

河川環境基準監視調査データとGISを用いた琵琶湖流域の晴天時の面源からの汚濁負荷推定

Estimation of Diffuse Pollutant Loads in Fine Weather using GIS and Monthly Water Quality Data of Rivers in Lake Biwa Basin

増田 貴則*

Takanori MASUDA*

市川 新*

Arata ICHIKAWA*

植田 泰行*

Yasuyuki UEDA*

稲岡 美紀*

Miki INAOKA*

Abstract: In this study, we propose a methodology to determine quantitatively diffuse pollution loads by using GIS (Geographical Information System) and monthly water-quality data. This methodology was applied to 26 river basins, which are contained in the Lake Biwa basin. Firstly, we collected information concerning point source pollutant loads in this basin in detail and entered them into GIS. For example, concerning industrial effluents, we collected the daily average effluent volume from 1,657 factories, and the quality of about 99% of the effluents was recorded. Moreover, based on their sewer-treatment type, 1,789 villages were divided into 5 categories. With these detailed data, we could estimate the daily average amount of pollutant loads from the point sources in each sub-basin using the information collected in GIS. Secondly, we estimated non-point pollutant loads in each river basin from these calculated results and measured pollutant loads. The quality of the observed water is considerably affected by various complex processes such as rain, irrigation, and snow melting. Not taking these influences into account, the quality of the observed river water shows the essential pollution loads generated by human activities. We defined this pollution load as 'own basic pollutant load', including pollutants from non-point sources, such as forests. Then, we tried to compare these pollutants with loads based on the geographical information of each basin including land use, geographical features, and vegetation. In this way, the characteristics of non-point pollutant loads could be evaluated, and potential pollution loads were estimated.

Keywords: GIS, forest, pollutant loads, diffuse pollution, non-point source

1 はじめに

滋賀県では点源対策の一環として琵琶湖流域内の下水道建設を急ピッチで進めており、工場からの排水についても規制を強化してきている。これからの課題として面源の汚濁負荷削減対策が残されている。面源からの汚濁負荷は雨天時にその大部分が流出することが知られており、雨天時水質調査や雨天時汚濁物流出モデルの開発等、雨天時に関する研究は進みつつある。一方、晴天時の汚濁物流出は流域の基本的な汚濁流出特性を示すものであるが、研究の余地が多く残されている。特に琵琶湖のような閉鎖性水域では、汚濁物が「積算」されていくので、適正な流域水管理のために、土地利用の変化等によって発生する晴天時負荷を正確に把握することが求められている。

しかしながら面源からの汚濁負荷に関しては、汚濁源が広がりをもって分布していることと点源を含めた汚染源の状況が変動することから、土地利用と汚濁負荷の関係を明らかにすることが出来ない状況である。それがひいては流域水管理計画の樹立を困難なものとしている大きな原因となっている。

琵琶湖流域全体で土地利用の変化を眺めると、森林の占める比率が高いままで推移しており、利用目的が変化している土地が少ない。一見大きな変化が起きていないように見えるが、個々の流域単位で見ると、森林や水田が市街地へと顕著に変化している流域がある。このような流域では汚濁負荷量が変化しており河川水質に大きな影響を与えていると思われる。そこで本研究では、琵琶湖に流入す

*京都大学大学院工学研究科環境工学専攻

*Department of Environmental Engineering, Graduate School of Kyoto University

る26の主要な河川を対象とし、GISを用いて整備した詳細な汚染源情報を活用して、晴天時の面源汚濁負荷量の推定と汚濁流出機構の特性を把握することを試みた。将来的には、これらの情報と結果を活かして河川水質の経年的変化と土地利用の変化の関係を明らかにすることを目的としている。

2 汚染源、汚濁物流出のフレーム

現象として把握できる河川水質は様々な汚濁源からの汚濁物が複雑な過程を経て流下してきた結果にすぎない。河川の流れに含まれる汚濁物は山地や農地およびその地下から流出してくる成分と、家庭排水・産業排水・農業排水によって構成されていると考えられる（図1）。河川水質自体は継続的に観測することが可能であるので、流下していく負荷量を把握し、環境基準をクリアしているかどうかの判断を下すことはできるが、あくまで流出現象の結果を見ているだけなので、水質形成因である汚染源の寄与や流域の状況の変化・汚染源対策の効果を測ることができない。また、観測される水質は観測日によって大きく異なるので、月1回程度の定点観測では、河川の代表値を決定することが難しい。従って、我々が現実把握しうる河川水質にはどのような汚染源からの汚染物質が混入しているのか、そしてそれはどのような要因で変化するのかを考察を行い、河川の代表的な状態（基本的な状態）を決定する必要がある。さらに、そのような文脈の中で晴天時の面源からの汚濁負荷がどのような位置づけにあるのかの考察した。

