

水質総合指標による河川水質評価

Evaluation of Water Pollution by Water Quality Index

岩崎 幹男
Mikio IWASAKI

藤田 淳二
Junji FUJITA

河川の水質評価は、一般的にはBOD等単独の項目で行っている。河川水質特性を把握するためには、可能な限り多くの項目を用いて総合的に解析することが望ましい。

今回、複数項目のデータを主成分分析し作成される水質総合指標(WQI: Water Quality Index)を用い、平成5年度の河川データについて水質評価を実施した。

その結果、WQI値による水質濁マップの作成、水質汚濁の階級化を行うことにより、河川により水質汚濁要因の相違が明らかになり、BOD濃度で評価するよりも、汚濁特性をより分かりやすく把握することができた。

はじめに

毎年、本県においては、水質測定計画に基づき公用水域の常時監視を実施している。これらのデータについての評価の方法は、一般的にはBODを中心に項目ごとに行っており、総合的な指標を用いて示されていないため、河川の汚濁特性を把握するには分かりにくいのが現状である。

今回は、当県においては、初めての試みとして、DO、BOD、SS、T-Pの4項目のデータを主成分分析して得られる総合水質指標により、水質汚濁特性を総合的に評価したのでその結果について報告する。

調査方法

1. 調査地点

平成5年度水質測定計画に基づく環境基準点が設定されている河川の35地点を対象とした。

2. 項目

pH、BOD、COD、DO、SS、T-Pの6項目を用いた。

3. データ数

河川の水質測定は、毎月1日2回行われているが、統計処理を行うため、上記の項目がすべて揃

っているもののみを用いることとし、データ数は、各項目につき406データとなった。

4. 解析方法

4-1 正規性の検定¹⁾

各項目の原データ、常用対数変換及び平方根変換の3種類のデータについて、尖り度、歪み度、 χ^2 検定により、最も正規性のあるデータを用いることとした。

4-2 WQIの作成方法^{2), 3), 4), 5)}

WQIの作成には、まず、データの性質によって項目を選択する必要がある。

pHは、高くなるほど水質が悪化することになり、誤った評価をすることになることから、削除した。

また、CODは、BODとはほぼ同様の項目であり、河川には環境基準が設定されていないことから、重複をさけるため水質総合指標には用いなかった。

したがって、6項目のデータのうち、残りの4項目を用いて主成分分析し、第1主成分の因子得点を用いて作成した。

結果及び考察

1. 河川の概要

河川における代表的な汚染指標であるBODに

ついてみると、環境基準の類型指定を行っている35水域のうち13水域が環境基準を達成している。

環境基準点において、環境基準値を超えた検体数の割合は、平成元年度36%、2年度42%、3年度41%、4年度41%、5年度43%となっている。

本県の平成4年度のCOD汚濁負荷量の発生源の割合は、生活排水55%、産業排水30%、畜産・山林等のその他が15%である。

各項目の濃度分布状況は、次の通りである。

pHについては、図1に示すとおり7～8の範囲で分布しているがやや高い傾向がみられる。

DOについては、水質の浄化作用の指標であり図2に示すとおり、7～12mg/ℓの範囲に分布している。

BODについては、水質の有機性汚濁の指標であり、図3に示すとおり、0～8mg/ℓの範囲で分布している。

CODについては、BODと同様な項目であり、濃度分布パターンも類似しており、図4に示すとおり、1～11mg/ℓの範囲で分布している。

SSについては、水質の濁りの指標であり、図5に示すとおり、0～25mg/ℓに分布している。

T-Pについては、富栄養化の指標であり、図6に示す通り、0～0.5の範囲で分布している。

各項目の原データの平均値、最高値、最低値、標準偏差の基本統計量を表1に示す。

表1 各項目の基本統計量

項目	平均値	最高値	最低値	標準偏差
pH	7.6	9.3	6.8	0.372
DO (mg/ℓ)	8.6	24	0.8	2.79
BOD(mg/ℓ)	4.8	44	< 0.5	5.70
COD(mg/ℓ)	7.7	64	1.3	6.26
SS (mg/ℓ)	12	140	< 1	13.7
T-P(mg/ℓ)	0.23	2.5	0.002	0.223

