

第13回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会次第

日時 令和3年12月22日（水）14時00分～

I 開会

II 審議・報告事項

1. 豊島廃棄物等処理施設撤去等事業の進捗状況
 - (1) 令和3年度の豊島廃棄物等処理施設撤去等事業の進捗状況（その2）（報告）
 - (2) 豊島処分地の地下水浄化対策等の状況（その6）（報告）
 - (3) 豊島事業関連施設の撤去等の状況（その6）（報告）
2. 第21回、第22回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会の審議概要（報告）
3. 第12回、第13回豊島事業関連施設の撤去等検討会の審議概要（報告）
4. 豊島処分地の水管理マニュアルの作成（審議）
5. A3、B5及びF1における浄化対応の方針（案）（審議）
6. 地下水浄化の進捗管理（報告）
7. 豊島処分地における地下水浄化の達成状況に関する評価（審議）
8. 豊島廃棄物処理事業における溶融スラグの有効利用に関する最終報告書
 - ー 豊島溶融スラグ利用にあたっての事前準備から製造・販売及び使用コンクリート構造物に関する長期の追跡調査まで ー（案）（審議）
9. 遮水機能の解除前における北海岸前の海域での生態系（アマモ場及びガラモ場）の調査結果（その1 アマモ場）（報告）
10. 今後のインターネットによる情報公開方法の変更（案）（審議）
11. その他
 - (1) 緊急時等の報告（正式評価）（報告）
 - (2) 遮水機能の解除工事に関する経過報告（報告）
 - (3) 環境計測及び周辺環境モニタリングの結果（報告）
 - (4) 各種マニュアル等の全面見直しの予告（報告）

III 閉会

令和 3 年度の豊島廃棄物等処理施設撤去等事業の進捗状況（その 2）

1. 概要

第 11 回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会（以下、「フォローアップ委員会」という。）（R3. 3. 25Web 開催）で策定、第 12 回フォローアップ委員会（R3. 8. 19Web 開催）で改訂について了承いただいた「令和 3 年度の豊島廃棄物等処理施設撤去等事業の概要」に従い実施している令和 3 年度の事業について、進捗状況を報告する。

2. 令和 3 年度の豊島廃棄物等処理施設撤去等事業の主な事項

2. 1 フォローアップ委員会での検討内容

（1）地下水浄化対策の見通しと課題への対応

第 12 回フォローアップ委員会（R3. 8. 19Web 開催）において、「排水基準の達成後の地下水浄化に対する基本的対応」が審議・了承され、これに基づき地下水検討会の指導・助言のもと追加的浄化対策を実施している。その実施状況を今回のフォローアップ委員会の資料Ⅱ／6 で報告する。

（2）地下水浄化の進捗管理と排水基準・環境基準の到達・達成状況の評価

第 12 回フォローアップ委員会（R3. 8. 19Web 開催）において「地下水における排水基準の到達及び達成の確認に関する状況」を報告し、了承いただいた。

現在、排水基準の達成が承認され後、環境基準の到達の申請に向けた対策並びに計測を継続して実施中である。

今回のフォローアップ委員会では、上記の状況を「地下水浄化の進捗管理」として資料Ⅱ／6 で報告する。

（3）処分地全域での地下水における環境基準の到達及び達成の確認に関するマニュアルの作成

すでに第 20 回地下水検討会（R3. 8. 15 Web 開催）で、「処分地全域での地下水における環境基準の到達及び達成の確認に関するマニュアル(案)」について審議・了承され、その後、第 12 回フォローアップ委員会（R3. 8. 19Web 開催）において、当該マニュアル（案）について審議し、一部修正のうえ、決定・作成された。

（4）遮水機能の解除に係るガイドライン及びマニュアルの作成

すでに第 3 回遮水機能の解除に係る工法等の検討WG（R3. 6. 26Web 開催）で、「遮水機能の解除に係る工法等の検討結果」について審議・了承され、その審議内容に従い、

第 11 回撤去検討会（R3. 7. 15Web 開催）において、「遮水機能の解除工事に係るガイドライン（案）」及び「遮水機能の解除工事マニュアル（案）」について審議・了承された。その後、第 12 回フォローアップ委員会（R3. 8. 19Web 開催）において、当該ガイドライン及びマニュアル（案）について審議し、決定・作成された。

（５）豊島廃棄物等処理事業報告書の作成

上記報告書の目次案の修正を第 12 回フォローアップ委員会（R3. 8. 19Web 開催）で審議・了承いただいた。

次回のフォローアップ委員会で素案を報告し、審議いただく予定である。

（６）地下水浄化の達成状況に関する評価

委員長から要請のあった本件処分地での地下水浄化対策の達成状況に関する定量的評価を、「豊島処分地における地下水浄化の達成状況に関する評価」として資料Ⅱ／7 で示し、審議いただく。

（７）豊島廃棄物等処理事業における溶融スラグの有効利用等に関する最終報告書の作成

第 11 回フォローアップ委員会（R3. 3. 25Web 開催）において、「溶融スラグコンクリート構造物の第 2 次モニタリングの進捗状況(その 2)」が報告された。

今回、この第 2 次モニタリング調査の結果と平成 25, 27 年度に実施した第 1 次の結果に加え、これまでの有効利用状況を合わせて取りまとめ、「豊島廃棄物等処理事業での溶融スラグの有効利用に関する最終報告書（案）」として資料Ⅱ／8 で示し、審議いただく。

（８）遮水機能の解除前における北海岸前の海域での生態系（アマモ場及びガラモ場）の調査結果(その 1 アマモ場)の報告

上記の調査に関する実施計画書は、門谷委員の指導を受け、6/15 に各委員に送付した。夏に成長が著しいアマモ場に関する実際の調査は 6/28～30 で実施した。今回はその結果を「遮水機能の解除前における北海岸前の海域での生態系（アマモ場及びガラモ場）の調査結果(その 1 アマモ場)」として、資料Ⅱ／9 で報告する。なお、ガラモ場に関する調査は、その生育がもっとも盛んな令和 4 年 1 月に実施する予定であり（遮水機能の解除工事は令和 3 年 1 2 月～令和 4 年 3 月に掛けて実施予定であるが、ガラモ場調査の令和 4 年 1 月時点では、その影響は軽微と想定される。）、結果がまとまり次第、報告する。

（９）今後の情報公開方法の検討

豊島処分地内の施設の撤去に伴い、これまで高度排水処理施設の稼働状況等をリアルタイムで公開していた「情報表示システム」を廃止するとともに、必要な情報を本県の公式サイト内の「豊島問題ページ」に移設すること等について、「今後のインターネットによる情報公開方法の変更（案）」として、資料Ⅱ／10 で審議いただく。

(10) その他

今回のフォローアップ委員会では、環境計測及び周辺環境モニタリングの結果を資料Ⅱ／11-3で報告する。また、各種マニュアル等の全面的な見直しの予定を資料Ⅱ／11-4で報告する。

2. 2 地下水・雨水対策検討会での検討内容

(1) 豊島処分地の地下水浄化対策の実施

第12回フォローアップ委員会（R3.8.19Web開催）において審議・了承いただいた「排水基準の達成後の地下水浄化に対する基本的対応」に基づき、一部の区画において追加的浄化対策を実施している。なお、現時点でリバウンドは確認されていないため、リバウンド対策は実施していない。

(2) 排水基準の到達及び達成の確認

すでに第17回から第19回の地下水検討会に順次、排水基準の到達及び排水基準の達成の確認を申請し、一定の意見を付したうえで処分地全域での地下水における排水基準の到達及び達成が確認された。その後、第12回フォローアップ委員会（R3.8.19Web開催）において「地下水における排水基準の到達及び達成の確認に関する状況」を報告し、了承された。

これをもって高度排水処理施設及び簡易排水処理施設の運転を停止し、洗浄作業を行ったうえで解体撤去工事に着手した。また、遮水機能の解除工事についても着手した。

(3) 処分地全域での地下水における環境基準の到達及び達成の確認に関するマニュアルの策定

2.1(3)に記載のとおり。

(4) 地下水浄化の促進策の検討と地下水の環境基準の到達・達成マニュアルに基づく対応

第17回地下水検討会（R3.4.28Web開催）及び第18回地下水検討会（R3.6.22Web開催）において、雨水等の地下水浄化への活用策を審議いただき、2.3(1)1)のとおり撤去検討会で審議のうえ、外周排水路に雨水の導水用の切り欠きを設けるとともに、処分地内に浸透池を設置した。

また、9月から「処分地全域での地下水における環境基準の到達及び達成の確認に関するマニュアル」に基づくモニタリングを開始した。

(5) 本件処分地での水管理の検討

上記の検討を第21回地下水検討会（R3.9.26Web開催）で行い、第22回地下水検討会（R3.10.28Web開催）において、「豊島処分地の水管理マニュアル（案）」を策定した。今回のフォローアップ委員会で同マニュアル（案）を資料Ⅱ／4で審議いただく。

(6) A3、B5及びF1における浄化対応の方針についての検討

上記の検討を第21回地下水検討会(R3.9.26Web開催)で行い、第22回地下水検討会(R3.10.28Web開催)において、「A3、B5及びF1における浄化対応の方針(案)」を策定した。

今回のフォローアップ委員会で同方針(案)を資料Ⅱ/5で審議いただく。

2.3 撤去検討会での検討内容

(1) 豊島内関連施設の撤去に関する第Ⅱ期工事に関する実施計画書等の検討

令和3年度から豊島内関連施設の撤去に関する第Ⅱ期工事を予定しており、これらの工事の基本計画書及び実施計画書について、第10回撤去検討会(R3.5.21Web開催)、第11回撤去検討会(R3.7.15Web開催)、第12回撤去検討会(R3.9.26Web開催)及び第13回撤去検討会(R3.11.26Web開催)において審議・了承いただいた。

1) ①-1 処分地内の雨水の集水・貯留・排除施設(処分地進入路の排水路、承水路、承水路下トレンチドレーン、沈砂池1・2)並びに⑦処分地外周からの雨水の集水・排除施設(上流側の排水路)の撤去工事

上記については、第10回撤去検討会(R3.5.21Web開催)にて基本計画書を、第11回撤去検討会(R3.7.15Web開催)にて実施計画書を審議・了承いただいております。撤去工事に着手している。

2) ③-2 その他地下水の集水・貯留・送水施設(集水井)、④高度排水処理施設及び関連施設、⑤簡易地下水処理施設、①-4 処分地内の雨水の集水・貯留・排除施設(西井戸)並びに⑥-4 その他施設(高度排水処理施設周辺の処分地内道路)の撤去工事

上記については、第11回撤去検討会(R3.7.15Web開催)にて基本計画書を、第12回撤去検討会(R3.9.26Web開催)にて実施計画書を審議・了承いただき、撤去工事に着手している。なお、高度排水処理施設並びに簡易排水処理施設の洗浄作業は、手順に従って9月から10月にかけて実施し、洗浄排水が排水基準を満たしていることを確認して終了している。

3) ②遮水壁近傍地下水の集水・貯留・送水施設の撤去工事並びに⑨遮水機能の解除関連工事

上記については、第12回撤去検討会(R3.9.26Web開催)にて基本計画書を、第13回撤去検討会(R3.11.26Web開催)にて実施計画書を審議・了承いただいております。撤去工事に着手している。

4) ⑥-2 その他施設(ベルトコンベア)の撤去工事

上記については、第12回撤去検討会(R3.9.26Web開催)にて基本計画書を審議・了承いただいております。次回以降の撤去検討会にて実施計画書を審議いただく予定としている。

(2) 令和4年度に実施予定の工事に関する検討

⑥-3 その他施設(専用栈橋)の撤去工事については、第12回撤去検討会(R3.9.26Web開催)にて基本計画書を審議・了承いただいております、次回以降の撤去検討会にて実施計画書を審議いただく予定としています。

(3) 遮水機能の解除関連

遮水機能の解除に係るガイドライン及びマニュアルを2.1(4)のとおり作成し、基本計画書ならびに実施計画書を2.3(1)3のとおり、審議・了承いただきました。

(4) 解体撤去物の搬出計画の策定

第12回撤去検討会(R3.9.26Web開催)において、「令和3年度中に発生する施設の解体撤去物等の数量の推定とその搬出への対応」について、審議・了承いただきました。今後、進捗状況等を踏まえて、適宜、見直しを行う。

(5) 第Ⅱ期工事の撤去手順の見直し

第Ⅱ期工事の撤去手順に従い、撤去工事の進捗状況を管理している。進捗状況等を踏まえて、第12回撤去検討会(R3.9.26Web開催)において、見直しについての審議・了承を得ており、現時点で変更はない。今後も進捗状況等を踏まえて、適宜、見直しを行う。

豊島処分地の地下水浄化対策等の状況（その 6）

1. 排水基準の達成後の局所的な汚染源ごとの追加的浄化対策の実施状況

第 12 回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会（以下、「フォローアップ委員会」という。）（R3. 8. 19 Web 開催）において、「排水基準の達成後の地下水浄化に対する基本的対応」（資料 12・Ⅱ / 8）に基づき、環境基準の達成までの間に実施する地下水計測及び地下水浄化対策などが了承された。

これに従って実施している追加的浄化対策の概要を表 1 に示す。詳細については、本フォローアップ委員会の資料Ⅱ / 6 で報告する。

表 1 追加的浄化対策の対象となる局所的な汚染源と実施状況の概要

局所的な汚染源	実施状況
HS-⑩：区画⑩⑩付近のベンゼン等の汚染	・揚水浄化を実施
HS-⑩：区画⑩⑩付近の 1,4-ジオキサン等の汚染	・揚水・注水浄化を実施
HS-D 西：D 測線西側付近のトリクロロエチレン等の汚染	・過硫酸ナトリウムによる化学処理を実施

2. 環境基準の到達に向けたモニタリングの実施状況

第 12 回フォローアップ委員会において、審議・了承された「処分地全域での地下水における環境基準の到達及び達成の確認マニュアル（令和 3 年 8 月 19 日策定）」に基づき、地下水計測点 ⑩⑩⑩ D 西-1 において、環境基準の到達に向けたモニタリングを実施しており、その結果を本フォローアップ委員会の資料Ⅱ / 6 で報告する。

3. 豊島処分地の水管理マニュアルの作成

追加的浄化対策では揚水・注水の管理、遮水壁や集水井の撤去工事では工事中の湧水の管理が必要となってくることから、第 22 回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会（以下、「地下水検討会」という。）（R3. 10. 28 Web 開催）において、「豊島処分地の水管理マニュアル（案）」について、了承を得た。

なお、本フォローアップ委員会にて「豊島処分地の水管理マニュアルの作成」として資料Ⅱ / 4 でご審議いただく。

4. A 3、B 5 及び F 1 における浄化対応の方針の検討

A 3、B 5 及び F 1 の取り扱いについては、第 22 回地下水検討会において、「A 3、B 5 及び F 1 における浄化対応の方針（案）の策定」について、了承を得た。

なお、本フォローアップ委員会にて「A 3、B 5 及び F 1 における浄化対応の方針（案）」として資料Ⅱ / 5 でご審議いただく。

5. 遮水機能の解除に伴う地下水への影響調査の方法の検討

第 21 回地下水検討会（R3.9.26Web 開催）において、遮水機能の解除前後の地下水への影響調査の方法について再検討が必要との意見があったことから、第 22 回地下水検討会において改めて審議し、了承を得た。

詳細については、本フォローアップ委員会の資料Ⅱ／2 別添 1 に示す。

豊島事業関連施設の撤去等の状況（その 6）

1. 豊島内関連施設の撤去に関する第Ⅱ期工事に関する手続きの状況

1. 1 令和 3 年度中に実施する工事の実施計画並びに施工状況等

令和 3 年度から豊島内関連施設の撤去に関する第Ⅱ期工事を実施しており、これらの工事については基本計画書及び／あるいは実施計画書*の審議・了承を経て実際の工事を行う。なお、施設番号は第 12 回フォローアップ委員会資料Ⅱ/1 に記載のものであり、常にこの施設番号を使用する。

※ 実施計画書のみで対応するのは、県が実施する一般土木工事に対してであり、「豊島廃棄物等処理施設撤去等事業における一般的な工事の実施にあたっての手続き」（第 11 回フォローアップ委員会 R3. 3. 25）で規定されている。

(1) ①-1, -2, -3, -5, -6 処分地内の雨水の集水・貯留・排除施設（処分地進入路の排水路、承水路、承水路下トレンチドレーン、沈砂池 1・2）及び⑦処分地外周からの雨水の集水・排除施設（上流側の排水路）の撤去工事

上記については、第 10 回撤去検討会（R3. 5. 21Web 開催）にて基本計画書を、第 11 回撤去検討会（R3. 7. 15Web 開催）にて実施計画書を審議・了承いただいております。撤去工事に着手している。

これまでの手続き状況等は、表 1 のとおりである。

表 1 上記撤去工事の手続き状況等

手続き事項		手続きの行程	
対象施設		処分地進入路の排水路 承水路 承水路下トレンチドレーン 沈砂池 1 沈砂池 2	外周排水路
施設番号		① -1, -2, -3, -5, -6	⑦
撤去等の 実施事業者		(有) 高橋建設	(株) 野村組
工期		R3. 6. 4～R4. 2. 4	R3. 6. 4～R4. 1. 14
手 続 き の 状 況	基本計画書の審議	第 10 回豊島事業関連施設の撤去等検討会にて審議済み	
	発注仕様書の作成	R3. 5 土木工事共通仕様書により発注	R3. 5 土木工事共通仕様書により発注
	入札公告	R3. 5. 21	R3. 5. 21
	実施事業者の決定	R3. 6. 1	R3. 6. 1
	実施計画書の審議	第 11 回豊島事業関連施設の撤去等検討会にて審議済み	

(2) ③-2 その他地下水の集水・貯留・送水施設（集水井）、④高度排水処理施設及び関連施設、⑤簡易地下水処理施設、①-4 処分地内の雨水の集水・貯留・排除施設（西井戸）並びに⑥-4 その他施設（高度排水処理施設周辺の処分地内道路）の撤去工事

上記については、第 11 回撤去検討会（R3. 7. 15Web 開催）にて基本計画書を、第 12 回撤去検討会（R3. 9. 26Web 開催）にて実施計画書を審議・了承いただいております、撤去工事に着手している。

これまでの手続き状況等は、表 2 のとおりである。なお、高度排水処理施設並びに簡易排水処理施設の洗浄作業は、「高度排水処理施設の洗浄方法とその工程の手順（第 11 回撤去検討会（R3. 7. 15Web 開催）Ⅱ／5（3）別紙）」及び「簡易地下水処理施設の洗浄方法とその工程の手順（同検討会Ⅱ／5（4）別紙）」に従って9月中に実施し、洗浄排水が排水基準を満たしていることを確認して終了している。

表 2 上記撤去工事の手続き状況等

手続き事項		手続きの行程		
対象施設	集水井	高度排水処理施設及び 関連施設 簡易地下水処理施設	西井戸 処分地内道路	
施設番号	③-2	④、⑤	①-4、⑥-4	
撤去等の実施事業者	青葉工業(株)	(株)合田工務店	(有)東口組	
工期	R3. 9. 6～R4. 3. 28	R3. 9. 7～R4. 3. 31	R3. 9. 1～R4. 3. 28	
手続きの 状況	基本計画書の審議	第 11 回豊島事業関連施設の撤去等検討会にて審議済み		
	発注仕様書の作成	R3. 7 土木工事共通仕様書 により発注	R3. 7 建築物解体工事共通仕 様書により発注	R3. 7 土木工事共通仕様書 により発注
	入札公告	R3. 7. 19	R3. 7. 21	R3. 7. 26
	実施事業者の決定	R3. 8. 25	R3. 9. 1	R3. 8. 24
	実施計画書の審議	第 12 回豊島事業関連施設の撤去等検討会にて審議済み		

(3) ⑨遮水機能の解除関連工事並びに②遮水壁近傍地下水の集水・貯留・送水施設の撤去工事

上記については、第12回撤去検討会（R3.9.26Web開催）にて基本計画書を、第13回撤去検討会（R3.11.26Web開催）にて実施計画書を審議・了承いただいております、撤去工事に着手しています。

これまでの手続き状況等は、表3のとおりである。なお、撤去工事の実施状況については、Ⅱ／11（2）で報告する。

表3 上記撤去工事の手続き状況等

手続き事項		手続きの行程
対象施設		トレンチドレーン 北揚水井 遮水壁
施設番号		②、⑨
撤去等の実施事業者		(株)田中海事
工期		R3.11.4～R4.3.28
手続きの状況	基本計画書の審議	第12回豊島事業関連施設の撤去等検討会にて審議済み
	発注仕様書の作成	R3.9 土木工事共通仕様書により発注
	入札公告	R3.9.28
	実施事業者の決定	R3.10.27
	実施計画書の審議	第13回豊島事業関連施設の撤去等検討会にて審議済み

(4) 上記以外の令和3年度に実施する工事

⑥-2 その他施設（ベルトコンベア）の撤去工事については、第12回撤去検討会（R3.9.26Web開催）にて基本計画書を審議・了承いただいております、今後の撤去検討会にて実施計画書を審議いただく予定としている。

これまでの手続き状況等は、表4のとおりである。

表4 上記撤去工事の手続き状況等

手続き事項		手続きの行程
対象施設		ベルトコンベア
施設番号		⑥-2
撤去等の実施事業者		未定
工期		R3.12～R4.3（予定）
手続きの状況	基本計画書の審議	第12回豊島事業関連施設の撤去等検討会にて審議済み
	発注仕様書の作成	R3.10 土木工事共通仕様書により発注
	入札公告	R3.10.26
	実施事業者の決定	未定
	実施計画書の審議	第14回豊島事業関連施設の撤去等検討会にて審議予定

1. 2 令和3年度に実施計画書の審議を受け、令和4年度に実施予定の工事に関する検討

⑥-3 その他施設（専用栈橋）の撤去工事については、令和4年4月から撤去工事の着手を予定しており、第12回撤去検討会（R3.9.26Web開催）にて基本計画書を審議・了承いただいております。今後の撤去検討会にて実施計画書を審議いただく予定としています。

これまでの手続き状況等は、表5のとおりである。

表5 上記撤去工事の手続き状況等

手続き事項		手続きの行程
対象施設		専用栈橋
施設番号		⑥-3
撤去等の実施事業者		未定
工期		R4.2～R4.10（予定）
手続きの状況	基本計画書の審議	第12回豊島事業関連施設の撤去等検討会にて審議済み
	発注仕様書の作成	R3.10 土木工事共通仕様書により発注
	入札公告	R3.11.8
	実施事業者の決定	未定
	実施計画書の審議	第15回豊島事業関連施設の撤去等検討会にて審議予定

2. 第Ⅱ期工事の撤去手順の見直し

遮水機能の解除関連の具体的な実施方法等の検討結果及び撤去工事の進捗状況等の実情を踏まえ、第12回撤去検討会（R3.9.26Web開催）にて、第Ⅱ期工事の撤去手順の見直しを審議・了承いただきました。

今後も引き続き撤去工事の進捗状況により、適宜、見直しを行い、工事の詳細計画等の立案に反映させる。

3. 解体撤去物の搬出計画の策定

令和4年4月からの専用栈橋の撤去工事に伴い、令和3年度中には多くの解体撤去物が専用栈橋を活用し海上輸送にて搬出することから、第12回撤去検討会（R3.9.26Web開催）において、解体撤去物の搬出計画を審議・了承いただきました。

今後、進捗状況等を踏まえて、適宜、見直しを行う。

第21回、第22回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会の審議概要

第12回豊島処理事業フォローアップ委員会（以下、「フォローアップ委員会」という。）（R3.8.19 Web開催）以降に開催された、第21回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会（以下、「地下水検討会」という。）（R3.9.26 Web開催）及び第22回地下水検討会（R3.10.28 Web開催）の審議結果の概要は以下のとおりである。

第21回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会

1. 排水基準達成後の地下水の状況（報告）

令和3年8月に実施した地下水計測点等の水質の調査結果について報告した。

<委員からの主な意見等>

- 地下水浄化対策を停止して水質がどうなるのかは、これまでに確認できなかったことなので、今後、確認する必要がある。
- 観測井⑬は、排水基準の到達の判断後に排水基準を超過したことがあり、今回も濃度が少し上昇傾向にあるので、濃度の推移を注視すること。

【意見を踏まえ、地下水計測点等において定期的に水質調査を実施している。】

2. 高度排水処理施設等の停止後の地下水浄化対策（審議）

高度排水処理施設等の停止後の地下水浄化対策や集水井及び遮水壁等の撤去工事において発生した工事中の湧水対策について整理し、了承を得た。

<委員からの主な意見等>

- D測線西側の北側に浸透池を新設することとなっているが、南側の既設の注入トレンチを利用してはどうか。
- 集水井からの揚水を浸透させる際に、過硫酸ナトリウムを加えると効果的ではないか。
- D測線西側は、化学処理や揚水浄化等を実施していれば汚染物質が外部には出ていかないため、対策を継続する必要がある。
- D測線西側を除く地点は、揚水等を停止した状態での水質を確認し、対策を実施するのか検討すること。

【意見を踏まえ、D測線西側の浸透池は、既設の注入トレンチを拡張して利用することとした。また、引き続き、地下水の水質を確認しながら、地点ごとに浄化対策を検討して実施していく。】

3. 本件処分地の水管理の検討（審議）

追加的浄化対策では揚水・注水の管理、遮水壁や集水井の撤去工事では工事中の湧水の管理が必要となってくることから、本件処分地において管理が必要となる水やその管理方法を整理した。また、「豊島処分地の水管理マニュアル（案）」を作成して、次回地下水検討会において、ご審議いただくことについて了承を得た。

<委員からの主な意見等>

○図3中の「地下浸透」と「注水」は一つにまとめること。

【意見を踏まえ、図3を修正した。】

4. 追加的浄化対策の実施状況と今後の進め方（審議）

（1）注水・揚水井による浄化対策等の状況（HS-⑩）

HS-⑩で実施している注水・揚水井による浄化対策の実施状況や揚水井での水質モニタリング結果等について報告し、高度排水処理施設等の停止後の地下水浄化対策（区画⑤内の井戸側、釜場及び揚水井からの注水浄化）について、了承を得た。

<委員からの主な意見等>

○揚水の濃度が下がっている原因は、釜場等からの雨水の自然浸透の影響かもしれない。

（2）揚水井による浄化対策等の状況（HS-⑪）

HS-⑪で実施している揚水井による揚水浄化対策の実施状況、水質モニタリング結果及び掘削・除去した土壌の処理状況について報告し、高度排水処理施設等の停止後の地下水浄化対策（区画⑪⑫の南側に浸透池を設置して、揚水井からの揚水を浸透させる揚水浄化）について、了承を得た。

<委員からの主な意見等>

○新しいデータを確認すると汚染物質の濃度が下がっているように感じる。

（3）HS-D 西における浄化対策の状況

HS-D 西において実施している過硫酸ナトリウムを注入する化学処理の実施状況や、令和3年8月27日から9月9日までの作業停止期間を含む水質モニタリングの実施状況等について報告し、今後予定している集水井の撤去工事の状況や水質モニタリング結果等を踏まえながら、状況に応じて、過硫酸ナトリウムの注入を継続して実施していくこと等について、了承を得た。

<委員からの主な意見等>

○観測井の水質は、スクリーンの深度等を含めてデータ整理して、見極めていく必要がある。

○作業停止期間明けの9月10日の水質モニタリング結果から平面図が作成できないか。

【意見を踏まえ、過硫酸ナトリウムの注入前及び注入中（作業停止期間明けを含む。）の濃度コンター図を作成して、第22回地下水検討会において報告した。】

（4）掘削・除去した土壌の処理状況（HS-⑬）

高濃度のベンゼン汚染が確認されたことから掘削・除去した小区画⑬-4付近の土壌の処理が完了したことについて、報告した。

5. 高度排水処理施設等の停止前後及び遮水機能の解除前後の地下水への影響調査の方法の検討（審議）

第12回フォローアップ委員会（R3.8.19 Web開催）において、高度排水処理施設等の停止前後の地下水の水質の確認、並びに遮水機能の解除前後の地下水への影響に関しての検討の必要性が指摘されたため、調査方法について検討を行った。

<委員からの主な意見等>

- 遮水機能の解除に関しては、解除前後だけでなく、暫くは継続して確認する必要がある。また、潮汐の影響があるので、1日のうちに数回測定して塩化物イオンや汚染物質の濃度がどう変化するかを確認する必要がある。
- 塩水くさびの影響については、大潮のときに測定するとよい。また、潮汐は12時間ごとに変わるため、その間に数回測定すると良い。
- 1つの潮汐の中で時系列を見ることに加えて、例えば区画⑳において空間的にどこまで上がっていくのかを確認することも重要である。
- 遮水機能の解除前後の調査方法を再整理して、もう一度案を見せてほしい。
【意見を踏まえ、遮水機能の解除前後の調査方法について再整理し、第22回地下水検討会において、再度ご審議いただいた。】

6. A3、B5及びF1の取扱いについて（その2）（審議）

A3、B5及びF1の取扱いについては、第16回地下水検討会（R3.2.28 Web開催）において整理して、審議・了承されていたが、今回、改めて整理を行った。

<委員からの主な意見等>

- A3、F1については、この対応でよい。
- B5については、水質の確認ができなくなるので、支障がなければ観測井を存置してはどうか。
【意見を踏まえ、第22回地下水検討会において、再整理を行い、B5の観測井は存置することとした。】

7. その他

（1）豊島廃棄物等処理施設撤去等事業における新型コロナウイルス陽性者の発生に伴う対応

豊島処分地で業務に当たった作業員3名について、PCR検査で新型コロナウイルス感染症の陽性が確認されたことから、状況及び対応について報告した。

第22回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会

1. 排水基準達成後の地下水の状況（報告）

令和3年9月に実施した地下水計測点等の水質の調査結果について報告した。

<委員からの主な意見等>

- 遮水機能を解除した際のモニタリング（月1回）が予定されているが、汚染物質が海に流れていないか確認するために、暫くは、局所的汚染地点は月1回モニタリングする方がよい。
- （観測井⑯等の）それ以外の地点でのモニタリングも重要であり、観測井の水質に問題があれば、揚水浄化等の対策を検討する必要がある。
【意見を踏まえ、定期的に地下水計測点等において水質調査を実施している。】

2. 本件処分地の水管理マニュアル（案）（審議）

追加的浄化対策では揚水・注水の管理、遮水壁や集水井の撤去工事では工事中の湧水の管理が必要となってくることから、第21回地下水検討会において、本件処分地において管理が必要と

なる水やその管理方法について整理し、「豊島処分地の水管理マニュアル（案）」について、了承を得た。

<委員からの主な意見等>

○荒天時に職員が常駐する場合の対応について細かく検討しておくこと。

【了承を得た「豊島処分地の水管理マニュアル（案）」について本委員会でご審議いただく。】

3. 追加的浄化対策の実施状況と今後の進め方（その2）（審議）

（1）注水・揚水井による浄化対策等の状況（HS-⑩）

HS-⑩で実施している注水浄化の実施状況や揚水井での水質モニタリング結果等について報告し、準備ができ次第、揚水井⑤-4、5、7、8からの注水浄化を実施すること等について、了承を得た。

<委員からの主な意見等>

○揚水浄化と並行して注水してもあまり入っていかなかったため、注水のみによる周辺への影響は少ないと考えている。

○周辺の観測井④⑨⑩の水質を確認し、注水の影響が確認できれば、揚水浄化を検討すること。

【意見を踏まえ、周辺の観測井の水質を確認しながら注水浄化を実施しており、必要に応じて、揚水浄化を検討して実施する。】

（2）揚水井による浄化対策等の状況（HS-⑪）

HS-⑪で実施している揚水井による揚水浄化対策の実施状況、水質モニタリング結果及び浸透池の設置状況について報告し、引き続き、浸透池を活用した揚水浄化を実施していくこと等について、了承を得た。

<委員からの主な意見等>

○浸透池への浸透量を確認する必要がある。

○浸透池の現状の確認については、資料に書き込む必要があったかもしれない。

【意見を踏まえ、浸透池の現状の確認について追記し、資料を修正した。また、浸透池への浸透量を確認しながら、浸透池を活用した揚水浄化を実施している。】

（3）HS-D 西における浄化対策の状況

HS-D 西において実施している過硫酸ナトリウムを注入する化学処理の実施状況や水質モニタリングの実施状況等について報告し、引き続き、井戸からの過硫酸ナトリウムの注入を継続するとともに、注入トレンチを小区画 B+40,3 まで拡張して過硫酸ナトリウムを注入すること等について、了承を得た。

<委員からの主な意見等>

○注入トレンチの拡張において、西側の岩盤の斜面は1:0.7勾配でも問題ないが、東側の土壌の斜面は1:1.0勾配では雨で崩れてしまう可能性があるため、長期的には対策が必要ではないか。

○注入トレンチを分解槽だと考えれば、ある程度は土壌が崩れても（注入トレンチ拡張後に過硫酸ナトリウムを注入して攪拌するのであれば）問題はないと考えている。

○井戸からの注入は、過硫酸ナトリウムが周りに拡散するのに時間がかかるため、直接、土壌と過硫酸ナトリウムを反応させる方がよい。

○過硫酸ナトリウムの注入後に汚染物質の濃度が低下しているため、過硫酸ナトリウムの効果はあるものの、その後、土壌から再度、汚染物質が溶け出している状況である。

○小区画の観測井での水質モニタリング結果（公定法）は、排水基準に適合しており、過硫酸ナトリウムの注入を継続すれば、汚染物質は外に出ていない。今後は、汚染物質が外に出ることを抑制するために、揚水浄化も考える必要がある。

【意見を踏まえ、注入トレンチの東側の土壌の斜面は1:1.0勾配から1:1.2勾配に資料を修正した。また、注入トレンチの拡張が完了した。】

4. 遮水機能の解除に伴う地下水への影響調査の方法の検討（その2）（審議）

第21回地下水検討会において、遮水機能解除前後の地下水への影響に関して、再検討が必要であるとの意見があったことから、調査方法について別添1のとおり整理し、了承を得た。

（※）別添1 2.（3）計測時期等に示す遮水機能の解除に伴う地下水への影響調査における採水深度は、「処分地全域での地下水における環境基準の到達及び達成の確認マニュアル」に定める計測深度と同じである。

<委員からの主な意見等>

○遮水壁の解除後は、細かくモニタリングする必要があるかもしれない。

○潮汐の水位への影響は、海域と比較して陸側（内部）では遅れるので、どの程度遅れるのかを1度確認しておく必要がある。

【意見を踏まえ、海域と陸側（観測井①③④）において潮汐の水位への影響調査を実施した。】

5. A3、B5及びF1における浄化対応の方針（案）の策定（審議）

A3、B5及びF1の取扱いについては、第21回地下水検討会において審議され、A3及びF1の取扱いについては了承されたが、B5については井戸を存置するよう意見があったことから、井戸を存置することとし、これらの地点における浄化対応の方針を策定して審議し、了承を得た。

6. 処分地内雨量計の必要性の整理（審議）

処分地内雨量計の利用状況の整理や県が設置している豊島雨量局とのデータ比較等を行って、処分地内雨量計の必要性を審議し、他の観測装置等（高度排水処理施設の放流量等）と合わせて、処分地内雨量計を撤去することについて、了承を得た。

7. 第12回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会の審議結果（報告）

（1）排水基準の達成後の地下水浄化に対する基本的対応

第12回フォローアップ委員会において了承された「排水基準の達成後の地下水浄化に対する基本的対応」について、第20回地下水検討会（R3.8.15 Web開催）において了承された時点からの変更箇所を報告した。

（2）処分地全域での地下水における環境基準の到達及び達成の確認マニュアル

第12回フォローアップ委員会において了承された「豊島廃棄物等処理施設撤去等事業 処分地全域での地下水における環境基準の到達及び達成の確認マニュアル」について、第20回地下水検討会で了承された時点からの変更箇所を報告した。

遮水機能の解除に伴う地下水への影響調査の方法の検討（その 2）

1. 概要

第 21 回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会（R3.9.26 Web 開催）において、遮水機能の解除前後の地下水への影響に関して再検討が必要との意見があったため、今回、以下のとおり整理するものである。

2. 調査の目的及び手法等

（1）目的

遮水機能の解除に際しては、遮水壁により阻害されていた地下水の流動が変化するため、これに伴う地下水の水質への影響を確認することを目的とする。

（2）モニタリング地点

令和 3 年 9 月から環境基準の到達及び達成の確認に向けたモニタリングを開始している地下水計測点 4 地点（区画①、③①、③②、D 測線西側）のうち、遮水機能の解除による影響を最も受けると想定される北海岸に位置している 2 地点（区画①、③①）をモニタリング地点とする。また、内陸部の影響を把握するため、区画③②を参考地点に加える。

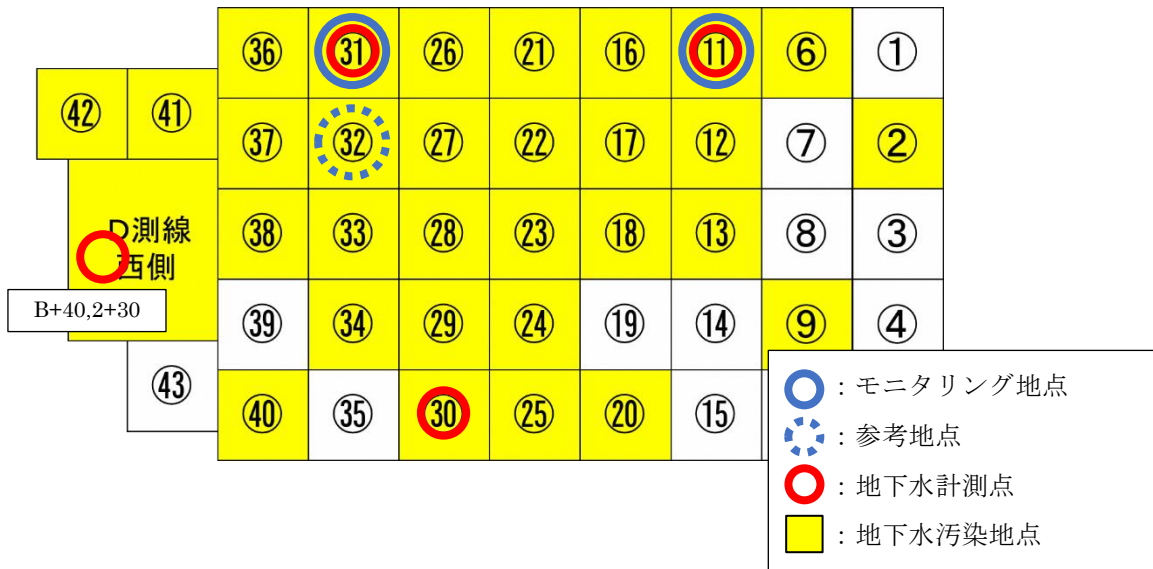


図 1 遮水機能の解除に伴うモニタリングの対象地点

(3) 計測時期等

遮水機能の解除工事開始前の令和3年11月から工事完了後の令和4年4月まで毎月計測し、必要に応じてその後も計測を実施することとする。採水時間は原則として干潮時とし、採水深度はスクリーン区間の中間深度とする。

また、モニタリング地点においては、潮汐の影響を確認するため、令和3年11月及び令和4年4月の大潮等の潮汐変動の大きい日に、満潮時から干潮時まで（又はその逆）を5回程度に分けて経時的に計測する。

(4) 計測項目

ベンゼン、1,4-ジオキサン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、クロロエチレン、塩化物イオン、地下水位及び電気伝導度とする。

3. 今後の予定

以上のとおり、遮水機能の解除に伴う地下水の水質の測定を実施し、測定結果等について当検討会に報告する。

第12回、第13回豊島事業関連施設の撤去等検討会の審議概要

第12回豊島処理事業フォローアップ委員会（R3.8.19）以降に開催された豊島関連施設の撤去等検討会は第12回（R3.9.26）及び第13回（R3.11.26）である。その審議結果の概要は以下のとおりである。

第12回豊島関連施設の撤去等検討会（R3.9.26）

1. 令和3年度に実施あるいは検討する撤去工事等の概況（その3）（報告）

第11回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会で審議・了承された令和3年度に実施あるいは検討する撤去工事等の実施状況及び予定について報告した。

2. 豊島廃棄物等処理関連施設の第Ⅱ期工事に関する撤去手順における改訂（審議）

第12回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会で審議・了承された「遮水機能の解除工事に係るガイドライン及びマニュアルの作成」及び「令和3年度の豊島廃棄物等処理施設撤去等事業の概要：改訂」に伴い、撤去手順における改訂について、審議・了承を得た。

3. 令和3年度に実施する撤去工事等に関する手続き状況と実施計画書（案）の作成（その2）（審議）

③-2 その他地下水の集水・貯留・送水施設（集水井）、④高度排水処理施設及び関連施設並びに⑤簡易地下水処理施設、①-4 処分地内の雨水の集水・貯留・排除施設（西井戸）並びに⑥-4 その他施設（高度排水処理施設周辺の処分地内道路）の撤去工事の実施事業者が作成した実施計画書について、審議・了承を得た。

<委員からの主な意見等>

- 高度排水処理施設の外壁仕上げ塗材の石綿含有事前調査の内容と結果及び対応について、記載すること。【改訂版にて対応済み。】
- 高度排水処理施設の解体に伴い、情報表示システムの高度排水の自動更新が止まる旨を、システム内で断っておくこと。
- 集積場で撤去廃棄物が混ざらないよう分別保管に注意すること。

4. 令和3年度に実施する撤去工事等に関する基本計画書（案）の作成（その3）（審議）

⑨遮水機能の解除関連工事並びに②遮水壁近傍地下水の集水・貯留・送水施設、⑥-2 その他施設（ベルトコンベア）、⑥-3 その他施設（豊島専用栈橋）の撤去工事の基本計画書について、審議・了承を得た。

<委員からの主な意見等>

- 遮水機能の解除工事のために土堰堤を一部掘削するが、掘削断面は円弧すべりの外側となるた

め問題はない。

- 豊島専用栈橋については、直島栈橋の撤去実績も踏まえる旨を記載すること。【改訂版にて対応済み。】

5. 令和3年度中に発生する施設の解体撤去物等の数量の推定とその搬出への対応（審議）

専用栈橋の撤去工事前までの令和3年度中に発生する解体撤去物等の発生量を推定するとともに、その搬出への対応をについて、審議・了承を得た。

<委員からの主な意見等>

- 集積場で分別していたものが、船に積み込んだ際に、混載にならないよう注意すること。
- 年末年始は船が休むため、集積場の容量管理に注意すること。

6. 第Ⅱ期工事等における施設の解体撤去物等の海上輸送マニュアルの作成（審議）

施設の解体撤去物等を専用栈橋より海上輸送することから、海上輸送マニュアルの作成について、審議・了承を得た。（別紙）

<委員からの主な意見等>

- 豊島専用栈橋を利用した資機材等の搬出入にあたって記載すること。【改訂版にて対応済み。】

7. 今後の豊島廃棄物等処理関連施設の撤去等に関する基本計画の改訂（審議）

海上輸送マニュアルの策定に伴い、今後の豊島廃棄物等処理関連施設の撤去等に関する基本計画の改訂について、審議・了承を得た。

8. その他

豊島廃棄物等処理施設撤去等事業における新型コロナウイルス陽性者の発生に伴う対応について報告した。

<委員からの主な意見等>

- 各作業グループが直接接触しないような作業工程を組むのが、まん延防止対策としては有効である。
- 今回の陽性者の発生を踏まえて、健康管理委員会でマニュアルの見直しを行い、フォローアップ委員会に報告すること。

第13回豊島関連施設の撤去等検討会（R3.11.26）

1. 令和3年度に実施あるいは検討する撤去工事等の概況（その4）（報告）

第11回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会で審議・了承された令和3年度に実施あるいは検討する撤去工事等の実施状況及び予定について報告した。

2. 令和3年度に実施する撤去工事の施工状況（報告）

①-1, -2, -3, -5, -6 処分地内の雨水の集水・貯留・排除施設（処分地進入路の排水路、承水路、承水路下トレンチドレーン、沈砂池1・2）、⑦処分地外周からの雨水の集水・排除、③-2 その他地下水の集水・貯留・送水施設（集水井）、④高度排水処理施設及び関連施設並びに⑤簡易地下

水処理施設、①-4 処分地内の雨水の集水・貯留・排除施設（西井戸）並びに⑥-4 その他施設（高度排水処理施設周辺の処分地内道路）の撤去工事の施工状況について報告した。

3. 令和3年度に実施する撤去工事等に関する手続き状況と実施計画書（案）の作成（その3）（審議）

⑨遮水機能の解除関連工事並びに②遮水壁近傍地下水の集水・貯留・送水施設の撤去工事の実施事業者が作成した実施計画書について、審議・了承を得た。

<委員からの主な意見等>

- 遮水壁の引抜く順番や発生する掘削土の仮置き場等は、整理ができた段階で特記事項として、委員と住民に周知すること。
- 引抜き時の県監督の確認について、順調に引抜け、遠隔監督に切り替える場合は、連絡体制を整え、委員と住民に周知すること。

令和 3 年 9 月 26 日

Ⅲ. 6-2 第Ⅱ期工事等における施設の解体撤去物等の海上輸送マニュアル(案)

第 1 マニュアルの主旨

1. 本マニュアルは、施設の解体撤去物等の海上輸送の実施方法等を定めたものである。
2. 本マニュアルに定める海上輸送の実施方法等は、必要に応じて適宜見直すこととする。

〔解説〕

本マニュアルでは、施設の解体撤去物等の海上輸送の実施方法等について、特に配慮すべき事項を定める。

なお、本マニュアルに定める内容は、必要に応じて適宜見直すこととする。

第 2 マニュアルの概要

1. 「Ⅲ. 2-2 第Ⅱ期工事等における施設の解体撤去物等の分別の確認と払出し・処理委託マニュアル」に基づき分別された施設の解体撤去物等については、原則、豊島専用棧橋を活用して海上輸送を行うものとする。
2. 海上輸送は、内航海運業法（昭和 27 年法律第 151 号）第 3 条第 1 項の登録を有する者により、行うものとする。

〔解説〕

分別された施設の解体撤去物等について、令和 4 年 3 月末までは、原則、豊島専用棧橋を活用し、海上輸送を行う。なお、搬出量が少量の場合には、トラックにより家浦港からフェリーにて島外搬出を行うこともあるが、その場合は、本マニュアルの対象外となるものの、別途規定の「豊島の島内道路を活用した廃棄物等の輸送・運搬に関するマニュアル」に準拠して搬出を行わなければならない。

工事等の受託者は、海上輸送業務について、国内における船舶による輸送事業を行うために必要とされる内航海運業法（昭和 27 年法律第 151 号）第 3 条第 1 項の登録を有する者に委託して実施する。

第 3 マニュアルの適用範囲

1. 本マニュアルの適用範囲は、施設の解体撤去物等を豊島専用棧橋上で輸送船に荷揚げし、荷下ろし施設まで海上輸送した後、荷下ろし施設の岸壁で払出し・処理委託先に引き渡すまでとする。

〔解説〕

海上輸送にあたり、特に配慮が必要な作業としては、豊島専用棧橋での荷揚げから、海上での運送、荷下ろし施設の岸壁での払出し・処理委託先に引き渡しまでであることから、その範囲を本マニュアルの適用範囲とする。

第4 豊島専用棧橋における施設の解体撤去物等の積込み

1. 施設の解体撤去物等は、積替え施設及び積替え施設前に分別集積・一時保管する。
2. 輸送船に積み込む際には、施設の解体撤去物等をバックホウ等で運搬車輛に積み込み、積替え施設に隣接されたトラックスケールで計量を行い、記録を整理する。
3. 豊島専用棧橋上に設置した、輸送船に積み込むためのヤード（以下、「積込みヤード」という。）まで運搬し、慎重にダンプアップを行い、飛散防止に配慮するとともに安全な荷下ろしに努める。なお、輸送船がロールオン・ロールオフ船となる場合は、荷下ろし施設の揚陸状況により、運搬車輛ごとの輸送や、輸送船上での荷下ろし等を決定する。
4. 積込みヤードまでの運搬は、輸送船1隻分の積み込みに適した車輛規格・台数で行い、原則、徐行運転（概ね10km/h以下）にて走行する。なお、運搬車輛は輸送船の豊島専用棧橋への接岸が完了するまでは、棧橋の連絡橋部で待機し、その台数は1台までとする。
5. 輸送船への積み込みは、輸送船のクレーン（バケット付き）を使って行い、輸送船と積込みヤードの間には、落下防止対策を施す。なお、荷役作業開始前には荷役設備の点検を行う。
6. 原則、強風時や雨天時の作業は行わないものとする。

[解説]

施設の解体撤去物等は、積替え施設及び積替え施設前に分別集積する。積替え施設前の集積高さは5m未満とし、安定勾配を確保した形状で一時保管する。（図1）

積替え施設前にて、施設の解体撤去物等を、バックホウ等を用いて運搬車輛に積み込み、積替え施設に隣接されたトラックスケールで計量を行い、運搬車輛及び船舶が過積載とならないよう重量の管理を行う。なお、計量結果は荷役協定書に記載する。

計量後、豊島専用棧橋上に設置した積込みヤードまで運搬し、ゆっくりダンプアップを行い、飛散しないよう慎重に積込みヤード内への荷下ろしを行う。なお、輸送船がロールオン・ロールオフ船の場合は、荷下ろし施設で運搬車輛が自走で揚陸できる条件であれば、運搬車輛ごとの輸送とし、過積載とならないよう運搬車輛の重量を加味した重量の管理を行う。運搬車輛が自走で揚陸できない条件であれば、棧橋上の積込みヤードでの荷下ろしと同様に、輸送船上で飛散しないよう慎重に荷下ろしを行う。

積替え施設前から積込みヤードまでの運搬については、輸送船1隻分の積み込みに適した車輛規格・台数で行い、原則、徐行運転（概ね10km/h以下）にて走行するものとし、過積載とならないよう注意する。運搬車輛は輸送船の豊島専用棧橋への接岸が完了するまでは、棧橋の連絡橋部で待機し、その台数は1台までとする。（図2、写真1）

輸送船への積み込みは、輸送船のクレーン（バケット付き）で行い、輸送船と積込みヤードとの間には、シート張り等の落下防止対策を施す。なお、船内荷役作業指揮者は荷役作業開始前に荷役設備の点検を行い、必要な場合は整備等を行う。

原則、風速が8m/sを超えた場合や波高が0.8mを超えた場合（井島水道で白波が立ち始める）は全ての作業を中断することとする。また、大雨注意報発令時（土砂災害等のおそれが残っている場合の継続発表は除く）の作業は行わないものとし、作業中、雨音で話し声が良く聞き取れない状態となった場合^(※)は、作業員の安全確保の観点から、

直ちに積込みヤード及び輸送船上の施設の解体撤去物等をシートで覆い、天候が回復するまで作業を中断する。

その他、実施にあたっては、別で定める「海上輸送に係る基準」に従うものとする。
(※)気象庁のホームページによると、1時間雨量が10mm以上となった場合、屋内において雨音で話し声が良く聞き取れない状態とされている。

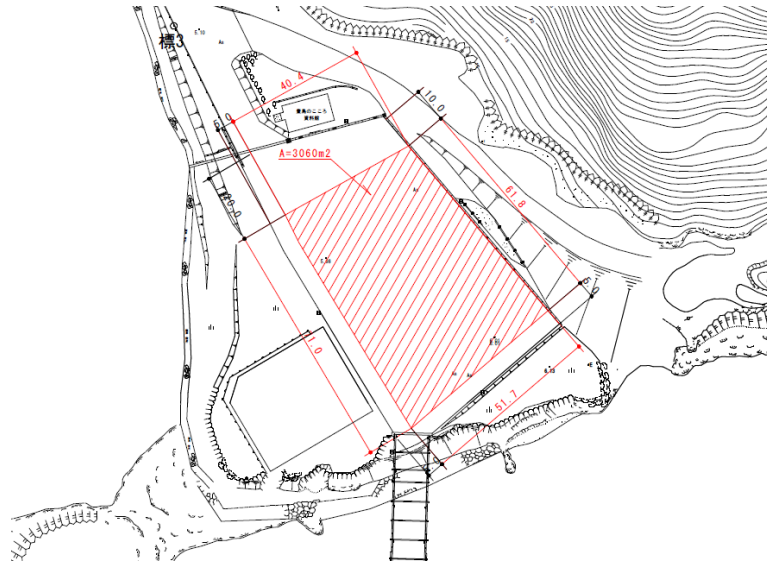


図1 積替え施設前の集積区域

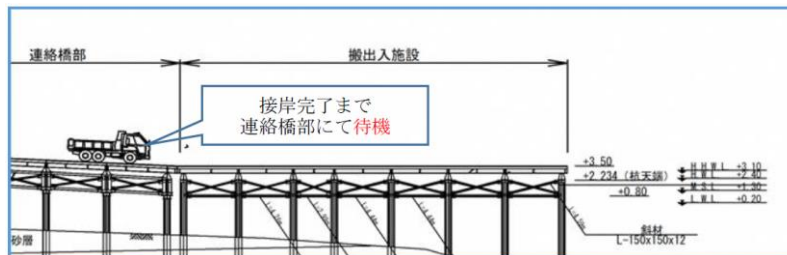


図2 専用棧橋利用時のイメージ図



写真1 専用棧橋利用時の車両待機場所

第5 航行安全対策

1. 海上輸送にあたっては、海上輸送業務受託者に統括させ、責任をもって実施させるものとする。
2. 施設の解体撤去物等の海上輸送の安全管理基準として次の事項を定める。
 - (1) 施設の解体撤去物等の海上輸送業務の実施にあたって、海上輸送の安全管理体制を確保するため、工事等の受託者は運航管理者との連絡・調整を担当する者を置く。
 - (2) 豊島専用棧橋への離着岸中止基準、接岸速度は次のとおりとする。
 - ① 豊島専用棧橋での離着岸中止基準
風速 10m/s 以上
波高 0.8m以上（井島水道で白波が立ち始める）
視程 1,000m以下
 - ② 豊島専用棧橋での輸送船の接岸速度
10cm/s 以下
 - (3) 工事等の受託者は、海上輸送業務受託者と連携して海上輸送に伴う海難の発生等の緊急事態に備えるため、緊急連絡体制を整備し、県に提出する。

[解説]

1. 工事等の受託者は、払出し・委託処理を実施する施設の解体撤去物等の海上輸送について、国内において船舶による輸送事業を行うために必要とされる内航海運業法第3条第1項の登録を有する者に委託し、船内荷役作業指揮者を選任のうえ、責任をもって実施させるものとする。
2. 施設の解体撤去物等の海上輸送業務は、工事等の受託者より、海上輸送業務受託者に委託し実施するものではあるが、施設の解体撤去物等の海上輸送に伴う輸送船の航行安全管理体制を確保し、豊島廃棄物等処理関連施設の撤去等の円滑な遂行を図るため、施設の解体撤去物等の海上輸送の安全管理基準を定める。

工事等の受託者は、海上輸送業務受託者の運航管理者との間で、運航計画の策定など海上輸送業務の実施に関する連絡・調整を行うために、連絡・調整を担当する者を置く。

輸送船の海上輸送の安全を確保するため、豊島専用棧橋を利用し海上輸送を行っていた廃棄物運搬船「太陽」に適用していた離着岸中止基準、接岸速度を施設の解体撤去物等の輸送船にも適用する。

工事等の受託者は、海上輸送に伴い海難の発生等の緊急事態が発生した場合に、海上保安官署等への連絡など海上輸送業務受託者と連携して行う緊急時における応急措置等を円滑に実施できるように、緊急時連絡体制を整備し、県に提出する。

第6 荷下ろし施設の岸壁（豊島外）における施設の解体撤去物等の荷下ろし

1. 荷下ろし施設の岸壁における払出し・処理委託先への引き渡しにあたっては、積み込み時と同様に施設の解体撤去物等の飛散及び落下の防止対策を施す。
2. 荷下ろし施設の使用にあたっては、施設管理者の定める規則等を遵守する。

[解説]

荷下ろし施設の岸壁（ロールオン・ロールオフ船による荷下ろし施設において運搬車輛が自走で揚陸できる場合を除く）における払出し・処理委託先への引き渡しにあたっては、輸送船のクレーン（バケット付き）を用いた荷卸し時に飛散防止に配慮するとともに安全に荷下ろしを行い、輸送船と荷下ろしヤードの間にはシート張り等の落下防止対策を施す。

荷下ろし施設の使用にあたっては、施設管理者の定める規則等を遵守し、必要な手続き及び対策を行う。

第7 豊島専用棧橋を活用した施設解体撤去等に用いる資機材等の搬出入

1. 豊島専用棧橋を利用した資機材等の搬出入にあたっては、輸送船1隻分の積み込みに適した車輛規格・台数で行い、原則、徐行運転（概ね10km/h以下）にて走行する。なお、豊島専用棧橋を走行する搬出入車輛は原則1台までとする。
2. 資機材搬出入に用いる輸送船の航行安全対策は第5の内容を適用する。
3. 原則、強風時や雨天時の搬出入は行わないものとする。

[解説]

豊島専用棧橋を利用した資機材等の搬出入については、施設の解体撤去物等の積み込み時と同様の安全対策を行うものとする。

豊島専用棧橋を利用する車輛については、棧橋利用時の安全面に配慮して走行車輛数を原則1台までとするほか、別で定める「海上輸送に係る基準」に従うものとする。

第8 情報の公開

1. 工事等の受託者が作成した運航計画については、事前に関係者に周知する。

[解説]

工事等の受託者は、施設の解体撤去物等の輸送開始時期及び輸送量をあらかじめ海上輸送業務受託者に示し、運航計画を作成のうえ、県に提出する。県は提出された運航計画に基づき、事前に地元や漁協等関係者に運航予定を周知する。

