

河川水質の表示法について

——地理学の立場から——

原 昭 宏 *

I はじめに

地理学的研究として行われた河川水質調査の結果は、どのように表示さるべきか。「地球表面を、その地域的差異という観点から研究するのが地理学である」¹⁾ならば、水質データは地図として表示されるのが良いであろう。なぜならば、地図は、「地理調査の過程において、地域的認識に関する事象の記録として、……素材とな」り、「仮説または中間的な結論を描写し、それによって解析を行う手段となる。最後に最終結論を図示し、……地域の特徴を明確に示すことを可能にする」²⁾からである。

水文要素(無論この中には河川水質が含まれる)の分布を示す、いわゆる水文地図の研究は、近年盛んになり、各国でいろいろな水文地図が作成されている。わが国でも、農林水産省、地質調査所、³⁾⁴⁾国土庁、⁵⁾⁶⁾地理調査所などで、それぞれの所管に係する、水質源についての地図が作成されている。しかし、水文地図の定義が未だ確立されていないため、それぞれの立場に依拠して地図が作られており、項目の選択や表現の手法に統一性がなく、作成、利用の面でいろいろな問題がある。この点で、地形図、地質図、気象図などに比べて、遅れを認めざるを得ないのが現状である。

しかしながら、現代における水に対する多様な要求に基づく諸問題に対処するためには、体系化された水文地図は必要不可欠である。そのため、

* 愛知教育大学地理学教室

I.G.U. (International Geographical Union) におかれた I.H.P. (International Hydrological Program) のコミッションは、そのメインサブジェクト・テーマの一つに「水収支と地表水の水文地図」をとりあげた。

わが国では、1976年10月に、日本地理学会に水文地図研究グループ(1979年4月より水文地図作業グループに切り換え)を発足させ、水文地図の定義、水文環境要素の地図化の手法等についての研究を積み重ねて来た。その成果は「水文地図研究」No.1(1977)、同No.2(1978)、昭和54.55年度文部省科学研究費補助金・総合研究(A)「水文

河川水質表示法の分類

項目系列	Key-Diagram	18
	柱状図・折れ線図	3
	放射多角形図	4
	成分相関図	21
	成分頻度分布図	3
	その他	1
時系列	直交座標による	34
	その他	2
地点系列	グラフ表示 { 流下距離との関係	22
	{ 流域面積との関係	4
	地図表示 { 記号による	6
	{ 数字による	1
	{ 等値線による	1
	{ 境界法による	1
	その他	6
他の要因	流量との関係	29
	人文現象との関係	3

文献総数は84であるが、一つの文献で何種類もの表示法を併用しているものがあるので、種類別の総計は文献数よりも多くなっている。

環境の地図化に関する研究」(研究代表者, 54年度原昭宏, 55年度高村弘毅), および地理学評論54巻12号「水文地図特集号」(1981) に発表されている。また, 1980年の第24回 IGC, Pre-Congress Program のIGU-IHP Comission で発表された。

こうした中で, 筆者らは, 河川水質の地図化⁷⁾についての研究を分担し, 後述のような新しい方法を提案した。われわれが提案した方法には未だ不備な点もあり, それを今一度チェックすることが必要であると考えが, そういうことをも含め, 従来用いられて来た河川水質の表示法を概観しておくことも, あながち無駄ではないであろう。

II 水質データの性格

水質とは「比較を前提とした水それ自体の性質」で「……天然水の水分以外の構成要素の種類と量, およびそれらの多少によって生ずる……随伴的性質の一部または全体」であり, 「構成要素は物理的・化学的・生物学的のいずれでもさしつかえない⁸⁾」。また, 「水の中に含まれる理化学的, 生物学的成分およびそれらの量に応じて変化する属性」であり, 「……用水としての適否を判断することからきた用語のようで, 水温も水質の一つである⁹⁾」という。

このように水質という語が意味する内容は広いが, 普通は天然水中に溶け込んでいる物質によって呈する化学的性質という場合が多い。本稿でも主としてそのような狭い意味での水質を取り扱うことにする。

陸水は循環の過程で, その環境に応じて特定の水質を持つ。ということは, 循環の過程で時間の経過, 場所の移動にともなって, 水質が変化するということである。このような水質の性格から, 山辺ら¹⁰⁾(1981)は水質データの構造を次のように理解した。すなわち, 水質データは, 水質測定地点の集合である地点系列, 1 測点における測定値の

集合である項目系列, 測定時刻の集合である時系列の3次元構造を持っているという。そして, とくに項目系列と時系列は単独には存在せず, 必ず地点系列に付随してはじめて意味を持つものであると述べている。このことは, 水質を地理学の立場で取り扱う場合には当然のことと云えるが, きわめて重要な指摘である。

