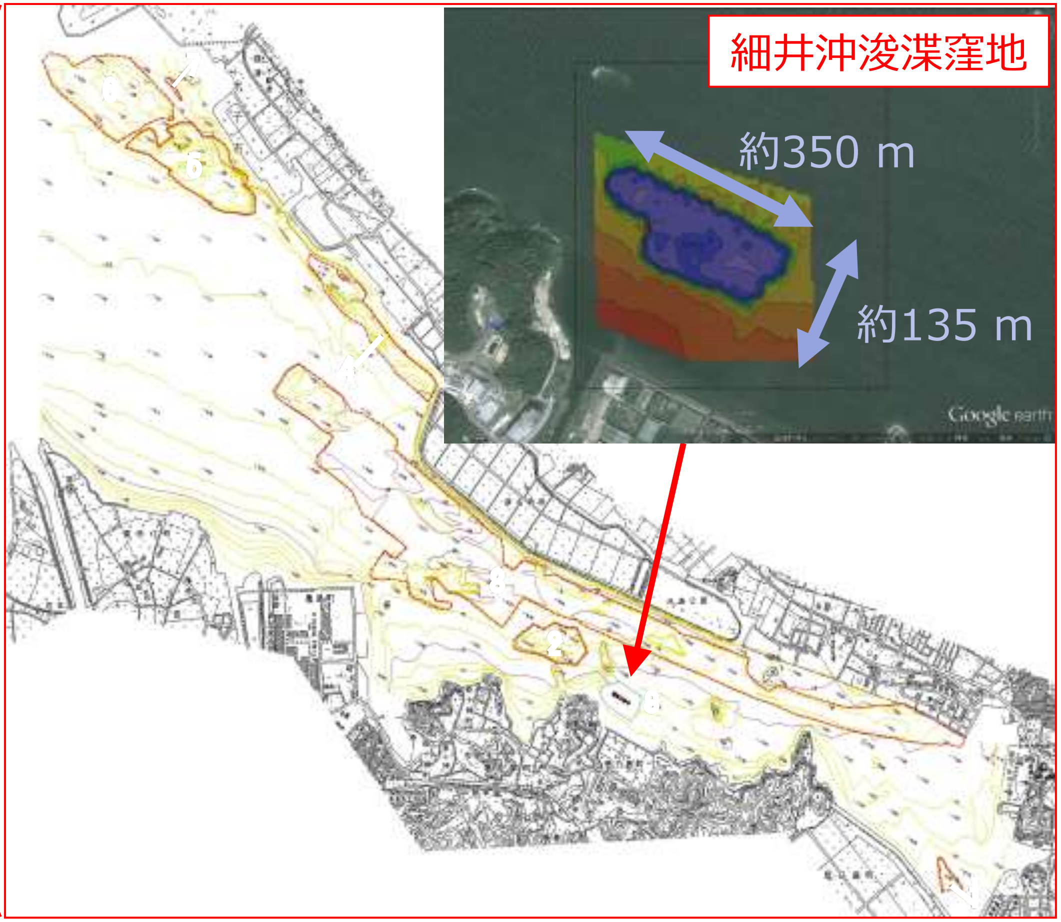
中海浚渫窪地の環境修復事業に係る環境調査業務（2019年度）

報告書概要

自然再生センター

中海　細井沖浚渫窪地

- 面積：約0.05 km²　　•周辺水深：約4～5 m
- 水深：8～9 m　（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



