

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

中海細井沖浚渫窪地の 水質・底質の特徴と環境修復の取り組み

桑原智之（島根大学生物資源科学部）

本日の内容

2

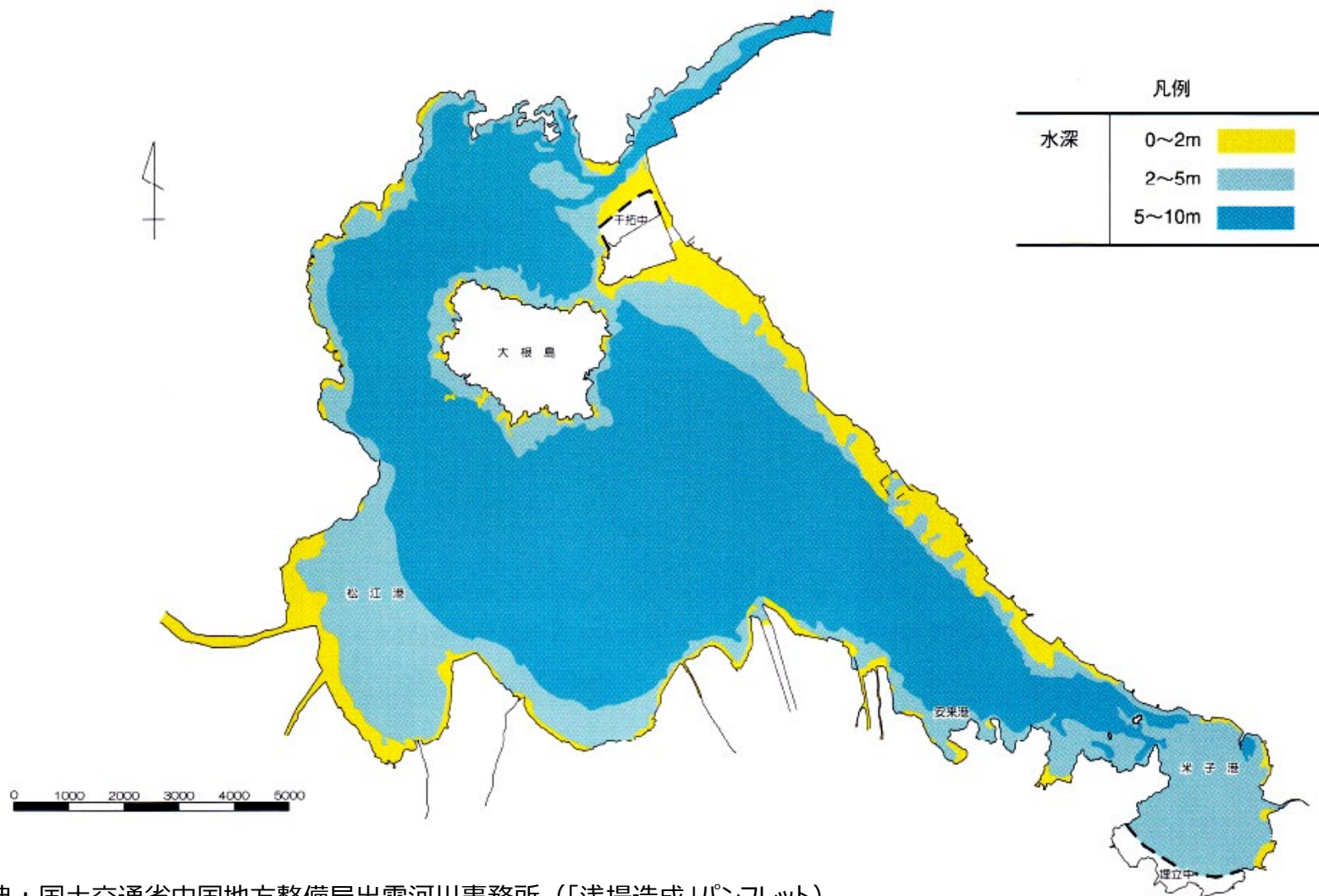
- 中海の浚渫窪地（＝深掘り跡）について
- 窪地の環境修復事業について
 - ▣ 第1期事業について
 - ▣ 第2期事業について
- 修復の効果
 - ▣ 水質計による鉛直水質
 - ▣ 栄養塩（ $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ）, 硫化水素（ H_2S ）濃度
 - ▣ 栄養塩と硫化水素の溶出速度
 - ▣ 沈降物質の堆積速度
- 今後の計画について

本日の内容

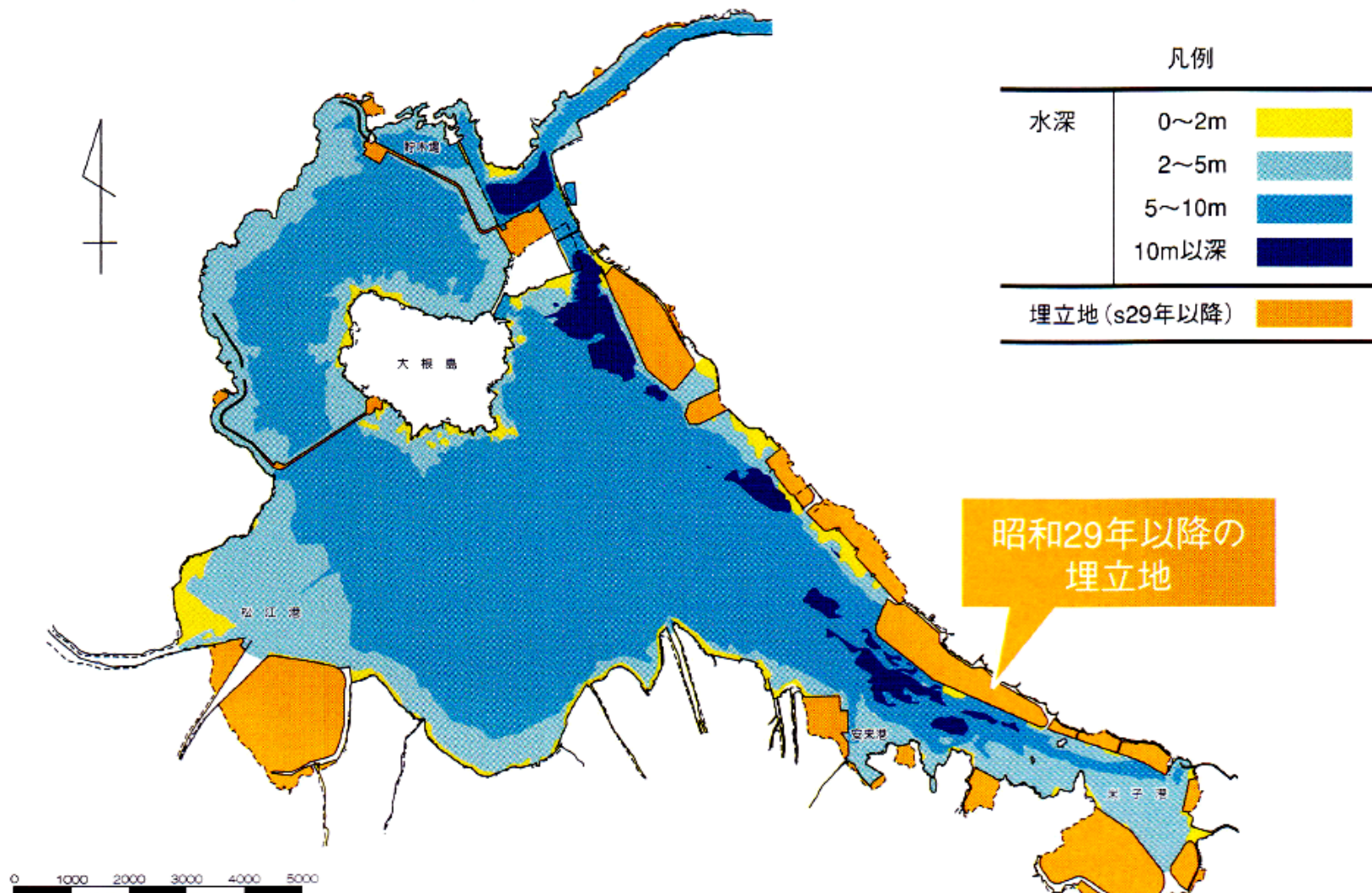
3

- 中海の浚渫窪地（＝深掘り跡）について
- 窪地の環境修復事業について
 - ▣ 第1期事業について
 - ▣ 第2期事業について
- 修復の効果
 - ▣ 水質計による鉛直水質
 - ▣ 栄養塩（ $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ）, 硫化水素（ H_2S ）濃度
 - ▣ 栄養塩と硫化水素の溶出速度
 - ▣ 沈降物質の堆積速度
- 今後の計画について

中海：昭和29（1954）年の湖底地形



中海：現在の湖底地形



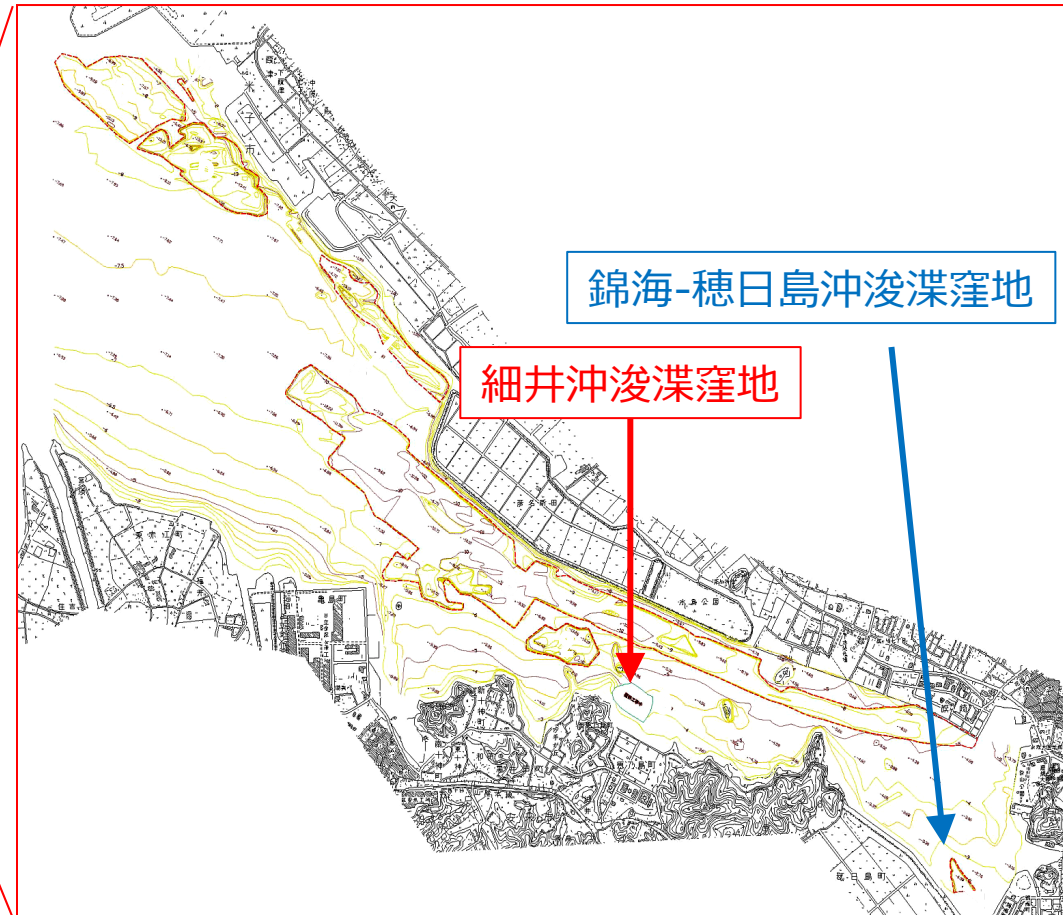
中海（米子湾付近）の浚渫窪地

6

- 浚渫窪地全体の面積は約8 km²
 - > 中海の面積（86.79 km²）のおよそ10分の1は窪地
- 浚渫窪地全体の体積は約3,000万m³と算定（右下図では約1,470万m³）

