

湖沼における水質シミュレーションモデルの役割

シミュレーションモデル(生態系モデル)によって、手賀沼等の水質改善効果の検証例を紹介します。あわせて、モデルの役割と今後の課題についても紹介します。

湖沼水質の環境基準とシミュレーションの役割

湖沼の水質汚濁状況は、COD(化学的酸素要求量)濃度で評価され、環境基準値が設定されています。一部の湖沼ではCODの上昇要因と考えられる窒素やリンについても基準値が指定されています。

湖沼では、その閉鎖的な環境のために、植物プランクトン発生による有機汚濁の進行や悪臭発生、貧酸素化による生態系の被害、利水障害などが懸念されます。そのため、汚濁要因物質であるCOD、窒素およびリンについての、流域ならびに底泥からの供給負荷量の削減対策が実施されています。

各種対策による水質改善の効果を予測し、有効な対策を検討するためには、現地実測データの積み重ねが望ましいのですが、膨大な費用と時間がかかり、現実には困難です。そのため、湖沼の水質と影響要因との関係を数式化して予測計算を行う、水質予測シミュレーションを利用することが一般的となっています。

水質予測のシミュレーションモデルの種類

シミュレーションにおける水質予測モデルには、負荷量と水質の経験的な関係式によるVollenweiderモデルから、高次生態系および底質の変化を考慮したシミュレーションモデルまでの様々なものがありますが、植物プランクトンを中心とした生態系モデルの適用が一般的です。これは、湖沼の汚濁機構のなかでは植物プランクトンによる光合成の影響が大きいこと、および汚濁の進んだ湖沼では、動物プランクトン以上の高次生産者の寄与が小さいと考えられているためです。

また、湖沼のシミュレーションモデルは、その領域区分の方法から表のように分類されます。各モデルともに、分割された各ブロック内で、図1で示した植物プランクトンを含む物質収支計算を行います。

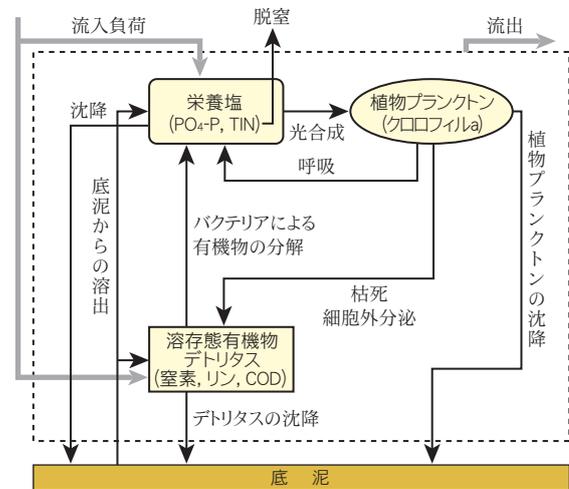


図1 植物プランクトンまでを含んだ生態系モデルの構造

表 領域区分による水質予測モデルの分類

モデルの種類	適用湖沼	適用事例
1ボックスモデル	形状の単純な湖沼	諏訪湖など
鉛直一次元モデル	深く、形状の単純な湖沼	野尻湖など
鉛直二次元モデル	深く、流下方向の水質変化が大きい湖沼	釜房貯水池など
水平二次元モデル	場所による水質変化が大きい浅い湖沼	手賀沼、印旛沼など
三次元モデル	一般の湖沼	中海、宍道湖など

生態系モデルによる解析

ここでは、当社における業務実績のうち、手賀沼と諏訪湖の事例を紹介します。

1. 手賀沼

手賀沼は、都市化された柏市などが流域にあることから有機汚濁が進み、長年にわたって、環境省発表による全国湖沼水質ワースト1にありました。しかしながら、流域・湖内対策に加えて、平成12年度からは利根川からの浄化用水を注水させたことにより、水質は改善傾向となって、平成14年度はワースト5を脱却しました。

図2は、手賀沼のCODの変動を生態系モデルによりシミュレートしたものです(千葉県からの委託業務)。下水道事業や浚渫などの各種対策による緩やかなCOD濃度の改善と、