そこで, 本稿では上述の3系列に分けて, 従来どのような河川水質表示が用いられて来たかを概観し, 論評する, このために用いる資料として手元にあった河川水質関係の文献のうち, 図的表現がなされているものを抽出した。それらは84編¹¹⁾であった。この中には官公庁その他の, いわゆる報告書類は含まれていない。また, 今回は外国の文献はとりあげなかった。

III 河川水質の表示法

1. 項目系列の表示法

測定の場所, 時の如何を問わず, 水質成分の値(濃度, 質量, 比その他)を表わすものである。この表示法の中で目立って多かったのが, 成分相互の関係を示す図と, Key-Diagram であつた。

二つの水質成分の相互関係は通常X-Y座標であらわされ, 今回の調査に見られた例も, すべてそのような表示法によるものであつた。¹²⁾各成分相互の関係をj知することは, 水質の特性を理解するために重要なことであるが, 直交座標による2成分相関図から, 水質を総合的に読みとることは容易ではない。そのため, この表示法は単独で用いられることは少ない。他の方法と併用して効果がある。

小出¹³⁾(1975)は水質項目間のすべての相関関係を表示する方法(相関連関図と仮称)を提案している。これは項目名を楕円でかこみ, それらを相関の程度によって決められた種類の線分で結ぶものである。さらに平均値を楕円の長径に, 測定値の変動の程度を楕円の偏平度にそれぞれ割りつける

ことによって個々の項目の値の表示をも行っている。この方法は一つの図ですべての項目の相互の関係を表わすことができ、それによって項目のグルーピングを行いやすいという長所を持っているが、項目が多くなると図が煩雑になって読み取りにくくなる。

水質の総合的表現として最も多く用いられるのが Key-Diagram で、今回もこれが¹⁴⁾18例あった。Key-Diagram による表示は、図の中にプロットされた点の位置で水質を総合的に表現できること、また、一つの図の中に複数の地点あるいは時刻の水質を表現できることで、すぐれている。ことに後者の特徴をうまく利用すれば、時系列表示あるいは地点系列表示もある程度可能である（たとえば、図中の点に時刻や地点番号を書きそえるなど）。ただし、表現できる項目が限られていること、濃度や質量をそのまま表わすことができないのが欠点である。

今回の調べでは¹⁵⁾3例しかなかったが、比較的よく用いられるものに、直交座標がある。横軸に各成分、縦軸にそれらの値をとるものであるが、この場合、横軸は量的な意味を持っていない。値を示すのに棒グラフを用いたものが多いが、値を示す点を直線で結んで、折れ線グラフの形をとることもある。棒グラフでは複数の地点・時刻の水質を表示するのは困難であるが（二つくらいならば棒を並べて描くことができるが、それ以上になると不可能であろう）、折れ線グラフであると、線の種類（実線・鎖線など）を変えることによって、複数の地点・時刻の水質を一つの図で表現できる。水質項目の数も制限されないし、濃度、質量、比など単位にも制約がない。作図が容易で、読みとりやすいのも長所である。

次に放射状に成分の値をとって表示したものが¹⁶⁾4例あった。この方法は、放射線分上の成分値を直線で結んで作られる多角形の形態から、水質の

特徴を直観的に判定できる長所を持っている。線の種類を変えて複数のデータを表現できる点、水質項目や単位の種類に制約がない点など、前述の直交座標と同様な長所も俱えている。

小出(1974)¹⁷⁾はこのような多角形による水質表示について、この方法は放射する線分が12本程度までしか描けず、それ以上は線分の長さをよほど長くとらないと作図はむずかしく、したがって図形が著しく大きくなり、また読みとりにくいとして、これにかわる新しい方法 (Faces Method) を提案した。それは図形として人の似顔絵を用い、顔の輪郭、口や目の大きさ、鼻の長さ、まゆの傾斜等々に、水質成分の値を割りつけることで顔の表情をつくり、それで水質を総合的に表現しようというものである。作図法の詳細は文献にゆずるが、長所として、経時変化や調査地点間の比較に有効であり、日頃見なれた人の顔を使うことから、専門的知識を持たない者でも直感的、総合的に水質を把握できることがあげられている。しかし、表現できる項目数は、放射多角形によるものにくらべて、それほど増えるとも思えない（文献に記載された例では12項目である）し、作図が煩雑であり、水質の特徴を感覚的につかむことはできても、値を量として読みとることがむずかしい。ユニークな表示法であると思うが、目的・用途を考慮すべきであろう。

一つの項目について多数の試料がある場合、頻度分布を知ると水質の概観に役立つ。Histogram¹⁸⁾による水質表示が3例みられたが、これは項目の数だけ図を必要とし、総合的に水質を表示し、かつ把握するには適しているといえない。2成分相関図と同じく、他の表示法と併用して効果がある。

