

中海自然再生協議会 第2期実施事業

細井沖浚渫窪地の山型覆砂の 調査報告

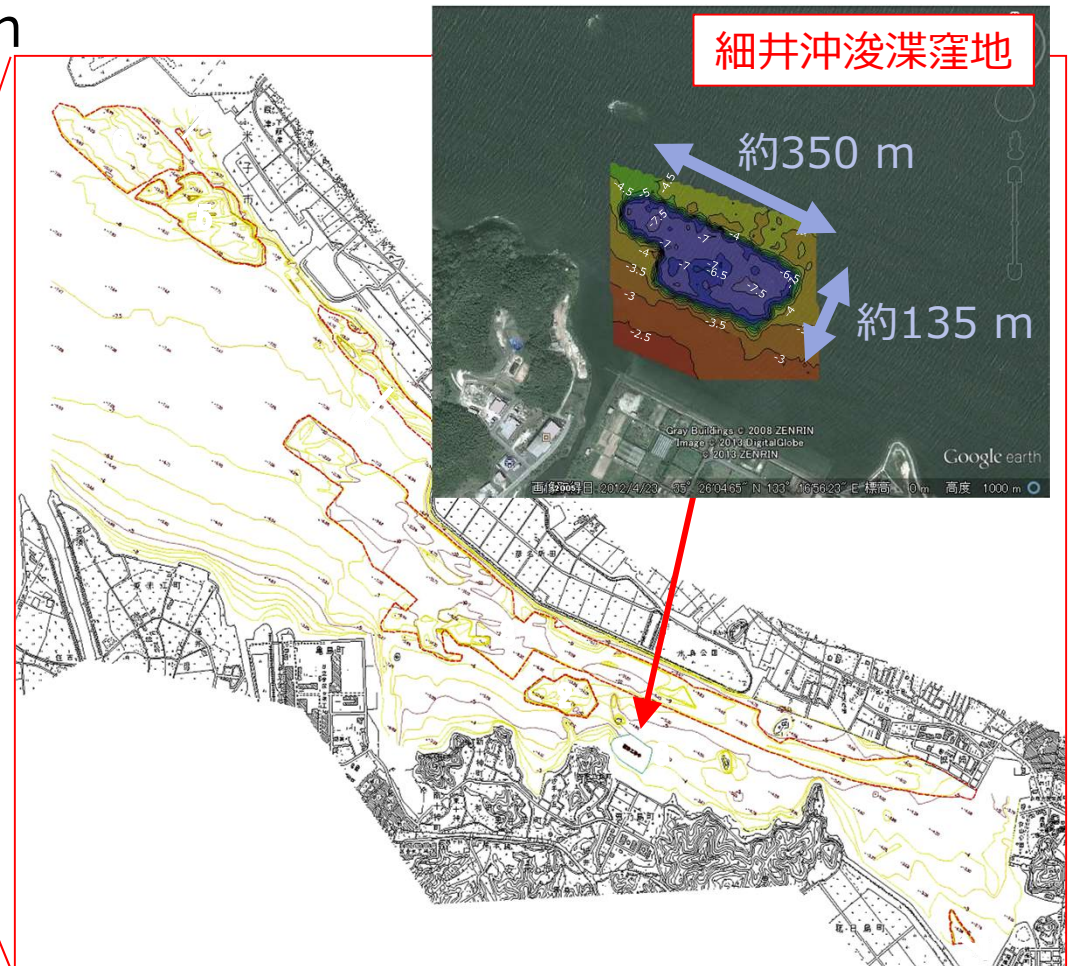
H29 (2017) -R4 (2022) 年度

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

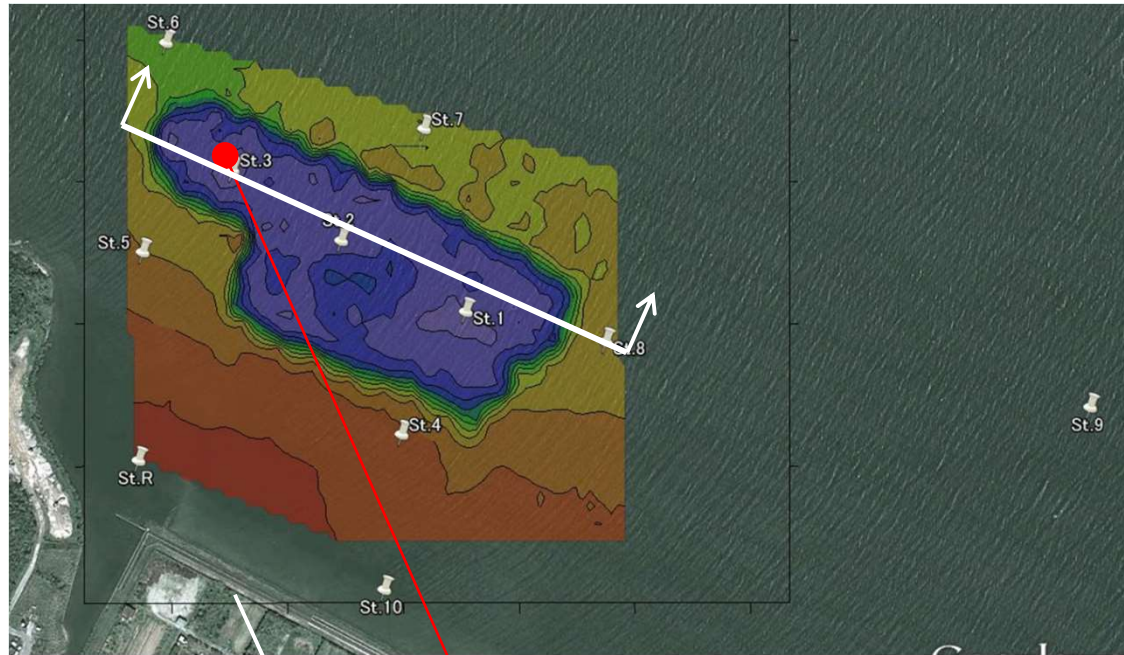
中海 細井沖浚渫窪地

2

- 面積：約0.05 km² • 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



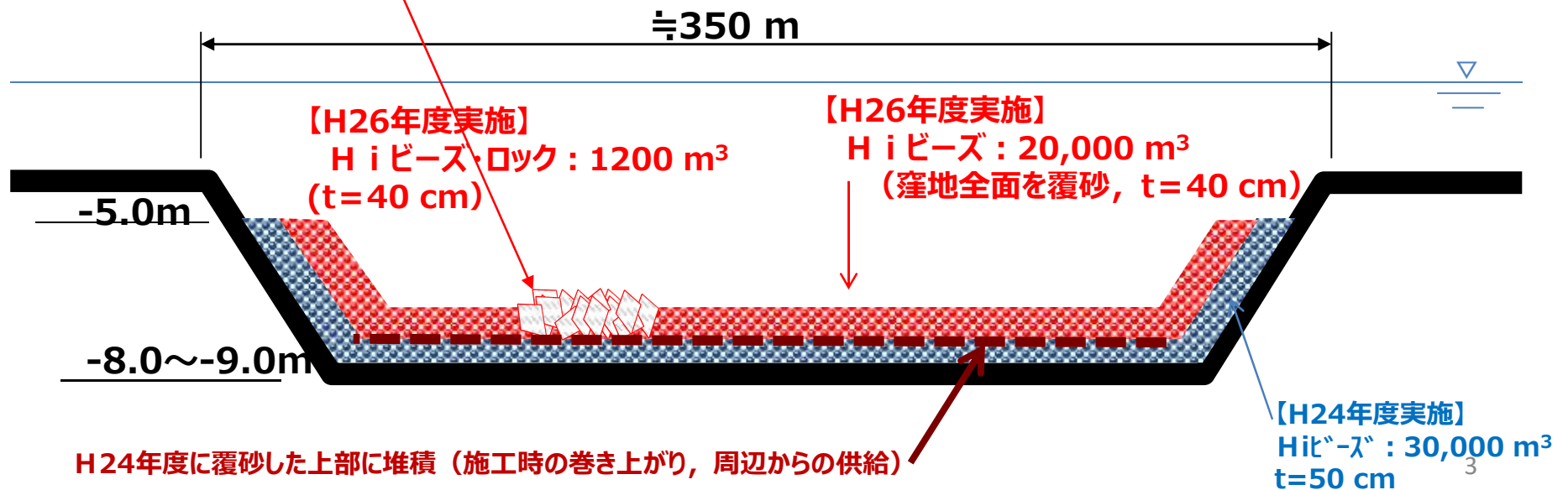
対象窪地の諸元

■ 細井沖浚渫窪地

窪地面積：約50,000 m²

窪地水深：8~9 m

周辺水深：4~5 m

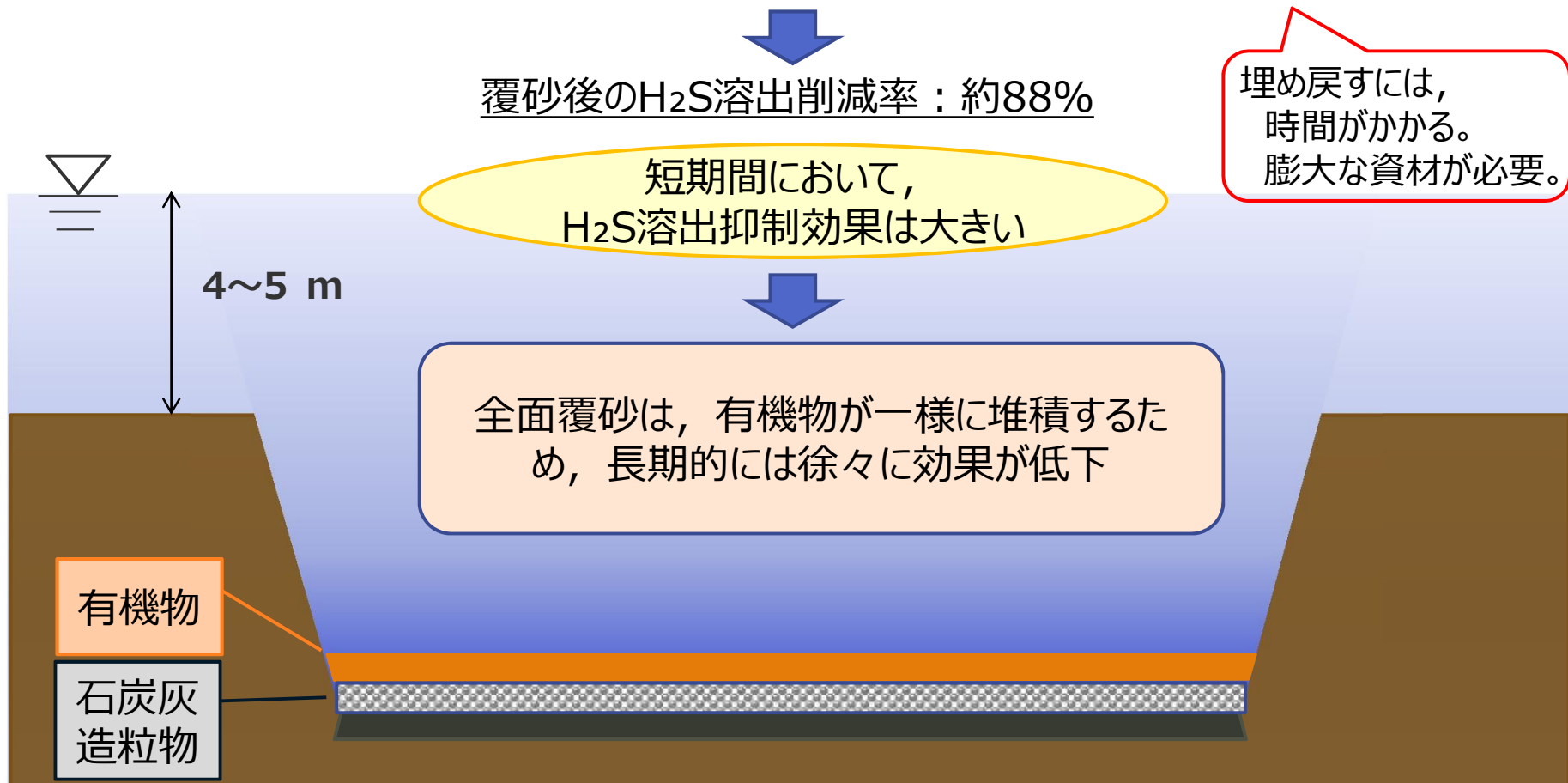


石炭灰造粒物による全面覆砂

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
($0.0039 \times 365 = 1.4235 \text{cm}$)

