

表面取水設備の冷水対策効果に関する解析的検討

中部電力㈱ ○中西 透、(正会員) 土山 茂希

1.はじめに

貯水池に流入する河川水は、一般的に日射による影響を受け、季節により水温が異なる。ところが、貯水池内の水は、表層部では日射の影響を受け流入水温と同程度であるが、下層部ではその影響を受けにくく比較的水温が低い。この傾向は特に夏季において顕著である。貯水池からの放流水は一般的に中下層部より取水され、その結果として流入水温に比べ水温の低い水が下流河川に放流されることとなる。このため、貯水池からの放流水の冷水対策として、表層からの取水を可能とする表面取水設備を設けることがあるが、その効果について十分な検証が行われた事例はほとんどない。そこで、この表面取水設備を使用した放流効果について、今回解析的な検討を行ったので、その成果について報告する。

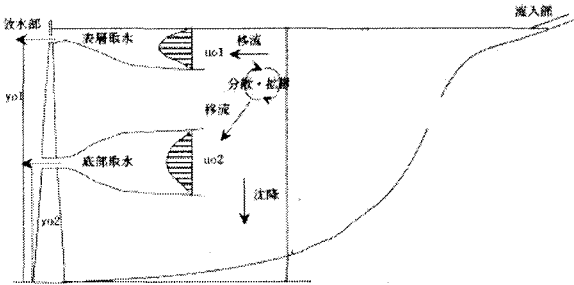
2.解析モデルの概要

【貯水池内の解析モデル】

対象とする貯水池は表・1 に示すとおりで、夏季において水温成層（鉛直方向の水温分布）が形成されることが深度別水温観測結果より判っている。これを図・1 に示すモデルで表現する。このモデルでは、貯水池を鉛直方向に 1m ピッチで層状に分割し、各層間の移流を鉛直一次元的に計算する 1)。

表・1 貯水池の諸元

流域面積	471 km ²
ダムの堤高/堤長	80.8m/ 220.0m
総貯水容量	43,000 千 m ³
有効貯水容量	33,000 千 m ³
貯水池面積	1.7 km ²
貯水池長	I 川:8.6km S 川:3.1km
利用水深	27.5m



図・1 貯水池モデル概念図

流速解析に関する基礎方程式を以下に示す。

水平成分（流出による流れ）

$u_o(y) = u_o \max e^{-(y-y_o)^2/2\sigma_o^2}$ $u_o(y)$: 流出による水平流速、 y_o : 流出層の中心標高、 $u_{o\max}$: 流出の最大流速

水平成分（流入による流れ）

$u_i(y) = u_i \max e^{-(y-y_i)^2/2\sigma_i^2}$ $u_i(y)$: 流入による水平流速、 y_i : 流入層の中心標高、 u_{imax} : 流入の最大流速

鉛直成分

$v(y) = \frac{1}{A(y)} \int_{y_b}^y \{u_i(y) - u_o(y)\} B(y) dy$ $v(y)$: 鉛直流速、 $A(y)$: 標高 y におけるダムの面積
 $B(y)$: 標高 y におけるダムの平均幅、 y_b : ダム底標高

水温解析に関する基礎方程式を以下に示す。

$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{B}{A} (u_i T_i' - u_o T) - \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial y} (v A T)$ α_T, D_T : 熱に関する分散、拡散係数
 $\phi(y)$: 標高 y に達する輻射熱（鉛直上向きを正）

ここで、
 T_i' : 流入温度、 ρ, c : 水の密度、比熱
 α_T, D_T : 熱に関する分散、拡散係数
 $\phi(y)$: 標高 y に達する輻射熱（鉛直上向きを正）

【貯水池表面における熱収支】

貯水池表面における熱伝達を表す熱収支モデルの概念図を図-2 に示す。定式化において濁度による日射反射率の変化に伴う熱伝達現象の変動効果も考慮した。

ここで、 Q_N ：水面に入るエネルギー量、 Q_S ：日射量

Q_a ：長波放射量、 Q_{sr} ：短波反射量

Q_{ar} ：長波反射量、 Q_{br} ：長波逆放射量

Q_e ：潜熱輸送量、 Q_c ：顕熱輸送量

Q_g ：熱量フラックス

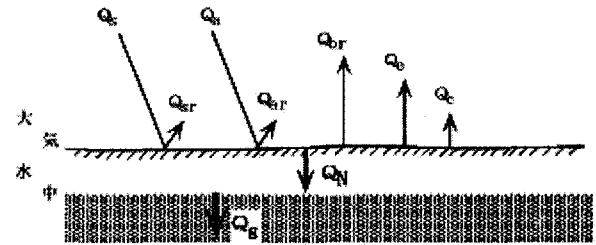


図-2 熱収支モデル概念図

【解析モデルの検証】

貯水池の鉛直方向水温分布に関する解析値と観測値を図-3 に示す。図中5月～8月は表層取水、9月は底部取水である。この比較結果から、今回の解析モデルが貯水池の水温分布を精度良く再現できることが検証できた。

