

# 雨天時流入負荷を考慮した富栄養化モデルに関する基礎的研究

開発情報工学研究室 福井 伸之

## 1. はじめに

近年、閉鎖性水域への多量の栄養塩の流入により富栄養化現象が問題となっている。鳥取市西部に位置する湖山池でも例外でなく、流域人口の増加と生活様式の変化とあいまって生活雑排水が増加し、農地では農薬・化学肥料が使用されることから池の富栄養化が進んでいる。

現在、下水道の普及に伴い工場や家庭からの生活雑排水といった点源からの汚濁負荷は減少傾向にあるが、農地や市街地に堆積した汚濁負荷の雨天時流出といった非点源からの汚濁負荷は相対的に高まりつつあり、早急な対策が必要となっている。そのため本研究では、湖山池へ流入する負荷を用いて湖山池の水質を予測する富栄養化モデルについて検討した。

## 2. 湖山池の概要

湖山池は鳥取市の西部に位置し、東西 4km、南北 2.5km のほぼ楕円形を呈し、水面積 6.8km<sup>2</sup>、平均水深 2.8m、最大水深 6.5m、貯水量 1.9×10<sup>7</sup>m<sup>3</sup><sup>1)</sup>の規模を有している。流域面積 39.0km<sup>2</sup>で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、現在は同類型 C (COD8mg/l 以下) に相当している。

## 3. 研究の方法

研究のフローを図-1 に示す。データとして、湖山池 8 流域において月 1 回行っている晴天時観測と、4 流域においてこれまでに行ってきた雨天時観測によるものを用いる。晴天時観測と雨天時観測での濃度比および負荷量比 (雨天時ピーク/晴天時平均) は、COD で濃度比 1.16 倍～6.81 倍、負荷量比 1.56 倍～52.76 倍、同様に TN で 1.39 倍～4.81 倍、1.38 倍～36.48 倍、TP については 2.64 倍～14.15 倍、2.28 倍～180.44 倍となっており、雨天時の流入負荷も無視できない。晴天時データはそのまま月流入量に換算し、雨天時流入量はモデルシミュレーションにより予測する。汚濁負荷流出モデルとしては LSQ モデル、流出流量モデルとしてタンクモデルを用いた。タンクモデルとは、流域を底面と側面に孔が開いたタンクに見立てて、底面の孔を浸透、側面の孔を流出として流出量を算定するものである。LSQ モデルとは以下に示す式で表される、指数関数型のモデルである<sup>2)</sup>。

$$L = kS^m Q^n$$

L : 流出負荷量(g/s), S : 堆積負荷量(g)

Q : 流出量(m<sup>3</sup>/s), k,m,n : 定数

なお、未観測流域においては、土地利用の類似した流域の計算結果を用いて面積比率により負荷流出量を与えた。

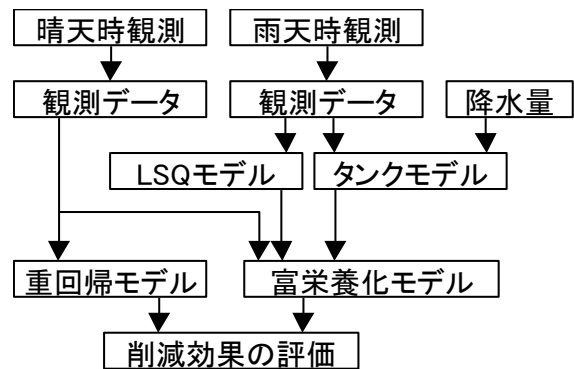


図-1 研究のフロー

## 4. 富栄養化モデルについて

一般的に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ぶ。その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る。そこで本研究では一般的に有機物の指標として用いられる COD を窒素、リンの関数として湖山池を 1 層 1 ボックスとしてモデル化した。以下にシミュレーションで用いた COD の水質方程式<sup>3)</sup>を示す。

・ COD

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

$$-B_{COD} \times COD_i \quad (\text{分解})$$

$$-S_{COD} \times COD_i \times A_i \quad (\text{沈降})$$

$$+R_{COD,i} \times A_i \quad (\text{溶出})$$

$Q_{ki}$ : BOX k から i への水平移流量,  $COD_k$ : Box k の COD 濃度,  $K_h$ : 拡散係数,  $D_{ki}$ : BOX k と i の接触断面積,  $L_{ki}$ : BOX k と i の重心間距離,  $\alpha, \beta$ : COD 換算係数,  $G_i$ : 生産速度,  $B_{COD}$ : 分解速度,  $S_{COD}$ : 沈降速度,  $R_{COD,i}$ : 溶出速度  
 以上を用いて水質再現計算をした結果が図-2 である。

