

## 参 考 资 料



## 1 カルテ様式例

## 1.1 浚渫土

カルテ作成日： 年 月 日

浚渫事業者名： \_\_\_\_\_

部署名： \_\_\_\_\_

担当者名： \_\_\_\_\_

## 1. 品質検査結果

【採泥地点名： \_\_\_\_\_】

## (1) 試料に関する情報

- ・ 採泥位置 : 緯度 \_\_\_\_\_ 経度 \_\_\_\_\_ (位置図を別添のこと)
- ・ 採泥層 : \_\_\_\_\_
- ・ 採泥方法 : \_\_\_\_\_
- ・ 採泥日 : \_\_\_\_\_ 年 月 日

## (2) 写真 (性状が分かるような試料写真を掲載のこと)

## (3) 物理的・力学的性質 (安定性)

検査実施日 : \_\_\_\_\_ 年 月 日

検査項目	検査結果 (測定値)	検査基準	検査基準との 比較	特記事項

※特記事項：検査項目の補足情報（色：修正マンセル値、含水率：試料形態等）、定められた検査項目以外を測定している場合の測定理由や測定方法等を記載。

## (4) 化学的性質 (安全性)

検査実施日 : \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

検査項目	検査結果 (測定値)	検査基準	検査基準との 比較	特記事項

※採泥地点が複数の場合は、上記(1)～(4)を採泥地点毎に記載。

※特記事項：検査項目の補足情報(不検出の場合には検出下限値等)、定められた検査項目以外を測定している場合の測定理由や測定方法等を記載。

## 2. 検査責任者

## (1) 物理的・力学的性質 (安定性)

・検査事業者名 : \_\_\_\_\_

・検査責任者名 : \_\_\_\_\_

## (2) 化学的性質 (安全性)

・検査事業者名 : \_\_\_\_\_

・検査責任者名 : \_\_\_\_\_

## 3. 付帯情報 (浚渫箇所に係る情報)

港湾名			
浚渫目的 (航路浚渫、泊地浚渫、維持 浚渫、床掘等)			
浚渫位置図		(別添のこと)	
浚渫範囲	北端	緯度 :	経度 :
	南端	緯度 :	経度 :
	東端	緯度 :	経度 :
	西端	緯度 :	経度 :
浚渫厚			
浚渫方法	工法		
	浚渫期間	年 月 日 ~ 年 月 日	
	浚渫土量		
その他 (特記事項)			

※特記事項：浚渫箇所の補足情報(過去の浚渫状況、把握されている浚渫場所の汚染状況等)を記載。

## 1.2 転炉系製鋼スラグ

カルテ作成年月日：\_\_\_\_年 \_\_\_\_月 \_\_\_\_日

製造所名：\_\_\_\_\_

部署名：\_\_\_\_\_

担当者名：\_\_\_\_\_

## 1. 品質検査結果

【試料名：\_\_\_\_\_】

## (1) 試料に関する情報

・ 試料採取日：\_\_\_\_年 \_\_\_\_月 \_\_\_\_日

## (2) 写真（性状が分かるような試料写真を掲載のこと）

## (3) 物理的・力学的性質（安定性）

検査実施日：\_\_\_\_年 \_\_\_\_月 \_\_\_\_日

検査項目	検査結果 (測定値)	検査基準	検査基準との 比較	特記事項

※特記事項：検査項目の補足情報（密度：測定値の最大値及び最小値等）、定められた検査項目以外を測定している場合の測定理由や測定方法等を記載。

## (4) 化学的性質 (安全性)

検査実施日 : \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

検査項目	検査結果 (測定値)	検査基準	検査基準との 比較	特記事項

※試料が複数の場合は、上記(1)～(4)を試料毎に記載。

※特記事項：検査項目の補足情報（不検出の場合には検出下限値等）、定められた検査項目以外を測定している場合の測定理由や測定方法等を記載。

## 2. 検査責任者

## (1) 物理的・力学的性質 (安定性)

・検査事業者名 : \_\_\_\_\_

・検査責任者名 : \_\_\_\_\_

## (2) 化学的性質 (安全性)

・検査事業者名 : \_\_\_\_\_

・検査責任者名 : \_\_\_\_\_

## 3. 付帯情報

製造所名		
製造プロセス	製造プロセスの 概要	
	特記事項	
エージング	エージングの有無	有 ・ 無
	エージング方法	
	実施期間	年 月 日～ 年 月 日
その他 (特記事項)		

※特記事項：転炉系鉄鋼スラグの補足情報（過去の利用実績、利用用途等）を記載。

## 2 用語集

一般項目	
浚渫土	港湾整備における浚渫に伴って発生する土。
鉄鋼スラグ	鉄鋼の製造過程で発生する粒状の副産物。鉄鉱石から精製する際に生成する高炉スラグと、製鋼工程で生成する製鋼スラグに大きく分けられる。また、製鋼スラグは転炉系製鋼スラグと電気炉系製鋼スラグに分かれる。
転炉系製鋼スラグ	転炉における製鋼工程において、高炉で生成された銑鉄と副原料の生石灰やスクラップ等から生成される材料。石灰 (CaO)、二酸化珪素 (SiO <sub>2</sub> )、酸化鉄 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )などを主成分とする。
混合材	細粒分の多い浚渫土に転炉系製鋼スラグを混合することにより改質した材料。
添加材	転炉系製鋼スラグと浚渫土砂の混合時に添加される材料。強度増進材として、高炉スラグ微粉末、高炉セメント、マグネシウム系固化材、石膏系固化材等の添加材が用いられることがある。
事業者	海域において混合材を土工用材料などとして利活用する事業者。
f-CaO	転炉系製鋼スラグに含まれており、浚渫土のシリカ分との水和固化により強度増進する。また、水と反応してCa(OH) <sub>2</sub> になると体積が膨張する。フリーライム (free lime)、遊離石灰ともいう。
エージング	転炉系製鋼スラグ中の f-CaO などの未反応物質を反応させるためにある期間暴露すること。エージング処理を行うことで、安定な物質になる。露天で長期間雨露にさらす自然エージングや、高温蒸気にさらす蒸気エージングがある。
水硬性	水との化学反応で凝結し硬化する性質。転炉系製鋼スラグには弱い水硬性がある。
膨張性	体積が増大する性質。転炉系製鋼スラグに含まれる f-CaO が水と反応してCa(OH) <sub>2</sub> となる過程で体積が膨張するため、転炉系製鋼スラグは膨張性がある。
混合率	混合材の体積に対する転炉系製鋼スラグの体積の割合。
安定性	混合材を利用して施工を行った場所が要求される強度、形状等を維持すること。
安全性	混合材を利用して施工を行った場所の周辺海域の水質、底質、生物に影響を及ぼさないこと。
施工性	施工上のプロセス (混合プロセス、投入プロセス) が円滑・効率的に行われること。
カルテ	スラグ製造者または浚渫事業者が材料の品質検査結果を事業者に伝えるための情報を記入した表。
混合プロセス	浚渫土と転炉系製鋼スラグを混合して混合材を作成するプロセス。工法として連続式ミキサー混合、バックホウ混合、管中混合等がある。
投入プロセス	混合材を海域に投入するプロセス。工法として、トレミー式ポンプ打設、直接投入、グラブ投入等がある。

安定性に係る試験項目	
粒度組成	土粒子系の分布状態を全体に対する百分率で表したものの。土粒子径により、礫、粗砂、細砂、シルト、粘土などに区分して表示する。 底質の粒度組成は有機物や重金属の含有量にも大きく反映し、一般には土粒子径が小さいほど含有量が高くなる傾向にある。
含水率	コンクリート用語では、骨材の内部の空隙に含まれる水と表面水の全量の、絶対乾燥状態の骨材質量に対する百分率と定義されている。
含水比	土の間隙中に含まれる水の質量を土粒子の質量で除して百分率で表したものの。
液性限界 塑性限界	液性限界は、塑性状態から液状に移る限界の含水比。塑性限界は、半固体から塑性状態に移る時の含水比。
土粒子の密度	土の固体部分の単位体積当たりの質量。
湿潤密度	土の単位体積当たりの質量。
表乾密度	表面乾燥飽水状態の質量を、絶対容積で除した値。
絶対乾密度	絶対乾燥状態の質量を、絶対容積で除した値。
吸水率	コンクリート用語では、表面乾燥飽水状態の骨材に含まれている全水量の、絶対乾燥状態の骨材質量に対する百分率と定義されている。
相対密度	粒状材料の締め具合が、その材料の最も密な状態と最も緩い状態の間のどの状態にあるかを示す指標。以下の式で定義される。 $D_r = (e_{max} - e) / (e_{max} - e_{min})$ ここで、 $D_r$ ：相対密度、 $e$ ：間隙比、 $e_{max}$ ：最大間隙比、 $e_{min}$ ：最小間隙比
単位体積重量	土の単位体積重量は土の密度に重力加速度 ( $9.81m/s^2$ ) を乗じた値であり、単位としては $kN/m^3$ が利用される。
単位容積質量	コンクリート用語では、所定の締め条件で容器に満たした骨材の質量を、その容器の容積で除した値と定義されている。
透水性 透水係数	試料内の浸透流の見かけの流速と動水勾配とを関連付ける比例定数(透水係数)により定量化される水の浸透のしやすさ。一般に透水係数が $10^{-5} \sim 10^{-7} cm/s$ では透水性は低いとされている。
フロー値	円筒形の筒に材料を入れ、筒を引き上げたときの材料の拡がりを示す値。
スランプ	フレッシュコンクリートの軟らかさの程度を示す指標の1つで、スランプコーンを引き上げた直後に測った頂部からの下がりで表す。
せん断抵抗角	土のせん断強さの成分のうち、土粒子の内部摩擦に起因する摩擦抵抗は、一般にせん断面に働く垂直応力に比例し、その比例定数を $\tan \phi$ としたときの角度 $\phi$ をせん断抵抗角と呼ぶ。
粘着力	土のせん断強さ $s$ を示すクーロンの方程式 $s=c+p \tan \phi$ において、 $c$ で示される部分。 $p$ ：垂直応力、 $\phi$ ：内部摩擦角。
せん断強さ	土がせん断破壊するときのせん断応力、あるいはせん断抵抗。
一軸圧縮強さ	柱状供試体に対して側方のふくらはみは許しながら行う、一軸的な圧縮試験で求めた供試体の最大圧縮応力。
ベーンせん断強さ	ロッドの先に付けたベーンを所定の試験深さまで地中に押し込み、回転させたときの回転抵抗から求まるせん断強さ。
コーン貫入抵抗	コーン貫入に要する貫入力をコーン底面積で除した値。







コーン指数	ポータブルコーンペネトロメーターを土中に貫入させたときの抵抗力をコーンの断面積で除した値。
圧密係数	細粒分を主体とした透水性の低い土が静的荷重を受け、間隙水を徐々に排出して密度を増加する「圧密」の速度を支配する指標。
体積圧縮係数	圧密により、土がどこまで圧縮できるかを示す指標。
静止土圧係数	静止時の土圧に係る指標。
繰返し強度	地震、波浪などによる繰返し応力を非排水条件のもとで受ける飽和土の強度特性（液状化特性）に係る指標。
せん断弾性係数 減衰定数	地盤材料の変形特性に係る指標。
安全性に係る試験項目	
pH	水素イオン濃度の逆数の常用対数を示す値。pH が 7 のときに中性、7 を超えるとアルカリ性、7 未満では酸性を示す。転炉系製鋼スラグを単体で用いた場合、pH の上昇やそれに伴う白濁の可能性がある。浚渫土を混合することにより、pH 上昇を抑制することができる。
濁度	水の濁りの程度を示す値。機器測定が可能であるため、工事中等の濁り監視に適する。
SS	水中に浮遊又は懸濁している直径 2mm 以下の粒子状物質。濁度と同様に水の濁りの程度を示す値であり、海域の水産用水基準等に定められているが、分析が必要となるため、毎日の濁り監視の指標としては利用しにくい。
強熱減量	乾燥させた試料を高温で熱したときに消失する物質の質量割合。試料中に含まれる有機物のおよその目安になる。
化学的酸素要求量 (COD)	水中の有機物を酸化剤で分解する際に消費される酸化剤の量を酸素量に換算したもので、海域等における有機物の代表的指標。
全窒素 (T-N)	各形態の窒素をあわせたもので、富栄養化の指標としてよく使われる。
全リン (T-P)	リン化合物全体のことで、富栄養化の指標としてよく使われる。
硫化物	水質悪化（貧酸素化）の指標の一つであり、底生生物の生息に対して影響を与える物質。海中で酸素が消費されて還元状態になると硫化水素が発生し、これによって底質中に硫化物が生成される。
底生生物	水底に生活する生物。ベントスともいう。
付着生物	水中で、岩や石あるいは堤防のコンクリートなどの基盤に付着して生息・生育している生物。
植物プランクトン	プランクトンの中で植物に属するもの。光合成を行い、有機物を生成することにより、第一次生産者としての役割を果たす。
動物プランクトン	プランクトンの中で動物に属するもの。光合成を行わず、植物プランクトンを直接または間接に捕食して浮遊生活をしている。
急性毒性	化学物質を動物に一回又は短時間に反復投与した場合の毒性。
蓄積性	生物体内に化学物質が取り込まれ濃縮される性質。

## 3 参考事例

## 3.1 安定性・安全性試験事例

## a. 徳山下松港

## ◆試験方法

項目	設定内容
混合率	10%、20%、30%、40% (実容積)
混合率の設定方法	<p>①干潟基盤材の施工を想定。</p> <p>②設計要件を「混合材に人が乗っても沈下しないこと」「厚さ 1m の覆砂材を乗せても沈下しないこと」とし、「現地混合における混合率のばらつき」「室内混合と現地混合の混合方法の差異」を考慮した必要強度（一軸圧縮強さ）を算定。</p> <p>③養生 7 日後の一軸圧縮強さから、養生 91 日後の一軸圧縮強さを推定し、必要強度を確保するための混合率として 20%での施工を想定。</p>
混合方法	<p>(1) 材料の計量</p> <p>①浚渫土について、必要量（実容積）に湿潤密度を乗じて質量換算し、計量した。</p> <p>②転炉系製鋼スラグについて、必要量（実容積）に表乾密度を乗じて質量換算し、計量した。</p> <p>(2) 混合</p> <p>①計量した材料（浚渫土、及び転炉系製鋼スラグ）をポリエチレン樹脂製ペール缶に入れ、材料分離が生じていないことを目視により確認しながら、ハンドミキサーを用いて 3 分混練した。</p>
試験方法	技術マニュアルに準拠
写真	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(浚渫土)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(転炉系製鋼スラグ)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(混合状況)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(混合材 (一軸圧縮試験供試体))</p> </div> </div>


