

中海自然再生協議会 第2~3期実施事業

# 細井沖浚渫窪地の山型覆砂の 調査報告

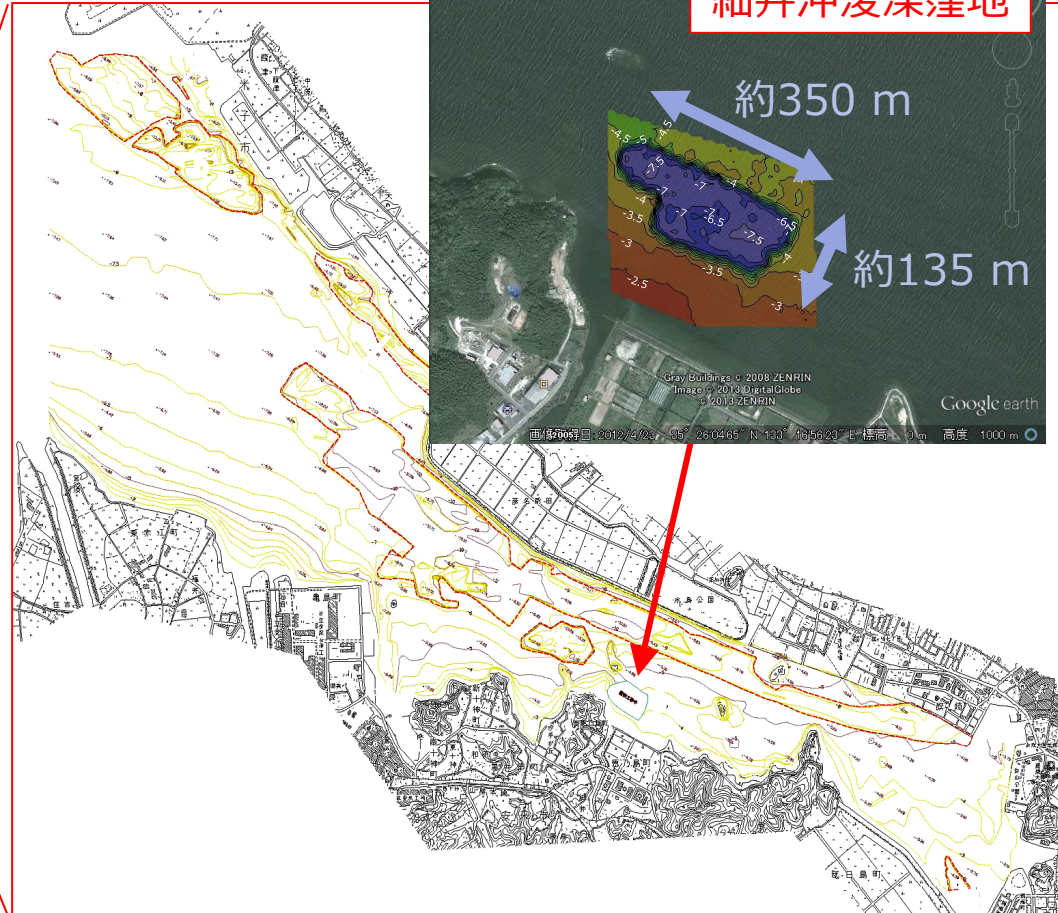
H29 (2017) ~R4 (2022) 年度 (第2期)  
R5 (2023) 年度~ (第3期)

認定NPO法人自然再生センター窪地事業担当  
島根大学学術研究院環境システム科学系 (生物資源科学部)  
桑原智之

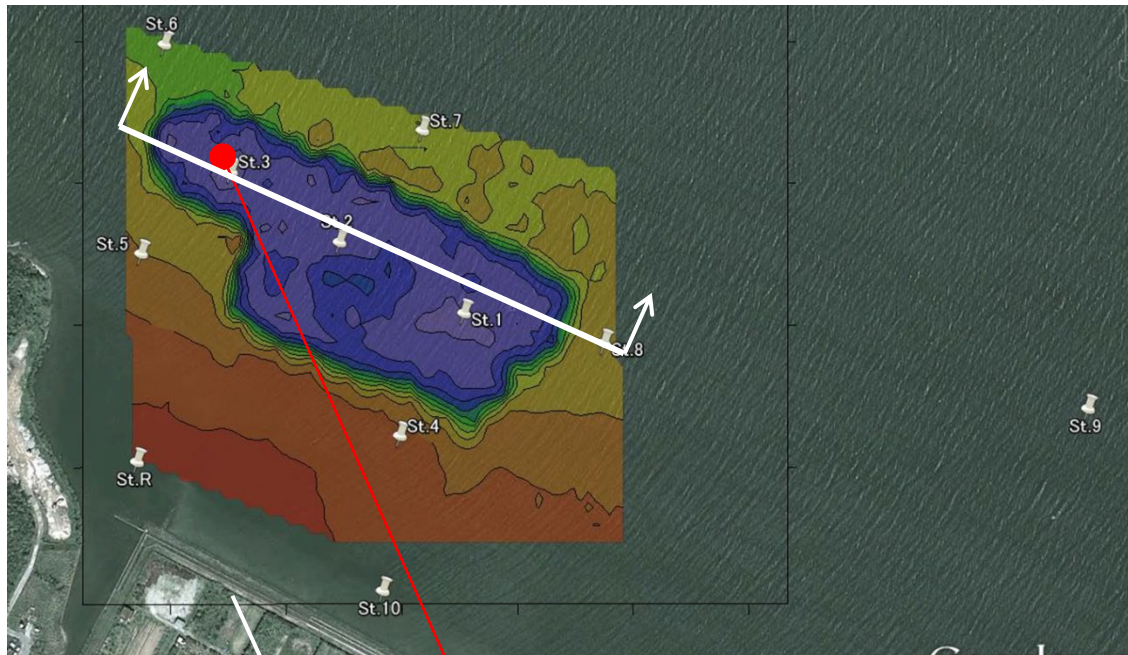
# 中海 細井沖浚渫窪地

2

- 面積：約0.05 km<sup>2</sup>    • 周辺水深：約4～5 m
- 水深：8～9 m    (第1期の覆砂後：約7 m)
- 覆砂前の表層泥厚：20～40 cm



# 細井沖浚渫くぼ地 第1期施工



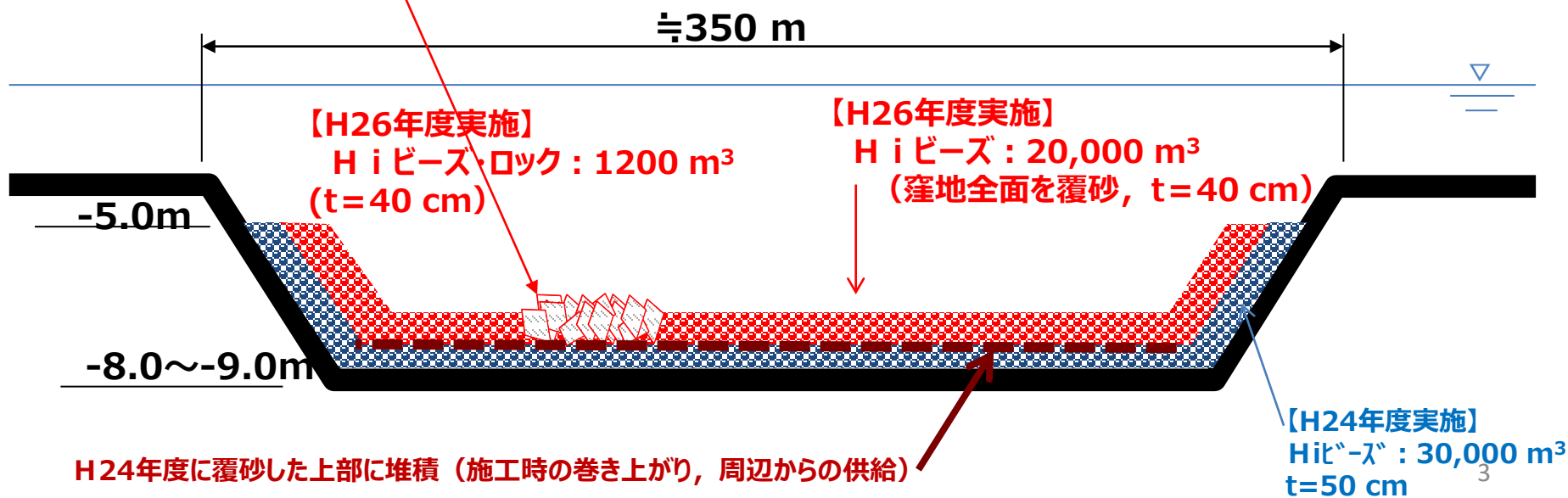
## 対象窪地の諸元

### ■ 細井沖浚渫窪地

窪地面積：約50,000 m<sup>2</sup>

窪地水深：8～9 m

周辺水深：4～5 m

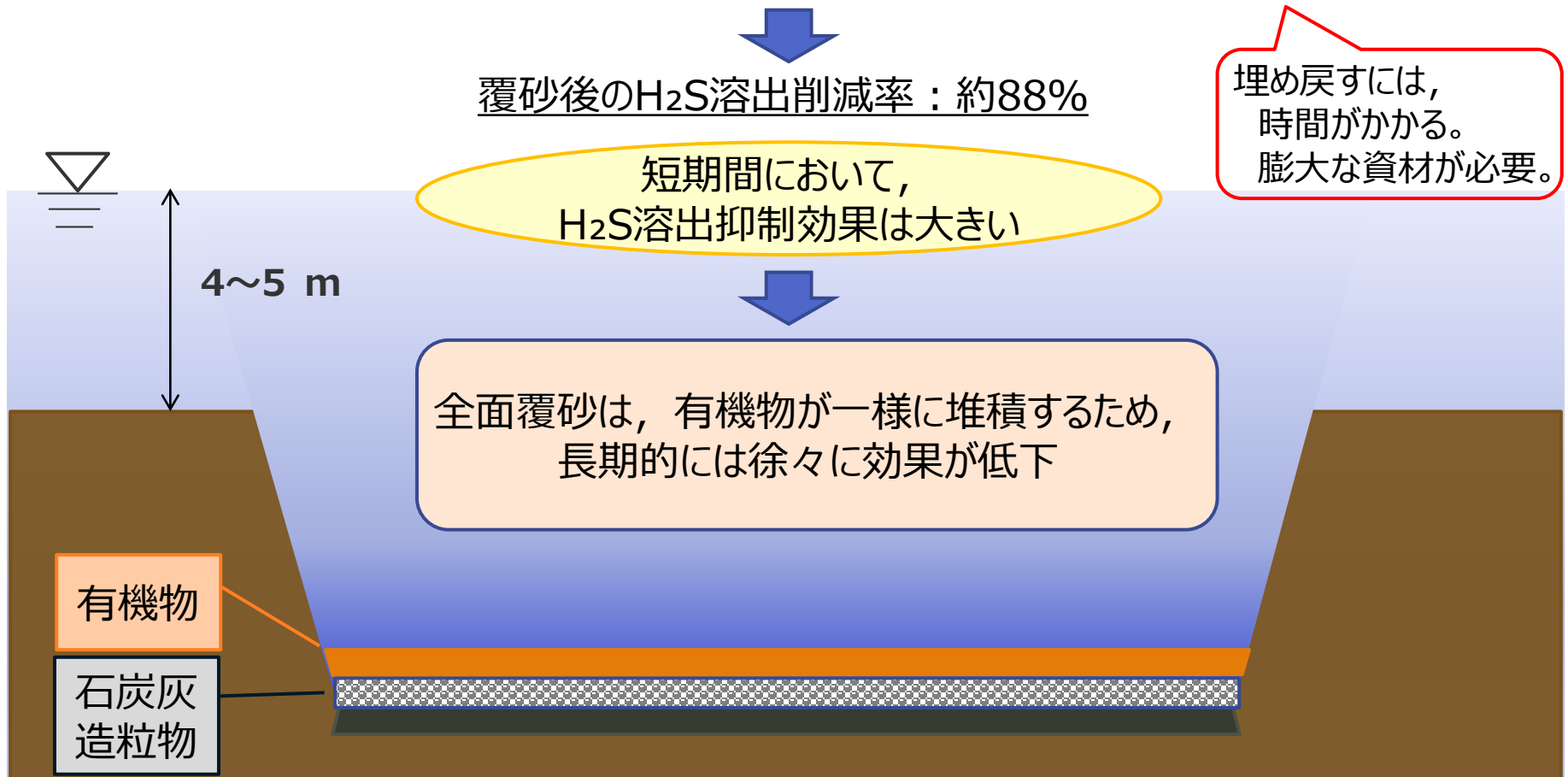


# 石炭灰造粒物による全面覆砂

4

## ▶ 浚渫窪地の環境修復事業

2012年から細井沖浚渫窪地を対象に石炭灰造粒物を用いた全面覆砂を実施



# 堆積速度

5

堆積速度 約1.42 cm/年  
( $0.0039 \times 365 = 1.4235\text{cm}$ )

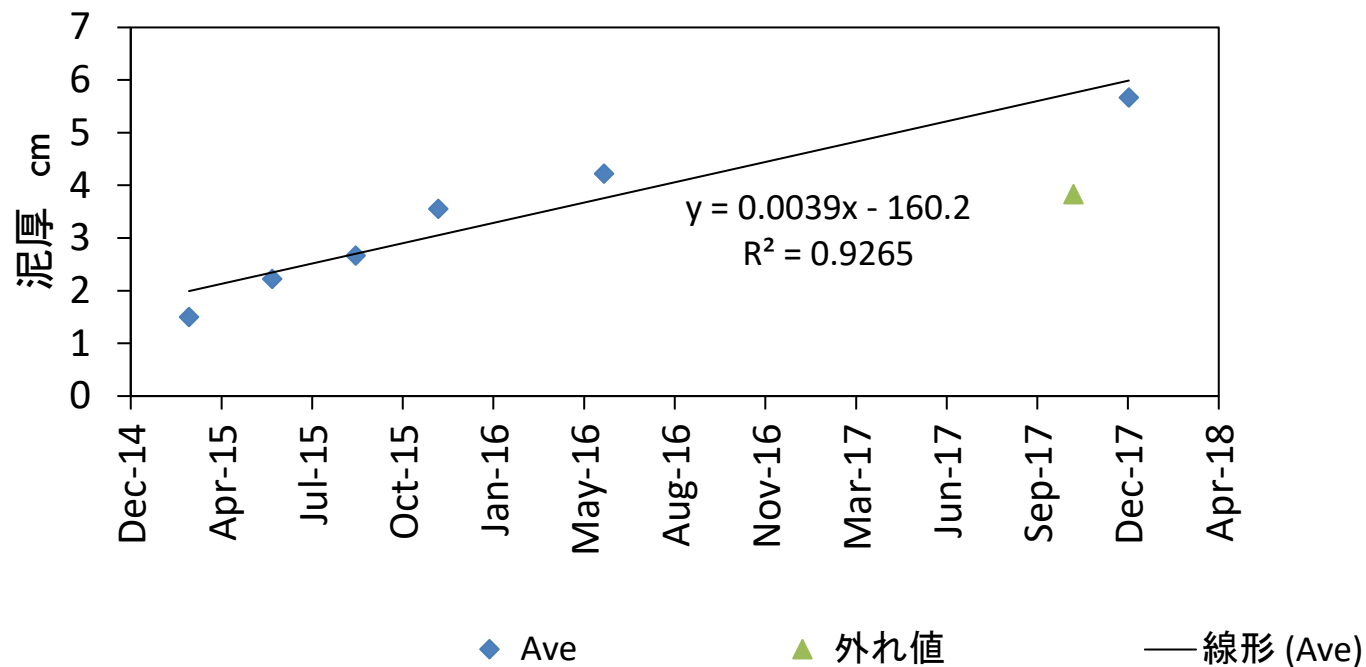
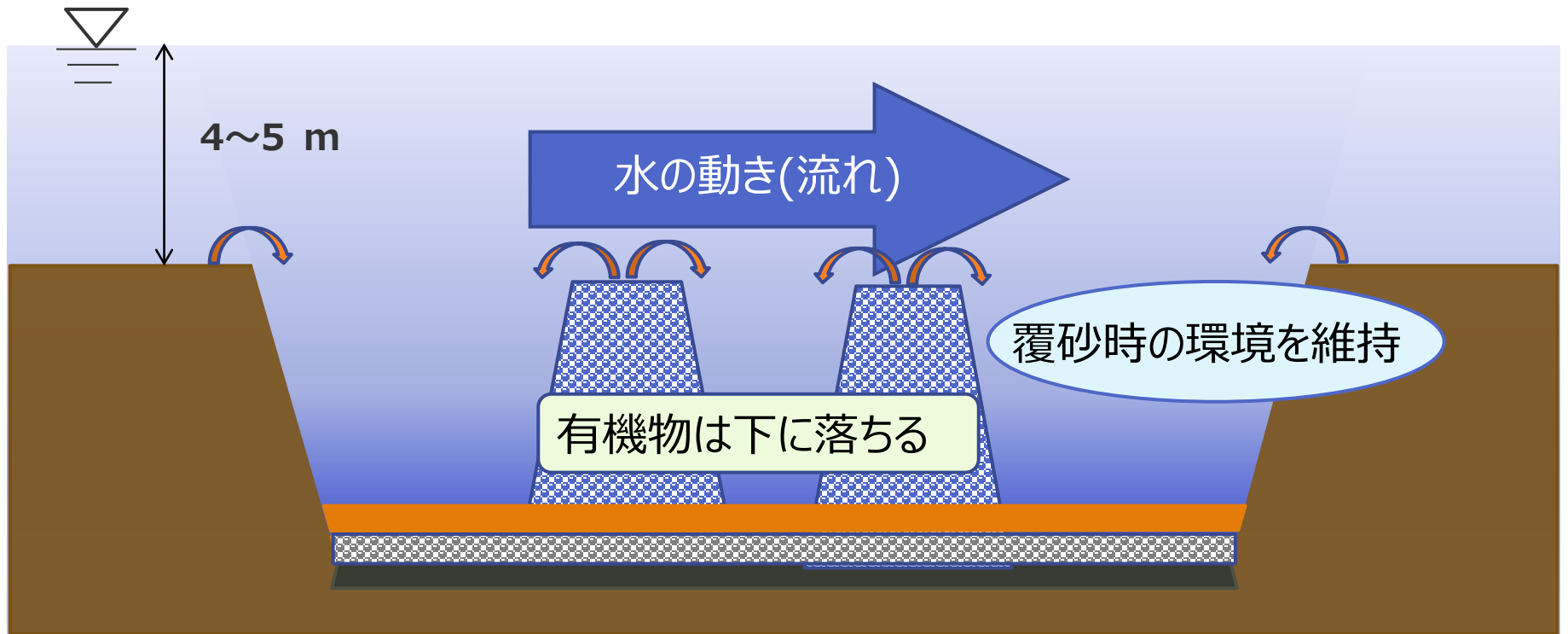


