

# 湖山池の塩分分布の変化及び湖内流動に関する調査

【水環境対策チーム】

安田 優<sup>1)</sup>、森 明寛、盛山 哲郎、成岡 朋弘

## 要旨

湖山池の水質予測シミュレーションの精度向上に寄与するため、湖内の塩分分布の連続的な変化と湖内流動を把握するための現地観測を行った。多項目水質計による水質調査では、海水遡上が起りやすい夏季を中心とした 52 日分の湖内の詳細な塩分分布の変化を捉えることができた。また、超音波ドップラー流向流速計及び漂流ブイを用いた湖内流動の調査から、表層付近では風向に依存する傾向が見られ、海水流入時の底層付近では海水の移動に伴う流動が生じていることが示唆された。

## 1 はじめに

鳥取県東部に位置する湖山池では、2012 年 3 月以降、水門の開放頻度を多くして、汽水湖再生の取り組みが進められている<sup>(1)</sup>。その後のモニタリングによって、日本海の潮位が上昇する夏季から秋季を中心に海水が湖内に流入しやすくなり、湖内の塩分上昇が確認されている<sup>(2)-(9)</sup>。しかし、これらの調査は月に 1-2 回程度の調査頻度であるため、湖内に流入した海水の挙動について詳細な把握には至っていない。

また、鳥取県と鳥取市では、第 4 期水質保全計画策定に向けて水質予測シミュレーションを計画しているが、これらの実測データが不足しており、精度向上に向けて情報収集が必要とされている。そこで、本調査では湖山池の水質予測シミュレーションの精度向上に寄与するため、湖内の塩分分布の連続的な変化と湖内流動に関する調査を行った。

## 2 調査方法

### 2.1 湖内の塩分分布

湖山池の最深部を含む東側を中心に 33 か所の調査地点(図 1)を設定し、多項目水質計 (Hydrolab 社、Datasonde5, 5x) を用いて、各地点で塩分(電気伝導度からの換算値)の鉛直分布を測定した。調査は 2020 年 6 月~10 月の 52 日間実施し、各地点の最下層の塩分及び GPS 座標から、地図作成ソフトウェア「Surfer (ヒューリンクス社)」を用いて最下層の塩分分布を推定した。なお、データの内挿には Kriging 法を用いた。

### 2.2 湖内の側線断面の流動

湖内の 2 か所に側線(図 1)を設け、各側線上の

100m 間隔に設定した観測地点で、超音波ドップラー流向流速計(ワイエスアイ・ナノテック社、M9)を用いて、各深度の流向及び流速を測定した。併せて、多項目水質計(ワイエスアイ・ナノテック社、Castaway)を用いて塩分の鉛直分布を測定した。調査は海水流入が見られた 2020 年 8 月 19 日に実施した。流向流速データについては、三次元作図ソフトウェア「Voxler4 (ヒューリンクス社)」を用いて深度別の流向流速ベクトルとして図示し、塩分データから「Surfer」で作成した側線断面の塩分分布図を重ね合わせた。

### 2.3 湖内の表層水の流動

湖内 2 地点(図 1)に GPS を内蔵した漂流ブイ(ゼニライトブイ社)を浮かべ、湖面上を漂流させた。調査は 2021 年 1 月 22 日~25 日に実施し、5 分間隔に記録された時間毎の GPS 座標を用いて、漂流ブイの軌跡を図示した。



図 1 調査地点の概要

1) 現 鳥取県西部総合事務所

### 3 結果及び考察

#### 2.1 湖内の塩分分布

湖内の湖底の塩分分布の推移を図2-1～2-4に示す。また、鳥取県水環境保全課が運用している「湖山池溶存酸素・塩化物イオン濃度観測システム (<http://www.koyama-lake.info/>、令和4年1月13日確認)」のデータを図3に示す。なお、比較のため

本システムの塩化物イオン濃度 (mg/L) の値を 550 で除して塩分 (psu) に換算した。

調査を行った6月から10月にかけて、湖山池の池口（以下、「池口」という。）から断続的に海水が流入する様子を捉えている。特に6月1-5日、6月23-25日、8月3-4日、8月7日、9月11日、9月14-16日、10月13-15日において、池口から最深部に向かう高塩分水塊の広がりが顕著であった。

