

流域特性・降雨特性の変化を考慮した湖山池水質予測に関する研究

開発情報工学研究室 上島 光雄

1. はじめに

全国の湖沼では、流域内の下水道の普及により特定汚染源からの汚濁負荷が減少しているにもかかわらず、河川と比べ明瞭な水質改善効果が現れていない。また、雨天時に発生する非特定汚染源からの汚濁負荷は負荷削減策が進んでおらず、全汚濁負荷に占める割合が高まりつつある。そこで本研究では、湖山池を対象とし、晴天時・雨天時の観測データと下水処理施設・浄化槽から発生する負荷にもとづいて流域からの流出負荷量を算定した。これらを入力データとして有機物の内部生産を考慮した富栄養化モデルを構築し、湖山池水質の再現を行った。さらに今後の土地利用や降水量の変化を考慮して湖山池水質の変動を予測し、将来にわたって有効な水質浄化策の検討を行った。

2. 湖山池の概要

湖山池は鳥取市西部に位置し、東西 4km、南北 2.5km のほぼ楕円形を呈し、水面積 6.8km²、平均水深 2.8m、最大水深 6.5m、貯水量 1.9 × 10⁷m³ の規模を有する日本一大きな池である。湖水の水質環境基準は、昭和 46 年に環境基準湖沼類型 A (COD3mg/l 以下) に定められているが、その後水質汚濁が進行し、現在は同類型 C (COD8mg/l 以下) に相当している。

3. 流出負荷量の計算

研究の手順を図 1 に示す。湖山池 9 流域において月 1~2 回行ってきた晴天時観測と、4 つの流域においてこれまでに行った雨天時観測による観測値を用いる。観測データの分析結果から、雨天時に発生する負荷量は晴天時より非常に大きい。そこで、文献¹⁾では基本的に面積原単位によって算定されている流入負荷について、特に雨天時流入負荷の日別変動や流域特性・降雨特性を考慮して算定することを目標の一つにした。晴天時データはそのまま月流入量に換算し、雨天時流出量はモデルシミュレーションにより推定した。汚濁負荷流出モデルとしては累加 LQ モデル²⁾ (2) 式、流出流量モデルとしては累加 LQ モデルと同じ構造の累加モデル (1) 式を用いた。

$$\sum Q = a \sum R^b \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum L = c \sum Q^d \quad \dots\dots\dots (2)$$

R : 降水量[mm]、Q : 流出量[m³]
L : 流出負荷量[g]、a、b、c、d : 定数

なお晴天時未観測流域においては、土地利用の類似した観測流域の負荷流出量を面積比率で与え、雨天時未観測流域には農地、山林、市街地別に福井川部分流域と桂見台住宅団地で行った雨天時観測データをもとに土地利用別比累加モデルを作成することで流域特性を反映させた。

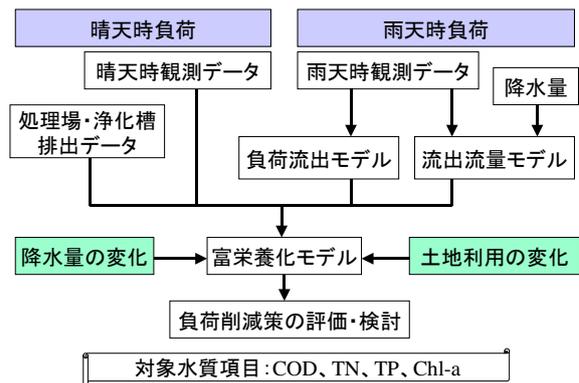


図 1. 研究の手順

4. 富栄養化モデルについて

湖沼内では生産者である植物プランクトンは太陽光をエネルギー源として、無機の炭素から有機物を合成し増殖する。これを内部生産と呼び、植物プランクトンの増殖課程では窒素・リンが栄養分として消費されている。そこで本研究では一般的な有機物の指標である COD および窒素、リンの湖山池湖心濃度をボックスモデルを用いて再現する。ここでは湖山池を 1 層 1 ボックスの単純な構造にモデル化した。また、植物プランクトンの量を表すクロロフィル a (Chl-a) 濃度を目的変数とする重回帰モデルを TN、TP、COD 濃度観測値を用いてあらかじめ作成しておいた。ここで、以下にシミュレーションで用いた富栄養化モデルのうち COD の水質方程式を示す。

$$\begin{aligned}
& V_i \times \frac{dCOD_i}{dt} = \\
& + \sum_{k=1}^n Q_{ki} \times COD_k - \sum_{k=1}^n Q_{ik} \times COD_i \quad (\text{水平移流}) \\
& + K_h \times \sum_{k=1}^n D_{ki} \\
& \quad \times (COD_k - COD_i) / L_{ki} \quad (\text{水平拡散}) \\
& + \alpha \times G_i \times TN_i \times V_i + \beta \times G_i \times TP_i \times V_i \quad (\text{生産}) \\
& - B_c \times COD_i \times V_i \quad (\text{分解}) \\
& - S_c \times COD_i \times A_i \quad (\text{沈降}) \\
& + R_{c,i} \times A_i \quad (\text{溶出})
\end{aligned}$$

