

閉鎖性水域における水質の動的推定モデルの精度向上に関する検討

- 植物プランクトン動態のサブモデルの改良 -

Development of a Dynamic Model for Water Quality Estimation in Aquatic Systems

- Modification of Sub-model Equation for Phytoplankton Behavior -

中桐貴生* 堀野治彦* 小池綾乃**

NAKAGIRI Takao* HORINO Haruhiko* KOIKE Ayano**

1.はじめに ため池や内湖など、河川との連続性を有する閉鎖性水域に期待される機能の1つとして、流入懸濁物の沈降や池内の生物活動による水質浄化が挙げられる。この作用に関するメカニズムを解明するとともに、気象や土地利用等の各種条件との関係性も明らかにし、この機能の有効性を検討する手段の1つとして、水域内での水質変化を動的に精度良く推定できるモデルの適用が考えられる。本研究では、大阪府岸和田市神於山地区のため池に、まず既存モデルを適用し、ため池内での各態の窒素・リン濃度の推定精度を検証したうえで、さらにそのモデル内の植物プランクトン動態に関わるサブモデルを改良し推定精度の向上を試みた。

2.対象池の概要 神於山地区 (Fig.1)にある傍示池 (集水域面積 170ha) を対象とした。本地区は主に農地と山林で構成され、地区内を流下する轟川の水の一部が傍示池に流入し、残りがバイパス水路を経由して下流に流出する。バイパス水路流入部にはゲートが設けられており、この池への流入水量を調整することができる。また上流部の調整池に傍示池の水がポンプアップされ、同池の水が農地に灌水される仕組みとなっている。

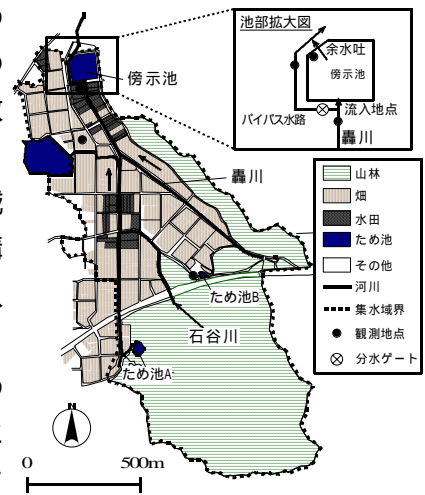


Fig.1 Outline of the study area

3.既存モデルの適用 琵琶湖の野田沼内湖に適用された古川ら (2004) のモデル (以下、モデル1) を傍示池に適用した。2003年1月1日～2004年12月31日に傍示池で得られたデータから、日ごとの全量 (T-)、溶存態 (D-)、懸濁態 (P-) 別の窒素 (N)、リン (P) 濃度を推定した。モデルパラメータは文献値を参考に計算値と実測値の誤差が最小となるよう試行錯誤的に同定した。傍示池の各 N, P 濃度の推定精度を Table 1 に示す。T-N, T-P 濃度の推定精度は、野田沼内湖での適用結果と比べ、相対誤差でそれぞれ約 10 ポイント程度大きくなった。また溶存態、懸濁態別では、N, P 共に懸濁態の濃度の相対誤差が大きくなった。

4.モデルの改良 P-N, P-P の変動は植物プランクトンによる内部生産の影響が大きいと考えられるため、その動態に関わるサブモデルを改良することにより、推定精度向上を試みた。

4.1 植物プランクトン動態モデル式の検討 一般に植物プランクトン量 X の単位時間変化量は式 (以下、各式の

Table 1 Comparison of RE(%) between the two models

水質項目	野田沼内湖 (取水口)		モデル1		モデル2	
	N	P	N	P	N	P
T-	27	37	41	42	32	53
D-	-	-	72	85	41	99
P-	-	-	147	152	84	77

*大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 Grad. School of Life and Environmental Sciences, Osaka Pref. Univ.

**三菱化工機 (株) Mitsubishi Kakoki Kaisha, Ltd.

キーワード: 水質 モデル 植物プランクトン

$$\frac{dX}{dt} = (\mu - k_d) \cdot X \dots$$

$$\mu = \mu_{\max} \left\{ \frac{T}{T_s} \exp\left(1 - \frac{T}{T_s}\right) \right\}^{\zeta} \cdot \frac{C_{DN}}{K_{DN} + C_{DN}} \cdot \frac{C_{DP}}{K_{DP} + C_{DP}} \dots$$

$$\mu = \mu_{\max} \left\{ \frac{T}{T_s} \exp\left(1 - \frac{T}{T_s}\right) \right\}^{\zeta} \cdot \frac{I_Y}{I_s} \exp\left(1 - \frac{I_Y}{I_s}\right) \cdot \frac{C_{DN}}{K_{DN} + C_{DN}} \cdot \frac{C_{DP}}{K_{DP} + C_{DP}} \dots$$

$$k_d = k'_d \cdot T \dots \quad k_d = k''_d \left\{ \frac{T}{T_d} \exp\left(1 - \frac{T}{T_d}\right) \right\}^{\alpha} \dots$$

