

流域湖沼統合モデルによる湖沼水質改善対策の比較検討

開発情報工学研究室 加藤伸悟

1. はじめに

水質改善対策においては様々な対策を比較し、その決定が行われる。対策効果の再現には流域・流出、河川、湖沼の各水域水質シミュレーションモデルが一般的に用いられており、各水域モデルは様々な要素を組み込むことで益々高度化してきた。一方で水質改善対策には、流域・流出から閉鎖性水域への流入までの全水域を総合的に管理することが求められている。それら流域の総合的な管理に対しては、各水域シミュレーションモデルの「精緻さ」よりも、それらを有機的に融合させ、流域を一つの系として一体的な再現が可能となる「総合的な」システムが必要である(矢舗1987)。

本研究では、流域・流出、河川、湖沼モデルを一体化した流域湖沼統合モデルを開発することで、流域水環境の総合的な水質管理を可能にし、鳥取県東部に位置する湖山池において、その再現性を検証した。また流域の状態変化による湖山池の長期的水質予測を行うとともに、各種水質保全対策による水質改善効果の傾向を評価し、各種対策の検討を行う。

2. 流域湖沼統合モデルの概要

本研究で構築した流域湖沼統合モデルは、モデル全体を制御する control モジュールを中心に、runoff、river、lake、sediment、meteorological の6つの各モジュールから構成されている(図1)。

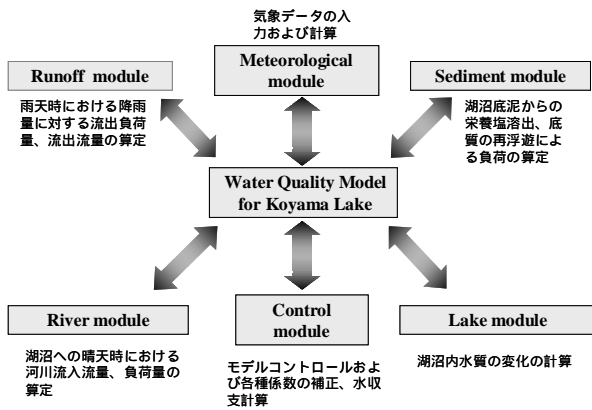


図1 流域湖沼統合モデルの全体構成

runoffモジュールでは、雨天時流出水量・負荷量を再現する。既存の研究においては、観測結果から求めた経験式を流域河川別に適用する累加LQモデルを用いている。本研究では雨天時流出再現にニューラルネットワーク(以下、NN)を適用し、様々な流域状態を評価・学習することにより各雨天時における流域状態を考慮した雨天時流出再現が可能となり、再現精度の向上を図ることができた。図2に実測値と累加LQ、NNモデルによる再現値(総リン)を示す。

riverモジュールでは、湖沼への晴天時流入水量・負荷量を算定する。実測データをモデルに与え、観測日

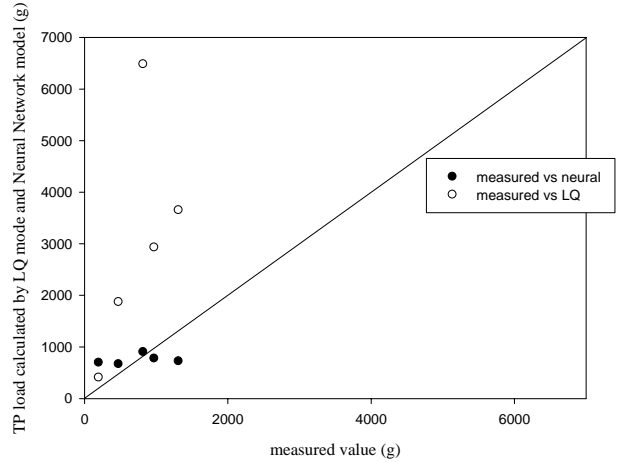


図2 実測値と再現値の比較(総リン)