なお、今回抽出した文献の中にはなかったが、Hexa-Diagram というのがある。これは六角形の形と大きさで水質を表現するもので、さきに述べ

た放射多角形によるものに似ているが、放射線分上に値をとるのではなく、縦軸と直交する3本の等間隔の横軸線上に、縦軸線を中心に片側に陽イオンの値 (mg当量) を $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, $\text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$, Fe^{++} の順に上から、反対側に陰イオンの値を HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{-} の順にとり、各横軸上の値を示す点を直線で結んでできるものである。基準となる座標軸上に項目を配列し、その座標軸からの距離で水質成分の値を表わすという点で、前述の折れ線グラフと本質的に同じものであるが、陽イオンと陰イオンに方向性を持たせた点は、水質特性の判定という点からすぐれていると思われる。しかし Key-Diagram と同様に、項目数に制約を受ける。

2. 時系列の表示法

時間の経過に伴う水質変化の表示は、項目系列の表示法を用いても或る程度は可能である。たとえば Key-Diagram にプロットされた点を時刻の順に曲線で結んだり、折れ線グラフの線の種類を時刻によって変えたりすることによって表現できる。しかし、これらは時間の長さを図形の大きさとして表現するものではないから、時間の経過を物理量として把握することができない。だから、時間の経過に対する値の変化率を読みとることなどは不可能である。

時系列表示法で最も普通に用いられるものは、縦軸に水質成分の値、横軸に時間をとった直交座標のグラフである。今回抽出した文献中、水質の時間的変化を取り扱ったものは36例¹⁹⁾であったが、2例を除き、すべて直交座標による標示であった。このグラフではプロットされた点を線で結ぶことが多いが、線の種類を変えることによって、複数の項目、あるいは地点のデータを同時に表示することも可能である。

一般に、河川水は混合が充分に行われていると

して鉛直方向の水質変化は無視されるが、河口付近では海水の侵入によって鉛直方向の塩分濃度勾配が顕著にあらわれ、しかもその状態が潮汐によって時間的に変動する。前述の例外のうちの²⁰⁾一つがこの場合で、縦軸に水深、横軸に時間を取り、図の中の等濃度の点を線でつなぐ方法、Isopleth が用いられている。この方法では一つの図で一つの項目しか表示できない。

例外のもう一つは、地図上に異なった時期のデータ²¹⁾を表示するため、2種類の記号を用いたものである。詳細は次節で述べる。

3. 地点系列の表示法

山辺ら²²⁾(1981)が述べているように、水質データはそれがどこで測定されたかが示されていない限り全く意味がない。したがって、どんな水質データにも必ず採水あるいは測定地点が何らかの方法で表示してあるが、ここでは文字による表示ではなく、図的表示を取り扱う。

(1) グラフによる表示

地下水や湖沼水と異り、河川水はその流速が大きく、乱流の形式で流下するから、水質成分は良く混合し、特別な場合を除いて川幅方向および深さ方向の成分濃度勾配は無い。また、長さにくらべて幅と深さはきわめて小さいから、水質の空間分布として幅方向と深さ方向は無視され、長さ方向の分布だけが取り扱われる場合が多い。したがって、地点系列表示法としては、縦軸に水質の値を取り、横軸に流路に沿った距離をとって、「流程による水質変化」という表現をするものが多い。今回取り上げた文献の中で、地点系列表示をしたものが39例²³⁾あったが、そのうち22例がこの表示法によっている。この図は作成が容易であり、流下に伴う水質の変化を正確に把握しやすい。また、数が多くなければ値を示す点の記号を変えたり、点を結ぶ線の種類を変えたりすることによって、

複数の項目や時刻を一つの図に表わすことができる。縦軸にとる水質項目に特に制約はないが、負荷量のような流量に直接的に支配される項目の場合には、支流の流入によって値が跳躍的に増加し図中にプロットされた点の列に多くの不連続を生ずる。このような場合には、後に述べるように横軸に流域面積をとる方が良いと思われる。

河川水そのものは上流から下流へ向って線的な動きをするが、水質形成のメカニズムを考えると面的な取り扱いがなされなければならないと考える。その理由を以下に述べる。

河川水は流域全体に降った雨によって涵養される。降雨中および直後は地表面を流れた水が直接河川水になるが、それ以外の時は、一たん地下に入って地下水となった水が河床に湧出して河川水を維持する。地下水の流速は河川水にくらべて著しく小さいために地層との接触時間が長く、それゆえ地下水として流動中に溶け込んだ溶存物質量は、河道流下中に河床との接触によって付加される量にくらべてはるかに多いと考えられる。とくに低・渇水期における河川水の水質は地下水が下床に湧出するまでの間に形成されると見てよい。このように考えると、河川水質の取り扱いにあたっては、流下距離よりも流域面積と関連させるのが妥当であるといえよう。

