

大阪大学工学部 学生員 ○石川 和樹  
 大阪大学工学研究科 正会員 西田 修三  
 大阪大学工学研究科 正会員 中谷 祐介

## 1. はじめに

汽水湖は感潮域に位置するため潮汐の影響を受け、塩分や物質のやり取りが行われ、上流の河川からは淡水が流入し、湖内の塩分環境が時空間的に変動する。本研究で対象とする青森県南東部に位置する小川原湖は、塩水が湖底に貯留され上層の水質に大きな影響を与えることから水質変動機構の解明を目的とした研究が行われてきた<sup>1),2),3)</sup>。しかし、塩水の遡上から小川原湖への流入と貯留までを一体として捉えた研究は少ない。そこで本研究では三次元モデルを用いて高瀬川河口海域から小川原湖までを一連の計算領域として塩水挙動のシミュレーションを行う。また、海域の平均潮位の長周期変動や地球温暖化の影響で上昇した場合や、治水事業により放水路を拡幅した場合、河道が侵食され河床地形が変化した場合について塩水遡上に及ぼす影響を解析し、汽水環境の管理に向けた検討を行う。

## 2. モデルの概要及び再現計算

### (1) モデルの概要

従来小川原湖に適用されてきた流動モデルは構造格子が主であったが、構造格子では複雑な地形を表現することは困難である。本研究では非構造格子の三次元流動モデルのSCHISM<sup>4)</sup>を用いる。

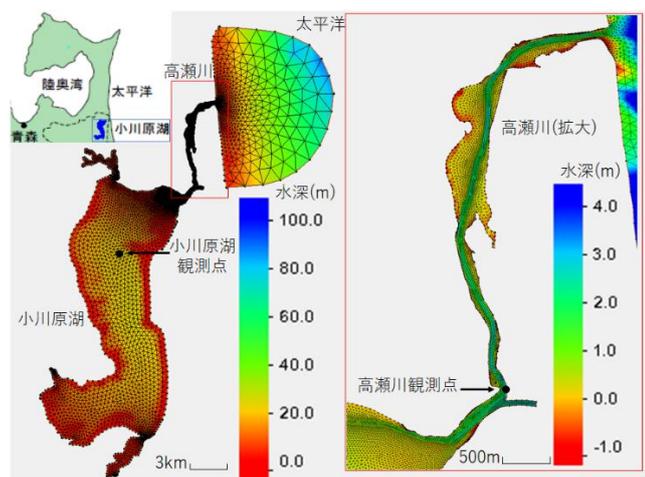


図-1 対象領域メッシュ

### (2) 計算条件

図-1に計算領域を示す。計算期間は2012年9月1日～10月31日、初期条件は観測値、境界条件は上流側に湖に流入する4河川の流量・水温、海域開境界に観測潮位を高瀬川河口の観測水位で補正した潮位を与えた。

### (3) 再現計算

図-2に小川原湖観測点の水位、高瀬川観測点(河口上流約5.5km)のT.P.-2.3mの塩分の観測値と計算値の比較を示す。小川原湖観測点での水位の再現性が高いことがわかる。塩水遡上は湖口と河口の水位差によって決まり、水位の再現は重要である。また、河口水位は潮位の影響を大きく受けるが、モデルの開境界に潮位観測点がないこと、風や波浪によるセットアップなどが表せていないことで河口水位の再現性が低かったため、実測された河口水位で補正した境界潮位を用いた。

高瀬川観測点での塩分は、高瀬川を塩水が遡上し小川原湖に侵入するかの判断基準として用いることができる。計算結果を観測値と比較すると、塩水遡上は実際より過少となっている。この原因として、シミュレーションに使用した河道地形データは2013年12月測量のものであり、さらに、横断側線間は補完によって地形を与えていることが考えられる。しかし塩水の侵入頻度やピーク時の塩分の再現性は概ね良好と考えられる。

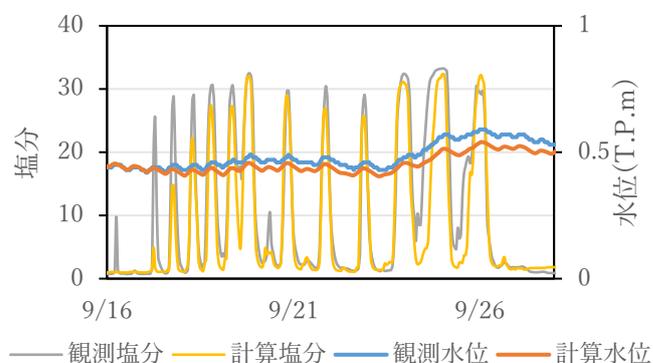


図-2 高瀬川塩分及び小川原湖湖水位の再現性

Kazuki ISHIKAWA, Shuzo NISHIDA and Yusuke NAKATANI

ishikawa\_k@civil.eng.osaka-u.ac.jp

今回の解析では高瀬川の塩水遡上を評価するため、小川原湖水位、河口水位、塩水遡上の再現性が重視される。それらに関して今回使用したモデルは概ね再現性が確保できていると考えられるので、本論文では本モデルを用いて解析を行う。

