

ろ過残留物と分光光度計を用いた水質評価に関する一考察

保持尚志* 中村圭吾** 島谷幸宏***

Takashi YASUMOCHI Keigo NAKAMURA Yukihiro SHIMATANI

ABSTRACT

Recently we study the value of river environment. The river environment has high potential for good sceneries, ecosystems, and fields of recreation.

Water quality in a river is an important factor to evaluate environmental functions. Water quality usually is expressed by biochemical indices, such as BOD, COD, however we do not think that biochemical indices are good all environmental functions. We must choose the best evaluative indices for various river environment functions. In this report we cleared the structure of evaluating water quality by human senses. And we studied on indices for a good view and recreational uses.

We make a proposal of a new index that is called "The filter paper method". This method is a synthetic index that expresses water quality both human senses and biochemical point of view.

Keyword: WaterQuality, evaluation, index

1. はじめに

近年、水辺の持つ価値が見直され、河川の環境機能が注目されている。河川は、美しい景観や豊かな生態系、活発なレクリエーションの場としての可能性を持っている。

河川の環境機能を評価するとき、その水質は重要な項目の一つである。

そして一般的に河川水質は、BODに代表される物理化学的指標によって表されるが、これを用いて環境機能を評価することが十分に適切かどうか疑問がある。水質面から環境機能を評価するときには、その機能の優劣をもっともよく表現する指標が必要であると考え。

本論文では、人の感覚による水質評価構造を明らかにし、主に景観、親水活動の視点から見た水質の評価について検討した。そして、新たにろ紙法と呼ぶ水質指標を提案した。このろ紙法は、ろ過残留物について分光光度計を用いて計測するもので、人の感覚的な水質評価と物理化学的評価の両者を評価できる総合的な水質指標として期待される。

2. 人の感覚的水質評価

2. 1 調査

アンケート調査を実施し、散歩や水遊びなどの親水活動を行う際に、人が河川水質をどのように評価し、どのような水質を望んでいるのかを求めた。また人々が快適と思う水質に関する意識構造を明らかにした。

(a) アンケート調査

①調査方法

全国を北海道、東北、関東、中部、近畿、北陸、中国、四国、九州の9つのブロックに分け、それぞれ

* 1) 正会員 建設省土木研究所河川環境研究室 研究員
(〒305 つくば市旭1番)

** 2) 正会員 建設省土木研究所河川環境研究室 研究員

*** 3) 正会員 建設省土木研究所河川環境研究室 室長

のブロックにおいて5河川を調査河川として、また市民20人を被験者として抽出した。次に、調査河川の河岸に被験者を立たせ、質問用紙法によるアンケート調査を実施した。質問は、現場の状況や親水活動に対する快適性など25項目について5段階評価させた。アンケート調査と同時に、気温、水温などの現場状況、水質分析を行った。

②被験者

被験者の構成は、河川技術者を除く、10、20、30、40、50歳代の市民、男女2～3名で、ブロックごとに20名、総被験者数は219名であった。

③調査対象河川

ブロックごとにBODの年平均値が5mg/lを越える河川を対象に、調査の容易さなどを勘案して、その中から5河川を抽出した(表-1)。またアンケートを実施した場所は被験者が水辺に降りることができる場所で、被験者を水際に立たせてアンケートを行った。