まず、汚染源に関してであるが、一般的な分類として、汚染源は排出箇所を特定できるかどうかによって点源（特定汚染源）と面源（非特定汚染源）に分類される（表1）。点源の例として、家庭、工場、事業所、畜舎、下水処理場等があげられ、合流式下水道の雨天時越流もその中に含めることが多い。面源の例としては、市街地に堆積した汚濁物、荒廃した森林からの土砂流出、農地からの肥料・農薬の流出等をあげることができ、これらの多くは雨天時に流出する。ここであげたように点源はその排出場所を把握でき、制御に適しているのに対して、面源からの汚濁物流出機構は土地利用形態に応じて大きく異なっており、さらにその土地利用自体が面的に分布していることから、汚染場所を特定し、有効な制御政策を立てるのが非常に難しいという特徴がある。点源にしろ面源にしろ、汚染源は流域に広く分布しているため、その分布状況を正確に把握することが重要となる。

上記の特徴に加えて、汚濁物質の流出は天候、季節、人為的操作によって大きく変化する。短期的には観測日近傍の天候や点源の排出量・河川からの取水量が水質に大きな影響を与えており、長期的には季節変化や土地利用の変化も水質に影響を与える。従って、汚濁物の流出量を正確に推定するためには、晴天時と雨天時を個別に取り扱う必要があり、季節的な要因も考慮する必要がある。

これらの特徴を勘案して、汚染源と汚濁物質の流出現象との関係を図2に示すように概念的にマトリックスにまとめることができる。汚濁物の流出は晴天時と降雨時とは大きく異なることからこの二つの状態は分けて考えなければならない。点源からの流出、とくに家庭、工場

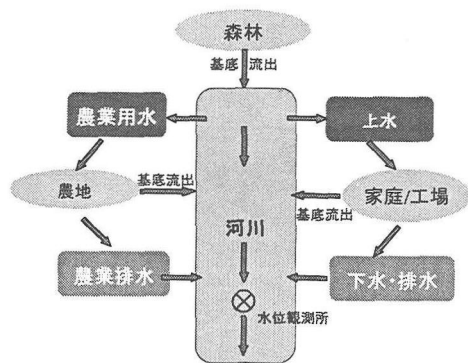


図1 観測される水量・水質の構成要素

表1 汚濁負荷源

点源	面源
家庭	森林
畜舎	水田
工場	畑
事業所	居住地
下水処理場	工場地帯
その他	降水

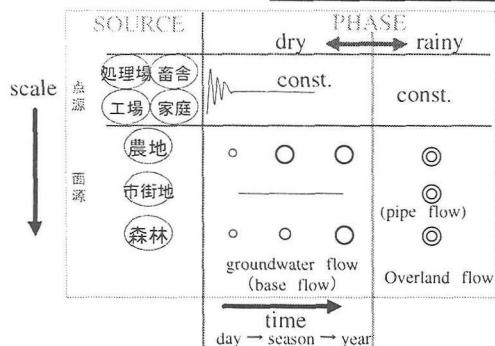


図2 汚染源と汚濁物流出現象の特徴

等からの排水は日間変動があることが知られているが、月負荷量や年間負荷量の単位で考えた場合はほぼ一定とみなすことができる。一方、面源としての農地からの流出は、作付け期間と非作付け期間では大きく異なる。森林からの流出も同様に生育期と非生育期で大きく異なっている。これらのことを考慮すると、面源からの負荷流出は晴天時だけを取り上げても常に一定であるとは考えることはできないが、季節を限定（灌漑期や生育期で区別）し、安定した天候が長期的に続く場合には日単位の汚濁物流出負荷量には余り変化はないと考えることができるのではないだろうか。