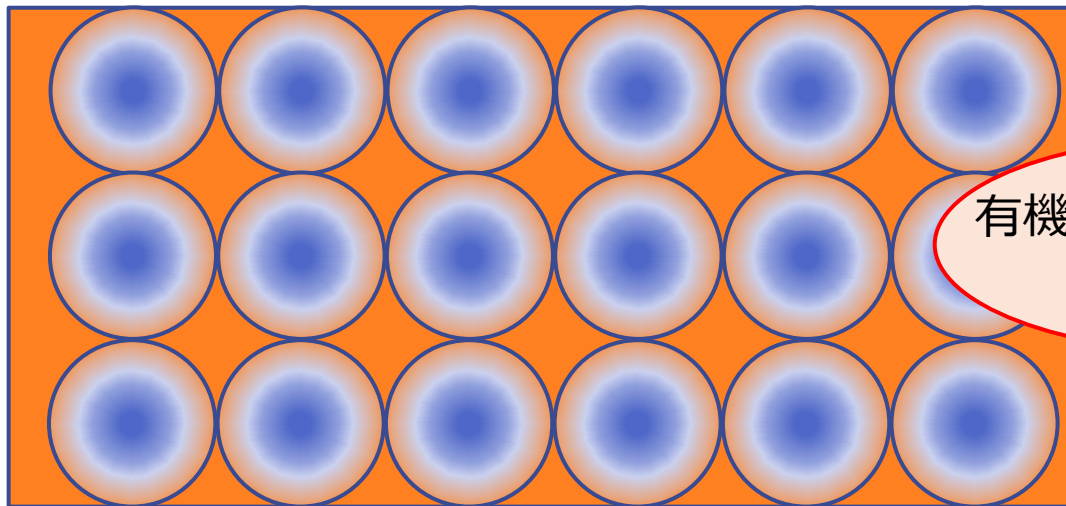
図 全面覆砂した細井沖浚渫窪地における覆砂材上の堆積物厚の経時変化 (ダイバーによる計測)

# 石炭灰造粒物を山型の形状で覆砂

6

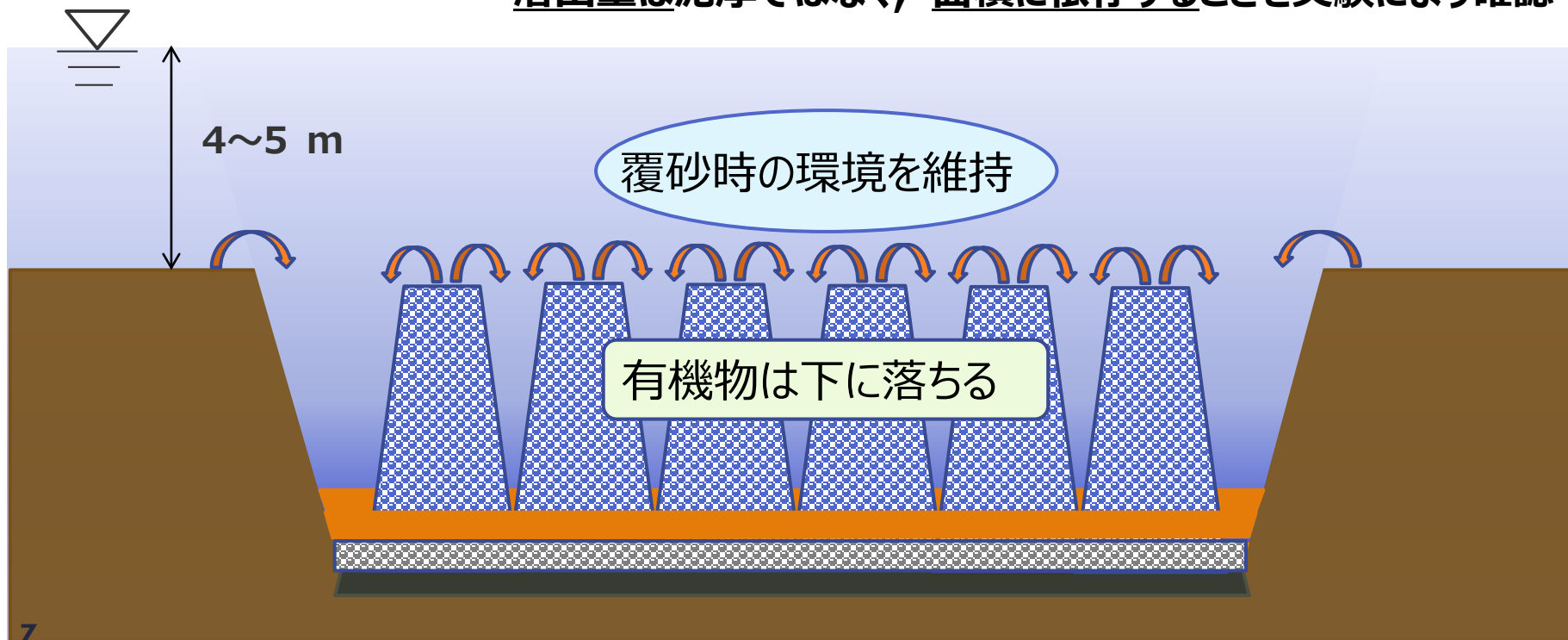


窪地を上から見た図



有機物が堆積する場所の面積が減少

窪地を横から見た図



溶出量は泥厚ではなく、面積に依存することを実験により確認

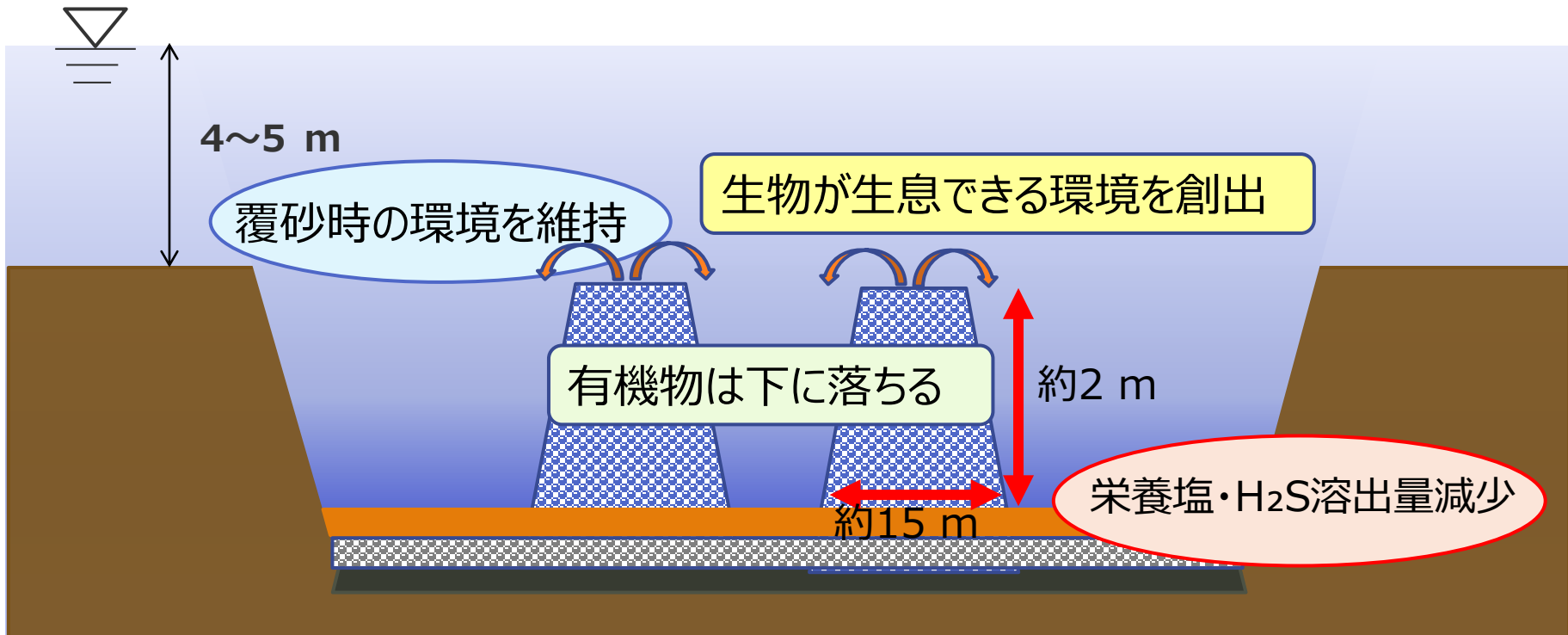
# 第2期実施事業（平成29～令和4年度） 石炭灰造粒物を山型の形状で覆砂

8

新たな覆砂形状： 山型（マウンド状）覆砂 → Hiビーズ露出面が増加

期待される  
効果

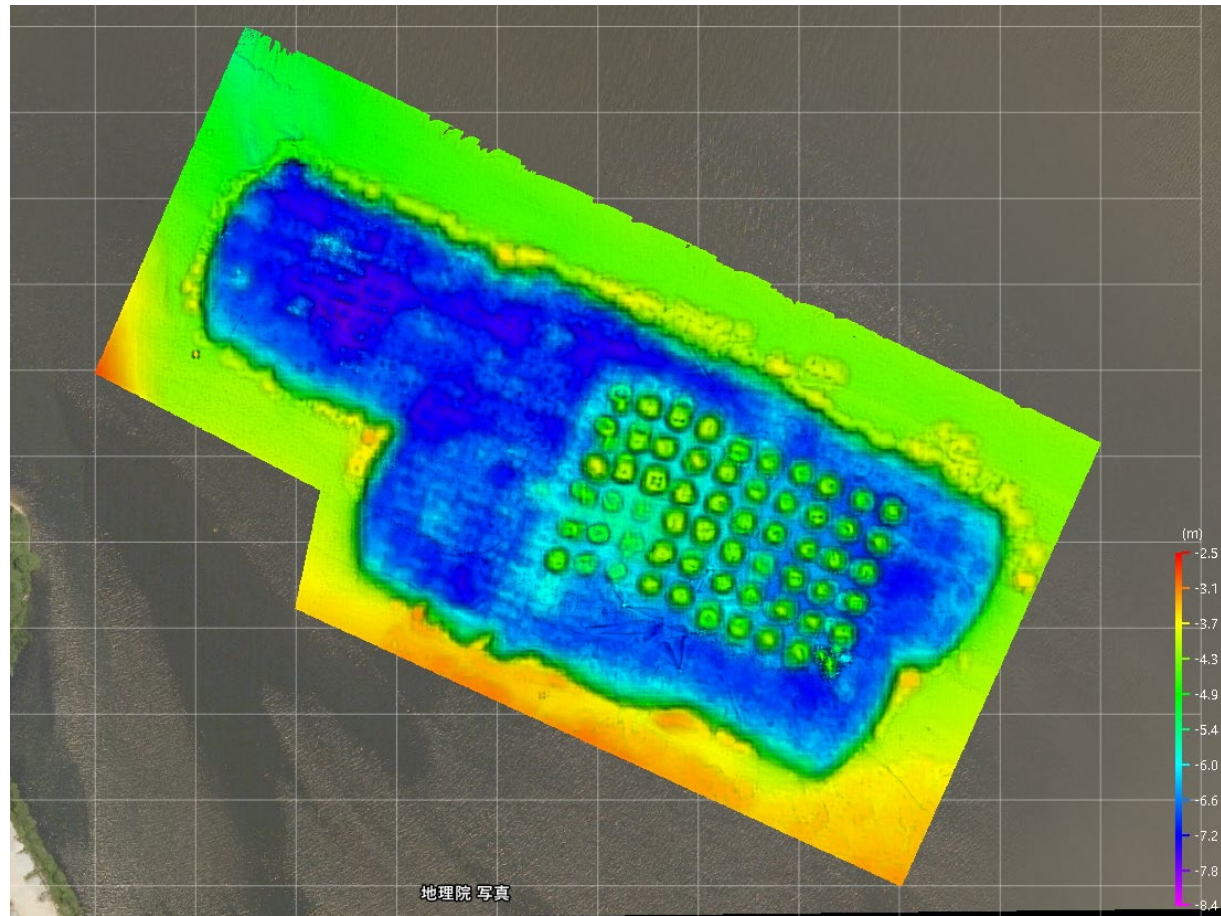
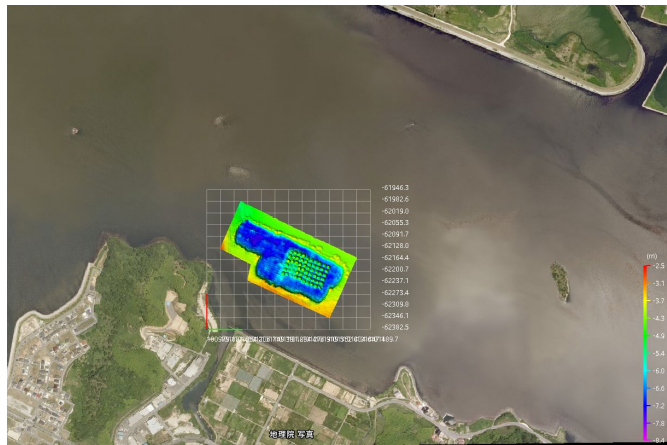
1. 山頂の有機物堆積が減少 → 覆砂時の環境を維持
2. 有機物堆積の面積減少 → 栄養塩・H<sub>2</sub>Sの溶出量減少
3. 水深が浅くなる → 山頂は溶存酸素が供給されやすい