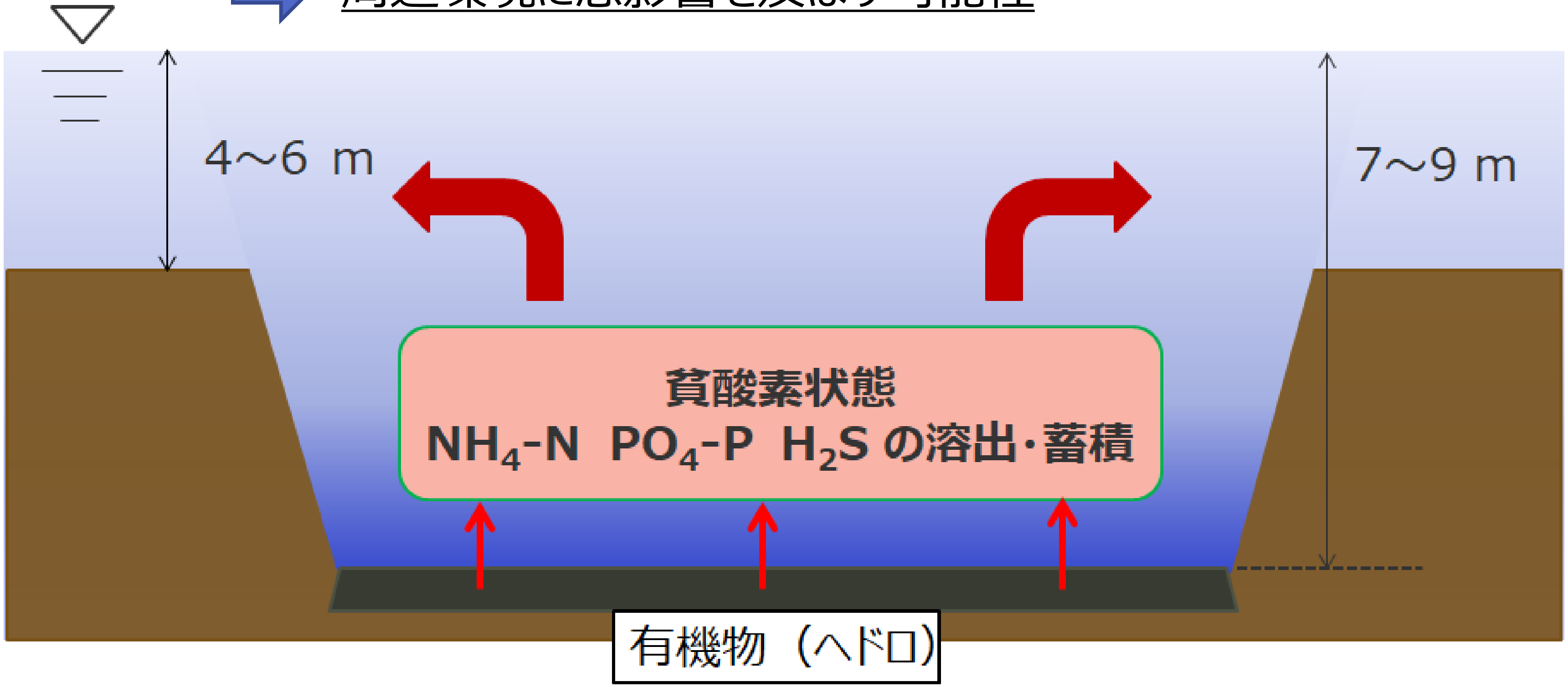
中海の浚渫窪地とは

・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



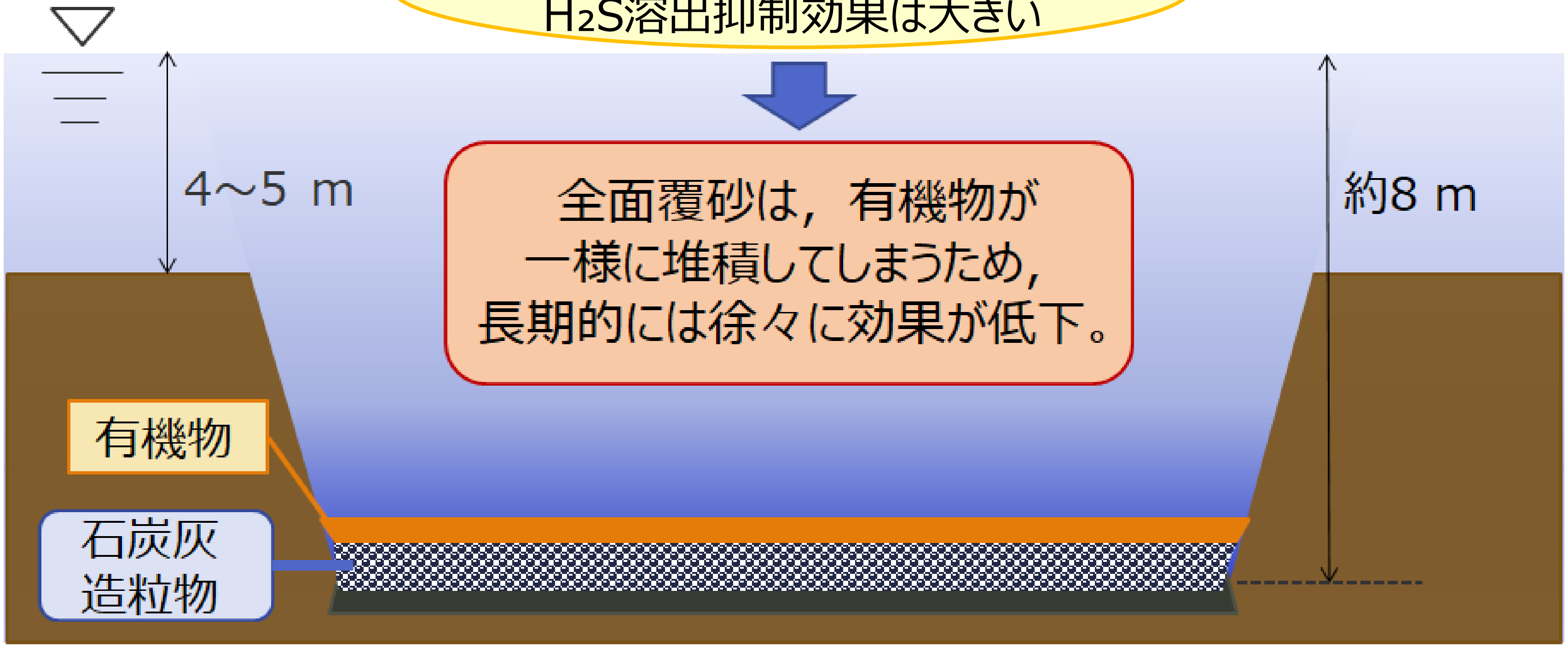
石炭灰造粒物による全面覆砂

- 浚渫窪地の環境修復事業

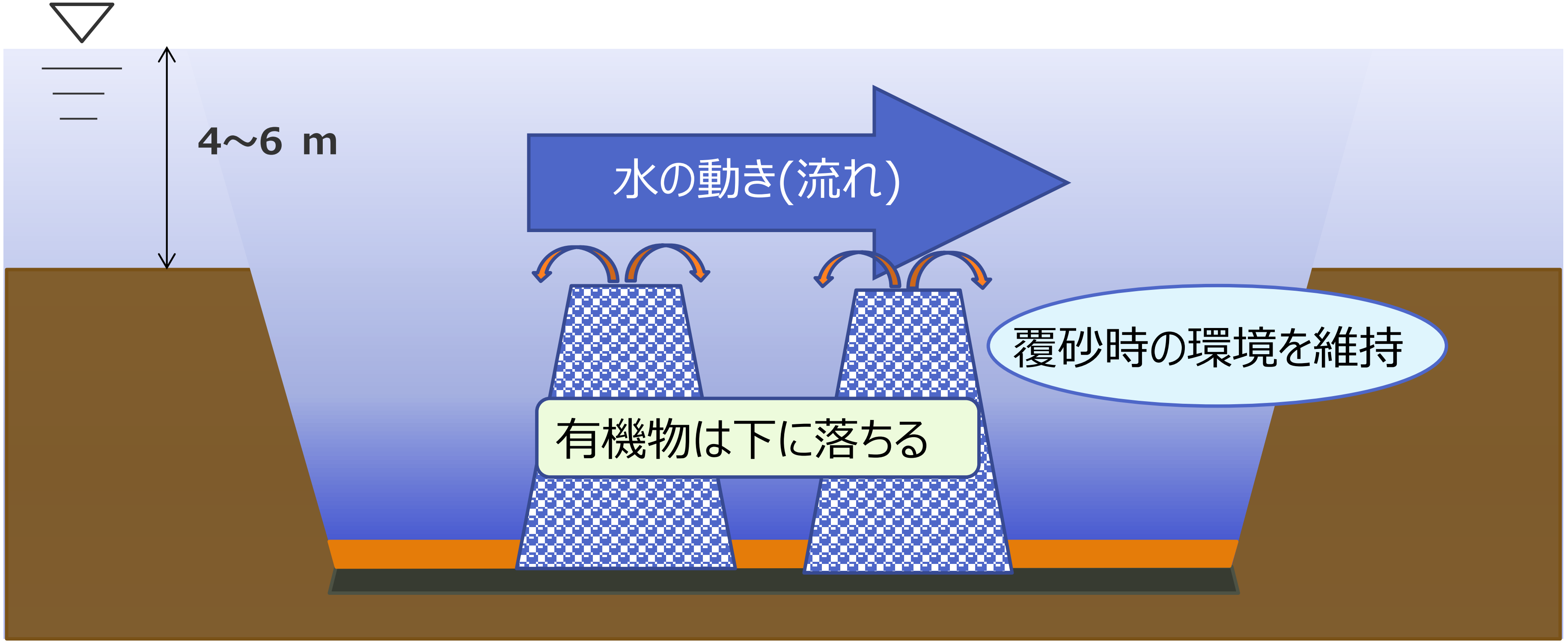
2012年から細井沖浚渫窪地を対象に石炭灰造粒物を用いた全面覆砂を実施

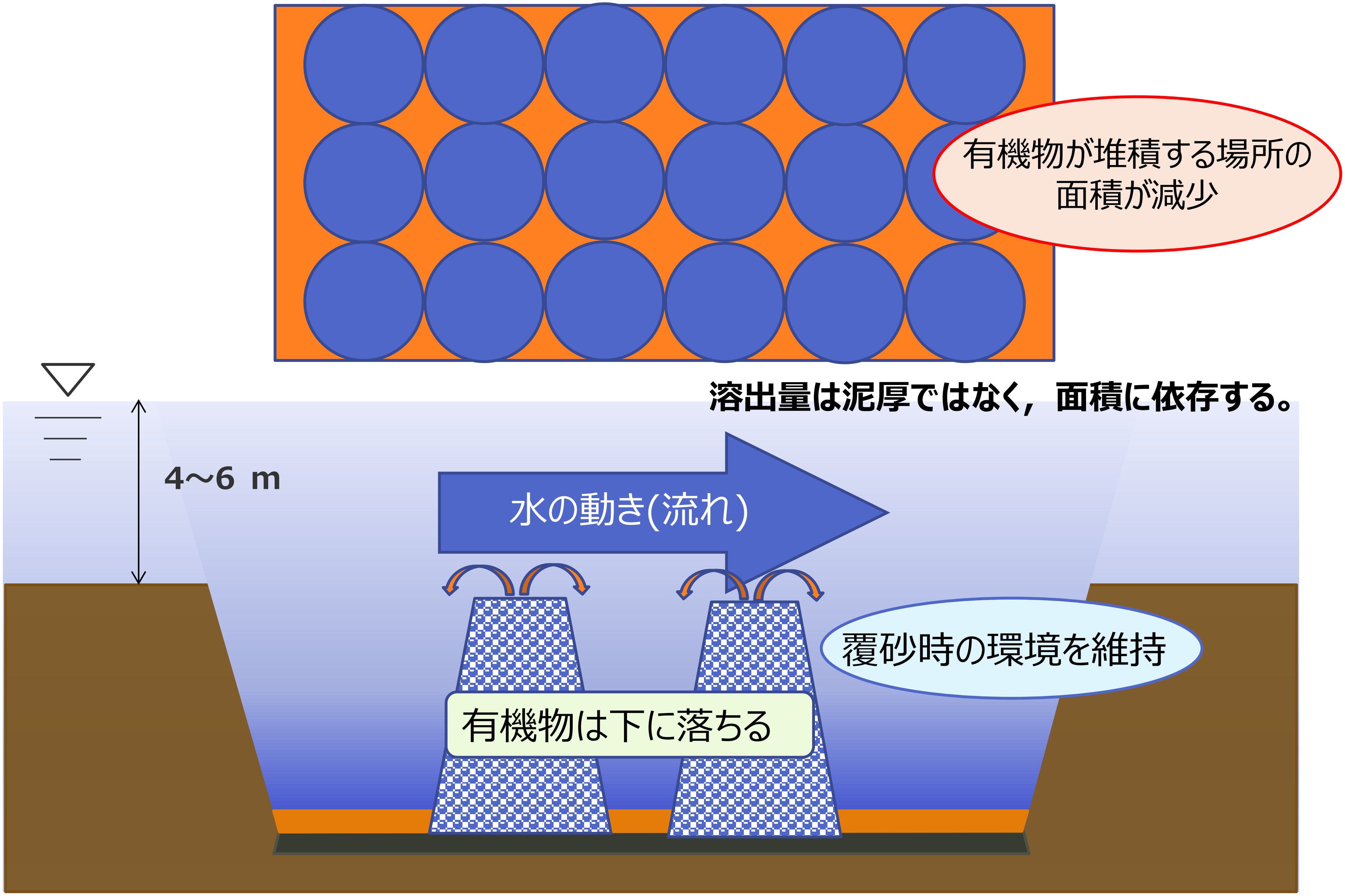
<u>覆砂後2年間のH_2S溶出削減率：約88%</u>

短期間において，
H_2S溶出抑制効果は大きい



石炭灰造粒物を山形の形状で覆砂



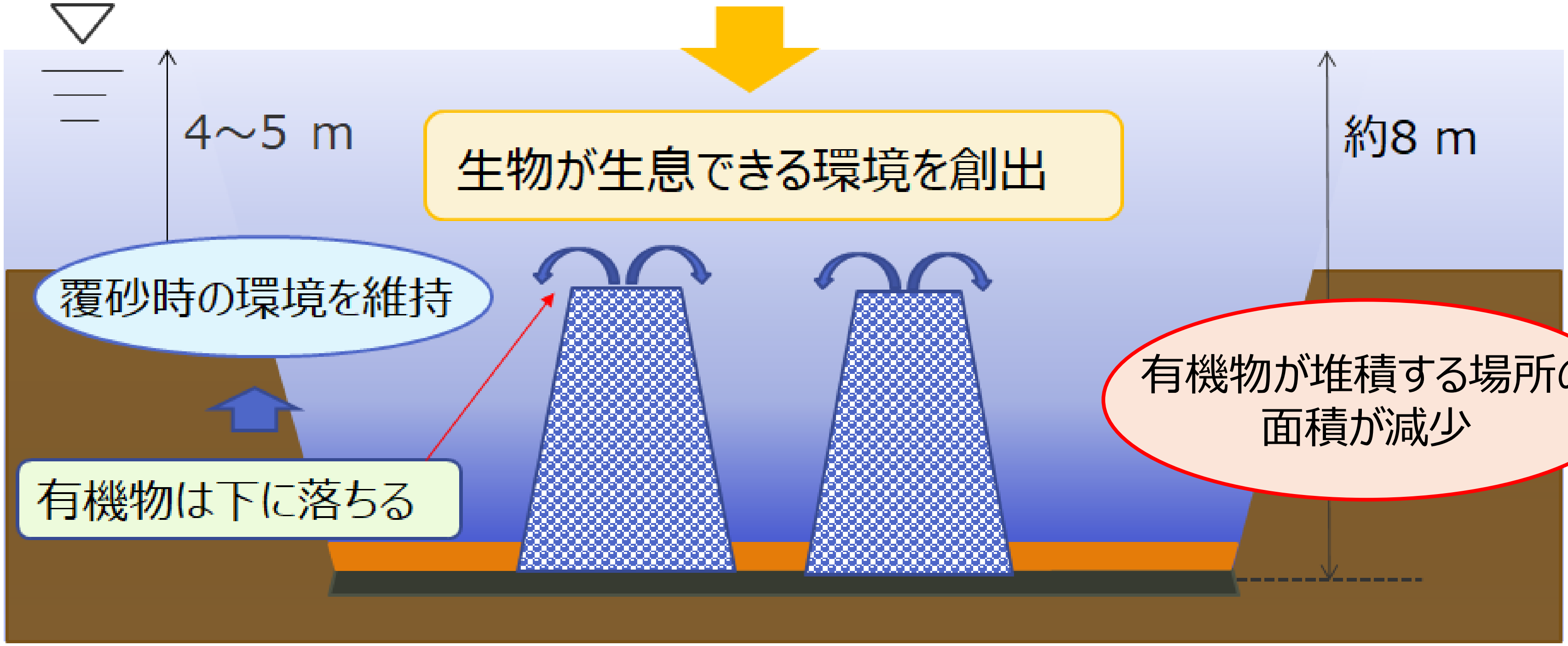

有機物が堆積する場所の
面積が減少
溶出量は泥厚ではなく，面積に依存する。
4〜6 m
水の動き(流れ)
覆砂時の環境を維持
有機物は下に落ちる

石炭灰造粒物を山形の形状で覆砂（2019年度実施）

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

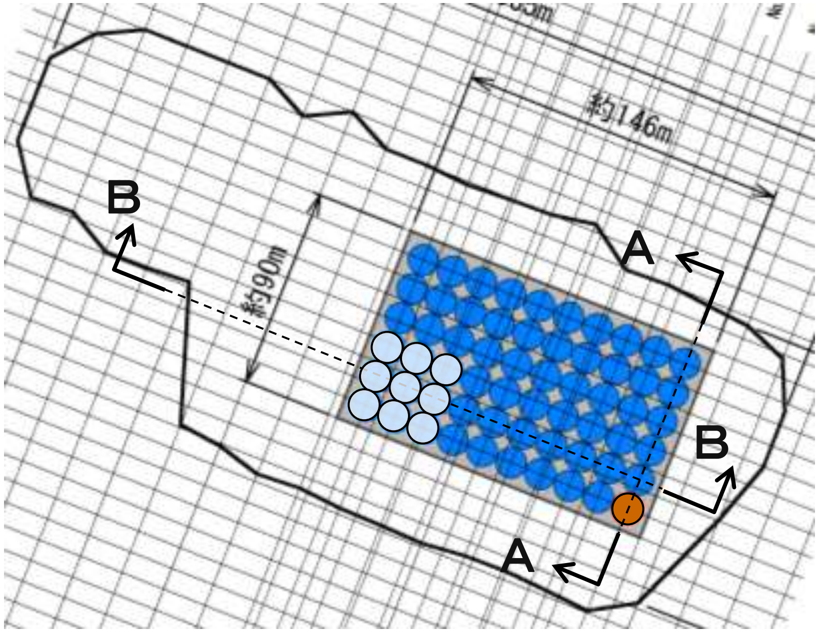
期待される効果

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

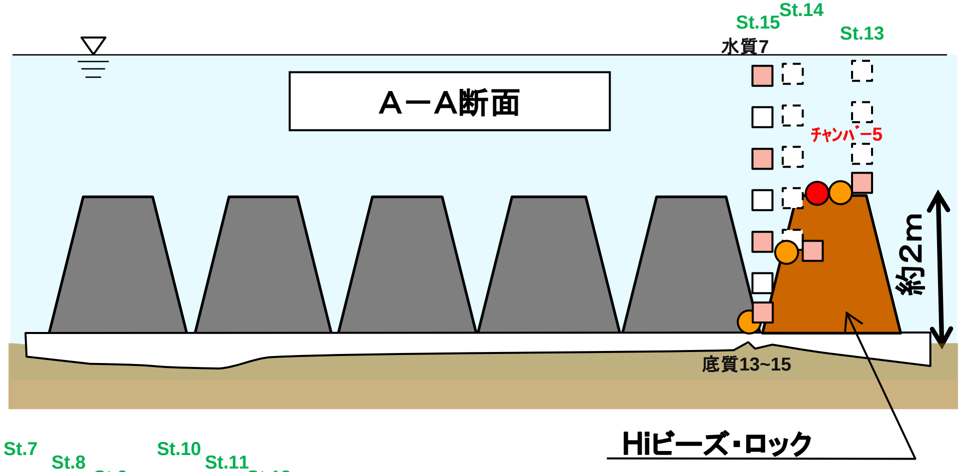


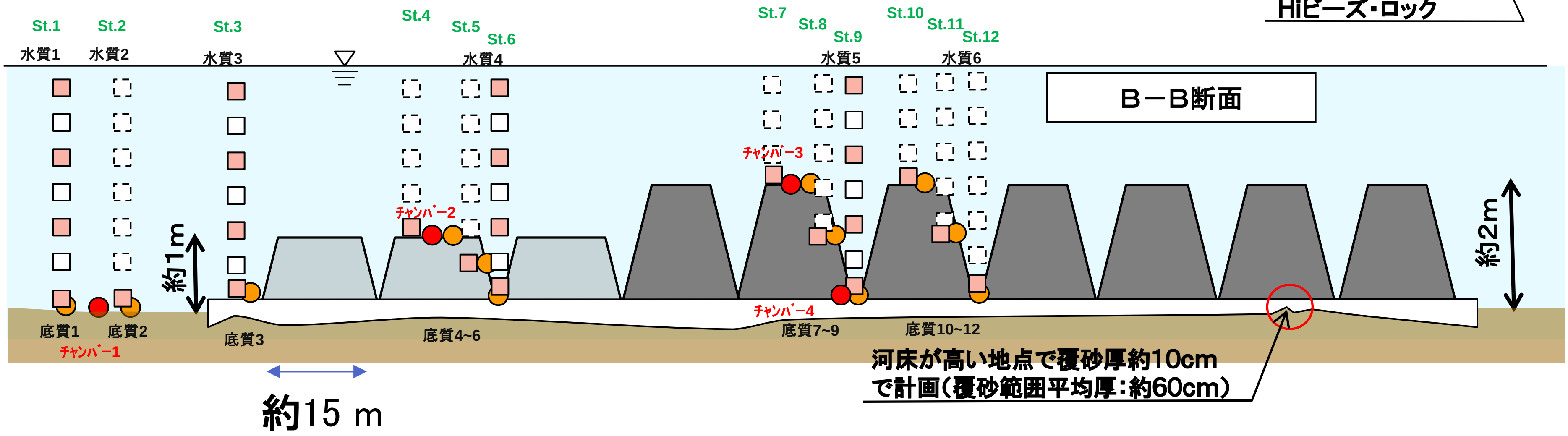
中海窪地環境修復事業（第2期）におけるモニタリング計画

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（H_2S含む））
- ● 底質調査位置（15地点）
- ● チャンバー試験位置（5地点）



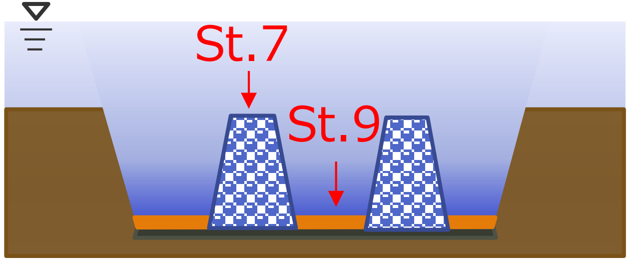


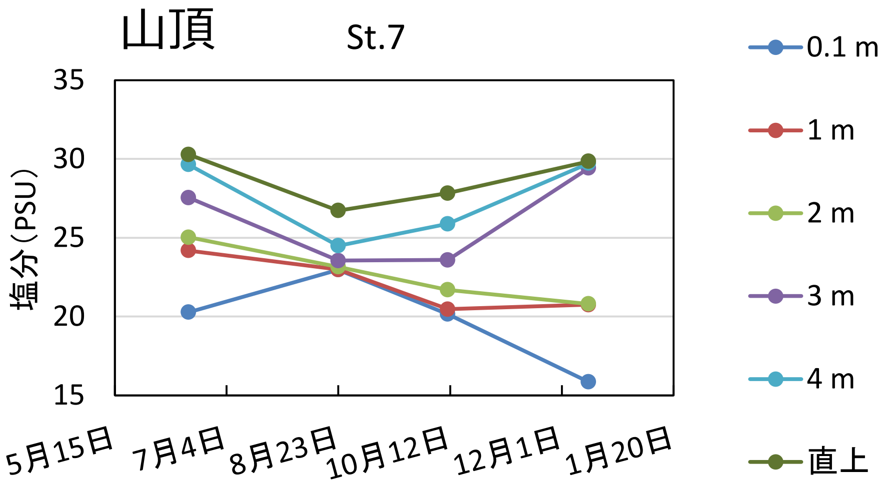
調査項目

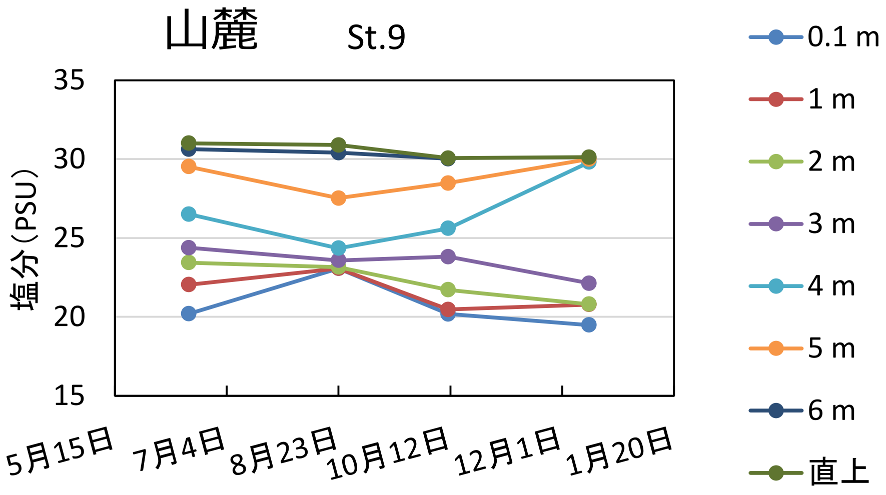
項目	調査項目	内容	目的	調査地点	調査時期
環境調査	水質調査 （現場）	・多項目水質計（水温，塩分，pH，EC，ORP，DO）を用いて，水深1m毎に測定	塩分躍層の位置など水質の基本性状を把握するとともに,DOや還元環境の改善効果など検証	5地点	4回／年 ・春季 ・夏季 ・秋季 ・冬季
	水質調査※1 （室内）	・栄養塩濃度（NO_3-N, NO_2-N, NH_4-N, PO_4-P）の測定 　鉛直奇数m，湖底直上50cmより採水 ・硫化水素（H_2S）の測定 　湖底直上水（湖底直上50cm）をメチレンブルー法により測定	鉛直：窪地内の栄養塩濃度の上昇抑制効果を検証 直上：対照区と覆砂区を比較し，溶出した栄養塩と硫化水素が水質に与える影響を検証	鉛直5地点 直上15地点	
	底質調査 （底質成分分析）	底質を採取※2し，以下の試験を実施 ・底質の強熱減量試験 ・含水率試験	堆積物の有機物量を簡易的に評価。高低差により有機物含有量に生じる差を検証	15地点	
	底質調査※1 （間隙水分析）	底質を採取※2し，間隙水中の成分測定を実施 ・硫化水素（H_2S） ・栄養塩（NH_4-N, PO_4-P）	底質間隙水とHiビーズ間隙水の比較により,Hiビーズ層下からの溶出抑制を確認するとともに，新生堆積物からの溶出ポテンシャルを検証	15地点	
	チャンバー試験	数日間の濃度変化により，アンモニア態窒素（NH_4），リン酸態リン（PO_4），硫化水素（H_2S）の溶出速度の算定	対照区と覆砂区における溶出速度を比較し，最適覆砂方法を検証	5地点	
	窪地内 底質環境調査	窪地内の浮泥堆積状況の確認 ・浮泥の厚さ	覆砂区における堆積量の軽減効果を検証し，将来的な効果持続性の検証材料とする。	12地点	