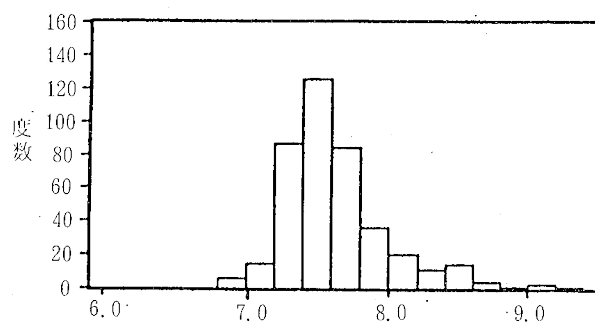


図1 pHの濃度分布

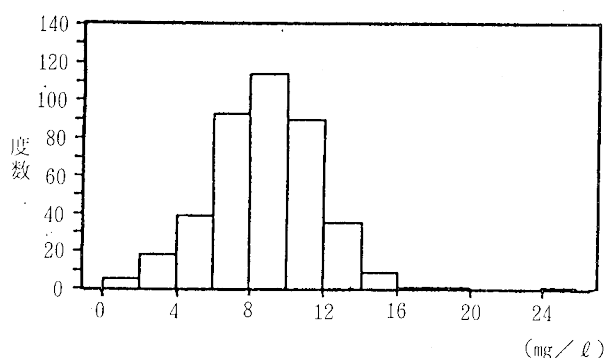


図2 DOの濃度分布

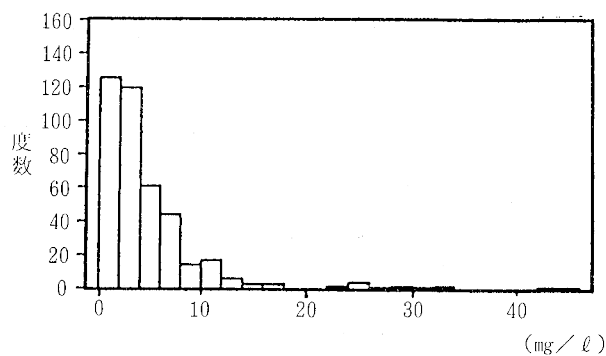


図3 BODの濃度分布

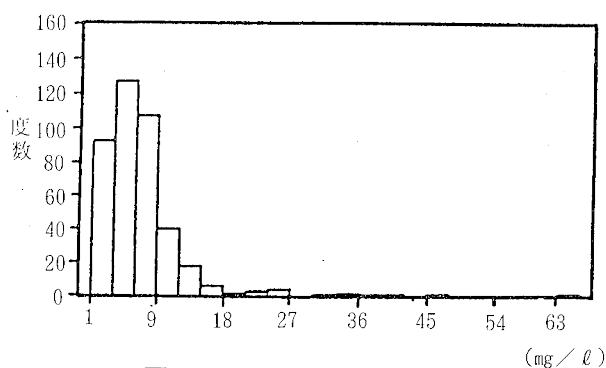


図4 CODの濃度分布

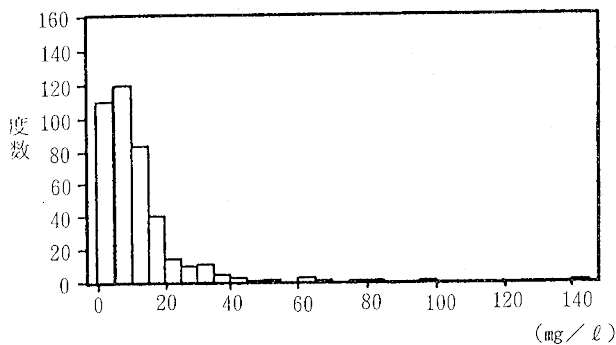


図5 SSの濃度分布

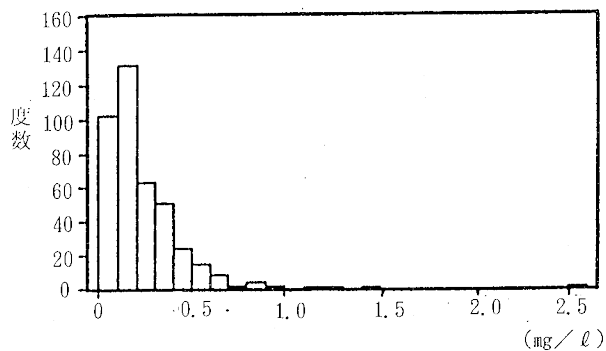


図6 T-Pの濃度分布

2. データの正規性の検定と相関について

この解析手法で用いるデータは、正規分布に従っていることが必要条件であると指摘されていることから、原データ、常用対数 (Log) 変換データ及び平方根 (SQR) 変換データについて、3種類の検定を行い検討した。

その結果、pH、DOは原データ、BOD、SS、CODは対数変換、T-Pは平方根変換のデータが最も妥当であったのでこれらのデータを用いることとした。

各項目の相関は、表2に示すとおり有機性汚濁に関連性を示す項目であるBOD、COD、T-Pの3項目が高い相関を示した。

3. WQIの作成

WQIの作成は、主成分分析を用いて行った。主成分分析の結果を表3に示す。

第1主成分の寄与率は、T-P、BOD及びSSが50%以上と高い因子負荷量を示しており、生活排水等による汚濁特性が考えられる。第2主成分は、DOであり自浄作用を示す作用成分が考えられる。

表2 相関係数

	pH	DO	BOD	COD	SS
