

中海自然再生協議会設立 15周年記念シンポジウム

第2部 窪地の環境修復

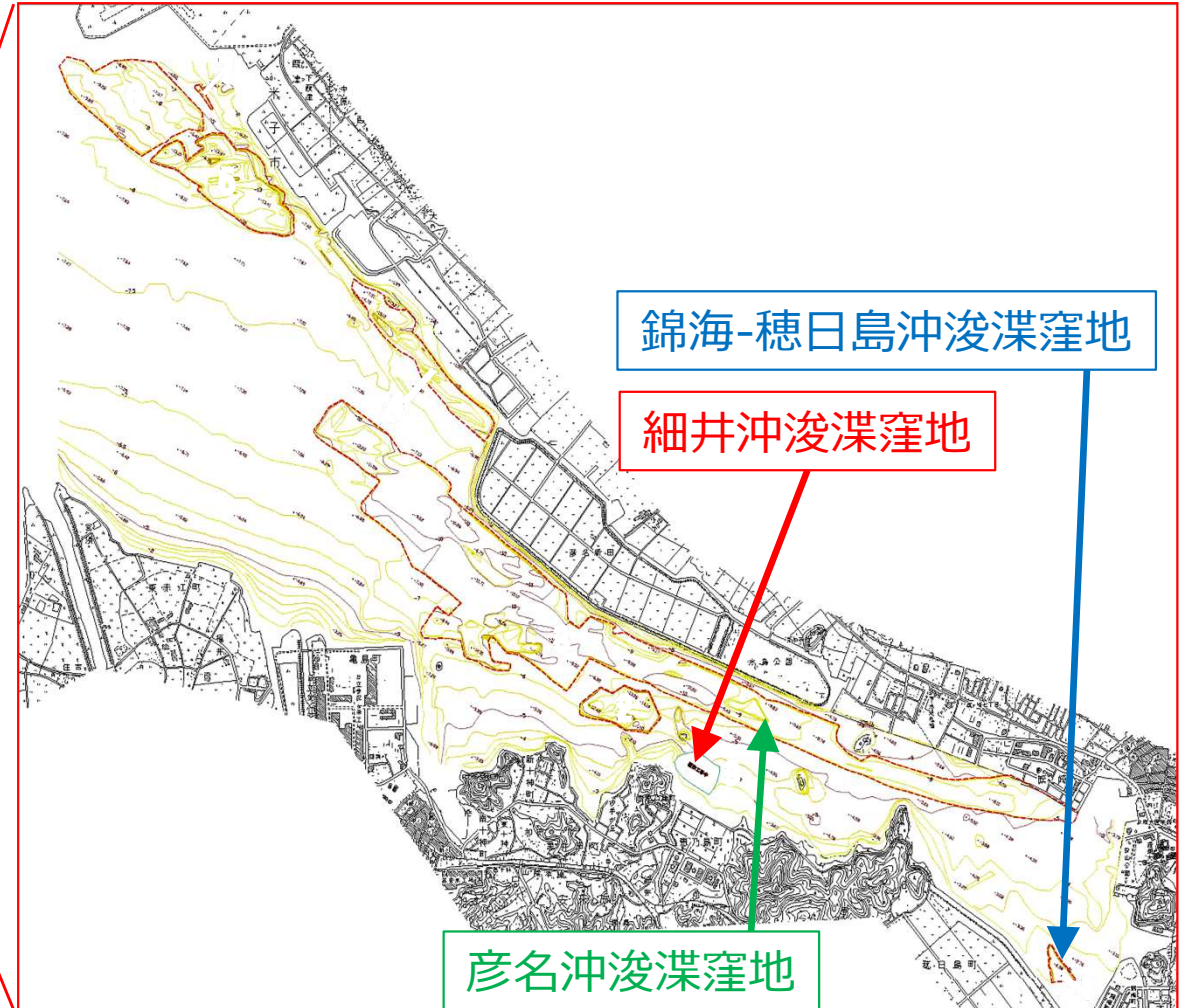
中海錦海穂日島沖浚渫窪地の埋め戻し
による水質・底質の影響について

米子高専 総合工学科(化学・バイオ部門)
藤井貴敏

錦海穂日島浚渫窪地について

窪地の位置関係

- ・錦海穂日島沖浚渫窪地（鳥取県米子市錦海町沖，島根県安来市穂日島町沖）



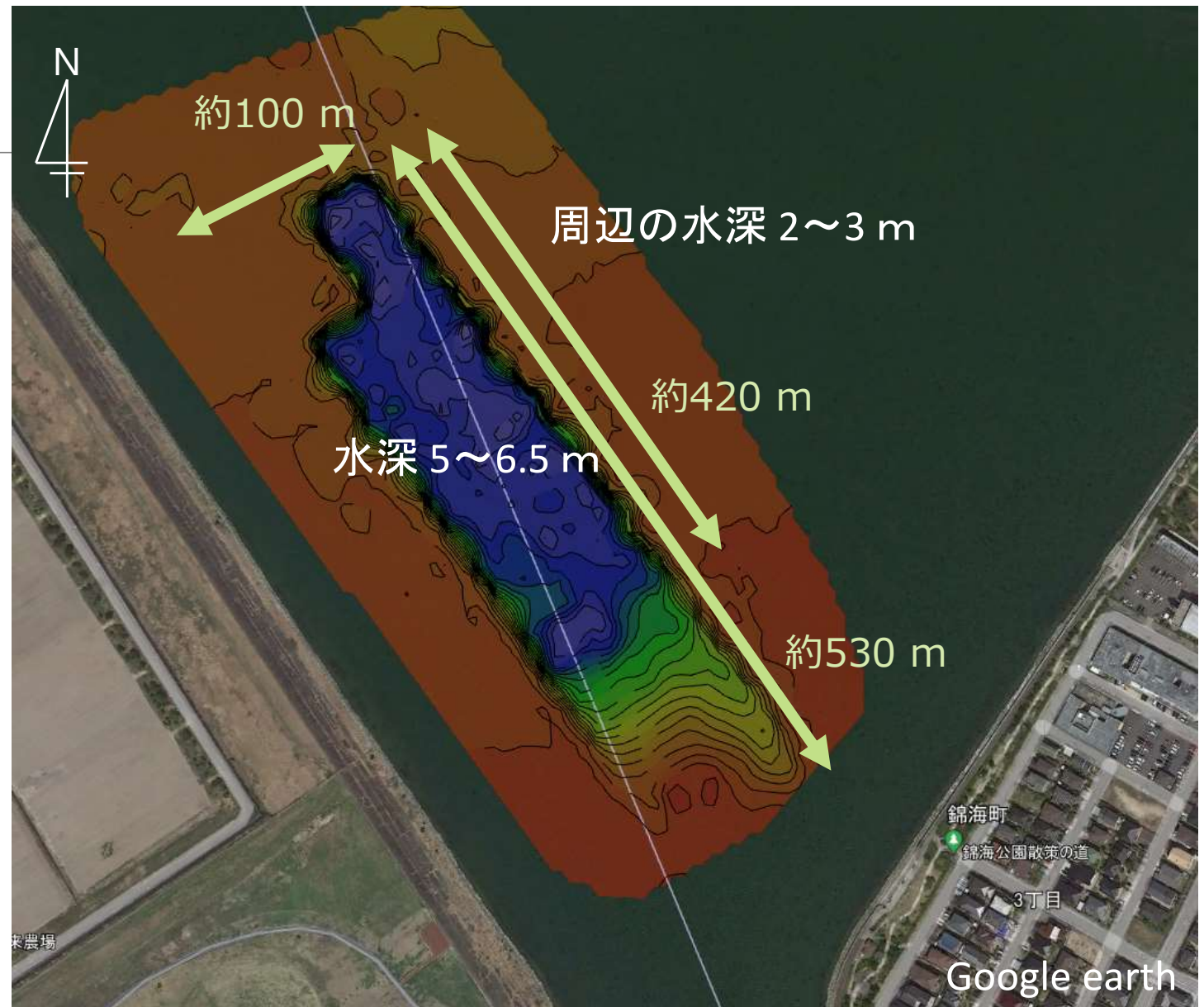
錦海穂日島浚渫窪 深浅図2013年以前

錦海-穂日島沖浚渫窪地

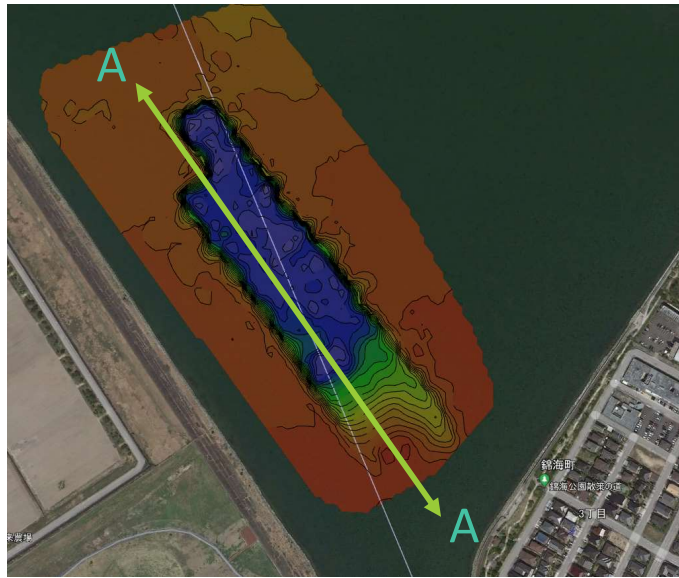
窪地面積：約43,000 m²

窪地水深：3.5～6.5 m

周辺水深：2～3 m



錦海穂日島浚渫窪 覆砂事業



- 貧酸素や無酸素状態の水塊
- 有機物を多く含む堆積物が存在
- 水の循環が起こりにくいため、栄養塩や硫化水素が蓄積

◎2012～2013年の覆砂で、浚渫窪地から栄養塩、硫化水素の溶出を抑制を期待。

【2013年度実施】

H i ビーズ : 30,000 m³

(窪地全面を覆砂, t=70 cm (傾斜部20 cm))

