

第4回第8期中海自然再生協議会

1

中海浚渫窪地修復事業

第3期実施計画 案

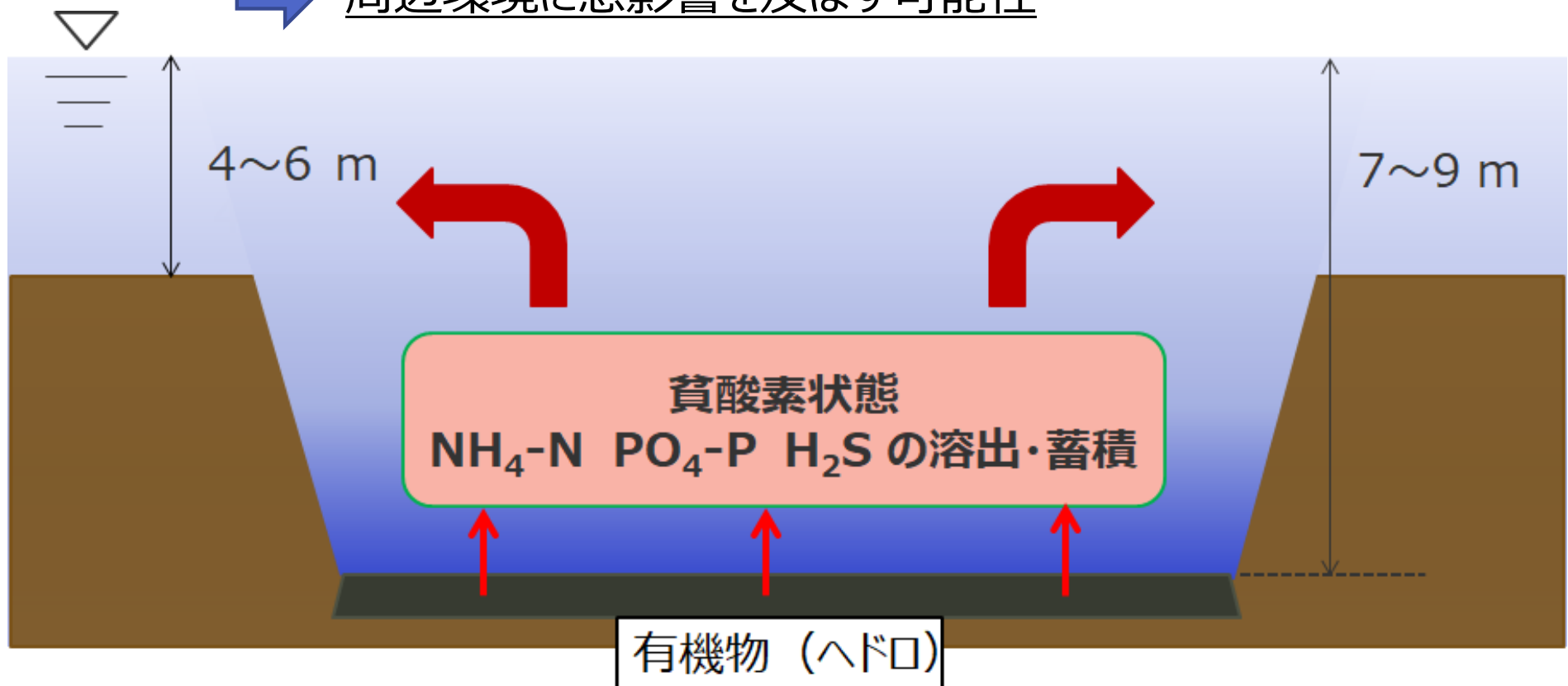
認定NPO法人自然再生センター 窪地事業担当
桑原智之, 藤井貴敏, 中本健二

中海の浚渫窪地とは

2

- ・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



中海の浚渫窪地とは

3



土砂採取によりできた深掘り跡，
中海の弓ヶ浜半島沿いに存在

- ・長大な窪地
栄養塩等は溶出するが，湖底まで水の流れがあるため，濃度上昇は緩やか。
- ・独立した窪地
湖底の水に流れがなく，溶出した栄養塩等の濃度が上昇。

植物プランクトンの死骸（有機物）などが堆積しやすく，分解のために酸素を消費

汚濁発生源の一つ

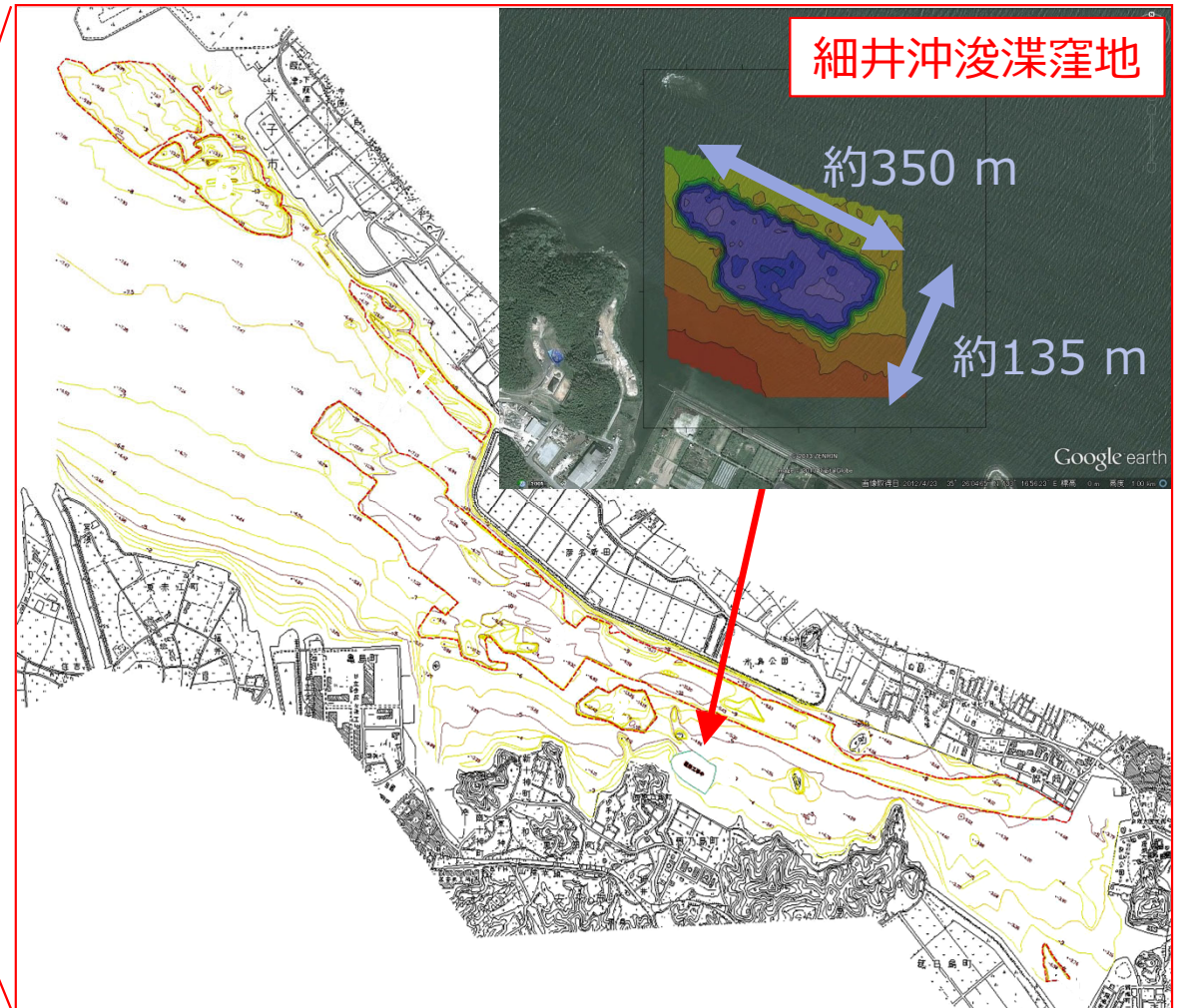
