

# 第3回 環境容量シンポジウム

—土地利用・湖沼生態系と水質管理—

—Proceedings of 3rd Symposium on Aquatic Carrying  
Capacity and its Application—

期日 平成2年1月12日

会場 国立環境研究所

特別研究「環境容量から見た水域の機能評価と新管理手法に関する研究」  
シンポジウム報告

海老瀬潜一編

Edited by Senichi EBISE

THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁 国立環境研究所

## 序にかえて

(平成 2年 1月12日第 3回シンポジウムにおけるあいさつから)

所外の先生方にはおかれましては新年そうそうお忙しいところお集まり頂きましてありがとうございます。12月中旬に公共用水域の測定結果が環境庁から発表されまして、いわゆる生活環境項目の CODとBOD の達成率は63年度73.7%ということで、前年の62年度の70.1%と比較してやや数値としては上がりましたもの、63年度とくに降雨が多かったということで横ばい状態という判定でございます。特に本日のシンポジウムの対象になっております湖沼につきましては、依然として43.3%と低率でありました。また、N、P の環境基準に至りましては28.6%という低さでございます。私どもは特にこの湖沼の水質改善をねらいまして、52年度から特別研究を開始致しております。当初は富栄養化機構、富栄養化防止対策、続いて浄化を目標におきました自然浄化機能の活用ということで10年間の特別研究を続けて参りました。62年度からは環境容量を考慮した水質管理手法の確立ということを念頭におきまして平成 3年まで 5年間にわたる特別研究を組んでおります。そして現在 3年目を終わろうとしているところでございます。その内容につきましては前回のシンポジウムあるいはその前々回のシンポジウム等で前部長の村岡先生からお話をいただいておりますので詳細には申し上げることをひかえますが、サブテーマといたしまして環境容量の概念を導入した水域環境管理の研究、湖沼の物質循環速度と生態系管理に関する研究、バイオテク等新技術を応用した水域の浄化機能促進に関する研究、汚濁負荷流出管理に関する研究、複合利用湖沼の環境保全システムに関する研究という 5つのサブテーマを持ちまして研究を続けてきたところでございます。最初の62年につきましては第 1回シンポジウムをやらせて頂きまして、そのときのテーマが「環境容量の概念と応用」ということでもございました。昨年第 2回目は「流域管理と湖沼生態系管理」で、本日第 3回目を迎えたところでございます。本日は私どもの研究成果をも紹介させて頂きませんが、不十分な所につきましては所外の先生方にもお願いを致しまして相互に討論の出来るような仕組みで会を進めて行きたいと考えております。3つのセッションに分けて発表や討論を通してご検討頂くことになっております。

私どものこの特別研究は「環境容量から見た水域の機能評価と新管理手法に関する研究」という課題でございますが、構成は担当メンバーが33名にもおよんでおりますし、専門分野も非常に多岐にわたっており、課題もかなりの数に上っております。個別の研究は進んではおりますし、それぞれ成果は挙げているところではございますが、このような大きな課題を設定していたためにやや分散しているのではないかと言う感じも持っております。今後残された 2年にはもう少しねらいを定めた研究に絞って行く必要があるかと思っております。それは何であろうかと考えてみますと、やはり一言で申しますと、集水域と湖沼水域を一体にした水質管理手法が提案できなければならないと考えております。また具体的には湖沼水質の改善手法をもう少し具体的に提

案できなければならないのではないかと思います。このような目標を持ちまして残された 2年間に初期の目標が達成できるよう努力するつもりです。忌憚の無い意見を出していただきまして十分ご指導いただきたいと考えております。先ほど不破所長からもご紹介がありましたように、私どもの研究所は平成 2年度から新たに組織改革がございまして、地球規模は勿論のことこのような湖沼保全に対してもプロジェクトチームを作る予定です。その具体的なプロジェクトチームは湖沼保全グループ、水改善手法グループであり、今までの研究室と同レベルの組織として機能することになっております。そのほか関連する分野もございまして、このグループを中心といたしまして先ほど申しました目標に向かって努力して行くつもりでございます。どうぞよろしくお願い致します。

平成 2年 1月

水質土壌環境部長  
(現・水土壤圏環境部長)

須藤 隆一

# 目次

## I. 流域の土地利用と汚濁負荷流出

1. 湖沼流域管理のための支援システム…………… 1  
原沢 英夫 国立公害研究所 総合解析部  
(現・国立環境研究所・社会環境システム部)
2. ランドサットデータの植生・土地利用変化解析への応用…………… 15  
中根 周歩 広島大学 総合科学部
3. モデル地域の土地利用と環境保全機能の評価手法…………… 25  
三輪春太郎 農業環境技術研究所 環境管理部

## II. 自然浄化能の利用

4. 生活雑排水に含まれる界面活性剤に対する湿地の浄化能…………… 37  
稲葉 一穂 国立公害研究所 水質土壌環境部  
(現・国立環境研究所・地域環境研究グループ)
5. 畑地流出水中の窒素の水田における除去  
～休耕田活用の提案～…………… 47  
田淵 俊雄 茨城大学 農学部

## III. 湖沼生態系の変化と水質管理

6. 霞ヶ浦の水質の長期的変動について…………… 57  
河合 崇欣 国立公害研究所 計測技術部  
(現・国立環境研究所・地球環境研究グループ)
7. 霞ヶ浦の生態系構造変化と水質管理…………… 67  
春日 清一 国立公害研究所 生物環境部  
(現・国立環境研究所・地域環境研究グループ)
8. 八郎湖の水質・生物相変化と水質管理…………… 79  
三浦竹治郎 秋田県 生活環境部

