

平成 21 年度環境技術実証事業

# 閉鎖性海域における 水環境改善技術

## 実証試験結果報告書

実証機関 : (財) 港湾空間高度化環境研究センター

環境技術開発者 : 新日本製鐵 (株) ・ J F E スチール (株)

技術・製品の名称 : 転炉系製鋼スラグ製品による沿岸域の環境改善技術

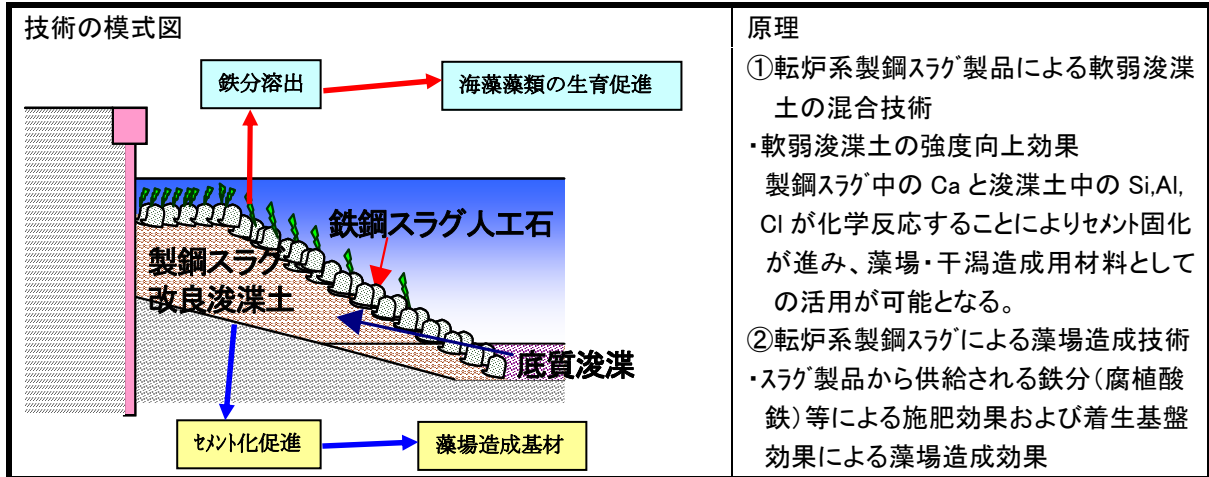
## 目 次

1. 全体概要	1
2. 導入と背景	9
3. 実証対象技術及び実証対象技術の概要	10
3.1 実証対象技術の原理と目的	10
3.2 実証対象技術の原理	11
4. 実証試験実施場所の概要	12
4.1 海域の概況	12
4.2 実証試験実施場所の状況	13
4.3 実証対象技術の配置及び試料採取位置	15
5. 実証試験の方法と実施状況	18
5.1 実証試験工程	18
5.2 目標及び調査項目	18
5.3 実証試験の方法	21
6. 実証試験結果	37
6.1 水質調査	37
6.2 底質調査	61
6.3 溶出試験等	68
6.4 付着生物調査	102
6.5 底生生物調査	122
6.6 海藻類生育状況調査	130
7. 実証試験の評価と結論	149
7.1 目標項目別の評価	149
7.2 実証試験の結論	153
8. 実証試験についての技術実証委員会の見解	154
9. 付録	155
9.1 参考情報	155
9.2 鉄分に関する文献情報	155

## 1. 全体概要

実証対象技術／環境技術開発者	転炉系製鋼スラグ製品による沿岸域の環境改善技術/新日本製鐵(株)・JFEスチール(株)
実証機関	(財)港湾空間高度化環境研究センター
実証試験期間	平成21年5月21日～平成22年3月31日
実証の目的	軟弱浚渫土の混合技術と鉄分の供給による藻場造成技術の複合効果による生物生息環境の改善

## 1. 実証対象技術の概要

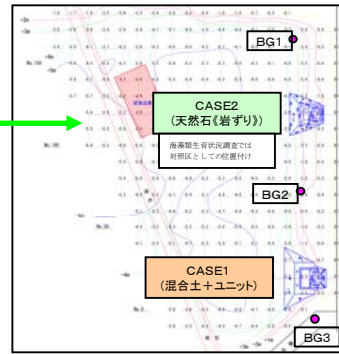
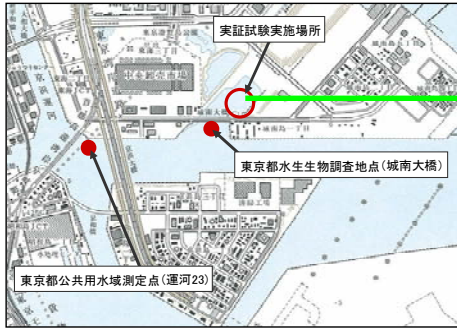


## 2. 実証試験の概要

### ○実証試験実施場所の概要

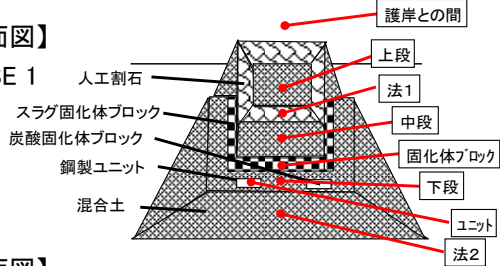
海域の名称 主な利用状況 規模	東京都大田区城南島地先 実証試験実証海域は京浜運河の出口に位置する城南大橋の内側に位置する閉鎖性の強い入り江部である。実証場所の入り口付近は工事交通船や漁船が往来する。 実証試験実施場所の規模は、面積約27,000m <sup>2</sup> 、水深2m程度(A.P.水深)である。	
海域の課題	実証試験場所が位置する城南島周辺水域は、河川や運河からの流入負荷や赤潮等の影響を強く受けるため、水質や底質が悪化しやすい状況にあり、効果の確認にあたってはこの点を十分に留意する必要がある。	
海域の状況	水質	運河の入り江に位置する海域は閉鎖性が強く、海水交換は悪い。H19年度公共用水域の水質測定結果(城南島周辺海域)によるDOは夏季(8月)の上層で8.5mg/L、CODは環境基準値(8mg/L)を上回る16.3mg/Lとなっている。
	底質	濁りの影響を強く受ける海域であるため、常に腐泥の堆積しやすい環境下にある。東京都の調査結果では城南大橋付近で粘土シルト分が75%以上であり、CODが15mg/L(基準値20mg/L)、強熱減量7%、全硫化物量2.3mg/g(基準値0.2mg/g)となっており、東京湾奥部の典型的な底質環境下にある。
	生物生息環境	【底生生物】東京都環境局の調査によれば、城南大橋においては富栄養化海域の指標種になるような多毛類のミズヒキゴカイ、 <i>Pseudopolydora</i> 、 <i>Armandia</i> 、 <i>Capitella</i> が優占的確認されている。これ以外ではホトギス、アサリ等の二枚貝類の生息が認められている。 【海草藻類】実証試験海域および周辺海域における生息は確認されていない。

○実証対象技術の設置後の状況

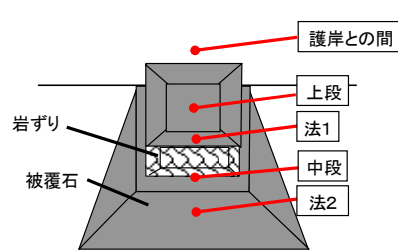


【平面図】

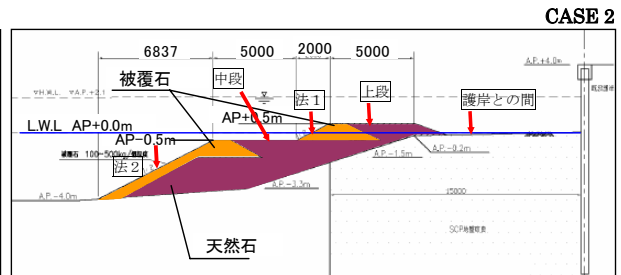
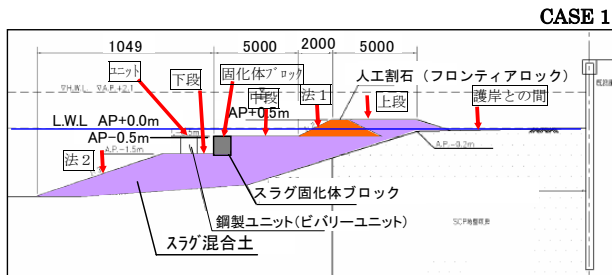
CASE 1



CASE 2



【断面図】



3. 維持管理にかかる技術情報

○使用資源量・生成物処理量

項目	単位(適宜設定)	結果
消耗品及び電力使用量	—	消耗品及び電量使用量はない
汚泥や廃棄物の物理化学的特性と頻度	—	汚泥や廃棄物の発生はない
薬剤	—	薬剤の使用はない

○維持管理項目

管理項目	技術者の必要性	一回あたりの管理時間	管理頻度
維持管理に必要な作業項目	<input type="checkbox"/> 要 <input checked="" type="checkbox"/> 不要	—	—
使用者に必要な維持管理技能	<input type="checkbox"/> 要 <input checked="" type="checkbox"/> 不要	—	—

○維持管理に係るその他の特記事項

特になし

4. 実証試験結果

○実証試験の目標と結果

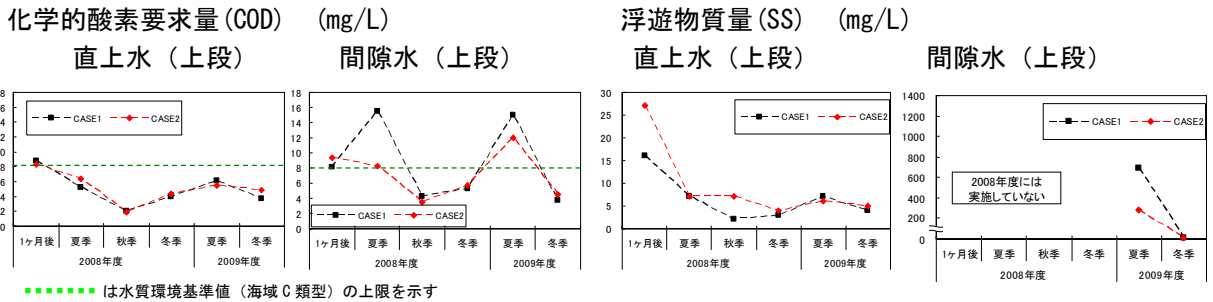
調査項目	目標水準
水質調査	水質汚濁に係る環境基準を満たすこと又は対照区、周辺水域データと比較して同等であること
底質調査	水産用水基準を満たすこと又は周辺海域データと比較して同等であること
溶出試験	海洋汚染及び海上災害防止に関する法律に準拠して水底土砂の海面埋立処分に係る基準に適合すること

調査項目	目標水準
溶出速度試験	鉄分の供給効果が認められること。りん酸態りん、硫化物等で溶出抑制または吸収効果が認められること
底質強度試験	施工直後よりも安定して試験区が保たれていること
生物調査	現存量や海藻の生育が対照区、バックグランドデータと比較して同等もしくはそれ以上であること

(1) 水質調査(平成 20 年度環境モニタリングと合わせて評価)

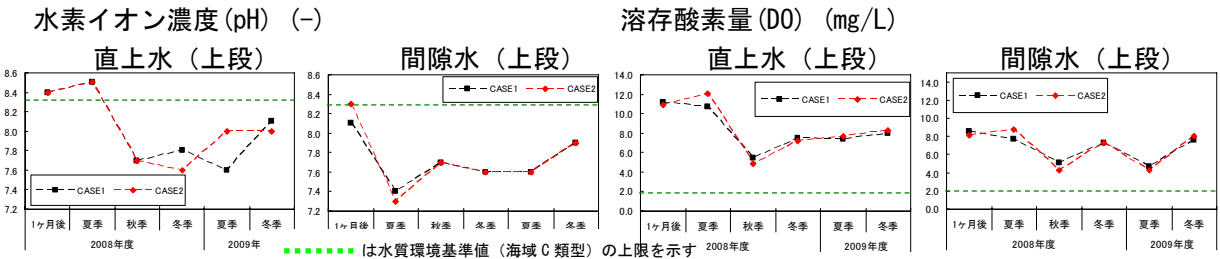
試験区：CASE1 (スラグ混合土+ユニットのマウンド)
対照区：CASE2 (天然石のマウンド)

○ 間隙水の調査結果(昨年度結果を含む)では、試験区において化学的酸素要求量(COD)、浮遊物質(SS)の上昇が認められたが、直上水への影響は認められなかった。

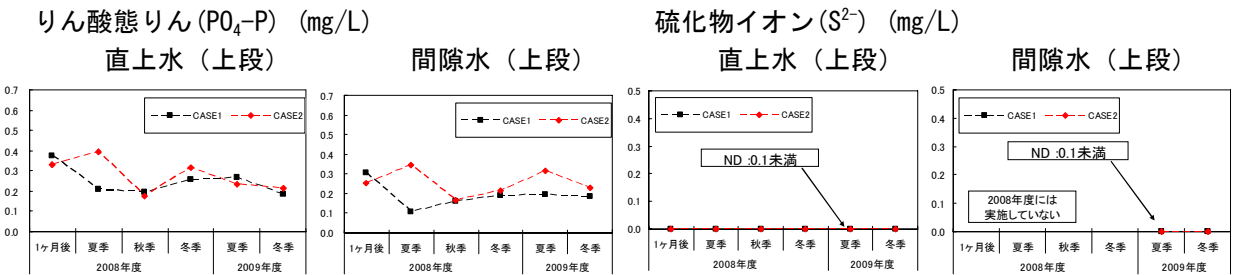


○ 試験区(CASE1)と対照区(CASE2)の比較において

- ・ 水素イオン濃度(pH)はスラグ製品中の石灰分の水和化に伴う上昇は認められなかった。
- ・ 溶存酸素量(DO)は試験区と対照区で差は認められず、同程度のレベルを維持した。

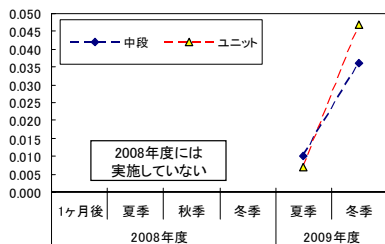


- ・ りん酸態りん(P<sub>04</sub>-P)は夏季調査時(間隙水)において、スラグ製品中の石灰分が遊離、水和化する過程で不溶性のりん酸アパタイトの生成によるりんの吸着効果が示唆された。
- ・ 硫化物イオン(S<sup>2-</sup>)は試験区と対照区で差は認められず、同程度のレベルを維持した。



・ 本調査とモニタリング調査より鉄分の供給効果が示唆されたが、対照区においても高い傾向にあった。

CSAE1(直上水)二価鉄(微量分析)(mg/L) 表1 二価鉄(微量分析)のモニタリング結果(mg/L)



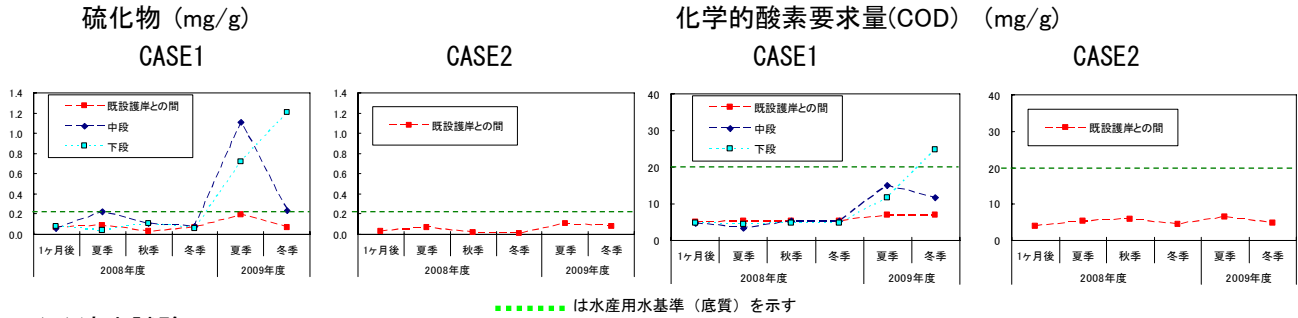
測定場所	平成 21 年			平成 22 年
	4 月	8 月(設置前)	11 月(設置後)	2 月
CASE1 鋼製ユニット	0.028	0.022	0.029	0.110
CASE2 中段	0.022	-	-	0.062

(データ提供: 新日本製鐵(株) 分析機関: (株)日鐵ケリサーチ)

(2) 底質調査(平成 20 年度環境モニタリングと合わせて評価)

試験区：CASE1 (護岸との間) 対照区：CASE2 (護岸との間)

○マウンド後背地である「既設護岸との間」については、試験区は対照区とほぼ同様の推移を示し、水産用水基準を満たしていた。



(3) 溶出試験

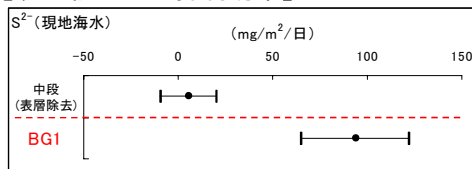
○対象とした重金属類 10 成分については水底土砂の判定基準を満足しており、着手時に実施した混合材の各材料 (製鋼スラグ製品及び浚渫土) の試験結果を裏付ける結果であった。

(4) 溶出速度試験

試験区 (CASE1) 中段 (表層の堆積物を除去した状態の試料を採取して実施)

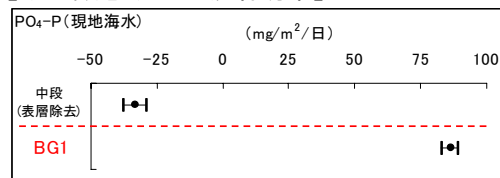
○硫化物、りん酸態りんについて、抑制あるいは吸着効果が認められた。

【硫化物イオン抑制効果】



試験区は対照区よりも明らかに硫化物イオン増加速度が遅く、硫化物イオンの抑制効果が認められた

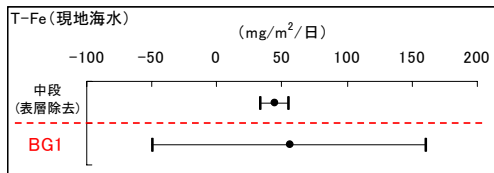
【りん酸態りんの吸着効果】



試験区は明らかにりん酸態りんも吸着効果が認められた

○鉄分の供給効果については、増加が認められたが対照区との明瞭な差は認められなかった。

【鉄分の供給】 (T-Fe)



試験区で鉄分の増加が認められたが、対照区と明確な差が認められなかった

(分析方法：ICP-AES 発光光度法 JIS K 0102 (2008))

(5) 底質強度試験

○試験区 (CASE1) 上段の強度試験においては昨年より強度が増加していたが、中段では昨年とほぼ同程度であった (表 2)。

表 2 混合材強度試験結果

城南島	一軸圧縮強度試験 (kN/m <sup>2</sup> )	
ケース1	上段	474.9
	中段	31.9

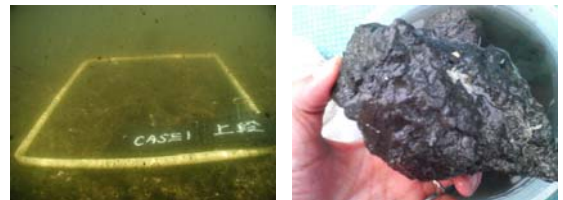


図 1 CASE1 の状況とスラグ混合土(一軸圧縮試験試料)

右:上段 左:スラグ混合土(中段)

(6) 生物調査

試験区:CASE1(スラグ混合土+ユニットのマウンド)	バックグランド:BG1、BG2 (底生物)
対照区:CASE2(天然石のマウンド)	バックグランド:BG3 (付着生物)

① 付着生物 (夏季、冬季における種類数、個体数及び湿重量についての検討結果)

○試験区 (CASE1) とバックグランドとの比較において、冬季の湿重量を除き試験区 (CASE1) で同等、あるいは増加傾向にあった。また、CASE1 と CASE2 との比較においては湿重量において、CASE2 で増加した (図 2)。これは、CASE2 では大型の付着生物のマガキで構成されていたためである。試験区

(CASE1)の上段においては、石積み護岸のバックグラウンド (BG3) とほぼ同様の生物相が形成されているものと考えられた。

種類数

個体数  
(個体/m<sup>2</sup>)

湿重量  
(g/m<sup>2</sup>)

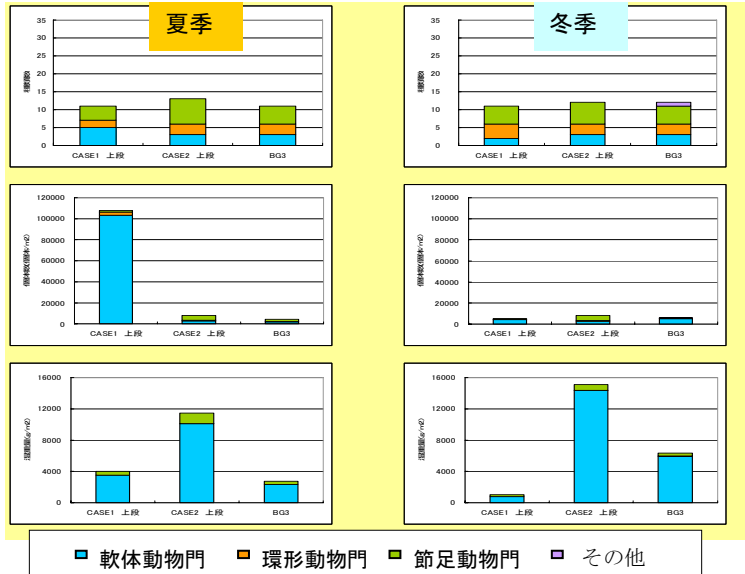


図2 バックグラウンド (BG3) とCASE1(試験区)で同じレベルにある付着生物群集の比較

②底生生物 (夏季、冬季における種類数、個体数及び湿重量についての検討結果)

○試験区 (CASE1 護岸との間) とバックグラウンドとの比較において、CASE1 護岸との間 (試験区) でほぼ同等であった。また、試験区 (CASE1 護岸との間) と対照区 (CASE2 護岸との間) の比較では試験区 (CASE1 護岸との間) で増加傾向あるいは同等であった (図3)。

種類数

個体数  
(個体/m<sup>2</sup>)

湿重量  
(g/m<sup>2</sup>)

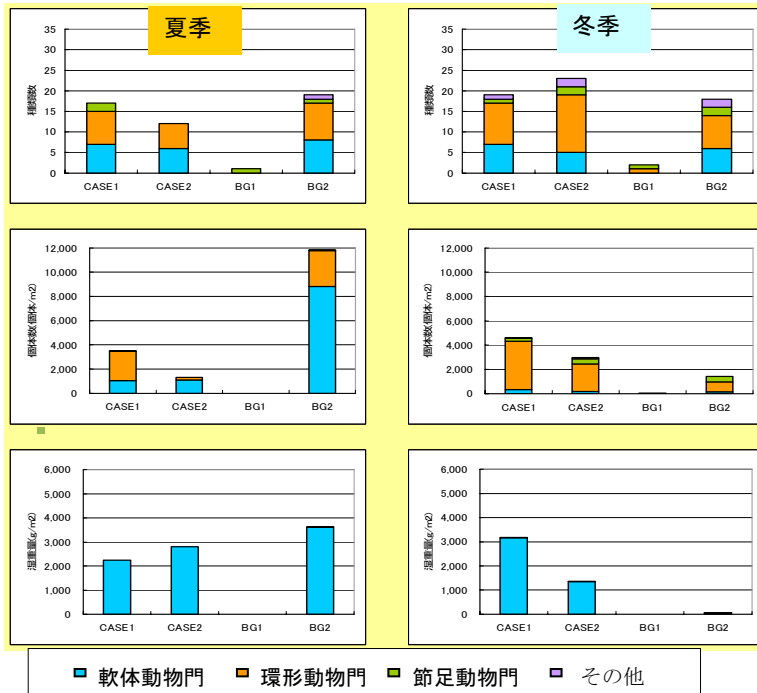


図3 CASE1 (試験区)、CASE2 (対照区) 及びバックグラウンドにおける底生生物群集の比較

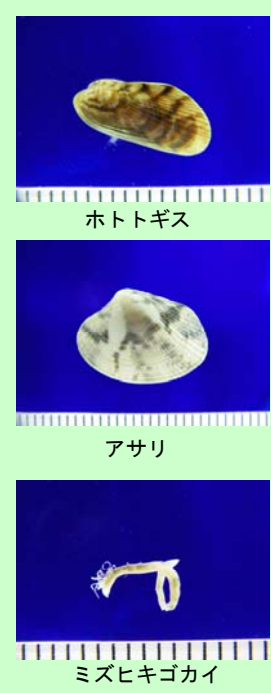


図4 出現した代表的な種類

○試験区 (CASE1 護岸との間) と対照区 (CASE2 護岸との間) 及びバックグラウンドで出現した主な種類は、いずれも東京湾奥部にみられる代表的な種類であり (図4)、量的にも妥当であった。

これらのことより、スラグ混合土を用いて造成したマウンドの後背部においては、バックグラウンド及び周辺の海域の底生生物と変わらない状況にあることが考えられた。

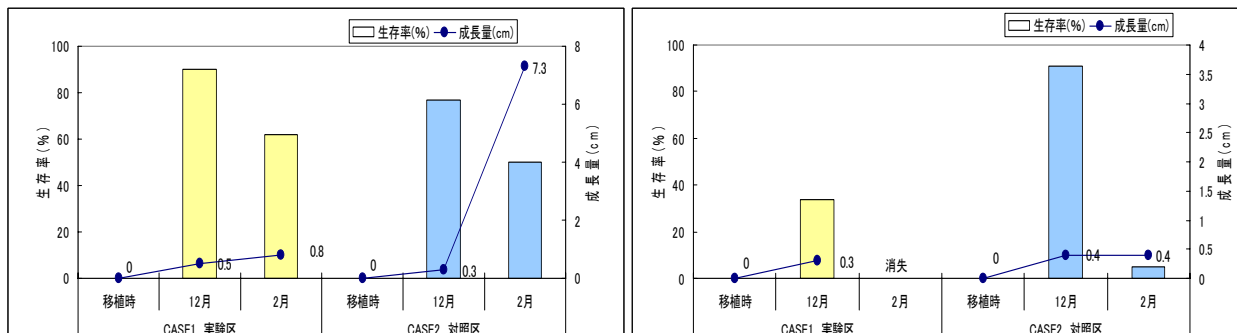
③海藻類生育状況調査

○コンブは試験区 (CASE1) と対照区 (CASE2) の比較で、生存率は試験区で高かったが、生長量は対照区で高かった (図5左)。対照区で生長量が高いのは、法2において特異的に成長した2株があったためである。12月以降、付着生物や浮泥の影響を受ける環境下において、対照区での成長量が増加し



たのは試験区よりも光条件が若干良かったためと推測される。

○ワカメは試験区（CASE1）と対照区（CASE2）の比較で、生存率、生長量ともに対照区で高かった。また、生長は微増であった（図5右）。成長量からは対照区、試験区ともにほとんど成長できない環境にあったものと推測される。



※成長量は、各調査日の全長の平均値から移植時の全長の平均値を引いた値

図5 コンブ（左）及びワカメ（右）の生存率と成長量の比較（ロープによる移植）

○アカモクについての結果は得られなかった。

移植藻体への生物付着、浮泥堆積などの条件が認められたため（図6）、藻類の生長を阻害した可能性が考えられた。一方、鉄分の供給は確認されているが、この条件を覆して藻体の生長に大きなインパクトを与える効果はなかったものと推測される。

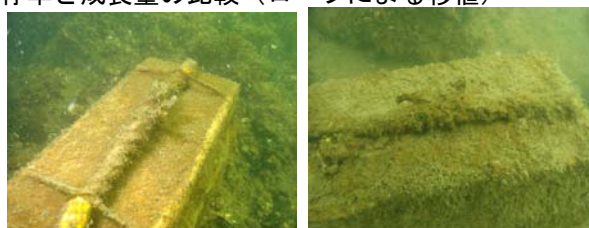


図6 移植藻類の生育状況（左：ロープ移植のワカメ 12月、右：同 2月）

### ○実証試験の結論

#### ①【転炉系製鋼スラグ製品による軟弱浚渫土の混合改良技術】

軟弱浚渫土の混合改良技術においては 2 年の実験後においても浚渫土スラグ混合マウンドからの溶出物質（重金属類 10 成分）については水底土砂の判定基準を満たしていることが確認された。また、浚渫土の強度増進効果が認められた。設置による水環境の悪化は認められず、りん酸イオンと硫化物イオンの溶出抑制あるいは吸着機能が確認された。

#### ②【転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術】

閉鎖性海域における転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術においては、浚渫土スラグ混合マウンドの造成後、基盤の安定化と共に鉄分の供給が示唆された。マウンド設置後、徐々に周辺海域と類似の生物相へ遷移したことが確認できた。なお、本海域においては鉄分が豊富に存在したため、鉄分供給による移植海藻類の生長促進効果は明確には認められなかった。

### ○実証試験についての技術実証委員会の見解

#### ①【転炉系製鋼スラグ製品による軟弱浚渫土の混合改良技術】

環境負荷に配慮した干潟・浅場造成材として適用できる技術であると評価される。

○技術的課題や改善の方向性 特になし

○他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点 特になし

#### ②【転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術】

鉄分の供給による海藻類の生長促進効果は限定的であったが、鉄分が枯渇する海域等に展開した場合、報告書の鉄分に関する文献情報に示されるように、藻体の生長に寄与することが示唆された。

○技術的課題や改善の方向性 特になし

○他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点

藻場造成材として本技術の効果を発揮させるためには、鉄分濃度等の海域の環境特性を考慮して適用すべきであると評価される。

(参考情報)

注意:このページに示された技術情報は、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○技術データ

項目		環境技術開発者 記入欄			
技術名称		転炉系製鋼スラグ製品による沿岸域の環境改善技術 (軟弱浚渫土の混合改良技術、鉄分等の供給による藻場造成技術)			
企業名		新日本製鐵(株)・JFEスチール(株)			
連絡先	TEL/FAX	新日本製鐵(株) TEL(03)6867-6199 / FAX(03)6867-3586			
	Web アドレス	新日本製鐵(株) http:// www.nsc.co.jp/			
	E-mail	新日本製鐵(株) yokoo.masayoshi@nsc.co.jp			
設置方法		<ul style="list-style-type: none"> <li>・底質浚渫土と転炉系製鋼スラグを混合した混合土により浅場・干潟を造成(造成面積は約 600 m<sup>2</sup>、土量 1,200m<sup>3</sup>)</li> <li>・藻場造成基質として鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材、炭酸固化体ブロックを設置するとともに鉄分供給用の鋼製ユニット(ビバリーユニット)を設置</li> </ul>			
設置・調整期間		—			
コスト概算  本コストは直接工事費で、現場諸条件(工事規模や対象水域の水深等)により変動するため範囲で記載		費目	単価(円)	数量	計(円)
		イニシャルコスト	2,400,000~12,000,000	1	2,400,000~12,000,000
		土木費	2,400,000~12,000,000	1	2,400,000~12,000,000
		資材費 ( )	上に含む —	—	上に含む —
		ランニングコスト(月間)	0	0	0
		薬剤費	0	0	0
		その他消耗品費	0	0	0
		生成物処理費・販売収入	0	0	0
		電力使用料	0	0	0
		維持管理人件費	0	0	0
円/(1m <sup>3</sup> ・1m <sup>2</sup> )あたり	0	0	0		

○その他 本技術に関する補足説明(導入実績、受賞歴、特許・実用新案、コストの考え方の補足 等)

◆導入実績【軟弱浚渫土の混合改良技術】

- ・大阪府堺浜北泊地にて混合土によるマウンド造成(H18年、H19年)
- ・愛知県三河湾にて混合土によるマウンド造成(H20年)

【鉄分等の供給による藻場造成技術】

- ・北海道増毛町(H16年)、寿都町(H18年)、函館(H18年)
- ・長崎県鷹島(H18年)、三重県志摩市(H20年)、東京都三宅島(H20年) 他多数

◆特許

- ・特願 2005-021874 浅場の造成方法 JFEスチール
- ・特願 2005-171032 製鋼スラグを利用した水質改善方法 新日本製鐵
- ・特願 2003-090733 スラグ硬化体の製造方法 JFEスチール 50、新日本製鐵 50
- ・特許 4069056 干潟、浅場用水域環境修復材料 新日本製鐵

◆受賞歴

- ・第11回国土技術開発賞・優秀賞(鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材)

## 2. 導入と背景

環境技術実証モデル事業は、既に適用が可能な段階にありながら、環境保全効果等について客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者が客観的に実証する事業をモデル的に実施することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展を促進することを目的とする。

本実証試験は、「転炉系製鋼スラグ製品による沿岸域の環境改善技術」として軟弱浚渫の混合による浅場・干潟造成材への利用、鉄分等の供給による藻場造成技術及びこれらの複合効果による生物生息環境の改善を図るための構造物を対象にした環境技術についてモニタリング調査を実施し、環境技術実証の手法・体制の確立及び環境技術の普及促進、環境保全と環境産業の発展に資することを目標としている。

### 3. 実証対象技術及び実証対象技術の概要

#### 3.1 実証対象技術の原理と目的

##### 3.1.1 目的

「転炉系製鋼スラグ製品による沿岸域の環境改善技術」として軟弱浚渫土の混合による浅場・干潟造成材への利用、鉄分等の供給による藻場造成技術及びこれらの複合効果による生物生息環境の改善を図る。また、実証対象技術の模式図を図 3-1-1 に示す。

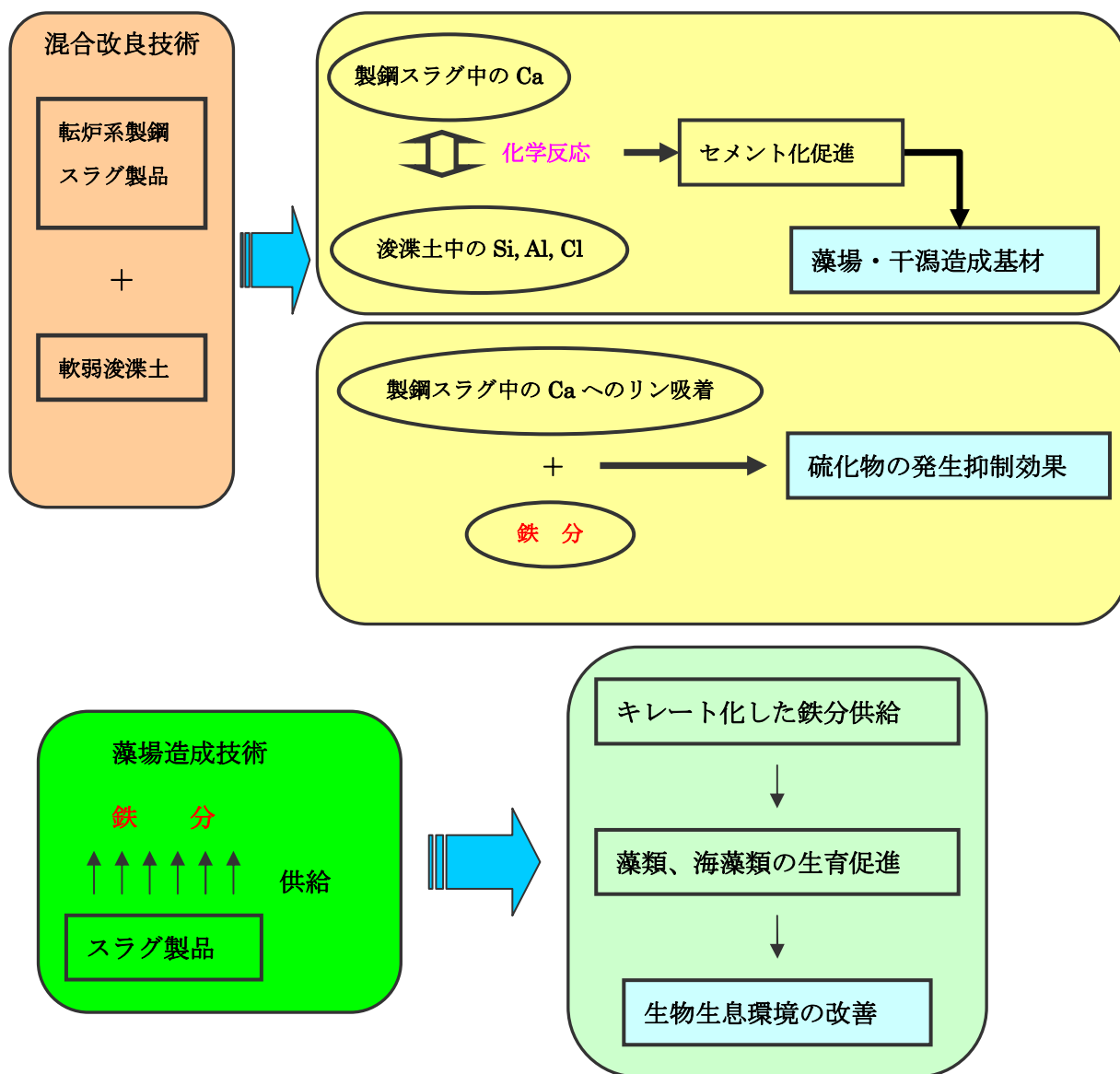


図 3-1-1 実証対象技術の模式図

## 3.2 実証対象技術の原理

### 3.2.1 科学的機構

#### 転炉系製鋼スラグ製品による軟弱浚渫土の混合改良技術

○軟弱浚渫土の強度向上効果について

製鋼スラグ中の Ca と、浚渫土中の Si、Al、Cl が化学反応することによって、セメント固化が進み、浚渫土の強度を改善し、藻場・干潟造成用の材料としての活用が可能になる。

○製鋼スラグの化学成分による浚渫土・底質改善効果

鉄鋼スラグ中の Ca によるリンの吸着及びアルカリ、鉄分による硫化物発生抑制効果が期待される。

#### 転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術

○施肥効果及び着生基盤効果

スラグ製品から供給される鉄分(腐植酸鉄)等による施肥効果及び着生基盤効果が期待でき、効率的な藻場造成が可能になる。

### 3.2.2 期待される効果

#### 転炉系製鋼スラグ製品による軟弱浚渫土の混合改良技術

閉鎖性水域の環境改善を行う場合、人工干潟・浅場造成は環境改善の有効な手段である。ここで、軟弱な浚渫泥土を活用して浅場・干潟造成を行なおうとする場合、浚渫土のみでは強度不足や硫化水素の溶出懸念のために一般的には造成が難しいが、製鋼スラグ製の改質材と混合することで、強度増強効果と硫化水素の発生抑制効果が発揮され、安価な干潟・浅場造成を行うことが可能となる事が期待される。

#### 転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術

貧栄養化海域や富栄養化海域ではあるが鉄分が不足している海域において、人工腐植酸鉄の供給等による栄養分の供給や好適な藻類着生基盤を提供することで、閉鎖性海域の生物着生環境を改善することが可能である。

## 4. 実証試験実施場所の概要

### 4.1 海域の概況

実証試験実施場所の名称、所在地、管理者を下記に示す。また実証試験場所を図 4-1-1 に示す。

名 称：東京都大田区城南島地先(図 4-1-1 参照)

住 所：東京都大田区城南島 7 丁目地先

管理者：東京都港湾局



図 4-1-1 実証試験実施場所

## 4.2 実証試験実施場所の状況

### 4.2.1 実証試験実施場所周辺海域の概要

実証試験実施場所周辺海域の概要を表 4-2-1 に示す。なお、水質、底質環境については、次頁以降に示す。

表 4-2-1 実証試験実施場所周辺海域の概要

海域の主な利用状況	実証試験実証海域は京浜運河の出口に位置する城南大橋の内側に位置する閉鎖性の強い入り江部である。実証場所の入り口付近は工事交通船や漁船が往来する。
実証試験場所の規模	実証試験実施場所の規模は、面積約 27,000m <sup>2</sup> 、水深 2m 程度 (A. P. 水深) である。
水質の状況	運河の入り江に位置する海域は閉鎖性が強く、海水交換は悪い。H19 年度公共用水域の水質測定結果 (城南島周辺海域) による DO は夏季 (8 月) の上層で 8.5mg/l、COD は環境基準値(8mg/l)を上回る 16.3mg/l となっている。(※1)
底質の状況	濁りの影響を強く受ける海域であるため、常に腐泥の堆積しやすい環境下にある。東京都の調査結果では城南大橋付近で粘土シルト分が 75% 以上であり、COD が 15mg/l (基準値 20mg/l)、強熱減量 7%、全硫化物量 2.3mg/g (基準値 0.2mg/g) となっており、東京湾奥部の典型的な底質環境下にある。(※2)
生物生育環境	<p>【底生生物】東京都環境局の調査によれば、城南大橋においては富栄養化海域の指標種になるような多毛類のホソミサシバ、<i>Pseudopolydora</i>、<i>Armandia</i>、<i>Capitella</i> が優占的確認されている。これ以外ではアサリ等の二枚貝類の生息が認められている。(※3)</p> <p>【海草藻類】実証試験海域および周辺海域における生息は確認されていない。(※3)</p>
海域の課題	実証試験場所が位置する城南島周辺水域は、河川や運河からの流入負荷や赤潮等の影響を強く受けるため、水質や底質が悪化しやすい状況にあり、効果の確認にあたってはこの点を十分に留意する必要がある。
実証試験環境	<p>【実証試験場所へのアプローチ】水深が浅いため小型船舶を使用する。</p> <p>【試料採取・観察】潜水士が行う。</p>

(※1) 平成 19 年度 東京都 公共用水域調査による

(※2) 平成 15, 16 年度 東京都 公共用水域調査による

(※3) 平成 14 年度 東京都環境局の調査による

#### 4.2.2 水質の状況

平成 19 年度公共用水域の水質測定結果において、実証試験実施場所付近の測定結果は以下の表 4-2-2 のとおりである。水温は調査期間平均値 19.7℃、塩分は 6.1、DO は 7.4mg/l（上層）、COD は 24.3mg/l であった。塩分値が年間を通して低く、通常の海域の約 1/5 程度であった。

表 4-2-2 水質調査結果（東京都調査 平成 19 年度）

項目	層	調査期間値（最小値～最大値）
水温 (°C)	上層	20.6 (11.1 ~ 29.7)
	下層	18.6 ( 9.6 ~ 28.8)
	平均	19.7 (10.4 ~ 29.3)
塩分 (-)	上層	7.3 ( 5.9 ~ 9.0)
	下層	5.0 ( 1.7 ~ 9.5)
	平均	6.1 ( 4.2 ~ 9.0)
DO (mg/l)	上層	7.4 ( 4.7 ~ 10.0)
	下層	測定なし
	平均	測定なし
COD (mg/l)	上層	19.2 (12.0 ~ 27.3)
	下層	29.3 (25.8 ~ 31.6)
	平均	24.3 (18.9 ~ 29.5)

(調査場所：城南島周辺海域 St. 23 環境基準類型：C 類型)

#### 4.4.3 底質の状況

平成 15-16 年度東京都実施の底質測定結果を表 4-2-3 に示す。泥質は粘土シルトであり、COD や全硫化物が環境基準を超える結果であった。

表 4-2-3 底質測定結果（東京都調査 平成 15-16 年度）

調査項目		調査時期	
		2003年9月	2004年9月
泥色		暗緑灰	オリーブ黒
泥の臭気		強硫化水素	無
CODsed (mg/g)		23	15
強熱減量 (%)		8	7
全硫化物 (mg/g)		2.3	0.52
酸化還元電位 (mV)		-221	-128
粒度組成	礫分	0	2.1
	砂分	2.9	22
	シルト分	64.2	49.2
	粘土分	32.9	26.7
	シルト+粘土	97.1	75.9
最大粒径 (mm)		0.25	4.75
中央粒径 (mm)		0.015	0.0305

(調査場所：城南島周辺海域 St. 23 環境基準類型：C 類型)



### 4.3 実証対象技術の配置及び試料採取位置

#### 4.3.1 配置と試料採取位置

実証試験は図 4-3-1 で示す調査海域に浚渫土スラグ混合マウンドと天然材マウンドの1基ずつを設置し実証試験を行った。平面図における試料採取位置を図 4-3-2に、断面図における試料採取位置を図 4-3-3 に示す。

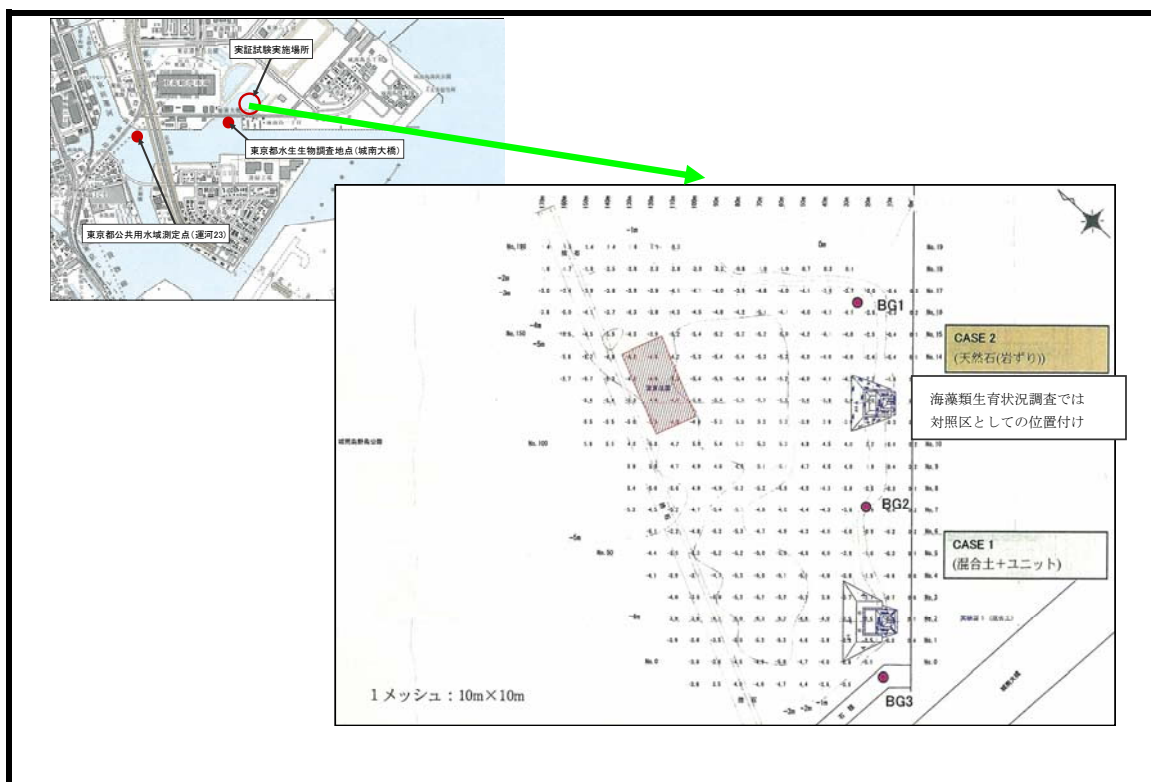


図 4-3-1 調査海域と実証対象技術の配置図 (BG : バックグラウンド)

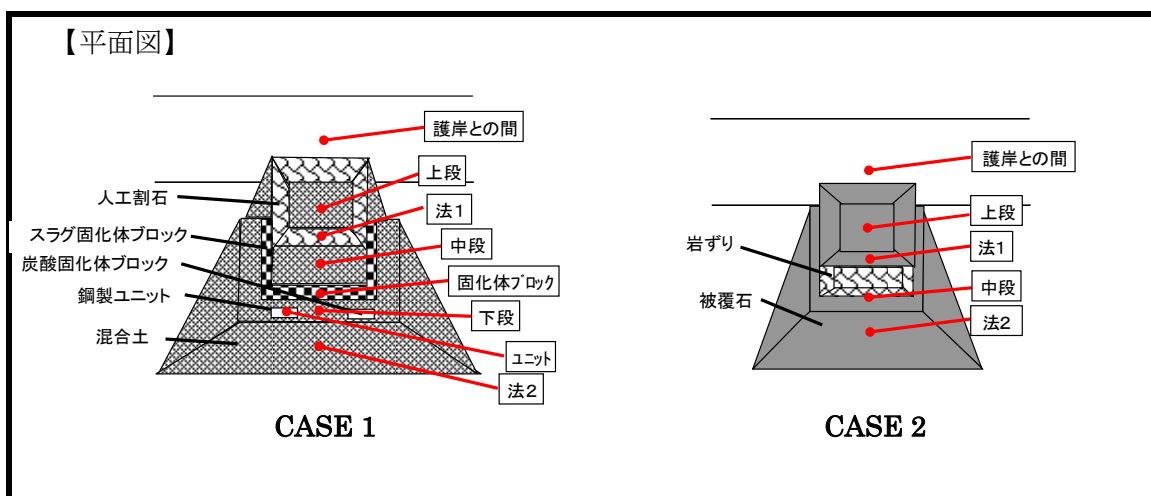


図 4-3-2 実証対象技術の配置及び試料採取位置 (平面図)

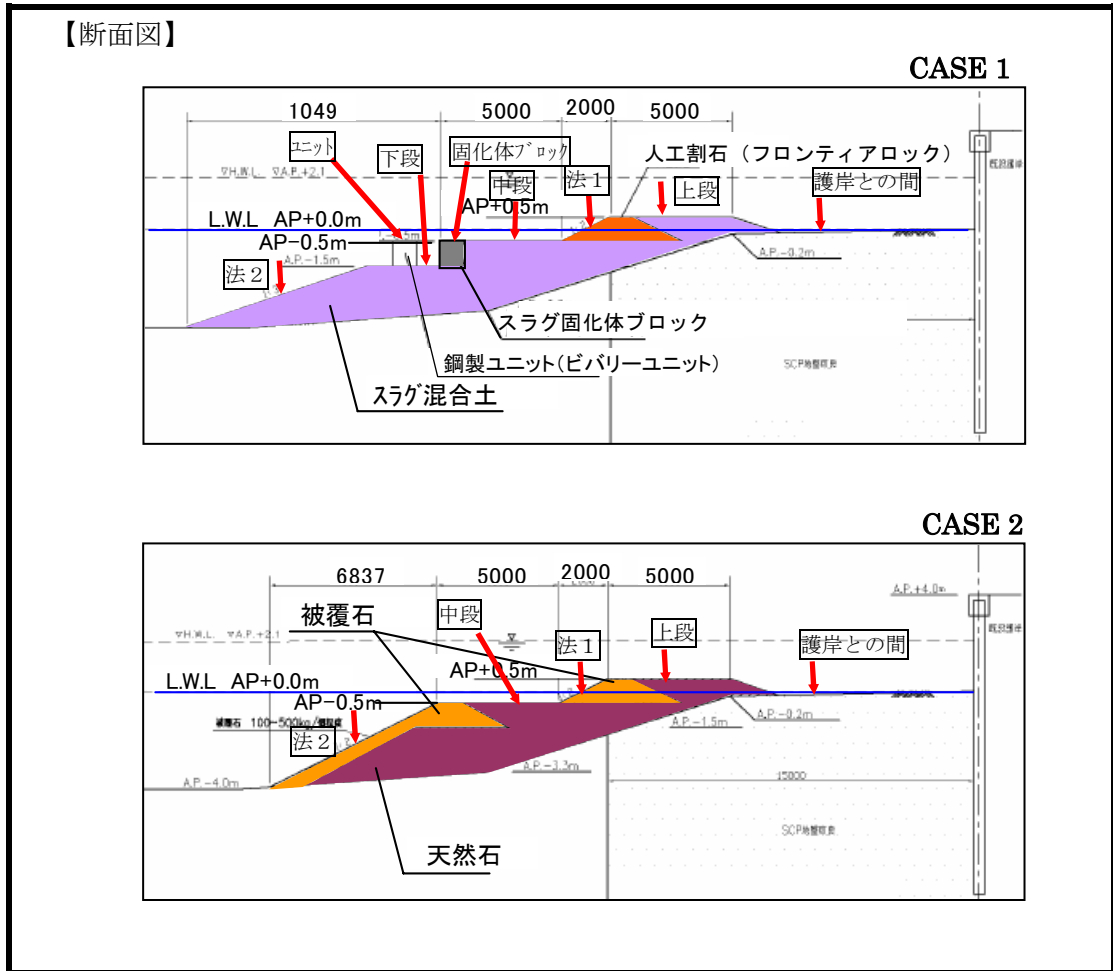


図 4-3-3 実証対象技術の配置及び試料採取位置（断面図）

#### 4.3.2 試験区及びBG（バックランド）の詳細

試験区はCASE 1とCASE 2から構成される。試験区の概要を表 4-3-1に示す。

表 4-3-1 試験区の概要

パターン	CASE 1	CASE 2
盛土部	<ul style="list-style-type: none"> <li>混合土 (浚渫土+製鋼スラグ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>天然石(岩ずり)</li> </ul>
ユニット	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼製ユニット (ビバリーユニット)</li> <li>藻場造成礁 炭酸固化体ブロック(マリブロック)</li> <li>人工割石(フロンティアロック)</li> </ul>	なし

注)

- 混合土に用いるスラグは0~30mm製鋼スラグである。

- ・浚渫土と製鋼スラグとの混合割合は、浚渫土：スラグ=7：3である。
- ・製鋼ユニット(ビバリーユニット)とは、海草・藻類の付着基盤としての腐食土+製鋼スラグのユニットである。
- ・藻場造成礁の内、炭酸固化体ブロック(マリブロック)とは、製鋼スラグの微粉と二酸化炭素とが反応してできた炭酸カルシウム(CaCO<sub>3</sub>)のブロックである。
- ・藻場造成礁の内、人工割石(フロンティアロック)とはスラグ固化体ブロックを適当な大きさに破碎したものである。

試験区の配置は城南大橋側に CASE 1 をこれより護岸に沿って約 100m 平行移動させた位置に CASE 2 を設置した。BG (バックグラウンド) は CASE 1 と CASE 2 の間に 1 測点、この測点を中心に護岸に沿って左右方向に約 100m の位置に 1 測点ずつ設ける (図 4-3-1)。試験区及び BG (バックグラウンド) の緯度及び経度は、表 4-3-2 のとおりである。

表 4-3-2 試験区及び対象区の設置位置

	緯度	経度
試験区 CASE 1		
試験区 CASE 2 (海藻類生育状況調査では <b>対照区</b> としての位置付け)	調査は構造物位置で実施	
BG 1	35° 34.797'	139° 46.134'
BG 2	35° 34.754'	139° 46.092'
BG 3(石積部分)	調査は構造物位置で実施	

\*BG はバックグラウンドを示す (天然地盤)

## 5. 実証試験の方法と実施状況

### 5.1 実証試験工程

本実証試験工程を表 5-1-1 に示す。

表 5-1-1 実施工程

項目	月	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1. 準備工											
実証試験計画		—									
調査準備・関係機関調整・保安部等申請		—	—								
2. 試験項目(東京都城南島)											
(1)水質調査											
①環境影響				-							
②環境改善効果				-							
③現状把握				-							
(2)底質・強度試験調査											
①底質調査				-							
②強度試験調査											
(3)潜出試験											
①底質											
②擬似現場法				-	.....(実験)				.....(追加実験)		
(4)附着生物調査				-							
(5)底生生物調査				-							
(6)海藻類生育状況調査				-			.....(種付け)	-			
							.....			.....(水温連続測定)	
3. 報告書作成						—	—	—	—	—	—
4. 実証委員会		●					●				●

### 5.2 目標及び調査項目

#### 5.2.1 目標

本実証試験は、「転炉系製鋼スラグ製品による沿岸域の環境改善技術」として軟弱浚渫土の混合による浅場・干潟造成材への利用、鉄分等の供給による藻場造成技術及びこれらの複合的に機能した場合の効果を生物生息環境の特性から評価する事を目標とした。

#### 実証試験項目の要点

- ① 浚渫土と製鋼スラグの混合土が周辺環境に悪影響を及ぼすことなく、天然材と同等に使用可能であること
- ② 浚渫土の製鋼スラグを混合することによる底質改善効果  
(強度上昇、リン吸着・硫化物発生抑制による底質改善)
- ③ 転炉系製鋼スラグ製品からの鉄分等の供給による生物生息改善効果

調査項目及び目標は以下の通りである。

調査項目	目 標 水 準
水質調査	水質汚濁に係る環境基準を満たすこと又は対照区、周辺水域データと比較して同等であること
底質調査	水産用水基準を満たすこと又は周辺海域データと比較して同等であること
溶出試験	海洋汚染及び海上災害防止に関する法律に準拠して水底土砂の海面埋立処分に係る基準に適合すること
溶出速度試験	鉄分の供給効果が認められること りん酸態りん、硫化物等で溶出抑制または吸収効果がみとめられること
底質強度試験	施工直後よりも安定して試験区が保たれていること
生物調査	現存量や海藻の生育が対照区、バックグラウンドデータと比較して同等、もしくはそれ以上であること

### 5.2.2 調査項目

各実証試験における具体的な調査項目、方法、位置等について、目標項目と目標水準と共に表 5-2-1 に示した。

表 5-2-1 実証試験の目標項目・目標水準及び方法等一覧

実証目標	目標項目	実証意義		目標水準	手法	調査項目	調査時期・頻度	採取位置			備考	
		環境影響	環境改善効果					CASE 1	CASE 2	ハックケラント		
1. 基材機能効果 製鋼スラグとの混合改良基材による水・底質改善機能の効果を実証する	水質調査	環境影響	直上水及び間隙水の水質状況の検証	水質汚濁に係る環境基準を満たすこと（COD、T-N、T-P、Zn について） 昭和 46 年環境庁告示第 59 号別表 2.2 ア、イ及びウ参照	現地調査 ダイバー等による採水及び室内分析	水温、塩分、DO、pH、COD、T-N、T-P、Zn、Fe <sup>2+</sup> 電気伝導度	2 回/年 H21 年 8 月 H22 年 2 月	CASE 1	CASE 2	ハックケラント	間隙水は底泥採取後遠心分離又は現地にてダイバーにより採取する Fe <sup>2+</sup> の分析は、CASE1 の中段、ユニットの直上水およびハックケラントの BG1 の下層で実施	
			上段、中段、ユニット、下段 各1点					上段、中段 各1点	BG 1、BG 2 2地点			
	底質調査	環境改善効果	製鋼スラグによる硫化物発生抑制効果 リン吸着効果などの検証	ハックケラントデータと比較して明確な抑制効果が認められること	水産用水基準（2005）を満たすこと（COD、硫化物について）	現地調査 ダイバー等により簡易式グラフ型採泥器で採泥及び室内分析	硫化物 PO <sub>4</sub> -P	2 回/年 H21 年 8 月 H22 年 2 月	CASE 1	CASE 2	ハックケラント	間隙水は底泥採取後遠心分離又は現地にてダイバーにより採取する
									上段、中段、ユニット、下段 各1点	上段、中段 各1点	BG 1、BG 2 2地点	
	水質調査	その他海域状況の確認	盛土部からの濁り発生の検証	ハックケラントデータと比較して明確な抑制効果が認められること	水産用水基準（2005）を満たすこと（COD、硫化物について）	現地調査 ダイバー等により簡易式グラフ型採泥器で採泥及び室内分析	COD、硫化物、強熱減量、含水比、酸化還元電位（ORP）	2 回/年 H21 年 8 月 H22 年 2 月	CASE 1	CASE 2	ハックケラント	
									既設護岸との間、上段、中段、下段 各1点	既設護岸との間 各1点	BG 1、BG 2 2地点	
海洋汚染防止法に基づく試験	環境影響	混合改良基材からの溶出物質の検証	海洋汚染及び海上災害防止に関する法律に準拠して水底土砂の海面埋立処分に係る基準に適合すること （告示 14 号試験の金属 10 項目について） （昭和 48 年総理府令第 6 号別表第 1 参照）	現地調査 ダイバー等による採水及び室内分析	SS	2 回/年 H21 年 8 月 H22 年 2 月	CASE 1	CASE 2	ハックケラント			
							既設護岸との間、上段、中段、下段 各1点	既設護岸との間 各1点	BG 1、BG 2 2地点			
溶出試験等	環境改善効果	製鋼スラグによる鉄、栄養塩類、硫化物の溶出、吸収等の効果の把握	基材の性能、機能について各測定項目をハックケラントデータと比較し、抑制、吸収及び溶出効果の評価を行う	現地調査 ダイバー等により簡易式グラフ型採泥器で採泥 室内分析を行う	総水銀、カドミウム、鉛、六価クロム、銅、亜鉛、バリウム、クロム、ニッケル、バナジウム	1 回/年 H22 年 2 月	CASE 1	CASE 2	ハックケラント	4 基材で実施		
							混合土（浚渫土＋製鋼スラグ） 鋼製ユニット（ビハリーユニット） 藻場造成礁（マリンフロック） （フロンティアロック）					
底質強度試験（盛土部）	生物生息状況	付着生物の生息状況の把握	自重等による形状変化の検証	現地調査 ダイバーにより柱状試料を採取し、強度試験を行う	一軸圧縮強度試験	1 回/年 H22 年 2 月	CASE 1	CASE 2	ハックケラント	各点で 2 本のコア試料を採取する。コア採取が困難な場合は簡易式グラフ型採泥器で採取する。		
							天端上部、中段 各1点		BG 1 1地点			
2. 混合改良効果 混合改良基材が藻場、干潟造成に物質的な機能面で安定であることを実証する	付着生物調査	生物生息状況	付着生物の生息状況の把握	現地調査 ダイバーによる方形枠等を用いた採取・生物分析	付着生物（植物・動物）種類数、個体数、湿重量	2 回/年 H21 年 8 月 H22 年 2 月	CASE 1	CASE 2	ハックケラント	方形枠が利用できない場所は適宜方形枠と同程度の範囲から生物を採取する。 生物は各種毎の体長（50 個体を上限）を測定する		
							上段、法1、中段、スラグ固化ブロック、ユニット、下段 各1点	上段、法1、中段、法2 各1点	BG 3 1地点			
	底生生物調査	底生生物（マクロベントス）の生息状況の把握	現地調査 採泥器を用いて底泥採取・生物分析	底生生物（マクロベントス）種類数、個体数、湿重量	2 回/年 H21 年 8 月 H22 年 2 月	CASE 1	CASE 2	ハックケラント	ダイバーによる採取を併用する			
海藻類生育状況調査	海藻類生育状況	海藻類の生育状況を把握	現地調査 ダイバーによる現況確認及び種付けした海藻類の目視観察等	葉長（最大、最小計測）、被度、光量子量 写真撮影 水温	3 回/年 H21 年 8 月 H21 年 12 月 H22 年 2 月	CASE 1	CASE 2	ハックケラント	写真記録を行う 光量子量の測定を行う 種付け後水温連続測定を行う			