以上のような考え方にもとづいて、筆者ら²⁴⁾(1978)・(1980)・(1981)は長良川の水質を表示するに当たって、次のような方法をとった。

縦軸に溶存物質負荷量を、横軸に流域面積をとって値をプロットする。これらの点を連ねた線の勾配は単位面積当りの溶存物質負荷量に相当し、前述の考えにしたがえば、その流域が、河川水になるべき水に単位面積当り単位時間にどれだけの物質を溶かし込んだかを表わすものであって、その流域の持つ水質形成能力とでもいうべきものである。われわれはこれを比溶出量とよぶことにし

たが、この値はそれぞれの流域に固有の水質特性を示す指標となり得るはずである。図中の各点が直線上にあるならば、その流域の比溶出量は流域全体にわたって一定であり、もしそれらの点が直線に並ばなかったり、大きなばらつきがあるときは、そこに比溶出量に変化を生ぜしめる因子、たとえば地質の差とか人工汚染などが存在することを予測し得る。この表示法は水質の値として負荷量を用いるため、流量のデータを必要とするのが最大の問題である。特定の場所を除いて、精度の高い流量データを得るのは困難である。

平山ら²⁵⁾(1978)は流量のかわりに流域面積を用いることを提案しているが、流量は流域面積の増加に伴って直線的に増加するとは限らないので、小河川の場合とはともかく、大河川の場合には問題が残る。

(2) 地図による表示

はじめに述べたように、地理学の対象として河川水質を扱う場合、地図としてそれを表現するのが最も望ましいと考える。今回取り上げた文献の中で、水質を地図上に示したものは9例であった。それらの中で最も多かったのは、水質を記号・図形で表わし、それを地図上の測定・採水位置に描くというもので、6例みられた。この方法では、項目と値をどんな記号あるいは図形で表わすかが問題であるが、理論的にも習慣的にも、現段階では確立されていない。ここで取り上げた6例についてみると4種類に分けられる。

一つは、水質を示す値を階級区分し、それぞれ異なる記号（たとえば白丸、黒丸、二重丸など）をあてはめるものである。これは一枚の図幅に複数の項目あるいは時刻を表わすことができないので、多くの項目や異った時期のものを図示したいときには何枚もの地図が必要となる。

次に河川水質の値を図形の面積で表示したものがある。山辺ら²⁷⁾(1981)は二つの円を重ねることに

よって時系列表示を試みている。すなわち1971~74年のBOD平均値を黒い円、1975~78年の平均値を白い円の大きさであらわした。この方法によっても項目の数だけ地図の枚数が必要である。

3番目は、放射線分上の成分値を直線で結んで作られる多角形を地図上に描いたもので、これは²⁸⁾多くの項目を1枚の地図上に表示できる長所を持っている。前にも述べたように、この多角形はその形態から、水質の特徴を直観的に判断できるという特長を持っている。筆者(1975)はこの性質を利用して、矢作川の水質表示を行うに当って次のような方法を試みた。水質成分として6項目をとり、最上流地点の水質が正六角形になるように各線分上の目盛をきめた。このようにすると、流下にもなう水質の濃度変化は六角形の大きさの変化となって表現され、成分比の変化は形態のゆがみとなってあらわれる。

4番目の方法は、横軸に各成分、縦軸にそれらの値をとり、プロットされた点を結んでできる折れ線グラフを地図上に置いたもので、²⁹⁾多角形を用いたものと同じような特徴を持っている。

残りの3例はそれぞれ異った方法を用いている。そのうちの1つは等値線による表示である。ある地域内の河川の水質が等しい地点を線で結んだものであるが、この場合、等値線は河川と交わる点においてのみ意味を持つのであって、河川と河川の間土地には等値線は引かれていても、それは意味を持っていない。ただし、河川水質の特徴を地域全体として把えるには適しているといえよう。ここで取り上げた例では、ある火山体に山頂から放射状に流下する河川の水質を等値線で表わした。等値線はおおむね同心円状をなすが、その形態から種々の考察を行っている。

他の1つは水質値をそのまま地図上に数字で示したものである。³¹⁾高村(1981)³²⁾は、数値で示す方が

階級区分よりも利用者に便利であると述べているが、視覚的に水質の特徴をとらえることがむずかしい。

地図表示の最後の例は筆者ら³³⁾(1980)が長良川上流の水質を表示するにあたって試みたもので、境界法による水質分布図である。境界法というのは、境界によって区分されたおのおのの地域内における値を、色彩や陰影などで表現するもので、これに用いる値は常に相対量でなければならないし、値は境界線をさかいにして不連続となる。

