

(57) 総合指標による内湾水質の評価

DEVELOPMENT OF BAY WATER QUALITY INDEX

石橋良信^{*}、安垣孝治^{**}、須藤隆一^{***}、今野 弘^{****}

Yoshinobu ISHIBASHI^{*}, Koji YASUGAKI^{**},

Ryuichi SUDO^{***}, Hiroshi KONNNO^{****}

ABSTRACT; This article aims to present how to develop a comprehensive water quality index. Proposed indexing method consists of water quality parameters, weighting, value functions and aggregation process. Choice of parameters are based on a Delphi questionnaire technique. Result index WQI is applied to the Matsushima Bay in order to assess annual trend of water quality and to compare it's value with COD. It is concluded that a Delphi technique is useful to summarize the knowledge and experience of experts in water quality management and a developed water quality index WQI is an appropriate tool for evaluating overall water quality.

KEYWORDS; WATER QUALITY INDEX, DELPHI QUESTIONAIR, BAY WATER QUALITY

1 はじめに

環境行政の種々の側面を支援する道具として環境指標の意義が認識されつつあり、指標作成の事例も増えている。総合指標の意義は(1)複雑かつ多様な水質汚濁現象を一次元尺度に集約化することにより現象の比較を単純にしたり、理解を容易にすること(2)このため、地域住民の水質問題への理解や関心を高めることができるなどコミュニケーション手段として効果があることが挙げられる。¹⁾ここでは、海域での環境問題の顕在化が懸念される内湾の水質汚濁に焦点を合わせ、モデルとして、観光、漁業に影響する日本三景の松島湾をケーススタディに総合指標WQI(Water Quality Index)を作成した。松島湾は単一指標のCODでは年々きれいになっているとの評価もあるが、公害対策基本法で規定されているCODとWQIとを比較し、CODのみでの水質評価の是非とWQIの有用性について検討した。

2 指標作成方法

2.1 プロセスの概念

指標化の一般的プロセスは、多変量解析など統計的手法を用いる方法、価値関数による方法、カテゴリー(分級)による方法に概略分類できる。今回の指標化はこのうち最も標準的な価値関数による方法を採用した。しかし、この方法は尺度化、集約化のやり方の妥当性、特に尺度化で利用される価値関数の決定と尺度化された項目の重みづけに問題があるとされてはいる。²⁾方法は専門家にアンケートを凡例を示しながら何回か繰り返すデルファイ法を用いた。なお、指標作成上の問題点については既発表の論文に記してある。²⁾

* 東北学院大学工学部 Tohoku Gakuin University, ** 日本水工コンサルタント Nihon Suikou Consultant,

*** 東北大学工学部 Tohoku University, **** 東北工業大学 Tohoku Institute of Technology

2.2 デルファイアンケートによる指標作成手順

(A) 水質項目の選択と重みづけ

指標は大学、国立研究機関および地方自治体の水質専門家約40人に依頼したデルファイアンケートにより情報を得た。図-1に第1回目のアンケート用紙を示す。元来、回答者に自由な水質項目の選定を依頼すべきであるが、蓄積されている公共用水域の水質データを活用する必要から水質項目のリストを併記した。各回答者には内湾の水質を評価してもらう観点から、とりあげるべき水質項目を項目リストの中から選択するとともに、それらの評価に対する相対的な重要度（重み）を0～5まで0.5刻みで設定してもらった。重みづけは相対的重みが付けやすいように線上に○印をつけるとともに数値を記入する方法とした。

第2回目のアンケートは第1回目のアンケート結果を推考してもらう形式で実施した。その結果、総合指標化のために重要と思われるCOD、総窒素、総リン、透明度、溶存酸素飽和度、アンモニア性窒素の各水質項目が、その重みとともに抽出され、計算に供することができた。

図-1 第1回アンケート

「指標算定に取り上げる水質項目の選定と重みづけ」

対象水域：松島湾

指標：総合的な水質判定指標

対象水質項目	選択項目 ○	相 対 的 重 要 度 (重み)						数値	
		対応する大きさの位置に○							
		0	1	2	3	4	5		
1. pH									
2. COD									
3. SS									
4. 大腸菌数									
5. n-ヘキサン抽出物質									
6. 総窒素									
7. 透明度									
8. DO飽和度									
9. 総リン									
10. 塩素イオン									
11. リン酸イオン									
12. アンモニア性窒素									
13. 亜硝酸性窒素									
14. 硝酸性窒素									
15. ケルゲル窒素									
16. 界面活性剤									
17. 色 度									
18. 臭 気									
19. 濁 度									
20. オルトリン酸態リン									
21. その他 ()									
22. " ()									