## 5.3 実証試験の方法

### 5.3.1 水質調査

#### (1) 環境影響調査

環境影響に係る調査の分析項目、試料採取、分析方法を表 5-3-1 に示す。

表 5-3-1 水質調査(環境影響)方法

調査時期	平成 21 年 8 月、平成 22 年 2 月	
調査場所	CASE 1 : 上段、中段、ユニット、下段 CASE 2 : 上段、中段 バックグラウンド : BG 1、BG 2	
試料採取	CASE 1、CASE 2 の各点において、ダイバーにより海底上の直上水及び間隙水を採取する。 バックグラウンドの 2 点において、バンドーン型採水器を用いて、海面下 1.0m 及び海底上 0.5m で採水を行う。 間隙水の採取方法としては、①サンプリングして室内で間隙水を採取する方法と②半透膜利用の間隙水採取器を設置する方法のいずれかを用いる。	
採取数	各調査区の測点において直上水、間隙水としてそれぞれ 1 検体を採取する。	
分析項目	水温	現地機器計測
	塩分	現地機器計測 (間隙水は電気伝導率を測定)
	DO	現地機器計測 (間隙水は JIS K 0102)
	pH	現地機器計測 (間隙水は JIS K 0102)
	COD	JIS K 0102
	T-N	JIS K 0102
	T-P	JIS K 0102
	全亜鉛	昭和 46 年環境庁告示第 59 号付表 8、JIS K 0102
	Fe <sup>2+</sup>	新日鐵開発法(ICP-MS 法)
	電気伝導度	JIS K 0102(間隙水のみ)

なお、Fe<sup>2+</sup>の分析(微量分析)は CASE 1 の中段、ユニットの直上水、バックグラウンド BG 1 の海底上 0.5m 層で実施する。

#### (2) 環境改善効果調査

環境改善効果に係る調査のサンプリング方法及び分析方法を表 5-3-2 に示す。

表 5-3-2 水質調査(環境改善効果)方法

調査時期	平成 21 年 8 月、平成 22 年 2 月	
調査場所	CASE 1 : 上段、中段、ユニット、下段 CASE 2 : 上段、中段 バックグラウンド : BG 1、BG 2	
試料採取	CASE 1、CASE 2 の各点において、ダイバーにより海底上の直上水及び間隙水を採取する。 バックグラウンドの 2 点において、バンドーン型採水器を用いて、海面下 1.0m 及び海底上 0.5m で採水を行う。底泥間隙水の採取方法としては、①ダイバーにより、径 10cm のアクリルパイプを用いて柱状試料をサンプリングして室内で間隙水を採取する方法と②半透膜利用の間隙水採取器を設置する方法のいずれかを用いる。	
採取数	各調査区の測点において、分析必要量の直上水、間隙水をそれぞれ、1 検体、採取する。柱状採泥は 1 地点で 2 本行う。	
分析項目	硫化物	JIS K 0102
	PO <sub>4</sub> -P	JIS K 0102

(3) 実証試験海域の現状把握調査

環境改善効果に係る調査のサンプリング方法及び分析方法を表 5-3-3 に示す。

表 5-3-3 水質調査(現状把握)方法

調査時期	平成 21 年 8 月、平成 22 年 2 月	
調査場所	CASE 1 : 上段、中段、ユニット、下段 CASE 2 : 上段、中段 バックグラウンド : BG 1、BG 2	
試料採取	CASE 1、CASE 2 の各点において、ダイバーにより海底上の直上水を採取する。 バックグラウンドの 2 点において、バンドーン型採水器を用いて、海面下 1.0m 及び海底上 0.5m で採水を行う。	
採取数	各調査区の測点において、分析必要量の直上水を 1 検体、採取する。	
分析項目	SS	昭和 46 年環境庁告示第 59 号付表 7



### 5.3.2 底質調査

#### (1) 底質調査

底質調査のサンプリング方法及び分析方法を表 5-3-4 に示す。

表 5-3-4 底質調査方法

調査時期	平成 21 年 8 月、平成 22 年 2 月	
調査場所	CASE 1 :既設護岸との間、上段、中段、下段 CASE 2 :既設護岸との間 バックグラウンド :BG 1、BG 2	
試料採取	各測点において、ダイバーにより底泥を簡易式グラブ型採泥器を用いて採取する。	
試料数	各調査区の測点において、分析必要量の底泥を 1 検体、採取する。	
分析項目	COD	底質調査方法(昭和 63 年、環境庁)
	強熱減量	底質調査方法(昭和 63 年、環境庁)
	硫化物	底質調査方法(昭和 63 年、環境庁)
	含水比	底質調査方法(昭和 63 年、環境庁)
	酸化還元電位	ORP 計による現地計測

#### (2) 強度試験調査

強度試験のサンプリング方法及び分析方法を表 5-3-5 に示す。

表 5-3-5 強度試験調査方法

調査時期	平成 22 年 2 月	
調査場所	CASE 1 :天端上部、中段	
試料採取	ダイバーにより、柱状試料を採取する。	
採取数	調査点でそれぞれ 3 本のコア試料の採取を行う。	
分析項目	一軸圧縮強度 (kN/m <sup>2</sup> )	土質試験方法

### 5.3.3 溶出試験

#### (1) 海洋汚染防止法に基づく溶出試験

溶出試験のサンプリング方法及び分析方法を表 5-3-6 に示す。

表 5-3-6 溶出試験方法

調査時期	平成 22 年 2 月	
調査場所	CASE 1 :混合土 (浚渫土+製鋼スラグ) 鋼製ユニット (ビバリーユニット) 藻場造成礁 (マリンブロック) (フロンティアロック) 以上の 4 基材で実施	
試料採取	ダイバーにより簡易式グラブ型採泥器を用いて底泥を採取し、分析試料とする。	
採取数	溶出試験：各基材につき 1 検体	
分析項目 (溶出試験)	総水銀	昭和 48 年環境庁告示第 14 号に基づき検液を調整し、JIS K 0102 により測定
	カドミウム	
	鉛	
	六価クロム	
	銅	
	亜鉛	
	ベリリウム	
	クロム	
	ニッケル	
	バナジウム	

(2) 擬似現場法による溶出速度等試験

① 試験方法概要

溶出速度等試験の実施概要を図 5-3-1 ～図 5-3-4 及び表 5-3-7 に示した。

実験概要	
<p>製鋼スラグによる水質・底質改善効果—具体的には、鉄、栄養塩類、硫化物の溶出（供給）・吸着（抑制）効果を把握するため、試験区（CASE1：護岸との間、ユニット中段）と対象区（バックラウンド1）の3試料につき<b>不攪乱試料</b>（底泥コアサンプル）を採取し、下図に示す実験系をセットして、固体-液体間のフラックスを測定するためうわ水の濃度を経時的に測定した。</p> <p>実験は、コアサンプルをそのまま実験槽として、うわ水を、別途採取した底泥試料直上水を調整（ろ過、貧酸素、水温近似）した海水で置換後、流動パラフィンで密閉し、現場水温に近似状態を保ち、経時的に採水し所定の測定・分析を行った。</p> <p>なお、試験は最も水質条件が厳しいと考えられる夏季、貧酸素を想定し、また、光合成による効果を除くため暗条件で行なった。</p>	
項目	仕様
実施場所	暗状態とした恒温室内で実施
コアサイズ	内径160mm、高さ520mm、アクリル樹脂製パイプ
泥厚	約20cm
水温	現場水温に近似（25℃） ※恒温室内で実施
DO	貧酸素条件を維持（<0.5mg/L） ※流動パラフィンで外気から隔離
測定本数	各調査点2本
攪拌方法	スターラーにより攪拌（泥表が巻き上がらない程度）
直上水	約6L ※現地の直上水を別途採取し、0.45μmメンブレンフィルターでろ過後、窒素ばっ気して貧酸素状態に調整して、うわ水と置換
測定期間	0～30日（平成21年8月29日～9月28日に実施）
採水回数	7回（0、1、3、5、10、20、30日後） ※300ml/回採取
分析項目	pH,DO,NH4-N,NO2-N,NO3-N,PO4-P,硫化物,全鉄,2価鉄
<p>（恒温室内、暗条件）</p>	
<p><b>試験結果の解析</b></p> <p>試験結果の解析に際しては、底泥等とうわ水の溶出（濃度増加）-吸着（濃度減少）過程を、単位面積、単位時間当たりの変化量に標準化し、その変化量を試験区と対照区と比較することによりスラグ製品等の効果を評価した。</p>	

図 5-3-1 溶出速度試験の概要

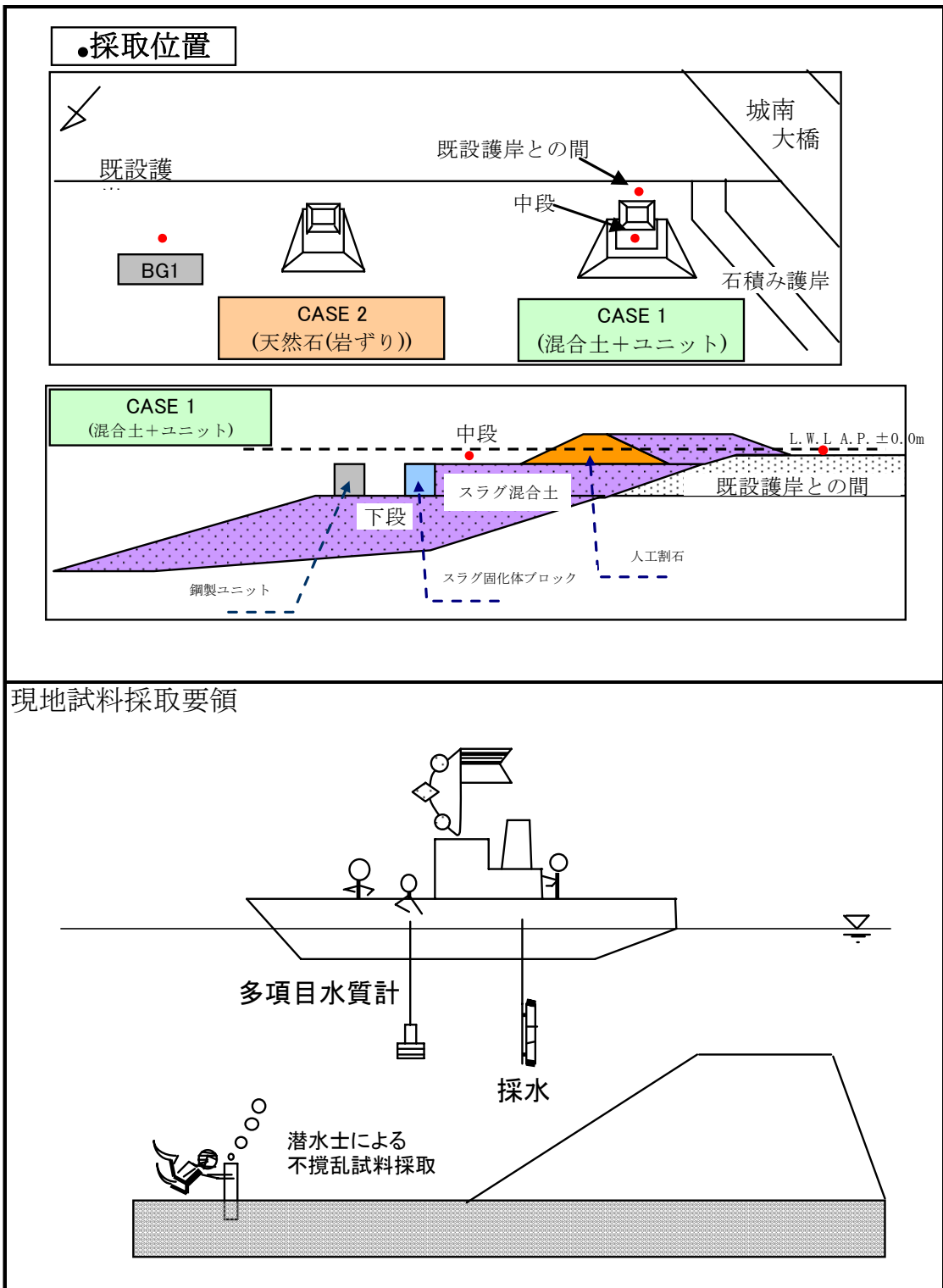


図 5-3-2 試料採取位置と採取要領

表 5-3-7 測定・分析法一覧

項目	分析方法		
	概要	出典	
溶出実験	pH	ガラス電極法	JIS K 0102 (2008) に準拠
	DO	隔膜電極法	JIS K 0102 (2008) に準拠
	NH <sub>4</sub> -N	モリブデン青吸光光度法	海洋観測指針(1990)に準拠
	NO <sub>2</sub> -N	ナフチルエレンジグアミン吸光光度法	海洋観測指針(1990)に準拠
	NO <sub>3</sub> -N	銅・カドミウム還元-ナフチルエレンジグアミン吸光光度法	海洋観測指針(1990)に準拠
	PO <sub>4</sub> -P	モリブデン青吸光光度法	海洋観測指針(1990)に準拠
	硫化物	メチレンブルー吸光光度法	JIS K 0102 (2008) に準拠
	全鉄	ICP-AES発光光度法	JIS K 0102 (2008) に準拠
	2価鉄	1, 10-フェナントリン吸光光度法	JIS K 0102 (2008) に準拠

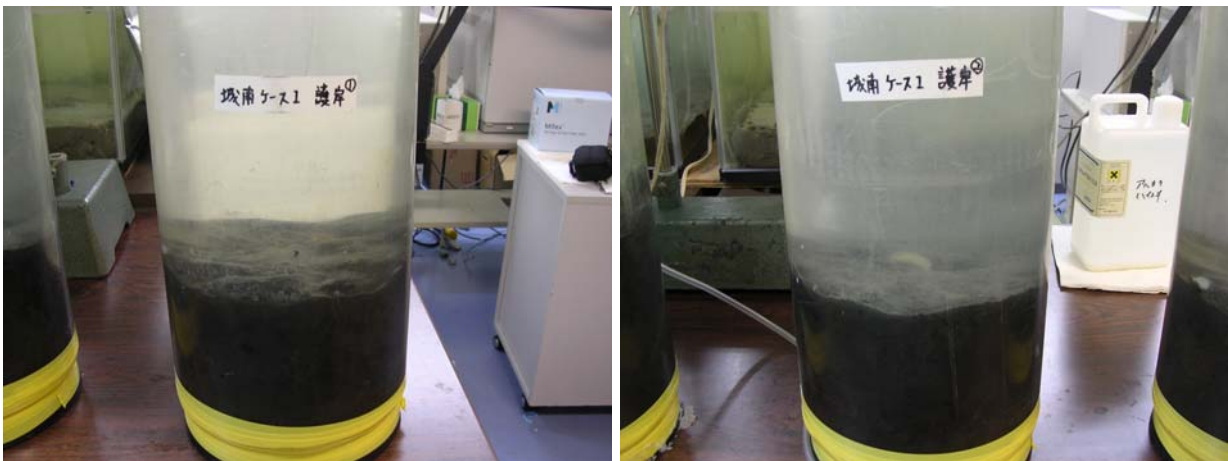
※溶出実験の鉄分析（全鉄、2 価鉄）に関しては、水質で実施した Fe<sup>2+</sup>（微量分析）とは分析法が異なり、対象となる化学種もやや異なることに留意



図 5-3-3 溶出速度試験の実施状況



CASE 1 中段（試験区）



CASE 1 護岸との間（試験区）



BG 1（対照区）

図 5-3-4 溶出速度試験の実施状況

②試験方法概要（追加試験）

溶出速度等追加試験の実施概要を図 5-3-5～図 5-3-9 及び表 5-3-8 に示した。

<p><b>実験概要</b>                  製鋼スラグによる水質・底質改善効果—具体的には、鉄、栄養塩類、硫化物の溶出（供給）・吸着（抑制）効果を把握するため、試験区（CASE1：中段、新生堆積物を除去して採取）、対照区（BG1底泥）及び新たに調整した混合土（BG1底泥と製鋼スラグ製品を混合して調整）の3試料につき、下図に示す実験系をセットして、固体-液体間のフラックスを測定するためうわ水の濃度を経時的に測定する。                  実験は、アクリル製円筒を実験槽として、うわ水を、別途採取した底泥試料直上水を調整（ろ過、貧酸素、水温25℃）した海水及び同様に調整（貧酸素、水温25℃）した人工海水で置換後、流動パラフィンで密閉し、夏季現場水温に近似状態を保ち、経時的に採水し所定の測定・分析を行う。                  なお、試験は夏季調査時と同様に、最も水質条件が厳しいと考えられる夏季、貧酸素を想定し、また、光合成による効果を除くため暗条件で行う。</p>	
項目	仕様
実施場所	暗状態とした恒温室内で実施
コアサイズ	内径110mm、高さ450mm、アクリル樹脂製パイプ
試料量	約2L
水温	夏季水温に近似（25℃） ※恒温室内で実施
DO	貧酸素条件を維持（<0.5mg/L） ※流動パラフィンで外気から隔離
測定本数	各試料4本（現地直上水及び人工海水各2本）
攪拌方法	スターラーにより攪拌（泥表が巻き上がらない程度）
直上水	約3L ※現地の直上水 別途採取した現地直上水を、0.45μmノンフロンフィルターでろ過後、窒素ばっ気して貧酸素状態に調整して、うわ水と置換 ※人工海水 人工海水を、現地直上水と同程度の塩分に調製後、窒素ばっ気して貧酸素状態に調整して、うわ水と置換
測定期間	0～5日
採水回数	4回（0、1、3、5日後） ※300ml/回採取
分析項目	pH,DO,NH4-N,NO2-N,NO3-N,PO4-P,硫化物,全鉄,2価鉄 ※初期水(0日後)のみ、塩分、COD、T-N、T-Pを実施
<p>（恒温室内、暗条件）</p>	
<p><b>試験結果の解析</b>                  試験結果の解析に際しては、底泥等とうわ水の溶出（濃度増加）-吸着（濃度減少）過程を、単位面積、単位時間当たりの変化量に標準化し、その変化量を試験区と対照区と比較することによりスラグ製品等の効果を評価した。</p>	

図 5-3-5 溶出速度試験の概要

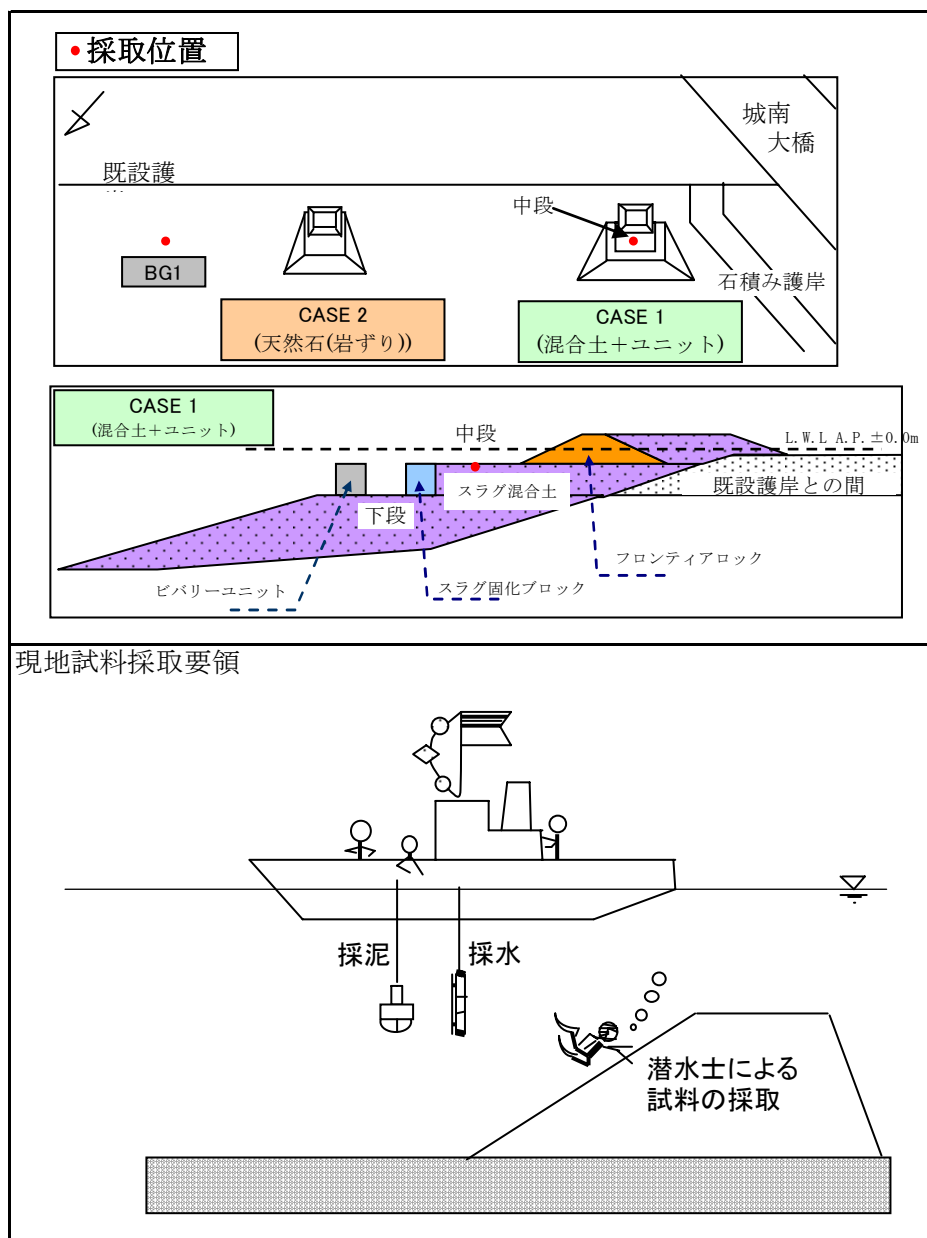


図 5-3-6 試料採取位置と採取要領



表 5-3-8 測定・分析法一覧

分析方法一覧

項目	分析方法		
	概要	出典	
溶出実験	pH	ガラス電極法	JIS K 0102 (2008) に準拠
	DO	隔膜電極法	JIS K 0102 (2008) に準拠
	NH <sub>4</sub> -N	モリブデン青吸光光度法	海洋観測指針(1990)に準拠
	NO <sub>2</sub> -N	ナフチルレゾリアミン吸光光度法	海洋観測指針(1990)に準拠
	NO <sub>3</sub> -N	銅・カドミウム還元-ナフチルレゾリアミン吸光光度法	海洋観測指針(1990)に準拠
	PO <sub>4</sub> -P	モリブデン青吸光光度法	海洋観測指針(1990)に準拠
	硫化物	メチレンブルー吸光光度法	JIS K 0102 (2008) に準拠
	全鉄	ICP-AES発光光度法	JIS K 0102 (2008) に準拠
	2価鉄	1, 10-フェナントリン吸光光度法	JIS K 0102 (2008) に準拠

※溶出実験の鉄分析（全鉄、2 価鉄）に関しては、水質で実施した Fe<sup>2+</sup>（微量分析）とは分析法が異なり、対象となる化学種もやや異なることに留意



図 5-3-7 溶出速度試験に供した試料



BG1 底泥（浚渫泥と想定） 7



製鋼スラグ 3



混合（開始）



混合（中間）

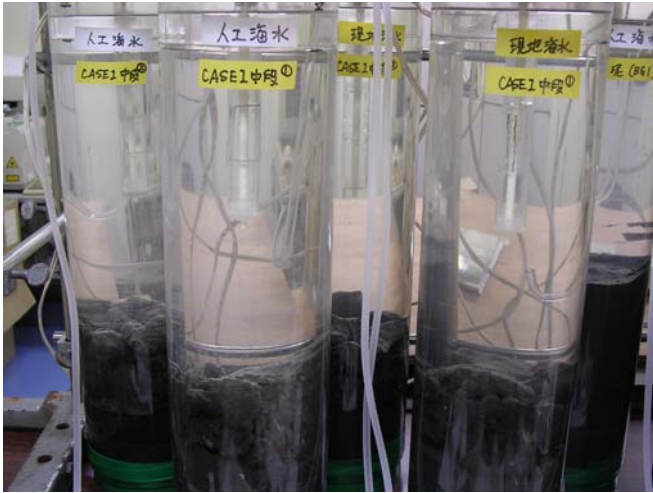


混合（最終）



新規調製した混合土（参考）

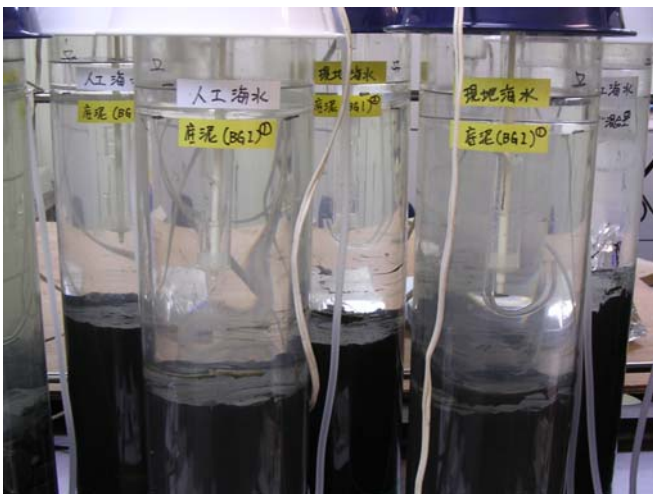
図 5-3-8 混合土の調整状況



CASE1 中液



スラグ混合土（新規調製）



BG1

図 5-3-9 溶出速度試験の実施状況

### 5.3.4 生物調査

#### (1) 付着生物調査

付着性の生物生息状況を把握するため、図 4-3-1～図 4-3-3 に示す測点において、ダイバーによる方形枠等を用いた調査を実施する。採取位置は表 5-3-9 のとおりとする。

表 5-3-9 試料の採取位置(付着生物調査)

(1 回当たり)

CASE 1	CASE 2	バックグラント <sup>6</sup>
上段、法 1、中段、スラ グ固化ブロック、ユニット、 下段 各 1 点	上段、法 1、中段、 法 2 各 1 点	BG 3 1 地点

調査項目：付着生物(付着藻類・動物)

#### (2) 底生生物調査

底質中に生息する生物状況を確認するため、図 4-3-1 に示す測点において、採泥器を用いて底泥を採取し底生生物についての調査を実施する。採取位置は表 5-3-10 のとおりとする。

表 5-3-10 試料の採取位置(底生生物調査)

(1 回当たり)

CASE 1	CASE 2	バックグラント <sup>6</sup>
既設護岸との間 1 点	既設護岸との間 1 点	BG 1、BG 2 2 地点

調査項目：底生生物(マクロベントス)

#### (3) 海藻類生育状況調査

ロープ等を用いて移植した海藻類の生育状況を確認するため、図 4-3-2、4-3-3 に示す測点において、ダイバーによる目視観察調査を実施する。移植位置は表 5-3-11 のとおりとする。また、各測点において光量子量の測定を行う。

表 5-3-11 試料の移植位置(海藻類生育状況調査)

(1 回当たり)

CASE 1	CASE 2	バックグラウンド
法 1、中段、法 2 3 点	法 1、中段、法 2 3 点	

調査項目：移植した海藻類の目視観察及び株の大きさ等の把握  
光量子量

### 5.3.5 ユニット再設置

平成 21 年 8 月 26 日、27 日に試験区 (CASE1) の鋼製ユニットの隣に網袋詰のビバリーユニットの再設置作業を行った。図 5-3-10 に設置状況を示す。



図 5-3-10 ユニットの再設置状況

### 5.3.6 計測機器の仕様

連続計測の使用計測機器を以下に示す。

水温計 ティドビット V2 (米国オンセットコンピューター社製)

仕様	ティドビット V2
モデル	UTBI - 001
耐圧深度 (水中)	300m
内臓バッテリー寿命	5 年 (交換不可)
メモリー容量	42,000 サンプル
計測範囲	水中: $-20^{\circ}\text{C} \sim +30^{\circ}\text{C}$ 空気中: $-20^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$
精度	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ( $0^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ )
計測間隔設定	1 秒~18 時間
寸法 (mm)/重量 (g)	30×41×17mm / 23g
バッテリー残量チェック	○
分解能	12bit



ティドビットV2

### 5.3.7 維持管理

施設が試験機関を通じ効果を維持するために、調査実施時には施設の設置状況や周辺の状況を確認する。試験の継続に問題や課題が生じた場合は速やかに実証機関、環境技術開発者に連絡を取り、協議の上、措置を決定する。

#### 品質管理

本実証試験の品質管理は調査分析機関（再委託）への聞き取り等を行い、以下の書類の確認をもって品質を担保する。

調査分析機関(再委託)においては以下の社内規定に従って実施する。

#### ○現場測定、調査に関する事項

「環境調査業務手順書」及び「環境調査器材管理手順書」

#### ○化学分析試料の採取、分析に関する事項

「化学分析に係る業務規定」

#### ○生物分析試料の採取、分析に関する事項

「生物分析標準作業手順書」

## 6. 実証試験結果

### 6.1 水質調査

直上水の調査結果を表 6-1-1 に、間隙水の調査結果を表 6-1-2 に示した。

直上水濃度の推移を昨年度調査（2008 年度）と今年度調査の結果を合わせて図 6-1-1～図 6-1-6 に示し、参考として近傍の公共用水域測定結果の推移をとりまとめ図 6-1-7 に示した。また、試験区と対照区の間隙水濃度の推移を、直上水同様に昨年度調査結果と合わせ、直上水の結果と比較するため両者を並列でとりまとめ図 6-1-8～図 6-1-16 に示した。

#### 1) 水素イオン濃度（図 6-1-1、図 6-1-7、図 6-1-8 参照）

直上水は、試験区では全点で 7.6～8.5 程度で推移した（図 6-1-1）。施工後 1 ヶ月から夏季までは環境基準（海域 C 類型：7.0～8.3）の上限を超過する状況が認められ、また、近傍の公共用水域における変動の範囲をやや上回っていたが（図 6-1-7）、試験区、対照区で同様に推移しており、また、バックグラウンド地点の変動の範囲内であった。

間隙水は、試験区で 7.4～8.2 程度で推移した（図 6-1-8）。施工後 1 ヶ月でやや高い傾向を示したが 2008 年度夏季以降は直上水に比してむしろ低いレベルで推移し、試験区と対照区の差もほとんど認められなかった。

水素イオン濃度について、試験区で特異な状況（スラグ製品中の石灰分の水和化に伴う pH の上昇など）は認められなかった。

#### 2) 溶存酸素量（DO）（図 6-1-1、図 6-1-7、図 6-1-9 参照）

直上水は、試験区では全点で 4～12mg/L 程度で推移した（図 6-1-1）。調査期間を通じ全点で貧酸素化（3～4mg/L 以下）は認められず、環境基準を満たし（海域 C 類型：2mg/L 以上）、近傍の公共用水域（図 6-1-7）、及びバックグラウンド地点の変動の範囲内であった。試験区と対照区の比較では、2008 年度の夏季調査時に試験区（ケース 1 中段）で対照区に比して低い状況が認められたが、この時の対照区の DO は明らかに過飽和状態で、試験区が低濃度を示したわけではないと考えられる。

間隙水は、試験区で直上水よりやや低めの 4～8mg/L 程度で推移したが（図 6-1-9）、貧酸素化は認められなかった。直上水と同様に、2008 年度の夏季調査時に試験区（ケース 1 中段）で対照区に比して低い状況が認められたが、貧酸素には至っていなかった。

溶存酸素量について、試験区で特異な状況（貧酸素化など）は認められなかった。

#### 3) 化学的酸素要求量（COD）（図 6-1-2、図 6-1-7、図 6-1-10 参照）

直上水は、試験区では全点で 1.5～10mg/L 程度で推移した（図 6-1-2）。施工後 1 ヶ

月では、環境基準（海域C類型：8.0mg/L）を超過する状況が認められ、また、近傍の公共用水域における変動の範囲をやや上回っていたが（図 6-1-7）、試験区、対照区で同様に推移しており、また、バックグラウンド地点の変動の範囲内であった。

間隙水は、試験区で直上水より高い4～16mg/L程度で推移した（図 6-1-10）。両年度とも夏季調査時に試験区（ケース1上段）で対照区に比して高い傾向が認められた。

化学的酸素要求量について、試験区の間隙水が夏季に高い傾向を示したが、直上水への影響は認められなかった。

#### 4) リン酸態りん ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )（図 6-1-2、図 6-1-11 参照）

直上水は、試験区では全点で0.1～0.4mg/L程度で推移し（図 6-1-2）、バックグラウンド地点の変動の範囲内であった。試験区と対照区の比較では、2008年度の夏季調査時に上段、中段とも対照区に比して低値を示し、以後は試験区と対照区ほぼ同程度のレベルで推移した（図 6-1-11）。

間隙水は、直上水とよく似た推移を示し、濃度レベルも同程度であった（図 6-1-11）。試験区と対照区の比較では、上段においては両年度とも、中段では2008年度の夏季調査時に、対照区に比して低値を示した。

りん酸態りんについて、試験区の直上水、間隙水とも夏季調査時において対照区に対して低い傾向（りんの吸着効果など）を示した。しかし、バックグラウンド地点では試験区と同様の推移を示したので、対照区が特異な状況であった可能性も考えられる。

#### 5) 硫化物イオン ( $\text{S}^{2-}$ )（図 6-1-3、図 6-1-12 参照）

直上水（2008年度から実施）、間隙水（2009年度のみ実施）とも全点で不検出であった。

硫化物イオンについて、試験区で特異な状況（硫化物の発生など）は認められなかった。

#### 6) 浮遊物質（SS）（図 6-1-3、図 6-1-13 参照）

直上水は、試験区では全点で2～50mg/L程度で推移した（図 6-1-3）。施工後1ヶ月は、やや高い傾向を示したが、夏季以降は10mg/L以下に低下した。また、バックグラウンド地点の変動の範囲内であった。試験区と対照区の比較では、上段、中段とも対照区に比して低値を示したが、施工後1ヶ月以外は、ほぼ同程度のレベル（5～10mg/L）と考えられる。

間隙水は、2009年度のみ実施した。夏季は、直上水に比して極めて高いレベルであり、上段においては対照区に対して試験区で高い傾向が認められた（図 6-1-13）。

浮遊物質について、試験区の間隙水が夏季に高い傾向を示したが、直上水への



影響は認められなかった。

#### 7) 全窒素 (T-N) (図 6-1-4、図 6-1-7、図 6-1-14 参照)

直上水は、試験区では全点で 1～6mg/L 程度で推移した (図 6-1-4)。調査期間を通じて、環境基準 (海域Ⅳ類型：1.0mg/L) を超過する状況が認められ、また、近傍の公共用水域における変動の範囲をやや上回っていたが (図 6-1-7)、バックグラウンド地点の変動の範囲内であった。試験区と対照区の比較では、上段においては夏季に対照区と異なる傾向を示したが、中段においてはほぼ同様の推移を示した (図 6-1-14)。

間隙水は、試験区では直上水とほぼ同様の推移を示した (図 6-1-14)。両年度とも夏季調査時に試験区 (ケース 1 上段) で対照区に比して高い傾向が認められた。

全窒素について、試験区で特異な状況は認められなかった。

#### 8) 全りん (T-P) (図 6-1-4、図 6-1-7、図 6-1-15 参照)

直上水は、試験区では全点で 0.1～0.5mg/L 程度で推移した (図 6-1-4)。調査期間を通じて、環境基準 (海域Ⅳ類型：0.09mg/L) を超過する状況が認められ、また、近傍の公共用水域における変動の範囲をやや上回っていたが (図 6-1-7)、バックグラウンド地点の変動の範囲内であった。試験区と対照区の比較では、 $PO_4\text{-P}$  と同様に 2008 年度の夏季調査時に上段、中段とも対照区に比して低値を示し、以後は試験区、対照区ともほぼ同程度のレベルで推移した (図 6-1-15)。

間隙水は、直上水と似た推移を示したが、2009 年度夏季は濃度レベルが高かった (図 6-1-15)。試験区と対照区の比較では、 $PO_4\text{-P}$  と同様に上段においては両年度とも、中段では 2008 年度の夏季調査時に、対照区に比して低値を示した。

全りんについて、試験区の直上水、間隙水とも夏季調査時において対照区に対して低い傾向 (りんの吸着効果など) を示した。しかし、バックグラウンド地点では試験区と同様の推移を示したので、対照区が特異な状況であった可能性も考えられる。

#### 9) 全亜鉛 (Zn) (図 6-1-5、図 6-1-16 参照)

直上水、間隙水とも 2009 年度のみ実施した。

直上水は、試験区では全点で 0.01～0.02mg/L 程度で推移し (図 6-1-5)、環境基準を満たし (海域生物 A: 0.02mg/L 以下)、バックグラウンド地点の変動の範囲内であった。試験区と対照区の比較では、上段、中段とも対照区に比してやや高い傾向を示したが、ほぼ同程度のレベル (0.015mg/L 前後) と考えられる。

間隙水は、試験区 (上段) では、直上水に比して高いレベルであったが、試験区と対照区の差はほとんど認められなかった。

全亜鉛について、試験区で特異な状況は認められなかった。

#### 10) 二価鉄 (Fe<sup>2+</sup>)【微量分析】(図 6-1-5 参照、付録 資料 p. 157)

二価鉄は、2009 年度に直上水のみ実施した。

直上水は、試験区では全点で 0.005～0.05mg/L 程度で推移し(図 6-1-5)、夏季に低く冬季に高い傾向を示した。冬季調査では、バックグラウンド(BG1 下層)に比してユニット直上でやや高い傾向を示したがあまり明確ではなかった。

別途、同水域で実施された二価鉄の調査結果では、ユニット直上水の濃度 2009 年 4 月から 2010 年 2 月まで 0.02～0.1 mg/L 程度で推移し、対照区(CASE2 中段、0.02～0.06 mg/L 程度)に比して高い傾向を示した(別添資料 1)。

二価鉄について、試験区(ユニット直上)濃度が対照区又はバックグラウンドに対して高い傾向を示した。しかし、鉄分が枯渇している海域に比してバックグラウンドレベルも高いことが示された。

#### 11) 水温及び塩分(図 6-1-6 参照)

直上水については、試験区、対照区、バックグラウンドともほぼ同様の推移を示し、水深がやや深い BG1 下層で塩分がやや高めであったことを除きあまり差は認められなかった(図 6-1-6)。従って、外的要因(流動や陸水の流入など)による各調査点間の水質勾配は小さいと考えられる。

表 6-1-1(1) 水質調査結果および分析結果（直上水） 【夏季調査：2009年8月】

調査日：平成21年8月26日

調査地点		CASE1（混合土＋ユニット）				CASE2（天然石）		バックグラウンド			
		上段	中段	下段	ユニット	上段	中段	BG1		BG2	
現 地 測 定 項 目	調査日	8月26日	8月26日	8月26日	8月26日	8月26日	8月26日	8月26日		8月26日	
	調査時間	11:25	11:40	12:00	12:20	10:00	10:20	8:50		13:00	
	天候	晴	晴	晴	曇	晴	晴	晴		曇	
	気温 ℃	26.0	26.2	26.2	26.4	25.7	25.5	23.1		25.6	
	風向	東	東	東	東	東	東	東北東		東	
	風速 m/s	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.0	2.0		3.3	
	水深 m	0.4	1.0	3.0	2.0	0.7	1.4	5.0		1.6	
	透明度 m	着底	着底	1.2	1.2	着底	1.3	1.2		1.3	
	色相	無色	暗黄緑色	暗黄緑色	暗黄緑色	暗緑色	暗緑色	暗緑色		暗緑色	
	採水水深 m	0.4	1.0	3.0	2.0	0.7	1.4	1.0	4.5	1.0	1.1
	臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
	水温 ℃	27.0	27.0	26.9	26.9	26.6	26.7	26.7	26.7	26.9	26.8
	塩分	15.39	16.09	21.02	20.03	17.99	19.49	18.86	25.04	17.19	18.30
水 質 分 析 項 目	pH	7.6	7.7	7.9	7.8	8.0	8.0	8.0	7.9	7.9	7.9
	DO mg/L	7.4	7.9	4.8	5.4	7.7	6.4	7.1	3.6	8.5	8.4
	COD <sub>Mn</sub> mg/L	6.1	5.2	4.8	5.5	5.5	6.0	5.0	4.3	6.4	5.8
	PO <sub>4</sub> -P mg/L	0.267	0.268	0.232	0.263	0.233	0.212	0.260	0.197	0.250	0.263
	硫化物 mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	SS mg/L	7	7	8	5	6	10	5	6	7	10
	T-N mg/L	6.03	4.21	2.95	4.33	4.09	3.71	3.74	2.37	5.88	4.81
	T-P mg/L	0.377	0.348	0.298	0.353	0.365	0.373	0.354	0.266	0.386	0.376
全亜鉛 mg/L	0.014	0.015	0.012	0.012	0.009	0.013	0.017	0.014	0.014	0.014	
2価鉄 mg/L	—	0.010	—	0.007	—	—	—	0.007	—	—	

※直上水中の2価鉄は、微量分析法（新日鐵開発法）により測定した。

表 6-1-1(2) 水質調査結果および分析結果 (直上水) 【冬季調査：2010年2月】

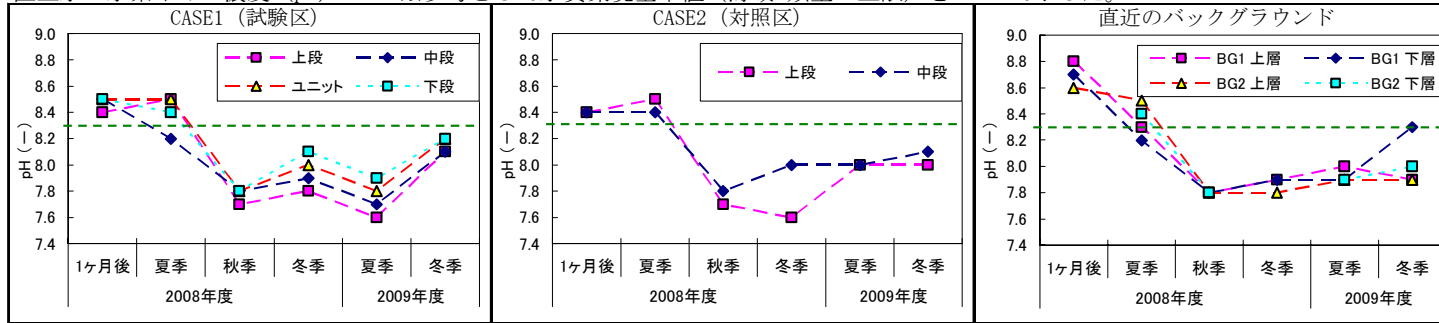
調査日：平成22年2月3日

調査地点		CASE1 (混合土+ユニット)				CASE2 (天然石)		バックグラウンド			
		上段	中段	下段	ユニット	上段	中段	BG1		BG2	
現地測定項目	調査日	2月3日	2月3日	2月3日	2月3日	2月3日	2月3日	2月3日		2月3日	
	調査時間	9:10	9:20	9:30	10:00	11:00	11:20	13:30		10:30	
	天候	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴		晴	
	気温 ℃	3.7	4.0	4.2	4.4	5.1	5.3	6.2		5.0	
	風向	北北東	北北東	北北東	北北東	北北東	北北東	北東		北北東	
	風速 m/s	3.1	5.0	4.2	3.5	3.3	3.4	4.0		2.9	
	水深 m	0.4	1.0	2.0	1.8	0.3	1.0	4.2		2.5	
	透明度 m	着底	着底	1.5	1.5	着底	着底	1.4		1.4	
	色相	無色	暗灰緑色	暗灰緑色	暗灰緑色	暗灰緑色	暗灰緑色	暗灰緑色		暗灰緑色	
	採水水深 m	0.2	0.8	1.2	1.2	0.2	0.8	1.0	3.7	1.0	2.0
	臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
	水温 ℃	9.6	11.0	11.1	11.0	10.2	10.7	10.8	10.8	10.8	10.8
	塩分	22.33	26.56	28.52	28.47	23.55	25.43	25.67	30.55	25.14	26.42
水質分析項目	pH	8.1	8.1	8.2	8.2	8.0	8.1	7.9	8.3	7.9	8.0
	DO mg/L	8.0	8.1	8.4	8.3	8.3	8.5	8.5	8.5	8.4	8.5
	COD <sub>Mn</sub> mg/L	3.7	4.5	3.4	3.4	4.9	4.8	5.2	3.5	5.4	5.3
	PO <sub>4</sub> -P mg/L	0.187	0.227	0.092	0.075	0.213	0.181	0.281	0.055	0.289	0.236
	硫化物 mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	SS mg/L	4	5	9	5	5	12	3	5	3	4
	T-N mg/L	2.65	3.13	1.94	1.50	2.86	2.65	4.28	1.34	3.96	3.49
	T-P mg/L	0.243	0.290	0.142	0.115	0.289	0.261	0.371	0.099	0.356	0.316
	全亜鉛 mg/L	0.018	0.015	0.015	0.009	0.016	0.016	0.020	0.020	0.018	0.010
2価鉄 mg/L	—	0.036	—	0.047	—	—	—	0.038	—	—	

※直上水中の2価鉄は、微量分析法（新日鐵開発法）により測定した。

【直上水の推移】

直上水 水素イオン濃度 (pH) ※参考として水質環境基準値 (海城C類型の上限) を --- で示した。



直上水 溶存酸素量 (DO) ※参考として水質環境基準値 (海城C類型) を --- で示した。

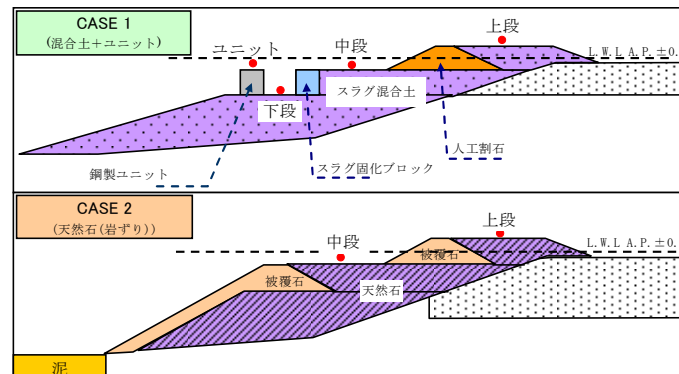
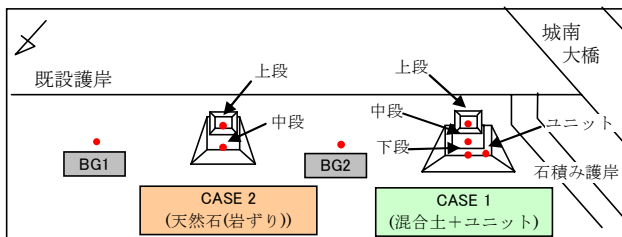
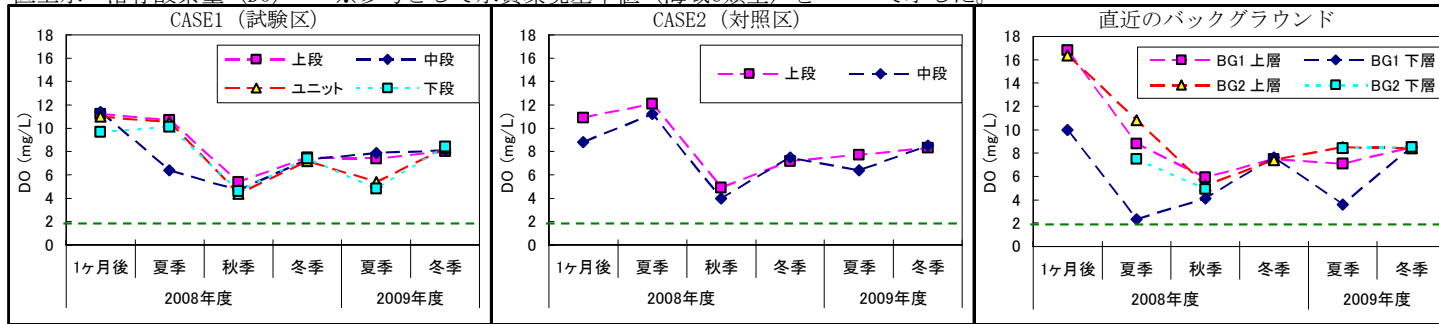
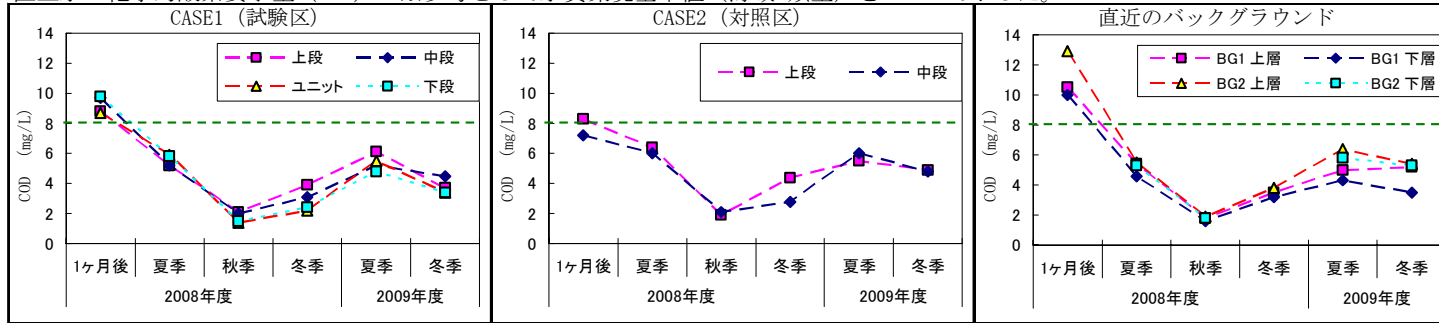


図 6-1-1 水質分析結果(直上水) 水素イオン濃度 (pH)、溶存酸素量 (DO)

【直上水の推移】

直上水 化学的酸素要求量 (COD) ※参考として水質環境基準値 (海域C類型) を --- で示した。



直上水 リン酸態りん (PO<sub>4</sub>-P)

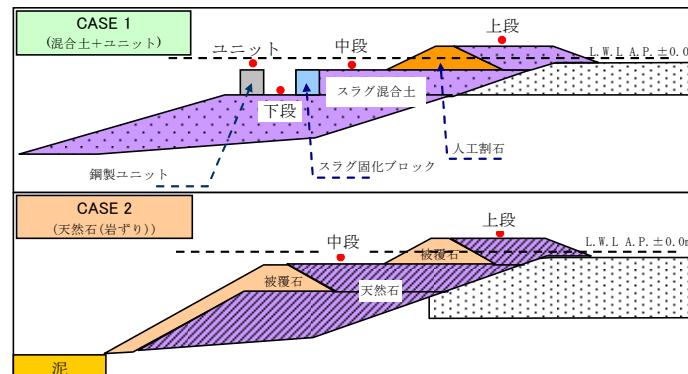
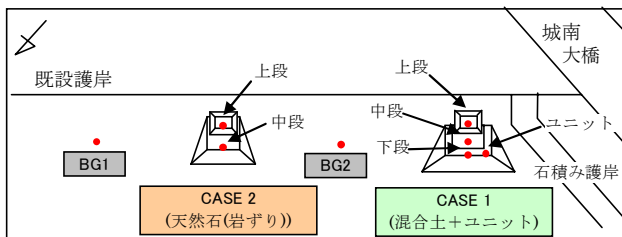
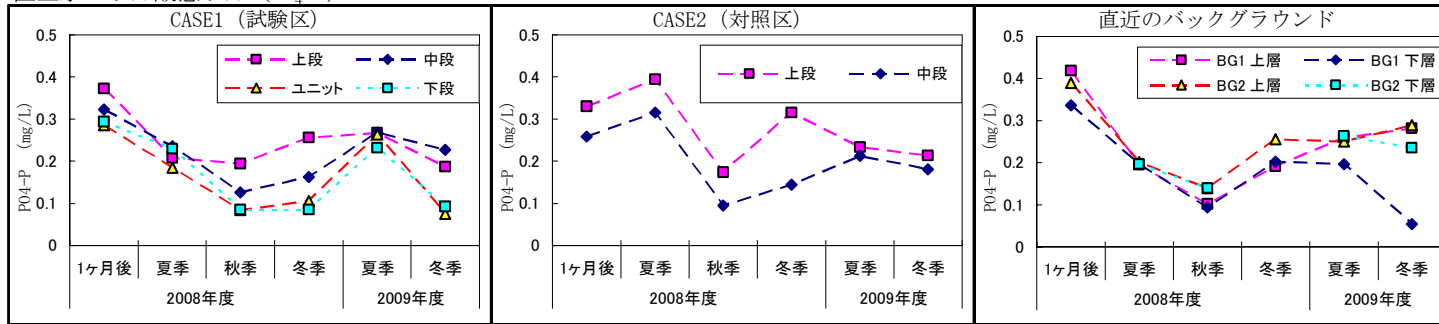
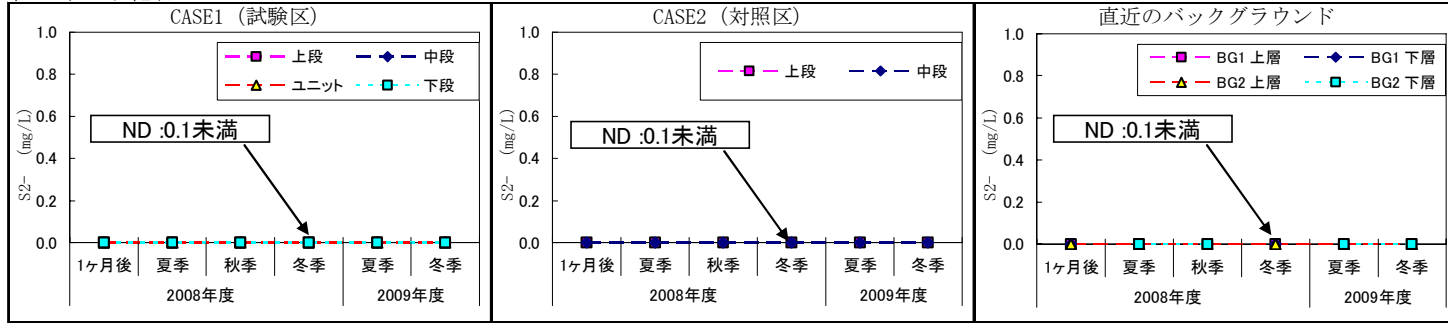


図 6-1-2 水質分析結果 (直上水) 化学的酸素要求量 (COD)、リン酸態りん (PO<sub>4</sub>-P)

【直上水の推移】  
直上水 硫化物



直上水 浮遊物質 (SS)

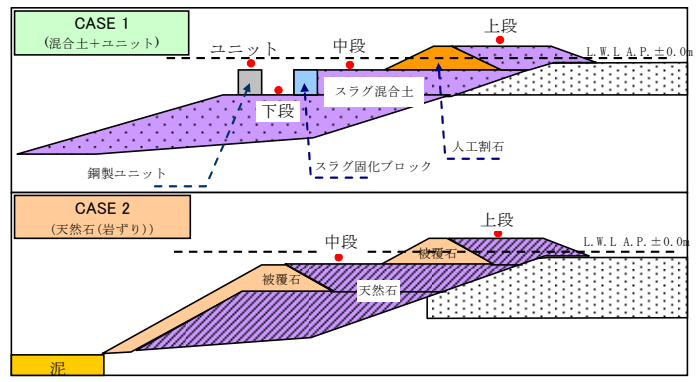
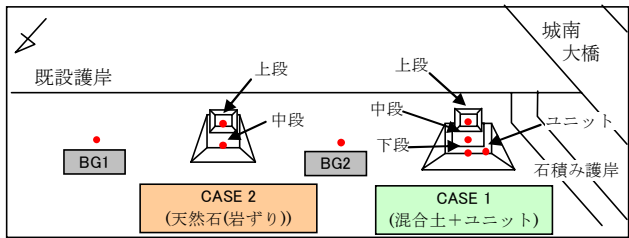
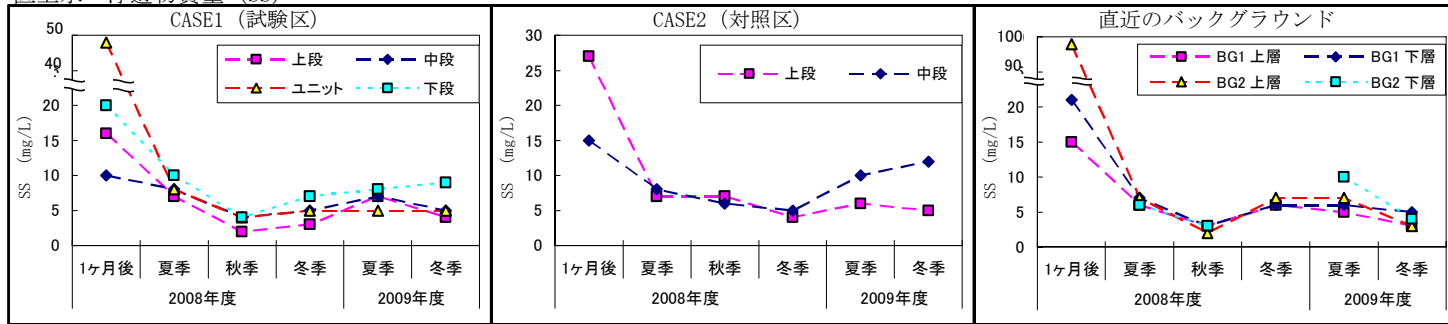
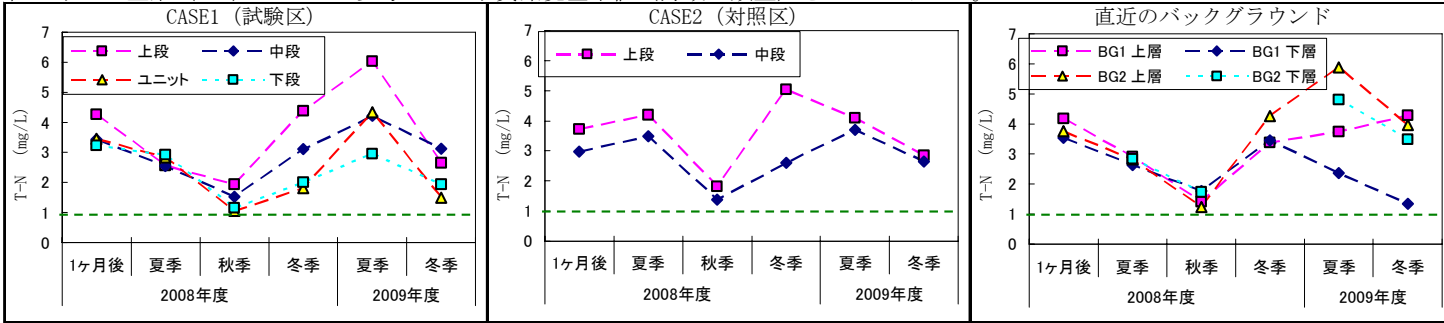


図 6-1-3 水質分析結果 (直上水) 硫化物、浮遊物質 (SS)

【直上水の推移】

直上水 全窒素 (T-N) ※参考として水質環境基準値 (海城IV類型) を---で示した。



直上水 全りん (T-P) ※参考として水質環境基準値 (海城IV類型) を---で示した。

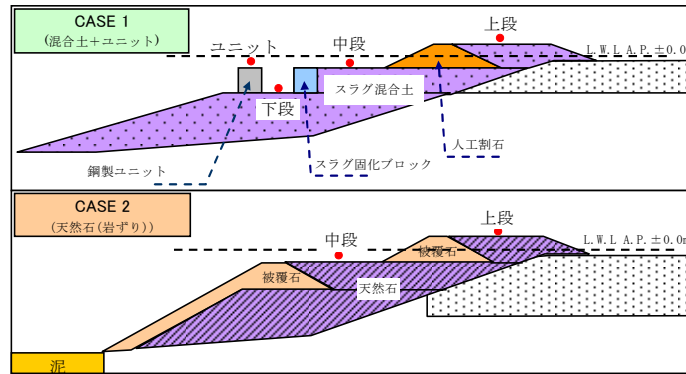
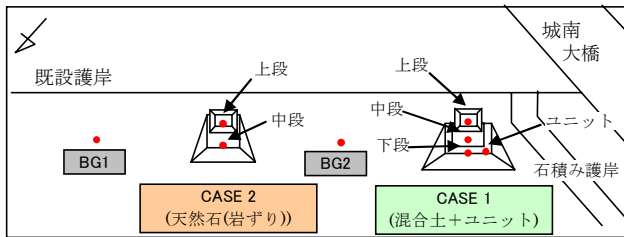
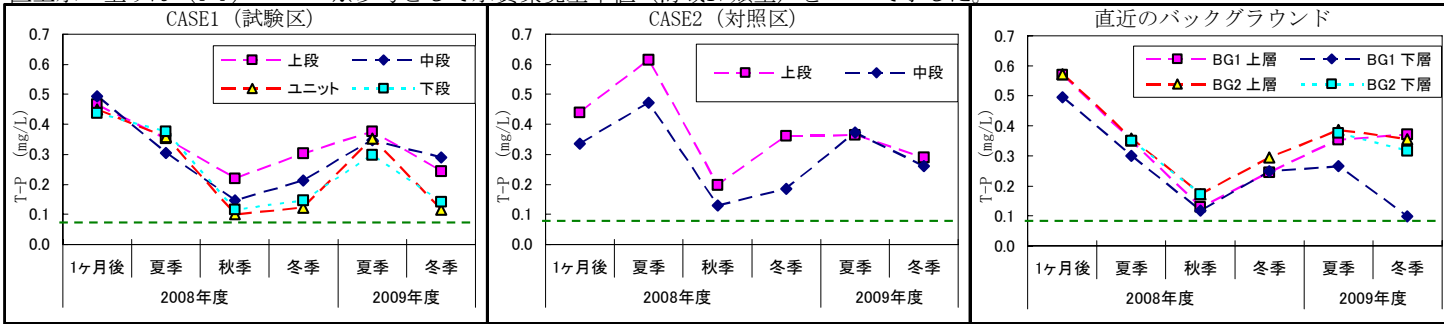
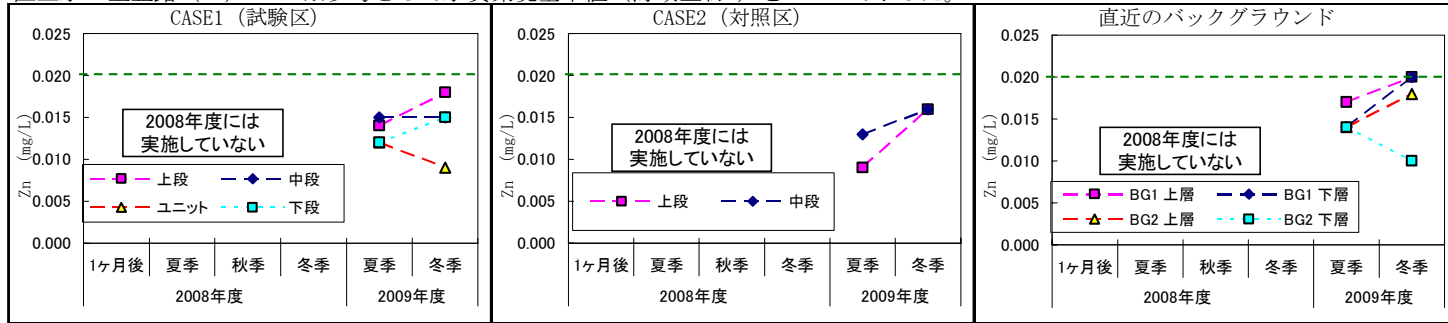