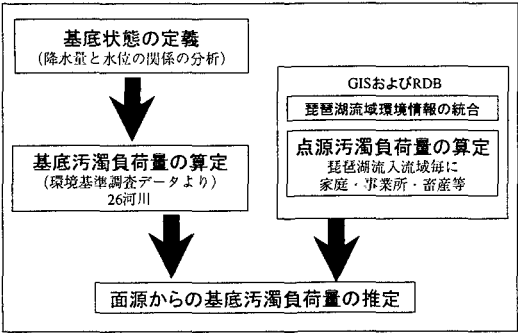


図3 研究のフレーム

3 晴天時面源負荷の位置づけと基底汚濁負荷量の定義・研究のフレーム

ここまで考察してきたように、汚染源には様々なものがあり、汚濁物の分布（空間的配置とスケール）や汚濁発生・流出の変化（流出時の条件）は大きく異なるものの、晴天時の汚濁負荷流出に着目すると、河川の流況が安定し、汚濁物の流出量も点源や土地利用等の人為条件のみに左右される一定の汚濁物量が流下しているものと仮定することが出来る。本論文ではこのような状態を基底状態と呼び、このときに流下する「人為条件に基づく汚濁物の量」を、基底汚濁負荷量と呼ぶこととする。つまり、この基底汚濁負荷量の存在を仮定することは、河川にそれぞれの汚染源からの汚濁物質が定常的に流入していると仮定していることになる。従来、面源からの汚濁負荷量の推定は対象とする流域のフレームに対し、原単位法を用いて推定することが多かったが、本研究は河川水質の調査結果データからこの基底汚濁負荷量の推定を行い、それと流域の様々な情報を比較・分析し、その性状を明らかにしようとするものである。この研究の流れのフレームを図3に示し以下に説明する。

まず、降水量と水位の関係等から基底状態に必要な条件を検討した。
次に、河川水質調査データから天候や季節等の外乱のない状況を抜き出し、それらの水質平均値、汚濁負荷量平均値を求め、これを河川を流下する基底汚濁負荷量とした。
別途、用意した流域地理情報データベースを含む地理情報システム（GIS）を用いて河川毎の点源からの負荷排出量の推定を行った。
さらに河川の基底汚濁負荷量からこの点源からの汚濁負荷量を差し引くことによって面源からの汚濁負荷量の推定を行った。
複数の河川を並列に取り扱うことにより、各種の指標を比較し、求めた基底汚濁負荷量の意味付けを行い、基底汚濁負荷量と各種の指標との因果関係を明らかにすることもできるものと考えている。

4 対象流域 滋賀県河川環境基準監視調査と基底汚濁負荷量の求め方

4.1 雨天時観測データ、先行降雨の影響を受けたデータの除去

滋賀県では環境基準の適合状況を明らかにするため瀬田川および琵琶湖に流入する29の河川について毎月1回の水質調査を行っている。調査開始年度は河川毎に異なるが、多くの河川では20年近くのデータが蓄積されている。本研究においては、このうち琵琶湖に流入する26の河川流域を分析の対象とした（図4参照）。表2は対象とした流域の一覧で、Noのフィールドは、琵琶湖に流入する111本の河川に対して瀬田川を起点として時計回りに番号を付けたものである。

表2 対象流域一覧

ID	No	river	ID	No	river
1	4	相模川	14	68	米川
2	6	吾妻川	15	74	天野川
3	9	柳川	16	76	芹川
4	13	大宮川	17	79	大上川
5	19	天神川	18	82	宇曾川
6	22	和途川	19	85	愛知川
7	45	安曇川	20	86	大同川
8	53	石田川	21	91	日野川
9	57	知内川	22	92	家楨川
10	58	大浦川	23	95	野洲川
11	62	余呉川	24	98	守山川
12	65	田川	25	103	柴山川
13	66	姉川	26	109	十瀬寺川

水質調査は降雨の影響を避けて晴天時に行われているが、20年間の水質調査データの中には降雨の日が含まれることも多々ある。また、測定当日は晴天でもそれまでの数日間に降った雨の影響で増水している場合もある。当然水質値もこのような先行降雨の影響を受けて不安定な値となる。基底状態とは降水による影響を受けていない状態であるので、ここでは前日までの降水の影響を受けていないと考えらる河川水質調査データを抽出するために先行降雨指数 (API、もしくは実効雨量) という概念を導入する。これは前日までに降った雨の河川流量への影響の度合いを考えようという式で、一般に次のように与えられる。

$$API_n = a_0 P_0 + a_1 P_1 + a_2 P_2 + \dots + a_n P_n \quad \text{もしくはより簡単に、} API_n = a^0 P_0 + a^1 P_1 + a^2 P_2 + \dots + a^n P_n$$

ここで、 API_n は n 日間の先行降雨指数、 P_n は n 日前の降雨量、 a_i , a は通減係数 (通常 $0 < a_i, a \leq 1$) である。

ここで問題となるのは、通減係数 a_i または a をどの程度と見積もるか、また、 n を何日前までとるかということである。 $a_i = 1$ なら考慮した期間 n の累積降雨量を示すことになる。 $a_i = 0$ ($i \geq 1$) なら 1 日前以前の雨を考慮せず、当日の雨量だけを問題にするということを意味する。

