

GISを用いた流域情報の統合化と その汚濁負荷推定への利用に関する研究

A STUDY ON THE INTEGRATION OF BASIN INFORMATION
AND APPLICATION FOR ESTIMATION OF POLLUTION LOAD USING GIS

○植田泰行* 増田貴則* 市川 新*
Yasuyuki UEDA* Takanori MASUDA* Arata ICHIKAWA*

ABSTRACT: This paper focuses on the estimation of pollution loads by integrating various kinds of information in GIS through its effective function. In this paper, we report on the method used and the results obtained. First, information about the water environmental information was stored before and after the Development Project in the Lake Biwa basin to reproduce the cycle and movement of water and pollutants. Next, the emission of pollution loads from all sources, including point and non-point sources was determined. And we evaluate the effect of the development and the countermeasures on the water environment by comparing the estimated load before and after the project.

KEYWORD: GIS, pollution load, vector-type data

1. はじめに

近年、人間活動によって引き起こされる環境劣化が問題となってきた。例えば、湖などの閉鎖性水域では流域から排出される汚濁が原因で富栄養化現象が起こってきた。これは水と汚濁物の循環が地形条件や人為的条件などのあらゆる要素の変化により変容させられたことが発端となっている。ゆえに、流域管理にはこれらの要因を正確に捉えることが重要となっている。

水環境を明らかにする試みはこれまでも多くなされてきたが、情報の不足や情報を扱う計算機及びソフトの能力の限界から十分な成果を得られてはいない。そこでこの研究の目的は様々な情報を用いて水環境を明らかにすることと、水環境に対する人間活動の影響を評価することにある。ここでとり上げる情報は空間に広く分布しているものでこれらを正確に扱うにはGIS(地理情報システム)が有効である。我々は流域内の水・汚濁物に係わるあらゆる情報をGISに統合して管理する流域情報データベースを構築した。そしてこのデータベースを用いて、流域内の汚濁負荷を推定した。現在はコンピュータと水理学の急速な発展とともに分布型流出モデルが発達してきているので川や水路網内での水循環は精度良く計算できるようになってきている。そこでこれら流域情報と汚濁物の関係が詳しく解明されるにつれより高い精度で汚濁の現象を予測することができるようになると思われる。

研究対象とした琵琶湖流域は集水面積が3714km²で120数本の河川の流域からなる。琵琶湖流域では1960年代以降の高度経済成長期から工場誘致などの開発がなされてきた。また開発を援助するように国や滋賀県は高速道路網、圃場整備、農薬の使用推進を進めてきた。さらに琵琶湖そのものも下流域への水源として40m³/secを確保するための改築がなされた。これらの大きな開発を通して水環境は非常に悪化した。そこでこれらの深刻な劣化に対して、排水処理システムの構築(下水道、合併浄化槽、尿尿処理施設等)、工業排水の規制、農薬の適正使用の指導など様々な対策がとられた。しかしながら水質は一向に改善されず、時には富栄養化が起こった。よってより効果的な汚濁制御が必要とされており、これら開発・対策の水環境に対する個々の影響を定量化することが重要となってきた。

* 京都大学大学院工学研究科

* Department of Environmental Engineering, Kyoto University,

2 流域情報の収集

琵琶湖の水質低下のような水環境の変化の原因を明らかにするには、はじめに流域内の任意の地点で水と汚濁物の流出を推定することが必要となる。それには以下に示すようなデータが必要となると考えられる。

2.1 流量に関して必要なデータ

琵琶湖流域においては気象庁、建設省、滋賀県により合計100の降水量観測点において時間雨量が測定され、記録、公表されている。また流出量を算出するには降雨量だけでなく次のようなデータも必要となる。

- 気候 気温、放射量
- 流路 流域界、河道、標高
- 水利 堰、ダム、他の水利施設

2.2 汚濁に関して必要なデータ

図1に汚濁の排出機構をしめす。ここでも示されているように汚濁発生源は特定汚染源と非特定汚染源の2つに分けられるが、それぞれについて必要なデータを収集する。

(1) 特定汚染源

1) 工場からの負荷

一般的に工場からの汚濁負荷はすべての排出地点において水量と水質を掛けあわせることで求められる。滋賀県では日排水量が30 トンを越える工場については規制がなされており、該当するすべての工場については排水量と水質が調査されている。日排水量が30 トン以下の工場についてはデータがないので業種別に出荷額から推定する必要がある。

