

準 3 次元モデルを用いた三春ダム貯水池の流動解析

○東北大学大学院 学生会員 柴田 光彦
東北大学大学院 正会員 梅田 信
東北大学大学院 フェロー会員 田中 仁

1. はじめに

貯水池の水質は、洪水時に多量の負荷（濁質及び栄養塩）が流入することによって、大きな影響を受けることが多い。富栄養化現象などが、典型的なものである。貯水池における富栄養化に起因する藍藻類の異常増殖(アオコ)は浄水ろ過障害や景観障害といった利水及び環境面で問題視されている。

この問題への対策等については、かなり以前から近年まで、様々な視点から検討がなされてきた。湖内対策としては、貯水池内の流動制御によるものが有力であり、例えば、曝気循環施設が挙げられる。これは、貯水池内の流動を制御することによる保全策であることから、設置・運用を実施する際には、主として、流動シミュレーションによる水質変動や湖内への負荷の長期的な改善効果を検討する必要がある。したがって、このような解析モデルに求められる点として、十分な精度を持った上で計算負荷をより低くすることが挙げられる。

本研究では、研究対象ダムを福島県三春町に位置する三春ダム貯水池とし、対象ダムに適した準 3 次元流動モデルの開発を行った。

2. 対象ダム

本研究では、福島県三春町の阿武隈水系大滝根川上に位置する三春ダムを対象とした。総貯水量は $42.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、有効貯水量は $36 \times 10^6 \text{ m}^3$ であり、貯水池の湛水面積 2.9 km^2 、集水面積 226.4 km^2 である。図-1 に示すようにヤツデ状の形状をしているために水の流れが滞留しやすい貯水池であり、ダムが完成した平成 9 年度以降アオコの発生が見られる。

三春ダムにおいて図-1 に示すように、深層曝気循環施設は 2 台、表層曝気循環施設は 5 台設置されている。

3. 流動モデルの概要

本研究の貯水池流動解析に用いた準 3 次元モデルの基礎方程式は、静水圧近似及びブシネスク近似した運

動方程式、連続式、全水深にわたって積分した連続式、水温の輸送方程式である。

基礎方程式は、3 方向の流速成分と水位を未知数として解いている。

4. 計算結果

本研究では、用いた貯水池流動モデルの再現性を水温の変動に基づいて検証を行った。

(1) 計算条件

水温変動の検証の際に、今年度に行った現地観測データを用いた。現地観測の概要は以下の通りである。2009 年 7 月 16, 21, 28 日及び 8 月 4, 13 日において、多項目水質計 (AAQ) による貯水池内の多地点において水温、水質の鉛直分布の測定を行った。観測項目は水温、濁度、DO、chl-a である。計算条件は以下の通りである。計算期間は 2009 年 7 月 16 日から 8 月 13 日である。計算格子はそれぞれ $\Delta x = 40 \text{ m}$, $\Delta y = 40 \text{ m}$, $\Delta z = 0.25 \text{ m}$ とした。次に、CFL 条件を考慮した上で時間間隔は $\Delta t = 20$ 秒とした。三春ダム貯水池の地形図を基に作成した計算領域は図-2 に示すとおりである。図-2 におけるカラーバーは計算格子の湖底の標高を示している。計算期間中の流入及び放流量は管理所のデータより、図-3 に示すとおりである。気象条件は管理所の記録を用いた。流入水温は大滝根川筋に位置する光大寺の観測値を用いた。貯水池の初期水位は管理所のデータより、標高 317.7m である。貯水池内の水温の初期分布は図-4 に示した 7 月 16 日に行った実測において測定したダムサイトにおける鉛直分布を一様に与えた。



図-1 三春ダムの湖面図

keywords：貯水池，準 3 次元解析

連絡先：宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 環境水理学研究室 Tel：022-795-7453 Fax: 022-795-7453

