

◆ 特集：自然共生型流域圏・都市の再生 ◆

流域を単位とした水循環・物質循環モデルの開発

安田佳哉* 藤田光一** 大沼克弘*** 田中伸治**** 鈴木宏幸***** 辻倉裕喜*****

1. はじめに

1.1 研究の目的

現在、流域圏の健全性の評価や管理のため、各種の水循環・物質循環モデルが開発されている。しかし、それらのモデルは互換性に乏しいため、共通の土台に立ったモデルの確立が待たれている。本研究は、関係する機関、団体のデータやモデルの互換性を担保しつつ、流域での水循環・物質循環を分析し、政策立案を支援するシステムを開発するものである。

1.2 モデルに求められる条件

本研究のモデル構築にあたっては以下の条件を満たす必要がある。

- (1) GISデータベースをプラットフォームとする
別途整備を進めているGIS化された基盤情報情報をプラットフォームとすることにより、適宜更新されるGISデータベースを利用することができる。
- (2) 様々な施策効果の評価に資することができる
湧水の復活、泳げる川等の施策目標を達成するために行う施策（下水道整備、下水処理の高度化、雨水貯留・浸透施設の整備、合流式下水道の改善等）の評価が可能又は知見の進展により発展性があるモデルであり、高水から低水まで再現が可能でなければならない。さらに、比較的ラフな上位計画段階での施策からより熟度の高い施策まで、広範な施策の評価ができなければならない。

- (3) オープンソースをめざすものである
将来的には様々な方々に活用できるように、インターネットでの公開をめざしている。そのため、パラメータが比較的少なく単純なモデルとし、一般の方にも使いやすい、計算結果が見やすいユーザーインターフェイスを併せて作成している。

- (4) 広域への拡張が可能である

将来的には東京湾等、より広域的なモデルに発展させていくことを予定しているため、広域的なモデルへの発展が可能なモデルを構築している。

1.3 本研究の対象流域

都市的な流域と農村的な流域が比較で

きる霞ヶ浦流域と、都市化が進展している鶴見川流域を対象に、水循環・物質循環モデルの構築を進めてきた。今後は東京湾流入河川、利根川、琵琶湖・淀川流域についても取り組む予定である。

2. 霞ヶ浦流域を対象とした水循環・物質循環モデルの構築

2.1 モデルの概要

モデルは大きく、流域モデルと湖沼モデルに分けられる。流域モデルは自然系水循環の流出過程を表現する分布型流出モデル¹⁾をもとに、農業・工業・生活等の用水・排水といった人工系水循環を組み込み²⁾、さらにその水を介して流動する栄養塩等の物質循環を表現するモデルを組み込んだもの³⁾である。扱う物質は窒素・リン・CODとなっている。モデルの構造は、霞ヶ浦流域を約1km×1kmの1,811メッシュに分割し、鉛直方向に上から表層・不飽和層・地下水層（浅）・地下水層（深）の4層に重ね合わせた構成となっている（物質循環モデルは地下水層（深）を除く3層）。水平方向の移動は全メッシュに落水線に沿って設定された河道モデルによって表現し、物質の流動は各層における吸着・脱着と、河道における掃流・自浄作用を表現している。モデルの概念を図-1に示す。

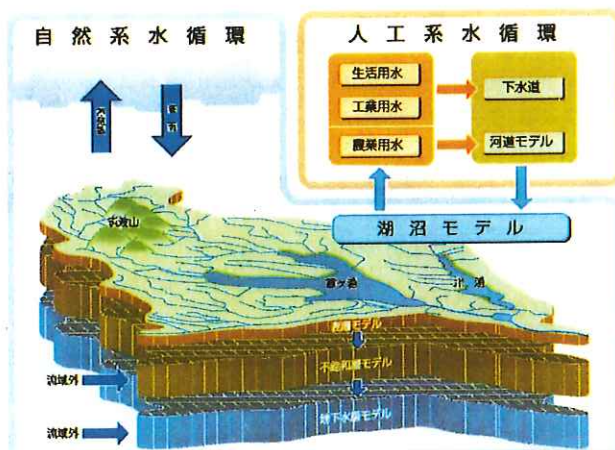


図-1 モデルの概念

一方湖沼モデルは、流域モデルから湖沼への水・物質の流出を受け、霞ヶ浦の湖内の状態を表現する。構造は霞ヶ浦を図-2に示すような7つのボックスに分割しており、扱う反応経路は溶存栄養塩・懸濁態有機物・植物プランクトンの溶出・沈降・分解・光合成・呼吸・枯死等としている。モデルの概念を図-3に示す。