水質を示す値としては前述の比溶出量を用いることができる。これは溶存物質負荷量を流域面積で割った相対量である。境界としては支流の分水界を用いるのが適当である。なぜなら、本流の水質は流入している支流の溶存物質負荷量の総和によって決定されるといえるからである。そしてこのことは、各支流域を単位として河川水質が表示されるべきであることを意味している。

筆者らは、長良川上流域を本流に流入する支流の流域ごとに分割し、水質項目ごとの比溶出量を階級区分して色彩で表現した。このようにして作られた水質分布図は、結果としての水質を単に流路に沿って表示したものとは異り、土地の持っている水質形成能力を表現している。筆者はさきに、水質を面的に取り扱うことの意味を述べたが、流域全体が水質の形成に関与するという事実を考えると、河川水質の地図的表示としては、この境界法による分布図が適していると思われる。

しかしながら、項目ごと、および時刻ごとに図を別にしなければならないという作図上の欠点を別にしても、図にinputするデータを得るために各支流の流量を測定しなければならないという大きな問題がある。また、データは流量によって大きく値が変わるが、どのような流況の時が最もその地域の水質特性をよく表わすかという問題も未解決である。

(3) その他

河川水質の地点系列表示にあたって深さ方向と幅方向は無視されることが多いと述べたが、河口付近では海水の遡上によって、深さ方向、幅方向に塩分濃度勾配を生じる。したがってこのような場所における水質（塩分）分布を表わすには、縦断面図、横断面図に等値線をもって行うのが普通である。³⁴⁾

4. 他の要因との関係

河川水質は、時間的にも場所的にも変動するもので、前述の時系列、地点系列表示はそれらを表わすものであるが、見かけの関係を示しているに過ぎず、変動の原因を示しているものではない。そこで、原因となるものを予想し、それと水質との関係を示そうとする図がしばしば作られる。たとえば、流量との関係と³⁵⁾か人文要素³⁶⁾（流域の人口密度、工業出荷額など）との関係などである。これらの表示には、ほとんどの場合直交座標が用いられている。

IV おわりに、

以上、手もとにある限られた文献によって、河川水質の表示法を整理してみたが、地理学の立場からは、地図上に表示すること、すなわち地図化が必要であると考えられるにもかかわらず、例が少なく、しかも方法は様々であった。河川水質の研究者の中に地理学を専攻する人が少ないということもあろうが、水質データは測定・採水地点を表示してはじめて意味を持つということを考えると、もっと地図表示が行われて良いのではないかと考える。それにつけても、ある程度地図化の手法の体系化あるいは標準化が必要であろう。

今回は取り扱わなかったが、水質の値をどのような単位で表わすかという問題がある。pH のように単位を持たないものについては問題がないが、溶存成分の濃度の場合、mg/l, ppm, me/l などが

統一なく用いられているのが現状である。図的表示の問題と合わせて今後の課題である。

本稿を、種々御指導を頂いた榊原康男教授の御退官を記念して、同教授に献呈する。

引用文献および注

- 1) 日本地誌研究所 (1973): 「地理学辞典」, 二宮書店, p. 503.
- 2) 金沢 敬 (1975): 地図の種類と作成法, 「現代地理調査法 I, 地理調査の基礎」, 朝倉書店, p. 25.
- 3) 水系別利水現況図。
- 4) 水理地質図。
- 5) 水資源賦存量分布図。
- 6) ナショナル・アトラスの中の「主な水文要素別分布図」。
- 7) 筆者のほか、森和紀 (三重大大学) および吉越昭久 (奈良大学)。
- 8) 町田貞ほか (1982): 「地形学辞典」, 二宮書店, p. 290.
- 9) 前掲 1) の p.362.
- 10) 山辺功二・山口雅功 (1981): 水質データの地図化に関する一考察, 地理学評論, 54-12, p. 729-739.
- 11) 使用した文献のリストを末尾に掲げた。以下、引用文献は同表の番号による。
- 12) 文献番号: 8~10, 17, 19, 23, 26, 30, 32~34, 39, 42, 43, 52, 59, 63, 70, 79, 84。
- 13) 文献番号: 41。
- 14) 文献番号: 3, 10, 17, 21, 26~28, 30~33, 61, 64, 72, 75, 76, 83, 84。
- 15) 文献番号: 49, 69, 78。
- 16) 文献番号: 4, 14, 52, 61。
- 17) 文献番号: 40。
- 18) 文献番号: 23, 27, 68。
- 19) 文献番号: 5~7, 9, 11, 12, 14, 18, 19, 22, 24, 29, 33, 37~39, 43, 44, 46, 48, 50, 55~57,

