

ダム湖内の流動調査による濁水長期化現象のメカニズム解明

東北大学工学部建築社会環境工学科 学生会員 ○水田 直樹

東北大学工学研究科 正会員 梅田 信

株式会社建設環境研究所 非会員 小堀 文裕

1. はじめに

ダムは、治水・利水の面で欠かす事のできない存在である反面、短所もある。その一つに、出水・濁水の際、下流に長期に渡って濁水を放出してしまうという濁水長期化現象が挙げられる。それにより下流域へ多くの悪影響を及ぼすため、これまでに多くの研究（例えば、柴田ら，2009）が行われてきた。しかし、水温成層した環境における湖水の流動と微細粒子の沈降・浮遊過程についての詳細な研究事例は少なく、この観点からの現象解明が必要と考えられる。そこで本研究では、現地での流速計測を通して、濁水長期化現象の詳細なメカニズムを解明していくことを目的とする。

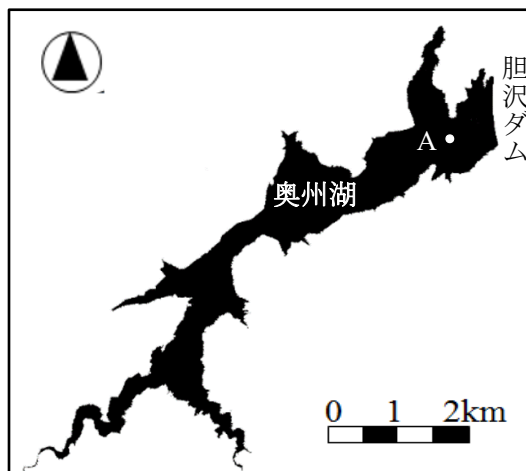


図-1 奥州湖の平面図

2. 研究対象地域

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(奥州湖)を対象とした。奥州湖は流域面積 185.0km²、総貯水容量 1.43×10⁸m³ の貯水池である。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、夏季に水温成層が形成される。奥州湖の平面形状を図-1 に示す。

3. 研究方法

3.1. 流速変動計測

現地観測は、2016 年 9 月 12 日に行った。観測実施前の 8 月 22 日には、台風 9 号によりピーク流入量が約 474m³/s の比較的大きな洪水が生じていた。その後にも 100 m³/s を超える洪水が 2 回流入していた。

流速変動の計測には、超音波ドップラー式 3 次元精密流速計（Nortek 社製，VECTOR）を用いた。この流速計（全長 0.82m，水中重量約 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-2 に示すような仕掛けを用いて設置した。流速計は、小型のフロート等を用いて、流速計自体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 10kgf の水中フロートおよび約 20kg の重りで、計測深度で固定するようにした。なお、フロートや架台をつないでいるロープは、片側固定が可能な滑車により、任意の深度で停止させながら、表層から底層まで計測できる仕組みとしてある。

図-3 は、多項目水質計（JFE アドバンテック社製，RINKO-Profiler）を用いて、観測当日に計測した地点 A 付近における水温と濁度の鉛直分布である。水深 20m 付近に水温躍層が形成され、また、この上層

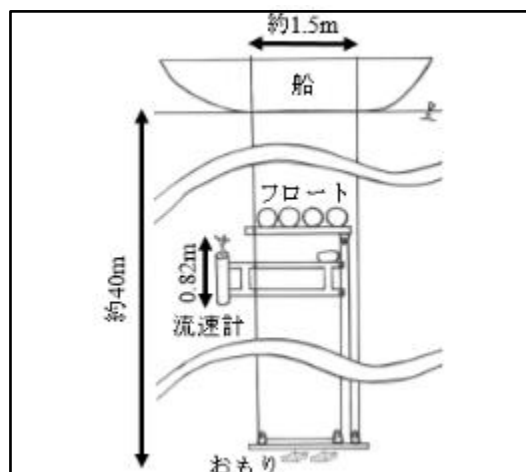


図-2 流速変動計測装置

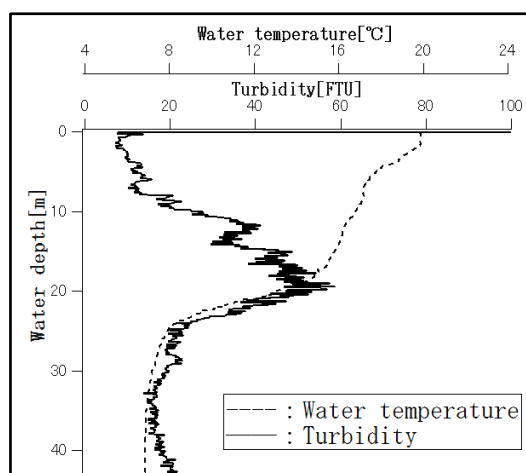


図-3 水温、濁度の鉛直分布

keywords：濁水長期化現象，貯水池，微細粒子，水温成層，流速変動

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

には、事前に発生した洪水で流入した濁水が滞留している状況であった。このような成層条件に対して、表水層、水温躍層、深水層という分布を考慮しながら、計 16 水深を設定して、流速変動を計測した。各水深での計測は、サンプリング周波数 16Hz で約 10 分間行った。また、流速計の設置地点での全水深は約 37m であった。

3.2. 測器の水中動揺の影響推定

本研究で用いた流速計には、計測時の流速計の姿勢等を把握できるように、水圧計および加速度計が内蔵されており、1 秒間隔で水深および測器姿勢（3 成分の角度）が記録される。流速計に固定された座標軸に対して、横揺れ（Roll）、縦揺れ（Pitch）および回頭（Heading）が定義されている。前節に示した通り、本研究での流速計の設置方法では、流速計の多少の動揺は避けられない。そこで、測定器の姿勢計測の結果から、どの程度の動揺が計測時の水中で生じていたかを推測し、計測された流速に対する測器動揺の影響を調べた。

