第8期中海自然再生協議会　実施事業報告

中海浚渫窪地　環境修復事業

～山形形状の覆砂による修復効果の検証　2年目～

～完全埋め戻しによる修復～

世話人：桑原智之，中本健二，徳岡隆夫

2021.7

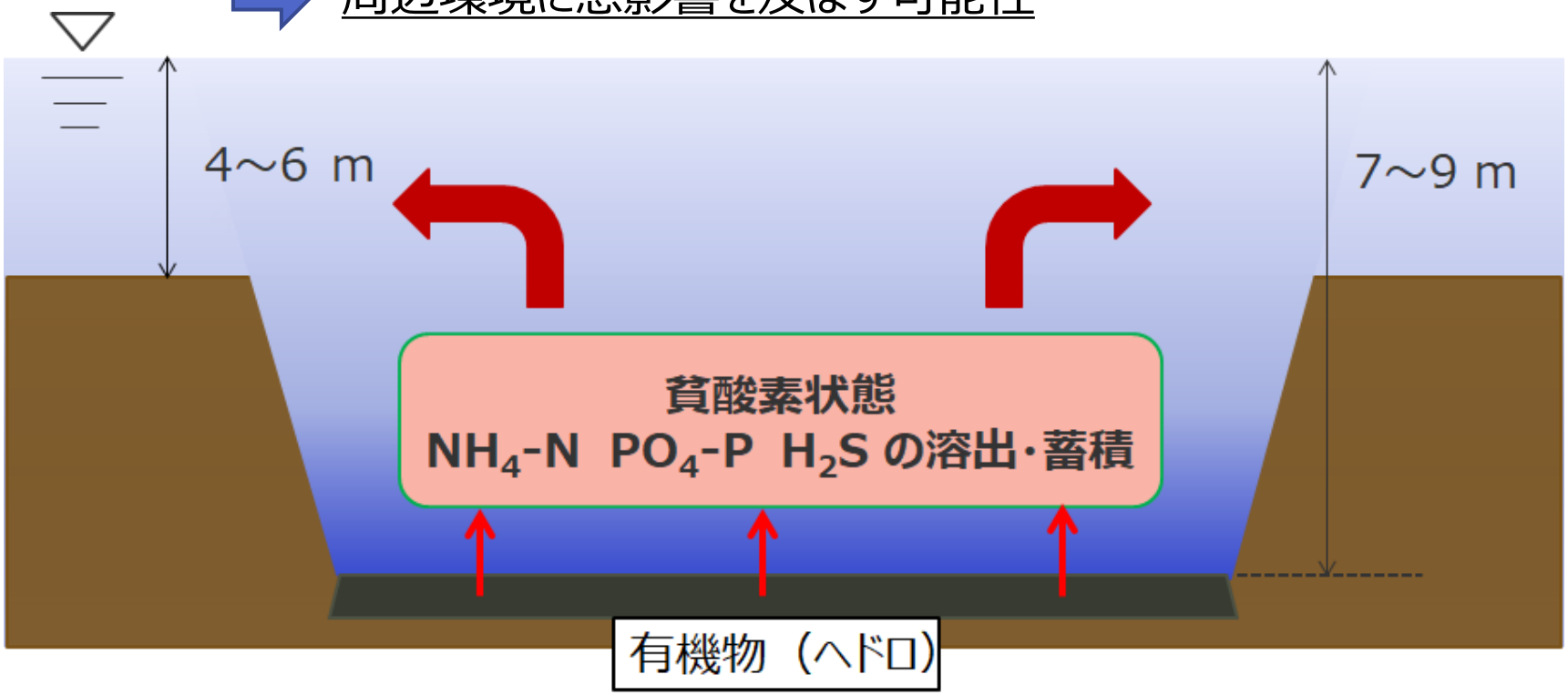
中海の浚渫窪地とは

・中海は汽水湖であり塩分躍層の形成により湖底は貧酸素になりやすい

・浚渫窪地では自然湖底よりも多くの栄養塩・硫化水素が溶出する

・独立した浚渫窪地の水には，秋季まで栄養塩等が蓄積する

→ 周辺環境に悪影響を及ぼす可能性



石炭灰造粒物による全面覆砂

▶ 浚渫窪地の環境修復事業

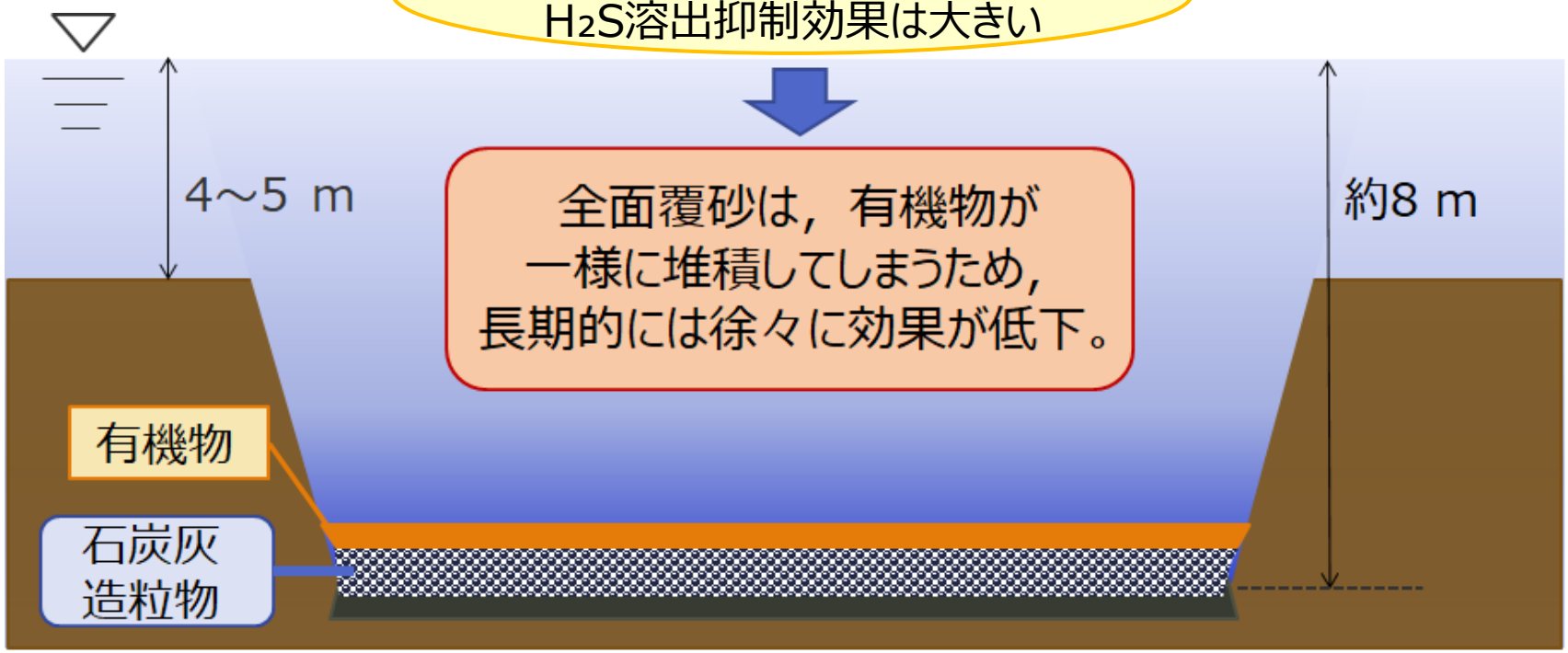
2012年から細井沖浚渫窪地を対象に石炭灰造粒物を用いた全面覆砂を実施

↓

覆砂後2年間のH_2S溶出削減率：約88%

短期間において，
H_2S溶出抑制効果は大きい

↓

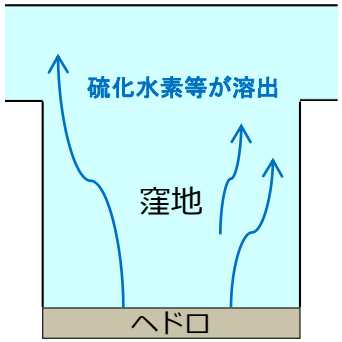


第２期事業における浚渫窪地の環境修復事業

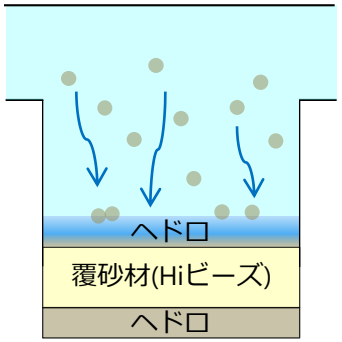
【浚渫窪地の環境修復事業のイメージ図】

第２期事業の取り組み

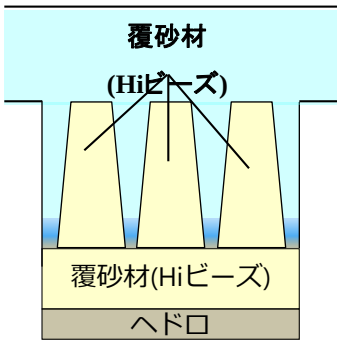
時期	【在来窪地】	【第1期事業】平成24～28年度	【第2期事業】平成29年度～	
		平成24，25，26年度	平成30年度	令和元～3年度
イメージ図	窪地が環境に悪影響を及ぼすメカニズム		1．堆積物の影響を受けにくい施工方法による覆砂	2．規模の小さい窪地の埋戻し