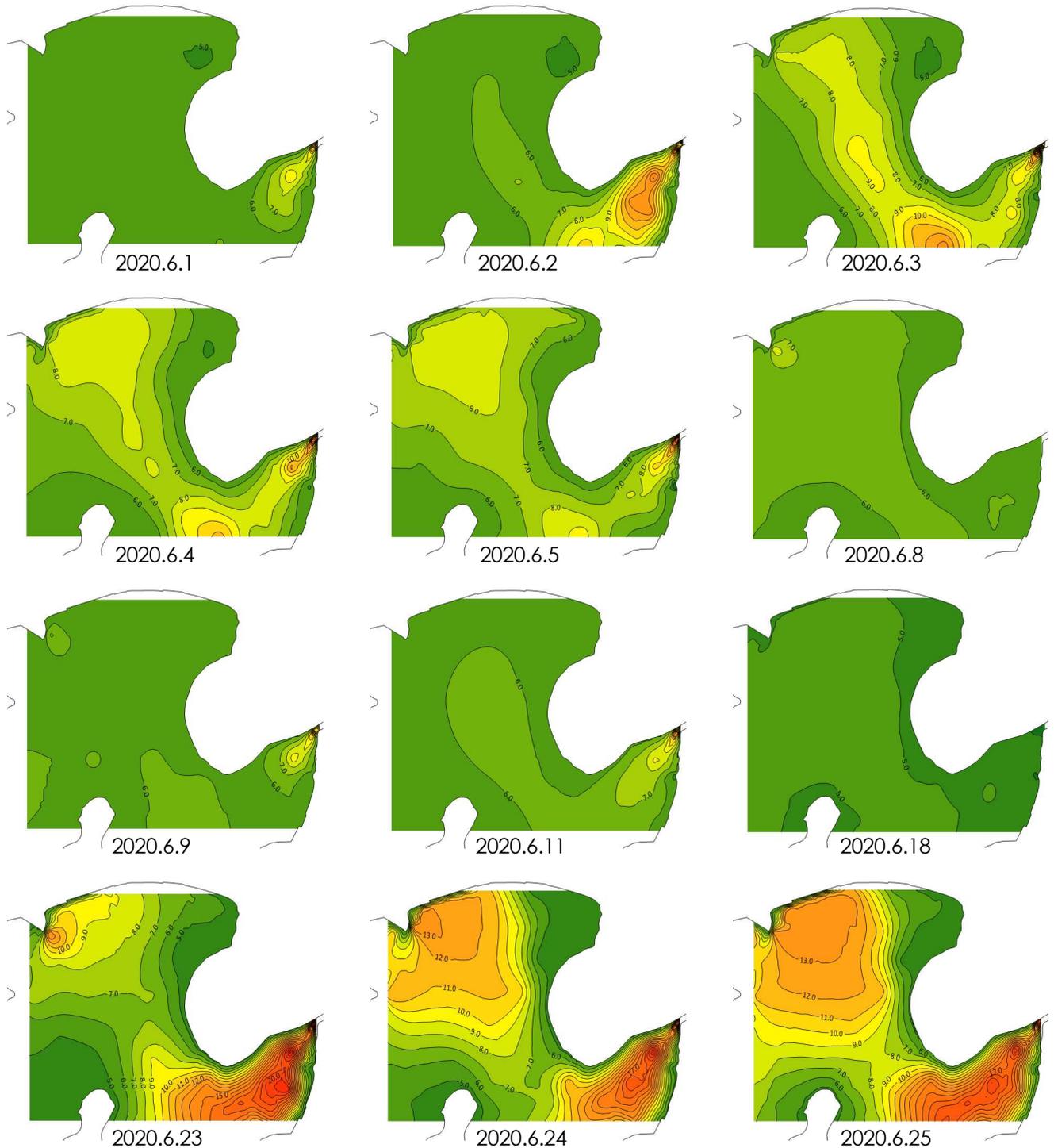


図2-1 湖底の塩分分布の推移 (2020.6.1～2020.6.25)

