浚渫土と転炉系製鋼スラグの混合材の
海域利用のための技術マニュアル
（案）

平成 29 年 3 月

鉄鋼スラグ等の実海域適用に関する研究会

はじめに

現在、大型船が入出港する港湾では、船舶の大型化等に伴う航路や泊地の水深確保が必要となっており、また、定期的な維持浚渫も行われていることから、今後も継続的な浚渫土の発生が予想される。これらの浚渫土を処分するためには、処分場の容量の確保が必要となることや、省資源の観点からもリサイクルが推進されることが望ましい。

港湾分野でのリサイクル材の動向としては、「港湾・空港等整備におけるリサイクルガイドライン（改訂)」（平成 27 年 12 月）において「藻場・浅場・干潟造成・覆砂材・人工砂浜等」が用途として位置付けられており、浚渫土をはじめとするリサイクル材について、利活用がより一層促進されることが期待されている。しかしながら、港湾区域で多く発生する細粒分の多い浚渫土は、そのままで利用できる用途が少なく、利用用途の拡大のためには改質が重要となる。

細粒分の多い浚渫土を改質する材料として、製鉄の生産活動に伴い生じる鉄鋼スラグの活用が期待される。鉄鋼スラグの実海域への適用については、海洋構造物、海域環境創造等に関する様々な研究、取り組みが行われており、特に瀬戸内海沿岸においては、臨海部に立地する鉄鋼業界から旺盛な提案がなされているところである。鉄鋼スラグは、物理性状に関しては研究が進んでいるものの、海域環境への影響、特に長期的な安全性、大量に使用した場合の影響等については実績が少なく、実海域への適用に際し、十分な検討が必要となる。このため、瀬戸内海における浚渫土と鉄鋼スラグ等の活用を視野に入れた「鉄鋼スラグ等の実海域適用に関する研究会」を平成 23 年度より設置し、これらの課題等について検討を行った。

本マニュアル（案）は、上記の研究会における検討結果を基に、「浚渫土と転炉系製鋼スラグの混合材」を実海域へ適用する際の技術的な知見・適用条件・施工手順等についてとりまとめたものである。浚渫土と転炉系製鋼スラグの混合材は、用途に応じた適切な品質管理を行うことにより、要求性能や安全性を十分確保できる材料である。本マニュアル（案）を活用し、海域において、藻場・浅場・干潟・人工砂浜の造成等の環境修復・創造事業等を効果的・効率的に進めるための材料として、幅広い利用がなされることを期待するものである。

なお、本マニュアル（案）は現時点における最新の知見及び室内試験結果に基づきとりまとめたものであり、今後、現地試験施工及び施工後モニタリングを実施し、新たな知見、データが蓄積された際には、その成果を本マニュアル（案）に反映し改訂を行うこととする。

鉄鋼スラグ等の実海域適用に関する研究会　研究会メンバー

［委　　員］

【座長】　柳　　哲雄　　公益財団法人国際エメックスセンター　理事
（前　九州大学応用力学研究所　特任教授）
（前　九州大学応用力学研究所
東アジア海洋大気環境研究センター　センター長）
（前　九州大学応用力学研究所　所長）

上嶋　英機　　広島工業大学　客員教授
兼　一般社団法人瀬戸内海エコツーリズム協議会　理事長
（前　広島工業大学大学院工学研究科　教授）

春日井 康夫　　一般財団法人沿岸技術研究センター　審議役
（前　国土交通省　国土技術政策総合研究所　副所長）
（前　独立行政法人港湾空港技術研究所 統括研究官）
（前　九州大学大学院工学研究院　教授）

菊池　喜昭　　東京理科大学理工学部土木工学科　教授
（前　独立行政法人港湾空港技術研究所　特別研究官）

出口　一郎　　大阪大学　名誉教授
（前　大阪大学大学院工学研究科　教授）

中村　由行　　横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院　教授
（前　独立行政法人港湾空港技術研究所　研究主監）

平澤　充成　　九州大学大学院　工学研究院　教授

水谷　崇亮　　国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
港湾空港技術研究所　基礎工研究グループ　グループ長
（前　独立行政法人港湾空港技術研究所
基礎工研究チーム　チームリーダー）

山本　民次　　広島大学大学院生物圏科学研究科　教授

（敬称略、五十音順）

［オブザーバー］

松本　剛　　一般社団法人日本鉄鋼連盟
鉄鋼スラグ海域利用促進ＷＧ　主査
（石井　邦彦）
（黒瀬　芳和）

浦辺　信一　　鐵鋼スラグ協会　上席研究員
（片平　和夫）

［行政関係者］

西園　勝秀　　国土交通省　港湾局
技術企画課技術監理室　技術基準審査官
（正岡　孝）
（原田　卓三）
（田中　知足）
（石橋　洋信）

奥田　健　　国土交通省　港湾局
　　海洋・環境課港湾環境政策室　室長
（中原　正顕）
（森　信哉）
鈴木　徹　　国土交通省中国地方整備局　港湾空港部長
（梅野　修一）
（魚住　聡）
（髙田　昌行）
安部　賢　　国土交通省四国地方整備局　港湾空港部長
（東島　義郎）
齋藤　輝夫　国土交通省近畿地方整備局
　　神戸港湾空港技術調査事務所長（平成 25 年度まで）
（水谷　雅浩）
芳倉　勝治　国土交通省中国地方整備局
　　広島港湾空港技術調査事務所長（平成 25 年度まで）
（出路　康夫）
槇山　正　　国土交通省四国地方整備局
　　高松港湾空港技術調査事務所長（平成 25 年度まで）
松本　英雄　国土交通省九州地方整備局
　　下関港湾空港技術調査事務所長（平成 25 年度まで）
（上島　顕司）

［事務局］

宮田　亮　　国土交通省中国地方整備局港湾空港部
　　港湾空港企画官
（正岡　孝）
（安部　賢）
出路　康夫　国土交通省中国地方整備局港湾空港部（平成 25 年度まで）
　　沿岸域管理官
末本　浩二　国土交通省中国地方整備局港湾空港部
　　海洋環境・技術課長
（平田　正浩）
（藤本　典正）
（濱田　泰広）
菅　高徳　　国土交通省中国地方整備局
　　広島港湾空港技術調査事務所　技術開発課長
　　（平成 25 年度まで）
（内田　哲理）

※氏名の（　　）内は前任者

目　次

第 1 章 総則 1
1.1 目的 1
1.2 用語の定義 3
1.3 適用範囲 4
(1) 適用材料 4
(2) マニュアルの利用者 4
(3) マニュアルの利用方法 4
1.4 適用用途 5

第 2 章 材料の性質 12
2.1 浚渫土 12
(1) 法的な位置づけ 12
(2) 材料特性 15
(3) 留意点 19
2.2 転炉系製鋼スラグ 20
(1) 定義 20
(2) 製造方法 20
(3) 製造所所在地・生成量 23
(4) 法的な位置づけ 24
(5) 材料特性 27
(6) 留意点 34
2.3 混合材 35
(1) 材料特性 35
(2) 生物の生息・生育 48
(3) 利点及び留意点 51

第 3 章 施工手順 52

第 4 章 混合材の品質管理と要求性能 58
4.1 出荷・受渡 58
(1) 概要 58
(2) 品質検査（浚渫土） 59
(3) 品質検査（転炉系製鋼スラグ） 68
4.2 室内配合試験 83

(1) 概要 83
(2) 混合率の設定 84
(3) 安定性、安全性の確認 89
4.3 試験施工 121
(1) 概要 121
(2) 内容及び規模 122
(3) 施工手順及び確認事項 123
(4) 施工手順毎の確認内容 124
4.4 本施工 145
(1) 概要 145
(2) 内容及び規模 145
(3) 施工手順及び確認事項 146
(4) 施工手順毎の実施内容 147
(5) 留意点 169

第5章 留意事項 170
5.1 関係者への説明 170
(1) 想定される関係者 170
(2) 関係者への説明内容 170
(3) 関係者間の合意形成 170
5.2 環境影響に対する対応 171

参考資料
1 カルテ様式例
1.1 浚渫土
1.2 転炉系製鋼スラグ
2 用語集
3 参考事例
3.1 安定性・安全性試験事例
3.2 生物試験事例
3.3 品質管理試験事例
3.4 施工事例（実証試験事例）

構　成

第1章　総則（p.1）

●技術マニュアル（案）の目的、用語の定義、適用範囲、適用用途について記載。

第2章　材料の性質（p.12）

●技術マニュアル（案）が適用される「混合材」とその材料である「浚渫土」「転炉系製鋼スラグ」の材料特性、留意点等について記載。

- 浚渫土（p.12）
- 転炉系製鋼スラグ（p.20）

→ 混合材（p.35）

第3章　施工手順（p.52）

●実海域において混合材を用いた事業を実施する際の施工手順について記載。

第4章　混合材の品質管理と要求性能（p.58）

●施工手順毎に、要求される品質性能とその管理方法について記載。

- 出荷・受渡（p.58）
  - 品質検査（浚渫土）（p.59）
  - 品質検査（転炉系製鋼スラグ）（p.68）
- 室内配合試験（p.83）
  - ①混合率の設定（p.84）
  - ②安定性、安全性の確認（p.89）
- 試験施工（p.121）
  - ①施工予定箇所の環境確認及び試験施工計画の立案（p.124）
  - ②施工機械・船舶の準備及び材料の搬入・確認（p.128）
  - ③材料混合（p.130）
  - ④混合材投入（p.132）
  - ⑤施工後モニタリング（p.134）
- 本施工（p.145）
  - ①本施工計画の立案（p.147）
  - ②施工予定箇所の環境確認（p.149）
  - ③本施工（p.152）
  - ④施工後モニタリング（p.156）

第5章　留意事項（p.170）

●施工の際に留意すべき事項について記載。

- 関係者への説明（p.170）
- 環境影響に対する対応（p.171）

参考資料

- カルテ様式例（p.参-1）
  - ・浚渫土
  - ・転炉系製鋼スラグ
- 用語集（p.参-5）
- 参考事例（p.参-8）
  - ・安定性・安全性試験事例
  - ・生物試験事例
  - ・品質管理試験事例
  - ・施工事例（実証実験事例）

第1章 総則

1.1 目的

港湾整備で発生する細粒分の多い浚渫土と製鋼工程で産出する転炉系製鋼スラグを混合した材料（以下、「混合材」という）は、表 1-1 に示すとおり、港湾整備のニーズに対する利点を多く持つ材料である。

本マニュアルは、混合材を利活用し、海域において浅場造成、干潟造成等の事業を行うことを想定し、事業者が、施工計画立案・検討時に手順、留意点、課題等について参照することにより、事業の円滑な遂行、さらには利活用の拡大に資することを目的とする。

【解説】

航路、泊地の整備・維持等の港湾整備で発生する浚渫土のうち、比較的粒径が大きい砂状の浚渫土については、覆砂等の海域環境改善事業における利活用が進んでいるものの、細粒分の多い浚渫土は、そのままの性状では活用方法が限られており、改質による活用が求められている。

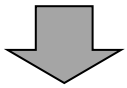
一方、鉄の製造過程のうち、転炉における製鋼工程で産出する転炉系製鋼スラグは、陸上において路盤材、地盤改良材、セメント原料等として多く利用されており、海域においても利活用の拡大が期待されるリサイクル材料である。また、細粒分の多い浚渫土に混合すると、浚渫土の強度が増進する効果があり、改質材として期待されている。

港湾整備に係る社会的動向として、瀬戸内海では、「瀬戸内海環境保全計画」の変更（平成 27 年 2 月 27 日閣議決定）において新たに目標とされる等、沿岸域において環境保全、再生及び創出の推進が求められており、環境再生・創出事業（浅場・干潟造成等）に利用する材料のニーズが高まっている。また、「港湾・空港等整備におけるリサイクルガイドライン（改訂）」（平成 27 年 12 月）において「藻場・浅場・干潟造成・覆砂材・人工砂浜等」が用途として位置付けられており、循環型社会の構築に向け、浚渫土をはじめとするリサイクル材料の利活用が期待されている。

このような背景から、海域において、浚渫土と転炉系製鋼スラグを混合した混合材を利活用することが期待されている。港湾整備におけるニーズ及び混合材の利用による利点をまとめると、表 1-1 に示すとおりである。

表 1-1　港湾整備におけるニーズ及び混合材の利用による利点

港湾整備におけるニーズ	
●沿岸域における環境保全、再生及び創出の推進 ●循環型社会の構築	・港湾整備で発生する浚渫土の活用（処分量の低減） ・リサイクル材料の活用



混合材の利用による利点	
●細粒分の多い浚渫土の利用用途の拡大	・浚渫土の強度増進効果により、幅広い用途への利用が期待される。
●安定的、経済的な材料の供給	・製鉄所が多く位置する瀬戸内海等では、転炉系製鋼スラグを安定的に入手可能である。 ・特に、大量の材料が必要となる場合（浅場・干潟造成等）、天然材料の利用に比べて調達が容易となり、またコストの低減につながることが期待される。
●環境負荷の低減	・リサイクル材料である浚渫土及び転炉系製鋼スラグの活用により、天然材料の利用に比べて環境負荷の低減（CO_2 排出量の削減、資源消費量・廃棄物量の低減等）が期待される。

注：材料の調達可能性、経済性及び環境負荷の低減効果については、事業特性（適用海域、適用用途等）により異なるため、事業毎に混合材を利活用することの妥当性を判断することが望ましい。

このように、混合材は今後の活用が期待される材料であるが、材料である浚渫土並びに転炉系製鋼スラグは、ともにリサイクル材料であり、性状がばらつく可能性もあることから、適用用途に応じた適切な品質管理を行い、安定性や安全性を十分確認する必要がある。

これらの背景から、本マニュアルでは、事業者が、海域における混合材を活用した事業の施工計画を立案・検討する際に参照できる資料として、混合材に関する技術的な知見・適用条件・施工手順等についてとりまとめた。

1.2 用語の定義

本マニュアルで使用する用語は、次のように定義する。

浚渫土	港湾整備における浚渫に伴って発生する土。
転炉系製鋼スラグ	転炉にて、高炉で生成された銑鉄やスクラップを原料に、生石灰を用いて鋼を製造する製鋼工程にて副生される材料。石灰（CaO）、二酸化珪素（SiO_2）、酸化鉄（Fe_2O_3）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。

その他、専門用語等の解説については、参考資料の「2 用語集」に記載する。

写真出典：カルシア改質土研究会資料

1.3 適用範囲

(1) 適用材料

本マニュアルが適用される材料は、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「混合材」とする。

なお、混合の際に添加される添加材については、本マニュアルにおける品質管理の対象外とする。

【解説】

細粒分の多い浚渫土は、転炉系製鋼スラグと混合することにより強度が改善されることから、単体では適用が困難な用途にも適用できるようになる。また、転炉系製鋼スラグの持つ性質により、濁りの抑制やリン・硫化物の溶出抑制等の効果についても期待される。一方で、浚渫土のうち、比較的粒径が大きい砂状のものについては、単体で覆砂材、干潟・浅場等の表層材、窪地埋戻材等として利用が期待できることから、単体での活用を検討することが望ましい。

混合材として利用する浚渫土の具体的な粒径条件については、適用海域の条件や事業目的等により、異なることが想定されることから、本マニュアルでは既定しない。浚渫土の性状と適用用途に要求される品質性能（強度、流動性、適用先の生物環境等）を照らし合わせ、浚渫土を単体で利用するか、混合材として利用するかを事業毎に判断することとする。

【参考】添加材について

浚渫土と転炉系製鋼スラグを混合する際に、せん断強度を向上させるため、高炉スラグ微粉末、高炉セメント、マグネシウム系固化材、石膏系固化材等を添加することがある。

これらを添加する場合は、品質管理が行われた材料を使用することとし、本マニュアルでは、これらの添加材を添加した後の混合材についての品質管理にも適用できる。

(2) マニュアルの利用者

本マニュアルは、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（以下、「事業者」という）が利用するものとする。

(3) マニュアルの利用方法

本マニュアルの利用方法としては、主に事業者が、事業実施を検討する際、施工・モニタリング計画の立案の際、並びに事業を実施する際に参照し、検討事項に漏れがないことを確認するために利用することを想定している。

1.4 適用用途

本マニュアルは、混合材を環境修復・創造等の材料として海域で利用する場合に適用することとする。また、以下の適用用途及び区分に応じて混合材の安定性及び安全性に十分配慮しながら品質を管理することとする。なお、適用用途及び区分は、対象とする工事の将来的な管理計画に応じて設定する。

適用用途①：施工後に混合材が直接海水に接しない場合

区分Ⅰ：人の立入りの可能性なし

区分Ⅱ：人の立入りの可能性あり

適用用途②：施工後に混合材が直接海水に接する場合

区分Ⅰ：人の立入りの可能性なし

区分Ⅱ：人の立入りの可能性あり

適用用途及び区分は、図 1-1 に示すフローで設定する。

【解説】

混合材は、浚渫土単体に比べてせん断強度が増進する材料であり、海域における環境修復・創造等の材料として幅広い用途での活用が期待される。既存調査結果においては、混合材表面への付着生物等の生息が確認されており、付着生物等の生息基盤となることも期待される。ただし、混合材はセメント固化処理土等と同様に長期的に強度が増進する材料であり、低強度の領域での強度管理は困難であることから、混合材内部への生物生息を期待した施工は技術的な課題がある。

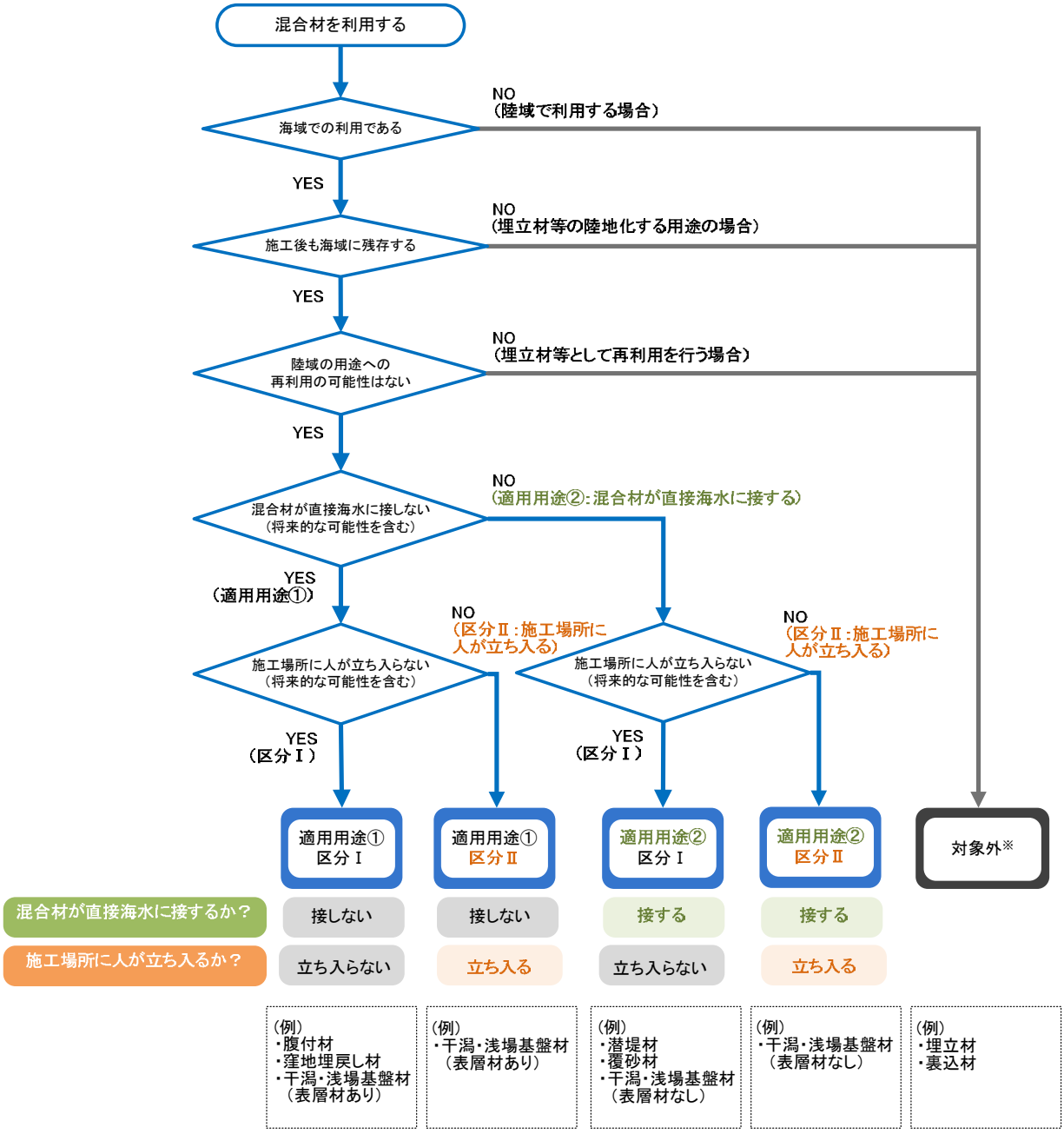
混合材の品質管理としては、安定性（混合材を利用して施工を行った場所（以下、施工場所という）が長期に亘り要求される強度、形状等を維持すること）・安全性（施工場所の周辺海域の水質、底質、生物に影響を及ぼさないこと）の両面から管理を行う必要がある。安定性の面からは、混合材の適用用途が構造物であるか、施工場所上面への荷重があるか等の特性に基づき、事業毎にせん断強度等の要求性能と照らし合わせながら、設計・管理を行う必要がある。安全性の面からは、海水に接する範囲、期間の程度によって、環境影響のリスクが異なると考えられることから、本マニュアルでは、管理内容を適用用途①、②の 2 用途で整理する。さらに、各用途について、人の立入りの可能性の有無により区分Ⅰ、Ⅱの 2 区分で整理する。適用用途及び区分については、p. 9 に示す安全性の管理の考え方に基づき、設定している。

適用用途及び区分は、対象とする工事の将来的な管理計画に応じて設定する必要がある。例えば、施工時には直接海水に接しない場合でも、将来的に接する可能性が否定できない場合は、適用用途②とする。また、施工時には人の立入可能性がない場合でも、将来的に人の立入可能性が生ずることが否定できない場合は、区分Ⅱとする。具体的な例として、干潟基盤材として利用し、表層材で被覆する場合を想定すると、表層材が減少した際に補修等を行う計画がある場合は適用用途①、計画がない場合は適用用途②として取り扱うものとする。また、供用時には人の立入りを見込まない場合でも、人の立入りを継続的に禁

止する計画としない場合は、区分Ⅱとして取り扱うものとする。

陸域で利用する場合、又は施工後に陸域となる用途（埋立材等）に利用する場合は、本マニュアルの対象外とする。また、本マニュアルでは、海域で利用された混合材が永続的に海域に存置されることを想定しており、混合材を撤去し陸域で再利用することが想定される場合（埋立材としての再利用等）は本マニュアルの対象外とする。混合材の利用から廃棄までのライフサイクルの中で、陸域で利用することが想定される場合は、海域での安全性だけでなく、陸域での安全性についても管理する必要が生じる。この場合の安全性の管理方法については、p. 11 を参考とすることができる。

混合材の適用用途・区分の設定フロー



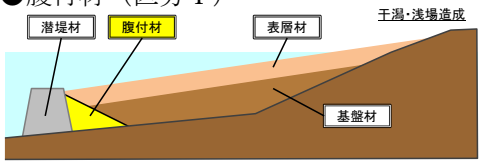
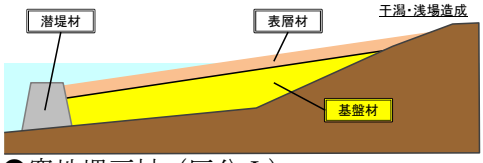
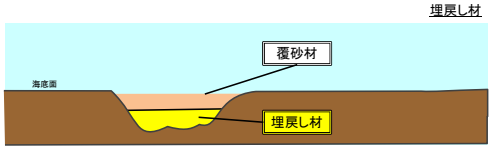
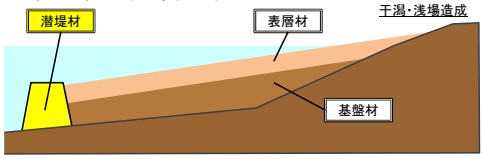
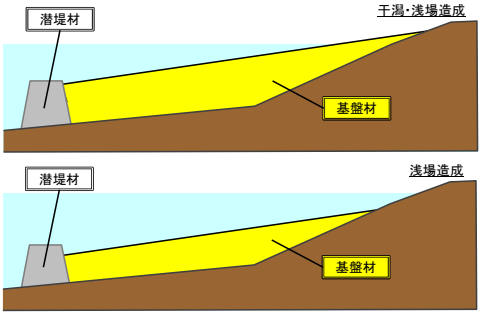
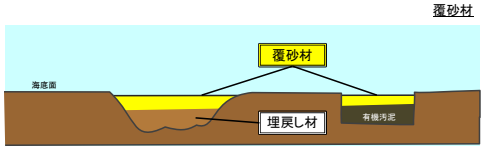
注）適用用途及び区分は、対象とする工事の将来的な管理計画に応じて設定する。
（施工時には直接海水に接しない場合でも、将来的に接する可能性が否定できない場合は、適用用途②とする。また、施工時には人の立入可能性がない場合でも、将来的に人の立入可能性が生ずることが否定できない場合は、区分Ⅱとする。）

※陸域で利用する場合の安全性を管理する必要がある（参考：p. 11）。

図 1-1　適用用途及び区分の設定フロー

各用途の概要及び具体的な適用用途の例は、表 1-2 に示すとおりである。

表 1-2　適用用途の概要及び具体例

用途	説明	混合材の適用用途（例）
適用用途①： 施工後に混合材が直接海水に接しない場合 （区分Ⅰ：人の立入りの可能性なし、区分Ⅱ：人の立入りの可能性あり）	・混合材を表層材で覆う等により、直接海水に接する可能性が低い場合 ・人の立入りの可能性がない場合を区分Ⅰ、可能性がある場合を区分Ⅱとする。	●腹付材（区分Ⅰ）  ●干潟・浅場基盤材（表層材あり） （区分Ⅰまたは区分Ⅱ）  ●窪地埋戻材（区分Ⅰ） 
適用用途②： 施工後に混合材が直接海水に接する場合 （区分Ⅰ：人の立入りの可能性なし、区分Ⅱ：人の立入りの可能性あり）	・施工後も海中に混合材が海水に接する、または海水に接する可能性が高い場合 ・人の立入りの可能性がない場合を区分Ⅰ、可能性がある場合を区分Ⅱとする。	●潜堤材（区分Ⅰ）  ●干潟・浅場基盤材（表層材なし） （区分Ⅰまたは区分Ⅱ）  ●覆砂材（区分Ⅰ） 

注：施工後に陸域となる用途は、本マニュアルでは対象としない。

：混合材の適用用途

●安全性の管理の考え方について

標準化の分野において、平成 18 年頃より、スラグ類の環境安全品質に関する詳細な研究が行われ、コンクリート用骨材並びに道路用材料の JIS における環境安全品質の設定について、検討がなされた。この結果、平成 25 年 3 月 21 日付けで

JIS A 501101「コンクリート用スラグ骨材　第 1 部：高炉スラグ骨材」

JIS A 5015　「道路用鉄鋼スラグ」

に環境安全品質に関わる規定が追加された。

これらの JIS における環境安全品質とその検査方法の設定は、「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書」（平成 24 年 3 月）（以下、「JIS 検討報告書」という。）で示された以下の「循環資材の環境安全品質及び検査方法に関する基本的考え方」に基づいている。

循環資材の環境安全品質及び検査方法に関する基本的考え方

①最も配慮すべき暴露環境に基づく評価

環境安全品質の評価は、対象とする循環資材の合理的に想定しうるライフサイクルの中で、環境安全性において最も配慮すべき暴露環境に基づいて行う。

②放出経路※に対応した試験項目

溶出量や含有量などの試験項目は、①の暴露環境における化学物質の放出経路に対応させる。

③利用形態を模擬した試験方法

個々の試験は、試料調整を含め、①の暴露環境における利用形態を模擬した方法で行う。

④環境基準等を遵守できる環境安全品質基準

設定項目と基準値は、周辺環境の環境基準や対策基準等を満足できるように設定する。

⑤環境安全品質を保証するための合理的な検査体系

試料採取から結果判定までの一連の検査は、環境安全品質基準への適合を確認するための「環境安全形式検査」と、環境安全品質を製造ロット単位で速やかに保証するための「環境安全受渡検査」とで構成し、それぞれ信頼できる主体が実施する。

※ ここでの放出経路とは、「溶出経路」（雨水や地下水との接触により溶出する経路）と「直接摂取経路」（粉じんの発生等により人の体内へ取り込まれる経路）を指す。

また、JIS 検討報告書では、循環資材に共通する環境安全品質基準として、以下の考え方が提案されている。

○溶出量基準

溶出経路については、影響を与える周辺環境（表流水、地下水、または海水のうち該当するもの）の環境基準等を遵守できるように設定した。

影響を与える周辺環境が表流水または地下水の場合は、それらの環境基準値と同等とした（「一般用途溶出量基準」と呼ぶ)。

海水の場合は、海水による希釈が大きく見込まれることから、水質環境基準（海域）の 3 倍とし、フッ素とホウ素は海水中の濃度が高く、環境基準（海域）が設定されていないことを勘案した（「港湾用途溶出量基準」と呼ぶ)。

○含有量基準

直接摂取経路については、土壌汚染対策法の含有量基準と同等とした。

本マニュアルでは、上記の考え方に基づき、安全性の管理方法を設定している。

●陸域で利用する場合の安全性の管理について（参考）

混合材を陸域で利用する場合、「JIS 検討報告書」の考え方に従うと、有害物質の溶出量及び含有量について、以下の管理を行うこととなる。

○溶出量

有害物質の溶出量については、影響を与える周辺環境が表流水または地下水の場合は「一般用途溶出量基準」、海水の場合は「港湾用途溶出量基準」（p.97 参照）を満足する必要がある。

○含有量

直接摂取経路（粉じんの発生等により人の体内へ取り込まれる経路）が想定される場合は、「含有量基準」を満足する必要がある。

一般用途溶出量基準及び含有量基準を表 1-3 に示す。

表 1-3　一般用途溶出量基準及び含有量基準

項目	一般用途溶出量基準	含有量基準
1 アルキル水銀化合物	検出されないこと	-
2 水銀又はその化合物	0.0005 mg/L 以下	15 mg/kg 以下
3 カドミウム又はその化合物	0.003 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
4 鉛又はその化合物	0.01 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
5 六価クロム化合物	0.05 mg/L 以下	250 mg/kg 以下
6 砒素又はその化合物	0.01 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
7 全シアン	検出されないこと	50 mg/kg 以下(遊離シアン)
8 ポリ塩化ビフェニル	検出されないこと	-
9 ふっ素	0.8 mg/L 以下	4,000 mg/kg 以下
10 トリクロロエチレン	0.01 mg/L 以下	-
11 テトラクロロエチレン	0.01 mg/L 以下	-
12 ジクロロメタン	0.02 mg/L 以下	-
13 四塩化炭素	0.002 mg/L 以下	-
14 1,2－ジクロロエタン	0.004 mg/L 以下	-
15 1,1－ジクロロエチレン	0.1 mg/L 以下	-
16 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04 mg/L 以下	-
17 1,1,1－トリクロロエタン	1 mg/L 以下	-
18 1,1,2－トリクロロエタン	0.006 mg/L 以下	-
19 1,3－ジクロロプロペン	0.002 mg/L 以下	-
20 チウラム	0.006 mg/L 以下	-
21 シマジン	0.003 mg/L 以下	-
22 チオベンカルブ	0.02 mg/L 以下	-
23 ベンゼン	0.01 mg/L 以下	-
24 セレン又はその化合物	0.01 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
25 ダイオキシン類	1 pg-TEQ/L 以下	150 pg-TEQ/g 以下
26 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10 mg/L 以下	-
27 ほう素	1 mg/L 以下	4,000 mg/kg 以下
28 1,4-ジオキサン	0.05 mg/L 以下	-

注：基準及び測定方法は、以下を根拠とする
・一般用途溶出量基準
基準、測定方法：地下水の水質汚濁に係る環境基準について（平成 9 年 3 月 13 日、環境庁告示第 10 号）
・含有量基準
基準　　：土壌汚染対策法に基づく土壌含有量基準
測定方法：土壌含有量調査に係る測定方法を定める件（平成 15 年 3 月 6 日、環境省告示第 19 号）

第2章 材料の性質

2.1 浚渫土

(1) 法的な位置づけ

浚渫土は、法的に廃棄物には該当しない。重金属等の有害物質（溶出量・含有量）が一定基準以下であれば、有用物として海域において利用することができる。

【解説】

廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下、廃棄物処理法という）では、浚渫土は廃棄物からは除外される。

海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（以下、海洋汚染防止法という）では、浚渫土を土地造成、浅場・干潟造成等に有効利用する場合には、許可申請の手続き対象外となる。なお、浚渫土を埋立場所等に排出する際の基準として、水底土砂に係る判定基準が省令で定められている。

土壌汚染対策法は、土地の土壌汚染に係る調査や土壌汚染のある土地の管理等について定めた法律であり、浚渫土の利用に際し、規制が適用されるものではない。

したがって、本マニュアルの適用範囲においては、浚渫土は有用物として利用することが可能であり、利用の際に適用される基準は法的にはないが、浚渫土を海面埋立処分する際等に適用される基準（水底土砂に係る判定基準）に準じるとともに、適用先における関係法令に係る基準を考慮し、有害物質の溶出量・含有量の管理を行うことが妥当である。なお、本マニュアルでは、浚渫土の品質検査における有害物質の検査基準について p. 61 に示すとおり設定している。また、浚渫土の再利用については、「港湾・空港等整備におけるリサイクルガイドライン（改訂）」（平成 27 年 12 月、国土交通省 港湾局・航空局）に詳述されている。

以下に、各関係法令の概要を示す。

a. 廃棄物処理法

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律の施行について（通知）（昭和 46 年 10 月 16 日、環整 43 号）」において、「港湾、河川等のしゅんせつに伴って生ずる土砂その他これに類するもの」は廃棄物処理法の対象となる廃棄物ではないとされている。

廃棄物の処理及び清掃に関する法律の施行について(通知)（昭和 46 年 10 月 16 日、環整 43 号）	
第 1 総則的事項 2 廃棄物の定義	(1) 廃棄物とは、ごみ、粗大ごみ、汚でい、廃油、ふん尿その他の汚物又はその排出実態等からみて客観的に不要物として把握することができるものであって、気体状のもの及び放射性廃棄物を除く。固形状から液状に至るすべてのものをいうものであること。 なお、次のものは廃棄物処理法の対象となる廃棄物でないこと。 ア　港湾、河川等のしゅんせつに伴って生ずる土砂その他これに類するもの イ　漁業活動に伴って漁網にかかった水産動植物等であって、当該漁業活動を行なった現場附近において排出したもの ウ　土砂及びもっぱら土地造成の目的となる土砂に準ずるもの

b. **海洋汚染防止法**

海洋汚染防止法における「船舶から廃棄物の海洋における投入処分をしようとする者は、環境大臣の許可を受けなければならない（第十条の六)」との条項に関連して、許可を得るための申請書作成時の検討事項を示した指針に「浚渫土砂等の海洋投入および有効利用に関する技術指針」がある。指針では、浚渫土砂を「有効利用」するものについては許可申請の手続きは適用とならない。

なお、海洋汚染防止法施行令に基づく埋立場所等に排出する際の基準として、水底土砂（海洋または海洋に接続する公共用水域から除去された土砂（汚泥を含む。））に係る判定基準（水底土砂判定基準）が省令で定められている。

浚渫土砂等の海洋投入及び有効利用に関する技術指針（改訂案）（平成 25 年 7 月、国土交通省港湾局）	
2.　有効利用の考え方と適用	浚渫土砂のうち「有効利用」するものについては、本指針に基づく海洋投入処分の許可申請の手続き（「3.海洋投入処分の許可申請の手続き」以降の検討）は適用とならない。 浚渫土砂等の「有効利用」を実施する場合には、モニタリングを行いつつ、その結果を踏まえて、より適切な順応的管理を行うこととする。
海洋汚染防止法施行令（昭和四十六年六月二十二日政令第二百一号）	
第五条（埋立場所等に排出する廃棄物の排出方法に関する基準）第一項	廃棄物（次項各号に掲げるものを除く。）を法第十条第二項第四号に規定する場所（以下「埋立場所等」という。）に排出する場合における同号の政令で定める排出方法に関する基準は、次に掲げるとおりとする。
海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭和四十八年二月十七日総理府令第六号）	
第一条 （水底土砂に係る判定基準） 第一項から第三項の抜粋	海洋汚染防止法施行令第五条第一項第一号、第二項第四条、第二項第五条の環境省令で定める基準は別表第一第一号から第三二号の上欄に掲げる物質ごとにそれぞれ当該各号下欄に掲げるとおりとし、ダイオキシン類にあっては検液一リットルにつきダイオキシン類一〇ピコグラム以下とする。

c. **土壌汚染対策法**

土壌汚染対策法は、土壌汚染の状況の把握に関する措置及びその汚染による人の健康被害の防止に関する措置を定めること等により、土壌汚染対策の実施を図り、もって国民の健康を保護することを目的としている。

材料として利用する浚渫土そのものに適用される法律ではないが、浚渫土を利用して造成した土地において土壌汚染のおそれがあると認められた場合には、当該法律に基づく調査を実施する必要が生じる。また、調査の結果指定基準を超過した場合には汚染の除去等の措置を講じることが義務付けられている。

土壌汚染対策法（平成十四年五月二十九日法律第五十三号）	
第六条 （要措置区域の指定等）	都道府県知事は、土地が次の各号のいずれにも該当すると認める場合には、当該土地の区域を、その土地が特定有害物質によって汚染されており、当該汚染による人の健康に係る被害を防止するため当該汚染の除去、当該汚染の拡散の防止その他の措置（以下「汚染の除去等の措置」という。）を講ずることが必要な区域として指定するものとする。 一　土壌汚染状況調査の結果、当該土地の土壌の特定有害物質による汚染状態が環境省令で定める基準に適合しないこと。 二　土壌の特定有害物質による汚染により、人の健康に係る被害が生じ、又は生ずるおそれがあるものとして政令で定める基準に該当すること。
第七条 （汚染の除去等の措置）	都道府県知事は、前条第一項の指定をしたときは、環境省令で定めるところにより、当該汚染による人の健康に係る被害を防止するため必要な限度において、要措置区域内の土地の所有者等に対し、相当の期限を定めて、当該要措置区域内において汚染の除去等の措置を講ずべきことを指示するものとする。
土壌汚染対策防止法施行規則（平成十四年十二月二十六日環境省令第二十九号）	
第三十一条 （区域の指定に係る基準） 第一項第一号 （土壌溶出量の基準）	法第六条第一項第一号の環境省令で定める基準のうち、土壌に水を加えた場合に溶出する特定有害物質の量に関するものは、特定有害物質の量を第六条第三項第四号の環境大臣が定める方法により測定した結果が、別表第三の上欄に掲げる特定有害物質の種類の区分に応じ、それぞれ同表の下欄に掲げる要件に該当することとする。
第三十一条 （区域の指定に係る基準） 第二項第一号 （土壌含有量の基準）	法第六条第一項第一号の環境省令で定める基準のうち土壌に含まれる特定有害物質の量に関するものは、特定有害物質の量を第六条第四項第二号の環境大臣が定める方法により測定した結果が、別表第四の上欄に掲げる特定有害物質の種類の区分に応じ、それぞれ同表の下欄に掲げる要件に該当することとする。

(2) 材料特性

1) 物理的・力学的性質（安定性）

浚渫土の物理的・力学的性質は浚渫箇所により大きく異なるものの、瀬戸内海の主要港湾の例では細粒分が多いことが多い。

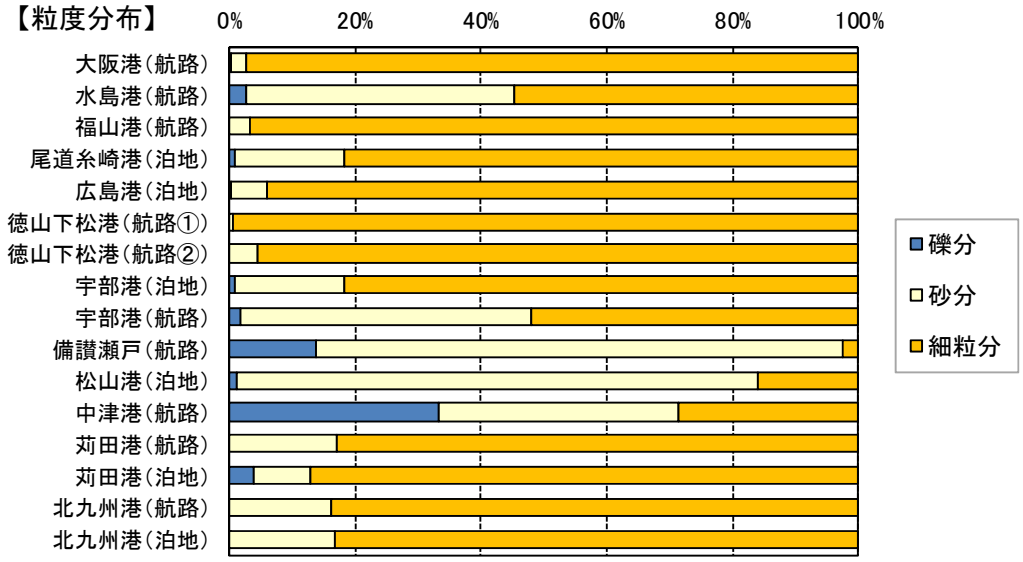
【解説】

a. <u>粒度分布</u>

瀬戸内海主要港湾の航路・泊地における底質の粒度分布の例を図 2-1 に示す。

採取箇所により、物理的・力学的性質は大きく異なるものの、航路・泊地においては、礫分・砂分が少なく細粒分が多い港湾が多くみられる。

なお、これらは分析値の一例であり、各港湾を代表するものではない。浚渫土の性状は同一港湾内においてもばらつきが大きいため、利用する浚渫土の試験結果を基に検討を行う必要がある。



注：1)航路・泊地内の代表地点として、沿岸に最も近い採取点（同程度の距離の場合中央の地点）での値を示した。
2)徳山下松港は 2 地区（①：新南陽地区、②徳山地区）での値を示した。
3)礫分は粒径 2mm 以上、砂分は 75μm 以上、細粒分は 75μm 未満である。

出典：1) 大阪港：大阪港環境調査（平成 25 年 8 月）(近畿地方整備局)
2) 水島港： 平成 20 年度水島港玉島地区底質調査業務報告書（中国地方整備局・宇野港湾事務所）
3) 福山港：平成 21 年度福山港航路地区環境現況調査業務報告書（中国地方整備局）
4) 尾道糸崎港：平成 24 年度尾道糸崎港機織地区環境現況調査報告書（中国地方整備局）
5) 広島港：平成 24 年度広島港廿日市地区環境現況調査報告書（中国地方整備局）
6) 徳山下松港（航路①）：平成 26 年度徳山下松港新南陽地区航路(-12m)底質調査業務報告書（中国地方整備局宇部港湾・空港整備事務所)
7) 徳山下松港（航路②）：平成 21 年度徳山下松港徳山地区航路(-14m)等底質調査業務報告書（中国地方整備局宇部港湾・空港整備事務所)
8) 宇部港（泊地）：平成 24 年度宇部港本港地区泊地(-13m)底質調査業務報告書（中国地方整備局宇部港湾・空港整備事務所）
9) 宇部港（航路）：平成 27 年度宇部港本港地区泊地(-13m)底質調査業務報告書（中国地方整備局宇部港湾・空港整備事務所）
10)備讃瀬戸：平成 23 年度備讃瀬戸北航路土質調査報告書（四国地方整備局高松港湾・空港整備事務所）
11)松山港：松山港外港地区泊地（-13m）底質調査（その 2）報告書（四国地方整備局松山港湾・空港整備事務所）
12)中津港：平成 23 年度中津港（田尻地区）土質調査報告書（九州地方整備局別府港湾・空港整備事務所）
13)苅田港：苅田港（新松山地区）泊地（-13m）土質調査報告書（九州地方整備局苅田港湾事務所）
14)北九州港：北九州（新門司地区）航路（-10m）水質調査外 1 件報告書（九州地方整備局北九州港湾・空港整備事務所）