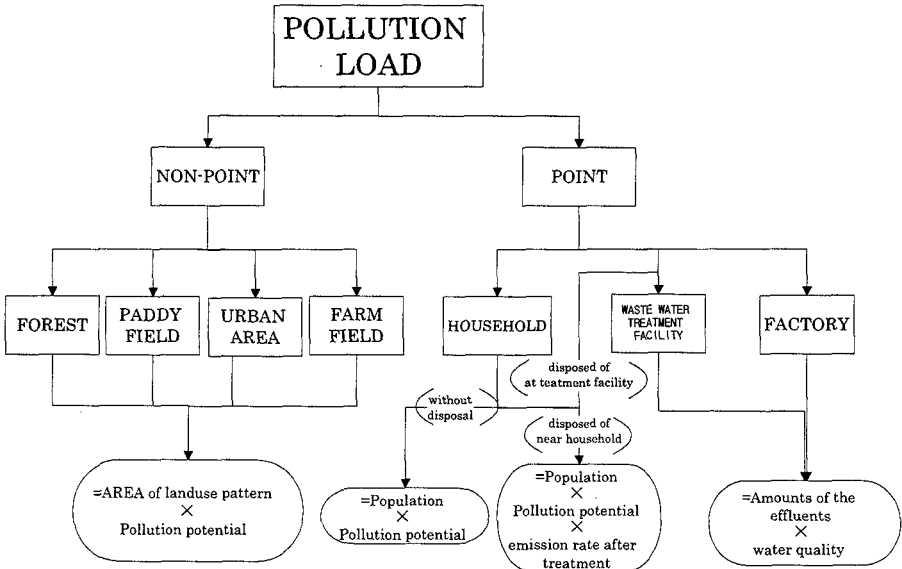


図1. 汚濁物の排出機構とその推定

2) 家庭からの負荷

家庭からの汚濁負荷については人口に原単位を掛けることとする。人口は排水の処理形態により5つのグループに分けられ(自家処理、尿尿処理、合併浄化槽、単独浄化槽、下水道)、またそれぞれが排出する污水は尿尿と雑排水とに分けられるが、最終的には処理地点により次の3つに分けられる。1つ目は処理されずにそのまま排出されるもの2つ目は発生源(家庭)の周辺で処理され排出されるもの、3つ目は遠く離れた処理施設で処理され排出されるものである。表1はそのそれぞれを示す。

これらをまとめると次のデータが必要となる。

家庭	排水量と水質、排水地点、処理形態別人口
工場	排水量と水質、排水地点、工業出荷額
処理場	排水量と水質、排水地点、下水道網

(2) 非特定汚染源

年間の汚濁負荷量は流域内の土地利用毎の面積と原単位を掛けることにより推定することができる。次の4つが非特定汚染源と考えられ次のような情報が汚濁を推定するのに必要となる。

森林	植生、表面土壌、地質
水田	規模、灌漑施設、浸透能、灌漑水量
畑	作物、灌漑施設、浸透能
市街地	道路密度、舗装状態

表 1. 家庭下水の処理及びその排出

Sewerage system	Disposal		Outlet point	
	Night soil	Others	Night soil	Others
Agricultural use	×	×	agriculture field	near household
Night soil treatment facilities	○	×	treatment plant	near household
Septic tank for only night soil	○	×	near household	near household
Septic tank	○	○	near household	near household
Sewer system for rural community	○	○	near household	near household
Sewer system	○	○	treatment plant	treatment plant

琵琶湖流域に関しては各種データが県や建設省などの各機関において整備されており、先に述べた開発の前後2時点(1968年・1995年)について詳細なデータを収集することができ、GISに整備した。

GISでは地図を表す図形情報とそれに結びつける各種の情報(属性情報)を扱う。またそのデータには2つの型式(ラスター形式・ベクター形式)がある。本研究で収集したデータにはラスター型とベクター

