

小川原湖における塩水層からの物質輸送過程の研究

東京工業大学 正会員 ○中村 恭志
 東京工業大学 非会員 佐藤 森児

1. 目的

小川原湖は青森県東部に位置する汽水湖である。北東部で流路延長約 6km の高瀬川により太平洋と接続されている。小川原湖は南北長が約 15km, 東西長が約 9km と南北方向へ細長い形となっている(図-1)。現在の水質は比較的良好であり, 豊富な水産資源が存在している。しかし湖内の塩分量と塩分躍層の位置は 2000 年以降毎年 10cm の速さで増加・上昇する傾向にある。塩分躍層の位置が上昇を続けた場合, 塩水層に含まれている硫化物や高濃度の栄養塩が水とともに塩水層から上層に輸送される量が増加し, 湖の環境が破壊される可能性がある。実際に, 北海道の網走湖では塩分躍層位置が上昇し, その結果, 極端な富栄養化とアオコや青潮の水質障害が発生している。本研究では3次元 CIP-Soroban モデルを用い, 2006 年冬季の小川原湖における再現計算を行い, 小川原湖における流動の特徴を観測結果と比較した。その後, 塩水界面が 5m 上昇した場合について計算を行い, 鉛直物質輸送への影響について考察する。

2. 計算条件

本研究では, 3次元 CIP-Soroban 流動モデル[1]を小川原湖に適用する。3次元 CIP-Soroban 流動モデルは, 塩水躍層を少ない数値誤差で表現可能なモデルとして河川・汽水域に適用されている。初期条件として塩分・水温は, 小川原湖において石川らが 2006 年 11 月 7 日に行った最深部における現地観測結果[2]とし, これを湖内全域で与えた(図-2)。塩水層からの物質輸送量を評価するためトレーサーを用いた。トレーサーは初期条件で表層から塩分濃度約 5psu である水深 16m までを 0, 水深 16m 以深を 1 とし設定した。この期間には南風が断続的に吹いていた。そのため, 計算では, 風は湖内で一様風速・風向と仮定し, 計算開始後 6 時間まで南風を与えた。塩水層からの物質輸送の過程を把握することが主な目的であるため, 日射による水温の変化や河川からの流出入は考慮し

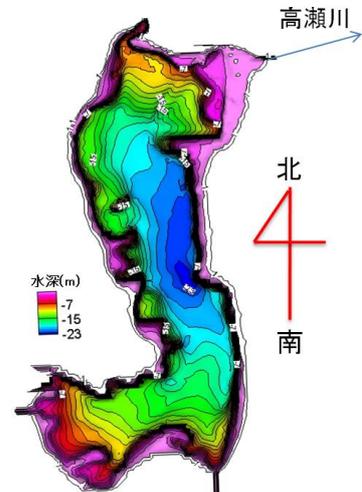


図-1 小川原湖の等深線図

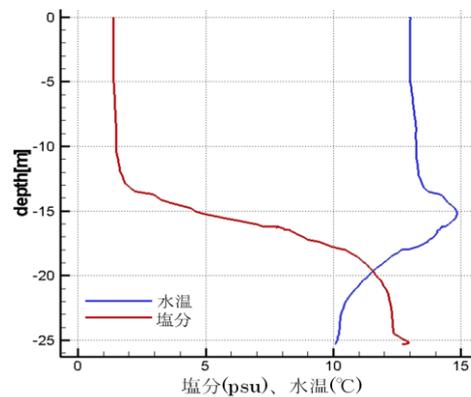


図-2 小川原湖最深部における塩分、水温

ないこととした。本研究では躍層を 5m 上昇させた場合についても解析を行った。その際の各種条件は上記の 2006 年の解析と同一としたが, 初期の塩水鉛直分布のみを 5m 上方に移動させたものを用いた。

3. 2006 年冬季の再現計算

石川らは 11 月 9 日に ADCP を用いて, 小川原湖の流速の観測を行った。11 月 9 日は前日から南風が安定して吹き続けていた。そこで, 風速 15m/s の南風を湖内一様に与え, 流動を計算して観測結果と比較した。図-3 に 11 月 9 日の上層において観測された流

キーワード 塩水躍層, 湖内流動, 鉛直物質輸送, CIP-Soroban 法

連絡先 〒226-8502 横浜市緑区長津田町 4259 番 G5-3 中村研究室 TEL 045-924-5515 E-mail:sato.s.ac@m.titech.ac.jp

速と、計算結果である計算開始5時間後の水深1mにおける流速ベクトル図を、**図-4**に中層において観測された流速と、計算結果である計算開始5時間後の水深7mにおける流速ベクトル図を示す。ここで観測結果の上層は水深1~5m、中層は水深6~10mで平均された流速を示している。上層では風応力により北向きの強い流れが湖全域で生じる様子は観測結果とも一致している。中層では補償流に伴う南向きの流れが湖の主軸に沿って生じていることが観測・計算結果ともに確認できる。x=11km付近の西岸付近で計算結果が観測結果に比べ低く出ているが、流れの傾向として南方向流速が強くみられる。計算結果は実際の小川原湖での流動構造とおおむね一致していることを確認した。