t: 時間[日]、 Q_{ki} : BOX kからiへの水平移流量[m³]、 COD_k : Box kのCOD濃度[mg/l]、 K_h : 拡散係数[cm²/s]、 D_{ki} : BOX kとiの接触断面積[m²]、 L_{ki} : BOX kとiの重心間距離[km]、 α 、 β : COD換算係数、 G_i : 生産速度[1/日]、 B_c : 分解速度[1/日]、 S_c : 沈降速度[m/日]、 $R_{c,i}$: 溶出速度[mg/m²/日]

以上を用いた 1996 年から 2000 年までの COD 濃度再現結果が図-2、富栄養化モデルの結果を入力データにして、重回帰モデルで求めた Chl-a 濃度再現結果が図-3 である。観測値との相関係数はそれぞれ 0.331、0.138 と高くはないが濃度の増減は再現できた。

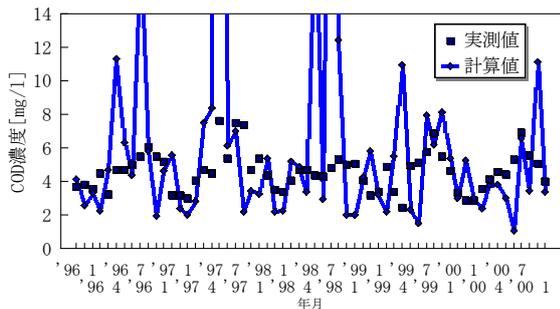


図 2. COD 濃度再現結果

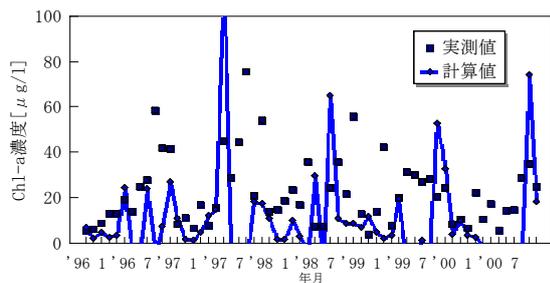


図 3. Chl-a 濃度再現結果

5. 湖山池水質の将来予測

流域特性変化として、流域内の農地が 5 年間で徐々に宅地化される場合 (宅地化率 25%) と降雨特性変化として、気候変動や温暖化の影響で降水量が 5 年間で増減する場合 (増加率 15%、減少率 15%) を考え、1996 年から 2000 年の降水量データを用いシミュレーションを行った。

特定汚染源負荷対策として 2000 年の進捗率による下水道対策、非特定汚染源負荷対策として流入河川河口部に仮想的に設置した雨水貯留施設を利用した負荷流出抑制策 (負荷削減率は既存研究³⁾により 70%とする) を採用した。5 年間の COD 濃度のシナリオごとの計算結果 (75%非超過値) を図 4 に示す。

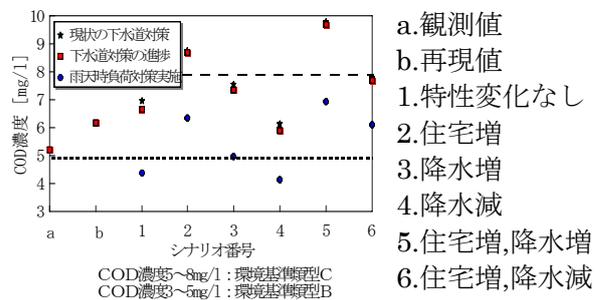


図 4. シナリオごとの COD 濃度再現結果

図より下水道のみによる削減対策では不十分だが、非特定汚染源対策との組み合わせで湖水水質は類型 B (COD5mg/l 以下) まで改善することが期待できる。降水減少時に濃度が下がるのはモデルが水温・蒸発散を考慮していないためと考えられ、今後流域特性・降雨特性が変化するとさらに水質が悪化する可能性がある。また、特性変化なしを見ると下水道の普及が水質を若干悪化させている。これは下水道接続前まで流域外で処理していたし尿を流域内の処理施設で処理することになった影響だと思われる。

6. まとめ

湖沼水質浄化のためには、周辺環境の変化を考慮した総合的な対策を考える必要があることを明らかにできた。今後はモデルの精度を向上させるだけでなく、Chl-a 濃度からアオコの発生を評価できるようにすることが目標である。

- 1) 鳥取県「湖山池水質管理計画」1991
- 2) 海老瀬潜一「降雨時流出負荷量の算定モデル」、『国立公害研究所研究報告』第 50 号 (1984 年)、159-88
- 3) 鬼木哲「雨天時年間汚濁負荷流出の予測評価と削減策の検討」、鳥取大学卒業論文、1996