- 59, 61, 64, 65, 66, 70~73, 79, 82, 83。
- 20) 文献番号：12。
- 21) 文献番号：82。
- 22) 同上。
- 23) 文献番号：10, 13, 14, 18, 22, 25, 28, 42, 43, 45, 50, 52, 53, 55, 57, 59, 60, 66, 72, 78, 79, 81。
- 24) 文献番号：15, 52, 54。
- 25) 文献番号：20。
- 26) 文献番号：48, 50。
- 27) 文献番号：82。
- 28) 文献番号：15, 52。
- 29) 文献番号：74。
- 30) 文献番号：51。
- 31) 文献番号：58。
- 32) 高村弘毅 (1981)：地図化の指針と諸問題，昭和55年度文部省科学研究補助金・総合研究（A）「水文環境の地図化に関する研究」研究代表者高村弘毅，p.p. 5~6。
- 33) 文献番号：16。
- 34) 文献番号：13, 35, 36, 47, 77, 80。
- 35) 文献番号：1, 6~11, 14, 21, 24~33, 55, 62, 64, 65, 67~69, 75, 83, 84。
- 36) 文献番号：2, 39, 53。
- る貯水池水質の評価。土木学会論文報告集，269, p.p. 81~94。
5. 古田正次ほか(1980)：河川における水質および負荷量の変動について，用水と廃水 22-3, p.p. 279~291。
6. 後藤達夫(1956)：河川の化学的研究，日本化学雑誌，78-9, p.p. 1241~1246。
7. 同上(1961)：猿ヶ石川における出水時の水質変化，日本化学雑誌，82-8, p.p. 987~993。
8. 同上(1961)：北上川の上流区域の水質。日本化学雑誌，82-8, p.p. 994~1000。
9. 同上ほか(1981)：玉川水系の水質の総合解析(1)玉川毒水の除害対策の経緯と玉川温泉の酸性水の水質特徴，水温の研究，25-4, p.p. 28~41。
10. 同上(1982)：玉川水系の水質の総合解析(2)玉川水系の水質特徴と現行の簡易石灰中和・地下溶透処理法の除害効果の検討，水温の研究，25-5, p.p. 4~23。
11. 半谷高久・杉村行勇 (1958)：本邦酸性陸水の地球化学的研究（第3報）ハケ岳湯川の上流の水質の時間的変動および上流の水質と下流の水質との関連について，日本化学雑誌，79-7, p.p. 793~800。
12. 原 昭宏(1967)：河口における塩分の垂直分布の変動。ハイドロロジー，1, p.p. 16~18，
13. HARA, A. (1971)：Distribution of Salinity in an Estuary. Science Reports of the Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C, 10-102, p.p. 277~352。
14. 原 昭宏 (1975)：矢作川の水質汚濁，地理学評論，48-2, p.p. 136~142。
15. 同上ほか(1978)：長良川水系における溶存物質負荷量と流域面積との関係について，長良川流域の自然地理学的研究(第1報)，水温の研究，21-6, p.p. 13~19。
16. 同上(1981)：長良川上流域の水文環境地図，昭和55年度文部省科学研究費補助金・総合研究（A）「水文環境の地図化に関する研究」(研究代表者高村弘毅)，p.p. 87~103,及び附図。

文献リスト（著者名アルファベット順）

1. 荒巻 孚(1959)：洪水時における河水の化学成分に関する予察的研究，地学雑誌，68-1, p.p. 18~25。
2. 荒巻 孚，水村 勇(1971)：神奈川県花水川水系における河川の水質，——都市化にともなう河川の汚染について——。専修自然科学紀要 4, p.p. 1~17
3. 茶谷邦男ほか (1981)：愛知県内の河川水の水質。陸水学雑誌，42-3, p.p. 131~137。
4. 海老瀬潜一，勝部利之(1978)：多変量解析法によ