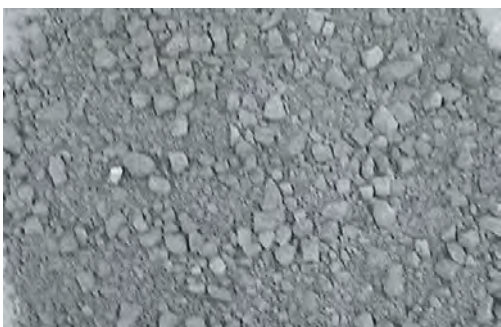


## ◆試験結果

項目		設定内容及び試験結果					
使用材料	浚渫土	徳山下松港（新南陽地区航路） 【特性】 ・シルト・粘土分が99%を占め、細粒分が多い。含水比は130%と高い。					
	転炉系製鋼スラグ	JFE スチール（株）西日本製鉄所（福山地区） 【特性】 ・最大粒径は31.5mmであり、標準範囲（0～37.5mm）内である。					
	その他	なし					
想定する用途及び目標強度（一軸圧縮強度 $q_u$ ）		干潟基盤材 （人の立ち入り可能性あり）		20～50kN/m <sup>2</sup> 以上			
試験結果	安定性	混合率		10%	20%	30%	40%
		一軸圧縮強度（kN/m <sup>2</sup> ）	養生7日後	2.69	24.6	180	453
	養生28日後		4.08	45.4	427	684	
	安全性	化学的安全性		基準に適合			
生物安全性		急性毒性試験：基準に適合 蓄積性試験：基準に適合					
評価	安定性	養生91日後（推定値）	混合率20%以上で必要強度（20～50kN/m <sup>2</sup> 以上）を概ね満足する。				
	安全性	基準に適合している。					
試験施工における課題		特になし					

出典：中国地方整備局による試験結果

## b. 尾道糸崎港

## ◆試験方法

項目	設定内容
混合率	10%、15%、20%、30% (実容積)
混合率の設定方法	干潟基盤材、砂浜基盤材、藻場基盤材、潜堤材、潜堤腹付材の施工を想定し、既存事例等を基に設定
混合方法	<p>(1) 材料の計量</p> <p>① 浚渫土について、必要量 (実容積) に湿潤密度を乗じて質量換算し、計量した。</p> <p>② 転炉系製鋼スラグについて、必要量 (実容積) に表乾密度を乗じて質量換算し、計量した。</p> <p>(2) 混合</p> <p>① 計量した材料 (浚渫土、及び転炉系製鋼スラグ) をポリエチレン樹脂製ペール缶に入れ、材料分離が生じていないことを目視により確認しながら、ハンドミキサーを用いて3分混練した。</p>
試験方法	技術マニュアルに準拠
写真	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(浚渫土)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(転炉系製鋼スラグ)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(混合状況)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>(混合材 (一軸圧縮試験供試体))</p> </div> </div>

## ◆試験結果

項目		設定内容及び試験結果					
使用材料	浚渫土	尾道糸崎港（高尾地区干潟造成予定地） 【特性】 ・シルト・粘土分が92%と多く砂分も混じる。含水比は112%と比較的高い。					
	転炉系製鋼スラグ	JFE スチール（株）西日本製鉄所（福山地区） 【特性】 ・最大粒径は31.5mmであり、標準範囲（0～37.5mm）内である。					
	その他	なし					
想定する用途及び目標強度（一軸圧縮強度 $q_u$ ）		干潟基盤材	人の立ち入り可能性あり	20～50kN/m <sup>2</sup> 以上			
			人の立ち入り可能性なし	12kN/m <sup>2</sup> 以上			
		砂浜基盤材	20～50kN/m <sup>2</sup> 以上				
		藻場基盤材	5kN/m <sup>2</sup> 以上				
		潜堤材	60kN/m <sup>2</sup> 以上				
		潜堤腹付材	60kN/m <sup>2</sup> 以上				
		裏込材	100kN/m <sup>2</sup> 以上				
試験結果	安定性	混合率	10%	15%	20%	30%	
		一軸圧縮強度（kN/m <sup>2</sup> ）	養生28日後	3.66	6.29	23.9	104
			養生91日後	5.04	17.9	71.9	159
	安全性	化学的安全性	（試験未実施）				
生物安全性		（試験未実施）					
評価	安定性	養生28日後	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地混合時の強度のばらつきを考慮しない場合は、混合率15%以上で「藻場基盤材」、混合率20%以上で「干潟基盤材」「砂浜基盤材」、混合率30%以上で「潜堤材」「潜堤腹付材」「裏込材」の目標強度を満足する。</li> <li>現地混合時の強度のばらつきを考慮すると、混合率30%以上でも目標強度を満足しない可能性がある。</li> </ul>				
		養生91日後	<ul style="list-style-type: none"> <li>養生28日後と比べると強度が増大するため、さらに低混合率で目標強度を達成することが可能である。</li> <li>現地混合時の強度のばらつきを考慮しない場合は、混合率10%以上で「藻場基盤材」、混合率15%以上で「干潟基盤材（人の立入可能性なし）」、混合率20%以上で「干潟基盤材（人の立入可能性あり）」、「砂浜基盤材」「潜堤材」「潜堤腹付材」、混合率30%以上で「裏込材」の目標強度を満足する。</li> <li>現地混合時の強度のばらつきを考慮すると「裏込材」については混合率30%以上でも目標強度を満足しない可能性がある。</li> </ul>				
	安全性	（試験未実施）					
試験施工における課題		<ul style="list-style-type: none"> <li>本試験で設定した目標強度は、既存知見を基にした標準的な施工条件で設定しており、<u>施工時には施工条件に応じた目標強度の設定が必要となる。</u></li> <li>現地混合時の強度のばらつきを考慮すると、目標強度を満足するためには30%以上の混合率が必要となる可能性がある。一方、混合率を増加すると必要以上の強度が発現する可能性がある。</li> <li>→施工目的に応じた強度での施工を行うために、<u>低混合～高混合での強度発現状況の確認及び安全率の精度向上</u>を図ることが望ましい。</li> </ul>					

出典：中国地方整備局による試験結果



## 3.2 生物試験事例

## a. 急性毒性試験

## ①魚類

## 【a-1 ヒラメを用いた急性毒性試験結果】

項目	詳細
試験生物	・ヒラメ
試験水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混合材を混練後、直ちに JIS K 0058-1 スラグ類の化学物質試験方法-第1部：溶出量試験方法に準じ、試験原液を作製した。混合材と溶媒（濾過海水）の比率を重量体積比 1:10 とし、毎分約 200 回転で 6 時間攪拌した後約 30 分静置し抜き取った上澄み液を、さらに約 20 時間静置して懸濁物沈降させ、更にその上澄み液を試験原液とした。</li> <li>・試験原液の 50% 希釈液を調製する際には、試験原液に予め約 20℃ に調温済みの濾過海水を加えて希釈し、試験液とした。</li> <li>・試験容器および液量：23L 容ガラス製水槽（試験液量 18L）</li> </ul>
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験区：試験原液（pH 調整） 試験原液の 50% 希釈液（pH 調整） 試験原液（pH 未調整） ※対照区は濾過海水</li> <li>・曝露方法：半止水式（24 時間ごとに全量を換水）にて 96 時間</li> <li>・供試生物数：10 個体/容器</li> <li>・試験連数：3 容器/1 濃度区</li> <li>・試験液条件：酸素飽和度 60%以上を維持、水温 20±1℃、塩分 29 以上 35 以下</li> <li>・照明：蛍光灯、14 時間明/10 時間暗</li> <li>・給餌：なし</li> <li>・収容密度：1L あたり 0.18g</li> </ul>
試験の結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験原液（pH 調整）、試験原液の 50% 希釈液（pH 調整）、試験原液（pH 未調整）の 3 試験区すべてにおいて、96 時間曝露後の死亡率は 0%であった。</li> <li>・対照区における 96 時間曝露後の死亡率は 0%であった。</li> </ul>
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・いずれの試験区においても死亡はみられなかったため、混合材のヒラメに対する半数致死濃度は試験原液の濃度より大きいと考えられた。</li> </ul>

出典：中国地方整備局による生物試験結果

## 【a-2 マダイを用いた急性毒性試験結果】

項目	詳細
試験生物	・マダイ
試験水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混合材を混練後、直ちに JIS K 0058-1 スラグ類の化学物質試験方法-第1部：溶出量試験方法に準じ、試験原液を作製した。混合材と溶媒（濾過海水）の比率を体積比 1:10 とし、毎分約 200 回転で 6 時間攪拌した後に 10~30 分静置し抜き取った上澄み液を、さらに 18~24 時間静置して懸濁物沈降させ、試験原液とした。</li> <li>・試験原液に予め約 20℃に調温済みの濾過海水を加えて希釈し、試験液とした。</li> <li>・試験容器および液量：57L 容ガラス製水槽（試験液量 35L）</li> </ul>
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・曝露方法：半止水式（24 時間ごとに全量を換水）にて 96 時間</li> <li>・供試生物数：10 個体/濃度区</li> <li>・試験液条件：酸素飽和度 60%以上を維持、水温 20±1℃、塩分 30 以上 35 以下</li> <li>・照明：蛍光灯、14 時間明/10 時間暗</li> <li>・給餌：なし</li> </ul>
試験の結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験原液（100%）における 96 時間曝露後の死亡率は 0%であった。</li> <li>・対照区における 96 時間曝露後の死亡率は 0%であった。</li> </ul>
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・いずれの試験区においても死亡はみられなかったため、混合材のマダイに対する半数致死濃度は試験原液の濃度より大きいと考えられた。</li> </ul>

出典：カルシア改質土研究会資料

## ②甲殻類

## 【a-3 ヨシエビを用いた急性毒性試験結果】

項目	詳細
試験生物	・ ヨシエビ
試験水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 混合材を混練後、直ちに JIS K 0058-1 スラグ類の化学物質試験方法-第 1 部：溶出量試験方法に準じ、試験原液を作製した。混合材と溶媒（濾過海水）の比率を重量体積比 1:10 とし、毎分約 200 回転で 6 時間攪拌した後約 30 分静置し抜き取った上澄み液を、さらに約 20 時間静置して懸濁物沈降させ、更にその上澄み液を試験原液とした。</li> <li>・ 試験原液の 50% 希釈液を調製する際には、試験原液に予め約 20℃ に調温済みの濾過海水を加えて希釈し、試験液とした。</li> <li>・ 試験容器および液量：57L 容ガラス製水槽（試験液量 24L）</li> </ul>
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試験区：試験原液（pH 調整） 試験原液の 50% 希釈液（pH 調整） 試験原液（pH 未調整） ※対照区は濾過海水</li> <li>・ 曝露方法：半止水式（24 時間ごとに全量を換水）にて 96 時間</li> <li>・ 供試生物数：20 個体/容器</li> <li>・ 試験連数：3 容器/1 濃度区</li> <li>・ 試験液条件：酸素飽和度 60%以上を維持、水温 20±1℃、塩分 30 以上 35 以下</li> <li>・ 照明：蛍光灯、14 時間明/10 時間暗</li> <li>・ 給餌：なし</li> <li>・ 収容密度：1L あたり 0.25g</li> <li>※供試生物は 1 個体ずつ隔離し、個体識別をした状態で試験液に曝露する必要があるため、ステンレス製メッシュ箱（外寸：縦約 25cm、横約 31cm、高さ約 16cm、内寸：縦横約 6cm、高さ約 16cm で 20 分割）の各区画に 1 個体ずつ収容し、試験水槽内に浸漬した。また、供試個体が収容された区画から飛び出すのを防止するために、硬質塩化ビニール樹脂製の蓋（縦約 26cm、横約 32cm）をした。</li> </ul>
試験の結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試験原液（pH 調整）、試験原液の 50% 希釈液（pH 調整）、試験原液（pH 未調整）の 3 試験区すべてにおいて、96 時間曝露後の死亡率は 0%であった。</li> <li>・ 対照区における 96 時間曝露後の死亡率は 0%であった。</li> </ul>
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ いずれの試験区においても死亡はみられなかったため、混合材のヨシエビに対する半数致死濃度は試験原液の濃度より大きいと考えられた。</li> </ul>

出典：中国地方整備局による生物試験結果



## 【a-4 クルマエビを用いた急性毒性試験結果】

項目	詳細
試験生物	・クルマエビ
試験水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混合材を混練後、直ちに JIS K 0058-1 スラグ類の化学物質試験方法-第1部：溶出量試験方法に準じ、試験原液を作製した。混合材と溶媒（濾過海水）の比率を体積比 1:10 とし、毎分約 200 回転で 6 時間攪拌した後に 10~30 分静置し抜き取った上澄み液を、さらに 18~24 時間静置して懸濁物沈降させ、試験原液とした。</li> <li>・試験原液に予め約 20℃に調温済みの濾過海水を加えて希釈し、試験液とした。</li> <li>・試験容器および液量：57L 容ガラス製水槽（試験液量 23L）</li> </ul>
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・曝露方法：半止水式（24 時間ごとに全量を換水）にて 96 時間</li> <li>・供試生物数：20 個体/濃度区</li> <li>・試験液条件：酸素飽和度 60%以上を維持、水温 20±1℃、塩分 30 以上 35 以下</li> <li>・照明：蛍光灯、14 時間明/10 時間暗</li> <li>・給餌：なし</li> <li>※供試生物は 1 個体ずつ隔離し、個体識別をした状態で試験液に曝露する必要があるため、ステンレス製メッシュ箱（外寸：縦約 25cm、横約 31cm、高さ約 16cm、内寸：縦横約 6cm、高さ約 16cm で 20 分割）の各区画に 1 個体ずつ収容し、試験水槽内に浸漬した。また、供試個体が収容された区画から飛び出すのを防止するために、硬質塩化ビニール樹脂製の蓋（縦約 26cm、横約 32cm、厚さ約 0.1cm）をした。</li> </ul>
試験の結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験原液（100%）における 96 時間曝露後の死亡率は 0%であった。</li> <li>・対照区における 96 時間曝露後の死亡率は 0%であった。</li> </ul>
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・いずれの試験区においても死亡はみられなかったため、混合材のクルマエビに対する半数致死濃度は試験原液の濃度より大きいと考えられた。</li> </ul>

