

## ボックスモデルによるダム貯水池の水質計算

佐賀大学工学部 ○学生員 福田大介 正会員 古賀憲一  
 佐賀大学低平地研究センター 正会員 荒木宏之  
 佐賀大学大学院工学系研究科 学生員 吉本優貴

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一次元水質解析モデルである。これまで複数のダムについて、SS、DO、CODを計算対象として、実測値との再現性が良好であることを確認している。<sup>1)~5)</sup> 本研究では、従来のボックスモデルに藻類(緑藻、珪藻、藍藻)の増殖特性を考慮してモデルの整合性を高め、利水専用ダムに適用したものである。

2. 解析方法 ダム貯水池の任意空間Vにおける基礎式を積分表示すると以下のように表せる。

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

(時間変化) (移流項) (拡散項) (反応項)

c:濃度  $\bar{v}$ :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。ここでは表層ボックス(表水層を想定)からその直下層への拡散輸送が0となるようなボックスを定義し、この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。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の基礎式を以下に示す。

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

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

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

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

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<sub>EXC</sub>: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<sub>T1</sub>:沈降, f<sub>T2</sub>:増加, f<sub>T3</sub>:分解量)

Lout:流出負荷 D:分解量 V<sub>EFF</sub>: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

(2)式は、各ボックスの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。藻類の増殖速度はモノ一型で与えた。水温は北山ダムにおける水温実測データから旬毎に設定し、各年毎で与えた。(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。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ある。その他の各種パラメータを表-1に示す。対象とした水質再現期間は1982~1993年の12年間とし、計算ステップは1日とした。

3. 計算結果及び考察 図-1に表層部のChl-a濃度とCOD濃度の実測値との比較を示す。図から、CODとChl-aの再現性は概ね良好である。図-2に栄養塩(窒素、リン)の濃度と実測値の比較を示す。この図からも栄養塩濃度の再現性は良好であることがわかる。全体的には、リン制限が認められるものの、珪藻と緑藻の濃度が高くなる時期に窒素制限となる傾向も良く再現されているようである。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かった事から、増殖に及ぼす水温特性についてさらなる検討が必要であろう。

4. まとめ 本研究では、既存のボックスモデルを用い、標準的な藻種を対象にして北山ダムの鉛直一次元水質計算を行った。1982～1993年の12年間の水質計算結果からCOD濃度、Chl-a濃度、栄養塩(窒素、リン)濃度の再現性は概ね良好であった。本研究を遂行するに際してご協力頂いた関係機関に深謝致します。

【参考文献】

- 1) 白岩・古賀・荒木・市山:鉛直一次元モデルによる北山ダムの水質解析、土木学会第51回年次学術講演会、平成8年9月
- 2) 仲・古賀・荒木・白岩・市山:洪水調節を主体とした貯水ダムの水質解析、土木学会西部支部、平成8年度
- 3) 白浜・市山・古賀・荒木:鉛直一次元モデルによるダム貯水池の水質解析、土木学会西部支部、平成9年度
- 4) 市山・古賀・荒木:洪水調節を主体とした多目的ダムの水質解析、土木学会第52回年次学術講演会、平成9年9月
- 5) 橋本・古賀・荒木・吉村: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、土木学会西部支部、平成11年度