17. 同上(1982)：長良川上流における積雪期の河川水質，——長良川流域の自然地理学的研究（第5報）——，水温の研究，26-1，p.p. 19~26.
18. 原田文男ほか(1980)：豊川における窒素の形態及び負荷量，愛知県公害センター所報，8，p.p. 41~47.
19. 日比野雅俊(1973)：愛知県における中小河川の水質汚濁について，地理学評論，46-12，p.p. 795~810.
20. 平山光衛ほか(1978)：中小河川の水質の決定因子について，日本地理学会予稿集，15，p.p. 264~265.
21. 市川正己ほか(1980)：水文循環に及ぼす都市化の影響，——筑波研究学園都市およびその周辺地域の場合——，筑波の環境研究5 C，p.p. 5~18.
22. 入江敏勝(1976)：酸性河川蔵王川の地球化学的研究，陸水学雑誌，37-3，p.p. 108-117.
23. 糸山東一(1975)：水の流動による水質の変動について，香川大学教育学部研究報告(II部)25-1，p.p. 1~19.
24. 岩崎岩次・新田正(1955)：河川の地球化学的研究（第6報），神流川の河川水の化学組成，日本化学雑誌，77-9，p.p. 1347~1361.
25. 柏原正純ほか(1976)：市川流域における溶解塩汚濁(II)，——水質の経時変化の詳細——用水と廃水，18-10，p.p. 69~77.
26. 加藤武雄(1965)：相沢川(最上川水系)の地球化学的研究，陸水学雑誌，25，p.p. 101~112.
27. 同上(1965)：朝日川(最上川水系)の地球化学的研究，陸水学雑誌，26-2，p.p. 41~51.
28. 同上(1966)：蔵王蔵川水系の水質と溶存物質の流送作用について，陸水学雑誌，27-1，p.p. 16~24.
29. 同上(1968)：馬見ヶ崎川(最上川水系)の水質と溶存物質の流送作用に関する陸水学的研究，陸水学雑誌，29-1，p.p. 37~51.
30. 同上(1968)：最上川水系高瀬川の水質と溶存物質の流送作用について，東北地理，20-1，p.p. 27~33.
31. 同上(1971)：山形県庄内地方の河川の水質と溶存物質の流送作用，日本陸水学会36回大会講演要旨集，p.p. 35~36.
32. 同上・佐藤五郎(1977)：最上川水系実淵川の水質と溶存物質の流送作用，東北地理，23-4，p.p. 226~232.
33. 同上(1979)：東吾妻火山地域の河川の水質と溶存物質の流送作用について，水温の研究，22-3，p.p. 2~12.
34. 加藤善盛ほか(1976)：紫外線吸収スペクトルによる河川水質特性の分類，日本陸水学会第41回大会講演要旨集，p. 267.
35. KAWABATA, H. (1960)：The Salinity Distribution near the Mouth of Tidal River. The Bulletin of the Kyoto Gakugei Univ., Ser. B, 16, p.p. 35~40.
36. 川端 博(1982)：兵庫県円山川における塩水侵入くさび，その他について，水温の研究，25-5，p.p. 24~32.
37. 川野田実夫・志賀史光(1974)：大野川白滝橋における汚濁成分の経年変化について，日本陸水学会第39回大会講演要旨集，p. 131.
38. 木全 務(1977)：流域の市街地化に伴う，中小河川の水質汚濁，日本陸水学会第42回大会講演要旨集，p. A32.
39. 小林重喜・山内和子(1979)：長良川のLAS(MBAS)とリン，陸水学雑誌，40-1，p.p. 29~39.
40. 小出悟郎(1974)：河川水質表示法の一つの試み，日本陸水学会第39回大会講演要旨集，p. 118.
41. 同上(1975)：相関連関図による酒匂川水系の水質解析，日本陸水学会第40回大会講演要旨集，p. 313.
42. 栗原英也・山田武(1978)：群馬県内河川水中のヒ素含量，I 吾妻川，水温の研究，21-1，p.p. 33~38.
43. 栗原英也・高村 実(1978)：群馬県内河川水中のヒ素含量，II 渡良瀬川，水温の研究，21-2，p.p. 20~25.
44. 黒田久仁男(1981)：オホーツク海沿岸河川の汚濁状況について，日本陸水学会第46回大会講演要旨集，p. 49.

