

貯水池内三次元数値解析による濁水長期化の抑制に関する研究

京都大学防災研究所 米山 望

1. 背景

揚水発電所ダム貯水池の運用にあたり、洪水が発生し揚水発電所ダム内に濁水が大量に流入した場合、下流河川の濁水長期化を防止するために、選択取水による放流や一定期間運用を制限するなどの対策を実施する場合がある。選択取水の放流方法や運用制限期間は、水資源を有効に利用する観点から貯水池の状況に応じて適切に定める必要があるが、そのためには、揚水発電所運用による水温・濁度変化を含めた貯水池水の挙動を高い精度で把握しなくてはならない。

従来より、一般水力発電所を対象とした解析が行われてきているが、揚水発電所上部ダム貯水池内の揚水時（または下部ダムの発電時）の挙動を解析する場合、従来の解析ではあまり考慮されてこなかった、三次元複雑流況、濁度が密度に与える影響および密度とその勾配が流況に与える影響、水面変動などをより適切に評価する必要がある。このため、揚水発電所を対象とした新たな解析手法の開発が必要になっていた。

2. 目的

水温・濁度による密度分布の時間的空間的变化と流動が相互に与える影響や水位上昇を考慮した三次元乱流解析手法を開発するとともに、実験・実測結果との比較を行い開発した解析手法の妥当性を検証する。

3. 解析手法の特徴

水温・濁度の変動を考慮した三次元流動解析コードを開発した。本コードの特徴を以下に示す。

- 水温・濁度の変動による貯水池水の密度変化が流れに与える影響を重視するため、密度変化を考慮した非圧縮性乱流解析手法を用いて基礎式を定式化していること
- 主に濁質の影響で形成される密度成層が流れを抑制する現象や流れが密度成層を低下させる現象を再現するため、密度勾配と乱れの強さを考慮して運動量および水温・濁質の乱流拡散量を求めていること
- 水面挙動の解析にVOF法を用いることにより、揚水流入量に応じ水面が数メートルに渡り上昇する現象を適切に表現できること

4. 解析手法の検証

本手法の妥当性を検証するため、解析結果を実験・実測結果と比較した結果、本手法の妥当性が確認された。

- 実運用されている揚水発電所の上部調整池（図-1）を対象に行われた、現地測定結果と比較するために本手法を用いて貯水池の運用条件に合わせた解析（検証解析範囲を図-1に示す）を行った結果、貯水池内の流況や流速分布、揚水発電所運転前後の水温・濁度分布の変化を十分な精度で再現できること（図-2, 3）、また、運転中の濁度分布の変化を適切に把握できることが分かった（図-4）。
- 上記調整池の水理模型実験結果（実験範囲を図-1に示す）と比較したところ、揚水発電所運転前後の水温・濁度分布の変化を十分な精度で再現できた（図-5）。

5. 今後の予定

本解析手法を用いて最適な揚水発電所運用方法の検討を行うとともに、構造物など条件の違いによる濁質拡散抑制効果の評価等に利用していく。また、近年用いられるようになってきた濁水長期化防止幕が設置された場合の抑制効果についても検討していく予定である。

参考文献

Nozomu Yoneyama, Motoyuki Inoue and Nobukazu Tanaka: Three-dimensional numerical analysis for predicting the behavior of water temperature and turbidity in a pumped storage reservoir, Proc. 32st IAHR Congress, Venice, CD-ROM, 2007.

