

ボックスモデルを用いたダム貯水池水質モデル

佐賀大学 大学院工学系研究科 ○学 吉村 敏

佐賀大学 理工学部 正 古賀憲一

佐賀大学 低平地防災研究センター 正 荒木宏之

1. はじめに 本研究で用いたボックスモデルは、ダム貯水池における水質解析を目的とした鉛直1次元水質モデルであり、これまでは藻類をCOD(総括的な単一種の藻類を想定)で表現し、河川由来の有機物と分離せずに解析を行ってきた¹⁾。本研究ではこのボックスモデルを用い、増殖特性の異なる三藻種(緑藻、珪藻、藍藻)を対象とした水質モデルを構築し、利水専用のHダムについて水質計算を行った。

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(1次元水質モデル)に関する基礎式を積分表示で表すと以下になる。

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

(時間変化) (移流項) (拡散項) (反応項)

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

ダムの表層(表水層)は、混合期を除けば成層化し、完全混合状態であることが一般的に知られている。ここで、所定の水深で拡散輸送が無視される程度に小さい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すると、適切な鉛直方向の拡散係数を見積らずに表層水質の解析が可能となる。よって上式より導かれる各ボックスの基礎式は以下になる。

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

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

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

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

X:藻類濃度 V:ボックス容量 L(in,out):流入、出負荷 L_{EXC} :交換流量(表層のみ) A:沈降面積 W:沈降速度

P:増殖量 V_{EFF} :生産層の容量 IP:無機態リン濃度 IN:無機態窒素濃度 D:分解量 COD:有機物濃度

f:温度補正係数(f_{T1} :沈降, f_{T2} :増加, f_{T3} :分解量) i:ボックス番号 j:1~3は各藻種を示す

上記の(2)式は各ボックスにおける藻類濃度の変化量を示し、(3)・(4)式は各藻種の増殖・分解量を示している。増殖速度をモノー型で表現し、増殖速度の季節変化は水温による温度補正係数を用いて与えた。水温にはHダムにおける過去10年間の水温データから平均的な季節変動を旬毎に設定し、各年共通で与えている。(5)式は各ボックスにおける河川由来COD(流入負荷)の物質保存式である。流入負荷については藻類の流入は無いものとし、L-Q回帰式からCODとしての負荷量を与えた。また、流入負荷は表層部へのみ流入するものとしている。最終的なダム貯水池のCODは(2)式で得た藻類に含まれる有機物と、(5)式で得た河川由来の有機物との総和で求めた。その他の計算条件となる各種パラメータを表-1に示す。水質再現期間は1982~1993年の12年間。計算時間ステップは1日とした。

ボックスモデル 鉛直1次元水質モデル ダム貯水池 藻類 COD

〒840-8502 佐賀市本庄町1 佐賀大学理工学部都市工学科 TEL 0952-28-8575 FAX 0952-28-8575

表-1 計算パラメーター一覧

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)	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) 0.30 (1/日)				(珪藻) 0.096 (1/日)
			(藍藻) 0.45 (1/日)				(藍藻) 0.050 (1/日)
	Tu	増殖上限水温	(緑藻) 29 °C	θ		温度補正係数	(緑藻) 1.10
			(珪藻) 25 °C				(珪藻) 1.10
			(藍藻) 33 °C				(藍藻) 1.05
	Ts	増殖最適水温	(緑藻) 25 °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 °C				(珪藻) 0.200 (mg/l/ μ g/l)
			(藍藻) 28 °C				(藍藻) 0.100 (mg/l/ μ g/l)
	Tb	増殖下限水温	(緑藻) 14 °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 °C				(珪藻) 0.0008 (mg/l/ μ g/l)
			(藍藻) 23 °C				(藍藻) 0.0008 (mg/l/ μ g/l)
	Kin	I-Nの半飽和定数	(緑藻) 0.005 (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)				(珪藻) 0.015 (mg/l/ μ g/l)
			(藍藻) 0.001 (mg/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)	沈降速度	W	植物プランクトンの沈降速度	(緑藻) 0.20 (m/日)
			(珪藻) 0.0015 (mg/l)				(珪藻) 0.50 (m/日)
			(藍藻) 0.0001 (mg/l)				(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-1に、表層部COD濃度の計算値と実測値との比較を示す。COD濃度の再現性は概ね良好であるが、5～6月におけるCOD濃度の計算値が実測値より若干低くなっているようである。表-1に示す計算に用いた設定値は文献資料を元に本質を見失わない範囲で修正してあるが、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が見られないことを確認している。このことから5～6月には本研究で対象としなかった他の藻種が存在する、あるいは増殖特性に他の因子が影響を与えている等が考えられるが、詳細についてはさらなる検討が必要であろう。図-2に、昭和58年のCOD濃度計算結果の鉛直分布を示す。図-1で述べたように5～6月の表層部において低い値が出ているが、それ以外での再現性は良好である。

