

鉛直一次元モデルによる北山ダムの水質解析

佐賀大学理工学部 ○学 白岩慎隆 正 古賀憲一
正 荒木宏之 学 市山勝章

1. はじめに 佐賀県の北山ダム(図-1)では、春季から夏季にかけて異臭味障害が発生するなど、富栄養化への進行が憂慮されている。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を構築し、水質観測値との整合性について検討してきた¹⁾²⁾³⁾。本研究では、まずダム水質の鉛直一次元解析の定式化を行い、新たに水質解析モデルを構築して、北山ダムの過去12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、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(体積)Vについての積分表示式は以下のように表される。

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

(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_r :反応項

式(1)の拡散項は、降雨などによる水面からの輸送が無視できるものとする、以下のように表される。

$$\int_{z_b} \frac{\partial J_z}{\partial z} A_z dz = J_z A_z \Big|_{z=0} - J_z A_z \Big|_{z=z_b} = -J_z A_z \Big|_{z=z_b} \quad (2)$$

ダムの表層(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。ここで式(2)の右边を0、すなわち所定の水深 z_b で拡散輸送が無視される程小さくなるようなボックスを表層ボックスと定義する。表層ボックス内は完全混合とする。このことにより、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。北山ダムの水温の鉛直分布からも成層化は確認されている。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における基礎式を以下に示す。

$$\frac{d(COD_i \cdot V_i)}{dt} = L_{in} - L_{out} + w \cdot f_{T1,i-1} \cdot COD_{i-1} \cdot A_{i-1} - w \cdot f_{T1,i} \cdot COD_i \cdot A_i + K \cdot f_{T2,i} \cdot COD_i \cdot V_i - F \cdot f_{T3,i} \cdot COD_i \cdot V_i \pm L_{exc} \quad (3)$$

(流入)(流出) (上層からの沈降) (下層への沈降) (生産) (分解)

V: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 :沈降面積 L_{in} :流入負荷 L_{out} :流出負荷

K:生産速度係数 f_{T2} :生産に係わる温度係数 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)

式(3)の L_{exc} は、水深一定の表層ボックスにおいて連続の式を満足させるために生じる交換流量によって付加される表層ボックスとその直下のボックス間での流出入負荷である。この交換流量 Q_{exc} は、表層の容積を V_m 、ダム全貯水量を V とすると以下の式で表される。

$$\frac{dV_m}{dt} = \frac{dV}{dt} \pm Q_{exc} \quad (4)$$

河川からの流入負荷は、北山ダム管理月報⁴⁾から得られる流入量 Q と予め得られている $L-Q$ 回帰式⁵⁾から見積り、表層にのみ流入するとした。生産層は、日補償深度とした(水面直下の光量を100%としたときに1%の光が透過する層)。湖沼底からの巻き上げや溶出は無いものとした。本研究で対象とした水質再現期間は1982

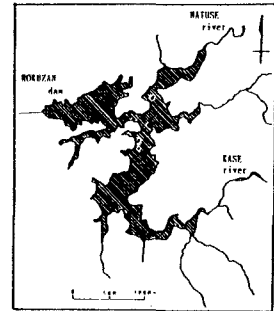


図-1 北山ダムの概要図

～1993年の12年間とした。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。

3. 計算結果及び考察 図-2に表層部計算結果例を示す。実測値は、北山ダムサイト(水深1m以内)の値である⁵⁾⁶⁾。計算時間ステップは1日とした。図から実測値の再現性は概ね良好であることがわかる。年によっては、春季(3,4月)におけるCOD増加が十分に再現されていないが、COD生産速度を季節により変えることで再現性は改善される。いずれにしても、図-3に示すようにCOD生産速度一定でも12年間の水質再現性は、良好であることがわかる。次に、成層期の鉛直方向の実測値と計算値の比較を図-4に示す。図から、鉛直方向のCODの再現性も良好であることがわかる。また、表層直下の層に濃度の増加が現れているのは、水温躍層付近にCODが滞留しているものと思われる。図-5に成層期の代表的なDO鉛直分布を示す。図より、躍層付近のDO濃度の大幅な減少が見られ、この層でのCOD増加と整合性のある現象であることがわかる。以上のことから、北山ダムの水質管理に関しては、栄養塩などの流入負荷の削減対策に加えて、夏季の表水層成層化に起因する藻類増殖を抑制する対策も有効であると考えられる。

