

ろ紙吸光法による利根川水系の水質評価

EVALUATION OF WATER QUALITY IN TONE RIVER BASIN BY FILTER ABSORBANCE METHOD

稲垣憲明* 中村圭吾** 竹歳健治** 渡部由紀子*

Noriaki INAGAKI*, Keigo NAKAMURA**, Kenji TAKETOSI**, Yukiko WATANABE*

ABSTRACT: The FAM is a method of filtering river water and measuring a filter by the spectrophotometer with the integrating-sphere attachment. The Absorbance curve of the filter shows the character of particle matter in water. Three indices were already proposed: 1. Total Absorbance (TA), which indicates turbidity and is calculated as integrated value of absorbance curve at visible area, 2. Algae index (AI), which is an index of phytoplankton and measured as a subtraction of absorbance values from 670 nm to 750 nm, 3. Ultra Violet Absorbance Index (UVAI), which is an area surrounded by a line and an absorbance curve between 240nm and 300nm and relates particle organic matter. This method is easy, cheap, and quick way to measure, therefore it is suitable for tracing water quality in basin. In this paper water quality in Tone river basin is evaluated by this method and conventional indices between November in 1998 and January in 1999. As a result, the correlation coefficient of Turbidity and TA is $r=0.86$. Chl.a has a correlation with AI and its correlation coefficient is 0.74. Trihalomethane formation potential (THMFP) has relation with UVAI and correlation coefficient is 0.84 in Tone River and 0.70 in Edo River. Water quality map in Tone river basin was made using absorbance curve measured by FAM. This map is quite visual and cheap therefore it is useful for water quality management.

KEYWORDS: THMFP, BOD, ultra violet, turbidity, chl.a

1. はじめに

利根川水系の水質は、昭和40年代より実施された排水規制の強化や、下水道整備等により一時よりは改善されている。しかし、その水質は良好とは言えず、最近は一貫した状態にある。特に都市部を流れる中小河川等のBOD値の多くは、環境基準値を上回っている。

本来、河川の水質は常時監視を行うのが望ましい。しかし、調査地点や項目の増加による水質分析の費用負担が増大しているため、決められた予算内でいくつもの分析項目を常時測定するのは難しく、分析単価の高い現行の分析方法では調査回数を減らして対応しているのが現状である。

一方、ろ紙吸光法は、懸濁物質の「質（なかみ）」を検定できる測定法として中村らによって研究され、簡易で安価な方法であるため流域的な水質変化を捉えるのに適した指標と考えられる。

そこで、この手法を用い、関東の代表河川である利根川水系の水質評価を1998年11月～1999年1月の間で行い、既存の指標と比較しその適応性を検証するとともに、流域的な指標としての可能性を検証した。

2. 測定方法及び調査方法

2. 1 ろ紙吸光法の概要

一般的な吸光度法は、試料溶液に適当な試薬を加えて呈色させた後、分光光度計を用いて吸光度を測定する。一方、ろ紙吸光法では、試料水をろ紙でろ過した後乾燥させ、ろ紙に残った懸濁物質の

*建設省関東技術事務所 Kanto Engineering Laboratory, M.O.C.

**建設省土木研究所 Public Works Research Institute, M.O.C.

波長ごとの反射光を積分球付き分光光度計で測定し、それを吸光度曲線で表す方法である。(図-1)

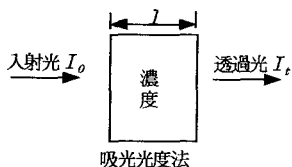
なお、吸光度とは一般に式(2.1)のように表され、物質の濃度と光路長に比例する。