表-1 選択された水質項目と重みおよび設定された価値関数

水質項目	重み	価値関数
COD	0.19	$I = 0.97 \exp(-0.078X^2)$
総窒素	0.17	$I = 0.99 \exp(-11.2X^2)$
総リン	0.18	$I = \exp(-2750X^2)$
透明度	0.16	$I = 0.114X^{1.75} + 0.014$
DO飽和度	0.15	$I = 0.96 \exp(-0.00057(X-100)^2)$
アンモニア性窒素	0.15	$I = \exp(-26.4X^2)$

その他の項目として、クロロフィル
-a、プランクトン数を挙げる回答
もあったが、利用データの都合上割
愛せざるを得なかった。最終的な重
みは、回答者毎に合計 1.0になるよ
うに計算しなおし、さらに全回答者
について平均をとることによって重
みとした。選択された水質項目と重
みを表-1 に示す。

(B) 価値関数の設定

選択された水質項目につき、それ
ぞれの水質のイメージをグラフに記
入してもらった。価値関数は複雑か
つ多様な水質汚濁現象を表して各水
質項目を集約化するために、各水質
項目の水質汚濁に対する寄与を同一
次元に変換するものであり、最悪値
0 から最良値 1 の範囲にグラフが納
まるように設定してもらった。²⁾ 項
目の中では透明度のバラツキが大き
く、回答者の透明度に対するイメ
ージの相違を強く感じさせられた。各
回答者のイメージは平均して数値化
した。図-2 にグラフを示すととも
に表-1 に得られた各水質項目毎の
価値関数を示す。

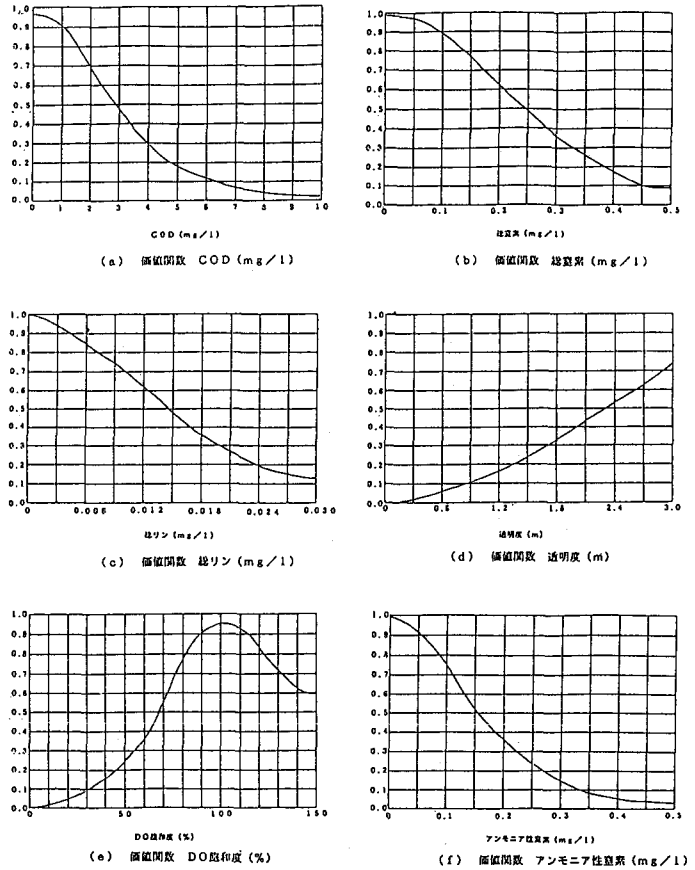


図-2 平均化された価値関数

(C) 集約関数の設定

選定した項目の重みと価値関数を
用いて集約化し、水質総合指標WQ
Iを計算した。

集約関数は下記の式により算定した。

$$WQ I = \sum w_i f_i(x_i)$$

ここで、 w_i :項目iの重み、 f_i :項目i
の価値関数、 x_i :項目iの測定値であ
る。

3 指標の適用

単一指標CODで判断した場合、赤

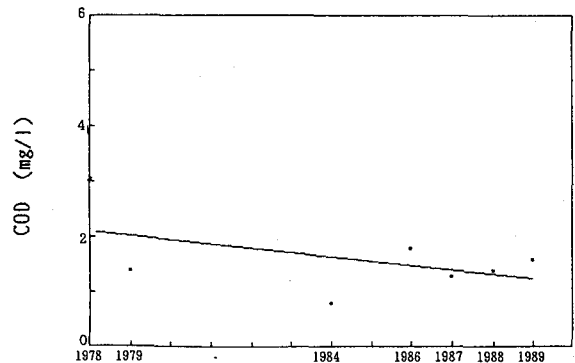


図-3 CODの経年変化(港橋11月)