本研究では、この式に代入する各流域の降水量を滋賀県内の 13ヶ所のアメダス観測データをもとに次式で算定した。

$$[\text{流域降雨量}] = \Sigma [\text{アメダス測定点の降雨量}] \times [\text{流域内でアメダス測定点が占める面積率}]$$

ここでは、観測点座標をもとに GIS の機能を利用してティーンセン分割を行い、各アメダス測定地点が流域内に占める面積率を求め、この面積率と各観測降雨量の積の総和から、流域降雨量を求めた。但し、アメダス観測所が降雨量観測を休止している時期や欠測の日がある場合には、その観測点を除いた点でティーンセン分割を行い、面積率を求めてから、流域の降水量を求めている。この組み合わせ数には 76 年 1 月 1 日から 97 年 12 月 31 日までの 8,036 日間で 51 の観測パターンが見られた。(ティーンセン分割の結果例、アメダス観測所位置については図 4、図 5 を参照)

このようにして求めた流域毎の毎日の降水量と、滋賀県河港課が所有している河川水位のうち主要な 11 河川、18 水位観測地点の 1992 年 3 月 1 日から 1998 年 3 月 31 日までの日水位を用いて、先行降雨式を定めるために、各流域の先行降雨指数と水位の関係を調べた。ここでは、降雪のデータと思われる

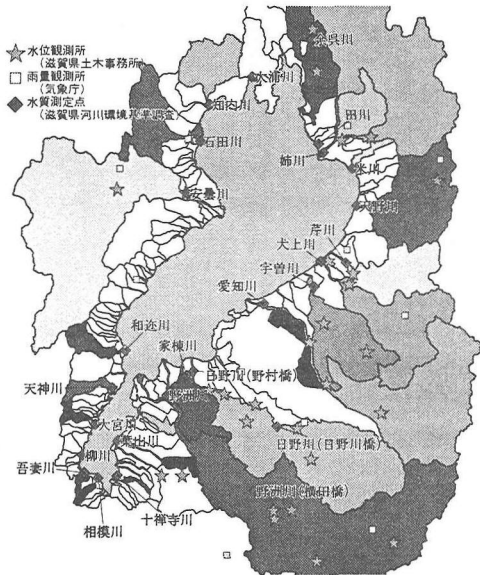


図4 対象流域と各種の水文観測所位置

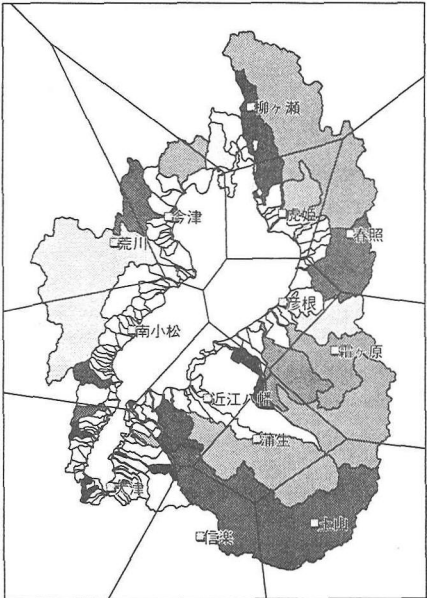


図5 流域ティーンセン分割の一例

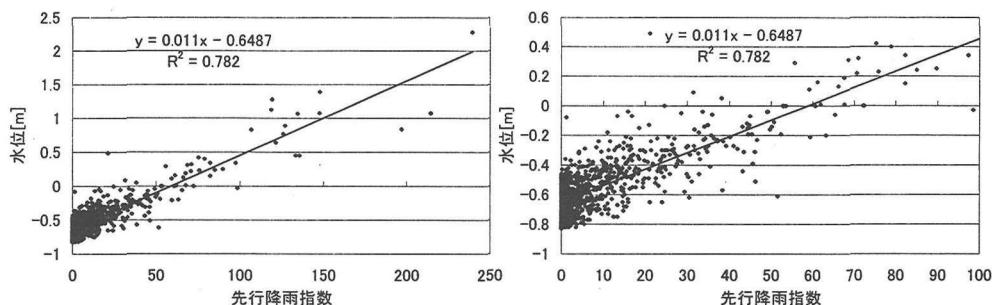


図6 日野川仁保橋地点におけるAPIと水位の関係(左側が全データの散布図、右側が拡大図)

