

流域湖沼統合モデルによる水質汚濁改善対策の有効性評価

環境計画研究室 志方幸紀

1. はじめに

鳥取県東部に位置する湖山池は、春から夏にかけてアオコが大発生する富栄養湖となっている。そこで下水道、農業集落排水処理施設等が配置され湖内対策として底泥の浚渫が行われているが、国が定める環境基準湖沼 A 類型は達成できていない。よってより効果的に水質改善対策を行う必要がある。そのためには事前に水質シミュレーションモデルを用いて予測することが必要である。湖山池においては過去に加藤(2003)によってモデルは構築されており、そのモデルでは流域から湖沼内部まで統合されており、各汚染源からの流出が湖水に与える影響を考慮できるため、水質改善対策の評価には適している。しかし既存モデルには再現精度の低さ等の問題がある。以上の背景を受けて本研究では、モデルの再現精度向上を行い、そのモデルによって水質改善対策の有効性評価を行い、より効果的な対策について検討を行った。

2. 研究方法

2.1. モデル再現精度向上

モデルの再現精度は、モデル内に多数存在するパラメータに大きく左右される。パラメータの中でも定量的に測定できるものと不可能なものがあり、定量不可能なものに関しては、文献値を引用したり、試行錯誤により決定する。また出力結果と実測値を近づけるために、文献値と大きくはなれてしまうこともある。よって再現精度はモデルパラメータを見直すことによって向上させる。またパラメータは非常に多く使われており、パラメータが出力結果に与える影響を感度解析法によって調べ、感度の大きいパラメータから調整を行った。感度解析にて用いる感度指標 (SA(%)) を次式にて定義する。

ただし ΔM : パラメータ変化後の出力結果より既存モデルのパラメータによる出力結果をひいた変化量、 M : 既存モデルのパラメータによる出力結果である。SA の絶対値が大きいほど出力結果に与える感度(影響)が大きい。モデル中の水質に係るパラメータについて 2001/1 ~ 2001/12 の湖水 Chl-a 濃度の平均を用いて式 (1) より SA を計算した。感度解析の結果より感度の大きかったパラメータから順に、湖山池または類似湖沼の実測値か文献値に近づけ、なおかつ再現精度が向上するように調整を行った。また、検証期間は既存モデルでは 2000/5/2 ~ 2001/12/11 であったが本研究では長期の予測を行うにあたり、充分ではないと考え 2001/1/1 ~ 2004/12/31 までとした。

2.2 湖山池水質の長期将来予測について

再現精度の改善されたモデルを用いて湖山池水質を 2001 年 ~ 2010 年まで再現した。また入力データは 2005/12/31 までは気象庁による各種気象データと鳥取県による湖山川水位データを用い、2006 年からは 2005 年のデータを繰り返し使用した。よって 2006/1/1 からを将来予測とした。

2.3 水質改善対策について

2006 年より各種水質改善対策を行う。対策として、外部負荷については雨天時の粒子態汚濁負荷を削減する「雨水貯水池設置」と常時の溶存態汚濁負荷を削減する「下水高度処理化」、湖内では汚濁物質を含んだ底泥を除去する「浚渫」、直接藻類を回収する「藻類除去」、湖沼に薬品を投入しリンを凝集・沈殿させる「栄養塩不活性化処理」、汚濁物質濃度の低い水を導水し希釈・滞留時間の短縮を図る「低濃度水導入」について湖水 Chl-a 濃度に与える効果を検討した。またそれらを同時に行う複合対策についても検討を行った。

3. 結果と考察

3.1. 精度向上について

モデル精度の向上を行ったところ、藻類最大増殖速度、無機態リン半飽和濃度、藻類の窒素含有率、浮遊物質の窒素含有率、底泥の拡散係数の 5 つのパラメータを調整することにより湖水上層 Chl-a 濃度の実測値と計算値の相関係数 R が 0.0521 から 0.2430 まで改善された、平均絶対誤差では 17.4212 から 16.0619 まで改善できた。また図 1 より湖水上層では夏季の急激な増殖を再現できるようになり、下層についても上層の急な増殖が影響して夏季に増加している。

