

小川原湖汽水環境調査*

—湖口における塩水挙動特性—

八戸工業大学 十文字 雄登・佐々木 幹夫
鉄建建設(株) 功刀 智

1.はじめに

本研究では青森県の東部に位置する小川原湖を調査対象にしている(図1)。小川原湖は湖沼面積 62.12km²、水面の標高は 2014 年平均水位が 0.291m となっている。小川原湖は日本の湖沼では 11 番目の面積規模を有している(汽水湖のなかでは 5 番目)。青森県では、最大の湖である。また、流入河川は七戸川や花切川など 6 主要河川で、流出河川は高瀬川となっている。小川原湖の水質が平成 16 年から平成 26 年にかけて急激に悪化している。水質悪化の原因として進入塩分量の増加や、塩淡水境界面上昇が考えられている。しかし、湖への塩水進入については不明な点が多く、解明が急がれる。そこで、本研究では、湖における塩水の遡上を調べ、汽水環境特性を明らかにすることを最終的な研究目的としている。今年度は、湖口部、北部湖岸近くに位置する滞筋における遡上塩水塊の挙動を現地観測により検討してみる。観測は平成 29 年 6 月 14 日から 11 月 27 日までの 6 ヶ月間に行った。



図1 小川原湖位置

2.観測方法

観測は自記式の流向流速計写真1、塩分水温計写真2を用いて、2017年6月14日から10月3日と10月16日から11月27日にかけて行った。



写真1 流向流速計



写真2 塩分・水温計

図2に観測地点を示す(図2▲印)観測場所には滞筋が通っているためこの地点での観測を行った。写真3に流向流速計と塩分計の設置状況を示す。計器設置は観測地点に船で行き船上よりロープに固定した流向流速計と塩分計を取り付けたロープに鉄パイプを縛り付けて固定した(写真3)。図3は観測地点の詳細であり、St.17(a)は6/14~10/3まで、St.17(b)は

*Investigation on brackish water environment of Lake Ogawara -Brine behavioral characteristics in lake mouth- by Yuto Jumonji, Mikio Sasaki and Satoshi Kunugi

10/16~11/27 まで行った。観測地点が 2 か所なのは塩分水温計の観測時間設定の誤操作により再観測が必要となり、観測地点が 2 か所となってしまった。

図 4 および図 5 は 6/14~10/3 および 10/16~11/27 までの観測を行った際の機器の設置位置である。図中の×印は測定できなかったことを意味している。流向流速計は St.17(a)の位置で 6/14~10/3 までは 0.5m、St.17(b)の位置で 10/16~11/27 までは 1.3m の高さで観測を行なった。塩分計は St.17(a)の位置で 6/14~8/2 に 0.5m、0.8m、1.5m で行ったが、0.5m と 1.5m は機械の誤設定により 1 秒ごとにデータを採る設定にしてしまい 10 日でメモリがいっぱいになり長期間のデータが取れなかった。St.17(a)では 8/2~10/3 までは 1.2m、1.7m、2.1m の高さで行い、1.7m、2.1m では機械の設定を誤ってしまいデータをとることが出来なかった。St.17(b)で 10/16~11/27 には 0.4m、0.7m、1.3m、1.7m、2.1m の高さで行ったが、1.7m では機械の測定を開始前に終了してしまいデータを採ることが出来なかった。0.7m は計測途中で電池が切れてしまい、11/11 までのデータしかとれていない。

図 6 は観測を行った場所の湖口側と湖内側の断面図で、No.76 の-3.1m 付近(図 6 中▲印)と No.78 の-2.4m 付近(図 6 中●印)は観測地点 St.17(a)および St.17(b)に近い場所となっている。湖口側断面 No.76 では幅 1450m、さらに湖内側の断面 No.78 では幅 1620m となっており、高瀬川河道(130~260m)に比べ広がっている。