るものを除外し、大きな河床変動があったと思われる場合その前後でデータを分割し、水位と先行降雨量との重回帰分析を行った。その結果、先行5日間の降雨データを考慮すれば十分なことや、1日毎に減衰係数を半減させていけば良い相関が得られることがわかったが、全ての河川に適用できるような一般式を決定することが難しかったので、これらの知見と文献値(Wallingford Software Ltd: 1994)を参考に、以下のように先行降雨指数式を定めた。

$$API5 = 1.414P_1 + 0.707P_2 + 0.354P_3 + 0.177P_4 + 0.088P_5 + 0.044P_6$$

なお、元の文献式では当日の雨量は考慮されていなかった(つまり $a_0=0$ であった)が、当日の雨量を考慮に入れるためにここでは前日の係数を倍に設定した。そのためにこの式では当日の降水量に対する係数が1を超えているが、先行する降水量の河川流量への影響の度合いを指標(指数)として表し、降水の影響を受けていない日を抽出することが目的なので、係数の補正は行わなかった。

次に、この先行降雨指数の値がいくつ以下だと降雨の影響がないとみなすかを調べるために、先行降雨指数と水位の関係を調べた。その例を図6に示す。これらの図は積雪・融雪期のデータも含んだものではあるが、先行降雨指数が小さい時は水位が一定の範囲にあり、降水の影響を受けにくいことがわかった。先行降雨指数がいくつ以下だと降雨の影響がないかについて、はっきりした値を示すことは難しく今後の検討課題として残ったが、ここでは11河川18測定地点の水位と先行降雨指数の散布図より視覚的に判断し、先行降雨指数10以下の場合を降水の影響を受けていない測定日だとみなすことにした。

4.2 季節的な影響の除去

多くの琵琶湖流入河川流域では灌漑農業が行われており、水循環が人為的に変えられている。特にダムからの放流、琵琶湖から多量の水を上流に汲み上げる逆水灌漑は河川流量・水質に大きな影響を与え、河川本来の固有流量と大きくかけ離れた状況を作り出している。従って、上流にダムのある流域、大規模に逆水灌漑が行われている流域については、上記の先行降雨指数のみで判断してはならない。ここでは図7と表3にダムと大規模な逆水灌漑が行われている流域を示したが、本研究では全ての対象河川について灌漑期である4月～9月の期間中に観測された水質データを分析の対象から外すことによって、農業取排水の河川水量・水質への影響を取り除いた。

また、積雪期、融雪期における森林からの流出も河川の水量・水質に大きな変動を与え、河川の

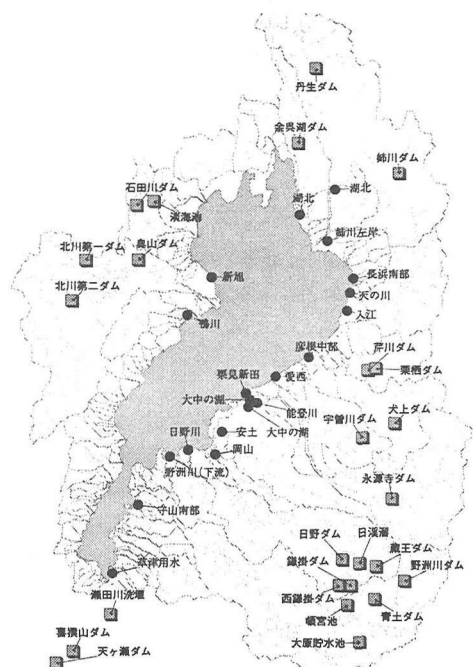


図7 ダム・逆水灌漑の影響のある流域

表3 琵琶湖流域の主なダムと逆水灌漑一覧

ダムID	施設名	河川	竣工年	目的	ID	使用者	河川名	面積(ha)	最大揚水量 (m ³ /sec)
1	北川第一ダム	安曇川支川麻生川	建設中	FN	1	鴨川	鴨川	830	3.486
2	北川第二ダム	安曇川支川北川	建設中	FN	2	新旭	安曇川	394	1.729
3	奥山ダム	安曇川一ノ瀬川	1972	A	3	湖北	余呉川	1,064	1.565
4	淡海池	石田川	1937	A	4	姉川左岸	田川	1,042	4.496
5	石田川ダム	石田川	1970.3	FN	5	湖北	田川	5,050	2.700
6	丹生ダム	高時川	建設中		6	入江	天野川	350	1.189
7	余呉湖	余呉川	1959.3	FN	7	天の川	天野川	827	3.200
8	姉川ダム	姉川	2000.3	FN	8	長浜南部	天野川	714	2.682
9	栗栖ダム	芹川	建設中	FN	9	愛西	宇曽川	1,377	6.177
10	芹川ダム	芹川	1953	A	10	彦根中部	宇曽川	868	3.705
11	犬上ダム	犬上川	1946	PA	11	能登川	愛知川	579	2.235
12	宇曽川ダム	宇曽川	1980.3	FN	12	大中の湖	能登川	511	2.195
13	永源寺ダム	愛知川	1972	PA	13	大中の湖	能登川	504	20.850
14	蔵王ダム	日野川	1996	A	14	粟見新田	能登川	147	1.045
15	西鎌掛ダム	日野川 南砂川	1959	A	15	安土	長命寺川	1,306	5.038
16	鎌掛ダム	日野川 南砂川 三の谷川	1954	A	16	岡山	長命寺川	534	3.299
17	日溪溜	日野川	1934	A	17	日野川	日野川	4,546	7.305
18	日野川ダム	日野川	1966.3	FN	18	野洲川(下流)	野洲川	2,209	7.315
19	野洲川ダム	野洲川	1951	A	19	守山南部	守山川	493	1.842
20	頓倉池	野洲川	1961	A	20	草津用水	草津川	1,270	4.042
21	大原野水池	野洲川 棟野川	1962	A					
22	青土ダム	野洲川	1988.3	FNWI					