※1　St.4,6,7,9,10,15の水深3m・5m・湖底直上50cmの湖水（St.4,7,10の水深3m・5mは除く）および間隙水について，採水ろ過したサンプルを当社が指定する場所へ送付する。なお，水サンプルのろ過は，孔径0.2μmのｼﾘﾝｼﾞﾌｨﾙﾀｰを用いて行う。
※2　底質採取（採泥）の結果，泥が無ければ，その旨を報告書へ記載する。

水質（塩分）

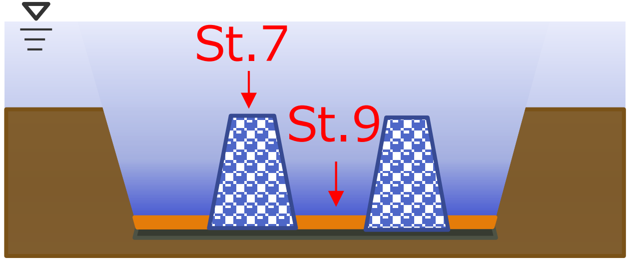


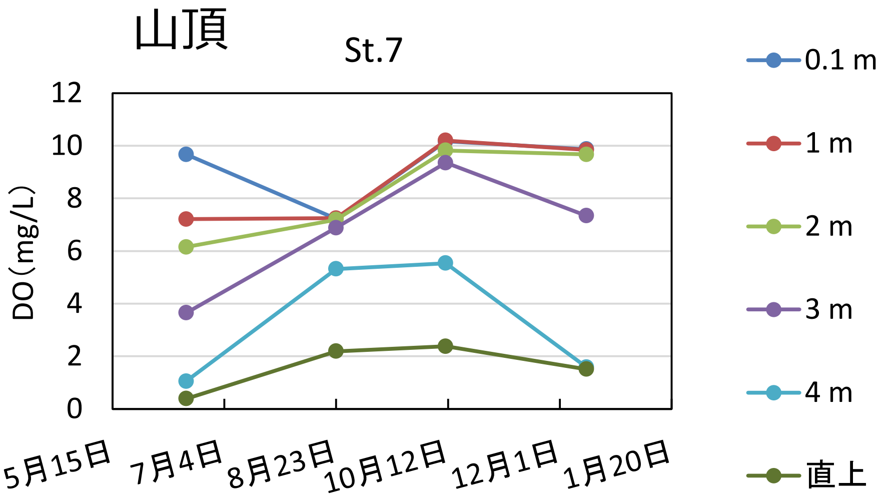


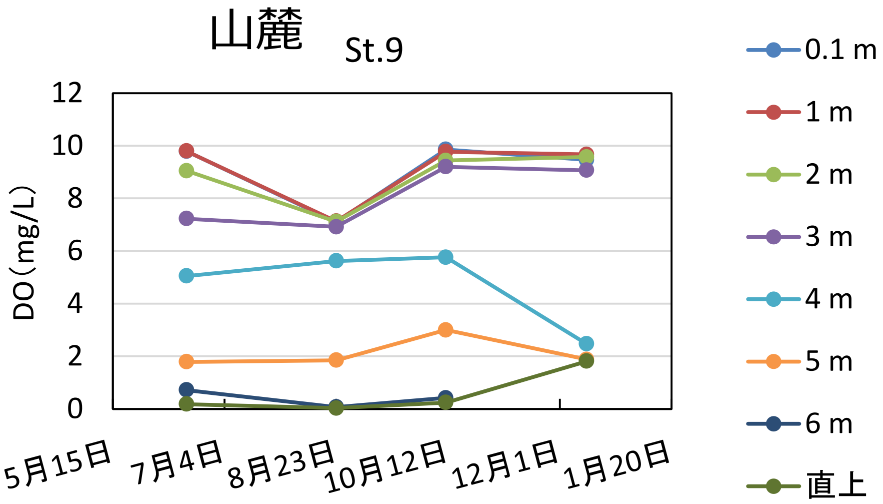


St.9より，塩分躍層は3～5 mにある。湖底は塩分躍層より下で貧酸素化しやすい。
St.7は水深5 m未満であり，湖底が塩分躍層の中に位置するため，ある程度は水の混合が期待できる。

水質（DO）







St.9は，12月を除き水深6 m以下は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4 mは湖底に近いためSt.9の4 mよりもDOが低い。ベントスが生息するために必要なDOは十分ではないが，無酸素は回避しており，生息可能な生物が存在する可能性がある。

生き物（2019.6）　山の頂上

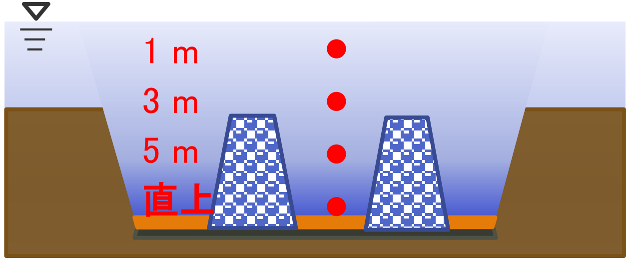
付着ケイ藻

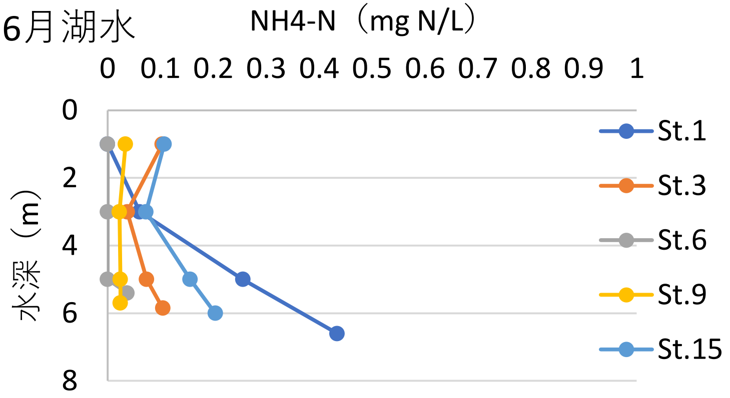
ドロソコエビ属（推察）

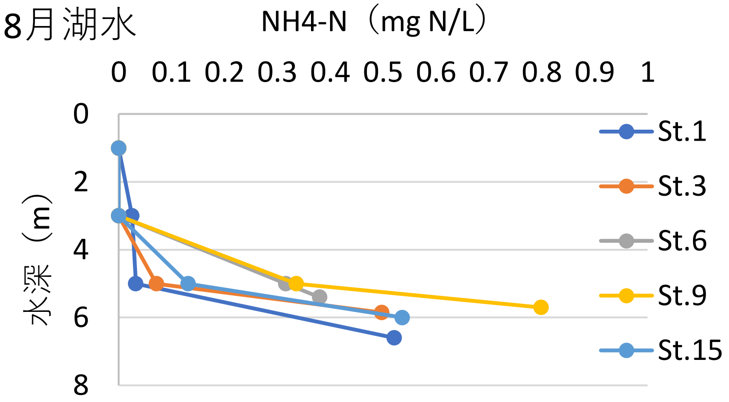
生き物（2019.12）

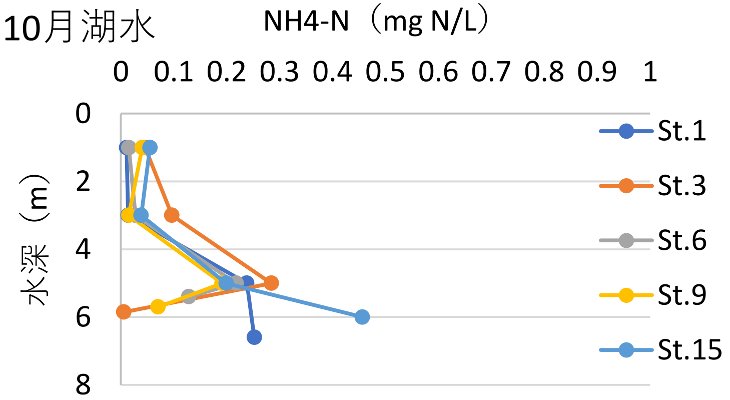
フジツボ

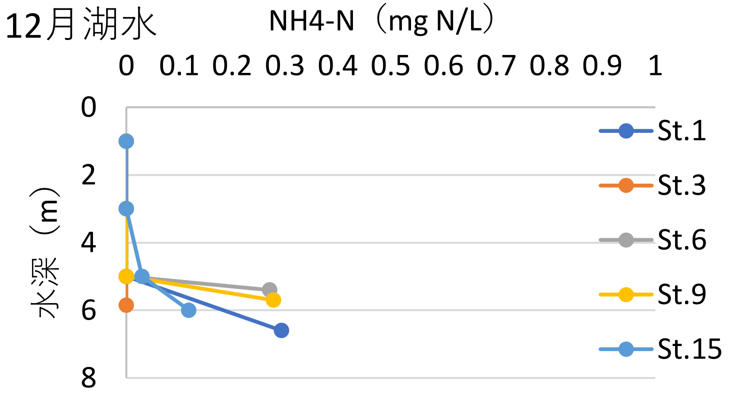
水質（鉛直NH_4-N）





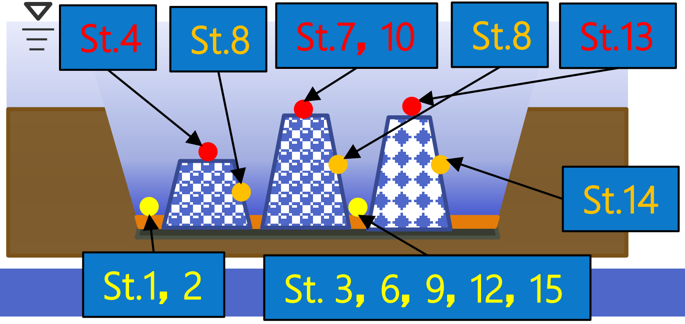


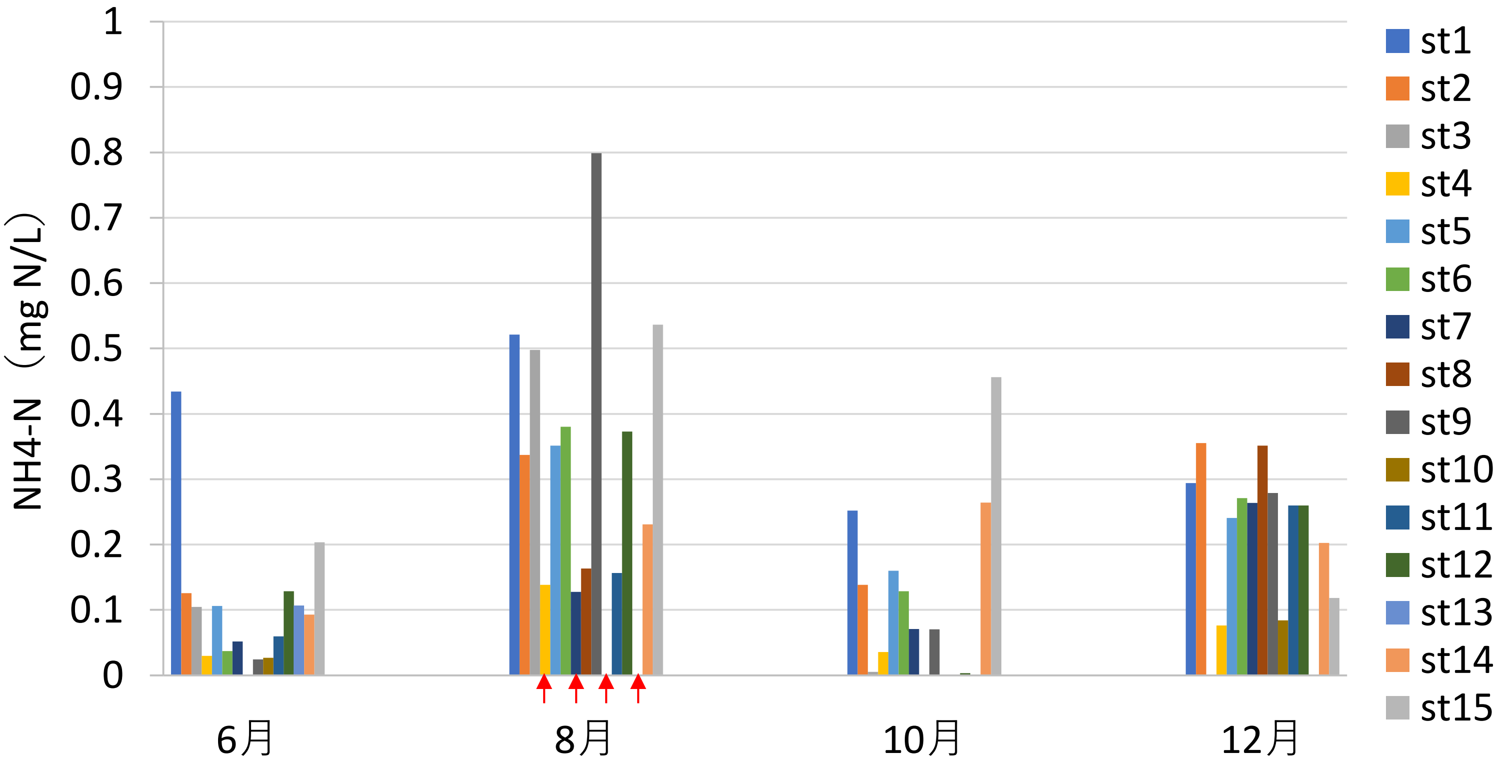




各地点とも，基本的には水深が深いほど濃度が高い。3 m以浅は各地点でほぼ同じ濃度であるが，塩分躍層下となる5 m以深は各地点でわずかに濃度が異なるが，一定の傾向はない。2019年度に未覆砂であったSt.1とそれ以外の地点で濃度に差はなかった。

