

鉛直一次元モデルによるダム貯水池の水質解析

佐賀大学理工学部 ○学 白浜 伸恭 学 市山 勝章

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 ダム貯水池の水質予測並び水質把握、水質保全対策事業における水質改善の評価等を行うためには、水質解析モデルは必要不可欠である。著者らは、これまでに鉛直一次元モデルを構築し、モデルの有効性を確認してきた^{1), 2)}。今回対象とした多目的ダム（Kダム）では、揚水発電が行われており、揚水を行うことにより淡水赤潮が消滅したという事例も報告されているが、詳細な水質解析を行うには未だ検討の余地が残されている。

以上の視点から、本研究では、これまで構築してきた鉛直一次元モデルを用いてKダムの過去8年間の水質観測値との整合性について検討した。

2. 解析方法 水平方向の濃度分布は均一であると仮定した時のダム貯水池内部の任意空間（体積 V_s ）の積分表示式は以下のように表される。

$$\iiint_{V_s} \frac{\partial c}{\partial t} dV + \iiint_{V_s} \nabla(\vec{v} - \vec{w}_s) cdV = \iiint_{V_s} \nabla(D_{ij} \nabla c) dV \pm \iiint_{V_s} P_r dV$$

(時間変化)

(移流項)

(拡散項)

(反応項)

Kダムの平均的な水温分布を図-1に示す。図-1から、10~3月にダム全体がほぼ完全混合状態であり、4~9月に安定した成層が形成されていることが分かる。成層期の表水層ボックス厚を乱流拡散輸送量が無視できるほど小さくなる水深と定義することにより、表水層を完全混合状態とする鉛直一次元の水質解析が可能となる^{1), 2)}。以上のこと及びKダムの水温分布を考慮に入れて、表水層の水深を循環期（10~3月）は全水深、成層期（4~9月）は10mとした。成層期の表水層以深については、湖底から厚さ10mのボックスを連結して行った。解析項目はCODとして本研究で用いたCODに関する各ボックスの基礎式を以下に示す。

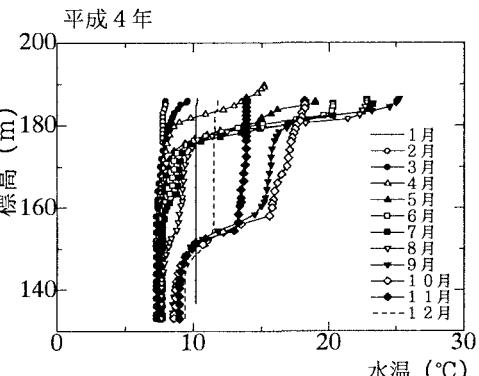


図-1 水温分布

$$\frac{d(COD_i \cdot V_i)}{dt} = L_{in} - L_{out} + w f_{T1,i-1} \cdot COD_{i-1} \cdot A_{i-1} - w f_{T1,i} \cdot COD_i \cdot A_i + K_i \cdot f_{T2} \cdot COD_i \cdot V_i - F \cdot f_{T3,i} \cdot COD_i \cdot V_i \pm L_{exc} \pm L_{up}$$

(流入)(流出) (上層からの沈降) (下層への沈降) (生産) (分解) (交換)(揚水)

 V_i :ボックス容量 L_{in} :流入負荷 L_{out} :流出負荷 w :沈降速度 f_{T1} :沈降に係わる温度補正係数 A :沈降面積 K_i :増加速度係数 f_{T2} :沈降に係わる温度補正係数 F :分解速度係数 f_{T3} :分解に係わる温度補正係数 L_{exc} :交換負荷（表層と表層直下のボックスのみ） L_{up} :揚水による負荷

河川からの流入負荷 L は、ダムの管理年報³⁾の流入量 Q と水質観測値から得られる $L-Q$ 回帰式を基に見積もり、表層のみに流入するものとした。また、流入負荷 L は河川のみを考慮し、湖沼底からの巻き上げは無いものとした。水質再現期間は1989~1996年の8年間である。初期値は当該年の1月1日の値を用いた。水温は観測値を参考に平均的な旬変化を求め、各年共通として与えた。計算時間ステップは半日とし