基底状態を乱していると考えられるので、滋賀県における積雪融雪期である12月～3月の水質調査データも除外して考察することとした。結果として、ここまでの処理によってデータは10月、11月の晴天時(=先行降雨指数が10以下)に調査された水質・流量のみが「基底状態」を示すものと考えたことになる。このようにして求めた汚濁負荷量が河川の基底汚濁負荷量となると考えた。

5 基底状態の流下負荷量

以上で、降雨、灌漑、積雪・融雪の影響のないと考えられる基底汚濁負荷量を抽出することができた。但し、このように様々な変動要因を除いたものであっても、20年間の水質調査期間中に面源や点源自体大きな変化があった場合には、各ソースからの流量・負荷量が定常的であるという仮定が成り立たない。そこで流域毎に土地利用や点源からの負荷量に大きな変化、例えば、大規模宅地開発や人口の急増もしくは屎尿処理場、下水処理場の新設・移転等がなかったかを注意して調べる必要がある。一方、それ以外の水質形成因と考えられる地形、地質、植生には20年間程度では大きな変化はないと思われるので、基底汚濁負荷量にはあまり大きな影響を与えないものと考えられる。実際、本研究でGISを用いて各流域の昭和51年、平成3年、平成7年の土地利用種別面積を求め、それらの変化を調べたが大きな変化はなかった。一方、点源については、時の経過と共に流域内の産業・人口が漸次変化しており、基底汚濁負荷量が変化しているものと考えられる。従って、20年間の水質データをまとめて扱わずに、1983年まで、1984-90年、1991-97年の3期間に分割してそれぞれの期間における平均水質、平均汚濁負荷量を求め、これをそれぞれの期間の基底水質、基底汚濁負荷量とした。結果の一例を図8と表4に示す。

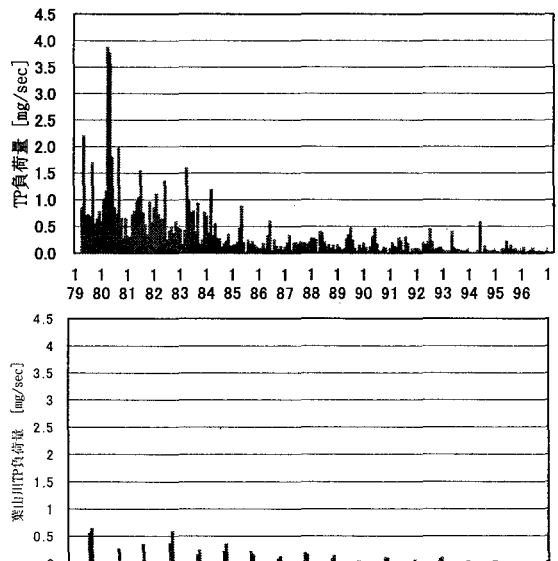


図8 葉山川の全期間TP負荷量と基底時TP負荷量

6 面源からの汚濁負荷量の推定

基底汚濁負荷量は、様々な点源からの汚濁負荷が定常的に含まれていると仮定しているため、これら点源からの汚濁負荷量をできるだけ正確に見積もることさえ可能であるなら、基底汚濁負荷量から点源の負荷量を差し引くことによって流域固有の面源の基底汚濁負荷量がわかると考えた（図9参照）。具体的には以下の手順で面源からの汚濁負荷量推定を行った。