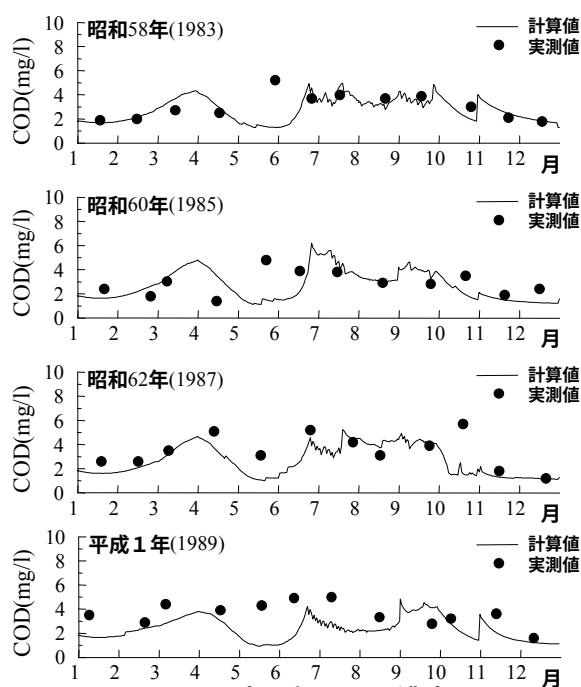


図-1 表層部COD濃度

4. まとめ 本研究では、既存のボックスモデルを用い、増殖特性の異なる藻種を考慮した水質計算モデルを構築した。Hダムにおける12年間の水質計算を行った結果、COD濃度の再現性は概ね良好であった。

【参考文献】

1) 白岩・古賀ら:鉛直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

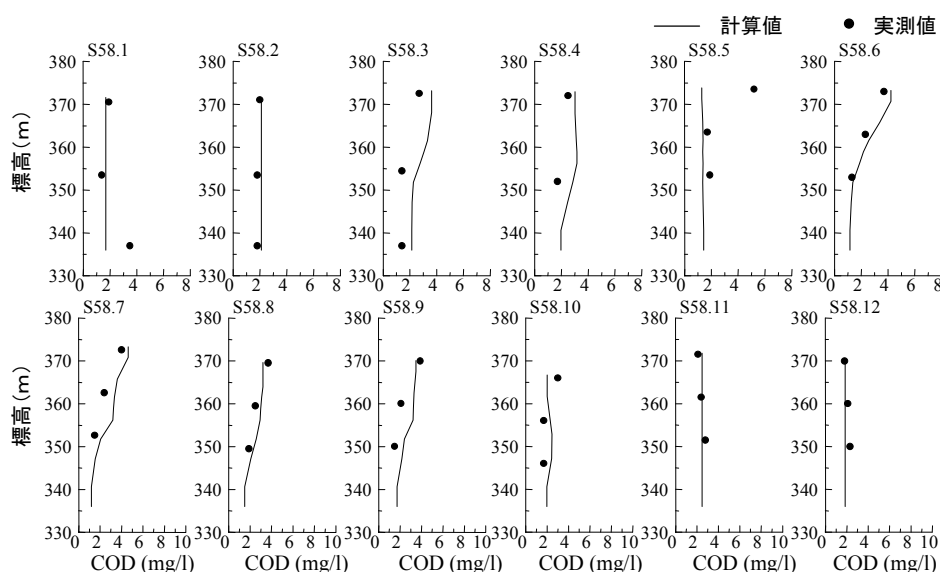


図-2 COD濃度鉛直分布