資源循環コンソーシアム

東北地方における産業副産物を対象とした資源有効利用促進技術資料集

2020 年 6 月

循環資源活用検討部会

改良土 WG

環境安全性 WG

ご 挨 拶

東日本大震災のがれき処理と建設資材不足の解消を目的として、本コンソーシアムの前身である「震災がれきと産業副産物のアロケーション最適化コンソーシアム」は立ち上がり、これらの一連の技術ノウハウを「技術情報集」、「活動報告集」等としてまとめ上げ、被災地の復興を技術的視点から支援してまいりました。その後 2017 年 6 月に「資源循環コンソーシアム」と名称を改め、「資源循環型社会の構築」へ軸足を置き、新しい東北の創生への支援を行うべく活動しております。

本「技術資料集」は循環資源活用検討部会の改良土 WG および環境安全性 WG において、主に東北地方で発生する未利用資源について、現状や利用拡大に向けての留意するポイントをまとめております。

第 1 章では、改良土 WG において取り組んだアンケート調査の結果をまとめています。ここでは石炭灰、各種スラグ類など東北地方で産出される未利用あるいは使用量の少ない資源で、土木材料として価値の高いものについて、主に地盤改良材料への適用について調査しております。

次に参考資料-1 として会員社が有するリサイクル保有技術を個別にまとめ、最後に参考資料-2 として関連のカタログや東北地方に限らず全国的に行われている注目すべき関連材料についてのガイドライン等を載せています。

第 2 章では、環境安全性 WG において取組まれた「環境基準と安全性に関するマニュアル」について「地盤工学会」、「国立環境研究所」および「日本鉱業協会」等により作成されたガイドラインを基にまとめています。

未利用資源を有効利用するためには環境安全性の担保が不可欠ですが、厳しく規制することは資源の有効利用の足枷となることもあります。東日本大震災以降、利用有姿や利用形態を勘案した利用方法が重要視され、資源循環の観点からは追い風となっているものの、その考え方や手法が十分に浸透しているとは言い難く、教宣が必要であると思われます。つきましては、是非ともご一読いただき、資源循環の促進にご協力を賜りますようお願い申し上げます。

本書の作成にあたりましては、幹事をお務めいただいた西松建設（株）平野孝行氏ならびに（公財） 宮城県環境事業公社 佐々木源氏に多大なご尽力をいただきました。ここに記してお礼申し上げます。

今後とも、会員各位ならびに行政各機関のご協力とご支援を賜りますようお願い申し上げます。

2020 年 6 月

資源循環コンソーシアム・代表
宮城大学・教授　北辻 政文

資源循環コンソーシアム

東北地方における産業副産物を対象とした資源有効利用促進技術資料集

目　　次

頁

はじめに…… 1

第１章　改良土 WG

１．調査の概要…… 3

２．アンケート結果の概要…… 3

３．アンケート協力団体，会社…… 19

参考資料-1　改良土 WG 技術情報集…… 21

保有技術　30 事例

参考資料-2　改良土 WG 参考資料

1. 泥土リサイクル協会会員企業が保有する材料の適用区分…… 89

2. スマートコンパクション　カタログ…… 91

3. エコガイアストン　パンフレット …… 95

4. ジオタイザー　パンフレット …… 97

5. フェロニッケルスラグのご紹介 …… 101

6. 非鉄スラグ製品の製造・販売管理ガイドライン 2019 …… 109

7. 太陽光発電設備のリユース・リサイクル・適正処分の推進に向けた検討結果について …… 123

8. 太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン(第二版)… 125

第２章　環境安全性 WG

１．環境基準と安全性に関する「マニュアル」作成に向けて ･････････････ 235

２．災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン ･････････ 236

３．再生石膏粉の有効利用ガイドライン ･････････････････････････････ 241

４．非鉄スラグ製品の製造・販売管理ガイドライン
再掲 見直しのポイント ･････････ 249

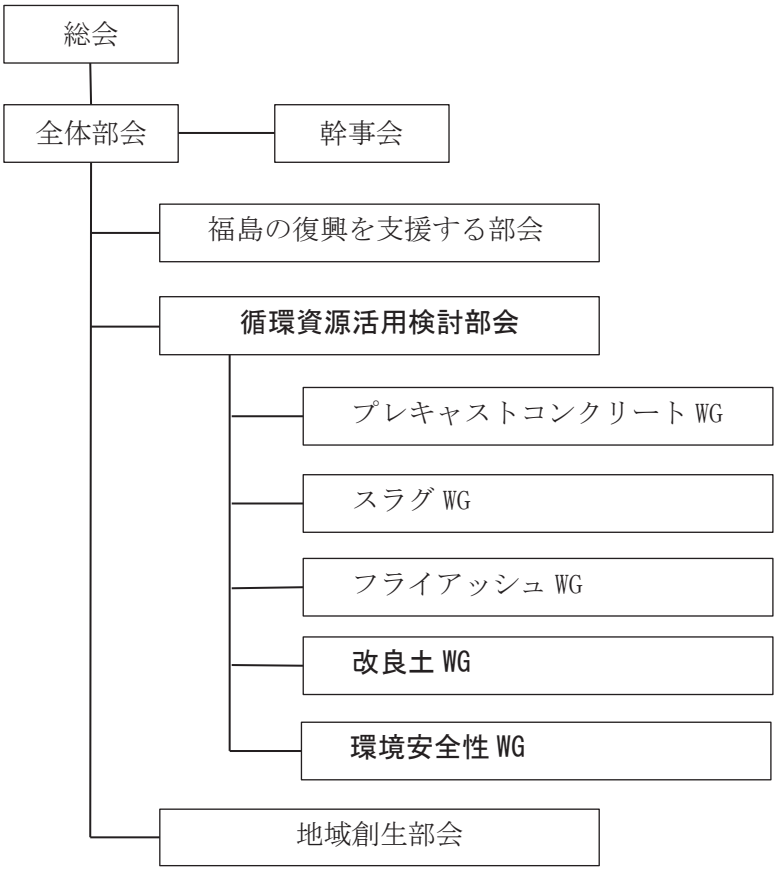
５．循環資材環境安全品質検査方法（事例分析） ･････････････････････ 252

参考資料-1
第 14 回全体会議　講演資料
「地盤工学におけるリサイクル材（未利用資源）の活用と課題」
福岡大学工学部　教授　佐藤 研一 ･････････････････････････････ 261

参画企業一覧

はじめに

当資源循環コンソーシアム※は，産業界や大学の技術シーズを活用しつつ，産業界のニーズに応える技術開発を行う産学連携活動の基盤を整備し，東北地方における資源循環の枠組みの構築とともに，新産業や雇用の継続的創出を目指して以下の組織で活動を行っている．



図－1　資源循環コンソーシアムの組織

本技術資料集は，循環資源活用検討部会のうち改良土 WG，並びに環境安全性 WG の共同作業による合同成果物として作成した．その内容は，主に東北地方において産出され，本来有効利用に供される可能性があるにも拘らず，未だ利用されていない，もしくはその利用量が甚だ少ない産業副産物について，新たな資源として有効利用するための開発・利用の現状や，さらなる利用拡大に向けて留意すべきポイントについて取りまとめたものである．

本書が，事業者側にとって産業副産物を有効利用促進するための検討の一助となり，また，排出者側にとっては新たな利用に向けた課題解決のための行政側との協議に際し，資料作成等で，大いに役立つものと期待している．

第１章　改良土ＷＧ

１．調査の概要

本改良土 WG では，産業副産物のうち石炭灰，スラグ類など東北地方で産出される資源の有効利用促進を目的として，主に地盤材料への適用を対象とした有効利用・処理方法・利用上の課題等についてアンケート調査を行った．

調査に当たっては，以下の項目について一覧表や技術概要フォーマットを作成し，直接記入・記載頂くアンケート方式を採用した．

① 提供される資源形状・形態
② 資源をそのまま使用するか，混合して使用するかなどの使用形態
③ 資源を土と混合して土工材料として使用する場合の対象土や適用地盤
④ 適用用途
⑤ 対象土などとの混合方式
⑥ 有効利用上添加する必要のある改良材
⑦ 優位特性，有意特性
⑧ 施工性，経済性，環境安全性や再利用に当たっての留意点
⑨ 施工能力，材料・施工費など
⑩ 事業展開上の問題点
⑪ 施工実績

２．アンケート結果の概要

アンケートに当たっては，東北地方における建設副産物を対象とした資源ごとに技術概要を記載するのに合わせて，主に９項目について一覧表に分類した．結果を表－１から表－３にまとめ，各項目で得られた結果の概説を付記する．

また，提供いただいた資料は，技術資料集として添付する．

なお，本書は別途記載するアンケートに協力していただいた 7 団体，23 社の情報をそのまま取りまとめたものであり，さらに詳細な情報の入手に当たっては，情報集書式内の担当者，連絡先に問い合わせ願いたい．

① 提供される資源の形状（形態や粒径など）

単独での利用や，固化材・改質材を混合した主材としての利用の場合は，概ね最大粒径 40 ㎜で製造されており，一般に市販される砕石ベースと考えてよい材料が多い．利用形態によっては 300 ㎜～500 ㎜といった大径での提供もある．一方で，副材として利用されるものには，スラリー状で提供されたり，微細繊維の加工粒状体で提供されたりするものもある．

② 使用する際の形態（単独で利用する資源か，主材もしくは副材として利用する混合資材か）

スラグ系は単独で利用される場合が多く，フライアッシュ系は主材として固化材などと混合する場合が多い．製紙系やガラス系は副材としての利用が多い．

③　混合する際の対象土

単独での利用や，固化材・改質材を混合した主材としての利用では，砕石の代用品として利用されるものが多く，そのまま土工材料として利用する機会が多いものと思われる．一方，ほとんどの資材は建設汚泥や重金属汚染土，放射能汚染土を対象としていない．唯一溶融スラグが重金属汚染土と放射能汚染土を対象として混合利用されているようである．

④　適用用途

一般的には広範な利用がなされているが，後述される環境安全性などの観点から使用範囲を限定したり，銅スラグ・亜鉛スラグのように利用そのものを認めていない材料もある．

⑤　混合方式

プラント混合など専用機械・システムを利用している事例がほとんどである．資材の均質性・均一性を求めているためと思われる．

⑥　循環資源を利用する際の副材としての改良材（固化材，改質材など）

固化材としてセメント，改質材として石膏，ベントナイトなどを利用しているほか，高炉スラグやフライアッシュなどの循環資材を用いている例もみられる．

⑦　優位特性もしくは有意特性

循環資材の大量使用や，混合材料の強度改善に寄与する点を優位特性と挙げている例が多い．また，ほとんどが土壌環境基準をクリアする利用形態であることを取り上げている．

⑧　使用に当たっての留意点（施工性，経済性，環境安全性，再利用性）

施工性に関しては各資材共に特段の配慮は不要と考えられる．

経済性については，若干高価であることに懸念している資材もあるが，一般的な土工や地盤改良と同じように要求性能に応じた対応によって変化するものであり，本一覧表に記載された結果を鵜呑みにして選定から除外されるものではないと考えられる．

環境安全性については，循環資材によって異なる性状や含有物のばらつきの大きさなどを考慮し，事前の溶出試験などによって確認することが求められる．「非鉄スラグ製品の製造・販売ガイドライン」[1)]のように，環境安全性や製品としての品質保証を担保し，それ以外の利用に大きな制約を与えている事例もある．

再利用性については，循環資材を利用した土構造物を改築したり，あるいは自然災害で被災した時に再度利用する場合でも，基本的には問題のない判断がなされている．一方で，施工完了後新たな事業計画に伴って掘削再利用する場合などについては課題有との回答も見られることから，エビデンスの重要性も示唆されている．

⑨　施工能力，材料・施工費等

生産・供給能力としては，日当り数 100 t もしくは 100m^3 程度が多くみられるが，資源ごとの生産・排出特性によっても大きく異なっていることから，個々に確認する必要がある．

材料・施工費についてはその傾向はより顕著である．本一覧表記載の数字については，積算条件などを事業者に直接問い合わせていただくことが必要であり，実際の検討に当たっては，使用場所，使用時期，使用量（総量，日当り数量等）などの提示の上，技術資料に記載ある各工法担当に問い合わせ願いたい．

⑩　事業展開上の問題点

出荷数量の制限や出荷場所が限定されるなど，生産・排出特性に絡む問題点が散見される．

また，環境問題とも絡んで，放射能汚染を課題に挙げている事例も見られる．

⑪　施工実績

全国的な利用実績があるものの，試験施工的な事例でも，十分な効果の得られているものであることから，今後の利用拡大が期待される．

参考文献

１）日本鉱業協会：非鉄スラグ製品の製造・販売ガイドライン，2019.
https://www.kogyo-kyokai.gr.jp/category/1864319.html

表－1　循環資源の種類と適用用途標準（その１）

未利用循環資源		工法名 （会社名）	資源形状 提供形態と粒径 （最大or平均）	使用形態[1)]			混合対象土							適用対象			土工材料への適用													優位特性 もしくは 有意特性	技術資料 整理番号
				単独	混合									原地盤			建設発生土					特殊発生土					購入土				
					主材	副材	軟弱 地盤	建設 発生土	建設 汚泥	重金属 汚染土	放射能 汚染土	津波堆積 物・震災 廃棄物	購入土	粘性土	砂質土	その他	第1種	第2種	第３種	第４種	泥土	建設 汚泥	重金属 汚染土	放射能 汚染土	津波 堆積物	震災 廃棄物	粘性土	砂質土	その他		
石炭灰	フライ アッシュ	アッシュクリートType II （AC-Ⅱ） （安藤・間）	任意の形状の 人工地盤・盛土 －		○									○	○															石炭灰大量利用	01
		アッシュクリートTypeS （安藤・間）	破砕材 40㎜以下 （粒度調整可）		○													○	○	○										石炭灰大量利用	02
		FRC （酒田FRC・カイハツFRC）	0～40㎜		○																									NETIS登録資材	03
		流動化処理土 （シンコー）	フロー値300mm 流動性を有する状態			○		○						○	○				○	○	○	○			○		○	○		長距離圧送 実績3.5km	04
		灰テックビーズ （製造：石炭灰活用LLP）	砂質礫状 （最大40mm程度）		○									―	○	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	石炭灰大量利用	05
		Hiビーズ （製造：中国高圧ｺﾝｸﾘｰﾄ）	粒状の砂礫 （最大40mm程度）		○										―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―		06
		（泥土リサイクル協会）	一般的な土砂と同程度 40mm以下		○				○					○	○					○	○	○			○					元NETIS優良技術	07
	クリンカ アッシュ	（フライアッシュ協会）	砂礫状 （平均粒経1mm程度）	○										―	―	○	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―		08
鉄鋼スラグ	高炉スラグ	（泥土リサイクル協会）	一般的な土砂と同程度 40mm以下			○			○																					元NETIS優良技術	07
	転炉系 製鋼スラグ	地盤改良用鉄鋼スラグ （ｽﾏｰﾄｺﾝﾊﾟｸｼｮﾝ） （JFEスチール）	粒状にて提供 粒径（0-40）	○			○	○				○	○	○	○													○		地盤改良	09
		人工石材 （シンコー）	粒径300mm～500mm		○ 製鋼ｽﾗｸﾞ									適用無																スラグ利用に寄与	10
		エコガイアストン （日本製鉄）	粒状材料 最大粒径40mm	○SCP										○	○															地盤改良 液状化対策	11
		ジオタイザー （日本製鉄）	粒状材料 最大粒径40mm	○			○	○				○	○	○	○			○	○	○	○				○		○	○		強度改善	12
非鉄スラグ	フェロ ニッケル	（大平洋金属）	バラ 路床・SCP:5㎜以下 路盤:0-40㎜等	○ 路盤・ 路床材		○ SCP						○ 砕砂		○	○	○	○ 0-40㎜										○	○	○	強度改善	13，14
	銅スラグ	左記用途なし																													
	亜鉛スラグ	左記用途なし																													
その他スラグ	溶融スラグ	ー （JFEｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ）	粒径 平均5mmアンダー	○										○			○											○		良質天然砂と 同等の特性	15
		グラウト材 （シンコー）				○																									10
		溶融スラグMS5、FM-2.5 （神鋼環境ソリューション）	粒径 5㎜以下	○	○	○	○	○		○	○	○	○																	良質天然砂と 同等の特性	16
	溶融スラグ （徐冷スラグ）	溶融スラグMS5 （大平洋金属）	細骨材-5mm	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		17
		エコラロック （中央電気工業）	最大80～0mm で 粒度調整可能	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	－	－	○	○	○	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○	強度改善	18
		溶融還元石 （中部リサイクル）	300-0mm(単独使用) 40-0mm(単独・混合両用)	○	○		○	○		可能	可能	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						○	○	○	強度改善	19
		メルエース （メルテック）	最大100ｍｍ	○	○	○	○	○		○	○	○	○																	強度改善	20

（参考）https://www.kogyo-kyokai.gr.jp/category/1864319.html

1）　循環資源を主として利用する場合を主材，改良材などのように補助的に利用する場合を副材と呼ぶ

表－1　循環資源の種類と適用用途標準（その２）

未利用循環資源		工法名 （会社名）	資源形状 提供形態と粒径 （最大or平均）	使用形態[1)]			混合対象土							適用対象			土工材料への適用													優位特性 もしくは 有意特性	技術資料 整理番号
				単独	混合									原地盤			建設発生土					特殊発生土					購入土				
					主材	副材	軟弱 地盤	建設 発生土	建設 汚泥	重金属 汚染土	放射能 汚染土	津波堆積 物・震災 廃棄物	購入土	粘性土	砂質土	その他	第1種	第2種	第３種	第４種	泥土	建設 汚泥	重金属 汚染土	放射能 汚染土	津波 堆積物	震災 廃棄物	粘性土	砂質土	その他		
製紙系	ペーパースラッジ	SMW工法 （西松建設）	灰褐色粒状，平均長3.2㎜ 平均直径17μｍ			○									○																21
		（パルフォースモルタル工法協会）	灰褐色粒状，平均長3.2㎜ 平均直径17μｍ			○																								NETIS登録工法	22
	PS灰	浚渫土安定処理 （シンコー）				○						○ 浚渫土砂		○	○		○	○	○	○	○	○			○						10
		（泥土リサイクル協会）	一般的な土砂と同程度 40mm以下		○		○	○	○			○			○					○	○	○			○					元NETIS優良技術	07
		エコツブアッシュ （日本製紙）	ダンプトラック(オープン) またはフレコン 最大粒径75mm	○																											23
ガラス系	廃ガラス	ハイデガス （土木地質）	粉体			○	○	○						○	○				○	○					○	○	○	○		強度改善 耐酸･耐海水性	24
	太陽光モジュールパネル	ｸﾘｽﾀﾙｽﾄｰﾝ・ｸﾘｽﾀﾙｻﾝﾄﾞ （環境保全サービス）	破砕材	○	○								○																	廃棄物利用	25
		セメント硬化体 （西松建設）	破砕材 （75μm以下）			○										○														廃棄物利用	26
石膏ボード		廃石膏ボードリサイクル製品 （グリーンアローズ東北） （※エージェック：エコベスト） （※宮城石灰工業：固太郎）	石灰系土質安定処理材 汚泥処理 水分調整 セメント固化速乾性向上			○	○	○	○			○		○	○		○	○	○	○	○										27
災害廃棄物		震災廃棄物再生資材 津波堆積物　分級・改質			○							○																			
		震災廃棄物再生資材 津波堆積物・焼却灰造粒固化			○							○																			
		災害廃棄物の再生資材化 （宇部マテリアルズ）	土工資材 20mm以下 第三種改良土以上				○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○		強度改善 不溶化 中性等	
		災害廃棄物の土工化 （泥土処理研究会）	土工資材 20mm以下 第三種改良土		○							○ 津波堆積物，破砕・選別物		○	○	○	○	○	○	○	○		○		○	○	○	○		大量処理	28
		（泥土リサイクル協会）	一般的な土砂と同程度 40mm以下					○						○	○					○	○	○			○					元NETIS優良技術	07
		SHR工法 （八光工業）	粒形最大15㎜ 10㎜が最適		○	○			○			○										○			○	○				廃棄物・焼却灰の 大量処理	29
					固化材「YHR液」、焼却灰、汚泥、セメント					災害廃棄物や除染後の焼却灰の再利用。																					
その他		浚渫土安定処理 （シンコー）	塑性状態から70mm～ 0.075mm土砂状へ変化		○							○		○	○		○	○	○	○	○	○			○					大量処理	30

1）　循環資源を主として利用する場合を主材，改良材などのように補助的に利用する場合を副材と呼ぶ

表－2　循環資源の種類と適用用途標準（その１）

未利用循環資源		工法名 （会社名）	適用用途（適用が考えられる用途に〇）															改良材[2)]				混合方式 もしくは 混合技術	技術資料 整理番号
			埋戻		構造物	道路用盛土			鉄道盛土	空港盛土	河川堤防		海岸堤防	土地造成		水面埋立	地盤改良材						
			工作物	建築物	裏込め	路盤	路床	路体			高規格堤防	一般堤防		宅地	公園・緑地			固化材	改質材	補強材	その他		
石炭灰	フライアッシュ	アッシュクリートType II （AC-Ⅱ） （安藤・間）							〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇			セメント	石膏			ミキサ	01
		アッシュクリートTypeS （安藤・間）			〇	〇			〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇		セメント	石膏			ミキサ	02
		FRC （酒田FRC・カイハツFRC）	〇	〇	〇 46,000㎥	〇 140,000㎥	〇	〇		〇				〇	〇 16,000㎥		〇	セメント				ﾌﾞﾗﾝﾄ混合	03
		流動化処理土 （シンコー）	〇	〇	〇											〇		セメント	ベントナイト			処理プラント	04
		灰テックビーズ （製造：石炭灰活用LLP）	〇	〇	〇		〇	〇			〇	〇		〇	〇	〇		〇セメント			〇 消石灰		05
		Hiビーズ （製造：中国高圧ｺﾝｸﾘｰﾄ）															〇 SCP、SD	〇セメント					06
		（泥土リサイクル協会）	〇		〇			〇										〇				イーキューブシステム	07
	クリンカアッシュ	（フライアッシュ協会）	〇	〇	〇	〇 下層路盤	〇 凍上抑制層	〇		〇				〇	〇 排水層	〇	〇 SCP、SD						08
鉄鋼スラグ	高炉スラグ	（泥土リサイクル協会）	〇		〇			〇										〇				イーキューブシステム	07
	転炉系製鋼スラグ	ｽﾏｰﾄｺﾝﾊﾞｸｼｮﾝ （JFEスチール）					〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇		〇					振動による締固め	09
		人工石材 （シンコー）											〇 人工石材、人工藻礁50,000m^3					セメント エスメント	フライアッシュ		浚渫土	連続式混合	10
		エコガイアストン （日本製鉄）					〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇		〇					振動式締固め， 静的締固め （SAVEコンポーザー）	11
		ジオタイザー （日本製鉄）					〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇							バックホウ スタビライザ	12
非鉄スラグ	フェロニッケル	（大平洋金属）	〇 採掘跡		〇	〇 下層路盤	〇					〇	〇	〇	〇		〇			〇		トロンメル	13，14
			〇	〇										〇 行政許可緑地に限る		〇：ｹｰｿﾝ	〇：ｻﾝﾄﾞｺﾝﾊﾞｸｼｮﾝ			SCP			
					×	〇	×	×	〇	〇				〇	〇		〇						
	鋼スラグ	左記用途なし																					
	亜鉛スラグ	左記用途なし																					
その他スラグ	溶融スラグ	ー （JFEｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ）	〇				〇															-	15
		グラウト材 （シンコー）																セメント	ベントナイト			連続式混合	10
		溶融スラグMS5、FM-2.5 （神鋼環境ソリューション）	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇					バックホウ等	16
	溶融スラグ (徐冷スラグ)	溶融スラグMS5 （大平洋金属）	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇					ホイールローダー	17
		エコラロック （中央電気工業）	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	バックホウ等	18
		溶融還元石 （中部リサイクル）	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	改良材等の使用で、一層の強度改善効果がある				バックホウ スタビライザ	19
		メルエース （メルテック）	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	－	－	－	－	バックホウ等	20

（参考）https://www.kogyo-kyokai.gr.jp/category/1864319.html

2） 循環資源を利用するにあたって必要となる材料

表－２　循環資源の種類と適用用途標準（その２）

未利用循環資源		工法名 （会社名）	適用用途（適用が考えられる用途に〇）															改良材[2]				混合方式 もしくは 混合技術	技術資料 整理番号
			埋戻		構造物	道路用盛土			鉄道盛土	空港盛土	河川堤防		海岸堤防	土地造成		水面埋立	地盤改良材						
			工作物	建築物	裏込め	路盤	路床	路体			高規格堤防	一般堤防		宅地	公園・緑地			固化材	改質材	補強材	その他		
製紙系	ペーパースラッジ	SMW工法 （西松建設）															〇	セメント		〇	混和材	ﾌﾞﾗﾝﾄ混合	21
製紙系	ペーパースラッジ	（パルフォースモルタル工法協会）	〇	〇	〇				〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇		〇	セメント		〇	起泡剤	ﾌﾞﾗﾝﾄ混合	22
製紙系	PS灰	浚渫土安定処理 （シンコー）	〇	〇	〇			〇	〇	〇		〇	〇	〇	〇 農地嵩上材60,000m^3			PS灰系固化材					10
製紙系	PS灰	（泥土リサイクル協会）	〇		〇			〇							〇	〇		〇				イーキューブシステム	07
製紙系	PS灰	エコツブアッシュ （日本製紙）				〇	〇	〇				〇	〇										23
ガラス系	廃ガラス	ハイデガス （土木地質）	〇		〇			〇					〇				〇	高炉スラグ				バックホウ モルタル	24
ガラス系	廃ガラス	ｸﾘｽﾀﾙｽﾄｰﾝ・ｸﾘｽﾀﾙｻﾝﾄﾞ （環境保全サービス）	〇		〇	〇						〇	〇	〇	〇							バックホウ	25
ガラス系	太陽光モジュールパネル	セメント硬化体 （西松建設）			〇	〇						〇	〇					セメント	高炉ｽﾗｸﾞ 微粉末ﾌﾗｲｱｯｼｭ		混和材	ミキサ	26
石膏ボード		廃石膏ボードリサイクル製品 （グリーンアローズ東北） （※エージェック：エコベスト） （※宮城石灰工業：固太郎）	〇		〇			〇							〇	〇	〇	〇					27
災害廃棄物		震災廃棄物再生資材 津波堆積物　分級・改質										〇大豊JV 204,000㎥							石膏			トロンメル	
災害廃棄物		震災廃棄物再生資材 津波堆積物・焼却灰造粒固化														〇 埋立護岸 800,000㎥	〇 北上川 （直轄）	セメント				混合プラント	
災害廃棄物		災害廃棄物の再生資材化 （宇部マテリアルズ）	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	石灰系、 マグネシウム系	マグネシウム系 不溶化材			一般的な施工機械 （バックホウ、スタビライザ、 移動式混合機等）	
災害廃棄物		災害廃棄物の土工化 （泥土処理研究会）	〇	〇	〇	〇	〇	〇 施工機械の 選定注意	〇	〇 施工機械の 選定注意	〇 表層利用注意 施工機械の 選定注意	〇 表層利用注意 施工機械の 選定注意	〇	〇 表層利用注意 施工機械の 選定注意	〇 表層利用注意 施工機械の 選定注意	〇 淡水域 利用注意	〇	セメント・石灰				連続式混合プラント	28
災害廃棄物		（泥土リサイクル協会）										〇	〇		〇	〇		〇				イーキューブシステム	07
災害廃棄物		SHR工法 （八光工業）				〇	〇	〇				〇	〇		〇			セメント、 焼却灰、汚泥			固化材 YHR液	造粒固化設備 （ペレック500）	29
その他		浚渫土安定処理土 （シンコー）	〇	〇	〇 離島工事の埋戻し材 20,000m^3			〇	〇	〇		〇	〇	〇	〇 農地嵩上材 60,000m^3	〇		PS灰系固化材 セメント系固化材				連続式混合プラント	30

2）　循環資源を利用するにあたって必要となる材料

表－３　循環資源の種類と適用用途標準（その１）

未利用循環資源		工法名 （会社名）	留意点(優位性や課題の有無に応じて◎,○,△)[3]				特記事項								事業展開上の問題点	施工実績 （代表事例を記載）			備考	技術資料 整理番号
			施工性	経済性	環境安全性	再利用時	生産・ 供給量	施工能力	材料 出荷地域[4]	材料費 （出荷地渡）	直接工事費 参考工事費	工事費条件区分[5]				件数	施工時期	工区名(施工場所)		
							t/日，m^3/日			円/t，円/m^3	円/m^2，円/m^3	土質	施工数量	その他						
石炭灰	フライアッシュ	アッシュクリートType Ⅱ （AC-Ⅱ） （安藤・間）	○	◎	○	○	50m^3/時	32m^3/時							生産・供給量は専用ﾌﾟﾗﾝﾄ（規模により異なる）稼働の場合，施工能力は使用機器により異なる 材料費・直接工事費の詳細は要問合せ	多数	平成20年度 H26.12～27.4	宅地造成工事（熊本県苓北町） 都市公園工事（福島県相馬郡）	環境安全性は材齢28日を経過した後に実施する溶出試験結果を確認する必要がある	01
		アッシュクリートTypeS （安藤・間）	○	△	○	○	50m^3/時	45m^3/時							生産・供給量は専用ﾌﾟﾗﾝﾄ（規模により異なる）稼働の場合，施工能力は使用機器により異なる 材料費・直接工事費の詳細は要問合せ	3	平成27年7月～	盛土工事（福島県相馬郡）		02
		FRC （酒田FRC・カイハツFRC）	◎	◎	○	○										311	平成24年4月～ 公共事業を主に26万㎥出荷			03
		流動化処理土 （シンコー）	◎	○	○	×	100～500m^3/日	30～100m^3/時		3,000円/m^3	6,500円/m^3					多数	平成27年～	大和川シールド 雲雀野北埠頭復旧工事		04
		灰テックビーズ （製造：石炭灰活用LLP）	○	○	○	○	～300t/日	－	福島県 浜通り地区	都度お見積り	－	－	－	－	出荷量については、要相談	東北地域代表 他地域代表	H29～ H19～23	採石場埋戻（いわき市） 橘湾公共用地埋立（徳島県）	供給力・手段に留意。	05
		Hiビーズ （製造：中国高圧ｺﾝｸﾘｰﾄ）	○	○	○	○	－	－	－	－	－	－	－	－	海岸沿岸、河川感潮域での底質の環境改善、港湾の地盤改良の実績あり。	東北地域代表 他地域代表	なし H19～21	なし 地盤改良（岩国基地）	敷砂の用途もあり。 供給力・手段に留意。	06
		（泥土リサイクル協会）	◎	◎	○	○	20t/日	150～300	宮城	25,000円/ｔ	12,000円/m^3	高含水土砂	5,000m^3		東北電力からの供給が要相談	10件	平成15年～平成27年	愛知県、静岡県		07
	クリンカアッシュ	（フライアッシュ協会）	◎	○	○	○	約80万ﾄﾝ/年(全国)		全国	－	－	－	－	－		東北地域代表 他地域代表	H25～ 省略	防災林盛土(福島県相双地区) 省略	転圧性が含水比に左右されづらい。	08
鉄鋼スラグ	高炉スラグ	（泥土リサイクル協会）	◎	◎	○	○										10件	平成15年～平成27年	愛知県、静岡県		07
	転炉系 製鋼スラグ	地盤改良用鉄鋼スラグ （ｽﾏｰﾄｺﾝﾊﾟｸｼｮﾝ） （JFEスチール）	○	○	○	△	3,000t/日 実績ベース	不明	倉敷、 福山など	3,400円/m^3 建設物価調査（2018/2）	不明	-	-	-	平成30年度仙台塩釜港仙台港区向洋地区岸壁の実績を参考に入力	複数	2013	鳥取県堺港市(国土交通省)	天然砂と比較して単位体積重量とせん断抵抗角が大きく、工事費の低減可能	09
		人工石材 （シンコー）	○	△	○		100～250m^3/日	30～40m^3/時		5,000円/m^3	13,500円/m^3					3件	平成22年～	千葉県某所		10
		エコガイアストン （日本製鉄）	○	○	○	△	※種々条件によって異なりますので、詳細は弊社担当窓口にお問い合わせください。								特になし	多数			天然砂と比較して単位体積重量とせん断抵抗角が大きく、工事費の低減可能	11
		ジオタイザー （日本製鉄）	○	○	○	△	※種々条件によって異なりますので、詳細は弊社担当窓口にお問い合わせください。								特になし	多数			事前配合試験要、適用に当たっては弊社規定に準ずる	12
非鉄スラグ	フェロニッケル	（大平洋金属）	○	○	◎	○	500～ 900t/日		八戸市	5㎜以下： 700円/m^3 0-40㎜： 1,000円/m^3						1:SCP 多数:道路用	H25.7	北上川下流域 国道･県道･市道	SCP材混合比 山砂：スラグ＝２：１	13，14
			○	○	○	-														
			○	○	◎	○														
	銅スラグ	左記用途なし																		
	亜鉛スラグ	左記用途なし																		
その他スラグ	溶融スラグ	ー （JFEｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ）	◎	○	◎	○	100～400t/日	-	各生産地	300円/t	-	-	-	-		5,000t/年	2009~	都市ガス導管埋め戻し	ガス導管埋め戻し適用 上下水道管保護砂に適用	15
		グラウト材 （シンコー）														1	平成9年	大阪市内		10
		溶融スラグMS5、FM-2.5 （神鋼環境ソリューション）	◎	◎	◎	◎	平均約12t/日（宮城） 平均約5t/日（山形）		宮城県角田市 山形県上山市	100円/t						アスファルト混合物、路盤材、　埋戻し材として利用実績あり。		宮城県仙南地域		16
	溶融スラグ (徐冷スラグ)	溶融スラグMS5 （大平洋金属）	◎	◎	◎	◎	50t/日		八戸市	800円/t						コンクリート二次製品用細骨材として利用実績あり。			供給量要確認 運賃別途要確認	17
		エコラロック （中央電気工業）	○	◎	◎	○	200t/日		主に茨城近郊	1,500円/m^3 （置場渡し）	803円/m^3		20m^3(100m^2 ×深さ0.2m)			路盤材、敷均し材、護岸工事用、土工用等として多数利用実績有り				18
		溶融還元石 （中部リサイクル）	◎	◎	◎	◎	工場生産量 50ｔ/日	施工機械 による	生産地 名古屋市	800円/ｔ(税抜) 工場渡し	不明	不明	不明	不明	数量に限りがあります。	路盤材等として実績は多数あり 他に割ぐり石、捨石等での利用実績もあり			供給量要確認 運賃別途要確認	19
		メルエース （メルテック）	◎	◎	◎	◎	90t/日		栃木県近傍	50円/ｔ						路盤材、整地材等として利用実績多数				20

（参考）https://www.kogyo-kyokai.gr.jp/category/1864319.html

3）　◎：非常に優れる　○：優れる　△：普通　×：課題あり　　4）出荷地について，東北地域に広く分布する場合は特に記載の必要なし　　5）参考工事費算出条件

表－３　循環資源の種類と適用用途標準（その２）

未利用循環資源		工法名 （会社名）	留意点(優位性や課題の有無に応じて◎,○,△)[3]				特記事項									施工実績 （代表事例を記載）			備考	技術資料整理番号
			施工性	経済性	環境安全性	再利用時	生産・供給量	施工能力	材料出荷地域[4]	材料費（出荷地渡）	直接工事費				事業展開上の問題点	件数	施工時期	工区名(施工場所)		
							t/日，m^3/日			円/t，円/m^3	参考工事費 円/m^2，円/m^3	工事費条件区分[5] 土質	施工数量	その他						
製紙系	ペーパースラッジ	SMW工法 （西松建設）	◎	○	○	○	専用工場で生産中	10t/日生産可能	関東・東北	250,000円/t					設定値は開発目標値（バルフォースを参考）					21
		（バルフォースモルタル工法協会）	◎	○	○	◎	専用工場で生産中	10t/日生産可能	関東・北陸 関西・九州	250,000円/t	30,000～ 60,000円/m^3				既設水道、ガス、下水道、トンネル背面充填用に採用で特に問題無し。	180件以上	平成16～	東北・関東・北陸・関西・九州地方	旧残置管、暗渠閉塞材、トンネル背面裏込め、人孔等の埋戻し材、床下空洞充填、軽量盛土材	22
	PS灰	浚渫土安定処理 （シンコー）	◎	○	○	○	100～500m^3/日	30～100m^3/時		3,000円/m^3	3,500円/m^3					2	平成28～	寒風沢島内		10
		（泥土リサイクル協会）	◎	◎	◎	○	30t/日	150～600	宮城	28,000円/ｔ	12,000円/m^3	高含水土砂	5,000m^3			100件以上	平成15年～平成30年	大阪、愛知、静岡、新潟、宮城、福島他		07
		エコツブアッシュ （日本製紙）	◎	○	○	○	250m^3/日	－	石巻地方	－	－	－	－	－	出荷可能場所が石巻地方に限る	40件以上	平成24～	石巻地方		23
ガラス系	廃ガラス	ハイデガス （土木地質）	○	△	○	△	生産拠点無く試作													24
	太陽光モジュールパネル	ｸﾘｽﾀﾙｽﾄｰﾝ・ｸﾘｽﾀﾙｻﾝﾄﾞ （環境保全サービス）	○	○	○	○										多数				25
		セメント硬化体 （西松建設）	○	△	△	○	試行段階								試料の粒度調整に手間とコストがかかる				環境完全性は、硬化体(有姿)の溶出試験を実施して確認する必要がある	26
石膏ボード		廃石膏ボードリサイクル製品 （グリーンアローズ東北） （※エージェック：エコベスト） （※宮城石灰工業：固太郎）	○	○	○	○	30～45t/日	302.4　t/日	岩沼市	20,000～ 22,000円/ｔ					当該企業はリサイクルを主業務としており、記載情報は石膏粉の製造・納品までである。各現場の直接工事費等、土質改良材メーカー、土木工事施工会社の詳細情報は把握できていない。	10件以上	H30 H30	関口川水門土木工事 （岩手県山田町） 山形蔵王トンネル工事 （東北中央道山形県上山市）	(石膏ボード　二水石膏粉製造) ※安定処理材製造･販売メーカー	27
災害廃棄物		震災廃棄物再生資材 津波堆積物　分級・改質	◎	△	○	△										1	H25改良 H26~28施工	後藤渕①　新浜①	県仙台土木　山元町 坂元川災害復旧	
		震災廃棄物再生資材 津波堆積物・焼却灰造粒固化	◎	△	◎	○										1	H24改良 H25施工	石巻処理区（鹿島JV） 雲雀野地区（港湾）	石巻港（県） 北上川（東北地整）	
		災害廃棄物の再生資材化 （宇部マテリアルズ）	◎	◎	◎	◎	50~300t/日		一関市 市原市	23,000～ 110,000円/ｔ						10件以上	2017年～2018年	岩手県岩泉町 災害廃棄物処理現場	泥土等の再生資材化材 石灰系固化材、中性固化材、重金属不溶化材	
		災害廃棄物の土工化 （泥土処理研究会）	◎	◎	◎	◎		1セット 500m^3/日	可搬型プラントのため必要箇所に設置	3,000～ 30,000円/m^3	1,500～ 10,000円/m^3	50mm以上の夾雑物が無いあらゆる土質に対応	5,000m^3以上	場所により運搬費が異なる。	可搬型プラントのため規模によって必要台数をどこにでも設置可能だが、別途プラント用地を必要とする。	1件	平成24年～平成26年	岩手県大船渡市 太平洋セメント大船渡工場	災害廃棄物・泥土等の 大量高品質施工	28
		（泥土リサイクル協会）	◎	◎	◎	◎	30t/日	150～600	宮城	28,000円/ｔ	12,000円/m^3	高含水土砂	5,000m^3			1件	平成25年	宮城県気仙沼市 試験施工		07
		SHR工法 （八光工業）	◎	◎	○	◎	造粒固化物:80t/日 平板ブロック (300*300*60):400枚/日			平板ブロック(300*300*60) 透水性6,500円/m^2 一般5,700円/m^2					津波堆積物や除染後の家屋等の焼却灰および汚泥を原材料とした造粒固化物や平板ブロックの製造を目指しているが、放射能汚染問題で計画した事業展開が出来ていない。				災害廃棄物・焼却灰・汚泥等の大量処理が見込まれる。 重金属の溶出試験が必要。	29
その他		浚渫土安定処理土 （シンコー）	○	○	○	○	100～500m^3/日	30～100m^3/時		3,000円/m^3	3,500円/m^3					3件	平成28～	寒風沢島内、利府浜田漁港		30