表-1 調査河川と水質分析結果 BODmg/l 透視度cm

河川名	BOD 透視度	河川名	BOD 透視度	河川名	BOD 透視度	河川名	BOD 透視度	河川名	BOD 透視度
豊平川・鏡平橋	1.8 100	高麗川・万幸橋	0.1 100	矢田川・成福寺	2.4 100	旧太田川・ 釜野渡	0.7 100	渡川・具岡	0.5 100
前庭川・太平	2.0 88	荒川・羽根倉橋	2.9 29	庄内川・山西里木堤	4.4 58	天満川・天満橋	0.5 51	中筋川・山路	1.1 48
月寒川・東栄橋	9.0 23.5	荒川・戸田橋	2.1 38.5	庄内川・城跡橋	0.7 100	太田川・ 安佐大橋	0.7 100	渡川・伊沢	0.8 100
千歳川・ インディアン水車	0.5 100	豊田川・神谷橋	3.1 13.0	庄内川・多治思橋	0.8 100	大田川・ 鈴鳴川合流点	0.5 100	渡川・佐岡	1.0 100
津川・恵庭	0.8 100	旧芝川・元郷	4.4 52.5	庄内川・三共橋	0.8 100	滝山川	0.4 100	渡川・秋田	0.9 100
石取川・ 名取大橋	0.9 100	旧西川・地蔵橋	1.9 100	篠川・中園橋	2.3 50	土器川・丸亀橋	1.8 100	七瀬川・ 胡麻橋	0.4 100
石取川・関上	1.8 100	林川・丹波橋	1.8 100	篠名川・厚原岩	0.8 50	土器川	0.7 100	篠方川・ 入田河川プール	0.3 100
庄瀬川・ 千代大橋	1.4 80	信濃川・旭橋	1.2 78	篠名川・利倉	8.1 50	土器川・鞍川橋	0.4 100	大分川・ 府内大橋	0.7 48
京川・松下橋	2.1 100	魚野川・ 新郷生橋	1.2 100	篠名川・軍行橋	0.8 50	土器川・琴南町	1.0 100	大分川・名護川	1.0 80
石取川・羽山橋	0.4 100	佐製川・ 佐製川橋	2.0 100	篠名川・鏡橋	1.1 50	土器川・ 杉芝神社	0.2 100	佐吉川・新川橋	7.5 41

④アンケート内容

表-2にアンケートの内容の一部を示した。アンケートは、風景について、周辺整備状況や地形について、被験者の足下について、河床について、水質について、親水活動に対する快適性について、の6項目、計27問である。なお親水活動として、散歩、船に乗る、水に手を入れる、水に足を入れる、泳ぐ、水を飲む、の6活動を設定した。

(b) 調査結果

①親水活動における快適性の評価(図-1)

各親水活動の快適性評価を目的変数、他のアンケート項目を説明変数として多変量解析を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

「散歩」の快適性は、「ここの風景はよいですか」と「川の水やヘドロはにおいますか」の質問に対する評価で説明できた(重相関係数 $r^2=0.814$)。

「船に乗る」活動での快適性は「水深は深いですか、それとも浅いですか」「川幅は広いと思いますか」「ここの風景はよいですか」「川の水やヘドロは臭いますか」の各質問に対する評価で説明できた(重相関係数 $r=0.717$)。

「水に手を入れる活動」における快適性の評価は「川の水はきれいですか」「ここの風景はよいですか」

表-2 アンケート質問項目

1. ここの風景はよいですか
2. この風景は自然が豊かだと思いますか
3. この整備はよいと思いますか
4. 水辺に近づきやすいと思いますか
5. 川幅は広いと思いますか
6. 足下はきれいですか
7. あなたの足下の回りの草はきれいですか
8. 足下のごみは汚いですか
9. 足下はどろどろしていると思いますか
10. 川の水を通して川底は見えますか
11. その川底はきれいですか
12. 川の水はきれいですか
13. 川の水は透明感がありますか
14. 川の水の色はきれいですか
15. 水中・水面のごみは汚いですか
16. 川の水やヘドロは臭いますか
17. 流れは速いですが、それとも遅いですが
18. 水深は深いですが、それとも浅いですが
19. 水音がしますか
20. 川の水の流れは心地よい感じがしますか
21. この場所で散歩するとしたら快適にできると思いますか
22. この場所で水に手を入れる程度の水遊びをするとしたら快適にできると思いますか
23. この場所で水に足を入れる程度の水遊びをするとしたら快適にできると思いますか
24. この場所で水泳をする程度の水遊びをするとしたら快適にできると思いますか
25. この場所で水を飲むとしたら快適にできると思いますか

