

(28) 河川水質の総合指標化に関する一考察

DEVELOPMENT OF RIVER WATER QUALITY INDEX

原沢英夫・石橋良信・内藤正明*

Hideo HARASAWA*, Yoshinobu ISHIBASHI**, Masaaki NAITO*

ABSTRACT; In order to facilitate communication on river water quality among local governments, professionals and the general public, many techniques for interpreting water quality have developed. One useful technique is water quality indices. In developing water quality management plan, water quality is often difficult to evaluate especially in terms of overall quality despite large amount of data, so indices can be used in decision making.

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, weights and value function are based on a Delphi questionnaire technique. Seven experts in river water quality management answered the questionnaire repeatedly. Resultant index CWQI (Comprehensive Water Quality Index) is applied to two rivers in order to assess annual trend of water quality and to compare it's value with organic pollution parameter BOD. It is concluded that a Delphi technique is useful to summarize the knowledge and experience of experts in river water quality management and a developed water quality index CWQI is an appropriate tool for evaluating overall river water quality.

KEYWORD; WATER QUALITY INDEX, WATER QUALITY MANAGEMENT, DELPHI QUESTIONNAIRE

1. はじめに

環境行政が公害防止型から環境管理型へと展開しており、現在各自治体では環境管理計画が策定されつつある。環境管理計画策定においては、地域に応じた望ましい環境水準の設定とそれを達成するための種々の方策の立案が中心的な作業となる。従来、望ましい環境水準としては、大気ではSO₂、NO_xなど、水質ではBOD、COD、N、Pなど、環境基準の延長として捉える場合が大半であったが、新たな方向として環境指標によるものも現れている¹⁾²⁾。環境行政の種々の側面を支援する道具としての環境指標の意義が認識されつつあるが、ここで言う指標とはBOD、CODなどのように個別の測定項目の値自身を言うのではなく、ある目的のためにいくつかの測定項目をある種の価値基準に立って集約化した指標を意味している。水域管理、水質管理面での環境指標の作成事例も徐々に増加しつつあり、吉見らの一連の作成事例や³⁾⁴⁾、東京都の水辺の快適性評価指標の水質管理計画への応用事例¹⁾は先駆的な試みである。水質指標については各自治体でも関心が高く、47都道府県、政令都市を対象とした水質データ有効利用に関するアンケートでは、地域住民への広報など水質総合指標の必要性を挙げ、その開発を検討しているところも多いと報告されている⁵⁾。

総合指標の意義については、(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⁴⁾。また、公共用水域の水質モニタリングデータの有効活用の点からも、総合指標が注目されている。本来、水質モニタリングデータは環境質の現状を把握することが主であり、環境行政への積極的な活用は余りなされていなかった。全国的に水質汚濁の状況は横這いとはいえ、局所的な高汚染状況が改善された現段階においては、水質モニタリングの在り方やこれまで蓄積されてきた水質デー

*国立公害研究所 National Institute for Environmental Studies

**東北学院大学 Tohoku Gakuin University

タの利用を検討する必要がある。水環境指標は水質データの有効活用の点からも、今後作成事例が増加すると考えられる。

水域・水質管理に用いられる環境指標を水環境指標と呼ぶことにするが、その作成方法にも種々あり、指標作成の目的に応じて適当な方法が選択されている。今後、この種の環境指標を作成、応用するうえでは、各作成方法の長・短所を十分把握しておくことが重要であると考えられる。

本報告では、今後水環境指標が有効な施策支援の道具として利用される傾向にあることを踏まえたうえで、河川を対象とした指標作成の方法論に焦点を絞り、①従来の水環境指標のレビューと作成手法の整理、及び②作成手法に係わる問題点の抽出を行い、その上で特に③専門家の知識を集約する方法として有用なデルファイアンケート法による指標作成手法について、具体的事例をとうして検討を加えたものである。事例としては、単にBODのような有機汚濁項目のみでなく、他の水質項目も考慮した河川の水質全体像を把握するための総合的な水質判定指標（総合水質指標）を取り上げた。

2. 水環境指標の作成事例

従来提案されている河川を対象とした水環境指標をOtt⁶⁾の分類に従って、主としてその利用目的に応じて大別すると、①総合水質指標、②水利用指標、③水環境計画・管理指標に大凡分類される。各指標の意義として(a)意志決定支援、(b)施策評価、(c)情報交流・伝達が挙げられる。特に情報交流、伝達に関しては、大半の指標提案者が直接的、或いは間接的な効果があることを指標利用の利点として挙げている。環境指標の一般的効用等については、文献にゆずる⁶⁾⁷⁾。