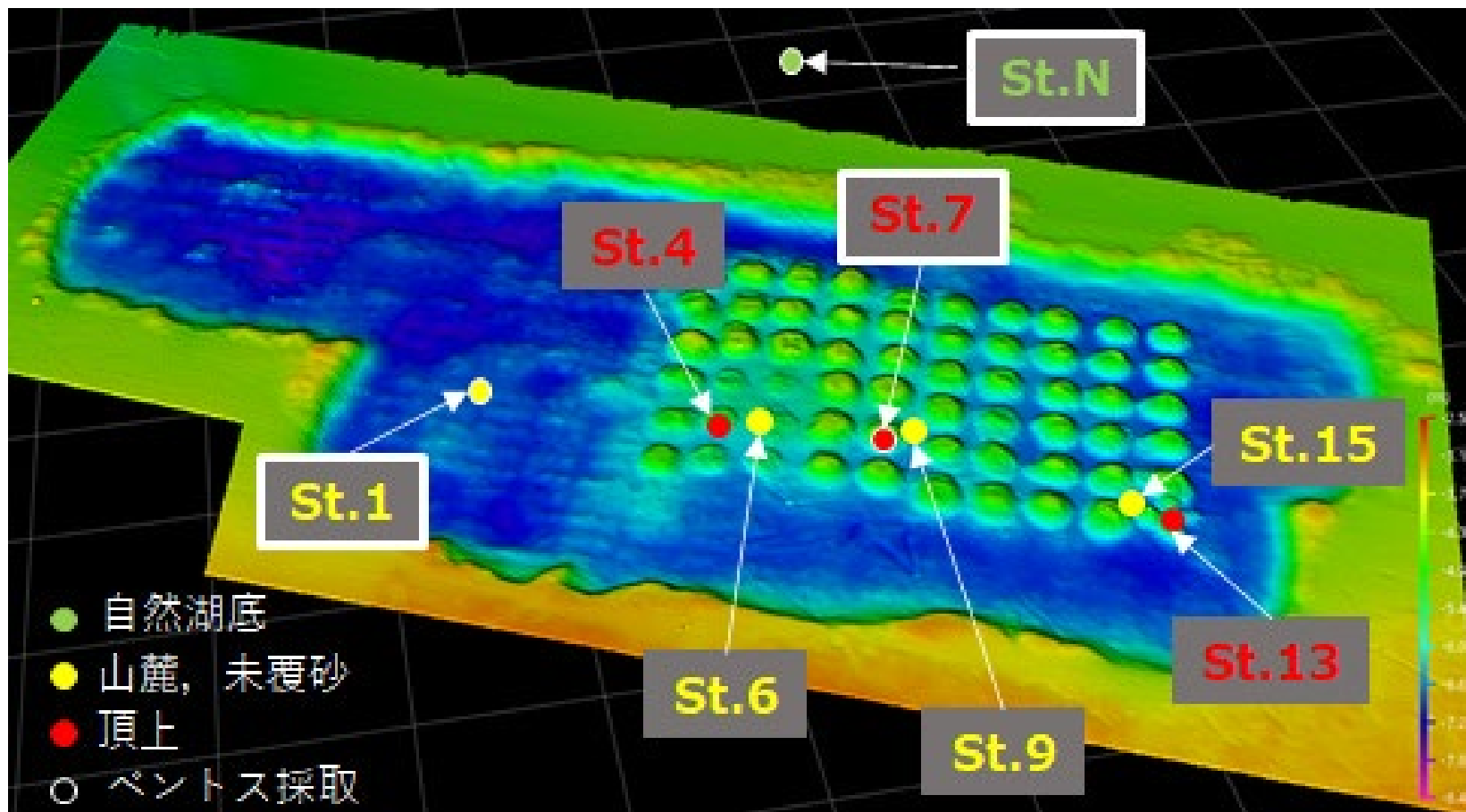
# 深浅測量結果 (2022.10)

9

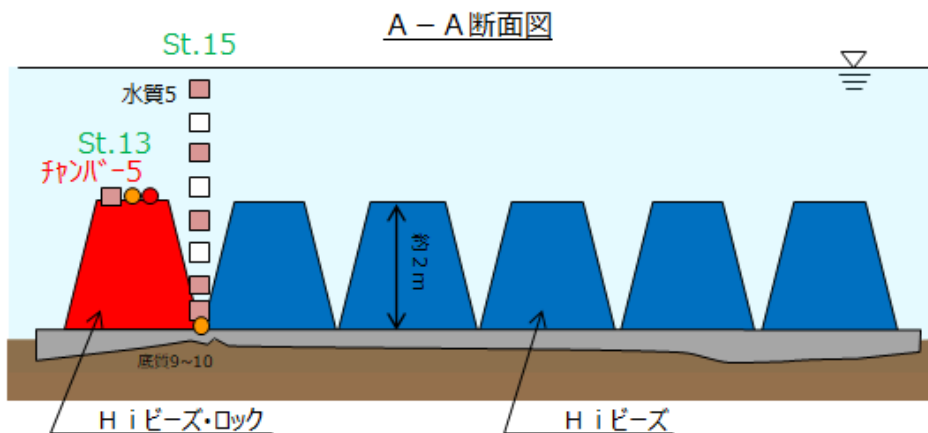


# 調査地点

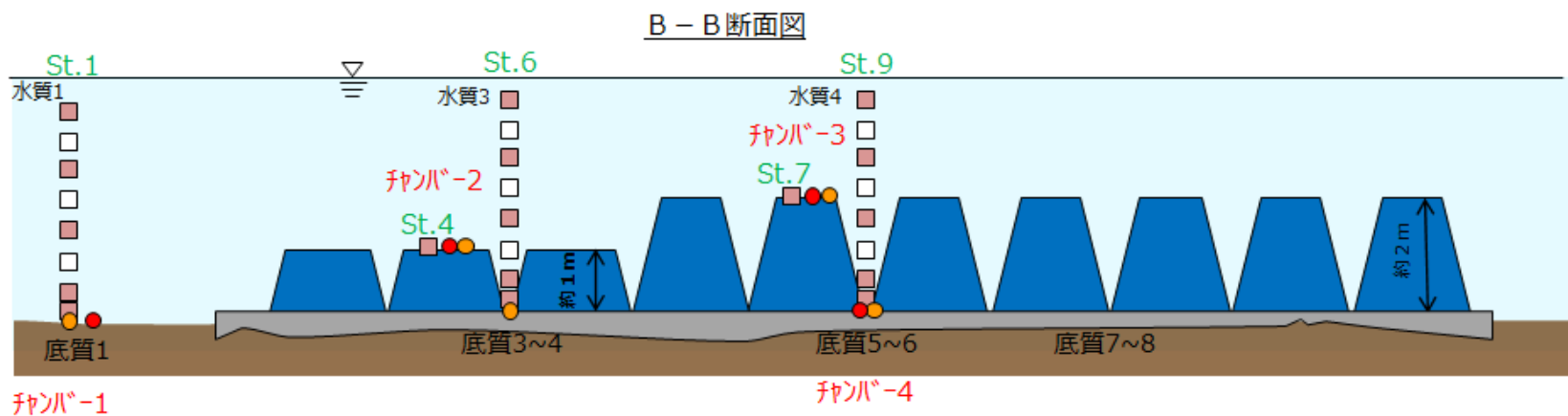
10



# 調査地点



- 凡例
- : 多項目水質計による鉛直水質調査位置(4地点)
  - : 採水による水質調査位置(7地点)  
(鉛直奇数4地点+直上7地点(H<sub>2</sub>S含む))
  - : 底質調査位置(7地点)
  - : チャンバー試験位置(5地点)



# 調査項目と試験手順

| 番号 | 試験内容              | 試験手順等  |
|----|-------------------|--|
| ①  | 水質測定<br>(現場測定)    | <b>水温, 塩分, pH, EC, ORP, DO</b><br>★多項目水質計を用いて, 水深1 m毎に測定   |
| ②  | 水質測定<br>(栄養塩)     | <b>栄養塩 (NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P) 濃度</b><br>★調査水深: 鉛直奇数m + 湖底直上50 cmより採水   |
| ③  | 水質測定<br>(硫化水素)    | <b>硫化水素(H<sub>2</sub>S)</b><br>湖底直上水(湖底直上50 cm)をメチレンブルー法により測定  |
| ④  | 底質測定<br>(底質成分等)   | <b>含水率 (110°C), 強熱減量 (IL300°C, IL600°C)</b><br>★エクマンバージ採泥器により底質採取し, 表層2 cmを対象に分析   |
| ⑤  | 底質測定<br>(間隙水)     | 間隙水中の <b>H<sub>2</sub>S, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P濃度</b><br>★エクマンバージ採泥器を用いて採取した底質の表層約2 cmを遠沈管に15 mL詰め, 遠心分離した上澄みを底泥間隙水とした。<br>★潜水により底泥下層のHiビーズ層から手動ポンプで採水し, 遠沈管に分取。遠心分離した上澄みをHiビーズ間隙水とした。 |
| ⑥  | チャンバー試験<br>(溶出速度) | チャンバーを設置し数日間の濃度変化により <b>NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, H<sub>2</sub>S</b> の溶出速度を算定  |
| ⑦  | 堆積物厚調査            | ダイバーによりHiビーズ上の堆積物厚を計測  |

# 底泥チャンバー装置模式図

13

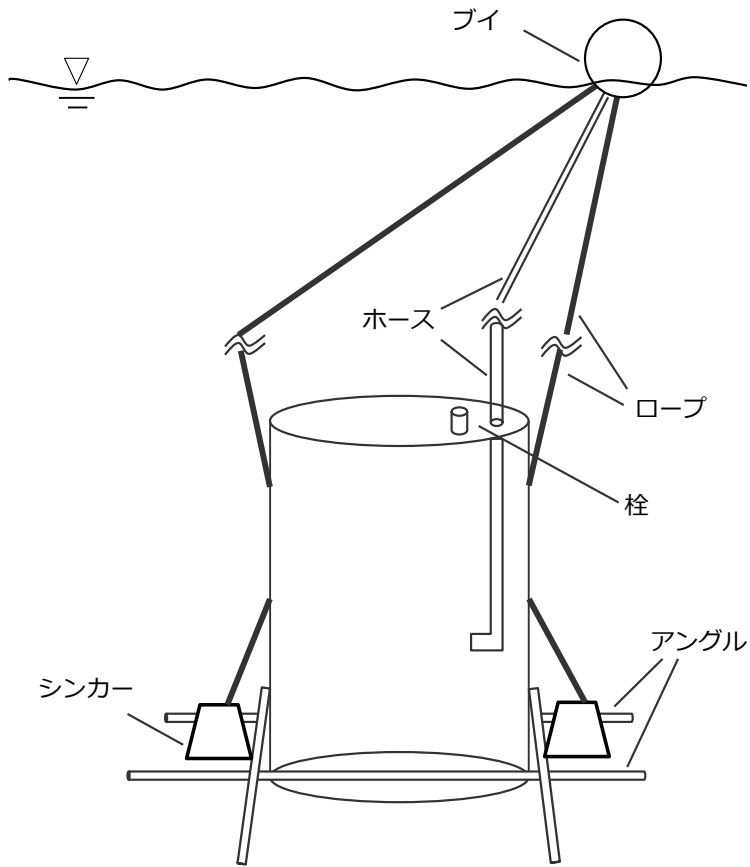


図 底泥チャンバー 容量：約110L

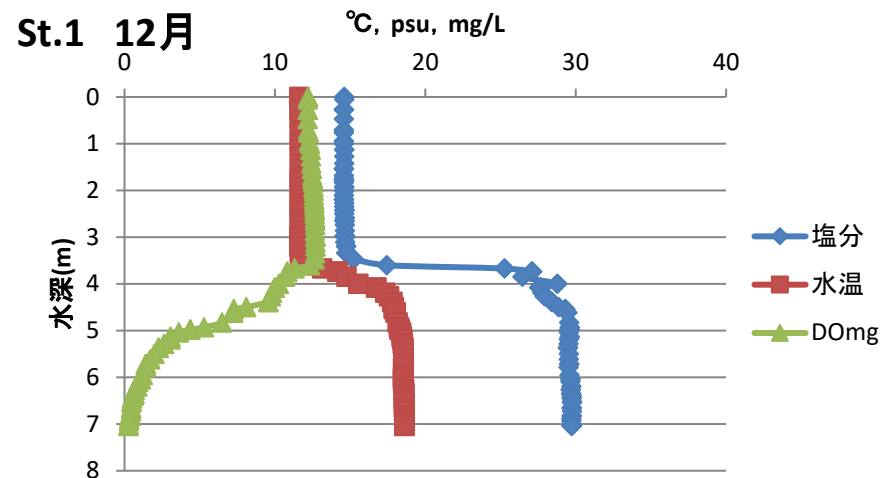
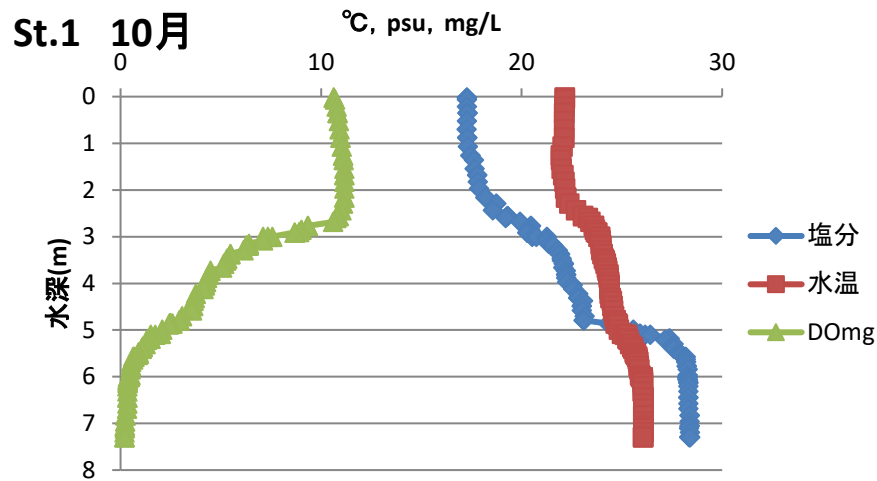
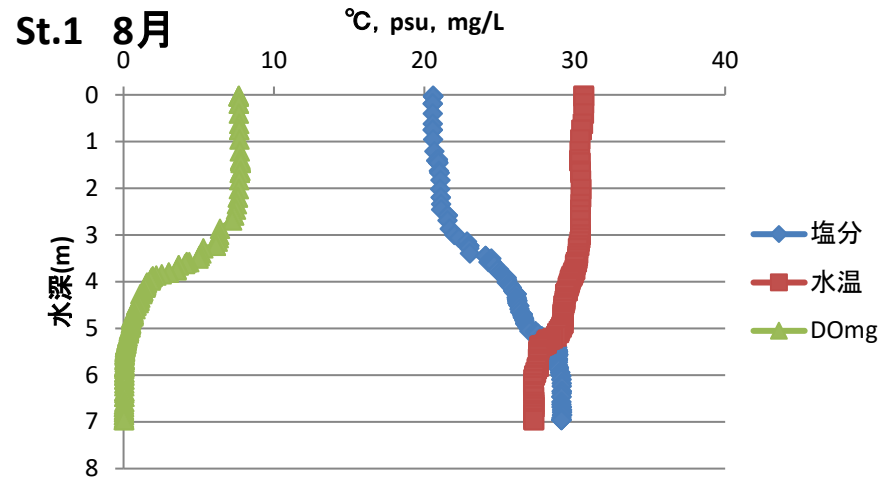
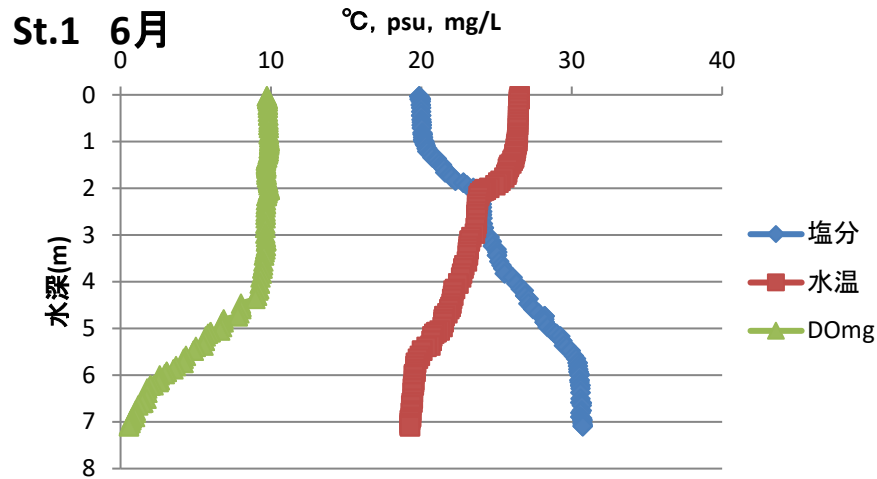


