

洪水調節を主体とした多目的ダムの水質解析

佐賀大学理工学部 ○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 水質解析モデルはダム水質の現状把握や富栄養化等に対する水質保全対策の立案・評価を行う際に必要である。しかし、ダム内の流動状態や藻類の発生メカニズムが複雑である等の理由から、ダム水質解析モデルの大半は、種々の水質項目について複雑な反応式で表現されることが多く、水質管理上実用性に乏しいようであり検討の余地が残されている。著者らは水質調査資料、水文資料等をもとに鉛直方向の水質解析モデル(鉛直一次元モデル)を構築し、利水を主体とする北山ダム(佐賀県)の水質解析を行い水質観測値との整合性について検討し、良好な結果を得ている¹⁾。本研究では、洪水調節を主体とした多目的ダム(Mダム)を対象とし、鉛直一次元モデルを用いて、COD、SS及びDOについて水質解析を行い、Mダムの過去10年間の水質観測値と比較し、考察を加えた。

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、ダムの任意空間 V_s における基礎式を積分表示で表すと以下ようになる。

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

(時間変化) (沈降項) (拡散項) (反応項)

ダムの表層(表水層)は、混合期を除けば成層化し、完全混合状態にあることが一般的に知られている。Mダムの水温の鉛直分布からも成層化は確認されている。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、適切な拡散係数を見積らずに表層水質の解析が可能となる。以上のこと及び水温分布の月別変化を考慮に入れて、表層ボックスの水深を循環期(1~3, 11, 12月)は全水深として、成層期(4~10月)は30mとした²⁾。また鉛直方向の水質解析は、湖底から厚さ5mのボックスを連結して(循環期は1ボックス)行った。本研究で用いたCOD、SS及びDOに関する各ボックスの基礎式を以下に示す。

$$\text{COD} \quad \frac{d(\text{COD}_i \cdot V_i)}{dt} = L_{i,in} - L_{i,out} + w_c \cdot f_{T1,i-1} \cdot \text{COD}_{i-1} \cdot A_{i-1} - w_c \cdot f_{T1,i} \cdot \text{COD}_i \cdot A_i + K \cdot f_{T2} \cdot \text{COD}_i \cdot V_i - F_c \cdot f_{T3,i} \cdot \text{COD}_i \cdot V_i \pm L_{exc} \quad (2)$$

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

$$\text{SS} \quad \frac{d(\text{SS}_i \cdot V_i)}{dt} = L_{s,in} - L_{s,out} + w_s \cdot f_{T1,i-1} \cdot \text{SS}_{i-1} \cdot A_{i-1} - w_s \cdot f_{T1,i} \cdot \text{SS}_i \cdot A_i \pm L_{exc} \quad (3)$$

(流入)(流出) (上層からの沈降) (下層への沈降) (交換)

$$\text{DO} \quad \frac{d(\text{DO}_i \cdot V_i)}{dt} = L_{in} - L_{out} - F \cdot f_{T3,i} \cdot \text{COD}_i \cdot V_i \pm L_{exc} \quad (4)$$

(流入)(流出) (分解) (交換)

V_i : ボックス容量 w : 沈降速度 f_{T1} : 沈降に係わる温度補正係数 A_i : 沈降面積 L_{in} : 流入負荷

L_{out} : 流出負荷 K : 生産速度係数 F : 分解速度係数 f_{T2} : 生産に係わる温度補正係数

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)

河川からの流入負荷は、ダムの管理年報³⁾から得られる流量 Q と負荷量 L から得られる $L \cdot Q$ 回帰式から見積り、表層にのみ流入するとした。DOの表層部濃度については、飽和溶存酸素濃度を用いた(DOは、鉛直方向のみの解析)。湖底からの巻き上げは無いものとし、溶出に伴うDO消費は、成層期開始日(4月1日)

ダム水質解析 鉛直一次元モデル 洪水調節を主体とした多目的ダム

〒840 佐賀市本庄町1 佐賀大学理工学部建設工学科水資源工学研究室 Tel. 0952-28-8575

から開始されるものとした。本研究で対象とした水質再現期間は1986～1995年の10年間とした。COD及びSSの初期値として、当該年の1月1日の値を用い、DOについては3月下旬の平均値を初期値とした。水温の鉛直分布は、観測値を参考にして旬平均値を求め、各年共通として与えた。計算時間ステップは1日とした。