一方、ろ紙吸光法の吸光度は、式(2.2)のように定義され、V(ろ過量)とA(ろ過面積)で表すことができる。

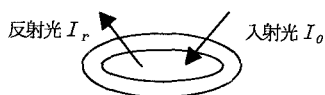
また、測定の手順を図-2に、積分球の概念図を図-3に示す。

$$E_t = \log(I_0/I_t) = kcl \quad (2.1)$$

$$E_r = \log(I_0/I_r) = kc(V/A) \quad (2.2)$$



吸光光度法



ろ紙吸光法

図-1 吸光光度法とろ紙吸光法の違い

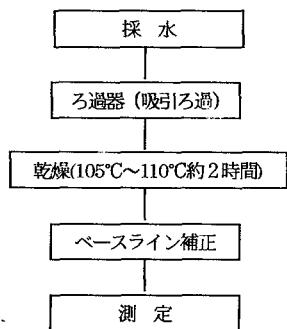


図-2 ろ紙吸光法の測定手順

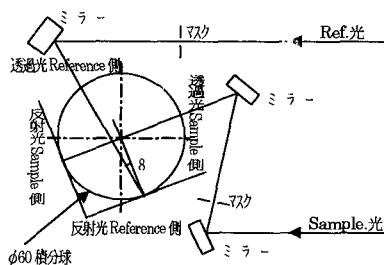


図-3 積分球の概念図

2.2 ろ紙吸光法の見方

吸光度曲線の一般例を図-4に示す。一般的に、河川水のような懸濁物質を多く含む水は、右下がりのなだらかな曲線となる。横軸は測定する波長を示しており、220nm~850nmの範囲となっている。そのうち、400nm~800nmの範囲は可視光部、400nm以下が紫外部、800nm以上が赤外部である。縦軸は吸光度で、値が大きくなるほど吸収された光の量が多いことを示している。つまり、吸光度が大きいということはそれだけ懸濁物質が多く含まれていることになる。

図-4のグラフでは、A地点のグラフよりB地点のグラフの方が上にあるので、B地点の方が濁っていることが分かる。また、670nm付近の吸収は、藻類によるものである。

このように、ろ紙吸光法によって得られる吸光度曲線は、波形自体が意味を持ち、この波形を見ることにより、水質を総合的に見ることができると特徴である。

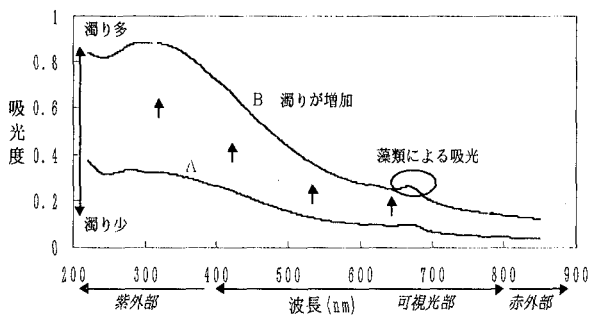
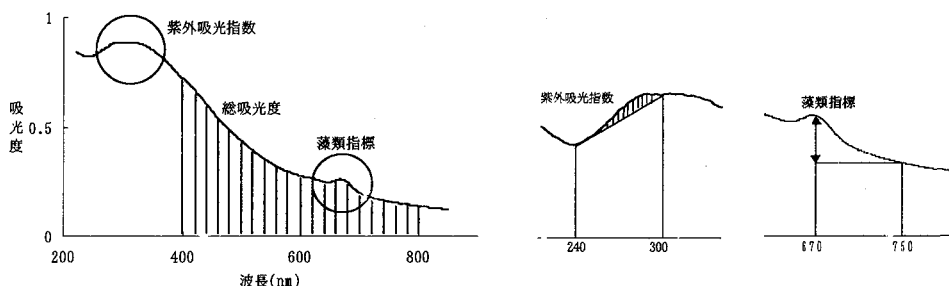


図-4 吸光度曲線の見方

また、ろ紙吸光法と既存の水質指標とを比較するため、吸光度分布より3つの指標を定義した。

- ①総吸光度（吸光度分布の可視光部分(400nm～800nm)の積分値）→濁りを表す指標
- ②藻類指標（藻類のピークの670nmから藻類の吸光が無いといわれている750nmの吸光度の値を引いたもの）
- ③紫外吸光指数（240nmと300nmの吸光度を結んだ直線とその間の吸光度分布で囲まれる面積）→有機物の量を表す指標



図－5 総吸光度、藻類指標、紫外吸光指数の定義

2. 3 調査地点及び項目

既存の指標との比較検証では、利根川（坂東大橋より下流）5地点・鬼怒川3地点・小貝川3地点の環境基準地点11地点に、鬼怒川合流前後の地点である芽吹橋・取手を加えた計13地点で行った。