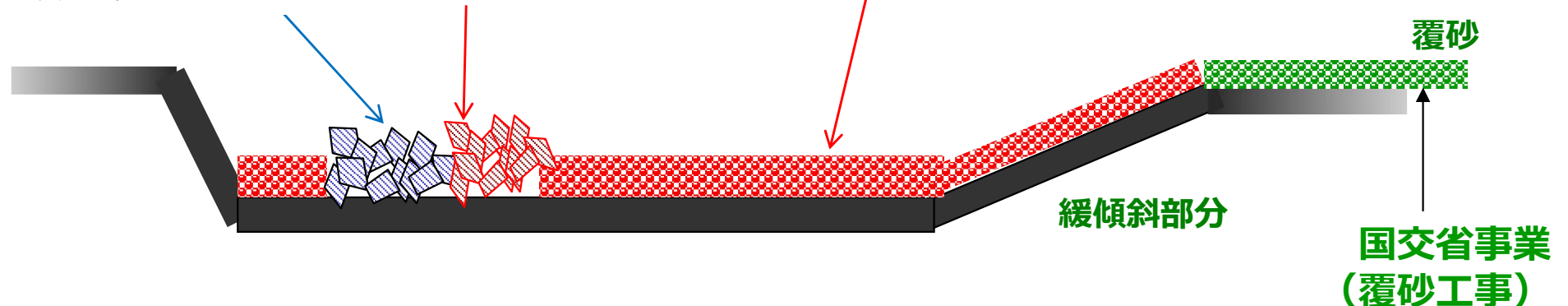
A-A断面図

【2012年度実施】

H i ビーズ・ロック : 200 m³

【2013年度実施】

H i ビーズ・ロック : 1200 m³



覆砂効果2013年～2017年

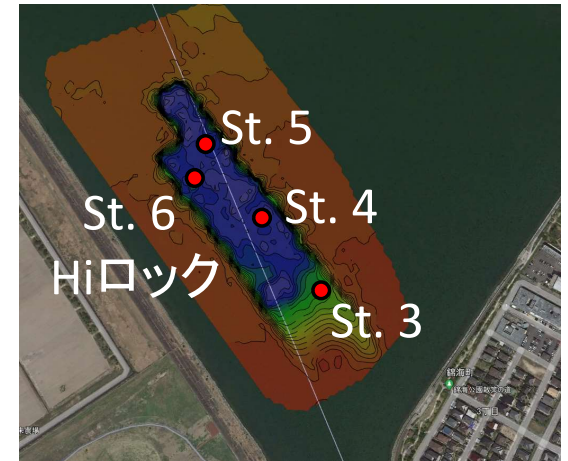
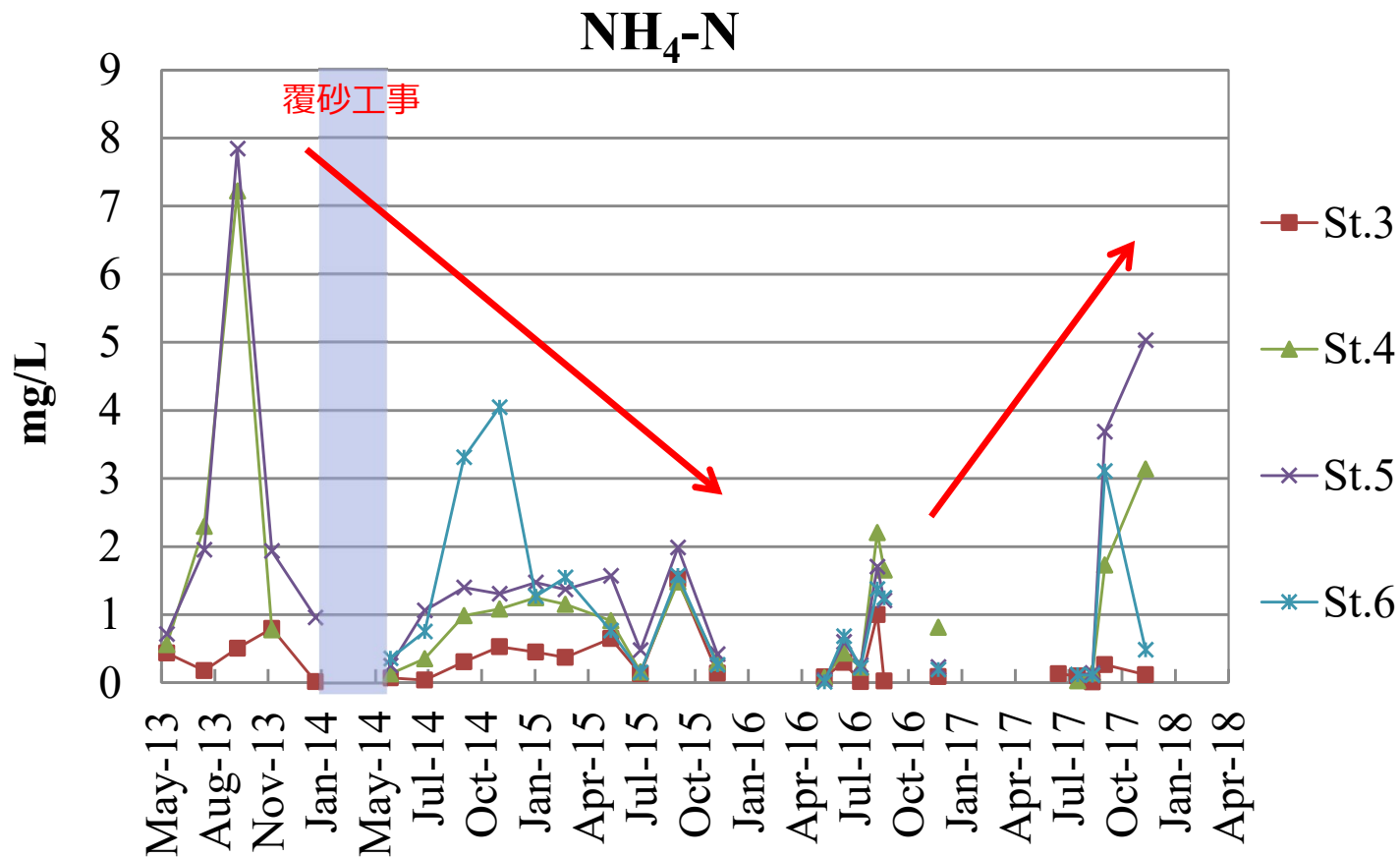


図 窪地内の直上水(湖底から50 cm)のアンモニア態窒素濃度

- ・2012～2013年の覆砂で、浚渫窪地からアンモニア態窒素濃度が減少
- ・2017年以降に増加傾向を確認

覆砂効果2013年～2017年

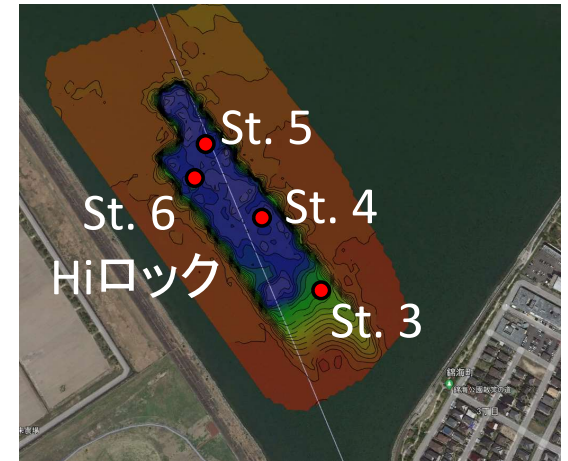
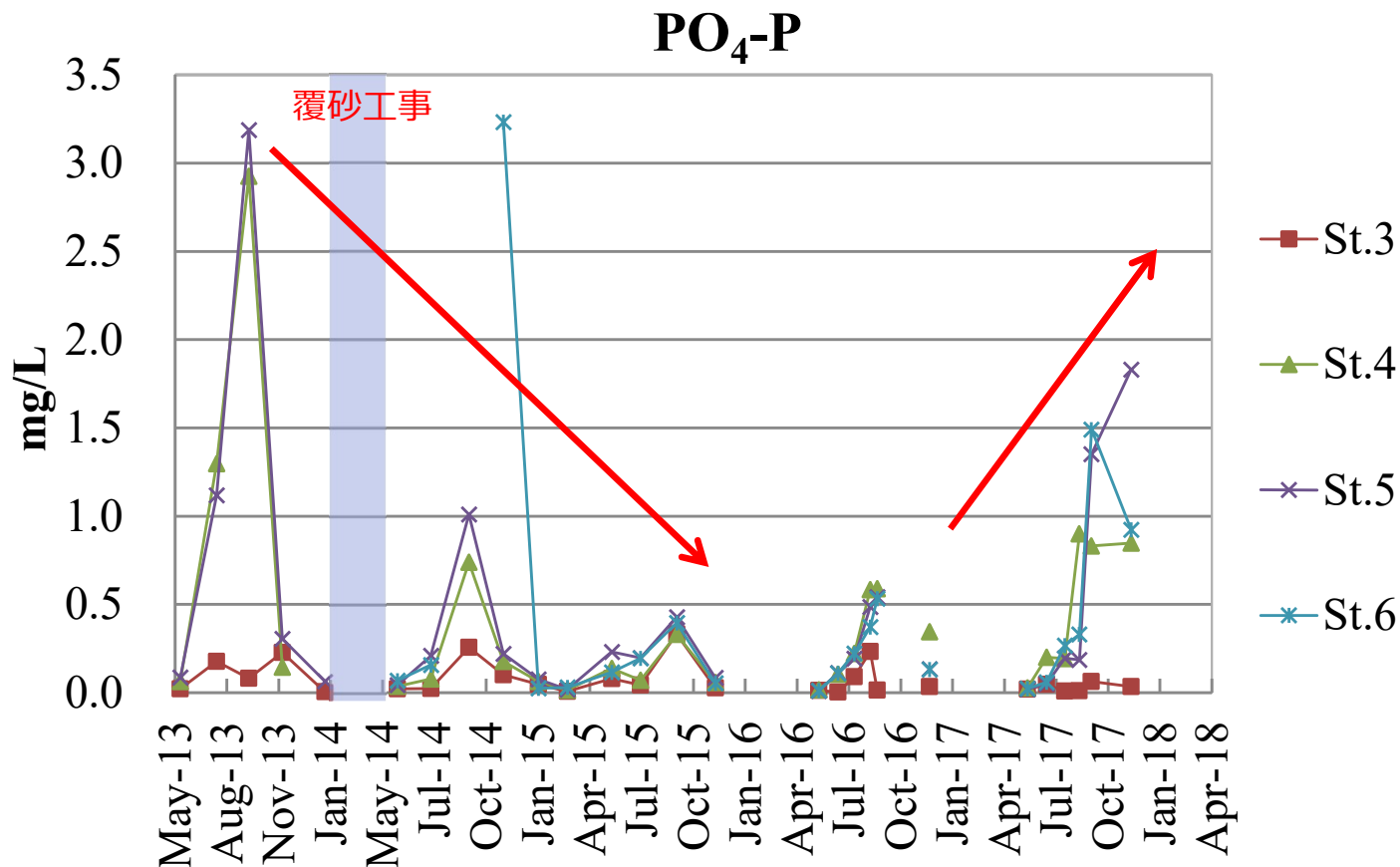


図 窪地内の直上水(湖底から50 cm)のリン酸態リン濃度

- ・2012～2013年の覆砂で、浚渫窪地からリン酸態リン濃度が減少
- ・2017年以降に増加傾向を確認

覆砂効果2013年～2017年

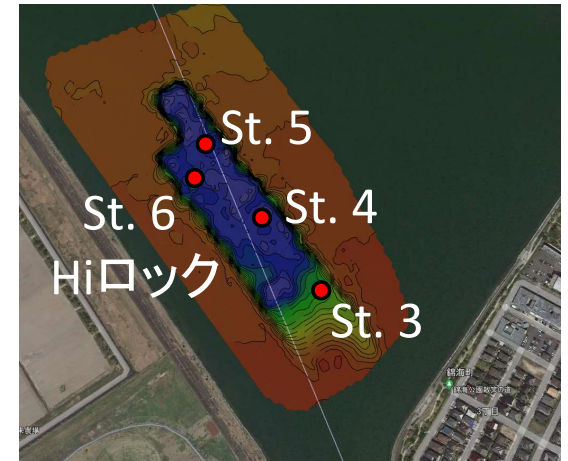
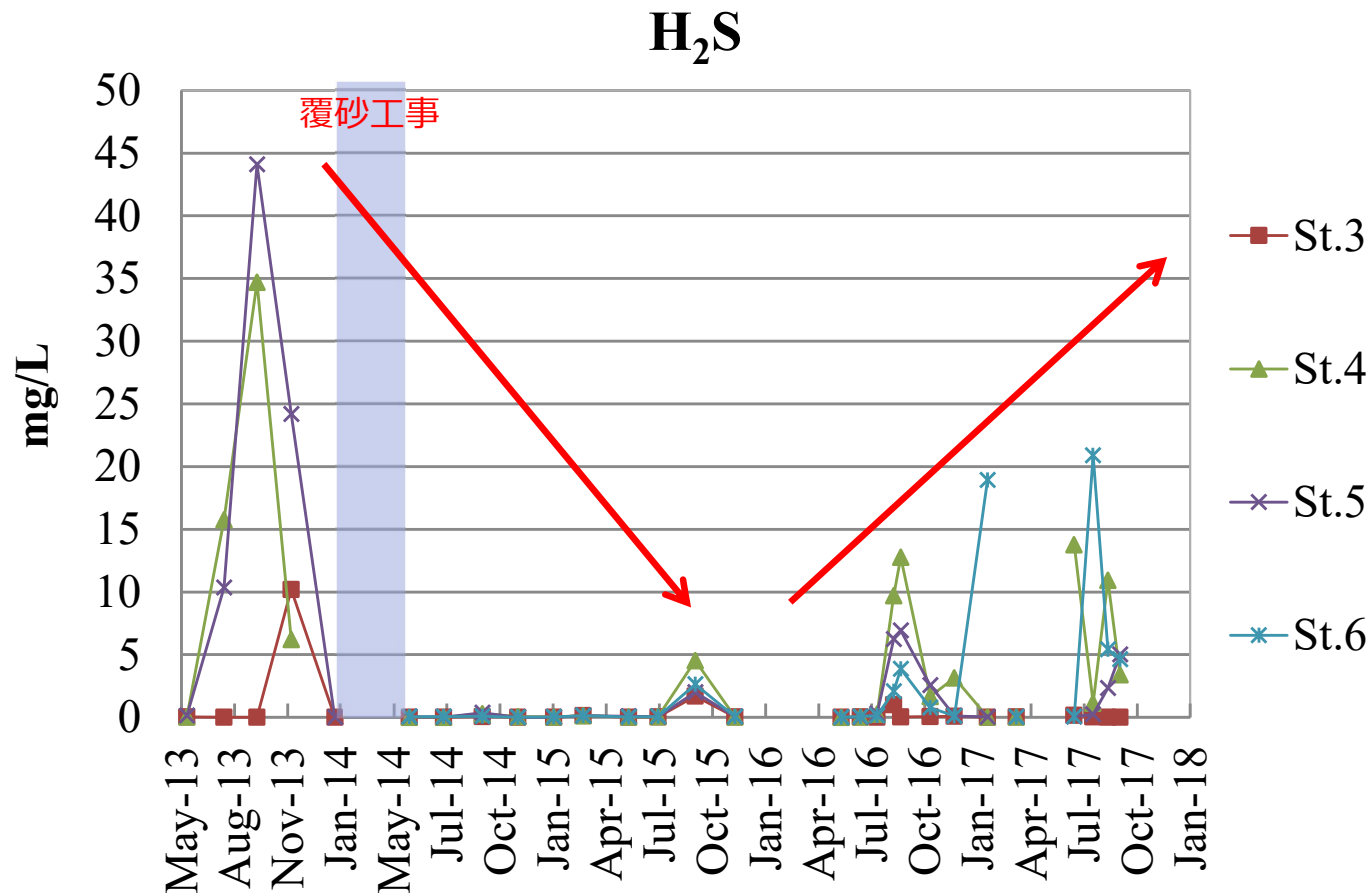