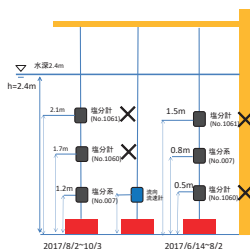


図 4 設置位置図 2017/6/14~10/3

図中×印は測定失敗

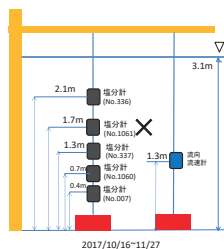


図 5 設置位置図 2017/10/16~11/27

図中×印は測定失敗

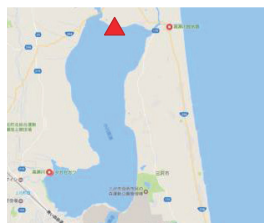


図 2 小川原湖における観測位置



写真 3 計測器設置の様子

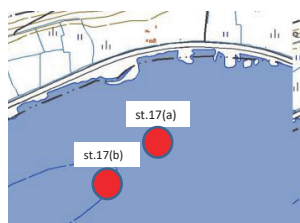


図 3 観測地点

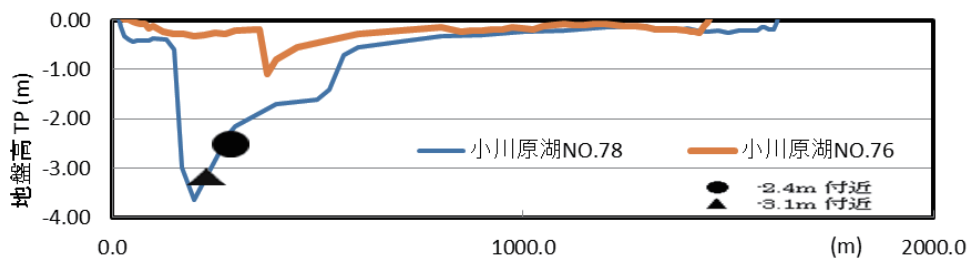


図6 湖口の横断面

3. 結果と考察

3.1 流速の観測

現地観測では限られた期間の流速が分かるが計算予測が可能になれば水位より流速が分かるので昨年度に続き、高瀬川河口と小川原湖の水位を取り寄せ計算を行った。

(1) St.17(a)における流速の観測

図7に観測値と計算値を示した。ここに、計算値は次式より求めている。

$$V = C_{vs} \sqrt{2g\Delta z} \quad (\text{順流}) \quad C_{vs} = 0.1 \quad (1)$$

$$V = C_{vb} \sqrt{2g|\Delta z|} \quad (\text{逆流}) \quad C_{vb} = 0.6 \quad (2)$$

ここに $\Delta z = Z_0 - Z_1$ $Z_0=0$ 小川原湖の水位 Z_1 =高瀬川河口の水位

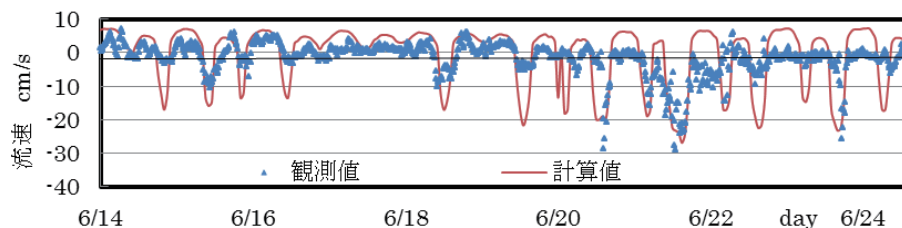


図7 観測値と計算値の比較(z=0.5m h=2.4m)20176/14~6/24

図7は6/14~6/24までの観測値と計算値の比較である。6/24以降の観測値は水草が絡まり小さくでてしまったのでこの期間で計算を行っている。順流の時は流速計数 $C_v=0.1$ で、逆流の時は $C_v=0.6$ とすると計算値と観測値の一致は良いようである。これにより St.17(a)における1年間の流速の予測が可能となった。

(2) St.17(b)における流速の観測

図8は11/1~11/10までの観測値と計算値の比較である。11/1~11/10までの観測値と計算値の比較がしやすく選んでいる。

$$V = C_{vsb} \sqrt{2g\Delta z} \quad C_{vsb} = 0.04 \quad (\text{順流}) \quad (3)$$

$$V = C_{vbb} \sqrt{2g|\Delta z|} \quad C_{vbb} = 0.45 \quad (\text{逆流}) \quad (4)$$

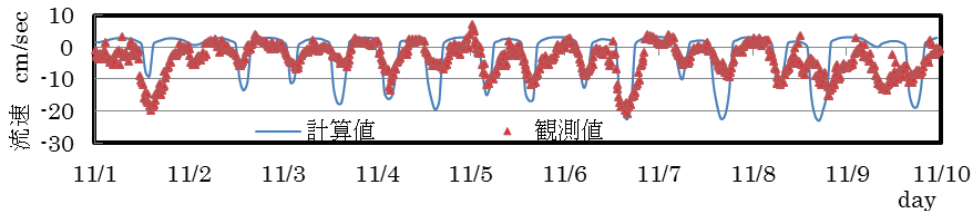


図8 観測値と計算値の比較(z=1.3mh=3.1m)2017/11/1~11/10

図 8 に示すように順流の時は流速係数 $C_{vs}=0.04$ で、逆流の時は流速係数 $C_{vb}=0.45$ とすると観測値がやや小さ目になるが計算値と観測値の一致は良いようである。流速計数 C_v が観測地点により異なる理由は、順流は断面全体で流れるが、逆流は滞筋だけを通していく、そのため流積の違いにより順流と逆流の係数が異なると考えられる。