３）　◎：非常に優れる　○：優れる　△：普通　×：課題あり　　４）出荷地について，東北地域に広く分布する場合は特に記載の必要なし　　５）参考工事費算出条件

３．アンケート協力団体，会社

【協力団体】

還元溶融研究会
石炭灰活用 LLP（有限責任事業組合）
泥土処理研究会
一般社団法人　泥土リサイクル協会
日本鉱業協会
パルフォースモルタル工法協会
日本フライアッシュ協会

【協力会社】

株式会社　安藤・間
株式会社　エージェック
カイハツ FRC 株式会社
株式会社　環境保全サービス
株式会社　グリーンアローズ東北
酒田 FRC 株式会社
JFE エンジニアリング株式会社
JFE スチール株式会社
株式会社　シンコー
株式会社　神鋼環境ソリューション
東京パワーテクノロジー株式会社
日本製鉄株式会社
大平洋金属株式会社
中央電気工業株式会社
中国高圧コンクリート工業株式会社
中部リサイクル株式会社
土木地質株式会社
西松建設株式会社
日本製紙株式会社
沼田建設株式会社
八光工業株式会社
宮城石灰工業株式会社
メルテック株式会社

（五十音順）

参考資料-1　改良土WG技術情報集

整理No	技術の名称	会社名		頁
No. 1	アッシュクリートTypeⅡ（AC－Ⅱ）	株式会社安藤・間	・・・・	21
No. 2	アッシュクリートTypeS（AC－S）	株式会社安藤・間	・・・・	23
No. 3	FRC®砕石、ドリームストン(軽量裏込め材)、生物共生型Faブロック	カイハツFRC株式会社	・・・・	25
No. 4	流動化処理土（長距離圧送）	株式会社シンコー	・・・・	27
No. 5	灰テックビーズ	石炭灰活用有限責任事業組合	・・・・	30
No. 6	Hiビーズ（地盤改良用）	中国高圧コンクリート工業株式会社	・・・・	32
No. 7	泥土の再資源化技術　イーキューブシステム®(粒状固化工法)	一般社団法人泥土リサイクル協会	・・・・	34
No. 8	クリンカアッシュ	日本フライアッシュ協会	・・・・	37
No. 9	スマートコンパクション®	JFEスチール株式会社	・・・・	39
No. 10	人工石材製造工	株式会社シンコー	・・・・	40
No. 11	エコガイアストン®	日本製鉄株式会社	・・・・	43
No. 12	ジオタイザー®	日本製鉄株式会社	・・・・	45
No. 13	コンクリートがらとフェロニッケルスラグの混合による再資源化	大平洋金属株式会社	・・・・	47
No. 14	天然砂とフェロニッケルスラグの混合による地盤改良材	大平洋金属株式会社	・・・・	50
No. 15	ガス導管埋め戻し適用試験結果と実用化	JFEエンジニアリング株式会社	・・・・	53
No. 16	溶融スラグ細骨材	株式会社神鋼環境ソリューション	・・・・	56
No. 17	溶融スラグ細骨材(MS-5)	還元溶融研究会（大平洋金属株式会社）	・・・・	58
No. 18	エコラロック	還元溶融研究会（中央電気工業株式会社）	・・・・	60
No. 19	軟弱地盤上の盛土基盤面の構築(軟弱地盤対策工)	還元溶融研究会（中部リサイクル株式会社）	・・・・	62
No. 20	還元溶融	還元溶融研究会（メルテック株式会社）	・・・・	63
No. 21	ペーパースラッジを混和材としたソイルセメント地中連続工法	西松建設株式会社	・・・・	64
No. 22	パルフォースモルタル工法	沼田建設株式会社	・・・・	66
No. 23	再生土木資材「エコツブアッシュ」	日本製紙株式会社石巻工場	・・・・	70
No. 24	耐酸性コンクリート用混和材ハイデガス	土木地質株式会社	・・・・	71
No. 25	クリスタルストーン、クリスタルサンド	株式会社環境保全サービス	・・・・	73
No. 26	太陽光モジュールガラスを混和材料に利用したセメント硬化体	西松建設株式会社	・・・・	75
No. 27	二水石膏粉の再利用拡大	株式会社グリーンアローズ東北	・・・・	76
No. 28	MUDIX工法（連続式泥土処理工法）	泥土処理研究会	・・・・	79
No. 29	SHR工法	八光工業株式会社	・・・・	82
No. 30	浚渫土砂の安定処理工	株式会社シンコー	・・・・	86

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	０１	分類	「石炭灰」	
会 社 名	株式会社　安藤・間			
担 当 者	技術本部　髙木、林、齋藤、坂本			
連 絡 先	TEL	029-858-8813	FAX	029-858-8840
	E-mail	Takagi.ryoichi@ad-hzm.co.jp		
技術の名称	アッシュクリート TypeⅡ（AC-Ⅱ）			
概　要 (150 字程度)	アッシュクリート TypeⅡは、石炭灰を大量に用いて製造した、土壌環境基準値をクリアした安全な材料です。維持管理が不要で、長期的に安定した強固な人工地盤や路盤を造成することが可能です。バッチングプラントで練り混ぜた材料を施工現場に運搬・敷き均した後に、現位置で超流体工法による締固めを行うことで、大規模施工も可能です。			
技術登録等	建材試験センター：環境主張建設資材の適合証明（省資源型 1 級，環境保全型 1 級）			
技術の概要 次頁 あり・なし	アッシュクリートは骨材として石炭灰（フライアッシュ）を大量に利用した硬化体で、石炭灰、セメント、少量の水の混練材料を外部振動により流体化させて固化させて製造するものです。この製造方法により、多量の石炭灰（重量で約７０％）を品質良くかつ安全に固めることが可能となります。海洋や海岸で使用するブロックを対象に開発されたアッシュクリート技術をベースに、陸上で適用するために開発したものが、アッシュクリート TypeⅡです。 アッシュクリート TypeⅡは、バッチングプラントで練り混ぜた材料を施工現場に運搬・敷き均した後に、現位置で超流体工法による締固めを行い、1 日 250m^3 程度の大量施工が可能です。本材料は土壌環境基準値をクリアした安全な材料で、特別な維持管理を必要とせず、長期的に安定した強固な人工地盤や路盤を造成することができます。また、石炭灰を大量リサイクルする材料であることから、建材試験センターから環境主張建設資材の適合証明（省資源型 1 級，環境保全型 1 級）を取得しています。 これまでに宅地造成盛土や軟弱法地補強、護岸ブロック背面裏込めとして数多くの施工実績があります。			

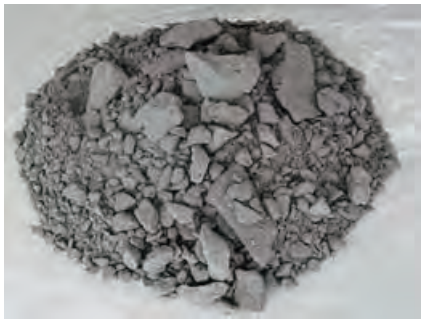
資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要 （つづき）	【施工方法】 現場荷降ろし 敷き均し 原位置での流体化 【施工実績】 宅地造成盛土への適用事例 軟弱法地補強事例 護岸ブロック背面裏込め

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	０２	分類	「石炭灰」	
会 社 名	株式会社　安藤・間			
担 当 者	技術本部　髙木、林、齋藤、坂本			
連 絡 先	TEL	029-858-8813	FAX	029-858-8840
	E-mail	Takagi.ryoichi@ad-hzm.co.jp		
技術の名称	アッシュクリート TypeS（AC-S）			
概　要 (150 字程度)	アッシュクリート TypeS は、石炭灰を大量に用いて、超流体化工法により製造するアッシュクリートを一旦固化させた後、破砕して粒度調整したもので、土壌環境基準値をクリアした安全な材料です。通常の盛土作業（敷き均し、転圧）と同じ取り扱いが可能で、材料の製造・保管が可能であるため、大規模な盛土等へ適用できます。			
技術登録等				
技術の概要 次頁 あり・なし	アッシュクリートは骨材として石炭灰（フライアッシュ）を大量に利用した硬化体で、石炭灰、セメント、少量の水の混練材料を外部振動により流体化させて固化させて製造するものです。この特殊な製造方法により、多量の石炭灰（重量で約７０％）を品質良くかつ安全に固めることが可能となります。海洋や海岸で使用するブロックを対象に開発されたアッシュクリート技術をベースに、盛土造成用破砕材として開発したものが、アッシュクリート TypeS です。 アッシュクリート TypeS は、通常の盛土材料と同様な取り扱いが可能になるように、アッシュクリート技術により製造した平板状のブロックを破砕し、粒度調整をして汎用性を高めた製品で、盛土や下層路盤への適用が可能となります。一般の盛土材料よりも 2 割程度軽く、母材の圧縮強度は 10～15N/㎟程度であり、土壌環境基準値をクリアした安全な材料です。			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要 （つづき）	【製品の荷姿】  【製造方法】 一次破砕状況 二次破砕状況（自走式破砕機） 製品の出荷状況 【施工実績】 盛土造成への適用事例

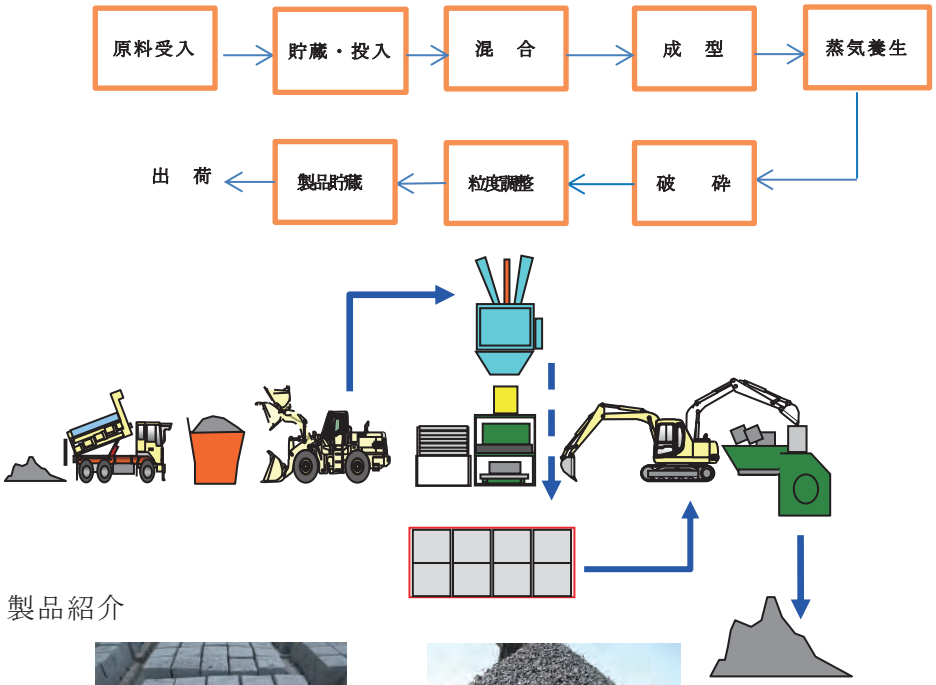
資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	０３	分類	石炭灰、フライアッシュ	
会 社 名	カイハツＦＲＣ株式会社			
担 当 者	鈴木孝志　古里　秋			
連 絡 先	TEL	022-796-8836	FAX	022-796-2627
	E-mail	Suzuki.k@circus.ocn.ne.jp　Furusato@kaihatsusangyo.co.jp		
技術の名称	ＦＲＣ®砕石、ドリームストン（軽量裏込め材）、生物共生型 Fa ブロック			
概　要	石炭火力発電所から排出される、石炭灰を主原料としてセメント固化による均一な品質の再生砕石を製造。製法は特殊混合と圧密振動成形及び養生にて固化、これを破砕（粒度調整）する。特徴は軽量で且つ、再生砕石としての品質基準及び土壌環境基準を満足した製品である。この製法を利用したドリームストン、生物共生型 Fa ブロックがある			
技術登録等	NETIS　TH-110021-VE　THK-160003-A			
技術の概要 次頁 あり	FRC 方式 石炭灰とセメントと水を配合設計により計量された材料をアジテーター内臓の特殊混合機でミキシング、その混合物を成形型枠に投入しプレス圧とバイブレータで圧密振動にて流動化させて締固めるセメント固化製造方法です。締固めた製品は即時脱型方式でブロック状の型枠から抜き取り、それを蒸気養生で一定時間養生されることにより 18N/㎟以上の圧縮強度を有するコンクリートブロックになります。 この製造方法は、日々変化する含水量を測定し水分量の添加を自動化することで混合品の品質を一定に保っている点と、養生システムにより管理されることから圧縮強度に変動がない事が特徴であります。養生後のブロックを破砕・粒度調整することで、慢性的に不足している再生骨材の代替品として提供を可能にしました。その用途は、路盤材、路盤盛土材、盛土材（路体盛土）その他 5 ㎜以下をカットしたものは軽量裏込め材や裏埋め材として利用されています。 また地球温暖化対策として最近着目されている「ブルーカーボン」(沿岸の青い海域で海藻などの生物が二酸化炭素を吸収･貯蔵する炭素)としての藻場造成資材として、FRC 製造工程でブロック化した製品を直接使用することで経済性及び FRC 製品の特質が海藻の成長に期待できます。いま酒田港に於いて藻場造成実証試験を行っており、成果を上げています。このブロックを生物共生型 Fa ブロックと称して出荷体制も整えています。生物共生型 Fa ブロックは製造工程で生物の栄養素及び鉄原料等を添加することで従来の藻場造成資材とこは異なる効果が期待できる製品であります。 ※　「カタログをご請求下さい」			

FRC 砕石の基本物性

	固化体破砕材（FRC®砕石、FRC®ドリームストン
主原料	石炭灰+セメント+水
物　性	最大粒径：40 ㎜、吸水率：29.85%、最適含水率：36.4% 最大乾燥密度：1.191g/㎤、すり減り減量：33.7% 塑性指数：NP、凍上速度：0.07 ㎜/ h 透水係数：6.9×10^{-3} cm/s　（ドリームストン：5.5×10^{0} cm/s）
強度特性	圧縮強さ（材齢 28 日）：18N/㎟以上 修正 CBR：82.6%、　せん断抵抗角：41°
施行性	RC 砕石に比較し 35%程度軽量のため運搬コストが削減できる。 特殊機械を必要とせず下層路盤材と同様の施工性を有する。 透水係数が高く降水時の作業も可能。また砂の代替えしてサンドマット工法にも利用できる。 軽いが水に浮かず構造物に作用する土圧や荷重の軽減効果により裏込め材として利用可能。 狭隘な個所での作業では軽量な事で作業員の負担が軽減される。
用　途	下層路盤材、盛土材(路体、路床)、裏込め材、各種構造物の基礎材

製造フロー

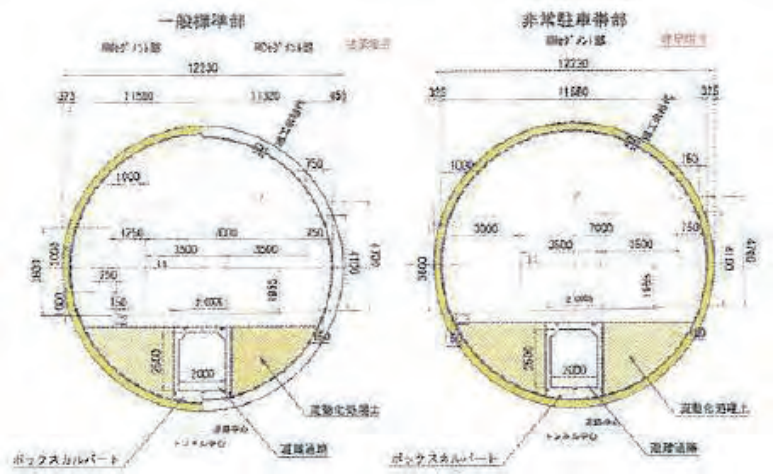


製品紹介

生物共生型 Fa ブロック

FRC®砕石

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/3）

整理 No.	０４	分類	「フライアッシュ」、「その他」	
会 社 名	株式会社　シンコー			
担 当 者	工事課長　小笠原　陽			
連 絡 先	TEL	022-295-1708	FAX	022-295-1709
	E-mail	a.ogasawara@shinko-kenzai.com		
技術の名称	流動化処理土（長距離圧送）			
概　要 (150 字程度)	シールド工法の掘削にて発生するシールド掘削泥土をインバート材として利用するために流動化処理土工を行った。揚土されたシールド掘削泥土を、生石灰を用いて一次処理を行い、改質土を主材とした流動化処理土を作成し固化材、フライアッシュ、ベントナイト等を連続的に撹拌してシールド内部のインバート部へ圧送、打設を行う。			
技術登録等	特許第 5571219 号			
技術の概要 次頁 あり	阪神高速道路の新規計画路線にて大口径のシールド掘削工事が行われ、大量に発生する掘削泥土の再生利用を促すため、流動化処理土によるインバート部への埋戻しが検討された。 当工区では往路で 2,000m 以上の距離があり流動化処理土を長距離に圧送る技術が求められた。ここではフライアッシュ独自の球形状粒子から得られる圧送性向上効果から処理土への配合が決定された。  図-1　　流動化処理土打設部			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/3）

技術の概要（つづき）

施工フロー（一次処理）

排出された掘削泥土は土砂性状として一定品質を確保するため、専用機械で土塊を解砕し、生石灰にて改質を行った。

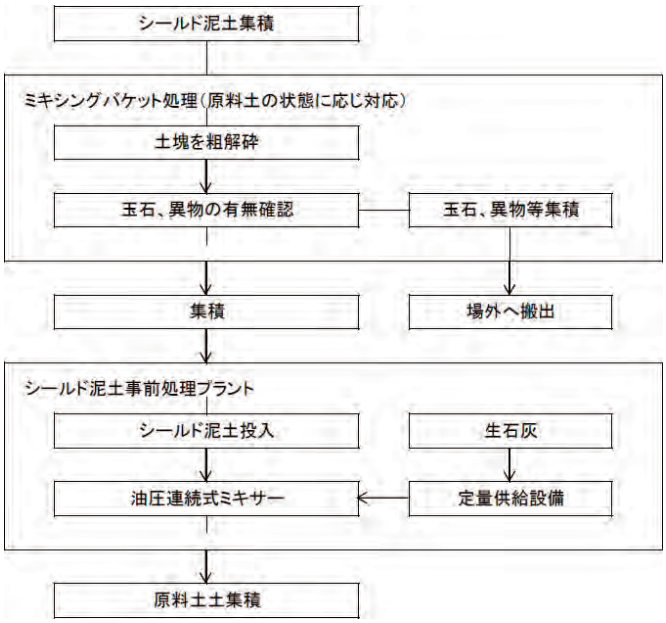


図-1 一次処理フロー図

写-1　シールド泥土

写-2　泥土解砕機

施工フロー（二次処理）

フライアッシュは事前にベントナイトや混練水と混ぜ合わせ、スラリーを作成し、改質土と固化材を油圧式の連続ミキサーにて混合し流動化処理土を製造した。

処理土の圧送は高圧の定置式ピストンポンプで行い、地上配管300m、坑内の最大圧送距離は往路本線と復路本線を合わせ 3,400m となった。また、圧送後の強度低下や材料分離等の品質の劣化も見られず安定した打設が行えた。

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（3/3）

技術の概要
（つづき）

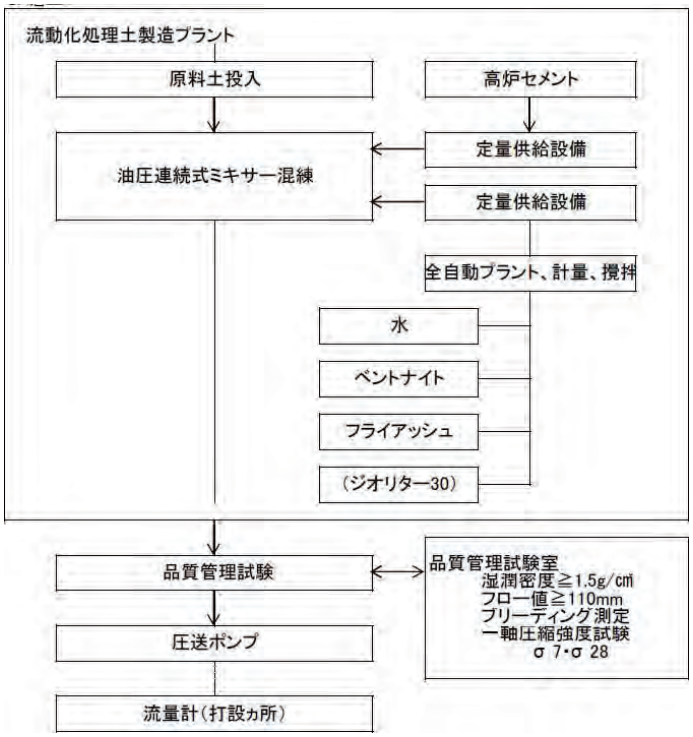
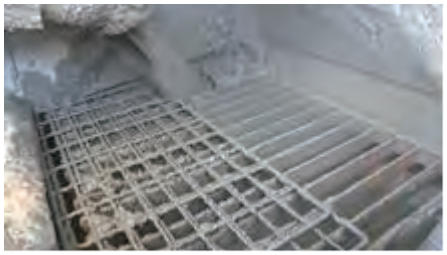


図-2　流動化処理土製造フロー図

写-3　プラント全景



写-4　処理土排出状況

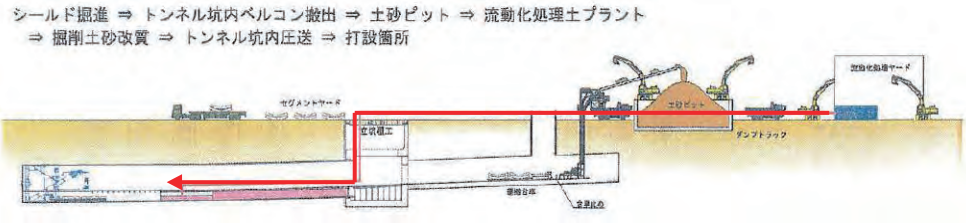


図-3　プラントから坑内への圧送ライン

写-5　打設状況

写-6　場内掲示板

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	０５	分類	「フライアッシュ」
会 社 名	石炭灰活用有限責任事業組合		
担 当 者	菊地俊幸（東京パワーテクノロジー㈱所属）		
連 絡 先	TEL	080-5023-8569	FAX
	E-mail	kikuchi-toshiyuki@tokyo-pt.co.jp	
技術の名称	灰テックビーズ		
概　要 (150 字程度)	「灰ﾃｯｸﾋﾞｰｽﾞ」は、石炭火力発電所で副産される石炭灰（ﾌﾗｲｱｯｼｭ）に水とセメント、必要に応じて消石灰を特殊ミキサーで撹拌・混合・造粒して製造する粒状の人工地盤材料である。最大粒径 40mm 以下の軽量な材料で、盛土、構造物の裏込めや埋戻し、土地造成、路床、路体などの用途に対して通常の砂質土および礫質土の代替として利用できる。		
技術登録等	NETIS 登録番号：SK050013V		
技術の概要 次頁 あり・~~なし~~	（技術保有会社） 四国電力株式会社 （特許） 製造方法および再利用方法などに関する特許（第 4965065 号） （製造方法） 専用プラントにて、以下のプロセスで製造、出荷される。 ① 石炭灰（ﾌﾗｲｱｯｼｭ）、セメント、消石灰の受入・ストック ② 石炭灰（ﾌﾗｲｱｯｼｭ）、セメント、消石灰、水の計量 ③ 特殊ミキサーで配合材料を撹拌・混合・造粒 ④ 造粒品の養生 ⑤ 品質確認 ⑥ 出荷 配合（概略）はﾌﾗｲｱｯｼｭ 100 に対してセメント（高炉 B 種）3~8、消石灰 0~8、水 15~40 （品質） （1）強度特性 砂質土および礫質土と同等の 強度特性を有し、締め固め後は長期材齢においても大きな強度とならず、再掘削が可能である。また、粒子の強度試験結果 によれば、粒子は軟岩と同程度の強度である。 （2）物理特性 乾燥密度は 1.3～1.6g/cm3 で、通常の砂質土および礫質土よりも軽量である。また、透水係数は 1×10－2～1×10－4cm/s 程度であり（粒度によっては低い場合もある）、砂質土および礫質土と同等である。		

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要 （つづき）	（３）耐久性 スレーキングに対する抵抗性は大きい。 （４）施工性 施工時の粉塵発生や重機転圧による粒子破砕は少なく、通常の土質材料と同様に施工ができる。また、重機で施工された地盤は、通常の土質材料と同等の強度ならびに締固め特性を有する。 （５）環境安全性 「灰テックビーズ」からの有害物質（重金属等）溶出量は土壌環境基準以下であり、消石灰を添加することで溶出量を土壌環境基準以下に抑制することができる。 （適用工種） 盛土、構造物の裏込めや埋戻し、土地造成、路床、路体など （公的評価） ・財団法人土木研究センターの建設技術審査証明 （建技審証：第 0414 号） ・国土交通省の新技術情報提供システム（NETIS）の登録 （登録番号：SK-050013-V） ・徳島県リサイクル製品認定（認定番号：第 18 号） ・高知県リサイクル製品認定（認定番号：第 79 号） （留意点）「建設技術審査証明」より。 ・灰テックビーズはｐＨが高く、灰テックビーズからの流出水はアルカリを呈するため、盛土等に利用する場合は、セメント改良土と同様にアルカリ流出水の対策が必要となる。このため、事前に周辺環境を調査し、施工内容によっては覆土・敷土、排水処理等の環境対策を行い、生活環境の保全上支障を生じさせないように配慮する必要がある。 (有意特性) ・フライアッシュの配合率が高く、地盤材料としての利用で石炭灰大量利用に繋がる。 ※パンフレットあり。

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	０６	分類	「フライアッシュ」	
会 社 名	中国高圧コンクリート工業㈱			
担 当 者	二岡副部長			
連 絡 先	TEL	082-243-6928	FAX	082-244-9058
	E-mail	r00863@pnet.gr.energia.co.jp		
技術の名称	Hi ビーズ（地盤改良用）			
概　要 (150 字程度)	「Hi ビーズ」は、石炭火力発電所で副産される石炭灰（ﾌﾗｲｱｯｼｭ）を、セメント等を配合し造粒し、粒径 40mm 以下に粒度調整した人工砂。単位体積重量が天然砂に比べて軽量で同等の透水性を有すること、内部摩擦角が 35°以上であること、施工上は天然の材料と同程度の粒状材料として扱い可能であること等の特徴を有する。			
技術登録等	NETIS 登録番号：SKK-12003-A　地盤改良、臭気成分の除去, SKK-12002-A　環境修復用の砂代替材			
技術の概要 次頁 あり・~~なし~~	（技術保有会社） 中国電力㈱、中国高圧コンクリート工業㈱他 （製造方法） 専用プラントにて、以下のプロセスで製造、出荷される。 ⑦ 石炭灰（ﾌﾗｲｱｯｼｭ）、セメント等の受入・ストック ⑧ 石炭灰（ﾌﾗｲｱｯｼｭ）、セメント、水等の計量 ⑨ 配合材料を撹拌・混合・造粒 ⑩ 造粒品の養生 ⑪ 品質確認 ⑫ 出荷 配合（概略）はﾌﾗｲｱｯｼｭ 100 に対して高炉セメント 10~15、 水 20~25 （品質） （２）強度特性 せん断抵抗角は天然材料比べて大きな値である。 （２)物理特性 粒子密度は 2.1～2.4g/cm3 で、通常の砂質土よりも軽量である。また、湿潤密度は 1.0～1.4 g/cm3 で、通常の砂質土よりも軽量である。透水性は砂と同等の性能が得られる。			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要（つづき）

（3）環境安全性

「Hi ビーズ」については，現状では土壌環境基準を満足しないため，海洋基準となる，海域，河川感潮域での使用に限られる。

（適用工種）

・一般工事：敷砂、SCP、SD 等

・港湾工事：敷砂、SCP、SD 等

（公的評価）

・島根県しまねグリーン製品認定（認定番号：第 13-2 号）

・文部科学大臣表彰

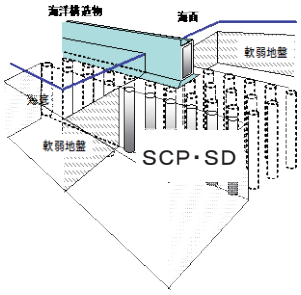
「石炭灰造粒物を用いた水域底質改善材の開発」

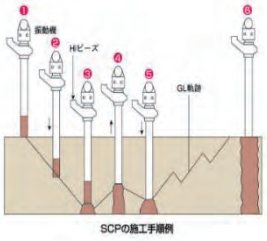
・国土交通省中国地方整備局

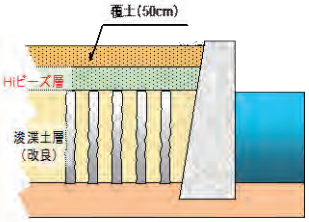
石炭灰造粒物による底質改善手法の手引き

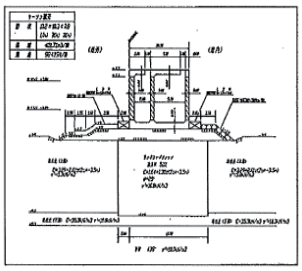
※パンフレットあり。

〔地盤改良工事実施例〕

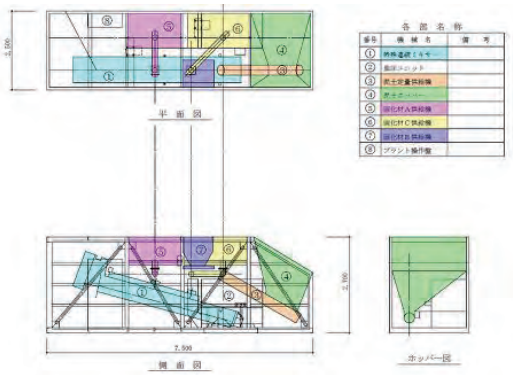




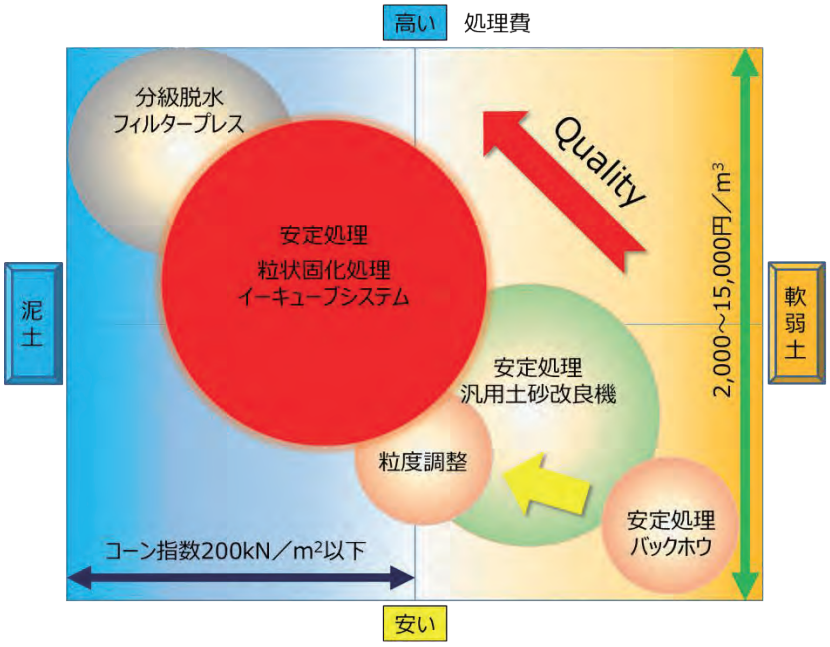




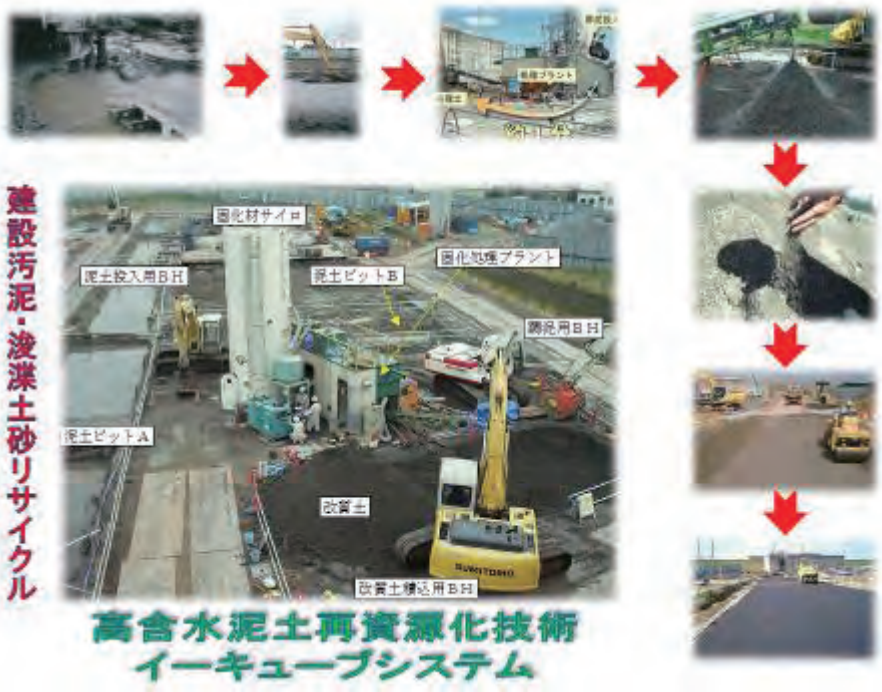
資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/3）

整理 No.	０７	分類	フライアッシュ、高炉スラグ、PS 灰、災害廃棄物
会 社 名	一般社団法人泥土リサイクル協会		
担 当 者	野口真一		
連 絡 先	TEL	0587-23-2713	FAX　0587-23-2734
	E-mail	deido@deido-recycling.jp	
技術の名称	泥土の再資源化技術 イーキューブシステム®(粒状固化工法)		
概　要 (150 字程度)	安定処理技術に位置付けられるイーキューブシステム®は、高分子凝集剤と固化材を泥土の流動程度に応じて添加し、約 30 秒程度の攪拌・混合を連続的に処理することにより、粒状の地盤材料を生成するものであり、泥土を要求品質に応じた地盤材料に改良して路体・路床材、埋戻し材や堤体材料等として再利用することができる技術である。		
技術登録等	特許第 3725120 号、建設技術審査証明第 0702 号、旧 NETIS　CB-030057-V		
技術の概要 次頁あり	**● 粒状固化処理装置** ①特殊連続ミキサー(**攪拌・混合装置**)、③泥土定量供給機、⑤⑥⑦固化材定量供給機等の主要装置から構成されています。  粒状固化処理装置 **● 粒状固化の施工手順** 泥土は、バックホウにより粒状固化処理装置本体の泥土ホッパーへ投入されます。固化材等を添加し、攪拌・混合した後、連続的に処理土として排出されます。 **工法の特徴** 1. 特殊連続ミキサーによる連続処理（25m³／h、40m³／h、100m³／h）により、従来工法に比べ生産処理効率が高く、泥土を産業廃棄物とし処理するよりも経済的である。		

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　(2/3)

技術の概要 （つづき）	2. 改良目的に応じた多種多様な固化材（中性および弱アルカリタイプ、有機質対応タイプ）を準備しており、要求品質に対して柔軟な対応が可能である。 3. 性状の異なる多種多様な泥土に対しても、利活用の目的に応じた品質の処理土（第 2～4 種処理土相当）の生成が可能であり、処理土の用途範囲が広く限定されない。 4. 高含水の泥土（例えば、自硬性汚泥：含水比で 120%以上）においては、貯泥・調泥により固液分離を図り含水比をコントロールすることにより、固化材の添加量低減（コスト縮減）が図れる。また、処理装置はコンパクトで可搬式のため、現場環境の制約が少ない。 5. 処理土は粒状を呈し、ハンドリングに優れており、かつ再泥化しない。 6.協会の**推奨技術のひとつ**であり、**どの企業でも施工**できる。 イーキューブシステムは、高含水泥土処理土の品質を安定的かつ継続的に満足するために必要な処理技術ならびに処理工程の管理が確立された工法です。また、処理コストも産業廃棄物として処理するよりも安価となり、工事費が低減できます。  環境負荷低減においても、高含水泥土処理に使用される固化材は、石炭灰や製紙焼却灰の他、近年問題となっている廃石膏ボード等の産業廃棄物を有効利用したものを積極的に使用しており、他産業の環境負荷低減を図るとともに、原位置で高含水泥土を処理ことで CO_2 削減や環境破壊の抑止を図っています。

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（3/3）

技術の概要 （つづき）	

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	０８	分類	「クリンカアッシュ」
会 社 名	日本フライアッシュ協会		
担 当 者	石川　嘉崇		
連 絡 先	TEL	03-3454-4542	FAX　03-3454-0989
	E-mail	y-ishikawa@japan-flyash.com	
技術の名称	クリンカアッシュ		
概　要 (150 字程度)	クリンカアッシュは、石炭火力発電所のボイラ内で石炭灰の粒子が相互に凝集し、多孔質な塊となってボイラ底部のクリンカホッパ（水槽）に落下堆積したものを破砕機で砂状に砕き、脱水したものである。水槽を用いない乾式タイプのものもある。軽量で排水性・保水性を有し、砂の代替として殆どの石炭火力発電所から近傍地域に供給されている。		
技術登録等			

技術の概要

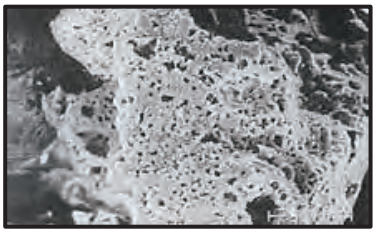
（化学成分）　(%)

化学成分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO
比率例	51.6～64.0	17.3～26.9	4.2～10.9	2.3～8.8	1.0～2.6

（品質特性）

・粒度は粗粒砂程度で含水量は普通の砂に比べて高い。
・粒子密度は 2.1～2.3 と普通の砂より小さい。
・透水性は砂と同程度（透水係数 $k=10^{-3}$～10^{-2}cm/s オーダー）。
・粒子は多孔質で比表面積が大きく、保水性がよい。
・凍上性が低い。

外　観


拡大写真

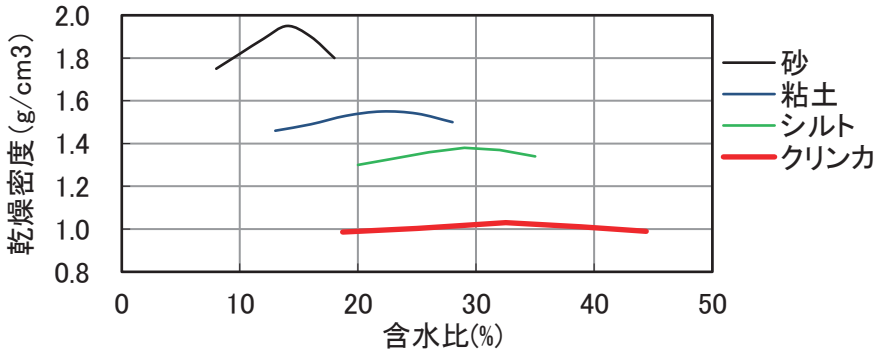
（施工上の特徴）

・一般の土質材料と比べて、含水比が大きく変化しても締固め密度の変化が少なく、非常に転圧性に優れた材料である。

次頁
あり・~~なし~~

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要
（つづき）



締固め曲線の例

(供給(調達)基地)

以下の全国の石炭火力発電所および販売ヤード

販売会社	商品名	火力発電所	販売ヤード
北電興業㈱	ｸﾘﾝｶｱｯｼｭ	北海道電力（苫東厚真）	
東北発電工業㈱	ｸﾘﾝｶｱｯｼｭ	東北電力（能代、原町） 相馬共同火力(新地)	
㈱ジェイペック	ｼﾞｪｲｻﾝﾄﾞ	電源開発（松浦、松島）	
東京ﾊﾟﾜｰﾃｸﾉﾛｼﾞｰ㈱	ｸﾘﾝｶｱｯｼｭ	東京電力ﾌｭｴﾙ＆ﾊﾟﾜｰ㈱（広野）	
日本海環境ｻｰﾋﾞｽ㈱	ｸﾘﾝｶｱｯｼｭ	北陸電力（七尾大田、敦賀）	高岡市、あわら市
㈱テクノ中部	ﾗﾝﾄﾞﾌﾟﾗｽ	中部電力（碧南）	大垣市、瑞穂市、四日市市
㈱関電ﾊﾟﾜｰﾃｯｸ	ｸﾘﾝｶｱｯｼｭ	関西電力（舞鶴）	
中国高圧ｺﾝｸﾘｰﾄ工業㈱	ﾗｲﾄｻﾝﾄﾞ	中国電力（新小野田、三隅、水島）	全国
四電ビジネス㈱	ﾎﾟｰﾗｽｻﾝﾄﾞ	四国電力（橘湾、西条）	
九電産業㈱	ｺｰﾙｻﾝﾄﾞ	九州電力（松浦、苓北）	