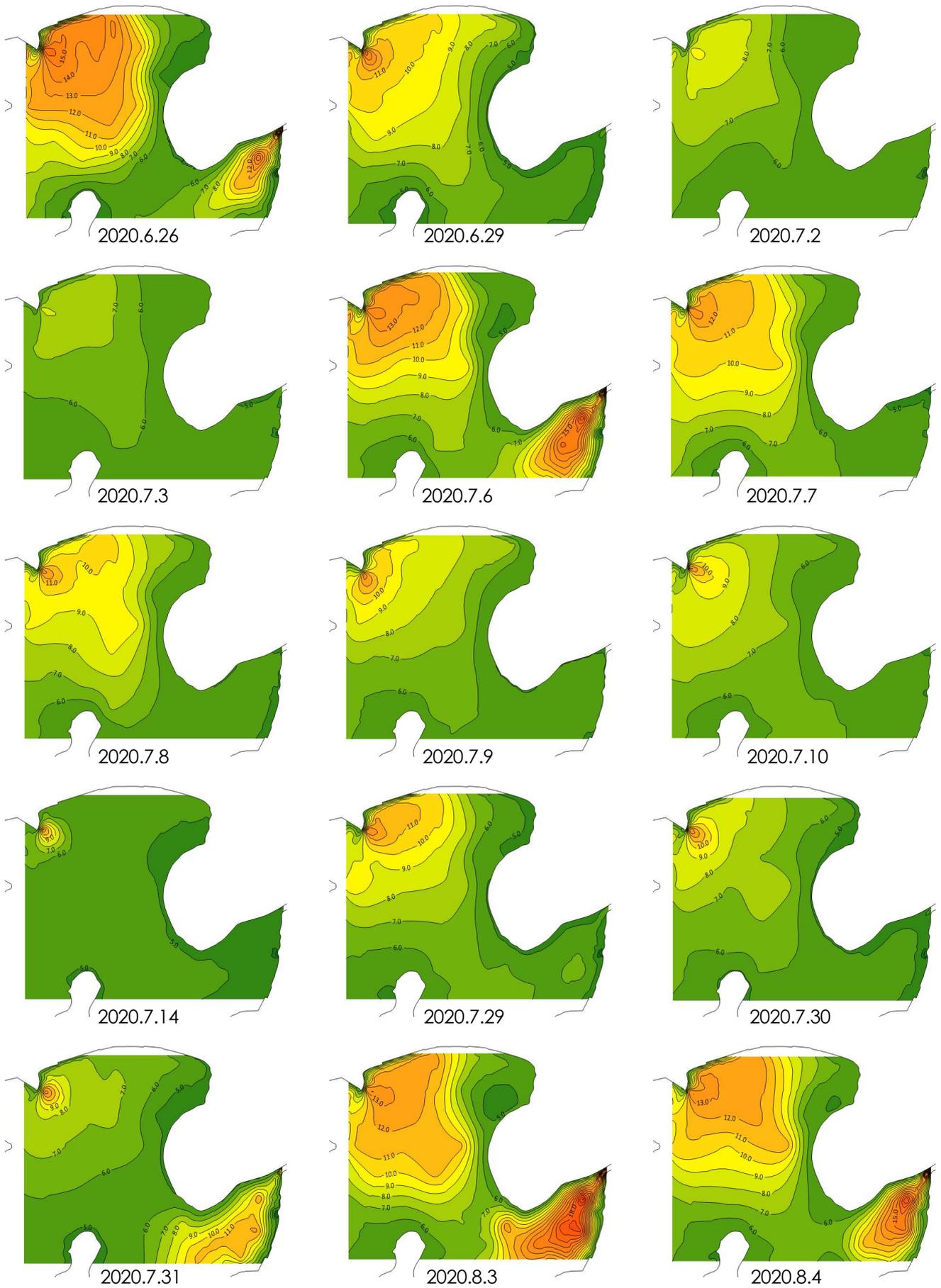


図 2-2 湖底の塩分分布の推移 (2020. 6. 26~2020. 8. 4)