出典：カルシア改質土研究会資料

## ③貝類

## 【a-5 クロアワビを用いた急性毒性試験結果】

項目	詳細
試験生物	・クロアワビ
試験水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混合材を混練後、直ちに JIS K 0058-1 スラグ類の化学物質試験方法-第1部：溶出量試験方法に準じ、試験原液を作製した。混合材と溶媒（濾過海水）の比率を重量体積比 1:10 とし、毎分約 200 回転で 6 時間攪拌した後約 30 分静置し抜き取った上澄み液を、さらに約 20 時間静置して懸濁物沈降させ、更にその上澄み液を試験原液とした。</li> <li>・試験原液の 50% 希釈液を調製する際には、試験原液に予め約 20℃ に調温済みの濾過海水を加えて希釈し、試験液とした。</li> <li>・試験容器および液量：57L 容ガラス製水槽（試験液量 42L）</li> </ul>
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験区：試験原液（pH 調整） 試験原液の 50% 希釈液（pH 調整） 試験原液（pH 未調整） ※対照区は濾過海水</li> <li>・曝露方法：半止水式（24 時間ごとに全量を換水）にて 96 時間</li> <li>・供試生物数：10 個体/容器</li> <li>・試験連数：3 容器/1 濃度区</li> <li>・試験液条件：酸素飽和度 60%以上を維持、水温 20±1℃、塩分 30 以上 35 以下、エアレーションあり</li> <li>・照明：蛍光灯、14 時間明/10 時間暗</li> <li>・給餌：なし</li> <li>・収容密度：1L あたり 0.87g</li> <li>※個体を剥離する際の負担を軽減するため、内側にポリエチレン製樹脂ネット（2.1 mmメッシュ）を張ったステンレス製籠（縦横高さ約 20cm、5.5mm 目メッシュ）に供試生物を収容し、ガラス製蓋（縦横約 24cm、厚さ約 0.3cm）をして水槽内に沈め試験液に曝露した。また、供試生物が身を隠す事が出来るように、ステンレス製蓋（縦約 20cm、横約 13cm）1 枚を籠内に斜めに立て掛けた。</li> </ul>
試験の結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験原液（pH 調整）、試験原液の 50% 希釈液（pH 調整）、試験原液（pH 未調整）の 3 試験区すべてにおいて、96 時間曝露後の死亡率は 0%であった。</li> <li>・対照区における 96 時間曝露後の死亡率は 0%であった。</li> </ul>
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・いずれの試験区においても死亡はみられなかったため、混合材のクロアワビに対する半数致死濃度は試験原液の濃度より大きいと考えられた。</li> </ul>

出典：中国地方整備局による生物試験結果

## 【a-6 クロアワビを用いた急性毒性試験結果】


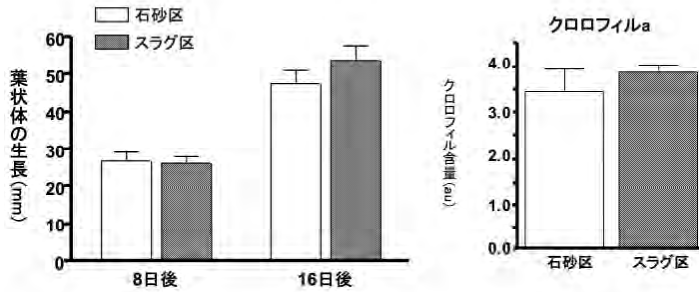
項目	詳細
試験生物	・クロアワビ
試験水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混合材を混練後、直ちに JIS K 0058-1 スラグ類の化学物質試験方法-第1部：溶出量試験方法に準じ、試験原液を作製した。混合材と溶媒（濾過海水）の比率を体積比 1:10 とし、毎分約 200 回転で 6 時間攪拌した後に 10~30 分静置し抜き取った上澄み液を、さらに 18~24 時間静置して懸濁物沈降させ、試験原液とした。</li> <li>・試験原液に予め約 20℃に調温済みの濾過海水を加えて希釈し、試験液とした。</li> <li>・試験容器および液量：57L 容ガラス製水槽（試験液量 40L）</li> </ul>
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・曝露方法：半止水式（24 時間ごとに全量を換水）にて 96 時間</li> <li>・供試生物数：10 個体/濃度区</li> <li>・試験液条件：酸素飽和度 60%以上を維持、水温 20±1℃、塩分 30 以上 35 以下</li> <li>・照明：蛍光灯、14 時間明/10 時間暗</li> <li>・給餌：なし</li> <li>※個体を剥離する際の負担を軽減するため、ステンレス製籠（縦横高さ約 20cm、5.5mm 目メッシュ）に供試生物を収容し、ガラス製蓋（縦横約 24cm、厚さ約 0.3cm）をして水槽内に沈め試験液に曝露した。また、供試生物が身を隠す事が出来るように、ステンレス製蓋（縦約 20cm、横約 13cm）1 枚を籠内に斜めに立て掛けた。</li> </ul>
試験の結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験原液（100%）における 96 時間暴露後の死亡率は 0%であった。</li> <li>・対照区における 96 時間暴露後の死亡率は 0%であった。</li> </ul>
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・いずれの試験区においても死亡はみられなかったため、混合材のクロアワビに対する半数致死濃度は試験原液の濃度より大きいと考えられた。</li> </ul>

出典：カルシア改質土研究会資料

## ④藻類

## 【a-7 藻類の長期培養試験】

※転炉系製鋼スラグ単体での試験事例

項目	詳細															
試験生物	・スサビノリ															
試験水槽	・海水で満たした屋外大型水槽において、転炉系製鋼スラグを敷設した際の溶出液を試験液とした。 ・試験容器：屋外大型水槽															
試験条件	・曝露方法：流水式にて16日間以上 															
試験の結果	<p>・スサビノリの葉状体の生長量およびクロロフィルa量を測定し、以下の結果を得た。</p>  <table border="1"> <caption>葉状体の生長 (mm)</caption> <thead> <tr> <th>日数</th> <th>石砂区</th> <th>スラグ区</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8日後</td> <td>約28</td> <td>約27</td> </tr> <tr> <td>16日後</td> <td>約48</td> <td>約53</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <caption>クロロフィルa</caption> <thead> <tr> <th>区画</th> <th>クロロフィルa含量 (mg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>石砂区</td> <td>約3.5</td> </tr> <tr> <td>スラグ区</td> <td>約3.8</td> </tr> </tbody> </table>	日数	石砂区	スラグ区	8日後	約28	約27	16日後	約48	約53	区画	クロロフィルa含量 (mg)	石砂区	約3.5	スラグ区	約3.8
日数	石砂区	スラグ区														
8日後	約28	約27														
16日後	約48	約53														
区画	クロロフィルa含量 (mg)															
石砂区	約3.5															
スラグ区	約3.8															
評価	・転炉系製鋼スラグ区と対照区では生長に差が認められず、また金属元素組成も大きな差異が認められない。															

出典：「転炉系製鋼スラグ 海域利用の手引き」、日本鉄鋼連盟（平成20年9月）

## ⑤その他

## 【a-8 ヒラメ等を用いた短期飼育試験】

※転炉系製鋼スラグ単体での試験事例

項目	詳細																																																	
試験生物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ヒラメ、マミチョグ、ネズミゴチ、キス（魚類）</li> <li>・アサリ、カキ（貝類）</li> <li>・ヒトデ、イソギンチャク（その他）</li> </ul>																																																	
試験水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・円形型の 1t 水槽 2 台を屋内に設置し、転炉系製鋼スラグを 200kg 敷設した際の溶出液を試験液とした。</li> <li>・海水で満たした屋外大型水槽において、転炉系製鋼スラグを敷設した際の溶出液を試験液とした。</li> </ul> <div style="text-align: center;"> </div>																																																	
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・曝露方法：流水式（1日1回の換水率）にて28日間</li> <li>・供試生物数：試験結果参照</li> </ul>																																																	
試験の結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・魚介類に対する死亡数は以下の通りであり、その他の外見や行動についても転炉系製鋼スラグ区及び対照区で差はみられなかった。</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">転炉系製鋼スラグ</th> <th colspan="2">天然石砂（対照区）</th> </tr> <tr> <th>収容個体数</th> <th>斃死個体数</th> <th>収容個体数</th> <th>斃死個体数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ヒラメ</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>マミチョグ</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ネズミゴチ</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>キス</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>アサリ</td> <td>60</td> <td>0</td> <td>60</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ヒトデ</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>イソギンチャク</td> <td>適当数</td> <td>0</td> <td>適当数</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>カキ</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		転炉系製鋼スラグ		天然石砂（対照区）		収容個体数	斃死個体数	収容個体数	斃死個体数	ヒラメ	20	0	20	0	マミチョグ	5	0	5	0	ネズミゴチ	6	0	6	0	キス	4	0	4	0	アサリ	60	0	60	0	ヒトデ	5	0	5	0	イソギンチャク	適当数	0	適当数	0	カキ	4	0	4	0
	転炉系製鋼スラグ		天然石砂（対照区）																																															
	収容個体数	斃死個体数	収容個体数	斃死個体数																																														
ヒラメ	20	0	20	0																																														
マミチョグ	5	0	5	0																																														
ネズミゴチ	6	0	6	0																																														
キス	4	0	4	0																																														
アサリ	60	0	60	0																																														
ヒトデ	5	0	5	0																																														
イソギンチャク	適当数	0	適当数	0																																														
カキ	4	0	4	0																																														
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・転炉系製鋼スラグ区と対照区では死亡数に有意な差がみられなかったため魚介類への短期的影響は小さいものと考えられた。</li> </ul>																																																	

出典：「転炉系製鋼スラグ 海域利用の手引き」、日本鉄鋼連盟（平成20年9月）

## b. 蓄積性試験

## ①魚類

## 【b-1 ヒラメを用いた蓄積性試験結果】

項目	詳細																																																																																
試験生物	・ ヒラメ																																																																																
試験水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 混合材（実容積率 20%）を混練後、200L 容ポリエチレン製樹脂製の円筒形水槽の底面に混合材が薄く均等に広がるように置き、溶媒（濾過海水）180L を静かに加え、約 18 時間静置した。その後、濾過海水の掛け流しを行い、そこからオーバーフロー（水槽の 1/2 水深付近から供給されるよう配管を調製）した海水を試験液とした。また、底層の混合材が巻き上がらないように留意して曝気を施し、混合槽内の試験原液を混合した。なお、対照区では濾過海水を直接試験水槽へ注水した。</li> <li>・ 試験容器および液量：200L 容ポリエチレン樹脂製水槽（試験液量 180L）</li> </ul>																																																																																
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 曝露方法：流水式にて 60 日間 （換水率：1 日当たり 10 回（1.25L/分））</li> <li>・ 供試生物数：試験区 288 個体（対照区 186 個体）</li> <li>・ 試験連数：1 容器/1 濃度区</li> <li>・ 試験液条件：水温 20±1℃、塩分 29 以上 35 以下、エアレーションあり</li> <li>・ 照明：蛍光灯、14 時間明/10 時間暗</li> <li>・ 給餌：配合飼料（体重に対する一定割合量を毎日 2 回に分け給餌、ただし、試験開始日と生体内の有害化学物質含有量調査の 24 時間前より無給餌）</li> </ul>																																																																																
試験の結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 60 日間の曝露後におけるヒラメ生体内（骨、肉、内臓等すべて）の重金属の蓄積量を測定し、以下の結果を得た。</li> </ul> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th colspan="8">ヒラメ生体中の重金属濃度 (mg/kg)</th> </tr> <tr> <th>元素</th> <th colspan="3">試験区 (60 日後)</th> <th colspan="3">対照区</th> <th>曝露前</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>カドミウム</td> <td>0.067</td> <td>0.092</td> <td>0.06</td> <td>0.094</td> <td>0.092</td> <td>0.063</td> <td>0.074</td> </tr> <tr> <td>鉛</td> <td>0.008</td> <td>0.009</td> <td>0.009</td> <td>0.009</td> <td>0.009</td> <td>0.009</td> <td>0.012</td> </tr> <tr> <td>六価クロム</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> </tr> <tr> <td>ヒ素</td> <td>0.45</td> <td>0.43</td> <td>0.44</td> <td>0.40</td> <td>0.42</td> <td>0.43</td> <td>0.24</td> </tr> <tr> <td>総水銀</td> <td>0.011</td> <td>0.014</td> <td>0.013</td> <td>0.012</td> <td>0.015</td> <td>0.014</td> <td>0.012</td> </tr> <tr> <td>セレン</td> <td>0.31</td> <td>0.31</td> <td>0.32</td> <td>0.32</td> <td>0.31</td> <td>0.30</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>ふっ素</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>ほう素</td> <td>0.33</td> <td>0.35</td> <td>0.36</td> <td>0.28</td> <td>0.31</td> <td>0.33</td> <td>0.65</td> </tr> </tbody> </table>	ヒラメ生体中の重金属濃度 (mg/kg)								元素	試験区 (60 日後)			対照区			曝露前	カドミウム	0.067	0.092	0.06	0.094	0.092	0.063	0.074	鉛	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.012	六価クロム	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	ヒ素	0.45	0.43	0.44	0.40	0.42	0.43	0.24	総水銀	0.011	0.014	0.013	0.012	0.015	0.014	0.012	セレン	0.31	0.31	0.32	0.32	0.31	0.30	0.30	ふっ素	<10	<10	<10	<10	<10	<10	29	ほう素	0.33	0.35	0.36	0.28	0.31	0.33	0.65
ヒラメ生体中の重金属濃度 (mg/kg)																																																																																	
元素	試験区 (60 日後)			対照区			曝露前																																																																										
カドミウム	0.067	0.092	0.06	0.094	0.092	0.063	0.074																																																																										
鉛	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.012																																																																										
六価クロム	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10																																																																										
ヒ素	0.45	0.43	0.44	0.40	0.42	0.43	0.24																																																																										
総水銀	0.011	0.014	0.013	0.012	0.015	0.014	0.012																																																																										
セレン	0.31	0.31	0.32	0.32	0.31	0.30	0.30																																																																										
ふっ素	<10	<10	<10	<10	<10	<10	29																																																																										
ほう素	0.33	0.35	0.36	0.28	0.31	0.33	0.65																																																																										
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 60 日間曝露後の試験区及び対照区について、ヒラメ体内の有害物質含有量を比較した結果、統計的な有意差（Mann-Whitney の U 検定における 5% 有意水準による有意差）はみられなかった。そのため、混合材によるヒラメに対する生物蓄積性は小さいと評価した。</li> </ul>																																																																																