（適用工種）

・地盤改良（排水改良材、SCP 材、SD 材）
・道路（下層路盤材、路床材、凍上抑制材、遮断層材）
・盛土（一般盛土、軽量盛土）、埋戻、裏込　他

（公的評価）

・舗装施工便覧(日本道路協会)
　下層路盤材に使用が認められている。
・港湾・空港整備におけるﾘｻｲｸﾙｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ（国土交通省）
　SDP 材、裏込材、裏埋材、盛土材、覆土材、載荷盛土材、埋立材、路床盛土材、路盤材への利用について利用可能性が高いとして評価されている。
※パンフレットあり。

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/1）

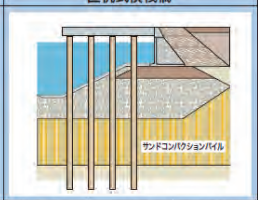
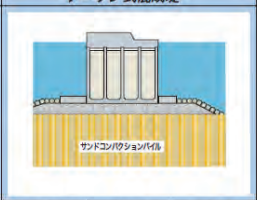
整理 No.	０９	分類	「鉄鋼スラグ」	
会 社 名	JFE スチール株式会社			
担 当 者	谷山　健二			
連 絡 先	TEL	03-3597-3449	FAX	03-3597-3415
	E-mail	ke-taniyama@jfe-steel.co.jp		
技術の名称	スマートコンパクション®			
概　要 (150 字程度)	サンドコンパクションパイル工法の天然砂の代替材料であり、鉄鋼スラグの均質性、高強度という特徴を活かし、かつ環境基準に適合した地盤改良工事費の低減を可能にする材料です。			
技術登録等				

技術の概要

＜優位性＞

天然砂と比較して単位体積重量とせん断抵抗角が大きく、工事費の低減が可能である。

試設計例（海域）

構　造	直杭式横桟橋			ケーソン式混成堤			ブロック式係船岸		
形　状									
改良法	従来SCP	SCP	CDM	従来SCP	SCP	CDM	従来SCP	SCP	CDM
せん断抵抗角	35°	40°	—	35°	40°	—	35°	40°	—
粘着力 kN/m²	—	—	400	—	—	400	—	—	400
改良幅m（比率）	40.0 (1)	34.5 (0.86)	32.5 (0.81)	42.1 (1)	36.4 (0.86)	33.5 (0.80)	23.1 (1)	14.4 (0.63)	14.4 (0.63)
材料費＋工事費（従来SCPを1）	1	0.84	1.07	1	0.86	1.08	1	0.63	0.84

＜留意点＞

製鋼スラグには、アルカリ性、膨張性及び水硬性があるため、これらの性質をよく理解して利用すること。

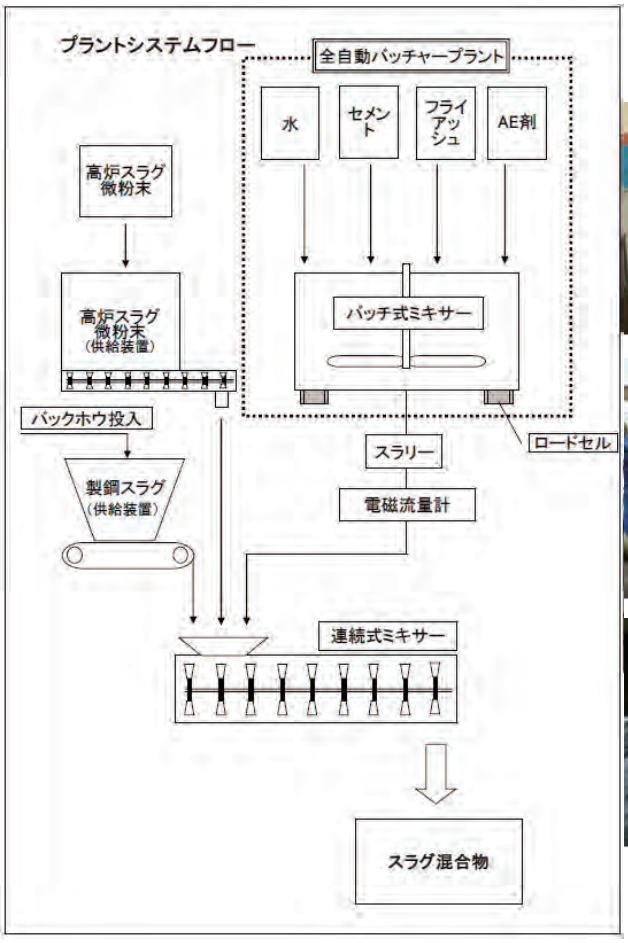
別添のカタログもご参照ください。

次頁
あり・なし

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/3）

整理 No.	１０	分類	「製鋼スラグ」	
会 社 名	株式会社　シンコー			
担 当 者	工事課長　小笠原　　陽			
連 絡 先	TEL	022-295-1708	FAX	022-295-1709
	E-mail	a.ogasawara@shinko-kenzai.com		
技術の名称	人工石材製造工			
概　要 (150 字程度)	某製鉄所内にて副次的に発生する製鋼スラグを骨材とした水和固化体を作製し、港湾工事の被覆石や捨石として利用するもの。 固化体は 300～500mm の転石状を有し、特殊プラントにて混合し、敷均し、養生、小割の工程で行う。			
技術登録等	特開 2013-170105(P2013-170105A)			
技術の概要 次頁 あり	当石材の製造工程は、セメントとフライアッシュを混練水で混合してスラリーを生成し、このスラリーと製鋼スラグ及び、高炉スラグ微粉末とを連続式ミキサーに供給し、混練・排出することにより、連続的にスラグ水和固化体を製造することを特徴とする方法である。 混合後の性状は生コンクリート状を有し、品質管理試験についても生コンクリートの試験項目を参照している。硬化後は養生期間を経て大型ブレーカー等で小割し、300～500mm の粒径で人工的な石材を作製する。 写-1　　人工石材ストック状況			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/3）

技術の概要 （つづき）	製造プラントについて下図に示す。  図-1　　プラントフロー図 機械設備は概ね二つの構成から成り立っており、スラリーを製造する全自動プラント、スラグを供給・混合する連続式プラントの組合せにより混合物を作製する。 混合物は生コンクリートの試験項目に準じており、スランプ値、空気量、一軸圧縮強度等の試験を行う。 写-1　　混合物品質管理試験

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（3/3）

技術の概要
（つづき）

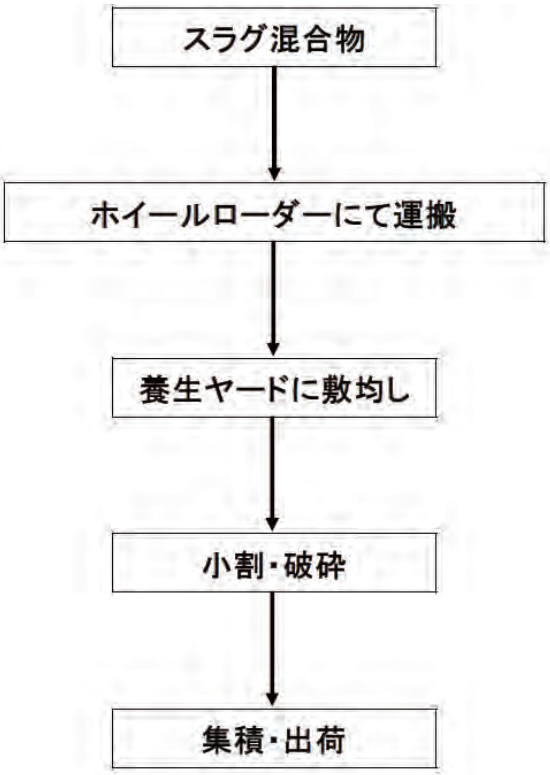


図-2　混合後の製造フロー

写-2　人工石材

混合物は一定高さに敷均し、鉄板付きバケットにて切目を入れ養生を行う。固化後は切目に添い大型ブレーカーにより一定の粒径で破砕し、集積を行う。固化体は強度試験の品質確認後、港湾工事の被覆石や捨石に利用される。

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	１１	分類	「鉄鋼スラグ」	
会 社 名	日本製鉄株式会社			
担 当 者	太田　哲郎			
連 絡 先	TEL	080-5094-9682	FAX	03-6867-3586
	E-mail	ohta.sh6.tetsuro@ jp.nipponsteel.com		
技術の名称	エコガイアストン®			
概　要 (150 字程度)	鉄鋼スラグの水硬性を活用した、サンドコンパクション工法の天然砂代替材料で、地球環境に優しく、建設コスト低減に貢献できるリサイクル材料です。			
技術登録等	（財）沿岸技術研究センターの港湾関連民間技術の確認審査・評価書認定【第 10001 号】H28 年 3 月第 1 回変更 NETIS 登録 KTK-140002-A			
技術の概要 次頁 (あり) なし				

エコガイアストン®（固結タイプ）～軟弱地盤改良用～

製鋼スラグに、高炉徐冷スラグまたは水砕スラグを質量混合比で15%～50%の範囲で混合して製造される材料で、一軸圧縮強さ（材令28日）60kN/m²以上の固結性能を有する材料です。

SCP杭の打設状況

●エコガイアストン（固結タイプ）の特長

1.天然砂よりも大きなせん断抵抗を発揮します。

エコガイアストン（固結タイプ）は、固結に伴う粘着力成分の効果により、せん断抵抗が従来の砂材料より優れるため、より経済的な改良断面とすることが可能です。設計では、この効果により見掛けのせん断抵抗角φを42°以上とすることができます。

q_u≧60kN/m²⇒設計用せん断抵抗角φ≧42°

2.コストパフォーマンスに優れています。

エコガイアストン（固結タイプ）は、従来の砂材料よりもせん断抵抗が優れることから、地盤改良幅を低減することが可能で、コスト縮減につながります。

3.地震時の残留変形を抑制可能です。

エコガイアストン（固結タイプ）は、固結に伴う粘着力成分の効果により剛性がアップし、地震時における残留変形を抑制することができます。天然の砂材料に比べ60～80%に低減できます。

また、地震時の残留変位要因でCDM（深層混合処理）工法を用いなければならない場合でも、エコガイアストン（固結タイプ）を用いればSCP工法を採用できる可能性があり、20～30%のコスト縮減が期待できます。

4.環境適合性

有害物質の溶出・含有については「土壌環境基準」、「海洋汚染防止法水底土砂基準」等の各種環境基準に適合しております。

pHについては、施工時はケーシングパイプに、施工後は地盤に覆われるため、周辺海水に影響を及ぼしません。

また、リサイクル材の利用促進により、天然資源の保護が可能となります。

技術確認審査：

固結タイプ（財）沿岸技術研究センターの港湾関連民間技術の確認審査評価書認定 【第10001号】H28年3月第1回変更

NETIS（国土交通省の新技術情報提供システム）：【登録番号KTK-140002-A】H26年6月 登録

●エコガイアストン（固結タイプ）の材料特性

項　目	エコガイアストン（固結タイプ）	比較：天然砂
粒　度	40-0mm	
湿潤単位体積重量	24±2kN/m³	18kN/m³
水中単位体積重量	16±2kN/m³	10kN/m³
設計用せん断抵抗角	≧42°*	30°～35°
一軸圧縮強さ	≧60kN/m²	—
三軸圧縮試験結果	φd=41.2°～53.6° Cd=37.2～114.9kN/m²	—
初期せん断剛性率	≧174MN/m²	115MN/m²程度

＊ 偏心傾斜荷重に対する基礎地盤の支持力照査に用いる場合は50°以上

●地盤改良効果とレベルⅡ地震時の残留変形抑制効果の試算例

必要改良幅は砂杭に対して×0.6～0.8に低減

●動的解析結果の一例

工 法	改良仕様	ケーソン天端の残留変位 (m)	
		水平	鉛直
CDM	壁式50% 改良	1.1	0.3
SCP（砂杭）	As=78.5%	2.1	0.9
SCP（エコガイアストン）	As=78.5%	1.4	0.4

地震時残留変位は砂杭に対して大幅に低減

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要
（つづき）

◎エコガイアストン®（摩擦タイプ）～砂地盤の液状化対策用～

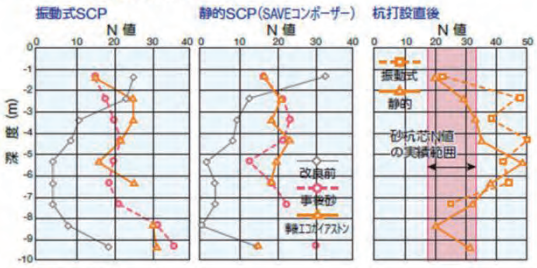
製鋼スラグ単体または、製鋼スラグに高炉徐冷スラグもしくは水砕スラグを質量混合比で50%以下の範囲で混合して製造される材料で、せん断抵抗角35°以上の材料です。

●エコガイアストン（摩擦タイプ）の特長

1. 砂材と同等の締固め特性・施工性

液状化対策としての砂地盤の締固め効果および施工能率、施工時の騒音・振動・地中変位は、従来の砂杭施工の場合と同等であることを確認しております。

砂材と同等な締固め効果が得られております。



2. 粒度構成

陸上用施工重機での施工を可能とするため、従来の港湾工事用製鋼スラグよりも細粒分を少なく管理した材料としております。

3. 膨張安定性

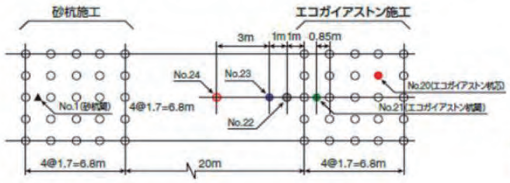
道路路盤材（JIS A 5015）と同等に品質管理された材料のため、膨張安定性を有しております。

膨張率規定：80℃水浸膨張比（10日）≦1.5%

4.環境適合性

有害物質の溶出・含有については、「土壌環境基準」、「海洋汚染防止法水底土砂基準」等の各種環境基準に適合しております。

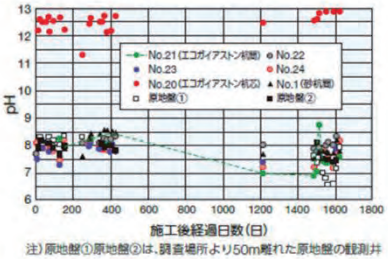
pH溶出水については、エコガイアストン杭芯のpHは高いが、杭近傍の地盤のpHは周辺地盤のpHと同等であることを確認しております。



●エコガイアストン（摩擦タイプ）施工方法

振動式締固め工法および静的締固め（SAVEコンポーザー）工法が、用途・条件に合わせて適用可能です。

地盤改良施工状況（SAVEコンポーザー）



注）原地盤①原地盤②は、調査場所より50m離れた原地盤の観測井

技術確認審査：

摩擦タイプ/（財）沿岸技術研究センターの港湾関連民間技術の確認審査・評価書認定【第10001号】H28年3月第1回変更

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	１２	分類	「鉄鋼スラグ」	
会 社 名	日本製鉄株式会社			
担 当 者	太田　哲郎			
連 絡 先	TEL	080-5094-9682	FAX	03-6867-3586
	E-mail	ohta.sh6.tetsuro@ jp.nipponsteel.com		
技術の名称	ジオタイザー®			
概　要 (150 字程度)	ジオタイザー®は製鋼スラグを原料とする石灰系粒度調整材です。陸域における軟弱土（建設残土、農地土などの泥土）に混合して利用可能な土に改良することができます。従来の改良材（セメントや石灰など）に比べて粉塵が少なく、また安価なため工事費の縮減が可能です。改良土は転圧性に優れ、また過度に固化せず再掘削性を有しています。			
技術登録等	NETIS 登録 KT-1500410-A 建技審証第 1305 号（カルスピン工法）			
技術の概要 次頁 (あり)・なし				

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要 （つづき）	

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/3）

整理 No.	１３	分類	「非鉄スラグ」
会 社 名	大平洋金属株式会社		
担 当 者	営業部 営業二課　中田 晋司、齊藤 一也		
連 絡 先	TEL	0178-47-7165	FAX　0178-22-7350
	E-mail	s-nakata@pacific-metals.co.jp k-saitou@pacific-metals.co.jp	
技術の名称	コンクリートがらとフェロニッケルスラグの混合による再資源化		
概　要 (150 字程度)	大平洋金属㈱で生産されるフェロニッケルスラグと、コンクリートがらを混合破砕し、必要に応じて篩い分けや粒度調整を行う事で路盤材や土木資材として有効利用が可能となる。		
技術登録等	なし		

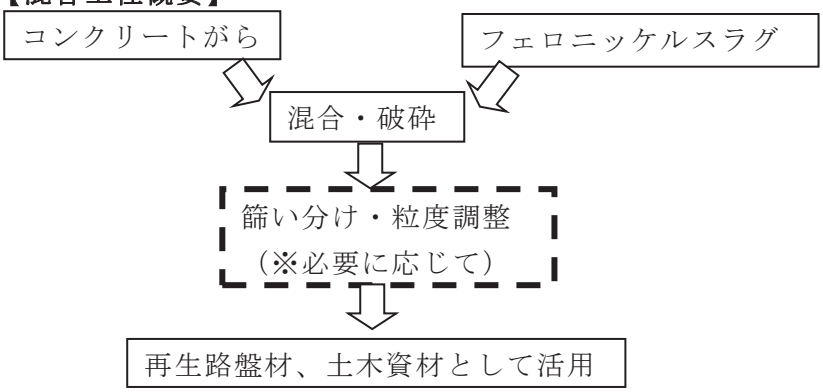
技術の概要

【技術の概要と特徴】

・フェロニッケル製錬で副産物として生産されるフェロニッケルスラグは、高温溶融したスラグを大気冷却後破砕・整粒し品質管理されている事から、環境安全性が高く、粒度や性状にバラつきが少ない。

・フェロニッケルスラグとコンクリートがらを混合破砕し、必要に応じ篩分けや粒度調整を行う事で、コンクリートがらを使用した路盤材、土木用資材の不足粒度の補う事が出来る。

【混合工程概要】



【フェロニッケルスラグの環境安全性】

・環境安全性について、土壌汚染対策法で定められている溶出基準や含有基準を十分に満足している。

次頁あり

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/3）

技術の概要
（つづき）

「環境省告示第 18 号(溶出)、19 号(含有)試験」(平成 30 年 3 月試験値)

項　目	溶出量(mg/L)		含有量(mg/kg)	
	基準値	測定値	基準値	測定値
カドミウム	0.01 以下	0.001 未満	150 以下	15 未満
六価クロム	0.05 以下	0.02 未満	250 以下	25 未満
総水銀	0.0005 以下	0.0005 未満	15 以下	1.5 未満
セレン	0.01 以下	0.005 未満	150 以下	15 未満
鉛	0.01 以下	0.005 未満	150 以下	15 未満
砒素	0.01 以下	0.005 未満	150 以下	15 未満
フッ素	0.8 以下	0.1 未満	4,000 以下	400 未満
ホウ素	1 以下	0.1 未満	4,000 以下	400 未満

【フェロニッケルスラグ各サイズの主な試験値】

項目/サイズ	-5 ㎜	0-20 ㎜	0-40 ㎜
主要粒度	0-5 ㎜	0-20 ㎜	0-40 ㎜
最大水浸膨張比(%)	—	0.022	0.000
最大乾燥密度（g/cm3）	2.339	2.385	2.402
最適含水比(%)	7.294	5.21	5.13
修正ＣＢＲ	71	112.8	128.6

(平成 30 年 4 月試験値)

【利用先・使用実績等】

・フェロニッケルスラグは凍上抑制効果が高く、単独使用が可能で、青森県では各種道路の路床材、下層路盤材や土地造成用の土木資材等に使用され、公共工事への使用実績も多数ある。

・県外では、宮城県や岩手県で主に 5 ㎜以下、0-40 ㎜の使用実績が有り、締固めが良いとの評価を得ており、仮設道路や土木資材全般に使用頂いている。

・青森県内ではコンクリートがらと混合破砕し、RC-40 としても使用されている。

次頁あり

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（3/3）

技術の概要 （つづき）	**【宮城県での土地造成利用例】** **【下層路盤材の利用例】** ※フェロニッケルスラグの「化学成分試験値」、土壌汚染に係る環境基準「環境省告示第 18 号試験（溶出量試験）」「環境省庁告示 19 号試験（含有量試験）」の各試験結果や「骨材試験成績表」及びカタログ等が必要な際はご請求下さい。 別紙「フェロニッケルスラグのご紹介」をご参照願います。

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/3）

整理 No.	１４	分類	「非鉄スラグ」
会 社 名	大平洋金属株式会社		
担 当 者	営業部 営業二課　中田 晋司、齊藤 一也		
連 絡 先	TEL	0178-47-7165	FAX　0178-22-7350
	E-mail	s-nakata@pacific-metals.co.jp k-saitou@pacific-metals.co.jp	
技術の名称	天然砂とフェロニッケルスラグの混合による地盤改良材		
概　要 (150 字程度)	フェロニッケルスラグ(製品名：フェロニッケルスラグ 5 ㎜以下)と天然砂(山砂)を混合し粒度調整することで、地盤改良材として安定した特性を持ち、資材不足の改善につながる。		
技術登録等	なし		

技術の概要

【技術の概要と特徴】

・フェロニッケルスラグ 5 ㎜以下と天然砂(山砂)を混合し粒度調整することで、環境安全性が高く、かつ所定の特性を持つ地盤改良材として利用出来る事から、単体では使用出来なかったサイズの山砂等が使用可能となり、資材不足の改善につながる。

【混合装置写真】

①全体

②投入口

③混合用トロンメル

④搬出口

次頁あり

技術の概要
（つづき）

【フェロニッケルスラグ 5 ㎜以下の環境安全性】

・環境安全性については、土壌汚染対策法で定められている溶出基準や含有基準を十分に満足している。

「環境省告示第 18 号(溶出)、19 号(含有)試験」(平成 30 年 3 月試験値)

項　目	溶出量(㎎/L)		含有量(㎎/kg)	
	基準値	測定値	基準値	測定値
カドミウム	0.01 以下	0.001 未満	150 以下	15 未満
六価クロム	0.05 以下	0.02 未満	250 以下	25 未満
総水銀	0.0005 以下	0.0005 未満	15 以下	1.5 未満
セレン	0.01 以下	0.005 未満	150 以下	15 未満
鉛	0.01 以下	0.005 未満	150 以下	15 未満
砒素	0.01 以下	0.005 未満	150 以下	15 未満
フッ素	0.8 以下	0.1 未満	4,000 以下	400 未満
ホウ素	1 以下	0.1 未満	4,000 以下	400 未満

【天然砂とフェロニッケルスラグ 5 ㎜以下 混合比 1：2 の品質特性】

「物性とｐH」

・水硬性がなく、ｐH も中性である。

最大乾燥密度 (dmax/cm3)	最適含水比 (%)	水硬性	平均ｐH
1.988	12.4	なし	6.8

「粒度分布」

・地盤材料の分類は「細粒分まじり礫質砂(SG-F)」となる。

中礫分 (%)	細礫分 (%)	粗砂分 (%)	中砂分 (%)	細砂分 (%)	シルト・粘土分(%)
19.3	15.3	17.7	32.2	7.6	7.9

「三軸圧縮試験」

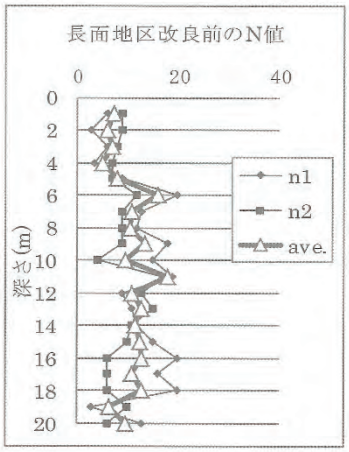
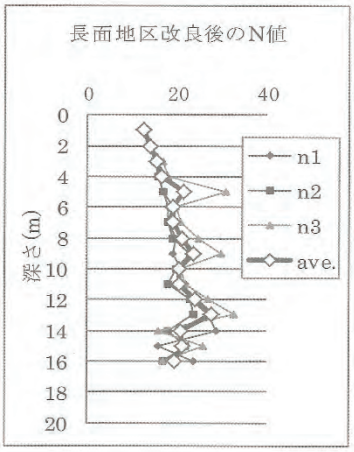
・内部摩擦角が 30°以上と大きく、地盤改良に効果がある。

項　目	粘着力 (kN/㎡)	内部摩擦角 (Φcd)
目標値	―	30.0 以上
混合砂	46.4	34.4

＊試験方法：CD 三軸試験

次頁あり

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　(3/3)

技術の概要 （つづき）	「サンドコンパクション工法施工後の N 値」 ・改良前と改良後で N 値は上昇しており、地盤改良効果がある。   **【混合砂の評価】** ・天然砂（山砂）とフェロニッケルスラグ 5 ㎜以下との混合による粒度調整により、環境安全性が高く、かつ所定の土質特性を持つ材料となる。 ・サンドコンパクション工法の資材として利用出来ると共に、単体では使用出来ないサイズの天然砂が利用出来るようになる事から、資材不足の改善につながる。 ※フェロニッケルスラグの「化学成分試験値」、土壌汚染に係る環境基準「環境省告示第 18 号試験（溶出量試験）」「環境省庁告示 19 号試験（含有量試験）」の各試験結果や「骨材試験成績表」及びカタログ等が必要な際はご請求下さい。 別紙「フェロニッケルスラグのご紹介」をご参照願います。

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/3）

整理 No.	１５	分類	「その他スラグ」（溶融スラグ）
会 社 名	JFE エンジニアリング株式会社		
担 当 者	環境プラント事業部 福島再生プロジェクトチーム 田邉（窓口）		
連 絡 先	TEL	045-505-7372	FAX 045-505-8989
	E-mail	tanabe-tatsuki@jfe-eng.co.jp	
技術の名称	ガス導管埋め戻し適用試験結果と実用化		
概　要 (150 字程度)	溶融スラグをガス導管用埋め戻し適用可否を評価するため、 ラボ試験と実管を用いたフィールド試験を実施し、天然砂と同等の特性を有しており、埋め戻し材として使用できるとの評価を得られた		
技術登録等	－		

技術の概要

１）埋め戻し材として求められる特性（条件）

・有害な成分が溶出しないこと
・良く締め固めること
・管の下部に隙間がないこと
・車両通行により著しく沈下しないこと
・再掘削可能かつ崩れないこと
・塗覆装に著しい傷をつけないこと
・電気防食の電流を著しく阻害をしないこと

２）物性試験結果（ラボ試験）

溶出試験結果

測定項目	単位	測定値	測定項目	単位	測定値
pH		7.8	Kイオン	mg/L	4.4
電気伝導度	mS/m	17	Caイオン	mg/L	22
酸化還元電位	mV	+305	Mgイオン	mg/L	1.8
塩素イオン	mg/L	3.1	Naイオン	mg/L	12
硫酸イオン	mg/L	10	有害元素		基準値未満

次頁
あり

技術の概要
（つづき）

3）フィールド試験結果

＜土木材料としての評価試験＞

① 締固め試験

測定項目	単位	溶融スラグ1	溶融スラグ2	溶融スラグ3	砕砂
含水率	%	25	23	22	15
湿潤密度	g/cm2	2.082	2.135	2.083	1.835
乾燥密度	g/cm2	2.03	2.088	2.038	1.807
貫入試験	回/10cm	18	20	14	19
平板載荷	kN/m2	362	334	328	272
地盤反力	kN/m2	145	153	131	109
推定CBR	%	18	19	12	9

② 沈下状況

10トンダンプ走行回数	累計沈下量(mm)			
	溶融スラグ1	溶融スラグ2	溶融スラグ3	砕砂
100	5.5	4.5	5.0	4.5
200	6.5	5.5	7.0	5.5
300	8.5	6.5	9.5	6.5
500	8.5	8.5	11.0	9.0
800	10.5	10.5	14.5	12.5
1000	11.0	10.5	14.5	12.5

③ 再掘削性

○作業員１名の人力掘削能率

溶融スラグ：51～66L/分

砕砂　　：54L/分

○自立性

溶融スラグ　：　90 度

砕砂　　：　90 度

技術の概要（つづき）

＜保護砂としての評価試験＞

④ 管下充填性

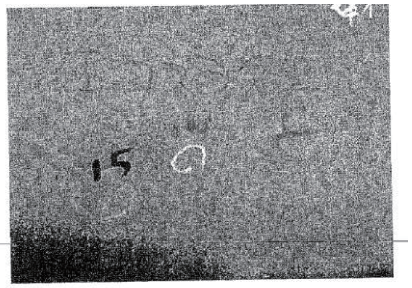
溶融スラグ、砕砂とも良好であった。

⑤ 土壌抵抗値測定

測定タイミング	土壌抵抗率（Ω・cm）			
	溶融スラグ 1	溶融スラグ 2	溶融スラグ 3	砕砂
初期	6,600	5,700	5,400	12,900
1週間後	5,600	3,900	3,800	1,400

⑥ 塗覆装の傷状況

○溶融スラグ、砕砂とも目視調査による軽微な傷は見られた。
○ピンホール検査・絶縁抵抗値は良好であった。



○試験では深い傷は無かったが、10mmを超える粒径の溶融スラグによる傷は深くなる可能性がある。

4）まとめ

溶融スラグは物質試験、フィールド試験とも良好な特性を示し、ガス導管用埋め戻し材として使用可能であると判断

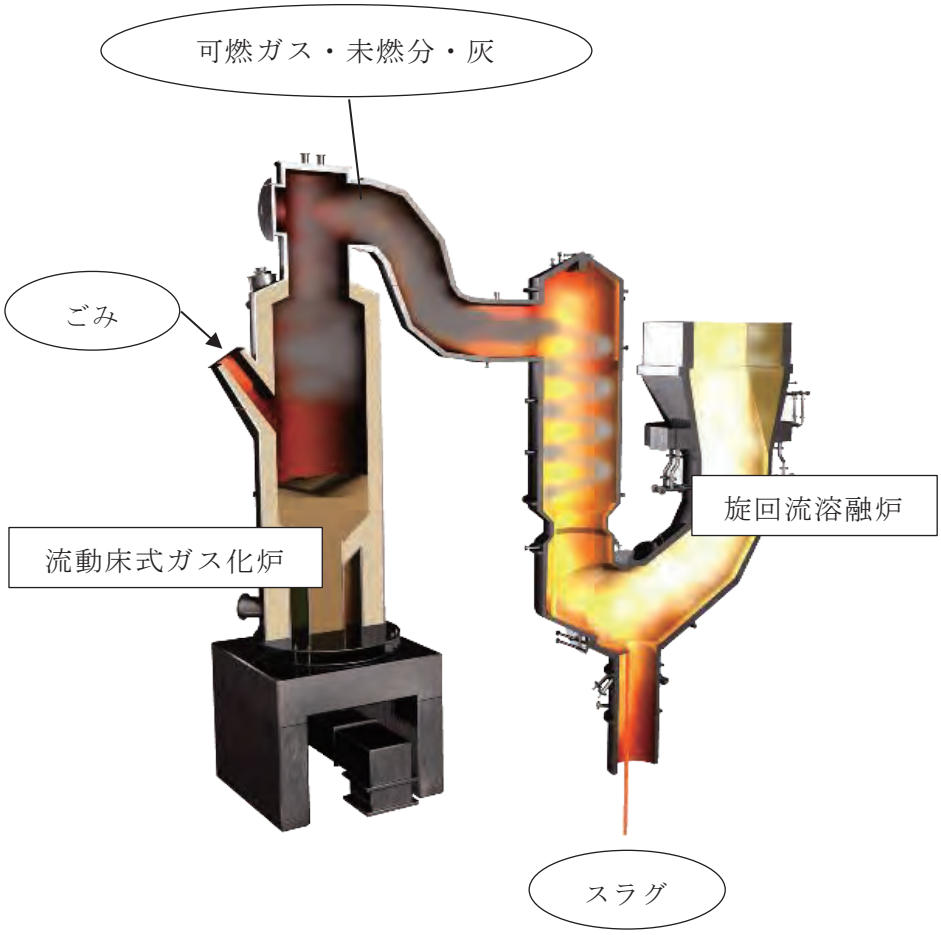
5）溶融スラグの使用状況

①倉敷市道アスファルト合材への適用　（2007 年）
②岡山県道アスファルト合材への適用
③倉敷市環境リサイクル極下水道部での保護砂への適用
　08 年 12 月より合併浄化槽へも適用
④岡山ガス㈱様 倉敷営業所管内ガス管保護砂へ適用（2009 年）
⑤水島エルエヌジー㈱様 土壌改良工事への適用（2007 年）

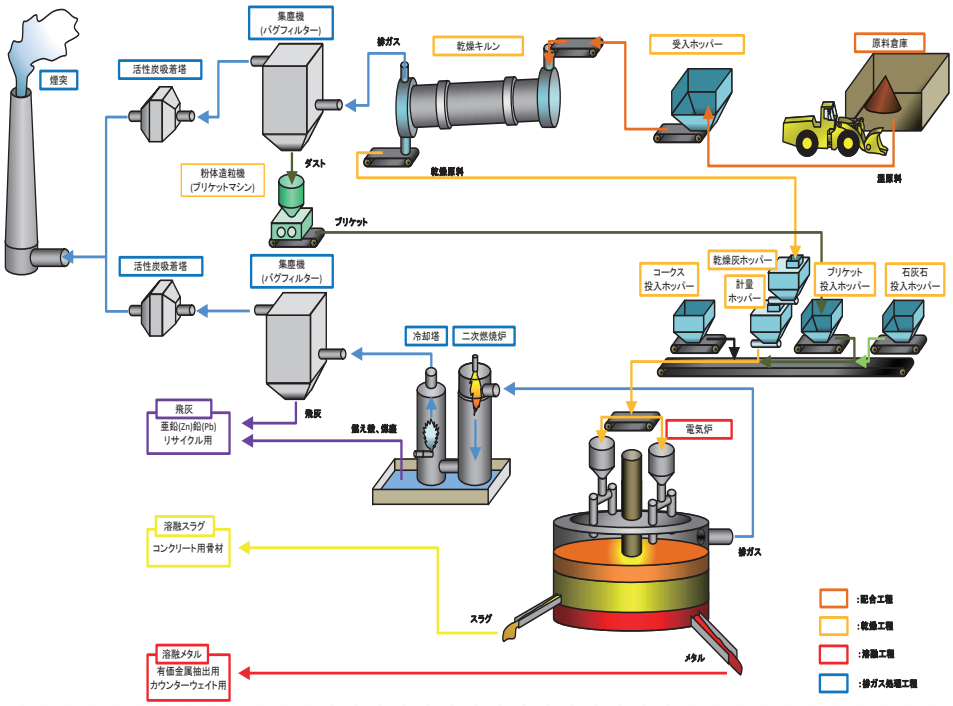
資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	１６	分類	その他（溶融スラグ）
会 社 名	株式会社神鋼環境ソリューション		
担 当 者	環境プラント技術本部 SPC 管理室長　薗田　雅志		
連 絡 先	TEL	078-261-7061	FAX　078-261-2166
	E-mail	m.sonoda@kobelco-eco.co.jp	
技術の名称	溶融スラグ細骨材		
概　要（150 字程度）	家庭ごみなどの一般廃棄物を流動床式ガス化溶融炉で溶融処理する際に、副産物として溶融スラグが発生する。この溶融スラグを磨砕・分級等の処理により骨材化し、JIS A 5031、JIS A 5032 に規定される品質を満足することが確認されたものは、コンクリート二次製品用、道路用の溶融スラグ細骨材として有効利用が可能である。		
技術登録等	－		
技術の概要 次頁 あり・~~なし~~	流動床式ガス化溶融炉は、流動床式ガス化炉と旋回流溶融炉で構成される。まず、流動床式ガス化炉でごみを可燃性ガス、未燃分および灰に熱分解する。これらは旋回流溶融炉に供給され、そこへ燃焼空気が供給されることにより、可燃ガス、未燃分が完全燃焼して 1,200℃以上の高温となる。灰はこの高温により溶融されスラグとなって炉の下部にある出滓口から連続的に出滓される。出滓したスラグはスラグ冷却水槽へ直接落下させ急冷固化し、磨砕・分級処理により骨材化する。 骨材化されたスラグは、JIS A 5031 及び JIS A 5032 に規定されたロット管理、サンプリング及び分析を行い、JIS A 5031 の MS5、JIS A 5032 の FM-2.5 の規格を満足するものを出荷する。 なお、流動床式ガス化溶融炉は、ごみが保有するエネルギーを利用した自己熱溶融方式であり、溶融のための電気や燃料などの外部エネルギーが不要で、生成される溶融スラグは環境にやさしい土木資材と言える。 東北地方では、①仙南クリーンセンター（宮城県仙南地域広域行政事務組合殿から運営委託、ごみ処理能力 200t/日、スラグ生産量平均約 12t/日）、②エネルギー回収施設（川口）（山形県山形広域環境事務組合殿から運営委託、スラグ生産量平均約 5t/日）の 2 施設が稼働中。		

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要 （つづき）	 流動床式ガス化溶融炉概要

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	１７	分類	「その他」(徐冷スラグ)	
会 社 名	還元溶融研究会（大平洋金属株式会社）			
担 当 者	環境事業部 焼却灰溶融課　杉山　晋			
連 絡 先	TEL	0178-47-7251	FAX	0178-47-7255
	E-mail	n-sugiyama@pacific-metals.co.jp		
技術の名称	溶融スラグ細骨材(MS-5)			
概　要 (150 字程度)	青森県八戸市の臨海工業地帯値位置し、60,000~80,000kVA の大型電気炉 3 炉を有するフェロニッケルメーカーであるが、その技術を応用し直流式電気抵抗炉により県内外の一般廃棄物及び産業廃棄物、県内で大量に発生するホタテ貝殻を受託、溶融し、溶融スラグ製品を製造するリサイクル事業に取り組んでいる。			
技術登録等				
技術の概要 次頁 あり・~~なし~~	『溶融スラグ細骨材(MS-5)』は図 1 の様な直流式電気抵抗炉により焼却灰を 1400℃以上の高温で溶融し、重金属類を溶融メタルへと還元した他の溶融スラグを細骨材とした物である。『溶融スラグ細骨材(MS-5)』は下記の表 1~3 に示す青森県リサイクル製品認定基準に準拠し、品質・環境安全性を確保した上でコンクリート二次製品用に使用されている。  図 1．焼却灰・ホタテ貝殻リサイクル施設　工程図			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要
（つづき）

表 1. 化学法試験結果

項目	分析結果	基準値
全硫黄　(%)	0.27	≦2
三酸化硫黄　(%)	0.04	≦0.5
塩化ナトリウム　(%)	0.0027	≦0.04
酸化カルシウム　(%)	23.53	≦45
金属鉄　(%)	0.36	≦1
アルカリシリカ減少量(Rc)　(mmol/l)	17	判定:Rc>Sc となり無害
溶解シリカ量(Sc)　(mmol/l)	12	

表 2. 環境安全品質

項目	溶出量(mg/L)		含有量(mg/kg)	
	分析結果	基準値	分析結果	基準値
Cd	0.001	≦0.01	15	≦150
Pb	0.002	≦0.01	15	≦150
Cr^{6+}	0.005	≦0.05	25	≦250
As	0.001	≦0.01	15	≦150
T-Hg	0.00005	≦0.005	1.5	≦15
Se	0.001	≦0.01	15	≦150
F	0.1	≦0.8	402	≦4000
B	0.1	≦1	400	≦4000

表 3. 各種物性試験結果

試験項目	試験値	規格
膨張性(%)	-1.9	≦2
安定性(%)	3.3	≦10
粒径判定実積率(%)	53.3	≧53
絶乾密度(g/cm^3)	2.96	≧2.5
吸水率(%)	0.48	≦3.0
微粒分量(%)	0.6	≦7.0