調査期間は、1998年11月から1999年1月までの3ヶ月間行った。

また、ろ紙吸光法と比較するため、一般的な水質指標である以下の項目を測定した。

透視度（100cmで測定）、濁度

クロロフィルa、全BOD、懸濁性BOD

T-N、懸濁性T-N

流域的な指標の評価検証では、利根川の環境基準地点のみならず、一般地点である上武大橋・刀水橋・須賀・金江津・河口堰・銚子大橋も含めた計13地点で検証した。

2. 4 測定方法

まず、採水した試料水をろ過器を用いて300mlろ過した後、105～110℃で2時間乾燥させる。そして、乾燥させたろ紙をそのまま分光光度計にセットし、吸光度を測る。ここで、ろ過量を300mlにしたのは、100・200mlのろ過では、懸濁物質の少ない河川で誤差が生じやすく、400mlでのろ過では、懸濁物質の多い河川でろ過に時間がかかるためである。ろ紙は、Whatman GF/B（ポアサイズ＝1μm）、直径47mmを使用した。測定する分光光度計の設定は、以下の通りである。

測定値：吸光度

スリット幅：5nm、サンプリングピッチ：auto

波長範囲：220nm～850nm、スキャン速度：高速

3. 結果及び考察

3. 1 総吸光度と濁度及び藻類指標とクロロフィルa

総吸光度と濁度では、相関係数が $R=0.86$ と高い値になった。（図－6）

藻類指標とクロロフィルaとの関係では、 $R=0.74$ と既存の結果よりやや低い値になった。（図－7）

3. 2 紫外吸光指数とP-BOD, P-T-N

紫外吸光指数と懸濁性のBOD, T-Nの関係では、それぞれ $R=0.43$, 0.54 と相関はあまり高くはないが、全BOD・全窒素と比べると遙かに高い相関となっており、既存の調査結果と同様に一定の関係があることが分かった。(図-8, 図-9)

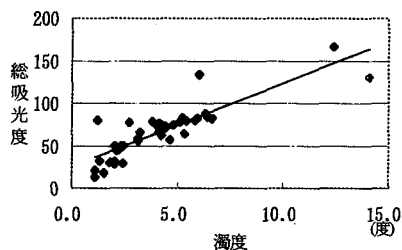


図-6 総吸光度と濁度

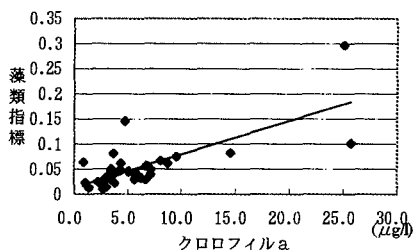


図-7 藻類指標とクロロフィルa

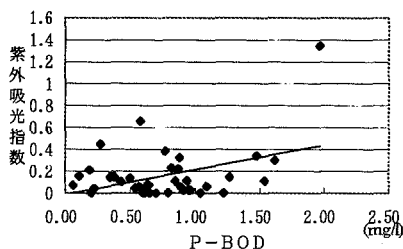


図-8 紫外吸光指数とP-BOD

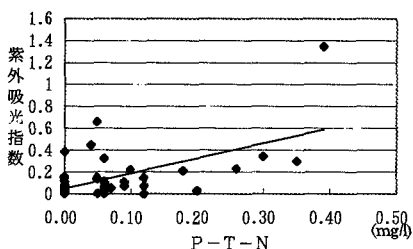


図-9 紫外吸光指数とP-T-N

3. 3 紫外吸光指数とトリハロメタン生成能

一般に、トリハロメタンの生成能と紫外外部吸収との間には相関性が認めらる。つまり、不飽和結合が紫外外部吸収を示すことから、無機成分(硝酸、亜硝酸、炭酸等)の妨害を受けない紫外線吸光度 260nm を不飽和結合を有する有機物量の代表指標とすることができ、トリハロメタン生成能の目安とすることが知られている。

ろ紙吸光法で測定可能な懸濁性有機物質は、トリハロメタン生成の前駆物質と考えられる自然由来や藻類由来、あるいは排水中に存在する生物難分解性有機物などと関連があると考えられる。そこで今回、紫外吸光指数とトリハロメタン生成能(THMFP)の関係を調べたところ、利根川で $R=0.84$ (感潮域除く)、江戸川で $R=0.70$ と有意な関係があることが分かった。利根川で特に相関が高かったのは、THMFP が主に藻類由来であるためと考えられる。