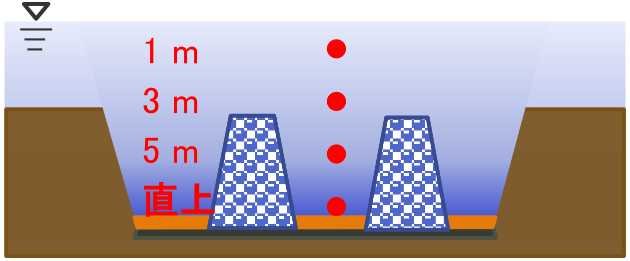
水質（直上NH_4-N）

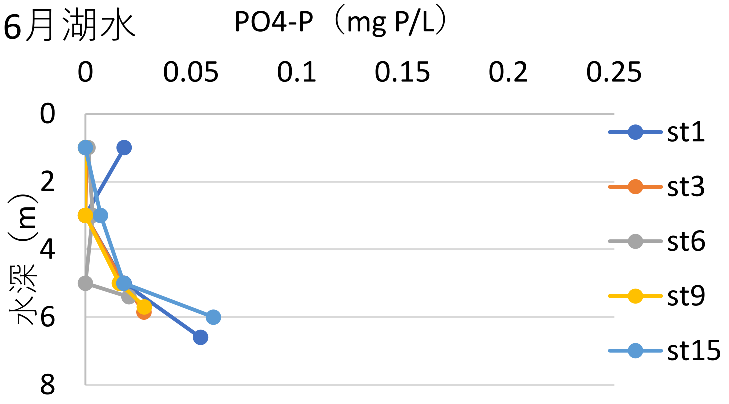


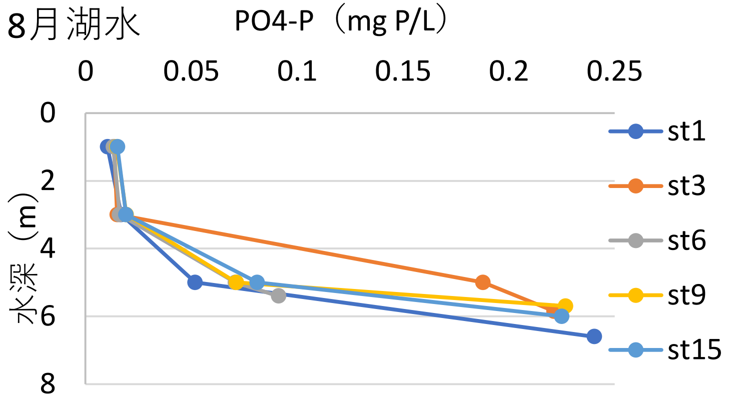


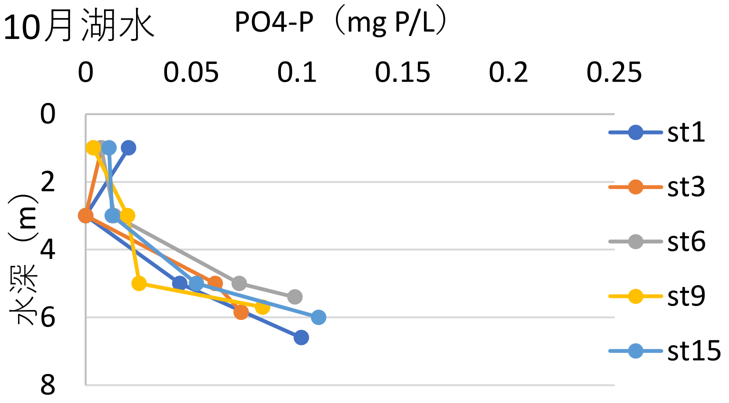
濃度は水深が深いほど高い傾向があるため，山頂で濃度が低く，山麓で高い傾向があった。未覆砂St.1では6月時点で濃度が高かったが，同水深であれば同様な濃度傾向を示した。（毎回同じ場所でサンプリングができないため，おおよその傾向で考察をする必要がある。）

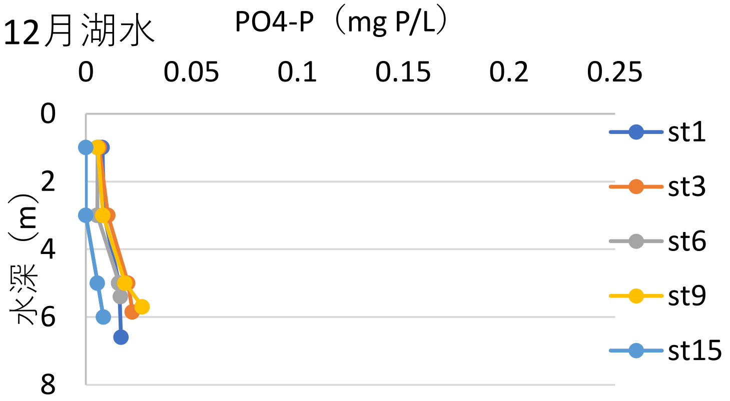
水質（鉛直PO_4-P）





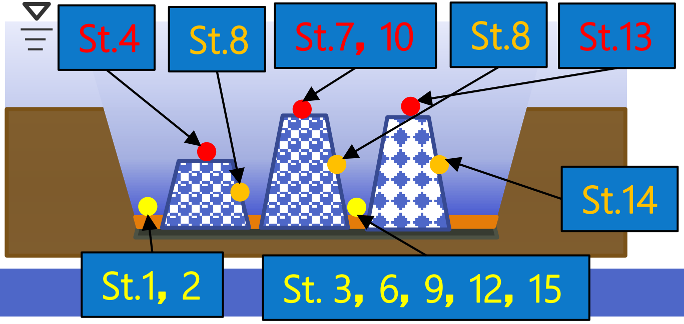


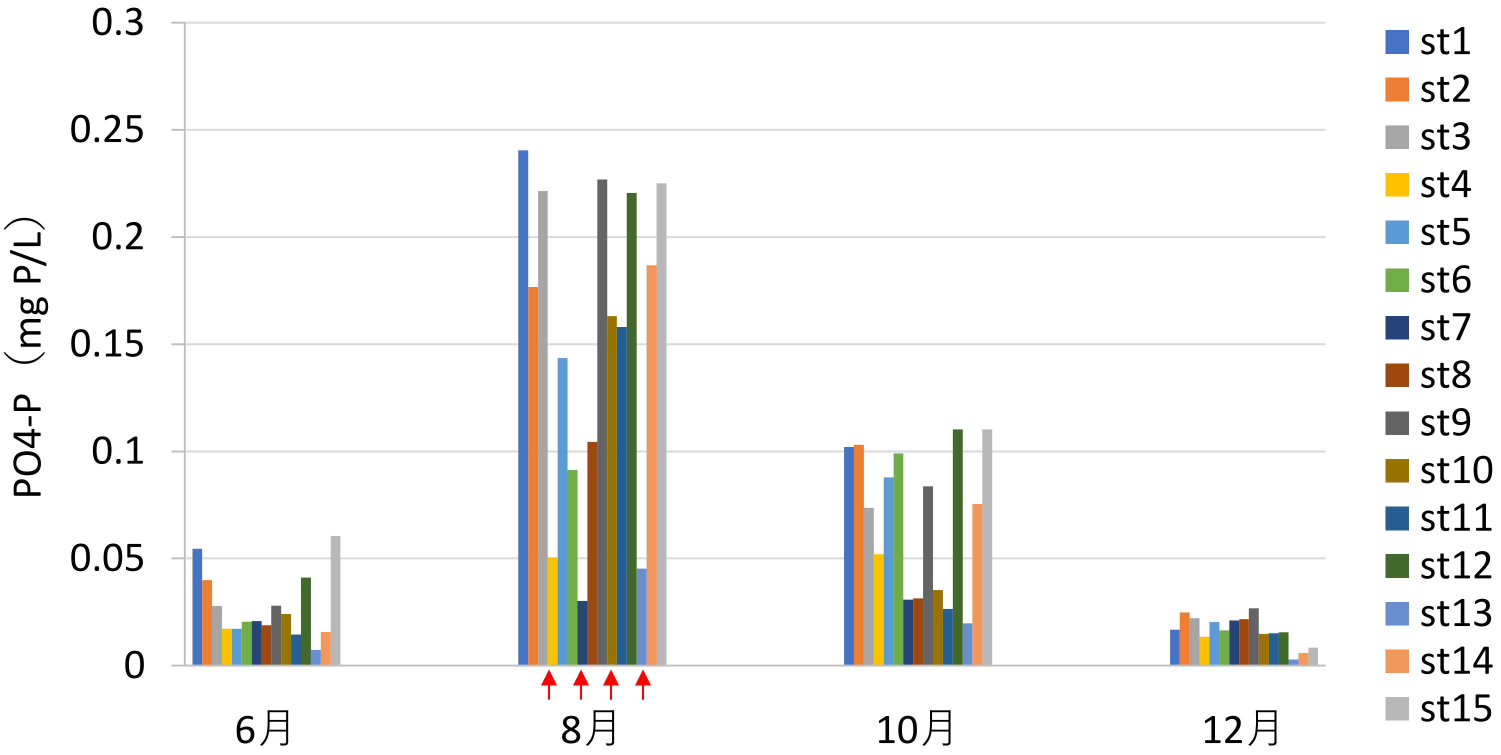




各地点とも，塩分躍層の上層である3 m以浅は低濃度でほぼ同じ濃度であるが，塩分躍層下となる5 m以深は急激に濃度が上昇した。8月に最大値を示した。2019年度に未覆砂であったSt.1とそれ以外の地点で濃度に差はなくかった。

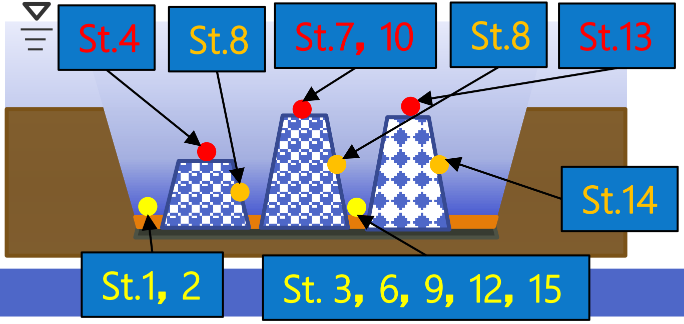
水質（直上PO_4-P）

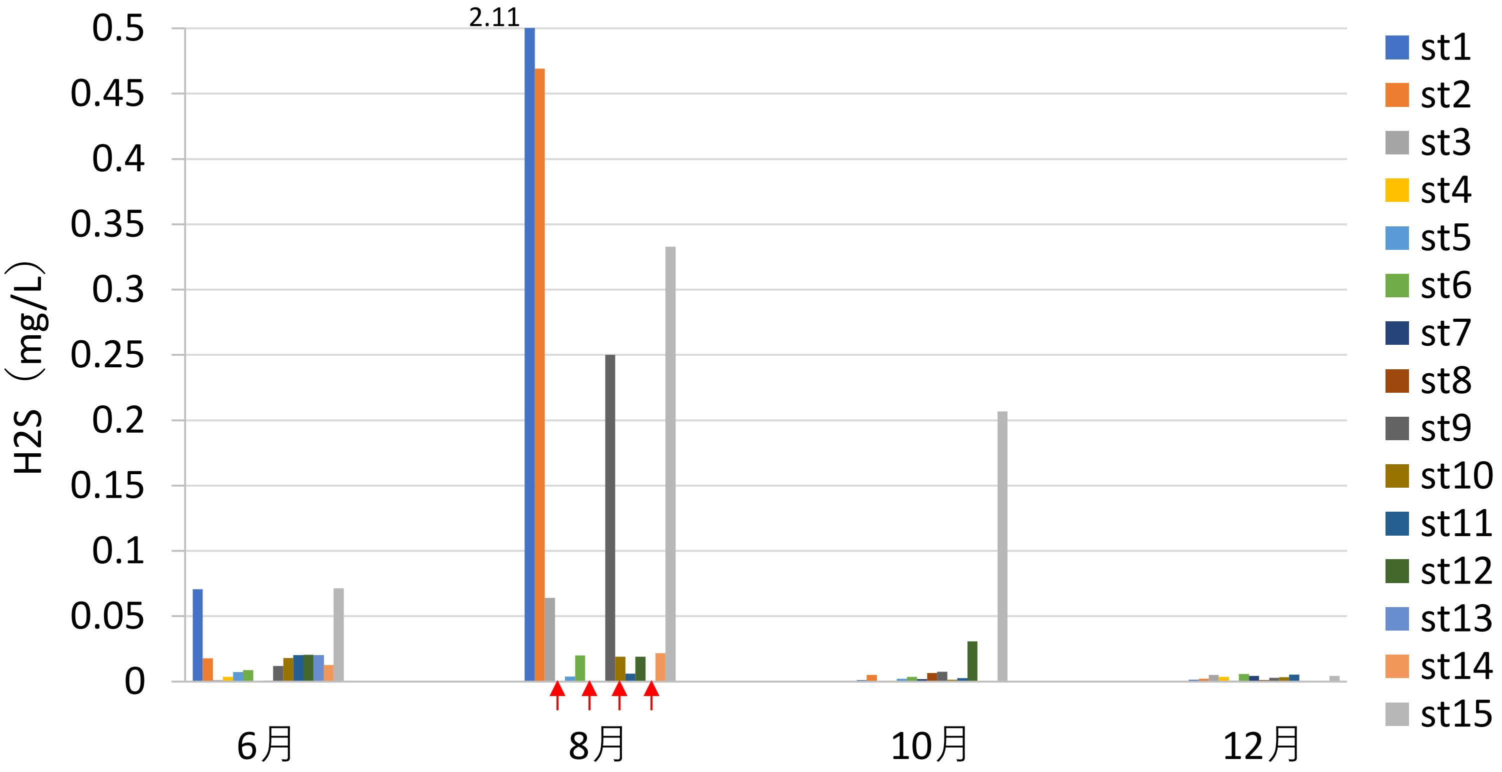




濃度は水深が深いほど高い傾向があるため，山頂で濃度が低く，山麓で高い傾向があった。また，同水深であれば今回の覆砂実施の有無に関係なく同程度の濃度であった。（毎回同じ場所でサンプリングができないため，おおよその傾向で考察をする必要がある。）