琵琶湖流域について別途整備した詳細なGIS情報をもとに、対象流域の点源からの汚濁負荷量を計算した。家庭排水、産業排水、畜産排水等の負荷については、滋賀県で実施している詳細な実測データをもとに算出したが、実測データが存在していなかったり、入手できなかった場合には、在来手法である原単位法を適用し負荷量の推定を行った（詳細は植田1999）。なお、この点源からの汚濁量の推定は上記3期間毎に行わなければならないが、データの制約から1990年のデータを中心に推定したものである。

7 結果と考察

結果を、図10に示す。結果を比較しやすいようにに負荷量を河川流域面積で割った比負荷量を用いている。各河川毎に左側の棒グラフが基底汚濁比負荷量（1991～1997）（基底汚濁負荷量を流域面積で除したものを）を示し、右側の棒グラフは家庭、事業所、畜産からの点源汚濁比負荷量と土地種別面積に滋賀県で用いられている負荷原単位を掛けて求めた面源汚濁比負荷量の和を示している。先の章で述べたように、理論的には、この左側の基底汚濁比負荷量から右側の点源比汚濁負荷量を差し引いたものが面源からの基底汚濁負荷量と考えることができる。このようにして求めた面源からの汚濁比負荷量を次の図11に示している。左側の棒グラフが差し引き推定した面源からの基底汚濁比負荷量を示しており、右側の棒グラフは図10と同じく原単位法で求めた面源比負荷量を示している。

原単位法から求めたものと、面源からの基底汚濁負荷量は、その求め方、考え方が違うので値が違ってくるのは当然であるが、守山川・十禅寺川・家棟川などでは大きく負の値を示しており、方法論に検討の余地が残されていることを示していると思われる。しかしむしろデータの蓄積が不十分で

表4 測定全期間平均流量と基底時の平均流量

Q毎秒m ³	測定全期間			基底状態		
	平均	標準偏差	例数	平均	標準偏差	例数
相模川	0.074	0.086	205	0.062	0.038	23
吾妻川	0.043	0.047	186	0.023	0.022	21
柳川	0.074	0.099	192	0.115	0.173	22
大宮川	0.102	0.129	190	0.078	0.094	22
天神川	0.173	0.164	216	0.165	0.119	24
天野川	3.341	4.107	212	2.476	1.974	28
和途川	0.337	0.297	205	0.329	0.235	31
安曇川	15.587	14.91	212	9.934	9.907	25
石田川	3.027	3.429	205	1.399	1.234	25
知内川	2.779	2.539	211	1.308	1.061	23
大浦川	1.401	1.404	192	0.581	0.295	17
余呉川	0.896	0.716	152	0.748	0.585	13
田川	4.588	2.485	213	3.524	1.944	28
姉川	12.065	14.234	186	4.527	5.657	19
米川	0.742	0.359	154	0.657	0.193	22
芹川	1.718	1.933	149	1.226	1.611	19
犬上川	2.352	3.393	213	1.554	2.101	28
宇曾川	3.018	2.751	206	1.935	1.48	27
愛知川	3.114	5.995	184	4.213	5.027	27
大同川	1.624	1.26	126	1.536	1.374	17
日野川日野川橋	2.709	2.759	134	3.098	3.799	21
日野川野村橋	3.627	5.487	182	4.093	4.676	28
家棟川	0.733	0.737	195	0.506	0.39	27
野洲川横田橋	6.479	6.506	179	6.837	4.971	27
野洲川服部橋	5.794	6.636	189	6.707	5.054	27
守山川	0.144	0.189	186	0.102	0.073	26
十禅寺川	0.089	0.089	191	0.062	0.037	28
栗山川	0.994	0.716	212	0.818	0.336	30
全河川	2.834	6.121	5277	2.176	3.947	675