図 6-1-4 水質分析結果 (直上水) 全窒素(T-N)、全りん(T-P)



【直上水の推移】

直上水 全亜鉛 (Zn) ※参考として水質環境基準値 (海域生物A) を - - - で示した。



直上水 二価鉄 (Fe<sup>2+</sup>) ※微量分析

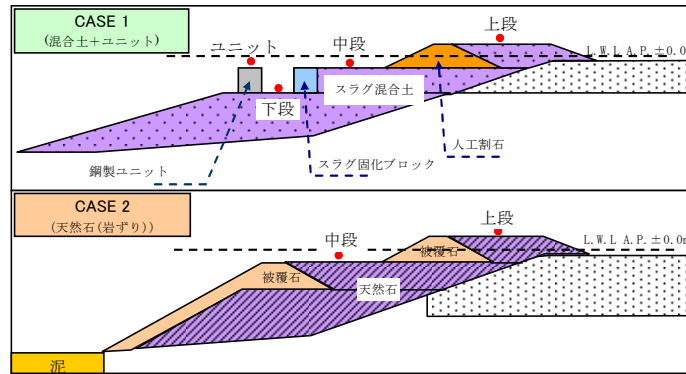
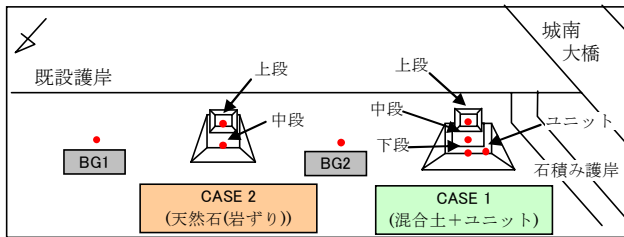
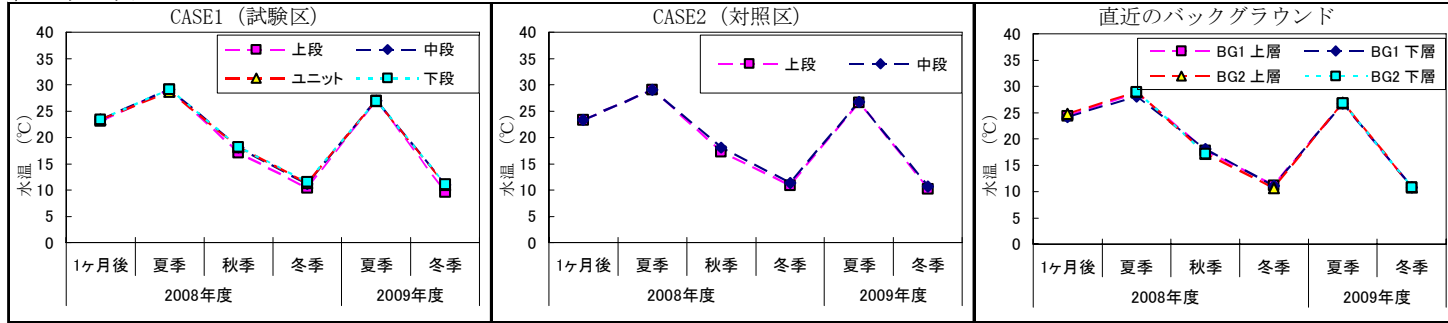


図 6-1-5 水質分析結果 (直上水) 全亜鉛 (Zn)、二価鉄 (Fe<sup>2+</sup>)

【直上水の推移】

直上水 水温



直上水 塩分

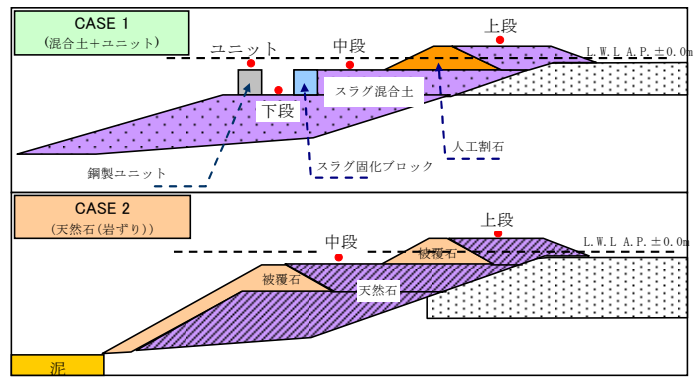
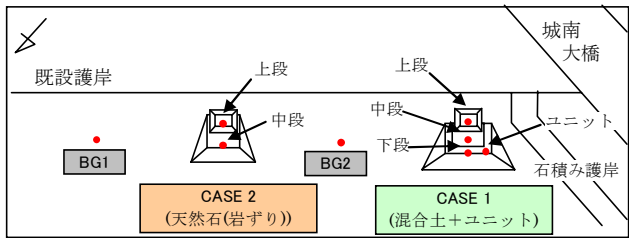
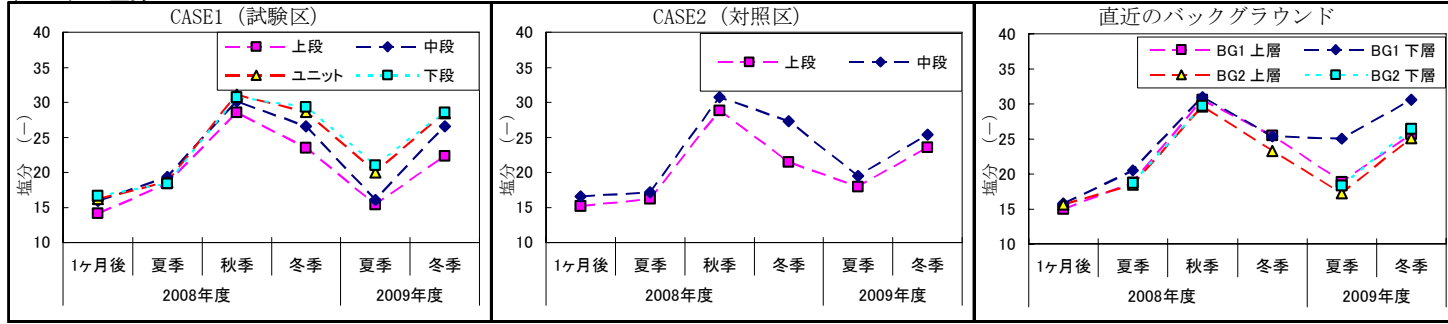


図 6-1-6 水質分析結果 (直上水) 水温、塩分

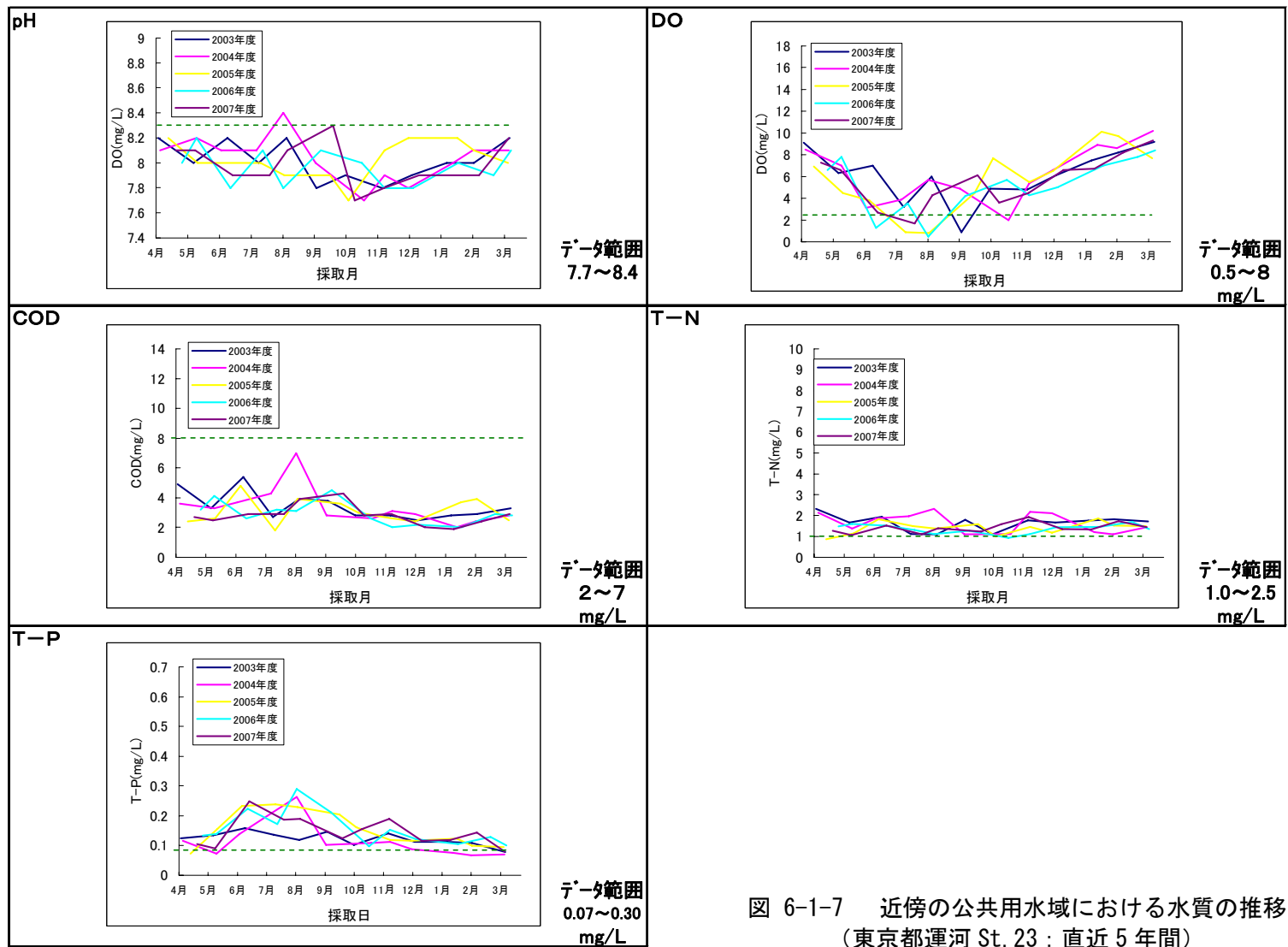


図 6-1-7 近傍の公共用水域における水質の推移 (東京都運河 St. 23 : 直近 5 年間)

表 6-1-2(1) 水質分析結果（間隙水） 【夏季調査：2009年8月】

調査日：平成21年8月26日

調査地点		CASE1（混合土+ユニット）				CASE2（天然石）		バックグラウンド	
		上段	中段	下段	ユニット	上段	中段	BG1	BG2
調査日		8月26日	8月26日	8月26日	8月26日	8月26日	8月26日	8月26日	8月26日
水 質 分 析 項 目	pH	7.6	8.1	8.1	7.9	7.6	7.6	—	—
	電気伝導度 mS/cm	26.0	36.4	34.9	35.1	30.2	31.4	44.8	32.1
	DO mg/L	4.7	<0.1	<0.1	4.3	4.3	3.7	—	—
	COD <sub>Mn</sub> mg/L	15	35	66	9.8	12	40	—	—
	PO <sub>4</sub> -P mg/L	0.196	0.674	0.110	0.190	0.316	0.182	10.4	0.773
	硫化物 mg/L	<0.1	<0.1	1.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	<0.1
	SS mg/L	690	43	43	71	280	1300	—	—
	T-N mg/L	5.90	21.6	38.2	2.87	5.08	8.06	—	—
	T-P mg/L	0.467	1.57	3.27	0.425	0.615	1.26	—	—
全亜鉛 mg/L	0.073	0.043	0.039	0.057	0.083	0.202	0.068	0.036	

※CASE1 の中段、下段および、BG1、BG2 の間隙水は、海底泥から強制的な抽出法（遠心分離）により採取した。

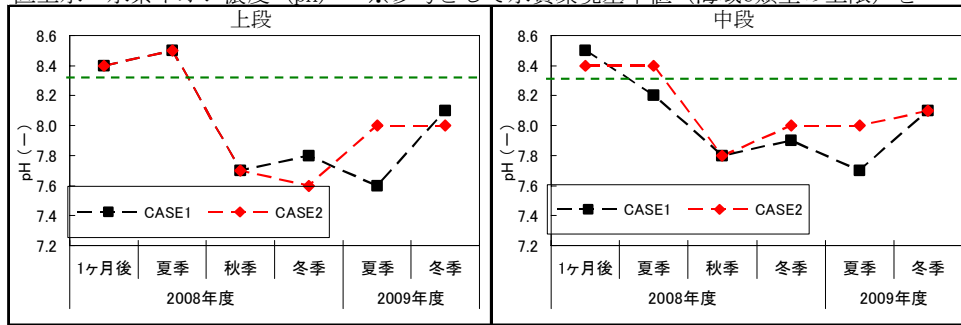
表 6-1-2(2) 水質分析結果（間隙水） 【冬季調査：2010年2月】

調査日：平成22年2月3日

調査地点		CASE1（混合土+ユニット）				CASE2（天然石）		バックグラウンド	
		上段	中段	下段	ユニット	上段	中段	BG1	BG2
調査日		2月3日	2月3日	2月3日	2月3日	2月3日	2月3日	2月3日	2月3日
水 質 分 析 項 目	pH	7.9	7.5	8.0	8.0	7.9	8.0	—	—
	電気伝導度 mS/cm	41.1	47.2	49.2	45.2	39.1	41.8	48.0	49.2
	DO mg/L	7.6	0.2	<0.1	8.3	8.0	8.6	—	—
	COD <sub>Mn</sub> mg/L	3.8	15	18	5.3	4.5	5.5	—	—
	PO <sub>4</sub> -P mg/L	0.184	0.349	0.991	0.069	0.230	0.154	9.34	0.638
	硫化物 mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	5.0	<0.1
	SS mg/L	6	62	48	47	7	37	—	—
	T-N mg/L	2.64	5.47	7.09	1.72	3.13	2.71	—	—
	T-P mg/L	0.236	0.787	1.39	0.185	0.309	0.271	—	—
全亜鉛 mg/L	0.020	0.017	0.014	0.022	0.017	0.021	0.014	0.013	

※CASE1 の中段、下段および、BG1、BG2 の間隙水は、海底泥から強制的な抽出法（遠心分離）により採取した。

【試験区と対照区の比較：直上水と間隙水（底質からの抽出法によるデータを除く）】  
 直上水 水素イオン濃度 (pH) ※参考として水質環境基準値（海域C類型の上限）を --- で示した。



間隙水 水素イオン濃度 (pH) ※参考として水質環境基準値（海域C類型の上限）を --- で示した。

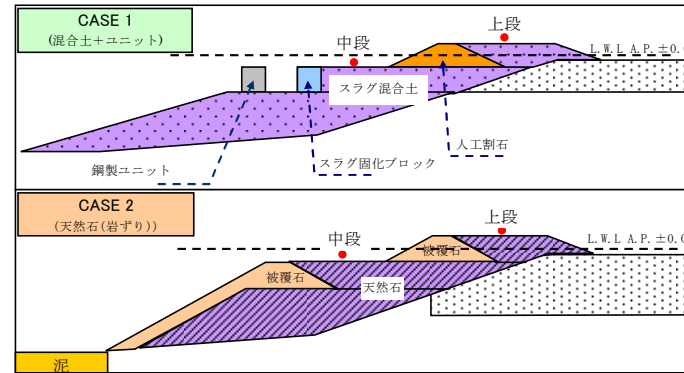
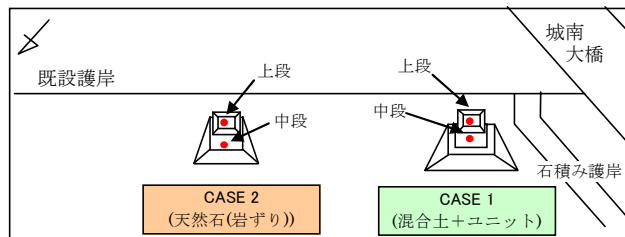
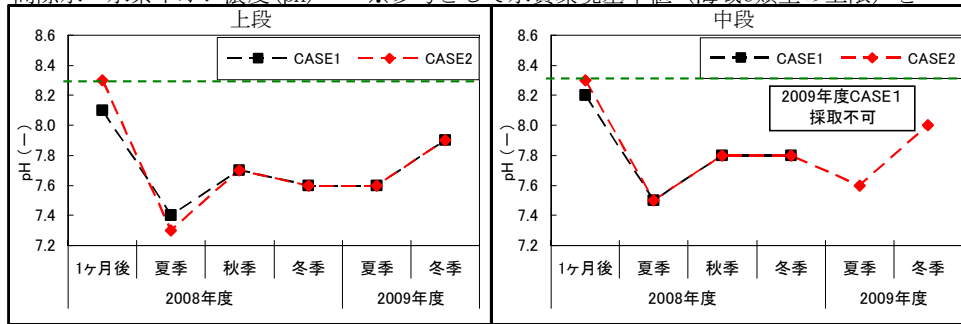
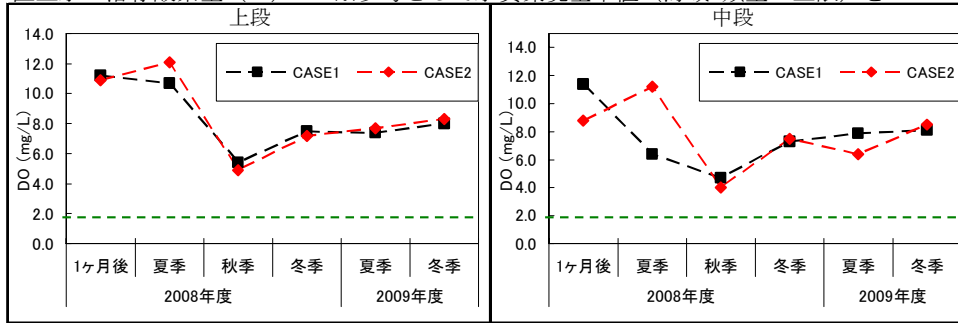


図 6-1-8 直上水と間隙水の比較 水素イオン濃度 (pH) (図中で試験区は黒、対照区は赤で示した)

【試験区と対照区の比較：直上水と間隙水（底質からの抽出法によるデータを除く）】  
 直上水 溶存酸素量 (DO) ※参考として水質環境基準値（海域C類型の上限）を --- で示した。



間隙水 溶存酸素量 (DO) ※参考として水質環境基準値（海域C類型の上限）を --- で示した。

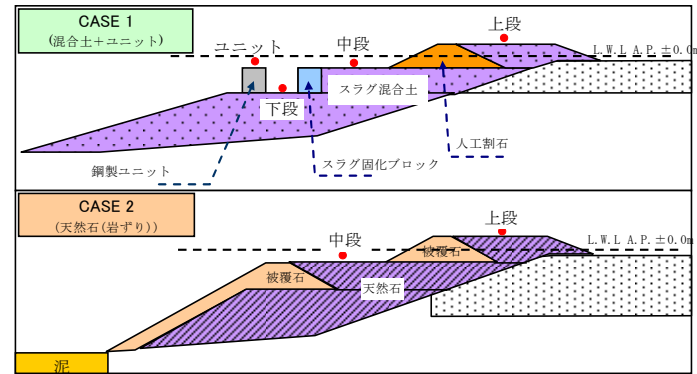
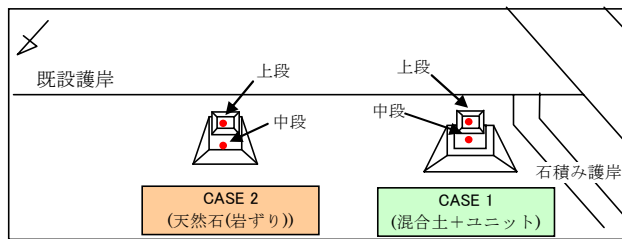
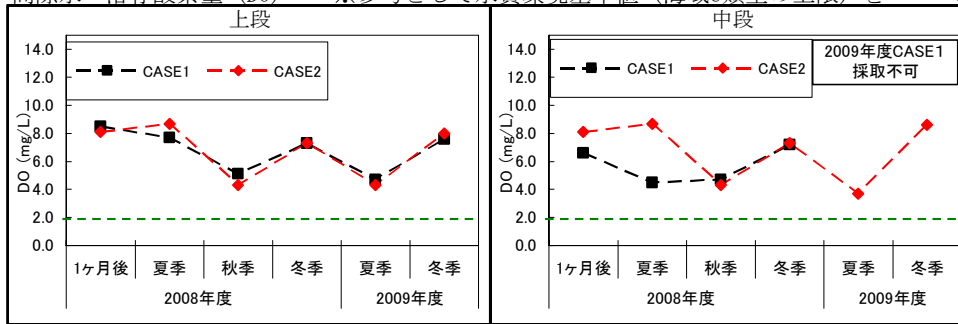
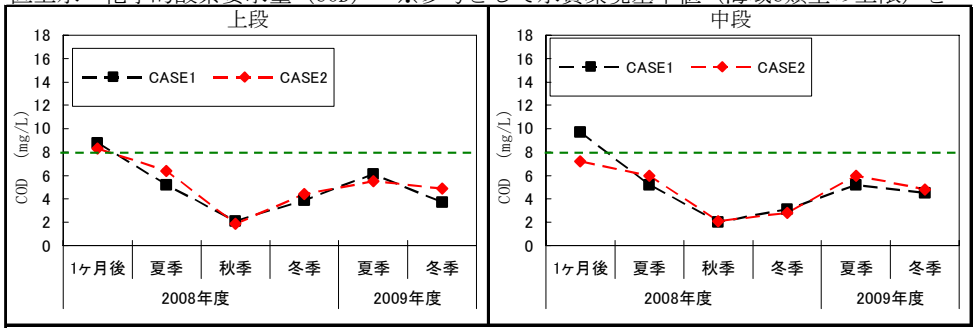


図 6-1-9 直上水と間隙水の比較 溶存酸素量 (DO) (図中で試験区は黒、対照区は赤で示した)

【試験区と対照区の比較：直上水と間隙水（底質からの抽出法によるデータを除く）】  
 直上水 化学的酸素要求量 (COD) ※参考として水質環境基準値（海域C類型の上限）を --- で示した。



間隙水 化学的酸素要求量 (COD) ※参考として水質環境基準値（海域C類型の上限）を --- で示した。

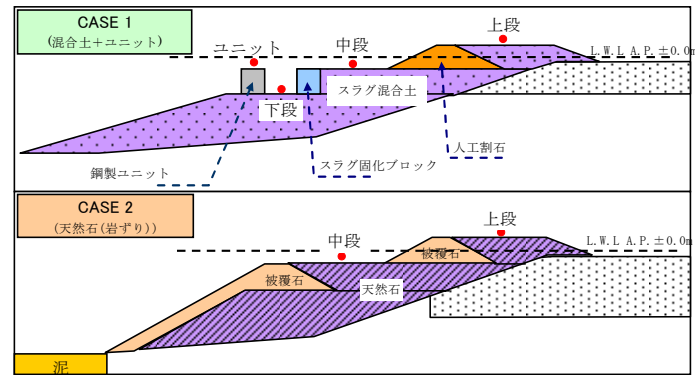
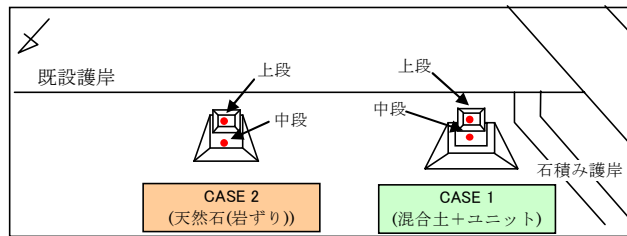
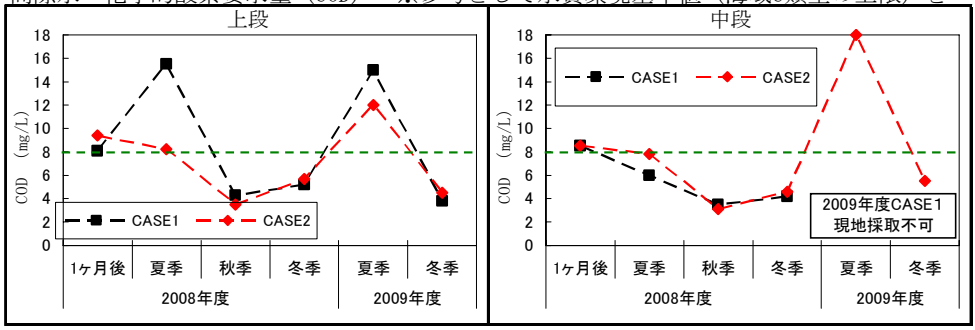


図 6-1-10 直上水と間隙水の比較 化学酸素要求量 (COD) (図中で試験区は黒、対照区は赤で示した)



【試験区と対照区の比較：直上水と間隙水（底質からの抽出法によるデータを除く）】  
直上水 リン酸態りん (PO<sub>4</sub>-P)

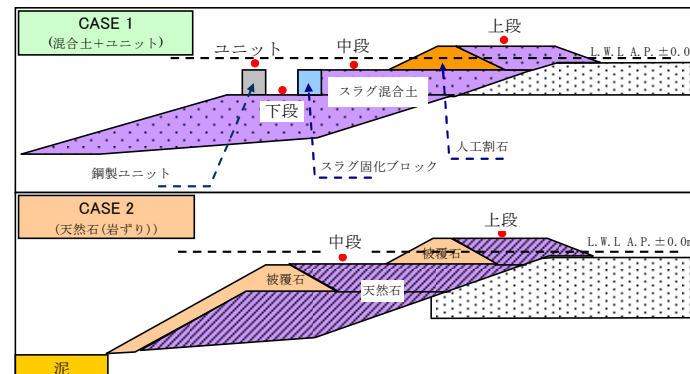
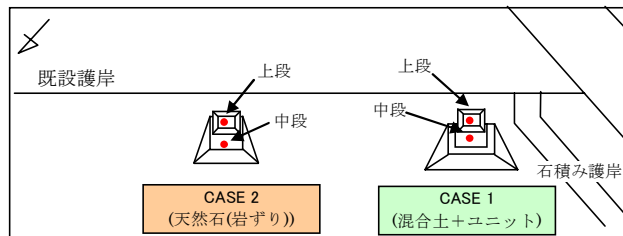
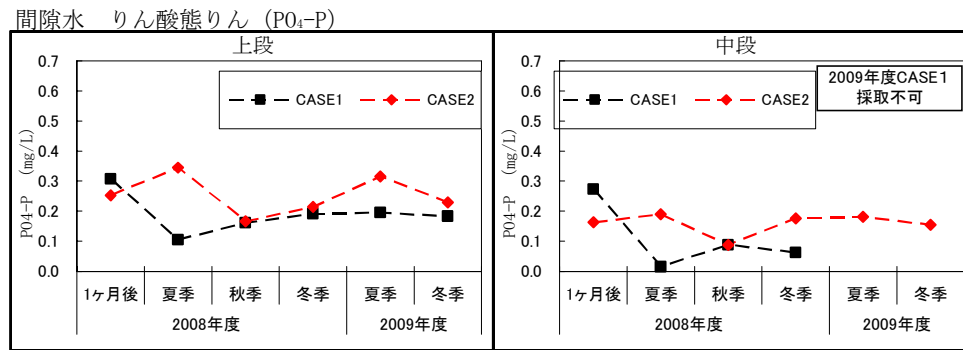
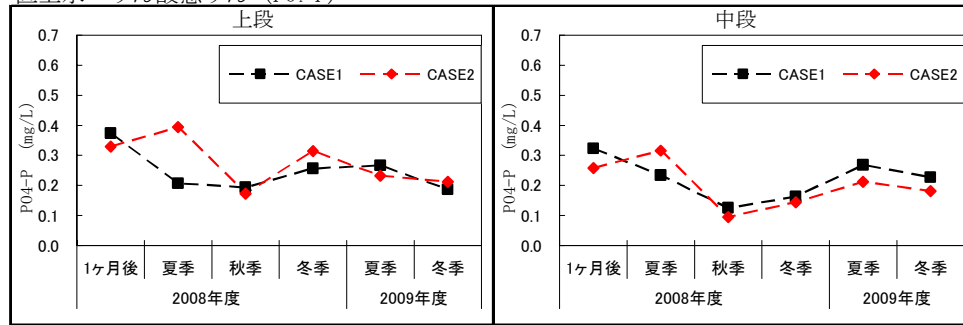
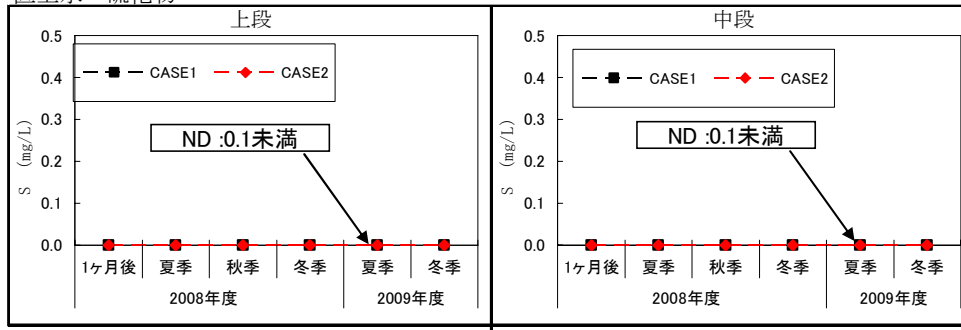


図 6-1-11 直上水と間隙水の比較 リン酸態りん (PO<sub>4</sub>-P) (図中で試験区は黒、対照区は赤で示した)

【試験区と対照区の比較：直上水と間隙水（底質からの抽出法によるデータを除く）】  
直上水 硫化物



間隙水 硫化物

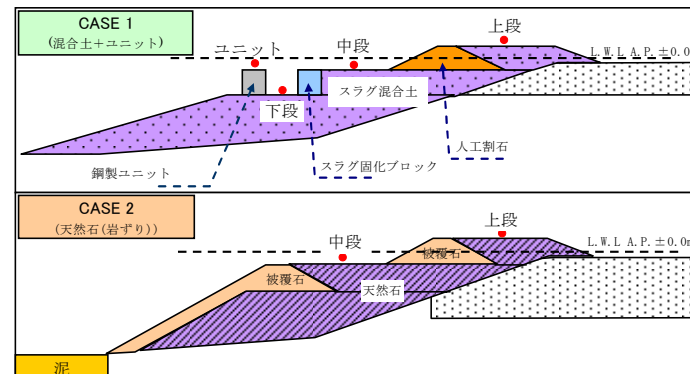
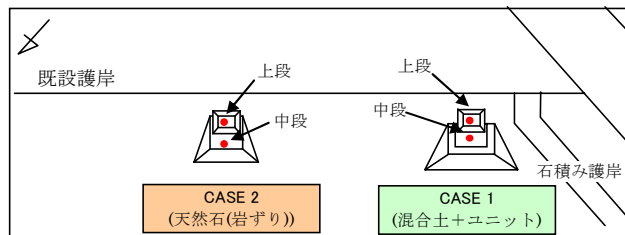
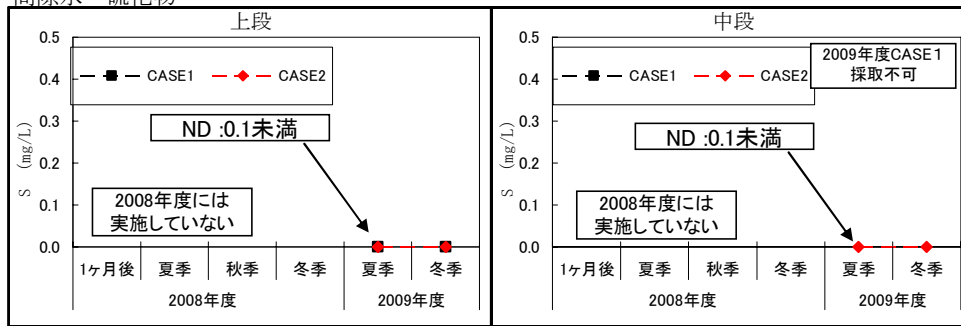
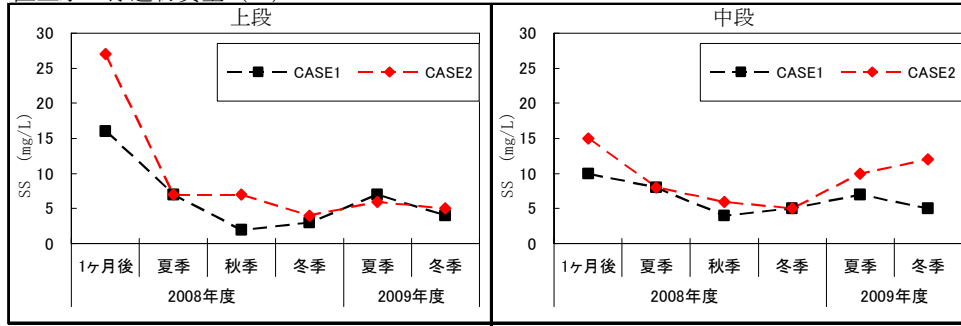


図 6-1-12 直上水と間隙水の比較 硫化物 ( $S^{2-}$ ) (図中で試験区は黒、対照区は赤で示した)

【試験区と対照区の比較：直上水と間隙水（底質からの抽出法によるデータを除く）】

直上水 浮遊物質質量 (SS)



間隙水 浮遊物質質量 (SS)

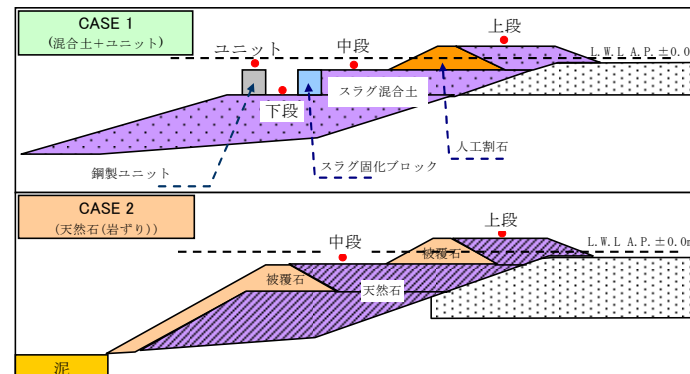
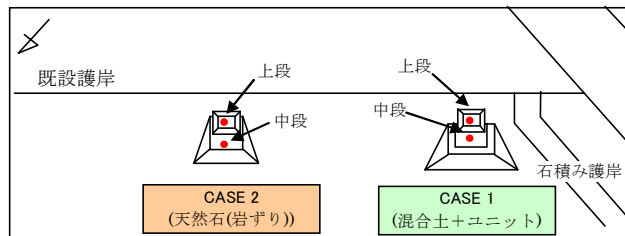
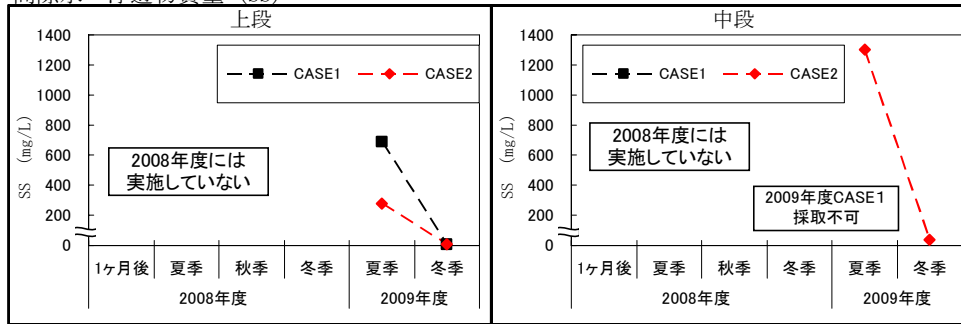
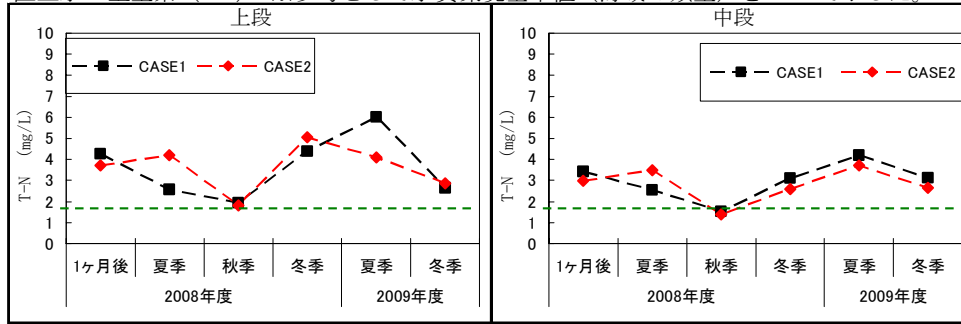


図 6-1-13 直上水と間隙水の比較 浮遊物質質量 (SS) (図中で試験区は黒、対照区は赤で示した)

【試験区と対照区の比較：直上水と間隙水（底質からの抽出法によるデータを除く）】  
 直上水 全窒素（T-N） ※参考として水質環境基準値（海域IV類型）を---で示した。



間隙水 全窒素（T-N） ※参考として水質環境基準値（海域IV類型）を---で示した。

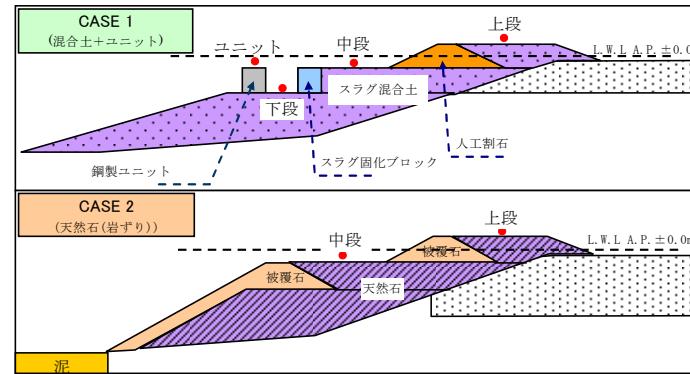
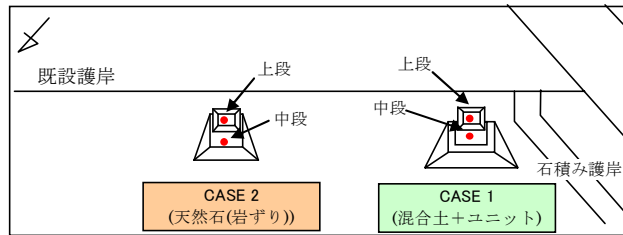
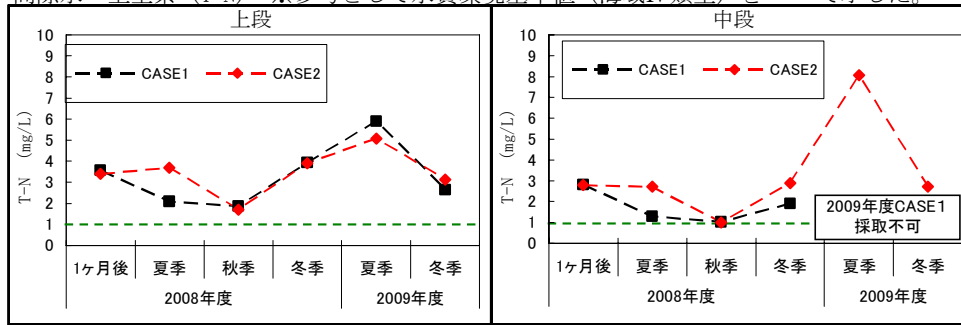
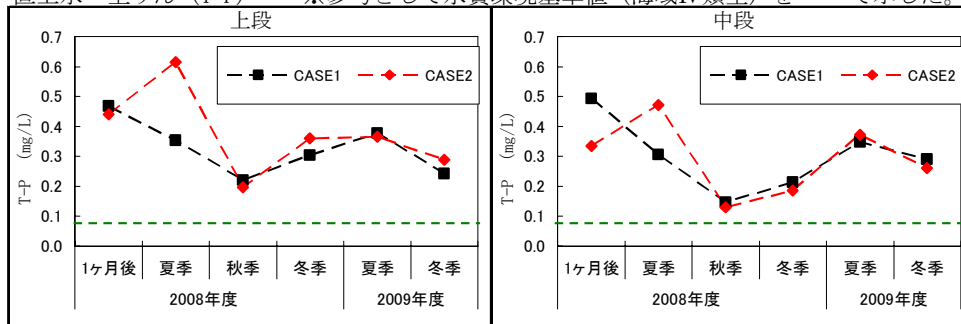


図 6-1-14 直上水と間隙水の比較 全窒素（T-N）（図中で試験区は黒、対照区は赤で示した）

【試験区と対照区の比較：直上水と間隙水（底質からの抽出法によるデータを除く）】  
 直上水 全りん (T-P) ※参考として水質環境基準値（海域IV類型）を---で示した。



間隙水 全りん (T-P) ※参考として水質環境基準値（海域IV類型）を---で示した。

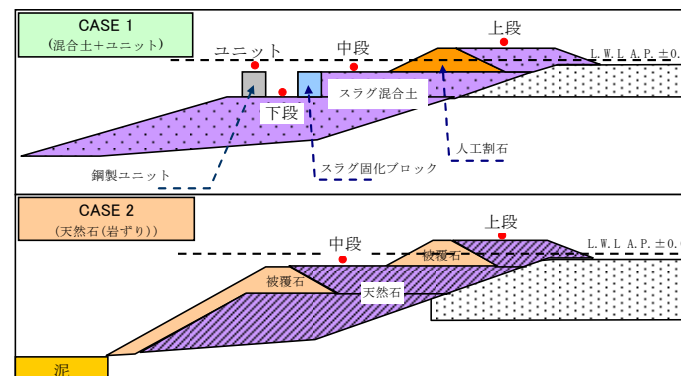
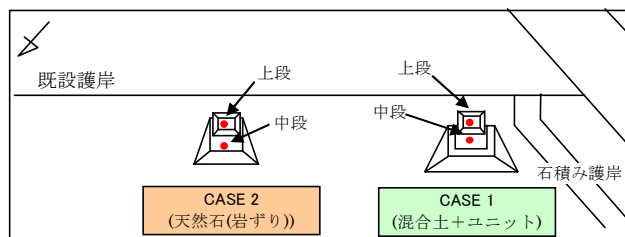
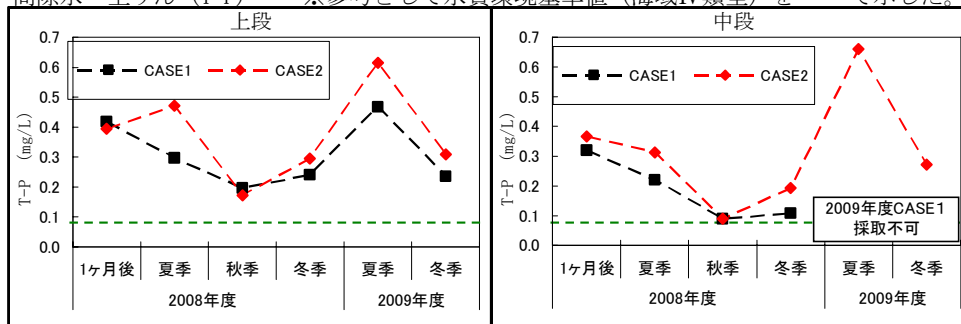
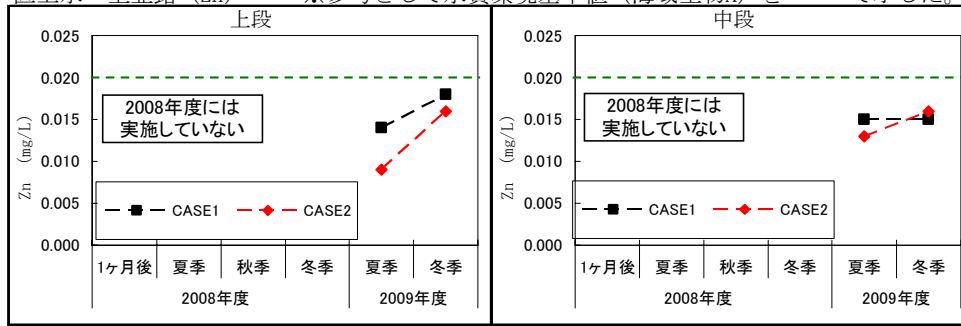


図 6-1-15 直上水と間隙水の比較 全りん (T-P) (図中で試験区は黒、対照区は赤で示した)

【試験区と対照区の比較：直上水と間隙水（底質からの抽出法によるデータを除く）】  
 直上水 全亜鉛 (Zn) ※参考として水質環境基準値 (海域生物A) を --- で示した。



間隙水 全亜鉛 (Zn) ※参考として水質環境基準値 (海域生物A) を --- で示した。

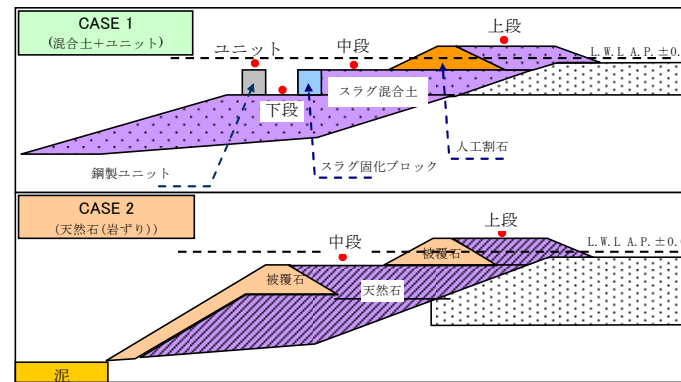
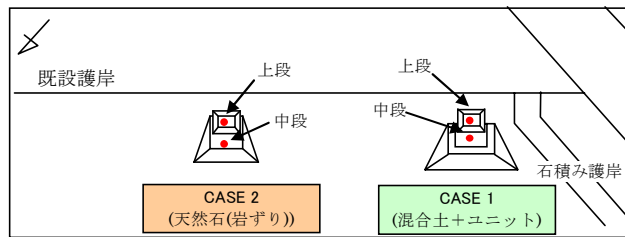
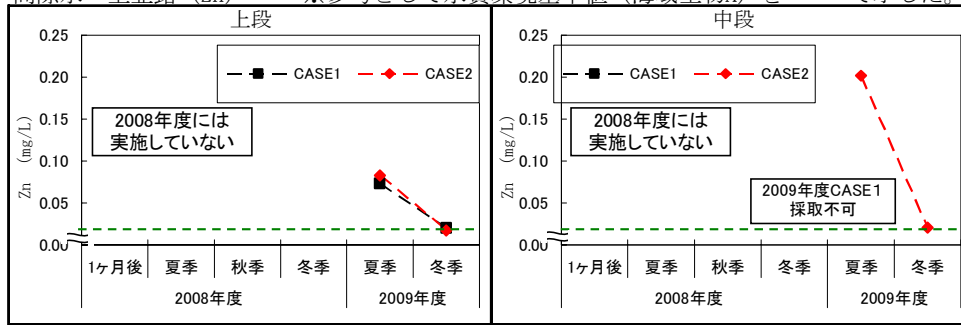


図 6-1-16 直上水と間隙水の比較 亜鉛 (Zn) (図中で試験区は黒、対照区は赤で示した)

## 6.2 底質調査

底質の調査結果を表 6-2-1 に示した。

底質性状の推移を昨年度調査(2008年度)と今年度調査の結果を合わせて図 6-2-1、図 6-2-2 に示した。また、試験区と対照区を比較するため、「既設護岸との間」(CASE1 と CASE2) および試験区 (CASE1) 全点とバックグラウンド (BG1) の推移についてとりまとめ、図 6-2-3 に示した。

### 1) 底質性状の推移【CASE1 中段、下段】(図 6-2-1～図 6-2-3 参照)

試験区の強熱減量は、中段、下段において 5～10%程度で推移した。下段については 2009 年度夏季より上昇する傾向が認められた。

試験区の含水率は、中段、下段において 50～140%程度で推移した。下段については、2009 年度からの上昇が顕著で細粒化が示唆された。

試験区の硫化物は、中段、下段において 0.1～1.2mg/g 程度で推移した。2009 年度夏季以降の上昇が顕著であり、水産用水基準 (0.2mg/g) を大幅に超過する状況が認められた。

試験区の化学的酸素要求量は、中段、下段において 5～25mg/g 程度で推移した。硫化物と同様に 2009 年度夏季以降の上昇が顕著であり、下段においては水産用水基準 (20mg/g) を超過した。

以上のことから、浮泥等の堆積により底質が細粒化していることが考えられる。ただし、いずれの項目についてもバックグラウンド (BG1) も同様の推移を示しており、周辺水域の状況を反映した結果と考えられる。

### 2) 底質性状の推移【マウンド後背地：既設護岸との間】(図 6-2-1～図 6-2-3 参照)

CASE1 と CASE2 でほとんど差は認められなかった。いずれの項目についてもほぼ一律なレベルで推移し、調査期間を通じて水産用水基準を満足していた。

表 6-2-2(1) 底質調査概要

採取方法：スミスマッキンタイヤ型採泥器による採泥（2回採泥）

調査地点		CASE1（混合土+ユニット）				CASE2 （天然石）	BG 1	BG2
		上段	中段	下段	護岸との間	護岸との間		
現 地 測 定 項 目	調査日		平成21年8月25日				平成21年8月26日	
	調査時間		13:10	13:25	13:45	10:00	9:00	13:30
	天候		晴	晴	晴	晴	晴	晴
	風向		東	東	東	東北	東	東
	風速 m/s		1	0.7	0.3	0.3	2	3.3
	泥色		黒	暗オリーブ灰	暗オリーブ灰	暗オリーブ灰	黒	暗オリーブ灰
	泥温 ℃		25.7	26.5	26.8	27.4	26.2	26.4
	性状		砂質	砂質	砂質	砂質	シルト	砂質
	臭気		硫化水素臭	硫化水素臭	硫化水素臭	硫化水素臭	硫化水素臭	硫化水素臭
	混入物		貝殻	貝殻	貝殻	貝殻	木片・貝殻	貝殻
底 質 分 析 項 目	強熱減量 %		7.0	8.0	3.6	3.2	10.0	3.8
	含水比 %		83.5	88.7	42.1	43.8	122	55.1
	ORP mV		-221	-108	-27	-75	-206	-43
	COD mg/g		15.1	11.8	7.0	6.4	37.2	8.0
	硫化物 mg/g		1.11	0.72	0.19	0.11	1.06	0.18



表 6-2-2(2) 底質調査概要

採取方法：スミスマッキンタイヤ型採泥器による採泥（2回採泥）

調査地点		CASE1（混合土+ユニット）				CASE2 （天然石）	BG 1	BG2	
		上段	中段	下段	護岸との間	護岸との間			
現地 測定 項目	調査日	平成22年2月3日							
	調査時間		9:15	9:25	9:00	13:00	13:40	10:45	
	天候		晴	晴	晴	晴	晴	晴	
	風向		北北東	北北東	北北東	北北東	北東	北北東	
	風速 m/s		3.1	5	4.2	3.4	4.0	3.0	
	泥色		黒	黒オリーブ灰	黒オリーブ灰	黒オリーブ灰	黒	黒オリーブ灰	
	泥温 ℃		11.1	11.2	11.1	10.9	11.1	11.1	
	性状		砂質	砂質	砂質	砂質	シルト	砂質	
	臭気		硫化水素臭	硫化水素臭	硫化水素臭	硫化水素臭	硫化水素臭	硫化水素臭	
	混入物		貝殻	貝殻	貝殻	貝殻	貝殻、木片	貝殻	
底質 分析 項目	強熱減量 %		7.3	12.0	4.5	3.2	7.0	5.6	
	含水比 %		86.0	144	44.2	41.0	134	73.3	
	ORP mV		-59	-63	-22	+84	-220	+83	
	COD mg/g		11.7	24.8	6.9	4.7	20.8	11.9	
	硫化物 mg/g		0.23	1.21	0.07	0.08	0.98	0.14	

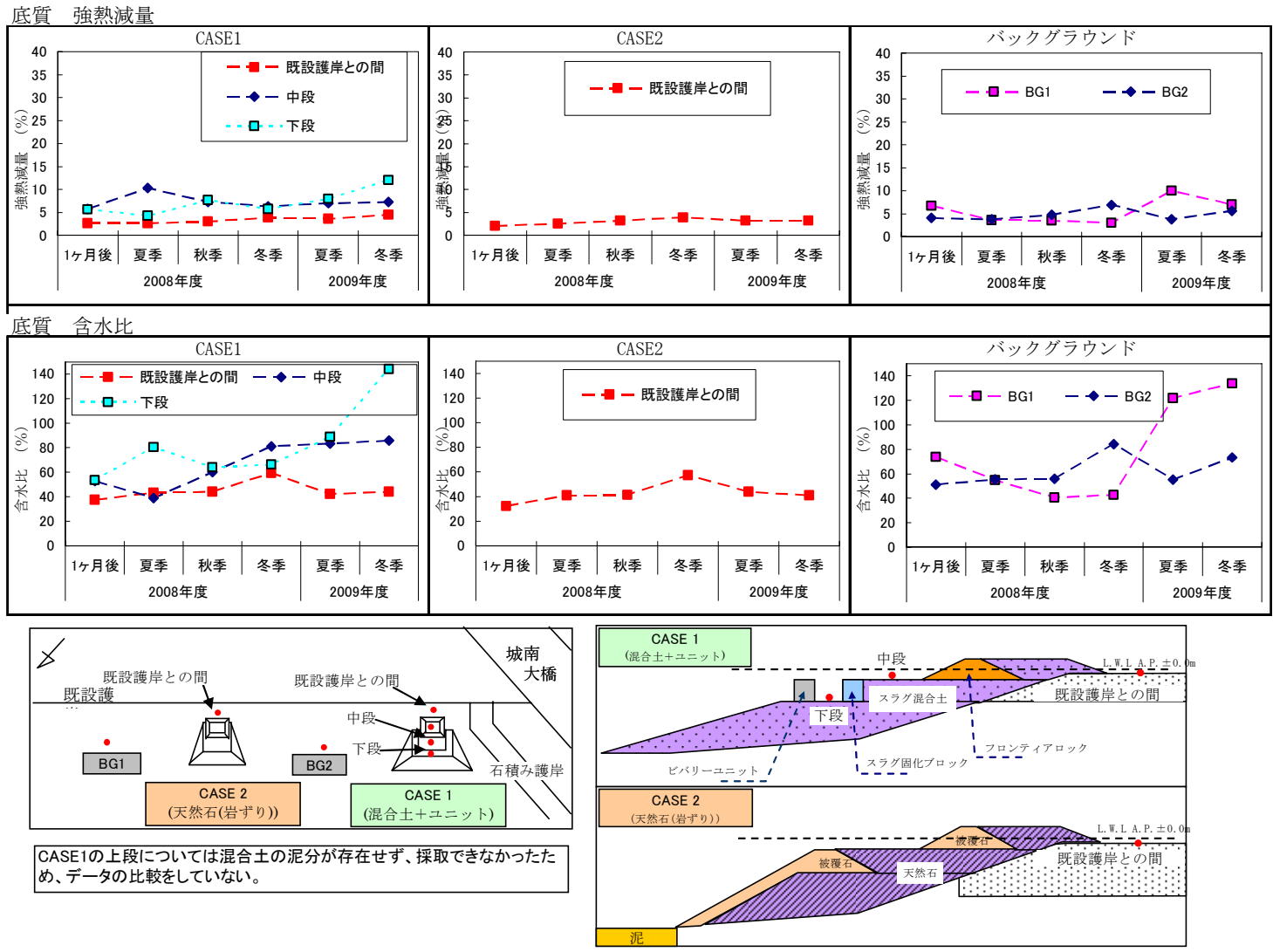


図 6-2-1 底質分析結果 強熱減量、含水比

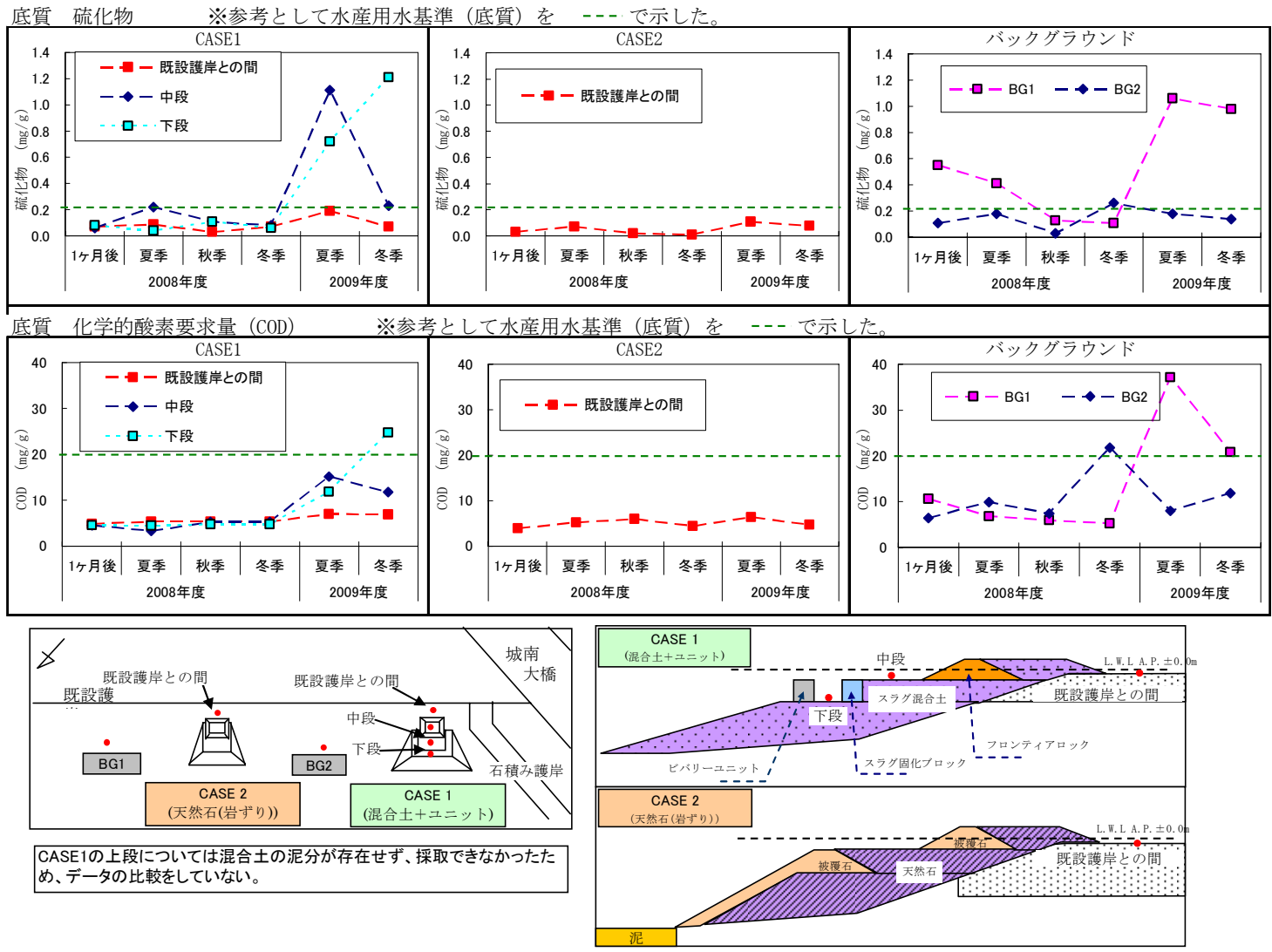
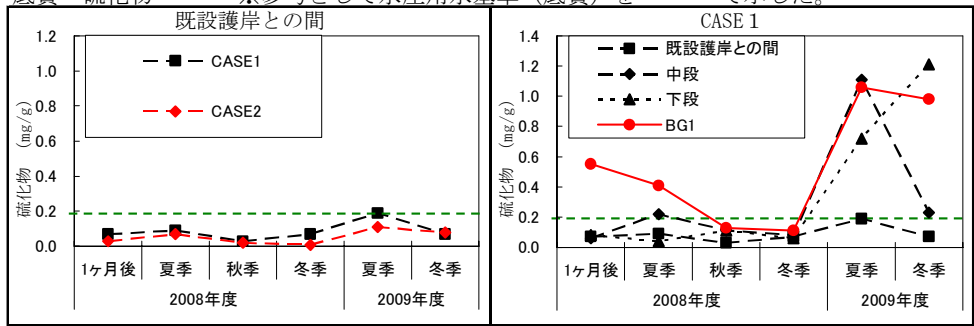