出典：中国地方整備局による生物試験結果

## 【b-2 ヒラメを用いた可食部の重金属の含有量試験】

## ※転炉系製鋼スラグ単体での試験事例

項目	詳細																																
試験生物	・ ヒラメ																																
試験水槽	・ 転炉系製鋼スラグを一定割合（2% (w/v), 10% (w/v)）で敷設した水槽を設置して飼育した。 ・ 試験容器：100L 容水槽																																
試験条件	・ 曝露方法：流水式（濾過した海水を水温 20℃、流量 60L/h）にて 4 ヶ月間 ・ 供試生物数：20 個体/濃度区 ・ 給餌：配合飼料を毎日 1 回飽食給餌																																
試験の結果	<p>・ ヒラメ筋肉及び肝臓の重金属の蓄積量を測定し、以下の結果（抜粋）を得た。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ヒラメ筋肉における微量元素含有量 (ng/g 組織)</th> </tr> <tr> <th>元素</th> <th colspan="2">対照区</th> <th>転炉系製鋼スラグ 10%区</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>クロム</td> <td>6.0 ±</td> <td>5.6</td> <td>1.4 ± 1.3</td> </tr> <tr> <td>ひ素</td> <td>590.2 ±</td> <td>108.0</td> <td>523.9 ± 84.8</td> </tr> <tr> <td>セレン</td> <td>629.5 ±</td> <td>57.5</td> <td>536.2 ± 31.7</td> </tr> <tr> <td>カドミウム</td> <td>0.8 ±</td> <td>0.6</td> <td>0.3 ± 0.1</td> </tr> <tr> <td>鉛</td> <td>4.2 ±</td> <td>2.7</td> <td>0.9 ± 0.5</td> </tr> <tr> <td>水銀</td> <td>51.5 ±</td> <td>9.8</td> <td>62.1 ± 5.1</td> </tr> </tbody> </table> <p>※表中の±の数値は試料の標準偏差を示す。他に Zn, Mn, Cu 等の金属元素を測定している。</p>	ヒラメ筋肉における微量元素含有量 (ng/g 組織)				元素	対照区		転炉系製鋼スラグ 10%区	クロム	6.0 ±	5.6	1.4 ± 1.3	ひ素	590.2 ±	108.0	523.9 ± 84.8	セレン	629.5 ±	57.5	536.2 ± 31.7	カドミウム	0.8 ±	0.6	0.3 ± 0.1	鉛	4.2 ±	2.7	0.9 ± 0.5	水銀	51.5 ±	9.8	62.1 ± 5.1
ヒラメ筋肉における微量元素含有量 (ng/g 組織)																																	
元素	対照区		転炉系製鋼スラグ 10%区																														
クロム	6.0 ±	5.6	1.4 ± 1.3																														
ひ素	590.2 ±	108.0	523.9 ± 84.8																														
セレン	629.5 ±	57.5	536.2 ± 31.7																														
カドミウム	0.8 ±	0.6	0.3 ± 0.1																														
鉛	4.2 ±	2.7	0.9 ± 0.5																														
水銀	51.5 ±	9.8	62.1 ± 5.1																														
評価	・ 有害元素（クロム、カドミウム、ひ素、鉛など）の過剰な蓄積は認められず、転炉系製鋼スラグから溶出する各種金属元素の代謝蓄積の魚類に対する影響は非常に小さいものと考えられた。																																

出典：「転炉系製鋼スラグ 海域利用の手引き」、日本鉄鋼連盟（平成 20 年 9 月）

## ②甲殻類

## 【b-3 ヨシエビを用いた蓄積性試験結果】

項目	詳細																																																																																																				
試験生物	・ ヨシエビ																																																																																																				
試験水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 混合材（実容積率 20%）を混練後、200L 容ポリエチレン樹脂製の円筒形水槽の底面に混合材が薄く均等に広がるように置き、溶媒（濾過海水）180L を静かに加え、約 21 時間静置した。その後、濾過海水の掛け流しを行い、そこからオーバーフロー（水槽の 1/2 水深付近から供給されるよう配管を調製）した海水を試験液とした。また、底層の混合材が巻き上がらないように留意して曝気を施し、混合槽内の試験原液を混合した。なお、対照区では濾過海水を直接試験水槽へ注水した。</li> <li>・ 試験容器および液量：400L 容ポリプロピレン樹脂製角型容器（試験液量 180L）</li> </ul>																																																																																																				
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 曝露方法：流水式にて 60 日間 （換水率：1 日当たり 10 回（1.25L/分））</li> <li>・ 供試生物数：試験区 250 個体（対照区 250 個体）</li> <li>・ 試験連数：1 容器/1 濃度区</li> <li>・ 試験液条件：酸素飽和度 60%以上を維持、水温 20±1℃、塩分 30 以上 35 以下、エアレーションあり</li> <li>・ 照明：蛍光灯、14 時間明/10 時間暗</li> <li>・ 給餌：配合飼料（体重の 3.0% 昼前 1 回給餌、ただし、試験開始日と生体内の有害化学物質含有量調査の 24 時間前より無給餌）</li> </ul>																																																																																																				
試験の結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 60 日間の曝露後におけるヨシエビ生体内（殻、内臓等すべて）の重金属の蓄積量を測定し、以下の結果を得た。</li> </ul> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th colspan="10">ヨシエビ生体中の重金属濃度 (mg/kg)</th> </tr> <tr> <th>元素</th> <th colspan="3">試験区 (60 日後)</th> <th colspan="3">対照区</th> <th colspan="3">曝露前</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>カドミウム</td> <td>0.063</td> <td>0.075</td> <td>0.077</td> <td>0.062</td> <td>0.067</td> <td>0.059</td> <td>0.074</td> <td>0.068</td> <td>0.072</td> </tr> <tr> <td>鉛</td> <td>0.009</td> <td>0.011</td> <td>0.009</td> <td>0.016</td> <td>0.014</td> <td>0.013</td> <td>0.028</td> <td>0.029</td> <td>0.046</td> </tr> <tr> <td>六価クロム</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> </tr> <tr> <td>ヒ素</td> <td>0.59</td> <td>0.63</td> <td>0.65</td> <td>0.58</td> <td>0.54</td> <td>0.61</td> <td>0.75</td> <td>0.83</td> <td>0.78</td> </tr> <tr> <td>総水銀</td> <td>0.019</td> <td>0.021</td> <td>0.022</td> <td>0.026</td> <td>0.022</td> <td>0.026</td> <td>0.041</td> <td>0.025</td> <td>0.024</td> </tr> <tr> <td>セレン</td> <td>0.42</td> <td>0.41</td> <td>0.44</td> <td>0.42</td> <td>0.41</td> <td>0.41</td> <td>0.44</td> <td>0.45</td> <td>0.46</td> </tr> <tr> <td>ふっ素</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>11</td> <td>29</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>ほう素</td> <td>1.7</td> <td>1.9</td> <td>2.0</td> <td>1.9</td> <td>2.2</td> <td>1.9</td> <td>1.8</td> <td>1.9</td> <td>1.9</td> </tr> </tbody> </table>	ヨシエビ生体中の重金属濃度 (mg/kg)										元素	試験区 (60 日後)			対照区			曝露前			カドミウム	0.063	0.075	0.077	0.062	0.067	0.059	0.074	0.068	0.072	鉛	0.009	0.011	0.009	0.016	0.014	0.013	0.028	0.029	0.046	六価クロム	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	ヒ素	0.59	0.63	0.65	0.58	0.54	0.61	0.75	0.83	0.78	総水銀	0.019	0.021	0.022	0.026	0.022	0.026	0.041	0.025	0.024	セレン	0.42	0.41	0.44	0.42	0.41	0.41	0.44	0.45	0.46	ふっ素	<10	<10	<10	11	29	<10	<10	<10	11	ほう素	1.7	1.9	2.0	1.9	2.2	1.9	1.8	1.9	1.9
ヨシエビ生体中の重金属濃度 (mg/kg)																																																																																																					
元素	試験区 (60 日後)			対照区			曝露前																																																																																														
カドミウム	0.063	0.075	0.077	0.062	0.067	0.059	0.074	0.068	0.072																																																																																												
鉛	0.009	0.011	0.009	0.016	0.014	0.013	0.028	0.029	0.046																																																																																												
六価クロム	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10																																																																																												
ヒ素	0.59	0.63	0.65	0.58	0.54	0.61	0.75	0.83	0.78																																																																																												
総水銀	0.019	0.021	0.022	0.026	0.022	0.026	0.041	0.025	0.024																																																																																												
セレン	0.42	0.41	0.44	0.42	0.41	0.41	0.44	0.45	0.46																																																																																												
ふっ素	<10	<10	<10	11	29	<10	<10	<10	11																																																																																												
ほう素	1.7	1.9	2.0	1.9	2.2	1.9	1.8	1.9	1.9																																																																																												
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 60 日間曝露後の試験区及び対照区について、ヨシエビ体内の有害物質含有量を比較した結果、鉛以外では統計的な有意差（Mann-Whitney の U 検定における 5% 有意水準による有意差）はみられなかった。また、有意差がみられた鉛については、曝露前よりも含有量が低くなっていた。そのため、混合材によるヨシエビに対する生物蓄積性は小さいと評価した。</li> </ul>																																																																																																				

出典：中国地方整備局による生物試験結果



## ③貝類

## 【b-4 クロアワビを用いた蓄積性試験結果】

項目	詳細																																																																																
試験生物	・クロアワビ																																																																																
試験水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混合材（実容積率 20%）を混練後、200L 容ポリエチレン製樹脂製の円筒形水槽の底面に混合材が薄く均等に広がるように置き、溶媒（濾過海水）180L を静かに加え、約 20 時間静置した。その後、濾過海水の掛け流しを行い、そこからオーバーフロー（水槽の 1/2 水深付近から供給されるよう配管を調製）した海水を試験液とした。また、底層の混合材が巻き上がらないように留意して曝気を施し、混合槽内の試験原液を混合した。なお、対照区では濾過海水を直接試験水槽へ注水した。</li> <li>・試験容器および液量：200L 容ポリエチレン樹脂製水槽（試験液量 180L）</li> </ul>																																																																																
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・曝露方法：流水式にて 60 日間（換水率：1 日当たり 10 回（1.25L/分））</li> <li>・供試生物数：試験区 240 個体（対照区 175 個体）</li> <li>・試験連数：1 容器/1 濃度区</li> <li>・試験液条件：水温 20±1℃、塩分 30 以上 35 以下、エアレーションあり</li> <li>・照明：蛍光灯、14 時間明/10 時間暗</li> <li>・給餌：配合飼料（体重に対する一定割合量を毎日 1 回給餌、ただし、試験開始日と生体内の有害化学物質含有量調査の 24 時間前より無給餌）</li> </ul>																																																																																
試験の結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・60 日間の曝露後におけるクロアワビ生体内（殻を除く可食部すべて）の重金属の蓄積量を測定し、以下の結果を得た。</li> </ul> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th colspan="8">クロアワビ生体中の重金属濃度 (mg/kg)</th> </tr> <tr> <th>元素</th> <th colspan="3">試験区 (60 日後)</th> <th colspan="3">対照区</th> <th>曝露前</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>カドミウム</td> <td>1.5</td> <td>1.4</td> <td>1.3</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td>1.3</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>鉛</td> <td>0.32</td> <td>0.27</td> <td>0.27</td> <td>0.29</td> <td>0.29</td> <td>0.30</td> <td>0.19</td> </tr> <tr> <td>六価クロム</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> </tr> <tr> <td>ヒ素</td> <td>1.7</td> <td>1.7</td> <td>1.6</td> <td>1.7</td> <td>1.6</td> <td>1.5</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>総水銀</td> <td>0.021</td> <td>0.027</td> <td>0.025</td> <td>0.024</td> <td>0.022</td> <td>0.024</td> <td>0.016</td> </tr> <tr> <td>セレン</td> <td>0.29</td> <td>0.25</td> <td>0.23</td> <td>0.25</td> <td>0.27</td> <td>0.24</td> <td>0.25</td> </tr> <tr> <td>ふっ素</td> <td>11</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> <td>&lt;10</td> </tr> <tr> <td>ほう素</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>0.98</td> <td>1.0</td> <td>0.97</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>	クロアワビ生体中の重金属濃度 (mg/kg)								元素	試験区 (60 日後)			対照区			曝露前	カドミウム	1.5	1.4	1.3	1.4	1.6	1.3	1.5	鉛	0.32	0.27	0.27	0.29	0.29	0.30	0.19	六価クロム	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	ヒ素	1.7	1.7	1.6	1.7	1.6	1.5	1.8	総水銀	0.021	0.027	0.025	0.024	0.022	0.024	0.016	セレン	0.29	0.25	0.23	0.25	0.27	0.24	0.25	ふっ素	11	<10	<10	<10	<10	<10	<10	ほう素	1.0	1.0	1.0	0.98	1.0	0.97	1.2
クロアワビ生体中の重金属濃度 (mg/kg)																																																																																	
元素	試験区 (60 日後)			対照区			曝露前																																																																										
カドミウム	1.5	1.4	1.3	1.4	1.6	1.3	1.5																																																																										
鉛	0.32	0.27	0.27	0.29	0.29	0.30	0.19																																																																										
六価クロム	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10																																																																										
ヒ素	1.7	1.7	1.6	1.7	1.6	1.5	1.8																																																																										
総水銀	0.021	0.027	0.025	0.024	0.022	0.024	0.016																																																																										
セレン	0.29	0.25	0.23	0.25	0.27	0.24	0.25																																																																										
ふっ素	11	<10	<10	<10	<10	<10	<10																																																																										
ほう素	1.0	1.0	1.0	0.98	1.0	0.97	1.2																																																																										
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・60 日間曝露後の試験区及び対照区について、クロアワビ体内の有害物質含有量を比較した結果、統計的な有意差（Mann-Whitney の U 検定における 5% 有意水準による有意差）はみられなかった。そのため、混合材によるクロアワビに対する生物蓄積性は小さいと評価した。</li> </ul>																																																																																

出典：中国地方整備局による生物試験結果

- 【b-5 タカニシを用いた可食部の重金属の含有量試験】試験詳細情報なし
- 【b-6 アワビを用いた可食部の重金属の含有量試験】試験詳細情報なし
- 【b-7 マガキ・キタムラサキウニを用いた重金属の含有量試験】試験詳細情報なし

④藻類

(混合材または転炉系鉄鋼スラグでの既存事例無し)

⑤その他

- 【b-8 マガキ・キタムラサキウニを用いた重金属の含有量試験】試験詳細情報なし

### 3.3 品質管理試験事例

①施工時濁り抑制の室内試験（水中落下試験）及び実海域投入試験<sup>1</sup>

#### 1) 実験概要

実験で使用した転炉系製鋼スラグと浚渫土の物性を下表に示す。転炉系製鋼スラグの粒度は JIS A 5015 で規定されている CS-20 とし、浚渫土は東京湾内で採取したものをを使用した。

浚渫土及び転炉系製鋼スラグの物性値

種類	土粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> )	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	粒度組成 (%)				液性限界 (%)	塑性限界 (%)	強熱減量 (%)
				礫	砂	シルト	粘土			
浚渫土	2.646	1.275	—	0.4	5.0	82.6	12.0	103.6	43.6	11.4
転炉系製鋼スラグ	3.269	—	2.995	68.6	25.9	—	5.5	—	—	—



水槽試験状況

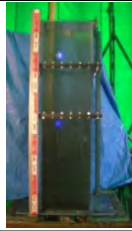
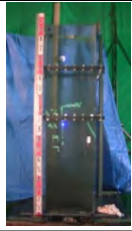
#### 2) 水槽実験による検証

水槽実験は天端が開口となっている水槽を用いて室内で実施した。開口上部から試料を投入後 1 分経過時の水槽内の様子を撮影した画像の RGB 値を濁度値に変換し、全濁り発生量を算出した。実験ケースは、浚渫土単体および混合材について実施した。混合材は、浚渫土と転炉系製鋼スラグを容積混合比 7 : 3 で製造した。