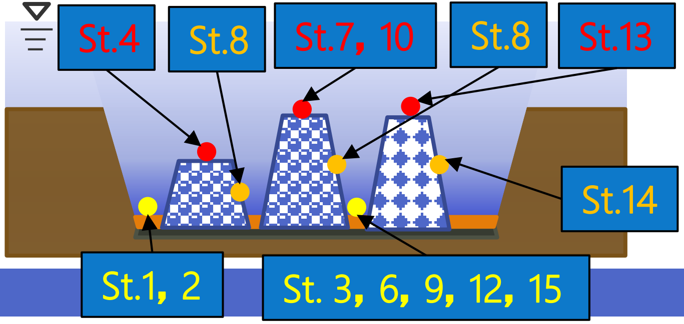
水質（直上H_2S）

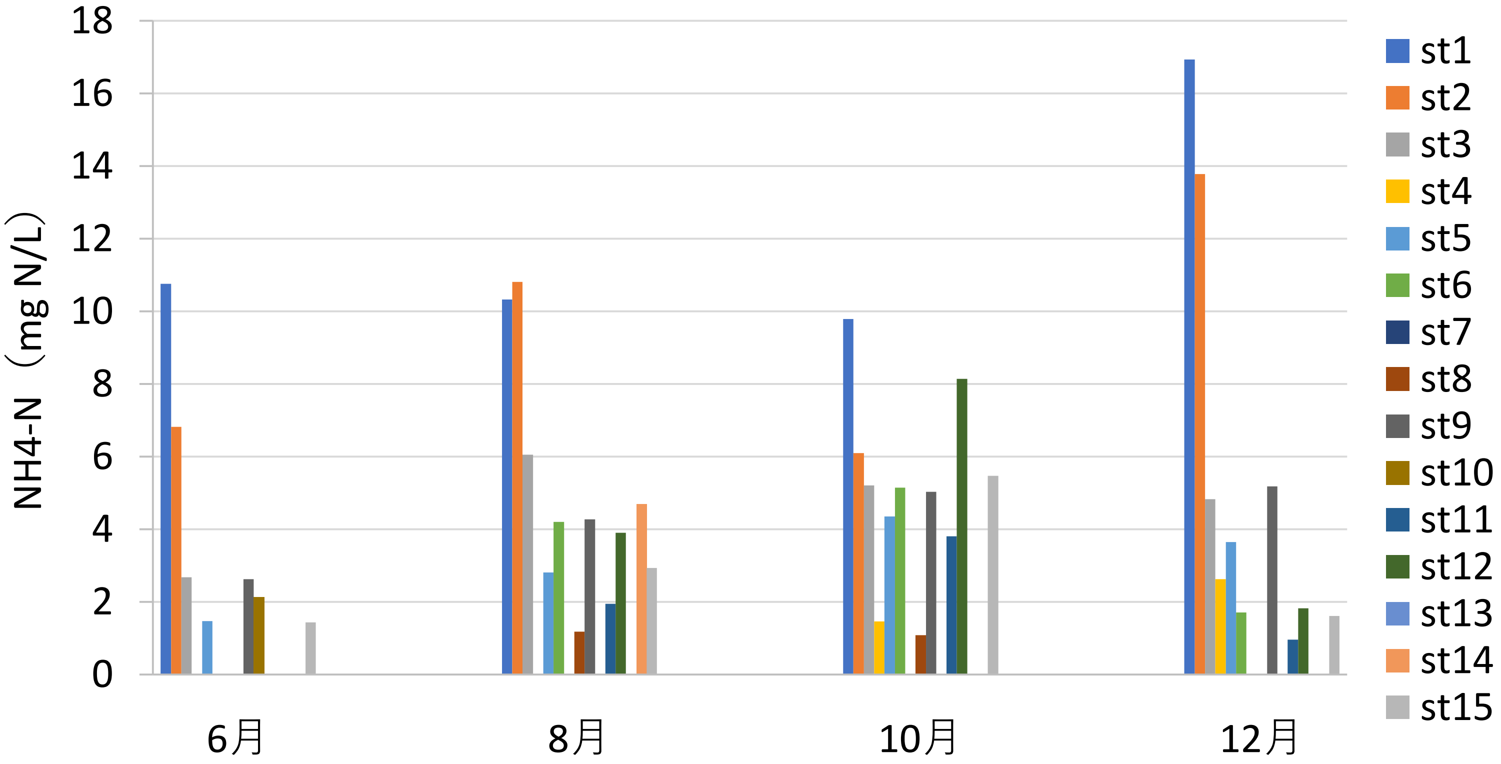




過去の全面覆砂直後の年の最大値が約5 mg/Lであったこと，覆砂地点では0.5 mg/L以下であったことから，各地点における濃度は非常に低いことが示された。なお，グラフで比較的濃度が高い場所は水深が深い場所である。

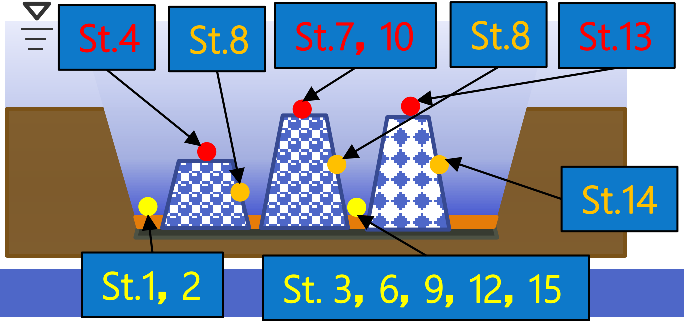
底泥間隙水（NH_4-N）





石炭灰造粒物上に堆積した底泥には高濃度でNH_4-Nを含んでいることから，底泥の堆積が進行するとNH_4-Nの溶出量の増加が懸念される。
初年度は堆積物と石炭灰造粒物微粉末の混合により，底泥が希釈された可能性があり，未覆砂のSt.1，2で濃度が高かったことが考えられる。

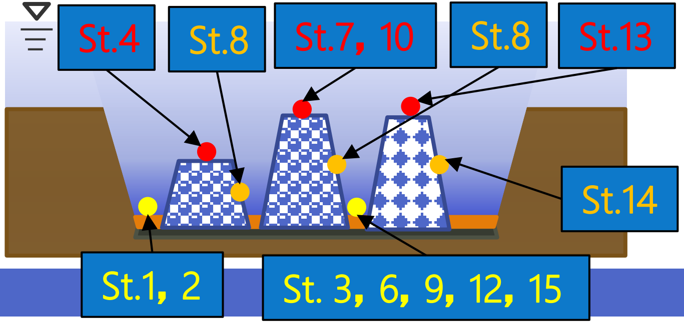
底泥間隙水（NH_4-N）

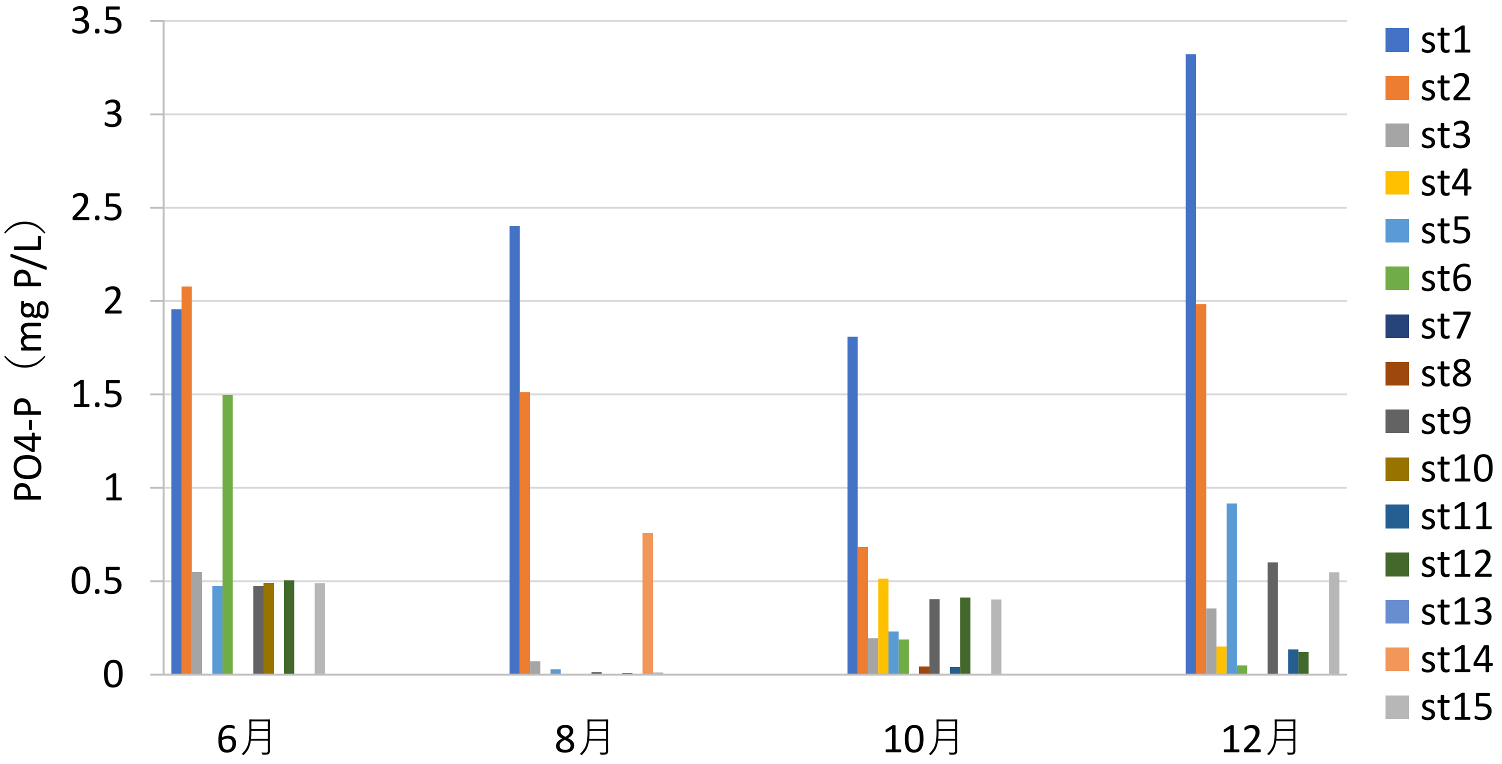


St.1の底泥（左）とSt.9の底泥（右）の写真　（2019年6月）

石炭灰造粒物上に堆積した底泥には高濃度でNH_4-Nを含んでいることから，底泥の堆積が進行するとNH_4-Nの溶出量の増加が懸念される。
初年度は堆積物と石炭灰造粒物微粉末の混合により，底泥が希釈された可能性があり，未覆砂のSt.1，2で濃度が高かったことが考えられる。

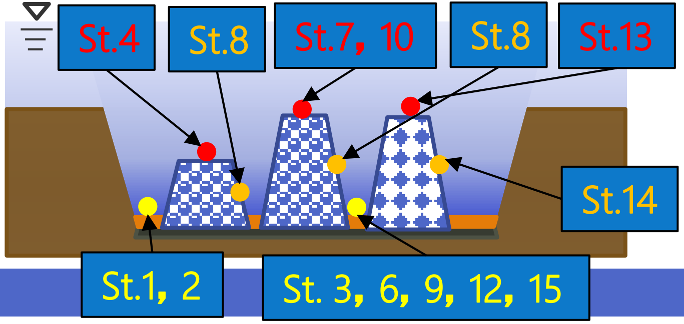
底泥間隙水（PO_4-P）

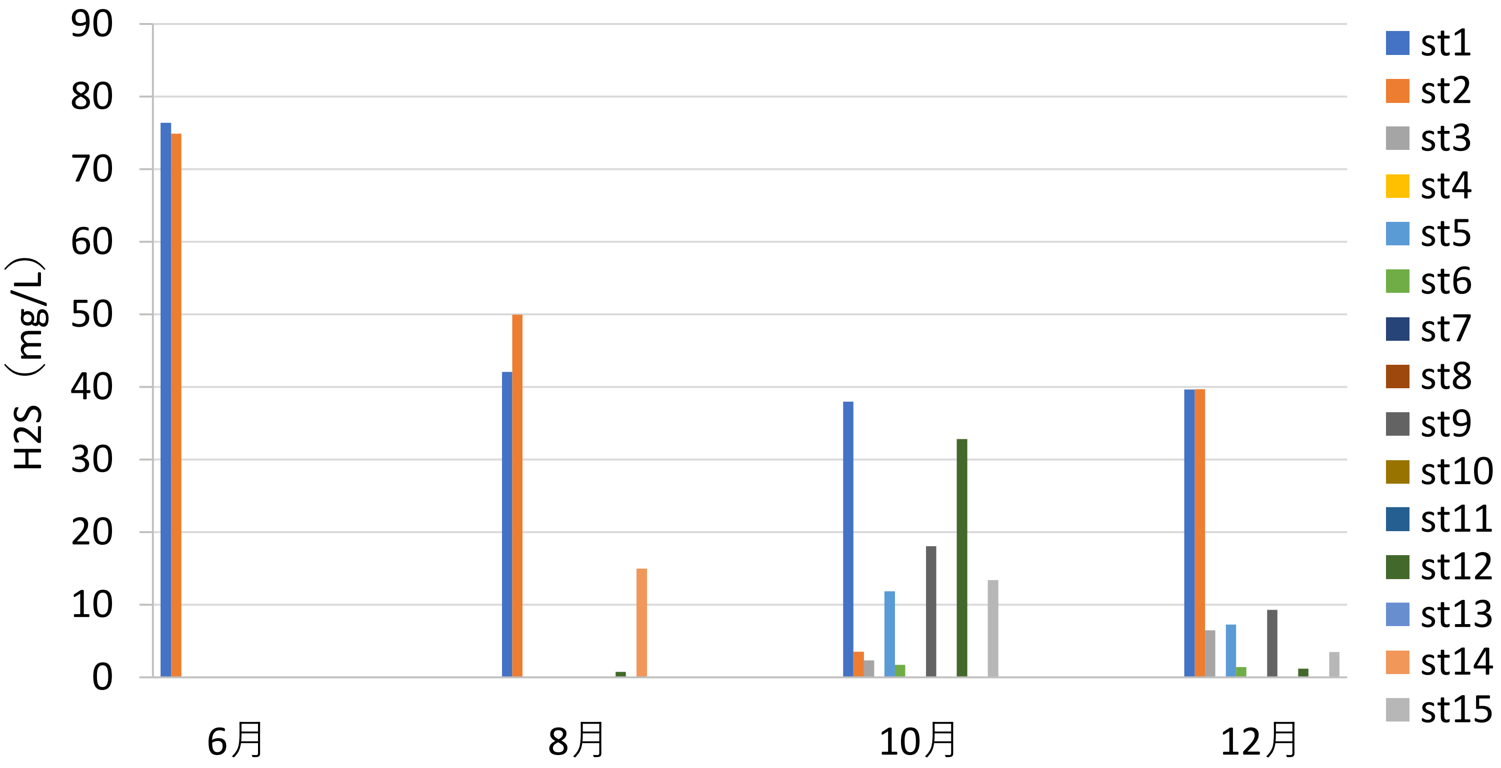




堆積物と石炭灰造粒物微粉末の混合による底泥の希釈，さらにHiビーズ微粉末由来の$Ca(OH)_2$にPO_4-Pが結合して不溶化していると考えられ，St.1，2と比較したときの覆砂区の濃度は，NH_4-NよりもPO_4-Pにおいて明らかに低くなっている。

