

ボックスモデルを用いたダム貯水池の水質解析モデルの構築

佐賀大学理工学部 ○学生員 橋本修治 正会員 古賀憲一
 佐賀大学低平地防災研究センター 正会員 荒木宏之
 佐賀大学大学院工学系研究科 学生員 吉村 敏

1. はじめに 本研究で用いるボックスモデルは、鉛直一次元水質解析モデルで、その有効性を確認している¹⁾。これまでは藻類を COD で表現し(総括的な単一種の藻類を想定)、河川由来の有機物と分離せずに解析を行ってきた。本研究では、このボックスモデルを用い、増殖特性の異なる藻種(緑藻、珪藻、藍藻)を対象とした水質解析モデルを構築し、その再現性を検証するため、利水専用のHダムについて水質解析を行った。

2. 解析方法 水平方向の濃度分布は均一であると仮定して、表層水質(一次元水質モデル)について定式化を行うと、ダム貯水池内部の任意空間V(体積)についての積分表示式は以下のように表される。

$$\iiint_V \frac{\partial c}{\partial t} dV + \iiint_V (\vec{v} - \vec{w}_s) \cdot \nabla c dV = \iiint_V \nabla \cdot (D_{ij} \nabla c) dV \pm \iiint_V P_r dV \quad (1)$$

(時間変化) (移流項) (拡散項) (反応項)

c:濃度 $\vec{v}$:流体速度 $\vec{w}_s$:沈降速度 D_{ij} :乱流拡散係数 P_r :反応項

ダムの表層は、混合期を除けば成層化し、完全混合状態にあることが一般的に知られている。ここではあるボックス厚で拡散輸送が0となるようなボックスを表層ボックスと定義し、表層ボックス内は完全混合とした。このことにより、適切な拡散係数を見積らずに表層水質の解析が可能となる。水温分布は月別変化を考慮に入れて10年間の平均値で与えた。表層ボックスの水深を循環期(1、2、11、12月)は全水深、3、4、10月は10m、5～9月は5mとした。本研究で用いた各ボックスにおける基礎式を以下に示す。

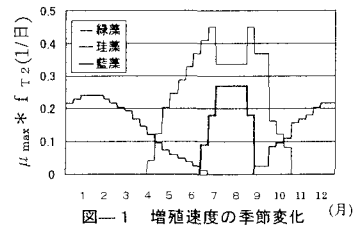
$$\frac{d(X_{ij} * V_i)}{dt} = L_{in}(X_{i-1,j}) - L_{out}(X_{i,j}) + w_j * f_{T1,i-1} * X_{i-1,j} * A_{i-1} - w_j * f_{T1,i} * X_{i,j} * A_i + P_j(X_{i,j}) - D_j(X_{i,j}) \pm L_{EXC} \quad (2)$$

$$P_j(X_{i,j}) = \mu_{max,j} * f_{T2,j} * V_{EFF} * \frac{IN}{K_{IN,j} + IN} * \frac{IP}{K_{IP,j} + IP} * X_{i,j} \quad (3)$$

$$D_j(X_{i,j}) = R_j * f_{T3,j} * X_{i,j} * V_i \quad (4)$$

$$\frac{d(COD_i * V_i)}{dt} = L_{in}(COD_i) - L_{out}(COD_i) + w_{COD} * f_{T1,i-1} * COD_{i-1} * A_{i-1} - w_{COD} * f_{T1,i} * COD_i * A_i \pm L_{EXC} \quad (5)$$

X:藻類の濃度 V:ボックス容量 A:沈降面積 W:沈降速度 Lin:流入負荷
 P:増殖量 L_{EXC}:交換流量(表層のみ) COD:有機物濃度 IP:無機態リン濃度
 IN:無機態窒素濃度 f:温度補正係数(f_{T1}:沈降, f_{T2}:増加, f_{T3}:分解量)
 Lout:流出負荷 D:分解量 V_{EFF}:生産層の容量
 j: 1～3は順に緑藻、珪藻、藍藻を示す i:ボックス番号



藻種(緑藻、珪藻、藍藻)の増殖速度式はモノー型で表現し(式—3)、増殖速度の季節変化は温度補正係数を用いて図—1のように与えた。その他の各種パラメータは表—1に示す。CODは藻類と河川由来の有機物との総和とした。流入負荷量についてはL-Q回帰式からCODとしての負荷を見積もり藻類の流入は無いものとした。対象とした水質再現期間は1982～1993年の12年間とした。

