

第5回

網走湖汽水環境保全方策検討委員会

網走開発建設部 治水課
令和6年2月29日

【目次】

1. 低塩分化対策検討の位置付け	• • • • P.2
2. 低塩分化対策検討の概要	• • • • P.4
3. 昨年度の課題	• • • • P.6
4. 今年度の改良点	• • • • P.8
5. 実験概要	• • • • P.10
6. 実験結果の概要	• • • • P.12
7. 実験中止理由と経緯	• • • • P.19
8. 塩分変化要因の分析	• • • • P.21
9. 非導水時における塩分上昇の考察	• • • • P.28
10. フェンス内外の状況について（まとめ）	• • • • P.30

1. 低塩分化対策検討の位置付け

1.低塩分化対策検討の位置付け

【網走湖が現在抱えている課題】 ※「新たな事象」

淡水層の塩分が低い状況が確認され、網走湖を代表するヤマトシジミの産卵不振や再生産への影響等が生じている可能性がある。

【目的】

水域に存在する水生生物の保全を含めた汽水環境の保全
(特に、地域産業にとって重要な資源であり、汽水環境の代表種であるヤマトシジミの産卵環境の保全)

【今の試験で何を確認するのか】

- 低塩分化対策として、淡水層の一部で塩分を高めることが可能か確認する。
- 塩水による湖水の二層構造で、水質や底質、底生生物等に悪影響がでないか確認する。
(汽水生物(ヤマトシジミ)の産卵環境が保全されているか確認する。)

2. 低塩分化対策検討の概要

2.低塩分化対策検討の概要

【フェンス設置とポンプ導水による低塩分化対策の実施】

- 大曲湖畔園地前面にフェンスを設置し大曲堰からポンプによる導水を令和4年度から開始した。
- フェンス内外に塩分等の観測機器を設置し、導水による効果をモニタリングした。

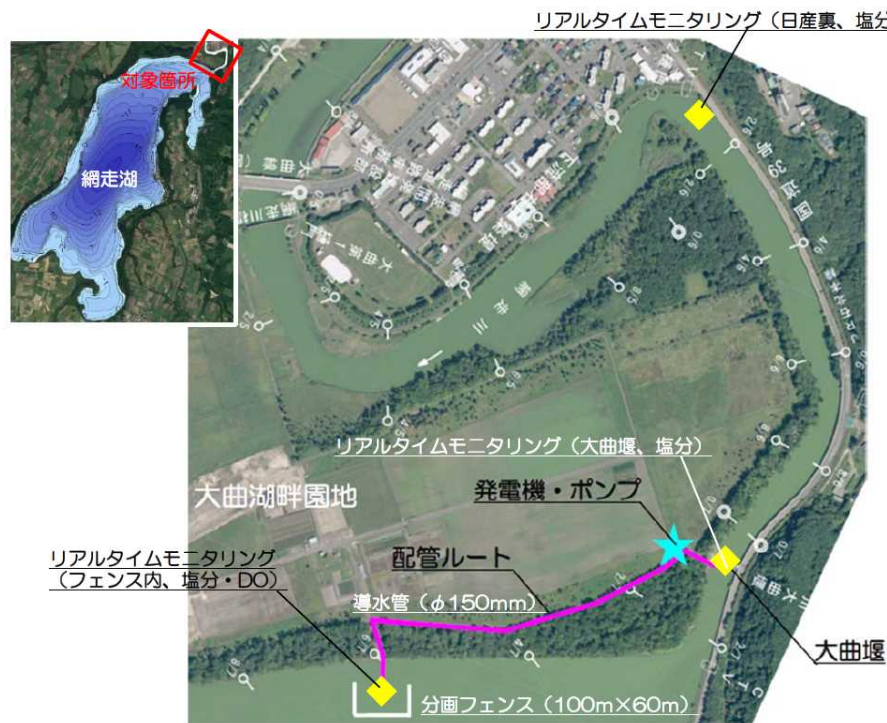


図-低塩分化対策実施箇所

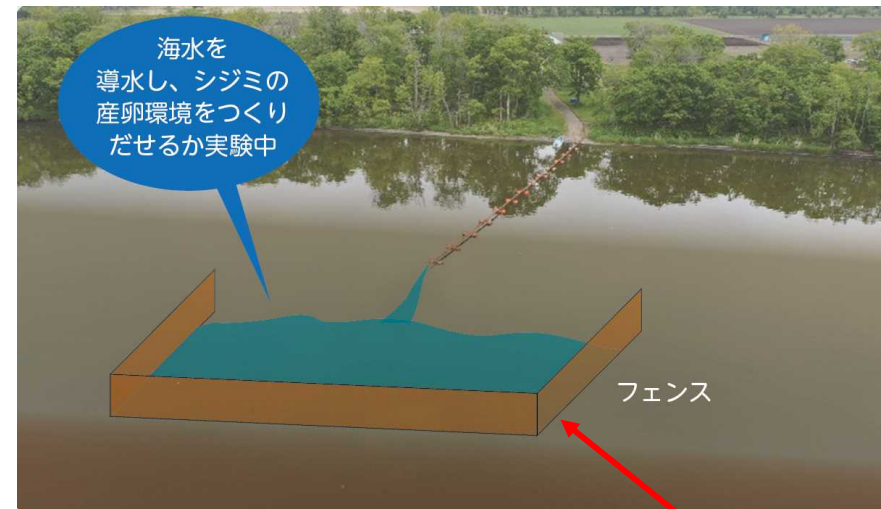


図-フェンスの設置状況

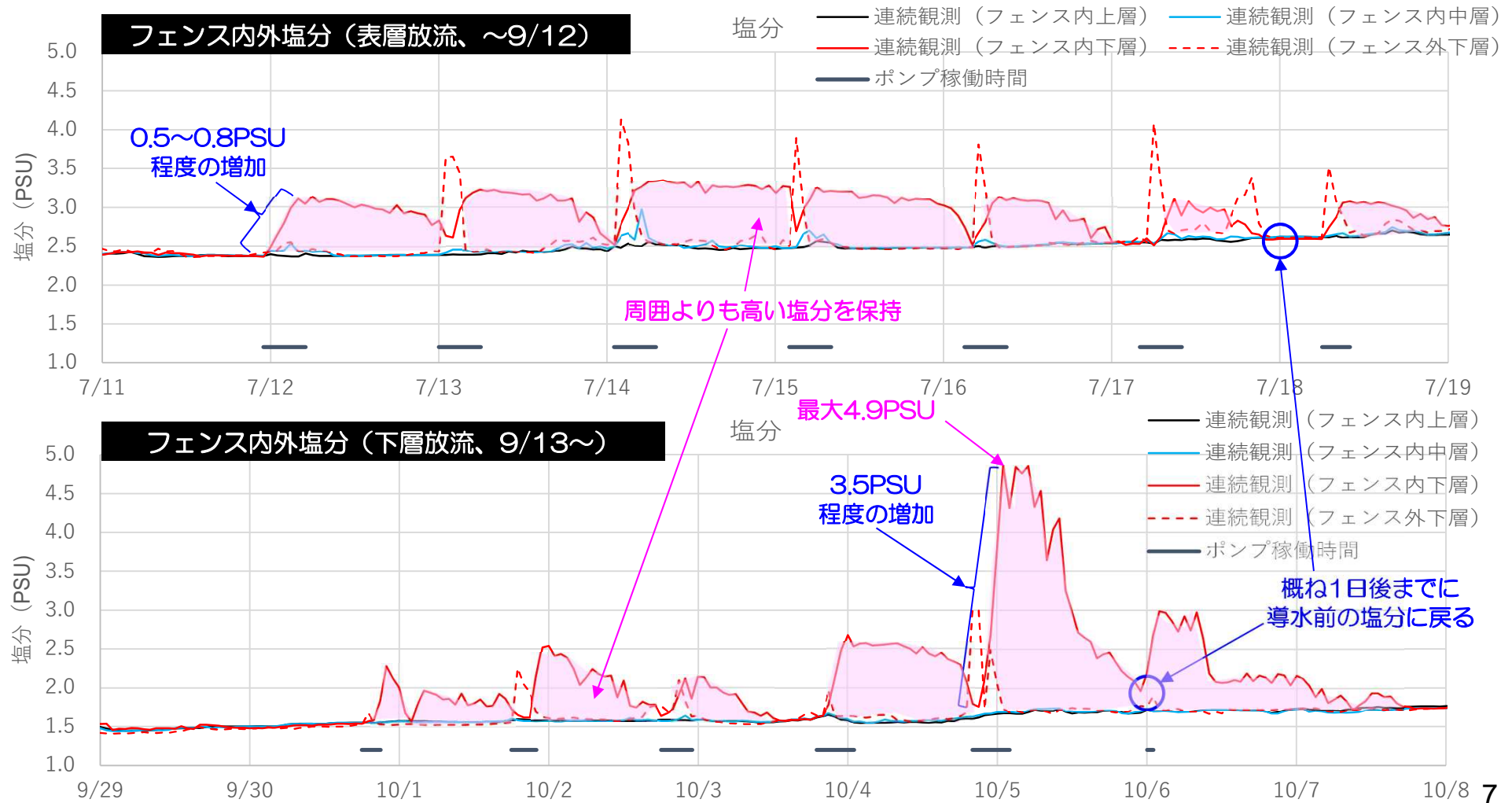


3. 昨年度の課題

3. 昨年度の課題

【昨年度実験の概要と課題】

- 昨年度では、フェンス内で塩分があまり上昇しない（目標は5PSUを設定）。
- 表層放流から下層放流への改良で若干改善も、十分な塩分上昇はみられず。



4. 今年度の改良点

4.今年度の改良点

- 今年度の実験では、以下3点の改良を実施した。

【低塩分化対策の改良点】

①ポンプ導水量の増強

1.3m³/min → 1.8m³/minに増強

②流速低減対策

導水管吐口にドラム缶を設置（吐口前面流速を低下させ、導水した塩分が混ざること抑制）

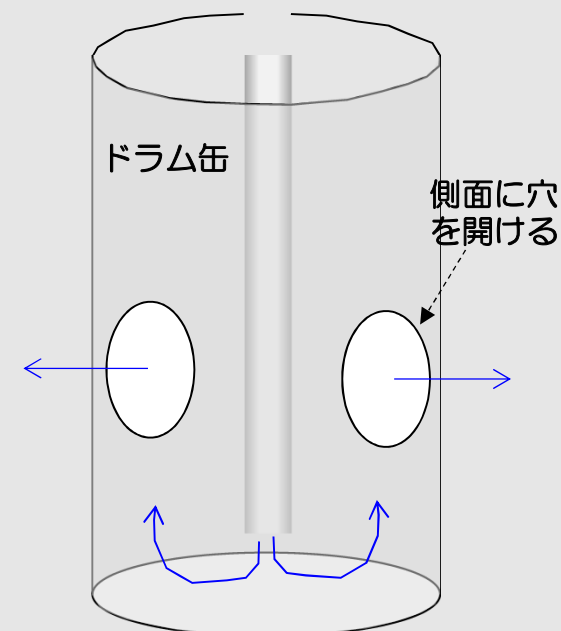


③漏水対策

フェンス下の隙間塞ぎ(5箇所、7/11~12土嚢の設置)
(フェンス下の隙間からの塩水漏れを防止)

②流速低減対策の概要

導水管



※流速（机上計算）

2022年吐口前面流速	約1.4m/s
2023年ドラム缶前面流速	約0.4m/s

5. 実験概要

5.実験概要

・2023年7月18日から9月15日の期間においてポンプ導水による実験を実施

項目	内容
実験期間	2023年7月18日～2023年9月15日 (2022年7月12日～2022年11月4日)
対策の改良点	①ポンプ導水量の増強 1.3m ³ /min ➡1.8m ³ /minに増強 ②流速低減対策(導水管吐口にドラム管を設置) ③漏水対策(フェンス下の隙間からの塩水漏れを防止)
導水回数	2023:23回(1回当たりの導水時間 6時間～8時間) 参考:2022:43回(1回当たりの導水時間 6時間～8時間)※※放流管延伸後は23回
モニタリング内容	①塩分、水温、DO(フェンス内外で上・中・下の3深度に設置) ➡フェンス内下層と大曲堰でリアルタイム観測も実施 ②流速・流向の観測(フェンス内外で2深度に設置) ③フェンス挙動の調査 ④水質分析(定期採水) ⑤水質(鉛直分布) ⑥底質、底生生物