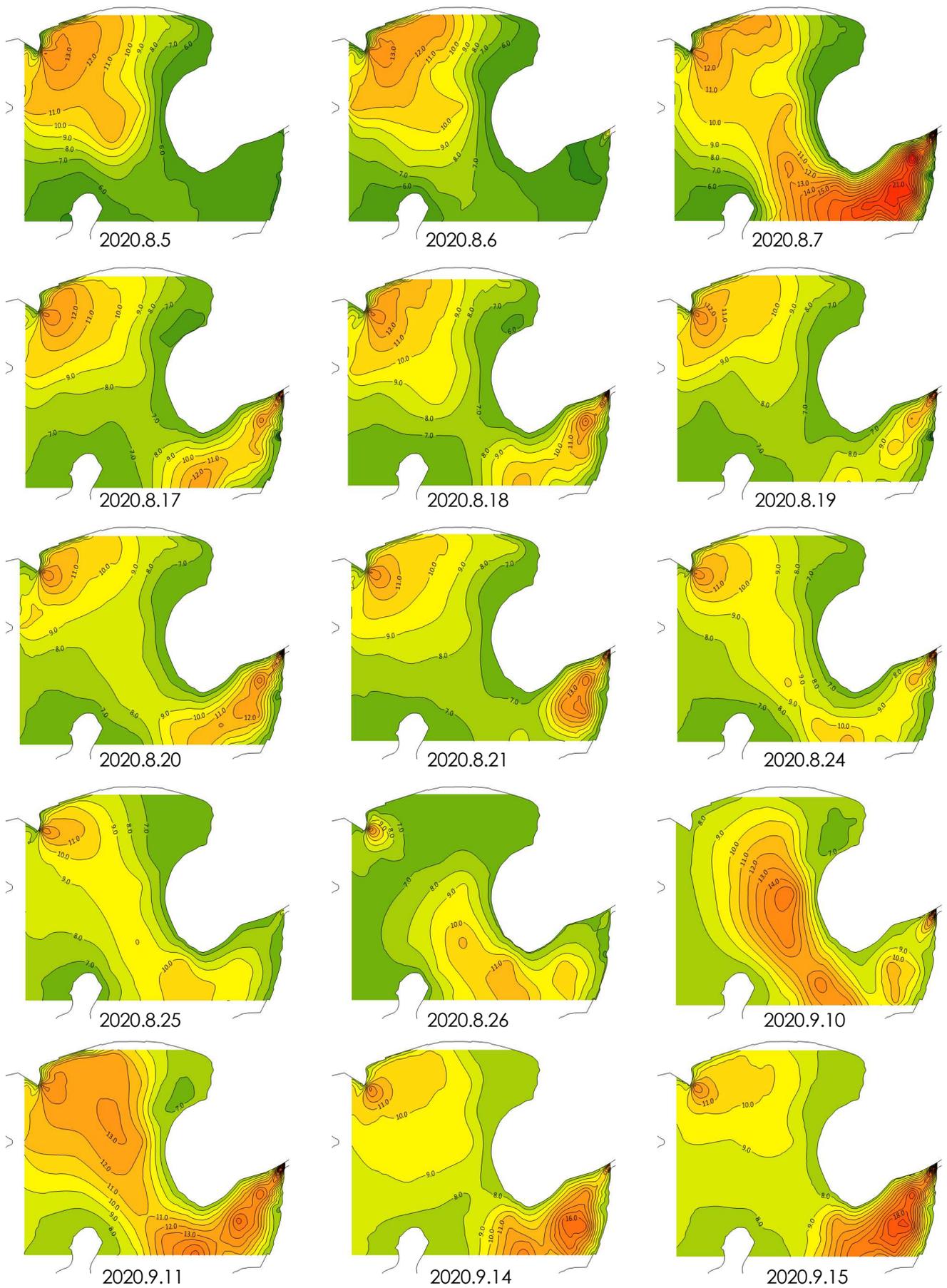


図 2-3 湖底の塩分分布の推移 (2020. 8. 5~2020. 9. 15)

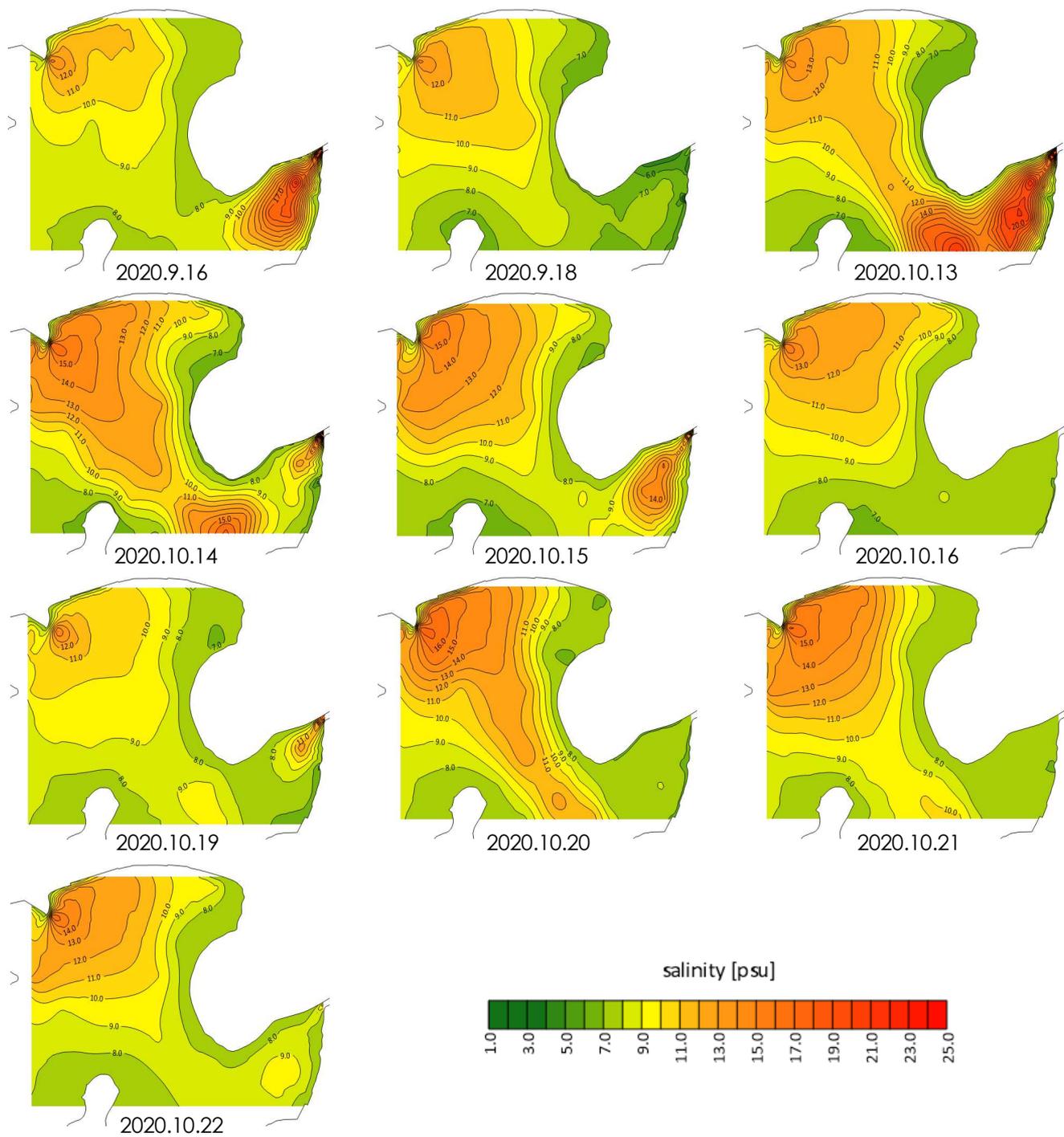


図 2-4 湖底の塩分分布の推移 (2020. 9. 16~2020. 10. 22)