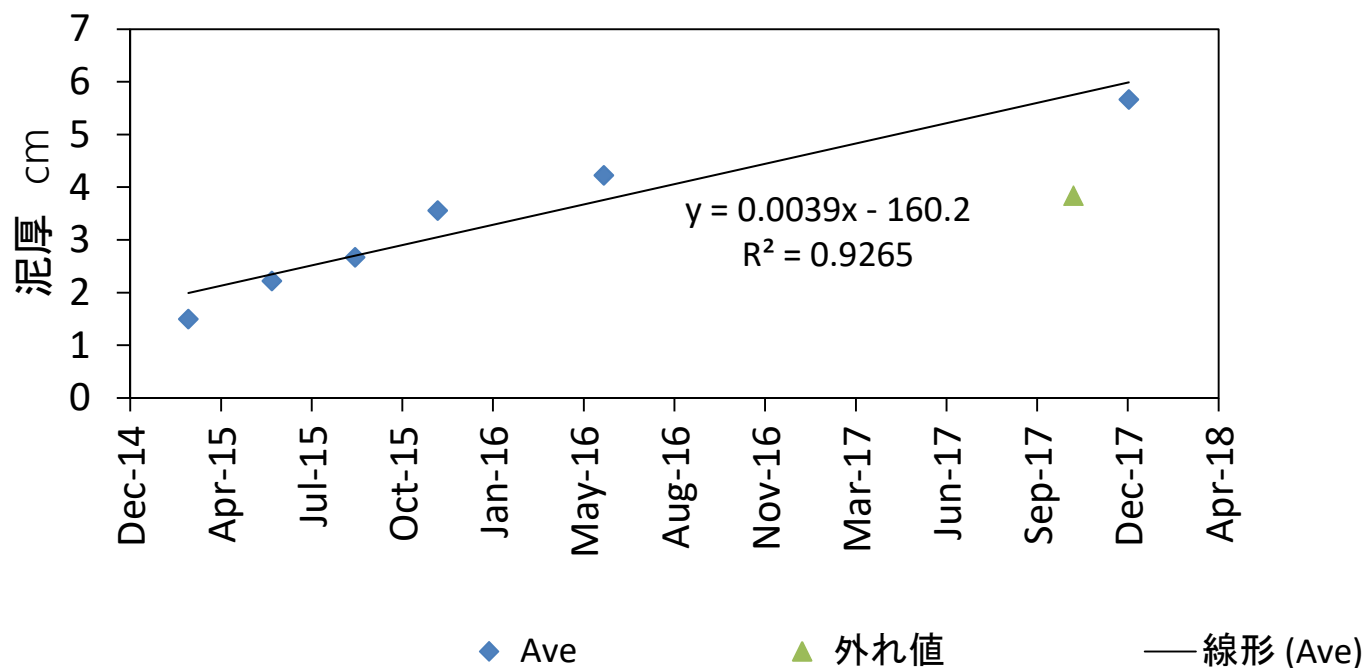
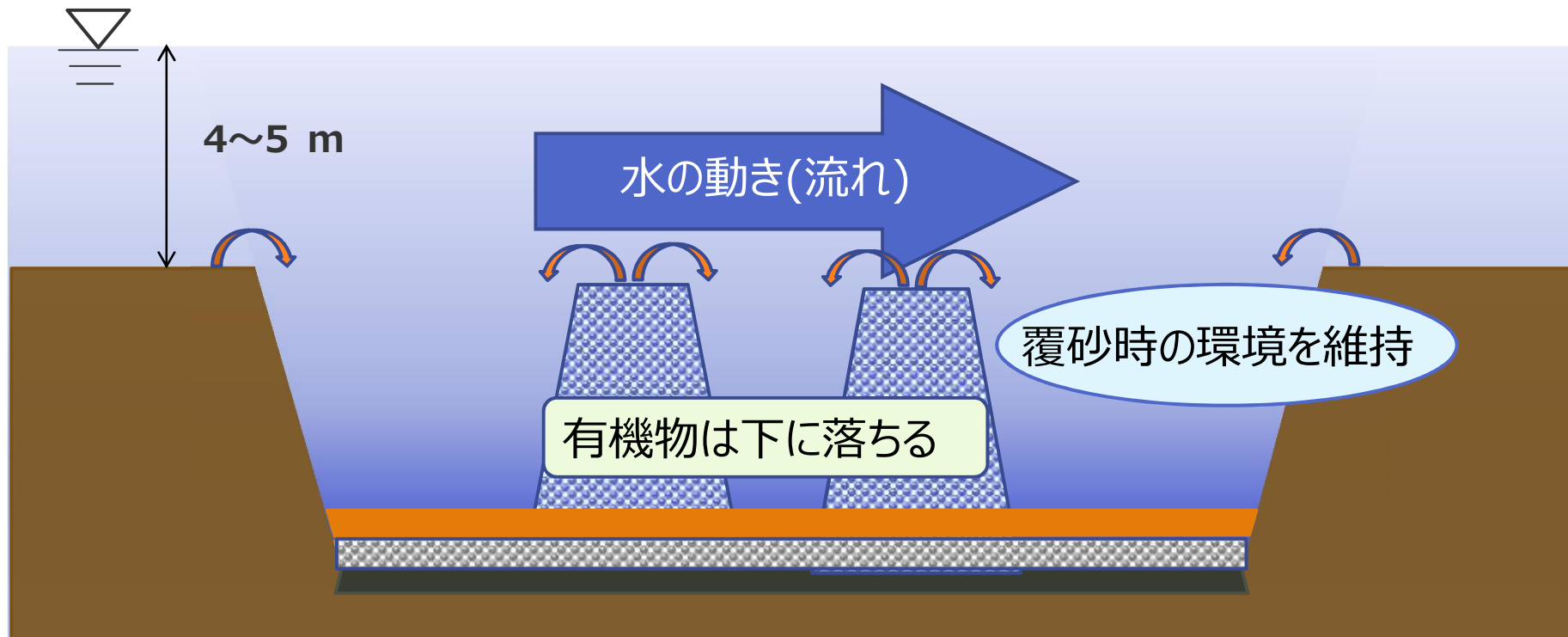


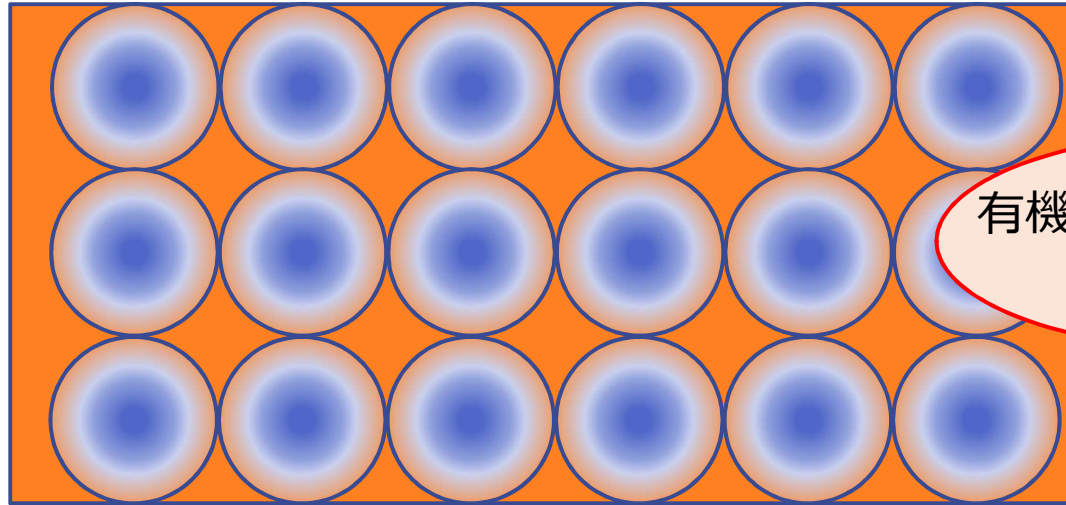
図 全面覆砂した細井沖浚渫窪地における覆砂材上の堆積物厚の経時変化 (ダイバーによる計測)