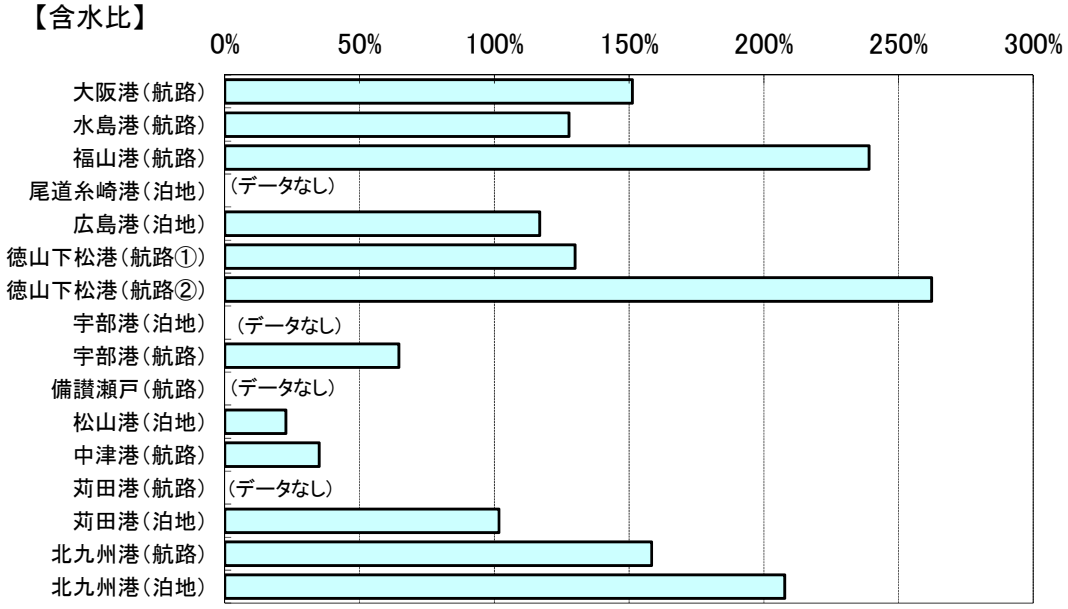
図 2-1　瀬戸内海の主要港湾における底質（粒度分布）の例

b. 含水比

瀬戸内海主要港湾の航路・泊地における底質の含水比の一例を図 2-2 に示す。なお、図 2-2 は図 2-1 の粒度分布と同一検体の値である。

細粒分が多い港湾（この図では、大阪港、福山港、広島港、徳山下松港、苅田港及び北九州港）では 50～70%程度と高い値を示している。

なお、これらは分析値の一例であり、各港湾を代表するものではない。浚渫土の性状は同一港湾内においてもばらつきが大きいため、利用する浚渫土の試験結果を基に検討を行う必要がある。



注：1)航路・泊地内の代表地点として、沿岸に最も近い採取点（同程度の距離の場合中央の地点）での値を示した。
2)徳山下松港は 2 地区（①：新南陽地区、②徳山地区）での値を示した。

出典：1) 大阪港：大阪港環境調査（平成 25 年 8 月）（近畿地方整備局）
2) 水島港： 平成 20 年度水島港玉島地区底質調査業務報告書（中国地方整備局・宇野港湾事務所）
3) 福山港：平成 21 年度福山港航路地区環境現況調査業務報告書（中国地方整備局）
4) 広島港：平成 24 年度広島港廿日市地区環境現況調査報告書（中国地方整備局）
5) 徳山下松港（航路①）：平成 26 年度徳山下松港新南陽地区航路(-12m)底質調査業務報告書（中国地方整備局宇部港湾・空港整備事務所）
6) 徳山下松港（航路②）：平成 21 年度徳山下松港徳山地区航路(-14m)等底質調査業務報告書（中国地方整備局宇部港湾・空港整備事務所）
7) 宇部港：平成 27 年度宇部港本港地区泊地(-13m)底質調査業務報告書（中国地方整備局宇部港湾・空港整備事務所）
8) 松山港：松山港外港地区泊地（-13m）底質調査（その 2）報告書（四国地方整備局松山港湾・空港整備事務所）
9) 中津港：平成 23 年度中津港（田尻地区）土質調査報告書（九州地方整備局別府港湾・空港整備事務所）
10) 苅田港：苅田港（新松山地区）泊地（-13m）土質調査報告書（九州地方整備局苅田港湾事務所）
11) 北九州港：北九州（新門司地区）航路（-10m）水質調査外 1 件報告書（九州地方整備局北九州港湾・空港整備事務所）

図 2-2　瀬戸内海の主要港湾における底質（含水比）の例

2）化学的性質（安全性）

浚渫土の化学的性質は浚渫箇所により大きく異なる。瀬戸内海の主要港湾の例では有機物、栄養塩類を多く含む箇所があることに留意が必要である。また、安全性を確保するため、有害物質についても確認が必要である。

【解説】

a. 化学組成

浚渫土の化学組成の例として、三大湾（東京湾、伊勢湾・三河湾、大阪湾）における浚渫土の化学組成を表 2-1 に示す。

SiO_2 が最も多く、次いで Al_2O_3 や Fe_2O_3 が多くなっている。

表 2-1　三大湾における浚渫土の化学組成（参考）

（単位：質量% 、f-CaO は CaO の内数）

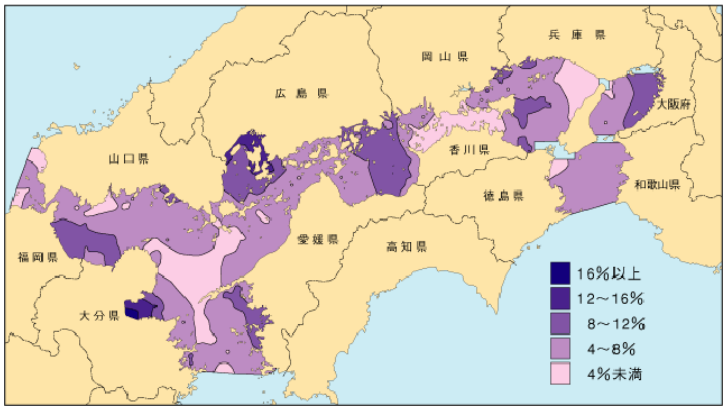
採取地	CaO	f-CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO	MnO	FeO	Fe_2O_3	P_2O_5	T-S
東京湾 1	2.6	0.04	45	13	2.1	0.09	0.58	7.0	0.1	1.5
東京湾 2	3.5	0.01	49	14	1.9	0.07	0.60	5.6	<0.1	0.75
三河湾	1.2	0.07	49	16	1.9	0.08	0.65	4.0	0.1	1.3
大阪湾 1	5.1	0.05	42	13	2.4	0.06	0.85	5.8	0.1	1.9
大阪湾 2	1.7	0.01	59	16	1.8	0.07	0.57	2.9	<0.1	0.74

出典：「転炉系製鋼スラグと浚渫土との混合改良工法」技術資料（平成 20 年 9 月、社団法人　日本鉄鋼連盟）

b. 有機物（強熱減量）

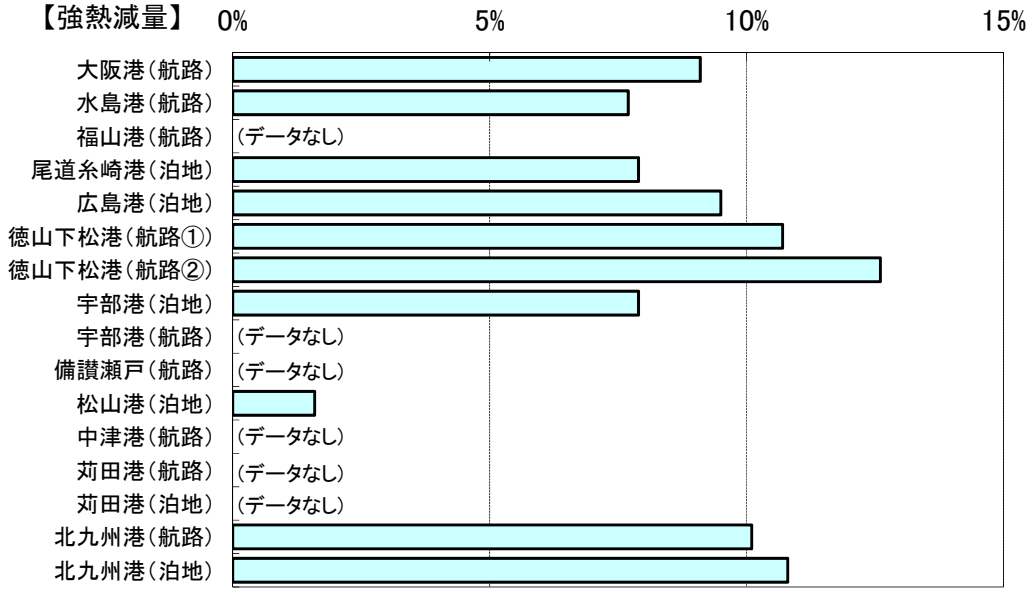
瀬戸内海全域における強熱減量の分布を図 2-3 に、瀬戸内海の主要港湾の航路・泊地における強熱減量の一例を図 2-4 に示す。なお、図 2-4 は図 2-1 の粒度分布と同一検体の値である。

瀬戸内海全域でみると、広島湾、別府湾等の湾奥部で 12%以上と高くなっており、有機汚濁の度合いが大きい。瀬戸内海の主要港湾においても、10%程度と高い値がみられる港湾がある（大阪港、広島港、徳山下松港、北九州港）。



出典：せとうちネット（環境省）

図 2-3　瀬戸内海における底質（強熱減量）



注：1)航路・泊地内の代表地点として、沿岸に最も近い採取点（同程度の距離の場合中央の地点）での値を示した
2)徳山下松港は 2 地区（①：新南陽地区、②徳山地区）での値を示した。

出典：1)大阪港：大阪港環境調査（平成 25 年 8 月）（近畿地方整備局）
2)水島港： 平成 20 年度水島港玉島地区底質調査業務報告書（中国地方整備局・宇野港湾事務所）
3)尾道糸崎港：平成 24 年度尾道糸崎港機織地区環境現況調査報告書（中国地方整備局）
4)広島港：平成 24 年度広島港廿日市地区環境現況調査報告書（中国地方整備局）
5)徳山下松港：平成 22 年度徳山下松港新南陽地区航路(-12m)底質調査業務報告書（中国地方整備局宇部港湾・空港整備事務所）
6)宇部港：平成 24 年度宇部港本港地区泊地(-13m)底質調査業務報告書（中国地方整備局宇部港湾・空港整備事務所）
7)松山港：松山港外港地区泊地（-13m）底質調査（その 2）報告書（四国地方整備局松山港湾・空港整備事務所）
8)北九州港：北九州（新門司地区）航路（-10m）水質調査外 1 件報告書（九州地方整備局北九州港湾・空港整備事務所）

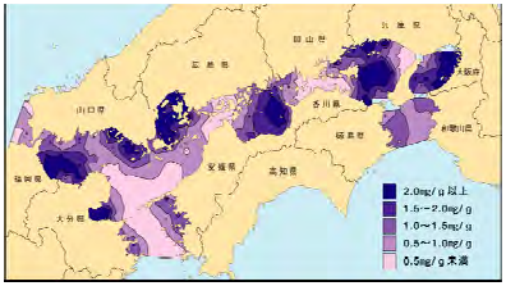
図 2-4　瀬戸内海の主要港湾における底質（強熱減量）の例

c. 栄養塩類（全窒素、全リン）

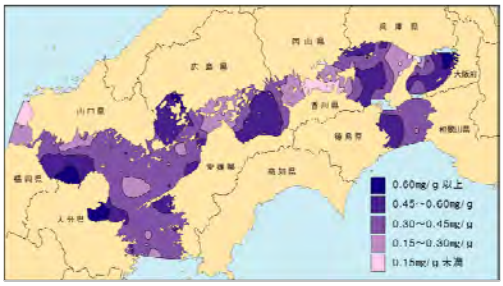
瀬戸内海全域における全窒素及び全燐の分布を図 2-5 に示す。

瀬戸内海全域でみると、広島湾、大阪湾、別府湾等の湾奥部や周防灘の南部等で高い値となっている。

【全窒素】



【全リン】



出典：せとうちネット（環境省）

図 2-5　瀬戸内海における底質（全窒素・全リン）

(3) 留意点

浚渫土は、浚渫箇所の地形特性、浚渫層の深さ等により、同一浚渫箇所内においても性状が大きく異なる可能性があることに留意が必要である。

【解説】

浚渫土は、河口付近の海域、流況が複雑な海域、水質変動の大きい海域等においては、小規模の範囲内においても、性状が大きく異なる可能性がある。また、底質の含水比は一般的に海底面に近いほど高くなる。

したがって、同一浚渫箇所内においても、浚渫土の性状が大きく異なる可能性があるため、浚渫土の性状を確認する際は、浚渫箇所の特性に応じて適切に採泥地点・採泥層を設定する必要がある（p. 66 参照）。

2.2 転炉系製鋼スラグ

(1) 定義

転炉系製鋼スラグは、溶銑を転炉等で精錬する際に生成するスラグであり、石灰（CaO）、二酸化珪素（SiO_2）、酸化鉄（Fe_2O_3）などを主成分とする。

【解説】

鉄鋼スラグは鉄鋼の製造過程で発生する粒状の副産物である。鉄鋼スラグは、製銑工程で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。これらのスラグのうち、転炉系製鋼スラグは f-CaO（遊離石灰）を多く含み、f-CaO が浚渫土中の Si（シリカ）などと水和反応することにより、浚渫土のせん断強度を増加させる働きを有しており、浚渫土の改質材としての利用が期待される。したがって、本マニュアルでは、鉄鋼スラグのうち転炉系製鋼スラグを対象とする。

転炉系製鋼スラグは溶銑を転炉等で精錬して鋼を製造する際に生成する。生成量は、一般的に粗鋼生産 1 トンあたり 100kg 程度である。

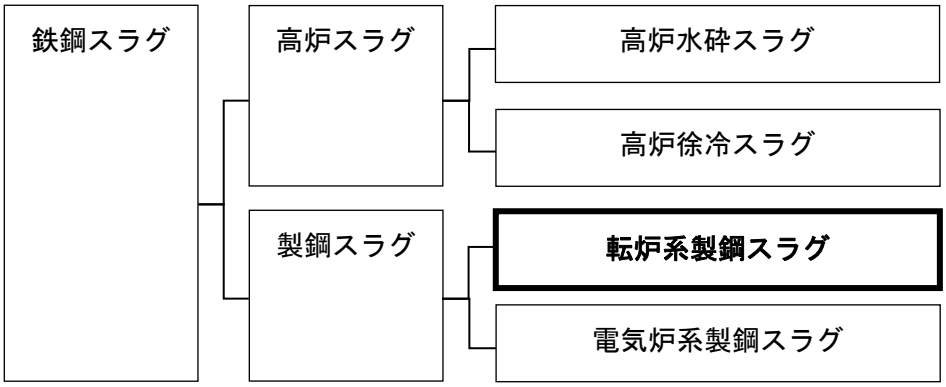


図 2-6　鉄鋼スラグの種類

(2) 製造方法

転炉系製鋼スラグは転炉で生成された後、徐冷処理及び粒度調整が行われ、出荷される。道路用路盤材、地盤改良材等の膨張崩壊対策が求められる用途に利用される場合は、出荷前にエージングが行われる。

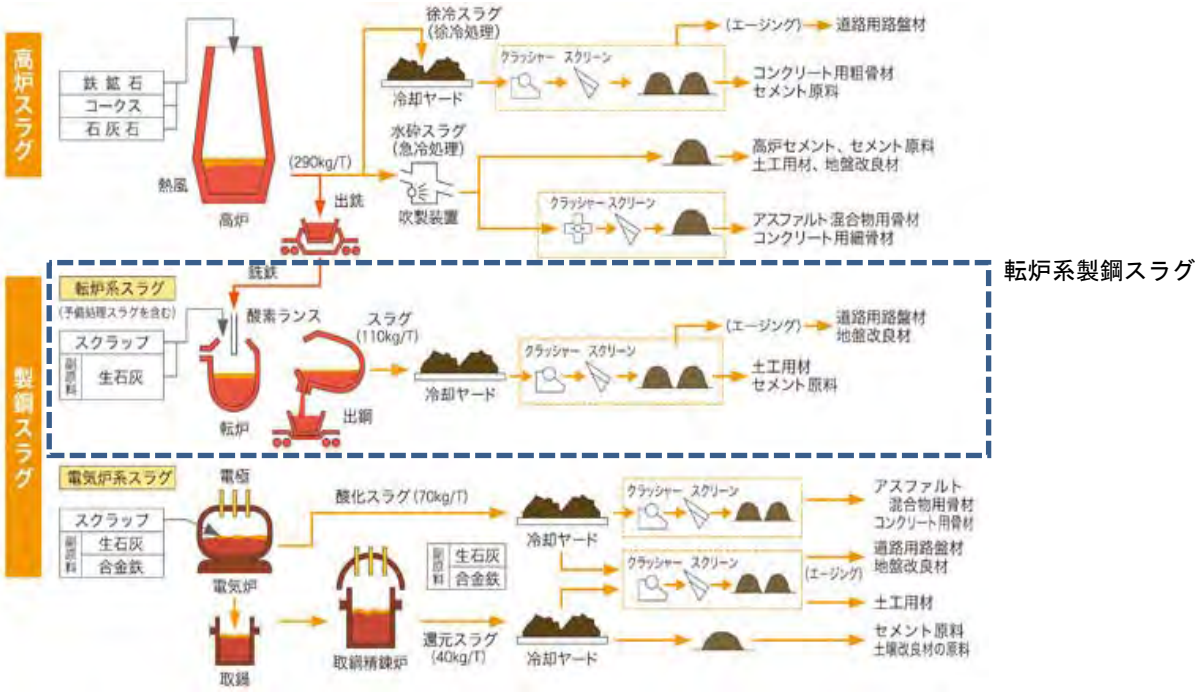
【解説】

転炉系製鋼スラグは、転炉等における製鋼工程において、高炉で生産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。高温で溶けたスラグは冷却ヤードで散水等により徐冷処理され、クラッシャーで粉砕して粒度調整が行われた後、出荷される。

道路用路盤材、地盤改良材等の膨張崩壊対策が求められる用途に利用される場合は、

膨張管理規格に準じて、出荷前に遊離石灰を水分と反応させて消石灰に変え、体積を安定させる「エージング」が行われる。エージングには、破砕後安定化するまでヤードに積み付ける方法（大気エージング）や、蒸気または高圧蒸気の高温と水を利用して反応を促進する方法（促進エージング）がある。また、エージング以外の膨張量抑制方法としては、粒度調整（細粒分の除去等）や、ゆる詰め状態にするなどの方法が取られた事例がある[1]。

転炉系製鋼スラグの用途と膨張管理規格の例を表 2-2 に示す。本マニュアルの適用範囲においても、膨張性の管理が必要となる用途に転炉系製鋼スラグを利用する場合は、エージング状況の確認並びに室内配合試験における膨張性の確認が必要となる。



出典：鐵鋼スラグ協会資料より作成

図 2-7　鉄鋼スラグ製品の製造フローと転炉系製鋼スラグ

[1] （一財）沿岸技術研究センター：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，平成 27 年 2 月

表 2-2　転炉系製鋼スラグの用途と膨張管理規格の例

用途	膨張管理規格	出典
路盤材	エージング 6 か月以上 （または促進エージング）	JIS A 5015
土工用製鋼スラグ砕石	区分Ａ：エージング 6 か月以上 （または促進エージング） 区分Ｂ、Ｃ：エージング規定なし	JSTMH8001
SCP（陸域、液状化）	「港湾工事用製鋼スラグ利用手引書」準拠に加えて、 エージング 6 か月以上（または促進エージング）（JIS A 5015）	港湾工事用製鋼スラグ利用手引書（平成 12 年 3 月、(財)沿岸開発技術研究センター、鐵鋼スラグ協会） JIS A 5015
SCP（海域、高置換）	エージング規定なし	港湾工事用製鋼スラグ利用手引書（平成 12 年 3 月、(財)沿岸開発技術研究センター、鐵鋼スラグ協会）

(3) 製造所所在地・生成量

転炉系製鋼スラグは全国では 17 箇所、瀬戸内海周辺では、10 箇所で製造されている。また、生成量は、全国では 10,571 千 t/年、西日本（近畿・中国・四国・九州・沖縄）では 6,348 千 t/年である。（平成 27 年度）

【解説】

●高炉スラグ・転炉系製鋼スラグ製造所数（平成 27 年度）

全国 17 ヵ所、瀬戸内海周辺（近畿・中国・四国・九州）10 箇所

出典：鉄鋼スラグ統計年報（平成 27 年度実績）

図 2-8　高炉スラグ・転炉スラグ製造事業所

●転炉系製鋼スラグ生成量（平成 27 年度）

全国：10,571 千 t/年

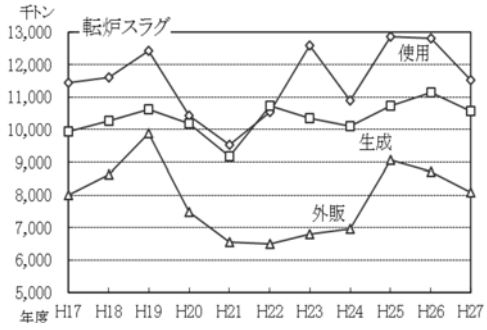
西日本（近畿・中国・四国・九州・沖縄）：6,348 千 t/年

●転炉系製鋼スラグ使用量（平成 27 年度）

全国：11,468 千 t/年

西日本（近畿・中国・四国・九州・沖縄）：5,481 千 t/年

注：使用量は在庫品の使用量を含むため、生成量を上回ることがある。



出典：鉄鋼スラグ統計年報（平成 27 年度実績）

図 2-9　転炉系製鋼スラグ生成・使用・外販量の経年変化

(4) 法的な位置づけ

転炉系製鋼スラグは、有用物として利用する場合、法的に廃棄物には該当しない。重金属等の有害物質（溶出量・含有量）が一定基準以下であれば、海域において利用することができる。

【解説】

廃棄物処理法では、材料を有用物として利用する場合は廃棄物に該当しないため、適用対象外となる。

海洋汚染防止法では、浅場・干潟等に有効利用する場合は、廃棄物（人が不要としたもの）に該当しないことから、一般的に海域利用を行う際には支障はないと考えられる。

土壌汚染対策法は、土地の土壌汚染に係る調査や土壌汚染のある土地の管理等について定めた法律であり、転炉系製鋼スラグの利用に際し、規制が適用されるものではない。

したがって、本マニュアルの適用範囲においては、転炉系製鋼スラグは有用物として利用することが可能であり、利用方法や適用先に合わせて適切に管理を行う事が妥当である。なお、本マニュアルでは、転炉系製鋼スラグの品質検査における有害物質の検査基準とその考え方についてはp. 73 に示すとおり設定している。

以下に、各関係法令の概要を示す。

a. 廃棄物処理法

廃棄物処理法は、廃棄物の排出抑制及び廃棄物の適正な処理に関して定めた法律であり、「廃棄物」の概念規定がなされている。

廃棄物処理法に関連した通知「廃棄物の処理及び清掃に関する法律の運用に伴う留意事項について（昭和 46 年 10 月 25 日、環整 45 号)」では廃棄物の範囲が記載され、「廃棄物とは、占有者が自ら、利用し、又は他人に有償で売却することができないために不要になった物」とされている。また、「行政処分の指針について（通知）（平成 25 年 3 月 29 日、環廃産発第 1303299 号)」では取引価値の有無等による各種判断要素の基準に基づく廃棄物の該当性の判断が記載され、「有価物と認められない限りは廃棄物として扱う」とされている。

転炉系鉄鋼スラグは、取引価値の有無等の判断基準から有価物であり、廃棄物には該当しないと考えられる。

廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）（昭和四十五年十二月二十五日法律第百三十七号）	
第二条（定義）第一項	この法律において「廃棄物」とは、ごみ、粗大ごみ、燃え殻、汚泥、ふん尿、廃油、廃酸、廃アルカリ、動物の死体その他の汚物又は不要物であつて、固形状又は液状のもの（放射性物質及びこれによつて汚染された物を除く。）をいう。
廃棄物の処理及び清掃に関する法律の運用に伴う留意事項について（昭和 46 年 10 月 25 日、環整 45 号）	
第一　廃棄物の範囲等に関すること	廃棄物とは、占有者が自ら、利用し、又は他人に有償で売却することができないために不要になつた物をいい、これらに該当するか否かは、占有者の意思、その性状等を総合的に勘案すべきものであつて、排出された時点で客観的に廃棄物として観念できるものではないこと。
行政処分の指針について（通知）（環廃産発第 1303299 号、平成 25 年 3 月 29 日）	
4　事実認定について (2)廃棄物該当性の判断について	廃棄物の疑いのあるものについては以下のような各種判断要素の基準に基づいて慎重に検討し、それらを総合的に勘案してその物が有価物と認められるか否かを判断し、有価物と認められない限りは廃棄物として扱うこと。 ア　物の性状、イ　排出の状況、ウ　通常の取扱い形態、エ　取引価値の有無、オ　占有者の意思

b. **海洋汚染防止法**

海洋汚染防止法は、海洋に油、有害液体物質等及び廃棄物を排出することを規制し、海洋汚染等及び海上災害を防止することを定めた法律であり、海洋における廃棄物の排出等により海洋汚染等をしないように努めなければならないとしている。なお、廃棄物とは「人が不要としたもの」と定義されている。

転炉系鉄鋼スラグは、取引価値の有無等の判断基準から人が不要としたものには該当しないと考えられ、海洋汚染防止法は適用されず、一般的に海域利用に支障はないと考えられる。

海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（海洋汚染防止法）（昭和四十五年十二月二十五日法律第百三十六号）	
第二条（海洋汚染等及び海上災害の防止）	何人も、船舶、海洋施設又は航空機からの油、有害液体物質等又は廃棄物の排出、油、有害液体物質等又は廃棄物の海底下廃棄、船舶からの排出ガスの放出その他の行為により海洋汚染等をしないように努めなければならない。
第三条（定義）第一項第六号	廃棄物　人が不要としたもの（油及び有害液体物質を除く。）をいう。
第三条（定義）第一項第七号	排出　物を海洋に流し、又は落とすことをいう。

c. 土壌汚染対策法

土壌汚染対策法は、土壌汚染の状況の把握に関する措置及びその汚染による人の健康被害の防止に関する措置を定めること等により、土壌汚染対策の実施を図り、もって国民の健康を保護することを目的としている。

材料として利用する転炉系鉄鋼スラグそのものに適用される法律ではないが、転炉系鉄鋼スラグを土壌と混在して利用した場合、利用先の土地において土壌汚染のおそれがあると認められた場合には、当該法律に基づく調査を実施する必要が生じる。また、調査の結果、指定基準を超過した場合には、汚染の除去等の措置を講じることが義務付けられている。

土壌汚染対策法（平成十四年五月二十九日法律第五十三号）	
第六条 （要措置区域の指定等）	都道府県知事は、土地が次の各号のいずれにも該当すると認める場合には、当該土地の区域を、その土地が特定有害物質によって汚染されており、当該汚染による人の健康に係る被害を防止するため当該汚染の除去、当該汚染の拡散の防止その他の措置（以下「汚染の除去等の措置」という。）を講ずることが必要な区域として指定するものとする。 一　土壌汚染状況調査の結果、当該土地の土壌の特定有害物質による汚染状態が環境省令で定める基準に適合しないこと。 二　土壌の特定有害物質による汚染により、人の健康に係る被害が生じ、又は生ずるおそれがあるものとして政令で定める基準に該当すること。
第七条 （汚染の除去等の措置）	都道府県知事は、前条第一項の指定をしたときは、環境省令で定めるところにより、当該汚染による人の健康に係る被害を防止するため必要な限度において、要措置区域内の土地の所有者等に対し、相当の期限を定めて、当該要措置区域内において汚染の除去等の措置を講ずべきことを指示するものとする。
土壌汚染対策防止法施行規則（平成十四年十二月二十六日環境省令第二十九号）	
第三十一条 （区域の指定に係る基準） 第一項第一号 （土壌溶出量の基準）	法第六条第一項第一号の環境省令で定める基準のうち土壌に水を加えた場合に溶出する特定有害物質の量に関するものは、特定有害物質の量を第六条第三項第四号の環境大臣が定める方法により測定した結果が、別表第三の上欄に掲げる特定有害物質の種類の区分に応じ、それぞれ同表の下欄に掲げる要件に該当することとする。
第三十一条 （区域の指定に係る基準） 第二項第一号 （土壌含有量の基準）	法第六条第一項第一号の環境省令で定める基準のうち土壌に含まれる特定有害物質の量に関するものは、特定有害物質の量を第六条第四項第二号の環境大臣が定める方法により測定した結果が、別表第四の上欄に掲げる特定有害物質の種類の区分に応じ、それぞれ同表の下欄に掲げる要件に該当することとする。

(5) 材料特性

1) 物理的・力学的性質（安定性）

転炉系製鋼スラグは、硬質な粒状の材料であり、利用用途に応じて様々な粒度に加工可能である。また、弱い水硬性や水との反応による膨張性がある。

【解説】

a. 密度

転炉系製鋼スラグの密度試験結果の例は以下に示すとおりである。密度は製造所や製造プロセスにより異なるが、鉄分を多く含むため天然砂（約 2.6g/cm^3）よりも大きい場合が多く、概ね 2.5～3.5g/cm^3 の範囲である。

表 2-3　転炉系製鋼スラグの密度試験結果

転炉系製鋼スラグ種類	表乾燥密度 (g/cm^3)	絶乾燥密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)
A	3.00	2.90	2.35
B	3.17	3.05	3.69
C	3.34	3.24	2.89
D	3.26	3.20	1.85

出典：カルシア改質土研究会資料

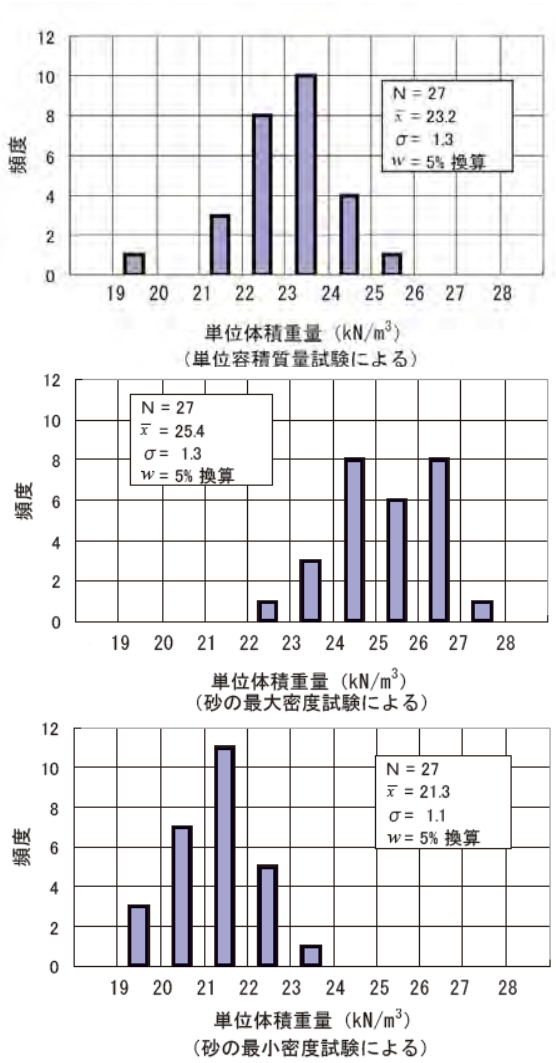
b. 粒度

転炉系製鋼スラグは、利用用途に応じて様々な粒度に加工可能である。なお、製品として出荷されている転炉系製鋼スラグの粒度分布は p.71 図 4-1 及び表 4-3 に示すとおりである。

c. 単位体積重量

転炉系製鋼スラグは、状態によって単位体積重量が異なる。

全国の転炉系製鋼スラグの試験結果事例では、単位容積質量試験で 19～26kN/m³、最小密度・最大密度試験では、ゆるい状態で 19～24kN/m³、密な状態で 22～28kN/m³の範囲である。

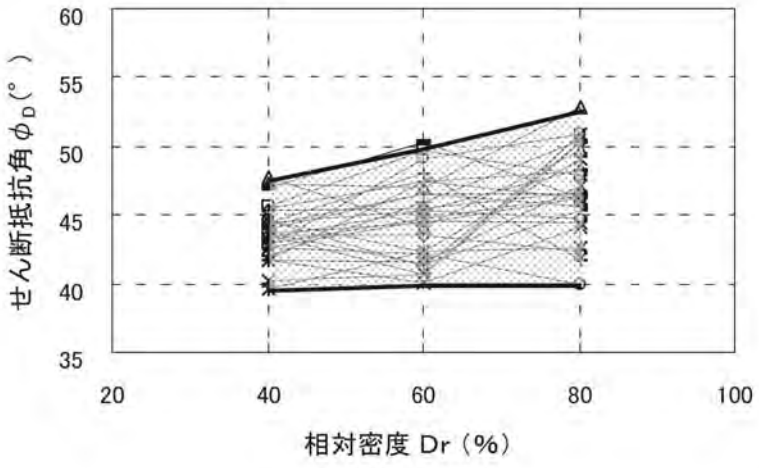


出典：平成 11 年鐵鋼スラグ協会調査

図 2-10　単位体積重量試験結果

d. せん断抵抗角

製鋼スラグ粒子は稜角に富むものが多いため、大きなせん断抵抗角が得られるとされている。一般の粒状材料と同様に、相対密度が小さいとせん断抵抗角は小さくなる傾向を示しているが、最小値でもφ=39.6 であり、ほぼ 40° を示している。



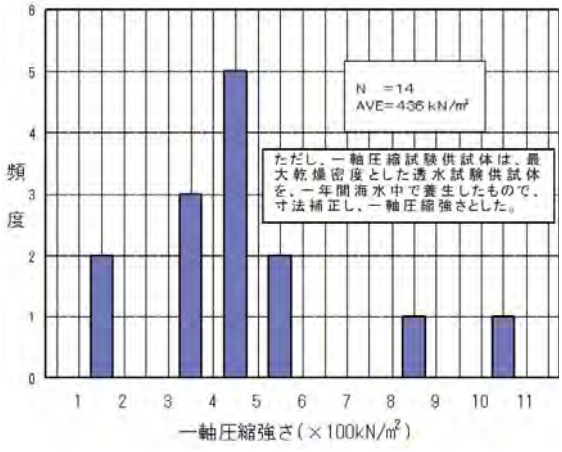
出典：平成 11 年鐵鋼スラグ協会調査

図 2-11　相対密度とせん断抵抗角の関係

e. 水硬性

転炉系製鋼スラグには弱い水硬性がある。転炉系製鋼スラグの種類により水硬性の程度は異なるが、総じて継時的に硬度が上昇する傾向がみられる。

全国の主要な製造所で生成した製鋼スラグを一年間海水で養生した供試体の一軸圧縮試験結果の事例（図 2-12）では、一軸圧縮強さは一様ではないが、300～600kN/㎡程度の試験体が多く存在している。



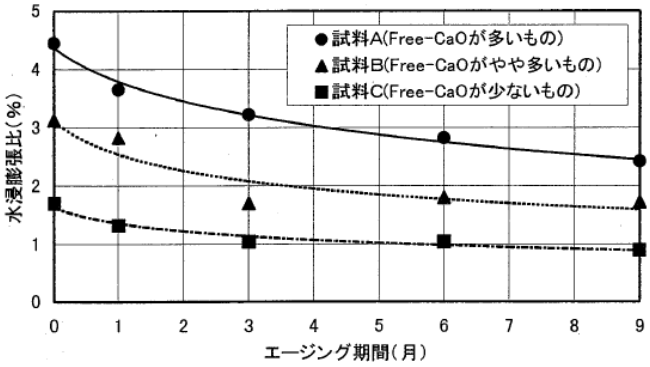
出典：平成 11 年製鋼スラグ協会調査

図 2-12　製鋼スラグの一軸圧縮試験結果

f. 膨張性

転炉系製鋼スラグに含まれる f-CaO（フリーライム、遊離石灰）は、水と反応して $Ca(OH)_2$ となる過程で体積が約 2 倍に膨張することから、転炉系製鋼スラグは水と反応して膨張する性質がある。水浸膨張比（水中での養生前後の供試体の高さの比）は、f-CaO の含有量が大きいほど大きくなる。

なお、膨張はエージング（野外で養生するなどの方法であらかじめ水と水和させること）により抑制することができる。



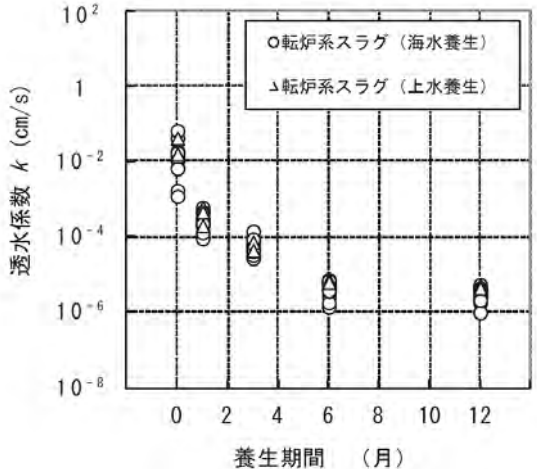
出典：港湾・空港・海岸等における製鋼スラグ利用技術マニュアル（平成 27 年 2 月、(一財)沿岸技術研究センター）

図 2-13　転炉系製鋼スラグの膨張性試験の例

g. 透水性

転炉系製鋼スラグの透水性は弱い固結により経時的に低下する。

全国の転炉系製鋼スラグに対して実施した室内試験の結果事例では、透水係数 k は、初め $k=10^{-1}$～10^{-3}cm/s であったものが、6 ヵ月の水中養生後に $k=10^{-5}$～10^{-6}cm/s にまで低下している。



出典：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（平成 27 年 2 月、(一財)沿岸技術研究センター）

図 2-14　養生期間と透水係数の関係

2) 化学的性質（安全性）

転炉系製鋼スラグは、以下の化学的性質を持つ。

- **化学組成：主な化学成分は、酸化カルシウム、二酸化珪素、酸化鉄等である。**
- **溶出特性：製造過程で 1,200℃以上の高温条件となり有機物は分解するため、有害物質は重金属等について確認すればよい。**
- **アルカリ性を呈する：主な化学成分が酸化カルシウム（CaO）であり、アルカリ性を呈する。**

【解説】

a. 化学組成

転炉系製鋼スラグは、製鋼工程において石灰等を添加し、鋼としての不要成分を除去する際に生成する。そのため、石灰（CaO）や二酸化珪素（SiO_2）等が主成分となっている。また、鉄の成分も多く含まれている。

表 2-4　転炉系製鋼スラグの化学成分

単位：質量%、f-CaO は CaO の内数

スラグ種類	CaO	f-CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO	MnO	FeO	Fe_2O_3	P_2O_5	T-S
スラグ A	40.0	3.98	10.7	2.77	6.28	5.43	8.17	13.40	1.50	0.08
スラグ B	43.9	3.31	13.4	2.28	4.85	2.48	9.95	13.30	3.30	0.03
スラグ C	41.1	8.56	14.1	1.62	4.85	3.44	13.8	9.34	1.82	0.07
スラグ D	48.3	6.70	13.0	3.03	3.13	4.12	4.61	10.63	2.21	0.04

注：f-CaO は、CaO のうちエチレングリコールに溶解するものを f-CaO とした。（リブロフェノール抽出-原子吸光法）

出典：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（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）

b. **溶出特性**

海洋汚染防止法による水底土砂に係る判定基準に基づく転炉系製鋼スラグ製品の溶出試験の実施事例（表 2-5）では、ふっ化物を除くすべての項目で不検出であり、ふっ化物も水底土砂に係る判定基準値以下の結果となっている。

転炉系製鋼スラグは、製造工程で 1,200℃以上の高温条件となり、揮発性有機化合物（VOC）や農薬・PCB 等の有機物等は熱分解する。したがって、有害物質については、残存する重金属等についての確認が必要となる。

表 2-5　水底土砂に係る判定基準に基づく転炉系製鋼スラグ製品の溶出試験事例

物質	判定基準	転炉系製鋼スラグ製品
水銀又はその化合物	0.005 mg/L 以下	不検出
カドミウム又はその化合物	0.1 mg/L 以下	不検出
鉛又はその化合物	0.1 mg/L 以下	不検出
六価クロム化合物	0.5 mg/L 以下	不検出
ひ素又はその化合物	0.1 mg/L 以下	不検出
セレン又はその化合物	0.1 mg/L 以下	不検出
ふっ化物	15 mg/L 以下	0～4.4mg/L
アルキル水銀	不検出	不検出
有機リン化合物	1 mg/L 以下	不検出
シアン化合物	1 mg/L 以下	不検出
ＰＣＢ	0.003 mg/L 以下	不検出
銅又はその化合物	3 mg/L 以下	不検出
亜鉛又はその化合物	2 mg/L 以下	不検出
トリクロロエチレン	0.3 mg/L 以下	不検出
テトラクロロエチレン	0.1 mg/L 以下	不検出
ベリリウム又はその化合物	2.5 mg/L 以下	不検出
クロム又はその化合物	2 mg/L 以下	不検出
ニッケル又はその化合物	1.2 mg/L 以下	不検出
バナジウム又はその化合物	1.5 mg/L 以下	不検出
有機塩素化合物	40 mg/kg 以下	不検出
ジクロロメタン	0.2 mg/L 以下	不検出
四塩化炭素	0.02 mg/L 以下	不検出
1,2-ジクロロエタン	0.04 mg/L 以下	不検出
1,1-ジクロロエチレン	0.2 mg/L 以下	不検出
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4 mg/L 以下	不検出
1,1,1-トリクロロエタン	3 mg/L 以下	不検出
1,1,2-トリクロロエタン	0.06 mg/L 以下	不検出
1,3-ジクロロプロペン	0.02 mg/L 以下	不検出
チウラム	0.06 mg/L 以下	不検出
シマジン	0.03 mg/L 以下	不検出
チオベンカルブ	0.2 mg/L 以下	不検出
ベンゼン	0.1 mg/L 以下	不検出

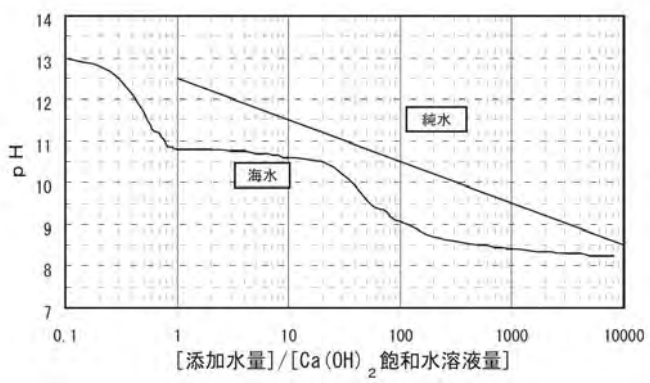
注：1)ダイオキシン溶出量は TEQ 換算で値は分析値以下であった。
　　2)判定基準値は判定当時の値である。

出典：港湾工事用製鋼スラグ利用手引書（平成 12 年 3 月、(財)沿岸開発技術研究センター、鐵鋼スラグ協会）

c. アルカリ性を呈する

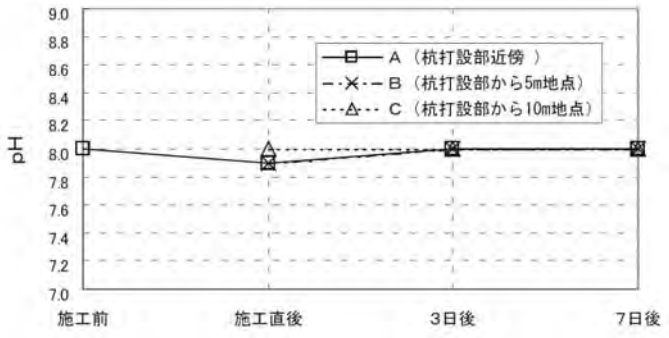
製鋼スラグの石灰（CaO）は、水と反応して消石灰（$Ca(OH)_2$）となり、溶出水の pH はエージングの有無にかかわらず高い値を示す。しかし、海域で利用した場合には、海水成分による緩衝作用[2]及び希釈等により、周辺海域の pH の上昇はほとんどない。

緩衝作用による pH の一例として、$Ca(OH)_2$の飽和水溶液に純水及び海水を加えた場合の変化の一例を図 2-15 に示す。この結果より、海水を加えた場合は、純水と比較して pH の低下が大きいことが分かる。また、製鋼スラグを用いた試験施工の pH 測定結果を図 2-16 に示す。図は、海底面上 1.0m での pH を示したものであるが、海水の pH の変化はほとんどないことが分かる。



出典：鉄鋼スラグ並びに石炭灰の性状と埋立の環境安全性について（昭和 57 年 3 月、(財)産業研究所）

図 2-15　$Ca(OH)_2$の飽和水溶液に水を添加した場合の pH の変化の一例



出典：平成 9・10 年度製鋼スラグの港湾工事用材料としての適用技術の研究報告書（(財)沿岸開発技術研究センター）

図 2-16　海水の pH の変化

[2] 緩衝作用：純水に比べて pH の変化の幅を小さくする作用。製鋼スラグからカルシウムイオン（Ca^{2+}）が溶出すると水の pH が高くなるが、海水には炭酸水素イオン（HCO_3^-）が多く存在しており、pH が高くなると炭酸イオン（CO_3^{2-}）に分解され、Ca^{2+}と結合する。この反応によりCa^{2+}の濃度が下がり、pH も下がることとなる。

(6) 留意点

転炉系製鋼スラグは、製造所や製造プロセス（材料等の種類、量等）により成分比率が異なることに留意が必要である。

【解説】

転炉系製鋼スラグは、製造所や製造プロセス（材料等の種類、量等）により成分が異なることから、「**第 4 章混合材の品質管理と要求性能　4.1 出荷・受渡　(3)品質検査（転炉系製鋼スラグ)**」により品質管理された転炉系製鋼スラグを利用することとする。また、「**第 4 章混合材の品質管理と要求性能　4.2 室内配合試験**」により、要求される品質を満足することを確認することとする。

2.3 混合材

(1) 材料特性

1) 物理的・力学的性質（安定性）

混合材は、浚渫土と転炉系製鋼スラグを混合したものであり、浚渫土に転炉系製鋼スラグを混合することによりせん断強度が向上する。一方、適用用途によっては、膨張性に留意する必要が生じる場合がある。