井上素行・米山 望：揚水発電所貯水池における濁質挙動の制御，土木学会論文集，No.698/II-58，44-55，2002

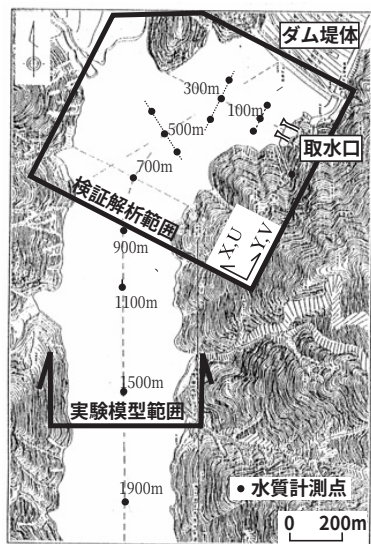


図-1 対象調整池

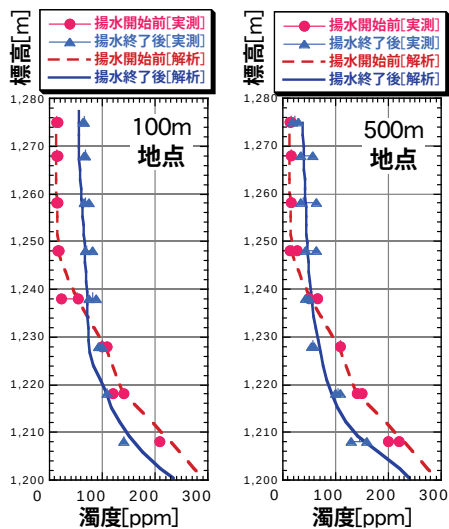


図-2 揚水前後濁度分布の変化の
現地計測結果との比較

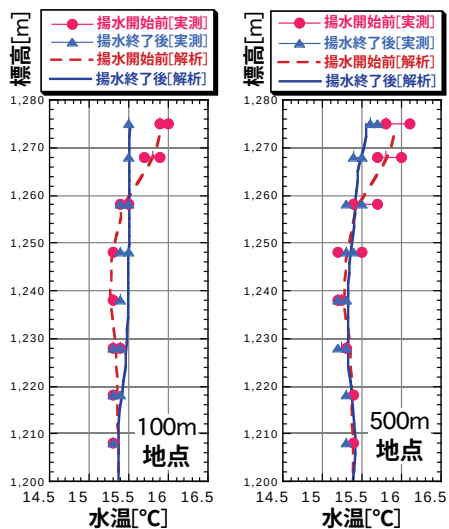


図-3 揚水前後水温分布の変化の
現地計測結果との比較

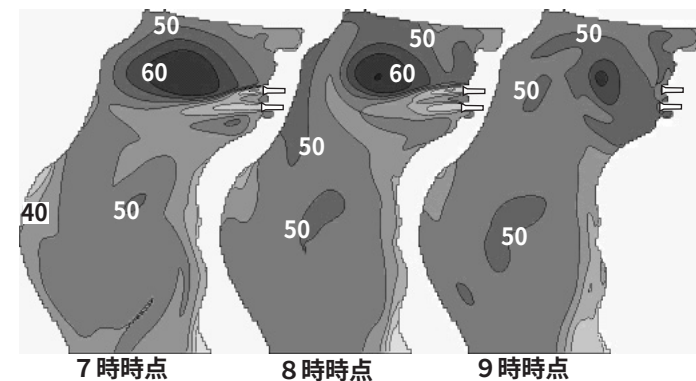
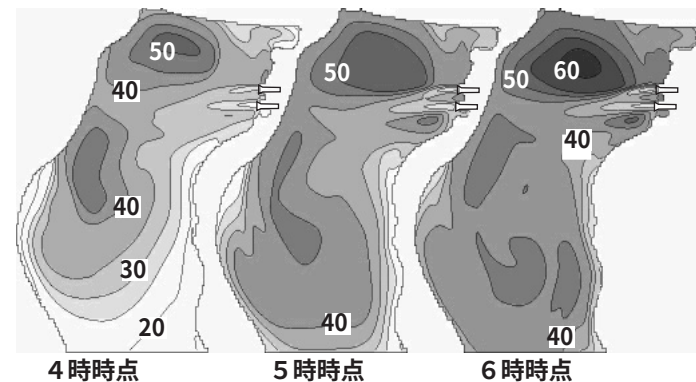
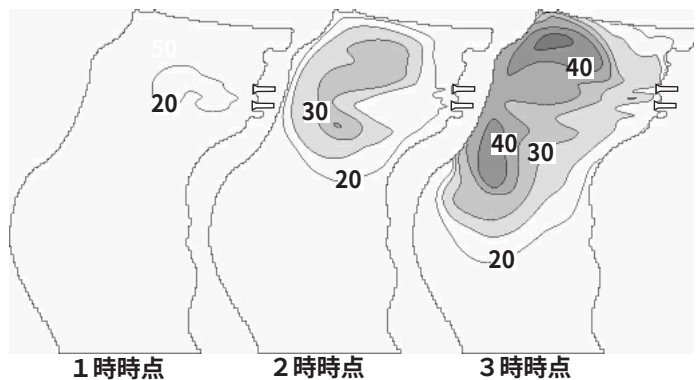


図-4 解析による揚水運転中の濁質濃度分布の変化
(0時運転開始；取水口上端水平断面)

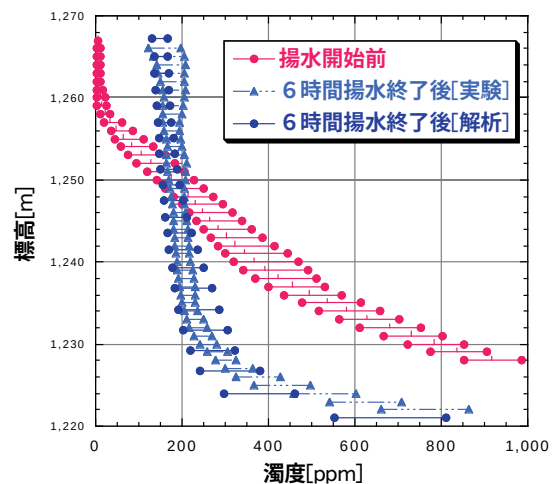


図-5 揚水前後濁度分布の変化の
水理実験結果との比較