中海の中でも貧酸素化が著しい場所

中海の無生物区域

中海 細井沖浚渫窪地

4

- 面積：約0.05 km² • 周辺水深：約4~5 m
- 水深：8~9 m (覆砂後：約7 m)
- 覆砂前の表層泥厚：20~40 cm



石炭灰造粒物による全面覆砂

5

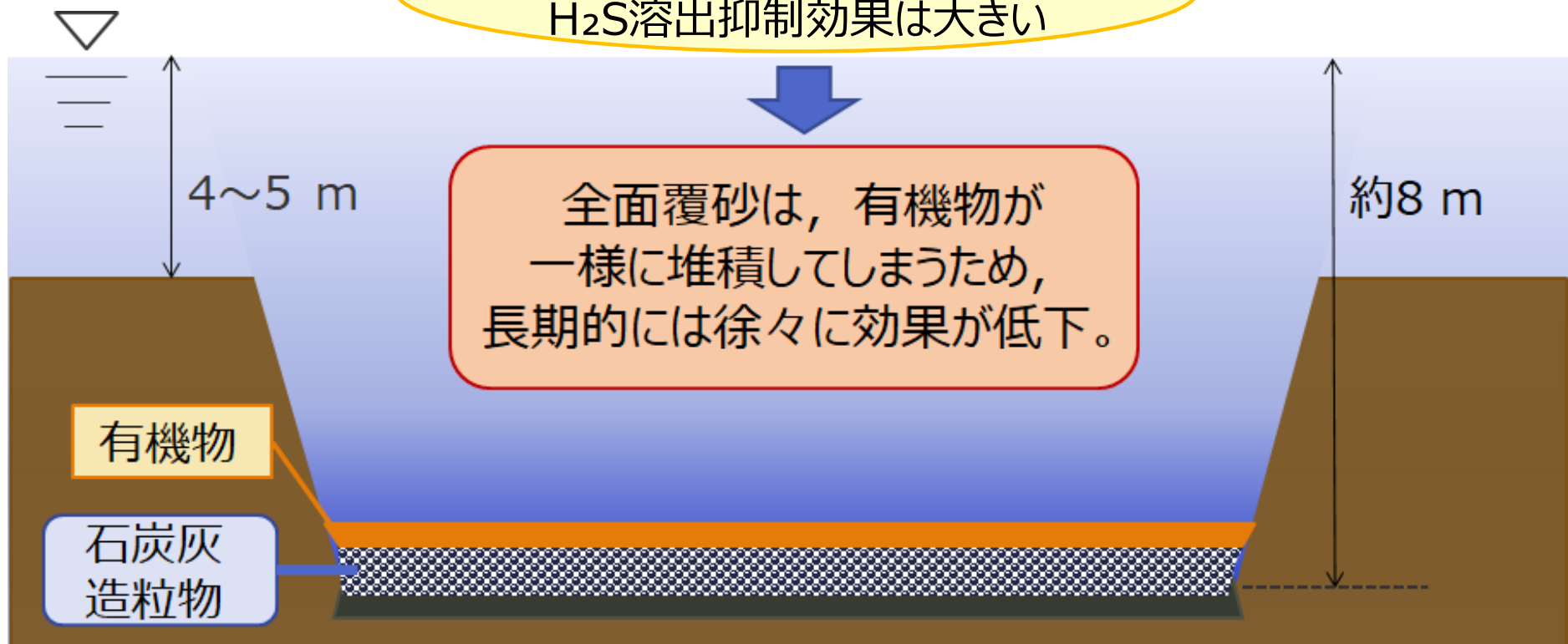
▶ 浚渫窪地の環境修復事業（第1期実施事業）

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H₂S溶出削減率：約88%

短期間において、
H₂S溶出抑制効果は大きい

全面覆砂は、有機物が
一様に堆積してしまうため、
長期的には徐々に効果が低下。



石炭灰造粒物を山形の形状で覆砂

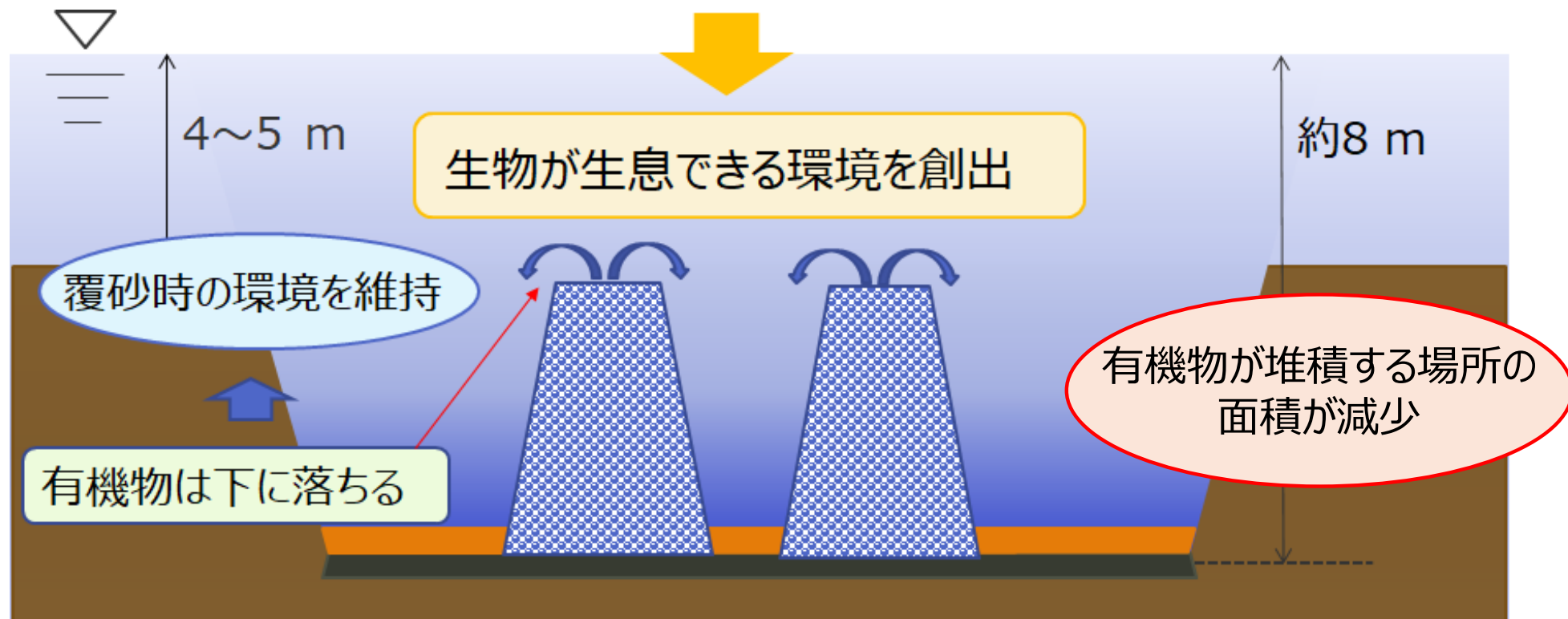
6

(第2期実施事業)

