

ダム統合運用に伴うダム貯水池の水質予測

佐賀大学理工学部 ○学生員 須賀智洋 正会員 古賀憲一
 佐賀大学大学院工学系研究科 学生員 吉村 敏
 佐賀大学低平地防災研究センター 正会員 荒木宏之

1. はじめに 我が国においてダム貯水池群の連携運用は、一部の流域で試行的に実施されているが、本格的な運用には至っていないのが現状である。本研究で対象とするダム統合運用は、上流に位置する利水専用の貯水池（A ダム）と下流側の治水主体とした多目的ダム（Bダム）との統合運用を想定している。ダム統合運用による一般的な長所は、一体的運用による水資源開発量の増量である。しかしながら、ダム統合運用においては上流側のダムを温存する（滞留時間が長くなる）ために水質悪化の可能性も否定できない。さらには、上流ダムの水質悪化が下流ダムに及ぼす副次的な影響も事前に評価しておく必要がある。本研究は、以上の観点から、このようなダム統合運用に伴うダム貯水池の水質予測を試みたものである。

2. 解析方法 図-1に一次元水質モデルの概念図を示す。水平方向の濃度分布は均一であると仮定して、表層水質(一次元水質モデル)について定式化を行うと、ダム貯水池内部の任意空間 V(体積)についての積分表示式は以下のように表される。

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

(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: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。A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(1,2,11,12月)は全水深、3,4,10月は10m、5~9月は5mとした。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に関する各ボックスの基礎式を以下に示す。

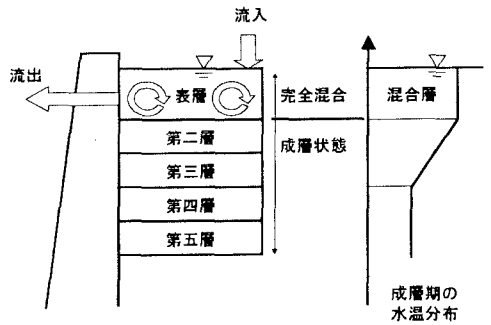


図-1 一次元水質モデル概念図

$$\frac{d(COD_i \cdot V_i)}{dt} = L_{in} - L_{out} + w_c \cdot f_{T_{i-1}} \cdot COD_{i-1} \cdot A_{i-1} - w_c \cdot f_{T_i} \cdot COD_i \cdot A_i + K \cdot f_{T_2} \cdot COD_i \cdot V_i - F_c \cdot f_{T_{i3}} \cdot COD_i \cdot V_i \pm L_{exc}$$

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

V_i :ボックス容量 COD_i :ボックスのCOD濃度 w_c :沈降速度 f_{T_1} :沈降に係わる温度補正係数 A :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_{T_2} :生産に係わる温度補正係数
 f_{T_3} :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)

流入負荷は、L-Q回帰式から見積もり、表層にのみ流入するとした。対象とした水質再現期間は1986~1995年の10年間とした。CODの初期値として、当該年の1月1日の値を用いた。水温の鉛直分布は、観測値を参考にして平均的な月変化を求め、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. 計算結果ならびに考察 A ダム (上流側) の水質予測: 図-2~5に、単独運用と統合運用におけ

るダム水位と COD 濃度の経日変化の一例を示す。A ダムは管理ダムであるために、単独運用時の COD 濃度は実測値が得られている。本例に示す単独運用時の計算結果は、実測値との整合性を確認している。統合運用時の計算結果は、モデル検証で得られた同一パラメータを用いて予測したものである。

図-6 (昭和63年、平成3年)に、A ダムへの積算流入量の経日変化を示す。この図から、本例に示す範囲では、昭和63年の総流入量は少なく、平成3年は多いことが分かる。統合運用時のAダム水位は、上流ダム温存型(下流側のBダムの貯水量を先に放流・利用する方式)で運用することを想定しているために、供給に余裕があれば、Aダムは満水位となり、流入量に余裕がなければ計画論上はAダムからも放流される。AダムのCOD濃度は、昭和63年の非灌漑期において流入量が少なく滞留時間が長くなるために単独運用のものより濃度が高くなっている。一方、平成3年では、流入量が多いために昭和63年に比べれば濃度悪化の影響は小さく、単独運用のものと同様の濃度レベルとなっている。

