

胆沢ダム貯水池における水温成層時の流動解析

東北大学工学部建築社会環境工学科 学生会員 ○内藤 悠太
 東北大学工学研究科土木工学専攻 正会員 梅田 信
 首都大学東京都市基盤環境学科 新谷 哲也

1. はじめに

ダムは様々な機能があり、我々の社会はそこから多くの恩恵を受けている。しかし、閉鎖性の水域であるダム貯水池では、河川と比べて移流拡散が抑制されるため、湖沼の滞留に伴う種々の水環境問題が発生することがある。湖水運動抑制の一要因として水温成層の形成が挙げられる。また、成層場における密度流の影響で、湖水中の懸濁物質が複雑な挙動を示し、濁水の長期化が生じることもある。そのようなことから、貯水池のような閉鎖水域の水環境を適切に管理するためには、密度成層とそれに関連する水環境の諸現象について、詳細に把握することが重要である。

密度成層条件下の貯水池における濁水挙動や濁水長期化現象に関しては、工学的な視点から様々な研究がなされてきた(例えば、梅田ら, 2007)。しかし、水温成層した水環境における流動と微細な懸濁物質の運動の関連については未だ明らかになっていないことが多い。そこで本研究では水温成層した貯水池内における流動に焦点を当て数値解析を行った。

2. 研究対象と方法

2.1. 研究対象

本研究では一級河川・北上川水系胆沢川に建設された岩手県奥州市に位置する胆沢ダムを研究対象とした。胆沢ダムは洪水調節・灌漑用水や水道水の供給・水力発電が目的として建設された。総貯水量は $1.43 \times 10^8 \text{ m}^3$ あり、主な流入河川は胆沢川、前川、尿前川の三つである。図1に胆沢ダムの平面形状を示す。貯水池の年平均回転率が約3と比較的小さいこともあり、夏季の洪水の発生時には濁水の長期化が懸念されることがある。

2-2. 解析方法

流動解析は、新谷ら(2009)などにより開発された環境流体シミュレーター Fantom3Dを用いる。支配方程式は、3次元の連続式と運動方程式、およびスカラー(水温、乱流特性量)の輸送方程式であるが、運動方程式は静水圧近似およびブジネスク近似を施したものとなっている。

また乱流モデルとしては、二方程式乱流モデルであるGLS(Generic Length Scale)モデルを適用している。移流項の離散化に関しては、3次精度のULTIMATE-QUICKEST法によって精度を確保している。計算期間は2016年8月29日～9月30日の約一ヶ月間とし、計算格子間隔は水平方向200m、鉛直方向を0.5m、時間間隔は5秒とした。

胆沢ダム貯水池の地形データは国土交通省が実施した深淺測量の結果を用いて作成した。胆沢ダム管理所に

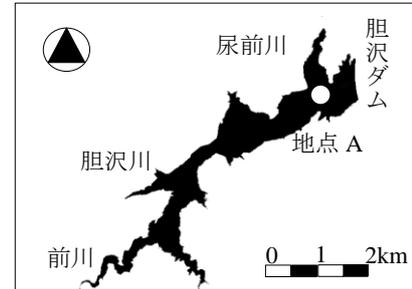


図1 対象貯水池

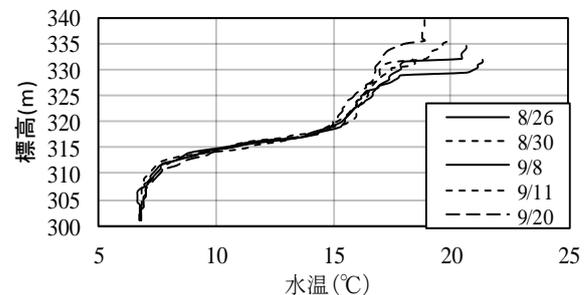


図2 貯水池内における洪水前後の水温の鉛直分布

よりダムサイト付近で水温と濁度の鉛直分布の計測が日2回の頻度で実施されている。洪水前を含む水温の鉛直分布の変化を、図2に示す。このうち、8月30日の水温分布は、本解析における初期条件として用いた。また同管理所において解析対象期間に測定された貯水位、流入・流量、および気象条件として気温と風速を、図3に示す。これらは、流動計算の条件として用いた。8月30日と9月9日には、中規模の洪水が発生している。