①の総合水質指標は、複雑かつ多様な水質汚濁現象を総括的に一つの数値で表すことにより、汚濁状況の把握や理解が容易になることが挙げられる。従来、水質項目毎の平均値や値の大小で水質状態が記述され、一部は環境基準の適合度として公表されているが、専門家以外の人々にとっての理解は必ずしも容易ではなかった。総合水質指標を利用することにより、一般の人々が水環境の水質汚濁状態を比較的容易に理解・把握できること、またこのことを通じて環境問題への関心がより一層高まるなど情報伝達、啓発の方法としても効果があると考えられる。

②の水利用指標は、①の一般的な水質状態の把握に用いられる総合水質指標とは異なり、ある特定の水利用目的に対象水域の水質状態が適合しているか否かの判定（適合性判定）などに用いられる指標である。水利用に関しては、飲料水基準、水産用水基準などがあるが、ここでは複数項目をなんらかの方法で集約化した指標を対象としている。水利用指標の場合、その水利用に影響すると考えられる水質項目が取り上げられ、総合水質指標と同様な方法により指標化されている。

③の水環境計画・管理指標は、環境基準の達成度の評価、水資源配分の管理などを対象に計画・管理面への応用を意図したもので、項目として水質の他に流域人口や下水道普及率など地域に関する社会的・経済的項目を取り入れた指標が作成されている。

水環境指標については、以上の水系水質を中心とした指標の他に“場”に関する情報、例えば水辺の快適性、レクリエーション的な価値を表現する水辺指標などが考えられるが、場の情報までもを取り込んだ水環境指標作成については、青木⁸⁾や東京都¹⁾の例が挙げられる。

以上の分類軸により、河川を対象として提案された指標についてその目的、取り上げられた項目数、開発又は提案者及び作成手法について整理したのが表－1である。

3. 水環境指標作成方法と問題点

水環境指標に限定した場合、指標化の一般的プロセスについては、①多変量解析など統計的手法を応用した方法、②価値関数による方法、③カテゴリー（分級）による方法に概ね類型化できる。ここでカテゴリーによる方法は②の価値関数による方法のうち、価値関数として階段状の関数（ステップ関数）を用いる特別な場合に相当するが、ここでは方法として簡単で分かり易いこと、定性的な項目も指標に組み入れる余地があることから別途分類している。

いずれの方法をとるにせよ、総合指標化の問題点は、①尺度化、②総合化の主に2つの問題に集約される。尺度

Table-1 Brief Review of the Water Quality Indices

WATER QUALITY INDEX	AUTHOR (YEAR)	G O A L	¹⁾ METHOD	NO. OF PAR.	VALUE FUN. ²⁾	AGGR. FUN. ³⁾
A. General Water Quality Index						
①QI (Quality Index)	Horton (1965)	• Evaluate abatement programs • Give the public information	VA + AG	10	SF+SW	ADD
②NSFWQI (National Sanitation Foundation Water Quality Index)	Brown et.al. (1970)	• Make the public aware of water quality levels	VA + AG	9	IF	ADD, MUL
③IIP (Implicit Index of Pollution)	Prati (1971)	• Compare the quality of water resources	VA + AG	13	EF	ADD
④RPI (River Pollution Index)	McDuffi (1973)	• Detect trend over the years • Compare different rivers	VA + AG	8	EF	ADD
⑤WQI (Water Quality Index)	Dinius (1972)	• Give administration & public information • Measure costs & impacts of pollution control effects	VA + AG	8	EF	ADD
⑥CWQI (Combined Water Quality Index)	Yu et.al. (1975)	• Evaluate benefit of water uses & treatment cost	VA + AG	8	EF	CF
⑦CPI (Composite Pollution Index)	Syoji et.al. (1966)	• Aggregate water quality information	FA	?	--	--
⑧WQITN (WQI Total Nutrient)	Joung et.al. (1979)	• Identify polluted water areas • Set environmental water quality standard	FA	6	--	--
⑨WQI (Water Quality Index)	Oka et.al. (1983)	• Evaluate polluted water area comprehensively	PC	11	--	--
⑩WQI (Water Quality Index)	Yoshimi (1985)	• Give the public information • Evaluate polluted water area comprehensively	CA	4	--	--
⑪Harkin's Index	Harkin (1974)	• Give the public information • Develop objective water quality index	ST	3	--	STR
⑫BFI (Beta Function Index)	Schaeffer et.al. (1977)	• Facilitate communication of environmental information to the public	ST	4	--	--
B. Specific Water Use Index						
⑬FAMLI (Fish and Wildlife Index)	O'Conner (1972)	• Describe water quality to sustain a population of fish & wildlife	VA + AG	10	IF + SW	ADD
⑭PWA (Public Water Supply Index)	O'Conner (1972)	• Evaluate water quality for public water supply	VA + AG	14	IF + SW	ADD
⑮PWSI (Public Water Supply Index)	Deininger et.al. (1971)	• Evaluate water quality for public water supply	VA + AG	11 (13)	IF	ADD, MUL
⑯CWQI (Consumer Water Quality Index)	Walski et.al. (1974)	• Evaluate water quality for recreational use	VA + AG	12	EF	GM
⑰Stoner's Index	Stoner (1978)	• Select which stream is suitable for public water supply & irrigation	VA + AG	39 ⁴⁾ 21 ⁵⁾	EF+SW	ADD
⑱PI (Pollution Index)	Nemerow & Sumitomo (1970)	• Evaluate human contact use, indirect use, & remote contact use of water area	VA + AG	14	EF	CF
C. Planning/Management Index						
⑲PDI (Prevalence Duration Intensity Index)	Truett (1975)	• Reflect effects of water pollution on the environment	VA + AG	4	--	CF
⑳NPPPI (National Planning Priority Index)	Truett (1975)	• Manage resource allocation problems • Assign priorities to each planning area	VA + AG	10	EF	ADD
㉑PAI (Priority Action Index)	Truett (1975)	• Allocate fund for wastewater treatment facilities	VA + AG	4	EF	ADD
㉒EES (Environmental Evaluation System)	Dee et.al. (1973)	• Assess environmental impact	VA + AG	78	EF	ADD
㉓PPI (Pollution Potential Index)	Zoetoman (1973)	• Predict future water pollution problems	AG	3	--	CF
㉔EPA Region VII Index	Cogger et. al. (1976)	• Detect water quality trend • Give the public information	AG	5	--	ADD