## 資料…………… 90

1. 第3回「環境容量シンポジウム」参加者氏名一覧

## I . 流域の土地利用と汚濁負荷流出

# 1. 湖沼流域管理のための支援システム

原沢英夫（国立公害研究所・総合解析部）

## 1. はじめに

1985年3月より施行された『湖沼水質保全特別措置法（湖沼法）』により、現在までに霞ヶ浦、琵琶湖など7つの湖沼が対象湖沼として指定されている。指定湖沼については水質保全計画の立案と実施が義務づけられているが、盛り込まれるべき対策の内容としては、①下水道整備等の水質保全に資する事業の計画、②各種汚染源に対する規制等の措置、③湖辺の自然環境の保護等が挙げられ、これらの対策を総合的、計画的に推進すべきことが基本的方針として述べられている<sup>1)</sup>。

湖沼の水質改善がなかなか進まず総合的、計画的な対策の推進が強調されるに至った理由として下水道整備の遅れが指摘されているが、さらに諸対策が有機的に関連付けられて実施されてこなかった点も指摘できる。そこで対策相互の関連性を考慮し、地域の実情を踏まえた上で、対策効果を十分に発揮でき、また経済的にも有利な対策とすることが要請されているわけである。例えば、汚濁負荷の削減対策として下水道と合併浄化槽の共存問題が挙げられる。地域の状況を考えると必ずしも下水道の普及は得策でない場合や、逆に下水道の計画区域に近い人口の比較的まとまった集落が取り込まれていない場合などがある。また下水道では効果が発揮されるまでには多くの費用と比較的長い時間がかかる。一方地域住民の合意が得られれば合併浄化槽などは費用的にも安価で、かつ短期間でその効果を発揮できる。「総合的・計画的」とは、本来相互に補完すべき種類の対策を上手く組合せて、経済的にも環境的にも効果的な対策を立てることを意味している。

各種の対策を総合的・計画的な視点から実施するためには、対策の組合せやその効果を定量的に評価しえる道具（ツール）が必要になる。水域水質の管理にとどまらず、流域内の土地利用規制までも含めた流域管理への発想転換と、それを実施する科学的な行政を支援する情報やモデル等の活用が今後ますます重要になっていくと考えられる。

では、こうした環境行政を支援する道具についてこれまで検討がなされてきたかと言えば、かならずしも充分ではなかった。この理由としては、これまでの環境政策が典型7公害に代表されるような問題を中心としており、現象としても高濃度で局所的な汚染がその対象であった。この問題は依然として残っているが、湖沼汚染における生活排水の占める割合が増大しているように、最近の問題は広域・低濃度型の汚染がその対象となっている。公害規制や下水道のような局所・高濃度型の汚染を対象とした対策ではこうした広域・低濃度型の汚染への対応は無理な面がある。

広域を対象とする場合、その現況の把握や面的発生源の同定など、以前に比べてより多くの情報が必要になる。これをカバーするために各自治体では、広域環境管理を目指した情報システム

など計算機を活用したシステムを整備しつつある。しかし問題は集めた種々の情報をどのように加工・集約して広域環境管理に生かしていくかであり従来この種の情報を活用する方法についての研究は少なかった。

本研究は、環境容量に関する特別研究の一研究課題として、湖沼流域を対象として水質管理を行う上で情報の整理の仕方やその活用方法を検討し、実際の湖沼の水質保全計画の策定を支援するシステムを開発することを目的としている。現在開発中であるが、研究の目標や一部得られた成果について報告する。なお、流域管理の考え方については第2回環境容量シンポジウムで立命館大学の仲上健一先生が整理されている。また国連環境計画、国際連合地域開発センター、国際湖沼環境委員会が主催する『河川／湖沼を視野にいたした水資源管理』の研究プロジェクトでは、開発途上国を含めて流域管理の在り方を検討しているの、それらの報文も参照されたい<sup>2,3)</sup>。

## 2. 流域管理とその支援システム

現在開発を進めている支援システムは、湖沼流域の管理を支援するための道具として位置づけられる。図1はその概要を示したものである。一般的な水質管理計画策定の過程を簡単に示すと①発生活濁負荷量の現状把握、②発生活濁負荷量の将来予測、③削減すべき負荷量の地域や発生源への配分、④各種対策効果の比較、⑤対策の選定と実施手順の決定になる。図2では各過程で必要な情報の種類と手法、特にモデルについて示している。発生活濁量の現状把握や将来予測では、対象流域に点的・面的に存在する発生源に関する情報が必要になるとともに発生活濁の推定モデルが必要となる。一般に発生活濁量の推定モデルとしては原単位が用いられる。発生した汚濁負荷は排水路・小河川などを経由して河川・湖沼など公共用水域に流入したり一部は下水道を経由して終末処理場で処理された後に公共用水域に放流される。発生活濁の流出については、多くの場合晴天時、特に環境基準評価の目安となる低水流量時を対象としており、汚濁物質の流下過程における水質変化は流出率流達率或いは浄化率といった総括的な定数として扱われる。対策効果の評価については、汚濁削減量が下水道の整備や規制効果との対応で検討される。これまでに実施されてきた対策は多いが、下水道の整備や工場排水規制による汚濁負荷量の削減が主要な対策であり、その他の対策については一部試みに行われているか、或いは行政指導といった形で行われるためにその効果の評価は一般に困難な場合が多い。

こうした一連の過程を支援するために必要となる情報・データを一元的に管理するデータベースと、これらをもとに汚濁負荷発生、流出、水質変化を再現するモデルが連動する支援システムをつくることを目指している。このシステムにより雨天時を含めた河川水質や湖沼水質の将来予測が可能になり、さらに対策を行った場合の効果をモデルにより定量的に評価できる。