海上輸送に係る基準

1 輸送船

- (1) 海上輸送は、豊島専用棧橋を使用するので、豊島専用棧橋に安全に離接岸でき、荷役作業が行える船舶により行うものとする。
- (2) 運搬船は、牽引力 150kN 以下（船舶の総トン数 200 を超え 500 以下）の規格の船舶とする。ただし、牽引力 150kN 以下の規格の船舶が調達できない場合は、事前に断面照査を実施するなど安全に利用できることを確認のうえ、県の承認を得たうえで利用するものとする。また、荷役の飛散防止のため天蓋を有する船舶とするが、調達できない場合は、シート等で荷役を覆うものとする。
- (3) 豊島専用棧橋の使用や荷下ろし施設までの航路を安全に航行できる大きさ及び構造を有するものとする。
- (4) 荷役を行うためのクレーンを有するものとする。ただし、ロールオン・ロールオフ船の場合、荷下ろし施設で運搬車輛が自走で揚陸できる条件であれば、クレーンを有さなくてもよい。
- (5) 内航海運業法第 3 条第 1 項の登録を受けているものとする。
- (6) 輸送船の船倉洗浄污水は専用タンクに貯留し、適正に処理するものとする。

2 運航計画の策定

- (1) 海上輸送業務受託者は、工事等の受託者から通知された施設の解体撤去物等の海上輸送開始時期及び輸送量により、工事等の受託者と協議の上、航行計画を含む「海上輸送業務運航計画書」を定め、工事等の受託者に提出するものとする。

3 運航体制等

- (1) 輸送船は、船長 1 名、機関長 1 名、航海士 1 名、甲板員 1 名の 4 名以上の運航体制とし、船員法（昭和 22 年法律第 100 号）、船舶職員及び小型船舶操縦者法（昭和 26 年法律第 149 号）に準じた配乗とするものとする。
- (2) 豊島専用棧橋や荷下ろし施設での離接岸時には陸上作業員を配置し、綱取り、綱放し作業を行わせるものとする。

4 航行安全対策

- (1) 豊島専用棧橋での入出港及び荷役中止基準、接岸速度を遵守するものとする。
- (2) 航行時は海上衝突予防法、海上交通安全法及び港則法等の関係規則を遵守し、航路横断時は特に注意して航行するものとする。

5 豊島専用棧橋での作業手順

- (1) 豊島専用棧橋への離接岸時には、綱取り、綱放し作業を行う陸上作業員を配置するものとする。
- (2) 施設の解体撤去物等の運搬及び資機材等の搬出入時に使用する車輛は、積載物を含み 240kN 以下（14t 車を想定 $W=10t+14t=240kN$ ）の重量とする。ただし、240kN 以下の車輛が

調達できない場合は、事前に断面照査を実施するなど安全に利用できることを確認のうえ、県の承認を得たうえで利用するものとする。

また、豊島専用棧橋の走行車両数は原則1台までとするが、資機材等の重量が少なく使用する車両規格が想定する重量より明らかに小さい場合については、240kN を上限に走行方法を定め、県の承認を得たうえで利用するものとする。

- (3) 荷役作業は、輸送船のクレーンにより行うこととする。ただし、ロールオン・ロールオフ船の場合、荷下ろし施設で運搬車両が自走で揚陸できる条件であれば、運搬車両ごとの輸送とし、できない条件であれば、輸送船上で荷下ろしを行うこととする。
- (4) 荷役作業は、原則として日中に行うものとする。なお、荒天時は原則、荷役作業中止基準により荷役作業を中止する。

豊島専用棧橋での荷役作業中止基準

風速 8m/s 以上

波高 0.8m以上(井島水道で白波が立ち始める)

- (5) 豊島専用棧橋での係留中の安全確保に留意するものとする。

6 豊島専用棧橋から荷下ろし施設までの海上輸送

- (1) 輸送船には廃棄物の処理及び清掃に関する法律に規定する産業廃棄物を運搬している旨の表示を行うものとする。
- (2) 海上輸送中の天候悪化等による航行中止に備え、あらかじめ避難港を定めるものとする。なお、休日及び夜間の輸送船の待機場所について、海上が静穏な状態であれば豊島専用棧橋での待機も可能であるが、強風、波浪、高潮等の注意報の発令時は、最寄りの避難港を定めること。

7 荷下ろし施設での作業手順

- (1) 荷下ろし施設への離着岸中止基準や荷役作業中止基準については、豊島専用棧橋の基準を準用するものとするが、施設管理者の定める規則等がある場合はこの限りではない。
- (2) 荷下ろし施設への離接岸時には、綱取り、綱放し作業を行う陸上作業員を配置するものとする。
- (3) 荷役作業は、荷下ろし施設の陸上のクレーンまたは輸送船のクレーンを使用して行い、払出し・処理委託先に引き渡すものとする。
- (4) 荷役作業は、原則として日中に行うものとする。

8 荷役協定書

- (1) 荷役協定書に必要事項を記載し、工事等の受託者にその写しを送付するものとする。

9 安全管理体制等

- (1) 海上輸送業務の実施にあたっては、関係法規を遵守するとともに、輸送作業の安全確保の観点から、内航海運業法第9条に定める安全管理規程の写しを提出するものとする。
- (2) 海上輸送業務全体を統轄する運航管理者を 1 名選任するとともに、副運航管理者を選任し、運航管理者を補佐させるものとする。

- (3)海上輸送中の輸送船の位置を常時確認できるようにするものとする。
- (4)緊急時の連絡体制を定めるものとする。
- (5)船舶保険、PI保険に加入するものとする。

10 関連法令及び条例の遵守

- (1)海上輸送業務の実施にあたっては、大気汚染防止法、騒音規制法、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律、廃棄物の処理及び清掃に関する法律、水質汚濁防止法、悪臭防止法、振動規制法、ダイオキシン類対策特別措置法その他の国民の健康の保護又は生活環境の保全を目的とする法令等を遵守するものとする。
- (2)国が定める法令のほか、海上輸送業務実施地を管轄する都道府県等が定める条例等を遵守するものとする。

豊島処分地の水管理マニュアルの作成

第12回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会(R3.8.19Web開催)において、「排水基準の達成後の地下水浄化に対する基本的対応」が審議・了承され、追加的浄化対策の一つとして、浸透池や貯留トレンチ等を活用した揚水・注水浄化を実施するとともに、遮水壁や集水井等の撤去工事においては、工事中の湧水の管理が必要となってくる。このため、本件処分地の水管理の検討を第21回地下水検討会(R3.9.26Web開催)で行い、第22回地下水検討会(R3.10.28Web開催)において、別紙1のとおり、「豊島処分地の水管理マニュアル(案)」が審議・了承された。

今回、フォローアップ委員会で審議のうえ、「豊島処分地の水管理マニュアル」として決定いただく。

**豊島廃棄物等処理施設撤去等事業
豊島処分地の水管理マニュアル
(案)**

<目次>

I	主 旨	1
II	基本的な考え方	1
III	維持管理	2
1	通常時の管理	2
2	荒天時の管理	3

【修正履歴】

年 月 日	摘 要	審 議 等
R3. 〇. 〇	第13回フォローアップ委員会	マニュアルの策定

I 主旨

- 1 本マニュアルは、排水基準の達成の確認後の豊島処分地における水管理が適切に行われるよう、維持管理手法等を取りまとめたものである。
- 2 本マニュアルの対象となる水は、以下のとおりである。
 - ・揚水井、観測井等から揚水した地下水（揚水）
 - ・遮水壁や集水井等の撤去工事において発生した湧水
 - ・浸透池、貯留トレンチ等に貯留した揚水、湧水等
 - ・処分地内部及び周辺部に降った雨水

II 基本的な考え方

- 1 処分地の水管理については、通常時及び以下に示す荒天時において、地下水、湧水その他汚染のおそれがあり管理が必要な水（以下、「管理水」という。）を適切に管理し、表1に示す豊島処分地の水管理における放流時の管理基準（以下、「管理基準」という。）に適合しない水が海域へ流出することがないように実施する。なお、管理水は汚染のおそれのない雨水と分けて管理する必要がある。

注) 管理基準は、「豊島廃棄物等処理施設撤去等事業高度排水処理施設運転・維持管理マニュアル」(第3回フォローアップ委員会 H30.3.24 改訂・第9回同委員会 R02.8.28 最終改訂)に定める「高度排水処理施設の管理基準」を基に定めており、排水基準項目とニッケルが定められている。

○荒天時：土庄町に「暴風警報」が発表された場合（以下「強風時」という。）又は「大雨注意報」「大雨警報」が発表されたとき及び廃棄物対策課において梅雨等の長雨により処分地内に大量の出水が予想されると判断した場合（以下「異常降雨時」という。）等、荒天が予想される場合。

注) 上記の「荒天時」の定義は、「豊島廃棄物等処理施設撤去等事業 暫定的な環境保全措置の施設等に関する維持管理マニュアル」(第4回フォローアップ委員会 H30.9.23 改訂・第7回同委員会 R01.9.15 最終改訂)による。

- 2 通常時において留意が必要な主な管理水に、追加的浄化対策（リバウンド発生時はリバウンド対策）による揚水、及び工事に伴う湧水があり、荒天時には貯留されている管理水等がある。また、雨水については通常時は地下水の自然浄化の促進に活用し、荒天時は処分地への流入量を調整する必要がある。
- 3 管理水については、浸透池等からの地下浸透を実施し、浸透量が確保できない場合等には、場外への放流を実施する。なお、異常降雨時には、事前に浸透池等の貯留量を減らして余裕を確保するとともに、異常降雨等により万が一管理水が浸透池等から流出した場合には、採水して分析結果を後日報告する。
- 4 処分地内部に降った雨水の一部は地表から地下浸透し、浸透しなかった雨水は沈砂池を経由して場外に排出される。処分地周辺部等に降った雨水は、外周排水路を経由して貯留トレンチ、新貯留トレンチ、浸透池等に貯留した後、浸透池、揚水・注水井、井戸側等に導水し、地下水浄化の促進のため、地下浸透又は注水等に使用する。なお、異常降雨時には、貯留トレンチ等への導水を停止し、外周排水路から場外に排出する。

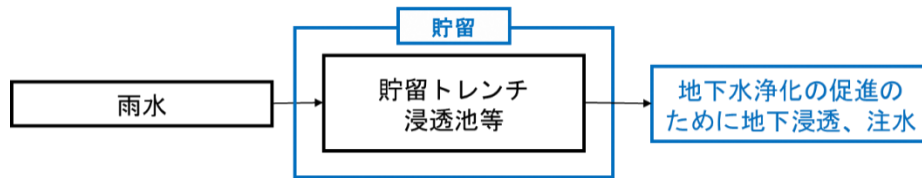


図1 雨水の管理のイメージ（通常時）

Ⅲ 維持管理

1 通常時の管理

【廃棄物対策課】

常に気象情報の把握に努めるとともに、以下のとおり管理水の管理を実施、又は請負者に指示する。

(1) 浸透池等からの地下浸透

管理水の地下浸透を実施する場合は、発生場所から浸透池、井戸側等に導水する。導水する管理水は「処分地全域での地下水における環境基準の到達及び達成の確認マニュアル」に規定する計測項目5物質¹の濃度を把握するとともに、必要に応じて、散水、曝気等を実施し、濃度を低下させた上で浸透させる。

なお、浸透池は、可能な限り管理水の発生場所周辺に設置することとする。

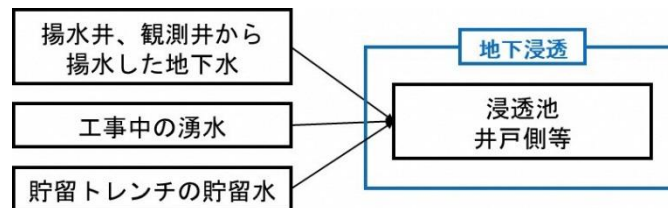


図2 管理水の管理のイメージ（浸透池等からの地下浸透）

(2) 場外への放流

管理水の放流を実施する場合は、貯留トレンチ、新貯留トレンチ、浸透池等にて一時貯留し、貯留水の水質が表1に示す管理基準に適合していることを確認²した上で放流する。貯留水の水質が管理基準に適合していない又はそのおそれがある場合は、浸透池等において散水、曝気等を実施し、その後、水質が管理基準に適合していることを確認した上で放流する。

なお、放流にあたっては、排水ポンプ、送水管、外周排水路等を利用して、北海岸もしくは西海岸から放流する。

1 ベンゼン、1,4-ジオキサン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン及びクロロエチレン

2 管理基準に定める項目のうち、5物質、pH、COD、n-Hex、溶解性鉄、溶解性マンガン、窒素含有量、リン含有量については必ず測定し、その他発生形態等から基準値を超過するおそれのない項目については検査を省略することができるものとする。なお、揚水等が化学処理の酸化剤の影響を受けている場合には、溶出のおそれのある金属類についても検査を実施する。

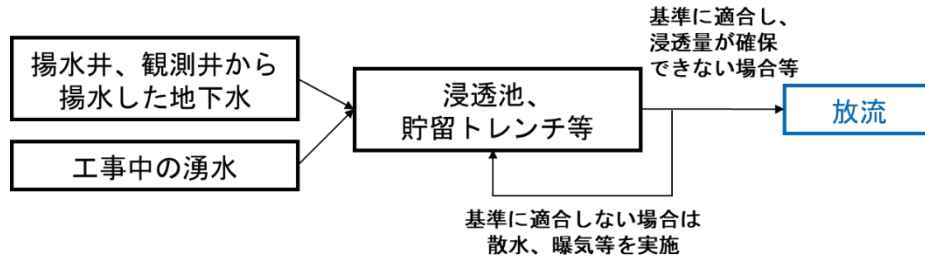


図3 管理水の管理のイメージ（場外への放流）

【請負者】

請負者は、処分地での作業日毎に1回又はそれ以外には週1回以上場内を巡回し、別紙「処分地チェック表」を用いて貯留トレンチ等の水位の監視及び設備の点検等を行い、その都度、結果を廃棄物対策課へ報告する。

また、廃棄物対策課の指示に従い、排水ポンプの稼働や送水管の設置等の作業を行う。

2 荒天時の管理

【廃棄物対策課】

気象状況データから判断し強風、異常降雨等の荒天が予想される場合には、請負者による監視強化を図るとともに、必要な場合は事前に職員を派遣し、現地の状況の把握に努める。また、状況に応じて以下の対応を実施、又は請負者に指示する。

(1) 事前の対応

- ・浸透池等の貯留量を減らして余裕を確保し、必要に応じて貯留トレンチや他の浸透池等へ管理水を導水する。
- ・管理水の水質を測定・把握し、雨水の流入により管理水が浸透池等から流出した場合でも、原則として管理基準の超過が起らないよう運用する。
- ・外周排水路に設置された切り欠きを閉鎖し、処分地周囲からの雨水の流入抑制策を講じる。

(2) 荒天時の対応

- ・雨水が浸透池等へ流入しないように管理するとともに、処分地内部に降った雨水は沈砂池を経由して場外に排出する。

(3) 事後の対応

- ・雨水の流入により万が一管理水が浸透池等から流出した場合は、浸透池等に残った管理水を採水し、分析結果を後日報告する。
- ・万が一処分地が冠水等して、管理水と雨水が混合した場合は、場外への放流の規定に基づき、水質を確認した上で溜まり水を放流する。

【請負者】

廃棄物対策課の要請に応じ、廃棄物対策課と密に連絡を取りながら、別紙「処分地チェッ

ク表」を活用して貯留トレンチ等の水位の監視及び設備の点検等を行う。また、安全に注意しながら、廃棄物対策課の指示する対応を実施する。ただし、請負者自身が危険と判断した場合は、作業を中止して安全な場所に避難し、廃棄物対策課へ連絡する。

表1 豊島処分地の水管理における放流時の管理基準

	項目	単位	基準値
健康項目	カドミウム及びその化合物	mg/L	0.03
	シアン化合物	mg/L	1
	有機リン化合物 (パラチオン、メパチオン、メルジメトニ及びEPNに限る。)	mg/L	1
	鉛及びその化合物	mg/L	0.1
	六価クロム化合物	mg/L	0.5
	砒素及びその化合物	mg/L	0.1
	水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	mg/L	0.005
	アルキル水銀化合物	mg/L	検出されないこと
	ポリ塩化ビフェニル	mg/L	0.003
	トリクロロエチレン	mg/L	0.1
	テトラクロロエチレン	mg/L	0.1
	ジクロロメタン	mg/L	0.2
	四塩化炭素	mg/L	0.02
	1,2-ジクロロエタン	mg/L	0.04
	1,1-ジクロロエチレン	mg/L	1
	シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/L	0.4
	1,1,1-トリクロロエタン	mg/L	3
	1,1,2-トリクロロエタン	mg/L	0.06
	1,3-ジクロロプロペン	mg/L	0.02
	チウラム	mg/L	0.06
	シマジン	mg/L	0.03
	チオベンカルブ	mg/L	0.2
	ベンゼン	mg/L	0.1
	セレン及びその化合物	mg/L	0.1
	ほう素及びその化合物	mg/L	230
	ふっ素及びその化合物	mg/L	15
	アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物	mg/L	100
1,4-ジオキサン	mg/L	0.5	
生活環境項目	水素イオン濃度 (pH)	—	5.0~9.0
	生物化学的酸素要求量 (BOD)	mg/L	30
	化学的酸素要求量 (COD)	mg/L	30
	浮遊物質 (SS)	mg/L	50
	ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (鉱油類含有量)	mg/L	5
	ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (動植物油脂類含有量)	mg/L	30
	フェノール類含有量	mg/L	5
	銅含有量	mg/L	3
	亜鉛含有量	mg/L	2
	溶解性鉄含有量	mg/L	10
	溶解性マンガン含有量	mg/L	10
	クロム含有量	mg/L	2
	大腸菌群数	個/cm ³	3000
窒素含有量	mg/L	120	
リン含有量	mg/L	16	
その他	ニッケル	mg/L	0.1
	ダイオキシン類	pg-TEQ/L	10

処分地チェック表

区 分	チェック項目
貯留トレンチ 新貯留トレンチ 浸透池 井戸側	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管理水の流出がないか。 ・ 貯留水の水位が適切か。 ・ 水位の著しい上昇又は下降がないか。
揚水井 観測井（観測井から 揚水している場合） 排水ポンプ 送水管	<ul style="list-style-type: none"> ・ ポンプが稼働しているか。 （動作音があるか） ・ 送水管から管理水が漏れていないか。 ・ 決められた箇所に揚水されているか。
工事中の掘削現場 外周排水路 沈砂池	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湧水・雨水等が溢れていないか。 ・ 壊れているところあるいはその恐れがあるところはないか。
荒天時の追加事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 雨の状況 ・ 風の状況 ・ 処分地内の溜まり水の状況 ・ 外周排水路の堰の状況

(連絡先)

(昼間) 廃棄物対策課 : TEL 087-832-3228、3225

(夜間・休日) 廃棄物対策課長又は課長が指定する職員

(携帯) 〇〇〇-〇〇〇〇-〇〇〇〇



別図1 浸透池等の配置図（地下水浄化対策実施時の例）



別図2 浸透池等の配置図 (撤去工事の実施時の例)

A3、B5及びF1における浄化対応の方針（案）

環境計測地点A3、B5は岩盤のクラック部分の地下水汚染が原因と考えられること、F1については遮水壁の外側（海側）に位置していることなど、他の地下水汚染対策地点と異なることから、「処分地全域での地下水における排水基準の到達及び達成の確認マニュアル」において、A3、B5、F1地点については、排水基準の到達・達成の対象としないこととした。

これらの地点の今後の取扱いについて、第22回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会（以下、「地下水検討会」という。）（R3.10.28Web開催）において、別紙1のとおり、「A3、B5及びF1における浄化対応の方針(案)の策定」が審議・了承された。

そこで今回、フォローアップ委員会に表1に示す「A3、B5及びF1における浄化対応の方針(案)」を答申する。審議のうえ、決定いただきたい。

表1 A3、B5及びF1における浄化対応の方針（案）

A3	A3は、揚水浄化及び化学処理による浄化対策を行っていたが、令和2年2月の化学処理以降、浄化対策を実施しておらず、地下水の汚染物質の濃度は、環境基準値以下で推移し、今後も環境基準値以下で推移することが見込まれる。このため、令和4年度の環境計測の後、豊島関連施設の撤去についての第Ⅱ期工事等で井戸を撤去する。
B5	B5は、揚水浄化及び化学処理による浄化対策を行っており、高度排水処理施設が稼働中は、揚水浄化を継続して実施していた。また、地下水の汚染物質の濃度は、1,4-ジオキサンが排水基準を超過しているものの低下傾向にあることから、今後の自然浄化の状況を把握するため排水基準値以下となるまで1,4-ジオキサンのモニタリングを継続し、その後も原則、環境基準の達成までの間、井戸を存置する。
F1	F1は、現在も自然浄化により濃度の低下傾向が見られること、遮水壁の外側に位置し遮水機能の解除に伴い浄化の促進が見込まれること、直近（令和3年3月4日）データが排水基準に適合していることから、豊島関連施設の撤去についての第Ⅱ期工事等で井戸を撤去する。

A 3、B 5 及び F 1 における浄化対応の方針（案）の策定

1. 概要

A 3、B 5 は岩盤のクラック部分の地下水汚染が原因と考えられること、F 1 については遮水壁の外側（海側）に位置していることなど、他の地下水汚染対策地点と汚染状況等が異なる。また、「処分地全域での地下水における排水基準の到達及び達成の確認マニュアル」により、A 3、B 5、F 1 地点については、排水基準の到達・達成の確認を行わないこととした。

これらの地点の今後の取扱いについて、第 16 回地下水検討会（R3. 2. 28web 開催）並びに第 21 回地下水検討会（R3. 9. 26web 開催）において審議され、今回、これらの地点における浄化対応の方針を策定した。

2. 第 21 回地下水検討会での審議の概要

A 3 及び F 1 の取扱いについては了承されたが、B 5 の井戸撤去については、水質の確認ができなくなるので存置するよう意見があった。

意見を踏まえ、B 5 については、井戸を存置することとする。

3. 浄化対応の方針（案）

岩盤のクラック部分に存在する汚染された地下水は量も少なく、その移動も遅いことから、本来は地下水浄化の対象とはしないこととなっている（第 19 回排水・地下水等対策検討会及び第 37 回管理委員会）。これまで A 3 及び B 5 の汚染された地下水は、特例的に揚水浄化等を実施していた。今回、地下水検討会の意見を踏まえ、表 1 のとおり、A 3、B 5 及び F 1 の浄化対応の方針（案）を策定し、令和 3 年 12 月に開催予定の豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会でこれらの地点における浄化対応の方針を決定する。

表 1 A 3、B 5 及び F 1 の浄化対応の方針（案）

A 3	A 3 は、揚水浄化及び化学処理による浄化対策を行っていたが、令和 2 年 2 月の化学処理以降、浄化対策を実施しておらず、地下水の汚染物質の濃度は、環境基準値以下で推移し、今後も環境基準値以下で推移することが見込まれる。このため、令和 4 年度の環境計測の後、豊島関連施設の撤去についての第Ⅱ期工事等で井戸を撤去する。
B 5	B 5 は、揚水浄化及び化学処理による浄化対策を行っており、高度排水処理施設が稼働中は、揚水浄化を継続して実施していた。また、地下水の汚染物質の濃度は、1,4-ジオキサンが排水基準を超過しているものの低下傾向にあることから、今後の自然浄化の状況を把握するため排水基準値以下となるまで 1,4-ジオキサンのモニタリングを継続する。 七、その後、井戸を撤去する。
F 1	F 1 は、現在も自然浄化により濃度の低下傾向が見られること、遮水壁の外側に位置し遮水機能の解除に伴い浄化の促進が見込まれること、直近（令和 3 年 3 月 4 日）データが排水基準に適合していることから、豊島関連施設の撤去についての第Ⅱ期工事等で井戸を撤去する。

地下水浄化の進捗管理

1. 概要

豊島処分地内の地下水の排水基準の達成の確認については、「処分地全域での地下水における排水基準の到達及び達成の確認マニュアル（令和2年8月28日策定）」に基づき、第18回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会（以下、「地下水検討会」という。）から第19回地下水検討会にかけて審議いただき、一定の意見を付した上で承認され、第12回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会（R3.8.19Web開催）において、その状況を報告し、承認された。

今回、同委員会において審議・了承いただいた「排水基準の達成後の地下水浄化に対する基本的対応」に基づき、一部の区画において実施している追加的浄化対策の状況、ならびに「処分地全域での地下水における環境基準の到達及び達成の確認マニュアル（令和3年8月19日策定）」に基づき実施している地下水計測の結果について報告する。

2. 排水基準の達成後の局所的な汚染源ごとの追加的浄化対策の実施状況

排水基準の達成後の局所的な汚染源（HS）では追加的浄化対策を実施しており、今後も地下水検討会の指導・助言を受けながら継続していく。（1）～（3）に、局所的な汚染源ごとの追加的浄化対策の状況を報告するとともに、その内容と現状を表1に、また地下水のモニタリング調査の状況を表2に示す。

なお、現時点でリバウンドは確認されておらず、リバウンド対策は実施していない。

(1) HS-⑩ (区画⑪⑩付近のベンゼンの汚染)

令和3年10月より、揚水井⑪-5、⑩-3、5、6、9から揚水し、区画⑪⑩の南側に設置した浸透池(約2,000 m³)から浸透させる揚水浄化を実施している。なお、浸透池への浸透状況や揚水の水質等を確認しながら、揚水量や揚水箇所を適宜、変更している。

引き続き、周辺の観測井の水質等を確認しながら、揚水井からの揚水を浸透池に浸透させる揚水浄化を実施していく。

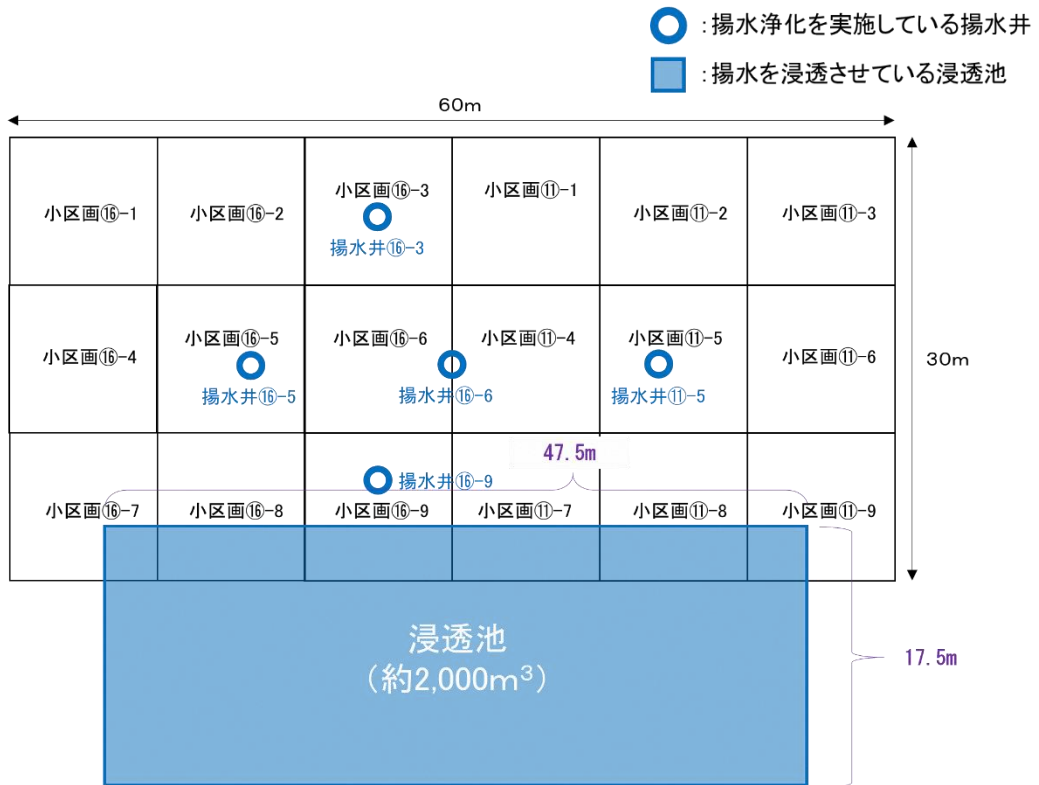


図1 HS-⑩における追加的浄化対策の状況(区画⑪⑩)

(2) HS-③⑩ (区画③⑩付近の1,4-ジオキサンの汚染)

令和3年10月から区画⑨の浸透池(約4,000 m³)に貯留した雨水を利用して、区画②⑤内の揚水井②⑤-4、5、7、8、井戸側及び釜場からの注水浄化を実施している。

引き続き、注水浄化の状況や周辺の観測井の水質等を確認しながら、雨水を利用した注水浄化を実施していくとともに、状況に応じて、揚水浄化も検討して実施する。

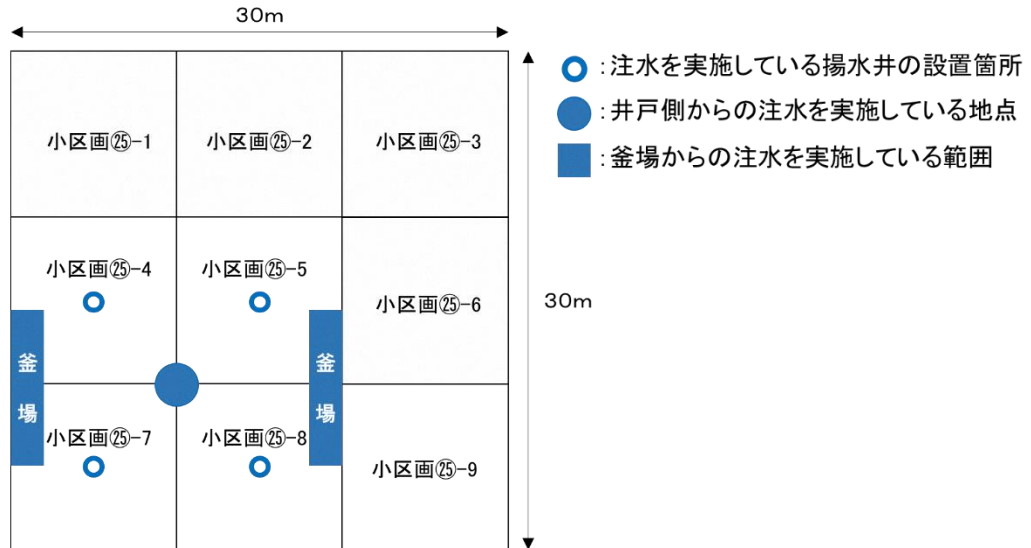


図2 HS-③⑩における追加的浄化対策の状況(区画②⑤内)

(3) HS-D西 (D測線西側付近のトリクロロエチレン等の汚染)

令和3年6月から周辺の井戸の水質を確認しながら、過硫酸ナトリウム溶液を注入井戸や注入トレンチから注入する化学処理を実施している。

また、小区画 B+40,3 付近に排水基準を超えるトリクロロエチレンが残存していたことから、令和3年11月に注入トレンチを北東側の小区画 B+40,3 等まで拡張した。

引き続き、周辺の観測井の水質等を確認しながら、過硫酸ナトリウム溶液を注入井戸や注入トレンチから注入する化学処理を実施する。

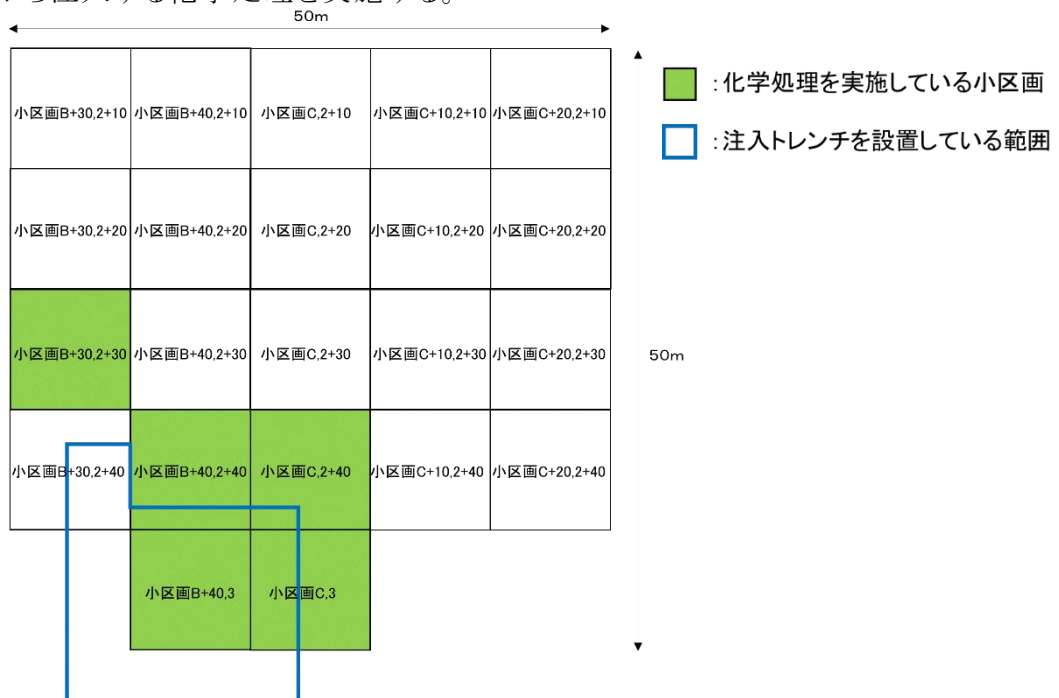


図3 HS-D西における追加的浄化対策の状況

表1 局所的な汚染源での追加的浄化対策等の内容と現状等：令和3年12月22日現在

地点	対策内容 (実施時期)	対策の経緯	地下水・雨水対策等検討会の見解	
			第21回 (R3.9.26)	第22回 (R3.10.28)
(1)HS-⑩	浸透池を利用した揚水浄化(R3.10～)	ベンゼンの汚染が確認されていることから、R3.10より、揚水井⑩-5、⑩-3、5、6、9から揚水し、区画⑩⑩の南側に設置した浸透池から浸透させる揚水浄化を実施している。	浸透池を活用した揚水浄化を実施すること。	浸透池を活用した揚水浄化を実施すること。
(2)HS-⑩	雨水を利用した注水浄化(R3.10～)	1,4-ジオキサンの汚染が確認されていることから、R3.10から区画⑨の浸透池に貯留した雨水を利用して、区画⑤内の揚水井⑤-4、5、7、8、井戸側及び釜場からの注水浄化を実施している。	注水浄化を実施すること。	注水浄化を実施しながら周辺の水質を確認し、必要に応じて揚水浄化を検討して実施すること。
(3)HS-D西	化学処理(R3.6～)	トリクロロエチレン等の汚染が確認されていることから、R3.6から過硫酸ナトリウム溶液を注入井戸や注入トレンチから注入する化学処理を実施している。また、小区画B+40,3付近に排水基準を超えるトリクロロエチレンが残存していたことから、R3.11に注入トレンチを北東側の小区画B+40,3等まで拡張した。	継続して化学処理を実施すること	注入トレンチを拡張するとともに、継続して化学処理を実施すること。
(4)区画⑩	—	—	—	—

表2 環境基準の到達に向けた地下水のモニタリング調査の状況

地点	地下水計測地点	調査期間
(1)HS-⑩	区画⑩	R3.9～
(2)HS-⑩	区画⑩	R3.9～
(3)HS-D西	地下水計測点(B+40,2+30)	R3.9～
(4)区画⑩	区画⑩	R3.9～

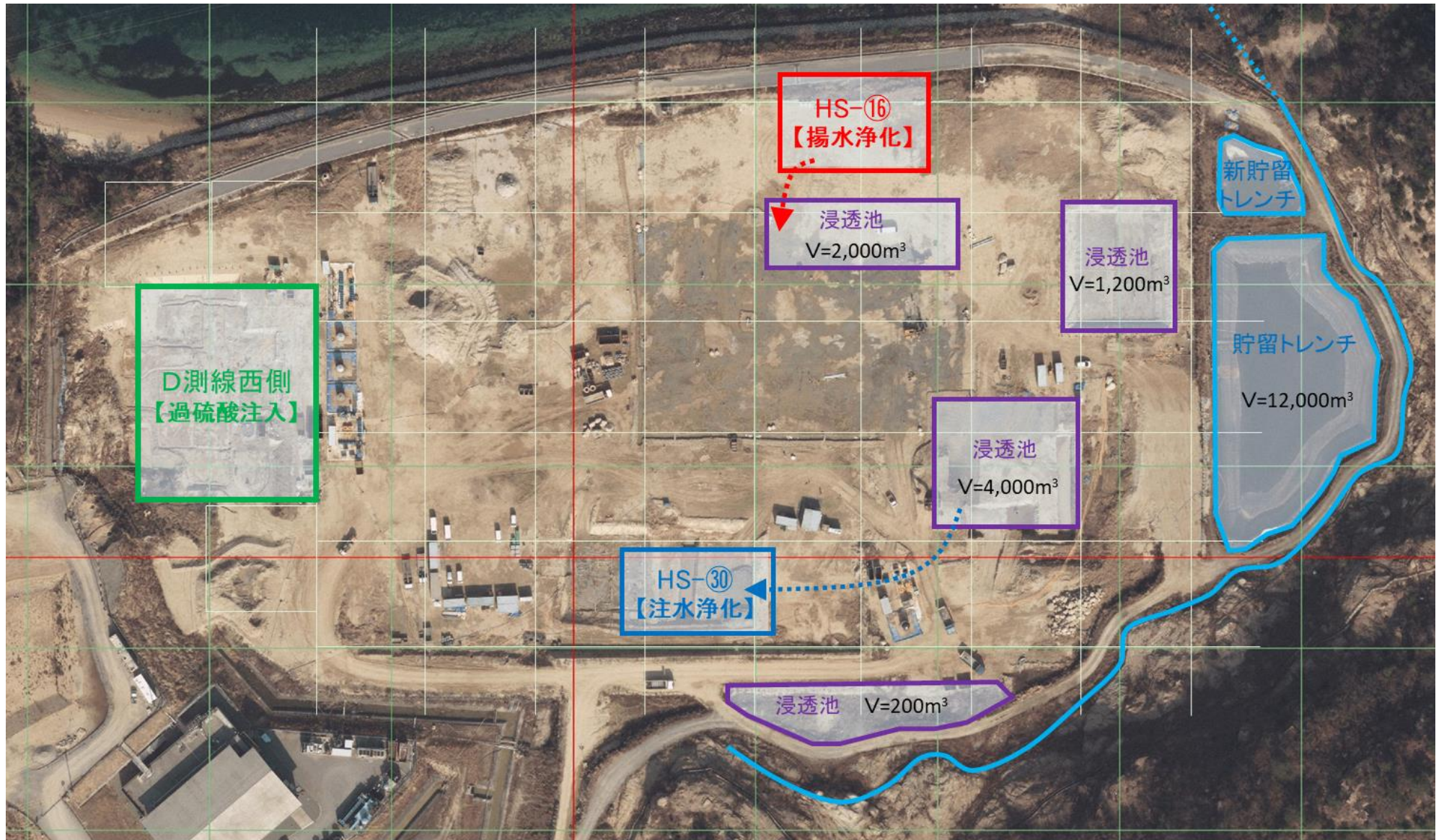


図4 局所的な汚染源での追加的浄化対策の実施状況

3. 環境基準の到達に向けて実施している地下水計測の結果

排水基準の達成後、環境基準の到達に向けて実施した地下水計測点①③①D 西-1 の水質調査結果について報告する。

上記の地下水計測点における令和3年9月～11月の水質調査の結果は表4～表6のとおりである。排水基準の超過は確認されていない。

4. 今後の予定

地下水の環境基準の到達に向け、所定の地下水計測を継続するとともに、当面、必要な追加的浄化対策も引き続き実施する。

表4 地下水計測点の水質の調査結果 (R3.9月)

地下水計測点	①	③	③	D西-1	地下水 環境基準	排水基準	検出下限
検体採取日	R3.9.27	R3.9.27	R3.9.27	R3.9.27			
観測井水位(T.P.)	0.85	1.05	0.56	0.66			
採取深度(T.P.)	-5.5	-2.5	-4.2	-3.5			
ベンゼン	<0.001	<0.001	0.012	0.044	0.01	0.1	0.001
1,4-ジオキサン	0.018	0.16	0.28	0.10	0.05	0.5	0.005
トリクロロエチレン	<0.001	<0.001	<0.001	0.072	0.01	0.1	0.001
1,2-ジクロロエチレン	<0.004	<0.004	<0.004	0.040	0.04	0.4	0.004
クロロエチレン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0048	0.002	(0.02)	0.0002

(注1) 黄色は環境基準超過、橙色は排水基準超過である。

(注2) 単位は観測井水位、採取深度はm、その他はmg/Lである。

(注3) クロロエチレンは排水基準が定められていないが、環境基準の10倍の値を排水基準として評価した。

表5 地下水計測点の水質の調査結果 (R3.10月)

地下水計測点	①	③	③	D西-1	地下水 環境基準	排水基準	検出下限
検体採取日	R3.10.25	R3.10.25	R3.10.25	R3.10.25			
観測井水位(T.P.)	0.98	0.87	0.81	0.67			
採取深度(T.P.)	-5.5	-2.5	-4.2	-3.5			
ベンゼン	0.064	<0.001	0.013	0.039	0.01	0.1	0.001
1,4-ジオキサン	0.032	0.14	0.33	0.090	0.05	0.5	0.005
トリクロロエチレン	<0.001	<0.001	<0.001	0.050	0.01	0.1	0.001
1,2-ジクロロエチレン	<0.004	<0.004	<0.004	0.023	0.04	0.4	0.004
クロロエチレン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0055	0.002	(0.02)	0.0002

(注1) 表4の注釈は、表5においても同様とする。

表6 地下水計測点の水質の調査結果 (R3.11月)

地下水計測点	①	③	③	D西-1	地下水 環境基準	排水基準	検出下限
検体採取日	R3.11.10	R3.11.8	R3.11.10	R3.11.8			
観測井水位(T.P.)	-0.42	0.27	0.06	-5.24			
採取深度(T.P.)	-5.5	-2.5	-4.2	-3.5			
ベンゼン	0.082	<0.001	0.021	0.033	0.01	0.1	0.001
1,4-ジオキサン	0.13	0.13	0.22	0.17	0.05	0.5	0.005
トリクロロエチレン	<0.001	<0.001	<0.001	0.028	0.01	0.1	0.001
1,2-ジクロロエチレン	<0.004	<0.004	<0.004	0.044	0.04	0.4	0.004
クロロエチレン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.010	0.002	(0.02)	0.0002

(注1) R3.11月における区画①及び③の濃度は、表7に示す潮汐変動の影響調査結果の平均値を使用した。

(注2) 表4の注釈は、表6においても同様とする。

表7 潮汐変動の影響調査結果 (R3.11月)

地下水計測点	①						地下水 環境基準	排水基準	検出下限
	R3.11.10	R3.11.10	R3.11.10	R3.11.10	R3.11.10	平均値			
検体採取日	9:30	11:05	13:05	15:00	16:35				
検体採取時刻	9:30	11:05	13:05	15:00	16:35				
宇野港の潮位(T.P.)	-0.63	-0.03	0.85	1.41	1.39	0.60			
高松港の潮位(T.P.)	-0.66	-0.05	0.82	1.36	1.34	0.56			
観測井水位(T.P.)	-0.56	-0.51	-0.42	-0.32	-0.30	-0.42			
採取深度(T.P.)	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5			
化学的酸素要求量(COD)	31	32	32	32	32	32	—	30	0.5
塩化物イオン	650	700	670	700	700	680	—	—	1
トリクロロエチレン	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	0.1	0.001
クロロエチレン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.002	(0.02)	0.0002
1,2-ジクロロエチレン	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.04	0.4	0.004
ベンゼン	0.085	0.065	0.082	0.082	0.094	0.082	0.01	0.1	0.001
1,4-ジオキサン	0.11	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.05	0.5	0.005
電気伝導率	0.31	0.31	0.31	0.33	0.31	0.31	—	—	0.001

地下水計測点	③						地下水 環境基準	排水基準	検出下限
	R3.11.10	R3.11.10	R3.11.10	R3.11.10	R3.11.10	平均値			
検体採取日	9:30	11:00	13:00	15:00	16:30				
検体採取時刻	9:30	11:00	13:00	15:00	16:30				
宇野港の潮位(T.P.)	-0.63	-0.07	0.82	1.41	1.40	0.59			
高松港の潮位(T.P.)	-0.66	-0.09	0.79	1.36	1.35	0.55			
観測井水位(T.P.)	0.01	0.04	0.06	0.10	0.10	0.06			
採取深度(T.P.)	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2			
化学的酸素要求量(COD)	40	40	43	42	40	41	—	30	0.5
塩化物イオン	1200	1200	1200	1300	1300	1200	—	—	1
トリクロロエチレン	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	0.1	0.001
クロロエチレン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.002	(0.02)	0.0002
1,2-ジクロロエチレン	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.04	0.4	0.004
ベンゼン	0.018	0.019	0.023	0.023	0.023	0.021	0.01	0.1	0.001
1,4-ジオキサン	0.21	0.20	0.24	0.23	0.22	0.22	0.05	0.5	0.005
電気伝導率	0.41	0.45	0.44	0.47	0.45	0.44	—	—	0.001

- (注1) 黄色は環境基準超過、橙色は排水基準超過である。
- (注2) 単位は宇野港の潮位、高松港の潮位、観測井水位及び採取深度は(m)、電気伝導度は(S/m)、その他は(mg/L)である。
- (注3) 観測井水位の変動との比較のため、気象庁のHPに発表されている潮汐観測資料のうち、北海岸(北緯34度28分 東経134度2分)の経度に近い観測地点である高松港(北緯34度21分 東経134度3分)、北海岸の緯度に近い観測地点である宇野港(北緯34度29分 東経133度57分)の潮位を記載した。
- (注4) クロロエチレンは排水基準が定められていないが、環境基準の10倍の値を排水基準として評価した。

豊島処分地における地下水浄化の達成状況に関する評価

1. 概要

第 19 回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会（この検討会は豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会の下に置かれたもので、以下、「地下水検討会」という。一方、これ以前の豊島廃棄物等処理事業管理委員会の下に置かれたものが「排水・地下水等対策検討会」である。本資料では両者の資料を引用している。）(R3. 7. 31 開催)において、「処分地全域での地下水における排水基準の到達及び達成の確認マニュアル」に基づき、排水基準の達成が確認され、第 12 回豊島廃棄物等処理事業フォローアップ委員会(R3. 8. 19 開催)においてその旨が報告された。

ここでは、これまでの地下水浄化対策の効果とそれによる地下水浄化の達成状況について、積極的な地下水浄化対策を開始した時点(計測は平成 27 年から令和元年にかけて実施)と排水基準の達成後の令和 3 年 8 月時点での地下水の汚染物質濃度の計測結果を用いた比較・推算等から評価した。なお、今回の比較・推算等の評価は、地下水に溶けていない汚染物質、各濃度計測間の濃度変動、汚染物質の分解については考慮していない。

2. 処分地全域での地下水中の汚染物質量の把握

2-1 処分地全域での地下水中の汚染物質量の变化の把握

処分地全域での地下水中の汚染物質量については、地下水濃度の測定結果と地下水量の積の総和として算出する。

積極的な地下水浄化の開始前の処分地全域における汚染物質量（以下、「積極的対策前汚染物質総量」という。）については、平成 27 年から平成 29 年にかけて実施した処分地内の地下水汚染状況を把握するための調査（以下、「概況調査」という。）及び平成 30 年から令和元年にかけて実施した地下水汚染領域の把握のための調査（以下、「汚染領域調査」という。）を基に推算した。なお、D 測線西側は、先行して地下水の揚水浄化を行ったため、その際の詳細調査を利用した。

積極的な地下水浄化対策後の処分地全域における汚染物質量（以下、「積極的対策後汚染物質総量」という。）については、処分地全域における排水基準の達成後の令和 3 年 8 月の調査結果を基に推算した。

積極的対策前汚染物質総量と積極的対策後汚染物質総量の差から推定除去量を求め、積極的対策前汚染物質総量との比を浄化の達成度とした。

(1) 積極的対策前の汚染物質総量の算出

D 測線西側は、先行して平成 26 年 6 月から浅い層で、平成 27 年 4 月から深い層で揚水による浄化対策を開始したが、より効果的な揚水浄化の方法を検討するため、第 22 回排水・地下水等対策検討会(H28. 3. 13 開催)において、D 測線西側の地下水汚染の詳細な調査を実施している旨を報告した（「D 測線西側の地下水質等の状況」(第 22 回Ⅱ-3)）。第 3 回地下水検討会(H30. 3. 4 開催)では、その結果を「D 測線西側の地下水質等の状況(定期モニタリング、東側 5 か所の結果)」(⊗第 3 回Ⅱ/2-1)として取りまとめた。

その他の区域については、まず第 19 回排水・地下水等対策検討会 (H27. 2. 1 開催) で処分地全域の平面的な地下水汚染の状況を把握するため、その手法を「処分地内の地下水汚染状況を把握するための調査等の手法について」で定め、第 2 回地下水検討会 (H29. 11. 26 開催) において、その結果を「地下水概況調査等の状況」(Ⓔ第 2 回Ⅱ / 2 - 1) として取りまとめた。

また、より深い層の地下水汚染の状況を把握するため、その手法を「地下水汚染領域の把握のための調査方法」で定め、第 8 回地下水検討会 (R01. 8. 3 開催) で、その結果を「地下水汚染領域の把握のための調査結果 (その 2)」(Ⓔ第 8 回Ⅱ / 3) として報告した。これらの測定結果を基に、各区画の積極的な地下水浄化を始める前の汚染物質量を推算した。

D 測線西側においては、強風化花崗岩に到達するまでは、おおよそ 2 m 深度ごとに水質調査を実施し、その他 4 3 区画では最初の帯水層までの水質調査 (概況調査) 及び岩着を確認しながら地表から 5 m 深度ごとに水質調査 (汚染領域調査) を実施している。

図 1 に示すように、各区画の測定深度ごとの地下水量を算定し、これにその点の汚染物質濃度を掛け合わせることで深度ごとの汚染物質量を算出し、その合計を区画の汚染物質量とした。なお、調査結果が検出下限値未満である場合は、各物質の検出下限の値を使用した。また地下水量の算定にあたっては、一般的な土壌の有効間隙率が 20~40% であることから一律 30% としている (第 13 回地下水検討会 (R2. 8. 12 開催) の資料Ⅱ / 8 「地下水浄化対策の進捗状況と課題」においても、この値を用いている)。また、地下水面は、第 26 回排水・地下水等検討会 (H29. 2. 12 開催) の「汚染土壌の処理等」(26 回Ⅱ - 1) の中で報告した 30 メッシュ毎の基準水位とし、強風化花崗岩表面の深度は、ボーリング調査の柱状図等から設定した。

これら各区画の汚染物質量を合算し、積極的対策前の汚染物質総量とした。

区画ごとに使用データを整理したものと汚染物質量の算出結果等を表 1 に示す。なお、D 測線西側は、小区画ごとに詳細な調査を行っていることから表 1 の付表としてまとめ、その合計値を表 1 の D 西の値とした。

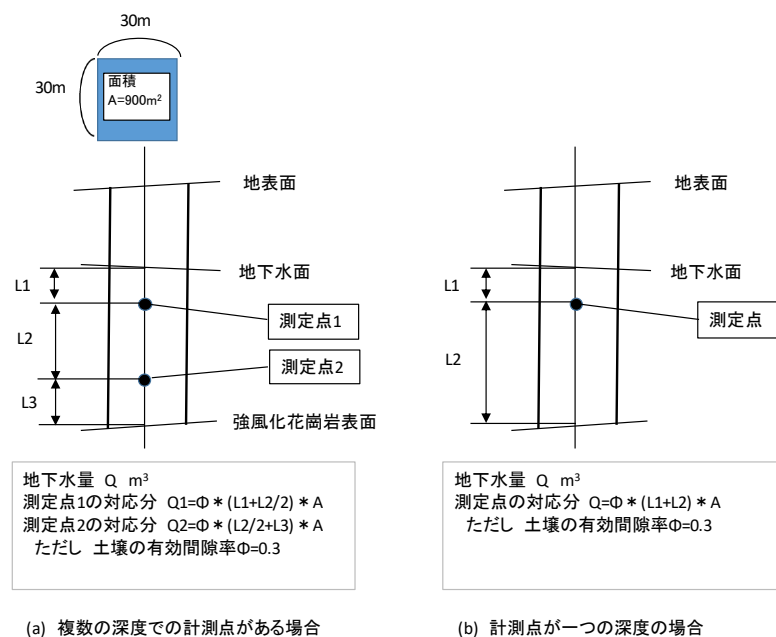


図 1 地下水量の算定の方法

表1 積極的な浄化対策前の区画ごとの汚染物質濃度等の測定結果と汚染物質質量等の算出結果

使用データ

A: 第1工区の地下水汚染状況を把握するための調査の結果(第20回排水・地下水検討会H27.7.4開催Ⅱ/1)

B: D測線西側の地下水詳細調査の結果(第23回排水・地下水検討会H28.4.24開催Ⅲ-2)

C: 地下水汚染領域の把握のための調査結果(水第4回H30.7.22開催Ⅱ/5)