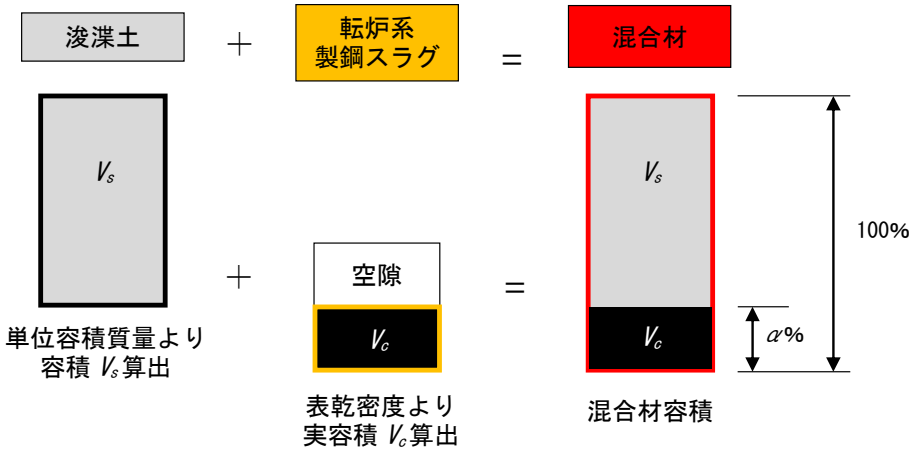
【解説】

混合材は、一般的に表 2-6 に示す物理的・力学的性質を持つ。転炉系製鋼スラグを混合することにより、せん断強度が向上する一方、膨張性等に留意が必要となる。

表 2-6　混合材の物理的・力学的性質

項目	物理的・力学的性質
単位体積重量	概ね 17～21kN/m^3 の範囲（容積混合率※30%の場合）であるが、浚渫土の土性及び含水比、転炉系製鋼スラグの混合率等によって、幅広く変化する。
均等係数	浚渫土と比べて、混合材は含まれる粒子の粒径範囲が広く、均等係数が大きい。
せん断強度	転炉系製鋼スラグを混合することにより、転炉系製鋼スラグの混合率が一定程度となるまでは混合率を増やすほど強度が増加する特徴がある。また、経時的に強度が増加する特徴がある。
法面勾配（水中安息角）	施工時の法面勾配（水中安息角）は浚渫土と比べて大きい。（水中 1：3 程度）
膨張性	転炉系製鋼スラグ由来により、水と反応して膨張する性質がある。

※ 容積混合率　$\alpha = Vc / (Vc + Vs)$（算出の考え方は、図 2-17 参照）
Vs：浚渫土の容積（湿潤単位容積質量より算出）
Vc：転炉系製鋼スラグの実容積（表乾密度より算出）



出典）「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」（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）より作成

図 2-17　混合材の容積混合率の考え方

2）せん断強度の発現特性

混合材のせん断強度は、材料である浚渫土や転炉系製鋼スラグの物理的・化学的特性や混合条件により大きく異なることに留意が必要である。

【解説】

せん断強度の発現に影響を及ぼす因子について整理された例を表 2-7 に示す。

表 2-7　せん断強度の発現に影響を及ぼす因子

区分		強度発現に影響を及ぼす因子	影響
材料	浚渫土	含水比	浚渫土の含水比が高くなると、固化反応が阻害され、強度が低下する。
		細粒分含有率	細粒分含有率が大きくなると、表面積（反応面積）が拡大し、強度が増加する。
		有機物含有量（強熱減量）	明確な強度傾向は把握できていないが、固化メカニズムより、有機物含有量が大きくなると強度は低下傾向になると考えられる。
		化学組成	明確な強度傾向は把握できていないが、浚渫土中の粘土鉱物等の組成の違いにより、強度発現傾向が異なると考えられる。
	転炉系製鋼スラグ	Ca 量（f-CaO 量）	f-CaO 量が増加すると、固化反応が促進され、強度は増加する傾向にある。
		粒度分布	粒径が小さくなると、表面積（反応面積）が拡大し、強度が増加する。
混合時		転炉系製鋼スラグの混合率	混合率が高くなると、固化反応が促進され、強度が増加する。（一定量を超えると強度は低下する。）
		養生日数	強度増加は材齢 28 日程度までが主体であるが、材齢 28 日以降も強度が増加する。
		養生温度	養生温度が高くなると、固化反応（水和反応）が促進され、強度が増加する。

出典：「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」（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）より作成

a. 浚渫土の含水比と混合材のせん断強度の関係

表 2-8 に示す物性の材料を用いた混合材の一軸圧縮強さのデータより、浚渫土の含水比と混合材のせん断強度の関係について述べる。加水調整を行った浚渫土（尾道糸崎港；s1）の含水比と混合材のせん断強度の関係を図 2-18 に示す。浚渫土の含水比が上昇すると強度が低下する傾向がみられる。浚渫方法により浚渫土の含水比は大きく異なり、また、混合材の施工方法によっては浚渫土の含水比を調整することも想定される。したがって、室内配合試験は、現地施工時の工法等を想定し、現地施工時の含水比と同程度に調整して行うこととするが、現地施工時には浚渫土の含水比がばらつくことが想定されるため、浚渫土の含水比を調整したケースを複数設定し、含水比と強度の関係を把握することが基本となる。

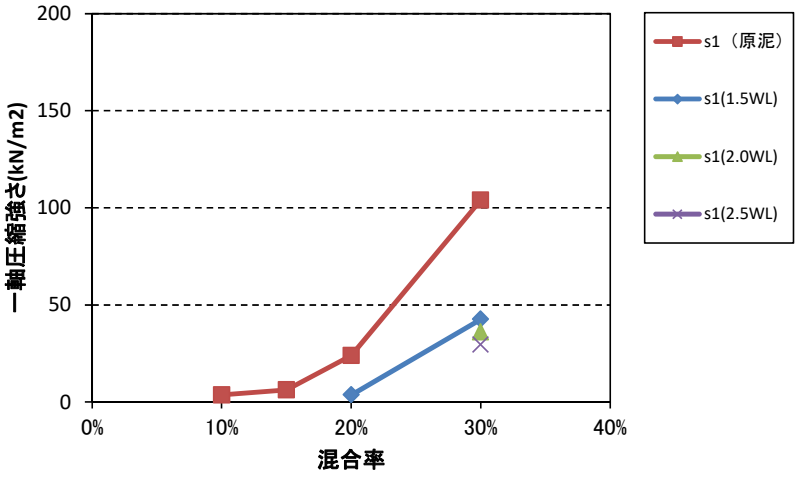
さらに、現地施工時には浚渫する場所により浚渫土の粒度が変化することがあるため、粒度が異なることが想定される場合は、複数の場所の浚渫土について室内配合試験を行うことが望ましい。

採泥地（港）の異なる浚渫土の含水比と混合材のせん断強度の関係を図 2-19 に示す。いずれの浚渫土についても含水比が上昇すると強度が低下する傾向がみられるが、浚渫土の性状により、強度発現の程度が大きく異なっていることが窺える。

表 2-8　材料（浚渫土及び転炉系製鋼スラグ）の物性

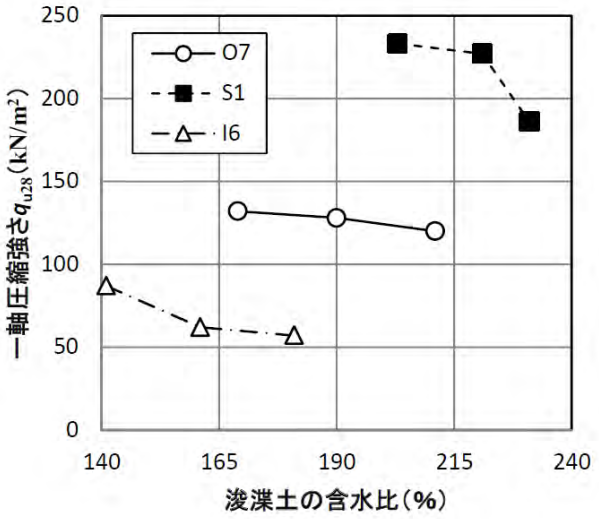
浚渫土					転炉系製鋼スラグ		混合材
No.	細粒分含有率	含水比 W	液性限界 WL	W/WL	f-CaO 含有量	粒径	混合率
	%	%	%	−	%	mm	%
s1	89.0	107.1	91.2	1.2（原泥）	3.8	0-40	10, 15, 20, 30
		136.8		1.5			
		182.4		2.0			
		228.0		2.5			
07	14.5	169.0	105.4	1.6	−	0-20	30
		190.0		1.8			
		211.0		2.0			
S1	96.4	202.7	114.5	1.8	4.1	0-20	30
		220.5		1.9			
		231.4		2.0			
I6	97.9	141.0	100.7	1.4	−	0-20	30
		161.0		1.6			
		181.0		1.8			

出典：s1 は中国地方整備局による試験結果、07、S1 及び I6 は「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」（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）



注：括弧内は含水比を示す。(WL：液性限界)

図 2-18　混合材の一軸圧縮強さ（尾道糸崎港、養生 28 日後）



出典：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（平成 29 年 2 月、(一財) 沿岸技術研究センター)

図 2-19　浚渫土の含水比とせん断強度の関係（港湾別、養生 28 日後）

b. **浚渫土の細粒分含有率と混合材のせん断強度の関係**

表 2-9 に示す物性の材料を用いた混合材の一軸圧縮強さのデータより、浚渫土の細粒分含有率と混合材のせん断強度の関係について述べる。異なる港湾の浚渫土（尾道糸崎港；s1、宇部港；s2、徳山下松港；s3）を用いた混合材のせん断強度の例を図 2-20 に示す。細粒分含有率等の浚渫土の性状が異なることにより、同一の混合率であっても強度が異なることが窺える。ただし、いずれの浚渫土についても混合率 30%では 100kN/m^{2}程度の一軸圧縮強さが得られており、細粒分含有率が 70%程度以上の場合、ある程度の強度が得られるものと考えられる。

また、図 2-21 に示すとおり、浚渫土の含水比が同程度である混合材のせん断強度は、細粒分含有率が大きいほど大きくなる結果が得られている。なお、浚渫土に含まれる砂分が混合材の強度に与える影響について、実験的に検討した例[3]もある。

砂礫分を多く含む浚渫土を利用した混合材については、強度の試験事例が少ないため、「**4.2 室内配合試験**」において、必要強度を満足することを十分確認することが望ましい。

表 2-9　材料（浚渫土及び転炉系製鋼スラグ）の物性

浚渫土						転炉系製鋼スラグ		混合材
No.	土粒子密度	湿潤密度	原泥含水比	細粒分含有率	液性限界 WL	f-CaO 含有量	粒径	混合率
	g/cm3	g/cm3	%	%	%	%	mm	%
s1	2.5	1.4	107.1	89.0	91.2	3.8	0-40	10
								15
								20
								30
s2	2.5	1.5	82.0	70.5	61.7	3.8	0-40	10
								20
								30
s3	2.6	1.4	136.2	98.2	104.4	3.8	0-40	10
								20
								30
I6	2.646	1.349	139.0	97.9	100.7	-	0-20	25
I8	2.655	1.462	98.5	39.9	83.3	-	0-20	25
I7	2.660	1.756	46.8	18.7	46.9	-	0-20	25

出典：s1～s3 は中国地方整備局による試験結果、I6、I8 及び I7 は「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」（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）

[3] T. Kaneko and Y. Watabe : Effect of sand content on stabilization of dredged soil - steel slag mixture, The 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

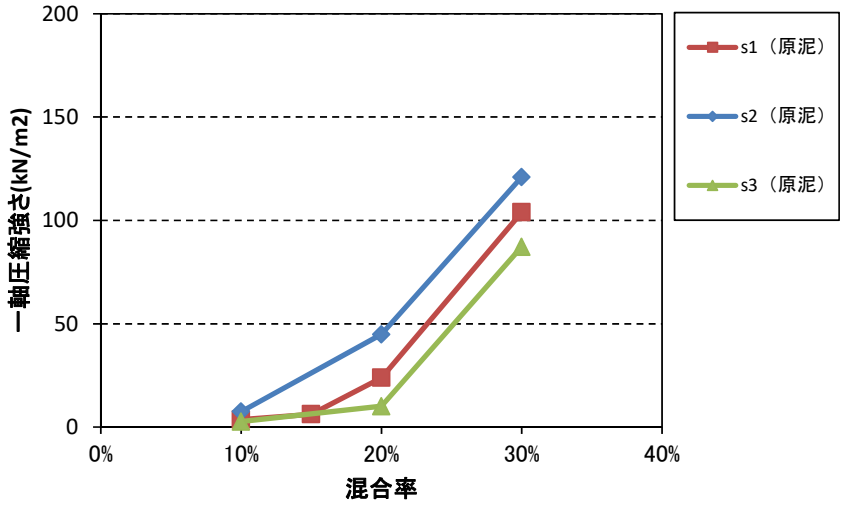
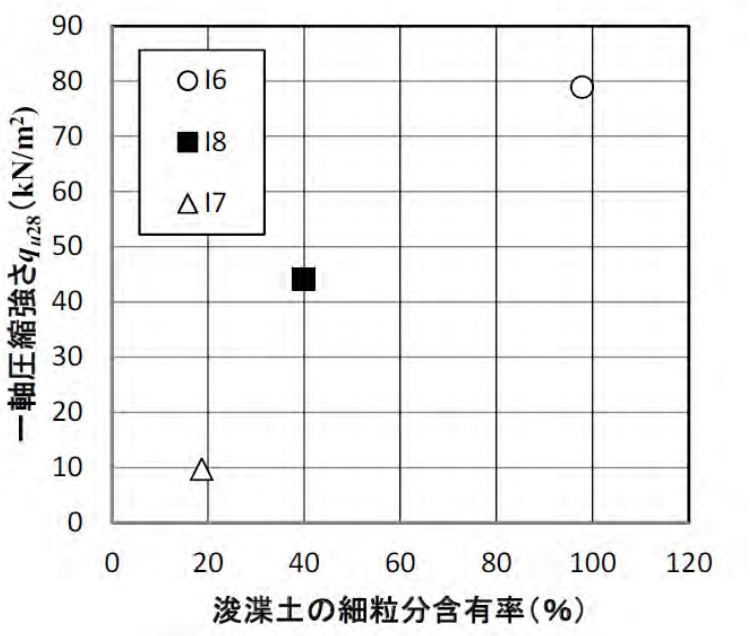


図 2-20　混合材の一軸圧縮強さ（尾道糸崎港、宇部港、徳山下松港、養生 28 日後）



出典：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（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）

図 2-21　浚渫土の細粒分含有率とせん断強度の関係（含水比 100%付近）

c. 浚渫土の有機物含有量と混合材のせん断強度の関係

固化メカニズムより、浚渫土の有機物含有量（強熱減量）が大きくなると強度は低下傾向になると考えられているが、明確な傾向については把握できていないとされている[4]。

金子ら[5]は、腐植酸または泥炭を混合した浚渫土と製鋼スラグを混合した供試体で一軸圧縮試験を実施し、一軸圧縮強さと強熱減量の関係について検討している。この結果、一軸圧縮強さは腐植酸や泥炭の量が増えるにつれて減少し、強熱減量が約 14%を超えると強度が発現されない結果が得られている。

d. 転炉系製鋼スラグの性状と混合材のせん断強度の関係

表 2-10 に示す物性の材料を用いた混合材の一軸圧縮強さのデータより、転炉系製鋼スラグの性状と混合材のせん断強度の関係について述べる。同一の浚渫土（尾道糸崎港；s1）に異なる f-CaO 含有量の転炉系製鋼スラグを混合した混合材のせん断強度の例を図 2-22 に示す。f-CaO 含有量が多い転炉系製鋼スラグを用いた場合、同一の混合率であっても強度が大きくなっている。

また、転炉系製鋼スラグの f-CaO 含有量と混合材のせん断強度の関係の例を図 2-23 に示す。f-CaO 含有量が 1%未満の転炉系製鋼スラグを利用した混合材は、一軸圧縮強さが 50kN/m^2 未満と小さい。また、1%以上であっても強度が小さい供試体もみられることから、「**4.2 室内配合試験**」において、必要強度を満足することを十分確認することが望ましい。

表 2-10　材料（浚渫土及び転炉系製鋼スラグ）の物性

浚渫土					転炉系製鋼スラグ		混合材
No.	細粒分含有率	含水比 W	液性限界 WL	W/WL	f-CaO 含有量	粒径	混合率
	%	%	%	−	%	mm	%
s1	89.0	107.1	91.2	1.2	3.1 3.8 4.1	0-40	10, 20, 30
M1	95.8	169.0	124.0	1.4	−	0-20	30
O1	96.5	95.8	84.8	1.1	−	0-20	30
I2	35.8	42.0	46.9	0.9	−	0-20	30

出典：s1 は中国地方整備局による試験結果、M1、O1 及び I2 は「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」（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）

[4] （一財）沿岸技術研究センター：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, 平成 29 年 2 月

[5] 金子崇，渡部要一，水谷崇亮，鳥越崇：腐植物質が製鋼スラグ混合土の強度特性に及ぼす影響，第 51 回地盤工学研究発表会，平成 28 年 9 月

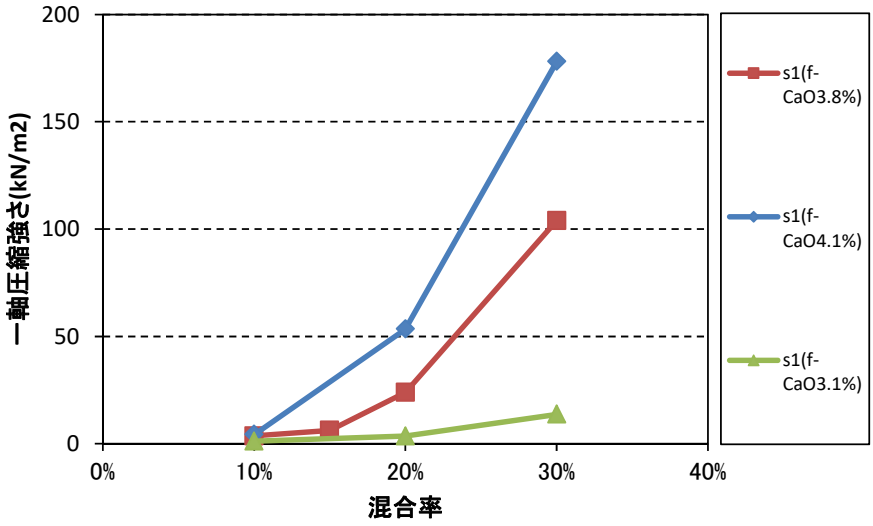
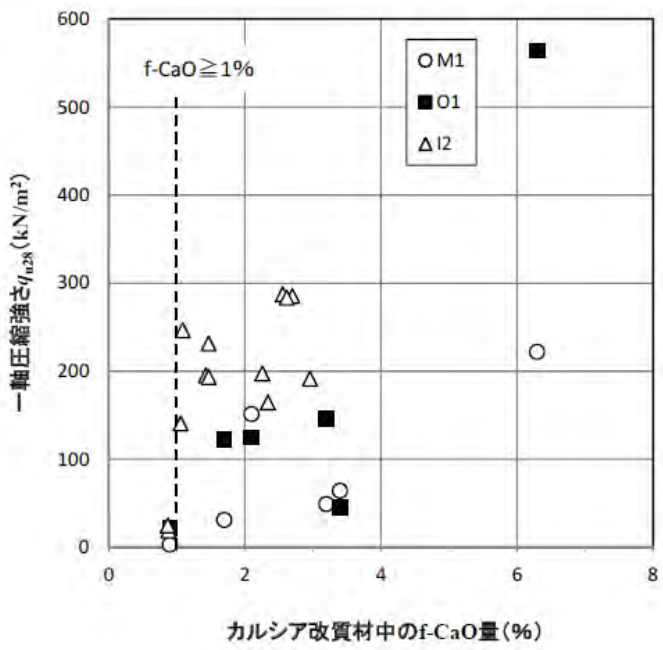


図 2-22　混合材の一軸圧縮強さ（尾道糸崎港、養生 28 日後、浚渫土の含水比 107.1%）



出典：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（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）

図 2-23　転炉系製鋼スラグの f-CaO 含有量とせん断強度の関係の例（混合率 30%）

e. **材齢と混合材のせん断強度の関係**

混合材のせん断強度の経日変化の例を図 2-24 に示す。材齢 28 日で 100kN/m^{2}程度が発現した混合率 30%については、材齢 7～28 日に比べて材齢 28～91 日で強度の増進が緩やかになっている。一方、材齢 28 日で比較的強度が小さかった混合率 20%については、材齢 91 日まで直線的な増加傾向となっている。

混合材の強度については、材齢 28 日の強度で管理することが基本となるが、材齢 28 日以降も強度が増進することが知られている。低強度での施工が許容される場合等は、長期経過後（材齢 91 日等）の強度で管理することも想定される。なお、強度増進の傾向は、使用する浚渫土や転炉系製鋼スラグの性状により異なるため、「**4.2 室内配合試験**」により確認することが望ましい。

表 2-11　材料（浚渫土及び転炉系製鋼スラグ）の物性

浚渫土						転炉系製鋼スラグ		混合材
No.	土粒子密度	湿潤密度	原泥含水比	細粒分含有率	液性限界 WL	f-CaO 含有量	粒径	混合率
	g/cm3	g/cm3	%	%	%	%	mm	%
s1	2.5	1.4	107.1	89.0	91.2	3.8	0-40	10
								15
								20
								30

出典：中国地方整備局による試験結果

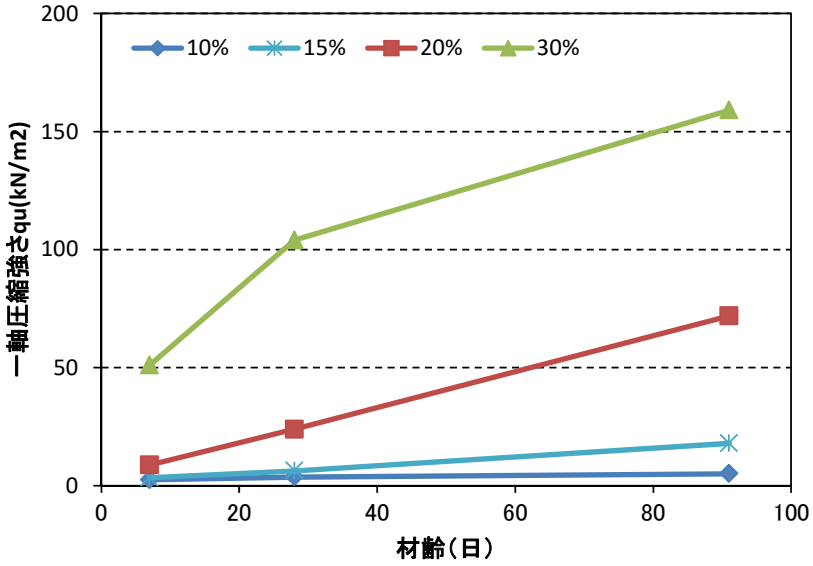
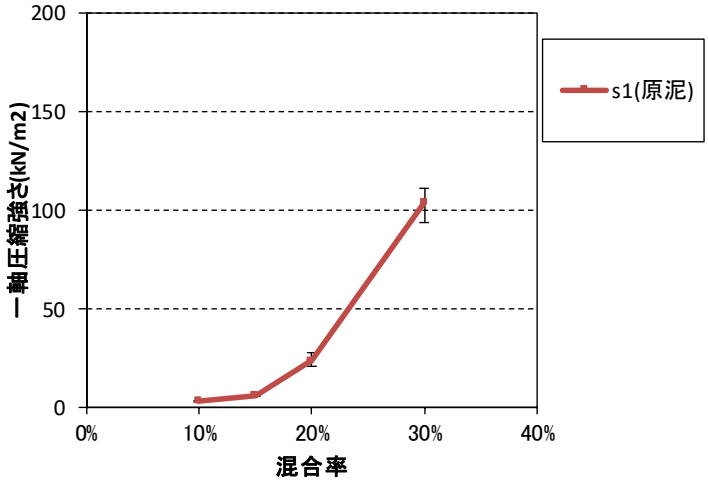


図 2-24　混合材の一軸圧縮強さ（尾道糸崎港、養生 7、28、91 日後）

f. せん断強度のばらつきについて

同一の浚渫土及び転炉系製鋼スラグを用いた供試体の室内配合試験結果の例を図 2-25 に示す。室内混合においては、ばらつきは小さいものと考えられる。



注：範囲は供試体毎の最大値～最小値、値は各供試体の平均値を示す。混合率 10、15、30%は 3 供試体、混合率 20%は 10 供試体で実施。

図 2-25　供試体毎のせん断強度のばらつき（養生 28 日後）

一方、現場混合においては、混合率や混合時間の管理が困難となり、品質のばらつきが大きくなる可能性があるため、留意が必要となる。例えば、バックホウ混合工法による混合を行った結果、混合の不均一がみられたことや混合作業に想定外の時間を要したことから、強度（ベーンせん断強さ）が室内配合試験の結果と大きく乖離していた事例等がある。したがって、混合率の設定（「**4.2 室内配合試験**」）の際には、安全率を考慮した強度を満足することを確認することが望ましい。また、特に人が立ち入る用途や土留堤としての利用等で、強度の厳格な管理が求められる場合は、現地混合時にも、必要強度を満足していることを十分確認することが望ましい。

3) 化学的性質（安全性）

混合材は、転炉系製鋼スラグの添加により、濁りの発生抑制及びリン・硫化物の溶出抑制が期待される。一方、pH が上昇する可能性に留意する必要がある。

【解説】

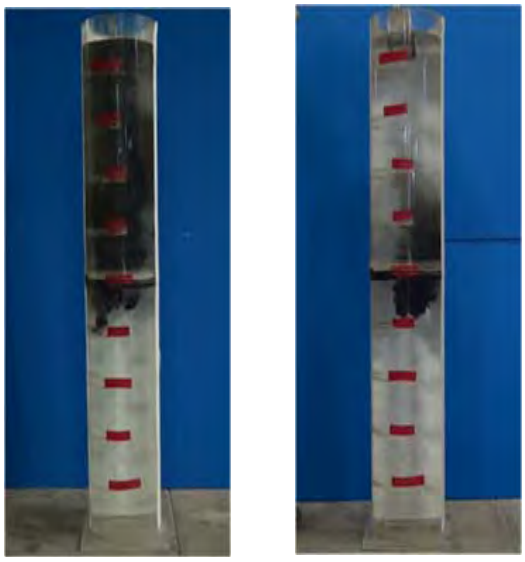
混合材は、一般的に表 2-12 に示す化学的性質を持つ。転炉系製鋼スラグの添加により、濁りの発生抑制、リン・硫化物の溶出抑制といった利点がある一方、pH 上昇、有害物質の溶出に留意が必要となる。

表 2-12　混合材の化学的性質

項目	化学的性質	利点	留意点
濁り（濁度・SS）	転炉系製鋼スラグを混合することにより、粘性が増大し、水中への投入時や施工後の濁り発生が抑制される。	○	－
リン 硫化物	転炉系製鋼スラグに含まれる遊離石灰や固化作用により、リン酸態リンや溶存硫化物の溶出が抑制される。	○	－
pH	転炉系製鋼スラグの性質による pH 上昇、白濁の可能性がある。ただし、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。	－	○
有害物質	浚渫土由来の有害物質、転炉系製鋼スラグ由来の重金属について、基準値以下であることを確認する必要がある。	－	○

【参考】混合材の濁り発生抑制効果[6]

図 2-26 に混合材の水中落下時の汚濁抑制試験結果を示す。実験は、内径 170mm、深さ 1m の円筒型水槽に海水を満たし、その水面上から、混合直後の混合材と浚渫土をそれぞれ約 100cm^3 投入したものである。これより、混合材の汚濁抑制効果が確認できる。



浚渫土　　混合材

図 2-26　混合材の水中落下時の汚濁抑制試験結果

[6] （一財）沿岸技術研究センター：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, 平成 29 年 2 月

【参考】混合材の溶出抑制効果[7]

図 2-27、図 2-28 に混合材の溶出抑制試験結果を示す。実験は、浚渫土に転炉系製鋼スラグを容積混合率 50%で製造した混合材 100g をガラス瓶（容量 1L）に入れた後に、人工海水 0.9L を入れて溶出実験用の試料とした。同様に浚渫土砂のみのケースも行った。これらの溶出実験用の試料は、密閉、光遮断、室温下の条件で放置した。その後、所定の日数でそれぞれの上澄み液を採水し、リン酸態リンと溶存態硫化物を測定した。

これらの結果より、混合材の硫化物やリンの発生抑制効果が確認できる。

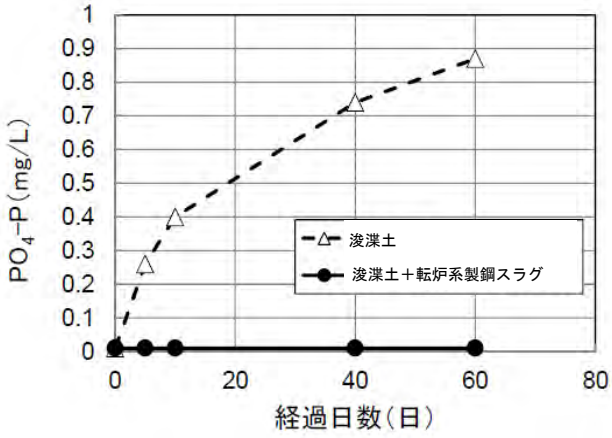


図 2-27　リン酸態リンの溶出抑制試験結果

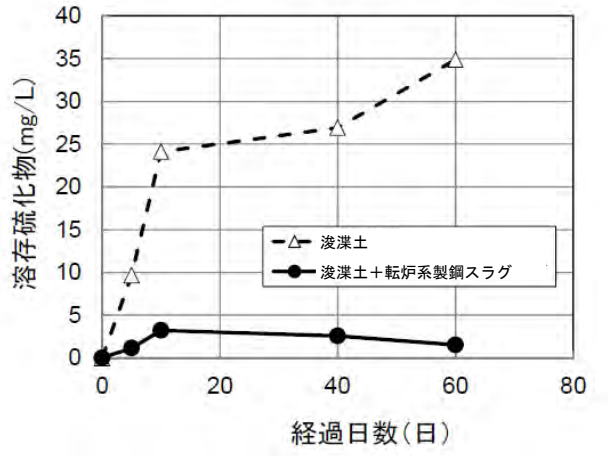


図 2-28　溶存硫化物の溶出抑制試験結果

[7] （一財）沿岸技術研究センター：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, 平成 29 年 2 月

(2) 生物の生息・生育

混合材の表面には、底生生物の生息が期待される。一方、混合材内部への生物の生息を確保するための施工には課題がある。また、藻類の着生・生育についても知見が少ない。

混合材の水産生物への安全性は、施工箇所でのモニタリング調査や室内試験により確認されている。

【解説】

a. 生物の生息・生育の可能性

混合材を海中に露出する用途に適用された事例は少ないものの、既存事例においては、混合材の表面への底生生物の生息が観察されている。

三河湾における事例において、混合材を用いたマウンド（20m×20m、厚さ 1m 程度）を造成した結果、混合材の表面への底生生物の生息が確認され、施工 6 ヶ月後以降、混合率 20%（重量比）のケースにおいて、バックグラウンド（原地盤）を上回る個体数がみられている。

【混合材（混合率 10%（重量比））】

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

【混合材（混合率 20%（重量比））】

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

出典：カルシア改質土研究会資料

図 2-29　混合材における生物生息・生育の例（三河湾）

一方、混合材はセメント固化処理土等と同様に長期的に強度が増進する材料であり、低強度の領域で強度を維持することは困難であることから、混合材内部への生物生息を期待した施工は技術的な課題がある。砂や泥に潜る性質のある生物については、混合材を基盤材として利用し、覆砂等による被覆を行うことにより、生息環境を整備することができる。

また、混合材への藻類の着生・生育についても、モニタリング事例が少なく、知見が不足しているのが現状である。藻類については、混合材を基盤材として利用し、石材等による被覆を行うことにより、生育環境を整備することができる。

b. <u>水産生物への安全性</u>

混合材を藻場基盤材として利用した千葉県保田の事例において、①混合材基盤上の藻礁石材投入区（施工区）と②施工区から離れた天然の岩礁帯（対照区）から水産有用生物（アラメ、サザエ、イセエビ、マナマコ）を採取し、食品としての安全性の確認を行った結果、施工区と対照区の分析値に差が無く、食品の安全性に関する基準値がある鉛、カドミウム、総水銀については、基準値を大きく下回っていた（表 2-13）。

また、転炉系製鋼スラグ及び混合材を対象として、魚類、貝類、甲殻類等の急性毒性試験及び蓄積性試験（生体内への重金属等の蓄積量を把握する試験）等が行われ、安全性が確認されている（**参考資料「3.2 生物試験事例」**参照）。

出典：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（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）

図 2-30　水産有用生物の採取位置

表 2-13　水産有用生物の食品としての安全性確認結果

項目＼試料名		施工区(2011/12/21 採取)				対照区(2011/12/22 採取)			
		アラメ	サザエ	イセエビ	マナマコ	アラメ	サザエ	イセエビ	マナマコ
		F11001-005	F11001-006	F11001-007	F11001-008	F11001-001	F11001-002	F11001-003	F11001-004
水分	(g/100g)	90.7	77.8	76.9	88.1	85.4	77.6	76.6	88.9
たんぱく質	(g/100g)	1.7	16.0	19.8	4.8	2.2	12.0	18.1	5.6
脂質	(g/100g)	0.1	0.7	0.3	1.3	0.3	1.1	0.6	0.7
灰分	(g/100g)	1.8	1.7	1.7	4.2	4.2	7.8	1.7	3.3
炭水化物※1	(g/100g)	5.7	3.8	1.3	1.6	7.9	1.5	3.0	1.5
エネルギー※2	(kcal/100g)	32	90	92	39	45	67	94	36
鉄	(mg/100g)	1.2	1.3	<0.1	3.6	1.5	1.6	<0.1	1.1
セレン	(μg/100g)	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.45	6.1	<0.01	4.3
総クロム	(μg/100g)	0.2	0.9	<0.1	3.0	0.5	0.4	<0.1	0.3
ヒ素(As_2O_3)	(mg/kg)	0.69	0.41	0.08	0.09	1.2	0.17	0.2	0.13
鉛	(mg/kg)	0.06	0.01	<0.01	0.03	0.07	0.01	<0.01	0.06
カドミウム	(mg/kg)	0.06	0.02	0.03	<0.01	0.09	0.01	<0.01	<0.01
総水銀	(mg/kg)	<0.01	0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	<0.01
フッ素	(mg/g)	14	19	38	27	3.2	24	6.3	13

※1　100－(水分+たんぱく質+脂質+灰分)

※2　エネルギー換算係数(kcal/g)：たんぱく質 4.22、脂質 9.41、炭水化物 4.11

出典：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（平成 29 年 2 月、(一財）沿岸技術研究センター)

表 2-14　食品の安全性に関する基準値

項目	基準値	出典
鉛	0.3mg/kg 以下	コーデックス委員会の基準値
カドミウム	2mg/kg 以下	コーデックス委員会の基準値
総水銀	0.4mg/kg 以下	旧厚生省の魚介類の水銀の暫定的規制値

注：コーデックス委員会：消費者の健康の保護、食品の公正な貿易の確保等を目的として、1963 年に FAO 及び WHO により設置された国際的な政府間機関。食品の安全性と品質に関して国際的な基準を定めている。

(3) 利点及び留意点

1) 利点

●細粒分の多い浚渫土の活用範囲が広がる。

・転炉系製鋼スラグの強度増進効果により、浚渫土単体では利用が困難な用途（藻場基盤材、潜堤材等）に混合材を用いることができるため、細粒分の多い浚渫土の活用範囲が広がる。

・浚渫土の活用が促進されることにより、土砂処分量の抑制、土砂処分場の延命化、さらには埋立ての抑制による海域環境の保全につながることが期待できる。

●リサイクル材料を有効活用できる。

・リサイクル材料である転炉系製鋼スラグの活用が広がることにより、廃棄物の削減や天然資源の消費削減につながり、循環型社会の構築に寄与する。

2) 留意点

●安定性・安全性の適切な管理が必要である。

・混合材の強度特性は、材料（浚渫土及び転炉系製鋼スラグ）の性質や混合方法により大きく異なるため、室内配合試験により、必要とする強度を満足することを十分確認することが望ましい。（「**4.2 室内配合試験**」参照）

・浚渫土、転炉系製鋼スラグ及び混合材の安全性は、関連する法令・指針等に基づき、適切に管理する必要がある。また、適用用途や適用海域の特性に応じて、生物に対する安全性についても確認することが望ましい。（「**4.2 室内配合試験**」参照）

●施工実績の蓄積が必要である。

・既存の実証試験等において、混合材の安定性・安全性に関する知見はある程度蓄積されつつあるものの、大規模な施工実績は少なく、施工実績の蓄積が重要である。特に、混合材の大量使用時、長期経過時の影響について、今後とも知見の蓄積が重要である。したがって、試験施工により安定性・安全性を十分確認するとともに、本施工においてもモニタリングを適切に実施し、順応的管理を行うことが望ましい。（「**4.3 試験施工**」「**4.4 本施工**」参照）

第3章 施工手順

実海域において混合材を用いた事業を実施する際は、以下の①～④の手順に基づき、事業を進めることとする。

①出荷・受渡

②室内配合試験

③試験施工

④本施工

詳細の手順については、施工フロー（図 3-1）に基づくこととする。また、各段階における材料及び混合材の検査・確認項目は、表 3-1 に基づくこととする。

【解説】

①出荷・受渡

◆浚渫事業者（浚渫箇所毎）

浚渫事業者は、自らの責任により、混合材の材料として出荷しようとする浚渫土を対象として品質検査を実施し、混合材の材料として必要な品質が確保されていることを確認する。品質結果はカルテ化し、出荷する浚渫土とともに事業者に引き渡す。

品質検査・カルテ作成は浚渫箇所毎に実施する。

◆スラグ製造者（製造所毎）

スラグ製造者は、自らの責任により、混合材の材料として出荷しようとする転炉系製鋼スラグを対象として品質検査を実施し、混合材の材料として必要な品質が確保されていることを確認する。品質結果はカルテ化し、出荷する転炉系製鋼スラグとともに事業者に引き渡す。

品質検査・カルテ作成は製造所毎に実施する。ただし、同一製造所で転炉系製鋼スラグの製造プロセス（材料等の種類、量等）が異なる場合は、製造プロセス毎に実施する。

◆事業者

事業者は、スラグ製造者及び浚渫事業者から材料及びカルテを受領し、必要とする情報が記載されていることを確認する。

以降の手順（室内配合試験、試験施工、本施工）については、事業者の責任により実施する。

②室内配合試験

事業者は、適用用途に応じて要求される強度を基に混合率を検討・設定し、混合材（試料）を作製する。作製した試料について、安定性（性状・強度）に係る試験を実施し、要求される品質性能を満たしていることを確認する。安定性試験に合格した場合は、安全性試験（基本的性状、有害物質（溶出量・含有量））を実施する。また、適用用途②（施

工後に混合材が直接海水に接する場合）については、既存事例による生物安全性の確認を行い、必要と判断された場合は生物試験を実施する。適用用途①（施工後に混合材が直接海水に接しない場合）については、既存事例による生物安全性の確認及び生物試験を必要に応じて実施するものとする。

これらの試験に合格した場合に、試験施工を行うことができる。

③試験施工

事業者は、施工場所における試験施工等を実証試験と位置づけ、実施する。

実証試験に当たり、施工予定箇所の環境を確認（必要に応じてモニタリングを実施）し、試験施工計画（施工方法、モニタリング方法、スケジュール等）を立案する。

試験施工計画に基づき試験施工を実施し、試験施工中には、施工性（混合・投入プロセス)、安定性（性状・強度)、並びに安全性（水質）のモニタリングを実施し、結果のフィードバックを行う。施工性・安定性に問題がある場合は、本施工までに施工方法を再検討する。なお、実施に当たっては、室内配合試験（室内混合）と実証試験（実機混合）において、混合方法の違いにより混ざり具合に差が出ることに留意する。

施工後には、安定性（変形・強度等)、安全性（有害物質（溶出量)、水質・生物等）のモニタリングを行い、設定した基準を満たすことを確認する。

なお、混合材の海域利用の実績が少ないため、実績が蓄積されるまでの当面の間、試験施工の実施を必須とする。

④本施工

事業者は、試験施工結果を基に、本施工計画（施工方法、モニタリング方法、スケジュール等）を立案する。

本施工に当たり、施工予定箇所の環境を確認（必要に応じてモニタリングを実施）する。

本施工計画に基づき、本施工を実施する。本施工中には、安全性（水質）のモニタリングを実施し、結果のフィードバックを行う。

施工後には、安定性（変形・強度等）及び安全性（有害物質（溶出量)、水質・生物等）のモニタリングを実施し、設定した基準を満たすことを確認する。

なお、安全性に係るモニタリングは、四季を通じた環境変化を把握するため、年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上で 1 年以上実施することとし、実績が蓄積されるまでの当面の間、事例の蓄積を進めるため、長期的なモニタリングを実施することが望ましい。

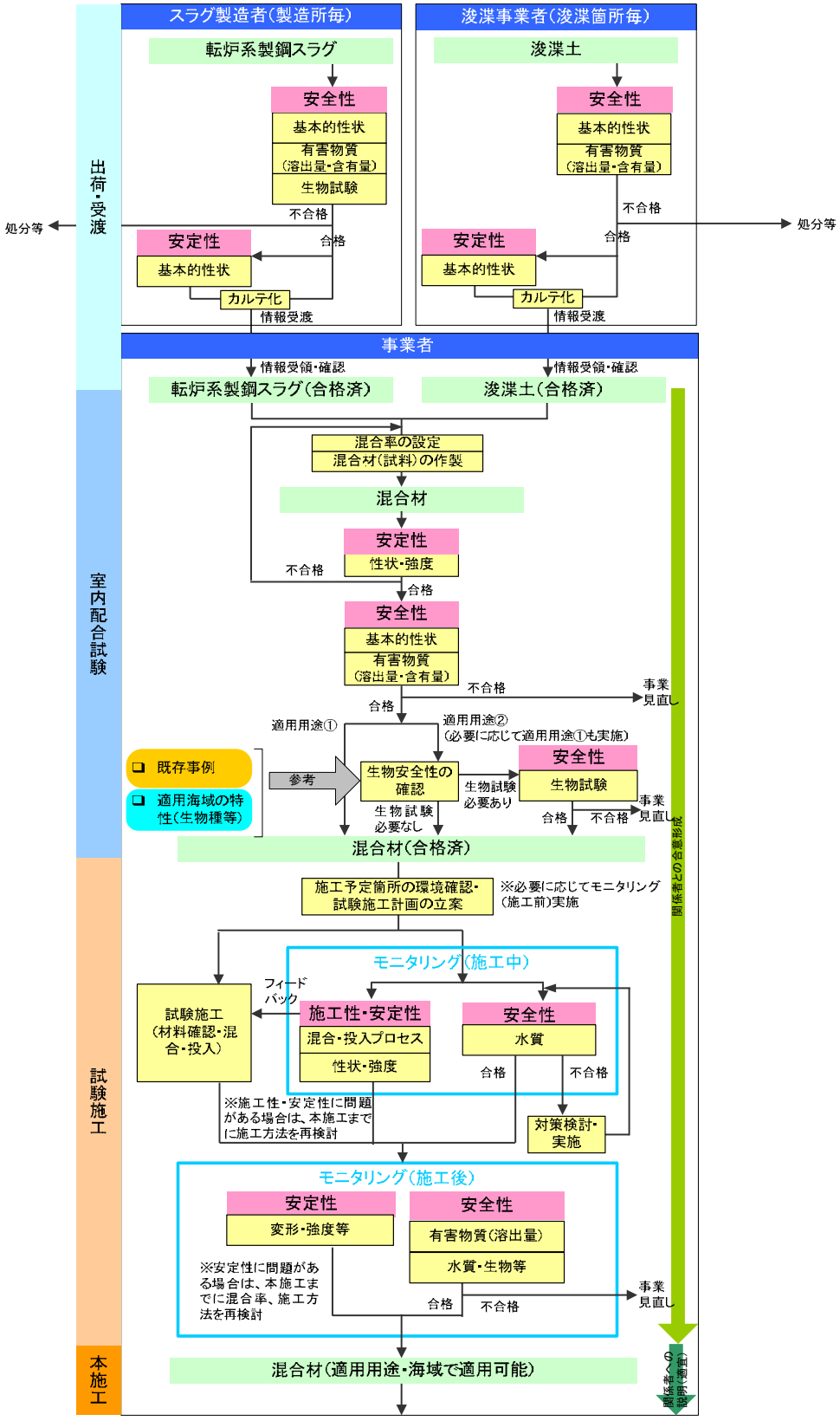

出荷・受渡
室内配合試験
試験施工
本施工
スラグ製造者(製造所毎)
転炉系製鋼スラグ
安全性
基本的性状
有害物質
(溶出量・含有量)
生物試験
不合格
合格
処分等
安定性
基本的性状
カルテ化
情報受渡
浚渫事業者(浚渫箇所毎)
浚渫土
安全性
基本的性状
有害物質
(溶出量・含有量)
不合格
合格
処分等
安定性
基本的性状
カルテ化
情報受渡
事業者
情報受領・確認
情報受領・確認
転炉系製鋼スラグ(合格済)
浚渫土(合格済)
混合率の設定
混合材(試料)の作製
混合材
安定性
性状・強度
不合格
合格
安全性
基本的性状
有害物質
(溶出量・含有量)
不合格
事業
見直し
合格
適用用途①
適用用途②
(必要に応じて適用用途①も実施)
既存事例
適用海域の特性(生物種等)
参考
生物安全性の確認
生物試験必要あり
安全性
生物試験
事業
見直し
合格
不合格
生物試験必要なし
混合材(合格済)
施工予定箇所の環境確認・試験施工計画の立案
※必要に応じてモニタリング(施工前)実施
関係者との合意形成
モニタリング(施工中)
フィードバック
試験施工
(材料確認・混合・投入)
施工性・安定性
混合・投入プロセス
性状・強度
安全性
水質
合格
不合格
※施工性・安定性に問題がある場合は、本施工までに施工方法を再検討
対策検討・実施
モニタリング(施工後)
安定性
変形・強度等
安全性
有害物質(溶出量)
水質・生物等
※安定性に問題がある場合は、本施工までに混合率、施工方法を再検討
合格
不合格
事業
見直し
関係者への説明・調整
混合材(適用用途・海域で適用可能)