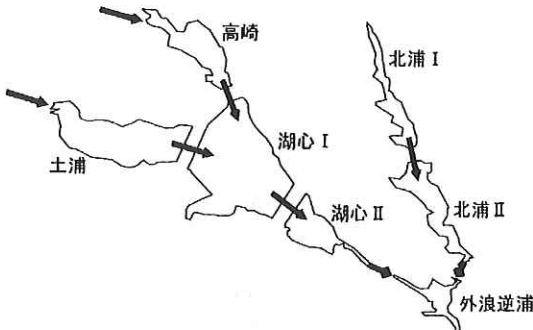


図-2 霞ヶ浦のボックス分割

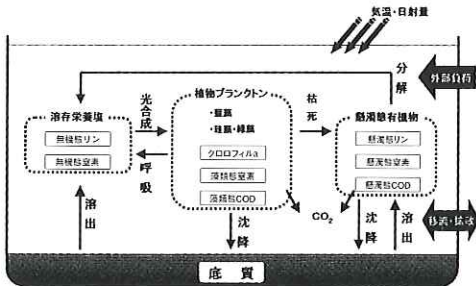


図-3 湖沼モデルの概念

2.2 ユーザーインターフェースの開発

水物質循環モデルは構築して現況を再現することだけが目的ではない。それを利用して流域管理の実務に活用することを目指すものである。現在様々な水理水文モデルが開発されているが、パラメータ設定などはモデルの構造をよく理解した開発者にしかできなかつたり、担当者が異動すれば利用されず放置されてしまつたりすることが多く、優れたモデルを開発しても結局広く利用されないことが多い。この状況を改善し国内だけでなく国際的にも競争力のあるモデルとして幅広く利用されるためには、初めてモデルを利用する者にも理解しやすいインターフェースを開発する必要がある。これに求められる要件として、①直感的に理解しやすいグラフィカルなインターフェースであること、②入力データの指定、フォーマット変換、パラメータ設定、結果の可視化等の作業を省力化できること、③将来のデータの更新にも対応できること、などが必要である。本研究では、これら

の要件を満たすよう、ユーザーインターフェースの開発を行った。

図-4に本研究で開発したユーザーインターフェースの例を示す。利用者はマウス操作により容易に施策の条件設定・モデルの実行・結果の表示等を行うことができる。モデルの構築と同時にこうしたインターフェースを整備することにより、モデルを構築した専門家だけでなく、実務でモデルを利用する行政関係者や結果を提示される流域住民にも、理解しやすく普及しやすいモデルになると考えられる。

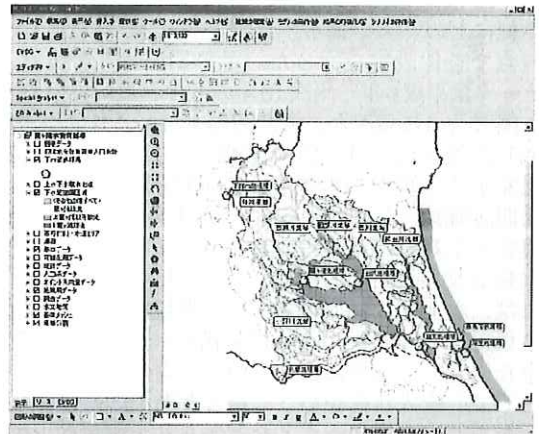


図-4 ユーザーインターフェースの例

2.3 政策シナリオの評価

構築したモデルは、政策シナリオの評価に活用するものである。したがって、モデル自体の精度を向上させることは重要であるが、精度は実施する政策のレベルに応じたものがあればよいと言える。

霞ヶ浦では、昭和40年代後半から水質汚濁が進行したため、湖沼水質保全特別措置法に基づいた湖沼水質保全計画が策定されている。現在その第4期の計画が平成13年度から平成17年度の期間で進行中であり、下水道整備の促進、流入負荷対策、面源負荷対策等を行うことにより、霞ヶ浦の水質を現況のCOD8.1mg/lから7.4mg/l(年平均値)に低下させることを目標にしている。さらに、中期的には霞ヶ浦で泳ぐことができた昭和40年代の水質(COD5mg/l)、最終的には環境基準(COD3mg/l)(75%値)の達成を目標にしている。