石炭灰造粒物を山型の形状で覆砂

6



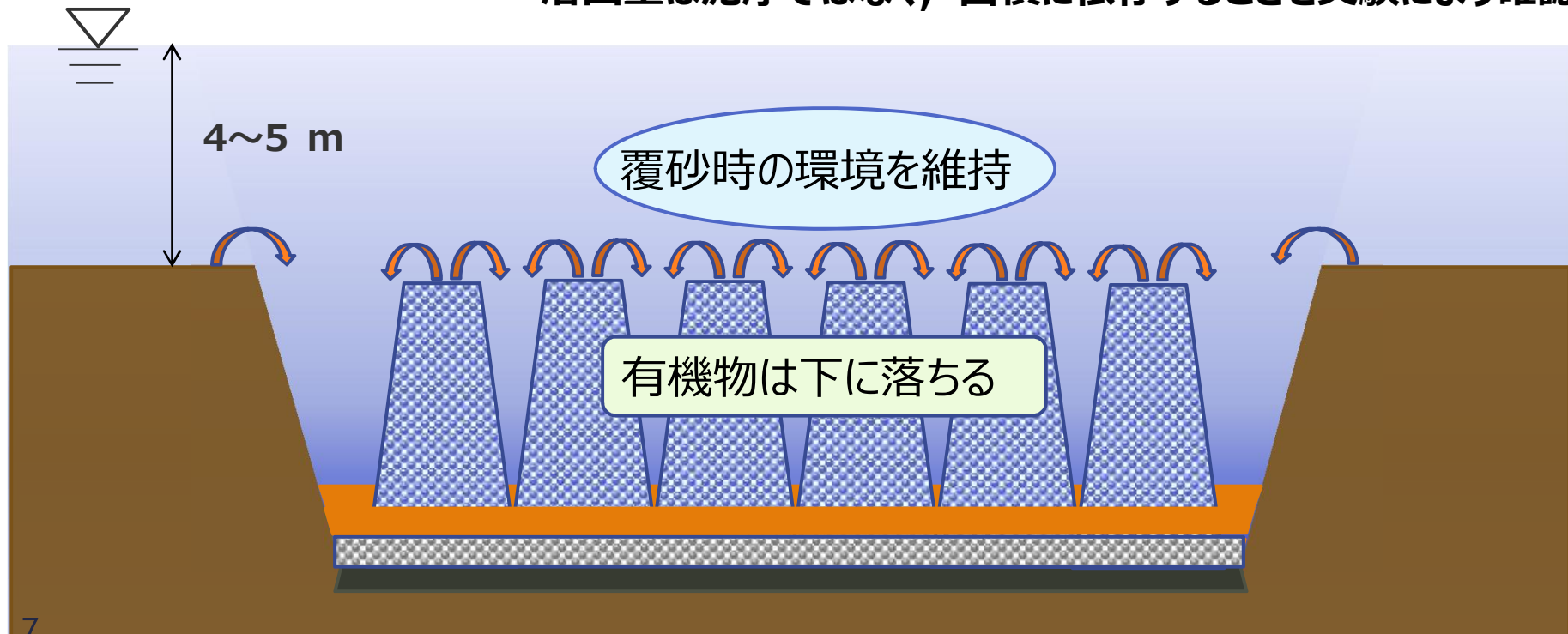
窪地を上から見た図



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



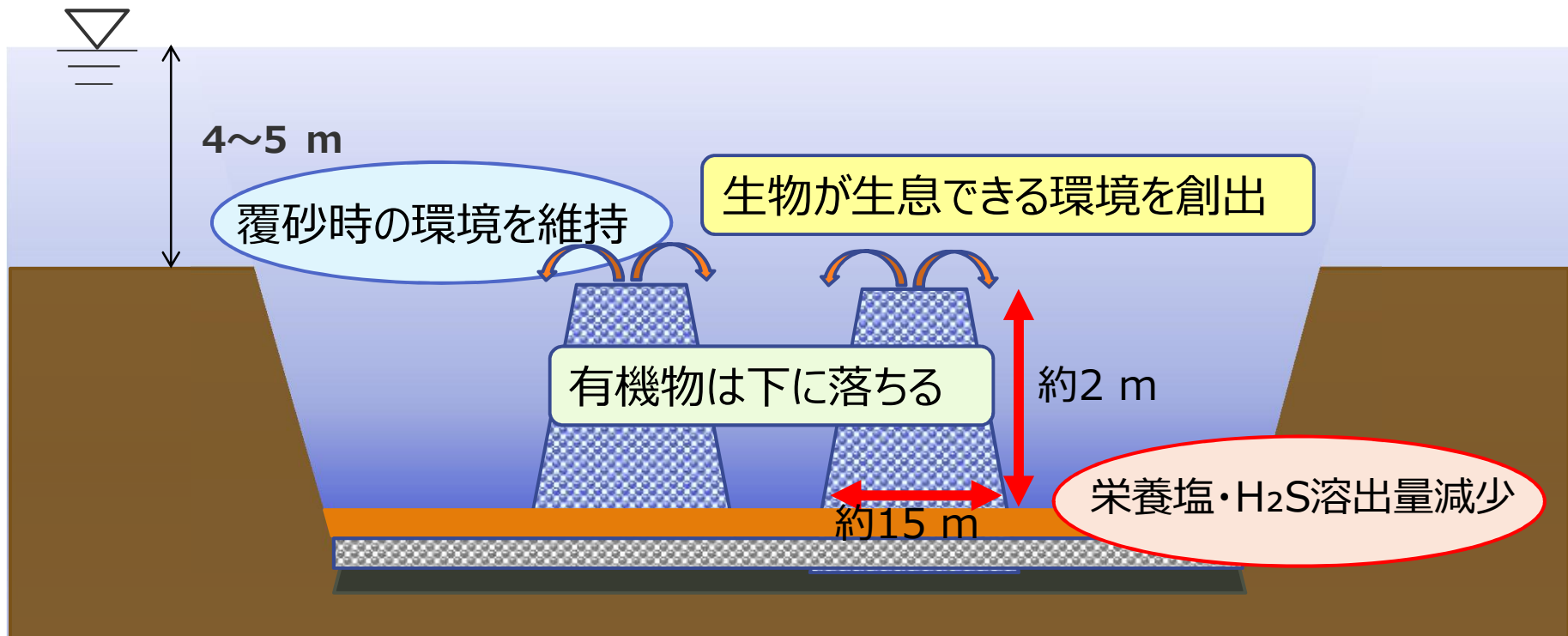
第2期実施事業（平成29～令和4年度） 石炭灰造粒物を山型の形状で覆砂

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

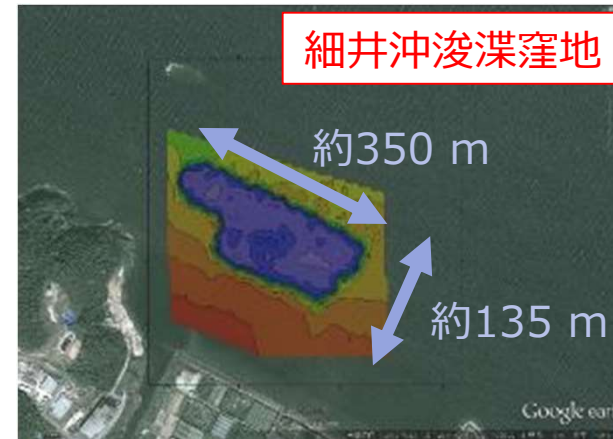
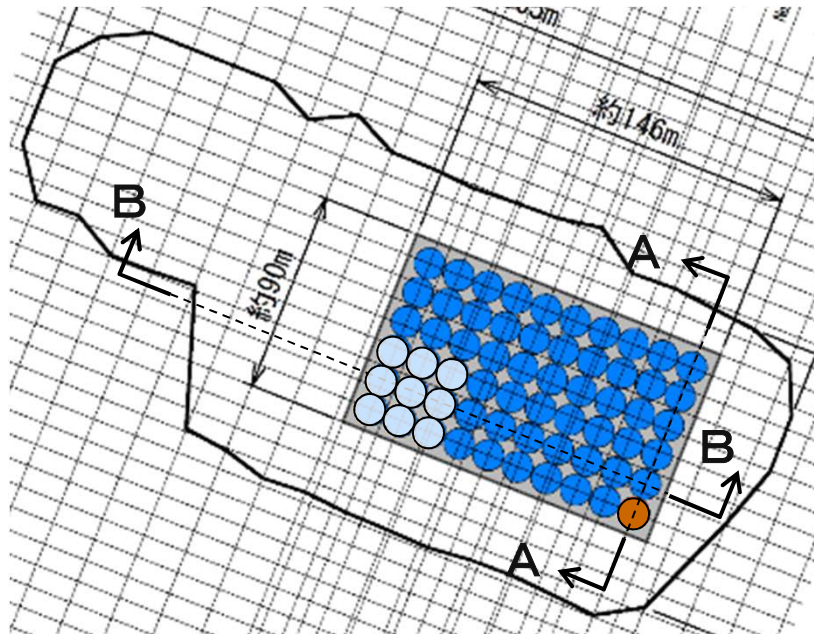
期待される
効果

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・H₂S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



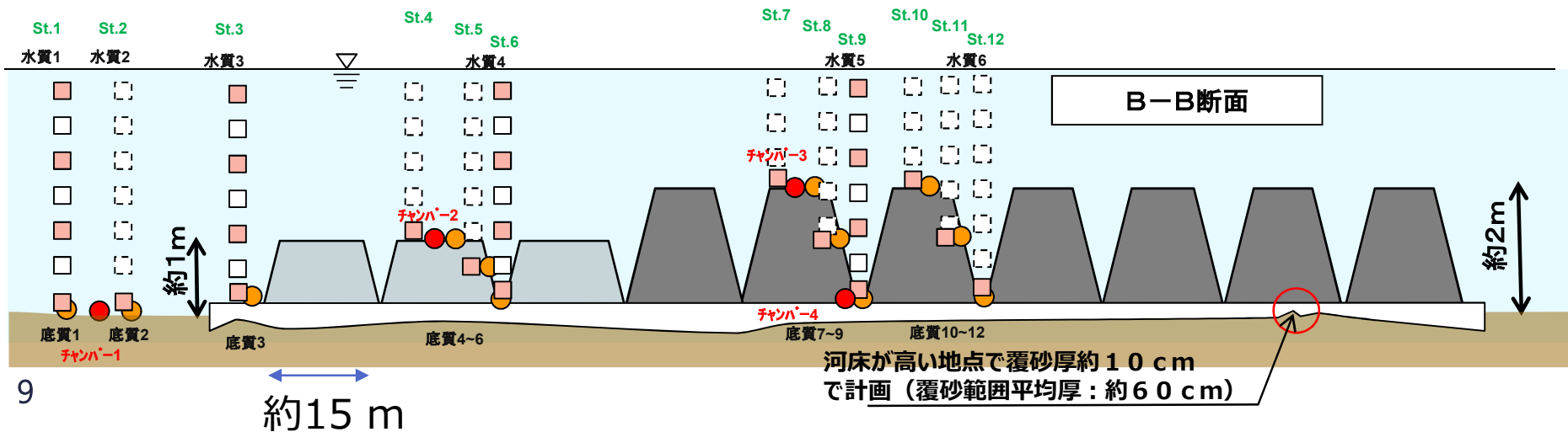
中海窪地環境修復事業（第2期） H31（2019）年3月施工完了 モニタリング地点

平面図



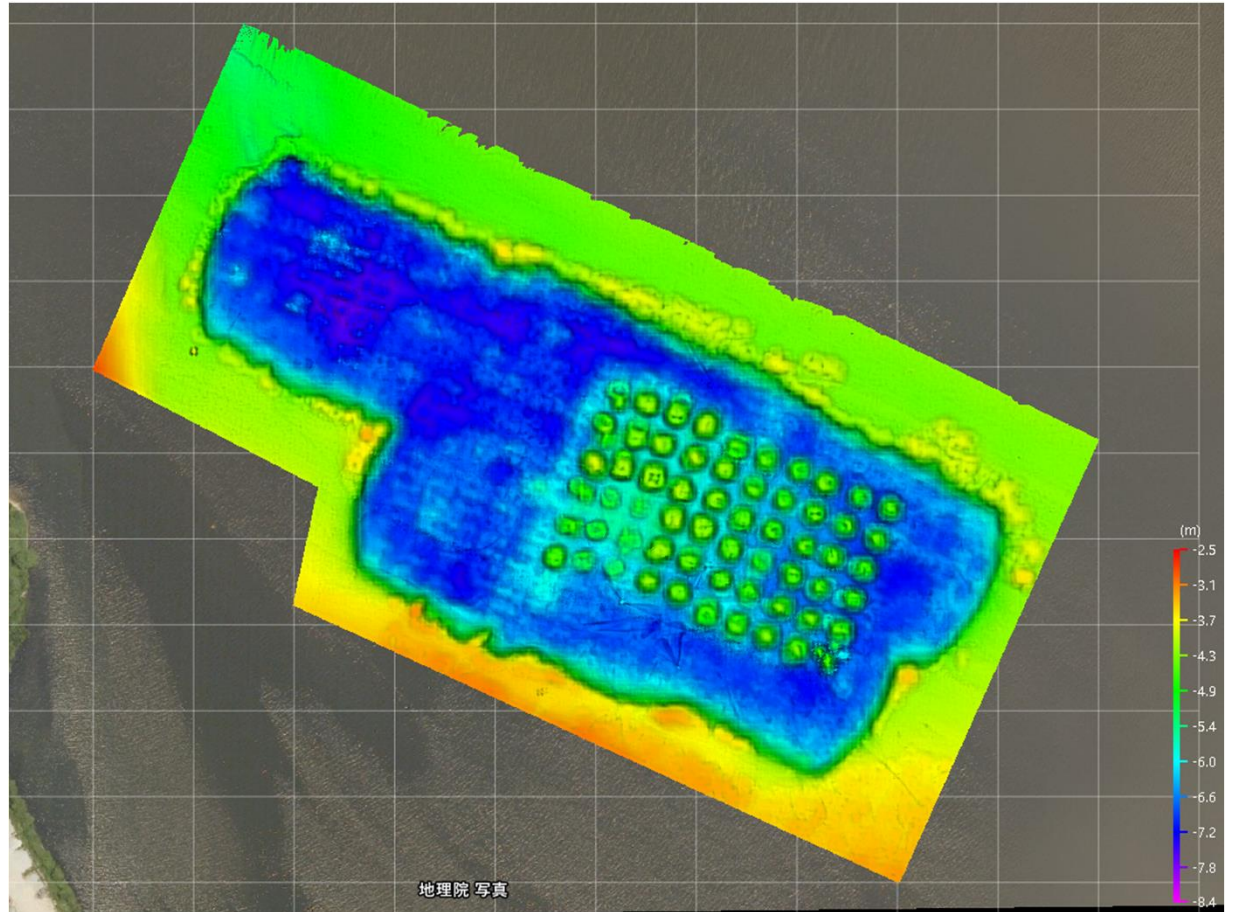
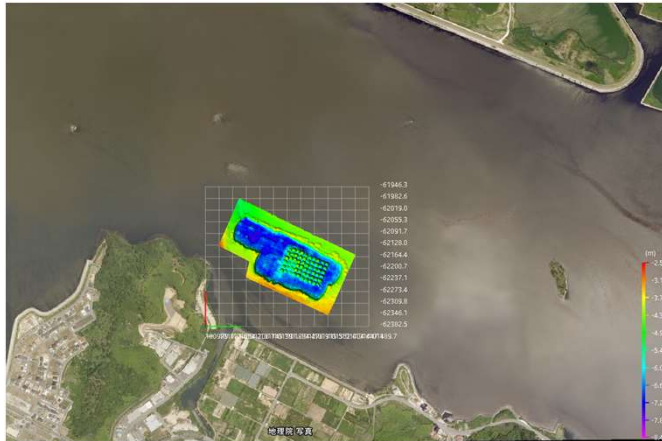
凡例

- 多項目水質計による鉛直水質調査位置(5地点)
- 採水による水質測定位置(15地点)
(鉛直奇数5地点+直上15地点(H₂S含む))
- 底質調査位置(15地点)
- チャンバー試験位置(5地点)



深浅測量結果 (2022.10)

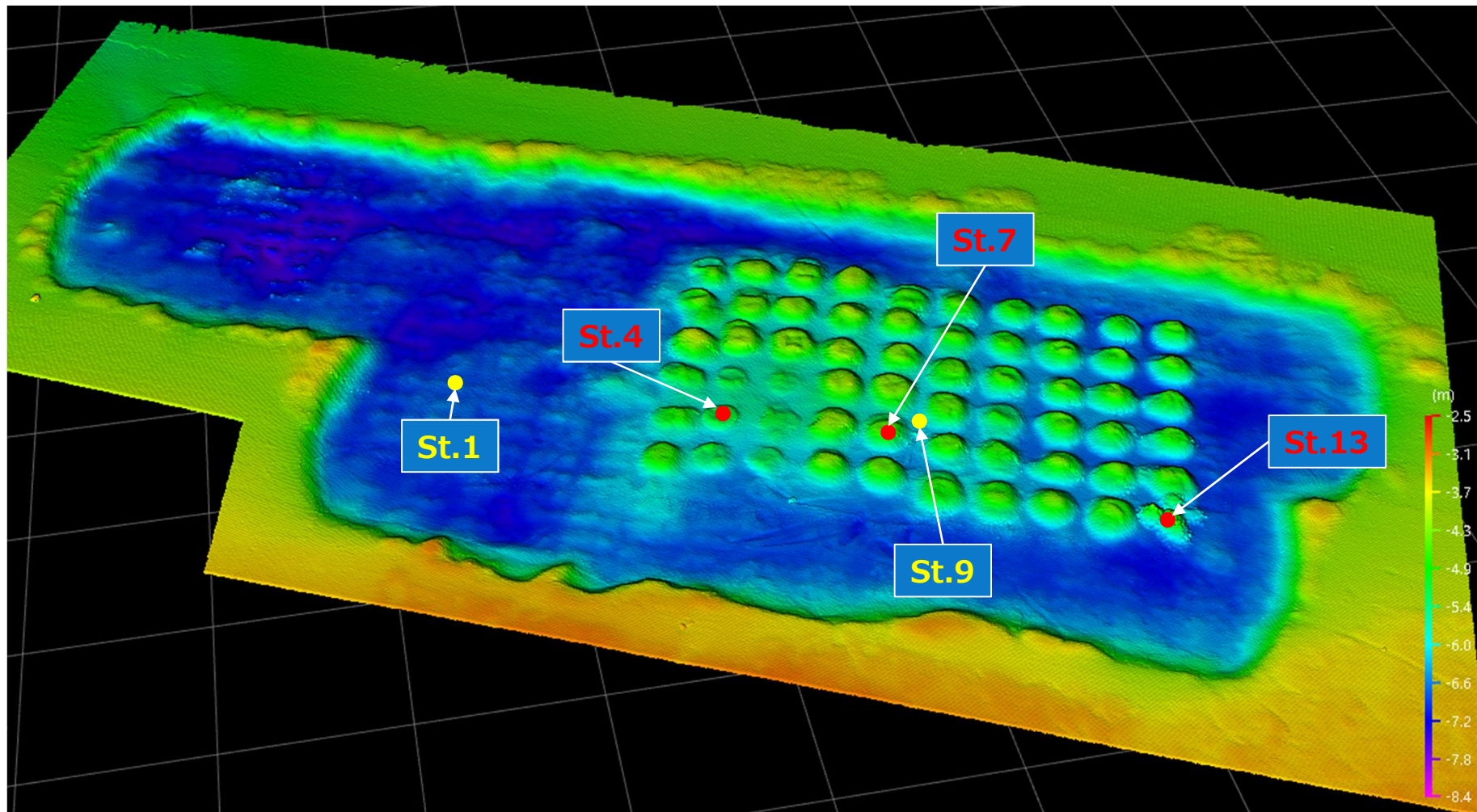
10



深浅測量結果 (2022.10)