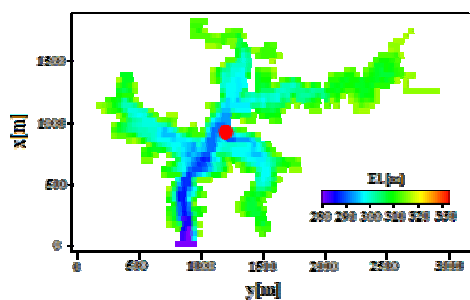


図-2 計算領域の地形図

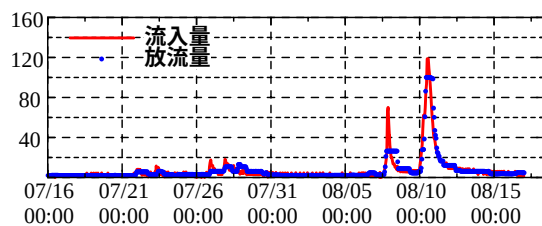


図-3 計算期間中の流入・放流量

(2) 計算結果

水温変動の検証は、水温の鉛直分布を実測値（7月21, 28日及び8月4, 13日）と計算値との比較で行った。検証地点は春田大橋付近の地点(以下, st.3 とする)とダムサイトの2地点である。st.3 の位置は図-2において赤点で示した。

図-5 及び図-6 に st.3 及びダムサイトにおける水温の鉛直分布を示した。計算値は水温躍層の位置は精度良好であるが、水深が深くなるほど実測値よりも小さくなった。水温躍層上端においてとりわけ誤差が大きい。これは、曝気循環施設による鉛直混合を再現できていないためであると考えられる。

5. おわりに

本研究で用いた貯水池流動モデルは、対象ダムにおける水温変動を精度よく再現できた。しかしながら、実測値と比較して、表水層において水深が深くなるほど実測値よりも小さくなる点が改善すべき点として挙げられる。

今後の検討課題として、曝気により生じる流動は考慮する必要があることが挙げられる。さらには、水質モデルと連結することにより、貯水池の植物プランクトンの変動を解析することできる。これにより、流動制御によるアオコ対策の改善効果の実務的検討が可能となる。

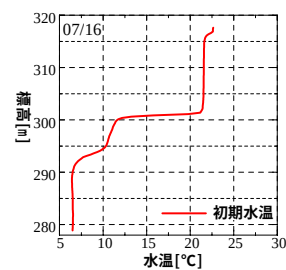


図-4 貯水池内の初期水温分布

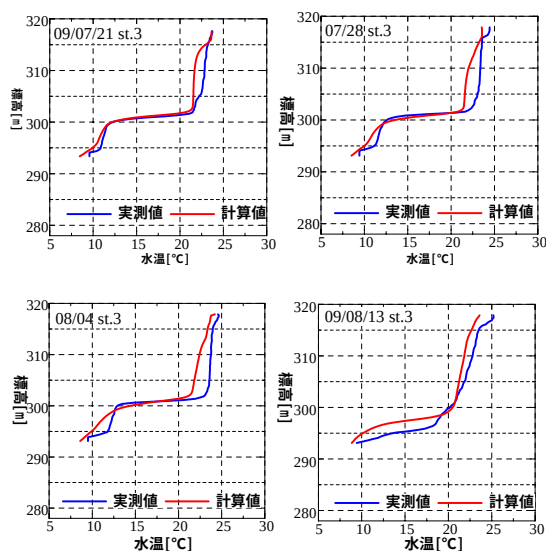


図-5 st.3 の水温の鉛直分布 ($\Delta z = 0.25\text{m}$)

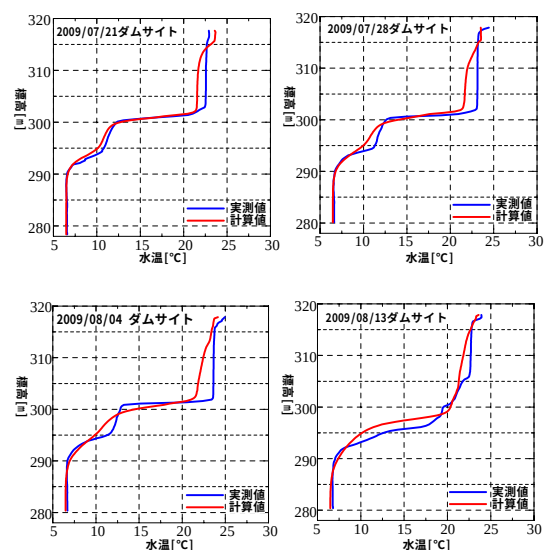


図-6 ダムサイトの水温の鉛直分布 ($\Delta z = 0.25\text{m}$)

参考文献

- (1) 金山進, 田中仁, 首藤伸夫: 非線形分散多層波動モデルの改良と準3次元波動場への適用, 土木学会論文集, No.642, pp.77-86, 2000