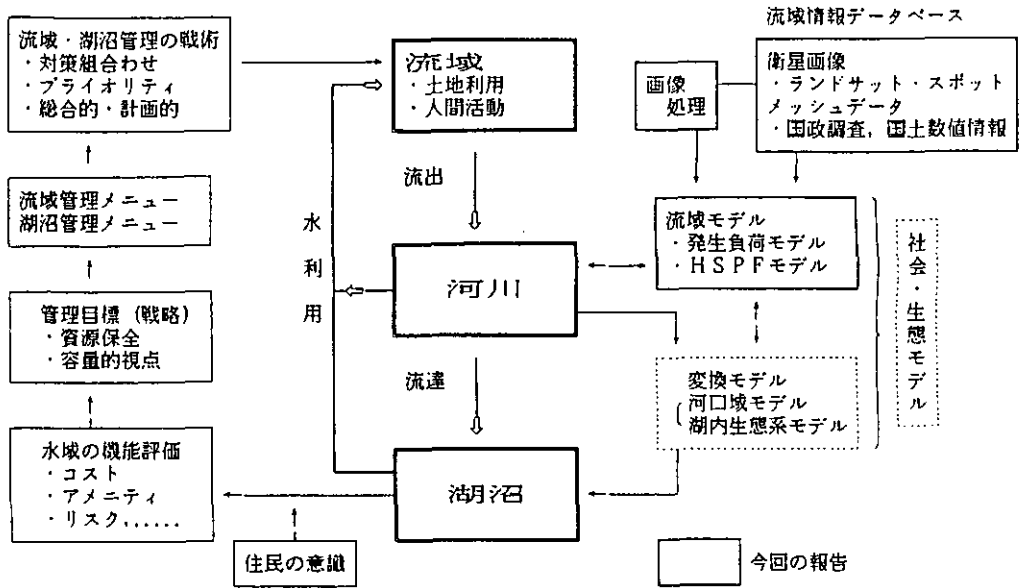


図 1 研究のフレームワーク

地域情報、発生源データ

水質管理計画策定プロセス

モデル・手法

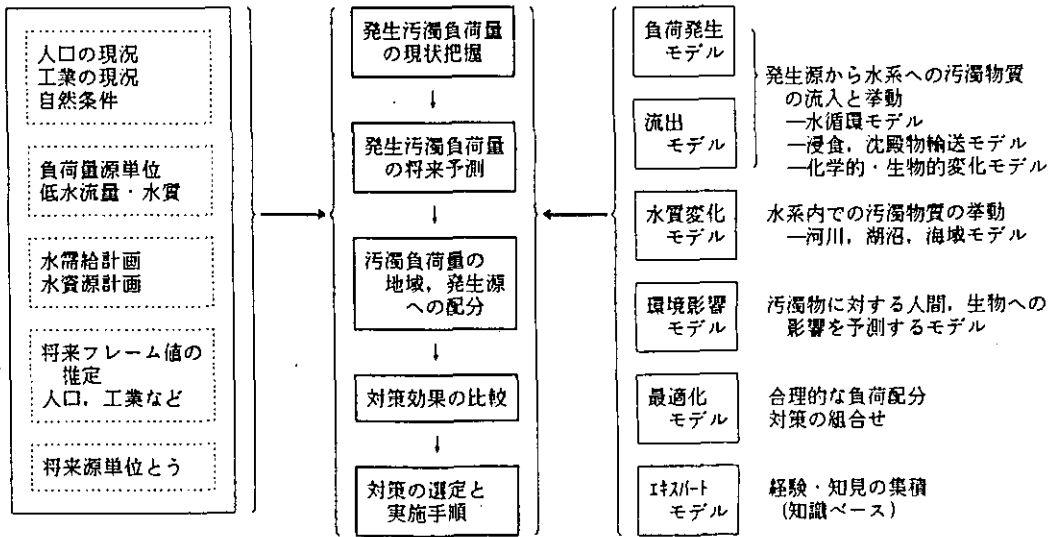


図 2 水質管理計画策定のプロセスと情報・データ、モデル・手法

### 3. 流域モデルの概要

汚濁負荷の発生・流出・水域における水質変化等を扱ったモデルは既に多くのものが発表されてきた。ただ多くの場合モデル作成そのものが目的であったり、また特定の調査・研究のみに利用することを目的とした単発的なものであったりする場合が多く改良を重ねてより使いやすい高機能なモデルへと発展させるといったことは我が国ではこれまでほとんどなされてこなかった。

この種のモデルは諸外国でも盛んに開発されており、最近ではワークステーションやパソコンを用いてシステム化をはかる傾向がみられる。各国で開発されたモデルを対象とする流域の大きさに応じて整理すると表1のようになる。例えば負荷発生モデル流出モデルなど個々の現象モデルを組合せて、流域内の諸活動が湖沼や河川の水質へどういった影響を及ぼすかを定量的に予測できるような流域モデルの開発が行われている。その代表的なものに本研究でも取り上げた HSPF や他に CREAM, メッシュモデルがある。

表 1 地理的スケールによるモデルの分類

	流域モデル	広域モデル	小流域モデル
対象範囲	200mile <sup>2</sup> 以上	200mile <sup>2</sup> 以下	支流域, 都市域
利用目的	流域水環境の問題点の明確化 発生負荷量の算定 スクリーニングモデル	— — —	小流域内の特定汚物の挙動 評価 種々の対策の評価
モデル例	CLENS Tetra Tech Corporationモデル	MRI-QUAL II-WRE モデル Area-Wide Assesmentモデル	この種のモデルは多数ある
モデルの構成要素 ・水収支 ・土壌侵食、流出 ・反応、輸送 ・水質変化	非点源負荷の推定は負荷関数が 用いられる  地表面、流水中のプロセスは一 般に水理的な輸送、一次反応に 限定される	発生負荷モデル <ul style="list-style-type: none"> <li>都市流出モデル (SWMM, STORM)</li> <li>農地流出モデル (NPS, ARM)</li> </ul> 水質モデル <ul style="list-style-type: none"> <li>河川水質モデル QUAL I, II, Auto QUAL</li> <li>DOSAG など</li> <li>湖沼水質モデル</li> </ul>	表面、中間、地下水流出過 程と水系内での過程  吸着、脱着、 揮発、分解 質の変化
その他	発生負荷量は USLE*から導か れた年平均発生量などマクロな データに基づいている	負荷流出、水質モデルを組み 合わせた総合的なモデルは少 ない(総合モデルとしては、 EXPLOR, USPF, LINSSE- CHNSED など)	非常に複雑で、比較的多量 なキャリブレーションデー タ及び計算時間が必要