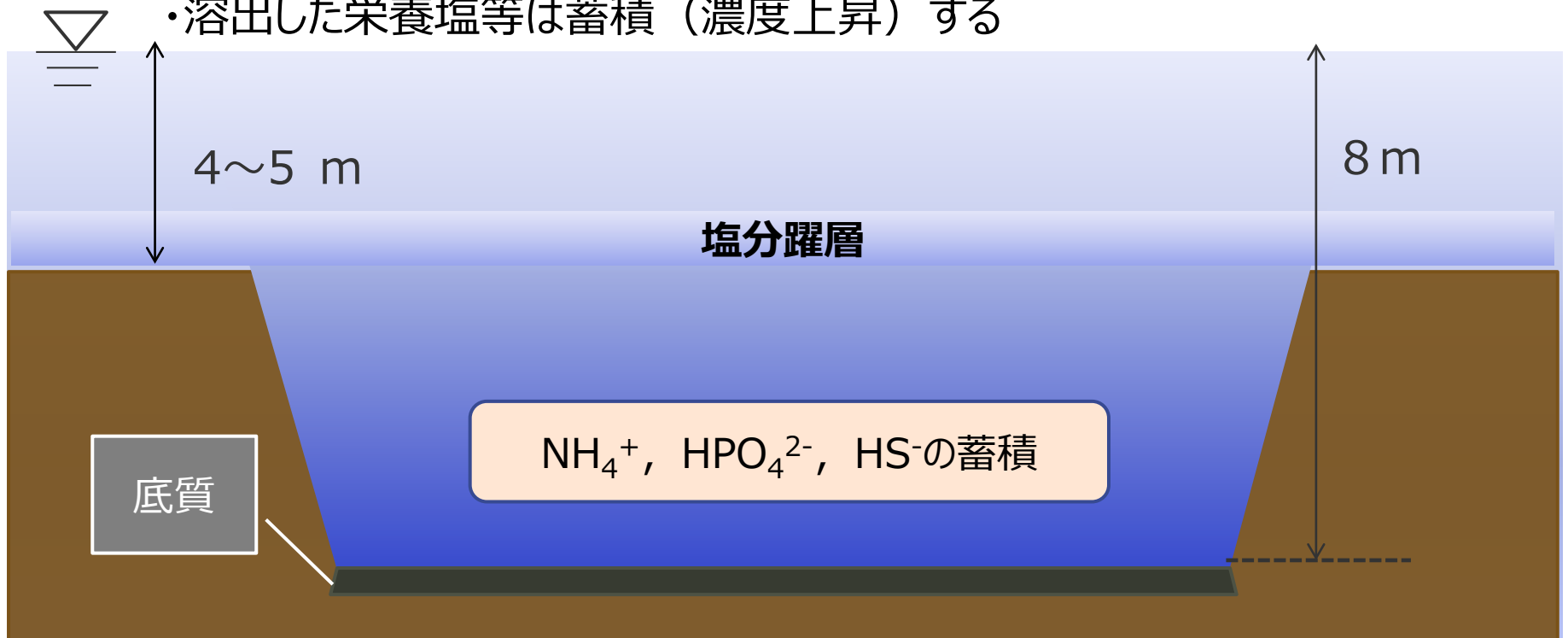


出典：国土交通省中国地方整備局出雲河川事務所
（「中海・宍道湖」パンフレット）



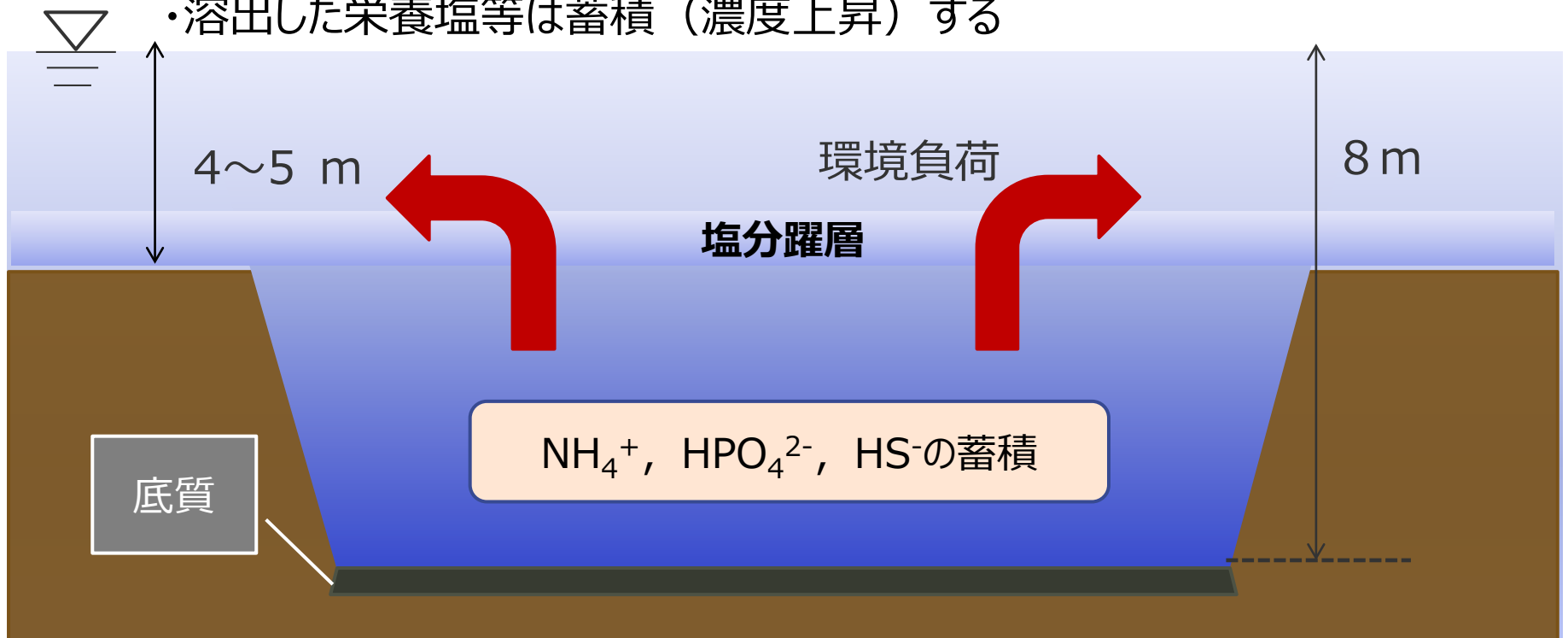
中海の浚渫窪地

- ・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
- ・独立した浚渫窪地の水は塩分躍層より上の水と混ざりにくい
- ・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
- ・溶出した栄養塩等は蓄積（濃度上昇）する



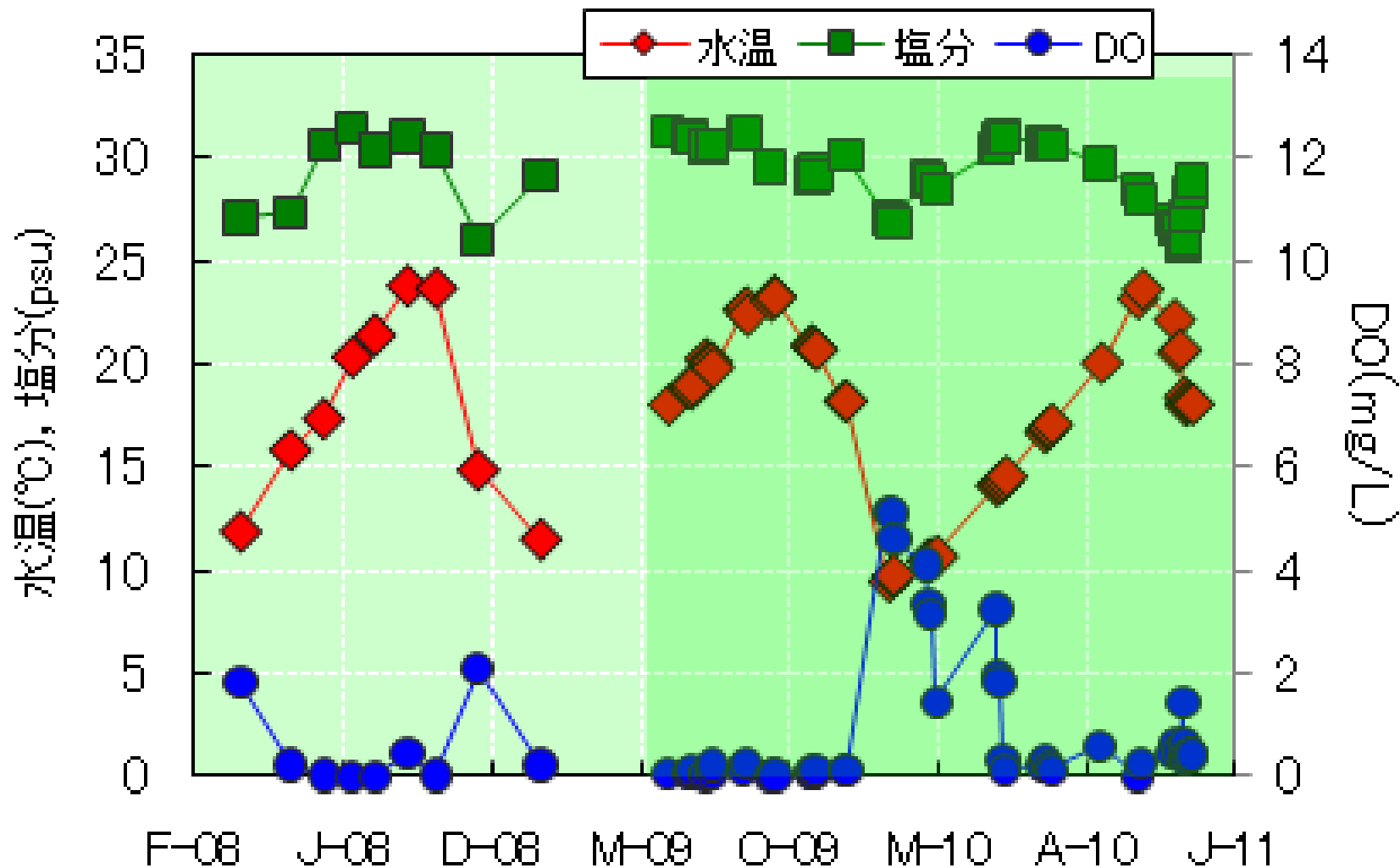
中海の浚渫窪地

- ・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
- ・独立した浚渫窪地の水は塩分躍層より上の水と混ざりにくい
- ・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
- ・溶出した栄養塩等は蓄積（濃度上昇）する



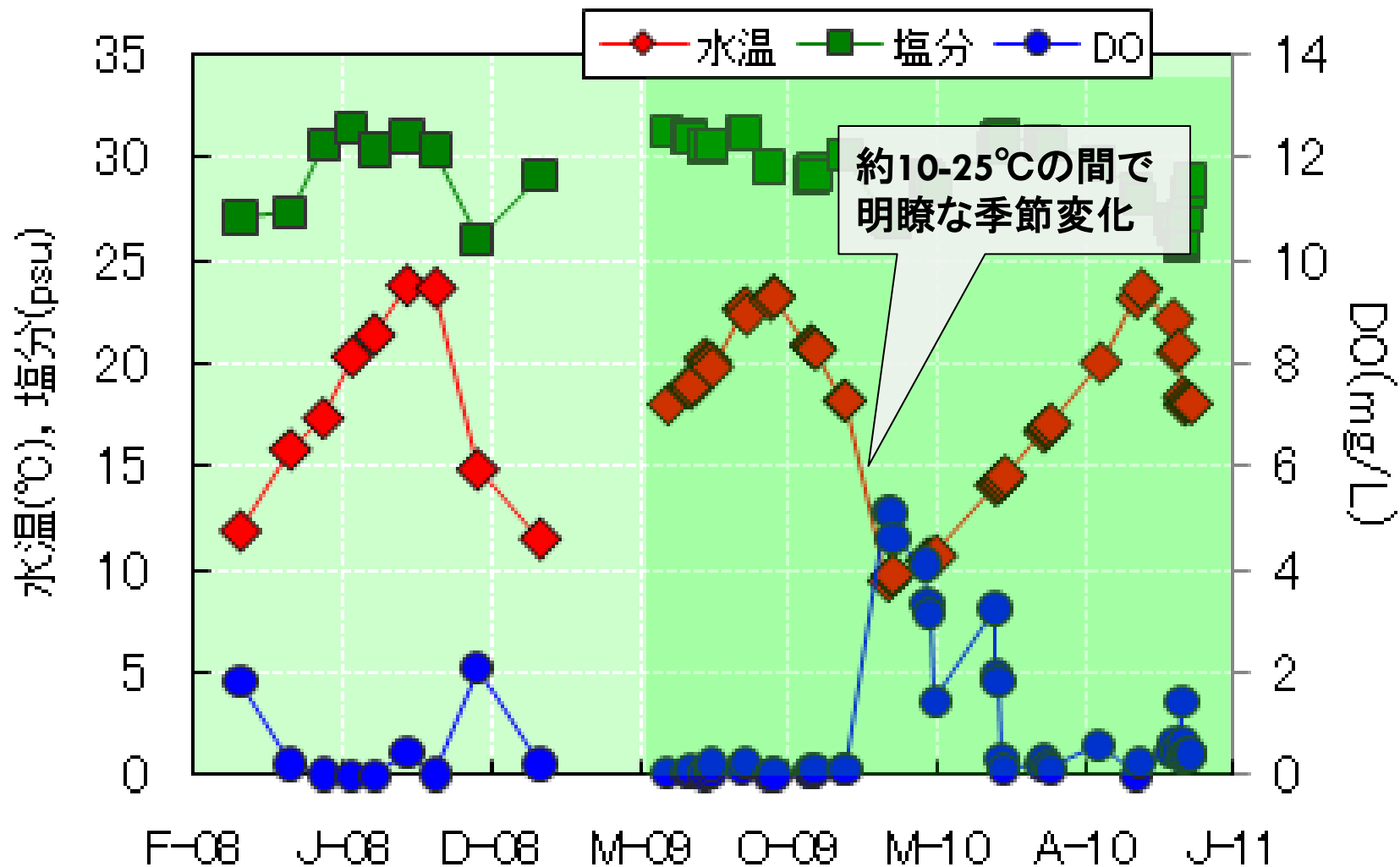
細井沖浚渫窪地の底泥直上水

水温・塩分・DOの季節変化(08年04月-10年11月)



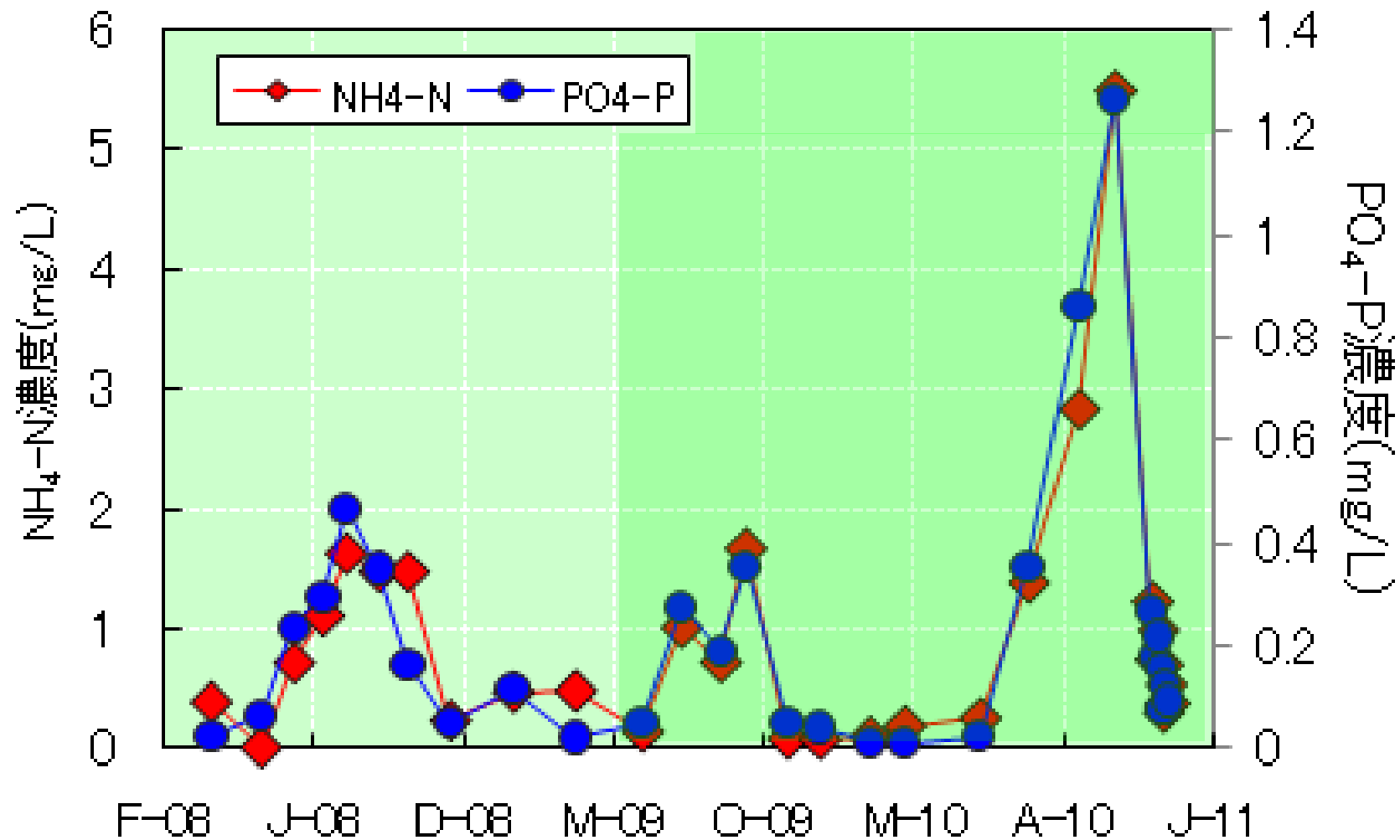
細井沖浚渫窪地の底泥直上水

水温・塩分・DOの季節変化(08年04月-10年11月)