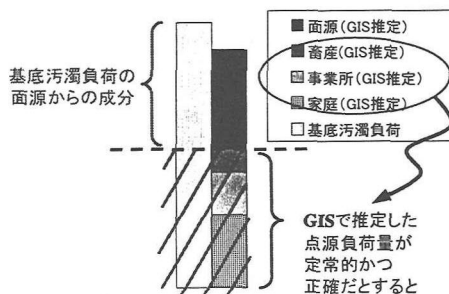


図9 面源基底汚濁負荷量の考え方

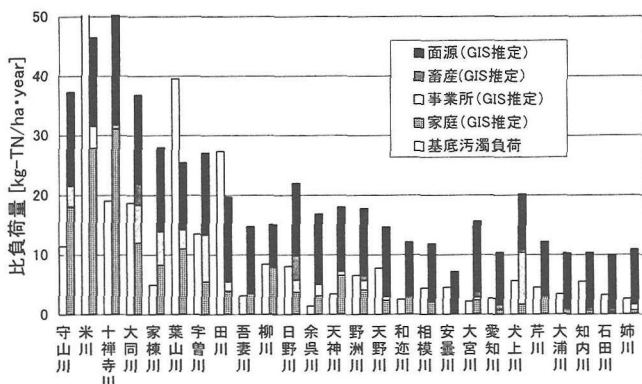


図10 GIS推定負荷量と基底汚濁負荷量の比較

あることの方が大きな原因のようである。実際、滋賀県の多くの河川流域では急速に下水道の整備が進んでおり、工場排水の規制も強化されているために、流域で発生する汚濁負荷量が年々大きく変化している。ある時点を中心とした静的な流域情報をもとに、点源からの汚濁負荷推定をしていたのでは、動的に変化する基底汚濁負荷量を説明することは難しいのかも知れない。また、水質観測が月に

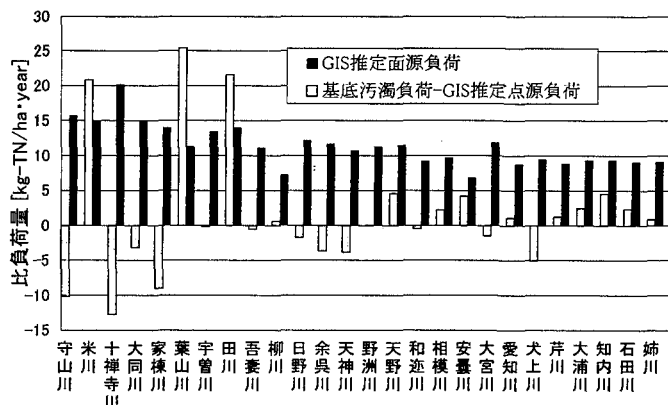


図11 面源基底汚濁負荷量推定結果

1度の観測なので、これを代表値とする点にどうしても問題が残る。自動水質観測データなどを活用し、今後さらなる検討を加えていきたい。一方、流域内の汚染源がここ20年間でほとんど変化していない北部の河川（例えば天野川、安曇川、大浦川、知内川等）では、良い結果が出ている。これらの河川では面源からの基底汚濁比負荷量が3～5kg-TN/ha·yearであることを示しており、これらの流域の土地利用がほとんど森林であることを勘案すれば森林からの汚濁負荷流出原単位もこれらの値におさまるものと考えられる。滋賀県で用いられている森林からの原単位8.03kg-TN/ha·yearと比べて実際に流下している負荷は少ない可能性を示していると思われる。今後、推定が上手くいけば河川ごとの違いを面源を構成する例えば土地利用や植生等の流域情報データと組み合わせて、面源からの汚濁負荷流出について原単位等何らかの知見を示せる物と思う。

8 おわりに

本論文では、流域に散らばっている汚染源の情報を点源、面源にかかわらず、統一的にそして正確に把握するためのツールとして地理情報システムGISを用い、実際に汚染源の把握を行い、琵琶湖に流入する水質測定が行われている26の河川流域に対して汚濁負荷量を算定し、流域内で発生・流下する汚濁負荷量を定量化することを試みた。一方、天候や季節の影響がない基底状態である「基底汚濁負荷量」を定義し、実測河川水質データから推計した。両者を比較することにより、面源からの晴天時（基底時）の汚濁負荷量を推定をした。本研究においては、十分な実測データや検証するデータが不足している等の問題があり、方法論の提示にとどまっているが、今後流域情報のデータの整備が進み、かつ水質データも完備されるようになると、本研究の適用の範囲が拡大するものと考えられる。とくに、流域土地利用変化がもたらす面源負荷量の変化の分析と定量化が可能となるであろう。

今後は琵琶湖の水質を形成する機構についての研究成果が待たれるが、GISを用いることによって、点源、面源に関わらず流域内に広く分散している汚染源の情報を把握、統一的に管理することが可能となり、流下する負荷量を精度良く把握することの可能性が増した。琵琶湖の水質形成に関わる研究とつぎ合わせることによって制御の効果、土地利用の変化の影響を推定するような応用システムを構築することにつながるであろう。

謝辞

本研究は株式会社クボタの寄附講座（水資源質総合計画講座）の研究成果の一部である。本研究を進めるに当たり滋賀県・大津市等の多大なるご協力をいただいた。ここに関係各位に謝意を表す。

参考文献

- Yasuyuki Ueda, Takanori Masuda, Arata Ichikawa(1999), A Study on the Distributed Pollution Load in the Lake Biwa using GIS, 8th International Conference on Urban Storm Drainage, Sydney
Wallingford Software Ltd(1994): HydroWorks Users Manual.