図 3-1 (1)　施工フロー

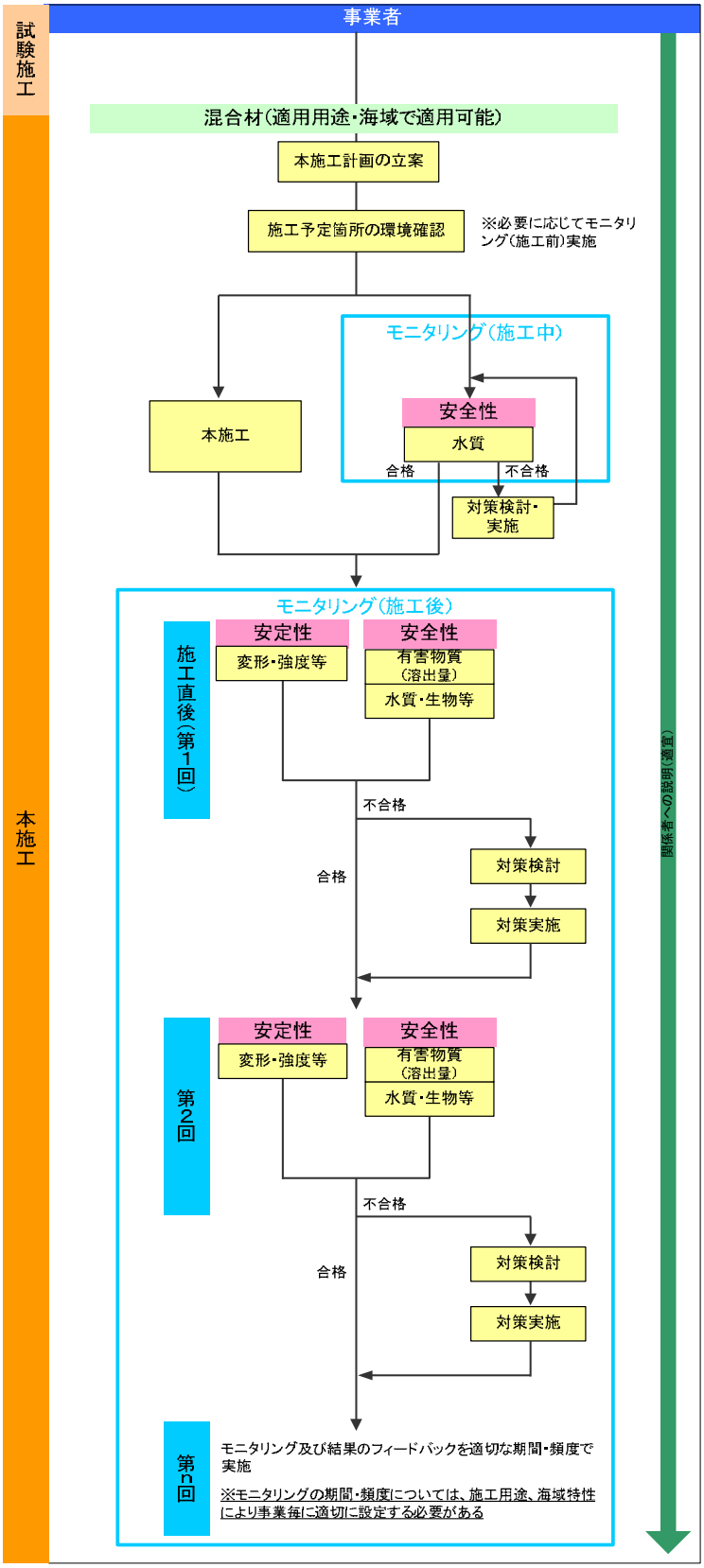

事業者
試験施工
本施工
混合材(適用用途・海域で適用可能)
本施工計画の立案
施工予定箇所の環境確認
※必要に応じてモニタリング(施工前)実施
モニタリング(施工中)
本施工
安全性
水質
合格
不合格
対策検討・実施
モニタリング(施工後)
施工直後(第1回)
安定性
変形・強度等
安全性
有害物質(溶出量)
水質・生物等
不合格
合格
対策検討
対策実施
第2回
安定性
変形・強度等
安全性
有害物質(溶出量)
水質・生物等
不合格
合格
対策検討
対策実施
第n回
モニタリング及び結果のフィードバックを適切な期間・頻度で実施
※モニタリングの期間・頻度については、施工用途、海域特性により事業毎に適切に設定する必要がある
関係者への説明(適宜)

図 3-1 (2)　施工フロー

表 3-1（1）　材料及び混合材の検査・確認項目（物理的・力学的性質（安定性））

凡例　○：必須、△：選択

区分		項目	施工段階			
			出荷・受渡	室内配合試験	試験施工	本施工
浚渫土	基本的性状	外観（色、形状等）	○	－	○	○
		土粒子の密度	○	△	－	－
		自然含水比	○	－	－	－
		含水比	－	○	△	△
		粒度組成	○	－	－	－
		液性限界、塑性限界	○	－	－	－
		湿潤密度	○	△	○	○
		フロー値	－	－	○	○
		地盤材料の工学的分類	○	－	－	－
転炉系製鋼スラグ	基本的性状	外観（色、形状等）	○	－	○	○
		表乾密度	○	－	○	○
		絶乾密度	○	－	－	－
		土粒子の密度	○	－	－	－
		吸水率	○	－	－	－
		粒度組成	○	－	○	○
		単位容積質量	○	－	－	－
		含水率	○	－	－	－
混合材	混合直後	形状、色	－	－	○	－
		含水比	－	○	－	－
		湿潤密度	－	○	○	－
		フロー値またはスランプ	－	○	○	－
		貫入抵抗	－	△	△	－
		ベーンせん断強さ	－	△	△	－
	改質後（養生後）	含水比	－	○	－	－
		湿潤密度	－	○	－	－
		一軸圧縮強さ	－	○	△※1	－
		コーン貫入抵抗	－	△	－	－
		貫入抵抗	－	△	－	－
		圧密係数、体積圧縮係数	－	△	－	－
		透水係数	－	△	－	－
		せん断抵抗角、粘着力	－	△	－	－
		静止土圧係数	－	△	－	－
		繰返し強度	－	△	－	－
		せん断弾性係数、減衰定数	－	△	－	－
		水浸膨張比	－	△	－	－

※1 材齢 28 日を基本とし、要求性能に応じて設定する。

表 3-1(2)　材料及び混合材の検査・確認項目（化学的性質（安全性））

凡例　○：必須、△：選択

区分		項目		施工段階			
				出荷・受渡	室内配合試験	試験施工	本施工
浚渫土	基本的性状	強熱減量		○	－	－	－
	有害物質	溶出量		○	－	－	－
		含有量（有機塩素化合物、ダイオキシン類）		○	－	－	－
		含有量（上記以外）		△	－	－	－
転炉系製鋼スラグ	基本的性状	化学成分組成比（CaO、SiO_2等）		○	－	－	－
		遊離石灰（f-CaO）		○	－	－	－
		pH		○	－	－	－
		全硫黄（T-S）		○	－	－	－
	有害物質	溶出量	鉛	○	－	○	○
			六価クロム	○	－	○	○
			セレン	○	－	○	○
			フッ素	○	－	○	○
			ホウ素	○	－	○	○
			カドミウム	○	－	－	－
			ヒ素	○	－	－	－
			水銀	○	－	－	－
	生物安全性	生物試験【急性毒性試験】		○	－	－	－
混合材	基本的性状	pH		－	○	－	－
		強熱減量		－	○	－	－
		COD		－	△	－	－
		全硫化物		－	△	－	－
		全窒素（T-N）		－	△	－	－
		全燐（T-P）		－	△	－	－
	有害物質	溶出量		－	○	△	△
		含有量		－	※1	※2	※2
	生物安全性	生物安生性の確認		－	※3	－	－
		生物試験【急性毒性試験】		－	△	－	－
		生物試験【蓄積性試験】		－	△	－	－

※1 ○：適用用途②区分Ⅱ、－：左記以外の用途
※2 △：適用用途②区分Ⅱ、－：左記以外の用途
※3 △：適用用途①、○：適用用途②

第4章 混合材の品質管理と要求性能

4.1 出荷・受渡

(1) 概要

浚渫事業者及び転炉系製鋼スラグ製造者は、それぞれの責任によって材料の品質検査を行い、合格した材料について、当該材料に関する情報を記載したカルテとともに、事業者に受け渡す。

【解説】

a. 目的

混合材の材料となる浚渫土及び転炉系製鋼スラグのそれぞれについて、品質検査を行うことにより、混合材として利用するための品質が確保されていることを明確にし、その情報を事業者に受け渡すことにより、責任の所在を明確化する。

b. 出荷・受渡の手順

①浚渫土については浚渫事業者、転炉系製鋼スラグについてはスラグ製造者がそれぞれ品質検査を実施する。

②品質検査に合格した場合、検査結果並びに付帯情報をカルテ化し、出荷毎に事業者に提出する。

③事業者は、浚渫土及び転炉系製鋼スラグのカルテに示された品質検査結果から、事業毎に要求される品質が確保されていることを確認し、材料として受領する。

c. 責任の所在について

製造者責任の立場に基づき、浚渫土は浚渫事業者、転炉系製鋼スラグはスラグ製造者の責任により、品質検査を実施する。受渡後は、事業者の責任の下で品質管理を行う。

(2) 品質検査（浚渫土）

1) 検査項目

混合材として利用可能な物理的・力学的性質（安定性）並びに化学的性質（安全性）を有しているかについて検査するとともに、施工計画を立てるために必要な基本的情報について把握する。

【解説】

a. 物理的・力学的性質（安定性）

事業者が混合材の作製時に参照するための基本的情報として、浚渫土の一般的な物理的・力学的特性について確認する。

区分	項目	必須	選択	備考
基本的性状	外観（色、形状等）	○		性状の簡易的なチェックのため
	土粒子の密度	○		混合材の性状把握のための基礎データとするため
	自然含水比	○		
	粒度組成	○		
	液性限界、塑性限界	○		
	湿潤密度	○		
	地盤材料の工学的分類	○		

b. 化学的性質（安全性）

本マニュアルでは、海域における施工を対象としているため、適用先の関連法令に係る基準（水底土砂判定基準（海洋汚染防止法）並びに水質汚濁に係る環境基準）で示されている項目を基本として管理を行う。また、混合材の性状把握のための基礎データとなる強熱減量についても確認する。なお、水底土砂に係る判定基準項目については、安全性に係る参考データとして、含有量についても把握しておくことが望ましい。

区分	項目	必須	選択	備考
基本的性状	強熱減量	○		混合材の性状把握のための基礎データとするため
有害物質（溶出量）	水底土砂に係る判定基準項目（有機塩素化合物を除く）	○		水底土砂に係る判定基準（海洋汚染防止法） （p. 63【別表１】）
有害物質（含有量）	水底土砂に係る判定基準項目（有機塩素化合物）	○		
	水底土砂に係る判定基準項目（有機塩素化合物を除く）		○	安全性に係る参考データとして把握しておくことが望ましい
	ダイオキシン類	○		環境基準（水底の底質）

●浚渫土単体の生物安全性について

浚渫土を海域で活用または処分される際は「水底土砂に係る判定基準」によって、有害物質の溶出量をもって管理されており、生物試験までは実施されていない。浚渫土は従前より海底に存在するものであることから、一般的に生物安全性については特段問題とされていない状況と考えられる。浚渫土単体の生物安全性については、今後、浚渫土単体や他の材料と混合して利用する場合を含めて議論されるべき事項であり、転炉系製鋼スラグとの混合時のみに規定されるべきものではない。

したがって、本マニュアルでは、浚渫土単体での生物試験の実施は規定せず、浚渫土由来の物質による生物安全性については、混合材として確認することとする。

2) 検査基準

物理的・力学的性質（安定性）については、基準値は設けず、基本的情報として測定値をカルテに記載する。

化学的性質（安全性）については、有害物質、生物安全性について、検査基準を満足するものとする。その他の項目については、基準値は設けず、基本的情報として測定値をカルテに記載する。

【解説】

a. 物理的・力学的性質（安定性）

基準値は設けず、基本的情報として測定値をカルテに記載するものとする。

なお、粒度、フロー値については、pH の包み込み効果との関連が指摘されているため、浚渫土の利用に当たって留意することが望ましい。

区分	項目	基準	設定根拠
基本的性状	外観（色、形状等）	（測定値をカルテに記載）	－
	土粒子の密度		
	自然含水比		
	粒度組成		
	液性限界、塑性限界		
	湿潤密度		

b. 化学的性質（安全性）

有害物質（溶出量・含有量）について基準を満たすこととする。

なお、溶出量基準は「水底土砂に係る判定基準」（海洋汚染防止法）とするが、混合材の品質管理において、適用用途によっては、「水底土砂に係る判定基準」の 10 分の 1 程度の基準が求められることから、適用用途の検討時にデータを利用できるようにするため、定量下限値についても設定する。

区分	項目	基準	設定根拠
基本的性状	強熱減量	基準値なし	－
有害物質（溶出量）	水底土砂に係る判定基準項目（有機塩素化合物を除く）	p. 63【別表 1】	水底土砂に係る判定基準（海洋汚染防止法）
有害物質（含有量）	水底土砂に係る判定基準項目（有機塩素化合物）		
	水底土砂に係る判定基準項目（有機塩素化合物を除く）	基準値なし	－
	ダイオキシン類	150　pg-TEQ／g 以下	環境基準（水底の底質）

3) 検査方法

JIS 等のマニュアル、指針等に記載された検査・分析方法に従う。

【解説】

以下の試験方法に基づき、検査を実施する。

a. 物理的・力学的性質（安定性）

区分	項目	試験方法
基本的性状	外観（色、形状等）	目視により、色、形状（粒径、粒径のバラツキの程度、夾雑物の混入状況）等の外観の特徴や臭いを記録する。また、外観が判別できる写真を撮影する。
	土粒子の密度	JIS A 1202：土粒子の密度試験方法
	自然含水比	JIS A 1203：土の含水比試験方法
	粒度組成	JIS A 1204：土の粒度試験方法
	液性限界、塑性限界	JIS A 1205：土の液性限界・塑性限界試験法
	湿潤密度	JIS A 1225：土の湿潤密度試験方法

b. 化学的性質（安全性）

区分	項目	試験方法
基本的性状	強熱減量	底質調査方法(H24.8)Ⅱ.4
有害物質（溶出量）	水底土砂に係る判定基準項目（有機塩素化合物を除く）	p.64【別表２】
有害物質（含有量）	水底土砂に係る判定基準項目（有機塩素化合物）	p.64【別表２】（湿泥で測定）
	水底土砂に係る判定基準項目（有機塩素化合物を除く）	p.64【別表２】（乾泥で測定）
	ダイオキシン類	p.64【別表２】（乾泥で測定）

【別表１】水底土砂に係る判定基準

項目	基準	定量下限値
1 アルキル水銀化合物	検出されないこと	0.0005 mg/L
2 水銀又はその化合物	0.005 mg/L 以下	0.0005 mg/L
3 カドミウム又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.001 mg/L
4 鉛又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.01 mg/L
5 有機リン化合物	1 mg/L 以下	0.1 mg/L
6 六価クロム化合物	0.5 mg/L 以下	0.05 mg/L
7 砒素又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.01 mg/L
8 シアン化合物	1 mg/L 以下	0.1 mg/L
9 ポリ塩化ビフェニル	0.003 mg/L 以下	0.0005 mg/L
10 銅又はその化合物	3 mg/L 以下	0.3 mg/L
11 亜鉛又はその化合物	2 mg/L 以下	0.2 mg/L
12 ふっ素化合物	15 mg/L 以下	0.8 mg/L
13 トリクロロエチレン	0.3 mg/L 以下	0.03 mg/L
14 テトラクロロエチレン	0.1 mg/L 以下	0.01 mg/L
15 ベリリウム又はその化合物	2.5 mg/L 以下	0.25 mg/L
16 クロム又はその化合物	2 mg/L 以下	0.2 mg/L
17 ニッケル又はその化合物	1.2 mg/L 以下	0.12 mg/L
18 バナジウム又はその化合物	1.5 mg/L 以下	0.15 mg/L
19 有機塩素化合物	40 mg/kg 以下	4 mg/kg
20 ジクロロメタン	0.2 mg/L 以下	0.02 mg/L
21 四塩化炭素	0.02 mg/L 以下	0.002 mg/L
22 1,2－ジクロロエタン	0.04 mg/L 以下	0.004 mg/L
23 1,1－ジクロロエチレン	1 mg/L 以下	0.1 mg/L
24 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4 mg/L 以下	0.04 mg/L
25 1,1,1－トリクロロエタン	3 mg/L 以下	0.3 mg/L
26 1,1,2－トリクロロエタン	0.06 mg/L 以下	0.006 mg/L
27 1,3－ジクロロプロペン	0.02 mg/L 以下	0.002 mg/L
28 チウラム	0.06 mg/L 以下	0.006 mg/L
29 シマジン	0.03 mg/L 以下	0.003 mg/L
30 チオベンカルブ	0.2 mg/L 以下	0.02 mg/L
31 ベンゼン	0.1 mg/L 以下	0.01 mg/L
32 セレン又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.01 mg/L
33 ダイオキシン類	10 pg-TEQ/L 以下	1 pg-TEQ/L
34 1,4-ジオキサン	0.5 mg/L 以下	0.05 mg/L

出典：海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭和 48 年 2 月 17 日総理府令第六号）

【別表２】有害物質（溶出量・含有量）の試験方法

項目	検定方法	
	溶出量	含有量
1 アルキル水銀化合物	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号(以下「水質環境基準告示」という。)付表二及び昭和 49 年 9 月環境庁告示第 64 号(以下「排水基準告示」という。)付表三に掲げる方法	底質調査方法Ⅱ.5.14.2
2 水銀又はその化合物	水質環境基準告示付表一に掲げる方法	底質調査方法Ⅱ.5.14
3 カドミウム又はその化合物	JIS K 0102 の 55 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.5.1
4 鉛又はその化合物	JIS K 0102 の 54 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.5.2
5 有機リン化合物	排水基準告示付表一に掲げる方法又は JIS K 0102 の 31.1 に定める方法のうちガスクロマトグラフ法以外のもの(メチルジメトンにあっては、排水基準告示付表二に掲げる方法)	環告第 14 号別表 1
6 六価クロム化合物	JIS K 0102 の 65.2 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.5.12
7 砒素又はその化合物	JIS K 0102 の 61 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.5.9
8 シアン化合物	JIS K 0102 の 38 に定める方法(JIS K 0102 の 38.1.1 に定める方法を除く。)	底質調査方法Ⅱ.4.11
9 ポリ塩化ビフェニル	水質環境基準告示付表三に掲げる方法又は JIS K 0093 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.4
10 銅又はその化合物	JIS K 0102 の 52 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.5.3
11 亜鉛又はその化合物	JIS K 0102 の 53 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.5.4
12 ふっ素化合物	JIS K 0102 の 34 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.4.12
13 トリクロロエチレン	汚泥、汚泥を処分するために処理したもの及び水底土砂にあっては別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
14 テトラクロロエチレン	汚泥、汚泥を処分するために処理したもの及び水底土砂にあっては別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
15 ベリリウム又はその化合物	昭和 48 年 2 月環境庁告示第 13 号別表第七に掲げる方法	底質調査方法Ⅱ.5.15
16 クロム又はその化合物	JIS K 0102 の 65.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.5.12
17 ニッケル又はその化合物	JIS K 0102 の 59 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.5.7
18 バナジウム又はその化合物	JIS K 0102 の 70 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.5.16
19 有機塩素化合物	－	昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号別表第一に掲げる方法
20 ジクロロメタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
21 四塩化炭素	汚泥、汚泥を処分するために処理したもの及び水底土砂にあっては別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
22 1,2－ジクロロエタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
23 1,1－ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
24 シス-1,2-ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
25 1,1,1－トリクロロエタン	汚泥、汚泥を処分するために処理したもの及び水底土砂にあっては別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
26 1,1,2－トリクロロエタン	汚泥、汚泥を処分するために処理したもの及び水底土砂にあっては別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
27 1,3－ジクロロプロペン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
28 チウラム	水質環境基準告示付表四に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	昭和 46 年環告第 59 号付表 4
29 シマジン	水質環境基準告示付表五に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	昭和 46 年環告第 59 号付表 5
30 チオベンカルブ	水質環境基準告示付表五に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	昭和 46 年環告第 59 号付表 5
31 ベンゼン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.2 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.6.1
32 セレン又はその化合物	JIS K 0102 の 67 に定める方法	底質調査方法Ⅱ.5.10
33 ダイオキシン	平成 4 年 7 月厚生省告示第 192 号別表第 1	平成 11 年 12 月環境庁告示第 68 号別表
34 1,4-ジオキサン	水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法	底質調査方法Ⅱ.6.12

出典：1)海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする廃棄物に含まれる金属等の検定方法（昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号）
2)「水質汚濁に係る環境基準」（環境基本法）（昭和 46 年 12 月 28 日環境庁告示第 59 号）
3)底質調査方法（平成 24 年 8 月、環境省 水・大気環境局）

4）検査頻度

使用する浚渫土の調達時期や調達箇所等に応じ、浚渫場所または浚渫土の仮置きヤードにおいて、適切な頻度で採泥を行う。

【解説】

浚渫場所で採泥を行う場合、底質調査方法（平成 24 年 8 月、環境省）の精密調査の採泥方法に準拠し、200～300m 格子で 1 点以上を目安として採泥を行うこととする。

採泥層については、船舶の航行状況、水深、底泥の性状等の条件により、柱状採泥が現実的に困難である場合も想定されることから、表層での採泥を基本とする。ただし、鉛直方向に底質の性状が大きく異なることも想定されることから、可能な場合は柱状採泥により、浚渫層全層の混合試料（コンポジットサンプル）を分析することが望ましい。柱状採泥を行う場合の採泥方法としては、ボーリング、柱状採泥器による船上からの採泥、潜水士による採泥が挙げられる。また、浚渫層全層の柱状採泥が困難な場合は、表層から柱状採泥可能な層までの採泥とする。

浚渫土の仮置きヤードで採泥を行う場合、「浚渫場所で採泥を行う場合」に準じた頻度とすることを基本とし、性状が大きく異なることが想定される場合は、適宜、採泥頻度を増加することとする。

なお、浚渫土で埋立てを行った埋立地の土を混合材の材料とする場合は、陸上の土砂としての扱いとなるため、本マニュアルの対象外とする。

表 4-1　採泥の考え方

採泥場所		採泥地点・層	採泥の考え方	備考
浚渫場所で採泥を行う場合	水平方向	200～300m 格子で 1 点以上	既存の底質調査結果や港湾の地形、流入河川の状況等を踏まえ、浚渫範囲内で底質が悪いことが想定される地点を選定する。	浚渫土の性状が大きく異なることが想定される場合や、複数地点の採泥の結果性状が大きく異なる場合は、適宜、採泥地点を追加する。
	鉛直方向	1 層	表層または鉛直方向の混合試料（コンポジットサンプル）を採取する。	浚渫土の性状が大きく異なることが想定される場合は、可能な限り鉛直方向の混合試料（コンポジットサンプル）を採取する。
浚渫土の仮置きヤードで採泥を行う場合		浚渫場所で採泥を行う場合に準ずる。		ヤード内で性状が大きく異なることが想定される場合は、ヤード内の浚渫土の浚渫範囲に係る情報を踏まえ、採泥地点・層を設定する。

5) 付帯情報

付帯情報として、浚渫箇所に係る情報をカルテに記載する。

【解説】

浚渫箇所と浚渫土の性状の関係についてのデータを蓄積するため、浚渫箇所に係る情報をカルテに記載する。

具体的な記載事項は以下のとおりとする。

①港湾名
②浚渫目的（例：航路浚渫、泊地浚渫、維持浚渫、床掘　等）
③浚渫範囲（緯度経度、位置図）
④浚渫厚
⑤浚渫方法（工法、期間、浚渫土量　等）
⑥その他（特記事項）

6) カルテの記載内容

全ての検査項目について合格した場合、検査結果をカルテに整理し、事業者に受け渡す。

【解説】

作成するカルテの記載内容は以下を標準とする。なお、カルテの様式例を参考資料「１．カルテ様式例」に示す。

表 4-2　カルテ記載内容一覧

区分		項目
基本情報		カルテ作成年月日、浚渫事業者名、部署名、担当者名
品質検査結果（採泥地点毎に作成）	試料に関する情報	採泥地点名、採泥位置（緯度経度、採泥層、位置図）、採泥方法、採泥年月日
	写真	性状が分かるような試料写真
	物理的・力学的性質（安定性）	検査年月日、検査項目、検査結果、検査基準との比較、特記事項
	化学的性質（安全性）	検査年月日、検査項目、検査結果、検査基準との比較、特記事項
検査責任者		検査事業者名、検査責任者名
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）、浚渫範囲（緯度経度、位置図）、浚渫厚、浚渫方法（工法、浚渫期間、浚渫土量　等）、その他（特記事項）

(3) 品質検査（転炉系製鋼スラグ）

1) 検査項目

混合材として利用可能な物理的性質並びに化学的性質を有しているかについて検査するとともに、施工計画を立てるために必要な基本的情報について把握する。

なお、製造者責任により転炉系製鋼スラグの安全性についても十分確認することとする。

【解説】

a. 物理的性質（安定性）

事業者が混合材の作製時に参照するための基本的情報として、転炉系製鋼スラグの一般的な物理的特性について確認する。

区分	項目	必須	選択	情報の利用方法
基本的性状	外観（色、形状等）	○		性状の簡易的なチェックのため
	表乾密度	○		混合時の実容積算出のため
	絶乾密度	○		混合材の性状把握のための基礎データ
	土粒子の密度	○		
	吸水率	○		
	粒度組成 （粒度範囲、最大粒径）	○		混合材の性状把握のための基礎データ （細粒分の割合は混合時に硬化に大きく影響する）
	単位容積質量	○		混合材の性状把握のための基礎データ
	含水率	○		

b. **化学的性質（安全性）**

混合材の安定性、施工性に係る項目として、化学成分組成比（CaO、SiO_2 など）、遊離石灰（f-CaO）、安全性に関連する項目として、pH、全硫黄（T-S）、有害物質（溶出量・含有量）について確認する。また、生物試験（急性毒性試験）の実施により、生物影響についても確認する。

区分	項目	必須	選択	備考
基本的性状	化学成分組成比（CaO、SiO_2 など）	○		
	遊離石灰（f-CaO）	○		混合時に硬化に大きく影響する 含有量が多いと水浸膨張比が大きくなる
	pH	○		pH 上昇による白濁、生物影響の恐れがある
	全硫黄（T-S）	○		硫化物による環境影響を極力抑えるために設定
有害物質（溶出量・含有量）	カドミウム	○		「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書」（平成 24 年 3 月）における環境安全品質基準設定項目
	鉛	○		
	六価クロム	○		
	ヒ素	○		
	水銀	○		
	セレン	○		
	フッ素	○		
	ホウ素	○		
生物試験	急性毒性試験	○		

●有害物質（重金属）の検査項目について

・「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書」（平成 24 年 3 月）における環境安全品質基準設定項目であるカドミウム、鉛、六価クロム、ヒ素、水銀、セレン、フッ素及びホウ素の 8 項目とした。

・上記報告書では、以下の考え方により項目が設定されている。

　・土壌環境基準、地下水環境基準、水質環境基準、土壌汚染対策法含有量基準等で示されている項目とすることが適当であるが、使用原料や製造工程等、並びに十分な試験データの蓄積に基づき基準値を超過する可能性がないと判断できる項目については省略することとした。

　・具体的には、VOC や農薬・PCB 等はスラグの製造過程で熱分解し、重金属等のうちのシアンは分解・揮発してガス側に移行するため、基準設定項目としないこととし、重金属等のうちのカドミウム、鉛、六価クロム、ヒ素、水銀、セレン、フッ素及びホウ素の 8 項目を規定した。

●生物試験（急性毒性試験）の実施について

・転炉系製鋼スラグについて、生物試験（急性毒性試験）を実施した事例は多いものの、性質が大きく異なる転炉系製鋼スラグについては生物安全性が異なることも想定されるため、当面の間、製造所毎（製造プロセスが異なる場合は製造プロセス毎）に急性毒性試験を実施し、生物安全性を確認することを必須とする。

2) 検査基準

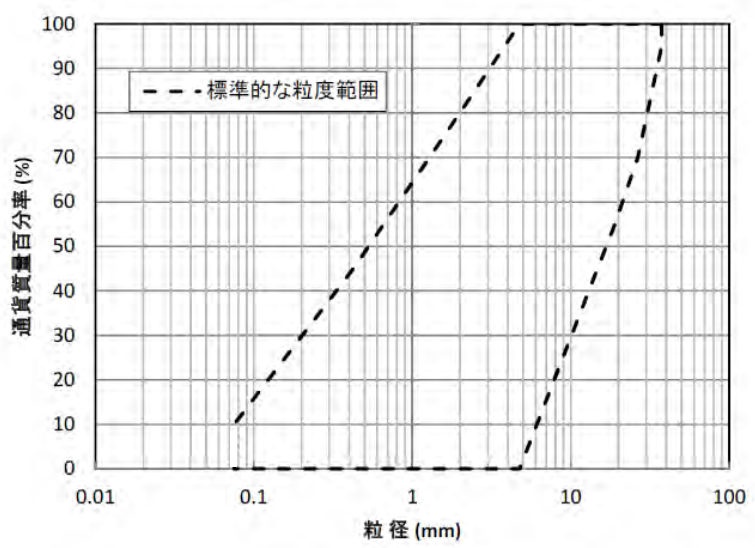
物理的性質（安定性）については、基本的情報として測定値をカルテに記載する。
化学的性質（安全性）については、有害物質（重金属）、生物安全性について、検査基準を満足するものとする。

【解説】

a. 物理的性質（安定性）

基本的情報として測定値をカルテに記載することとする。

区分	項目	基準
基本的性状	外観（色、形状等）	（測定値をカルテに記載）
	密度（表乾密度、絶乾密度）	（測定値をカルテに記載）
	土粒子の密度	（測定値をカルテに記載）
	吸水率	（測定値をカルテに記載）
	粒度組成（粒度範囲、最大粒径）	図 4-1 及び表 4-3 の範囲内であることを標準とし、範囲外である場合は、その旨をカルテに明記する。
	単位容積質量	（測定値をカルテに記載）
	含水率	（測定値をカルテに記載）



出典：漁場環境修復技術評価申請書におけるカルシア改質材粒度規定（日本鉄鋼連盟）

図 4-1　混合材の材料として用いる転炉系製鋼スラグの標準的な粒度範囲

表 4-3　混合材の材料として用いる転炉系製鋼スラグの標準的な粒度範囲

粒径(mm)	37.5mm	26.5mm	19.0mm	4.75mm	2.00mm	0.425mm	0.075mm
通過質量百分率(%)	95～100	70～100	55～100	0～100	0～80	0～45	0～10

出典：漁場環境修復技術評価申請書におけるカルシア改質材粒度規定（日本鉄鋼連盟）

なお、適用用途に応じた粒度範囲の規定例として、JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」における粒度範囲がある。(表 4-4)

表 4-4　JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」における粒度範囲

呼び名	ふるいを通るものの質量百分率　(%)									
	JIS Z 8801 に規定する網ふるいの呼び寸法									
	53.0mm	37.5mm	31.5mm	26.5mm	19.0mm	13.2mm	4.75mm	2.36mm	0.425mm	0.075mm
CS-40	100	95～100	－	－	50～80	－	15～40	5～25	－	－
CS-30	－	100	95～100	－	55～85	－	15～45	5～30	－	－
CS-20	－	－	－	100	95～100	60～90	20～50	10～35	－	－

出典：JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」

b. **化学的性質（安全性）**

検査基準は、以下のとおりとする。

基本的性状については基準を設けず、有害物質（溶出量・含有量）並びに生物急性毒性について基準を満たすこととする。

区分	項目	基準	設定根拠
基本的性状	化学成分組成比（CaO、SiO_2 など）	基準値なし	基本的情報として測定値をカルテに記載
	遊離石灰（f-CaO）	1.0%以上	含有量が少ない場合、強度に影響を与える可能性があるため
	pH	基準値なし	混合材で管理を行う
	全硫黄（T-S）	基準値なし	基本的情報として測定値をカルテに記載
有害物質（溶出量）	カドミウム※1	0.009mg/L 以下	コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書（平成 24 年 3 月）「港湾用途溶出量基準」
	鉛	0.03mg/L 以下	
	六価クロム	0.15mg/L 以下	
	ヒ素	0.03mg/L 以下	
	水銀	0.0015mg/L 以下	
	セレン	0.03mg/L 以下	
	フッ素	15mg/L 以下	
	ホウ素	20mg/L 以下	
有害物質（含有量）	カドミウム	150mg/kg 以下	コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書（平成 24 年 3 月）「含有量基準」
	鉛	150mg/kg 以下	
	六価クロム	250mg/kg 以下	
	ヒ素	150mg/kg 以下	
	水銀	15mg/kg 以下	
	セレン	150mg/kg 以下	
	フッ素	4,000mg/kg 以下	
	ホウ素	4,000mg/kg 以下	
生物試験	急性毒性試験	試験生物の半数影響濃度（魚類：96 時間 LC_{50}、甲殻類：48 時間 EC_{50}、藻類または他の水生植物：72 または 96 時間 ErC_{50}）が 10mg/L を超えること	港湾における船内廃棄物の受入に関するガイドライン(案)（平成 24 年 12 月）※2「2.2 海洋環境有害性の判断」

※1 カドミウムは、地下水環境基準が 2011 年 10 月に強化されたことを受けた値

※2 「マルポール条約附属書Ⅴ」及び国内担保法である「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（海洋汚染防止法）」の改正に伴う港湾管理者の責務や求められる対応等を整理したガイドライン（案）である。当ガイドライン（案）では貨物残渣等の廃棄物について、水生生物への影響を含む海洋環境有害性の判断基準が示されている。

●有害物質（重金属）の基準の考え方について

「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書」（平成 24 年 3 月）において、循環資材に共通する環境安全品質基準として、以下の考え方が提案されている。

○溶出量基準

溶出経路については、影響を与える周辺環境（表流水、地下水、または海水のうち該当するもの）の環境基準等を遵守できるように設定した。

影響を与える周辺環境が表流水または地下水の場合は、それらの環境基準値と同等とした（「一般用途溶出量基準」と呼ぶ）。

海水の場合は、海水による希釈が大きく見込まれることから、水質環境基準（海域）の 3 倍とし、フッ素とホウ素は海水中の濃度が高く、環境基準（海域）が設定されていないことを勘案した（「港湾用途溶出量基準」と呼ぶ）。

○含有量基準

直接摂取経路については、土壌汚染対策法の含有量基準と同等とした。

本マニュアルでは、転炉系製鋼スラグの検査基準として、上記の適用用途の考え方及び環境安全品質基準に準拠し、「港湾用途溶出量基準」を満たすこととする。

ただし、上記報告書においては、溶出が主要な放出経路になる用途について含有量試験の実施は規定されていないものの、有害物質の拡散防止の観点より、「含有量の上限値を設けることを全く妨げるものではない」とされていることから、本マニュアルでは、混合材の安全性確保の観点から、全ての適用用途について、上記報告書の一般用途の規定に準拠し、「含有量基準」についても満たすこととする。

●生物試験（急性毒性試験）の評価指標及び基準について

評価指標（エンドポイント）を生物種毎に設定する。評価指標は GHS（化学品の分類および表示に関する世界調和システム）において、水生環境有害性の分類を定めるための試験方法として定められた OECD テストガイドラインに従い、魚類では死亡率、動物プランクトンでは遊泳阻害率、藻類では生長阻害率等とする。

評価基準は、「港湾における船内廃棄物の受入に関するガイドライン(案)（平成 24 年 12 月)」の「2.2 海洋環境有害性の判断」に示された船内廃棄物（貨物残渣）の海洋環境有害性の判断基準に基づき、急性水生毒性及び慢性水生毒性の判断基準を満足できる基準として設定した。

「港湾における船内廃棄物の受入に関するガイドライン（案）」における貨物残渣の海洋環境有害性の判断基準

船内廃棄物（抜粋）	有害特性（抜粋）
貨物残渣	・急性水生毒性（GHS カテゴリ１） ・慢性水生毒性（GHS カテゴリ１または２）

「化学品の分類および表示に関する世界調和システム（ＧＨＳ）」における水生環境有害性物質の区分

カテゴリ		区分（抜粋）	判定基準（抜粋）
急性毒性	1	急性１	・96 時間 LC_{50}（魚類）、または 48 時間 EC_{50}（甲殻類）、または 72 または 96 時間 ErC_{50}（藻類または他の水生植物）が 1mg/L 以下
慢性毒性	1	慢性１※	・96 時間 LC_{50}（魚類）、または 48 時間 EC_{50}（甲殻類）、または 72 または 96 時間 ErC_{50}（藻類または他の水生植物）が 1mg/L 以下
	2	慢性２※	・96 時間 LC_{50}（魚類）、または 48 時間 EC_{50}（甲殻類）、または 72 または 96 時間 ErC_{50}（藻類または他の水生植物）が 1mg/L を超え 10mg/L 以下

※ 慢性毒性の十分なデータが得られない物質における判定基準

なお、土運船の底開により実海域に混合材を投入した事例では、投入箇所付近においても、投入後 30～60 分後には、SS は投入前（BG）と同程度まで低下し、概ね 10mg/L を下回っていた。また、グラブバケットにより混合材を投入した事例では、投入箇所付近においても、投入期間中の SS（濁度からの換算値）は 10mg/L を下回っていた。

これらの既存事例にみられるように、実海域での混合材投入時においても SS が 10mg/L を概ね下回っていることから、10mg/L で安全性を評価することは妥当と考えられる。

●GHS（化学品の分類および表示に関する世界調和システム）について

GHS：The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals（化学品の分類および表示に関する世界調和システム）とは、平成 15 年 7 月に国連勧告として出された、世界的に統一されたルールに従って、化学品（化学物質とその混合物）を危険有害性の種類と程度により分類し、その情報が一目でわかるよう、ラベルでの表示、安全データシートの提供等を行うシステムのことである。GHS では、化学品の水生生物に対する有害性についても分類方法が示されており、標準的な試験方法として OECD テストガイドライン(OECD（経済協力開発機構）が定めた化学物質の性質を調べるための標準的な試験方法）が示されている。

本マニュアルでは、転炉系製鋼スラグについて、混合材の材料としての安全性確保の観点から、GHS に示された試験方法に基づき生物試験を行うこととする。なお、混合材について生物試験を行う場合は、海産生物に対する安全性をより詳細に把握することが望ましいため、海産生物の生物毒性試験方法を記載している「海産生物毒性試験指針(平成 22 年 3 月、水産庁)」等の指針に従い、生物試験を行うこととする。

3) 検査方法

原則として、JIS 等のマニュアル、指針等に記載された検査・分析方法に従う。
生物試験については、急性毒性試験、蓄積性試験について、本マニュアルに規定する方法で実施する。

【解説】

a. 物理的性質（安定性）

以下の試験方法に基づき、検査を実施する。

区分	項目	試験方法
基本的性状	外観（色、形状等）	目視により、色、形状（粒径、粒径のバラツキの程度）等の外観上の特徴を記録する。また、外観が判別できる写真を撮影する。
	密度（表乾密度、絶乾密度）	JIS A 1109：細骨材の密度及び吸水率試験方法 JIS A 1110：粗骨材の密度及び吸水率試験方法
	土粒子の密度	JIS A 1202：土粒子の密度試験方法
	吸水率	JIS A 1109：細骨材の密度及び吸水率試験方法 JIS A 1110：粗骨材の密度及び吸水率試験方法
	粒度組成（粒度範囲、最大粒径）	JIS A 1102：骨材のふるい分け試験方法
	単位容積質量	JIS A 1104：骨材の単位容積質量及び実積率試験方法
	含水率	JIS A 1125：骨材の含水率試験方法及び含水率に基づく表面水率の試験方法

b. 化学的性質（安全性）

以下の試験方法に基づき、検査を実施する。

区分	項目	試験方法
基本的性状	化学成分組成比（CaO、SiO_2 など）	JIS A 5011-1 附属書Ａ：高炉スラグ骨材の化学成分分析方法
	遊離石灰（f-CaO）	リブロフェノール抽出 - 原子吸光法（CaO のうちエチレングリコールに溶解するものを f-CaO とする）
	pH	JIS K 0058-1：溶出量試験方法
	全硫黄（T-S）	JIS A 5011-1 附属書Ａ：高炉スラグ骨材の化学成分分析方法
有害物質（溶出量・含有量）	カドミウム 鉛 六価クロム ヒ素 水銀 セレン フッ素 ホウ素	【溶出量】 JIS K 0058-1 の 5. ：溶出量試験方法 【含有量】 JIS K 0058-2：含有量試験方法
生物試験	急性毒性試験	GHS（化学品の分類および表示に関する世界調和システム）における水生環境有害性の分類を定めるための試験方法 （p.79【参考】参照）

●有害物質（溶出量・含有量）の試験方法の考え方について

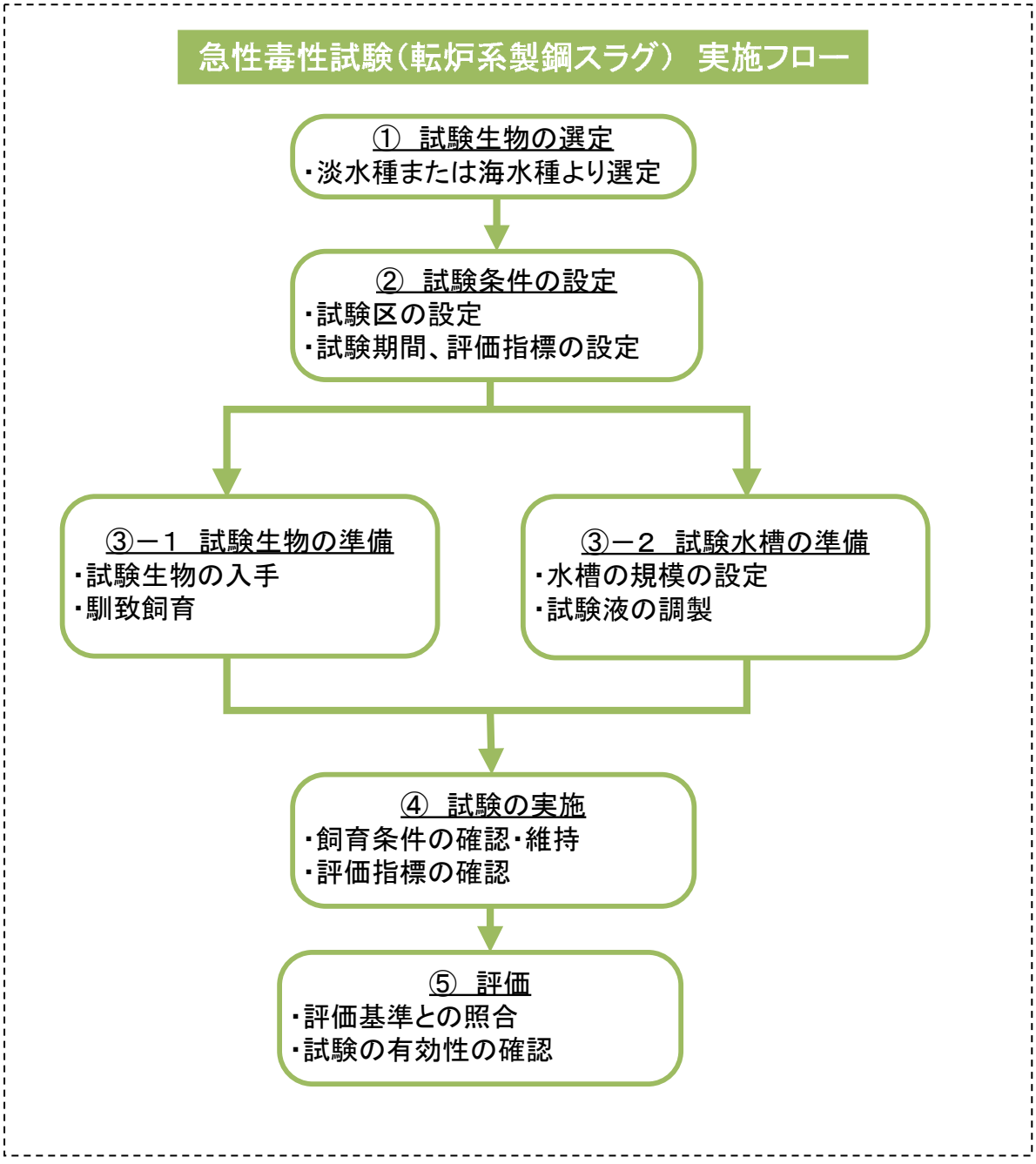
「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書」（平成 24 年 3 月）において、循環資材に共通の考え方として、試験方法に関して以下が示されている。