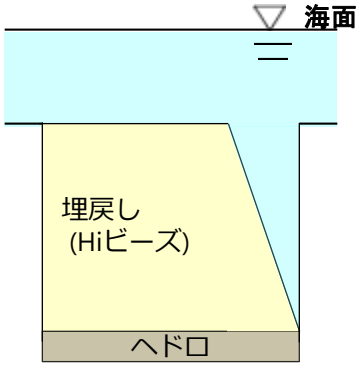
窪地に堆積したヘドロから硫化水素，栄養塩等が溶出



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

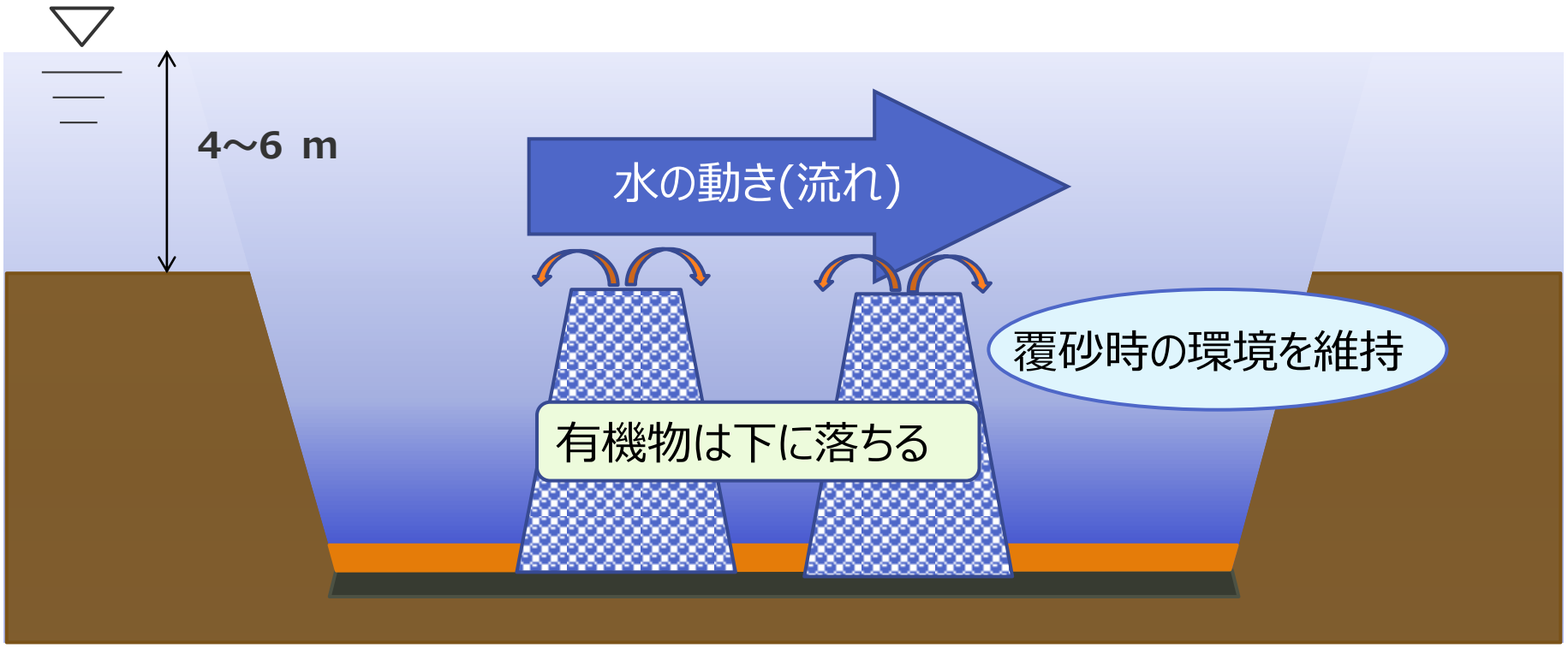


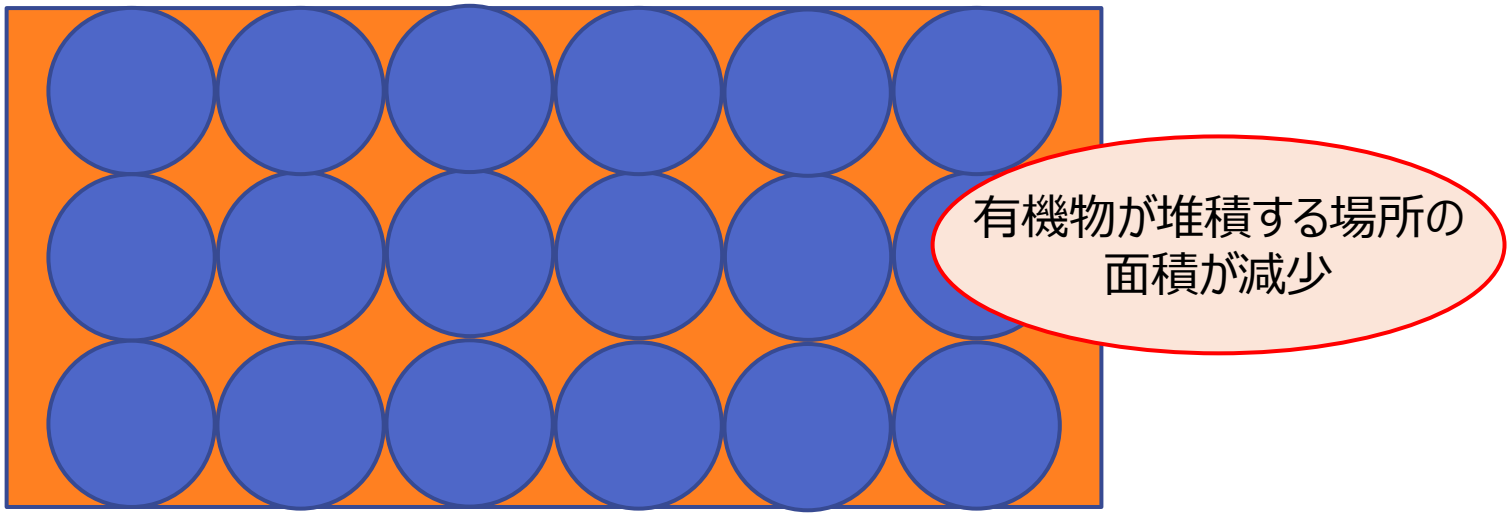
ヘドロが堆積しても底質改善効果の持続が期待される



窪地の貧酸素化を解消し，周辺湖底へ環境改善効果の波及が期待される

石炭灰造粒物を山形の形状で覆砂





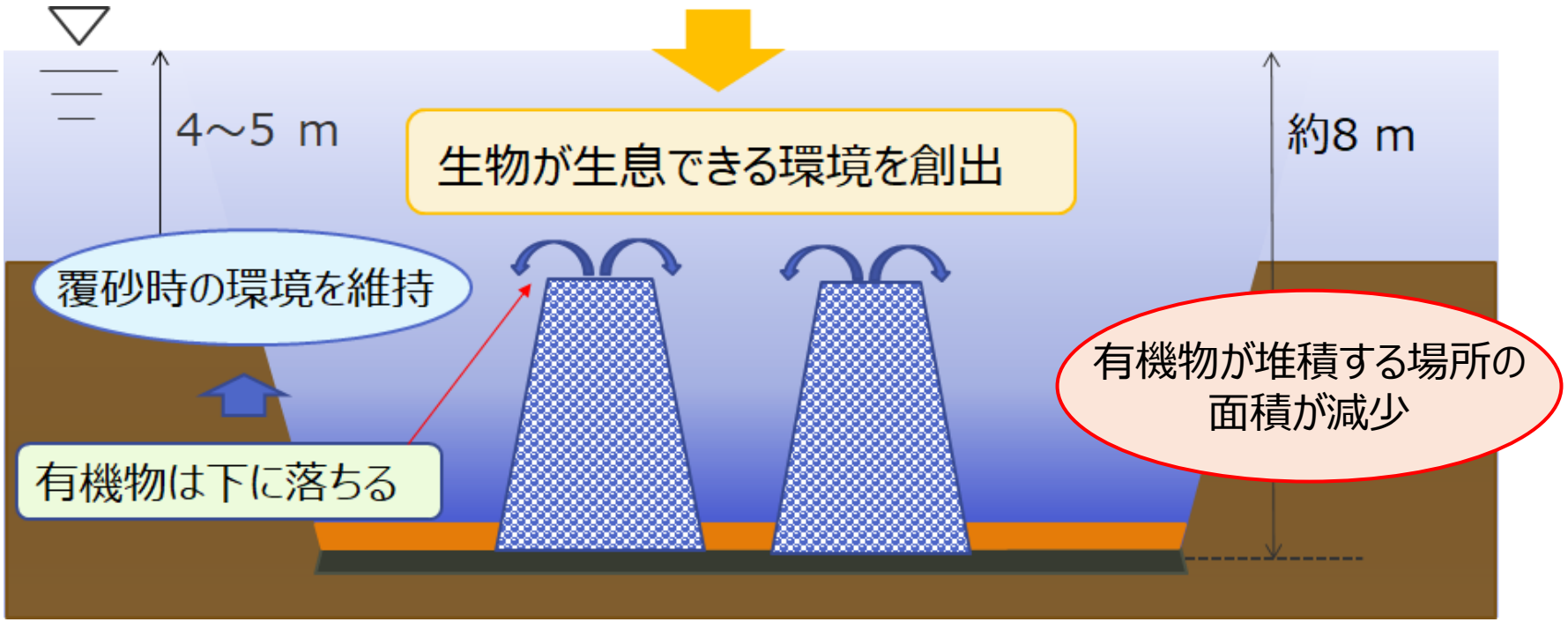
溶出量は泥厚ではなく，面積に依存する。

石炭灰造粒物を山形の形状で覆砂

新たな覆砂形状：　山形（マウンド状）覆砂　→　Hiビーズ露出面が増加

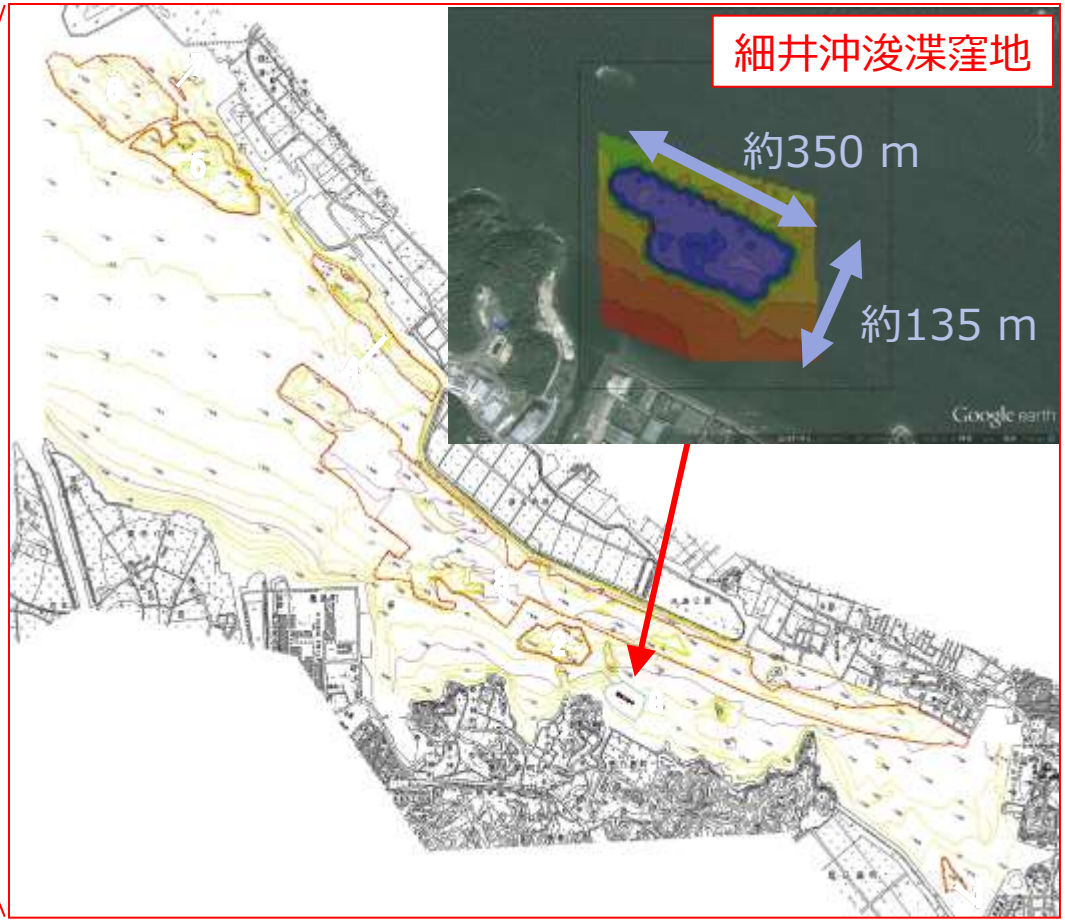
期待される効果

1.有機物堆積の面積減少 → 栄養塩・H_2S溶出量減少効果
2.マウンド上の有機物堆積が減少 → 覆砂時の環境を維持
3.マウンド上部は溶存酸素が供給されやすい水深に近くなる