の評価によつて説明できた(重相関係数 $r = 0.928$)。

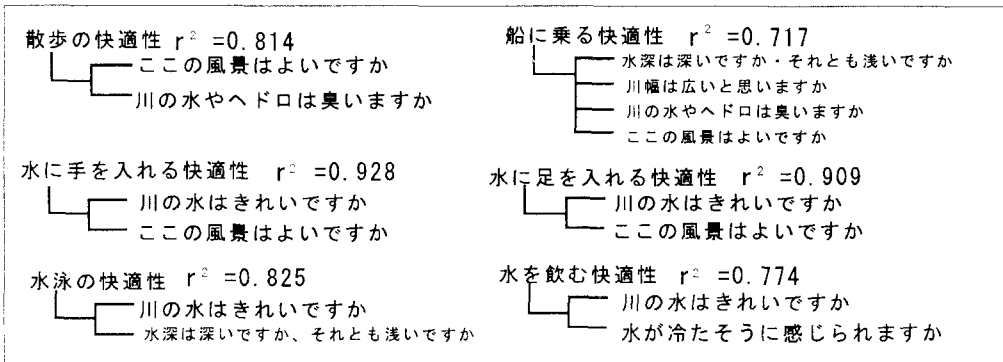
「水に足を入れる活動」での快適性は、「川の水はきれいですか」「この風景はよいですか」の評価によつて説明できた(重相関係数 $r = 0.909$)。

「水泳」の快適性は「川の水はきれいですか」「水深は深いですか、それとも浅いですか」の評価によつて説明できた(重相関係数 $r = 0.825$)。

「水を飲む」活動は、「川の水はきれいですか」「水が冷たそうに感じられますか」の評価によつて説明された(重相関係数 $r = 0.774$)。

②水質の評価構造

親水活動における快適性の評価には、水のきれいさが重要な条件である。ここでは、水のきれいさの評



図－１ 親水活動の快適性の評価構造

価がどのような指標、条件に基づきなされているかを検討した。

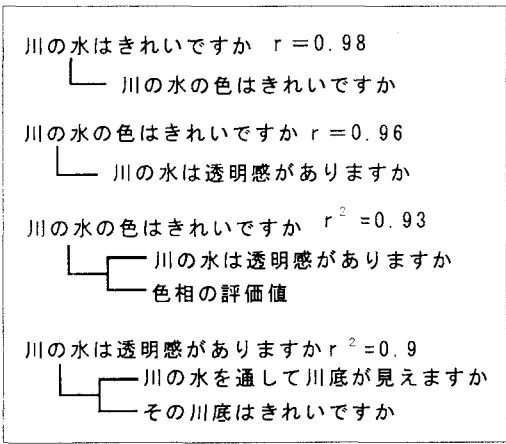
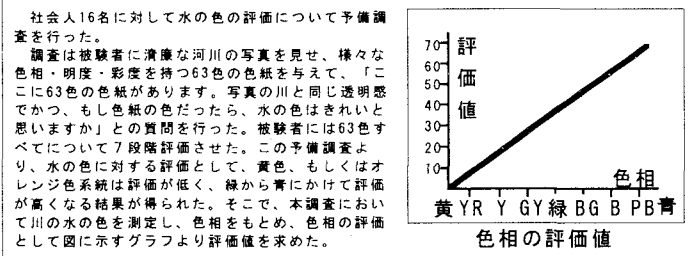
解析は、質問「川の水はきれいですか」に対する評価を目的変数、他のアンケート項目に対する評価、水質分析値、色相の評価値(表－３)を説明変数として多変量解析を行った。その結果以下のことが明らかとなった(図－２)。

「川の水はきれいですか」の評価は、質問「川の水の色はきれいですか」に対する評価と、強い正の相関が見られた(相関係数 $r = 0.98$)。これより川の水のきれいさは、その色によって評価されていることがわかった。

つぎに水の色についてみると、まず河川水の透視度が100cm以上の場合には質問「川の水は透明感がありますか」に対する評価との相関が高かった(相関係数 $r = 0.96$)。つぎに透視度が100cm以下の場合には、「川の水は透明感がありますか」の評価と色相の評価値に関係があることがわかった(重相関係数 $r = 0.93$)。

また川底が見えない(「川の水を通して川底は見えますか」の評価が1以下)場合での、水の色きれいさと色相の評価値との間には相関係数 $r = 0.66$ の正の相関があった。

表－３ 色相の評価値について



図－２ 水質の評価構造

「川の水は透明感がありますか」の評価に対しては、「川の水を通して川底は見えますか」「その川底はきれいですか」の評価と関係があった(透視度100cm以上の場合 $r = 0.9$ 、透視度100cm以下 $r = 0.92$)。