※深さは2倍に強調

11



株式会社ウエスコ 島根支社技術部 提供

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 (現場測定)	水温, 塩分, pH, EC, ORP, DO 多項目水質計を用いて, 水深1 m毎に測定
②	水質測定 (栄養塩)	栄養塩(NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, PO₄-P)濃度 ★調査水深: 鉛直奇数m + 湖底直上50 cmより採水。
③	水質測定 (硫化水素)	硫化水素(H₂S) 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 (底質成分等)	エクマンバージ採泥器により底質採取し, 表層2 cmを対象に底質試験を実施 ・ 有機態炭素 をCHNコーダーで測定(各地点のC/N比算定) ・ 含水率 (110°C), 強熱減量 (IL300°C, IL600°C)
⑤	底質測定 (間隙水)	間隙水中の H₂S, NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, PO₄-P 濃度 ★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, 遠心分離して後の上澄みを間隙水とした。 ★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。
⑥	チャンバー試験 (溶出速度)	チャンバーを設置し数日間の濃度変化により NH₄-N, PO₄-P, H₂S 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

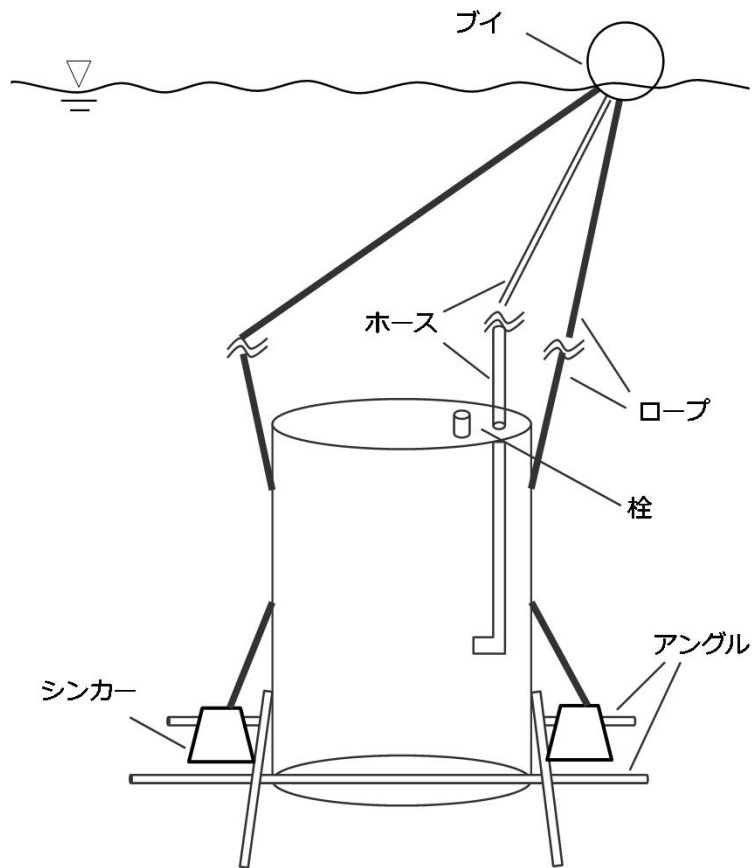


図 底泥チャンバー 容量：約110L

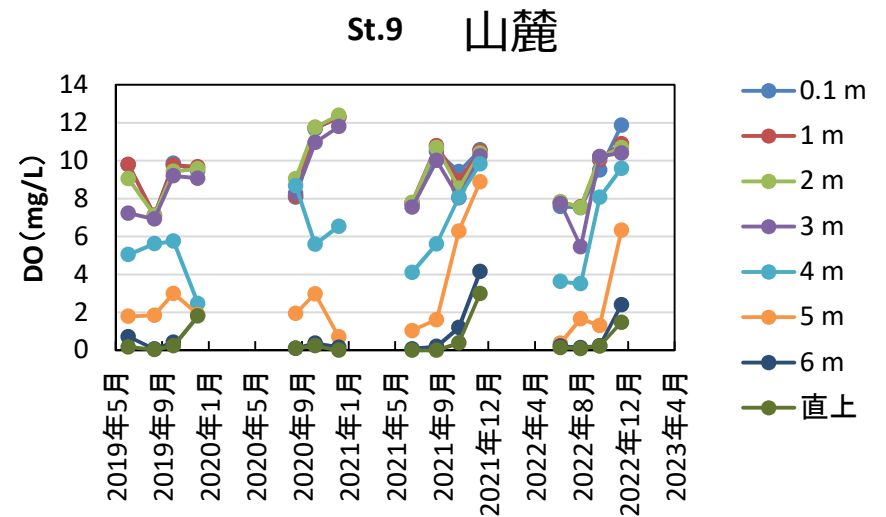
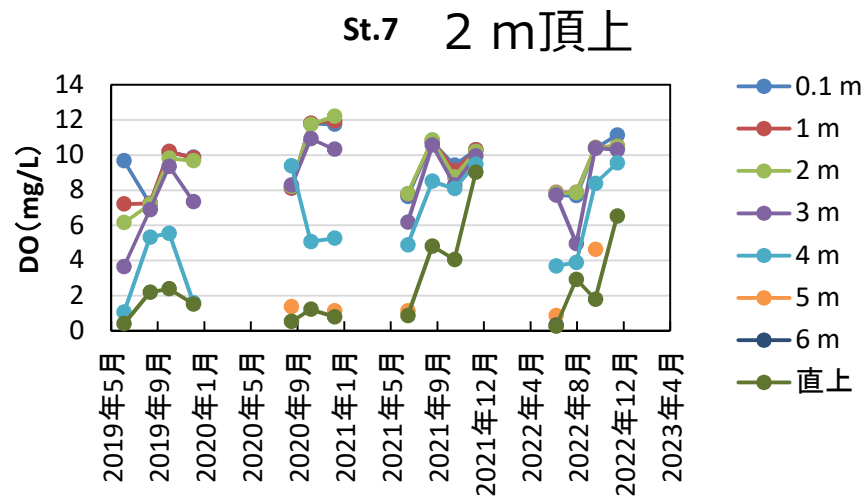
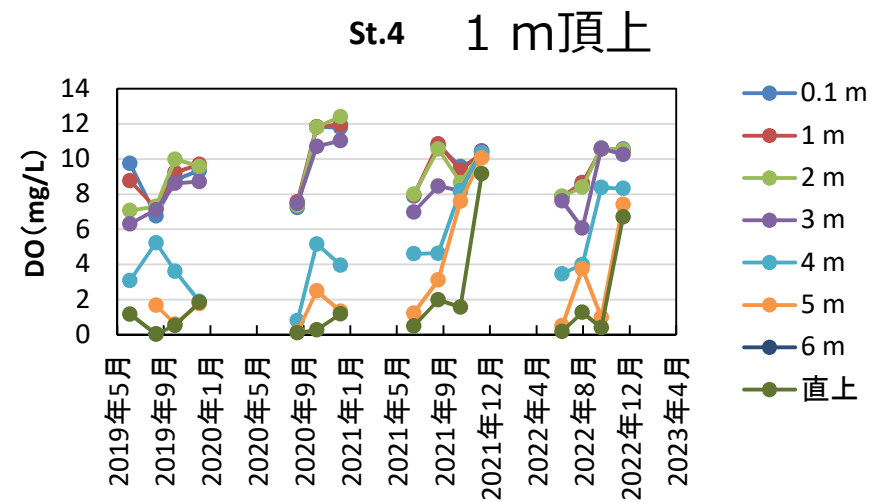
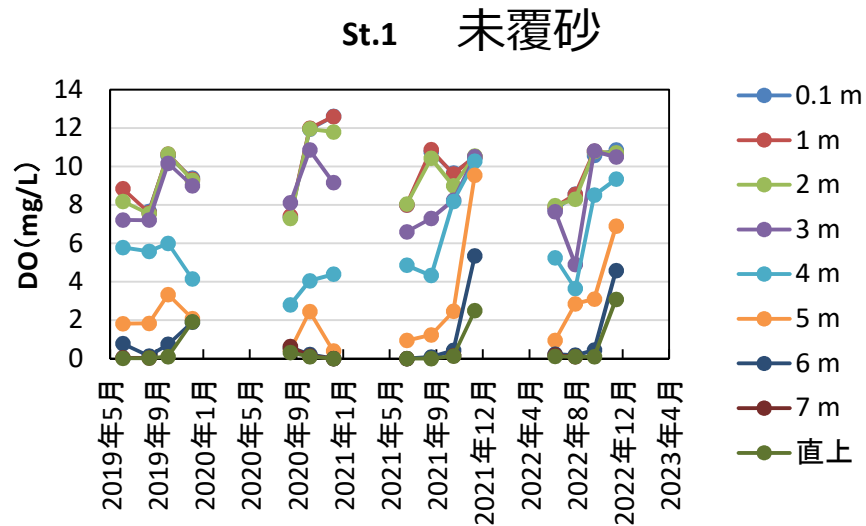
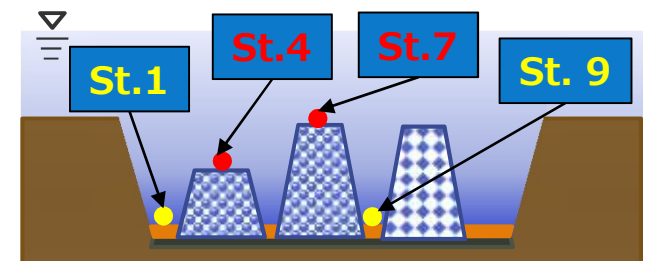