・「最も配慮すべき曝露環境」に基づく評価を行うために、試料調製では、他の材料との混合、成型固化、破砕、粒度調製等の実際に行われる加工や処理後の状態を模擬して調製した試料（「利用模擬試料」と呼ぶ）を用いるのが最も適切である。ただし、試料調製を効率的に行うために、循環資材単体での試験実施は妨げない。
・溶出量試験並びに含有量試験の方法についても同様に、「最も配慮すべき曝露環境」を模擬した方法が適切である。現状では、それぞれ JIS K 0058-1 の 5.（有姿撹拌試験）並びに JIS K 0058-2 が適当である。
・なお、土壌と混合利用することによって周辺土壌と区別できない利用形態の場合は、土壌汚染対策法に基づく環境省告示 18 号、19 号試験を適用すべきである。

本マニュアルにおいて、転炉系製鋼スラグの利用模擬試料は「混合材」となるが、利用模擬試料での試験実施は効率的でないため、転炉系製鋼スラグ単体での試験とする。

溶出量試験並びに含有量試験の方法については、上記の考え方に従うこととする。

【参考】急性毒性試験（転炉系製鋼スラグ）の手順例



◆試験手順の詳細

①　試験生物の選定

・淡水種または海水種から試験生物を選定する。（GHS では一般に、淡水種および海水種での毒性データは同等であると合意されている。）

・安全側の視点に基づき、転炉系製鋼スラグの影響を受けやすい生物分類の生物種での試験が望ましい。また、転炉系鉄鋼スラグの生物安全性試験実績のある生物種での試験実施が合理的と考えられる。

②　試験条件の設定

・必要とする評価内容に応じて試験区及び対照区を設定する。試験区は添加率 10mg/L の 1 ケースにより評価基準超過の有無が判断可能である。なお、添加率 1mg/L 及び 100mg/L のケースを追加することで、より詳細な毒性の評価が可能となる。また、半数影響濃度の値を決定する場合は 5 濃度区以上での試験が必要となる。

・試験生物種毎に試験期間及び評価指標（エンドポイント）等を設定する。試験期間及び評価指標の例は以下のとおりである。

生物分類	試験生物種	試験期間	評価指標（ｴﾝﾄﾞﾎﾟｲﾝﾄ）	出典
魚類	メダカ（*Olyzias latipes*）	96 時間	死亡率	OECD ﾃｽﾄｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ 203
甲殻類	オオミジンコ（*Daphnia magna*）	48 時間	遊泳阻害率	OECD ﾃｽﾄｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ 202
藻類	ムレミカヅキモ（*Pseudokirchneriella subcapitata*）	72 又は 96 時間	生長阻害率	OECD ﾃｽﾄｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ 201

・その他、具体的な設定方法は、GHS の水生環境有害性の分類のための試験方法で記載された OECD テストガイドラインに準拠する。

③－１　試験生物の準備

・必要となる数の試験生物を種苗の生産機関からの購入等により入手した後、水温等の飼育条件を試験条件に合わせた馴致飼育を実施する。馴致飼育後に、異常のない適正な個体を試験に供する。

・飼育水は、淡水ならば水道水（必要なら脱塩素したもの）や良質の天然水等、海水ならば水産用水基準を満たす自然海水等を利用する。

・その他、具体的な準備方法は、GHS の水生環境有害性の分類のための試験方法で記載された OECD テストガイドラインに準拠する。

③－２　試験水槽の準備

・試験生物種に応じた規模の試験水槽を準備する。試験生物種と試験水槽の規模の例は以下のとおりである。

生物分類	試験生物種	水槽への収容密度又は試験装置の大きさ	出典
魚類	メダカ（*Oryzias latipes*）	1.0g-魚体重／L	OECD ﾃｽﾄｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ 203
甲殻類	オオミジンコ（*Daphnia magna*）	1 個体／2mL	OECD ﾃｽﾄｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ 202
藻類	ムレミカヅキモ（*Pseudokirchneriella subcapitata*）	250mL 三角フラスコ等（試験液 100mL の場合）	OECD ﾃｽﾄｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ 201

・飼育水に試験条件で定めた添加率の転炉系製鋼スラグを添加し、試験液を調製する。

・その他、具体的な準備方法は、GHS の水生環境有害性の分類のための試験方法で記載された OECD テストガイドラインに準拠する。

④　試験の実施

・試験区及び対照区において試験生物を飼育し、評価指標を確認する。

・飼育中は、飼育に適正な水温、pH、DO、塩分等が維持されることを確認する。

・試験液の pH に顕著な変化が認められる場合には、有害物質による生物影響の有無を把握するために pH を調整して追加試験することが望ましい。（調整方法は OECD テストガイドラインに準拠する。）

⑤　評価

・試験区（pH 調整した場合は、pH 調整後の試験区）の試験生物の半数影響濃度（魚類：96 時間 LC_{50}、甲殻類：48 時間 EC_{50}、藻類または他の水生植物：72 または 96 時間 ErC_{50}）が 10mg/L を超えた場合、急性毒性影響が無いと評価する。

・OECD テストガイドラインで規定された試験の有効性が成立していること（対照区での死亡率が暴露終了時に 10%を超えないこと、溶存酸素濃度が曝露期間中少なくとも飽和酸素濃度の 60%を維持していることなど）を確認する。

4）検査頻度

検査は、製造所毎に実施することとする。ただし、製造プロセス（材料等の種類、量等）が異なる場合はその都度実施することとする。

【解説】

検査頻度は、安全性の担保を図るとともに円滑な出荷についても考慮する必要があることから、製造所毎に実施することを基本とする。ただし、製造プロセス（材料等の種類、量等）が異なり、転炉系製鋼スラグの性質が大きくことなることが想定される場合はその都度実施することとする。

5）付帯情報

付帯情報として、製造所、製造プロセス、エージングの状況をカルテに記載する。

【解説】

転炉系製鋼スラグの性質は、製造所、製造プロセス、エージングの有無等により大きく異なることが想定されることから、これらの情報は、転炉系製鋼スラグの活用拡大を図るうえで、基本的かつ重要な情報となる。したがって、付帯情報として、製造所、製造プロセス、エージングの状況をカルテに記載することとする。

6）カルテの記載内容

全ての検査項目について合格した場合、検査結果をカルテに整理する。

【解説】

作成するカルテの記載内容は以下を標準とする。なお、カルテの様式例を参考資料「１．カルテ様式例」に示す。

表 4-5　カルテ記載内容一覧

区分		項目
基本情報		カルテ作成年月日、製造所名、部署名、担当者名
品質検査結果	試料に関する情報	試料採取日
	写真	性状が分かるような試料写真
	物理的性質（安定性）	検査年月日、検査項目、検査結果、検査基準との比較、特記事項
	化学的性質（安全性）	検査年月日、検査項目、検査結果、検査基準との比較、特記事項
検査責任者		検査事業者名、検査責任者名
付帯情報	製造所	製造所名
	製造プロセス	製造プロセスの概要、特記事項
	エージングの状況	エージングの有無、エージング方法、実施期間
	その他	特記事項

4.2 室内配合試験

(1) 概要

以下の目的により、室内配合試験として、安定性、安全性に係る室内試験を実施する。
①混合率の設定
事業毎に必要となる安定性、施工性等を考慮した混合率を設定する。
②安定性、安全性の確認
設定した混合率で混合材（試料）を作製し、安定性、安全性について確認する。その結果、要求される品質を満たさない場合は、混合率、施工方法、材料調達先の再検討等の対応を行う。

【解説】

①混合率の設定

各事業における最適混合率は、使用材料（浚渫土、転炉系製鋼スラグ）の性質、適用用途、適用工法等に依存して決まるものと考えられる。

したがって、事業毎に必要となる安定性、施工性等を考慮し、混合率を設定する。

②安定性、安全性の確認

混合材の実海域での適用に先立ち、室内において、設定した混合率での混合材（試料）を作製し、安定性、安全性について確認する。目的は以下のとおりとする。

１）混合率の妥当性の確認

２）同一混合率での品質の振れ幅の確認（材料のバラツキによる品質の差異の確認）

注：特に、浚渫土の含水比はバラツキが大きいことから、現場混合時に混合率調整の参考とできるよう、浚渫土の含水比を調整したケースを複数設定し、試験を実施することを基本とする。

３）現場混合時の品質との比較（試験施工時との混合方法の差異による品質の差異の確認）

確認の結果、安定性に係る混合材（試料）の品質が要求性能の範囲外となった場合は、混合率、施工方法の再検討または材料調達先の見直しを行う。また、安全性に係る品質を満たさない場合は、材料の品質の確認及び再試験、または材料調達先の見直しを行う。

(2) 混合率の設定

施工時に要求される品質性能（強度等）を満足するため、既存事例における混合率等を参考として混合率を設定する。設定に当たっては、材料（浚渫土、転炉系製鋼スラグ）の性状や混合材の強度発現特性を踏まえるとともに、施工性、経済性についても考慮しながら検討を行う。

混合率は複数ケース設定することにより、要求性能を満たす混合率の範囲の概略を把握する。

浚渫土は、現地施工時と含水比が同程度となるよう調整するとともに、含水比を調整した複数ケースの試験を行い、含水比と強度の関係について把握することを基本とする。また、現地施工時に浚渫土の粒度が変化することが想定される場合は、複数の場所の浚渫土について室内配合試験を行うことが望ましい。

施工時には、設定した混合率の範囲内で必要に応じて混合率の調整を行う。

【解説】

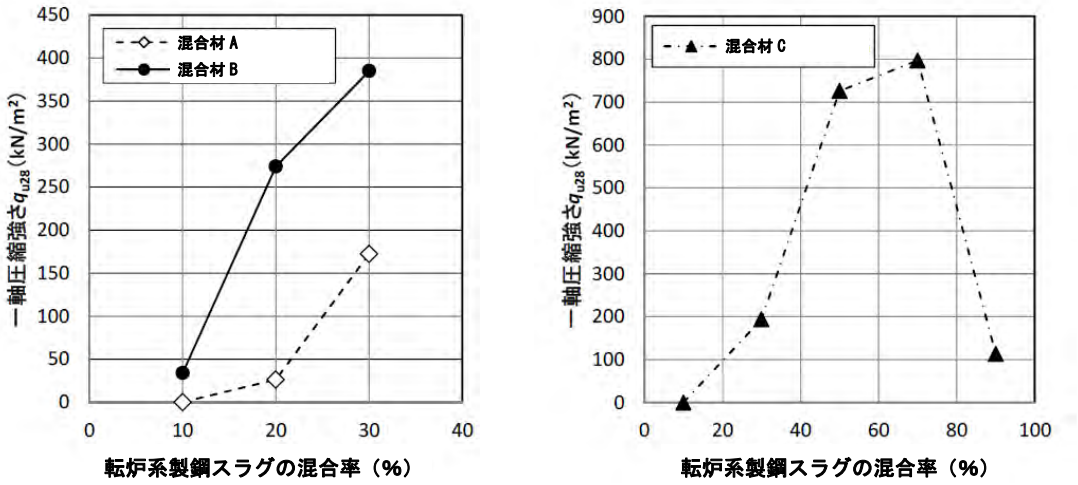
「【参考】既存事例における混合材の適用用途と混合率（p. 87)」や「【参考】用途別の目標強度及び混合率の標準値（p. 88)」を参考として、適用用途毎の混合率を複数ケース設定する。

なお、混合材の強度は、材料（浚渫土、転炉系製鋼スラグ）の性状により大きく異なることから、「**第 2 章 材料の性質 2.3 混合材 (1)材料特性**」を参考として、使用する材料（浚渫土、転炉系製鋼スラグ）のカルテと照合しながら、混合率を設定することが望ましい。

混合率の設定において留意すべき点は、以下に示すとおりである。

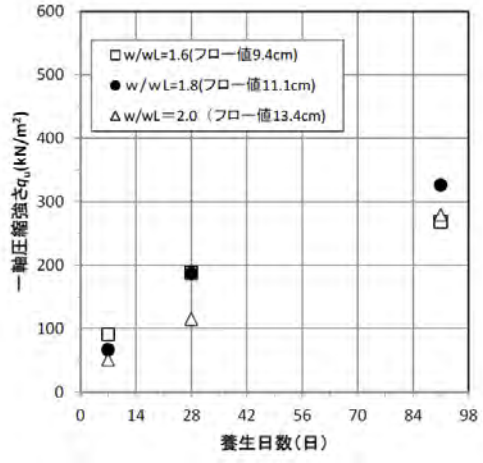
a. <u>混合率とせん断強度の関係について</u>

混合材を c 材（内部摩擦角 φ が 0 の粘性土）として利用する場合、浚渫土に対する転炉系製鋼スラグの混合率を上げると混合材の強度は増加し、混合率がある量を超えると φ 材（内部摩擦角 φ が卓越する砂質土）としての性質が強く表れるようになるため、強度は低下する（図 4-2 参照)。なお、養生日数の経過とともに強度が増加するため、強度を比較・検討する際は、同一の養生日数のデータを用いることが重要となる（図 4-3 参照)。



出典：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（平成 29 年 2 月、(一財) 沿岸技術研究センター）

図 4-2　転炉系製鋼スラグの混合率と一軸圧縮強さの関係の例



注：W/WL:浚渫土の含水比
出典：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（平成 29 年 2 月、(一財) 沿岸技術研究センター）

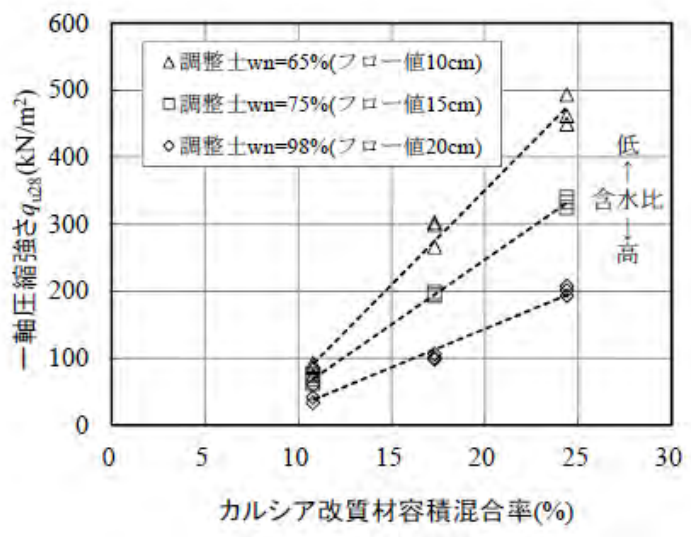
図 4-3　養生日数と一軸圧縮強さの関係（混合率 30%（容積比））の例

b. 品質のばらつきへの対応について

材料（浚渫土、転炉系製鋼スラグ）の品質のばらつき、並びに混合方法によるばらつきにより、同混合率で混合を行った場合においても品質がばらつくことが想定される。したがって、室内配合試験では混合率を複数ケース設定することにより、要求性能を満たす混合率の範囲の概略を把握する。施工時には、設定した混合率の範囲内で必要に応じて混合率の調整を行うこととする。

特に、浚渫土の含水比は、浚渫場所が同一であっても大きくばらつくことが想定され、浚渫土の含水比が異なると同一の混合率においても強度が変化する（図 4-4 参照）。したがって、室内配合試験における浚渫土の含水比は、現地施工時と同程度となるよう調整

することが重要となる。また、現地施工時に浚渫土の含水比に応じた混合率の調整を可能とするため、含水比を調整したケースを複数設定することにより、浚渫土の含水比と混合材の強度の関係を把握することが基本となる。さらに、現地施工時には浚渫する場所により浚渫土の粒度が変化することがあるため、粒度が異なることが想定される場合は、複数の場所の浚渫土について室内配合試験を行うことが望ましい。



注：Wn:浚渫土の含水比

出典：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（平成 29 年 2 月、(一財）沿岸技術研究センター)

図 4-4　含水比を調整したケースと一軸圧縮強さの関係の例

c. <u>施工性について</u>

必要強度に対して過剰な強度が発現した場合、施工性の悪化等の課題が生じる可能性があることに留意が必要である。例えば、既存事例において、施工時に必要な流動性を確保するための目安として、フロー値がポンプ打設では 90mm 以上、トレミー管打設では 120mm 以上とされている。

また、施工後に再掘削を行うことを考慮すると、再掘削が可能な強度とする必要がある。例えば、バックホウによる再掘削を効率的に実施するための強度としては、一軸圧縮強さ 2,000kN/m^2 以下程度が目安となる。

d. <u>経済性について</u>

混合率が増大することにより、コスト増となる可能性があることに留意が必要である。

e. <u>添加材の追加について</u>

初期強度が必要な際は、混合率の増加、または添加材の添加を検討する。ただし、添加材を添加する場合は、スラグと同等以上の品質管理がなされたものを用いることとする。

【参考】既存事例における混合材の適用用途と混合率

既存事例における混合材の適用用途と混合率は、以下に示すとおりである。

適用用途	適用先	目標強度	材料		転炉系製鋼スラグの混合率	設定根拠等	出典
			浚渫土	転炉系製鋼スラグ			
浅場基盤材	堺泉北港堺２区	―	―	―	30%（容積比）	―	1)
	名古屋港ポートアイランド	コーン指数：q_c=16kN/m^2	名古屋港ポートアイランド	粒度範囲 0-9.5mm	5%、10%（容積比）	強度的に問題ないと考えられる 10%を基本とし、より多くの土砂活用の観点から 5%ケースも実施	2)
	三河湾三谷地区	―	名古屋港	―	10%、20%（重量比）	―	3)
	伊雑ノ浦（三重県）	―	伊雑ノ浦	CS-20	30%（容積比）	―	4)
	東京湾城南島（東京都）	―	―	粒度範囲 0-30mm	30%（容積比）	―	5)
	東京湾東扇島（川崎市）	―	浮島	粒度範囲 0-30mm	30%（容積比）	―	6)
	東京湾君津製鐵所沖	―	君津沖	粒度範囲 0-25mm	30%（容積比）	pH 上昇や白濁しにくい、バックホウで混合できる性状を示す、直接投入時に材料分離をおこさない	7)
砂浜基盤材	堺泉北港堺２区	―	大阪港主航路	―	30%（嵩容積比）	―	8)
藻場基盤材	東京湾（千葉県保田）	一軸圧縮強さ q_{u28}≧20kN/m^2 程度（基盤材として上載荷重に耐えうる）	東京湾浚渫土	粒度範囲 0-5mm	20%（容積比）	pH 上昇や白濁しにくい、海中での打設が可能（シリンダーフロー値 12cm 程度）	9)
窪地埋戻材	味野湾（岡山県倉敷市）	ベーンせん断強さ：混合完了後 2.5h 経過後に 0.5kN/m^2 以上	水島港航路	粒度範囲 0-5mm	20%（容積比）（3 ケース；Mg 系固化剤入り、石膏系固化剤入り、固化剤なし）	短期強度の発現傾向や水中投入時の材料分離抵抗性に優れる	10)
潜堤材	博多港	―	博多港航路	CS-20	30%（容積比）	―	11)
	水島港玉島ハーバーアイランド沖	―	水島港航路	―	15%（容積比）	―	12)
潜堤腹付材	堺泉北港堺２区	コーン指数：q_c=200kN/m^2	大阪港主航路	―	20%（嵩容積比）14.7%（絶対容積比）	―	13)

出典：1) 経済産業省補助研究事業　スラグ利用に係る研究開発　平成 19 年度堺浜実験（日本鉄鋼連盟）［カルシア改質土研究会資料］
2) 平成 23 年度名古屋港浚渫土を活用した干潟造成材適用性検討業務報告書（平成 24 年 3 月、国土交通省中部地方整備局名古屋港湾事務所、（一財）みなと総合研究財団）
3) 三河湾浅場実験（国土交通省中部地方整備局）［カルシア改質土研究会資料］
4) 伊雑ノ浦干潟実験（伊雑ノ浦地区漁場再生協議会）［カルシア改質土研究会資料］
5) 城南島 ETV（新日本製鐵、JFE スチール）［カルシア改質土研究会資料］
6) 川崎東扇島 ETV（JFE スチール、JFE ミネラル）［カルシア改質土研究会資料］
7) 君津製鐵所西護岸沖浅場造成工事（新日本製鐵）［カルシア改質土研究会資料］
8) 堺 2 区（北泊地）海域環境改善実験事業における盛土にカルシア改質土を活用した実験（日本鉄鋼連盟、堺市建築都市局）［カルシア改質土研究会資料］
9) 東京湾藻場石材設置工事（国土交通省関東地方整備局）［カルシア改質土研究会資料］
10) 平成 22 年度備讃瀬戸環境修復計画技術検討業務報告書（平成 23 年 2 月、国土交通省中国地方整備局宇野港湾事務所、（財）港湾空間高度化環境研究センター）
11) 博多港（中央航路地区）航路(-12m)浚渫工事(3 工区)（国土交通省九州地方整備局）［カルシア改質土研究会資料］
12) 水島港玉島ハーバーアイランド沖土砂処分場試験工事（国土交通省中国地方整備局）［カルシア改質土研究会資料］
13) 平成 22 年度産業関連副産物活用検討業務報告書（平成 23 年 3 月、国土交通省近畿地方整備局、（財）港湾空間高度化環境研究センター）

【参考】用途別の目標強度及び混合率の標準値

用途	設計基準強度設定の考え方	設計基準強度の目標 q_u(kN/m^2)	混合率の標準値 (%)
底質改善用覆砂材	底質の巻き上がり抑制に必要な強度	10～30 程度 潮流・波浪による	10～30
浚渫窪地埋戻材	底質の巻き上がり抑制に必要な強度 上載荷重（覆砂材など）から定まる強度	10～30 程度 潮流・波浪による	10～30
浅場・干潟基盤材	上載荷重（覆砂材など）から定まる強度	30～100 程度 上載荷重による	10～30
土留め潜堤材	滑動、支持力、沈下など安定計算により求められる強度	100 以上 作用荷重による安定計算による	20～40

出典：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（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）

(3) 安定性、安全性の確認

1) 概要

設定した混合率により混合材（試料）を作製し、以下の手順により、物理的・力学的性質（安定性）及び化学的性質（安全性）についての確認を行う。

①試料の作製
②確認項目の選定
③判定基準の設定
④試験の実施

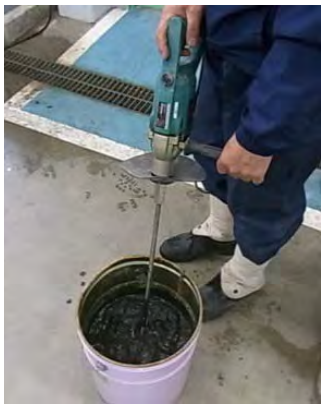
2) 試料の作製

設定した混合率により、浚渫土と転炉系製鋼スラグを計量・混練りし、均一に混合する。

【解説】

練り量分の材料を計量し、ハンドミキサー等を用いて混練りを行う（写真 4-1 参照）。混練り時間は、材料が均一に混ざるまでとする。なお、浚渫土が非常にやわらかい場合、混練り時間が長すぎると材料分離が起こる場合があるので、注意を要する。

試料は、設定した混合率（複数ケース）について、それぞれ作製する。なお、浚渫土は、施工時に想定する含水比と同程度となるよう調整を行うとともに、施工時に浚渫土の含水比に応じて混合率を調整する際の参考データとするため、浚渫土の含水比を調整した複数のケースの試料を作製することを基本とする。



出典：カルシア改質土研究会資料

写真 4-1　混練り状況の例

3) 確認項目の選定

設計上の要求性能、適用先の海域特性等を鑑み、物理的・力学的性質（安定性）及び化学的性質（安全性）についての確認項目を選定する。

【解説】

a. 物理的・力学的性質（安定性）

確認項目は以下のとおりとし、材料の性状および混合直後並びに混合後（養生後）の混合材の性状・強度について確認する。

必須項目について確認を必須とし、選択項目については、設計時の要件にある項目等、確認の必要性があると判断される場合に確認を行う。また、事業の特性により他に確認すべき項目があれば追加を行う。

なお、混合材の利用による施工時の濁り抑制効果を期待する場合は、室内試験の実施により効果を把握することができる。濁り抑制試験の室内試験事例を**参考資料「3.3 品質管理試験事例」**に示す。

区分		項目	必須	選択	備考
材料の性状（浚渫土）		含水比	○		
		土粒子の密度		○	
		湿潤密度		○	
混合材の性状・強度	混合直後	含水比	○		含水比が高くなると強度は低下傾向にある。
		湿潤密度	○		
		フロー値またはスランプ	○		
		貫入抵抗		○	
		ベーンせん断強さ		○	
	改質後（養生後）	含水比	○		
		湿潤密度	○		
		一軸圧縮強さ	○		
		コーン貫入抵抗		○	
		貫入抵抗		○	
		圧密係数、体積圧縮係数		○	
		透水係数		○	
		せん断抵抗角、粘着力		○	
		静止土圧係数		○	
		繰返し強度		○	
		せん断弾性係数、減衰定数		○	
		水浸膨張比		○	

b. 化学的性質（安全性）

確認項目は次ページに示すとおりとし、混合材の基本的性状、有害物質（溶出量・含有量）並びに生物安全性について確認する。

必須項目について確認を必須とし、選択項目については、適用先の海域特性（水産利用特性、親水利用特性等）に応じて確認の必要性があると判断される場合に確認を行う。

有害物質については、「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書（平成 24 年 3 月）」において循環資材に共通の基本的考え方（p.9）が示されており、これに準拠し、混合材についても測定することとする。具体的には、利用終了後の再利用や処分を含めた混合材のライフサイクルにおいて最も配慮すべき曝露環境を想定し、人の体内への直接摂取の可能性の有無等に応じて、試験方法、検査項目、満足すべき環境安全品質基準（港湾用途溶出量基準、含有量基準）を定めて管理することを基本とする。

生物試験は、混合材が露出した場合においても生物安全性を確保できることを確認するため、選択項目として設定する。

生物試験を実施する場合は、有害物質が生物体内で濃縮・蓄積される可能性が考えられるため、急性毒性試験に加え、蓄積性について試験を実施することとする。

◆適用用途①：施工後に混合材が直接海水に接しない場合

区分	項目	必須	選択	備考
基本的性状	pH	○		
	強熱減量	○		600℃
	COD		○	水質保全の必要性が高い海域で実施
	全硫化物		○	
	全窒素（T-N）		○	
	全燐（T-P）		○	
有害物質	溶出量	○		p.97 【別表２】
生物安全性	生物安全性の確認		○	
	生物試験【急性毒性試験】		○	既存事例で安全性が確認できない場合等に実施
	生物試験【蓄積性試験】		○	

◆適用用途②：施工後に混合材が直接海水に接する場合

区分	項目	必須	選択	備考
基本的性状	pH	○		
	強熱減量	○		600℃
	COD		○	水質保全の必要性が高い海域で実施
	全硫化物		○	
	全窒素（T-N）		○	
	全燐（T-P）		○	
有害物質	溶出量	○		p.97～98 【別表２】
	含有量（区分Ⅱ；人の立入りの可能性がある場合のみ）	○		
生物安全性	生物安全性の確認	○		
	生物試験【急性毒性試験】		○	既存事例で安全性が確認できない場合等に実施
	生物試験【蓄積性試験】		○	

●混合材の安全性の考え方について

混合材に含まれる材料のうち、転炉系製鋼スラグについては、循環資材であることから、「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書（平成 24 年 3 月）」の考え方に基づき、「環境安全型式検査」「環境安全受渡検査」に準じる検査を行い、環境安全品質基準（「港湾用途溶出量基準」「一般溶出量基準」「含有量基準」）を満たすものを利用する。

・出荷・受渡時の品質検査（**4.1 出荷・受渡 4.1(3)品質検査（転炉系製鋼スラグ）**）：「環境安全型式検査」に相当
・試験施工・本施工時（材料搬入時）の材料確認（**4.3 試験施工 (4)施工手順毎の確認内容 2)施工機械・船舶の準備及び材料の搬入・確認、4.4 本施工 (4)施工手順毎の実施内容 3)本施工**）：「環境安全受渡検査」に相当

混合材の安全性の管理についても、基本的には上記の考え方に基づく基準、測定方法により管理を行うこととするが、以下の状況を鑑み、当面の間、「区分Ⅰ：人の立入りの可能性がない場合」及び「適用用途②の区分Ⅱ：施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合」の溶出量基準については「水底土砂判定基準」で管理を行うこととする。

・浚渫土単体を海域で利活用する際には、一般に「水底土砂判定基準」を準用し管理が行われていること。
・本マニュアルでは、施工後モニタリングの実施を規定しており、モニタリングによっても安全性を確認すること。

なお、適用用途及び区分については、p.5 に示したとおり、対象とする工事の将来的な管理計画に応じて設定するものとする。また、適用用途に応じた品質管理が行われていることを確認できるようにするため、検査記録や施工記録の管理を適切に行うこととする。

管理基準、管理方法等については、循環資材並びに浚渫土の活用の際の安全性管理の考え方についての最新動向を踏まえ、適宜見直しを行うこととする。

4) 判定基準の設定

物理的・力学的性質（安定性）については、施工時の安全率を考慮した上で、設計要件等を満たしていることを確認する。

化学的性質（安全性）については、有害物質の溶出量・含有量、生物安全性について、法令等に準拠して設定した判定基準を満たすことを確認する。

【解説】

a. 物理的・力学的性質（安定性）

施工時の安全率を考慮した上で、設計要件等により定まる管理基準を満たしていることを確認する。

適用用途毎に要求される管理基準としては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（平成 19 年 9 月、社団法人　日本港湾協会）等がある。管理基準は、適用工法や適用海域の特性を踏まえ、施工性や施工後の安定性・安全性を満足する値を設定する必要がある。例えば、施工中に混合材のワーカビリティが要求される工法（管中混合工法等）の場合、フロー値等の基準値を設定し、施工性を確保する。また、施工後に濁りの抑制が要求される場合は、水中落下試験や造波試験装置を用いた波当て試験等によりフロー値、ベーンせん断強さ等の基準値を設定する。試験事例を「**参考資料 3.3 品質管理試験事例**」に示す。

施工時の安全率については、室内混合と現場混合の混合方法の差異や施工時の強度のばらつき等を考慮して設定する。設定方法については、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（平成 29 年 2 月、（一財）沿岸技術研究センター）に詳述されている。

b. 化学的性質（安全性）

判定基準は以下のとおりとする。基本的性状については基準を設けず、有害物質（溶出量・含有量）並びに生物安全性について基準を満たすこととする。

なお、基本的性状については基準値を設けないが、別表１に示す参考値を上回った場合は、施工後の水質のモニタリングにより、当該項目が基準値以下であることを十分確認することが望ましい。

有害物質については別表２に示すとおり、浚渫土及び循環資材の安全性の管理の状況を鑑み、当面の間、適用用途及び区分に基づき「水底土砂に係る判定基準」または「港湾用途溶出量基準」を満たすこととする。なお、適用用途及び区分については、p. 5 に示したとおり、対象とする工事の将来的な管理計画に応じて設定するものとする。

区分	項目	基準			設定根拠
有害物質	溶出量 （p. 97【別表２】）	適用用途①	区分Ⅰ	水底土砂に係る判定基準	「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書（平成 24 年 3 月）」における循環資材に共通の基本的考え方に準拠
			区分Ⅱ	水底土砂に係る判定基準または港湾用途溶出量基準 ※1	
		適用用途②	区分Ⅰ	水底土砂に係る判定基準	
			区分Ⅱ	港湾用途溶出量基準	
	含有量 （p. 98【別表２】）	適用用途②	区分Ⅱ	含有量基準	
生物安全性	生物安全性の確認	生物安全性が既存事例から判断できること			－
	生物試験 【急性毒性試験】	試験区と対照区で評価指標（死亡率、遊泳阻害率等）に統計的に有意な差がみられないこと※２			OECD ﾃｽﾄｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ 201 OECD ﾃｽﾄｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ 202 OECD ﾃｽﾄｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ 203 の考え方を参考として設定
		試験区での死亡率が 10%以下であること※３			
	生物試験 【蓄積性試験】	試験後の試験区と対照区で生物体内含有量に統計的に有意な差がみられないこと			－
		鉛、カドミウム、総水銀については、対象となる生物について、食品の安全性に関する基準値以下であること（対照区で基準値を超えた場合を除く　※4） （p. 99【別表３】）			コーデックス委員会の基準値、魚介類の水銀の暫定的規制値（昭和四十八年七月二十三日環乳第九十九号）等

※1 適用用途①の区分Ⅱ（施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合）は、事業特性及び適用海域の特性等を考慮し、事業毎に適用する基準を決定する。

※2 試験前の生物体内の含有量に比較して、試験後の試験区で含有量が減少した場合には、蓄積に対する安全性として問題ないと考えられるため、統計的に有意な差がみられた場合も生物安全性（蓄積性）の基準を満たすとしてよい。

※3 生物種によっては対照区でも死亡しやすい生物種が考えられることから、既に生物種に対する知見がある場合は、基準とする死亡率を変更しても良い。

※4 対照区で基準値を超えた場合には、混合材由来以外の要因の可能性があるため、基準値での評価の対象外とする。

【別表１】基本的性状に関する参考値

区分	項目	参考値	出典
基本的性状	pH	9.0 以下	排水基準（水質汚濁防止法）
	強熱減量	10 %以下	水質への影響が著しくなる底質の臨界値（運輸省第三港湾建設局「大阪湾全域汚染実態調査報告書」(昭和 58 年)より作成）
	COD	30 mg/g 以下	
	全硫化物	0.6 mg/g 以下	
	全窒素（T-N）	1.5 mg/g 以下	
	全燐（T-P）	0.6 mg/g 以下※	

※ 転炉系製鋼スラグは鉱物に由来するリンを含むため、参考値を上回ることが想定される。

【別表２】有害物質に係る項目、基準

●溶出量に係る基準

項目	適用用途①（区分Ⅰ、区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅰ） ①水底土砂に係る判定基準 1)	適用用途①（区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅱ） ②港湾用途溶出量基準 2)
1 アルキル水銀化合物	検出されないこと	検出されないこと
2 水銀又はその化合物	0.005 mg/L 以下	0.0015 mg/L 以下
3 カドミウム又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.009 mg/L 以下
4 鉛又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
5 有機リン化合物	1 mg/L 以下	－
6 六価クロム化合物	0.5 mg/L 以下	0.15 mg/L 以下
7 砒素又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
8 シアン化合物	1 mg/L 以下	検出されないこと
9 ポリ塩化ビフェニル	0.003 mg/L 以下	検出されないこと
10 銅又はその化合物	3 mg/L 以下	－
11 亜鉛又はその化合物	2 mg/L 以下	－
12 ふっ素化合物	15 mg/L 以下	15 mg/L 以下
13 トリクロロエチレン	0.3 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
14 テトラクロロエチレン	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
15 ベリリウム又はその化合物	2.5 mg/L 以下	－
16 クロム又はその化合物	2 mg/L 以下	－
17 ニッケル又はその化合物	1.2 mg/L 以下	－
18 バナジウム又はその化合物	1.5 mg/L 以下	－
19 有機塩素化合物	40 mg/kg 以下	－
20 ジクロロメタン	0.2 mg/L 以下	0.06 mg/L 以下
21 四塩化炭素	0.02 mg/L 以下	0.006 mg/L 以下
22 1,2－ジクロロエタン	0.04 mg/L 以下	0.012 mg/L 以下
23 1,1－ジクロロエチレン	1 mg/L 以下	0.3 mg/L 以下
24 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4 mg/L 以下	0.12 mg/L 以下
25 1,1,1－トリクロロエタン	3 mg/L 以下	3 mg/L 以下
26 1,1,2－トリクロロエタン	0.06 mg/L 以下	0.018 mg/L 以下
27 1,3－ジクロロプロペン	0.02 mg/L 以下	0.006 mg/L 以下
28 チウラム	0.06 mg/L 以下	0.018 mg/L 以下
29 シマジン	0.03 mg/L 以下	0.009 mg/L 以下
30 チオベンカルブ	0.2 mg/L 以下	0.06 mg/L 以下
31 ベンゼン	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
32 セレン又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
33 ダイオキシン類	10 pg-TEQ/L 以下	3 pg-TEQ/L 以下
34 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	－	30 mg/L 以下
35 ほう素	－	20 mg/L 以下
36 1,4-ジオキサン	0.5 mg/L 以下	0.15 mg/L 以下

［項目、基準の設定根拠］

①水底土砂に係る判定基準：「水底土砂に係る判定基準」（出典 1)を準用。

②港湾用途溶出量基準：リサイクル材を港湾用途に利用する場合の考え方（出典 2)に基づき設定。

・項目：「水質汚濁に係る環境基準」（環境基本法）、「ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準」（ダイオキシン類対策特別措置法）に係る項目。

・基準：「環境基準」の 3 倍値（海水による希釈効果並びに海産物への影響等の検討必要性を踏まえた暫定値）。但し、ふっ素、ほう素は海水中の濃度が高く、海域において環境基準が設定されていないことを勘案した値。

出典：1)海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭和 48 年 2 月 17 日総理府令第六号）

2)コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書

※ 適用用途①の区分Ⅱ（施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合）は、事業特性及び適用海域の特性等を考慮し、事業毎に適用する基準を決定する。

●含有量に係る基準

項目	適用用途① 適用用途②(区分Ⅰ)	適用用途②（区分Ⅱ）
1 カドミウム及びその化合物	－	150 mg/kg
2 六価クロム化合物	－	250 mg/kg
3 シアン化合物（遊離シアン）	－	50 mg/kg
4 水銀及びその化合物	－	15 mg/kg
5 セレン及びその化合物	－	150 mg/kg
6 鉛及びその化合物	－	150 mg/kg
7 砒素及びその化合物	－	150 mg/kg
8 ふっ素及びその化合物	－	4,000 mg/kg
9 ほう素及びその化合物	－	4,000 mg/kg
10 ダイオキシン類	－	150 pg-TEQ／g 以下

[項目、基準の設定根拠]

リサイクル材を港湾用途に利用する場合の考え方(出典 1)に基づき、適用用途②区分Ⅱについて、「土壌含有量基準」（土壌汚染対策防止法）及び「ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準」（ダイオキシン類対策特別措置法）に係る項目・基準を設定した。

出典:コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書

【別表３】鉛、カドミウム、総水銀の食品の安全性に関する基準値

項目	基準値	対象となる生物	出典
鉛	0.3mg/kg 以下	魚類	コーデックス委員会の基準値
カドミウム	2mg/kg 以下	海洋性二枚貝（カキ、ホタテ貝を除く）、頭足類（内臓を除く）	コーデックス委員会の基準値
総水銀	0.4mg/kg 以下	以下の生物を除く魚介類 ・マグロ類（マグロ、カジキおよびカツオ） ・内水面水域の河川産の魚介類（湖沼産の魚介類は含まない） ・深海性魚介類等（メヌケ類、キンメダイ、ギンダラ、ベニズワイガニ、エッチュウバイガイ及びサメ類）	魚介類の水銀の暫定的規制値（昭和四十八年七月二十三日環乳第九十九号）

注：コーデックス委員会：消費者の健康の保護、食品の公正な貿易の確保等を目的として、1963 年に FAO 及び WHO により設置された国際的な政府間機関。食品の安全性と品質に関して国際的な基準を定めている。

【参考】鉛、カドミウム、総水銀の食品の安全性に関する基準値の根拠

●鉛

＜食品及び飼料中の汚染物質及び毒素に関するコーデックス一般規格＞

（CODEX STAN 193-1995）

食品・製品	基準値（mg/kg）	備考
魚類	0.3	

注：水産関連の食品項目のみを抜粋

●カドミウム

＜食品及び飼料中の汚染物質及び毒素に関するコーデックス一般規格＞

（CODEX STAN 193-1995）

食品・製品	基準値（mg/kg）	備考
海洋性二枚貝	2	カキ及びホタテ貝を除く
頭足類	2	内臓を除く

注：水産関連の食品項目のみを抜粋

●総水銀

魚介類の水銀の暫定的規制値（昭和四十八年七月二十三日環乳第九十九号）	
２　魚介類の暫定的規制値	魚介類の水銀の暫定的規制値は総水銀としては 0.4ppm とし、参考としてメチル水銀 0.3ppm(水銀として)とした。 ただし、この暫定的規制値は、マグロ類(マグロ、カジキおよびカツオ)および内水面水域の河川産の魚介類(湖沼産の魚介類は含まない)については適用しないものである。

深海性魚介類等にかかる水銀の暫定的規制値の取扱いについて（昭和四十八年十月十一日環乳第百二十一号）
魚介類の水銀の暫定的規制値については、昭和 48 年 7 月 23 日環乳第 99 号をもつて通知したところであるが、今回水産庁当局から深海性魚介類等（メヌケ類、キンメダイ、ギンダラ、ベニズワイガニ、エッチュウバイガイ及びサメ類、以下同じ。）について暫定的規制値の適用除外方の要望があった。 厚生省は、「魚介類の水銀に関する専門家会議」に対し、深海性魚介類等の取扱いについて意見を求めたところ、別添のとおりの意見が提出されたので、深海性魚介類等はまぐろ類と同様に暫定的規制値の適用対象から除外することとしたので、今後の運用に遺憾のないよう願いたい。

5) 試験の実施

設定した確認項目について試験を実施し、判定基準を満たすことを確認する。判定基準を満たさない場合は、混合率の再設定・再試験、または設計の見直し等を行う。

【解説】

a. 物理的・力学的性質（安定性）

試験方法は以下のとおりとする。なお、改質後（養生後）の試験は、材齢 28 日の試料を用いて実施することを基本とし、施工箇所が海水中であれば海水中での養生とする等、施工場所を模した環境中で養生を実施することが望ましい。

区分		項目	試験方法	試験時期	試験回数
材料の性状（浚渫土）		含水比	JIS A 1203：土の含水比試験方法	混合時	1 回
		土粒子の密度	JIS A 1202：土粒子の密度試験方法		
		湿潤密度	JIS A 1225：土の湿潤密度試験方法		
混合材の性状・強度	混合直後	含水比	JIS A 1203：土の含水比試験方法	混合後、速やかに	1 回
		湿潤密度	JIS A 1225：土の湿潤密度試験方法		
		フロー値またはスランプ	JHS A 313：シリンダーフロー試験 JIS R 5201：セメントの物理試験方法		
		貫入抵抗	JGS 1431：ポータブルコーン貫入試験		
		ベーンせん断強さ	JGS 1411：原位置ベーンせん断試験		
	改質後（養生後）	含水比	JIS A 1203：土の含水比試験方法	材齢 28 日を基本とし、要求性能に応じて追加する	1 回以上
		湿潤密度	JIS A 1225：土の湿潤密度試験方法		
		一軸圧縮強さ	JIS A 1216：土の一軸圧縮試験方法		
		コーン貫入抵抗	JIS A 1228：締固めた土のコーン指数試験方法		
		貫入抵抗	JGS 1431：ポータブルコーン貫入試験		
		圧密係数、体積圧縮係数	JIS A 1217：土の段階載荷による圧密試験方法		
		透水係数	JIS A 1218：土の透水試験法		
		せん断抵抗角、粘着力	JGS 0522：土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験方法		
		静止土圧係数	JGS 0525：土の K0 圧密非排水三軸圧縮試験法		
		繰返し強度	JGS 0541：土の繰返し非排水三軸試験		
		せん断弾性係数、減衰定数	JGS 0542：地盤材料の変形特性を求めるための繰返し三軸試験方法		
		水浸膨張比	JIS A 5015：道路用鉄鋼スラグ　附属書２Ｂ 鉄鋼スラグの水浸膨張試験方法		

b. 化学的性質（安全性）

試験方法は以下のとおりとする。

区分	項目	試験方法	試験時期	試験回数
基本的性状	pH	適用用途①：鉄連法 （必要に応じて JIS K 0058-1 の 5 での測定を追加） 適用用途②：JIS K 0058-1 の 5 （必要に応じて鉄連法での測定を追加）	混合後	1 回
	強熱減量	底質調査方法(H24.8)Ⅱ.4		
	COD			
	全硫化物			
	全窒素（T-N）			
	全燐（T-P）			
有害物質	溶出量 含有量	検液作成方法 溶出量：JIS K 0058-1 の 5 含有量：JIS K 0058-2 検定方法 p.102～103【別表 1】	混合後	1 回
生物安全性	生物安全性の確認	p.104～105【別表 2】	混合後	1 回
	生物試験 【急性毒性試験】	p.106～108【別表 3】	混合後	1 回
	生物試験 【蓄積性試験】	p.113～115【別表 4】	混合後	1 回

●pH の試験方法について

混合材は、浚渫土が転炉系製鋼スラグを包み込む効果があり、転炉系製鋼スラグ単体に比べて pH の上昇が抑制される。「鉄連法」による測定（出典：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（平成 29 年 2 月））を行うことにより、この効果が発現した、施工後の環境により近い状態での pH を測定することができる。「JIS K 0058-1 の 5」は混合材を強く撹拌した後に測定を実施する方法であり、包み込み効果が発現しない条件下での pH が測定される。

適用用途①では、包み込み効果が発現しない条件下となることは想定しにくいため、「鉄連法」で測定することとする。適用用途②では、波浪等により包み込み効果が発現しない条件下となることも想定されるため、「JIS K 0058-1 の 5」で測定することとする。