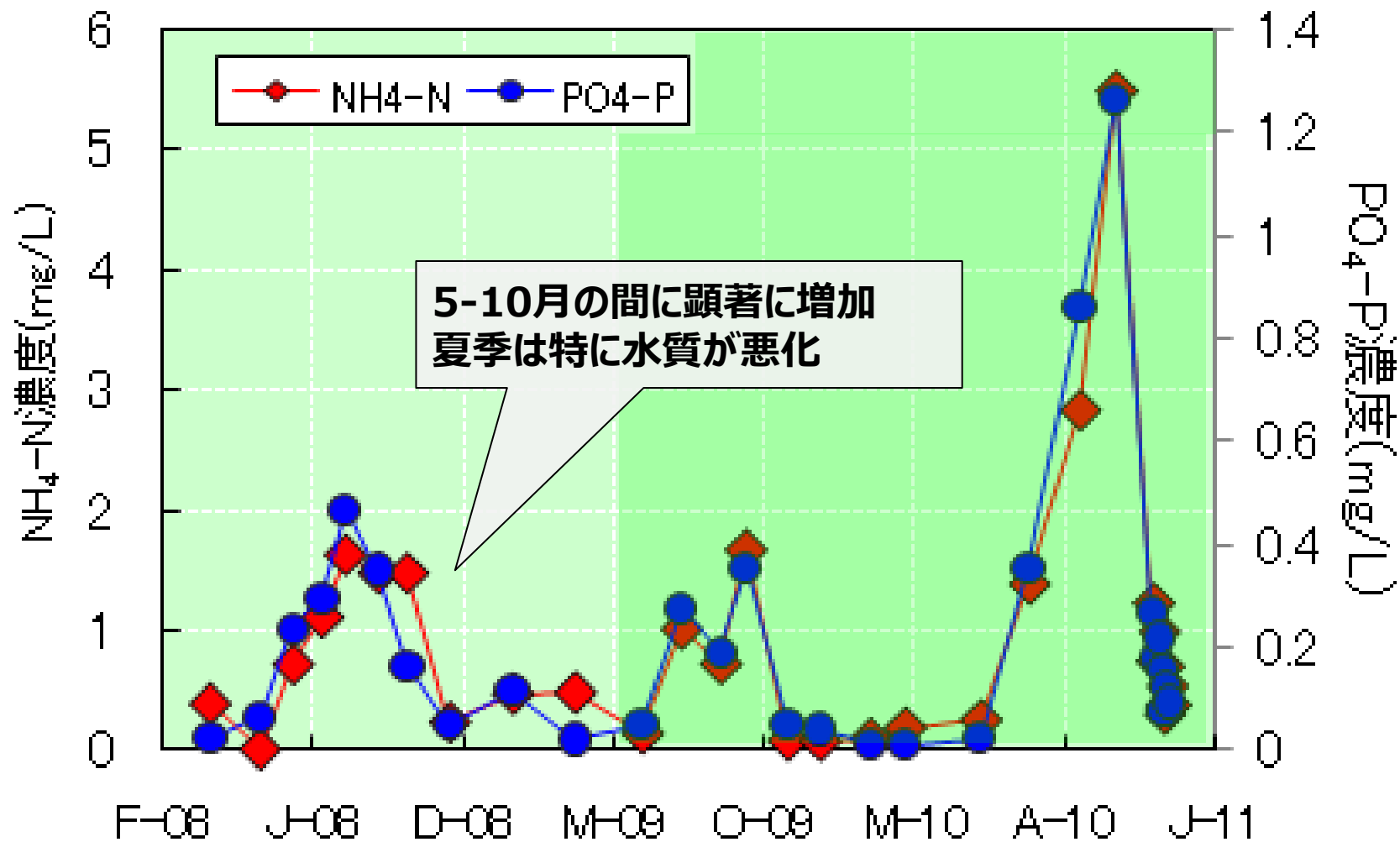
細井沖浚渫窪地の底泥直上水

NH₄-N・PO₄-Pの季節変化（08年04月-10年11月）

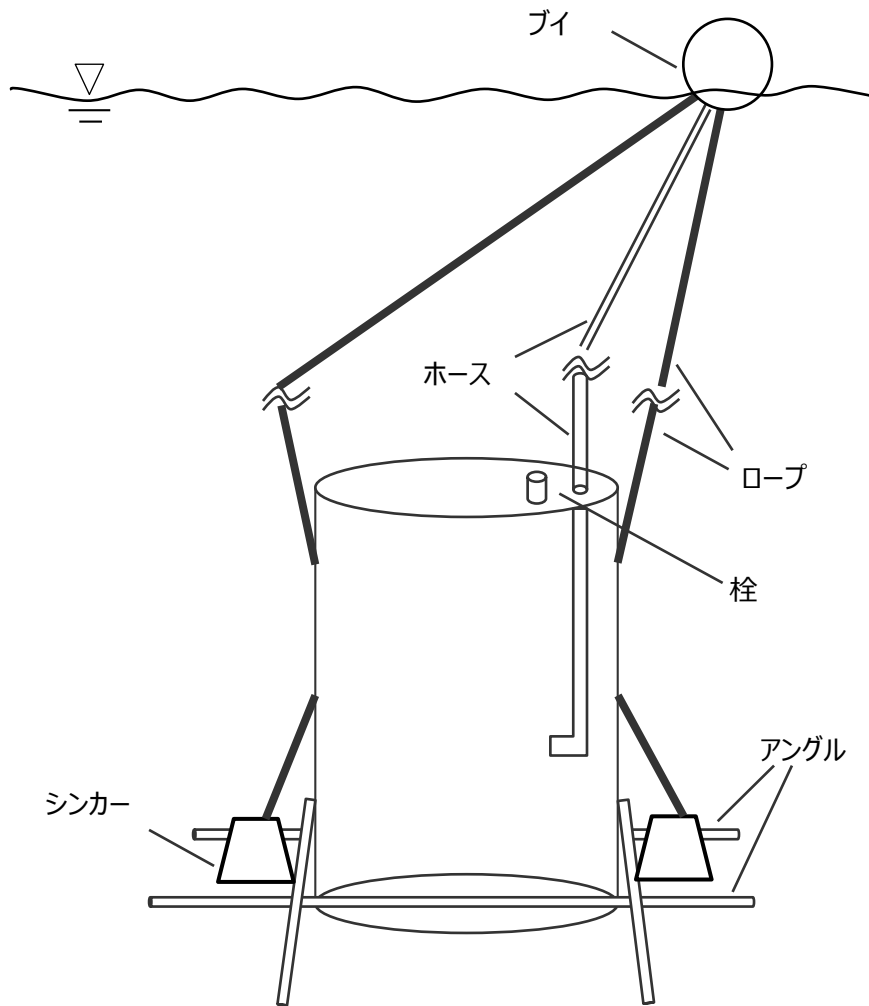


細井沖浚渫窪地の底泥直上水

NH₄-N・PO₄-Pの季節変化（08年04月-10年11月）



底泥チャンバー法の装置



この装置（チャンバー）で湖底からの栄養塩や硫化水素の溶出量を測定する。

中海浚渫窪地(細井沖)の栄養塩溶出速度(2011年)

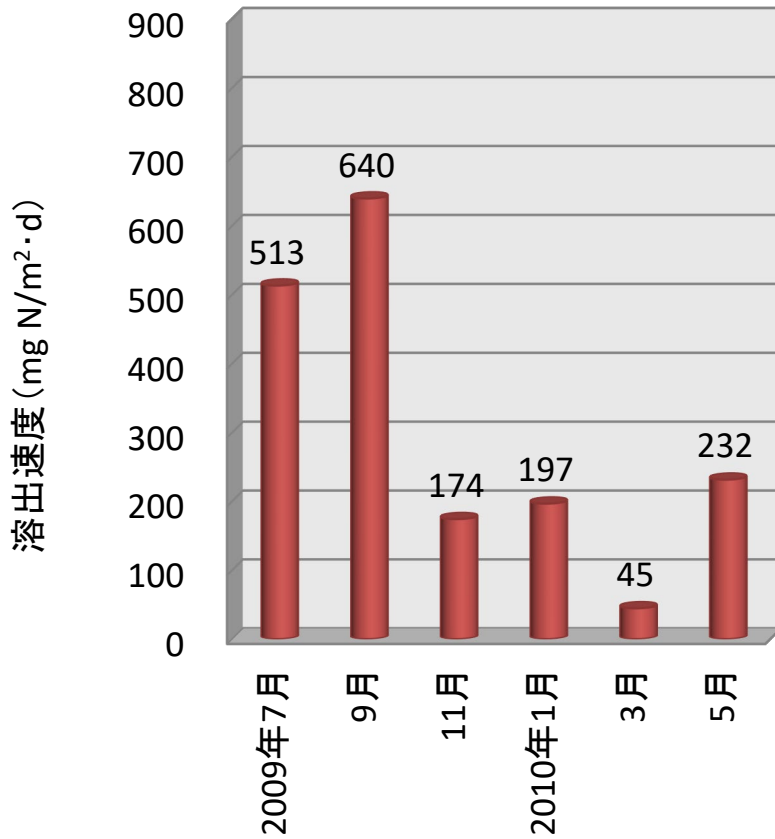


図 細井沖浚渫窪地のNH₄-N溶出速度
(覆砂前2009-2010年)

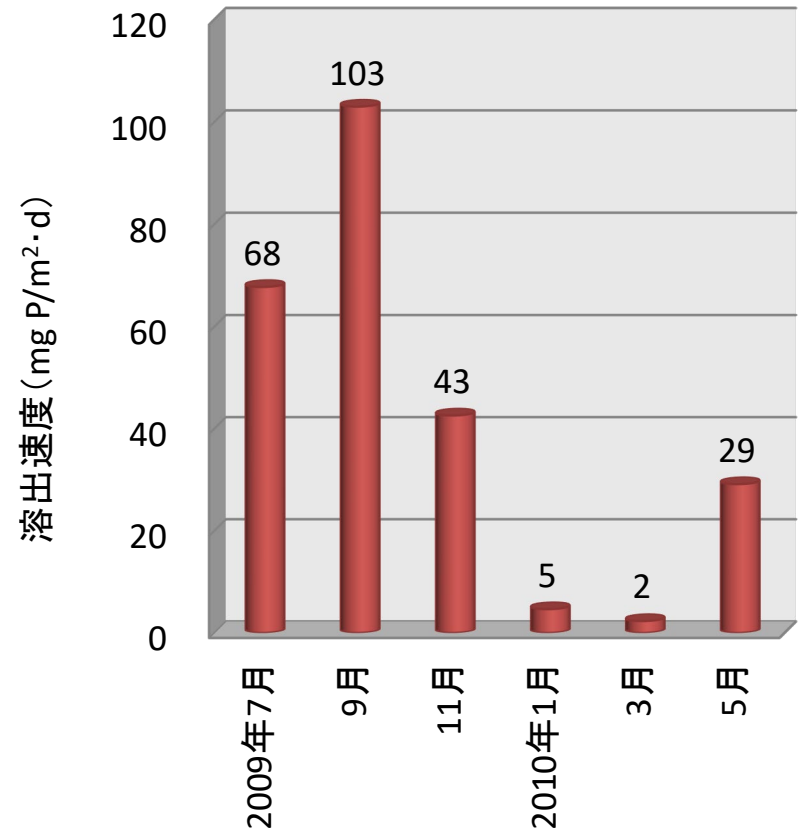


図 細井沖浚渫窪地のPO₄-P溶出速度
(覆砂前2009-2010年)

リン溶出量のイメージ

細井沖浚渫窪地の面積：約50,000m²

- 溶出速度100mg/m²・dのとき、**5,000g/d**溶出する。

宍道湖東部浄化センター：松江，玉湯，東出雲，安来を処理
54,385m³/d，処理水質0.33mg/L（2018年度）

⇒**約18,000g/d**（2007年度：48,353m³/d，0.11mg/L；約5,300g/d）

- 溶出速度100mg/m²・dのとき、**5,000g/d**溶出する。

5,000g×30日 = 150,000g/月（**150kg/月**溶出する）

過リン酸石灰（リンを15%含有する肥料）**約1000kg/月**と同等

中海浚渫窪地(細井沖)の硫化水素溶出速度(2011年)

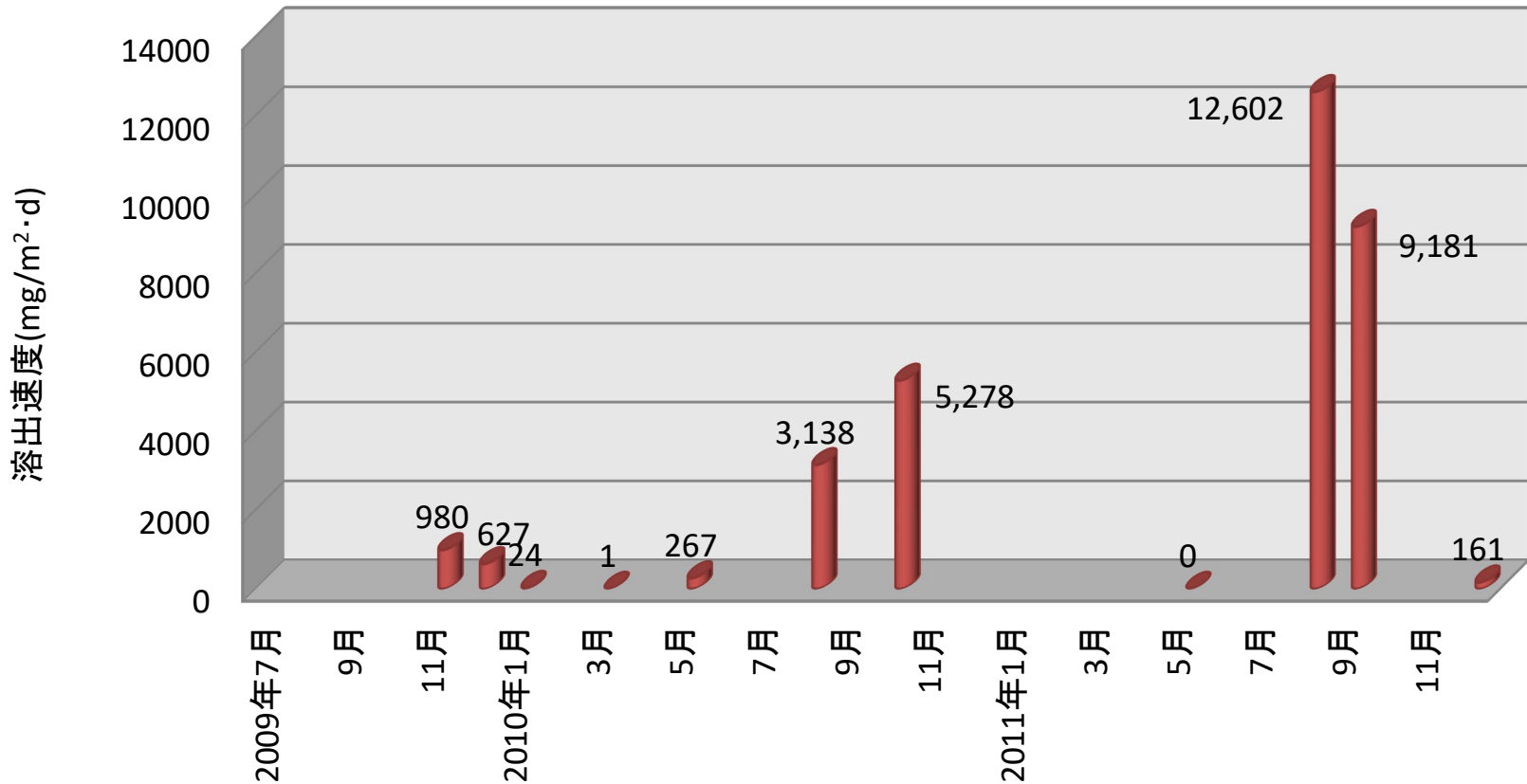


図 細井沖浚渫窪地のH₂S溶出速度
(覆砂前2009-2011年)