図 各地点の鉛直DOの経時変化



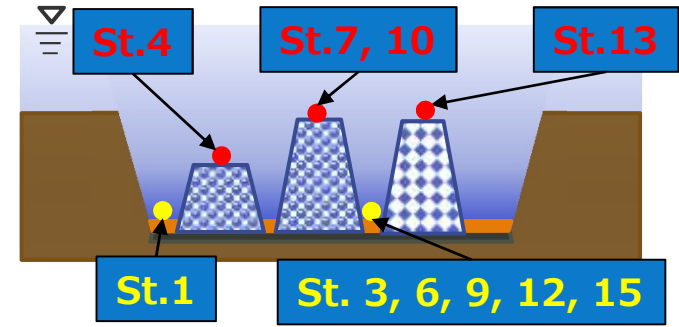
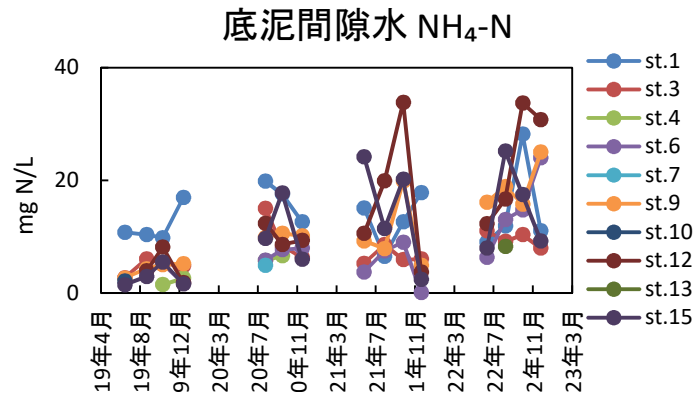
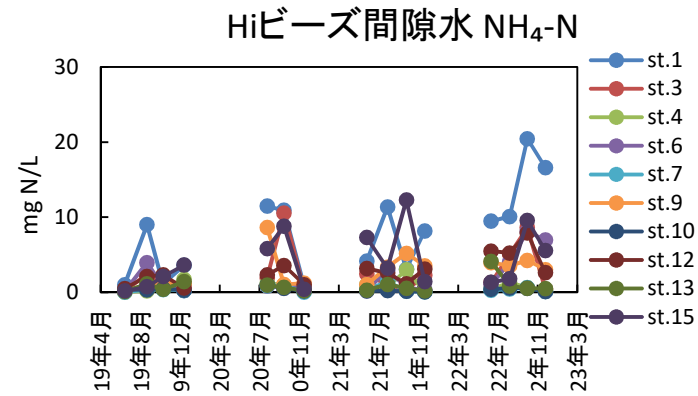
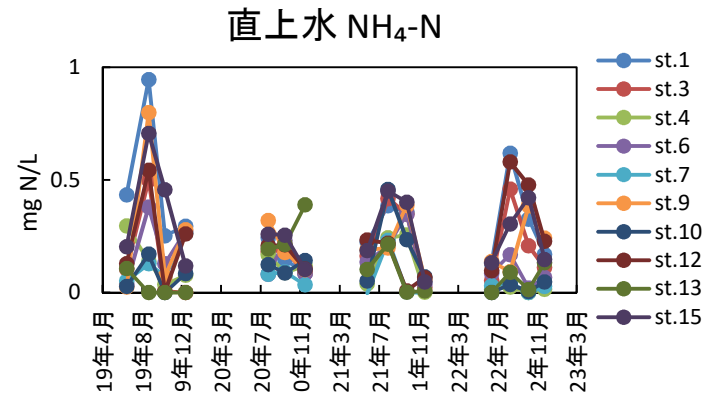


図 各地点の直上水，Hiビーズ間隙水，底泥間隙水のNH₄-Nの経時変化

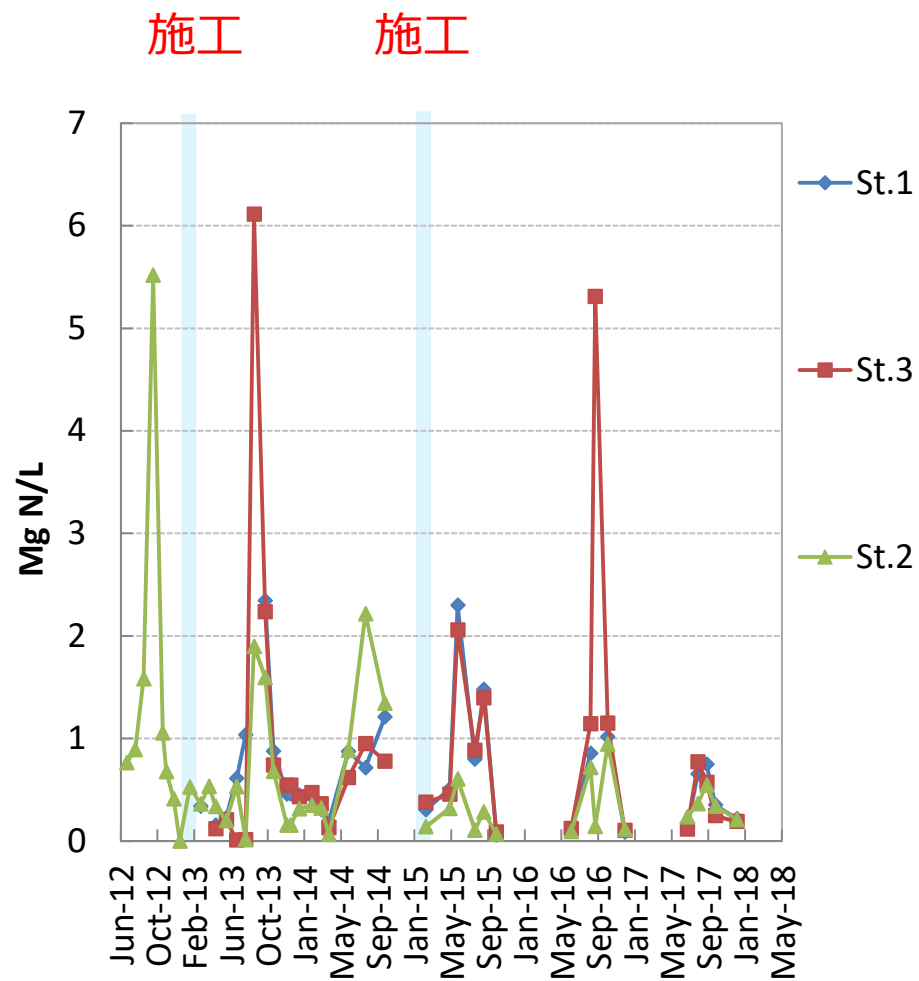


図 細井沖窪地全面覆砂前後における直上水の $\text{NH}_4\text{-N}$ の経時変化

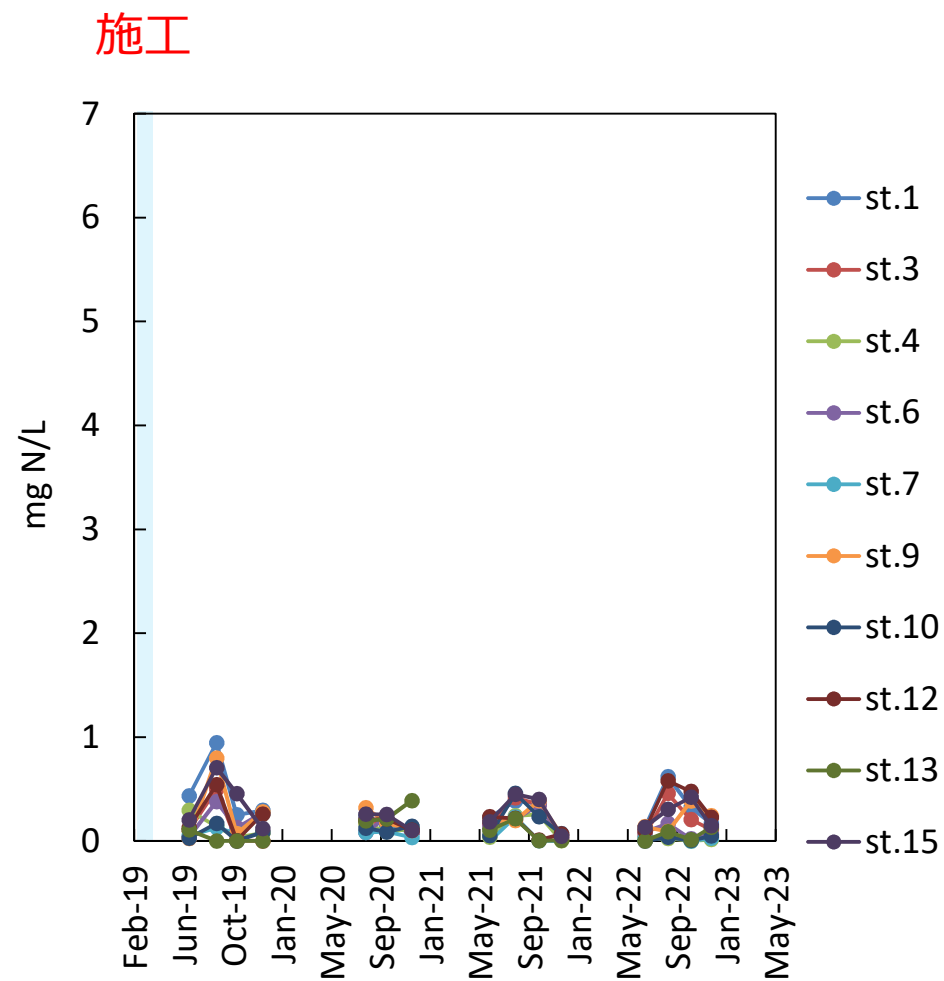
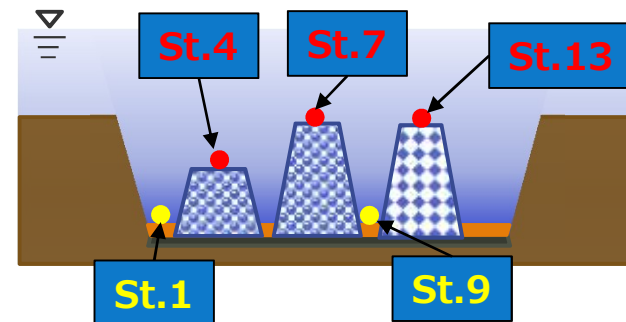
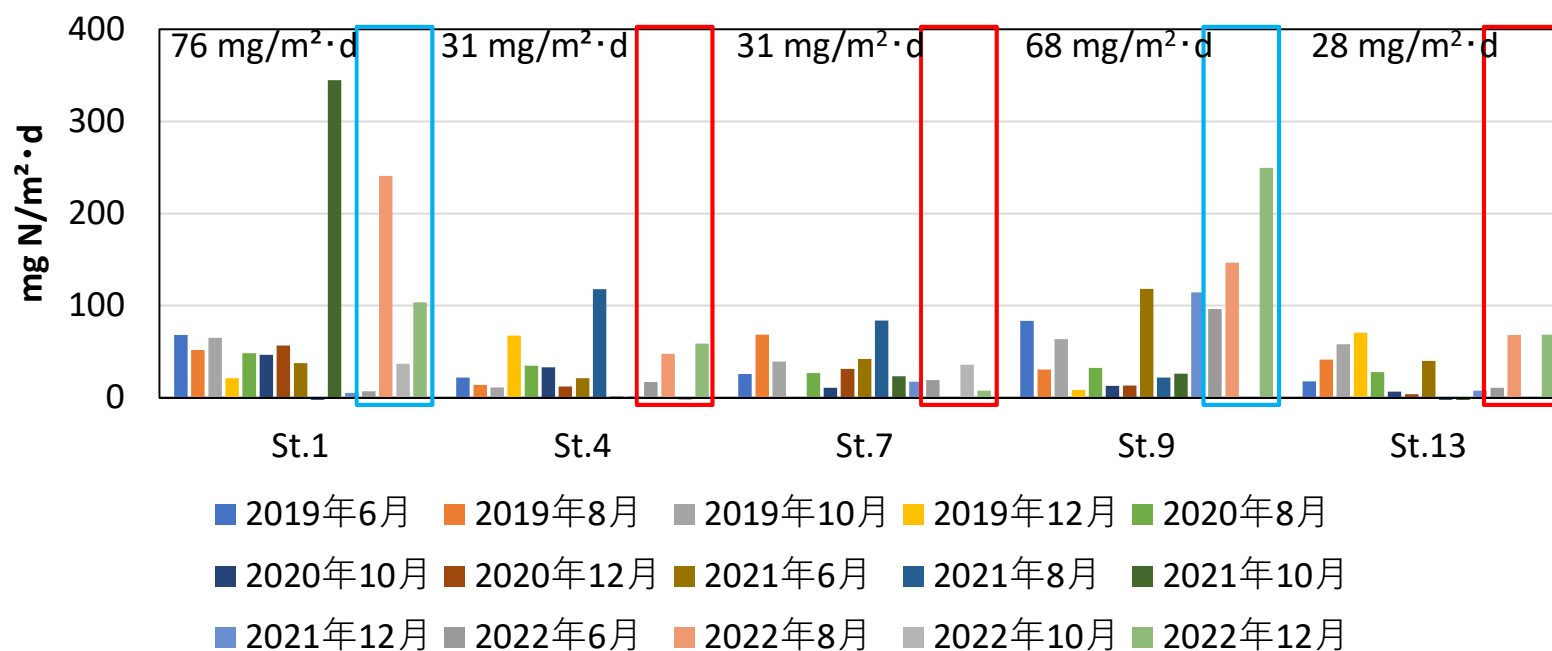


図 細井沖窪地山型覆砂後における直上水の $\text{NH}_4\text{-N}$ の経時変化

溶出速度 (NH₄-N)



溶出速度 (NH₄-N)