こうした水質保全計画のような政策立案を支援するツールとして水物質循環モデルが利用されることを想定して、簡単な仮定に基づくシミュレーション計算を行った。霞ヶ浦の水質目標は、①現況(COD8.1mg/l)、②第4期湖沼水質保全計画完了時(COD7.4mg/l)、③昭和40年代の水質(COD5mg/l)、④環境基準(COD3mg/l)の4段階に大別される。これらを、流域の人間活動を

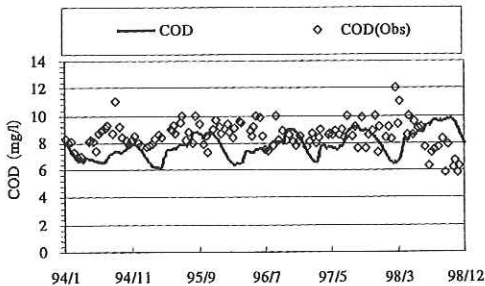


図-5 湖心のCOD (現況)

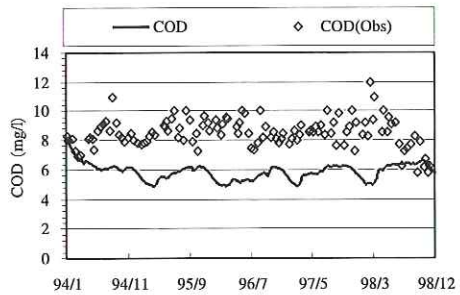


図-6 湖心のCOD (活動70%減)

単純にどのくらい縮小すれば達成できるかという観点で条件設定を行った。計算期間は5年間で、データは平成6年～平成10年のものを用いている。

図-5と6に現況と、人間活動を現況より70%削減した場合における霞ヶ浦湖心のCODの計算結果を示す。現況の再現ではCOD8.6mg/lに対し、人間活動削減時では6.0mg/lであり、流域の生活・農業・工業等の人間活動が縮小されることにより水質は改善されることが分かる。しかし言い換えれば、現況より70%削減という非現実的とも言える仮定をおいても、昭和40年代の水質すら達成できないという結果になっている。この要因の一つとして、流入負荷が小さくなると湖沼の底泥から新たな溶出が増えることなどがあり、水質向上のためには、流域管理とあわせて湖沼内部の対策も必要であることが伺える。このような政策シナリオのシミュレーションを通じて、政策の立案・判断、情報提供等に利用できるツールとなることを目指している。このような政策シナリオのシミュレーションを通じて、政策の立案・判断、情報提供等に利用できるツールとなることを目指している。

3. 鶴見川流域を対象とした水循環・物質循環モデルの構築

鶴見川流域についても水循環・物質循環モデル構築、ユーザーインターフェイスの開発、政策シナリオの評価にとりこんでいる。霞ヶ浦の流域モデルと比較し、パラメータの数を減らし、広域的なモデルへの発展に対応できる等ツールとしての改良を試みている。ここでは、主に水循環・物質循環モデルの構築について、霞ヶ浦流域モデルと比較しながら記述する。

3.1 モデルの概要

これまで、開発してきた霞ヶ浦流域モデルは、モデル実行のためのパラメータの数がやや多かった。

そこで、鶴見川流域を対象とした水循環・物質循環モデル（以下、鶴見川モデル）では、主なパラメータは、浸透能、透水係数、有効間隙率、貯留係数のみとし、パラメータの数を少なくした。モデルの概要は図-7のとおりである。地下水についてはFEMによる地下水流動解析を行い、地表流・水質についてはKinematic Wave法とL-Q式による水量・汚濁負荷解析を行った。

流域を任意のグリッド及び三角形要素に区分したFEMの分布型モデルとすることにより、自在に要素分割ができるため、1.2で述べた条件のうち(4)にも対応できるものとした。

