

沼沢湖における揚水発電に伴う濁質流入による影響把握のための観測と解析

東北大学 学生会員 ○鈴木 斗志矢
日本大学 正会員 梅田 信

1.はじめに

近年注目されている再生可能エネルギーのうち、太陽光発電や風力発電の普及が進んでいる。しかし、これらの発電方法の短所として電力需給の不安定性が挙げられる。その対策として、揚水式発電の需要が大きくなってきており、従来の運用方法とは打って変わって、春季のような日射量が多く電力需要の小さい時期の運転が増加している。福島県大沼郡金山町にある沼沢湖は、揚水式発電所である第二沼沢発電所の上池として利用されており、直下を流れている只見川からの揚水を受け入れている。一方で、この湖は清澄な水質であることを活かして、湖水浴などのレクリエーションにも利用されている。そのため、湖水に比べ濁度が高い只見川の水を揚水すると、湖内の濁度が上昇し、湖水利用に影響を及ぼす懸念がある。

このような揚水運転により引き起こされる流れは密度噴流に分類される。流入条件や湖内水質環境が揚水流に及ぼす影響を調べるためには実用的なモデルを用いて検討することが妥当である。しかし、レイノルズ平均モデルのような実用的なモデルを用いて密度噴流の現地スケールの計算に至った研究は非常に少ない。

そこで本研究では、現地観測をもとに湖内の濁質拡散の様子を解析し、沼沢湖の水質環境維持につながる成果を得ることを目的とする。本報では、非静水圧 3 次元流動解析により流入水の数値解析を行った結果を示す。

2.手法

2-1.現地の概況

沼沢湖は最大水深が約 96m、湖水面積が約 3.1km² の大きさを持つカルデラ湖である。図-1 に湖盆形状¹⁾を示す。近傍を只見川が流れており、また水面の標高差が約 200mあるという地形を活かして、揚水発電の上池として利用されている。一方で、上記の通り、清澄な水質が沼沢湖の特徴でもあるため、揚水の運転には湖水環境に対する配慮がなされている。揚水時の只見川における取水地点の濁度については上限値を設け発電事業者が国の許可を得ているが、実運用上はさらに自主制限を設けて揚水の運用を行っている。

2-2.現地観測

検討対象期間を 2020 年 4 月から 10 月として計 4 回の湖内多地点観測を行なった。うち揚水運転が行われたのは 4 月 27 日の 1 回であった。当日の只見川における水温と濁度および揚水量の時系列デ

ータを図-2 に示す。只見川多地点観測では RINKO Profiler（JFE アドバンテック株式会社製）を用いて、濁度、水温、クロロフィル a などの鉛直分布を計測した。計測地点は、取放水口から水質監視地点を結ぶ 300m、500m 地点および水質監視点付近の 3 点で行った（図-1）。気象データについては、降水量データを金山（北緯 37 度 28.4 分、東経 139 度 31.7 分）、日射量データを福島（北緯 37 度 45.5 分、東経 139 度 28.2 分）の各地点から参照した²⁾。

2-3.数値解析モデル

本研究では梅田ら³⁾にて用いられた非静水圧 3 次元モデルを使用した。支配方程式は連続式、ブシネスク近似が施された運動方程式、スカラー輸送方程式から構成され、有限体積法で離散化し SIMPLE 法により解かれる。乱流モデルには標準型 $k-\epsilon$ モデルを採用している。

鉛直方向の格子間隔は全領域で 1m とした。また、取放水口付近の現象に着目するため、取放水口から南北に 100m、西に 500m の範囲においては水平格子間隔を 25m とし、その他の領域では 100m とした。計算時間ステップは 60 秒とした。計算期間