た。また、揚水を行っていないと仮定した場合の計算を加えた。

3. 計算結果及び考察 表層 COD 濃度の計算結果を図-2 に示す。実測値は K ダムのダムサイト(水面下 0.5m)の値である。実測値の再現性は概ね良好である。また、この図から夏季になると COD 濃度が上昇していることがわかる。これは、夏季の温度上昇に伴う藻類の増殖によるものである。揚水を行っていないと仮定した時のシミュレーション結果を図-3 に示す。図-3 と図-2 の平成 4 年の結果を比較すると、7 月～9 月にかけての COD 濃度の増加傾向に差が生じている。図-5 に示す COD 濃度鉛直分布の再現性は概ね良好である。図-4 に平成 4 年における揚水の流入出量を示す。この図から、7 月～9 月にかけて揚水が頻繁に行われていることがわかる。これらのことから、揚水(鉛直下向きの輸送増)による水質改善効果が認められるようである。

4.まとめ K ダムの COD について鉛直一次元解析を行った。1989～1996 年の 8 年間、同一条件で計算しているにも拘わらず、良好な計算結果を得られた。これは本モデルが簡便性を有しながらも、長期に渡る水質再現が可能であることを示唆している。また、本モデルにおける揚水項の取り扱いは循環曝気を行った場合にも適用可能である。今後は SS や DO の水質予測を行い、ダム水質管理、及び循環曝気のための基礎資料としていきたい。最後に、貴重な資料を提供して下さいました建設省九州地方建設局をはじめ、関係各位の皆様方に深く感謝の意を表します。

【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(II)、土木学会第 51 回年次学術講演会、平成 8 年 9 月
- 2)市山・古賀・荒木:洪水調節を中心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
- 3)建設省九州地方建設局河川管理課、ダム管理年報 1989～1996 年

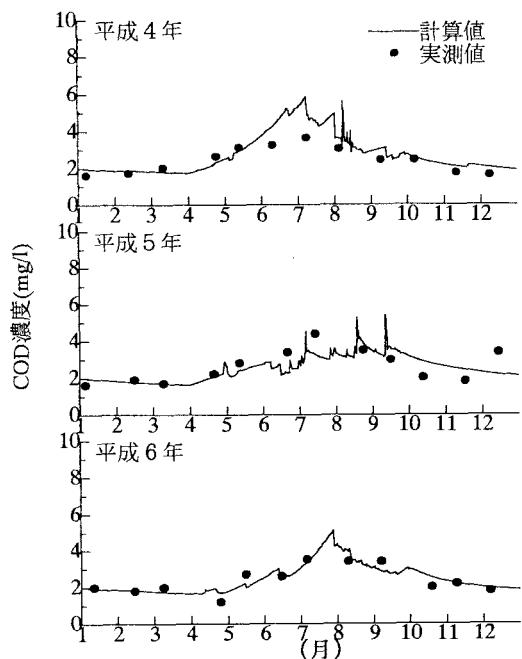


図-2 表層 COD の解析結果と実測値

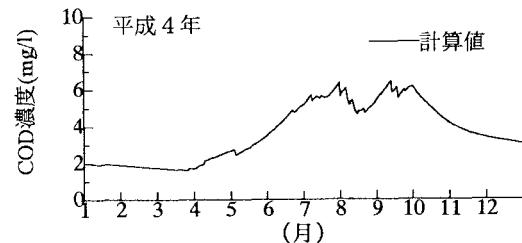


図-3 揚水なしとした時のシミュレーション結果

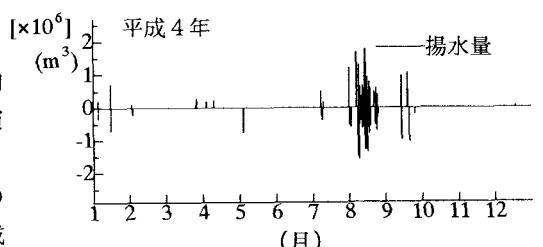


図-4 揚水による流入出量

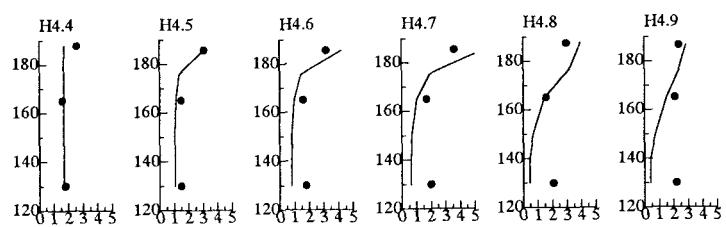


図-5 鉛直 COD の解析結果と実測値