4. 塩水界面上昇の鉛直輸送への影響

図-5に計算開始から7時間後のトレーサーの0.01の等値面分布を、2006年の結果と塩水層上層時の結果を併せて示す。塩水躍層が上昇した場合には、南風が吹いている期間で、現状の塩水層ではあまり見られなかった湖南岸(青線部)での、上層への輸送が他の領域に比べ活発となった。これは塩水層が水面に近くなった為、吹き寄せによる塩水躍層の傾きの影響が増大したためと考えられる。塩水界面が上昇した場合、2006年では見られない南西部水域にも塩水層が存在することになる。そのため、塩水躍層が上昇した場合、南西部湖岸付近(赤線部)にも塩水侵入が生じ、南西部湖岸付近で湧昇流が生じる。その結果、南西部湖岸付近で塩水層から上層への物質上昇が生じる可能性がある。塩水躍層が上昇した場合、塩水層から上層への輸送量は増加した。塩水層から上層に輸送される各種物質の濃度は、塩水層内の約1%程度であり、2006年の場合に比べ数十倍程度密度が増加する可能性がある。

5. 結論

汽水湖である青森県小川原湖を対象として、三次元流動数値シミュレーションを適用して、塩水層からの上層への物質の輸送機構、及び湖内流動との関係について詳細な検討を行った。計算結果が観測結果とおおむね一致していることを確認した。また、今後塩水界面が上昇すると、南部水域と南西部水域で物質の輸送が活発となり、小川原湖全体の水質に大きな影響を与える可能性があることを確認した。

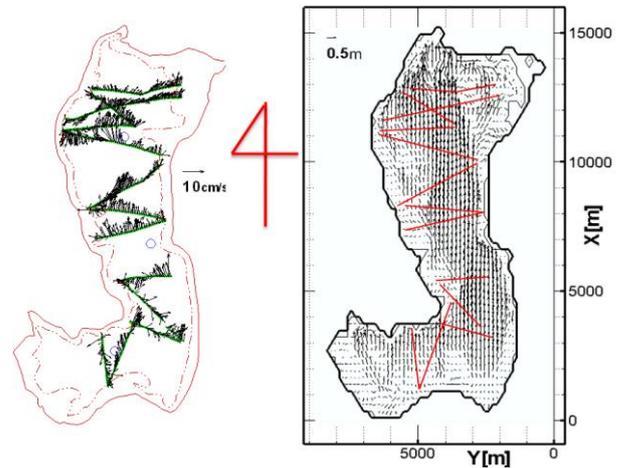


図-3 左：観測結果の上層の流速 右：計算結果の水深1mの流速

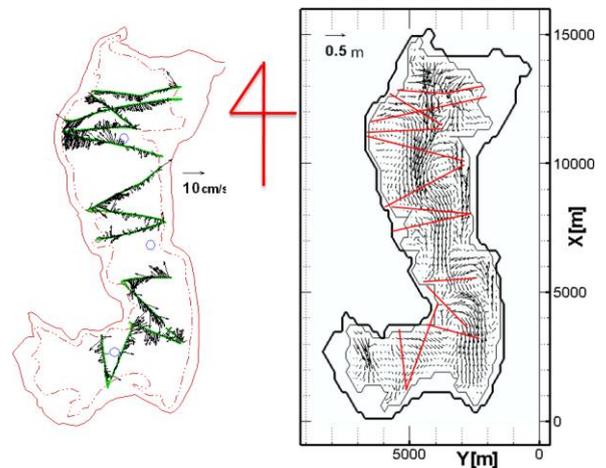


図-4 左：観測結果の中層の流速 右：計算結果の水深7mの流速

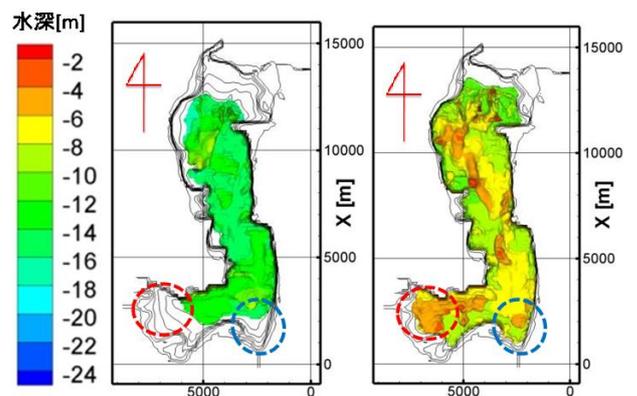


図-5 トレーサーの0.01の等値面分布 (左：2006年 右：塩水層を上昇させた場合)

参考文献

- 1) 中村ら：CIP-Soroban法に基づく汽水域3次元数値流動モデルの開発，水工学論文集，vol54，2010年2月号，pp. 1441-1446.
- 2) 石川ら：小川原湖の還流特性について，水工学論文集，vol52，2008年2月号，pp. 1261-1266.