

児島湖水質の生態学的モデルによるシミュレーション

エイトコンサルタント

岡山大学工学部

〃

正員 ○ 青島光伸

正員 河原長美

元根 剛

1. はじめに

児島湖は、日本最初の人造淡水湖として1956年に児島湾より締め切られ、以来沿岸干拓地の農業用水の供給源として、また沿岸漁業の貴重な漁場としての役割をはたしてきている。しかしながら、締め切りに伴う水の交換能の低下や集水域からの汚濁負荷の増大などにより、水質汚濁は顕著である。湖内水質を改善するために、流域下水道の建設に加えて、様々な水質汚濁防止対策が検討されており、このような種々の対策の水質改善効果を予測し、評価することが重要な課題となってきた。

本研究では、上述の目標を達成するための第一歩として、児島湖における生態学的数値シミュレーションモデルを作成し、このモデルを用いて、下水道整備が湖内水質に及ぼす影響について検討を加える。

2. 児島湖の概要

図-1に児島湖流域の概要を示す。児島湖には、流域面積約300km²の笹ヶ瀬川、流域面積約150km²の倉敷川の2級河川が流入し、小河川を含めると、児島湖の流域面積は、合計約510km²になる。児島湖は約9km²平均水深1.6mの小さな湖であり、このため窒素やリンの流入汚濁負荷量をVollenweiderプロットすると、危険レベルの数10倍にも及び、経年約にみれば、幾分水質が改善されてきていると判断されるが、現在でも、CODは、10ppm前後である。河川の固有流量に比較して、高梁川ならびに旭川より取水される農業用水量が多く、灌がい期と、非灌がい期とでは、児島湖へ流入する流量が大きく異なる。

3. 解析方法

用いたモデルを表-1に示す。本研究では、ボックスモデルを用いて解析しておりボックスの分割法を、図-2に示す。ボックスモデルにおいて拡散を表現する基礎となるボックス間の交換流量については、別途作成した、200cm×200cmメッシュによる差分法を用いた保存性物質の拡散に関する数値シミュレーション結果を基に算定した。交換流量は、流動条件に依存するのど、いくつかのケースについて求めたが、下水処理水の放流の有無による相違を除けば、交換流量の差は、移流量に比較して小さく、下水処理水の放流の有無だけを考慮して、各ケースの平均値を用いた。なお、児島湖では、水位も一定に保つために、1～3日程度の間隔で、樋門が、数時間開放されて



図-1 児島湖流域

表-1 モデル式

$$\begin{aligned}
 d(ch)/dt &= Q_1 \cdot ch/V + G_p \cdot ch - k_d \cdot T \cdot ch - Q_0 \cdot ch/V \\
 G_p &= \mu_m \cdot x \cdot (N/(K_N + N)) \cdot (P/(K_P + P)) \cdot (E/(K_E + E)) \cdot K' \\
 COD_t &= COD_{ch} + COD_p + COD_d \\
 COD_{ch} &= \xi \cdot COD \cdot ch \\
 d(COD_p)/dt &= Q_1 \cdot COD_p/V + \xi \cdot COD \cdot k_d \cdot T \cdot ch - \xi \cdot COD_p - k_s \cdot A \cdot COD_p/V - Q_0 \cdot COD_p/V \\
 d(COD_d)/dt &= Q_1 \cdot COD_d + k \cdot COD \cdot \xi \cdot COD \cdot G_p \cdot ch - \xi \cdot COD_d + A \cdot DCOD/V - Q_0 \cdot COD_d/D \\
 N_t &= N_{ch} + N_p + N_d \\
 N_{ch} &= \xi \cdot N \cdot ch \\
 d(N_p)/dt &= Q_1 \cdot N_p/V + \xi \cdot N \cdot k_d \cdot T \cdot ch - f \cdot c \cdot N_p - k_s \cdot A \cdot N_p/V - Q_0 \cdot N_p/V \\
 d(N_d)/dt &= Q_1 \cdot N_d/V - \xi \cdot N \cdot G_p \cdot ch + f \cdot c \cdot N_p + A \cdot DN/V - k_{DN} \cdot N_d \cdot e^{-T \cdot 10} - Q_0 \cdot N_d/V \\
 P_t &= P_{ch} + P_p + P_d \\
 P_d &= \xi \cdot P \cdot ch \\
 d(P_p)/dt &= Q_1 \cdot P_p/V + \xi \cdot P \cdot k_d \cdot T \cdot ch - f \cdot c \cdot P_p - k_s \cdot P_p - k_s \cdot A \cdot P_p/V - Q_0 \cdot P_p/V \\
 d(P_d)/dt &= Q_1 \cdot P_d/V - \xi \cdot P \cdot G_p \cdot ch + f \cdot c \cdot P_p + A \cdot E \cdot P_d/V - Q_0 \cdot P_d/V
 \end{aligned}$$