図 窪地内の直上水(湖底から50 cm)の硫化水素濃度

- ・2012～2013年の覆砂で、浚渫窪地から硫化水素濃度が減少
- ・2017年以降に増加傾向を確認

覆砂効果のまとめ2013年～2017年

栄養塩（ $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ ）、硫化水素の直上水濃度

- ・2012～2013年の覆砂で、浚渫窪地内の濃度が減少
- ・2017年（覆砂後3年）以降に増加傾向

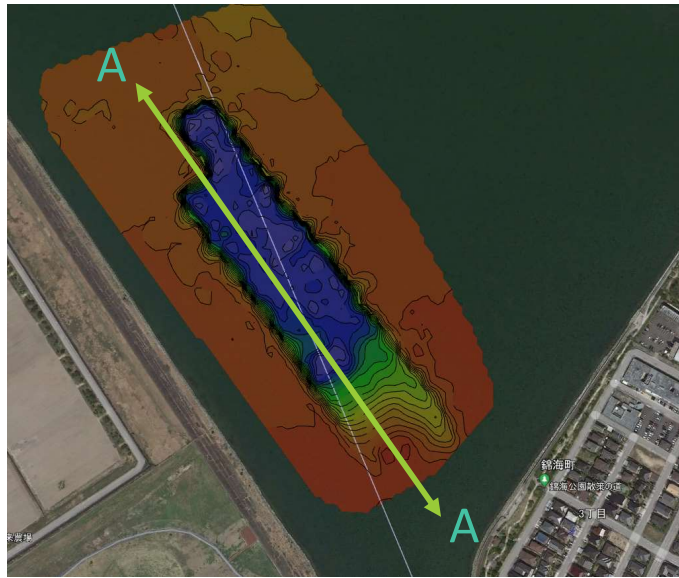
2015年～2018年の窪地内の浮泥堆積速度：約1.2 cm/年
堆積泥の多い地点では約14 cm