新たな覆砂形状： **山型覆砂** → 石炭灰造粒物の露出面が増加

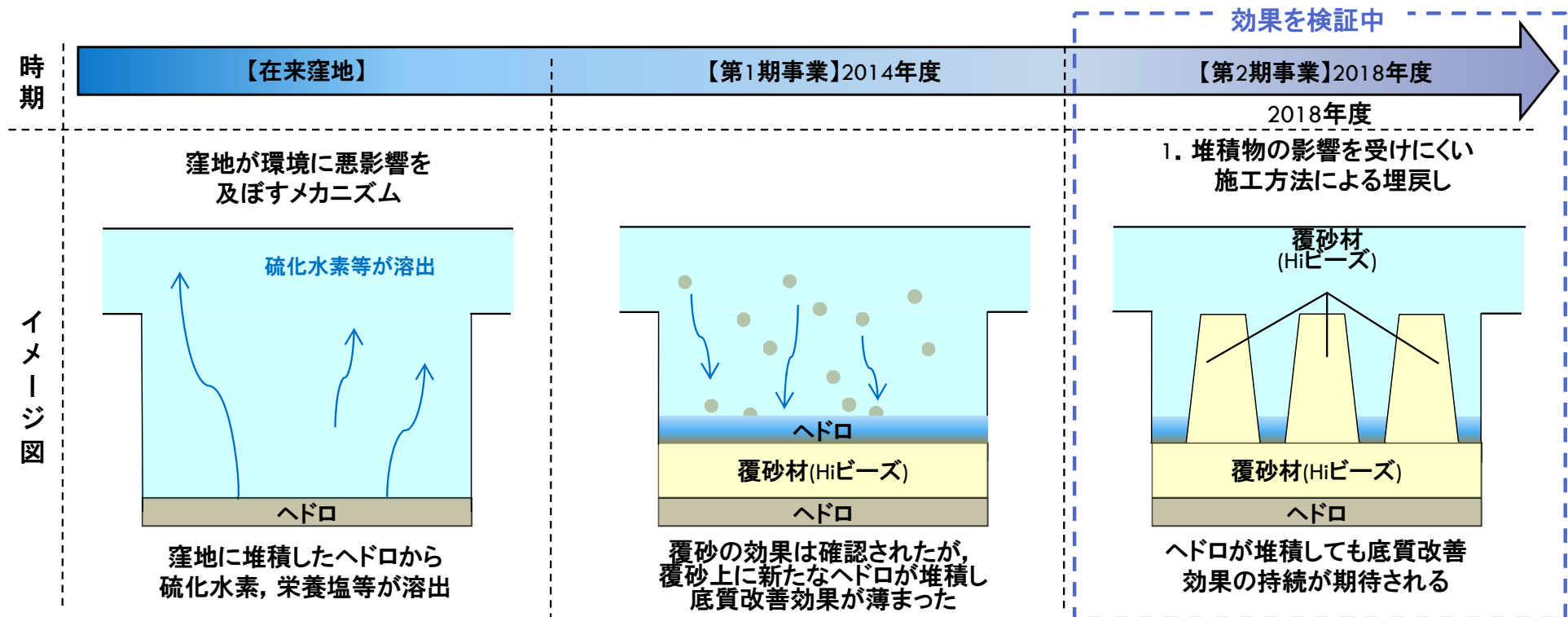
期待される効果

- 1. 有機物堆積の面積減少 → 栄養塩・H₂S溶出量減少効果
- 2. 山型覆砂上の有機物堆積が減少 → 覆砂時の環境を維持
- 3. 山型覆砂上部は溶存酸素が供給されやすい水深に近くなる

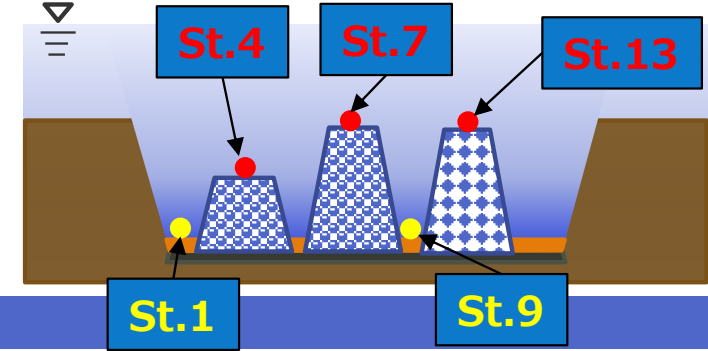


細井沖窪地の覆砂状況

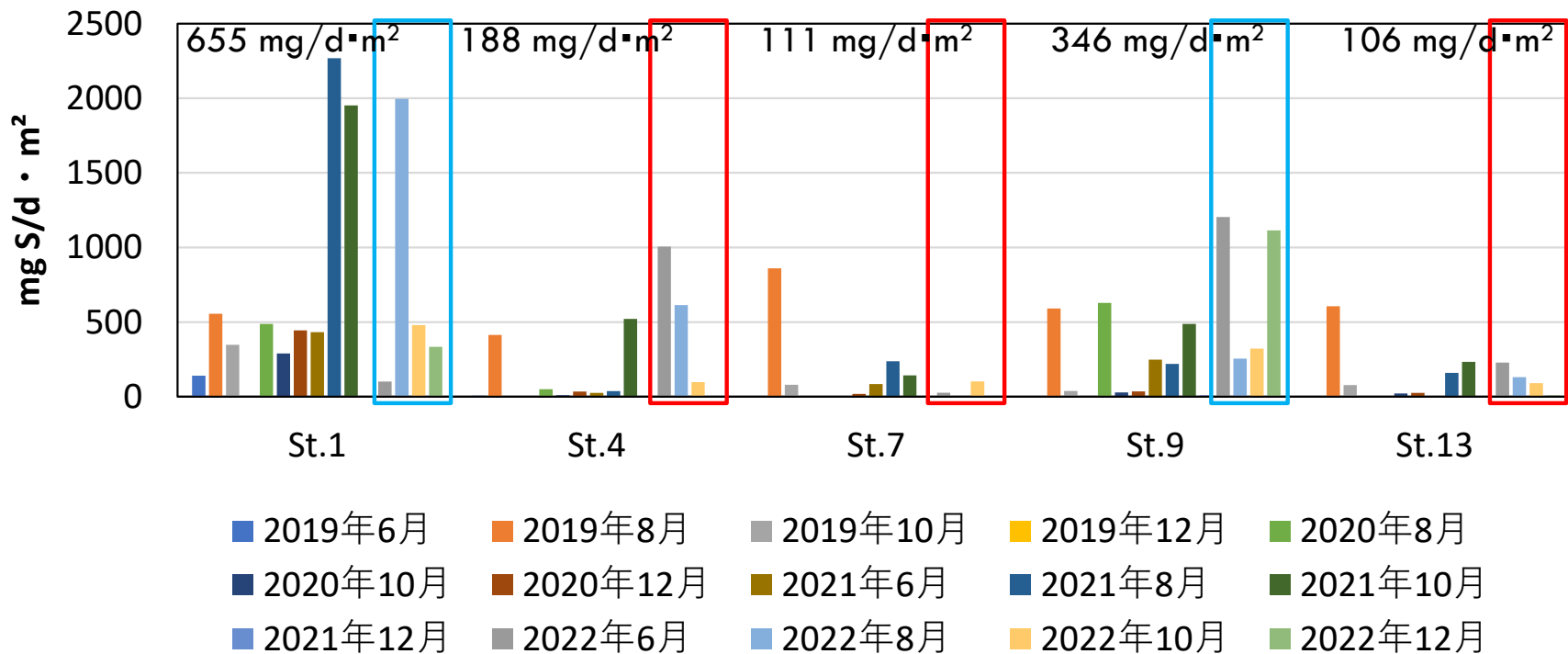
- 2014年度に窪地底質改善を目的として、底面から40cmにHiビーズを覆砂(第1期事業)。
- その結果、Hiビーズによる硫化水素や栄養塩の溶出抑制効果が確認されたが、くぼ地内部の新たな有機物の堆積による経年劣化の課題も確認されたため、2018年度より、堆積物の影響を受けにくい施工方法(山型覆砂)による埋戻し等が計画された(第2期事業)。
- 山型覆砂は現在モニタリングを実施中であり、一定の効果が確認されている一方、山型覆砂を実施していない箇所は底質は改善されていない。



溶出速度 (H₂S)



溶出速度 (H₂S)



2019～2022年度

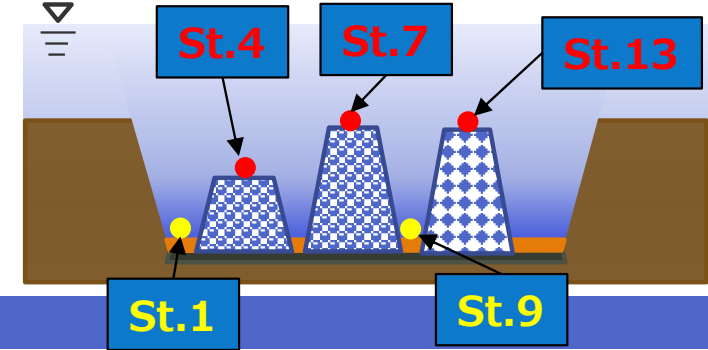
・平均値では， St.7とSt.13（いずれも2 mの高い山）で溶出速度が低い。（概ね80%削減）