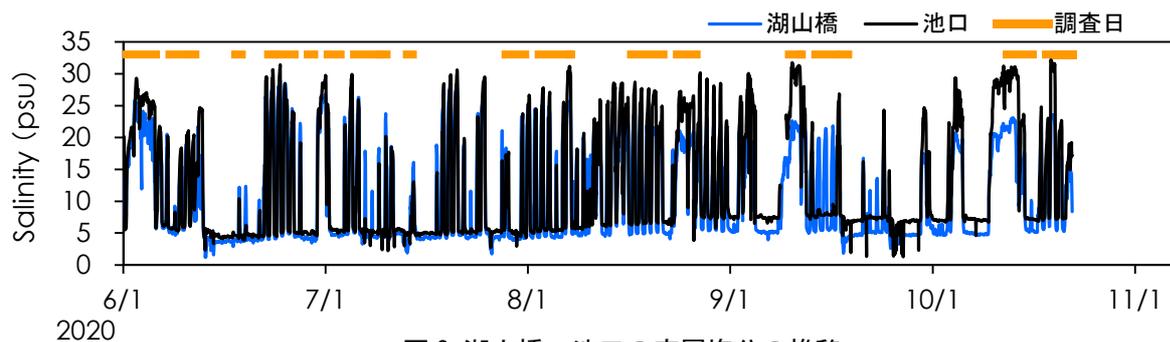
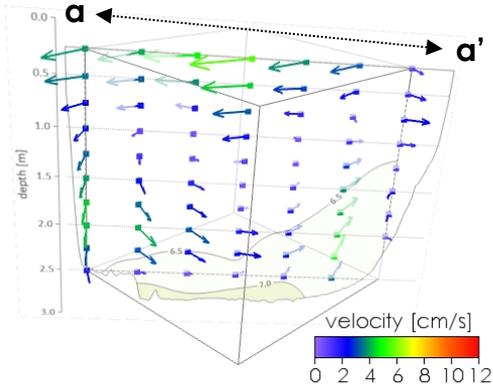
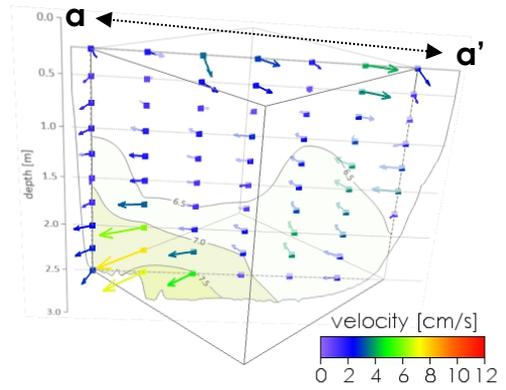