落下中の投入量当たりの濁り発生量を算出したところ、浚渫土単体の 5.29g/m/kg-wet に対し、混合材は 1.38g/m/kg-wet と 3 割程度に抑制されていることが確認された。これは投入前のシリンダーフロー試験で浚渫土単体の 14.3cm に対し、混合材は 8.8cm と粘性が大きくなっていたことによる

と考えられる。同様に着底時の濁りを算出したところ、浚渫土単体の 2.16g/kg-wet に対し、混合材は 0.60g/kg-wet と 3 割程度に抑制されていた。そのため、落下中の濁りと着底時の濁りを合計した全濁り発生量は浚渫土の 24.8g に対し、混合材では 6.7g と改質前の 3 割程度に抑制されていることが確認された。

濁りの水槽実験結果

		浚渫土単体	混合材
転炉系製鋼スラグ混合率		0%	30%
土砂のシリンダーフロー値 (cm)		14.3	8.8
湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )		1.32	1.71
実験状況			
落下速度 (m/s)		0.49	0.83
投入量当たりの濁り発生量	落下中の濁り (g/m/kg-wet)	5.29	1.38
	着底後の濁り (g/m/kg-wet)	2.16	0.60
濁りの全発生量 (g)		24.8	6.7

<sup>1</sup> 出典：カルシア改質土研究会資料

3) 実海域実験による検証

2011 年に千葉県君津市の沖合にて、バックホウで土運船内混合した混合材を底開バージで投入し、15,200m<sup>3</sup> (80m×150m) の浅場マウンドを試験的に造成する工事を行った。

本工事において、多項目水質計により土砂投入時の海中のSS濃度の測定を実施した。投入ケースは、水槽実験と同じく浚渫土単体と混合材について実施した。混合材は浚渫土と転炉系製鋼スラグを容積混合比7:3で製造した。

投入前のシリンダーフロー値は浚渫土単体で14.3cm、混合材で8.7cmと水槽実験とほぼ同等の結果が得られた。

投入直後から120分間測定を実施し、平面方向、深度方向の分布と発生量を加味した濁り分布平面図を作成した。その結果、投入後の分布状況は、浚渫土単体のケースに比べて、混合材のケースで濁りが全体的に少ないことが確認された。また、濁り分布は浚渫土単体、混合材の両ケース共、時間の経過につれて全体的に濁りが消失していくが、混合材の方が濁りの消失が早いことが確認された。濁りの発生量原単位を比較すると、浚渫土単体の21.2×10<sup>-3</sup>t/m<sup>3</sup>に対して、混合材は6.7×10<sup>-3</sup>t/m<sup>3</sup>と3割程度に抑制されることがわかった。

土砂投入時の濁り測定結果

	転炉系製鋼スラグ混合率 (%)	フロー値 (cm)	濁り分布平面図			発生源単位 (t/m <sup>3</sup> )
			投入直後～約30分後以内	約30分後～約50分後以内	約50分後～約70分後以内	
浚渫土単体	0%	14.3				21.2×10 <sup>-3</sup>
混合材	30%	8.7				6.7×10 <sup>-3</sup>

②造波試験装置を用いた濁り抑制試験<sup>2</sup>

## 1) 実験概要

混合材は、固化により浚渫土単独に比べて耐波浪性が向上した材料であるが、施工直後のまだ固化していない段階では、波力による巻き上がりにより濁りが発生することが懸念されたため、造波可能な海域環境シミュレータを用いて確認実験を行った。

実験には、下記の材料を用いた。

- 浚渫土（採取地：東京湾）
  - ・ 湿潤密度：1.259 (g/cm<sup>3</sup>)
  - ・ 含水比：180%
  - ・ 細粒分含有率：93.7%
  - ・ 液性限界：128%



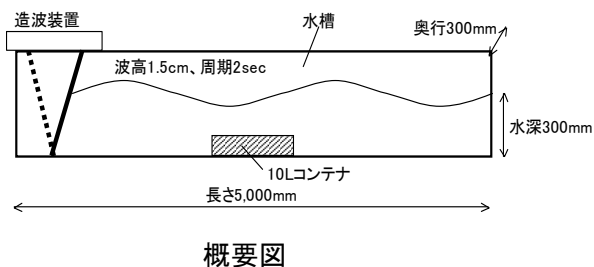
- 転炉系製鋼スラグ
  - ・ 粒径：5~0 mm
  - ・ 表乾密度：2.88 (g/cm<sup>3</sup>)



実験は、浚渫土単独と混合材（転炉系製鋼スラグの容積混合率 30%）の 2 ケースで実施した。また、材質の硬軟の差が無いようにするため、混合材の混合直後のフロー値が、浚渫土単独のフロー値：11cm と同一になるように、加水にてフロー値の調整を行った。

## 2) 実験内容

浚渫土単独と混合材をそれぞれ 10L コンテナ（336mm×194mm×156mm）1 箱に充填し、それぞれ 2 基の海域環境シミュレータに設置した。海域環境シミュレータの水深は、海水（東京湾）を用いて 300mm とした。また、造波条件は、波高 1.5cm、周期 2sec とした。造波時間は最長 18 時間とし、その間、濁度の計測を実施した。

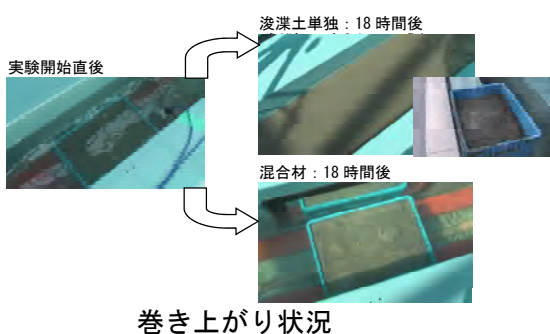


概要図

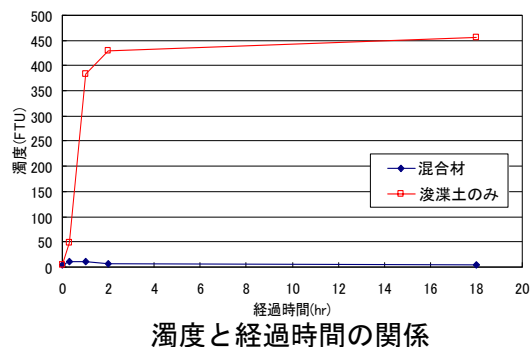
## 3) 実験結果

浚渫土単独では、実験開始から約 10 分で濁りが著しくなり、実験完了の 18 時間後には 10L コンテナ内の浚渫土の約半数が流出する結果となった。

一方、混合材では、実験開始の混合直後は若干の濁りが発生したものの、時間経過とともに固化が進み、実験完了の 18 時間後では濁りが極めて少ない結果となった。



巻き上がり状況

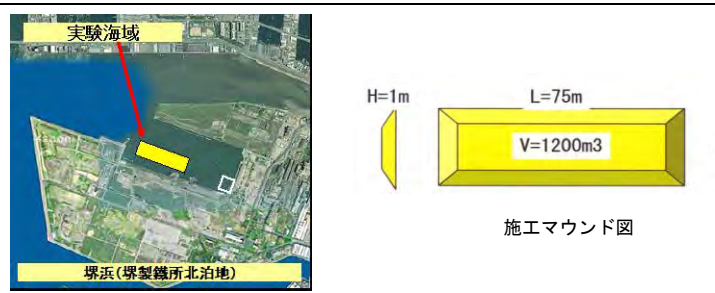
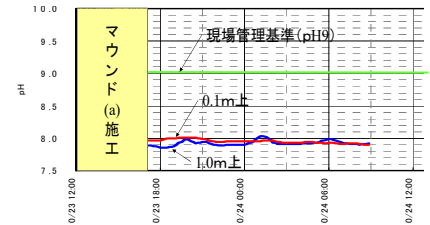


濁度と経過時間の関係

<sup>2</sup> 出典：カルシア改質土研究会資料

3.4 施工事例（実証試験事例）

(1) 堺泉北港堺2区

項目	詳細																																																																																																																																																																							
工事概要	適用用途	浅場基盤材																																																																																																																																																																						
	施工時期	平成 19 年 10 月																																																																																																																																																																						
	施工規模	75m×25m×高さ 1.0m（混練方法を変えて 3 山造成）																																																																																																																																																																						
	施工量	3,600m <sup>3</sup>																																																																																																																																																																						
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：30vol%																																																																																																																																																																						
	事業者	一般社団法人日本鉄鋼連盟																																																																																																																																																																						
	混合工法	連続式ミキサー混合（混合材）																																																																																																																																																																						
	投入工法	トレミー船での海中投入（混合材）																																																																																																																																																																						
平面図	 <p>＜平面図＞</p>																																																																																																																																																																							
品質管理	<p>施工・モニタリング内容</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>マウンド造成                     <ul style="list-style-type: none"> <li>リクレーマ船での浚渫土と転炉系鉄鋼スラグの定量切出し（7：3）およびトレミー船へ搬送と、トレミー船での連続式ミキサー混合および海中投入を連続的に行い、マウンドを造成</li> </ul> </li> <li>モニタリング                     <ul style="list-style-type: none"> <li>【調査項目】                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・施工中：強度（コーン貫入試験）、安全性（pH）</li> <li>・施工後：強度（マウンド形状）、安全性（pH、重金属溶出）</li> </ul> </li> <li>【調査時期】                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・施工中：平成 19 年度</li> <li>・施工後：平成 21 年度</li> </ul> </li> </ul> </li> </ol>																																																																																																																																																																							
モニタリング結果	<p>水環境</p>  <p>図 1：施工時の pH 変化</p> <p>施工中： pHモニタリングにおいて pH 上昇はほとんど見られない。（測定位置：マウンド上部の 0.1m および 1m）</p> <p>施工後： pHモニタリングにおいて pH 上昇はほとんど見られない。マウンド部の pH=7.7、バックグラウンドの pH=7.6（測定位置：底面上部の 0.1m） また、実験マウンドとバックグラウンドから採取した資料で水底土砂に係る判断基準への適合性を評価し、平成 21 年度に、すべての項目で溶出安全性評価基準値以下であった。</p> <p>表 1：施工後の有害物質の溶出（平成 21 年度）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">測定項目</th> <th rowspan="2">単位</th> <th colspan="2">測定値</th> <th rowspan="2">海洋汚染防止法 水底土砂に係る 判断基準 (総揮発量も参照)</th> </tr> <tr> <th>マウンド a</th> <th>バック グラウンド</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>水銀又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.0005</td><td>&lt;0.0005</td><td>0.005mg/L 以下</td></tr> <tr><td>カドミウム又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.01</td><td>&lt;0.01</td><td>0.1mg/L 以下</td></tr> <tr><td>鉛又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.005</td><td>&lt;0.005</td><td>0.1mg/L 以下</td></tr> <tr><td>亜鉛化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.1</td><td>&lt;0.1</td><td>1 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>アルキル水銀</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.0005</td><td>&lt;0.0005</td><td>検出されないこと</td></tr> <tr><td>六価クロム化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.05</td><td>&lt;0.05</td><td>0.5mg/L 以下</td></tr> <tr><td>ひ素又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.03</td><td>&lt;0.03</td><td>0.1mg/L 以下</td></tr> <tr><td>シアン化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.1</td><td>&lt;0.1</td><td>1 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>PCB</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.0005</td><td>&lt;0.0005</td><td>0.003 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>トリクロロエチレン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.03</td><td>&lt;0.03</td><td>0.3 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>テトラクロロエチレン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.01</td><td>&lt;0.01</td><td>0.1 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>ジクロロメタン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.02</td><td>&lt;0.02</td><td>0.2 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>四塩化炭素</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.002</td><td>&lt;0.002</td><td>0.02 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>1,2-ジクロロエタン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.004</td><td>&lt;0.004</td><td>0.04 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>1,1-ジクロロエチレン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.02</td><td>&lt;0.02</td><td>0.2 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>シス-1,2-ジクロロエチレン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.04</td><td>&lt;0.04</td><td>0.4 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>1,1,1-トリクロロエタン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.1</td><td>&lt;0.1</td><td>1 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>1,1,2-トリクロロエタン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.006</td><td>&lt;0.006</td><td>0.06 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>1,3-ジクロロプロペン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.002</td><td>&lt;0.002</td><td>0.02 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>チウラム</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.006</td><td>&lt;0.006</td><td>0.06 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>シマジン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.003</td><td>&lt;0.003</td><td>0.03 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>オキサベンカルブ</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.02</td><td>&lt;0.02</td><td>0.2 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>ベンゼン</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.01</td><td>&lt;0.01</td><td>0.1 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>セレン又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>0.003</td><td>&lt;0.003</td><td>0.1 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>有機塩素化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;1.0</td><td>&lt;1.0</td><td>40mg/kg 以下</td></tr> <tr><td>銅又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.05</td><td>&lt;0.05</td><td>3 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>亜鉛又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.05</td><td>&lt;0.05</td><td>2 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>スズ化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.5</td><td>&lt;0.5</td><td>15mg/L 以下</td></tr> <tr><td>ベリリウム又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.01</td><td>&lt;0.01</td><td>2.5 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>クロム又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.05</td><td>&lt;0.05</td><td>2 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>ニッケル又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>&lt;0.1</td><td>&lt;0.1</td><td>1.2 mg/L 以下</td></tr> <tr><td>バナジウム又はその化合物</td><td>mg/L</td><td>0.14</td><td>&lt;0.05</td><td>1.5 mg/L 以下</td></tr> </tbody> </table>	測定項目	単位	測定値		海洋汚染防止法 水底土砂に係る 判断基準 (総揮発量も参照)	マウンド a	バック グラウンド	水銀又はその化合物	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.005mg/L 以下	カドミウム又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	0.1mg/L 以下	鉛又はその化合物	mg/L	<0.005	<0.005	0.1mg/L 以下	亜鉛化合物	mg/L	<0.1	<0.1	1 mg/L 以下	アルキル水銀	mg/L	<0.0005	<0.0005	検出されないこと	六価クロム化合物	mg/L	<0.05	<0.05	0.5mg/L 以下	ひ素又はその化合物	mg/L	<0.03	<0.03	0.1mg/L 以下	シアン化合物	mg/L	<0.1	<0.1	1 mg/L 以下	PCB	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.003 mg/L 以下	トリクロロエチレン	mg/L	<0.03	<0.03	0.3 mg/L 以下	テトラクロロエチレン	mg/L	<0.01	<0.01	0.1 mg/L 以下	ジクロロメタン	mg/L	<0.02	<0.02	0.2 mg/L 以下	四塩化炭素	mg/L	<0.002	<0.002	0.02 mg/L 以下	1,2-ジクロロエタン	mg/L	<0.004	<0.004	0.04 mg/L 以下	1,1-ジクロロエチレン	mg/L	<0.02	<0.02	0.2 mg/L 以下	シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/L	<0.04	<0.04	0.4 mg/L 以下	1,1,1-トリクロロエタン	mg/L	<0.1	<0.1	1 mg/L 以下	1,1,2-トリクロロエタン	mg/L	<0.006	<0.006	0.06 mg/L 以下	1,3-ジクロロプロペン	mg/L	<0.002	<0.002	0.02 mg/L 以下	チウラム	mg/L	<0.006	<0.006	0.06 mg/L 以下	シマジン	mg/L	<0.003	<0.003	0.03 mg/L 以下	オキサベンカルブ	mg/L	<0.02	<0.02	0.2 mg/L 以下	ベンゼン	mg/L	<0.01	<0.01	0.1 mg/L 以下	セレン又はその化合物	mg/L	0.003	<0.003	0.1 mg/L 以下	有機塩素化合物	mg/L	<1.0	<1.0	40mg/kg 以下	銅又はその化合物	mg/L	<0.05	<0.05	3 mg/L 以下	亜鉛又はその化合物	mg/L	<0.05	<0.05	2 mg/L 以下	スズ化合物	mg/L	<0.5	<0.5	15mg/L 以下	ベリリウム又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	2.5 mg/L 以下	クロム又はその化合物	mg/L	<0.05	<0.05	2 mg/L 以下	ニッケル又はその化合物	mg/L	<0.1	<0.1	1.2 mg/L 以下	バナジウム又はその化合物	mg/L	0.14	<0.05	1.5 mg/L 以下
測定項目	単位			測定値			海洋汚染防止法 水底土砂に係る 判断基準 (総揮発量も参照)																																																																																																																																																																	
		マウンド a	バック グラウンド																																																																																																																																																																					
水銀又はその化合物	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.005mg/L 以下																																																																																																																																																																				
カドミウム又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	0.1mg/L 以下																																																																																																																																																																				
鉛又はその化合物	mg/L	<0.005	<0.005	0.1mg/L 以下																																																																																																																																																																				
亜鉛化合物	mg/L	<0.1	<0.1	1 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
アルキル水銀	mg/L	<0.0005	<0.0005	検出されないこと																																																																																																																																																																				
六価クロム化合物	mg/L	<0.05	<0.05	0.5mg/L 以下																																																																																																																																																																				
ひ素又はその化合物	mg/L	<0.03	<0.03	0.1mg/L 以下																																																																																																																																																																				
シアン化合物	mg/L	<0.1	<0.1	1 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
PCB	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.003 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
トリクロロエチレン	mg/L	<0.03	<0.03	0.3 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
テトラクロロエチレン	mg/L	<0.01	<0.01	0.1 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
ジクロロメタン	mg/L	<0.02	<0.02	0.2 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
四塩化炭素	mg/L	<0.002	<0.002	0.02 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
1,2-ジクロロエタン	mg/L	<0.004	<0.004	0.04 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
1,1-ジクロロエチレン	mg/L	<0.02	<0.02	0.2 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/L	<0.04	<0.04	0.4 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
1,1,1-トリクロロエタン	mg/L	<0.1	<0.1	1 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
1,1,2-トリクロロエタン	mg/L	<0.006	<0.006	0.06 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
1,3-ジクロロプロペン	mg/L	<0.002	<0.002	0.02 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
チウラム	mg/L	<0.006	<0.006	0.06 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
シマジン	mg/L	<0.003	<0.003	0.03 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
オキサベンカルブ	mg/L	<0.02	<0.02	0.2 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
ベンゼン	mg/L	<0.01	<0.01	0.1 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
セレン又はその化合物	mg/L	0.003	<0.003	0.1 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
有機塩素化合物	mg/L	<1.0	<1.0	40mg/kg 以下																																																																																																																																																																				
銅又はその化合物	mg/L	<0.05	<0.05	3 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
亜鉛又はその化合物	mg/L	<0.05	<0.05	2 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
スズ化合物	mg/L	<0.5	<0.5	15mg/L 以下																																																																																																																																																																				
ベリリウム又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	2.5 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
クロム又はその化合物	mg/L	<0.05	<0.05	2 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
ニッケル又はその化合物	mg/L	<0.1	<0.1	1.2 mg/L 以下																																																																																																																																																																				
バナジウム又はその化合物	mg/L	0.14	<0.05	1.5 mg/L 以下																																																																																																																																																																				

