

成層したダム貯水池における湖水流動観測

東北大学 梅田 信

1. はじめに

ダム貯水池は、水資源として重要なものであるため、貯水池内の水質管理は必要である。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や、極度な濁りが、水道供給の停止を招くこともある。このようなことから、水中の微細懸濁粒子は、水域の水環境管理上、重要なものであるが、特に密度成層した湖水中での挙動に関しては必ずしも十分に解明されたとは言えない。本研究では、濁水の問題が懸念されている胆沢ダムにおいて、水温成層時の湖水流動の観点から、この問題について取り組んだ。

2. 対象地と方法

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 180.5 km²、総貯水容量 1.43×10⁸ m³の貯水池を有する。図-1 に胆沢ダム貯水池の平面形状を示す。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。そのため、夏季には水温成層が形成される。以前の比較的回転率が高かった石淵ダム（約年 27 回）から、このように低い湖水回転率の貯水池へと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。

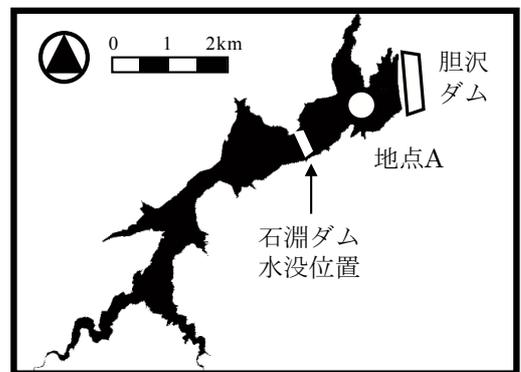


図-1 胆沢ダム貯水池平面図

時空間的により細かな流速の変動を計測するため、本研究では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。この流速計では、センサー近傍でサンプル範囲が約 0.9cm³ から 3.5cm³程度での流速を測定している。サンプリングレートは 1~64Hz の計測が可能なのである。測定精度は、測定値の ±0.5% または ±1.0×10⁻³ m/s である。

この流速計（全長 0.82m、水中重量約 0.5 kg）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-3 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 10 kgf の水中ブイ、および湖底上に設置した水中重量約 25 kg 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向に固定できるようにセルフジャミングプーリーに通している。さらに流速測定中は、図-2 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

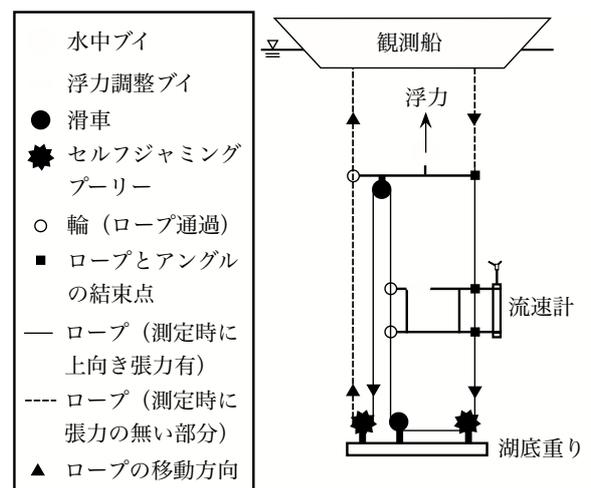


図-2 流速計の設置、係留方法の模式図

キーワード 貯水池、水温成層、流速分布

連絡先 980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-6 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

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、表層から底層までを水深別に計測した。

観測は2016年9月12日に行った。測定深度は、水温躍層の状況を考慮して水深を設定した。例えば、秋季の胆沢ダムでは水温躍層が水深20m前後に生じていたので、水深5mから30m程度の範囲で測定を行い、特に水温躍層の上下付近では水深1m程度の間隔で計測を試みた。ただし、流速計を係留したロープの長さなどに誤差があり、実際の計測水深は設定水深と一致しないため、流速計に内蔵されている圧力計から求めた水深を測定水深とした。各水深での計測は、サンプリング周波数16Hzで約10分間ずつ行った。