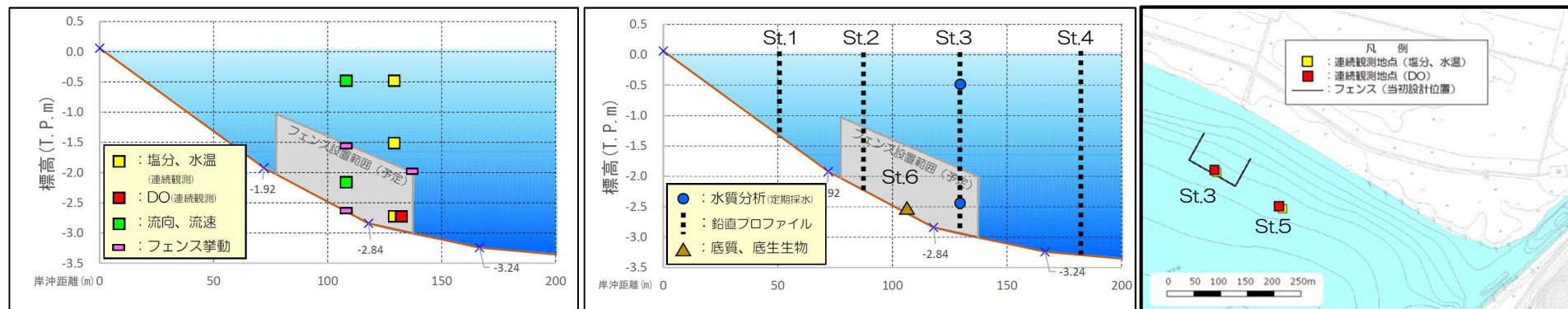
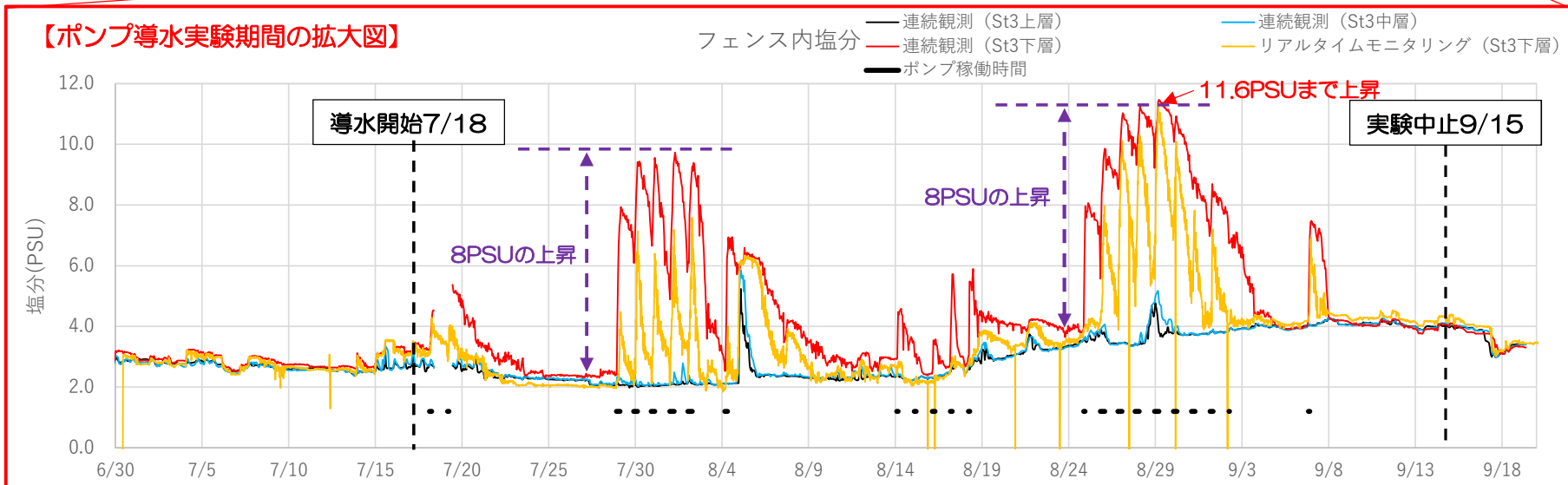
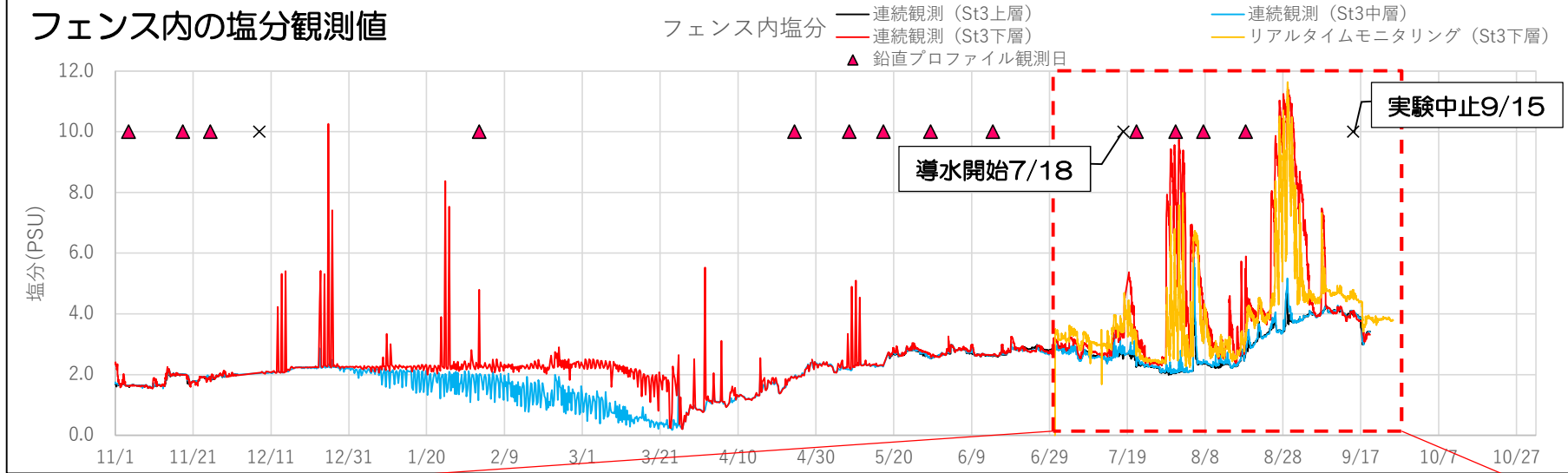


図-フェンス内のモニタリング調査位置図

6. 実験結果の概要

6.実験結果の概要①

- 7月18日から9月15日においてポンプ導水による実験を実施(目標は周囲+2PSU)した。
- 導水実験によりフェンス内の下層において最大11.6PSUまで塩分が上昇した。
- 導水によってフェンス内下層では最大約8.0PSUの塩分上昇を確認した。

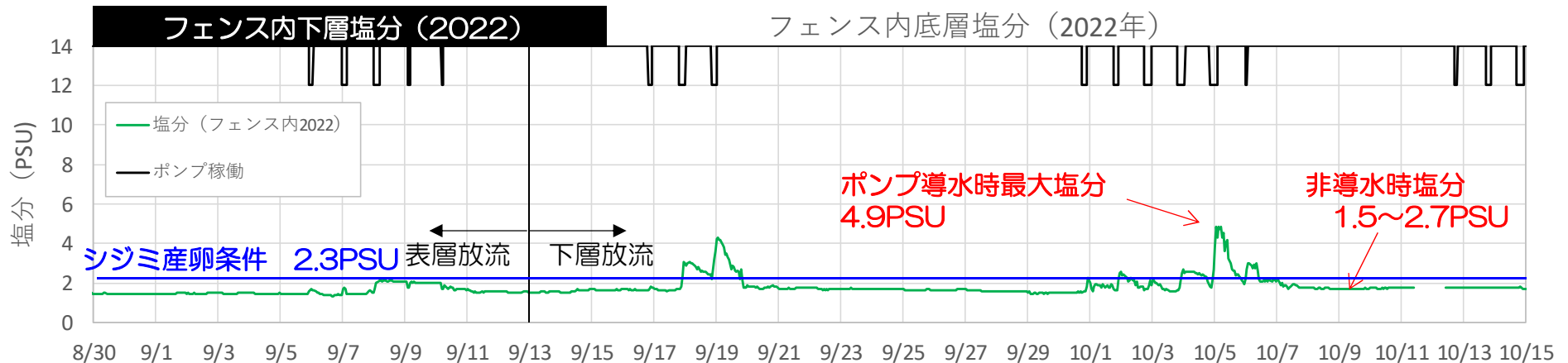


6.実験結果の概要②(塩分)

- ポンプ導水時のフェンス内最大塩分が大きく上昇した。
(昨年度4.9PSU=>今年度11.6PSU)
- フェンス外塩分(非導水時塩分)は昨年度よりもかなり高い。
(今年度はシジミ産卵条件とされる2.3PSUを常時超過)



※上図と時期は異なる。



6.実験結果の概要③(水温・DO)

- 昨年度に比べて水温が高い状態が続き、DO消費が増加している。
- ポンプ導水によって一時的にDOの低下が発生している。
- 導水期間外にもDOが低下する現象が発生している。
(フェンス内に塩水層の水が流入していることが想定される)