2022年度について，

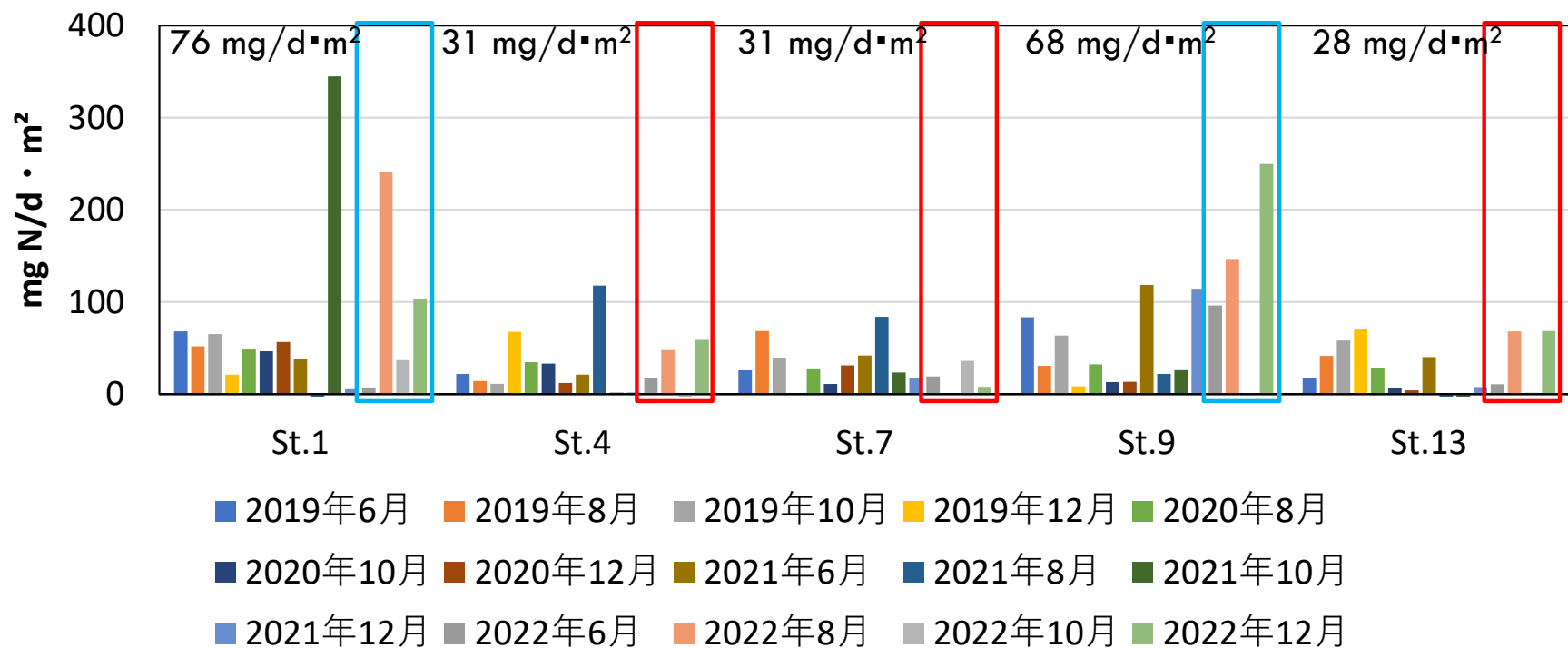
・St.4（1 mの高さ）で溶出速度が上昇傾向にある。

→山形覆砂のうち，高い山においてH₂Sの溶出を抑制している。

溶出速度 (NH₄-N)



溶出速度 (NH₄-N)



2019～2022年度

- ・平均値では，山型覆砂で溶出速度が低い（概ね50%削減）。

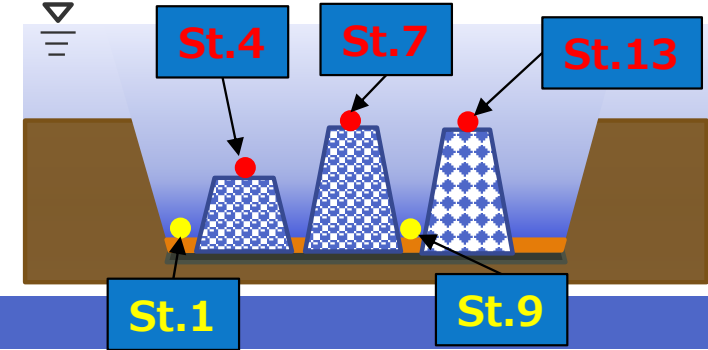
2021年度について，

- ・St.1（未覆砂）とSt.9（山麓）の溶出速度が大きい。

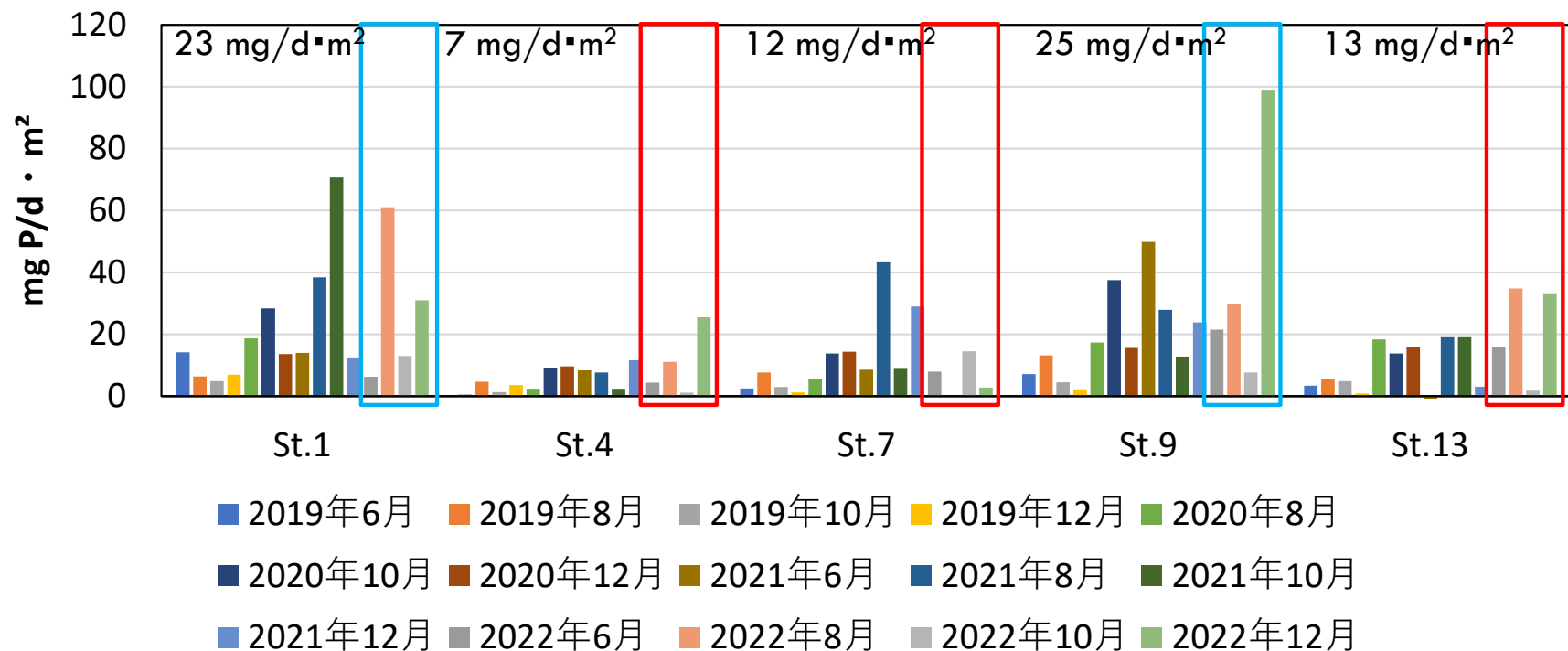
→山形覆砂によりNH₄-Nの溶出は抑制できている。

溶出速度 (PO₄-P)

10



溶出速度 (PO₄-P)



2019～2022年度

・平均値では，山型覆砂で溶出速度が低い（概ね50%削減）。

2021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。

→山形覆砂によりPO₄-Pの溶出は抑制できている。

生き物 (2019.6) 山の頂上



付着ケイ藻



ドロソコエビ属(推察)



2019/06/17 11:45

生き物 (2019.12)



生き物 (2020.10, 山頂)



二枚貝は殻のみ

生き物 (2022.7)

14



アサリ



ウミサゴムシ (オクダイサゴムシ?)