本日の内容

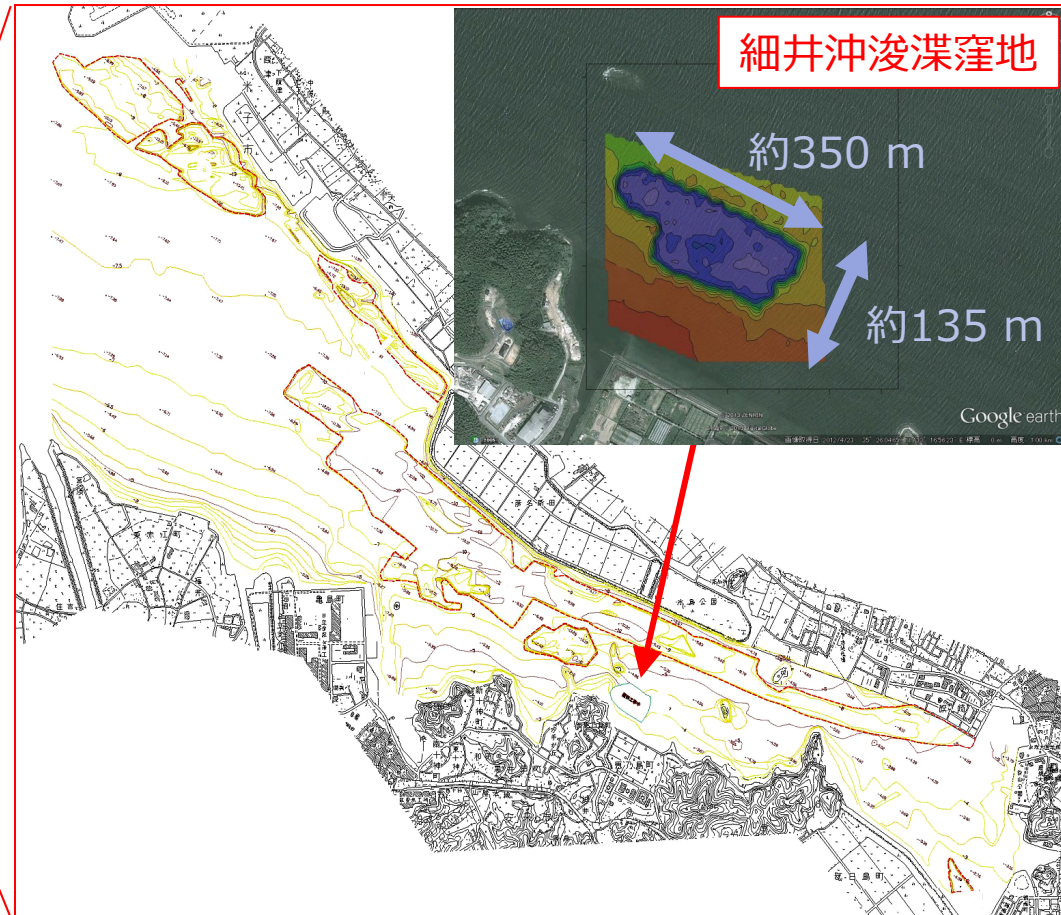
19

- 中海の浚渫窪地（＝深掘り跡）について
- 窪地の環境修復事業について
 - ▣ 第1期事業について
 - ▣ 第2期事業について
- 修復の効果
 - ▣ 水質計による鉛直水質
 - ▣ 栄養塩（ $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ）, 硫化水素（ H_2S ）濃度
 - ▣ 栄養塩と硫化水素の溶出速度
 - ▣ 沈降物質の堆積速度
- 今後の計画について

中海 細井沖浚渫窪地

20

- 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

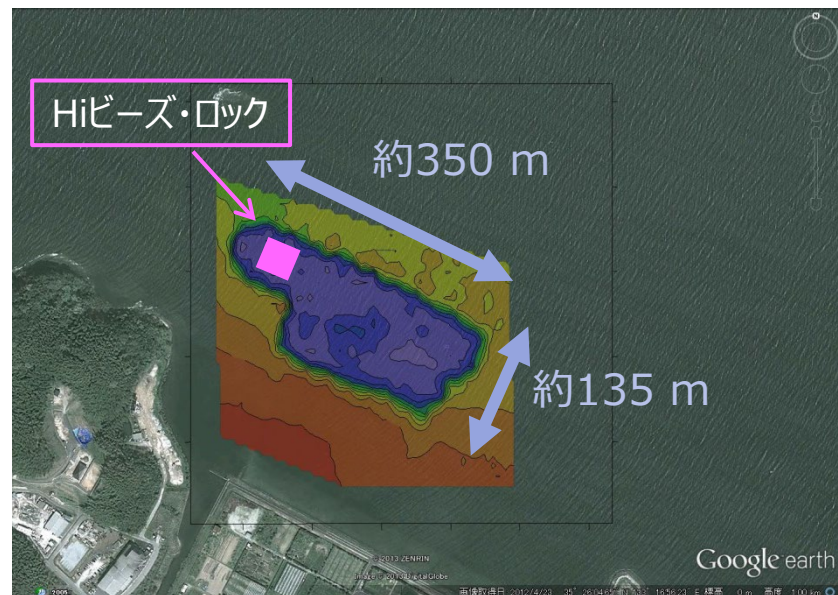


第1期実施事業

細井沖浚渫窪地の全面覆砂

21

- 目的：全面覆砂により窪地の環境改善と内部負荷抑制
- 方法：石炭灰造粒物（Hiビーズ）を窪地の6 m以深に全面覆砂
(大規模実証試験)
 - 窪地水深：8～9 m（覆砂後7 m程度）
 - 表層泥厚：20～40 cm
 - 周辺水深：約4～5 m
 - 窪地面積：約0.05 km²
 - 試験規模：窪地全面に厚さ0.5 m, 0.4 m
 - 資材量：30,000 m³, 20,000 m³
(Hiビーズ・ロック 1,200 m³)
- 施工期間：第1期2012年12月～2013年2月
第2期2014年12月～2015年3月





▲①ガット船によるHiピース海上輸送(約1200m³/船)



▲②ガット船から起重機船への積み替え



▲③起重機船によるHiピース覆砂



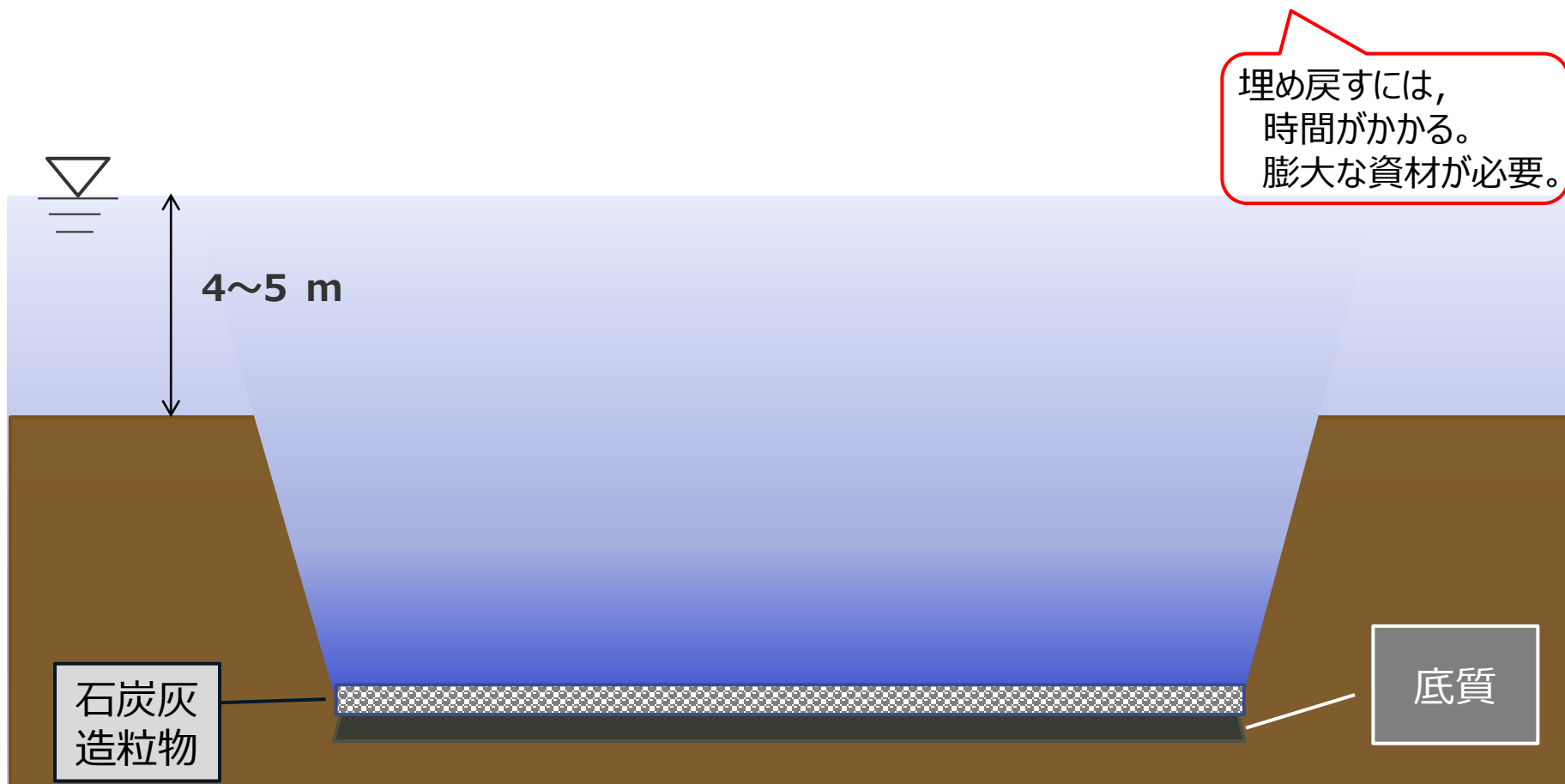
▲汚濁防止枠内へのHiピース投入
所定の厚さに覆砂するため、枠内を4分割し、投入回数を定め
実施。(投入バケットのサイズ: **○**m³)

第1期実施事業

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



本日の内容

24

- 中海の浚渫窪地（＝深掘り跡）について
- 窪地の環境修復事業について
 - ▣ 第1期事業について
 - ▣ 第2期事業について
- 修復の効果
 - ▣ 水質計による鉛直水質
 - ▣ 栄養塩（ $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ）, 硫化水素（ H_2S ）濃度
 - ▣ 栄養塩と硫化水素の溶出速度
 - ▣ 沈降物質の堆積速度
- 今後の計画について

NH₄-N溶出速度 (細井沖)

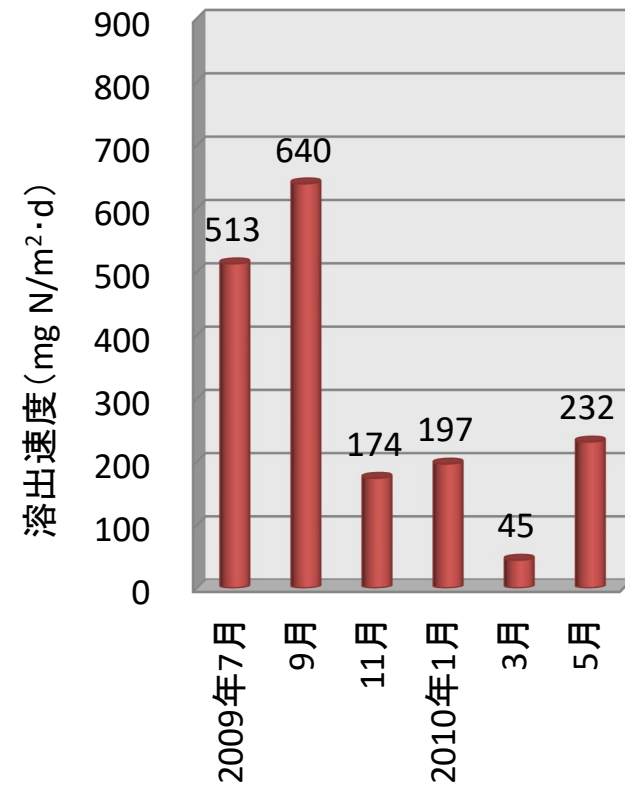
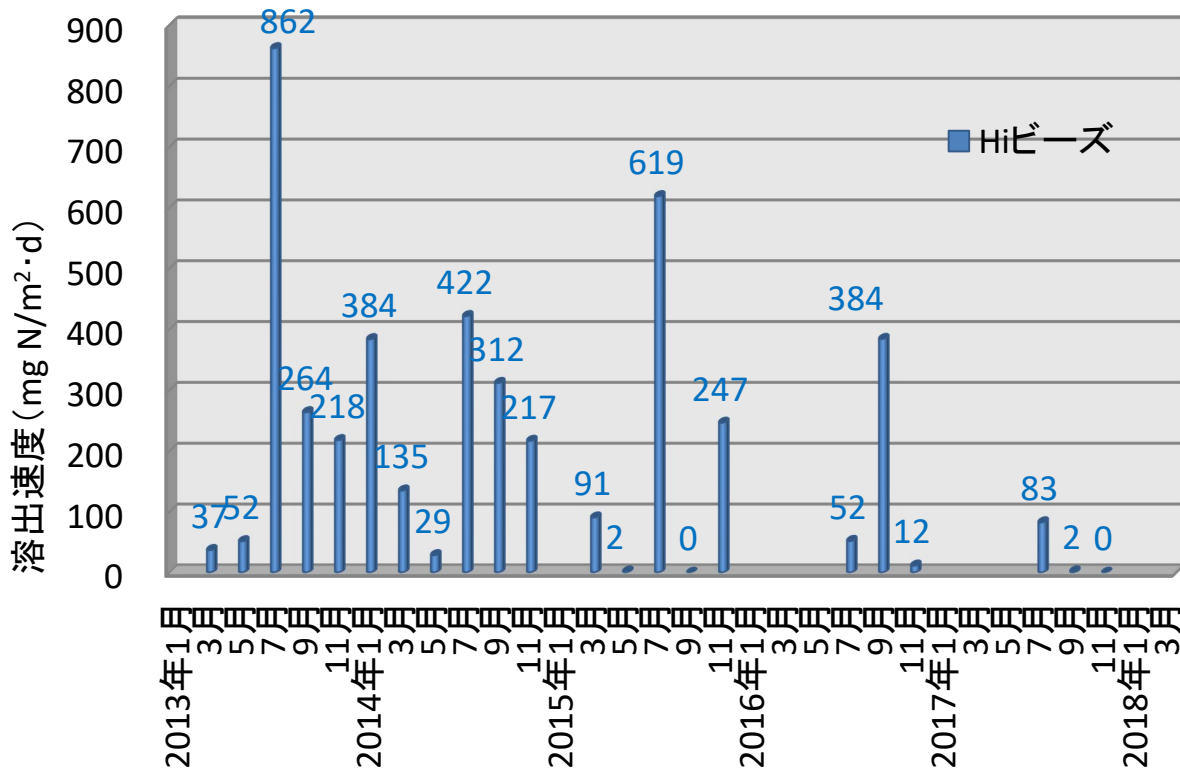


