

流入汚濁負荷量の推定誤差が富栄養化シミュレーションに与える影響

筑波大学大学院 学生員○山下尚之
岡山大学工学部 正 員 河原長美

1はじめに

河川から流入する汚濁負荷量の把握は、湖沼等の水質管理上極めて重要である。一般的にはこの流入負荷量はL～Q式によって計算されるが、この方法で算出された負荷量は年間総負荷量にして、約0.5～2.0倍の誤差が生じると言われている。

そこで本研究では、汚濁の進んだ湖として有名である児島湖を対象として、湖沼への流入負荷を過小もしくは過大に評価したとき、富栄養化シミュレーションにどのような誤差が生じるかについて検討を行う。

2解析方法

児島湖における富栄養化シミュレーションには、水質項目としてはクロロフィル、COD、窒素およびリンの4種類を取り上げ、湖沼内において図-1に示すような生態系を考慮した。このときの数理生態モデルの基礎式は表-1のような常微分方程式であり、これをRunge-Kutta法で解くことによってシミュレーションを行った。また、児島湖に流入する流域からの汚濁負荷量の算定には、児島湖流域別下水道整備総合計画調査で用いられているL～Q式を用いた。

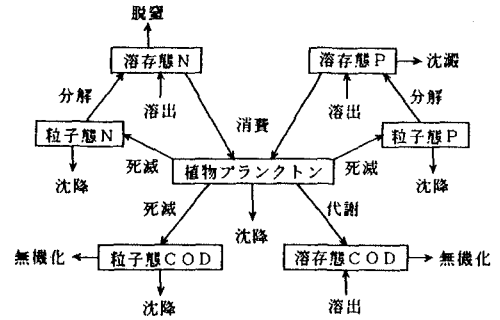


図-1 湖沼内生態モデル

表-1 生態モデル基礎式

$$\begin{aligned}
 d(ch)/dt &= G_p \cdot ch - k_d \cdot K_{TW} \cdot ch - k_s \cdot A \cdot ch/V \\
 dC_a/dt &= f_c \cdot d(ch)/dt \\
 dC_p/dt &= f_c \cdot k_d \cdot K_{TW} \cdot ch - f_c \cdot K_{TW} \cdot C_p - k_s \cdot A \cdot C_p/V \\
 dC_d/dt &= f_c \cdot G_p \cdot k_c \cdot ch - f_c \cdot K_{TW} \cdot C_d + A \cdot D_c \cdot \theta^{(T-25)}/V \\
 dN_s/dt &= f_N \cdot d(ch)/dt \\
 dN_p/dt &= f_N \cdot k_d \cdot K_{TW} \cdot ch - f_c \cdot K_{TW} \cdot N_p - k_s \cdot A \cdot N_p/V \\
 dN_d/dt &= -f_N \cdot G_p \cdot ch + f_c \cdot K_{TW} \cdot N_p + D_N \cdot A \cdot \theta^{(T-25)}/V - k_{DN} \cdot N_d \\
 dP_s/dt &= f_P \cdot d(ch)/dt \\
 dP_p/dt &= f_P \cdot k_d \cdot K_{TW} \cdot ch - f_c \cdot K_{TW} \cdot P_p - k_s \cdot A \cdot P_p/V \\
 dP_d/dt &= -f_P \cdot G_p \cdot ch + f_c \cdot K_{TW} \cdot P_p + A \cdot D_P \cdot \theta^{(T-25)}/V - k_{sP} \cdot P_d \\
 G_p &= \mu_{max} \cdot (N_d/(K_N + N_d)) \cdot (P_d/(K_P + P_d)) \cdot (E/(K_E + E)) \cdot K' \\
 K' &= (T/T_s \exp(1 - T/T_s))^3, \quad K_{TW} = 1.06^{(T-25)}
 \end{aligned}$$

ch:クロロフィル
C_a:クロロフィル態COD
C_p:粒子態COD
C_d:溶存態COD
N_s:クロロフィル態窒素
N_p:粒子態窒素
N_d:溶存態窒素
P_s:クロロフィル態リン
P_p:粒子態リン
P_d:溶存態リン