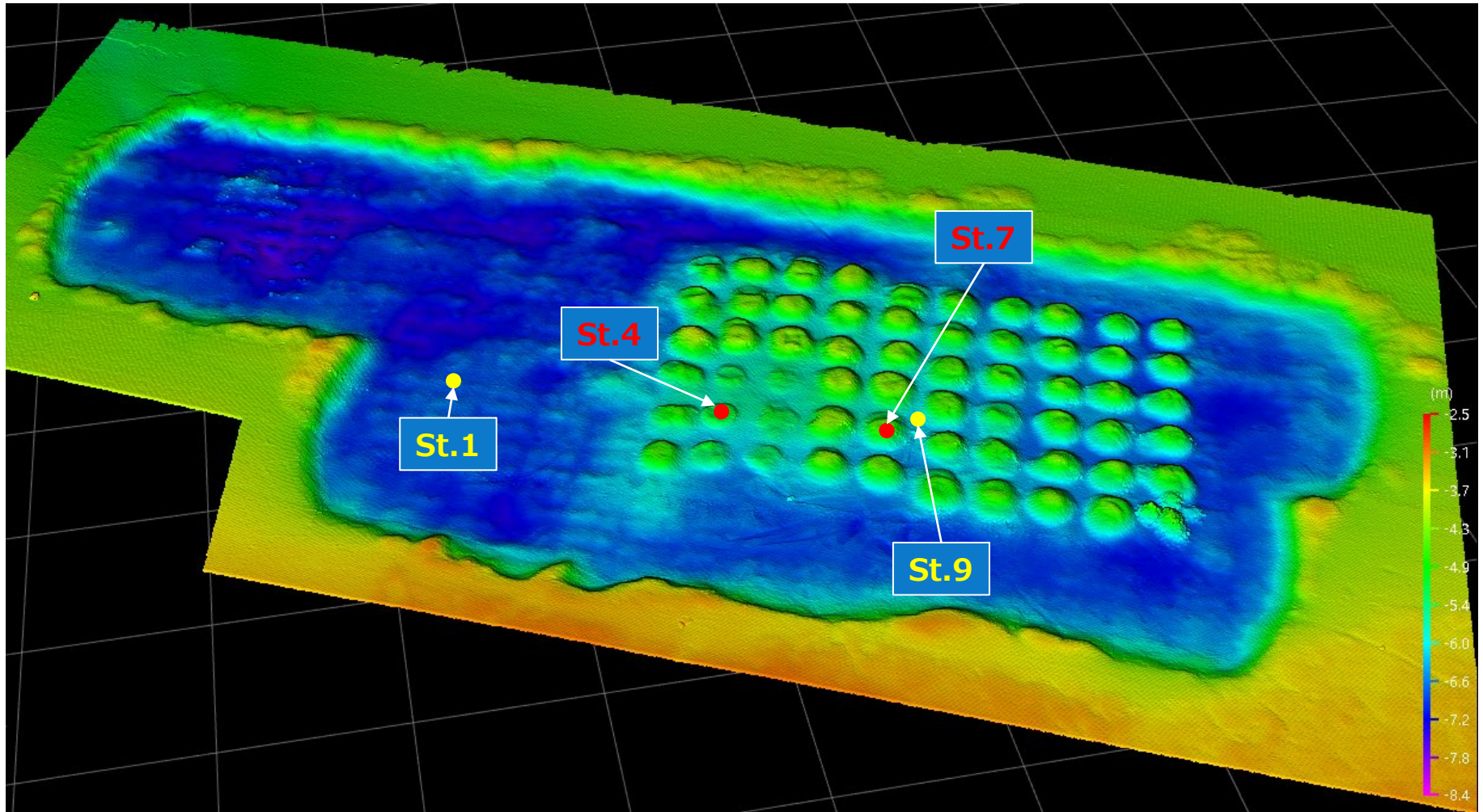
図 St.1の鉛直水質の変化

2024年6月13日, 8月22日, 10月10日, 12月5日

# 深浅測量結果 (2022.10)

※深さは2倍に強調

15



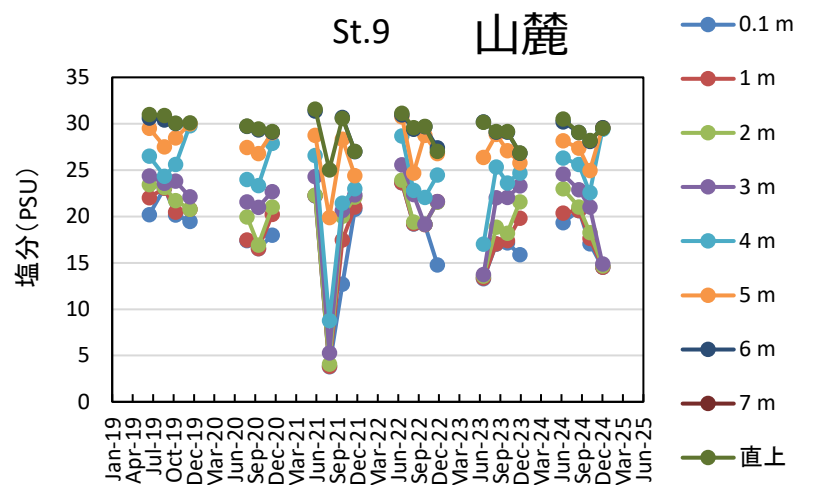
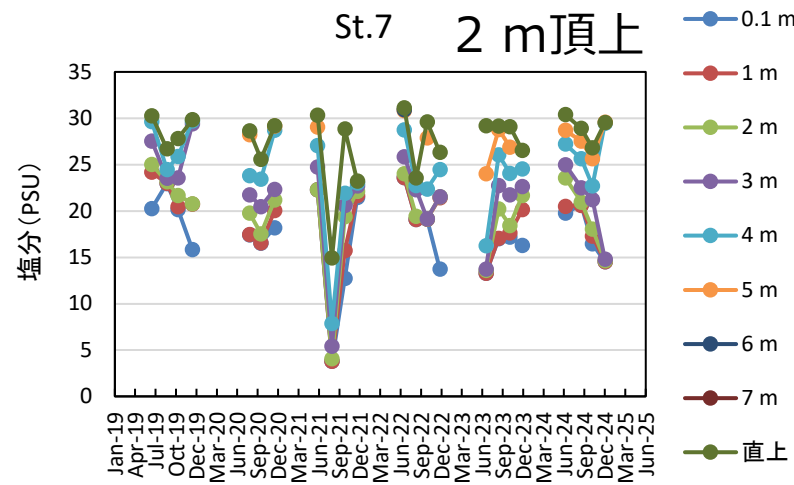
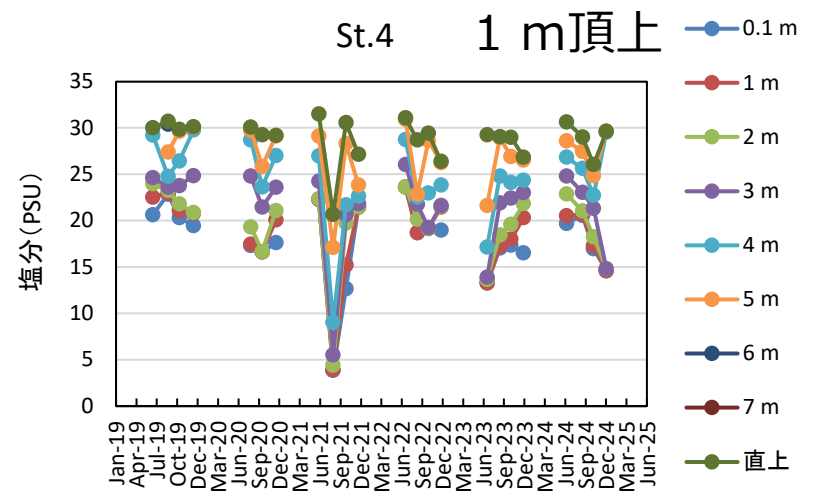
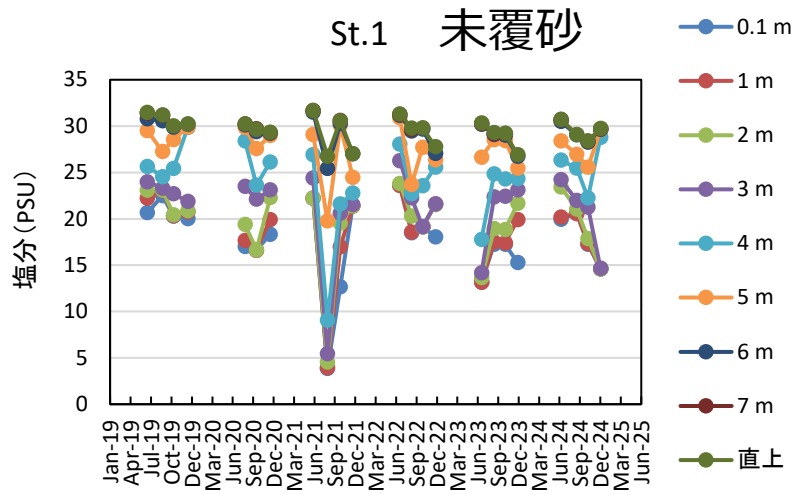
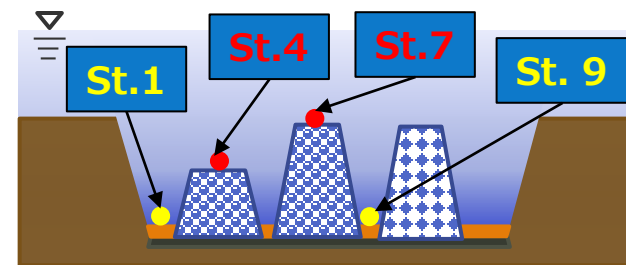


図 各地点の鉛直塩分の経時変化





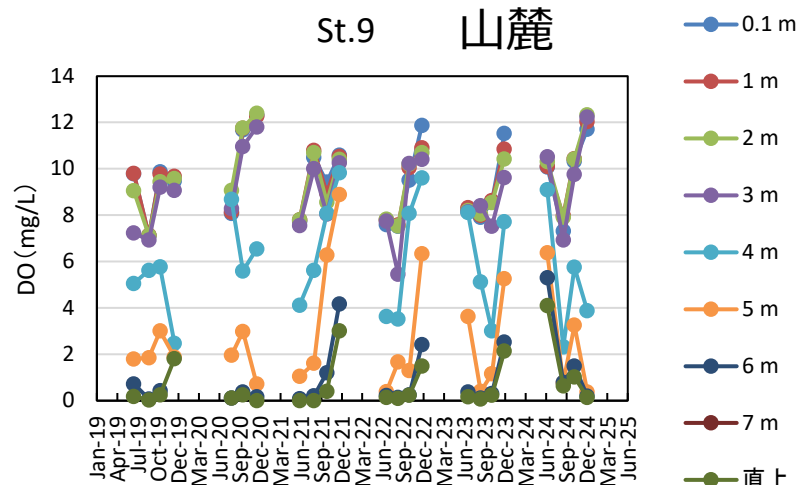
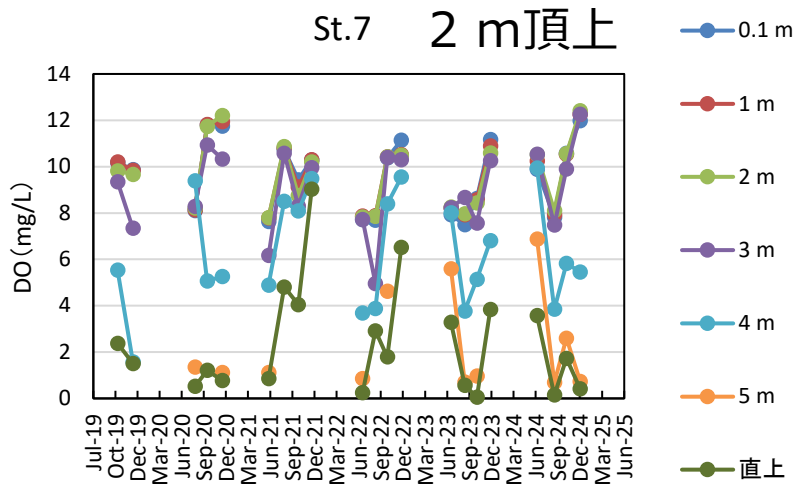
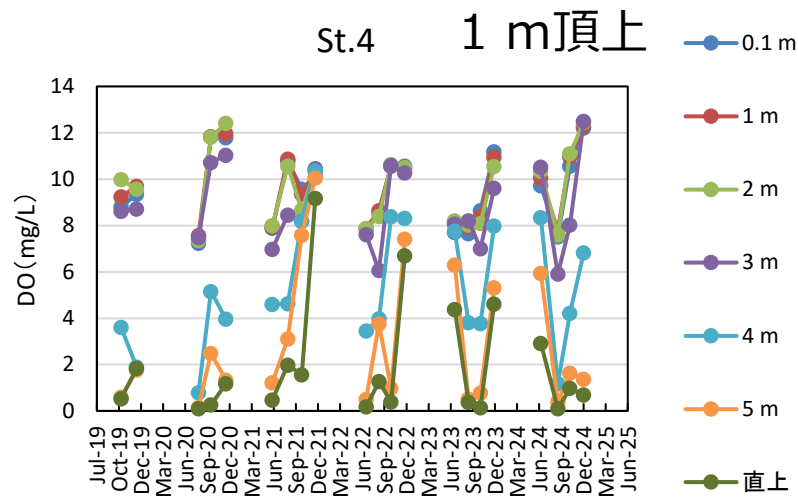
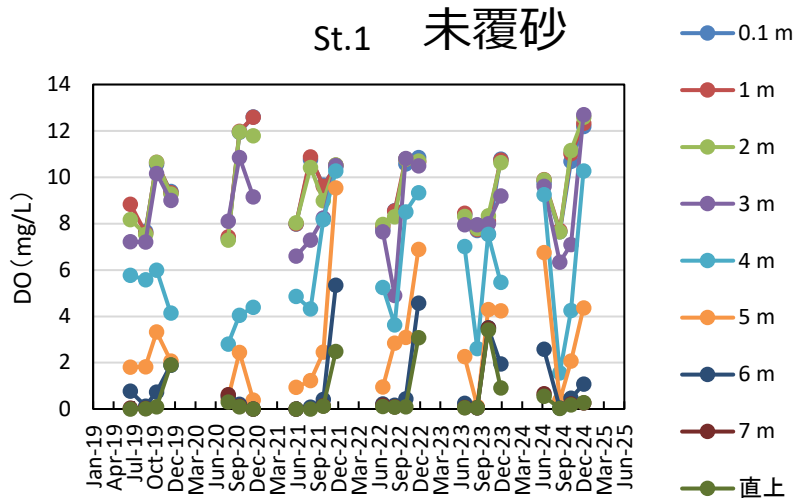
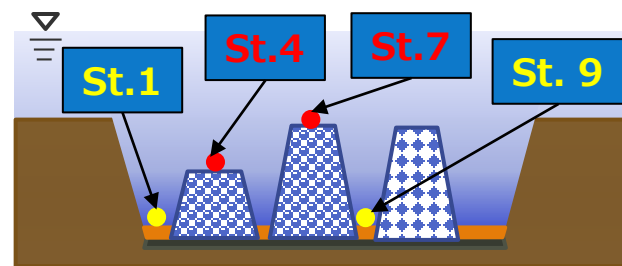
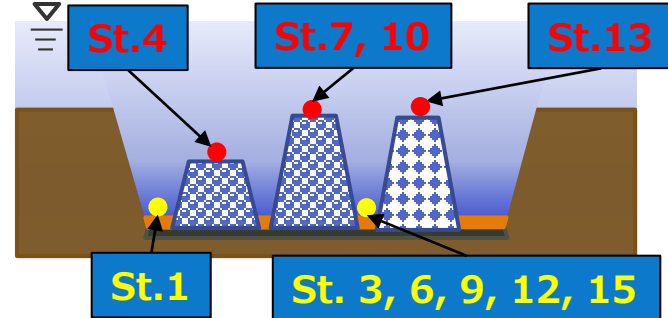
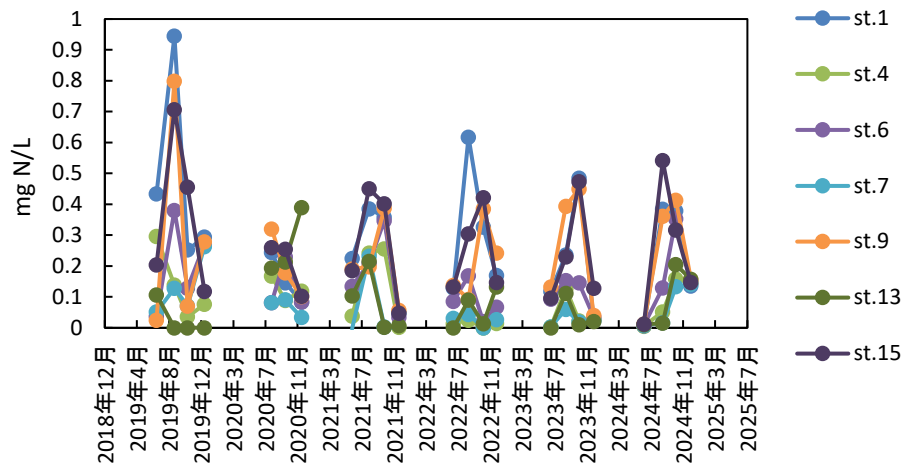