Hiビーズ上に堆積した浮泥から、栄養塩および硫化水素が溶出している可能性。

窪地外の浮泥堆積速度は約0.3 cm/年であることから、周囲を同じ深さまで埋め戻すことで、堆積泥が溜まりにくくなる。

栄養塩および硫化水素の発生を長期間抑制することができると期待。

錦海穂日島浚渫 埋め戻し事業



2013年の覆砂から3年以降～
Hiビーズ上に堆積した浮泥から、
栄養塩および硫化水素が溶出している可能性

◎周囲を同じ深さまで埋め戻すことで、
浮泥堆積速度の低下
栄養塩、硫化水素の長期的な溶出抑制を期待。

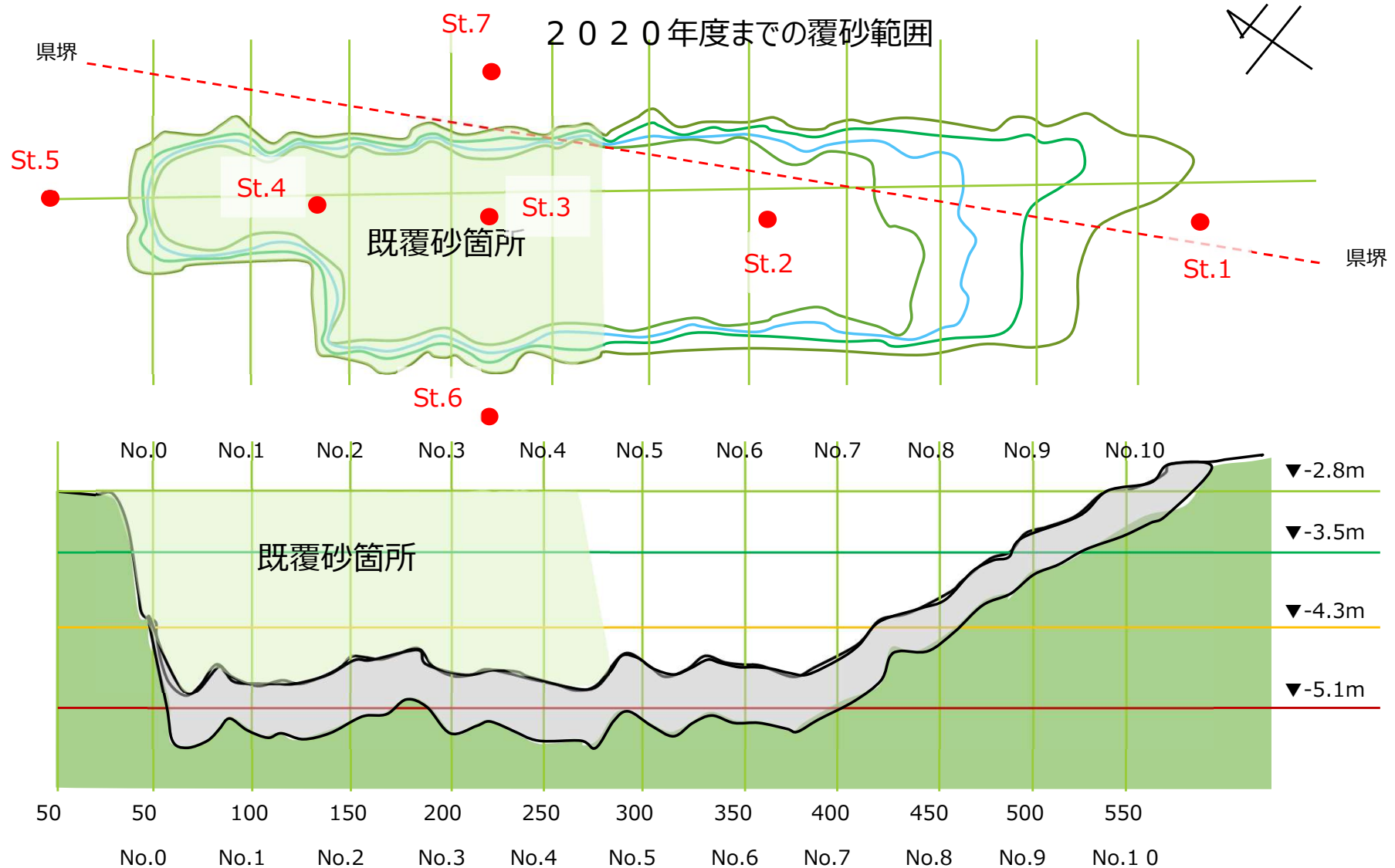
A-A断面図



錦海穂日島浚渫 埋め戻し事業

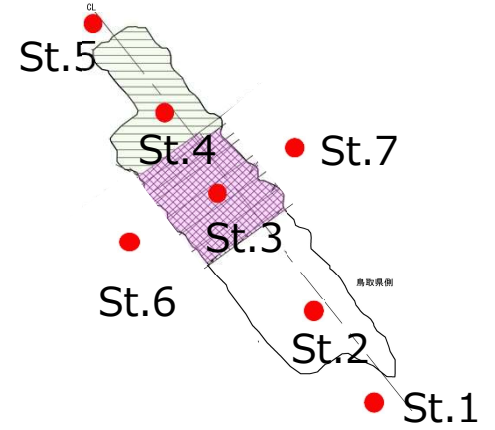
施工：2019.12-2020.3
2020.12-2021.3

窪地の2/4を埋め戻した

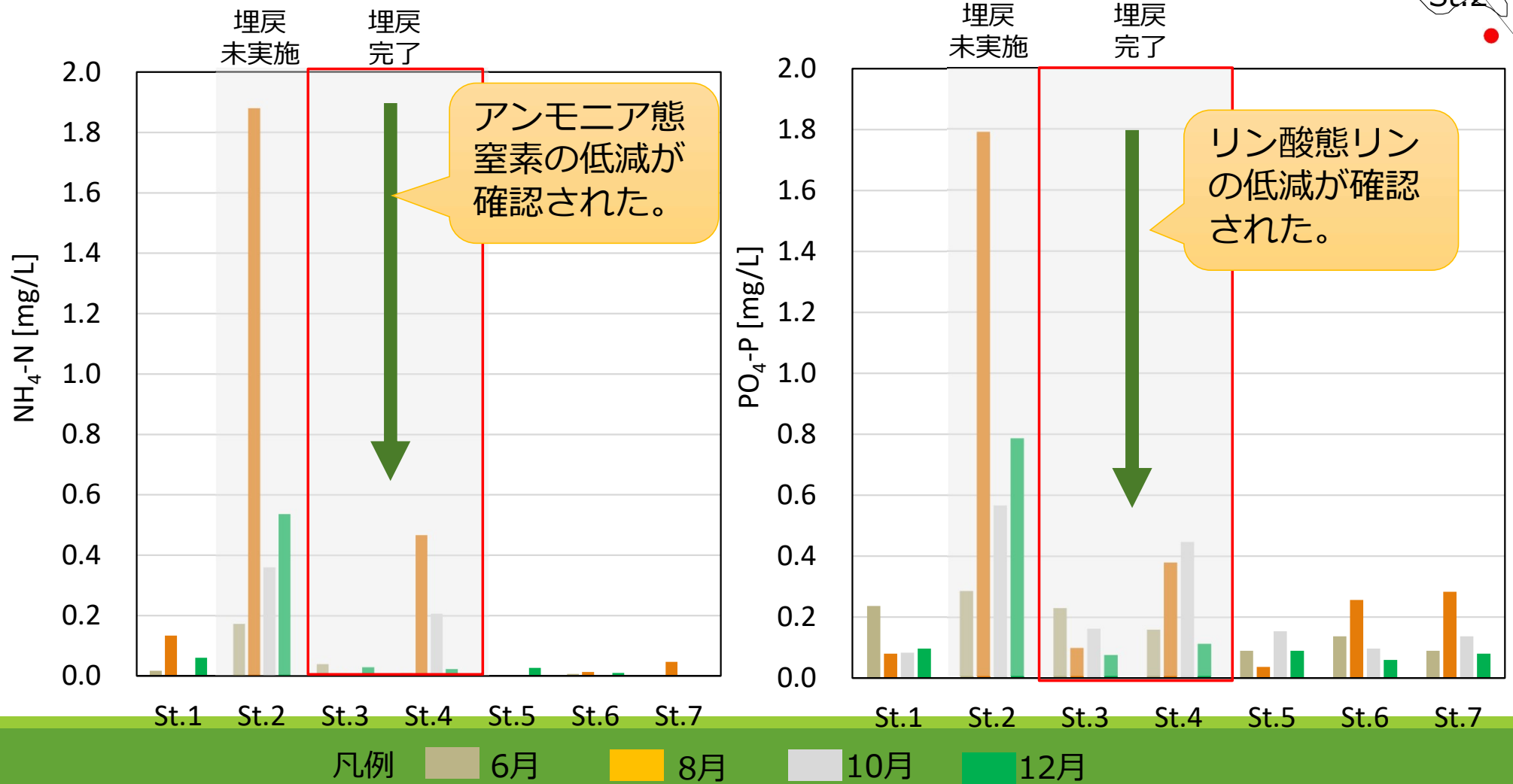


各地点湖面直上の栄養塩濃度の変化

窪地の2/4を埋戻

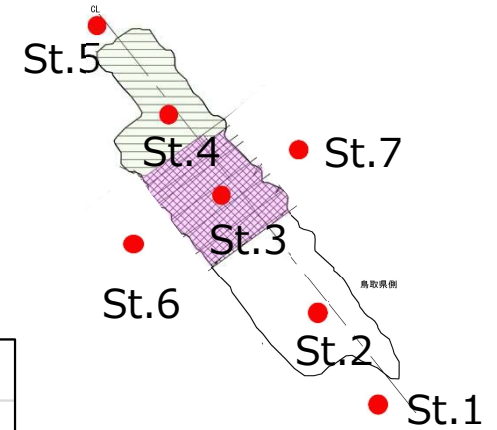


・埋戻完了区(St.3,4)は窪地(St.2)と比較し、アンモニア態窒素およびリン酸態リンの溶出がHiビーズにより抑制されている。

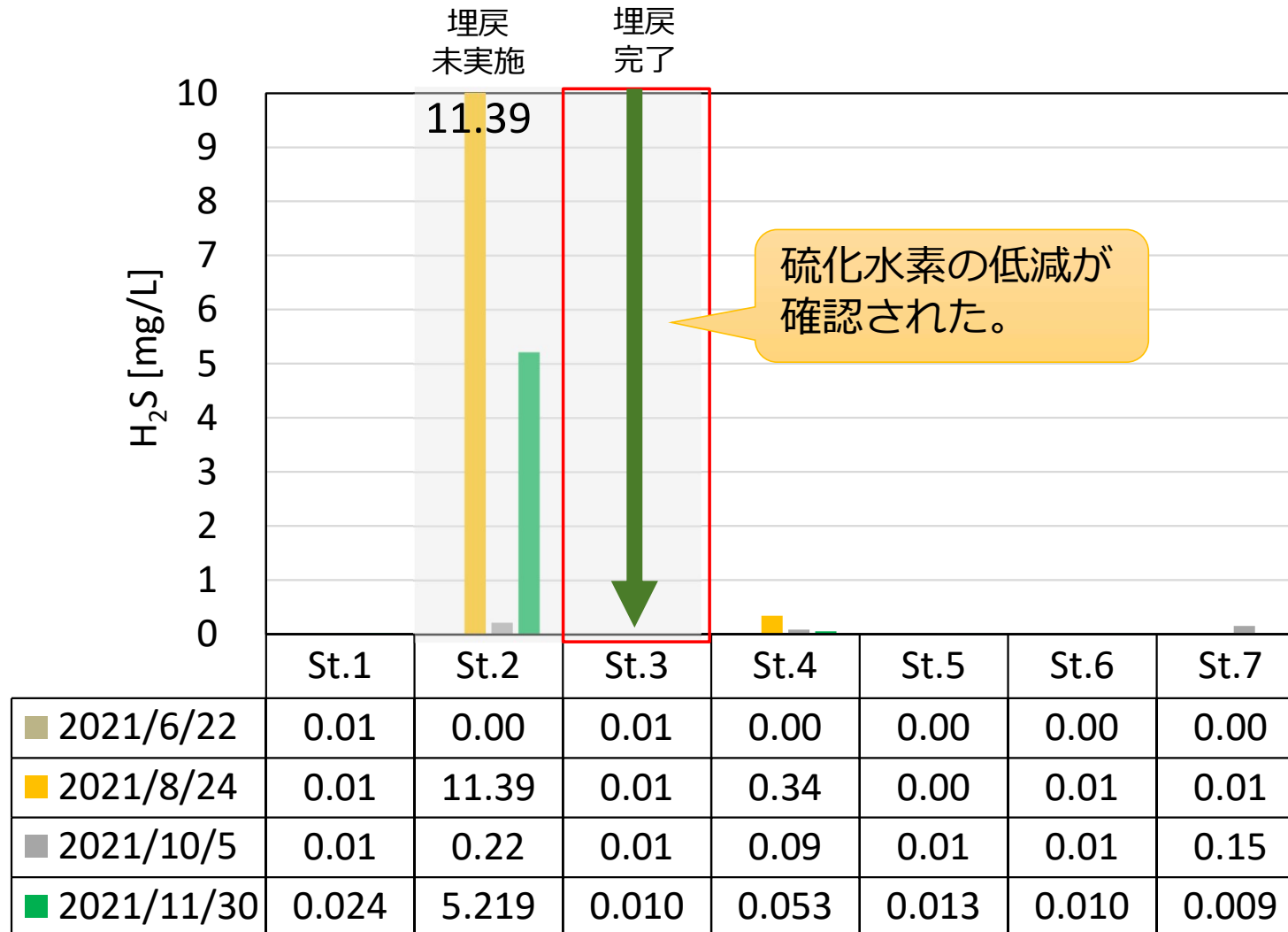


各地点湖面直上の硫化水素濃度の変化

・埋戻完了区(St.3,4)は窪地(St.2)と比較し、硫化水素の溶出がHiビーズにより抑制されている。

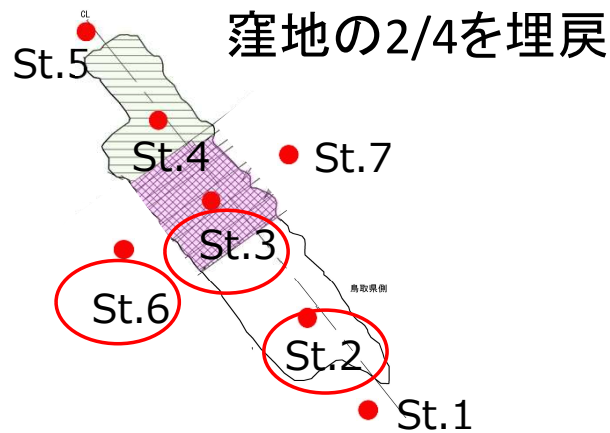


窪地の2/4を埋戻



凡例 6月 8月 10月 12月

溶出速度の算出(チャンバー試験)



埋戻未実施(St.2)
埋戻完了(St.3)
在来中海湖底(St.6)

チャンバーを現地の湖底に設置。



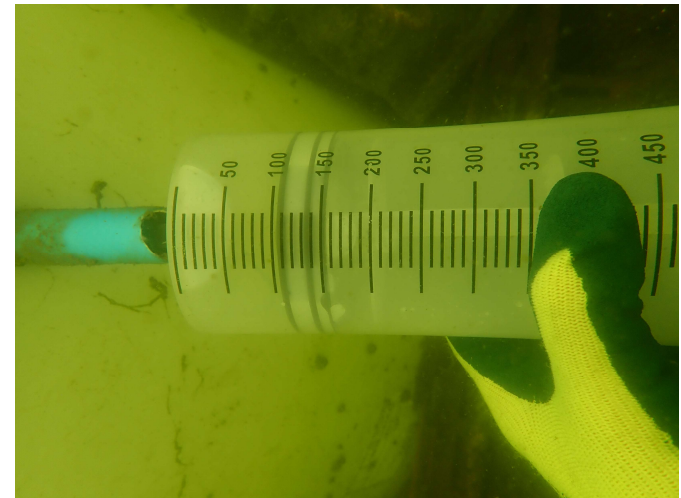
採水穴から潜水により
シリンジで内部の水を採取。

図 チャンバーの外観

$$\text{溶出速度} = \frac{(\text{2週間後のチャンバー内の濃度} - \text{初日の濃度}) \times \text{チャンバー体積}}{\text{チャンバー底面積} \times \text{2週間}}$$

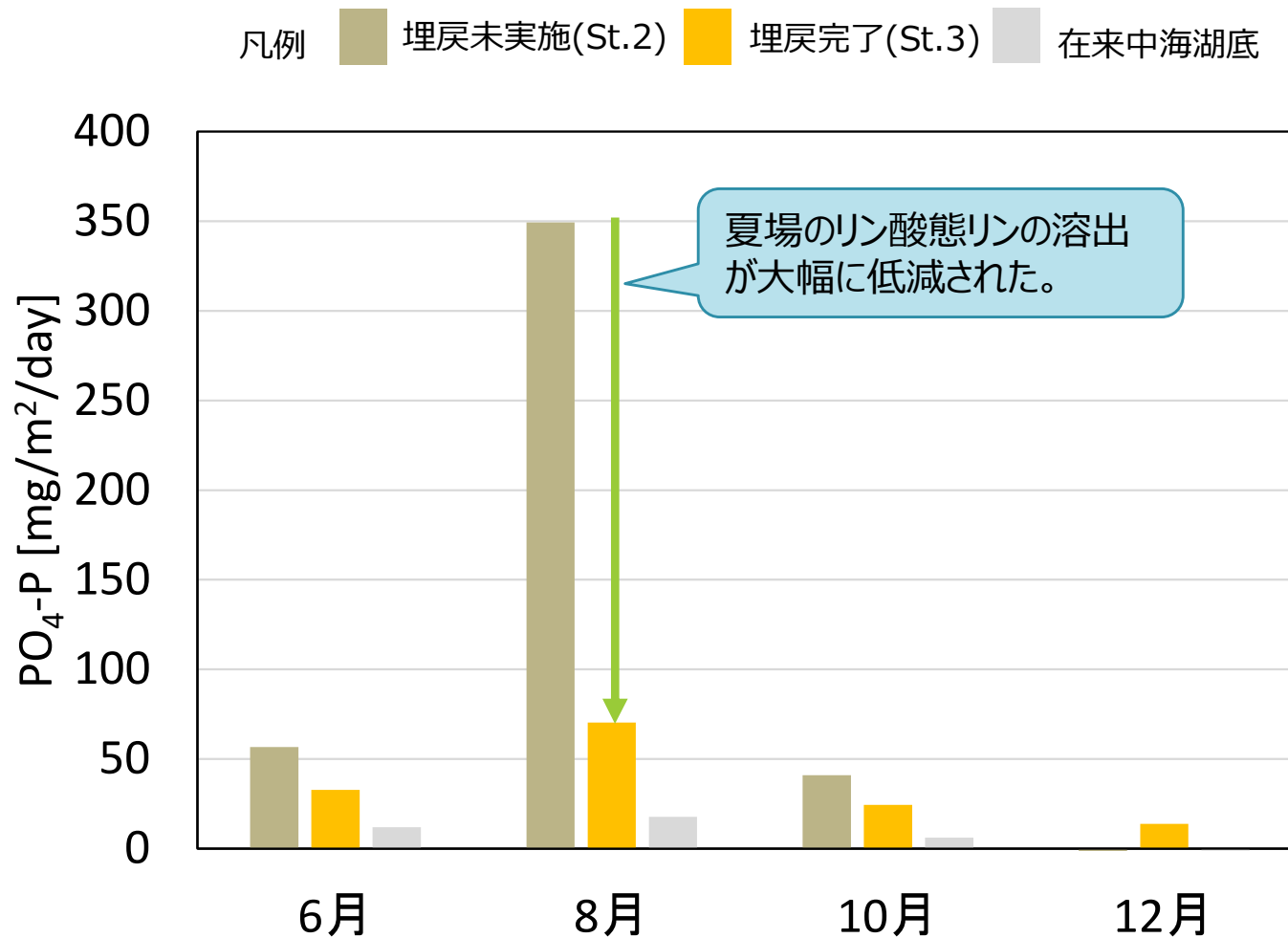
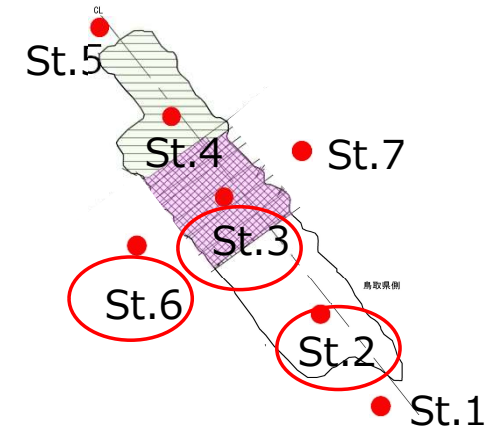
(mg/m²/day)

