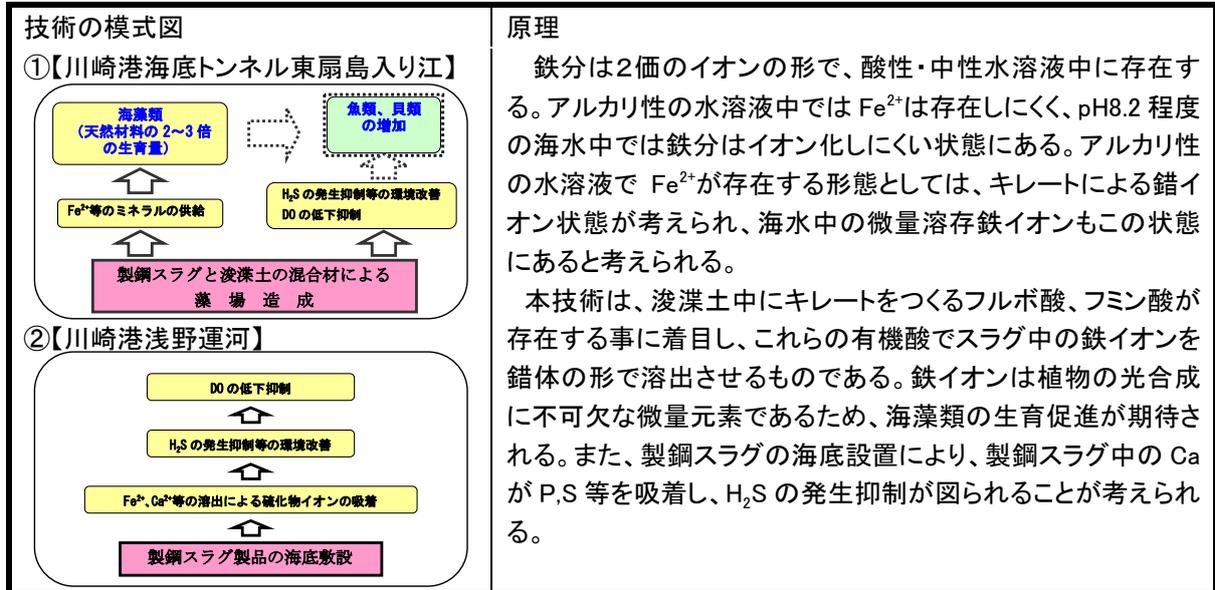


実証対象技術／環境技術開発者	製鋼スラグを用いた藻場造成・水質改善技術/JFE スチール(株)・JFE ミネラル(株)
実証機関	(財)港湾空間高度化環境研究センター
実証試験期間	平成 21 年 5 月 21 日 ～ 平成 22 年 3 月 31 日
実証の目的	製鐵スラグと浚渫土の混合材を浅場造成への基盤としての利用、鉄分等のミネラルの供給及び硫化水素の溶出抑制効果による DO の回復を通じて、これらの複合効果による生物生息環境の改善

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	川崎港海底トンネル東扇島入り江 実証試験実証海域は神奈川県川崎市東扇島の海底トンネル東扇島入り江に位置し、一方は京浜運河に接する小規模な水域である。交通船の往来は少なく、比較的静穏な水域である。 実証試験実施場所の規模は、面積約 10,000m ² 、水深 3～4m 程度である。
海域の課題	実証試験場所が位置する川崎市東扇島の海底トンネル東扇島入り江周辺水域は、河川などからの陸上起源の流入負荷による水質の変化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 京浜運河内の海域は閉鎖性が強く、海水交換は良い状況にあるとはいえない。H.20 年度神奈川県の公共用水域、水質測定結果(京浜運河千鳥町)による DO は夏季(8月)の上層で 9.8mg/L、下層で 0.2mg/L、COD は環境基準値(8mg/L)を下回る 4.2mg/L(上層)となっている。
	底質 神奈川県の調査で、京浜運河千鳥町地点の夏季調査では、泥分(0.063mm 以下)が 97.4%以上であった。COD は 37mg/g(基準値 20mg/L)、強熱減量 12.2%、硫化物量 0.323mg/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。
	生物生育環境 【海生生物】川崎港港湾計画資料(その2)によれば、川崎港及び周辺海域の海生生物としては、潮帯間生物では軟体動物のムラサキガイ、節足動物の <i>Melita</i> sp. (ヨコエビ類)、底生生物の <i>Sigambra tentaculata</i> (ゴカイ類)等が、魚類等の遊泳動物では、ボラ、スズキ、サヨリ、コノシロ、カタクチイワシ、アイナメ等が出現している。 【海藻藻類】実証試験海域における生息は確認されていない。