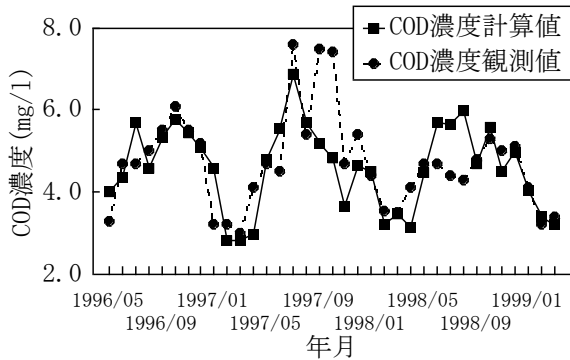


図-2 富栄養化モデルによる水質再現結果

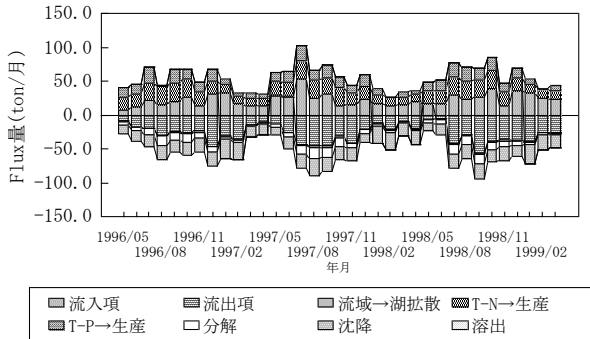


図-3 COD フラックス図

観測値との相関係数は 0.677 となり, かなり精度の高いモデルを構築できた. 図-3 のフラックス図による評価でも既存研究と極端に異なる結果とはなっていない.

### 5. 流入負荷削減による湖山池水質

湖山池への流入負荷を削減した場合, 湖山池中心部の COD 濃度がどのように変化するかを 3 年間の 75% 値で評価した. 削減パターンは, 削減無しと晴天時流入負荷 25, 50% 削減, の 3 パターンと, 晴天時と雨天時流入負荷削減 25, 50, 75% を組み合わせた 6 パターン, 晴天時と夏季雨天時流入負荷削減 25, 50, 75% の 6 パターンの計 15 パターンである. 晴天時流入負荷削減 50%<sup>1)</sup>, 仮

想的に雨水貯留施設を用いた場合の雨天時の流入負荷削減率が 75%<sup>2)</sup>が限界のためこの組み合わせについて評価する. 削減パターンを表-1, 削減結果を図-4 に示す.

表-1 削減パターン

流入負荷削減パターンNO.	
NO. 1	削減なし
NO. 2	晴天時25%
NO. 3	晴天時25%+雨天時25%
NO. 4	晴天時25%+夏雨天時75%
NO. 5	晴天時25%+夏雨天時25%
NO. 6	晴天時50%
NO. 7	晴天時25%+雨天時50%
NO. 8	晴天時25%+夏雨天時50%
NO. 9	晴天時50%+雨天時25%
NO. 10	晴天時50%+夏雨天時25%
NO. 11	晴天時25%+雨天時75%
NO. 12	晴天時50%+雨天時50%
NO. 13	晴天時50%+夏雨天時50%
NO. 14	晴天時50%+夏雨天時75%
NO. 15	晴天時50%+雨天時75%

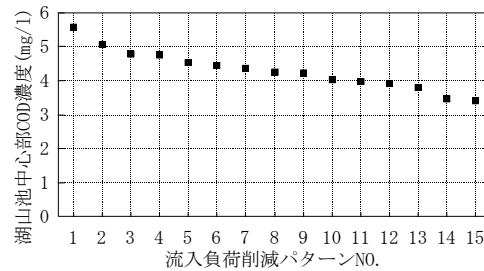


図-4 流入負荷削減による湖山池中心部 COD 濃度

パターン NO.3 により湖沼類型 B (COD5mg/l 以下) にまで水質は改善することが期待できる. 晴天時のみの削減では NO.6 の 50% の削減が必要で, これよりパターン NO.7 の方が改善効果が大いことを考えると, 晴天時のみならず雨天時の負荷削減は重要である.

### 6. まとめ

A 類型の達成には流入負荷の削減のみでは不十分であるが, B 類型の達成の可能性が高いことを示すことができた. 今後の発展として, 富栄養化の要因と考えられるのは窒素・リンの単純な影響のみではないと考えられており, それらの要因をも含んだモデルの検討が必要である.

- 1) 鳥取県: 湖山池水質管理計画, p26, 1991
- 2) 城戸由能, 細井由彦, 鬼木哲: 鳥取大学工学部研究報告, 第 28 巻 第 1 号, pp253-260, 1997
- 3) 水質汚濁機構研究会: 神戸港海域を対象とした水質管理計画支援パイロットシステムの構築に係る調査研究, 1989, 1990