NOTE: 1) Type of method- VA: Value Function, AG: Aggregation Function, FA: Factor Analysis, PC: Principal Component Analysis
CA: Categorical method, ST: Statistical method

2) Type of Value function- SF: Step Function, IF: Implicit Function, EF: Explicit Function, SW: On-Off Switch Function

3) Type of aggregation function- ADD: Additive form, MUL: Multiplicative form, AVE: Average, CF: Combined Form
STR: Square of Transformed Rank order

4) In case of index for water supply

5) In case of index for irrigation

化は、測定値など次元の異なる複数の項目を同次元に変換する過程であり、総合化は同次元に変換された値を集約化する過程である。この両過程については唯一絶対的な方法はなく、上記の方法を指標の作成目的や性格、関連する項目の特徴に応じて適宜使い分けることが必要であるが、いずれの方法をとる場合でも、尺度化、総合化の過程を明らかにしておくことが現段階では肝要であると考えられる。

統計手法のうち、多変量解析による方法は、大別すると重回帰分析によるもの、主成分分析、因子分析による方法に分かれる。いずれも原データの統計処理により直接総合指標がえられ、価値関数による方法に比べて、作成が客観的な指標化の方法と位置づけられる。結果の解釈の仕方、適用範囲が限定されるなど汎用性の問題があるが、地域レベルでの利用を主体とするものであれば適当な方法であろう。

価値関数による方法は、指標作成の最も標準的な方法であるが、尺度化、集約化に用いた方法の妥当性、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が問題となる。価値関数の作成や重みづけの決定方法としては、1)先見的・経験的に与える方法、2)統計的な方法、3)専門家へ直接質問する方法、4)集団へ直接質問する方法があり、各々いくつかの手法が提案されている。代表的な手法では、専門家への郵送アンケートを何回か繰り返すデルファイ法や回答者を集めて、直接対面での情報交換する方法などがある。特にアンケート法ではデルファイアンケートが多用されるが、価値関数を求めるような場合でも個々の水質項目の持つ意味が理解されていなければ、簡単に尺度化はできず、専門家の知識に頼ることが多い。アンケートに際しては、質問に対してひとつずつ基礎知識と凡例を示しながら、回答させる方法をとるなどの工夫がなされている⁶⁾。価値関数を用いた方法については、わが国での研究事例は乏しいが、特に諸外国で作成された指標の価値関数をそのままの形で導入することは適当ではなく、具体的事例を積み重ねながら、指標化に関する知見を蓄積することが、現段階では必要であると考えられる。

4. 総合的な河川水質判定指標の作成

4.1 デルファイアンケートによる指標作成手順

総合指標作成の方法としては、ここでは②の価値関数による方法を取りあげ、具体的事例をとうして検討した。水質項目の選択、重みづけ、価値関数の設定を専門家の知見より決定する方法を採用した。アンケート対象者は、国、地方自治体、大学の水質の専門家7名（上水道水質3名、河川水質2名、河川・海域水質2名）である。計4回にわたるアンケートを実施したが、最初の2回は水質項目の選定と重みづけ、後の2回では選択された項目についての価値関数の設定を行った。以下ではアンケートに際して考慮した事項及び結果について示す。