Bダムの水質予測: Bダムの水質予測

結果を図-7~10に示す。図に示す結果から、平成3年においては、ダム水位がダム運用形態によらず概ね一致していることから、統合運用に伴う水質変化はさほど生じていない。このことは、ダム流入量が多いために双方のダムの藻類増殖が運用形態の違いによる影響をさほど受けていないためである。昭和63年においては、冬期から夏期に至る期間において統合運用時の水質が単独の場合よりも若干ではあるが濃度が増加している。このことは、灌漑期に備えて統合運用時に貯水されている

(滞留時間が長くなる)ためと、夏期の水温上昇に伴う藻類増殖の影響が現れたためである。非灌漑期の濃度は運用形態によらずほぼ同程度の濃度となっていることから、Aダムから非灌漑期に高COD濃度水が放流されても、下流ダムへその影響はさほど生じていないことが分かる。このことは、Aダムからの発電放流水がBダムの下流域へ流出し、いわゆるバイパス効果による影響が現れたためと考えられる。

4. まとめ 本研究では、ダム統合運用に伴うダム貯水池の水質予測を行った。CODについては、妥当な計算結果が得られた。今後はこの結果をもとにダム放流水質の下流に及ぼす影響について検討を進めたい。謝辞: 貴重な資料を提供して頂きました関係機関各位に深謝いたします。

【参考文献】1) 白岩・古賀・荒木・市山:「鉛直一次元モデルによるダム貯水池の水質解析」土木学会第51回年次学術講演会

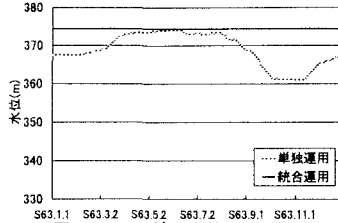


図-2 Aダム水位 (S63)

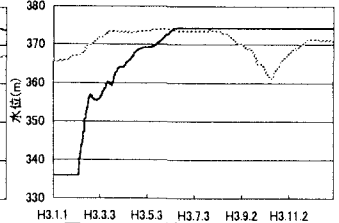


図-3 Aダム水位 (H3)

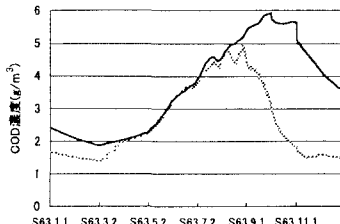


図-4 AダムCOD濃度 (S63)

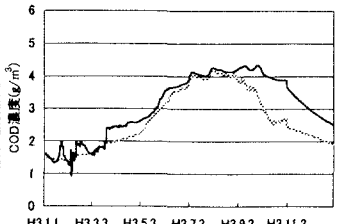


図-5 AダムCOD濃度 (H3)

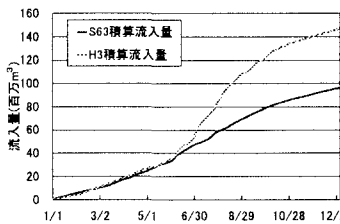


図-6 Aダムへの積算流入量

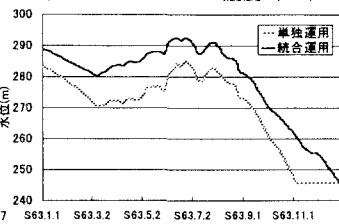


図-7 Bダム水位 (S63)

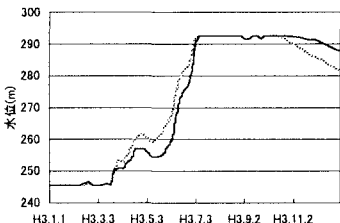


図-8 Bダム水位 (H3)

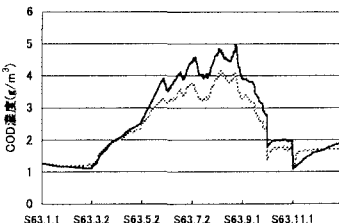


図-9 BダムCOD濃度 (S63)

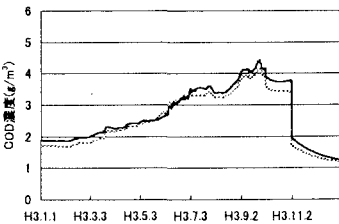


図-10 BダムCOD濃度 (H3)