出典：カルシア改質土研究会資料

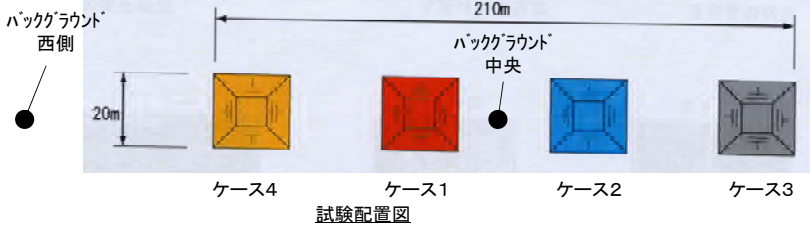
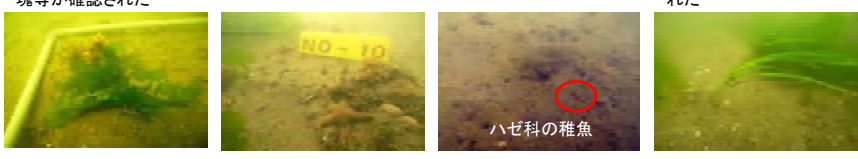
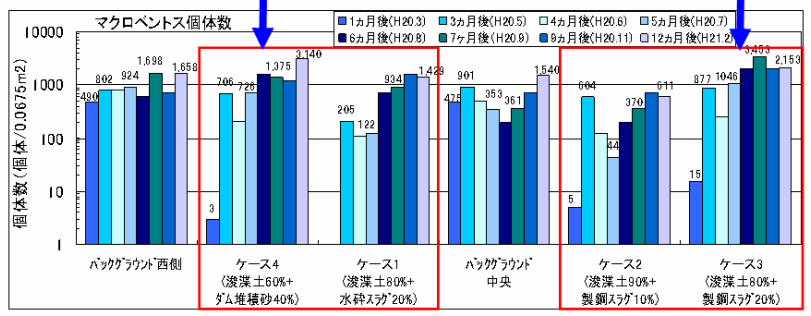


## (2) 名古屋港ポートアイランド

項目	詳細	
工事概要	適用用途	浅場基盤材
	施工時期	平成 24 年 5 月
	施工規模	90m×30m
	施工量	混合割合 5% : 約 86m <sup>3</sup> 、混合割合 10% : 約 90m <sup>3</sup>
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合 : 5%、10%
	事業者	国土交通省中部地方整備局
	混合工法	バックホウ攪拌
投入方法	クラムシェル(平バケット、1.2m <sup>3</sup> 級)により投入	
平面図及び断面図		
品質管理	施工・モニタリング内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>仕切堤工 <ul style="list-style-type: none"> <li>仮置材運搬、石材投入・均し、場内の方塊ブロック運搬・据付、防砂・遮水シート敷設</li> </ul> </li> <li>干潟造成工 <ul style="list-style-type: none"> <li>改質工（転炉系製鋼スラグ搬入、改質）</li> <li>干潟材採土、運搬、仮置き</li> <li>干潟材投入、均し</li> </ul> </li> <li>付帯施設工 <ul style="list-style-type: none"> <li>昇降施設（階段）、侵入防止柵等</li> </ul> </li> <li>モニタリング <ul style="list-style-type: none"> <li>【調査項目】</li> <li>・施工前：水質、底質、底生生物、付着生物</li> <li>・施工中：改質土の物理・力学特性、造成直後の干潟の物理・力学特性、出来形、環境監視（濁り、pH）等</li> <li>・施工後：安定性（波浪・流況、地形測量、覆砂厚）、安全性（地盤強度、水質、底質、底生生物、付着生物等）</li> <li>【調査期間】</li> <li>・概ね3年程度を想定、ただし調査地点・調査頻度とあわせて観測値の推移を検討しながら適時見直しを予定</li> </ul> </li> </ol>
	品質管理基準設定	<p>【中詰材】</p> <p>指標 : 必要強度</p> <p>管理項目 : コーン指数</p> <p>管理基準 : 必要強度 : 16kN/m<sup>2</sup> 以上  (人が干潟上で活動する上で沈み込まず安全な強度)</p> <p>目標強度 : 50kN/m<sup>2</sup> 以上  (さらに高いレベル(安全等)での強度)</p> <p>【表層材】</p> <p>指標 : 必要強度</p> <p>管理項目 : コーン指数</p> <p>管理基準 : 必要強度 : 50kN/m<sup>2</sup> 以上  (人が干潟上で活動する上で沈み込まず安全な強度)</p> <p>目標強度 : 覆砂材のため、強度の他に化学特性、生物特性を加味した強度設定が必要であり、実証実験における結果等から設定する。</p>

出典：平成 23 年度名古屋港浚渫土砂を活用した干潟造成材適用性検討業務報告書、国土交通省中部地方整備局（平成 24 年 3 月）

(3) 三河湾三谷地区

項目	詳細	
工事概要	適用用途	浅場基盤材
	施工時期	平成20年2月～
	施工規模	20m×20m×高さ0.5m、2ケース
	施工量	300m <sup>3</sup> ×配合比2ケース(混合材)
	配合	ケース2(混合材) 浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合:10vol% ケース3(混合材) 浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合:20vol%
	事業者	国土交通省中部地方整備局
	混合工法	—
	投入工法	—
品質管理	試験配置図	 <p>試験配置図</p> <p>ケース1: 浚渫土(80%) + 水砕スラグ(20%)                  ケース2: 浚渫土(90%) + 製鋼スラグ(10%) ※混合材                  ケース3: 浚渫土(80%) + 製鋼スラグ(20%) ※混合材                  ケース4: 浚渫土(60%) + ダム堆積砂(40%)</p>
	施工・モニタリング内容	—
環境改善効果	品質管理基準設定	—
	生物生息状況	<p><b>ケース1</b> アマモ、アオサ、オゴノリ属の一種や、アラムシロガイ、ヒトデ、多毛類の卵塊等が確認された</p> <p><b>ケース2</b> 生息孔、アオサ、オゴノリ属、ヒトデ、アラムシロガイ等が確認された</p> <p><b>ケース3</b> 生息孔、アオサ、オゴノリ属、シロボヤ、ヒトデ等が確認された</p> <p><b>ケース4</b> アマモ、アオサ、オゴノリ属の一種や、アラムシロガイ、ヒトデ等が確認された</p>  <p>底生生物や魚類の生息・育成が確認され、悪影響はみられない。底生生物ではバックグラウンド中央を上回る生物出現状況がみられた。</p> <p>6ヵ月以降バックグラウンド中央を上回る生物出現状況を示すケースがみられた。</p>  <p>マクロベントス個体数</p> <p>バックグラウンド西側: 802, 924, 1,698, 1,658                  ケース4 (浚渫土60%+ダム堆積砂40%): 206, 729, 1,375, 2,140                  ケース1 (浚渫土80%+水砕スラグ20%): 205, 122, 934, 1,429                  バックグラウンド中央: 425, 353, 901, 1,540                  ケース2 (浚渫土90%+製鋼スラグ10%): 5, 664, 370, 611                  ケース3 (浚渫土80%+製鋼スラグ20%): 15, 877, 1048, 3,853, 2,153</p>
備考	強度が改質され、42～457kN/m <sup>2</sup> の固化が認められた。	

出典: カルシア改質土研究会資料



## (4) 伊雑ノ浦（三重県）

項目	詳細	
工事概要	適用用途	浅場基盤材
	施工時期	平成 23 年 2 月
	施工規模	5m×5m×高さ 1m（覆砂 0.5m 厚）
	施工量	混合材 36m <sup>3</sup> （浚渫土 25 m <sup>3</sup> 、転炉系製鋼スラグ 13t 等）
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：30vol%
	事業者	伊雑ノ浦地区漁場再生協議会
	混合工法	干潟造成場所にてバックホウ混合
	投入工法	土嚢枠の中に浚渫土と転炉系製鋼スラグを所定量投入
平面図及び断面図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>実験干潟 (改質土+覆砂)</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>対象干潟 (浚渫土+覆砂)</b></p> </div> </div>	
品質管理	施工・モニタリング内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>浅場造成工 <ul style="list-style-type: none"> <li>大型土のう工、築堤工（潜堤）、築堤工（大層）、湊深土投入、覆砂（数量：大型土のう 40 個、混合材 39.0m<sup>2</sup>、湊深土 7.0m<sup>2</sup>、覆砂 21.0m<sup>2</sup>）</li> </ul> </li> <li>藻場造成工 <ul style="list-style-type: none"> <li>築堤工（灌堤）、石張工（数量：混合材 36.0m<sup>2</sup>、固化体 21.0m<sup>2</sup>）</li> </ul> </li> <li>浅場藻場撤去工 <ul style="list-style-type: none"> <li>浅場 2ヶ所、藻場 1カ所</li> </ul> </li> <li>事業損失防止 <ul style="list-style-type: none"> <li>フェンス設置撤去 <ul style="list-style-type: none"> <li>①フェンス長 80.0m、カーテン長 2.0m ②フェンス長 40.0m、カーテン長 1.0m</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>モニタリング <ul style="list-style-type: none"> <li>泥温、pH、ORP、土壤硬度、マクロベントス（1mm以上）等、二枚貝幼生</li> </ul> </li> </ol>
	品質管理基準設定	—
環境改善効果	水環境	約 50kN/m <sup>2</sup> の強度が発現し、ヘドロ巻き上がりによる濁り発生の抑制がみられた。
	生物生息状況	<p>ヘドロ区と比較して実験干潟ではベントス種類数が増加しており、アサリ、マガキ、ケフサイソガニ等が生息する。なお、生息状況は断面図に示すように混合材が 50cm の覆砂材に覆われた状態での状況を示す。</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p><b>実験干潟 (Experimental tidal flat)</b></p> <p>2011.2造成</p> </div> <div> <p><b>ベントス種類数 出現状況 (Number of Macrobenthos type)</b></p> </div> </div>

出典：1) 的矢湾奥の漁場再生ならびに高付加価値商品の開発・販売に関する調査研究報告書、伊雑ノ浦地区漁場再生協議会（平成 23 年 2 月）  
2) 伊雑ノ浦地区漁場再生（藻場・干潟）事業生物モニタリング調査中間報告書、伊雑ノ浦地区漁場再生協議会（平成 23 年 7 月）  
3) カルシア改質土研究会資料  
4) 港湾・空港・海岸等におけるカルシア改質土利用技術マニュアル、一般財団法人沿岸技術研究センター（平成 29 年 2 月）

