

II-344

貯水池富栄養化予測の汎用モデル

電力中央研究所 正会員 宮永 洋一

1. まえがき

当所では、発電用貯水池の富栄養化予測と評価および対策の検討を行うために数値シミュレーションモデルを構築し¹⁾、種々の貯水池への適用を図ってきた。本報告は、この経験に基づき、モデルの適合性、主要なパラメーターとその基準値について述べたものである。

2. モデルの概要

本モデルは、成層型貯水池を対象とし、貯水池を水平な層に分割して図-1に示す7項目の状態変数の時間変化を数値計算する鉛直1次元モデルである。

基礎方程式は、流量、熱および物質の連続条件より、以下のように表される。

$$\frac{\partial A v}{\partial z} = q_i - q_o \quad (1)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho c A} \frac{\partial A \phi}{\partial z} + F(T) \quad (2)$$

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{1}{A} \frac{\partial w_{ox} A X}{\partial z} + S_{ox} - S_{ix} + F(X) \quad (3)$$

ここに、 z ：鉛直座標(上向き正)、 t ：時間、 A ：平面積、 v ：鉛直流速、 q ：水平方向比流量(添字 i は流入、 o は流出)、 T ：水温、 ϕ ：高さ z に達する輻射熱量、 ρ, c ：水の密度、比熱、 X ：水質対象物質濃度、 w_{ox} ：沈降速度、 S_{ox} ：生産項、 S_{ix} ：消費項、 F ：移流・拡散項。

水質対象物質の生産・消費項の計算は、Di Toro et al (1971)²⁾の動態モデル、移流・拡散項の計算は安芸・白砂 (1974)³⁾の貯水池流動モデルを基礎としている。

3. モデルの適合性の検討

3.1 検討対象貯水池と検討方法

モデルの適合性の検討対象地点として、発電用既設9貯水池を選定した。これらは、表-1に示すように、広範囲の規模と水質レベルにわたっている。表-1のN/Pの値より、坂本(1966)⁴⁾の方法に従って藻類増殖の制限栄養塩を推定すると、C、F、Gの3ダムがリン、残りの6ダムがリンまたは窒素と考えられる。各貯水池の富栄養化シミュレーションは、まず表層のコントロールボリュームについて、図-1のうち栄養塩、藻類、動物の3変数のみを考慮したパラメーター較正のための予備計算を行い、その結果得られたパラメーターの値を用いて全変数を多層モデルで計算するという手順で行った。

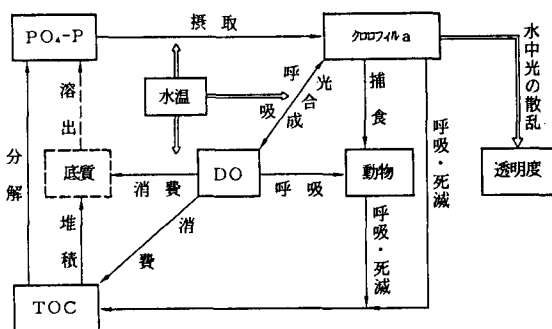


図-1 状態変数とその相互関係

表-1 検討対象貯水池の概要

ダム	総容量 (10 ⁶ m ³)	交換率 (回/年)	T-N (g/m ³)	T-P (g/m ³)	N/P
A	29.8	53.1	0.14	10	14
B	46.9	11.8	0.13	9	15
C	5.6	9.6	0.90	40	23
D	41.8	6.1	0.20	15	14
E	222.3	2.5	0.08	6	13
F	15.6	5.4	0.22	12	18
G	14.3	10.8	0.76	41	19
H	42.3	2.6	0.22	20	11
I	72.5	3.9	0.21	14	15