区画		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
使用データ		A.C	A	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	C	A.C	A.C	A.C	A.C	C	A.C	A.C	A.C	C	A.C	A.C	A.C	
地下水	TP m	2.2	2.4	2.6	2.7	(水なし)	3.2	2.7	2.7	3.1	2.7	3.3	3.0	3.0	2.4	2.7	1.4	1.2	1.4	1.3	3.0	0.4	2.0	
強風化花崗岩表面		TP m	-1.6	-5.8	-6.1	-4.9	(水なし)	-5.86	-8.8	-8.2	-3.5	-0.1	-15	-17	-11.6	-1.7	0.2	-24.4	-18.7	-12.8	-3.8	-0.4	-25.4	-17.8
測定点1	深さT.P.	m	0.45	1.9	-0.3	1.4		2.05	2.15	1.8	2.65	1.9	1.7	2.2	2.4	1.85	2.2	0.5	0.3	0.9	0.6	2.05	-0.9	0.3
	ベンゼン	mg/L	ND	0.007	0.003	0.008		0.001	ND	0.011	ND	0.026	0.006	ND	ND	ND	0.004	0.11	0.071	ND	0.061	0.008	1.2	0.039
	1,4-ジオキサン	mg/L	0.012	0.026	0.049	0.26		0.011	0.058	0.007	0.009	0.061	ND	0.037	ND	0.5	0.47	0.053	0.070	ND	0.25	0.045	0.48	0.013
	トリクロロエチレン	mg/L	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	0.061	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
測定点2	深さT.P.	m	-1.1	-2.5	-2.5	-1.3		-2.5	-2.5	-10	-2.5	-2.5	-11	-2.5	-3.5		-2.5	-2.5	0.5		-0.6	-2.5	-2.5	
	ベンゼン	mg/L	0.001	0.21	0.008	0.009		0.86	0.014	0.010	17	0.66	0.34	1.2	0.004		1.6	1.6	0.18		0.012	1.4	1.8	
	1,4-ジオキサン	mg/L	0.009	0.89	0.26	0.035		0.15	0.047	0.15	17	0.097	0.37	1.0	0.007		0.082	0.034	0.55		3.7	0.66	1.1	
	トリクロロエチレン	mg/L	ND	0.085	ND	ND		ND	ND	ND	0.033	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND		0.002	ND	ND	
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L	ND	30	0.042	ND		ND	0.048	ND	0.15	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND		ND	ND	ND	
測定点3	深さT.P.	m	-5.3	-7.5				-6.4	-7.5	-2.8		-7.5		-4.5			-7.5	-7.5	-6.1				-7.5	-7.5
	ベンゼン	mg/L	0.14	0.013				0.037	ND		31	0.12		0.094	0.003		0.055	1.6	0.009			0.002	0.45	
	1,4-ジオキサン	mg/L	2.0	0.19				0.69	ND		16	0.18		2.0	0.009		1.7	0.26	0.080			0.31	0.6	
	トリクロロエチレン	mg/L	0.28	ND				0.043	ND		0.011	ND		ND	ND		ND	ND	ND			ND	ND	
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L	13	0.007				0.015	ND		0.13	ND		ND	ND		ND	ND	ND			0.007	ND	
測定点4	深さT.P.	m		0.66	0.0022			0.020	ND		0.030			ND		0.0029	ND		0.007	ND	ND		0.013	ND
	ベンゼン	mg/L												-10			-11		-12.5					-12.5
	1,4-ジオキサン	mg/L												0.006		0.062		0.005	0.044					0.42
	トリクロロエチレン	mg/L												0.077		1.1		0.17	0.49					0.75
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L												ND		ND		ND	ND					ND
測定点5	深さT.P.	m																						ND
	ベンゼン	mg/L																						ND
	1,4-ジオキサン	mg/L																						ND
	トリクロロエチレン	mg/L																						ND
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L																						ND
汚染物質質量	ベンゼン	g	1.0	281.0	21.5	17.8		1006.4	20.0	55.0	19623.1	19.7	953.3	1434.1	1783.6	5.1	2.7	1880.3	3948.3	194.6	84.0	10.8	1938.8	3103.9
	1,4-ジオキサン	g	11.3	1910.0	459.5	232.8		637.7	111.4	535.3	16187.1	46.1	385.7	1632.4	4897.9	435.1	317.3	2647.4	1091.8	736.7	344.3	1850.8	2567.7	3275.2
	トリクロロエチレン	g	1.0	227.0	2.9	2.1		30.5	3.1	5.3	27.6	0.8	3.3	6.2	3.3	2.0	1.4	3.1	3.0	3.8	1.4	1.6	7.0	4.1
	1,2-ジクロロエチレン	g	4.1	35831.9	50.8	8.2		18.2	69.7	21.3	143.5	46.1	13.0	24.8	13.2	8.0	2.7	12.3	12.1	15.3	5.5	4.4	44.4	16.2
	クロロエチレン	g	0.21	1991.1	12.7	1.4		13.8	0.6	1.1	55.6	0.2	0.7	2.5	3.8	0.4	0.1	9.8	0.8	0.8	0.3	0.2	71.9	0.8
地下水	m ³	1.026	2.214	2.862	2.052		2.727	3.105	5.319	1.782	756	4.941	6.210	3.942	1.998	675	6.966	5.373	3.834	1.377	1.107	6.966	5.400	
平均濃度※1	ベンゼン	mg/L	0.001	0.13	0.008	0.009		0.37	0.006	0.010	11	0.026	0.19	0.23	0.45	0.003	0.004	0.27	0.73	0.051	0.061	0.010	0.28	0.57
	1,4-ジオキサン	mg/L	0.011	0.86	0.16	0.11		0.23	0.036	0.10	9.1	0.061	0.08	0.26	1.2	0.22	0.47	0.38	0.20	0.19	0.25	1.7	0.37	0.61
	トリクロロエチレン	mg/L	0.001	0.10	0.001	0.001		0.011	0.001	0.001	0.016	0.001	0.0007	0.001	0.0008	0.001	0.002	0.0004	0.0006	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0008
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L	0.004	16	0.018	0.004		0.007	0.022	0.004	0.081	0.061	0.003	0.004	0.0034	0.004	0.004	0.004	0.002	0.004	0.004	0.004	0.006	0.003
	クロロエチレン	mg/L	0.0002	0.90	0.0044	0.0007		0.0050	0.0002	0.0002	0.031	0.0002	0.00013	0.0004	0.0010	0.00020	0.0002	0.0014	0.00015	0.0002	0.0002	0.0004	0.010	0.00015
区画		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	D西	
使用データ		A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	A.C	
地下水	TP m	1.9	1.3	2.2	0.3	0.4	0.7	0.7	1.4	0.5	0.5	0.6	1.0	1.1	0.4	1.4	1.1	1.3	1.4	3.3	3.3	0	1.74 ^{※3}	
強風化花崗岩表面		TP m	-11.8	-7.7	-7.6	-25.1	-24.6	-17	-12.1	-4.1	-25	-22.1	-16	-18	-3	-25.1	-22.3	-20.9	-20.5	-11.2	-10.6	-5.4	-3.7	
測定点1	深さT.P.	m	1.2	-0.5	1.1	-1.7	0.1	0.7	0.7	0.65	0.5	-0.35	0	0.2	0.4	-0.1	0.2	-0.7	-0.2	0.5	0.8	-0.3	-1.05	
	ベンゼン	mg/L	0.017	0.47	0.001	0.27	0.82	0.1	0.027	ND	0.049	0.64	0.035	0.022	0.002	ND	0.016	0.011	ND	ND	0.003	0.026	0.007	
	1,4-ジオキサン	mg/L	0.17	0.64	0.031	0.18	0.49	0.016	0.34	0.03	0.47	0.49	0.12	0.032	0.020	0.37	0.12	0.24	0.056	ND	0.071	0.072	0.090	
	トリクロロエチレン	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
測定点2	深さT.P.	m	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-12.95	-12.75	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	
	ベンゼン	mg/L	1.1	0.13	0.052	0.29	0.52	0.36	0.046	0.046	0.67	0.32	0.37	0.053	0.002	0.23	0.12	0.39	0.072	0.017	0.094	0.91	0.047	
	1,4-ジオキサン	mg/L	0.70	1.2	5.6	1.0	1.0	1.0	1.3	1.4	0.89	1.0	1.1	0.59	0.10	0.75	0.17	0.62	0.29	0.21	0.28	0.76	0.19	
	トリクロロエチレン	mg/L	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L	0.0015	ND	0.033	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0004	0.0012	ND	0.007	ND	ND	ND
測定点3	深さT.P.	m	-7.5	-7.2	-7.1	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-3.6	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5		-7.5	-7.5	-4.9	-3.2			
	ベンゼン	mg/L	0.015	0.003	0.006	0.004	0.26	0.12	0.012	0.037	0.003	0.042	0.11	0.069		0.024	0.097			0.054	0.012	ND	0.02	
	1,4-ジオキサン	mg/L	2.4	0.34	0.27	0.40	0.42	0.93	2.6	1.6	0.068	0.91	0.27	0.50		0.70	0.34			0.60	1.1	1.8	0.12	
	トリクロロエチレン	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			ND	ND	ND	ND	ND
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L	0.0002	ND	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			ND	ND	ND	ND	ND
測定点4	深さT.P.	m	-12.5				-12.5	-12.5	-11.6			-12.5	-12.5		-12.5			-12.5	-12.5					
	ベンゼン	mg/L	0.009				0.17	0.089	0.007			0.12	0.003		0.028					ND	0.004			
	1,4-ジオキサン	mg/L	0.70				0.97	1.6	3.0			2.7	3.6							0.048	0.23			
	トリクロロエチレン	mg/L	ND				ND	ND	ND			ND	ND		ND					ND	0.013			
	1,2-ジクロロエチレン	mg/L	ND				ND	ND	ND			ND	ND		ND					ND	0.007			
測定点5	深さT.P.	m					-17.5	-15.8				-17.5	-14.7		-17.5									
	ベンゼン	mg/L					ND	ND				0.009	ND		ND									
	1,4-ジオキサン	mg/L																						

表1付表 D側線西側での積極的な浄化対策前の汚染物質濃度等の測定結果と汚染物質質量等の算出結果

使用データ A: D側線西側の地下水詳細調査の結果(第23回排水・地下水検討会H28.4.24開催Ⅲ-2)

小区画	横 縦	B+40	C	C+10	C+20	B+30	B+40	C	C+10	C+20	B+30	B+40	C	C+10	C+20	B+40	C	C+10	C+20	B+40	C	C+10	C+20		
		2+10	2+10	2+10	2+10	2+20	2+20	2+20	2+20	2+20	2+20	2+30	2+30	2+30	2+30	2+30	2+40	2+40	2+40	2+40	3	3	3	3	
使用データ		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
地下水面※1		TP m	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	
強風化花崗岩上面※2		TP m	-12	-12	-16	-18	-6	-8	-12	-16	-18	-10	-8	-9	-15	-15	-8	-9	-12	-15	-7	-12	-12	-15	
計測点1	深さT.P.	m	-3.5	-3	-13.5	-3	-1	-1	-2	-13.5	-1	-1	-3	-1	-1	-1	-1.5	-1	-2	-0.5	-2.5	-1	-2		
	ベンゼン	mg/L	0.15	0.03	0.094	0.043	0.18	0.26	1	0.035	ND	4.7	0.22	0.011	0.01	0.002	0.017	0.031	0.002	0.052	0.11	0.15	0.024	0.029	
	1,4-ジオキサン		0.19	0.18	1.6	0.27	0.2	0.12	1	2.3	0.011	0.64	0.21	0.03	0.27	0.009	0.047	0.12	ND	0.19	1.6	0.036	0.021	0.079	
	トリクロロエチレン		0.048	0.006	2.3	ND	ND	0.017	ND	0.013	ND	0.18	ND	ND	ND	ND	0.004	0.012	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND
	1,2-ジクロロエチレン		0.13	0.01	1.1	ND	ND	3.1	ND	0.29	ND	0.75	ND	ND	ND	ND	ND	0.004	ND	ND	ND	ND	0.009	ND	ND
	クロロエチレン		0.014	0.0006	0.19	0.0008	0.0004	0.098	ND	0.13	ND	0.17	ND	ND	ND	0.0008	0.0031	0.0004	ND	0.0014	ND	0.0079	ND	0.0024	
測定点2	深さT.P.	m	-9.0	-5.0	-5.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-5.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-4.0	-3.0	-4.0	-2.0	-8.5	-3.5	-4.0		
	ベンゼン	mg/L	1.9	0.017	0.019	0.41	4	1.1	0.03	2	0.14	4.4	0.63	0.069	10	0.047	0.096	0.064	0.012	0.013	0.016	0.012	0.012		
	1,4-ジオキサン		1.7	2.9	1	0.065	1.4	1.3	0.18	0.2	0.67	1.9	0.56	0.35	7.9	0.47	0.83	0.3	0.29	0.43	0.1	0.11			
	トリクロロエチレン		0.5	0.001	ND	0.006	ND	ND	ND	0.29	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.009	ND	ND	0.001	0.28	ND	ND		
	1,2-ジクロロエチレン		0.52	ND	ND	1.6	ND	ND	ND	0.021	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	ND	0.008	ND	0.09	ND	ND		
	クロロエチレン		0.095	ND	0.0011	0.24	ND	ND	ND	ND	0.0042	0.0011	ND	ND	0.0004	0.0031	0.0062	0.0004	0.003	0.0004	0.02	0.0008	0.0011		
測定点3	深さT.P.	m	-7.0	-7.0	-5.0	-6.0	-5.0	-5.0	-5.0	-5.5	-7.0	-5.0	-5.0	-5.0	-5.0	-5.0	-7.0	-5.0	-6.0	-4.0	-6.5	-6.0			
	ベンゼン	mg/L	1.9	0.02	0.14	0.91	4.9	0.047	1.5	0.25	5.1	2.5	0.097	1.2	0.84	0.015	0.021	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007			
	1,4-ジオキサン		4.9	0.25	0.091	0.71	1.4	0.24	0.19	0.5	1.7	1.6	0.25	1.5	0.84	0.15	0.29	0.091	0.89	0.24					
	トリクロロエチレン		ND	0.001	0.52	0.14	ND	ND	0.057	0.026	0.001	ND	ND	ND	1.3	ND	ND	0.01	ND	ND					
	1,2-ジクロロエチレン		ND	ND	0.38	0.35	ND	ND	0.078	0.15	ND	ND	ND	0.14	8.9	ND	ND	ND	ND	ND					
	クロロエチレン		ND	0.0027	0.0077	0.028	ND	ND	ND	0.019	0.029	ND	ND	ND	0.18	1.2	0.0009	0.0013	ND	0.0031	0.0005				
測定点4	深さT.P.	m	-9.0	-9.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-8.5	-7.0	-7.5	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-8.0	-6.0	-9.0	-8.0				
	ベンゼン	mg/L	0.07	0.039	0.093	0.093	0.021	0.81	0.095	0.023	0.031	0.46	0.002	0.024	0.019	0.46	0.002	0.024	0.019	0.008	0.012				
	1,4-ジオキサン		3.6	0.25	1.5	0.43	0.085	3.2	1	0.36	0.26	0.13	0.4	0.097	0.65	0.23									
	トリクロロエチレン		0.092	ND	ND	0.002	0.001	ND	0.001	0.18	0.001	ND	ND	ND	ND	ND									
	1,2-ジクロロエチレン		0.023	ND	ND	ND	ND	0.006	ND	0.025	ND	ND	ND	ND	ND										
	クロロエチレン		0.0018	0.0015	ND	0.0013	ND	0.0026	ND	0.0016	0.0042	ND	0.0007	ND	0.0009	ND									
測定点5	深さT.P.	m	-11.0	-11.0	-9.0	-9.0	-9.0	-9.0	-9.0	-8.5	-10.5	-9.0	-8.5	-10.0	-8.5	-10.0	-11.0	-10.0							
	ベンゼン	mg/L	0.73	0.017	0.11	0.028	0.89	0.12	0.043	0.003	0.007	0.006	ND												
	1,4-ジオキサン		2.8	0.57	3	0.22	3.4	1.7	0.21	0.078	0.22	0.48	0.31												
	トリクロロエチレン		0.03	ND	0.092	ND	1.1	0.74	0.001	0.025	ND	ND	ND												
	1,2-ジクロロエチレン		0.007	ND	0.005	ND	4.8	1.3	ND	0.047	ND	ND	ND												
	クロロエチレン		0.0005	0.0005	0.0009	0.001	0.71	0.31	0.0009	0.0048	0.0002	0.001	0.0003												
測定点6	深さT.P.	m	-13	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-13.5	-11	-9.5	-12	-12											
	ベンゼン	mg/L	0.022	1.7	0.018	0.33	0.41	0.89	0.002	0.88	0.002	0.002													
	1,4-ジオキサン		1.6	1.6	0.85	1.8	2.2	1.6	0.88	0.6															
	トリクロロエチレン		ND	3.2	0.016	1.5	5.5	7.7	ND	ND															
	1,2-ジクロロエチレン		ND	0.069	0.017	1.7	4.6	18	0.004	ND															
	クロロエチレン		0.002	0.016	0.018	0.28	0.44	1.6	0.0023	0.0011															
測定点7	深さT.P.	m	-15	-13	-13	-13	-13	-13	-13	-14.5	-13	-11	-14	-14											
	ベンゼン	mg/L	0.24	0.45	0.15	0.15	1.3	0.001	0.002	0.002															
	1,4-ジオキサン		2.7	1.9	1	1.7	0.59	0.65																	
	トリクロロエチレン		3	4.3	2.1	9.1	ND	ND																	
	1,2-ジクロロエチレン		2.1	2.1	1.1	16	ND	ND																	
	クロロエチレン		0.36	0.38	0.12	1.3	0.0013	0.0013																	
測定点8	深さT.P.	m	-17	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-17	-15	-17	-15	-15											
	ベンゼン	mg/L	0.031	0.22	1.3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6												
	1,4-ジオキサン		0.74	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3													
	トリクロロエチレン		0.65	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1													
	1,2-ジクロロエチレン		0.35	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8													
	クロロエチレン		0.064	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28													
測定点9	深さT.P.	m	-17	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-17	-15	-17	-15	-15											
	ベンゼン	mg/L	0.025	0.84	0.47	0.35	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044												
	1,4-ジオキサン		0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84													
	トリクロロエチレン		0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47													
	1,2-ジクロロエチレン		0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35													
	クロロエチレン		0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044													
汚染物質質量	ベンゼン	g	363.7	168.2	50.0	31.3	53.2	424.7	555.6	18.6	50.5	859.0	61.3	609.6	250.1	55.3	701.5	96.3	108.7	14.5	12.1	35.1	5.7	6.3	
	1,4-ジオキサン		338.8	883.0	851.5	491.8	31.8	193.0	632.7	1224.1	358.8	108.6	106.4	514.9	569.4	315.7	584.9	143.1	218.4	187.8	170.0	91.7	156.9	139.6	
	トリクロロエチレン		97.8	8.4	1224.1	219.2	31.6	16.6	197.6	6.9	473.2	44.7	1.6	41.4	201.7	567.9	11.3	138.9	767.5	0.1	0.7	55.0	0.1	0.1	
	1,2-ジクロロエチレン		120.9	3.6	585.4	147.5	118.9	384.6	4.7	154.3	256.4	92.1	9.5	180.5	270.3	409.1	10.1	935.5	1517.0	1.1	0.3	19.5	0.4	0.5	
	クロロエチレン		19.7	0.7	101.1	26.1	14.9	14.2	2.2	69.2	44.4	21.3	2.5	27.7	54.4	42.6	11.6	126.6	129.2	0.7	0.9	5.6	0.9	0.8	
地下水量		m ³	412	412	532	622	232	292	412	532	592	352	292	322	502	502	292	322	412	502	262	412	502		
平均濃度※1	ベンゼン	mg/L	0.88	0.41	0.094	0.050	0.23	1.5	1.3	0.035	0.085	2.4	0.21	1.9	0.50	0.11	2.4	0.30	0.26	0.029	0.046	0.085	0.014	0.013	
	1,4-ジオキサン		0.82	2.1	1.6	0.79	0.14	0.66	1.5	2.3	0.61	0.31	0.36	1.6	1.1	0.63	2.0	0.44	0.53	0.37	0.65	0.22	0.38	0.28	
	トリクロロエチレン		0.24	0.020	2.3	0.35	0.14	0.057	0.48	0.013	0.80	0.13	0.005	0.13	0.40	1.1	0.039	0.43	1.9	0.0002	0.003	0.13	0.0002	0.0002	
	1,2-ジクロロエチレン		0.29	0.009	1.1	0.24	0.51	1.3	0.011	0.29	0.43	0.26	0.032	0.56	0.54	0.81	0.034	2.9	3.7	0.002	0.001	0.047	0.001	0.001	
	クロロエチレン		0.048	0.0017	0.19	0.042	0.064	0.049	0.0053	0.13	0.075	0.060	0.0085	0.086	0.11	0.085	0.040	0.39	0.31	0.0014	0.0033	0.014	0.0022	0.0017	

※1 平均濃度は汚染物質質量を地下水量で除した濃度である。

※2 各汚染物質のND値(いずれもmg/L)は、ベンゼン:0.001、1,4-ジオキ

(2) 積極的対策後の汚染物質総量の算出

処分地全域での地下水における排水基準の達成の確認を行った令和3年7月の観測井の測定結果（「処分地全域での地下水の状況（その10）」（㊦第19回R3.7.31開催Ⅱ／1））及び一部の区画については、令和3年8月の観測井の測定結果（「排水基準達成後の地下水の状況」（㊦第21回R3.9.26開催Ⅱ／1））を基に各区画の積極的な地下水浄化対策後の汚染物質量を推算した。なお、積極的な地下水浄化対策前の調査で排水基準を下回り、観測井を設置していない13区画については、地下水浄化対策前の値とした。

以上の各区画の汚染物質量を合算し、積極的対策後汚染物質総量とした。

区画ごとに使用データを整理したものと汚染物質量の算出結果等を表2に示す。

(3) 地下水浄化対策前後の総汚染物質量と地下水浄化の達成度の推定

積極的地下水浄化対策前後の総汚染物質量と地下水浄化の達成度の推定結果を表3に示す。この表に掲げた平均濃度は総汚染物質量を処分地全域での総地下水量で除したものである。

ベンゼン及び1,4-ジオキサンは、地下水浄化対策によりそれぞれ93.5%、77.4%除去されており、平均濃度では、すべての汚染物質で排水基準を下回っている。1,4-ジオキサンの達成度が他の物質より低い要因としては、水に溶けやすく土壤に吸着され難いため比較的低濃度で広範囲に拡散・汚染されていたことや除去が難しいこと、また後述するように他の物質の浄化促進のために行った注水によって地下水への還流があったこと等が考えられる。

一方、環境基準に対しては、ベンゼンが約2倍、1,4-ジオキサンが4倍程度までの浄化が進んでいると推測される。その他の3物質は92.4～97.8%除去され、平均濃度では、環境基準の1/2から1/10程度まで浄化が進んでいると推定される。

表3 地下水浄化対策前後の総汚染物質量と地下水浄化の達成度

物質名等	積極的対策前		積極的対策後		推定除去量(kg)	達成度(%)	排水基準(mg/L)	環境基準(mg/L)
	総汚染物質量(kg)	平均濃度(mg/L)	総汚染物質量(kg)	平均濃度(mg/L)				
総地下水量(m ³)	172,640		169,848		—	—	—	—
ベンゼン	51.5	0.30	3.3	0.020	48.2	93.5	0.1	0.01
1,4-ジオキサン	125.9	0.73	28.5	0.17	97.4	77.4	0.5	0.05
トリクロロエチレン	4.5	0.026	0.35	0.002	4.2	92.4	0.1	0.01
1,2-ジオクロロエチレン	42.0	0.24	0.92	0.005	41.1	97.8	0.4	0.04
クロロエチレン	3.0	0.017	0.12	0.001	2.8	95.8	0.02	0.002

※平均濃度は総汚染物質量を処分地全域での総地下水量で除した濃度である。

表2 積極的な浄化対策後の区画ごとの汚染物質濃度等の測定結果と汚染物質質量等の算出結果

使用データ

α: 処分地全域での地下水の状況(その10)(水第19回R3.7.31開催Ⅱ/1)

β: 排水基準達成後の地下水の状況(水第21回R3.9.26開催Ⅱ/1)

A: 地下水汚染領域の把握のための調査結果(その2)(水第8回R01.8.3開催Ⅱ/3)

区画		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
使用データ		A	α	A	A	α	α	A	A	α	A	β	α	β	A	A	β	α	α	A	α	α	α		
地下水面		TP m	2.2	2.4	2.6	2.7	(水なし)	3.2	2.7	2.7	3.1	2.7	3.3	3.0	3.0	2.4	2.7	1.4	1.2	1.4	1.3	3.0	0.4	2.0	
強風化花崗岩表面		TP m	-1.6	-5.8	-6.1	-4.9	(水なし)	-5.86	-8.8	-8.2	-3.5	-0.1	-15	-17	-11.6	-1.7	0.2	-24.4	-18.7	-12.8	-3.8	-0.4	-25.4	-17.8	
測定点1	深さT.P.	m	0.45	-3.0	-0.3	1.4		-3.45	2.15	1.8	-4.0	1.9	-5.45	-8.95	-5.75	1.85	2.2	-6.6	-6.7	-3.3	0.6	-0.55	-4.0	-6.5	
	ベンゼン	mg/L	ND	0.004	0.003	0.008		0.027	ND	0.011	0.002	0.026	0.028	0.005	0.017	ND	0.004	0.003	0.077	0.01	0.061	ND	0.002	0.029	
	1,4-ジオキサン		0.012	0.036	0.049	0.26		0.03	0.058	0.007	0.017	0.061	0.032	0.29	0.096	0.5	0.47	ND	0.23	0.16	0.25	0.006	ND	0.28	
	トリクロロエチレン		ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2-ジクロロエチレン		ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	0.061	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
クロロエチレン	ND		0.0016	ND	0.0016		0.0004	ND	ND	ND	ND	0.000	0.0006	0.0006	ND	0.0002	ND	0.001	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	
測定点2	深さT.P.	m	-1.1		-2.5	-1.3			-2.5	-10															
	ベンゼン	mg/L	0.001		0.008	0.009			0.014	0.010						0.004									
	1,4-ジオキサン		0.009		0.26	0.035			0.047	0.15						0.007									
	トリクロロエチレン		ND		ND	ND			ND	ND						ND									
	1,2-ジクロロエチレン		ND		0.042	ND			0.048	ND						ND									
クロロエチレン	ND			0.011	ND			0.0002	ND						ND										
測定点3	深さT.P.	m			-7.5				-7.5																
	ベンゼン	mg/L			0.013				ND							0.003									
	1,4-ジオキサン				0.19				ND							0.009									
	トリクロロエチレン				ND				ND							ND									
	1,2-ジクロロエチレン				0.007				ND							ND									
クロロエチレン				0.0022				ND							ND										
汚染物質質量	ベンゼン	g	1.0	8.9	21.5	17.8		66.0	20.0	55.0	3.6	19.7	138.3	27.0	67.0	5.1	2.7	20.9	413.7	38.3	84.0	0.9	13.9	155.0	
	1,4-ジオキサン		11.3	79.7	459.5	232.8		61.2	111.4	535.3	30.3	46.1	158.1	1566.0	378.4	435.1	317.3	34.8	1235.8	613.4	344.3	5.5	34.8	1496.9	
	トリクロロエチレン		1.0	2.2	2.9	2.1		2.4	3.1	5.3	1.8	0.8	4.9	5.4	3.9	2.0	1.4	7.0	5.4	3.8	1.4	0.9	7.0	5.3	
	1,2-ジクロロエチレン		4.1	8.9	50.8	8.2		9.8	69.7	21.3	7.1	46.1	19.8	21.6	15.8	8.0	2.7	27.9	21.5	15.3	5.5	3.7	27.9	21.4	
	クロロエチレン		0.21	3.5	12.7	1.4		1.0	0.6	1.1	0.4	0.2	1.5	3.2	2.4	0.4	0.1	1.4	5.4	1.2	0.3	0.2	1.4	1.1	
地下水量		m ³	1,026	2,214	2,862	2,052		2,446	3,105	5,319	1,782	756	4,941	5,400	3,942	1,998	675	6,966	5,373	3,834	1,377	918	6,966	5,346	
平均濃度※1	ベンゼン	mg/L	0.001	0.004	0.008	0.009		0.027	0.006	0.010	0.002	0.026	0.028	0.005	0.017	0.003	0.004	0.003	0.077	0.010	0.061	0.001	0.002	0.029	
	1,4-ジオキサン		0.011	0.036	0.16	0.11		0.025	0.036	0.10	0.017	0.061	0.032	0.29	0.096	0.22	0.47	0.005	0.23	0.16	0.25	0.006	0.005	0.28	
	トリクロロエチレン		0.001	0.001	0.001	0.001		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	1,2-ジクロロエチレン		0.004	0.004	0.018	0.004		0.004	0.022	0.004	0.004	0.061	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
	クロロエチレン		0.0002	0.0016	0.0044	0.0007		0.0004	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0006	0.0006	0.0002	0.0002	0.0002	0.001	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002

区画		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	D西1	D西2	
使用データ		α	α	α	α	α	α	α	β	β	β	α	α	A	α	α	α	A	α	α	α	A	β	A	
地下水面		TP m	1.9	1.3	2.2	0.3	0.4	0.7	1.4	0.5	0.5	0.6	1.0	1.1	0.4	1.4	1.1	1.3	1.4	3.3	3.3	0	1.74	1.74	
強風化花崗岩表面		TP m	-11.8	-7.7	-7.6	-25.1	-24.6	-17	-12.1	-4.1	-25	-22.1	-16	-18	-3	-25.1	-22.3	-20.9	-20.5	-11.2	-10.6	-5.4	-3.7	—※4	—※4
測定点1	深さT.P.	m	-6.5	-3.85	-3.9	-4.0	-6.75	-8.15	-6.05	-2.5	-4.2	-10.5	-7.6	-4.0	-1.5	-6.7	-4.2	-6.35	-10.25	-4.0	-6.6	-2.7	-1.85	-3.5	-7.5
	ベンゼン	mg/L	0.007	0.004	0.006	0.017	0.029	0.010	0.033	ND	0.065	0.006	0.039	0.001	0.002	0.001	0.055	0.021	ND	0.001	0.008	0.006	0.007	0.006	0.021
	1,4-ジオキサン		0.37	0.36	0.05	0.21	0.37	0.42	0.23	0.11	0.24	0.28	0.27	0.046	0.020	0.041	0.24	0.20	0.056	0.036	0.15	0.049	0.090	0.088	0.13
	トリクロロエチレン		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.010	ND	ND	ND	ND	ND	0.011	0.018
	1,2-ジクロロエチレン		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.009	ND	ND	ND	ND	ND	0.004	0.019
クロロエチレン	ND		0.0002	0.0006	ND	ND	0.0004	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0043	ND	ND	ND	ND	ND	0.0007	0.0070	
測定点2	深さT.P.	m																							
	ベンゼン	mg/L															0.002			0.072			0.047		
	1,4-ジオキサン																0.1			0.29			0.19		
	トリクロロエチレン																ND			ND			ND		
	1,2-ジクロロエチレン																ND			ND			ND		
クロロエチレン																ND			0.0012			ND			
測定点3	深さT.P.	m																							
	ベンゼン	mg/L																							
	1,4-ジオキサン																								
	トリクロロエチレン																								
	1,2-ジクロロエチレン																								
クロロエチレン																									
汚染物質質量	ベンゼン	g	26	10	16	117	196	48	114	1	448	37	175	5	2.2	7	352	125	275	3	30	14	22	27	96
	1,4-ジオキサン		1369	875	132	1440	2498	2007	795	163	1652	1709	1210	236	64	282	1536	1188	1216	122	563	115	126	402	593
	トリクロロエチレン		4	2	3	7	7	5	3	1	7	6	4	5	1	7	6	59	6	3	4	2	1	50	82
	1,2-ジクロロエチレン		15	10	11	27	27	19	14	6	28	24	18	21	4	28	26	53	24	14	15	9	4	18	87
	クロロエチレン		1	0	2	1	1	2	1	0	1	1	1	1	0	1	1	26	5	1	1	0	0	3	32
地下水量		m ³	3,699	2,430	2,646	6,858	6,750	4,779	3,456	1,485	6,885	6,102	4,482	5,130	1,107	6,885	6,399	5,940	5,886	3,402	3,753	2,349	999	4,564	4,564
平均濃度※1	ベンゼン	mg/L	0.007	0.004	0.006	0.017	0.029																		

2-2 地下水浄化対策により除去された汚染物質量の把握

(1) 除去量の算出方法

地下水浄化対策により除去された汚染物質量（以下、「実除去量」という。）をそれぞれの対策ごとに次のとおり求めた。

① 揚水浄化

地下水を揚水している井戸は、定期的にその濃度を測定しており、揚水井の汚染物質濃度と揚水量から次式により、その実除去量を求めた。なお、揚水量は流量計による実測値であり、揚水井の汚染物質濃度は定期的な測定のため、その測定日から次の測定日までの間は濃度が同じであると仮定した。一例として揚水井⑥でのベンゼンについて、計測濃度と揚水量及び実除去量を表4-1に示す。他の揚水井(集水井も含む)や汚染物質についても同様にして求め、それらを整理したものを表4-2に示す。汚染物質濃度の平均値は、実除去量を揚水期間中の揚水量で除して求めている。

揚水浄化による実除去量(g)= Σ [揚水井(集水井)の汚染物質濃度 (mg/L) × 揚水量 (m³)]

表4-1 揚水井⑥におけるベンゼン濃度と揚水量、実除去量

期間	ベンゼン濃度 (mg/L)	揚水量 (m ³)	実除去量 (g)
R1.3.18～R1.3.22	0.18	10	1.8
R1.3.23～R1.4.14	0.18	45	8.1
R1.5.7～R1.5.10	0.18	9	1.6
R1.5.11～R1.5.27	0.63	29	18
R1.5.28～R1.6.2	0.12	14	1.6
R1.6.3～R1.6.9	0.040	14	0.56
R1.6.10～R1.6.18	0.051	18	0.92
R1.6.19～R1.7.15	0.043	70	3.0
R1.7.16～R1.7.20	0.026	6	0.15
R1.7.21～R1.7.30	0.40	24	9.6
R1.7.31～R1.8.13	0.001	29	0.029
R1.8.14～R1.8.16	0.001	7	0.007
合計		273	46

表4-2 揚水浄化による実除去量

地点	実除去量 (g)					総揚水量 (m ³)	汚染物質濃度の平均値 (mg/L)				
	トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン		トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン
集水井	2657	1548	183	2818	20891	47355	0.056	0.033	0.0039	0.06	0.44
揚水井⑥	0.25	0.094	0.58	46	71	273	0.001	0.000	0.0021	0.17	0.26
揚水井⑪	3.9	12	15	2235	3250	8114	0.000	0.001	0.0018	0.28	0.40
揚水井⑬	0	0	0.21	11	111	224	0.000	0.000	0.0009	0.047	0.50
揚水井⑯	0	0	0.88	469	1406	2118	0.000	0.000	0.0004	0.22	0.66
揚水井⑯-3	0	0	7.0	1499	4416	6738	0.000	0.000	0.0010	0.22	0.66
揚水井⑯-6	2.9	0	15	1981	3501	7265	0.000	0.000	0.0021	0.27	0.48
揚水井⑯-9	1.2	0	11	1491	4173	7458	0.000	0.000	0.0015	0.20	0.56
揚水井⑳	0	0	0.54	1616	1526	3357	0.000	0.000	0.0002	0.48	0.45
揚水井㉑	5.2	3.0	5.5	1043	1479	4405	0.001	0.001	0.0013	0.24	0.34
揚水井㉒	0	0	0.42	13	8718	5627	0.000	0.000	0.0001	0.002	1.5
揚水井㉓	0	0	0	24	97	241	0.000	0.000	0.0000	0.10	0.40
揚水井㉔	0	0	1.4	1026	5134	9312	0.000	0.000	0.0002	0.11	0.55
揚水井㉕	0	0	0.60	647	1227	2403	0.000	0.000	0.0002	0.27	0.51
揚水井㉖	0	0	1.1	308	2944	5775	0.000	0.000	0.0002	0.053	0.51
揚水井㉖(南側)	0	0	1.3	143	5381	5456	0.000	0.000	0.0002	0.026	0.99
揚水井㉖(北側)	0	0	0.51	41	2496	2350	0.000	0.000	0.0002	0.017	1.1
揚水井㉗	0	0.47	0	92	502	1454	0.000	0.000	0.0000	0.064	0.35
揚水井㉘	0	0	0	38	532	1139	0.000	0.000	0.0000	0.033	0.47
揚水井㉙	10	3.5	5.5	388	2357	4126	0.002	0.001	0.0013	0.094	0.57
揚水井㉙(南側)	2.1	0	8.4	96	9771	7285	0.000	0.000	0.0011	0.013	1.3
揚水井㉚	0.31	0	0	135	5329	10238	0.000	0.000	0.0000	0.013	0.52
揚水井㉛	30	6.0	16	284	5904	11392	0.003	0.001	0.0014	0.025	0.52
合計	2713	1573	274	16445	91217	154105	-	-	-	-	-

※揚水浄化による実除去量(g)=Σ[揚水井(集水井)の汚染物質濃度(mg/L)×揚水量(m³)]

実除去量は、定期的に測定した揚水井の汚染物質濃度と揚水量から上記の式により求めている。なお、揚水量は流量計による実測値であり、揚水井の汚染物質濃度は定期的な測定のため、その測定日から次の測定日までの間は濃度が同じであるとしている。

※汚染物質濃度の平均値は、実除去量を総揚水量で除して求めている。(汚染物質濃度の平均値(mg/L)=実除去量(g)/総揚水量(m³))

ウェルポイントでの浄化でも同様であり、とりまとめたものを表4-3に掲げた。

また、主としてウェルポイントによる浄化において、簡易地下水処理施設での処理水等で汚染物質濃度が排水基準以下となった水を注水に利用した。このため、1,4-ジオキサンについては、この注水による地下水への還流分を推算し、表4-4に示した。なお、ベンゼン等は、注水には含有されていないことを確認している。

表4-3 ウェルポイントによる実除去量

地点	実除去量 (g)					揚水量 (m ³)	汚染物質濃度の平均値 (mg/L)				
	トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン		トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン
ウェルポイント⑥	-	-	-	92	593	2678	-	-	-	0.034	0.22
ウェルポイント⑪	-	-	-	1083	4819	17545	-	-	-	0.062	0.27
ウェルポイント⑫	-	-	-	294	1319	7235	-	-	-	0.041	0.18
ウェルポイント⑬	-	-	-	1228	3219	12766	-	-	-	0.096	0.25
ウェルポイント⑯	-	-	-	272	1864	6393	-	-	-	0.043	0.29
ウェルポイント⑰	-	-	-	537	4052	15533	-	-	-	0.035	0.26
ウェルポイント⑱	-	-	-	1000	4988	16809	-	-	-	0.060	0.30
ウェルポイント㉑	-	-	-	222	877	2791	-	-	-	0.080	0.31
合計	-	-	-	4728	21731	81750	-	-	-	-	-

※ウェルポイントによる実除去量(g)=Σ[ウェルポイントの汚染物質濃度(mg/L)×揚水量(m³)]

実除去量は、定期的に測定したウェルポイントの汚染物質濃度と揚水量から上記の式により求めている。なお、揚水量は流量計による実測値であり、ウェルポイントの汚染物質濃度は定期的な測定のため、その測定日から次の測定日までの間は濃度が同じであるとしている。

※汚染物質濃度の平均値は、実除去量を総揚水量で除して求めている。(汚染物質濃度の平均値(mg/L)=実除去量(g)/総揚水量(m³))

表4-4 注水による還流量

地点	還流量 (g)					総注水量 (m ³)	汚染物質濃度の平均値 (mg/L)				
	トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン		トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン
注水	-	-	-	-	26130	112150	-	-	-	-	0.23

※注水による還流量(g)=Σ[注水の汚染物質濃度(mg/L)×注水量(m³)]

還流量は、定期的に測定した注水の汚染物質濃度と注水量から上記の式により求めている。なお、注水量は流量計による実測値であり、注水の汚染物質濃度は定期的な測定のため、その測定日から次の測定日までの間は濃度が同じであるとしている。

※汚染物質濃度の平均値は、還流量を総注水量で除して求めている。(汚染物質濃度の平均値(mg/L)=還流量(g)/総注水量(m³))

② 化学処理

化学処理は小区画ごとに薬剤注入を行っていることから、小区画(10×10m)での地下水量を求め、薬剤注入前後の汚染物質濃度の変化から次式により算出した。なお、薬剤注入後の汚染物質濃度としては、薬剤の効果が無くなった状態で測定値を採用している。整理結果を

表5-1～表5-5に示す。

$$\text{化学処理による実除去量 (g)} = \{ \text{注入前の汚染物質濃度 (mg/L)} - \text{注入後の汚染物質濃度 (mg/L)} \} \times \text{地下水量 (m}^3\text{)}$$

表5-1 化学処理による実除去量(ベンゼン)

小区画	対策深度 (T. P. -m)	地下水量 (m ³)	汚染物質濃度(mg/L)		汚染物質質量 (g)		実除去量 (g)
			注入前	注入後	注入前	注入後	
B+30, 2+20	0.0~8.7	261	0.020	0.008	5	2	3
B+30, 2+30	0.0~8.7	261	1.6	0.014	418	4	414
B+40, 2+10	5.7~10.7	150	0.13	0.017	20	3	17
B+40, 2+20	0.0~6.7	201	0.061	0.015	12	3	9
B+40, 2+30	1.7~6.7	150	0.096	0.000	14	0	14
B+40, 2+40	1.7~6.7	150	0.087	0.023	13	3	10
C, 2+10	3.7~10.7	210	0.025	0.009	5	2	3
C, 2+20	0.7~10.7	300	0.099	0.013	30	4	26
C, 2+30	1.7~7.7	180	0.049	0.006	9	1	8
C, 2+40	4.7~7.7	90	0.28	0.015	25	1	24
C, 3	0.0~10.7	321	0.006	0.005	2	2	0
C+10, 2+10	11.0~14.7	261	—	—	—	—	—
C+10, 2+20	11.0~14.7	261	—	—	—	—	—
C+10, 2+30	1.7~13.7	360	0.045	0.008	16	3	13
C+20, 2+10	9.7~16.7	261	—	—	—	—	—
C+20, 2+20	9.7~16.7	210	0.021	0.004	4	1	4
C+20, 2+30	9.7~13.7	120	0.077	0.007	9	1	8
②-1	0.0~3.0	90	—	—	—	—	—
②-4	0.0~7.8	234	0.081	0.038	19	9	10
②-5	0.0~5.8	174	0.006	0.005	1	1	0
②-7	0.0~0.5	15	0.065	0.000	1	0	1
②-8	0.0~8.5	255	0.27	0.061	69	16	53
②-9	0.0~7.2	216	0.49	0.008	106	2	104
⑩-1	0.0~7.5	225	—	—	—	—	—
⑩-2	0.0~9.6	288	—	—	—	—	—
⑩-3	0.0~12.9	387	—	—	—	—	—
⑩-5	0.0~4.1	123	—	—	—	—	—
⑩-6	0.0~8.6	258	—	—	—	—	—
合計	—	—	—	—	778	56	722

※化学処理による実除去量(g) = (注入前の汚染物質濃度 (mg/L) - 注入後の汚染物質濃度 (mg/L)) × 地下水量 (m³)
 ※地下水量 (m³) = 小区画面積100 (m²) × 対策深度 (m) × 空疎率30%

表5-2 化学処理による実除去量(1,4-ジオキサン)

小区画	対策深度 (T. P. -m)	地下水量 (m ³)	汚染物質濃度(mg/L)		汚染物質質量 (g)		実除去量 (g)
			注入前	注入後	注入前	注入後	
B+30, 2+20	0.0~8.7	261	—	—	—	—	—
B+30, 2+30	0.0~8.7	261	0.21	0.10	55	26	29
B+40, 2+10	5.7~10.7	150	0.30	0.080	45	12	33
B+40, 2+20	0.0~6.7	201	0.26	0.099	52	20	32
B+40, 2+30	1.7~6.7	150	0.45	0.000	68	0	68
B+40, 2+40	1.7~6.7	150	0.31	0.075	47	11	35
C, 2+10	3.7~10.7	210	0.10	0.28	21	59	-38
C, 2+20	0.7~10.7	300	0.30	0.11	90	33	57
C, 2+30	1.7~7.7	180	0.51	0.040	92	7	85
C, 2+40	4.7~7.7	90	1.3	0.066	117	6	111
C, 3	0.0~10.7	321	—	—	—	—	—
C+10, 2+10	11.0~14.7	261	0.53	0.27	138	70	68
C+10, 2+20	11.0~14.7	261	0.30	0.14	78	37	42
C+10, 2+30	1.7~13.7	360	0.94	0.055	338	20	319
C+20, 2+10	9.7~16.7	261	0.38	0.14	99	37	63
C+20, 2+20	9.7~16.7	210	0.66	0.098	139	21	118
C+20, 2+30	9.7~13.7	120	0.91	0.13	109	16	94
②-1	0.0~3.0	90	—	—	—	—	—
②-4	0.0~7.8	234	—	—	—	—	—
②-5	0.0~5.8	174	0.12	0.078	21	14	7
②-7	0.0~0.5	15	—	—	—	—	—
②-8	0.0~8.5	255	0.22	0.054	56	14	42
②-9	0.0~7.2	216	—	—	—	—	—
⑩-1	0.0~7.5	225	0.28	0.13	63	29	34
⑩-2	0.0~9.6	288	0.82	0.18	236	52	184
⑩-3	0.0~12.9	387	0.32	0.35	124	135	-12
⑩-5	0.0~4.1	123	1.8	0.24	221	30	192
⑩-6	0.0~8.6	258	2.9	0.33	748	85	663
合計	—	—	—	—	2957	732	2225

※化学処理による実除去量(g) = (注入前の汚染物質濃度 (mg/L) - 注入後の汚染物質濃度 (mg/L)) × 地下水量 (m³)
 ※地下水量 (m³) = 小区画面積100 (m²) × 対策深度 (m) × 空疎率30%

表5-3 化学処理による実除去量(トリクロエレン)

小区画	対策深度 (T.P.-m)	地下水量 (m ³)	汚染物質濃度(mg/L)		汚染物質質量(g)		実除去量 (g)
			注入前	注入後	注入前	注入後	
B+30, 2+20	0.0~8.7	261	0.002	0.017	1	4	-4
B+30, 2+30	0.0~8.7	261	0.72	0.000	188	0	188
B+40, 2+10	5.7~10.7	150	0.000	0.028	0	4	-4
B+40, 2+20	0.0~6.7	201	0.000	0.003	0	1	-1
B+40, 2+30	1.7~6.7	150	-	-	-	-	-
B+40, 2+40	1.7~6.7	150	0.024	0.011	4	2	2
C, 2+10	3.7~10.7	210	-	-	-	-	-
C, 2+20	0.7~10.7	300	0.000	0.008	0	2	-2
C, 2+30	1.7~7.7	180	0.058	0.013	10	2	8
C, 2+40	4.7~7.7	90	0.037	0.036	3	3	0
C, 3	0.0~10.7	321	0.001	0.098	0	31	-31
C+10, 2+10	11.0~14.7	261	0.000	0.004	0	1	-1
C+10, 2+20	11.0~14.7	261	-	-	-	-	-
C+10, 2+30	1.7~13.7	360	0.000	0.042	0	15	-15
C+20, 2+10	9.7~16.7	261	0.000	0.001	0	0	0
C+20, 2+20	9.7~16.7	210	0.025	0.006	5	1	4
C+20, 2+30	9.7~13.7	120	0.000	0.003	0	0	0
②-1	0.0~3.0	90	-	-	-	-	-
②-4	0.0~7.8	234	-	-	-	-	-
②-5	0.0~5.8	174	0.000	0.000	0	0	0
②-7	0.0~0.5	15	-	-	-	-	-
②-8	0.0~8.5	255	-	-	-	-	-
②-9	0.0~7.2	216	0.10	0.001	22	0	21
③0-1	0.0~7.5	225	-	-	-	-	-
③0-2	0.0~9.6	288	-	-	-	-	-
③0-3	0.0~12.9	387	-	-	-	-	-
③0-5	0.0~4.1	123	-	-	-	-	-
③0-6	0.0~8.6	258	-	-	-	-	-
合計	-	-	-	-	233	69	164

※化学処理による実除去量(g)=(注入前の汚染物質濃度(mg/L)-注入後の汚染物質濃度(mg/L))×地下水量(m³)
 ※地下水量(m³)=小区画面積100(m²)×対策深度(m)×空隙率30%

表5-4 化学処理による実除去量(1,2-ジクロエレン)

小区画	対策深度 (T.P.-m)	地下水量 (m ³)	汚染物質濃度(mg/L)		汚染物質質量(g)		実除去量 (g)
			注入前	注入後	注入前	注入後	
B+30, 2+20	0.0~8.7	261	0.016	0.031	4	8	-4
B+30, 2+30	0.0~8.7	261	0.51	0.000	133	0	133
B+40, 2+10	5.7~10.7	150	0.000	0.029	0	4	-4
B+40, 2+20	0.0~6.7	201	0.000	0.008	0	2	-2
B+40, 2+30	1.7~6.7	150	-	-	-	-	-
B+40, 2+40	1.7~6.7	150	0.094	0.005	14	1	13
C, 2+10	3.7~10.7	210	-	-	-	-	-
C, 2+20	0.7~10.7	300	0.000	0.019	0	6	-6
C, 2+30	1.7~7.7	180	0.045	0.007	8	1	7
C, 2+40	4.7~7.7	90	0.063	0.005	6	0	5
C, 3	0.0~10.7	321	0.000	0.022	0	7	-7
C+10, 2+10	11.0~14.7	261	0.000	0.018	0	5	-5
C+10, 2+20	11.0~14.7	261	-	-	-	-	-
C+10, 2+30	1.7~13.7	360	0.000	0.009	0	3	-3
C+20, 2+10	9.7~16.7	261	0.000	0.004	0	1	-1
C+20, 2+20	9.7~16.7	210	0.010	0.048	2	10	-8
C+20, 2+30	9.7~13.7	120	0.000	0.009	0	1	-1
②-1	0.0~3.0	90	-	-	-	-	-
②-4	0.0~7.8	234	-	-	-	-	-
②-5	0.0~5.8	174	0.025	0.000	4	0	4
②-7	0.0~0.5	15	-	-	-	-	-
②-8	0.0~8.5	255	-	-	-	-	-
②-9	0.0~7.2	216	2.8	0.000	605	0	605
③0-1	0.0~7.5	225	-	-	-	-	-
③0-2	0.0~9.6	288	-	-	-	-	-
③0-3	0.0~12.9	387	-	-	-	-	-
③0-5	0.0~4.1	123	-	-	-	-	-
③0-6	0.0~8.6	258	-	-	-	-	-
合計	-	-	-	-	776	49	727

※化学処理による実除去量(g)=(注入前の汚染物質濃度(mg/L)-注入後の汚染物質濃度(mg/L))×地下水量(m³)
 ※地下水量(m³)=小区画面積100(m²)×対策深度(m)×空隙率30%

表5-5 化学処理による実除去量(クロロフェン)

小区画	対策深度 (T. P. -m)	地下水量 (m ³)	汚染物質濃度(mg/L)		汚染物質質量 (g)		実除去量 (g)
			注入前	注入後	注入前	注入後	
B+30, 2+20	0.0~8.7	261	0.0046	0.0047	1	1	0
B+30, 2+30	0.0~8.7	261	0.025	0.0000	7	0	7
B+40, 2+10	5.7~10.7	150	0.0002	0.0022	0	0	0
B+40, 2+20	0.0~6.7	201	0.0000	0.0013	0	0	0
B+40, 2+30	1.7~6.7	150	0.0075	0.0002	1	0	1
B+40, 2+40	1.7~6.7	150	0.055	0.0007	8	0	8
C, 2+10	3.7~10.7	210	—	—	—	—	—
C, 2+20	0.7~10.7	300	0.0000	0.0013	0	0	0
C, 2+30	1.7~7.7	180	0.0059	0.0007	1	0	1
C, 2+40	4.7~7.7	90	0.0092	0.0000	1	0	1
C, 3	0.0~10.7	321	0.0006	0.0004	0	0	0
C+10, 2+10	11.0~14.7	261	0.0004	0.0078	0	2	-2
C+10, 2+20	11.0~14.7	261	0.015	0.0003	4	0	4
C+10, 2+30	1.7~13.7	360	0.0002	0.0009	0	0	0
C+20, 2+10	9.7~16.7	261	0.0000	0.0030	0	1	-1
C+20, 2+20	9.7~16.7	210	0.0017	0.0006	0	0	0
C+20, 2+30	9.7~13.7	120	0.0002	0.0004	0	0	0
②-1	0.0~3.0	90	0.0012	0.0053	0	0	0
②-4	0.0~7.8	234	0.11	0.016	26	4	22
②-5	0.0~5.8	174	0.066	0.0028	11	0	11
②-7	0.0~0.5	15	—	—	—	—	—
②-8	0.0~8.5	255	0.020	0.018	5	5	1
②-9	0.0~7.2	216	0.27	0.0004	58	0	58
⑩-1	0.0~7.5	225	—	—	—	—	—
⑩-2	0.0~9.6	288	—	—	—	—	—
⑩-3	0.0~12.9	387	—	—	—	—	—
⑩-5	0.0~4.1	123	—	—	—	—	—
⑩-6	0.0~8.6	258	—	—	—	—	—
合計	—	—	—	—	124	15	109

※化学処理による実除去量(g)=(注入前の汚染物質濃度(mg/L)-注入後の汚染物質濃度(mg/L))×地下水量(m³)
 ※地下水量(m³)=小区画面積100(m²)×対策深度(m)×空隙率30%

③ 掘削除去

掘削除去も化学処理と同様、小区画ごとに行ったことから、小区画ごとに実除去量を求めている。

区画⑨と⑭の一部の掘削除去では、当該分の地下水量とを求め、深度別地下水調査結果の汚染物質濃度の平均値から、その土壤中の地下水をすべて除去したと仮定して次式により算出した。なお、濃度の平均値は、区画⑨、⑭-6の深度別調査をH30.5.30~H30.7.12に実施しており、地点により異なるが1~4検体の平均から求めている。整理結果を表6-1に示す。

掘削による実除去量(g)=

深度別地下水調査結果の汚染物質濃度の平均値(mg/L)×地下水量(m³)

一方、地下水濃度を計測していない掘削除去の区画⑥、⑱及び⑲のそれぞれ一部については、深度別の土壌溶出量試験結果の汚染物質濃度の平均値を用い、その土壌から地下水に溶出していると仮定して次式により算出した。なお、濃度の平均値は、区画⑥-7、8、⑱-4、⑲-6の深度別の土壌溶出量試験をR2.6.16~R2.7.2に実施しており、地点により異なるが2~35検体の平均から求めている。整理結果を表6-2に示す。

掘削による実除去量(g)=

深度別の土壌溶出量試験結果の汚染物質濃度の平均値(mg/L)×土壌重量(t)×10

表6-1 掘削による実除去量（地下水調査結果から算出）

小区画	地下水調査結果の汚染物質濃度の平均値(mg/L)					土壌量 (m ³)	地下水量 (m ³)	実除去量				
	トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン			トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン
⑨-1	0.000	0.007	0.0010	0.54	6.5	580	174	0	1	0	93	1137
⑨-2	0.000	0.018	0.021	0.21	3.4	600	180	0	3	4	38	606
⑨-3	0.000	0.003	0.0000	0.012	1.6	590	177	0	0	0	2	274
⑨-4	0.000	0.002	0.0000	0.14	29	250	75	0	0	0	11	2158
⑨-5	0.015	0.095	0.032	16	11	550	165	2	16	5	2642	1892
⑨-6	0.001	0.019	0.0093	0.070	1.7	420	126	0	2	1	9	220
⑨-7	0.000	0.000	0.0000	0.050	3.5	250	75	0	0	0	4	263
⑨-8	0.005	0.15	0.311	0.29	5.0	390	117	1	17	36	33	585
⑨-9	0.000	0.000	0.0040	0.14	0.27	250	75	0	0	0	11	20
⑭-6	0.002	0.003	0.0000	0.032	4.1	250	75	0	0	0	2	305
合計	—	—	—	—	—	—	—	3	41	47	2845	7459

※掘削による実除去量(g)=濃度別地下水調査結果の汚染物質濃度の平均値(mg/L)×地下水量(m³)

※地下水量(m³)=掘削した土壌量(m³)×空隙率30%

表6-2 掘削による実除去量（土壌溶出量試験結果から算出）

小区画	土壌溶出量試験結果の汚染物質濃度の平均値(mg/L)					土壌量 (m ³)	土壌重量 (t)	実除去量(g)				
	トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン			トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン
⑥-7	0.000	0.000	0.0000	0.067	—	100	160	0	0	0	107	—
⑥-8	0.000	0.000	0.0000	0.067	—	200	320	0	0	0	215	—
⑱-4	0.013	0.022	0.0000	0.65	—	200	320	40	69	0	2080	—
⑩-6〔浅い層〕	0.044	0.009	0.0000	0.54	—	720	1152	512	104	0	6205	—
⑩-6〔深い層〕	0.020	0.008	0.0000	0.51	0.00	640	1024	205	80	0	5225	28
合計	—	—	—	—	—	—	—	757	252	0	13832	28

※掘削による実除去量(g)=濃度別土壌溶出量試験結果の汚染物質濃度の平均値(mg/L)×土壌重量(t)×10³

※土壌重量(t)=掘削した土壌量(m³)×比重1.6

表6-3 掘削による実除去量（合計）

小区画	実除去量(g)				
	トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロエチレン	ベンゼン	1,4-ジオキサン
⑨-1	0	1	0	93	1137
⑨-2	0	3	4	38	606
⑨-3	0	0	0	2	274
⑨-4	0	0	0	11	2158
⑨-5	2	16	5	2642	1892
⑨-6	0	2	1	9	220
⑨-7	0	0	0	4	263
⑨-8	1	17	36	33	585
⑨-9	0	0	0	11	20
⑭-6	0	0	0	2	305
⑥-7	0	0	0	107	—
⑥-8	0	0	0	215	—
⑱-4	40	69	0	2080	—
⑩-6〔浅い層〕	512	104	0	6205	—
⑩-6〔深い層〕	205	80	0	5225	28
合計	761	293	47	16677	7487

(2) 実除去量の算定

集水井による揚水浄化を開始した平成31年1月から排水基準を達成後の令和3年8月までの約3年間に渡る地下水浄化対策ごとの実除去量を表7に示す。表3に示した推定除去量との比較を図2に掲載する。

水に溶解しやすい1,4-ジオキサンは、主に揚水浄化により推定除去量の99.0%の96.5kg除去された。一方で、注水により約26kgが地下水に還流されており、前述した地下水浄化の達成度の低さに影響を与えているものと推測される。また、ベンゼンの実除去量は推定除去量の80.0%の38.5kg、トリクロロエチレンのそれは推定除去量の87.7%の3.7kgとなった。これらに対しては、ここに掲げた対策以外に真空吸引や自然揮散、微生物分解等もあり、推定除去量が上回ったものと推察される。

また、ここでの実除去量の推算では、土壌から地下水へ溶出した汚染物質の除去を基にしているため、土壌への吸着等により溶出していない汚染物質の除去については推算に含まれていない。このため、化学処理や掘削による汚染物質の除去効果は今回の推算結果より高いものと考えられる。

表7 地下水浄化対策ごとの実除去量 (kg)

汚染物質	揚水浄化			注水分※	化学処理	掘削除去	合計
	集水井	揚水井	ウェルポイント				
ベンゼン	2.8	13.6	4.7	0	0.72	16.7	38.5
1,4-ジオキサン	20.9	70.3	21.7	-26.1	2.2	7.5	96.5
トリクロエチレン	2.7	0.056	—	—	0.16	0.76	3.7
1,2-ジクロエチレン	1.5	0.025	—	—	0.73	0.29	2.5
クロエチレン	0.18	0.091	—	—	0.11	0.047	0.43

※注水分とは簡易地下水処理施設で処理された水を主にウェルポイントの注水として処分地内に還流させたことからマイナスとなっている。

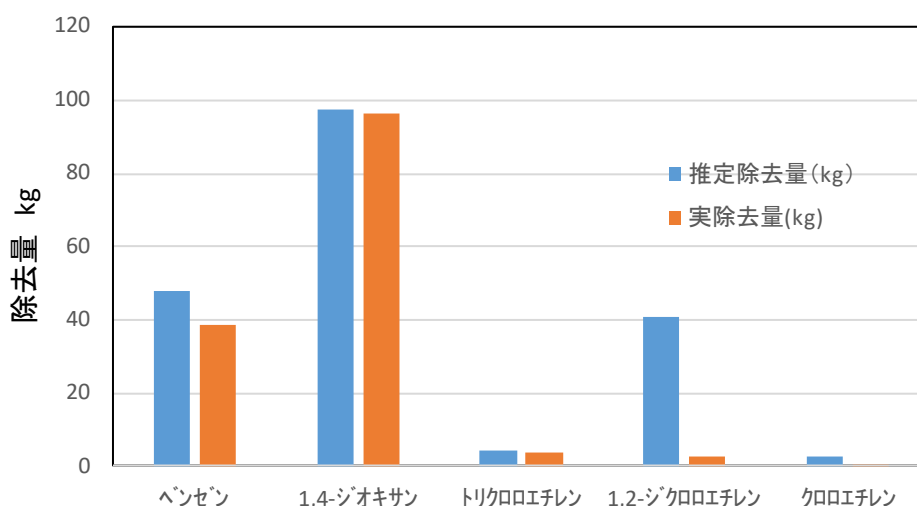


図2 推定除去量と実除去量の比較

3. これまでの地下水浄化の達成度の評価

今回、推定除去量と積極的対策前の汚染物質総量との比から浄化の達成度を概算した結果、77.4～97.8%の汚染物質が除去され、概ね、平均的な濃度は環境基準の4倍以下まで浄化が進んでいると推測できる。一方、地下水浄化対策ごとの実除去量の推算では、ベンゼン、1,2-ジクロロエチレン及びクロロエチレンにおいて推定除去量とかなりの乖離があった。その原因としては、ベンゼンでは大気中への揮散や微生物による分解による影響が考えられ、その他の有機塩素系化合物では、浄化対策として主に化学処理や掘削除去を行っており、こうした対策の場合には土壌吸着分の除去算定がなされていないことも影響をしているものと考えられる。

4. 区画ごとの最大濃度による評価

処分地全域での各区画について、その最大濃度の排水基準及び環境基準の超過した区画数の経時的な変化を表8並びに図3に示す。なお、D測線西側は、第14回地下水検討会(R2.10.25開催)において、地下水計測点を2地点選定しており、そのうちの高い濃度を採用して排水基準及び環境基準の超過状況を判断した。