潮の発生がみられるものの、松島湾は年々きれいになっているといわれている。図-3に湾内でもっとも汚れている塩釜港11月のCOD経年変化を示す。COD値は減少傾向にあるが、1978年を除くと横ばい状態になり、必ずしも水質が向上しているとはいえない。夏季でのCODは4~6 mg/lの値で変動が激しい。

住民、漁民の方々が以前に比べて水質は良くなっていないと指摘することと通じるのかも知れない。一方、図-4に示すように海水の流れがある水域では若干の改善がみられるようである。また、外洋に面している桂島では経年的にCODの低い値が維持されている。

WQIは毎年6月と11月について計算した。その代表として図-5、6に年月のはなれた1974年と1989年各々6月のWQIを示す。図中の値の範囲は○丸が最良、●丸が最悪というように値が小さくなるほど汚濁が進行していることを示す。計算結果の実際は、水質評価を5段階に色分けした見やすいカラー表示とした。

WQIでの傾向は各採水ポイントでわずかに良好になっている。ただし、COD同様、塩釜港は水質改善がみられないようであり、外洋に面した水域は以前とほとんど変化していない。

また、WQIの季節変動を図-7、8に示す。図は1985年の9月と12月の計算結果である。夏季に汚れ、冬季に回復する傾向を示している。この傾向はすべての年にあてはまる。

ところで、CODとWQIとは類似の傾向を示したにもかかわらず、お互いの相関は認められない。(図-9)これは水質項目の重みづけをする際、各項目の重みが0.15~0.19と結果的に似たような値になり、回答者がCODの重みを過小に評価したかも知れない

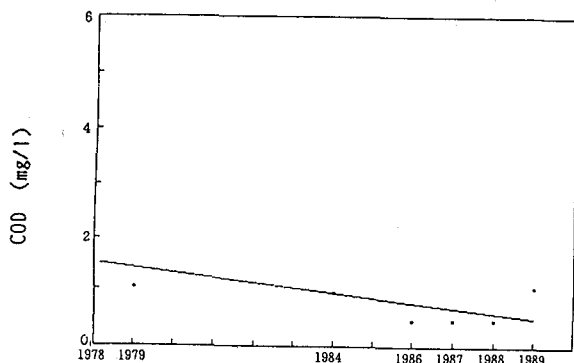


図-4 CODの経年変化(西浜11月)

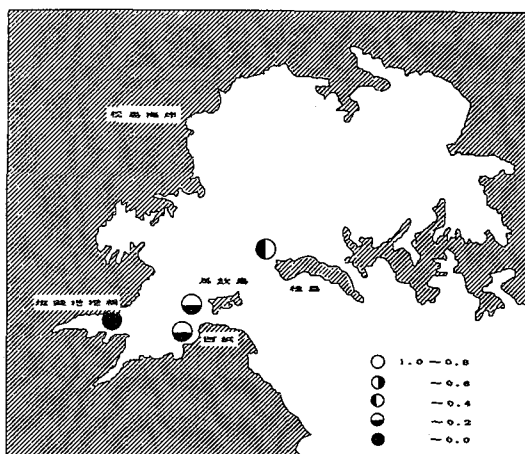


図-5 1979年6月の調査結果を適用したWQI

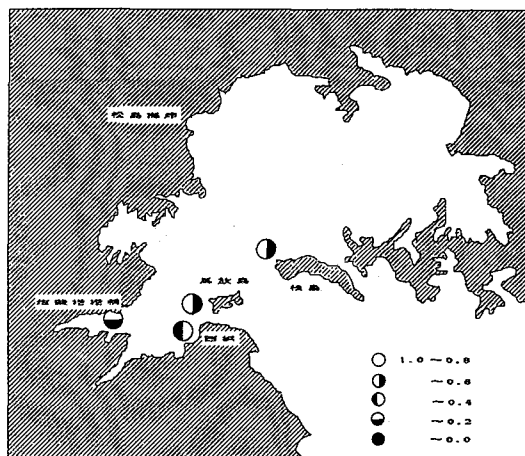


図-6 1989年6月の調査結果を適用したWQI

い影響が相関のなさに表れたものと推察される。これに対し、WQIは図-10、11にみれるように総窒素、総リンに相関が認められた。近年流域下水道が整備されたことと関連するものと思われる。

