

揚水発電に伴う貯水池の三次元濁水解析

濁質拡散の影響評価

3D Analysis of Turbid Water at Reservoirs for Pump Storage Power Generation

Impact Evaluation of Turbid Water Diffusion

(土木建築部 水力G)

揚水発電所では、貯水池の濁度上昇の一因として、揚水発電による貯水池の底質の巻き上げが懸念される。しかし、底質の巻き上げがあったとしても、洪水時の濁水対策用に設置してある分画フェンスが、揚水発電時の濁質拡散を低減する効用を果たすと期待できるため、三次元流体解析を実施し、その効用について評価した。その結果、分画フェンスは濁質拡散の抑制効果を有することが判明し、今後の揚水発電所の運用において参考とできる有用な成果を得ることができた。

1 背景・目的

揚水発電によって大量の発電使用水が高速で貯水池へ放流される。この水流が貯水池の底質を巻き上げ、湖内の濁度を上昇させることが懸念される。巻き上げられた底質がダム放流設備に達すると、濁質分が下流河川へ放流され、河川濁度が高くなる事態となる。

洪水時における濁水長期化対策として、分画フェンス(濁質抑制膜)を設置し、洪水時の濁水抑制に効果を発揮している貯水池もある(第1図参照)。この効果は、出水中に流入する高濁度水を分画フェンスが貯水池低層に導くことにより、貯水池表層に清水を確保できるため得られる。そして、出水終了後に表層の清水を取水・発電して下流に放流できるようになる。

この分画フェンスについては、洪水時だけではなく、上述の揚水発電による濁質拡散を抑制する効果も期待できる。そこで、揚水発電時を対象として分画フェンスによる貯水池内の濁質拡散の抑制効果を検討するため、流体解析を実施した。



第1図 貯水池内の分画フェンス

2 数値解析の概要

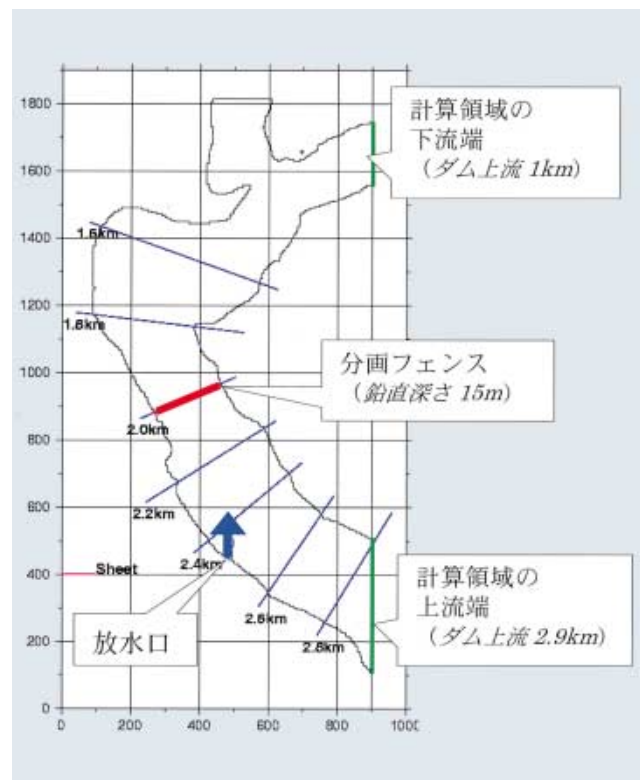
貯水池の濁水拡散は河川の流下方向への挙動が卓越するため、これまでの解析では二次元モデルが一般的に適

(Hydro Power Group, Civil and Architectural Engineering Department)