図 細井沖浚渫窪地のNH₄-N溶出速度 (覆砂後)

図 細井沖浚渫窪地のNH₄-N溶出速度 (覆砂前2009-2010年)

覆砂により溶出量を約35%削減

PO₄-P溶出速度 (細井沖)

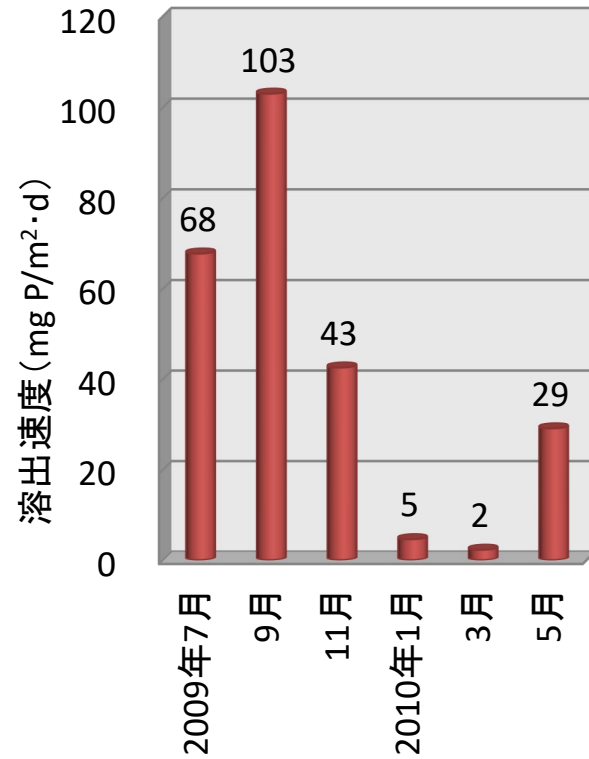
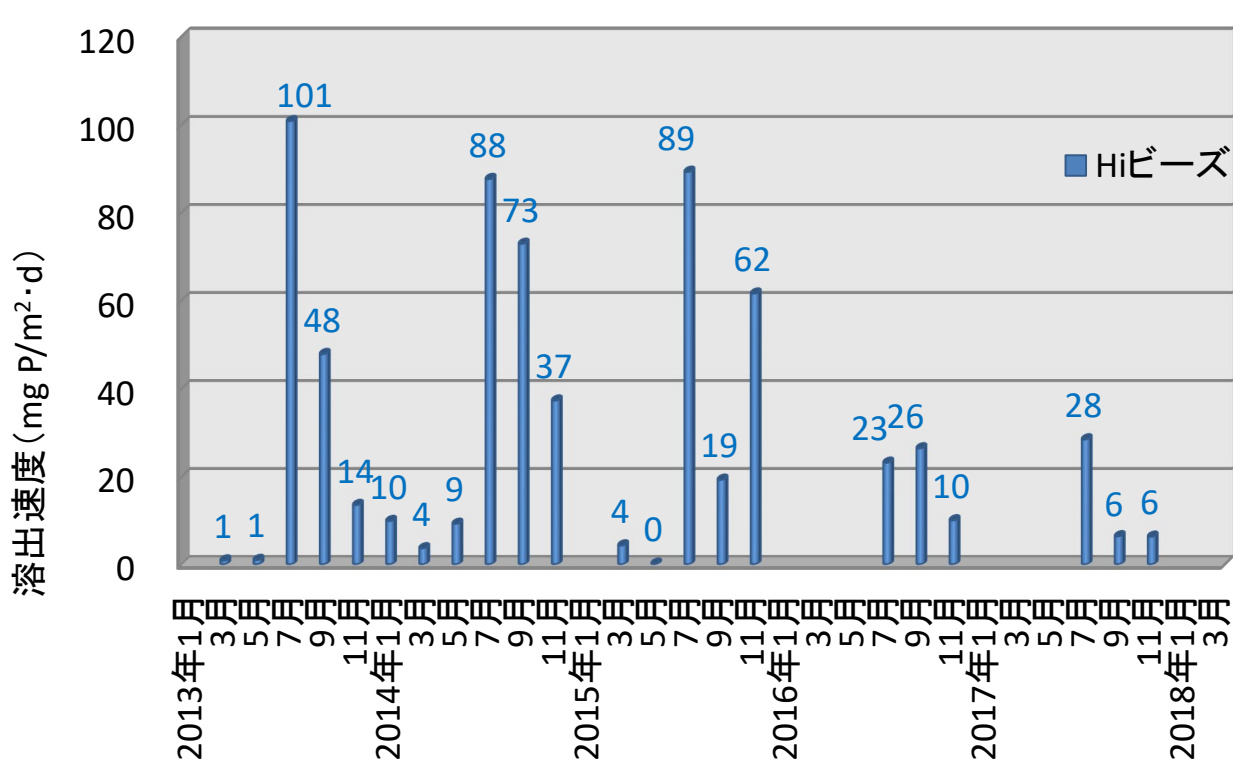


図 細井沖浚渫窪地のPO₄-P溶出速度 (覆砂後)

図 細井沖浚渫窪地のPO₄-P溶出速度 (覆砂前2009-2010年)

覆砂により溶出量を約30%削減

H₂S溶出速度 (細井沖)

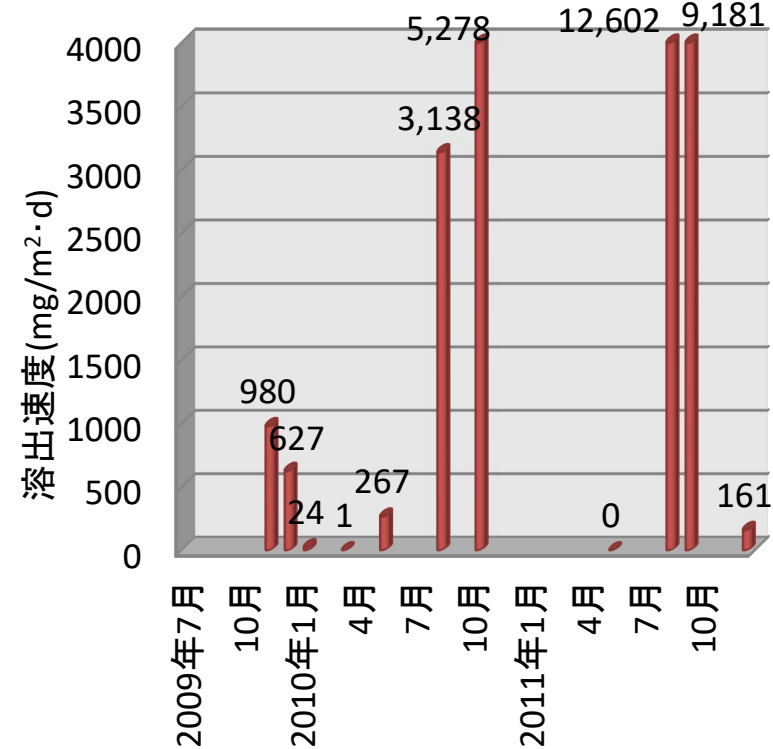
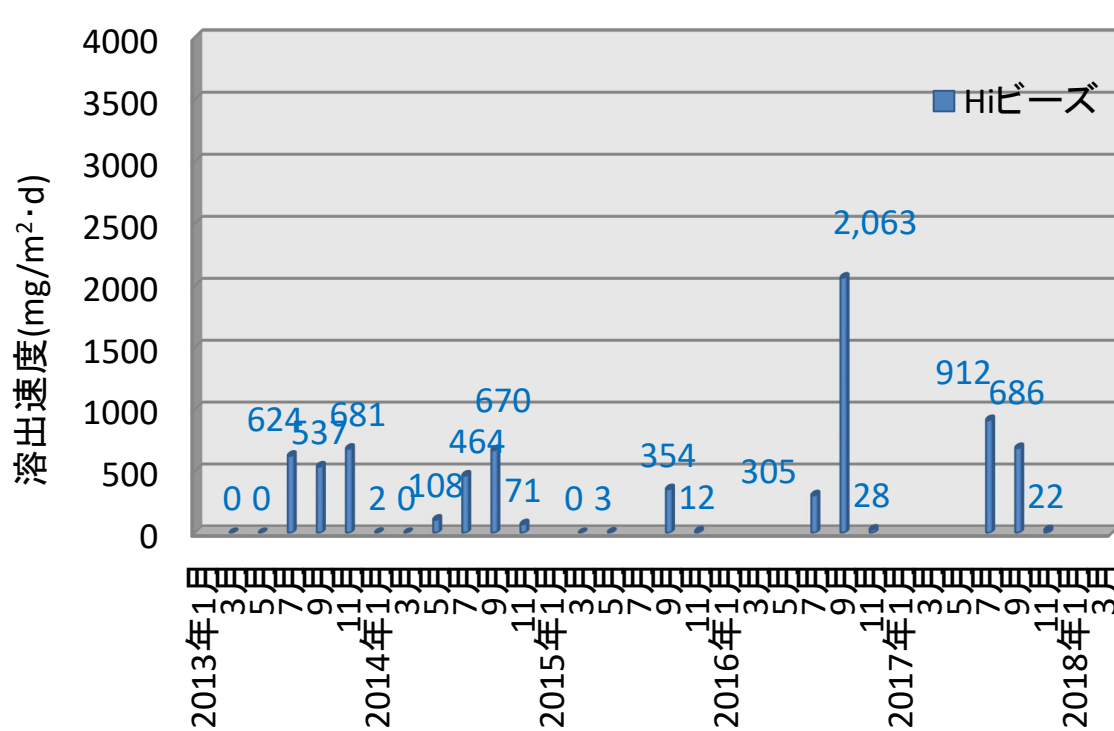


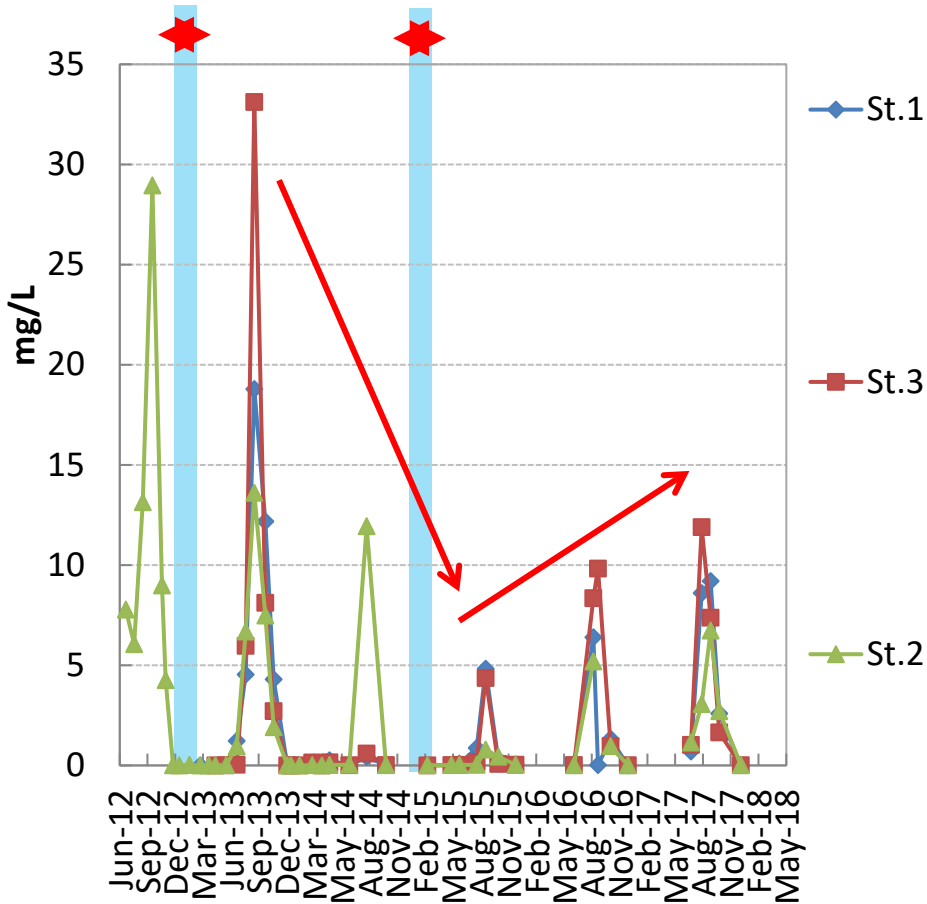
図 細井沖浚渫窪地のH₂S溶出速度 (覆砂後)

図 細井沖浚渫窪地のH₂S溶出速度 (覆砂前2009-2011年)