<p>海域の名称 主な利用状況 規模</p>	<p>川崎港浅野運河 実証試験実証海域は神奈川県川崎市浅野町と扇町間の浅野運河の扇橋側に位置し、JFE スチール(株) 東日本製鐵所に面する水域である。、比較的静穏な水域である。 実証試験実施場所の規模は、面積約 900m²、水深 5m 程度である。</p>
<p>海域の課題</p>	<p>実証試験場所が位置する川崎市浅野町の浅野運河、扇橋周辺は、二つの運河が交わる水域であると同時に河川などからの陸上起源の流入負荷による水質の変化が大きく、また、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。</p>
<p>海域の状況</p>	<p>水質 浅野運河内の海域は、海水交換が良い状況にあるとはいえない。H.20 年度川崎市の定期的な水質測定結果(桜堀運河地先)による DO は夏季(8月)の上層で 5.0mg/L、下層で 0.8mg/L、COD は環境基準値(8mg/L)を下回る 3.8mg/L(上層)となっている。</p>
	<p>底質 川崎市の定期調査においては底質調査は実施されていないが、底質環境は京浜運河千鳥町地点の状況と類似していると考えられる。</p>
	<p>生物生育環境 近隣の地点における調査結果は下記よりもより閉鎖性に富むことが予想される。 【海生生物】川崎港港湾計画資料(その2)によれば、川崎港及び周辺海域の海生生物としては、潮帯間生物では軟体動物のムラサキガイ、節足動物の <i>Melita</i> sp. (ヨコエビ類)、底生生物の <i>Sigambra tentaculata</i>(ゴカイ類)等が、魚類等の遊泳動物では、ボラ、スズキ、サヨリ、コノシロ、カタクチイワシ、アイナメ等が出現している。 【海藻類】実証試験海域における生息は確認されていない。</p>

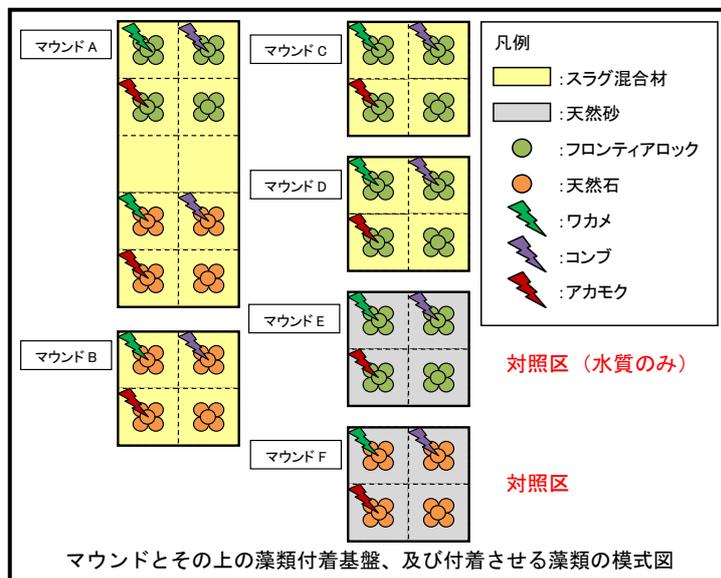
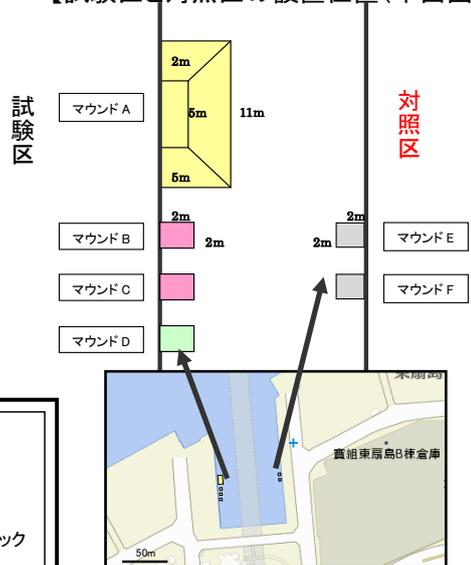
○ 実証対象技術の設置後の状況