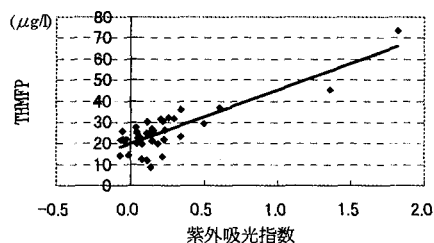


図-10 紫外吸光指数とTHMFP(利根川)

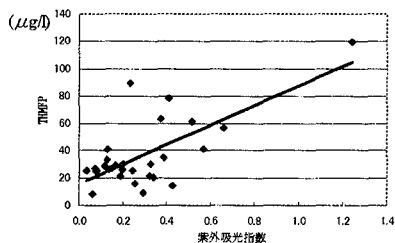


図-11 紫外吸光指数とTHMFP(江戸川)

3. 4 水質の流域的变化の把握

平成11年1月の調査結果より、利根川地点のろ紙吸光法で得られた吸光度グラフを上流から並べてみると、図-12のようになる。

ここで、水質評価を分かり易くするため、総吸光度・藻類指標・紫外吸光指数をそれぞれ3段階づつにランク分けした。(表-1)

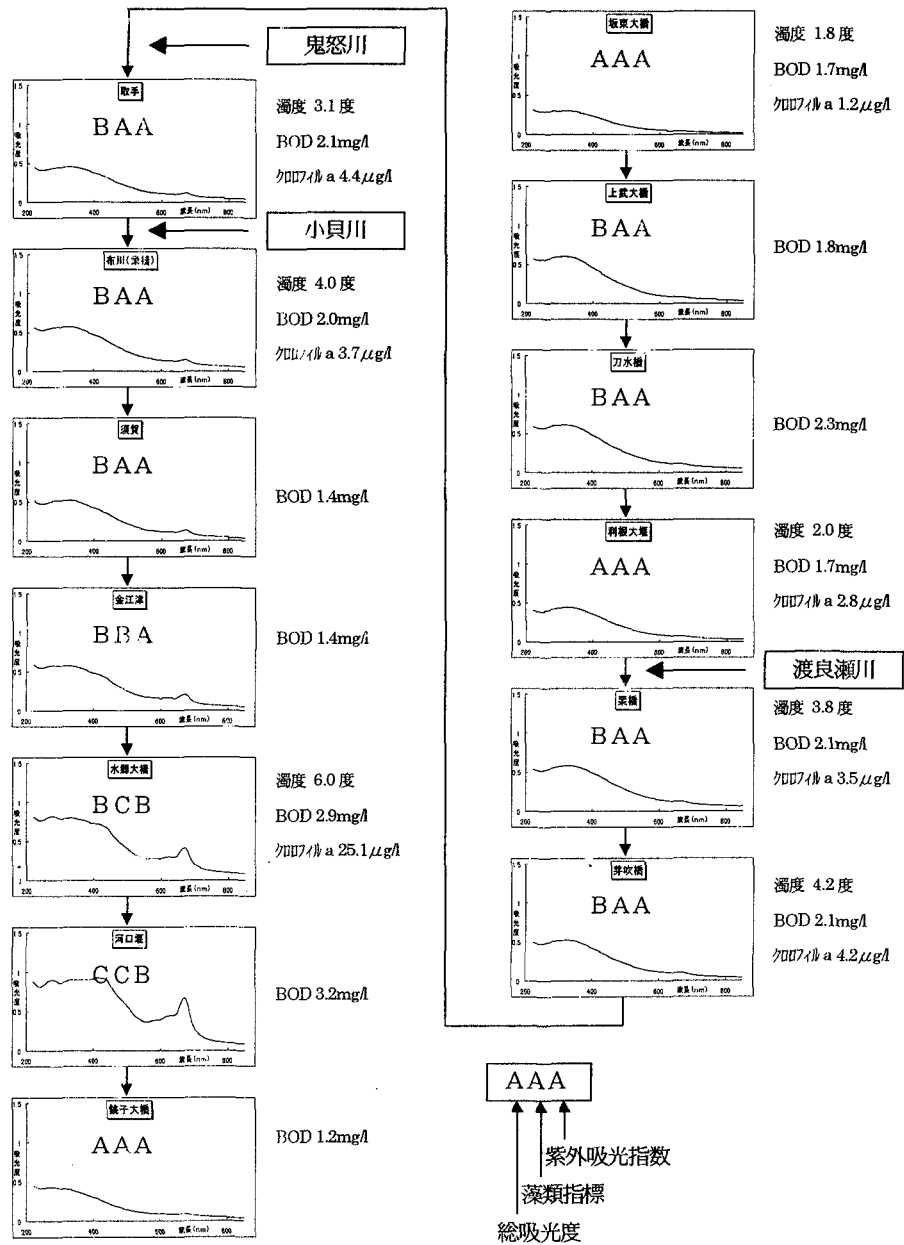


図-12 平成11年1月の利根川のろ紙吸光結果

表－１ 総吸光度・藻類指標・紫外吸光指数のランク表

	総吸光度 (濁り具合)	藻類指標 (藻類の量)	紫外吸光指数 (有機物の量)
A	少ない 吸光度 (～ 5.0)	少ない 吸光度 (～ 0.1)	少ない 吸光度 (～ 1)
B	ふつう 吸光度 (5.0 ～ 15.0)	ふつう 吸光度 (0.1 ～ 0.2)	ふつう 吸光度 (1 ～ 2)
C	多い 吸光度 (15.0 ～)	多い 吸光度 (0.2 ～)	多い 吸光度 (2 ～)

総吸光度 [A]：濁度 2 度以下に相当 (水道水の水質基準)

[B]：濁度 2 度～ 10 度に相当

[C]：濁度 10 度以上に相当

藻類指標 [A]：クロロフィル a 10 $\mu\text{g/l}$ 以下に相当

[B]：クロロフィル a 10 $\mu\text{g/l}$ ～ 20 $\mu\text{g/l}$ に相当

[C]：クロロフィル a 20 $\mu\text{g/l}$ 以上に相当

紫外吸光 [A]：BOD 2 mg/l 以下 (AA・A 類型) に相当

指数 [B]：BOD 2 mg/l ～ 5 mg/l (B・C 類型) に相当

[C]：BOD 5 mg/l 以上 (D・E 類型) に相当