流速計の座標は、湖底上の架台おもりの固定点を経原点として、次のように近似して表すことができる。

$$\begin{cases} x_t = (37 - h_t) \times \sin(\text{Pitch}_t) \\ y_t = (37 - h_t) \times \sin(\text{Roll}_t) \\ z_t = 37 - h_t \end{cases}$$

ここで、 x_t, y_t, z_t は時刻 t におけるそれぞれの座標での位置[m]であり、 h_t は流速計の水深[m]、 $\text{Roll}_t, \text{Pitch}_t$ はそれぞれ時刻 t における x 軸 y 軸回りの傾斜[deg]、37 は観測地点 A の全水深[m]である。その後、

$$\begin{cases} E_t = -x_t \times \sin(-\text{Heading}_t) - y_t \times \cos(-\text{Heading}_t) \\ N_t = x_t \times \cos(-\text{Heading}_t) - y_t \times \sin(-\text{Heading}_t) \\ U_t = z_t \end{cases}$$

を用いて、xyz 座標から East-North-Up 座標へ変換する。ここで、 E_t, N_t, U_t は時刻 t におけるそれぞれの座標での位置[m]であり、 Heading_t は時刻 t における z 軸回りの傾斜[deg]である。これらの値から流速計の軌跡を求める。

4. 結果

図-4 に、水深約 19m での水平方向の流速計の軌跡を示す。このグラフより、東西・南北それぞれに約 0.2m の範囲で移動していたことが分かる。また、図-5 に、水深 5m（表層）、水深 19m（水温成層付近）、水深 31m（深層）での 3 次元流速の計測結果を示す。水深 5m（表層）での水平方向の流速について、測定中に南西寄の風が吹いていた影響もあり、東西方向では東向きに、南北方向では北向きに、それぞれ一方向の流動があったが、水深 19m（水温成層付近）では東方向だけでなく西方向、また、北方向だけでなく南方向にも流動が見られる。さらに、水深 31m（深層）での上下方向の流速について、ほとんど流速が見られないのに対して、水深 19m（水温成層付近）では 0.01m/s 程度の変動がいくつか見られる。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費（16K14308）の助成を受けて実施された。謝意を表する。

参考文献

- 1) 柴田光彦, 梅田信, 田中仁：ダム貯水池の洪水時放流操作による濁質挙動への影響, 水工学論文集, 第 53 巻, pp.1315-1320, 2009

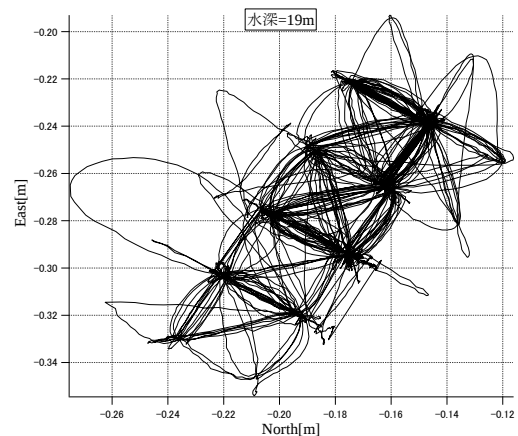


図-4 水深約 19m での水平方向の流速計の軌跡

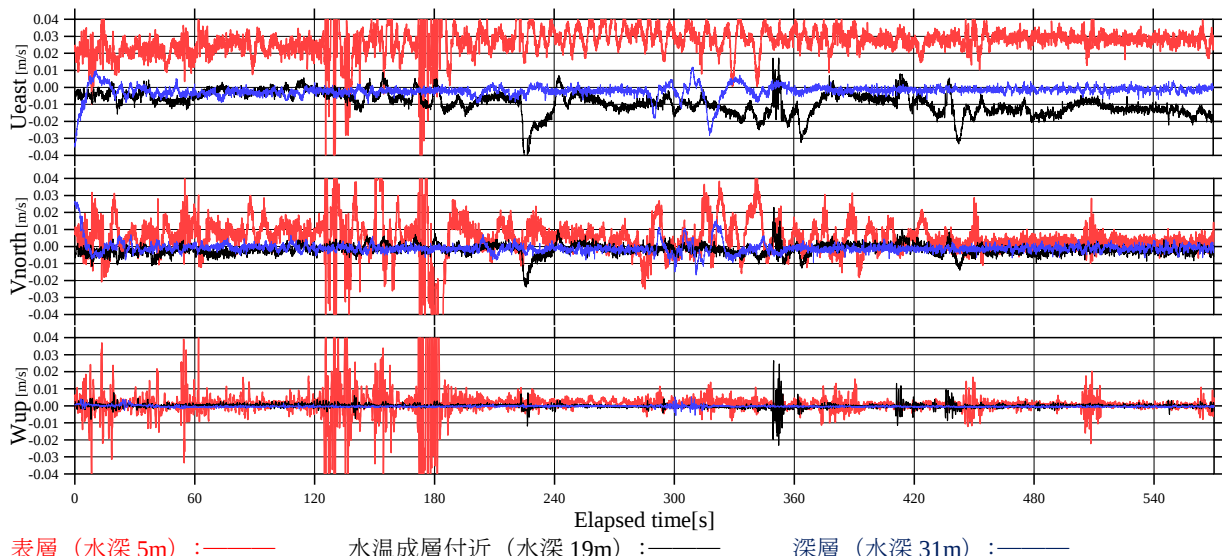


図-5 水深 5m（表層）、水深 19m（水温成層付近）、水深 31m（深層）での 3 次元流速