現地に設置したチャンバーの様子



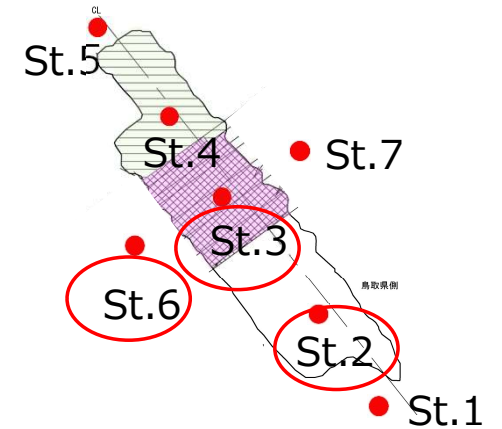
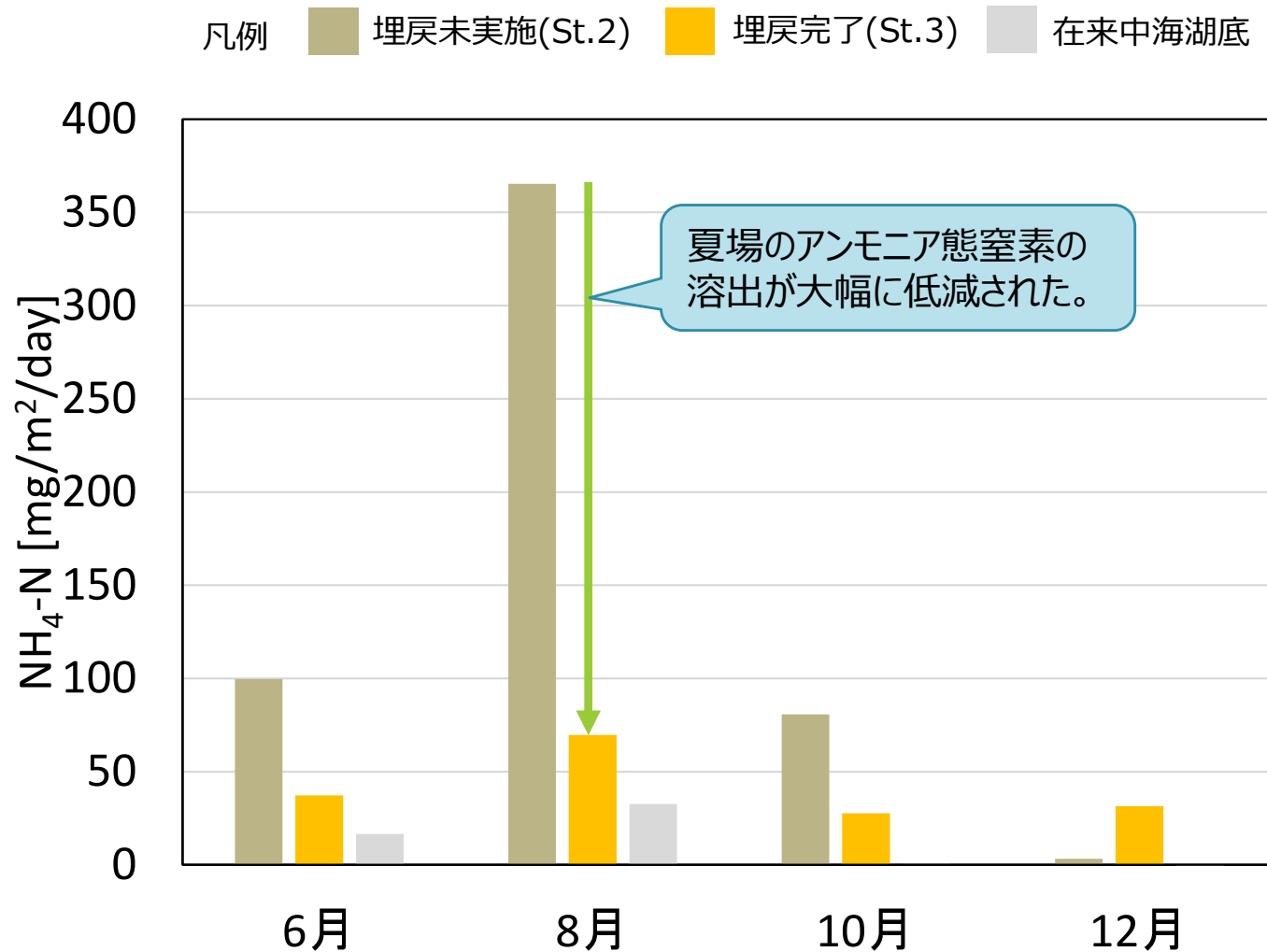
溶出速度 (PO₄-P) 2021年

- ・Hiビーズによる埋戻完了区St.3は、埋戻未実施の窪地St.2と比較してリン酸態リンの溶出が大幅に抑制されている。



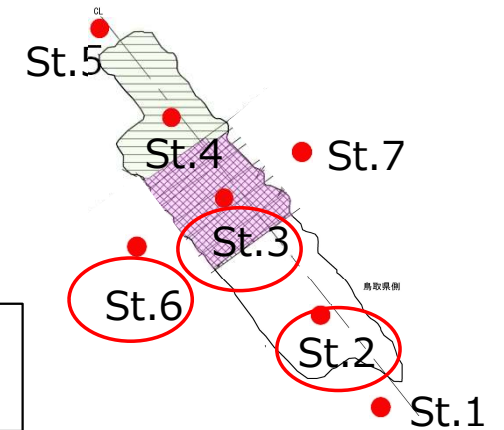
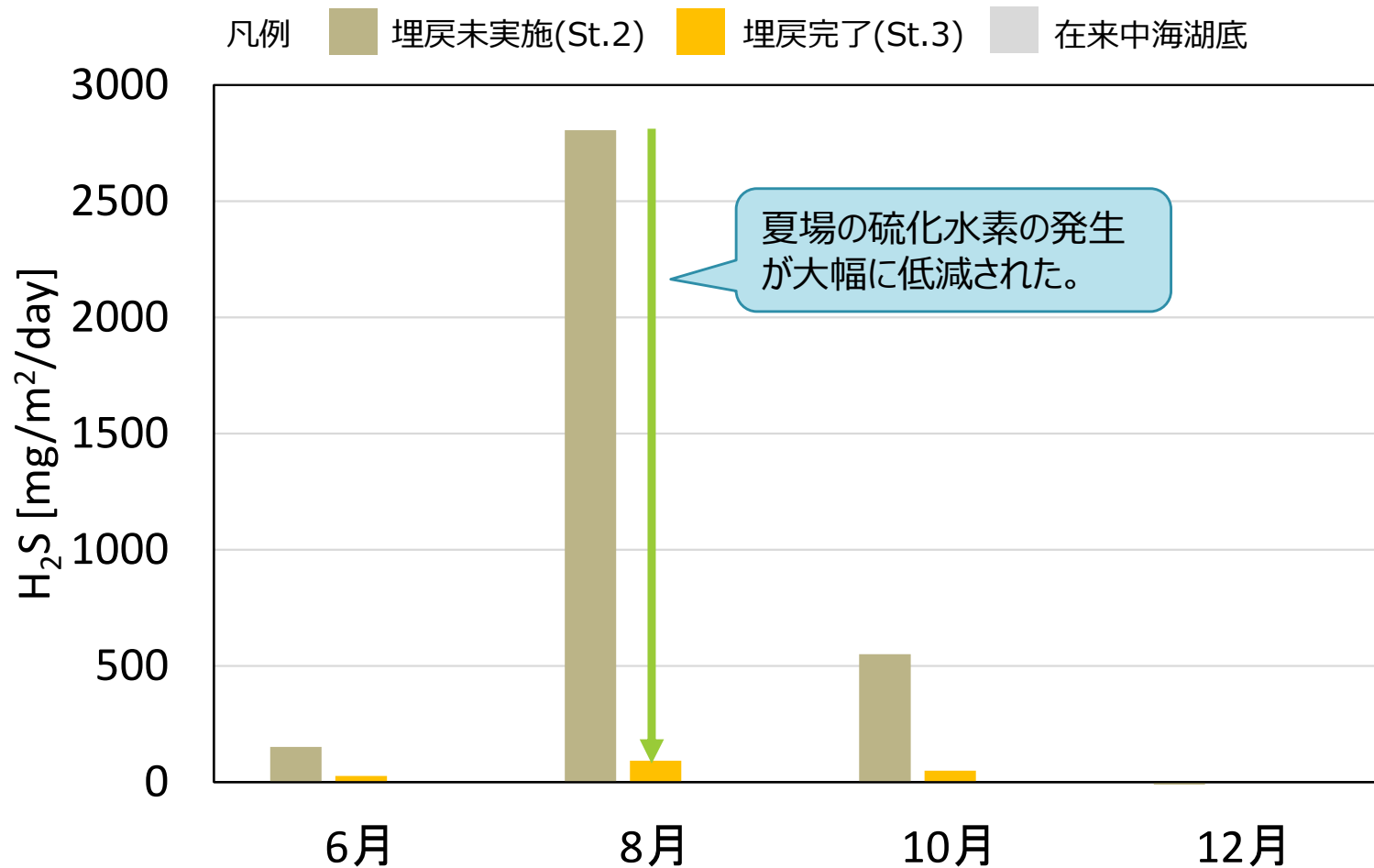
溶出速度 (NH₄-N) 2021年

- ・Hiビーズによる埋戻完了区St.3は、埋戻未実施の窪地St.2と比較してアンモニア態窒素の溶出が大幅に抑制されている。



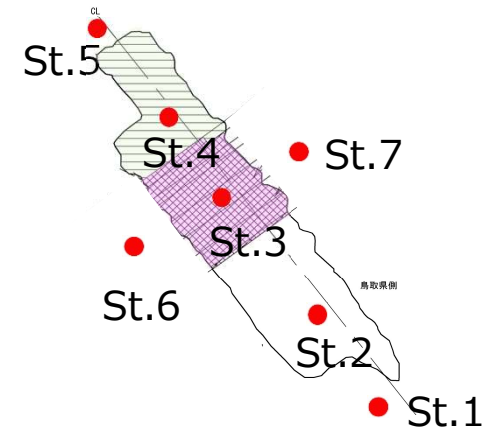
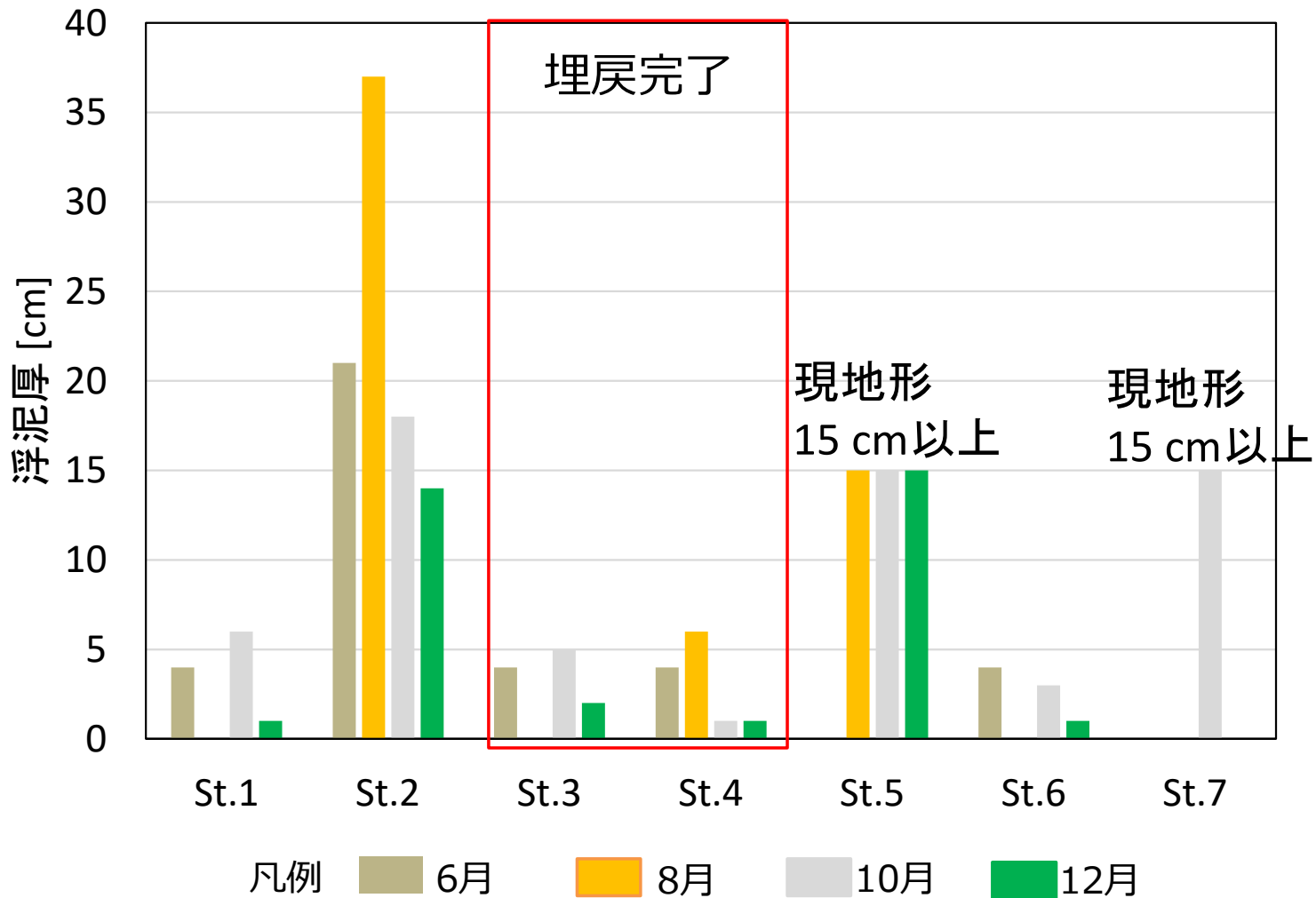
溶出速度 (H₂S) 2021年