2019～2022年度

・平均値（グラフ内の数値）では、山型覆砂で溶出速度が低い（概ね50%削減）。

2022年度について、

・St.1（未覆砂）とSt.9（山麓）の溶出速度が大きい。

・山型覆砂によりNH₄-Nの溶出は抑制されている

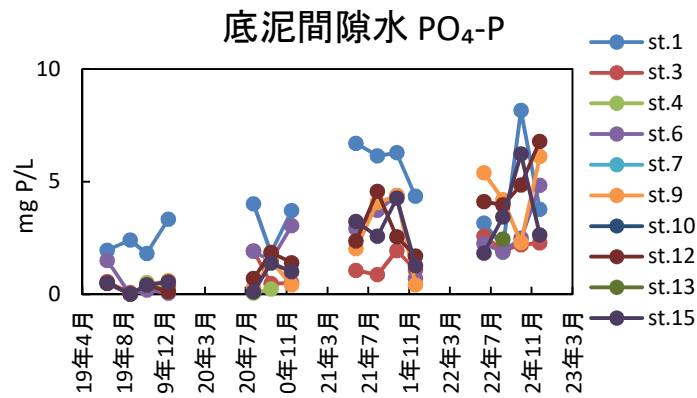
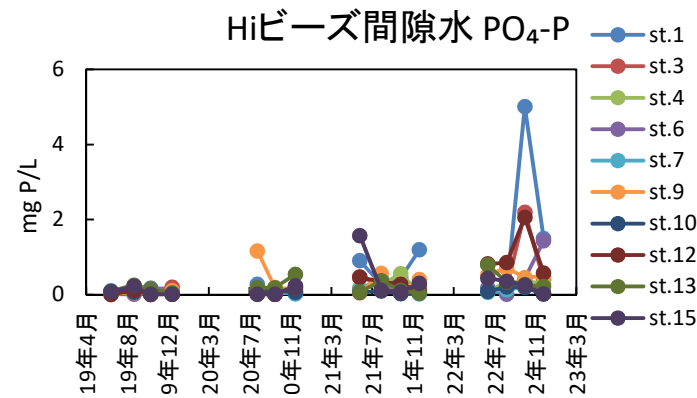
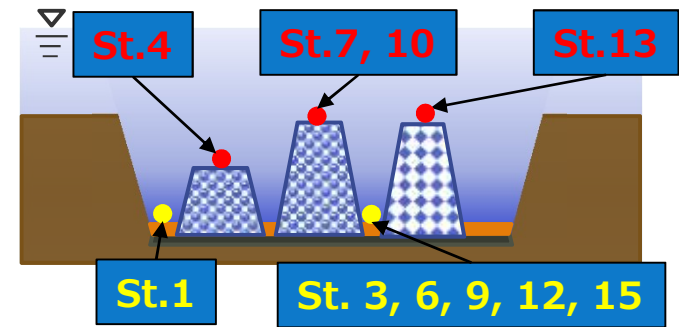
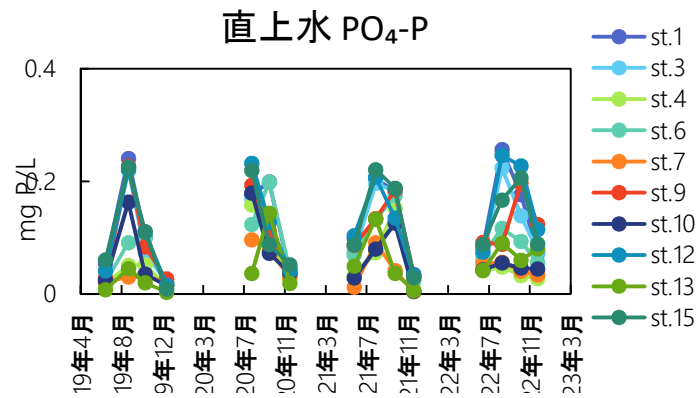


図 各地点の直上水, Hiビーズ間隙水, 底泥間隙水のPO₄-Pの経時変化

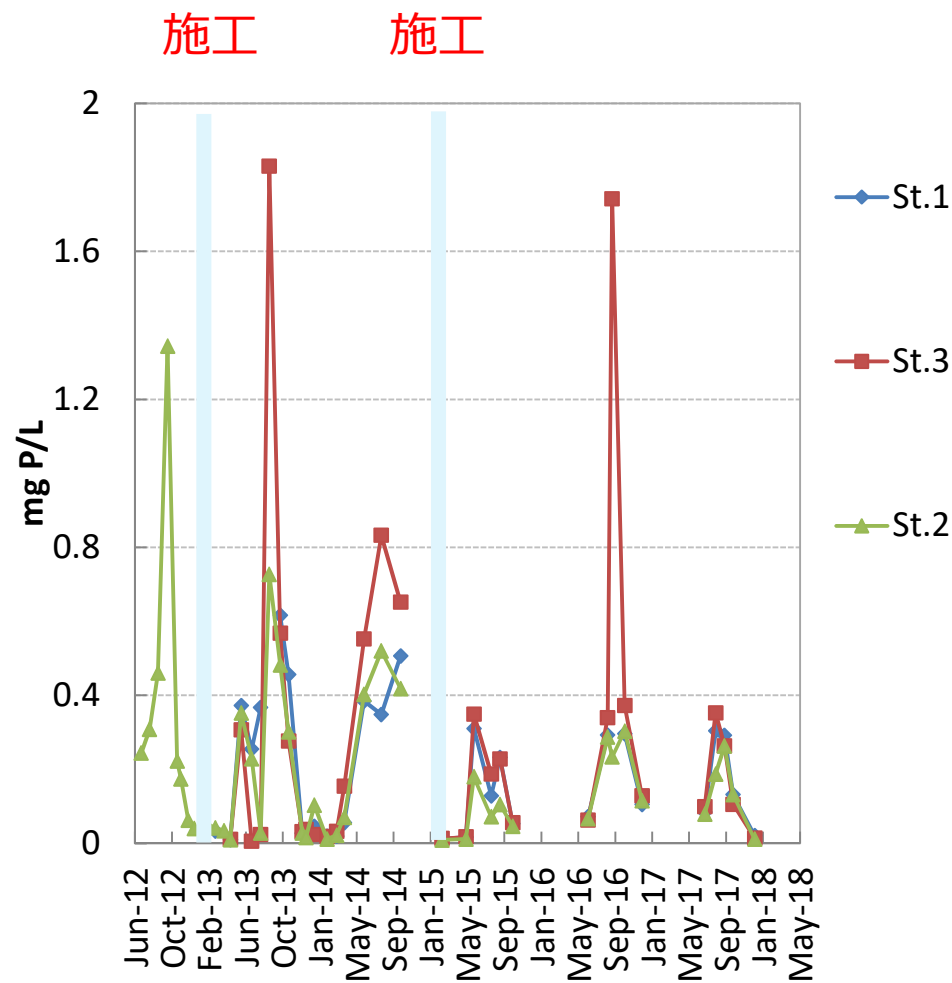


図 細井沖窪地全面覆砂前後における直上水のPO₄-Nの経時変化

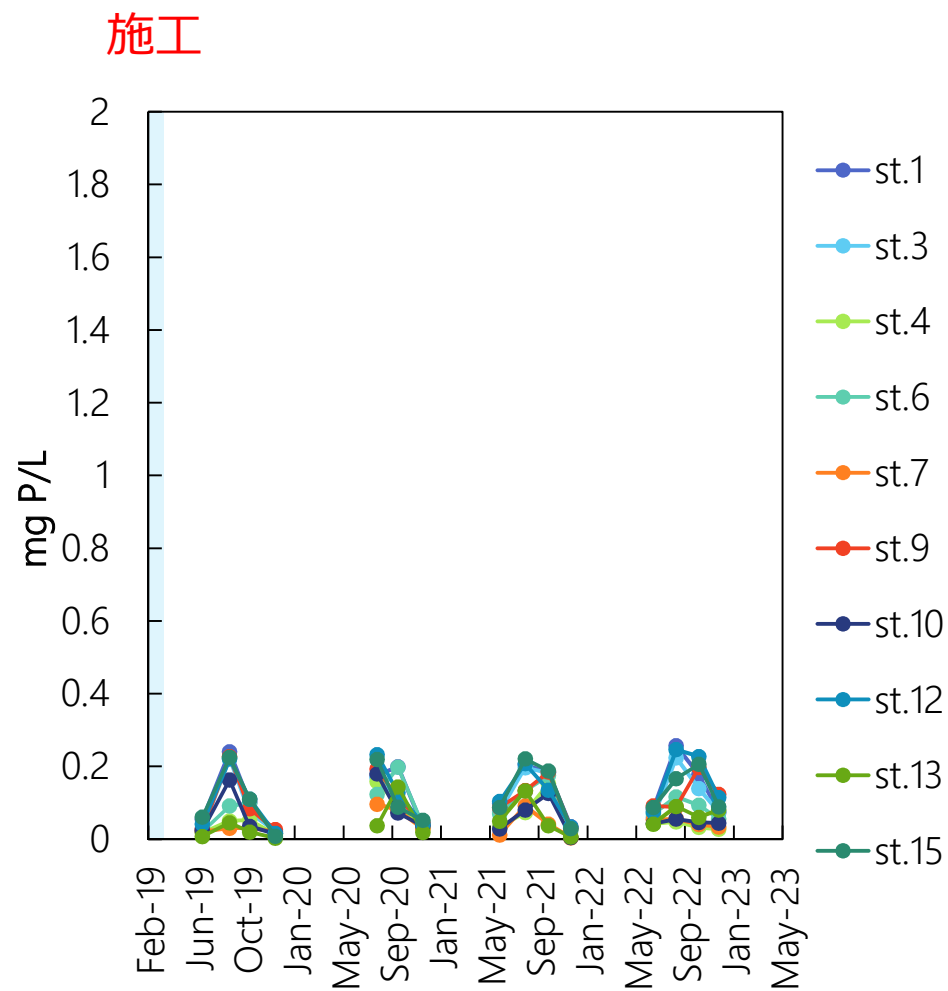
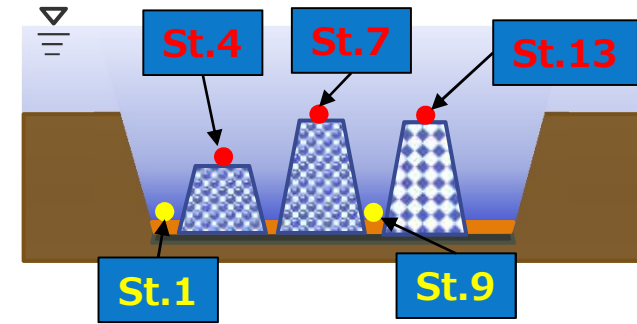
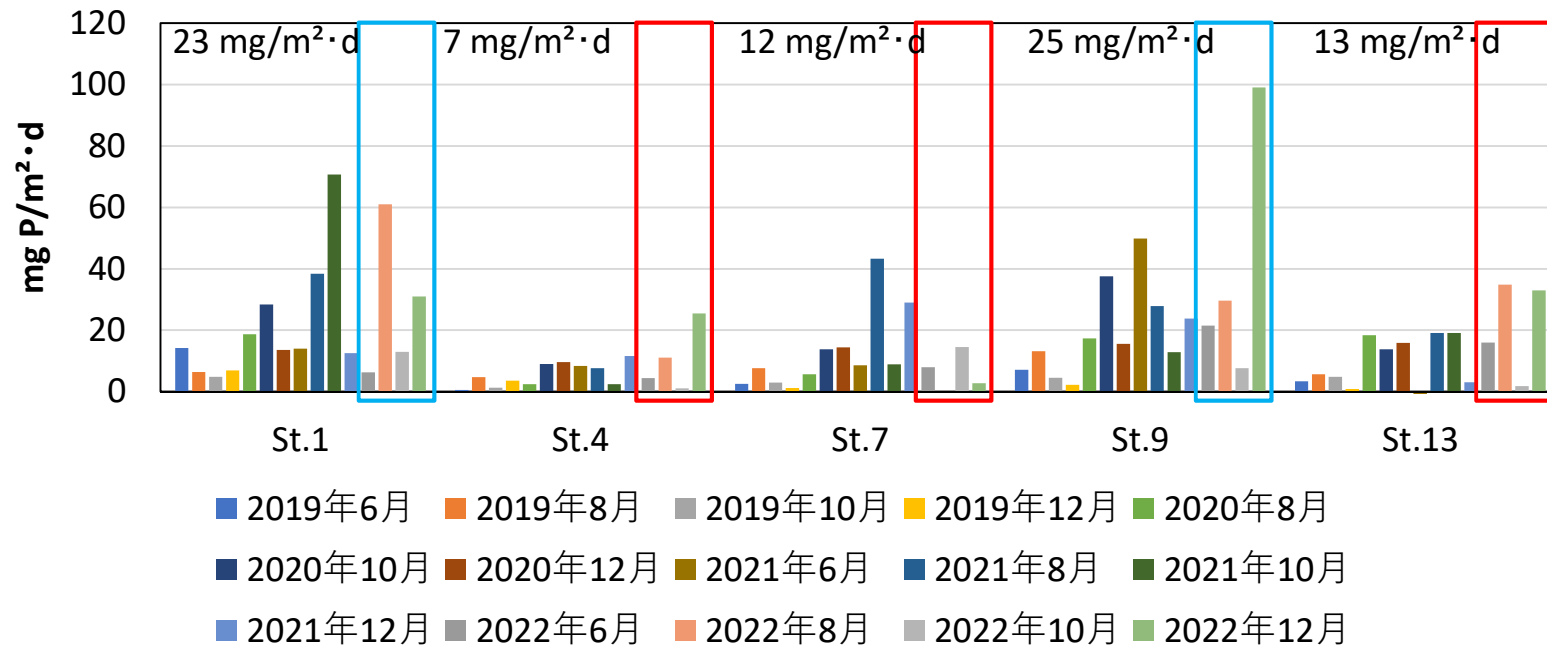