図 6-2-2 底質分析結果 硫化物、化学的酸素要求量

【CASE 1 とCASE2（護岸との間）の比較および試験区（CASE1各点）と対照区（BG1）の比較】  
 底質 硫化物 ※参考として水産用水基準（底質）を --- で示した。



底質 化学的酸素要求量 (COD) ※参考として水産用水基準（底質）を --- で示した。

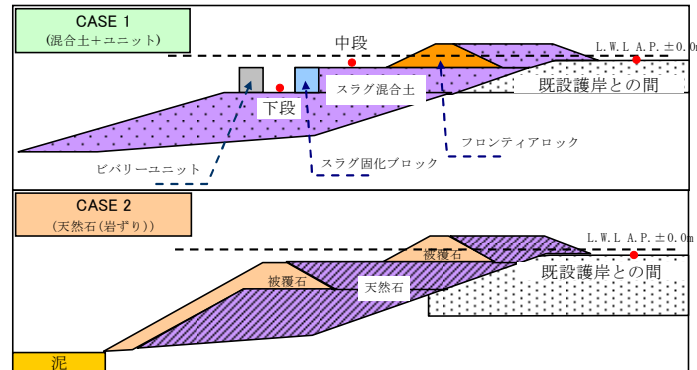
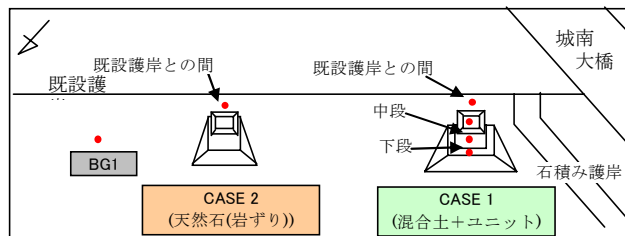
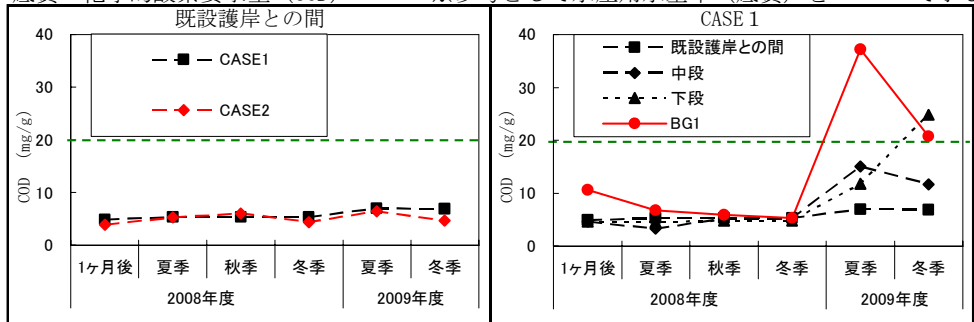


図 6-2-3 底質分析結果 試験区と対照区の比較（図中で試験区は黒、対照区は赤で示した）

### 3) 試験区（スラグ混合土）の性状（図 6-2-4 参照）

試験区のスラグ混合土の材料である浚渫土は昨年度報告書によると、底質調査結果では、元の浚渫土に比べて有機物等の含有量は低く、バックグラウンド地点である BG1 及び BG2 と同等程度であった。混合土はスラグと浚渫土とを 7：3 で混合したものであることから、スラグ混合により有機物含有量や硫化物等が希釈されたものと報告されている。

スラグ混合土に用いた浚渫土の底質性状

土粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> )	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	自然含水比 (%)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	強熱減量 (%)	pH	粒度組成 (%)			
							礫	砂	シルト	粘土
2.667	1.446	105.7	81.7	30.6	9.0	8.3	1	28	37	34



現地採取 浚渫土

出典：製鋼スラグ・浚渫土有効利用のための実海域試験工事 工事報告書  
平成20年6月 東亜・五洋・東洋・若築建設共同企業体

図 6-2-4 混合土材料の浚渫土の性状

### 6.3 溶出試験等

#### 6.3.1 海洋汚染及び海上災害防止に関する法律に基づく試験

海洋汚染及び海上災害防止に関する法律（以下海洋汚染防止法）に基づく試験の結果を表 6-3-1 に示した。

対象とした 10 成分については水底土砂の判定基準を満足しており、事前に実施した混合材の各材料（製鋼スラグ製品および浚渫土）の試験結果を裏付ける結果であった。（付録 表 9-1-1 参照）

表 6-3-1 海洋汚染防止法に基づく溶出試験の結果

試料採取日：平成 22 年 2 月 3 日

項目	単位	混合土	銅製ユニット	藻場造成礁		判定基準
		浚渫土+ 製鋼スラグ	腐植土+ 製鋼スラグ	炭酸固化体ブ ロック	人工割石	
			(ピバリーユニット)	(マリプロック)	(フロンティアロック)	
水銀又はその化合物	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.005
カドミウム又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1
鉛又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1
六価クロム化合物	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.5
銅又はその化合物	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3
亜鉛又はその化合物	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2
ベリリウム又はその化合物	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.5
クロム又はその化合物	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2
ニッケル又はその化合物	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.2
バナジウム又はその化合物	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.5

### 6.3.2 溶出速度試験（1回目）

#### 1) うわ水の濃度変化

溶出速度等試験（1回目）におけるうわ水分析結果を表 6-3-2、表 6-3-3 及び図 6-3-1 に示した。

#### 【水温、DO のモニター】

実験期間を通じ、全ての試験ケースで目標とした水温（現地近似：25℃±1℃）、DO（嫌気状態：ほぼ ND）を保持できた。

#### 【pH の推移】

試験区、対照区とも、ほぼ同様の推移を示した。初期にやや上昇し 8.5 程度を示したが、以後経過とともに低下し、最終的には 7.5 程度まで低下した。

製鋼スラグ中の CaO による pH の上昇が予想された中段においても、護岸との間及びバックグラウンドと同様の推移を示した。

なお、初期値はほぼ通常の海水と同程度の値を示したが、最終的には 1 程度低下した。従って、水-固体間の鉄分、栄養塩類等の吸・脱着を評価する上では、実験初期の水質の変化が小さい時期を対象に評価することが妥当と思われた。

特に Fe の吸・脱着は、pH 変化に対する感受性が強いとされるので、実験開始直後の収支が重要と推測されたので、0 水（実験に供給した原水）と 1 日後の変化から溶出速度を算出した。

表 6-3-2 溶出速度等試験結果 【試験区】

試験期間：平成 21 年 8 月 29 日から 9 月 28 日

試料名		実験槽	経過日数	水温 ℃	DO mg/L	pH	T-Fe mg/L	Fe (II) mg/L	NH4-N mg/L	NO2-N mg/L	NO3-N mg/L	PO4-P mg/L	硫化物 mg/L
Case 1 試験区	中段	①	0	24.0	<0.5	8.4	0.01	<0.05	1.31	0.344	1.70	0.513	1.7
			1	24.4	<0.5	8.6	0.05	<0.05	1.68	0.669	0.643	0.598	1.1
			3	24.4	<0.5	8.3	0.04	-	3.03	0.004	0.023	0.931	7.9
			5	24.8	<0.5	8.0	0.05	0.05	3.95	0.003	0.009	1.11	15
			11	24.7	<0.5	7.6	0.02	<0.05	6.58	0.002	0.024	1.69	33
			20	24.8	<0.5	7.5	<0.01	<0.05	10.3	0.003	0.015	2.43	45
			30	24.7	<0.5	7.4	<0.01	<0.05	13.5	0.006	0.013	3.05	56
		②	0	24.0	<0.5	8.3	0.01	<0.05	2.90	0.545	1.51	0.600	3.1
			1	24.3	<0.5	8.6	0.05	0.05	3.61	0.580	0.043	0.654	1.7
			3	24.5	<0.5	8.4	0.03	-	5.91	0.004	0.012	0.956	13
			5	24.9	<0.5	8.2	0.03	<0.05	7.39	0.002	<0.005	1.12	19
			11	24.7	<0.5	8.0	0.02	<0.05	10.6	0.003	<0.005	1.49	31
	20		24.7	<0.5	7.9	0.15	<0.05	13.6	0.003	<0.005	1.87	14	
	護岸 との間	①	0	23.7	<0.5	8.2	0.01	<0.05	2.51	0.569	1.78	0.514	0.2
			1	24.4	<0.5	8.4	0.04	<0.05	3.80	0.008	0.016	0.647	0.7
			3	24.4	<0.5	8.1	0.03	-	6.05	0.003	<0.005	1.00	8.3
			5	24.8	<0.5	8.0	0.03	<0.05	7.14	0.003	<0.005	1.15	13
			11	25.0	<0.5	8.0	0.02	<0.05	8.68	0.002	<0.005	1.42	14
			20	24.7	<0.5	7.8	0.01	<0.05	10.8	0.002	0.008	1.64	6.7
			30	25.0	<0.5	7.7	0.03	<0.05	12.2	<0.001	0.006	1.92	0.4
		②	0	23.9	<0.5	8.3	0.01	<0.05	0.800	0.126	2.47	0.419	<0.1
			1	24.4	<0.5	8.4	0.05	<0.05	0.990	0.294	1.87	0.468	<0.1
			3	24.6	<0.5	8.1	0.09	-	1.67	0.001	<0.005	0.750	0.1
			5	25.0	<0.5	7.9	0.11	<0.05	2.14	0.001	<0.005	0.942	1.6
11			24.9	<0.5	7.5	0.06	<0.05	4.16	0.002	<0.005	1.32	6.9	
20	24.8		<0.5	7.4	0.06	<0.05	4.75	<0.001	<0.005	1.50	1.3		
30	24.6	<0.5	7.3	0.10	0.08	6.02	<0.001	0.010	1.72	0.2			



表 6-3-3 溶出速度等試験結果 【対照区】

試験期間：平成 21 年 8 月 29 日から 9 月 28 日

試料名		実験槽	経過日数	水温 ℃	DO mg/L	pH	T-Fe mg/L	Fe (II) mg/L	NH4-N mg/L	NO2-N mg/L	NO3-N mg/L	PO4-P mg/L	硫化物 mg/L
BG 対照区	1	①	0	24.2	<0.5	8.4	<0.01	<0.05	1.14	0.154	2.49	0.506	<0.1
			1	24.5	<0.5	8.6	0.02	<0.05	1.50	0.271	2.03	0.625	<0.1
			3	24.3	<0.5	8.4	0.03	-	2.48	0.004	<0.005	0.981	2.0
			5	25.0	<0.5	8.1	0.03	<0.05	3.12	0.006	0.006	1.19	6.4
			11	25.1	<0.5	7.6	0.03	<0.05	4.45	0.002	<0.005	1.53	15
			20	24.7	<0.5	7.6	0.01	<0.05	6.24	0.004	<0.005	1.99	26
			30	24.5	<0.5	7.5	0.01	<0.05	8.06	0.009	<0.005	2.63	51
	2	②	0	24.2	0.6	8.5	<0.01	<0.05	1.12	0.155	2.57	0.390	<0.1
			1	24.6	<0.5	8.7	0.01	<0.05	1.40	0.165	2.26	0.398	<0.1
			3	24.5	<0.5	8.5	0.02	-	3.26	0.001	0.015	0.611	0.3
			5	24.6	<0.5	8.3	0.03	<0.05	4.53	0.001	0.010	0.762	3.0
			11	24.5	<0.5	8.1	0.03	<0.05	6.55	0.002	<0.005	0.958	5.4
			20	24.7	<0.5	8.0	0.02	<0.05	9.47	0.001	<0.005	1.21	3.7
			30	24.5	<0.5	7.8	0.03	<0.05	11.8	<0.001	0.014	1.33	0.9

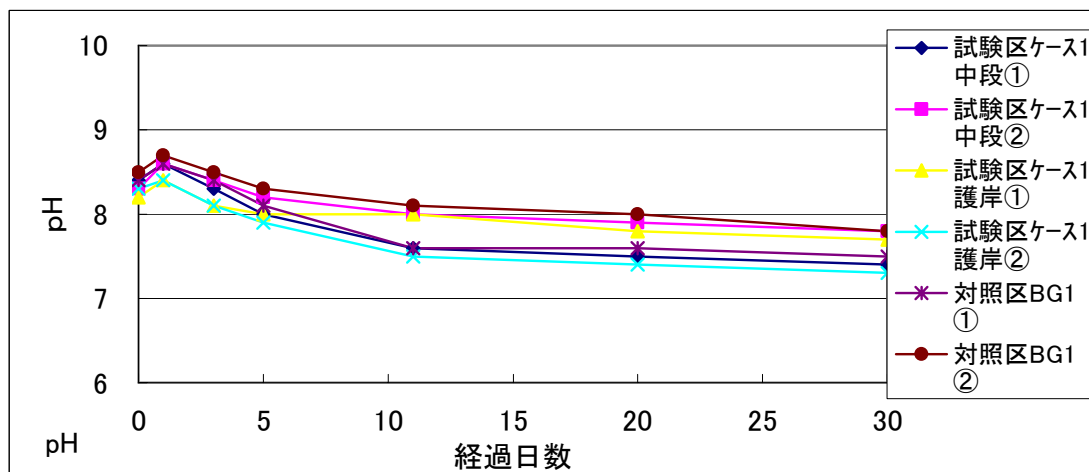
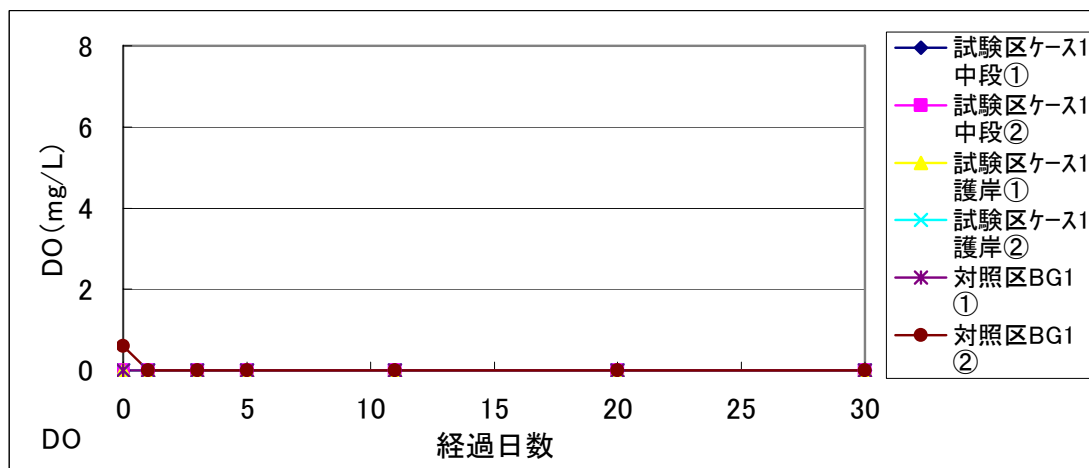
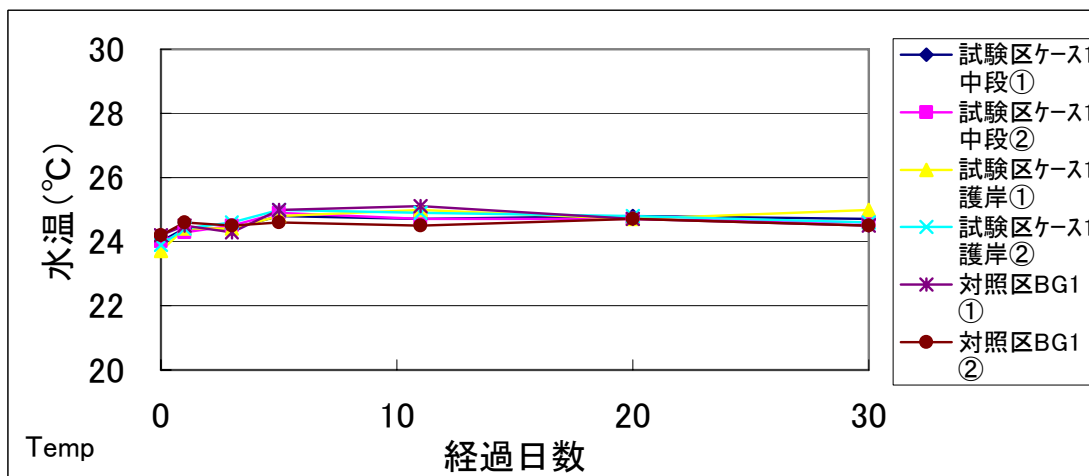


図 6-3-1 溶出速度等試験結果（水温、DO 及び pH の推移）

## 2) 溶出速度の結果

底泥等とうわ水との溶出（濃度増加）-吸着（濃度減少）過程を、単位面積、単位時間当たりの溶出（又は吸着）量に標準化して取りまとめ、表 6-3-4、表 6-3-5 に示した。また、標準化の過程を示した計算表を表 6-3-6～表 6-3-9 に、各項目の単位面積当り変化量を散布図として図 6-3-2、図 6-3-3 に示した。

### 【単位時間・面積当りの溶出-吸着量の計算】

前項に示したうわ水の濃度変化より、概ね 3～5 日目までは  $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$  などが直線的に増加（または減少）する傾向が認められたので、各項目の単位面積、時間時間当たりの変化量（ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{日}$ ）をもとめ 5 日目までの最大値（絶対値で）を採用して、結果を解析した。ただし、鉄分については前述のように初期値の重要性（pH 変化に対する感受性）を考慮して、0 水～1 日目の変化量を採用した。

吸着-脱着の定性的評価を実施した項目及び評価の基準は以下の通りである。

- ・鉄分の供給効果  
（対照区に比して、試験区の Fe 増加速度が大きい場合に効果有とする）
- ・ $\text{PO}_4\text{-P}$  の吸着効果  
（対照区に比して、試験区の  $\text{PO}_4\text{-P}$  減少速度が大きい場合に効果有とする）
- ・硫化物の溶出抑制効果  
（対照区に比して、試験区の硫化物増加速度が同程度以下の場合に効果有とする）

また、副次的効果として無機窒素についても検討した。

- ・ $\text{NH}_4\text{-N}$  の溶出抑制効果  
（対照区に比して、試験区の  $\text{NH}_4\text{-N}$  増加速度が同程度以下の場合に効果有とする）
- ・脱窒素効果  
（対照区に比して、試験区の  $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  減少速度が大きい場合に効果有とする）

## 3) 試験区と対照区の比較結果

表 6-3-4、表 6-3-5 に、各項目の単位面積、時間時間当たりの変化量とともに、試験結果のばらつきを示し、試験区と対照区の比較結果をまとめて示した。なお定性的に効果ありと認められた項目については、評価を青字で示した。また、有意差の検定（母集団の差の検定【t 検定】）を行なった。

### 【CASE1 の中段では】

試験区と対照区の比較の結果、鉄分の供給効果が認められたが（有意差あり）、脱窒素効果、 $\text{PO}_4\text{-P}$  の吸着効果は認められず、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、硫化物については同程度溶出する傾向が認められた。

CASE1 の中段においては、多量の新生堆積物や付着物落下が観察されており（採取

時に顕著な軟質泥及び生物遺骸が観察されている)、底質結果の推移(昨年度結果との比較)もそのことを示していた。リンの抑制効果等が認められなかった要因については、これらの堆積物による影響が大きいと考えられる。

**【CASE1 の護岸との間では】**

試験区と対照区の比較の結果、鉄分の供給効果が認められたが(有意差あり)、脱窒素効果、 $\text{PO}_4\text{-P}$  の吸着効果は認められず、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、硫化物についてはむしろ溶出する傾向が認められた。ただし、この調査点においては、生物の活性が目視で認められ、通常は無酸素状態になることは考えにくいので、評価に際してはこの点に留意する必要がある。

表 6-3-4 試験結果の評価（鉄と硫化物）

T-Fe										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【Fe供給】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島	Case1中段	10.2	13.9	12.1	2.58	21	6.73 ~ 17.4	試験区では、対照区よりFeの増加速度が速く、Feの供給能が示唆された。	有	10%
	Case1護岸	9.96	13.2	11.6	2.26	20	6.89 ~ 16.2		有	10%
	BG1	5.76	3.17	4.47	1.83	41	0.68 ~ 8.25			
硫化物										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【硫化物抑制】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島	Case1中段	496	789	643	207	32	214 ~ 1071	試験区では偏差は大きいものの、対照区より硫化物増加速度が速く、硫化物の抑制効果は認められなかった。	無	—
	Case1護岸	701	81.8	391	438	112	-513 ~ 1296		無	—
	BG1	282	143	213	98.5	46	9.18 ~ 416			

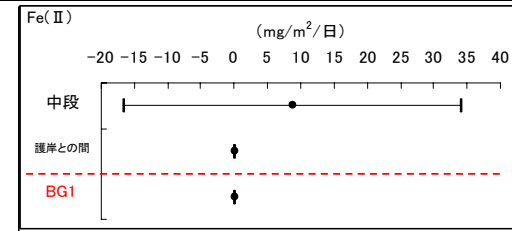
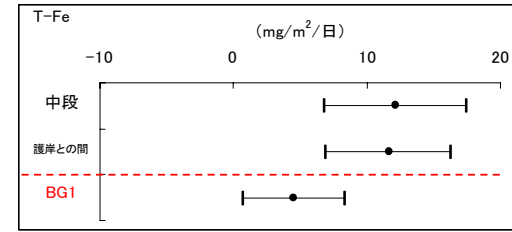


表 6-3-5 試験結果の評価（栄養塩類）

NH <sub>4</sub> -N										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【NH <sub>4</sub> -N溶出抑制】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島	Case1中段	163	382	273	155	57	-47.2 ~ 592	試験区では偏差は大きく、対照区よりNH <sub>4</sub> -N増加速度が速い傾向はあるが、不明確であった。	無	-
	Case1護岸	428	107	268	227	85	-201 ~ 736		無	-
	BG1	134	280	207	103	50	-6.16 ~ 420			

NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> -N										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【脱窒素】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島	Case1中段	-187	-497	-342	219	64	-795 ~ 111	試験区と対象区で差は見られず、試験区での脱窒能は認められなかった。	無	-
	Case1護岸	-772	-341	-557	305	55	-1186 ~ 72.8		無	-
	BG1	-315	-363	-339	34	10	-409 ~ -269			

PO <sub>4</sub> -P										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【PO <sub>4</sub> -P吸着】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島	Case1中段	40.1	50.1	45.1	7.1	16	30.5 ~ 59.7	試験区と対象区で差は見られず、試験区での吸着能は認められなかった。	無	-
	Case1護岸	56.1	44.4	50.3	8.3	17	33.2 ~ 67.3		無	-
	BG1	48.8	32.1	40.5	11.8	29	16.1 ~ 64.8			

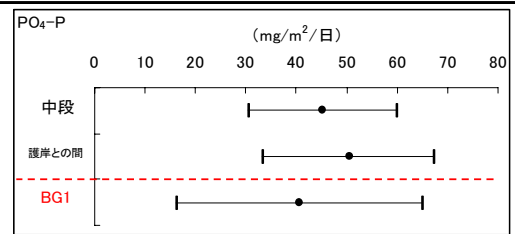
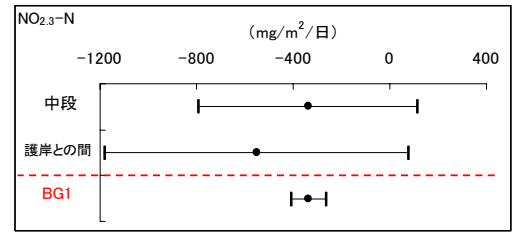
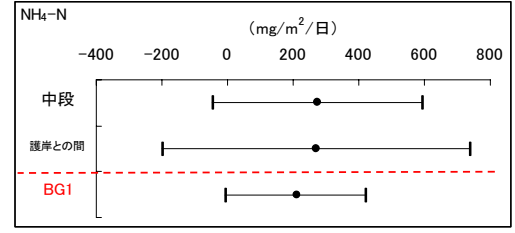


表 6-3-6 単位面積、単位時間当りの変化量計算表 【栄養塩類、試験区】

調査点	水量 (ℓ)	NH <sub>4</sub> -N (mg/ℓ)	変化量				NO <sub>2</sub> -N+ NO <sub>3</sub> -N (mg/ℓ)	変化量				PO <sub>4</sub> -P (mg/ℓ)	変化量			
			絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	5日までの 最大値		絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	5日までの 最大値		絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	5日までの 最大値
			mg-N	mg-N/m <sup>2</sup>	mg-N/m <sup>2</sup> /日			mg-N	mg-N/m <sup>2</sup>	mg-N/m <sup>2</sup> /日			mg-P	mg-P/m <sup>2</sup>	mg-P/m <sup>2</sup> /日	
Case1中段 (試験区) 25℃ 0%	5.43	1.310	0.00	0.00	-		2.044	0.00	0.00	-		0.513	0.00	0.00	-	
	5.14	1.680	1.90	94.64	94.64		1.312	-3.76	-187.23	-187.23	-187	0.598	0.44	21.74	21.74	
	4.84	3.030	8.44	419.78	162.57	163	0.027	-9.98	-496.71	-154.74		0.931	2.05	101.94	40.10	40.1
	4.50	3.950	12.58	625.79	103.01		0.012	-10.05	-500.07	-1.68		1.110	2.85	142.02	20.04	
	4.20	6.580	23.62	1175.45	91.61		0.026	-9.99	-497.14	0.49		1.690	5.29	263.24	20.20	
	3.86	10.300	37.98	1889.98	79.39		0.018	-10.02	-498.68	-0.17		2.430	8.15	405.38	15.79	
	3.52	13.500	49.25	2450.49	56.05		0.019	-10.02	-498.50	0.02		3.050	10.33	513.98	10.86	
	7.27	2.900	0.00	0.00	-		2.055	0.00	0.00	-		0.600	0.00	0.00	-	
	6.97	3.610	4.95	246.25	246.25		0.623	-9.98	-496.67	-496.67	-497	0.654	0.38	18.73	18.73	
	6.67	5.910	20.29	1009.64	381.69	382	0.016	-14.03	-698.14	-100.73		0.956	2.39	118.96	50.12	50.1
	6.35	7.390	29.69	1477.29	233.83		0.002	-14.12	-702.56	-2.21		1.120	3.43	170.79	25.91	
	6.03	10.600	49.04	2440.49	160.53		0.003	-14.11	-702.26	0.05		1.490	5.66	281.81	18.50	
	5.69	13.600	66.11	3289.91	94.38		0.003	-14.11	-702.26	0.00		1.870	7.83	389.40	11.95	
	5.33	18.100	90.10	4483.43	119.35		0.004	-14.11	-701.99	0.03		2.230	9.74	484.88	9.55	
Case1護岸 (試験区) 25℃ 0%	6.93	2.510	0.00	0.00	-		2.349	0.00	0.00	-		0.514	0.00	0.00	-	
	6.67	3.800	8.60	428.16	428.16	428	0.024	-15.51	-771.68	-771.68	-772	0.647	0.89	44.14	44.14	
	6.39	6.050	22.98	1143.60	357.72		0.003	-15.64	-778.36	-3.34		1.000	3.14	156.39	56.12	56.1
	6.09	7.140	29.62	1473.92	165.16		0.003	-15.64	-778.36	0.00		1.150	4.06	201.85	22.73	
	5.81	8.680	38.57	1919.15	74.21		0.002	-15.65	-778.65	-0.05		1.420	5.62	279.91	13.01	
	5.45	10.800	50.12	2494.09	63.88		0.010	-15.60	-776.48	0.24		1.640	6.82	339.57	6.63	
	5.06	12.200	57.21	2846.60	35.25		0.006	-15.62	-777.49	-0.10		1.920	8.24	410.07	7.05	
	6.93	0.800	0.00	0.00	-		2.596	0.00	0.00	-		0.419	0.00	0.00	-	
	6.61	0.990	1.26	62.50	62.50		2.164	-2.86	-142.09	-142.09		0.468	0.32	16.12	16.12	
	6.33	1.670	5.56	276.69	107.10	107	0.001	-16.55	-823.41	-340.66	-341	0.750	2.11	104.94	44.41	44.4
	6.03	2.140	8.39	417.71	70.51		0.001	-16.55	-823.41	0.00		0.942	3.27	162.56	28.81	
	5.73	4.160	19.97	993.68	95.99		0.002	-16.54	-823.13	0.05		1.320	5.43	270.33	17.96	
	5.39	4.750	23.15	1151.93	17.58		0.000	-16.55	-823.66	-0.06		1.500	6.40	318.61	5.36	
	5.00	6.020	29.50	1467.91	31.60		0.010	-16.50	-821.18	0.25		1.720	7.50	373.35	5.47	

表 6-3-7 単位面積、単位時間当りの変化量計算表 【栄養塩類、対照区】

調査点	水量 (ℓ)	NH <sub>4</sub> -N (mg/ℓ)	変化量				NO <sub>2</sub> -N+ NO <sub>3</sub> -N (mg/ℓ)	変化量				PO <sub>4</sub> -P (mg/ℓ)	変化量			
			絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	5日までの 最大値		絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	5日までの 最大値		絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	5日までの 最大値
			mg-N	mg-N/m <sup>2</sup>	mg-N/m <sup>2</sup> /日			mg-N	mg-N/m <sup>2</sup>	mg-N/m <sup>2</sup> /日			mg-P	mg-P/m <sup>2</sup>	mg-P/m <sup>2</sup> /日	
BG1 (対照区) 25°C 0%	6.09	1.140	0.00	0.00	-		2.644	0.00	0.00	-		0.506	0.00	0.00	-	
	5.79	1.500	2.08	103.72	103.72		2.301	-1.99	-98.82	-98.82		0.625	0.69	34.29	34.29	
	5.51	2.480	7.48	372.42	134.35	134	0.004	-14.64	-728.62	-314.90	-315	0.981	2.65	131.90	48.80	48.8
	5.18	3.120	10.80	537.39	82.48		0.012	-14.60	-726.56	1.03		1.190	3.73	185.77	26.94	
	4.84	4.450	17.24	857.71	53.39		0.002	-14.65	-728.97	-0.40		1.530	5.38	267.65	13.65	
	4.52	6.240	25.33	1260.32	44.73		0.004	-14.64	-728.52	0.05		1.990	7.46	371.12	11.50	
	4.12	8.060	32.83	1633.45	37.31		0.009	-14.62	-727.50	0.10		2.630	10.09	502.33	13.12	
	6.61	1.120	0.00	0.00	-		2.725	0.00	0.00	-		0.390	0.00	0.00	-	
	6.37	1.400	1.78	88.75	88.75		2.425	-1.91	-95.09	-95.09		0.398	0.05	2.54	2.54	
	6.05	3.260	13.04	648.72	279.98	280	0.016	-16.49	-820.33	-362.62	-363	0.611	1.34	66.66	32.06	32.1
	5.73	4.530	20.31	1010.83	181.06		0.011	-16.51	-821.76	-0.71		0.762	2.20	109.72	21.53	
	5.43	6.550	31.28	1556.64	90.97		0.002	-16.56	-824.19	-0.41		0.958	3.27	162.68	8.83	
	5.10	9.470	46.17	2297.69	82.34		0.001	-16.57	-824.45	-0.03		1.210	4.55	226.63	7.11	
	4.72	11.800	57.17	2844.94	54.73		0.014	-16.51	-821.39	0.31		1.330	5.12	254.81	2.82	



表 6-3-8 単位面積、単位時間当りの変化量計算表 【鉄と硫化物、試験区】

調査点	水量 (ℓ)	T-Fe (mg/ℓ)	変化量				Fe(Ⅱ) (mg/ℓ)	変化量				硫化物 (mg/ℓ)	変化量			
			絶対値 mg	単位面積 当り mg/m <sup>2</sup>	単位面積・ 時間当り mg/m <sup>2</sup> /日	1日後の 変化量		絶対値 mg	単位面積 当り mg/m <sup>2</sup>	単位面積・ 時間当り mg/m <sup>2</sup> /日	1日後の 変化量		絶対値 mg	単位面積 当り mg/m <sup>2</sup>	単位面積・ 時間当り mg/m <sup>2</sup> /日	5日までの 最大値
Case1中段 (試験区) 25℃ 0%	5.43	0.010	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		1.660	0.00	0.00	-	
	5.14	0.050	0.21	10.23	10.23	10.2	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	1.060	-3.08	-153.46	-153.46	
	4.84	0.040	0.16	7.82	-1.20		0.000	0.00	0.00	0.00		7.880	29.92	1489.09	821.28	821
	4.50	0.050	0.20	10.06	1.12		0.050	0.23	11.20	5.60		15.200	62.86	3128.22	819.57	
	4.20	0.020	0.08	3.79	-1.04		0.000	0.02	0.75	-1.74		32.600	135.94	6764.77	606.09	
	3.86	0.000	0.00	-0.05	-0.43		0.000	0.02	0.75	0.00		44.500	181.88	9050.50	253.97	
	3.52	0.000	0.00	-0.05	0.00		0.000	0.02	0.75	0.00		56.300	223.41	11117.38	206.69	
	7.27	0.010	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		3.130	0.00	0.00	-	
	6.97	0.050	0.28	13.87	13.87	13.9	0.050	0.35	17.34	17.34	17.3	1.670	-10.18	-506.38	-506.38	
	6.67	0.030	0.15	7.24	-3.32		0.000	0.02	0.75	-8.30		12.800	64.06	3187.74	1847.06	1847
	6.35	0.030	0.15	7.24	0.00		0.000	0.02	0.75	0.00		19.300	105.34	5241.64	1026.95	
	6.03	0.020	0.09	4.23	-0.50		0.000	0.02	0.75	0.00		31.400	178.30	8872.36	605.12	
	5.69	0.150	0.82	41.04	4.09		0.000	0.02	0.75	0.00		14.100	79.86	3974.02	-544.26	
	5.33	0.030	0.19	9.22	-3.18		0.000	0.02	0.75	0.00		24.000	132.63	6599.77	262.57	
Case1護岸 (試験区) 25℃ 0%	6.93	0.010	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.150	0.00	0.00	-	
	6.67	0.040	0.20	9.96	9.96	9.96	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.700	3.67	182.55	182.55	
	6.39	0.030	0.14	6.78	-1.59		0.000	0.00	0.00	0.00		8.340	52.49	2611.87	1214.66	1215
	6.09	0.030	0.14	6.78	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		13.000	80.87	4024.06	706.10	
	5.81	0.020	0.08	3.89	-0.48		0.000	0.00	0.00	0.00		13.500	83.77	4168.62	24.09	
	5.45	0.010	0.02	1.17	-0.30		0.000	0.00	0.00	0.00		6.700	46.71	2324.47	-204.91	
	5.06	0.030	0.12	6.21	0.50		0.000	0.00	0.00	0.00		0.350	14.58	725.59	-159.89	
	6.93	0.010	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	6.61	0.050	0.26	13.16	13.16	13.2	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	
	6.33	0.090	0.52	25.76	6.30		0.000	0.00	0.00	0.00		0.100	0.63	31.50	15.75	
	6.03	0.110	0.64	31.76	3.00		0.000	0.00	0.00	0.00		1.630	9.86	490.59	229.55	230
	5.73	0.060	0.35	17.50	-2.38		0.000	0.00	0.00	0.00		6.850	39.77	1978.98	248.06	
	5.39	0.060	0.35	17.50	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		1.310	9.91	493.08	-165.10	
	5.00	0.100	0.55	27.45	1.00		0.080	0.40	19.90	1.99		0.180	4.26	211.93	-28.12	

表 6-3-9 単位面積、単位時間当りの変化量計算表 【鉄と硫化物、対照区】

調査点	水量 (ℓ)	T-Fe (mg/ℓ)	変化量				Fe(Ⅱ) (mg/ℓ)	変化量				硫化物 (mg/ℓ)	変化量			
			絶対値 mg	単位面積 当り mg/m <sup>2</sup>	単位面積・ 時間当り mg/m <sup>2</sup> /日	1日後の 変化量		絶対値 mg	単位面積 当り mg/m <sup>2</sup>	単位面積・ 時間当り mg/m <sup>2</sup> /日	1日後の 変化量		絶対値 mg	単位面積 当り mg/m <sup>2</sup>	単位面積・ 時間当り mg/m <sup>2</sup> /日	5日までの 最大値
BG1 (対照区) 25℃ 0%	6.09	0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	5.79	0.020	0.12	5.76	5.76	5.76	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	
	5.51	0.030	0.17	8.50	1.37		0.000	0.00	0.00	0.00		2.010	11.08	551.11	275.55	
	4.84	0.030	0.17	8.50	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		6.440	34.02	1693.00	570.94	571
	4.84	0.030	0.17	8.50	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		15.200	76.42	3802.79	351.63	
	4.52	0.010	0.08	4.01	-0.50		0.000	0.00	0.00	0.00		26.000	125.24	6231.93	269.90	
	4.12	0.010	0.08	4.01	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		50.600	226.59	11275.32	504.34	
	6.61	0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	6.37	0.010	0.06	3.17	3.17	3.17	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	
	6.05	0.020	0.12	6.18	1.51		0.000	0.00	0.00	0.00		0.300	1.82	90.32	45.16	
	5.73	0.030	0.18	9.03	1.43		0.000	0.00	0.00	0.00		2.990	17.23	857.32	383.50	384
	5.43	0.030	0.18	9.03	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		5.350	30.04	1495.00	106.28	
	5.10	0.020	0.13	6.49	-0.28		0.000	0.00	0.00	0.00		3.700	21.63	1076.26	-46.53	
	4.72	0.030	0.18	8.84	0.23		0.000	0.00	0.00	0.00		0.930	8.55	425.66	-65.06	

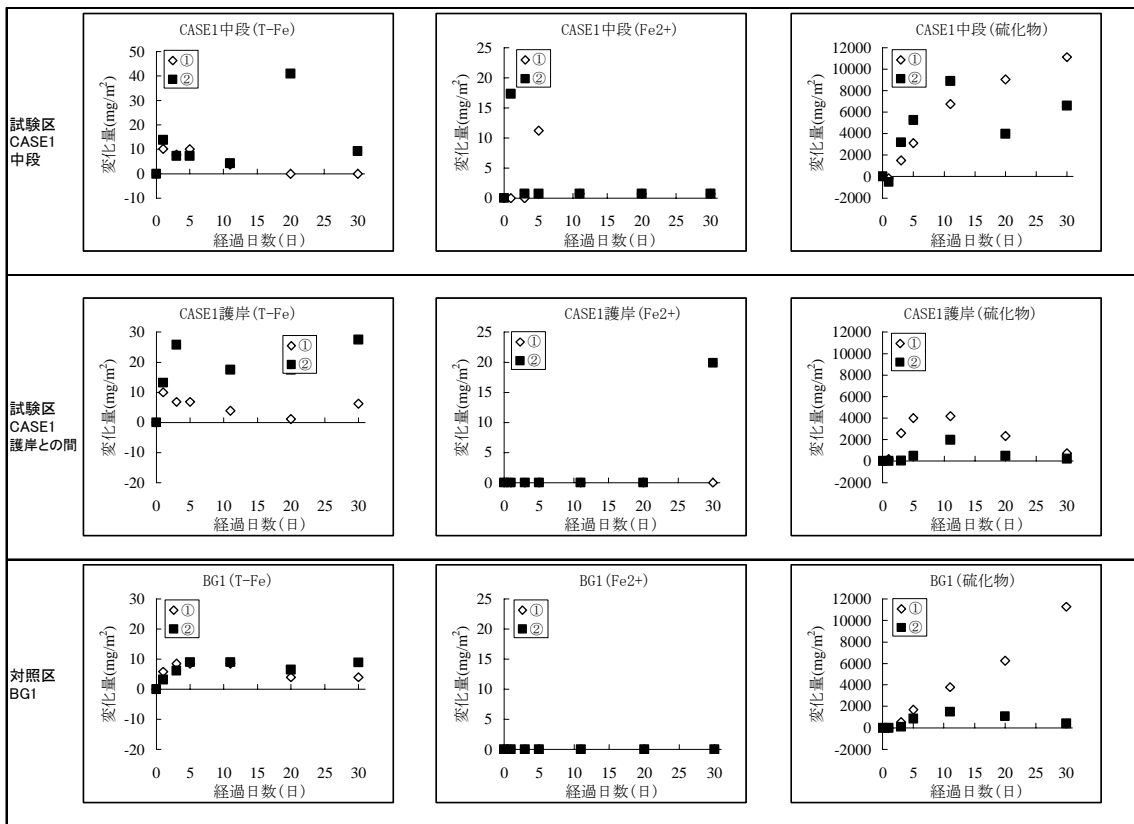


図 6-3-2 各項目の単位面積当たり変化量を散布図（鉄と硫化物）

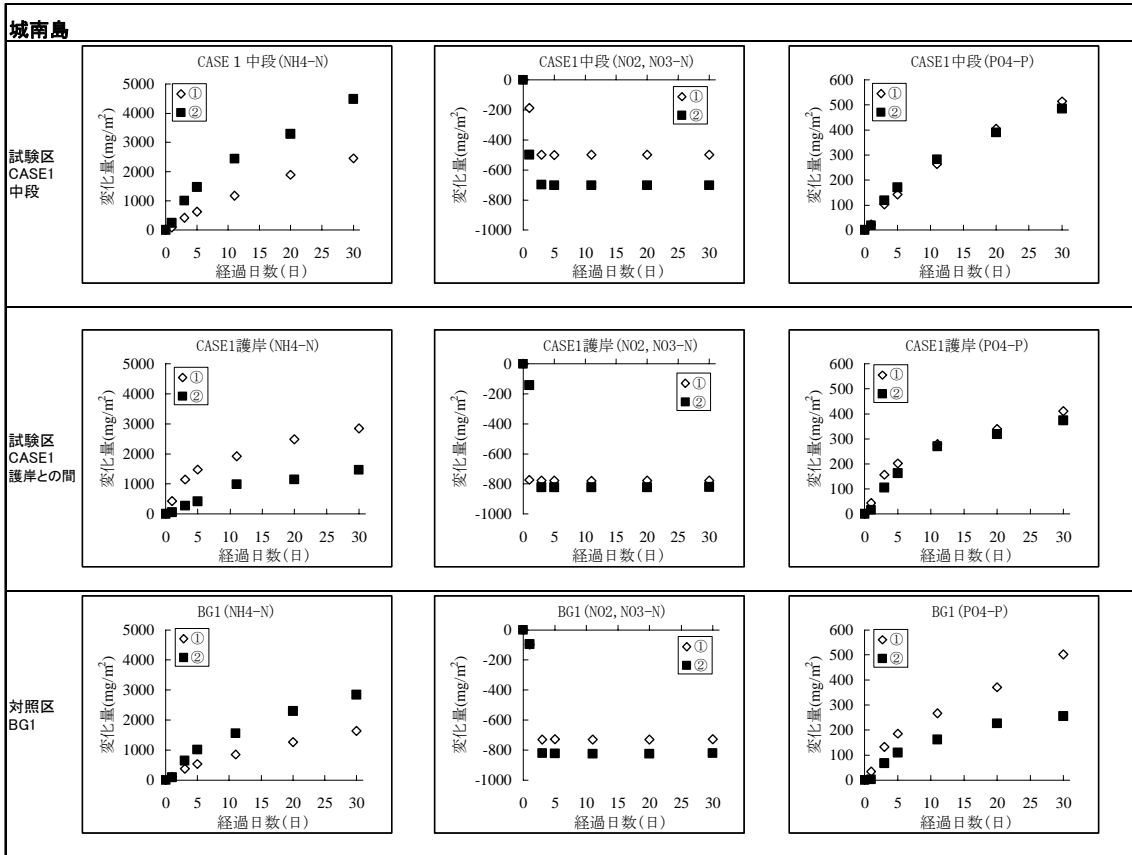


図 6-3-3 各項目の単位面積当たり変化量を散布図（栄養塩類）

### 6.3.3 溶出速度試験（2回目）

#### 1) 実施の経緯

1回目の調査（8月調査）に実施した結果では、期待された効果である $PO_4-P$ 及び硫化物の吸着あるいは溶出抑制効果が認められなかった。特に、試験区の中段においては、アンモニア態窒素、りん酸態りん及び硫化物の溶出が対照区と同等又はやや高めの傾向を示した。原因として、多量の堆積物によりユニット上の混合土が埋もれた状態になっていたことが試験結果に大きく影響したと考えられた。

1回目の調査においては、現状の把握（施工後1年を経過）を主とするため、各点において表層泥を不攪乱で採取し試験を行なったが、前述のように堆積物等による影響が大と判断されたので、製鋼スラグの底泥への改善効果等を評価するために、試験区表層の堆積物を除去した状態の試料を採取して再実験を実施した。

## 2) 試験結果（うわ水の濃度変化）

溶出速度等試験の結果を表 6-3-10～表 6-3-12 及び図 6-3-4、図 6-3-5 に示した。

### 【水温、DO のモニター】

実験期間を通じ、全ての試験ケースで目標とした水温（現地近似：25°C±1°C）、DO（嫌気状態：ほぼ ND）を保持できた。

### 【pH の推移】

試験区（ケース 1 中段：堆積物除去）では、現地海水試験区、人工海水試験区とも緩やかに上昇し 9.0 程度を示した。対照区については、現地海水試験区、人工海水試験区とも経過とともに低下し、最終的には 8 以下まで低下した。

試験区においては、施工後 1 年を経過しても、CaO による反応の過程が継続していることが示唆された。従って、水-固体間の鉄分、栄養塩類等の吸・脱着を評価する上では、実験初期の水質の変化が小さい時期を対象に評価することが妥当と思われた。

なお、参考として実施したスラグ混合土の新規調整試料では最も pH 上昇が顕著であった。

表 6-3-10 うわ水の初期濃度（0 日目）

(底泥等からの溶出実験：追加) 実施期間：平成22年1月8日から1月13日							
実験に用いたうわ水の分析結果（実験開始時濃度）							
試料	DO	pH	pH測定時 水温 °C	塩分	CODMn	T-N	T-P
	mg/L			-	mg/L	mg/L	mg/L
現地海水	<0.5	8.7	23.5	26.95	3.1	1.86	0.197
人工海水	<0.5	8.9	23.4	23.09	1.6	0.19	0.011
試料	T-Fe	Fe (II)	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	硫化物
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
現地海水	<0.01	<0.05	0.478	0.104	0.912	0.167	<0.05
人工海水	0.04	<0.05	0.043	<0.001	0.034	0.007	<0.05

表 6-3-11 溶出速度等試験結果 【試験区】

試験期間：平成 22 年 1 月 8 日から 1 月 13 日

試料名	実験槽	ID No	日時		経過日数	水温 ℃	DO mg/L	pH	T-Fe mg/L	Fe (II) mg/L	NH4-N mg/L	NO2-N mg/L	NO3-N mg/L	PO4-P mg/L	硫化物 mg/L	水量 L	
			日	時													
Case 1 中段  表層の 堆積物を 除去して 採取	現地海水	①	9	1月8日	20:20	0	24.4	<0.5	8.7	<0.01	<0.05	0.478	0.104	0.912	0.167	<0.05	3.40
				1月9日	16:05	1	24.6	<0.5	8.9	0.13	<0.05	2.45	0.926	0.089	0.069	<0.05	3.40
				1月11日	12:45	3	25.0	<0.5	9.0	0.02	<0.05	3.51	0.005	<0.005	0.023	0.07	3.10
				1月13日	12:40	5	24.1	<0.5	9.0	0.02	<0.05	4.15	0.001	<0.005	<0.002	<0.05	2.78
		②	10	1月8日	20:20	0	24.4	<0.5	8.7	<0.01	<0.05	0.478	0.104	0.912	0.167	<0.05	3.43
				1月9日	16:15	1	24.3	<0.5	8.9	0.11	<0.05	1.83	0.373	0.695	0.077	<0.05	3.43
				1月11日	12:55	3	24.7	<0.5	9.0	0.02	<0.05	2.58	0.476	0.031	0.026	<0.05	3.10
				1月13日	12:50	5	24.1	<0.5	9.0	0.01	<0.05	3.08	0.043	<0.005	<0.002	<0.05	2.81
	人工海水	①	11	1月8日	20:20	0	24.5	<0.5	8.9	0.04	<0.05	0.043	<0.001	0.034	0.007	<0.05	3.23
				1月9日	16:30	1	24.0	<0.5	8.9	0.11	<0.05	1.15	0.006	0.027	<0.002	<0.05	3.23
				1月11日	13:05	3	24.3	<0.5	8.4	0.03	<0.05	1.50	0.014	0.010	<0.002	<0.05	2.94
				1月13日	13:00	5	24.3	<0.5	8.3	0.03	<0.05	1.79	0.010	0.006	<0.002	<0.05	2.62
		②	12	1月8日	20:20	0	24.5	<0.5	8.9	0.04	<0.05	0.043	<0.001	0.034	0.007	<0.05	3.28
				1月9日	16:40	1	24.0	<0.5	8.8	0.09	<0.05	1.34	0.012	0.022	<0.002	<0.05	3.28
				1月11日	13:15	3	24.3	<0.5	8.8	0.02	<0.05	2.03	0.005	<0.005	<0.002	<0.05	2.97
				1月13日	13:10	5	24.5	<0.5	9.1	0.02	<0.05	2.61	<0.001	<0.005	<0.002	<0.05	2.68
スラグ 混合土  BG1底泥 + 製鋼スラグ (7:3混合)	現地海水	①	1	1月8日	22:00	0	24.4	<0.5	8.7	<0.01	<0.05	0.478	0.104	0.912	0.167	<0.05	2.54
				1月9日	14:30	1	24.0	<0.5	9.3	0.02	<0.05	2.47	0.097	0.988	0.100	0.27	2.54
				1月11日	11:10	3	24.7	<0.5	9.6	<0.01	<0.05	4.32	0.805	0.210	0.040	<0.05	2.25
				1月13日	11:05	5	24.4	<0.5	9.6	<0.01	<0.05	5.91	0.551	0.028	0.012	<0.05	1.93
		②	2	1月8日	22:00	0	24.4	<0.5	8.7	<0.01	<0.05	0.478	0.104	0.912	0.167	<0.05	2.22
				1月9日	14:40	1	24.4	<0.5	9.3	0.04	<0.05	2.76	0.096	0.961	0.096	0.32	2.22
				1月11日	11:25	3	24.5	<0.5	9.6	<0.01	<0.05	4.98	0.808	0.159	0.034	<0.05	1.93
				1月13日	11:20	5	24.1	<0.5	9.6	<0.01	<0.05	6.86	0.412	0.019	0.008	<0.05	1.63
	人工海水	①	3	1月8日	22:00	0	24.5	<0.5	8.9	0.04	<0.05	0.043	<0.001	0.034	0.007	<0.05	2.42
				1月9日	14:50	1	24.3	<0.5	9.3	0.04	<0.05	2.16	0.002	0.032	<0.002	0.48	2.42
				1月11日	11:35	3	24.5	<0.5	9.6	0.03	<0.05	3.96	0.026	<0.005	<0.002	0.36	2.11
				1月13日	11:30	5	24.0	<0.5	9.9	0.03	<0.05	5.45	0.002	<0.005	<0.002	<0.05	1.81
②	4	1月8日	22:00	0	24.5	<0.5	8.9	0.04	<0.05	0.043	<0.001	0.034	0.007	<0.05	2.35		
		1月9日	15:05	1	24.5	<0.5	9.2	0.04	<0.05	2.27	0.002	0.026	<0.002	0.57	2.35		
		1月11日	11:45	3	24.9	<0.5	9.6	0.03	<0.05	4.36	0.027	0.006	<0.002	0.39	2.06		
		1月13日	11:40	5	24.3	<0.5	9.9	0.03	<0.05	5.85	0.003	<0.005	<0.002	<0.05	1.76		

表 6-3-12 溶出速度等試験結果 【対照区】

試験期間：平成 22 年 1 月 8 日から 1 月 13 日

試料名	実験槽	ID No	日時		経過日数	水温	D0	pH	T-Fe	Fe (II)	NH4-N	N02-N	N03-N	P04-P	硫化物	水量	
						℃	mg/L		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	L	
BG1 現地底泥	現地海水	①	5	1月8日	21:00	0	24.4	<0.5	8.7	<0.01	<0.05	0.478	0.104	0.912	0.167	<0.05	2.71
				1月9日	15:20	1	24.5	<0.5	8.4	0.29	<0.05	1.77	0.112	0.759	0.442	<0.05	2.71
				1月11日	11:55	3	24.8	<0.5	8.1	0.15	<0.05	2.64	0.005	0.006	0.710	0.74	2.37
				1月13日	11:55	5	24.1	<0.5	7.9	0.08	<0.05	3.46	0.002	<0.005	0.953	0.46	2.06
		②	6	1月8日	21:00	0	24.4	<0.5	8.7	<0.01	<0.05	0.478	0.104	0.912	0.167	<0.05	2.80
				1月9日	15:30	1	24.6	<0.5	8.4	0.06	<0.05	1.73	0.110	0.766	0.443	<0.05	2.80
				1月11日	12:10	3	24.9	<0.5	8.1	0.04	<0.05	2.61	0.005	0.006	0.715	0.90	2.42
				1月13日	12:05	5	24.4	<0.5	7.9	0.03	<0.05	3.39	0.002	<0.005	0.951	1.17	2.13
	人工海水	①	7	1月8日	21:00	0	24.5	<0.5	8.9	0.04	<0.05	0.043	<0.001	0.034	0.007	<0.05	2.69
				1月9日	15:40	1	24.3	<0.5	8.6	0.26	<0.05	0.466	0.003	0.024	0.066	0.07	2.69
				1月11日	12:20	3	25.1	<0.5	8.3	0.07	<0.05	1.69	0.010	0.013	0.337	<0.05	2.35
				1月13日	12:15	5	24.3	<0.5	7.8	0.10	<0.05	1.94	<0.001	<0.005	0.465	0.41	2.01
		②	8	1月8日	21:00	0	24.5	<0.5	8.9	0.04	<0.05	0.043	<0.001	0.034	0.007	<0.05	2.66
				1月9日	15:55	1	24.7	<0.5	8.5	0.08	<0.05	1.38	0.003	0.017	0.317	0.21	2.66
				1月11日	12:30	3	25.2	<0.5	8.2	0.16	<0.05	2.50	0.002	<0.005	0.636	0.07	2.35
				1月13日	12:25	5	24.5	<0.5	7.9	0.09	<0.05	3.29	0.001	<0.005	0.831	<0.05	2.05



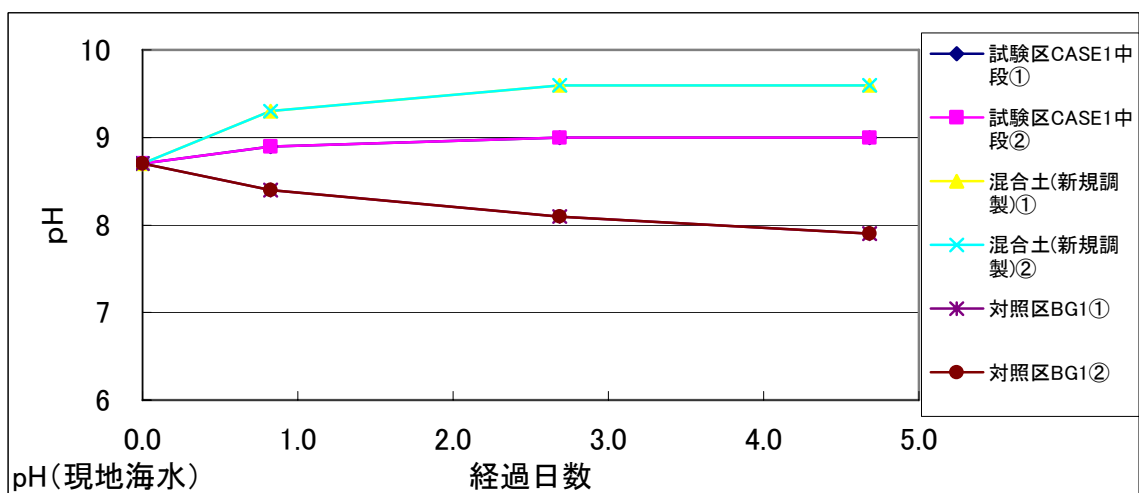
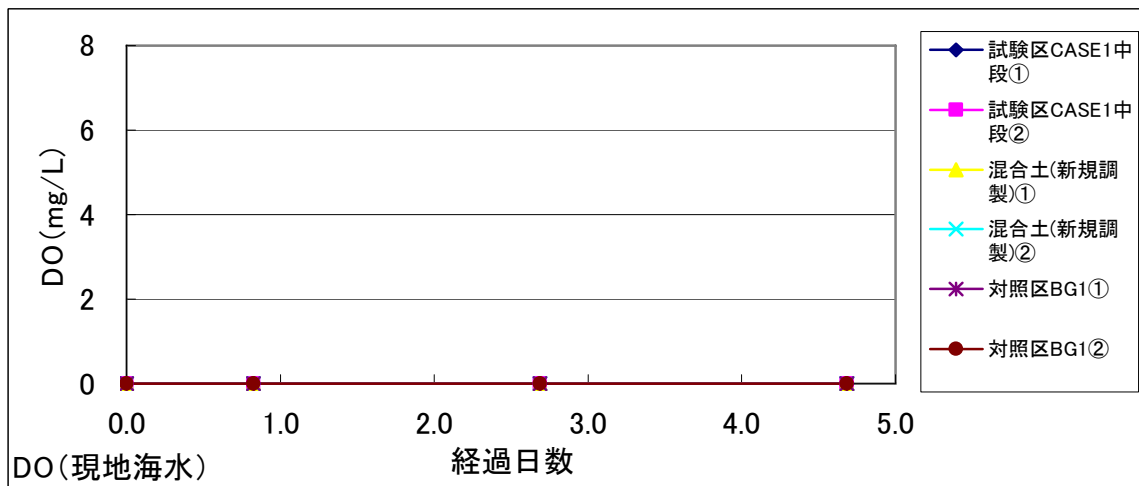
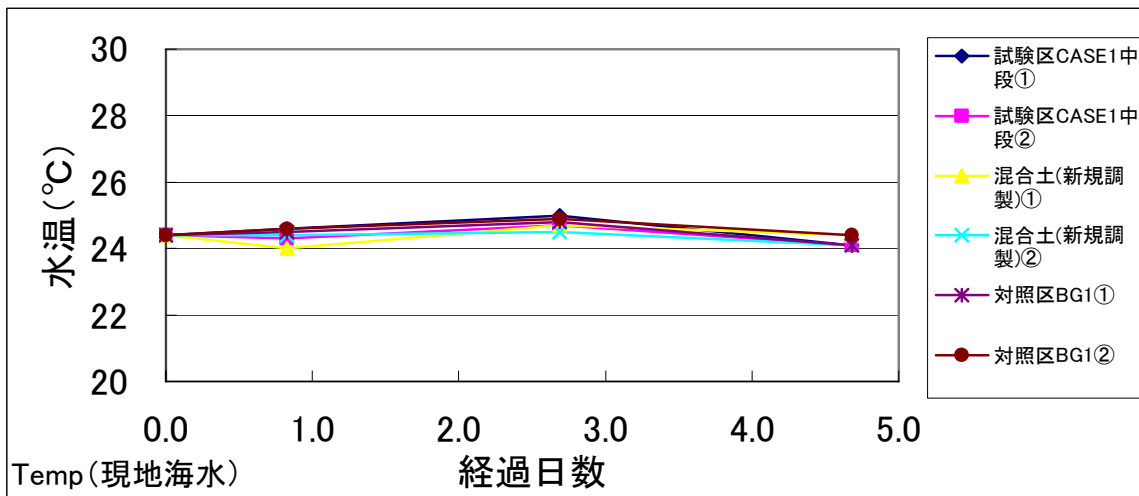


図 6-3-4 溶出速度等試験結果 (水温、DO 及び pH の推移 : 現地海水)

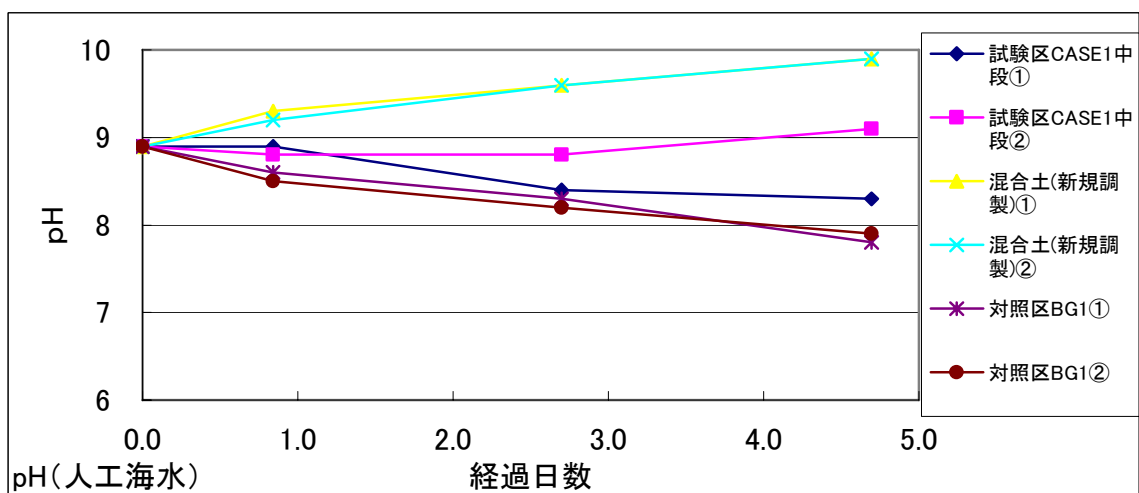
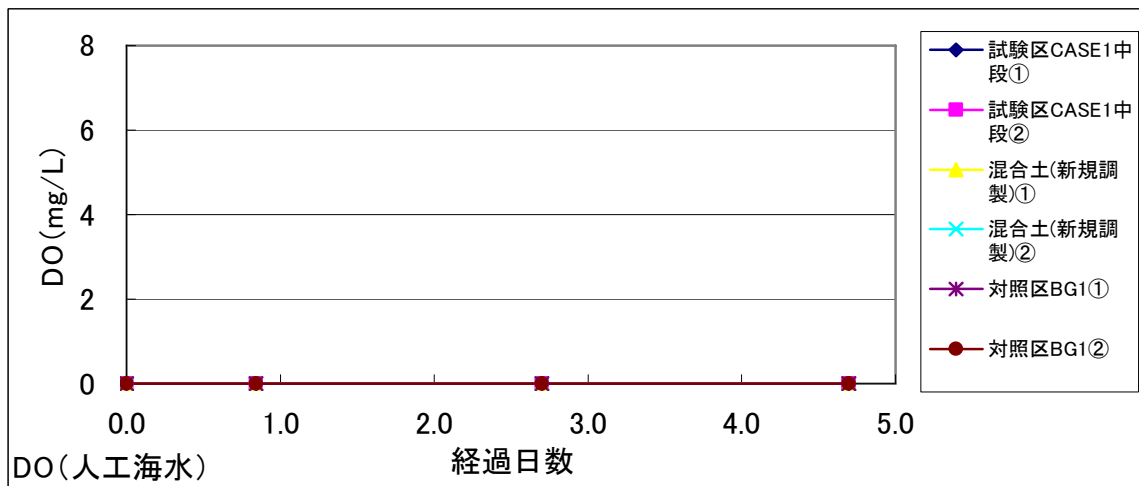
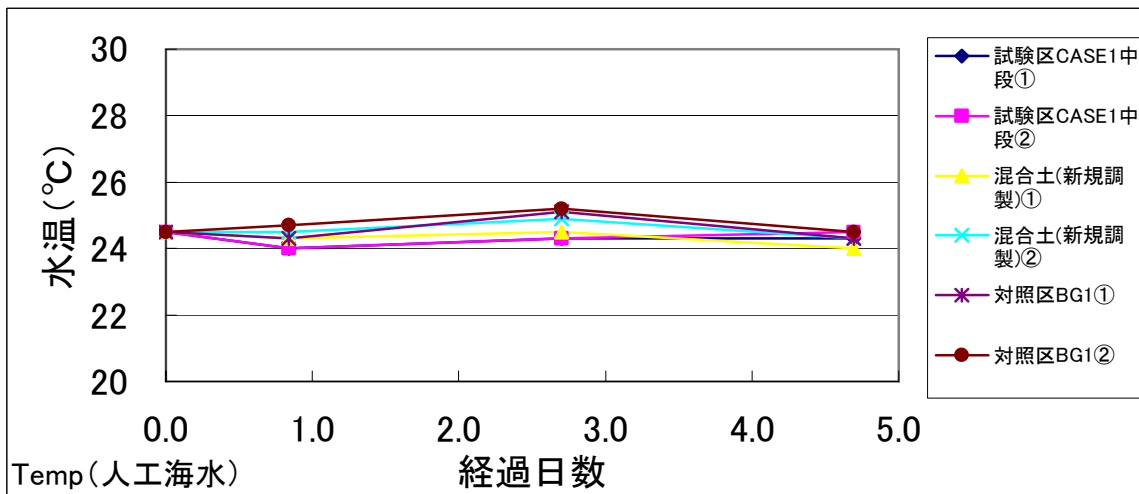