図 3 湖山橋、池口の底層塩分の推移

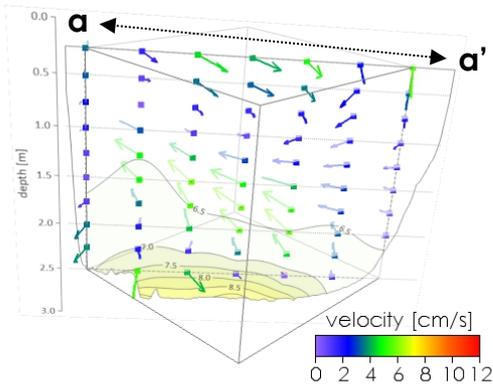
(a) 2020/8/19 9:30 - 9:58



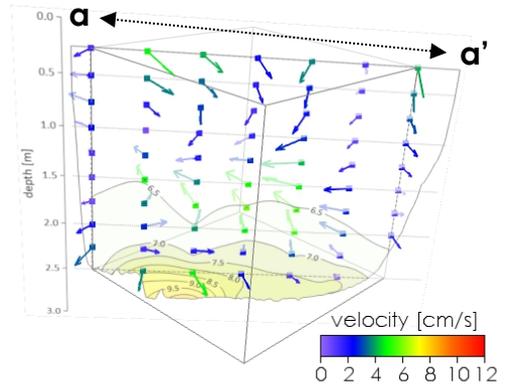
(b) 2020/8/19 10:48 - 11:07



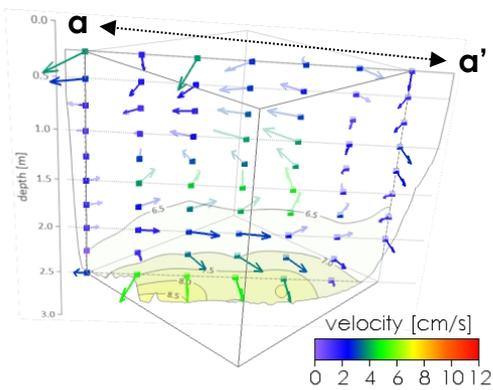
(c) 2020/8/19 12:22 - 12:36



(d) 2020/8/19 13:15 - 13:30



(e) 2020/8/19 14:37 - 14:52



(f) 2020/8/19 15:32 - 15:47

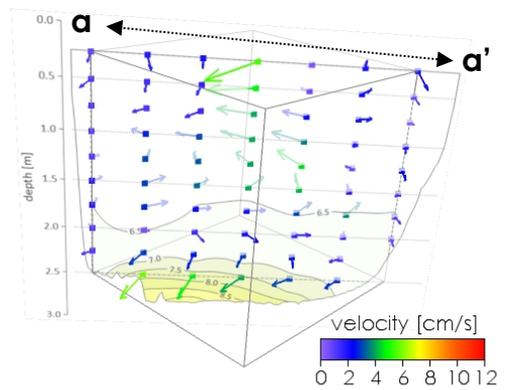


図 4-1 湖内流動と塩分分布 (側線 A、2020. 8. 19)

図中のベクトルは、矢印方向の流向及び流速を表す。また、断面中のコンターは塩分の鉛直分布を示す。

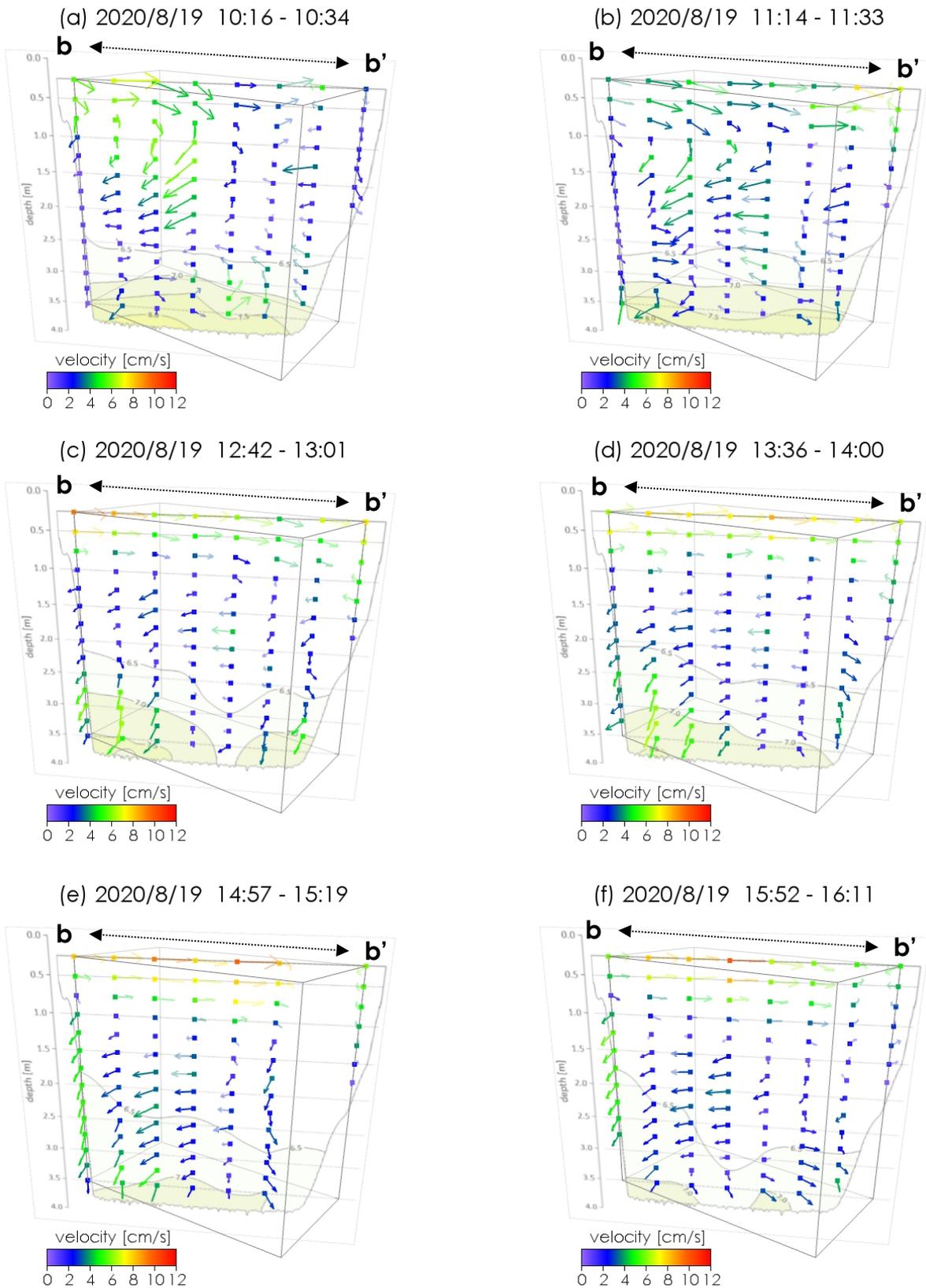


図 4-2 湖内流動と塩分分布（側線 B、2020. 8. 19）

図中のベクトルは、矢印方向の流向及び流速を表す。また、断面中のコンターは塩分の鉛直分布を示す。

これらのうち、湖山橋及び池口の塩分上昇が見られた期間では、海水が流入したタイミングであったと示唆され、湖山川を經由して湖内に流入した海水が池口から最深部に向かって湖底に沿って移動しているものと考えられた。