川崎港海底トンネル東扇島入り江

【実施場所】



【試験区と対照区の設置位置(平面図)】



【藻場造成モデル事業の施工ケース】

マウンド	盛土部	海藻類移植基盤	マウンドサイズ(m)	土量(m ³)	備考
A	スラグ混合材Ⅰ(黄)	人工割石 (フロンティアロック) 天然石	11×5×1	32.5	法勾配 1:3
B	スラグ混合材Ⅱ(ピンク)	天然石	2×2×1	4	大型コンテナ 2 個
C	スラグ混合材Ⅲ(ピンク)	人工割石 (フロンティアロック)	2×2×1	4	〃
D	スラグ混合材Ⅳ(緑)	人工割石 (フロンティアロック)	2×2×1	4	〃
E	天然砂	人工割石 (フロンティアロック)	2×2×1	4	〃
F	天然砂	天然石	2×2×1	4	水質項目では 対照区 対照区 大型コンテナ 2 個

川崎港浅野運河

【実施場所】

【試験区と対照区の設置位置(平面図)】



【水質改善モデル事業の施工ケース】

ケース	製鋼スラグ製品	サイズ(m)	土量(m ³)	備考
ケース 1	製鋼スラグ製品 1	2×1×0.5	1	
ケース 2	製鋼スラグ製品 2	〃	〃	
ケース 3	製鋼スラグ製品 3	〃	〃	
ケース 4	製鋼スラグ製品 4	〃	〃	
ケース 5	天然砕石	〃	〃	対照区

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

調査項目	目標水準
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認められること
混合材強度試験	マウンドが崩れない(目視)100kN/m ² 程度の固化強度を維持できること
生物調査	生育数や生長量が対照区と比較して同等、もしくはそれ以上であること

(1) 水質調査

① 東扇島入り江(直上水)

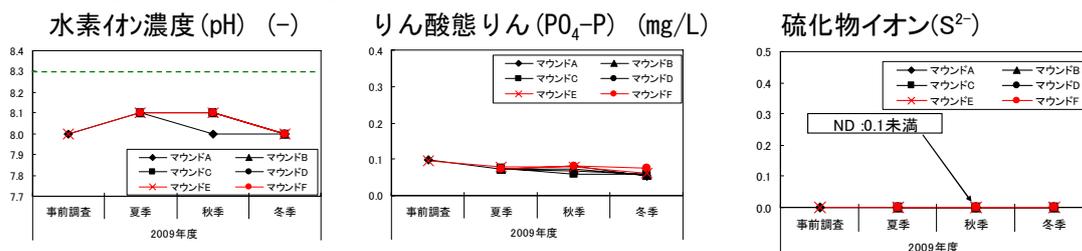
試験区: マウンド A、B、C、D (盛土部にスラグ混合材を使用)

対照区: マウンド E、F (盛土部に天然砂を使用)

○直上水の調査結果では、pH、D₀、COD、T-N、T-P、Zn について環境基準値をほぼ満足し、対照区との比較において大きな差は認められなかった。

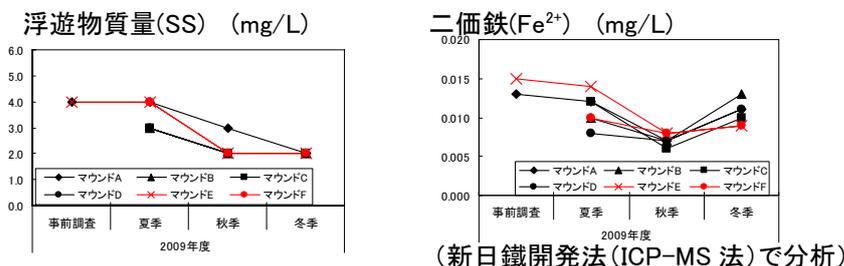
○試験区と対照区の比較において

- ・水素イオン濃度(pH)は調査期間を通じ全点で 8.0~8.1 程度で推移し、環境基準の範囲内(海域 C 類型: 7.0~8.3)であった。試験区、対照区とも同様に推移し、ほとんど差は認められなかった。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。
- ・りん酸態りん(P₀₄-P)は調査期間を通じ全点で 0.07~0.1mg/L 程度で推移し、試験区、対照区でほとんど差は認められず、吸着効果の確認には至らなかった。
- ・硫化物イオンは調査期間を通じ全点で不検出であった。