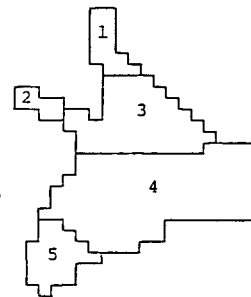


図-2 ボックスの分割

あり、児島湖の流況は、この樋門操作により大きく変化するが、ここでは、季節的な水質変化を対象とするので樋門の開放から次の開放までを1周期とし、1周期平均の交換流量を求めた。

4. 結果と考察

4.1 実測値との比較

図-3に昭和55年の観測値と流入河川水質を入力条件として数値シミュレーションを行なった結果との比較を示す。観測値の変化傾向が数値シミュレーションによって比較的表現されていると言えよう。なお昭和55年は冷夏であり、夏季も中心として水質が低下しているのは、この影響が大きい。

4.2 下水道整備の有無による湖内水質の変化

昭和57年の河川流量ならびに河川水質を入力条件として、下水道整備前の湖内水質を予測し、ボックス5へCOD、T-N、T-P、それぞれについて、9ppm、7ppm、0.3ppmの処理水が、またボックス1および2のそれぞれに、旭川及び高梁川の水質が流入すると仮定して、下水道整備後の水質を予測した。なお、下水道整備後の河川流量は、下水道を経由する流量だけ、減少すると仮定した。

下水道整備の前後で、どのように湖内水質が変化するかを、湖中央部のボックス4を対象に比較したが図-4である。T-Nを除けば、水質が改善されることの方がかえる。次に、下水処理水が放流されると仮定したボックス5について、整備前後のCODを示すがここでも、CODは低下するようである。

紙面の都合で、詳細については、割愛したので、説明不足の点が多々あるが、講演時に発表する予定である。なお、本研究の一部は、昭和60年度文部省科学研究費の補助を受けた。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 村岡浩爾・福島武彦：ボックスモデルを用いた水質予測方式に関する研究，土木学会論文報告集第336号，pp.85~94，1983年8月。
- 2) 河原長美 那須清貴・中井信行：児島湖における流動と物質拡散に関する三次元シミュレーション，京都大学環境衛生工学研究会第6回シンポジウム講演論文集，pp.136~141，1984年7月。

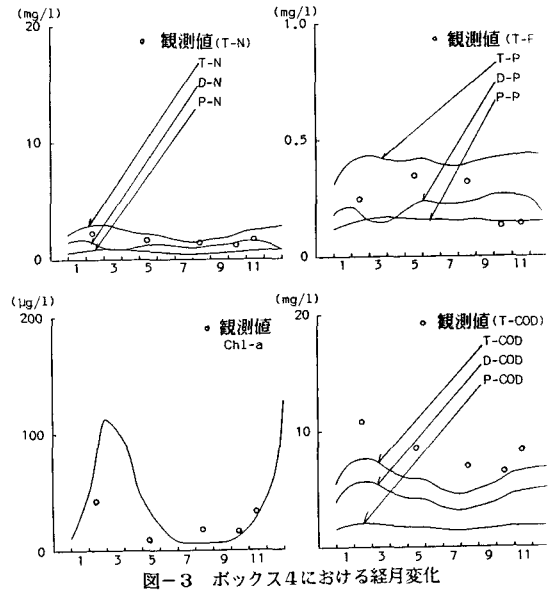


図-3 ボックス4における経月変化

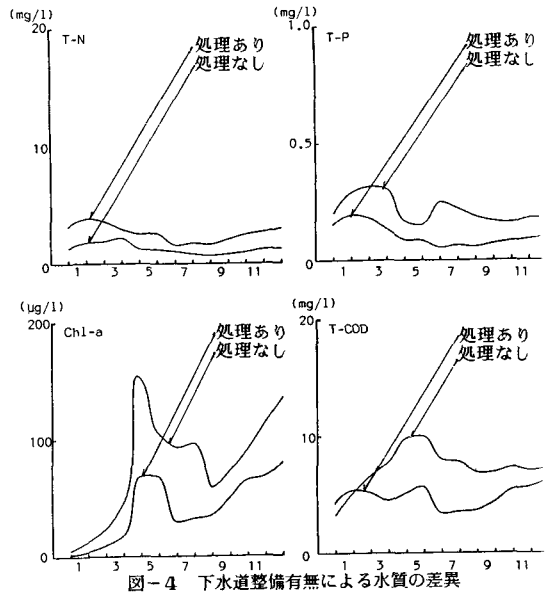


図-4 下水道整備有無による水質の差異

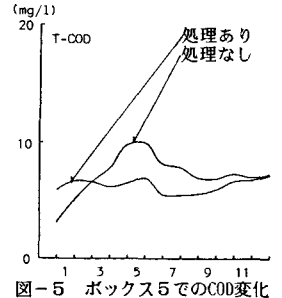


図-5 ボックス5でのCOD変化