一方、9月14-16日は、湖山橋で塩分が上昇したものの、上流側の池口では塩分上昇が見られなかったことから、この時に日本海から流入した海水は湖内まで到達しなかったと考えられる。よって、この期間に池東側の湖底で確認された高塩分水塊は調査時までに入湖した海水が滞留していた可能性が考えられる(図2-1~2-4, 3)。

## 2.2 湖内の側線断面の流動

側線A, Bの断面の流速ベクトル及び塩分分布の経時変化をそれぞれ図4-1, 4-2に示す。側線Aでは、表層で北西から南方向へと流動の変化が見られた。表層の塩分は変化しなかったが、調査時の風向は南東から北方向に変化(図5)しており、表層の流動は概ね風向に沿って変化が見られると考えられる。

一方、底層では側線中央部を中心に時間経過とともに塩分が上昇しており、それに伴い南西方向に向かって流れが見られた。なお、鉛直方向への顕著な流れは見られなかった。表層では0.32~5.56 cm/s、底層では0.15~6.92 cm/s程度の流速であった。

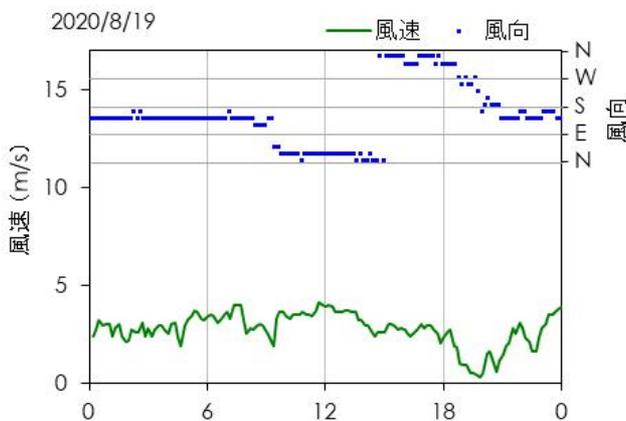


図5 流動調査時の風向風速(気象庁:湖山観測所)

また、側線Bでは、観測開始時の表層は概ね西向き(西北西~西南西)の流向が見られた。なお、観測直前に風向は南東から北東へと大きく変化する状況であった(図5)。ただし、青島近傍となるb'側では南向きの流向が見られ、観測開始時の青島近傍では局所的に風向が異なっていた可能性が考えられる。その後、風向は北~北北西へと向きを変え、流向は南南東へと変化した。

一方、底層では時間経過とともに塩分の増加は見られなかったが、塩分躍層が形成されていた。底層の流向は

北西及び南方向の混在した流れから北~北西方向に卓越した流れと変化した。表層では0.69~9.88 cm/s、底層では0.34~5.19 cm/s程度の流速であった。

これらのことから、湖内の流動は表層では風向きに影響されやすく、底層では海水流入時に池の東側を通過して最深部に向かう流れが発生しやすいことが示唆された。

過去の調査結果からも、池口周辺では海水流入に伴って底層で平均4.7 cm/sの池奥に向かう流速が確認されている<sup>(10)</sup>。したがって、海水流入時には湖内の底層では少なくとも5 cm/s程度の池奥に向かう流れが発生するポテンシャルがあると考えられる。

## 2.3 湖内の表層水の流動

漂流ブイの軌跡を図6に示す。南岸に配置した漂流ブイ①は1月22日から23日午前中にかけて蛇行しながら北岸に向かって移動し、その後23日夕方まで南西に移動した。再び、北東に移動後、24日は南西方向の対岸まで移動した。

