

成層化したダム貯水池における流速変動計測

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○水田 直樹
東北大学大学院工学研究科 正会員 梅田 信

1. 序論

ダムは、治水や利水などに関して重要な役割を担っている社会資本である。しかし、ダムの供用が河川環境に対して影響を及ぼしていることも多く指摘されてきている。例えば、濁水長期化現象が挙げられる。この現象により、ダム及び下流河川の景観が損なわれたり、魚類等の水産資源に悪影響を及ぼしたりするため、これまで多くの研究が行われてきた。それらは、濁水の要因である濁質自体の物理的性質の検討¹⁾や、濁水現象の解析方法²⁾、および対策手法³⁾など、多岐に亘る。

しかし、水温成層した貯水池での微細懸濁粒子の挙動は、水理学的にも十分に解明し切れていないため、特に貯水池内の濁水流動解析において、濁質の沈降速度を半経験的なモデリング手法を採用して、再現性を確保している例⁴⁾などがある。よって、下流河川での水利用や漁業活動に対して、洪水発生後に濁りの継続状態を予測する場合にも、必ずしも十分に精度を持った予測シミュレーションを行う事ができていない。

そのような課題に対し、本研究では、成層化したダム貯水池において、湖水の流速変動に関する現地観測を実施し、濁質挙動に対する水理学的な詳細メカニズムの解明に向けた検討を実施した。

2. 研究対象

(1) 胆沢ダム貯水池

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)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り、流域面積180.5km²、総貯水容量1.43×10⁸m³の貯水池を有する。このよう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。以前の比較的回転率が高かった石淵ダム(約年27回)から再開発された経緯もあり、洪水流入後の貯水池内における濁水の滞留と濁水放流の長期化について懸念される面があり、貯水池内での濁水挙動についての検討が必要とされている。

(2) 三春ダム貯水池

濁水の長期化は、複数のダムで懸念されている環境問題である。よって、胆沢ダムにおける実測結果を、他ダムへ応用する際の検討のために、一級河川・阿武隈川水系大滝根川に建設された三春ダム貯水池(さくら湖)も対象とした。三春ダムは、流域面積226.4km²、総貯水容量4.28×10⁷m³の貯水池を有するダムである。

3. 現地観測

(1) 観測時の貯水池概要

貯水池において、濁水の挙動が問題となる時期は、洪水の発生と水温成層の形成が重なる夏季の成層期である。このことを踏まえ、本研究では、2016年9月12日と2017年8月7日に胆沢ダムで、また、2017年7月31日に三春ダムで、現地観測を実施した。全3回の実測に

おいて、実測日直前に、水温成層が破壊される程度の大規模な洪水は発生していない貯水池概要であった。

(2) 成層条件計測

当日の成層条件を確認するために、多項目水質計 RINKO-Profiler (JFE アドバンテック株式会社製)を用いて、水温および濁度の鉛直分布を計測した。観測地点の全水深は、胆沢ダムと三春ダム、それぞれ約35mと約25mであった。水温躍層の下部まで計測可能な十分の水深が確保できることから、両ダムとも湖底地形を考慮し、貯水池の下流寄りに設定した。ただし、取放水などの影響が大きい可能性があるダム堤体近傍は選択しなかった。また胆沢ダムに関しては、上記のとおり再開発事業に伴い従来の石淵ダム堤体が水没しており、その影響も小さくなるような地点を決定した。

(3) 流速計測

本研究では、水中での流速分布を計測する方法として、超音波ドップラー式3次元精密流速計 VECTOR(Nortek社製)を用いた。この流速計(全長0.82m、水中重量約4.9N(約0.5kg))を、水中での測定時に姿勢を安定させ、また動揺を出来る限り小さくするために、図-1に示すような仕掛けを用いて設置した。流速計は、小型のブイ等を用いて流速計を含めた水中重量が概ねゼロになるように調整した架台に取り付けた。これを浮力約1.0×10²N(約10kgf)の水中ブイ、および湖底上に設置した水中重量約2.5×10²N(約25kg)の重りを用いて、計測深度で固定した。なお、ブイや架台をつないでいるロープは、ロープの移動方向を一方方向に固定できるようセルフジャミングブーリーに通している。さらに流速測定中は、図-1に破線で示した部分のロープには、張力が掛からないようにし、水中ブイの浮力によって流速計の位置と姿勢が維持できる仕組みとした。また、深度を下げる際には、図中左側のロープを船上から引き上げて、任意の深度で停止させる。このようにして、表層