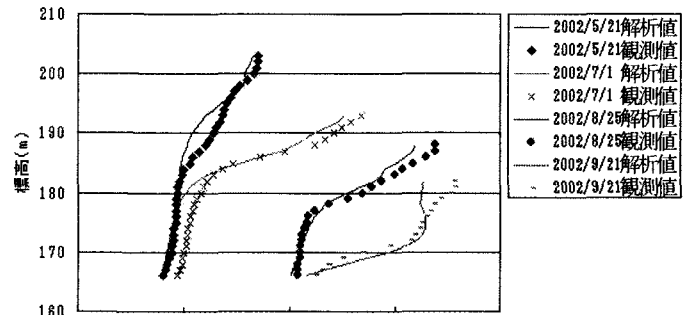


図-3 貯水池の鉛直方向水温分布

3.解析結果

放流水温の観測値と表面取水設備を用いず底部取水した場合の放流水温（解析値）を図-4 に示す。また、図-4 には貯水池底部の水温観測値も示す。

表層取水期間中の底部取水による解析値は、実際の表層取水の放流水温と同程度に推移しており、その水温差も 2°C 以内である。これは、対象とした貯水池においては、底部取水を行うと、貯水池内で流動層間の混合が起き、表層部の水温の高い水が下層部へ連行されるためと考えられる。図-5 には、底部取水における水温分布の解析値を示すが、貯水池内の水温の均一化が起こり、水温成層が形成されていない様子が判る。この結果、温度成層は壊され、温度成層形成時に観測される貯水池底部の冷水は放流されない。

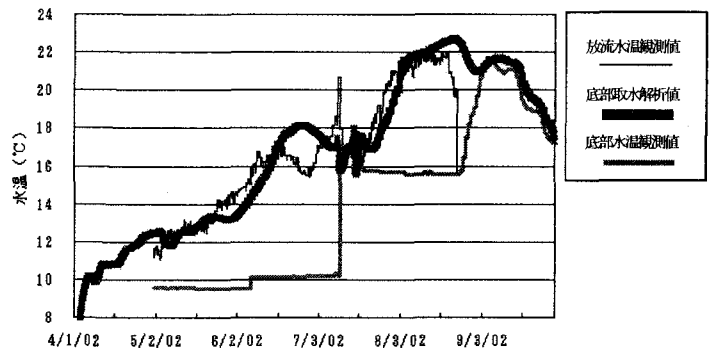


図-4 貯水池からの放流水温

8月下旬以降底部取水を開始すると、貯水池底部の水温観測値は徐々に上昇し（図-4）、底部取水の放流水温（解析値）は、貯水池底部の水温観測値と一致する。このことから、底部取水時は水温成層が形成されないことが判る。

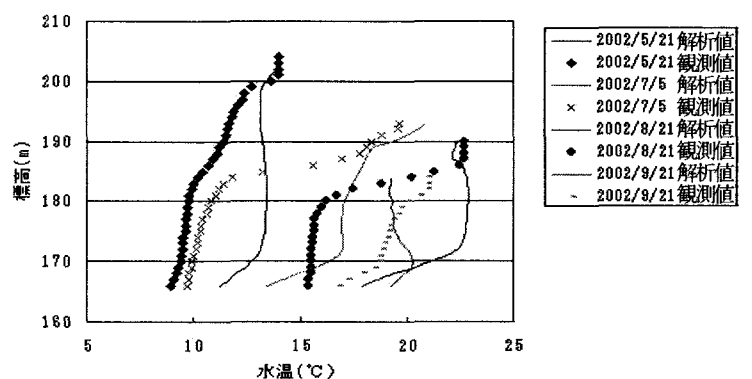


図-5 底部取水における水温分布（解析値）

4.おわりに

本研究では、表層取水運用期間中に底部取水した場合の放流水温を解析的に評価した。その結果、対象とした貯水池では、表面取水設備を設けず底部取水を行った場合でも、下流域に低温被害を引き起こす可能性の差異はほとんど無いことが判明した。

今後は、観測値を蓄積し、貯水池内の流動挙動や水温分布状態の形成機構に対する知見を深めることにより、表面取水設備の効果・必要性についてさらに検討したい。

参考文献 1)安芸周一、下田修、白砂孝夫、赤崎俊夫、宮永洋一、坂田昌弘：貯水池水質の調査と解析、電力中央研究所報告、総合報告 No.302, 1982.