地下水浄化対策を行う前は70%の区画で排水基準を超過していたが、浄化対策の進展に合わせて着実に超過区画数は減少しており、直近ではすべての区画で排水基準を満足している。

一方、環境基準に対しては、浄化対策の実施前では91%の区画で環境基準を超過していたが、直近では環境基準の超過区画数は48%まで低下している。

さらに、積極的対策前と後の区画ごとの濃度分布を図4に示す。積極的対策前の濃度は、D測線西側では小区画のうちの最大濃度とし、その他の区画でも深度別の測定値の最大濃度を採用している。また、積極的対策後の濃度では、観測井を設置していない13区画については、地下水浄化対策前の濃度と同じとした。

対策後の図でみると、ベンゼンでは北海岸付近に環境基準を超過した区画が多く存在し、1,4-ジオキサンでは豊島処分地の中心付近に環境基準の超過が認められる。豊島処分地の山側から海側に向かって着実に浄化が進んでいることが推測される。

表8 処分地全域での排水基準及び環境基準を超過した区画数及びその割合

調査日	排水基準		環境基準	
	排水基準値を超過した区画数	割合(超過区画数/全体区画数)(%)	環境基準値を超過した区画数	割合(超過区画数/全体区画数)(%)
H30.1 (汚染領域調査当時)	31/44	70	40/44	91
R1.5	21/44	48	31/44	70
R1.11	18/44	41	29/44	66
R2.1	15/44	34	30/44	68
R2.2	17/44	39	29/44	66
R2.3	14/44	32	29/44	66
R2.4	15/44	34	29/44	66
R2.5	16/44	36	29/44	66
R2.6	14/44	32	29/44	66
R2.7	13/44	30	26/44	59
R2.8	13/44	30	28/44	64
R2.9	12/44	27	30/44	68
R2.10	7/44	16	30/44	68
R2.11	5/44	11	28/44	64
R2.12	2/44	5	27/44	61
R3.1	2/44	5	27/44	61
R3.2	8/44	18	27/44	61
R3.3前半※	2/44	5	27/44	61
R3.3後半	2/44	5	29/44	66
R3.4前半※	1/44	2	28/44	64
R3.4後半	2/44	5	28/44	64
R3.5前半※	1/44	2	28/44	64
R3.5後半	0/44	0	27/44	61
R3.6前半※	0/44	0	24/44	55
R3.6後半	0/44	0	24/44	55
R3.7前半※	0/44	0	23/44	52
R3.7後半	0/44	0	20/44	45
R3.8※	0/44	0	21/44	48

※一部の区画のみ調査を行っているため、調査を行っていない区画は、直近の調査結果を使用した。

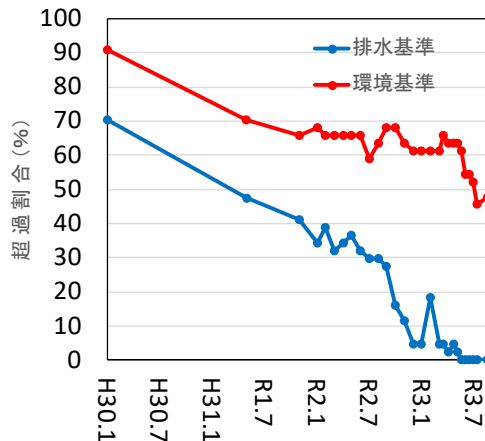


図3 排水基準及び環境基準を超過した区画の割合の経時変化

凡例

■: 排水基準値の10倍超過

■: 排水基準超過

■: 環境基準超過

■: 観測井がないため、積極的な浄化対策前の調査の最高濃度とした区画

(a) 積極的な浄化対策前

(b) 積極的な浄化対策後

【ベンゼン】

単位: mg/L

		36	31	26	21	16	11	6	1
		0.23	0.67	0.29	1.4	1.6	0.12	0.86	0.001
42	41	0.91	0.094	0.12	0.32	0.52	1.8	1.6	0.34
		0.39	0.37	0.36	1.1	0.18	1.2	0.010	0.013
		0.072	0.069	0.046	0.13	0.061	0.004	31	0.009
	43	0.020	0.054	0.002	0.046	0.052	0.012	0.004	0.026
									水なし

単位: mg/L

		36	31	26	21	16	11	6	1
		0.001	0.065	0.017	0.002	0.003	0.028	0.027	0.001
42	41	0.006	0.008	0.055	0.006	0.029	0.029	0.077	0.005
		0.021	0.039	0.010	0.007	0.010	0.017	0.010	0.013
		0.072	0.001	0.033	0.004	0.061	0.004	0.002	0.009
	43	0.020	0.001	0.002	<0.001	0.006	<0.001	0.004	0.026
									水なし

【1,4-ジオキサン】

単位: mg/L

		36	31	26	21	16	11	6	1
		0.75	0.89	1.0	0.66	1.7	0.18	0.69	0.009
42	41	1.8	1.1	0.34	2.7	1.0	1.1	0.49	0.37
		0.62	3.6	1.6	2.4	0.55	2.0	0.15	0.26
		0.29	0.59	3.0	1.2	0.25	0.009	17	0.035
	43	0.19	0.60	0.10	16	5.6	3.7	0.47	0.061
									水なし

単位: mg/L

		36	31	26	21	16	11	6	1
		0.041	0.24	0.21	<0.005	<0.005	0.032	0.025	0.009
42	41	0.049	0.15	0.24	0.28	0.37	0.28	0.23	0.29
		0.20	0.27	0.42	0.37	0.16	0.096	0.15	0.26
		0.29	0.046	0.23	0.36	0.25	0.009	0.017	0.035
	43	0.19	0.036	0.10	0.11	0.050	0.006	0.47	0.061
									水なし

【トリクロロエチレン】

単位: mg/L

		36	31	26	21	16	11	6	1
		<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.043	<0.002
42	41	<0.002	0.013	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.28
		<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
		<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	43	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	0.002	0.002	<0.002	水なし

単位: mg/L

		36	31	26	21	16	11	6	1
		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.002
42	41	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.002	<0.001
		0.010	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.002	<0.002
		<0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.002	<0.002	<0.001	<0.002
	43	<0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.002	水なし

【1,2-ジクロロエチレン】

単位: mg/L

		36	31	26	21	16	11	6	1
		<0.004	<0.004	<0.004	0.007	<0.004	<0.004	0.015	<0.004
42	41	<0.004	0.007	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.048	30
		0.0004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.042
		<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.15	<0.004
	43	<0.004	<0.004	<0.004	0.005	0.017	<0.004	<0.004	0.061
									水なし

単位: mg/L

		36	31	26	21	16	11	6	1
		<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
42	41	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.048	<0.004
		0.0090	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.042
		<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
	43	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.061	水なし

【クロロエチレン】

単位: mg/L

		36	31	26	21	16	11	6	1
		<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.013	0.0070	<0.0002	0.020	<0.0002
42	41	<0.0002	0.0016	<0.0002	0.0019	0.0004	<0.0002	<0.0002	1.7
		0.0004	0.0003	0.0035	0.0015	<0.0002	0.0029	<0.0002	0.011
		0.0012	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.066	<0.0002
	43	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.033	<0.0002	0.0002	<0.0002	水なし

単位: mg/L

		36	31	26	21	16	11	6	1
		<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0003	0.0004
42	41	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0010	0.0006	0.0016
		0.0043	<0.0002	0.0004	<0.0002	0.0003	0.0006	<0.0002	0.011
		0.0012	<0.0002	0.0002	0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	43	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0006	<0.0002	0.0002	<0.0002	水なし

※積極的な浄化対策前のD測線西側の濃度は、小区画のうちの最高濃度、その他の区画は深度別での最高濃度とした。

※積極的な浄化対策後のD測線西側の濃度は、地下水計測点を2地点選定しており、そのうちの高い方の濃度で評価し、低い濃度を括弧書きで表記した。

図4 積極的な地下水浄化対策前後の区画ごとの汚染物質濃度分布の変化

5. 今後の対応

上述したように、令和3年8月の積極的な地下水浄化対策後の計測では、対策前の状態で排水基準を下回っていた13区画については対象としていない。これらの区画では、周辺での浄化対策も進み、また清浄な雨水の浸透によって自然浄化も行われ、相当程度の浄化が進行しているものと思われる。

表9では、上述した13区画における浄化対策前での5汚染物質の環境基準の超過状況を示している。また、図5には、各区画で採った浄化対策の種別と上記13区画の環境基準超過の汚染物質数を掲げている。

今後、適切な時期(例えば追加的対策の終了後)に表9に示す3区画において、浄化対策前の最大濃度の深度で浄化の程度を計測・確認し、浄化の達成度の算定に反映させるとともに処分地全域での環境基準の達成の確認に資することとする。

表9 積極的対策後(R3.8)に計測しておらず、同対策前に環境基準を超えている区画に対する確認計測地点の選定

R3.8に計測していない区画	汚染物質(環境基準を超過:○)					選定の考慮点
	ベンゼン	1,4-ジオキサン	トリクロロエチレン	1,2-ジクロロエチレン	クロロホルム	
①						
③	○	○		○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・4物質で環境基準超過 ・⑦⑧と比べ概して汚染物質濃度が高い。 ・周辺では揚水、化学処理、掘削の対策を実施している。 ・近隣の⑦⑧を含めた代表として
④						
⑤						
⑦	○			○		・③で代表させる。
⑧		○				・③で代表させる。
⑩	○			○		<ul style="list-style-type: none"> ・2物質で環境基準超過 ・⑮⑲と比べ概して汚染物質濃度が高い。 ・周辺では化学処理、掘削の対策を実施している。 ・近隣の⑮⑲を含めた代表として
⑭						
⑮		○				・⑩で代表させる。
⑲	○	○				・⑩で代表させる。
⑳		○				・⑳で代表させる。
㉓	○	○				<ul style="list-style-type: none"> ・2物質で環境基準超過 ・㉓㉔と比べ汚染物質濃度が高い。 ・周辺で揚水、化学処理の対策を実施している。 ・近隣の㉓㉔の代表として
㉔	○	○				・㉓で代表させる。

注) 黄色：環境基準の超過区画 橙色：今後の計測予定区画(環境基準の超過区画でもある)
 緑色：環境基準以下



図5 各区画における浄化対策の種別と13区画のうちの環境基準超過の汚染物質数

豊島廃棄物処理事業における 溶融スラグの有効利用に関する最終報告書

- 豊島溶融スラグ利用にあたっての事前準備から製造・販売及び
使用コンクリート構造物に関する長期の追跡調査まで —

【案】

令和3年12月

香川県

目 次

I	目的	.....	1
II	豊島溶融スラグの有効利用に関する事前調査等		
	1. 豊島溶融スラグの有効利用に関する事前の調査及び研究	.....	3
	2. 豊島溶融スラグの利用に関するマニュアルの作成	.....	12
III	豊島溶融スラグの有効利用の状況及び課題と対策		
	1. 利用量の推移	.....	14
	2. 豊島溶融スラグの利用範囲と変遷	.....	15
	3. 製造・販売時の課題と対策例	.....	17
	4. 利用時の課題とその対応例	.....	21
IV	豊島溶融スラグ利用のコンクリート構造物のモニタリング調査		
	1. 第1次モニタリングの調査結果	.....	22
	2. 第2次モニタリングの調査結果	.....	27
	3. 調査結果の考察と結論	.....	36

I 概要

豊島廃棄物等の溶融スラグ（以下、「豊島溶融スラグ」という。）は、豊島廃棄物等の焼却・溶融処理に伴い発生するシリカ分の多いガラス質の副生物である。

豊島廃棄物等処理事業では資源の有効利用の観点から、豊島溶融スラグをコンクリートの細骨材に用いた場合の力学的性質や、アルカリ骨材反応についての基礎的な検討を行い、細骨材の30%程度の置換であれば十分利用できることを確認した。そのうえで、平成16年度から香川県発注の公共工事において利用を開始した。出荷後は、道路や砂防ダム等の擁壁、港湾の高潮対策での胸壁、建築物の基礎等の土木・建築工事に使用されており、供用後の長期的な挙動の調査のため、モニタリング調査を行った。

この報告書では、豊島溶融スラグについて、以下のとおり、使用前から供用後まで県において検討した結果について取りまとめ、循環型社会の構築に寄与する豊島廃棄物処理事業の目標の一端を達成するとともに、今後の廃棄物の溶融スラグに関する有効活用の促進に資することを目的とする。

1. 豊島溶融スラグの有効利用に関する事前調査等

豊島溶融スラグを有効利用するにあたり、豊島廃棄物等の本格的な処理の開始前にスラグの安全性及び組成等の確認を行うため、平成12年度から平成14年度までの3ヶ年計画で事前調査を実施した。

具体的には予備試験として、室内実験を主とした材料試験や有害物質の確認を行い、さらにフォローアップ試験として、安全性や品質等に問題がないことを確認したうえで、使用用途・形態の選定等を行った。

それらの結果を踏まえて利用にあたっての「溶融スラグの出荷検査マニュアル」及び「溶融スラグの有効利用マニュアル」を作成し、豊島溶融スラグを細骨材の一部として利用したレディーミクストコンクリートおよびコンクリート二次製品の利用を開始した。

2. 豊島溶融スラグの有効利用の状況及び課題と対策

平成16年度から香川県内のコンクリート工場向けに販売を開始し、公共工事で使用するコンクリートの細骨材の一部として利用を開始した豊島溶融スラグは、令和2年2月に販売を終え、翌年の令和3年2月に生コンクリートの出荷を終えた。これまでの販売総量は432,514tとなった。

利用にあたっては、当初、置換率を30%に設定していたが、平成16年度の台風被害による災害復旧工事等の需要の増加を受けて規定の置換率を30%から25%に低減したことや、その後の処理量アップや公共工事減少等の影響により、平成24年度に置換率を25%から30%に戻すなど、その時の状況に応じて、マニュアル等を見直しながら有効利用を図った。

3. 豊島溶融スラグコンクリート構造物のモニタリング調査

豊島溶融スラグを利用したコンクリート構造物の長期的な挙動を調査するため、供用開始から約10年が経過した時点で第1次モニタリング調査（平成25年度～平成27年度）

を実施した。その後、第1次で対象とした構造物について、供用15年後における継続調査を実施するとともに、スラグ置換率や土壌比率の違い等による影響を考察するため、対象構造物を選定して第2次モニタリング調査（令和元年度～令和2年度）を行うなど、二期にわたり調査を行った。

調査結果からは、豊島溶融スラグの使用に起因するアルカリ骨材反応等の劣化はほとんどなく、一般的なコンクリート構造物と同等の品質が確保されていることを確認した。

そのため、今後は各コンクリート構造物の管理者により、通常の維持管理を行うことで、安全に供用されるものと結論付けた。

II 豊島溶融スラグの有効利用に関する事前調査等

1 豊島溶融スラグの有効利用に関する事前の調査及び研究

県においては、豊島溶融スラグの有効利用を推進することを目的に、豊島廃棄物等の焼却・溶融処理により発生するスラグについて、中間処理施設が本格稼働する平成15年度までに、スラグの利用に関する評価試験を実施した。

また、利用開始前にはフィールド試験を行い、安全性の確認を行った。

(1) スラグの利用に関する評価試験

評価試験は、平成12年度から平成14年度までの3ヵ年計画で実施した。この試験では平成10年の豊島廃棄物等処理実験（表面溶融方式）により生成したスラグを用いており、実施した評価試験の結果は、次のとおりであった。

1) スラグ調査（安全性、組成等）の結果

豊島溶融スラグの有効利用にあたっては、事前に安全性及び組成等を調査しておく必要がある。

そこで、平成10年の豊島廃棄物等処理実験（表面溶融方式）で生成したスラグから銅分離装置により比重差で銅を回収したものを検体として、平成13年に組成分析及び溶出試験を実施した。表Ⅱ-1-1, 2のとおり、組成分析で主成分である二酸化珪素とともに、汚染物質のカドミウム、鉛、砒素等の含有が確認されたが、溶出試験では、それらの溶出がみられず、土壤環境基準を満たすものであった。

2) 予備試験、確認試験及びフォローアップ試験の結果

土壤環境基準を満たしたスラグの用途に関し、平成13年度から平成14年度にかけて予備試験、確認試験及びフォローアップ試験を行った。

具体的な利用用途として、①レディーミクストコンクリート用骨材、②コンクリート二次製品用骨材及び③アスファルト混合物骨材における細骨材、④路盤材（下層路盤材、上層路盤材）、⑤埋戻材、盛土材等について、細骨材や路盤材等を豊島溶融スラグに置換えた割合（以下、「スラグ置換率」という。）を変更させた試験体を作成し、溶出試験等を行った結果、いずれの使用用途に関しても豊島溶融スラグの使用が可能であることを確認した。（表Ⅱ-1-3～7）

また、豊島溶融スラグに関して土壤含有量試験を行ったところ、表Ⅱ-1-8のとおり、土壤含有量基準を満たすことを確認した。さらに、再利用時の安全性に関する検討ため、豊島溶融スラグを粉砕したうえで粒度依存性試験を行ったところ、表Ⅱ-1-9のとおり、破碎時に粒度が細かくなっても（表では50%のふるい目の小さくなるほど粒度も細かくなっている）土壤環境基準を満たすことを確認した。

また、試験に用いた豊島溶融スラグの骨材としての材料試験の結果は表Ⅱ-1-10、ふるい分け試験の結果は表Ⅱ-1-11のとおりで、豊島溶融スラグは、細骨材の材料としての規格を満たすことを確認した。

表Ⅱ-1-1 豊島熔融スラグの組成分析の結果

分析項目	単位	含有量 (H13※1)	分析・測定方法	参考 (H10.3※2)	
				A	B
酸化(第一)鉄(FeO)	%	14.2	JIS M 8213※3	11.2	12.9
二酸化珪素(SiO2)	%	44.6	ICP 発光分光分析法※3	44.7	44.1
酸化カルシウム(CaO)	%	19.9	ICP 発光分光分析法※3	18.7	16.7
酸化マグネシウム(MgO)	%	2.23	ICP 発光分光分析法※3	2.09	2.58
金属鉄 (M-Fe)	%	0.032	JIS M 8213	0.05	-
アルミニウム(Al)	%	3.72	ICP 発光分光分析法	7.06	6.99
ナトリウム(Na)	%	2.23	ICP 発光分光分析法	1.56	2.16
カリウム(K)	%	1.45	ICP 発光分光分析法	0.86	1.02
全硫黄(T-S)	%	0.287	JIS M 8217	0.17	0.0054
塩素イオン(Cl)	%	0.128	チオシアン酸第二水銀法	0.003	-
亜鉛(Zn)	%	0.164	ICP 発光分光分析法	0.197	0.153
銅(Cu)	%	0.251	ICP 発光分光分析法	2.88	0.487
鉛(Pb)	%	0.0204	ICP 発光分光分析法	0.05	0.02
全クロム(T-Cr)	%	0.169	底質調査法	0.11	0.16
カドミウム(Cd)	mg/kg	0.89	ICP 発光分光分析法	<0.1	<0.0005
砒素(As)	mg/kg	0.19	底質調査法	7.6	1.7
総水銀(T-Hg)	mg/kg	0.17	底質調査法	<0.01	<0.005
ダイオキシン類	pg- TEQ/g	0.18	厚生省告示 192 号	-	-

※1 平成 13 年に行った調査結果を示す。

※2 平成 10 年に行った調査結果を示す。

※3 元素分析後酸化物換算。“-”はデータなし。含有量は乾物換算値

注)A 及び B については、平成 10 年 3 月に行われた豊島廃棄物等処理実験により排出されたスラグを用いた分析結果であり、A:指定された分析機関による分析結果、B:実験実施企業により報告された分析結果である。

表Ⅱ-1-2 豊島熔融スラグの溶出試験の結果

分析項目	単位	濃度 (H13※1)	土壤環境 基準	定量下限値	分析・測定方法	参考
						pH 依存性試験
pH		8.2	-	-	JIS K 0102	8.4
総水銀(T-Hg)	mg/L	<0.0005	0.0005	0.0005	環告第 59 号付表 3	<0.0005
カドミウム(Cd)	mg/L	<0.001	0.01	0.001	JIS K 0102	<0.001
鉛(Pb)	mg/L	<0.005	0.01	0.005	JIS K 0102	<0.005
砒素(As)	mg/L	<0.001	0.01	0.001	JIS K 0102	<0.001
六価クロム(Cr ⁶⁺)	mg/L	<0.005	0.05	0.005	JIS K 0102	<0.005
セレン(Se)	mg/L	<0.001	0.01	0.001	JIS K 0102	<0.001
ふっ素(F)	mg/L	<0.1	0.8	0.1	JIS K 0102	<0.1
ほう素(B)	mg/L	0.2	1	0.1	JIS K 0102	<0.1

※1 平成 13 年に行った調査結果を示す。

注)pH 依存性試験は溶出試験時に、溶媒を硝酸にて pH=4 にし、6 時間振とうした分析結果である。

“-”はデータなし。

表Ⅱ-1-3 豊島溶融スラグを使用したフレッシュコンクリートの溶出試験の結果

分析項目	単位	水セメント比 45% 置換率 0%※1	水セメント比 55% 置換率 0%※1	水セメント比 60% 置換率 0%※1	水セメント比 45% 置換率 40%※1	水セメント比 55% 置換率 30%※1	水セメント比 60% 置換率 20%※1	スラグ単体 (H13※2)	土壌環境基準	分析・測定方法
pH		12.6	12.6	12.7	12.6	12.6	12.6	8.2	-	JIS K 0102
総水銀 (T-Hg)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	環告第59号付表3
カドミウム (Cd)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
鉛 (Pb)	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.01	JIS K 0102
砒素 (As)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.026	0.026	0.035	0.014	0.013	0.015	<0.005	0.05	JIS K 0102
セレン (Se)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
ふっ素 (F)	mg/L	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8	JIS K 0102
ほう素 (B)	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	1	JIS K 0102

※1 平成13年に行った調査結果を示す。なお、置換率は「スラグ置換率」を指す。(試験体の材齢28日)

※2 参考値(表Ⅱ-1-2 豊島溶融スラグの溶出試験の結果(平成13年に行った調査結果)と同じ)

表Ⅱ-1-4 豊島溶融スラグを使用したコンクリート2次製品の溶出試験の結果

分析項目	単位	流し込み製品			即時脱型製品			スラグ単体 (H13※2)	土壌環境基準	分析・測定方法
		水セメント比 45% 置換率 0%※1	水セメント比 45% 置換率 40%※1	水セメント比 45% 置換率 80%※1	水セメント比 30% 置換率 0%※1	水セメント比 30% 置換率 40%※1	水セメント比 30% 置換率 80%※1			
pH		12.7	12.6	12.5	12.6	12.5	12.5	8.2	-	JIS K 0102
総水銀 (T-Hg)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	環告第59号付表3
カドミウム (Cd)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
鉛 (Pb)	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.01	JIS K 0102
砒素 (As)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	0.009	0.008	<0.005	0.05	JIS K 0102
セレン (Se)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
ふっ素 (F)	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	<0.1	0.8	JIS K 0102
ほう素 (B)	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	1	JIS K 0102

※1 平成13年に行った調査結果を示す。なお、置換率は「スラグ置換率」を指す。(試験体の材齢28日)

※2 参考値(表Ⅱ-1-2 豊島溶融スラグの溶出試験の結果(平成13年に行った調査結果)と同じ)

表Ⅱ-1-5 豊島溶融スラグを使用した舗装版の溶出試験の結果

分析項目	単位	密粒度 アスコン 置換率 0% ※1	密粒度 アスコン 置換率 20% ※1	再生密粒度 アスコン 置換率 0% ※1	再生密粒度 アスコン 置換率 20% ※1	スラグ 単体 (H13※2)	土壌環 境基準	分析・測 定方法
pH		9.3	9.3	8.7	9.9	8.2	-	JIS K 0102
総水銀 (T-Hg)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	環告第 59 号付表 3
カドミウム (Cd)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
鉛 (Pb)	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.01	JIS K 0102
砒素 (As)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/L	<0.005	<0.005	0.008	0.005	<0.005	0.05	JIS K 0102
セレン (Se)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
ふっ素 (F)	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8	JIS K 0102
ほう素 (B)	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	1	JIS K 0102

※1 平成 13 年に行った調査結果を示す。なお、置換率は「スラグ置換率」を指す。

※2 参考値（表Ⅱ-1-2 豊島溶融スラグの溶出試験の結果（平成 13 年に行った調査結果）と同じ）

表Ⅱ-1-6 豊島溶融スラグを使用した排水層（路盤材及び盛土材）の溶出試験の結果

分析項目	単位	排水層			雨水	スラグ 単体 (H13※2)	土壌環 境基準	分析・測 定方法
		1 カ月※1	3 カ月※1	6 カ月※1	6 カ月※1			
pH		8.6	7.1	8.3	5.5	8.2	-	JIS K 0102
総水銀 (T-Hg)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	環告第 59 号付表 3
カドミウム (Cd)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
鉛 (Pb)	mg/L	<0.005	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.01	JIS K 0102
砒素 (As)	mg/L	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	JIS K 0102
セレン (Se)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
ふっ素 (F)	mg/L	0.3	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.8	JIS K 0102
ほう素 (B)	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	1	JIS K 0102

※1 平成 14 年に行った調査結果を示す。

※2 参考値（表Ⅱ-1-2 豊島溶融スラグの溶出試験の結果（平成 13 年に行った調査結果）と同じ）

表Ⅱ-1-7 豊島溶融スラグの品質等の確認の結果

利用用途	品質等の確認結果
フレッシュコンクリート	<ul style="list-style-type: none"> ・水セメント比が大きくなるとブリーディング量が多くなる傾向にあるが、数値的には問題のない値(建築学会基準値=0.3cm³/cm²以下)であった。 ・水セメント比が大きくなるにつれて強度は小さくなった。 ・溶融スラグ混入コンクリートはプレーンコンクリートに比べ、強度は低下する傾向にあるが、いずれも90%以上の強度を有しており、特に問題となるとは考えられない。 ・材令における強度発現はプレーンコンクリートと同程度ないし、それ以上の発現が確認された。 ・養生方法の違い(標準水中養生と屋外放置)による強度低下については、プレーンコンクリートと同様の傾向を示しており、特に問題はないと判断した。
コンクリート2次製品 (流し込み製品)	<ul style="list-style-type: none"> ・スラグ置換率が増加するにつれてブリーディング量が小さくなるが、数値的には問題のない値(建築学会基準値=0.3cm³/cm²以下)であった。 ・スラグ置換率が増加するにつれて強度低下する傾向にあるが、スラグ置換率40%程度であれば強度はプレーンコンクリートの90%以上あり、また強度発現にも特に問題はないことが確認された。 ・製品曲げ強度荷重はすべての配合及び製品において、要求される設計曲げ強度荷重を満足した。プレキャスト無筋コンクリート製品及び一部プレキャスト鉄筋コンクリート製品への適用が十分可能であり、問題ないと判断した。また、圧縮強度及び製品コア強度において、スラグ置換率40%の配合では設計基準強度24N/mm²を満足する結果となったが、スラグ置換率80%の配合では、設計基準強度をやや下回る値となった。
コンクリート2次製品 (即時脱型製品)	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロッキングブロックの曲げ強度は、スラグ置換率100%以外の配合で(社)インターロッキングブロック舗装技術協会が定める規格値を満足し、スラグ置換率40%において、強度ピークが存在する傾向を示した。
舗装版	<ul style="list-style-type: none"> ・最適アスファルト量、密度、空隙率、マーシャル安定度、残留安定度、動的安定度の全てについて、基準を満足するものであった。 ・最適アスファルト量は、スラグ置換率が高くなるにつれて少なくなる傾向にある。 ・密度は、スラグ置換率が高くなるにつれて大きくなる傾向にある。 ・空隙率は、スラグ置換率が高くなるにつれて低下する傾向にある。 ・マーシャル安定度、残留安定度、動的安定度は、スラグ置換率が高くなるにつれて低下する傾向にある。
路盤材及び盛土材	<ul style="list-style-type: none"> ・スラグ置換率が25%程度までの粒度分布は“良”を示し、締固めた乾燥密度もより大きな値が得られた。 ・盛土材料としては、せん断強度(C, φ)が原土(花崗土、再生クラッシュラン)より大きくなり、また路盤材料としてもCBR値が原土よりも大きな値が得られており、盛土材料、路盤材料として、有効に利用できるものと思われる。 ・また、透水性が7.3×10⁻³cm/secとなり、これは土の透水性(地盤工学会)から“中位”と評価され、土質材料の砂礫と同程度の透水特性を示す材料といえる。

表Ⅱ-1-8 豊島溶融スラグの含有量試験の結果

分析項目	単位	含有量 (H13※1)	土壌含有量 基準	定量下限値	分析・測定方法	備考
総水銀 (T-Hg)	mg/kg	<0.05	15	0.05	環告第 59 号付表 3	
カドミウム (Cd)	mg/kg	<0.3	150	0.3	JIS K 0102	
鉛 (Pb)	mg/kg	67	150	1.0	JIS K 0102	
砒素 (As)	mg/kg	<0.3	150	0.3	JIS K 0102	
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/kg	<0.7	250	0.7	JIS K 0102	
セレン (Se)	mg/kg	<0.3	150	0.3	JIS K 0102	

※1 平成 13 年に行った調査結果を示す。

表Ⅱ-1-9 豊島溶融スラグの粒度依存性溶出試験の結果

分析項目	単位	非粉砕 (H14※1)	粉砕 (H14※1)					土壌の 環境基準	分析・測定方法
		スラグ a (0.82mm)	スラグ b (0.72mm)	スラグ c (0.47mm)	スラグ d (0.29mm)	スラグ e (0.17mm)	スラグ f (0.10mm)		
pH		7.9	7.9	7.9	8.9	9.4	8.5	-	JIS K 0102
総水銀 (T-Hg)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	環告第 59 号 付表 3
カドミウム (Cd)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
鉛 (Pb)	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.01	JIS K 0102
砒素 (As)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	JIS K 0102
セレン (Se)	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	JIS K 0102
ふっ素 (F)	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8	JIS K 0102
ほう素 (B)	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1	JIS K 0102

※1 平成 14 年に行った調査結果を示す。

注) () 内は粉砕したスラグのうち 50%が通過した際のふるい目 (粒形) を示す。また、非破壊は粉砕前のスラグを示す。

表Ⅱ-1-10 豊島溶融スラグの骨材としての材料試験の結果

試験項目		試験結果 (H13※1)	備考	コンクリート用砕砂に 関する基準
骨材のふるい分け試験(粗粒率)		2.18		表Ⅱ-1-11
骨材の微粒分量試験 (%)		1.43		洗い試験で失われる量 7.0%以下
細骨材の密度および 吸水率試験	表乾密度 (g/cm ³)	2.87		絶乾比重 2.5 以上 吸水率 3.0%以下
	吸水 (%)	0.09		
骨材の単位容積質量 および実績率試験	単位体積質量(kg/L)	1.659		粒径判定実績率 53%以上
	実績率 (%)	57.9		
硫酸ナトリウムによる 骨材の安定性試験 (%)		1.1		安定性 10%以下
骨材のアルカリシリカ反応性試験 (モルタルバー法)		無害		無害
土粒子の含水比試験 (%)		8.34		
液性・塑性限界	液性限界 (%)	NP		
	塑性限界 (%)	NP		
突き固めによる土の 締め固め試験	最大乾燥密度(g/cm ³)	1.730	試験方法 A-b	
	最適含水比 (%)	15.6		
土の透水試験(定水位法)		7.28×10^{-3}	通常の砂 程度	
修正 CBR 試験	締固め度 90% (%)	24.1		
	締固め度 95% (%)	43.7		
顕微鏡観察		針状物少ない		
膨張率 (%)		-1.5 (収縮)	TRA0016 附属書 1(規定)	膨張率 2.0%以下※2

※1 平成 13 年に行った調査結果を示す。

※2 TRA 0016:2002「一般廃棄物、下水汚泥等の溶融固化物を用いたコンクリート用細骨材(コンクリート用溶融スラグ細骨材)」4.4 膨張率による。

表Ⅱ-1-11 豊島溶融スラグの骨材のふるい分け試験

区分	ふるいの呼び寸法※2(単位:mm)							粗粒率	
	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15		
試験結果(H13※1) (%) 〔ふるいを通るもの〕 の質量百分率	100	100	100	92.8	54.6	26.7	8.1	2.18	
コンクリート用砕砂 (%) JIS A5005	100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~15	-	
参考(H10.3)	A	100	100	99.5	84.7	48.8	15.8	2.8	2.48
	B	100	100	99.0	79.0	45.0	23.0	11.0	2.43

※1 平成 13 年に行った調査結果を示す。

※2 ふるいの呼び寸法は、それぞれ JIS Z 8801 に規定する網ふるいの呼び寸法 9.5mm, 4.75mm, 2.36mm, 1.18mm, 600μm, 300μm, 及び 150μm である。

A 及び B については、平成 10 年 3 月に行われた豊島廃棄物等処理実験により排出されたスラグを用いた分析結果であり、A:指定された分析機関による分析結果、B:実験実施企業により報告された分析結果である。

(2) フィールド試験結果等

スラグの利用に関する評価試験の結果を踏まえ、実用化に向けて施工状態を把握するためのフィールド試験を行った。

1) レディーミクストコンクリート用骨材

スラグ置換率の違いによるレディーミクストコンクリートの施工性の評価を行い、スラグ置換率を決定するため、表Ⅱ-1-12~14のとおり、スラグ置換率を変更した資材を用いて試験構造物を制作し、フィールド試験を実施した。

試験の結果、ワーカビリティ等ほとんどの項目において基準となるスラグ置換率0%の試験体と同等の結果が得られることを確認した。そのため、スラグ置換率を20~40%程度に設定すれば、施工性に問題はなく、利用可能であると判断した。(表Ⅱ-1-15)

表Ⅱ-1-12 フィールド試験の配合条件

	試験 1	試験 2
設計基準強度	18N/mm ²	18N/mm ²
骨材最大寸法	40 mm	20 mm
水セメント比	60%以下	50%
セメント銘柄	高炉セメント B 種	高炉セメント B 種
スランプ	8±2.5 cm (現場)	8±2.5 cm (現場)
空気量	4.5+1.5%, 4.5-1.0%	4.5+1.5%, 4.5-1.0%
単位水量上限	165 kg/m ³	175 kg/m ³

表Ⅱ-1-13 試験 1 のスラグ置換率

ケース No.	スラグ置換率 (%)
ケース 1	0
ケース 2	20
ケース 3	30
ケース 4	40

表Ⅱ-1-14 試験 2 の細骨材の組合せ

ケース No.	細骨材の組合せ
ケース 1	花崗岩系砕砂 100%
ケース 2	花崗岩系砕砂 80% 溶融スラグ 20%
ケース 3	花崗岩系砕砂 70% 溶融スラグ 30%
ケース 4	花崗岩系砕砂 60% 溶融スラグ 40%
ケース 5	花崗岩系砕砂 50% 溶融スラグ 50%
ケース 6	花崗岩系砕砂 50% 溶融スラグ 40% フライッシュⅣ種 10%
ケース 7	安山岩系砕砂 60% 溶融スラグ 40%

表Ⅱ-1-15 レディーミクストコンクリートにおけるフィールド試験の確認の結果

確認項目	品質等の確認結果
ワーカビリティ	・目視観察から、粗骨材が目立つことなく、良質なコンクリートであると判断した。
スランプ	・各ケースとも初期（30分経過後）のロスはあるが、規格値を満足していた。なお、経過時間による変化を確認したところ、その後のロスは小さくなり、90分経過後でのロスは、所要スランプの下限値を満足していた。
空気量	・各ケースとも初期（30分経過後）のロスはあるが、規格値を満足していた。なお、経過時間による変化を確認したところ、その後のロスは小さくなり、90分経過後でのロスは、ケース7を除き、下限値を満足していた。
ブリーディング試験	・試験1では、スラグ置換率が高くなるに従い、ブリーディング量、率とも増加傾向となった。 ・試験2では、ケース1～5は、スラグ置換率の違いによる変化は認められなかった。また、花崗岩系（ケース4）と安山岩系（ケース7）に違いはなかった。なお、フライアッシュ使用時（ケース6）は他のケースに比べ小さくなる傾向にあった。
凝結時間試験	・試験1では、スラグ置換率の違いによる凝結時間の違いは認められなかった。始発及び終結時間については、スラグ置換率が高くなるほど早くなる傾向にあった。 ・試験2では、スラグ置換率の増加に伴い凝結時間が長くなる傾向にあった。
コンクリート表面観察	・スラグ置換率の変化に伴う違いは認められなかった。
圧縮強度試験	・試験1では、基準となるスラグ置換率0%と同等の結果が得られた。 ・試験2では、多少のばらつきはあるが、基準となるスラグ置換率0%と同等の結果が得られた。
施工性	・全てのケースについて、基準となるスラグ置換率0%と大差なく施工可能であることを確認した。

※各ケース名は、表Ⅱ-1-13、14による。

2) コンクリート二次製品用骨材

スラグ置換率の違いによるコンクリート二次製品の製造及び使用時の評価を行い、スラグ置換率を決定するため、レディーミクストコンクリート用骨材試験結果を参考にスラグ置換率を20%、40%等に設定した資材を用いて試験用の製品を制作し、フィールド試験を実施した。

試験の結果、レディーミクストコンクリートと同様、スラグ置換率を20～40%程度に設定すれば、強度や外観に問題はなく、利用可能であることを確認した。（表Ⅱ-1-16）

表Ⅱ-1-16 コンクリート二次製品におけるフィールド試験の確認の結果

製品名	圧縮強度試験	外観調査
積ブロック	・スラグ置換率20, 30, 40, 60, 100%の供試体を制作し、スラグ置換率20～60%で規格値を満足した。	・スラグ置換率100%以外の配合（20, 30, 40, 60%）であれば、通常品と同等と判断できる。
大型積ブロック	・スラグ置換率20, 40%の供試体を制作し、すべて規格値を満足した。	・スラグ置換率20%、40%であれば、通常品と同等と判断できる。
張ブロック		
道路用上ぶた式U型側溝		
プレキャスト側溝		
境界ブロック		

2 豊島溶融スラグの利用に関するマニュアルの作成

(1) 溶融スラグの出荷検査マニュアル

スラグの有効利用を行うにあたり、平成 15 年 4 月から発生する豊島溶融スラグが土壌環境基準から定めた安全基準を満たすかどうかを確認する必要があるため、出荷時における検査項目等について、平成 15 年 1 月の豊島廃棄物等技術委員会において「溶融スラグの出荷検査マニュアル（最終改訂 第 41 回管理委員会（H28.7.10））（別紙①）」として決定した。

主な記載内容

第 1 マニュアルの主旨

第 2 マニュアルの概要

第 3 マニュアルの適用範囲

…豊島溶融スラグが屋外スラグヤードに搬入された後、搬出されるまで。
サンプリング・保管、安全性検査、品質検査の 3 つのステップがある。

第 4 試料のサンプリング・保管

…実施者、採取頻度（毎日午前・午後の 2 回）、保管方法を記載

第 5 安全性検査について

…実施者、検査頻度（9 日に 1 回程度）、検査項目を記載

第 6 品質検査について

…実施者、検査頻度（9 日に 1 回程度）、検査項目を記載

(2) 溶融スラグの有効利用マニュアル

豊島溶融スラグの利用用途については、当面は豊島溶融スラグの調査結果等を考慮して、「①レディーミクストコンクリート用骨材、②コンクリート二次製品用骨材、③アスファルト混合物骨材」について利用していくこととした。

それらの用途について、豊島溶融スラグを細骨材として利用する場合に、留意すべき事項や購入手続き等を「溶融スラグ有効利用マニュアル（最終改訂 第 7 回フォローアップ委員会（R1.9.15））（別紙②）」としてとりまとめた。

主な記載内容

第 1 章 総則

第 2 章 溶融スラグの利用手順

計画段階における手順（豊島溶融スラグ製造者¹⁾、豊島溶融スラグ利用者²⁾）

溶融スラグ売買契約、溶融スラグ利用計画書について記載

また、供給段階における手順（豊島溶融スラグ製造者）について記載

・安全性検査：溶出検査・含有量検査（Cd, Pb, Cr, As, Hg, Se）

・品質検査：

直島環境センター（粒度, 磁着物割合, 形状, 絶乾比重, 吸水率, アルカリシリカ反応試験）

スラグステーション(安定性,粒形判定実績率,微粒分量,酸化カルシウム,全硫黄,三酸化硫黄,金属アルミニウム,塩化物量)

利用段階における手順(豊島溶融スラグ利用者、公共工事発注者³⁾)

受入検査(製品製造時)、残渣等の取扱、「溶融スラグ使用実績簿^{*}」の作成方法

注 1) 直島環境センター

2) コンクリート二次製品製造会社,レディーミクストコンクリート製造会社

3) 香川県、国土交通省四国地方整備局

※溶融スラグ使用実績簿：豊島溶融スラグ利用者及び公共工事請負会社が作成し、県に提出する。

第3章 土木材料としての利用

実機評価試験の結果、安全性及び品質が確認されたもののうち、有効利用する製品は下表のとおりとした。

利用用途	種類	水セメント比	置換率	製品名	備考
レディーミクストコンクリート	無筋(普通コンクリート)	65%以下	細骨材質量 20%以上 40%以下		
コンクリート二次製品	流し込み製品	50%以下	細骨材質量 20%以上 40%以下	舗装用普通平板、U形側溝、境界ブロック、大形積みブロック、張りブロック、ロングU, 積みブロック	
	即時脱型製品	50%以下	細骨材質量 10%以上 60%以下	インターロッキングブロック	
		50%以下	細骨材質量 40%以上	積みブロック	

第4章 運搬・保管の方法

豊島溶融スラグ利用者の運搬・保管時の飛散・流出防止対策等の留意点を記載

Ⅲ 豊島溶融スラグの有効利用の状況及び課題と対策

1. 利用量の推移

(1) 販売量の推移

生コンクリート、コンクリート二次製品の業界団体である「香川県生コンクリート工業組合」、「香川県土木コンクリート製品協会」から、利用についての基本合意を得て、平成16年8月からレディーミクストコンクリート（無筋コンクリート）、同9月からコンクリート二次製品の細骨材として、県工事において利用を開始した。

途中、平成16年度の台風被害による災害復旧工事等の需要の増加や、金属アルミによる膨張対策等で、販売休止に至る経緯もあったが、表Ⅲ-1-1のとおり、令和2年2月25日に豊島溶融スラグの販売が終了した。その後、各工場が在庫保管している豊島溶融スラグを使用してきたが、令和3年2月に県下各生コンクリート工場の在庫利用が完了した。

なお、コンクリート二次製品については、販売が継続されている。

表Ⅲ-1-1 スラグ販売量

年度	販売量(t)		
	生コン工場	二次製品工場	合計
平成17年度迄	44,766	3,552	48,318
平成18年度	33,327	4,338	37,664
平成19年度	24,548	2,462	27,010
平成20年度	26,566	2,976	29,542
平成21年度	27,721	3,556	31,277
平成22年度	26,393	2,794	29,188
平成23年度	23,662	2,933	26,595
平成24年度	30,876	3,014	33,890
平成25年度	31,161	2,391	33,552
平成26年度	27,168	1,921	29,089
平成27年度	23,423	1,378	24,802
平成28年度	20,670	1,577	22,247
平成29年度	18,810	1,824	20,634
平成30年度	19,809	1,671	21,480
平成31年度	16,121	1,105	17,226
総合計	395,021	37,493	432,514

2. 利用形態の変遷

(1) 豊島溶融スラグの利用範囲と変遷

豊島溶融スラグは、溶融スラグ有効利用マニュアルに従い、コンクリート二次製品及びレディーミクストコンクリート（無筋コンクリート）の細骨材として利用しており、平成16年度より香川県の公共工事で利用が開始された。

なお、アスファルト舗装の細骨材や路盤材等への利用拡大も検討していたが、平成16年度の台風被害による災害復旧工事等の需要の増加を受けて、豊島溶融スラグが安定供給できなくなり販売休止をせざるを得ない事態になったこと等から、実現に至っていない。

レディーミクストコンクリートの設計条件を表Ⅲ-2-1に示す。

コンクリート二次製品の利用範囲は、当初7製品であったが、平成20年に鉄筋を含むコンクリート二次製品であるU形側溝を追加するなど、利用範囲を拡大させ、最終的に17製品に利用した。コンクリート二次製品の利用範囲の拡大状況を表Ⅲ-2-2に示す。

表Ⅲ-2-1 豊島溶融スラグコンクリート一覧

設計基準強度 N/mm ²	最大粗骨材寸法 mm	スランプ cm	セメント 種類	水セメント比	備考
18	40	5	高炉B	60%以下	
18	40	8	高炉B	60%以下	
18	40	5	高炉B	65%以下	取引量少
18	40	8	高炉B	65%以下	
18	20又は25 (いずれも可)	8	高炉B	65%以下	取引量少
18	20又は25 (いずれも可)	15	普通	規定なし	取引量少

表Ⅲ-2-2 豊島溶融スラグ入りコンクリート二次製品利用範囲の拡大状況

運用開始	製品
H16.9.1	平板・境界ブロック・積みブロック・張りブロック・大形積みブロック・U形側溝・ロングU
H16.11.1	地先境界ブロック・魚巣ブロック
H18.7.1	法枠ブロック・階段ブロック
H20.4.1	落ちふた式U形側溝・L形側溝・ベンチフリューム・ソケット式フリューム
H24.4.1	L型擁壁・ボックスカルバート

(2) 置換率の変遷

平成 16 年度の台風被害による災害復旧工事等の需要の増加を受けて豊島溶融スラグが安定供給できなくなり、平成 17 年 2 月から販売休止となり、その後も再度販売休止に至るなど、需要が供給を上回った状態が続いていたため、平成 20 年度に、置換率を 30% から 25% に低減することとした。

その後、処理量アップに伴う豊島溶融スラグ発生量の増加や、公共工事の減少等の影響により、平成 23 年度には豊島溶融スラグの供給量が販売量を上回るようになり、スラグの在庫が増加したため、平成 24 年度からは置換率を 25% から 30% に戻した。

置換率の経緯について、表Ⅲ-2-3 に示す。

表Ⅲ-2-3 レディーミクストコンクリート（無筋構造物用）置換率の変遷

運用開始	適用範囲	置換率
H16. 7. 1	県内全域 (小豆地区以外)	30%
H17. 1. 1	県内全域 (小豆地区追加)	30%
H20. 4. 1	県内全域	30%→25%
H24. 4. 1	県内全域	25%→30%

3. 製造・販売時の課題とその対策例

スラグの製造・販売時の課題と実施した対策について、以下のとおり事例を取りまとめた。

(1) 粗大スラグの除去

①課題

アルカリシリカ反応性試験結果に最も影響を与えるのは、花崗岩由来のシリカ結晶で、分級機によって除去される概ね 75mm オーバーの粗大スラグに多く含まれて排出され、これらの製品への混入を抑制する必要がある。

②対策

この粗大スラグを破碎後再溶融することで、アルカリシリカ反応性試験を満足してきた。平成 18 年 10 月以降は、豊島廃棄物等の処理量アップ対策に伴い粗大スラグの再溶融を中止したため、スラグ品質に影響のない範囲で製砂スラグに混合し、コンクリート用細骨材として有効利用するとともに、製砂スラグに混合できない粗大スラグは、三菱マテリアル(株)九州工場においてセメント原料化処理を行い有効利用した。

(2) 金属アルミの除去

①課題

スラグに含まれる金属アルミはセメント硬化時に水素ガスを発生させ、コンクリートを膨張させるため、スラグ内の金属アルミを減少させる必要がある。

②対策

金属アルミによる膨張に対しては、水かけや置き換え等により金属アルミを酸化促進（エイジング）させ、アルミニウムの表面に酸化被膜を形成し不活性化させることが有効であるが、その対応に日数を要し、平成 17 年には販売休止に至った経緯もある。

そのため、アルミの選別除去率を上げることによりスラグ中の金属アルミ含有量を減少させ、エイジング期間を短縮できるよう、スラグの破碎装置での鉄球の数及び大きさなどの条件を変え、アルミの選別除去率の対策を行った。

また、スラグ中継基地等においても散水を行うことで金属アルミの酸化促進を図った。

(3) 金属アルミの露出の抑制等

①課題

スラグ破碎機によりスラグが細かく粉碎されるとアルミ片も細かく粉碎され、酸化アルミ（膨張率に影響しない）の中から金属アルミ（膨張率に影響あり）の表面が露出することにより膨張率が上がるのではないかと推察されており、また、事業費削減対策として、スラグ破碎機の運転経費・維持経費の削減も求められていた。

②対策

金属アルミの表面が露出を抑制するよう破碎する必要があるため、平成 19 年度から粗粒率を 2.71 ± 0.2 から 2.90 ± 0.2 に変更を行い、消耗品及び修繕サイクルの長期化を

図った。

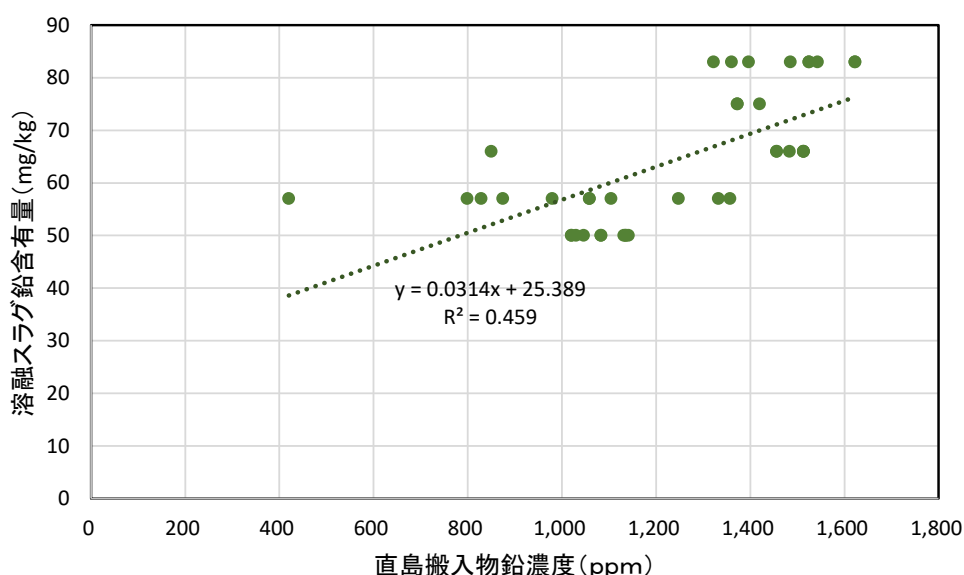
(4) スラグへの鉛の混入の抑制

① 課題

公調委の調査で高濃度の鉛が確認されていた区域の均質化物から、平成 26 年度に製造された豊島溶融スラグより、鉛含有量の基準値超過が確認された。

② 対策

図Ⅲ-3-1 のとおり、混合する廃棄物の鉛含有量により、豊島溶融スラグの鉛含有量が高くなる傾向があったため、豊島溶融スラグの鉛含有量の低減を図る対応として、写真Ⅲ-3-1 及び 2 のとおり、豊島処分地で携帯型の蛍光 X 線分析装置を新たに導入し、養生中の均質化物や、シュレッダーダスト主体元山、土壌主体元山の鉛濃度を適宜測定して、高濃度の鉛が偏らないように確認を行うこととした。



図Ⅲ-3-1 直島搬入物鉛濃度と豊島溶融スラグ鉛含有量の関係



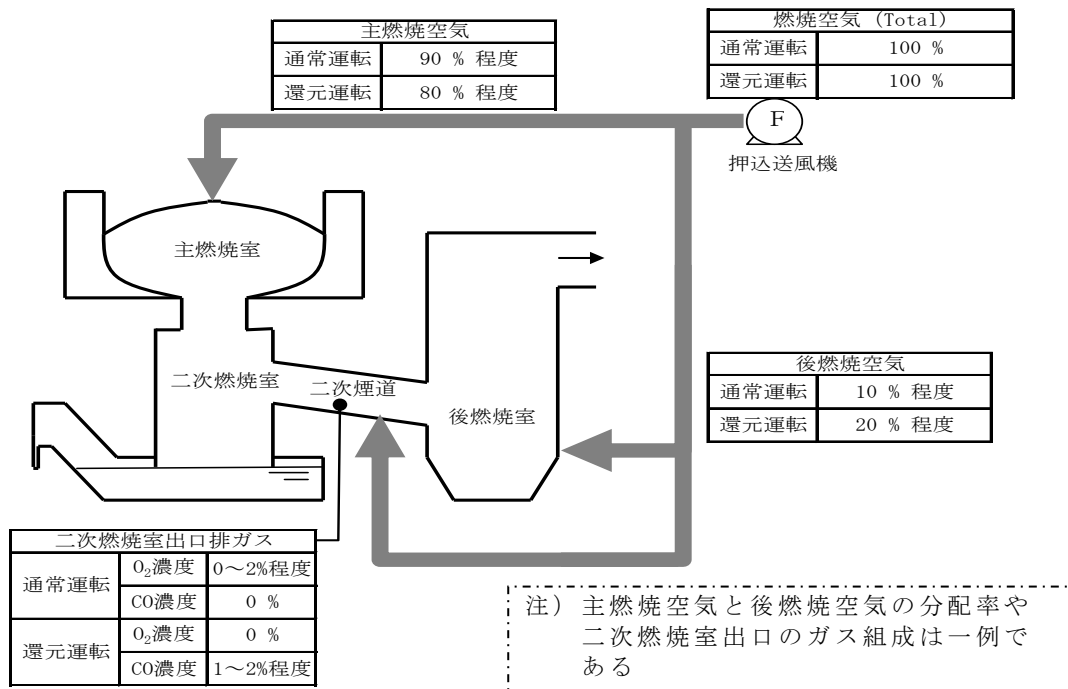
写真Ⅲ-3-1 携帯型蛍光 X 線分析装置による測定の様子 (1)



写真Ⅲ-3-2 携帯型蛍光 X 線分析装置による測定の様子 (2)

また、併せて直島の溶融炉においては、通常運転では主燃焼室で完全燃焼させているが、図Ⅲ-3-2のとおり、主燃焼室で酸素不足の状態として、鉛や亜鉛などの低沸点重金属類の揮散を促進させ、二次燃焼室以降で未燃ガスを完全燃焼させる還元運転を行うこととした。

例として、還元運転の実施時の豊島溶融スラグの鉛含有量の変化を表Ⅲ-3-1に示す。3月30日から鉛含有量が基準値150mg/kgを超過した状態であったが、4月8日から還元運転を行うことで、豊島溶融スラグの鉛含有量を低減した。



図Ⅲ-3-2 通常運転と還元運転のイメージ

スラグ製造月日	鉛含有量 (mg/kg)		溶融炉の運転方法
	ロット毎	ブース毎	
1/23 ~ 2/3	90	-	通常運転
2/4 ~ 2/13	55	-	通常運転
2/14 ~ 2/24	53	-	通常運転
2/25 ~ 3/6	74	-	通常運転
3/7 ~ 3/18	94	-	通常運転
3/19 ~ 3/29	148	-	通常運転
3/30 ~ 4/2	-	222	通常運転
4/3 ~ 4/5	-	188	通常運転
4/6 ~ 4/9	81	134	通常運転→臨時的に還元運転(4/8~)
4/10 ~ 4/12		73	臨時的に還元運転
4/13 ~ 4/17		56	臨時的に還元運転
4/18 ~ 4/22		55	臨時的に還元運転
4/23 ~ 5/1	55	-	臨時的に還元運転
5/2 ~ 5/10	121	-	通常運転
5/11 ~ 5/18	141	-	通常運転
5/19 ~ 5/29	128	-	通常運転→臨時的に還元運転(5/21~)
5/30 ~ 6/8	78	-	臨時的に還元運転
6/9 ~ 6/16	65	-	臨時的に還元運転

表Ⅲ-3-1 溶融スラグの鉛含有量の推移

(5) アルカリシリカ反応性試験の迅速化 1

①課題

豊島溶融スラグの品質管理に係るアルカリシリカ反応性試験については、日常的には化学法で管理し、年2回のモルタルバー法試験【試験条件：普通ポルトランドセメント、アルカリ調整 1.2%、豊島溶融スラグ 100%骨材】で確認してきたが、残存廃棄物の土壌含有率の上昇に合わせて、均質化物の土壌比率は年々引き上げられ、その中身についても、鉱さいや燃えがらではなく、土壌そのものや風化花崗岩が多く含まれるようになり、微小な石英が著しく増え、また反応性が高いクリストバライトも増え、平成25年度のモルタルバー試験【試験条件：普通ポルトランドセメント、アルカリ調整 1.2%、豊島溶融スラグ 100%骨材】において、6か月の試験期間を待たずにして、膨張率が基準値 0.1%を超過する事態となった。

②対策

早急にコンクリートへの影響を把握するため、試験期間が1週間である迅速法による試験（JIS A 1804）を追加するとともに、実際の使用条件を各種試験条件に追加することとした（表Ⅲ-3-2）。

具体的に、実際の使用条件として、レディーミクストコンクリートでは細骨材の置換率は30%で、さらに高炉セメントを使用する抑制対策が講じられており、また、コンクリート二次製品では一般に普通ポルトランドセメントが用いられているが、細骨材への置換率は30%としている。

豊島溶融スラグ 100%骨材での試験条件では、膨張率が基準値の 0.1%を超えても、実際の使用条件では超過しないことがあるため、両者の検討を行うこととした。なお、平成25年度のデータを表Ⅲ-3-2に示す。

表Ⅲ-3-2 平成25年度に製造された豊島溶融スラグの追加試験の結果

試験方法	セメントの種類 (アルカリ調整) ※1	試験対象の豊島溶融スラグ ※2	
		平成25年度下期	
		スラグ 100	スラグ 30
モルタルバー法	普通 (1.2%)	0.197%	0.060%
	高炉 (無調整)	0.027%	0.013%
迅速法	普通 (2.5%)	0.145%	0.025%
	普通 (無調整)	0.020%	0.013%
	高炉 (無調整)	0.012%	0.018%