図 6-3-5 溶出速度等試験結果 (水温、DO 及び pH の推移 : 人工海水)

### 3) 溶出速度の結果

前節に示した夏季調査時と同様に、各項目の単位面積、時間時間当たりの変化量 (mg/m<sup>2</sup>/日) を算出した。

溶出速度の結果を表 6-3-13～表 6-3-16 に示した。

また、標準化の過程を示した計算表を表 6-3-17～表 6-3-20 に、各項目の単位面積当たり変化量を散布図として図 6-3-6、図 6-3-7 に示した。

### 4) 試験区と対照区の比較結果

表 6-3-13、表 6-3-16 に、各項目の単位面積、時間時間当たりの変化量とともに、試験結果のばらつきを示し、試験区と対照区の比較結果をまとめて示した。なお定性的に効果ありと認められた項目については、評価を青字で示した。また、有意差の検定 (母集団の差の検定【t 検定】) を行なった。

#### 【試験区 (CASE1 の中段) では】

対照区との比較より、明らかに硫化物、PO<sub>4</sub>-P の抑制あるいは吸着効果が認められた (有意差あり)。鉄分の供給効果については、増加が認められたが、対照区と明確な差は認められなかった。無機窒素については対照区と差が見られなかった。

CASE1 の中段では、夏季調査時に多量の新生堆積物や付着物落下が観察されており前述のように効果が不明分であったが、今回は表層の堆積物を除去したことにより、本来の製鋼スラグの効果が確認できたものと考えられる。

#### 【新規調製の混合土は】 (参考)

PO<sub>4</sub>-P の抑制あるいは吸着効果が認められたが、硫化物については増加傾向が認められた。鉄分の供給については不明確であったが、水和反応の過程における高 pH 状態によりうわ水への供給が抑制された可能性が推定される。

表 6-3-13 試験結果の評価【現地海水】（鉄と硫化物）

T-Fe									
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【Fe供給】	有意差 危険率
		①	②	平均値					
城南島 (現地海水)	Case1中段	47.4	40.0	43.7	5.25	12	32.9 ~ 54.6	試験区でFeの増加が認められたが、対照区と明確な差が認められなかった。	無 -
	混合土	6.54	11.3	8.90	3.34	38	2.01 ~ 15.8		無 -
	BG1	91.2	19.3	55.3	50.9	92	-49.8 ~ 160		
硫化物									
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【硫化物抑制】	有意差 危険率
		①	②	平均値					
城南島 (現地海水)	Case1中段	10.3	0.00	5.15	7.28	141	-9.89 ~ 20.2	試験区は、対照区より明らかに硫化物増加速度が遅く、硫化物の抑制効果が認められた。	有 5%
	混合土	88.3	90.1	89.2	1.27	1	86.6 ~ 91.8		無 -
	BG1	83.6	103	93.3	13.7	15	65.0 ~ 122		

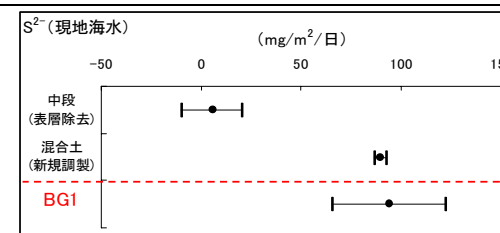
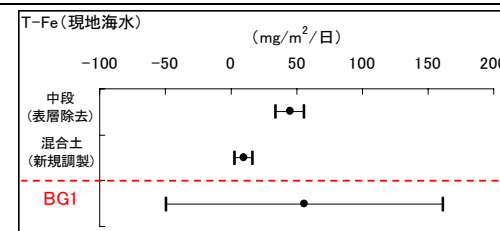


表 6-3-14 試験結果の評価【人工海水】（鉄と硫化物）

T-Fe									
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【Fe供給】	有意差 危険率
		①	②	平均値					
城南島 (人工海水)	Case1中段	23.8	17.1	20.4	4.75	23	10.6 ~ 30.2	試験区でFeの増加が認められたが、対照区と明確な差が認められなかった。	無 -
	混合土	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00 ~ 0.00		無 -
	BG1	67.2	11.9	39.6	39.1	99	-41.1 ~ 120		

T-Fe (人工海水) (mg/m<sup>2</sup>/日)

硫化物									
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【硫化物抑制】	有意差 危険率
		①	②	平均値					
城南島 (人工海水)	Case1中段	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00 ~ 0.00	試験区では、硫化物の溶出が認められず、硫化物の抑制効果が認められた。	有 10%
	混合土	147	166	157	13.4	9	129 ~ 184		(溶出促進側に有意)
	BG1	36.5	62.7	49.6	18.5	37	11.3 ~ 87.9		

S<sup>2-</sup> (人工海水) (mg/m<sup>2</sup>/日)

表 6-3-15 試験結果の評価【現地海水】(栄養塩類)

NH <sub>4</sub> -N										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【NH <sub>4</sub> -N溶出抑制】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島 (現地海水)	Case1中段	705	482	594	158	27	268 ~ 919	試験区では偏差は大きく、対照区よりNH <sub>4</sub> -N増加速度が速い傾向はあるが、不明確であった。	無	—
	混合土	640	628	634	8	1	616 ~ 652		(溶出促進側に有意)	
	BG1	398	394	396	3	1	390 ~ 402			



NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> -N										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【脱窒素】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島 (現地海水)	Case1中段	-149	-82.7	-116	46.9	41	-213 ~ -19.1	試験区で硝酸塩の減少が認められたが、対照区と同程度であり、試験区での脱窒素が顕著とは言えない状況であった。	無	—
	混合土	-37.3	-38.7	-38.0	0.99	3	-40.0 ~ -36.0		(脱窒素低い側に有意)	
	BG1	-97.1	-99.6	-98.4	1.77	2	-102 ~ -94.7			



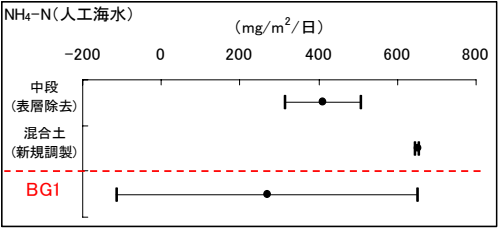
  

PO <sub>4</sub> -P										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【PO <sub>4</sub> -P吸着】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島 (現地海水)	Case1中段	-35.0	-32.1	-33.6	2.05	6	-37.8 ~ -29.3	試験区では明らかに吸着能が認められた。	有	1%
	混合土	-21.5	-19.5	-20.5	1.41	7	-23.4 ~ -17.6		有(参考)	1%
	BG1	84.7	86.9	85.8	1.56	2	82.6 ~ 89.0			



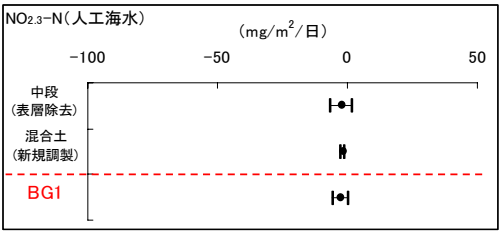
表 6-3-16 試験結果の評価【人工海水】(栄養塩類)

NH <sub>4</sub> -N										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【NH <sub>4</sub> -N溶出抑制】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島 (人工海水)	Case1中段	376	442	409	47	11	313 ~ 505	試験区、対照区とも偏差は大きく、対照区より試験区でNH <sub>4</sub> -N増加速度が速い傾向はあるが、不明確であった。	無	-
	混合土	647	650	649	2	0	644 ~ 653		無	-
	BG1	137	399	268	185	69	-115 ~ 651			



NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> -N										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【脱窒素】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島 (人工海水)	Case1中段	-1.26	-4.10	-2.68	2.01	75	-6.83 ~ 1.47	硝酸塩の初期濃度が低いので、脱窒素の評価は困難であった。	無	-
	混合土	-1.92	-2.34	-2.13	0.30	14	-2.74 ~ -1.52		無	-
	BG1	-2.14	-4.18	-3.16	1.44	46	-6.14 ~ -0.18			



PO <sub>4</sub> -P										
エリア名	調査点	変化量(mg/m <sup>2</sup> /日)			標準偏差	CV (%)	90%信頼区間 mg/m <sup>2</sup> /日	評価(対照区との比較) 【PO <sub>4</sub> -P吸着】	有意差	
		①	②	平均値					危険率	
城南島 (人工海水)	Case1中段	-2.34	-2.39	-2.37	0.04	2	-2.44 ~ -2.29	対照区で溶出が見られたのに対し、試験区ではほとんど溶出せず、溶出の抑制効果が示唆された。	無	-
	混合土	-2.14	-2.04	-2.09	0.07	3	-2.24 ~ -1.94		無	-
	BG1	30.3	92.5	61.4	44.0	72	-29.4 ~ 152			

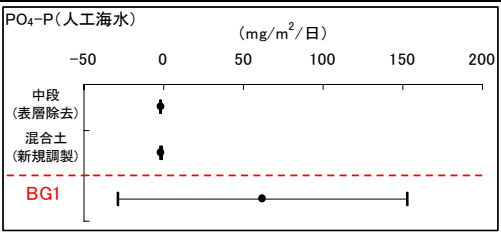


表 6-3-17 単位面積、単位時間当りの変化量計算表 【現地海水】(栄養塩類)

調査点	水量 (ℓ)	NH <sub>4</sub> -N (mg/ℓ)	変化量				NO <sub>2</sub> -N+	変化量				PO <sub>4</sub> -P (mg/ℓ)	変化量				
			絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	5日までの 最大値		NO <sub>3</sub> -N	絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り		5日までの 最大値	絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	5日までの 最大値
Case1中 段 (試験区) 25℃ 0%	3.40	0.478	0.00	0.00	-		1.016	0.00	0.00	-		0.167	0.00	0.00	-		
	3.40	2.450	6.71	593.48	705.13	705	1.015	0.00	-0.30	-0.36		0.069	-0.33	-29.49	-35.04	-35.0	
	3.10	3.510	9.99	883.90	156.28		0.005	-3.13	-277.01	-148.90	-149	0.023	-0.48	-42.10	-6.78		
	2.78	4.150	11.77	1041.29	78.86		0.001	-3.14	-278.00	-0.49		0.000	-0.54	-47.75	-2.83		
	3.43	0.478	0.00	0.00	-		1.016	0.00	0.00	-		0.167	0.00	0.00	-		
	3.43	1.830	4.63	409.64	481.93	482	1.068	0.18	15.76	18.54		0.077	-0.31	-27.27	-32.08	-32.1	
	3.10	2.580	6.95	615.12	110.57		0.507	-1.56	-137.94	-82.71	-82.7	0.026	-0.47	-41.24	-7.52		
	2.81	3.080	8.36	739.59	62.36		0.043	-2.87	-253.45	-57.87		0.000	-0.54	-47.71	-3.24		
混合土 (参考) 25℃ 0%	2.54	0.478	0.00	0.00	-		1.016	0.00	0.00	-		0.167	0.00	0.00	-		
	2.54	2.470	5.07	448.13	640.19	640	1.085	0.18	15.52	22.18		0.100	-0.17	-15.07	-21.53	-21.5	
	2.25	4.320	9.23	816.20	197.18		1.015	0.02	1.60	-7.46		0.040	-0.31	-27.01	-6.40		
	1.93	5.910	12.30	1087.95	136.16		0.579	-0.82	-72.92	-37.34	-37.3	0.012	-0.36	-31.80	-2.40		
	2.22	0.478	0.00	0.00	-		1.016	0.00	0.00	-		0.167	0.00	0.00	-		
	2.22	2.760	5.05	447.15	627.58	628	1.057	0.09	8.03	11.28		0.096	-0.16	-13.91	-19.53	-19.5	
	1.93	4.980	9.34	826.58	203.72		0.967	-0.08	-7.35	-8.26		0.034	-0.28	-24.51	-5.69		
1.63	6.860	12.40	1097.17	135.58		0.431	-0.96	-84.50	-38.65	-38.7	0.008	-0.32	-28.25	-1.88			
BG1 (対照区) 25℃ 0%	2.71	0.478	0.00	0.00	-		1.016	0.00	0.00	-		0.167	0.00	0.00	-		
	2.71	1.770	3.50	309.97	397.82	398	0.871	-0.39	-34.79	-44.65		0.442	0.75	65.98	84.68	84.7	
	2.37	2.640	5.57	492.61	98.28		0.011	-2.43	-215.32	-97.15	-97.1	0.710	1.38	122.24	30.27		
	2.06	3.460	7.26	641.82	74.61		0.002	-2.45	-216.96	-0.82		0.953	1.88	166.46	22.11		
	2.80	0.478	0.00	0.00	-		1.016	0.00	0.00	-		0.167	0.00	0.00	-		
	2.80	1.730	3.51	310.45	394.23	394	0.876	-0.39	-34.72	-44.08		0.443	0.77	68.44	86.91	86.9	
	2.42	2.610	5.64	498.77	101.34		0.011	-2.48	-219.82	-99.61	-99.6	0.715	1.43	126.65	31.32		
	2.13	3.390	7.30	645.40	73.47		0.002	-2.50	-221.51	-0.85		0.951	1.93	171.01	22.23		



表 6-3-18 単位面積、単位時間当りの変化量計算表 【人工海水】(栄養塩類)

調査点	水量 (ℓ)	NH <sub>4</sub> -N (mg/ℓ)	変化量				NO <sub>2</sub> -N+	変化量				NO <sub>3</sub> -N (mg/ℓ)	変化量				PO <sub>4</sub> -P (mg/ℓ)	変化量			
			絶対値 mg-N	単位面積 当り mg-N/m <sup>2</sup>	単位面積・ 時間当り mg-N/m <sup>2</sup> /日	5日までの 最大値 mg-N/m <sup>2</sup> /日		絶対値 mg-N	単位面積 当り mg-N/m <sup>2</sup>	単位面積・ 時間当り mg-N/m <sup>2</sup> /日	5日までの 最大値 mg-N/m <sup>2</sup> /日		絶対値 mg-P	単位面積 当り mg-P/m <sup>2</sup>	単位面積・ 時間当り mg-P/m <sup>2</sup> /日	5日までの 最大値 mg-P/m <sup>2</sup> /日					
																		mg-N	mg-N/m <sup>2</sup>	mg-N/m <sup>2</sup> /日	mg-N
Case1中段 (試験区) 25℃ 0%	3.23	0.043	0.00	0.00	-		0.034	0.00	0.00	-		0.007	0.00	0.00	-						
	3.23	1.150	3.58	316.51	376.05	376	0.033	0.00	-0.29	-0.34		0.000	-0.02	-2.00	-2.38	-2.38					
	2.94	1.500	4.61	407.51	48.97		0.024	-0.03	-2.63	-1.26	-1.26	0.000	-0.02	-2.00	0.00						
	2.62	1.790	5.37	474.77	33.70		0.016	-0.05	-4.48	-0.93		0.000	-0.02	-2.00	0.00						
	3.28	0.043	0.00	0.00	-		0.034	0.00	0.00	-		0.007	0.00	0.00	-						
	3.28	1.340	4.25	376.11	442.48	442	0.034	0.00	0.00	0.00		0.000	-0.02	-2.03	-2.39	-2.39					
	2.97	2.030	6.30	557.52	97.62		0.005	-0.09	-7.62	-4.10	-4.10	0.000	-0.02	-2.03	0.00						
	2.68	2.610	7.86	694.98	68.87		0.000	-0.10	-8.81	-0.59		0.000	-0.02	-2.03	0.00						
混合土 (参考) 25℃ 0%	2.42	0.043	0.00	0.00	-		0.034	0.00	0.00	-		0.007	0.00	0.00	-						
	2.42	2.160	5.12	453.03	647.18	647	0.034	0.00	0.00	0.00		0.000	-0.02	-1.50	-2.14	-2.14					
	2.11	3.960	8.92	789.49	180.25		0.026	-0.02	-1.50	-0.80		0.000	-0.02	-1.50	0.00						
	1.81	5.450	11.62	1027.81	119.41		0.002	-0.06	-5.33	-1.92	-1.92	0.000	-0.02	-1.50	0.00						
	2.35	0.043	0.00	0.00	-		0.034	0.00	0.00	-		0.007	0.00	0.00	-						
	2.35	2.270	5.24	463.17	650.06	650	0.028	-0.01	-1.25	-1.75		0.000	-0.02	-1.46	-2.04	-2.04					
	2.06	4.360	9.53	843.49	204.20		0.033	0.00	-0.34	0.49		0.000	-0.02	-1.46	0.00						
1.76	5.850	12.16	1075.87	116.43		0.003	-0.06	-5.02	-2.34	-2.34	0.000	-0.02	-1.46	0.00							
BG1 (対照区) 25℃ 0%	2.69	0.043	0.00	0.00	-		0.034	0.00	0.00	-		0.007	0.00	0.00	-						
	2.69	0.466	1.14	100.66	129.19		0.027	-0.02	-1.67	-2.14	-2.14	0.066	0.16	14.04	18.02						
	2.35	1.690	4.02	355.23	136.99	137	0.023	-0.03	-2.50	-0.45		0.337	0.80	70.40	30.33	30.3					
	2.01	1.940	4.52	399.73	22.25		0.000	-0.07	-6.59	-2.05		0.465	1.05	93.19	11.39						
	2.66	0.043	0.00	0.00	-		0.034	0.00	0.00	-		0.007	0.00	0.00	-						
	2.66	1.380	3.55	314.14	398.91	399	0.020	-0.04	-3.29	-4.18	-4.18	0.317	0.82	72.84	92.49	92.5					
	2.35	2.500	6.18	547.08	125.35		0.002	-0.08	-7.03	-2.01		0.636	1.57	139.18	35.70						
	2.05	3.290	7.80	690.07	71.64		0.001	-0.08	-7.21	-0.09		0.831	1.97	174.48	17.68						

表 6-3-19 単位面積、単位時間当りの変化量計算表 【現地海水】(鉄と硫化物)

調査点	水量 (ℓ)	T-Fe (mg/ℓ)	変化量				Fe(Ⅱ) (mg/ℓ)	変化量				硫化物 (mg/ℓ)	変化量			
			絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	1日後の 変化量		絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	1日後の 変化量		絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	5日まで最 大値
			mg	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup> /日			mg	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup> /日			mg	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup> /日	
Case1中段 (試験区) 25℃ 0%	3.40	0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	3.40	0.130	0.44	39.12	47.42	47.4	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	
	3.10	0.020	0.10	8.99	-16.18		0.000	0.00	0.00	0.00		0.070	0.22	19.18	10.30	10.3
	2.78	0.020	0.10	8.99	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.02	1.96	-8.63	
	3.43	0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	3.43	0.110	0.38	33.33	39.99	40.0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	
	3.10	0.020	0.10	8.67	-13.27		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00	
	2.81	0.010	0.07	6.18	-1.25		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
混合土 (参考) 25℃ 0%	2.54	0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	2.54	0.020	0.05	4.50	6.54	6.54	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.270	0.69	60.74	88.35	88.3
	2.25	0.000	0.01	0.52	-2.14		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.08	7.02	-28.84	
	1.93	0.000	0.01	0.52	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.08	7.02	0.00	
	2.22	0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	2.22	0.040	0.09	7.84	11.26	11.3	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.320	0.71	62.70	90.11	90.1
	1.93	0.000	0.01	1.00	-3.67		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.09	8.01	-29.36	
1.63	0.000	0.01	1.00	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.09	8.01	0.00		
BG1 (対照区) 25℃ 0%	2.71	0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	2.71	0.290	0.79	69.58	91.25	91.2	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	
	2.37	0.150	0.45	40.19	-15.82		0.000	0.00	0.00	0.00		0.740	1.76	155.35	83.59	83.6
	2.06	0.080	0.31	27.45	-6.37		0.000	0.00	0.00	0.00		0.460	1.18	104.39	-25.48	
	2.80	0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	2.80	0.060	0.17	14.88	19.30	19.3	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	
	2.42	0.040	0.12	10.60	-2.30		0.000	0.00	0.00	0.00		0.900	2.18	192.60	103.41	103
	2.13	0.030	0.10	8.72	-0.94		0.000	0.00	0.00	0.00		1.170	2.75	243.35	25.43	

表 6-3-20 単位面積、単位時間当りの変化量計算表 【人工海水】(鉄と硫化物)

調査点	水量 (ℓ)	T-Fe (mg/ℓ)	変化量				Fe(Ⅱ) (mg/ℓ)	変化量				硫化物 (mg/ℓ)	変化量			
			絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	1日後の 変化量		絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	1日後の 変化量		絶対値	単位面積 当り	単位面積・ 時間当り	5日最大 値
			mg	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup> /日			mg	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup> /日			mg	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup> /日	
Case1中段 (試験区) 25℃ 0%	3.23	0.040	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	3.23	0.110	0.23	20.01	23.78	23.8	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	
	2.94	0.030	-0.01	-0.79	-11.19		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00	
	2.62	0.030	-0.01	-0.79	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00	0
	3.28	0.040	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	3.28	0.090	0.16	14.50	17.06	17.1	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	
	2.97	0.020	-0.04	-3.90	-9.90		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00	
	2.68	0.020	-0.04	-3.90	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00	0
混合土 (参考) 25℃ 0%	2.42	0.040	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	2.42	0.040	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.480	1.16	102.72	146.74	147
	2.11	0.030	-0.02	-1.87	-1.00		0.000	0.00	0.00	0.00		0.360	0.91	80.29	-12.02	
	1.81	0.030	-0.02	-1.87	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.26	22.71	-28.85	
	2.35	0.040	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	2.35	0.040	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.570	1.34	118.55	166.38	166
	2.06	0.030	-0.02	-1.82	-0.98		0.000	0.00	0.00	0.00		0.390	0.97	85.79	-17.59	
1.76	0.030	-0.02	-1.82	0.00		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.28	24.97	-30.48		
BG1 (対照区) 25℃ 0%	2.69	0.040	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	2.69	0.260	0.59	52.35	67.19	67.2	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.070	0.19	16.66	21.38	
	2.35	0.070	0.15	12.84	-21.26		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.02	2.10	-7.83	
	2.01	0.100	0.21	18.18	2.67		0.000	0.00	0.00	0.00		0.410	0.85	75.08	36.49	36.5
	2.66	0.040	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-		0.000	0.00	0.00	-	
	2.66	0.080	0.11	9.40	11.93	11.9	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.210	0.56	49.34	62.66	62.7
	2.35	0.160	0.29	26.04	8.95		0.000	0.00	0.00	0.00		0.070	0.23	20.22	-15.67	
2.05	0.090	0.15	13.37	-6.35		0.000	0.00	0.00	0.00		0.000	0.09	7.55	-6.35		

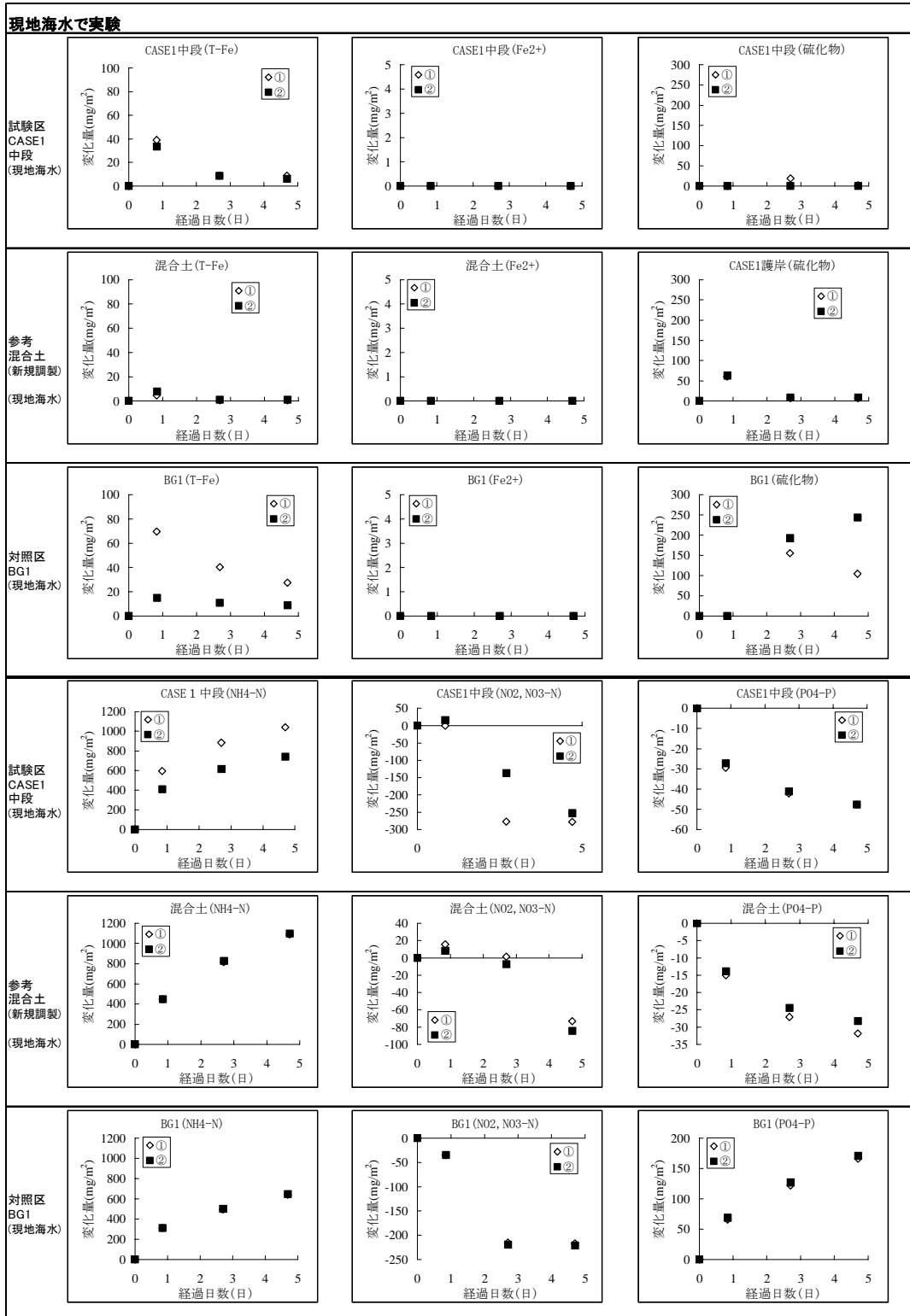


図 6-3-6 各項目の単位面積当り変化量を散布図（現地海水）

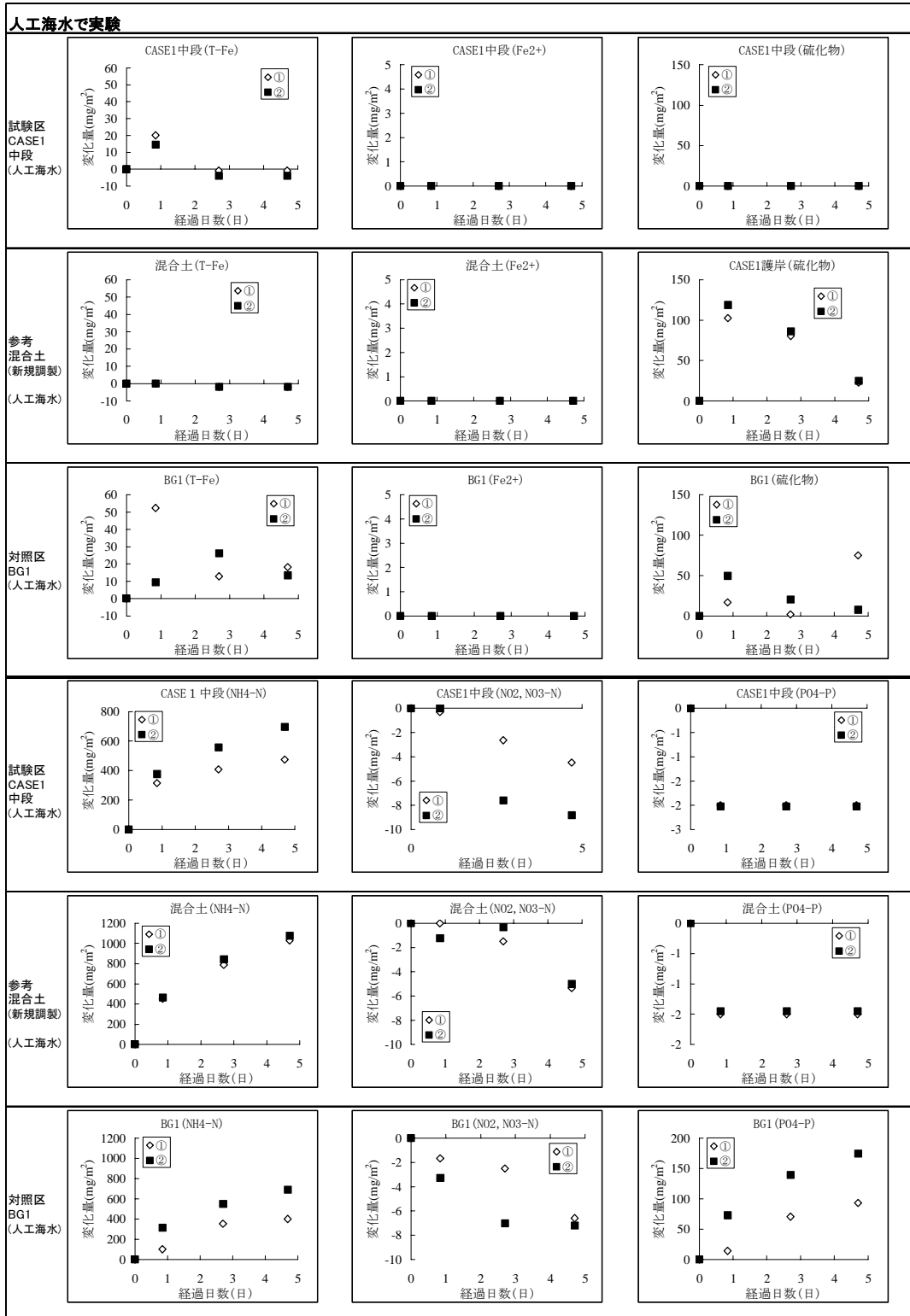


図 6-3-7 各項目の単位面積当り変化量を散布図 (人工海水)

### 6.3.4 混合材強度試験

混合材強度試験の結果を表 6-3-22 に示した。

また、比較のため平成 20 年度調査における強度試験の結果を図 6-3-8 に、マウンド状況と一軸圧縮試験用試料を図 6-3-9 に示した。

上段の一軸圧縮強度は、474.9 kN/m<sup>2</sup>、中段は、31.9 kN/m<sup>2</sup>であった。

昨年度調査の結果と比較すると、上段では昨年度より強度が増しており、中段では同程度あるいはやや低下傾向にあることが確認された。中段に関しては、底質調査でも認められたように腐泥の堆積の影響を受けていたことが考えられる。

CASE 1 のマウンド形状について、ダイバーによる目視観測の結果では、設置時の形状を概ね保持しており、盛土部の安定性が確認された。

表 6-3-22 混合材強度試験の結果

試料採取日：平成 22 年 2 月 3 日

城南島	一軸圧縮強度試験(kN/m <sup>2</sup> )	
ケース1	上段	474.9
	中段	31.9

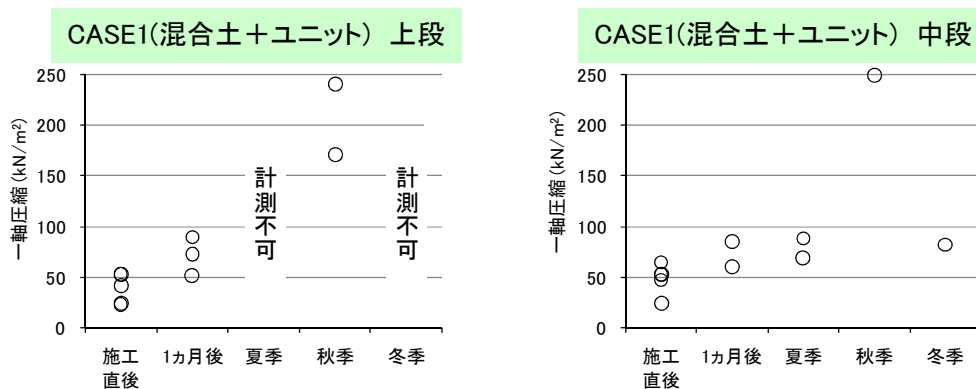


図 6-3-8 平成 20 年度調査結果 (一軸圧縮強度)



図 6-3-9 マウンドの状況とスラグ混合土（一軸圧縮試験用試料）

## 6.4 付着生物調査

### 1) コードラード調査

付着生物調査(コードラート調査)結果の概要を表 6-4-1 に、昨年度からの経時変化を図 6-4-1~図 6-4-3 に、CASE1(試験区)と CASE2(対照区)の比較(種類数・個体数・湿重量)を図 6-4-4 に、付着植物調査結果を表 6-4-2 に示した。

#### ○出現種

##### ・夏季調査

出現種類数は、CASE1(試験区)では 11~25 種、CASE2(対照区)では 4~21 種であった。CASE1(試験区)の主な出現種は、コウロエンカワヒバリ、ホトトギス、アメリカフジツボであった。一方、CASE2(対照区)はコウロエンカワヒバリ、アメリカフジツボ、タテジマフジツボなどであった。バックグラウンド(BG3)では 11 種であった。

##### ・冬季調査

出現種類数は、CASE1(試験区)では 6~21 種、CASE2(対照区)では 12~23 種であった。CASE1(試験区)の主な出現種は、コウロエンカワヒバリ、ホトトギス、ゴカイ類であった。CASE2(対照区)はコウロエンカワヒバリであった。バックグラウンド(BG3)では 12 種であった。

出現種類数は CASE1(試験区)、CASE2(対照区)に大きな差はみられなかったが、付着生物の組成は異なっており、CASE1(試験区)は環形動物のゴカイ類が多く、CASE2(対照区)は軟体動物の貝類が多く出現した。

#### ○個体数

##### ・夏季調査

個体数は、CASE1(試験区)では 2,108~10,803(個体/m<sup>2</sup>)、CASE2(対照区)では 111~54,643(個体/m<sup>2</sup>)であった。バックグラウンド(BG3)では 4,440(個体/m<sup>2</sup>)であった。

##### ・冬季調査

個体数は、CASE1(試験区)では、721~11,522(個体/m<sup>2</sup>)、CASE2(対照区)では 3,117~8,781(個体/m<sup>2</sup>)であった。バックグラウンド(BG3)では 6,037(個体/m<sup>2</sup>)であった。

#### ○湿重量

##### ・夏季調査

湿重量は、CASE1(試験区)では 66.06~6,582.64(g/m<sup>2</sup>)、CASE2(対照区)では 9.54~11,456.97(g/m<sup>2</sup>)であった。バックグラウンド(BG3)では 2,739.03(g/m<sup>2</sup>)であった。



・冬季調査

湿重量は、CASE1(試験区)では 8.76~6,996.66 (g/m<sup>2</sup>)、CASE2(対照区)では 210.78~15,096.10 (g/m<sup>2</sup>)であった。バックグラウンド(BG3)では 6,379.47 (g/m<sup>2</sup>)であった。

表 6-4-1 (1) 付着生物調査(コードラート調査)結果の概要 (8月調査)

調査期日：平成21年8月25日～26日  
調査方法：枠取り法(30cm×30cm)

項目		CASE1					
		上段	法1	中段	スラグ固体化ブロック	エネット	下段
種類数	軟体動物門	5	6	11	12	11	10
	環形動物門	2	4	3	5	6	5
	節足動物門	4	6	3	6	3	2
	その他		2	2	2	3	1
	合計	11	18	19	25	23	18
個体数 (個体/m <sup>2</sup> )	軟体動物門	103,230	40,103	7,669	12,365	13,121	1,076
	環形動物門	3,008	3,929	1,631	5,306	4,673	955
	節足動物門	1,765	11,733	188	6,970	2,331	44
	その他		33	22	77	266	33
	合計	108,003	55,798	9,510	24,718	20,391	2,108
個体数 組成比 (%)	軟体動物門	95.6	71.9	80.6	50.0	64.3	51.0
	環形動物門	2.8	7.0	17.2	21.5	22.9	45.3
	節足動物門	1.6	21.0	2.0	28.2	11.4	2.1
	その他		0.1	0.2	0.3	1.3	1.6
	合計						
湿重量 (g/m <sup>2</sup> )	軟体動物門	3,531.79	3,581.08	872.79	2,599.17	1,513.72	55.07
	環形動物門	11.10	31.75	3.44	39.85	45.06	2.44
	節足動物門	456.21	2,968.81	3.33	736.82	394.05	3.11
	その他		1.00	5.22	3.10	17.98	5.44
	合計	3,999.10	6,582.64	884.78	3,378.94	1,970.81	66.06
湿重量 組成比 (%)	軟体動物門	88.3	54.4	98.6	76.9	76.8	83.4
	環形動物門	0.3	0.5	0.4	1.2	2.3	3.7
	節足動物門	11.4	45.1	0.4	21.8	20.0	4.7
	その他		<0.1	0.6	0.1	0.9	8.2
	合計						
主な出現種 個体/m <sup>2</sup> (%)	コウロエンカワヒバリ		コウロエンカワヒバリ	ホトキス	ホトキス	ホトキス	<i>Polydora</i> sp.
	76,457 ( 70.8)	35,964 ( 64.5)	6,094 ( 64.1)	6,016 ( 24.3)	5,983 ( 29.3)	511 ( 24.2)	
	ホトキス	アメリカゾウツボ*	<i>Polydora</i> sp.	アメリカゾウツボ*	コウロエンカワヒバリ	ホトキス	
	26,662 ( 24.7)	8,303 ( 14.9)	1,021 ( 10.7)	4,562 ( 18.5)	4,274 ( 21.0)	477 ( 22.6)	
				コウロエンカワヒバリ	<i>Polydora</i> sp.	アシナガコカイ	
			3,119 ( 12.6)	2,686 ( 13.2)	400 ( 19.0)		
			<i>Polydora</i> sp.	アメリカゾウツボ*			
			2,642 ( 10.7)	2,120 ( 10.4)			
			アシナガコカイ				
			2,520 ( 10.2)				

注1:湿重量の0.00は0.01g未満のものを示す。

注2:湿重量が0.00 (0.01g/m<sup>2</sup>未満)の場合、湿重量組成比率は+で示す。

注3:主な出現種は各調査点の出現個体数上位5種(ただし、種別組成比が10%以上)を示す。

表 6-4-1 (2) 付着生物調査(コードラート調査)結果の概要 (8月調査)

調査期日：平成21年8月25日～26日  
調査方法：枠取り法(30cm×30cm)

項目	CASE2				BG3	
	上段	法1	中段	法2		
種類数	軟体動物門	3	5	11	2	3
	環形動物門	3	3	4		3
	節足動物門	7	6	4	1	5
	その他		2	2	1	
	合計	13	16	21	4	11
個体数 (個体/m <sup>2</sup> )	軟体動物門	2,785	41,103	5,838	22	2,032
	環形動物門	688	3,851	2,908		166
	節足動物門	4,484	9,589	8,391	78	2,242
	その他		100	155	11	
	合計	7,957	54,643	17,292	111	4,440
個体数 組成比 (%)	軟体動物門	35.0	75.2	33.8	19.8	45.8
	環形動物門	8.6	7.0	16.8		3.7
	節足動物門	56.4	17.5	48.5	70.3	50.5
	その他		0.2	0.9	9.9	
	合計					
湿重量 (g/m <sup>2</sup> )	軟体動物門	10,110.43	1,643.91	1,045.72	0.44	2,330.11
	環形動物門	10.65	39.52	19.98		2.55
	節足動物門	1,335.89	3,184.82	563.10	8.77	406.37
	その他		1.00	21.65	0.33	
	合計	11,456.97	4,869.25	1,650.45	9.54	2,739.03
湿重量 組成比 (%)	軟体動物門	88.2	33.8	63.4	4.6	85.1
	環形動物門	0.1	0.8	1.2		0.1
	節足動物門	11.7	65.4	34.1	91.9	14.8
	その他		<0.1	1.3	3.5	
	合計					
主な出現種 個体/m <sup>2</sup> (%)	タデジマフシツボ	2,586 (32.5)	コウロエンカワヒバリ	トノカダムシ属	アメリカフシツボ	タデジマフシツボ
	コウロエンカワヒバリ	1,931 (24.3)	アメリカフシツボ	アメリカフシツボ	78 (70.3)	コウロエンカワヒバリ
	アメリカフシツボ	1,421 (17.9)	ホトキス	ホトキス		1,510 (34.0)
	マカキ	821 (10.3)	コウロエンカワヒバリ	コウロエンカワヒバリ		
			アシナカコカイ	アシナカコカイ		

注1:湿重量の0.00は0.01g未満のものを示す。

注2:湿重量が0.00 (0.01g/m<sup>2</sup>未満)の場合、湿重量組成比率は+で示す。

注3:主な出現種は各調査点の出現個体数上位5種(ただし、種別組成比が10%以上)を示す。

表 6-4-1 (3) 付着生物調査(コードラート調査)結果の概要 (2月調査)

調査期日：平成22年2月4日  
調査方法：枠取り法(30cm×30cm)

項目	CASE1											
	上段	法1	中段	スラグ固体化ブロック	エネット	下段						
種類数	軟体動物門	2	1	5	4	8	2					
	環形動物門	4	4	4	7	5	3					
	節足動物門	5	6	1	6	6	1					
	その他				1	2						
	合計	11	11	10	18	21	6					
個体数 (個体/m <sup>2</sup> )	軟体動物門	4,185	3,818	544	6,072	2,420	267					
	環形動物門	488	478	144	3,895	3,785	55					
	節足動物門	577	422	33	1,377	890	11					
	その他				178	555						
	合計	5,250	4,718	721	11,522	7,650	333					
個体数 組成比 (%)	軟体動物門	79.7	80.9	75.5	52.7	31.6	80.2					
	環形動物門	9.3	10.1	20.0	33.8	49.5	16.5					
	節足動物門	11.0	8.9	4.6	12.0	11.6	3.3					
	その他				1.5	7.3						
	合計											
湿重量 (g/m <sup>2</sup> )	軟体動物門	783.10	909.31	150.18	6,633.13	2,524.60	7.99					
	環形動物門	4.99	7.32	3.55	69.05	110.22	0.77					
	節足動物門	224.88	102.11	0.00	294.04	44.40	0.00					
	その他				0.44	11.10						
	合計	1,012.97	1,018.74	153.73	6,996.66	2,690.32	8.76					
湿重量 組成比 (%)	軟体動物門	77.3	89.3	97.7	94.8	93.8	91.2					
	環形動物門	0.5	0.7	2.3	1.0	4.1	8.8					
	節足動物門	22.2	10.0	+	4.2	1.7	+					
	その他				+	0.4						
	合計											
主な出現種 個体/m <sup>2</sup> (%)	コウロエンカワヒバリ	4,174 ( 79.5)	コウロエンカワヒバリ	3,818 ( 80.9)	ムラサキガイ	3,996 ( 34.7)	アシカゴカイ	1,121 ( 14.7)	コウロエンカワヒバリ	1,110 ( 14.5)	ホトケス	178 ( 53.5)
					ホトケス	189 ( 26.2)	コウロエンカワヒバリ	1,110 ( 14.5)				89 ( 26.7)
					アシカゴカイ	111 ( 15.4)	アシカゴカイ	1,343 ( 11.7)	ミスヒキゴカイ	1,066 ( 13.9)		
					アザリ	89 ( 12.3)			<i>Ophiodromus</i> sp.	888 ( 11.6)		

注1:湿重量の0.00は0.01g未満のものを示す。  
 2:湿重量が0.00 (0.01g/m<sup>2</sup>未満)の場合、湿重量組成比率は+で示す。  
 3:主な出現種は各調査点の出現個体数上位5種(ただし、種別組成比が10%以上)を示す。

表 6-4-1 (4) 付着生物調査(コードラート調査)結果の概要 (2月調査)

調査期日：平成22年2月4日  
調査方法：枠取り法(30cm×30cm)

項目	CASE2				BG3	
	上段	法1	中段	法2		
種類数	軟体動物門	3	2	8	5	3
	環形動物門	3	4	6	7	3
	節足動物門	6	5	5	5	5
	その他		1	2	6	1
	合計	12	12	21	23	12
個体数 (個体/㎡)	軟体動物門	2,886	3,863	2,142	100	5,127
	環形動物門	644	3,408	1,133	1,044	122
	節足動物門	4,540	1,332	1,899	420	755
	その他		178	533	1,553	33
	合計	8,070	8,781	5,707	3,117	6,037
個体数 組成比 (%)	軟体動物門	35.8	44.0	37.5	3.2	164.5
	環形動物門	8.0	38.8	19.9	33.5	3.9
	節足動物門	56.3	15.2	33.3	13.5	24.2
	その他		2.0	9.3	49.8	1.1
	合計					
湿重量 (g/㎡)	軟体動物門	14,361.40	661.11	2,890.89	56.39	5,960.91
	環形動物門	13.32	93.91	22.41	12.20	9.65
	節足動物門	721.38	413.81	188.37	64.38	408.58
	その他		0.44	3.78	77.81	0.33
	合計	15,096.10	1,169.27	3,105.45	210.78	6,379.47
湿重量 組成比 (%)	軟体動物門	95.1	56.5	93.1	26.8	2828.0
	環形動物門	0.1	8.0	0.7	5.8	4.6
	節足動物門	4.8	35.4	6.1	30.5	193.8
	その他		<0.1	0.1	36.9	0.2
	合計					
注1:湿重量の0.00は0.01g未満のものを示す。 注2:湿重量が0.00(0.01g/㎡未満)の場合、湿重量組成比率は+で示す。 注3:主な出現種は各調査点の出現個体数上位5種(ただし、種別組成比が10%以上)を示す。		コウロエンカワヒバリ 2,398(29.7)	コウロエンカワヒバリ 3,685(42.0)	コウロエンカワヒバリ 1,243(21.8)	Phoronis sp. 1,066(34.2)	コウロエンカワヒバリ 4,262(70.6)
		タテシマフシツボ 2,076(25.7)	アシカコカイ 1,499(17.1)	アメリカフシツボ 744(13.0) ニホントロソコヒ 622(10.9)	カニヤドリカンザシコカイ 444(14.2)	タマギビ 710(11.8)

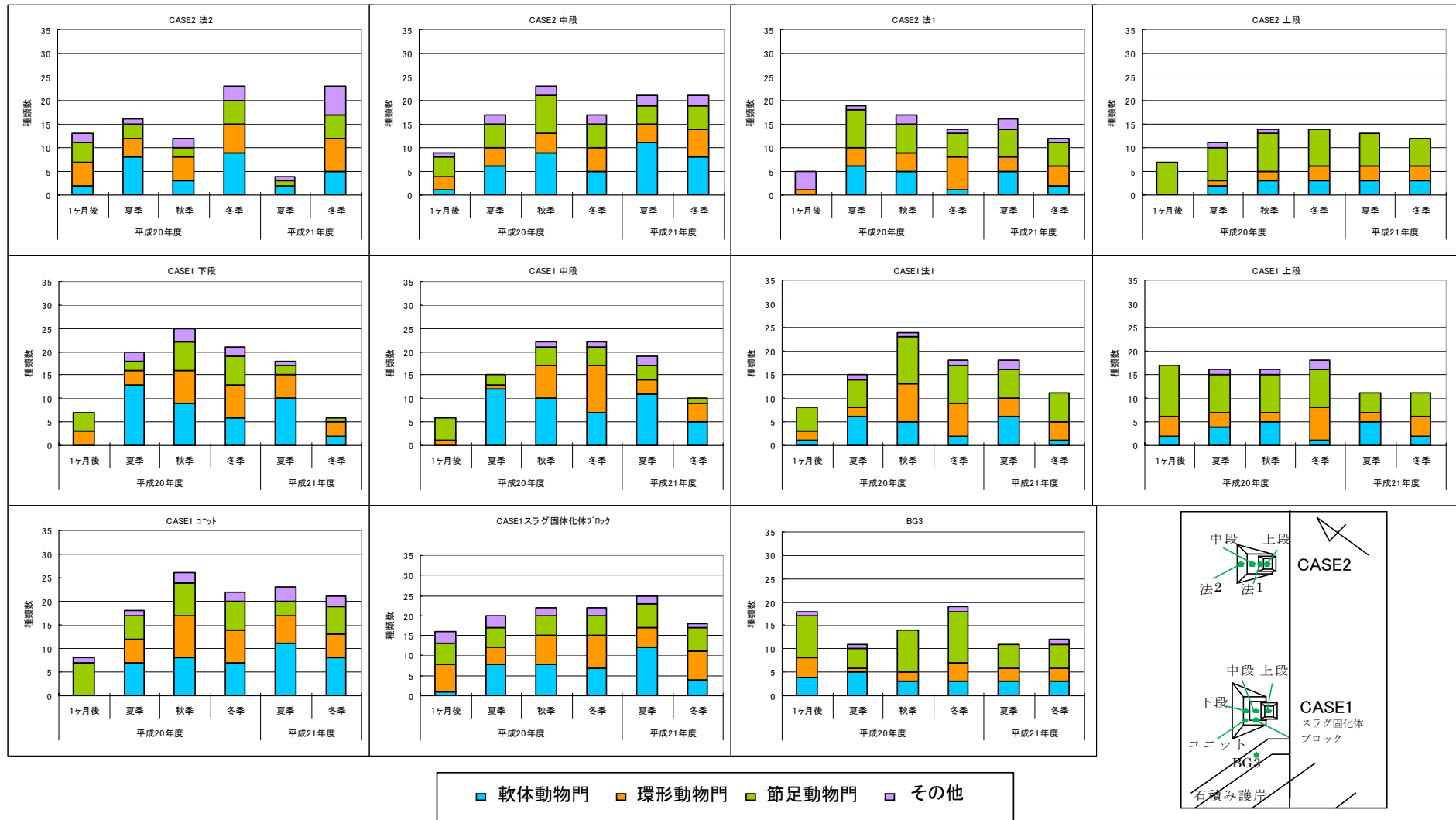


図 6-4-1 付着生物調査結果（動物）の経時変化（種類数）

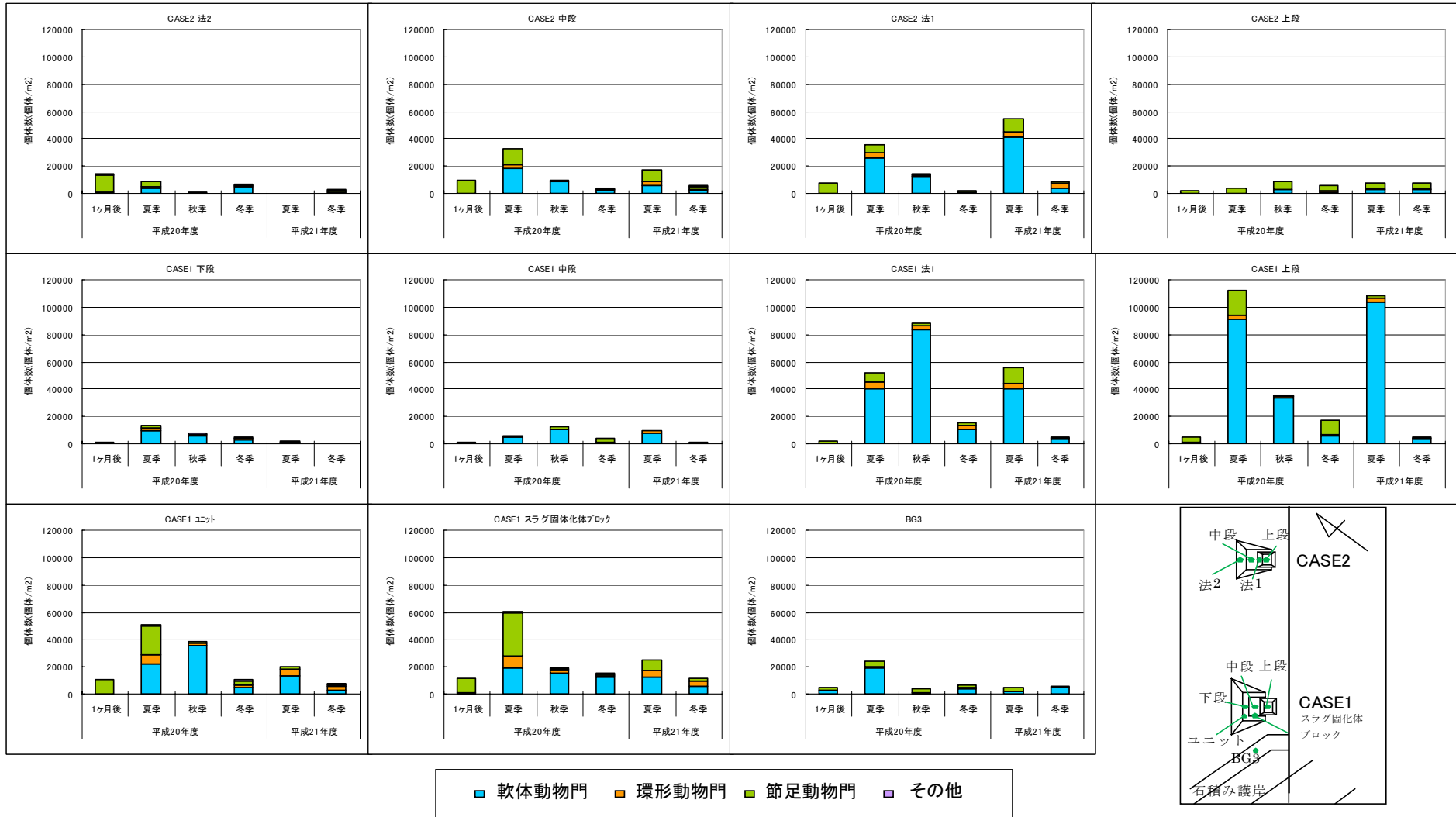


図 6-4-2 付着生物調査結果（動物）の経時変化（個体数）

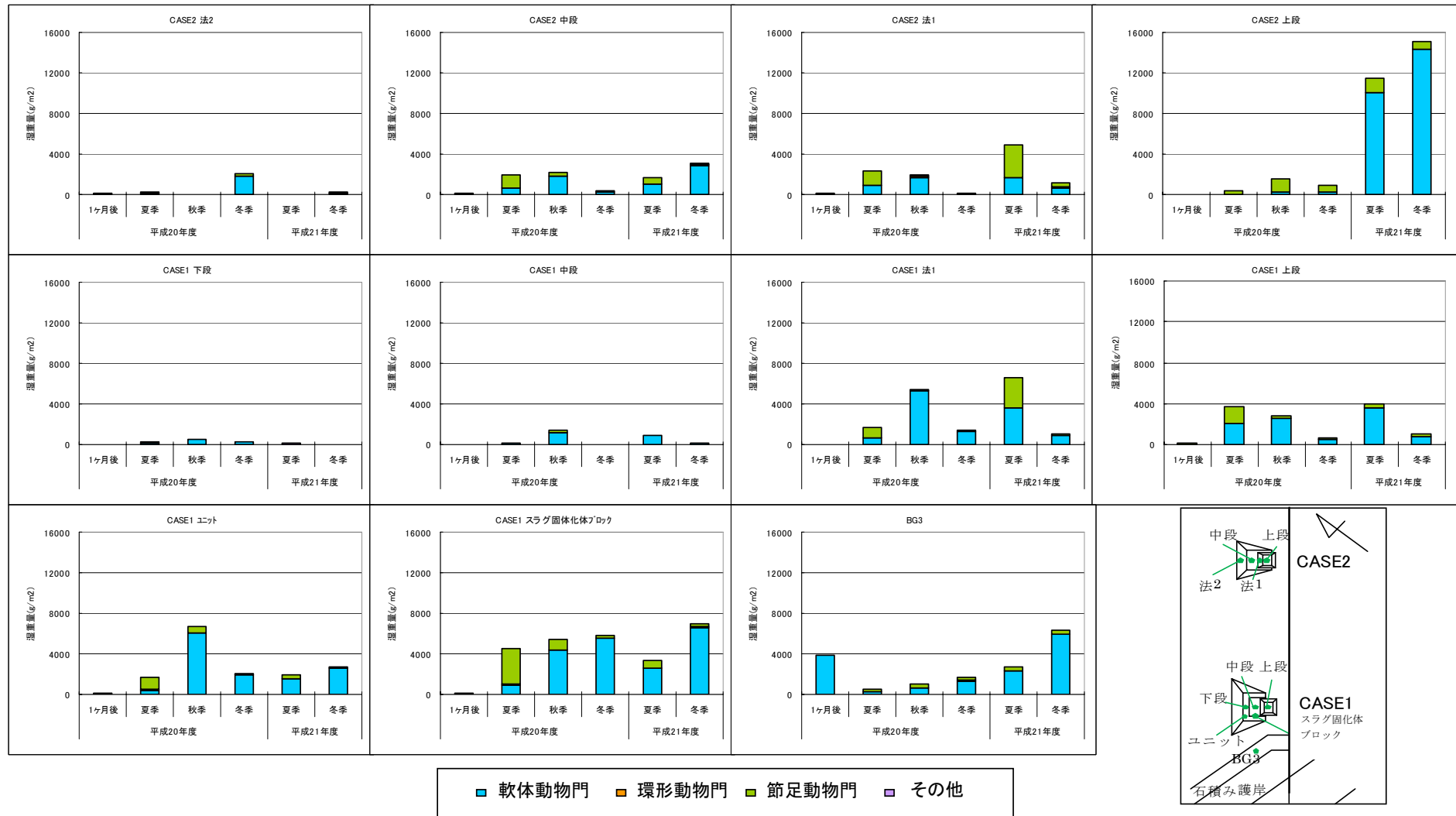


図 6-4-3 付着生物調査結果（動物）の経時変化（湿重量）



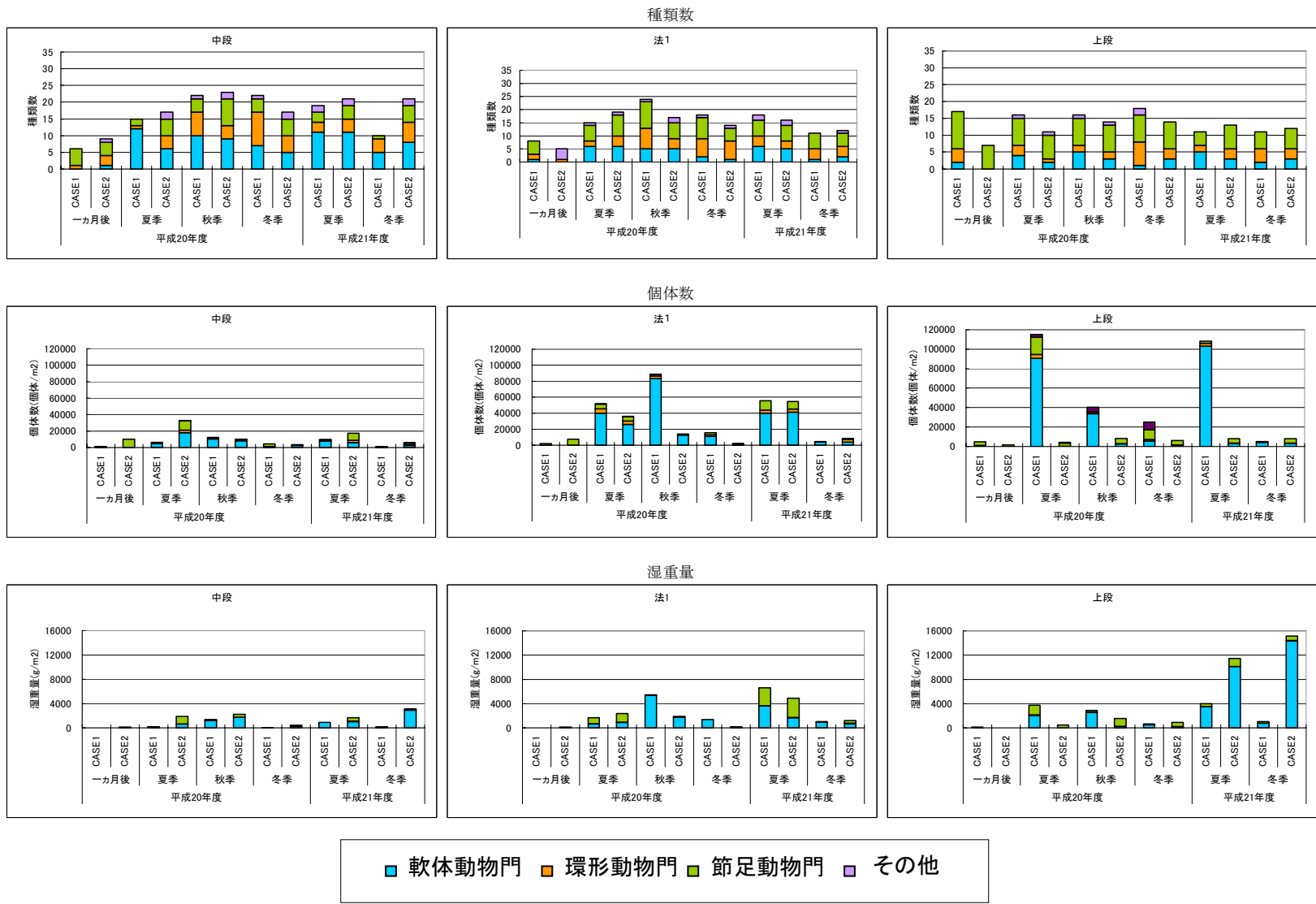


図 6-4-4 種類数、個体数、湿重量の CASE1 と CASE2 の比較

表 6-4-2(1) 付着生物（植物） 湿重量・夏季調査

調査期日：平成 21 年 8 月 25 日

調査方法：杵取り法（30cm×30cm）

単位：g/m<sup>2</sup>

番号	測点	case1					
		上段	法1	中段	スラグ固体ブロック	ユニット	下
1	珪藻属	+	+				
2	藍藻綱	+	+		+		
	種類数	2	2	0	1	0	0
	湿重量合計	+	+	0.00	+	0.00	0.00