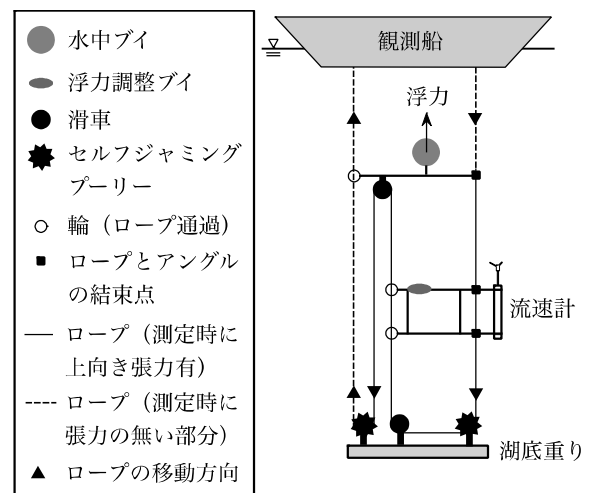


図-1 流速計の設置、係留方法の模式図

keywords : 濁水長期化現象, 水温成層, 懸濁粒子, 流速分布

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

から底層までを水深別に計測した。測定深度は、水温躍層およびその深度に対応して生じていた濁水層を考慮して、胆沢ダムと三春ダム、それぞれ計 16 水深と計 12 水深を設定した。また、各水深での計測は、サンプリング周波数 64Hz で約 10 分間ずつ行った。

4. 結果

(1) 貯水池内の成層環境

図-2, 3(a)に、本研究で計測した、観測当日の両ダムにおける水温と濁度の鉛直分布を示す。両ダムともに、強度や水深は異なるが、いわゆる季節成層が形成されていた。この水温成層に対して、濁水は、水温躍層の上端付近にピークを持つ分布を持っていた。

(2) 貯水池内の流速変動、流速分布

図-2, 3(b, c, d, e)は、胆沢ダムと三春ダムで得られた各水深の流速データについて、水平・鉛直各成分の平均流速および流速の標準偏差を示したものである。両ダムの平均流速を見ると、水温躍層下端（胆沢ダム：水深 7m 付近、三春ダム：水深 19m 付近）における値がとて小さいことが分かる。また、胆沢ダムに顕著であるが、水温躍層よりも水深の大きな場所では平均流速が小さい。それに対して、三春ダムに顕著であるが、水温躍層よりも水深の小さな場所では平均流速が比較的大きい。特に、水深約 10m における東西成分の平均流速は 3.0×10^{-2} m/s を超えていた。両ダムの流速の標準偏差を見ると、胆沢ダムにおいては、水深方向に対して様な結果が得られたのに対して、三春ダムにおいては、概ね水深に比例して値が減少しているという相違点が見られた。また両ダムにおいて、平均流速に関しては、鉛直成分が水平成分を大きく下回ったのに対し、流速の標準偏差に関しては、概ね鉛直成分と水平成分の差が無かった。

5. まとめ

胆沢ダム貯水池と三春ダム貯水池において、湖水の流動に関する現地観測を実施し、以下のような結論を得た。

- 1) 水温躍層下端における平均流速はとて小さい。
- 2) 水温躍層を境にして、それよりも下部における平均流速は、上部における平均流速の半分以下である。
- 3) 平均流速に関しては、水平成分が鉛直成分を大きく上回っていたのに対し、流速の標準偏差に関しては、水平成分と鉛直成分で大差は無い。

このような流動環境は、湖水中における懸濁物質の長期浮遊が維持される理由の一つであろうと推測される。

謝辞：本研究は、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。また、現地観測において、国土交通省三春ダム管理所、胆沢ダム管理所および株式会社建設環境研究所に協力頂いた。

参考文献

- 1) 宮永洋一、安芸周一：濁質粒度が貯水池濁水現象に及ぼす影響について、土木学会論文報告集、第 296 号、pp.49-59、1980。
- 2) Umeda, M., K. Yokoyama, and T. Ishikawa: Observation and simulation of floodwater intrusion and sedimentation in the Shichikashuku Reservoir, J. Hydr. Eng., Vol. 132(9), pp. 881-891, 2006。
- 3) 深谷壽久、岡本幸久、城敬治、竹尾敬三：矢作ダム浮沈式濁水対策フェンスの操作方法と構造、ダム工学 17(1)、pp.54-64、2007。
- 4) 梅田信、池上迅、石川忠晴、富岡誠司：ダム貯水池における洪水時濁水挙動に関する数値解析、水工学論文集、第 48 巻、pp. 1363-1368、2004。