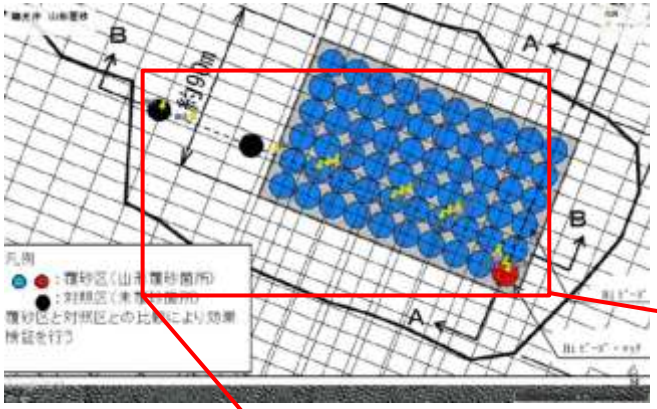


中海　細井沖浚渫窪地

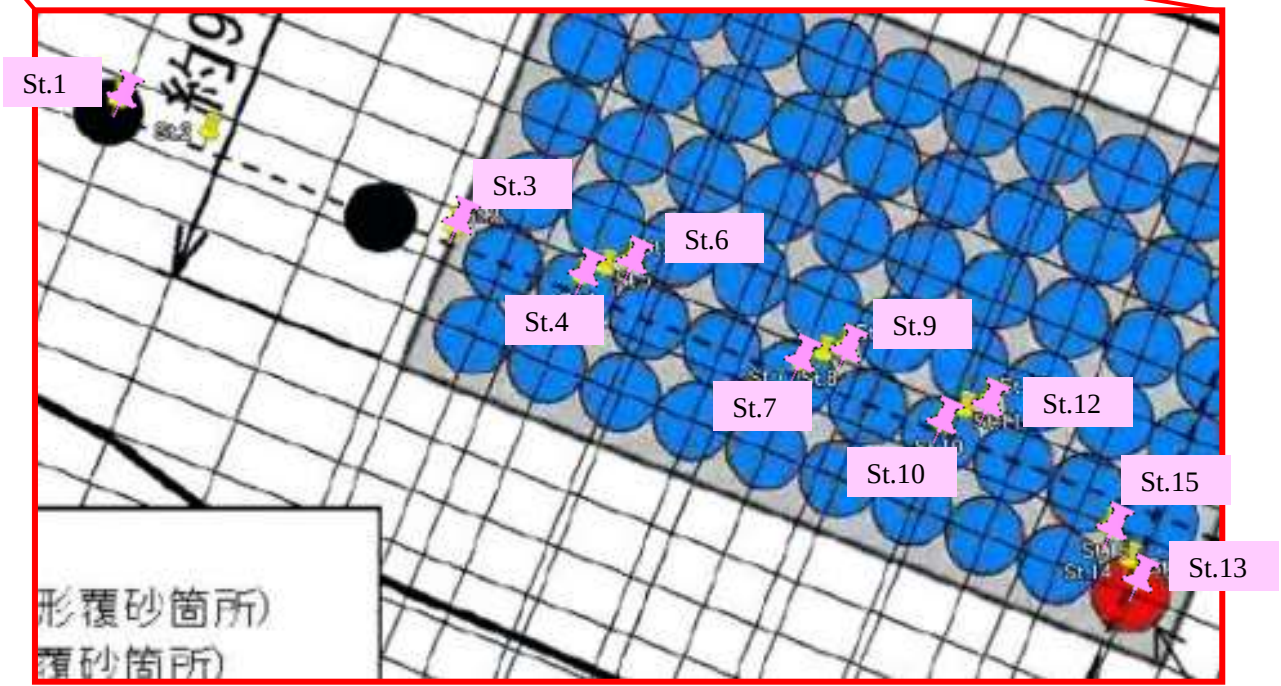
- 面積：約0.05 km^2　　•周辺水深：約4～5 m
- 水深：8～９m　（第一期事業実施の覆砂後：約7 m)
- 覆砂前の表層泥厚：20～40 cm



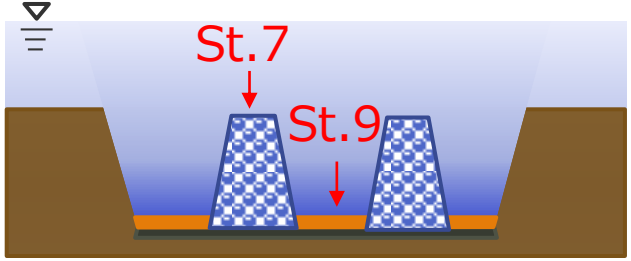
調査地点

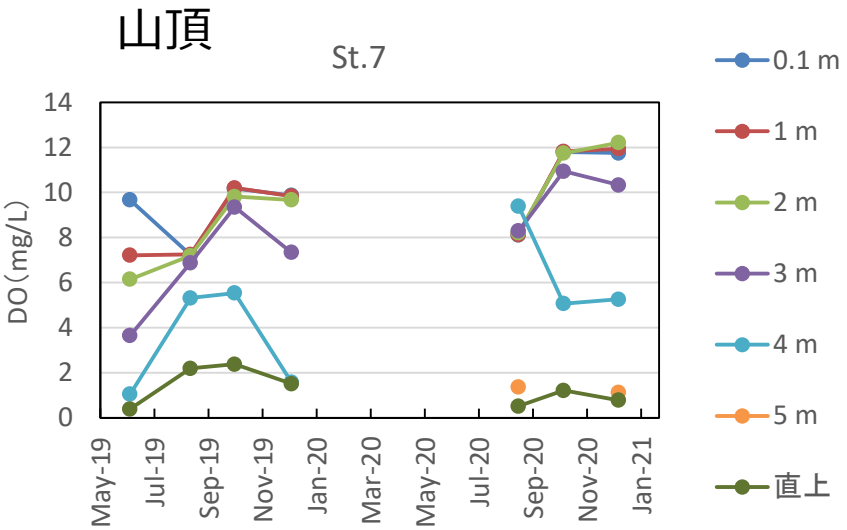


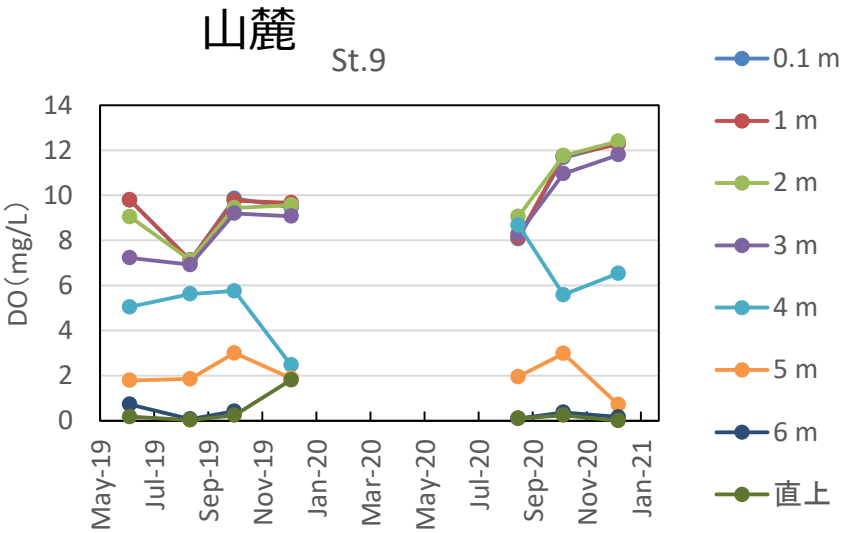
St.1：2014年度に全面覆砂，現在は20cm以上の堆積物（水深約7 m）
St.3：山形覆砂と同時に覆砂されたHiビーズ微粒分（水深6m以上）
St.4：高さ1 mの山形覆砂山頂（水深5～6 m）
St.6：高さ1 mの山形覆砂山麓（水深6 m以上）
St.7･10：高さ2 mの山形覆砂山頂（水深4～5 m）＝現地自然湖底と同水深
St.9･12：高さ1 mの山形覆砂山麓(水深6 m以上)
St.13：高さ2 mのHiビーズロック山形覆砂山頂（水深4～5 m）
St.15：高さ2 mのHiビーズロック山形覆砂山麓（水深6 m以上）



水質（DO）

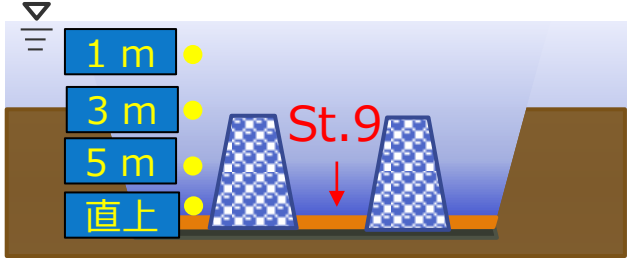


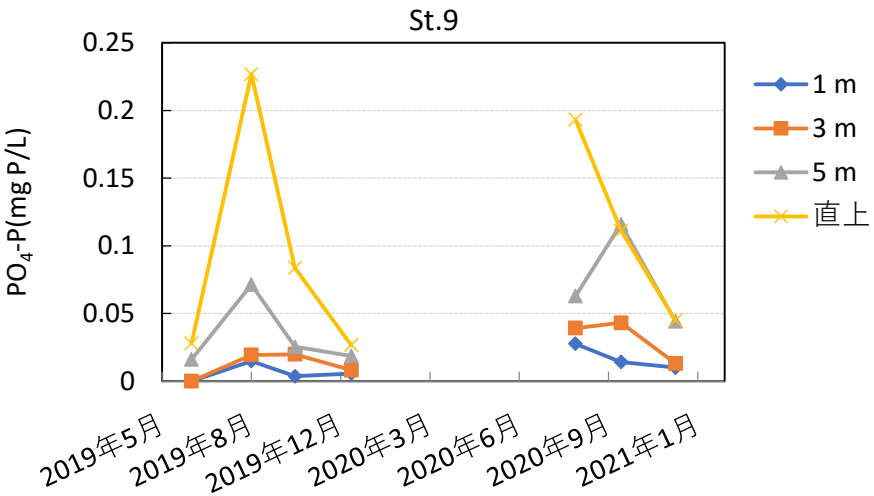


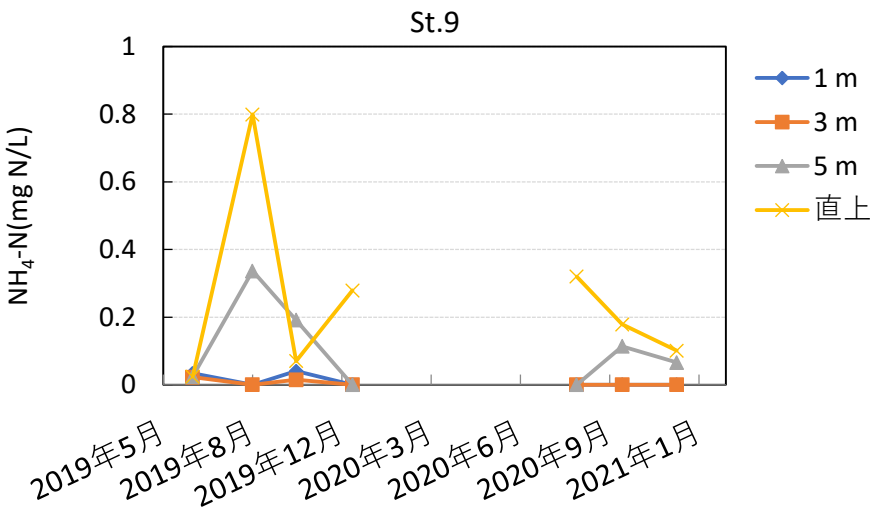


2020年について，
・St.9の水深6 m以下は，8～12月にかけて1 mg/L以下の貧酸素であった。
・St.7は，直上水にもDOが存在するが，水深5 mは湖底に近いためSt.9の5 mよりもDOが低い。無酸素は回避しているが，生物生息には厳しい環境条件であった。