図 細井沖窪地山型覆砂後における直上水のPO₄-Nの経時変化

溶出速度 (PO₄-P)



溶出速度 (PO₄-P)



2019～2022年度

・平均値（グラフ内の数値）では、山型覆砂で溶出速度が低い（概ね50%削減）。

2022年度について、

・St.1（未覆砂）とSt.9（山麓）の溶出速度が大きい。

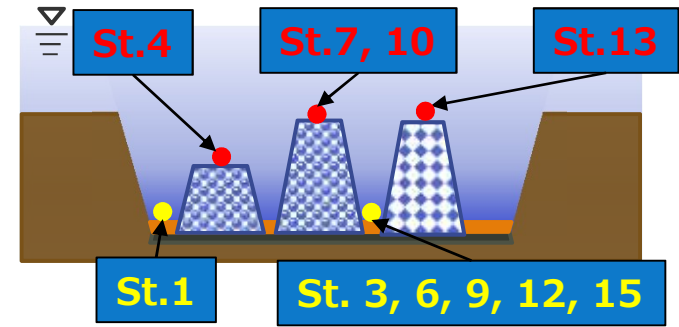
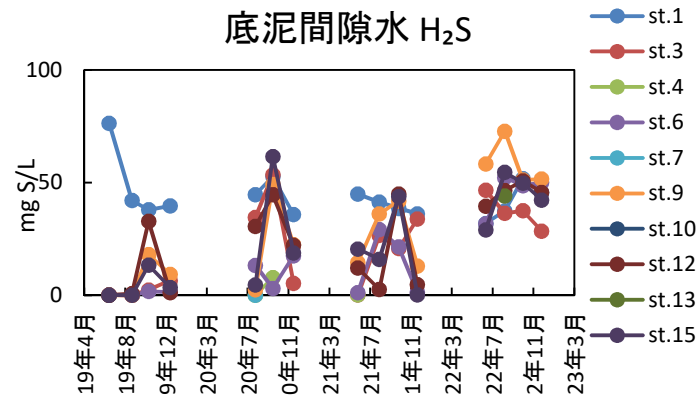
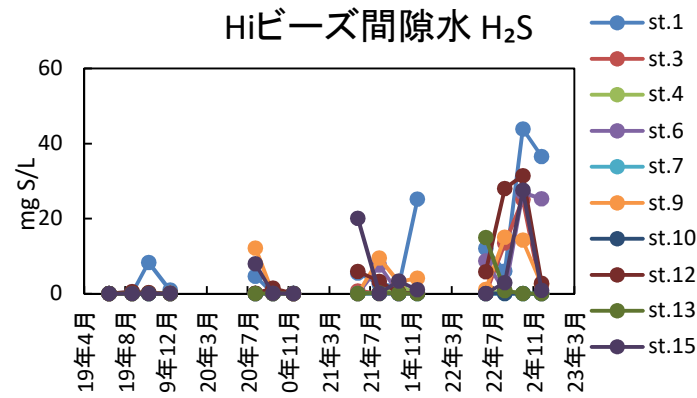
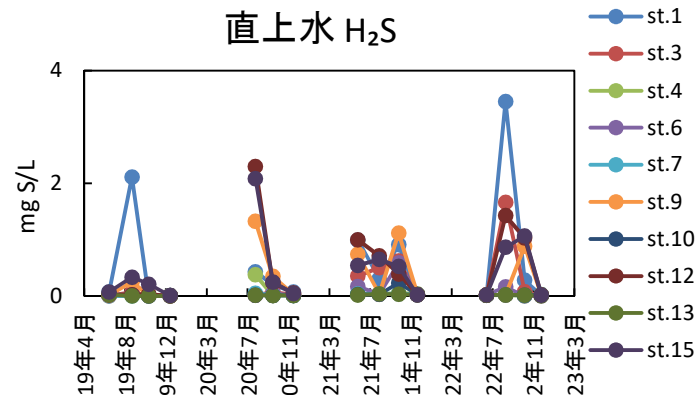


図 各地点の直上水, Hiビーズ間隙水, 底泥間隙水のH₂Sの経時変化

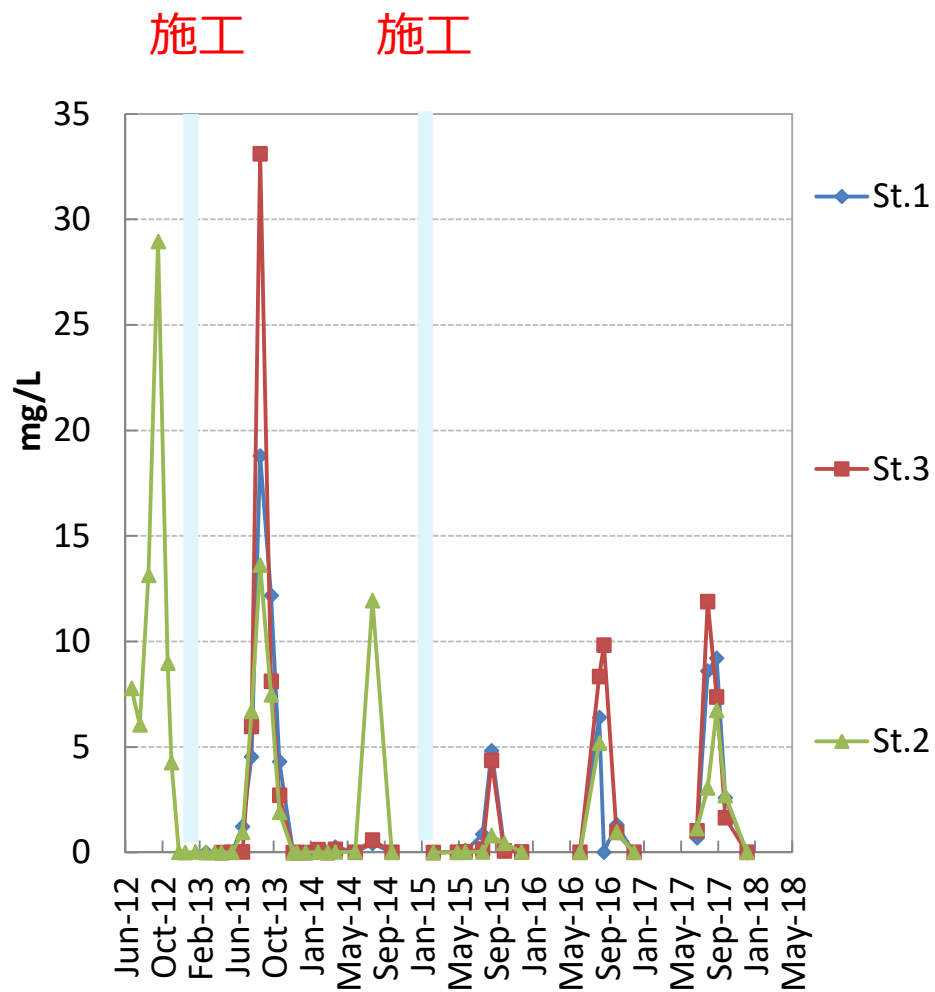


図 細井沖窪地全面覆砂前後における直上水のH₂Sの経時変化

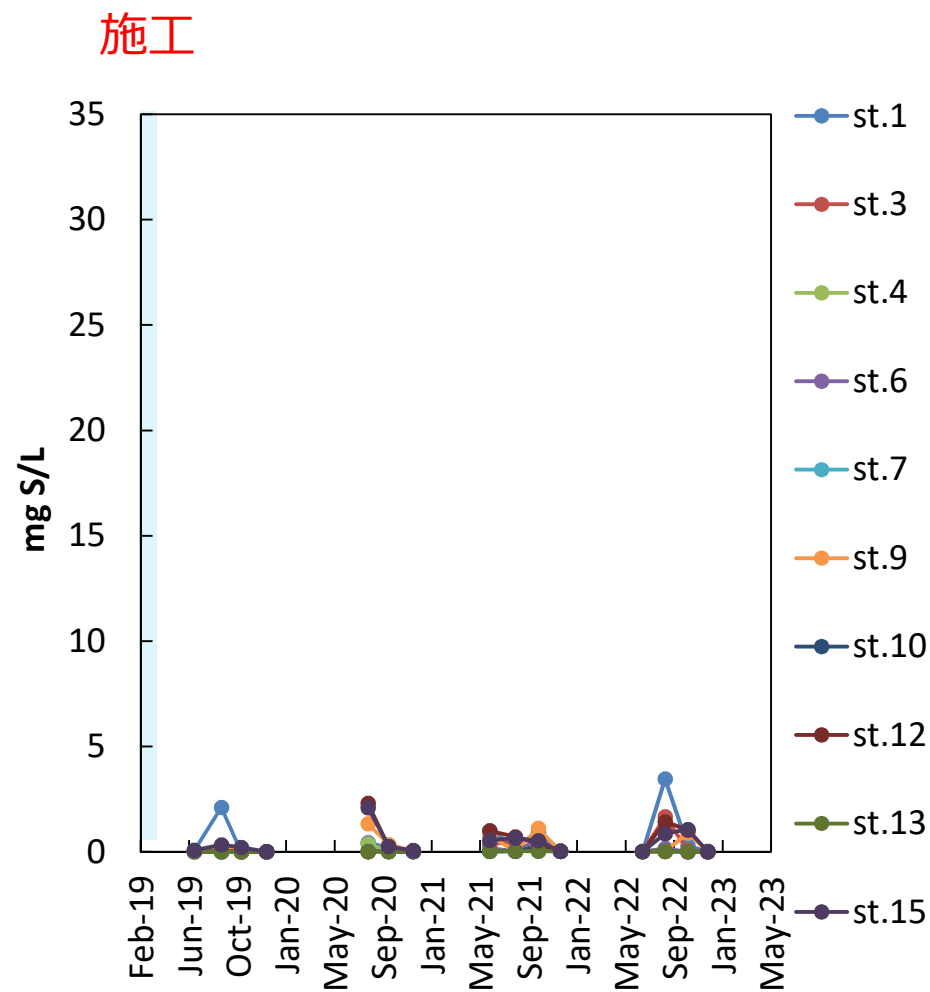
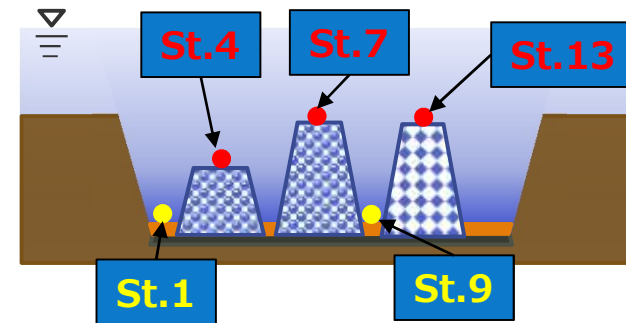
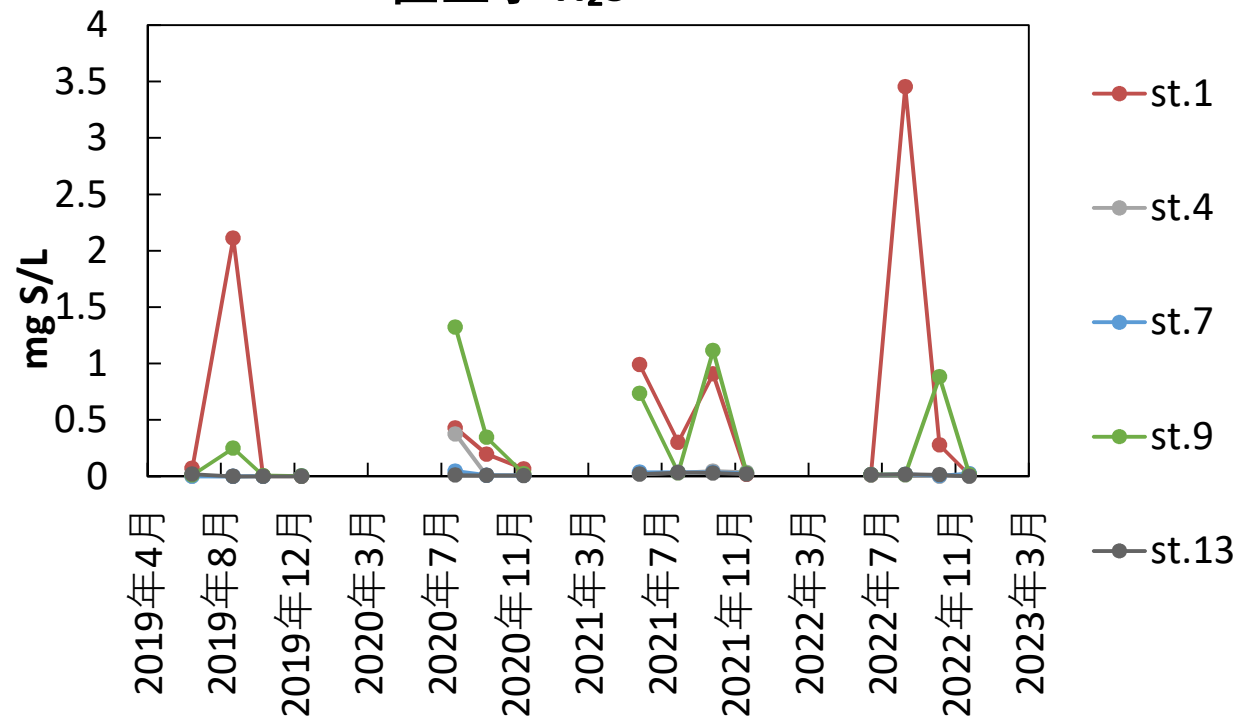