調査期日：平成 21 年 8 月 25 日

調査方法：杵取り法（30cm×30cm）

単位：g/m<sup>2</sup>

番号	測点	case2				BG3	合計
		上段	法1	中段	法2		
1	珪藻属		+				+
2	藍藻綱	1.1	+			2.2	3.3
	種類数	1	2	0	0	2	
	湿重量合計	1.10	+	0.00	0.00		3.30

表 6-4-2(2) 付着生物（植物） 湿重量・夏季調査

調査期日：平成 22 年 2 月 4 日

調査方法：杵取り法（30cm×30cm）

単位：g/m<sup>2</sup>

番号	測点	case1					
		上段	法1	中段	スラグ固体ブロック	ユニット	下
	藻類 出現せず						
	種類数						
	湿重量合計						

調査期日：平成 22 年 2 月 4 日

調査方法：杵取り法（30cm×30cm）

単位：g/m<sup>2</sup>

番号	測点	case2				BG3	合計
		上段	法1	中段	法2		
	藻類 出現せず						
	種類数						
	湿重量合計						

## 2) バックグランドとの比較

バックグランドと CASE1 (試験区)・CASE2 (対照区) で同じレベルにある付着生物群集を対象に比較した (図 6-4-5)。

種類数、個体数及び湿重量の比較において、冬季の湿重量を除き CASE1 (試験区) でバックグランド(BG3)よりも同等、あるいは増加傾向にあった。冬季において湿重量の低下は出現種のほとんどがゴカイ類であったことによる。

これらの事より、CASE1 (試験区) 上段においては、天然石で構成される潮間帯とほぼ同様の生態系が築かれているものと示唆される。

CASE1 と CASE2 の上段における生物相は CASE2 でマガキが優占する傾向があり、附着基盤の違いによる差が認められた。

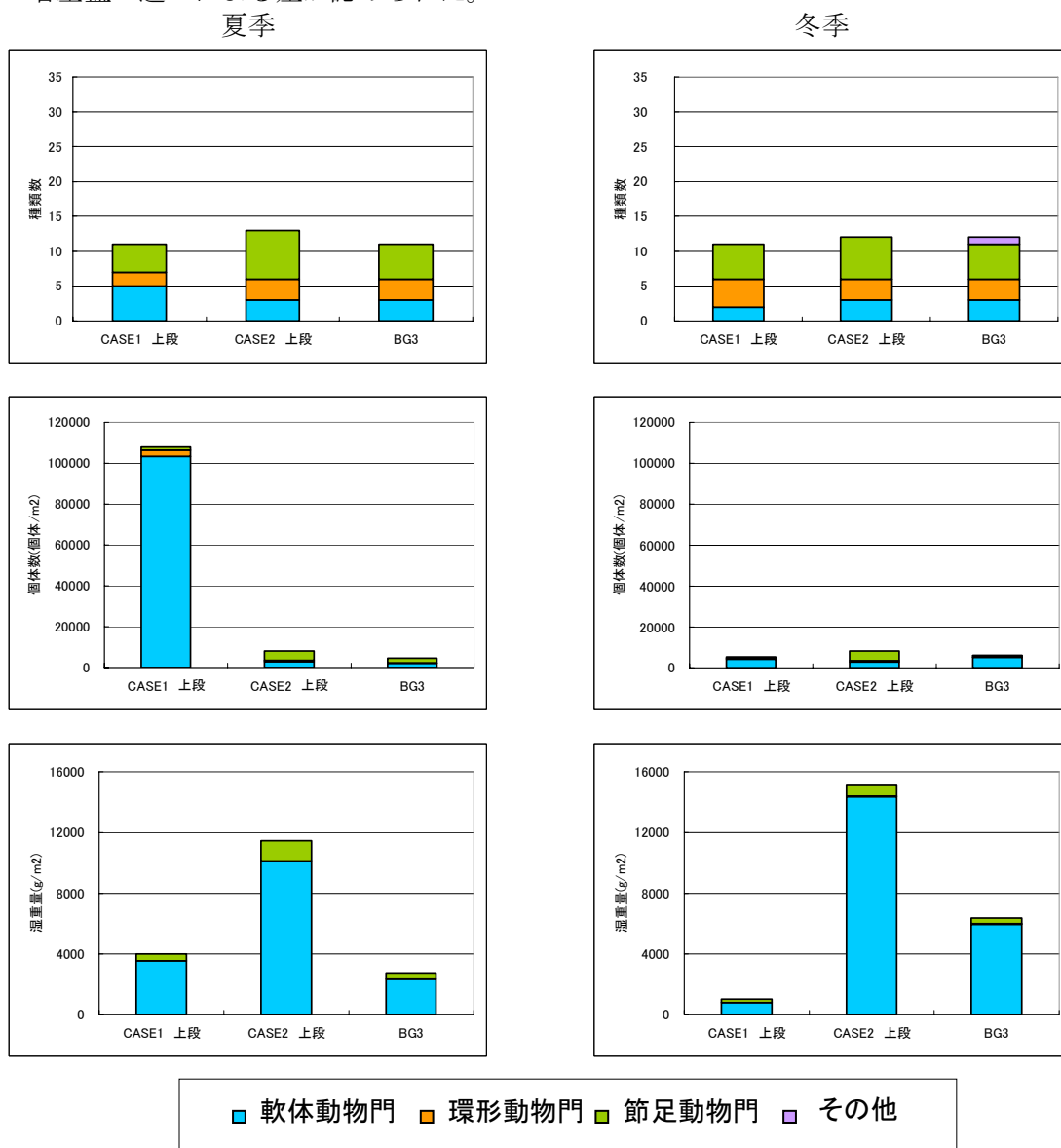


図 6-4-5 バックグランドとの比較

### 3) 構成基盤と付着生物

CASE1 (試験区) と CASE2 (対照区) における同水深帯 (AP=0.5m) における構成基盤別の付着生物群集の変化を図 6-4-6 に示した。

種類数は夏季、冬季共に CASE2 (対照区) と CASE 1 (試験区) のすべての場所で同等であった。

出現個体数は夏季、冬季共に CASE2 (対照区) に対して CASE 1 (試験区) の中段でやや少ない傾向にあったが、スラグ固化体ブロック及びユニット (鋼製ユニット) で多くなる傾向にあった。

湿重量においても種類数、出現個体数の傾向と同様であり、スラグ固化体ブロック及びユニット (鋼製ユニット) でバイオマスが多かった。

これらのことにより、CSAE1 (試験区) 中段で構成されるスラグ混合土よりも、スラグ固化体ブロック及びユニット (鋼製ユニット) において、付着基盤の安定性、生物生息環境の創出が図られていることが示唆された。

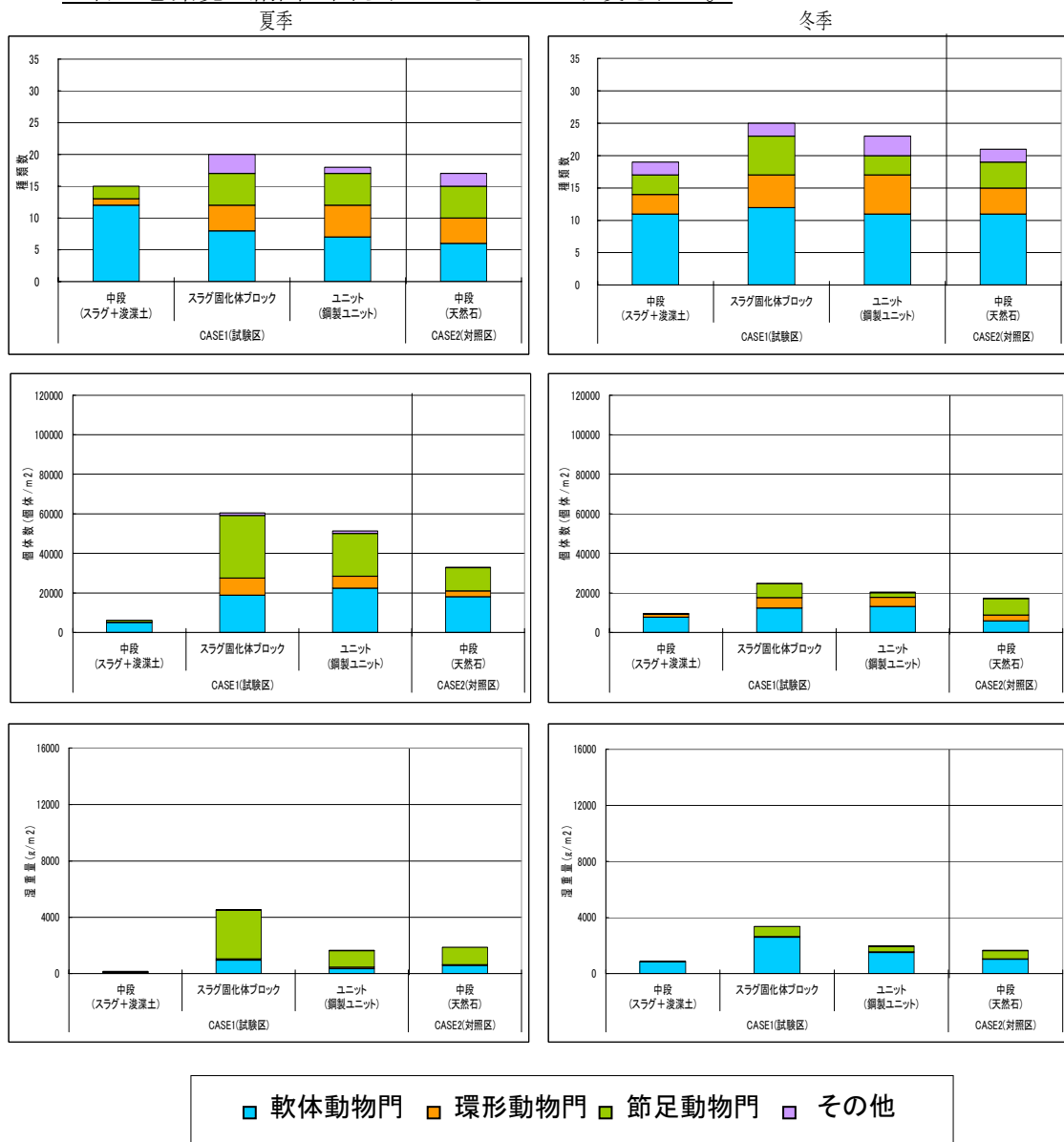


図 6-4-6 同水深帯における構成基盤別の比較

#### 4) ベルトトランセクト調査

ベルトトランセクト調査による結果を表 6-4-3～表 6-4-8 に示した。

##### ① 夏季調査(平成 21 年 8 月 25 日)

CASE1 ではアメリカフジツボ及びコウロエンカワヒバリガイが優占した。アメリカフジツボは法 1 で、コウロエンカワヒバリガイは上段～法 1 にかけて多かった。これらの種類は東京湾奥部に普通に出現する種類である。CASE2 では上段の天然石上及び間隙においてマガキが優占して出現した。マガキも周辺の岸壁等に普通に観られる。

CASE1、CASE2 において付着生物に違いが見られたのは、付着基盤の違いによるものと考えられ、基盤に適応した種類が生息したものと推察される。また、東京湾奥部に特徴的に生息するハゼ科魚類が確認された。

石垣状になだらかな傾斜の護岸であるバックグラウンド(BG3)ではコウロエンカワヒバリガイ及びマガキが観られた。

##### ② 冬季調査(平成 22 年 2 月 4 日)

CASE1 ではムラサキイガイ及びアメリカフジツボが優占した。ムラサキイガイ、アメリカフジツボは共に上段～中段、ユニットの上面で多かった。

CASE2 ではカンザシゴカイ科及びマガキが優占した。カンザシゴカイ科は法 1～法 2 にかけて多かった。マガキは上段で多かった。

BG3 では、マガキ、コウロエンカワヒバリが多く見られた。

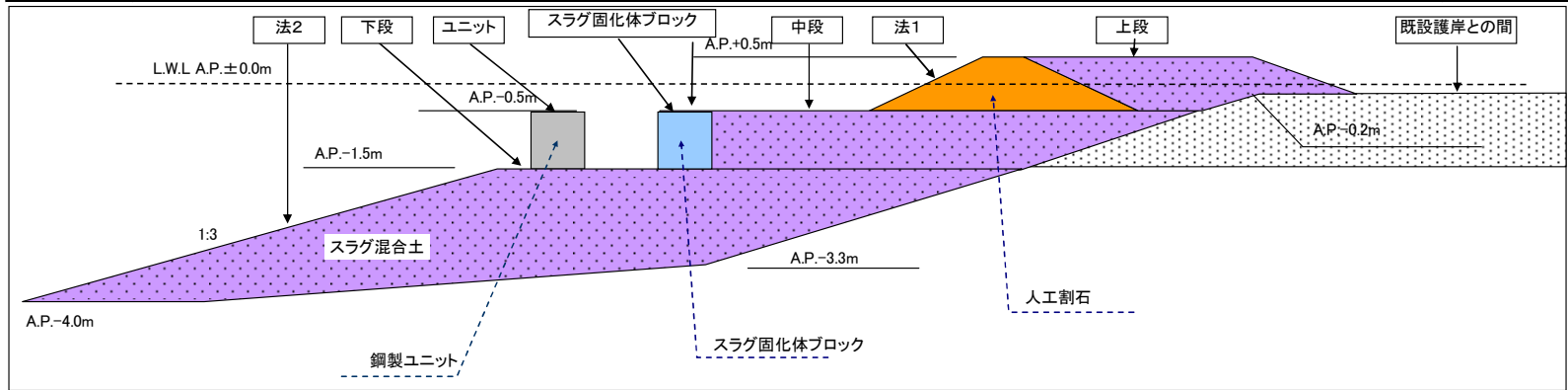
表 6-4-3 ベルトトランセクト調査結果 (CASE1 : 8月調査)

CASE1 (混合土+ユニット)

調査期日：平成21年8月25日

調査方法：ベルトトランセクト法による目視観察(30cm×1.0m)

距離(m)/種名	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	距離(m)/種名	
動物																																	
ホトケス	◇																																◇
アラムシロ											1		3			2																	
イキゲンチャク目	◇	+	+							+				+														+		+	+	◇	
アメリカフシツボ	◇									40	+	50			+	20	60	50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10	+	+	+	◇	
コロエンカワヒバリ	◇									+	+	+	+	+	10	10	20	10	80	80	90	90	40	60	90	20	+	+	+	+	◇		
イボニシ																														2			
イワガニ科																														+			
カテジマフシツボ	◇																					+	+	+				+	+			◇	
ムラサキガイ	◇									+	+				10	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+			◇	
マカキ	◇										+		+	+	+						+		+	+	+							◇	
シロスジフシツボ	◇																					+										◇	
ミドリガイ	◇									+	+		+																			◇	
アカニシ											1																						
カンザシコガイ科		+	+																														
植物																		+	+	+													
アオリ属																		+	+	+													
魚類																																	
ハゼ科																															+	+	
マハゼ												+																					



注  
 動物：◇は枠内における被度(%)を表し、それ以外は個体数を表す。被度の+は、5%未満を示す。  
 植物：被度(%)で表す。+は、5%未満を示す。  
 魚類：個体数を4段階(r:5尾以下、+ :6~19尾、c:20~99尾、cc:が100尾以上)で表す。

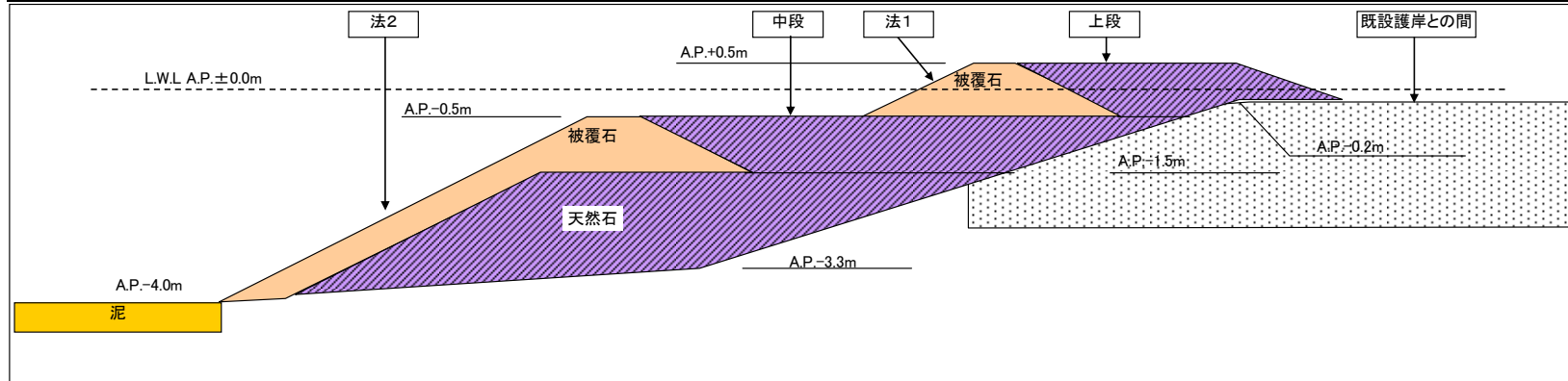
表 6-4-4 ベルトトランセクト調査結果 (CASE2 : 8月調査)

CASE2 (天然石)

調査期日：平成21年8月25日

調査方法：ベルトトランセクト法による目視観察(30cm×1.0m)

距離(m)/種名	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	距離(m)/種名
動物	アラムシロ									2			2	2	13	5	2		3										1		アラムシロ	
	ミドリイガイ										+					+	+	+										+		ミドリイガイ		
	ムラサキイガイ									+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	30	+	+				+	+	ムラサキイガイ		
	コウロエンカワヒバリ									+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		5	+	+	5		コウロエンカワヒバリ		
	アメリカフシツボ					+			+		10	10	5	5	+	+	10	20	30	30		+	+	+	+	+	+	10		アメリカフシツボ		
	イソギンチャク目		+	+	5	5	+	+	+	+	+																		+	イソギンチャク目		
	タテシマフシツボ																			+	+	+	5	5	+	+	+			タテシマフシツボ		
	マガキ												+		+	+	+		+		90	60	90	70	40	20				マガキ		
	イワニ科																		1		2	5				3				イワニ科		
	シロスジフシツボ																								+	+				シロスジフシツボ		
	カンザシコカイ科		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												カンザシコカイ科		
	ヤトカリ類																						+							ヤトカリ類		
	アカシ														1															アカシ		
	タテシマイソギンチャク										+																			タテシマイソギンチャク		
植物	アオリ属																				+						+	+		アオリ属		
	イワカリ科		+	+	+	+	+	+																						イワカリ科		
	藍藻綱																					5	5	5	+	+	+			藍藻綱		
魚類	ハゼ科					+					+		+	+							+		+			+				ハゼ科		
	マハゼ																							+						マハゼ		



注  
 動物：◇は枠内における被度(%)を表し、それ以外は個体数を表す。被度の+は、5%未満を示す。  
 植物：被度(%)をで表す。+は、5%未満を示す。  
 魚類：個体数を4段階(r:5尾以下、+ :6~19尾、c:20~99尾、cc:が100尾以上)で表す。

表 6-4-5 ベルトトランセクト調査結果 (BG3 : 8 月調査)

BG3 調査期日 : 平成21年 8 月 25 日  
 調査方法 : ベルトトランセクト法による目視観察(30cm×1.0m)

距離 (m)		0	1	2	3	4	5	6	7	8
種名	底質	法石								
動物	タマキビ		5	13	9					
	イワシヅボ	◇		+						
	シロスジフジツボ	◇		+	5	5	+			
	タテジマフジツボ	◇		+	+	+	5	+		
	イワガニ科				1				2	
	アラムシロ				1				6	41
	コウロエンカワヒバリ	◇			+	5	10	30	+	+
	マガキ	◇			+	20	20	30	40	+
	イソギンチャク目	◇								+
	ヤドカリ類					1				
	アメリカフジツボ	◇					+	+		+
植物	藍藻綱	◇				+	5			
	アオリ属	◇						+		
魚類	ハゼ科									+

注

動物: ◇は枠内における被度(%)を表し、それ以外は個体数を表す。被度の+は、5%未満を示す。

植物: 被度(%)を表す。+は、5%未満を示す。

魚類: 個体数を4段階(r:5尾以下、+:6~19尾、c:20~99尾、cc:が100尾以上)で表す。







表 6-4-8 ベルトトランセクト調査結果 (BG3 : 2月調査)

BG3 調査期日：平成22年2月4日

調査方法：ベルトトランセクト法による目視観察(30cm×1.0m)

距離 (m)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	
種名	底質	法石									
動物	タマキビ		7	7	23	19	16	15			
	イワシツボ	◇		+	+	+					
	シロシツボ	◇		+	+	+	+				
	タテシマツボ	◇		+	5	10	10	+	+		
	コウロエンカワヒバリ	◇		+	5	+	+	20	5		
	マカキ	◇		+	10	30	20	20	30	+	
	アレタマキビ				1	3			+	+	
	イソギンチャク目	◇					+				
	アラムシロ							8	2		
	カンザシコカイ科	◇						+		+	
	ムラサキカイ	◇							+	+	
	アメリカツボ	◇							+	+	

注

動物：◇は枠内における被度(%)を表し、それ以外は個体数を表す。被度の+は、5%未満を示す。

植物：被度(%)を表す。+は、5%未満を示す。

魚類：個体数を4段階(r:5尾以下、+:6~19尾、c:20~99尾、cc:が100尾以上)で表す。

## 6.5 底生生物調査

### 1) 調査結果

底生生物調査結果の概要を表 6-5-1 に、出現種一覧を表 6-5-2 に、過年度を含めた経時変化を図 6-5-1(1)、(2)に示した。

CASE1（護岸との間）と CASE2（護岸との間）の比較において、種類数、個体数で CASE1（護岸との間）の方が高い傾向にあった。湿重量については若干、CASE2（護岸との間）で高い傾向があった。

昨年度の夏季との比較では CASE1（護岸との間）で今年度の方が種類数、個体数及び湿重量で多く、波に洗われるマウンド造成背後地において生物生息の環境が整いつつある事が伺える。

バックグラウンド（BG1）においてはほとんど生物が認められなかった。底質調査結果においては含水比が 122%であり、水深が 4m の位置において、昨年度よりも浮泥等の堆積が進み、低酸素の影響を受け、生物生息の環境が形成されにくくなっている事を示唆している。

主な出現生物は CASE1（護岸との間）では、ゴカイ綱のイトゴカイ科、ミズヒキゴカイ、クシカギゴカイ及びニマイガイ綱のホトトギスであった。CASE2（護岸との間）ではニマイガイ綱のホトトギス、アサリ及びイトゴカイ科であった。これらの種類は東京湾奥部を代表する種類である。

### 2) 試験区、対照区およびバックグラウンドとの比較（図 6-5-2 参照）

夏季及び冬季における種類数、個体数及び湿重量について、CASE1 護岸との間（試験区）、CASE2 護岸との間（対照区）及びバックグラウンドを比較した結果、夏季、冬季共に CASE1 護岸との間（試験区）において、CASE2 護岸との間（対照区）と同等もしくは増加傾向にあった。

出現した種類は、東京湾の湾奥に普通に生息する種類であり、量的にも湾奥部における一般的なレベルの範囲内であった。

これらの事より、スラグ混合土を用いて造成したマウンドの背後地においては、底生生物の生息環境が整いつつあり、周辺海域との調和が保たれていると推察される。

表 6-5-1(1) 底生生物調査結果の概要 (8月調査)

調査期日：平成21年8月25日～26日  
 調査方法：ミス・マッキンタイド型採泥器による2回採泥

項目		CASE1	CASE2	BG1	BG2
		護岸との間	護岸との間		
種類数	軟体動物門	7	6		8
	環形動物門	8	6		9
	節足動物門	2		1	1
	その他				1
	合計	17	12	1	19
個体数 (個体/m <sup>2</sup> )	軟体動物門	1,060	1,100		8,820
	環形動物門	2,410	220		2,950
	節足動物門	20		10	40
	その他				20
	合計	3,490	1,320	10	11,830
個体数 組成比 (%)	軟体動物門	30.4	83.3		74.6
	環形動物門	69.1	16.7		24.9
	節足動物門	0.6		100.0	0.3
	その他				0.2
	合計				
湿重量 (g/m <sup>2</sup> )	軟体動物門	2,236.80	2,801.20		3,609.40
	環形動物門	8.20	0.60		10.80
	節足動物門	0.00		0.00	0.00
	その他				0.30
	合計	2,245.00	2,801.80	0.00	3,620.50
湿重量 組成比 (%)	軟体動物門	99.6	100.0		99.7
	環形動物門	0.4	<0.1		0.3
	節足動物門	+		+	+
	その他				<0.1
	合計				
主な出現種 個体/m <sup>2</sup> (%)	<i>Mediomastus</i> sp.	820 (23.5)	ホトギス 630 (47.7)	トロクダムシ属 10 (100.0)	ホトギス 6,710 (56.7)
	ミスヒキゴカイ	780 (22.3)	アサリ 280 (21.2)		アサリ 1,920 (16.2)
	カシキゴカイ	610 (17.5)			ミスヒキゴカイ 1,810 (15.3)
	ホトギス	580 (16.6)			
	合計				

注1:湿重量の0.00は0.01g未満のものを示す。

2:湿重量が0.00 (0.01g/m<sup>2</sup>未満)の場合、湿重量組成比率は+で示す。

3:主な出現種は各調査点の出現個体数上位5種(ただし、種別組成比が10%以上)を示す。

表 6-5-1(2) 底生生物調査結果の概要 (2月調査)

調査期日：平成22年2月3日

調査方法：スズマツキタ付型採泥器による2回採泥

項目		CASE1	CASE2	BG1	BG2
		護岸との間	護岸との間		
種類数	軟体動物門	7	5	0	6
	環形動物門	10	14	1	8
	節足動物門	1	2	1	2
	その他	1	2	0	2
	合計	19	23	2	18
個体数 (個体/m <sup>2</sup> )	軟体動物門	340	180	0	140
	環形動物門	3,970	2,260	10	830
	節足動物門	260	430	30	440
	その他	50	100	0	20
	合計	4,620	2,970	40	1,430
個体数 組成比 (%)	軟体動物門	7.4	6.1	0.0	9.8
	環形動物門	85.9	76.1	25.0	58.0
	節足動物門	5.6	14.5	75.0	30.8
	その他	1.1	3.4	0.0	1.4
湿重量 (g/m <sup>2</sup> )	軟体動物門	3,160.00	1,355.60		44.80
	環形動物門	30.30	12.80	0.0	12.00
	節足動物門	0.70	2.00	0.0	3.10
	その他	0.10	0.90		0.50
	合計	3,191.10	1,371.30	0.0	60.40
湿重量 組成比 (%)	軟体動物門	99.0	98.9		74.2
	環形動物門	0.9	0.9	+	19.9
	節足動物門	0.0	0.1	+	5.1
	その他	0.0	0.1		0.8
主な出現種 個体/m <sup>2</sup> (%)	ミスヒキゴカイ	3,120 (67.5)	<i>Mediomastus</i> sp. 550 (18.5)	ニホントロコエビ 30 (75.0)	アシナガゴカイ 520 (36.4)
			ニホントロコエビ 420 (14.1)	オトヒメゴカイ 10 (25.0)	ニホントロコエビ 420 (29.4)
			ミスヒキゴカイ 390 (13.1)		ミスヒキゴカイ 150 (10.5)

注1:湿重量の0.00は0.01g未満のものを示す。

2:湿重量が0.00(0.01g/m<sup>2</sup>未満)の場合、湿重量組成比率は+で示す。

3:主な出現種は各調査点の出現個体数上位5種(ただし、種別組成比が10%以上)を示す。

表 6-5-2(1) 底生生物調査結果 出現種一覧 (8月調査)

調査期日：平成21年8月25日～26日

調査方法：スミス・マッキンタウ型採泥器による2回採泥

番号	門	綱	目	科	種名	CASE1 護岸間	CASE2 護岸間	BG1	BG2	
1	刺胞動物門	花虫綱	イソギンチャク目		イソギンチャク目				○	
2	軟体動物門	マキガイ綱	ニナ目	ミスゴマツホ科	ウミゴマツホ	○	○		○	
3			ハイ目	オリレヨフハイ科	アラムシロ	○	○		○	
4		ニマイガイ綱	イガイ目	イガイ科	コウロエンカワヒバリ	○	○		○	
5					ホトギス	●	●		●	
6			ハマグリ目	ハカガイ科	シオフキ					○
7					ニッコウガイ科	ヒメシラトリ	○			○
8					マルスタレガイ科	ホンビノスガイ	○	○		○
9				アサリ	○	●		●		
10		環形動物門	ゴカイ綱	スビオ目	スビオ科	<i>Pseudopolydora</i> sp.	○	○		
11	<i>Polydora</i> sp.					○			○	
12	ホリエリタテスビオ								○	
13					ミスヒキゴカイ科	ミスヒキゴカイ	●	○		●
14	イトゴカイ目			イトゴカイ科	<i>Capitella</i> sp.	○	○		○	
15					<i>Mediomastus</i> sp.	●	○		○	
16	サシバゴカイ目			カキゴカイ科	クシカキゴカイ	●	○		○	
17					ゴカイ科	ゴカイ	○	○		○
18					アシナカゴカイ	○			○	
19			チロリ科	<i>Glycera</i> sp.	○			○		
20	節足動物門	甲殻綱	ヨコエビ目	トコタムシ科	トコタムシ属			●	○	
21					ニホンドロコエビ	○				
種類数						17	12	1	19	

注1:○は出現したこと示す。

2:●は主な出現種(各調査点の個体数組成比10%以上)を示す。

表 6-5-2(2) 底生生物調査結果 出現種一覧 (2月調査)

調査期日：平成22年2月3日

調査方法：スミス・マッキンク位型採泥器による2回採泥

番号	門	綱	目	科	種名	CASE1 護岸間	CASE2 護岸間	BG1	BG2		
1	刺胞動物門	花虫綱	イソギンチャク目		イソギンチャク目				○		
2	扁形動物門	ウスムシ綱	ヒラムシ目		ヒラムシ目		○				
3	紐形動物門				紐形動物門	○	○		○		
4	軟体動物門	マキガイ綱	ニナ目	ミスゴマツホ科	ウミゴマツホ	○	○		○		
5			ハイ目	オリレヨフハイ科	アラムシロ	○					
6		ニマイガイ綱	フネガイ目	フネガイ科	サルボウ				○		
7			イカ目	イカ科	コウロエンカワヒバリ				○		
8					ホトギス	○	○				
9			ハマグリ目	ニッコウガイ科	ヒメシラトリ	○					
10					アシカガイ科	シズカガイ	○				
11					マルスタレガイ科	ホシノスカイ	○	○		○	
12						カガミガイ		○			
13						アサリ	○	○		○	
14					イワホリガイ科	ウスカラシオツガイ				○	
15		環形動物門	ゴカイ綱	スピオ目	スピオ科	<i>Polydora</i> sp.	○	○		○	
16						<i>Rhynchospio</i> sp.		○			
17						ホリエリタテスピオ		○			
18	ヨツバネスピオ(A型)					○	○		○		
19	<i>Prionospio</i> sp.								○		
20	ミスヒキゴカイ科					ミスヒキゴカイ	●	●		●	
21	イトゴカイ目					イトゴカイ科	<i>Capitella</i> sp.	○	○		
22							<i>Mediomastus</i> sp.	○	●		○
23	オフエリアゴカイ目					オフエリアゴカイ科	<i>Armandia</i> sp.		○		
24	サシバゴカイ目					サシバゴカイ科	<i>Eteone</i> sp.	○	○		
25				<i>Eulalia</i> sp.			○				
26				オトヒモゴカイ科	オトヒモゴカイ科					●	
27				カキゴカイ科	クシカキゴカイ		○	○		○	
28				ゴカイ科	アシナカゴカイ		○	○		●	
29				チロリ科	<i>Glycera</i> sp.			○			
30				ニカイチロリ科	<i>Glycinde</i> sp.			○		○	
31				イソメ目	キボシイソメ科		カタマカリキボシイソメ	○			
32	フサゴカイ目			ウミイサコムシ科	ウミイサコムシ	○					
33	節足動物門	甲殻綱	ヨコエビ目	トノクダムシ科	トノクダムシ属		○				
34					ニホントロソコエビ	○	●	●	●		
35			エビ目	イワガニ科	イワガニ科				○		
種類数						19	23	2	18		

注1:○は出現したことを示す。

注2:●は主な出現種(各調査点の個体数組成比10%以上)を示す。



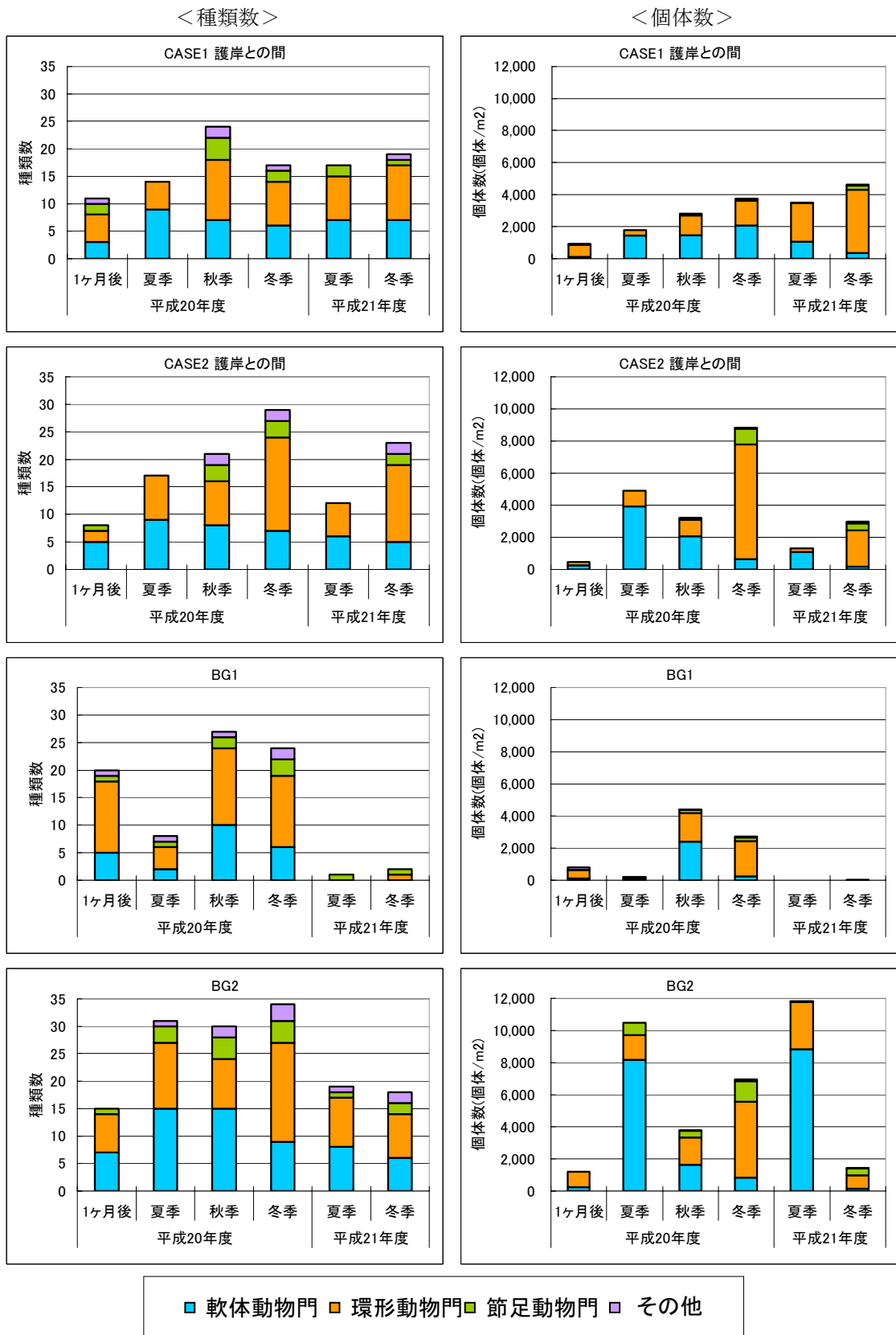
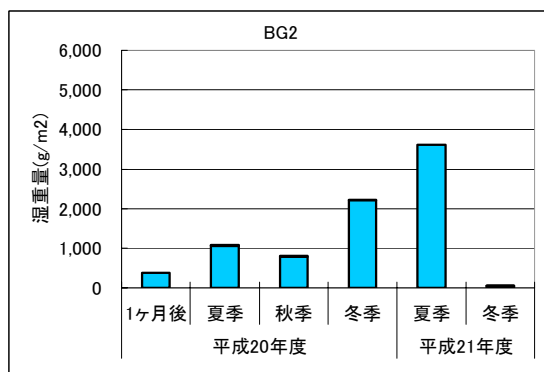
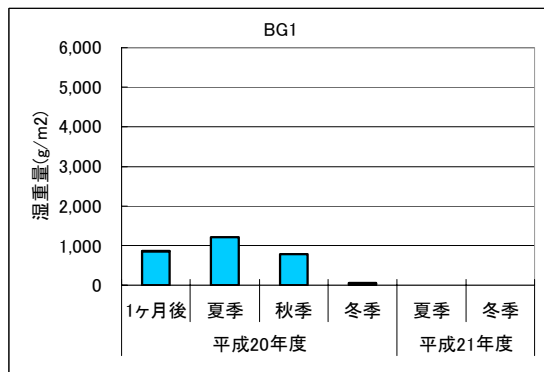
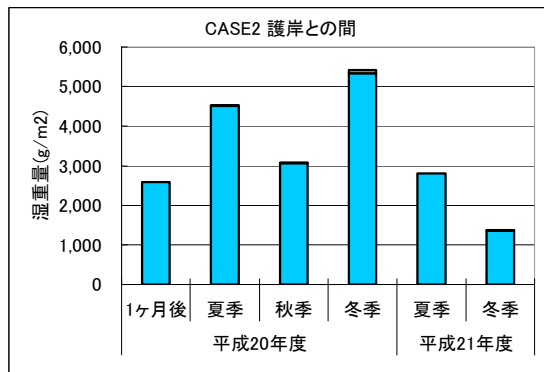
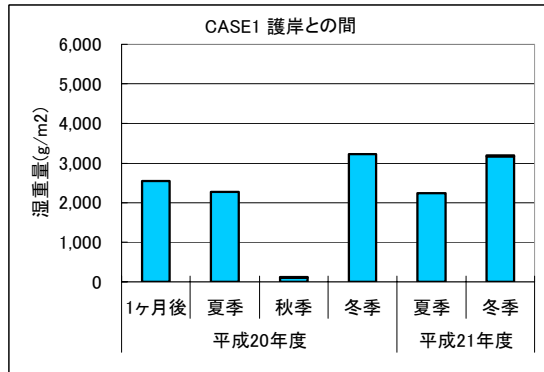


図 6-5-1 (1) 底生生物調査結果の経時変化(種類数、個体数)

<湿重量>



■ 軟体動物門 ■ 環形動物門 ■ 節足動物門 ■ その他

図 6-5-1 (2) 底生生物調査結果の経時変化(湿重量)

夏季

冬季

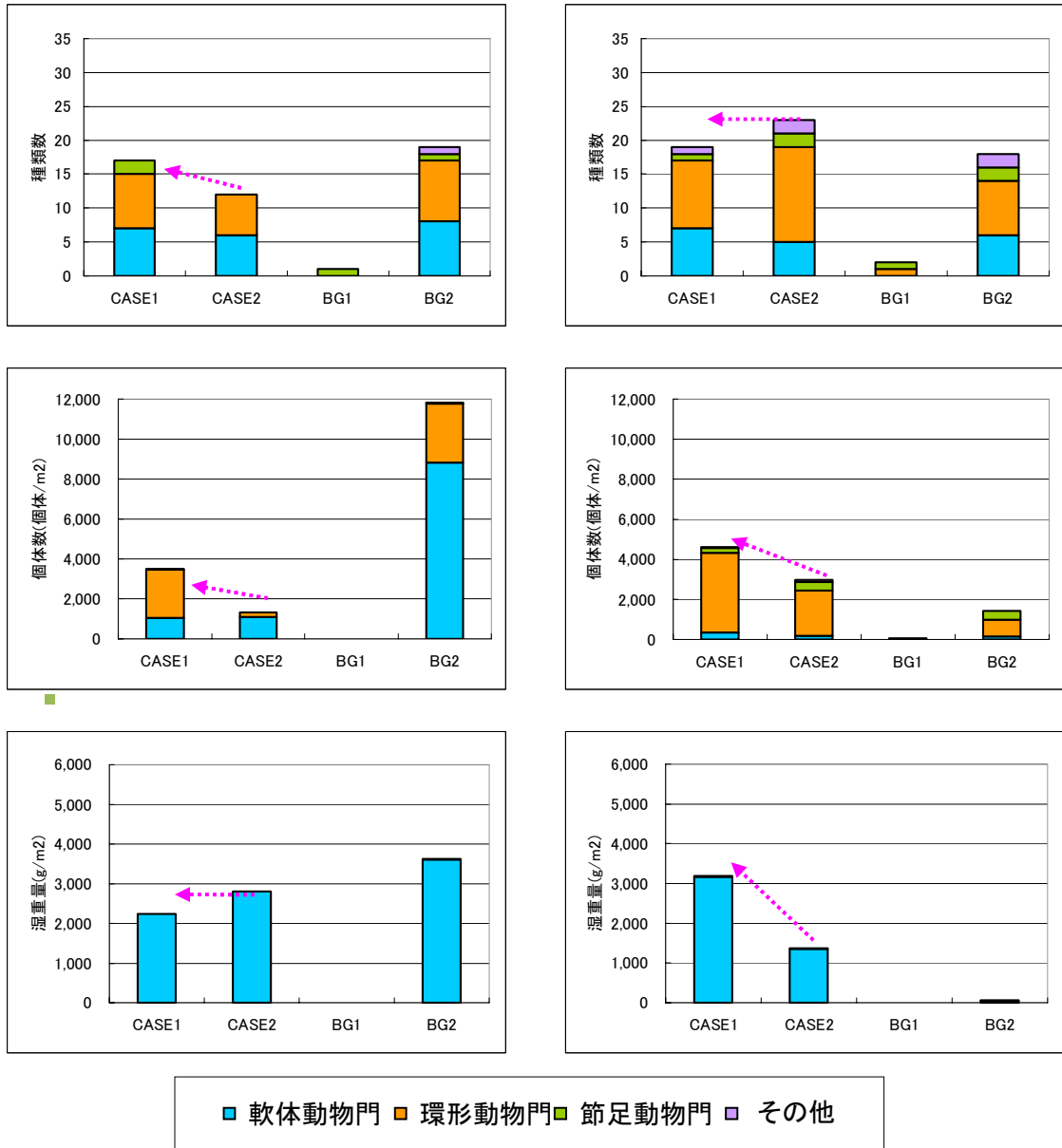


図 6-5-2 底生生物調査結果の比較

## 6.6 海藻類生育状況調査

### 1) 過年度(平成20年度)のモニタリング結果の整理

- ①ロープを用いて移植したワカメ(2009年2月25日時点)は、CASE2(対照区)では5個体が生存していたが、CASE1(試験区)では全て消滅していた。
- ②レンガブロックを用いて移植したワカメ(2009年2月25日時点)は、CASE2(対照区)では全て消滅していたが、CASE1(試験区)では2個体が生存していた。
- ③ロープを用いて移植したコンブ(2009年2月25日時点)は、CASE2(対照区)では全てが消滅していたが、CASE1(試験区)では17個体が生存していた。
- ④レンガブロックを用いて移植したアカモク(2009年2月25日)は、CASE2(対照区)では、全てが消滅していたがCASE1では5個体が生存していた。

### 2) 平成21年度8月調査における現況確認

2009年8月25、26日にCASE1(試験区)およびCASE2(対照区)において、海藻生育の現況確認を実施した。現況写真を図6-6-1に示した。調査の結果、CASE1、CASE2、の双方ともに海藻類は観察されていない。



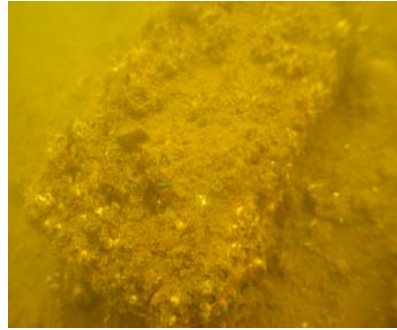
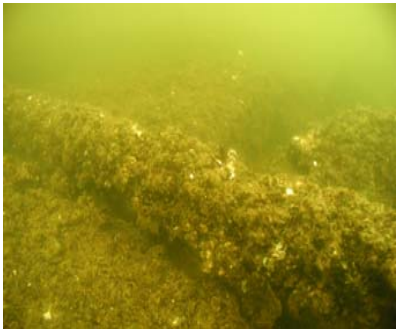
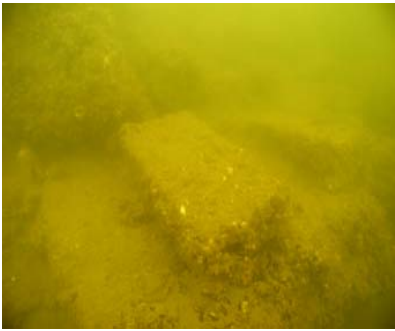
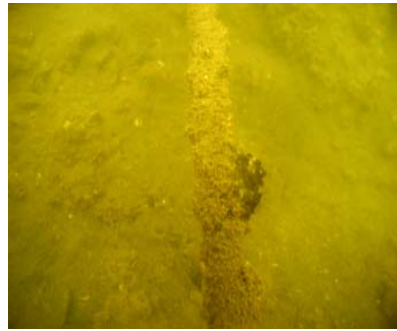
位置	法 1 (AP+0.5m)	中段 (AP-0.5m)	上 : CASE1 下段 (AP-1.5m) 下 : CASE2 法 2 (AP-1.5m)
CASE1 (試験区)			
	種糸を取り付けたロープ (付着物に覆われていた)	レンガブロック (付着物に覆われていた)	レンガブロックの状況 (付着物に覆われていた)
CASE2 (対照区)			
	種糸を取り付けたロープ (付着物に覆われていた)	レンガブロック (浮泥が堆積していた)	種糸を取り付けたロープ (付着物に覆われていた)

図 6-6-1 海藻類生育状況調査 8月調査時の状況

### 3) 平成 21 年度海藻類生育状況調査

2009 年 11 月 6 日にアカモク、11 月 22 日にワカメおよびコンブの移植を行った。

#### ①移植・設置状況

##### ○アカモク

横須賀地先で採取した幼体（最大 18.5cm、最小 4.6cm、平均 10.9cm）をレンガに固定し移植した（図 6-6-2）。移植状況は、CASE1 で中段に 4 個、下段に 4 個、CASE2 で中段に 4 個設置した。



図 6-6-2 アカモクを取り付けたレンガ

##### ○ワカメ

横須賀地先から入手したワカメの種糸を使用した。種糸に付着したワカメの幼体は最大 5.0cm、最小 0.1cm、平均 0.3cm であった。

移植はロープに種糸を固定する方法とレンガブロックに固定する方法で行った。

ロープに固定する方法は、海底上に張ったロープに 50cm 間隔で約 5cm に切った種糸を固定した（図 6-6-3）。CASE1 の移植状況は、法 1 に 6 箇所、スラグ固化体ブロックに 3 箇所、法 2 に 20 箇所に種糸を取り付けた。CASE2 は、法 1 に 6 箇所、法 2 に 16 箇所の種糸を取り付けた。

レンガブロックに固定する方法は、レンガブロックに固定したロープに約 5cm に切った種糸を取り付け、海底に設置した（図 6-6-3）。

CASE1 の移植状況は、中段に 5 個、下段に設置した。CASE2 の移植状況は、中段に 5 個設置した。



図 6-6-3 ワカメの種糸を取り付けたロープ(左)、ワカメの種糸を取り付けたレンガ(右)

○コンブ

横須賀地先から入手したコンブの種糸を使用した。種糸に付着していたコンブの幼体は、最大 3.0cm、最小 0.03cm、平均 0.2cm であった。海底上に張ったロープに 50cm 間隔で約 5cm に切った種糸を固定した (図 6-6-4)。

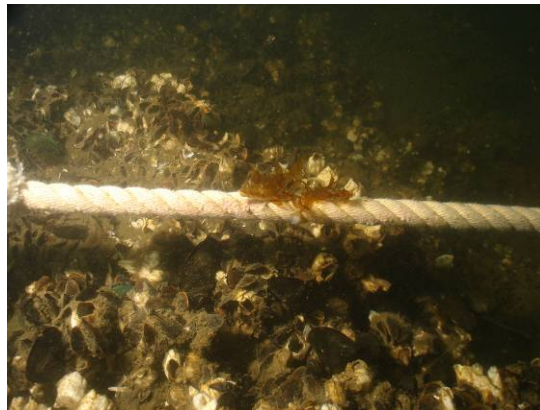


図 6-6-4 コンブの種糸を取り付けたロープ

②移植位置

CASE1 の移植状況は、法1に6箇所、スラグ固化体ブロックに3箇所、法2に20箇所に種系を取り付けた。CASE2 の移植状況は、法1に6箇所、法2に16箇所に種系を取り付けた。移植位置は過年度(平成20年度)と同様とした(表6-6-1)。

各海藻の移植位置の平面図を図6-6-5(1)、断面図を図6-4-5(2)に示した。

表 6-6-1 移植位置と数量

種 類	方 法	位 置	CASE1	CASE2
ワカメ	ロープ	法1	6	6
		スラグ固化体ブロック	3	-
		法2	20	16
	レンガブロック	中段	5	5
		下段	5	-
コンブ	ロープ	法1	6	6
		スラグ固化体ブロック	3	-
		法2	20	16
アカモク	レンガブロック	中段	5	5
		下段	5	-

※CASE2 法2を除き、過年度(H20年度)と同じ位置・数量で実施



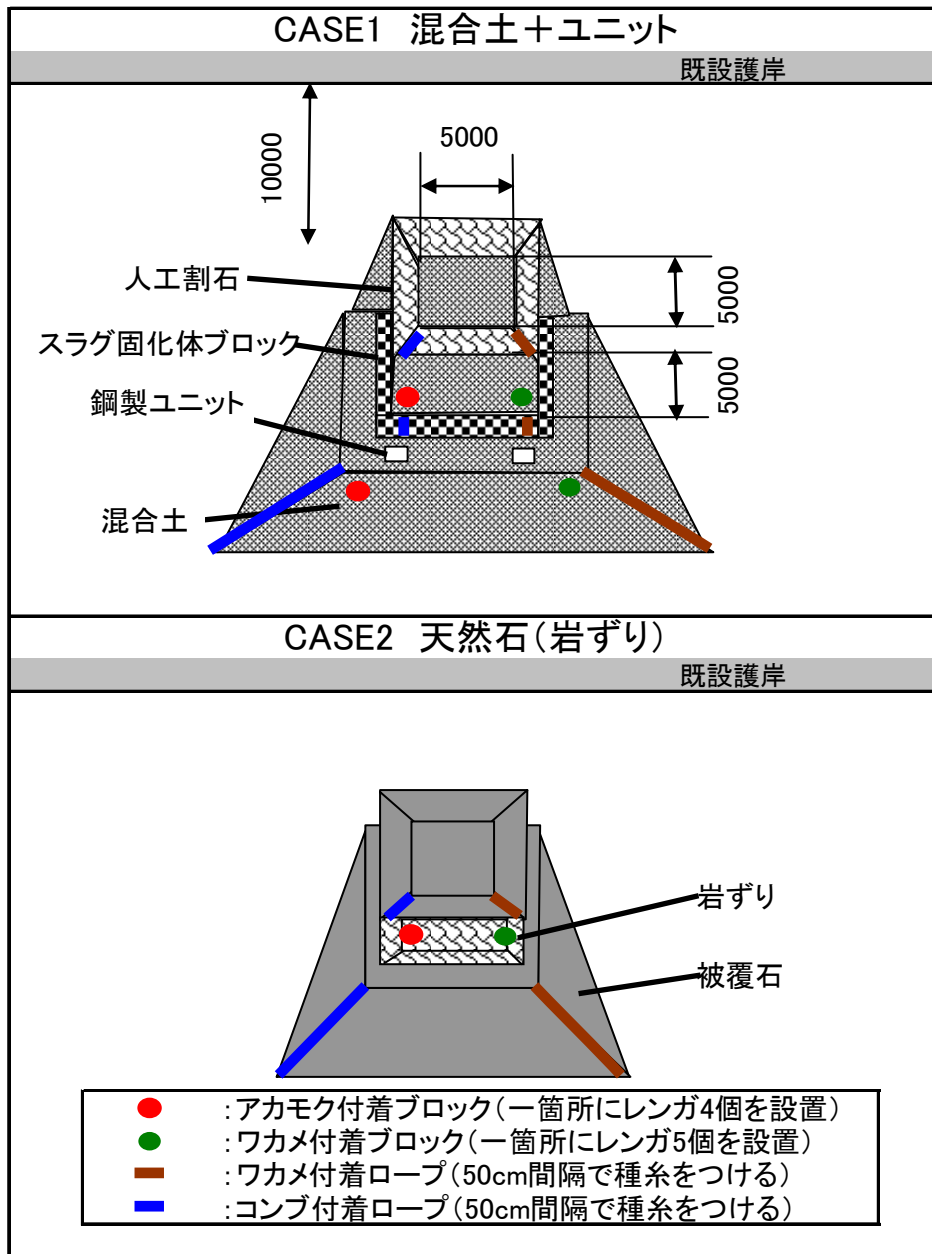


図 6-6-5(1) 海藻類の設置位置(平面図)

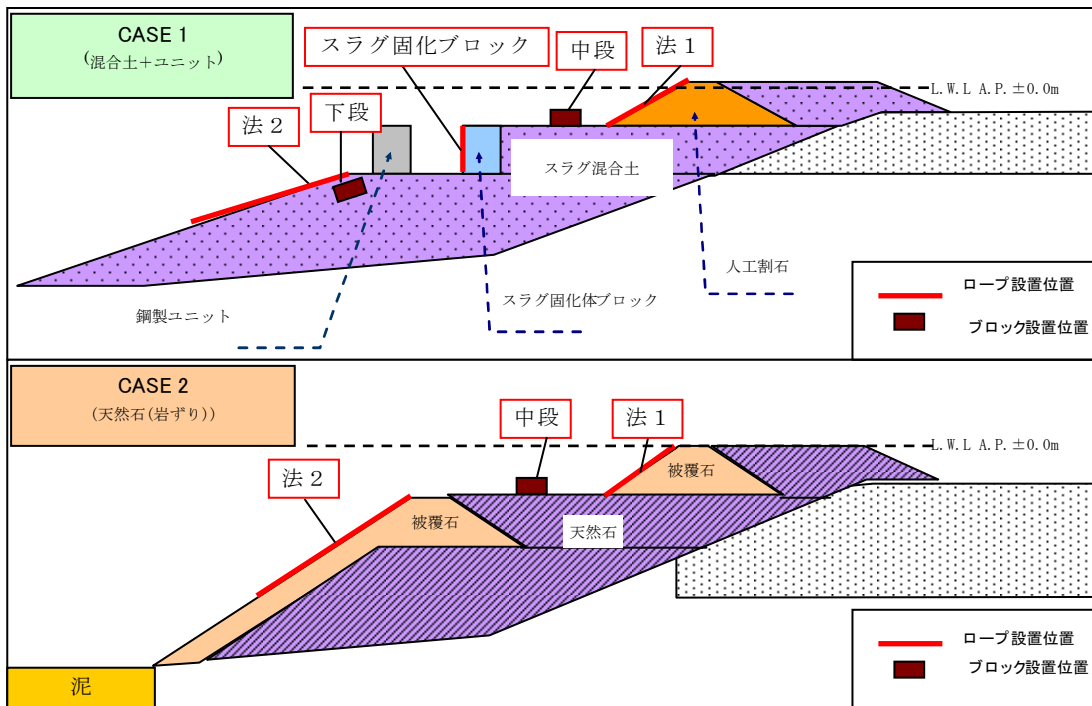


図 6-6-5 (2) 海藻類の設置位置(断面図および位置名称)

### ③水温、光量子量

移植時にボタン型水温計(図 6-6-5(3))を設置し、水温の連続測定を行った。また、観察日に実証試験の近傍で光量子計を用いて光量子量を測定した。



図 6-6-5(3) ボタン型水温計(ティドビット V2  
米国オンセットコンピューター社製) 設置状況

#### 4) 海藻類生育状況調査結果

2009年12月18日と2010年2月4日に生息状況調査を行った。ロープによるワカメ及びコンブ移植の結果を表6-6-2、ブロックによるアカモク及びコンブ移植の結果を表6-6-3に示した。海藻類移植後の生育状況について、図6-6-6に示した。

##### ①12月18日調査

###### <CASE1>

○ロープを用いて移植をしたコンブは、26箇所(生存率90%)で生育しており、最大は全長1.6cm、最小は全長0.2cmであった。ワカメは、10箇所(生存率34%)で生育しており、最大は全長1.4cm、最小は0.3cmであった(表6-6-2)。

○レンガブロックを用いて移植したアカモクは、中段で1箇所が生育しており、全長は10.7cmだった。ワカメは下段の5箇所(生存率50%)で生育しており、最大は全長1.3cm、最小は0.2cmであった(表6-6-3)。

###### <CASE2>

○ロープを用いて移植をしたコンブは、17箇所(生存率77%)で生育しており、最大は全長0.9cm、最小は全長0.1cmであった。ワカメは、20箇所(生存率91%)で生育しており、最大は全長3.6cm、最小は0.2cmであった(表6-6-2)。

○レンガブロックを用いて移植したアカモクは、中段、3箇所(生存率75%)で生育しており、最大は全長86.3cm、最小は18.3cmであった。ワカメは、中段、4箇所(生存率50%)で生育しており、最大は全長1.7cm、最小は0.2cmであった(表6-6-3)。

潜水観察により海藻類や周辺を観察したところ、CASE1、CASE2共に移植に用いたロープ類と海藻類の表面に浮泥やゴカイ類、ホヤ類などの付着が認められた。また、海藻類の基盤として用いたレンガブロックの上にも浮泥が堆積していた(図6-6-6)。



図6-6-6 ロープ移植したワカメ(左)、レンガブロック移植の状況(右)  
(12月18日撮影)

## ②2月4日調査

### <CASE1>

- ロープを用いて移植をしたコンブは、18箇所(生存率 62%)で生育しており、最大は全長 3.1cm、最小は全長 0.3cm であった。ワカメは、全て消失していた(表 6-6-2)。
- レンガブロックを用いて移植したアカモク及びワカメは全て消失していた(表 6-6-3)。

### <CASE2>

- ロープを用いて移植をしたコンブは、11箇所(生存率 50%)で生育しており、最大は全長 53.0cm、最小は全長 0.5cm であった。ワカメは、全て消失していた(表 6-6-2)。
- レンガブロックを用いて移植したアカモク及びワカメは全て消失していた(表 6-6-3)。

潜水観察により海藻類や周辺を観察したところ、CASE1、CASE2 共に移植に用いたロープ類と海藻類の表面に浮泥やゴカイ類、ホヤ類などの付着が12月の調査時よりも多く認められた。また、海藻類の基盤として用いたレンガブロックの上にも浮泥が多く堆積していた(図 6-6-7)。



図 6-6-7 移植に用いたロープの状況(左)、レンガブロックの状況(右)  
(2月4日撮影)

夏季調査～冬季調査の CASE1 及び CASE2 の法 1 におけるコンブの生育状況について図 6-6-8 に示した。

- ・ 夏季調査時において CASE1、CASE2 共に海藻類の生息は確認されなかった。
- ・ ロープ移植したコンブは1ヶ月後、CASE1 で最大で 0.8cm の生長が確認された。
- ・ 冬季調査(移植3ヶ月後)では CASE1、CASE2 のすべてが消失していた。