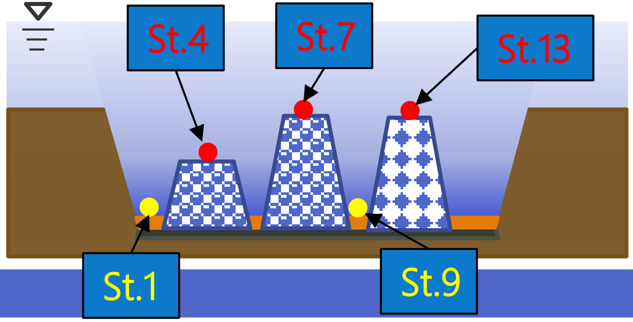
底泥間隙水（H_2S）

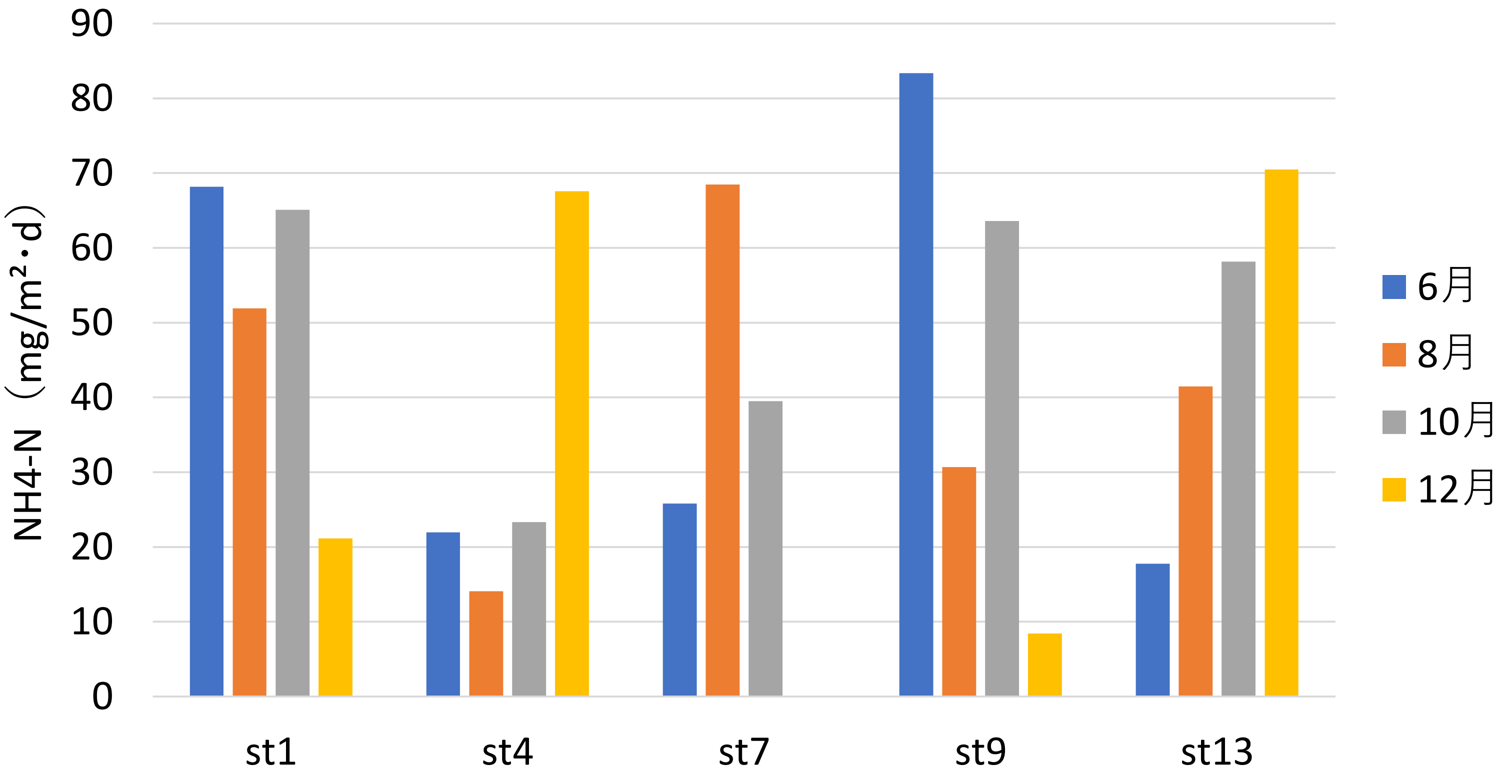




過去の底泥間隙水のH_2S濃度：50～100 mg/L
St.1，2：38～76 mg/L，覆砂区：33 mg/L未満
→石炭灰造粒物微粉末と底泥の混合によりpHが7.7～9.9に上昇し，硫酸還元菌の活性を抑制した可能性

溶出速度（NH_4-N ）





年間を通して0～83 mg N・m^{-2}・day^{-1}。
2017年の調査の最大値：83 mg N・m^{-2}・day^{-1}
→覆砂によりNH_4-Nの溶出は抑制できている。

NH_4-N溶出速度（細井沖）

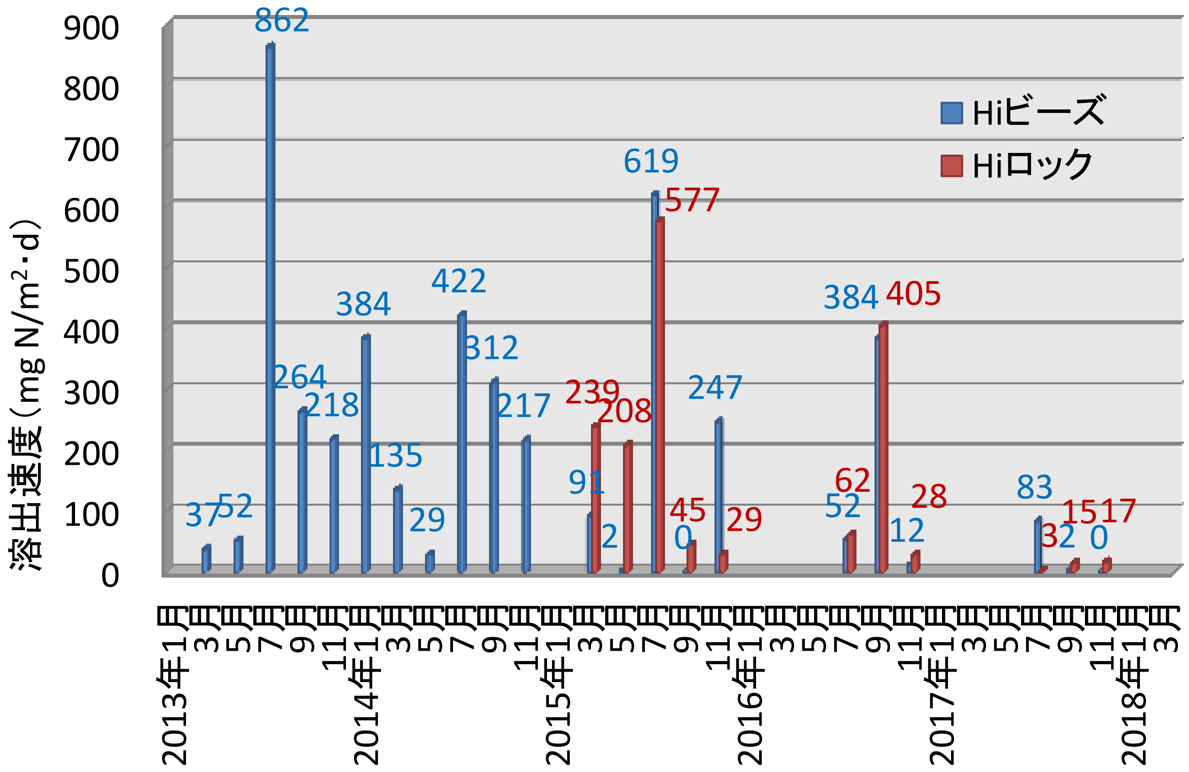


図　細井沖浚渫窪地のNH_4-N溶出速度
（覆砂後）

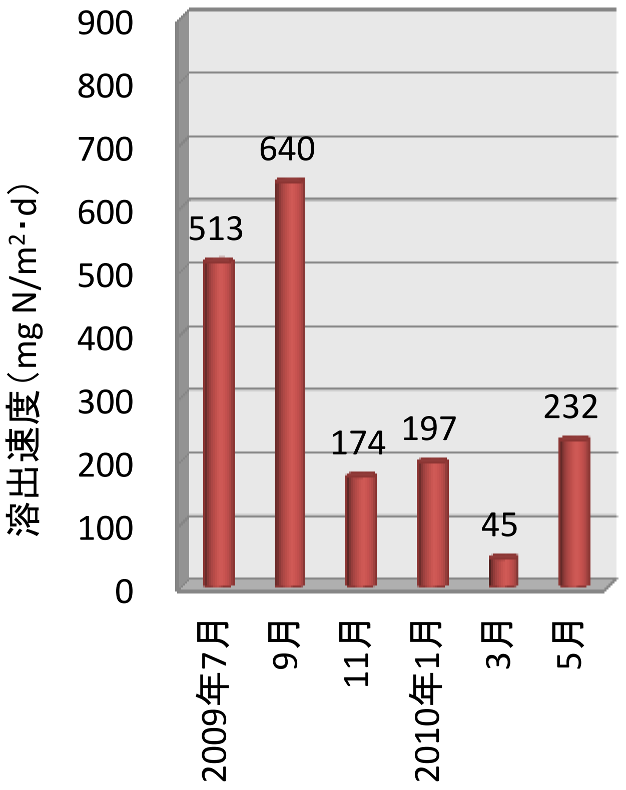
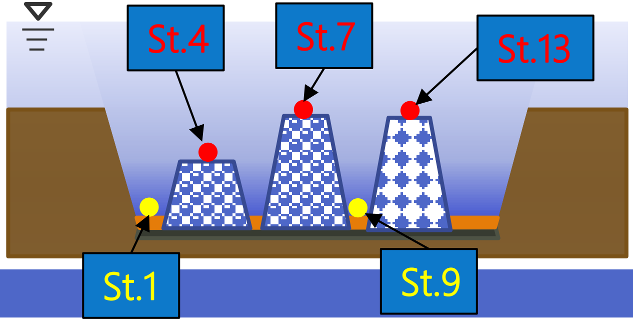
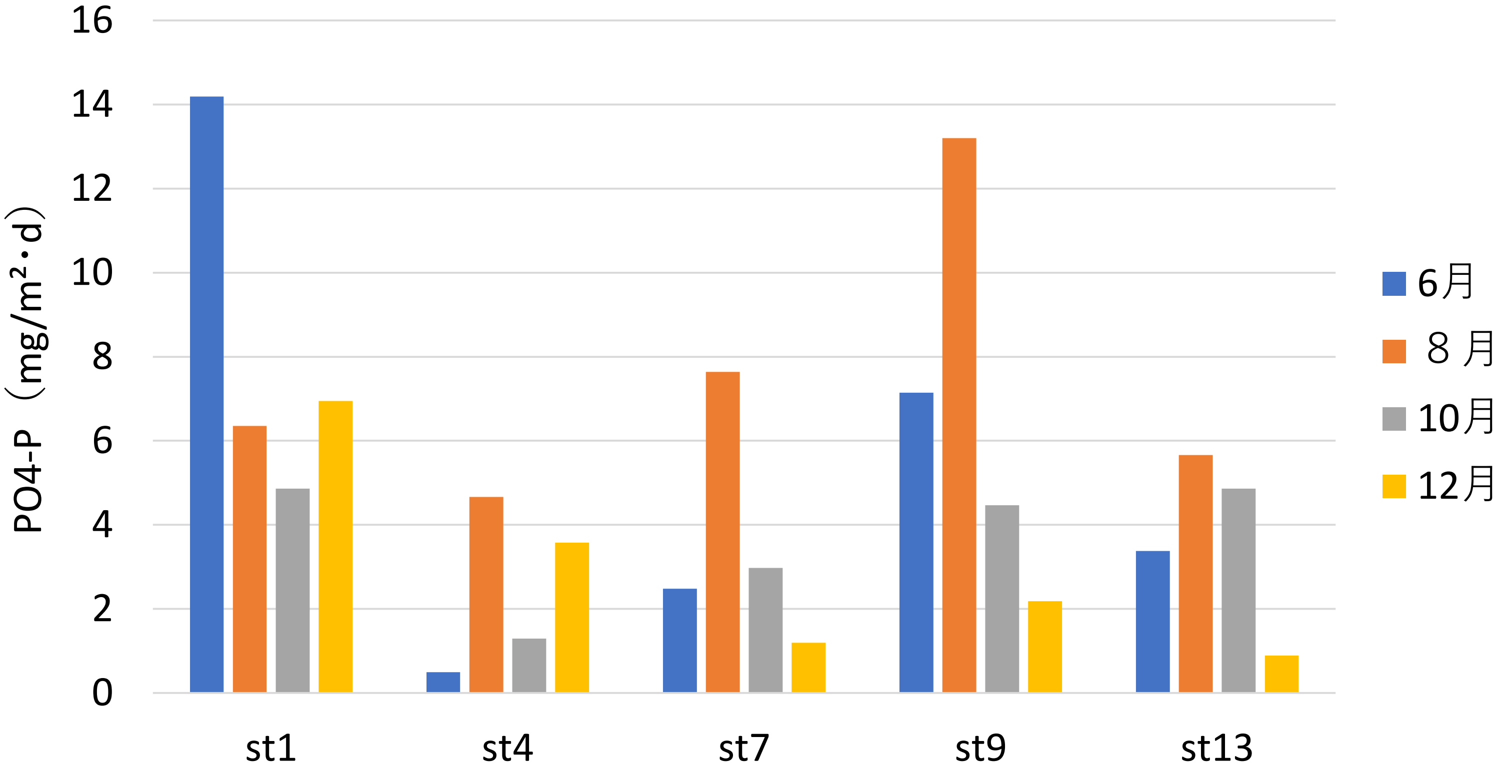


図　細井沖浚渫窪地のNH_4-N溶出速度
（覆砂前2009-2010年）

溶出速度（PO_4-P ）





年間を通して最大値は14 mg P･m^{-2}･day^{-1}
2017年の調査の最大値：36 mg P･m^{-2}･day^{-1}
St.1とSt.9は水深が深い場所であり，高い溶出速度を観測。
→覆砂によりPO_4-Pの溶出は抑制できている。