間の流入量を補間することで、日別の湖沼への基底流入を算出している。

lakeモジュールについては、栄養塩類を粒子態と溶解態に区別し、詳細な相互関係を表現した。sedimentモジュールでは、湖水最下層の栄養塩と溶存酸素濃度の状態から無機態リンおよびアンモニア態窒素の溶出量の算定、風による底質の巻き上げ量の算定を行う。湖沼内形状は鉛直3層ボックス、底泥は1層構造としている。河川による流入・出は上、中層に等分されるものとする。図3に湖水各層-底泥の物質循環の模式図を示す。

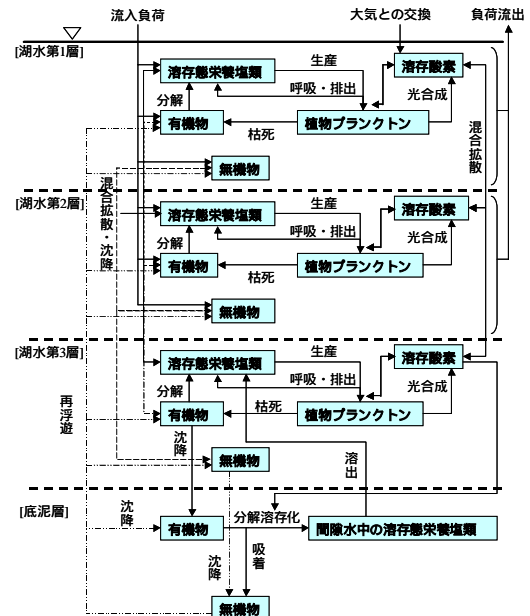


図3 湖水-底泥の物質循環モデルの模式図

3. 再現結果の検証

本研究では2000年5月から2001年12月において再現結果の検証を行った。Chl-a濃度についての実測値と再現値の変化(上層および下層)を図4に示す。冬季の水温の低い期間に低濃度状態、夏季の水温が高い期間に高濃度状態になる傾向は十分再現

できている。濃度値の全体的な過大評価については、藻類増殖制限要素を栄養塩濃度のみとしており、他の制限要素を考慮していないことから、過大評価されていると思われる。また実測値において、2001年6月～7月に湖水表層のみで藻類が大量増殖している。藻類の一種である藍藻類は体内にガス小胞と呼ばれる小さな円筒の束からなるガス胞を含んでおり、湖水の攪乱が減少したときに表面に浮上して濃縮されたために、表層のみで高濃度化したものと考えられる。本研究では藻類における物理的作用は沈降のみと仮定しており浮上作用は考慮されておらず、表層における高濃度化の再現は困難である。

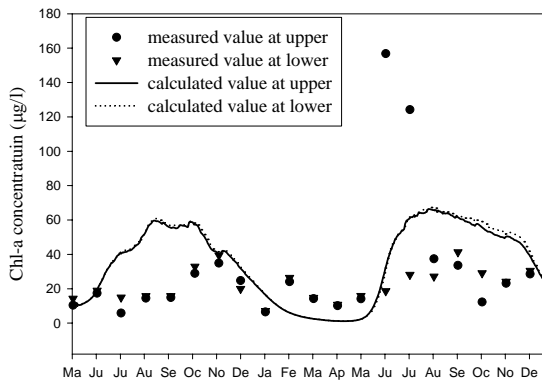


図4 Chl-aの実測値と再現値の変化

4. 湖山池水質の長期的予測

本研究で構築した流域湖沼統合モデルを用いて、気象条件、流域土地利用等の湖沼を取り巻く環境の変化が湖沼水質に与える影響を予測した。

気象条件の変動では、地球温暖化による気温上昇の影響から藻類を中心とする各栄養塩の循環が促進された結果、富栄養化の進行がますます強くなる結果となり、今後の流域水資源保全を考えるうえで、水を取り巻く気象環境の変化を考慮に入れた対策の検討が必要であることが示唆された。

流域土地利用の変化では、農地転換により宅地化が進行することで、富栄養化の進行が助長される結果となった。流域水環境保全には適切な土地利用規制が必要であると考えられる。