## (5) 東京湾城南島

項目	詳細	
工事概要	適用用途	浅場基盤材（藻場造成）
	施工時期	平成 20 年 4 月
	施工規模	約 600m <sup>2</sup>
	施工量	910m <sup>3</sup> （混合材）
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：30%
	事業者	新日本製鉄株式会社、JFE スチール株式会社
	混合工法	土運船内でバックホウ混合
	投入工法	グラブ船による投入
平面図及び断面図		
品質管理	施工・モニタリング内容	1) 混合・投入 <ul style="list-style-type: none"> <li>・土運船内でバックホウ混合</li> <li>・グラブ船で混合材の投入</li> </ul> 2) モニタリング <ul style="list-style-type: none"> <li>・水質、底質、生物（生物の付着状況）、強度試験等</li> </ul>
	品質管理基準設定	目標水準：施工直後よりも安定して試験区が保たれていること（目視観察による形状の保持）
環境改善効果	水環境	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。
	生物生息状況	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。

出典：1) 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（平成 21 年）

2) 港湾・空港・海岸等における製鋼スラグ利用技術マニュアル、一般財団法人沿岸技術研究センター（平成 27 年 2 月）

(6) 東京湾君津製鐵所沖

項目	詳細																								
工事概要	適用用途	窪地埋戻材、浅場基盤材																							
	施工時期	窪地埋戻し：平成 23 年 6 月～8 月（混合材施工：平成 23 年 6 月～7 月） 浅場基盤材：平成 25 年～																							
	施工規模	約 150m×80m×最大高さ 4.9m																							
	施工量	窪地埋戻材：15,200m <sup>3</sup> 浅場基盤材：約 40,000m <sup>3</sup> /年																							
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：30vol%																							
	事業者	新日本製鐵株式会社																							
	混合方法	土運船内でのバックホウ混合																							
	投入方法	底開バージにて投入																							
平面図及び断面図																									
品質管理	施工・モニタリング内容	1) 混合・投入 ・土運船上においてバックホウ混合（配合：転炉系製鋼スラグ 30vol%） ・底開バージ投入 2) モニタリング ・施工時：濁り（SS） ・施工後：水質（DO 等）、生物生息状況、藻場礁機能																							
	品質管理基準設定	—																							
環境改善効果	水環境	溶存酸素の連続調査による貧酸素水塊曝露時間軽減が確認された。 																							
	生物生息状況	施工時の濁りの抑制効果が確認された。 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">浚渫土単独</th> <th colspan="2">カルシウム改質土</th> </tr> <tr> <th>平面</th> <th>断面</th> <th>平面</th> <th>断面</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>投入直後</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td> 濁り発生量：少</td> </tr> <tr> <td>30分後</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td> 濁り消失：早</td> </tr> <tr> <td>1時間後</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 図中の数値はSS(mg/l)</p> 造成前にはみられなかった種類の魚類、甲殻類等の増加効果を確認（12種→47種）		浚渫土単独		カルシウム改質土		平面	断面	平面	断面	投入直後				 濁り発生量：少	30分後				 濁り消失：早	1時間後			
	浚渫土単独			カルシウム改質土																					
	平面	断面	平面	断面																					
投入直後				 濁り発生量：少																					
30分後				 濁り消失：早																					
1時間後																									

出典：1) カルシウム改質土研究会資料

2) 港湾・空港・海岸等におけるカルシウム改質土利用技術マニュアル、一般財団法人沿岸技術研究センター（平成 29 年 2 月）

## (7) 堺泉北港堺 2 区

項目	詳細	
工事概要	適用用途	砂浜基盤材
	施工時期	平成 24 年 10 月
	施工規模	約 400m <sup>2</sup>
	施工量	約 200m <sup>3</sup> (混合材)
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：30vol%
	事業者	一般財団法人日本鉄鋼連盟
	混合方法	管中混合方法
	投入方法	コンクリートポンプによる海中投入
平面図及び断面図		
品質管理	施工・モニタリング内容	1) 混合・投入 <ul style="list-style-type: none"> <li>土運船又は車両により各材料の輸送</li> <li>ベルトコンベア・ポンプにて定量輸送・配合</li> <li>空気圧送・管中混合 (配合：転炉系製鋼スラグ 30vol%)</li> <li>ビット貯泥後にコンクリートポンプによる海中投入</li> <li>覆砂</li> </ul> 2) モニタリング <ul style="list-style-type: none"> <li>強度 (コーン貫入試験)、水質影響 (pH、SS)、生物影響、底質改善</li> </ul>
	品質管理基準設定	指標：混合材強度 管理項目：コーン貫入試験 管理基準：400kN/m <sup>2</sup> 以上 (設計条件)
モニタリング結果	水環境	施工時の水質影響として、pH の監視基準として設定した 8.6 を超えることは無かった。SS の監視基準である監視地点とバックグラウンドの SS の差は 10mg/L 未満であり、基準を超えることは無かった。
備考	5 つのメーカーの転炉系製鋼スラグ全てにおいて、設計条件である $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上を確保している。	

出典：カルシウム改質土研究会資料

(8) 東京湾（千葉県保田）


項目	詳細																
工事概要	適用用途	藻場基盤材															
	施工時期	平成 21 年 11 月～平成 22 年 3 月(混合材施工：平成 21 年 12 月～平成 22 年 2 月)															
	施工規模	約 167m×100m×高さ 0.5m (混合材の使用面積)															
	施工量	11,210 m <sup>3</sup> (混合材)															
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：20vol%															
	事業者	国土交通省関東地方整備局千葉港湾事務所															
	混合工法	連続式ミキサー混合 (混合材)															
投入方法	トレミー管投入 (混合材)、水和固化体 (底開バージ投入)																
平面図及び断面図	<p>・天然石、水和固化体、浚渫土固化体の3種類の藻礁石材を4ブロックで設置                  ・混合材は水和固化体1ブロックの基盤材として適用</p>																
品質管理	施工・モニタリング内容	1) 固化体作成・投入 ・混合材：連続式ミキサー混合、トレミー投入 (配合：浚渫土 80vol%、転炉系製鋼スラグ 20vol%) ・水和固化体：底開バージ投入 2) モニタリング ・混合材：強度発現、安全性 (pH) ・水和固化体：藻場礁機能 (藻類着生、魚類の蛸集)															
	品質管理基準設定	—															
モニタリング結果	水環境 施工中および施工後の pH 上昇の影響は小さい。また、濁度の影響も同様に小さい。																
環境改善効果	生物生息状況 藻類が着生し、魚類が蛸集しており、天然石と同様に藻礁機能が確認された。	<p>各藻礁種の藻類着生状況(平成22年10月撮影)⇒ いずれの藻礁も藻類の幼体を確認</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>浚渫土固化体</th> <th>水和固化体 (基準:カジメ改質土)</th> <th>水和固化体</th> <th>天然石</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>カジメ</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> </tr> </tbody> </table>		浚渫土固化体	水和固化体 (基準:カジメ改質土)	水和固化体	天然石	カジメ					アカモク				
	浚渫土固化体	水和固化体 (基準:カジメ改質土)	水和固化体	天然石													
カジメ																	
アカモク																	

出典：1) カルシア改質土研究会資料  
 2) 港湾・空港・海岸等におけるカルシア改質土利用技術マニュアル、一般財団法人沿岸技術研究センター (平成 29 年 2 月)  
 3) 平成 22 年度東京湾藻礁石材モニタリング調査



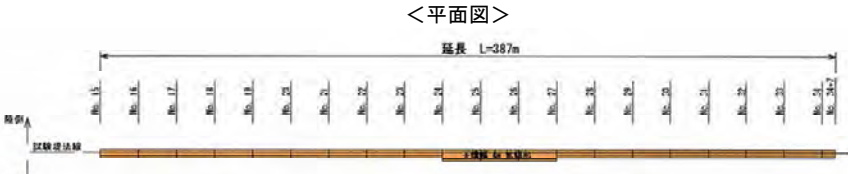

## (9) 味野湾（岡山県倉敷市）

項目	詳細	
工事概要	適用用途	窪地埋戻材
	施工時期	平成 22 年 7 月～10 月
	施工規模	約 70m×約 70m×高さ 0～3m（マウンド 1 ケースあたり）
	施工量	5,250m <sup>3</sup> （混合材）
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：14vol%
	事業者	国土交通省中国地方整備局宇野港湾事務所
	混合方法	土運船内でのバックホウ混合（混合材）
	投入方法	密閉式グラブバケットによる投入（混合材）、カットバージ船による投入（覆砂）
平面図及び断面図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>&lt;平面図&gt;</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>&lt;断面図&gt;</p> </div> </div> <p>CASE1：Mg 系固化剤入り、CASE2：石膏系固化剤入り、CASE3：固化剤なし</p>	
品質管理	施工・モニタリング内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 事前混合処理工 <ul style="list-style-type: none"> <li>・事前混合処理場所での重機足場設置 ・汚濁防止柵の組立（汚濁防止柵：18.0×20.0m、柵カーテン長 2.5m）</li> <li>・シルト系浚渫土砂を受取り土運船にて事前混合場所へ運搬（運搬土量：土運船 1,500m<sup>3</sup>級に 430～630m<sup>3</sup>）</li> <li>・土運船内でバックホウ混合（使用機械：2.1m<sup>3</sup>級バックホウ 2 台、混合時間：2 時間）</li> </ul> </li> <li>2) 埋戻し工 <ul style="list-style-type: none"> <li>・土運船にて改質土を埋戻し場所へ運搬</li> <li>・グラブ浚渫船で埋戻し（運搬土量：土運船 1,500m<sup>3</sup>級に 600～850m<sup>3</sup>、使用機械：密閉式グラブバケット 5m<sup>3</sup>、密閉式平バケット 10m<sup>3</sup>、汚濁防止柵）</li> </ul> </li> <li>3) 覆砂工 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ガット船から土運船に瀨取り後に覆砂投入（使用機械：グラブ浚渫船、密閉式平バケット 10m<sup>3</sup>、汚濁防止柵）</li> </ul> </li> <li>4) 施工管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>・埋戻し工後：深浅測量（出来形測量）（位置誘導：DGPS、測深：ナローマルチビーム測深、音響測深）</li> <li>・覆砂工後：深浅測量（出来形測量）（位置誘導：DGPS、測深：ナローマルチビーム測深、音響測深）</li> </ul> </li> </ol>
	品質管理基準設定	<p>指標 1：出来形 管理項目：延長、天端幅、天端高 （測線間隔 20m以下、測点間隔 20m以下、測定単位 10 cm） 管理基準：延長：増加側許容範囲：規定しない、減少側許容範囲：0 天端幅：特記仕様書による 天端高：覆砂工±30cm、埋戻し工±50 cm</p> <p>指標 2：層厚計測 管理項目：施工厚（測定単位 1 cm） 管理基準：特記仕様書による</p> <p>指標 3：勾配 管理項目：法面勾配（測線間隔 20m以下、測点間隔 20m以下） 管理基準：特記仕様書による（後続施工の覆砂工の限界勾配を考慮すると 1：3 程度が最急勾配）</p>