型の両方のデータがあり、これら種々のデータを扱うため図2に示すようなシステムを構築しデータを管理することとした。ラスター型データはメッシュデータともいわれるもので表面をあらかじめ設定したグリットに区切り各グリット毎にその代表値を与えるものでデータの並びが規則正しいという特徴がある。ベクター型データの図形の表現の仕方にはポリゴン、ライン、ポイントの3種がある。このうちポリゴンは任意の領域を多角形で表したもので、ライン、ポイントは地物をそれぞれ線、点で表現するものである。地物の形状をそのまま表現することができるのでベクター型データを用いるのが望ましいと考えられており本研究では主にベクター型のものを用いた。また本研究では一部これまで整備されていなかったデータについてより詳細なデータの必要性からデジタイザを用いることで地形図などの地図から独自にデータを作成した。その他GISソフトMapInfoの特別なツールである「住所マスター」という機能ももちいて表形式で整備されていた事業所などの施設の住所データからポイントデータを作成した。

これらのGISに統合したデータは主題毎にレイヤという概念で管理しているため、GIS上で必要な情報を選択して使用することができる。また例えば、開発前後を表す2つのデータを同時に使用することによりその比較をすることもできる。

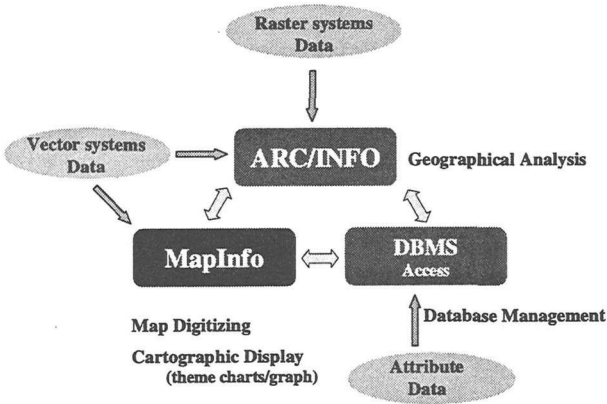


図 2. システムの構成

このうち図3に1660地点の事業所を「住所マスター」を使用しその住所に従って3000の字単位の行政区域の重心にプロットしたものを示す。

legend

() shows the number of the offices.

- ★ Night soil treatment plant (11)
- ★ Sewage treatment plant (5)
- Industry; amount of drain water ≥ 30 t/day (381)
- Industry; amount of drain water < 30 t/day (1062)
- Slaughter house (3)
- Laundries (196)

The source:

The department of sewerage planning ,Shiga Pref.

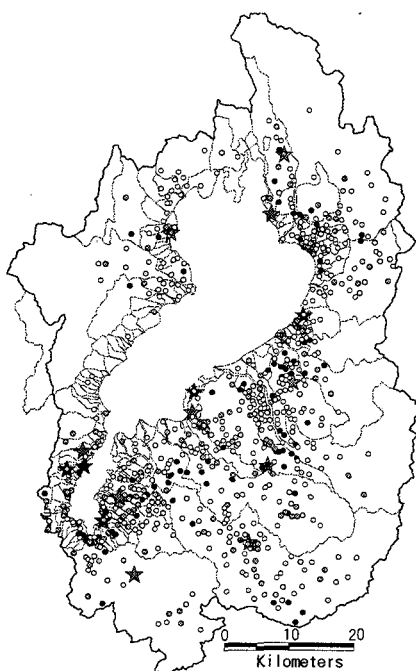


図3. 滋賀県内の特定汚染源(1990)

3. データの整備方法

収集したデータを流域管理に活用するためには流域という任意の形状を持つ領域毎に集計する必要がある。それには図形データを流域で分割し、属性データを分割された図形の面積比に従って適切に分配する必要がある。例えば、人口に関する属性データはそれに関連する市街地を表すオブジェクト(図形)にその面積に従って分配しなければならない。

属性データ、この場合統計データは国や県により行政管理目的で収集されている。それ故、これらは市町村又は字といった行政区画に結びつけられたデータとして入力されている。

一方で、行政区画は集計したい流域界とは一致していないので、まず行政区画と流域界の論理和により新しい領域を作成する。その上で、土地利用を表すポリゴンオブジェクトをこの領域により分割する。この過程ではGISの解析機能であるオーバーレイ機能が用いられる。その後データベース上で行政区画にIDで結びつけられた属性データを分割された図形の面積に従って流域毎に集計すればよい(図4)。このとき使用する面積はGISソフトで計算されたものをデータベースに移行する。図2でも示したように属性データをデータベースソフトで管理し図形データと分けておくことにより図形データをスムーズに解析することができ、その結果を属性データに反映することでデータの整合性も保つことができる。

さらにこのようなデータの管理体制は分布型流出モデル等のシミュレーションモデルを運用する際にも非常に有効である。それは運用に必要な流出係数などのパラメータをモデルに入力する際に次のような点で便利であるからである