pH					
DO	0.542				
BOD	0.042	-0.250			
COD	0.057	-0.399	0.757		
SS	-0.059	-0.324	0.446	0.640	
T-P	-0.134	-0.444	0.586	0.617	0.521

表3 主成分分析結果

成分	合成変数1	合成変数2	合成変数3
固有値	2.31	0.77	0.55
寄与率	0.567	0.193	0.139
DO	-0.414	0.859	0.118
BOD	0.505	0.479	-0.489
SS	0.501	0.172	0.836
T-P	0.567	0.048	-0.218

主成分分析の結果から第1主成分の固有ベクトルを用いて吉見ら²⁾の手法により、WQIを作成した。

$$WQI = \sum K_i (X_i - M_i) / D_i$$

K_i = i 番目の変数の固有ベクトル

X_i = i 番目の変数の実測値

M_i = i 番目の変数の平均値

D_i = i 番目の変数の標準偏差値

したがって

$$WQI = -0.41 \times \{(DO) - 8.6\} / 2.8 + 0.51 \times \{\text{Log}(BOD) - 0.47\} / 0.44 + 0.50 \times \{\text{Log}(SS) - 0.87\} / 0.43 + 0.57 \times \{(T-P)^{1/2} - 0.44\} / 0.20$$

この式から、WQI値を算出し、度数分布図を図7に示す。

WQIは、マイナスになるほど自浄作用が進行していることを示しており、WQI値が0未満の割合は、47%を示しており、浄化と汚濁の度数分布が同程度であることを示していると思われる。