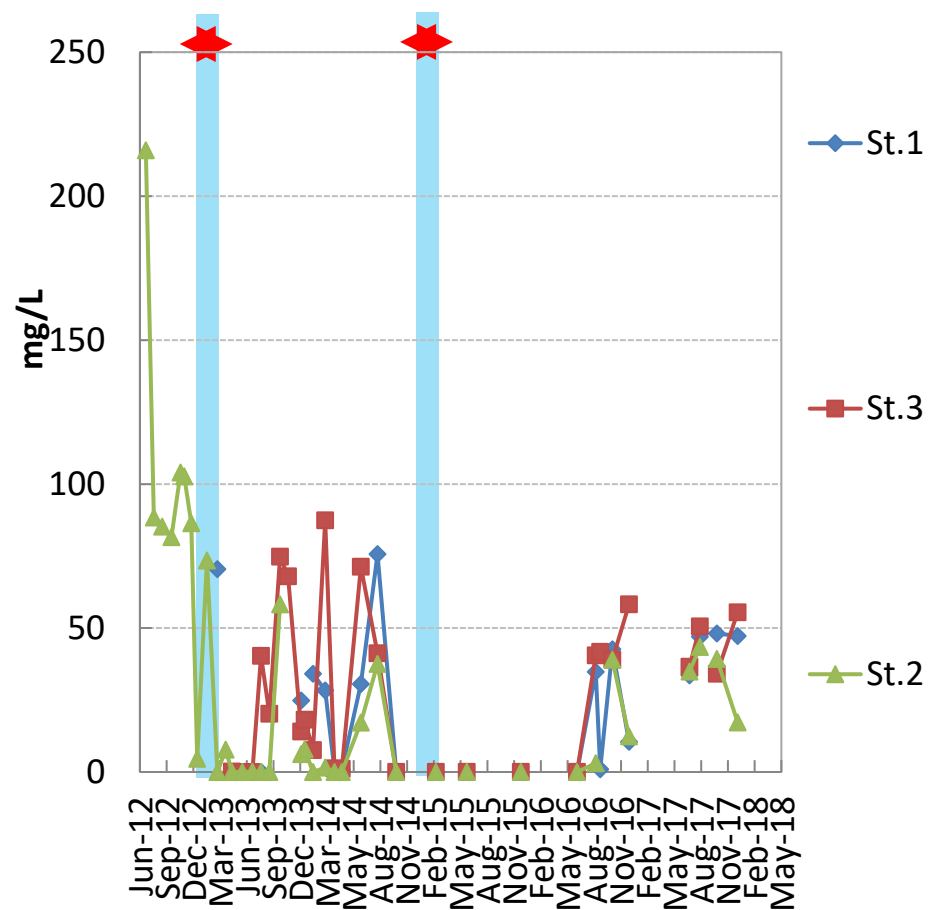
覆砂により溶出量を約88%削減

細井沖 各地点の硫化水素

施工期間 H2S 直上水



施工期間 H2S 表層泥間隙水



堆積速度

29

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

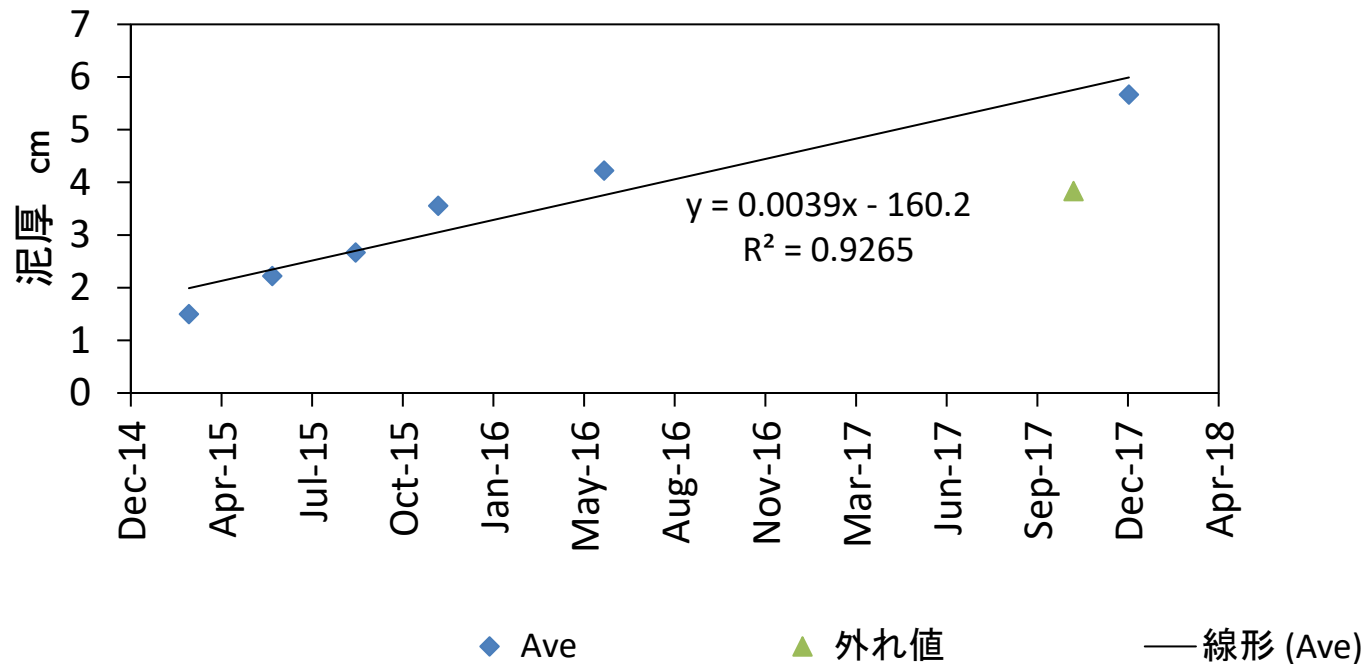
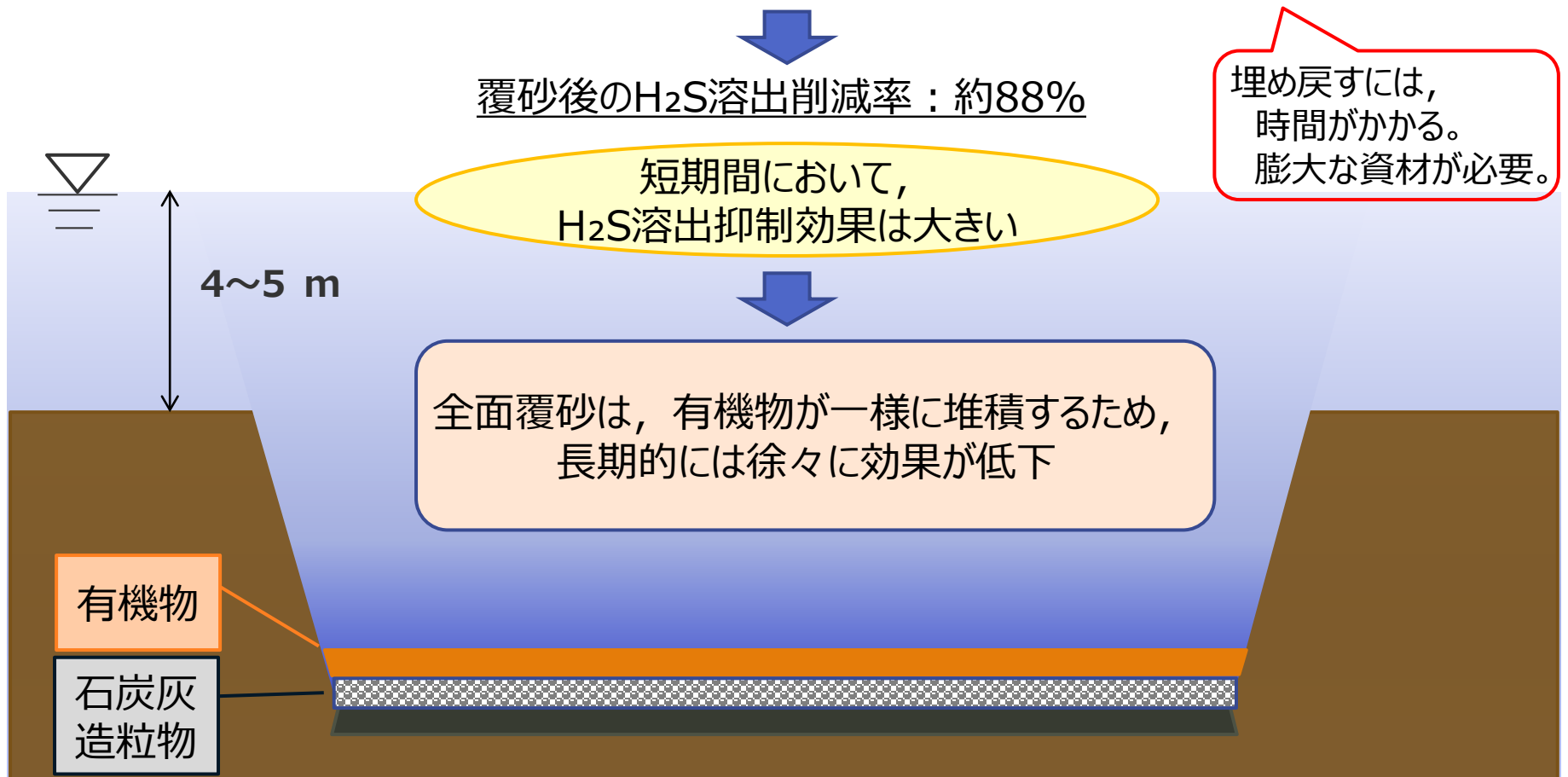


図 全面覆砂した細井沖浚渫窪地における覆砂材上の堆積物厚の経時変化 (ダイバーによる計測)

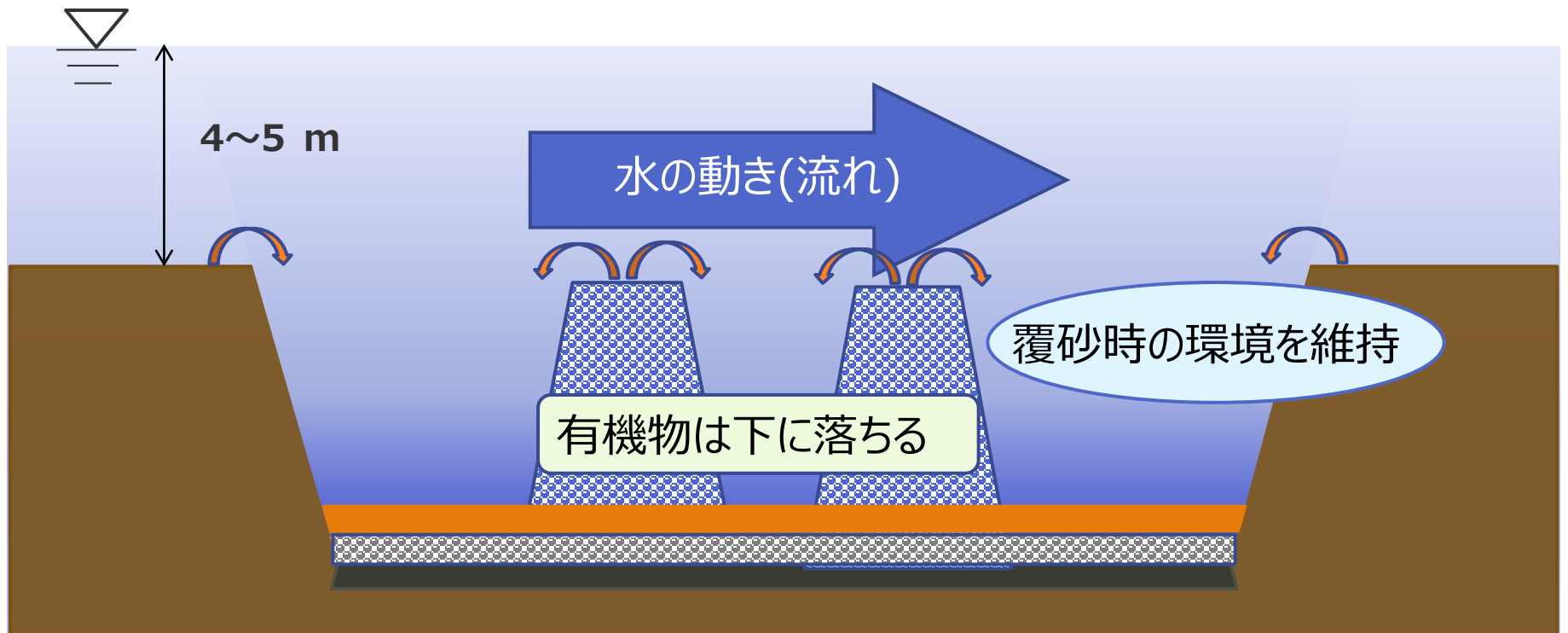
石炭灰造粒物による全面覆砂

▶ 浚渫窪地の環境修復事業

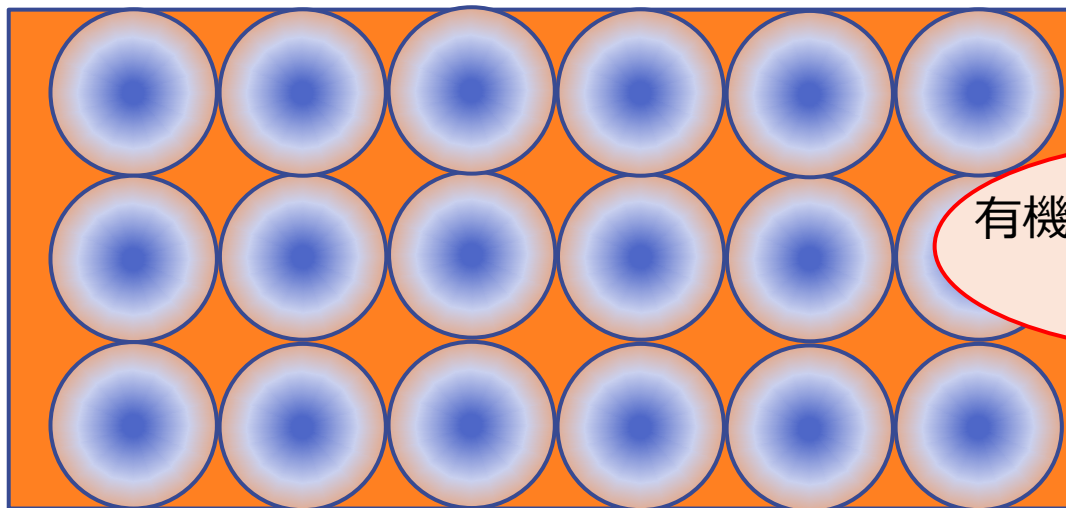
2012年から細井沖浚渫窪地を対象に石炭灰造粒物を用いた全面覆砂を実施



石炭灰造粒物を山型の形状で覆砂



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



本日の内容

33

- 中海の浚渫窪地（＝深掘り跡）について
- 窪地の環境修復事業について
 - ▣ 第1期事業について
 - ▣ 第2期事業について
- 修復の効果
 - ▣ 水質計による鉛直水質
 - ▣ 栄養塩（ $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ）, 硫化水素（ H_2S ）濃度
 - ▣ 栄養塩と硫化水素の溶出速度
 - ▣ 沈降物質の堆積速度
- 今後の計画について

