

ダム貯水池へ流入する濁質の挙動に関する数値解析

洪水時のダム貯水池内の濁りの状態の把握に向けて

Numerical Analysis of the Behavior of Suspended Matter Flowing into Dam Reservoirs

Seeking to Understand the Conditions of Turbidity in Dam Reservoirs during Floods

(電力技術研究所 土木技術G 水理T)

(Hydraulic Team, Civil Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

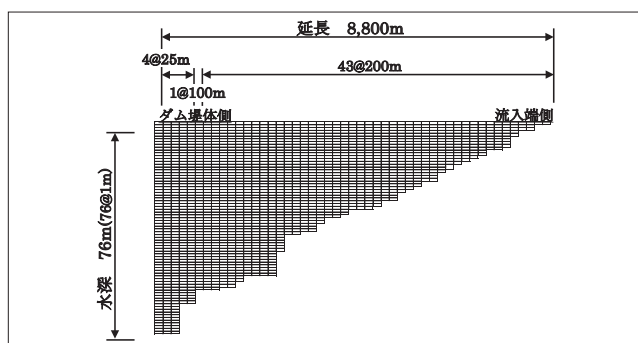
大井川水系は地質が脆弱で大量の土砂が生産されるため、ダム貯水池の堆砂の進行が早いという課題を抱えている。効果的な堆砂抑制対策を検討するうえで、貯水池内を流下する濁質の挙動を精度良く把握する必要がある。今回、出水時を対象に数値解析モデルの構築を行い、井川ダム貯水池内の濁質挙動を良好に再現することができた。

Since the Oi River water system has fragile geological features and produces large amounts of earth and sand, it is faced with the issue of a rapid progression of sedimentation in its dam reservoir. In order to investigate effective measures to suppress this sedimentation, it is first necessary to precisely understand the behavior of suspended matter flowing down to the interior of the reservoir. Therefore, a numerical analysis model which is applicable to instances of inundation was constructed, making it possible to accurately recreate the behavior of suspended matter in the Ikawa Dam reservoir.

1 はじめに

当社では、大井川水系に総貯水容量1億 m^3 級の貯水池を畑薙第一ダム、井川ダムの2つ有しているが、共に堆砂の進行という課題を抱えている。今回検討の対象とした井川ダムは、畑薙第一ダムの下流に位置し、その貯水池では堆砂率が3割程度まで進行しているため、将来的な対策を検討する必要がある、その一環として貯水池内の濁質（ここでは、粒径0.1mm程度以下の細粒土砂やその質量(SS)を総称した)の挙動を把握するための基礎的な調査を進めている。

本貯水池では、2014年および2015年の出水時に濁質を対象とした現地観測を実施している。今回、これらの観測データをもとに解析条件について検討し、現地試料を用いた室内での沈降実験により土粒子沈降速度を設定するなどした数値解析モデルを構築して、出水時の濁質挙動を再現した。



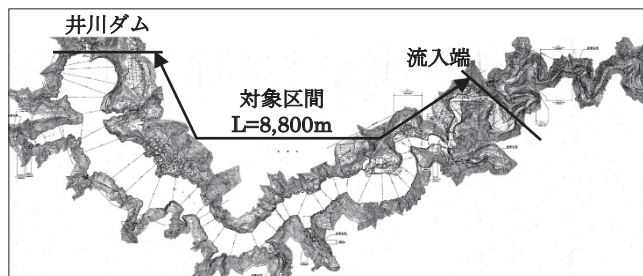
第2図 解析メッシュモデル

解析対象は第1図に示すように、ダム堤体から上流約8,800mまでの貯水池内区間とした。また、解析メッシュは、流下方向200m、鉛直方向1mの分割とし、ダム堤体付近の濁質挙動をより細かく把握するため、流下方向のみダム堤体最寄りから25m分割を4メッシュと100m分割を1メッシュ組み入れて作成した(第2図)。

その他、数値解析上重要な条件は、粒度特性(分布、沈降速度)、貯水池流入端の境界値(流入量、濁質濃度、水温)、貯水池間の初期分布(濁質濃度、水温)、ダムの放流口等からの放流量、気象(気温、湿度、風速、雲量)である。

2 数値解析モデルの概要

井川ダム貯水池内の水理諸量(流速の成分、濁質濃度、水温)は、貯水池の横断方向に比べて流下方向や水深(鉛直)方向の変化の方が大きいことが経験的に知られている。そのため、数値解析では、三次元モデルよりは簡易なモデルであるが、流下方向と水深(鉛直)方向の変化を評価可能な鉛直二次元モデルで構築することとした。



第1図 解析対象区間

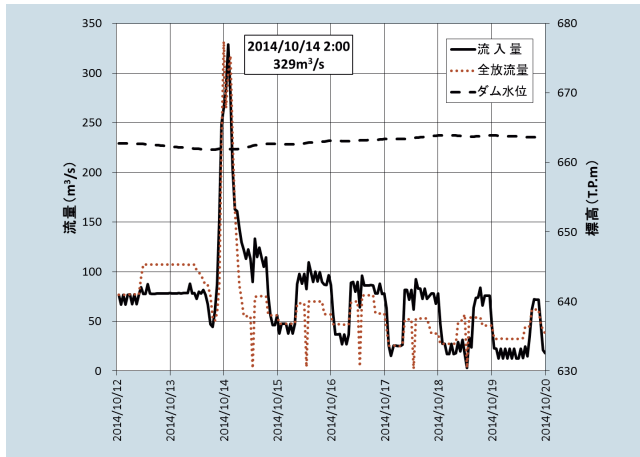
3 解析対象の出水と計算条件

観測期間に観測できた3回の出水のうち、貯水池内の濁質濃度分布の変化が特徴的な2014年10月の出水における濁質挙動の再現解析を事例として示す。

数値解析の期間は2014年10月12日から19日までとした。なお、この出水による最大流入量発生時刻は2014年10月14日2時で、貯水池への最大流入量は329 m^3/s (時間平均値)を記録しており(第3図)、これまでの出水実績を考慮した場合、この最大流入量は小規模クラスの出水に相当する。