製造実績：2012～2017 年度平均実績　年間～7,000 トン

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	１８	分類	「その他」(徐冷スラグ)	
会 社 名	還元溶融研究会（中央電気工業株式会社）			
担 当 者	EM 管理部担当部長　兼　EM 技術課長　菊野孝則			
連 絡 先	TEL	0299-84-3407	FAX	0299-85-3071
	E-mail	t_kikuno@nippondenko.co.jp		
技術の名称	エコラロック			
概　要 (150 字程度)	従来は下層路盤材の原料として天然資源であるクラッシャーランを使用しており、資源の枯渇という課題がありましたが、廃棄物の溶融スラグを代用することで、経済性の向上及び環境負荷の低減を図ることが出来ます。			
技術登録等	NETIS 登録　ＫＴ－１８００２１－Ａ（登録番号）			
技術の概要 次頁 あり・~~なし~~	下層路盤材の原料として建設資材であるクラッシャーランから廃棄物を原料とする溶融スラグに変更したことにより、経済性の向上（コスト約 48%縮減）や最終処分場延命に伴う環境負荷低減を図ることができます。また、エコラロックは吸水率 0.72%と低く、水硬性を有していないことも特徴の一つであり、排水性が必要とされる場所への使用に適しています。修正 CBR は 118%で基準値 30%以上を満足しています。ふるい通過率は 37.5mm : 100%、19mm : 74.4%、4.75mm : 28.6%、2.36mm : 15.1%でクラッシャーラン溶融スラグの基準を満足しています。表乾密度は基準 2.45g/cm3 に対し実績 2.87g/cm3、吸水率は基準 3%に対し、実績 0.72%となっています。土壌環境基準に基づく溶出量試験や含有量試験も基準を満足しており、環境安全性に優れています。ダイオキシン類の毒性当量は 0.16pg/-TEQ/L 以下で、基準値 10pg-TEQ/L 以下を満足しています。 製造実績：2012～2017 年度平均実績　年間～45,000 トン			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

エコラロックの特徴

Q1. エコラロックは環境安全上、使用しても大丈夫ですか？

A1. エコラロックはとても環境安全性の高い材質です。

当社の溶融炉では1,500℃以上の還元雰囲気下で焼却灰を溶融することが出来ますので、焼却灰に含まれる低沸点の重金属類（Zn,Pb,Cd等）は、溶融飛灰へ濃縮されると共に、ダイオキシン類や環境ホルモンは高温熱分解されます。その結果、エコラロックに残留する有害物質は極めて少なく、環境に対して極めて安全なリサイクル資材を社会へ提供することが出来ます。また、我が国の厳しい土壌環境基準に基づき、安全に品質管理しています。

Q2. エコラロックの品質はどのようなものですか？

A2. エコラロックは天然石に勝るとも劣ることのない良質な石材です。

エコラロックは天然石と類似した物性と化学組成を示し、形状は大塊になります。この大塊は販売用途に応じて、粒度調整を行います。

素材	圧縮強度 (N/mm²)	吸水率 (%)	絶乾密度 (g/cm³)
エコラロック	153	0.44	2.79
天然石 (JIS A 5003)	≧49	≦5	2.5～2.7

種類	化学組成								
	SiO_2	Al_2O_3	FeO	CaO	MgO	Na_2O	SO_3	P_2O_5	Other
エコラロック	34.5	12.7	5.8	31.7	2.9	2.7	2.0	2.1	5.6

Q3. エコラロックの製造方法は？

A3. 製造方法には徐冷式と急冷式があり、当社は徐冷式を採用しています。

電気炉で溶融して形成されたエコラロックは、ドライピットと呼ばれる屋外冷却場へ流し込まれ、約12時間かけて大気中でゆっくり冷却されます。ゆっくり冷却することでエコラロックの結晶配列は規則正しくなりますので、天然石並みの強度を得ることが出来ます。この方法は、火山活動によってマグマから天然石が生成される過程をヒントにしたものです。

Q4. エコラロックは現在どのようなところで使用されていますか？

A4. 現在、一番多量に使用されているのは駐車場等の敷均し材です。

エコラロックは日本工業規格の道路用溶融スラグ（JIS A 5032）に準拠して品質管理しています。また、敷均し材以外にも路盤材としても注目されています。

エコラロック

敷均し材

路盤材

Q5. エコラロックを使用した土地は、土壌汚染対策法上問題はないですか？

A5. 土壌汚染対策法上の問題はありません。

この法律の趣旨は「有害物質を取り扱っていた工場、事業所が土壌汚染の有無を不明なまま放置し、その後、住宅や公園への土地利用に供

されることによって、人への健康被害が生じることを防ぐ」ことを目的としています。エコラロックは土壌環境基準に基づく溶出量試験と含有量試

験に合格した環境配慮型の石材ですので、敷地内でエコラロックを使用しても土壌の汚染はありません。

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/1）

整理 No.	１９	分類	「その他」(徐冷スラグ)	
会 社 名	還元溶融研究会(中部リサイクル株式会社)			
担 当 者	大河内宝(中部リサイクル株式会社)			
連 絡 先	TEL	052-611-1511	FAX	052-614-0716
	E-mail	t.okochi@chubu-recycle.co.jp		
技術の名称	軟弱地盤上の盛土基盤面の構築(軟弱地盤対策工)			
概　要 (150 字程度)	軟弱地盤上に盛土を行う場合、適切に工事を実施しないと軟弱地盤上の盛土構造物に滑りの発生などが懸念される。また、運搬車両および施工重機類のトラヒィカビリティを確保する必要がある。このような施工条件の場合に、溶融還元石(徐冷スラグ)を粗割りした石材(300～0mm)を軟弱地盤上に敷設して施工基盤を構築する工法である。			
技術登録等	あいくる材 27)再生割ぐり石			
技術の概要 次頁 ~~あり~~・なし	軟弱地盤上に粗割りした溶融還元石を敷設すると、石材のかみ合わせにより強度が発揮される。以下の写真参照。 盛土施工時のすべり発生の監視を行った事例では、側方流動は確認されず、極めて良好な状況で盛土を完成させることができた。[1)] 写真　上：溶融還元石の敷設状況　下：敷設面の状況 **参考文献** 1) (一社)日本産業機械工業会　エコスラグ利用普及委員会：2017 年度版　エコスラグ有効利用の現状とデータ集、pp.87-89、2018 年 5 月 製造実績：2012～2016 年度平均実績　年間～17,000 トン			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　(1/1)

整理 No.	２０	分類	「その他」(徐冷スラグ)	
会 社 名	還元溶融研究会（メルテック株式会社）			
担 当 者	技術・品質管理課長　小島久典			
連 絡 先	TEL	0285-49-1080	FAX	0285-49-1084
	E-mail	kojima.h@meltec-ltd.co.jp		
技術の名称	還元溶融			
概　要 (150 字程度)	焼却灰を溶融処理することにより無害化し、溶融スラグを徐冷することで結晶化が進み天然石と同等の物性となる。道路用下層路盤材や整地材などの資材として利用でき、天然資源の保全、循環型社会の構築に貢献している。			
技術登録等	とちの環（わ）エコ製品（栃木県リサイクル製品認定）認定番号 28-007			
技術の概要	焼却灰をコークスベッド式縦型炉の還元雰囲気下で溶融処理することで、塩化揮発が促進され鉛などの重金属類のほとんどは、排ガス側へ揮発し、安全な溶融スラグが生産される。また、溶融スラグを冷却容器内でゆっくりと時間を掛けて徐冷することで、結晶化が進み天然石（安山岩、玄武岩）と同等の物性となる。生産した溶融スラグ（商品名：「メルエース」）は、JIS A 5032 などに規定される安全性基準（重金属溶出値など）や物性基準（表乾密度など）を充分に満足しており、道路用下層路盤材や整地材などの建設資材として利用される。 また、焼却灰中に微量に含まれる貴金属（Au、Ag、Cu、Pt、Pd ）は溶融スラグよりも密度が高いため、冷却用容器の底面に沈降して溶融スラグと分離し、冷却後に磁力選別機で回収する。冷却中に時間を掛けて分離できるため、貴金属の回収率が高く、濃度も高品位となる。 製造実績：2012～2016 年度平均実績　年間～20,000 トン			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	２１	分類	「ペーパースラッジ」
会 社 名	西松建設株式会社		
担 当 者	技術研究所　土木技術グループ地盤チーム　岩谷　隆文		
連 絡 先	TEL	03-3502-0279	FAX　03-3502-0279
	E-mail	takafumi_iwatani@nishimatsu.co.jp	
技術の名称	ペーパースラッジを混和材としたソイルセメント地中連続工法		
概　要 (150 字程度)	製紙工場から排出されるペーパースラッジ（PS）を地中連続壁工法のソイルセメントに混和材として適用することで，ソイルセメントのワーカビリティー，材料分離抵抗性，芯材挿入性の向上及び発生残土の減容化を目的とした技術開発を行っている。		
技術登録等	開発中		
技術の概要 次頁 (あり)・なし	製紙工場より排出される産業副産物である PS には，微細な繊維（PS 繊維）とリグニンと呼ばれるコンクリートの混和材・減水剤に使用される成分などが含まれている。そのため，地中連続壁工法のソイルセメントに混和材として PS を添加することにより，連行空気と呼ばれる微細な空気が含まれ，この微細空気と PS 繊維により以下のような効果が期待できる。 ➢ ワーカビリティーの向上 ➢ 材料分離抵抗性の向上 ➢ 芯材の挿入性向上 ➢ 発生残土の減容化 （1）ワーカビリティーの向上 ソイルセメントに PS を添加することで，ソイルセメントのワーカビリティーが向上し，単位水量を低減させても同等のワーカビリティ（フロー値）を得ることが可能となる（表-1）。 （2）材料分離性の向上，芯材の挿入性向上 PS を添加・混合することしたソイルセメントには，微細空気が約 15%程度含まれる（図-1）。この微細空気と PS 繊維により，ソイルセメントの材料分離抵抗性が向上する。また，微細空気のベアリング効果により芯材の挿入性が向上する。		

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要（つづき）

（3）排土の減容化

PS を添加したソイルセメントは，約 15%の空気量を含むため，ソイルセメントに消泡剤（例;Award 工法に使用している「アデカネート B-556」）を添加（希釈倍率 10 倍，添加量ソイルセメントの 1%重量比）することで，空気は消泡する。この原理を用いて，PS ソイルセメント残土に消泡剤を添加することで，約 10～15%程度の減容化が可能となる（図-2）。また，ソイルセメント内のベアリング効果がなくなるため，フロー値が低減する（図-2）。

表-1　PS 添加による配合例

NO.		試料土（kg）（1m³あたり）			削孔液（kg）					フレッシュ性状
		砂混じりシルト及び砂質土	硅砂	砂水	W/C	セメント	ベントナイト	PS	水	フロー値
①	C1	硅砂 5 号（飽和地盤）（含水比 11.2%）	1,667	186	90	280	10	0	252	189
②	C2				61			10	171	183
③	C3				60.7			15	170	181

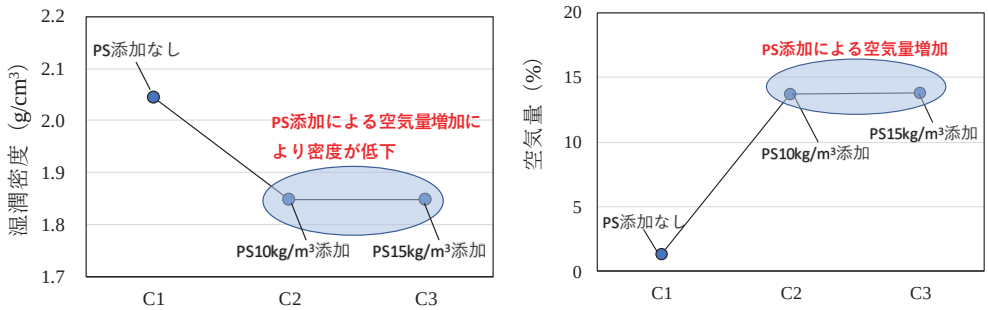


図-1 ソイルセメントの湿潤密度と空気量

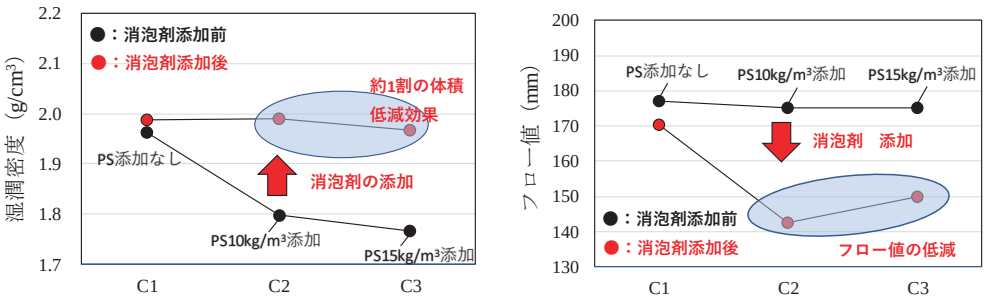


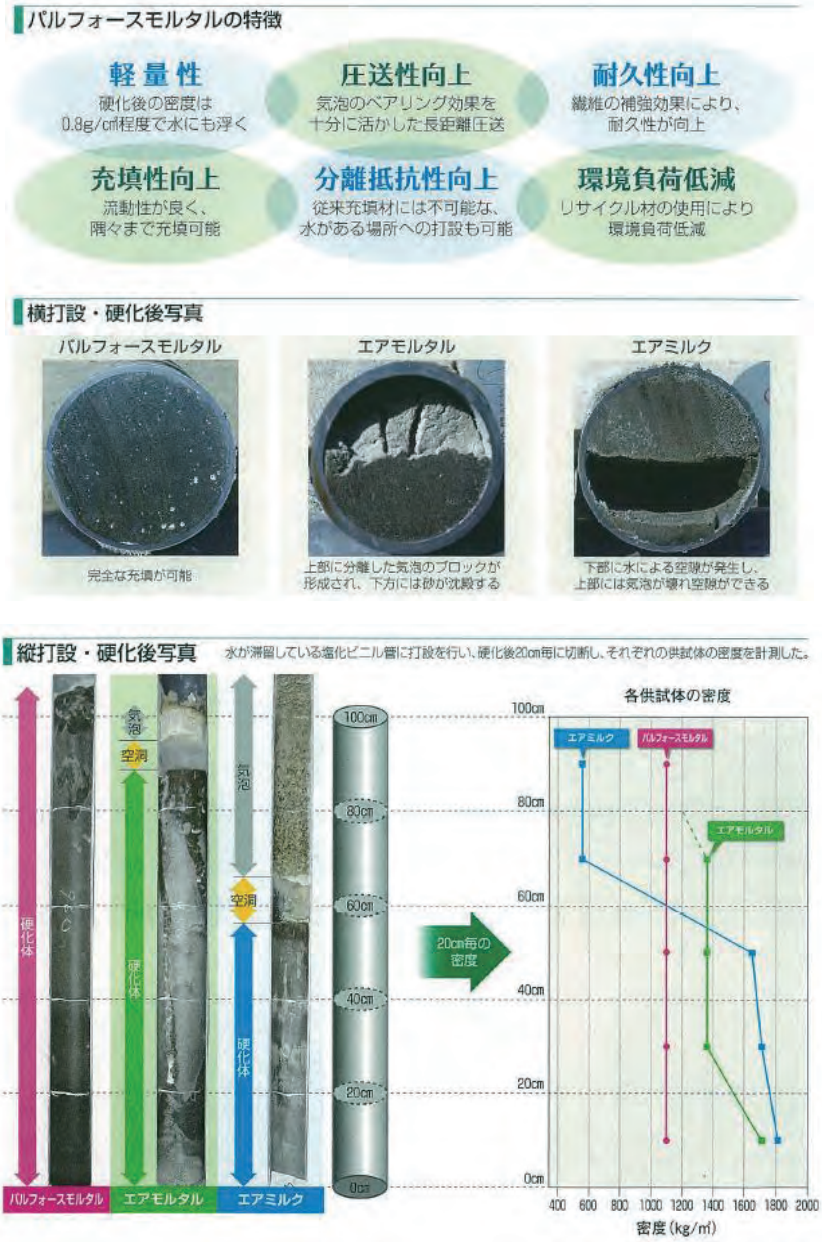
図-2 消泡剤を添加したソイルセメントの湿潤密度とフロー値

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/4）

整理 No.	２２	分類	「ペーパースラッジ」	
会 社 名	沼田建設株式会社			
担 当 者	推進工法部工事課長　阿部　美記男			
連 絡 先	TEL	0233-22-6811	FAX	0233-22-9734
	E-mail	abe.m@numaken.co.jp		
技術の名称	パルフォースモルタル工法			
概　要 (150 字程度)	気泡モルタルにリサイクル繊維物質（パルフォース）を配合することにより材料分離抵抗性の向上を図った。材料分離抵抗性により、ポンプ圧送時の安定性、長距離または狭い空間への充填性、水に対しての分離低減が可能になった。			
技術登録等	TH-040015-A			
技術の概要 次頁 (あり)・なし	製紙会社より排出される産業副産物であるペーパースレッジを加工したリサイクル繊維質物質（パルフォース）をセメント、水、起泡剤にパルフォース（リサイクル繊維質混和材）を配合した気泡モルタルで、耐久性、分離抵抗性に優れている。また建設汚泥や焼却灰なども材料として容易に配合する事ができるので、廃棄物を資源としてリサイクルすることにより環境負荷を低減します。 主として隙間内空充填材として用いる。具体例として既設管残置の為の閉塞充填、パイプインパイプ方式の中込材、道路・水路トンネルの裏込め充填材、防空壕や亜炭坑などの埋め戻し充填、法面軽量盛土など。 また、パルフォース（リサイクル繊維質物質）の効果により、分離抵抗性が向上した為、滞留水のある場所、長距離圧送や急激落下の伴う上下注入等でも安定した施工が可能。 硬化後は繊維補助効果により粘り強く、乾湿劣化や凍結融解といった耐久性に優れている。 パルフォースの 9 割以上が産業副産物で出来ていること、またその特性を利用した応用配合により、地域において困っている焼却灰などの産業廃棄物を材料として利用することにより地産地消のリサイクルに繋がる。			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/4）

技術の概要
（つづき）



（1m³ 当り）

配合	ﾊﾟﾙﾌｫｰｽ	セメント	水	セルボール	ﾊﾟﾙﾌｫｰﾑ	空気量	湿潤密度	フロー値	圧縮強度
	kg	kg	kg	kg	kg	%	g/cm³	mm	N/mm²
配合①	80.0	540	380	2.1	1.1	36.8	1.02	200±20	1.0以上
配合②	60.0	560	367	2.2	1.1	38.7	1.01	220±20	1.0以上
配合③	40.0	580	360	2.3	1.1	40.0(40.1)	1.00	230±20	1.0以上
配合④	40.0	400	259	3.2	—	55.5	0.73	200±20	0.5以上

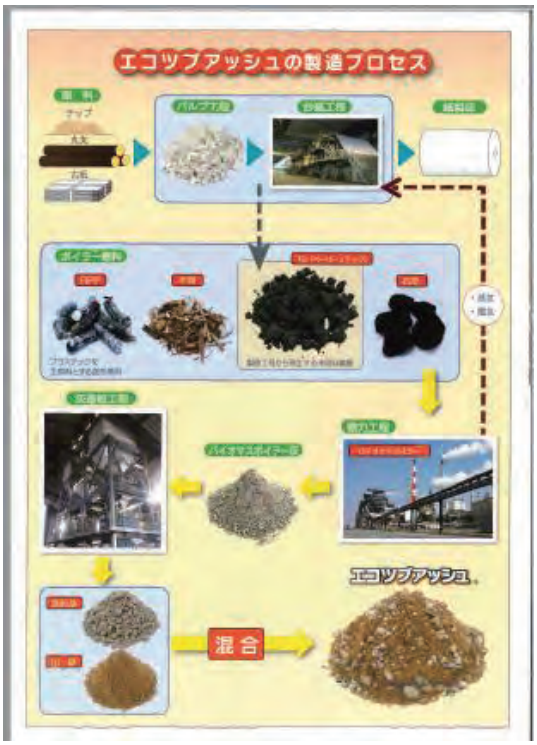
資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（3/4）

技術の概要 （つづき）	 拡大写真 品質特性 ○ 外　観：灰褐色粒状 ○ 真比重：2.00 ～ 2.20 ○ 臭　気：特有臭 ○ Ｐ　Ｈ：水溶液はアルカリ性を示す ○ 荷　姿：20kg／500kg フレコンパック フレッシュモルタル 硬化後 0.8 g /cm3

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（4/4）

技術の概要 （つづき）	 床下充填施工写真 残置管充填施工写真 「カタログをご請求ください」

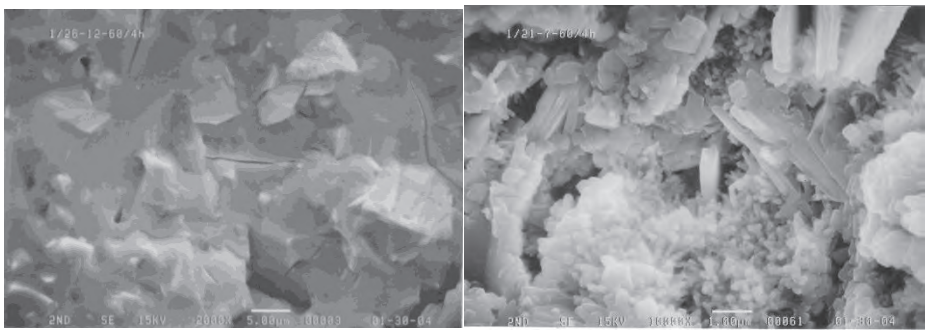
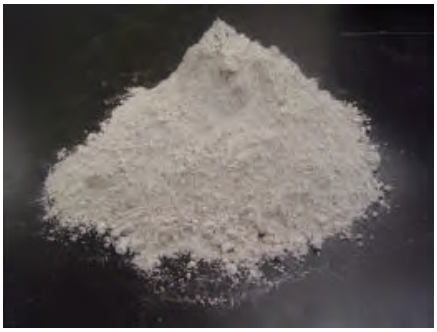
資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/1）

整理 No.	２３	分類	「PS 灰」、「バイオマスボイラー灰」
会 社 名	日本製紙株式会社石巻工場		
担 当 者	山口　哲也		
連 絡 先	TEL	0225-95-6659	FAX　0225-95-7363
	E-mail	te-yamaguchi@nipponpapergroup.com	
技術の名称	再生土木資材「エコツブアッシュ」		
概　要（150 字程度）	バイオマスボイラーで燃焼した後に発生する焼却灰を、造粒・固化後、山砂と混合し、優れた締固め性能を有した再生土木資材「エコツブアッシュ」として製品化しました。復興資材として石巻港湾等の盛土、防潮堤工事に利用されています。		
技術登録等			
技術の概要	① 製造プロセス：右図 ② 用途 ・盛土材 ③ 特徴 ・洗堀に強い ・高強度、高支持力 ・優れた締固め ④ 施工事例 門脇道路改築工事 雲雀野防潮堤災害復旧工事　等  		
次頁 あり　なし			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	２４	分類	「廃ガラス」・「フライアッシュ」	
会 社 名	土木地質株式会社			
担 当 者	橋本 亮			
連 絡 先	TEL	022-375-2626	FAX	022-375-2950
	E-mail	rhashimoto@geoce.co.jp		
技術の名称	耐酸性コンクリート用混和材ハイデガス			
概　要 (150 字程度)	ハイデガスは、シリカ成分を多量に含む無機系廃棄物（廃ガラス・フライアッシュ等）にナトリウム成分を加えて製造しており、高炉スラグ用の水硬性固化材です。ハイデガスを用いた硬化体は、高強度・耐海水性･耐酸性に優れ、耐久性の向上を図ることが出来る。			
技術登録等	NETIS 登録「TH-120020-A」			
技術の概要 次頁 あり・~~なし~~	１．使用形態 ハイデガスを副材として高炉スラグと混合して、粘土･砂を固化～瓦礫等によりプレパクトコンクリートを製造する。 ２．混合対象土 粘性土・砂質土・海水浸漬瓦礫 ３．混合方式もしくは混合技術 粘性土・砂質土に対して粉体混合及びスラリー投入によるプレパクトコンクリート ４．優位性もしくは有意特性 高強度で強度発現が早く・耐酸性・耐海水性に優れる。 ５．改良材 シリカ溶液中へのアルカリ刺激によるスラグ表面からの多価陽イオン種の供給による CSH 水和物生成反応。 ６．適用用途 地盤改良～海岸構造物。 ７．留意点 固化材は高価であるが、緻密で劣化しにくい。普通ポルトランドセメントに比較してｐＨが 0.5 程度高い強アルカリ性である。			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

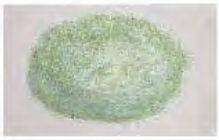
技術の概要 （つづき）	 ハイデガスを用いたペースト硬化体・セメントペースト硬化体  ハイデガス（粉体） ハイデガス・普通ポルトランドセメント (5%硫酸溶液浸漬 21 週) 海水浸漬瓦礫を用いたプレパクトコンクリート打設

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	２５	分類	「廃ガラス」、「太陽光モジュールパネル」	
会 社 名	(株)環境保全サービス			
担 当 者	狩野公俊			
連 絡 先	TEL	0197-25-7522	FAX	0197-25-6229
	E-mail	kan@po.sphere.ne.jp		
技術の名称	クリスタルストーン、クリスタルサンド			
概　要 （150 字程度）	廃ガラスや太陽光モジュールガラスの有効利用を目的とした技術。 廃ガラスやあきびん、太陽光パネルモジュールガラスなどを破砕プラントで砕いて粒状にしたもので、鋭利な角は全て削られているため安心して利用可能。粒度の異なる製品タイプあり。			
技術登録等	なし			
技術の概要 次頁 あり・~~なし~~	１．利用形態 廃ガラス類や太陽光モジュールガラスを利用 ２．利用範囲 埋め戻し材、路床・路盤材、泥化処理土、敷き材、骨材などに利用 ３．特徴 ■安全　・・・ガラスを原料しており人体への影響なし ■無公害・・・天然素材を使用しているため、環境負荷がかからない ■再生骨材・・・100%リサイクル商品 ■標準粒度・・・1.2mm 未満、1.2～2.5mm、2.5～5mm ■色別製品・・・ビン原材料の色別製品あり ■水質影響・・・国交省の水質基準 26 項目をクリア ■形状・・・一般の同等品とは異なり、エッジレス（角なし）で安全 ■溶出・・・国交省の溶出基準 6 項目をクリア ■認定・・・エコマーク認定材料、埋め戻し材として認定			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

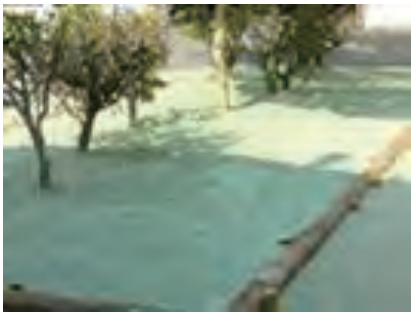
技術の概要
（つづき）

粒度			
	0.0mm～1.2mm	1.2mm～2.5mm	2.5mm～5.0mm
用途	埋め戻し材 路床、路盤材 目地砂 泥化処理土	埋め戻し材 路床、路盤材 泥化処理土	樹脂舗装用骨材 雑草抑止材 アスファルト表層骨材 コンクリート二次製品用骨材
形状	エッジレス	鋭利度	0.5以下
		円形度	0.75以上

クリスタルストーン、クリスタルサンド

敷き砂への利用

埋め戻し材（浄化槽）



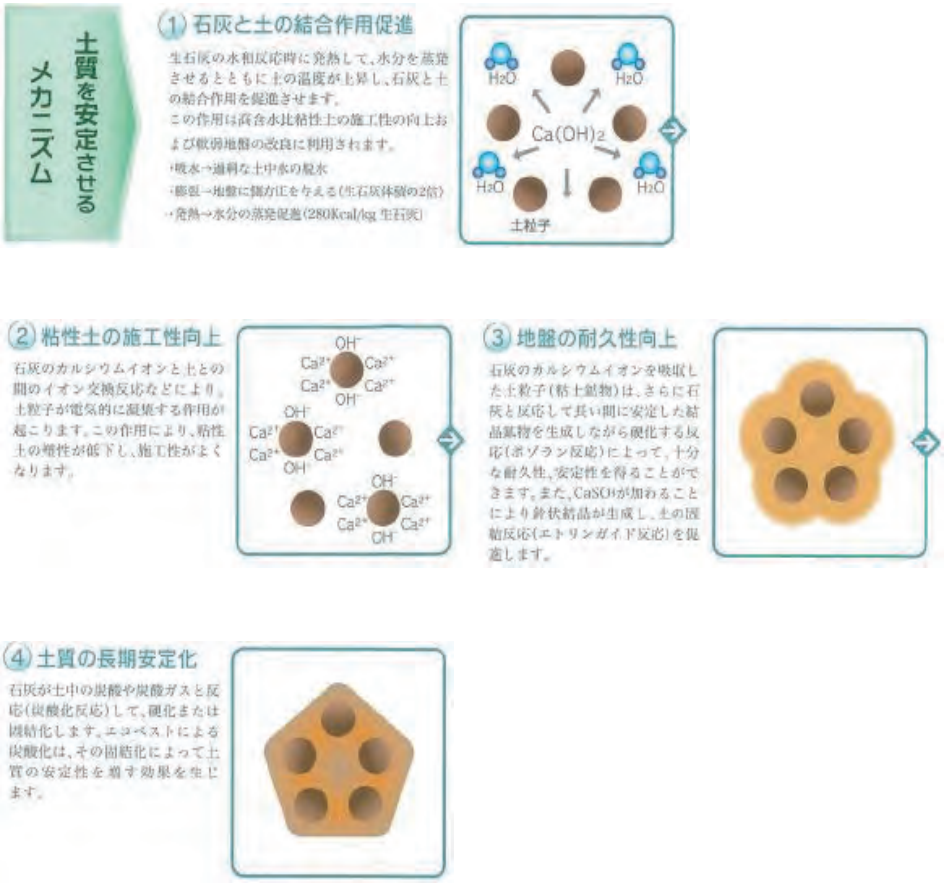
敷き砂（雑草の発生を抑制）

埋め戻し材（配水管）

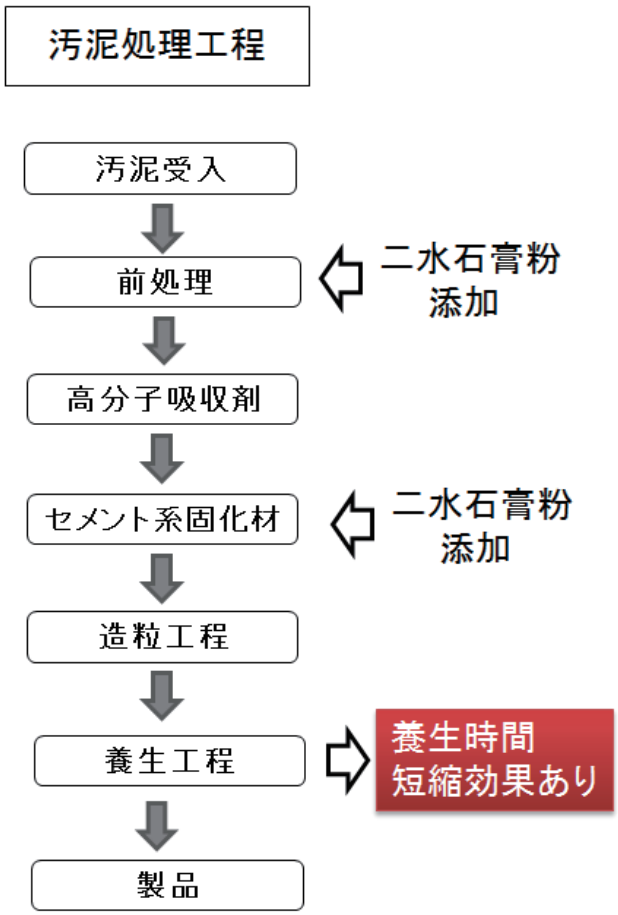
資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/1）

整理 No.	２６	分類	「太陽光モジュールパネル」
会 社 名	西松建設株式会社		
担 当 者	平野孝行（土木設計部）、椎名貴快（技術研究所）		
連 絡 先	TEL	03-3502-0253	FAX　03-3502-0228
	E-mail	takayuki_hirano@nishimatsu.co.jp	
技術の名称	太陽光モジュールガラスを混和材料に利用したセメント硬化体		
概　要 （150 字程度）	太陽光パネルの約 4 割（重量比）を占めるモジュールガラスの有効利用を目的とした技術。非晶質シリカを主成分としたモジュールガラスの粉砕物（75μm 以下）をポゾラン材として利用したセメント硬化体。		
技術登録等	なし		
技術の概要 次頁 ~~あり~~・なし	１．利用形態 太陽光パネルのモジュールガラス粉砕物（粒径 75μm 以下） ２．配合 ・普通ポルトランドセメントの一部代替（置換率 10%以下） ・細骨材として利用 ３．留意点 細骨材として利用した場合、太陽光モジュールガラスは Na 含有量が高いため、ASR 膨張対策の観点から高炉スラグ微粉末（40%以上）またはフライアッシュ（10%以上）の併用（セメント置換）が必要。 太陽光パネルモジュールガラス		

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/3）

整理 No.	２７	分類	「石膏ボード」	
会 社 名	株式会社　グリーンアローズ東北			
担 当 者	野村　精逸			
連 絡 先	TEL	0223-23-1070	FAX	0223-23-1075
	E-mail	s-nomura@takeei.co.jp		
技術の名称	二水石膏粉の再利用拡大			
概　要 (150 字程度)	１．二水石膏粉を生石灰に混合することにより、化学的に反応して硬化する性質を利用し、粘性土、砂質土をはじめ、各種軟弱土、有機質土及びヘドロに至るまで、目的に応じて改良固化を行う。 ２．汚泥処理の汚泥原料の水分調整利用及びセメント固化時の速乾性向上（原料に対し、0.5～1.0％添加利用）			
技術登録等				
技術の概要 次頁 あり・~~なし~~	1．石灰系土質安定材「エコベスト」の特徴 【土質を安定するメカニズムとして】  			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/3）

技術の概要 （つづき）	２．汚泥の減量の水分調整利用及びセメント固化時の速乾性向上を目的として利用。（原料に対して 0.5～1.0％添加）  上記工程から、汚泥の前処理工程での水分調整として添加する場合がある。 主にセメント系固化材の添加工程で添加し、養生工程での養生時間の短縮を図る目的での利用。

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（3/3）

技術の概要
（つづき）

パンフレット（石灰系土質安定材の例）

株式会社 エージェック

〒987-0602 宮城県登米市中田町上沼字大柳 19

▶ 土質安定処理材の製造販売

弊社が独自に開発した石灰系土質安定材「エコベスト」は、土中の粘土鉱物と石灰が化学的に反応して硬化する性質を利用し、石膏やスラグ粉、石炭灰などのポゾラン物質を効率よく配合することで、粘性土、砂質土をはじめ、各種軟弱土、有機質土およびヘドロに至るさまざまな土質の改良に優れた効果を発揮します。また、従来の置換工法と比べて路上混合ができるなど、合理的で経済性にも優れています。

エコベスト

ECOBEST

さまざまな工事現場において、軟弱土を良質土に改善します

▶ エコベストとは

石灰系土質安定材「エコベスト」は、土中の粘土鉱物と石灰が化学的に反応して硬化する性質を利用し、石膏やスラグ粉、石炭灰などのポゾラン物質を効率よく配合することにより、粘性土、砂質土をはじめ、各種軟弱土、有機質土およびヘドロに至るまで目的に応じて改良固化するものです。従来の置換工法と比べて路上混合ができるなど、シリーズを通じて合理的で経済性に優れていますので、軟弱路床・路盤の改良、軟弱地盤の改良、盛土材の改良など、さまざまな土質の改良に優れた効果を発揮します。

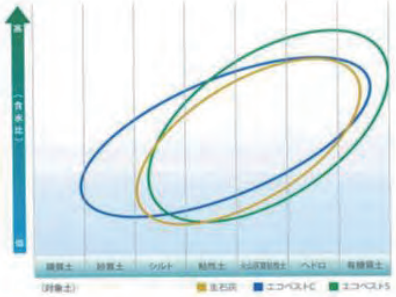
特に添加材としてセメントを含む「エコベストC」は、石灰が有する土質安定処理効果に加え、エトリンガイトなどの石膏系反応物またはケイ酸カルシウム系反応物の生成を促進して、有機質土やヘドロなどに対する改良効果をより高めます。

また、「エコベストDP・エコベストDP-S」は、テフロン処理による超微細のフッ素樹脂を粉体状の固化材に均一に分散させることで、施工時の粉塵発生を大幅に抑制できる防塵固化材です。一般タイプと比較して1/10～1/100の軽微な土埃程度に抑えることができますので、粉塵を嫌うような箇所に隣接した現場での施工に最適です。もちろん、通常の固化材と変わらぬ施工性や安定処理効果も確保しています。

エコベストの特長

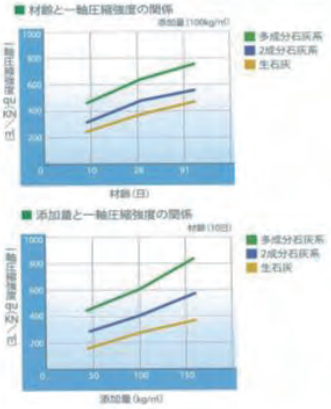
1. 初期強度が高く、長期間固化反応が持続します。
2. 脱水効果と固化特性に優れ、ワーカビリティおよびトラフィカビリティの改良に即効性があります。
3. 分散性が良く、またどの土との混合性も良いので、対象土質により二次混合が不要です。
4. 改良後は悪臭を封じ込める効果もあり、公害対策上も有利です。
5. 盛土、路床、路盤の改良に加え、有機質土およびヘドロの固化ができます。
6. 固化特性により施工時間に余裕があり、施工後の破損も自癒作用（反応）により強度回復が期待できます。
7. 強度増進成分として、SiO_2・Al_2O_3・SO_3の化学成分を強化してあります。

▶▶ エコベストの適用範囲（イメージ）



▶▶ 安定処理効果の例

有機質粘土における石灰系安定材の添加量と一軸圧縮強度の関係



▶▶ 化学成分範囲

安定剤の種類	化学成分（%）			
	CaO	SiO_2	Al_2O_3	SO_3
2成分～多成分	95~50	1~30	0~30	0~30

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/3）

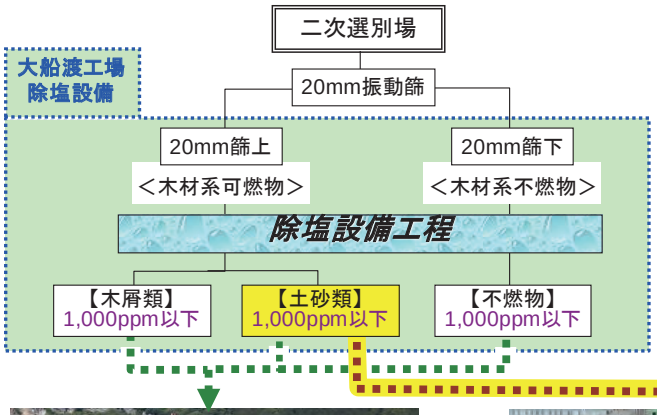
整理 No.	２８	分類	「災害廃棄物」	
会 社 名	泥土処理研究会			
担 当 者	技術部会　伊藤　彰浩、堀　常男			
連 絡 先	TEL	03-3272-6502	FAX	
	E-mail	deidoken@gmail.com		
技術の名称	MUDIX 工法（連続式泥土処理工法）			
概　要（150 字程度）	災害廃棄物から破砕・選別（20mm 以下）後、除塩設備工程にて発生する大量の土砂類を固化材（石灰およびセメント系固化材）を MUDIX 工法（連続式泥土処理工法）で混合し、第三種改良土相当の土工資材を製造した。改良土は、土壌環境基準値を確認後、地震で沈下した港湾の嵩上げ材や、河川の堤体等に再利用された。			
技術登録等				
技術の概要 次頁 あり・なし	東日本大震災で発した岩手県災害廃棄物の一部（80 万トン）を大船渡に工場拠点を持つセメント会社が受け入れ、このうち半分の 40 万トンは土工化資材として復興に期することが要求された。国、県からは急速大規模の土質改良が要求され、MUDIX 工法（連続式泥土処理工法）が採用された。 対象土は租粒土から細粒土から多岐に渡り、細粒土では除塩工程を経た土砂で高含水比であった。よって、土質改良材は対象土によって石灰、セメント系固化材を都度選定して土質改良を実施した。 MUDIX 工法は、200ton/時の高い能力を持ち、中央制御装置にて事前に設定された固化材添加量を確実な計測（処理土量、固化材量）を行いながら対象土へ混入攪拌することが可能で、かつ攪拌精度が高い工法である。 当該工法は、災害土砂の他、港湾・河川・ダム堆積土砂等の対象土砂を含め、これまで 300 万 m3 以上の実績を有し、再利用先も多岐に渡って実績がある。 最近では、汚染土壌に対し不溶化材とセメント系固化材を同時混合させる等、環境分野での実績も有している。			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/3）