フェンス内の水温観測値【下層】

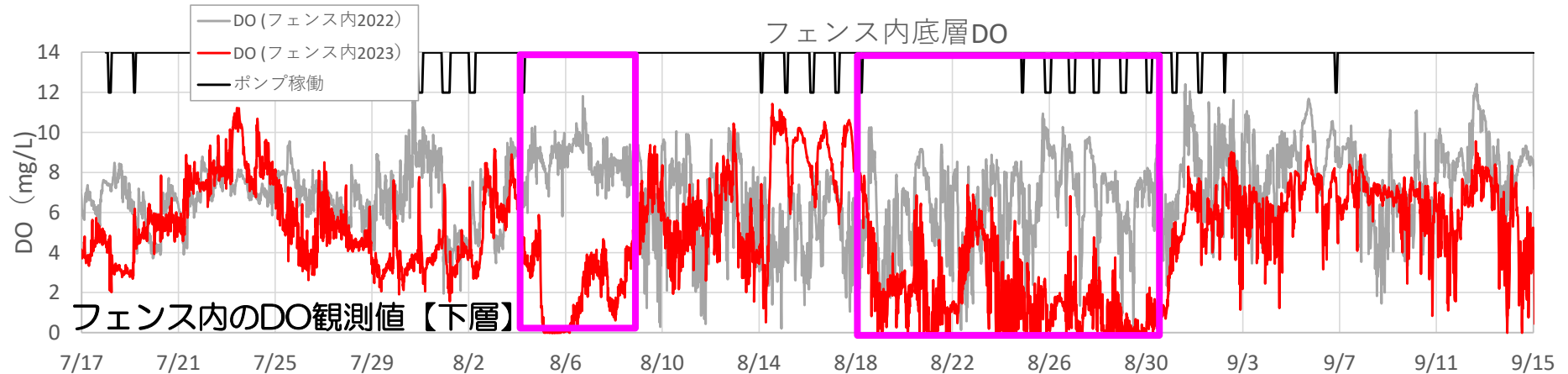
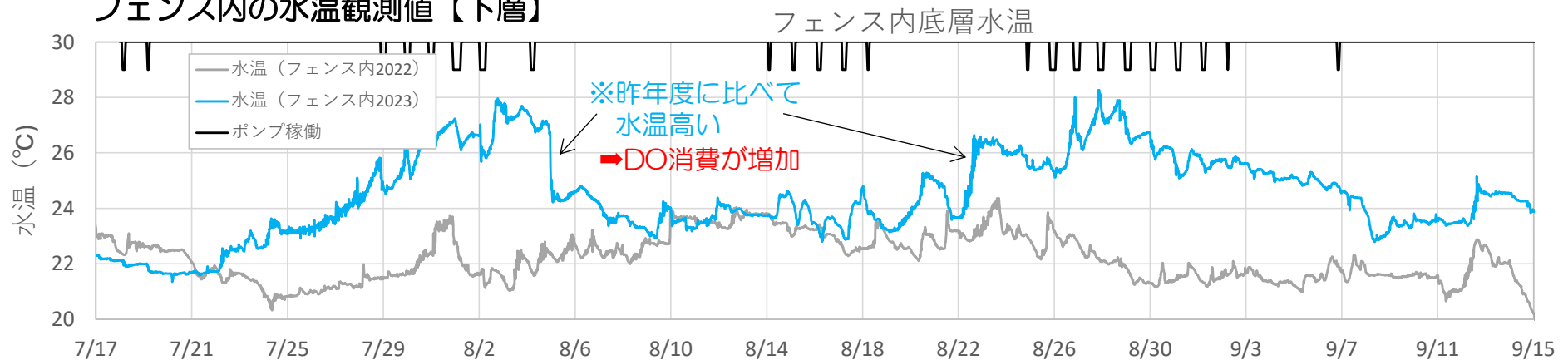
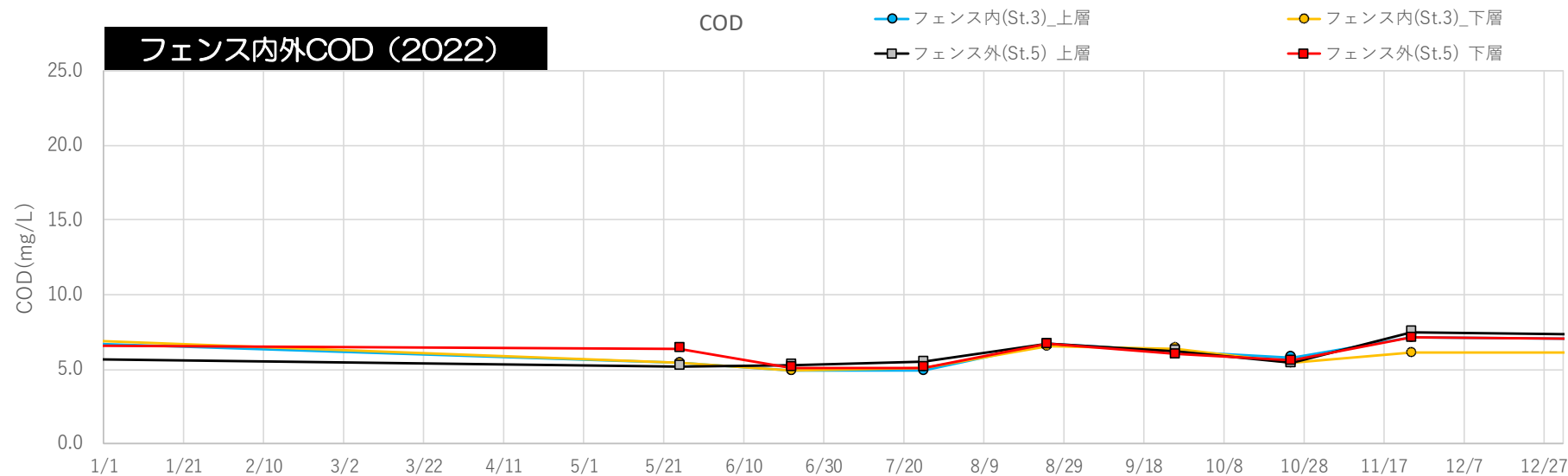
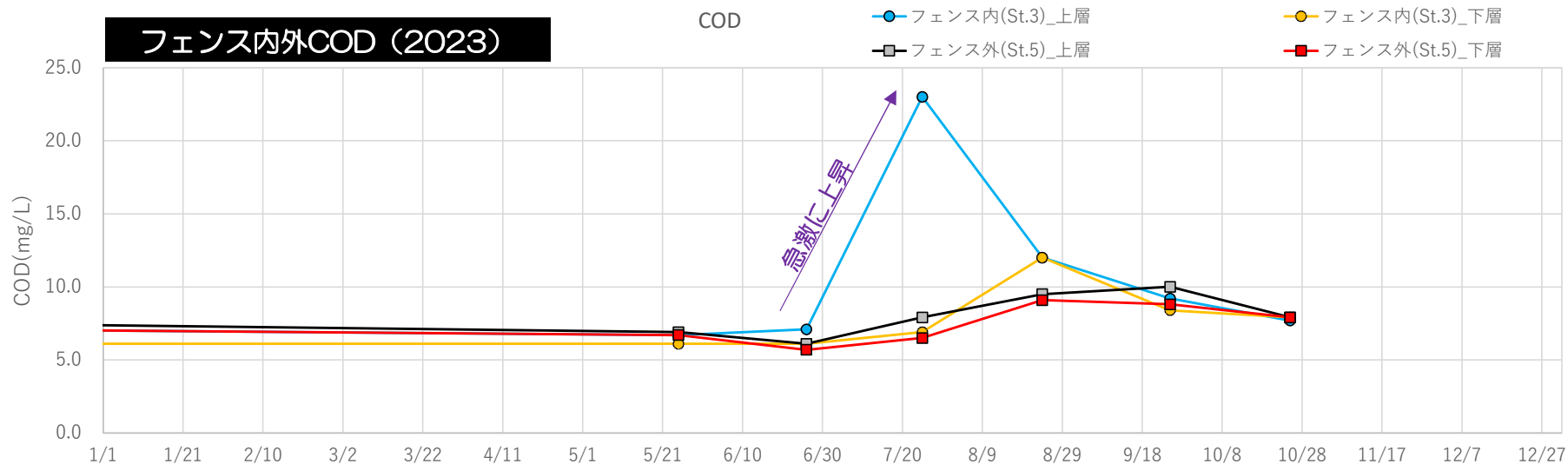


図 フェンス内下層水質 (リアルタイムモニタリング)

※厳密には22年と23年で位置が異なる。

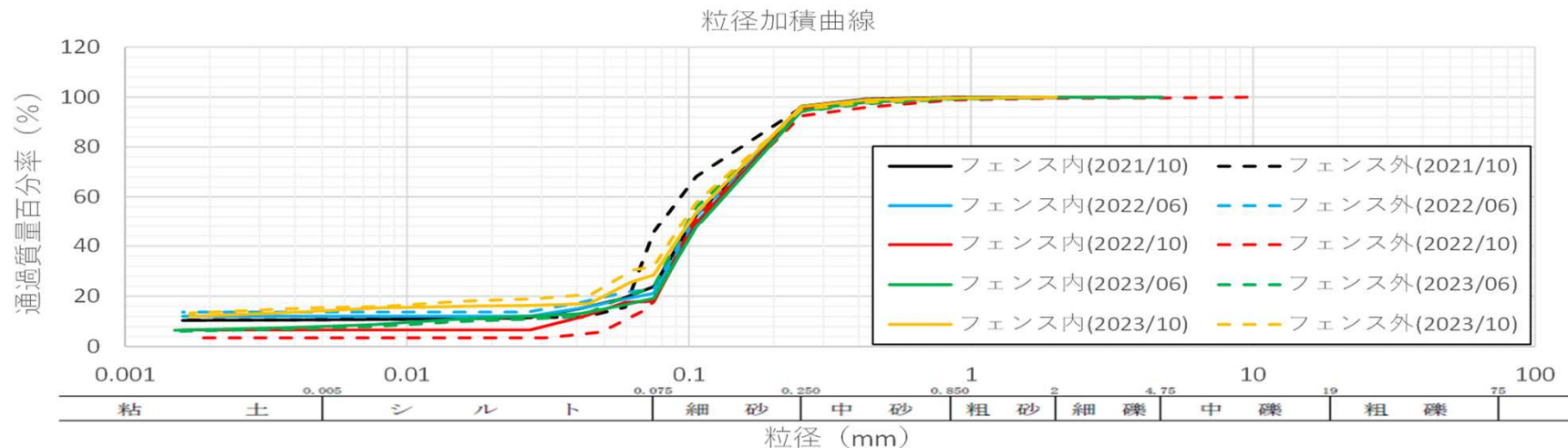
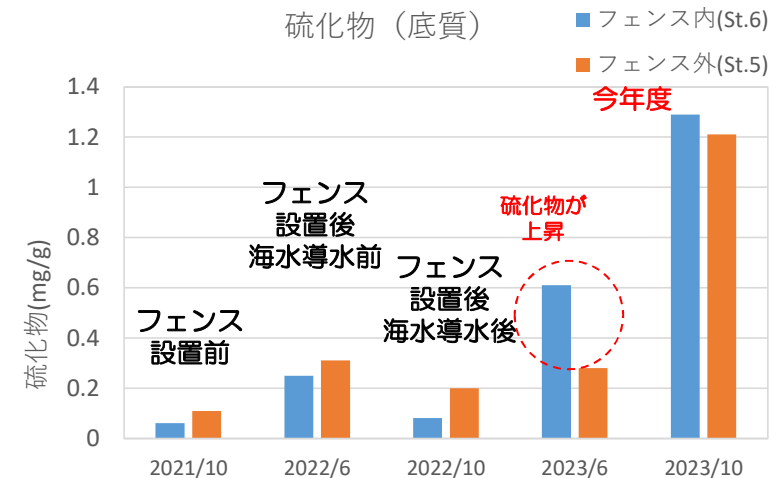
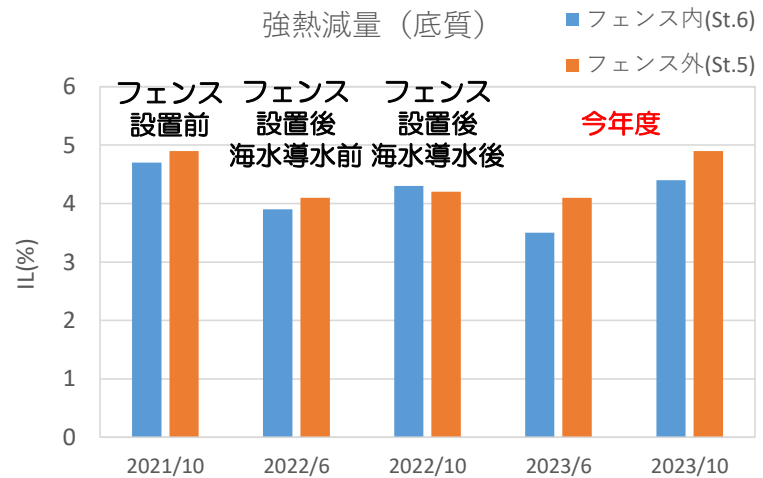
6.実験結果の概要④（水質）

- 水質は、2023年7月にフェンス内上層でCODが急激に上昇し、9月には低下。
- 全窒素、全リンにも同様の傾向が認められる。



6.実験結果の概要⑤（底質）

- 底質の強熱減量には、フェンス内の悪化傾向は認められず。
- 2023年6月の底質調査でフェンス内の硫化物の上昇による底質の悪化を確認。
- 底質の粒径には顕著な変化はみられない。



(参考) 塩淡境界層水深の変化

- 2021年から2023年の塩淡境界層の高さを比較すると、2023年は過年度に比べて塩淡境界層水深が高い位置にあることを確認。

塩淡境界層水深(5hr移動平均)の比較



※第20回網走湖水環境モニタリング検討会資料より

7. 実験中止理由と経緯

7.実験中止理由と経緯

【導水実験によるフェンス内の変化】

- 高水温や塩淡水境界層水深上昇の影響もあり、**底層DOが顕著に低下**している。
- フェンス内水質に**COD等の増加傾向**がみられる。
- 底質は**6月のフェンス内硫化物に増加**がみられる。
- 底生生物への影響は**現段階で不明**。

- ヤマトシジミの産卵環境についての効果は**不明**（湖全体の上層塩分が高い）

- 塩淡水境界層水深が浅い等の影響によりフェンス内底層DOが顕著に低下しており、ヤマトシジミ生息への影響が懸念される。
- 今年度は、淡水層全体が、高水温・高塩分でヤマトシジミ産卵の好適環境となっており、実験成果を確認する条件としては不適(ヤマトシジミ産卵は過去5年で最大規模)。