3結果

3-1 流入負荷量を変化させたときの再現性

ここでは、COD、TN及びTPといった水質の流入負荷量を変化させたときの湖内水質の再現性について検討を加える。方法としては、まず現在L～Q曲線から求められているCOD、TN、TP流入負荷量を基準値として、この流入負荷量を0.5～2.0倍まで変化させたときの富栄養化シミュレーション結果が、もとのシミュレーション値にうまくフィッティングするかどうかについて検討を行う。

このフィッティングを行うときには、数理生態モデル中の各種パラメータをうまく操作しなければならない

いが、そのためにここでは非線形回帰手法の1つであるMarquardt法を用いる。流入汚濁負荷量のうち、TN流入負荷量を0.5~2.0倍まで変化させたときのフィッティングの状況を図-2に示す。

これらの結果より、COD、TN、TPとも比較的良好にフィッティングさせることができることが認められる。このことから、流入負荷量に誤差が含まれていても、数理生態モデル中のパラメータを変化させることによって、湖内水質を再現することは可能であるものと予想される。

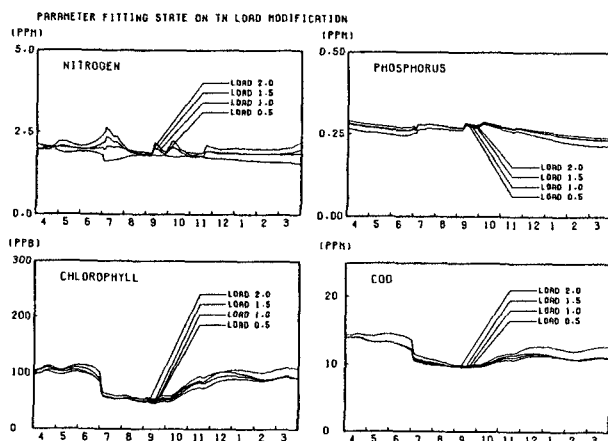


図-2 フィッティングの状況

3-2 流入負荷量の推定誤差が将来予測に与える影響

次に、3-1で得られたパラメータを用いて将来水質予測を行うと、シミュレーション結果にどのような影響が生じるかについて検討を加える。流入汚濁負荷量のうち、TN負荷量を0.5~2.0倍まで変化させたときのパラメータを用いて、水質シミュレーションを行った結果を図-3に示す。

これらの結果から、流入負荷に誤差が含まれていると、水質の将来予測値にかなり大きな影響を与えることが分かる。COD負荷が間違っていたときには、湖内COD値に大きな影響が認められるが、他の水質項目にはほとんど影響を及ぼしていない。それに対し窒素およびリン負荷の場合は、クロロフィル、CODなどの水質項目にも大きな影響が現れている。これは、窒素、リンといった栄養塩類が植物プランクトンの増殖を促進し、そのためにプランクトン態のCODが増加したためであると思われる。また、図より流入汚濁負荷量を過小評価したときには、将来水質をかなり大きめに評価するということが分かる。

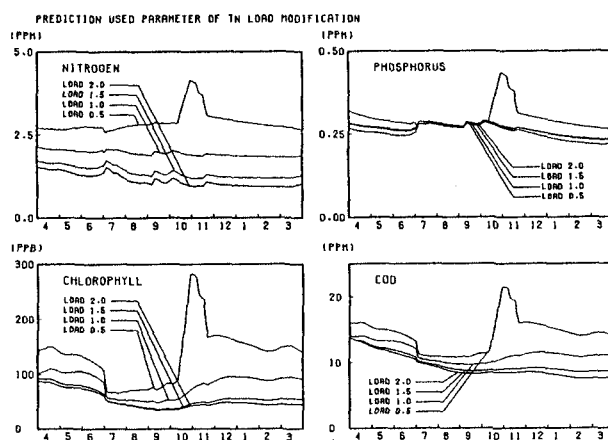


図-3 水質の将来予測

4 おわりに

本研究によって得られた結果をまとめると次のようになる。1) 流入負荷量の算定値に誤差が含まれていても湖内水質を再現することは可能である。2) 流入汚濁負荷量の推定誤差が、水質の将来予測値に与える影響は大きい。なかでも窒素負荷の推定誤差は水質予測値にかなり大きな影響を与える。

これらのことから、湖沼等の水質保全計画に関する環境アセスメントを行うときには、湖沼へ流入する汚濁負荷量を、より正確に把握する必要があると思われる。