3. 結果

地点Aにおける水温の鉛直分布の観測結果と解析結果を、それぞれ図4(a),(b)に示す。図4(a),(b)から約EL.315m付近に水温躍層が形成されていて観測結果と比較的近い解析結果が得られた。しかし解析結果は数値拡散の影響が大きく出ていることから、鉛直方向の計算格子などについてさらに検討が必要である。

また、貯水池の長軸方向流速分布、鉛直流速の解析結果を、それぞれ図4(c),(d)に示す。流速分布については、対象期間の前半と後半で、やや異なった挙動が見られた。前半で生じた2回の洪水時には、流入した河川水の流下および水面付近での吹送流に対応して、3層ないしは4層の交差する鉛直流動構造が生じていることが分かる。また、1回目の洪水時には、洪水の流入に加えて湖面では比較的強い風(最大時には時間平均で7.4m/s)が吹いていた。この影響で、強い内部セイシュも発生したと考えられ、比較的大きな流速が深水層まで伝搬している状況

Keyword : 貯水池, 水温成層, 濁水長期化現象

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 & Fax 022-795-7453

が生じた。

一方、解析期間後半は、顕著な洪水の流入や強風は見られない条件であった。しかし、計算時刻21日、23日、25日などで、水深5m程度までで、比較的大きな鉛直流速が生じる解析結果が得られた。これらは、気温低下にともなう湖水の冷却混合が計算においても表現されたためと考えられる。このような表層からの冷却混合は、冬季の大循環を引き起こす原因であり、この時期の湖水環境を検討するには重要な要素である。これらのことについて、今後より詳細に解析を進める必要があると考えられる。

4. 謝辞

国土交通省北上川ダム総合管理所および同胆沢ダム管理所には、観測データを提供頂いた。また、本研究の一部は、JSPS科研費(16K14308)および文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(Si-CAT)の援助を受けて実施された。記して謝意を表す。