\* USLE: Universal Soil Loss Equation

ここで取り上げた HSPF (Hydrological Simulation Program-FORTRAN<sup>41</sup>) は総合流域モデルとも呼ぶべきもので、降雨気温等の気象条件や地域の特性変数を入力することによって降雨の流出特性などの水循環過程や河川・貯水ダム・湖沼における非保存性物質(有機物質、栄養塩や農薬などの化学物質)や保存性物質の変化過程を追跡できるよう工夫されている(図3)。時間的に連続モデルであり、化学物質の挙動も追跡できるように設計されているので、化学物質のリスクアセスメントにも利用しうる。さらに比較的小流域から大流域までカバーできること、短期間(洪水)～長期間(低水流出)にわたる幅広い流出現象を扱えること、それと連動して水質変化を予測できることが特徴である。しかし、非常に大規模なモデルであるために設定すべきパラメータの数が多く、それらの決定(キャリブレーション)に相当労力を要すること、また気象条件など5分～1時間単位のデータが必要なことが欠点である。

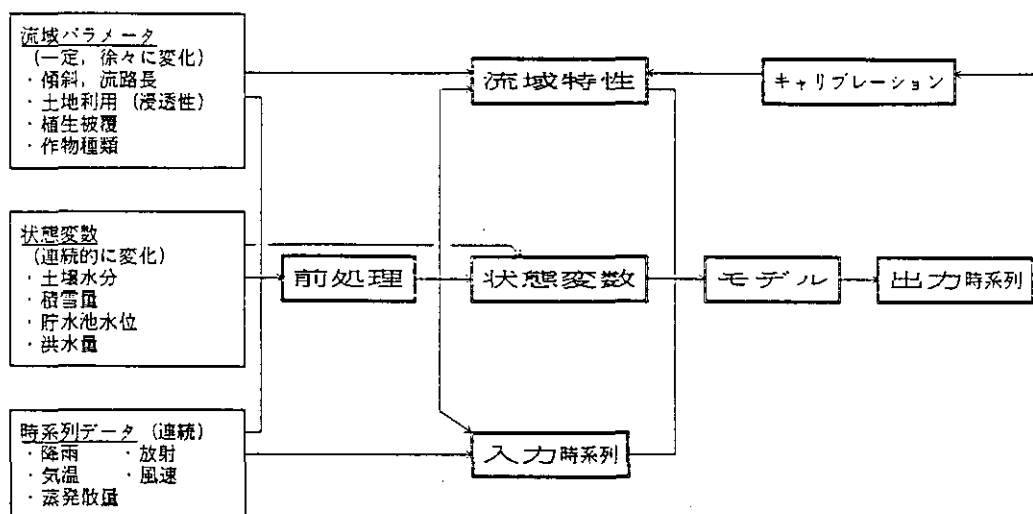


図 3 HSPF モデルの構成

HSPF モデルは米国環境庁 (EPA) が開発したものであり、多くの流域へ適用しながらモデルの改良を行なうとともに、一般の利用に資するようプログラムの提供と利用等の研修を行っている。最近ではこのモデルを使った研究報告もみられるようになった<sup>51)</sup>。

#### 4. 霞ヶ浦流域関連情報の整備

##### 4.1 流域・湖沼関連データ

国立公害研究所では設立以来霞ヶ浦の富栄養化現象を中心として種々の研究を行ってきており、多くの研究成果や研究の過程で収集した多種多様なデータを集積してきた。また霞ヶ浦については茨城県も関連データの蓄積や各種モデルを開発している。総務庁の人口データや国土地理院の

所管する国土数値情報も流域の状況を検討する際に多いに役立つデータである。これらのデータを一元的に管理し、先に述べたモデルとの接続も含めたシステム作りを現在進めているところであるが、当面ファイル化を考えている項目について表2に示した。さらに湖水質データやまた霞ヶ浦の環境史とも呼べるイベントデータを収集整理することにより今後流域の環境診断や管理方策の支援に大いに役立つと考えられる。

また、近年ランドサットやスポットなど人工衛星によるリモートセンシングデータ（多重分光データ）を流域管理へ応用する研究が多く見られるようになった。ランドサットの提供するリモートセンシングデータは、土地被覆状況や土壌水分等の推定など流域内の水循環過程に関与する情報を提供するものとして期待されている。もちろん国土地理院で作成している土地利用図に比べるとその精度は劣るが、最新の土地被覆状態が得られるなど、今後の流域管理を進める上で貴重な情報源となることは間違いない。本研究でもリモートセンシングデータの流域管理への活用を検討している。

#### 4.2 リモートセンシングデータの流域管理への活用

リモートセンシングデータの活用は多くの分野で進められており、特に現地での計測が困難な地域の土地利用や植生の把握などに威力を発揮する。本研究では、以下に示すような負荷発生・流出モデルのパラメータや初期条件の設定などモデルを効率的に運用する目的でリモートセンシングデータの活用を検討している。

##### ①土地被覆状態の把握

流域内の土地利用は降雨流出・汚濁物流出に大きな影響を与えるので、土地利用の現況把握や変化の予測は重要である。リモートセンシングデータからは土地被覆状態を推定できるのみであるが、これと人間活動を反映した土地利用との対応をはかる研究は多くなされている。従来の現地踏査や航空写真に基づく土地利用分類と比較すると、その精度は劣るが作成費用が30～40%減になること、またデータの更新が容易なことが利点として挙げられる<sup>5)</sup>。