表 6-6-2 ロープを用いて移植したコンブ、ワカメの生育状況

CASE1							
位置	NO.	コンブ(cm)		地盤高(m)	ワカメ(cm)		地盤高(m)
		12月18日	2月4日		12月18日	2月4日	
法1	1	×	×	0.8	×	×	0.7
	2	×	×	0.5	×	×	0.5
	3	×	×	0.3	×	×	0.3
	4	0.2	×	0.1	×	×	0.0
	5	0.8	×	-0.1	×	×	-0.2
	6	0.3	×	-0.3	0.5	×	-0.4
スラグ固化 ブロック	1	0.7	0.7	-0.3	×	×	-0.3
	2	0.2	1.2	-0.8	×	×	-0.8
	3	0.3	0.4	-1.3	×	×	-1.3
法2	1	0.4	×	-1.4	×	×	-1.3
	2	1.0	0.5	-1.5	0.5	×	-1.5
	3	0.8	0.8	-1.7	×	×	-1.6
	4	1.6	1.5	-1.8	×	×	-1.8
	5	1.4	2.5	-2.0	1.4	×	-2.0
	6	0.5	×	-2.1	×	×	-2.1
	7	0.9	3.1	-2.3	×	×	-2.3
	8	0.6	×	-2.5	×	×	-2.4
	9	1.0	1.0	-2.6	×	×	-2.6
	10	0.9	0.9	-2.8	0.7	×	-2.7
	11	0.7	×	-2.9	×	×	-2.9
	12	1.0	0.8	-3.1	0.9	×	-3.1
	13	0.5	×	-3.2	0.4	×	-3.2
	14	0.8	0.5	-3.4	0.5	×	-3.4
	15	1.1	0.5	-3.6	0.7	×	-3.5
	16	0.3	0.4	-3.7	×	×	-3.7
	17	0.4	0.6	-3.9	0.3	×	-3.8
	18	0.3	×	-4.0	×	×	-4.0
	19	0.6	0.3	-4.0	×	×	-4.0
	20	0.2	0.5	-4.0	0.4	×	-4.0
生存数	-	26	18	-	10	0	-
生存率(%)	-	90	62	-	34	0	-

CASE2							
位置	NO.	コンブ(cm)		地盤高(m)	ワカメ(cm)		地盤高(m)
		12月18日	2月4日		12月18日	2月4日	
法1	1	×	×	0.9	×	×	0.8
	2	×	×	0.7	0.3	×	0.6
	3	×	×	0.4	×	×	0.4
	4	×	×	0.2	3.6	×	0.1
	5	0.1	×	0.0	0.9	×	-0.1
	6	×	×	-0.2	1.7	×	-0.3
法2	1	0.3	0.5	-0.6	0.2	×	-0.5
	2	0.4	×	-0.8	0.2	×	-0.7
	3	0.4	2.1	-1.0	0.3	×	-0.9
	4	0.7	20.5	-1.2	0.5	×	-1.2
	5	0.6	0.5	-1.5	0.5	×	-1.4
	6	0.6	0.7	-1.7	0.7	×	-1.6
	7	0.8	1.0	-1.9	0.7	×	-1.8
	8	0.7	0.5	-2.1	0.7	×	-2.1
	9	0.7	0.5	-2.3	0.4	×	-2.3
	10	0.5	×	-2.6	0.9	0.7	-2.5
	11	0.2	0.7	-2.8	0.3	×	-2.7
	12	0.4	×	-3.0	0.6	×	-2.9
	13	0.7	×	-3.2	0.5	×	-3.2
	14	0.4	×	-3.5	0.4	×	-3.4
	15	0.9	2.2	-3.7	0.7	×	-3.6
	16	0.4	53.0	-3.9	0.3	×	-3.8
生存数	-	17	11	-	20	1	-
生存率(%)	-	77	50	-	91	5	-

※×：枯死または消失を示す。  
 ※長さは最大長を示す。  
 ※「地盤高」20年度の天端レベルに対応する。

表 6-6-3 レンガブロックを用いて移植したアカモク、ワカメの生育状況

<アカモク：レンガブロック移植>

CASE1 (試験区) (cm)								
NO	1		2		3		4	
観察日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日
中段	×	×	×	×	×	×	10.7	×
下段	×	×	×	×	×	×	×	×
CASE2 (対照区) (cm)								
NO	1		2		3		4	
観察日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日
中段	18.3	×	×	×	83.1	×	86.3	×

<ワカメ：ブロック移植>

CASE1 (試験区) (cm)										
NO	1		2		3		4		5	
観察日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日
中段	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
下段	0.3	×	1.3	×	0.3	×	0.2	×	1.2	×
CASE2 (対照区) (cm)										
NO	1		2		3		4		5	
観察日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日	12月18日	2月4日
中段	×	×	0.3	×	1.5	×	1.7	×	0.2	×

※×は、枯死または消失を示す。

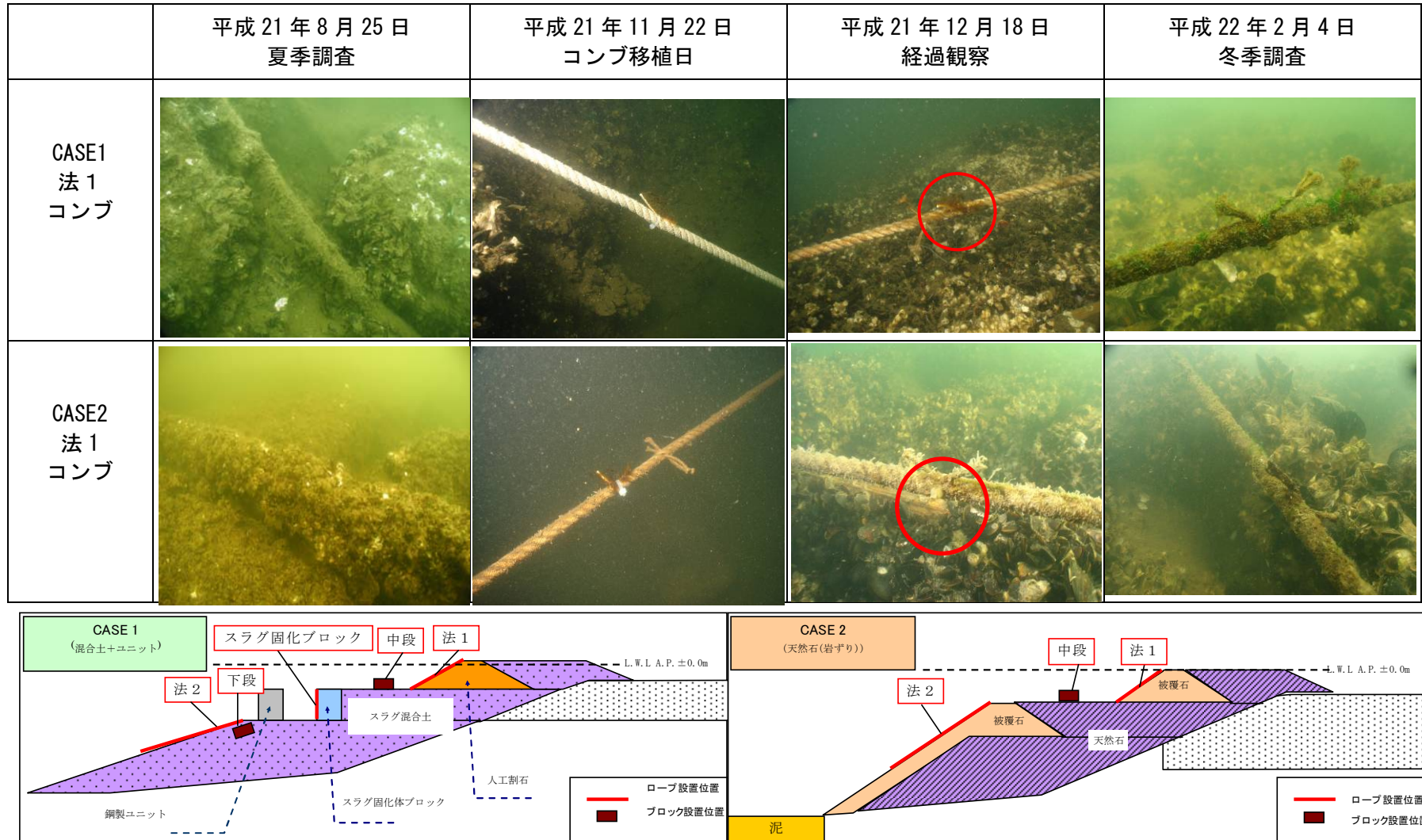


図 6-6-8 移植後のコンブの生育状況の変化

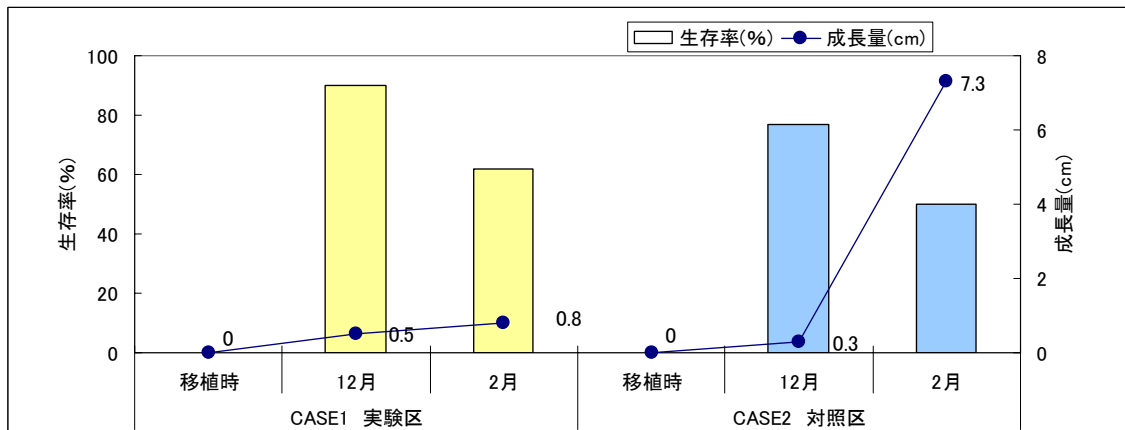
### ③生存率と成長量

コンブ及びワカメにおける生存率と成長量の比較を図 6-6-9 及び図 6-6-10 に示した。なお、成長量は各調査日の全長の平均値から移植時の全長の平均値の差として示した。

#### ○コンブ

生存率は 12 月及び 2 月共に、対照区 (CASE2) に対して試験区 (CASE1) において良好であり、2 月調査時における生存率は試験区で 62%、対照区で 50%であった。

成長量は 12 月においては試験区と対照区でほぼ同等であったが、2 月では対照区において 7.3cm となり、試験区よりも高くなった。これは、対照区の法 2 において特異的に成長した 2 株があったためである。図 6-6-8 に移植後の生育状況を示した。12 月以降、付着生物や浮泥の影響を受ける環境下において、対照区での成長量が増加した要因については試験区と光条件が若干異なっていた点が推察される。



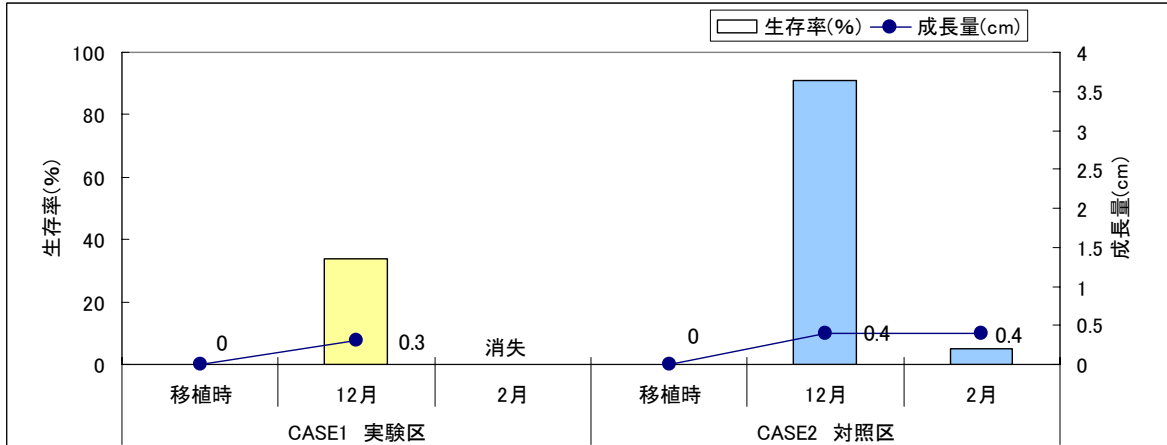
※成長量は、各調査日のコンブの全長の平均値から移植時の全長の平均値 0.2cm を引いた値

図 6-6-9 コンブの生存率と成長量の比較 (ロープによる移植)



○ワカメ

生存率は12月において、対照区(CASE2)で91%であり、試験区(CASE1)を上回っていたが、2月調査においては対照区、試験区共に、ほとんど生存していない状況であった。成長量からは対照区、試験区ともにほとんど成長できない環境にあったものと推測される。



※ 成長量は、各調査日のワカメの全長の平均値から移植時の全長の平均値0.3cmを引いた値

図 6-6-10 ワカメの生存率と成長量の比較 (ロープによる移植)

#### ④生育環境条件

実証試験海域における光量子量と水温連続計測の結果を表 6-6-4, 5 及び図 6-6-8 に示した。また、移植に用いたワカメ、コンブ及びアカモクの生育環境条件と実証試験海域の測定値を表 6-6-6 に整理した。移植藻類の生育条件は以下と通りである。

##### <コンブ>

- ・葉体期の成長水温は上限の 16℃に対して、移植直後に一時的に約 4℃高い 20℃を上回る環境があった。12 月調査まで 16℃以上となるケースが多かった。12 月調査以降は生育条件内にあった。
- ・試験期間中の塩分は 20~30 で低めに推移していた。
- ・光量子量は冬季において生息条件の  $37 \mu E/m^2/s$  以上を、試験区 (CASE1) では 3m 以浅で、対照区 (CSAE2) で 4m 以浅であり、条件を満たす環境にあった。

##### <ワカメ>

- ・葉体期の成長水温は上限の 16℃に対して、移植直後に一時的に約 4℃高い 20℃を上回る環境にあった。移植後 1 ヶ月後の調査 (12 月調査) までに 16℃以上となる環境が多かった。12 月調査以降は生育条件内にあった。
- ・試験期間中の塩分は、20~30 で低めに推移していた。冬季塩分で生育条件を下回る環境となる場合があった。
- ・光量子量は冬季において生息条件の  $66 \mu E/m^2/s$  以上を、試験区 (CASE1) では 2.5m 以浅で、対照区 (CSAE2) で 3m 以浅で条件を満たす環境にあった。

##### <アカモク>

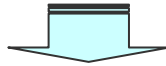
- ・藻体の成長水温は上限の 19℃に対して、移植直後に一時的に約 1℃高い 20℃を上回る環境にあったが、その後は生育条件内にあった。
- ・試験期間中の塩分は、20~30 で低めに推移していた。冬季塩分で生育条件を下回る環境となる場合があった。
- ・光量子量は冬季において幼体の生息条件の  $82.5 \mu E/m^2/s$  以上を、試験区 (CASE1) では 2m 以浅で、対照区 (CSAE2) で 3m 以浅で条件を満たす環境にあった。

このような条件下における海藻類生育状況調査の結果についての評価は以下のよう  
にまとめられる。

- 試験に用いた藻類の生育条件から、コンブ・ワカメ (葉体期) 及びアカモクでは高温側の成長限界水温を超える場合があり、葉体の成長に大きな影響があったものと推察される。
- 塩分は低塩分環境にあり、移植藻体には良い条件であるとは言えない。
- 光量子量は移植藻体のすべてで、ほぼ 3m 以浅において条件を満たしていたが、試験区 (CASE1) と対照区 (CASE2) を比較すると、対照区において光条件の深度が約 1m 深い傾向にあった。

昨年度の水質、底質データとの比較より

- 水温、塩分、pH、D0、COD、栄養塩類等に大きな違いはなく、昨年度と同じ水質環境にあったと推察される。一方、底質の硫化物、COD は昨年度よりも大きく増加し、底質の変化が認められた。この変化が移植藻類へダメージを強めた可能性が示唆された。



### 閉鎖性海域における試験

生物付着、腐泥堆積に加え、水温、塩分等の水質、底質環境が生育に厳しい条件であったため、一部においては生長が認められたものの、これらの条件を覆して藻体の生長に大きなインパクトを与える事はなかったものと示唆される。

### ⑤開放系海域における実証試験例（表 6-6-6）

#### ○ワカメ

千葉県千倉地先において、鉄分施肥剤を用いて、ワカメの生長試験を行った。鉄分を施肥した試験区と無施肥のワカメで、平均増量で、施肥をした試験区において 1.5 ～2.0 倍多かった。（岡本・堀田 2002）

#### ○コンブ

北海道増毛町の沿岸における藻場造成を目的に、二価鉄を含んだ製鋼スラグと廃材チップを発酵させた人工腐食土からなる施肥ユニットを設置し、藻類への効果を調査した結果、試験海域の単位面積あたりのコンブの生育量が対照区の約 226 倍となった。また、施肥ユニットと基質ブロックを海域に沈設した試験では、基質ブロックのみの場所よりも双方を沈設した試験区でコンブの着生量が 18.5 倍となった。（木曾 他 2008）

製鋼スラグと腐植物質の組み合わせで二価鉄を供給し、ホソメコンブの室内培養試験を行った結果、雄雌配偶体への成熟にキレート化させた二価鉄濃度が 0.5mg/l 以上の時に成熟する事、遊走子-配偶体成熟-受精-胞子体へ変化する時にキレート化させた二価鉄の効果が大きい事、及び胞子体が成長する夏季は製鋼スラグのみより、人工腐食物質や発酵魚粉を添加した方で成長が良い事が判明した。（堤 他 2008）



### 開放系海域における試験

開放系海域における、製鋼スラグと他物質との組み合わせによる試験においては、二価鉄がワカメやコンブの成長に効果的であることが実証されている。また、室内試験においても性成熟に寄与している事が判明している。

表 6-6-4 CASE1、CASE2 近傍の光量子量と移植位置 (平成 21 年 12 月 18 日 天候 : 快晴)

単位: 光量子量  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ 、減衰率=水面での光量子量/各水深での光量子量 (%)

位置	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 20px;">← 法1</span> <span style="margin-right: 20px;">スラグ固化ブロック</span> <span>→ 法2</span> </div>											
	水深(m)	0	0.25	0.5	1	1.5: 中段	2	2.5: 下段	3	3.5	4	
CASE1	光量子量	800	768	544	295	246	169	140	103	75	55	
	減衰率	100	96	68	37	31	21	18	13	9	7	

位置	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 20px;">← 法1</span> <span>→ 法2</span> </div>											
	水深(m)	0	0.25	0.5	1	1.5: 中段	2	2.5	3	3.5	4	
CASE2	光量子量	842	780	640	372	260	184	143	113	91	72	
	減衰率	100	93	76	44	31	22	17	13	11	9	

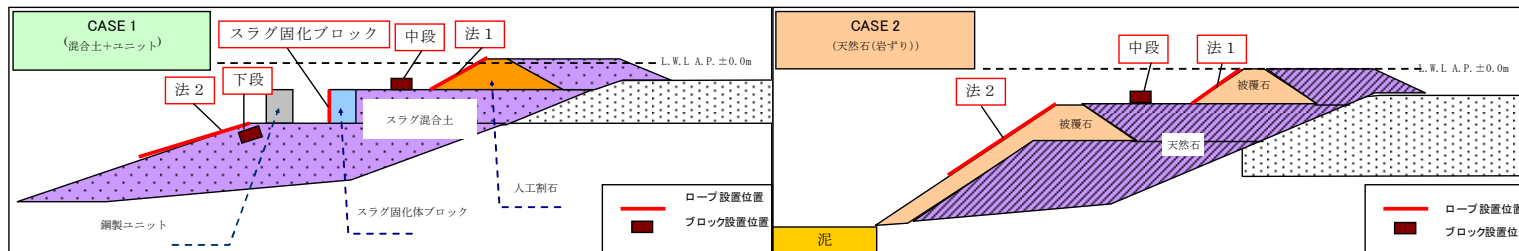
表 6-6-5 CASE1、CASE2 近傍の光量子量と移植位置 (平成 22 年 2 月 4 日 天候 : 晴)

単位: 光量子量  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ 、減衰率=水面での光量子量/各水深での光量子量 (%)

位置	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 20px;">← 法1</span> <span style="margin-right: 20px;">スラグ固化ブロック</span> <span>→ 法2</span> </div>											
	水深(m)	0	0.25	0.5	1	1.5: 中段	2	2.5: 下段	3	3.5	4	
CASE1	光量子量	521	337	286	166	118	70	42	26	15	10	
	減衰率	100	65	55	32	23	13	8	5	3	2	

位置	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="margin-right: 20px;">← 法1</span> <span>→ 法2</span> </div>											
	水深(m)	0	0.25	0.5	1	1.5: 中段	2	2.5	3	3.5	4	
CASE2	光量子量	686	454	371	302	219	144	99	77	45	30	
	減衰率	100	66	54	44	32	21	14	11	7	4	



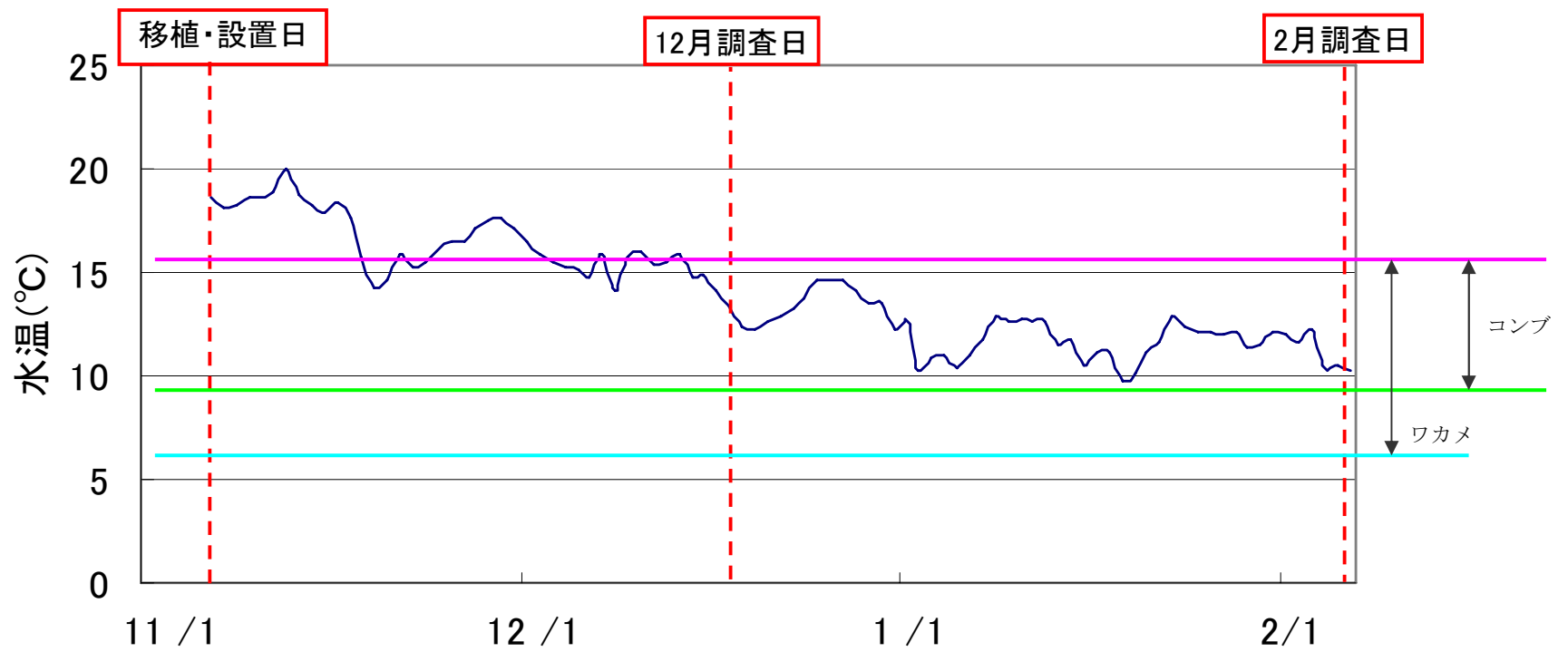


図 6-6-8 移植期間中の実証試験海域の水溫変化 (CASE1) とワカメ、コンブにおける生長 (葉体期) 水溫範圍

表 6-6-6 ワカメ、マコンブおよびアカモクの生育条件と鉄分効果の実証例

種類	生育条件 (既存資料の値)		実証試験海域 測定値	鉄分の効果実証事例	
				鉄分供給の効果	出典
ワカメ	生長水温 (°C)	6.0~16.0 <sup>1)</sup> (葉体期)	9.8~20.3 11月6日~2月4日	千葉県千倉町において行った実験的研究によると、鉄分を施肥した試験区のワカメと無施肥のワカメで平均増加量を比較した実験では、施肥をした試験区のワカメで1.5倍~2.0倍多かった。	岡本 強一, 堀田 健治(2002) 「鉄分施肥による藻場造成に関する実験的研究 その2 ワカメの生長に与える鉄の影響」 学術講演梗概集, 構造系 (A-2), p393-394,
	塩分	>23.7 <sup>2)</sup>	15.4~25.0 (8月25日測定) 22.3~30.6 (2月3日測定)		
	光量子量 ( $\mu E/m^2/s$ )	>66 <sup>2)</sup>	CASE1 水深2.5m以浅で>66 CASE2 水深3.0m以浅で>66 (2月4日測定)		
マコンブ 注2	生長水温 (°C)	9-16 <sup>1)</sup> (葉体期)	9.8~20.3 11月6日~2月4日	北海道増毛町舎熊の海岸に施肥ユニットを埋設した事例では、埋設した海域の沖合いにコンブの藻場が形成され鉄分が好影響を与えた。	木曾英滋、堤直人、渋谷正信、中川雅夫(2008) 「海域施肥時のコンブ等の生育に関する実海域実験—転炉系製鋼スラグを用いた藻場造成技術開発(1)」 第20回海洋工学シンポジウム 平成20年3月18、19日 日本海洋工学会・日本船舶海洋工学会
	塩分	—	15.4~25.0 (8月25日測定) 22.3~30.6 (2月3日測定)		
	光量子量 ( $\mu E/m^2/s$ )	>2 klux (>37 <sup>注1)</sup> )	CASE1 水深3.0m以浅で>37 CASE2 水深4.0m以浅で>37 (2月4日測定)	腐植産鉄抽出物を添加してホソメコンブ胞子体の培養実験を行ったところ、コントロールに比べ、著明な成長の差が見られた。	堤 直人・加藤敏朗・本村泰三・中川雅夫 「海域施肥時のコンブ等の生育に関する水槽実験結果—転炉系製鋼スラグを用いた藻場造成技術開発(3)」 第20回海洋工学シンポジウム 平成20年3月18、19日 日本海洋工学会・日本船舶海洋工学会
アカモク <sup>3)</sup>	生長水温 (°C)	4.0~19.0 (冬季)	9.8~20.3 11月6日~2月4日		
	塩分	>26.6	15.4~25.0 (8月25日測定) 22.3~30.6 (2月3日測定)		
	光量子量 ( $\mu E/m^2/s$ )	幼体: 82.5 成体: 82.5 ~165	CASE1 水深2.0m以浅で>37 CASE2 水深3.0m以浅で>37 (2月4日測定)		

注1: 照度 (klux) を光量子( $\mu E/m^2/s$ )に換算した値。昼間の光 (太陽と青空) における照度を、次式<sup>3)</sup>により光量子に換算した。(光量子) = (照度) / 54

注2: 既存資料はマコンブの生息条件

出典

1) 社団法人日本水産資源保護協会 昭和56年3月 水産生物生態資料

2) 国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所 平成14年度名古屋技調報告より作成 <http://www.meigi.pa.cbr.mlit.go.jp/index.html>

3) 海の再生ハンドブック その計画・技術実践 第3巻 藻場編、p81、ぎょうせい、2003

4) Photometric radiometric and quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion, Thimijan R.W., Heins R. D., Vol.18, No.6, pp.818-822, 1983.

## 7. 実証試験の評価と結論

### 7.1 調査項目別の評価

実証試験は1. 基材機能効果、2. 混合改良効果及び3. 生物生息環境の改善効果を目標とし、水質調査、底質調査、溶出試験、強度試験、生物調査（付着生物、底生生物、海藻類生育）を行った。それぞれの項目における評価について、表 7-1-1(1)、(2)にまとめた。

項目別評価については以下のようにまとめられる。

#### <項目別評価>

転炉系製鋼スラグ製品による軟弱浚渫土の混合改良技術

#### [水環境について]

○浚渫土スラグ混合マウンドにおいて、水和反応に伴う pH の上昇や白濁の発生による浮遊物質の発生は認められなかった。また、夏季の間隙水中で試験区は対照区より低い傾向を示し、りん酸態りんの吸着効果が示唆された。浚渫土スラグ混合マウンドと天然材マウンドの直上水の水質はほぼ同じ傾向で、かつ周辺水域の環境レベルを保っており、水質環境の維持が図られた。

#### [底質環境]

○浚渫土スラグ混合マウンドの底質は天然材マウンドとほぼ同じ傾向で、かつ周辺水域の環境のレベルを保っており、底質環境の維持が示唆された。

#### [溶出速度等試験について]

○浚渫土スラグ混合マウンドを現地採取した試料の疑似現場法による溶出速度試験において、硫化物とりん酸態りんの抑制あるいは吸着のポテンシャルが認められ、過去の室内試験を裏付ける結果を得た。

○浚渫土スラグ混合マウンドからの溶出物質（重金属類 10 成分）については水底土砂の判定基準を満たしており、安全性が確認された。

#### [強度試験について]

○浚渫土スラグ混合マウンドの強度は昨年と同程度、あるいはそれ以上であり、目視観察においてもマウンドの形状が維持されていた。

<項目別評価>

転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術

[水環境・溶出速度試験について]

- 鉄分の供給は鋼製ユニット近傍で二価鉄が相対的に高濃度を示し、スラグ製品による鉄分の供給効果が示唆された。

[生物生息環境について]

- 新たな浚渫土スラグ混合マウンドによる着生基盤の提供により、近傍の自然護岸とほぼ同様の生物相が形成され、海中部では固化体ブロック、鋼製ユニットにおいて、付着生物量が多く、着生基盤効果と生物生息環境の安定化が図られた。
- 底生生物は浚渫土スラグ混合マウンドの後背部において、バックグラウンド及び周辺海域の底生生物と変わらない状況にあることが考えられた。
- 移植海藻類の内、コンブについては浚渫土スラグ混合マウンドで生残した株数が多かったが、鋼製ユニットからの鉄分の供給による効果であるかは明確に確認できなかった。



表 7-1-1(1) 実証試験の目標項目別評価

実証目標	目標項目	実証意義	目標水準	評価							
1. 基材機能効果	水質調査	環境影響	直上水及び間隙水の水質状況の検証	水質汚濁に係る環境基準を満たすこと(昭和46年環境庁告示第59号別表2.2ア、イ及びウ参照)又は周辺水域データと比較して同等であること	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">試験区: CASE1 (スラグ混合土+ユニットのマウンド)</td> <td style="width: 50%;">対照区: CASE2 (天然石のマウンド)</td> </tr> </table> <p>○直上水の調査結果(昨年度結果を含む)では、試験区で環境基準の超過が認められたが、対照区も同様の傾向を示し、かつバックグラウンドの変動範囲内であったので、水質環境の維持が図られたものと考えられた。 (P. 43 図 6-1-1~P. 49 図 6-1-7)</p> <p>○間隙水の調査結果(昨年度結果を含む)では、試験区においてCOD、SSの上昇、リンの減少が認められたが、直上水への影響は認められなかった。(P. 54 図 6-1-10、P. 55 図 6-1-11、P. 57 図 6-1-13)</p> <p>○試験区(CSAE1)と対照区(CASE2)の比較において、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・pHはスラグ製品中の石灰分の水和に伴う上昇は認められなかった。(P. 52 図 6-1-8)</li> <li>・D0は試験区と対照区で差は認められず、同程度のレベルを維持した(2008年度夏季調査以外)。(P. 53 図 6-1-9)</li> <li>・りん酸態りんは夏季調査時において、スラグ製品中の石灰分が遊離、水和化する過程で不溶性のりん酸アパタイトの生成によるりんの吸着効果が示唆された。(P. 55 図 6-1-11)</li> <li>・硫化物イオンは試験区と対照区で差は認められず、同程度のレベルを維持した。(P. 56 図 6-1-12)</li> <li>・夏季に再設置した鋼製ユニットからの鉄分の供給効果が確認された。(P. 47 図 6-1-5、付録資料 P. 157)</li> </ul>	試験区: CASE1 (スラグ混合土+ユニットのマウンド)	対照区: CASE2 (天然石のマウンド)				
		試験区: CASE1 (スラグ混合土+ユニットのマウンド)	対照区: CASE2 (天然石のマウンド)								
		環境改善効果	製鋼スラグによる硫化物発生抑制効果、リン吸着効果などの検証	バックグラウンドデータと比較して明確な抑制効果が認められること							
その他	盛土部からの濁り発生の検証	バックグラウンドデータと比較して明確な抑制効果が認められること									
	底質調査	環境改善効果	製鋼スラグによる硫化物発生抑制効果、リン吸着効果などの検証	水産用水基準(2005)を満たすこと又は周辺海域データと比較して同等であること	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">試験区: CASE1</td> <td style="width: 33%;">及び CASE1 (護岸との間)</td> <td style="width: 33%;">対照区: バックグラウンド(BG1)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>対照区: CASE2 (護岸との間)</td> </tr> </table> <p>○試験区の中段、下段の底質は腐泥の堆積に起因すると思われる細粒化により悪化傾向を示し、硫化物は水産用水基準を満たさなかった。しかし、バックグラウンドにおいてもほぼ同様の推移を示したので、周辺水域状況を反映した結果と思われた。(P. 66 図 6-2-3)</p> <p>○マウンド後背地である「既設護岸との間」については、試験区は対照区とほぼ同様の推移を示し、水産用水基準を満たしていた。(P. 66 図 6-2-3)</p>	試験区: CASE1	及び CASE1 (護岸との間)	対照区: バックグラウンド(BG1)			対照区: CASE2 (護岸との間)
試験区: CASE1	及び CASE1 (護岸との間)	対照区: バックグラウンド(BG1)									
		対照区: CASE2 (護岸との間)									
溶出試験等	海洋汚染防止法に基づく試験	環境影響	混合改良基材からの溶出物質の検証	海洋汚染及び海上災害防止に関する法律に準拠して水底土砂の海面埋立処分に係る基準に適合すること(告示14号試験の金属10項目について) (昭和48年総理府令第6号別表第1参照)	<p>試験区(CASE1)</p> <p>○対象とした重金属類10成分については水底土砂の判定基準を満足しており、着手時に実施した混合材の各材料(製鋼スラグ製品及び浚渫土)の試験結果を裏付ける結果であった。 (P. 68 表 6-3-1、付録 表 9-1-1 P. 156)</p>						
	溶出速度試験等	環境改善効果	製鋼スラグによる鉄分、栄養塩類、硫化物の溶出、吸収等の効果の把握	基材の性能、機能について各測定項目をバックグラウンドデータと比較し、抑制、吸収及び溶出効果の評価を行う	<p>試験区(CASE1)中段 (2回目調査についての評価)</p> <p>○硫化物、りん酸態りんについて、抑制あるいは吸着効果が認められた。(P. 90 表 6-3-13~P. 92 表 6-3-15)</p> <p>○鉄分の供給効果については、増加が認められたが対照区との明瞭な差は認められなかった。 (P. 90 表 6-3-13、P. 91 表 6-3-14)</p>						

表 7-1-1(2) 実証試験の目標項目別評価

実証目標	目標項目	実証意義	目標水準	評価				
2. 混合改良効果	底質強度試験 (盛土部)	施工後の基材の安定性	自重等による形状変化の検証	<p>施工直後よりも安定して試験区が保たれていること</p> <p>○試験区 (CASE1) 上段の強度試験においては昨年より強度増加していたが、中段では強度がやや低下していた。(P. 100 表 6-3-22、図 6-3-8)</p> <p>○試験区 (CASE1) について、ダイバーによる目視観察の結果、設置時の形状を保持しており、盛土部の安定性が確認された。(P. 101 図 6-3-9)</p>				
3. 生物生息環境の改善効果	付着生物調査	生物生息状況	付着生物の生物生息状況の把握	<p>実証試験における現存量がバックグランドデータと比較して同等もしくはそれ以上であると認められること</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">試験区：CASE1 (スラグ混合土+ユニットのマウンド)</td> <td style="width: 50%;">バックグランド：BG1、BG2 (底生生物)</td> </tr> <tr> <td>対照区：CASE2 (天然石のマウンド)</td> <td>バックグランド：BG3 (付着生物)</td> </tr> </table> <p>&lt;付着生物&gt; 夏季、冬季における種類数、個体数及び湿重量について</p> <p>○試験区 (CASE1) とバックグランドとの比較において、冬季の湿重量を除き試験区 (CASE1) で同等、あるいは増加傾向にあった。(P. 113 図 6-4-5)</p> <p>○同じ水深帯 (AP-0.5m) における試験区 (CASE1) と対照区 (CASE2) の比較において、スラグ固化体ブロック、ユニット (鋼製ユニット) の位置において増加する傾向にあった。(P. 114 図 6-4-6)</p> <p>→試験区 (CASE1) の上段においては、石積み護岸のバックグランド (BG3) とほぼ同様の生物相が形成されている。</p> <p>→試験区 (CASE1) の中段の位置ではスラグ固化体ブロック、ユニット (鋼製ユニット) において、着生基盤の安定性、生物生息環境の安定化が図られていると示唆される。</p> <p>&lt;底生生物&gt; 夏季、冬季における種類数、個体数及び湿重量について</p> <p>○試験区 (CASE1 護岸との間) とバックグランドとの比較において、CASE1 護岸との間 (試験区) でほぼ同等であった。(P. 129 図 6-5-2)</p> <p>○試験区 (CASE1 護岸との間) と対照区 (CASE2 護岸との間) の比較では試験区 (CASE1 護岸との間) で増加傾向あるいは同等であった。(P. 129 図 6-5-2)</p> <p>○試験区 (CASE1 護岸との間) と対照区 (CASE2 護岸との間) 及びバックグランドでは東京湾奥部にみられる代表的な生物群であり、量的においても妥当であった。(P. 123-124 表 6-5-1、P. 125-126 表 6-5-2)</p> <p>→スラグ混合土を用いて造成したマウンドの後背部においては、バックグランド及び周辺の海域の底生生物と変わらない状況にあることが考えられた。</p>	試験区：CASE1 (スラグ混合土+ユニットのマウンド)	バックグランド：BG1、BG2 (底生生物)	対照区：CASE2 (天然石のマウンド)	バックグランド：BG3 (付着生物)
	試験区：CASE1 (スラグ混合土+ユニットのマウンド)		バックグランド：BG1、BG2 (底生生物)					
対照区：CASE2 (天然石のマウンド)	バックグランド：BG3 (付着生物)							
底生生物調査	底生生物 (マクロベントス) の生息状況の把握							
	海藻類生育状況調査	海藻類生育状況	海藻類の生育状況の把握	<p>海藻の生育が対照区と比較して同等もしくはそれ以上であると認められること</p> <p>&lt;海藻類生育調査&gt;</p> <p>○コンブは試験区 (CASE1) と対照区 (CASE2) の比較で、生存率は試験区で高かったが、生長量は対照区で高かった。(P. 142 図 6-6-9)</p> <p>○ワカメは試験区 (CASE1) と対照区 (CASE2) の比較で、生存率、生長量ともに対照区で高かった。また、生長は微増であった。(P. 143 図 6-6-10)</p> <p>○アカモクについての結果は得られなかった。(P. 140 表 6-6-3)</p> <p>→移植藻体への生物付着、浮泥堆積など、生育に厳しい環境条件が認められた。鉄分の供給は確認され、一部において生長が認められたものの、これらの条件を覆して藻体の生長に大きなインパクトを与える効果は見られなかった。</p>				

## 7.2 実証試験の結論

本実証試験の結論は以下の通りである。

### 【転炉系製鋼スラグ製品による軟弱浚渫土の混合改良技術】

軟弱浚渫土の混合改良技術においては 2 年の実験後においても浚渫土スラグ混合マウンドからの溶出物質（重金属類 10 成分）については水底土砂の判定基準を満たしていることが確認された。また、浚渫土の強度増強効果が認められた。設置による水環境の悪化は認められず、りん酸イオンと硫化物イオンの溶出抑制あるいは吸着機能が確認された。

### 【転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術】

閉鎖性海域における転炉系製鋼スラグ製品による藻場造成技術においては、浚渫土スラグ混合マウンドの造成後、基盤の安定化と共に鉄分の供給が示唆された。マウンド設置後、徐々に周辺海域と類似の生物相へ遷移したことが確認できた。なお、本海域においては鉄分が豊富に存在したため、鉄分供給による移植海藻類の生長促進効果は明確には認められなかった。

## 8. 実証試験についての技術実証委員会の見解

本実証試験についての技術委員会の見解、技術的課題や改善の方向性及び他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点を以下にまとめた。

【転炉系製鋼スラグ製品による軟弱浚渫土の混合改良技術】
環境負荷に配慮した干潟・浅場造成材として適用できる技術であると評価される。
○技術的課題や改善の方向性 特になし
○他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点 特になし

【転炉系製鋼スラグ製品による軟弱浚渫土の混合改良技術】
鉄分の供給による海藻類の生長促進効果は限定的であったが、鉄分が枯渇する海域等に展開した場合、報告書の鉄分に関する文献情報に示されるように、藻体の生長に寄与することが示唆された。
○技術的課題や改善の方向性 特になし
○他の実水域への適用可能性を検討する際の留意点 藻場造成材として本技術の効果を発揮させるためには、鉄分濃度等の海域の環境特性を考慮して適用すべきであると評価される。

## 9. 付録

### 9.1 参考情報

本実証試験に使用した浚渫土及び各種製鐵スラグの海洋汚染防止法、水底土基準等の分析一覧を表 9-1-1 に示した。

### 9.2 鉄分に関する文献情報

本実証試験においては、スラグ混合土より供給される鉄分の効果がひとつのポイントであるため、鉄分の効果等に関する既存資料について整理を行った。結果を 158 頁以降に示した。

表 9-1-1 安全性確認データ比較一覧表

安全性確認試験データ比較一覧表(新日本製鐵・JFEスチール)

項目	海洋汚染防止法 (水底土砂)	土壌汚染対策法 特定有害物質及び指定基準	産業廃棄物処理法 海洋投入処分 建設汚泥	混合土		製鋼スラグ単体(1) 製鋼スラグ単体(2)		製鋼スラグ人工石(水和固化体ブロック)		製鋼スラグ人工石(炭酸固化体ブロック)		製鋼スラグ単体(ビバリーユニット用)	
	水底土砂基準 総理府令第6号	土壌環境基準	建設汚泥基準 総理府令第5号	水底土砂基準 データ	土壌環境基準 データ	水底土砂基準 データ	土壌環境基準 データ	水底土砂基準 データ	土壌環境基準 データ	水底土砂基準 データ	土壌環境基準 データ	水底土砂基準 データ	土壌環境基準 データ
1 アルキル水銀	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
2 総水銀	0.005 mg/l	0.0005 mg/l	0.0005 mg/l	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満
3 カドミウム	0.1 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l	0.002未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.002未満	0.005未満	0.005未満	0.001未満	0.005未満	0.005未満
4 鉛	0.1 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.01未満	0.001未満	0.001未満	0.005未満	0.02未満	0.02未満
5 有機りん	1 mg/l	検出されないこと	検出されないこと	0.01未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.01未満	不検出	0.1未満	不検出	0.1未満	0.1未満
6 六価クロム	0.5 mg/l	0.05 mg/l	0.05 mg/l	0.04未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.04未満	0.01未満	0.01未満	0.04未満	0.04未満	0.04未満
7 砒素	0.1 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.002未満	0.002未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満
8 シアン	1 mg/l	検出されないこと	検出されないこと	0.01未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.01未満	不検出	0.1未満	不検出	0.1未満	0.1未満
9 PCB	0.003 mg/l	検出されないこと	検出されないこと	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	不検出	0.0005未満	不検出	0.0005未満	0.0005未満
10 有機塩素化合物	40 mg/kg	—	1 mg/l	2.5未満	—	—	—	2.5未満(含有量データ)	—	1未満	—	5未満	—
11 銅	3 mg/l	—	0.14 mg/l	0.82	—	0.05未満	—	0.05未満	—	0.1未満	—	0.03	—
12 亜鉛	5 mg/l	—	0.8 mg/l	0.05未満	—	0.05未満	—	0.05未満	—	0.1未満	—	0.11	—
13 トリクロロエチレン	0.3 mg/l	0.03 mg/l	0.03 mg/l	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.002未満	0.002未満	0.002未満	0.002未満	0.002未満
14 四クロロエチレン	0.1 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.002未満	0.002未満	0.0005未満	0.001未満	0.001未満
15 ベリリウム	2.5 mg/l	—	0.25 mg/l	0.01未満	—	0.01未満	—	0.01未満	—	0.1未満	—	0.02未満	—
16 クロム	2 mg/l	—	0.2 mg/l	0.06	—	0.03未満	—	0.03未満	—	0.1未満	—	0.03	—
17 ニッケル	1.2 mg/l	—	0.12 mg/l	0.18	—	0.05未満	—	0.05未満	—	0.1未満	—	0.03未満	—
18 バナジウム	1.5 mg/l	—	0.15 mg/l	0.05未満	—	0.05未満	—	0.05未満	—	0.1未満	—	0.12	—
19 ジクロロメタン	0.2 mg/l	0.02 mg/l	0.02 mg/l	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.002未満	0.002未満	0.002未満	0.002未満	0.002未満
20 四塩化炭素	0.02 mg/l	0.002 mg/l	0.002 mg/l	0.0002未満	0.0002未満	0.0002未満	0.0002未満	0.0002未満	0.0003未満	0.0003未満	0.0002未満	0.001未満	0.001未満
21 1,2-ジクロロエタン	0.04 mg/l	0.004 mg/l	0.004 mg/l	0.0004未満	0.0004未満	0.0004未満	0.0004未満	0.0004未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0004未満	0.001未満	0.001未満
22 1,1-ジクロロエチレン	0.2 mg/l	0.02 mg/l	0.02 mg/l	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.002未満	0.002未満	0.002未満
23 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4 mg/l	0.04 mg/l	0.04 mg/l	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.002未満	0.002未満	0.004未満	0.004未満	0.004未満
24 1,1,1-トリクロロエタン	3 mg/l	1 mg/l	1 mg/l	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.002未満	0.002未満	0.0005未満	0.001未満	0.001未満
25 1,1,2-トリクロロエタン	0.06 mg/l	0.006 mg/l	0.006 mg/l	0.0006未満	0.0006未満	0.0006未満	0.0006未満	0.0006未満	0.003未満	0.003未満	0.0006未満	0.001未満	0.001未満
26 1,3-ジクロロプロペン	0.02 mg/l	0.002 mg/l	0.002 mg/l	0.0002未満	0.0002未満	0.0002未満	0.0002未満	0.0002未満	0.0004未満	0.0004未満	0.0002未満	0.001未満	0.001未満
27 テウラム	0.06 mg/l	0.006 mg/l	0.006 mg/l	0.0006未満	0.0006未満	0.0006未満	0.0006未満	0.0006未満	0.001未満	0.001未満	0.0006未満	0.006未満	0.006未満
28 シマジン	0.03 mg/l	0.003 mg/l	0.003 mg/l	0.0003未満	0.0003未満	0.0003未満	0.0003未満	0.0003未満	0.001未満	0.001未満	0.0003未満	0.003未満	0.003未満
29 チオベンカルブ	0.2 mg/l	0.02 mg/l	0.02 mg/l	0.002未満	0.001未満	0.002未満	0.001未満	0.002未満	0.01未満	0.01未満	0.002未満	0.02未満	0.02未満
30 ベンゼン	0.1 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満
31 セレン	0.1 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l	0.002未満	0.002未満	0.004	0.002未満	0.002未満	0.002未満	0.002未満	0.002未満	0.005未満	0.005未満
32 フェノール類	—	—	0.2 mg/l	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33 硝酸性窒素等(注1)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34 フッ素	15 mg/l	0.8 mg/l	3 mg/l	0.2	0.09	0.1未満	—	0.29	0.5	0.1未満	0.10	0.6	0.2
35 ホウ素	—	1 mg/l	—	—	0.1未満	—	—	0.1未満	—	0.1未満	—	0.2	—
36 ダイオキシン類(注2)	10 pg-TEQ/l	—	—	0.15	—	0.000079	—	0.00099	—	—	—	—	0.0062
備考	海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第5条第1項に規定する埋立場所等に排出しようとする廃棄物に係る判定基準を定める総理府令(昭和48年2月17日)	土壌汚染対策法施工規則(平成14年12月26日、環境省令第20号)特定有害物質及び指定基準	金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令(昭和48年2月27日)[海洋投入処分]に係る判定基準[建設工事に伴って生じた汚泥、非水溶性の無機性汚泥]			但し、ビバリーユニット	但し、フロンティアブロック		但し、マリノック				

有機化合物については総理府令に定めず、除外項目とする。

JIS K0-02(1998)の五十二に定める方法  
JIS K0-02(1998)の五十三に定める方法

環境省告示第13号別表第7に掲げる方法

JIS K0-02(1998)の六十五に定める方法

JIS K0-02(1998)の五十九に定める方法

JIS K0-02(1998)の七十に定める方法

有機化合物については総理府令に定めず、除外項目とする。

(注1)正式名称は、「アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物」  
(注2)ダイオキシン類特別措置法(平成11年法律第105号)第7条の規定に基づく環境基準(環境庁告示第68号)

二価鉄（微量鉄分）濃度の変化(ユニットからの溶出モニタリング)

(単位：μg/L)

	平成 21 年			平成 22 年
	4 月	8 月 (追肥前)	11 月 (追肥後)	2 月
鋼製ユニット	28.4	22.0	29.0	110.0
CASE2 中段	22.1			62.0

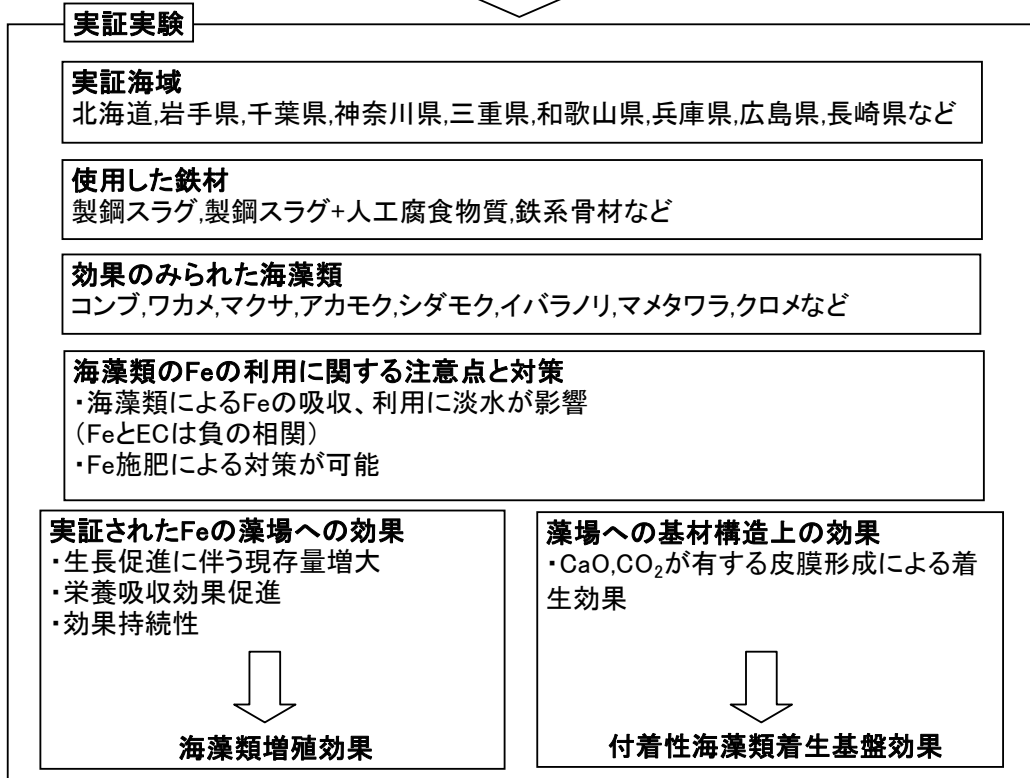
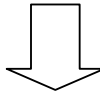
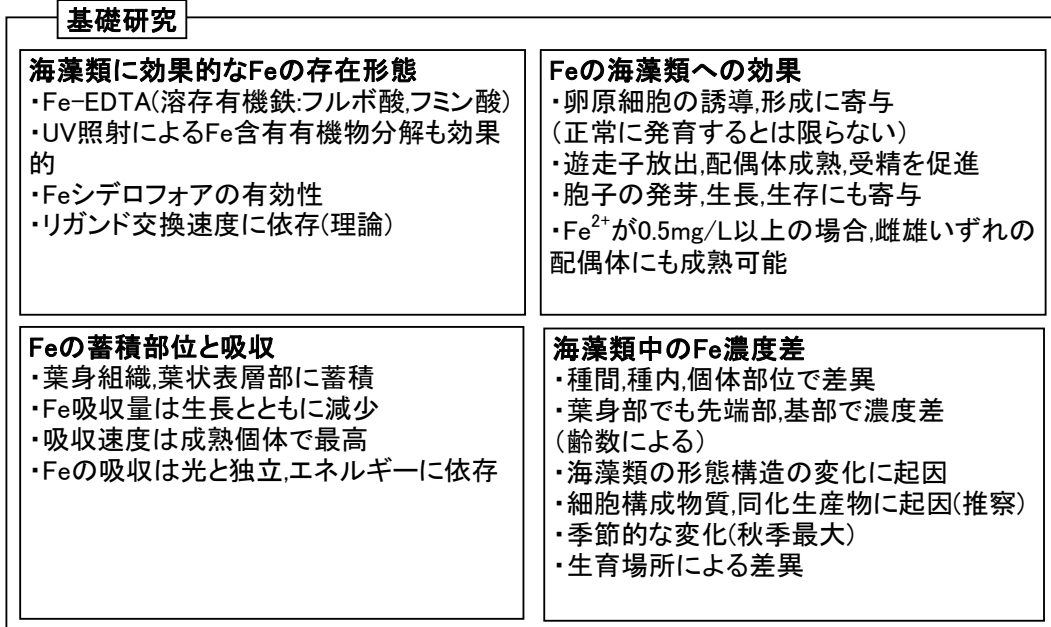
※陸に向かって左右の平均値

データ提供：新日本製鐵(株)

分析機関：(株)日鐵テクノリサーチ

## 藻場に与えるFeの影響に関する既存知見の概要

Fe: 光合成系や呼吸系の電子伝達、クロロフィル合成に関与し、海藻類の生長、増殖の効果が期待






No.	タイトル	文献・雑誌名	収録	著者	発行年	分野
1	海産生物中の微量元素の定量-I 微量元素濃度の変動要因について	Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries	Vol. 44 (2), pp. 155-162	石井紀明 他	1978	Feと海藻との関係についての基礎研究
2	海産生物中の微量元素の定量-II アカモクの生長段階と鉄濃度との関係について	Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries	Vol. 45 (4), pp. 459-464	石井紀明 他	1979	
3	海産生物中の微量元素の定量-III 藻体における微量元素の分布について	Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries	Vol. 46 (2), pp. 185-184	石井紀明 他	1980	
4	海藻中の有用微量元素に関する研究 -マコンブ藻体中のヒ素および鉄の分布と変動-	微量栄養素研究	第6集, pp. 129-133	福永健治 他	1991	
5	Uptake rate of iron by Macroalgae from the sea of Japan (Laminaria religiosa Miyabe and Undaria pinnatifida)	Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr.,	Vol. 55, No. 4, pp. 349-353	K. Matsunaga et al.	1989	
6	Bioavailable iron species in seawater measured by macroalga ( Laminaria japonica) uptake	Marine Biology	Vol. 123, pp. 173-178	Y. Suzuki et al.	1995	
7	Effect of Chelated in Culture Media on Oogenesis in Laminaria angustata	Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries	Vol. 47 (12), pp. 1535-1540	T. Motomura and Y. Sakai I	1981	
8	Iron Uptake and Translocation by Macrocytis pyrifera	Plant Physiology	Vol. 68, pp. 914-918	S. L. Manley	1981	
9	沿岸域の生物多様性を修復するボ-ラスコンクリートに関する研究	コンクリート工学年次論文集	Vol. 23, No. 1, pp181-186	吉田宗久, 玉井元治	2001	藻場造成に対するFeを用いた実証実験
10	海域施肥時のコンブ等の生育に及ぼす施肥原料成分の影響に関する水槽実験結果 -転炉系製鋼スラグ等を用いた藻場造成技術開発(3)-	第20回海洋工学シンポジウム	-	堤直人 他	2008	
11	基長講演 海洋施肥と海の森づくり -施肥剤使用による課題と方策-	平成21年度「海の森づくり」シンポジウムVI海洋施肥と海の森づくり 要旨集	pp. 8-9	堀田健治	2009	
12	循環型社会に貢献する鉄鋼スラグの利用技術	JFE 技報	No. 6, pp. 24-29	藪田和哉 他	2004	
13	製鋼スラグによる海域の底質改善	JFE 技報	No. 19, pp. 1-5	宮田康人 他	2008	
14	製鋼スラグ等の海域施肥試験における海域Fe濃度分布に関する検討 -転炉系製鋼スラグ等を用いた藻場造成技術開発(2)-	第20回海洋工学シンポジウム	-	加藤敏朗 他	2008	
15	藻場造成用鉄鋼スラグブロックへの海藻着生	海洋開発論文集	Vol. 20, pp. 887-892	宮田康人 他	2004	
16	多様化するニーズに貢献する製鋼技術	NKK技報	No. 179, pp. 14-21	田辺 治良, 中田 正之	2002	
17	鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材「フロンティアロック™」	JFE 技報	No. 19, pp. 18-22	宇多田悦郎, 松永久宏	2008	
18	鉄鋼スラグによる沿岸環境改善技術	NKK 技報	No. 177, pp. 47-51	沼田哲始 他	2002	
19	鉄鋼スラグを利用した藻場再生試験	平成21年度「海の森づくり」シンポジウムVI海洋施肥と海の森づくり 要旨集	p10	中川雅夫	2009	
20	鉄鋼副産物が地球温暖化を防ぐ	JRCM NEWS	No. 265, p1	林明夫	2008	
21	鉄分施肥による藻場造成に関する実験的研究 その1 カジメの生長に与える鉄の影響	日本建築学会大会学術講演梗概集	pp. 391-392	秋田明家 他	2002	
22	鉄分施肥による藻場造成に関する実験的研究 その2 ワカメの生長に与える鉄の影響	日本建築学会大会学術講演梗概集	pp. 393-394	岡本強一, 堀田健治	2002	
23	「海の森を再生」 鉄鋼スラグとバイオマスによる磯焼け回復プロジェクト	知恵の環ねっと	Vol. 36, p. 1	山本光夫	2009	
24	熔融スラグの多角的有効活用について	岩手県工業技術センター研究報告	Vol. 13	菅原龍江	2006	
25	フルボ酸第二鉄錯体とシデロフォアDesferrioxamine Bのリガンド交換速度論モデルの構築	水環境学会誌	Vol. 32, No. 10, pp. 557-564	伊藤統晃 他	2009	