4.2 水質項目の選定と重みづけ

指標作成の第一段階は、どのような水質項目を選択するかである。従来のデルファイアンケートによる水質指標の作成事例では選定の対象となる水質項目について専門家の自由な意見に基づいて行う方法をとっている。しかし、作成した指標の利用を図るうえで、これまでに蓄積されている公用水域の水質データを活用することが必要であることから、予め選定対象となる水質項目リストを表-2（第1回目のアンケート用紙）に示した項目に限定した。よって水質の代表値としては月間平均値を対象としていることになる。各回答者には河川水質を総合的に評価する視点から、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、それらの項目間の相対的な重要度として0～5まで0.5刻みで設定してもらった。重みづけについては、項目間の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1回目のアンケートでは、項目としてさらに取り上げるべきものが有る場合にはその項目も指定するようにした。第1回目の結果から伝導度、塩素イオン、TOCが挙げられていたので、第2回目のアンケートではこれらも選択対象のリストに加えた。またDOについては、飽和度とDO濃度両方を選択の対象としたが、DO濃度のほうが良いとの意見もあり、第2回目のアンケートからはDO濃度のみを対象とした。第1回目のアンケート集計結果を参考資料として添付し第2回目を行った。

第2回目のアンケート結果から、7名中5名以上が指標算定に必要と選択した項目を取りあげた。選択された項目は、表-3に示したようにpH、DO、BOD、SS、大腸菌群、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、T-P、T-Nの8項目である。pH、DO、BOD、SS、大腸菌群はいずれも生活環境項目として環境基準が設定されているものであり、これらの項目が生活環

Table-2 Questionnaire form for choice of parameter and weighting

WATER QUALITY PARAMETER	○	Relative Importance (Weight)						Value
		0	1	2	3	4	5	
1. pH								
2. DO								
3. BOD								
4. SS								
5. E. COLI								
6. N-hexane extracts								
7. NH ₄ -N								
8. NO ₂ -N								
9. NO ₃ -N								
10. T-N								
11. PO ₄ -P								
12. T-P								
13. Etc. 1 ()								
14. " 2 ()								

境としての河川の水質を評価するうえで必要であることを示している。加えて、NH₄-N、T-P、T-Nの栄養塩関連が選ばれているが、これらの項目は湖沼、海域の閉鎖性水域の富栄養化現象を把握するうえで必須の項目であり、河川をとうして湖沼・海域へ流入することを考えれば、河川水質を管理するうえで取り上げる必要がある項目と判断されたと考えられる。今回のアンケートでは、各回答者の項目選定の理由については問わなかったが、総合指標における各水質項目の意味をより明確にするためにはもう一步踏み込んだアンケートが必要と考えられる。

表-3には各項目の重みも示しているが、重みは以下のように算定した。各回答者の選択した項目ごとに相対的な重みを聞いているので上記の8項目について回答者毎に合計1.0になるように重みを計算し、さらに全回答者について平均をとることによって水質項目の重みとした。

4.3 価値関数の設定

続く2回のアンケートで選定した8つの水質項目について各々価値関数のグラフを記入してもらった。価値関数設定用のアンケート用紙の例を図-1に示した。価値関数は複雑かつ多様な水質汚濁現象を表している各水質項目を集約化するために、各項目の水質汚濁に対する寄与

Table-3 Selected Water Quality Parameters and Their Weight

WATER QUALITY PARAMETER	RESPONDENT							CALCULATED WEIGHT	
	A	B	C	D	E	F	G	VALUE	0.1
1. pH	.167	.065	----	.083	----	.038	.039	0.056	
2. DO	.167	.174	.185	.125	.209	.192	.196	0.178	
3. BOD	.167	.174	.148	.208	.233	.154	.157	0.177	
4. SS	----	.087	.148	.125	----	.115	.098	0.082	
5. E. COLI	.167	.130	.074	.042	.163	.192	.137	0.129	
6. NH ₄ -N	----	.109	.148	.083	.209	.154	.176	0.126	
7. T-N	.167	.130	.148	.167	----	.077	.078	0.110	
8. T-P	.167	.130	.148	.167	.186	.077	.118	0.142	
TOTAL								1.000	

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。グラフ記入の際の参考とするために、水質項目毎に値とその特徴をグラフ上部へ示した。また、価値関数設定に関するコメントを下欄に記入するような書式とした。

価値関数の設定に関するアンケートについても2回繰り返した。第3回目のアンケート結果から各回答者のグラフを同一紙面上に重ね書きした資料を作成し、4回目の回答時にはこれを参考に再度価値関数の設定をしてもらった。4回目のアンケート結果より得られた価値関数を図-2(a)~(h)に示した。図中の実線は全回答者の平均値を、

