

# 猪苗代湖における長瀬川からの濁質堆積に関する検討

|         |      |       |
|---------|------|-------|
| 東北大学大学院 | 学生会員 | ○青柳一輝 |
| 東北大学大学院 | フェロー | 田中 仁  |
| 日本大学    | 正会員  | 藤田 豊  |
| 東北大学大学院 | 正会員  | 梅田 信  |
| 五洋建設    | 正会員  | 金山 進  |

## 1. はじめに

猪苗代湖は非常に清澄な湖として有名である。この理由は主要流入河川である長瀬川の影響である。長瀬川はきわめて酸性の強い支川である硫黄川、酸川の影響を受けた酸性河川であり、河口付近で生成される凝集塊がリンを吸着し沈降することで、猪苗代湖の良好な水質に大きく寄与していることが既往の研究で明らかになっている<sup>1)</sup>。しかしながら近年は水質悪化に伴う底質からのリンの溶出が危惧されている。本研究ではこの凝集塊を濁質という形で取り扱い数値シミュレーションによって夏季成層期における輸送堆積過程を明らかにした。

## 2. 数値シミュレーションの概要

本研究における数値シミュレーションには静水圧近似及びブジネスク近似に基づく準3次元モデルが用いられている。

### 2.1 支配方程式

支配方程式では3つの速度成分、水位を未知数として水平方向の流速を運動方程式より、鉛直方向の流速を連続式より、水位を自由表面での運動学的境界条件で連続式の深さ方向の積分に基づいて求めている。

また、移流拡散方程式によって水温及び濁度の計算を行っている。濁質沈降速度 $w_s$ は既往の研究データ<sup>1)</sup>を用いてStokesの式より算出した $0.000074\text{m/s}$ としている。

鉛直渦動粘性係数及び鉛直渦動拡散係数はQETE(quasi-equilibrium turbulent energy)モデルにより計算している。また、水平渦動粘性係数及び水平渦動拡散係数は $1.0 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$ という一定値を用いている。支配方程式に関する詳細は青柳<sup>2)</sup>に示されている。

本研究で用いられた計算モデルは、Purwanto et al.<sup>3)</sup>が長面浦での解析に、青柳<sup>2)</sup>が猪苗代湖の内部静振の再現及び数値実験に用いたものとおおむね同様であり、本

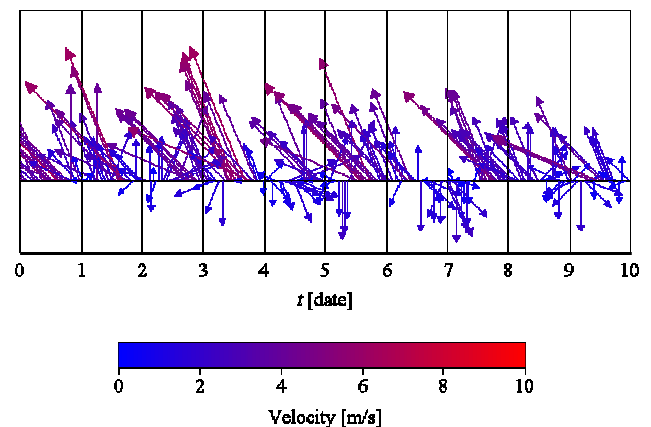


図-1 風の状況

稿の計算においても十分な解析精度が期待できる。

### 2.2 計算条件

計算期間は2009年8月1日から8月10日である。計算格子として東西方向に $x$ 軸、南北方向に $y$ 軸、鉛直方向に $z$ 軸を設定した。格子間隔 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ はともに $100\text{m}$ とした。時間ステップ $\Delta t$ はCFL条件を考慮したうえで5秒に決定した。初期条件として水温の値は現地観測の結果を基に定めている。また、湖内の濁度は0としている。 $z$ 方向の層分割は浅水部では細かく、深水部では粗くなっており、最も深い地点で38層となっている。

図-1に計算期間中における風の状況を示す。これより、風向は南東方向が卓越しており、風速も南東方向のものが他の方向よりも圧倒的に速いことが分かる。

河川からの流入は長瀬川からのみとし、福島県によって観測された実測値を与えている。詳細は割愛するが、計算期間において、流量はおおむね $10^3 \text{m}^3/\text{s}$ であったが、時折長瀬川上流にある発電所からの放水による影響で $30 \text{m}^3/\text{s}$ を超える流量が発生していた。河川流入水水温は $20^\circ\text{C}$ 、濁度は $10 \text{mg/l}$ で一定としている。また流出に関しては流入量と同量、日橋川から流出するものとしている。

**Key Words** : 猪苗代湖, 数値シミュレーション, 長瀬川, 凝集塊

住所 : 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06 • TEL 022-795-7451 • FAX 022-795-7451