藻場に与える Fe の影響に関する既存知見

要旨	資料名	発行年																																																																																																																																												
<p>Feの定量を原子吸光分析法, 放射化分析法により試み, 生育場所, 部位, 生長段階, 生育時期等の相違に基づく濃度変動の要因を検討した.</p> <p>この結果, 種による形態構造, 細胞の構成物質, 同化生産物等の相違のためか, 海藻の生育場所によるFe濃度の違いは, オオバモクとウミトラノオとの間で10倍の濃度差であった. また, ヒジキの部位別では濃度差はなく, アカモクでは葉状部が高かった. これを生長に伴う重量パーセントの推移でみると, 生長に伴い体内のFe濃度に対する寄与率は低下し, Fe濃度は生長と逆比例の関係を示した. 以上から, 生長に伴う濃度変動は, 海藻自身の形態構造の変化に起因して起こるものと推定された. 次に, 1975年1月から6月にウミトラノオ中のFeの季節変動をみると, 顕著な季節変動を示した. 3月と6月の平均濃度を比較すると, 5倍近い差異が認められた.</p> <table border="1" data-bbox="596 658 1054 987"> <caption>Concentration of trace elements in marine algae (µg/g dry weight)</caption> <thead> <tr> <th>Species</th> <th>Dry weight (%)</th> <th>Mn</th> <th>Fe</th> <th>Co</th> <th>Ni</th> <th>Cu</th> <th>Zn</th> <th>Rb</th> <th>Cs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Anaosa</td><td>18.5</td><td>18</td><td>590</td><td>0.17</td><td>2.3</td><td>12</td><td>19</td><td>11</td><td>0.046</td></tr> <tr><td>Uta perissu horneri</td><td>16.5</td><td>24</td><td>410</td><td>0.18</td><td>—</td><td>—</td><td>20</td><td>16</td><td>0.037</td></tr> <tr><td>Enteromorpha sp.</td><td>13.5</td><td>26</td><td>81</td><td>0.36</td><td>6.9</td><td>14</td><td>170</td><td>19</td><td>0.048</td></tr> <tr><td>Cladus acellatus</td><td>38.1</td><td>8.4</td><td>170</td><td>—</td><td>3.9</td><td>9.4</td><td>26</td><td>11</td><td>0.037</td></tr> <tr><td>Alveflia paradoxa Wakame</td><td>10.0</td><td>9.5</td><td>54</td><td>0.16</td><td>4.6</td><td>3.4</td><td>—</td><td>41</td><td>0.047</td></tr> <tr><td>Undaria pinnatifida Arame</td><td>17.4</td><td>4.9</td><td>35</td><td>0.12</td><td>2.5</td><td>4.0</td><td>39</td><td>26</td><td>0.061</td></tr> <tr><td>Eisenia bicyclis Higi</td><td>11.5</td><td>10</td><td>77</td><td>0.14</td><td>4.6</td><td>3.0</td><td>16</td><td>52</td><td>0.060</td></tr> <tr><td>Hizikia fusiforme Unitoranoo</td><td>15.1</td><td>41</td><td>430</td><td>0.36</td><td>2.8</td><td>5.9</td><td>38</td><td>28</td><td>0.071</td></tr> <tr><td>Sargassum thunbergii Nejomoku</td><td>23.0</td><td>7.9</td><td>78</td><td>0.17</td><td>2.4</td><td>6.9</td><td>15</td><td>20</td><td>0.037</td></tr> <tr><td>Sargassum azumianum Obamoku</td><td>15.9</td><td>8.1</td><td>47</td><td>0.23</td><td>2.1</td><td>9.9</td><td>27</td><td>28</td><td>0.042</td></tr> <tr><td>Sargassum ringoldianum Hatakinoku</td><td>18.5</td><td>36</td><td>320</td><td>0.43</td><td>3.2</td><td>10</td><td>—</td><td>24</td><td>0.043</td></tr> <tr><td>Sargassum Ajellmanianum Akamoku</td><td>14.5</td><td>8.2</td><td>98</td><td>0.12</td><td>2.2</td><td>1.9</td><td>13</td><td>32</td><td>0.049</td></tr> <tr><td>Sargassum horneri</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Species	Dry weight (%)	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Cs	Anaosa	18.5	18	590	0.17	2.3	12	19	11	0.046	Uta perissu horneri	16.5	24	410	0.18	—	—	20	16	0.037	Enteromorpha sp.	13.5	26	81	0.36	6.9	14	170	19	0.048	Cladus acellatus	38.1	8.4	170	—	3.9	9.4	26	11	0.037	Alveflia paradoxa Wakame	10.0	9.5	54	0.16	4.6	3.4	—	41	0.047	Undaria pinnatifida Arame	17.4	4.9	35	0.12	2.5	4.0	39	26	0.061	Eisenia bicyclis Higi	11.5	10	77	0.14	4.6	3.0	16	52	0.060	Hizikia fusiforme Unitoranoo	15.1	41	430	0.36	2.8	5.9	38	28	0.071	Sargassum thunbergii Nejomoku	23.0	7.9	78	0.17	2.4	6.9	15	20	0.037	Sargassum azumianum Obamoku	15.9	8.1	47	0.23	2.1	9.9	27	28	0.042	Sargassum ringoldianum Hatakinoku	18.5	36	320	0.43	3.2	10	—	24	0.043	Sargassum Ajellmanianum Akamoku	14.5	8.2	98	0.12	2.2	1.9	13	32	0.049	Sargassum horneri										<p>No. 1</p> <p>海産生物中の微量元素の定量-I 微量元素濃度の変動要因について</p> <p><i>Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries</i> Vol. 44(2), pp. 155-162</p> <p>石井紀明 他</p>	<p>1978</p>
Species	Dry weight (%)	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Cs																																																																																																																																					
Anaosa	18.5	18	590	0.17	2.3	12	19	11	0.046																																																																																																																																					
Uta perissu horneri	16.5	24	410	0.18	—	—	20	16	0.037																																																																																																																																					
Enteromorpha sp.	13.5	26	81	0.36	6.9	14	170	19	0.048																																																																																																																																					
Cladus acellatus	38.1	8.4	170	—	3.9	9.4	26	11	0.037																																																																																																																																					
Alveflia paradoxa Wakame	10.0	9.5	54	0.16	4.6	3.4	—	41	0.047																																																																																																																																					
Undaria pinnatifida Arame	17.4	4.9	35	0.12	2.5	4.0	39	26	0.061																																																																																																																																					
Eisenia bicyclis Higi	11.5	10	77	0.14	4.6	3.0	16	52	0.060																																																																																																																																					
Hizikia fusiforme Unitoranoo	15.1	41	430	0.36	2.8	5.9	38	28	0.071																																																																																																																																					
Sargassum thunbergii Nejomoku	23.0	7.9	78	0.17	2.4	6.9	15	20	0.037																																																																																																																																					
Sargassum azumianum Obamoku	15.9	8.1	47	0.23	2.1	9.9	27	28	0.042																																																																																																																																					
Sargassum ringoldianum Hatakinoku	18.5	36	320	0.43	3.2	10	—	24	0.043																																																																																																																																					
Sargassum Ajellmanianum Akamoku	14.5	8.2	98	0.12	2.2	1.9	13	32	0.049																																																																																																																																					
Sargassum horneri																																																																																																																																														
<p>1977, 78年, 茨城県五浦海岸において, アカモクの生長に伴う形態変化と濃度変動との関連を調べることを目的とした. なお, 葉状部, 気胞, 茎状部に分け, Feは原子吸光分析法で定量した.</p> <p>この結果, Feの体内濃度分布についてみると, 藻体中のFe濃度は体高の増加と共に指数的に減少する傾向にあった. 次に, 生長に伴う各器官の藻体に対する構成比の変化をみると, 葉状部上部, 下部で2~3倍の濃度差で不均一分布を示し, 生長によりFe濃度は減少した. 生長段階にける各器官の濃度差は2~4倍であった. Fe濃度の減少要因として, ①生長に伴う藻重量の増加によるFe濃度の希釈, ②生長段階におけるFe代謝の相違, ③各器官の重量構成比の変化によるFe濃度の寄与率の推移, が推察された. 体内Fe濃度に対して, 気胞, 生長に伴う主枝葉状部の形成や脱落も濃度変動に寄与していた.</p> <p>また, 1~7月に採取分に関して, 生長とFe濃度の季節変化の影響について, 各生長段階群別の平均Fe濃度と群別鉄濃度をみると, どの時期でも生長段階が低いと高濃度で, 春期に最高濃度を示す季節変動であった. これは形態変化や代謝活性の相違と推察された.</p> <div data-bbox="140 1608 534 1937"> <p>Relationship between body size of <i>Sargassum horneri</i> and concentration of iron (N=45).</p> </div> <div data-bbox="566 1608 997 1937"> <p>Seasonal variation of concentration of iron in <i>Sargassum horneri</i> with different body sizes.          ○—○ 0~50 cm, △—△ 100~150 cm, □—□ 100~150 cm, ×—× 150~300 cm.</p> </div>	<p>No. 2</p> <p>海産生物中の微量元素の定量-II アカモクの生長段階と鉄濃度との関係について</p> <p><i>Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries</i> Vol. 45(4), pp. 459-464</p> <p>石井紀明 他</p>	<p>1979</p>																																																																																																																																												

藻場に与えるFeの影響に関する既存知見

要旨	資料名	発行年																																																																													
<p>1979年春期に茨城県沿岸の褐藻ホンダワラ科ネジモクとコンブ科アラメを用いて、器官および部位別ならびに組織別の微量元素の分布を調査した。</p> <p>この結果、Feは葉状部に偏在し、茎状部と比べて8倍の濃度であった。アラメの葉状部から生長段階の相違を区別した結果、Fe濃度は生長段階が高くなると共に漸増傾向を示した。また、Fe濃度は生長点の存在する葉状部の基部からの距離に従って高くなる傾向がみられた。</p> <p>次に、微量元素の器官、組織別の分布との関係について検討した結果、表層中にFeは高濃度に蓄積される不均一分布が観察された。ネジモク表層中のFe濃度は非常に高く500~1,500 <math>\mu</math>g/g乾であり皮層、髓層の25 <math>\mu</math>g/g乾と比較すると40倍高い濃度であった。</p> <p>以上から、葉状部中のFeの90%以上は表層において蓄積されていることになる。また、アラメもFeの表層への偏在が観察され、葉状部および茎状部の表層中のFe濃度は約300 <math>\mu</math>g/g乾であり、皮層、髓層の30倍程度高くFeが濃縮されていた。3個体の分散を考慮した結果、1) Fe濃度は葉状部先端ほど高い値を示すが基部の2倍を越えない、2) 同一個体の葉状部間の濃度差は小さい、3) 表層中のFe濃度は概ね200~400 <math>\mu</math>g/g乾の範囲であった。</p>	<p>No. 3</p> <p>海産生物中の微量元素の定量-III 藻体における微量元素の分布について</p> <p><i>Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries</i></p> <p>Vol. 46(2), pp. 185-184</p> <p>石井 紀明 他</p>	<p>1980</p>																																																																													
<p>Feは、藻体中における存在形態、生理機能、体内分布について、いずれも不明である。そこで、1986年10月に青森県大間町産の一年生および二年生の天然藻体のマコンブ (<i>Laminaria japonica</i>) を用いて、Feの藻体内分布について調べた。Fe分析用の試料を3分割し、湿式分解後フレームレス原子吸光光度計を用いて定量した。</p> <p>この結果、Fe含有量は一年生藻体の先端部に高く、中央部、葉柄部付近と下部になるにしたがい著しく減少し、葉柄部付近は先端部の約1/8であった。二年生藻体では、葉柄部付近では先端の10倍以上の含有量が認められた。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <table border="1" data-bbox="399 1814 1053 2060"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="7">Inorganic elements of Kombu (<i>Laminaria japonica</i>)</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="7">mg% on dry basis</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>K</th> <th>Na</th> <th>Ca</th> <th>Fe</th> <th>Cd</th> <th>Cu</th> <th>Mg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Annual</td> <td>blade A</td> <td>7,600</td> <td>3,100</td> <td>960</td> <td>21.6</td> <td>≤ 1</td> <td>≤ 1</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>blade B</td> <td>8,300</td> <td>3,100</td> <td>720</td> <td>11.3</td> <td>≤ 1</td> <td>≤ 1</td> <td>610</td> </tr> <tr> <td>blade C</td> <td>6,500</td> <td>2,700</td> <td>550</td> <td>2.7</td> <td>≤ 1</td> <td>≤ 1</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Biennial</td> <td>blade A</td> <td>5,300</td> <td>2,800</td> <td>1,050</td> <td>2.8</td> <td>≤ 1</td> <td>≤ 1</td> <td>620</td> </tr> <tr> <td>blade B</td> <td>3,800</td> <td>2,100</td> <td>840</td> <td>6.0</td> <td>≤ 1</td> <td>≤ 1</td> <td>510</td> </tr> <tr> <td>blade C</td> <td>3,100</td> <td>1,700</td> <td>660</td> <td>30.4</td> <td>≤ 1</td> <td>≤ 1</td> <td>430</td> </tr> </tbody> </table> </div>			Inorganic elements of Kombu ( <i>Laminaria japonica</i> )									mg% on dry basis									K	Na	Ca	Fe	Cd	Cu	Mg	Annual	blade A	7,600	3,100	960	21.6	≤ 1	≤ 1	600	blade B	8,300	3,100	720	11.3	≤ 1	≤ 1	610	blade C	6,500	2,700	550	2.7	≤ 1	≤ 1	600	Biennial	blade A	5,300	2,800	1,050	2.8	≤ 1	≤ 1	620	blade B	3,800	2,100	840	6.0	≤ 1	≤ 1	510	blade C	3,100	1,700	660	30.4	≤ 1	≤ 1	430	<p>No. 4</p> <p>海藻中の有用微量元素成分に関する研究-マコンブ藻体中のヒ素および鉄の分布と変動-</p> <p><i>微量栄養素研究</i></p> <p>第6集, pp. 129-133</p> <p>福永 健治 他</p>	<p>1989</p>
		Inorganic elements of Kombu ( <i>Laminaria japonica</i> )																																																																													
		mg% on dry basis																																																																													
		K	Na	Ca	Fe	Cd	Cu	Mg																																																																							
Annual	blade A	7,600	3,100	960	21.6	≤ 1	≤ 1	600																																																																							
	blade B	8,300	3,100	720	11.3	≤ 1	≤ 1	610																																																																							
	blade C	6,500	2,700	550	2.7	≤ 1	≤ 1	600																																																																							
Biennial	blade A	5,300	2,800	1,050	2.8	≤ 1	≤ 1	620																																																																							
	blade B	3,800	2,100	840	6.0	≤ 1	≤ 1	510																																																																							
	blade C	3,100	1,700	660	30.4	≤ 1	≤ 1	430																																																																							

藻場に与えるFeの影響に関する既存知見

要旨	資料名	発行年
<p>Feは大型藻類の光合成において重要である。そこで、<sup>59</sup>Fe-EDTAによる大型藻類の、Feの新しい摂取速度を求めるために、細胞破壊なしに生体中の鉄を十分に吸収できるアスコルビン酸を用い、藻類表面に吸着したFeを除去した。なお、成体の藻類を日本海近海より採集した。</p> <p>この結果、不溶性Feの存在で酸による細胞破壊が起きなかったためか、<sup>59</sup>Fe濃度は実験開始後20分で増加し、6時間を経過しても維持されていた。また、ホソメコンブ、ワカメによるFeの摂取速度はそれぞれVmax=2.7, 6.4p moles Fe/(cm<sup>2</sup>·h)であった。また、Vmax/2のときのKsは、それぞれ54, 98nMであった。日本海における20nMの粒状鉄の溶解速度と、実験で得られた摂取速度を比較したところ、大型藻類は粒状鉄から溶解する溶存Feの100倍以上のFeを接取することができた。このことから、Feイオンの人為的供給は質的に優れた大型藻類を生産できる可能性がある。</p> <p>Fig. 2. Adsorption and uptake of iron by adult <i>Laminaria religiosa</i>. ○: 180 nM Fe; ●: 54 nM Fe</p> <p>Uptake rate of iron by juvenile <i>Laminaria religiosa</i> vs. substrate concentration of iron.</p> <p>Uptake rate of iron by adult <i>Laminaria religiosa</i> vs. substrate concentration of iron.</p> <p>Uptake and uptake rate of iron by adult <i>Undaria pinnatifida</i>. ○: 180 μM Fe; ●: 54 nM Fe</p>	<p>No. 5</p> <p>Uptake rate of iron by Macroalgae from the sea of Japan (<i>Laminaria religiosa</i> Miyabe and <i>Undaria pinnatifida</i>)</p> <p><i>Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr.</i>, Vol. 55, No. 4, pp. 349-353</p> <p>K. Matsunaga et al.</p>	<p>1991</p>
<p>海中には生物が利用可能な0.025 μm以下の鉄が含まれている。そこで、海藻類が利用できる鉄形態を探し、マコンブによる鉄の吸収を把握するために、<sup>59</sup>Feの水酸化二価鉄の錯体である[am-Fe(III)]と溶解性Fe(III)-EDTAを用いて、また有機物分解のためのUV処理の有無による鉄濃度の変化の観測を実施した。なお、1993年に北海道日本海側より採取し、生長部を含む、基部から20 cmまでの葉身を用いた。</p> <p>この結果、Fe(III)-EDTAが有効で、鉄とEDTA比で効果が変わることがわかった。陸からの流入が少ない場所では、鉄粒子の濃度は2~10nMであった。また、UV照射による有機物質の分解後、55%の鉄が、大型藻類によって吸収されており、UV照射していないものと比べ、4倍もの差があった。このため、陸からの流入に影響されない沿岸の海水中に、有機的な鉄錯体のような形態の溶存鉄(&lt;0.025 μm)など、利用可能な鉄が少しだけ存在していると考えられた。</p> <p><i>Laminaria japonica</i>. Iron uptake rate (pmol cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) as a function of EDTA:Fe molar ratio in soluble Fe(III)-EDTA media. Continuous line represents standard model (offered by R. Hudson) observed from diatoms and other phytoplankton (Anderson and Morel 1982; Hudson and Morel 1990)</p> <p><i>Laminaria japonica</i>. A Time-course of iron concentration (nmol) during 10 d cultivation in 0.025-μm filtrate and in Fe(III)-EDTA (1:2) media. B Mass of intracellular iron (nmol) after 10 d cultivation. Error bars are mean ± 1 SD (n = 2) where they are larger than the symbol diameter</p> <p><i>Laminaria japonica</i>. A Time-course of iron concentration (nmol) during 48 h cultivation in 0.025-μm filtrate medium prepared from the UV-irradiated coastal seawater. B Mass of intracellular iron (nmol) after 48 h cultivation.</p>	<p>No. 6</p> <p>Bioavailable iron species in seawater measured by macroalga (<i>Laminaria japonica</i>) uptake</p> <p><i>Marine Biology</i> Vol. 123, pp. 173-178</p> <p>Y. Suzuki et al.</p>	<p>1995</p>

藻場に与えるFeの影響に関する既存知見

要旨

マコンブの雌性配偶体は、10°C、14L:10D、2,000-3,000luxの条件下、PSEI培地で卵原細胞を形成した。しかし、ASP12NTA培地ではほとんど形成しなかった。ただし、鉄はマコンブの卵原細胞の形成を強く誘導しているため、雌性配偶体は2週間後に、キレート化したFe-EDTA(2.0mg/L)の下で卵原細胞を形成した。このときにはすでにほとんどの雌性配偶体は卵になっていた。これらの卵は異常な形態の単為発生胞子体に発達した。

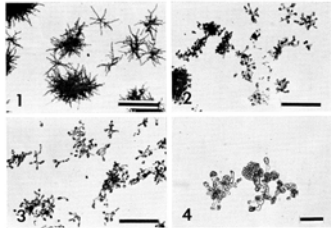
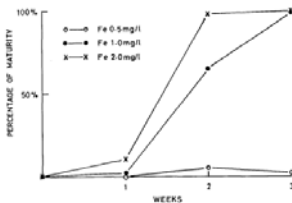


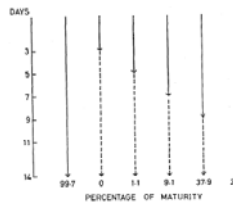
Fig. 1. *L. angustata* female gametophytes in ASP<sub>12</sub> NTA medium after 2 weeks from inoculation. Scale=500 μm.  
 Fig. 2. *L. angustata* female gametophytes bearing oogonia in PSEI medium after 2 weeks from inoculation. Scale=500 μm.  
 Fig. 3. *L. angustata* female gametophytes in ASP<sub>12</sub> NTA medium containing 2.0 mg/l EDTA chelated iron after 2 weeks from inoculation. Scale=500 μm.  
 Fig. 4. Parthenogenetic sporophytes of *L. angustata* in ASP<sub>12</sub> NTA medium containing 2.0 mg/l EDTA chelated iron after 3 weeks from inoculation. Scale=100 μm.

Oogonium formation of *L. angustata* female gametophytes in ASP<sub>12</sub> NTA medium and PSEI medium

Medium	Total gametophytes counted	Mature gametophytes	
		Number	Percentage
ASP <sub>12</sub> NTA	713	0	0
PSEI	878	806	91.8



Relation between concentration of EDTA chelated iron and culture periods of oogonium formation of *L. angustata* female gametophytes.



Percentages of oogonium formation of *L. angustata* female gametophytes which were transferred from ASP<sub>12</sub> NTA medium containing 2.0 mg/l EDTA chelated iron to normal ASP<sub>12</sub> NTA medium after 3, 5, 7, 9 and 11 days from inoculation.

資料名

発行年

No. 7

*Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*  
 Vol. 47 (12),  
 pp. 1535-1540

1981

T. Motomura and  
 Y. Sakai

ジャイアントケルブのFe吸収の要素として、葉身組織が決め手となる。そこで、その葉身組織に関して、Fe濃度、光、抑制物質、葉身型の影響の可能性があったため、人工海水培地Aquil中で実験を実施した。

この結果、<sup>59</sup>Feの自由相からの交換は、成熟した葉身組織は未成熟個体や幼個体と比べて遅かった。Feの吸収速度は葉齢によって異なった(未成熟, 0.96±0.13(標準偏差); 成熟, 2.11±0.04; 老齢, 1.50±0.23 pmol/min/cm<sup>2</sup>)。また、Feの吸収は光と独立し、エネルギーに依存的であった。また、Fe<sup>2+</sup>はAquil中で即座にFe<sup>3+</sup>になることがわかった。また、(a)沿岸部の海水の利用可能な鉄濃度は35nMであるが不変ではない、(b)海水中で利用可能なFeの接取能はAquil中のFe-EDTAの場合と類似、(c)流動特性はケルブ礁で常に飽和状態、(d)ケルブ組織中のtotal-Fe平均値は78.12 μg Fe·g·d.w. ということがわかった。

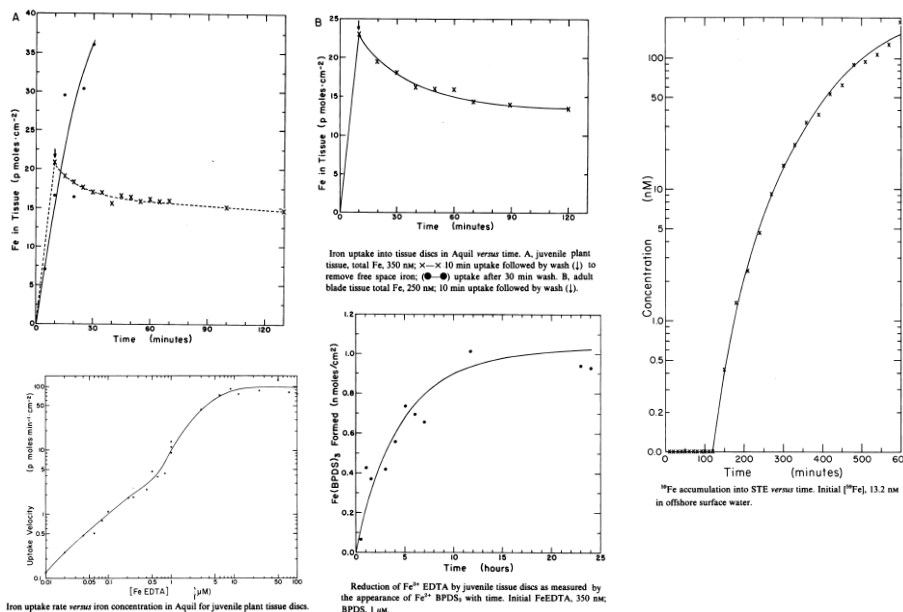
No. 8

Iron Uptake and Translocation by *Macrocystis pyrifera*

1981

*Plant Physiol.*  
 Vol. 68, pp. 914-918

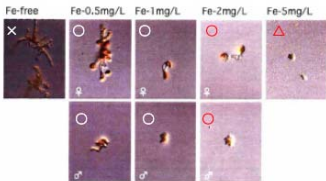
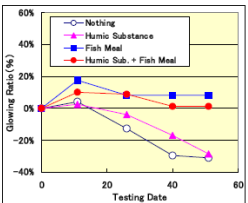
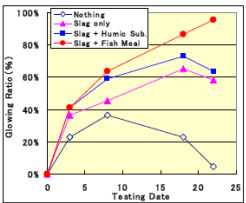
STEVEN L. MANLEY



Iron uptake into tissue discs in Aquil versus time. A, juvenile plant tissue, total Fe, 350 nM; x-x 10 min uptake followed by wash (1) to remove free space iron; (●-●) uptake after 30 min wash. B, adult blade tissue total Fe, 250 nM; 10 min uptake followed by wash (1).

Reduction of Fe<sup>3+</sup> EDTA by juvenile tissue discs as measured by the appearance of Fe<sup>2+</sup> BPDS, with time. Initial FeEDTA, 350 nM; BPDS, 1 μM.

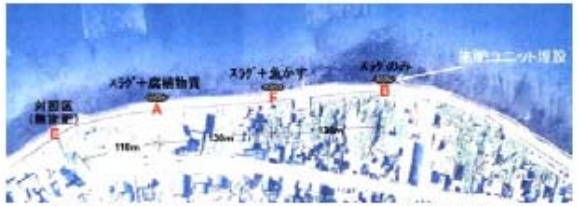
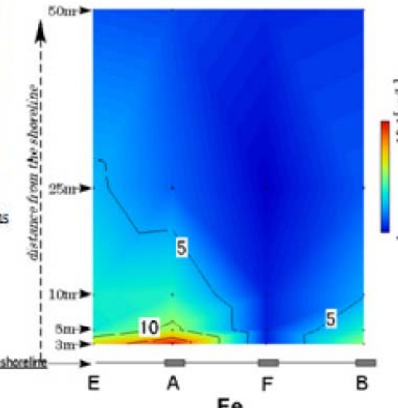
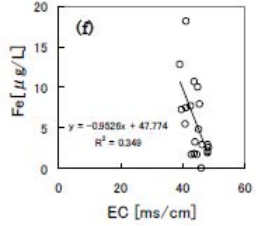
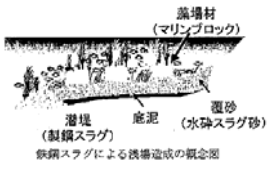
藻場に与えるFeの影響に関する既存知見

要旨	資料名	発行年																																																																																																												
<p>生物の多様性を修復するためには、沿岸域の藻場造りが重要である。この藻場造りや、貧栄養化で磯焼けした海域において、転炉スラグや鉄鉱石を配合し栄養強化したポーラスコンクリート(EPOC)は、適度な肥料成分を溶出させることで、早期の藻場の回復が期待できる。このため、カジメの群落が存在する兵庫県瀬戸内海のサイトAと、ガラモ、カジメ群落が存在する三重県英虞湾のサイトBで、海藻孢子が自然着生する9月に設置し、3カ月後、5カ月後、1年後の計3回、肉眼で観察可能な全ての生物の種類と被度を調査した。</p> <p>この結果、1年後にはサイトAではカジメが、サイトBではサガラメ、マクサなどが観察され、普通コンクリートよりも被度が大きかった。また、A,Bともに鉄系骨材を配合した場合に現存量が大きくなる傾向にあることがわかった。</p> <table border="1" data-bbox="98 651 628 792"> <caption>供試体の配合表</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">タイプ</th> <th rowspan="2">構成</th> <th rowspan="2">W/C (%)</th> <th colspan="6">単位容積質量 (kg/m<sup>3</sup>)</th> </tr> <tr> <th>W</th> <th>C</th> <th>S</th> <th>G</th> <th>Sp</th> <th>Ges</th> <th>Gio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P0</td> <td>POC</td> <td>24</td> <td>62</td> <td>261</td> <td>0</td> <td>1489</td> <td>2.6</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>POC+肥料</td> <td>24</td> <td>62</td> <td>261</td> <td>0</td> <td>1489</td> <td>2.6</td> <td>52.2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>F2</td> <td>POC+肥料+鉄鉱石</td> <td>24</td> <td>62</td> <td>261</td> <td>0</td> <td>1043</td> <td>2.6</td> <td>52.2</td> <td>760</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>POC+肥料+スラグ</td> <td>24</td> <td>62</td> <td>261</td> <td>0</td> <td>1043</td> <td>2.6</td> <td>52.2</td> <td>612</td> </tr> <tr> <td>NC</td> <td>普通コンクリート</td> <td>63</td> <td>161</td> <td>256</td> <td>822</td> <td>1019</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>POC: ポーラスコンクリート, W: 水, C: セメント, S: 細骨材, G: 粗骨材, Sp: 混和剤, Ges: 転炉スラグ, Gio: 鉄鉱石</p> <table border="1" data-bbox="643 607 1075 887"> <caption>海藻着生の観察結果 (サイトA)</caption> <thead> <tr> <th>タイプ</th> <th>3ヶ月後 (12月)</th> <th>5ヶ月後 (2月)</th> <th>1年後 (9月)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P0</td> <td>珪藻類 70 全8種</td> <td>珪藻類 65 珪藻類 70 珪藻類 10 珪藻類 5 珪藻類 15種</td> <td>珪藻類 60 珪藻類 5 珪藻類 5種</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>珪藻類 65 全8種</td> <td>珪藻類 45 珪藻類 70 珪藻類 5 珪藻類 5 珪藻類 11種</td> <td>珪藻類 60 珪藻類 5 珪藻類 7種</td> </tr> <tr> <td>F2</td> <td>珪藻類 40 全9種</td> <td>珪藻類 30 珪藻類 70 珪藻類 10 珪藻類 16種</td> <td>珪藻類 60 珪藻類 8種</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>珪藻類 40 全9種</td> <td>珪藻類 35 珪藻類 70 珪藻類 10 珪藻類 15種</td> <td>珪藻類 70 珪藻類 8種</td> </tr> <tr> <td>NC</td> <td>珪藻類 75 全8種</td> <td>珪藻類 30 珪藻類 12種</td> <td>珪藻類 40 珪藻類 3種</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="863 607 1075 887"> <caption>海藻着生の観察結果 (サイトB)</caption> <thead> <tr> <th>タイプ</th> <th>3ヶ月後 (12月)</th> <th>1年後 (9月)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P0</td> <td>珪藻類 75 全8種</td> <td>珪藻類 5個体 体長30-45cm 全7種, 被度95%</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>珪藻類 75 全8種</td> <td>珪藻類 5個体 体長10-20cm 全9種, 被度90%</td> </tr> <tr> <td>F2</td> <td>珪藻類 75 全9種</td> <td>珪藻類 12個体 体長40-60cm 全6種, 被度95%</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>珪藻類 25 全10種</td> <td>珪藻類 3個体 体長40-60cm 全12種, 被度80%</td> </tr> <tr> <td>NC</td> <td>珪藻類 5 全8種</td> <td>珪藻類 5個体 体長40-60cm 全4種, 被度30%</td> </tr> </tbody> </table> <p>*表中の数値は被度 (%) を表す。</p>	タイプ	構成	W/C (%)	単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )						W	C	S	G	Sp	Ges	Gio	P0	POC	24	62	261	0	1489	2.6	0	0	P2	POC+肥料	24	62	261	0	1489	2.6	52.2	0	F2	POC+肥料+鉄鉱石	24	62	261	0	1043	2.6	52.2	760	S2	POC+肥料+スラグ	24	62	261	0	1043	2.6	52.2	612	NC	普通コンクリート	63	161	256	822	1019	0	0	0	タイプ	3ヶ月後 (12月)	5ヶ月後 (2月)	1年後 (9月)	P0	珪藻類 70 全8種	珪藻類 65 珪藻類 70 珪藻類 10 珪藻類 5 珪藻類 15種	珪藻類 60 珪藻類 5 珪藻類 5種	P2	珪藻類 65 全8種	珪藻類 45 珪藻類 70 珪藻類 5 珪藻類 5 珪藻類 11種	珪藻類 60 珪藻類 5 珪藻類 7種	F2	珪藻類 40 全9種	珪藻類 30 珪藻類 70 珪藻類 10 珪藻類 16種	珪藻類 60 珪藻類 8種	S2	珪藻類 40 全9種	珪藻類 35 珪藻類 70 珪藻類 10 珪藻類 15種	珪藻類 70 珪藻類 8種	NC	珪藻類 75 全8種	珪藻類 30 珪藻類 12種	珪藻類 40 珪藻類 3種	タイプ	3ヶ月後 (12月)	1年後 (9月)	P0	珪藻類 75 全8種	珪藻類 5個体 体長30-45cm 全7種, 被度95%	P2	珪藻類 75 全8種	珪藻類 5個体 体長10-20cm 全9種, 被度90%	F2	珪藻類 75 全9種	珪藻類 12個体 体長40-60cm 全6種, 被度95%	S2	珪藻類 25 全10種	珪藻類 3個体 体長40-60cm 全12種, 被度80%	NC	珪藻類 5 全8種	珪藻類 5個体 体長40-60cm 全4種, 被度30%	<p>No. 9</p> <p>沿岸域の生物多様性を修復するポーラスコンクリートに関する研究</p> <p>コンクリート工学 年次論文集 Vol. 23, No. 1 , pp181-186</p> <p>吉田宗久, 玉井元治</p>	<p>2001</p>
タイプ				構成	W/C (%)	単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )																																																																																																								
	W	C	S			G	Sp	Ges	Gio																																																																																																					
P0	POC	24	62	261	0	1489	2.6	0	0																																																																																																					
P2	POC+肥料	24	62	261	0	1489	2.6	52.2	0																																																																																																					
F2	POC+肥料+鉄鉱石	24	62	261	0	1043	2.6	52.2	760																																																																																																					
S2	POC+肥料+スラグ	24	62	261	0	1043	2.6	52.2	612																																																																																																					
NC	普通コンクリート	63	161	256	822	1019	0	0	0																																																																																																					
タイプ	3ヶ月後 (12月)	5ヶ月後 (2月)	1年後 (9月)																																																																																																											
P0	珪藻類 70 全8種	珪藻類 65 珪藻類 70 珪藻類 10 珪藻類 5 珪藻類 15種	珪藻類 60 珪藻類 5 珪藻類 5種																																																																																																											
P2	珪藻類 65 全8種	珪藻類 45 珪藻類 70 珪藻類 5 珪藻類 5 珪藻類 11種	珪藻類 60 珪藻類 5 珪藻類 7種																																																																																																											
F2	珪藻類 40 全9種	珪藻類 30 珪藻類 70 珪藻類 10 珪藻類 16種	珪藻類 60 珪藻類 8種																																																																																																											
S2	珪藻類 40 全9種	珪藻類 35 珪藻類 70 珪藻類 10 珪藻類 15種	珪藻類 70 珪藻類 8種																																																																																																											
NC	珪藻類 75 全8種	珪藻類 30 珪藻類 12種	珪藻類 40 珪藻類 3種																																																																																																											
タイプ	3ヶ月後 (12月)	1年後 (9月)																																																																																																												
P0	珪藻類 75 全8種	珪藻類 5個体 体長30-45cm 全7種, 被度95%																																																																																																												
P2	珪藻類 75 全8種	珪藻類 5個体 体長10-20cm 全9種, 被度90%																																																																																																												
F2	珪藻類 75 全9種	珪藻類 12個体 体長40-60cm 全6種, 被度95%																																																																																																												
S2	珪藻類 25 全10種	珪藻類 3個体 体長40-60cm 全12種, 被度80%																																																																																																												
NC	珪藻類 5 全8種	珪藻類 5個体 体長40-60cm 全4種, 被度30%																																																																																																												
<p>藻類の生育には、溶存Fe(II)の安定的な増加が重要である。そこで、Fe<sup>2+</sup>を多く含む転炉系製鋼スラグや人工腐植土を混合した藻場造成材料の施肥が、コンブ生育促進の効果を持つか、Fe濃度ないし施肥ユニット原料の組み合わせによるコンブ生育実験を行った。</p> <p>(1) 室内培地実験による北海道増毛産ホソメコンブの配偶体成熟に及ぼす鉄濃度の影響</p> <p>Feフリー培地でFe(II)の濃度を変えて、遊走子を14℃、14 L:10Dで1か月間培養し、配偶体の成熟状況を観察した結果、鉄濃度がフリーの場合に配偶体の成熟が進行せず、Fe(II)濃度が0.5mg/L以上で雌雄いずれの配偶体にも成熟することが確認された。</p> <p>(2) 遊走子放出～孢子体発生期における水槽実験</p> <p>①製鋼スラグ+人工腐植物質、②製鋼スラグ、③腐植物質、④ブランク+施肥材料、の4水槽に11月から約50日目のコンブ生長量を比較した結果、①のみ1m以上に生長した。Fe(II)の添加、特に腐植物質との混合で、遊走子放出から配偶体成熟～受精～孢子体の発生が促進される施肥効果が確認できた。</p> <p>(3) コンブの孢子体の生長に及ぼす施肥原料の影響について</p> <p>(2)と同様の組み合わせで、製鋼スラグを含む(5月7日～29日)系と製鋼スラグを含まない系(6月20日～8月10日)で生育状況を調べた結果、1回目は施肥した場合のみ生長し、(製鋼スラグ) &lt; (製鋼スラグ+人工腐植物質) &lt; (製鋼スラグ+発酵魚粉)であった。2回目は、7月の高水温で生長が厳しく、無施肥および腐植物質でほとんど生長せず、発酵魚粉を添加した場合のみ生長が維持された。このため、孢子体の生長には、製鋼スラグを含む施肥で栄養吸収促進効果が高いことがわかった。</p>    <p>Relation between culture periods and growing ratio of <i>Laminaria</i> under with several fertilizing unit (test-2)</p> <p>Relation between culture periods and growing ratio of <i>Laminaria</i> with several fertilizing unit (test-1)</p>	<p>No. 10</p> <p>海域施肥時のコンブ等の生育に及ぼす施肥原料成分の影響に関する水槽実験結果 - 転炉系製鋼スラグ等を用いた藻場造成技術開発(3) -</p> <p>第20回海洋工学シンポジウム</p> <p>堤直人 他</p>	<p>2008</p>																																																																																																												

藻場に与える Fe の影響に関する既存知見

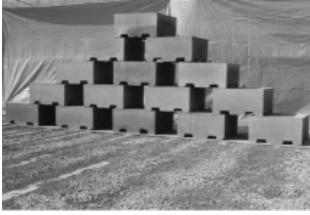

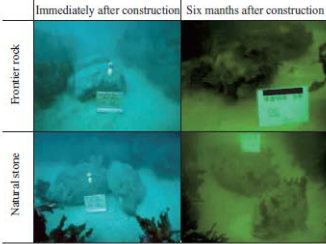
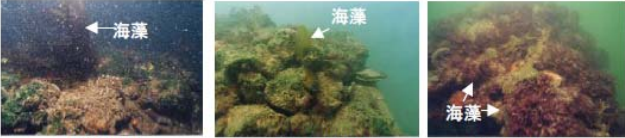
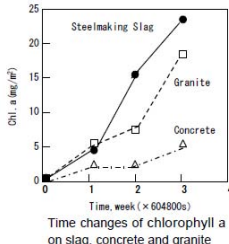
要旨	資料名	発行年
<p>近年、海洋の基礎生産力の向上を、鉄分散布により効果を挙げようと試みられている。鉄は多くの酵素やたんぱく質に含まれ、光合成系や呼吸系の電子伝達、クロロフィルの生合成、硝酸と亜硝酸の還元、窒素固定、活性酵素など種々の分解に使われる。低酸素濃度ではFe<sup>2+</sup>として大量に存在するが、光合成による酸素濃度増加によりFe(III)に酸化されることで水酸化沈殿として除かれ、生物は鉄を効果的な摂取が困難であるとされる。</p> <p>海水中の鉄濃度は微量（10<sup>-9</sup> mol/l =56ppt）で、計測も困難である。Redfieldratioの計算法では、リン1に対して、鉄10<sup>-3</sup>~10<sup>-4</sup>の鉄が必要とされ、表層では常に鉄不足が起きている可能性がある。一般に鉄分は河川等を通じ海に供給されるが、外洋までは運ばれない状況にある。</p> <p>これまで世界各地で鉄散布による微小藻類の増加に関する実験や大型藻類に施肥剤として投与する実験が行われ、いずれも効果があったことが報告されている。底生生物でも増加の傾向を示す結果が報告されている。</p>	<p>No. 11</p> <p>基長講演海洋施肥と海の森づくり—施肥剤使用による課題と方策—</p> <p>平成21年度「海の森づくり」シンポジウムVI 海洋施肥と海の森づくり 要旨集 pp. 8-9</p> <p>堀田 健治</p>	<p>2009</p>
<p>製鋼工程から発生するスラグを原料として成型し、これにCO<sub>2</sub>を吹き込むことにより製造された藻場造成礁「マリブロック<sup>TM</sup>」は、珊瑚や貝殻と同じ炭酸カルシウムを主成分とする被膜が存在し、組織がネットワーク状に広がっている構造である。1997年より、全国10か所の海域で、コンクリートブロックと比較した結果、マリブロック表面の炭酸カルシウムの生物親和性が大きいためか、どの海域でもコンクリートブロックを上回る藻の着生効果が認められた。</p> <p>特に、2002年3月に広島県因島市棕浦地区を試験海域とし、マリブロックを沈設した結果、アカモク、ボウアオノリ、フクリンアミジなど計12種類の海藻が観察され、2003年2月には、アカモク、シダモク、タマハハキモクが水面上から容易に観察できるほど生長した。2004年2月では、アカモク、シダモクなどが再生産され、多年生の大型褐藻類のノコギリモク、クロメも確認された。</p>	<p>No. 12</p> <p>循環型社会に貢献する鉄鋼スラグの利用技術</p> <p>JFE 技報 No. 6, pp. 24-29</p> <p>藪田 和哉 他</p>	<p>2004</p>
<p>2002年3月の広島県因島で、新たな自然破壊に繋がらないよう、鉄鋼スラグ（粒径80mm以下の塊状）を用いた潜堤材の生物着生特性について検証するため、浅場モデルの造成を行った。</p> <p>造成後、海藻類の製鋼スラグへは、設置4か月後にボウアオノリ、イバラノリなどが、11か月後にはホンダワラ類や紅藻類などが、着生・繁茂していた。</p> <p>また、製鋼スラグ潜堤から同定された珪藻類細胞数は、浅場外の天然転石より多く、潜堤材表面の微細な凹凸が多いこと、Fe、PおよびSiなどの供給が珪藻類着生を促した可能性が推察された。このことから、製鋼スラグ潜堤材は浅場の構成材として有用であることが明らかになった。</p>	<p>No. 13</p> <p>製鋼スラグによる海域の底質改善</p> <p>JFE 技報 No. 19, pp. 1-5</p> <p>宮田 康人</p>	<p>2008</p>

### 藻場に与える Fe の影響に関する既存知見

要旨	資料名	発行年																																																																																																																																	
<p>磯焼けの要因として報告される鉄濃度について、施肥と実験海域における鉄濃度との関係を明確するために、(1)2007年6月に、北海道増毛町舎熊海岸の汀線部における実海域施肥実験水質調査を実施した(試験区A;人工腐植土+転炉系製鋼スラグ,B;転炉系製鋼スラグ,F;発酵魚かす+転炉系製鋼スラグ,対照区;E)。この結果,A近傍で18.1 μg/Lのピークが,B近傍で10 μg/Lのピークとなり、沖合への濃度勾配から、溶出Feの広範囲への拡散が示唆された。しかし,FはFeの供給よりも藻類の消費が多く濃度が低下したと推測された。</p> <p>次の(2)海水採取および水質調査では、4試験区および対照区の汀線部からそれぞれ沖に向けて3~50m,水深50~100cmの20箇所海水を採取した結果,Fe(定量下限:1 μg/L)はECと負の相関がみられたが、淡水流入以上に施肥供給の影響が推定された。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Map of the experimental site in the coast of Japan Sea in Hokkaido. The positions of each alphabet indicate the place where fertilizing units were buried.</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  </div>	<p>No. 14</p> <p>製鋼スラグ等の海域施肥試験における海域 Fe 濃度分布に関する検討 - 転炉系製鋼スラグ等を用いた藻場造成技術開発 (2) -</p> <p>第20回海洋工学会シンポジウム</p> <p>加藤 敏朗 他</p>	2008																																																																																																																																	
<p>マリブロック™に求められる、「鉄鋼スラグを用いた浅場造成」の構成材および海藻着生基盤としての機能を検証することを目的とした。そこで、2002年3月、広島県因島の海域にマリブロックを設置し、2002年7月、2003年2月、12月、2004年2月の4回の、マリブロックに着生する生物相の追跡調査を行った。</p> <p>この結果、海藻類に関して、2003年2月は、アカモク、シダモクなどの一年生ホンダワラ類の着生が顕著で、2003年12月はクロメ、マメタワラなどの一年生や、カバノリやフシツナギなどの多年生紅藻類がみられた。2004年2月はアカモクやシダモクの数個体に生殖器床が形成されていた。設置マリブロック合計種数は、で、6, 19, 30種と推移した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 25%;">  </div> <div style="width: 70%;"> <p style="text-align: center;">マリブブロックおよび浅場周辺の転石帯で観察された海藻類 (2003年2月, 12月, 2004年2月調査)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">観察した固着体/地点</th> <th colspan="4">2003年2月**</th> <th colspan="4">2003年12月**</th> <th colspan="4">2004年2月**</th> </tr> <tr> <th>e</th><th>f</th><th>g</th><th>h</th> <th>e</th><th>f</th><th>g</th><th>h</th> <th>e</th><th>f</th><th>g</th><th>h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>クロメ</td> <td>1.5</td><td>2.1</td><td>2.7</td><td>3.1</td> <td>1.5</td><td>2.1</td><td>2.7</td><td>3.1</td> <td>1.5</td><td>2.1</td><td>2.7</td><td>3.1</td> </tr> <tr> <td>シダモク</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>アカモク</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>マメタワラ</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>カバノリ</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>フシツナギ</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>種数合計</td> <td>6</td><td>3</td><td>2</td><td>2</td> <td>12</td><td>10</td><td>11</td><td>8</td> <td>16</td><td>19</td><td>18</td><td>16</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	観察した固着体/地点	2003年2月**				2003年12月**				2004年2月**				e	f	g	h	e	f	g	h	e	f	g	h	クロメ	1.5	2.1	2.7	3.1	1.5	2.1	2.7	3.1	1.5	2.1	2.7	3.1	シダモク													アカモク													マメタワラ													カバノリ													フシツナギ													その他													種数合計	6	3	2	2	12	10	11	8	16	19	18	16	<p>No. 15</p> <p>藻場造成要鉄鋼スラグブロックへの海藻着生</p> <p>海洋開発論文集 Vol. 20, pp887-892</p> <p>宮田康人 他</p>	2004
観察した固着体/地点		2003年2月**				2003年12月**				2004年2月**																																																																																																																									
	e	f	g	h	e	f	g	h	e	f	g	h																																																																																																																							
クロメ	1.5	2.1	2.7	3.1	1.5	2.1	2.7	3.1	1.5	2.1	2.7	3.1																																																																																																																							
シダモク																																																																																																																																			
アカモク																																																																																																																																			
マメタワラ																																																																																																																																			
カバノリ																																																																																																																																			
フシツナギ																																																																																																																																			
その他																																																																																																																																			
種数合計	6	3	2	2	12	10	11	8	16	19	18	16																																																																																																																							



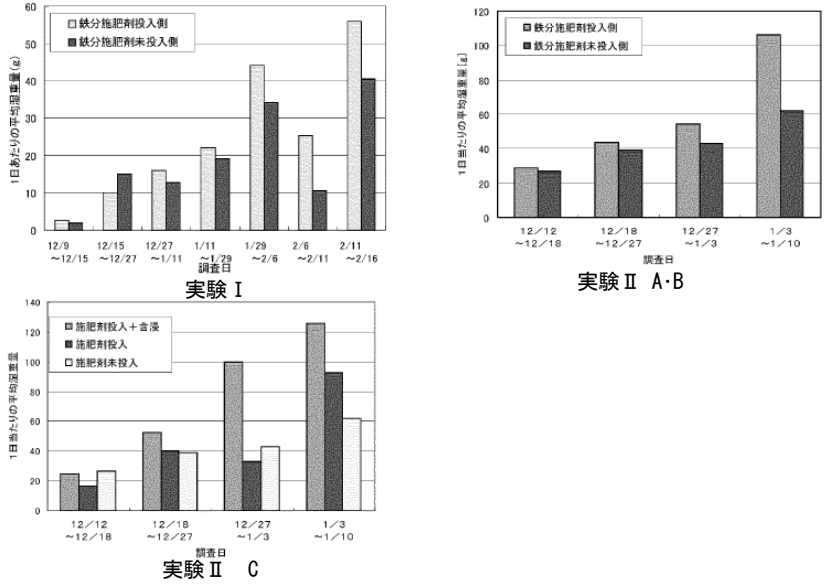

藻場に与える Fe の影響に関する既存知見

要旨	資料名	発行年	
<p>製鋼工程から発生するスラグに含まれる CaO と CO<sub>2</sub> を反応させ生成した炭酸カルシウムは、スラグ粒子を強固に結合、被覆した組織となるため、製鋼スラグの課題であった膨張崩壊や海水の pH 上昇の問題が解決された。そこで、海中で非常に安定な構造体となる、この新しい技術によって製造された、溶銑予備スラグを用いた炭酸固化体の藻場造成礁、マリンプロック™ (底面 1m 角, 高さ 50cm) による藻場造成ができることが期待された。</p> <p>そこで、1999 年 4 月に、この炭酸固化体を海底に積み上げて、大型海藻を含めた藻の植生や生物の状況を調査する試験を実施した結果、海藻が繁殖し、その隙間に魚が多数集まるのを確認することができた。</p>  	<p>No. 16</p> <p>多様化するニーズに貢献する製鋼技術</p> <p><i>NKK 技報</i> No. 179, pp. 14-21</p> <p>田辺 治良 中田 正之</p>	<p>2002</p>	
<p>2006 年 11 月、千葉県南房総において、アワビ、サザエなどの成育に適した藻場の造成試験を行った。人工の藻場内の深さ 11m 地点に、比較材として地元産の硬質砂岩と並べて敷設し、藻類の生育状況の比較を行った。</p> <p>この結果、6 か月経過した 2007 年 5 月には、人工石材は硬質砂岩と比較して藻類の大きさにおいて明らかに優れていることが分かった。</p>	 <p>漁港沖での藻礁敷設 Appearance of the comparison examination of natural stone and Frontier rock™ for the creation of marine forest</p>	<p>No. 17</p> <p>鉄鋼スラグ水と固化体製人工石材「フロンティアロック™」</p> <p><i>JFE 技報</i> No. 19, pp. 18-22</p> <p>宇多田悦郎 松永久宏</p>	<p>2008</p>
<p>鉄鋼生産の副産物である鉄鋼スラグは CaO を多く含み、ヘドロが堆積した海底の浄化効果を有している。そこで、鉄鋼スラグを組み入れた沿岸海域環境の改善修復技術の開発を目的に、静岡県清水市折戸で海域実験を実施した。対象海域は最奥部で、河川からの流入物によって、海底全面がヘドロで覆われ大型海藻がほとんど生息せず、夏期には底層に無酸素の海水層が生成する富栄養化した海域である。</p> <p>海底設置実験では、4 年にわたり製鋼スラグ表面に季節に応じた海藻類が着生し、周辺がヘドロで覆われているにもかかわらず、スラグ表面の隙間は確保され、主にケイ藻とアオサが着生していた。クロロフィル a 量、種数、細胞数はコンクリート、天然石よりもスラグで多かった。このため、製鋼スラグは Fe の海藻類への増殖効果と併せて、付着性海藻類の着生基盤として、コンクリートや天然石以上の機能を有し、富栄養化のヘドロで覆い尽くされた透明度の小さい閉鎖性海域において、有効な環境改善材となる可能性がある。</p>  	<p>No. 18</p> <p>鉄鋼スラグによる沿岸環境改善技術</p> <p><i>NKK 技報</i> No. 177, pp. 47-51</p> <p>沼田哲始 他</p>	<p>2002</p>	

藻場に与える Fe の影響に関する既存知見

要旨	資料名	発行年																																							
<p>製鋼スラグと腐植土を混ぜ合わせたものを、袋に詰め埋設、或は鋼製ボックスに入れ海中沈設することで栄養分を海へ供給し、短時間で藻場造成の効果を発現させることを目的とした。</p> <p>そこで、①Fe・栄養塩の有無によるコンブ生育への影響調査を実験した結果、配偶体の成熟および孢子体の生長におけるFeの重要性が判明した。次に、②ビバリーシリーズの海藻育成効果実証実験（腐植物質+製鋼スラグ設置）と無施肥の条件下における水槽実験とビバリーシリーズ設置の実海域実験（北海道寿都町、函館市、和歌山県田辺市）を行った結果、ビバリーシリーズ設置による海藻育成効果が確認され、実海域でのFe濃度上昇を確認した。</p> <div data-bbox="766 286 1085 392"> <p>【設置イメージ】 ヤシ袋ユニット 鋼製ボックス</p> </div> <div data-bbox="766 470 1085 728"> <p>製鋼スラグ(鉄分) 腐植土(腐植酸) ヤシ袋ユニット 腐植酸鉄 鋼製ボックス</p> </div> <div data-bbox="702 772 1085 929"> <p>【効果の例：設置前】      【効果の例：設置後】</p> </div>	<p>No. 19</p> <p>鉄鋼スラグを利用した藻場再生試験</p> <p>平成21年度 「海の森づくり」シンポジウムVI 海洋施肥と海の森づくり 要旨集 P10</p> <p>中川雅夫</p>	<p>2009</p>																																							
<p>スラグと腐植土の混合物から溶出する腐植酸鉄が、磯やけ対策に有効とされ、新日鉄が大学等と共同で進めている研究開発で、海中に溶出した Fe<sup>2+</sup>がコンブの復活に大きな効果があるとされている。</p> <p>スラグの海洋利用への関心が高まる中、日本鉄鋼連盟と鉄鋼メーカー、大学、港湾空港技術研究所、水産総合研究センター、産業技術総合研究所、国・自治体、漁連等の協力のもとに平成16年～19年の4年間に亘る研究開発成果を紹介すると、浚渫土と製鋼スラグを混合することで、魚貝藻等の生物への影響については、①毒性のないこと②藻類の生育がスラグパネルではコンクリートパネルに比べ2～3倍速かったことが発表された。</p> <p>製鋼スラグには、20%弱の金属鉄や酸化鉄が含まれている。Fe<sup>2+</sup>が徐々に海中に溶け出し、藻類の生長に寄与していく製鋼スラグは、『海肥』といえるものである。</p>	<p>No. 20</p> <p>鉄鋼副産物が地球温暖化を防ぐ</p> <p>JRCM NEWS No. 265, p1</p> <p>林明夫</p>	<p>2008</p>																																							
<p>Fe 施肥のカジメの孢子、配偶子、幼孢子体の生存、生長への影響を調べるために、千葉県の大岩礁地帯のカジメを、2500～3500Lux, 10L:12D, 20℃に設定した水槽内で16日間培養した。また、鉄分施肥区にのみ40g/100L投入した。</p> <p>この結果、鉄分施肥で孢子の発芽、生存、生長が促進され、幼孢子体でも生長が促進された。</p> <div data-bbox="103 1702 574 2004"> <table border="1"> <caption>150個での1個あたりの個体数</caption> <thead> <tr> <th>経過日数</th> <th>鉄分施肥区投入側</th> <th>鉄分施肥区未投入側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>32</td><td>18</td></tr> <tr><td>5</td><td>29</td><td>16</td></tr> <tr><td>7</td><td>28</td><td>14</td></tr> <tr><td>9</td><td>25</td><td>12</td></tr> <tr><td>11</td><td>21</td><td>10</td></tr> <tr><td>13</td><td>19</td><td>8</td></tr> <tr><td>15</td><td>18</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="590 1702 1069 2004"> <table border="1"> <caption>50個あたりの個体数</caption> <thead> <tr> <th>経過日数</th> <th>鉄分施肥区投入側</th> <th>鉄分施肥区未投入側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>10</td><td>10</td><td>2</td></tr> <tr><td>15</td><td>45</td><td>10</td></tr> </tbody> </table> </div>	経過日数	鉄分施肥区投入側	鉄分施肥区未投入側	3	32	18	5	29	16	7	28	14	9	25	12	11	21	10	13	19	8	15	18	7	経過日数	鉄分施肥区投入側	鉄分施肥区未投入側	0	0	0	5	1	0	10	10	2	15	45	10	<p>No. 21</p> <p>鉄分施肥による藻場造成に関する実験的研究 その1 カジメの生長に与える鉄の影響</p> <p>日本建築学会学術講演梗概集 pp. 391-392</p> <p>秋田明家 他</p>	<p>2002</p>
経過日数	鉄分施肥区投入側	鉄分施肥区未投入側																																							
3	32	18																																							
5	29	16																																							
7	28	14																																							
9	25	12																																							
11	21	10																																							
13	19	8																																							
15	18	7																																							
経過日数	鉄分施肥区投入側	鉄分施肥区未投入側																																							
0	0	0																																							
5	1	0																																							
10	10	2																																							
15	45	10																																							

藻場に与える Fe の影響に関する既存知見

要旨	資料名	発行年
<p>実験 I では、冬季の千葉県千倉漁港内で養殖筏内を Fe 施肥側 (5.5kg×3)、未施肥側に分け、実験 II では、神奈川県金田湾内で施肥剤 (5kg) を設置した A 筏、A と 10m 離れた無施肥の B 筏、さらに 500m 離れ、施肥剤と施肥剤が含浸された幹糸の設置の有無がある C 筏の実験区を設置し、ワカメの平均湿重量/日への影響を調べた。</p> <p>この結果、ワカメの真上からの Fe 施肥で生長が増加し、さらに幹糸の併用で効果が增加することがわかった。</p>  <p>実験 I</p> <p>実験 II A・B</p> <p>実験 II C</p>	<p>No. 22</p> <p>鉄分施肥による藻場造成に関する実験的研究 その2 ワカメの生長に与える鉄の影響</p> <p>日本建築学会学術講演梗概集 pp. 393-394</p> <p>岡本強一 堀田健治</p>	<p>2002</p>
<p>日本や世界各地の沿岸海域において、海藻の群落が消滅する「磯焼け」が生じている。護岸工事や河口堰建設など人為的な原因によって、光合成などに利用される溶存 Fe が減少することで、海藻群落の減少につながると考えられている。Fe 単独では酸化・沈殿しやすいが、土壌中の腐植有機物質 (フルボ酸、フミン酸) と結びつくと沈殿しにくくなり、海藻が吸収できるフルボ酸鉄・フミン酸鉄などの溶存状態で海へと供給されることが知られている。</p> <p>そこで、2004年10月に北海道増毛町舎熊海岸において、鉄鋼製造工程で発生する鉄鋼スラグと廃木材チップから嫌気発酵させた堆肥を混合した鉄分供給ユニットを海岸の汀線に埋設させ、ユニット中に含まれるフルボ酸鉄・フミン酸鉄を波や潮汐によって海水へと供給したところ、翌年にはコンブをはじめとした大型海藻が繁茂し、試験区の実験区は対照区の約230倍にもおよび、海藻群落が再生する結果が得られた。また、少なくとも3年は効果が持続することが確認された。他にも長崎県大村湾でも藻場再生が確認され、現在では三重県や和歌山県など全国20カ所以上で技術の有効性が確認されている。</p>  <p>北海道増毛町舎熊海岸実験 2004</p> <p>2005</p>	<p>No. 23</p> <p>「海の森を再生」 鉄鋼スラグとバイオマスによる磯焼け回復プロジェクト</p> <p>知恵の環ねっと Vol. 36, p. 1</p> <p>山本光夫</p>	<p>2009</p>

藻場に与える Fe の影響に関する既存知見

要旨	資料名	発行年
<p>全国の海域で製鋼スラグの成型体にCO<sub>2</sub>を吹き込んで製造される藻場造成礁が設置されている. この藻場造成礁とコンクリートブロックとの比較においては, どの海域でも藻場造成礁により着生効果があることが知られている. この理由として, 表面にある炭酸カルシウムや炭酸マグネシウム皮膜の生物親和性が大きいとと考えられている. また, 岩手県沿岸部では, 漁礁を設置する場合には, 藻場が形成されることが非常に重要とされている.</p> <p>そこで, 本県では, 融溶スラグの場合でもコンクリートブロックより早く, 炭酸マグネシウム皮膜が形成される可能性が高く, 藻場形成に有望であると考えられることから, スラグの成型体にCO<sub>2</sub>を吹き込むか, 炭酸カルシウムや炭酸マグネシウムを添加することで, 藻の着生効果の高い藻場造成礁の開発を目指している.</p>	<p>No. 24</p> <p>溶融スラグの多角的有効活用について</p> <p>岩手県工業技術センター研究報告 Vol. 13</p> <p>菅原 龍江</p>	<p>2006</p>
<p>有機態の鉄(Fe(II)-L, Fe(III)-L; Lは有機リガンド)であっても, 有機リガンドは分子量が大きく, 植物プランクトンはそのまま利用できない. また, シデロフォアによる Fe 接取が有効かどうかは, リガンド交換反応(有機リガンドに配位しているFe(III)⇌シデロフォア)に依存している. 交換速度が小さければ, シデロフォアはFeシデロフォアを生成する前に細胞表面近傍から拡散してしまう. そこで, 本研究では, 初期錯体として段戸森林由来フルボ酸, 競合リガンドとして菌類由来シデロフォア Desferrioxamine B を用いて, これらのリガンド交換速度論モデルを構築した.</p> <p>このモデルを基に, フルボ酸の Fe 結合サイトを強いリガンドL<sub>1</sub>, 弱いリガンドL<sub>2</sub>の2つに分類し, 熱力学的に各リガンドクラスに対する Fe の結合平衡, K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>の比を算出した結果, リガンド総量に占める L<sub>1</sub>の割合, α=0.39 であり, K<sub>2</sub>/K<sub>1</sub>=0.039 となった. また, この結果と実測データより, k<sub>1</sub>=(4.7×10<sup>3</sup>/ [FA]<sub>T</sub>+5.5×10<sup>2</sup>)M<sup>-1</sup>・S<sup>-2</sup>と算出された. また, k<sub>1</sub>の値に基づいて k<sub>2</sub>の値が, ≥10<sup>5</sup>M<sup>-1</sup>・s<sup>-1</sup>と推定された.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="143 1321 574 1657"> <p>Kinetic model for ligand-exchange between Fe(III)-fulvic acid complex (Fe(III)-L) and desferrioxamine B (DFOB).</p> </div> <div data-bbox="638 1299 1037 1500"> <p>The time courses of Fe(III)-DFOB complex formation under selected experimental conditions. The DFOB stock was added at t = 0 to the NaCl/NaHCO<sub>3</sub> solution containing Fe(III)-FA. The symbols and lines indicate experimental data and model fit, respectively. Stable increase in Fe(III)-DFOB concentration was obtained after 100s.</p> </div> <div data-bbox="143 1680 574 1926"> <p>Relationship between [Fe(III)-L<sub>2</sub>]<sub>0</sub>/[Fe(III)-L<sub>1</sub>]<sub>0</sub> and [Fe(III)-L<sub>2</sub>]<sub>0</sub>/[L]<sub>T</sub>. The symbols and line represent experimental data and regression line, respectively.</p> </div> <div data-bbox="638 1680 1037 2016"> <p>Effect of [L]<sub>T</sub> on k<sub>1</sub> for Fe(III)-L<sub>1</sub> complex. Solid line, dashed line and dashed-dotted line indicate k<sub>1</sub>, k<sub>2adj</sub> and k<sub>2disj</sub>, respectively. The approximation used in the model (i.e., eq. 9 to 11) is applicable when [DFOB]<sub>T</sub> and [Fe]<sub>T</sub> are larger than 1.4[L]<sub>T</sub>.</p> </div> </div>	<p>No. 25</p> <p>フルボ酸第二鉄錯体とシデロフォア Desferrioxamine B のリガンド交換速度論モデルの構築</p> <p>水環境学会誌 Vol. 32, No. 10, pp. 557-564</p> <p>伊藤紘晃 他</p>	<p>2009</p>