5. 湖沼水質改善対策の比較検討

流域・流出、河川、湖沼の各水系から水質改善対策を選択し、各々の対策が湖沼水質に与える影響を評価検討する。流域・流出については雨水貯留池を設置し、懸濁態栄養塩および浮遊物を削減する非特定汚染源対策を想定する。河川については下水処理場における下水高度処理により、溶存態栄養塩を除去する特定汚染源対策を想定した。非特定・特定汚染源対策は湖沼への流入負荷を削減するものである。湖沼については、浚渫による底質の改善およびアオコ回収による直接浄化を想定した。浚渫では毎年初夏に底質内の有機物を除去することにより、底泥層からの栄養塩溶出を抑制する。アオコ回収では、大量に増殖した藻類を毎年除去することにより、藻類を介した物質の循環を抑制するものである。各対策による水質改善効果(クロロフィルa濃度)を図5に示す。

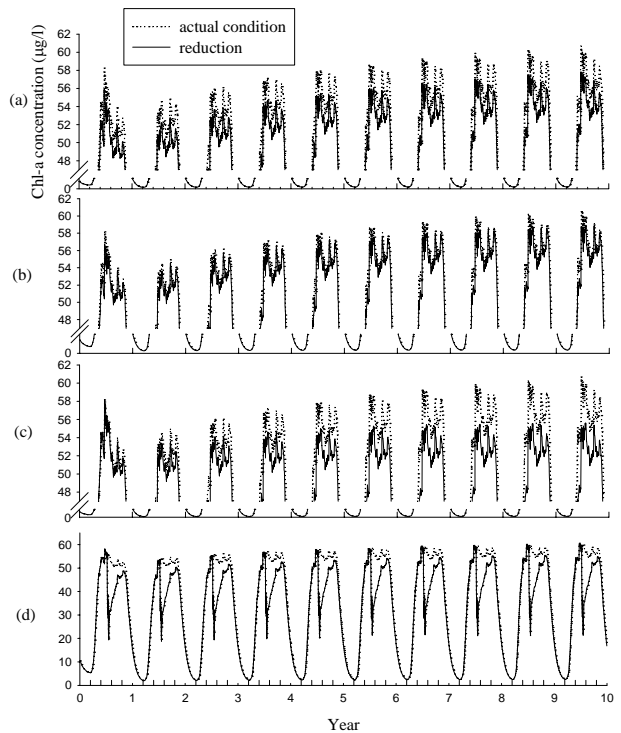


図5 各対策による水質変化(クロロフィルa濃度)
a)非特定汚染源対策、b)特定汚染源対策、c)浚渫、
d)アオコ回収

水質改善効果の即効性および富栄養化抑制の観点から各対策を比較検討する。水質改善効果の即効性について、非特定汚染源対策は10年目に期待される改善効果の約8割が3年目までに達成されているが、特定汚染源対策および浚渫は、その効果が顕著に現れるまでには対策開始から数年を要することがわかった。富栄養化抑制について、非特定・特定汚染源対策およびアオコ回収は経年的な富栄養化を抑制できていないが、浚渫は蓄積した内部負荷を取り除くことが可能なため、富栄養化抑制に対しては多大な効果を期待できるとわかった。

6. まとめ

流域統合モデルを構築し、湖沼水質改善対策の比較検討を行った。各種対策には個々において長短所が存在している。したがって各々の対策を複合的に実施することで、湖沼水質の飛躍的な改善が可能になると考えられる。図6に複合的対策による水質変化を示す。非特定汚染源対策の水質改善効果の即効性、浚渫の富栄養化抑制、アオコ回収の景観・悪臭の除去など各対策における長所を生かしたかたちの水質改善効果を期待できると考えられる。

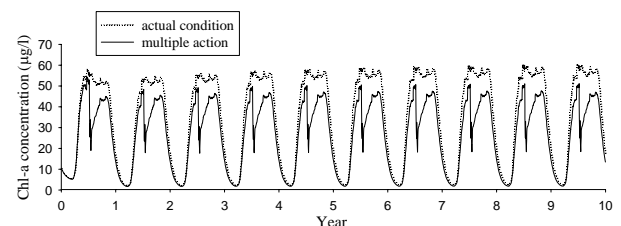


図6 複合的対策による水質改善効果
(クロロフィルa濃度)

矢鋪満雄(1987):「水質汚濁機構の数値モデル解析」、
石川県衛生公害研究所年報 No.24, pp.58～76