5. 参考文献

新谷哲也, 中山恵介: 環境流体解析を目的としたオブジェクト指向型流体モデルの開発と検証, 水工学論文集, 第53巻, 2009年2月

池上迅, 梅田信: ダム貯水池の水温成層に関する鉛直2次元数値解析, 水工学論文集, 第51巻, 2007年2月

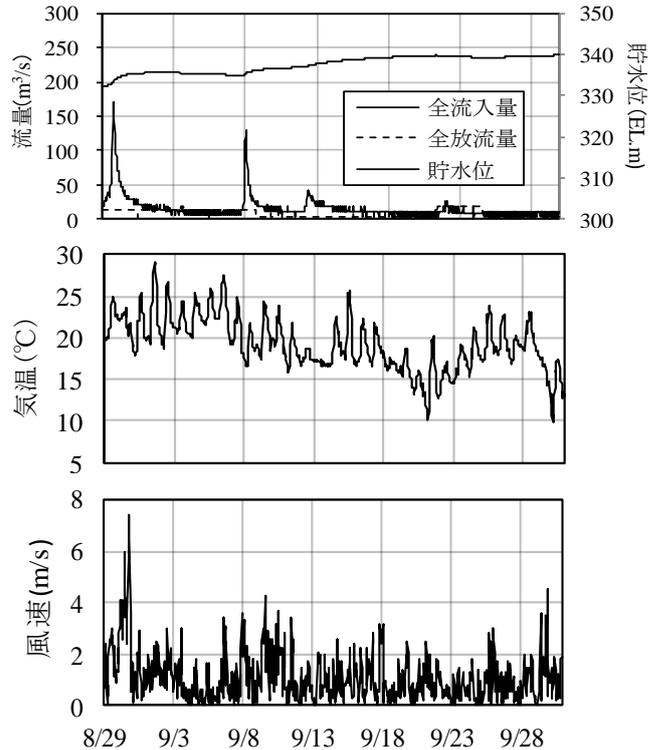


図3 胆沢ダム貯水池における貯水位, 流入・流量, および気象条件

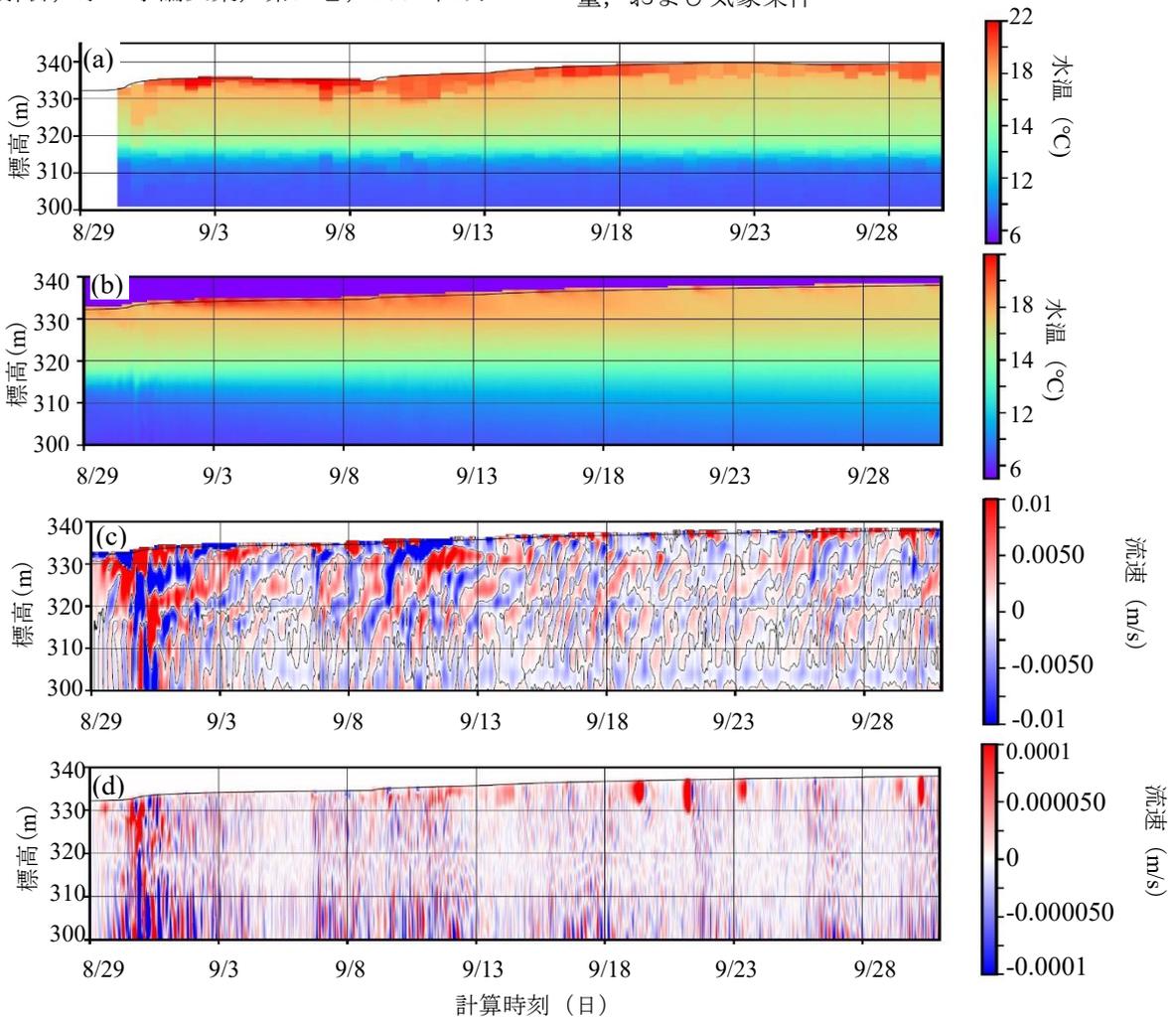


図4 (a)地点 A における水温の鉛直分布の観測結果 (b)地点 A における水温の鉛直分布の解析結果 (c)貯水池の長軸方向流速分布の解析結果 (d)鉛直流速の解析結果