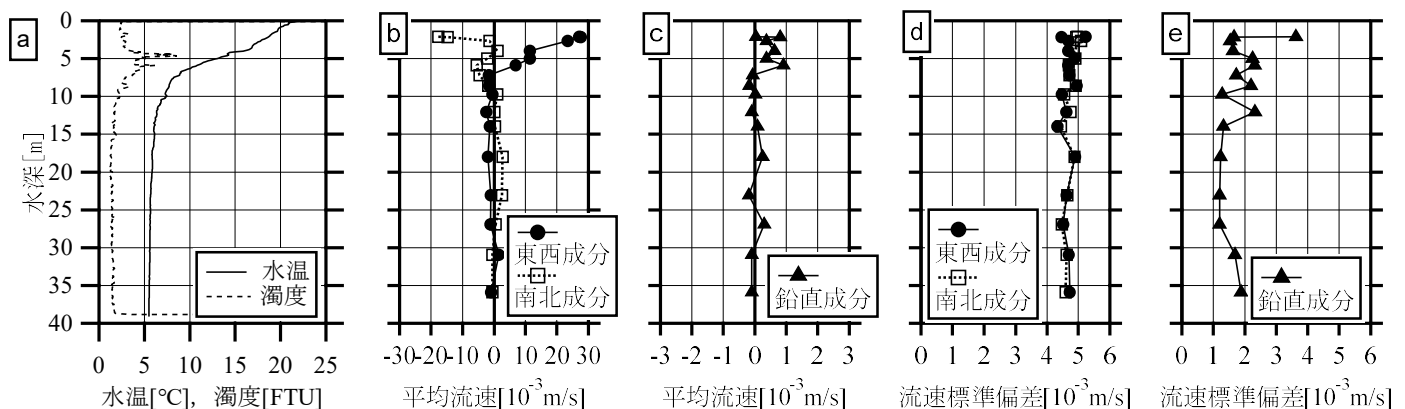


図-2 胆沢ダムにおける観測結果

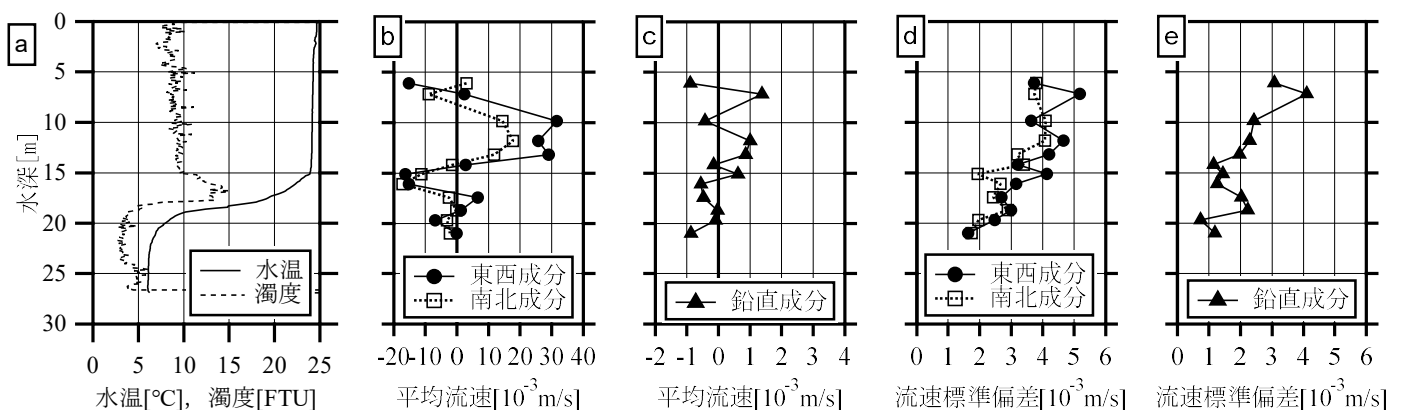


図-3 三春ダムにおける観測結果