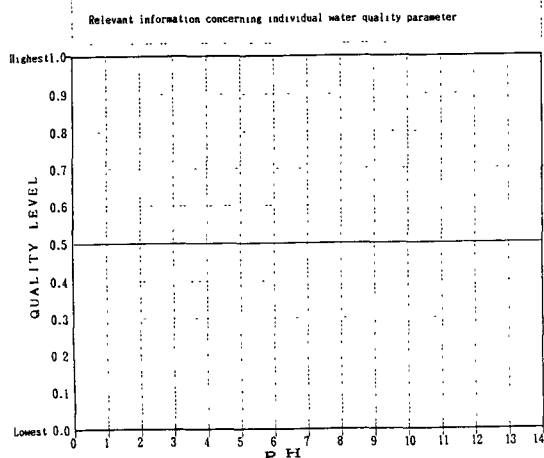


Fig-1 Questionnaire Form for Drawing Value Function

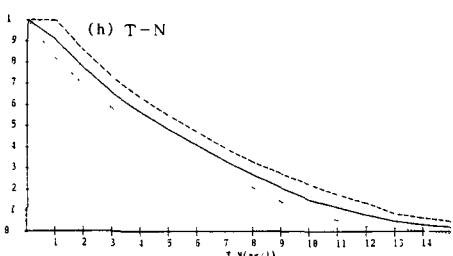
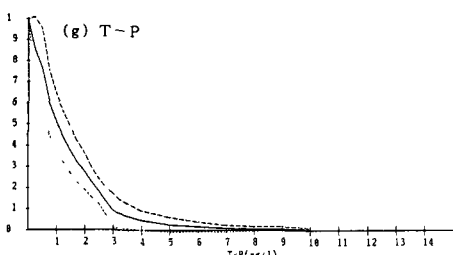
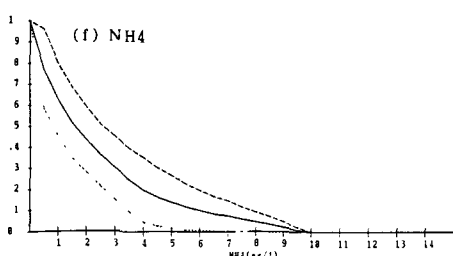
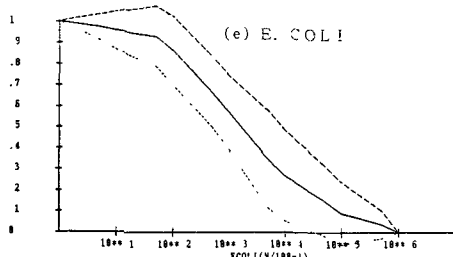
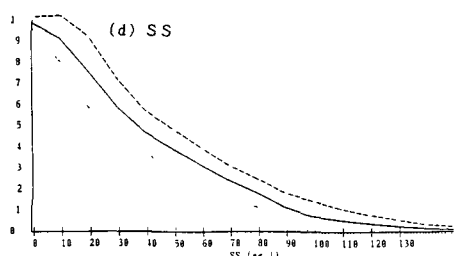
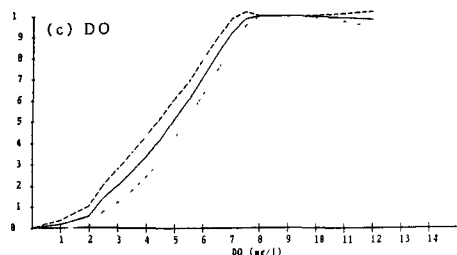
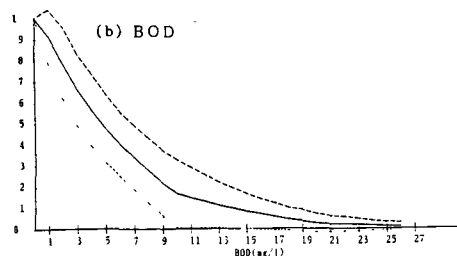
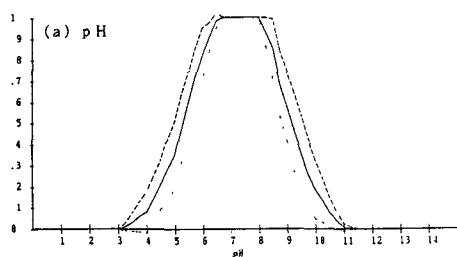


Fig-2 Value Function (Solid line:Average,Dotted line:Average+Std.Dev.)