2. 2 まとめ

親水活動のうち、「散歩」「船に乗る」活動では、その場の風景と水の臭いが、その他の活動では、川の水のきれいさが、それぞれの活動の快適性に対して重要であることがわかった。また活動によって、水深や川幅の適当さ、水の冷たさが条件となり、水質以外の場の条件も快適性に影響することがわかった。

川の水質に対する評価は、水の色に対する評価と等しく、水の色は水の透明感と色相の評価により説明された。

そして透明感の評価に対しては、川底が見えるかどうか、川底がきれいかどうか、が問題となるが、川底が見えるかどうかは透視度や水深、河床の色などに規定され、川底がきれいかどうかは、ごみの有無、泥の堆積状況、水綿や藻類の有無などに規定されると考えられるので、透明感の評価には水の透視度や水深、河床の様子が影響しているといえよう。

水質の評価は、色味や透視度といった水自体に対する見た目の評価、河床の泥や水綿などのように水質が原因で起こる現象に対する見た目の評価、が合わさったものであり、さらに水深などの場の条件が影響すると考えられる。

3. ろ紙上に残る色を用いた指標

3. 1 指標

前段で述べた人の感覚的水質評価と従来から用いられている物理化学的指標とを一体的に表す指標として、ろ紙法を提案する。ろ紙法とは河川水をろ紙でこし、ろ紙上の残留物について、分光光度計を用いて吸光度分析を行い、その吸光度曲線上の特徴を定量化することにより水質指標とするものである。

本手法の測定手順は以下の通りである。

①採水した試料400mlを1 μ mのろ紙でこす。

②ろ紙を100℃で2時間乾燥させた後、残留物が付着している部分について分光光度計で360nmから800nmの波長帯における吸光度曲線または反射率曲線を計測する。例を図-3に示した。

③この結果から、後述するマンセル値、総吸光度、藻類指標値、などを定量化する。

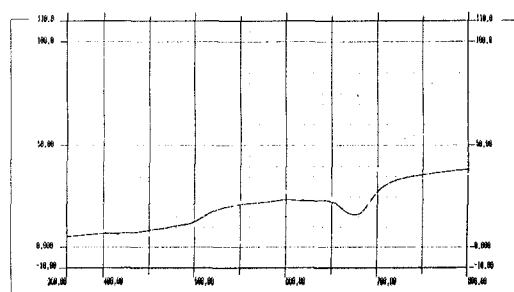


図-3 反射率曲線の例

3. 2 ろ紙法と感覚的水質評価との関係

(a) 調査方法

調査は、3～5名の河川技術者に対して、表-4に示した7カ所において、質問「水の色はきれいですか」に対する評価をアンケート調査した。調査対象箇所は土木研究所近傍河川及び湖沼である。同時に採水しろ紙法によりマンセル値を求めた。マンセル値とはその物体の表面色を表す指標で、色相、明度、彩度の3つの指標から構成される。これは反射率曲線から分光光度計付属のソフトウェアを用いて、算出した。

アンケート結果を目的変数、マンセル値を説明変数として多変量解析を行った。

(b) 結果

表-4 調査河川と透視度(cm)

河川名	透視度
湯の胡	64
中禅寺湖	78
田川	100
田川・宇都宮市街	100
鬼怒川	100
霞ヶ浦	22
備前川	26

分析の結果、ろ紙上に残った色の明度が高いほど、彩度が低いほど水の色の評価が高くなる傾向が見られ(図-4. 1～4. 2)、「水の色はきれいですか」の評価は、マンセル値の明度、彩度によって表すことができた(重相関係数0.88)(図-5)。

(c) 考察

残留物の明度が高いことは、ろ紙上になにもなく白いうろ紙そのものの色であること、つまり水中の夾雑物の少なさを意味する。このため透視度が高く、水の透明感が高いことを示している。