図 細井沖窪地山型覆砂後における直上水のH₂Sの経時変化

直上水の硫化水素濃度



直上水 H₂S



2022年（R4）について、

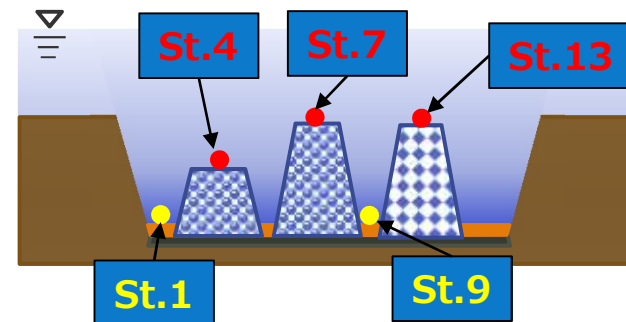
- ・St.4, 7, 13（山頂）では低濃度で推移した。

- ・St.1（未覆砂）とSt.9（山麓）は山頂よりも高い濃度であった。

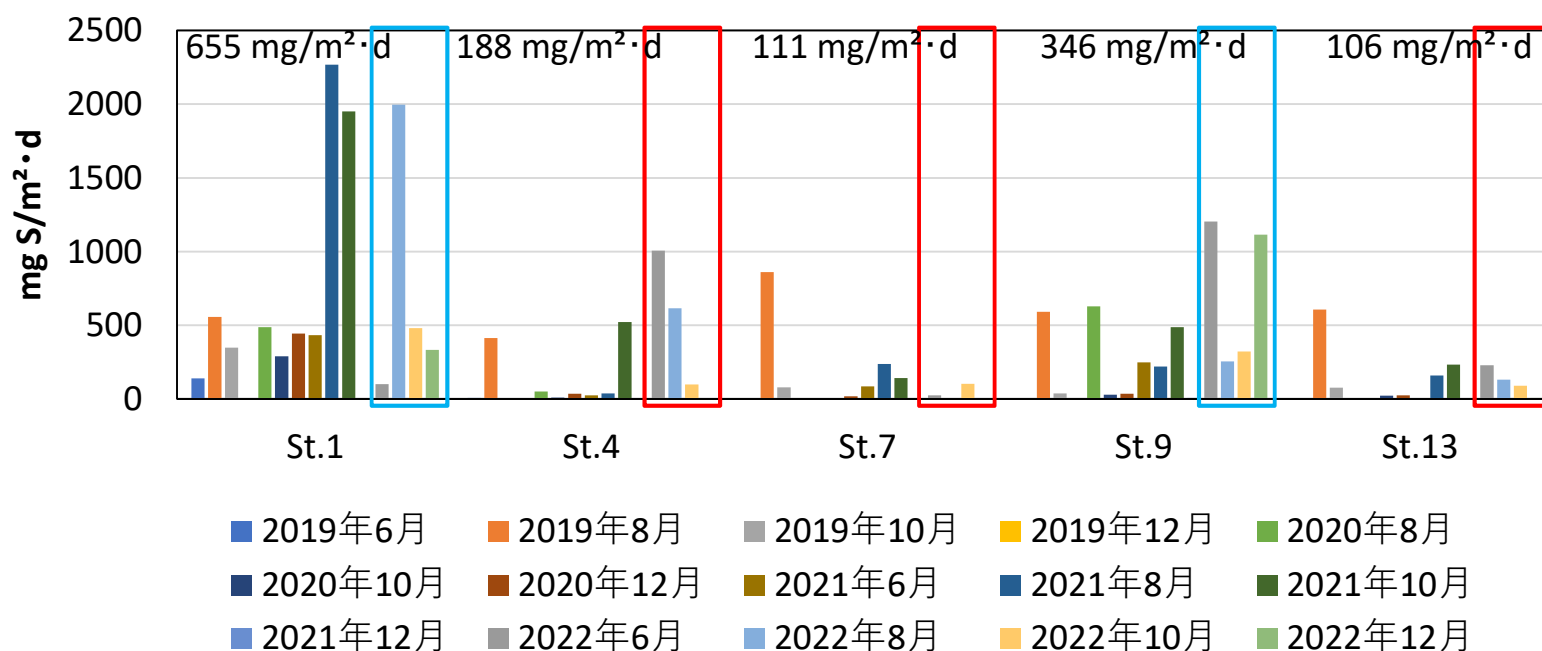
（2021年は7～8月に強雨が観測された。8月に窪地内でDOが観測されたことから、硫化

23 水素濃度が減少したと推察する。）

溶出速度 (H₂S)



溶出速度 (H₂S)



2019～2022年度

・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)

2022年度について,

・St.4 (1 mの高さ) で溶出速度が上昇傾向にある。

→山型覆砂のうち, 高い山においてH₂Sの溶出を抑制している。

浮泥堆積速度

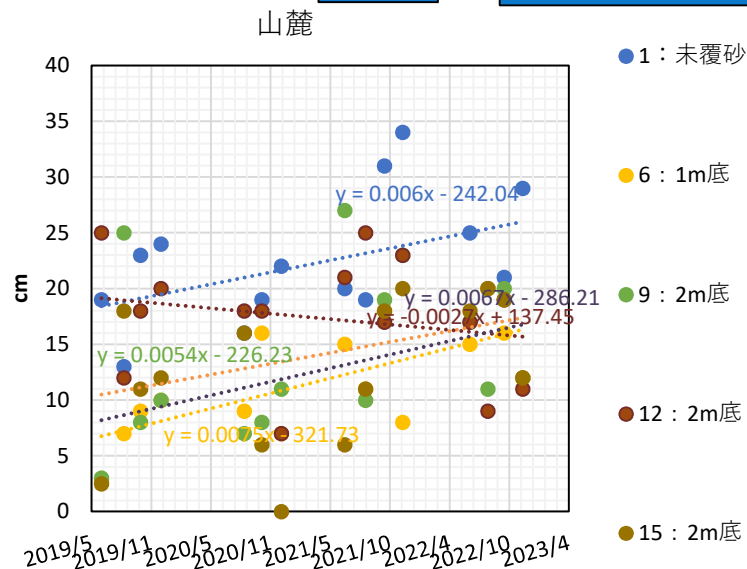
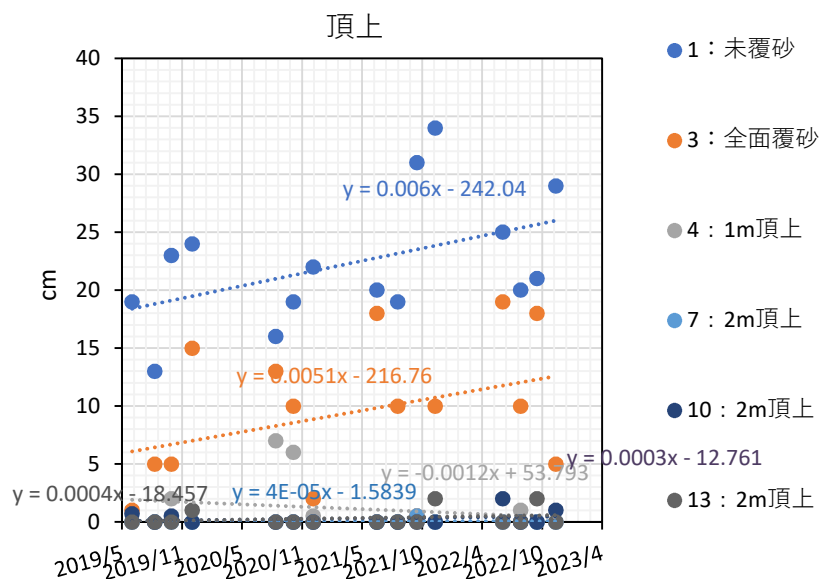
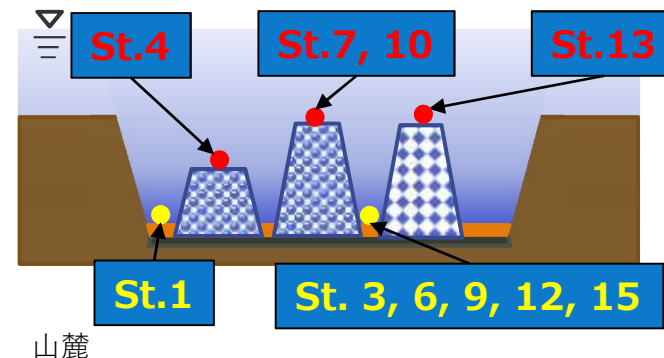


図 Hiビーズ上の底泥（浮泥）厚の経時変化（上：山頂，下：山麓）

2019～2022	傾き＝増加率 (cm/d)	増加速度 (cm/y)
1: 未覆砂	0.0060	2.18
3: 全面覆砂	0.0051	1.86
4: 1m頂上	-0.0012	-0.43
6: 1m底	0.0075	2.75
7: 2m頂上	0.0000	0.01
9: 2m底	0.0054	1.98
10: 2m頂上	0.0003	0.11
12: 2m底	-0.0027	-0.99
13: 2m頂上	0.0004	0.15
15: 2m底	0.0067	2.46

堆積物の増加速度

- ・未覆砂：2.18 cm/年
(第1期全面覆砂：1.42 cm/年)
- ・頂上：0.01～0.15 cm/年
- ・山麓：1.98～2.75 cm/年
(マイナス値は除く)

底生生物 (2019.6) 山の頂上



付着ケイ藻



ドロソコエビ属(推察)



底生生物 (2019.12)



底生生物 (2020.10, 山頂)



二枚貝は殻のみ

底生生物 (2022.7)



アサリ



ウミサゴムシ (オクダイサゴムシ?)

底生生物 (2022.12)



第2期 細井（山型覆砂） まとめ

31

- 2012年度に窪地底質改善を目的として、40 cm厚で石炭灰造粒物を覆砂（第1期事業）。
- その結果、石炭灰造粒物による硫化水素や栄養塩の溶出抑制効果が確認されたが、くぼ地内部の新たな有機物の堆積による経年劣化の課題も確認されたため、2018年度に堆積物の影響を受けにくい覆砂形状として山型で覆砂が実施された（第2期事業）。
- 山型覆砂において硫化水素や栄養塩の溶出抑制効果を確認するとともに、山頂部への堆積物蓄積抑制を確認。バントスの出現を確認（夏季～秋季を除く）。

時期

【在来窪地】

【第1期事業】2012年度

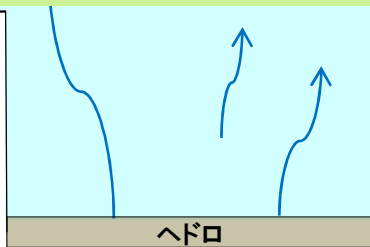
【第2期事業】2017年度

2018年度

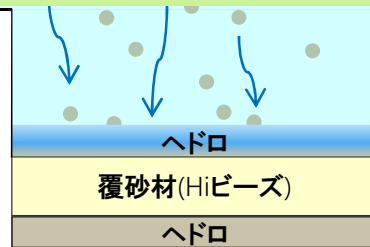
1. 堆積物の影響を受けにくい施工方法による埋戻し

山型覆砂は、新生堆積物により経年的に覆砂の効果が低下する問題を解消できる。

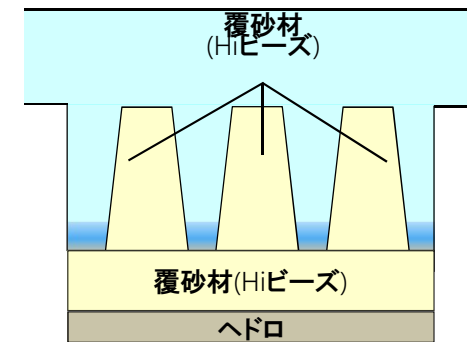
イメージ図



窪地に堆積したヘドロから硫化水素、栄養塩等が溶出



覆砂の効果は確認されたが、覆砂上に新たなヘドロが堆積し底質改善効果が薄まった



ヘドロが堆積しても底質改善効果の持続が期待される