※フェンス内の泥が黒色に呈していた。

「今年度フェンス実験の一時停止」、「次年度以降の継続」を提案

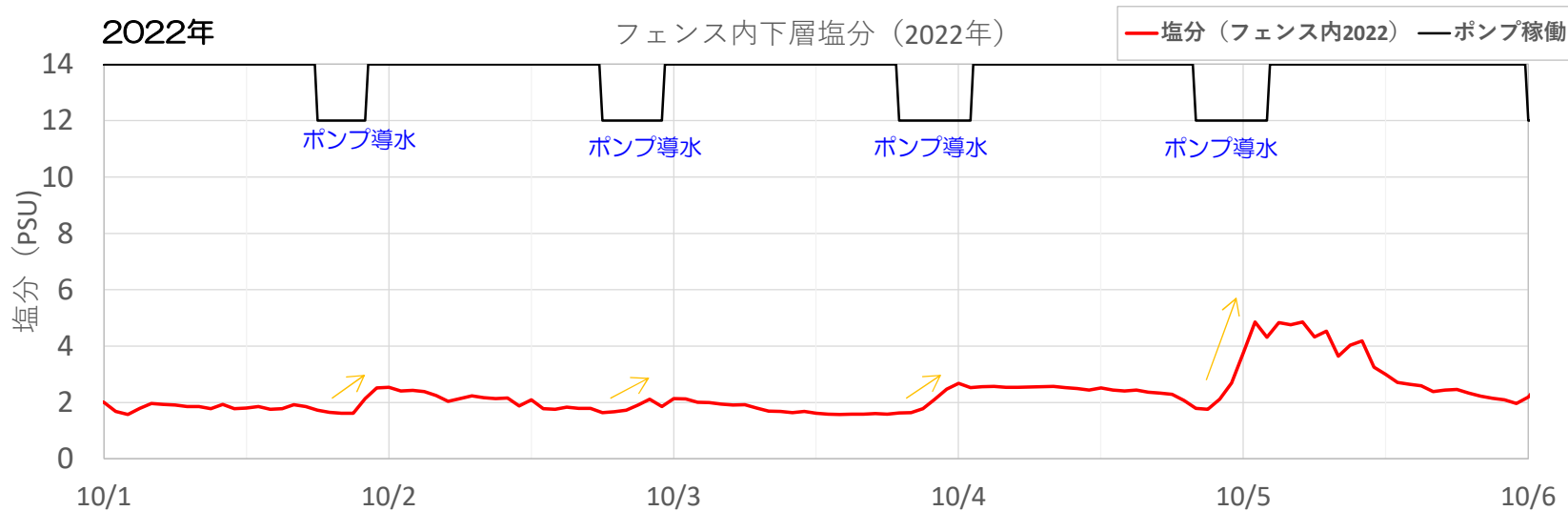
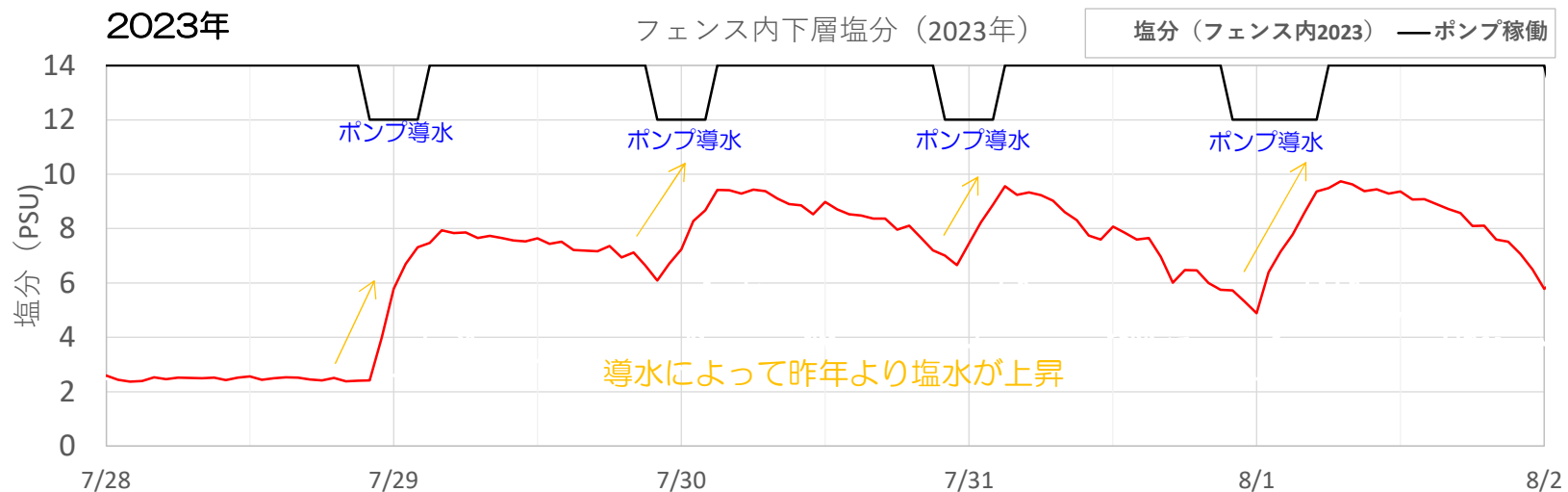
- 本年度は、中山委員長・園田委員の了承のもと実験を中止(9月15日に中止)。
- モニタリングについては、状況確認のため継続する。
- ヤマトシジミの産卵環境についての効果確認のため、**次年度以降2～3年はフェンス実験を継続**する。

8. 塩分変化要因の分析

8.塩分変化要因の分析 (改良効果の検証)

- 本年度に実施した実験装置の改良による変化（効果量）を塩分に着目し分析した。
- 昨年の同時期における観測結果を比較するとフェンス内の塩分の上昇量が大きく上昇している。

【塩分(フェンス内)】

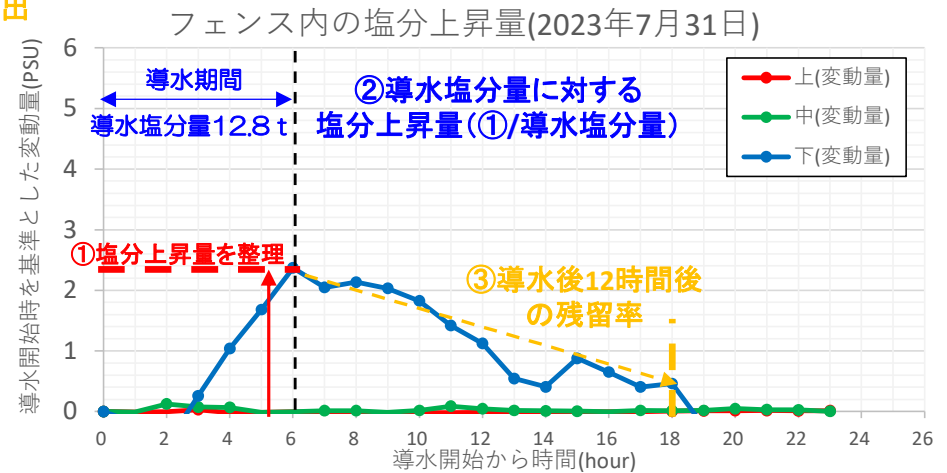
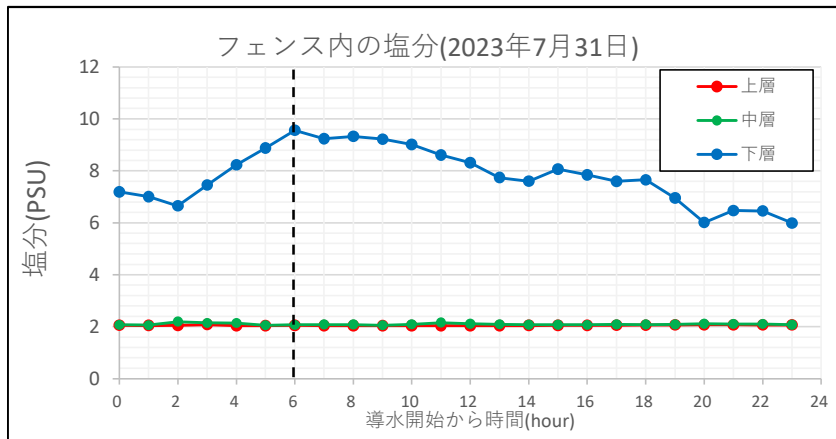


8.塩分変化要因の分析 (改良効果の検証)

- 本年度に実施した実験装置の改良による変化（効果量）を塩分に着目し分析した。
- 実験装置改良による変化要因を評価する指標を設定した（導水開始時点の塩分を基準に変動量を算出）。
- 導水前後の風速が塩分変動に影響することが推測されたため風速との関係性を整理した。

導水開始時点を中心に
変動量を算出

フェンス内の塩分観測値



網走・女満別の風速

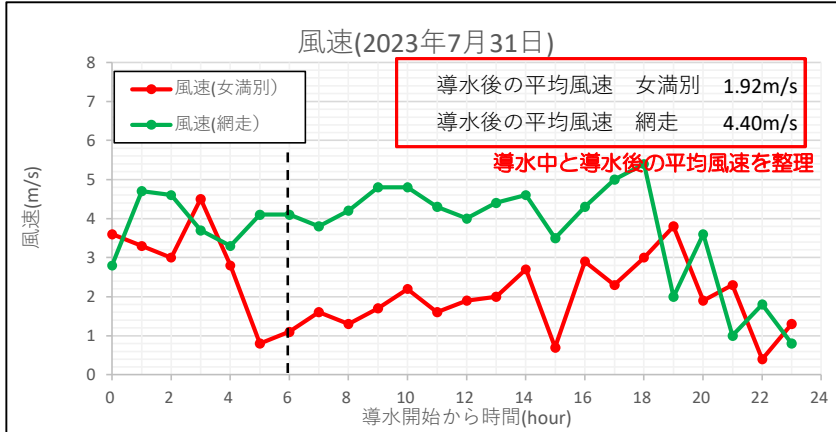


表-改良効果の評価指標

着手点	改良効果
①塩分上昇量(PSU)	①ポンプ導水量の増強 ②流速低減対策(ドラム缶設置)
②導水塩分量に対する塩分上昇量 (①塩分上昇量/導水塩分量)	②流速低減対策 (ドラム缶設置)
③導水後12時間後の残留率 (24時間後に次の導水が始まる ために12時間後で相対比較)	③フェンスの改良 (漏洩対策)

8.塩分変化要因の分析（改良効果の検証）

- 導水前後の風速が塩分変動に影響することが推測されたため風速との関係性を整理した。
- 導水中や導水後に強い風速が発生した場合には、導水した塩分が風の影響によって混合・移流が発達することで塩分上昇量や低減に影響が生じることが想定される。
- 水量の平均値を算出する際に風速の階級を評価する「風力階級表(ビューフォート風力階級)」から小さな波が立つとされる5.5m/s以上の風速時のイベントを除いた。