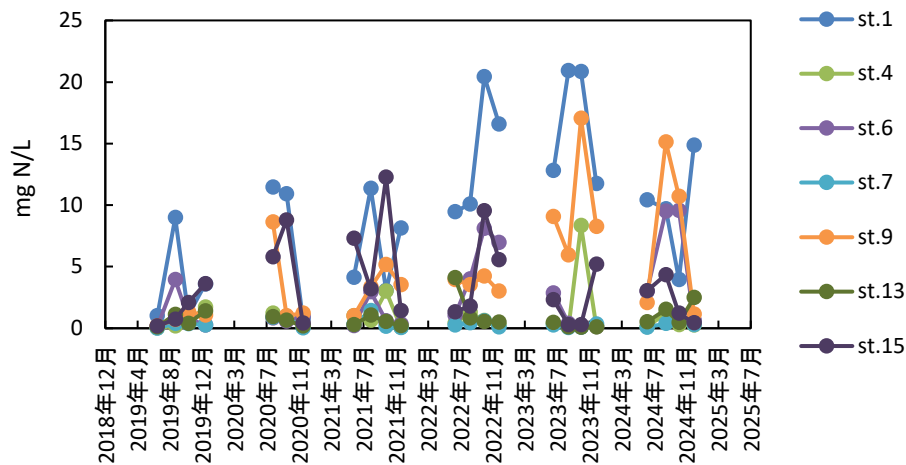
図 各地点の鉛直DOの経時変化



直上水 NH<sub>4</sub>-N



Hiビーズ間隙水 NH<sub>4</sub>-N



底泥間隙水 NH<sub>4</sub>-N

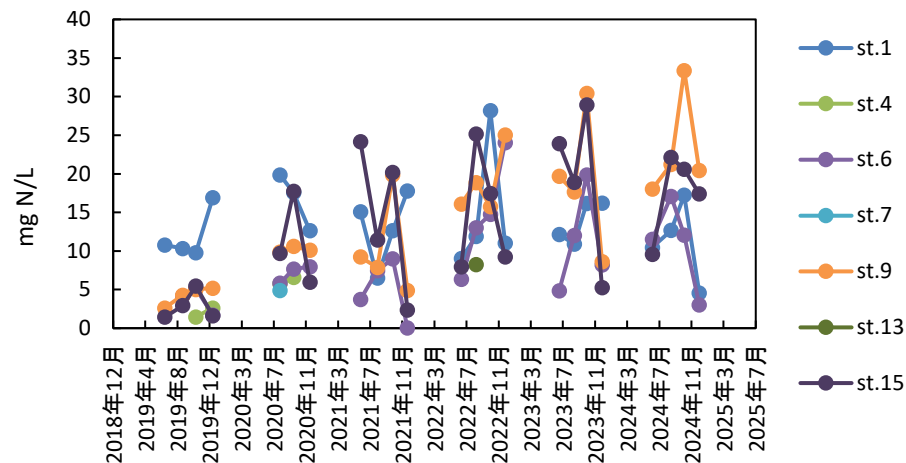


図 各地点の直上水, Hiビーズ間隙水, 底泥間隙水のNH<sub>4</sub>-Nの経時変化

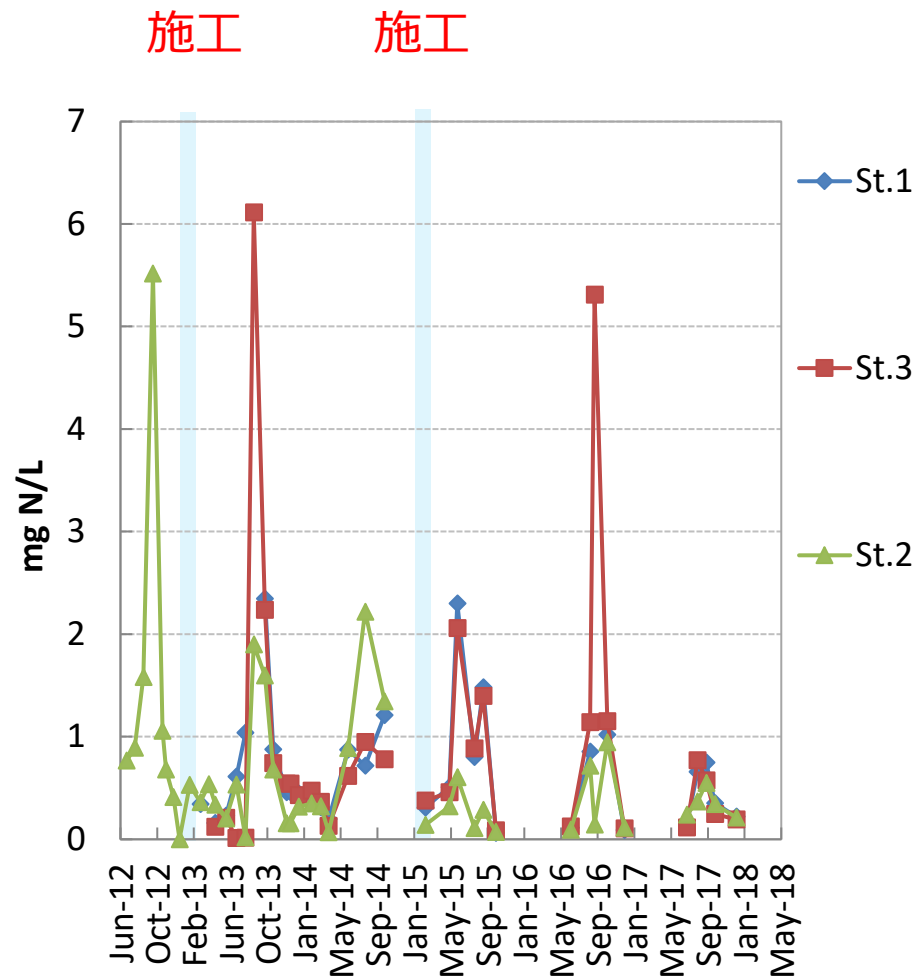


図 細井沖窪地全面覆砂前後における直上水のNH<sub>4</sub>-Nの経時変化

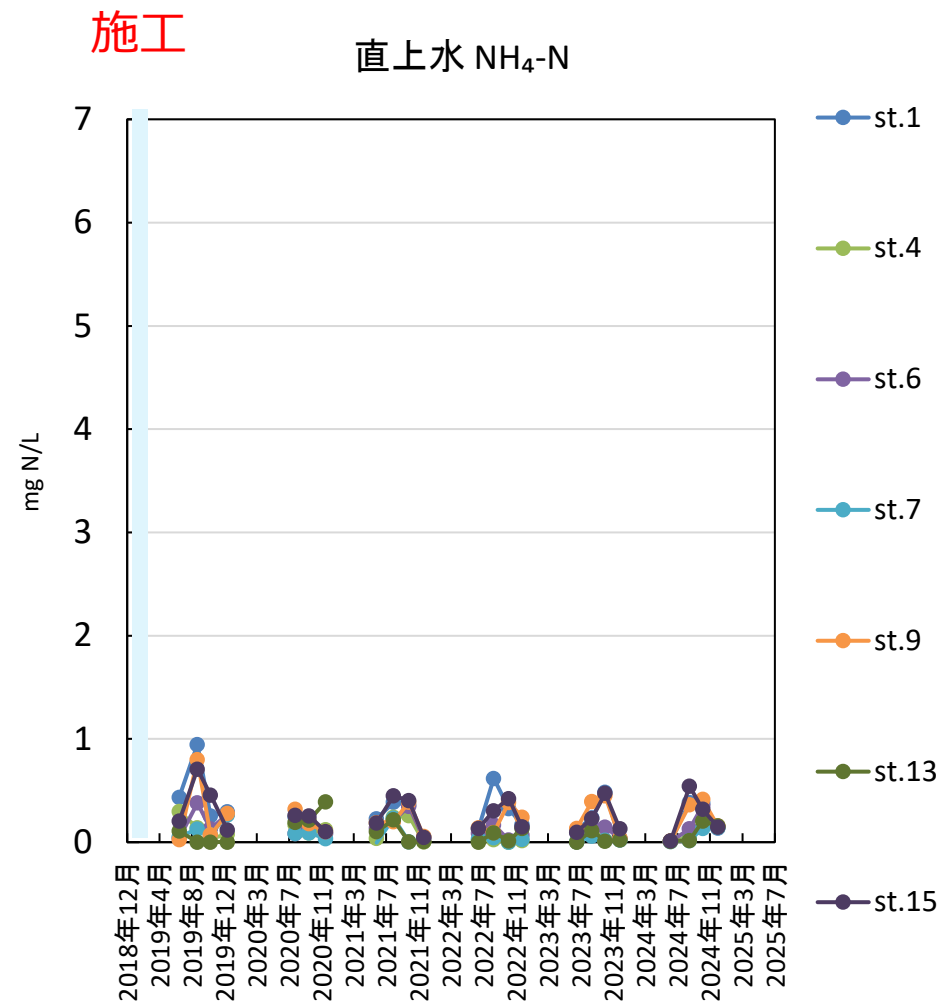
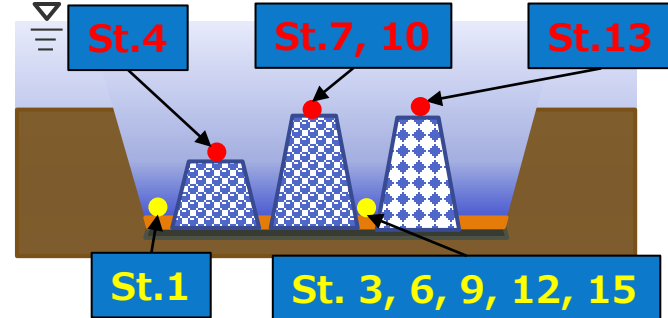
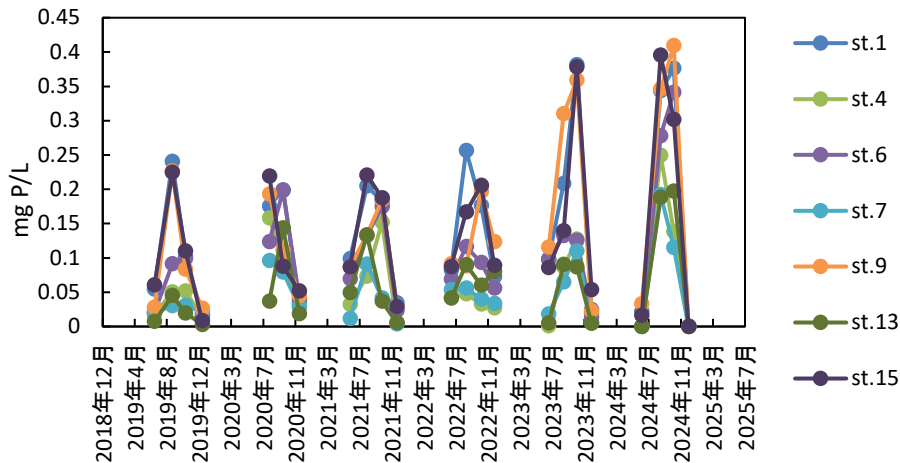
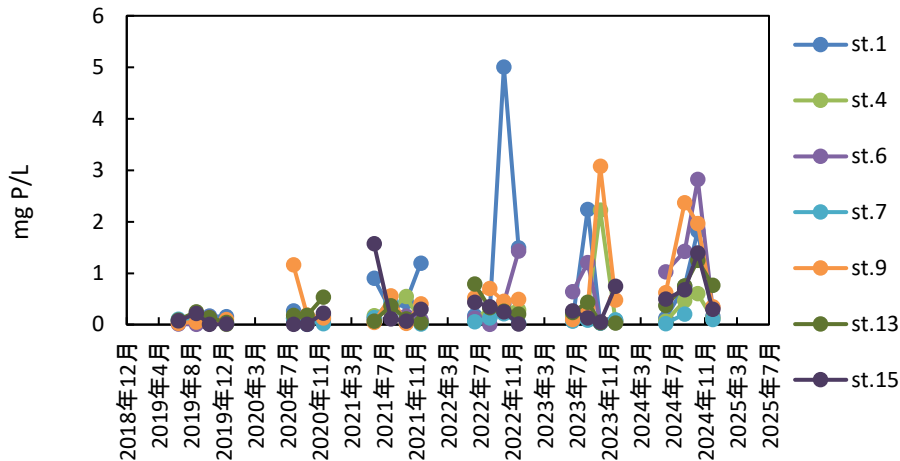