##### ②モデルパラメータ及び初期条件の推定

土地被覆状態から HSPF モデルのパラメータを推定する試みも行われている。流出関連では地表面粗度、樹木による降雨遮断量、浸透能、水質関連では土地利用毎の汚濁負荷の発生原単位などに関するパラメータの推定が可能であるとしている。推定の方法は、予めリモートセンシングデータより求めた土地被覆状態とパラメータの関係を関数化しておき、この関係を用いて新たに得た土地被覆状態よりパラメータの値を推定し、次いで対象流域について集約化する手順を取っている。

##### ③土壌水分など水循環関連データの推定

リモートセンシングデータの適用可能性の高いものとして、土壌水分、土地表面温度、積雪分布や反射特性などの推定が期待されている。

表 2 霞ヶ浦流域データベース（データ項目一覧）

● 今回のデータベース化対象データ V:数値データ, C:カテゴリーデータ, L:線データ, P:面データ DK: ディスク, MT: 磁気テープ

	ファイル名	テラ	タイプ	集計単位	出典	集計項目
社会・経済	● 国勢調査（人口）	V	MT	メッシュ	総務庁	総人口
	● 工業統計	V	MT	市町村	通産省	規模別事業所数、従業員数、現金給与総額、現材料使用額、製造品出荷額、粗付加価値
	● 商業統計	V	MT	市町村	通産省	商店数、従業員数、年間販売額 —— 小売業、卸売業、飲食店
	● 農業地域構造分析	V	MT	市町村	農林水産省	耕地面積（田、畑、樹園地、牧草地）、作付延べ面積、作物別作付面積、作物別収穫量、家畜別飼育戸数、飼育頭数
	● 土地利用面積	C	MT	メッシュ(100m)	国土地理院	田、畑、果樹園、森林、荒地、建物用地A・B、幹線交通用地、他用地、遊名、河川A・B、海浜、海域(15)
発生負荷量	● 生活排水	V	DK	メッシュ & 小流域	茨城県	住宅系・非住宅系 人口（換算人口）、発生負荷量、排出負荷量 〔下水、合併・単独浄化槽、くみとり、自家処理、雑排水無処理放流〕
	● 工場排水	V	DK	メッシュ & 小流域	茨城県	産業中分類別・処理形態別の排水量及び原単位から求めた排出負荷量 （食料・皮革、繊維、衣服、木材、家具、紙製品、印刷、化学、...）
	● 畜産排水	V	DK	メッシュ & 小流域	茨城県	A. 排出水量基準を超える特定事業場排水 B. 排出水量基準に満たない製造業排水 C. 排出基準に満たない特定施設非製造業 牛・豚の処理形態別頭数 （無処理、農地還元、埋却野積、菜畑貯溜、浸透蒸散処理、高級処理、販売・譲渡）
	● 養殖排水	V	DK	メッシュ & 小流域	茨城県	コイ生産量、養殖負荷量
	● 系外からの負荷	V	DK	メッシュ & 小流域	茨城県	流域外からの導水
	● 農地その他の排水	V	DK	メッシュ & 小流域	茨城県	くみとり、下水道の取り込み
	● 表面被覆状態（土地利用）	C	DK	メッシュ(120m)	リモセン	田・ハス田、畑地、森林、市街地、水部（湖、河川）
物理的諸元	● 標高・起伏	C	MT	メッシュ	国土地理院	平均標高、最高標高、最低標高、起伏量
	● 表層地質・地形分類・土壌	C	MT	メッシュ	国土地理院	表層地質 未固結堆積物、半固結堆積物、火山性岩石、深成岩、その他(54) 地形 山地、丘陵地、火山地、台地、低地、その他(24) 土壌 岩石土、岩屑土、未熟土、ポドゾル土、褐色森林土、赤黄色土、黒ボク土、褐色低地土、グライ土、泥炭土、灰色土(54)
地図情報	● 都市計画位置	L,P	DK	線、面	国土地理院	市町村界（線画）、市町村界（ラスターデータ）
	● 流域界（霞ヶ浦全域）	L,P	DK	線、面	国土地理院	流域界（線画）、流域界（ラスターデータ）
	● 〃（恋瀬川流域）	L,P	DK	線、面	国土地理院	〃
	● 流路位置	L	MT	線	国土地理院	基準化データ
気象	● アメダスデータ	V	MT	点	気象庁	時間雨量、風速、気温、日照時間——時間値、日平均
	● 蒸発散量（観野）	V	F,P	点	気象庁	日あたり蒸発散量
水質・量	● 小根川、大作沢、寺山沢	V	F,P	一雨	公害研究所	流量、水質（モデル検証）
	● 恋瀬川	V	F,P	一雨	〃	〃
	● 河川水質	V	MT	点	環境庁	水質（環境基準項目）、月別平均値
	● 河川流量	V	MT	点	建設省	日流量

基本となる土地被覆状態の分類では、分類方法に唯一絶対的な方法は未だなく、対象地域の特性に応じて分類手法を選定している。ここでは、飯倉・安岡が開発した最良線形判別関数による方法<sup>7)</sup>を取り入れた画像処理システム (IPSEN-RICA/VAX) を用いた。このシステムでは、ランドサットによる遠赤外を除いた 6チャンネルの TM (セマティックマップ) データを原データとして対象地域を抽出、表示した上で土地被覆状態を分類するための領域 (トレーニングエリア) を設定し、そこでの TM の値と別途得た土地利用カテゴリーをもとに最良線形判別関数を求めて判別するものである。

解析結果の一部について試験流域としている恋瀬川について示したのが図 4 である (1986年11月10日のデータ)。土地被覆状態のカテゴリーは森林地、水田 (ハス田を含む) 畑地、市街地及び水部の 5分類である。またトレーニングエリアの土地被覆類型については土地利用現況図を参考にして設定した。図の右上はフォールスカラー表示、図の左上は判別結果、図の左下はトレーニングエリアの位置を示したものである。この土地被覆状態とモデルのパラメータ及び初期条件など入力条件として重要な項目については今後現地でのグラントルースを含めて検討を加える予定である。