研究の対象範囲をGIS上で指定し、入力された必要なデータをデータベースソフトに抽出しパラメータの値を算出することができる

算出した値をモデルが要求するフォーマットに簡単に加工することができる

シミュレーションの結果をIDを用いてGIS上のオブジェクトに結びつけることで結果を視覚的に捉えることができる。

4. 汚濁負荷の推定

実測データを入手することのできる事業所以外からの負荷を算出するには原単位法を用いることになる。原単位については多くの調査がなされてきているが、この中で表2,3¹⁾に示されているものを使用した。ここでは開発前後の比較のため、年間の排出量をTNとTPについて推定した。

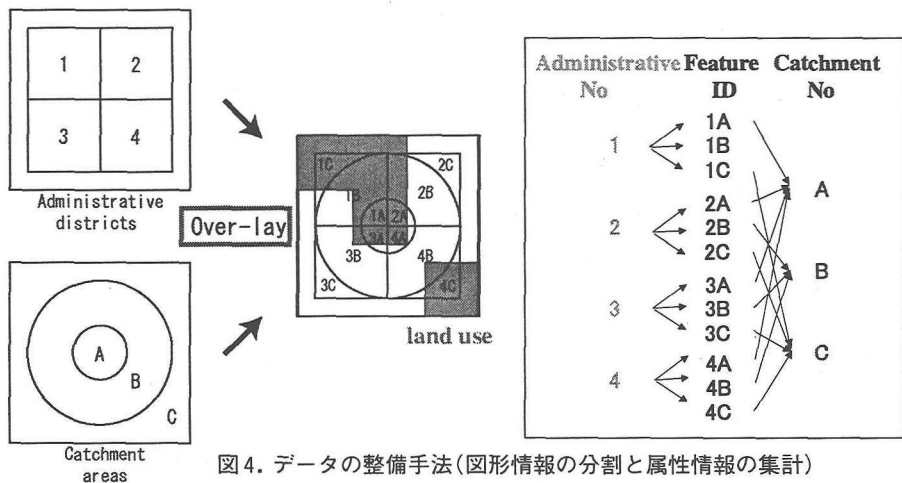


図 4. データの整備手法 (図形情報の分割と属性情報の集計)

表 2. 使用した原単位

Non-point			Household			Livestock		
	TN (kg/ha・y)	TP (kg/ha・y)		TN (g/capita・day)	TP (g/capita・day)		TN (g/head・day)	TP (g/head・day)
Forest	8.03	0.146	Night soil	7.1	0.73	Cattle	19.8	0.429
Paddy field	15.75	0.611	Others from household	2.3	0.33	Swine	9.3	0.84
Other farm land	93.08	0.197	Total	9.4	1.06	Poultry	0.101	0.0023
Urban area	14.09	0.73						

表 3. 各処理場での処理後排出率

Sewerage system	Night soil		Others	
	TN (%)	TP (%)	TN (%)	TP (%)
Agricultural use	10	1.23	-	-
Night soil-treatment facilities	60	50	-	-
Septic tank for only night soil	80	90	-	-
Septic tank	50	60	50	60
Sewer system	50	40	50	40

5. 結果と考察

図 5 は琵琶湖流入 26 河川について推定した TN 負荷をその排出源別に示したものである。また図 6 に推定した負荷と人口の比を開発前後で比較したもので流入河川の地域別に示したものである。

各河川について 2 時点で作定されており、これらの図から開発と対策の汚濁負荷の排出に対する影響を読みとることができる。南部ではこの地域での人口が大幅に増えたにもかかわらず、下水道整備により家庭からの負荷がそれほど増えていないことがわかる。このように結果を表現することで今後の研究、対策のために問題となる地点を判断することができ、流域を管理する上でより効果的な解析をし、適切な判断を下せることにつながっていくと考えられる。

6. まとめ

本論文では流域管理、特に任意の水汚濁物の流出機構を解明するために情報を統合化する方法論、またその際に GIS とデータベースソフトを用いることが膨大な情報を蓄積、処理、解析するのに有効であることを示した。またこれらの情報をもちいて窒素とリンの排出負荷の推定をし視覚的にも捉えることで今後の対策への一助となり得ると考える。