栄養塩の鉛直水質

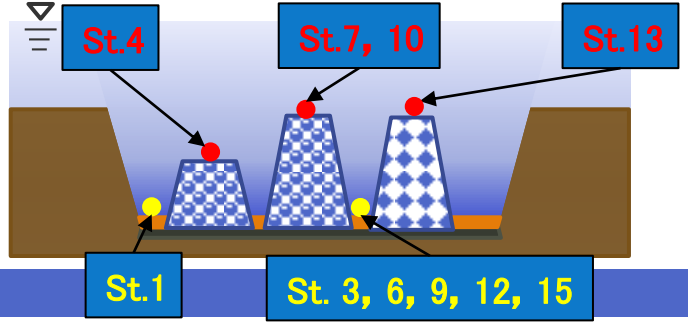


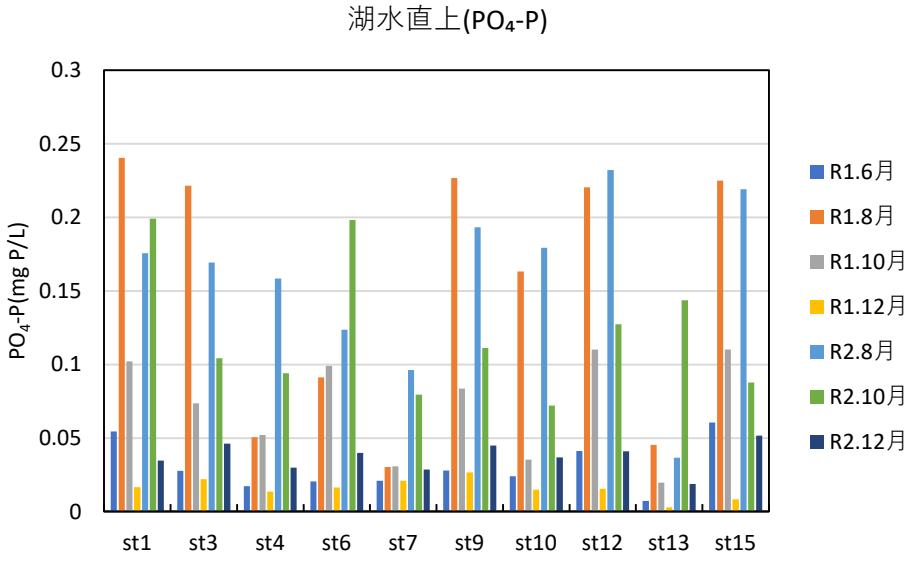


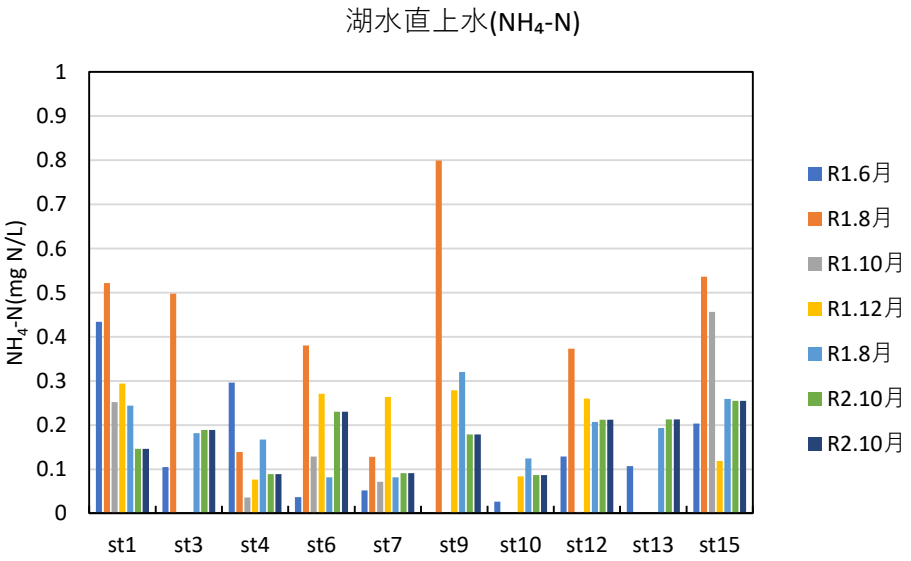


栄養塩は水深が浅いほど濃度の変動が小さく，水深が深いほど夏季に濃度が高くなる傾向がある。

直上水の栄養塩濃度







2020年（R2）について，

・直上水の栄養塩濃度は，山形覆砂の山頂で低い傾向があるが，山麓と比べて大きな差はなかった。全面覆砂後と同程度の濃度で維持できている。

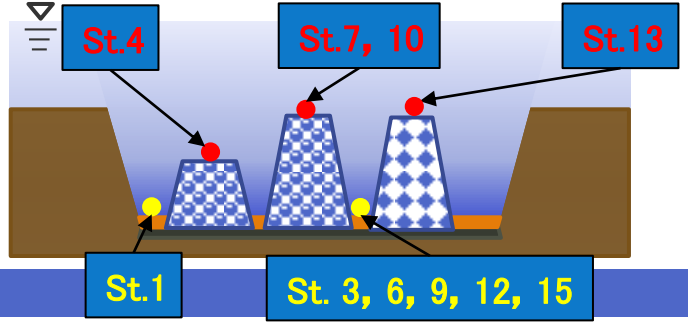
【参考値】

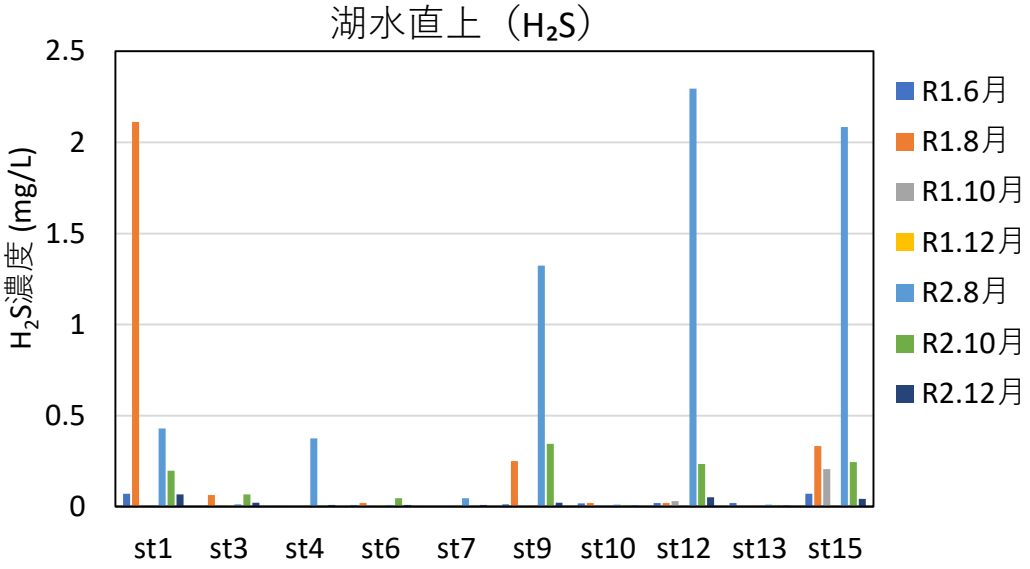
全面覆砂前（2012年）→全面覆砂後（2017年）（第1期）

NH_4-N：約5 mg/L　→1 mg/L以下

PO_4-P：約1.4mg/L　→0.4 mg/L以下

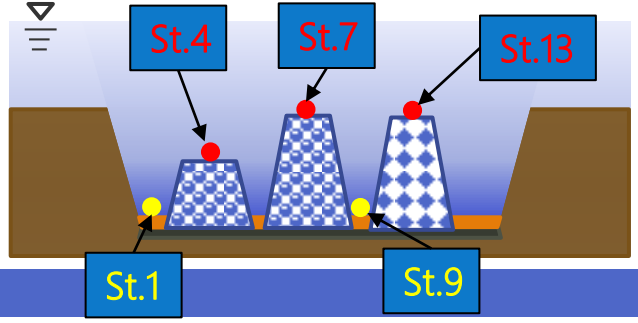
直上水の硫化物（硫化水素）濃度

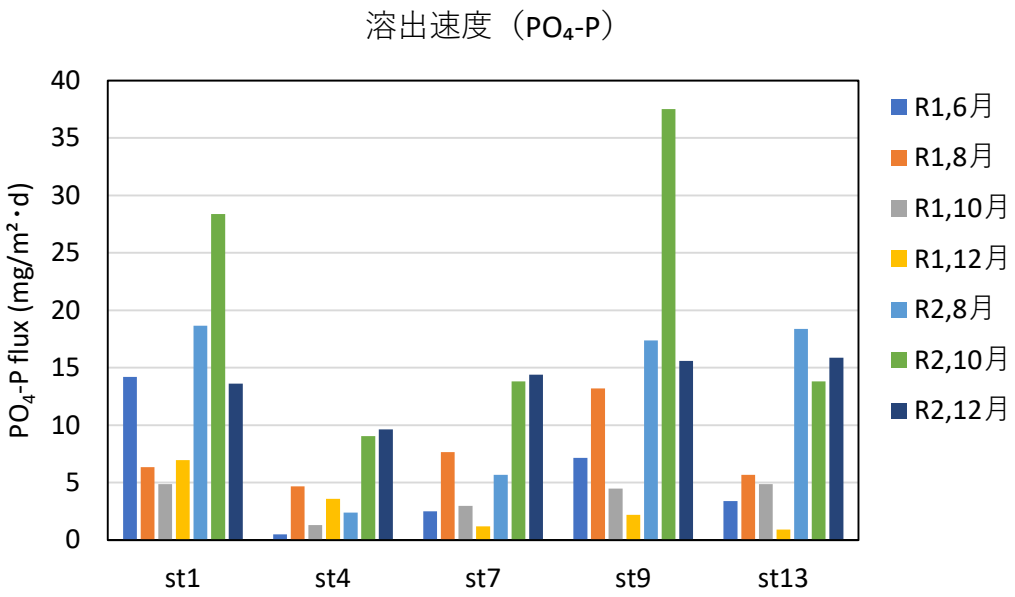




2020年（R2）について，
・St.9，12，15において1 mg/L以上の高い値であった。いずれも水深6 m以上かつ山形覆砂の山と山の間であり，堆積物が蓄積しやすい場所であった。
・2 mの山形覆砂（高い山）であるSt.7，10，13の山頂付近の硫化物濃度は低かった。

