

ダム運用による効率的濁水排出に関する解析的検討

電源開発(株) 正会員 ○矢田 崇恭

電源開発(株) 正会員 奥村 裕史

(株) JP ビジネスサービス 木野戸 広

1. はじめに

貯水池における濁水長期化とは、出水中に貯水池に流入し貯留された濁水が、出水終了後発電等の利水により徐々に放流され、下流域で濁水の流下期間が長期化することをいう。電源開発(株)では濁水長期化対策として、選択取水装置の設置や濁水の早期排出等のダム運用対策により、周辺地域から一定の評価を得ているが、その環境対策と水の有効利用との両立については、さらに検討する必要がある。

風屋貯水池は、奈良県南部を源流とする新宮川水系十津川にある総貯水容量1億3千万 m^3 の発電専用のダム湖である。ここでは、出水により貯水池の最大流入量が800 m^3/s 以上等の条件になると「濁水の早期排出による濁水軽減対策」が実施される。これは、出水時の流入濁水をダム放流・発電放流により早期に排出して貯水池内に残留する濁質量を減らし、発電再開後の濁水長期化を軽減させるものである。このとき効率的に濁水排出を行うには水温二次躍層(以下「躍層」という)の利用がポイントとなる。一般に濁水長期化の原因となる濁水は躍層上に流入するため、これを湖内で拡散させず、躍層上をスムーズに流下させることで、効率的排出ができると考えられる。このため風屋貯水池は平常時、躍層の形成に努めた発電運用を行っている。

2. 目的

本解析は、上記の考えを定量的に評価し、ダム運用に反映するため、出水後の池内の残留濁質量を最小限にする最適な躍層の位置および待受け水位(出水直前のダム水位)等の検討を目的としている。

3. 解析方法

3-1. 解析モデル

解析には鉛直二次元濁水挙動プログラム(SMOW-T2)を利用した。基本方程式は、(1)水の連

続式、(2)流下方向の運動方程式、(3)鉛直方向の運動方程式(静水圧近似 $\partial P/\partial y = -\rho g$)、(4)水温収支式、(5)全粒径濁質濃度収支式および(6)粒径別濁質濃度収支式である。解析メッシュは、風屋貯水池の全長約13km(最大水深は約80m)を流下方向200m、鉛直方向2mのブロックに分割して作成した。

3-2. 解析条件

初期条件については、水温分布はダムサイトの実測値を水平方向に均一に、濁度分布は貯水池内均一で20ppmに設定した。流入条件については、過去の出水のハイドロカーブのデータを与え、流入濁質量は実測濁度を濁度～SS相関式によりSS換算した。また流入濁質のうち粒径が20 μm 以上のものは沈降が早く濁水の長期化には寄与しないとみなし、1～20 μm のものを対象とした。流入水温は、後述する再現解析時の水温変化を平行移動させる要領で、初期値のみ各解析ケースの流入水温を与え、その後は再現解析時の水温変化と同じ変化量を与えた。なお、解析に用いた日射量、雲量、気温、湿度、風速等は奈良地方気象台および風屋観測所のデータを用いた。

3-3. 解析ケース

解析は、モデルの精度を担保するため、過去の濁水挙動の再現解析を実施し、基本方程式のパラメータを最適化した上で予測解析を実施した。

再現解析では、過去に起きたピーク流入量が約3,000 m^3/s (以下、「大規模出水」という)および約1,000 m^3/s (以下、「小規模出水」という)の二つの出水を対象とした。予測解析では、過去の観測データから、待受け水位をダム水位8～24m(風屋貯水池の利用水深は30m)間で代表水深として8水深設定し、水温分布、躍層位置および強度を考慮して15ケースを抽出した。それぞれに再現解析で使用したのと同じ大規模出水と小規模出水を与え、計30ケースの

キーワード 濁水長期化, 水温躍層, 数値解析, 早期排出, 静水圧近似

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発(株)茅ヶ崎研究所 TEL 0467-87-1211

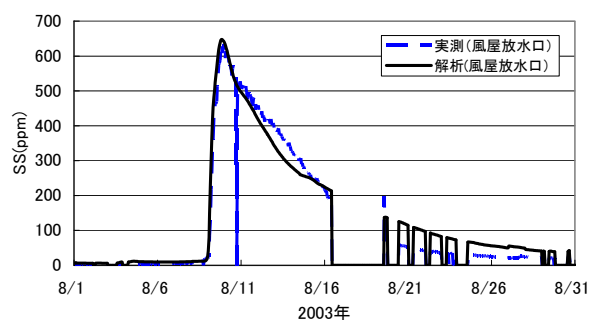


図.1 発電水 SS 比較(大規模出水 実測及び解析)