3. 結果

図-3は各水深の流速について、平均値および標準偏差を方向成分別に示したものである。生データにおいて、流速計自体が揺動した動きを捉えたデータと見られる箇所もあった。このようなデータについては除去して整理する必要がある。しかしながら、本論文の計測で得られているデータからは、客観的に除去する方法を構築することができなかつたため、時系列グラフの目視により概ね安定していると判断したデータを抽出し、平均および標準偏差の導出に用いた。また、本研究で使用した流速計は、本来乱流強度等の算出も可能であるが、このような事情から、測定データの不確実性についての評価が十分できず、また整理対象とすることができたデータが細切れのような状態ともなってしまったことから、簡易的な評価として、測定値の標準偏差を算出した。

また、図-3上段において水深5mの東西流速が飛び抜けて大きな値が出ている。これは水温分布において5m付近に段差のように水温変化が生じているため、水深5m以浅ではダムからの取水や弱いながらも湖面風の影響が見られたものと考えられる。それより下層については、表水層の水深20m以浅でやや大きな値が出ているが、深水層と比較して大きな差があるというほどではない。標準偏差（水平方向成分）については、水温躍層にあたる水深20mから22mで流速変動が小さくなっていることが見られる。これは、密度成層の効果により運動が抑制されている状況が現れた可能性があると考えられる。

一方で鉛直方向成分については、平均流速が水平方向成分に比較して桁違いで小さい。このような平均流速の差に対して、標準偏差は、水平方向の半分程度と比較的大きな流速変動が、鉛直方向に対しても生じていることが分かる。このような大きな流速変動が、懸濁粒子を長期間に渡る浮遊状態を維持している機構であると考えられる。

4. まとめ

本稿では、2016年のADVによる測定の結果のみを示したが、発表時には、これ以外の観測結果も含めて貯水池内の流動環境を議論したいと考えている。

参考文献

水田直樹, 梅田信, 小堀文裕: 水温成層したダム貯水池における流速分布と懸濁粒子に関する現地観測, 土木学会論文集 G (環境), vol.73(5), pp.I_315-I_321, 2017.

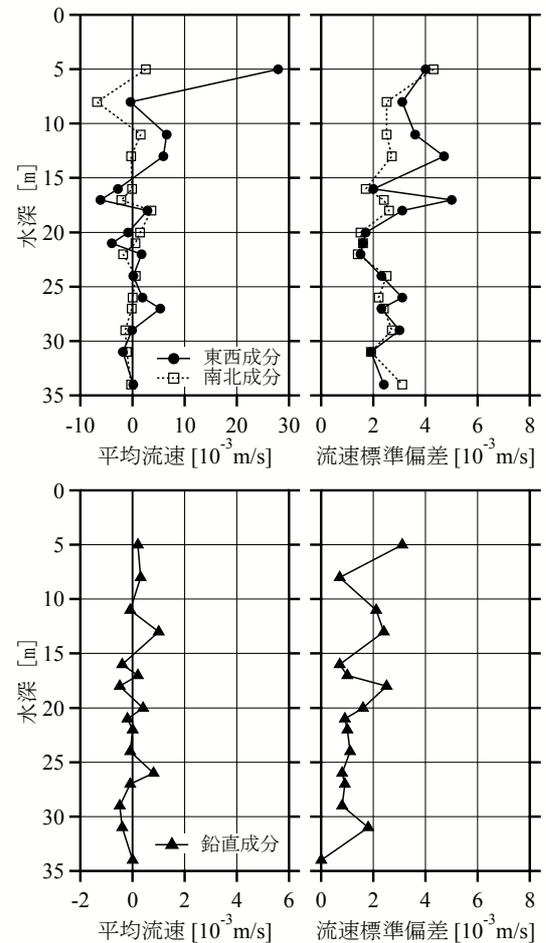


図-3 流速変動の鉛直構造
(上段：水平方向成分，下段：鉛直方向成分)