原データBOD濃度とWQI値との相関係数と回帰直線は、図8に示すとおりである。

相関係数 $r = 0.659$ ，危険率1%で有意の相関を示し、比較的良好な結果が得られた。

$$\text{回帰直線 } Y = 2.49X + 4.82$$

$Y = \text{BOD濃度}$ ， $X = \text{WQI値}$

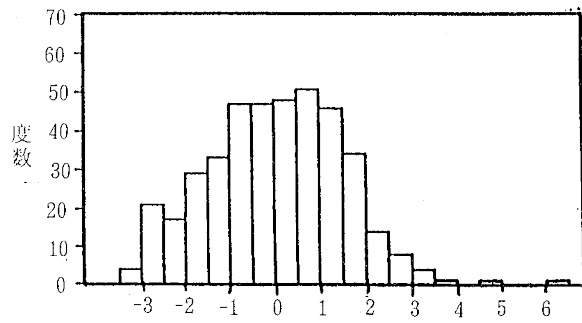


図7 WQI 値度数分布図

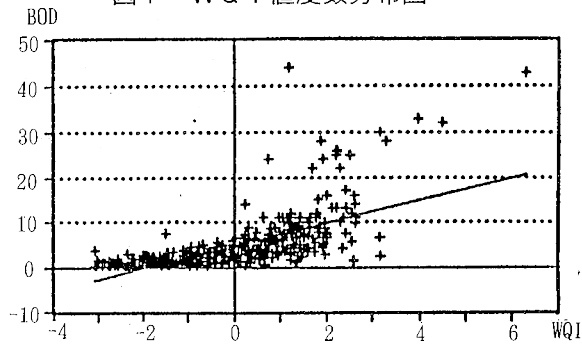


図8 相関係数と回帰直線

4. WQI 値による河川別の水質汚濁マップの作成

年平均値を用いて河川毎のWQIを算出し水質汚濁状況を分かりやすくするため、5段階にランク分けし、図9に示した。

WQI値は、主成分分析の結果、第1因子は、生活排水に関連した項目が高い割合を占めていることから、人口密度の高い都市部が高く、東部・西部の農村地域が低い傾向を示している。

5. 類型別のWQI 値

年平均値から求めたWQI値の河川環境基準類型別の平均値は、表4に示すとおり、 $A < B < C < E < D$ とほぼ類型別の順に高くなっている。DがEより高い値となっているが、C以下は、河川数が少ないことが、原因の一要因と考えられる。