解析を実施した。

4. 解析結果

4-1. 再現解析結果

モデルの再現性は、貯水池の定点および発電放流水の水温・濁度の観測結果との相関より、おおむね再現できていると判断した。図.1 に結果の一例として発電所放水口地点での SS の実測と解析結果の比較を示す。途中解析値がやや低くなるがピーク値や全体の傾向は実測のそれをよく再現していると考えられる。紙面の都合で図の掲載は割愛するが、貯水池全体でみれば、解析結果は鉛直方向への拡散がやや大きい傾向となった。

4-2. 予測解析結果

解析結果の整理より以下の事項がわかった。

● 待受け水位による残留濁質量の変化

図.2, 図.3 に解析結果を示す。待受け水位と貯水池内残留濁質量の関係は、待受け水位が高くなるほど残留濁質量が減る傾向となった。ケースによっては同じ待受け水位でも残留濁質量が大きくばらつく結果となったが、このばらつきは、待受け水位が高いほど大きい。

● 躍層位置・強度による残留濁質量の変化

図.2, 図.3 では結果を躍層位置によって分類し、残留濁質量を比較している。躍層位置が高いケース(ダム水位-5~0m)では、さらにこれを躍層が十分発達したケース(図中「強」で表示)と不十分なケース(図中「中」で表示)に分けて示した。躍層の発達が不十分なケースで、待受け水位を上昇させたときに効率的に濁水を排出できていることがわかる。これは、躍層の発達が不十分な場合の方が、流入水温と同温度の層が比較的高い標高にあり(夏期は一般に躍層位置の水温より流入水温のほうが高めであ

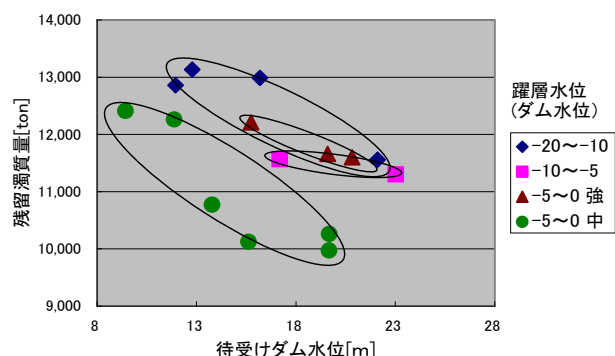


図.2 残留濁質量と待受け水位の関係(大規模出水)

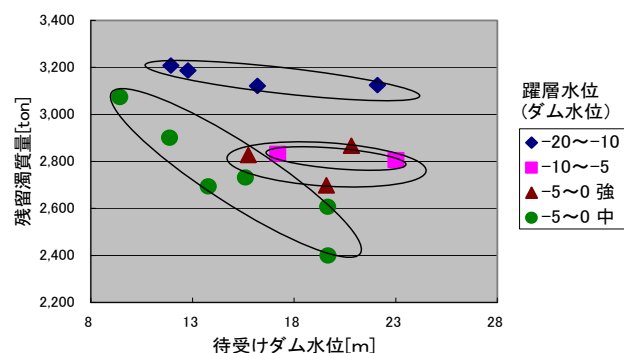


図.3 残留濁質量と待受け水位の関係(小規模出水)

る), ダムゲートからの濁水排出が効率的に行われるためと考えられる。

5. おわりに

濁水の早期排出効率とダム運用方法の関係を把握するため、出水の待受け水位、躍層位置等による排出効率の違いを解析により評価した。早期に流入濁水を貯水池から効率的に排出する条件としては、平常時に表層部から取水する発電運用により躍層位置を高い位置に形成し、出水直前に水位を高く保つことで高い排出効果が得られるという傾向が確認された。しかし、水の有効利用との両立という観点からは、本結果を実現象と照合し、さらに精査・整理を行いダム運用に適切に反映する必要がある。

今後は、濁水挙動解析モデルの再現性をさらに向上させるとともに、最適なダム運用を支援する流入量予測との連携も図り、濁水長期化の軽減を実現していきたいと考えている。

6. 参考文献

- [1] 電源開発(株) 十津川第一発電所 風屋貯水池濁水挙動数値解析業務 2009.3
- [2] 岩佐義朗編著 数値水理学 丸善