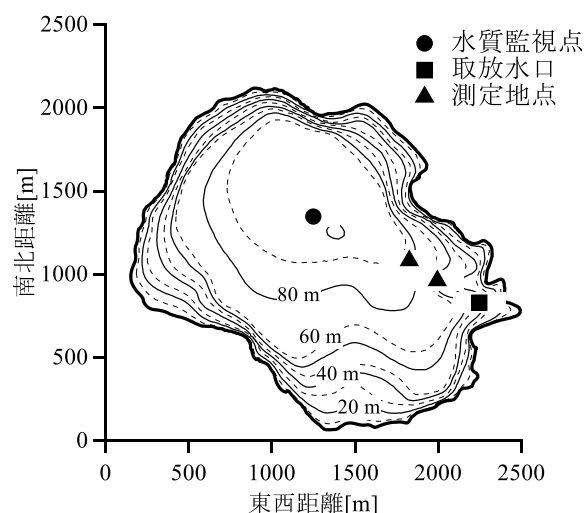


図-1 沼沢湖の等深線図

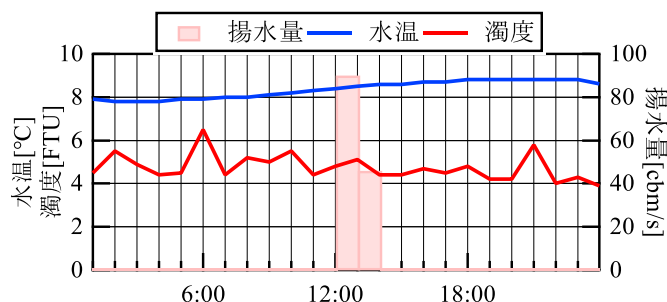


図-2 只見川における水温と濁度及び揚水量

Keyword：揚水発電，濁度，水温成層

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

は，流入開始 3 時間前から揚水運転終了時刻までの計 5 時間とした．初期湖内水温および濁度は，揚水開始前に水質監視点付近で行った観測結果を基にして作成した．ただし SS 濃度入力の際，観測より得られた以下式を使用した．

$$SS = 0.8 \times \text{濁度} \quad (1)$$

湖内水質の初期プロファイルは図-3 の通りである．

3.結果

3-1.観測結果

2020 年 4 月 27 日に行われた観測のうち，揚水運転開始から 1 時間程度経過した時点での濁度観測結果を図-4 に示す．沼沢湖内の取放水口は水深 20m~30m に位置しており水温躍層の位置に比べ深い位置からの流入となる．揚水流は周囲流体との密度差のない層に遷移すると考えられるが，図-4 で見られたような広い層にわたって濁度が上昇した理由としては，深い位置からの流入であったために，より周囲流体との混合が起きてしまったからだと考えられる．

3-2.解析結果

濁度解析結果について，揚水開始から 1 時間時点の放水口を含む東西断面を図-5 に示す．揚水開始から約 1 時間経過後の値で比較している．放水口は横軸の 187.5m 地点である．下層からの流入により放水口付近で鉛直拡散が起きている様子が見られた．また，放水口から 300m 地点に到達し影響を与えていることが分かる．しかし，上昇量は観測値と比べ過小評価がされている．放流後 50m 程度で浮力支配となる挙動が見られるが，計算結果では実現現象と比較し運動量支配域が小さくなっていると考えられる．これについては乱流モデルの限界が示唆される．本計算では取放水口付近における流入層厚さのような連行現象は比較的再現できており，揚水流についての定性的な流況は捉えられたと考えられる．

4.おわりに

本研究により，密度噴流のモデリングにおける現地スケールへの適用性が示された．流入条件や成層状況が濁水流れに及ぼす影響を定性的に捉え

るならば，非静水圧 3 次元レイノルズ平均モデルは有効な手段になると考えられる．

謝辞

本研究は，東北電力株式会社より沼沢湖の水質データ提供などの支援を受けて実施された．記して謝意を表する．

参考文献

- 1) 藤谷誠，「沼沢湖の湖底図/ワカサギ&ヒメマス釣行記」，<http://niru04.com/2019/04/18/bottom-map0flakenumazawa/>
- 2) 気象庁，過去の気象データ
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 3) 梅田信・横山勝英・石川忠晴・銭新・高橋迪夫，「セキ宿貯水池における濁質の流入・流動・堆積過程に関する観測と数値シミュレーション」，土木学会論文集 No.656/II-52，255-268，2000.8