..... は水質環境基準(海域 C 類型)の上限を示す

- ・浮遊物質質量(SS)は調査期間を通じ全点で 2~4mg/L 程度で推移し、試験区と対照区でほとんど差は認められなかった。石灰分の水和反応(Mg(OH)₂の生成)による白濁の影響は認められなかった。
- ・二価鉄(微量分析)は 0.006~0.015mg/L で推移し、夏季から秋季にかけて低下し、冬季に上昇する傾向を示した。夏季及び冬季に対照区(鉄分の供給効果がないマウンド F)に比して試験区でやや高い傾向が認められたが、供給効果の確認には至らなかった。



② 浅野運河(直上水・間隙水)

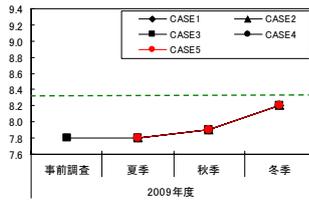
試験区: ケース 1、2、3、4 (製鋼スラグ製品を設置)

対照区: ケース 5 (天然碎石を設置)

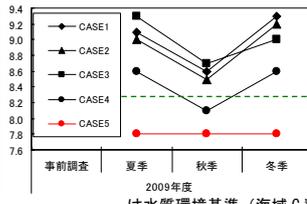
○直上水の水素イオン濃度(pH)は環境基準値を満し、対照区との比較で差は認められなかった。間隙水における pH の上昇は直上水に影響を及ぼさなかった。

○間隙水のりん酸態りん(P₀₄-P)は夏季に一部の試験区で対照区より低下する傾向があり、りんの吸着効果が示唆されたが、秋季、冬季においてはその傾向はなかった。

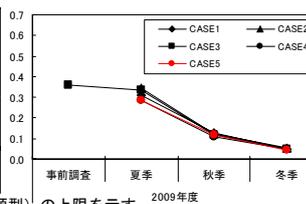
pH(-) 直上水



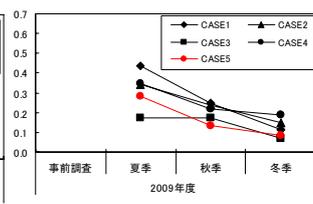
間隙水



りん酸態りん (PO₄-P) (mg/L) 直上水



間隙水

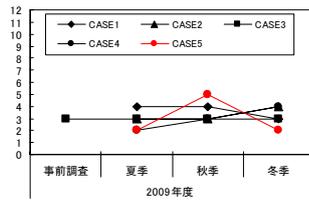


.....は水質環境基準（海域C類型）の上限を示す

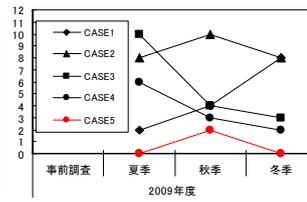
○間隙水の浮遊物質量は試験区では季節別、地点間で変動が大きく、対照区よりも明らかに高値を示した。しかし、直上水に対する影響は認められなかった。

○直上水の試験区と対照区の比較において、夏季、試験区のD0がやや高く目標水準を満足した。しかし、硫化物イオンは両区ともに検出されず、明確なD0低下の抑制効果の確認には至らなかった。

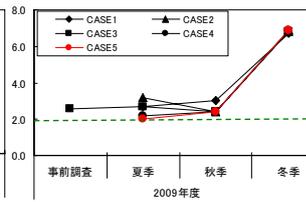
浮遊物質量(SS) (mg/L) 直上水



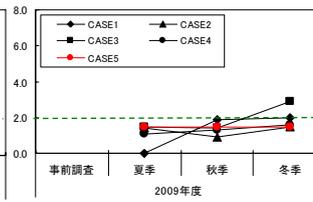
間隙水



溶存酸素量(DO) (mg/L) 直上水



間隙水



.....は水質環境基準（海域C類型）の上限を示す

(2) 溶出試験

東扇島入り江：試験区(マウンドA) | 浅野運河：試験区(ケース1)