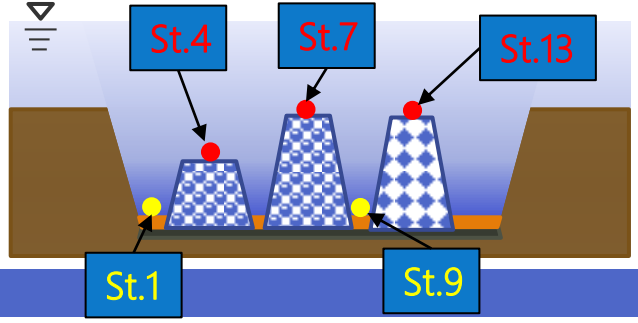
溶出速度（PO_4-P ）

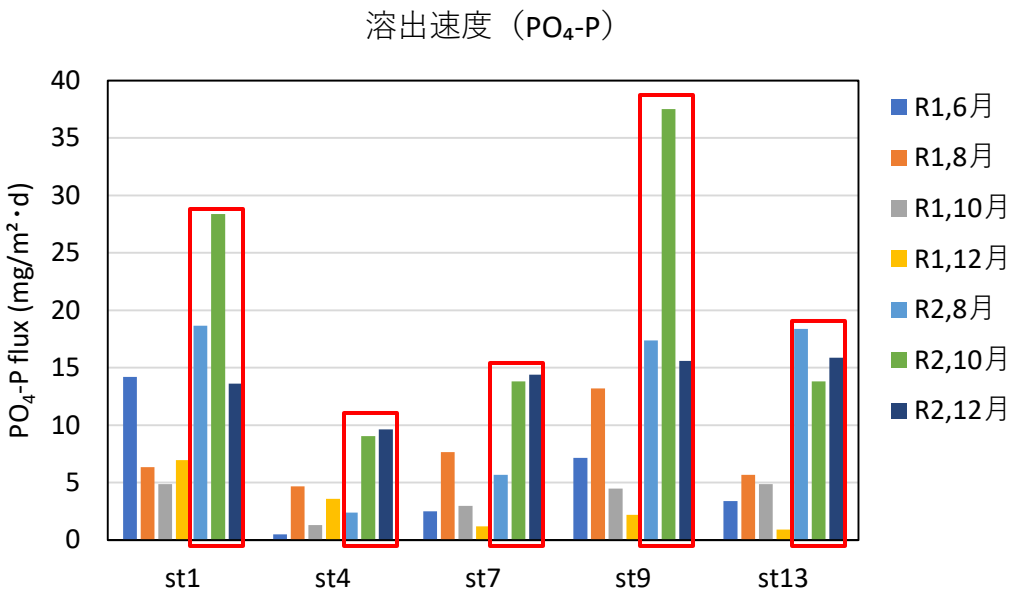




2020年度について，
St.1とSt.9は8月に溶出速度が大きい。
山形覆砂の山頂では溶出速度は小さかった。
→覆砂によりPO_4-Pの溶出は抑制できている。

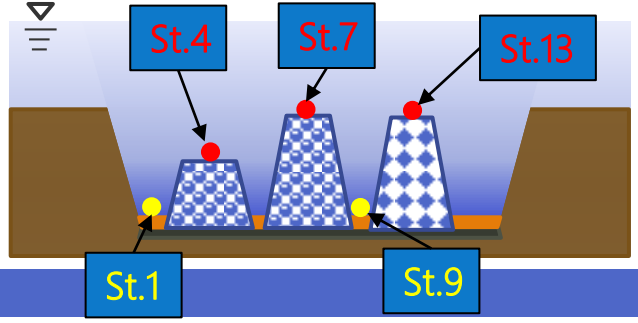
溶出速度（PO_4-P ）

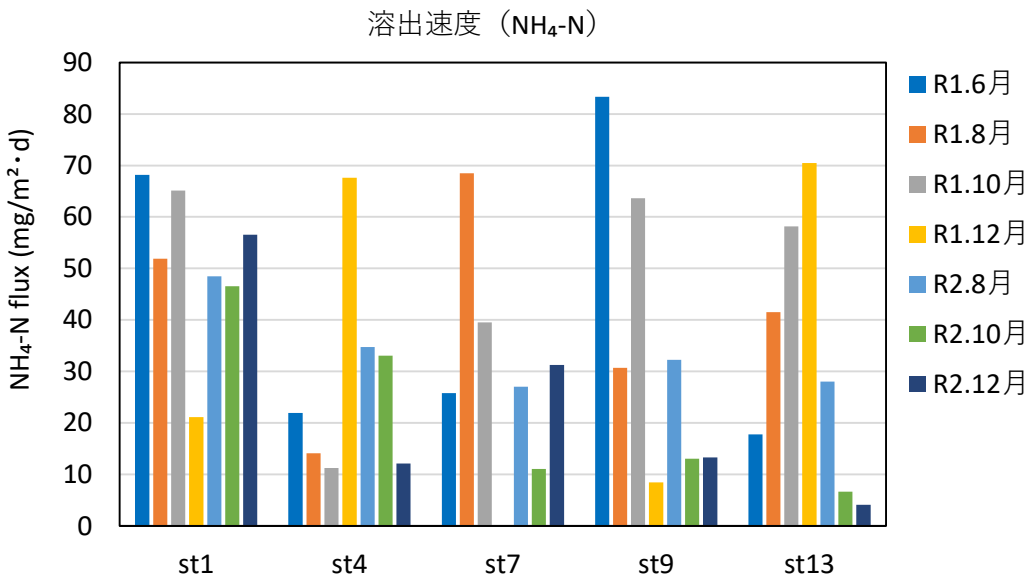




2020年度について，
St.1とSt.9は8月に溶出速度が大きい。
山形覆砂の山頂では溶出速度は小さかった。
→覆砂によりPO_4-Pの溶出は抑制できている。

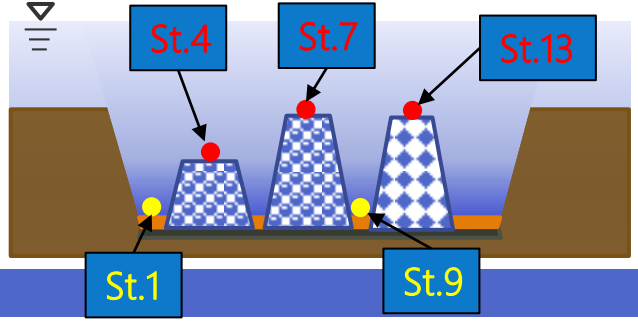
溶出速度（NH_4-N ）

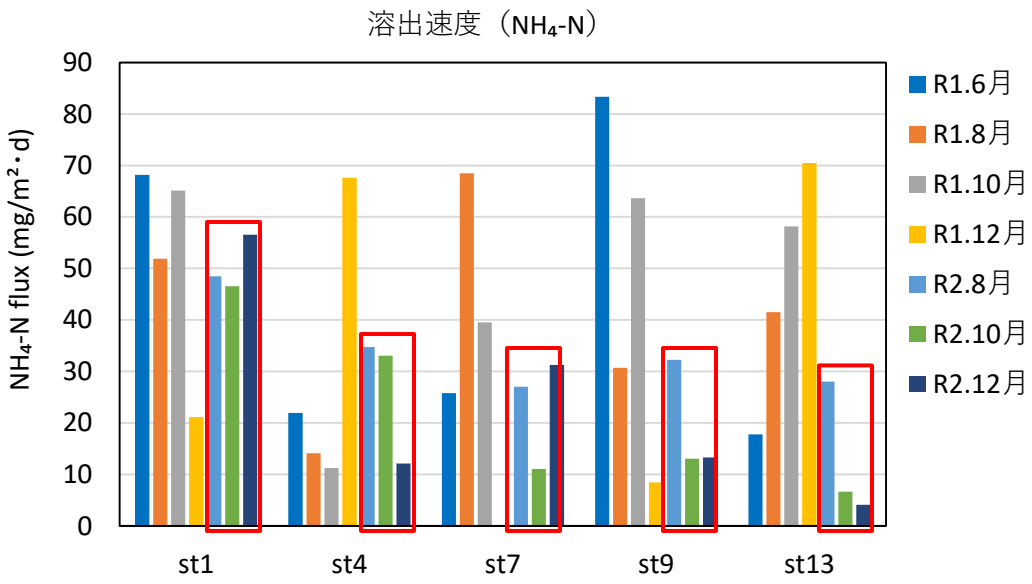




2020年度について，
St.1は調査期間中の溶出速度が大きい。
St.4～13の溶出速度は同程度。
→覆砂によりNH_4-Nの溶出は抑制できている。

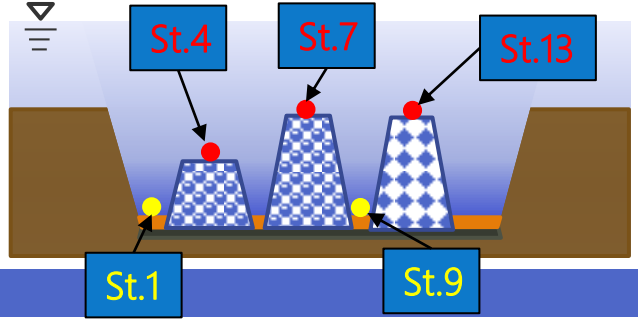
溶出速度（NH_4-N ）

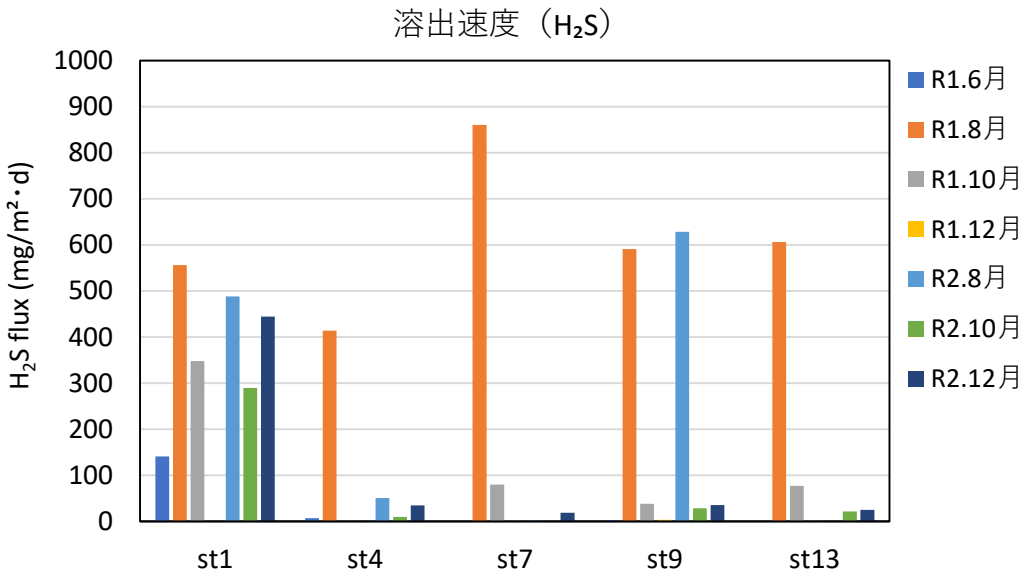




2020年度について，
St.1は調査期間中の溶出速度が大きい。
St.4～13の溶出速度は同程度。
→覆砂によりNH_4-Nの溶出は抑制できている。

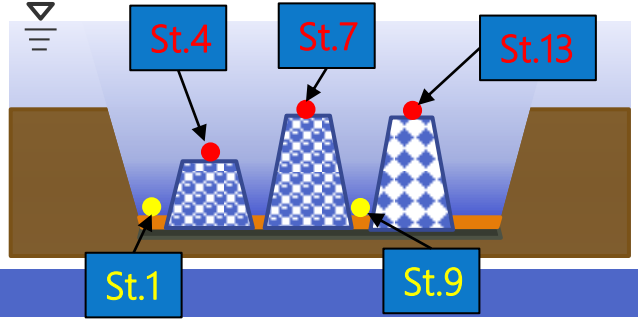
溶出速度（H_2S ）

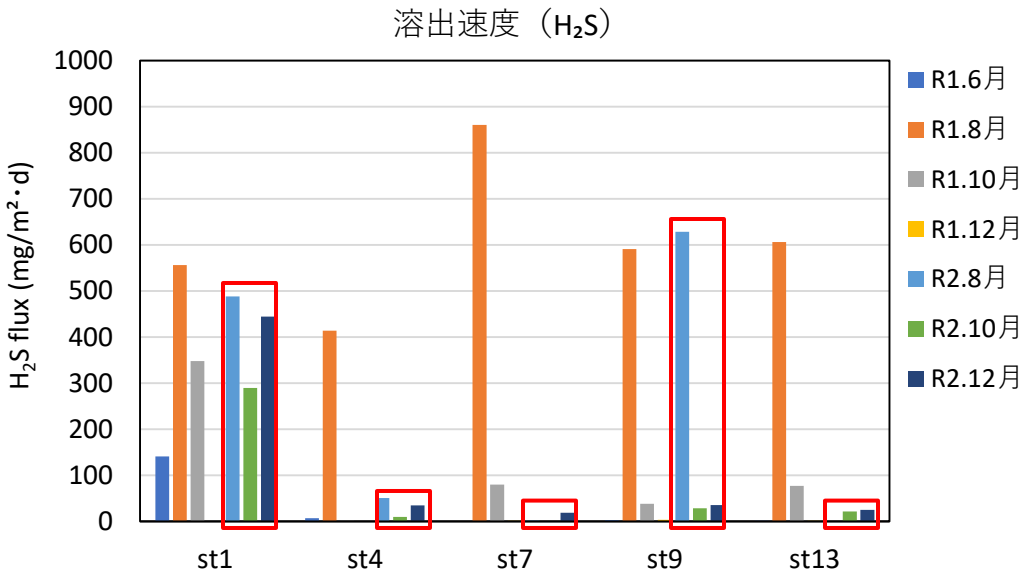




2020年度について，
St.1は調査期間中の溶出速度が大きい。
St.9は8月に溶出速度が大きい。
山形覆砂の山頂では溶出速度は小さかった。
→覆砂によりH_2Sの溶出は抑制できている。