北岸に配置した漂流ブイ②は、1月22日は北岸付近を停滞し、23日は西、南西、東南東、南西と向きを変えながら南西方向の対岸まで移動した。

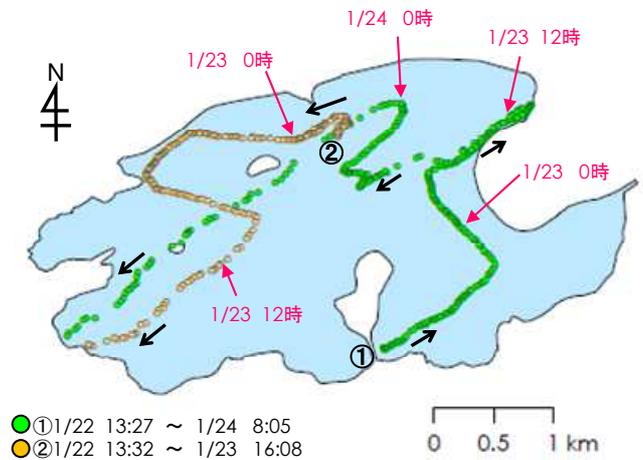


図6 漂流ブイの軌跡

調査日の風向風速を図7に示す。南岸及び北岸に配置した漂流ブイは概ね風向に沿って移動が見られた。特に強風を観測した1月23日13時~15時には平均風速9.0 m/sに達し、漂流ブイは平均速度9.5(ブイ②)~9.6(ブイ①) cm/sで移動した。また、1月24日1時~7時には平均風速9.8 m/sに達し、漂流ブイは平均速度11.2 cm/sで移動した。このことから風速10 m/s程度風に対して、湖内表層では10 cm/s程度の流動が発生する可能性が示唆された。

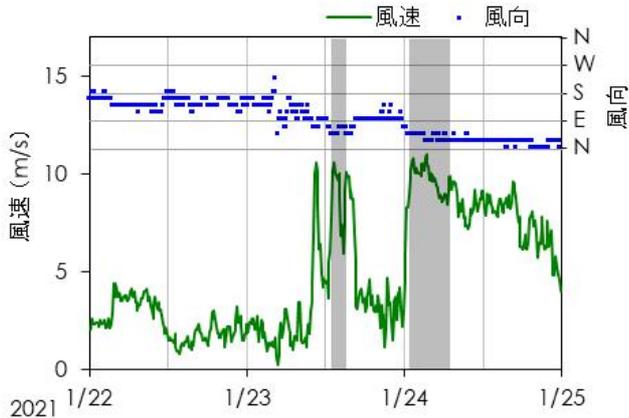


図7 漂流ブイ調査時の風向風速(気象庁:湖山観測所)  
4 まとめ

湖山池の水質予測シミュレーションに向けて、湖内流動に関する現地データを観測した。その結果、日本海から流入する海水は、流出河川の湖山川を経由して湖内に流入し、その後、湖底に沿って池口から最深部に向かって流動することが示唆された。また、超音波ドップラー流向流速計及び漂流ブイを用いて湖内流動の観測を試みたところ、表層では風向に依存する傾向が見られた。また、海水流入時の底層付近では海水の移動に伴う流動が生じるものと考えられた。

今後、湖内へ流入する海水の流動及び塩分に関して連続観測を行い、池口付近での海水の詳細な挙動及び湖内の塩分フラックスの解明を目指したい。

## 5 謝辞

本調査を行うにあたり、広島大学作野裕司准教授には漂流ブイ調査に関する協力をいただいた。ここに記して厚くお礼を申し上げる。

## 6 参考文献

- (1) 鳥取県、鳥取市：湖山池将来ビジョン(2012)
- (2) 初田亜希子、森貴俊、竹内章、畠山恵介、森明寛、宮本康、九鬼貴弘：水門開放前後における湖山池の塩分・溶存酸素量変化，鳥取県衛生環境研究所報，53，55-59(2012)
- (3) 森明寛、初田亜希子、畠山恵介、宮本康、九鬼貴弘：平成 25 年度湖山池の塩分及び溶存酸素濃度の水平分布，鳥取県衛生環境研究所報，54，53-55(2013)
- (4) 森明寛、前田晃宏、岡本将揮、宮本康、九鬼貴弘：平成 26 年度湖山池の塩分及び溶存酸素濃度の水平分

- 布，鳥取県衛生環境研究所報，55，64-66(2014)
- (5) 森明寛、前田晃宏、岡本将揮、増川正敏、宮本康：平成 27 年度湖山池の塩分及び溶存酸素濃度の平面分布，鳥取県衛生環境研究所報，56，54-56(2015)
- (6) 前田晃宏、岡本将揮、盛山哲郎、増川正敏、森明寛：平成 28 年度湖山池の塩分及び溶存酸素濃度の平面分布，鳥取県衛生環境研究所報，57，74-76(2016)
- (7) 前田晃宏、増川正敏、岡本将揮、盛山哲郎、森明寛：平成 29 年度湖山池の塩分及び溶存酸素濃度の平面分布，鳥取県衛生環境研究所報，58，36-38(2017)
- (8) 前田晃宏、岡本将揮、盛山哲郎、羽田智栄、成岡朋弘：平成 30 年度湖山池の塩分及び溶存酸素濃度の平面分布，鳥取県衛生環境研究所報，59，36-38(2018)
- (9) 安田優、前田晃宏、盛山哲郎、羽田智栄、成岡朋弘：令和元年度湖山池の塩分及び溶存酸素濃度の平面分布，鳥取県衛生環境研究所報，60，37-39(2019)
- (10) 安田優、山下健、盛山哲郎、奥田英二、成岡朋弘、岡本将揮、森明寛：湖山池の湖内流動に関する調査，鳥取県衛生環境研究所報，60，19-21(2019)