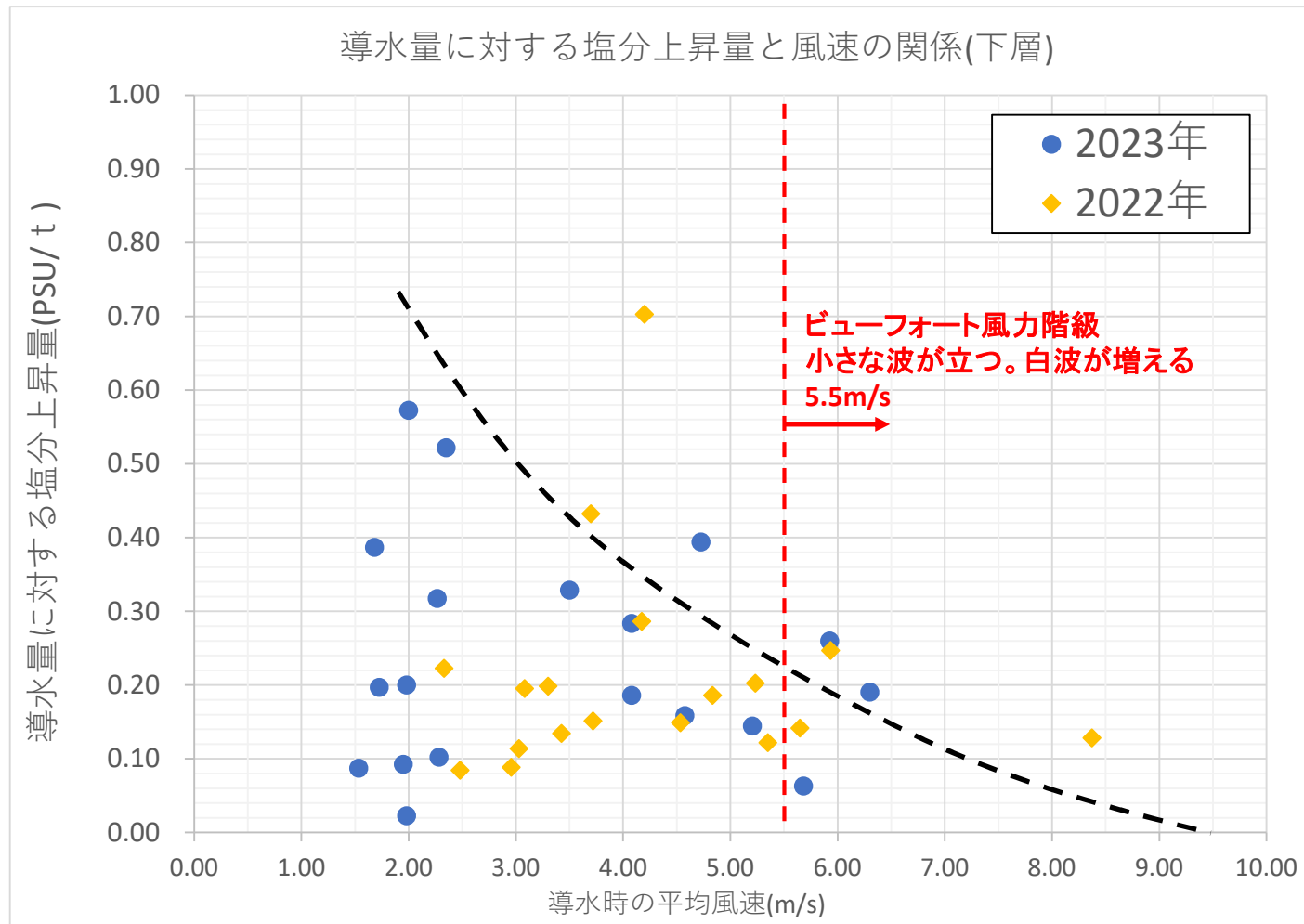
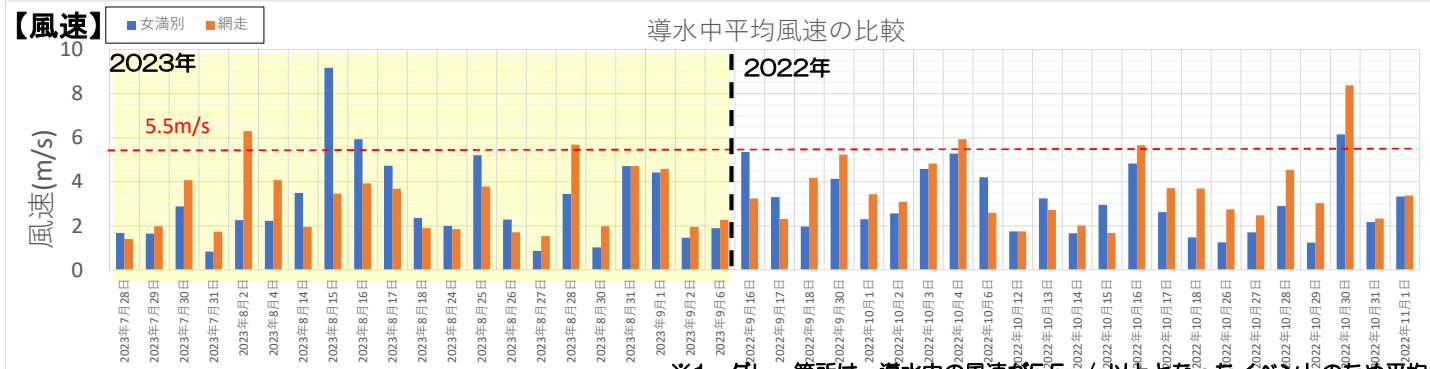
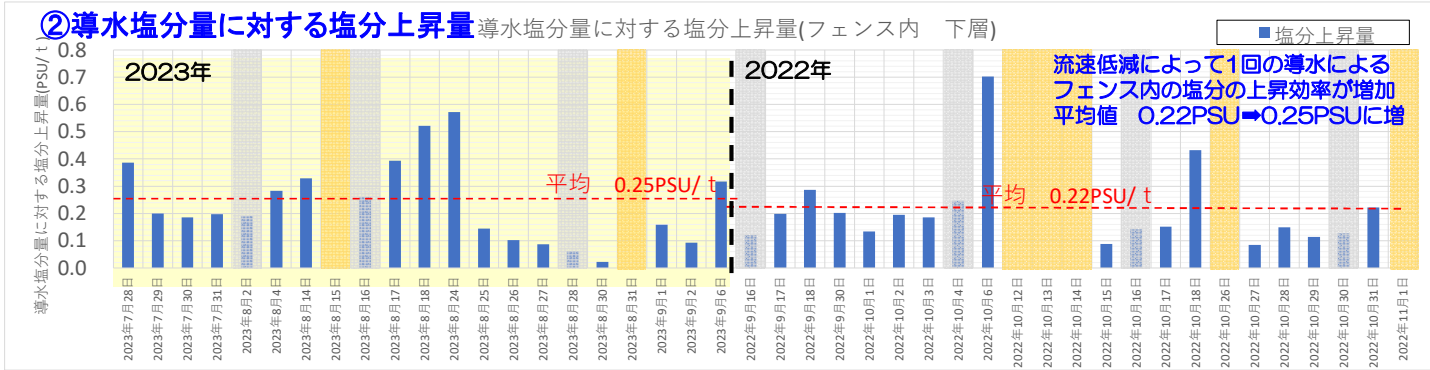
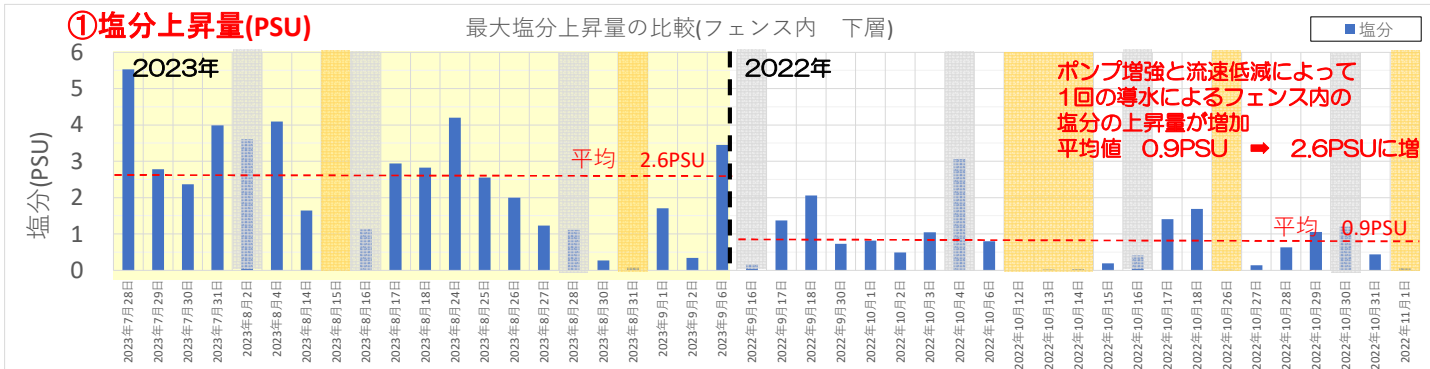


図 導水量に対する塩分上昇量と導水時の最大風速

8.塩分変化要因の分析 (改良効果の検証)

- ①塩分上昇量は、フェンス内の塩分の上昇量が増加(0.9PSU→2.6PSUに増)。
- ②導水塩分量に対する塩分上昇量は、1回の導水でのフェンス内の塩分上昇効率が増加(0.22PSU/t→0.25PSU/tに増)。
- 本年度に実施したポンプ増強と流速低減(ドラム缶設置)によるものと推察される。



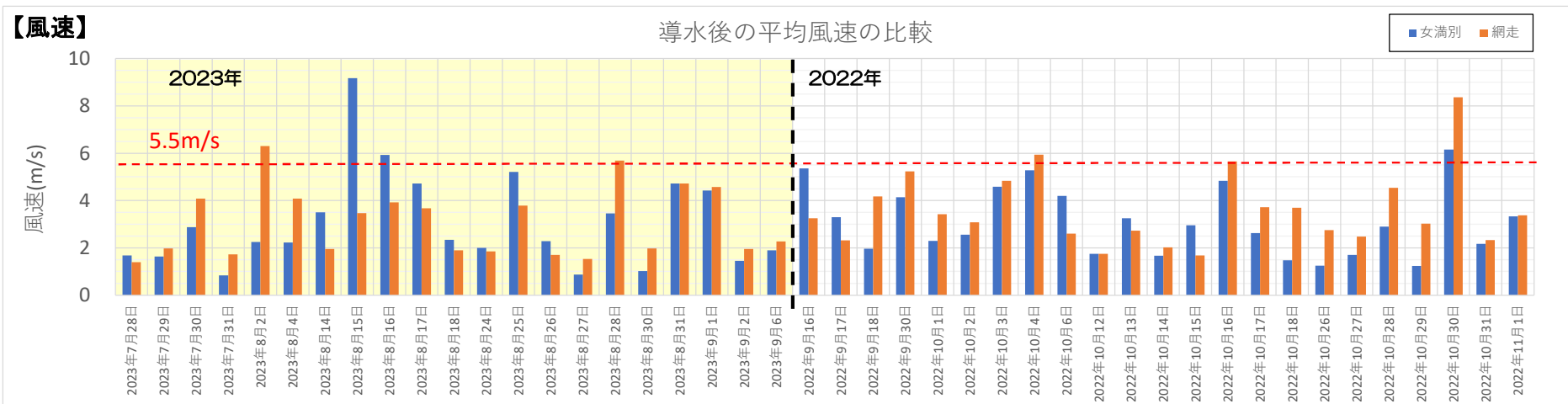
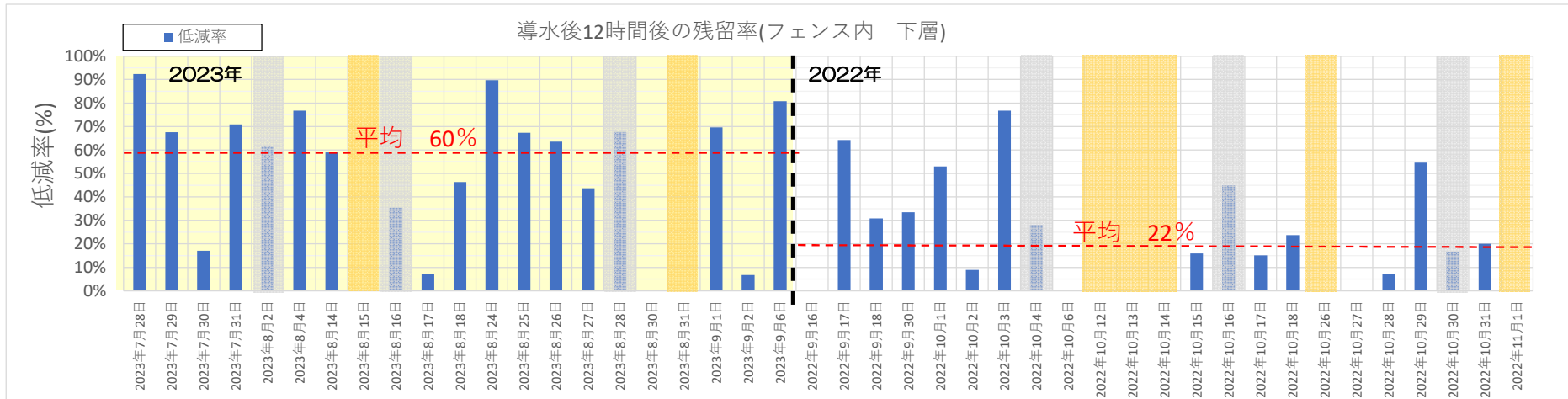
※1 グレー箇所は、導水中の風速が5.5m/s以上となったイベントのため平均値から除外