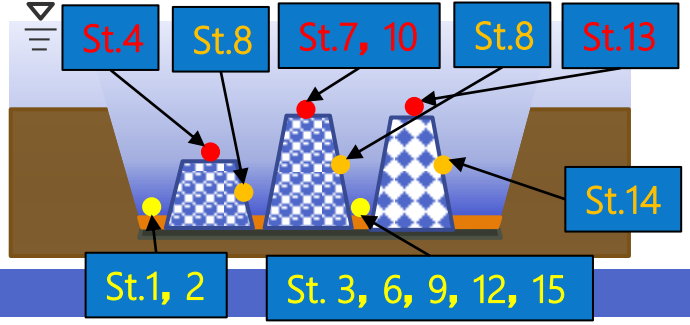
溶出速度（H_2S ）

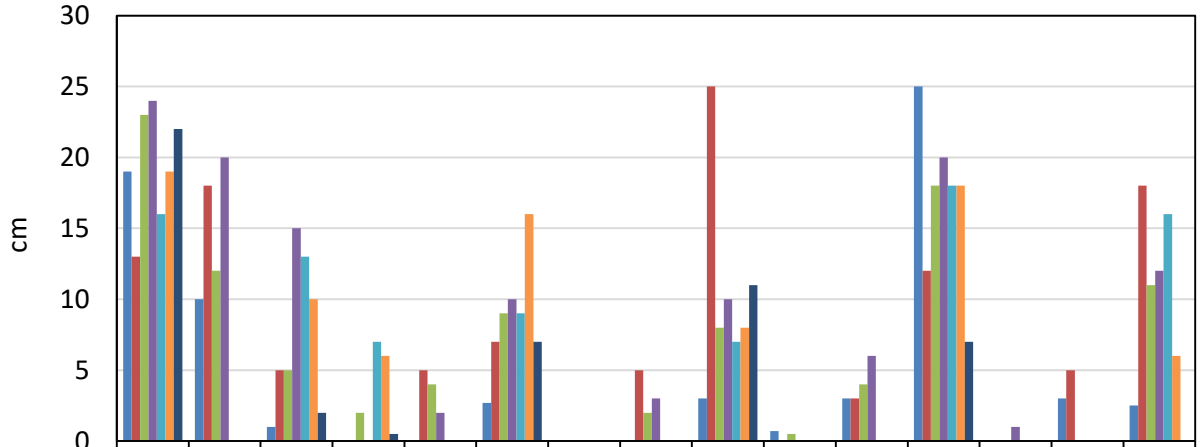




2020年度について，
St.1は調査期間中の溶出速度が大きい。
St.9は8月に溶出速度が大きい。
山形覆砂の山頂では溶出速度は小さかった。
→覆砂によりH_2Sの溶出は抑制できている。

浮泥厚

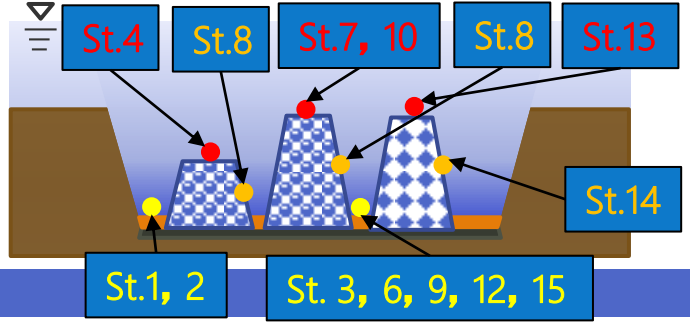


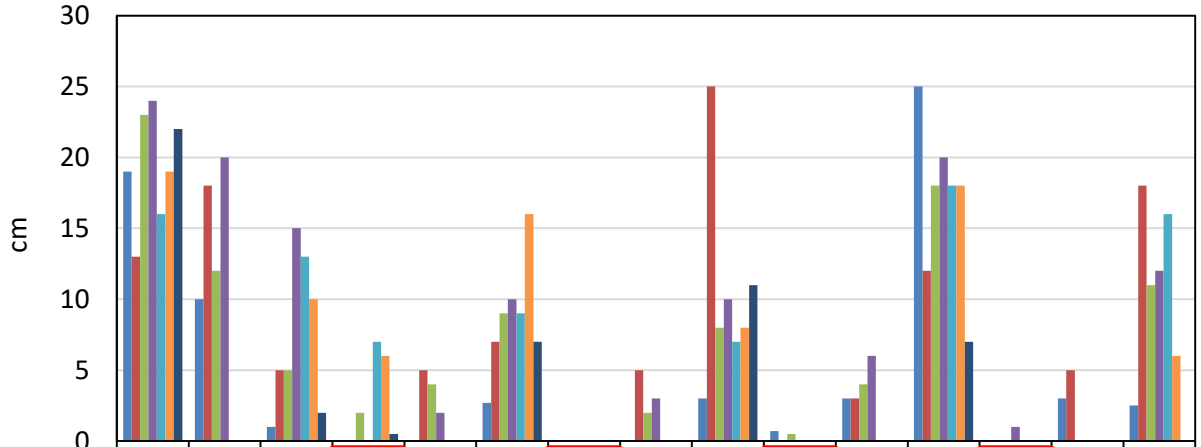


	st1	st2	st3	st4	st5	st6	st7	st8	st9	st10	st11	st12	st13	st14	st15
2019/6/14	19	10	1	0	0	2.7	0	0	3	0.7	3	25	0	3	2.5
2019/8/21	13	18	5	0	5	7	0	5	25	0	3	12	0	5	18
2019/10/10	23	12	5	2	4	9	0	2	8	0.5	4	18	0	0	11
2019/12/11	24	20	15	0	2	10	0	3	10	0	6	20	1	0	12
2020/8/18	16		13	7		9	0		7	0		18	0		16
2020/10/10	19		10	6		16	0		8	0		18	0		6
2020/12/8	22		2	0.5		7	0		11	0		7	0		0

水深が深いほど浮泥厚は大きいが，毎回同じ場所で泥厚測定ができなかったため，おおよその傾向で考察をする必要がある。
St.4（1 m山頂）では堆積物の増加傾向が確認できた。
St.7，10（2 m山頂）とSt.13（2 m山頂ロック）では堆積物は少なかった。

浮泥厚





	st1	st2	st3	st4	st5	st6	st7	st8	st9	st10	st11	st12	st13	st14	st15
2019/6/14	19	10	1	0	0	2.7	0	0	3	0.7	3	25	0	3	2.5
2019/8/21	13	18	5	0	5	7	0	5	25	0	3	12	0	5	18
2019/10/10	23	12	5	2	4	9	0	2	8	0.5	4	18	0	0	11
2019/12/11	24	20	15	0	2	10	0	3	10	0	6	20	1	0	12
2020/8/18	16		13	7		9	0		7	0		18	0		16
2020/10/10	19		10	6		16	0		8	0		18	0		6
2020/12/8	22		2	0.5		7	0		11	0		7	0		0

水深が深いほど浮泥厚は大きいが，毎回同じ場所で泥厚測定ができなかったため，おおよその傾向で考察をする必要がある。
St.4（1 m山頂）では堆積物の増加傾向が確認できた。
St.7，10（2 m山頂）とSt.13（2 m山頂ロック）では堆積物は少なかった。

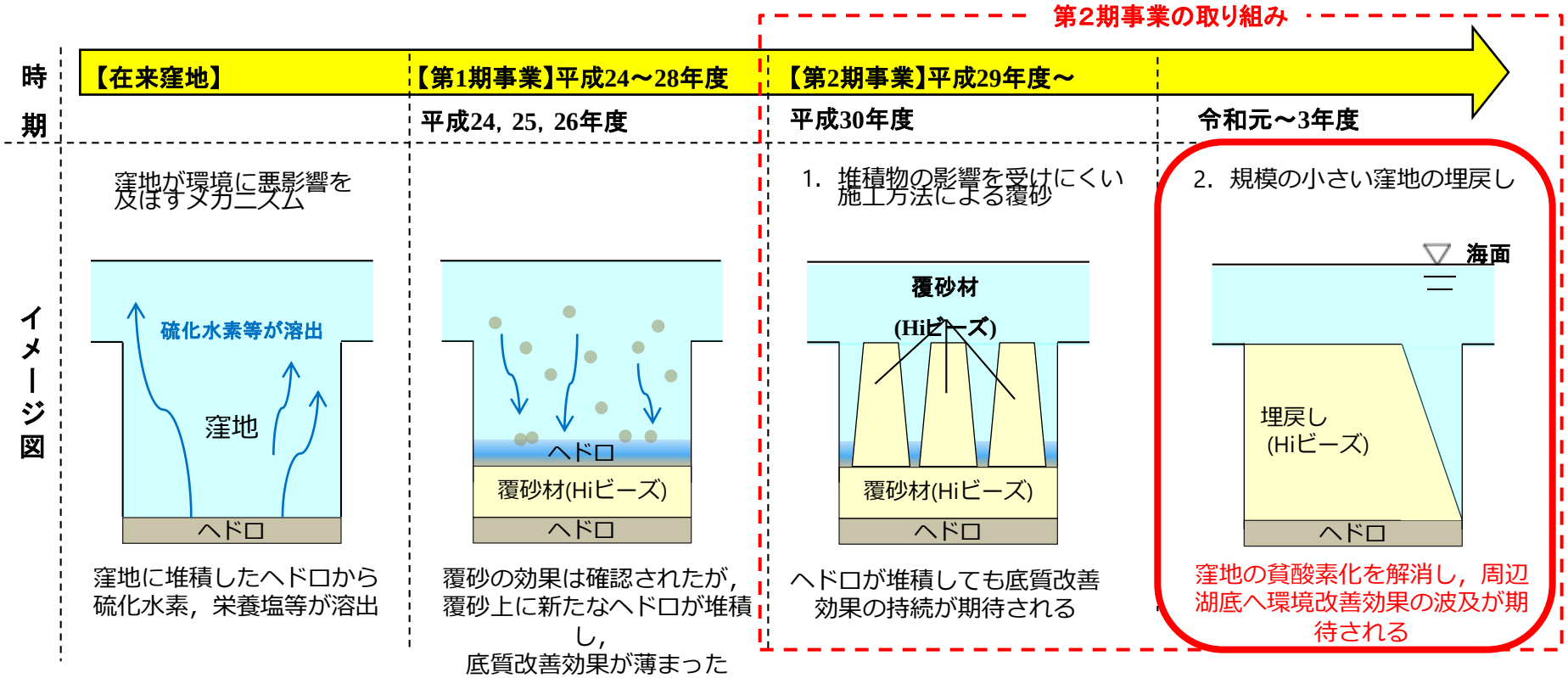
2020年度の結果

- 直上水の栄養塩・H_2S濃度は低く，窪地内（調査地点）の濃度は低く抑えられた。
- 栄養塩・硫化水素の溶出は低く抑制できた。
- 山頂の堆積物量少ないが，低い山形覆砂の山頂では堆積物が増加する傾向がある。
- 2年目までは環境修復効果が持続しており，予想通りの結果である。3年目以降のモニタリングを継続し，全面覆砂に比べて持続性が長いことを検証する。

