

水塊モデルを用いたダム貯水池の水質計算

佐賀大学大学院工学系研究科 ○学生員 川邊 学  
 佐賀大学理工学部 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  
 独立行政法人 水資源機構 正会員 工藤勝弘

1.まえがき

近年、ダム貯水池の水質保全対策として、曝気循環法が採用され実績も認められつつあるが、詳細な機能評価については、検討の余地が残されているようである。このことは、成層期におけるダム貯水池内の複雑な混合現象のモデル化にも課題が残されていることを示唆している。本研究は、鉛直混合循環による水質改善効果の把握・予測のための水質モデルの構築を最終目的として、揚水発電を伴うAダムに対して(独)水資源機構で開発された水塊モデルの適用を試みたものである。

2.モデルの基本構成

$$\frac{d(PHY_i)}{dt} = G_{pi} \cdot PHY_i - D_{pi} \cdot PHY_i - S_i + F_i \quad (1)$$

(増殖) (呼吸・死滅) (沈降) (浮上)

$$G_{pi} = G_{max_i} \cdot K_{t_i} \cdot \frac{I_y}{I_{s_i}} \exp\left(1 - \frac{I_y}{I_{s_i}}\right) \cdot (1 - f_{1(IP_i)}) \cdot (1 - f_{2(IN_i)}) \quad (2)$$

PHY<sub>i</sub>: 種類 i の藻類の濃度 G<sub>pi</sub>: 種類 i の藻類の増殖速度 D<sub>pi</sub>: 種類 i の藻類の呼吸速度 S<sub>i</sub>: 種類 i の藻類の沈降水量 F<sub>i</sub>: 種類 i の藻類の浮上量 G<sub>max<sub>i</sub></sub>: 種類 i の藻類の最大増殖速度 K<sub>t<sub>i</sub></sub>: 水温係数  
 I<sub>y</sub>: 増殖時の日射量 I<sub>s<sub>i</sub></sub>: 種類 i の藻類の最適日射量 IP<sub>i</sub>, IN<sub>i</sub>: 藻類細胞内の無機態栄養塩の含量  
 (1 - f<sub>1(IP<sub>i</sub>)</sub>), (1 - f<sub>2(IN<sub>i</sub>)</sub>): 栄養塩に関する制限項

表-1 パラメータ一覧表

(1) 式は、藻類の濃度変化、(2) 式は、各藻類の増殖速度を示している。表-1 に、各種パラメータを示す。計算対象期間は 8 年間(1989 年~1996 年)とした。

3.計算結果及び考察

図-1 にダムの表層部、図-2 に鉛直方向の計算結果を示す。

3.1 COD, Chl-a Aダムの COD, Chl-a 濃度における水質の再現性は、水塊モデル、鉛直 1 次元モデルとも概ね良好である。表-1 に示す両モデルの最大比増殖速度は、ほぼ同値になっている。水塊モデルの計算ステップは 1 時間であることから最大比増殖速度は計算時間ステップ 1 日の 1 次元モデルの倍程度の値になるものと推察されるが、詳細については今後の課題としたい。COD に関しては、秋期から冬期にかけて若干ではあるが低濃度となる傾向が示されている。Chl-a も同様の

パラメータ	説明	設定値	
		水塊モデル	鉛直一次元モデル
G <sub>pi</sub>	増殖に伴うCHL-aの最大比増殖速度	(緑藻) 0.200 (1/日) (珪藻) 0.250 (1/日) (フオルミディウム) 0.010 (1/日) (ミクロキスティス) 0.300 (1/日)	(緑藻) 0.290 (1/日) (珪藻) 0.190 (1/日) (藍藻) 0.300 (1/日)
K <sub>IPi</sub>	I-Pの最大吸収速度半飽和値	(緑藻) 0.0005 (mg/l) (珪藻) 0.0015 (mg/l) (フオルミディウム) 0.0001 (mg/l) (ミクロキスティス) 0.0001 (mg/l)	(緑藻) 0.0005 (mg/l) (珪藻) 0.0015 (mg/l) (藍藻) 0.0001 (mg/l)
K <sub>INi</sub>	I-Nの最大吸収速度半飽和値	(緑藻) 0.05 (mg/l) (珪藻) 0.05 (mg/l) (フオルミディウム) 0.05 (mg/l) (ミクロキスティス) 0.05 (mg/l)	(緑藻) 0.005 (mg/l) (珪藻) 0.015 (mg/l) (藍藻) 0.001 (mg/l)
T <sub>ui</sub>	増殖上限水温	(緑藻) 30°C (珪藻) 34°C (フオルミディウム) 26°C (ミクロキスティス) 32°C	(緑藻) 22°C (珪藻) 15°C (藍藻) 30°C
T <sub>si</sub>	増殖最適水温	(珪藻) 17°C	(緑藻) 20°C (珪藻) 9~11°C (藍藻) 23~28°C
T <sub>bi</sub>	増殖下限水温	(緑藻) 0°C (珪藻) 0°C (フオルミディウム) 10°C (ミクロキスティス) 10°C	(緑藻) 14°C (珪藻) 0°C (藍藻) 20°C
W <sub>i</sub>	沈降速度	(緑藻) 0.192 (m/day) (珪藻) 0.192 (m/day) (フオルミディウム) 0.192 (m/day) (ミクロキスティス) 0.05 (m/day)	(緑藻) 0.04 (m/day) (珪藻) 0.13 (m/day) (藍藻) 0.002 (m/day)
K <sub>p</sub>	植物プランクトン中のCOD物質とCHL-a量比	0.200 (mg/l/μg/l)	(緑藻) 0.150 (mg/l/μg/l) (珪藻) 0.150 (mg/l/μg/l) (藍藻) 0.200 (mg/l/μg/l)
β <sub>P</sub>	植物プランクトン中のリンとCHL-a量比	0.001 (mg/l/μg/l)	0.006 (mg/l/μg/l)
β <sub>N</sub>	植物プランクトン中の窒素とCHL-a量比	0.0033 (mg/l/μg/l)	0.005 (mg/l/μg/l)