※2 オレンジ箇所は、導水を実施したが大曲堰の塩分が上昇しなかった空振り箇所(平均から除外)

8.塩分変化要因の分析（改良効果の検証）

- ③導水後12時間後の残留率は、2022年の22%から60%まで向上した。
- これは、導水によって上昇した塩分が保たれる期間が増加したことを示している。
- 本年度に実施した漏洩対策によるものだと推察される。

③導水後12時間後の残留率

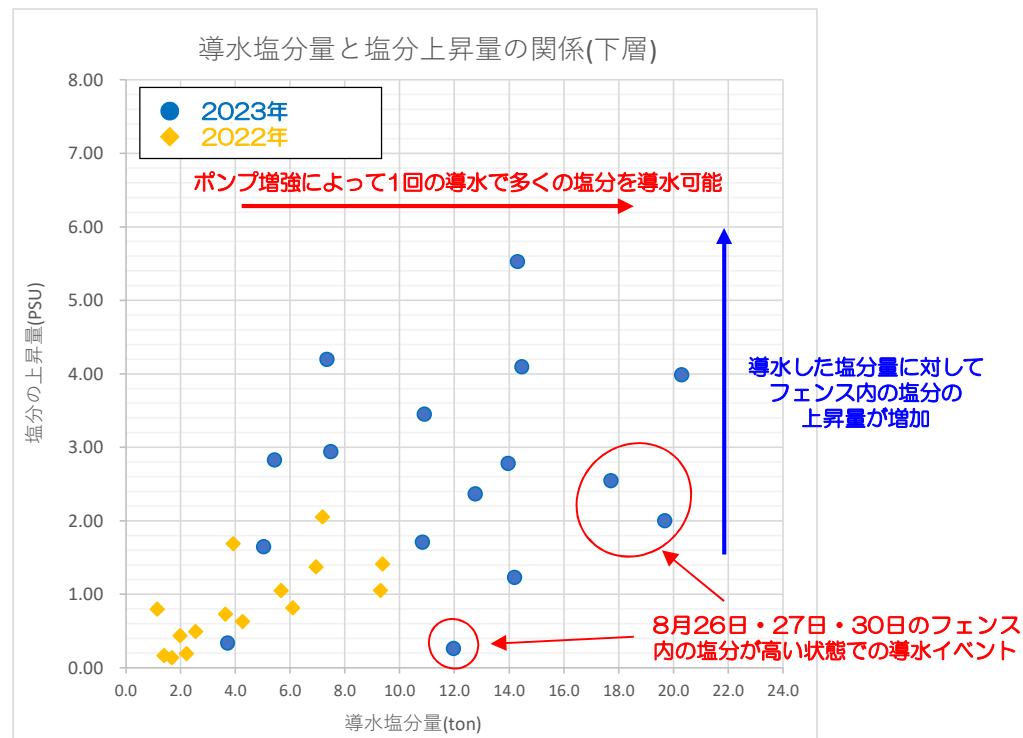


※1 グレー箇所は、導水中の風速が5.5m/s以上となったイベントのため平均値から除外
 ※2 オレンジ箇所は、導水を実施したが大曲堰の塩分が上昇しなかった空振り箇所(平均から除外)

8.塩分変化要因の分析（改良効果の検証）

- 実験装置の改良による変化を各評価指標で整理した。
- どの評価指標においても昨年度の値を上回っており改良効果を定量的に確認した。

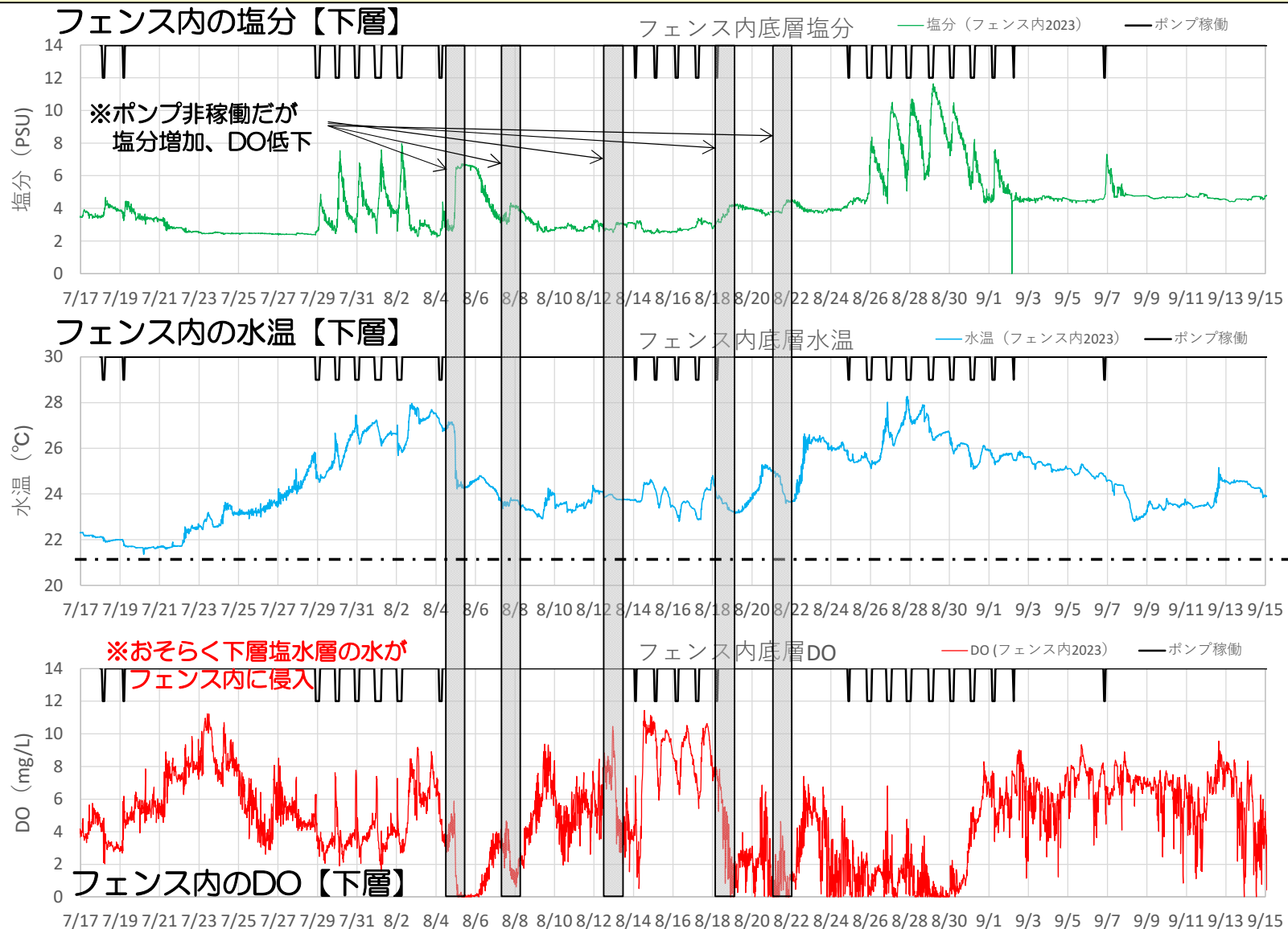
評価指標	2023年	2022年	変化量
①塩分上昇量(PSU)	2.62 PSU	0.87 PSU	1.75 PSU増加
②導水塩分量に対する塩分上昇量	0.25 PSU/t	0.22 PSU/t	1.15倍
③導水後12時間後の残留率	60% (54%)	22% (27%)	38%増



9. 非導水時における塩分上昇の考察

9. 非導水時における塩分上昇の考察

- 非導水時においてフェンス内の塩分が上昇している現象が確認された。
- 塩分上昇時に水温とDOが同時低下しているために塩分層の流入が推測される。



10. フェンス内外の状況について（まとめ）

10.フェンス内外の状況について(まとめ①)

- 今年度改良が非常に効果的であり、導水後フェンス内塩分は昨年度と比較して大きく上昇。
- 一方、フェンス外塩分が高く、シジミ産卵に必要とされる塩分（2.3PSU）を常時超過。
- ポンプ非稼働時の塩分増加がみられる。

表 フェンス実験概要

	項目	昨年度	今年度	変化
改良点	ポンプ容量増	1.3 m ³ /min	1.8 m ³ /min	+0.5 ↑
	導水管吐口改良	表層放流 (7/12~9/12) 底層放流 (9/13~)	底層放流+ 流速低減	0.25 ↓
	フェンス隙間	5箇所	0箇所	-5 ↓
	実験開始日	7/12	7/18	-6 ↓
実験結果	ポンプ導水日数	39日 (空振り除く)	21日	-18日 ↓
	フェンス内最大塩分	4.9 PSU	11.6 PSU	+6.7 ↑
	フェンス外塩分 (スパイク状変化除く)	1.5 ~ 2.7 PSU	2.1~4.2 PSU	+0.6~ 1.5 ↑
	最大塩分差① (フェンス内外、塩分ピーク時)	約3.0 PSU	約7.5 PSU	+4.5 ↑
	最大塩分差② (フェンス内外、導水後約1日)	約0.5 PSU	約3.7 PSU	+3.2 ↑
	ポンプ非稼働時最大塩分増加	約0.6 PSU	約2.0 PSU	+1.4 ↑

10.フェンス内外の状況について(まとめ②)

- 水質：フェンス内上層で7月にCOD、T-N、T-Pがフェンス外より1オーダー大きい。
- 底質：今年度6月の調査ではフェンス内硫化物がフェンス外と比較して高い。
- 水温：昨年度と比較して非常に高い。
- 底層DO：昨年度と比較して非常に低い。特に8/19以降、貧酸素(DO=<2.0mg/L)となる時間が長い。また、ポンプ非稼働時のフェンス内塩分増加時に顕著なDO低下がみられる。
- 底層の硫化物：2023年6月以降の低質調査でフェンス内の硫化物の上昇により底質の悪化がみられる。
- シジミ産卵：本年度は湖内のシジミの産卵状況は良好だが、**フェンス内のシジミは産卵していない状況。** (園田委員ヒア)

表 水質等への影響概要

項目		昨年度	今年度	差
水質 (採水)	COD、T-N、T-P フェンス内上層	COD:4.9~7.1 mg/L T-N:0.52~1.1 mg/L T-P:0.027~0.074 mg/L	COD:6.7~ 23 mg/L T-N:0.58~ 4.7 mg/L T-P:0.077~ 0.22 mg/L	今年度 7/25水質 が↑
底質	強熱減量	フェンス内：3.9~4.3 % フェンス外：4.1~4.2 %	フェンス内：3.5 % フェンス外：4.1 %	→
	硫化物	フェンス内：0.05~0.25 mg/g フェンス外：0.1~0.3 mg/g	フェンス内：0.60~ 1.30 mg/g フェンス外：0.28~ 1.21 .mg/g	↑
水質 (連続観測)	水温 底層最大	25.6 °C	28.3 °C	↑
	水温 底層25°C以上発生時間	9 hr	319 hr (13.3日)	↑
	DO 底層最小 (mg/L)	1.0	0.0	↓
	DO 貧酸素発生時間 (=<4.3mg/L)	63 hr	477 hr(19.9日)	↑
	DO 貧酸素発生時間 (=<2mg/L)	4 hr	192 hr (8.0日)	↑
シジミ 産卵	GSI (生殖腺指数)	フェンス内で産卵が 早まった可能性	フェンス内で産卵未確認	—