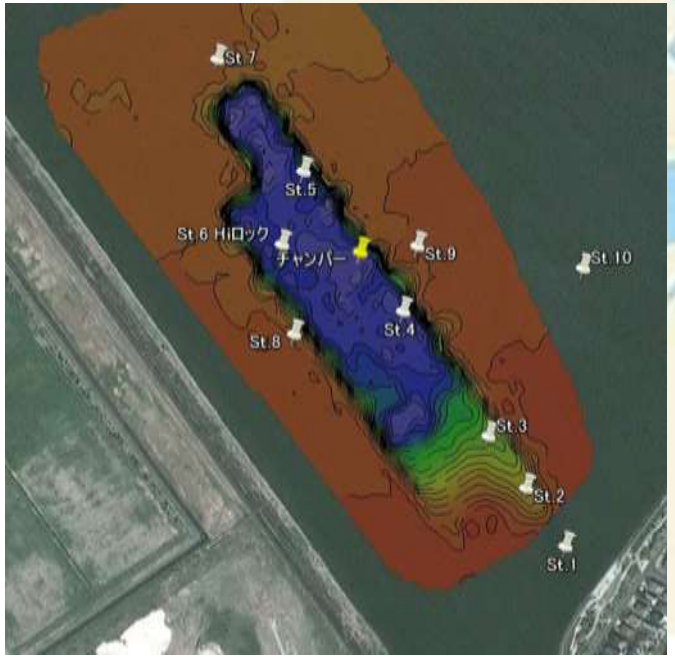
完全埋め戻しについて

第２期事業における浚渫窪地の環境修復事業

【浚渫窪地の環境修復事業のイメージ図】



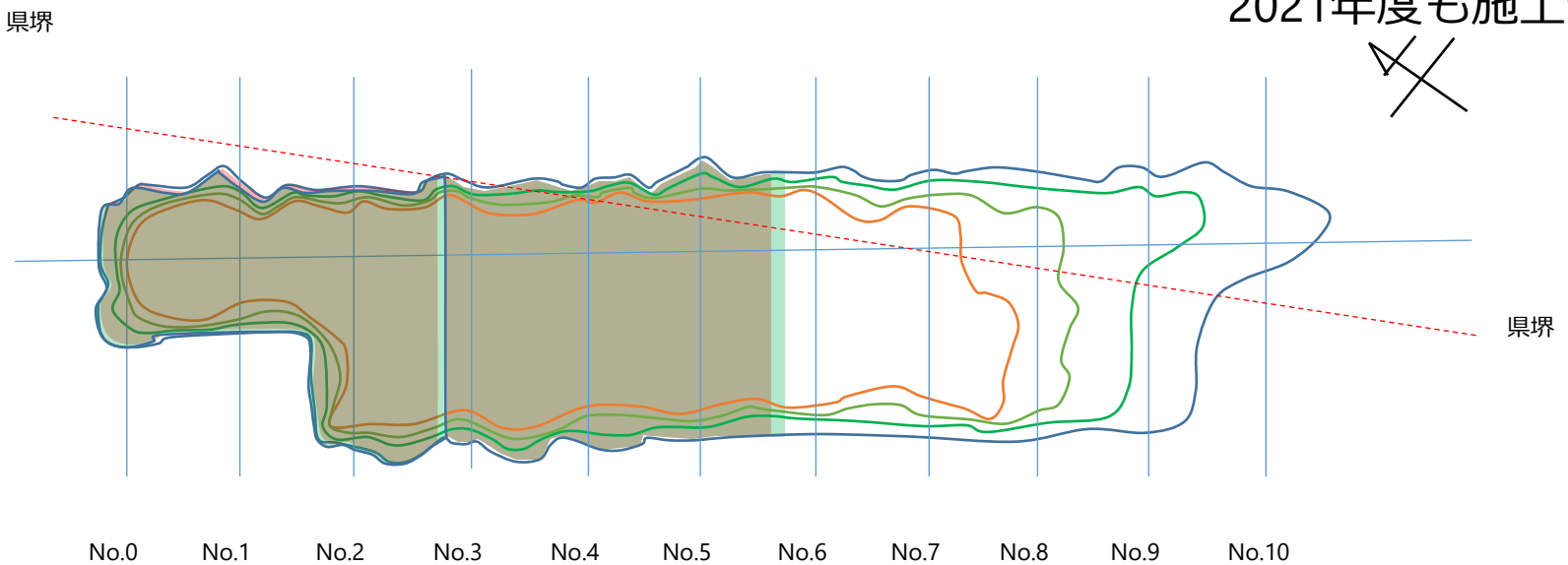
埋め戻し対象の窪地

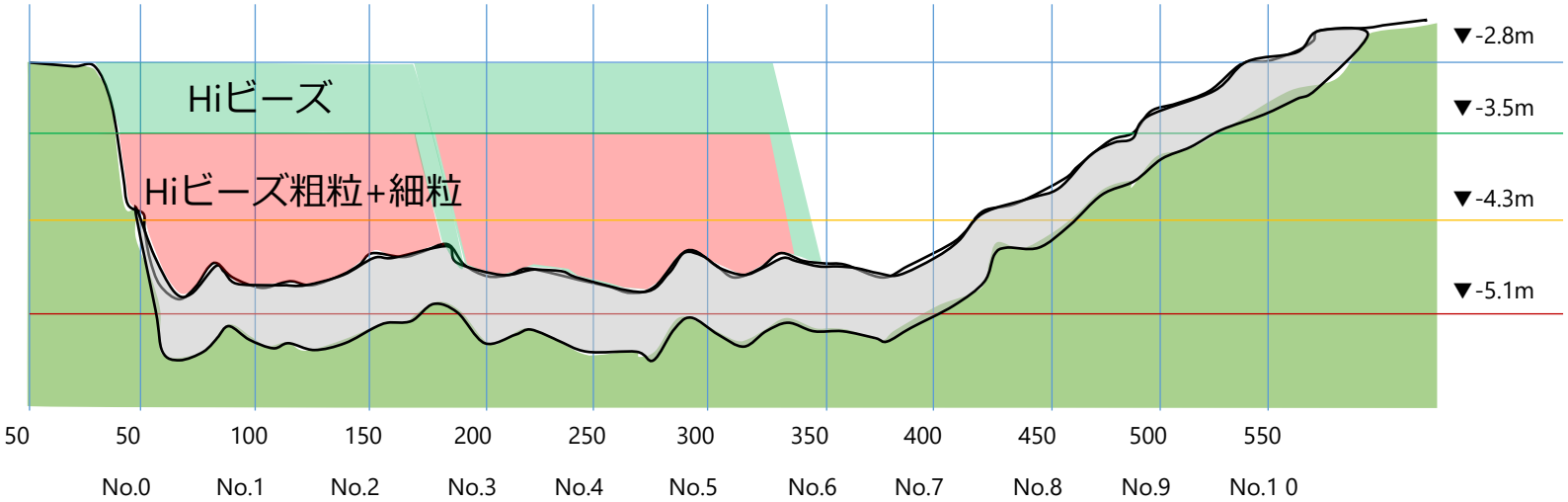

St.7
St.5
St.6 Hiロック
チャンバー
St.9
St.10
St.4
St.8
St.3
St.2
St.1

境水道
中海
埋め戻し場所
錦海-穂日島沖
細井沖
くぼ地

米子湾（錦海-穂日島沖）覆砂概要

施工：2019.12-2020.3
2020.12-2021.3
2021年度も施工予定



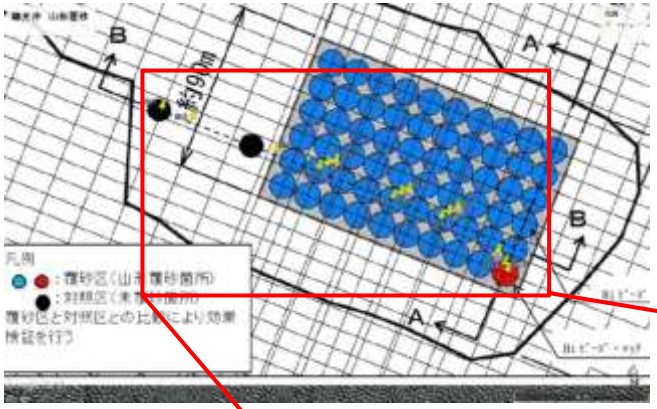


2020年度の結果

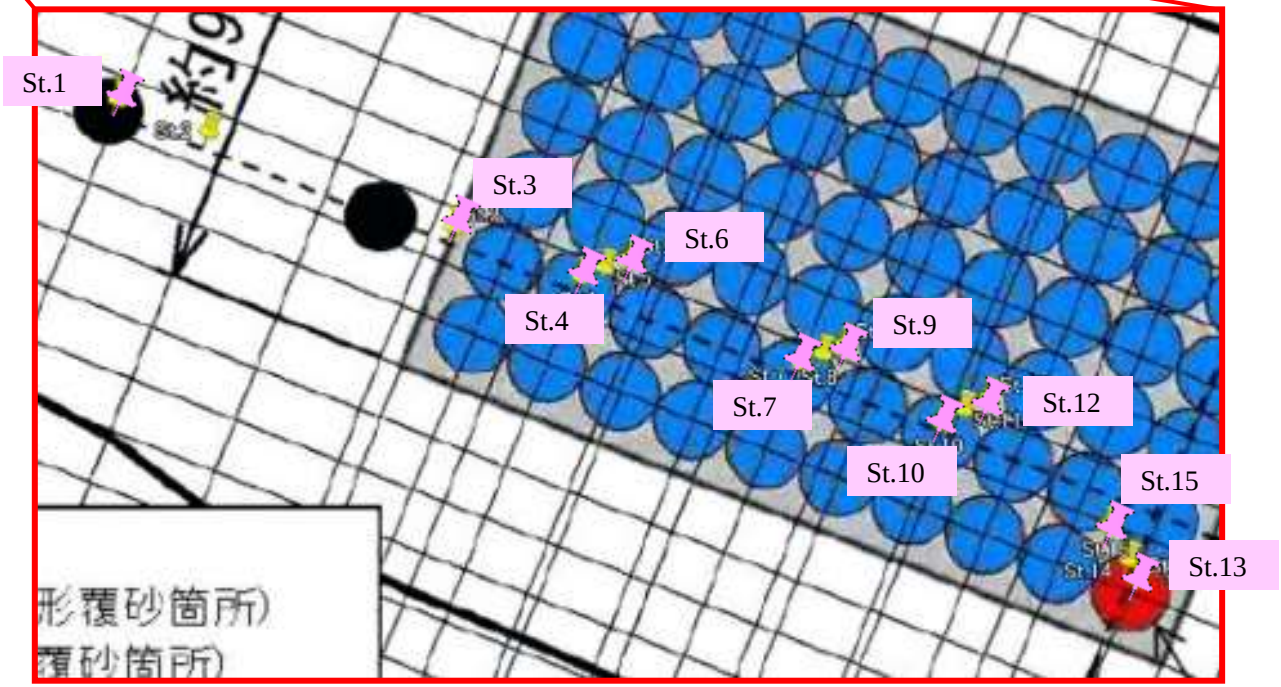
- 埋め戻しが概ね半分完了した。
- 2021年度からモニタリングを開始する。
- 2021年度も1/4の埋め戻しを実施する予定である。

2021年度調査計画

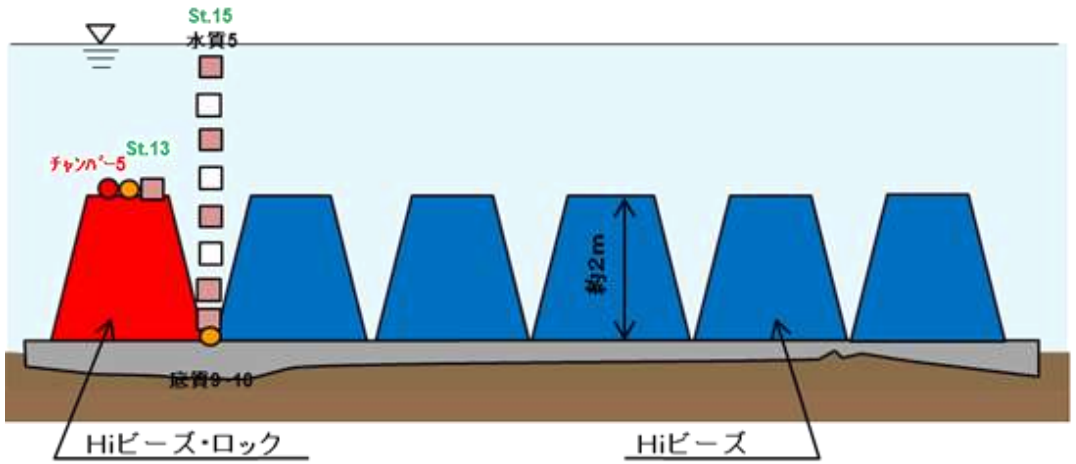
2021年度　細井沖浚渫窪地調査地点
平面図



St.1：2014年度に全面覆砂，現在は20cm以上の堆積物（水深約7 m）
St.3：山形覆砂と同時に覆砂されたHiビーズ微粒分（水深6m以上）
St.4：高さ1 mの山形覆砂山頂（水深5～6 m）
St.6：高さ1 mの山形覆砂山麓（水深6 m以上）
St.7･10：高さ2 mの山形覆砂山頂（水深4～5 m）＝現地自然湖底と同水深
St.9･12：高さ1 mの山形覆砂山麓(水深6 m以上)
St.13：高さ2 mのHiビーズロック山形覆砂山頂（水深4～5 m）
St.15：高さ2 mのHiビーズロック山形覆砂山麓（水深6 m以上）