赤字 膨張率が基準値 0.1%を超過したもの

黄色塗り箇所 追加試験

※1 アルカリ調整

1.2%：セメント量に対して全アルカリの量が 1.2%になるように調整（モルタルバー法）

2.5%：セメント量に対して全アルカリの量が 2.5%に調整（迅速法）

無調整：アルカリ量の調整を行わない

※2 試験対象の豊島溶融スラグ

スラグ 100：豊島溶融スラグ 100%骨材、スラグ 30：豊島溶融スラグ 30%骨材

(6) アルカリシリカ反応性試験の迅速化 2

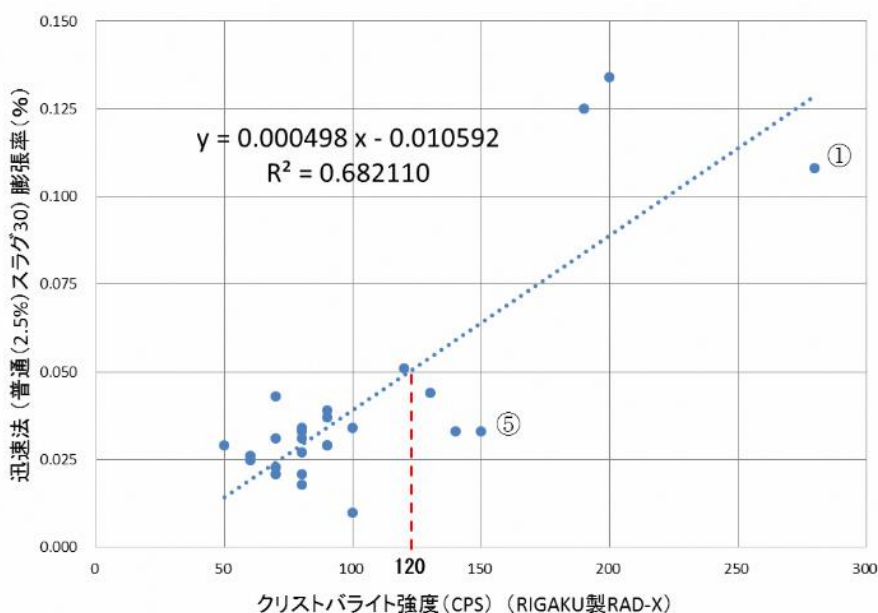
①課題

迅速法による試験を追加したものの、処理量アップ対策に伴い、平成 28 年度には生成されたスラグの保管ヤードの運用が困難となり、早急に溶融スラグを出荷する必要が生じ、検査の更なる迅速化の必要性が生じた。

②対策

ロット毎にクリストバライトの強度を測定して、迅速法【試験条件：普通ポルトランドセメント、アルカリ調整 2.5%、豊島溶融スラグ 30%骨材】の膨張率 0.050%に相当するクリストバライト強度で管理を行い、豊島廃棄物等の処理を継続させた。

クリストバライト強度と迅速法による膨張率との関係を図Ⅲ-3-3に示す。



図Ⅲ-3-3 クリストバライト強度と迅速法による膨張率との関係

4. 利用時の課題とその対策例

(1) 販売休止に伴うコンクリート材料の混在

①課題

豊島溶融スラグ入りコンクリートの販売休止により、同一の工事で豊島溶融スラグ入りコンクリートと JIS コンクリートとが同時に使われるケースが発生した。

②対策

豊島溶融スラグ入りコンクリートの販売が休止されていた間に、JIS コンクリートにて施工された構造物（砂防堰堤を除く）については、豊島溶融スラグ入りコンクリートと JIS コンクリートの使用範囲が分かるよう現場管理を行った。

なお、砂防堰堤については、コンクリート断面が大きく、ひび割れが他に比べると生じやすく、細骨材としての豊島溶融スラグの有無が影響を与える可能性が明確でなかったことから、予防対策として、本堤工等の構造物単位で同一なコンクリート材料を使用することとした。

IV 豊島溶融スラグ利用のコンクリート構造物のモニタリング調査

1. 第1次モニタリングの調査結果

(1) モニタリング対象構造物の選定

第1次モニタリングでは、施工後10年程度経過した構造物のうち、過酷な利用条件である気温の変化等が大きい山間部の構造物を選定した。

(2) 調査の実施状況

1) モニタリング対象構造物

平成25年度と平成27年度の調査対象構造物を図IV-1-1および表IV-1-1に示す。計6構造物について、外観調査および詳細調査を実施した。

2) 調査の実施日

平成25年度調査 平成26年2月17日 [コア採取]

平成27年度調査 平成27年12月1,2日 [コア採取]

図IV-1-1 調査対象構造物の所在箇所



表IV-1-1 調査対象構造物の概要

No.	区分	工事名	施工場所	工期	利用条件	備考
1	H16-01 擁壁	(地方道路整備臨時交付金)県道鹿庭奥山線 緊急地方道路整備工事(道路災害防除)(第4工区)	木田郡 三木町	H16.2 ~ H17.1	過酷 (山間部)	
2	H16-02 側壁	後山上川通常砂防工事	まんのう町 仲南	H16.5 ~ H17.3	過酷 (山間部)	
3	H17-01 擁壁	16災第1363号 県道塩江屋島西線 道路災害復旧工事	高松市 東植田町	H17.9 ~ H18.1	過酷 (山間部)	
4	H16-03 擁壁	(地方道路整備臨時交付金)県道三木津田線 緊急地方道路整備工事	さぬき市 造田宮西	H16.10 ~ H17.3	過酷 (山間部)	
5	H17-02 擁壁	16災第313号 県道塩江屋島西線 道路災害復旧工事外(314)	高松市 菅沢町	H17.2 ~ H18.1	過酷 (山間部)	
6	H17-03 堰堤	梶羽川 通常砂防工事	綾川町 綾上	H17.9 ~ H18.3	過酷 (山間部)	

3) 調査項目

第1次モニタリングでは、構造物の外観調査、採取したコンクリートコアで外観観察、圧縮強度試験、静弾性係数試験、偏光顕微鏡観察、残存膨張量試験を行った。調査項目を表IV-1-2に示す。

表IV-1-2 モニタリングの調査項目

調査項目	目的及び内容
構造物の外観調査	アルカリ骨材反応特有の劣化症状（亀甲状のひび割れ等）の有無を確認する。
コンクリートコア採取	φ100 mm、L=250～300 mm程度のコアを4本（圧縮強度試験及び静弾性係数試験用に2本、残存膨張量試験用に1本）採取する。
コアの外観観察	採取したコアの外観を観察し、ひび割れ及びアルカリシリカ反応生成物の確認を行う。
圧縮強度試験	コンクリートの基本情報として、圧縮強度試験を採取したコアで行う。
静弾性係数試験	コンクリートの変状を評価する試験として、静弾性係数試験を採取したコアで行う。
偏光顕微鏡観察	採取したコアから厚さ20μm程度の薄片を作成し、偏光顕微鏡により、微細なひび割れの発生状況等を確認し、豊島溶融スラグに起因したアルカリ骨材反応の有無を確認する。
残存膨張量試験	デンマーク法（採取したコアを50℃の飽和NaCl溶液中に浸漬した際の膨張量を測定し、アルカリ骨材反応の進行の可能性を評価する方法）を行う。

(3) 調査結果

1) 構造物の外観調査

H16-02側壁（まんのう町）では一部にコールドジョイントと思われる変状、H17-03堰堤（綾川町）では、表面の乾燥によると思われる微細なひび割れが僅かに発生していたが、アルカリ骨材反応を疑わせるひび割れは全く認められなかった。また、その他の構造物についてはひび割れの発生は確認されず、調査した6箇所とも、アルカリ骨材反応を疑わせる変状は認められなかった。

調査個所の外観を写真IV-1-1～6に示す。



写真IV-1-1 H16-01擁壁



写真IV-1-2 H16-02側壁



写真Ⅳ-1-3 H17-01 擁壁



写真Ⅳ-1-4 H16-03 擁壁



写真Ⅳ-1-5 H17-02 擁壁



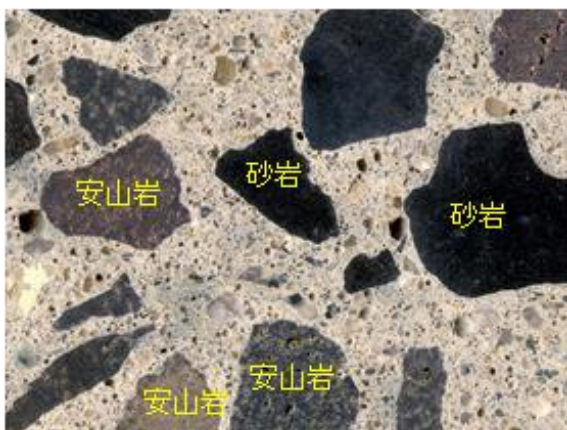
写真Ⅳ-1-6 H17-03 堰堤

2) コンクリートコアの外観観察

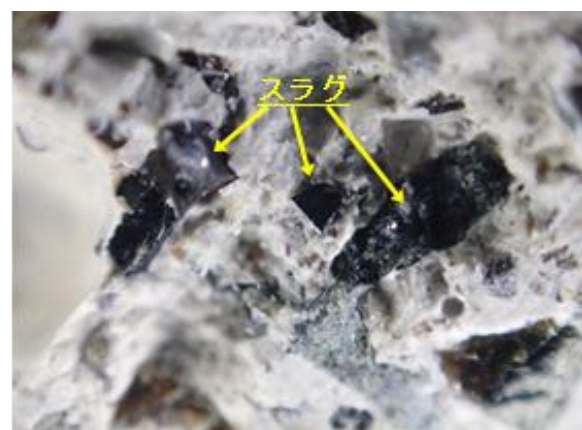
採取したサンプルはいずれも目視で確認できるようなひび割れは発生していない。また、アルカリシリカ反応生成物を疑わせるような白色物質は全く析出していない。また、スラグを含むすべての細骨材とセメントペーストとの境界は良好な状態であり、アルカリシリカ反応が発生している様子はいかがえない。

コアの破断面では、スラグは製造直後と同様な光沢を示しており、セメントとの境界部で反応が発生している様子はいかがえない。

採取したコンクリートコアの代表切断面を写真Ⅳ-1-7、破断面を写真Ⅳ-1-8に示す。



写真Ⅳ-1-7 コンクリートコア切断面



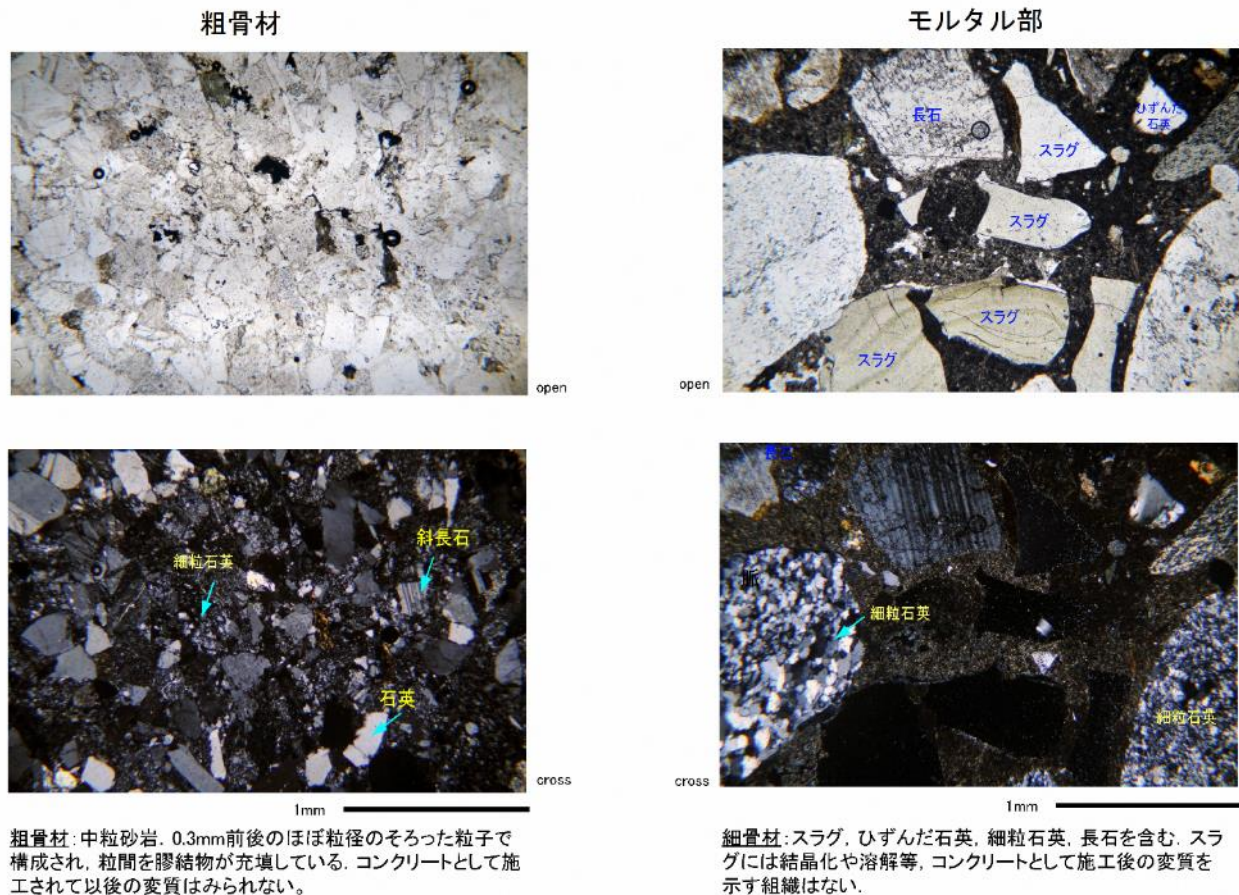
写真Ⅳ-1-8 コンクリートコア破断面

3) コンクリートコアの偏光顕微鏡観察

アルカリ骨材反応が進行すると、セメントペースト部から骨材に繋がるひび割れが発生し、ひび割れ内部に反応生成物が充填されていることが多い。また、骨材自身にもひび割れや変質が発生していることが多い。

調査した6個所のコアから作製した薄片の偏光顕微鏡観察では、このような症状は全く認められない。また、豊島熔融スラグとセメントペースト界面において反応した様子はいくつか見られるが、アルカリ骨材反応は発生していないと判断した。

採取したコンクリートコアの代表的な偏光顕微鏡観察結果を写真IV-1-9に示す。



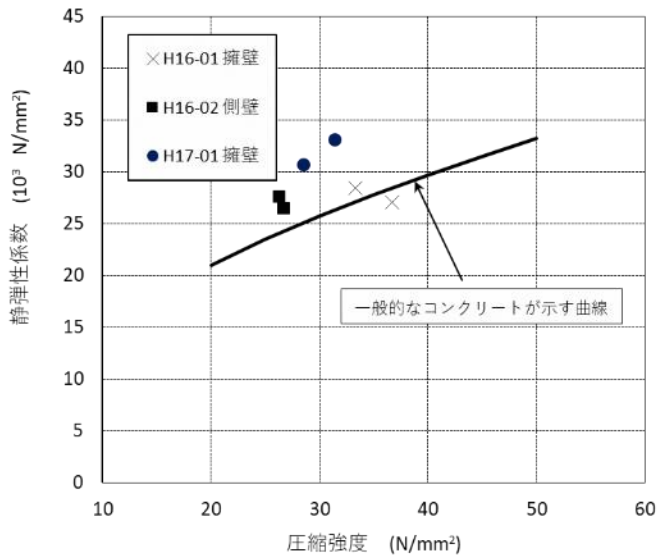
※上は、1枚のニコル(偏光板)だけで観察
下は、2枚のニコル(偏光板)の間に資料を入れて観察

写真IV-1-9 コンクリートコアの偏光顕微鏡の写真

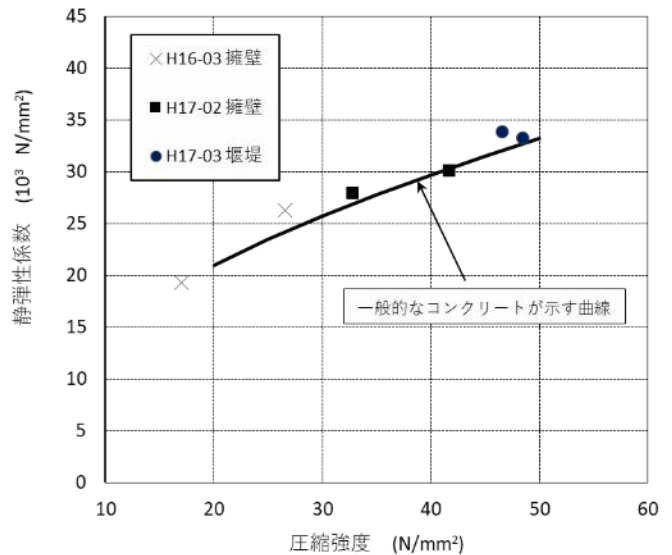
4) 圧縮強度試験および静弾性係数試験

コンクリートにアルカリ骨材反応が生じた場合、圧縮強度に比べ静弾性係数が大きく低下することが知られているが、本調査結果では、圧縮強度は設計基準強度を十分に上回っていること、静弾性係数は一般的なコンクリートの値を示していることから、調査したコンクリートにおいてアルカリ骨材反応は発生していないと判断した。

採取したコアの圧縮強度と静弾性係数の関係を図IV-1-2、3に示す。



図IV-1-2 圧縮強度と静弾性係数の関係 (H25)

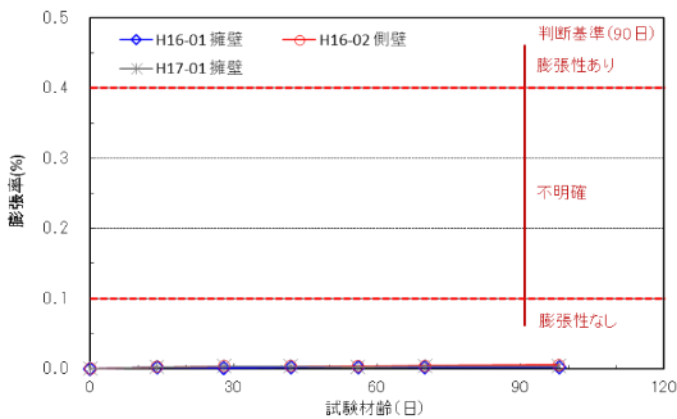


図IV-1-3 圧縮強度と静弾性係数の関係 (H27)

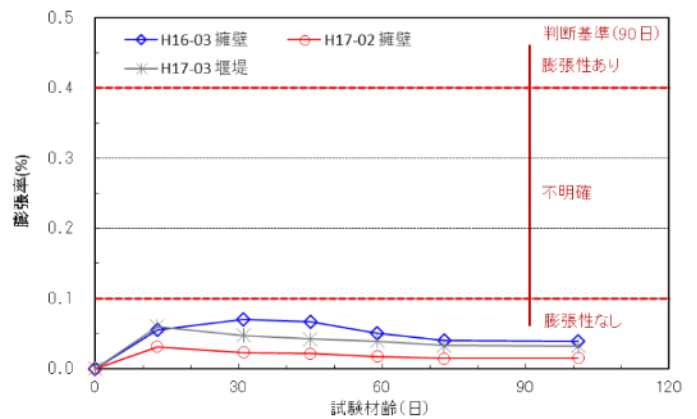
5) コンクリートコアの促進膨張試験

本試験法は骨材の反応性を評価するための試験であり、判定基準の結果をコンクリートコアにただちに適用できるものではないが、図のとおりほとんど膨張しておらず、今後、仮に厳しい塩害環境にさらされたとしても、アルカリ骨材反応による有害な膨張が生じる可能性は極めて低いと判断した。

採取したコアのデンマーク法による試験結果を図IV-1-4、5に示す。



図IV-1-4 膨張率の経時変化 (H25)



図IV-1-5 膨張率の経時変化 (H27)

6) 調査結果のまとめ

第1次モニタリングの調査結果では、アルカリ骨材反応は発生していないと判断でき、また、今後も反応が発生する可能性はほとんどないとした。

そのため、今後行う継続調査については、対象構造物や頻度など効率的なモニタリング計画を作成・検討し、スラグ置換率や土壌比率の違い等による影響を考察することとした。

2. 第2次モニタリングの調査結果

(1) モニタリング対象構造物の選定

基本的には、第1次のモニタリングでの考え方を踏襲し、第1次の調査対象のその後の状況の変化を見極めるとともに、土壌比率やスラグ置換率等の影響を、第1次モニタリングと比較検討することを目的としてモニタリング対象構造物を選定した。

1) モニタリング対象構造物の選定の基本的な考え方

第1次調査でのモニタリング対象構造物（供用10年経過後）のその後の状況（供用15年経過後）を引き続き調査する。

加えて、豊島廃棄物等の土壌比率の増加やスラグ置換率の影響を、第1次での調査結果と比較検討するため、供用10年経過後の該当する対象構造物を選定し、調査する。また、コンクリートの性状には海水による影響が考えられるため、過酷な条件にこれを加える（表IV-2-1参照）。

表IV-2-1 対象構造物の利用条件での選定の考え方

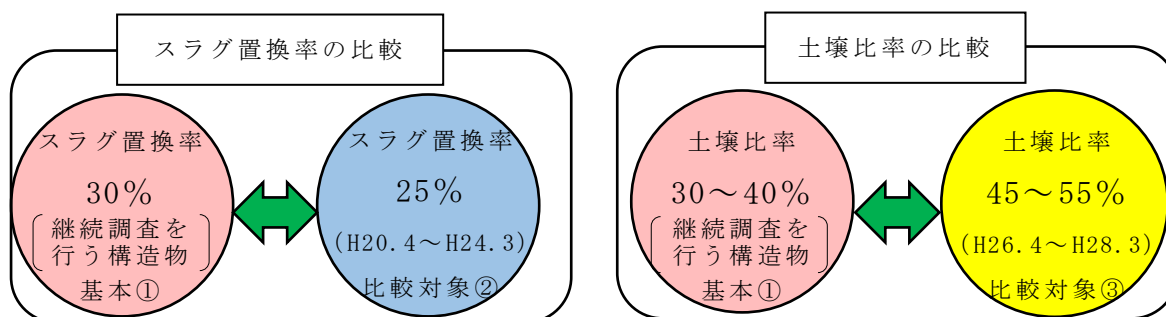
利用条件	内容
過酷な利用条件にある構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・海水による影響で劣化の可能性が高い構造物（沿岸部） ・気温の変化等が大きい構造物（山間部）
一般的な利用条件にある構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・平野部における県道沿いの構造物（平地部）

2) 比較を行う構造物の選定

第1次モニタリングの結果と比較を行う構造物としては、スラグ置換率に着目し、25%の構造物を選定して第1次の置換率30%の構造物との比較検討を行う。

また、土壌比率が高い豊島溶融スラグが使用された構造物にも着目し、土壌比率が上昇する前の第1次調査と上昇後の構造物の比較検討を行う。

それぞれの比較対象の概要を図IV-2-1に示す。なお、この色分けは、これ以降の図表についても同じとしている。



図IV-2-1 第1次の継続調査との比較対象の概要

3) モニタリング対象構造物の選定結果

第1次からの継続調査計6件(表IV-2-2の1~6)と比較対象として選定した計6件(表IV-2-2の7~12)を以下に示す。

表IV-2-2 第1次からの継続調査とその追加分のモニタリング対象構造物

No.	区分	工事名	施工場所	工期	利用条件	備考
1	H16-01 擁壁	(地方道路整備臨時交付金)県道鹿庭奥山線 緊急地方道路整備工事(道路災害防除)(第4工区)	木田郡 三木町	H16.2 ~ H17.1	過酷 (山間部)	第1次モニタリング 対象
2	H16-02 側壁	後山上川 通常砂防工事	仲多度郡 まんのう町	H16.5 ~ H17.3	過酷 (山間部)	第1次モニタリング 対象
3	H16-03 擁壁	(地方道路整備臨時交付金)県道三木津田線 緊急地方道路整備工事	さぬき市 造田宮西	H16.10 ~ H17.3	一般 (平地部)	第1次モニタリング 対象
4	H17-01 胸壁	高海改修第1号 原浜海岸 海岸改修工事	高松市 牟礼町	H17.7 ~ H17.11	過酷 (沿岸部)	追加分
5	H18-01 胸壁	県道紫雲出山線 道路改修工事(第2工区)	三豊市 詫間町	H18.1 ~ H19.1	過酷 (沿岸部)	追加分
6	H18-02 擁壁	県道太田上町志度線 道路維持修繕工事	高松市 六条町	H18.9 ~ H19.2	一般 (平地部)	追加分
7	H20-01 堰堤	長砂整第2号 梅ヶ畑川 砂防整備工事 (第2工区)	さぬき市 前山	H21.2 ~ H21.9	過酷 (山間部)	
8	H21-01 胸壁	津田港 高潮等対策整備工事(補助外)(護岸工)	さぬき市 津田町	H21.9 ~ H22.6	過酷 (沿岸部)	
9	H21-02 擁壁	高改修第6号 県道円座香西線 道路改修工事 (御厩工区)	高松市 檀紙町	H21.9 ~ H22.4	一般 (平地部)	
10	H26-01 胸壁	(防災・安全社会資本整備交付金)津田港 港湾海岸高潮対策工事	さぬき市 津田町	H25.9 ~ H27.3	過酷 (沿岸部)	
11	H27-01 擁壁	長改修第4号 県道富田中鴨部線(二番工区) 道路改修工事	さぬき市 鴨部	H27.2 ~ H27.8	一般 (平地部)	
12	H27-02 側壁	(防災・安全社会資本整備交付金)竹の谷川 通常砂防工事	観音寺市 大野原町	H27.7 ~ H28.1	過酷 (山間部)	

4) モニタリングの調査項目

調査項目は第1次のモニタリングと同様であり、表IV-2-3に示す。

表IV-2-3 モニタリングの調査項目

調査項目	目的及び内容
構造物の外観調査	アルカリ骨材反応特有の劣化症状(亀甲状のひび割れ等)の有無を確認する。
コンクリートコア採取	φ100mm、L=250~300mm程度のコアを4本(圧縮強度試験及び静弾性係数試験用に2本、残存膨張量試験用に2本)採取する。
コアの外観観察	採取したコアの外観を観察し、ひび割れ及びアルカリシリカ反応生成物の確認を行う。
圧縮強度試験	コンクリートの基本情報として、圧縮強度試験を採取したコアで行う。
静弾性係数試験	コンクリートの変状を評価する試験として、静弾性係数試験を採取したコアで行う。
偏光顕微鏡観察	採取したコアから厚さ20μm程度の薄片を作成し、偏光顕微鏡により、微細なひび割れの発生状況等を確認し、豊島溶融スラグに起因したアルカリ骨材反応の有無を確認する。
残存膨張量試験	一般的な試験方法であるJCI-DD2法及び既往調査で採用しているデンマーク法を行う。

(2) 調査の実施状況

1) モニタリング対象構造物

令和元年度の調査では、外観調査 8 構造物、詳細調査 5 構造物について実施した。なお、外観調査により絞り込みを行う「第 1 次からの継続調査とその追加分のモニタリング対象構造物（令和元年度は山間部および平地部が対象）」については、外観調査による評価を行い、それぞれ 1 件を選定した。

また、令和 2 年度の調査では、外観調査 4 構造物、詳細調査 4 構造物について実施した。なお、外観調査により絞り込みを行う「第 1 次からの継続調査とその追加分のモニタリング対象構造物（令和 2 年度は沿岸部が対象）」については、外観調査から評価を行い、1 件を選定した。

令和元年度と令和 2 年度の調査対象構造物を図 IV-2-2 および表 IV-2-4 に示す。

2) 調査の実施日

令和元年度調査

外観調査：事前調査	令和元年 11 月 28 日（松島委員立会）
詳細調査	令和元年 12 月 9～11 日 [コア採取]
	令和 2 年 1 月 20、22 日 [外観目視調査]

令和 2 年度調査

外観調査：事前調査	令和 2 年 8 月 4 日（松島委員立会）
詳細調査	令和 2 年 8 月 27, 28 日 [コア採取]
	令和 2 年 9 月 1, 2 日 [外観目視調査]

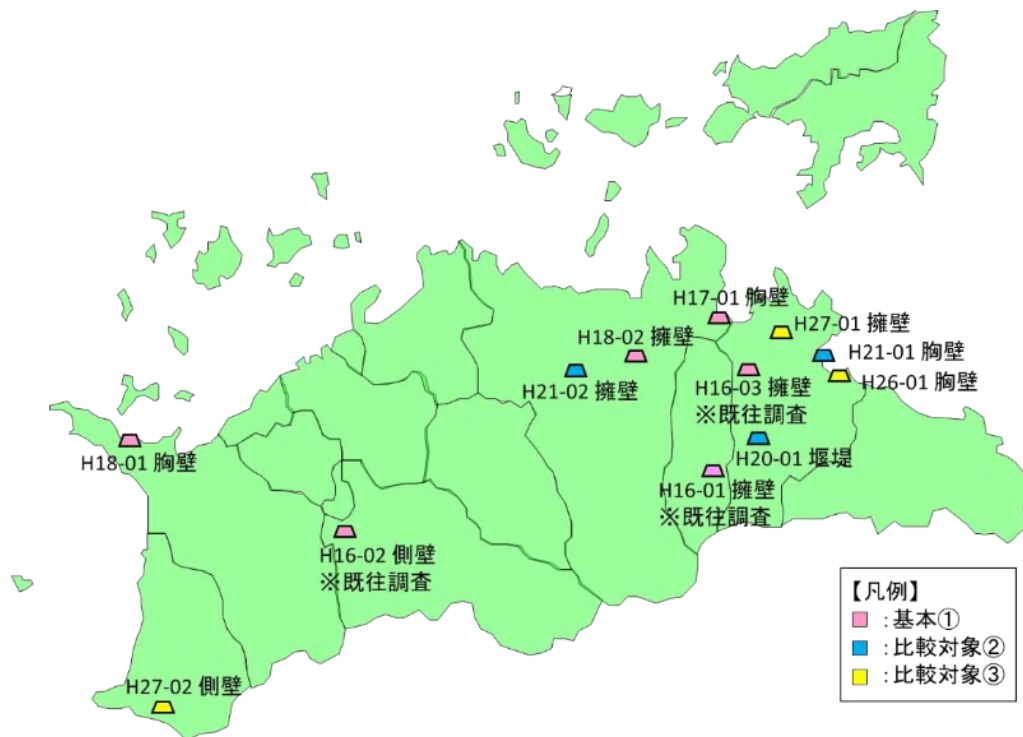


図 IV-2-2 調査対象構造物の所在箇所

表Ⅳ-2-4 調査対象構造物の概要

比較対象	No.	区分	工事名	施工場所	工期	利用条件	備考
基本①	1	H16-01 擁壁	(地方道路整備臨時交付金)県道鹿庭奥山線 緊急地方道路整備工事(道路災害防除)(第4工区)	木田郡 三木町	H16.2 ~ H17.1	過酷 (山間部)	
	2	H16-02 側壁	後山上川 通常砂防工事	仲多度郡 まんのう町	H16.5 ~ H17.3	過酷 (山間部)	※外観調査のみ実施
	3	H16-03 擁壁	(地方道路整備臨時交付金)県道三木津田線 緊急地方道路整備工事	さぬき市 造田宮西	H16.10 ~ H17.3	一般 (平地部)	※外観調査のみ実施
	4	H17-01 胸壁	高海改修第1号 原浜海岸 海岸改修工事	高松市 牟礼町	H17.7 ~ H17.11	過酷 (沿岸部)	
	5	H18-01 胸壁	県道紫雲出山線 道路改修工事(第2工区)	三豊市 詫間町	H18.1 ~ H19.1	過酷 (沿岸部)	※外観調査のみ実施
	6	H18-02 擁壁	県道太田上町志度線 道路維持修繕工事	高松市 六条町	H18.9 ~ H19.2	一般 (平地部)	
比較対象②	7	H20-01 堰堤	長砂整第2号 梅ヶ畑川 砂防整備工事 (第2工区)	さぬき市 前山	H21.2 ~ H21.9	過酷 (山間部)	
	8	H21-01 胸壁	津田港 高潮等対策整備工事(補助外)(護岸工)	さぬき市 津田町	H21.9 ~ H22.6	過酷 (沿岸部)	
	9	H21-02 擁壁	高改修第6号 県道円座香西線 道路改修工事 (御厩工区)	高松市 檀紙町	H21.9 ~ H22.4	一般 (平地部)	
比較対象③	10	H26-01 胸壁	(防災・安全社会資本整備交付金)津田港 港湾海岸高潮対策工事	さぬき市 津田町	H25.9 ~ H27.3	過酷 (沿岸部)	
	11	H27-01 擁壁	長改修第4号 県道富田中鴨部線(二番工区) 道路改修工事	さぬき市 鴨部	H27.2 ~ H27.8	一般 (平地部)	
	12	H27-02 側壁	(防災・安全社会資本整備交付金)竹の谷川 通常砂防工事	観音寺市 大野原町	H27.7 ~ H28.1	過酷 (山間部)	

(3) 調査結果

1) 構造物の外観調査

外観調査を行った12構造物すべてについて、アルカリ骨材反応による劣化は見られない。

なお、外観調査により絞り込みを行う「第1次からの継続調査とその追加分のモニタリング対象構造物」(表Ⅳ-2-1 No. 1~6)については、アルカリ骨材反応を疑わせるひび割れは全く認められず、同様の状況にあることから、山間部については調査全体の効率や現地の作業性等を考慮してH16-1擁壁を、平地部については新たに調査したH18-2擁壁を、沿岸部については調査年度の古いH17-1胸壁を選定し、詳細調査を行うこととした。

アルカリ骨材反応では、ひび割れを生じない場合も接合部でコンクリートの膨張による変化を生じる場合があることから、外観調査を行った目地部の状況について、写真Ⅳ-2-1~8に示す。

また、参考としてアルカリ骨材反応による特徴的な状況を写真Ⅳ-2-9, 10に示す。



写真IV-2-1 H16-01 擁壁 (既往調査時)



写真IV-2-2 H16-02 側壁 (既往調査時)



写真IV-2-3 H16-03 擁壁 (既往調査時)



写真IV-2-4 H17-01 胸壁



写真IV-2-5 H18-01 胸壁



写真IV-2-6 H18-02 擁壁



写真IV-2-7 H27-01 擁壁



写真IV-2-8 H27-02 側壁



写真IV-2-9 参考:アルカリ骨材反応の
特徴的な状況(1)

コンクリートの膨張により目地部が押され、目地材が外にはみ出してくる。



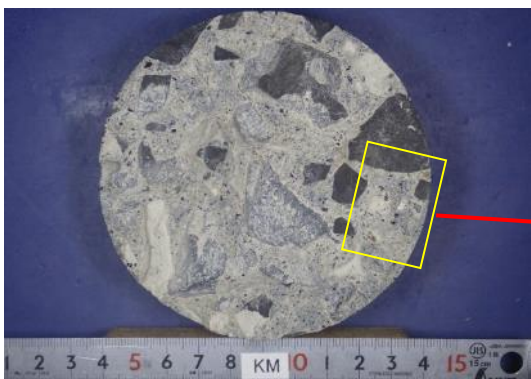
写真IV-2-10 参考:アルカリ骨材反応の
特徴的な状況(2)

コンクリート膨張により、接手部でのせり上がり、段差が発生する場合がある。

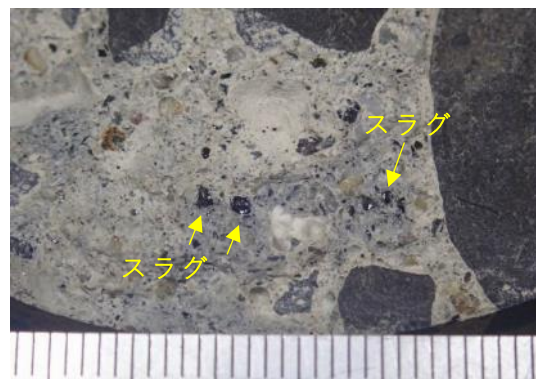
2) コンクリートコアの外観観察

外観観察を行った9構造物すべてについて、目視で確認できるようなひび割れは発生していない。また、アルカリシリカ反応生成物を疑わせるような白色物質も析出していない。

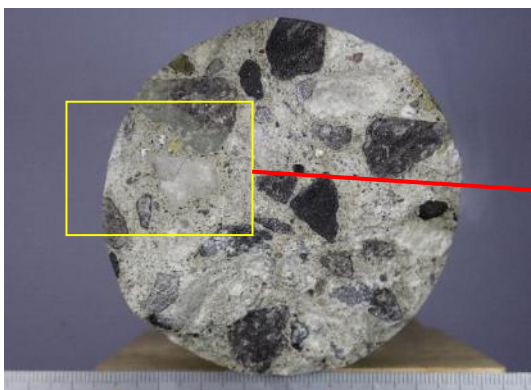
代表として、最も供用期間の長い H16-1 擁壁の状況を写真IV-2-11, 12 に示す。また、参考としてアルカリ骨材反応による特徴的な状況を写真IV-2-13, 14 に示す。



写真IV-2-11 H16-01 擁壁 (全景)



写真IV-2-12 H16-01 擁壁 (近景)



写真IV-2-13 参考:アルカリ骨材反応の
特徴的な状況(3)



写真IV-2-14 参考:アルカリ骨材反応の
特徴的な状況(4)

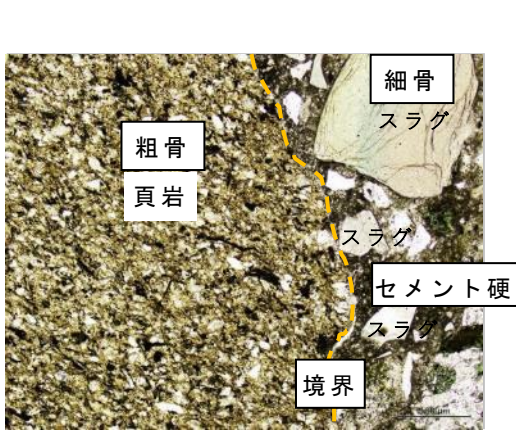
細骨材の割裂面に白色のアルカリシリカ反応生成物が見られる。

3) コンクリートコアの偏光顕微鏡観察

コンクリートコアから作製した薄片の偏光顕微鏡観察では、調査した9構造物すべてについて、豊島溶融スラグを起点とした微細なひび割れや変質は発生していない。

代表として、最も供用期間の長いNo. 1 (H16-1擁壁) の状況を写真IV-2-15, 16に示す。

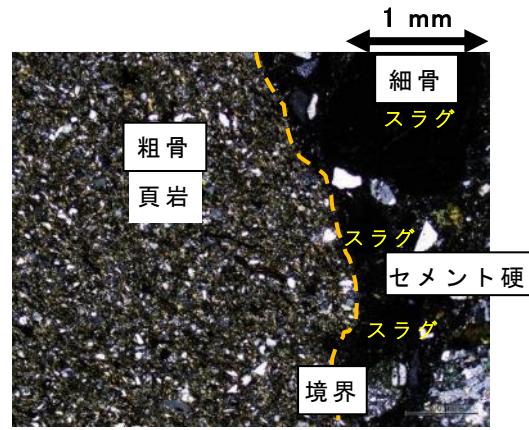
また、参考としてアルカリ骨材反応による特徴的な状況を写真IV-2-17, 18に示す。



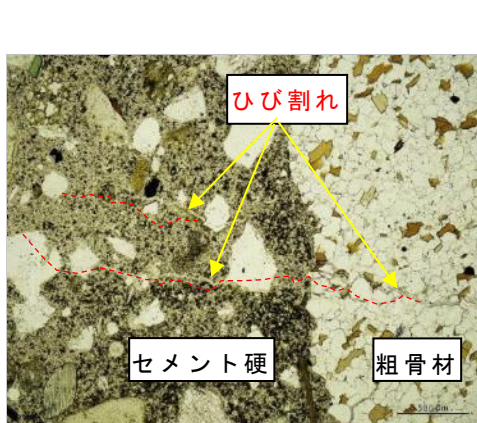
写真IV-2-15 H16-01 擁壁 (単ニコル※1)

※1: 1枚のニコル(偏光板)だけで観察

※2: 2枚のニコル(偏光板)の間に資料を入れて観察

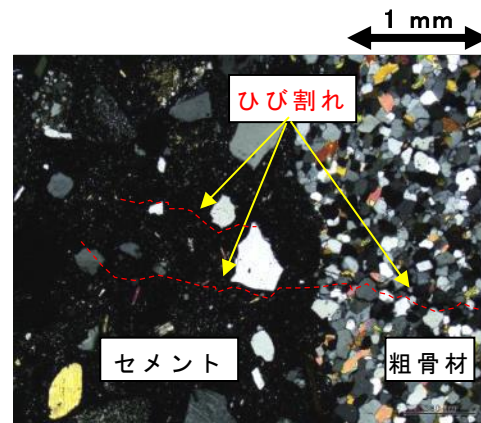


写真IV-2-16 H16-01 擁壁 (直交ニコル※2)



写真IV-2-17 参考:アルカリ骨材反応の
特徴的な状況(3)

粗骨材~セメント硬化体に連続する微細

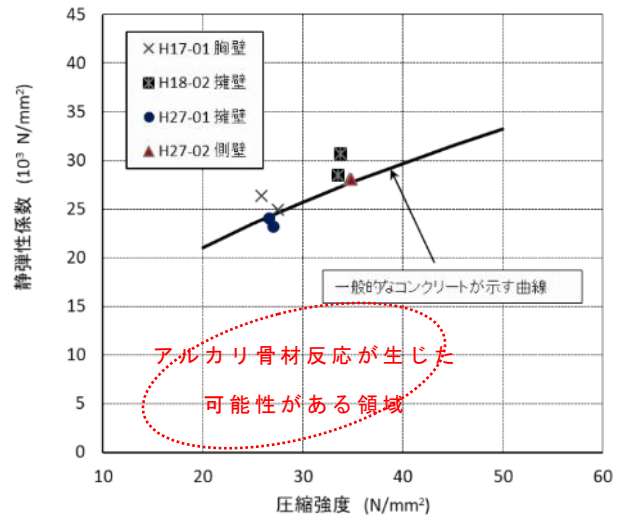
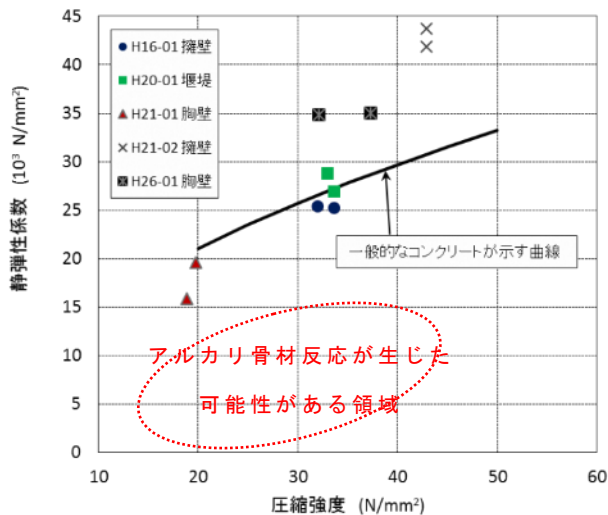


写真IV-2-18 参考:アルカリ骨材反応の
特徴的な状況(4)

4) 圧縮強度試験および静弾性係数試験

コンクリートにアルカリ骨材反応が生じた場合、圧縮強度に比べ静弾性係数が低下することが知られている。本調査結果では、圧縮強度と静弾性係数の関係は一般的なコンクリートの値を示していることから、調査を行った9構造物すべてについて、アルカリ骨材反応は発生していないと判断できる。

採取したコアの圧縮強度と静弾性係数の関係を図IV-2-3, 4に示す。



図IV-2-3 圧縮強度と静弾性係数の関係(R元)

図IV-2-4 圧縮強度と静弾性係数の関係(R2)

※アルカリ骨材反応で劣化したコンクリートは、一般的なコンクリートに対して、圧縮強度は20～30%、静弾性係数は40～60%低下していることが多く、図の赤で示す範囲となる。

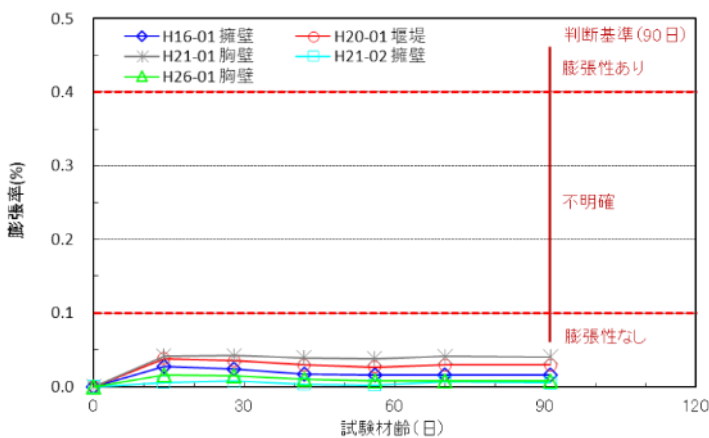
5) コンクリートコアの促進膨張試験

骨材の反応性を評価するコンクリートコアの促進膨張試験^{※3}の手法として、豊島溶融スラグ生成時の確認試験として実施したデンマーク法^{※4}および、国内の他の構造物の試験結果と比較検討を行うため JIC-DD2 法^{※5}の2種類の試験を行った。本試験では、ほとんど膨張しておらず、2週間後から3ヶ月後の膨張量の伸びもほぼないことから、試験を行った12構造物すべてについて、アルカリ骨材反応による有害な膨張が生じる可能性は極めて低いと判断できる。採取したコンクリートコアのデンマーク法による試験結果を図IV-2-5, 6に、JIC-DD2法による試験結果を図IV-2-7, 8に示す。

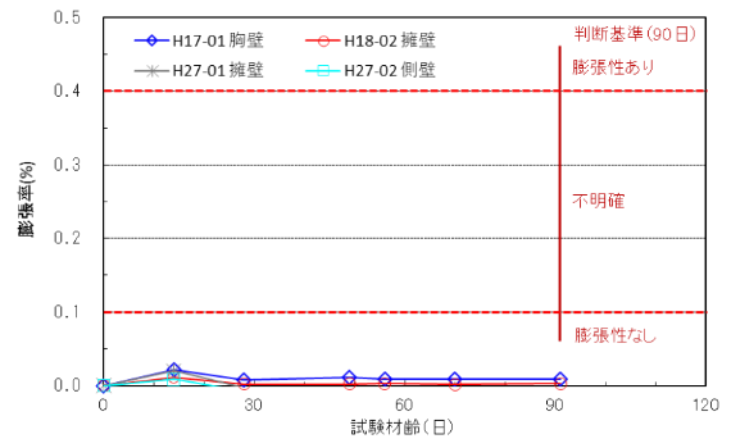
※3: コンクリートコアを高温、高湿および高アルカリなどのアルカリ促進環境下で養生し、膨張量を測定することにより、アルカリ骨材反応による今後の膨張量を推定する促進試験

※4: 温度50℃の飽和塩化ナトリウム水溶液中に浸して養生を行い、膨張量を測定する方法

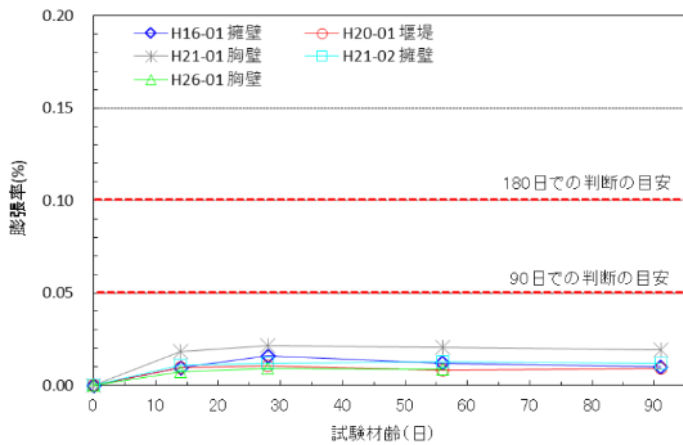
※5: 温度40℃、湿度95%以上の湿気箱で養生を行い、膨張量を測定する方法



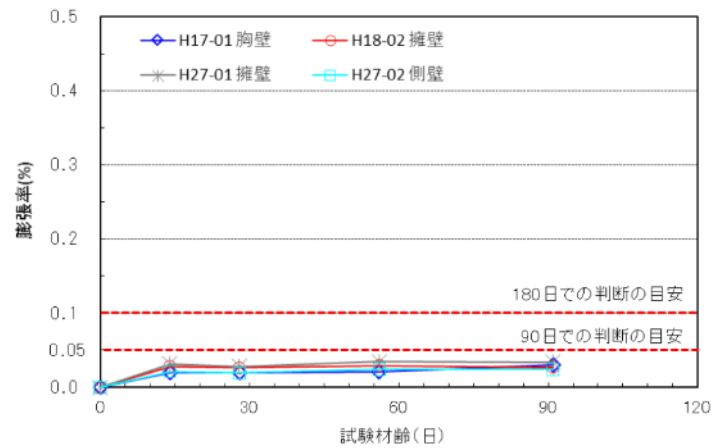
図IV-2-5 デンマーク法による膨張率の経時変化(R元)



図IV-2-6 デンマーク法による膨張率の経時変化(R2)



図IV-2-7 JIC-DD2法による膨張率の経時変化(R元)



図IV-2-8 JIC-DD2法による膨張率の経時変化(R2)

6) まとめ

令和元年度及び令和2年度に調査した12構造物の調査結果については、以下に示すとおりであり、この結果から、調査した構造物ではアルカリ骨材反応による劣化は進行しておらず、今後も劣化が進行する可能性はほとんどないと判断した。

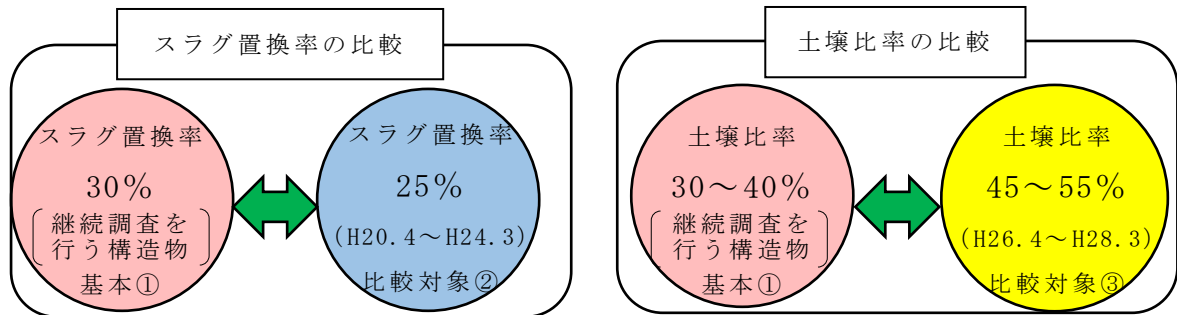
- ・ 構造物には、アルカリ骨材反応の進行を疑わせるひび割れは発生していない。
- ・ 採取コアの外観観察では、アルカリ骨材反応を疑わせる骨材のひび割れや反応リムは認められず、また、反応生成物が析出するなどの特徴的な劣化症状は認められない。
- ・ 偏光顕微鏡観察では、豊島熔融スラグを起点とした微細なひび割れなどの劣化症状はほとんど確認できない。
- ・ 採取コアの物性は健全なコンクリートを示している。
- ・ アルカリ促進環境下でも、採取コアはほとんど膨張を示さない。

3. 調査結果の考察と結論

豊島溶融スラグについては、これをコンクリートの細骨材に用いた場合のコンクリートの力学特性や、アルカリ骨材反応についての基礎的な検討を行い、細骨材の30%程度の置換であれば十分利用できることを確認した上で利用しており、第1次及び第2次モニタリングの調査結果から、豊島溶融スラグに起因する問題が発生していないことを確認した。ここでは、モニタリング調査結果から、スラグ置換率や土壌比率の違い等による影響の考察を行う。

(1) モニタリング対象及び試験結果

第2次モニタリング計画では、スラグ置換率や土壌比率、利用条件の違い（以下、「使用条件等の違い」という。）による影響を確認するため比較構造物の選定を行っている。比較対象等の概要を図IV-3-1に、選定した構造物を表IV-3-1に、第1次及び第2次モニタリングの調査結果の一覧を表IV-3-2に示す。



図IV-3-1 第1次の継続調査との比較対象の概要（図IV-2-1の再掲）

表IV-3-1 調査対象構造物の概要（表IV-2-4の再掲）

比較対象	No.	区分	工事名	施工場所	工期	利用条件	備考
基本①	1	H16-01 擁壁	(地方道路整備臨時交付金)県道鹿庭奥山線 緊急地方道路整備工事(道路災害防除)(第4工区)	木田郡 三木町	H16.2 ~ H17.1	過酷 (山間部)	
	2	H16-02 側壁	後山上川 通常砂防工事	仲多度郡 まんのう町	H16.5 ~ H17.3	過酷 (山間部)	※外観調査のみ実施
	3	H16-03 擁壁	(地方道路整備臨時交付金)県道三木津田線 緊急地方道路整備工事	さぬき市 造田宮西	H16.10 ~ H17.3	一般 (平地部)	※外観調査のみ実施
	4	H17-01 胸壁	高海改修第1号 原浜海岸 海岸改修工事	高松市 牟礼町	H17.7 ~ H17.11	過酷 (沿岸部)	
	5	H18-01 胸壁	県道紫雲出山線 道路改修工事(第2工区)	三豊市 詫間町	H18.1 ~ H19.1	過酷 (沿岸部)	※外観調査のみ実施
	6	H18-02 擁壁	県道太田上町志度線 道路維持修繕工事	高松市 六条町	H18.9 ~ H19.2	一般 (平地部)	
比較対象②	7	H20-01 堰堤	長砂整第2号 梅ヶ畑川 砂防整備工事 (第2工区)	さぬき市 前山	H21.2 ~ H21.9	過酷 (山間部)	
	8	H21-01 胸壁	津田港 高潮等対策整備工事(補助外)(護岸工)	さぬき市 津田町	H21.9 ~ H22.6	過酷 (沿岸部)	
	9	H21-02 擁壁	高改修第6号 県道円座香西線 道路改修工事 (御厩工区)	高松市 檀紙町	H21.9 ~ H22.4	一般 (平地部)	
比較対象③	10	H26-01 胸壁	(防災・安全社会資本整備交付金)津田港 港湾海岸高潮対策工事	さぬき市 津田町	H25.9 ~ H27.3	過酷 (沿岸部)	
	11	H27-01 擁壁	長改修第4号 県道富田中鴨部線(二番工区) 道路改修工事	さぬき市 鴨部	H27.2 ~ H27.8	一般 (平地部)	
	12	H27-02 側壁	(防災・安全社会資本整備交付金)竹の谷川 通常砂防工事	観音寺市 大野原町	H27.7 ~ H28.1	過酷 (山間部)	