PO_4-P溶出速度（細井沖）

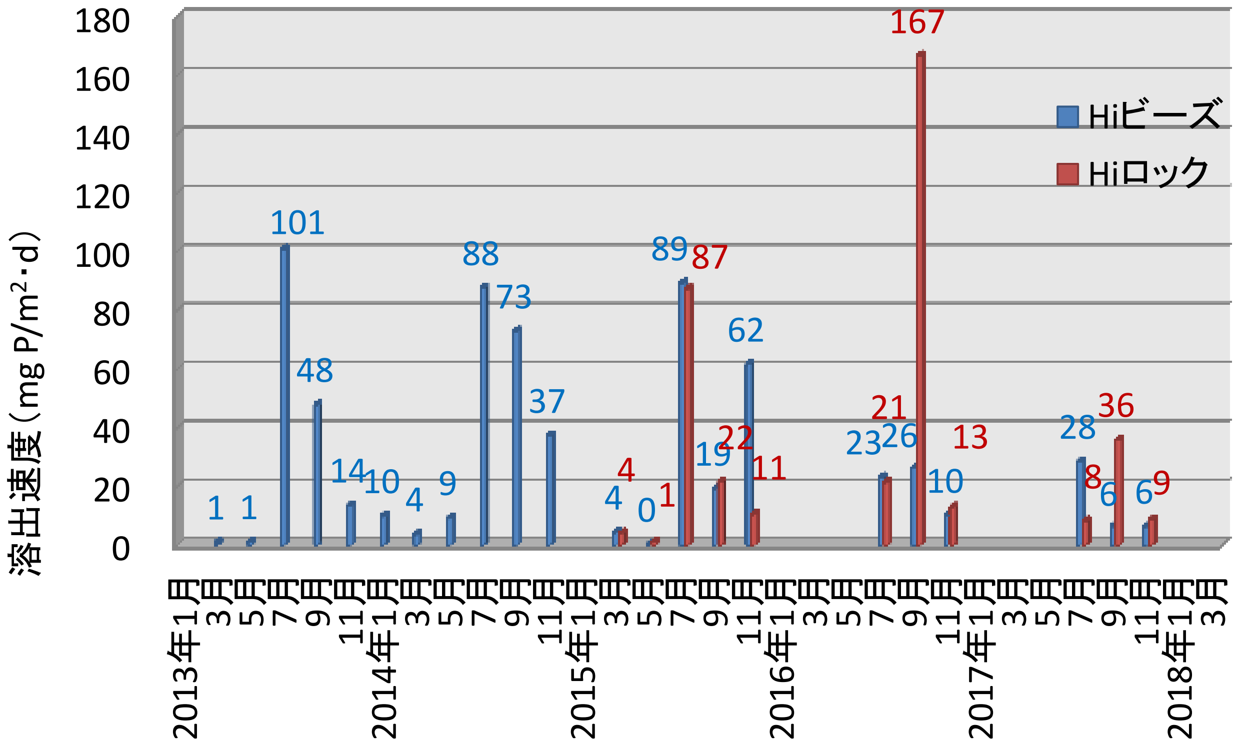


図　細井沖浚渫窪地のPO_4-P溶出速度
（覆砂後）

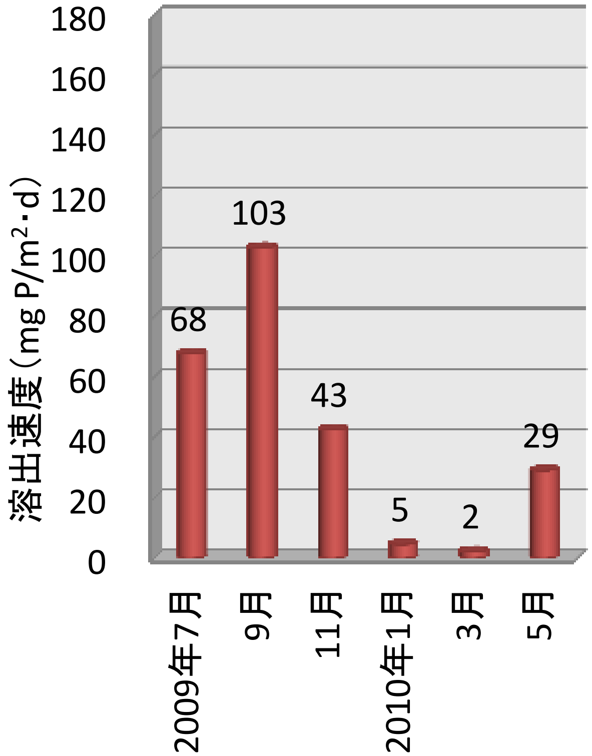


図　細井沖浚渫窪地のPO_4-P溶出速度
（覆砂前2009-2010年）

リン溶出量のイメージ

細井沖浚渫窪地の面積：約50,000m^2

- 溶出速度10mg/m^2・ｄのとき,

  50,000×10＝500,000mg（500g）

  500g×30日＝15,000g/月（15kg/月）

  過リン酸石灰（15%含有）約100kg/月と同等

- 溶出速度100mg/m^2・ｄのとき，5,000g/d供給される。

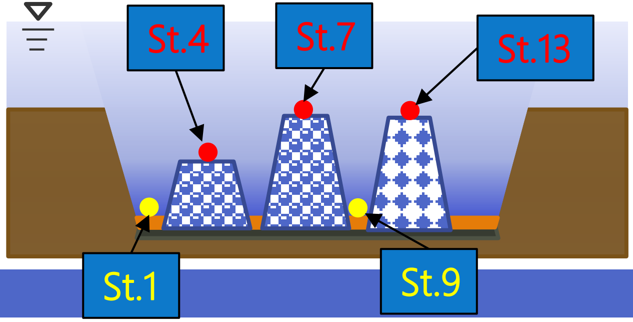
  宍道湖東部浄化センター：

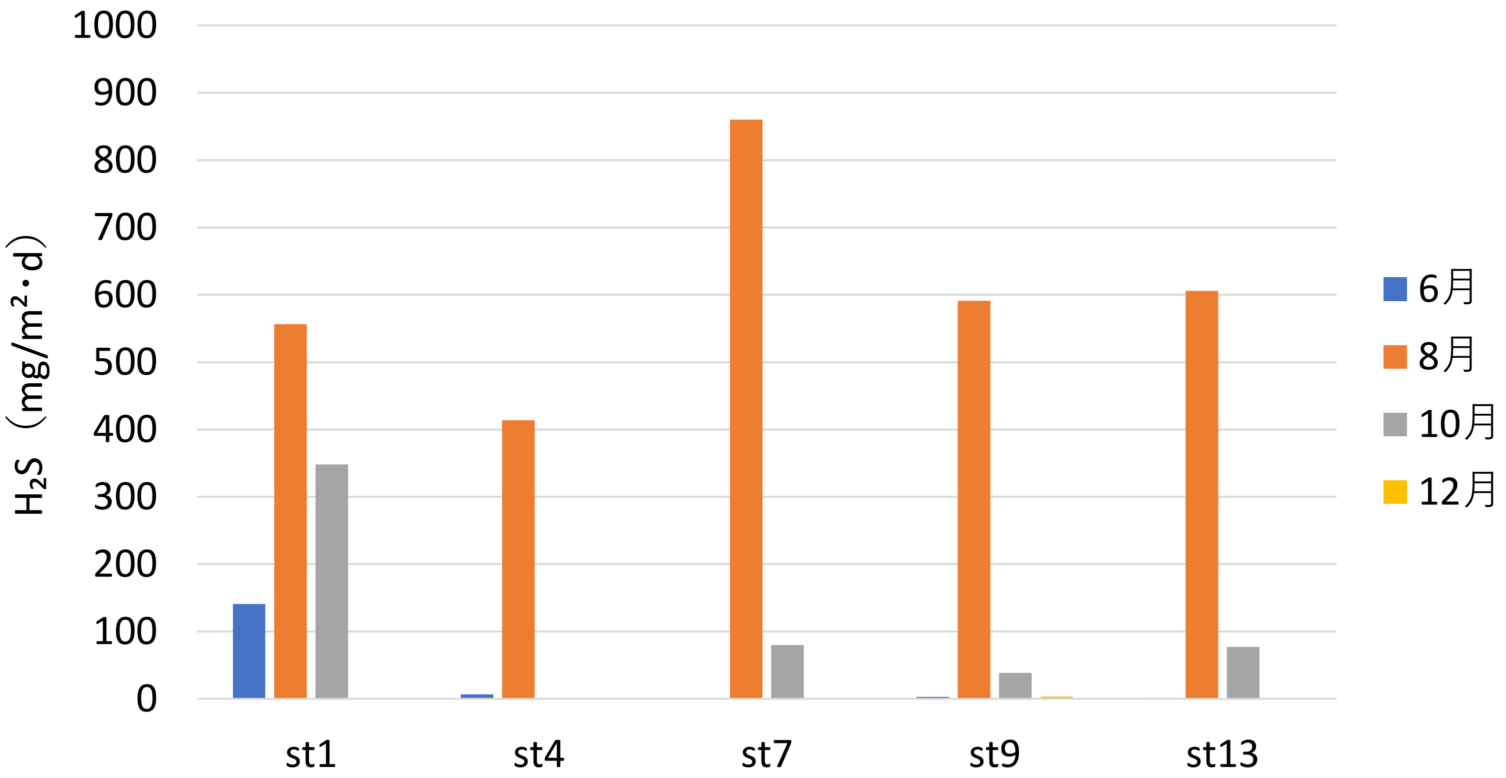
  54,385m^3/ｄ，処理水質0.33mg/L（2018年度）

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

  （松江，玉湯，東出雲，安来を処理）

溶出速度（H_2S）





8月はいずれの地点でも溶出速度が大きい（400～900 mg/m^2･dの範囲）
2017年の調査：最大値2456 mg/m^2･d
→各地点での溶出速度の差はほとんどない。
→覆砂によりH_2Sの溶出は抑制できている。

H_2S溶出速度（細井沖）

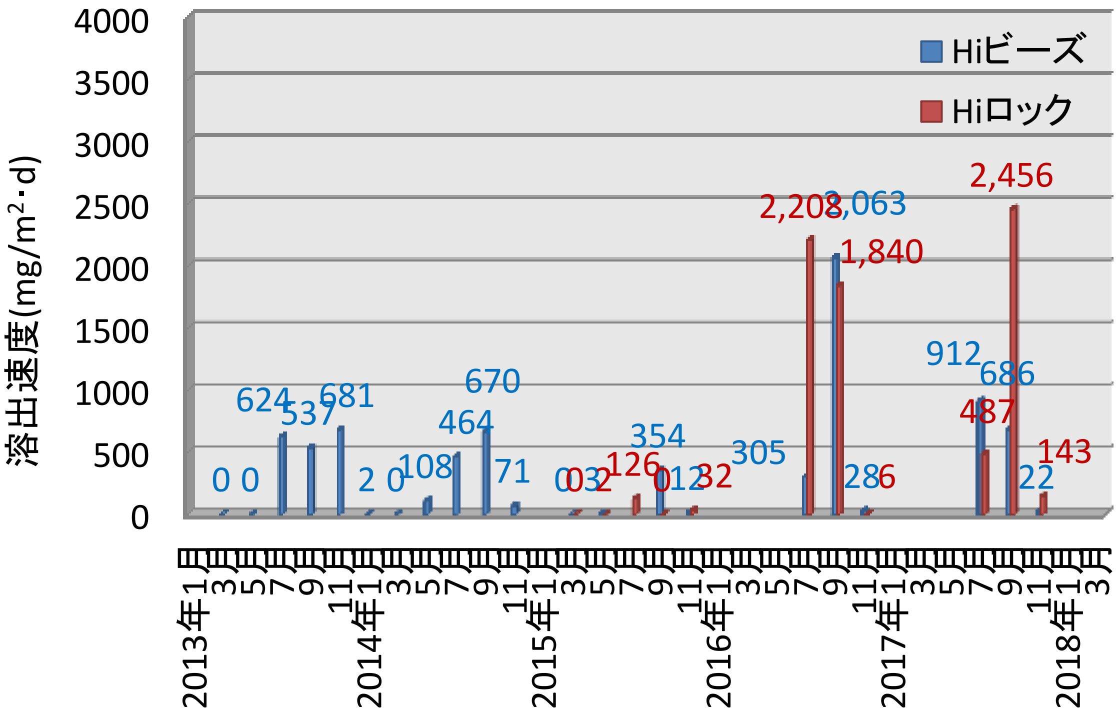


図　細井沖浚渫窪地のH_2S溶出速度（覆砂後）

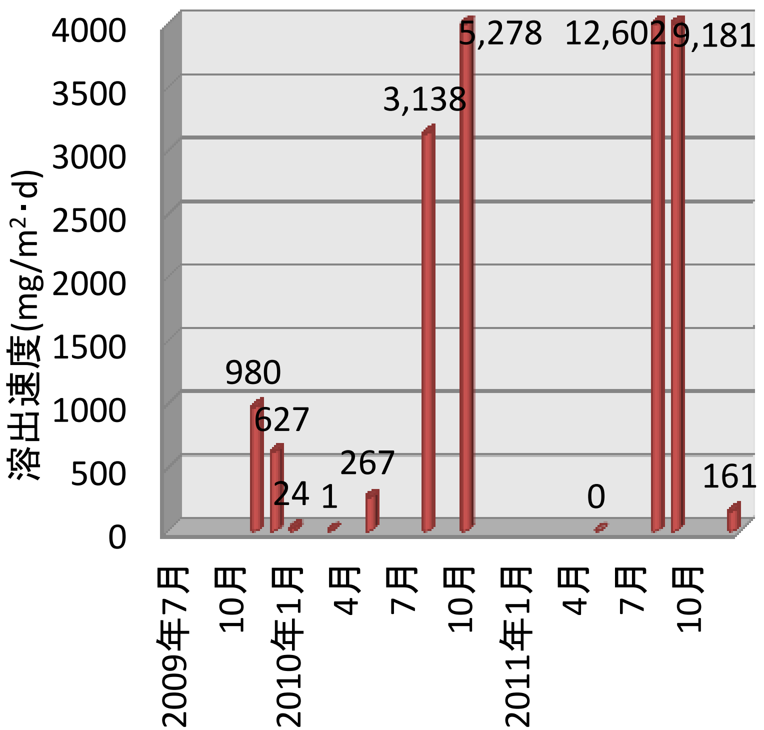
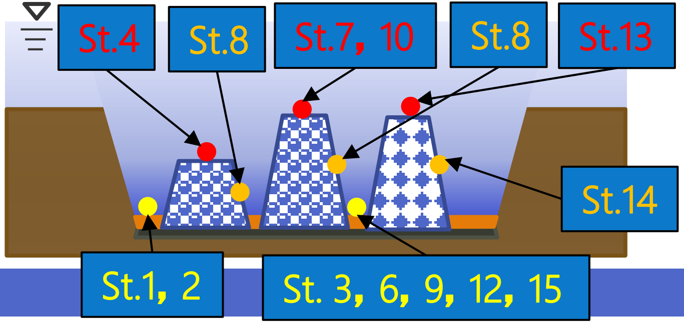
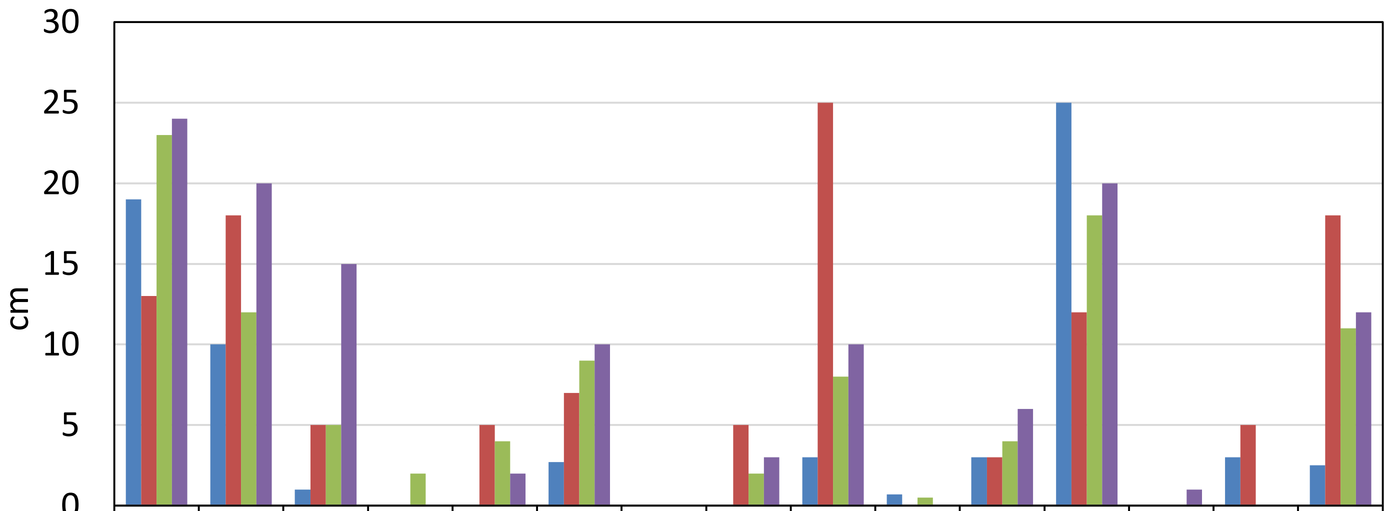


