

密度成層したダム湖における流動解析

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 正会員 新谷 哲也

1. はじめに

ダム貯水池は、我が国における水資源の供給源として重要なものである。そのため、貯水池における水質管理は重要である。これに対して、近年顕在化してきたと考えられている温暖化の影響により、過剰に増殖した植物プランクトンや、豪雨で生じた微細土砂粒子が、水道水の浄水過程に影響を及ぼす事象も多発している。すなわち、植物プランクトンによる水道水の異臭味¹⁾や、極度な濁り²⁾が、水道供給の停止を招くこともある。このようなことから、微細懸濁粒子は、水環境管理上、重要なものである。

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、洪水後の水の濁りについて懸念がある北上川水系の胆沢ダム貯水池において、水温成層条件と関連させ、湖水の流動解析を行った。

2. 研究方法

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胆沢ダム貯水池（奥州湖、岩手県奥州市胆沢区）を対象とした。胆沢ダムは、従来供用されていた石淵ダムの再開発として、その約 2km 下流に建設され、2013 年に竣工した大規模なダムである。流域面積が 180.5 km² であり、総貯水容量が 1.43×10^8 m³ の貯水池である。図-1 に胆沢ダム貯水池の平面形状を示す。上記のように流域面積に対して貯水量が大きな貯水池諸元のため、湖水の年平均回転率は、約 3 回と小さい。

2.2. 流動解析

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。

2.3. 計算条件

計算期間は流動観測期間と概ね対応する 2016 年 8 月 27 日から 9 月 30 日までの約一ヶ月間とした。初期条件には実測水温の鉛直分布を与え、洪水の約 3 日前から計

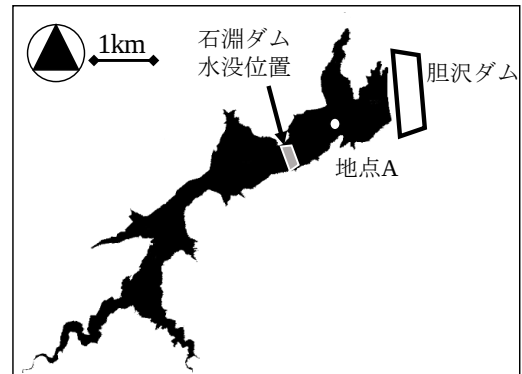


図-1 胆沢ダム貯水池平面図

算開始とした。計算格子間隔は、水平方向を 50m とし、鉛直方向は水温成層状況を考慮して、標高 330m 以上は $dz=0.25$ m、標高 315~330m は $dz=0.5$ m、標高 315m 以下は $dz=1.0$ m とした。時間間隔は 5.0 秒とした。

貯水池の運用条件および気象条件(気温、日射量、風向風速、湿度、気圧)に関しては、ダム管理所において計測されたものを用い、気象条件のうち雲量については気象庁の盛岡地方気象台における観測値から与えた。また、流入河川水温についてもダム管理所により 1 時間ごとの計測が行われているので、これを用いた。図-2 にこれらのデータのうち、主なものを示す。

3. 結果

図-3 に水温分布の観測結果および計算結果を示す。横軸は時間(日にち)を示し、縦軸は標高を示しており、それぞれの観測を行なった深度方向範囲の最底面である標高 300m を最定位置とした。観測結果(図-3 上段)については、図に示した観測期間を通して、水温躍層が概ね標高 315m あたりに存在しており、期間当初の 8 月終わりから見比べると、やや低下している様子も受け取れるが、深度の変化は小さい。なお、8 月末の空白部は欠測期間である。また、計算結果については、水温躍層の深度は観測結果と概ね一致しているものの、時間が進むにつれて、観測結果よりも水温勾配が弱くなる傾向となった。

図-4 に水平流速の観測結果・計算結果および、渦動粘性係数の計算結果を示す。なお渦動粘性係数は、変動を見やすくするために、対数を取って示した。

観測結果については、流動構造として、図中で赤と青が順に生じる往復的な構造が生じており、特に観測期間前半で顕著である。流動計算の結果から、図で縞状に見える流動構造は、図-2 の気象条件に見られた周期的に入れ替わる風向に影響を受けた吹送流が、主な原因であることが確認できた。吹送流が主な流動要因であるこ

Keyword : 貯水池, 水温成層, 流動解析, 流速

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

とも踏まえると、表水層が深水層よりも流速が大きい傾向にあることが理解できる。

計算結果については、観測結果にも見られた吹送流に伴う交差流構造は概ね表現された。また、9月後半の渦動粘性係数に着目すると、9月20日頃以降に水深5～10m程度に黄色で示されるやや高い値の層が形成されていることがわかる。観測結果でも、同様の期間において水深10m程度で流速のばらつきが大きくなっていることが確認できる。これらの期間は、上述の秋雨前線の停滞による9月18日頃のやや大きな気温低下の時期に対応していることから、気温低下に伴う冷却混合の発生が、渦動粘性係数の分布として表現されているのではないかと考えられる。

4. 謝辞

本研究は、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム（Si-CAT）およびJSPS 科研費 16H02363（代表：風間総）の援助を受けて実施された。記して謝意を表する。