4. まとめと今後の課題

4.1 これまでの成果

霞ヶ浦流域、鶴見川流域を対象に水循環・物質

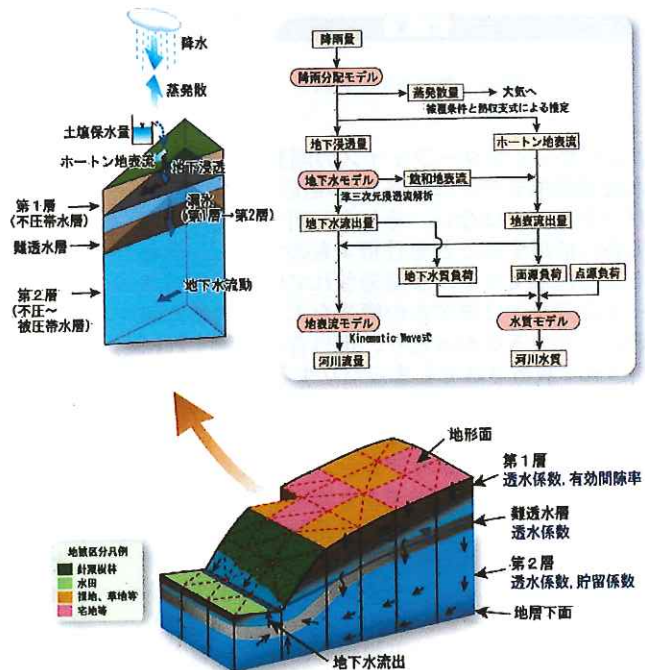


図-7 鶴見川モデルの概念

循環モデルを構築し、ユーザーインターフェイスを開発し、これらを用いて政策シナリオの評価を行った。

4.2 今後の予定

今後は陸域の対象流域を東京湾流入河川や利根川、印旛沼に拡張するとともに、現在構築中の東京湾水質予測モデルとリンクさせることにより、政策シナリオの評価を河川だけでなく海域も含めて行う予定である。

さらに、琵琶湖・淀川流域についても平成15年度に着手する予定である。

4.3 今後の課題

今後の課題としては以下の点が挙げられる。

(1) 関東地方のデータベースをインポートできるモデル構造とする

関東地方全域を対象として整備を進めている共通基盤GISをインポートできるモデル構造に修正することにより、東京湾流入河川や利根川に対象地域とした水循環・物質循環モデルを構築する際に広域的に整備された既存のデータベースを活用することができる。

(2) 要素数の限界

鶴見川モデルをより広域に拡張させる場合、計算時間の制約等からFEMの要素数に限界が出てくる恐れがある。

(3) モデルの全体構造

モデルをより広域に拡張させた場合、東京湾全流域でのマクロ的検討と其中的サブ流域でのミクロ的検討の双方のスケールで検討できるモデル構造としていく必要がある。

(4) 合流改善、雨水貯留・浸透施設整備等の施策の評価

これまで構築してきた霞ヶ浦モデル、鶴見川モデルでは、合流式下水道の改善や雨水貯留・浸透施設整備等の施策による効果を算定することができない。これらの施策の評価を行うためには、別途実証等による研究を行う必要がある(別途報文「都市内水循環における雨天時汚濁負荷流出現象の影響解析」参照のこと)。

参考文献

- 1) 吉野文雄、吉谷純一、堀内輝亮：分布型流出モデルの開発と実流域への適用，土木技術資料，Vol.32-10，pp54-59，1990
- 2) 安陪和雄、大八木豊、辻倉裕喜、安田佳哉：分布型流出モデルの広域的適用，水工学論文集，第46巻，pp247-252，2002
- 3) 辻倉裕喜、安陪和雄、大八木豊、田中伸治：湖沼流域管理のための総合的な水循環・物質流動モデルの構築，水工学論文集，第47巻，pp217-222，2003

安田佳哉*



財団法人ダム水源地環境整備センター研究第一部長
(前 国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部河川環境研究室長)
Yoshiya YASUDA

藤田光一**



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部河川環境研究室長
Kouichi FUJITA

大沼克弘***



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部河川環境研究室主任研究官
Katsuhiko OHNUMA

田中伸治****



東京大学生産技術研究所助手
(前 国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部河川環境研究室研究官)
Shinji TANAKA

鈴木宏幸*****



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部河川環境研究室研究官
Hiroyuki SUZUKI

辻倉裕喜*****



株式会社建設技術研究所大阪支社河川部
(前 国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部河川環境研究室交流研究員)
Yuuki TSUJIKURA