生き物 (2022.12)



浮泥堆積速度

16

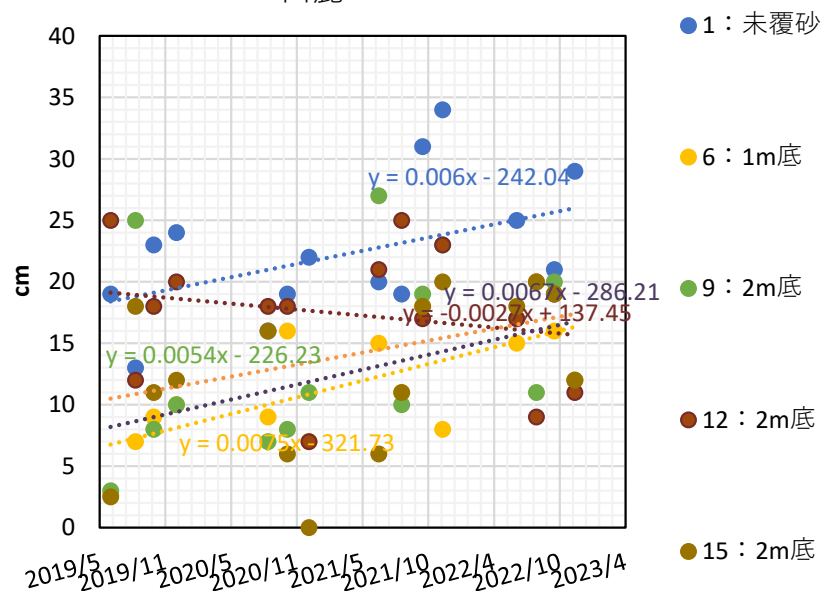
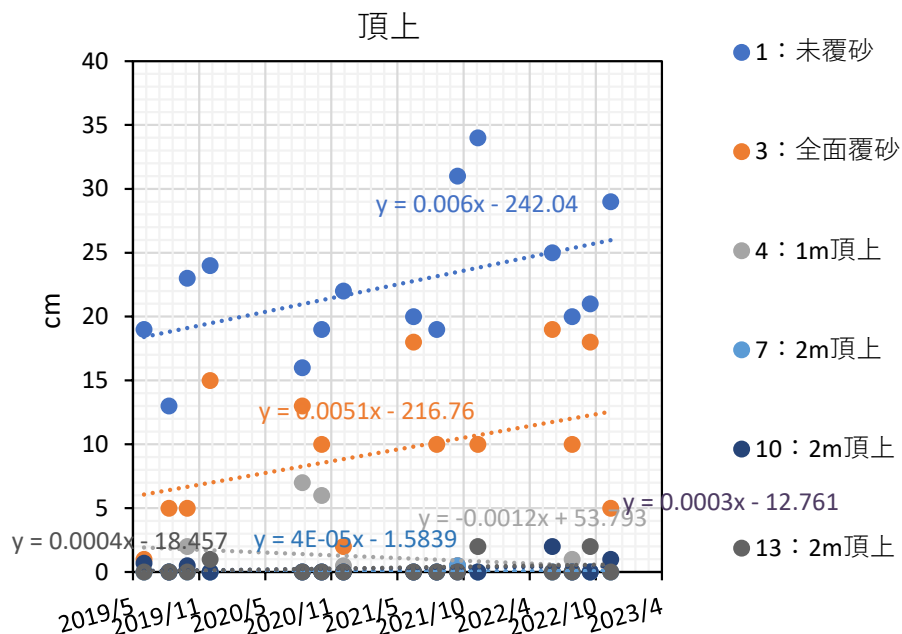
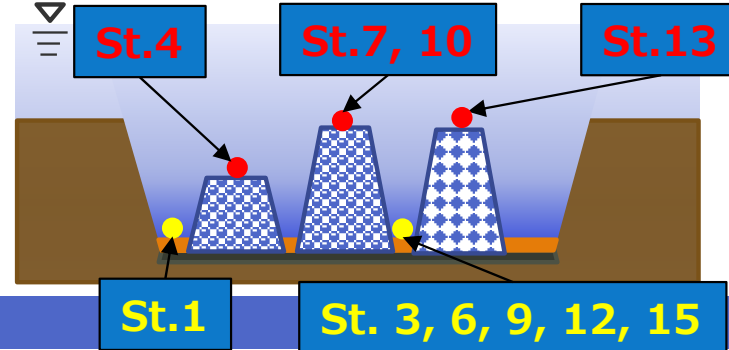


図 Hiビーズ上の底泥（浮泥）厚の経時変化（上：山頂，下：山麓）

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)