図 細井沖窪地山型覆砂後における直上水のNH<sub>4</sub>-Nの経時変化

直上水 PO<sub>4</sub>-P



Hiビーズ間隙水 PO<sub>4</sub>-P



底泥間隙水 PO<sub>4</sub>-P

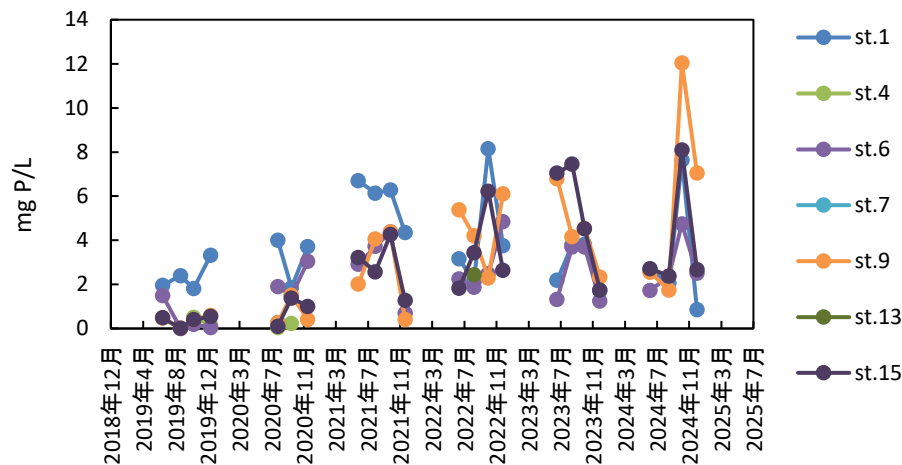


図 各地点の直上水, Hiビーズ間隙水, 底泥間隙水のPO<sub>4</sub>-Pの経時変化

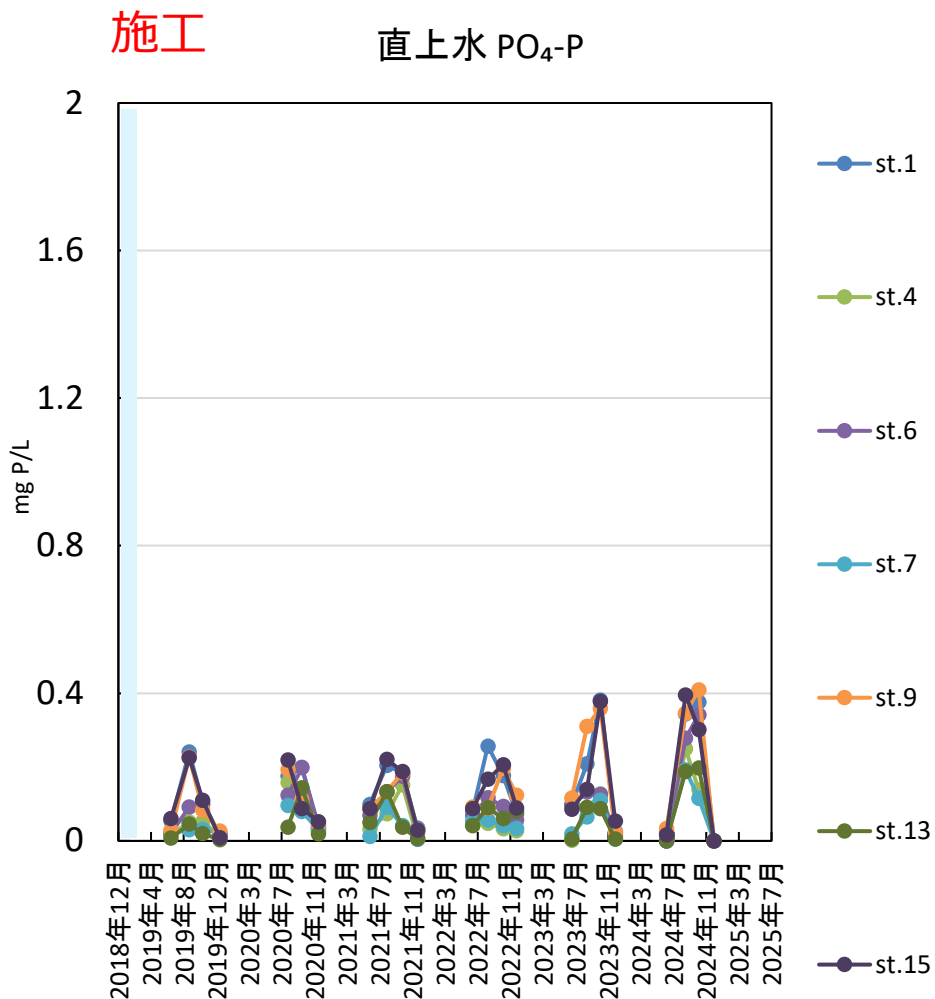
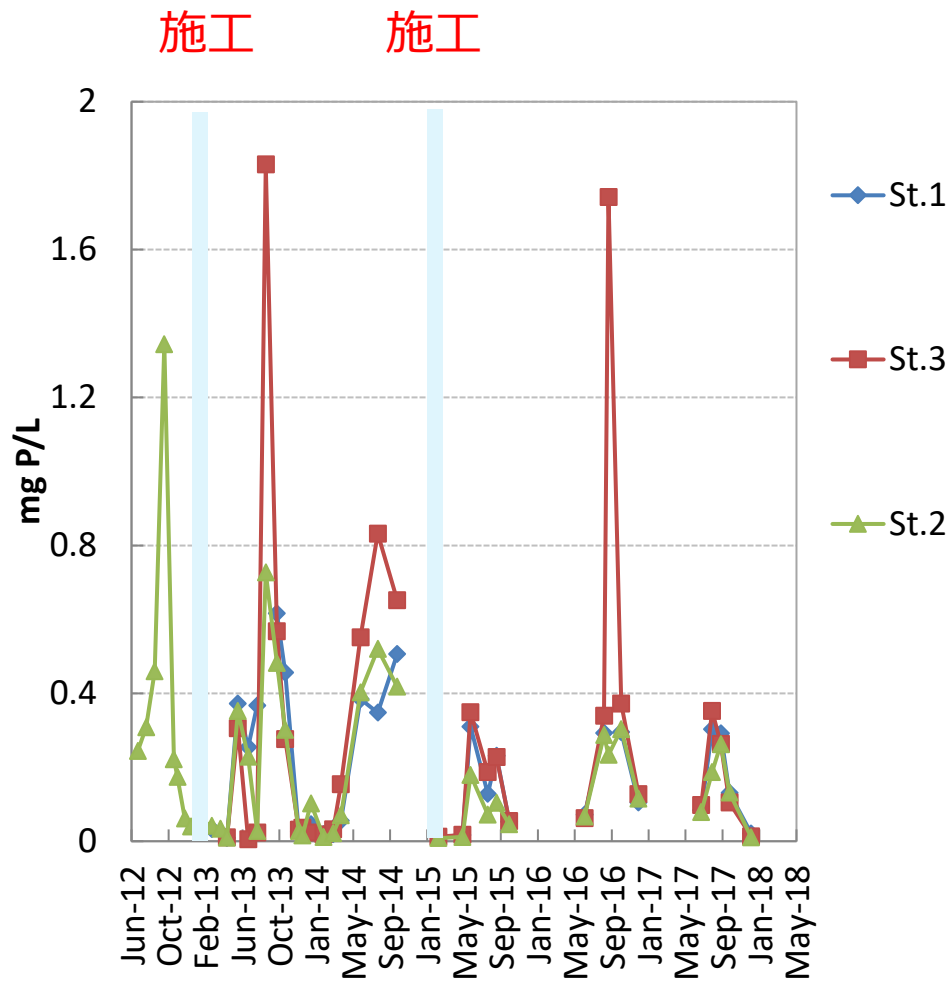
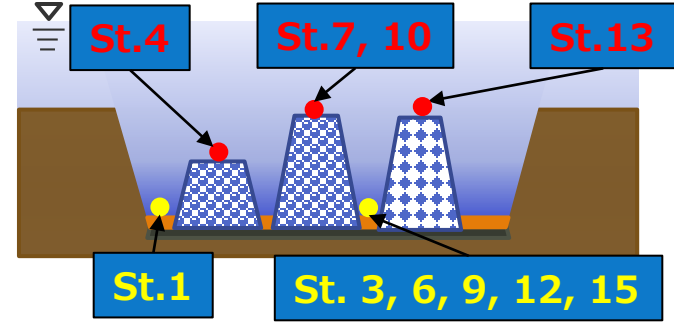
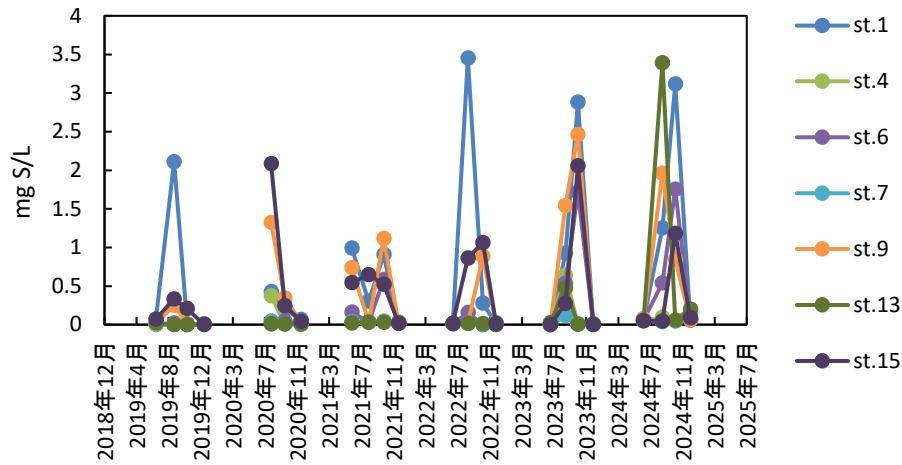


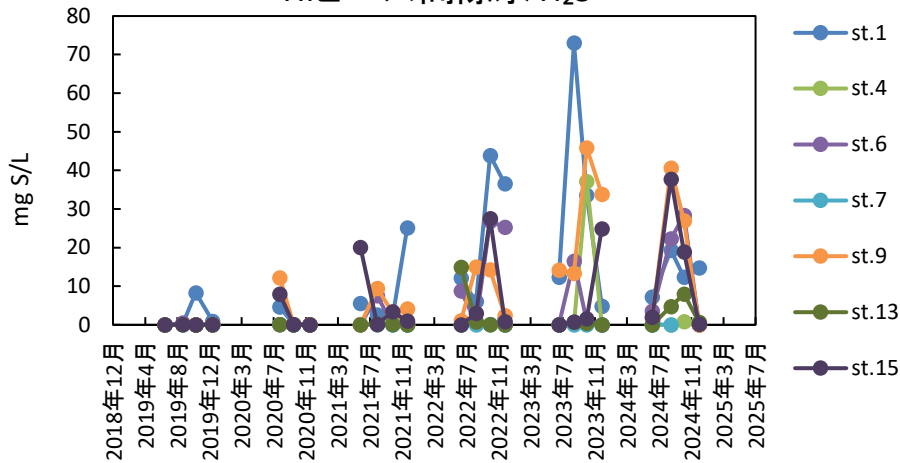
図 細井沖窪地全面覆砂前後における直上水の PO<sub>4</sub>-N の経時変化

図 細井沖窪地山型覆砂後における直上水の PO<sub>4</sub>-N の経時変化

直上水 H<sub>2</sub>S



Hiビース間隙水 H<sub>2</sub>S



底泥間隙水 H<sub>2</sub>S

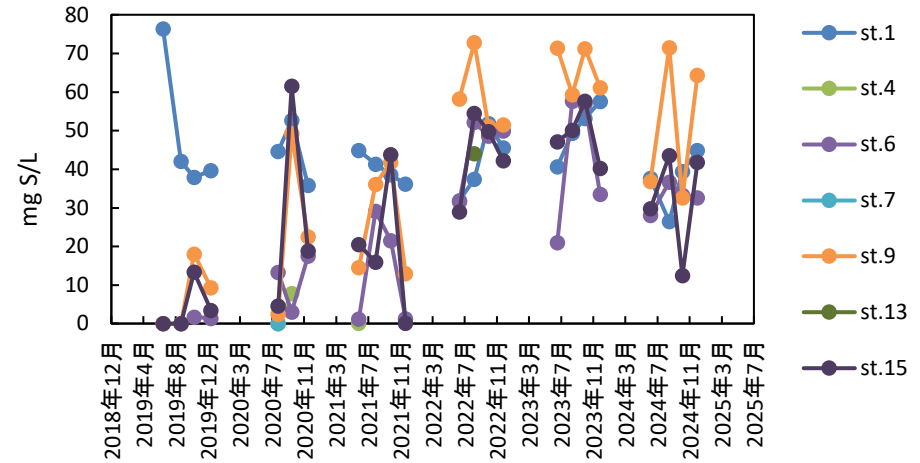
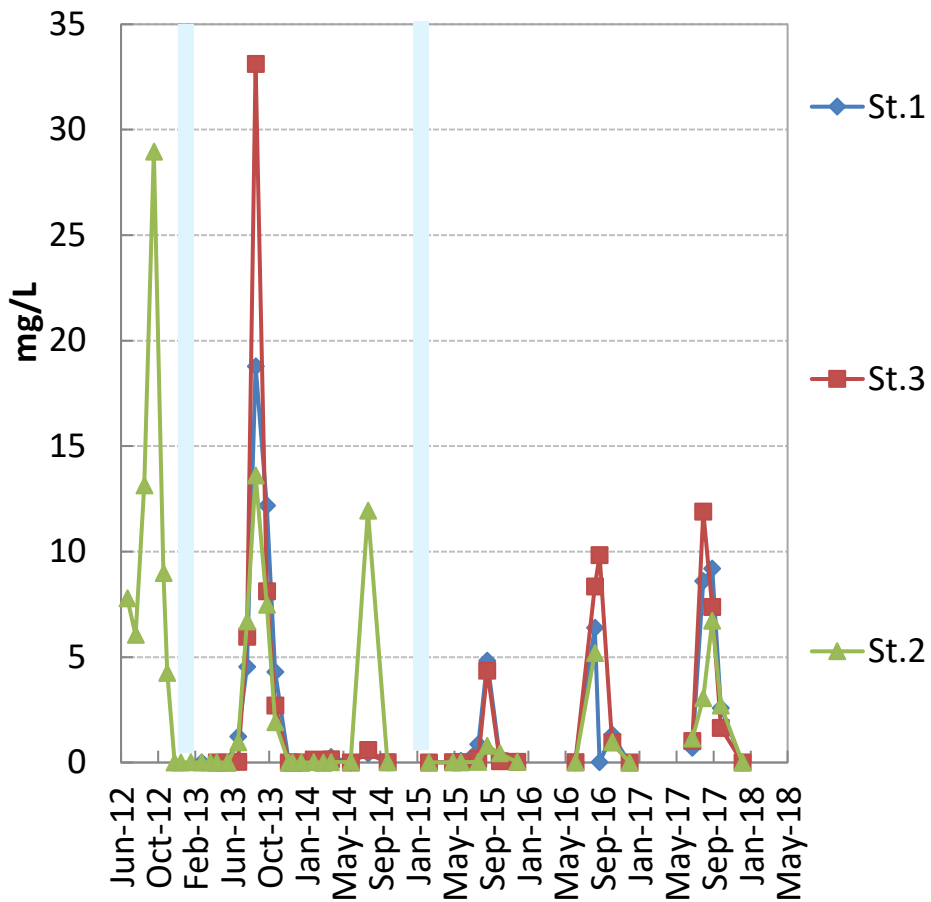


図 各地点の直上水, Hiビース間隙水, 底泥間隙水のH<sub>2</sub>Sの経時変化

施工 施工



施工 直上水 H<sub>2</sub>S

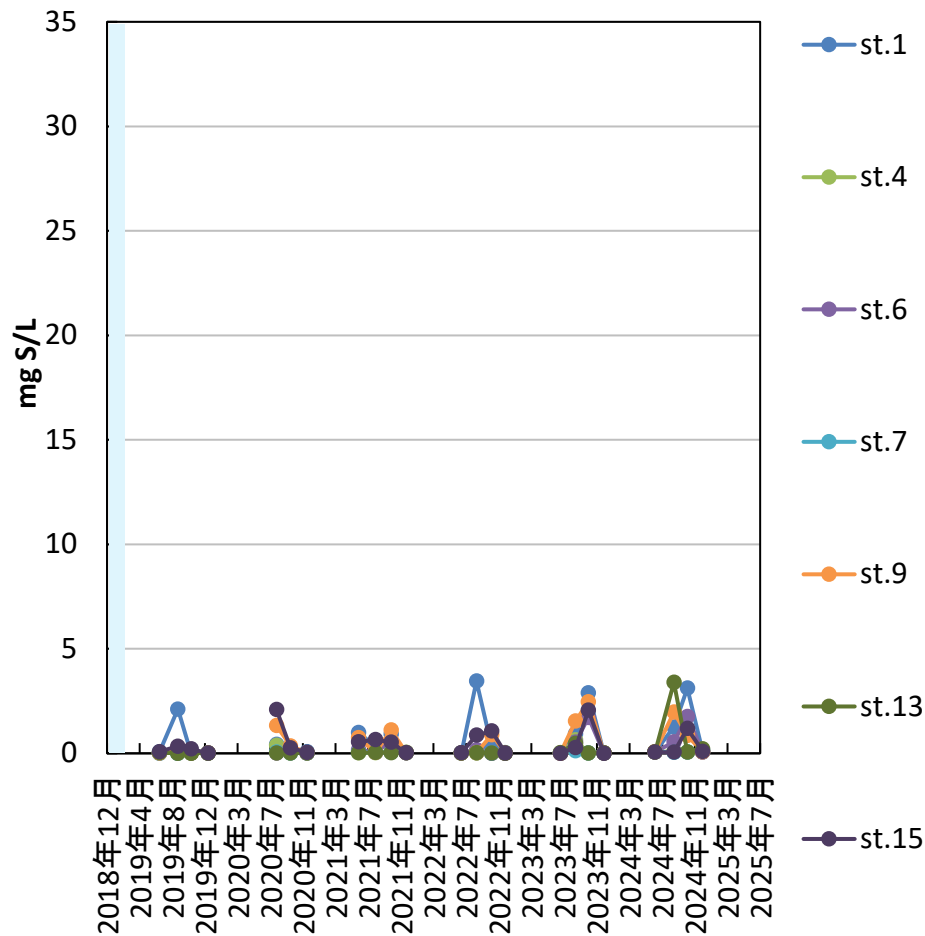
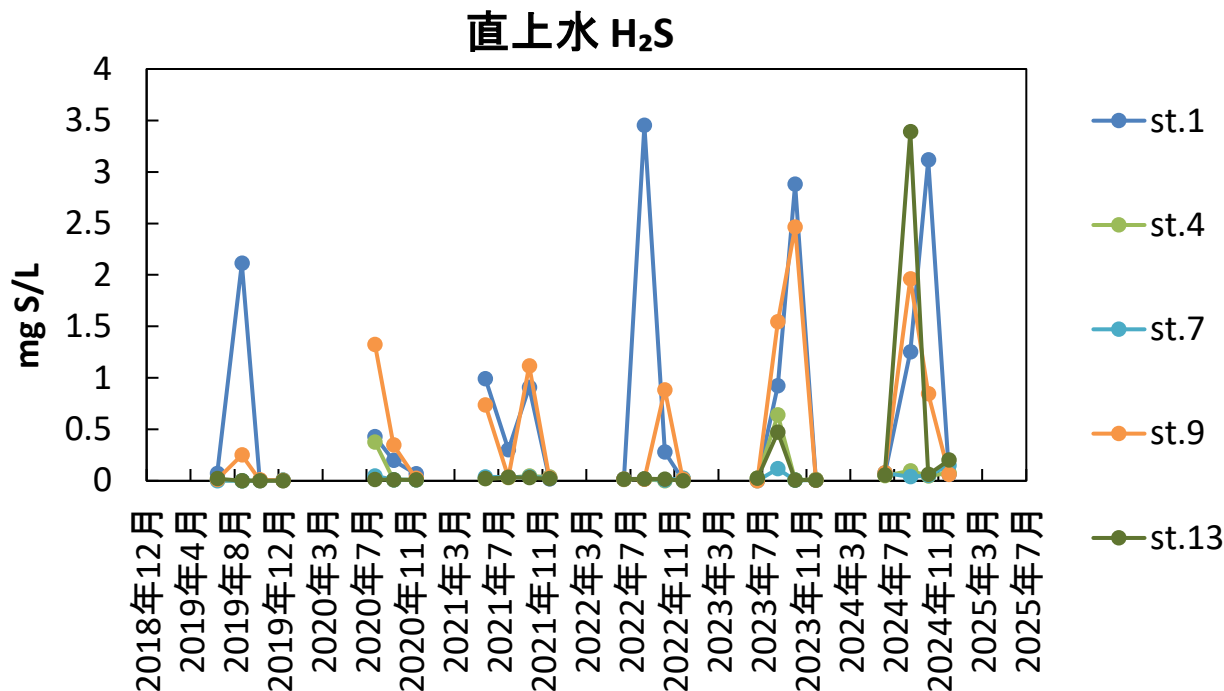
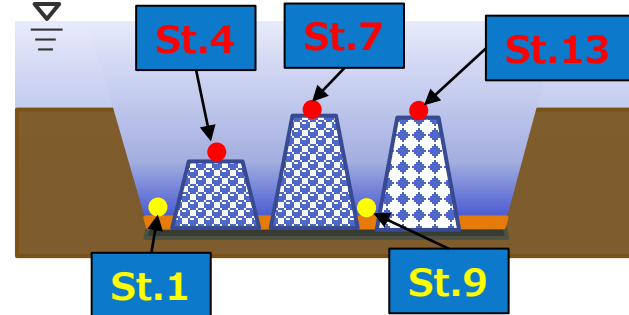