Table 2 List of signatures in the model equations

記号	名称	単位
X	植物プランクトン量	μg/l
μ_{\max}	最大比増殖速度	d ⁻¹
T	水温	
T_s, T_d	増殖及び減少に関わる最適温度	
C_{D-N}	D-N濃度	mg/l
C_{D-P}	D-P濃度	mg/l
K_{D-N}	D-Nに関する半飽和定数	mg/l
K_{D-P}	D-Pに関する半飽和定数	mg/l
I_Y, I_s	日射量及び最適日射量	cal · cm ⁻² · d ⁻¹
ζ, α	温度に関するパラメータ	無次元
k_d, k'_d, k''_d	減少係数	d ⁻¹

記号は Table 2 参照)で表される。モデル1では、式において、増殖に関わる係数 μ には温度や栄養塩濃度の影響を考慮した式が、減少に関わる係数 k_d には温度を考慮した式が用いられている。ここではこれらを日射量及び最適温度も加味した式、式に置き換えた。(以下、モデル2)

4.2 培養実験 各モデル式に用いられているパラメータについては、現場の実態をより忠実に反映させるために、傍示池の水及び藻類を用いて AGP 試験に準じた植物プランクトンの培養実験を Table 3 に示す条件下で 2 回行い、その結果に基づいて決定した。培養は、植物プランクトンが増加しほぼ一定に達するまで(2~3週間)明条件で行い、その後遮光して、植物プランクトン量が減少傾向を示すまで継続した。なお、この実験では、植物プランクトン量の代替として Chl.a 濃度を用いた。Fig.2 に培養実験の結果の一例を示す。

4.3 再現結果 以上の結果に基づき、モデル2による傍示池の水質濃度の推定を行った。N, P の全量および懸濁態の計算結果を実測値とともに Fig.3 に示す。また、実測値との平均相対誤差を Table 1 に示す。窒素については各態ともにモデル1に比べ推定精度が大幅に向上し、一方、リンについては懸濁態では大幅な向上が見られたものの、全量および溶存態では 10 ポイント以上悪化する結果となった。これは、現時点でのモデルパラメータセットでは、Fig.3 に示されるように、T-P および D-P が過小に推定されてしまうことに起因すると考えられる。

5. おわりに 植物プランクトン動態の既存モデル

の改良及び現地試料を用いた培養実験に基づくパラメータの検討により、P-N, P-P については、推定精度を大幅に向上させることができた。今後もパラメータの再同定を継続するとともに、サブモデルのさらなる改良や、動物プランクトンの動態など今回は考慮しなかった他の影響因子のモデルへの組み込みといった検討を行い、他の水質項目の推定精度向上についても図っていきたい。

引用:古川ら(2004) 内湖を対象とした水質モデルの開発とその適用, 農土論集 232, pp.67~73.

Table 3 Incubation condition

項目	実験1	実験2
濃度倍率	D-N	D-P
	×1	×1
	×5	×1
	×3	×5
	×1	×10
	×1/3	
	×1/5	
水温	23	20, 25, 30
	光強度 13cal · cm ⁻² · day ⁻¹	
	傍示池原水の濃度を1倍とする。	

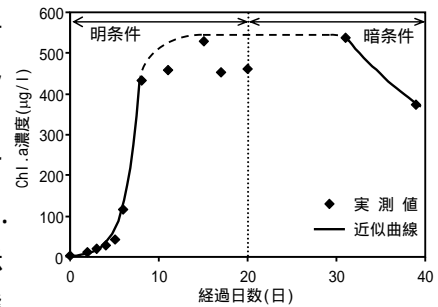


Fig.2 Results of the algal incubation

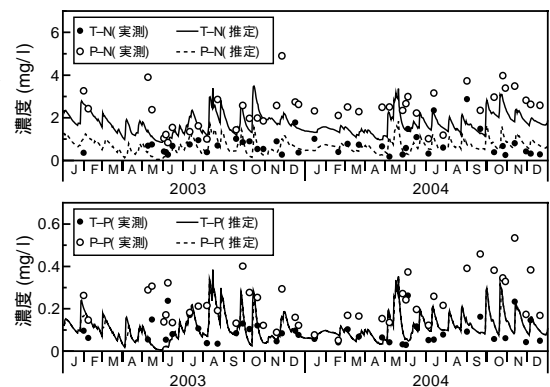


Fig.3 Simulation results by Model 2