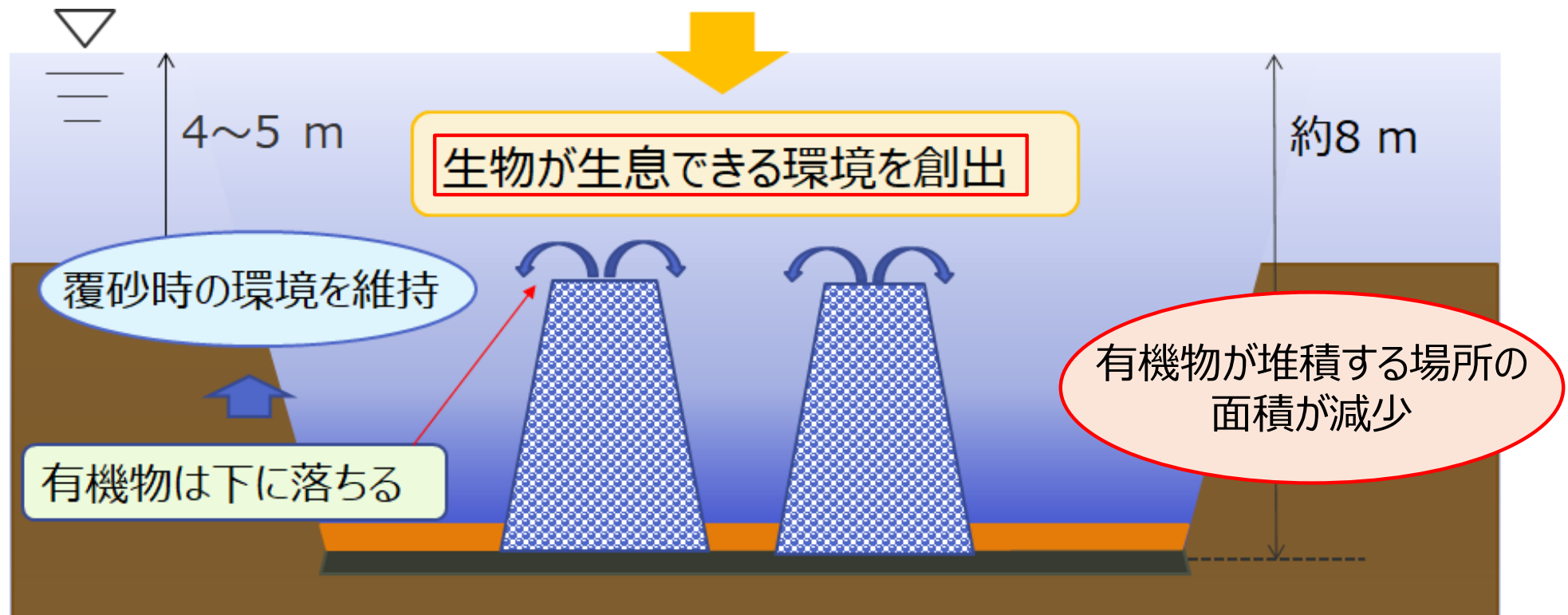
石炭灰造粒物を山形の形状で覆砂

17

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

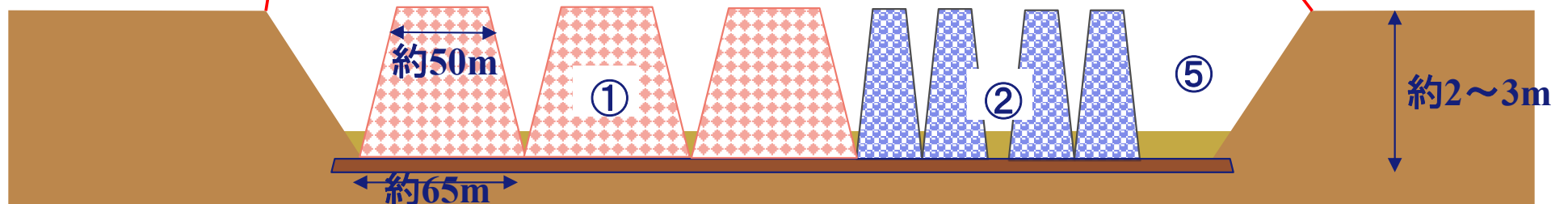
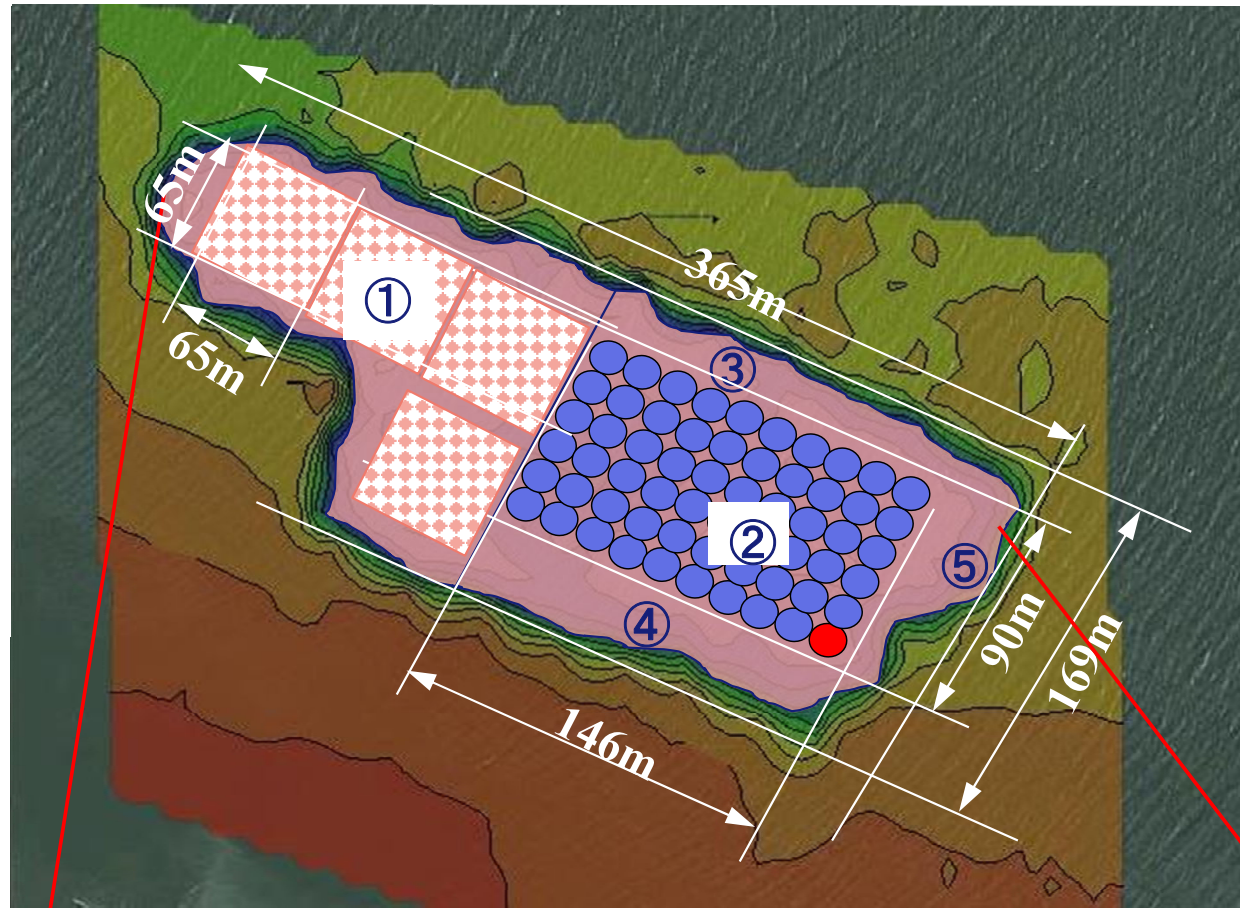


第3期事業計画案（細井沖窪地：STEP 1）

- 1～2年目で未覆砂箇所（①）に大きな山型覆砂を実施する。

18

細井沖窪地

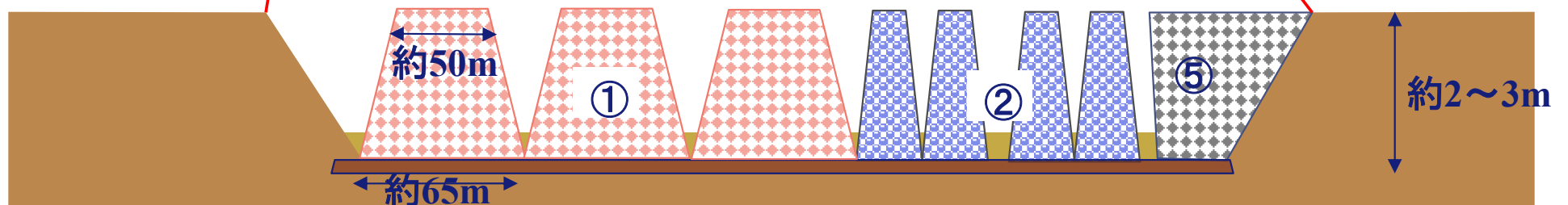
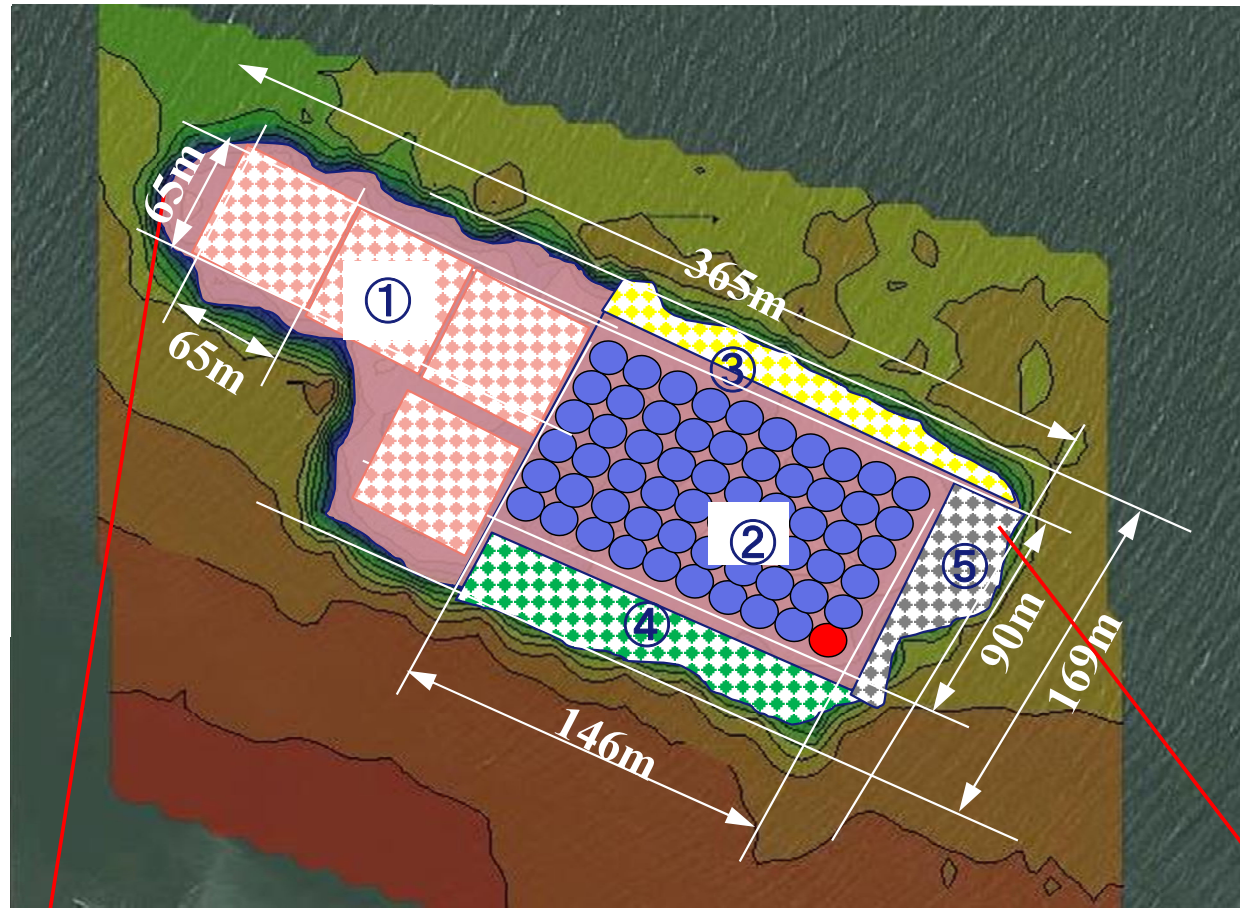


