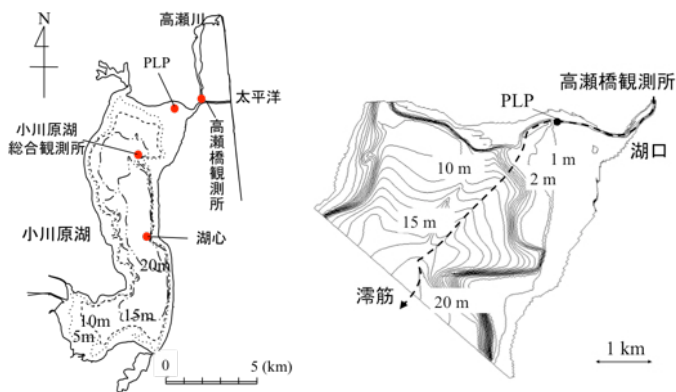


## 小川原湖への塩水侵入過程へ北部湖棚が及ぼす影響の数値流動解析による検討

東京工業大学 正会員 ○中村 恭志  
日立造船株式会社 非会員 岩田 幸治

## 1. 目的

青森県東部に位置する小川原湖は、全長約6kmの高瀬川を通じて時折海水が湖内へ侵入し、年間を通じて高塩分層が底層付近に存在する汽水湖となっている<sup>1,2)</sup>。湖北部の湖口付近には水深0.5m~1mの湖棚が発達し、その北岸沿いには幅50m程度、深さ約2mの滞筋がある(図-1)。高瀬川より侵入した塩水は湖棚に広がりつつ滞筋を侵入し、図-1のPLP 辺りで湖水の下層へ潜り込み傾斜プルームとして湖心深部へ侵入していく。PLP に到達しない塩水は潮位が低下すると湖外へ排出されるため、塩水の一部が湖棚で蓄えられることは湖深部への正味の塩水侵入量を低下させる。湖棚の現地観測事例<sup>3)</sup>は少なく、その貯留効果の知見は不足している。そこで、3次元数値塩水流動解析により湖棚の塩水貯留効果の定量的把握を本研究では目的とした。



(a) (b)  
図-1 水深図 (a)全域, (b)北部域(計算対象範囲)。

## 2. 数値モデルの概要と再現性の検証

数値モデルには、非静水圧・非圧縮モデルの Tokyo Institute of Technology-Water Reservoir Model (TITech-WARM)を使用した<sup>4)</sup>。高計算負荷を避けるため、図-1(b)に示す湖北部に計算領域を限定した。地形・侵入塩分・流量等の計算条件は現地観測データから設定した。塩分観測が行われた2001年8月の侵入イベントについて再現計算を行った。湖棚での塩分分布とPLPにおける塩分の時間変化は現地観測結果と良く一致した。図-2に湖底面塩分分布の計算結果、図-3にPLP近傍滞筋上における観測値との比較を示す。

## 3. 湖棚塩水貯留量の評価

湖棚への塩水貯留効果の指標として、高瀬橋観測所(図-1参照)で塩分が上昇してからPLPでも塩分が上昇するまでの間に高瀬川橋観測所を通過した累積流量 $V^*$ を用いた。全累積流量(89~421 $m^3$ )が異なる過去の8イベントについて再現計算をした。全累積流量による $V^*$ の差異は小さい一方、東風と西風のケースにおいて $V^*$ の明瞭な変化が見られた。対象湖の年平均風速は約5m/sであり、風向は東西方向であることが多い。

過去の大規模な塩水侵入イベント(全累積流量385 $m^3$ )を取り上げ、風速を西風10m/sから東風10m/sまで変化した計10ケースについて塩水流動計算を行い、東西風速による $V^*$ の変化を推算した。PLPに塩水が到達した時刻での湖底面塩分分布の比較を図-4に示す。侵入塩水の向い風となる西風時には湖棚への明瞭な侵入は見られず塩水は北岸の滞筋を主に流れる。対して東風では風速が強いほど湖棚への侵入量が増加してPLPへ到達するのに多くの累積流量 $V^*$ を必要とするようになる。滞筋から湖棚への断面流量を計算したところ、概ね高瀬橋地点での流量と比例関係が見られ、東風の高風速ほど増加していた。

湖棚への断面流量の東西方向風速 $U_w$ [m/s](東風を正值)に対する回帰式から累積流量 $V^*$ [ $m^3$ ]を求めたところ以下の式(1)の関係が得られた。 $V_s$ は高瀬橋-PLP間の湖水総体積139万 $m^3$ である。1998年から2008年の190回の侵入イベントについて式(1)から $V^*$ を求めたところ、平均値は $V^*=56$ 万 $m^3$ となった。これは、現地観測からPLP-高瀬橋間での塩分時間変化の遅れより石川ら<sup>5)</sup>が推算した値(70万 $m^3$ )より若干低い値となった。

キーワード 小川原湖, 塩水侵入, 湖棚, TITech-WARM

連絡先 〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259番G5-3 東京工業大学大学院総合理工学研究科 Tel 045-924-5548

