ボックスモデルを用いたダム貯水池の水質モデル

佐賀大学大学院工学系研究科　○学生員　川邉　学　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　福田大介

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。[1)～5)] 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、利水専用ダムの水質計算に適用したものである。

２．解析方法　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。

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

$$P_j(X_{i,j})=\mu_{\max j}\cdot f_{T2,j}\cdot V_{EFF}\cdot\frac{IN}{K_{IN,j}+IN}\cdot\frac{IP}{K_{IP,j}+IP}\cdot X_{i,j} \quad (2)$$

$$D_j(X_{i,j})=R_j\cdot f_{T3,j}\cdot X_{i,j}\cdot V_i \quad (3)$$

$$\frac{d(COD_i\cdot V_i)}{dt}=L_{in}(COD_i)-L_{out}(COD_i)+w_{COD}\cdot f_{T1,i-1}\cdot COD_{i-1}\cdot A_{i-1}-w_{COD}\cdot f_{T1,i}\cdot COD_i\cdot A_i\pm L_{EXC} \quad (4)$$

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　Lout:流出負荷　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)
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

（1）式は、各ボックスの藻類濃度の変化量を示し、（2）・（3）式は各藻種の増殖・分解量を示している。藻種の増殖速度をモノー型で与えた。水温は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。

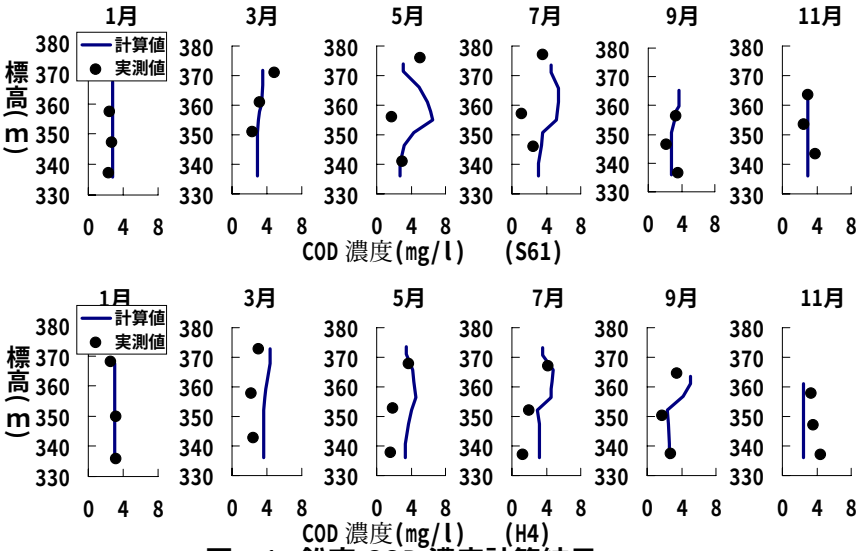
（4）式は各ボックスにおける河川由来 COD（流入負荷）の物質保存式である。流入負荷については藻類の流入は無いものとし、L-Q 回帰式から COD としての負荷量を与えた。ダム貯水池の COD は（1）式で得た藻類に含まれる有機物と（4）式で得た河川由来の有機物との総和である。その他の各種パラメータを表－１に示す。対象とした水質再現期間は 1982～1993 年の 12 年間とし、計算ステップは１日とした。

表－１　パラメーター一覧表

項目	ﾊﾟﾗﾒｰﾀ	説　明	設 定 値	項目	ﾊﾟﾗﾒｰﾀ	説　明	設 定 値
植物プランクトンの増殖	μmax (1/日)	増殖に伴うChl-aの生成率	(緑) 0.42	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消滅率	(緑藻) 0.012
			(珪) 0.40				(珪藻) 0.012
			(藍) 0.30				(藍藻) 0.012
	Tu (℃)	増殖上限水温	(緑) 27		θ	温度補正係数	(緑藻) 1.10
			(珪) 25				(珪藻) 1.10
			(藍) 34				(藍藻) 1.05
	Ts (℃)	増殖最適水温	(緑) 23	変換率	Kp (mg/l/μg/l)	植物プランクトン中のCOD物質量とChl-a量比	(緑) 0.21
			(珪) 10				(珪) 0.30
			(藍) 27				(藍) 0.20
	Tb (℃)	増殖下限水温	(緑) 12		βp (mg/l/μg/l)	植物プランクトン中のリン量とChl-a量比	(緑) 0.007
			(珪) 0				(珪) 0.007
			(藍) 23				(藍) 0.007
	Kin (mg/l)	I－Nの半飽和定数	(緑) 0.005		βn (mg/l/μg/l)	植物プランクトン中の窒素量とChl-a量比	(緑) 0.033
			(珪) 0.015				(珪) 0.033
			(藍) 0.001				(藍) 0.033
	Kip (mg/l)	I－Pの半飽和定数	(緑) 0.0005	沈降速度	w (m/日)	植物プランクトンの沈降速度	(緑) 0.04
			(珪) 0.0015				(珪) 0.13
			(藍) 0.0001				(藍) 0.019
	-	-	-			CODの沈降速度	(COD) 0.09