(1) 細粒土砂の沈降速度の設定

数値解析に用いる土粒子の沈降速度は、濁質濃度の鉛



第3図 貯水位・流入量・放流量

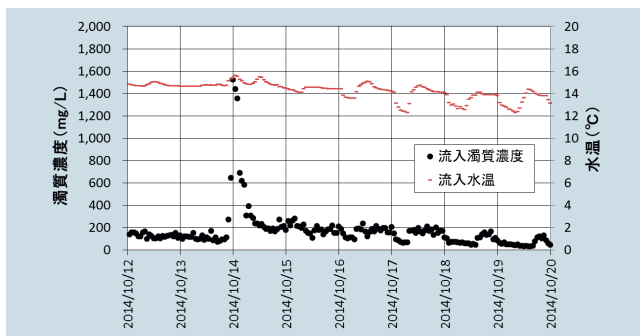
直分布の再現性に影響する。一般的には粒径から算出されるストークス式を用いるが、地点毎の土粒子の沈降速度とは誤差を持つことが知られている。そのため、現地で採取した濁質を用いた円筒形水槽による沈降実験により実際の沈降速度を計測し、この結果に基づき、ストークス式による沈降速度を修正した。

(2) 貯水池間の初期分布の設定

初期条件は、出水の最大流入量発生日前々日（10月12日）に実施した濁質濃度・水温の鉛直分布の観測結果に基づき設定した。

(3) 貯水池流入端の境界条件の設定

流入量はダムで計測されたダム水位と全放流量から算出した値を用い（第3図）、濁質濃度と水温は、貯水池流入端に固定設置した計器により、連続計測した値を用いた（第4図）。

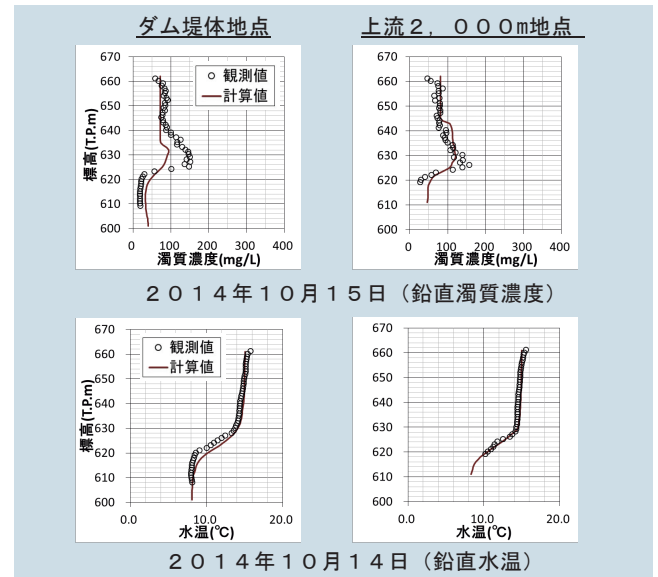


第4図 流入濁質濃度、流入水温

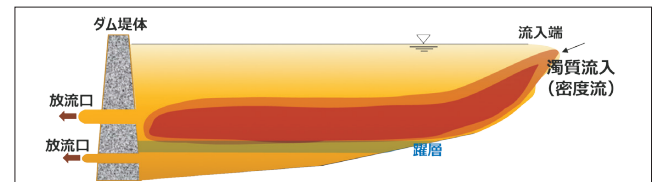
4 濁質挙動の再現解析の結果

数値解析モデルの再現性は、ダム貯水池内の濁質濃度、水温の再現計算結果と現地観測結果を比較して検証した。

観測結果では、最大流入量発生日の14日では濁質濃度が最大220mg/Lの濁質が上流2,000m地点の底部付近（標高625m付近）に現れていた。その後15日には濁質濃度が150mg/L程度の濁質がダム堤体付近の中層（標高625m付近）に到達した様子が認められた（第5図）。



第5図 貯水池内の観測結果および再現計算結果



第6図 密度流のイメージ

また、ダム貯水池内での水深別の水温を観測値でみると、この2日間の変化はほとんどなく、標高625m付近の上下層の水温に6℃程度の差がある躍層が存在していた。この躍層の上層は密度が軽く、下層は密度が重くなっている。

貯水池に侵入した濁質は、上流2,000m地点では河床に沿って流下したが、水深が深くなるダム堤体地点では、密度躍層のある中層に浮いた状態で侵入しており、第6図に示す密度流（密度差に応じた流れ）のイメージのような挙動を示したことがわかる。

一方、数値解析結果において、濁質濃度は最大値に観測値と若干の差はあるが、濁質濃度の鉛直分布形状は概ね再現できており、濁質の動きは観測結果を再現できた。

また、濁質の分布の時間変化においては、濁質が密度流となって、河床に沿って流下、ダム堤体付近で徐々に上下方向に拡大する様子も良好に再現でき、今回構築した数値解析モデルの妥当性が示されたものと考えられる。

5 おわりに

今回構築した解析モデルを用いた数値解析により、出水時の井川ダム貯水池内の濁質挙動を良好に再現することができた。この解析モデルを活用しながら、今後も引き続き、大井川水系におけるダム貯水池での堆砂進行という課題に対して、効果的な堆砂抑制対策の提案に向けて検討を進める予定である。



執筆者／木下博道