【別表１】有害物質に係る検定方法

●溶出量に係る検定方法（1/2）

項目	適用用途①（区分Ⅰ、区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅰ） ①水底土砂に係る判定基準 1)	適用用途①（区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅱ） ②港湾用途溶出量基準 2)
1 アルキル水銀化合物	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号(以下「水質環境基準告示」という。)付表二及び昭和 49 年 9 月環境庁告示第 64 号(以下「排水基準告示」という。)付表三に掲げる方法	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号（以下、水質環境基準告示）付表 2 に掲げる方法
2 水銀又はその化合物	水質環境基準告示付表一に掲げる方法	水質環境基準告示付表 1 に掲げる方法
3 カドミウム又はその化合物	JIS K 0102 の 55 に定める方法	JIS K0102 の 55 に定める方法ほか、水質環境基準告示付表 8 に掲げる方法
4 鉛又はその化合物	JIS K 0102 の 54 に定める方法	JIS K 0102 の 54 に定める方法
5 有機リン化合物	排水基準告示付表一に掲げる方法又は JIS K 0102 の 31.1 に定める方法のうちガスクロマトグラフ法以外のもの(メチルジメトンは、排水基準告示付表二に掲げる方法)	－
6 六価クロム化合物	JIS K 0102 の 65.2 に定める方法	JIS K 0102 の 65.2 に定める方法
7 砒素又はその化合物	JIS K 0102 の 61 に定める方法	JIS K 0102 の 61.2、61.3 又は 61.4 に定める方法
8 シアン化合物	JIS K 0102 の 38 に定める方法(JIS K 0102 の 38.1.1 に定める方法を除く。)	JIS K 0102 38.1.2 及び 38.2 に定める方法又は 38.1.2 及び 38.3 に定める方法
9 ポリ塩化ビフェニル	水質環境基準告示付表三に掲げる方法又は JIS K 0093 に定める方法	水質環境基準告示付表 3 に掲げる方法
10 銅又はその化合物	JIS K 0102 の 52 に定める方法	－
11 亜鉛又はその化合物	JIS K 0102 の 53 に定める方法	－
12 ふっ素化合物	JIS K 0102 の 34 に定める方法	JIS K 0102 34.1 に定める方法又は 34.1(c)（注(6)第三文を除く。）に定める方法及び水質環境基準告示付表 6 に掲げる方法
13 トリクロロエチレン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
14 テトラクロロエチレン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
15 ベリリウム又はその化合物	昭和 48 年 2 月環境庁告示第 13 号別表第七に掲げる方法	－
16 クロム又はその化合物	JIS K 0102 の 65.1 に定める方法	－
17 ニッケル又はその化合物	JIS K 0102 の 59 に定める方法	－
18 バナジウム又はその化合物	JIS K 0102 の 70 に定める方法	－
19 有機塩素化合物	昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号別表第一に掲げる方法	－
20 ジクロロメタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 に定める方法
21 四塩化炭素	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
22 1,2－ジクロロエタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1 又は 5.3.2 に定める方法
23 1,1－ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
24 シス-1,2-ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法

出典：1)海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする廃棄物に含まれる金属等の検定方法（昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号）
2)水質汚濁に係る環境基準（環境基本法）、ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準（ダイオキシン類対策特別措置法）

※ 適用用途①の区分Ⅱ（施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合）は、事業特性及び適用海域の特性等を考慮し、事業毎に適用する基準を決定する。

●溶出量に係る検定方法（2/2）

項目	適用用途①（区分Ⅰ、区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅰ） ①水底土砂に係る判定基準 1)	適用用途①（区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅱ） ②港湾用途溶出量基準 2)
25 1,1,1－トリクロロエタン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
26 1,1,2－トリクロロエタン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
27 1,3－ジクロロプロペン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.1 に定める方法
28 チウラム	水質環境基準告示付表四に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	水質環境基準告示付表 4 に掲げる方法
29 シマジン	水質環境基準告示付表五に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	水質環境基準告示付表 5 に掲げる方法の第１又は第２に掲げる方法
30 チオベンカルブ	水質環境基準告示付表五に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	水質環境基準告示付表 5 に掲げる方法の第１又は第２に掲げる方法
31 ベンゼン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.2 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
32 セレン又はその化合物	JIS K 0102 の 67 に定める方法	JIS K 0102 の 67.2、67.3 又は 67.4 に定める方法
33 ダイオキシン類	JIS K 0312 に定める方法	JIS K 0312 に定める方法
34 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	－	硝酸性窒素は JIS K 0102 43.2.1、43.2.3 又は 43.2.5 に定める方法、亜硝酸性窒素は JIS K 0102 43.1 に定める方法
35 ほう素	－	JIS K 0102 47.1、47.3 又は 47.4 に定める方法
36 1,4-ジオキサン	水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法	水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法

出典：1)海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする廃棄物に含まれる金属等の検定方法（昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号）
2)水質汚濁に係る環境基準（環境基本法）、ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準（ダイオキシン類対策特別措置法）

※ 適用用途①の区分Ⅱ（施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合）は、事業特性及び適用海域の特性等を考慮し、事業毎に適用する基準を決定する。

●含有量に係る検定方法

項目	検定方法
1 カドミウム及びその化合物	日本工業規格 K0102(以下「規格」という。)55 に定める方法
2 六価クロム化合物	規格 65.2 に定める方法
3 シアン化合物（遊離シアン）	規格 38 に定める方法(規格 38.1 に定める方法を除く。)
4 水銀及びその化合物	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号(水質汚濁に係る環境基準について)(以下「水質環境基準告示」という。)付表 1 に掲げる方法
5 セレン及びその化合物	規格 67.2 又は 67.3 に定める方法
6 鉛及びその化合物	規格 54 に定める方法
7 砒素及びその化合物	規格 61 に定める方法
8 ふっ素及びその化合物	規格 34.1 に定める方法又は規格 34.1c)(注(6)第 3 文を除く。)に定める方法及び水質環境基準告示付表 6 に掲げる方法
9 ほう素及びその化合物	規格 47.1 若しくは 47.3 に定める方法又は水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法
10 ダイオキシン類	水底の底質中に含まれるダイオキシン類をソックスレー抽出し、高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法

出典：コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書

【別表２】生物安全性の確認の方法

●概要

次ページの表「既存事例における混合材等の生物試験結果（概要）」並びに、**参考資料「3.2 生物試験事例」**を基に、各事業における生物安全性、並びに生物試験の実施要否を判断する。

●生物試験の実施要否について

適用海域でみられる生物種と既存事例で安全性が確認されている生物分類での試験結果を照らし合わせ、既存事例で各事業での生物安全性が確認できるとみなす場合は、生物試験を実施しなくてよいものとする。

なお、生物の栄養段階によって有害物質への感受性が異なるため、複数の生物分類での試験結果を確認することが望ましい。

また、各事業の適用海域の特性や適用用途を踏まえ、次ページの表「生物安全性が特に要求される例」のように、特に生物安全性が要求される場合には、生物試験を実施することが望ましい。

◆既存事例における生物試験結果（概要）

【a. 急性毒性試験】

生物分類	事例 No.	生物種	試験時間	試験結果	出典
①魚類	a-1	ヒラメ	96 時間	試験終了後にも死亡はみられない	1)
	a-2	マダイ	96 時間	試験終了後にも死亡はみられない	2)
②甲殻類	a-3	ヨシエビ	96 時間	試験終了後にも死亡はみられない	1)
	a-4	クルマエビ	96 時間	試験終了後にも死亡はみられない	2)
③貝類	a-5	クロアワビ	96 時間	試験終了後にも死亡はみられない	1)
	a-6	クロアワビ	96 時間	試験終了後にも死亡はみられない	2)
④藻類	a-7	スサビノリ※	16 日間以上	試験区と対照区で生長及び金属元素組成に差は認められない	3)
⑤その他	a-8	魚類、貝類、ヒトデ等※	28 日間	試験区と対照区で全ての魚介類に死亡はみられず、差は認められない	3)

【b. 蓄積性試験】

生物分類	事例 No.	生物種	試験時間	試験結果	出典
①魚類	b-1	ヒラメ	60 日間	特異的な蓄積は認められない	1)
	b-2	ヒラメ※	4 か月	代謝蓄積の影響は非常に小さいと考えられる	3)
②甲殻類	b-3	ヨシエビ	60 日間	特異的な蓄積は認められない	1)
③貝類	b-4	クロアワビ	60 日間	特異的な蓄積は認められない	1)
	b-5	タカニシ※	不明	特異的な蓄積は認められない	3)
	b-6	アワビ※	10 週間	鉄がアワビに取り込まれる可能性が考えられる その他の金属は特異的な蓄積は認められない	3)
	b-7	マガキ※	不明	特異的な蓄積は認められない	3)
④藻類	—	—	—	（既存結果なし）	
⑤その他	b-8	キタムラサキウニ※	不明	特異的な蓄積は認められない	3)

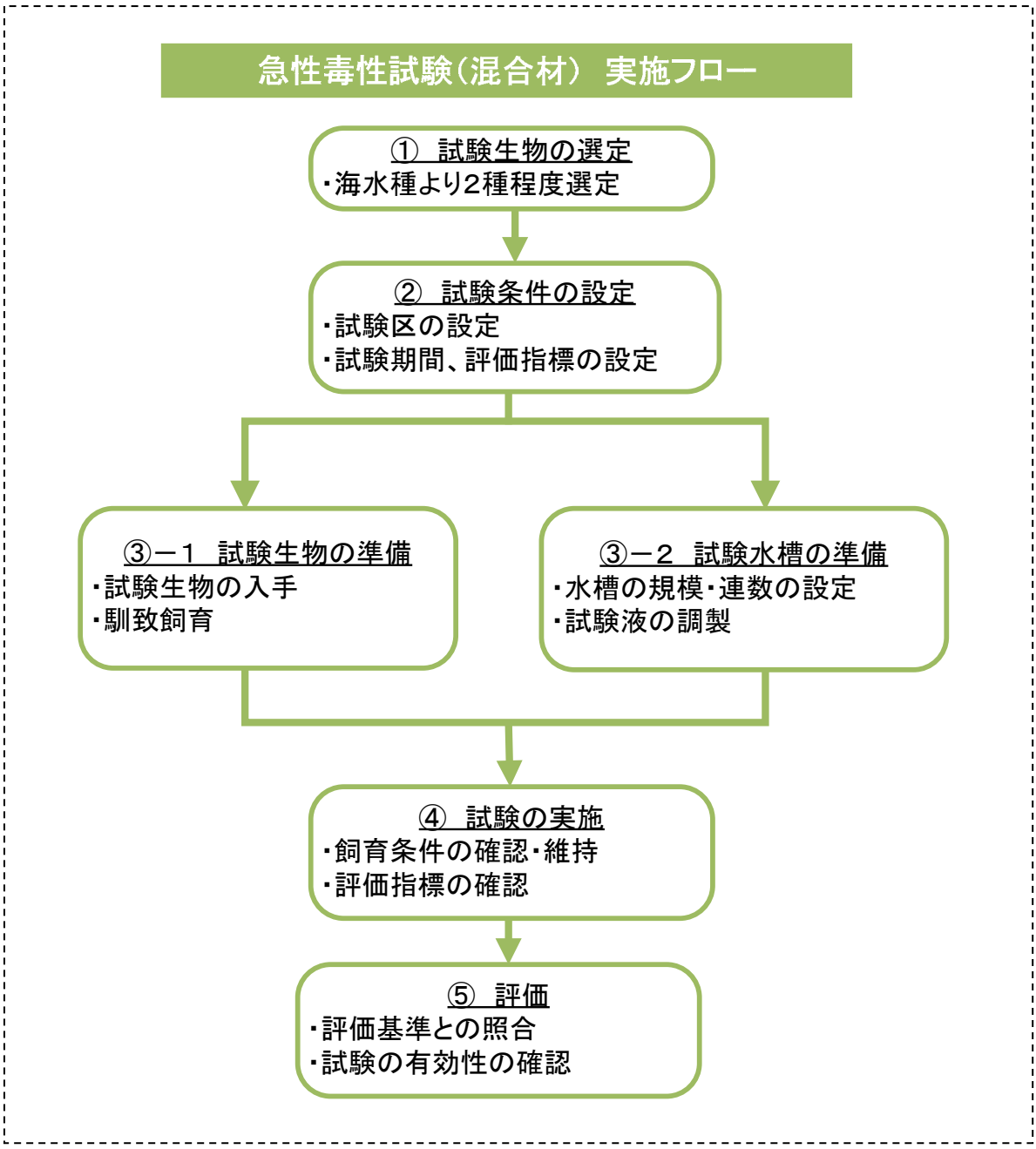
出典：1)中国地方整備局による生物試験結果
2)カルシア改質土研究会資料
3)転炉系製鋼スラグ　海域利用の手引き（平成 20 年 9 月、社団法人　日本鉄鋼連盟）

※ 転炉系製鋼スラグ単体での試験事例

◆生物安全性が特に要求される例

区分	生物安全性が特に要求される例	対応
適用海域の特性	地域の特産物など安全性に特に注目すべき生物種が存在する場合	当該生物種について、生物試験を実施することが望ましい。
	適用海域の周辺に漁場が存在する場合	漁獲生物種について、生物試験を実施することが望ましい。
適用用途	干潟、浅場等の整備事業において、アサリ等の底生生物の生息を期待する場合	当該生物種について、生物試験を実施することが望ましい。

【別表３】生物試験（急性毒性試験）の方法



◆試験手順の詳細

① 試験生物の選定

・以下の観点に基づき、試験生物（2 種程度）を選定する。

①複数の生物分類（魚類、甲殻類、貝類、藻類等）の生物種

②水産的に重要な生物種

③生息場所が混合材の影響を受けやすい生物種

④生物安全性試験実績のある生物種

② 試験条件の設定

・必要とする評価内容に応じて試験区及び対照区を設定する。標準の試験区として、有害物質による生物影響を把握するため、試験原液の pH を実海域と同程度に調整する。pH による生物影響を把握する場合は、pH 未調整の試験区を設定する。可能な場合は、希釈液の試験区を設定する（希釈液は、原液に影響があった場合に定量的に影響を把握するための補足情報として利用できる）。

・試験生物種毎に、「海産生物毒性試験指針(平成 22 年 3 月、水産庁)」を参考として設定し、試験期間、評価指標（エンドポイント）等を設定する。同指針では、以下のように生物種によって試験期間及び評価指標を設定している。

生物分類	試験生物種	試験期間	評価指標（エンドポイント）	出典
魚類	マダイ、シロギス	96 時間	死亡率	魚類急性毒性試験
甲殻類	クルマエビ、アシナガモエビモドキ	96 時間	死亡率	稚エビの急性毒性試験法
甲殻類	スジエビモドキ	48 時間	遊泳阻害率・死亡率	エビ類ゾエア幼生の遊泳阻害試験法
甲殻類	シオダマリミジンコ（ノープリウス幼生）	24 時間	遊泳阻害率・死亡率	シオダマリミジンコ幼生の遊泳阻害試験法
藻類	海洋性珪藻類	72 時間	生長阻害率	植物プランクトン成長阻害試験法

・その他、具体的な試験方法（止水式、半止水式及び流水式等の選択、換水率、給餌の条件、照明の明暗、試験水質の記録等）は、「海産生物毒性試験指針(平成 22 年 3 月、水産庁)」を参考として設定する。

③－１ 試験生物の準備

・必要となる試験生物を種苗の生産機関からの購入等で入手した後、水温等の飼育条件を試験条件に合わせた馴致飼育を実施する。

・飼育水は、水産用水基準を満たす自然海水等を利用する。

・馴致飼育後に、異常のない適正な個体を試験に供する。

・その他、具体的な準備方法（馴致期間、希釈海水、恒温設備、飼育機器の準備等）は、海生生物の生物毒性試験方法を記載している「海産生物毒性試験指針(平成 22 年 3 月、水産庁)」を参考として設定する。

③－２　試験水槽の準備

・試験生物種に応じた規模の試験水槽を準備する。また、生物の収容密度は「海産生物毒性試験指針(平成 22 年 3 月、水産庁)」や既存事例を参考として決定する。

・既存事例において水槽の規模及び水槽への収容密度は以下のように設定している。詳細は、**参考資料「3.2 生物試験事例」**に示すとおりである。

生物分類	試験生物種	水槽規模	水槽への収容密度	出典
魚類	マダイ	57L 水槽（試験液量 35L）	10 個体/容器	マダイを用いた急性毒性試験（カルシア改質土研究会資料）
	ヒラメ	23L 水槽（試験液量 18L）	10 個体/容器（0.18g-体重/L）	中国地方整備局による試験結果（平成 26 年度）
甲殻類	クルマエビ	57L 水槽（試験液量 23L）	20 個体/容器	クルマエビを用いた急性毒性試験（カルシア改質土研究会資料）
	ヨシエビ	57L 水槽（試験液量 24L）	20 個体/容器（0.25g-体重/L）	中国地方整備局による試験結果（平成 28 年度）
貝類	クロアワビ	57L 水槽（試験液量 40L）	10 個体/容器	クロアワビを用いた急性毒性試験（カルシア改質土研究会資料）
	クロアワビ	57L 水槽（試験液量 42L）	10 個体/容器（0.87g-体重/L）	中国地方整備局による試験結果（平成 26 年度）

・試験水槽は、試験区及び対照区でそれぞれ複数用意する（各 3 槽以上が望ましい）。

・試験原液として、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て溶出液を作製する。

・溶出液の作製に用いる混合材は、施工直後の溶出状況を再現するため、養生を行わないことを基本とするが、施工後の時間経過に伴う変化を詳細に把握するためには、養生を行った混合材で試験を実施することも有効である。

・その他、具体的な準備方法（水温、塩分、酸素飽和度の設定、排水処理等）は、「海産生物毒性試験指針(平成 22 年 3 月、水産庁)」を参考として設定する。

④　試験の実施

・試験区及び対照区において試験生物を飼育し、評価指標を確認する。

・飼育中は、飼育に適正な水温、pH、DO、塩分等が維持されることを確認する。

⑤　評価

・試験区（混合材溶出液の原液）と対照区の評価指標を比較して統計的に有意な差がみられない場合、かつ試験区での死亡率が 10%以下である場合に急性毒性影響が無いと評価する。

・なお、飼育管理上の操作等が評価指標に影響を与えていないことを確認するため、対照区で死亡率が 10%を超えないことを確認する。

・試験区として pH 未調整区または希釈液区を設定した場合は、「p. 109【参考】影響要因の考え方について」を参考として考察を行う。

【参考】影響要因の考え方について

①標準の試験区と希釈液区の比較

◆標準の試験区で基準を満足する場合：有害物質に起因する影響なし

・試験の妥当性を確認するため、希釈液区でも影響が出ないことを把握する。

◆標準の試験区で基準を満足しない場合：有害物質に起因する影響あり

・標準の試験区、希釈液区の結果を基に、有害物質の濃度と影響の大きさの関係を把握する。（対応について検討するための基礎データとする。）

②標準の試験区と pH 未調整区の比較

◆標準の試験区、pH 未調整区とも基準を満足する場合：
有害物質及び pH に起因する影響なし

◆標準の試験区で基準を満足し、pH 未調整区で基準を満足しない場合：
有害物質に起因する影響なし、pH に起因する影響あり

◆標準の試験区、pH 未調整区とも基準を満足しない場合：
有害物質に起因する影響あり（標準の試験区の結果より）、
pH に起因する影響の可能性あり（pH 未調整区の結果より）

◆標準の試験区で基準を満足せず、pH 未調整区で基準を満足する場合：
想定されない（pH 未調整区でも標準の試験区と同等の濃度の有害物質は含まれることから、通常は想定されない。例外的に、pH 上昇による毒性の減少等のケースが考えられる。）

【参考】急性毒性試験の試験例（ヒラメ）

① 試験生物の選定

・適用予定海域において水産的に重要であり、生息場所が混合材の影響を受けやすいヒラメを選定した。

② 試験条件の決定

・試験区として、①試験原液（pH 調整）、②試験原液の 50%希釈液（pH 調整）、③試験原液（pH 未調整）の 3 ケースを設定した。

・試験連数は、統計的に解析が可能となる 3 容器/1 濃度区とした。

・「海生生物毒性指針（平成 22 年 3 月、水産庁）」に記載されている魚類急性毒性試験法（マダイ、シロギス）等を参照し、試験期間は 96 時間、評価指標は死亡率とした。

・曝露方法は、「海生生物毒性指針（平成 22 年 3 月、水産庁）」等を参照し、試験時間内における水質の悪化への対応や十分な溶存酸素量の確保が可能と考えられる半止水式（24 時間ごとに全量を換水）とした。

・試験液条件は、「海生生物毒性指針（平成 22 年 3 月、水産庁）」で記載している酸素飽和度、水温、塩分等を参照し、酸素飽和度 60%以上を維持、水温 20±1℃、塩分 29 以上 35 以下とした。

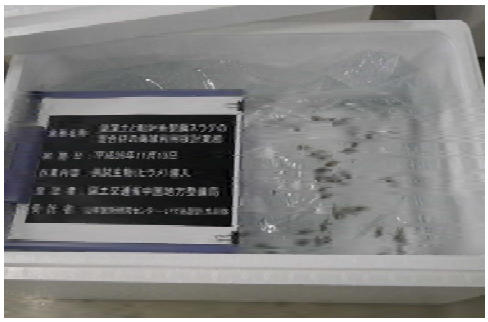
・照明は、「海生生物毒性指針（平成 22 年 3 月、水産庁）」等に記載している日長の調節等の条件を参照し、蛍光灯、14 時間明／10 時間暗とした。

・給餌は、水質が悪化し、試験結果に影響を及ぼす可能性があることから実施しないこととした。

③－１ 試験生物の準備

・種苗生産施設で 9 月に採卵され、その後同施設においてふ化・飼育された稚魚を 11 月に約 1,000 個体（体重 0.2g 前後/個体）入手して予備飼育を行った。その後、外見上異常がなく、正常と考えられる個体を選別して馴致飼育した。なお、選別時に生物体長は極力揃えるように注意した。

・馴致飼育は、200L ポリエチレン樹脂製水槽に 200 個体を収容し、流水式（1 分あたり約 1.2L）で 7 日間飼育した。飼育水は試験と同じ濾過海水を水温約 20℃に調温して用い、1 日 1 回、水温・塩分・pH 及び酸素飽和度を測定した。また、給餌は 1 日量として体重の約 2.5%を朝夕 2 回に分けて与え、試験開始 24 時間前より無給餌とした。



輸送状況

馴致飼育の状況

③－２　試験水槽の準備

・供試生物数は、「海生生物毒性指針（平成 22 年 3 月、水産庁）」に記載されている魚類急性毒性試験法（マダイ、シロギス）等の収容密度の考え方及び馴致飼育時の実績から、収容密度を 1L あたり 0.18g とし、10 個体/容器とし、試験容器は 23L 容ガラス製水槽（液量 18L）とした。

・試験原液は、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、調製した。

（混合材と溶媒（濾過海水）の比率は重量体積比 1:10 とし、毎分約 200 回転で 6 時間撹拌した後に約 30 分静置し抜き取った上澄み液を、さらに約 20 時間静置して縣濁物沈降させ、更にその上澄み液を試験原液とした。）

・試験原液の 50%希釈液は、試験原液に予め約 20℃に調温済みの濾過海水を加えて調製した。

・pH 調整区は、対照区となる濾過海水（pH8.1 前後）と同程度の pH となるように希塩酸を用いて調整した。

④　試験の実施

・①試験原液（pH 調整）、②試験原液の 50%希釈液（pH 調整）、③試験原液（pH 未調整）の 3 試験区すべてにおいて、96 時間暴露後の死亡率は 0%であった。

・対照区における 96 時間暴露後の死亡率は 0%であった。

曝露開始状況

試験水槽と試験実施状況

表 4-6　試験結果

試験区		経過時間における死亡数				
		開始時	24 時間後	48 時間後	72 時間後	96 時間後
試験区① 原液 100%（pH 調整）	A 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
	B 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
	C 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
試験区② 原液 50%（pH 調整）	A 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
	B 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
	C 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
試験区③ 原液 100%	A 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
	B 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
	C 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
対照区（濾過海水）	A 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
	B 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
	C 連	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10

⑤　評価

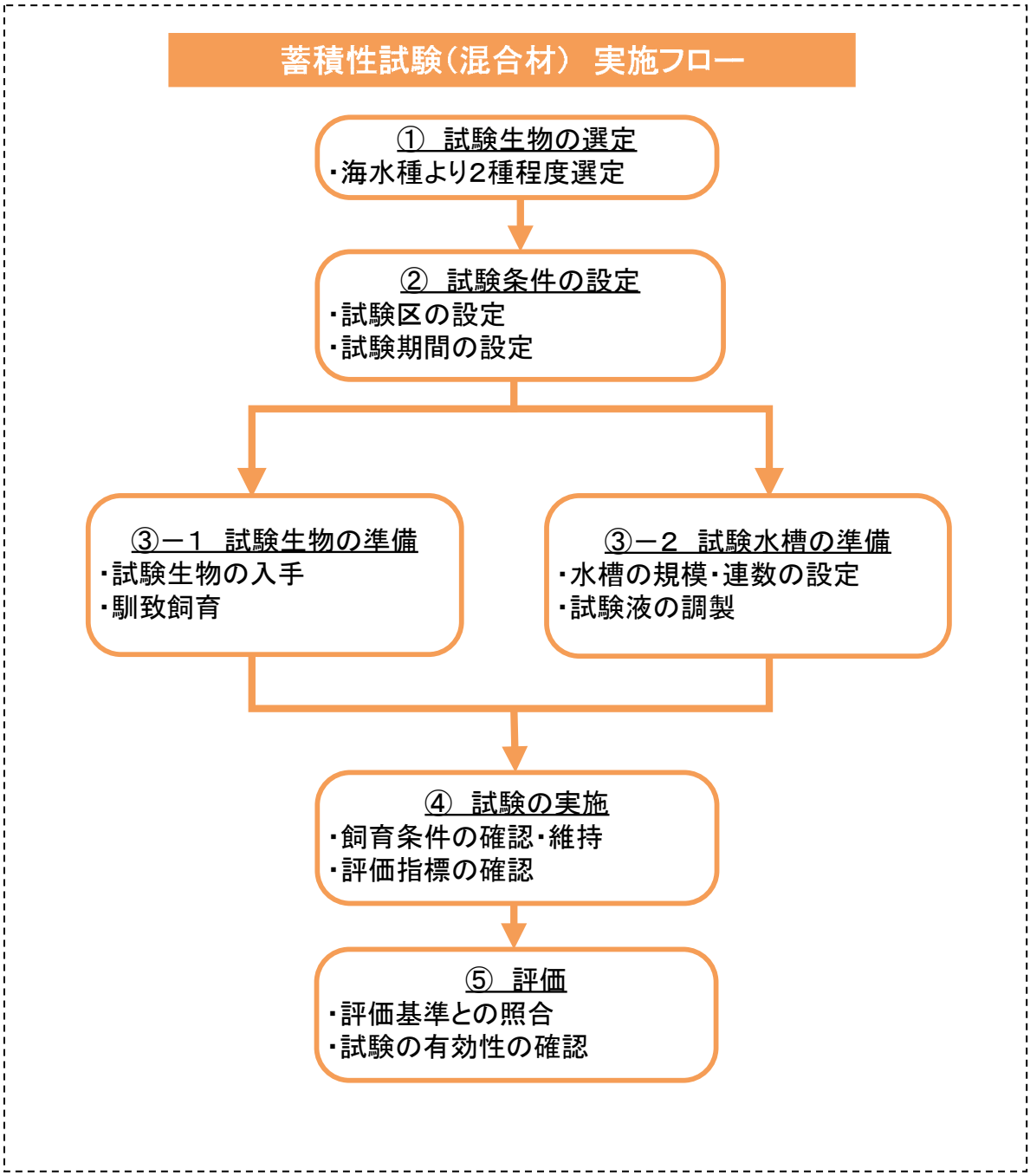
・いずれの試験区においても死亡はみられなかったため、試験区と対照区で評価指標に統計的に有意な差がみられず、急性毒性影響が無いと評価された。

・また、対照区で影響がみられず、飼育管理上の操作等が評価指標に影響を与えていないことが確認された。

水質測定状況

試験後の個体測定状況

【別表４】生物試験（蓄積性試験）の方法



◆試験手順の詳細

①　試験生物種の選定

・急性毒性試験と同様の観点から試験生物を選定する。

②　試験条件の選定

・必要とする評価内容に応じて試験区及び対照区を設定する。標準の試験区として、有害物質による生物影響を把握するため、試験原液の pH を実海域と同程度に調整する。pH による蓄積性への影響を把握する場合は、pH 未調整の試験区を設定する。

・重金属等の取り込み期間を考慮し、試験期間を設定する。「魚介類の体内における化学物質の濃縮度試験」では、試験期間を「28 日間、又は定常状態（被験物質の水中濃度に対する魚体中濃度の比等が一定の状態）に達するまでとしている。もし 28 日間で定常状態に達しなければ、取り込み期間は追加測定を行いながら定常状態に達するまでか、60 日間かどちらか短い方までの期間」としている。

・分析項目は、化学分析の対象項目である重金属等 8 項目（カドミウム、鉛、六価クロム、ヒ素、水銀、セレン、フッ素、ホウ素）とする。

・その他、具体的な試験方法（止水式、半止水式及び流水式等の選択、換水率、給餌の条件、照明の明暗、試験水質の記録等）は、「海産生物毒性試験指針(平成 22 年 3 月、水産庁)」及び「魚介類の体内における化学物質の濃縮度試験（平成 23 年 3 月 31 日、環保企 110331009 号「新規化学物質等に係る試験の方法について」)」等に記載されている慢性毒性試験方法等の長期間に及ぶ試験方法を参考にして決定することが望ましい。

③－１　試験生物の準備

・急性毒性試験と同様に試験生物を準備する。

・なお、試験生物数は、試験前後の分析において生体内の有害物質含有量を複数回測定するに十分な生物数である必要がある。

・統計的に有意な差を確認する際、試験検体数が多いほど精度が向上するが、分析に必要となる生物数も増加し、試験規模が大きくなる。したがって、評価の精度及び試験規模を考慮し、生物種毎に適切な検体数を設定することが望ましい。

・検体間の値のばらつきを評価するため、試験前に測定する検体数は試験後の検体数と同数とすることが望ましい。

③－２　試験水槽の準備

・急性毒性試験と同様に試験区及び対照区の試験水槽を準備する。

・蓄積性試験における生物の収容密度は文献等から情報が得られないため、以下の既存事例を参考として、水槽の規模及び水槽への収容密度を決定する。詳細は、**参考資料「3.2 生物試験事例」**に示すとおりである。

生物分類	試験生物種	水槽規模	水槽への収容密度	出典
魚類	ヒラメ	100L 水槽	20 個体/容器	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　海域利用の手引き」（平成 20 年 9 月、社団法人　日本鉄鋼連盟）
	ヒラメ	180L 水槽	288 個体/容器 （試験終了時の平均体重 13.37g/個体）	中国地方整備局による試験結果 （平成 26 年度）
魚類、貝類等	ヒラメ、マミチョグ、ネズミゴチ、キス、アサリ、カキ、ヒドデ、イソギンチャク	1ｔ水槽	ヒラメ 20 個体、マミチョグ 5 個体、ネズミゴチ 6 個体、キス 4 個体、アサリ 60 個体、ヒトデ 5 個体、カキ 4 個体、イソギンチャク適当数	ヒラメ等を用いた短期飼育試験 「転炉系製鋼スラグ　海域利用の手引き」（平成 20 年 9 月、社団法人　日本鉄鋼連盟）
甲殻類	ヨシエビ	400L 水槽	250 個体/容器 （試験終了時の平均体重 1.08g/個体）	中国地方整備局による試験結果 （平成 28 年度）
貝類	クロアワビ	180L 水槽	240 個体/容器 （試験終了時の平均体重 9.67g/個体）	中国地方整備局による試験結果 （平成 26 年度）

④　試験の実施

・試験区及び対照区において試験生物を飼育し、試験前の対照区及び試験終了時の試験区と対照区において、生体内の有害物質含有量を測定する。その際、試験結果の有害物質含有量を統計的に評価するため、複数の分析結果を得る必要がある。
・飼育中は、飼育に適正な水温、pH、DO、塩分等が維持されることを確認する。
・試験液中の水質を一定とするため、海水交換等の対応を適宜行う。

⑤　評価

・標準の試験区（混合材溶出液の原液）と対照区の各生物体内の有害物質含有量に統計的に有意な差がみられない場合、かつ鉛、カドミウム、総水銀については、食品の安全性に関する基準値を下回っている場合に生物蓄積性が小さいと評価する。
・試験区として pH 未調整区を設定した場合は、標準の試験区と同様に評価する。
・飼育管理上の操作等が生体内の有害物質含有量に影響を与えていないことを確認するため、対照区の試験前と試験後における各生物体内の有害物質の含有量に統計的に有意な差がみられないことを確認する。

【参考】蓄積性試験の試験例（ヒラメ）

① 試験生物の選定

・適用予定海域において水産的に重要であり、生息場所が混合材の影響を受けやすいヒラメを選定した。

② 試験条件の決定

・試験区として、試験原液（pH 調整）の 1 ケースを設定した。

・「魚介類の体内における化学物質の濃縮度試験」に記載されている試験期間及び有害物質の濃縮に関する考え方を参照し、試験期間は 60 日間とすることを念頭に、28 日目にも重金属類の取り込みが定常状態に達しているか否かを確認することとした。

・評価指標は生体内の重金属等 8 項目（カドミウム、鉛、六価クロム、ヒ素、水銀、セレン、フッ素、ホウ素）とした。

・曝露方法は、「海生生物毒性指針（平成 22 年 3 月、水産庁）」の「慢性毒性試験法」等を参照し、長期にわたる試験期間のため、水質の悪化への対応や十分な溶存酸素量の確保が可能と考えられる流水式（換水率：1 日あたり 10 回）とした。

・試験液条件は、「海生生物毒性指針（平成 22 年 3 月、水産庁）」で記載している酸素飽和度、水温、塩分等を参照し、酸素飽和度 60%以上を維持、水温 20±1℃、塩分 29 以上 35 以下とした。

・照明は、「海生生物毒性指針（平成 22 年 3 月、水産庁）」等に記載している日長の調節等の条件を参照し、蛍光灯、14 時間明／10 時間暗とした。

・給餌は、1 日量として体重の 2.5%から 5.0%を朝夕 2 回に分けて給餌した。食べ残しがある場合には、水質の悪化を防ぐために取り除いた。また、試験開始日と生体内の有害化学物質含有量調査の 24 時間前より無給餌とした。

③－１ 試験生物の準備

・急性毒性試験と同様に試験生物を準備した。

・供試生物数は、試験後の重金属等 8 項目の分析に必要なヒラメの必要量とヒラメの成長量を既存文献等で参照し、試験区では 28 日目に継続判断するための試料量を踏まえた上で、試験区で約 290 個体/容器、対照区で約 190 個体/容器とした。

③－２ 試験水槽の準備

・水槽の規模は、必要な供試生物数を試験するにあたり、既存事例を参考として試験時間内における水質の悪化への対応や十分な溶存酸素量の確保が可能と考えられる規模とし、200L 容ポリエチレン樹脂製円筒水槽（液量 180L）とした。

・試験原液は、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、調製した。（混合材と溶媒（濾過海水）の比率は重量体積比 1:10 とし、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）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した海水を試験液とした。なお、対照区では濾過海水を直接試験水槽へ注水した。）

④　試験の実施

・曝露開始 24 日後、26 日後、28 日後の 3 回の測定における濃縮倍率（＝生物分析結果（mg/kg）／水質分析結果（mg/L））は、鉛、総水銀、セレン及びフッ素において濃縮倍率の変動が 20%を超える結果となった。そのため、28 日間では鉛、総水銀、セレン及びフッ素は蓄積が定常状態に達していないと評価されることから、評価対象とする曝露期間は 60 日間とした。

・試験区及び対照区における各測定期間での生体内の重金属等 8 項目（カドミウム、鉛、六価クロム、ヒ素、水銀、セレン、フッ素、ホウ素）の含有量は以下のとおりであった。

表 4-7　試験結果

		分析項目	カドミウム	鉛	六価クロム	ヒ素	総水銀	セレン	フッ素	ホウ素
		単位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
区等	採取日	検出下限値	0.0005	0.005	10	0.0025	0.01	0.0025	10	0.15
馴致飼育群	試験開始日	（11月26日）	0.074	0.012	<10	0.24	0.012	0.30	29	0.65
試験区	試験開始24日後	（12月20日）	0.055	0.007	<10	0.30	0.023	0.37	27	0.34
	試験開始26日後	（12月22日）	0.049	0.009	<10	0.31	0.007	0.38	14	0.42
	試験開始28日後	（12月24日）	0.053	0.009	<10	0.30	0.005	0.37	15	0.41
			0.052	0.008	<10	0.33	0.010	0.36	<10	0.43
			0.049	0.008	<10	0.31	0.013	0.35	13	0.38
	試験開始60日後	（1月25日）	0.067	0.008	<10	0.45	0.011	0.31	<10	0.33
			0.092	0.009	<10	0.43	0.014	0.31	<10	0.35
			0.060	0.009	<10	0.44	0.013	0.32	<10	0.36
対照区	試験開始28日後	（12月24日）	0.053	0.010	<10	0.31	0.005	0.35	13	0.46
			0.043	0.007	<10	0.31	0.029	0.36	16	0.38
			0.045	0.008	<10	0.31	0.029	0.35	<10	0.34
	試験開始60日後	（1月25日）	0.094	0.009	<10	0.40	0.012	0.32	<10	0.28
			0.092	0.009	<10	0.42	0.015	0.31	<10	0.31
			0.063	0.009	<10	0.43	0.014	0.30	<10	0.33

・試験中の水質は、飼育に適正な水温、pH、DO、塩分等が維持されていた。

試験水槽及び試験中のヒラメ

⑤　評価

・60 日間曝露後の試験区及び対照区のヒラメ体内の各有害物質含有量について、試験区及び対照区における 3 検体の各有害物質含有量をデータとして 2 群間の差の検定を実施した結果、8 物質全てにおいて統計的に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。

・また、対照区で影響がみられず、飼育管理上の操作等が評価指標に影響を与えていないことが確認された。

試験後の個体測定状況

●試験生物の選定について

試験生物の選定の観点は、以下の理由より設定した。

①複数の生物分類での生物種

食物連鎖における栄養段階が異なる生物分類（魚類、甲殻類、貝類、藻類等）では、化学物質に対する感受性が異なるとの知見があることから、各生物分類で代表的な生物種を試験することが望ましい。

②水産的に重要な生物種

生産量の高い生物種や対象水域での特産物となる生物種では、地域への影響が大きく安全性への関心が高いと想定される。

③生息場所が混合材の影響を受けやすい生物種

海底に生息する底魚や甲殻類等は、混合材（露出している場合）に直接接触する機会が多いことから影響が大きいと想定される。

④生物安全性試験実績のある生物種

試験実績のない生物種については、飼育方法等の試験方法を確立するための期間、コスト等を要する可能性があることに留意して生物種を検討することが望ましい。

●急性毒性試験の評価方法について

「海産魚類急性毒性試験法」等の生物毒性試験方法では、半数致死濃度（LC_{50}）等を示す濃度で評価するが、混合材では最大濃度である原液においても半数致死等に至らず影響がみられないことが多いと考えられる。したがって、試験区（混合材溶出液の原液）と対照区での生物分類毎に定まる評価指標（死亡率、遊泳阻害率、生長阻害率等）を比較して有意な差がみられない場合、急性毒性影響が無いと評価することとした。

【参考】安全性の確認事例

室内配合試験による安全性の確認事例を以下に示す。

区分		試験項目	単位	浚渫土 A			浚渫土 B
使用材料	浚渫土	1 含水比	%	130			65.7
		2 強熱減量	%	7.5			-
		3 細粒分含有率	%	99.0			68.0
	スラグ	1 f-CaO 含有率	%	3.73			3.73
		2 最大粒径	mm	31.5			31.5
		3 pH	-	12.3			12.3
混合率		-	-	10%	20%	30%	20%
基本的性状		1 pH（JIS K 0058-1 の 5）	-	11.0	11.1	11.7	11.3
		pH（鉄連法）	-	8.3	8.4	8.4	8.2
		2 強熱減量	%	5.3	5.3	5.3	3.4
		3 COD	mg/g	11	4.7	3.5	4.7
		4 全硫化物	mg/g	0.38	0.13	0.09	0.03
		5 全窒素（T-N）	mg/g	0.9	0.7	0.5	0.5
		6 全燐（T-P）	mg/g	2.6	4.3	5.7	2.9
有害物質	溶出量試験	1 アルキル水銀化合物	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
		2 水銀又はその化合物	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
		3 カドミウム又はその化合物	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
		4 鉛又はその化合物	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
		5 有機リン化合物	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
		6 六価クロム化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		7 砒素又はその化合物	mg/L	0.005	<0.003	<0.003	<0.003
		8 シアン化合物	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
		9 ポリ塩化ビフェニル	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
		10 銅又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		11 亜鉛又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		12 ふっ素化合物	mg/L	<1	<1	<1	<1
		13 トリクロロエチレン	mg/L	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
		14 テトラクロロエチレン	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
		15 ベリリウム又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		16 クロム又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		17 ニッケル又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		18 バナジウム又はその化合物	mg/L	0.21	0.17	0.08	0.13
		19 有機塩素化合物	mg/kg	<4	<4	<4	<4
		20 ジクロロメタン	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
		21 四塩化炭素	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		22 1,2－ジクロロエタン	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
		23 1,1－ジクロロエチレン	mg/L	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
		24 シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		25 1,1,1－トリクロロエタン	mg/L	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
		26 1,1,2－トリクロロエタン	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
		27 1,3－ジクロロプロペン	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
		28 チウラム	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
		29 シマジン	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
		30 チオベンカルブ	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
		31 ベンゼン	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
		32 セレン又はその化合物	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
		33 ダイオキシン類	pg-TEQ/L	0	0	0	0
		34 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	mg/L	<1	<1	<1	<1
		35 ほう素	mg/L	0.14	0.08	0.05	0.06
		36 1,4-ジオキサン	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
検査基準		1 水底土砂に係る判定基準	-	適合	適合	適合	適合
		2 港湾用途溶出量基準	-	適合	適合	適合	適合

4.3 試験施工

(1) 概要

本施工に先立ち、施工場所において混合材を用いて実施する試験施工等を実証試験として位置づけ、安全性、安定性、並びに施工性について、確認または検証を行い、その結果を本施工に反映させる。

なお、混合材の利用による環境改善効果についても、必要に応じて確認を行うことが望ましい。

【解説】

混合材の実海域への適用に際し、現時点では、周辺海域への影響などの安全性、構造物に求められる強度の発現などの安定性、並びに適切な施工の実現などの施工性について、十分な知見が蓄積されていない状況にある。このため、これらの知見が十分に蓄積されるまでの期間は、本施工に先立ち、施工場所において混合材を用いた試験施工を実施することを必須とする。

また、混合材の利用による環境改善効果として、リンや硫化物の吸着による底質改善効果等が期待されている。これらの環境改善効果を目的の一つとして位置付けて施工を行う場合は、本施工に先立ち、効果の発現状況に関する調査を実施し、結果をフィードバックすることにより、効果を高めるための本施工計画を立案することが望ましい。

(2) 内容及び規模

試験施工は、本施工計画に結果をフィードバックすることを念頭に置き、構造物の安定性や施工性を確認・検証するための適切な内容及び規模で実施する。

なお、試験施工に使用する混合材は、本施工と同程度の混合率のケースを含むこととする。

【解説】

試験施工としては、本施工で計画している施設の一部を先行的に施工する場合や、施工計画箇所において小規模な類似施設を施工する場合などが想定される。いずれの場合においても、構造物の安定性や施工性を確認・検証するためには一定規模の施工量が必要となる。一方で、試験施工の結果によっては、本施工計画の見直しが生じる可能性があることに留意し、内容及び規模を決定する必要がある。

なお、試験施工に使用する混合材の混合率については、本施工と同様の性状での安全性、安定性、施工性を確認するとともに、混合率と強度発現の関係を検討するため、本施工での設計ケースを含む複数ケースで実施することが望ましい。

(3) 施工手順及び確認事項

試験施工は、以下の手順で実施することを基本とする。

①施工予定箇所の環境確認及び試験施工計画の立案

②施工機械・船舶の準備及び材料の搬入・確認

③材料混合

④混合材投入

⑤施工後モニタリング

【解説】

各手順の内容は以下を基本とする。

①施工予定箇所の環境確認及び試験施工計画の立案

・安定性及び安全性検討のための基礎データとするため、施工予定場所やその周辺海域（適用海域）において、流況、水質、底質、生物生息状況等の環境の現況について確認を行い、適用海域の特性を把握する。

・適用海域の特性を踏まえ、試験施工計画（施工方法、モニタリング方法、スケジュール等）を立案する。

②施工機械・船舶の準備及び材料の搬入・確認

・施工場所において、施工機械及び船舶の準備を行う。

・材料となる転炉系製鋼スラグ及び浚渫土を施工場所に搬入する。

⇒搬入材料をカルテと照らし合わせ、カルテに記載された性状と搬入された材料の性状に大きな差異がないことを確認する。性状の差異が大きい場合は、必要に応じて材料製造者への確認を行うとともに、混合時の対応検討（加水量等の調整、混合率の再検討等）を行う。ただし、混合率の再検討を実施する場合は、室内配合試験で実施した混合ケースの範囲内とする。

③材料混合

・室内配合試験で設定した混合率で、本施工と同等の方法により転炉系製鋼スラグと浚渫土を混合する。

⇒混合が問題なく効率的に実施できることや、作製した混合材が適用用途毎の要求性能を満足していることを確認する。

④混合材投入

・要求性能を満足した混合材を本施工と同等の方法により施工場所に投入する。

⇒投入が問題なく効率的に実施できることや、施工中に濁りの拡大・pH 上昇等の環境影響がないことを確認する。

⑤施工後モニタリング

・施工後に、利用用途や海域の特性に応じて要求される安定性（変形、沈下量が許容範囲内であるか等）や安全性（有害物質の影響がないか等）が確保されていることを確認する。また、混合材活用による環境改善効果について、必要に応じて調査を実施する。