点線は平均値±標準偏差を示している。点線の示す範囲は回答のパラッキ具合を示している。値関数設定については各回答者が同様の傾向のグラフを記入していることが明らかであるが、項目によってはパラッキが目立つものもあり、特に大腸菌群やNH₄-Nなどは回答者の評価が分かれる項目であるといえる。

選定した項目の重みと値関数を用いて次式による水質判定指標値を算定した。ここでは、水質判定指標をCWQI (Comprehensive Water Quality Index) と呼ぶことにする。

$$CWQI_1 = \sum_{i=1}^n w_i f_i(x_i) \quad (1)$$

$$CWQI_2 = \prod_{i=1}^n f_i(x_i) w_i \quad (2)$$

ここで w_i : 項目 i の重み ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$), f_i : 項目 i の価値関数, x_i : 項目 i の計測値 (実測値), n : 項目数である。
(1)式は加重和, (2)式は加重積の集約化関数を用いた場合であり, 各々 $CWQI_1$, $CWQI_2$ としている。実際の計算に当たっては, 図-2 に示した価値関数を適当な線分に分割したうえで比例配分により中間点の関数値を求めた。

4.4 指標の適用

作成した指標を多摩川 (東京都) 及び名取川 (宮城県) の水質データに適用した。

PARAMETER : $CWQI_1$ (—), SEP.

POINT		DISTANCE FROM MOUTH	ENV. STANDARD	1977	1978	1979	1980	1981
35001	CHOFU BR.	59.8 Km	A	---	78.73	90.86	91.67	89.33
35002	HAIGIMA BR.	47.5	A	42.93	68.97	79.64	84.93	75.73
35003	HINO BR.	39.9	C	39.76	61.79	81.22	86.60	79.52
35104	TAKAHATA BR.	2.0	-	33.67	50.31	61.26	65.99	68.34
35005	SEKIDO BR.	34.5	C	43.67	---	75.22	80.52	78.88
35206	HOUON BR.	0.6	-	---	---	---	65.02	75.64
35007	KOREMASA BR.	31.5	C	---	---	---	75.76	76.85
35008	TAMAKAWARA BR.	28.1	C	48.69	56.02	62.73	73.74	72.10
35009	TAMASUIDOU BR.	23.0	C	53.95	58.76	65.80	73.75	74.72
35010	FUTAGO BR.	17.8	C	43.22	53.35	64.10	71.47	73.21
35011	DENENCHOFU BR.	13.4	C	25.98	52.72	59.87	61.68	63.64
35012	ROKUGOU BR.	5.6	D	---	---	68.88	63.85	68.18
35013	TAISHI BR.	4.1	D	---	---	66.49	66.41	68.65

Fig.3 Calculated Results of $CWQI_1$ (Tamagawa)

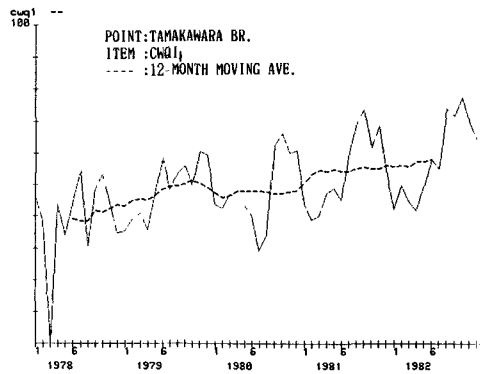


Fig-4 Trend of $CWQI_1$ (TAMAKAWARA-BR)

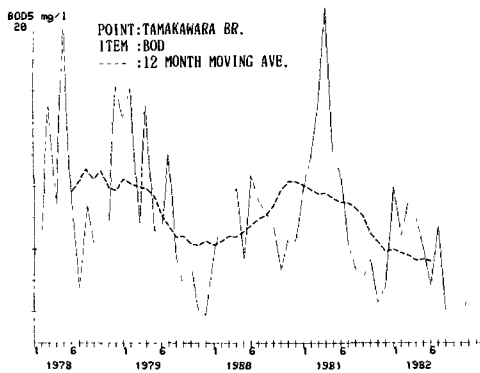


Fig-5 Trend of BOD5 (TAMAKAWARA-BR)

多摩川の河川水質データ⁹⁾ から $CWQI_1$ を試算した結果を各地点について表形式で出力した例が図-3 である。図中---は指標算定時に水質項目に欠測値があるなどの理由で算定出来なかったことを示している。図-4 は多摩川原橋地点における指標値を経年的に示したものである。点線は12か月移動平均を示しており, 指標値は高いほど水質全体が良好となっていることを示すことから, この地点では年々水質は良くなってきていることを示している。

また, 図-5 に示した BOD 値の変化に比べると経年的傾向がより明確な形であらわれていることが明らかである。BOD が高いほど指標値は下がる傾向がみられるが, その減少の仕方は直線的ではない。これは BOD の指標算定時の重みが 0.177 であり, BOD が非常に高くても必ずしも他の水質項目の評点は悪化していないことを示している。