図　細井沖浚渫窪地のH_2S溶出速度（覆砂前2009-2011年）

浮泥厚

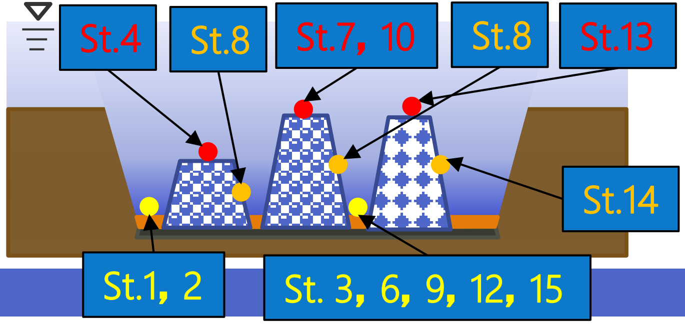


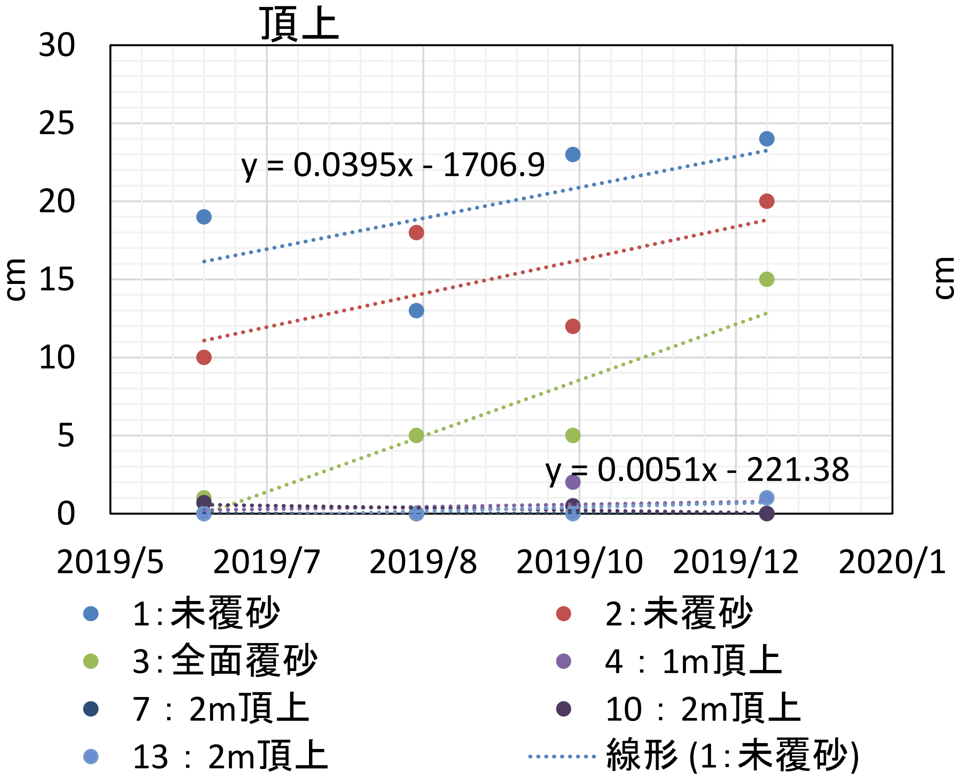


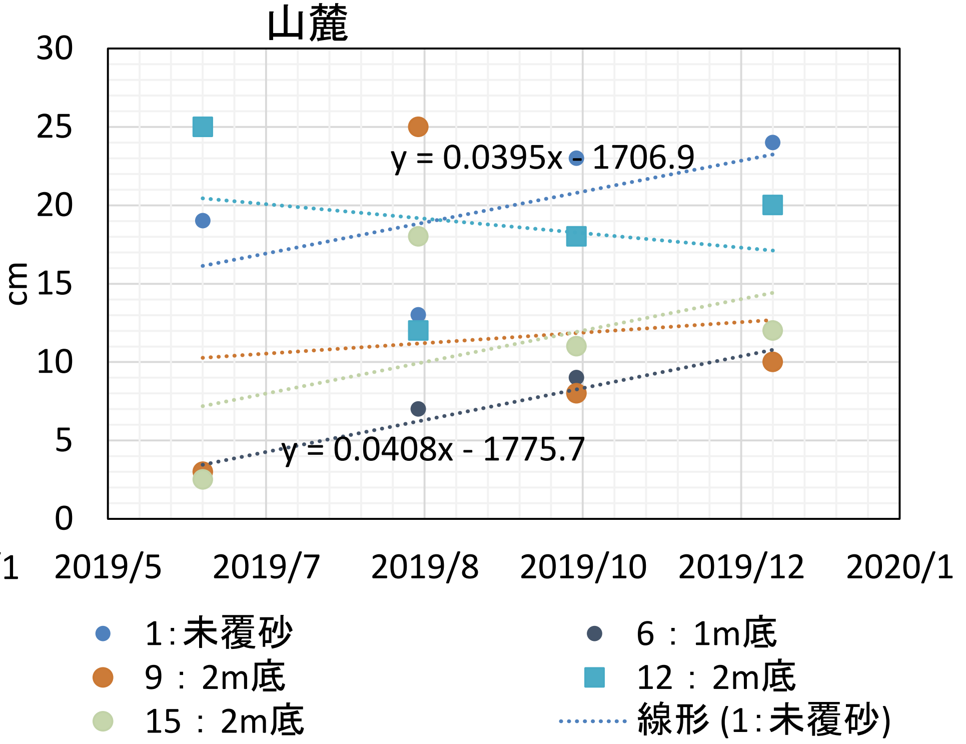
	st1	st2	st3	st4	st5	st6	st7	st8	st9	st10	st11	st12	st13	st14	st15
2019/6/14	19	10	1	0	0	2.7	0	0	3	0.7	3	25	0	3	2.5
2019/8/21	13	18	5	0	5	7	0	5	25	0	3	12	0	5	18
2019/10/10	23	12	5	2	4	9	0	2	8	0.5	4	18	0	0	11
2019/12/11	24	20	15	0	2	10	0	3	10	0	6	20	1	0	12

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）とSt.7，10（2 m山頂）とSt.13（2 m山頂ロック）では浮泥は少なかった。

浮泥厚



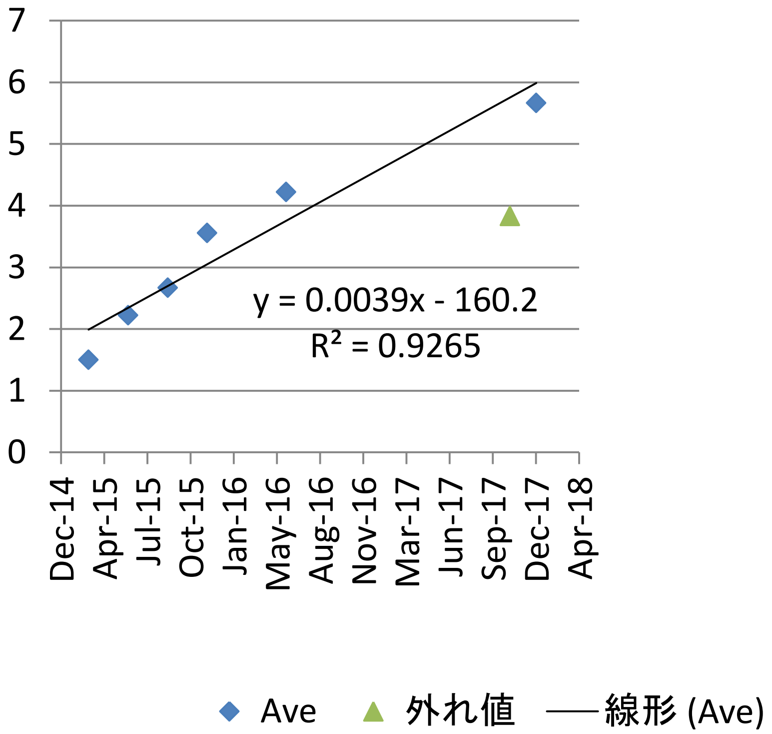




St.4（1 m山頂）とSt.7，10（2 m山頂）とSt.13（2 m山頂ロック）では浮泥は少なく，堆積の進行も少なかった。現時点で差は認められない。
堆積速度：頂上1.83 cm/y，山麓14.6 cm/y
→過去の全面覆砂時1.4 cm/yと同程度･･･覆砂直後の堆積物の増加は単なる沈降物による影響だけでなく，浮泥の移動などの影響があると考えられる

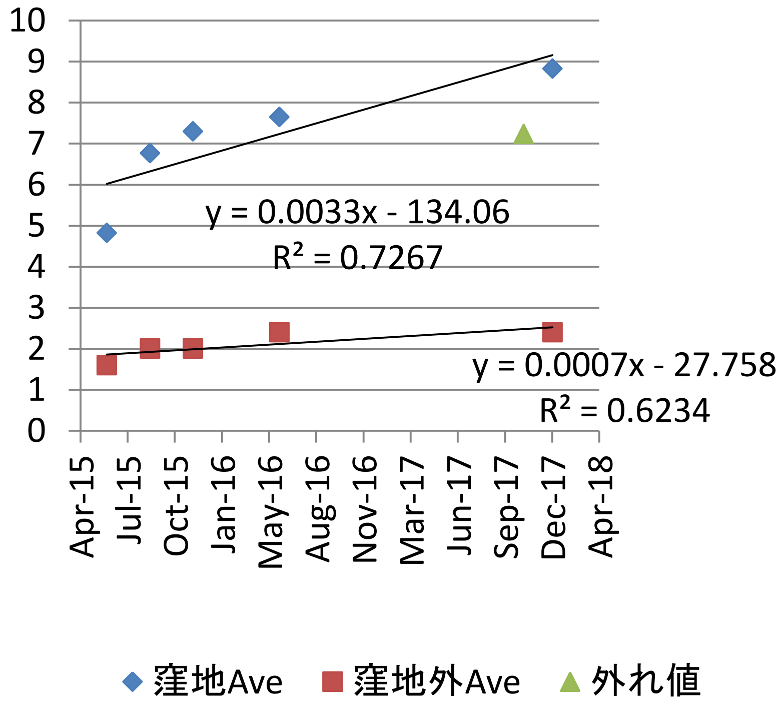
堆積速度

堆積速度　約1.4 cm/年
（0.0039×365＝1.4235cm）

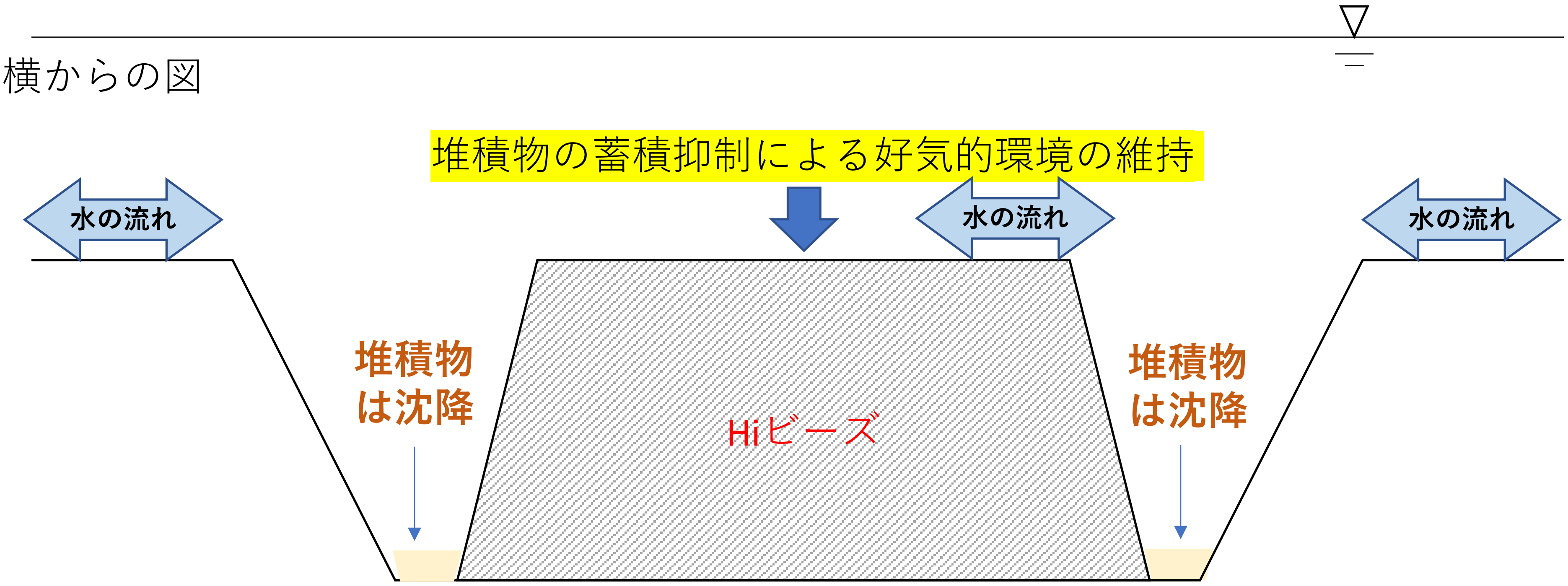
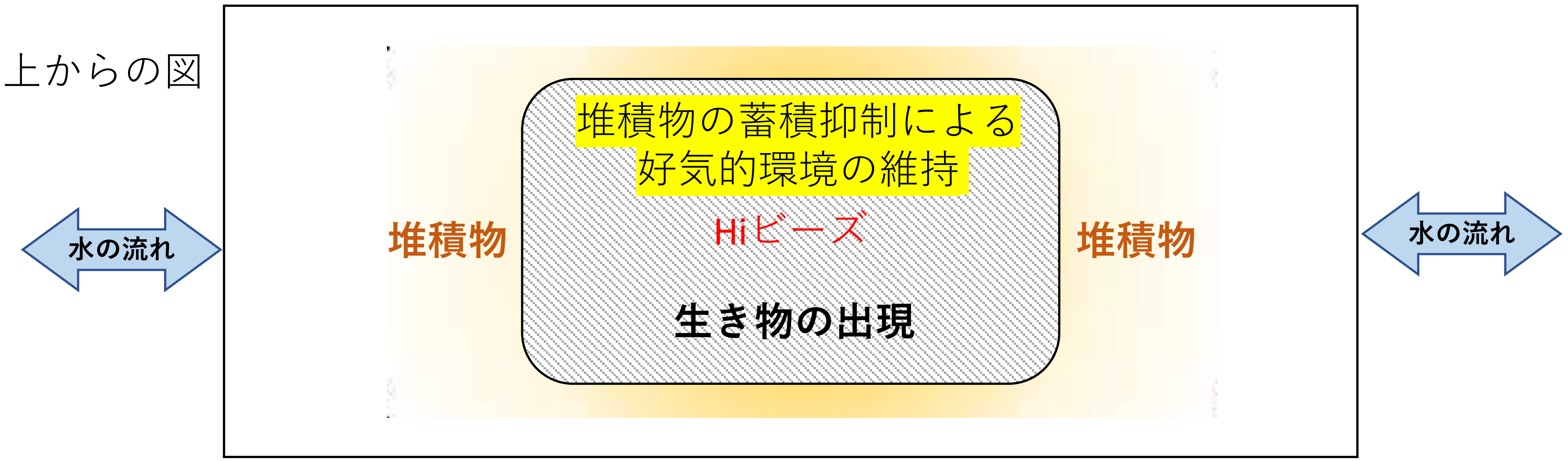


窪地堆積速度　約1.2 cm/年
（0.0033×365＝1.2045 cm）

窪地外堆積速度　約0.3 cm/年
（0.0007×365＝0.2555 cm）



まとめ

- 山形覆砂の頂上ではDOの改善の効果が認められた。
- 山頂でベントスが確認できた。
- 直上水のH_2S濃度は極めて低く，窪地内のH_2S濃度は低く抑えられた。
- 底泥は栄養塩を多く含んでおり，今後の溶出が懸念される。
- 栄養塩・硫化水素の溶出は低く抑制できた。
- 山頂から中腹，山麓にかけて堆積物量は増加しており，現段階では予測通りの堆積傾向となっている。

【第3期～台形覆砂による生物生息域の創出】→国交省等へ提言