- 埋戻未実施の窪地St.2は浮泥堆積の影響により夏季の硫化水素溶出が著しい。
- Hiビーズによる埋戻完了区St.3は、埋戻未実施の窪地St.2と比較して硫化水素の溶出が大幅に抑制されている。



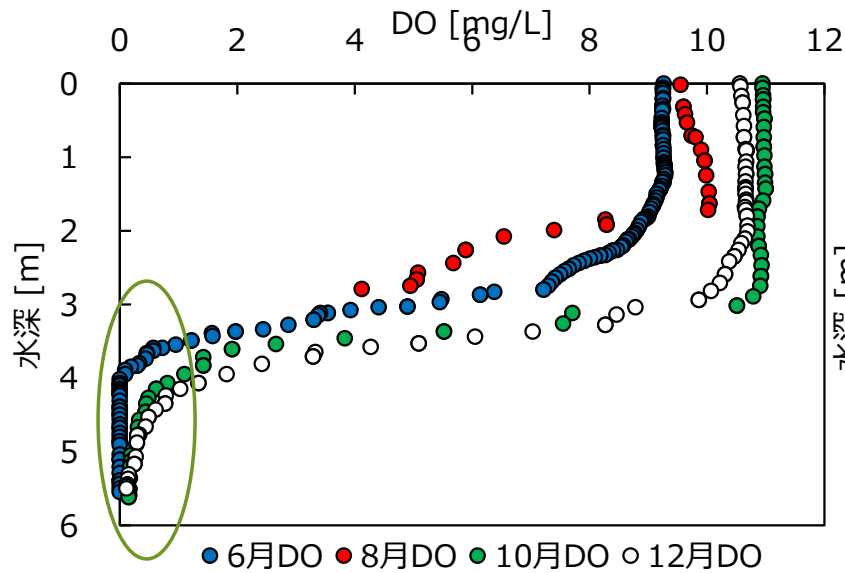
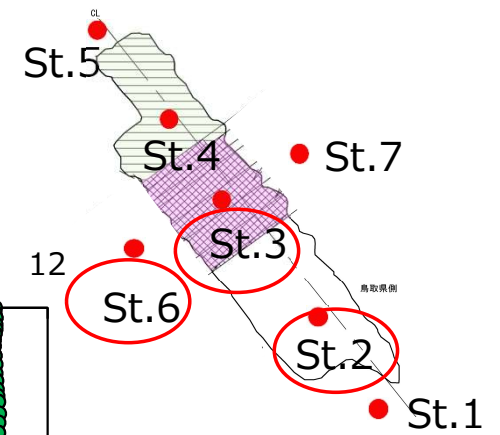
浮泥厚 2021年

浮泥は埋め戻しが完了した地点で6cm以下。
潜水による測定位置にばらつきがある。

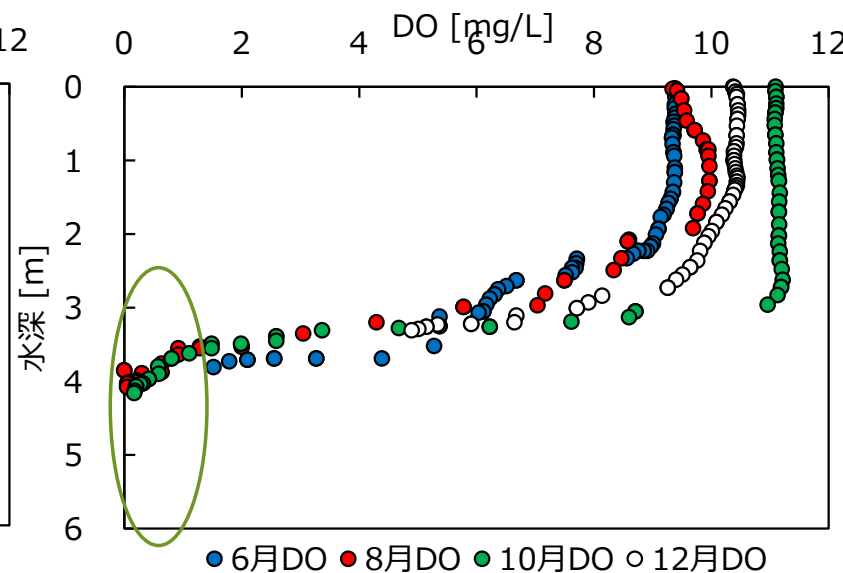


窪地の2/4を埋戻

溶存酸素濃度 2021年



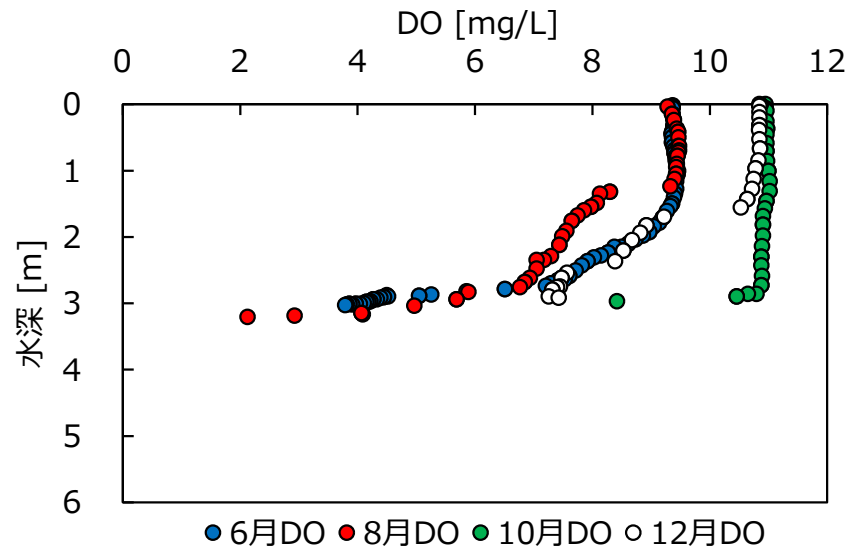
St.2:埋戻未実施



St.3:2020年埋戻完了

St.3は夏季に底層水のDOが低下

堆積泥厚が増え、湖底直上が貧酸素状態になると、栄養塩、硫化水素が発生する可能性。



St.6:窪地外

窪地の2/4を埋め戻した結果のまとめ

Hiビーズにより現地形と同じ水深まで埋戻しを実施した地点は、栄養塩の溶出、硫化水素の発生が抑制された。

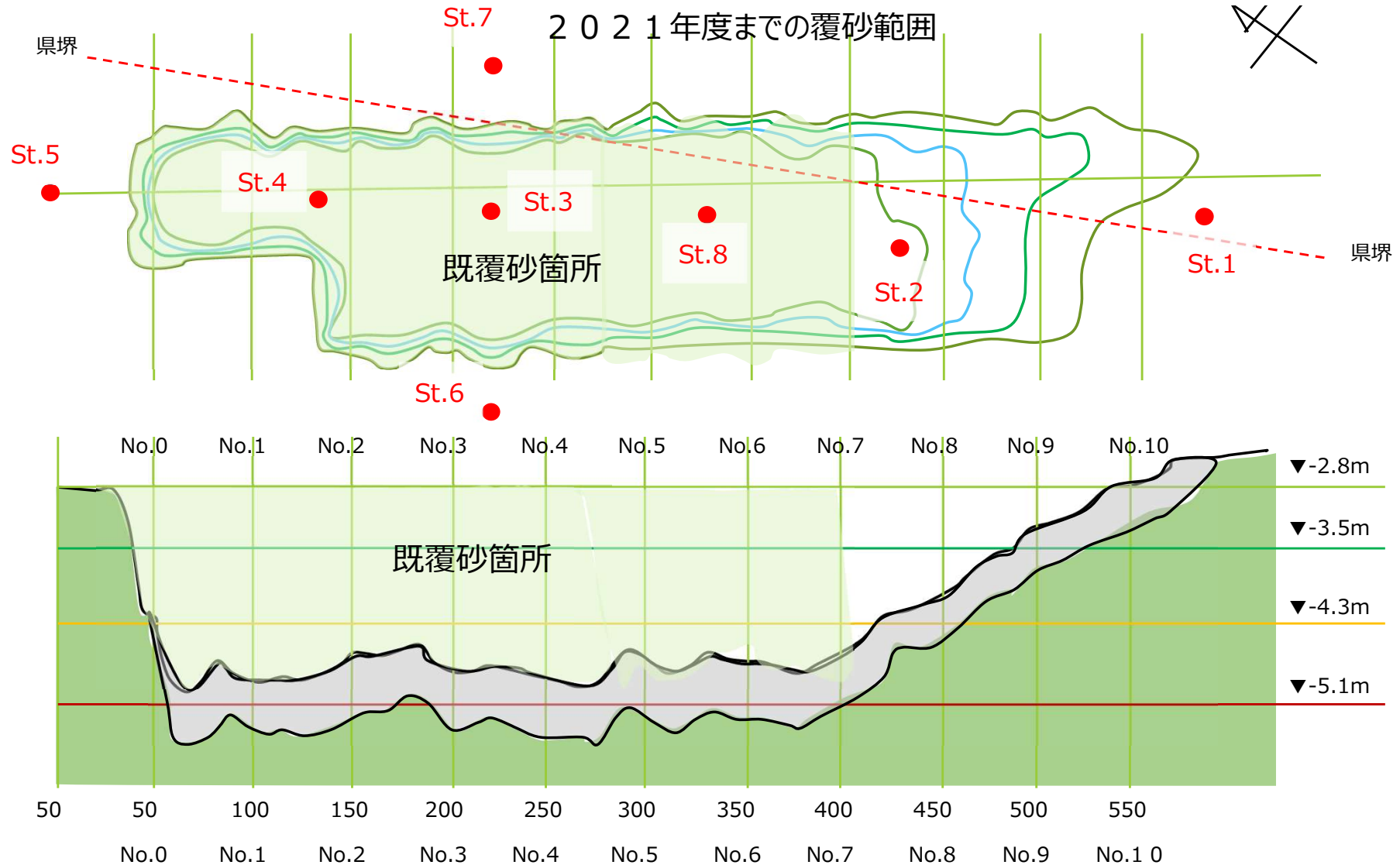
窪地では水深4m以深で季節に関係なく貧酸素状態となるため、窪地を4m以上に埋め戻すことで貧酸素状態を解消できる。