技術の概要（つづき）

【施工方法】

○対象の災害発生土砂



＜セメント工場＞

＜土工資材化プラント＞

○MUDIX 工法（連続式泥土処理工法）の概要

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（3/3）

技術の概要 （つづき）	○施工状況 ○改良土 ○利用先

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/4）

整理 No.	２９	分類	「災害廃棄物」	
会 社 名	八光工業株式会社			
担 当 者	和田 芳英			
連 絡 先	TEL	099-345-1121	FAX	099-345-1122
	E-mail	wada@hakko-ind.co.jp		
技術の名称	SHR 工法			
概　要 (150 字程度)	リグニンスルホン酸を主成分とする固化材 YHR 液を使用した固化方法(特許第 4675937 号)を開発した経験・実績を活かし、東日本大震災で発生した災害廃棄物や除染作業後の瓦礫焼却灰や汚泥を再利用することで、廃棄物の減量化とリサイクル製品の活用及び被災地の早期復興・復旧や雇用の創出を目指し福島県いわき市で活動を行っている。			
技術登録等	軽石を使用した平板ブロックで NETIS 登録。(QS-110024-A)			
技術の概要 次頁 (あり)・なし	**1. 土木・建築資材の製造** (1) 造粒固化物の製造 災害廃棄物や除染作業後の瓦礫焼却灰や汚泥（以下、原材料）をセメントと YHR 液で固化し造粒することで、埋め戻し材や盛土材及び中詰型重力式擁壁の中詰材として活用が出来、且つリサイクル製品として位置づけられる。 (2) 平板ブロック・舗装 原材料をセメントと YHR 液で固化しブロック成型機にて、振動及び圧縮して平板ブロックを製造し歩道・遊歩道・玄関廻りに敷設する。また、舗装は現場でミキサーで混練りし道路上に敷均しローラー等で転圧し締固めることで、遊歩道等に活用出来る。 (3) アミノ酸コンクリートパネル 生成したアミノ酸濃縮液を原材料とセメント・YHR 液で固化しブロック成型機にて、振動及び圧縮しブロック形状のパネル化を行い、既存の河川・海の護岸に取付けることで、水質浄化作用を促すことが出来る。鹿大水産学部との産学で連携して製造したアミノ酸コンクリートは、水質浄化作用は当然ながら藻場造成・集魚効果を高め、トコブシ(アワビの 1 種)漁礁の実験結果ではトコブシの附着が良く、マダコ産卵礁の実験では、マダコの産卵・孵化が確認されている。溶出試験でも全ての項目で有害物質は検出されなかった。アミノ酸コンクリートは、「水生生物用固形化材料の製造方法及びアミノ酸固形化材料の製造方法」で特許取得。			

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　(2/4)

技術の概要 （つづき） 次頁 あり・なし	**2. プラントユニット MR-550Q の設備は、改質剤の製造に適しており、改良土の製造にも対応が可能である。** **3. 共同事業及び技術・設備供与による提携先の募集。** 東北工場の機材を最大限利用するために活動を行っているが、国が定める 8,000 ベクレル以下の原材料の提供を求めているが、住民感情等を理由に充分な提供を得ていないため、機材の有効活用を図るためにも、共同で事業を行って頂ける企業を探しているのが現状である。 **4. 東北工場の設備内容** (1) 所在地　福島県いわき市好間町榊小屋字生木葉 13-38 (2) 敷地面積　4,165 ㎡（1,259 坪） (3) 建物(倉庫) 1 棟　195.5 ㎡（59.2 坪） プレハブ事務所 1 棟 (4) 主要設備 ① プラントユニット MR-550Q（焼却灰処理設備） ② ペレック 500（造粒固化設備） ③ 即時脱型製品試験成型設備 ④ キュービクル 1 基　設備容量 330KVA 受電電圧 6,600V 最大電力 210KW ⑤ 警備保障システム設置 ⑥ 防音擁壁設置 ⑦ 平板ブロック用型枠 4 種類 300*300*60 ㎜ 300*300*80 ㎜ 200*100*60 ㎜ 100*100*60 ㎜ ⑧ フォークリフト 1 台 **5. 災害廃棄物や除染作業後の焼却灰及び汚泥等の再利用による減量化** 除染作業後の焼却灰や汚泥等（以下、廃棄物という）は、フレコンバックに収納し仮置場や中間処理場に据置きされている状況で、最終処分場の場所も未定であることから、日々発生する廃棄物の量に対して、仮置場・中間処理場の確保が厳しくなっている現状である。また、仮置場及び中間処理場に於ける保管状況は経年劣化によるフレコンバックの破損等により飛散流出や水質汚泥及びガス発生等による生活環境保全上の支障が生じる恐れも予想される。土木資材として再利用することで、環境保全面の維持や廃棄物の減量化に寄与することが期待される。なお、製品化に向けては重金属の溶出試験を実施し安全性の確認を行う。

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（3/4）

技術の概要
（つづき）

復興支援イメージ図

中詰材の活用方法

アミノ酸コンクリートパネル

アミノ酸コンクリート藻場造成

SLS 工法による舗装現場

平板ブロック敷設現場

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（4/4）

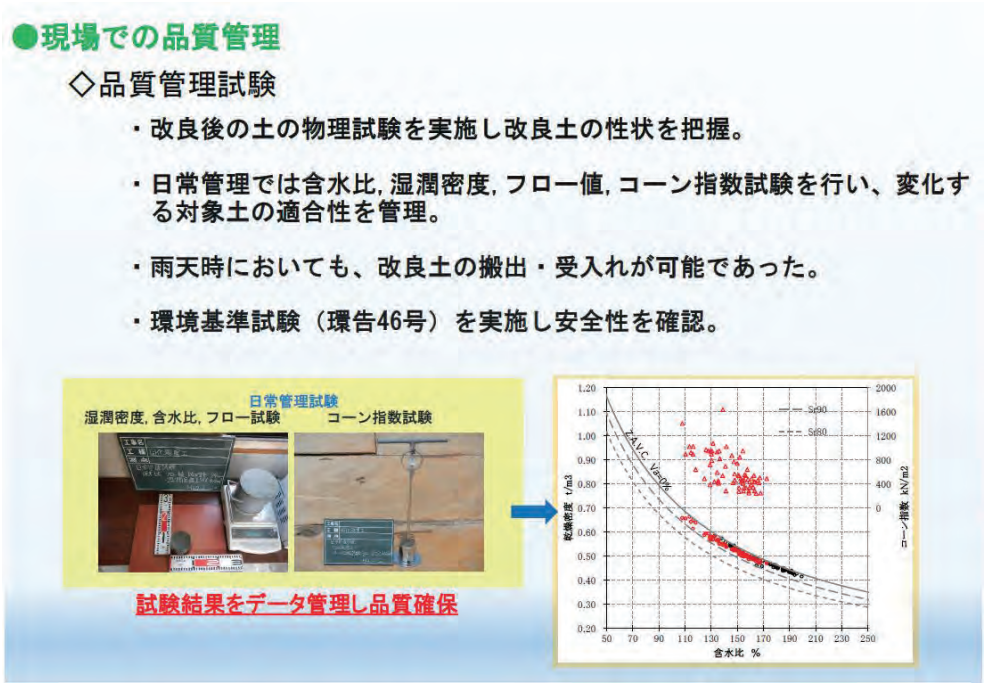
技術の概要 （つづき）	造粒固化設備（ペレック 500） （処理能力 ：1 時間当たり 5～15 トン） 焼却灰処理設備（プラントユニット MR-550Q） （処理能力 ：1 時間当たり最大 27.5 ㎥） 平板成型機（DF-15SP） （処理能力 ：1 時間当たり 50 枚 300*300*60 ㎜）

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（1/2）

整理 No.	３０	分類	「その他」	
会 社 名	株式会社　シンコー			
担 当 者	工事課長　小笠原　陽			
連 絡 先	TEL	022-295-1708	FAX	022-295-1709
	E-mail	a.ogasawara@shinko-kenzai.com		
技術の名称	浚渫土砂の安定処理工			
概　要 (150 字程度)	宮城県内の某港湾工事において発生する高含水比の浚渫土砂を、泥土処理専用プラント（定置型）にて固化材を添加し連続的に混合処理した。改良土はピストン式のスラッジポンプにて圧送し、場内の所定の場所へ集積。強度発現後、場外へ搬出し浦戸諸島内の工事用流用土として利用された。			
技術登録等	なし			
技術の概要 次頁 あり				

資源循環コンソーシアム・技術情報集（保有技術）　（2/2）

技術の概要
（つづき）



参考資料-2　改良土WG参考資料

頁

1.　泥土リサイクル協会会員企業が保有する材料の適用区分
一般社団法人泥土リサイクル協会 ･････････････ 89

2.　スマートコンパクション　カタログ　ＪＦＥスチール株式会社 ･････････････････････ 91

3.　エコガイアストン　パンフレット　日本製鉄株式会社 ･････････････････････････････ 95

4.　ジオタイザー　パンフレット　日本製鉄株式会社 ･････････････････････････････ 97

5.　フェロニッケルスラグのご紹介　大平洋金属株式会社 ･････････････････････････ 101

6.　非鉄スラグ製品の製造・販売管理ガイドライン2019
日本鉱業協会 ･････････････････････････････ 109

7.　太陽光発電設備のリユース・リサイクル・適正処分の推進に向けた検討結果について･･･ 123

8.　太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン(第二版)
環境省 環境再生･資源循環局総務課 リサイクル推進室･････････ 125

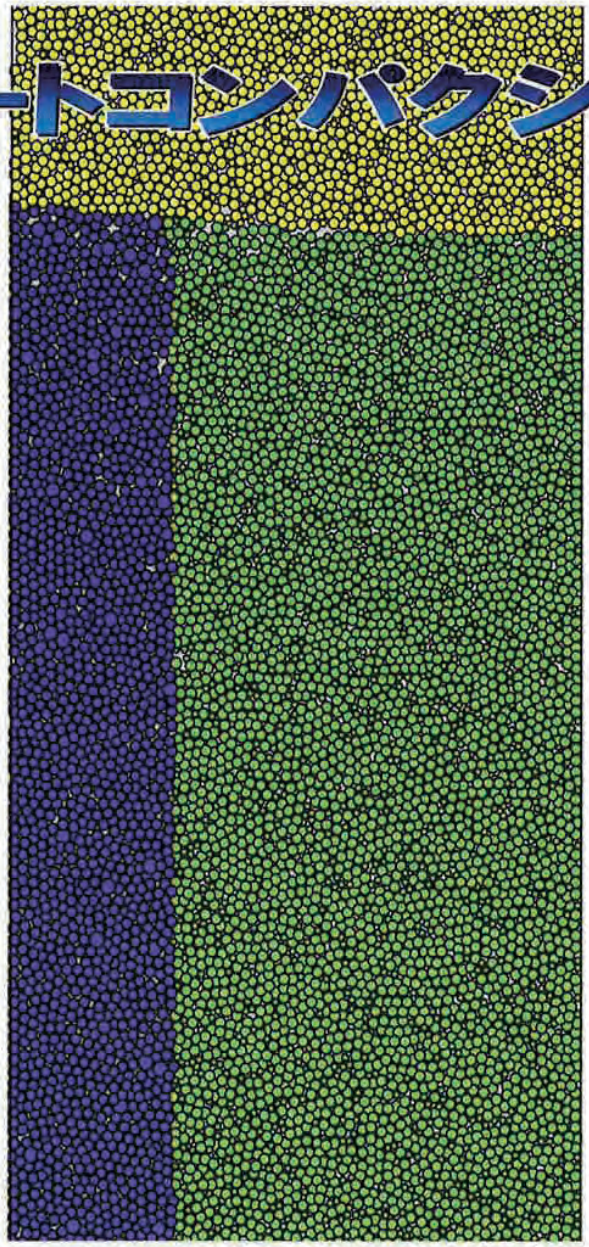
会員企業が保有する材料の適応区分

区分		企業名	アグロジャパン					ETSジャパン					宇部マテリアルズ							新日鐵住金		ダイセキ環境		中央環境開発		チヨダウーテ			ティ・アイ・シー			東海テクノ		緑商事					吉澤石灰工業	備考
		材料名	エコα	ハーデンM	ハーデンS	ハーデンL	ハーデンLX・SX・MX	エコソイルα	エコソイルαⅡ	テクノソイルCM	テクノソイルCS	エコハードRe	グリーンライムLC－E	グリーンライムLS	グリーンライムLG	グリーンライムQS	グリーンライムNP－S	グリーンライムMP	スーパーMAG	カルシア改質材	ジオタイザー	GA－2	GA－1	エコカル	新製品	エコハードAⅡ	エコハードB S－1T	Fクレスト	タイガージプハード	タイガージプハードスーパー	タイガージプハード－K	アッシュスター	マニソリッド	SEリバースLS	グリーンアースCZ	グリーンアースCS	グリーンアースCM	グリーンアースCP	メタルクリア	
		特徴	C	L	L	G	O	C	C	L	L	G	C	L	L	S	O	O	O	S	S	C	L	G	G	G	O	O	G	G	O	C	O	L	L	O	O	O	O		C：セメント系、L：石灰系、G：石膏系、S：スラグ系、O：その他添加剤
建設汚泥	自硬性	地盤改良工事	主に高圧噴射撹拌工法による余剰泥土。シルト粘土等の細粒分が多くセメントが300kg/m³程度混じっている。含水比は80～120%程度。		○				○												○						○					○		○				○			
	自硬性	連続地中壁工事	主にSMW工事による余剰泥土。土質は砂質～シルト粘土が混ざった状態で、セメントが300kg/m³程度混じっている。含水比は100～150%程度。		○				○												○						○					○		○				○			
	自硬性	基礎杭工事	主に鋼管ソイルセメント杭工事による余剰泥土。土質は砂質～シルト粘土が混ざった状態で、セメントが300kg/m³程度混じっている。含水比は100%前後。		○				○												○					○	○					○		○				○			
	自硬性	戻りコン・残コン	コンクリート打設時に余ったコンクリートを水洗いして残った残差物。廃棄物の区分は「コンクリートくず」。		○				○																									○				○			
	非自硬性	泥土圧式シールド工事	主に泥土圧シールド工事による掘削土砂。土質は砂礫、砂質、シルト粘土と対称断面の土質により異なる。含水比は60～100%程度。			○					○			○						○					○	○					○							○			
	非自硬性	泥水式シールド工事	主に泥水式シールド工事による掘削土砂の内、脱水処理したマッドケーキ。土質はシルト粘土。含水比は40～60%程度。	○					○					○		○					○					○						○						○			
	非自硬性	トンネル工事	主にトンネル掘削工事による掘削土砂の内、脱水処理したマッドケーキ。土質はシルト粘土。含水比は40～60%程度。	○					○					○		○					○					○						○						○			
	非自硬性	基礎杭工事	主にリバースやアースドリル杭工事による余剰泥土。土質は砂質～シルト粘土が混ざった状態で、ベントナイト等の薬剤が混じっている。含水比は100～200%前後。			○					○			○							○					○	○					○						○			
	非自硬性	オープンケーソン工事	地下水圧と均衡させるために立坑内に人為的に淡水させてから水中掘削により排出する土砂。土質は砂質～シルト粘土が混ざった状態。含水比は80～200%程度。			○					○			○							○					○	○					○						○			
浚渫土砂	河川	河川上流域	河川の上流部に堆積している土砂を浚渫したもの。土質は砂質。含水比は20～80%程度。いわゆる天日乾燥で水分が抜けていく。	○							○				○						○					○	○											○			
	河川	河川下流域	河川の下流部に堆積している土砂を浚渫したもの。土質はシルト粘土。含水比は60～120%程度。いわゆる天日乾燥しても水分は抜けていかない。			○			○					○							○					○	○					○									
	河川	河口部	河川の河口部に堆積している土砂を浚渫したもの。土質はシルト粘土、ヘドロ。含水比は80～150%程度。有機分を多く含有している。				○	○					○								○					○	○					○									
	河川	ダム湖堆積	ダムの取水口前面に堆積している土砂を浚渫したもの。土質は砂質～シルト粘土。含水比は60～120%程度。有機分を多く含有している。			○			○				○								○					○	○					○									
	港湾	航路	港湾の航路部に堆積している土砂を浚渫したもの。土質はシルト粘土、ヘドロ。含水比は80～150%程度。有機分を多く含有している。			○			○				○							○							○	○					○									
	港湾	漁港	漁港内に堆積している土砂を浚渫したもの。土質はシルト粘土、ヘドロ。含水比は80～150%程度。貝殻ならびに有機分を多く含有している。				○	○					○							○							○	○														
	湖沼	ため池底泥土	ため池の底部に堆積している土砂を浚渫したもの。土質はシルト粘土、ヘドロ。含水比は80～150%程度。有機分を多く含有している。			○		○	○				○								○					○	○					○									
	湖沼	湖底泥土	湖の湖底に堆積している土砂を浚渫したもの。土質は砂質～シルト粘土。含水比は60～150%程度。有機分を多く含有している。				○	○					○								○					○	○					○									
災害廃棄物	地震	分別土砂	災害廃棄物や津波堆積物の混合物を分離・選別して得られた土砂分で、復興資材の一つ。品質を確認することにより、盛土材等の地盤材料等に利用可能。				○				○				○		○	○				○					○												○			
	地震	津波堆積土	津波によって打ち上げられ堆積した、廃棄物を含まない土砂・泥状物。				○				○				○		○					○					○															
	水害	河川氾濫堆積土	大雨による河川増水により、脆弱部の堤防が決壊して平野部に流入して堆積された土砂。土質は砂質分が多い。	○							○		○								○					○													○			
	水害	土石流堆積土	大雨による増水により地表面に蓄積され、飽和状態となって土砂や樹木とともに沢に沿って流れ込んだ土砂物。土質は砂質分が多い。木片等の混入が多い。	○							○				○							○					○															
その他		軟弱土砂	自然含水比状態程度の土砂で、一般的にはトラフカビリティが確保できない土砂。含水比は20～60%程度。	○					○					○		○					○					○							○						○			
その他		自然由来汚染土	自然の岩石や堆積物中に含まれているカドミウム、鉛、六価クロム、水銀、ヒ素、セレン、フッ素、ホウ素およびそれらの化合物により環境汚染されている建設発生土。														○	○	○							○		○				○							○			
その他		農地土壌改良	耕作に不適な土壌を改良し、圃場の地力（生産力）を増進させるために、土地に資材を投入して土壌の理化学性および生物性を改良すること。				○					○														○							○									
その他		除塩	海水により塩分濃度が高くなった土壌を植生が可能な領域まで塩分濃度を下げること。									○														○															
			C	L	L	G	O	C	C	L	L	G	C	L	L	S	O	O	O	S	S	C	L	G	G	G	O	O	G	G	O	C	O	L	L	O	O	O	O		

C：セメント系　L：石灰系　G：石膏系　S：スラグ系　O：その他添加剤

サンドコンパクションパイル中詰材鉄鋼スラグ製品

スマートコンパクション®



JFE スチール 株式会社

スマートコンパクション®は、鉄鋼スラグを最大粒径40mm程度、細粒分含有率5%以下になるように粒度調整して、サンドコンパクションパイル工法向けとして、使いやすさを高めた地盤改良材です。

スマートコンパクション®の特長

①原材料および粒度

製鋼スラグ、高炉水砕スラグ、高炉徐冷スラグなど各種鉄鋼スラグにより製造可能です。
最大粒径40mm程度、細粒分含有率5%以下として、粒度調整を行っています。

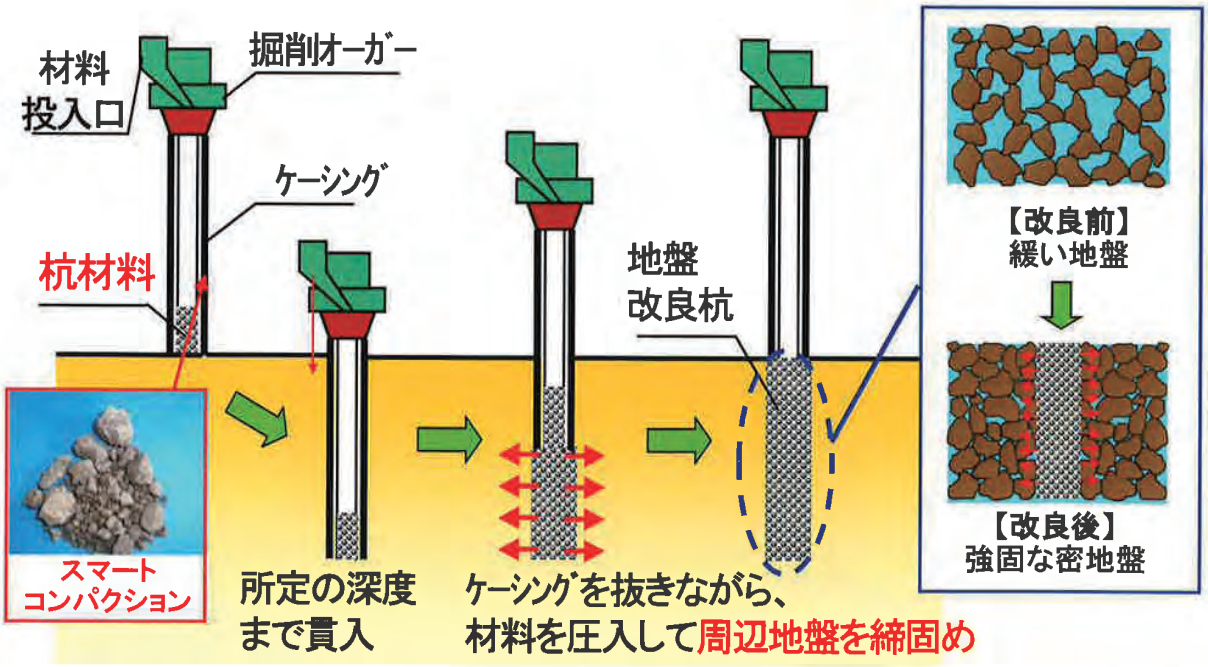
スマートコンパクション（製鋼スラグ）

スマートコンパクション（高炉徐冷スラグ）

②従来の砂材と同等の地盤締固め特性および施工性

緩い砂地盤の液状化対策として、従来の砂杭施工の場合と同等の地盤締固め効果があることを確認しています。
また、施工性（施工速度、杭出来形など）や、施工時における騒音および振動レベルも砂材と同等です。

スマートコンパクション（高炉水砕スラグ）



スマートコンパクションによる地盤改良イメージ（静的圧入工法の場合）

③膨張安定性

JIS A 5015（道路路盤材）と同等の品質管理が可能です。
膨張率規定： 80℃水浸膨張比（10日）≦1.5%

④環境適合性

有害物質の溶出・含有について、「土壌環境基準」または、「海洋汚染防止法水底土砂基準」等の各種環境に適合した材料です。
また、アルカリ溶出については、周辺地盤への影響がないことを確認しています。

スマートコンパクションで造成した杭（製鋼スラグ）

⑤固結促進による強度増進

鉄鋼スラグ種類の選定や粒度調整により、施工完了後の固結を促進させることが可能です。

水和固化反応により60kN/m²以上の一軸圧縮強度（材齢28日）を有します。

⇒ 地盤のせん断抵抗力が増大します。
（軟弱な粘性地盤の補強にも適用可能）

一方、固結を促進させない材料※も提供可能です。

改良後、建替えなどで地盤掘削する場合の影響を小さくします。

※地盤締固め効果は固結促進タイプと同等です。

固結促進タイプ　　固結 非促進タイプ

スマートコンパクション®の施工例

千葉市内にて実施した、スマートコンパクション（製鋼スラグ、高炉徐冷スラグ、高炉水砕スラグ）による液状化地盤の改良事例を示します。

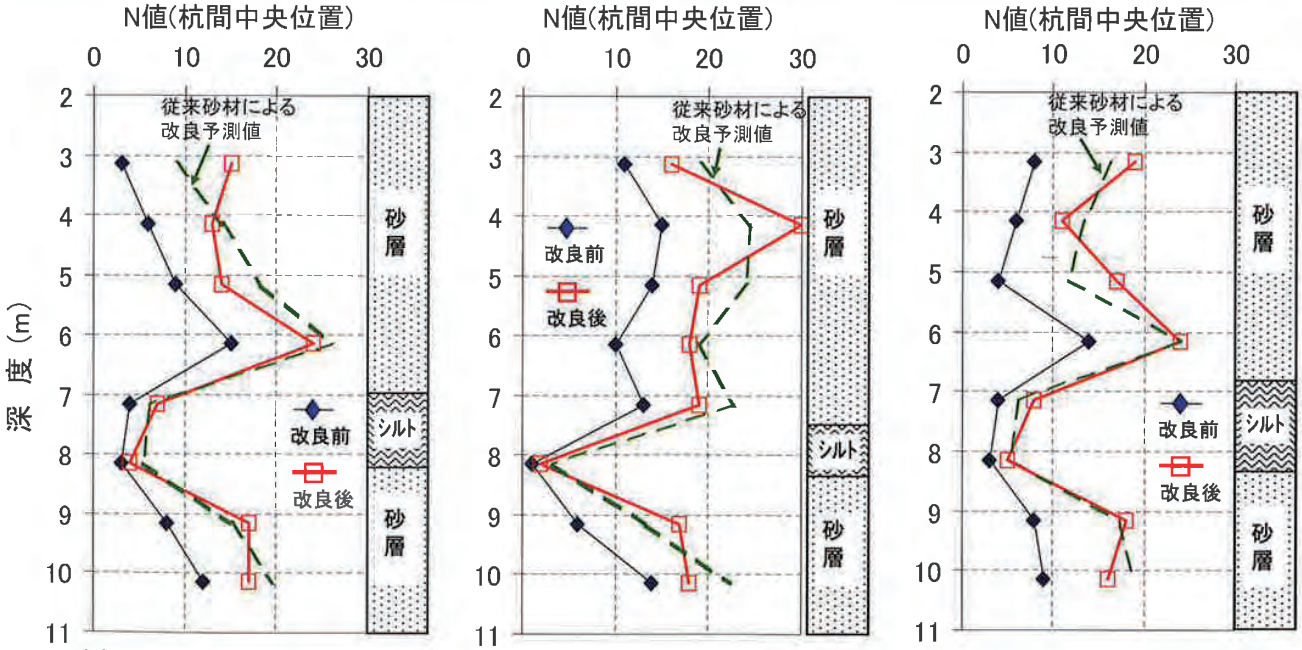
静的圧入工法（Geo-KONG工法）により、施工を実施しています（改良率11.9%、目標杭径70cm、杭中心間隔180cm）。

静的圧入工法による施工状況
（Geo-KONG工法）

各材料の施工性評価

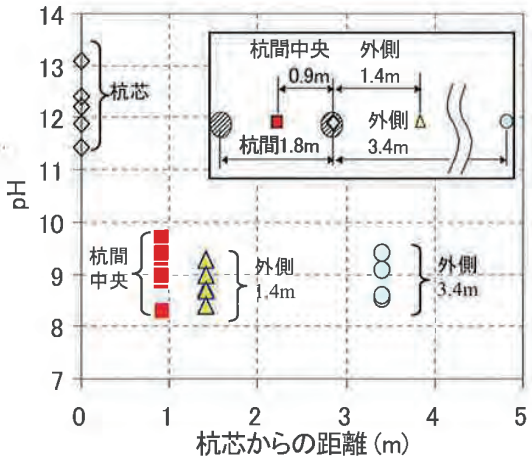
材料（スマートコンパクション）	平均杭径（cm）	施工時間（比率）	地盤の液状化指数 PL※	
			改良前	改良後
①製鋼スラグ	75.2	0.95	13.68	1.78
②高炉徐冷スラグ	74.1	1.03	8.75	1.27
③高炉水砕スラグ	72.4	1.02	15.74	2.48
天然砂（比較用）	72.1	1.00	16.16	1.79

※地盤液状化の危険度合いを示す指標
①0＜PL≦5　液状化発生の可能性が低い
②5＜PL≦15 液状化の可能性があり
③15＜PL　　液状化の危険性が高い

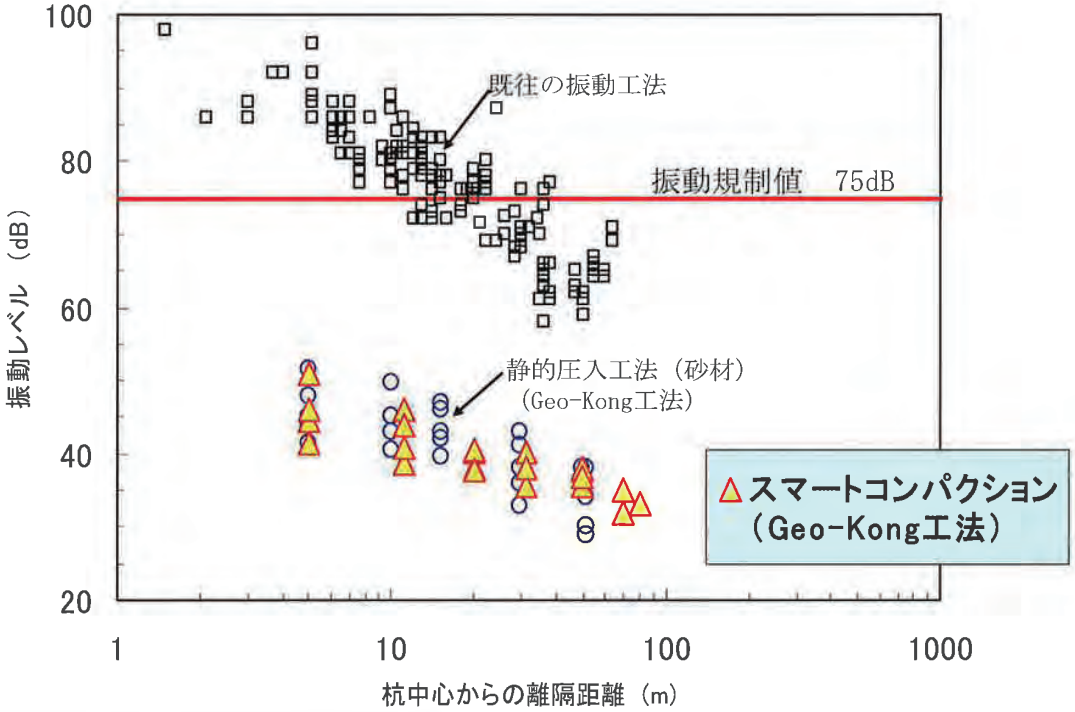


地盤改良例①（転炉系製鋼スラグ）　地盤改良例②（高炉徐冷スラグ）　地盤改良例③（高炉水砕スラグ）

・出来形　全長にわたって目標径を確保できます。
・改良効果　改良後PL値は5以下と確実な改良効果を確認できます。
・施工時間　砂材と同等であり、従来どおりスムーズに施工できます。
・アルカリ影響　杭芯のpHは11～13と高いが、杭から1mも離れると殆どpHは上昇していないことが解ります。
・騒音・振動　砂材より大きくなることはありません。低振動・低騒音工法への適用が可能です。

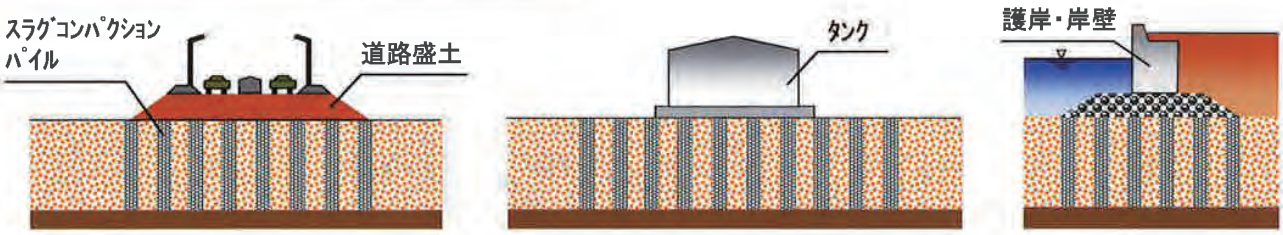


周辺地盤へのアルカリ影響



施工中の振動レベル

スマートコンパクション®の適用例



道路などの盛土　タンク　護岸・岸壁

JFE スチール 株式会社　スラグ事業推進部
〒100-0011 東京都千代田区内幸町2-2-3
TEL 03(3597)3635 FAX 03(3597)3415 http://www.jfe-steel.co.jp/

ご注意とお願い
本資料に記載された技術情報は、製品の代表的な特性や性能を説明するためのものであり、「規格」の規定事項として明記したもの以外は、保証を意味するものではありません。本資料に記載されている情報の誤った使用または不適切な使用等によって生じた損害につきましては責任を負いかねますのでご了承下さい。
また、これらの情報は、今後予告なしに変更される場合がありますので、最新の情報については、各担当部署にお問合わせ下さい。

© JFE STEEL CORPORATION 2013 All Rights Reserved. 無許可転載禁止

2013.4

NIPPON STEEL　　不動テトラ FUDOTETRA

エコガイアストン®

固結タイプ
摩擦タイプ

水硬性スラグコンパクション材料

● エコガイアストン®（固結タイプ）～軟弱地盤改良用～

製鋼スラグに、高炉徐冷スラグまたは水砕スラグを質量混合比で15%～50%の範囲で混合して製造される材料で、一軸圧縮強さ（材令28日）60 kN/m^{2}以上の固結性能を有する材料です。

SCP杭の打設状況

● エコガイアストン（固結タイプ）の特長

1.天然砂よりも大きなせん断抵抗を発揮します。

エコガイアストン（固結タイプ）は、固結に伴う粘着力成分の効果により、せん断抵抗が従来の砂材料より優れるため、より経済的な改良断面とすることが可能です。設計では、この効果により見掛けのせん断抵抗角ϕを42°以上とすることができます。

q_u≧60kN/m^2⇒設計用せん断抵抗角ϕ≧42°

2.コストパフォーマンスに優れています。

エコガイアストン（固結タイプ）は、従来の砂材料よりもせん断抵抗が優れることから、地盤改良幅を低減することが可能で、コスト縮減につながります。

3.地震時の残留変形を抑制可能です。

エコガイアストン（固結タイプ）は、固結に伴う粘着力成分の効果により剛性がアップし、地震時における残留変形を抑制することができます。天然の砂材料に比べ60～80%に低減できます。

また、地震時の残留変位要因でCDM（深層混合処理）工法を用いなければならない場合でも、エコガイアストン（固結タイプ）を用いればSCP工法を採用できる可能性があり、20～30%のコスト縮減が期待できます。

4.環境適合性

有害物質の溶出・含有については「土壌環境基準」、「海洋汚染防止法水底土砂基準」等の各種環境基準に適合しております。

pHについては、施工時はケーシングパイプに、施工後は地盤に覆われるため、周辺海水に影響を及ぼしません。

また、リサイクル材の利用促進により、天然資源の保護が可能となります。

技術確認審査：

固結タイプ/（財）沿岸技術研究センターの港湾関連民間技術の確認審査評価書認定　【第10001号】H28年3月第1回変更

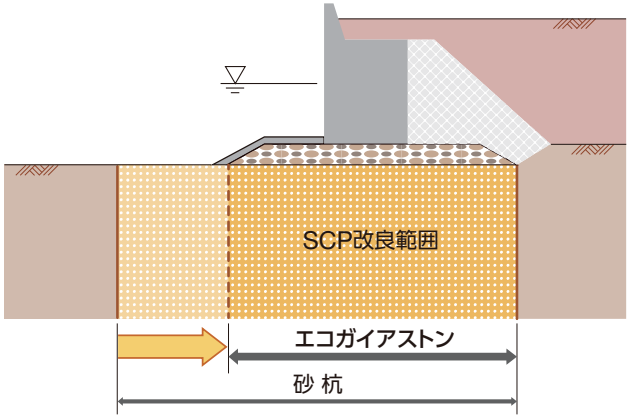
NETIS（国土交通省の新技術情報提供システム）：【登録番号KTK-140002-A】H26年6月 登録

● エコガイアストン（固結タイプ）の材料特性

項　　目	エコガイアストン（固結タイプ）	比較：天然砂
粒　度	40−0mm	
湿潤単位体積重量	24±2kN/m^3	18kN/m^3
水中単位体積重量	16±2kN/m^3	10kN/m^3
設計用せん断抵抗角	≧42°*	30°～35°
一軸圧縮強さ	≧60kN/m^2	—
三軸圧縮試験結果	ϕd=41.2°～53.6° Cd=37.2～114.9kN/m^2	—
初期せん断剛性率	≧174MN/m^2	115MN/m^{2}程度

＊ 偏芯傾斜荷重に対する基礎地盤の支持力照査に用いる場合は50°以上

● 地盤改良効果とレベルⅡ地震時の残留変形抑制効果の試算例



必要改良幅は砂杭に対して×0.6～0.8に低減

● 動的解析結果の一例

工　法	改良仕様	ケーソン天端の残留変位 (m)	
		水平	鉛直
CDM	壁式50% 改良	1.1	0.3
SCP（砂杭）	As=78.5%	2.1	0.9
SCP（エコガイアストン）	As=78.5%	1.4	0.4

地震時残留変位は砂杭に対して大幅に低減

〈ご注意とお願い〉本資料に記載された技術情報は、製品の代表的な特性や性能を説明するものであり、「規格」の規定事項として明記したもの以外は、保証を意味するものではありません。本資料に記載されている情報の誤った使用または不適切な使用等によって生じた損害につきましては責任を負いかねますので、ご了承ください。また、これらの情報は、今後予告なしに変更される場合がありますので、最新の情報については、担当部署にお問い合わせください。本資料に記載された内容の無断転載や複写はご遠慮ください。本資料に記載された製品または役務の名称は、当社および当社の関連会社の商標または登録商標、或いは、当社および当社の関連会社が使用を許諾された第三者の商標または登録商標です。その他の製品または役務の名称は、それぞれ保有者の商標または登録商標です。

日本製鉄株式会社　　株式会社 不動テトラ

エコガイアストン®（摩擦タイプ）～砂地盤の液状化対策用～

製鋼スラグ単体または、製鋼スラグに高炉徐冷スラグもしくは水砕スラグを質量混合比で50%以下の範囲で混合して製造される材料で、せん断抵抗角35°以上の材料です。

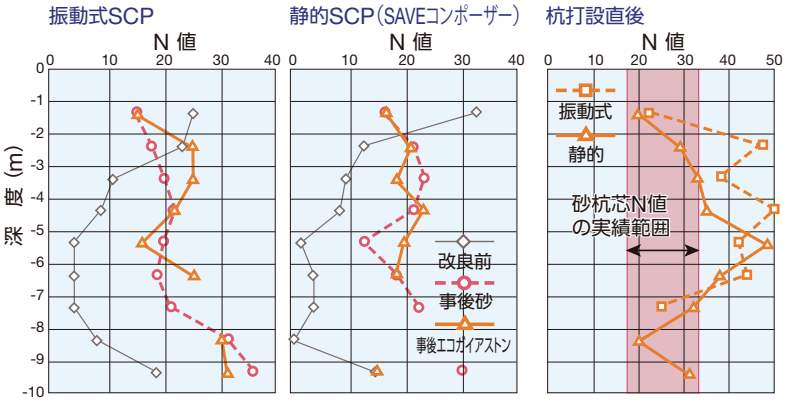
● エコガイアストン（摩擦タイプ）の特長

1. 砂材と同等の締固め特性・施工性

液状化対策としての砂地盤の締固め効果および施工能率、施工時の騒音・振動・地中変位は、従来の砂杭施工の場合と同等であることを確認しております。

● 改良効果（杭間N値）　　● 改良効果（杭芯N値）

砂材と同等な締固め効果が得られております。



2. 粒度構成

陸上用施工重機での施工を可能とするため、従来の港湾工事用製鋼スラグよりも細粒分を少なく管理した材料としております。

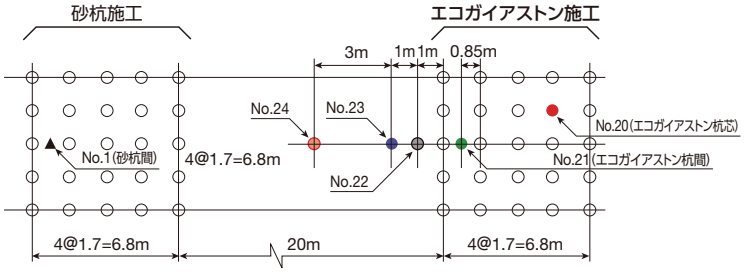
3. 膨張安定性

80℃水浸膨張比（10 日）≦1.5% で品質管理された材料です。

4.環境適合性

有害物質の溶出・含有については、「土壌環境基準」、「海洋汚染防止法水底土砂基準」等の各種環境基準に適合しております。

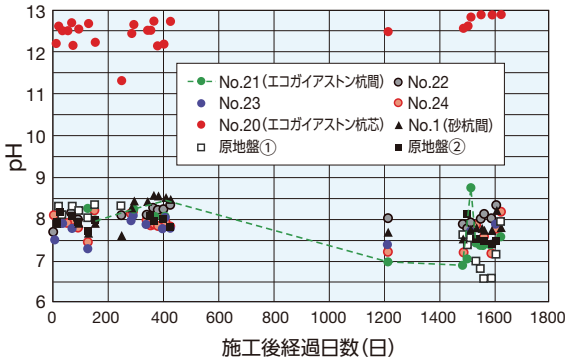
pH 溶出水については、エコガイアストン杭芯の pH は高いが、杭近傍の地盤の pH は周辺地盤の pH と同等であることを確認しております。