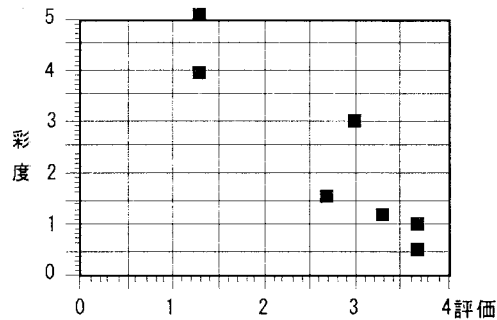


図-4. 1 水の色の評価と彩度

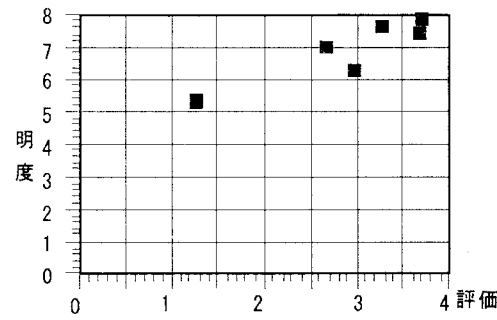


図-4. 2 水の色の評価と明度

また、ろ紙上残留物の色の彩度について見ると、今回の調査では0.8～4.9に分布している。土砂成分の彩度はおおむね1以下であるため、1以上の彩度は藻類などの生物活動による色と考えられる。

よって、彩度が高いことは、水中における藻類などの発生による夾雑物がそれだけ多いことを意味する。逆に彩度が低いことは、それだけきれいに感じられることになる。

本検討より、ろ紙法により、人の感覚的な水質評価、特に透明感、水の色味に関して評価できることがわかった。ただし、今回の検討では対象とした河川・湖沼も少なく、アンケート対象者が河川技術者である点で十分有効な結果とはいえない。今後の課題であろう。

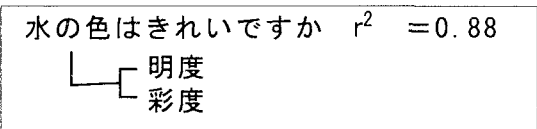


図-5 水の色の評価と明度・彩度

3. 3 ろ紙法と既存指標との関係

(a) 調査方法

吸光度分布と他の水質指標を比較するために、6河川1湖沼計25地点で調査を行った。調査地点を表-4に示した。

表-4 調査地点と水質

調査地点	濁度	COD	SS	クロロフィルa	調査地点	濁度	COD	SS	クロロフィルa	調査地点	濁度	COD	SS	クロロフィルa
中川 飯塚橋	6.9	12.9	10.6	13.2	小貝橋	3.3	5.3	6.4	2.63	桂島橋	1.8	2.1	1.6	0.42
八条橋	5.7	9.5	9.5	8.8	加草橋	3.6	4.6	4.8	3.04	調布橋	3.1	1.0	2.3	0.42
綾瀬川 手代橋	9.5	21.2	13.8	6.5	黒子橋	6.0	7.8	11.2	23.4	湯滝下	2.9	2.6	2.2	10.0
櫛戸橋	18.5	15.6	20.0	6.6	長峰橋	5.9	7.7	11.2	8.94	小野田橋	2.5	2.8	2.5	7.82
新行徳橋	7.1	14.4	26.4	10.0	水和橋	10.0	9.9	19.6	9.83	戦場ヶ原a	3.1	3.7	5.0	6.93
栗山浄水場	12.5	4.9	31.6	5.6	高須	18.0	12.3	21.0	26.2	戦場ヶ原b	3.6	3.2	7.7	6.48
江戸川 野田橋	10.2	4.0	39.8	4.0	多摩川大橋	3.0	5.9	2.7	0.87	竜頭の滝	4.6	3.7	7.9	5.99
関宿橋	9.7	4.0	35.0	3.5	摩水道橋	2.3	5.0	2.5	0.87					
①土浦港	14.1	14.5	18.2	40.6	川 日野橋	2.0	5.6	2.2	0.52					

ろ紙法により得られた吸光度曲線から、総吸光度と藻類指標値を算出し、水質の分析値との相関を求めた。総吸光度とは各波長の吸光度を周波数400nm～800nmの範囲で積分した値である。

藻類指標値とは(図-6)、波長650nmと700nmの吸光度を結ぶ直線と670nm上の垂線の交点と670nmの吸光度の長さを求めたもので、これはろ紙残留物による光の吸収のうち、葉緑体によると考えられる波長670nmにおける吸収の大きさを定量化したものである。

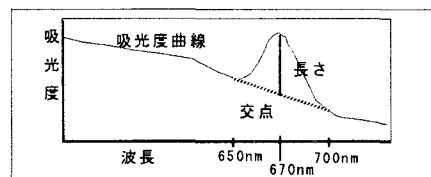


図-6 藻類指標概念図

(b) 調査結果(図-7. 1～7. 4)