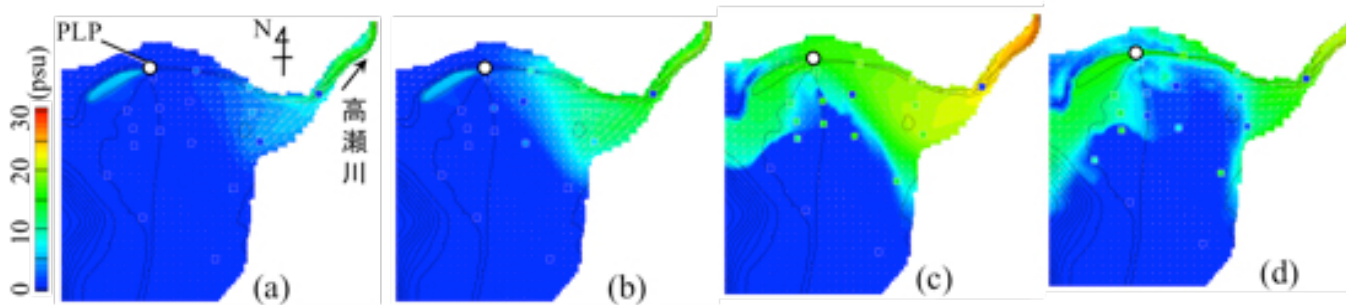


図-2 湖底面上塩分分布. (a)塩水侵入開始時, (b)侵入中期, (c)高瀬川逆流終了時, (d)高瀬川逆流終了後. 四角マークは現地観測による塩分を示す.

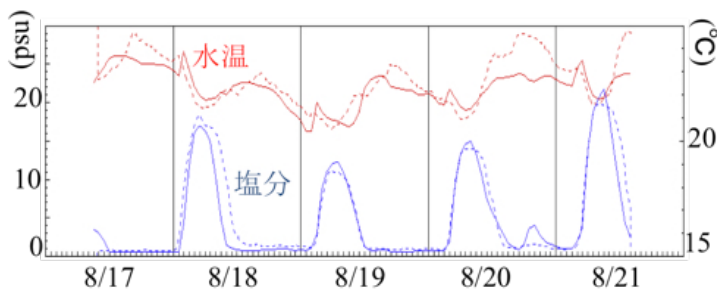
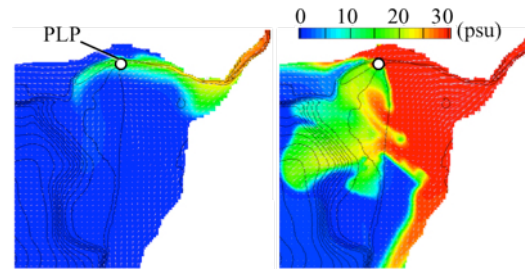


図-3 PLP 近傍の塩分・水温の時間変化(実線:計算, 破線:観測)



(a) 西風 10m/s (b) 東風 10m/s

図-4 異なる風向時の湖底面上塩分分布.

$$V^* = \min(\hat{V}, V_s), \quad \hat{V} = \begin{cases} 44.3173 \times 10^4 & (U_w < -5) \\ (1.00757U_w + 49.35515) \times 10^4 & (-5 < U_w < 5) \\ (5.77167U_w + 25.53465) \times 10^4 & (5 < U_w < 7.5) \\ (72.5U_w - 474.927825) \times 10^4 & (7.5 < U_w) \end{cases} \quad (1)$$

4. まとめ

主要な結果は以下の通りである. 1)湖口付近の湖棚への塩水侵入は風場の影響を強く受け, 東風時には侵入が増加して PLP への塩水到達は遅れる, 2)東西方向風速の関数として棚場への塩水貯留体積  $V^*$  の推算式を提案した. 本研究を実施するにあたり, 国土交通省東北地方整備局高瀬川河川事務所には数値解析に必要な各種観測データなどのご提供をいただいた. ここに記して深く感謝申し上げます.

参考文献

- 1) 鶴田泰士,石川忠晴,西田修三,成田舞,藤原広和:小川原湖における塩水流入の現地観測,水工学論文集,第45巻,pp.1165-1170, 2001.
- 2) 笹島悠達, 石川忠晴, 中村恭志, 鶴田泰士, 天野光歩, 遠藤真一:小川原湖の密度躍層付近における流動混合の構造について, 水工学論文集, 第53巻, pp.1279-1284, 2009.
- 3) 湖沼技術研究会:湖沼管理のための流動機構調査, 河川環境管理財団, 2003.
- 4) 中村恭志, 戸田真仁, 渡部一人, 石川忠晴:3次元貯水池数値流動モデル“TITech-WARM”の開発と釜房貯水池への適用, 土木学会論文集 B1(水工学), 第69巻, pp.I\_775-I\_780, 2013.
- 5) 木下隆史, 赤穂良輔, 石川忠晴, 鶴田泰士:小川原湖の塩分状態変化に関する長期シミュレーション, 土木学会論文集 B1(水工学), 第70巻, pp.I\_1609-I\_1614, 2014.