● エコガイアストン（摩擦タイプ）施工方法

振動式締固め工法および静的締固め（SAVEコンポーザー）工法が、用途・条件に合わせて適用可能です。

地盤改良施工状況（SAVEコンポーザー）



注）原地盤①原地盤②は、調査場所より50m離れた原地盤の観測井

技術確認審査：

摩擦タイプ/（財）沿岸技術研究センターの港湾関連民間技術の確認審査・評価書認定【第10001号】H28年3月第1回変更

日本製鉄株式会社
スラグ・セメント事業推進部
〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
Tel: 03-6867-6199　Fax: 03-6867-3586
www.nipponsteel.com

株式会社 不動テトラ
地盤事業本部
〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号
Tel: 03-5644-8534 Fax: 03-5644-8537
www.fudotetra.co.jp/

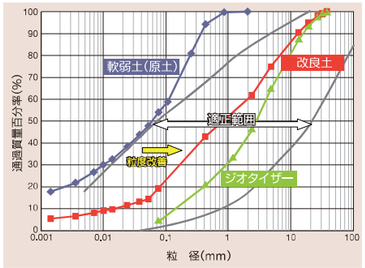
エコガイアストン®
L012-02_01_201904f

© 2019 NIPPON STEEL CORPORATION, FUDO TETRA CORPORATION 無断複写転載禁止

ジオタイザーの特性

❶スラグ粒子による粒度改善により締固め性向上(物理的)
❷スラグ粒子による骨格形成により強度向上(物理的)
❸スラグ粒子に含まれる石灰分(CaO、Ca(OH)₂)
により強度向上(化学的：吸水、固化)

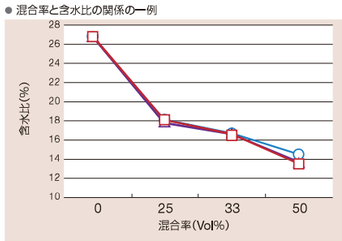
● ジオタイザーによる粒度改善効果の一例



改良土の締固め・強度特性

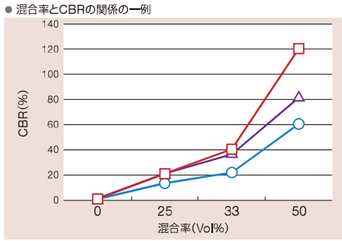
軟弱土の強度特性は混合率と相関があり、養生期間が長いほど高くなります。

● 混合率と含水比の関係の一例

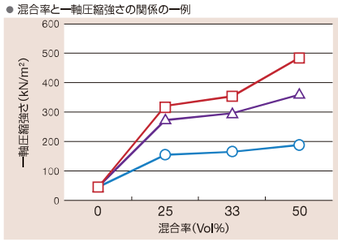


□：養生7日
△：養生3日
○：養生0日

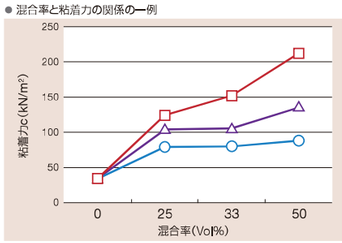
● 混合率とCBRの関係の一例



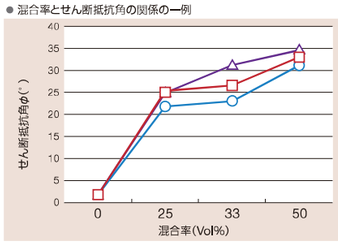
● 混合率と一軸圧縮強さの関係の一例



● 混合率と粘着力の関係の一例



● 混合率とせん断抵抗角の関係の一例



注)
1. ジオタイザーを用いた改良土の特性は、セメント系・石灰系固化材を用いた改良土と同様に軟弱土(原土)の特性に左右されます。
2. ジオタイザーを用いた改良土は、セメント系・石灰系固化材を用いた改良土と同様にpHが高く(アルカリ性)なります。
3. ジオタイザーを用いた改良土は、軟弱土(原土)によっては膨張する場合があります。
4. 上記により、使用前の事前配合試験を推奨しています。

NIPPON STEEL

www.nipponsteel.com

日本製鉄株式会社

本社 スラグ・セメント事業推進部 〒100-8071 東京都千代田区丸の内2-6-1丸の内パークビルディング Tel: 03-6867-6199

室蘭製鉄所	工程業務部購買室	〒050-8550 北海道室蘭市仲町12	Tel: 0143-47-2276
鹿島製鉄所	生産技術部リサイクル推進室	〒314-0014 茨城県鹿嶋市光3	Tel: 0299-88-2914
君津製鉄所	資源化推進部スラグ製品室	〒299-1141 千葉県君津市君津1	Tel: 0439-50-2029
名古屋製鉄所	資源化推進部スラグ室	〒476-8686 愛知県東海市東海町5-3	Tel: 052-603-7119
和歌山製鉄所	生産技術部リサイクル技術室	〒640-8555 和歌山県和歌山市湊1850	Tel: 073-454-4119
広畑製鉄所	生産技術部資源化推進室	〒671-1188 兵庫県姫路市広畑区富士町1	Tel: 079-236-5944
八幡製鉄所	生産技術部スラグ・資源化企画推進室	〒804-8501 福岡県北九州市戸畑区飛幡町1-1	Tel: 093-872-6132
大分製鉄所	工程業務部スラグ営業室	〒870-0992 大分県大分市大字西ノ洲1	Tel: 097-553-2297

[販売代行] **日鉄スラグ製品株式会社**

本社 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町1-9-4 長寿ビル6F Tel: 03-5643-7575

室蘭事業所	〒050-0083	北海道室蘭市東町2-22-5	Tel：0143-41-1151
鹿島事業所	〒314-0014	茨城県鹿嶋市光3	Tel：0299-84-3942
君津事業所	〒299-1141	千葉県君津市君津1	Tel：0439-27-1801
名古屋事業所	〒476-0015	愛知県東海市東海町1-1-1	Tel：052-601-0031
和歌山事業所	〒640-8404	和歌山県和歌山市湊1850	Tel：073-452-4645
広畑事業所	〒671-1125	兵庫県姫路市広畑区長町1-12	Tel：079-236-8888
八幡事業所	〒804-0001	福岡県北九州市戸畑区飛幡町2-2	Tel：093-288-8080
大分事業所	〒870-0902	大分県大分市西ノ洲1	Tel：097-553-2669
北海道支店	〒060-0003	北海道札幌市中央区北三条西1-1-1	Tel：011-221-3020
東北支店	〒980-0811	宮城県仙台市青葉区一番町3-6-1	Tel：022-212-5073
四国支店	〒760-0017	香川県高松市番町1丁目6番1号	Tel：087-804-7191

お問い合わせは

ご注意とお願い
・本資料に記載しているデータは、製品特性を示すものであり、品質保証をするものではありません。実際の利用にあたりましては、季節、天候その他様々な影響を受けるものですので、記載データと異なる品質になる可能性があります。
・本資料に記載しているデータは、予告なしに変更する可能性があります。最新データに関しましては、担当部署にお問い合わせください。
・本製品を含め鉄鋼スラグ製品は、水と接すると高いアルカリ性を示したり、また、膨張特性を有するなどの特徴がありますので、製品のご利用にあたっては、該当担当者から説明がある「使用上の注意事項」をお守りください。
・本資料に記載された内容の無断複写や複製はご遠慮ください。

ジオタイザー®
L043_01_201904f
© 2019 NIPPON STEEL CORPORATION 無断複写転載禁止

NIPPON STEEL

ジオタイザー®

軟弱地盤改良用石灰系粒度調整材

NETIS登録 KT-150041-A
建技審証第1305号(カルスピン工法)

日本製鉄株式会社

軟弱地盤改良用石灰系粒度調整材

ジオタイザー®

NETIS登録 KT-150041-A
建技審証第1305号（カルスピン工法）

ジオタイザーは、製鋼スラグを原料とする石灰系粒度調整材です。
陸域における軟弱土（建設残土、農地土などの泥土）に混合して利用可能な土に改良することができます。従来の改良材（セメントや石灰など）に比べて粉塵が少なく、また安価なため工事費の縮減が可能です。改良土は転圧性に優れ、また過度に固化せず再掘削性を有しています。

ジオタイザーの特長

1 粒状体のため粉塵が少ない

ジオタイザーは粒状体のため、粉塵が少なく扱いが容易です。

セメント系･石灰系の場合　ジオタイザー

2 特殊な建設機械を用いることなく混合・施工が可能

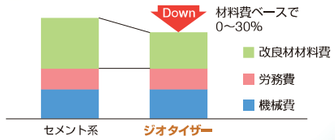
従来の改良材（セメント・石灰など）と同じ工法が採用できます。

バックホウ　スタビライザ
回転式破砕混合機

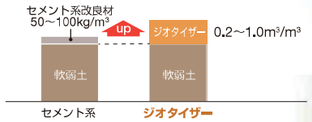
3 現地バラ積みで保管可能

セメント系・石灰系の改良材の場合は、保管時に湿気対策が必要ですが、ジオタイザーは粒状体かつ固化反応が緩やかなため、運搬や保管に特別な設備が不要です。

4 材料費が安価のため、混合費用を抑制



5 ボリュームアップにより購入土費を抑制



6 CO_2排出量を大幅に抑制

	固化材のCO_2排出原単位（ジオタイザー：kg-CO_2/m³ セメント：kg-CO_2/t）	原土1m³当たりの混合量（ジオタイザー：m³ セメント：t）	原土のCO_2排出量（kg-CO_2/m³）
ジオタイザー	2.6 (=0.71*(16*2+12)/12)	0.2~1.0	0.52~2.6
ポルトランドセメント	757.9	0.05~0.1	38~76

出典：LCA工法を用いた港湾構造物の最適化設計
コンクリート技術シリーズ No.44　コンクリートの環境負荷

7 環境安全品質をクリア

●ジオタイザーの環境安全品質基準と分析結果の一例

	基準値		分析結果例	
	溶出量（土壌環境基準）	含有量（土壌汚染対策法）	溶出量（H3 環告 46 号）	含有量（H15 環告 19 号）
単位	mg/L	mg/kg	mg/L	mg/kg
カドミウム	0.01 以下	150 以下	不検出	不検出
鉛	0.01 以下	150 以下	不検出	6
六価クロム	0.05 以下	250 以下	不検出	不検出
ヒ素	0.01 以下	150 以下	不検出	0.6
水銀	0.0005 以下	15 以下	不検出	不検出
セレン	0.01 以下	150 以下	不検出	不検出
フッ素	0.8 以下	4000 以下	0.09	150
ホウ素	1 以下	4000 以下	不検出	8

ジオタイザーは、経済性と施工性の向上に貢献します。

ジオタイザーの施工（バックホウによる原位置路床改良の例）

ジオタイザー敷均し
重機にてジオタイザーを所要量敷き均す
混合
バックホウ等の重機を用いて、原土と混合する
締固め
タイヤローラ等を用いて、締固める

製鋼スラグによる陸域の軟弱土改良は、2000 年代より名古屋地区で適用が始まり、官民向けに多くの実績があります。その後、海域浚渫土の改良を目的としたカルシア改質技術に発展し、研究開発を進めてきました。これらの実績と研究開発成果等より、2011 年 3 月に発生した東日本大震災後にカルスピン工法を開発して（一財）土木研究センターの審査証明を取得（建技審証第 1305 号）し、釜石市災害廃棄物処理事業に採用されました。また、本工法は 2012 年度地盤工学会賞（地盤環境賞）も受賞しています。

建設技術審査証明書

■ジオタイザーの用途イメージ

ジオタイザーの実績例

造成工事（バックホウ使用）

道路用盛土（バックホウ使用）

路床改良（スタビライザ使用）

道路拡幅部嵩上げ（バックホウ使用）

海岸防潮堤の堤体（カルスピン工法使用）

岸壁嵩上げ用路床材（カルスピン工法使用）

がれき分別と改良を同時に解決する カルスピン®工法

建技審証第 1305 号

津波堆積物等のがれきが混入した軟弱な泥土にジオタイザーを加え、回転式破砕混合機を用いて撹拌混合した後、ふるいにてがれきを分別し防潮堤や道路等の盛土材料、地盤の嵩上げ材料等の復興用土工材料として活用できる改良土へ再生する技術です。

釜石市災害廃棄物処理事業の適用事例

改良土の仮置き状況

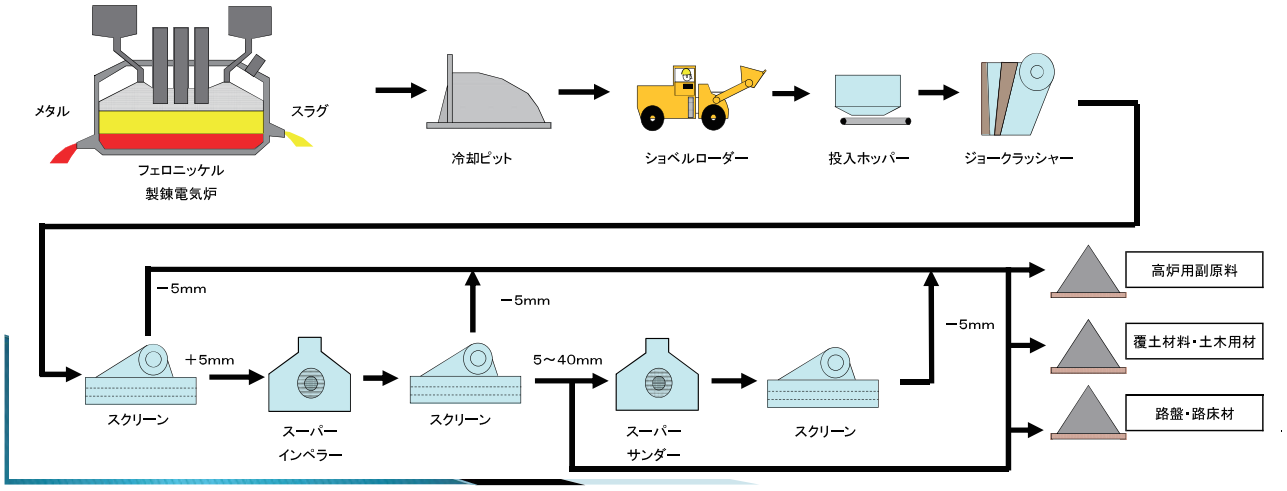
【フェロニッケルスラグのご紹介】

大平洋金属株式会社
営業二部資材営業課
TEL：0178(47)7165
FAX：0178(22)7350

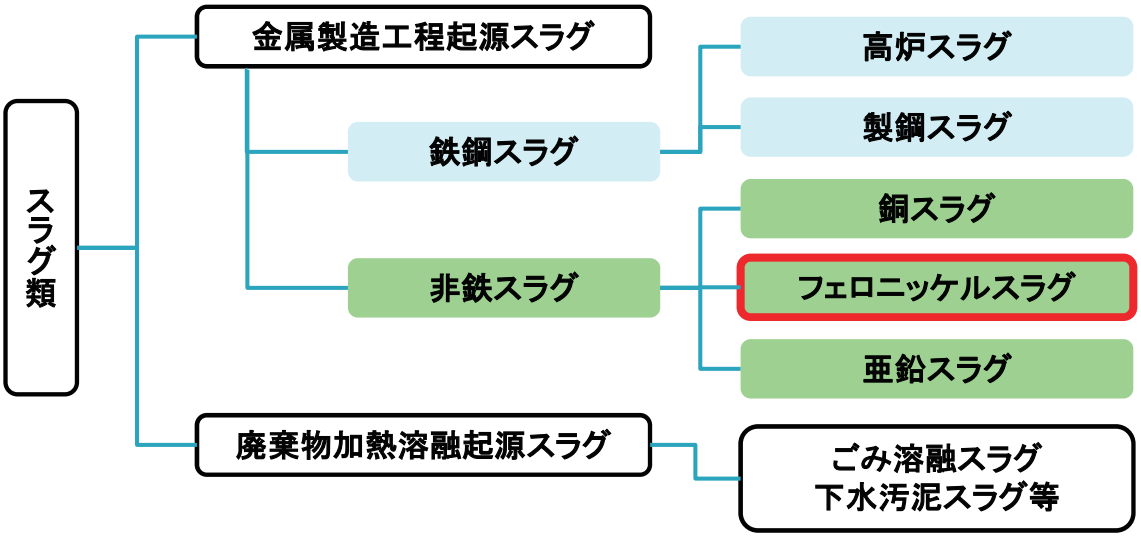
1

【フェロニッケルスラグとは】

- 大平洋金属はステンレス鋼の原料となるニッケル鉱石を海外から調達しフェロニッケルを製造しています。その製造工程で発生する副産物を徐冷法(大気冷却により岩盤化する)で冷却、破砕整粒し、様々な粒度範囲の製品を製造しております。
- 構成成分は極めて安定しており、天然鉱物と同等に再資源化製品として青森県内外で有効利用されております。



【各スラグの分類】



- 種々あるスラグ類において、「フェロニッケルスラグ」は非鉄スラグに分類されております。

3

【道路用砕石とした種類別の名称と用途】

	主な用途	道路用砕石	道路用鉄鋼スラグ	道路用非鉄スラグ
対応JIS		JIS A 5001	JIS A 5015	制定中
クラッシャラン	下層路盤	C-40 C-30 C-20	CS-40 CS-30 CS-20	CN-40 CN-20
粒度調整砕石	上層路盤	M-40 M-30 M-25	MS-25	MN-40 MN-25
構築路床材	路床材	―	―	IN-40 IN-20 IN-10
単粒度砕石	ｱｽﾌｧﾙﾄ混合物用	S-80（1号） ～ S-5（7号）	SS-20 SS-13 SS-5	SN-5

新たに道路用非鉄スラグのJIS規格を制定に向け日本鉱業協会で活動中であり、制定された場合のフェロニッケルスラグ製品はCNやMNの記号で検討されています。

4

【フェロニッケルスラグの種類と用途】

用途	当社製品種類	特性
構築路床材	0-5mm	・凍上抑制層にも使用出来る
路盤材	0-20mm 0-40mm	・鉄鋼スラグ路盤材(CS-20、CS-40)の JIS規格を満足している ・締固め後の路床支持力(修正CBR値)が高い
覆土・土工材	0-5mm 0-40mm	・砂質土程度の透水性 ・内部摩擦角が大きい

【フェロニッケルスラグの品質①】

(1) 化学成分 質量% (代表値)

SiO_2	MgO	CaO	Al_2O_3	S	T.Ni	T.Cr	T.Fe
52	32	3	1.8	0.05	0.03	0.8	6

(2) 環境安全品質

項目	環境省告示18号溶出量試験 (mg/L)		環境省告示19号含有量試験 (mg/kg)	
	基準値	フェロニッケルスラグ	基準値	フェロニッケルスラグ
ｶﾄﾞﾐｳﾑ	≦0.01	<0.001	≦150	<15
六価ｸﾛﾑ	≦0.05	<0.02	≦250	<25
総水銀	≦0.0005	<0.0005	≦15	<1.5
ｾﾚﾝ	≦0.01	<0.005	≦150	<15
鉛	≦0.01	<0.005	≦150	<15
砒素	≦0.01	<0.005	≦150	<15
ﾌｯ素	≦0.8	<0.1	≦4,000	<400
ﾎｳ素	≦1	<0.1	≦4,000	<400

環境安全品質基準の設定について

・土壌汚染対策法の特定有害物質24項目のうち、第二種特定有害物質(重金属類)8項目を毎年分析を行っております。

・第一種特定有害物質(揮発性物質)11項目及び第三種特定有害物質(農薬等)5項目については、製錬工程において1,600℃以上の高温で溶融され熱分解する為、分析対象から除外しております。

※詳細は下記に示す技術マニュアルを参照願います。
「港湾・空港工事における非鉄スラグ利用技術マニュアル」
『3.1.4 環境安全品質(P.22)』

7

【フェロニッケルスラグの品質②】

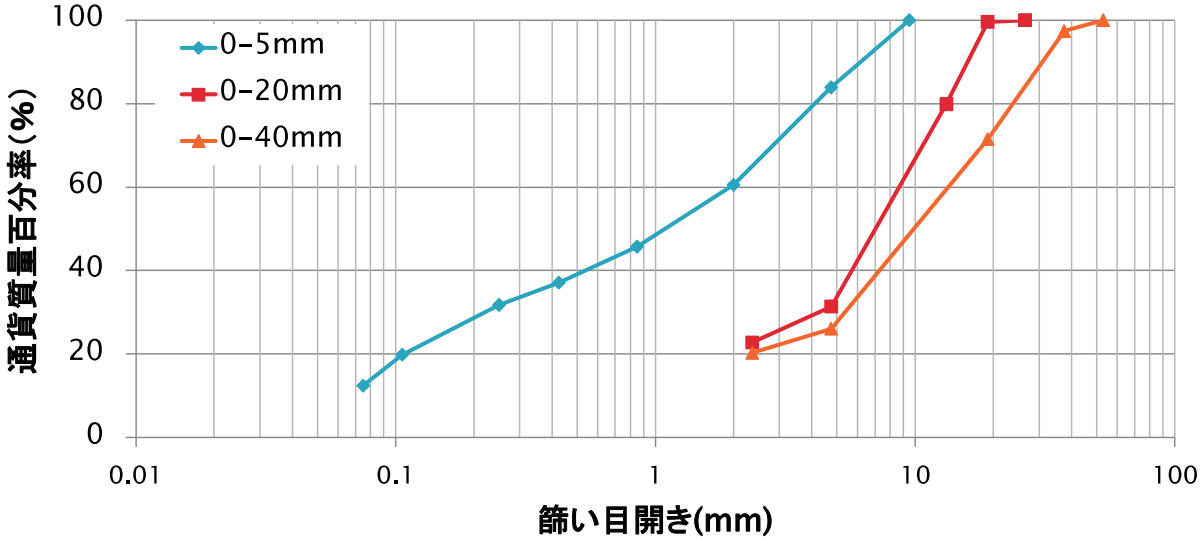
項目/サイズ	単位	0-5mm	0-20mm	0-40mm
土粒子の密度	g/cm^3	3.18	―	―
最大乾燥密度	g/cm^3	2.34	2.39	2.40
最適含水比	%	7.29	5.21	5.13
吸水率	%	―	1.69	1.53
単位容積質量	g/l	2.15	2.14	2.11
修正CBR	%	71	112.8	128.6
最大水浸膨張比	%	―	0.022	0.000
凍上試験	%	O(合格)	―	―
嵩密度(自社測定)	g/cm^3	1.94	1.81	1.86

項目/サイズ	単位	0-5mm	0-40mm
内部摩擦角	φ (度)	40	41
粘着力	kN/m^2	27.7	15.9
透水係数	m/s	2～4×10^{-5}	1～2×10^{-5}

8

【フェロニッケルスラグの品質③】

粒度分布　通過質量百分率%（代表値）



0-5 (mm/%)	9.5	4.75	2	0.85	0.425	0.25	0.106	0.075
	100	83.9	60.6	45.7	37.1	31.8	19.9	12.5

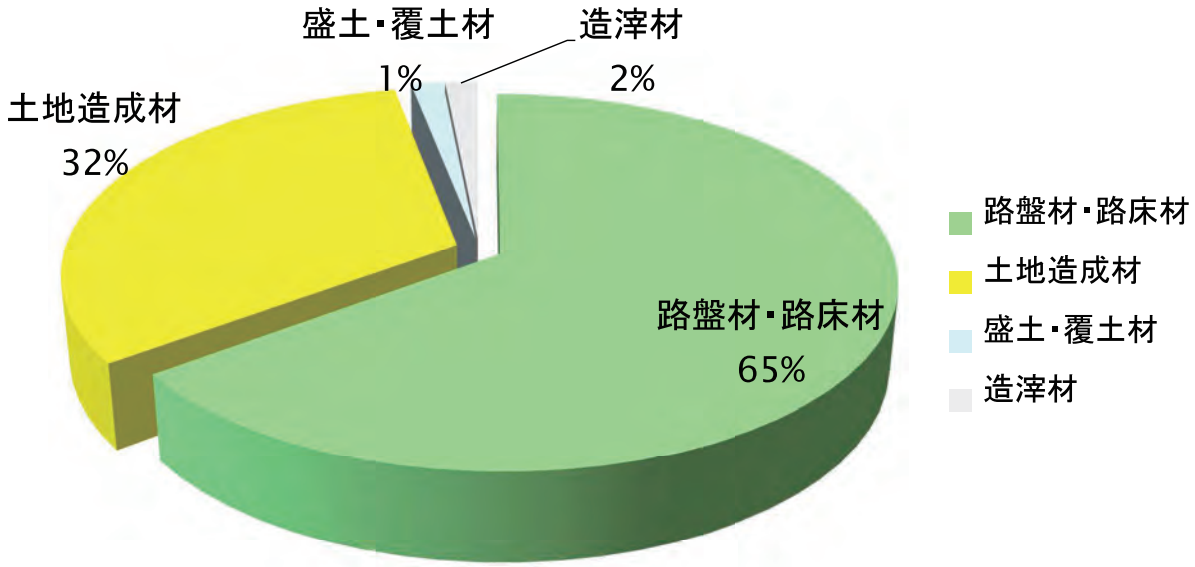
0-40 (mm/%)	53	37.5	19	4.75	2.36
	100	97.4	71.5	26.1	20.3

【フェロニッケルスラグの特性まとめ】

- 一般的な土質材料(2.6～2.8g/cm³)と比較して3.18g/cm³と重い
- 最大乾燥密度が2.34～2.42g/cm³と大きく、盛土や築堤等に有利
- 吸水率が1.5～2.0%と小さく、緻密な材料である
- 締固め性が良く、修正CBR値が高い
- 雨水等による水硬性が無く、膨張性はほとんど見られない
- 内部摩擦角35°　以上が期待でき、支持力が大きい
- 中位の透水係数を有し、砂質土程度の透水性を示している
- pHは7.5～7.9と中性から弱アルカリ性であり、水質汚濁防止法の基準値5.8～8.6(海域5.0～9.0)をクリアしている

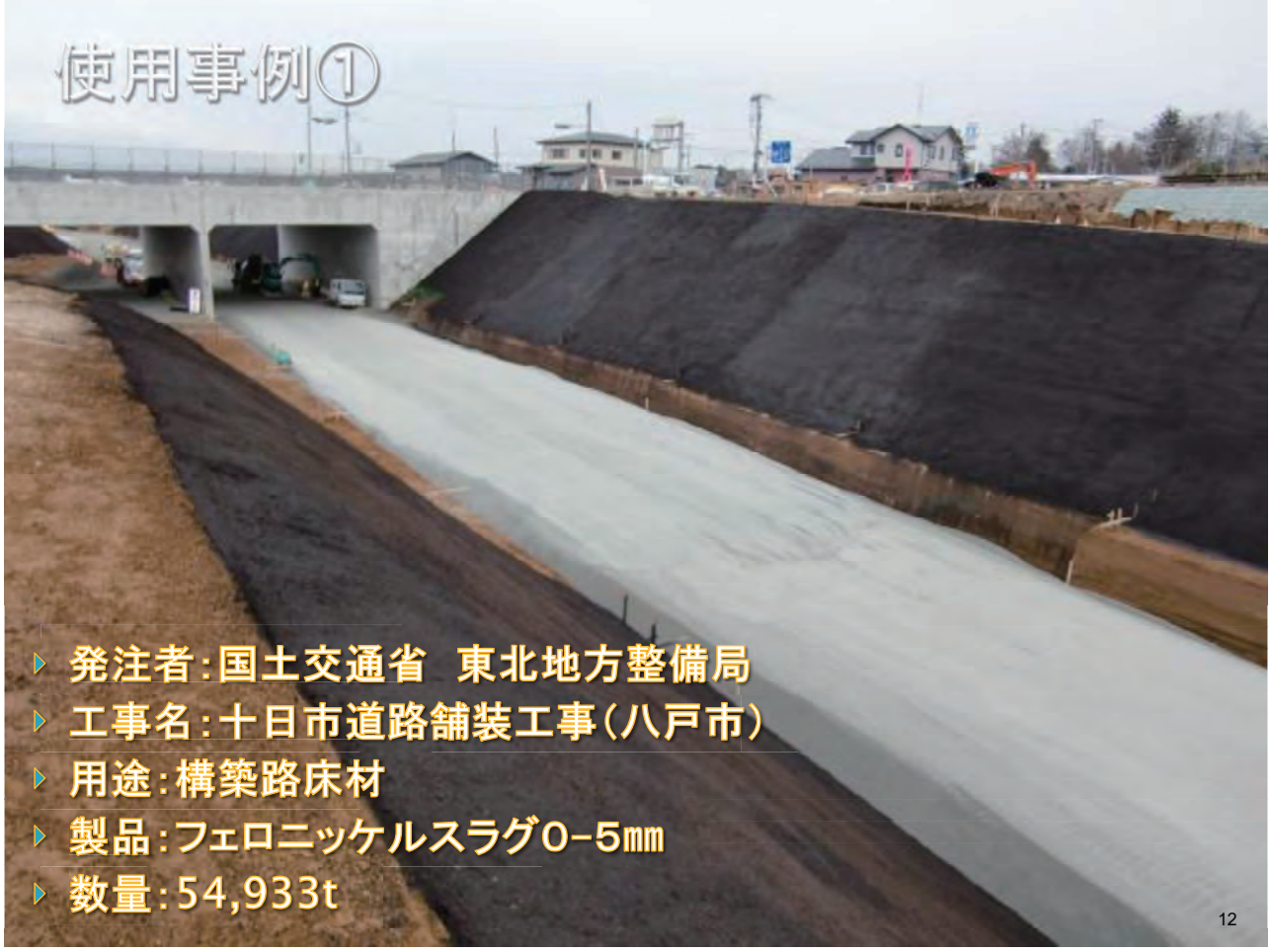
【フェロニッケルスラグの使用用途】

平成29年度実績



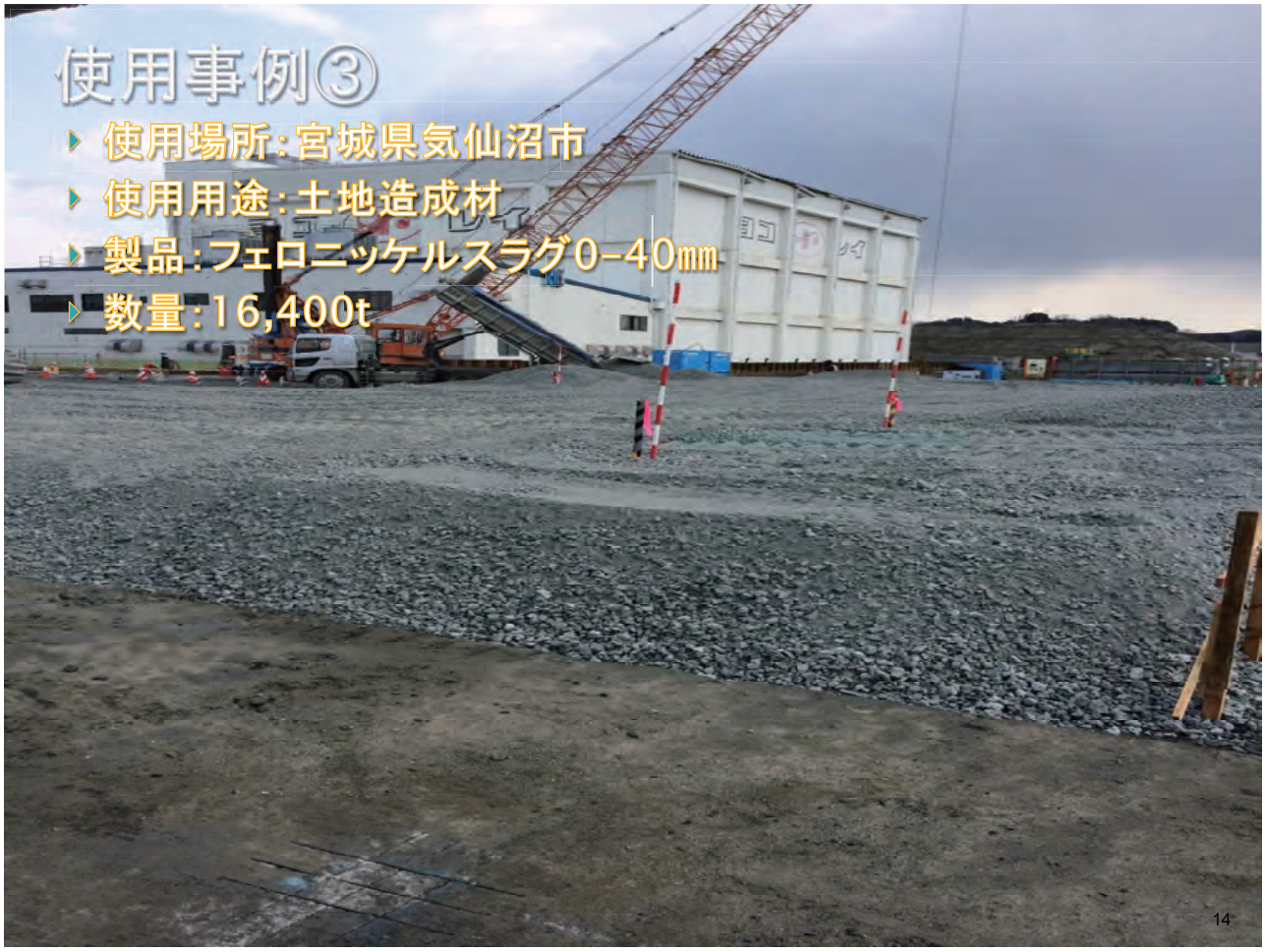
用途の98%は土木用資材として利用されております

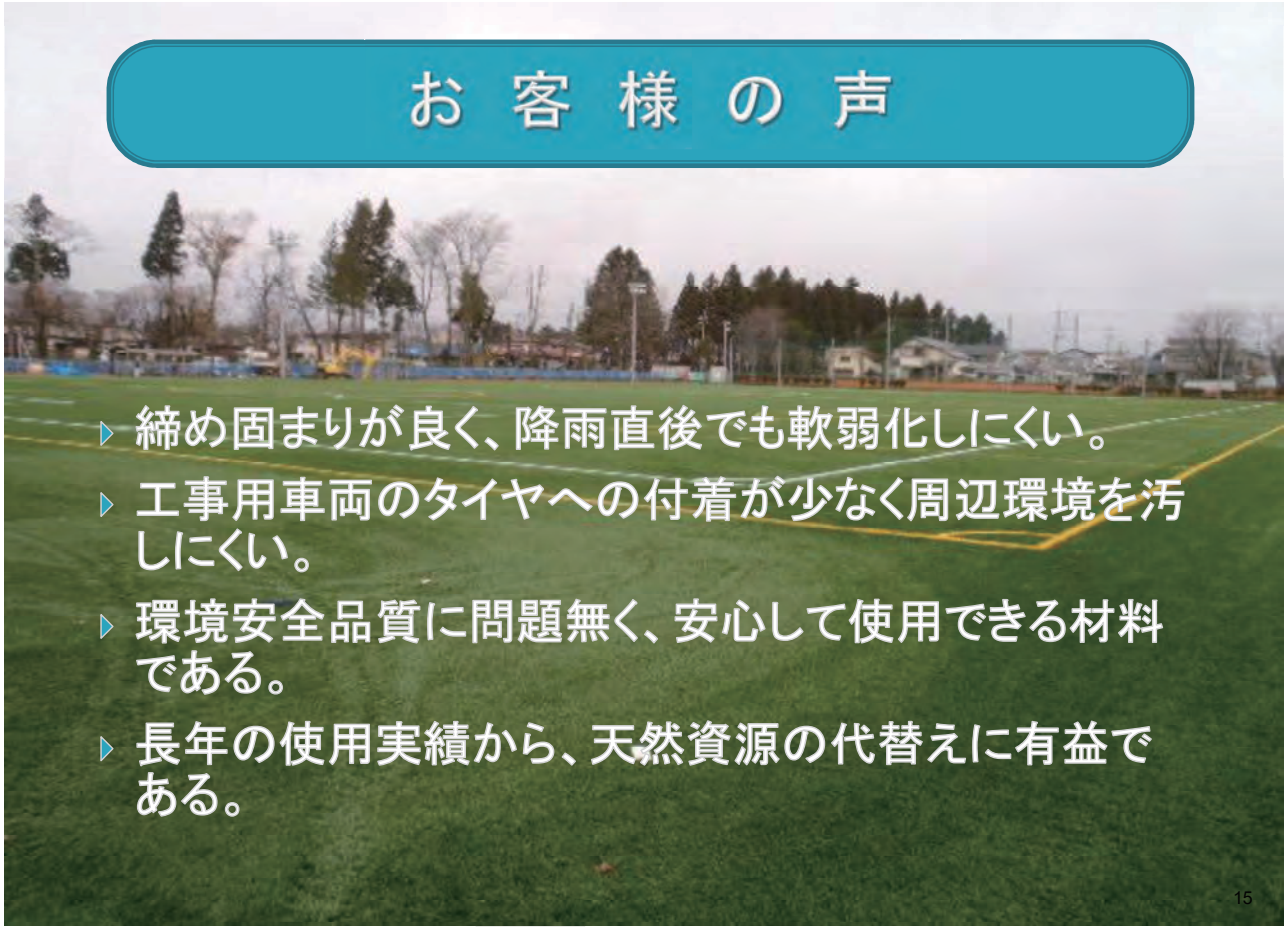
11



12

使用事例②
発注者：青森県　三八地域県民局
工事名：八戸港改修（統合補助）道路工事（八戸市）
用途：路盤材
製品：フェロニッケルスラグ0-40mm
数量：18,346t
13


使用事例③
使用場所：宮城県気仙沼市
使用用途：土地造成材
製品：フェロニッケルスラグ0-40mm
数量：16,400t
14



【最後に】

- フェロニッケルスラグは、「非鉄スラグ製品の製造販売管理ガイドライン」に基づき、法令等で定められた「環境安全品質の遵守」及び「製品の品質管理」を行っており、用途に応じ安全かつ適正にご利用頂ける様管理をしております。
- また、納入後の使用状況を確認させて頂き、お客様のご意見を伺いながら、フェロニッケルスラグの信頼維持と向上に努めております。

『大平洋金属株式会社環境・社会報告書』
当社HPにて公開中

http://www.pacific-metals.co.jp/environment/report.php

16

非鉄スラグ製品の製造・販売管理ガイドライン

注＊https://www.kogyo-kyokai.gr.jp/category/1864319.htmlより
最新版を参照のこと

1. 主　旨

日本鉱業協会スラグ委員会の「各会員及び製造販売する関係会社」(以下「各会員」という。)が非鉄スラグ製品（ここで非鉄スラグとは、フェロニッケルスラグ、銅スラグ、亜鉛スラグをいう。）を製造・販売するにあたり、取引を円滑に行うとともに、需要家（ここで需要家とは、各会員が行う非鉄スラグ製品の販売先のみではなく、非鉄スラグ製品の使用方法や施工方法を実質的に決定する者を含むものとする。また、ここで各会員の販売先とは、売買契約によって非鉄スラグ製品を購入する者をいう。）での利用に際し、適切な使用がなされるために、製造・販売者として遵守すべき事項を、本ガイドラインで定める。

なお、フェロニッケルスラグとは、JIS A 5011-2 の規定に準じ、ニッケル鉱石等を原料としてフェロニッケルを製造する際に副生するスラグを指し、銅スラグとは、JIS A 5011-3 の規定に準じ、銅精鉱等を原料として銅を製造する際に副生するスラグを指し、亜鉛スラグとは、亜鉛製錬所で亜鉛を製造する際に副生するスラグを指す。また、非鉄スラグ製品の使用方法や施工方法を実質的に決定する者とは、施主、施工業者、設計コンサルタントなどを指す。

なお、各会員とは、日本冶金工業㈱、大平洋金属㈱、住友金属鉱山㈱、三菱マテリアル㈱、パンパシフィック・カッパー㈱、三井金属鉱業㈱、DOWA メタルマイン㈱を指す。また、対象となる製造・販売する関係会社及び事業所は、日本冶金工業㈱大江山製造所、宮津海陸運輸㈱ 、大平洋金属㈱八戸本社（製造所）、 住友金属鉱山㈱東予工場、㈱日向製錬所、住鉱物流㈱、日比共同製錬㈱玉野製錬所 、パンパシフィック・カッパー㈱日比製煉所、パンパシフィック・カッパー㈱佐賀関製錬所、小名浜製錬㈱、三菱マテリアル㈱直島製錬所、八戸製錬㈱、三池製錬㈱とする。