3. 計算結果及び考察 図-1に、表層CODの計算結果例を示す。実測値は、Mダムのダムサイト(水面下0.5m)の値である³⁾。平成元年の年降水量は、Mダムの平均的なものに相当し、平成4年は、降水量の少ない年である。図から実測値の再現性は良好であることがわかる。図-2に、表層SSの計算結果例を示す。図から実測値の再現性は概ね良好である。SSについては、洪水調節を主目的としているMダムが流入負荷の影響を強く受けるため、降雨時の濃度上昇が顕著に現れる。図-3に、成層期におけるSSの鉛直分布の計算結果と実測値の比較を示す。図から、鉛直方向の再現性も良好であることがわかる。図-4にDOの鉛直方向の計算結果と実測値の比較を示す。図から、実測値の再現性は概ね良好であることがわかる。深水層でのDO濃度の減少は湖底からの溶出によるものであり、この溶出は11月まで及んでいることがわかる。以上のことから、洪水調節を主目的とした本ダムに関しては、栄養塩などの流入負荷削減対策に加えて、表水層成層化に起因する藻類増殖を抑制する対策が必要であろう。

まとめ 本研究では、洪水調節を主目的とした多目的ダムのCOD、SSとDOについて解析を行った。1986～1995年の10年間において、同一条件で計算しているにもかかわらず良好な計算結果が得られた。今後も、他のダム貯水池の水質解析に適用し、ダム水質管理のための基礎資料としたい。最後に、貴重な資料を提供して下さった建設省九州地方建設局をはじめとして、関係各位の皆様方に感謝します。

【参考文献】

- 1) 白岩・古賀・荒木・市山:鉛直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) 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) 建設省九州地方建設局河川管理課、ダム管理年報、1986～1995年

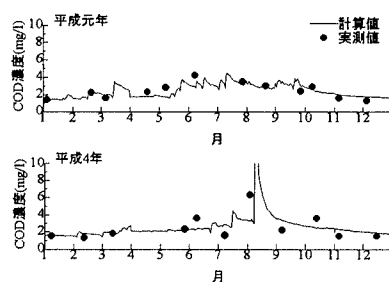


図-1 表層部CODの計算値と実測値

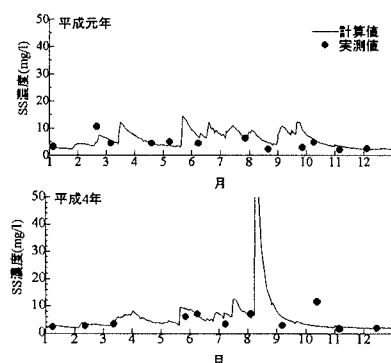


図-2 表層部SSの計算値と実測値

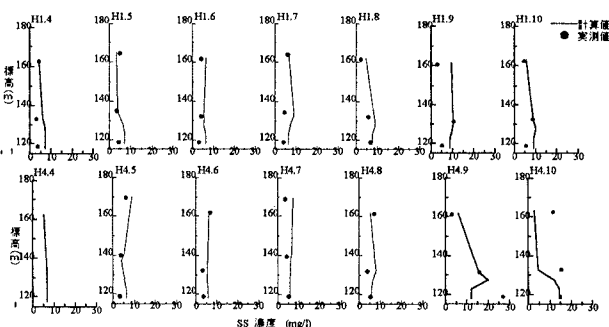


図-3 SSの鉛直方向の計算値と実測値

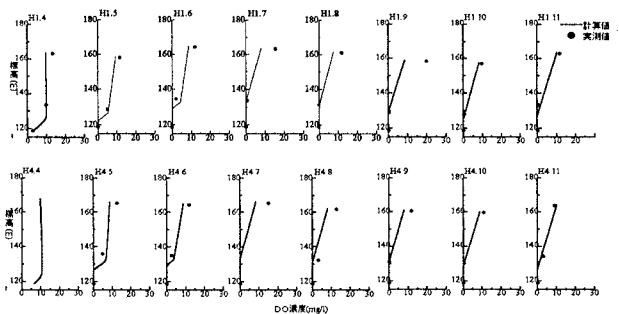


図-4 DOの鉛直方向の計算値と実測値