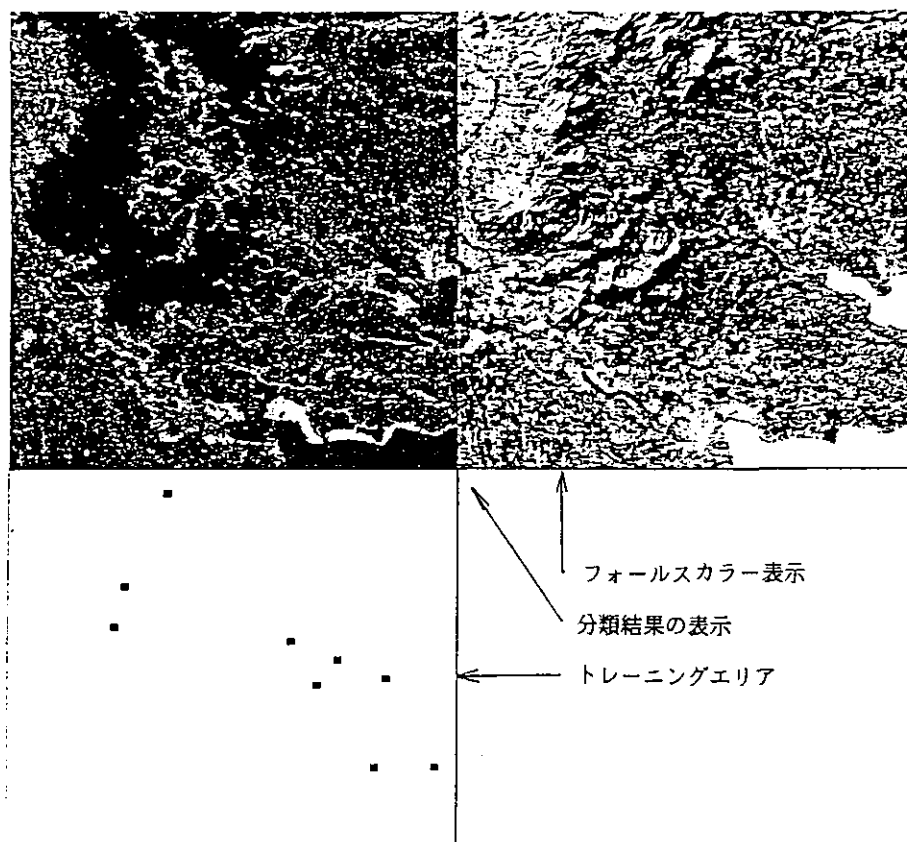


図 4 恋瀬川流域の土地被覆分類の結果

## 5. 流域モデルの応用

### 5.1 発生負荷モデル

発生負荷を推定するモデルでは、発生源毎に活動強度と発生原単位を乗じて発生負荷量を求める。例えば、生活系の排水については活動強度として人口をとり、これに一人あたりの汚濁発生原単位を乗じて負荷量を求める。また工場排水については工場出荷額や従業員数をベースに産業中分類別の発生原単位を乗じることによって求める。負荷算定の空間単位としては、市町村、小流域、標準メッシュがとられる。茨城県では、富栄養化防止計画策定に際して発生負荷量の推定のためにメッシュ単位のモデルを作成している。ここでは、他のデータが標準メッシュ単位のものが多いため茨城県のモデルを採用した。このモデルは標準メッシュ単位で発生源毎に COD、窒素、リンを推定するもので、この種のモデルとしては相当詳細なモデルであり、データの収集・加工に相当労力と費用がかかっている。しかし発生負荷量の推定にとどまっておき、流出・水質変化のモデルとの連携は取られていないこと、またデータの収集・加工が膨大なためにデータを更新は行われていない。このモデルを利用して霞ヶ浦流域の小流域毎に COD の排出負荷量について算定し表示したのが図5である。

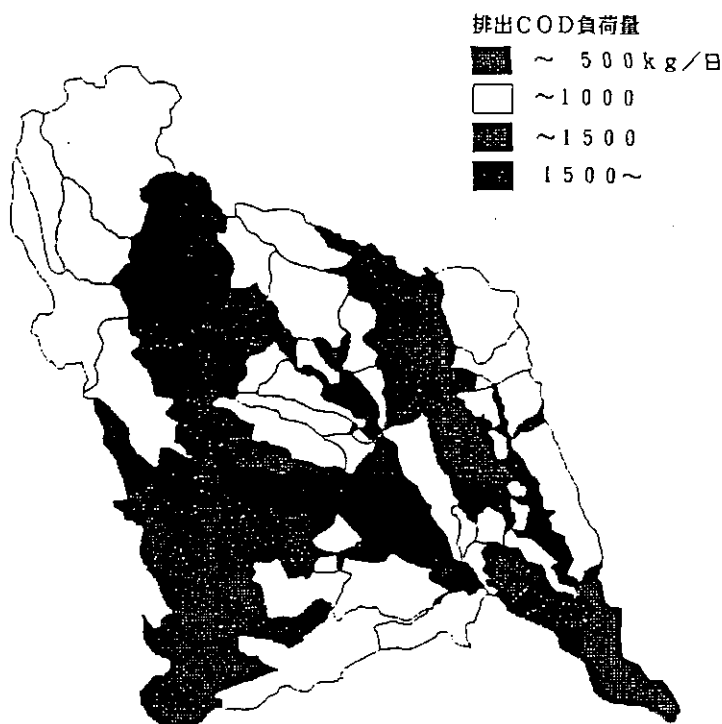


図 5 排出 COD 負荷量の分布

## 5.2 HSPF モデル

HSPF モデルの適用を行う準備段階として小流域における一雨降雨を対象としてキャリブレーションを行った。恋瀬川流域内の小桜川、大作沢などについてはこれまでの調査から一雨降雨時の流量と水質のデータが得られている<sup>8)</sup>。今回はこれらのデータをもとにモデルパラメータの検討を行った。対象とした小桜川の状態を図6に示している。対象とした降雨は1986年12月19日の合計32mmの降雨である。