2. 非鉄スラグ製品の適用範囲

2-1.　非鉄スラグ製品

本ガイドラインは、「各会員」が製造・販売する全ての非鉄スラグ製品に適用する。

(1)　非鉄スラグの用途は、別紙 1ー非鉄スラグ製品の使用場所・用途に示されているものに限定し、それ以外の用途に使用してはならない。別紙 1 に記述された用途以外に新たな用途を追加する場合は、「各会員」が、日本鉱業協会に申請・協議し追加するものとする。

(2)　非鉄スラグ製品は、製造を行う主体により下記の様に区分する。

①　「各会員」が自ら非鉄スラグのみで製品を製造する場合

「各会員」が自ら非鉄スラグのみで非鉄スラグ製品を製造する場合には、その製品を本ガイドラインにおける非鉄スラグ製品とする。

②　「各会員」が自ら他の材料と混合調製（非鉄スラグを破砕・整粒し、他材と混合し、非鉄スラグ製品を加工・製造すること）する場合

「各会員」が自ら非鉄スラグ（他の各会員及び製造・販売する関係会社から購入したものを含む)と他の材料を混合調製した後､そのままの状態で使用される場合には、混合調製後の製品を本ガイドラインにおける非鉄スラグ製品とする。

③　「各会員」が販売した後、「各会員」以外の第三者が他の材料と混合調製する場合

「各会員」が非鉄スラグを「各会員」以外の第三者に販売した後で、「各会員」以外の第三者が非鉄スラグと他の材料を混合調製した場合は、非鉄スラグ製品の対象外とする。但し、「各会員」は販売に際し、第三者が遵守すべき事項（混合率等の使用条件等）を提示し、その内容について第三者との契約を取り交わさなければならない。

また、第三者が契約時に締結した事項が確実に実施されている事を確認しなければならない。

(3)「各会員」が非鉄スラグをブラスト材として販売する場合、使用後、廃掃法等を遵守し処理されることを確認しなければならない。

2-2.　廃棄物として処理される非鉄スラグの扱い

「各会員」は、使用場所・用途に応じて適用する品質及び／又は環境安全品質を満たさない非鉄スラグは非鉄スラグ製品として販売しない。「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に従って、適正に処理しなければならない。

3.　各会員及び製造・販売する関係会社の責務

「各会員」は、本ガイドラインに定める事項に従い、自社の「非鉄スラグ製品に関わる管理マニュアル」を整備するものとし、非鉄スラグ製品の製造・販売にあたっては、本ガイドライン並びに当該自社のマニュアルを遵守しなければならない。

「各会員」は、本ガイドライン等を遵守することを通じて、法令遵守はもとより、非鉄スラグ製品の品質に対する懸念、非鉄スラグ製品に起因する生活環境の保全上の支障が発生するおそれ等を未然に防止するとともに、非鉄スラグ製品への信頼の維持・向上に努めなければならない。

「各会員」は、「非鉄スラグ製品の製造販売管理体制」を構築して、本体制に基づいて、定期的にスラグ製品の製造・販売会議等を開催して、製造と販売が一体となった活動を展開しなければならない。

「各会員」は、本ガイドラインが適切に運用されるために、各会員のマニュアル等に非鉄スラグの管理体制図を記載する。同時に、製造責任者、品質責任者、出荷責任者及び各責任者の権限をマニュアル等に記載することで組織及び責任者を明確にする。なお、品質責任者、出荷責任者は、製造部門から独立した組織が望ましい。

「各会員」が、販売業務を委託している場合は、委託契約書を取り交わし、本ガイドラインの遵守徹底を図らなければならない。また、発生した非鉄スラグの破砕、篩分け、メタル回収、置き場管理、構内輸送等の作業を外注に委託している場合にも、委託契約書を取り交わし、本ガイドラインの遵守の徹底を図らなければならない。

「各会員」は、地域行政と環境安全協定等を締結した場合は、その遵守状況を確認しなければならない。

4. 非鉄スラグ製品の品質管理

4-1. 備えるべき環境安全品質

(1) 「各会員」は、非鉄スラグ製品が備えるべき環境安全品質として、法律、法律に基づく命令、条例、規則及びこれらに基づく通知（以下「法令等」という。）、JIS、国・自治体の各種仕様書や学会・協会等の最新の要綱・指針で定められているものがある場合は、これを遵守しなければならない。

(2) 「各会員」は、非鉄スラグ製品の使用場所を管轄する自治体が定めるリサイクル認定等の独自の認定制度に適合する製品として、非鉄スラグ製品を販売するときは、当該認定に関して自治体が定める環境安全品質基準に従わなければならない。

(3) 「各会員」は、法令等、JIS、国・自治体の各種仕様書や学会・協会等の最新の要綱・指針などに明確な環境安全品質の定めがない場合は、非鉄スラグ製品の環境安全品質の適合性については、使用される場所等や用途に応じて適用される基準（別紙 2ー非鉄スラグ製品の使用場所・用途に応じて適用する環境安全品質基準参照）を遵守しなければならない。

4-2. 前項の環境安全品質以外の品質規格等

(1) 非鉄スラグ製品が備えるべき品質規格等として、法令等、JIS、国・自治体の各種仕様書や学会・協会等の最新の要綱・指針等で定められているものがある場合は、「各会員」は、これを遵守しなければならない。

(2) 「各会員」は、非鉄スラグ製品の使用場所を管轄する自治体が定めるリサイクル認定等の独自の認定制度に適合する製品として、非鉄スラグ製品を販売するときは、当該認定に関して自治体が定める品質規格等に従わなければならない。

(3) 法令等、JIS、国・自治体の各種仕様書や学会・協会等の最新の要綱・指針等で明確な品質規格等の定めがない場合は、各会員及び製造・販売する関係会社は、需要家との間で品質規格等を取り決め、これを遵守しなければならない。

4-3. 出荷検査

非鉄スラグ製品の出荷検査は、原則として、「各会員」により、JIS、本ガイドラインまたは需要家との間の取り決めに従い行われることとする。また、検査手順もしくは顧客との取り決めが遵守されているかを定期的に確認しなければならない。

その中で、非鉄スラグ製品の環境安全品質に係る環境安全形式検査および受渡検査は、JIS Q 17025 若しくは JIS Q 17050-1 及び JIS Q 17050-2 に適合している試験事業者、または環境計量証明事業者として登録されている分析機関により、別紙 2 に示す試験頻度で実施しなければならない。但し、JIS Q 17025 若しくは JIS Q 17050-1 及び JIS Q 17050-2 に適合している試験事業者、または環境計量証明事業者として登録されている分析機関で 1 年に 1 回以上の分析を行い、社内分析結果の検証を行うことで、環境安全受渡検査は、社内分析で行ってもよい。

本ガイドラインにおいての環境計量証明事業者とは、計量法に基づく計量証明の事業区分が「水又は土壌中の物質の濃度に係わる事業」の登録を受けた者とする。

試料調整を含む環境安全品質並びにその他の品質検査では、品質検査にふさわしい力量を持った人が、品質検査を行うにふさわしい試験設備、試験環境下で行わねばならない。

また、出荷ロット、製造ロットの特定および製造条件、原料条件等を確認できる仕組み（トレーサビリティの確保）を確立しなければならない。また、定期的にトレーサビリティが確保できている事を確認する。

また、その結果に係る記録については、少なくとも 10 年以上の保管期限を定め保管されなければならない。

別紙 2 に示す製造ロットとは、工場ごとの製造実態、品質管理実態に応じて、「各会員」が規定するものとする。

また、需要家から要求があった場合には、「各会員」は、環境安全品質に係る記録を提出することとする。

4-4. 試験及び検査データの信頼性向上

「各会員」は、環境安全品質の検査を信頼できる検査機関において実施されることが望ましい。環境安全品質以外の検査は、力量を持った検査員を擁する検査部門において実施されなければならない。また、試験及び検査データに関しては、人手の介入の少ないシステム（自動化等）で取り扱われることが望ましい。やむを得ず、人手の介入したシステムで試験及び検査のデータを取り扱う場合は、以下のルールの下で行われるものとする。

(1) 試験及び検査要員に対する十分な教育を行う。また、定期的にその評価を行うことで要員のレベルを一定以上に維持させる。

(2) 試験及び検査データは、少なくとも２名以上のチェック体制とする。チェックするためには、フォーマットに規定値（規格値）を表記する等を施し、見落とすことがないようにしておく。

5. 非鉄スラグ製品の置場・保管管理

「各会員」は、スラグ専用置場を設けて、置き場外への流出や異物が混入しないよう、また、周辺地域への飛散などによる悪影響を避けるなどの対策を講じて、適切な保管管理を行う。

また、非鉄スラグ製品の在庫についても、適正在庫量を設定して管理する事が望ましい。適正在庫量の設定にあたっては、出荷ロットの大きさ、注文頻度、国内品・輸出品、置場の特性、生産・販売動向等を多面的に考慮する事が望ましい。

仮設の置き場を設置する場合には、特に置き場外への飛散防止や異物混入防止に留意し、定量的な在庫量を含めて適切に管理を行うものとする。

6. 非鉄スラグ製品の販売管理

6-1. 非鉄スラグ製品の用途指定

「各会員」は、非鉄スラグ製品が、適切に有効活用されるように、別紙１の用途にのみ販売するものとする。

6-2. 需要家の審査

「各会員」は、需要家の用途などの適合性を審査し、適合した需要家にのみ販売するものとする。また、以下の項目について需要家の審査を行う。販売先が需要家と異なる場合は、販売先と需要家について審査するものとする。

■ 審査事項

・当該取引の用途などの内容説明にあいまいな点の有無
・各会員及び製造・販売する関係会社の社内コンプライアンス規定に基づく確認
・需要家の過去の行政処分情報（入札停止処分等）の有無、(内容の確認)
・需要家の過去の取引履歴における問題の有無
・需要家の会社の業務内容、経営情報に不審な点の有無

6-3. 受注前

(1) 需要家への品質特性の説明

「各会員」は、需要家から非鉄スラグ製品の引き合いがあった場合は、需要家が法令を遵守するとともに、不適切な使用により生じ得る環境負荷に関する理解を深めるために、用途に応じてパンフレットや技術資料を提供するなど、需要家に対して書面で非鉄スラグ製品の品質特性と使用上の注意事項を説明しなければならない。

(2) 受注前現地調査要否の判断、受注可否の判断、施工中及び施工後の調査要否の判断

「各会員」は、需要家から非鉄スラグ製品の引き合いがあった場合は、需要家から使用場所（運送、施工中の一時保管場所を含む。以下同じ)、使用状態、施工内容、施工方法などの説明を受けた上で、使用場所の現地調査の要否を判断し、必要と判断される場合には現地調査をおこなわなければならない。当該現地調査を踏まえ、事前に関係者間で協議した結果、施工中（一時保管場所を含む)、施工後を通じて必要な対策を講じてもなお、法令違反を惹起する疑い、または生活環境の保全上の支障が発生するおそれがある場合は、各会員及び製造・販売する関係会社は、販売を見合わせなければならない。また、販売可能と判断したものについて、「各会員」及び製造・販売する関係会社は、施工中・施工後の調査の要否を判断し、必要と判断される場合には施工中・施工後の調査をしなければならない。なお、受注前、施工中及び施工後の現地調査を不要と判断した場合も、「各会員」にて、その理由を記録として残しておかなければならい。不要と判断した記録は、少なくとも２年の保管期限を定め保管されなければならない。

使用場所の現地調査項目は、「各会員」にて、予め定めるものとする。

受注前現地調査により販売可能と判断した場合においても、「各会員」は、施工中及び施工後の留意点について、需要家に説明するとともに、必要に応じて行政・近隣住民との事前協議を行うこととする。

(3)　受注前現地調査の実施基準、受注可否の判断基準、施工中及び施工後の調査の実施基準

①　使用場所の受注前現地調査の実施基準、②　受注前現地調査の結果に基づいた受注可否判断基準、③　施工中・施工後の現地調査の実施基準は、各会員及び製造・販売する関係会社にて予め定めるものとする。但し、少なくとも 3,000t 以上の案件については、各会員及び製造・販売する関係会社は、受注前現地調査を実施しなければならない。

(4)　販売上の留意点

①　「各会員」は、非鉄スラグ製品の販売において、販売先に対し、有償で販売しなければならない。

各会員及び製造・販売する関係会社が支払う運送費が販売代金以上となるおそれがある場合は、各会員及び製造・販売する関係会社は、販売先及び施工業者以外の第三者を運送業者として選定しなければならない。

②　出荷場所と使用場所の関係から、運送費が販売代金以上となるおそれがある場合は、「各会員」は、あらかじめ複数の運送業者から見積もりを取るなど運送費の妥当性を検証しなければならない。

③　「各会員」は、販売した非鉄スラグ製品は原則転売・転用を禁止とし、転売・転用をする場合は販売者の了解を得ることを購入者に書面にて周知徹底しなければならない。

(5)　受注前現地調査、需要家との面談等の記録

受注前現地調査、需要家との面談、需要家に非鉄スラグ製品の品質特性と使用上の注意事項の説明を行った事実等については、「各会員」は、予め各会員にて定める様式により記録に留め、少なくとも納入完了から 10 年以上の保管期限を定めて保管しなければならない。また、需要家との間で取り決めた品質規格等については、「各会員」は書面で需要家に提出しなければならない。

《 調査項目 》

①　調査年月日　②工事名　③施工場所　④施主名　⑤施工業者名　⑥用途：具体的な用途を記入　⑦規格、非鉄スラグ製品の種類　⑧納入時期・工期　⑨数量　⑩他のリサイクル材との共同使用の有無　⑪施工場所の状況　⑫施工中の保管場所　⑬輸送方法、輸送中の一時保管場所

《 決定項目 》

①　施工中の状況調査の要否

②　施工後の追跡調査の要否

(6)　新規納入事案に対する社内承認

「各会員」は、量の多少を問わず、新規納入事案については、事前入手情報・現地調査結果等を基に各会員及び製造・販売する関係会社で定める審査・承認を行わなければならない。審査結果は様式に定めるところに記入し、関係者回覧の上、期限を定めて保管しなければならない。

ここでいう新規納入事案とは、その需要家にとって、経験のない用途にスラグを用いる場合または、土木工事用材を新しい工区に使用する場合を意味する。

6-4.　受注・納入

(1)　受注を決定し、非鉄スラグ製品を納入する場合には、「各会員」は、需要家との契約条件に従って試験成績表を提出しなければならない。

(2)　非鉄スラグ製品が使用される場所に応じて適用される環境安全品質とそれへの適合性については、「各会員」は、契約書あるいはその他の方法で需要家に提示しなければならない。コンクリート用銅スラグ細骨材及びアスファルト混合物用銅スラグ骨材は、環境安全形式検査成績表と単位量の上限を提出しなければならない。また、銅スラグ骨材、亜鉛スラグ骨材を、二次製品の意匠材として使用する場合も、単位量の上限を規定しなければならない。その場合、単位量は、二次製品全体で評価するものとする。

(3)　各会員及び製造・販売する関係会社は、非鉄スラグ製品を納入する場合は、法に基づき、需要家に安全データシート（英: Safety Data Sheet）を発行しなければならない。

6-5.　非鉄スラグ製品の運送

非鉄スラグ製品の運送に際しては、「各会員」は、代金受領、運搬伝票等で非鉄スラグ製品が確実に需要家に届けられたこと確認しなければならない。また、需要家が製造元及び販売元を確認できるように、納入伝票等には、製造元及び販売元の各会員名称を記載しなければならない。

6-6.　施工中の調査

(1)「各会員」は、必要に応じて施工場所（運送、一時保管を含む）の調査を実施しなければならない。また、セメント原料向けの場合は、原料の使用状況の確認でもよい。施工場所の調査にあたっては、特に粉塵対策の確認が重要である。

なお、3,000t 以上の案件については、各会員及び製造・販売する関係会社は、施工中の調査を必ず実施しなければならない。

なお、「各会員」は、施工中の調査結果を記録に留め、少なくとも 10 年以上の保管期限を定め保管しなければならない。

(2) 状況確認の結果、運送、保管、施工に際して、非鉄スラグ製品の取扱い等に不具合が認められる場合は、「各会員」は、必ず需要家に正しい取扱い方法について注意喚起し、それを記録に留め、少なくとも 10 年以上の保管期限を定めて保管しなければならない。また、必要に応じて行政庁と協議し、それを記録に留め、少なくとも 10 年以上の保管期限を定めて保管しなければならない。

特に、施工中の非鉄スラグ製品の「各会員」および需要家による製造事業所外での一時保管については、各会員及び製造・販売する関係会社は、定期的に見回り調査を実施し、粉塵対策等の実施状況を調査・点検し、記録するとともに、「各会員」および需要家による一時保管において在庫過多による野積みが生じないよう、「各会員」および需要家での在庫は使用量の 3 ヵ月分を上限の目処とする。3 ヵ月以上の長期間にわたり利用されずに放置されている場合には、「各会員」は、速やかにその解消を指導し、指導に従わない場合は、行政と相談の上、撤去を含め、速やかな対策を講じなければならない。

(3)　6-3 (2)で受注前に施工中の調査を不要と判断したものについても、問題発生のおそれのあるものについては、「各会員」は、調査を実施しなければならない。

7. 施工後の調査

(1)　「各会員」は、施工場所や利用用途等の特徴に応じて、施工後の調査の期間、頻度についての判断基準を定めなければならない。また、「各会員」は、施工後の施工場所の状況に応じて、調査期間の延長や頻度の見直しを実施しなければならない。但し、少なくとも 3,000t 以上の案件については、「各会員」は、施工後の調査を実施しなければならない。

(2)　事前の現地調査で施工後の調査が必要と判断された場合は、「各会員」は、需要家と相談の上、施工後の調査を、必要な期間、必要な頻度で行い、調査結果を記録に留め、少なくとも 10 年以上の保管期限を定め保管しなければならない。

(3)　施工後の調査の結果、施工後使用場所に環境への影響が懸念される場合は、「各会員」は、速やかに需要家と協議し、それが非鉄スラグ製品の品質に起因する場合、必要な措置を講じなければならない。需要家における使用が原因の場合、「各会員」は、需要家に対して、必要な注意喚起を行わなければならない。これらにあたり、「各会員」は、必要に応じ行政と協議することとする。「各会員」は、これらについて記録に留め、少なくとも 10 年以上の保管期限を定め保管しなければならない。

(4)　「各会員」は、施工後の調査を必要なしと判断した案件においても、使用場所に異常が認められた場合は、前項に準じる。

8. 行政・住民等からの指摘・苦情等が発せられたとき及びその懸念が生じたときの対応

非鉄スラグ製品の運送・一時保管・施工中・施工後の一連のプロセスにおいて、行政・住民等からの指摘・苦情等が発せられたとき、またはその懸念が生じたときは、その原因が非鉄スラグ製品に起因するか否かを問わず、「各会員」は、需要家と協力して速やかに原因究明にあたるとともに、非鉄スラグ製品に起因する場合は、需要家と、必要に応じて行政・住民等と協議の上適切な対策をとる。また、需要家その他の関係者の行為に起因する場合には、必要に応じ当該関係者に注意喚起を行い、必要に応じて行政庁と協議することとする。

また、非鉄スラグ製品に起因するか否かを問わず、「各会員」は、非鉄スラグ製品に対する信頼・評価が毀損されることがないよう適切かつ迅速な対応を図ることとする。これらの対応は「各会員」が主導し、販売会社と相互協力して行うこととする。本項の措置については記録に留め、少なくとも 10 年以上の保管期限を定め保管しなければならない。

行政・住民等からの重大な指摘・苦情等が発せられたときは、日本鉱業協会に報告する。

9. マニュアルの整備と運用遵守状況の点検及び是正措置

「各会員」は、本ガイドラインに定める事項を、自社の非鉄スラグ製品に関わるマニュアルとして整備しなければならない。

「各会員」は、ガイドライン及びマニュアルの社内教育を定期的に実施し、自社のマニュアルの規定に従い運用しているかどうか、保管すべき記録を保管しているかどうか等マニュアルの運用遵守状況について、少なくとも１年に１回以上点検を行い、不適正な運用がなされている場合には是正措置を講じなければならない。この点検は、10.(2)の第三機関の監査とは、別とする。

「各会員」は、本ガイドラインの改正が行われた場合には、社内教育を実施し、遵守事項について周知徹底しなければならない。

なお、教育・点検及びその是正措置については記録に留め、少なくとも 10 年以上の保管期限を定め保管しなければならない。

また、「各会員」は、需要家（販売会社や販売代理店を含む）に対しても、ガイドライン及びマニュアルを説明し、非鉄スラグ製品の製造・販売に関わる遵守事項を周知徹底することとする。本ガイドラインの改正を行った場合は、需要家（販売会社や販売代理店を含む）に対しても、ガイドライン及びマニュアルを説明し、非鉄スラグ製品の製造・販売に関わる遵守事項を周知徹底することとし、説明記録を少なくとも 10 年以上の保管期限を定め保管しなければならない。

10. 日本鉱業協会への報告と点検

(1)　「各会員」は、ガイドラインに基づく活動状況を半期毎に日本鉱業協会に報告しなければならない。

(2)　「各会員」は、自社の運用マニュアルに基づいた運用状況を確認するために、第三者機関による監査を１年に１回定期的に実施することとする。

(3)　日本鉱業協会は、各社から提出された半期ごとの報告及び 1 年毎の第三者機関による監査報告書を有識者の助言を得て確認するものとする。

11. ガイドラインの定期的な点検・整備

本ガイドラインは、有識者の助言を得て少なくとも１回/年の点検を行い、日本鉱業協会は必要に応じて改正を行う。

（本ガイドライン制定・改正）

２００５年　９月３０日制定
２００８年　２月　１日改正
２０１５年　９月３０日改正
２０１６年　２月２５日改正
２０１７年　９月３０日改正
２０１９年　３月２９日改正

以上

非鉄スラグ製品の使用場所・用途

使 用 可：○
使用不可：－

用　　途			非鉄スラグ		
大区分	中区分	小区分	フェロニッケルスラグ	銅スラグ	亜鉛スラグ
コンクリート工	一般用途	細　骨　材	○	○	－
		粗　骨　材	○	－	－
		レジコン用混和材	○	－	－
	港湾用途	細　骨　材	○	○	－
		粗　骨　材	○	－	－
コンクリート二次製品		細　骨　材	○	○	○
舗装工	アスファルト混合物	アスファルト混合物用骨材	○	○	－
	路盤材	路盤材用骨材	○	－	－
		路　盤　材	○	－	－
	路床材	路床材用骨材	○	－	－
		路　床　材	○	－	－
土工	一般用途	盛土材, 覆土材, 積載盛土材	○	－	－
		造成材、埋戻材	○	－	－
		地盤改良材	○	－	－
		そ　の　他	○	－	－
	港湾用途	ケーソン中詰材	○	○	○
		地盤改良材	○	○	－
		裏　込　材	○	○	－
		藻場, 浅場, 干潟、覆砂材	○	－	－
		埋立材、裏埋材	○	－	－
建築用途		建材用原料	○	○	○
		建築資材	○	－	－
ブラスト材		サンドブラスト材	○	○	○
原　　料		鋳　物　砂	○	－	－
		セメント用原料	○	○	○
		肥料材料	○	－	－
		造　滓　材	○	○	－
		製鉄用鉄源	－	○	－
		溶接用フラックス	○	－	－

非鉄スラグ製品の製造・販売管理ガイドラインの環境安全品質基準

2019.3.29

用途			試料の種類	判定基準値			試験方法	分析項目	試験頻度	根拠
大区分	中区分	小区分		フェロニッケルスラグ	銅スラグ	亜鉛スラグ				
コンクリート工	一般用途	細骨材	＜環境安全形式検査＞ スラグ骨材又は利用模擬試料 ＜環境安全受渡検査＞ スラグ骨材試料	＜環境安全形式検査＞ 環境安全品質基準 （土壌環境基準） ＜環境安全受渡検査＞ 環境安全受渡判定値	＜環境安全形式検査＞ 環境安全品質基準 （土壌環境基準） ＜環境安全受渡検査＞ 環境安全受渡判定値		JIS A 5011−2,3	＜環境安全形式検査＞ FNS・FNG・CUS 8項目（Cd,Pb,Cr(Ⅵ),As,Hg,Se,F,B） ＜環境安全受渡検査＞ FNS・FNG：1項目（F） CUS：3項目（Cd,Pb,As）	＜環境安全形式検査＞ 3年以内に1回 ＜環境安全受渡検査＞ 1回/製造ロット	FNS・FNG JIS A 5011−2 CUS JIS A 5011−3
		粗骨材								
		レジコン用混和材								
	港湾用途	細骨材	＜環境安全形式検査＞ スラグ骨材又は利用模擬試料 ＜環境安全受渡検査＞　スラグ骨材試料	＜環境安全形式検査＞ 環境安全品質基準 （港湾用溶出基準） ＜環境安全受渡検査＞ 環境安全受渡判定値	＜環境安全形式検査＞ 環境安全品質基準 （港湾用溶出基準） ＜環境安全受渡検査＞ 環境安全受渡判定値		JIS A 5011−2,3	＜環境安全形式検査＞ FNS・FNG・CUS 8項目（Cd,Pb,Cr(Ⅵ),As,Hg,Se,F,B） ＜環境安全受渡検査＞ FNS・FNG：1項目（F） CUS：3項目（Cd,Pb,As）	＜環境安全形式検査＞ 3年以内に1回 ＜環境安全受渡検査＞ 1回/製造ロット	FNS・FNG　JIS A 5011−2 CUS　JIS A 5011−3 ZNS　JIS A 5011−3に準拠
		粗骨材								
		レジコン用混和材								
コンクリート二次製品		細骨材	＜環境安全形式検査＞ スラグ骨材又は利用模擬試料*2） ＜環境安全受渡検査＞ スラグ骨材試料	＜環境安全形式検査＞ 環境安全品質基準 （土壌環境基準） ＜環境安全受渡検査＞ 環境安全受渡判定値	＜環境安全形式検査＞ 環境安全品質基準 （土壌環境基準） ＜環境安全受渡検査＞ 環境安全受渡判定値	＜環境安全形式検査＞ 環境安全品質基準 （土壌環境基準） ＜環境安全受渡検査＞ 環境安全受渡判定値	JIS A 5011−2,3	＜環境安全形式検査＞ FNS・FNG・CUS 8項目（Cd,Pb,Cr(Ⅵ),As,Hg,Se,F,B） ZNS：１項目(Pb) ＜環境安全受渡検査＞ FNS・FNG：1項目（F） CUS：3項目（Cd,Pb,As）　ZNS：１項目(Pb)	＜環境安全形式検査＞ 3年以内に1回 ＜環境安全受渡検査＞ 1回/製造ロット	FNS・FNG JIS A 5011−2 CUS JIS A 5011−3
舗装工	アスファルト混合物	アスファルト混合物用骨材	＜環境安全形式検査＞ スラグ骨材又は利用模擬試料 ＜環境安全受渡検査＞ スラグ骨材試料	＜環境安全形式検査＞ 環境安全品質基準 （土壌環境基準） ＜環境安全受渡検査＞ 環境安全受渡判定値	＜環境安全形式検査＞ 環境安全品質基準 （土壌環境基準） ＜環境安全受渡検査＞ 環境安全受渡判定値		JIS A 5011−2,3	＜環境安全形式検査＞ FNS・FNG・CUS 8項目（Cd,Pb,Cr(Ⅵ),As,Hg,Se,F,B） ＜環境安全受渡検査＞ FNS・FNG：1項目（F） CUS：3項目（Cd,Pb,As）	＜環境安全形式検査＞ 3年以内に1回 ＜環境安全受渡検査＞ 1回/製造ロット	土壌環境基準 建設分野の規格への環境側面の導入に関する指針 付属書Ⅱ 道路用スラグに環境安全性品質及びその検査法を導入するための指針（暫定的に適用）
	路盤材	路盤材用骨材	＜環境安全形式検査＞ スラグ骨材又は利用模擬試料 ＜環境安全受渡検査＞ スラグ骨材試料	＜環境安全形式検査＞ 環境安全品質基準 （土壌環境基準） ＜環境安全受渡検査＞ 環境安全受渡判定値			JIS K 0058−1,2	＜環境安全形式検査＞ FNS・FNG 8項目 （Cd,Pb,Cr(Ⅵ),As,Hg,Se,F,B） ＜環境安全受渡検査＞ FNS・FNG：1項目（F）		
		路盤材	＜環境安全形式検査＞ 利用模擬試料 ＜環境安全受渡検査＞ 非鉄スラグ試料							
	路床材	路床材用骨材	＜環境安全形式検査＞ スラグ骨材又は利用模擬試料 ＜環境安全受渡検査＞ スラグ骨材試料							
		路床材	＜環境安全形式検査＞ 利用模擬試料 ＜環境安全受渡検査＞ 非鉄スラグ試料							
土工	一般用途	盛土材,覆土材,積載盛土材	非鉄スラグ試料	土壌汚染対策法・ 土壌環境基準			環告18,19号	8項目 （Cd,Pb,Cr(Ⅵ),As,Hg,Se,F,B）	1回/製造ロット	土壌汚染対策法・土壌環境基準
		造成材、埋戻材								
		地盤改良材								
		その他								
	港湾用途	ケーソン中詰材	非鉄スラグ試料	港湾用溶出基準	港湾用溶出基準	港湾用溶出基準	JIS K 0058−1	8項目（Cd,Pb,Cr(Ⅵ),As,Hg,Se,F,B）	1回/製造ロット	港湾用基準 建設分野の規格への環境側面を導入する為の総合報告書（暫定的に適用）
		地盤改良材		港湾用溶出基準	港湾用溶出基準	—	JIS K 0058−1			
		裏込材、裏埋材		土壌汚染対策法・ 土壌環境基準 （港湾用溶出基準＊1）	土壌汚染対策法・ 土壌環境基準 （港湾用溶出基準＊1）	土壌汚染対策法・ 土壌環境基準 （港湾用溶出基準＊1）	環告18,19号 （JIS K 0058−1,2）			
		藻場、浅場、干潟覆砂材		港湾用途基準・ 土壌汚染対策法（含有量）	—	—	JIS K 0058−1 環告19号			
		埋立材		土壌汚染対策法・ 土壌環境基準	—	—	環告18,19号			土壌汚染対策法・ 土壌環境基準
建築用途		建材用原料	非鉄スラグ試料	原料としての納入であり、協議により決定						
		建築資材	非鉄スラグ試料	土壌汚染対策法・ 土壌環境基準			環告18,19号	8項目　(Cd,Pb,Cr(Ⅵ),As,Hg,Se,F,B)	1回/製造ロット	土壌汚染対策法・ 土壌環境基準
ブラスト材		サンドブラスト材	非鉄スラグ試料	使用者と協議により決定			■使用後は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律等の基準順守			
原料		鋳物砂	非鉄スラグ試料	原料としての納入であり、協議により決定						
		セメント用原料	非鉄スラグ試料	原料としての納入であり、協議により決定						
		肥料材料	非鉄スラグ試料	原料としての納入であり、協議により決定						
		造滓材	非鉄スラグ試料	原料としての納入であり、協議により決定						
		製鉄用鉄源	非鉄スラグ試料	原料としての納入であり、協議により決定						
		溶接用フラックス	非鉄スラグ試料	原料としての納入であり、協議により決定						

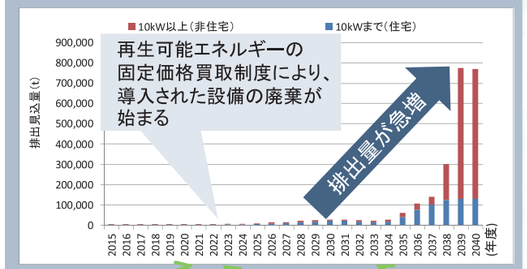
太陽光発電設備のリユース・リサイクル・適正処分の推進に向けた検討結果について

1. 検討の経緯

◆ 平成25年度から、経済産業省と連携して、有識者等で構成される検討会（座長：細田衛士　慶應義塾大学経済学部教授）において、固定価格買取制度（FIT制度）によって大量に導入される再生可能エネルギー設備の将来の廃棄に備えて、再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分の推進に向けた検討を実施

※太陽光発電設備のほか、風力発電設備・太陽熱利用システムについても検討を実施

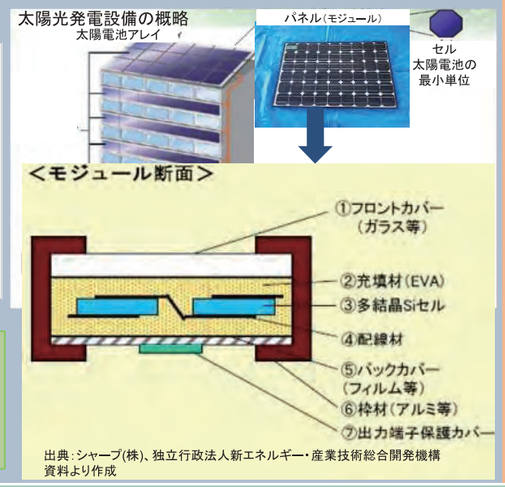
図　太陽電池パネル排出見込量の推計結果（寿命25年）



寿命を迎えるのはＦＩＴ導入前に導入された機器が中心

ＦＩＴ導入より10年経過。住宅用が買取期間終了を迎え始める

ＦＩＴ導入より20年経過。非住宅用も買取期間終了を迎え始める



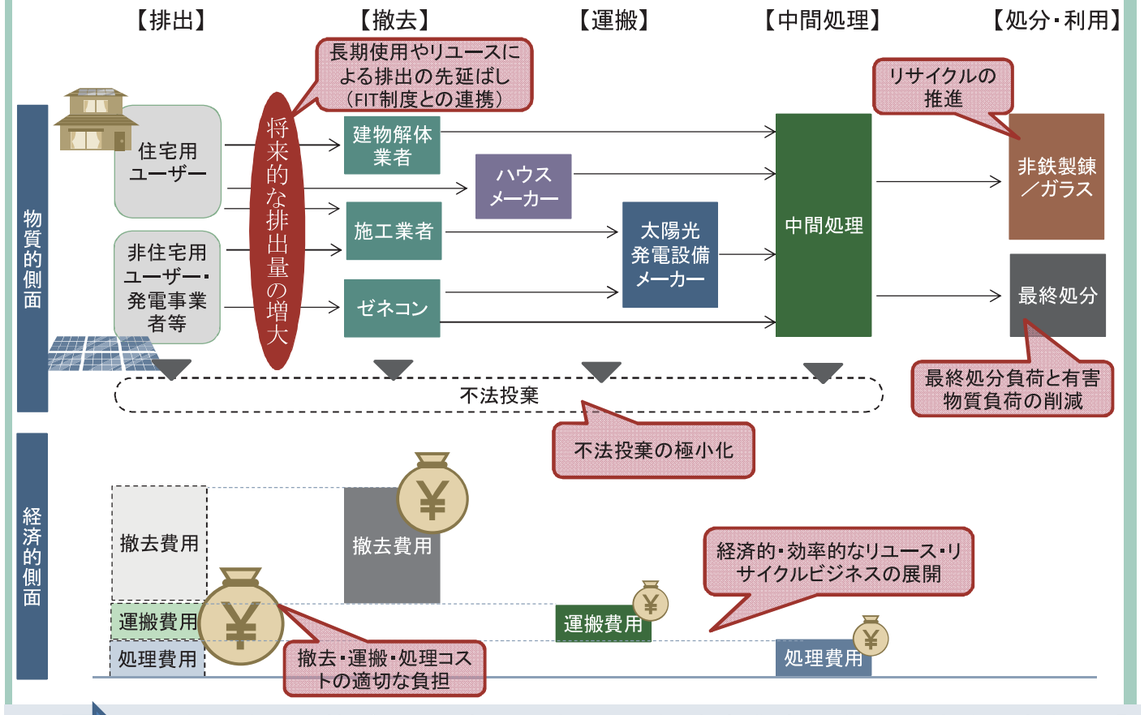
出典：シャープ(株)、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構資料より作成

2. 調査結果

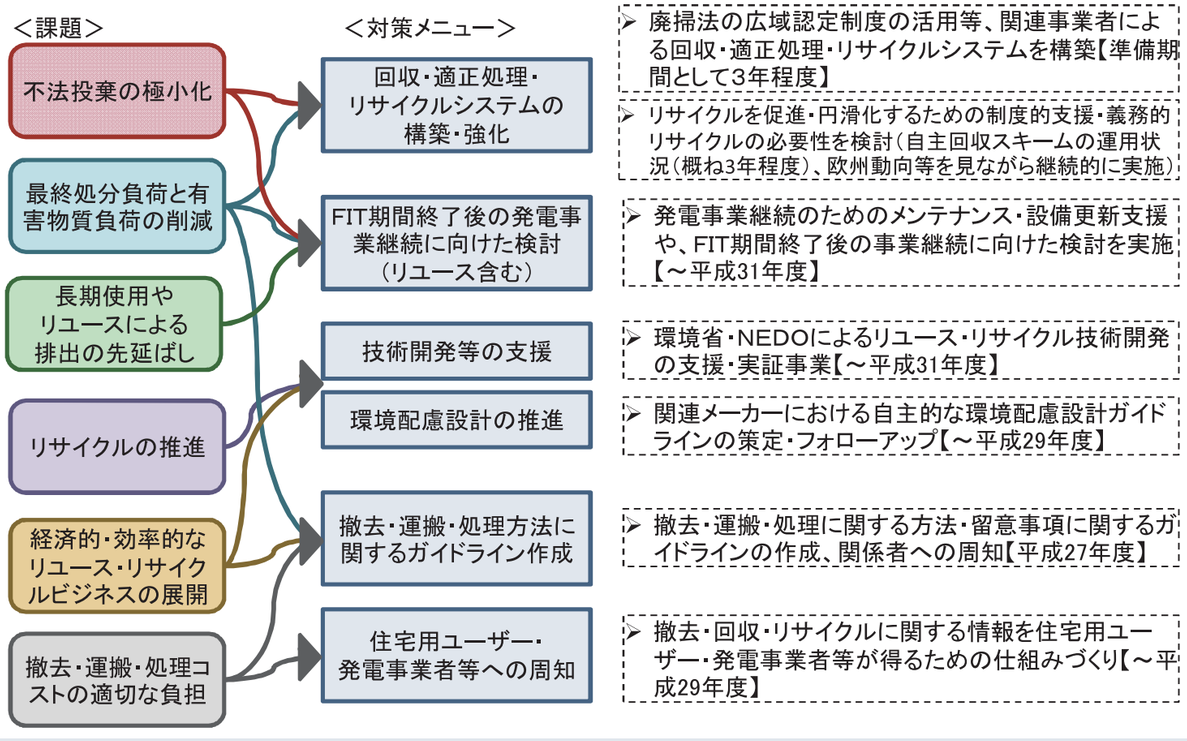
調査項目	現状分析
排出見込量と地域偏在性の検討	● 寿命を25年とした場合の排出見込量は、2020年度で約3千トン、2030年度で約3万トン、2040年度で約80万トン。 ● 地域別に埋立処分場容量と排出見込量を比較すると、一定の地域偏在性が存在することが示唆（特に関東や九州において偏在性が高い）。(2040年度には産業廃棄物の最終処分量の6%に相当する使用済パネルが発生)
資源価値・有害性評価	● 配線に銀・銅が含まれており、含有量で資源価値が決まるが、個体差が大きい。 ● 溶出試験結果では、結晶系パネルの一部で鉛、化合物系パネルの一部でセレンについて相対的に高い値が検出され、埋立処分への影響が懸念。
リサイクル技術	● パネルに含まれる銀・銅の有用金属については、ガラスを分離すれば製錬業者においてリサイクルが可能。ガラスの選別技術と選別されたガラス（重量ベースでパネルの約7割）の用途開発が課題。
リサイクルシステムの経済性分析	● 撤去費用の占める割合が大きい。撤去を除いても得られる資源価値よりリサイクル費用が大きい。 ● 効率的なリサイクルスキームが構築されれば、埋立てよりもリサイクルの経済性が高くなる可能性あり。
リユース・環境配慮設計の検討	● 国内リユースはほとんどないが、海外リユースの事例が存在。 ● 国内パネルメーカーでは、鉛等の有害物質の含有量低減や分解・解体容易性向上等の環境配慮設計の取組も一部実施。
国内外の制度状況	● 国内では廃掃法に基づき、産業廃棄物として処理。 ● 国内のFIT制度では、電力の買取価格に撤去費用（5%程度）を見込んでいる。 ● 欧州では、改正WEEE指令に基づき、2014年から、メーカーによる太陽電池パネルの回収・リサイクルが制度上義務づけ（リサイクルを実施することが費用対効果としてプラスとの判断）。 ● 欧州では従来から、メーカーが中心となった自主的なリサイクルスキームを構築。有害物質のカドミウムを含むパネル製造メーカーのファーストソーラー社（米国）は、世界的に自主回収・リサイクルスキームを構築。