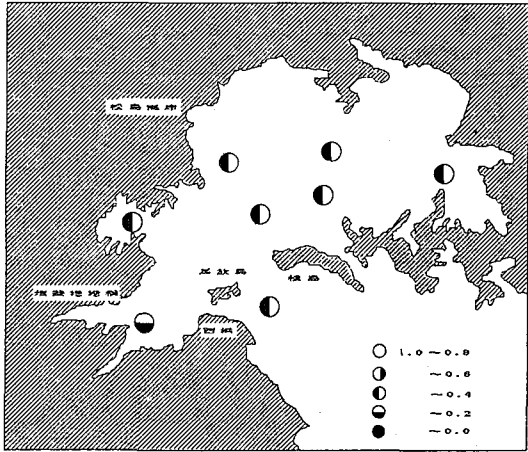


図-7 1985年9月の季節変動調査のためのWQI

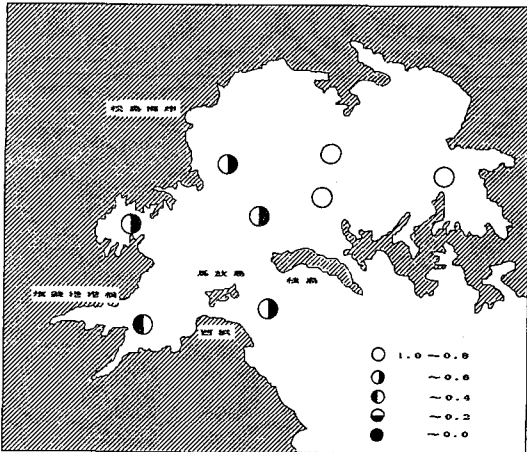


図-8 1985年12月の季節変動調査のためのWQI

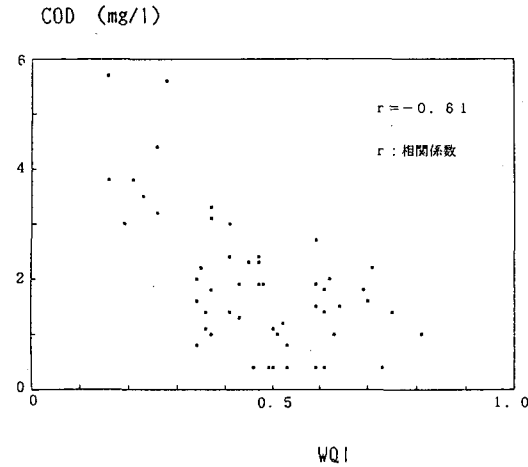


図-9 WQIとCODの相関

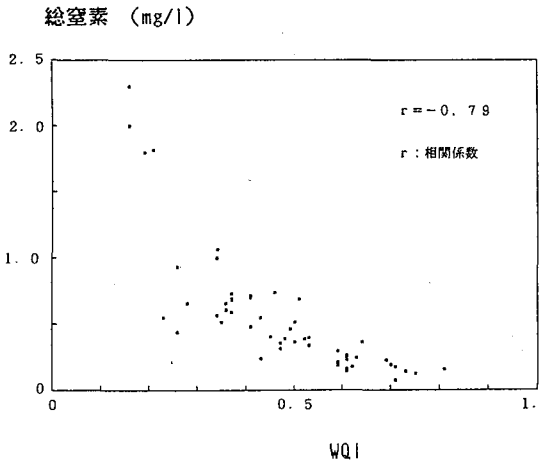


図-10 WQIと総窒素の相関

4 おわりに

総合水質指標個別目的はCOD等の単一指標より不明確になるおそれがあるが、一般の人々がマクロに把握できる点が有効であり、住民への水質問題関心の高揚にも役立つと考えられる。一方では、自治体での公共水域水質モニタリングデータの有効活用等に利用でき、また、今後の公共水域での水質項目選定の参考になると考えられる。

最後に、国立環境研究所原沢英夫主任研究員の御教示と宮城県保険環境センター佐々木久夫氏およびアンケートに協力くださった各研究機関の諸氏に感謝する。

参考・引用文献

- 1) 吉見 洋：河川水質項目の階級化と総合化手法について、用水と廃水、Vol.27, No.3, 21-32, 1985.
- 2) 原沢英夫、石橋良信、内藤正明：河川水質の総合指標化に関する一考察、衛生工学研究論文集、Vol.24, 295-303, 1988.

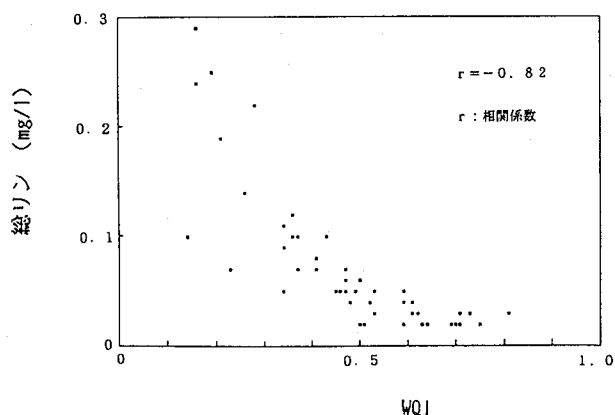


図-11 WQIと総リンの相関