埋戻しが完了した地点の堆積泥厚は6 cm以下である。
Hiビーズ上の堆積物からの栄養塩、硫化水素の溶出は、DO供給が窪地よりも生じやすいため、低く抑えられている。

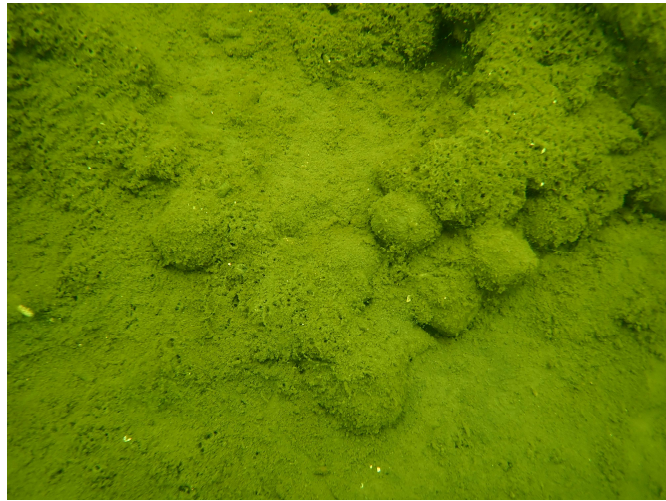
錦海穂日島浚渫 埋め戻し事業

施工：2019.12-2020.3
2020.12-2021.3
2021.12-2022.3

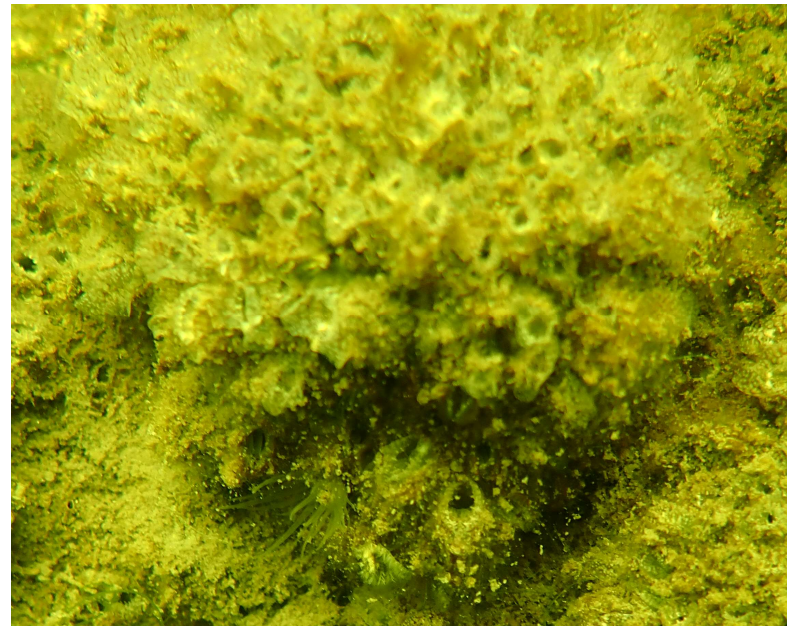
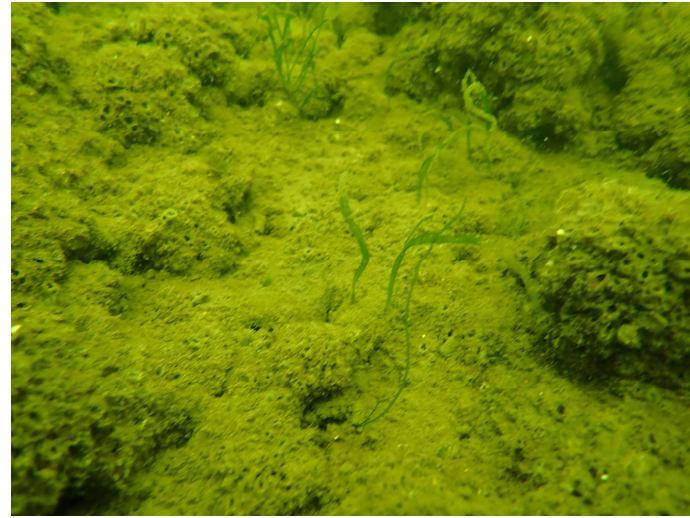
窪地の3/4を埋め戻した



