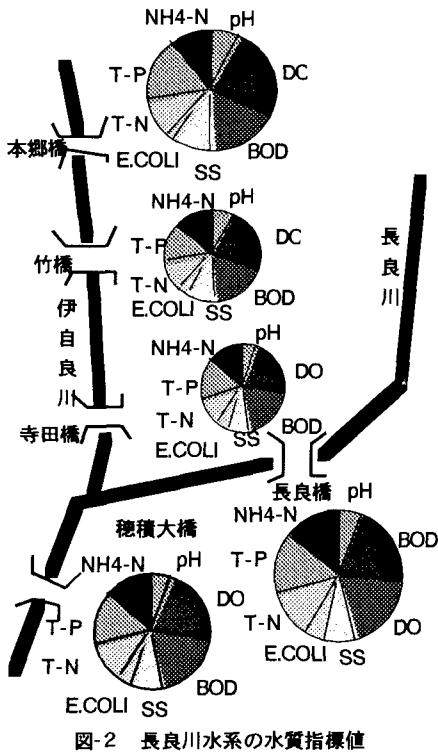


図-2 長良川水系の水質指標値

原沢らが行った水質総合指標を、実際に長良川水域データに適用した結果、様々な特徴と問題点が浮かび上がってくる。それは、長良川水系の水質状態が良好なこともあり、pH、DOなどがどの地点でも安定した値をとり、とくにDOに関しては重み係数が大きい為、この水質総合指標において大きな割合を与えすぎるといふきらいがある。また逆に長良川水系においては、唯一大腸菌群数の項目がかなり悪化した指標値を示している。その原因は単に大腸菌群数が多いことによる大腸菌項目の価値が低いということだけでなく、大腸菌項目の重み係数も低いという点があげられる。以上の様な点を考察してみると、長良川水系という地域的に小範囲で捉えた場合、原沢らの水質総合指標の精度に若干の犠牲を払っても、総合的に評価することが効果的な意味を持つものと考えられる。

一方で、単に水質状態の善し悪しを語るにおいては、一般的に水質状態が悪いとされる伊自良川が長良川よりも低く評価されていること、また岐阜市内を通過するという背景をふまえて、長良川、伊自良川両河川とも上流から下流にかけて水質指標が悪化していると評価された結果については形状をよく説明していると考えられる。

4. 水質総合指標の重み係数の再評価

4-1 多属性効用関数による再評価

次式(3)の加法型多属性効用関数を仮定し、(1)式の価値関数の荷重係数の重み w_i の意味を考察する。

$$U(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n k_i u_i(x_i) \quad \dots (3)$$

k_i : スケーリング定数

$u_i(x_i)$: 水質項目 i の単属性効用関数

ここでいう k_i : スケーリング定数は、文献¹⁾の価値関数の重み係数を読み変えたもので、各項目間の相対的關係から明確化をはかる目的で算出する。

4-2 各水質項目の無差別となる値

文献¹⁾の研究結果をもとに、価値関数の重み係数をスケーリング定数として明確化をはかり、各水質項目間で無差別となる値を表1に整理した。

表1 : 各水質項目間の具体的対応

	weight	無差別になる値の組み合わせ
DO	0.178	DO:0mg/l ⇔ BOD:27 mg/l
BOD	0.177	BOD:9.5mg/l ⇔ T-P:8mg/l
T-P	0.142	T-P:2.1 mg/l ⇔ E.COLI:10**6N/dl
E.COLI	0.129	E.COLI:10**6N/dl ⇔ NH4-N:9.5mg/l
NH4-N	0.126	NH4-N:9.5mg/l ⇔ T-N:10.7mg/l
T-N	0.110	T-N:15mg/l ⇔ SS:70mg/l
SS	0.082	SS:150mg/l ⇔ pH:4.7,9.3
pH	0.056	
Total	1.000	各々対応

注) 表1においては上から2段目のBODについて具体的に記述すると、最悪状態においてBOD:9.5(mg/l)に対してT-P:8(mg/l)で価値が同等である。また大腸菌群の略E.C.の単位N/dlは、1dlつまり100ml中の個数を表している。

表1に従い各項目を変換し得ることから、水質総合指標は、利水の目的・用途に応じて、悪化している項目を良質な項目に代替することが出来る。今後、水質環境基準と照合させて、水質総合指標の判断基準を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 原沢英夫、石橋良信、内藤正明 (1988年)
河川水質の総合指標に関する一考察、
土木学会衛生工学研究論文集、第24巻、
pp.295~303.
- 2) 岐阜市生活環境部環境保全課 (1976~1989年)
公共用水域測定結果、公害の現況(資料編)