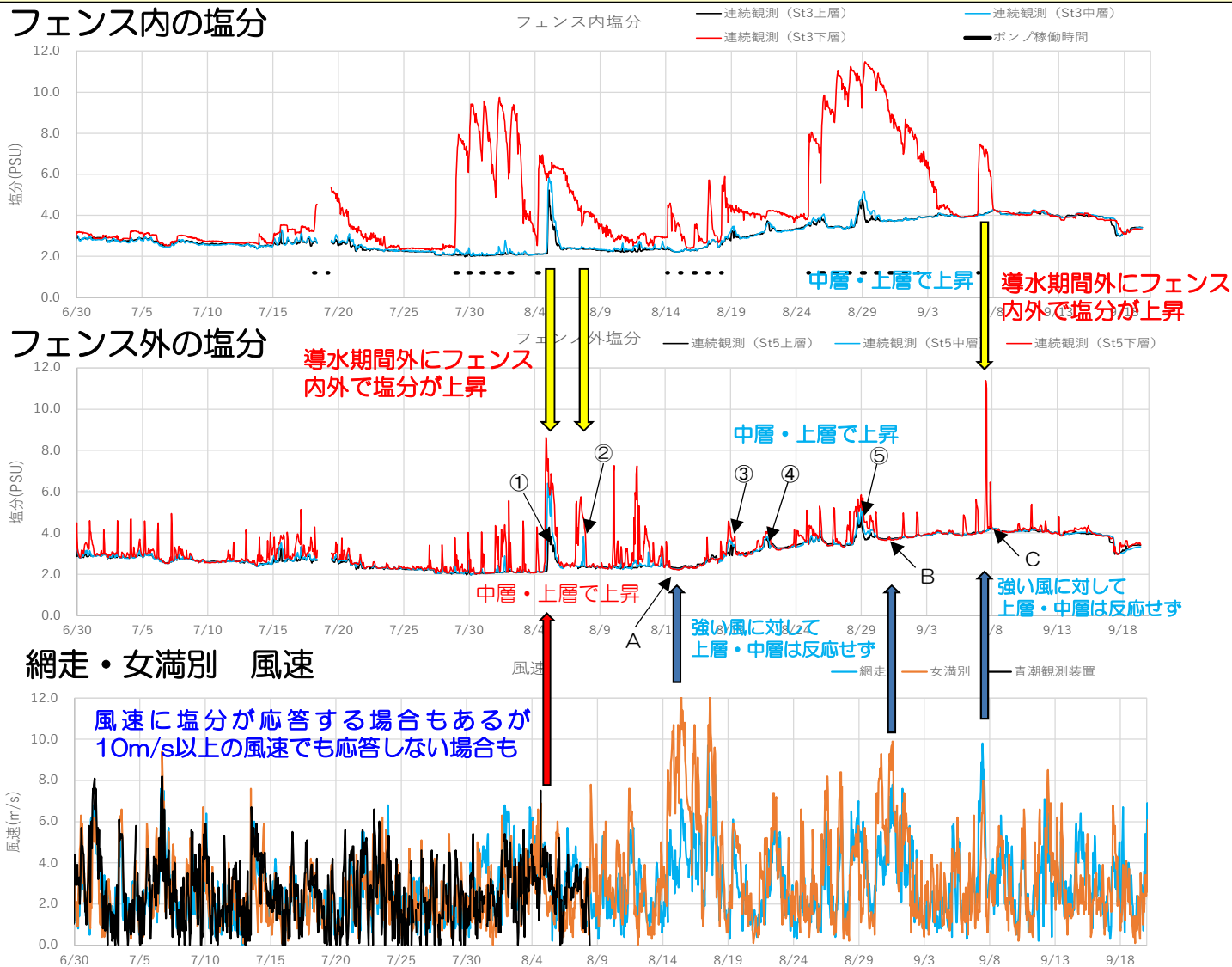
水産用水基準2005、
内湾漁場の夏季底層
において最低限維持
すべき濃度

環境省水質基準：二枚貝生息に
おける底層DOの水質目標値

参考資料

非導水時における塩分上昇の考察

- 海水の遡上や塩分導水の影響を受けづらい中層と上層における塩分の上昇状況と風速の関係を確認した。
- フェンス外の塩分上昇時に注目すると①から⑤のように風速に対応して塩分が上昇している。
- 一方で、AからCのように10m/s程度の風速でも、中層と上層の塩分が応答しない場合がある。



非導水時における塩分上昇の考察

- 海水の遡上や塩分導水の影響を受けづらい上層・中層で非導水時において0.1PSU以上の塩分上昇が生じたイベントでの風速と風向きを確認した(前ページ①から⑤)。
- 風速が8m/s以上で塩分が上昇しないイベントについても風速と風向を確認した(前ページAからB)。
- 非導水時において塩分上昇が生じたイベントでは、北風成分を含む場合に塩分が上昇する傾向を確認した。
- 一方で、風速10.0m/s程度のイベントでも南風の場合は、塩分上昇は殆ど見られなかった。

No.	日時	フェンス外の塩分上昇量 (PSU)			塩分上昇時の3時間前の最大風速(m/s)		最大時の風向	
		上層	中層	下層	網走	女満別	網走	女満別
①	8月5日 1時	1.36	1.71	0.60※	5.0	3.2	北東	北北東
②	8月7日 18時	0.00	1.15	0.01※	4.0	3.3	北東	北東
③	8月19日 1時	0.16	0.12	0.00※	1.5	1.5	南	南東
④	8月21日 12時	0.23	0.30	0.30	1.3	4.5	北北東	北
⑤	8月29日 17時	0.14	0.21	0.38	4.1	5.3	北北東	北
A	8月15日 10時	0.00	0.00	0.01	7.1	12.3	南	南
B	8月31日 11時	0.00	0.00	0.01	7.6	9.7	南南西	南
C	9月7日 13時	0.01	0.01	4.41	9.8	8.0	北北西	北北西

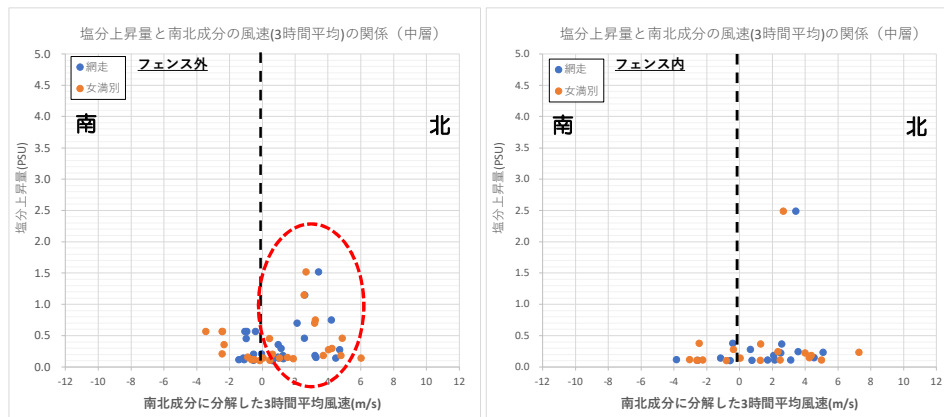
北風成分を含んでいても塩分上昇は僅かなケースもある

※下層は、潮汐の影響等によって塩分が高い状態であったために上昇量が少ない

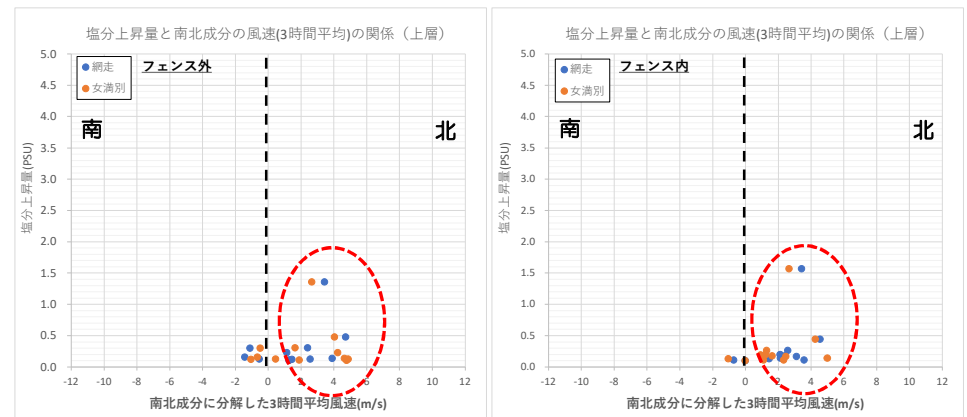
非導水時における塩分上昇の考察

- フェンス内外の塩分上昇量と南北成分と東西成分に分離した風速を比較。
- 上層・中層は、南風に対しては塩分上昇は僅かであるが北風に対しては上昇する傾向が見られた。