第3期事業計画案（細井沖窪地：STEP 2）

- 3年目に細井沖窪地の未覆砂箇所（③，④，⑤）の埋戻しを実施する。

19

細井沖窪地



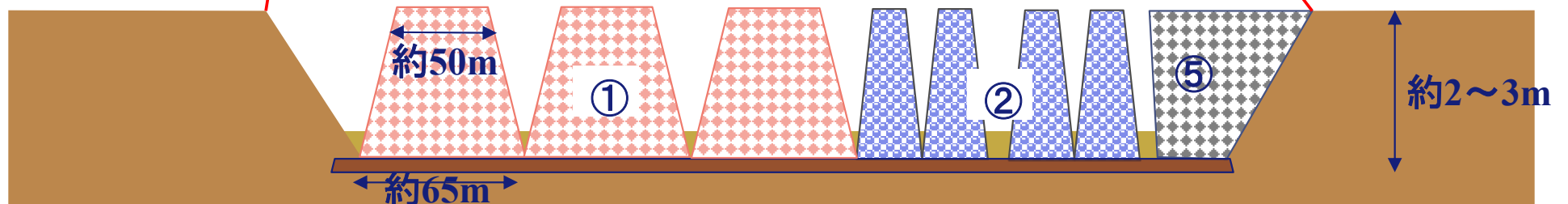
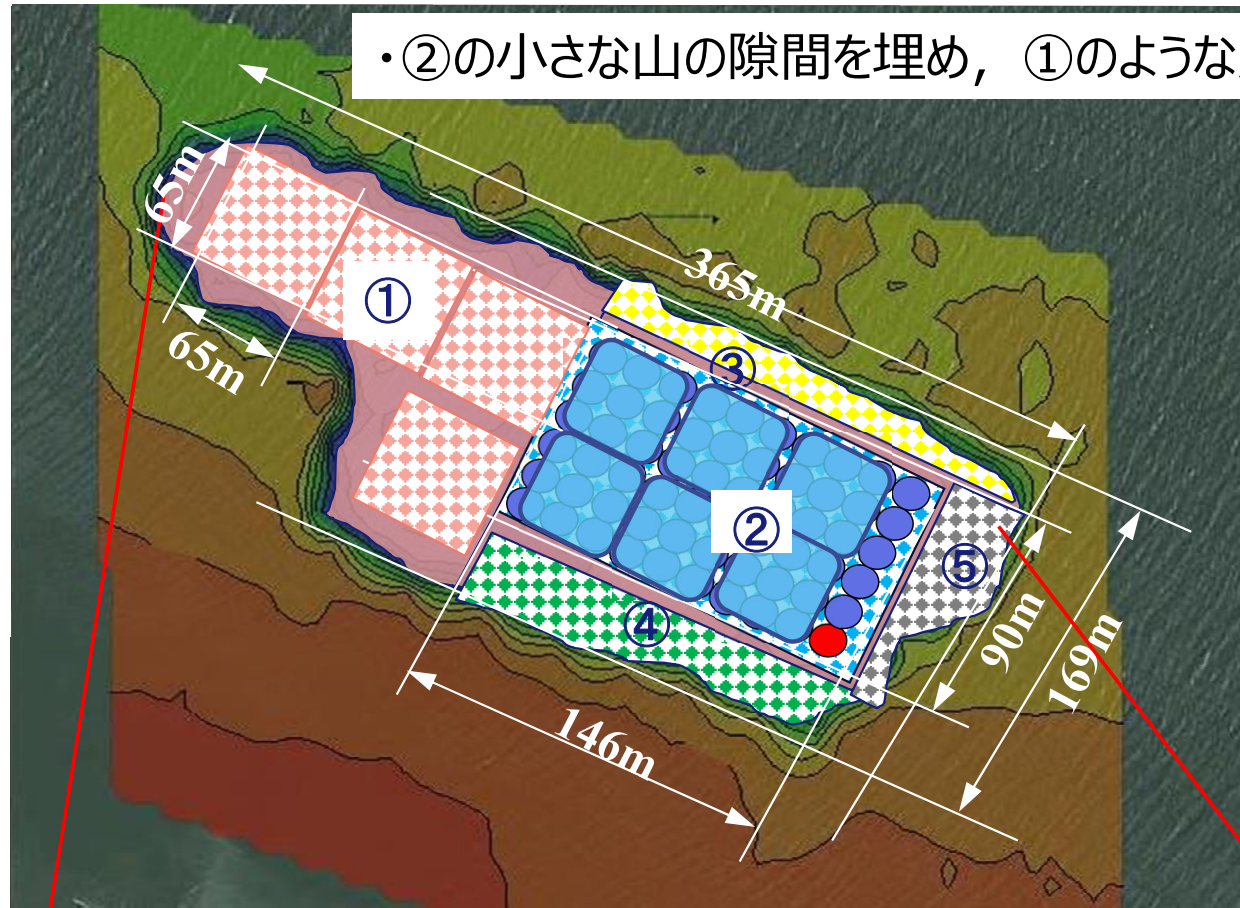
第3期事業計画案（細井沖窪地：STEP 3-1）