4. まとめ 本研究では、北山ダムのCODについて鉛直一次元解析を行った。1982～1993年の12年間については、良好な計算結果が得られた。今後は、他のダム貯水池や水質将来予測に適用し、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いました建設省九州地方建設局嘉瀬川ダム工事事務所をはじめとして、関係各位の皆様方に感謝します。

【参考文献】

- 1)井前・古賀・荒木・久場・栗谷・楠田:北山ダムの水質特性、用水と廃水、Vol.30、No.3、pp.222-227、1988。
- 2)白岩・古賀・荒木・須藤:北山ダムの水質解析、土木学会西部支部、平成6年度
- 3)白岩・古賀・荒木・須藤:北山ダムの水質解析II、土木学会第50回年次学術講演会、平成7年9月
- 4)北山ダム管理事務所:北山ダム管理月報、1982-1993年。
- 5)建設省九州地方建設局、佐賀河川総合開発工事事務所:嘉瀬川ダム環境影響検討業務報告書一水質保全対策検討編一、昭和63年3月。
- 6)佐賀県公害センター:公共用水域水質測定結果、1982-1993年。

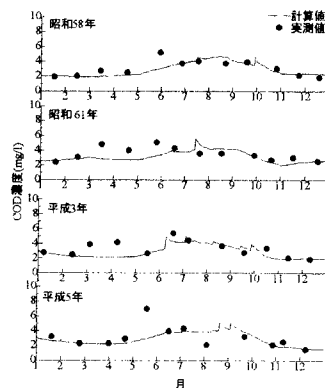


図-2 表層部計算結果

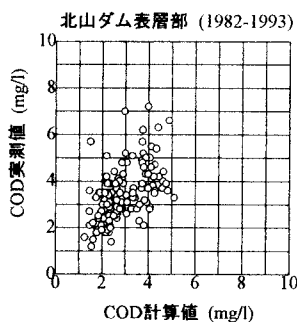


図-3 計算値と実測値の相関図

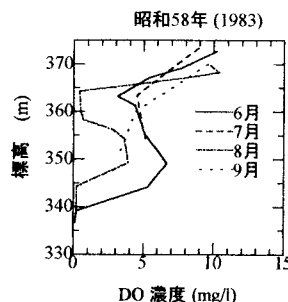


図-5 DO濃度の実測値

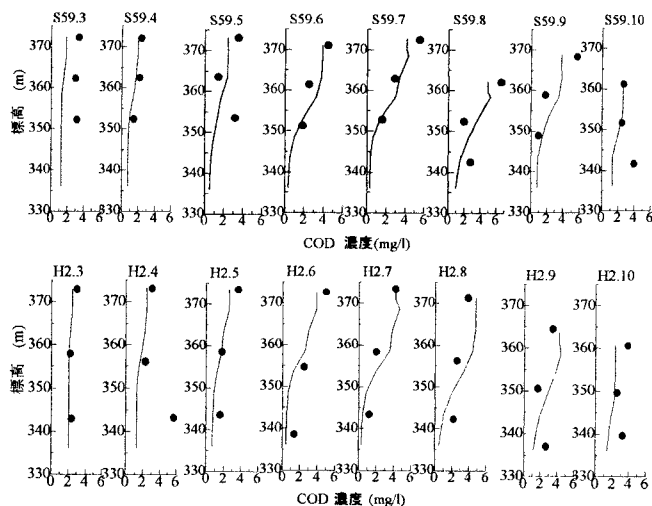


図-4 鉛直方向の計算結果