・調査の結果、課題がある場合は対応を検討するとともに、本施工計画へのフィードバックを行う。

(4) 施工手順毎の確認内容

1) 施工予定箇所の環境確認及び試験施工計画の立案

安定性及び安全性検討のための基礎データとするため、施工予定場所やその周辺海域（適用海域）において、流況、水質、底質、生物生息状況等の環境の現況について既存資料調査に基づく確認を行うとともに、確認の結果、必要性があると判断される場合は現地調査（施工前モニタリング）を実施することにより、適用海域の特性を把握する。

適用海域の特性を踏まえ、試験施工計画（施工方法、モニタリング方法、スケジュール等）を立案する。

【解説】

●既存資料調査

a. 確認項目

適用海域における波浪・流況、地形及び環境全般（水質、底質、生物）に係る項目のうち、試験施工計画立案のために必要と判断される項目について確認を行う。

b. 判定基準

基準は設けず、試験施工計画の立案並びに施工後モニタリングの基礎データとして利用する。

c. 確認方法

既存資料の収集・整理による。

●現地調査（施工前モニタリング）

a. 確認項目

既存資料調査の結果、試験施工計画（施工方法、モニタリング方法等）の検討のために必要と判断される場合に、以下の項目について現地調査（施工前モニタリング）を実施する。

対象	項目		必須	選択	備考
適用海域	波浪・流況	波浪（水位変動）		○	
		流況（流向・流速）		○	
	地形	深浅測量		○	
	水質	濁度		○	既存資料調査の結果、必要性があると判断される項目について調査を行う。
		SS		○	
		pH		○	
		強熱減量		○	
		COD		○	
		全窒素（T-N）		○	
		全リン（T-P）		○	
		有害物質（p.139【別表３】；環境基準健康項目）		○	
	底質	pH		○	
		強熱減量		○	
		COD		○	
		全硫化物		○	
		全窒素（T-N）		○	
		全リン（T-P）		○	
		有害物質（p.137【別表１】；水底土砂判定基準項目）		○	
	生物	底生生物（種類数・個体数）		○	
		付着生物（種類数・個体数）		○	
		魚類（目視）		○	

b. 判定基準

基準は設けず、試験施工計画の立案並びに施工後モニタリングの基礎データとして利用する。

c. **確認方法**

確認方法は以下のとおりとする。

対象	項目		方法	地点配置	頻度・回数
適用海域	波浪・流況	波浪（水位変動）	任意	施工場所を含む 1 点以上	適宜（1 年間、2 回程度が望ましい）
		流況（流向・流速）			
	地形	深浅測量	任意	施工場所	1 回
	水質	濁度	機器測定	施工場所を含む 1 点以上（表層）	適宜（1 年間、年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）程度が望ましい）
		SS	採水分析、JIS K 0102 の 14.1 に定める方法		
		pH	機器測定		
		強熱減量	採水分析、JIS K 0102 の 14.5 に定める方法		
		COD	採水分析、JIS K 0102 の 17 に定める方法		
		全窒素（T－N）	採水分析、JIS K 0102 の 45.4 に定める方法		
		全リン（T－P）	採水分析、JIS K 0102 の 46.3 に定める方法		
		有害物質（環境基準健康項目）	採水分析、p.143【別表２】		適宜（1 年間、年 1 回程度が望ましい）
	底質	pH	底質調査方法(H24.8)Ⅱ.4	施工場所を含む 1 点以上（表層）	適宜（1 年間、年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）程度が望ましい）
		強熱減量			
		COD			
		全硫化物			
		全窒素（T－N）			
		全リン（T－P）			
		有害物質（水底土砂判定基準項目）	p.141～142【別表１】		適宜（1 年間、年 1 回程度が望ましい）
	生物	底生生物（種類数・個体数）	採泥器による試料採取	施工場所を含む 1 点以上	適宜（1 年間、年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）程度が望ましい）
		付着生物（種類数・個体数）	方形枠（コドラート）による刈取りまたは目視		
		魚類（目視）	潜水士による目視		

【参考】適用海域に応じた施工上の留意点について

海域の特性毎に想定される課題及び対応例を以下に示す。

海域の特性		想定される課題	対応例
流況・地形	海底面	・表層砂流出による構造物安定性の低下、基盤材の露出、有害物質の溶出増大 ・洗掘による構造物安定性の低下	・施工の安全率上乗せ（例：覆砂厚の増加、転炉系製鋼スラグ配合率の増加　等） ・管理項目の追加 ・調査頻度の増加
	潮間帯	・波浪による構造物安定性の低下、基盤材の露出、有害物質の溶出増大	・施工の安全率上乗せ（例：覆砂厚の増加、転炉系製鋼スラグ配合率の増加　等） ・管理項目の追加 ・調査頻度の増加
	全般	・施工方法の制限（流速が大きい場合、水深が大きい場合等）	・施工方法の再検討
		・施工中の濁りの拡大（流速が大きい場合） ・濁りの長期化（流速が小さい場合、水深が浅い場合）	・濁り対策の強化（例：汚濁防止膜の設置、施工方法の再検討　等）
		・pH の上昇（流速が小さい場合）	・施工の安全率上乗せ（例：転炉系製鋼スラグ配合率の低下　等）
水産利用	整備箇所付近に漁場がある場合	・施工中の濁りによる影響 ・施工後の漁獲対象種への長期的影響	・濁り対策の強化（例：汚濁防止膜の設置、施工方法の再検討　等） ・生物モニタリングの拡充（対象生物、頻度等）
	漁場・生物生息場の回復・創出を目的とした整備を行う場合	・生息環境に見合った土質の確保（例：潜砂性のアサリ・ゴカイ等の生息環境としては、硬くなり過ぎず、泥分が多過ぎない土質が必要） ・施工後の漁獲対象種への長期的影響	・混合率の検討（例：表層材を潜砂性生物が生息可能な配合とする　等） ・生物モニタリングの拡充（対象生物、頻度等）
親水利用	整備箇所付近に水浴場等の親水空間がある場合	・施工中の濁りによる影響 ・親水空間利用者の海水への経皮接触、経口摂取の可能性 ・浅場生物の採取（摂取）の可能性	・濁り対策の強化（例：汚濁防止膜の設置、施工方法の再検討　等） ・水浴場水質基準項目の監視 ・親水空間付近へのモニタリング監視点の設置 ・監視頻度・期間の増加 ・生物モニタリングの拡充（対象生物、頻度等）
	整備後に人の立入りを想定する場合	・親水空間利用者の海水への経皮接触、経口摂取の可能性 ・浅場生物の採取（摂取）の可能性	・監視頻度・期間の増加 ・生物モニタリングの拡充（対象生物、頻度等）

2) 施工機械・船舶の準備及び材料の搬入・確認

搬入材料（浚渫土及び転炉系製鋼スラグ）並びに搬入材料の試験成績表をカルテと照らし合わせ、カルテに記載された性状と搬入材料の性状に大きな差異がないことを確認する。

なお、施工現場で転炉系製鋼スラグを長時間貯蔵する場合、降雨等により高アルカリの溶出が周辺に流出する可能性があるため、留意が必要である。

【解説】

a. 確認項目

確認項目は以下のとおりとする。

必須項目については、確認の実施を必須とする。選択項目については、要求される性能に応じて、必要性があると判断される場合に調査を実施することとする。

浚渫土については、性状の変動が大きいことが想定されることから、施工場所現地で簡易に測定が可能な湿潤密度、フロー値について測定を行うこととする。

転炉系製鋼スラグについては、スラグ製造者から提出される試験成績表とカルテを照らし合わせ、両者に大きな差異がないこと（有害物質については基準値以下であること）を確認することとする。また、強度を要求される用途に利用する場合等において、転炉系製鋼スラグの粒度を規定する場合は、規定した粒度の範囲内であることを確認する。

区分	対象	項目		必須	選択	備考
安定性	浚渫土	外観（色、形状等）		○		搬入材料の確認
		含水比			○	
		湿潤密度		○		
		フロー値		○		
	転炉系製鋼スラグ	外観（色、形状等）		○		搬入材料の確認
		粒度組成		○		試験成績表の確認
		表乾密度		○		
安全性	転炉系製鋼スラグ	有害物質（溶出量）※	鉛	○		試験成績表の確認
			六価クロム	○		
			セレン	○		
			フッ素	○		
			ホウ素	○		

※ JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」環境安全受渡検査項目

b. 判定基準

判定基準並びに基準を満たさない場合の対応は以下のとおりとする。

区分	対象	項目		判定基準	設定根拠	基準を満たさない場合の対応
安定性	浚渫土	外観（色、形状等）		カルテと大きな差異がないこと	―	・混合時の加水量等の調整（想定より浚渫土の砂分が多い場合には加水は避ける必要がある） ・混合率の変更（ただし、室内配合試験の混合ケース範囲内とする）
		含水比				
		湿潤密度				
		フロー値				
	転炉系製鋼スラグ	外観（色、形状等）				
		粒度組成				
		表乾密度				
安全性	転炉系製鋼スラグ	有害物質（溶出量）	鉛	0.03mg/L 以下	※1	・使用材料の見直し
			六価クロム	0.15mg/L 以下		
			セレン	0.03mg/L 以下		
			フッ素	15mg/L 以下		
			ホウ素	20mg/L 以下		

※1 コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書（港湾用途溶出量基準）

c. 確認方法

確認方法は以下のとおりとする。

区分	対象	項目	方法	頻度・回数
安定性	浚渫土	外観（色、形状等）	目視により、色、形状（粒径、粒径のバラツキの程度、夾雑物の混入状況）等の外観の特徴を記録する。	運搬の都度
		含水比	JGS 0122：電子レンジを用いた土の含水比試験※1	適宜※3
		湿潤密度	JIS A 1225：土の湿潤密度試験方法※2	適宜※3
		フロー値	JHS A 313：シリンダーフロー試験	適宜※3
	転炉系製鋼スラグ	外観（色、形状等）	目視により、色、形状（粒径、粒径のバラツキの程度）等の外観上の特徴を記録する。	運搬の都度
		粒度組成	試験成績表とカルテの照合	受渡時 1 回
		表乾密度	試験成績表とカルテの照合	受渡時 1 回
安全性	転炉系製鋼スラグ	有害物質（溶出量）	試験成績表とカルテの照合	受渡時 1 回

※1 現場において電子レンジなどを用いて実施することが望ましい。
※2 現場での簡易な測定方法としては、以下の方法がある。必要に応じて、JIS による測定に置き換える。
【現場での簡易な測定方法の例】
・JIS A 1104(骨材の単位容積質量及び実積率試験方法)の容器（容量 2L、10L、30L 等）に混合材を充填し、重量を測定
・一軸圧縮試験用のモールドに混合材を充填し、重量を測定
※3 要求性能に基づき、運搬複数回に 1 回程度とする等、確認の頻度を設定する。

3) 材料混合

混合が問題なく効率的に実施できることや、作製した混合材が事業毎の要求性能を満足していることを確認する。

【解説】

a. 確認項目

確認項目は以下のとおりとする。

必須項目については、確認の実施を必須とする。選択項目については、事業毎の要求性能に応じて、必要性があると判断される場合に調査を実施することとする。

区分	対象	項目	必須	選択	備考
施工性	混合プロセス	混合プロセスの進捗状況	○		
安定性	性状・強度（混合材）	形状、色	○		
		湿潤密度	○		
		フロー値	○		
		一軸圧縮強さ		○	事業毎の要求性能に応じて、必要性があると判断される場合に確認を行う
		ベーンせん断強さ		○	
		貫入抵抗		○	

b. 判定基準

判定基準並びに基準を満たさない場合の対応は以下のとおりとする。

基準を満たさない場合は、室内配合試験における混合方法との差異を踏まえ、混合率、混合方法の見直しを行う。

区分	対象	項目	判定基準	基準を満たさない場合の対応
施工性	混合プロセス	混合プロセスの進捗状況	・混合が円滑に行われているか。 ・混合率が大きく異なる箇所がないか。 ・投入は効率的か。	・混合方法の見直し
安定性	性状・強度（混合材）	形状、色	・形状、色は均一か。	・混合率、混合方法の見直し
		湿潤密度	・施工計画に基づき設定した基準（許容範囲）を満足していること	
		フロー値		
		一軸圧縮強さ		
		ベーンせん断強さ		
		貫入抵抗		

c. **確認方法**

確認方法は以下のとおりとする。なお、養生を行う場合は、施工箇所が海水中であれば海水中での養生とする等、施工場所を模した環境中で実施することが望ましい。

区分	対象	項目	方法	試験時期	頻度・回数
施工性	混合プロセス	混合プロセスの進捗状況	目視、混合機械の稼働状況	混合実施中	混合の都度
安定性	性状・強度（混合材）	形状、色	目視	混合直後	混合の都度
		湿潤密度	JIS A 1225：土の湿潤密度試験方法	混合直後	適宜※
		フロー値	JHS A 313：シリンダーフロー試験	混合直後	適宜※
		一軸圧縮強さ	JIS A 1216：土の一軸圧縮試験方法	材齢 28 日を基本とし、要求性能に応じて設定する	適宜※
		ベーンせん断強さ	JGS1411：原位置ベーンせん断試験	混合直後	適宜※
		貫入抵抗	JGS 1431：ポータブルコーン貫入試験	混合直後	適宜※

※ 要求性能に基づき、混合複数回に 1 回程度とする等、確認の頻度を設定する。

4) 混合材投入

投入が問題なく効率的に実施できることや、施工中に濁り・pH 上昇等の環境影響がないことを確認する。

【解説】

a. 確認項目

施工性及び安全性を確認するため、以下の項目について確認を行う。

必須項目については、確認の実施を必須とする。選択項目については、要求される性能に応じて、必要性があると判断される場合に調査を実施することとする。

また、施工場所の位置情報は、モニタリングの実施、本施工時の見直し等を実施する際に重要な情報となるため、緯度・経度等により適切に管理を行う。

区分	対象	項目		必須	選択	備考
施工性	投入プロセス	投入プロセスの進捗状況		○		
安全性	施工場所・周辺海域	水質	pH	○		
			濁り（目視）	○		
			濁り（濁度）	○		工事中毎日の濁り監視は濁度で行い、SS を 1 週間に 1 回以上測定する。
			濁り（SS）	○		
その他	施工場所の位置	緯度・経度等		○		

b. 判定基準

判定基準並びに基準を満たさない場合の対応は以下のとおりとする。

区分	対象	項目		判定基準	設定根拠	基準を満たさない場合の対応
施工性	投入プロセス	投入プロセスの進捗状況		・投入が円滑に行われているか。（混合管理は妥当か） ・投入は効率的か。	－	・混合率の見直し ・投入方法の見直し
安全性	施工場所・周辺海域	水質	pH	・類型指定海域：環境基準（p. 133【別表１】）の範囲内であること。ただし、対照区で範囲外である場合は、対照区に比べて顕著な変化※がみられないこと。 ・類型指定海域以外：対照区に比べて顕著な変化※がみられないこと。	環境基準	・混合率の見直し ・投入方法の見直し
			濁り（目視）	・顕著な濁り（周辺海域との明確な水色の差）がみられないこと	－	・投入方法の見直し
			濁り（濁度）	・対照区に比べて顕著な差がみられないこと（SS 換算で＋2mg/L 以下）	水産用水基準	
			濁り（SS）			
その他	施工場所の位置	緯度・経度等		－	－	－

※ 適用海域の特性により変動特性は異なると考えられることから、数値基準は設定しない。「施工予定箇所の環境確認」結果を踏まえ、工事影響の有無について検討する。

【別表 1】生活環境の保全に関する環境基準（pH）

類型	利用目的の適応性	水素イオン濃度 (pH)
A	水産 1 級、水浴、自然環境保全及び B 以下の欄に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下
B	水産 2 級、工業用水及び C の欄に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下
C	環境保全	7.0 以上 8.3 以下

c. **確認方法**

確認方法は以下のとおりとする。

区分	対象	項目		方法	地点配置	測定層	頻度・回数
施工性	投入プロセス	投入プロセスの進捗状況		目視、投入機械の稼働状況	―	―	投入の都度
安全性	施工場所・周辺海域	水質	pH	機器測定	監視点※：1 点以上 周辺海域（対照区）：1 点以上	表層	工事中毎日
			濁り（目視）	目視	工事水域近傍及びその周辺地域	表層	工事中毎日
			濁り（濁度）	機器測定	監視点※：1 点以上 周辺海域（対照区）：1 点以上	表層	工事中毎日
			濁り（SS）	採水分析、JIS K 0102 の 14.1 に定める方法	監視点※：1 点以上 周辺海域（対照区）：1 点以上	表層	1 週間に 1 回以上
その他	施工場所の位置	緯度・経度等		―	施工場所範囲 調査地点	―	1 回

※ 潮流、潮汐等の海象、漁場等の海域利用状況、対策工法の特性等を考慮し、工事による影響を防止すべき水域（一般水域）と工事に関連する水域（工事水域）を設定し、監視点を一般水域と工事水域の境界上、または一般水域の工事水域近傍に設定する。

5) 施工後モニタリング

施工後に、利用用途や海域の特性に応じて要求される安定性（変形、沈下量が許容範囲内であるか等）や安全性（有害物質の影響がないか等）が確保されていることを確認する。

また、混合材活用による環境改善効果について、必要に応じて調査を実施する。

【解説】

a. 確認項目

施工後は、安定性について要求性能を満たしていることを確認するとともに、有害物質が溶出していないこと、付近の海域で pH が上昇していないこと、生物が特異的に忌避していないこと等、安全性について確認を行うこととする。具体的な項目は次ページに示すとおりである。

必須項目については、確認の実施を必須とする。選択項目については、要求される性能に応じて、必要性があると判断される場合に調査を実施することとする。

また、混合材利用による環境改善効果を期待する場合は、効果について確認を行うことが望ましい。なお、効果の具体例は、**参考資料「3.4 施工事例（実証試験事例）」**に示すとおりである。

区分	対象	項目		必須	選択	備考
安定性	施工場所	変形、沈下等	目視調査	○		
			測量調査		○	強度が要求される用途に使用する場合に実施が望ましい
		強度	含水比		○	
			湿潤密度		○	
			一軸圧縮強さ		○	
安全性	施工場所	混合材	有害物質（溶出量）		○	
			有害物質（含有量）		○	
		表層材	表層材の厚さ	○		適用用途①のみ
	施工場所・周辺海域	水質	濁度		○	濁り抑制が特に要求される場合に実施が望ましい
			SS		○	
			pH	○		
			DO		○	
			COD		○	特に汚濁した浚渫土を使用する場合に実施が望ましい
			全窒素（T－N）		○	
			全リン（T－P）		○	
			有害物質	○		
		生物	底生生物または付着生物※（種類数・個体数）	○		
			植物プランクトン（種類数・個体数）		○	生物安全性が特に要求される場合に実施が望ましい
			動物プランクトン（種類数・個体数）		○	
			魚類（目視）		○	
			魚類（試験操業）		○	
その他	施工場所・周辺海域	混合材利用による環境改善効果	干潟・浅場・藻場基盤材：生物の生息状況、底質の改善状況（硫化物濃度等） 窪地埋戻材：貧酸素状態の改善状況　等		○	混合材利用による環境改善効果を期待する場合に実施する

※ 適用箇所において生物が潜砂可能な場合（覆砂材等）は底生生物、潜砂不可の場合（潜堤材等）は付着生物の調査を行う。

【参考】用途別の要求性能の例

用途毎に想定される要求性能の例として、下表に示すものが挙げられる。

用途	要求性能
潜堤材	①滑動安定性があること
	②円弧すべりに対する安定性があること
	③波浪に対する耐久性があること
浅場・干潟基盤材	①円弧すべりに対する安定性があること
	②圧密沈下が許容沈下量以下であること（干潟の場合）

出典：カルシア改質土研究会資料より作成

b. **判定基準**

判定基準並びに基準を満たさない場合の対応は以下のとおりとする。なお、安定性に係る管理基準の設定例を**参考資料「3.4 施工事例（実証試験事例）」**に示す。

有害物質については別表１に示すとおり、浚渫土及び循環資材の安全性の管理の状況を鑑み、当面の間、適用用途及び区分に基づき「水底土砂に係る判定基準」または「港湾用途溶出量基準」を満たすこととする。なお、適用用途及び区分については、p.5 に示したとおり、対象とする工事の将来的な管理計画に応じて設定するものとする。

区分	対象	項目		判定基準	設定根拠	基準を満たさない場合の対応
安定性	施工場所	変形、沈下等	目視調査	施工計画に基づき設定した強度、出来形の基準（許容範囲）を満足していること	―	・変形要因の把握調査の実施 ・本施工計画へのフィードバック
			測量調査			
		強度	含水比			
			湿潤密度			
			一軸圧縮強さ			
安全性	施工場所	混合材	有害物質（溶出量）	p.137～138【別表１】	※1	・本施工計画へのフィードバック、改善対策実施（覆砂、撤去等）
			有害物質（含有量）			
		表層材	表層材の厚さ	混合材が露出していないこと	―	
	施工場所・周辺海域	水質	濁度	対照区に比べて顕著な差がみられないこと（ＳＳ換算で＋2mg/L 以下）	水産用水基準	・本施工計画へのフィードバック、原因究明、工事影響が疑われる場合、改善対策実施（覆砂、撤去等）
			SS			
			pH	類型指定海域：p.138【別表２】環境基準の範囲内であること。ただし、対照区で範囲外である場合は、対照区に比べて顕著な変化（※2）がみられないこと 類型指定海域以外：対照区に比べて顕著な変化（※2）がみられないこと	環境基準	
			DO			・本施工計画へのフィードバック
			COD			
			全窒素（T-N）			
			全リン（T-P）			
			有害物質	p.139【別表３】	環境基準	・本施工計画へのフィードバック
安全性	施工場所・周辺海域	生物	底生生物（種類数・個体数）	対照区に比べて特異的な変化がみられないこと	―	・本施工計画へのフィードバック、原因究明、工事影響が疑われる場合、改善対策実施（覆砂、撤去等）
			付着生物（種類数・個体数）			
			植物プランクトン（種類数・個体数）			
			動物プランクトン（種類数・個体数）			
			魚類（目視）			
			魚類（試験操業）			
その他	施工場所・周辺海域	混合材利用による環境改善効果	干潟・浅場・藻場基盤材：生物の生息状況、底質の改善状況（硫化物濃度等） 窪地埋戻材：貧酸素状態の改善状況　等	環境改善効果がみられること	―	・本施工計画へのフィードバック

※1 「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書（平成 24 年 3 月）」における循環資材に共通の基本的考え方に準拠

※2 適用海域の特性により変動特性は異なると考えられることから、数値基準は設定しない。「施工予定箇所の環境確認」結果を踏まえ、工事影響の有無について検討する。

【別表１】有害物質に係る項目、基準

●溶出量に係る基準

項目	適用用途①（区分Ⅰ、区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅰ） ①水底土砂に係る判定基準 1)	適用用途①（区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅱ） ②港湾用途溶出量基準 2)
1 アルキル水銀化合物	検出されないこと	検出されないこと
2 水銀又はその化合物	0.005 mg/L 以下	0.0015 mg/L 以下
3 カドミウム又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.009 mg/L 以下
4 鉛又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
5 有機リン化合物	1 mg/L 以下	－
6 六価クロム化合物	0.5 mg/L 以下	0.15 mg/L 以下
7 砒素又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
8 シアン化合物	1 mg/L 以下	検出されないこと
9 ポリ塩化ビフェニル	0.003 mg/L 以下	検出されないこと
10 銅又はその化合物	3 mg/L 以下	－
11 亜鉛又はその化合物	2 mg/L 以下	－
12 ふっ素化合物	15 mg/L 以下	15 mg/L 以下
13 トリクロロエチレン	0.3 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
14 テトラクロロエチレン	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
15 ベリリウム又はその化合物	2.5 mg/L 以下	－
16 クロム又はその化合物	2 mg/L 以下	－
17 ニッケル又はその化合物	1.2 mg/L 以下	－
18 バナジウム又はその化合物	1.5 mg/L 以下	－
19 有機塩素化合物	40 mg/kg 以下	－
20 ジクロロメタン	0.2 mg/L 以下	0.06 mg/L 以下
21 四塩化炭素	0.02 mg/L 以下	0.006 mg/L 以下
22 1,2－ジクロロエタン	0.04 mg/L 以下	0.012 mg/L 以下
23 1,1－ジクロロエチレン	1 mg/L 以下	0.3 mg/L 以下
24 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4 mg/L 以下	0.12 mg/L 以下
25 1,1,1－トリクロロエタン	3 mg/L 以下	3 mg/L 以下
26 1,1,2－トリクロロエタン	0.06 mg/L 以下	0.018 mg/L 以下
27 1,3－ジクロロプロペン	0.02 mg/L 以下	0.006 mg/L 以下
28 チウラム	0.06 mg/L 以下	0.018 mg/L 以下
29 シマジン	0.03 mg/L 以下	0.009 mg/L 以下
30 チオベンカルブ	0.2 mg/L 以下	0.06 mg/L 以下
31 ベンゼン	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
32 セレン又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
33 ダイオキシン類	10 pg-TEQ/L 以下	3 pg-TEQ/L 以下
34 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	－	30 mg/L 以下
35 ほう素	－	20 mg/L 以下
36 1,4-ジオキサン	0.5 mg/L 以下	0.15 mg/L 以下

［項目、基準の設定根拠］

①水底土砂に係る判定基準：「水底土砂に係る判定基準」（出典 1)を準用。

②港湾用途溶出量基準：リサイクル材を港湾用途に利用する場合の考え方（出典 2)に基づき設定。

・項目：「水質汚濁に係る環境基準」（環境基本法）、「ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準」（ダイオキシン類対策特別措置法）に係る項目。

・基準：「環境基準」の 3 倍値（海水による希釈効果並びに海産物への影響等の検討必要性を踏まえた暫定値）。但し、ふっ素、ほう素は海水中の濃度が高く、海域において環境基準が設定されていないことを勘案した値。

出典：1)海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭和 48 年 2 月 17 日総理府令第六号）

2)コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書

※ 適用用途①の区分Ⅱ（施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合）は、事業特性及び適用海域の特性等を考慮し、事業毎に適用する基準を決定する。

●含有量に係る基準

項目	適用用途① 適用用途②(区分Ⅰ)	適用用途②（区分Ⅱ）
1 カドミウム及びその化合物	－	150 mg/kg
2 六価クロム化合物	－	250 mg/kg
3 シアン化合物（遊離シアン）	－	50 mg/kg
4 水銀及びその化合物	－	15 mg/kg
5 セレン及びその化合物	－	150 mg/kg
6 鉛及びその化合物	－	150 mg/kg
7 砒素及びその化合物	－	150 mg/kg
8 ふっ素及びその化合物	－	4,000 mg/kg
9 ほう素及びその化合物	－	4,000 mg/kg
10 ダイオキシン類	－	150 pg-TEQ／g 以下

[項目、基準の設定根拠]

リサイクル材を港湾用途に利用する場合の考え方（出典 1)に基づき、適用用途②区分Ⅱについて、「土壌含有量基準」（土壌汚染対策防止法）及び「ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準」（ダイオキシン類対策特別措置法）に係る項目・基準を設定した。

出典：コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書

【別表２】生活環境の保全に関する環境基準（pH、COD、DO、全窒素、全リン）

類型	利用目的の適応性	水素イオン濃度 (pH)	化学的酸素 (COD)	溶存酸素量 (DO)
A	水産１級、水浴、自然環境保全及びB以下の欄に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下	2mg/L 以下	7.5mg/L 以上
B	水産２級、工業用水及びCの欄に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下	3mg/L 以下	5mg/L 以上
C	環境保全	7.0 以上 8.3 以下	8mg/L 以下	2mg/L 以上

類型	利用目的の適応性	全窒素	全燐
Ⅰ	自然環境保全及びⅡ以下の欄に掲げるもの（水産２種及び３種を除く。）	0.2mg/L 以下	0.02mg/L 以下
Ⅱ	水産１種、水浴及びⅢ以下の欄に掲げるもの（水産２種及び３種を除く。）	0.3mg/L 以下	0.03mg/L 以下
Ⅲ	水産２種及びⅣの欄に掲げるもの（水産３種を除く。）	0.6mg/L 以下	0.05mg/L 以下
Ⅳ	水産３種、工業用水、生物生息環境保全	1 mg/L 以下	0.09mg/L 以下

【別表３】人の健康の保護に関する環境基準

項目	基準値
1 カドミウム	0.003 mg/L 以下
2 全シアン	検出されないこと
3 鉛	0.01 mg/L 以下
4 六価クロム	0.05 mg/L 以下
5 砒素	0.01 mg/L 以下
6 総水銀	0.0005 mg/L 以下
7 アルキル水銀	検出されないこと
8 PCB	検出されないこと
9 ジクロロメタン	0.02 mg/L 以下
10 四塩化炭素	0.002 mg/L 以下
11 1,2-ジクロロエタン	0.004 mg/L 以下
12 1,1-ジクロロエチレン	0.1 mg/L 以下
13 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04 mg/L 以下
14 1,1,1-トリクロロエタン	1 mg/L 以下
15 1,1,2-トリクロロエタン	0.006 mg/L 以下
16 トリクロロエチレン	0.01 mg/L 以下
17 テトラクロロエチレン	0.01 mg/L 以下
18 1,3-ジクロロプロペン	0.002 mg/L 以下
19 チウラム	0.006 mg/L 以下
20 シマジン	0.003 mg/L 以下
21 チオベンカルブ	0.02 mg/L 以下
22 ベンゼン	0.01 mg/L 以下
23 セレン	0.01 mg/L 以下
24 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10 mg/L 以下
25 ふっ素	0.8 mg/L 以下
26 ほう素	1 mg/L 以下
27 1,4－ジオキサン	0.05 mg/L 以下

備考：1)基準値は年間平均値とする。ただし、全シアンに係る基準値については、最高値とする。

2)「検出されないこと」とは、測定方法の項に掲げる方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。

3)海域については、ふっ素及びほう素の基準値は適用しない。

4)硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の濃度は、JIS K 0102 の 43.2.1、43.2.3 又は 43.2.5 により測定された硝酸イオンの濃度に換算係数 0.2259 を乗じたものと JIS K 0102 の 43.1 により測定された亜硝酸イオンの濃度に換算係数 0.3045 を乗じたものの和とする。

c. 確認方法

確認方法は以下のとおりとする。

区分	対象	項目		試験方法	地点配置	頻度・期間
安定性	施工場所	変形、沈下等	目視調査	目視	施工場所全体	要求性能に応じて設定
			測量調査	測量（マルチビーム測定または水深測定等）		
		強度※	含水比	JIS A 1203：土の含水比試験方法	要求性能に応じて設定	
			湿潤密度	JIS A 1225：土の湿潤密度試験方法		
			一軸圧縮強さ	JIS A 1216：土の一軸圧縮試験方法		
安全性	施工場所	混合材	有害物質（溶出量）	p. 141～142【別表１】	p. 144【別表３】	
			有害物質（含有量）			
		表層材	表層材の厚さ	目視		
	施工場所・周辺海域	水質	濁度	機器測定		
			SS	採水分析、JIS K 0102 の 14.1 に定める方法		
			pH	機器測定		
			DO	機器測定		
			COD	採水分析、JIS K 0102 の 17 に定める方法		
			全窒素（T－N）	採水分析、JIS K 0102 の 45.4 に定める方法		
			全リン（T－P）	採水分析、JIS K 0102 の 46.3 に定める方法		
			有害物質	採水分析、p. 143【別表２】		
安全性	施工場所・周辺海域	生物	底生生物（種類数・個体数）	採泥器による試料採取		
			付着生物（種類数・個体数）	方形枠（コドラート）による刈取りまたは目視		
			植物プランクトン（種類数・個体数）	採水器による試料採取		
			動物プランクトン（種類数・個体数）	定量ネットによる試料採取		
			魚類（目視）	潜水士による目視		
			魚類（試験操業）	刺網、石桁網等による試験操業		
その他	施工場所・周辺海域	混合材利用による環境改善効果	干潟・浅場・藻場基盤材：生物の生息状況、底質の改善状況（硫化物濃度等） 窪地埋戻材：貧酸素状態の改善状況　等	安全性試験の方法に準じる	安全性試験の方法に準じる	

※ 供試体は、ボーリング又は施工時にパイプを埋設する手法で採取する。

【別表 1】有害物質に係る検定方法

●溶出量に係る検定方法（1/2）

項目	適用用途①（区分Ⅰ、区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅰ） ①水底土砂に係る判定基準 1)	適用用途①（区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅱ） ②港湾用途溶出量基準 2)
1 アルキル水銀化合物	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号(以下「水質環境基準告示」という。)付表二及び昭和 49 年 9 月環境庁告示第 64 号(以下「排水基準告示」という。)付表三に掲げる方法	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号（以下、水質環境基準告示）付表 2 に掲げる方法
2 水銀又はその化合物	水質環境基準告示付表一に掲げる方法	水質環境基準告示付表 1 に掲げる方法
3 カドミウム又はその化合物	JIS K 0102 の 55 に定める方法	JIS K 0102 の 55 に定める方法ほか、水質環境基準告示付表 8 に掲げる方法
4 鉛又はその化合物	JIS K 0102 の 54 に定める方法	JIS K 0102 の 54 に定める方法
5 有機リン化合物	排水基準告示付表一に掲げる方法又は JIS K 0102 の 31.1 に定める方法のうちガスクロマトグラフ法以外のもの(メチルジメトンは、排水基準告示付表二に掲げる方法)	－
6 六価クロム化合物	JIS K 0102 の 65.2 に定める方法	JIS K 0102 の 65.2 に定める方法
7 砒素又はその化合物	JIS K 0102 の 61 に定める方法	JIS K 0102 の 61.2、61.3 又は 61.4 に定める方法
8 シアン化合物	JIS K 0102 の 38 に定める方法(JIS K 0102 の 38.1.1 に定める方法を除く。)	JIS K 0102 38.1.2 及び 38.2 に定める方法又は 38.1.2 及び 38.3 に定める方法
9 ポリ塩化ビフェニル	水質環境基準告示付表三に掲げる方法又は JIS K 0093 に定める方法	水質環境基準告示付表 3 に掲げる方法
10 銅又はその化合物	JIS K 0102 の 52 に定める方法	－
11 亜鉛又はその化合物	JIS K 0102 の 53 に定める方法	－
12 ふっ素化合物	JIS K 0102 の 34 に定める方法	JIS K 0102 34.1 に定める方法又は 34.1(c)（注(6)第三文を除く。）に定める方法及び水質環境基準告示付表 6 に掲げる方法
13 トリクロロエチレン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
14 テトラクロロエチレン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
15 ベリリウム又はその化合物	昭和 48 年 2 月環境庁告示第 13 号別表第七に掲げる方法	－
16 クロム又はその化合物	JIS K 0102 の 65.1 に定める方法	－
17 ニッケル又はその化合物	JIS K 0102 の 59 に定める方法	－
18 バナジウム又はその化合物	JIS K 0102 の 70 に定める方法	－
19 有機塩素化合物	昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号別表第一に掲げる方法	－
20 ジクロロメタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 に定める方法
21 四塩化炭素	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
22 1,2－ジクロロエタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1 又は 5.3.2 に定める方法
23 1,1－ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
24 シス-1,2-ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法

出典：1)海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする廃棄物に含まれる金属等の検定方法（昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号）
2)水質汚濁に係る環境基準（環境基本法）、ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準（ダイオキシン類対策特別措置法）

※ 適用用途①の区分Ⅱ（施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合）は、事業特性及び適用海域の特性等を考慮し、事業毎に適用する基準を決定する。

●溶出量に係る検定方法（2/2）

項目	適用用途①（区分Ⅰ、区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅰ） ①水底土砂に係る判定基準 1)	適用用途①（区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅱ） ②港湾用途溶出量基準 2)
25 1,1,1－トリクロロエタン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
26 1,1,2－トリクロロエタン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
27 1,3－ジクロロプロペン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.1 に定める方法
28 チウラム	水質環境基準告示付表四に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	水質環境基準告示付表 4 に掲げる方法
29 シマジン	水質環境基準告示付表五に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	水質環境基準告示付表 5 に掲げる方法の第１又は第２に掲げる方法
30 チオベンカルブ	水質環境基準告示付表五に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	水質環境基準告示付表 5 に掲げる方法の第１又は第２に掲げる方法
31 ベンゼン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.2 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
32 セレン又はその化合物	JIS K 0102 の 67 に定める方法	JIS K 0102 の 67.2、67.3 又は 67.4 に定める方法
33 ダイオキシン類	JIS K 0312 に定める方法	JIS K 0312 に定める方法
34 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	－	硝酸性窒素は JIS K 0102 43.2.1、43.2.3 又は 43.2.5 に定める方法、亜硝酸性窒素は JIS K 0102 43.1 に定める方法
35 ほう素	－	JIS K 0102 47.1、47.3 又は 47.4 に定める方法
36 1,4-ジオキサン	水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法	水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法

出典：1)海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする廃棄物に含まれる金属等の検定方法（昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号）
2)水質汚濁に係る環境基準（環境基本法)、ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準（ダイオキシン類対策特別措置法）

※ 適用用途①の区分Ⅱ（施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合）は、事業特性及び適用海域の特性等を考慮し、事業毎に適用する基準を決定する。

●含有量に係る検定方法

項目	検定方法
1 カドミウム及びその化合物	日本工業規格 K0102(以下「規格」という。)55 に定める方法
2 六価クロム化合物	規格 65.2 に定める方法
3 シアン化合物（遊離シアン）	規格 38 に定める方法(規格 38.1 に定める方法を除く。)
4 水銀及びその化合物	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号(水質汚濁に係る環境基準について)(以下「水質環境基準告示」という。)付表 1 に掲げる方法
5 セレン及びその化合物	規格 67.2 又は 67.3 に定める方法
6 鉛及びその化合物	規格 54 に定める方法
7 砒素及びその化合物	規格 61 に定める方法
8 ふっ素及びその化合物	規格 34.1 に定める方法又は規格 34.1c)(注(6)第 3 文を除く。)に定める方法及び水質環境基準告示付表 6 に掲げる方法
9 ほう素及びその化合物	規格 47.1 若しくは 47.3 に定める方法又は水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法
10 ダイオキシン類	水底の底質中に含まれるダイオキシン類をソックスレー抽出し、高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法

出典：コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書

【別表２】人の健康の保護に関する環境基準に係る測定方法

項目	測定方法
1 カドミウム	JIS K 0102 の 55.2、55.3 又は 55.4 に定める方法（準備操作は JIS K 0102 の 55 に定める方法によるほか、付表８に掲げる方法によることができる。）
2 全シアン	JIS K 0102 の 38.1.2 及び 38.2 に定める方法又は JIS K 0102 の 38.1.2 及び 38.3 に定める方法
3 鉛	JIS K 0102 の 54 に定める方法
4 六価クロム	JIS K 0102 の 65.2 に定める方法
5 砒素	JIS K 0102 の 61.2、61.3 又は 61.4 に定める方法
6 総水銀	付表１に掲げる方法
7 アルキル水銀	付表２に掲げる方法
8 PCB	付表３に掲げる方法
9 ジクロロメタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
10 四塩化炭素	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
11 1,2-ジクロロエタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1 又は 5.3.2 に定める方法
12 1,1-ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
13 シス-1,2-ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
14 1,1,1-トリクロロエタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
15 1,1,2-トリクロロエタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
16 トリクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
17 テトラクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
18 1,3-ジクロロプロペン	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.1 に定める方法
19 チウラム	付表４に掲げる方法
20 シマジン	付表５の第１又は第２に掲げる方法
21 チオベンカルブ	付表５の第１又は第２に掲げる方法
22 ベンゼン	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
23 セレン	JIS K 0102 の 67.2、67.3 又は 67.4 に定める方法
24 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	硝酸性窒素にあっては JIS K 0102 の 43.2.1、43.2.3 又は 43.2.5 に定める方法、亜硝酸性窒素にあっては JIS K 0102 の 43.1 に定める方法
25 ふっ素	JIS K 0102 の 34.1 に定める方法又は JIS K 0102 の 34.1(c)（注(6)第三文を除く。）に定める方法（懸濁物質及びイオンクロマトグラフ法で妨害となる物質が共存しない場合にあっては、これを省略することができる。）及び付表６に掲げる方法
26 ほう素	JIS K 0102 の 47.1、47.3 又は 47.4 に定める方法
27 1，4－ジオキサン	付表７に掲げる方法

【別表３】安全性に係る調査の地点配置・頻度・期間

◆適用用途①：施工後に混合材が直接海水に接しない場合

対象	項目	地点配置	測定層	頻度	期間
施工場所・周辺海域	混合材	施工上の条件が同一箇所に 1 点以上	表層	施工 1 年後に 1 回（要求性能等により経時変化を把握する場合、施工直後、6 か月後、2 年後等に調査を追加）	
	表層材	施工場所全体	―	年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上	1 年以上
	水質（有害物質以外）	施工場所 1 点以上 周辺海域（対照区）1 点以上	底層	年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上	1 年以上
	水質（有害物質）		底層	施工 1 年後に 1 回	
	生物		―	年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上	1 年以上

◆適用用途②：施工後に混合材が直接海水に接する場合

対象	項目	地点配置	測定層	頻度	期間
施工場所・周辺海域	混合材	施工上の条件が同一箇所に 1 点以上かつ 100～200m 格子間隔程度に 1 点以上	表層	施工 1 年後に 1 回（要求性能等により経時変化を把握する場合、施工直後、6 か月後、2 年後等に調査を追加）	
	水質（有害物質以外）	施工場所 1 点以上 周辺海域（対照区）1 点以上	底層	年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上（月 1 回以上が望ましい）	1 年以上
	水質（有害物質）		底層	施工 1 年後に 1 回	
	生物		―	年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上	1 年以上

4.4 本施工

(1) 概要

試験施工の結果を踏まえ、必要に応じてフィードバックを行った本施工計画に基づき本施工を実施する。

また、安定性、安全性、並びに施工性に関する知見が蓄積されるまでの当分の期間は、環境アセスメント制度で規定された事後調査の実施有無によらず、別途、安全性や安定性に関するモニタリングを行うこととする。なお、環境改善効果を期待して事業を実施する場合は、これらの効果の発現状況についても検証する。

【解説】

本施工は、試験施工結果を踏まえ、必要に応じてフィードバックを行った施工計画に基づき実施する必要がある。

また、混合材を用いた海域での施工については、実証試験等によって、安定性、安全性、並びに施工性について確認されている事例はあるが、大量使用時、長期適用時の安全性や安定性について確認された事例は少ない。よって、これらの知見が蓄積されるまでの期間は、環境アセスメント制度で規定された事後調査の実施有無によらず、別途、安全性や安定性に関するモニタリングを行うこととする。

なお、混合材を用いることによる環境改善効果（例えば、藻場造成の促進、底泥からのリンの溶出抑制など）を期待する事業においては、これらの効果の発現状況を検証することも必要である。

(2) 内容及び規模

試験施工の結果を踏まえ、適切な内容及び規模で本施工を実施する。

【解説】

海域において混合材を大量使用した事例や施工後に長期経過した事例は少なく、安全性や安定性に係る知見も少ないのが現状である。したがって、大量使用時や長期的な安全性・安定性に関する知見が十分蓄積されるまでの当面の間、本施工の内容及び規模は、試験施工の結果を踏まえ、適切な内容及び規模で設定する必要がある。

(3) 施工手順及び確認事項

本施工の施工手順は、以下を標準とする。
①本施工計画の立案
②施工予定箇所の環境確認
③本施工
④施工後モニタリング

【解説】

各手順の概要及び確認事項は以下のとおりである。

①本施工計画の立案

・試験施工結果を踏まえ、本施工計画（施工方法、モニタリング方法、スケジュール等）を立案する。
・施工方法（混合及び投入プロセス）については、経済性、効率性を考慮するとともに、所定の性能と品質が得られ、かつ安全性を確保できるように適切な工法を選択する。

②施工予定箇所の環境確認

・試験施工時の収集資料及び調査結果を活用し、適用海域の特性の把握を行う。
・本施工にあたり試験施工時のデータに不足があると考えられる場合は、追加モニタリングを実施する。
⇒必要に応じて本施工計画に反映する。

③本施工

・本施工計画に基づき施工を行う。
・施工中モニタリングを実施し、工事影響の有無を確認する。
⇒管理基準を満たしていない場合には、モニタリングの拡充、環境影響抑制対策等の対応を検討・実施する。

④施工後モニタリング

・施工後のモニタリングを行い、適用海域での安定性及び安全性の維持を確認する。なお、安全性に係るモニタリングは、年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上で 1 年以上実施する。
⇒管理基準を満たしていない場合には、モニタリングの拡充、環境影響抑制対策等の対応を検討・実施する。

(4) 施工手順毎の実施内容

1) 本施工計画の立案

試験施工結果を踏まえ、本施工計画（施工方法、モニタリング方法、スケジュール等）を立案する。

施工プロセス（混合及び投入プロセス）については、経済性、効率性を考慮するとともに、所定の性能と品質が得られ、かつ安全性を確保できるように適切な工法を選択する。

【解説】

施工プロセスは、浚渫土と転炉系製鋼スラグを混合する混合プロセスと、混合材を施工場所に投入する投入プロセスに大別される。各プロセスについて、施工規模や地理的条件等に応じ、経済性を考慮するとともに、効率的に所定の性能と品質が得られ、かつ安全性を確保できるように適切な方法を選択する。