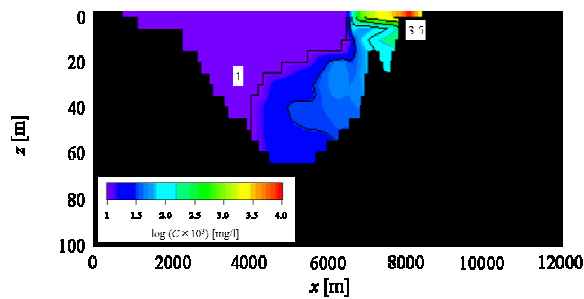


図-2 濁度の計算結果(10日後)

### 3. 計算結果及び考察

水温の計算結果は割愛するが、計算期間においては水表面から水深10m付近における水温の低下以外に大きな変化を見てとることはできなかった。一方、長瀬川から流入した濁質は、3日目の時点で水温躍層の上部である水深20m程度で西側へと貫入し、猪苗代湖の湖中央部付近に到達していた。これは南東方向の風による吹送流の影響によるものと考えられる。図-2に長瀬川河口付近を東西に切り取った断面（図-3における $y=9500$ m地点）における、計算開始から10日後の濁度の計算結果を示す。濁度の広がりとしては、計算終了の10日時点で断面のおおよそ半分に凝集塊が広がっているという結果となった。

本稿では濁質の堆積量を $w_s$ と底面に接した格子における浮遊物質濃度の積として計算している。長瀬川から流入している凝集塊の堆積は南東風の影響もあり、反時計回りの方向で北部浅水域へと広がっていくという計算結果となった。計算開始から5日後には北部浅水域のほとんどの場所で堆積が確認された。その後凝集塊は南下して行き、全域へと広がっていった。図-3に計算開始から10日後の凝集塊堆積の計算結果を示す。この結果より、計算開始から10日後には猪苗代湖西岸の一部と南東部を除く地域に、凝集塊の輸送及び堆積が生じていたことが分かる。

堆積量が大きかったのは長瀬川河口付近で、最大で $580.1\text{g/m}^2/10\text{day}$ となっていた。北部域では長瀬川に近い東岸で高く、西側で値が小さくなっており、 $10\text{g/m}^2/10\text{day}$ から $0.001\text{g/m}^2/10\text{day}$ と幅のある堆積状況となっていた。また、湖心域から湖南域における堆積量は $0.001\text{g/m}^2/10\text{day}$ 未満となる箇所が多かった。

以上の結果より、猪苗代湖において計算を行った夏季成層期において長瀬川からの濁質は10日間ほどで猪苗代湖の多くの地域に輸送されて堆積が確認できることが分かった。

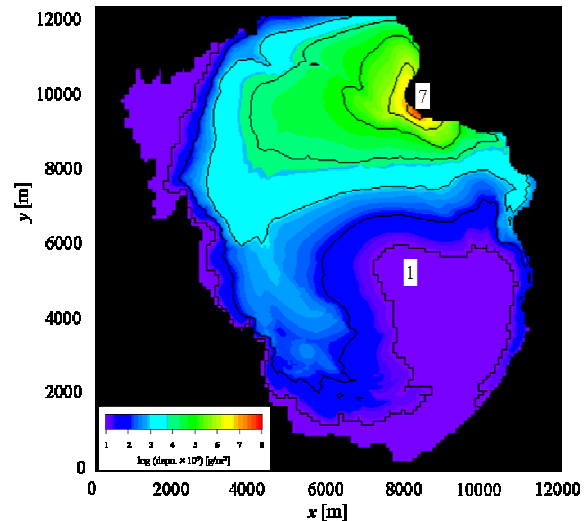


図-3 凝集塊堆積の計算結果(10日後)

### 4. おわりに

本研究は福島県猪苗代湖において夏季成層期に長瀬川からの凝集塊の輸送を数値シミュレーションによって検討したものである。結果として凝集塊の輸送過程は水温躍層の上部に当たる水深20m付近で大きく広がりを見せた後に沈降していくことが分かった。また、凝集塊の堆積は南東風の影響によって反時計回りになされ、浅水域から凝集塊が堆積していくことが明らかになった。また長瀬川からの凝集塊は夏季成層期に10日程度で湖のほとんど全域へと広がるということが明らかになった。このことは、長瀬川河口域で生成される凝集塊の湖全体への輸送に対する一つの有益な知見となる。

### 謝辞

本研究を遂行するに当たり福島県より長瀬川の流量データを、国土交通省東北地方整備局郡山国道事務所より金曲観測所の風向風速データの提供を受けた。ここに記して謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 藤田豊, 中村玄正: 猪苗代湖のリン除去に寄与する酸性河川長瀬川の凝集塊生成機構, 水環境学会誌, 第30巻, 4号, pp.205-212, 2007.
- 2) 青柳一輝, 田中仁, 梅田信, 藤田豊, 金山進: 猪苗代湖における風による湖水混合に関する数値実験, 応用力学論文集, 第13巻, pp.701-708, 2010.
- 3) Purwanto, B.S., Tanaka, H., Kanayama, S., Takasaki, M. and Yamaji, H.: Transport mechanism in Nagatsura-ura Lagoon, *Proceedings of 2nd International Conference on Estuaries and Coasts*, pp.615-622, 2006.