- STEP 1・2を実施後，施工の成果を吟味したうえで残りの未覆砂箇所をの全面埋戻しの可否を検討する。なお本計画は第3期事業の残りの約2年間で実施する。

20

細井沖窪地

・②の小さな山の間隙を埋め，①のような大きな山にする。

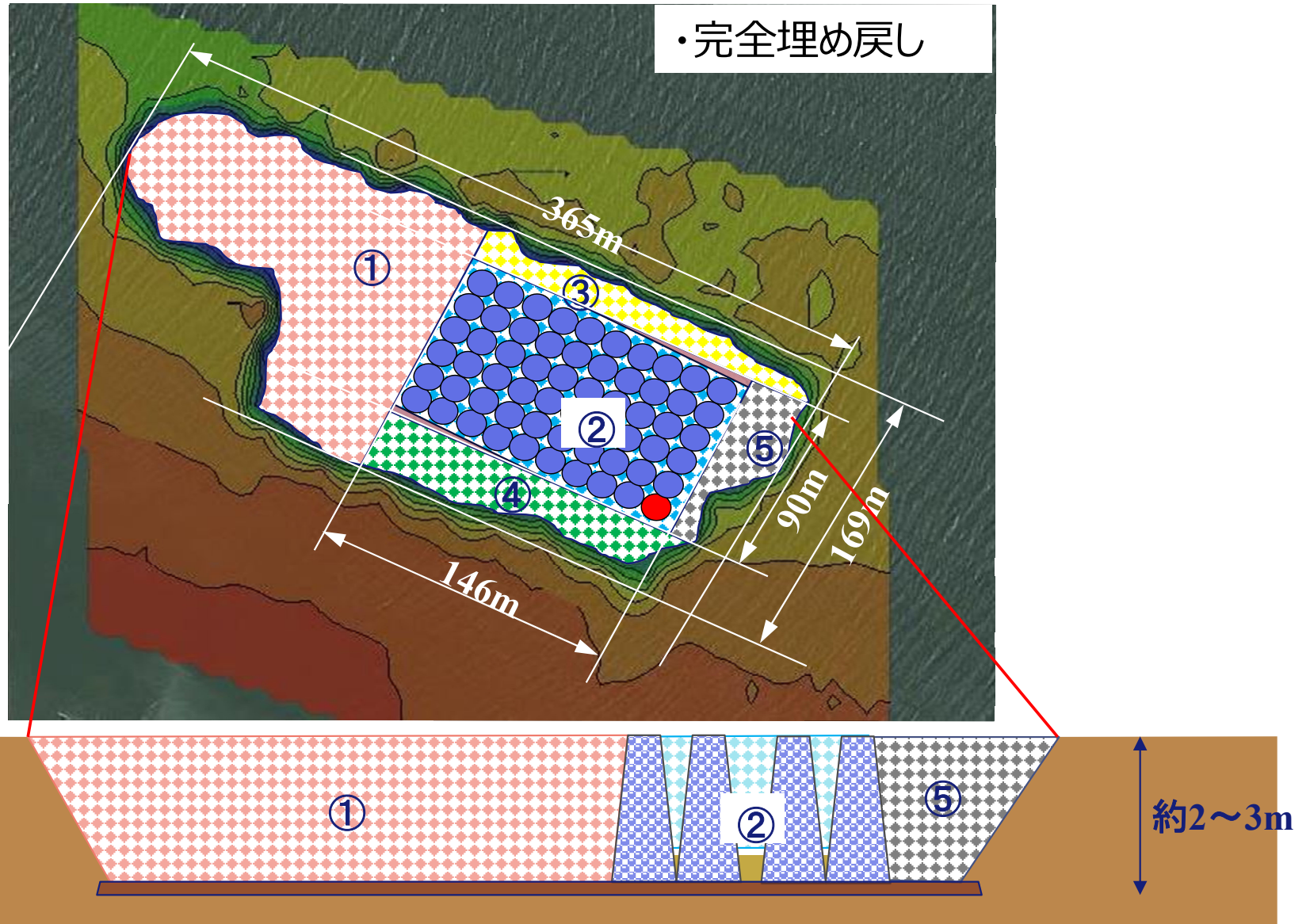


第3期事業計画案（細井沖窪地：STEP 3-2）

- STEP 1 を実施後、施工の成果を吟味したうえで細井沖窪地の未覆砂箇所への全面埋戻しの要否を検討する。なお本計画は第3期事業の残りの約2年間で実施する。

21

細井沖窪地



環境修復の効果

- 自然湖底と山型覆砂の間の窪地部分に懸濁物をトラップし、覆砂上と周辺自然湖底の堆積物蓄積を抑制する。
- 窪地内の栄養塩等の溶出面積を縮小し、負荷削減できる。
- 山型覆砂山頂の面積が大きくなり、生物等の生息可能域を拡大できる。
 - 窪地に占める山型覆砂の面積が大きくなると、湖底からの不可は大きく削減できると予想する。第3期では、生物の生息にとって良好な環境を整えることを重視する。
- 最終的に細井沖浚渫窪地を埋め戻すことも視野に入れ、調査の成果に応じて覆砂形状を検討する。
- 埋め戻し完了予定の錦海-穂日島浚渫窪地の調査を継続し、窪地周辺の環境改善効果についても検討する。

事業工程

24

項目	内容	第2期	第3期実施計画				
		R4年度	R5年度	R6年度	R7年度	R8年度	R9年度
事業計画	事業の評価, 事業計画の策定・実施	第2期 実施・評価					
		第3期 計画策定	▼中間評価 第3期 事業の実施				
浚渫窪地の修復事業	台形覆砂		地点選定 工法選定				
			▼覆砂①	▼覆砂②	▼覆砂③	▼覆砂④	
	効果の検証 ①モニタリング		事前調査・実施中調査				
修復方法の確立	費用対効果・ 施工方法等 評価	第1期・第2期実施計画の実績も踏まえ評価					

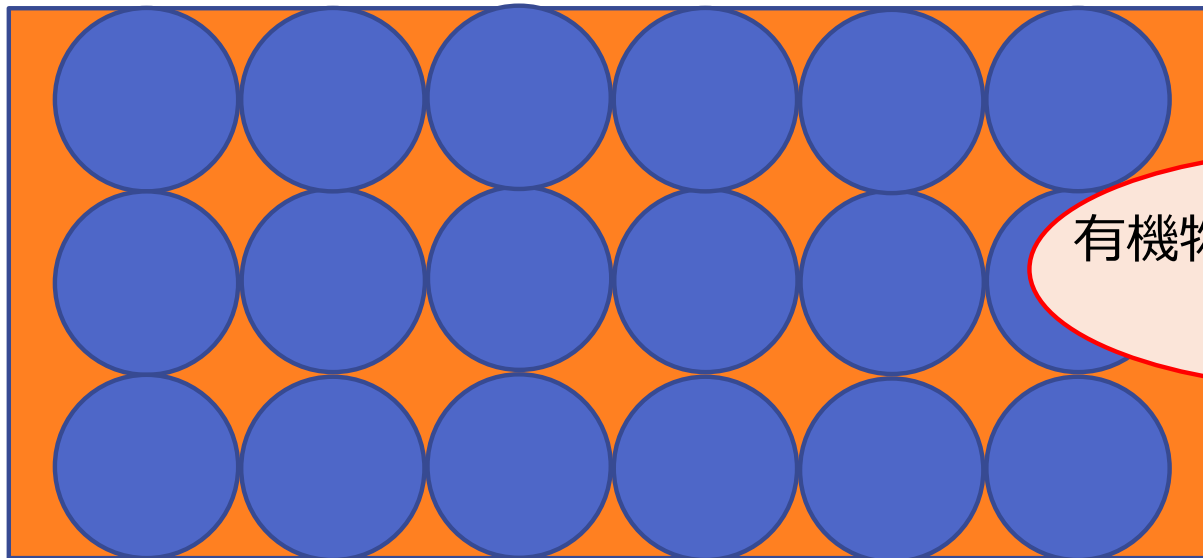
浚渫地の環境修復の方向性

1. 独立性の強い浚渫地では、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（覆砂）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覆砂する。
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。
 - ▶ 現在は硫化物イオン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。定性的に生物の生息状況を検証する。
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。

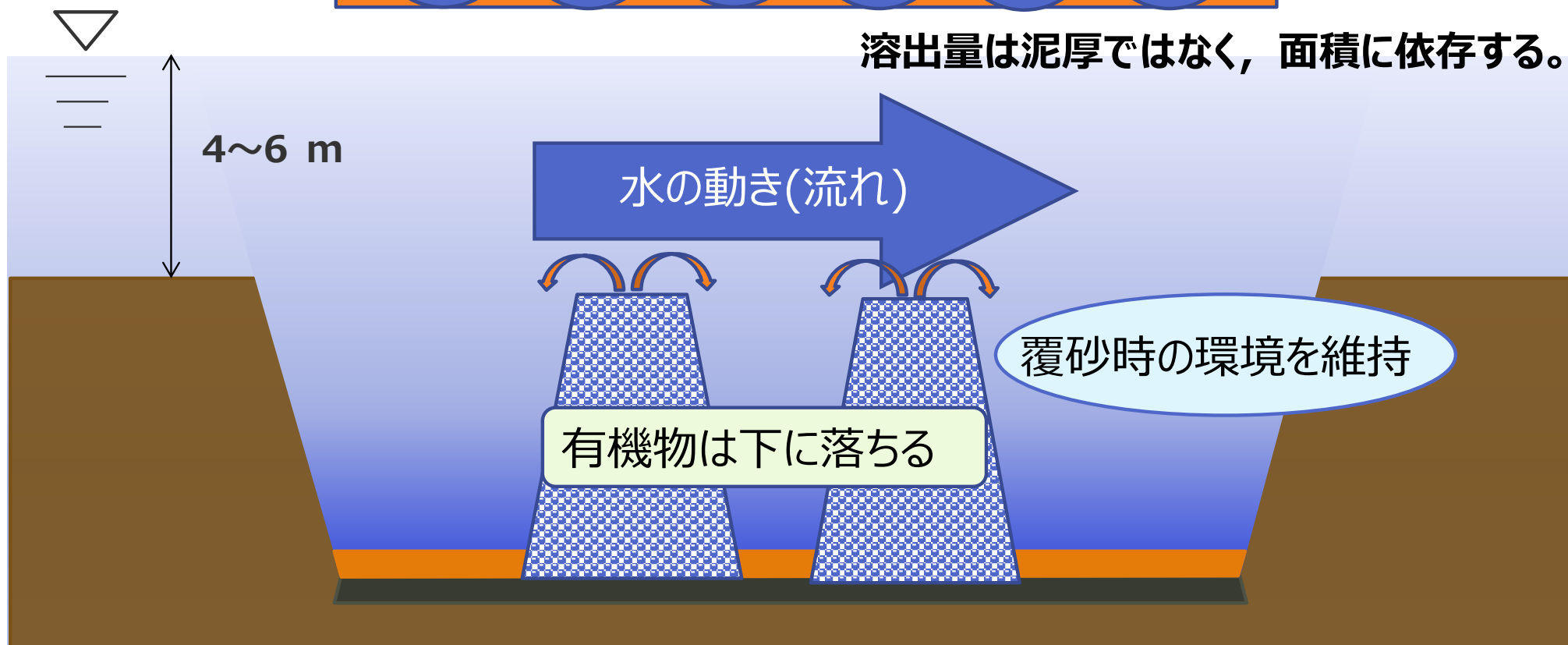
取り組みの意義とその重要性

26

- 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・・・硫化物イオン溶出を抑制し、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



有機物が堆積する場所の面積が減少



溶出量は泥厚ではなく、面積に依存する。

水の動き(流れ)

4~6 m

有機物は下に落ちる

覆砂時の環境を維持