表IV-3-2 第1次及び第2次モニタリングの調査結果

No.	区分	工事名	施工場所	施工工期	利用条件	スラグ置換率	土壌比率	調査年度	外観目視調査	コア外観目視観察	偏光顕微鏡観察	圧縮強度		静弾性係数		残存膨張量試験	
									ASR特有の劣化症状 ^{※6} の有無	ASRに特徴的な現象 ^{※7} の有無	アルカリ骨材反応の進行の有無	(N/mm ²)	(kN/mm ²)	圧縮強度から推定される静弾性係数(N/mm ²)	実測値/計算値	JCI-DD2法	デンマーク法
1	H16-01擁壁	(地方道路整備臨時交付金) 県道鹿庭奥山線 緊急地方道路整備工事 (道路災害防除) (第4工区)	木田郡 三木町	H16.2 ~ H17.1	過酷 (山間部)	30%	30~40%	H25	認められない	無し	認められない	33.3	28.4	27.097	1.048	-	膨張性無し
								R01	認められない	無し	ひび割れは非常に微細であり、構造物には影響しない ASRの可能性は低い	32.0	25.4	26.563	0.956	無害	膨張性無し
2	H16-02側壁	後山上川 通常砂防工事	仲多度郡 まんのう町	H16.5 ~ H17.3	過酷 (山間部)	30%	30~40%	H25	認められない	無し	認められない	26.7	26.5	24.264	1.092			-	膨張性無し
								R01	認められない	外観目視調査の結果、劣化症状が認められないことから、調査対象の絞り込みを行い、詳細調査から除外した					26.3	27.6	24.081	1.146
3	H16-03擁壁	(地方道路整備臨時交付金) 県道三木津田線 緊急地方道路整備工事	さぬき市 造田宮西	H16.10 ~ H17.3	一般 (平地部)	30%	30~40%	H27	認められない	無し	認められない	17.0	19.3	19.361	0.997	-	膨張性無し
								R01	認められない	外観目視調査の結果、劣化症状が認められないことから、調査対象の絞り込みを行い、詳細調査から除外した					26.6	26.3	24.218	1.086
(第1次モニタリング)		16 災第 313 号 県道塩江屋島西線道路災害復旧工事外 (314)	高松市 管沢町	H17.2 ~ H18.1	過酷 (山間部)	30%	30~40%	H27	認められない	無し	認められない	41.3	30.1	30.177	0.997	-	膨張性無し
4	H17-01 胸壁	高海改修第1号 原浜海岸 海岸改修工事	高松市 牟礼町	H17.7 ~ H17.11	過酷 (沿岸部)	30%	30~40%	R02	認められない	無し	認められない	25.9	26.4	23.898	1.105	無害	膨張性無し
(第1次モニタリング)		16 災第 1363 号 県道塩江屋島西線道路災害復旧工事	高松市 東植田町	H17.9 ~ H18.1	過酷 (山間部)	30%	30~40%	H25	認められない	無し	認められない	31.4	33.1	26.313	1.258	-	膨張性無し
(第1次モニタリング)	H17-02 胸壁	梶羽川 通常砂防工事	綾歌郡 綾川町	H17.9 ~ H18.3	過酷 (山間部)	30%	30~40%	H27	認められない	無し	認められない	48.5	33.2	32.702	1.015	-	膨張性無し
5	H18-01 胸壁	県道紫雲山 道路整備工事 (第2工区)	三豊市 詫間町	H18.1 ~ H19.1	過酷 (沿岸部)	30%	30~40%	R02	認められない	外観目視調査の結果、劣化症状が認められないことから、調査対象の絞り込みを行い、詳細調査から除外した							
6	H18-02 擁壁	県道太田上町志度線 道路維持修繕工事	高松市 六条町	H18.9 ~ H19.2	一般 (平地部)	30%	30~40%	R02	認められない	無し	認められない	33.5	28.5	27.179	1.049	無害	膨張性無し
7	H20-01 堰堤	長砂整第2号 梅ヶ畑川砂防整備工事 (第2工区)	さぬき市 前山	H21.2 ~ H21.9	過酷 (山間部)	25%	30~40%	R01	認められない	無し	ひび割れは非常に微細であり、構造物には影響しない ASRの可能性は低い	33.6	27	27.219	0.992	無害	膨張性無し
8	H21-01 胸壁	津田港 高潮対策整備工事 (補助外) (護岸工)	さぬき市 津田町	H21.9 ~ H22.6	過酷 (沿岸部)	25%	30~40%	R01	認められない	無し	認められない	19.8	19.6	20.895	0.938	無害	膨張性無し
9	H21-02 擁壁	高改修第6号 県道円座香西線 道路改修工事 (御厩工区)	高松市 檀紙町	H21.9 ~ H22.4	一般 (平地部)	25%	30~40%	R01	認められない	無し	ひび割れは非常に微細であり、構造物には影響しない ASRの可能性は低い	42.9	41.9	30.756	1.362	無害	膨張性無し
10	H26-01 胸壁	(防災・安全社会資本整備交付金) 津田港 港湾海岸高潮対策工事	さぬき市 津田町	H25.9 ~ H27.3	過酷 (沿岸部)	30%	45~55%	R01	認められない	無し	ひび割れは非常に微細であり、構造物には影響しない ASRの可能性は低い	32.1	34.8	26.605	1.308	無害	膨張性無し
11	H27-01 擁壁	長改修第4号 県道富田中鴨部線 (二番工区) 道路改修工事	さぬき市 鴨部	H27.2 ~ H27.8	一般 (平地部)	30%	45~55%	R02	認められない	無し	認められない	27.0	23.2	24.400	0.951	無害	膨張性無し
12	H27-02 側壁	(防災・安全社会資本整備交付金) 竹の谷川 通常砂防工事	観音寺市 大野原町	H27.7 ~ H28.1	過酷 (山間部)	30%	45~55%	R02	認められない	粗骨材にごく僅かなひび割れが認められたが局所的なものである	認められない	34.7	28.1	27.661	1.016	無害	膨張性無し

※6 ASR特有の劣化症状：ASR起因のひび割れ、ゲル滲出、目地材のはみ出し、目地部の異常など。

※7 ASR起因の微細なひび割れ、反応リム、透明または白色ゲルの生成など。

(2) 使用条件等の違いによる影響の確認

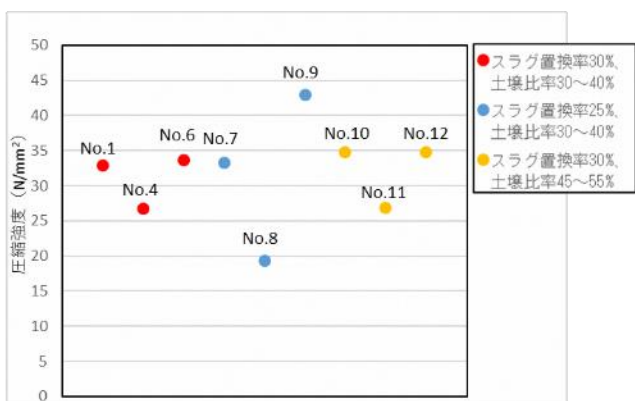
使用条件等の違いによる影響の確認として、コンクリート構造物の品質に関する項目のうち、圧縮強度試験、圧縮強度と静弾性係数の関係およびコンクリートコアの残存膨張量試験の結果から考察を行った。

使用条件等の違いによる圧縮強度試験及び圧縮強度と静弾性係数の関係では、構造物ごとにばらつきがあるものの、使用条件等による違いは認められず、ばらつきは施工時の締固めや養生方法等の違いにより生じたものと推察される。また、残存膨張量試験では、全ての調査構造物がほとんど膨張を示しておらず、使用条件等の違いによるコンクリート構造物の物性に違いは認められなかった。

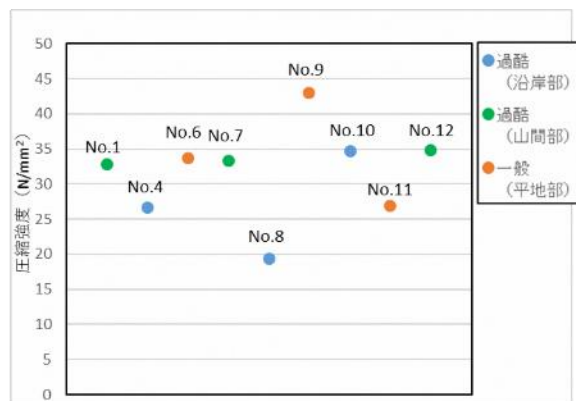
なお、一般的には、細骨材のスラグ置換率が増加するとコンクリート物性の低下やアルカリ骨材反応進行の可能性が高くなることや、土壌比率が高いとスラグ中のシリカ量が増加し、アルカリ骨材反応性の高いスラグが生成される可能性が高くなること言われているが、豊島溶融スラグを使用したコンクリート構造物は、スラグ置換率を25～30%までに留めており、土壌比率の違いによる影響は確認されず、使用条件等の違いによるコンクリート構造物の物性に違いは認められなかった。

このため、豊島溶融スラグの置換率や土壌比率、利用条件による違いは、コンクリート構造物の品質に違いを生じさせるほどのものでないことが確認された。

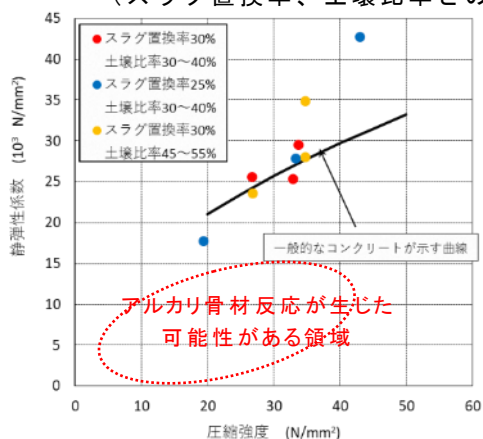
圧縮強度試験の結果^{※8}を図IV-3-2, 3に、圧縮強度と静弾性係数の関係^{※8}を図IV-3-4, 5に、残存膨張量試験の結果を図IV-3-6～9に示す。 ※8：図中は平均値



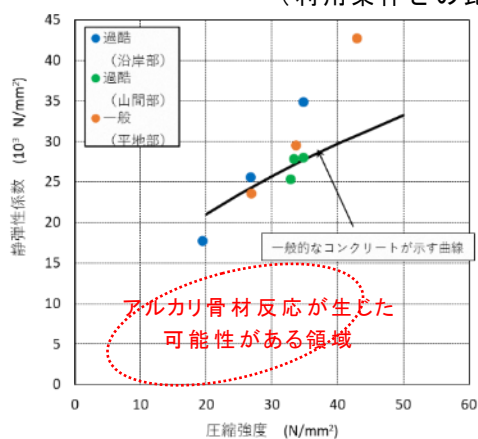
図IV-3-2 圧縮強度試験
(スラグ置換率、土壌比率との比較)



図IV-3-3 圧縮強度試験
(利用条件との比較)



図IV-3-4 圧縮強度と静弾性係数の関係
(スラグ置換率、土壌比率との比較)



図IV-3-5 圧縮強度と静弾性係数の関係
(利用条件との比較)

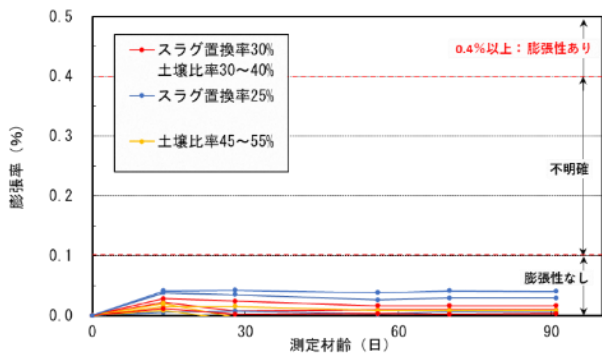


図 IV-3-6 デンマーク法による膨張率の変化
(スラグ置換率、土壌比率との比較)

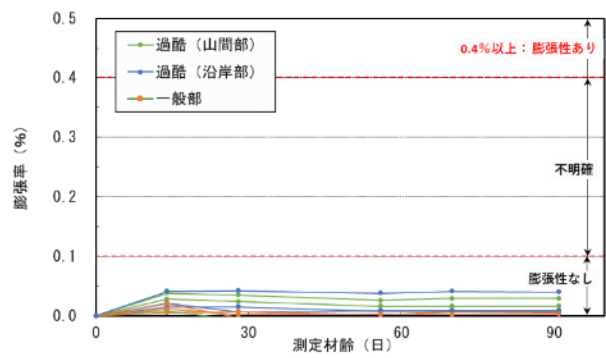


図 IV-3-7 デンマーク法による膨張率の変化
(利用条件との比較)

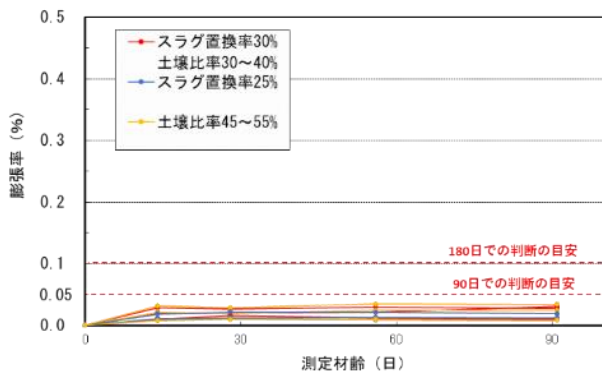


図 IV-3-8 JIC-DD2 法による膨張率の変化
(スラグ置換率、土壌比率との比較)

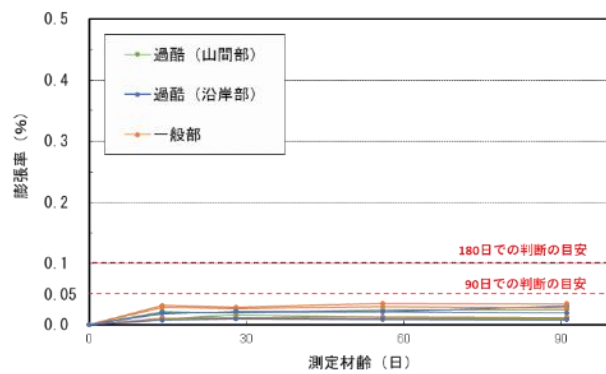


図 IV-3-9 JIC-DD2 法による膨張率の変化
(利用条件との比較)

(3) 一般的なコンクリート構造物との比較

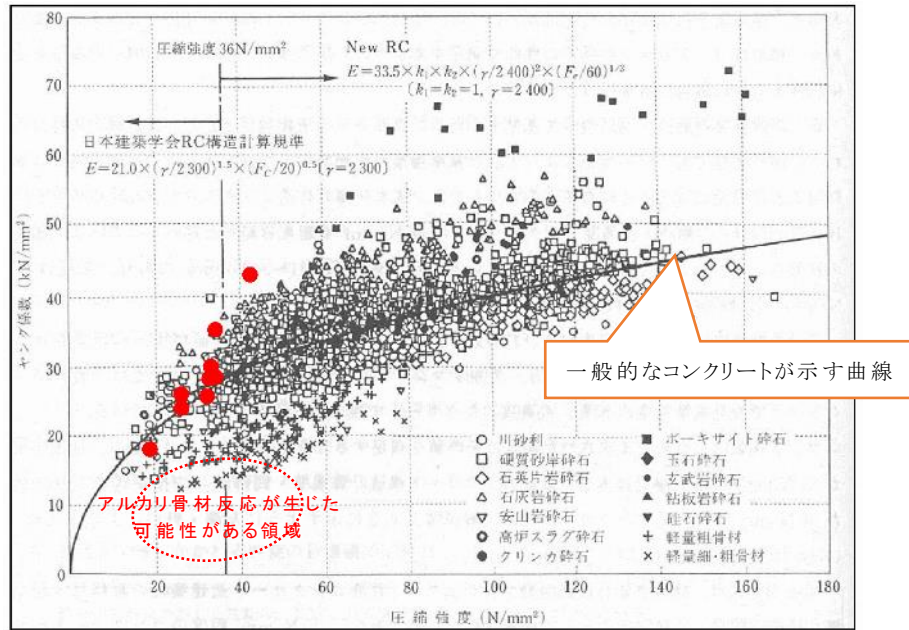
一般的なコンクリート構造物との比較検討として、一般的なコンクリートの圧縮強度とヤング係数の関係図に、第2次モニタリング調査結果をプロットすることで考察を行った。

豊島溶融スラグを使用したコンクリート構造物については、一般的なコンクリート構造物の分布範囲内に収まっていることが確認された。

なお、圧縮強度については、一般的なコンクリート構造物の圧縮強度は長期的に増進すること、既往の研究成果から、アルカリ骨材反応により劣化したコンクリート構造物においても圧縮強度は概ね10年程度で落ち着くことが示されており、今回の調査した構造物においても圧縮強度の低下の様子は確認されない^{※9}ことから、今後、コンクリートの品質（強度）に関して問題が生じる可能性は低いと考えられる。

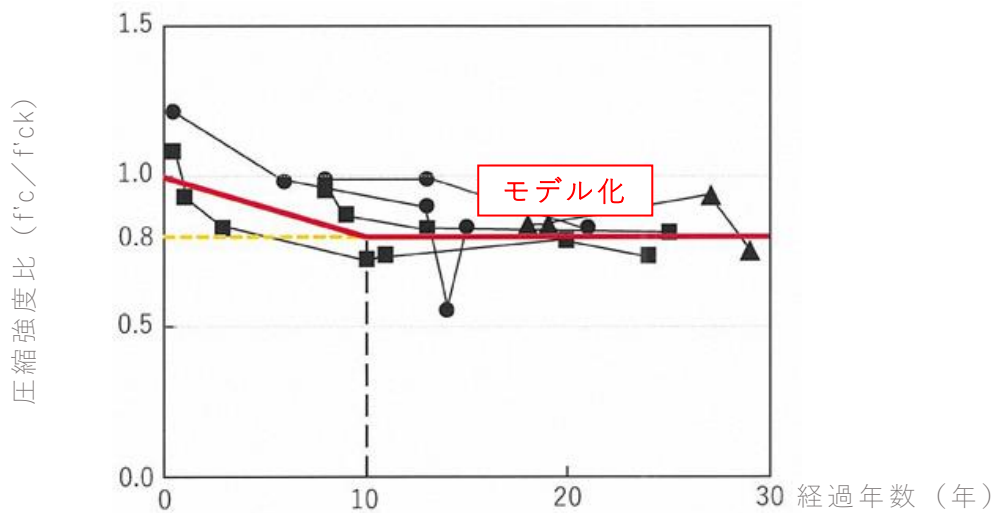
圧縮強度とヤング係数の関係図に第2次モニタリング調査結果をプロットしたものを図IV-3-10に、劣化したコンクリート構造物の圧縮強度比の経年変化の関係を図IV-3-11に示す。

※9：「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル（平成15年10月）」によれば、すべての供試体の圧縮強度が設計基準強度の80%以上であれば、構造的に問題はないと判断してよいとあり、今回の調査した全ての構造物について、『構造的に問題はない』と判断できる。（無筋コンクリート構造物の場合、設計基準強度 $21\text{N/mm}^2 \rightarrow 16.8\text{N/mm}^2$ となる。）



図IV-3-10 圧縮強度と静弾性係数の分布図

出典：日本建築学会「コンクリートの調合設計指針・同解説」（1999.2）, p36



図IV-3-11 劣化したコンクリート構造物の圧縮強度比の経年変化

出典：土木学会論文集 E2, Vol. 67, No. 1, 2011「構造物の調査結果に基づいた ASR 劣化度の定量評価

(4) 他の溶融スラグを使用したコンクリート構造物との比較

豊島溶融スラグコンクリート構造物のモニタリング調査結果と、他の溶融スラグを使用したコンクリート構造物との比較検討を行うため、文献調査を行った。

文献調査によれば、一般廃棄物及び下水汚泥スラグについては、一般的なコンクリートに比べ、圧縮強度は同程度、静弾性係数は大きくなるとあり、豊島溶融スラグについても同様の傾向を示している。また、文献調査による留意点として、溶融スラグコンクリートにおいてポップアウト現象が起こること、シリカ含有量が比較的多いためアルカリ骨材反応が発生する恐れがあることが挙げられている。

第1次及び第2次モニタリング調査では、対象構造物においてコンクリート表面にポップアウトは認められず、コンクリートコアの残存膨張量試験結果でも、採取コアはほとんど膨張を示さないことが確認された。

文献調査結果を表IV-3-3に示す。

表IV-3-3 文献調査結果

題	溶融スラグ骨材を用いたコンクリート	溶融スラグ骨材コンクリートの長期性状	溶融スラグ骨材の利用とJIS化
出典	-	コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, 2005 コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, 2011 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)2016年8月	コンクリート工学年次論文集, Vol.45, No.4, 2007
著者	鈴木澄江[建材試験センター]	川上勝弥・依田彰彦・横室隆・吉崎芳郎(材齢4年まで)川上勝弥・横室隆・宮澤祐介(材齢10年まで)新井太一・川上勝弥(材齢15年まで)	辻幸和・依田彰彦・川上勝弥・鈴木康範
内容	溶融スラグ骨材の製造及び品質、溶融スラグ骨材を使用したコンクリートの品質と留意点ならびにコンクリート製品に関する情報等について紹介	一般廃棄物および下水汚泥に由来する溶融スラグを細骨材または粗骨材としたコンクリートと比較用として川砂および碎石を用いたコンクリートを作成・屋外自然暴露を実施し、材齢4・10・15年における性状について考察	溶融スラグ骨材の生産状況と品質、溶融スラグ骨材を用いたコンクリートの特性について、紹介するとともにJCI規格(案)からTRAOO16を経て、JISA5031の制定に至るJIS化への経緯および適用範囲と規定内容について紹介
スラグの種類	一般廃棄物および下水汚泥	一般廃棄物および下水汚泥	一般廃棄物および下水汚泥
溶融スラグの主成分	金属鉄(Fe)は、溶融スラグ骨材表面に赤さびを発生させることがあるため、1.0%以下に制限されている。骨材に含まれる金属アルミニウムは、コンクリート中の水酸化カルシウム及び水と反応し、水素ガスを発生することがある		同左
圧縮強度	溶融スラグコンクリートの圧縮強度は長期的に増進する傾向。	溶融スラグ骨材コンクリートの圧縮強度は、比較用コンクリートと同程度	一般に溶融スラグ骨材の置換(混合)率の増加とともに減少し、50%の置換(混合)率で天然骨材(川砂、碎石)を用いたコンクリートの80%程度を示す
静弾性係数		溶融スラグ骨材コンクリートの静ヤング係数は、比較用コンクリートより大きい。	普通骨材を用いたコンクリートと比較して、静弾性係数は大きい。
中性化	溶融スラグ細骨材を使用したコンクリートの促進中性化深さは、川砂・碎石を用いたコンクリートと同程度	溶融スラグ骨材コンクリートの中性化の進行は比較用コンクリートとほぼ同程度	
ASR		ポップアウトで剥落した境界には、アルカリ骨材反応により生成されたと思われるアルカリ骨材生成物の存在が認められた。この粗骨材は、モルタルバー法によるアルカリ骨材反応性試験において、6か月後の膨張率が無害と判定する規定値以下であることから、溶融スラグ骨材における潜在的なアルカリ骨材反応性を示唆するものと思われる。	アルカリ骨材反応性に関しては、JISA1146「骨材のアルカリ骨材反応性試験方法—モルタルバー法」により有害な膨張を生じたという報告はこれまで無く、ほぼ無害と推察。しかし、コンクリートの長期材齢において、アルカリ骨材反応性に起因すると思われる現象が確認されたものがあるため、アルカリ骨材反応性に対する抑制対策を講じることを原則としている。
ポップアウト	屋外暴露した溶融スラグ粗骨材コンクリート(下水汚泥)において、ポップアウト現象が観察・報告されている。ポップアウトの原因は、CaOから消石灰を生成する反応または、金属アルミニウムから生成された可能性のあるベーマイト(A10(OH))に起因する。	下水汚泥に由来する溶融スラグを粗骨材として用いたコンクリートの材齢約4年で、ポップアウト現象を確認。	
長さ変化率		溶融スラグ骨材コンクリートの長さ変化率は、比較用コンクリートより小さい。	普通骨材を用いたコンクリートと比較して、長さ変化率が小さい傾向を示す。

(5) まとめ

豊島溶融スラグのモニタリング調査結果及び他の溶融スラグを使用したコンクリート構造物との比較結果から、豊島溶融スラグを使用したコンクリート構造物については、次のような項目から今後も豊島溶融スラグの使用に起因する劣化が発生する可能性はほとんどないことが確認された。

これは、製造時の対策として、「溶融スラグの出荷検査マニュアル」に基づく品質検査を適切に行うなど、生成した豊島溶融スラグが一定の基準を満たすよう、品質管理を行った成果によるものと考えられる。

○ モニタリング調査結果

- ① コア外観観察 ⇒ アルカリ骨材反応を疑わせる劣化症状は認められない。
- ② 偏光顕微鏡観察 ⇒ 反応性シリカ鉱物にアルカリ骨材反応の形跡はない。
- ③ 圧縮強度・静弾性係数試験 ⇒ 各物性値の異常な低下はなく、両者の関係性も特に問題ない。
- ④ 残存膨張量試験 ⇒ デンマーク法・JCI-DD2法の結果により、今後、アルカリ骨材反応が進行する可能性は低いと判定された。

○ コンクリート強度への影響

一般的なコンクリート構造物の圧縮強度は長期的に増進すること、既往の研究成果から、アルカリ骨材反応により劣化したコンクリート構造物においても圧縮強度は概ね10年程度で落ち着くこととされており、本調査結果からも強度低下の傾向は伺えず、コンクリートの品質（強度）に関して問題が生じる可能性は低い。

○ 使用条件等の違いによる影響

圧縮強度試験、圧縮強度と静弾性係数の関係、コンクリートコアの残存膨張量試験の結果から、使用条件等の違いは、コンクリート構造物の品質に違いを生じさせるほどのものでない。

○ 豊島溶融スラグの利用に伴うアルカリ骨材反応の可能性

豊島溶融スラグはシリカ分の多いガラス質であり、一般的にシリカ含有量が多い溶融スラグほどアルカリ骨材反応の進行の可能性が高くなることが指摘されている。本調査結果から、スラグ置換率を30%までに留めておけば、土壌比率の違いによる影響は確認されず、アルカリ骨材反応の兆候は認められない。

以上の検討より、今後も豊島溶融スラグの使用に起因する劣化が発生する可能性はほとんどないことが明らかとなった。このことから、豊島溶融スラグを使用したコンクリート構造物の調査は第2次モニタリング計画期間で完了することとした。

今後は各コンクリート構造物の管理者により、一般的なコンクリート構造物と同様に目視点検等、適切な維持管理が行われることで、安全に供用されるものとなる。

Ⅱ－9

溶融スラグの出荷検査マニュアル

＜目次＞

第1	マニュアルの主旨	1
第2	マニュアルの概要	1
第3	マニュアルの適用範囲	2
第4	試料のサンプリング・保管	3
第5	安全性検査について	4
第6	品質検査について	5

【修正履歴】

年 月 日	摘 要	審 議 等
H20. 3. 23	安全性検査項目にフッ素、ホウ素を追加 混合スラグ分析・出荷フローを追加	第 14 回管理委員会
H26. 7. 27	スラグの安全性検査で基準を満たさない場合に、セメント原料化処理も行えるように修正。	第 35 回管理委員会
H28. 7. 10	品質検査の試験方法について、迅速法試験を日常的に行うこととし、実施できない場合は、ロット毎にクリストバライトの強度を測定して管理するよう見直しを行う。	第 41 回管理委員会

溶融スラグの出荷検査マニュアル

第1 マニュアルの主旨

1. 溶融スラグの出荷検査マニュアルは、溶融スラグを有効利用するための出荷時の検査が適切に行われるよう、検査手法の内容をとりまとめたものである。
2. 本マニュアルに定める出荷検査の方法は、必要に応じて適宜、見直すものとする。

【解説】

豊島廃棄物等の中間処理にともない発生する副成物は、溶融スラグ、溶融飛灰、銅鉄合金などに大別される。これらの副成物のうち、溶融スラグについては、以下の5つの用途で有効活用されることが考えられる。

- ① コンクリート二次製品用骨材
- ② レディーミクストコンクリート用骨材
- ③ アスファルト混合物骨材
- ④ 路盤材（下層路盤材、上層路盤材）
- ⑤ 埋戻材、盛土材等

本マニュアルは、溶融スラグを有効利用するための出荷検査について、検査方法、検査頻度、検査基準などを取りまとめたものである。

なお、溶融スラグの安全性検査、品質検査結果をベースに溶融スラグ出荷検査マニュアルの見直しを行うこととする。また、溶融スラグの有効利用用途、各種の法規制の変更等を反映して、適宜見直しを行う。

第2 マニュアルの概要

1. 出荷検査のための溶融スラグのサンプリングは、分析担当者が、中間処理施設スラグ分配コンベア上から、サンプリングを行うことにより実施する。但し、休日等については、中間処理施設運転者が実施する。
2. 1回あたりのサンプル量は約800gで、毎日午前・午後の2回サンプリングを行う。
3. 屋外スラグヤード3ブースにスラグが貯留した段階で、3ブース分の試料を縮分して各検査の必要量を確保する。
4. 安全性検査及び品質検査をそれぞれ行い、出荷可否を確認する。

【解説】

サンプリングは、分析担当者が、8つのブースにスラグを分配している中間処理施設スラグ分配コンベア上から試料を採集する方法により実施する。サンプリングは毎日午前・午後2回行い、一回のサンプル量は約800gサンプリングを行う。

屋外スラグヤード3ブースにスラグが貯留した段階で、3ブース分の試料を縮分して「安全性検査」、「品質検査」に必要な量を確保する。なお、設計値から換算すると9日に1回検査を行うこととなる。

試料調整および分析は、香川県が委託した検査機関にて次の「安全性検査」、「品質検査」項目について実施する。

- 安全性検査

Cd、Pb、Cr⁶⁺、As、T-Hg、Se、F、B の溶出試験・含有試験

● 品質検査

粒度、磁着物割合、形状、骨材的性質（絶乾比重、吸水率、アルカリシリカ反応性試験）

第3 マニュアルの適用範囲

1. 本マニュアルは、中間処理施設において豊島廃棄物等の中間処理に伴い発生する溶融スラグについて実施される出荷検査に適用されるものとする。

【解説】

本マニュアルは、中間処理施設において豊島廃棄物等が中間処理され副成する溶融スラグが屋外スラグヤードに搬入された後、搬出されるまでを本マニュアルの適用範囲とし、溶融スラグのサンプリング・保管、安全性検査、品質検査の3つのステップが含まれる（図3-1参照）。

なお、溶融スラグの有効利用先毎に必要な品質検査については、別途定める「溶融スラグ有効利用マニュアル」に従うこととする。

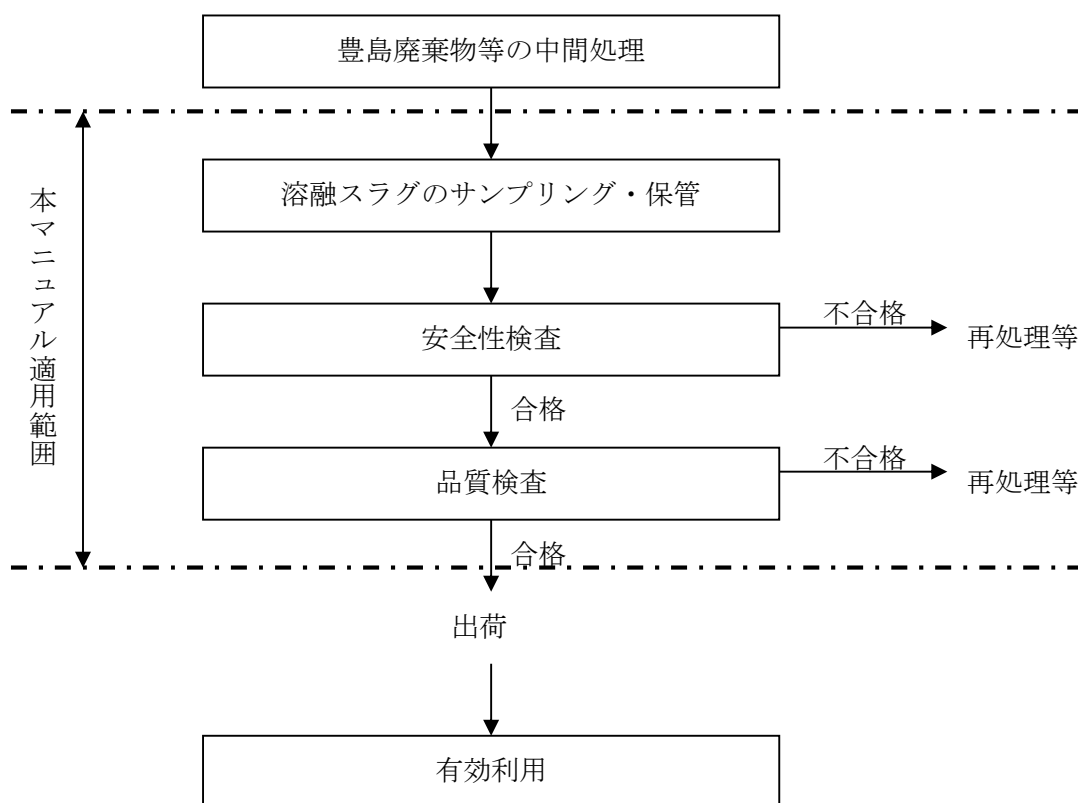


図 3-1 溶融スラグの出荷検査マニュアルの適用範囲

第4 試料のサンプリング・保管

1. 試料のサンプリング・保管は、分析担当者が実施する。但し、休日等については、中間処理施設運転者が実施する。
2. サンプリングは毎日午前・午後2回実施し、1回あたり約800gの試料を採取する。
3. 試料はガラス製容器などで、暗所にて保管する。

【解説】

1) サンプリング実施者

サンプリングは、分析担当者が実施する。但し、休日等については、中間処理施設運転者が実施する。

2) サンプリングポイント

試料のサンプリングは、破砕スラグコンベヤで溶融スラグが運ばれてきて各スラグが8つのブースに分配されているスラグ分配コンベア上より、1回あたり約800gの試料を採取する。なお、1ブースの有効貯留量は180m³で約3.0日分である（1日のスラグ発生量を約100t/日、比重1.7として）。

3) サンプリング頻度

中間処理施設稼働日に、毎日サンプリングを行う。

4) 試料の取り扱い

採取した試料を入れる容器は、ガラス製容器等の測定対象とする物質が吸着しない容器で、ふたまたは封ができるものとする。

5) 試料の保管

試料の保管は分析担当者が行う。保管は暗所にて行う。

なお、試料には、次の事項を表示して保管する。

- ① 試料番号
- ② 試料採取の年月日時刻
- ③ 天候
- ④ 試料採取責任者
- ⑤ サンプリングブース No.

6) 検査中の溶融スラグの管理

安全性検査および品質検査中、サンプリングを行った当該屋外ブースの溶融スラグに関しては、適切な管理を行うこととする。

第5 安全性検査について

1. 安全性検査は、香川県からの委託試験者が行う。
2. 検査頻度は、サンプリングを行う中間処理施設屋外スラグヤードの3ブース分の試料をサンプリングした段階で行う。なお、設計値から換算すると9日に1回の割合である。また、混合スラグ（粗大スラグと製砂スラグの混合）を出荷する場合については、「別紙1」の分析・出荷フローによるコンポジット試料のアルカリシリカ反応性試験が合格となった段階で試験を実施するものとする。
3. 安全性検査の検査項目はCd、Pb、Cr⁶⁺、As、T-Hg、Se、F、Bの溶出試験及び含有量試験であり、溶出試験方法は「土壤の汚染に係る環境基準について」（平成3年8月環境庁告示第46号）に、含有量試験方法は、「土壤含有量調査に係る測定方法」（平成15年3月6日環境省告示第19号）に従う。

【解説】

1) 安全性検査実施者

安全性検査は、中間処理施設内分析室で委託試験者が実施する。

2) 安全性検査の頻度

安全性検査は、屋外ブースの3ブース分の試料をサンプリングした段階で実施する。設計値から換算すると、9日に1回の割合で検査を行うこととなる。また、屋外ブース3ブースに貯留される熔融スラグ設計重量は900tである。混合スラグ（粗大スラグと製砂スラグの混合）を出荷する場合については、「別紙1」の分析・出荷フローによるコンポジット試料のアルカリシリカ反応性試験が合格となった段階で試験を実施するものとする。

3) 必要試料量の確保

屋外ブース3ブース分の試料を四分法（JIS K 0060）などで縮分して各検査の必要量を確保する。

4) 安全性検査の検査項目

安全性検査の検査項目は、以下の通りである。安全性検査の満たすべき基準は、第2次香川県豊島廃棄物等処理技術検討委員会最終報告書添付資料（平成11年5月）でとりまとめられた「スラグ出荷検査ガイドライン」に定められた溶出基準及び「土壤汚染対策法」（平成14年5月29日法律第53号）に定められた含有量基準とする。

この溶出基準は、土壤の汚染に係る環境基準と同レベルであり、また、含有量基準は土壤汚染対策法に係る基準であり、これを満たせば各種の用途に用いられた場合にあっても、十分安全と考えられる。

溶出試験の項目・基準

項目	溶出基準 (mg/l)
カドミウム (Cd)	0.01 以下
鉛 (Pb)	0.01 以下
六価クロム (Cr ⁶⁺)	0.05 以下
砒素 (As)	0.01 以下
総水銀 (T-Hg)	0.0005 以下
セレン (Se)	0.01 以下
フッ素 (F)	0.8 以下

ホウ素 (B)	1 以下
---------	------

含有量試験の項目・基準

項目	含有量基準 (mg/kg)
カドミウム (Cd)	150 以下
鉛 (Pb)	150 以下
六価クロム (Cr ⁶⁺)	250 以下
砒素 (As)	150 以下
総水銀 (T-Hg)	15 以下
セレン (Se)	150 以下
フッ素 (F)	4,000 以下
ホウ素 (B)	4,000 以下

5) 安全性検査の試験方法

採取したスラグ試料は、溶出試験及び含有試験にて安全性検査を行う。溶出試験方法は、「土壌の汚染に係る環境基準について」（平成3年8月環境庁告示第46号）に定める方法に従って行う。また、含有試験方法は、「土壌含有量調査に係る測定方法」（平成15年3月6日環境省告示第19号）の定める方法に従って行う。

また、安全性検査結果は15日以内に提出することとする。

6) 安全性検査試験が基準を満たさない場合の対応

- ① 安全性検査の結果、安全基準を満たさない場合には、その試料を採取した3ブースの溶融スラグについて再処理等（溶融処理及びセメント原料化処理等）を行う。
- ② 基準を満たさなかった原因追及のため、再処理等が必要となった溶融スラグを副成した時点での処理廃棄物性状および処理時の施設運転状況の確認を行う。その結果と設計条件とのかけ離れを調査することで、再処理等が必要となった原因解析を行う。

第6 品質検査について

1. 品質検査は、香川県からの委託試験者が行う。
2. 検査頻度は、サンプリングを行う中間処理施設屋外スラグヤードの3ブース分の試料をサンプリングした段階で行う。なお、設計値から換算すると9日に1回の割合である。また、混合スラグ（粗大スラグと製砂スラグの混合）を出荷する場合については、「別紙1」の分析・出荷フローによるコンポジット試料のアルカリシリカ反応性試験が合格となった段階で各試験を実施するものとする。また、アルカリシリカ反応性については、混合後の試料による確認試験を実施し、2重のチェック体制をとることとする。
3. 品質検査の検査項目は粒度、磁着物割合、形状、骨材的性質（絶乾比重、吸水率、アルカリシリカ反応性試験）であり、試験方法は第二次香川県豊島廃棄物等処理技術検討委員会で定められた方法に準拠する。

【解説】

1) 品質検査実施者

安全性検査は、中間処理施設内分析室で委託試験者が実施する。

2) 品質検査の頻度

安全性検査は、屋外ブースの3ブース分の試料をサンプリングした段階で実施する。設計値から換算すると、9日に1回の割合で検査を行うこととなる。また、屋外ブース3ブースに貯留される熔融スラグ設計重量は900tである。混合スラグ（粗大スラグと製砂スラグの混合）を出荷する場合については、「別紙1」の分析・出荷フローによるコンポジット試料のアルカリシリカ反応性試験が合格となった段階で各試験を実施するものとした。また、アルカリシリカ反応性については、安全性を確認するため混合後の試料による確認試験を実施することとし、2重のチェック体制をとることとした。

3) 必要試料量の確保

屋外ブース3ブース分の試料を四分法（JIS K 0060）などで縮分して各検査の必要量を確保する。

4) 品質検査の検査項目

品質検査の検査項目は、以下の通りである。品質基準は、第2次香川県豊島廃棄物等処理技術検討委員会で定められた以下のものとする。

項目		品質基準
粒度		5mm オーバーの割合が0%であること。
磁着物割合		スラグ中に1%以上の金属鉄分を含まないこと。
形状		スラグ中に針状物を含まないこと。
骨材的性質	絶乾比重	2.5以上
	吸水率	3%以下
	アルカリシリカ反応性試験	無害であること。

5) 品質検査の試験方法

検査方法は、第2次香川県豊島廃棄物等処理技術検討委員会で定められた以下の方法に準拠する。なお、詳細な試験方法については、JISを参考のこと。

項目	試験方法	備考	
粒度	骨材のふるい分け試験方法	JIS A 1102	
磁着物割合	化学成分分析方法	JIS A 5011-2	
形状	目視確認	—	
骨材的性質	絶乾比重	細骨材の密度及び吸水率試験方法	JIS A 1109
	吸水率		JIS A 1109
	アルカリシリカ反応性試験	骨材のアルカリシリカ反応性試験(化学法、モルタルバー法、迅速法 ^{*1})	JIS A 1145 : 2007 JIS A 1146 : 2007 JIS A 1804 : 2009

*1 : 日常的には化学法及び迅速法で管理し、年に2回モルタルバー法で行う。

ただし、迅速法については、スラグ保管上等の理由により実施できない場合は、ロット毎にクリストバライトの強度を測定して、迅速法(普通(2.5%)スラグ30)膨張率0.050%に相当するクリストバライト強度(RIGAKU製RAD-Xで120CPS、RIGAKU製MultiFlexで200CPS)以下の安全側で管理する。

なお、形状の試験方法である「目視確認」は、JISで定められたものがないため、以下に従う。

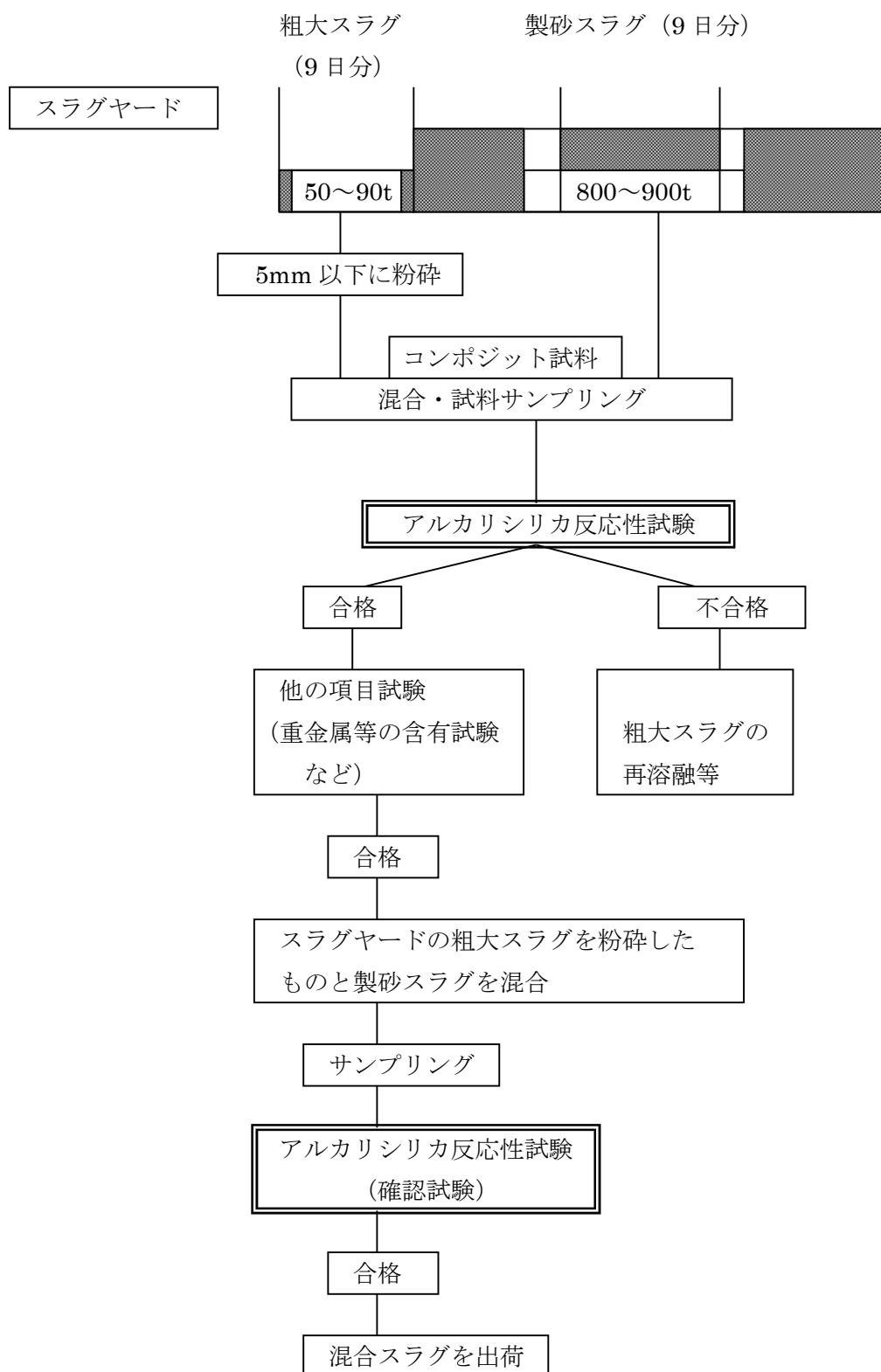
- ① 採取した試料 100mlを平らな面に広く薄く敷き詰める。
- ② 目視検査により形状を確認し、針状物が存在しないことを確認する。

また、品質検査結果は15日以内に提出することとする。

6) 品質検査試験が基準を満たさない場合の対応

- ① 品質検査の結果、品質基準を満たさない場合には、その試料を採取した3ブースの溶融スラグについて再処理等の適切な処理を行う。
- ② 基準を満たさなかった原因追及のため、再処理等が必要となった溶融スラグを副成した時点での処理廃棄物性状および処理時の施設運転状況の確認を行う。その結果と設計条件とのかけ離れを調査することで、再処理等が必要となった原因解析を行う。

混合スラグ分析・出荷フロー



「別紙 2」

スラグブース有効貯留量

スラグブース有効貯留量

$$V = 10.0 \times 5.0 \times 1/2 \times 8.0 \times 90\% \text{ (1ブース)}$$

$$= 180 \text{ m}^3$$

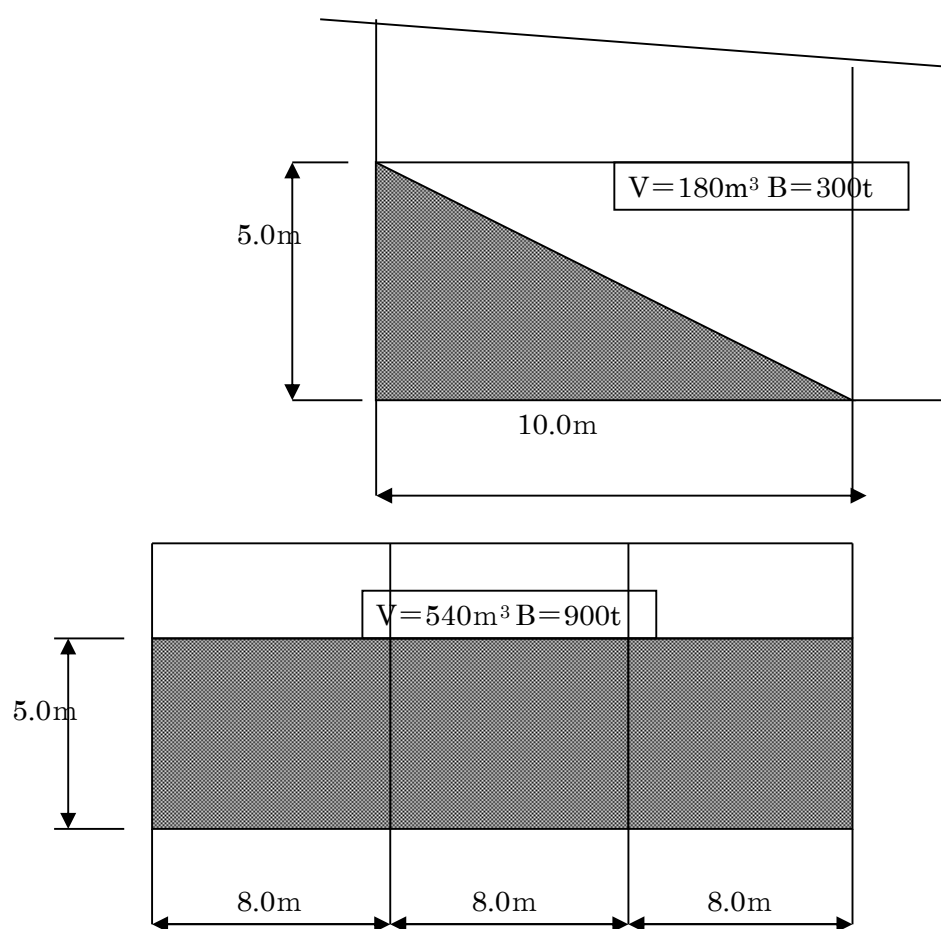
$$\Sigma V = 180 \times 3 = 540 \text{ m}^3 \text{ (3ブース)}$$

重量

$$B = 180 \times 1.7 = 300 \text{ t (1ブース)}$$

$$\Sigma B = 300 \times 3 = 900 \text{ t (3ブース)}$$

断面図



正面図

サンプリング、分析の頻度、分析項目及び分析方法

1. 一般

焼却残渣及び残土の溶出・分析について、検出限界値は規制値の少なくとも10分の1であること。

縮分 (split) したサンプルは溶出試験 (CEN prEN 12457-3、L/S=2 l/kg、1998年6月草案) を行った後、分析すること。含有量分析は、DS259に従って溶解した後、適切な方法で分析すること。

2. 焼却残渣の分析

2kgの少なくとも50のサンプルを再利用する検査単位 (consignments) (そのサイズに比例する) から集めること。サンプルは、生産中に、あるいは保管場所から定期的に集めること。その50のサンプルを混合して100kgとする。分析手順、縮分 (split) は下記ガイドラインの通りとする。

2.1 焼却炉低からの灰 (焼却灰)

検査単位 (consignments) は5,000 t を超えないこと。

- 1) 100kgのサンプルを45mmの篩に通す。
- 2) 破碎できない金属類など45mmを越える塊を取り除くこと。ただし、取り除いたものを記録しておくこと。
- 3) 他の45mm以上の塊は、45mm未満に粉碎して篩に戻す。
- 4) riffleディバイダーを使用して、5kgのサンプルへ縮分する。または、他の承認された方法を用いて5kgのサンプルへ縮分する。
- 5) さらに破碎することができるように、破碎不可能なものを除くこと。ただし、取り除いたものを記録しておくこと。
- 6) prEN 12457—3に従い、5kgのサンプルを直径4mmに粉碎する。
- 7) 粉碎されたサンプルをriffleディバイダー、または他の承認された方法を使用して、2つのサンプルに分割する。
- 8) 1つのサンプルは溶出試験に使用する。他のサンプルは、prEN 13137によるTOCの測定の前にさらに分割して、DS 259による溶解の後に、乾燥度の測定及び含有量分析を行う。

2つのサンプルは次の物質を分析するものとする:

含有量分析: 砒素、カドミウム、クロム (全)、銅、ニッケル、鉛、亜鉛およびTOC (合計)。

溶出分析 : 塩化物、硫酸塩、カルシウム、ナトリウム、砒素、カドミウム、クロム (全)、銅、ニッケル、鉛 (全) および亜鉛。

溶出液を保存する前に、pH、伝導性を測定すること。

2.2 石炭火力発電所からの焼却灰

検査単位 (consignments) は20,000 t を超えないこと。

- 1) riffleディバイダー、または他の承認された方法を使用して、100kgのサンプルを5kgのサンプルへ縮分し、prEN 12457—3に従って、直径4mmに粉碎する。
- 2) riffleディバイダー、または他の承認された方法を使用して、2つのサンプルに分割する。
1つのサンプルは溶出試験をするために使用される。他のサンプルは、さらに2に分割し、乾燥度測定およびDS 259による溶解の後、含有量分析を行う。

2つのサンプルは次の物質を分析するものとする:

含有量分析: 砒素、クロム、銅 (カドミウム、ニッケルおよび鉛による酸性灰のための)。

※

デンマーク「建設工事に利用する焼却残渣及び土壌の再利用にかかる Statutory Order no.655」

サンプリング、分析の頻度、分析項目及び分析方法

溶出分析：硫酸塩、砒素、クロム、銅(カドミウム、ニッケルおよび鉛による酸性灰のため)。溶出液を保存する前に、pH、伝導性を測定すること。
酸性灰とは、密閉の容器にて純水を用いてL/S=100の条件で30分攪拌した後のpHが7以下である灰をいう。

2.3 石炭火力発電所からの飛灰

検査単位 (consignments) は20,000 t を超えないこと。

- 1) riffleディバイダー、または他の承認された方法を使用して、100kgのサンプルを5kgのサンプルへ縮分する。
- 2) riffleディバイダー、または他の承認された方法を使用して、2つのサンプルに分割する。1つのサンプルは溶出試験をするために使用する。
- 3) 他のサンプルは、さらに2に分割し、乾燥度測定およびDS 259による溶解の後、適切な方法を用いて含有量分析を行う。

2つのサンプルは次の物質を分析するものとする：

含有量分析:砒素、クロム(カドミウム、銅、ニッケルおよび鉛による酸性飛灰のため)。

溶出分析：硫酸塩、カルシウム、ナトリウム、砒素、クロム(カドミウム、銅、ニッケルおよび鉛による酸性飛灰のため)。

溶出液を保存する前に、pH、伝導性を測定すること。

酸性飛灰とは、密閉の容器にて純水を用いてL/S=100の条件で30分攪拌した後のpHが7以下である飛灰をいう。

3. 残土

検査単位 (consignments) は60 t を超えないこと。分析手順は以下の通りとする。

- 1) 代表的なサンプルは検査単位 (consignments) から抽出すること。0.2kgのサンプルを少なくとも10サンプルを混合して2kgのサンプルとする。
- 2) サンプルを2mmの篩に通し、均質化する。
- 3) riffleディバイダー、または他の承認された方法を使用して、2つのサンプルに分割する。1つのサンプルは溶出試験をするために使用する。
- 4) 他のサンプルは、さらに2に分割し、乾燥度測定およびDS 259による溶解の後、適切な方法を用いて含有量分析を行う。
- 5) 含有量分析および溶出分析の対象となる物質は汚染にかかる情報に基づいて選択すること。カテゴリーの区分は、資料4のリストで示された物質で行う。同じ掘削工事から得られるいくつかの検査単位 (consignments) が一緒に保管されている場合、残土全体は、最も高いカテゴリーに属する検査単位 (consignments) と同じカテゴリー区分とする。

4. L/S (液固比) =2 l/kgの溶出試験

CEN prEN 12457—3 (first step)、1998年6月草案を使用。次の溶液を使用すること。

焼却施設からの焼却灰:純水 (Demineralised water)

石炭火力発電所からの焼却灰: 純水 (Demineralised water)

石炭火力発電所からの飛灰: 純水 (Demineralised water)

残土: : 純水 (Demineralised water) でつくられた0.001M CaCl₂溶液。

※

デンマーク「建設工事に利用する焼却残渣及び土壌の再利用にかかる Statutory Order no.655」

サンプリング、分析の頻度、分析項目及び分析方法

検査単位、テスト方法および分析項目よび分析方法の概要

焼却残渣及び残土 資料 1 参照	最大の検査単位 最小のサンプル数	溶出試験 溶液	分析項目
焼却施設の焼却灰	5,000 t 2kgの50サンプル (全量100kg)	prEN12457-3 (1998年6月) 純水 Demineralised water	含有量分析 砒素、カドミウム、クロム(全)、 銅、ニッケル、鉛、亜鉛、TOC 溶出分析 硫酸塩、ナトリウム、カルシウム、 砒素、mカドミウム、クロム(全)、 銅、ニッケル、鉛、亜鉛、pH、 伝導性
石炭火力発電所の焼却 灰	20,000 t 2kgの50サンプル (全量100kg)	prEN12457-3 (1998年6月) 純水 Demineralised water	含有量分析 砒素、クロム、銅(カドミウム、 ニッケル、鉛による酸化灰のため) 溶出分析 硫酸塩、ナトリウム、カルシウム、 砒素、クロム、銅(カドミウム、 ニッケル、鉛、亜鉛による酸化灰 のため)、pH、伝導性
石炭火力発電所の飛灰	20,000 t 2kgの50サンプル (全量100kg)	prEN12457-3 (1998年6月) 純水 Demineralised water	含有量分析 砒素、クロム、銅(カドミウム、 ニッケル、鉛による酸化飛灰のため) 溶出分析 硫酸塩、ナトリウム、カルシウム、 砒素、クロム、銅(カドミウム、 ニッケル、鉛、亜鉛による酸化飛 灰のため)、pH、伝導性
残 土	60 t 0.2kgの10サンプル (全量2kg)	prEN12457-3 (1998年6月) 純水 (Demineralised water) であつたら れた0.001M CaCl ₂ 溶液。	含有量分析および溶出分析の対 象となる物質は、汚染にかかる情 報に基づいて選択すること pH、伝導性

※
デンマーク「建設工事に利用する焼却残渣及び土壌の再利用にかかる Statutory Order no.655」

熔融スラグ有効利用マニュアル

平成16年 8月

香 川 県

【修正履歴】

年 月 日	摘 要	審 査 等
H20. 3. 23	安全性検査項目にフッ素、ホウ素を追加 混合スラグ分析・出荷フローを追加	第 14 回管理委員会
H26. 3. 23	消費税増税にかかるスラグの販売価格の改定	第 34 回管理委員会
H26. 7. 27	スラグの安全性検査で基準を満たさない場合に、セメント原料化処理も行えるように修正する。	第 35 回管理委員会
H28. 10. 30	品質検査の試験方法について、迅速法試験を日常的に行うこととし、実施できない場合は、ロット毎にクリストバライトの強度を測定して管理するよう見直す。	第 42 回管理委員会
R1. 9. 15	消費税増税にかかるスラグの販売価格の改定等	第 7 回フォローアップ 委員会

「溶融スラグ有効利用マニュアル ー目次ー」

第1章 総則	1
1. 目的	1
2. 適用範囲	1
第2章 溶融スラグの利用手順	2
1. 計画段階における手順	4
2. 供給段階における手順	10
2.1 安全性検査	11
2.2 品質検査	14
2.3 保管・運搬・積込	18
3. 利用段階における手順	19
3.1 受入検査	24
3.2 運搬・保管	24
3.3 残渣等の取扱	25
3.4 溶融スラグ使用実績簿の作成等	26
3.5 記録の保存	36
第3章 土木材料としての利用	37
1. コンクリート二次製品用骨材	37
1.1 流し込み製品	37
1.2 即時脱型製品	40
1.3 製造及び施工時の留意点	43
2. レディーミクストコンクリート用骨材	45
2.1 配合及び品質	45
2.2 製造及び施工時の留意点	49
3. アスファルト混合物用骨材	
4. 路盤材（下層路盤材、上層路盤材）	
5. 埋戻材、盛土材等	
5.1 埋戻材	
5.2 盛土材	
第4章 運搬・保管の方法	50
1. 運搬	50
2. 保管	50
附録	51
1. 溶出試験	52
2. 含有量試験	56
3. 溶融スラグ利用基準	59
4. 通知文書等	60
5. 連絡先	62

第1章 総 則

1. 目的

本マニュアルは、豊島廃棄物等から製造される溶融スラグ（以下、「溶融スラグ」という。）を土木材料として利用する場合に留意すべき事項を定めることにより、溶融スラグの安全で適正な利用促進を図ることを目的とする。