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	$\mu_{max}$ (1/日)	増殖に伴うChl-aの生成率	(緑) 0.42 (注) 0.40 (藍) 0.30	植物プランクトンの死滅	R (1/日)	植物プランクトンの呼吸によるChl-a消費率	(緑藻) 0.012 (注藻) 0.012 (藍藻) 0.012
	$T_u$ (°C)	増殖上限水温	(緑) 27 (注) 25 (藍) 34		$\theta$	温度補正係数	(緑藻) 1.10 (注藻) 1.10 (藍藻) 1.05
	$T_s$ (°C)	増殖最適水温	(緑) 23 (注) 10 (藍) 27	変換率	$K_p$ (mg/l/ $\mu$ g/l)	植物プランクトン中のCOD物質量とChl-a量比	(緑) 0.21 (注) 0.30 (藍) 0.20
	$T_b$ (°C)	増殖下限水温	(緑) 12 (注) 0 (藍) 23		$\beta_p$ (mg/l/ $\mu$ g/l)	植物プランクトン中のリン量とChl-a量比	(緑) 0.007 (注) 0.007 (藍) 0.007
	$K_{in}$ (mg/l)	I-Nの半飽和定数	(緑) 0.005 (注) 0.015 (藍) 0.001		$\beta_n$ (mg/l/ $\mu$ g/l)	植物プランクトン中の窒素量とChl-a量比	(緑) 0.033 (注) 0.033 (藍) 0.033
	$K_{ip}$ (mg/l)	I-Pの半飽和定数	(緑) 0.0005 (注) 0.0015 (藍) 0.0001	沈降速度	w (m/日)	植物プランクトンの沈降速度	(緑) 0.04 (注) 0.13 (藍) 0.019
	-	-	-		-	-	CODの沈降速度 (COD)

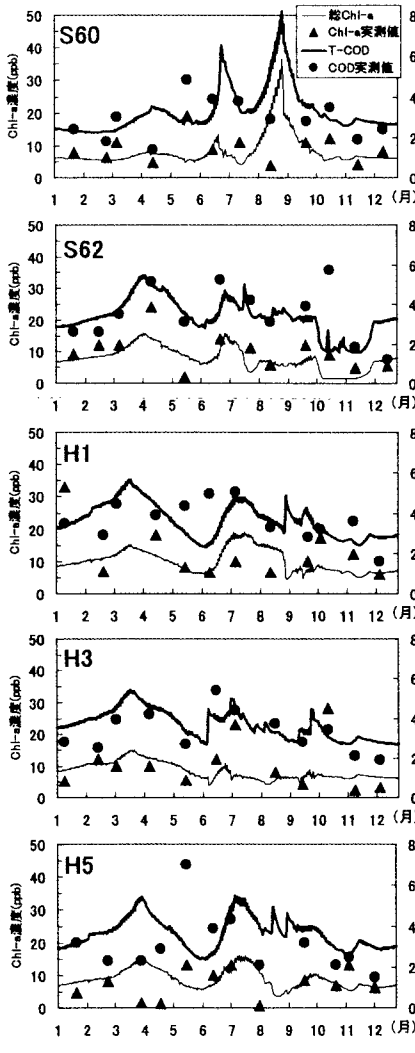


図-1 Chl-a, COD 濃度計算結果

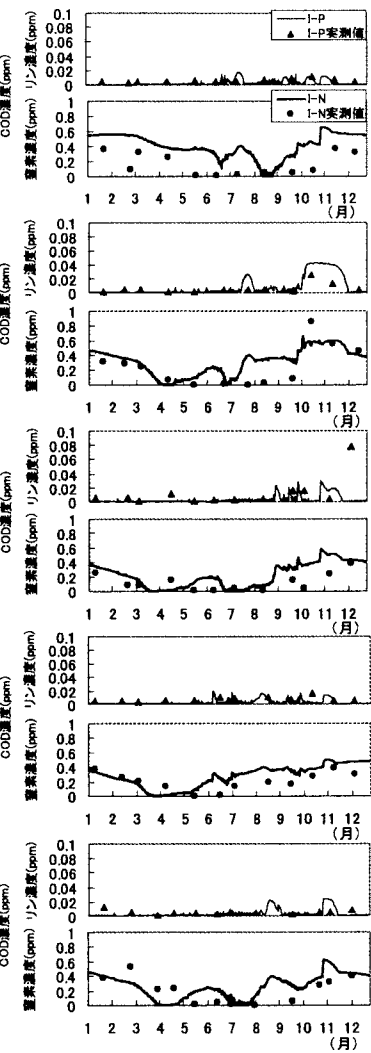


図-2 I-P, I-N 濃度計算結果