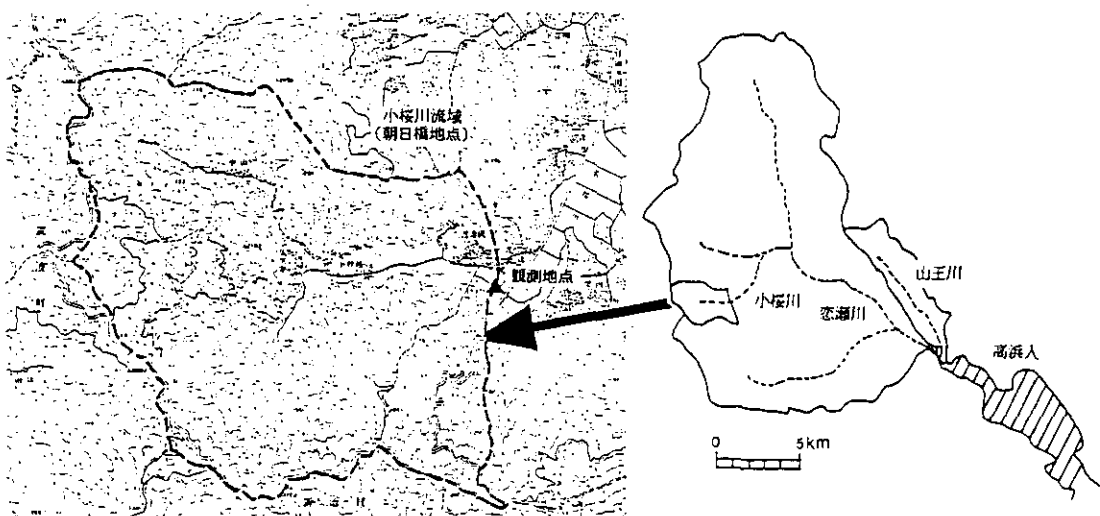


図 6 恋瀬川流域と小桜川流域

### ①シミュレーション結果

シミュレーションの入力データとしては、降雨データ（アメダスの時間値、柿岡地点）及び可能蒸発散量（日総量、高層気象台（館野））を用いた。まず一年間の総降雨量や総流出量のチェックを行うために2年間のデータを用い後半の一年間の計算結果をもとに集計した結果を表3に示した。年間降雨量1430mmのうち流出高が706

mm、蒸発散量が607mmとなっている。図7は対象とした降雨時の実測流量と予測値を比較するためにプロットしたものである。HSPF モデルでは中間流出や地下水流出もシミュレートしているが、ここでは流出量のピーク及び全体のパターンの相似性をもってキャリブレーションの良否を判断している。また降雨データのサンプリング間隔である一時間を時間ステップとしたが、時間単位を15分へ変換したデータについて行ったシミュレーションでもほぼ同様な結果が得られた。次に示す土壌流出など水質の予測では15分間隔のシミュレーションが基本になる。

表 3 降雨・流出量の収支

(1)降雨量	1430 mm
(2)地下水流出高	477 mm
(3)中間流出高	110 mm
(4)表面流出高	119 mm
(5)総流出高	706 mm
(6)総蒸発散高	607 mm