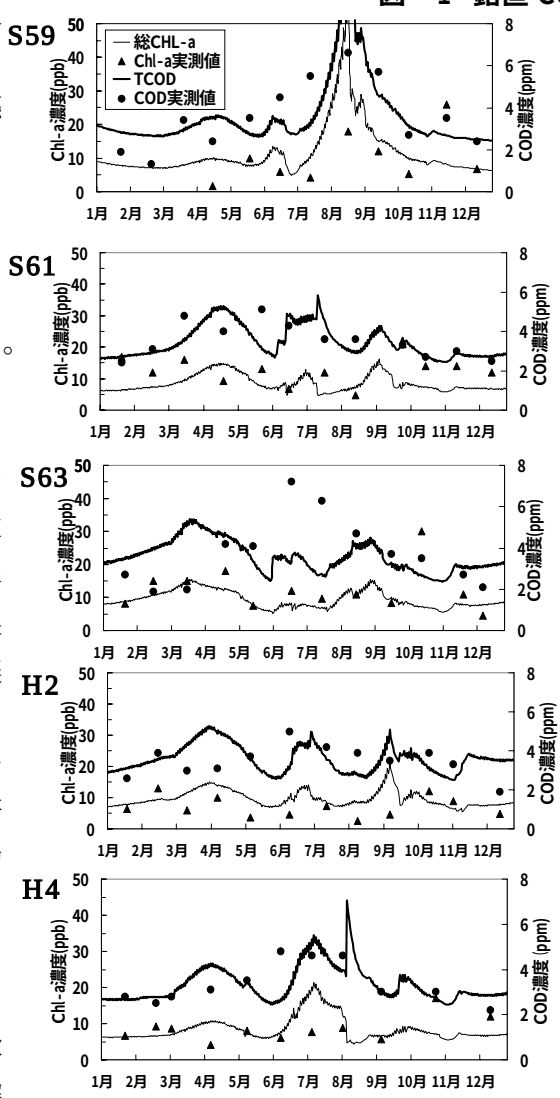
キーワード：ボックスモデル，鉛直一次元水質モデル，ダム貯水池，藻類，COD
〒840-8502　佐賀市本庄町１　佐賀大学理工学部都市工学科　TEL / FAX 0952-28-8575

３．計算結果及び考察　図－1 に COD 濃度の鉛直分布を示す。図から、COD 濃度の再現性は概ね良好である。図－2 に表層部の Chl-a 濃度と COD 濃度の実測値との比較を示す。鉛直分布と同様に表層部についても実測値との再現性は概ね良好である。図－3 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。

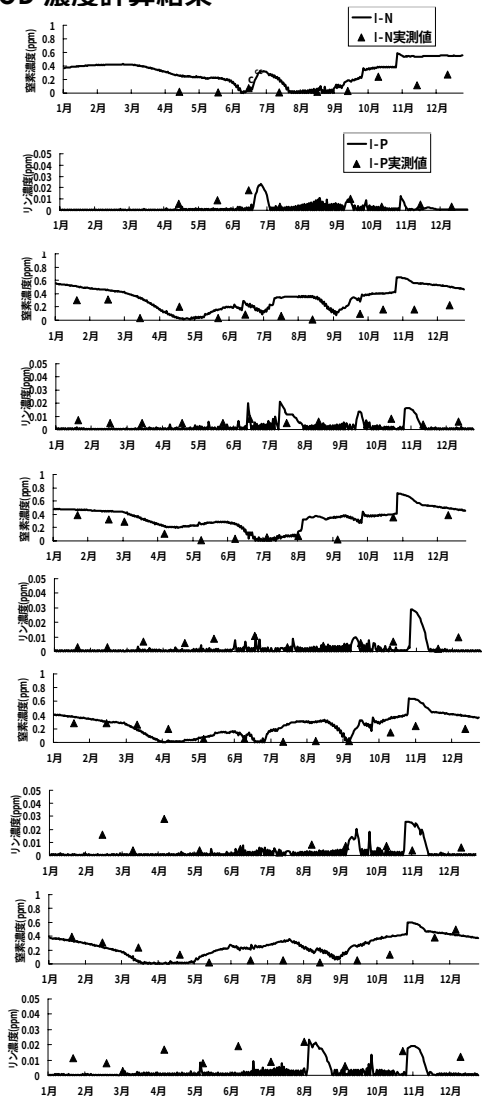


図－1　鉛直 COD 濃度計算結果

４．まとめ　本研究では、既存のボックスモデルを用い、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。本研究は、科学研究員（基盤研究(C)）の補助を受けて行われたものである。



図－2　chl-a,COD 濃度計算結果



図－3　I-N,I-P 濃度計算結果

【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）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

3）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

4）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

5）福田･古賀･荒木･吉本:ボックスモデルによるダム貯水池の水質計算、土木学会西部支部、平成 13 年度