図 細井沖窪地全面覆砂前後における直上水のH<sub>2</sub>Sの経時変化

図 細井沖窪地山型覆砂後における直上水のH<sub>2</sub>Sの経時変化

# 直上水の硫化水素濃度



・2024年：St.4, 7（山頂）は低濃度で推移したが、St.13（Hiビーズ・ロック山頂）では濃度が急増した。

・St.1（未覆砂）とSt.9（山麓）は山頂よりも高い濃度であった。

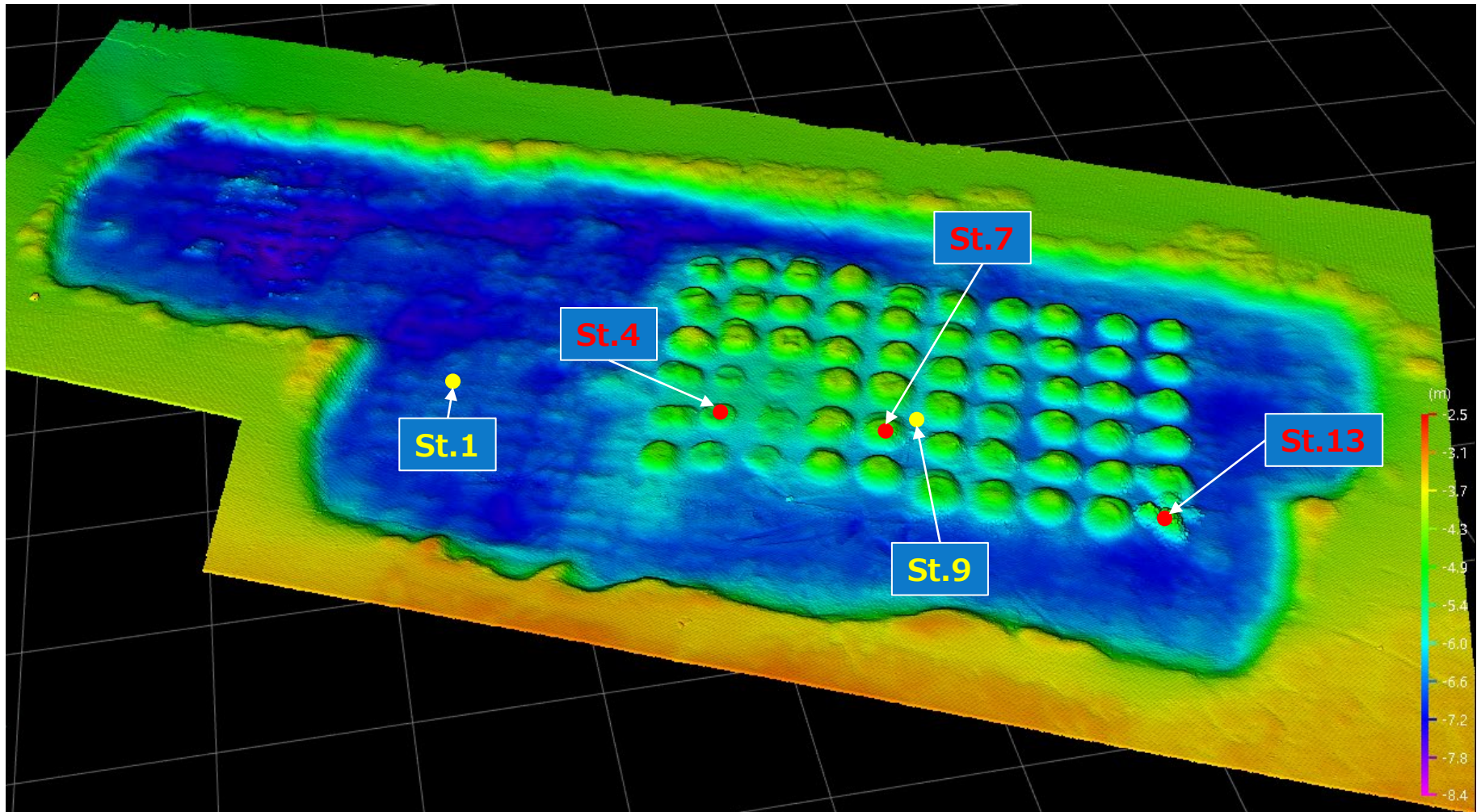
（2021年は7～8月に強雨が観測された年である。8月に窪地内でDOが観測されており、2021年の夏季に硫化水素濃度が減少した原因は降雨の影響と推察する。）



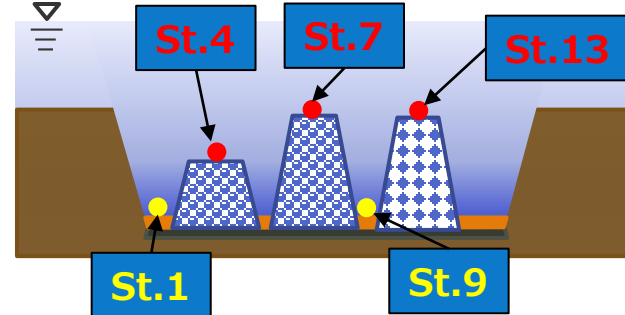
# 深浅測量結果 (2022.10)

※深さは2倍に強調

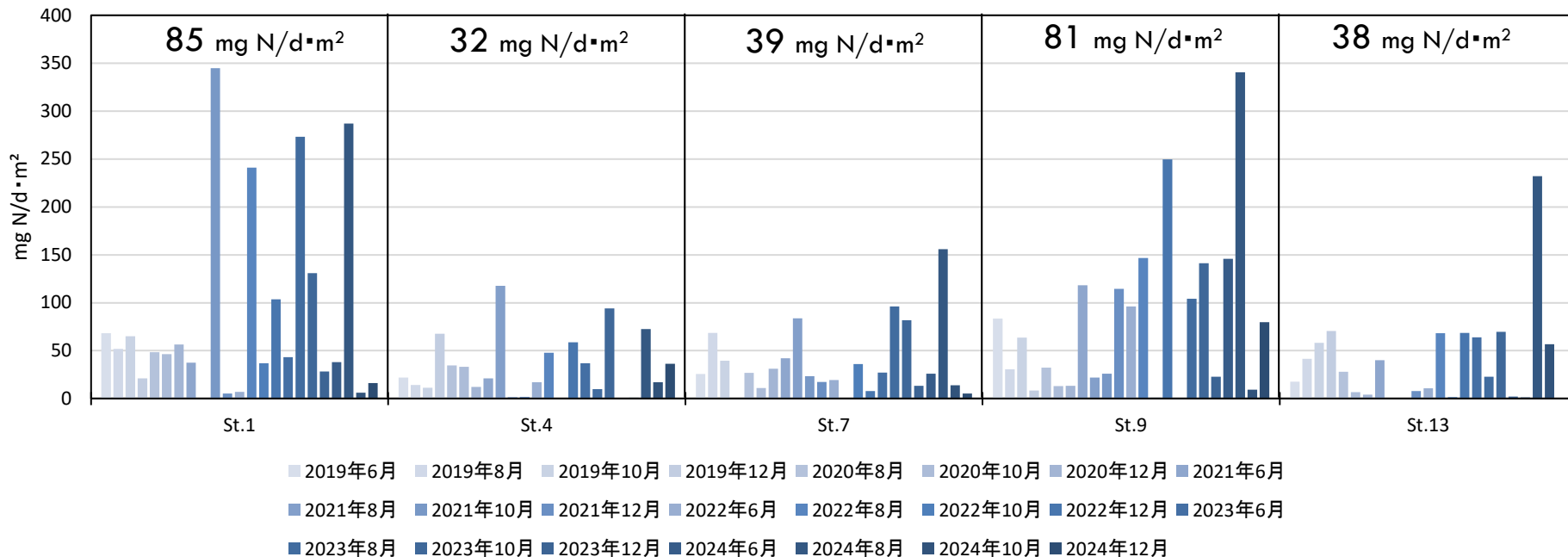
25



# 溶出速度 (NH<sub>4</sub>-N)

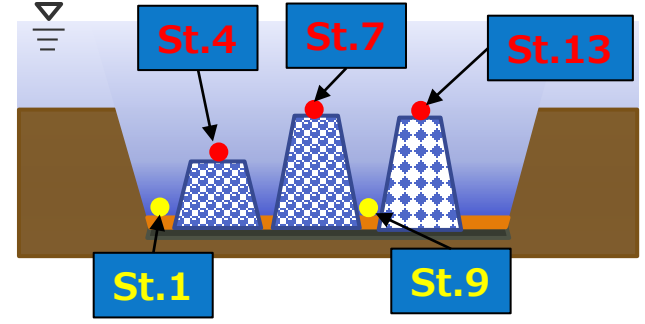


溶出速度 (NH<sub>4</sub>-N)

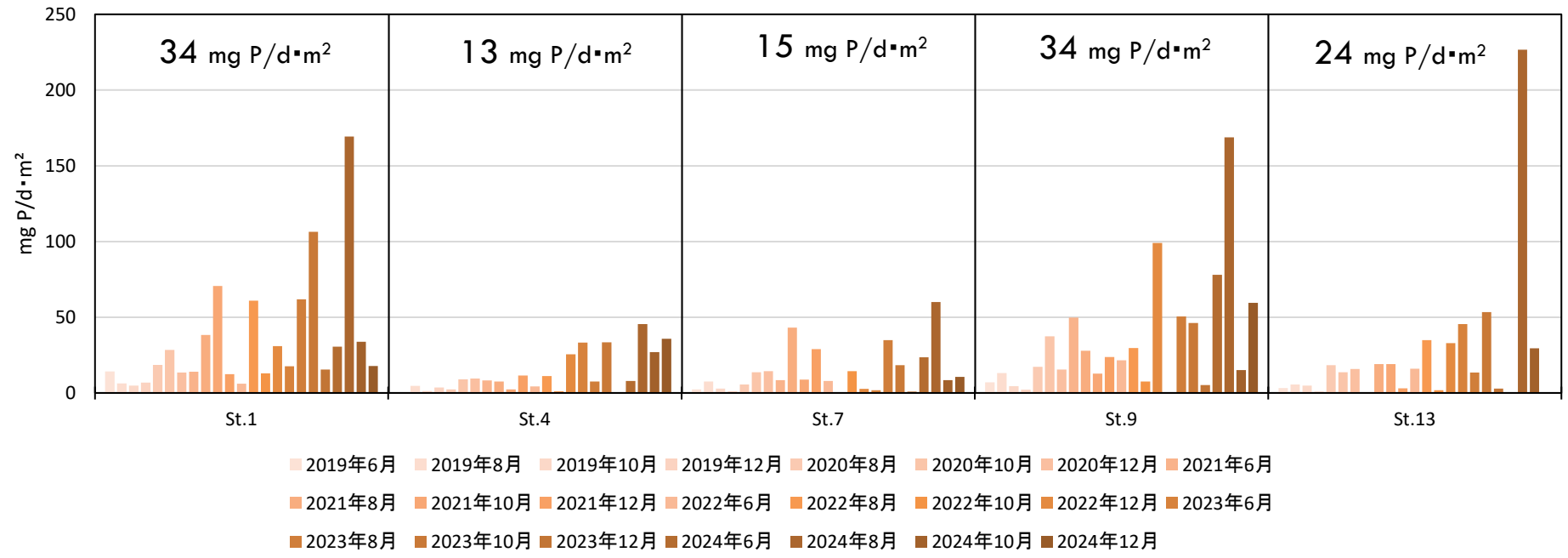


- St.1 (未覆砂) と St.9 (山麓) の溶出速度が2~3年目に増加。  
→ 山型覆砂ではNH<sub>4</sub>-Nの溶出は抑制できている。
- 平均値 (グラフ内の数値) では, 山型覆砂で溶出速度が低い (50%以上削減) 。

# 溶出速度 (PO<sub>4</sub>-P)

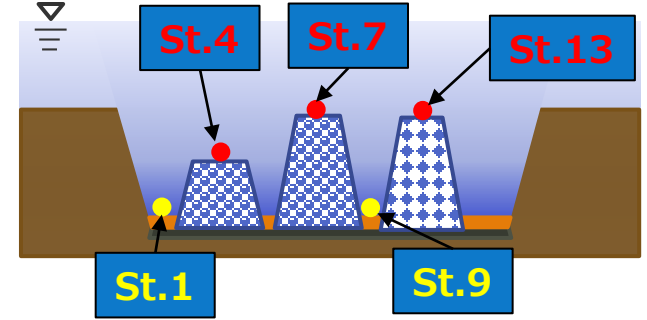


溶出速度 (PO<sub>4</sub>-P)

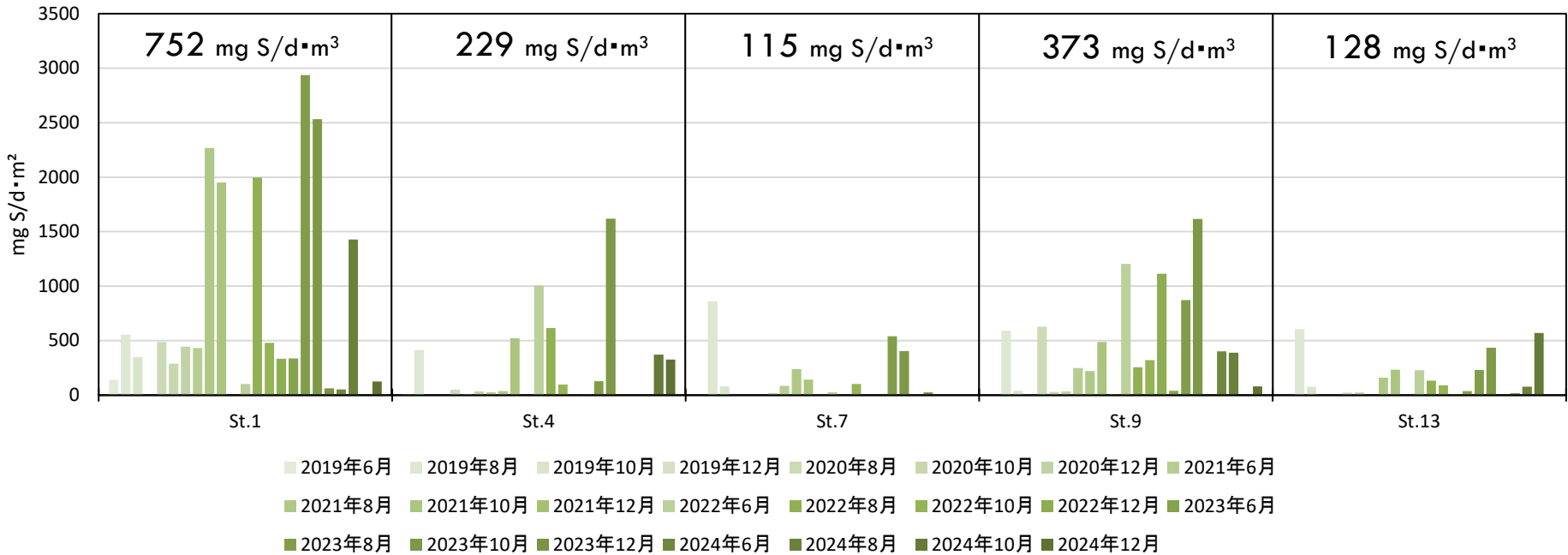


- St.1 (未覆砂) と St.9 (山麓) の溶出速度が2021年度から増加。  
→ 山型覆砂により PO<sub>4</sub>-P の溶出は抑制できている。
- 平均値 (グラフ内の数値) では, 山型覆砂で溶出速度が低い (50%程度削減) 。
- Hiビーズ・ロック (St.13) において, 2024年に溶出速度が増加。

# 溶出速度 (H<sub>2</sub>S)



溶出速度(H<sub>2</sub>S)



- 平均値 (グラフ内の数値) では, St.7とSt.13 (いずれも2 mの高い山) で溶出速度が低い。(概ね80%削減)
  - St.4 (1 mの高さ) で溶出速度が高い傾向にある。
- 山型覆砂のうち, 高い山においてH<sub>2</sub>Sの溶出を抑制している。