3.2 塩分の観測

図 9 は 6/14~8/2 まで流速の計算値で、正が順流（湖から海へ）、負が逆流（海から湖へ）を示しており、高さ $z=0.8\text{m}$ 、49 日間の流速である。図 10 は St.17(a)における同じ期間における塩分の観測を示している。図より、6/21~6/26、7/9~7/19、7/21~7/25 に塩分上昇が見られ、図 9 の強い逆流に対応しており、塩水が遡上している。しかし、逆流発生時に塩分上昇が見られない場合もある。

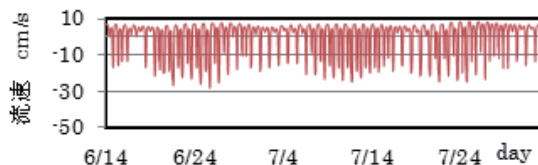


図9 順流・逆流(z=0.8m)6/14~8/2

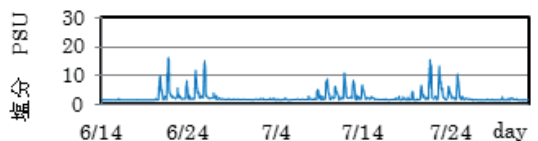


図10 下層塩分観測値(z=0.8m,h=2.4m)

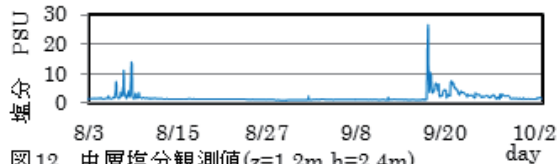


図12 中層塩分観測値(z=1.2m,h=2.4m)

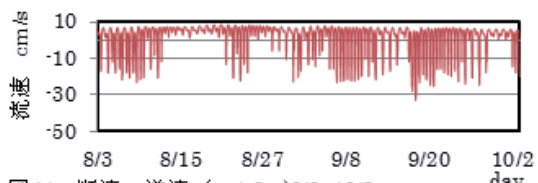


図11 順流・逆流 (z=1.2m)8/2~10/3

図 11 は 8/2~10/3 までの流速の計算値であり、62 日間の式(3)および(4)による計算結果を示している。図 12 は同じ期間の高さ $z=1.2\text{m}$ の塩分観測結果である。図より 8/7~8/9、にかけて上昇、9/2 と 9/13 にかすかな塩分上昇、9/17 には急激な上昇が見られ、図 11 の逆流に対応しており、塩水が遡上していると言える。

しかし、8/9~9/17 にも逆流は起きているが塩水の遡上は見られない。

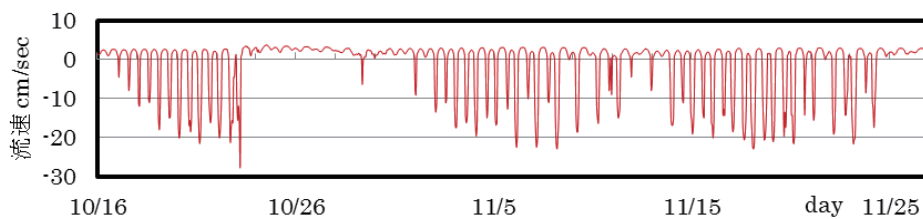


図13 順流・逆流 ($z=1.3\text{mh}=3.1\text{m}$) 2017/10/16~11/27

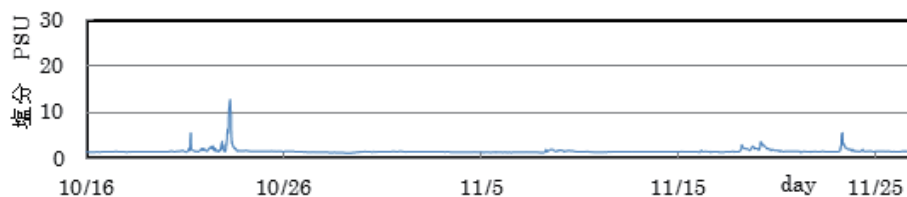


図14(a) 上層塩分観測値 ($z=2.1\text{m}$)