なお、本マニュアルは、必要に応じて適宜、見直すものとする。

【解説】

豊島廃棄物等の中間処理に伴い発生する副成物は、溶融スラグ、溶融飛灰、銅、鉄などの金属に大別される。これらの副成物のうち、溶融スラグについては、有効利用が考えられる。しかし、当面は溶融スラグの調査・研究・実績等を考慮して、「コンクリート二次製品用骨材、レディーミクストコンクリート用骨材、アスファルト混合物骨材」について利用するものとする。「路盤材、埋戻材、盛土材等」については、スラグの需給動向や研究実績等を見ながら今後その利用について検討するものとする。

なお、本マニュアルは、溶融スラグの出荷検査マニュアル、溶融スラグの有効利用用途、各種の法規制の変更等を反映して、適宜見直しを行うものとする。

2. 適用範囲

本マニュアルは、香川県内において、溶融スラグを他の材料と混合または単独で、土木材料として利用する場合について適用する。

なお、本マニュアルに示されていない事項は、用途別に定められた適切な規格・基準・指針等によるものとする。

【解説】

本マニュアルは、香川県内において溶融スラグを混合したコンクリート二次製品及びレディーミクストコンクリートの製造及びその製品を利用する工事等に適用するものとする。アスファルト混合物及び単独で土木材料として利用する「路盤材、埋戻材、盛土材等」については、利用段階においてそれぞれマニュアルを作成するものとする。

本マニュアルは、直島環境センター（中間処理施設）において製造された溶融スラグの安全性検査及び品質検査から溶融スラグの運搬・保管・利用までを適用範囲とする。

本マニュアルは、溶融スラグを土木材料（前述の利用用途）として利用するための一般的な標準を示したものである。これら以外の用途に用いる場合は、関連規格・基準・指針等との適合性を試験などにより確認した上で利用する必要がある。溶融スラグが利用できる製品および溶融スラグの利用基準は附録3を参照のこと。

なお、本マニュアルに示されていない事項については、下記の関連規格や基準・指針類によるものとする。

- ・ 日本工業規格（JIS）
- ・ 土木学会「コンクリート標準示方書」
- ・ 日本道路協会「舗装設計施工指針」、「舗装施工便覧」
- ・ 日本道路協会「道路土工一施工指針」

第2章 溶融スラグの利用手順

溶融スラグの利用は、原則として次の手順に従って行うものとする。

1. 計画段階 溶融スラグ製造者、溶融スラグ利用者

溶融スラグ利用計画書の作成

2. 供給段階 溶融スラグ製造者

2.1 安全性検査

2.2 品質検査

2.3 保管・運搬・積込

2.4 記録の保存

3. 利用段階 溶融スラグ利用者、公共工事発注者

3.1 受入検査

3.2 運搬・保管

3.3 残渣等の取扱

3.4 溶融スラグ使用実績簿の作成等

3.5 記録の保存

【解説】

溶融スラグは、豊島廃棄物等の処理に伴って定常的（約 100t/日）に製造されるため、需要量に見合った生産調整が困難なことから、円滑な利用を促進するためには、溶融スラグ利用者が予め利用に関する計画を作成し、これに基づき溶融スラグ製造者が供給先・供給量等の調整を行う必要がある。

なお、溶融スラグの利用に係る溶融スラグ製造者及び利用者の位置付けは、図 2-1 に示すとおりであり、溶融スラグ製造者、溶融スラグ利用者及び公共工事発注者は以下のとおりである。

- ・ 溶融スラグ製造者： 香川県（旧直島環境センター）
- ・ 溶融スラグ利用者： コンクリート二次製品製造会社、レディーミクストコンクリート製造会社（JIS 認定工場）
- ・ 公共工事発注者： 香川県、国土交通省四国地方整備局、農林水産省中国四国農政局、独立行政法人水資源機構、県内市町

今後、利用用途および利用主体の拡大があった場合、適宜、本マニュアルを改訂するものとする。

○ 溶融スラグの利用に係る位置付け

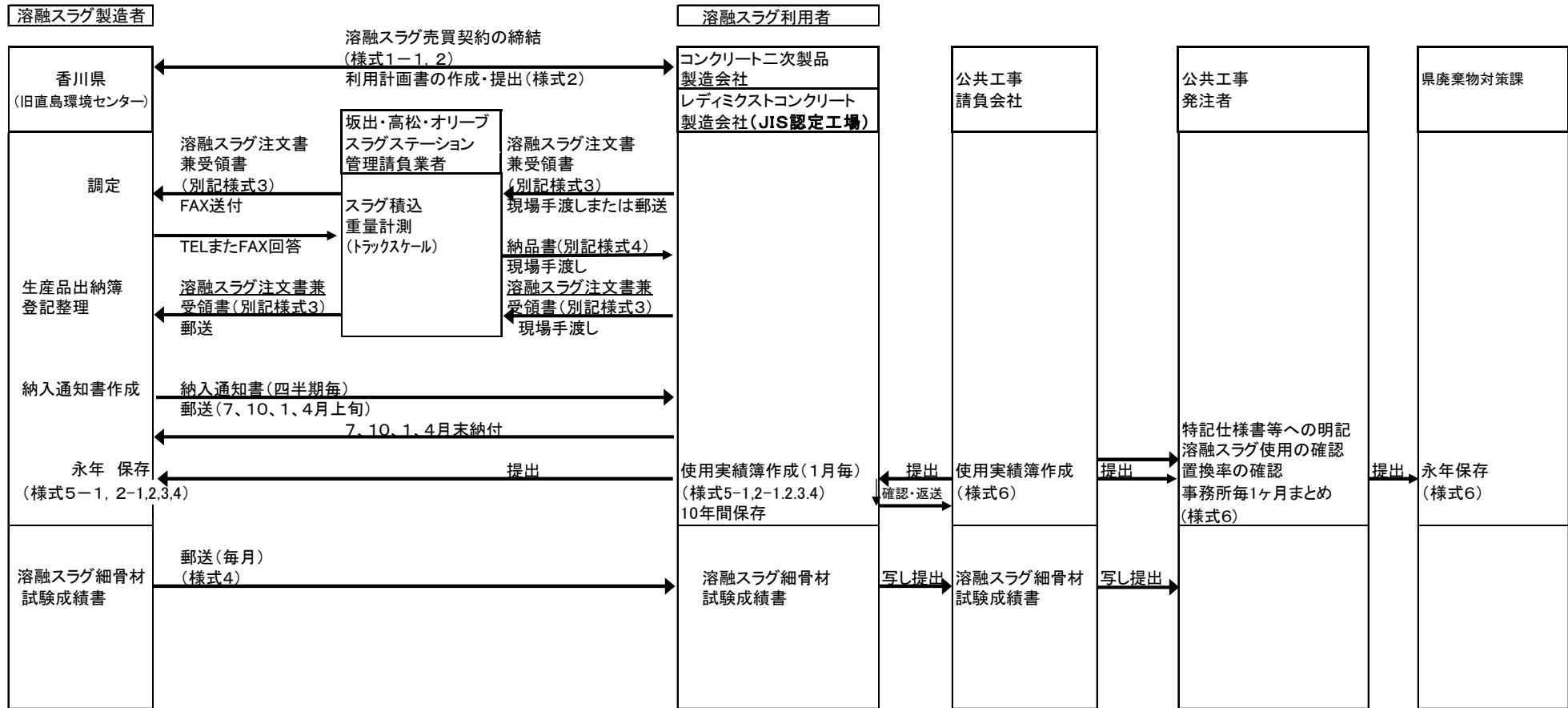


図2-1 溶融スラグの利用に係る製造者と利用者の位置付け

1. 計画段階における手順 熔融スラグ製造者、熔融スラグ利用者

- (1) 熔融スラグ利用者は、熔融スラグを利用しようとするときは、予め香川県知事と、「熔融スラグ売買契約」(別記様式 1-1, 2) を締結しなければならない。
- (2) 熔融スラグ売買契約の締結時において、熔融スラグ利用者は、「熔融スラグ利用計画書」(別記様式 2) を作成し提出するものとする。「熔融スラグ利用計画書」には、原則として次の事項を記載する。
 - ① 熔融スラグ利用者、用途、量に関すること
 - ② 保管方法に関すること
 - ③ 運搬方法に関すること
 - ④ 残渣等の取扱いに関すること

【解説】

(1) 熔融スラグ利用者は、熔融スラグ利用に先立って、熔融スラグ製造者である香川県知事と年間契約である「熔融スラグ売買契約」(別記様式 1-2, 2) を香川県会計規則に基づき締結するものとする。

熔融スラグの単価は次のとおりとする。

受渡し場所	単価 (消費税込)
高松スラグステーション	628 円/t
オリーブスラグステーション	628 円/t

(2) 熔融スラグを適正に利用するため、熔融スラグ利用に先立ち、熔融スラグ利用者は「熔融スラグ利用計画書」(別記様式 2) を作成、提出するものとする。(図 2-1-1 参照)

なお、残渣等とは、レディーミクストコンクリート製造に伴う、ミキサー車等の洗浄によるスラグ混入骨材、販売時の戻りコンクリート、コンクリート二次製品製造に伴う攪拌機の洗浄によるスラグ混入骨材、規格外製品、現場施工時の端材などを指す。

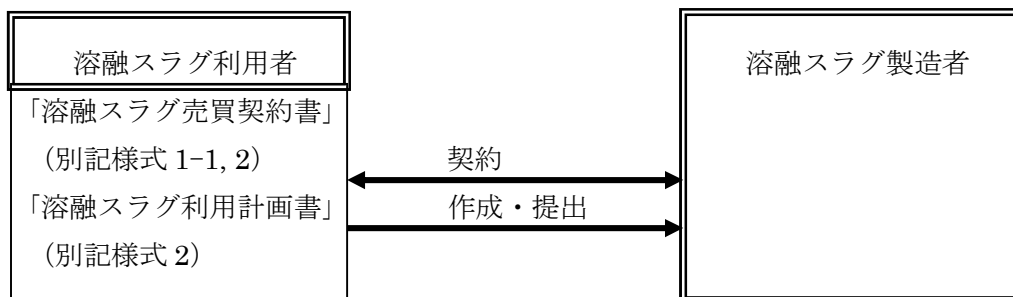


図 2-1-1 計画段階における手順フロー

溶融スラグ売買契約書

香川県（以下「甲」という。）と（以下「乙」という。）とは、甲の生産する溶融スラグを乙に販売するに当たり、次の条項により売買契約を締結する。

（信義誠実の原則）

第1条 甲及び乙は、信義を重んじ、誠実に本契約を履行しなければならない。

（契約の目的）

第2条 甲は、次条に規定する売買単価をもって、別途定める様式による乙の申込により、溶融スラグを売り渡し、乙は、これを買受けるものとする。

（売買金額）

第3条 溶融スラグの売買単価は、スラグステーションで売り払う場合には1トン当たり628円（消費税及び地方消費税を含む。）とする。

2 乙は、前項の売買単価に、売り払い数量を乗じた金額（以下「スラグ代金」という。）を、甲の発行する納入通知書により、甲の指定する期日までに納付するものとする。

3 前項の売り払い数量は、甲の指示した方法により計量した数量とする。

（引渡し）

第4条 直島で売り払う場合は、乙が調達した船舶に積み込んだときをもって、スラグステーションで売り払う場合は、前条第3項の計量を行ったときをもって、溶融スラグの引渡しを完了したものとし、所有権は、甲から乙に移るものとする。

（納品書等）

第5条 甲は、前条の引渡しの際、売り払い数量を記載した納品書を乙に提出するものとし、乙は、受領書を甲に提出するものとする。

（権利義務の譲渡等及び転売の禁止並びに契約保証人）

第6条 甲又は乙は、この契約により生じる権利又は義務を譲渡し、又は承継させてはならない。但し、相手方の書面による事前の同意があったときはこの限りでない。

2 乙は、溶融スラグを第三者に転売してはならない。ただし、甲が認めた場合はこの限りではない。

3 甲は、乙が第3条2項の規定による納期限までにスラグ代金の納付を完了しないときは、契約保証人に対して、乙に代わってスラグ代金を納付することを請求することができる。

4 契約保証人は、前項の請求があったときは、甲に対して、速やかにスラグ代金を支払わなければならない。

（契約の解除）

第7条 甲又は乙は、相手方が次の各号のいずれかに該当するときは、契約を解除することができる。この場合において、解除により相手方に損害が生ずることがあっても、その損害の責任を負わないものとする。

（1）契約を履行しないとき又は履行の見込みがないとき。

（2）本契約に違反したとき。

2 前項の規定により契約を解除した場合においても、熔融スラグの引渡し完了しているときは、第3条2項の規定により、乙はスラグ代金を納付しなければならない。

(損害賠償)

第8条 乙は、乙の責めに帰すべき事由により、甲又は第三者に損害を与えたときは、その損害を賠償しなければならない。

2 甲は、甲の責めに帰すべき事由により、乙又は第三者に損害を与えたときは、その損害を賠償しなければならない。

(契約期間)

第9条 この契約期間は、契約締結日から平成 年 月 日までとする。ただし、この期間が満了する1ヶ月前までに甲又は乙から特段の意思表示がないときは、この契約はさらに1年間継続するものとし、以後同様とする。

(管轄裁判所)

第10条 本契約から生じる一切の法律関係に基づく訴えについては、高松地方裁判所を管轄裁判所とする。

(協議)

第11条 この契約書又は香川県会計規則に定めのない事項は、甲乙協議の上定めるものとする。

上記契約の締結を証するため、この契約書3通を作成し、甲、乙及び契約保証人が記名押印の上、各自その1通を保有するものとする。

平成 年 月 日

甲 香川県高松市番町四丁目1番10号

香川県知事

乙

契約保証人

熔融スラグ売買契約書

香川県（以下「甲」という。）と（以下「乙」という。）とは、甲の生産する熔融スラグを乙に販売するに当たり、次の条項により売買契約を締結する。

（信義誠実の原則）

第1条 甲及び乙は、信義を重んじ、誠実に本契約を履行しなければならない。

（契約の目的）

第2条 甲は、次条に規定する売買単価をもって、別途定める様式による乙の申込により、熔融スラグを売り渡し、乙は、これを買受けるものとする。

（売買金額）

第3条 熔融スラグの売買単価は、スラグステーションで売り払う場合には1トン当たり628円（消費税及び地方消費税を含む。）とする。

2 乙は、前項の売買単価に、売り払い数量を乗じた金額（以下「スラグ代金」という。）を、甲の発行する納入通知書により、甲の指定する期日までに納付するものとする。

3 前項の売り払い数量は、甲の指示した方法により計量した数量とする。

（引渡し）

第4条 直島で売り払う場合は、乙が調達した船舶に積み込んだときをもって、スラグステーションで売り払う場合は、前条第3項の計量を行ったときをもって、熔融スラグの引渡しを完了したものとし、所有権は、甲から乙に移るものとする。

（納品書等）

第5条 甲は、前条の引渡しの際、売り払い数量を記載した納品書を乙に提出するものとし、乙は、受領書を甲に提出するものとする。

（権利義務の譲渡等及び転売の禁止）

第6条 甲又は乙は、この契約により生じる権利又は義務を譲渡し、又は承継させてはならない。但し、相手方の書面による事前の同意があったときはこの限りでない。

2 乙は、熔融スラグを第三者に転売してはならない。ただし、甲が認めた場合はこの限りではない。

（契約の解除）

第7条 甲又は乙は、相手方が次の各号のいずれかに該当するときは、契約を解除することができる。この場合において、解除により相手方に損害が生ずることがあっても、その損害の責任を負わないものとする。

（1）契約を履行しないとき又は履行の見込みがないとき。

（2）本契約に違反したとき。

2 前項の規定により契約を解除した場合においても、熔融スラグの引渡しが完了しているときは、第3条2項の規定により、乙はスラグ代金を納付しなければならない。

（損害賠償）

第8条 乙は、乙の責めに帰すべき事由により、甲又は第三者に損害を与えたときは、そ

の損害を賠償しなければならない。

2 甲は、甲の責めに帰すべき事由により、乙又は第三者に損害を与えたときは、その損害を賠償しなければならない。

(契約期間)

第9条 この契約期間は、契約締結日から平成 年 月 日までとする。ただし、この期間が満了する1ヶ月前までに甲又は乙から特段の意思表示がないときは、この契約はさらに1年間継続するものとし、以後同様とする。

(管轄裁判所)

第10条 本契約から生じる一切の法律関係に基づく訴えについては、高松地方裁判所を管轄裁判所とする。

(協議)

第11条 この契約書又は香川県会計規則に定めのない事項は、甲乙協議の上定めるものとする。

上記契約の締結を証するため、この契約書2通を作成し、両者記名押印の上、各自その1通を保有するものとする。

平成 年 月 日

甲 香川県高松市番町四丁目1番10号

香 川 県 知 事

乙

溶融スラグ利用計画書

年 月 日

記載事項	記入箇所	会社No.
(1)スラグ利用者		
①会社名(代表者名)		
工場名(複数の場合、各々)		
所在地(住所)		
(電話)		
(FAX)		
②利用者分類	<input type="checkbox"/> レディミクストコンクリート製造会社 <input type="checkbox"/> JIS認定	
	<input type="checkbox"/> コンクリート二次製品製造会社	
③利用用途	<input type="checkbox"/> レディミクストコンクリート	
	<input type="checkbox"/> コンクリート二次製品()	予定製品名を記入
④年間見込み利用量(t)	(t/年)	
(2)スラグ保管方法		
①保管場所		スラグ利用者が、自らスラグの管理を行い、使用実績を把握できる場所に限る。
②保管形式		
③可能保管量		
④保管責任者		
⑤緊急時の連絡先 (電話)		
(FAX)		
(3)運搬方法		
①運搬方法		
②運搬経路(1/50,000程度図面)		
③予定運搬会社名(代表者名)		
所在地(住所)		
(電話)		
(FAX)		
④緊急時の連絡先 (電話)		
(FAX)		
(4)残渣等の処分方法		
①残渣等の発生の有無	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	
②発生量(t)	戻りコンクリート()	スラグ混入骨材(t)
③処理、処分方法		コンクリートブロック、スラグとして再利用等
(5)その他の留意事項		

2. 供給段階における手順 **熔融スラグ製造者**

熔融スラグ製造者は、原則として次の手順により「熔融スラグ出荷検査マニュアル」に適合した熔融スラグを製造して供給するとともに、記録を保存するものとする。

- 2.1 安全性検査
- 2.2 品質検査
- 2.3 保管・運搬・積込
- 2.4 記録の保存

【解説】

熔融スラグ製造者は、「熔融スラグ利用計画書」等に基づいて熔融スラグの供給を行うときは、「熔融スラグ出荷検査マニュアル」に適合する熔融スラグを製造すると共に、熔融スラグの保管・積込・運搬を適切に行わなければならない。

また、安全性検査、品質検査等に係る記録を整理・保存するものとし、熔融スラグ利用者からの「熔融スラグ使用実績簿」（別記様式 5-1、5-2-1,-2,-3,-4）及び公共工事発注者からの「熔融スラグ使用実績簿」（別記様式 6）の送付があったときは、これらを併せて永年保存するものとする。（図 2-2-1 参照）

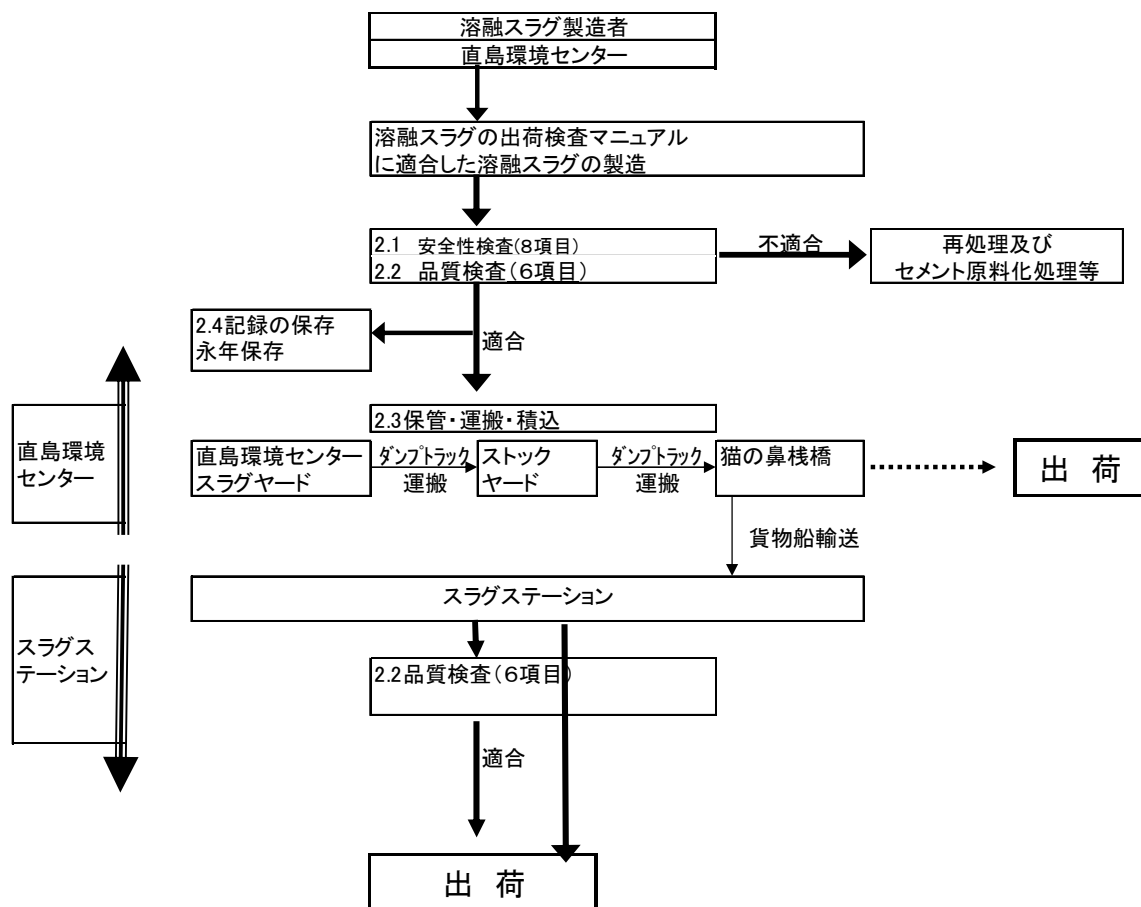


図2-2-1 供給段階における手順フロー

2.1 安全性検査

1. 溶融スラグの安全性検査は、溶出検査と含有量検査とし、直島環境センターで行う。
 - ①溶出検査：試験項目は Cd、Pb、Cr⁶⁺、As、T-Hg、Se、F、B であり、試験方法は、「土壌の汚染に係る環境基準について」（平成 3 年 8 月環境庁告示第 46 号）による。
 - ②含有量検査：試験項目は「土壌汚染対策法に係る技術的事項について(答申)」（平成 14 年 9 月 20 日、中央環境審議会）でとりまとめられた Cd、Pb、Cr⁶⁺、As、T-Hg、Se、F、B の 8 項目であり、試験方法は「土壌含有量調査に係る測定方法」（平成 15 年 3 月 6 日環境省告示第 19 号）による。
2. 検査頻度は、サンプリングを行う中間処理施設屋外スラグヤードの 3 ブース分の試料をサンプリングした段階とする。また、混合スラグ（粗大スラグと製砂スラグの混合）を出荷する場合は、混合スラグ分析・出荷フロー（図 2-2-2）によるコンポジット 試料のアルカリシリカ反応性試験が合格となった段階で試験を行う。
3. 安全性検査の結果、基準を満たさない場合には、その試料を採取した 3 ブースの溶融スラグについて再処理及びセメント原料化処理等を行う。

【解説】

1. 安全性検査の項目・基準は、以下のとおりである。安全性検査の満たすべき基準は、「溶融スラグ出荷検査マニュアル」に定められた溶出基準及び含有基準とする。また、安全性検査結果は、サンプリング後 15 日以内に提出することとする。

①溶出検査の項目・基準

項目	溶出基準 (mg/l)	備考
カドミウム (Cd)	0.01 以下	土壌環境基準
鉛 (Pb)	0.01 以下	
六価クロム (Cr ⁶⁺)	0.05 以下	
砒素 (As)	0.01 以下	
総水銀 (T-Hg)	0.0005 以下	
セレン (Se)	0.01 以下	
フッ素 (F)	0.8 以下	
ホウ素 (B)	1 以下	

②含有量検査の項目・基準

項目	含有基準 (mg/kg)	備考
カドミウム (Cd)	150 以下	土壌含有基準
鉛 (Pb)	150 以下	
六価クロム (Cr ⁶⁺)	250 以下	
砒素 (As)	150 以下	
総水銀 (T-Hg)	15 以下	
セレン (Se)	150 以下	
フッ素 (F)	4,000 以下	
ホウ素 (B)	4,000 以下	

2. 安全性検査は、屋外ブースの 3 ブース分の試料をサンプリングした段階で実施する。屋外 3 ブースに貯留される溶融スラグ重量は約 900t であり、溶融スラグが 1 日に約 100t 製造されることから、9 日に 1 回の割合で検査を行うこととなる。また、混合スラグ（粗大スラグと製砂スラグの混合）を出荷する場合は、図 5-1 の分析・出荷フローによるコンポジット試料のアルカリシリカ反応性試験が合格となった段階で試験を行う。

3. 安全性検査の結果、基準を満たさない場合には、その試料を採取した 3 ブースの溶融スラグについて再処理及びセメント原料化処理等を行う。

なお、基準を満たさなかった場合には原因究明のため、再処理及びセメント原料化処理等が必要となった溶融スラグを副成した時点での処理廃棄物性状及び処理時の施設運転状況について調査分析を行う。

(参考) 利用時、利用後の安全性確認

溶融スラグを利用する場合には、新たな資源として長期にわたり自然界に暴露されることから、利用時及び利用後や再利用時の安全性が重要となる。

ここでは、参考のため溶融スラグが酸性雨にさらされた場合の安全性を確認するための pH 依存性溶出試験、溶融スラグが利用中あるいは利用後に粉砕された場合の安全性を確認するための粒度依存性溶出試験を行った結果を示す。

① pH 依存性溶出試験

溶融スラグが有効利用中に酸性雨にさらされた場合、中性溶液では溶出しなかった成分でも溶出する可能性があるため、スラグの pH 依存性溶出試験を行った。

pH を 4 とした場合、下表に示すように、いずれの成分ともに溶出は認められず、安全性に問題がないことが確認された。なお、高松市における酸性雨の平均 pH は 4.5（平成 15 年度香川県環境白書）である。

しかし、厳しい酸性土壌環境にある場合には、別途検討する必要がある。

試験スラグ及び試運転スラグの pH 依存性溶出試験結果

項目	単位	溶出量		土壌 環境基準
		試験スラグ	試運転スラグ	
pH	—	8.4	8.9	—
総水銀 (T-Hg)	mg/l	<0.0005	<0.0005	<0.0005
カドミウム (Cd)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.01
鉛 (Pb)	mg/l	<0.005	<0.005	<0.01
ヒ素 (As)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.01
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/l	<0.005	<0.005	<0.05
セレン (Se)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.01
フッ素 (F)	mg/l	<0.1	<0.1	<0.8
ホウ素 (B)	mg/l	<0.1	<0.1	<1

注) 溶出試験時に、溶媒を硝酸にて pH=4 にし、6 時間振とう

試験スラグ：中間処理施設と同等の処理方式で生成された溶融スラグ

試運転スラグ：中間処理施設の試運転時に生成された溶融スラグ

② 粒度依存性溶出試験

スラグ粒子の表面積増大に伴う各種成分の溶出量増大が懸念されるため、粉碎程度を変えたスラグを対象に溶出試験を行った（下記表参照）。表面積の増大に伴い、比較的水に溶解しやすい鉛の溶出が懸念されていたが、すべての試料で、すべての項目について溶出は認められず、安全性に問題がないことが確認された。

スラグの粒度依存性溶出試験結果

分析項目	単位	非粉碎	粉碎						下限値	土壌の 環境 基準
		スラグ a	スラグ b	スラグ c	スラグ d	スラグ e	スラグ f			
		(0.82mm)	(0.72mm)	(0.47mm)	(0.29mm)	(0.17mm)	(0.10mm)			
		(0.78mm)	(0.64mm)	(0.49mm)	(0.43mm)	(0.33mm)	(0.15mm)			
pH(試験スラグ)	—	7.9	7.9	7.9	8.2	9.4	8.5	—	—	
pH(試運転スラグ)	—	9.1	8.8	8.9	8.7	8.8	9.0	—	—	
総水銀(T-Hg)	mg/l	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	<0.0005	
カドミウム(Cd)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.01	
鉛(Pb)	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005	<0.01	
砒素(As)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.01	
六価クロム(Cr ⁶⁺)	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005	<0.05	
セレン(Se)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.01	
フッ素(F)	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.8	
ホウ素(B)	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<1	

注) () 内は 50%粒形、上段：試験スラグ、下段：試運転スラグ

2.2 品質検査

1. 品質検査は、直島環境センターにおける品質検査及びスラグステーションにおける品質検査とする。

①直島環境センターにおける品質検査

検査項目は、粒度、磁着物割合、形状、骨材的性質（絶乾比重、吸水率、アルカリシリカ反応性試験）であり、試験方法は第二次香川県豊島廃棄物等処理技術検討委員会で定められた方法に準拠する。

検査は、サンプリングを行う中間処理施設屋外スラグヤードの3ブース分の試料をサンプリングした段階で行う。

品質検査の結果、基準を満たさない場合には、その試料を採取した3ブースの溶融スラグについて再処理及びセメント原料化処理等を行う。

混合スラグ（粗大スラグと製砂スラグの混合）を出荷する場合は、混合スラグ分析・出荷フロー（図 2-2-2）によるコンポジット試料のアルカリシリカ反応性試験が合格となった段階で、品質試験を実施するものとする。また、アルカリシリカ反応性については、安全性を確認するため2重のチェック体制を取ることとする。

なお、直島猫の鼻棧橋で引き渡す場合、後述のスラグステーションにおける品質検査と同じ検査を行うものとし、品質を満たさない場合には、屋外スラグヤードで適切な対策を講じるものとする。

②スラグステーションにおける品質検査

検査項目は、物理的性質試験（安定性、粒径判定実績率、微粒分量）及び化学成分試験（酸化カルシウム、全硫黄、三酸化硫黄、金属アルミニウム、塩化物量）であり、試験方法は、JISに準拠する。

検査は、サンプリングを行う中間処理施設屋外スラグヤードの3ブース分の試料をサンプリングした段階で行う。

試験頻度は、1回/月、約4,000t（2,500m³）/回とする。

なお、品質基準を満たさない場合には、屋外スラグヤードスラグステーションにおいて、適切な対策を講じるものとする。

1. 品質検査は、直島環境センターにおける品質検査及びスラグステーションにおける品質検査とする。

①直島環境センターにおける品質検査

検査項目及び品質基準・検査方法は、第二次香川県豊島廃棄物等処理技術検討委員会で定められた以下の方法及び JIS に準拠する。

項目	品質基準	試験方法	備考
粒度	5mm オーバーの割合が 0%であること。	骨材のふるい分け試験方法	JIS A 1102
磁着物割合	スラグの中に 1%以上の金属鉄分を含まないこと。	化学成分分析方法	JIS A 5011-2
形状	スラグ中に針状物を含まないこと。	目視確認（注 2）	—
骨材的性質	絶乾比重	2.5 以上	細骨材の密度及び吸水率試験方法
	吸水率	3%以下		JIS A 1109
	アルカリシリカ反応性試験（注 1）	無害であること。	骨材のアルカリシリカ反応性試験（化学法、モルタルバー法、迅速法）	JIS A 1145 : 2007 JIS A 1146 : 2007 JIS A 1804 : 2009
<p>（注 1） 日常的には化学法及び迅速法で管理し、年に 2 回モルタルバー法で行う。</p> <p>ただし、迅速法については、スラグ保管上等の理由により実施できない場合は、ロット毎にクリストバライトの強度を測定して、迅速法（普通（2.5%）スラグ 30）膨張率 0.050% に相当するクリストバライト強度（RIGAKU 製 RAD-X で 120CPS、RIGAKU 製 MultiFlex で 200CPS）以下の安全側で管理する。</p> <p>（注 2） 形状の試験方法である「目視確認」は、JIS で定められたものがないため、以下に従う。</p> <p>採取した試料 100ml を平らな面に広く薄く敷き詰める。目視検査により形状を確認し、針状物が存在しないことを確認する。また、品質試験結果は 15 日以内に提出する。</p>			

検査は、中間処理施設屋外ブースの 3 ブース分の試料をサンプリングした段階で実施する。設計値から換算すると、9 日に 1 回の割合で検査を行うこととなる。また、混合スラグ（粗大スラグと製砂スラグの混合）を出荷する場合は、混合スラグ分析・出荷フロー（図 2-2-2）によるコンポジット試料のアルカリシリカ反応性試験が合格となった段階で試験を行う。アルカリシリカ反応性については、安全性を確認するため 2 重のチェック体制を取ることとした。

なお、品質検査の結果、基準を満たさない場合には、その試料を採取した 3 ブースの熔融スラグについて再処理及びセメント原料化処理等を行う。また、基準を満たさなかった原因究明のため、再処理及びセメント原料化処理等が必要となった熔融スラグを副成した時点での処理廃棄物性状及び処理時の施設運転状況について調査分析を行う。

②スラグステーションにおける品質検査

検査項目は、以下のとおりである。試験方法は、JIS 及び TR に準拠する。

物理的性質試験

試験項目	基準値 (参考)	試験方法	備考
安定性	10%以下	硫酸ナトリウムによる骨材安定性試験方法	JIS A 1122
粒形判定実績率	53%以上	骨材の単位容積質量及び実績率試験方法	JIS A 5005
微粒分量	7.0 (5.0) %以下	骨材の微粒分量試験方法	JIS A 1103
* () 内は、コンクリートの表面がすりへり作用を受ける場合である。			

化学成分試験

試験項目	基準値 (参考)	試験方法	備考
酸化カルシウム	45.0%以下	フェロニッケルスラグ骨材 の化学成分分析方法	JIS A 5011-2 附属書
全硫黄	2.0%以下		
三酸化硫黄	0.5%以下		
金属アルミニウム	0.5%以下	コンクリート用溶融スラグ 骨材を用いたモルタルの膨 張率試験方法	JIS A 5031 附属書 1(規定)
塩化物量	0.04%以下	構造物用軽量コンクリート 骨材	JIS A 5002
* 金属アルミニウム酸化による水素発生が製品に影響を及ぼさない基準として、膨張率を JIS 基準 (2.0%) より厳しい 0.5% とする。			

検査頻度は、1 回/月、約 4,000t (2,500m³) /回とする。

なお、品質基準を満たさない場合には、スラグステーションにおいて適切な対策を講じるものとする。

混合スラグ分析・出荷フロー（別添 4-2）

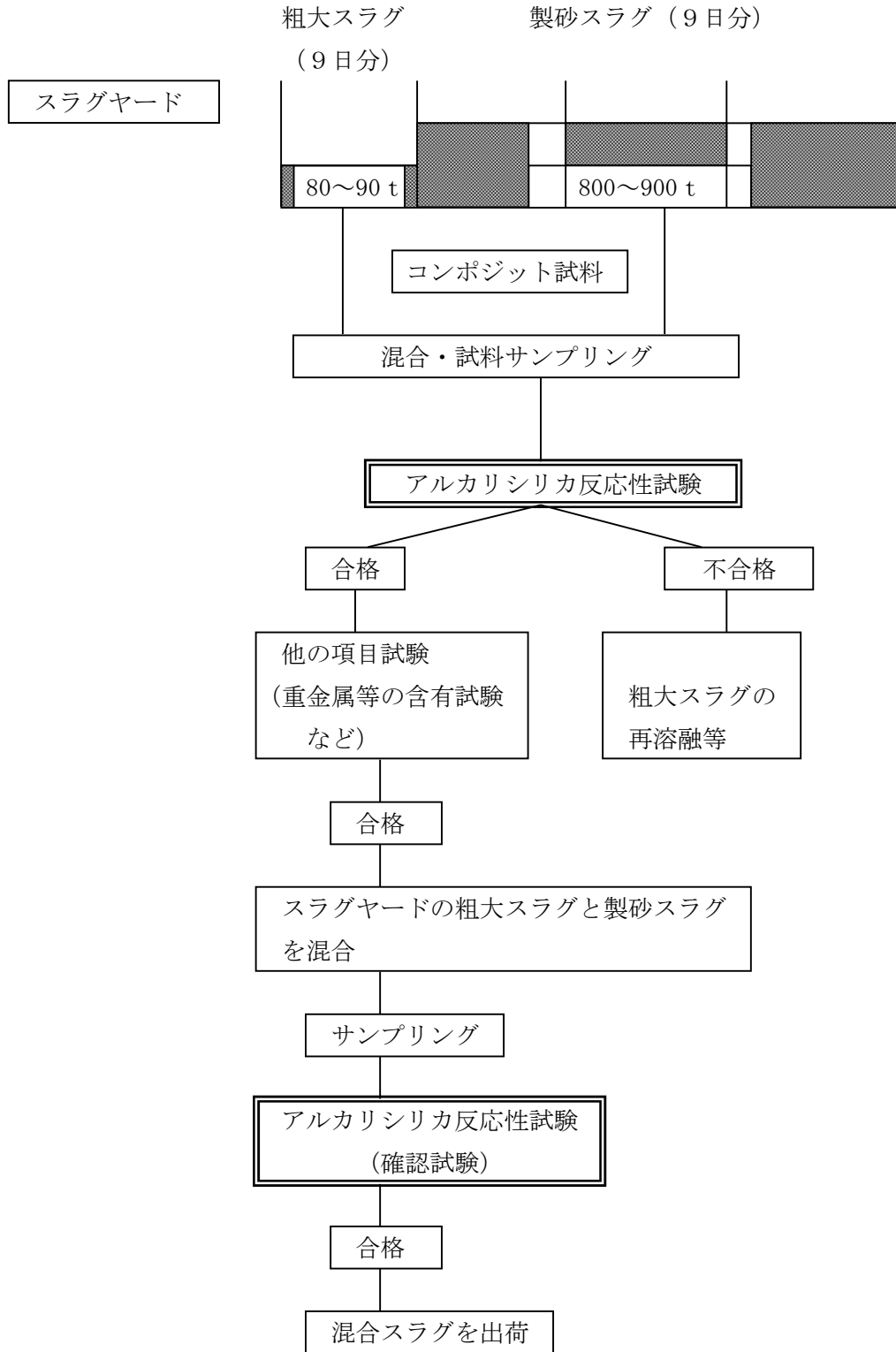


図 2-2-2

2.3 保管・運搬・積込

1. 溶融スラグは直島で保管するか、直島から海上輸送して、スラグステーションで保管する。
2. 溶融スラグの荷揚げ港は、坂出港・高松港・池田港とする。
3. 溶融スラグの保管・運搬に際しては、周辺環境に悪影響を及ぼさないよう適切な対策を講じること。
4. 溶融スラグの直島からの積出しは、三菱マテリアル内の積出施設（ベルトコンベア）を利用し作業者の労働安全衛生に十分留意して貨物船に積み込む。
坂出・高松・オリーブの各スラグステーションでの積込は、県が行い、その量をトラックスケールで計量後利用者に引き渡す。

【解説】

1. 溶融スラグは、中間処理施設のスラグヤードからストックヤードにダンプ輸送し、一時的に保管する。
溶融スラグ利用者が、直島まで溶融スラグを取りに来る場合は、直島で直接渡す。
2. 平成16年7月現在、荷揚げ港は坂出港・高松港・池田港とする。荷揚場所は坂出港（三菱化学㈱専用岸壁）・高松港（C地区岸壁）・池田港（平木第1物揚場）とし、直島からの海上輸送及びスラグステーションまでの陸上輸送は県から委託を受けた会社が責任を持って行う。
3. 溶融スラグの保管に際して、フェンスの設置、メッシュシートの設置、散水等による飛散防止対策、また、沈砂池の設置等による流出防止対策を行い、周辺環境に悪影響を及ぼさないようにするものとする。
また、溶融スラグの運搬に際しては、ダンプトラックのシート掛け、散水等による飛散防止対策を行い、周辺環境に悪影響を及ぼさないようにするものとする。
4. 溶融スラグの運搬車・運搬船への積込に際しては、作業スペースを十分確保し、作業者の労働安全衛生に十分留意しなければならない。

2.4 記録の保存

溶融スラグ製造者は、溶融スラグの製造、安全性検査及び品質検査の結果を記録した書類を保存するものとする。

【解説】

溶融スラグ製造者は、安全性検査及び品質検査の結果を記録した書類を溶融スラグ利用者及び公共工事発注者から送付される「溶融スラグ使用実績簿」（別記様式 5-1、5-2-1,-2,-3,-4 及び 6）と併せて永年保存するものとする。

3. 利用段階における手順 熔融スラグ利用者、公共工事発注者

熔融スラグ利用者は、原則として次の手順により熔融スラグを利用する。

- 3.1 受入検査
- 3.2 運搬・保管
- 3.3 残渣等の取扱
- 3.4 熔融スラグ使用実績簿の作成等
- 3.5 記録の保存

【解説】

熔融スラグ利用者は、図 3-1 に示す利用段階における手順に従って熔融スラグを利用する。

坂出・高松・オリーブの各スラグステーション渡しの場合

熔融スラグ利用者は、スラグを受け取ろうとするときは、原則として、熔融スラグ注文書兼受領書（別記様式 3）を坂出・高松・オリーブの各スラグステーションの管理請負者に現場手渡しまたは事前に郵送するものとする。管理請負者は、熔融スラグ注文書を直島環境センターへ報告（FAX）し、承認を受け、スラグを売払うものとする。売払いは、熔融スラグを積込、重量計測の後、熔融スラグ納品書（別記様式 4）及び受領書を各々現場手渡しで売払い完了とする。なお、取引時における重量計測の単位については、飛散防止上の散水等を考慮し、当面の間、トン小数点 1 位まで（2 位以下切捨て）とする。

熔融スラグ製造者は、「熔融スラグ細骨材試験成績書」（様式 4）を熔融スラグ利用者に毎月郵送するものとする。

支払いについては、四半期毎（6、9、12、3 月末締）とし、熔融スラグ製造者は翌月上旬に熔融スラグ利用者へ納入通知書を送付し、熔融スラグ利用者は、翌月末までに納付するものとする。

なお、管理請負者の業務は月曜日～金曜日の 8：30～17：30 とする。ただし、スラグ搬入作業日については原則として、受渡しは行わないものとする。ただし、管理請負者の了解を得た場合は、この限りでない。

また、風速 15m/秒（10 分間平均）以上の場合、積込は行わない。

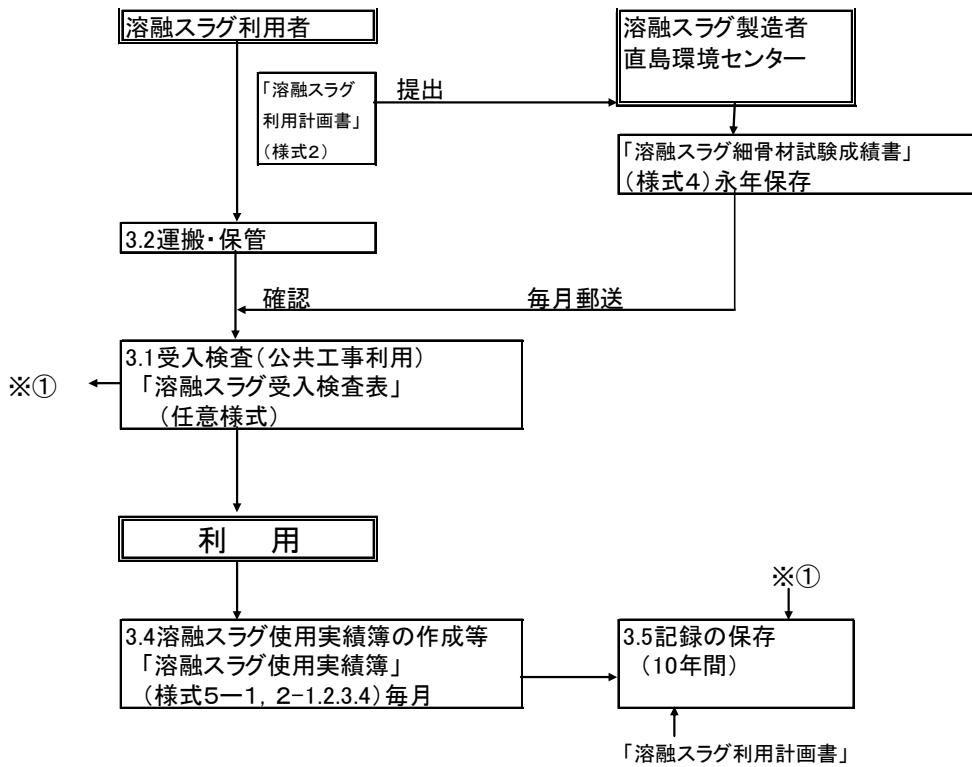
直島猫の鼻棧橋渡しの場合

熔融スラグ利用者は、スラグを受け取ろうとするときは、原則として熔融スラグ注文書兼受領書（別記様式 3）を直島環境センター担当者に現場手渡しまたは事前に郵送するものとする。売払いは、熔融スラグの重量計測、積込の後、熔融スラグ納品書（別記様式 4）及び受領書を各々現場手渡しで売払い完了とする。

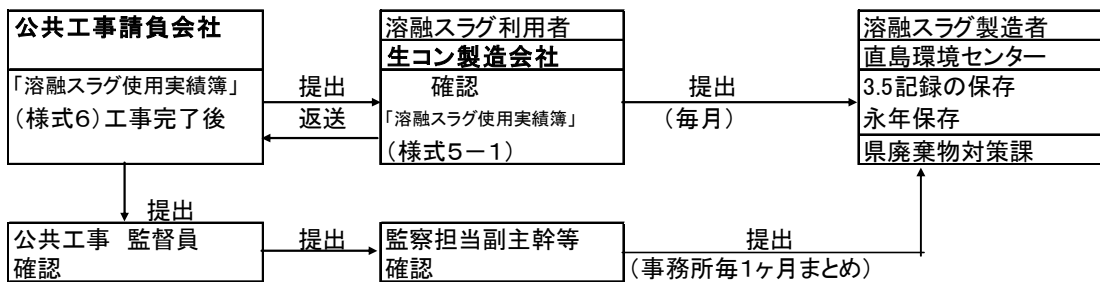
熔融スラグ製造者は、「熔融スラグ細骨材試験成績書」（別記様式 4）を熔融スラグ利用者に毎月郵送するものとする。

支払いについては、四半期毎（6、9、12、3 月末締）とし、熔融スラグ製造者は翌月上旬に熔融スラグ利用者へ納入通知書を送付し、熔融スラグ利用者は、翌月末までに納付するものとする。

（図 3-2 熔融スラグ売払い手続きフロー参照）



○レディーミクストコンクリート利用の場合の溶融スラグ使用実績簿の手順
 工事完了後、速やかに行うものとする。



○コンクリート2次製品利用の場合の溶融スラグ使用実績簿の手順
 工事完了後、速やかに行うものとする。

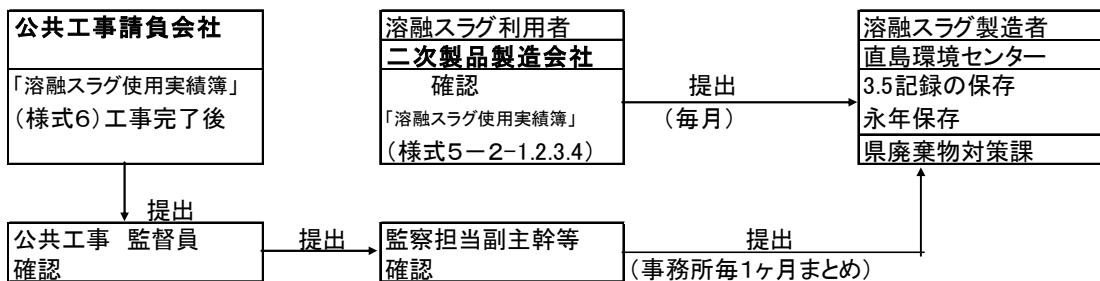


図3-1 利用段階における手順フロー

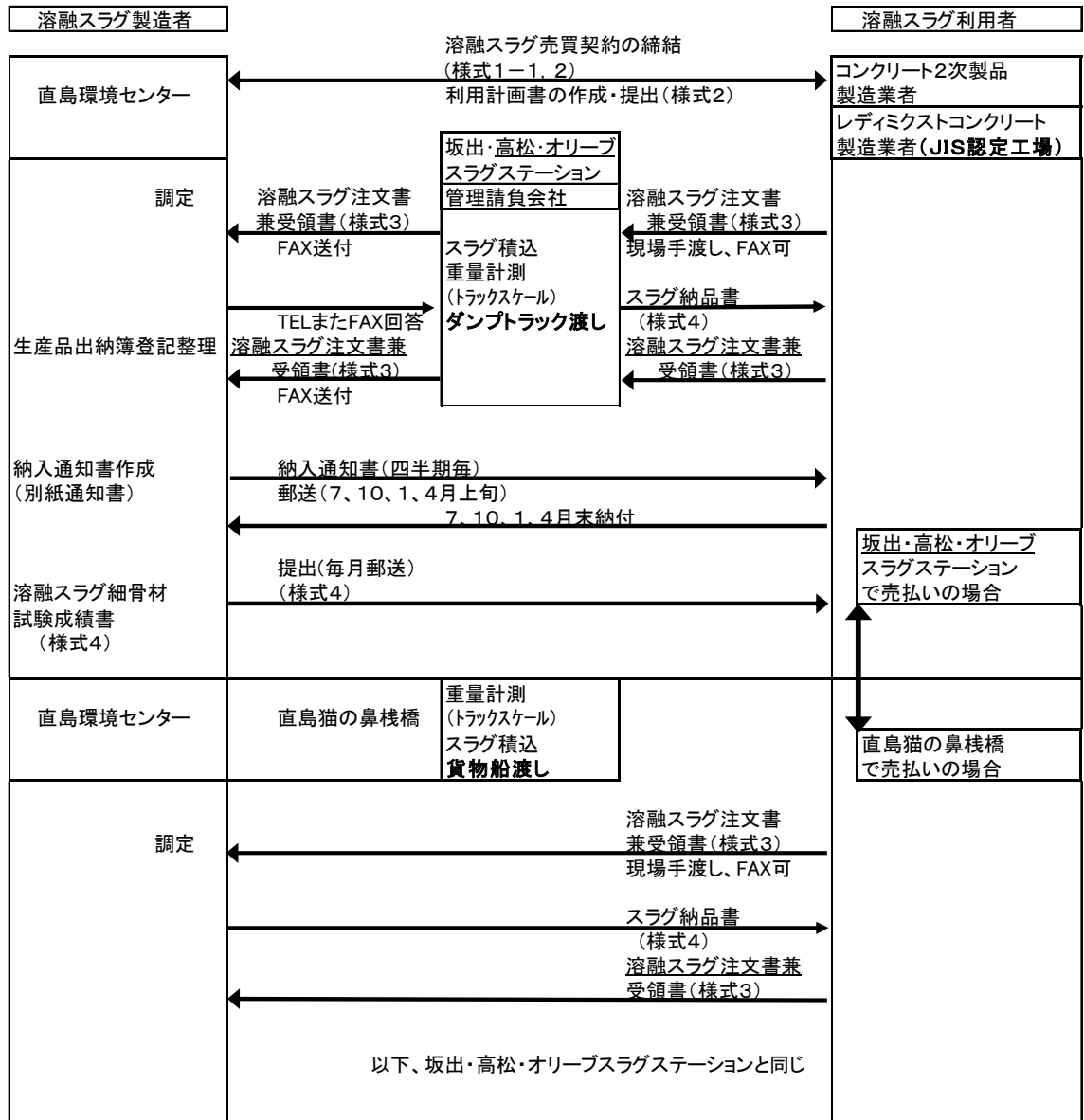


図3-2 溶融スラグ売払い手続きフロー

0503121

溶融スラグ注文書(兼受領書)

平成 年 月 日

香川県直島環境センター所長香川県知事 殿

契約者

住 所

名称又は商号

代 表 者

(担当者名:)

買受日時	数量(t)	場 所	利用事業者	車 番	備考(引受業者名等)
		直島バース 坂出SS 高松SS オリーブSS			
利用目的	1. 構造物を除く生コンクリート 2. コンクリート二次製品 3. アスファルト 4. 埋戻材・盛土材 5. その他()				

上記の通り、溶融スラグを確かに受領しました。

受領者サイン

0503121

溶融スラグ納品書

平成 年 月 日

(売払業者) 御中

香川県直島環境センター所長香川県知事

買受日時	数量(t)	場 所	利用事業者	車 番	備考(引受業者名等)
		直島バース 坂出SS 高松SS オリーブSS			
利用目的	1. 構造物を除く生コンクリート 2. コンクリート二次製品 3. アスファルト 4. 埋戻材・盛土材 5. その他()				

溶融スラグ細骨材試験成績書

様式4

JIS表示認定工場 各位

【製造業者】 香川県環境森林部 直島環境センター

【製造年月日】平成〇年〇/〇~〇/〇、〇/〇~〇

品質試験結果(製造年月日と同日に直島採取)

試験項目	基準値	試験結果
粒度	5mmオーバーの割合が90%であること	
磁着物割合	金属鉄1%未満	
針状物の確率	針状物を含まないこと	
骨材的性質	絶対密度	2.5g/cm ³ 以上
	吸水率	3%以下
	アルカリ反応性の判定	無害

表乾密度(g/cm³)

物理的性質試験結果(HO. O. O直島採取)

試験項目	基準値(参考)	試験結果
安定性	10%以下	
粒形判定実積率	53%以上	
微粒分量	7.0(5.0)%以下	

注) ()内は、コンクリートの表面がすりへり作用を受ける場合である。

骨材ふるいわけ試験結果(製造年月日と同日に直島採取)

	ふるいを通るものの百分率 (%)							粗粒率
	10mm	5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
平均								
基準値(コンクリート用砕砂)	100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~15	

溶出試験及び含有量試験結果(製造年月日と同日に直島採取)

項目	溶出試験			含有試験		
	単位	基準値	試験結果	単位	基準値	試験結果
カドミウム(Cd)	mg/l	0.01		mg/kg	150	
鉛(Pb)	mg/l	0.01		mg/kg	150	
六価クロム(Cr ⁶⁺)	mg/l	0.05		mg/kg	250	
ヒ素(As)	mg/l	0.01		mg/kg	150	
総水銀(T-Hg)	mg/l	0.0005		mg/kg	15	
セレン(Se)	mg/l	0.01		mg/kg	150	
フッ素(F)	mg/l	0.8		mg/kg	4,000	
ホウ素(B)	mg/l	1		mg/kg	4,000	

化学成分試験結果(H19. 2. 7直島採取)

項目	単位	基準値(参考)	試験結果
酸化カルシウム	%	45.0以下	
全硫黄	%	2.0以下	
三酸化硫黄	%	0.5以下	
金属アルミニウム	%	0.5以下	
塩化物量	%	0.04以下	

3.1 受入検査

熔融スラグ利用者は、熔融スラグ製造者から「熔融スラグ細骨材試験成績書」の提出を受けているが、製造にあたり、自らもスラグの受入検査を行うものとする。

さらに、県が定めるスラグ置換率の基準（附録 3 参照）を超える製品を販売する場合、自ら安全性確認のための溶出試験（附録 1 参照）を行わなければならない。

なお、受入検査の項目・頻度は、利用用途別に熔融スラグ利用者が設定するものとする。

【解説】

熔融スラグを利用する場合、熔融スラグ利用者は、利用に際しては熔融スラグ製造者とは別に、自ら受入検査を実施して「熔融スラグ受入検査表」（A4 版：任意様式）に記録し、「熔融スラグ使用実績簿」（別記様式 5-1、2-1,-2,-3,-4）と併せて 10 年間保存するものとする。

熔融スラグは土木材料として新たに使用されるものであり、リスク管理の観点から熔融スラグ製造者及び利用者で品質検査を行うものである。

（参考）

①レディーミクストコンクリート用骨材の受入検査

項目：絶乾密度、吸水率、粒度、粗粒率、微粒分量、粒径判定実績率、
塩化物量（1 回／月）、安定性（1 回／年）

②コンクリート二次製品用骨材の受入検査

項目：密度（絶乾・表乾）、粒度・粗粒率、吸水率、微粒分量、単位容積質量
頻度：全て、1 回／月

3.2 運搬・保管

熔融スラグ利用者は、「熔融スラグ利用計画書」に基づいて、熔融スラグを運搬し、保管するものとする。

なお、熔融スラグの運搬・保管に当たっては、周辺的生活環境に支障を来たすことがないよう留意すること。

【解説】

「熔融スラグ利用計画書」に基づいて、利用状況や周辺環境等に留意しながら、適切な運搬・保管を行う必要がある。

保管・運搬の実施に当たっては、「第 4 章 運搬・保管の方法」に留意して行うものとする。

3.3 残渣等の取扱

スラグを利用して製品を製造・加工・販売する場合、洗浄によるスラグ混入物、残存物、製品としての不良品が生じるが、それぞれ適正に処理・処分しなければならない。

【解説】

レディーミクストコンクリートについては、ミキサー車等の洗浄によるスラグ混入骨材、また、販売時の戻りコンクリートがある。

コンクリート二次製品については、攪拌機等の洗浄によるスラグ混入骨材、規格外製品、現場施工時の端材などがある。

製造機械の洗浄によるスラグ混入骨材のうち粗骨材については、粗骨材として再利用し、細骨材については、溶融スラグ扱いで細骨材として、極力再利用に努めるものとするが、困難な場合は安定型廃棄物処分場での処分とする。戻りコンクリートについては、全量をコンクリート塊の製造に再利用するものとし、コンクリート塊の公共工事以外への利用または販売を妨げない。

また、コンクリート二次製品の規格外製品、端材については、スラグ単独や粉碎したスラグの溶出試験で土壤環境基準を満足していることから、再生クラッシュランへの再利用は、通常のコンクリート二次製品の解体に準じて実施することができる。

3.4 溶融スラグ使用実績簿の作成等

(1) 溶融スラグ利用者は、溶融スラグの受取から利用までの結果を記載する「溶融スラグ使用実績簿」(別記様式 5-1、2-1,-2,-3,-4)を当分の間、毎月集計で作成し、翌月上旬までに溶融スラグ製造者に提出するものとする。なお、溶融スラグ利用者(レディーミクストコンクリート製造会社)は、公共工事請負会社から「溶融スラグ使用実績簿」(別記様式 6)の提出があった場合、内容を確認のうえ、公共工事請負会社に返送するものとする。

公共工事請負会社は、「溶融スラグ使用実績簿」(別記様式 6)を作成し、工事完了後、溶融スラグ利用者(レディーミクストコンクリート製造会社)に速やかに提出し、確認を受けなければならない。溶融スラグ利用者の確認、返送後、公共工事監督員に提出するものとする。「溶融スラグ使用実績簿」は、公共工事発注事務所毎に1ヶ月分をまとめて、県廃棄物対策課資源化・処理事業推進室に提出するものとする。

(2) 「溶融スラグ使用実績簿」には、原則として次の事項を記載する。

① レディーミクストコンクリート製造会社

イ 溶融スラグ購入量・月日、使用量・月日

ロ 製造量・月日、品質規格、スラグ置換率、販売先会社名、スラグ混入ブロック製作数

② 公共工事請負会社

イ 公共工事名、工事番号、施工場所、施工期間、発注機関名

ロ 請負会社名、住所、連絡先

ハ 材料名、生コン購入量、製造会社名、住所、担当者及び連絡先

ニ 溶融スラグ購入日、購入量、規格、位置図

③ 二次製品製造会社

イ 溶融スラグ購入量・月日、使用量・月日

ロ 製造製品名・製品番号・数量・月日

ハ 販売量・月日、販売先業者名、発注事務所名、工事名、施工場所、在庫状況

【解説】

溶融スラグ利用者は、「溶融スラグ利用計画書」に基づいて、溶融スラグを適正に利用し、当分の間、毎月集計で「溶融スラグ使用実績簿」を作成し、翌月上旬までに「溶融スラグ使用実績簿」を溶融スラグ製造者に送付するとともに、自らも「溶融スラグ使用実績簿」を10年間保存するものとする。

公共工事請負会社は、「溶融スラグ使用実績簿」(別記様式 6)を作成し、工事完了後、速やかにレディーミクストコンクリート購入会社へ提出し、確認返送を受け、公共工事監督員に提出するものとする。

公共工事発注者は、工事完了後、公共工事請負会社から「溶融スラグ使用実績簿」(別記様式 6)の提出があった場合、確認・保管のうえ、事務所毎に1ヶ月分をまとめて廃棄物対策課資源化・処理事業推進室に提出するものとする。

(様式5-1)溶融スラグ使用実績簿(月報)(生コン製造会社用)

生コン会社NO.