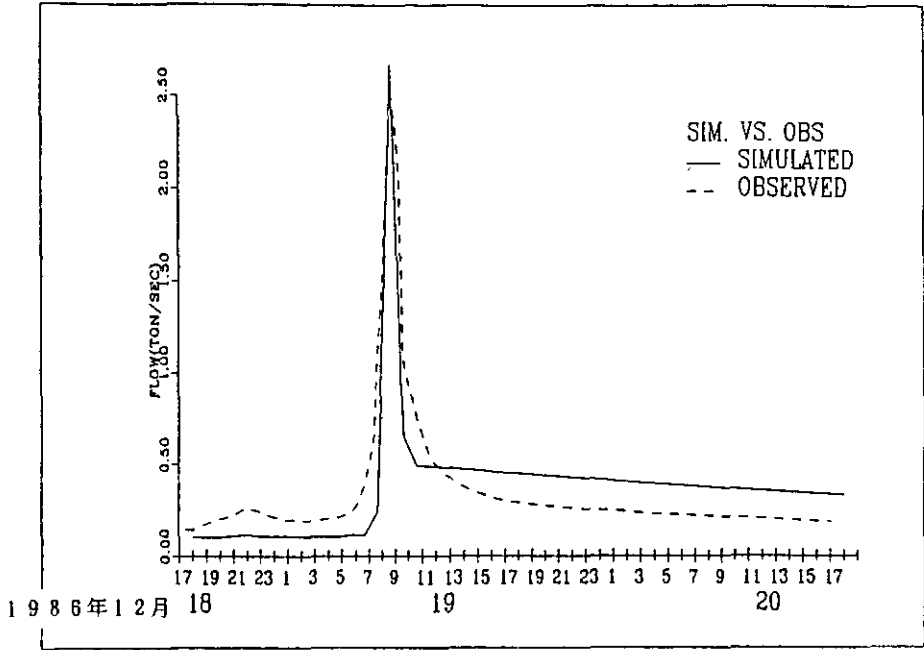


図 7 HSPF による流量の計算結果の例

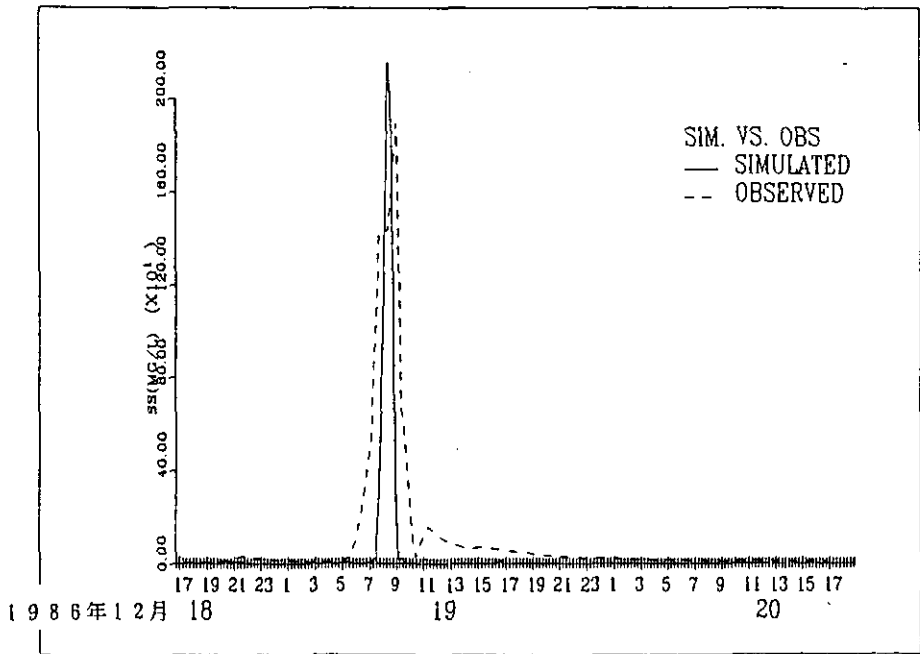


図 8 HSPF による SS の計算結果の例

## ②浮遊性物質のシミュレーション結果

HSPFモデルは、広範な水質成分についてのモデル化が可能である。第一段階として浮遊性物質(SS)のシミュレーションを行った。HSPFモデルでは土壌粒子の流出を扱えるので、土壌流出量を流量で除した値をSS濃度とした。図8に計算結果の一例を示したが、土壌粒子の流出の結果では、晴天時にはほぼ0となり降雨時にピークがでることが特徴である。土壌粒子の挙動は化学物質や窒素、リンなど水質項目の懸濁態成分を扱う上で重要な役割を果たしており、その予測の精度が水質予測に大きく影響する。

## ③各種の対策の評価

HSPFモデルを用いた予測では、各種対策の効果を評価する時には、対策に応じてパラメータや入力データを変化させることになる。対策とパラメータ値との対応関係を文献<sup>9)</sup>を参考に示すと表4のようになる。特に土地利用の変化や都市化による不浸透域の増加、下水道の建設による汚濁負荷量の削減などは降雨や汚濁物流出に大きな影響を与えると考えられるので、モデルによりこうした流域内の変化が環境に与える影響の定量的な評価が可能になる。

表 4 HSPF を用いた水質汚濁防止対策の評価方法

水質保全対策	モデルでの表現
(1)下水道・工場排水処理	河川への点源排出量の変更
(2)流水曝気	河川への酸素の点負荷
(3)土地利用変化	現在の土地利用カテゴリの相対的割合の変更
(4)貯水池管理折(水供給、発電、洪水制御、水質制御)	既存の貯水池の操作ルールカーブや需要量に応じた放流量を変更
(5)貯水池適地選定	現在の流路部分を計画の貯水池に変更
(6)流量増加、流路変更	特定の流路/貯水池部分へ流入・流出量を変更
(7)降雨による増加	降雨量、持続期間、強度を再設定
(8)汚濁負荷の配分	許容排出負荷を現在/想定される排出者間に分配
(9)河川改修(堤防、流路変更)	特定の河川部分の流況を変更
(10)洪水排除と管理	計画で考慮された対策(貯溜/処理、路面清掃)
(11)都市や農地の最良管理対策(BMP)	各BMPの設定された対策や基本状態との差異
(12)土地/土壌崩壊(建設、鉱山、森林廃棄物処分)	特定のタイプの崩壊をもたらす条件

## 6. おわりに

現在進めている総合的・計画的な湖沼水質管理を支援するためのシステム作りを紹介するとともに途中結果を示した。従来個々の現象について行われてきた研究や行政的な調査をまとめる作業とも言え、データの整合性やモデルのパラメータ設定など多くの検討すべきことが残されている。今後はさらに作業を進めるとともに、小流域から中流域(恋瀬川)、さらに霞ヶ浦流域へと適用を進めた上で、種々の対策の効果を定量的に評価する予定である。

## 引用文献

- 1)環境庁(1989):環境白書,昭和63年度版.
- 2)仲上健一(1989):流域構造と流域管理.第2回環境容量シンポジウム報告,pp.15-22.
- 3)UNEP・UNCRD・ILEC(1988,1989):湖沼・河川流域に配慮した水環境資源管理に関する研修セミナー報告書.
- 4)U.S. Environmental Protection Agency(1980):Users Manual for Hydrological Simulation Program-Fortran(HSPF),EPA-600/9-80-015,Environmental Research Laboratory, Athens, Georgia.
- 5)Franz, D.D. and S.M.Lieu(1981):Evaluation of Remote Sensing Data for Input into Hydrological Simulation Program-FORTRAN(HSPF),EPA-600/3-81-037,p.96.
- 6)Ng, H.Y.F and J.Marsalek(1989):Simulation of the effects of urbanization of basin stream flow,Water Resources Bulletin,25(1),pp.117-124.
- 7)飯倉善和・安岡善文(1988):最良線形判別関数を用いた多重分光画像の効率的な自動識別計測.自動制御学会論文集,24(3),pp.8-15.
- 8)海老瀬潜一(1988):流域からの無機イオン流出負荷量原単位と流出特性.国立公害研究所研究報告,第116号,pp.111-131.
- 9)U.S. Environmental Protection Agency(1984):Application Guide for Hydrological Simulation Program-Fortran(HSPF),EPA-600/3-84-065,Environmental Research Laboratory, Athens, Georgia.