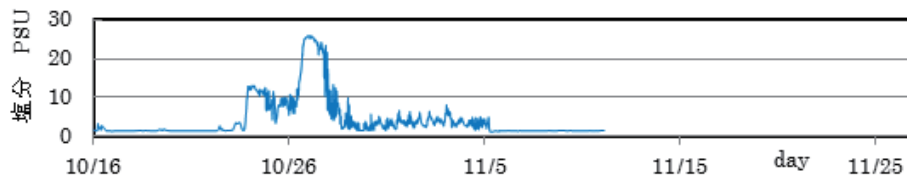


図14(c) 下層塩分観測値 ($z=0.7\text{m}$) 2017/10/16~11/11

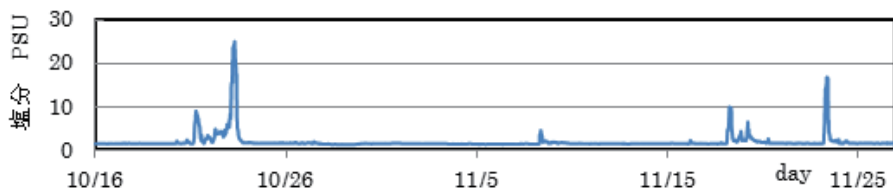


図14(b) 中層塩分観測値 ($z=1.3\text{m}$)

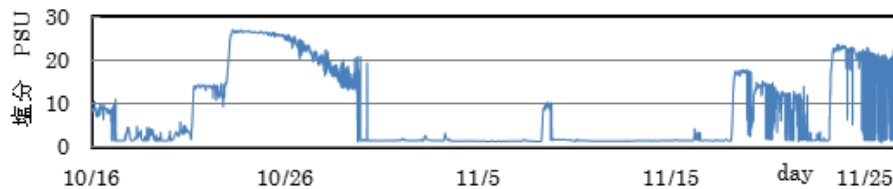


図14(d) 下層塩分観測値 ($z=0.4\text{m}$)

図14 St.17(b)における塩分観測 2017 10/16~11/27 水深($h=3.1\text{m}$)

図 13 に 10/3～11/27 までの小川原湖の湖口付近 St.17(b)における順流と逆流の計算を示す。図より、10/17～10/23 にかけて逆流が上昇し、10/29 と 11/1 に逆流が発生、11/2～11/11、11/13～11/21、11/22～11/24 に逆流が発生していることが分かる。

図 14(a)～(d)は高さ $z=2.1\text{m}$ 、 $z=1.3\text{m}$ 、 $z=0.7\text{m}$ 、 $z=0.4\text{m}$ における塩分観測値を示し、図 14(a)、(b)および(d)は 10/16～11/27 の 42 日間、図 14(c)は 10/16～11/11 の 20 日間の観測である。これらの図、特に図(c)により、10/16～11/27 では、10/23 と 11/8、11/18、11/23 塩分上昇が見られる。図 14(a)と 図 14(b)では 10/21、10/23、11/8、11/18、11/23 に逆流大きくなっているところに対応して塩分上昇が見られ、逆流により塩水が遡上している。図 14(c)では 10/23 が逆流に対応して塩分上昇が見られるが、10/26 は逆流に対応していない塩分上昇があり、塩水塊独自の動きがあったと考えられる。

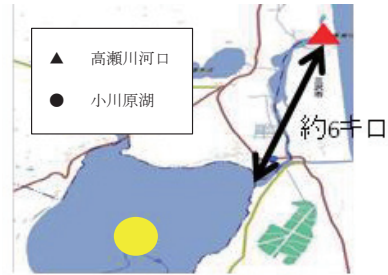


図 15 観測所の位置

$z=0.4\text{m}$ (図 14(d))と $z=1.3\text{m}$ (図 14(b))の塩分濃度を比べると、塩分上昇開始時の対応がとれている。図 14(d)では下層のためか高い塩分濃度となっており、逆流に対応して塩分上昇開始は見られる。それ以降は流れに対応した塩分変化となっていない。

塩分濃度は上層に行くにつれて低くなっている。しかし、図 14(d)に示すように底層では、逆流に対応しているのは塩分上昇時だけであり、それ以降の高濃度の塩分は逆流に対応していない。

図 13 および図 14(b)に示すように逆流が発生しても塩分上昇が見られないときがあるが、全ての逆流発生時に塩分が高くないのは河口から湖内まで 6 キロと長く(図 15)、逆流が生じて湖口まで海水が届く前に順流が発生して海に戻ってしまうからである。湖口までの塩水遡上は逆流の強さと長さが関係していると考えられる。

4. 結論

小川原湖に塩分・水温計、流向・流速計を設置し、現地観測を実施し、遡上塩水を調べた結果、以下のことが分かった。

- (1) 湖水位および河口水位より湖口付近の流速の予測ができるようになった。
- (2) 下層は塩分濃度が高く出ているが上層では低い値となっている。
- (3) 塩分濃度が高くなっているところに対応している逆流もあるが、対応していない塩分上昇がある。底面付近では流れに影響されない塩水塊独自の動きがあるようである。

参考文献

十文字雄登、佐々木幹夫、功刀智.(2017) : 小川原湖汽水環境調査、東北地域災害科学研究第 53 巻、 p.77～82.