### 3. 計算結果

本研究では再現計算で用いた条件を基準に、以下の4ケースで塩水遡上のシミュレーションを行った。

- I. 再現計算で用いた条件
- II. 外洋の潮位が0.1m上昇した場合
- III. 治水事業で湖口付近の放水路を拡幅した場合
- IV. 河道が侵食され河道水深が1.1倍となった場合

湖口付近に検査断面を設け、断面を通過し湖内に貯留される塩分量を算出する。計算開始から15日間は助走計算とする。図-3に断面位置及び放水路、図-4に各ケースの一時間ごとの塩分の断面通過量を示す。

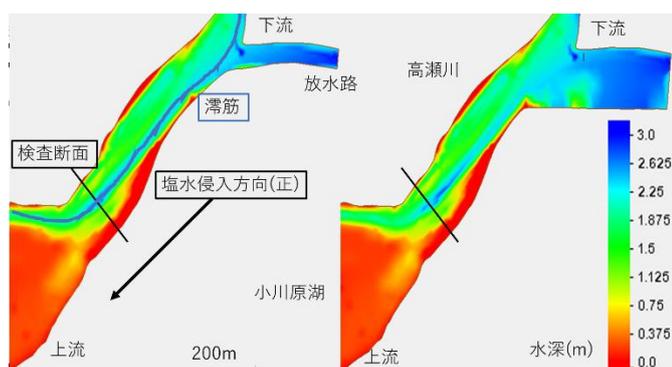


図-3 現況河道地形(左)・放水路拡幅地形(右)

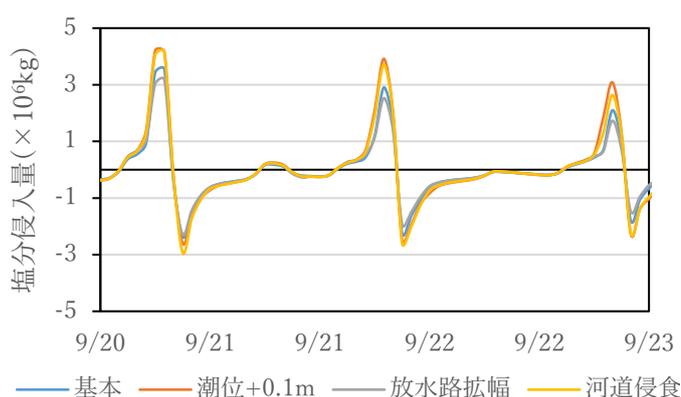


図-4 湖内への塩分侵入量

計算期間の1.5ヵ月間にIの場合は約4.0万t、IIの場合は約10.3万t、IIIの場合は約3.2万t、IVの場合は約6.7万tの塩分が小川原湖に貯留される結果となった。地球温暖化などの影響で平均潮位が上昇した場合、現在の約2.6倍の量の塩分が貯留されることが考えら

れる。放水路を拡幅した場合は拡幅部分が遡上塩水の一時的な貯留ポケットの役割を果たし湖内の塩水貯留量が拡幅前の80%に抑えられる。現在、小川原湖で治水の目的で放水路の拡幅が検討されており、拡幅が塩水の侵入と湖内貯留にも影響することがわかった。河道水深が1.1倍となった場合は遡上する塩水の体積が大きくなり、塩分貯留量も大きくなったと考えられる。

2012年9月は塩分躍層が約T.P.-15mに位置し、塩分は7程度であり、仮に1.5ヵ月分の塩分が小川原湖の塩分躍層位置に貯留されるとすると、I、II、III、IVの場合でそれぞれ塩分躍層位置を約26cm、66cm、20cm、43cm上昇させることになる(表-1)。

表-1 塩分侵入量と塩分躍層上昇効果

	I	II	III	IV
総塩分貯留量( $\times 10^6$ kg)	4.0	10.3	3.2	6.7
躍層上昇効果(cm)	26	66	20	43

### 4. まとめ

本研究では小川原および高瀬川を対象に三次元流動シミュレーションを行い、いくつかのケースについて高瀬川を遡上し小川原湖に流入する塩分量を算定しその影響を解析した。地球温暖化などの影響で海面水位が上昇した場合や、経年変化で河床が侵食された場合は、塩水侵入量が増加すること、放水路拡幅が塩水侵入の抑制に働くことなどが示唆された。本研究では小川原湖内の塩分躍層の変動などの正確な算定はできていない。小川原湖に侵入した塩水の解析と水質に及ぼす影響については今後の課題としたい。

### 参考文献

- 1) 小泉祐二 他：近年の小川原湖における水質変化の特徴，土木学会論文集 B1(水工学)，2014
- 2) 木下隆史 他：小川原湖の塩分状態変化の関する長期シミュレーション，土木学会論文集 B1(水工学)，2014
- 3) 中村恭志 他：青森県高瀬川河口域の浅瀬が塩水遡上に与える影響に関する三次元数値流動解析による研究，土木学会論文集 B2(海岸工学)，2013
- 4) O Yinglong J. Zhang 他，Sebastian Grashorn :Seamless cross-scale modeling with SCHISM, cean Modelling, 2016.