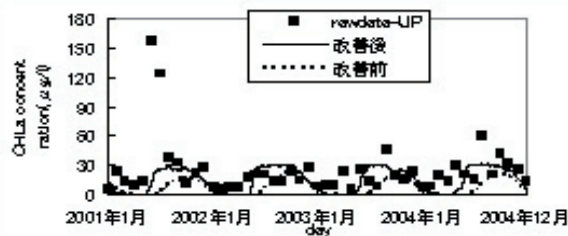


図 1 湖水上層の Chl-a 濃度変化

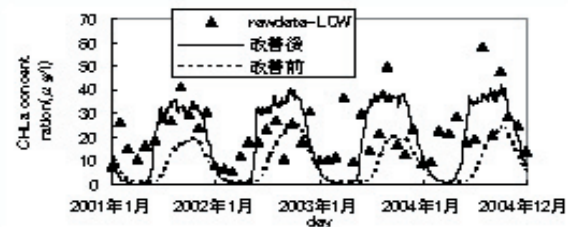


図 2 湖水下層の Chl-a 濃度変化

なお、実測値については鳥取県衛生環境研究所観測による湖山池中央部の水質を使用した。

3.2 各種対策効果の検討

各対策についてシミュレーションを行った結果より、実施前後の Chl-a 濃度差を年平均し各対策を図 3 にて比較した。

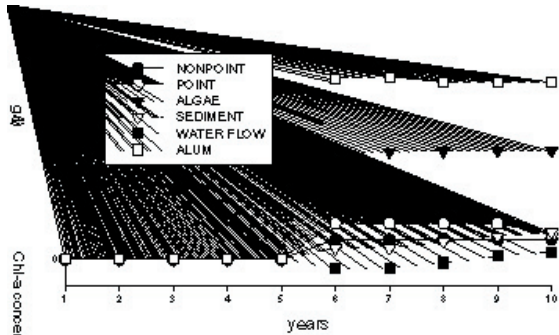
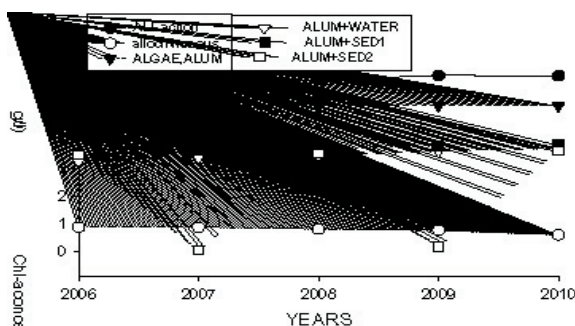


図 3 各対策実施前後の Chl-a 濃度差比較

各対策の削減率について NONPOINT(雨水貯留池設置)は粒子態の栄養塩を 50%削減、POINT(下水高度処理化)は溶存態の栄養塩を 50%削減、ALGAE(藻類除去)は毎年 6/1 から 10 日間湖内藻類の 40%除去、SEDIMENT(浚渫)は毎年 5/1 に底泥内の有機物を 60%削除、WATER FLOW(低濃度水導入)は毎日湖山池流入河川を平均した半分の濃度が 0.02m³/s 流入、ALUM(栄養塩不活性処理)は毎年 6/1 から 30 日間、湖水総リン濃度が 60%、底泥からの溶出が 90%削減されると仮定した。これらの仮定は過去に他の湖沼などで行われた事業報告を参考に設定した。

図 3 より、ALUM が最も水質改善効果が大きく次いで ALGAE であった。また SEDIMENT と WATER FLOW は年々改善効果が増しており経年的な改善効果があり、年々悪化する水質を改善することが出来る対策であると思われる。その他の対策については実施初年度から改善効果が表れ、即効性のある対策と言える。これらの対策にはそれぞれ特徴があり組み合わせることで、より効果的に改善できると思われる。以下に複数の対策による改善効果を示す。図 4 は対策実施前後の



Chl-a 濃度差を年平均にした値である。

図 4 複合対策による水質改善効果の比較

ここで ALL action : 全ての対策、Allochtho

nous : 流入負荷対策 (NONPOINT+POINT)、ALUM+SED1 : 毎年 ALUM と SEDIMENT を同時に行う、ALUM+SED2 : 2006,8,10 年に ALUM を 2007,9 年に SEDIMENT を行うとする。図 4 より 2 つの組み合わせの中では ALUM+ALGAE が最も効果的であった。2006 年度は全て行った場合の 90%の効果があつたが 2010 年では 83%になっている。全ての対策を行った場合経年的に改善効果が増しているが ALUM+ALGAE は経年的な変化は無い。図 5,6 に ALL action と ALUM+ALGAE

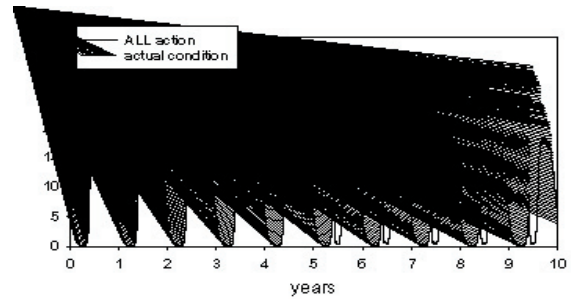


図 5 全対策を行った場合の Chl-a 濃度変化

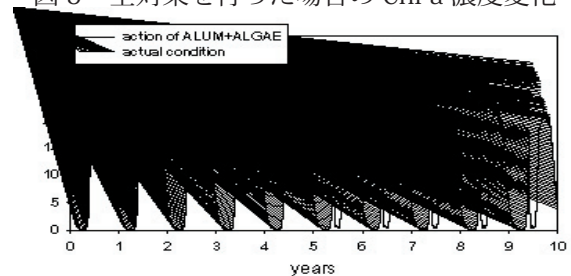


図 6 ALUM+ALGAE を行った場合の Chl-a 濃度変化

実施時の湖水 Chl-a 濃度変化を示す。

図 5 より、対策実施後から Chl-a 濃度は徐々に低下している、しかし図 6 より ALUM+ALGAE の場合対策により大きく改善されているが経年的な変化は無い。図 4 で経年的に効果が増している組み合わせは他に ALUM+WATER、ALUM+SED1 であった。これらの組み合わせについては経年的に Chl-a 濃度が減少しており、湖沼富栄養化を抑制する効果があると考えられる対策である。また、図 4 の ALUM+SED2 の場合 ALUM を行わなかった年が改善効果が小さく、対策は毎年行うことで大きな効果が得られることがわかった。

4. まとめ

湖山池にて加藤 (2003) が行った水質シミュレーションモデルにて再現精度を向上し、将来予測を行い水質改善対策の評価、検討を行った結果、栄養塩不活性化処理と底泥浚渫又は低濃度水導入を組み合わせた対策が少ない対策で大きな効果が得られ、富栄養化の抑制効果も得られることがわかった。

参考文献

加藤伸悟 (2003) : 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、鳥取大学修士論文