次に名取川へ適用した例を示す。名取川は仙台市に隣接し, 一支川の上流に釜房湖があり, 前川, 北川, 太郎川の三河川が流入している^{10) 11)}。本川は季節的な水質変動も少なく, 大腸菌群を除いて AA の環境基準に適合している。指標の計算結果を表-4 に示す。本川中流部 (栗本橋付近) は加重和型の $CWQI_1$ で平均82以上の値を, 若干低い値をとる加重積型の $CWQI_2$ でも平均70以上の値をとり, 中流部としてはやや良好な水質状況を示している。上流部の北川, 太郎川の $CWQI_1$, $CWQI_2$ は各々 90, 84位であり, さらに良好な水質を呈すが, 前川はそれぞれ 80, 70前後でやや悪く, 以前から釜房湖へ流入負荷の多さが指摘されていることと合致している。また, 過去3年間 BOD の平均値及び $CWQI_1$ の平均を表-5 に示すが, これらの値から見ると両指標には概ね対応関係がみられる。

以上から, BOD との関連からみた総合的水質判定指標の特徴として, 多摩川のように汚濁の進んだ河川での激しい BOD の季節変動に比べて, 他の水質項目を考慮していることから季節変動や経年変動が明確になること。また環境基準 AA の清浄な河川に限定されるが, 3年間の平均のように長

Table-4 Calculated index value of Natorigawa

A. Natorigawa

	YEAR	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.
CWQI ₁	1983	85.7	79.7	79.4	80.1	79.6	--	78.5	80.1	83.7	81.5	82.3	--
	1984	83.0	85.8	84.8	85.3	79.4	76.3	81.4	84.3	82.8	81.8	86.0	81.6
	1985	85.1	85.4	81.4	83.2	78.5	--	81.5	82.1	82.5	82.0	82.2	82.9
CWQI ₂	1983	74.3	67.9	69.2	66.3	65.2	--	58.6	63.7	74.0	71.4	63.9	--
	1984	77.9	80.7	80.1	79.5	68.4	63.2	67.2	76.3	72.8	69.2	67.9	70.2
	1985	77.6	79.1	71.0	74.9	67.4	--	71.0	75.0	71.9	64.8	70.5	65.3

B. Maekawa

	YEAR	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.
CWQI ₁	1983	81.5	82.9	83.0	78.0	78.9	--	--	76.5	79.9	79.7	84.6	79.7
	1984	82.7	81.4	81.9	78.5	80.8	79.5	77.5	79.9	77.9	81.3	79.9	80.3
	1985	82.7	82.2	79.6	81.5	82.8	81.0	80.3	81.4	81.5	80.1	82.4	80.7
CWQI ₂	1983	71.6	74.6	76.2	52.5	65.0	--	--	69.3	66.4	66.9	77.6	68.4
	1984	74.9	73.2	71.6	67.6	70.7	66.1	63.8	68.6	64.1	70.8	67.4	67.8
	1985	74.0	73.8	70.8	71.5	72.5	68.8	70.4	70.7	69.2	68.5	71.2	68.5

C. Kitakawa

	YEAR	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.
CWQI ₁	1983	92.2	86.0	89.4	85.3	87.9	--	--	87.5	92.3	84.6	86.8	88.5
	1984	93.2	92.4	88.1	89.0	86.9	85.0	87.1	89.9	91.7	90.2	91.0	88.4
	1985	91.8	91.4	89.1	89.6	86.3	88.0	88.0	90.8	89.9	90.8	87.2	90.2
CWQI ₂	1983	89.8	67.1	87.0	69.1	83.9	--	--	82.4	89.0	71.9	81.4	78.0
	1984	91.7	91.3	84.5	85.0	83.3	80.8	81.9	86.6	88.0	81.7	86.3	83.2
	1985	89.3	89.1	85.2	86.5	79.1	82.5	85.0	87.7	86.9	86.4	79.6	85.0

D. Tarogawa

	YEAR	APR.	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.
CWQI ₁	1983	90.1	89.6	88.7	84.0	87.2	--	--	86.6	92.8	90.2	90.6	91.1
	1984	93.7	93.9	90.9	86.3	86.6	85.7	86.1	90.4	91.5	91.8	91.1	88.1
	1985	91.5	86.9	86.3	87.6	85.8	85.7	86.4	87.2	89.0	91.6	90.2	91.0
CWQI ₂	1983	86.3	85.6	78.0	63.8	81.9	--	--	80.4	90.4	83.7	84.8	86.9
	1984	92.3	92.6	87.1	81.7	81.8	81.5	79.3	85.8	86.5	86.6	86.4	82.6
	1985	89.6	82.7	81.6	83.1	79.1	76.9	82.1	83.1	85.2	86.9	84.3	86.9