表—1 パラメーター一覧表

項目	パラメータ	説明	設定値	項目	パラメータ	説明	設定値
植物プランクトンの増殖	$\mu_{\max}$	増殖に伴うCHL-aの生成率	(緑藻) 0.45 (1/日) (珪藻) 0.30 (1/日) (藍藻) 0.45 (1/日)	植物プランクトンの死滅	R	植物プランクトンの呼吸によるCHL-a消滅率	(緑藻) 0.070 (1/日) (珪藻) 0.096 (1/日) (藍藻) 0.050 (1/日)
	Tu	増殖上限水温	(緑藻) 29 °C (珪藻) 25 °C (藍藻) 33 °C		θ	温度補正係数	(緑藻) 1.10 (珪藻) 1.10 (藍藻) 1.05
	Ts	増殖最適水温	(緑藻) 25 °C (珪藻) 0 °C (藍藻) 28 °C	変換率	Kp	植物プランクトン中のCOD物質とCHL-a量比	(緑藻) 0.100 (mg/l/ μ g/l) (珪藻) 0.200 (mg/l/ μ g/l) (藍藻) 0.100 (mg/l/ μ g/l)
	Tb	増殖下限水温	(緑藻) 14 °C (珪藻) 0 °C (藍藻) 23 °C		β_p	植物プランクトン中のリン量とCHL-a量比	(緑藻) 0.0008 (mg/l/ μ g/l) (珪藻) 0.0008 (mg/l/ μ g/l) (藍藻) 0.0008 (mg/l/ μ g/l)
	Kin	I-Nの半飽和定数	(緑藻) 0.005 (mg/l) (珪藻) 0.015 (mg/l) (藍藻) 0.001 (mg/l)		β_n	植物プランクトン中の窒素量とCHL-a量比	(緑藻) 0.015 (mg/l/ μ g/l) (珪藻) 0.015 (mg/l/ μ g/l) (藍藻) 0.015 (mg/l/ μ g/l)
	Kip	I-Pの半飽和定数	(緑藻) 0.0005 (mg/l) (珪藻) 0.0015 (mg/l) (藍藻) 0.0001 (mg/l)		W	植物プランクトンの沈降速度	(緑藻) 0.20 (m/日) (珪藻) 0.50 (m/日) (藍藻) 0.00 (m/日)
						CODの沈降速度	(COD) 0.13 (m/日)

3. 計算結果及び考察 図-2に表層部の Chl-a 濃度の計算結果を示す。計算時間ステップは1日とした。図から藻類それぞれの特徴的な季節的変化の再現性が確認される。図-3に、表層部の COD 濃度と実測値との比較を示す。図から、COD の再現性は概ね良好であることがわかる。しかし、いずれの年においても、5～6月における COD の計算値が実測値の値より低くなっている。藍藻は緑藻、珪藻に比べ少ないことから COD に与える影響は小さい。表-1に示す各係数は文献資料を元に本質を見失わない範囲で変更した結果である。増殖に関する簡便な感度分析を行った範囲では、水温による影響がもっとも大きく、それ以外の係数については、大きな変化は見られないことを確認している。このことから他の藻種あるいは増殖に及ぼす水温特性や他の因子においてさらなる検討が必要であろう。

4. まとめ 本研究では、ボックスモデルを用い増殖特性の異なる藻種を対象に H ダムの鉛直一次元解析を行った。1982～1993 年の 12 年間の計算結果から藻類の季節的変化は良好であった。一部を除けば COD も概ね良好であった。今後はこの結果を元にさらなる研究を進めていきたい。

【参考文献】

- 1) 白岩・古賀・荒木・市山:鉛直一次元モデルによるダム貯水池の水質解析、土木学会第 51 回年次学術講演会、平成 8 年 9 月
- 2) 嘉瀬川ダム水質予測検討業務報告書、嘉瀬川ダム工事事務所、平成 9 年 3 月

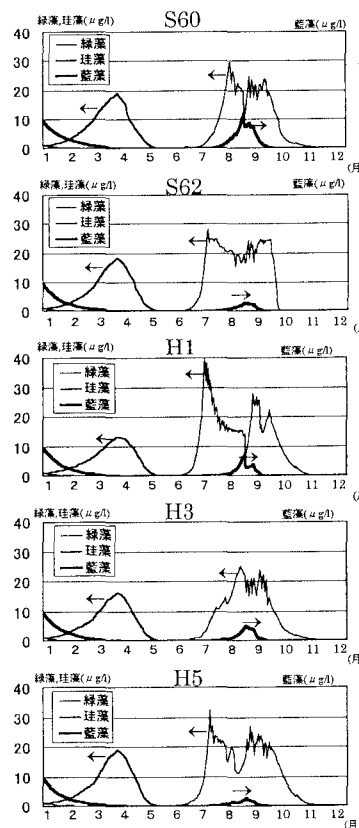


図-2 Chl-a 濃度計算結果

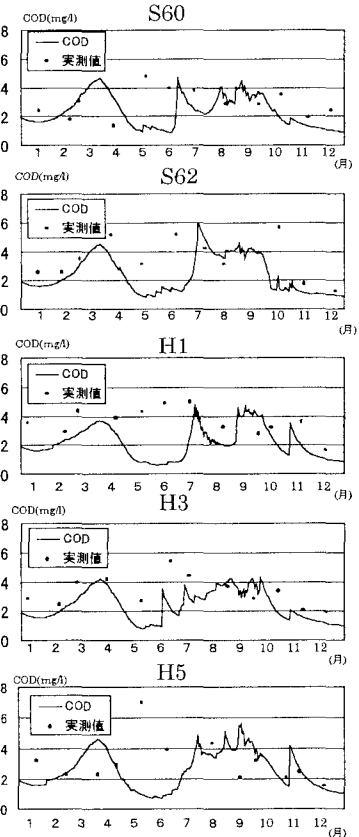


図-3 COD 濃度計算結果