この指標を基に，図－12 を見てみる。

利根川は，上流部は濁りもなく有機物も少ない非常に美しい川である。しかし，支川や渡良瀬遊水池からの流入もあり，次第に有機物の量が増えていく。そして下流部では，湖沼からの水が合流するため，有機物とともに藻類が増えていく。それは河口堰で滞留されてピークとなる。また，ほとんどが海水である銚子大橋では，なだらかな曲線に戻る。

このように，流域マップを作ることで，水質の動向が線だけでなく面としてとらえることができる。また，水質評価を付加することにより，相対的な判断が可能となる。

4. まとめ

ろ紙と分光光度計を用いた「ろ紙吸光法」は簡易で安価な指標である。本研究では，利根川流域においてこの指標を適応し，既存の水質との比較，また流域管理指標としての有効性を調査した。その結果，以下の結論を得た。

①ろ紙吸光法は，濁度($r=0.86$)・クロロフィル a($r=0.74$)などと相関が高く，懸濁性 BOD・懸濁性窒素との相関はそれほど高くなかった。またトリハロメタン生成能 (利根川 $r=0.84$ ・江戸川 $r=0.70$) との相関は高かった。

②ろ紙吸光法は利根川流域において，視覚的に水質変化を把握するのに有効であった。

今後は，関東地建管内全体で調査を行い，河川毎の特徴をつかんでいきたい。

参考文献

- 1) 中村圭吾，島谷幸宏，西岡昌秋(1997):反射吸光度法を用いた紫外吸光部と河川水の有機物関連指標との関係，土木学会年次学術講演会講演概要集 第7部，VOL.52nd PAGE.166-167 1997
- 2) 中村圭吾，島谷幸宏(1998):新しい河川水質指標 (ろ紙吸光法) による全国河川水質調査の結果，土木学会年次学術講演会講演概要集 第7部，VOL.53rd PAGE.470-471
- 3) 中村圭吾，島谷幸宏(1998):「ろ紙吸光法」による河川総合水質指標の試みについて，1996 日本河川水質年鑑 研究・参考編，1003-1010
- 4) 日本水道協会(1993年版)：上水試験方法 解説編