総吸光度と濁度(相関係数 $r=0.93$)、SS(相関係数 $r=0.71$)、CODcr(相関係数 $r=0.74$)の濃度との間には正の相関を得た。また藻類指標とクロロフィルa濃度との間には相関係数 $r=0.94$ の正の相関を得ることができた。

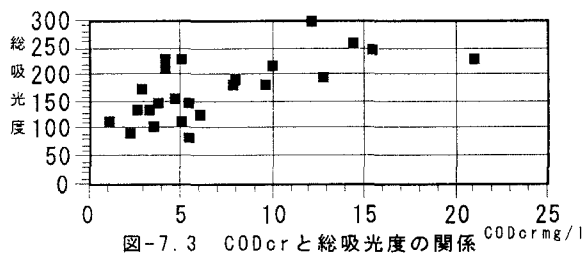


図-7.3 CODcrと総吸光度の関係

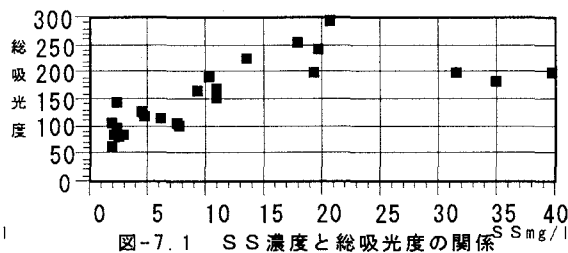


図-7.1 SS濃度と総吸光度の関係

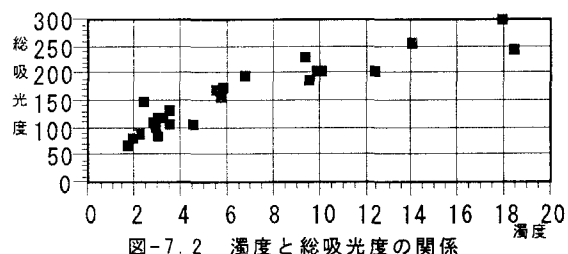


図-7.2 濁度と総吸光度の関係

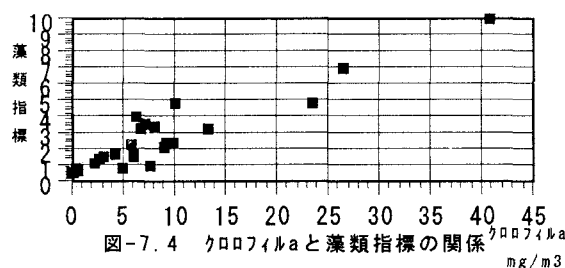


図-7.4 クロロフィルaと藻類指標の関係

(c) 考察

総吸光度はろ紙上の夾雑物の量を示すと考えられる。夾雑物の量が多くなると、それらによる光の吸収量が多くなり、総吸光度は高くなる。よって総吸光度により、水中の夾雑物量に比例する濁度、SS、CODなどの量を把握できると考えられる。また藻類指標は葉緑体による吸収を示しており、藻類指標はクロロフィルaの量をおおむね示していると考えられる。

本検討より、より精度の高い指標化をめざす必要があるものの、ろ紙法により一部の水質指標を定量的に把握することが可能であることがわかった。

4. まとめ

一般市民に対するアンケート調査の結果、親水活動にとっての快適性の条件が明らかとなった。その中で水のきれいさが重要な項目であることがわかった。

水質の評価は、色味や透視度といった水自体に対する見た目の評価、河床の泥や水綿などのように水質が原因で起こる現象に対する見た目の評価が合わさったものであり、さらに水深などの場の条件が影響すると考えられる。

そして人の感覚的水質評価と従来から用いられている物理化学的指標とを一体的に表す指標として、ろ紙法を提案した。ろ紙法により人の感覚的な水質評価、特に透明感、水の色味に関して評価でき、また一部の水質指標を定量的に把握することが可能であることがわかった。今後は、この指標を用いた親水活動の評価について検討を進める予定である。

参考文献 建設省：水環境管理に関する研究、第47回建設省技術研究会論文集、pp18、1993。
建設省：都市域における水域浄化システムに関する研究、平成6年度土木研究所年度報告書、1995。