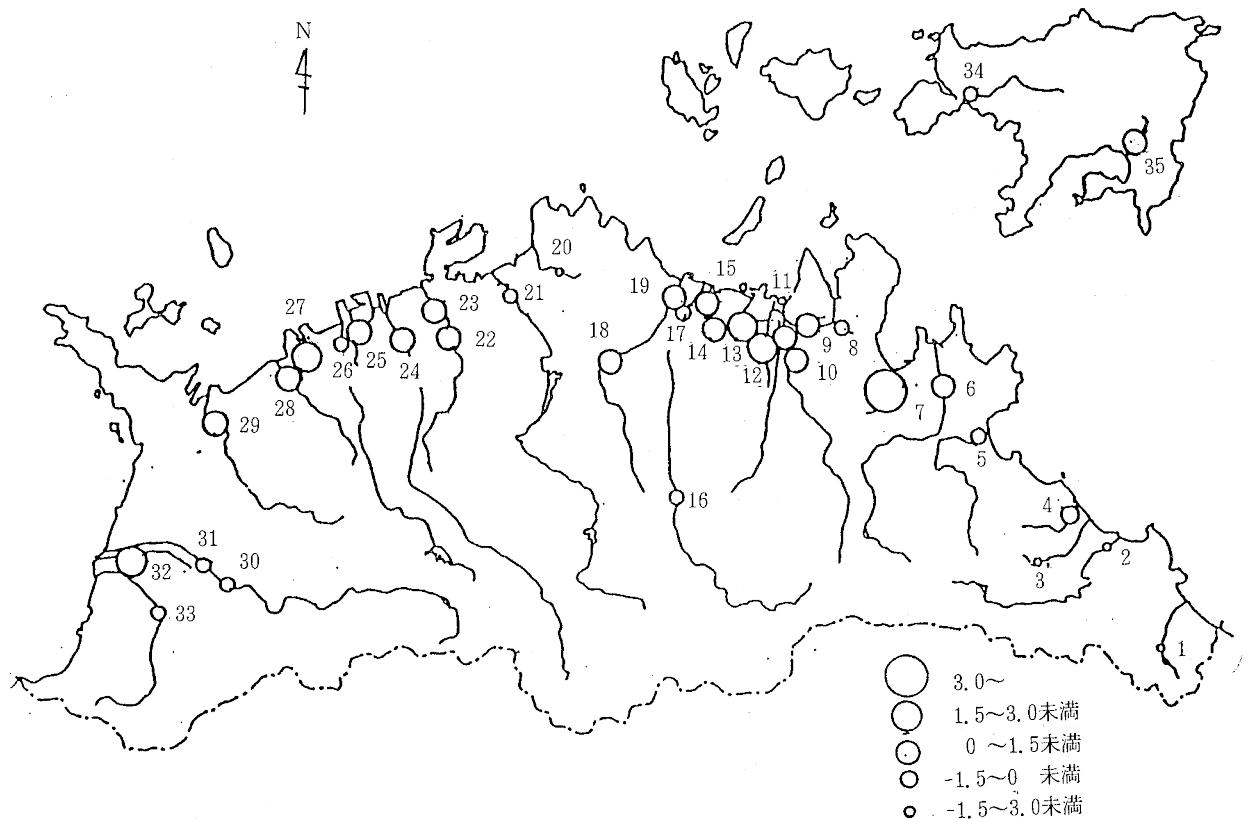


図9 WQI 指標による水質汚濁状況

表4 類型別のWQ I 値

環境基準にかか る類型	WQ I 値	河川数
A	-0.71	13
B	0.28	12
C	1.15	3
D	1.51	2
E	1.28	5

6. BOD濃度とWQ I 値の評価の比較

各河川のBOD濃度とWQ I 値の汚濁の進行している順に番号をつけ評価の相違について検討した。

各河川について、BOD濃度とWQ I 値の高い順に番号(1~35番)をつけ、前者の順位から後者の順位を引算する。算出された値が小さくなるほど、WQ I 値で評価した方が水質が良好ことになる。

これをグラフに表すと図10となり、順位が5以上変動した河川は、35河川中7河川であり、全体的な評価としては、水質が悪化と評価されるのは東部・西部の農村地域であり、人口密度の高い都市は、浄化する結果となった。

変動の大きかった河川の要因となった項目は、No.4はDO, No.6, No.8及びNo.25はSS, No.26及びNo.33はDO及びSS, No.35はDO, SS及びT-Pが考えられた。

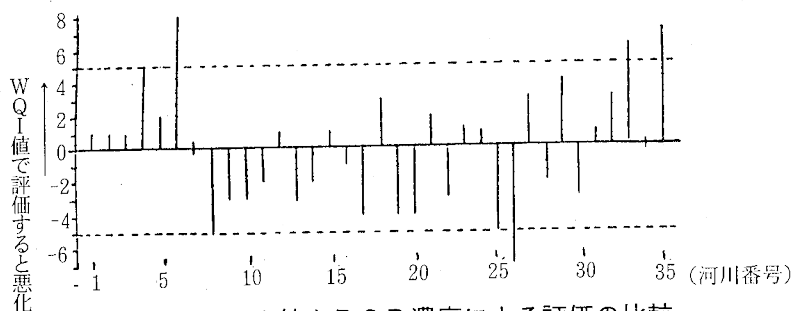


図10 WQ I 値とBOD濃度による評価の比較

1. 香川県内河川35地点の水質測定結果をもとにDO, BOD, SS, T-Pによる水質総合指標(WQ I)を作成し、水質評価を行うとともに、BOD濃度による水質評価との比較を行った。

その結果、両者の評価は、一部の地点を除き、ほぼ類似しており、都市部が悪化の傾向を示したが、全体的な傾向としては、WQ I 指標による評価の方が農村部が悪化し、都市部が良好となる結果となった。

また、両者の評価を比較することにより、各河川の汚濁特性を把握することができた。

2. WQ I 指標による評価の方法は、複数の項目を対象にしており、水質の汚濁状況を単独項目で評価するよりもより総合的に評価することができ、水質汚濁対策には、有効な手法と考えられる。

文 献

1. スネデカー, コ克蘭: 統計的方法80(1983)
2. 吉見 洋, 岡 敬一, 井口 潔, 他: 水質汚濁研究, 5, 4(1982)
3. 吉見 洋: 用水と廃水, 27, 3(1985)
4. 大久保英樹, 三上 一, 早狩 進, 他: 青森県環境保健センター研究報告 4(1993)
5. 大久保英樹, 三上 一, 石塚伸一, 他: 青森県環境保健センター研究報告 5(1994)