項目	詳細																																																																																																																				
環境改善効果	<p>造成直後より、正常な砂質土を好んで生息する「ナメクジウオ」が継続的に確認されており、少なくとも造成箇所にて定着していると推察され、造成箇所において良好な砂場環境が創出されている事を示唆するものと考えられる。</p> 																																																																																																																				
備考	<p>施工計画を考慮する際に参考となるよう事前混合処理工の各作業工程別の作業時間を示す。 また、工事の作業工程を改善するための改善点を合わせて示す。</p> <p style="text-align: center;">＜作業工程別作業時間＞</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">作業工程</th> <th>ケース名</th> <th>基本ケース</th> <th>モデルケース</th> </tr> <tr> <th></th> <th>8月29日 CASE2 (3回目)</th> <th>CASE2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>人船・作業準備完了</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>運搬土砂均し</td> <td></td> <td>0.25 hr</td> <td>0.28 hr 表面全面均し</td> </tr> <tr> <td>土運船反転</td> <td></td> <td>0.20 hr</td> <td>- 反転作業無し</td> </tr> <tr> <td>運搬土砂均し</td> <td></td> <td>0.27 hr</td> <td>- 反転作業無し</td> </tr> <tr> <td>土量計測</td> <td></td> <td>0.28 hr</td> <td>0.28 hr 基本ケースと同様</td> </tr> <tr> <td>製鋼スラグ投入 ⇒ 製鋼スラグ+石膏系固化剤投入</td> <td></td> <td>0.33 hr</td> <td>1.10 hr 事前に石膏系固化剤と石膏を混合し同時に投入</td> </tr> <tr> <td>石膏系固化剤投入</td> <td></td> <td>0.78 hr</td> <td>事前に製鋼スラグと混合</td> </tr> <tr> <td>混合</td> <td></td> <td>1.85 hr</td> <td>2.87 hr 全量混合</td> </tr> <tr> <td>土運船反転</td> <td></td> <td>0.25 hr</td> <td>- 反転作業無し</td> </tr> <tr> <td>製鋼スラグ投入</td> <td></td> <td>0.58 hr</td> <td>- 反転作業無し</td> </tr> <tr> <td>石膏系固化剤投入</td> <td></td> <td>0.04 hr</td> <td>- 反転作業無し</td> </tr> <tr> <td>混合</td> <td></td> <td>1.50 hr</td> <td>- 反転作業無し</td> </tr> <tr> <td>改質土量計測</td> <td></td> <td>0.33 hr</td> <td>0.33 hr 基本ケースと同様</td> </tr> <tr> <td colspan="4">※ 施工能力算定(作業全体に対する能力)</td> </tr> <tr> <td>運搬土砂均し ～改質土計測(実作業時間)</td> <td></td> <td>6.67 hr</td> <td>4.86 hr</td> </tr> <tr> <td>混合後土量(改質土量) (m<sup>3</sup>)</td> <td></td> <td>606.00</td> <td>519.16</td> </tr> <tr> <td>バックホウ1台当り混合能力(m<sup>3</sup>/hr)</td> <td></td> <td>45.4</td> <td>53.4</td> </tr> <tr> <td>改質土量÷混合時間÷2台</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">※ 施工能力算定(混合作業のみを考慮した能力)</td> </tr> <tr> <td>混合時間(実作業時間)</td> <td></td> <td>3.35 hr</td> <td>2.87 hr</td> </tr> <tr> <td>混合後土量(改質土量) (m<sup>3</sup>)</td> <td></td> <td>606.00</td> <td>519.16</td> </tr> <tr> <td>バックホウ1台当り混合能力(m<sup>3</sup>/hr)</td> <td></td> <td>90.4</td> <td>90.4</td> </tr> <tr> <td>改質土量÷混合時間÷2台</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">＜改善点＞</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>改善項目</th> <th>試験工事実績</th> <th>改善点</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">事前混合処理工</td> <td>土運船仕様</td> <td>1,500m<sup>3</sup> 積</td> <td>650m<sup>3</sup> 積とする。 バックホウのアーム長不足を解消し、土運船の反転作業をなくし、工法に必要な作業時間の短縮を図る。</td> </tr> <tr> <td>土運船の反転作業</td> <td>シルト系浚渫土砂搬入時 材料投入時 混合時</td> <td>反転作業は必要ないものとする。 工法に必要な作業時間の短縮を図る。</td> </tr> <tr> <td>改質剤の投入</td> <td>フレコンバッグによる投入</td> <td>事前にスラグと混合する。 改質材(剤)の投入時間の短縮を図る。</td> </tr> <tr> <td>混合作業</td> <td>バックホウ通常バケットによる混合</td> <td>スケルトンバケット又は攪拌機付バケットによる混合とする。 (検討における混合時間は試験工事実績から算出)</td> </tr> </tbody> </table>	作業工程	ケース名	基本ケース	モデルケース		8月29日 CASE2 (3回目)	CASE2	人船・作業準備完了				運搬土砂均し		0.25 hr	0.28 hr 表面全面均し	土運船反転		0.20 hr	- 反転作業無し	運搬土砂均し		0.27 hr	- 反転作業無し	土量計測		0.28 hr	0.28 hr 基本ケースと同様	製鋼スラグ投入 ⇒ 製鋼スラグ+石膏系固化剤投入		0.33 hr	1.10 hr 事前に石膏系固化剤と石膏を混合し同時に投入	石膏系固化剤投入		0.78 hr	事前に製鋼スラグと混合	混合		1.85 hr	2.87 hr 全量混合	土運船反転		0.25 hr	- 反転作業無し	製鋼スラグ投入		0.58 hr	- 反転作業無し	石膏系固化剤投入		0.04 hr	- 反転作業無し	混合		1.50 hr	- 反転作業無し	改質土量計測		0.33 hr	0.33 hr 基本ケースと同様	※ 施工能力算定(作業全体に対する能力)				運搬土砂均し ～改質土計測(実作業時間)		6.67 hr	4.86 hr	混合後土量(改質土量) (m <sup>3</sup> )		606.00	519.16	バックホウ1台当り混合能力(m <sup>3</sup> /hr)		45.4	53.4	改質土量÷混合時間÷2台				※ 施工能力算定(混合作業のみを考慮した能力)				混合時間(実作業時間)		3.35 hr	2.87 hr	混合後土量(改質土量) (m <sup>3</sup> )		606.00	519.16	バックホウ1台当り混合能力(m <sup>3</sup> /hr)		90.4	90.4	改質土量÷混合時間÷2台				工程	改善項目	試験工事実績	改善点	事前混合処理工	土運船仕様	1,500m <sup>3</sup> 積	650m <sup>3</sup> 積とする。 バックホウのアーム長不足を解消し、土運船の反転作業をなくし、工法に必要な作業時間の短縮を図る。	土運船の反転作業	シルト系浚渫土砂搬入時 材料投入時 混合時	反転作業は必要ないものとする。 工法に必要な作業時間の短縮を図る。	改質剤の投入	フレコンバッグによる投入	事前にスラグと混合する。 改質材(剤)の投入時間の短縮を図る。	混合作業	バックホウ通常バケットによる混合	スケルトンバケット又は攪拌機付バケットによる混合とする。 (検討における混合時間は試験工事実績から算出)
作業工程	ケース名		基本ケース	モデルケース																																																																																																																	
		8月29日 CASE2 (3回目)	CASE2																																																																																																																		
人船・作業準備完了																																																																																																																					
運搬土砂均し		0.25 hr	0.28 hr 表面全面均し																																																																																																																		
土運船反転		0.20 hr	- 反転作業無し																																																																																																																		
運搬土砂均し		0.27 hr	- 反転作業無し																																																																																																																		
土量計測		0.28 hr	0.28 hr 基本ケースと同様																																																																																																																		
製鋼スラグ投入 ⇒ 製鋼スラグ+石膏系固化剤投入		0.33 hr	1.10 hr 事前に石膏系固化剤と石膏を混合し同時に投入																																																																																																																		
石膏系固化剤投入		0.78 hr	事前に製鋼スラグと混合																																																																																																																		
混合		1.85 hr	2.87 hr 全量混合																																																																																																																		
土運船反転		0.25 hr	- 反転作業無し																																																																																																																		
製鋼スラグ投入		0.58 hr	- 反転作業無し																																																																																																																		
石膏系固化剤投入		0.04 hr	- 反転作業無し																																																																																																																		
混合		1.50 hr	- 反転作業無し																																																																																																																		
改質土量計測		0.33 hr	0.33 hr 基本ケースと同様																																																																																																																		
※ 施工能力算定(作業全体に対する能力)																																																																																																																					
運搬土砂均し ～改質土計測(実作業時間)		6.67 hr	4.86 hr																																																																																																																		
混合後土量(改質土量) (m <sup>3</sup> )		606.00	519.16																																																																																																																		
バックホウ1台当り混合能力(m <sup>3</sup> /hr)		45.4	53.4																																																																																																																		
改質土量÷混合時間÷2台																																																																																																																					
※ 施工能力算定(混合作業のみを考慮した能力)																																																																																																																					
混合時間(実作業時間)		3.35 hr	2.87 hr																																																																																																																		
混合後土量(改質土量) (m <sup>3</sup> )		606.00	519.16																																																																																																																		
バックホウ1台当り混合能力(m <sup>3</sup> /hr)		90.4	90.4																																																																																																																		
改質土量÷混合時間÷2台																																																																																																																					
工程	改善項目	試験工事実績	改善点																																																																																																																		
事前混合処理工	土運船仕様	1,500m <sup>3</sup> 積	650m <sup>3</sup> 積とする。 バックホウのアーム長不足を解消し、土運船の反転作業をなくし、工法に必要な作業時間の短縮を図る。																																																																																																																		
	土運船の反転作業	シルト系浚渫土砂搬入時 材料投入時 混合時	反転作業は必要ないものとする。 工法に必要な作業時間の短縮を図る。																																																																																																																		
	改質剤の投入	フレコンバッグによる投入	事前にスラグと混合する。 改質材(剤)の投入時間の短縮を図る。																																																																																																																		
	混合作業	バックホウ通常バケットによる混合	スケルトンバケット又は攪拌機付バケットによる混合とする。 (検討における混合時間は試験工事実績から算出)																																																																																																																		

- 出典：1) 平成 22 年度備讃瀬戸環境修復計画技術検討業務報告書、国土交通省中国地方整備局（平成 23 年 3 月）  
 2) カルシア改質土研究会資料  
 3) 港湾・空港・海岸等におけるカルシア改質土利用技術マニュアル、一般財団法人沿岸技術研究センター（平成 29 年 2 月）

## (10) 博多港

項目	詳細	
工事概要	適用用途	潜堤材
	施工時期	平成 23 年 3 月～平成 23 年 9 月（検討・施工・評価）
	施工規模	高さ 0.5m、延長 387m
	施工量	589m <sup>3</sup>
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：30vol%
	事業者	国土交通省九州地方整備局
	混合方法	クラブバケットによる粗混ぜ後攪拌機による混合
	投入方法	クラブバケットによる投入
平面図及び断面図	<p style="text-align: center;">＜平面図＞</p>  <p style="text-align: center;">＜断面図＞</p> 	
品質管理	施工・モニタリング内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>混合・投入 <ul style="list-style-type: none"> <li>土運船上においてクラブバケットによる粗混ぜ後攪拌機による混合</li> <li>クラブバケットによる投入</li> </ul> </li> <li>モニタリング <ul style="list-style-type: none"> <li>安定性（強度改質状況、築堤施工断面の変化）</li> <li>安全性（pH、生物生息状況）</li> </ul> </li> </ol>
	品質管理基準設定	—
環境改善効果	生物生息状況	魚類ではボラ、マアジ、スズキ、ハゼ、その他イシガニ、コウイカ等が確認された。
		

出典：1) カルシア改質土研究会資料

2) 港湾・空港・海岸等におけるカルシア改質土利用技術マニュアル、一般財団法人沿岸技術研究センター（平成 29 年 2 月）



## (11) 水島港玉島ハーバーアイランド沖

項目	詳細	
工事概要	適用用途	潜堤材
	施工時期	平成 23 年 8 月～9 月
	施工規模	約 40m×約 20m×高さ約 4m
	施工量	混合材 3,111 m <sup>3</sup>
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：15vol%
	事業者	国土交通省中国地方整備局宇野港湾事務所
	混合方法	土運船内でのバックホウ混合
	投入方法	クラブバケットで埋戻し造成
平面図及び断面図		
品質管理	施工・モニタリング内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>事前混合処理工 <ul style="list-style-type: none"> <li>フェリーバージ（バックホウ積載済）を玉島ハーバーアイランド沖の既設栈橋全面海域に係留</li> <li>浚渫土砂運搬、解泥</li> <li>混合用台船上でバックホウ混合（使用機械：土運船 650m<sup>3</sup>、2.1m<sup>3</sup>級バックホウ 2 台）</li> </ul> </li> <li>潜堤工 <ul style="list-style-type: none"> <li>混合材運搬（使用機械：土運船 650m<sup>3</sup>）</li> <li>ガットバージ船による潜堤築造（使用機械：ガットバージ船（バケット 5m<sup>3</sup>））</li> </ul> </li> <li>施工管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>深浅測量（出来形測量）（位置誘導：DGPS、測深：ナローマルチビーム測深）</li> </ul> </li> </ol>
	品質管理基準設定	<p>指標 1 : 出来形 管理項目：投入数量、天端幅、天端高（測線間隔 10m 以下） 管理基準：投入数量：増加側許容範囲：規定しない、減少側許容範囲：0 天端幅：増加側許容範囲：規定しない、減少側許容範囲：-1 天端高：増加側許容範囲：規定しない、減少側許容範囲：-1</p> <p>指標 2 : 勾配 管理項目：法面勾配 管理基準：1 : 3</p> <p>指標 3 : 必要強度 管理項目：粘着力 (<math>\sigma_3</math>) 管理基準：粘着力 <math>C=30\text{kN/m}^2</math> ※粘着力 (<math>\sigma_3</math>) の推定は、初期の一軸圧縮強度 (<math>\sigma_0</math>) を <math>0\text{kN/m}^2</math> として、一軸圧縮強度 (<math>\sigma_1</math>) までの強度発現を直線と仮定し、一軸圧縮強度 (<math>\sigma_3</math>) を求め、<math>C=1/2qu</math> の関係から粘着力が求められている。</p>

出典：1) 平成 23 年度水島港の浚渫土砂を活用した備讃瀬戸海域環境修復技術に関する検討業務報告書、国土交通省中国地方整備局（平成 24 年 3 月）

2) カルシア改質土研究会資料

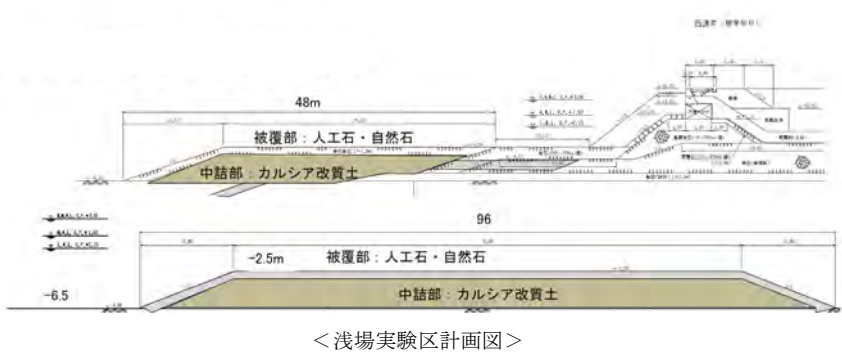
## (12) 堺泉北港堺2区

項目		詳細
工事概要	適用用途	潜堤腹付材
	施工時期	平成 22 年 12 月～
	施工規模	—
	施工量	浚渫土砂 400m <sup>3</sup> 、転炉系製鋼スラグ 100m <sup>3</sup> (絶対容積 68.7m <sup>3</sup> )
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：14.7vol%
	事業者	国土交通省近畿地方整備局
	混合方法	土運船内でのバックホウ混合
投入方法	トレミー管による投入	
平面図及び断面図		
品質管理	施工・モニタリング内容	1) 混合・投入 <ul style="list-style-type: none"> <li>・土運船上においてバックホウ混合</li> <li>・トレミー管で投入</li> </ul> 2) モニタリング <ul style="list-style-type: none"> <li>・安定性 (強度改質状況、出来形)</li> <li>・安全性 (pH、COD、T-N、T-P など、混合材料：重金属類、ダイオキシン類)</li> </ul>
	品質管理基準設定	—
モニタリング結果	水環境	施工 1 ヶ月後における施工箇所近辺の水質の上層 (海面下 0.5m) と下層 (海底面上 0.5m) の pH は、施工前の約 7.1～7.8 に対して施工後は約 8.2～8.3 と高いが、環境基準の上限値 (8.3) 以下となっている。

出典：1) 平成 22 年度産業関連副産物活用検討業務、国土交通省近畿地方整備局 (平成 23 年 3 月)

2) 国土交通省近畿地方整備局提供資料

## (13) 姫路市網干地区

項目	詳細	
工事概要	適用用途	浅場基盤材
	施工時期	平成 27 年 7 月～平成 27 年 10 月
	施工規模	約 48m×96m×厚さ 3m
	施工量	10,100m <sup>3</sup>
	配合	浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合割合：30%
	事業者	民間（実証実験代表事業者：姫路市漁業協同組合網干支所、委員会対応・スラグ・人工石提供：新日鉄住金株式会社、計画・許認可申請・施工：五洋建設株式会社）
	混合方法	土運船内でのバックホウ混合
	投入方法	クラブバケットによる投入
試験配置図	 <p>&lt;浅場実験区計画図&gt;</p>	
品質管理	施工・モニタリング内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>混合 <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2m<sup>3</sup>バックホウ2台（途中から3m<sup>3</sup>バックホウ1台に入れ替え）を配置し、650m<sup>3</sup>積土運船の船倉混合でカルシウム改質土を制作した。（使用機械：土運船650m<sup>3</sup>、1.2m<sup>3</sup>級バックホウ2台（途中から3m<sup>3</sup>級バックホウ1台））</li> </ul> </li> <li>投入 <ul style="list-style-type: none"> <li>土運船は浅場造成海域まで運搬し、待機したガットバージのクラブで-6.5m地盤を-3.5m地盤まで捨石潜堤なしで嵩上げした。（使用機械：ガットバージ船（バケット5m<sup>3</sup>））</li> </ul> </li> <li>施工後モニタリング <ul style="list-style-type: none"> <li>水産生物の生息、海藻類の繁茂、種類</li> <li>水質、底質環境の変化</li> <li>波浪安定性、沈下等による浅場形状変形</li> </ul> </li> </ol>
	品質管理基準設定	品質要求事項：pH上昇や汚濁が発生しない材料。地盤嵩上げ可能な基盤材であり、現場設計強度は円形すべり安全率1.2より、 $q_{u28} \geq 58\text{kN/m}^2$ （設計粘着力 $C=29\text{kN/m}^2$ ）

出典：1) カルシウム改質土研究会資料

2) 港湾・空港・海岸等における製鋼スラグ利用技術マニュアル、一般財団法人沿岸技術研究センター（平成27年2月）