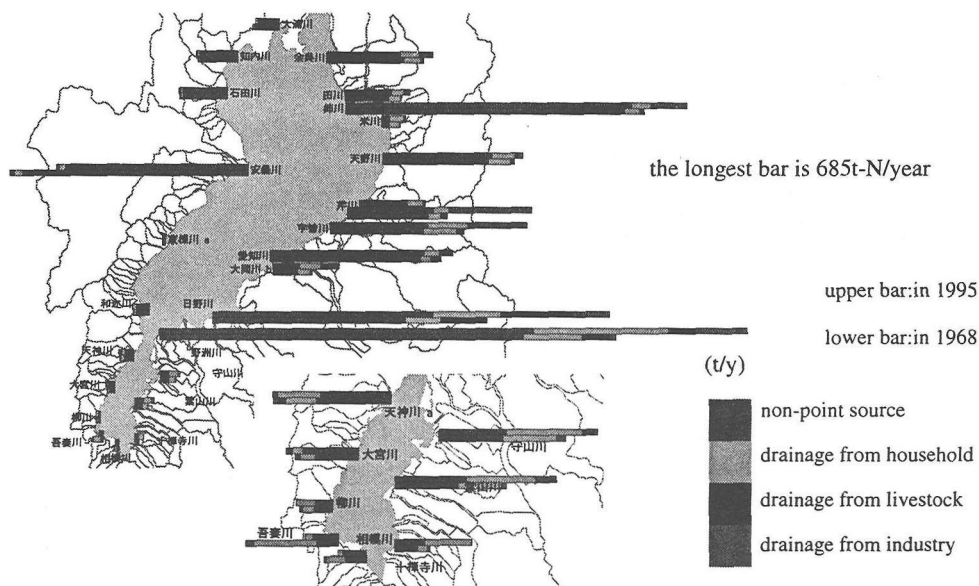


図5. 流域毎推定 TN 負荷量の開発前後の比較

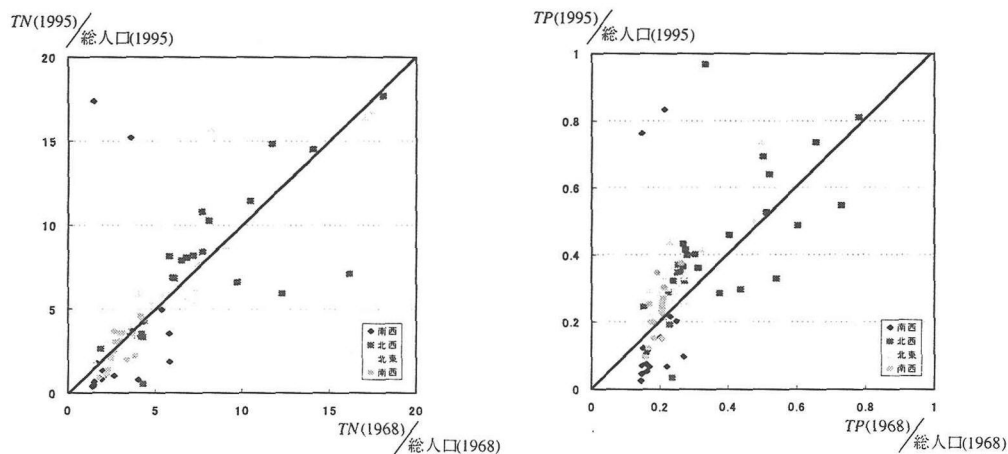


図6. 流入地点別河川の開発前後の比較

謝辞

本研究は株式会社クボタの寄付講座(水資源質総合計画講座)の研究成果の一部である。ここに関係各位に謝意を表す。

参考文献

[1] 国際協力総合研究所編：湖沼環境保全対策及び適正技術に関する調査研究，1990年3月

参考資料

[1] 経済企画庁：総合開発局：「淀川・紀の川・大和川利水現況図」国土調査課，1970

[2] 国土地理院：1/25000 地形図(昭和43年)

[3] 滋賀県：滋賀県 GIS

[4] 滋賀県企画部情報統計課：工業統計調査結果報告書(S43)，滋賀県，1969

[5] 滋賀県農林部：家畜飼養状況調査-草地面積及び飼料作物栽培状況調査，滋賀県，1996

[6] 農林省滋賀県統計調査事務所：滋賀県農林水産統計年報43年次，滋賀県農林統計協会，1970

[7] (株)三井造船システム技研：市区町村行政界地図および町丁目行政界地図