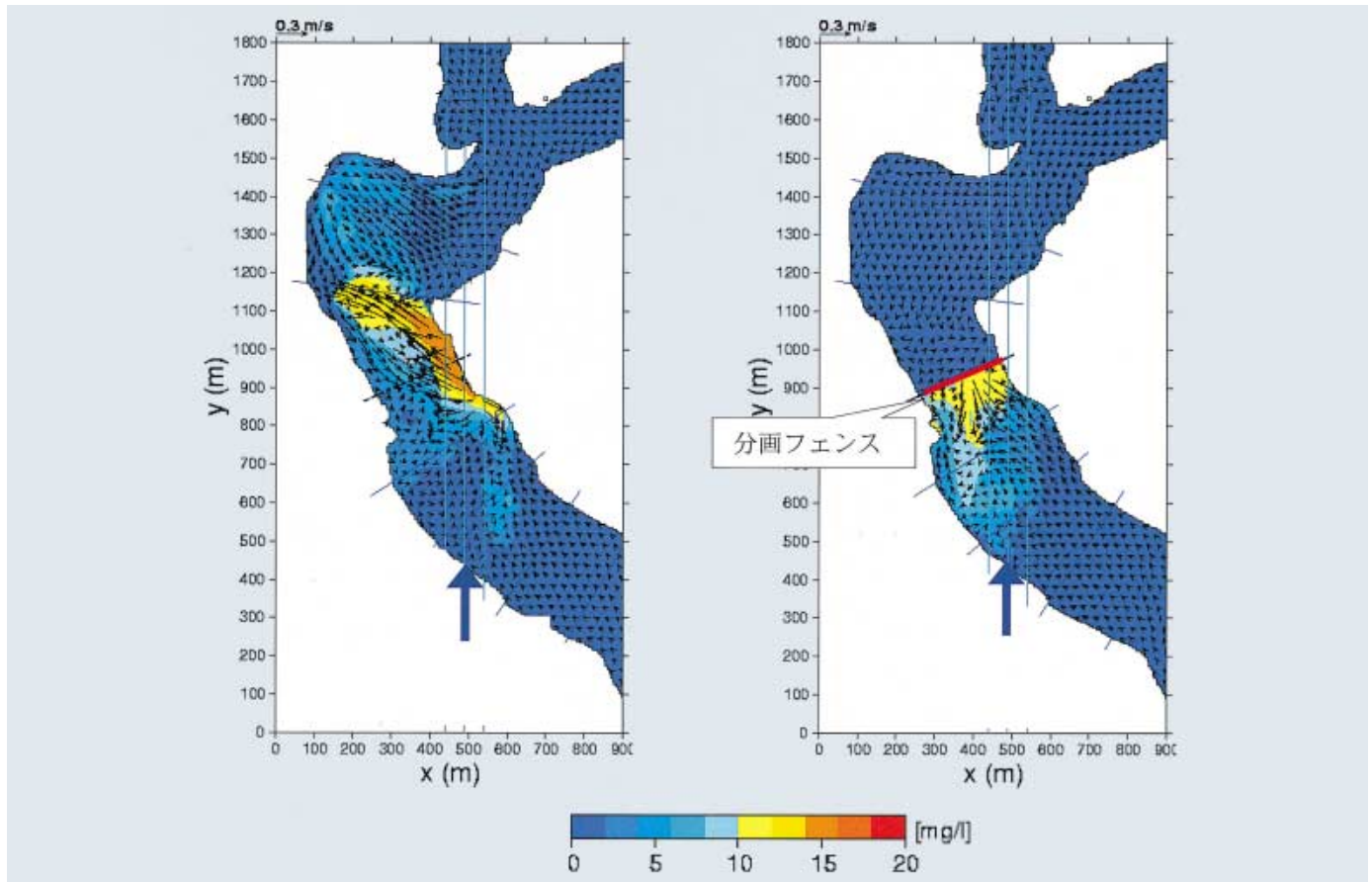
One concern when it comes to turbidity is the sediment that is disturbed during pumped storage power generation. This sediment can worsen turbidity in the pumped hydro-electric plant reservoir. However, the cutoff fence that was originally installed to prevent turbid water caused by flooding is expected to also help reduce turbid sediment diffusion caused by pumped storage power generation. Three-dimensional fluid analysis was conducted and the effectiveness of this fence was evaluated. As a result, it was determined that the cutoff fence can help control turbid sediment diffusion. Results indicate that this is a practical help for operating pumped storage hydro-electric power plants.

用されてきた。しかし、揚水発電では大量の発電使用水が貯水池に放流され、河川の流下方向とは異なる方向の流れが生じ、その運動は河川および河床の形状に大きく影響されるため、三次元解析を実施した。本検討では、(財)電力中央研究所が開発した乱流解析コード(RESERV-3D)を用いた。本解析コードでは、連続方程式、Navier-Stokes運動方程式、水温収支式、濃度収支式を連立させて解くことにより、複雑な流体现象を検討できる。

貯水池内を立体的にモデル化した計算領域(第2図参照)は、ダムの上流1kmから2.9kmまでとし、その領域内に放水口が位置する。また、放水口下流400mに位置する分画フェンスは、表層から水深15mを不透水要素としてモデル化した。



第2図 計算領域(平面図)



第3図 表層部の流れと濁度分布
(左図：分画フェンス無し、右図：分画フェンス有り)

ここで、底質巻き上げの精緻なモデルを設定することは、発電使用水が貯水池内に放流された時の流れと底質の挙動の観測データが不十分なため、現状では困難である。そこで、本検討においては放水口前面の湖底境界に濁質 (20mg/L) を常時供給する簡易なモデルを採用した。このモデルは、物理的な厳密性を欠くものの、検証解析では濁度と水温の実測分布の傾向が概ね再現されたため、近似的モデルとして活用できるものと判断した。なお、この近似的モデルで与えた濁質については、 $2\mu\text{m}$ の単一粒径としている。この粒径は、貯水池の底質の粒径ではなく、浮遊濁質の粒径分布の平均的な値である。

3 解析結果

第3図に貯水池表層の平面的な流速分布と濁度分布を示す。分画フェンスが無い場合は、揚水発電により貯水池右岸側で流速が比較的大きくなっており、底質が巻き上げられ、貯水池下流に移動・拡散している。これに対し、分画フェンスが有る場合は、フェンスによって流れが遮られるため、フェンス下流の表層では大きな流速は生じず、濁度の高い領域も発生していない。

よって、分画フェンスは揚水発電による濁質拡散を抑制するのに有効であると言える。通常、選択取水設備で

は表層付近から取水することが多く、表層付近に清水層を確保することは、ダム下流の濁水低減に効果がある。

4 まとめ

従来の現地観測では、同時に複数箇所の濁度を計測することが難しかったこと、また、従来の解析は二次元であったことから、立体的な濁度分布や濁質の拡散状況を把握できなかった。しかし、本稿で述べた三次元流体解析により、底質の巻き上げ・移動・拡散といった一連の濁水挙動の傾向把握が可能になった。また、分画フェンスによる濁水拡散の抑制効果を明らかにすることができ、これらは今後の揚水発電所の運用に対して参考とできる有用な成果となった。

ただし、底質巻き上げのモデル化には本文で述べたような仮定を用いており、その妥当性を検証するには観測データが不足している。今後も継続的に観測データを収集し、観測データと解析結果を比較することで解析モデルの検証・改善を図り、電力の安定供給と河川環境の保全の両立に役立てられるよう努めたい。

なお、本解析では、(財)電力中央研究所の協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。



執筆者 / 橋川正男
Kitukawa.Masao@chuden.co.jp