Table-5 Average BOD of Natorigawa

	NATORIGAWA	MAEKAWA	KITAKAWA	TAROKAWA
BOD (mg/l) 3-YEAR AVERAGE	0. 878	0. 803	0. 362	0. 448
CWQI ₁ (-) 3-YEAR AVERAGE	82. 1	80. 6	89. 0	89. 0

期にわたる平均値をとった場合では、BOD濃度とほぼ対応していることが分かった。

4. 5 デルファイアンケート法による指標化の特徴

総合指標作成にデルファイアンケートを採用した事例としては NSFWQI (Brown ら)¹²⁾がある。デルファイ法は科学技術の将来予測など専門家の意見を繰り返し聞くことにより回答結果が収束する効果があるとされる。今回行ったデルファイアンケートでは、対象者数が7名と少ないが、価値関数型の指標化の長・短所を整理すると、以下ようになる。まず、長所については

①水質の専門家のもつ水質に関する知見や経験を尋ねる方法として、まず質問内容の徹底をはかれることがあげられる。従来のような1回だけのアンケートでは、項目の選定や重みづけ、価値関数の設定など高度な質問について正確な回答を得るのは対象者が専門家といっても一般に困難であると考えられる。これはアンケートの趣旨や内容説明の不足に起因し、誤回答する可能性が選択方式のアンケートに比べて高いからである。2回繰り返すことにより、そうした質問内容の誤解に基づく誤回答が減ることによる回答の収束がはかれる。

②他回答者の意見を参考とし、再考する機会が与えられるのも大きな特徴である。1回目の回答結果を知ることにより全体のなかでの自分の回答の位置づけが認識できる。これにより思い違いや質問に対する回答を再考する機会が与えられる。

上記の点は、繰り返しによるアンケート法の利点であると考えられるが、逆に短所としては、

③繰り返し回数が多くなるにつれ、回答者のアンケートに対する興味や熱意が持続されないこと。

④また、水質項目によっては価値関数や重みの評価が難しいことがアンケートの感想として述べられており、これは回答者の経験の差によると考えられる。

5. おわりに

水環境指標の事例について整理するとともに、指標作成の方法について整理した。さらに総合的な河川水質判定指標を専門家へのデルファイアンケートにより作成し、その過程で得た指標化の問題点について述べた。ここでとりあげたような水質総合指標の利用は、水質の状態を一般の人々がマクロに理解できる点で有効であると考えられるが、一方利用目的を限定した指標に比べて、個別目的に対応したものではないだけに水質管理上その役割が不明確になりがちなこと事である。今後は作成した指標と個々の水質項目との関係を解析するとともに、水質管理上の意義について、他水域の水質データに適用しながら検討する予定である。また、総合評価手法としての生物指

標や多次元グラフ解析手法との長・短所の比較や、他の総合指標化の方法（例えば、統計的手法）との比較、価値関数や重みの推定に係わる誤差の評価などについても今後解析を進めていく予定である。

参 考 文 献

- 1) 東京都環境保全局水質保全部 (1986): 水域環境総合評価手法開発のための調査報告書.
- 2) 森田恒幸・野田清敏・堀内葉子 (1986): 都市住民の意識に基づく環境指標の算定—北九州市の環境管理を対象として—, 第20回日本都市計画学会学術研究論文集, 133-138.
- 3) 岡敬一・吉見洋・井口潔・関野弘子 (1983): 総合水質指標による神奈川県河川水質の解析, 水質汚濁研究, 6 (6), 41-47.
- 4) 吉見洋 (1985): 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, 27 (3), 21-32.
- 5) 井口潔・石橋良信・須藤隆一 (1987): 地方自治体における水質測定データの有効利用に関する実態, 第21回水質汚濁学会講演集, 145-146.
- 6) Ott, W. R (1978): Environmental Indices, Theory and Practice, Ann Arbor Science, Michigan.
- 7) 内藤正明・西岡秀三編 (1984): 環境指標—その考え方と作成方法—, 国立公害研究所研究報告第74号.
- 8) 青木陽二・中島明寛 (1986): 水辺の快適性評価の方法, 国立公害研究所研究報告第98号, 61-72.
- 9) 建設省 (1978~1982): 水質年表.
- 10) 仙台市水道局: 水質年報, 昭和58年~60年.
- 11) 仙台市 (1985): 公害白書, 第15号, p.8.
- 12) Brown, R.M., N.I., McClelland, R.A.Dein and R.G.Tozer (1970): A Water Quality Index—Do We Dare ?, Water Sewage Works, 339-343.
- 13) 原沢英夫・内藤正明 (1986): 水環境指標の作成, 国立公害研究所研究報告第88号, 59-76.