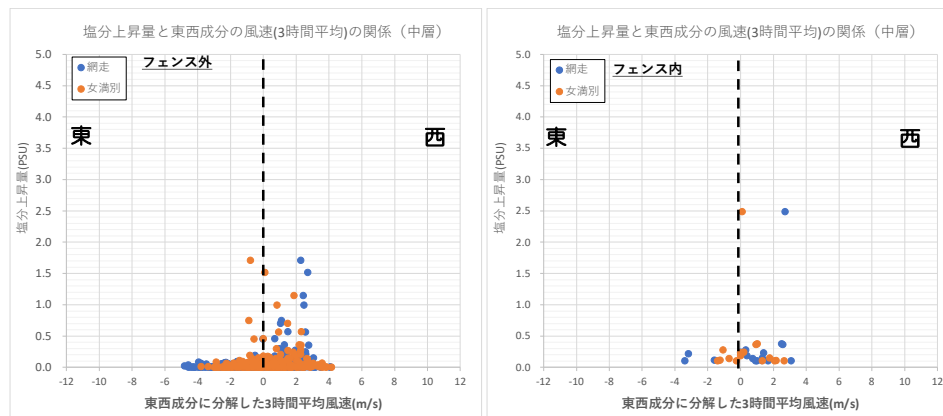
塩分上昇量と南北成分の風速【中層】



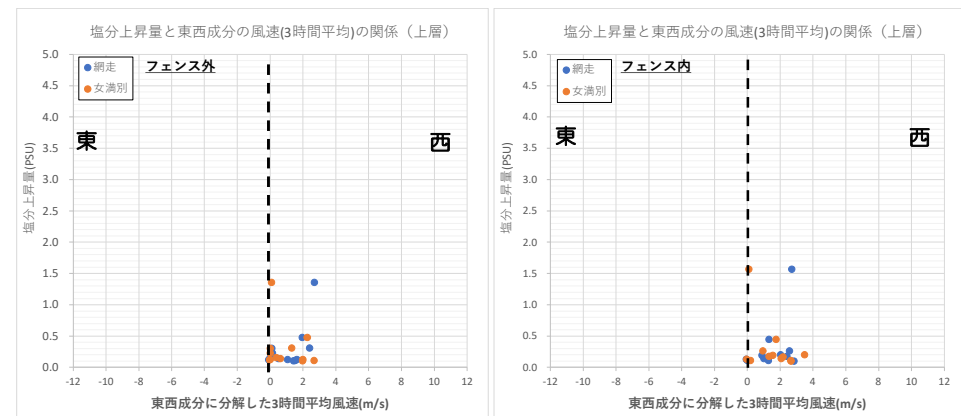
塩分上昇量と南北成分の風速【上層】



塩分上昇量と東西成分の風速【中層】



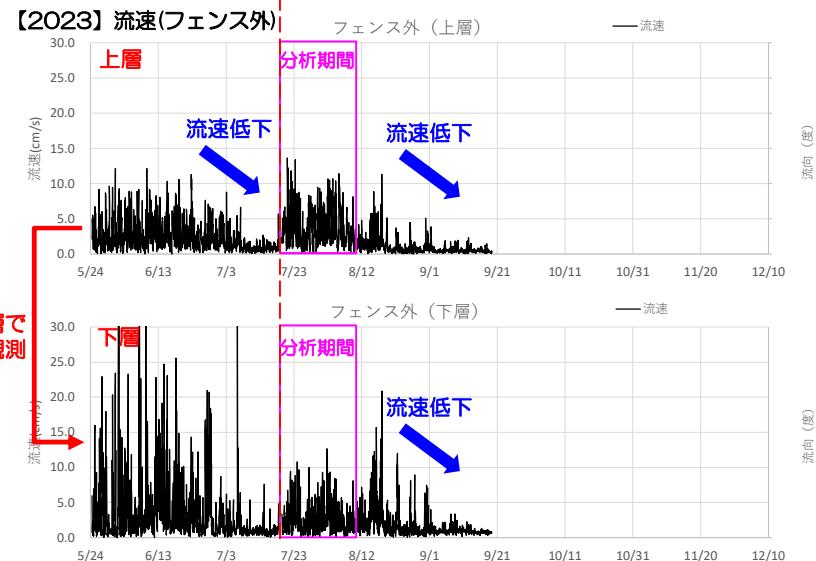
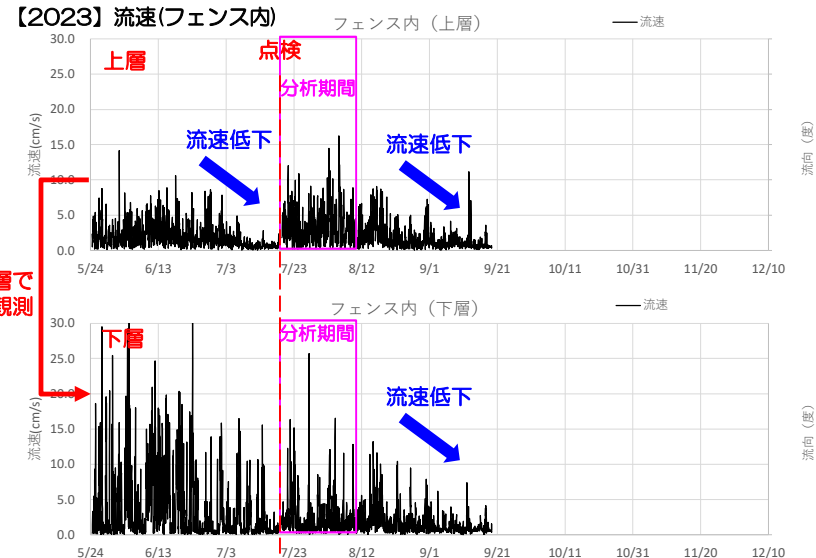
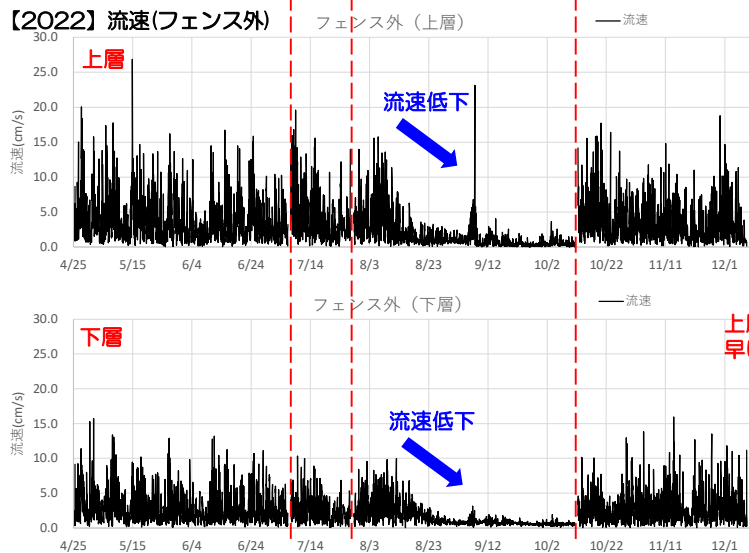
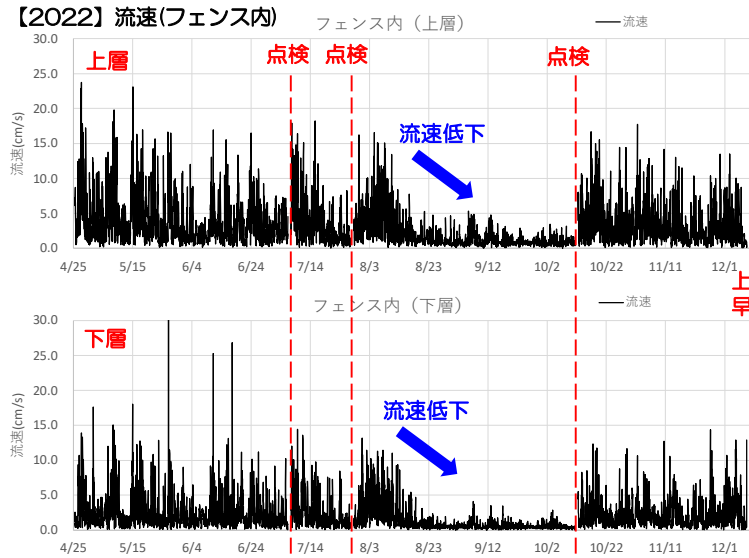
塩分上昇量と東西成分の風速【上層】



※ 非導水時のイベントを対象に塩分上昇量が0.1PSUのイベントで分析
※ 7月18日から9月10日までの導水期間を除いた観測データを整理

フェンス内の流速と潮汐の関係

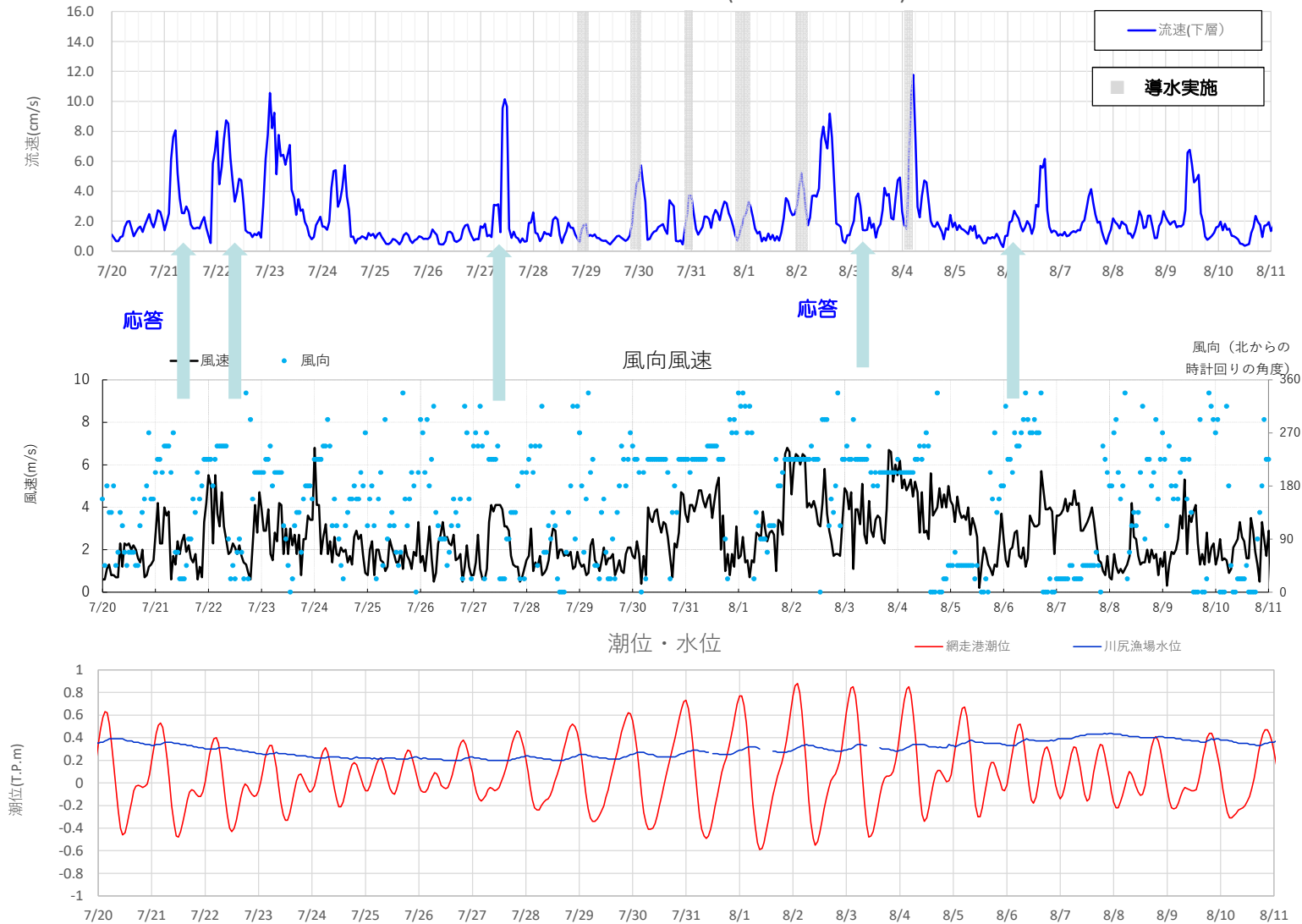
- ・2022年と2023年のフェンス内の流速を比較し整理を実施した。
- ・流速の観測値を時系列的に確認すると点検後20日程度経過すると流速に低下傾向がみられる。
- ・2023年5月24日から7月20日等の期間では、下層と上層の流速が逆転している。
- ・そのため、流速観測値が信頼できると考えられる7月20日点検後20日間を対象に流速の変化要因を分析した



フェンス内の流速と風速・潮汐の関係

- 2023年の7月20日点検後20日間を対象に流速の変化要因を分析した。
- フェンス内の流速変化と風速の波形を比較すると風速の変動にも概ね応答している。

フェンス内の流速(3時間移動平均)

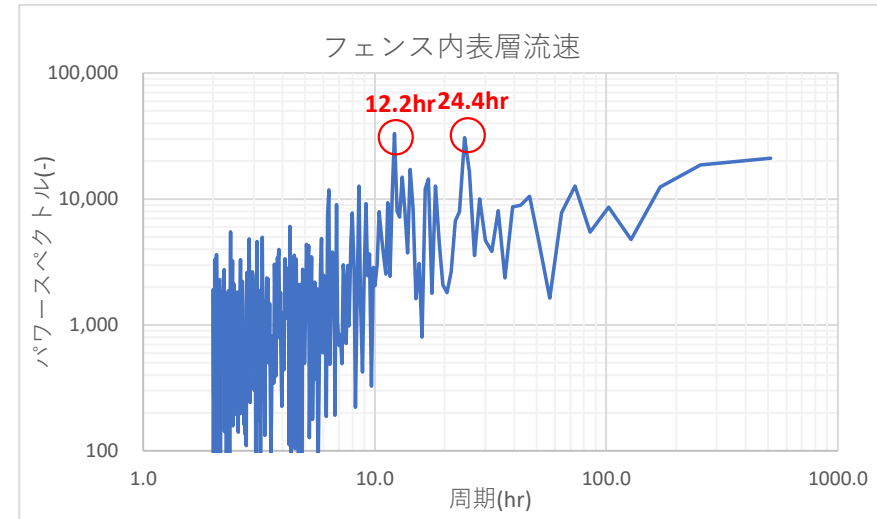
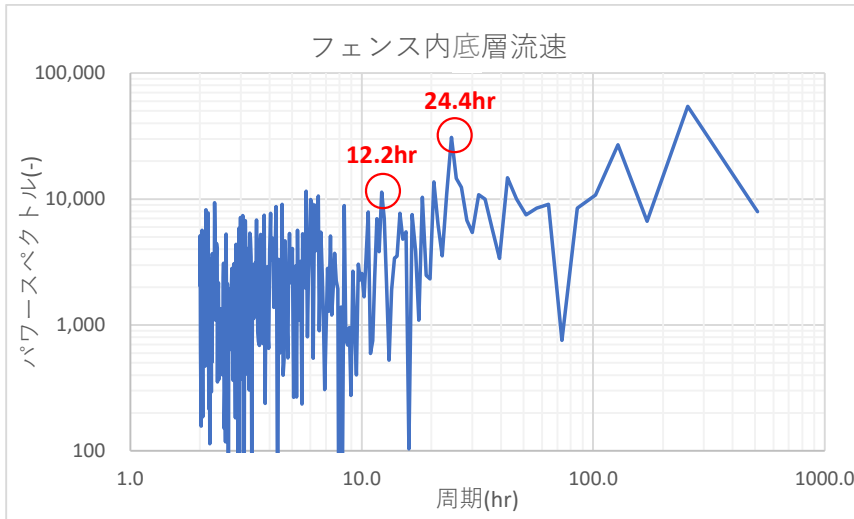


※ グレー箇所箇所はポンプ導水を実施

フェンス内の流速と風速・潮汐の関係

- 2023年の7月20日点検後20日間を対象に流速の周期性を確認した。
- 対象期間の流速を対象にフーリエ解析によりパワースペクトルを算出した。
- フェンス内外で約12、24時間の周期が卓越。流速は潮汐の影響を受けていると考えられる。

【2023】流速(フェンス内)



【2023】流速(フェンス外)