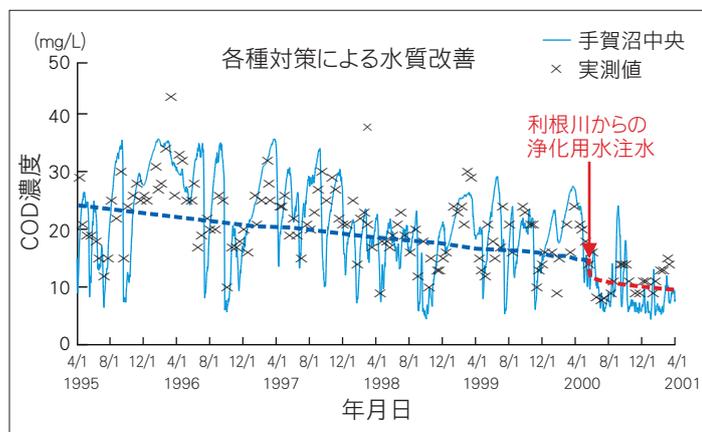


図2 手賀沼における生態系モデルによるCODの変化の検証
(計算と実測の比較、破線は平均的な変動傾向)

平成12年度以降の急激な濃度低下(浄化用水注水の影響)を再現しています。

さらに、このモデルを用い、条件を変えて再計算を行うことによって、対策別の水質改善に与える効果を検証(数値実験)することが可能です。また、CODは、気象・水文条件の影響も受けますが、対策効果のみに影響を分離することが可能です。これに代わる解析を現地データのみから行うのは困難です。

なお、手賀沼の水質予測ではボックスモデル(1ボックスモデルを横に連結)を用いていましたが、図2の計算では、浄化用水の注水による沼内の濃度分布の変化が評価可能な、水平二次元モデルを導入しました。

2. 諏訪湖

諏訪湖は、手賀沼同様に全国湖沼水質ワースト5にランクされたことがあります。しかしながら、下水道の普及等により水質が改善されつつあります。

図3は、諏訪湖の水質(COD)を生態系モデルにより計算した結果(信州大学からの委託業務)です。現状に即した条件と、下水道が整備済みか否かの条件による結果を比較することによって、下水道普及が水質改善に与える影響を評価することが可能です。

なお、諏訪湖では、1ボックス2層のシンプルなモデルにしたことと、ユーザーインターフェースの付加により、モデリングに不慣れな人でも容易かつ短い時間で計算が可能です。

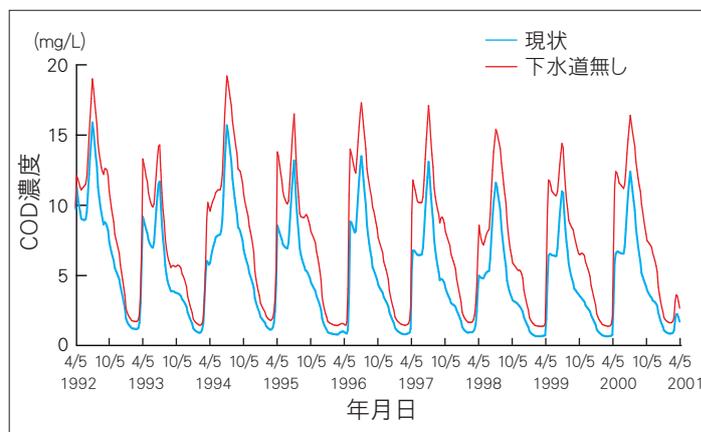


図3 諏訪湖における下水道の水質改善効果の検証(表層のCOD)

今後のシミュレーションモデル

シミュレーションモデルは、将来予測のみではなく、水質汚濁状況の変遷と対策の進捗状況を検証する上でも有用です。また、データの蓄積が不十分な湖沼でも、多くの場合には既存データの利用でシミュレーションが可能です。

その場合は、予測値の精度に限界がありますが、不確定な入力条件を変化させて結果への影響を調べる感度解析により、不必要な調査の実施を避けることが可能です。この場合は、諏訪湖のようなシンプルなモデルが適しています。

計算機の発達によって、計算時間の短縮とともに、低コストでのユーザーインターフェースの構築が可能となりました。しかしながら、水質予測に重要な負荷量算定の手間は省力化されないのが現状です。簡易なモデルでシミュレーションを行う場合は、結果の処理までを含めても計算は1日で終了しますが、条件設定に1週間以上かかるのでは、簡易予測にはほど遠い状況です。簡易予測を行う場合には、負荷量などの条件を簡易に算定できることが必要です。あわせて、結果の地図表現のためのGISの普及、環境データベースの普及と利用なども望まれています。

今後、データ作成や結果の処理などに関する労力とコストを削減することによって、湖沼シミュレーションモデルがより普及し、様々な分野に利用されることを目指しています。