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

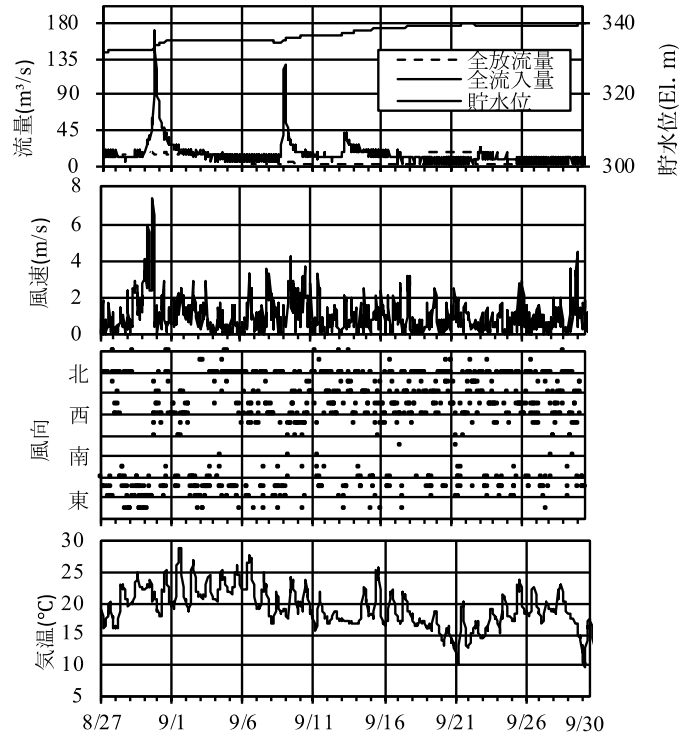


図-2 観測および計算対象期間の胆沢ダムにおける貯水池運用および気象条件

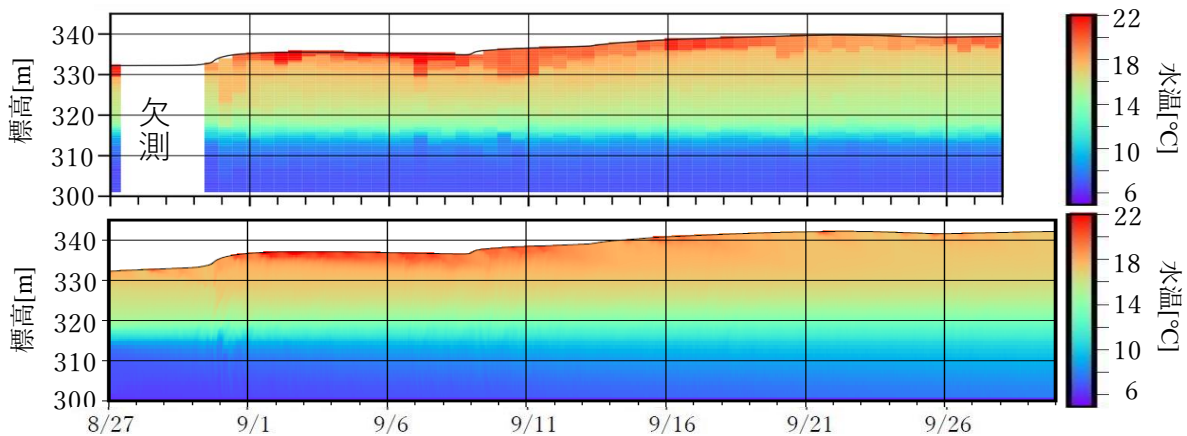


図-3 水温分布（上段：観測結果，下段：計算結果）

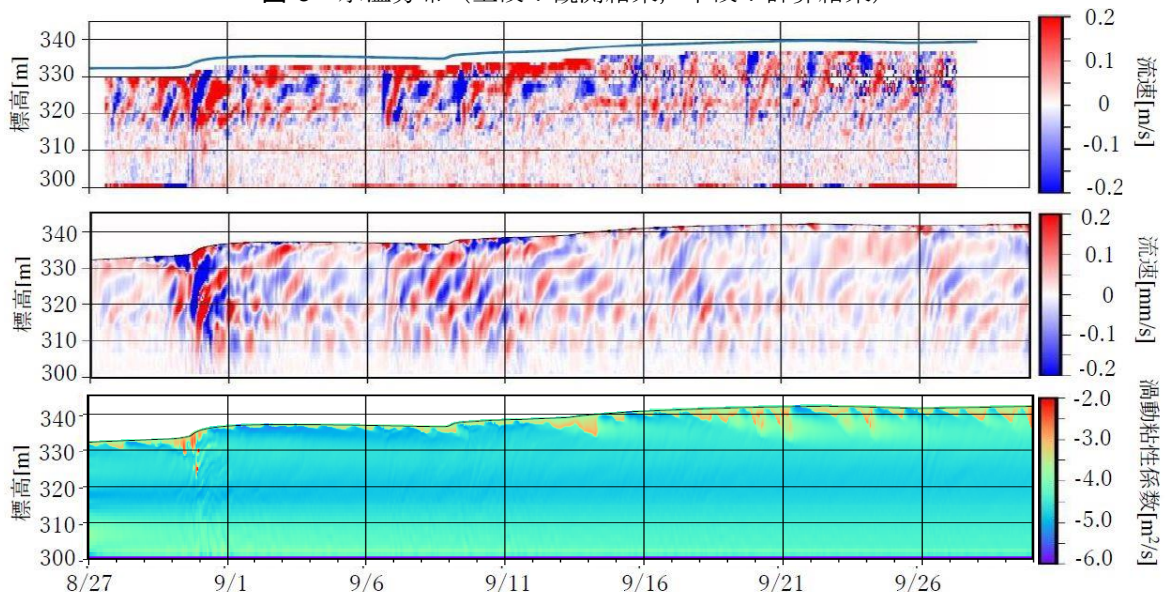


図-4 貯水池流下方向の水平流速（上段：観測結果，中段：計算結果），下段：渦動粘性係数（計算結果）