○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、事前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。

(3) 溶出速度試験

【東扇島入り江】

試験区：マウンドA（スラグ混合材盛土部基材のテストピースを使用） | 対照区：マウンドF（天然砂盛土部を使用）

○鉄分の供給効果については、試験区で若干の溶出が認められ供給能が示唆された。しかし、対照区においても同程度あるいはそれ以上の溶出が認められ、バックグラウンドレベルに埋没する結果となって、明確な効果確認には至らなかった。

○PO₄-P および硫化物の溶出抑制効果については、嫌気条件下でも PO₄-P、硫化物の溶出が認められず、抑制効果が示唆された。しかし、PO₄-P については、対照区においても吸着効果が認められたこと、硫化物についてはうわ水中から検出されなかったことから明確な効果確認には至らなかった。

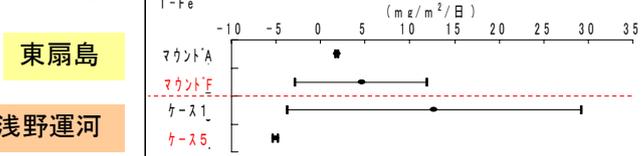
【浅野運河】

試験区：ケース1（製鐵スラグ製品を使用） | 対照区：ケース5（天然砕石を使用）

○PO₄-P の吸着あるいは抑制効果については、対照区に比して試験区での減少速度が速く、PO₄-P の吸着あるいは抑制効果が認められた。硫化物については東扇島入り江と同様な結果であった。

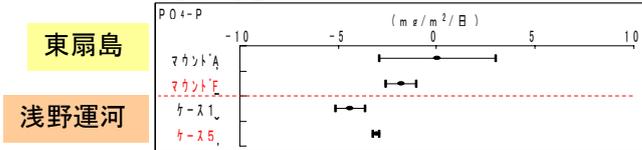
○鉄分の供給効果については、対照区に比して試験区での溶出が高く、鉄分の供給能が認められた。

【鉄分の供給】



試験区では鉄分の供給が認められたが、対照区と有意な差は認められなかった。
試験区では対照区より鉄分の増加速度が速く、有意差が認められた。(分析方法：ICP-AES 発光光度法 JIS K 0102 (2008))

【りん酸態りんの吸着効果】



試験区と対照区における明確な効果確認には至らなかった。
試験区では、対照区よりも減少速度が速く、有意差が認められ、吸着、抑制効果が確認された。

(4) 混合材強度試験

東扇島入り江：マウンドA、マウンドD

○マウンド A 及びマウンド D の強度試験において、両方ともに 100kN/m² を超える強度を示し、施工の目安となる強度を保持している事が確認された。施工後、マウンドは安定的に形状を保つ事が確認された。

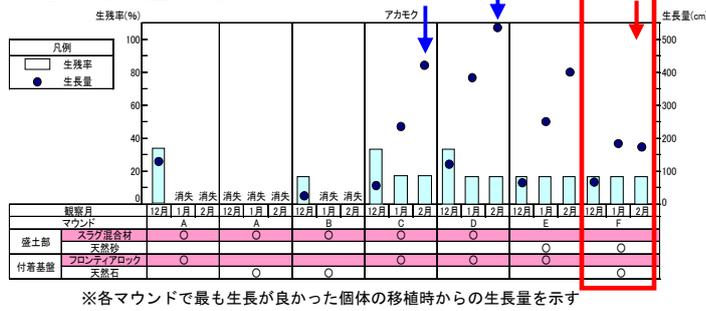
(5) 生物調査

東扇島入り江

試験区: マウンド A、B、C、D、E (盛土部にスラグ混合材を使用)	対照区: マウンド F (盛土部に天然砂を使用)
-------------------------------------	--------------------------

○スラグ混合材とフロンティアロックで構成される試験区 (C, D) でアカモクが対照区と比較して 3.2 倍の生長が確認された (図 1)。

○海底よりロープを立ち上げる方法で試験を行ったワカメにおいて、海底上 0.8m 層でスラグ混合材とフロンティアロックで構成される試験区 (C, D, E) で対照区 (F) とほぼ同等、あるいはそれ以上の生長が確認された (図 2)。