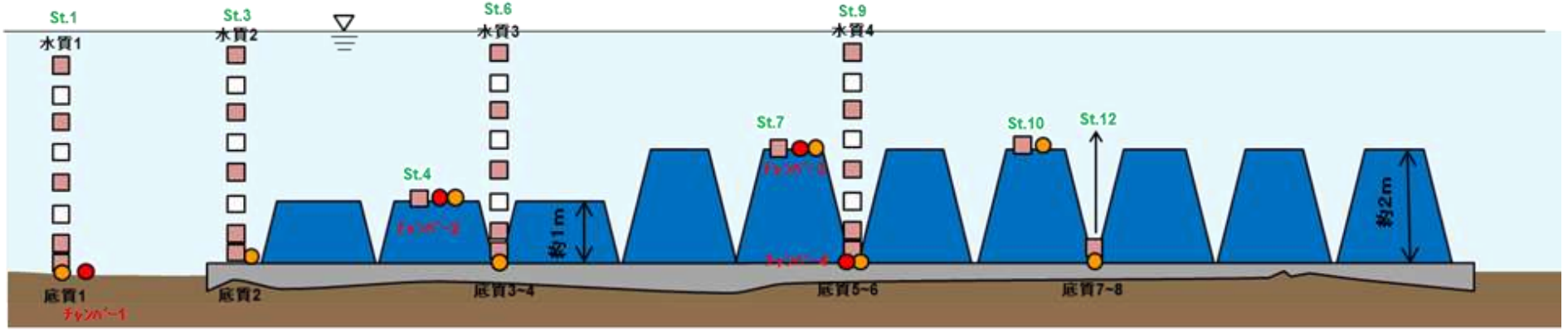


2021年度　細井沖浚渫窪地調査地点
断面図

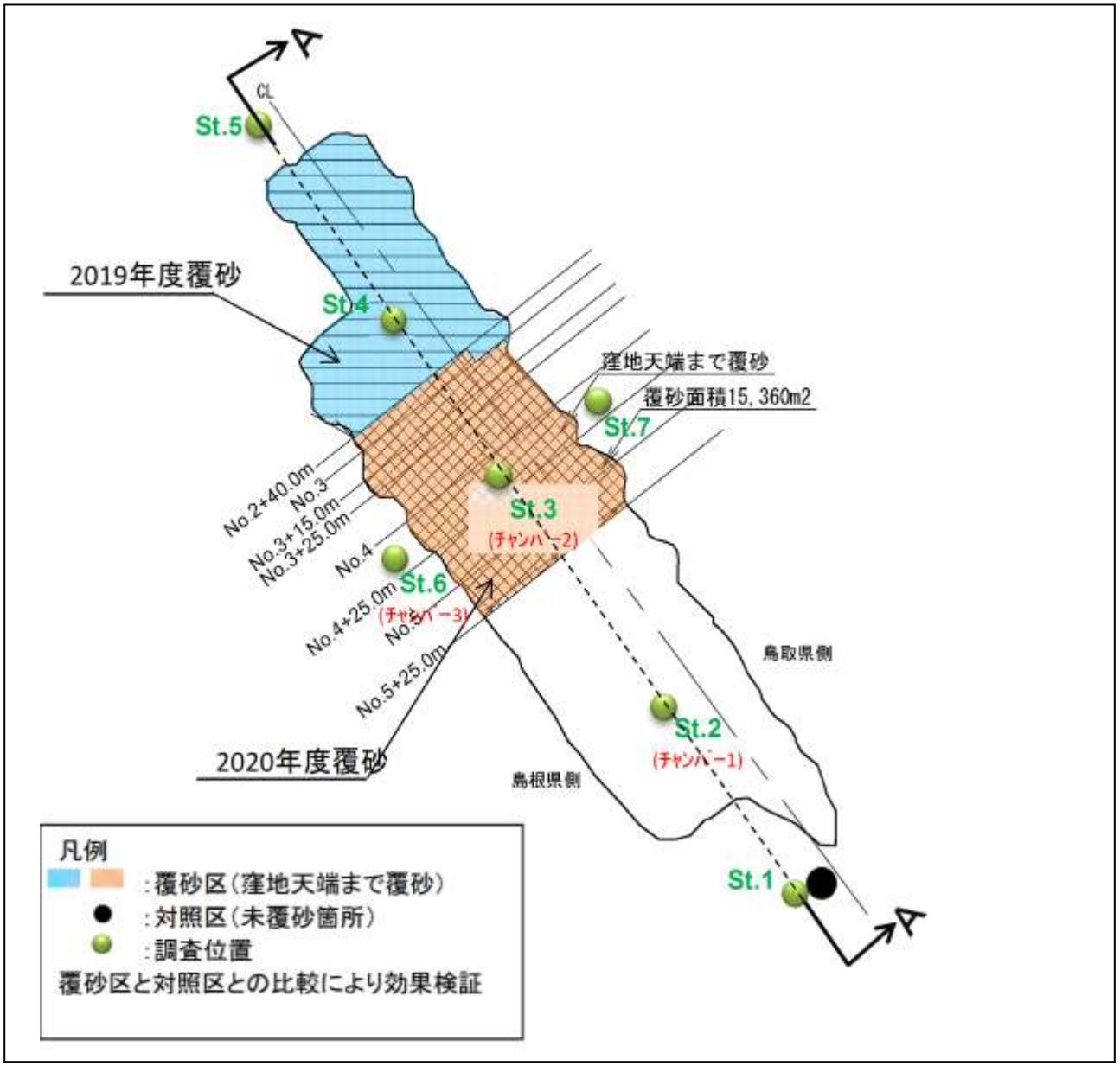


凡例

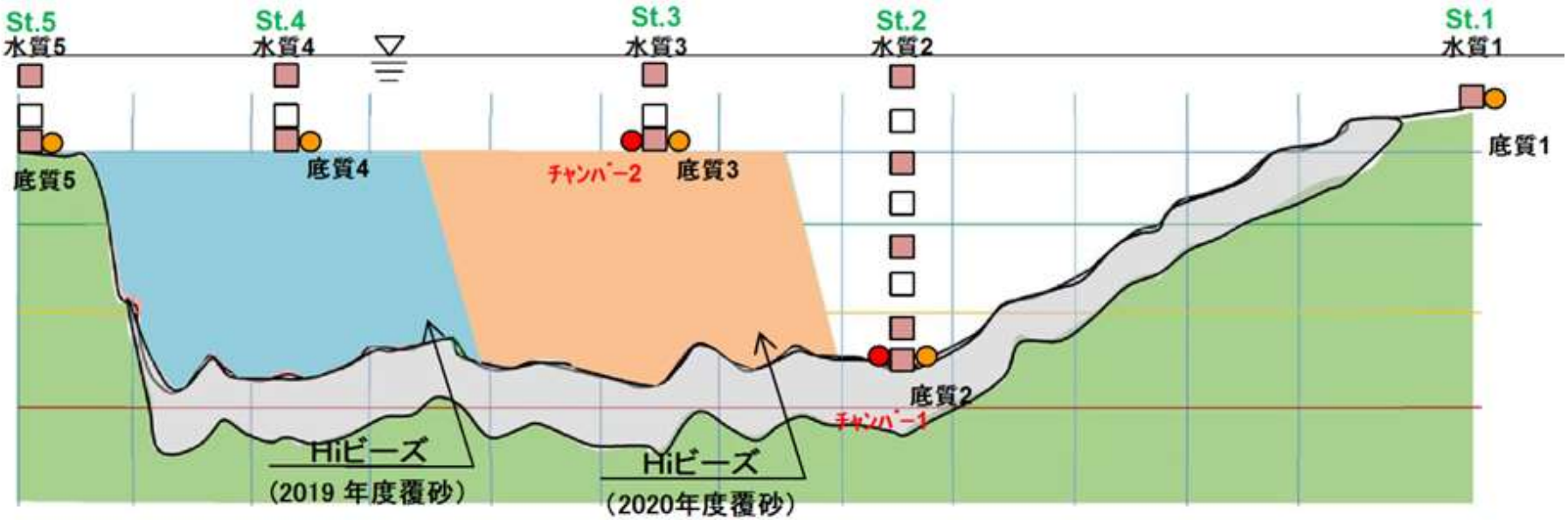
- □：多項目水質計による鉛直水質調査位置（5地点）
- ■：採水による水質調査位置（10地点）
  （鉛直奇数5地点＋直上10地点（H_2S含む））
- ●：底質調査位置（10地点）
- ●：チャンバー試験位置（5地点）



2021年度　錦海-穂日島沖浚渫窪地調査地点
平面図



2021年度　錦海-穂日島沖浚渫窪地調査地点
断面図



凡例

□ :多項目水質計による鉛直水質調査位置(5地点)

■ :採水による水質調査位置(7地点)
(鉛直奇数7地点＋直上7地点(H_2S含む))

● :底質調査位置(7地点)

● :チャンバー試験位置(3地点)

以下，資料

浚渫窪地の環境修復の方向性

1. 独立性の強い浚渫窪地では，栄養塩や硫化水素が蓄積して高濃度になっている。
   - 窪地内の水が周辺へ流出すると，栄養塩が短期間で大量供給，無酸素水塊の流出，青潮の発生につながる可能性があるため，対策が必要。
2. 連続した窪地では水の流れがあるため，栄養塩等が溶出しても蓄積量は少ない。
   - 面積が大きく，部分的な修復を繰り返す必要がある。
   - 当面は短期間で修復の効果が検証可能な独立性の強い窪地を埋め戻す。
3. 完全に埋め戻すには時間がかかるため，機能性覆砂材を全面に覆砂して内部負荷抑制を図る。
   - 現在は硫化物の溶出抑制効果の高い石炭灰造粒物を使用している。
4. 覆砂効果は覆砂前のデータと比較して，水質と溶出量の結果から検証する。
5. 覆砂事業と並行して，別の材料も選定する。
   - 機能性（効果），安全性，コストなどの観点から選定。

取り組みの意義とその重要性

- 中海の自然再生で重要なこと
  - 底層の貧酸素化の改善と予防対策
- 窪地全体の覆砂・・・硫化物溶出を抑制し，酸素消費量を抑制できる。
  栄養塩の負荷量低減効果が期待できる。
- 細井沖浚渫窪地の周辺は水深4～5 m 程度
  - 窪地がなければ良好な浅場環境の復元が可能な場所
  - 沿岸は国土交通省の浅場造成や覆砂事業の対象地
- 窪地の環境修復
  - 窪地内への生物生息を促す（無生物空間の解消）
  - 硫化水素を含む無酸素水の在来浅場・造成浅場への影響を抑制
- 将来的
  - ✓ アサリやサルボウガイなどの大型底生生物が定着することを期待
  - ✓ 過去に失われた生態系の回復に向けて前進することを期待
  - ✓ 中海，特に水質汚濁が進む米子湾の水質改善に寄与することを期待