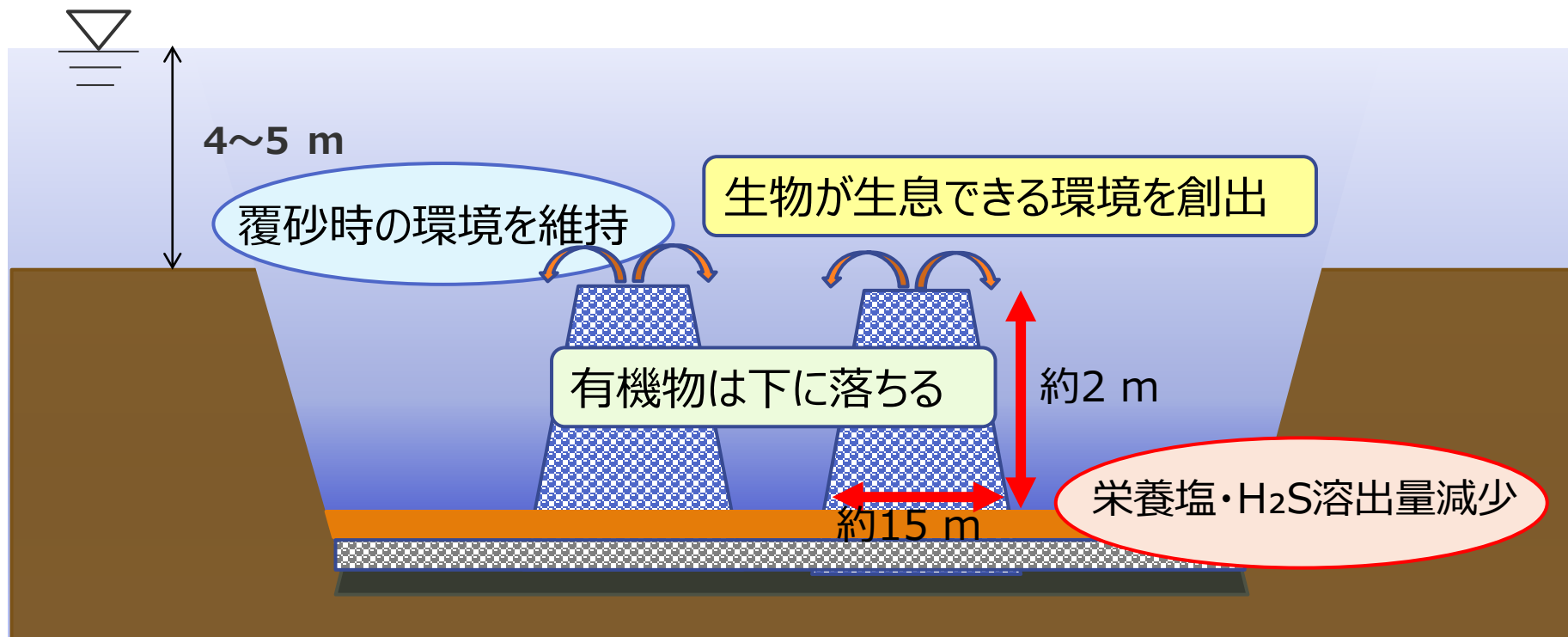
第2期実施事業

石炭灰造粒物を山型の形状で覆砂

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

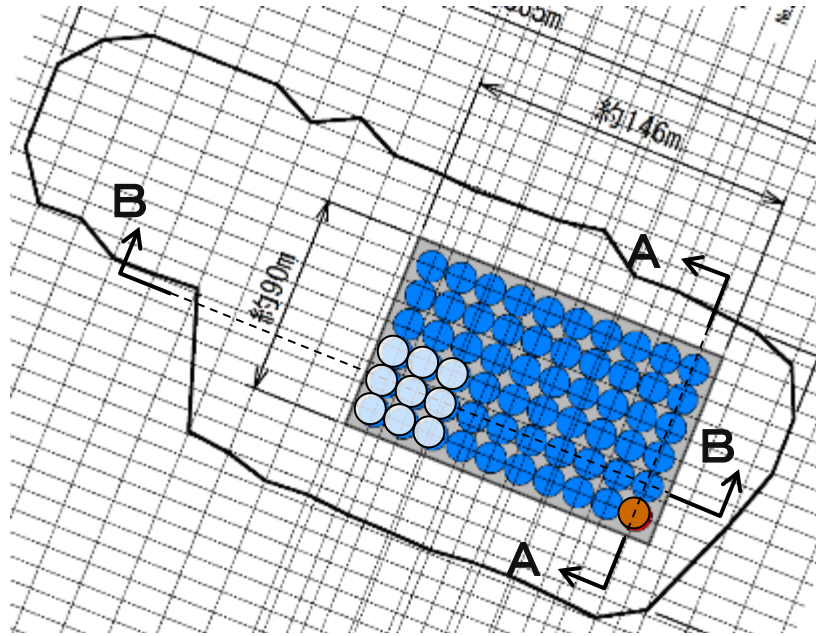
期待される
効果

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

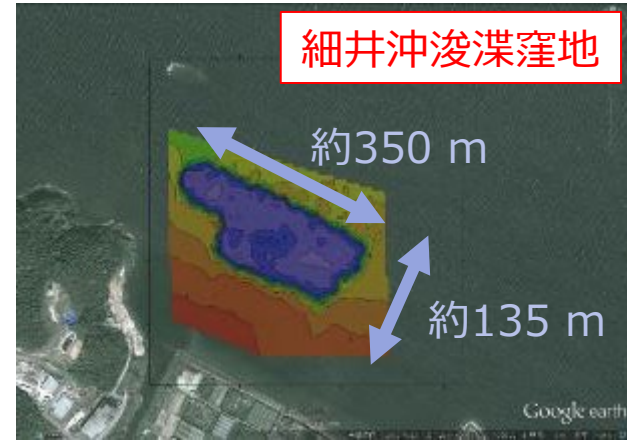


中海窪地環境修復事業（第2期）におけるモニタリング

平面図

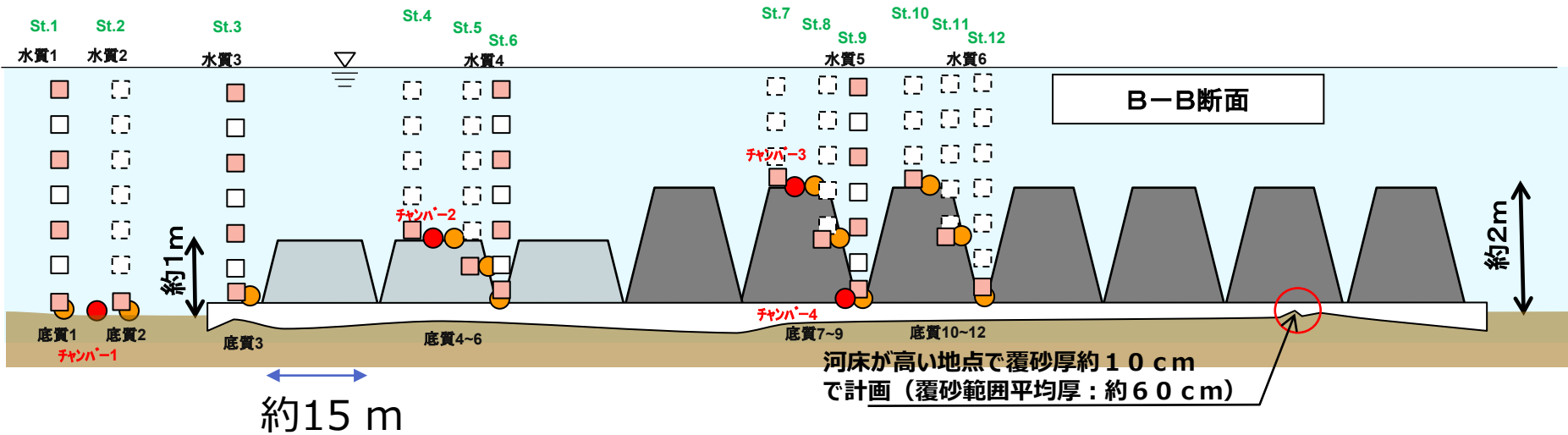


細井沖浚渫窪地



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)

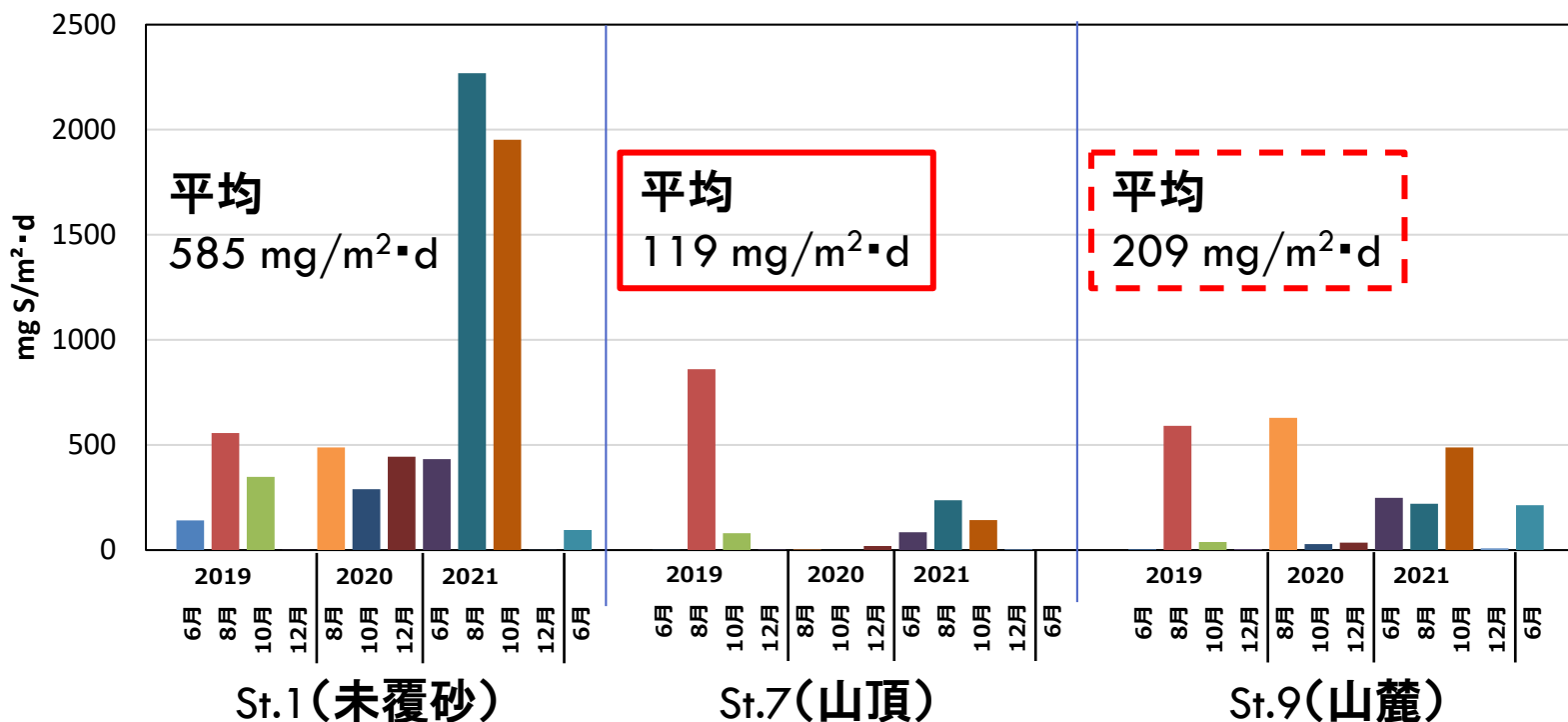
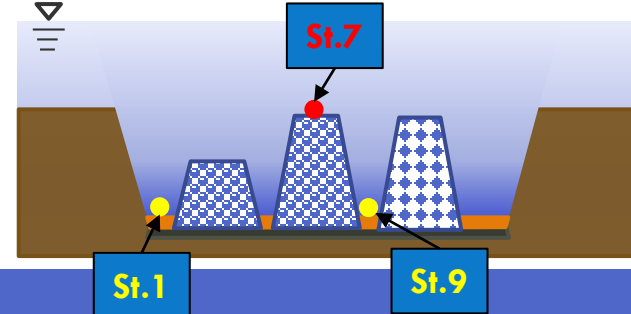


本日の内容

36

- 中海の浚渫窪地（＝深掘り跡）について
- 窪地の環境修復事業について
 - ▣ 第1期事業について
 - ▣ 第2期事業について
- 修復の効果
 - ▣ 水質計による鉛直水質
 - ▣ 栄養塩（ $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ）, 硫化水素（ H_2S ）濃度
 - ▣ 栄養塩と硫化水素の溶出速度
 - ▣ 沈降物質の堆積速度
- 今後の計画について

溶出速度 (H₂S)



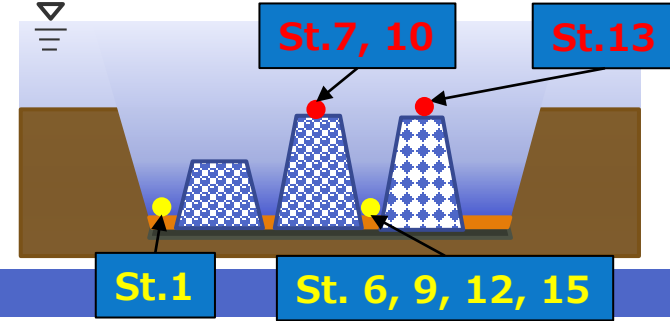
未覆砂地点 (St.1) は溶出速度が大きい (400程度～2200 mg/m²·d) 。
山型覆砂山頂 (St.7) は2019.8月を除き, 250 mg/m²·d 以下と低い。
山型覆砂山麓 (St.9) は最大630 mg/m²·dである。