※各マウンドで最も生長が良かった個体の移植時からの生長量を示す

図 1 アカモクの生残率と生長量

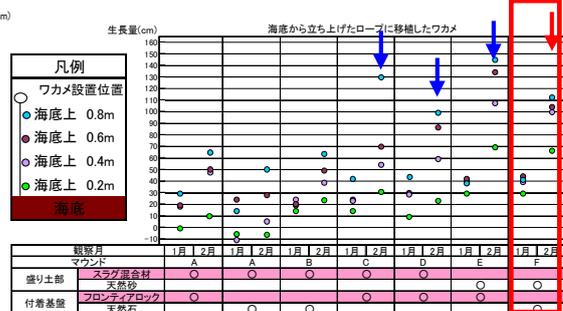


図 2 海底よりロープを立ち上げて移植したワカメの生長量



海藻生育調査においては、底生生物による障害が認められた。移植藻類中ではアカモクの成績が良かった。スラグ混合材とフロンティアロックで構成される基材から供給される鉄分が海藻類の生育の一要因となった可能性が示唆された。

○実証試験の結論

- ①【製鋼スラグを用いた藻場造成水質改善技術 鉄イオンの溶出 (東扇島入り江)】
製鋼スラグと浚渫土の混合材による複合的效果については、設置による水環境の悪化は認められず、浚渫土の強度増強効果が確認され、りん酸イオンの吸着効果と硫化物イオンの捕捉効果が示唆された。また、冬季の試験区で二価鉄が高くなる傾向となり、大型海藻類のアカモクやワカメの生長促進効果が限定的に確認された。
- ②【製鋼スラグを用いた藻場造成水質改善技術 D0 の低下抑制 (浅野運河)】
製鋼スラグ製品を閉鎖性海域の海底に設置した場合、直上水の pH に影響を及ぼしていないことが確認された。また、水質調査、溶出試験により、製鋼スラグ製品によるりん酸イオンの吸着効果と硫化物イオンの捕捉効果が示唆されたが、明確な D0 の低下抑制効果の確認には至らなかった。

○ 実証試験についての技術実証委員会の見解

- ①【製鋼スラグを用いた藻場造成水質改善技術 鉄イオンの溶出 (東扇島入り江)】
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、藻類の生長に寄与することが本実証事業においても示唆された。
○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。
- ②【製鋼スラグを用いた藻場造成水質改善技術 D0 の低下抑制 (浅野運河)】
りん酸イオンの吸着効果、硫化物イオンの捕捉効果による D0 の低下抑制効果が発揮された場合、富栄養化した海域における水質改善に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

(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		製鋼スラグを用いた藻場造成技術・水質改善技術			
企業名		JFEスチール株式会社、JFEミネラル株式会社			
連絡先	TEL/FAX	JFEスチール株式会社	TEL(03)3597-3635 / FAX(03)3597-3293		
	Web アドレス	JFEスチール株式会社	http://www.jfe-steel.co.jp/		
	E-mail	JFEスチール株式会社	mi-suzuki@jfe-steel.co.jp		
設置方法		製鋼スラグと浚渫土の混合材:船上または陸上で混合後、打設船からトレミ 一等で設置 製鋼スラグ人工石:ガット船等から投入、設置 粒度調整製鋼スラグ:ガット船等からの投入、設置			
設置・調整期間		—			
コスト概算	費目		単価(円)	数量	計(円)
	イニシャルコスト				
	土木費		通常工法と同じ		
	資材費		天然石材等と同等またはそれ以下		
	()				
	ランニングコスト(月間)				0
	薬剤費				0
	その他消耗品費				0
	生成物処理費・販売収入				0
	電力使用料				0
維持管理人件費				0	
円/(1m ³ ・1m ²)あたり				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:各々単独、組合せで実績(15件)ある。
- ◆受賞歴:平成21年度国土技術開発賞(国土交通大臣賞)
- ◆特許:特開2001-2526094 水底構造および底質・水質浄化法
特開H10-152364 製鋼スラグを利用した水和硬化体
など
- ◆その他:港湾関連民間技術確認審査・評価 第07001号(沿岸技術研究センター)