# 浮泥厚の経時変化

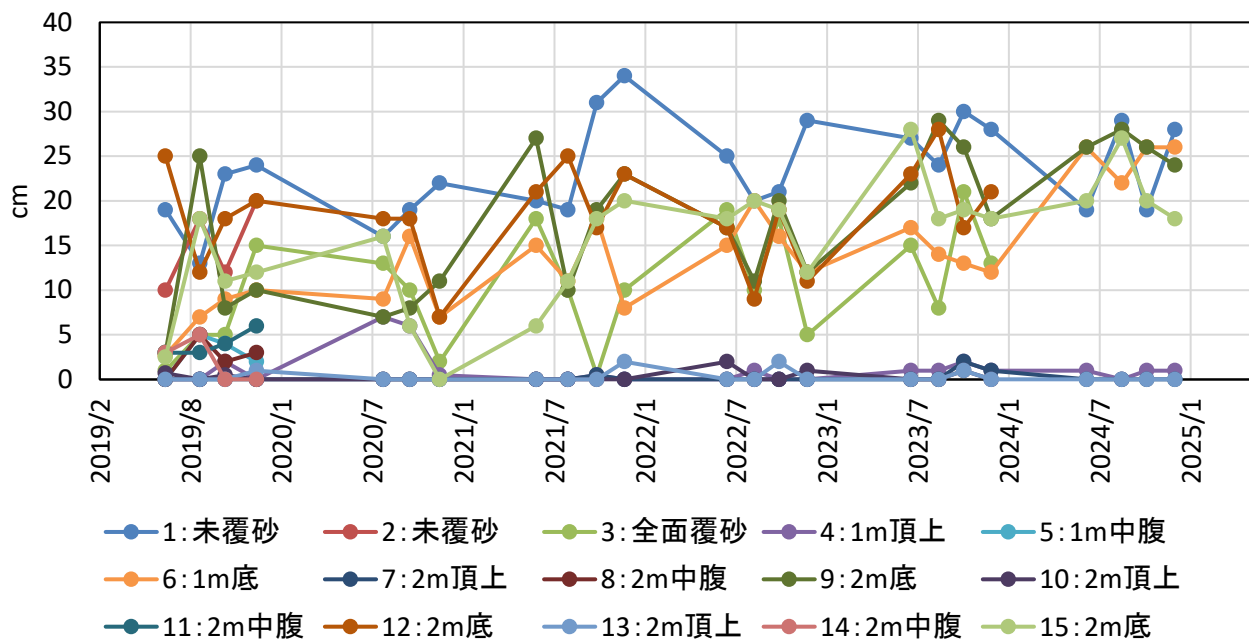
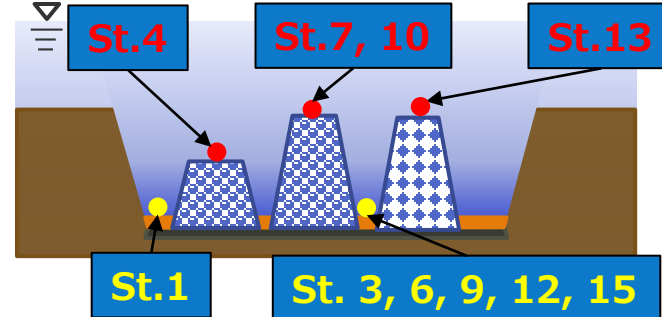


図 Hiビーズ上の底泥厚（浮泥厚）（cm）の経時変化

# 浮泥堆積速度

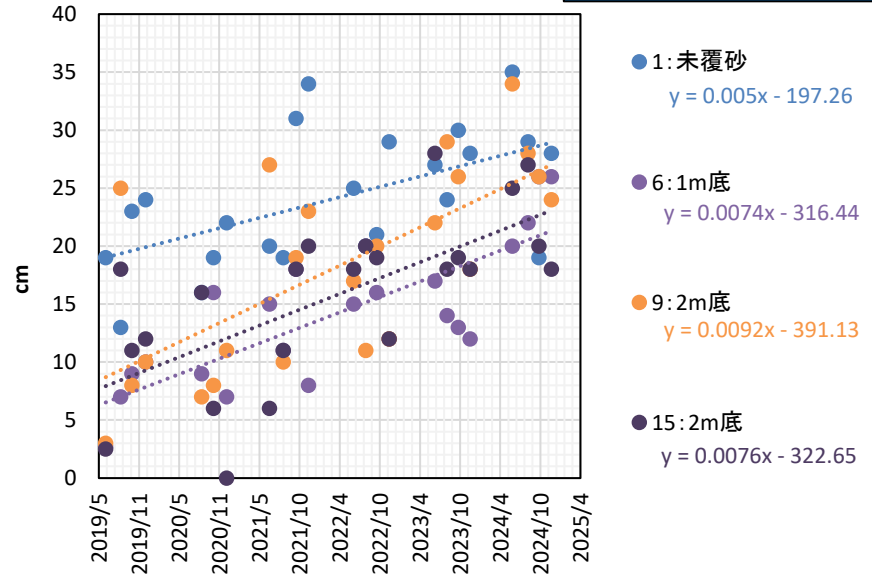
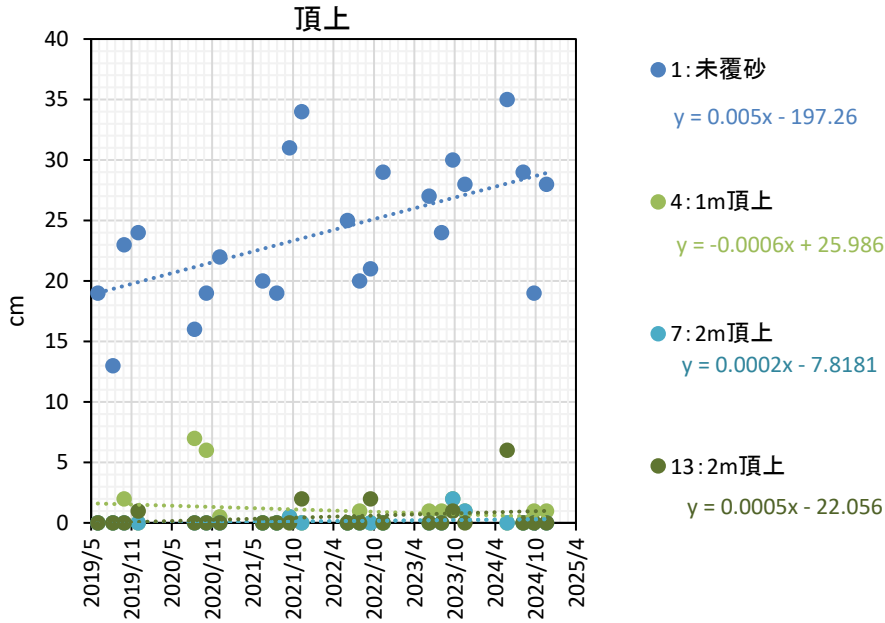
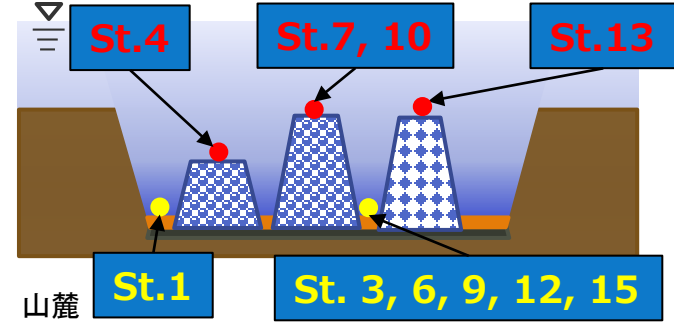


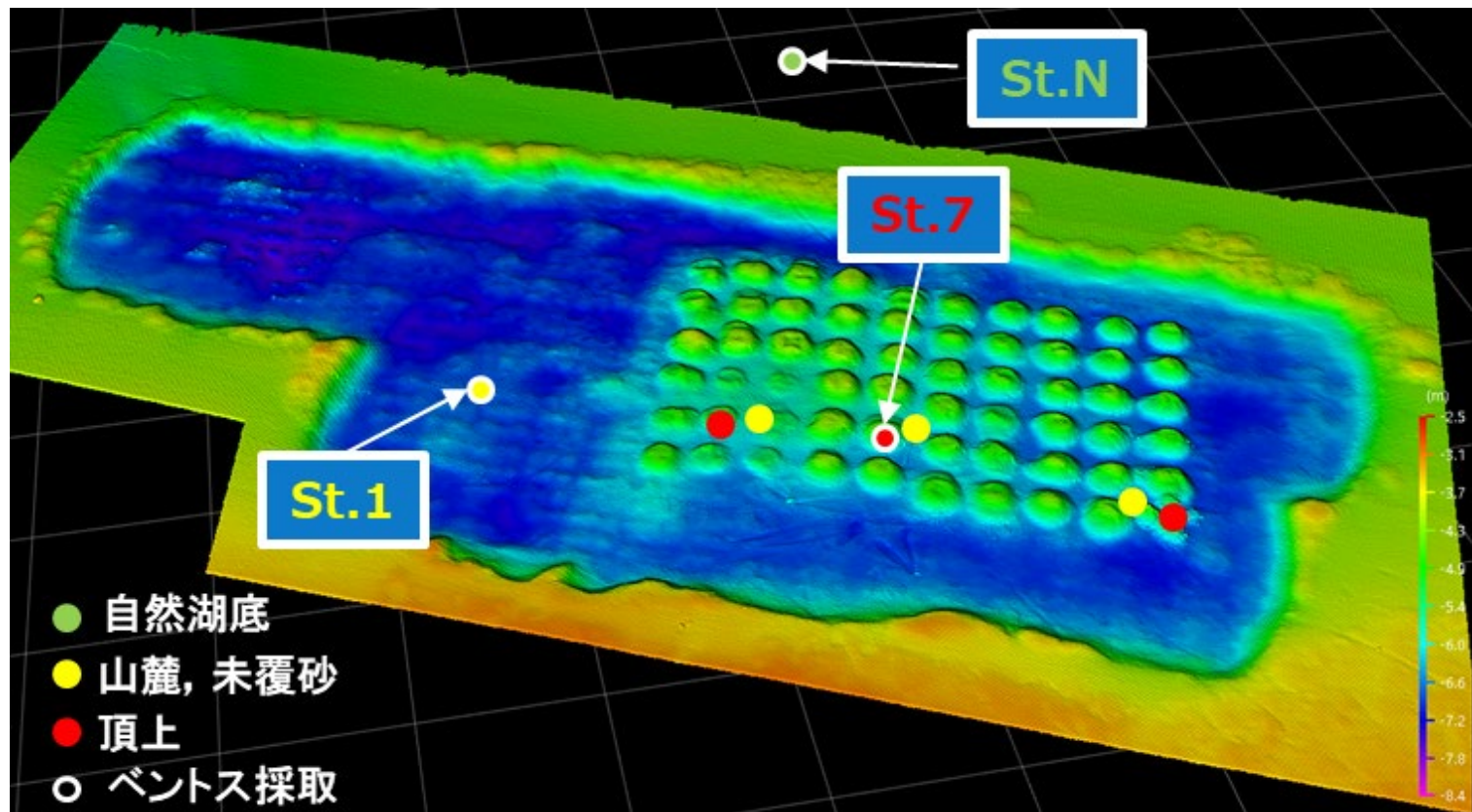
図 Hiビーズ上の底泥（浮泥）厚の経時変化（上：山頂，下：山麓）

| 2019~2024 | 傾き = 増加率<br>(cm/d) | 増加速度<br>(cm/y) |
|-----------|--------------------|----------------|
| 1: 未覆砂    | 0.0050             | 1.81           |
| 3: 全面覆砂   | 0.0052             | 1.89           |
| 4: 1m頂上   | -0.0006            | -0.20          |
| 6: 1m底    | 0.0074             | 2.70           |
| 7: 2m頂上   | 0.0002             | 0.07           |
| 9: 2m底    | 0.0092             | 3.34           |
| 10: 2m頂上  | 0.0002             | 0.08           |
| 12: 2m底   | 0.0025             | 0.90           |
| 13: 2m頂上  | 0.0005             | 0.18           |
| 15: 2m底   | 0.0076             | 2.77           |

堆積物の増加速度（マイナス値は除く）

- ・未覆砂：1.81 cm/年（～2023：2.1 cm）  
（第1期全面覆砂：1.42 cm/年）
- ・頂上：0.08～0.18 cm/年（～2023：最大0.16 cm）
- ・山麓：0.9～3.34 cm/年（～2023：最大2.9 cm）

# 底生生物の採取 (2024.6)



測量 株式会社ウエスコ 島根支社技術部

- Hiビーズ地点：潜水により、25 cm×25 cmのサーバーネットを用いて2回底質を採取。
- 未覆砂地点：エクマンバージ採泥器15 cm×15 cmで2回底質を採取。  
→ いずれも目開き0.5 mmの篩上の生物を観察

# 底生生物 St.1 (未覆砂)



棲管や巻き貝 (いずれも死亡個体)



# 底生生物 St.7 (山型覆砂2 m山頂)



アサリ



不明



不明



ホトギスガイ



オクダイサゴムシ



多毛類

# 底生生物 St.N (自然湖底 水深4~5 m)



不明



不明



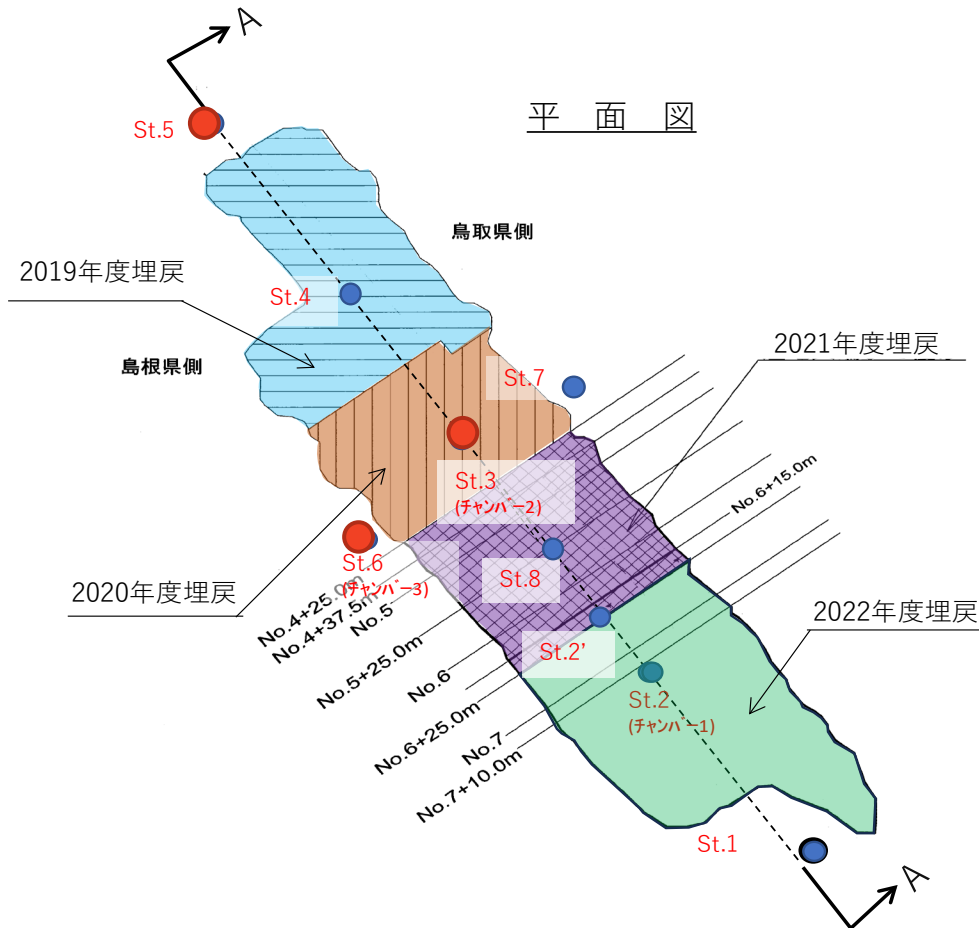
オクダイサゴムシ



アサリ  
巻き貝

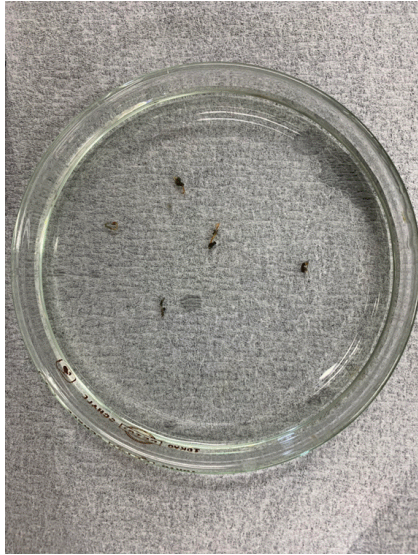
# 底生生物の採取 錦海 (2024.6)

米子工業高等専門学校 藤井先生による調査



- Hiビーズ地点：潜水により、25 cm×25 cmのサーバーネットを用いて2回底質を採取。
- 未覆砂地点：エクマンバージ採泥器15 cm×15 cmで2回底質を採取。  
→ いずれも目開き0.5 mmの篩上の生物を観察

# 錦海-穂日島 底生生物



St.3 (Hiビーズ埋戻し)



St.5 (自然湖底)



St.6 (Hiビーズ覆砂)

| 地点      | St.2 | St.3                       | St.6 | St.5                       |
|---------|------|----------------------------|------|----------------------------|
| 出現個体数   |      | [ind./0.13m <sup>2</sup> ] |      | [ind./0.05m <sup>2</sup> ] |
| 多毛綱     |      | 5                          |      |                            |
| アサリ     |      |                            | 6    | 2                          |
| ホトトギスガイ |      |                            | 71   | 30                         |