各プロセスにおける主要な工法は、以下に示すとおりである。

a. 混合プロセス

工法名	概要	○：メリット △：留意点	施工能力	適用場所・規模
管中混合工法	・浚渫土と転炉系製鋼スラグを、圧送中に攪拌・混合し、混合材を連続的に製造する。	○:大型の空気圧送船を用いることで、大規模施工に有効。 △:浚渫土の含水比が低い場合には管の閉塞が生じる。	・空気圧送船の標準的な施工能力は 300～800m³/h 程度。（施工能力 2,000～5,000m³/日程度）	・埋戻しなどの他、潜堤や護岸の裏込めなど要求品質が高い場所においても適用可能。
連続式ミキサー混合工法	・作業台船上で連続式ミキサーにて浚渫土と転炉系製鋼スラグを混合撹拌する。	○:小規模から大規模まで施工可能	・呼称能力 50m³/h～100m³/h のものが汎用性が高い。（施工能力 500～2,000m³/日程度） ・施工規模が大きい場合は、ミキサーの台数増設で対応。	・埋戻しなどの他、潜堤や護岸の裏込めなど要求品質が高い場所においても適用可能。
バックホウ混合工法	・土運船内の浚渫土に転炉系製鋼スラグを投入し、バックホウにより撹拌・混合する。	○:小規模な設備で施工が可能 △:均一な混合が困難であり、品質のばらつきが大きい。	・小・中規模施工（～1,500m³/日程度）はバックホウの増設による対応、大規模施工はリクレーマ船による対応が想定される。 ・試験施工により混合時間と密度のばらつきの関係を把握し、実施工での混合時間を決定することが望ましい。	・窪地埋戻しや浅場・干潟の築造など比較的要求品質が低い場所での適用が望ましい。

出典：カルシア改質土研究会資料より作成

b. 投入プロセス

工法名	概要	○：メリット △：留意点	適用場所・規模
直接投入工法（底開バージ投入）	・混合材を底開バージから直接海中に投入する。	○：施工が簡易で経済性も高い。 △：投入後の形状コントロールが困難で、品質のばらつきが大きい。	・窪地埋戻しや浅場・干潟の造成など比較的要求品質が低い場所での適用が望ましい。 ・浅い場所での適用が望ましい。
トレミー式ポンプ打設工法	・混合材をポンプ圧送しトレミー管にて海中に打設する。	○：海水の巻き込みや濁りの発生、pH の上昇を防止でき、品質バラツキも小さい。 △：圧送・打設するには圧送に必要な流動性の確保が必要。	・濁り対策や施工能率も高く広範囲での適用が可能。
グラブ投入工法	・混合材をグラブバケットにて海中に投入する。	○：濁りの発生や pH の上昇が少ない。 △：品質低下を抑えるため、海底面までグラブを下げることが必要となり、施工能率が悪い。	・施工能率が悪く、大規模施工には不向きであるが、一般的な施工機械で施工できるので、適用範囲は広い。

出典：カルシア改質土研究会資料より作成

2) 施工予定箇所の環境確認

試験施工時の収集資料及び調査結果を活用し、適用海域の特性の把握を行う。本施工にあたり試験施工時のデータに不足があると考えられる場合は、追加モニタリングを実施する。

【解説】

●既存資料調査

a. **確認項目**

適用海域における波浪・流況、地形及び環境全般（水質、底質、生物）に係る項目のうち、施工計画立案のために必要と判断される項目について確認を行う。

b. **判定基準**

基準は設けず、施工計画の立案並びに施工後モニタリングの基礎データとして利用する。

c. **確認方法**

既存資料（試験施工時の収集資料及び調査結果等）の収集・整理による。

●現地調査（施工前モニタリング）

a. 確認項目

試験施工の際の収集資料、調査データを活用し、適用海域の特性の把握を行う。本施工計画（施工方法、モニタリング方法等）の検討にあたり試験施工時のデータに不足があると考えられる場合は、追加モニタリングを実施する。

追加モニタリングを行う際の確認項目は、**「4.3 試験施工 (4)施工手順毎の確認内容 1)施工予定箇所の環境確認及び試験施工計画の立案」**に準ずる。

対象	項目		必須	選択	備考
適用海域	波浪・流況	波浪（水位変動）		○	既存データに基づく確認の結果、必要性があると判断される場合に調査を行う
		流況（流向・流速）		○	
	地形	深浅測量		○	既存データでの確認が困難な場合に調査を行う
	水質	濁度		○	既存データに基づく確認の結果、必要性があると判断される項目について調査を行う
		SS		○	
		pH		○	
		強熱減量		○	
		COD		○	
		全窒素（T－N）		○	
		全リン（T－P）		○	
		有害物質（p.161【別表３】；環境基準健康項目）		○	
	底質	pH		○	
		強熱減量		○	
		COD		○	
		全硫化物		○	
		全窒素（T－N）		○	
		全リン（T－P）		○	
		有害物質（p.159【別表１】；水底土砂判定基準項目）		○	
	生物	底生生物（種類数・個体数）		○	
		付着生物（種類数・個体数）		○	
		魚類（目視）		○	

b. **判定基準**

基準は設けず、施工後モニタリングの基礎データとして利用する。

c. **確認方法**

確認方法は以下のとおりとする。

対象	項目		方法	地点配置	頻度・回数
適用海域	波浪・流況	波浪（水位変動）	任意	施工場所を含む 1 点以上	適宜（1 年間、2 回程度が望ましい）
		流況（流向・流速）			
	地形	深浅測量	任意	施工場所	1 回
	水質	濁度	機器測定	施工場所を含む 1 点以上（表層）	適宜（1 年間、年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）程度が望ましい）
		SS	採水分析、JIS K 0102 の 14.1 に定める方法		
		pH	機器測定		
		強熱減量	採水分析、JIS K 0102 の 14.5 に定める方法		
		COD	採水分析、JIS K 0102 の 17 に定める方法		
		全窒素（T-N）	採水分析、JIS K 0102 の 45.4 に定める方法		
		全リン（T-P）	採水分析、JIS K 0102 の 46.3 に定める方法		
		有害物質（環境基準健康項目）	採水分析、p.165【別表２】		適宜（1 年間、年 1 回以上が望ましい）
	底質	pH※	底質調査方法(H24.8)Ⅱ.4	施工場所を含む 1 点以上（表層）	適宜（1 年間、年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）程度が望ましい）
		強熱減量			
		COD			
		全硫化物			
		全窒素（T-N）			
		全リン（T-P）			
		有害物質（水底土砂判定基準項目）	p.163～164【別表１】		適宜（1 年間、年 1 回以上が望ましい）
	生物	底生生物（種類数・個体数）	採泥器による試料採取	施工場所を含む 1 点以上	適宜（1 年間、年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）程度が望ましい）
		付着生物（種類数・個体数）	方形枠（コドラート）による刈取りまたは目視		
		魚類（目視）	潜水士による目視		

※ 混合材は、浚渫土が転炉系製鋼スラグを包み込む効果があり、転炉系製鋼スラグ単体に比べて pH の上昇が抑制される。混合材の pH 抑制効果を把握する場合は、有姿での測定（鉄連法、出典：カルシア改質土研究会資料）についても行うこととする。

3) 本施工

本施工計画に基づき施工を行う。材料搬入時に搬入材料の確認を行うとともに、施工中はモニタリングを実施し、工事影響の有無を確認する。管理基準を満たしていない場合には、モニタリングの拡充、環境影響抑制対策等の対応を検討・実施する。

【解説】

a. 確認項目

搬入材料並びに施工場所の安定性・安全性を確認するため、次ページの項目について確認を行う。

必須項目については、確認の実施を必須とする。選択項目については、要求される性能に応じて、必要性があると判断される場合に調査を実施することとする。

浚渫土については、性状の変動が大きいことが想定されることから、施工場所現地で簡易に測定が可能な湿潤密度、フロー値について測定を行うこととする。

転炉系製鋼スラグについては、スラグ製造者から提出される試験成績表とカルテを照らし合わせ、両者に大きな差異がないこと（ただし、有害物質については用途に応じて定めた基準値以下であること）を確認することとする。また、強度を要求される用途に利用する場合等において、転炉系製鋼スラグの粒度を規定する場合は、規定した粒度の範囲内であることを確認する。

施工中には、施工場所及び周辺海域において、工事による pH 上昇及び濁りの影響が無いことを確認する。

また、施工場所の位置情報は、長期的なモニタリングを実施する際等に重要な情報となるため、緯度・経度等により適切に管理を行う。

区分	対象	項目		必須	選択	備考
安定性	浚渫土	外観（色、形状等）		○		搬入材料の確認
		含水比			○	
		湿潤密度		○		
		フロー値		○		
	転炉系製鋼スラグ	外観（色、形状等）		○		搬入材料の確認
		粒度		○		試験成績表の確認
		表乾密度		○		
安全性	転炉系製鋼スラグ	有害物質（溶出量）※	鉛	○		試験成績表の確認
			六価クロム	○		
			セレン	○		
			フッ素	○		
			ホウ素	○		
	施工場所・周辺海域	水質	pH	○		
			濁り（目視）	○		
			濁り（濁度）	○		工事中毎日の濁り監視は濁度で行い、SS を 1 週間に 1 回以上測定する。
			濁り（SS）	○		
その他	施工場所の位置	緯度・経度等		○		

※ JIS A 5015「道路用鉄鋼スラグ」環境安全受渡検査項目

b. **判定基準**

判定基準並びに基準を満たさない場合の対応は以下のとおりとする。

区分	対象	項目		判定基準	設定根拠	基準を満たさない場合の対応
安定性	浚渫土	外観（色、形状等）		カルテと大きな差異がないこと	―	・混合時の加水量等の調整 ・混合率の変更（ただし、室内配合試験の混合ケース範囲内）
		含水比				
		湿潤密度				
		フロー値				
	転炉系製鋼スラグ	外観（色、形状等）				
		粒度				
		表乾密度				
安全性	転炉系製鋼スラグ	有害物質（溶出量）	鉛	0.03mg/L 以下	※1	・使用材料の見直し
			六価クロム	0.15mg/L 以下		
			セレン	0.03mg/L 以下		
			フッ素	15mg/L 以下		
			ホウ素	20mg/L 以下		
	施工場所・周辺海域	水質	pH	類型指定海域別に環境基準（p.155【別表１】）の範囲内であること。ただし、対照区で範囲外である場合は、対照区に比べて顕著な変化（※2）がみられないこと。 類型指定海域以外：対照区に比べて顕著な変化（※2）がみられないこと。	環境基準	・混合率の見直し ・投入方法の見直し
			濁り（目視）	顕著な濁り（周辺海域との明確な水色の差）がみられないこと	―	・投入方法の見直し
			濁り（濁度）	対照区に比べて顕著な差がみられないこと（SS 換算で＋2mg/L 以下）	水産用水基準	
			濁り（SS）			
その他	施工場所の位置	緯度・経度等		―	―	―

※1 コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書（港湾用途溶出量基準）

※2 適用海域の特性により変動特性は異なると考えられることから、数値基準は設定しない。「施工予定箇所の環境確認」結果を踏まえ、工事影響の有無について検討する。

【別表 1】生活環境の保全に関する環境基準（pH）

類型	利用目的の適応性	水素イオン濃度 (pH)
A	水産 1 級、水浴、自然環境保全及びB以下の欄に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下
B	水産 2 級、工業用水及びCの欄に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下
C	環境保全	7.0 以上 8.3 以下

c. **確認方法**

確認方法は以下のとおりとする。

区分	対象	項目		方法	地点配置	測定層	頻度・回数
安全性	施工場所・周辺海域	水質	pH	機器測定	監視点※：1 点以上 周辺海域（対照区）：1 点以上	表層	工事中毎日
			濁り（目視）	目視	工事水域近傍及びその周辺地域	表層	工事中毎日
			濁り（濁度）	機器測定	監視点※：1 点以上 周辺海域（対照区）：1 点以上	表層	工事中毎日
			濁り（SS）	採水分析、JIS K 0102 の 14.1 に定める方法	監視点※：1 点以上 周辺海域（対照区）：1 点以上	表層	1 週間に 1 回以上
その他	施工場所の位置	緯度・経度等		―	施工場所範囲 調査地点	―	1 回

※ 潮流、潮汐等の海象、漁場等の海域利用状況、対策工法の特性等を考慮し、工事による影響を防止すべき水域（一般水域）と工事に関連する水域（工事水域）を設定し、監視点を一般水域と工事水域の境界上、または一般水域の工事水域近傍に設定する。

4) 施工後モニタリング

施工後のモニタリングを行い、適用海域での安定性及び安全性の維持を確認する。管理基準を満たしていない場合には、モニタリングの拡充、環境影響抑制対策等の対応を検討・実施する。

安全性に係るモニタリングは、年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上で 1 年以上実施する。

【解説】

a. 確認項目

施工後は、安定性について要求性能を満たしていることを確認するとともに、有害物質が溶出していないこと、付近の海域で pH が上昇していないこと、生物が特異的に忌避していないこと等、安全性について確認を行うこととする。具体的な項目は次ページに示すとおりである。

必須項目については、確認の実施を必須とする。選択項目については、要求される性能に応じて、必要性があると判断される場合に調査を実施することとする。

また、混合材利用による環境改善効果を期待する場合は、効果について確認を行うこととする。なお、効果の具体例は、**参考資料「3.4 施工事例（実証試験事例）」**に示すとおりである。

区分	対象	項目		必須	選択	備考
安定性	施工場所	変形、沈下等	目視調査	○		
			測量調査		○	強度が要求される用途に使用する場合に実施が望ましい
		強度	含水比		○	
			湿潤密度		○	
			一軸圧縮強さ		○	
安全性	施工場所	混合材	有害物質（溶出量）		○	
			有害物質（含有量）		○	
		表層材	表層材の厚さ	○		適用用途①のみ
	施工場所・周辺海域	水質	濁度		○	濁り抑制が特に要求される場合に実施が望ましい
			SS		○	
			pH	○		
			DO		○	
			COD		○	特に汚濁した浚渫土を使用する場合に実施が望ましい
			全窒素（T－N）		○	
			全リン（T－P）		○	
			有害物質	○		
		生物	底生生物または付着生物※（種類数・個体数）	○		
			植物プランクトン（種類数・個体数）		○	生物安全性が特に要求される場合に実施が望ましい
			動物プランクトン（種類数・個体数）		○	
			魚類（目視）		○	
			魚類（試験操業）		○	
その他	施工場所・周辺海域	混合材利用による環境改善効果	干潟・浅場・藻場基盤材：生物の生息状況、底質の改善状況（硫化物濃度等） 窪地埋戻材：貧酸素状態の改善状況　等		○	混合材利用による環境改善効果を期待する場合に実施する

※ 適用箇所において生物が潜砂可能な場合（覆砂材等）は底生生物、潜砂不可の場合（潜堤材等）は付着生物の調査を行う。

b. **判定基準**

判定基準並びに基準を満たさない場合の対応は以下のとおりとする。

有害物質については別表 1 に示すとおり、浚渫土及び循環資材の安全性の管理の状況を鑑み、当面の間、適用用途及び区分に基づき「水底土砂に係る判定基準」または「港湾用途溶出量基準」を満たすこととする。なお、適用用途及び区分については、p. 5 に示したとおり、対象とする工事の将来的な管理計画に応じて設定するものとする。

区分	対象	項目		判定基準	設定根拠	基準を満たさない場合の対応
安定性	施工場所	変形、沈下等	目視調査	施工計画に基づき設定した強度、出来形の基準（許容範囲）を満足していること	―	・変形要因の把握調査の実施 ・改修等の対策検討・実施
			測量調査			
		強度	含水比			
			湿潤密度			
			一軸圧縮強さ			
安全性	施工場所	混合材	有害物質（溶出量）	p. 159～160【別表 1】	※1	・改善対策の検討・実施（覆砂、撤去等）
			有害物質（含有量）			
		表層材	表層材の厚さ	混合材が露出していないこと	―	
	施工場所・周辺海域	水質	濁度	対照区に比べて顕著な差がみられないこと（SS 換算で＋2mg/L 以下）	水産用水基準	・原因究明、工事影響が疑われる場合、改善対策の検討・実施（覆砂・撤去等）
			SS			
			pH	類型指定海域別に環境基準 p. 160【別表 2】の範囲内であること。ただし、対照区で範囲外である場合は、対照区に比べて顕著な変化（※2）がみられないこと。 類型指定海域以外：対照区に比べて顕著な変化（※2）がみられないこと。	環境基準	
			DO			
			COD			
			全窒素（T－N）			
			全リン（T－P）			
			有害物質	p. 161【別表 3】	環境基準	
安全性	施工場所・周辺海域	生物	底生生物（種類数・個体数）	対照区に比べて特異的な変化がみられないこと	―	・原因究明、工事影響が疑われる場合、改善対策の検討・実施（覆砂・撤去等）
			付着生物（種類数・個体数）			
			植物プランクトン（種類数・個体数）			
			動物プランクトン（種類数・個体数）			
			魚類（目視）			
			魚類（試験操業）			
その他	施工場所・周辺海域	混合材利用による環境改善効果	干潟・浅場・藻場基盤材：生物の生息状況、底質の改善状況（硫化物濃度等） 窪地埋戻材：貧酸素状態の改善状況　等	環境改善効果がみられること	―	―

※1「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書（平成 24 年 3 月）」における循環資材に共通の基本的考え方に準拠

※2 適用海域の特性により変動特性は異なると考えられることから、数値基準は設定しない。「施工予定箇所の環境確認」結果を踏まえ、工事影響の有無について検討する。

【別表 1】有害物質に係る項目、基準

●溶出量に係る基準

項目	適用用途①（区分Ⅰ、区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅰ） ①水底土砂に係る判定基準 1)	適用用途①（区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅱ） ②港湾用途溶出量基準 2)
1 アルキル水銀化合物	検出されないこと	検出されないこと
2 水銀又はその化合物	0.005 mg/L 以下	0.0015 mg/L 以下
3 カドミウム又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.009 mg/L 以下
4 鉛又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
5 有機リン化合物	1 mg/L 以下	－
6 六価クロム化合物	0.5 mg/L 以下	0.15 mg/L 以下
7 砒素又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
8 シアン化合物	1 mg/L 以下	検出されないこと
9 ポリ塩化ビフェニル	0.003 mg/L 以下	検出されないこと
10 銅又はその化合物	3 mg/L 以下	－
11 亜鉛又はその化合物	2 mg/L 以下	－
12 ふっ素化合物	15 mg/L 以下	15 mg/L 以下
13 トリクロロエチレン	0.3 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
14 テトラクロロエチレン	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
15 ベリリウム又はその化合物	2.5 mg/L 以下	－
16 クロム又はその化合物	2 mg/L 以下	－
17 ニッケル又はその化合物	1.2 mg/L 以下	－
18 バナジウム又はその化合物	1.5 mg/L 以下	－
19 有機塩素化合物	40 mg/kg 以下	－
20 ジクロロメタン	0.2 mg/L 以下	0.06 mg/L 以下
21 四塩化炭素	0.02 mg/L 以下	0.006 mg/L 以下
22 1,2－ジクロロエタン	0.04 mg/L 以下	0.012 mg/L 以下
23 1,1－ジクロロエチレン	1 mg/L 以下	0.3 mg/L 以下
24 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4 mg/L 以下	0.12 mg/L 以下
25 1,1,1－トリクロロエタン	3 mg/L 以下	3 mg/L 以下
26 1,1,2－トリクロロエタン	0.06 mg/L 以下	0.018 mg/L 以下
27 1,3－ジクロロプロペン	0.02 mg/L 以下	0.006 mg/L 以下
28 チウラム	0.06 mg/L 以下	0.018 mg/L 以下
29 シマジン	0.03 mg/L 以下	0.009 mg/L 以下
30 チオベンカルブ	0.2 mg/L 以下	0.06 mg/L 以下
31 ベンゼン	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
32 セレン又はその化合物	0.1 mg/L 以下	0.03 mg/L 以下
33 ダイオキシン類	10 pg-TEQ/L 以下	3 pg-TEQ/L 以下
34 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	－	30 mg/L 以下
35 ほう素	－	20 mg/L 以下
36 1,4-ジオキサン	0.5 mg/L 以下	0.15 mg/L 以下

［項目、基準の設定根拠］

①水底土砂に係る判定基準：「水底土砂に係る判定基準」（出典 1)を準用。

②港湾用途溶出量基準：リサイクル材を港湾用途に利用する場合の考え方（出典 2)に基づき設定。

・項目：「水質汚濁に係る環境基準」（環境基本法）、「ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準」（ダイオキシン類対策特別措置法）に係る項目。

・基準：「環境基準」の 3 倍値（海水による希釈効果並びに海産物への影響等の検討必要性を踏まえた暫定値）。但し、ふっ素、ほう素は海水中の濃度が高く、海域において環境基準が設定されていないことを勘案した値。

出典：1)海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭和 48 年 2 月 17 日総理府令第六号）

2)コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書

※ 適用用途①の区分Ⅱ（施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合）は、事業特性及び適用海域の特性等を考慮し、事業毎に適用する基準を決定する。

●含有量に係る基準

項目	適用用途① 適用用途②（区分Ⅰ）	適用用途②（区分Ⅱ）
1 カドミウム及びその化合物	－	150 mg/kg
2 六価クロム化合物	－	250 mg/kg
3 シアン化合物（遊離シアン）	－	50 mg/kg
4 水銀及びその化合物	－	15 mg/kg
5 セレン及びその化合物	－	150 mg/kg
6 鉛及びその化合物	－	150 mg/kg
7 砒素及びその化合物	－	150 mg/kg
8 ふっ素及びその化合物	－	4,000 mg/kg
9 ほう素及びその化合物	－	4,000 mg/kg
10 ダイオキシン類	－	150 pg-TEQ／g 以下

［項目、基準の設定根拠］

リサイクル材を港湾用途に利用する場合の考え方（出典 1)に基づき、適用用途②区分Ⅱについて、「土壌含有量基準」（土壌汚染対策防止法）及び「ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準」（ダイオキシン類対策特別措置法）に係る項目・基準を設定した。

出典：コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書

【別表２】生活環境の保全に関する環境基準（pH、COD、DO、全窒素、全リン）

類型	利用目的の適応性	水素イオン濃度 (pH)	化学的酸素 (COD)	溶存酸素量 (DO)
A	水産１級、水浴、自然環境保全及びB以下の欄に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下	2mg/L 以下	7.5mg/L 以上
B	水産２級、工業用水及びCの欄に掲げるもの	7.8 以上 8.3 以下	3mg/L 以下	5mg/L 以上
C	環境保全	7.0 以上 8.3 以下	8mg/L 以下	2mg/L 以上

類型	利用目的の適応性	全窒素	全燐
Ⅰ	自然環境保全及びⅡ以下の欄に掲げるもの（水産２種及び３種を除く。）	0.2mg/L 以下	0.02mg/L 以下
Ⅱ	水産１種、水浴及びⅢ以下の欄に掲げるもの（水産２種及び３種を除く。）	0.3mg/L 以下	0.03mg/L 以下
Ⅲ	水産２種及びⅣの欄に掲げるもの（水産３種を除く。）	0.6mg/L 以下	0.05mg/L 以下
Ⅳ	水産３種、工業用水、生物生息環境保全	1 mg/L 以下	0.09mg/L 以下

【別表３】人の健康の保護に関する環境基準

項目	基準値
1 カドミウム	0.003　mg/L 以下
2 全シアン	検出されないこと
3 鉛	0.01　mg/L 以下
4 六価クロム	0.05　mg/L 以下
5 砒素	0.01　mg/L 以下
6 総水銀	0.0005　mg/L 以下
7 アルキル水銀	検出されないこと
8 PCB	検出されないこと
9 ジクロロメタン	0.02　mg/L 以下
10 四塩化炭素	0.002　mg/L 以下
11 1,2-ジクロロエタン	0.004　mg/L 以下
12 1,1-ジクロロエチレン	0.1　mg/L 以下
13 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04　mg/L 以下
14 1,1,1-トリクロロエタン	1　mg/L 以下
15 1,1,2-トリクロロエタン	0.006　mg/L 以下
16 トリクロロエチレン	0.01　mg/L 以下
17 テトラクロロエチレン	0.01　mg/L 以下
18 1,3-ジクロロプロペン	0.002　mg/L 以下
19 チウラム	0.006　mg/L 以下
20 シマジン	0.003　mg/L 以下
21 チオベンカルブ	0.02　mg/L 以下
22 ベンゼン	0.01　mg/L 以下
23 セレン	0.01　mg/L 以下
24 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10　mg/L 以下
25 ふっ素	0.8　mg/L 以下
26 ほう素	1　mg/L 以下
27 1,4－ジオキサン	0.05　mg/L 以下

備考：1)基準値は年間平均値とする。ただし、全シアンに係る基準値については、最高値とする。

2)「検出されないこと」とは、測定方法の項に掲げる方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。

3)海域については、ふっ素及びほう素の基準値は適用しない。

4)硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の濃度は、JIS K 0102 の 43.2.1、43.2.3 又は 43.2.5 により測定された硝酸イオンの濃度に換算係数 0.2259 を乗じたものと JIS K 0102 の 43.1 により測定された亜硝酸イオンの濃度に換算係数 0.3045 を乗じたものの和とする。

c. 確認方法

確認方法は以下のとおりとする。

区分	対象	項目		試験方法	地点配置	頻度・期間
安定性	施工場所	変形、沈下等	目視調査	目視	施工場所全体	要求性能に応じて設定
			測量調査	測量（マルチビーム測定または水深測定等）		
		強度※	含水比	JIS A 1203：土の含水比試験方法	要求性能に応じて設定	
			湿潤密度	JIS A 1225：土の湿潤密度試験方法		
			一軸圧縮強さ	JIS A 1216：土の一軸圧縮試験方法		
安全性	施工場所	混合材	有害物質（溶出量）	p. 163～164【別表１】	p. 166【別表３】	
			有害物質（含有量）			
		表層材	表層材の厚さ	目視		
	施工場所・周辺海域	水質	濁度	機器測定		
			SS	採水分析、JIS K 0102 の 14.1 に定める方法		
			pH	機器測定		
			DO	機器測定		
			COD	採水分析、JIS K 0102 の 17 に定める方法		
			全窒素（T-N）	採水分析、JIS K 0102 の 45.4 に定める方法		
			全リン（T-P）	採水分析、JIS K 0102 の 46.3 に定める方法		
			有害物質	採水分析、p. 165【別表２】		
安全性	施工場所・周辺海域	生物	底生生物（種類数・個体数）	採泥器による試料採取		
			付着生物（種類数・個体数）	方形枠（コドラート）による刈取りまたは目視		
			植物プランクトン（種類数・個体数）	採水器による試料採取		
			動物プランクトン（種類数・個体数）	定量ネットによる試料採取		
			魚類（目視）	潜水士による目視		
			魚類（試験操業）	刺網、石桁網等による試験操業		
その他	施工場所・周辺海域	混合材利用による環境改善効果	干潟・浅場・藻場基盤材：生物の生息状況、底質の改善状況（硫化物濃度等） 窪地埋戻材：貧酸素状態の改善状況　等	安全性試験の方法に準じる	安全性試験の方法に準じる	

※ 供試体は、ボーリング又は施工時にパイプを埋設する手法で採取する。

【別表１】有害物質に係る検定方法

●溶出量に係る検定方法（1/2）

項目	適用用途①（区分Ⅰ、区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅰ） ①水底土砂に係る判定基準 1)	適用用途①（区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅱ） ②港湾用途溶出量基準 2)
1 アルキル水銀化合物	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号(以下「水質環境基準告示」という。)付表二及び昭和 49 年 9 月環境庁告示第 64 号(以下「排水基準告示」という。)付表三に掲げる方法	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号（以下、水質環境基準告示）付表 2 に掲げる方法
2 水銀又はその化合物	水質環境基準告示付表一に掲げる方法	水質環境基準告示付表 1 に掲げる方法
3 カドミウム又はその化合物	JIS K 0102 の 55 に定める方法	JIS K 0102 の 55 に定める方法ほか、水質環境基準告示付表８に掲げる方法
4 鉛又はその化合物	JIS K 0102 の 54 に定める方法	JIS K 0102 の 54 に定める方法
5 有機リン化合物	排水基準告示付表一に掲げる方法又は JIS K 0102 の 31.1 に定める方法のうちガスクロマトグラフ法以外のもの(メチルジメトンは、排水基準告示付表二に掲げる方法)	－
6 六価クロム化合物	JIS K 0102 の 65.2 に定める方法	JIS K 0102 の 65.2 に定める方法
7 砒素又はその化合物	JIS K 0102 の 61 に定める方法	JIS K 0102 の 61.2、61.3 又は 61.4 に定める方法
8 シアン化合物	JIS K 0102 の 38 に定める方法(JIS K 0102 の 38.1.1 に定める方法を除く。)	JIS K 0102 38.1.2 及び 38.2 に定める方法又は 38.1.2 及び 38.3 に定める方法
9 ポリ塩化ビフェニル	水質環境基準告示付表三に掲げる方法又は JIS K 0093 に定める方法	水質環境基準告示付表 3 に掲げる方法
10 銅又はその化合物	JIS K 0102 の 52 に定める方法	－
11 亜鉛又はその化合物	JIS K 0102 の 53 に定める方法	－
12 ふっ素化合物	JIS K 0102 の 34 に定める方法	JIS K 0102 34.1 に定める方法又は 34.1(c)（注(6)第三文を除く。）に定める方法及び水質環境基準告示付表６に掲げる方法
13 トリクロロエチレン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
14 テトラクロロエチレン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
15 ベリリウム又はその化合物	昭和 48 年 2 月環境庁告示第 13 号別表第七に掲げる方法	－
16 クロム又はその化合物	JIS K 0102 の 65.1 に定める方法	－
17 ニッケル又はその化合物	JIS K 0102 の 59 に定める方法	－
18 バナジウム又はその化合物	JIS K 0102 の 70 に定める方法	－
19 有機塩素化合物	昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号別表第一に掲げる方法	－
20 ジクロロメタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 に定める方法
21 四塩化炭素	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
22 1,2－ジクロロエタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1 又は 5.3.2 に定める方法
23 1,1－ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
24 シス-1,2-ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法

出典：1)海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする廃棄物に含まれる金属等の検定方法（昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号）
2)水質汚濁に係る環境基準（環境基本法）、ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準（ダイオキシン類対策特別措置法）

※ 適用用途①の区分Ⅱ（施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合）は、事業特性及び適用海域の特性等を考慮し、事業毎に適用する基準を決定する。

●溶出量に係る検定方法（2/2）

項目	適用用途①（区分Ⅰ、区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅰ） ①水底土砂に係る判定基準 1)	適用用途①（区分Ⅱ※） 適用用途②（区分Ⅱ） ②港湾用途溶出量基準 2)
25 1,1,1－トリクロロエタン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
26 1,1,2－トリクロロエタン	昭和 48 年 2 月環境庁告示 14 号別表第二に掲げる方法又は JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 若しくは 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
27 1,3－ジクロロプロペン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.1 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.1 に定める方法
28 チウラム	水質環境基準告示付表四に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	水質環境基準告示付表 4 に掲げる方法
29 シマジン	水質環境基準告示付表五に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	水質環境基準告示付表 5 に掲げる方法の第１又は第２に掲げる方法
30 チオベンカルブ	水質環境基準告示付表五に掲げる方法(前処理における試料の量は、100ml とする。)	水質環境基準告示付表 5 に掲げる方法の第１又は第２に掲げる方法
31 ベンゼン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.2 又は 5.4.2 に定める方法	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
32 セレン又はその化合物	JIS K 0102 の 67 に定める方法	JIS K 0102 の 67.2、67.3 又は 67.4 に定める方法
33 ダイオキシン類	JIS K 0312 に定める方法	JIS K 0312 に定める方法
34 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	－	硝酸性窒素は JIS K 0102 43.2.1、43.2.3 又は 43.2.5 に定める方法、亜硝酸性窒素は JIS K 0102 43.1 に定める方法
35 ほう素	－	JIS K 0102 47.1、47.3 又は 47.4 に定める方法
36 1,4-ジオキサン	水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法	水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法

出典：1)海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする廃棄物に含まれる金属等の検定方法（昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 14 号）
2)水質汚濁に係る環境基準（環境基本法)、ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壌の汚染に係る環境基準（ダイオキシン類対策特別措置法）

※ 適用用途①の区分Ⅱ（施工後に混合材が直接海水に接せず、人の立入りの可能性がある場合）は、事業特性及び適用海域の特性等を考慮し、事業毎に適用する基準を決定する。

●含有量に係る検定方法

項目	検定方法
1 カドミウム及びその化合物	日本工業規格 K0102(以下「規格」という。)55 に定める方法
2 六価クロム化合物	規格 65.2 に定める方法
3 シアン化合物（遊離シアン）	規格 38 に定める方法(規格 38.1 に定める方法を除く。)
4 水銀及びその化合物	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号(水質汚濁に係る環境基準について)(以下「水質環境基準告示」という。)付表 1 に掲げる方法
5 セレン及びその化合物	規格 67.2 又は 67.3 に定める方法
6 鉛及びその化合物	規格 54 に定める方法
7 砒素及びその化合物	規格 61 に定める方法
8 ふっ素及びその化合物	規格 34.1 に定める方法又は規格 34.1c)(注(6)第 3 文を除く。)に定める方法及び水質環境基準告示付表 6 に掲げる方法
9 ほう素及びその化合物	規格 47.1 若しくは 47.3 に定める方法又は水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法
10 ダイオキシン類	水底の底質中に含まれるダイオキシン類をソックスレー抽出し、高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法

出典：コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書

【別表２】人の健康の保護に関する環境基準に係る測定方法

項目	測定方法
1 カドミウム	JIS K 0102 の 55.2、55.3 又は 55.4 に定める方法（準備操作は JIS K 0102 の 55 に定める方法によるほか、付表８に掲げる方法によることができる。）
2 全シアン	JIS K 0102 の 38.1.2 及び 38.2 に定める方法又は JIS K 0102 の 38.1.2 及び 38.3 に定める方法
3 鉛	JIS K 0102 の 54 に定める方法
4 六価クロム	JIS K 0102 の 65.2 に定める方法
5 砒素	JIS K 0102 の 61.2、61.3 又は 61.4 に定める方法
6 総水銀	付表１に掲げる方法
7 アルキル水銀	付表２に掲げる方法
8 ＰＣＢ	付表３に掲げる方法
9 ジクロロメタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
10 四塩化炭素	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
11 1,2-ジクロロエタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1 又は 5.3.2 に定める方法
12 1,1-ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
13 シス-1,2-ジクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
14 1,1,1-トリクロロエタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
15 1,1,2-トリクロロエタン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
16 トリクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
17 テトラクロロエチレン	JIS K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
18 1,3-ジクロロプロペン	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.1 に定める方法
19 チウラム	付表４に掲げる方法
20 シマジン	付表５の第１又は第２に掲げる方法
21 チオベンカルブ	付表５の第１又は第２に掲げる方法
22 ベンゼン	JIS K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
23 セレン	JIS K 0102 の 67.2、67.3 又は 67.4 に定める方法
24 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	硝酸性窒素にあっては JIS K 0102 の 43.2.1、43.2.3 又は 43.2.5 に定める方法、亜硝酸性窒素にあっては JIS K 0102 の 43.1 に定める方法
25 ふっ素	JIS K 0102 の 34.1 に定める方法又は JIS K 0102 の 34.1(c)（注(6)第三文を除く。）に定める方法（懸濁物質及びイオンクロマトグラフ法で妨害となる物質が共存しない場合にあっては、これを省略することができる。）及び付表６に掲げる方法
26 ほう素	JIS K 0102 の 47.1、47.3 又は 47.4 に定める方法
27 1,4－ジオキサン	付表７に掲げる方法

【別表３】安全性に係る調査の地点配置・頻度・期間

◆適用用途①：施工後に混合材が直接海水に接しない場合

対象	項目	地点配置	測定層	頻度	期間
施工場所・周辺海域	混合材	施工上の条件が同一箇所に 1 点以上	表層	施工 1 年後に 1 回（要求性能等により経時変化を把握する場合、施工直後、6 か月後、2 年後等に調査を追加）	
	表層材	施工場所全体	―	年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上	1 年以上
	水質（有害物質以外）	施工場所 1 点以上 周辺海域（対照区）1 点以上	底層	年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上	1 年以上
	水質（有害物質）		底層	施工 1 年後に 1 回	
	生物		―	年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上	1 年以上

◆適用用途②：施工後に混合材が直接海水に接する場合

対象	項目	地点配置	測定層	頻度	期間
施工場所・周辺海域	混合材	施工上の条件が同一箇所に 1 点以上かつ 100～200m 格子間隔程度に 1 点以上	表層	施工 1 年後に 1 回（要求性能等により経時変化を把握する場合、施工直後、6 か月後、2 年後等に調査を追加）	
	水質（有害物質以外）	施工場所 1 点以上 周辺海域（対照区）1 点以上	底層	年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上（月 1 回以上が望ましい）	1 年以上
	水質（有害物質）		底層	施工 1 年後に 1 回	
	生物		―	年 4 回（春季・夏季・秋季・冬季）以上	1 年以上

5) 大量使用時、長期経過時の既存事例について

既存の実証試験等において、モニタリングやシミュレーション等が実施されており、混合材の安全性・安定性に関する知見がある程度蓄積されつつあるものの、適用用途、適用海域によってはさらなる実績の蓄積が重要であるとともに、混合材の大量使用時、長期経過時の影響について、今後とも知見の蓄積が重要と考えられる。

本施工に当たっては、モニタリングの実績を蓄積するという観点も踏まえながら、モニタリング内容の検討を行うことが望ましい。

【解説】

モニタリングの実施事例を**参考資料「3.4 施工事例（実証試験事例）」**に示す。

また、表 4-8 及び表 4-9 に示す事例は、混合材または転炉系製鋼スラグの大量使用時、長期経過時の影響（安定性、安全性）について、検討を行った事例である。

これらの既存事例を参考とし、モニタリング内容を検討するとともに、大量使用時、長期経過時の影響についての知見を蓄積する観点から、モニタリングの充実を図ることが望ましい。

表 4-8　混合材等の大量使用時の検討事例

区分	適用先	施工・検討概要	結果概要	出典
混合材	東京湾 （千葉県保田）	・施工規模：12,500m³ ・適用用途：藻場基盤材	・水中で強度発現し、藻場礁の基盤材機能を満足 ・施工中、施工後ともに pH 影響なし ・藻類が着生し、魚類が蝟集（天然石と比べて悪影響無し）	1)
	東京湾 君津製鐵所沖	・施工規模：15,200m³ ・適用用途：浅場基盤材	・施工時の濁りが浚渫土単独に対して 3 割程度に抑制 ・貧酸素水塊暴露時間の軽減 ・藻類が着生し、魚類が蝟集	2)
	名古屋港 東海元浜ふ頭	・施工規模：473,000m³ ・適用用途：埋立材	・管中混合 - ポンプ打設方式で施工し、埋立てを完了	3)
	名古屋港 鬼崎漁港	・施工規模：67,500m³ ・適用用途：埋立材	・管中混合工法で施工し、埋立てを完了 ・設計条件である q_c=400kN/m² 以上を確保	4)
	pH 影響シミュレーション	・混合材を浅場の基盤材として使用することを想定 ・計算ケース：使用箇所を 1 工区(約 28ha)、2 工区(約 28ha)、全工区(約 56ha)、浚渫土とスラグの混合比を低配合 (8:2)、中配合(7:3)、高配合(5:5)とした計 9 ケース	・最悪ケースにおいても、pH の変化は 0.01 未満であった。	5)
転炉系製鋼スラグ	寒川東部 （愛媛県四国中央市）	・施工規模：370,000m³ ・適用用途：中仕切り堤	・周辺海域の水質の状況に大きな変化はみられない。	5)

表 4-9　混合材等の長期経過時の検討事例

区分	適用先	施工・検討概要	結果概要	出典
転炉系製鋼スラグ	広島港 出島地区	・対象箇所：平成 9～10 年にかけて施工された埋立護岸の基礎地盤に製鋼スラグのサンドコンパクションパイル(SCP)工法を適用した施工場所 ・調査内容：ボーリング調査、水質、底質調査	・転炉系製鋼スラグにより粘土が固化された混合材に類する性状の箇所において、有害物質の溶出はなかった。 ・周辺海域の水質及び底質は転炉系製鋼スラグ施工区と対照区と大きな違いはみられなかった。	5)
混合材	堺泉北港 堺 2 区	・対象箇所：混合材の浅場マウンド(規模：W=25m、L=75m、H=1m、V=1,200m³、混合率 30%（容積比）等、平成 19 年度造成)	・平成 21 年度調査： ・マウンド形状に明確な変化無し ・直上水の pH 上昇無し ・有害物質：水底土砂に係る判定基準値以下 ・平成 25 年度調査： ・有害物質：水底土砂に係る判定基準値以下	6)

出典：1)東京湾藻場石材設置工事（国土交通省関東地方整備局）［カルシア改質土研究会資料］
2)君津製鐵所西護岸沖浅場造成工事（新日本製鐵）［カルシア改質土研究会資料］
3)東海元浜ふ頭北公有水面埋立工事（新日本製鐵）［カルシア改質土研究会資料］
4)名古屋港鍋田ふ頭航路泊地(-12m)浚渫工事［カルシア改質土研究会資料］
5)鉄鋼スラグ等の実海域適用に関する研究会資料
6)経済産業省補助研究事業　スラグ利用に係る研究開発　平成 19 年度堺浜実験（日本鉄鋼連盟）［カルシア改質土研究会資料］

(5) 留意点

安定性を確保するため、安全率を見込んだ管理基準の設定を行うとともに、必要に応じて施工方法の見直し等を実施する。また、当初の想定外の事態が起こり得ることを、あらかじめ管理システムに組み込み、モニタリング結果に合わせて対応を変えていく、いわゆる順応的管理を行うことが望ましい。

【解説】

a. 品質のばらつきへの対応について

大量施工時には、混合率の管理が困難になることから、品質のばらつきが大きくなることが想定される。したがって、安定性については、安全率を見込んだ管理基準の設定を行い、必要に応じて施工方法の見直し等を実施する必要性が生じることが想定される。

b. 順応的管理について

混合材を大量施工した事例は少なく、計画時に想定されていなかった変形、沈下等の安定性の面での課題が生じる可能性が考えられる。

したがって、当初の想定外の事態が起こり得ることを、あらかじめ管理システムに組み込み、モニタリング結果に合わせて対応を変えていく、いわゆる順応的管理を行うことが望ましい。

第5章 留意事項

5.1 関係者への説明

(1) 想定される関係者

適用海域の特性に応じて、関係行政機関、漁業者、周辺住民、施設利用者等の関係者を設定し、施工内容について理解を得る事が重要である。

【解説】

混合材の安全性については、法令に準拠することは当然のことながら、使用する材料（浚渫土、転炉系製鋼スラグ）の出荷時点で適切に管理するとともに、実証試験により確認を行う等、万全を期すことを基本としている。ただし、事業の円滑な遂行のためには、適用海域の関係者の理解を十分得ることが重要である。想定される関係者としては、関係行政機関、漁業者、周辺住民、施設利用者等が挙げられる。

(2) 関係者への説明内容

関係者の理解を得るために、混合材の使用によるメリット、周辺環境への安全性、モニタリング体制及び想定される課題と対応策等について、試験結果等に基づいて関係者に分かりやすく説明することが望ましい。

【解説】

混合材の安全性については、使用する材料（浚渫土、転炉系製鋼スラグ）の性質が複雑で分かりにくいため、専門知識のない関係者の理解を得にくいことが想定される。

したがって、混合材の使用によるメリット、周辺環境への安全性、モニタリング体制及び想定される課題と対応策等について、試験結果等に基づき、客観的で分かりやすい資料を作成し、説明を行うことが重要である。

(3) 関係者間の合意形成

施工前に予め関係者の合意形成を得る事が望ましい。なお、必要に応じて関係者（NPO、一般市民、水産関係者及び行政関係者等）との協議会の設置を検討するものとする。

【解説】

適用海域の特性（水産利用特性、親水特性）を考慮し、必要と判断される場合には、施工計画を立案した段階等、早期に合意形成を行うことが望ましい。

なお、関係者が多岐に亘る、水産面で特に重要な海域である等の理由により、必要と判断される場合は、関係者（NPO、一般市民、水産関係者及び行政関係者等）との協議会の設置を検討する。

5.2 環境影響に対する対応

施工後モニタリング等により、環境影響が確認された場合には、必要に応じて追加モニタリング、並びに影響軽減のための対策（覆砂や構造物の撤去等）を検討・実施する。

【解説】

施工中及び施工後に想定される環境影響等、主な関係者、発生要因及び影響軽減のための対策例は以下のとおりである。

時期	想定される環境影響等		主な関係者	発生要因	影響軽減のための対策例
施工中	投入時の pH の上昇、白濁化	生物生息環境の悪化	漁業者	・投入方法（特に大量施工時） ・施工対象海域の流況 ・施工時の気象・海象条件（強風、波浪） ・室内配合の不確実性	・工事実施前の濁り拡散予測と環境保全対策の検討（濁り影響の少ない工法の採用など） ・施工場所周辺への汚濁防止膜の設置 ・施工中の濁りの連続監視（モニタリング） ・原因解明までの工事中断措置 ・漁業活動のピーク時期をずらした工事計画立案
施工後	pH の上昇、白濁化	生物生息環境の悪化	漁業者	・施工の不確実性 ・使用したスラグ、浚渫土の品質 ・設計の不確実性 ・施工海域の気象・海象条件（波浪、潮流等）	・モニタリングの実施（水質、底質、生物など） ・使用したスラグ・浚渫土のサンプル又はデータの保存 ・必要に応じ実施する実証実験の取り決め
	有機汚濁、富栄養化	生物生息環境の悪化			
	有害物質の溶出	生物への毒性影響、人への健康被害	漁業者、市民、利用者		
	設置構造物の流出・沈下・崩壊など	資産の損失、生物生息環境の悪化、利用者への被害			・モニタリングの実施（物理・力学指標、測量） ・応急措置、補強工事の実施 ・撤去工事の実施