H 年 月分			会社名		報告日 平成 年 月 日			
月	日	曜日	スラグ		レディミクストコンクリート(スラグ入り)		販売先会社名	備考
			購入量(t)	使用量(t)	製造量(m3)	置換率(%)		
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
	24							
	25							
	26							
	27							
	28							
	29							
	30							
	31							
合 計								
今月残スラグ(t)								
先月まで残スラグ累計(t)								
今月まで残スラグ累計(t)								

(注1)この月にスラグ混入生コンを販売した業者名をすべて記入。各販売先の各販売量は不要。

(注2)数値は小数点以下第2位以下を切り捨てとする。

(注3)「溶融スラグ有効利用マニュアル」の連絡先で定めた各会社の番号を記入。

「記入箇所(網掛け部)」

- ・スラグ購入量・スラグ使用量・レディーミクストコンクリート製造量の合計欄
- ・今月残スラグ・先月まで残スラグ累計・今月まで残スラグ累計の欄
- ・当月の販売先会社名欄
- ・その他会社名・報告年月日・月報年月

※毎日数量については、記入可能であれば記入してください。

送付・問い合わせ先

香川県廃棄物対策課 資源化・処理事業推進室 資源化推進グループ
〒760-8570 高松市番町4丁目1番10号
TEL 087-832-3225 FAX 087-831-1273

※ FAX送付可。翌月10日までに送付。

(様式5-1)溶融スラグ使用実績簿(月報)(生コン製造会社用)

生コン会社NO. (注3) ○○

H 年 月分			会社名		○○株式会社		報告日	
月	日	曜日	スラグ		レディミクストコンクリート(スラグ入り)		平成	年 月 日
			購入量(t)	使用量(t)	製造量(m3)	置換率(%)	販売先会社名(注1)	
							備考	
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
	24							
	25							
	26							
	27							
	28							
	29							
	30							
	31							
合 計			500.1	367.6	1500.5	30%		
今月残スラグ(t)				132.5				
先月まで残スラグ累計(t)				100.1				
今月まで残スラグ累計(t)				232.6				

記入例

(注1)この月にスラグ混入生コンを販売した業者名をすべて記入。各販売先の各販売量は不要。

(注2) 数値は小数点以下第2位以下を切り捨てとする。

(注3) 「溶融スラグ有効利用マニュアル」の連絡先で定めた各会社の番号を記入。

「記入箇所(網掛け部)」

- ・スラグ購入量・スラグ使用量・レディミクストコンクリート製造量の合計欄
- ・今月残スラグ・先月まで残スラグ累計・今月まで残スラグ累計の欄
- ・当月の販売先会社名欄
- ・その他会社名・報告年月日・月報年月

※毎日数量については、記入可能であれば記入してください。

送付・問い合わせ先

香川県廃棄物対策課 資源化・処理事業推進室 資源化推進グループ
〒760-8570 高松市番町4丁目1番10号
TEL 087-832-3225 FAX 087-831-1273

※ FAX送付可。翌月10日までに送付。

(様式5-2-1) O溶融スラグの使用実績簿(月報)(2次製品製造会社用)

会社番号

H〇〇年〇〇月度

日	スラグ		各製品製造量(t)					備考	
	購入量(t)	使用量(t)	製品番号及び製品名						
			①舗装用普通平板	②U形側溝	③境界ブロック	④大形積みブロック	⑤張りブロック	⑥ロングU	⑦積みブロック
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
合計	0	0							

今月残スラグ(t)	0
先月迄残スラグ累計(t)	
今月迄残スラグ累計(t)	0

在庫状況(t)			
製品番号及び製品名	今月	先月迄累計	今月迄累計
①舗装用普通平板			0
②U形側溝			0
③境界ブロック			0
④大形積みブロック			0
⑤張りブロック			0
⑥ロングU			0
⑦積みブロック			0

- * 各重量は、小数点以下第2位以下切捨てとする。
- * 翌月10日までに提出願います。
- * 各会社の集計日毎の集計で結構です。
- (例:毎月20日締の場合、21日~20日の集計でOK。
- 表の日付を変更して下さい。)

(様式5-2-3) ○溶融スラグの使用実績簿(月報)(インターロッキング製造会社用)

会社番号

HO〇年〇〇月度

日	スラグ		各製品製造量(t)					備考
	購入量(t)	使用量(t)	製品番号及び製品名					
			①普通	②透水性	③保水性			形状 置換率
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
合計	0	0						

今月残スラグ(t)	0
先月迄残スラグ累計(t)	
今月迄残スラグ累計(t)	0

在庫状況(製品重量 t)			
製品番号及び製品名	今月	先月迄累計	今月迄累計
①普通			0
②透水性			0
③保水性			0
			0
			0
			0
			0

- *各重量は、小数点以下第2位以下切捨てとする。
- *翌月10日までに提出願います。
- *各会社の集計日毎の集計で結構です。
- (例:毎月20日締の場合、21日~20日の集計でOK。
- 表の日付を変更して下さい。)

3.5 記録の保存

溶融スラグ利用者は、溶融スラグの受入検査及び利用実績の結果を記録した書類を保存するものとする。

【解説】

溶融スラグ利用者は、自らが記録した「溶融スラグ受入検査表」及び「溶融スラグ使用実績簿」を溶融スラグ製造者から提出される「溶融スラグ細骨材試験成績書」と併せて10年間保存するものとする。

第3章 土木材料としての利用

1. コンクリート二次製品用骨材への利用

本規定は、溶融スラグをコンクリート二次製品の細骨材として用いる場合に適用する。溶融スラグ骨材を用いるコンクリートは、プレキャスト無筋コンクリート製品とし、日本工業規格（JIS）および関連基準・指針類との適合を確認した上でこれを利用できるものとする。

なお、プレキャスト鉄筋コンクリート製品に用いる場合は、日本工業規格（JIS）および関連基準・指針類との適合を適切な試験等で確認した上で利用するものとする。

【解説】

溶融スラグの混入が、コンクリートの品質（フレッシュ性状及び硬化後の性状）に及ぼす影響について把握するために室内基礎試験を行い、溶融スラグをコンクリートの細骨材として用いても問題ないことが確認された。また、以下の製品についてスラグを用いたコンクリートの実機評価試験を行い、それらの安全性及び品質が確認された。

- 流し込み製品： 舗装用普通平板、U形側溝、境界ブロック、大形積みブロック、張りブロック、ロングU、積みブロック
- 即時脱型製品： 普通インターロッキングブロック、透水性インターロッキングブロック、積みブロック

上記以外のコンクリート二次製品に溶融スラグを用いる場合は、製品の性質、JIS 及び関連基準・指針類との適合を製品試験等により確認し、県と協議し承認を得て、使用するものとする。

1.1 流し込み製品の配合及び品質

① 水セメント比

溶融スラグを用いたコンクリート流し込み製品の水セメント比は、50%以下とする。

② スラグ置換率

流し込み製品のスラグ置換率は、細骨材の質量比で40%以下とする。

③ 溶融スラグを利用した流し込み製品の品質は、それぞれの製品試験により、日本工業規格（JIS）および関連基準・指針類に適合することを確認しなければならない。

【解説】

溶融スラグを用いたコンクリート流し込み製品の水セメント比及びスラグ置換率は、代表的な流し込み製品として実機評価試験を行った「舗装用普通平板・U形側溝・境界ブロック・大形積みブロック・張りブロック・ロングU・積ブロック・魚巣ブロック・法枠ブロック・階段ブロック」の試験結果を考慮して、水セメント比50%以下、スラグ置換率40%以下とした。

なお、舗装普通用平板・U形側溝・境界ブロック・大形積みブロック・張りブロック・ロングU・積ブロック・魚巣ブロック・法枠ブロック・階段ブロックについては、二次製品製造会社の製品試験で品質が確認されているスラグ置換率より20%以上40%以下とする。

上記以外の流し込み製品に本規定を適用する場合は、製品試験を行って、それぞれの製品の品質が日本工業規格（JIS）及び関連基準・指針類に適合することを確認しなければならない。また、溶出試験による安全性が確認され次第、本マニュアルに追加するものとする。

1) 流し込み製品の配合及び品質

溶融スラグをコンクリート二次製品用骨材として有効利用するため、流し込み製品の確認試験（実機評価試験）を行い、溶融スラグ混入流し込み製品への適用性及び汎用性を検討した結果、以下の性状が確認され、スラグ置換率（スラグ質量／全細骨材質量）を適切に設定すれば、流し込み製品の製造・品質に問題はないことが確認された。試験結果の事例を以下に示す。

① 配合及びフレッシュ性状

試運転スラグを用いた流し込み製品試験の配合を表 3-1 に示す。溶融スラグを用いた場合、フレッシュコンクリートのプラスティシティーが多少低下するが、スラグ置換率 40%程度であれば、スラグ非混入コンクリートと同等のフレッシュ性状が得られることが確認された。

表 3-1 溶融スラグ混入流し込み製品試験配合表

スラグ置換率	粗骨材の最大寸法	W/C (%)	S/a (%)	sl. (cm)	Air (%)	セメント	水 (混和剤含)	細骨材			粗骨材 2005	高性能減水剤		AE剤(100倍希釈)		スランブ (cm)	空気量 (%)	ブリージング量 (cm ³ /cm ²)	コンクリ温度 (°C)
								砕砂 混合率	砕砂	溶融スラグ		使用量 C×%	レオビルド 8000S	使用量 C×%	マイクロア 202				
									2.57	2.69										2.61
0	20	45	44.1	10±2.5	4.5 +1.5 -1.0	378	170	100	754	0	971	0.85	3.21	0.35	1.32	10.0	4.9	0.04	24.0
40		45	44.1			378	170	60	461	307	971	0.65	2.46	0.30	1.13	8.0	3.9	0.05	28.6

② 硬化コンクリートの強度発現

溶融スラグを多量に用いたコンクリートは、スラグ非混入コンクリートと比較した場合、強度が低下する傾向にある。しかし、スラグ置換率 40%程度であればほとんど問題なく、スラグ非混入コンクリートと同等の硬化性状が得られることが確認された（図 3-1 参照）。

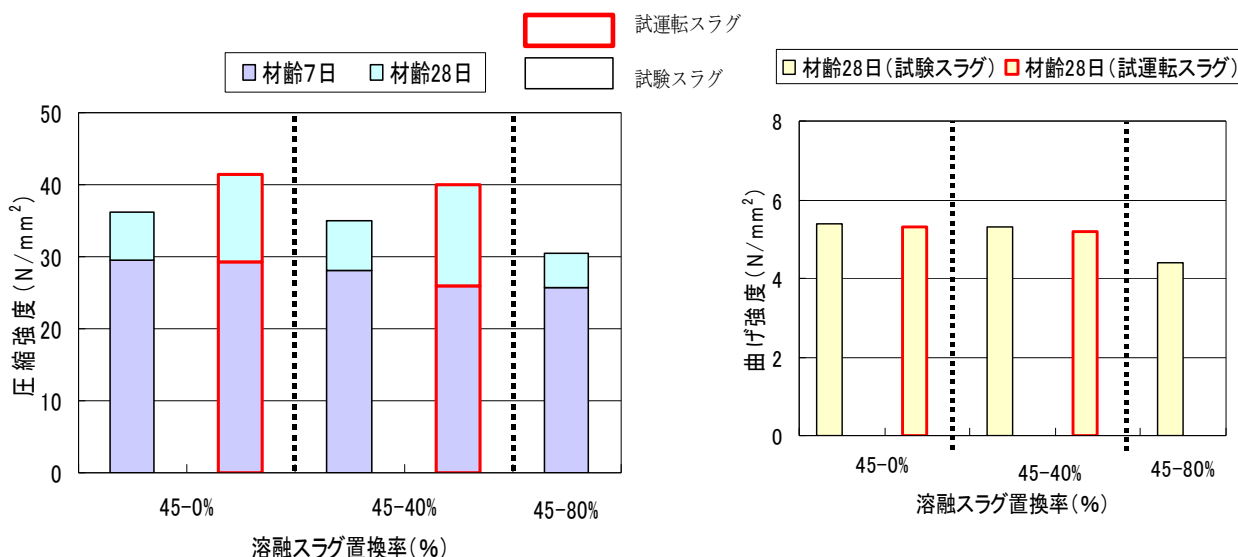


図 3-1 標準養生下のスラグ置換率と圧縮強度及び曲げ強度の関係

③ 製品の強度

製品の強度は、スラグ置換率 40%程度であれば、プレキャスト無筋コンクリート製品等の個々に要求される品質を十分に満足し、溶融スラグ混入流し込み製品の製造及び品質に問題がないことが確認された（図 3-2、3 参照）。

1.2 即時脱型製品の配合及び品質

① 水セメント比

溶融スラグを用いたコンクリート即時脱型製品の水セメント比は50%以下とする。

② スラグ置換率

即時脱型製品のスラグ置換率は、インターロッキングブロックについては、細骨材の質量比で60%以下とする。また、積みブロックについては、細骨材の質量比で20%以上とする。

③ 溶融スラグを有効利用した即時脱型製品の品質は、それぞれの製品試験により、日本工業規格（JIS）及び関連基準・指針類に適合することを確認しなければならない。

【解説】

溶融スラグを用いたコンクリート即時脱型製品の水セメント比及びスラグ置換率は、実機評価試験及び二次製品製造会社の製品試験の結果より、「インターロッキングブロック」については、水セメント比で50%以下、スラグ置換率60%以下、また、「積みブロック」については、水セメント比50%以下、スラグ置換率40%以上とした場合に品質の確認がなされている。

なお、溶融スラグの利用量拡充の観点から、インターロッキングブロック(普通ブロック)については、スラグ置換率を40%以上60%以下とし、インターロッキングブロック(透水性ブロック)については、二次製品製造会社の製品試験で品質が確認されているスラグ置換率を参考に10%以上60%以下とする。ただし、60%を超えて製造されたものでも、JIS A 5371に適合し、かつ、溶出試験によりその安全性が確認されたものについては、県と協議のうえ使用できるものとする。また、積みブロックについては、二次製品製造会社の製品試験で品質・安全性が確認されているスラグ置換率を参考に20%以上とする。

上記以外の即時脱型製品（インターロッキングブロック植生用等）に本規定を適用する場合は、製品試験を行って、それぞれの製品の品質が日本工業規格（JIS）及び関連基準・指針類と適合すること、また、溶出試験による安全性が確認され次第、本マニュアルに追加するものとする。

1) 即時脱型製品の配合及び品質

溶融スラグをコンクリート二次製品用骨材として有効利用するために、即時脱型製品の確認試験実機評価試験を行い、溶融スラグ混入即時脱型製品への適用性及び汎用性を検討した結果、以下の性状が確認され、スラグ置換率を適切に設定すれば、即時脱型製品の製造・品質に問題はないことが確認された。試験結果の事例を以下に示す。

① コンクリートの配合

試運転スラグを用いた即時脱型製品試験の配合、合成粒度を表 3-3、図 3-4 に示す。

表 3-3 溶融スラグ混入即時脱型製品試験配合表

スラグ置換率 (%)	水セメント比		単位量 (kg/m ³)					全重量 (kg/m ³)	スラグ 重量比 (%)
	W/C (%)	セメント 3.16	水 (混和剤含)		骨 材		混和剤 ルブリス100 (10倍液)		
			水 1.00	砕砂 2.57	3分砂利 2.62	溶融スラグ 2.69			
0	30	412	123.6	872	1066	0	8.24	2473	0.0
20	30	412	123.6	586	977	391	8.24	2489	15.7
40	30	412	123.6	256	926	788	8.24	2506	31.4
60	30	412	123.6	99	694	1190	8.24	2519	47.2

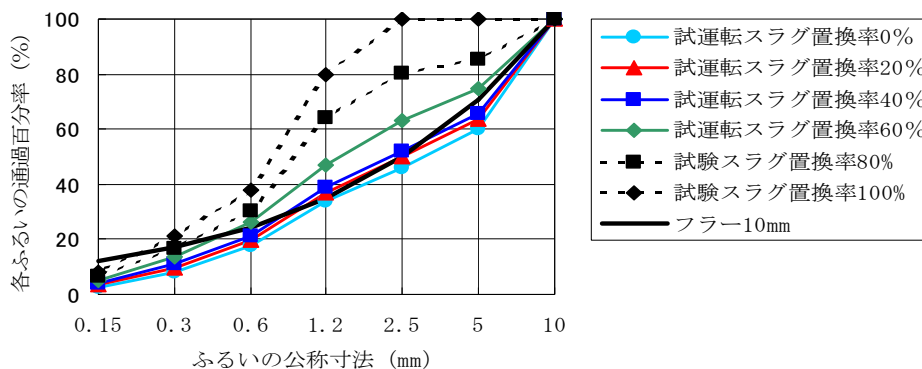


図 3-4 溶融スラグ合成骨材の粒度分布曲線

② 製品の強度

製品の強度は、スラグ置換率 60%程度であれば、即時脱型製品に要求される品質をほぼ満足し、溶融スラグ混入即時脱型製品の製造及び品質に問題がないことが確認された。(図 3-5、6 参照)

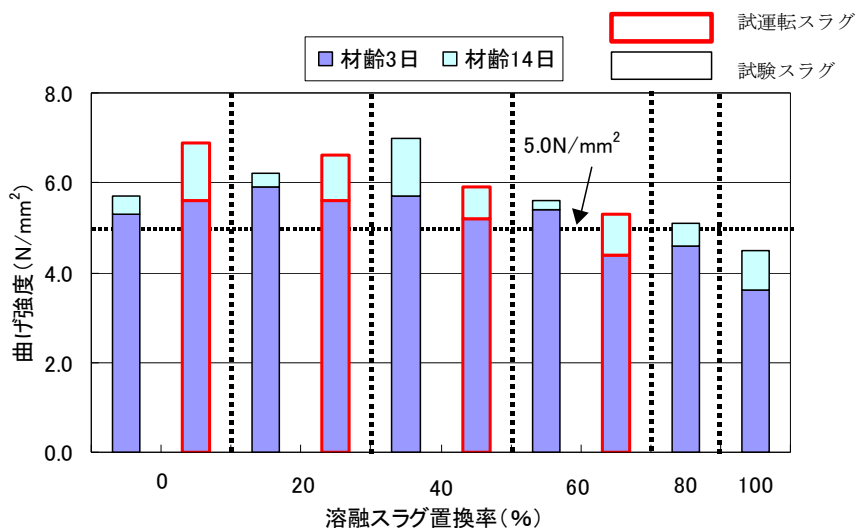


図 3-5 即時脱型製品のスラグ置換率と曲げ強度の関係

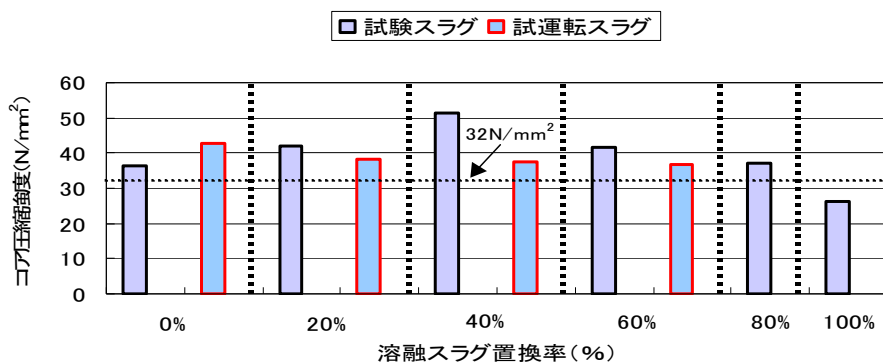


図 3-6 即時脱型製品のスラグ置換率とコア圧縮強度の関係 (材齢 14 日)

③ 製品の品質

製品の品質は、スラグ置換率が 60%までの範囲内であれば、要求品質を満足することが確認された (表 3-4 参照)。

表 3-4 インターロッキングブロックの製品試験結果と規格値

項目	試運転スラグ				試験スラグ		規格値
	0%	20%	40%	60%	80%	100%	
寸法 (幅, 長さ)	○	○	○	○	○	○	±2.5mm以内
寸法 (厚さ)	○	○	○	○	×	×	±2.5mm以内
曲げ強度 (N/mm ²)	6.9	6.6	5.9	5.3	5.1	4.5	5.0N/mm ² 以上
製品コア強度 (N/mm ²)	42.7	38.4	37.6	36.7	37.1	26.2	32.0N/mm ² 以上
曲げ/コア圧縮強度比	0.16	0.17	0.16	0.15	0.14	0.17	—
	1/6	1/6	1/6	1/7	1/7	1/6	

2) 即時脱型製品の安全性

熔融スラグ混入即時脱型製品の安全性に問題はないことが、有害物質の溶出試験で確認された(表 3-5 参照)。なお、ほぼ全ての試験体において六価クロムとフッ素の溶出が認められたが、その値は小さく、土壌の環境基準を下回るものである。なお、六価クロムは熔融スラグ自体からの溶出試験では検出されていないことから、セメント由来のものと考えられる。

表 3-5 即時脱型製品の有害物質の溶出試験結果(材齢 14 日)

項目	単位	試験スラグ			試運転スラグ		土壌の環境基準
		30-0	30-40	30-80	30-0	30-40	
pH	—	12.6	12.5	12.5	12.6	12.6	—
総水銀 (T-Hg)	mg/l	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
カドミウム (Cd)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01
鉛 (Pb)	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.01
ヒ素 (As)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/l	0.006	0.009	0.008	0.031	0.024	<0.05
セレン (Se)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01
フッ素 (F)	mg/l	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	<0.8
ホウ素 (B)	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1

注) 表中 30-0 とは、水セメント比 30%-スラグ置換率 0%を表している。

1.3 製造および施工時の留意点

- 1) 熔融スラグ骨材を用いたコンクリート二次製品の製造は、「JIS A 5371 プレキャスト無筋コンクリート製品」及び「JIS A 5372 プレキャスト鉄筋コンクリート製品」の規定に準じて実施する。
- 2) 熔融スラグ骨材を用いたコンクリート二次製品の施工は、該当する施工基準・指針類に準じて実施する。

【解説】

1) 製造時の留意点

熔融スラグは、黒色を呈しているため、二次製品表面での色斑が発生することがある。極端な色斑の発生を抑制するために、熔融スラグが他の材料と均等に混合されるよう、材料を投入する順序・時間などに留意し、品質の均一化を図る必要がある。

適切な置換率の熔融スラグを用いたコンクリート二次製品の製造は、通常のコンクリート二次製品の製造と同じであり、JIS A 5371 および JIS A 5372 に規定された製造方法・試験方法・検査方法・製品の呼び方・報告等に準じて、使用材料・製造・製造工程における品質管理及び検査を実施する。

2) 施工時の留意点

適切な置換率の溶融スラグを用いたコンクリート二次製品は、品質及び強度ともに問題ないことが確認されており、通常のコンクリート二次製品と同様に扱うものとする。このため、通常のコンクリート二次製品の施工基準・指針類に従い、製品の運搬・据付、工事の施工管理・安全管理を実施する。

2. レディーミクストコンクリート用骨材への利用

本規定は、溶融スラグをレディーミクストコンクリートの細骨材として用いる場合に適用する。溶融スラグを用いるレディーミクストコンクリートは、無筋コンクリートとし、日本工業規格（JIS）及び関連基準・指針類との適合を確認した上でこれを適用できるものとする。

溶融スラグを用いたレディーミクストコンクリートを無筋コンクリート以外に利用する場合については、力学的性質及び安全性が確認された後、本マニュアルに追加するものとする。

【解説】

溶融スラグの混入が、コンクリートの品質（フレッシュ性状及び硬化後の性状）に及ぼす影響について把握するため、室内基礎試験を行い、溶融スラグをレディーミクストコンクリートの細骨材として用いても問題ないことが確認された。

溶融スラグを用いたレディーミクストコンクリートを鉄筋コンクリートなどに利用する場合については、今後検討を加え、本マニュアルに追加することとする。

2.1 配合及び品質

1. 水セメント比

溶融スラグを用いたレディーミクストコンクリートの水セメント比は、65%以下とする。

2. スラグ置換率

レディーミクストコンクリートの溶融スラグの置換率は、細骨材の質量比での20%～40%とする。

3. 溶融スラグを用いた、レディーミクストコンクリートの品質は、「JIS A 5308 レディーミクストコンクリート」に示される規定に準じる。

【解説】

溶融スラグを用いたレディーミクストコンクリートの水セメント比は、普通ポルトランドセメントを用いて行った実機評価試験等の結果を考慮して65%以下とした。

また、スラグ置換率（スラグ質量／全細骨材質量）は、20%～40%とした。

上記以外の普通コンクリートや軽量コンクリート、舗装コンクリートに本規定を適用する場合は、試験等を行って、コンクリートの品質が日本工業規格（JIS）および関連基準・指針類と適合することを確認しなければならない。

1) コンクリートの配合及び品質

溶融スラグをコンクリート用骨材として有効利用するため、レディーミクストコンクリート製造プラントでの実機評価試験を行い、溶融スラグを混入した場合のレディーミクストコンクリートへの適用性及び汎用性を検討した結果、スラグ置換率を適切に設定すれば、レディーミクストコンクリートの製造・品質に問題はないことが確認された。試験結果の事例を以下に示す。

① 配合及びフレッシュ性状

試運転スラグを用いたレディーミクストコンクリート試験の配合を表3-6に示す。溶融スラグを用いた場合、フレッシュコンクリートのプラスティシティーが多少低下するが、スラグ置換率が40%以内であれば、スラグ非混入コンクリートと同等のフレッシュ性状が得られることが確認された。(図3-7参照)。

表3-6 溶融スラグ混入レディーミクストコンクリート試験配合表

スラグ置換率	粗骨材最大寸法	細骨材率 s/a	スランプ sl	空気量 air	単 位 量 (kg/m ³)							AE減水剤 PO. No.70 C×%	高性能AE減水剤 PO. SP8LS C×%	AE助剤 No.202 C×%	フレッシュコンクリートの性状						
					セメント	水	細 骨 材			粗 骨 材					スランプ cm	Air %	ブリーディング量 cm ³ /cm ²	温度 ℃			
							砕 砂 混合率	砕 砂	スラグ	2015	1505										
0	20	41.2	8	4.5	+1.5	396	178	100	689	0	494	494	0.25	-	0.003	8.7	4.9	0.066	26.5		
20						407	183	80	543	144	488	488	-	0.55	0.002	9.5	4.7	0.086	27.0		
40						396	178	60	413	292	494	494	-	0.55	0.001	8.6	4.1	0.125	27.0		
0		42.4				+1.5	-1.0	342	171	100	735	0	502	502	0.25	-	0.003	8.4	4.7	0.109	24.0
20								350	176	80	580	153	497	497	-	0.80	0.002	9.0	4.4	0.106	24.0
40								336	168	60	444	313	506	506	-	0.80	0.001	8.9	4.0	0.167	24.0
0		43.3	+1.5	-1.0	309			170	100	760	0	503	503	0.25	-	0.003	8.9	4.9	0.096	23.0	
20					318			175	80	602	159	497	497	-	0.80	0.002	8.6	4.0	0.110	24.0	
40					309			170	60	456	322	503	503	-	0.90	0.001	8.7	4.6	0.153	24.0	
0		44.0			+1.5	-1.0	283	170	100	783	0	502	502	0.25	-	0.003	8.3	4.4	0.107	26.0	
20							292	175	80	598	158	511	511	-	1.00	0.0015	9.5	3.8	0.133	26.0	

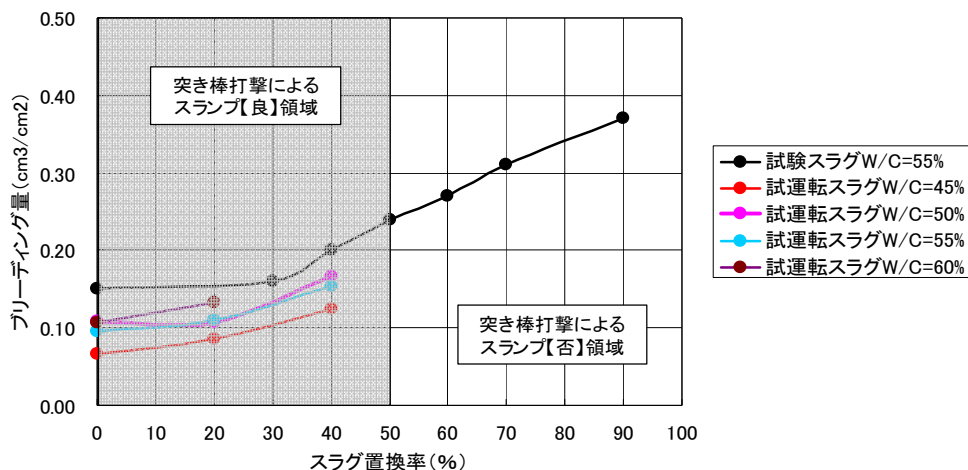


図3-7 実機評価試験におけるスラグ置換率とブリーディング量の関係

② 硬化コンクリートの強度発現

溶融スラグを20%~40%混入したレディーミクストコンクリートの圧縮強度は、スラグ非混入コンクリートの圧縮強度とほぼ同じである(図3-8参照)。また、試験スラグを用いた暴露試験体(0.8m×0.8m×0.3m)のコア強度は、スラグ非混入コアの強度よりも大きい結果を示した(図3-9参照)これらから、スラグ混入レディーミクストコンクリートの強度は、スラグ非混入コンクリートと同等の硬化性状が得られることが確認された。

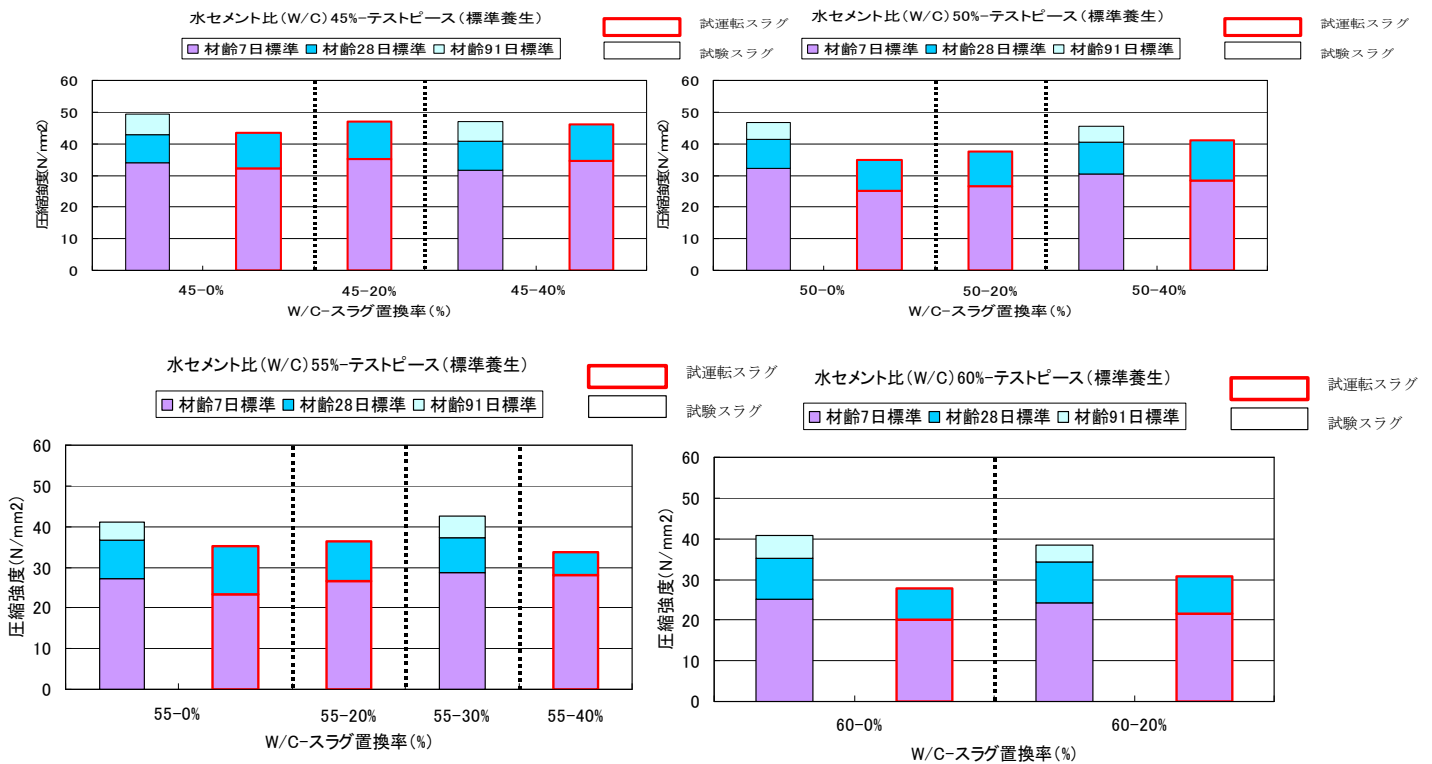


図3-8 実機評価試験におけるスラグ置換率と圧縮強度の関係

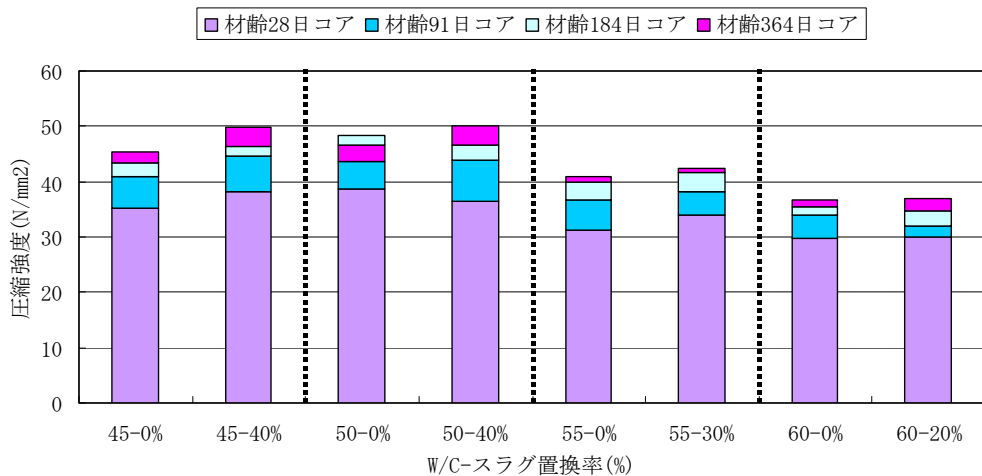


図3-9 試験スラグを用いた暴露試験体のスラグ置換率と圧縮強度の関係

2.2 製造時及び施工時の留意点

- 1) 熔融スラグ骨材を用いたレディーミクストコンクリートの製造は、「JIS A 5308 レディーミクストコンクリート」の規定に準じて実施する。
- 2) 熔融スラグ骨材を用いたレディーミクストコンクリートの施工は、必要な施工基準・指針類に準じて実施する。

【解説】

1) 製造時の留意点

熔融スラグは、黒色を呈しているため、構造物表面での色斑が生じるが、極端な色斑の発生を抑制するために、熔融スラグが他の材料と均等に混合されるよう、材料をミキサに投入する順序・時間などに留意する必要がある。

その他については、熔融スラグを用いたレディーミクストコンクリートの製造は、砕砂等を用いた通常のレディーミクストコンクリートの製造と同じであり、JIS A 5308 に規定された製造方法、試験方法、検査方法、製品の呼び方、報告等に準じて、使用材料や製造・製造工程の品質管理・検査等を実施する。

2) 施工時の留意点

熔融スラグを用いたレディーミクストコンクリートの場合、コンクリートのブリーディング量は、通常のコンクリートと比較して増加する傾向にある。ブリーディング量は、置換率・水セメント比により異なるため、一回の打設量を適切にし施工すること。

以上の点に留意すれば、熔融スラグを用いたレディーミクストコンクリートの施工は、砕砂等を用いた通常のコンクリートの施工とほぼ同様である。このため、該当する施工基準・指針類に従い、レディーミクストコンクリートの運搬・打設、工事の施工管理・安全管理等を実施する。

第4章 運搬・保管の方法

1. 運搬 熔融スラグ利用者

運搬は、「熔融スラグ利用計画」を踏まえ、熔融スラグが飛散しないよう留意して行うものとする。

【解説】

熔融スラグを運搬するときは、原則として「熔融スラグ利用計画」に基づいて行うものとし、以下に示す事項に留意するものとする。

- 1) 熔融スラグの運搬は、坂出・高松・オリーブのスラグステーションからのダンプトラック運搬であり、遠距離運搬、市街地・住宅地等を通過することになることから、シート掛けによる飛散防止、扉の開閉点検・補強による落下防止対策を行うものとする。
- 2) 熔融スラグ利用者は、沿道環境に支障を来さないよう運搬経路を選定するものとする。
- 3) 熔融スラグの飛散・落下による沿道住民とのトラブルは、熔融スラグ利用者の責任で対応するものとする。

2. 保管 熔融スラグ利用者

保管は、「熔融スラグ利用計画」を踏まえ、適切な量とする。保管に際しては、周辺の環境に支障を来さないよう、その場所及び方法について十分な配慮をする。

【解説】

熔融スラグを保管するときは、原則として「熔融スラグ利用計画」に基づいて行うものとし、以下に示す事項に留意するものとする。

- 1) 熔融スラグの保管は、普通細骨材と混合しないよう区切りをつけて別々に保管し、大小粒が分離しないよう、適当な含水状態に保ち、適切な構造の設備で保管するものとする。また、風雨時には、シート掛けを行うなどの飛散防止、流出防止対策を講じるものとする。
- 2) 熔融スラグの飛散・流出による保管場所周辺住民とのトラブルには、熔融スラグ利用者が対応するものとする。

ただし、熔融スラグそのものに対する苦情等は、県廃棄物対策課で対応するものとする。

附 錄

1. 溶出試験

溶融スラグ製造者は、溶融スラグのに出荷に際して、また、溶融スラグ利用者は溶融スラグを使用した製品の販売に際して、溶出試験を行い、下表に示す対象物質ごとに同表の溶出基準に適合していることを確認するものとする。

溶出試験の試験項目と満たすべき基準

項 目	溶出基準(mg/l)	備 考
カドミウム(Cd)	0.01以下	土壌環境基準
鉛(Pb)	0.01以下	
六価クロム(Cr6+)	0.05以下	
砒素(As)	0.01以下	
総水銀(T-Hg)	0.0005以下	
セレン(Se)	0.01以下	
フッ素(F)	0.8以下	
ホウ素(B)	1.0以下	

【解説】

溶融スラグ製造者が行う溶融スラグ単体の安全性検査及び溶融スラグ利用者が行う溶融スラグを用いた製品の安全性検査として溶出試験を行うものとする。

溶融スラグ利用者が溶出試験を行う場合は、溶融スラグを用いた製品ごとの県が定めるスラグ置換率(附録2参照)を超えて製品を製造する場合とする。

1-1 溶出試験の方法

溶融スラグ及び溶融スラグを使用した製品(以下「溶融スラグ類」という。)に係る溶出試験の方法は、「土壌の汚染に係る環境基準について(平成3年8月23日環境庁告示第46号)」に定める方法とする。

【解説】

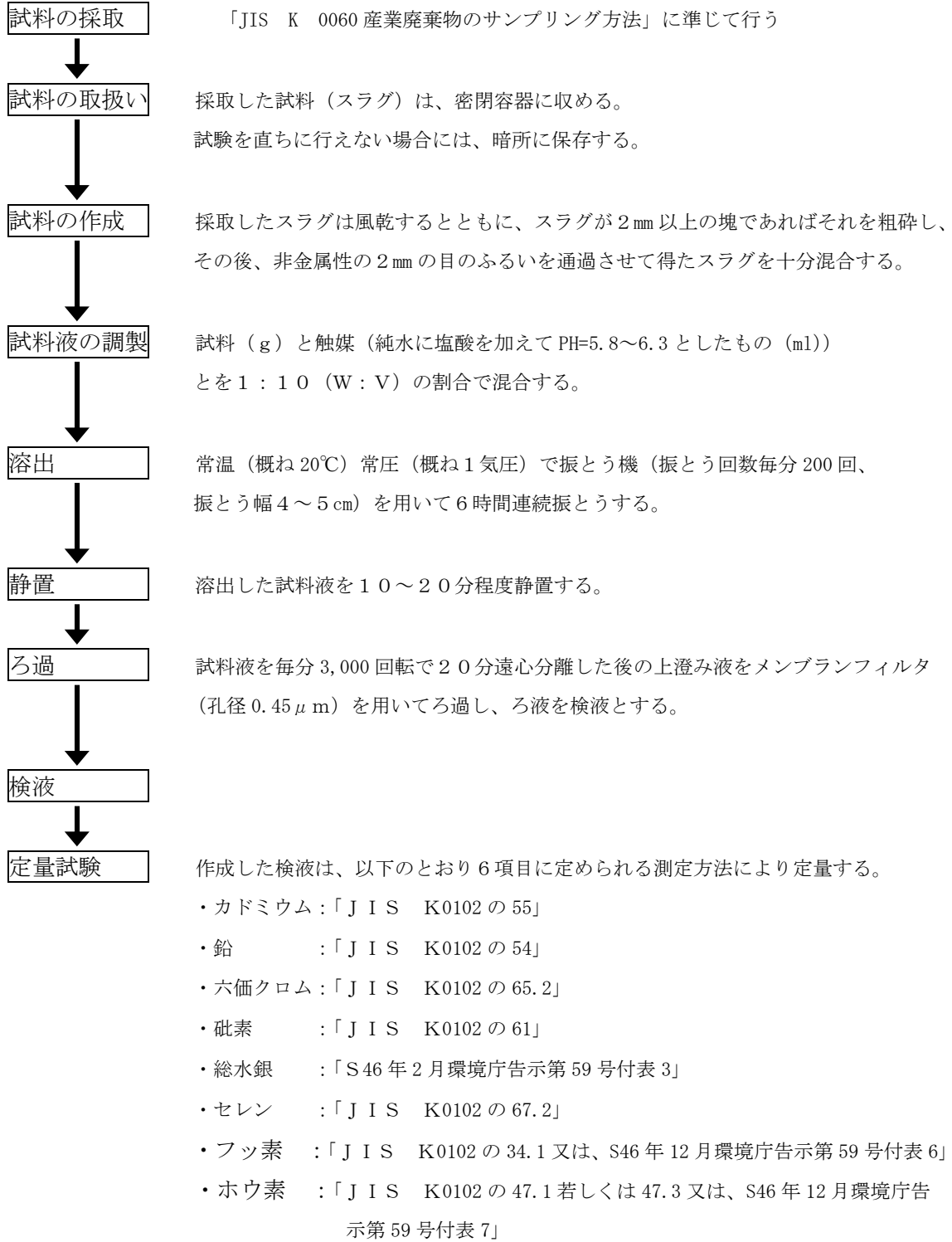
1) 溶融スラグ類に係る溶出試験の概要

「土壌の汚染に係る環境基準について(環境庁告示第46号)」において、土壌の汚染状況が的確に把握できるよう溶出試験の方法が定められている。

溶融スラグ類に係る溶出試験は、環境庁告示第46号付表1に示す方法により検液を作成し、検液中のカドミウムについてはJISK0102の55に、鉛についてはJISK0102の54に、六価クロムについてはJISK0102の65.2に、砒素についてはJISK0102の61に、総水銀については昭和46年環境庁告示第59号付表1に掲げる方法に、及びセレンについてはJISK0102の67.2に定める方法に、フッ素についてはJISK0102の34.1に定める方法又は、昭和46年12月環境庁告示第59号付表6に掲げる方法に、ホウ素についてはJISK0102の47.1若しくは47.3に定める方法又は、昭和46年12月環境庁告示第59号付表7に掲げる方法より、それぞれ定量するものとする。

2) 検液の溶出方法

溶融スラグ類の溶出試験に係る検液は、次により作成するものとする。



1-2 溶出試験に供する試料

溶融スラグ製造者が行う溶出試験に供する試料は、溶融スラグ単体とする。

また、溶融スラグ利用者が行う溶出試験に供する試料は、溶融スラグの利用用途の別に関わらず、配合を行った後の溶融スラグ混入物の総体とする。

【解説】

溶融スラグの利用用途は、①レディーミクストコンクリート用骨材、②コンクリート二次製品用骨材、③アスファルト混合物用骨材、④路盤材、⑤埋戻材・盛土材とすると「豊島廃棄物等の溶融スラグの再生利用に関する指針」に述べられており、溶出試験に供する試料は①、②、③について、強度試験を行った供試体を固化後粉砕したものを試料とする。また、④、⑤については、溶融スラグが配合された状態のものを試料とする。

1-3 試料の採取方法

溶出試験に供する試料の採取方法は、原則として「JIS K 0060 産業廃棄物のサンプリング方法」によるものとする。

なお、コンクリート・アスファルトについては、強度試験を行った供試体を溶出試験に係る試料とする。

ただし、溶融スラグ製造者については、「溶融スラグの出荷検査マニュアル」に定められた採取方法とする。

【解説】

「JIS K 0060 産業廃棄物のサンプリング方法」は、産業廃棄物（汚泥、鉍さい、廃酸、廃アルカリ、燃え殻、ばいじん、コンクリート固化物）を対象とする各種試験の実施にあたり、ロットの平均的な性状を得るためのサンプリング方法、試料の縮分方法について規定したものである。

溶融スラグの溶出試験に係る試料の採取についても、原則として同法によるものとする。

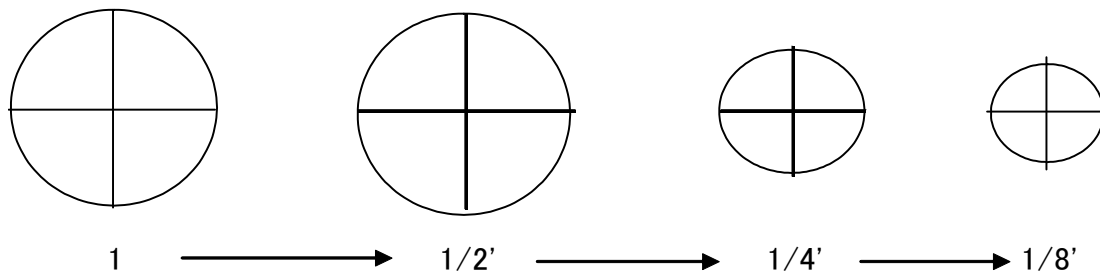
1) 試料の採取

ストックヤード等に保管されている溶融スラグについては、試料（スラグ）を平均化するため、1ヶ所1～2kgの試料を4～5ヶ所から採取し、計5～10kgを採取して代表試料とする。

コンクリート・アスファルトについては、強度試験を行った供試体を100g程度粉砕したものを代表試料とする。

2) 試料の縮分

溶出試験には、100g程度の試料（スラグ）が必要となるため、採取した代表試料を縮分して試料調整を行うものとする。縮分の方法は、「円すい四分法」を原則とする。



円すい四分法とは、試料を1点上部から落下させて、円すい形に積み上げ頂点から垂直に押し下げるようにして平らにする。これを2~3回場所を変えて行い、平らにして4等分し、相対する2つの部分を無作為に選り試料とする。

円すい四分法の概要

2. 含有量試験

溶融スラグ製造者は溶融スラグの出荷に際して、含有量試験を行い、下表に示す対象物質ごとに同表の含有量基準に適合していることを確認するものとする。

含有量試験の試験項目と満たすべき基準

項 目	含有量基準(mg/kg)	備 考
カドミウム(Cd)	1 5 0以下	土壌汚染対策法 の指定基準
鉛(Pb)	1 5 0以下	
六価クロム(Cr6+)	2 5 0以下	
砒素(As)	1 5 0以下	
総水銀(T-Hg)	1 5以下	
セレン(Se)	1 5 0以下	
フッ素(F)	4, 0 0 0以下	
ホウ素(B)	4, 0 0 0以下	

【解説】

溶融スラグ製造者が行う溶融スラグ単体の安全性検査として含有量試験を行うものとする。

2-1 含有量試験の方法

溶融スラグに係る含有量試験の方法は、「土壌汚染対策法施行規則（平成 14 年環境省令第 29 号）第 5 条第 4 項第 2 号の規定に基づき、環境大臣が定める土壌含有量調査に係る測定方法（平成 15 年 3 月 6 日環境省告示第 19 号）」に定める方法とする。

【解説】

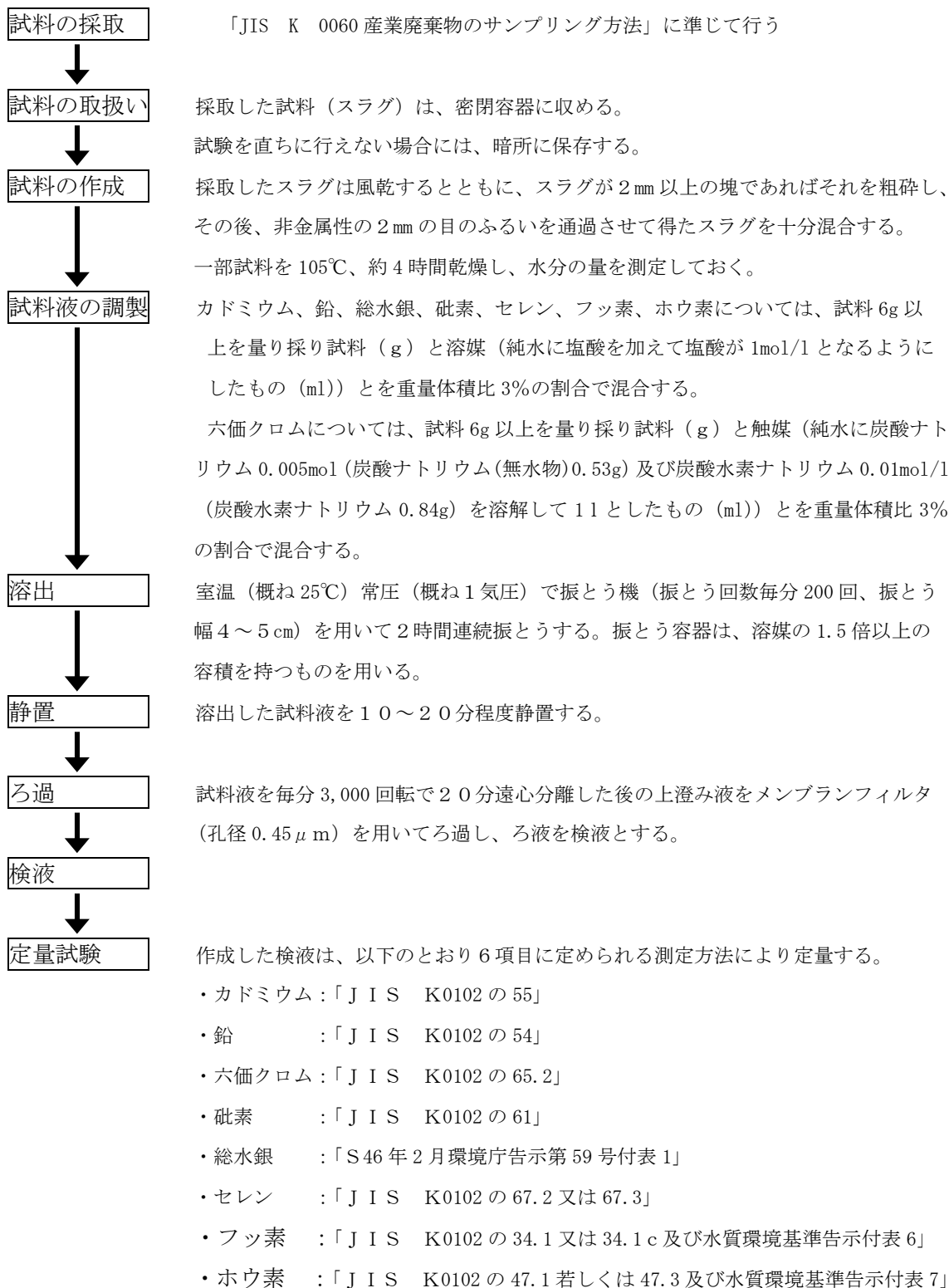
1) 溶融スラグに係る含有量試験の概要

「平成 15 年 3 月 6 日環境省告示第 19 号」において、土壌の汚染状況が的確に把握できるよう含有量試験の方法が定められている。

溶融スラグに係る含有量試験は、環境省告示第 19 号付表に示す方法により検液を作成し、検液中のカドミウムについては JISK0102 の 55 に、鉛については JISK0102 の 54 に、六価クロムについては JISK0102 の 65.2 に、砒素については JISK0102 の 61 に、総水銀については昭和 46 年環境庁告示第 59 号付表 1 に掲げる方法に、及びセレンについては JISK0102 の 67.2 又は 67.3 に、フッ素については JISK0102 の 34.1 に定める方法又は、34.1c に定める方法及び水質環境基準告示付表 6 に掲げる方法に、ホウ素については JISK0102 の 47.1 若しくは 47.3 に定める方法及び水質環境基準告示付表 7 に掲げる方法により、それぞれ定量するものとする。別に当該試料に含まれる水分の量を測定し、対象物質の量を乾燥して得たものの量に換算する。

2) 検液の作成方法

溶融スラグの含有量試験に係る検液は、次により作成するものとする。



2-2 含有量試験に供する試料

熔融スラグ製造者が行う含有量試験に供する試料は、熔融スラグ単体とする。

2-3 試料の採取方法

熔融スラグ製造者は、「熔融スラグの出荷検査マニュアル」に基づき、試料を採取するものとする。

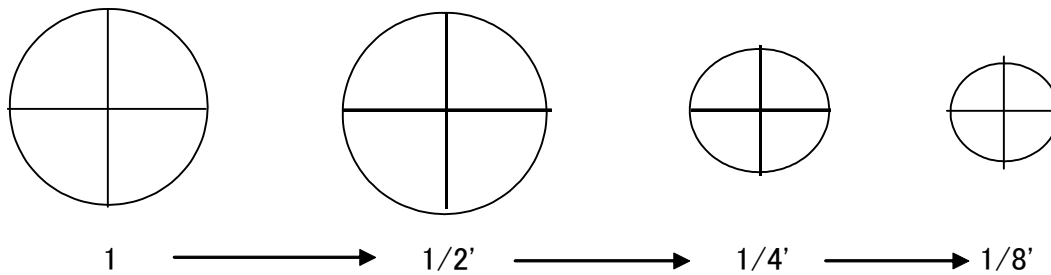
【解説】

1) 試料の採取

熔融スラグ製造者が「熔融スラグ出荷検査マニュアル」に基づき、試料採取するものとする。

2) 試料の縮分

含有量試験には、100 g 程度の試料（スラグ）が必要となるため、採取した代表試料を縮分して試料調整を行うものとする。縮分の方法は、「円すい四分法」を原則とする。



円すい四分法とは、試料を1点上部から落下させて、円すい形に積み上げ頂点から垂直に押し下げるようにして平らにする。これを2～3回場所を変えて行い、平らにして4等分し、相対する2つの部分を無作為に選び試料とする。

円すい四分法の概要