挙動を示していることから、藻類由来の COD の寄与が支配的であると考えられる。COD の鉛直分布に関しては、底層の実測値と比較すると若干異なっているが、降雨直後のダム底層部における水質の濃度は一般的に変化が速いことを考慮すると計算値の再現性は良好なものと判断される。

**3.2 SS** Aダムの計算結果は、表層部では降雨時、鉛直部分では底層付近の高濃度SSの再現性が十分ではない。水塊モデルは、懸濁性物質の粒径分布（4種類）を考慮し計算を対象としているために、流入水に含まれる懸濁性物質の粒径分布（沈降速度分布）の入力データの収集を行うなど更なる検討が必要である。

**3.3 TP, TN** TPについては、良好な再現結果を得ることができた。両モデルの計算値と比較するとパラメータの違いによる影響と思われるが1次元モデルの方が鋭敏な挙動を示している。TNについては、実測値よりも計算値が若干高めではあるが概ね良好な再現結果を得ることができた。

**4.まとめ**

揚水を伴う多目的ダムに藻種を考慮した鉛直2次元モデルを適用し良好な再現結果を得ることを確認した。今後は、粒径分布別懸濁性物質の詳細な挙動を考慮し、密度流が他の水質に及ぼす影響について検討を試みたい。

謝辞：本研究を遂行するに際してプログラム提供や貴重なコメントを頂いた（独）水資源機構の関係各位に深謝致します。

**【参考文献】**

- 1) 川邊・古賀・荒木・工藤：鉛直二次元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14年度
- 2) 川邊・古賀・荒木・長澤：ダム貯水池の鉛直二次元水質解析モデル 土木学会西部支部、平成13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) 樋口・工藤・後藤・岩崎：植物プランクトン種別発生手法 土木学会第56回年次学術講演会 平成13年度
- 5) 水資源開発公団：ダム貯水池の水質 試験研究所報告書 平成13年2月
- 6) 古賀・門出・市山・荒木：ダム貯水池の深層冷水の有効活用と水質保全に関する基礎的研究 土木学会 環境システム研究 25 平成9年度

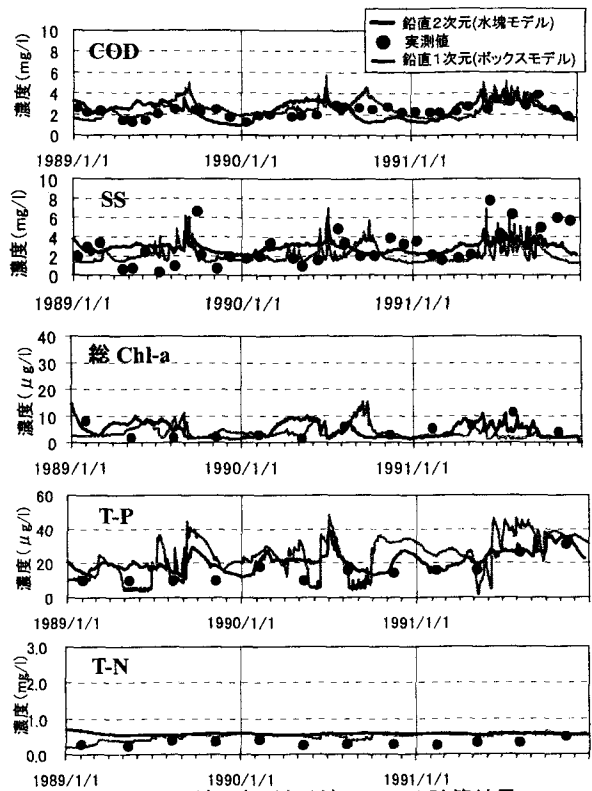


図-1 Aダム表層部(ダムサイト)計算結果

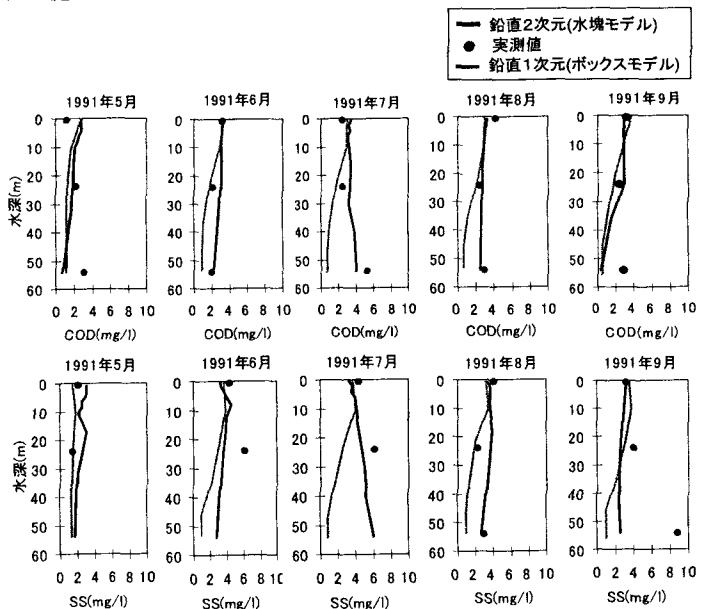


図-2 Aダム鉛直方向計算結果(ダムサイト)