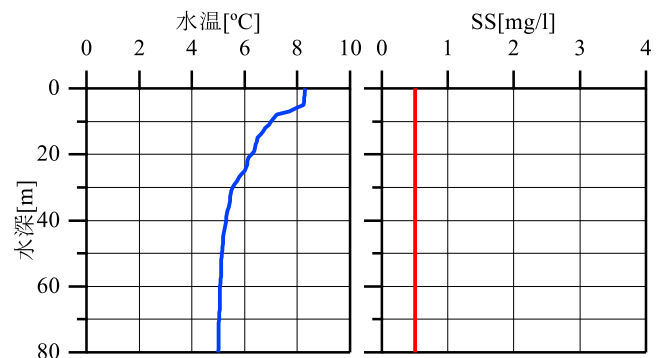


図-3 沼沢湖内初期条件

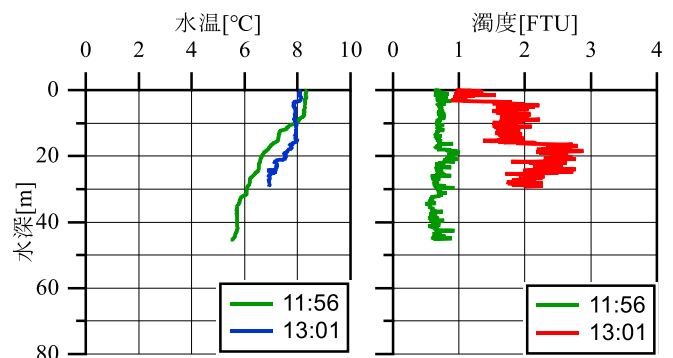


図-4 観測結果（揚水開始時刻から 1 時間の変化）

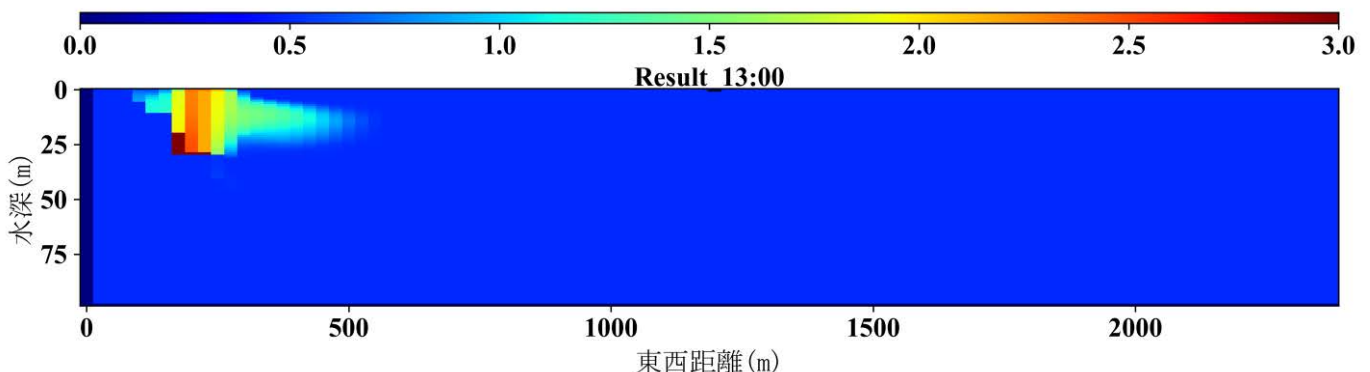


図-5 計算結果（揚水開始時刻から 1 時間時点）