→山型覆砂山頂ではH₂Sの溶出が抑制されている。

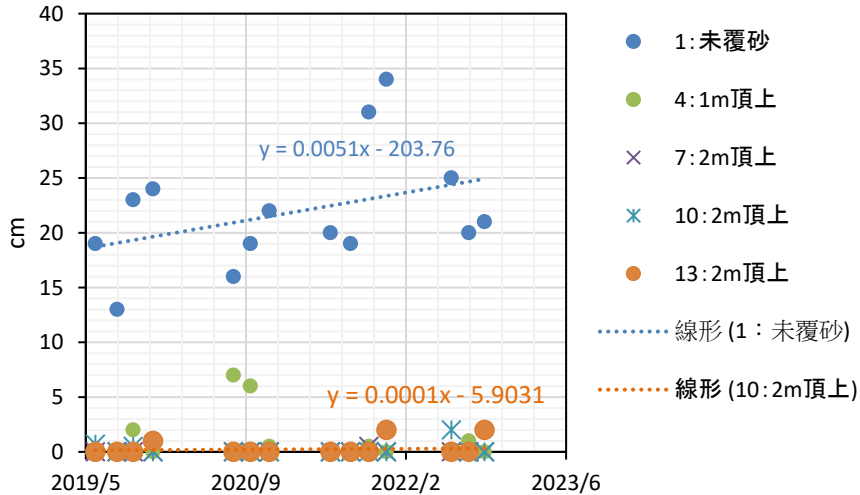
→山型覆砂山麓でも, 未覆砂よりもH₂Sの溶出は抑制できている。

浮泥堆積速度

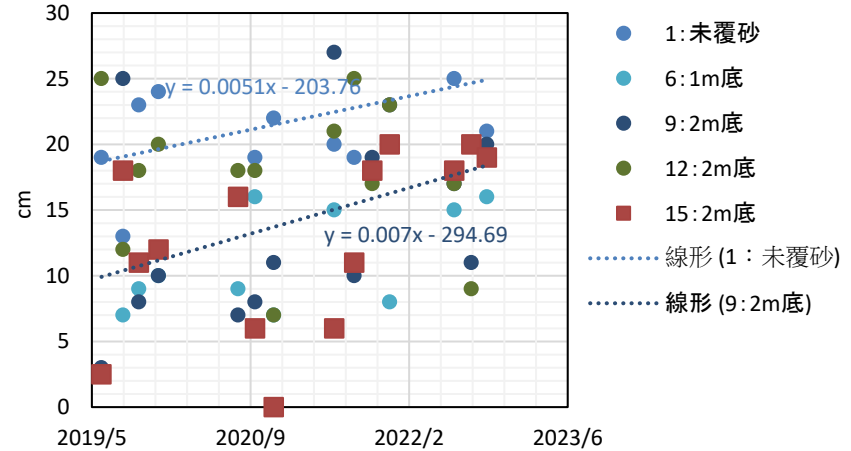
38



頂上



山麓

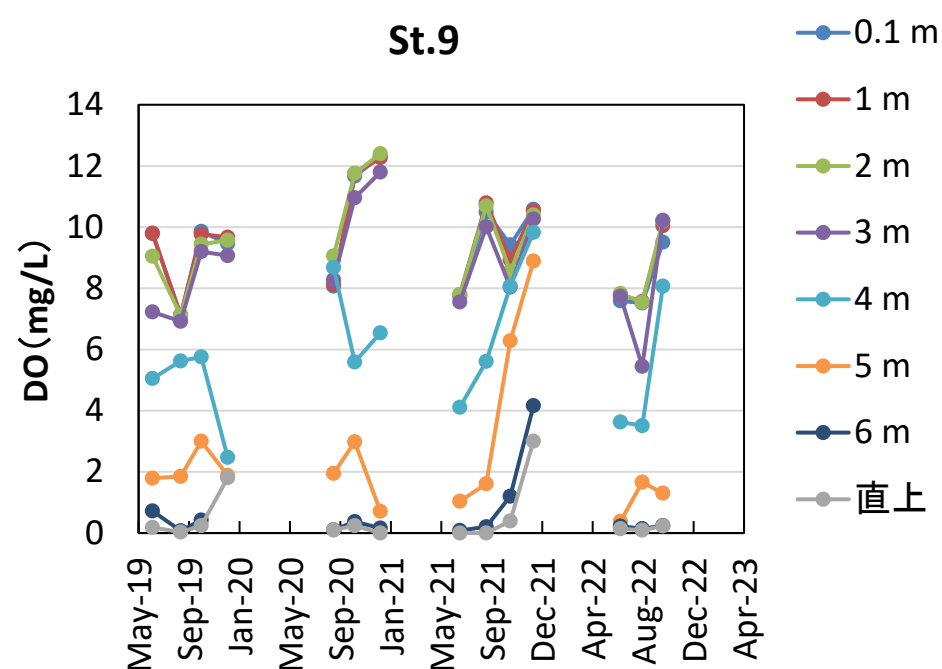
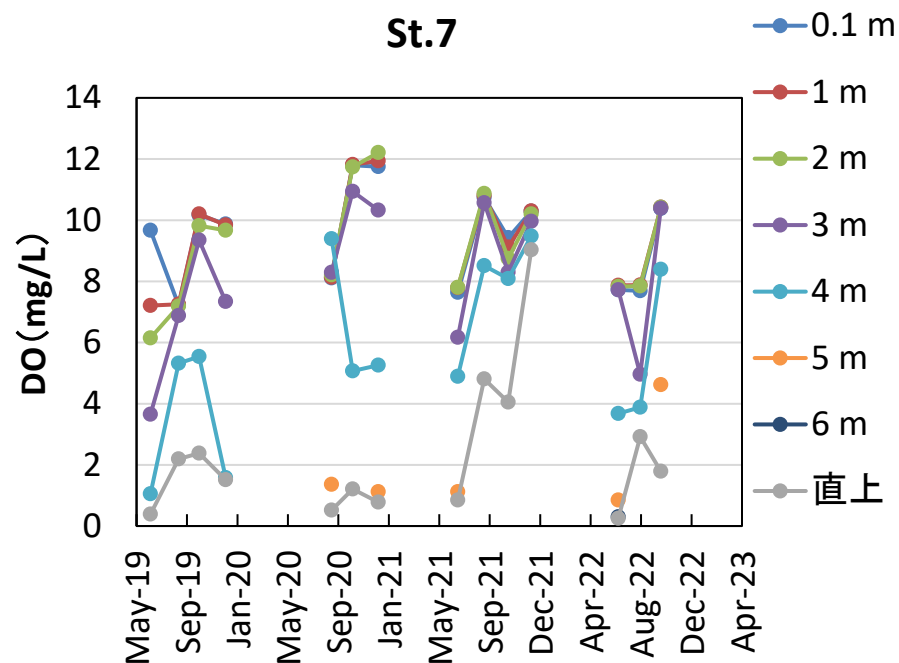
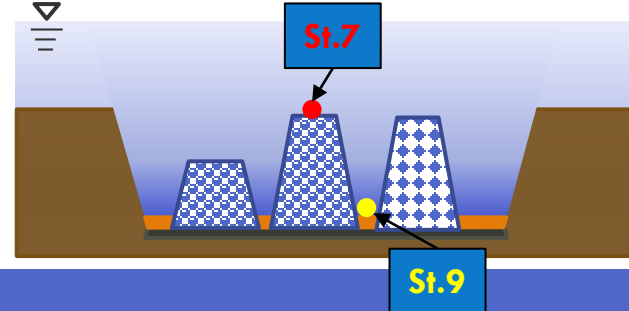


2019.6- 2022.10	傾き = 増加率 (cm/d)	増加速度 (cm/y)
1: 未覆砂	0.005099	1.86
3: 全面覆砂	0.00729	2.66
4: 1m頂上	-0.00107	-0.39
6: 1m底	0.008777	3.20
7: 2m頂上	5.26E-05	0.02
9: 2m底	0.006982	2.55
10: 2m頂上	0.000139	0.05
12: 2m底	-0.00136	-0.50
13: 2m頂上	0.000596	0.22
15: 2m底	0.008123	2.97

堆積物の増加速度

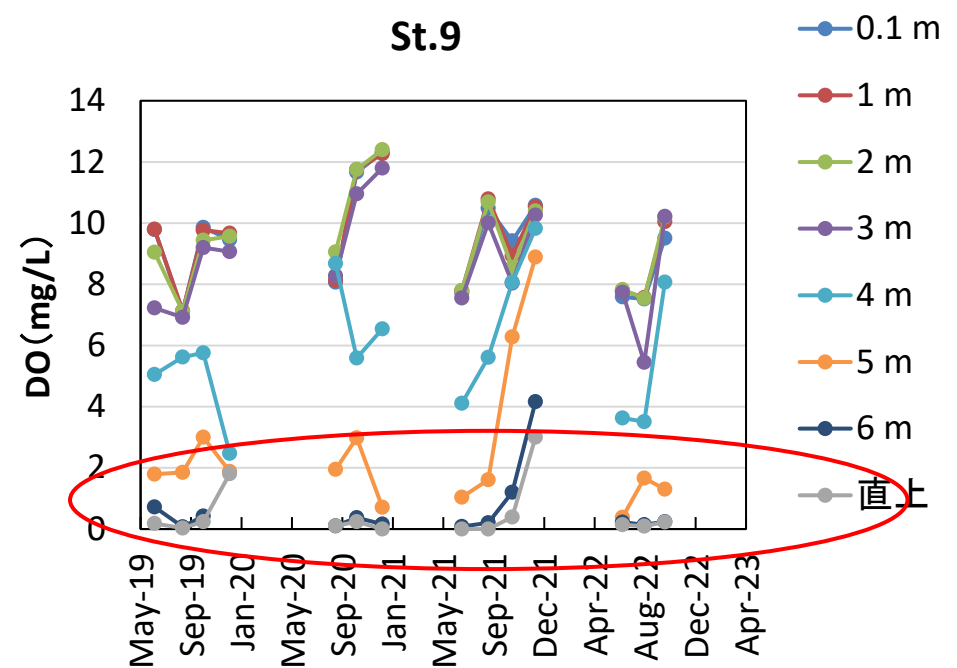
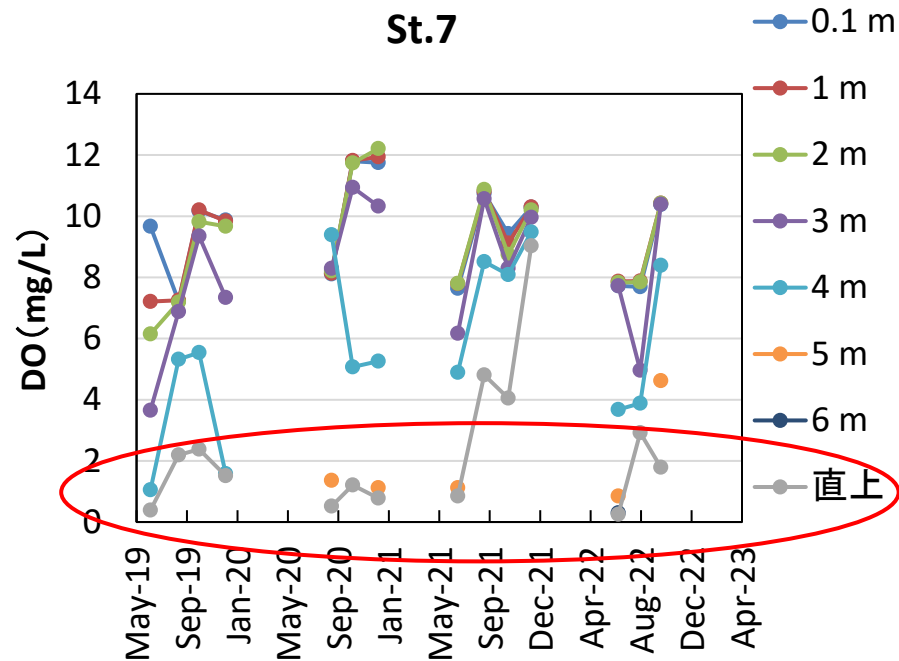
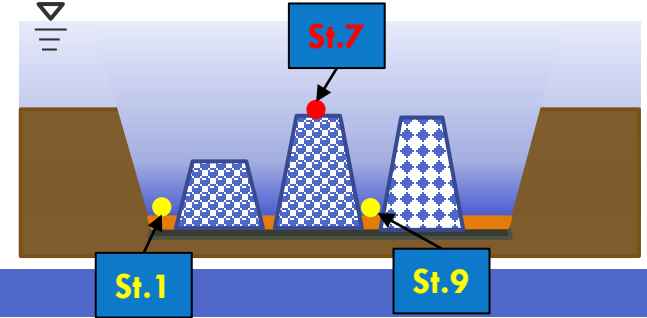
- 未覆砂：1.86 cm/年 (第1期 1.42 cm/年)
- 2m頂上：0.02~0.22 (Ave.0.10) cm/年
- 2m山麓：-0.50~2.97 (Ave.1.67) cm/年

溶存酸素 (DO)



山型覆砂山頂 (St.7) は水深が5 m程度となり、湖底直上のDO環境が改善した。
山型覆砂山麓 (St.9) は水深6 m以深では貧酸素状態が継続した。
→山型覆砂山頂では底生生物が生息できる可能性がある。

溶存酸素 (DO)



山型覆砂山頂 (St.7) は水深が5 m程度となり、湖底直上のDO環境が改善した。
 山型覆砂山麓 (St.9) は水深6 m以深では貧酸素状態が継続した。
 →山型覆砂山頂では底生生物が生息できる可能性がある。

生き物 (2019.6) 山の頂上



2019/06/17 15:13



2019/06/17 11:45

生き物 (2019.12)



生き物 (2022.7)

43

アサリ



ウミサゴムシ (オクダイサゴムシ?)

覆砂による底質改善



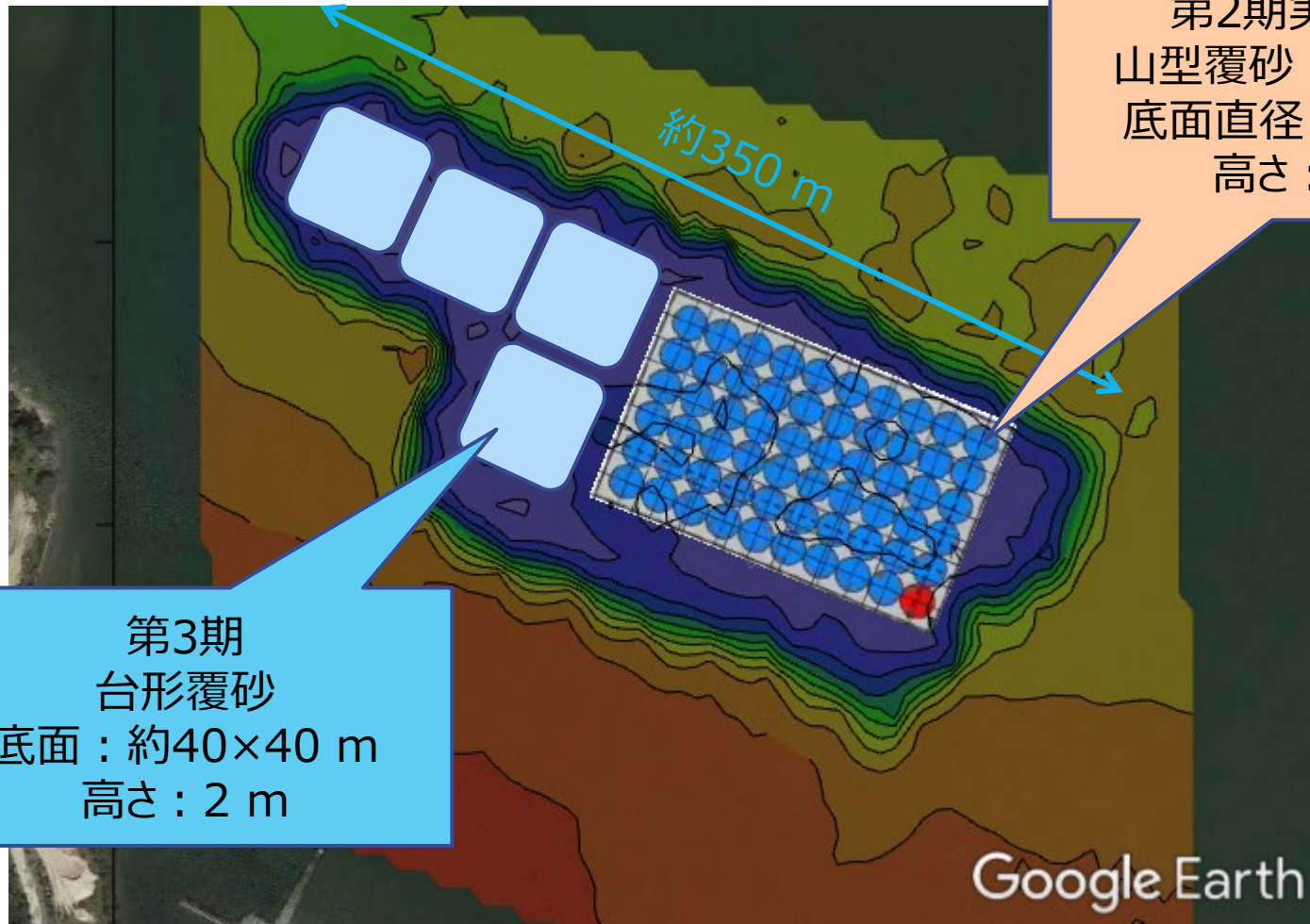
本日の内容

45

- 中海の浚渫窪地（＝深掘り跡）について
- 窪地の環境修復事業について
 - ▣ 第1期事業について
 - ▣ 第2期事業について
- 修復の効果
 - ▣ 水質計による鉛直水質
 - ▣ 栄養塩（ $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ）, 硫化水素（ H_2S ）濃度
 - ▣ 栄養塩と硫化水素の溶出速度
 - ▣ 沈降物質の堆積速度
- 今後の計画について

第3期実施計画 案 イメージ

46



第3期実施計画 案 イメージ

47