3.2 藻類現存量の予測精度

図-2は、横軸に栄養水準(T S I)をとり、各貯水池表層のクロロフィルaの範囲について、計算値と実測値を比較したものである。これによれば、実測値の上限がT S Iの増加に伴ってほぼ滑らかに増加するダムについては、表層モデル(予備計算)、多層モデルとも藻類現存量をほぼ良好に模擬しており、実測値の精度、代表性を考慮すると、Hダムを除く8ダムについてはモデルの適合性はほぼ良好といってよい。

Hダムは、Peridiniumによる淡水赤潮が秋季に発生したケースで、表-1のN/Pの値は11であるが、制限栄養塩をリンではなく窒素に変更し、水温に関する増殖特性を修正(最適水温を18℃とする)したモデル(修正表層モデル)を用いたところ、図-3に示すように比較的良好なシミュレーション結果が得られた。このことは、適切な制限物質を見出すことが、モデルの適合性を高める上で特に重要であることを示している。

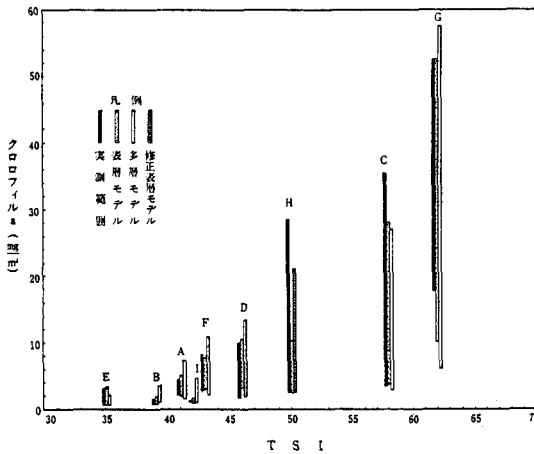


図-2 クロロフィルaの実測範囲と計算範囲の比較

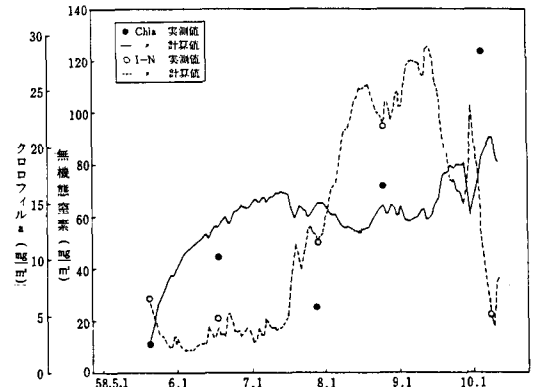


図-3 Hダムの修正モデルの効果

3.3 モデルパラメーターの基準値

Hダムを除くリン制限型の8ダムのシミュレーション結果より、藻類現存量・リン濃度に支配的な半飽和定数 k_p (注1)、深層のDO分布に支配的な底泥酸素消費速度 k_{b20} (注2)は、いずれも貯水池の栄養水準と相関が強いことが示され、これに基づいて表-2のような基準値を提案した。

パラメーターの基準値は、今後の資料の集積、研究の進展に伴って見直されるべきであるが、試行計算の短縮や十分な資料のない地点の予測解析を行う場合等に役立つものと考える。

表-2 主なモデルパラメーターの基準値

T S I	k_p (mgP/m^3)	k_{b20} ($\text{gO}_2/\text{m}^2\text{day}$)
37以下	15	0.1
38~47	10	0.5
48以上	5	1.0

注1) リン濃度をP、藻類増殖の栄養塩摂取効率を f_p とすると、 $f_p = P/(k_p + P)$ で定義される。

注2) 単位面積底泥の酸素消費速度 $= k_{b20} \Theta^{T-20}$ で定義される。T: 水温, Θ : 係数。

参考文献

- 1) 宮永・白砂: 電力中央研究所研究報告, No.383044, 1984.
- 2) Di Toro et al: Advan.Chem.Seri., Vol.106, 1971.
- 3) 安芸・白砂: 電力中央研究所依頼報告, No. 74506, 1974.
- 4) Sakamoto: Arch.Hydrobiol., Vol.62, No.2, 1966.