2022年6月調査



Hiビーズ上の堆積物

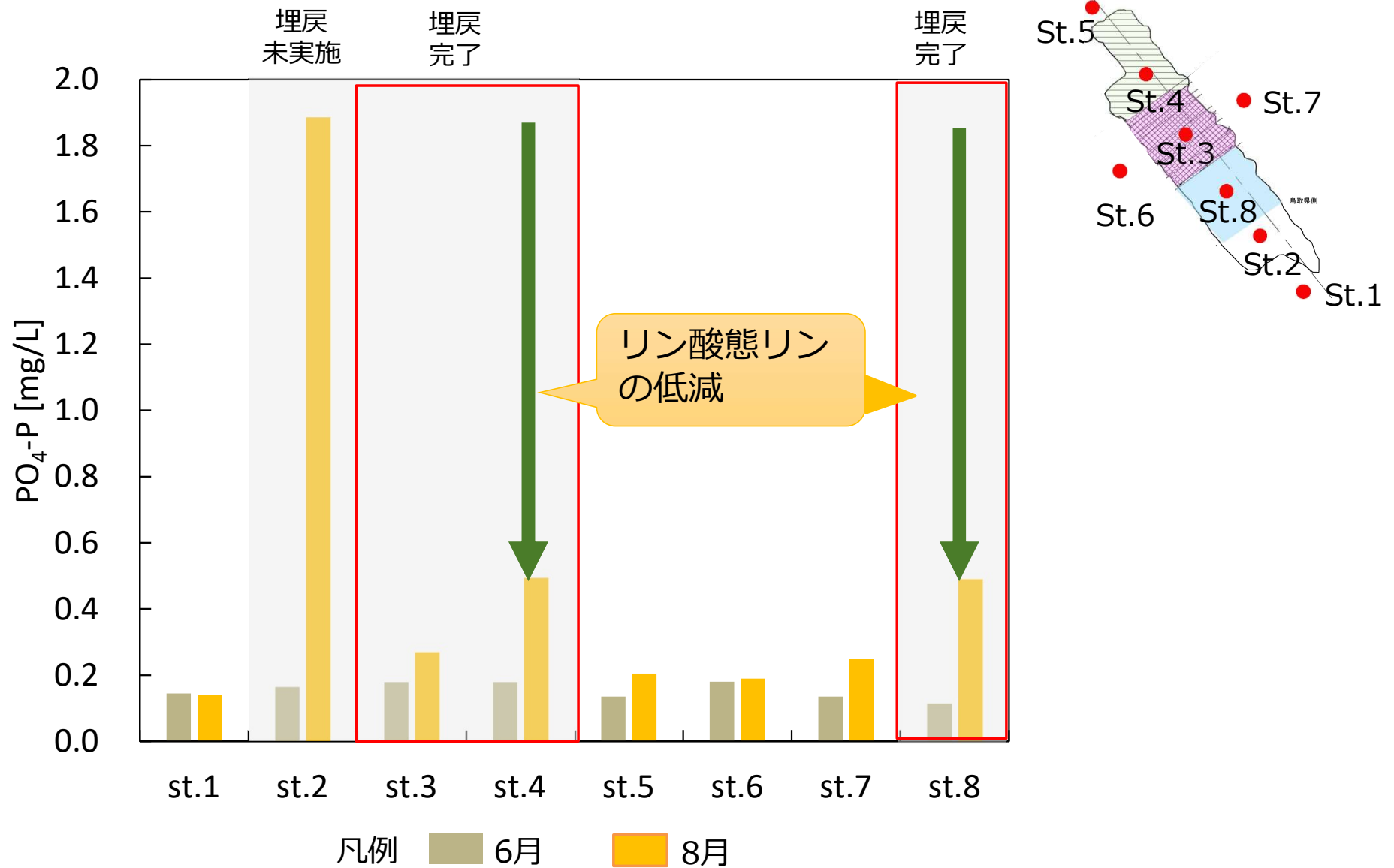


棲管多毛類



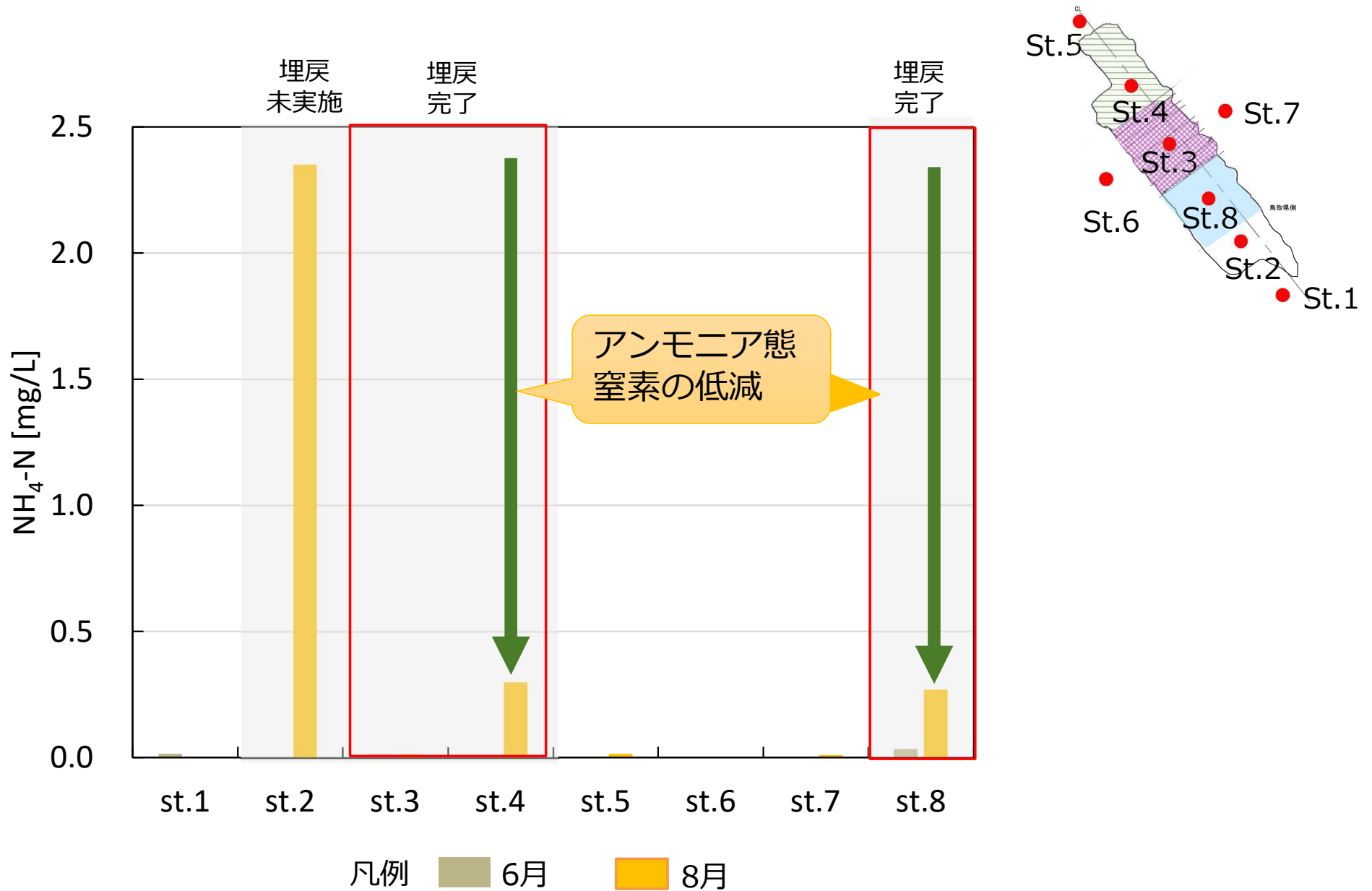
海藻類

各地点湖面直上の栄養塩濃度の変化



・埋戻完了区(St.3,4,8)は窪地(St.2)と比較し、リン酸態リンの溶出がHiビーズにより抑制されている。

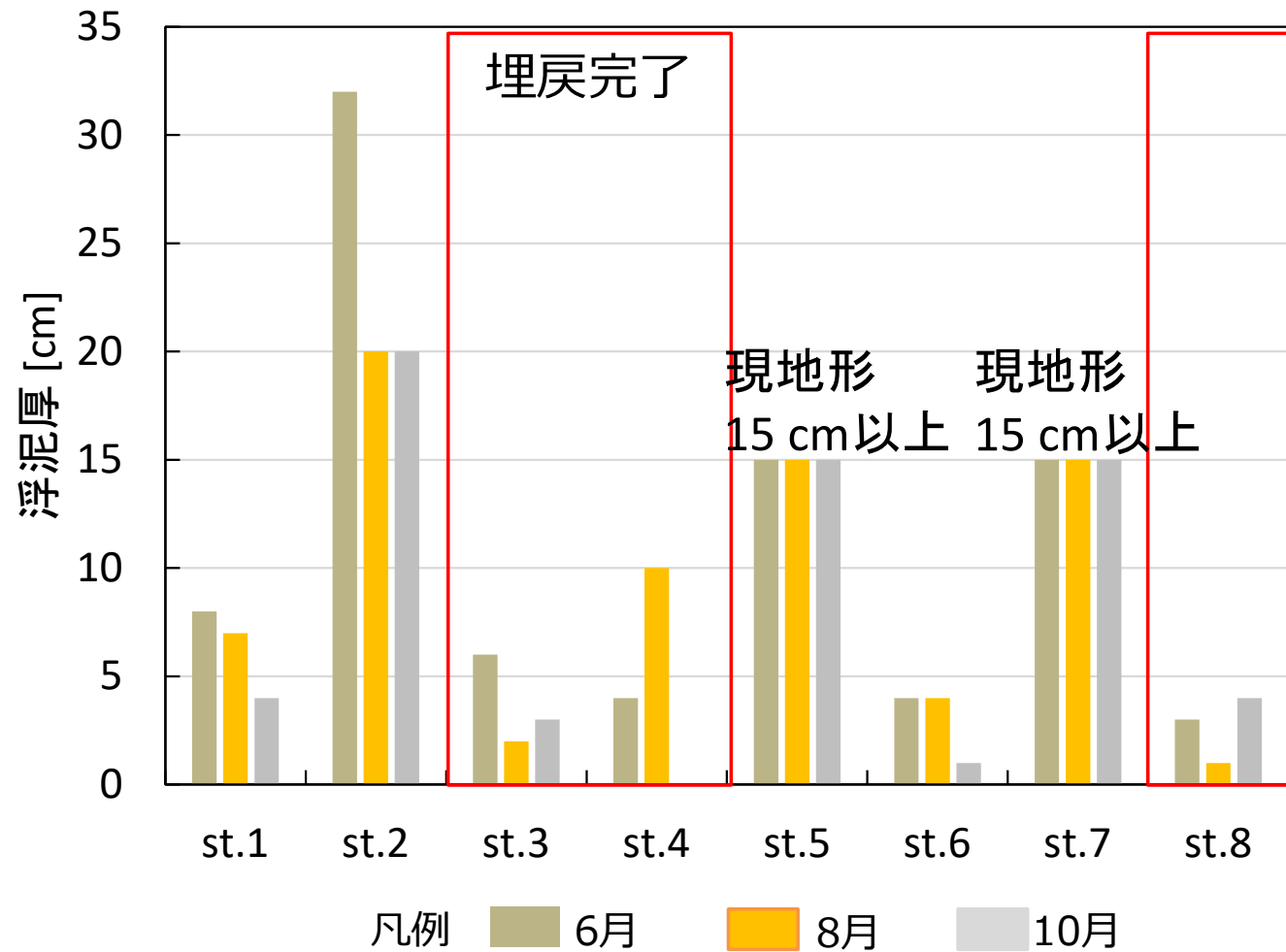
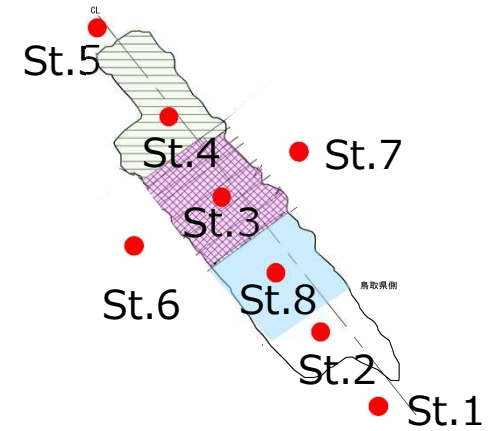
各地点湖面直上の栄養塩濃度の変化



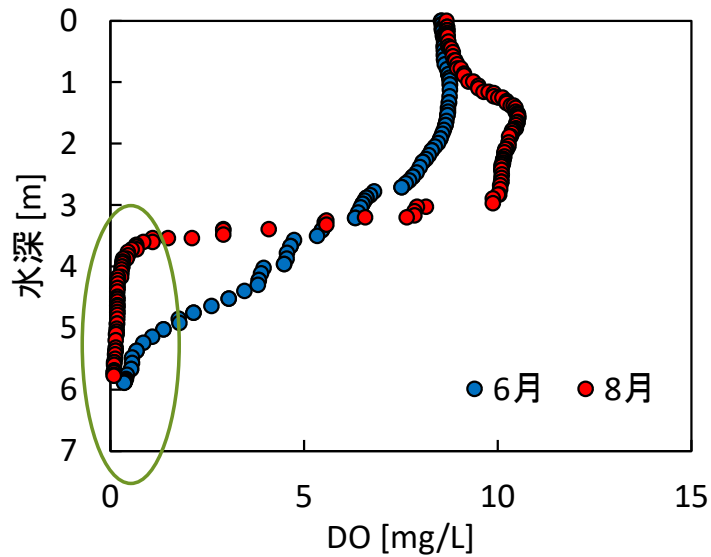
- 埋戻完了区(St.3,4,8)は窪地(St.2)と比較し、アンモニア態窒素の溶出がHiビーズにより抑制されている。

浮泥厚 2022年

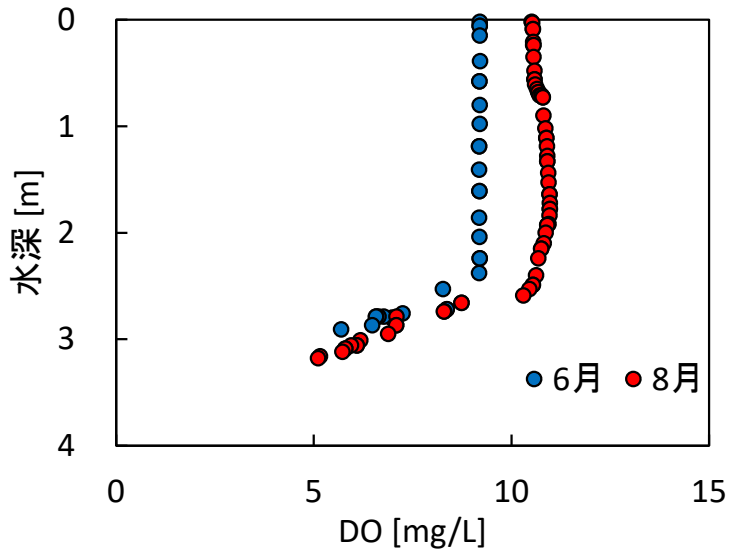
浮泥は埋め戻しが完了した地点で10cm以下。
2019年に埋め戻したSt.4の堆積速度 = 1.6 cm/year



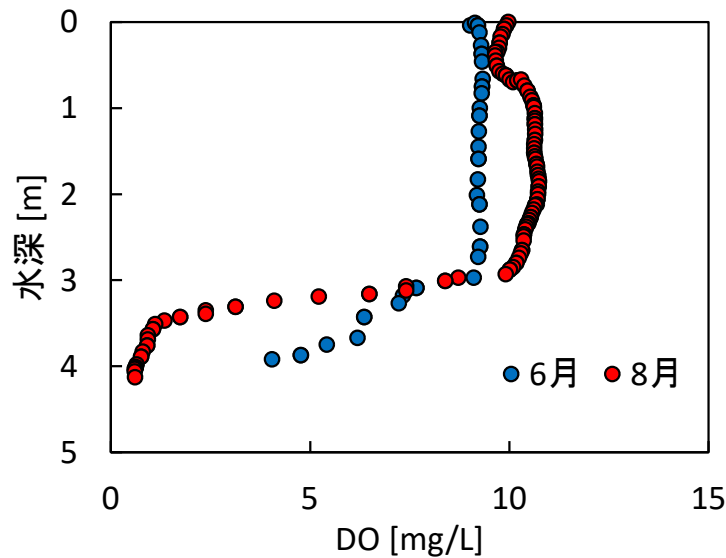
溶存酸素濃度 2022年



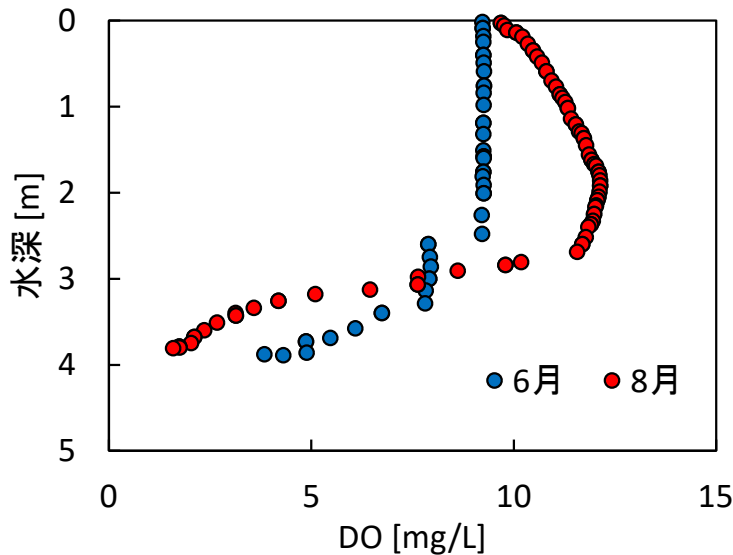
St.2:埋戻未実施



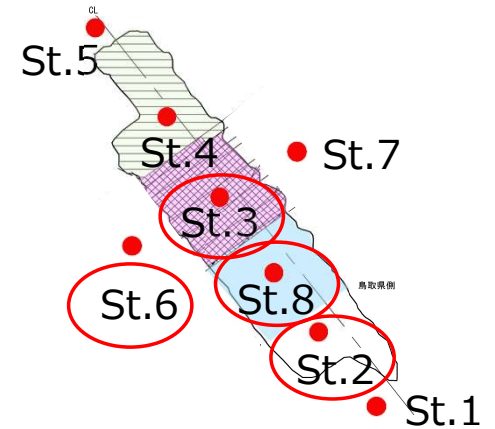
St.6:窪地外



St.3:2020年埋戻完了



St.8:2021年埋戻完了



- ・堆積物厚が20cm以上
 - ・溶存酸素が低い
- 栄養塩が溶出し、
窪地内の濃度が増加。

窪地の3/4を埋め戻した結果（速報値）

Hiビーズにより現地形と同じ水深まで埋戻しを実施した地点は、
栄養塩の溶出が抑制された。

埋戻しが完了した地点の堆積泥厚は10 cm以下である。

2019年に埋め戻したSt.4の堆積速度 = 1.6 cm/year

埋め戻したHiビーズ上はDO供給が窪地よりも生じやすいため、低く抑えられている。

まとめ

Hiビーズにより現地形と同じ水深まで埋戻しを実施した地点は、
栄養塩の溶出、硫化水素の発生が抑制される。

今後の展望

- ・残る窪地の埋め戻し
- ・全面覆砂により、貧酸素水塊が解消
- ・水深が浅くなったかつての窪地からは栄養塩、硫化水素の発生は抑制
- ・錦海穂日島浚渫窪地（面積：約43,000 m²）からの栄養塩溶出が抑制