45. 桑原正見 (1971) : 茨城県久慈川の水質について, 日本陸水学会第36回大会講演要旨集, p.p. 37~38.
46. 同上(1973) : 千葉県海老川の水質汚濁. 日本陸水学会第38回大会講演要旨集, p.p. 203.
47. 三井嘉都夫(1971) : 本邦主要河川の塩水遡上型について, 法政大学文学部紀要, 16, p.p. 29~44.
48. 同上(1972) : 関東諸河川の水質の変貌, 地理学評論, 45-2, p.p. 76~87.
49. 同上ほか(1966) : 利根川水系(とくに吾妻川水系)における水質の変貌について, 資源科学研究所業績, 1137, p.p. 17~25.
50. 同上(1975) : 養老川, 村田川の水質汚濁(予察), 日本地理学会予稿集, 9, p.p. 113~114.
51. 水村 功(1971) : 大分県国東半島両子山放射谷の河水の水質について, 日本陸水学会第36回大会講演要旨集, p.p. 41~42.
52. 森 和紀(1981) : 中小河川の水温・水質にみられる二・三の特徴について, ——岩田川・加茂川の場合——, 三重大学教育学部研究紀要, 32, 自然科学, p.p. 99~103.
53. 同上(1982) : 河川水質と流域の人文特性との関連について, 日本地理学会予稿集, 21, p.p. 88~89.
54. 同上ほか(1980) : 河川水質の地図化に関するひとつの試み, ——長良川上流域を事例として——, 水文環境の地図化に関する研究(昭和54年度科学研究費補助金総合研究A) 研究代表者原昭宏, p.p. 1~6.
55. 長沼信夫(1975) : 尾張瀬戸地域における河川の浮遊物質について, 日本地理学会予稿集, 8, p. 220.
56. 同上・原包(1974) : 瀬戸市の主要河川における汚濁状態とその問題点, 日本陸水学会第39回大会講演要旨集, p. 130.
57. 同上(1975) : 瀬戸の陶土珪砂精製に伴う河川汚濁, 駒沢地理, 11, p.p. 79~89.
58. 同上ほか(1981) : 多摩川流域における水文環境地図, 昭和55年度文部省科学研究費補助金・総合研究(A)「水文環境の地図化に関する研究」研究代表者高村弘毅, p.p. 104~120, 及び附図.
59. 長沢幹雄・寺口 璋(1970) : 中小河川の水質汚濁, 大阪府西除川の例, 陸水学雑誌, 31-2, p.p. 47~66.
60. 同上(1971) : 大阪府天野川の水質汚濁, 日本陸水学会第36回大会講演要旨集, p.p. 21~22.
61. 中路 勉ほか(1979) : 河川水質の統計学的研究(I), 長野県内天竜川水質への多変量解析の適用, 信州大学農学部紀要, 16-2, p.p. 79~90.
62. 那須義和・橋治国(1973) : 汚濁河川における有機物の挙動についての研究, ——融雪期における石狩川の水質について——. 日本陸水学会第38回大会講演要旨集, p. 224.
63. 布村啓一・寺田竜郎(1971) : 赤江川の水質汚濁, 日本陸水学会第36回講演要旨集, p.p. 19~20.
64. 大庭孝夫(1973) : 荒川支流越辺川の水質について, ——流量と溶存物質濃度との関係—— 日本陸水学会第38回大会講演要旨集, p. 205.
65. 小椋和子ほか(1976) : 夏期多摩川における水質の時間変動ならびにこれによって推定された光合成量および分解量について, 用水と廃水, 18-4, p.p. 445~454.
66. OGURA, N. and UEHARA, H. (1980) : Condensed Phosphates in Polluted Urban River Water. 陸水学雑誌, 41-4, p.p. 203~211.
67. 太田立男(1973) : 三重県内主要河川の水質とその特徴・陸水学雑誌, 34-4, p.p. 183~191.
68. 同上(1975) : 伊勢湾, 三河湾へ流入する河川水質の特性およびその流入状況, 用水と廃水, 17-11, p.p. 29~32.
69. 同上(1975) : 伊勢湾流入河川水の汚濁変動. 陸水学雑誌, 36-4, p.p. 160~163,
70. 酒井幸子・氏家淳雄(1979) : 渡良瀬川高津戸地点における降雨時の水質の変化, 用水と廃水, 21-11, p.p. 35~47.
71. 佐野方昂ほか(1979) : 愛知県豊川における水質の日変動, 日本陸水学会第44回大会講演要旨集, p. 99.
72. 志田 勇・加藤武雄(1971) : 山形市を貫流する農

- 業用水堰の水質汚濁について，日本陸水学会第36回大会講演要旨集，p.p. 25～26.
73. 鈴木啓助(1979)：融雪期における小流域(天塩川水系)の水質変動，水温の研究，23-1，p.p. 38～43.
74. 高村弘毅・山口雅功(1981)：関東地方の地下水環境要素並びに河川水質(BOD)の地図化，昭和55年度文部省科学研究費補助金・総合研究(A)「水文環境の地図化に関する研究」研究代表者高村弘毅，p.p. 55～62.及び附図.
75. 高野 操(1969)：大滝根川の水質の流量による変化，日本大学工学部紀要，11(A)，p.p. 127～133
76. 高瀬一男(1969)：地下水の地球化学的研究(第I報)，——紀の川流域の河川水と地下水の化学成分について，茨城大学教育学部紀要，9，p.p. 127～138.
77. 高山茂美・玉田稔(1972)：松浦川下流部の塩分遡上現象について，地域研究，13-2，p.p. 6～11.
78. 田中 正ほか(1975)：首都圏における主要河川の水質汚濁について，日本地理学会予稿集，8，p. 222.
79. 田坂茂美(1968)：加茂川水系の水質調査，水温の研究，12-3，p.p. 34～42.
80. 戸谷康義(1972)：北上川の塩水遡上について，陸水学雑誌，33-1，p.p. 1～5.
81. 八木明彦ほか(1975)：東海地方における二・三の河川の汚濁状態，日本陸水学会第40回大会講演要旨集，p. 314.
82. 山辺功二・山口雅功(1981)：水質データの地図化に関する一考察，地理学評論，54-12，p.p. 729～739.
83. 横山義秀・佐々木 正(1977)：七北田川水系(宮城県)の水質について，水温の研究，21-4，p.p. 2～10.
84. 同 上(1980)：松川(宮城県)の水質について，水温の研究，24-2，p.p. 2～10.