3. 太陽光発電設備のリユース・リサイクル・適正処分の推進に向けた課題と対策

■　太陽光発電設備の排出・撤去・運搬・処理のフロー



■　太陽光発電設備のリユース・リサイクル・適正処分の推進に向けた対策



➡ 本検討結果に基づき、平成27年度には、経済産業省や業界団体等と連携し、「太陽光発電設備の撤去・運搬・処理方法に関するガイドライン」の策定等の対策を実施

太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けた
ガイドライン

（第二版）

平成 30 年

環境省　環境再生・資源循環局　総務課　リサイクル推進室

目次

第１章　総論 5

1-1. 本ガイドラインの目的・位置づけ 5

1-2. 本ガイドラインの使い方 7

1-3. 用語の整理 8

1-4. 太陽電池モジュールの種類・構造 13

1-5. 太陽光発電設備の設置の種類と特徴 17

1-6. 太陽電池モジュールの排出見込量 20

1-7. 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル・埋立処分の全体像 21

第２章　太陽光発電設備の所有者、解体・撤去業者（利用終了～解体・撤去） 22

2-1. 太陽光発電設備の利用もしくは発電事業を停止/終了した場合の対応 24

2-2. 太陽光発電設備の安全管理 27

2-3. リユース可否判断の依頼 28

2-4. 解体・撤去工事の発注 29

2-5. 解体・撤去工事における留意事項 30

2-6. 解体・撤去における関連法制度への対応 38

2-7. 廃棄物処理法への対応 45

第３章　使用済太陽電池モジュールの処理 52

3-1. 収集・運搬 52

3-2. リサイクル 56

3-3. 埋立処分 65

第４章　リユース 70

4-1. 太陽電池モジュールのリユースにおける実施事項 70

4-2. リユース時における関連法制度への対応 72

4-3. リユース太陽電池モジュール構成上の留意点 77

第５章　災害時における使用済太陽光発電設備の取扱い 78

5-1. 災害時における解体・撤去作業の流れ 78

5-2. 災害時に求められる各関係者の対応 80

5-2-1. 太陽光発電設備の所有者 80

5-2-2. 自治体の廃棄物担当 82

5-2-3. 解体・撤去業者 84

5-2-4. 収集運搬業者（一般廃棄物の処理業者） 87

第６章　参考資料 88

6-1. 太陽光発電設備の導入量 88

6-2. 太陽電池モジュールの性状 91

6-3. リユース作業の参考事例 96

6-4. 解体・撤去に係る費用の事例 98

6-5. リユースに向けて実施する検査等のコスト感 101

6-6. 欧州におけるリサイクル・埋立処分 103

6-7. 太陽光発電設備の撤去・リユース・リサイクルに係るガイドライン作成分科会　委員名簿 106

6-8. 太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン修正に係るワーキンググループ　委員名簿 107

6-9. その他の参考資料 108

図表 1　本ガイドラインの構成 7
図表 2　太陽電池の単位（セル、モジュール、アレイ） 8
図表 3　太陽光発電設備の構成品 8
図表 4　太陽光発電システムの概要 10
図表 5　本ガイドラインにおける関係者の分類と具体例 11
図表 6　関連する法律の正式名称と略称 12
図表 7　実用化されている太陽電池モジュールの種類と特徴 13
図表 8　太陽電池モジュールの断面図と構成部材 15
図表 9　太陽電池モジュール構成部位及び素材 15
図表 10　太陽光発電設備の設置の種類と特徴 17
図表 11　屋根置き型太陽光発電システム例 18
図表 12　平置き型太陽光発電システム例 18
図表 13　建物一体型太陽光発電システム例 18
図表 14　集光型太陽光発電システム例 19
図表 15　太陽電池モジュールのリユース・リサイクル・埋立処分の全体像 21
図表 16　太陽電池モジュール処理の全体像 22
図表 17　使用済太陽電池モジュールの廃棄物処理法上における位置づけ 23
図表 18　太陽電池モジュールを廃棄物として処理する際の流れ 23
図表 19　太陽光発電設備の一般的な解体・撤去の流れ 30
図表 20　屋外における保管高さの基準例（容器に入れず保管する場合） 34
図表 21　建設リサイクル法の対象工事 43
図表 22　情報提供のガイドラインで示される４つの部位 49
図表 23　情報提供のガイドラインで示される４つの部位イメージ 49
図表 24　産業廃棄物の収集運搬車両への表示 54
図表 25　産業廃棄物の収集運搬車が携帯すべき書面 54
図表 26　使用済太陽電池モジュールの収集・運搬 55
図表 27　使用済太陽電池モジュール収納箱の特徴 55
図表 28　太陽電池モジュール構成部位及び素材 57
図表 29　簡易プロセスフロー 60
図表 30　アルミフレーム枠外し機 60
図表 31　破砕機での破砕の様子 60
図表 32　破砕後ホッパーへ投入 61
図表 33　ローダーでシュレッダーに投入 61
図表 34　湿式比重選別機 61
図表 35　PV クラッシャーR，PV スクラッチャーR による処理フロー 62
図表 36　資源性・有害性評価システム・PV クラッシャーR，PV スクラッチャーR 62
図表 37　ホットナイフを活用した処理 63
図表 38　NEDO 平成 29 年度「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」実施テーマ一覧 63

図表 39　ブラスト工法 64
図表 40　ブラスト工法による処理フロー 64
図表 41　金属等を含む産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準 67
図表 42　溶出試験のための試料調整方法（案） 68
図表 43　太陽電池モジュールのリユースに向けた実施内容（例） 70
図表 44　廃棄物該当性の判断要素 70
図表 45　中古品判断基準の項目 74
図表 46　災害時における解体・撤去、収集・運搬、処分の流れ 79
図表 47　廃棄物処理法施行規則第 12 条 7 の 16 における施設 86
図表 48　全国の太陽光発電設備の導入量の推移（単年・累積）[MW] 88
図表 49　全国の住宅用太陽光発電設備の導入量の推移（単年・累積）[kW] 89
図表 50　全国の非住宅用太陽光発電設備の導入量の推移（単年・累積）[kW] 90
図表 51　含有量試験結果 91
図表 52　太陽電池モジュール構成部位の分類 92
図表 53　溶出試験結果 94
図表 54　同一製品におけるセレンの溶出に関する試料粉砕方法別分析結果（mg/L） 95
図表 55　太陽電池モジュールの外観検査 97
図表 56　リユース品を使用した発電所 97
図表 57　使用済太陽光発電設備の取外し作業のために依頼者から受領した料金（建物解体業者） 98
図表 58　使用済太陽光発電設備の取外し作業のために依頼者から受領した料金（施工業者） 99
図表 59　廃棄のために埋立処分業者に支払った費用の事例 100
図表 60　廃棄のために埋立処分業者に支払った費用が明らかである場合の費用 100
図表 61　太陽電池モジュールのリユースに向けた実施内容における費用等（持ち帰り検査の例） 101
図表 62　太陽電池モジュールのリユースに向けた実施内容における費用等（現場検査の例） 102
図表 63　ドイツにおける PV CYCLE のリサイクルスキーム 104

第１章　総論

1-1. 本ガイドラインの目的・位置づけ

再生可能エネルギーは、温室効果ガスの排出削減、エネルギーセキュリティ、新規産業・雇用創出、震災復興等の観点から注目されており、平成 24 年７月から開始した再生可能エネルギーの全量買取制度により、導入が大幅に進んでいる。

太陽光発電設備については、これまでに導入された発電設備が既に使用済となって排出され始めており、その排出量は過去の普及カーブに沿って加速度的に増加することが想定され、再生可能エネルギーの大量導入を支える処理（リユース・リサイクル・埋立処分）の体制構築が求められている。

環境省では、太陽光発電設備をはじめとした使用済再生可能エネルギー設備の解体・撤去、収集・運搬、処分の一連の工程に関するモデル事業、排出見込量の推計、資源価値・リサイクル技術の評価等を実施し、平成 25 年度から有識者や関係事業者等で構成される検討会において、これらの現状分析を踏まえて、使用済再生可能エネルギー設備の処理の推進に関する今後の方向性について検討を行い、平成 26 年度にその結果をとりまとめ[1]、リサイクルを含む適正処理の推進に向けたロードマップを策定した。

さらに、有識者からなる分科会を設置し、平成 28 年４月に解体・撤去、収集・運搬、処分に関する関係者の役割・留意事項をまとめた「太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン（第一版）」を作成し、公表した。

その後、平成 29 年２月には中央環境審議会廃棄物処理制度専門委員会において、太陽電池モジュールについては鉛等の有害物質を含有する可能性のあることから、安定型５品目から除外し原則として管理型最終処分場で埋立処分すべきであると指摘された。さらに、同年９月には総務省より、損壊パネルに対する対応の周知徹底、有害物質情報を容易に確認・入手できるような措置、排出事業者から産業廃棄物処理業者への有害物質情報の提供義務の明確化、適切な埋め立て方法の明示について勧告を受けた。

そのため、再び有識者からなるガイドライン検討会を設け、ガイドラインの見直しに向けた検討を行い、今般、第二版として策定、公表するものである。

[1] 太陽光発電設備等のリユース・リサイクル・適正処分の推進に向けた検討結果（使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討会）http://www.env.go.jp/press/files/jp/27519s.pdf

なお、第二版の内容は平成30年末時点のものであるため、将来的に関係法令の改正や技術革新によって太陽光発電設備のリサイクル等をとりまく状況が変化する可能性があることに留意が必要である。また、太陽光発電設備は太陽電池モジュールや架台、変圧器等様々な設備・機器から構成されているが、本ガイドラインにおいては、有害物質の含有等の観点を考慮する必要がある太陽電池モジュールの取扱いを中心的に記述している。

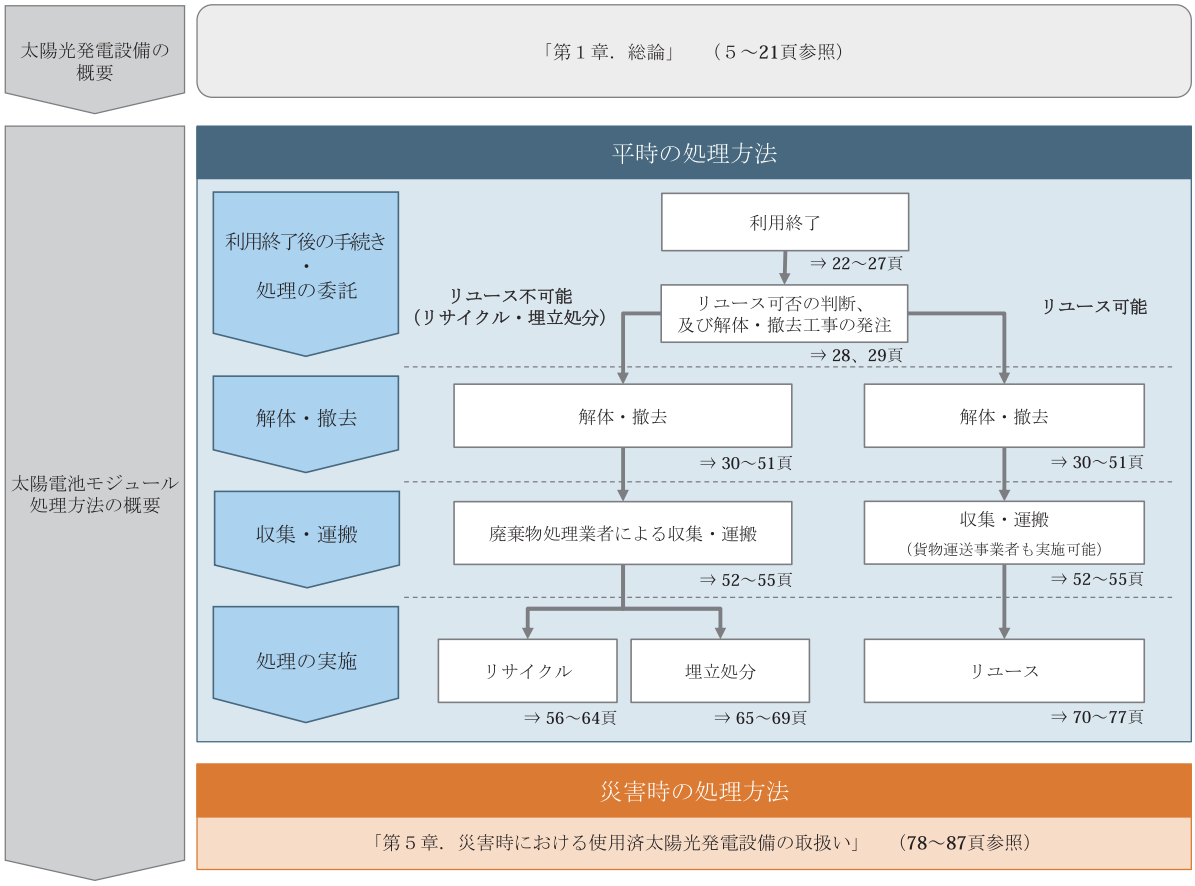
本ガイドラインが広く周知されることにより、太陽光発電設備のリユース、リサイクル等の推進を通じて循環型社会の形成に寄与することはもとより、太陽光発電設備の普及による低炭素社会の実現に資することが期待される。

1-2. 本ガイドラインの使い方

本ガイドラインは、使用済太陽光発電設備の取扱い、解体・撤去、リユース、収集・運搬、リサイクル、埋立処分等について整理したものである。

第１章「総論」では、本ガイドラインの目的・位置づけ、使い方のほか、太陽光発電設備に係る基本的な事項及び処理方法の全体像を整理している。第２章「太陽光発電設備の所有者、解体・撤去業者（利用終了～解体・撤去）」では、太陽光発電設備の利用終了後の手続きや遵守すべき事項について整理している。第３章「使用済太陽電池モジュールの処理」では、収集・運搬からリサイクルまたは埋立処分までの廃棄物の流れに沿って、関係者別に取扱いや遵守すべき法制度の規定について整理している。第４章「リユース」では、太陽電池モジュールのリユースにおける実施事項、及び関連法制度について整理している。第５章「災害時における使用済太陽光発電設備の取扱い」では、被災した太陽光発電設備の取扱いを関係者別にまとめている。

それぞれの項目と頁の対応関係については下図を参照。なお、本ガイドラインは、関係者（11頁に記載）ごとに内容を整理している。第１章の内容を把握したうえで、関連する箇所を参照されたい。

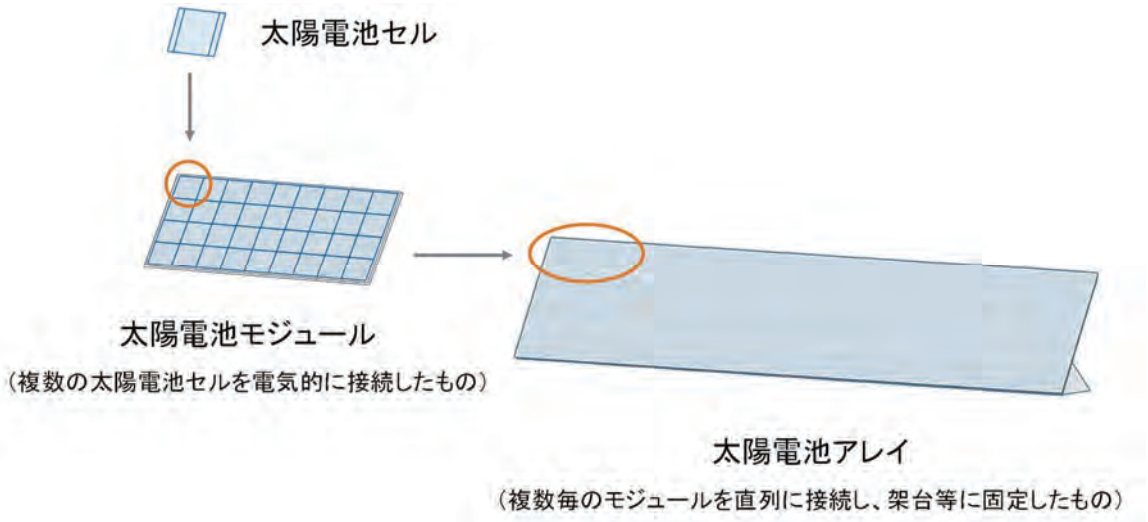


図表 1　本ガイドラインの構成

1-3. 用語の整理

（1）太陽光発電設備

太陽光発電設備は、太陽電池モジュール・アレイ、接続箱、集電箱、パワーコンディショナー等から構成されている。



図表 2　太陽電池の単位（セル、モジュール、アレイ）

出典：「太陽光発電システムの設計と施工（改訂５版）（太陽光発電協会）」に基づき作成

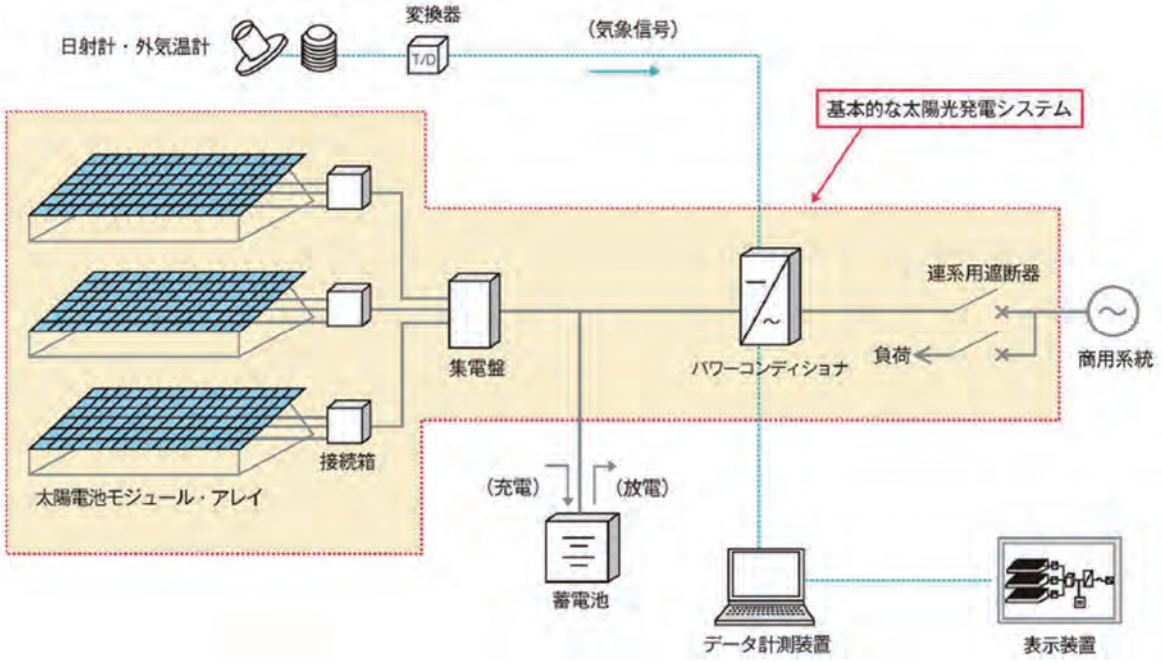
図表 3　太陽光発電設備の構成品（1／2）

構成品	説明
①　太陽電池セル	● 光起電力効果を利用し、光エネルギーを直接、電力に変換する電力機器で、太陽電池の最小単位をいう。
②　太陽電池モジュール	● 複数の太陽電池セルを所定の出力が得られるように電気的に接続したものを、長期間の使用に耐えられるようガラスや樹脂を用いて封止し、機械的強度を確保するとともに、固定設置するための枠を取り付けたものをいう。
③　太陽電池アレイ	● 電圧を高めるため、太陽電池モジュールを複数枚、直列に接続したものを太陽電池ストリングと呼ぶ。 ● 太陽電池ストリングをさらに複数、並列に接続し、所定の電力が得られるように構成し、架台等に固定したものをいう。

図表３　太陽光発電設備の構成品（２／２）

構成品	説明
④　接続箱	● 接続箱は、ストリングごとに発電した直流電力を、ある一定のブロックごとにまとめ、パワーコンディショナーまたは直流集電箱に供給するための盤である。 ● 目的の電流・電圧が得られるよう太陽電池アレイを構成するために、必要な枚数の太陽電池モジュールをつなぎ込むための端子台を備えた機器をいう。端子台機能の他に、故障や事故でストリング間に電圧差が発生したときに高電圧のストリングから他のストリングに電流が流れ込むのを防ぐための逆流防止ダイオード、誘導雷等によって発生した雷ノイズを吸収するためのサージアブソーバ、保守点検時のための直流側開閉器等が内蔵されている。 ● 屋根スペースの関係で太陽電池モジュールの直列数が少なく、既定の電圧が取れない場合や、各ストリングの電圧が不均一になってしまう場合に、各ストリング間の電圧バランスを調整するためのコンバータ機能を内蔵した接続箱も商品化されている。
⑤　集電箱	● 発電した直流電力を一つにまとめてパワーコンディショナーに供給する装置をいう。
⑥　パワーコンディショナー（PCS）	● 太陽電池からの直流電力を一般の電気器具で使用可能な交流電力に変換するとともに、商用系統との連系運転や自動運転に必要な各種保護・制御機能を備えたものをいう。 ● パワーコンディショナーの出力容量は、一般的に、住宅用で10kW 未満、公共・産業施設用で 10～100kW であり、家庭用（3～5kW）では１台、公共・産業施設用では発電出力に合わせて複数台のパワーコンディショナーが必要となる。
⑦　蓄電池	● 電気エネルギーを蓄え、必要に応じて取り出すことができる電気機器をいう。 ● 系統連系システムに蓄電池を設置することにより、出力変動の抑制、電力貯蔵、災害時の電力供給等が可能となる。
⑧　架台・基礎	● 太陽電池モジュールを屋根や地面に固定するために用いる台及び基礎部分をいう。

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第２版）（NEDO）」に基づき作成



図表 4　太陽光発電システムの概要

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第２版）（NEDO）」

ピークカットや防災用を目的とする際には、発電した電力をいったん蓄えて他の時間に使用する必要があるため、充放電用の蓄電池を設置する必要がある。

発電管理を目的として発電した電力や日射量等を計測・記録する場合は、日射計・外気温計、データ計測装置、表示装置等を設置する必要がある。

複数の機器から構成される太陽光発電設備の処理においては、太陽電池モジュールの処理等に課題が生じる可能性がある。太陽電池モジュールのリユースやリサイクル、埋立処分は、モジュール単位で実施されることから、本ガイドラインでは基本的に太陽電池モジュールの取扱いについて記述することとする。

（2）関係者

太陽光発電設備の処理の関係者は下表の通り整理することができる。関係法令に基づき適正に手続き・処分等を進める際の参考資料として活用されたい。

図表 5　本ガイドラインにおける関係者の分類と具体例

分類	各分類における具体例
所有者	● 太陽光発電設備を所有する一般消費者 ● 太陽光発電設備を所有し、発電を行う事業者 ● 太陽電池モジュールのメーカー ● 太陽電池モジュールのリース・レンタルを行う事業者
解体・撤去業者	● 太陽光発電設備の解体・撤去工事等を行う建設業者 （施工業者・ゼネコン・建物解体業者） ● 太陽光発電設備設置住宅を提供するハウスメーカー ● 太陽光発電設備をメンテナンスする業者
収集運搬業者	● 使用済太陽電池モジュールの収集・運搬を行う業者
リユース業者	● 使用済太陽電池モジュールを入手し、整備・検査の上、自らの責任で再使用可と判断したものを販売する事業者
リサイクル業者	● 使用済太陽電池モジュールのリサイクルを行う業者
中間処理業者、埋立処分業者	● 使用済太陽電池モジュールの選別・埋立処分を行う業者 （中間処理と埋立処分を別の会社が行うケースもある）
太陽電池モジュールに関する情報提供主体	● 太陽電池モジュールのメーカー ● 太陽電池モジュールの販売業者 ● 太陽電池モジュールの輸入業者

本ガイドラインにおける「使用済太陽電池モジュール」とは、使用を終了し、廃棄物として処理する太陽電池モジュールを指す。

（３）関係法令等

本ガイドライン中で掲載頻度の高い法律については略称で示すこととする。ここで、各法律の正式名称と略称について記載する。

図表 6　関連する法律の正式名称と略称

正式名称	略称
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	廃棄物処理法
電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法	再生可能エネルギー特別措置法
建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律	建設リサイクル法

1-4. 太陽電池モジュールの種類・構造

太陽電池モジュールについては、研究開発段階のものを含めて多くの種類があるが、実用化されているものとしては「シリコン系（結晶系、薄膜系）」、「化合物系（CIS/CIGS 系、CdTe 系）」に大別することができる。

なお、研究段階ではあるが、「化合物系（Ⅲ-Ⅴ族系）」や「有機系（色素増感、有機薄膜）」の太陽電池モジュールも存在する。

固定価格買取制度[2]における設備認定を受けた太陽電池モジュールの型式及び変換効率については、再生可能エネルギー発電設備　電子申請のホームページ（https://www.fit-portal.go.jp/）にて「太陽光パネルの型式登録リスト」として掲載されている。

図表 7　実用化されている太陽電池モジュールの種類と特徴（1／2）

種類			特徴
シリコン系	結晶系	単結晶	160～200μm 程度の薄い単結晶シリコンの基板を用いる。シリコンの原子が規則正しく配列した構造で、変換効率が高い。製品の歴史が長く、豊富な実績を持っている。 モジュール変換効率：15～19% 特長：性能・信頼性 課題：低コスト化
		多結晶	単結晶シリコンが多数集まってできている。単結晶シリコンに比べて、変換効率は若干低いが安価に製造ができる。 モジュール変換効率：13～15% 特長：単結晶より安価 課題：単結晶より効率が低い
		ヘテロ結合	結晶系基板にアモルファスシリコン層を形成した高効率な太陽電池である。変換効率が高く、特に住宅等の限られたスペースへの設置に優れている。

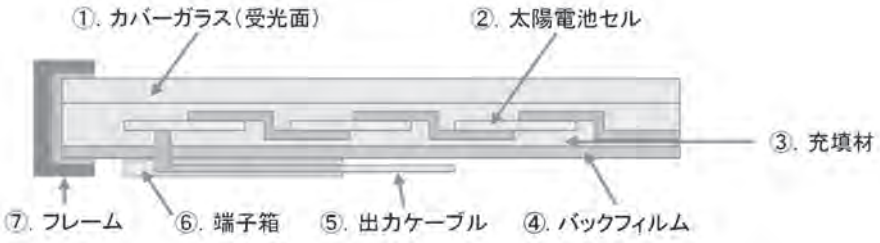
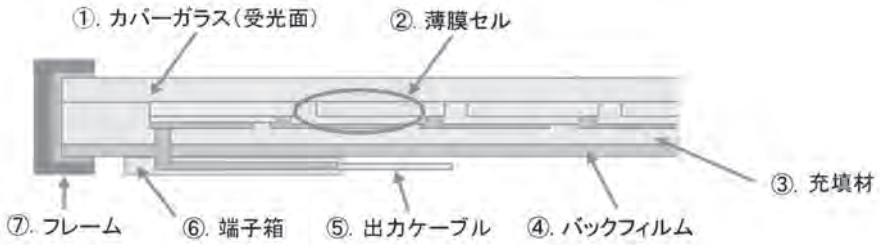
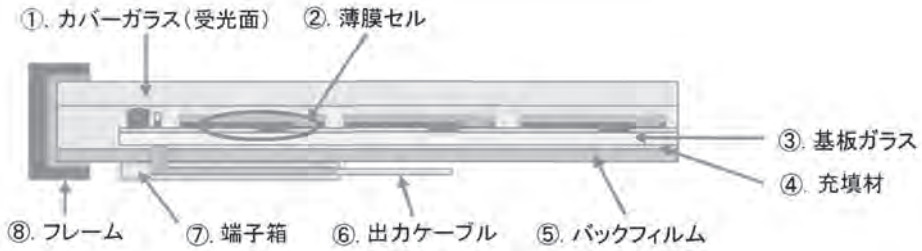
[2] 固定価格買取制度とは、再生可能エネルギーで発電した電気を、電力会社が一定価格で買い取ることを国が約束する制度である。

図表７　実用化されている太陽電池モジュールの種類と特徴（２／２）

種類			特徴
シリコン系	薄膜系	アモルファス	シリコン原子が不規則に集まった太陽電池であり、結晶系の約 1/100 の薄さで発電できる。また、ガラスやフィルム基板上に製造が可能となっている。波長感度は、短波長側にある。 モジュール変換効率：6～7%（アモルファス） 特長：大面積で量産可能 課題：効率が低い
		多接合	異なる波長感度特性を有する２つ以上の発電層を重ね合わせた太陽電池である。このため、単接合より発電効率が向上している。アモルファスと微結晶（薄膜多結晶）を組み合わせたタンデム構造が主流である。 モジュール変換効率： 8～10%（多接合）
化合物系	CIS/CIGS 系		銅（Cu）・インジウム（In）・セレン（Se）の３つの元素を主成分とした太陽電池である。なお、CIGS はガリウム（Ga）を加えている。従来型のシリコン結晶系太陽電池とは全く異なる構造である。 モジュール変換効率：11～12% 特長：省資源・量産可能・高性能の可能性 課題：インジウムの資源量
	CdTe 系		カドミウム・テルルを原料とする化合物系モジュール モジュール変換効率：11～12% 特長：省資源・量産可能・低コスト 課題：カドミウムの毒性

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第２版）（NEDO）」、「太陽光発電システムの設計と施工（改訂５版）（太陽光発電協会）」に基づき作成

図表 8　太陽電池モジュールの断面図と構成部材

種類	断面図と構成部材
結晶シリコン系	
薄膜シリコン系	
化合物系 （CIS/CIGS 系）	

出典：「太陽光発電システムの設計と施工（改訂５版）（太陽光発電協会）」に基づき作成

太陽電池モジュールは、複数の部材から構成されている。一般的な構成部材の素材は、組成や性状に基づき以下の通りとなる。なお、使用済太陽電池モジュールの処理等によって部材を分離する際には、他の部材が付着している場合がある。

図表 9　太陽電池モジュール構成部位及び素材（１／２）

種類	構成部材	素材
結晶シリコン系	①．カバーガラス（受光面）	ガラス
	②．太陽電池セル	金属
	③．充填剤（EVA※等）	プラスチック
	④．バックフィルム	金属・プラスチック
	⑤．出力ケーブル	金属・プラスチック
	⑥．端子箱	金属・プラスチック
	⑦．フレーム	金属

図表 9　太陽電池モジュール構成部位及び素材（２／２）

種類	構成部材	素材
薄膜シリコン系	①．カバーガラス（受光面）	ガラス
	②．薄膜セル	金属
	③．充填剤（EVA※等）	プラスチック
	④．バックフィルム	金属・プラスチック
	⑤．出力ケーブル	金属・プラスチック
	⑥．端子箱	金属・プラスチック
	⑦．フレーム	金属
化合物系（CIS/CIGS 系）	①．カバーガラス（受光面）	ガラス
	②．薄膜セル	金属
	③．基板ガラス	ガラス
	④．充填剤（EVA※等）	プラスチック
	⑤．バックフィルム	金属・プラスチック
	⑥．出力ケーブル	金属・プラスチック
	⑦．端子箱	金属・プラスチック
	⑧．フレーム	金属

※　EVA とはエチレン酢酸ビニル共重合樹脂（Ethylene Vinyl Acetate copolymer）の略称であり、耐候性や引張強度、透明性、柔軟性、接着性を有することから、太陽電池モジュールの充填材に使用される代表的な材料である。

1-5. 太陽光発電設備の設置の種類と特徴

太陽光発電設備の主な設置の種類は、下表に示すように屋根置き型、地上設置型、建物一体型、集光型、独立型であり、それぞれについて使用される太陽電池モジュールの種類等に特徴がある。

図表 10　太陽光発電設備の設置の種類と特徴

設置種類	特徴	主に使用される太陽電池モジュール
屋根置き型	● 住宅やビル等の屋根に設置されるタイプ ● 架台に固定するため、モジュールにはガラス基板が用いられる ● 設置面積が限られるため、発電効率の高い太陽電池を使用し、設置面積あたりの発電量を大きくすることが求められる ● 主に住宅用の設置工法として各モジュールメーカーの標準仕様となっている	結晶シリコン系 薄膜シリコン系 化合物系
地上設置型	● 平地に設置されるタイプ、メガソーラーが代表例 ● 架台に固定するため、モジュールにはガラス基板が用いられる ● 広い土地に設置されるため、発電効率が中程度であってもトータルの発電コストが安くなる太陽電池モジュールが用いられる傾向にある	結晶シリコン系 薄膜シリコン系 化合物系
建物一体型	● 住宅やビルの屋根材や外壁材等と太陽電池モジュールが一体化したタイプ ● デザイン性に優れていることや、屋根材とモジュール部材の共有による設備費の削減等のメリットがある ● シースルータイプのガラス基板を用いることで、発電と採光／遮光が両立できるガラス建材としても活用が可能 ● フレキシブル基板を用いることにより、建物の曲面に沿った設置も可能	結晶シリコン系 薄膜シリコン系 化合物系
集光型	● 小面積の高効率な多接合太陽電池等にレンズや鏡で集光することにより、高い発電効率を実現可能となる ● 特に豊富な日射量を得られる地域において有効	Ⅲ-Ⅴ族系
独立型	● ベランダ等に設置できる太陽光発電キット ● 施工業者に依頼しなくても、自ら設置することが可能であるため、住宅等に備えられることが多い	

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第２版）（NEDO）」、「太陽光発電システムの設計と施工（改訂５版）（太陽光発電協会）」に基づき作成

図表 11　屋根置き型太陽光発電システム例

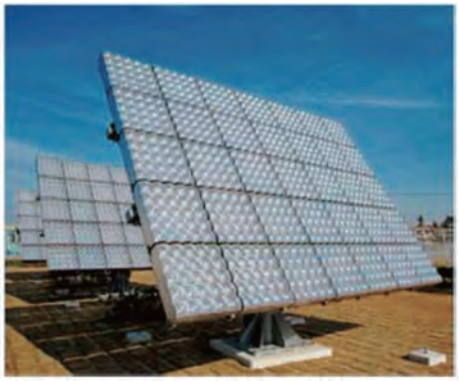
出典：太陽光発電協会　ホームページ　http://www.jpea.gr.jp/setting/house/module/index.html

図表 12　平置き型太陽光発電システム例

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第２版）（NEDO）」

図表 13　建物一体型太陽光発電システム例

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第２版）（NEDO）」



図表 14　集光型太陽光発電システム例

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第２版）（NEDO）」

本ガイドラインでは、屋根置き型や地上設置型等の発電事業または自家消費を目的に設置された太陽電池を対象としているが、独立型の太陽光発電設備や電卓や玩具等に付属している太陽電池の取扱いについても安全対策等、参考にすること。また、市町村の分別方法に従うこと。なお、本ガイドラインにおける「分別」とは太陽電池モジュールをその他のものと区別することを指すこととする。

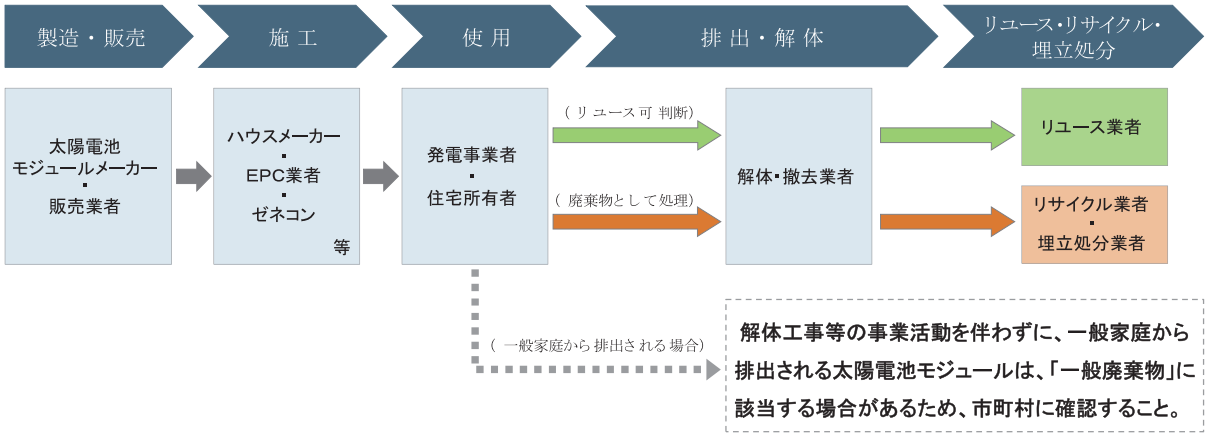
1-6. 太陽電池モジュールの排出見込量

我が国では、年間約 4,400 t の太陽電池モジュールが使用済となって排出されており、そのうち約 3,400 t がリユースされ、約 1,000 t がリサイクルまたは処分されていると推計されている。

2030 年代後半には年間約 50～80 万 t の太陽電池モジュールが排出される見通しであり、設計・施工の不具合や災害、故障、リプレイス等によって、一定割合は製品寿命よりも前倒しで排出されることも想定される。

1-7. 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル・埋立処分の全体像

循環型社会形成推進基本法においては、廃棄物等の処理の優先順位として、①発生抑制（リデュース）、②再使用（リユース）、③再生利用（リサイクル）、④熱回収、⑤埋立処分との優先順位を定めている。そのため、使用済太陽電池モジュールにおいてもこのような優先順位で取扱うことが望まれる。太陽光発電設備の導入量は年々増加しているが、適切なメンテナンスや可能な限りリユースすることで発生抑制（リデュース）につながる。また、リユースできないものも可能な限りリサイクルすることが望まれる。



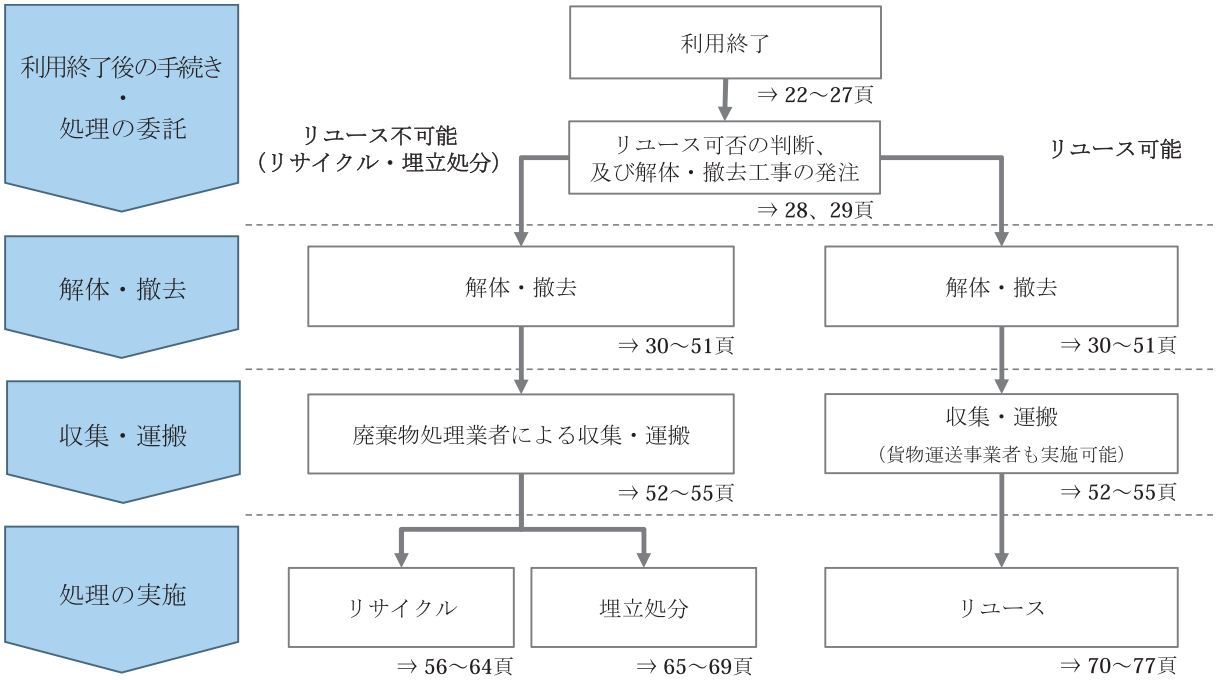
図表 15　太陽電池モジュールのリユース・リサイクル・埋立処分の全体像

第２章　太陽光発電設備の所有者、解体・撤去業者（利用終了～解体・撤去）

利用が終了した太陽光発電設備は、なるべく、使用継続可否の判断を行うこと。その上で、使用継続不可能な場合には、適切に解体・撤去を行う必要がある。

太陽光発電設備の解体・撤去に伴い発生する使用済太陽電池モジュールは、一般的には、産業廃棄物の品目である「金属くず」、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「廃プラスチック類」の混合物として取り扱われるため、それらの許可品目を持つ収集運搬業者や埋立処分業者に委託しなければならない。

また、太陽電池モジュールは電気機械器具に該当するため、使用済太陽電池モジュール由来の「金属くず」、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「廃プラスチック類」を埋立処分する場合には、管理型最終処分場への埋め立てが必要となる。

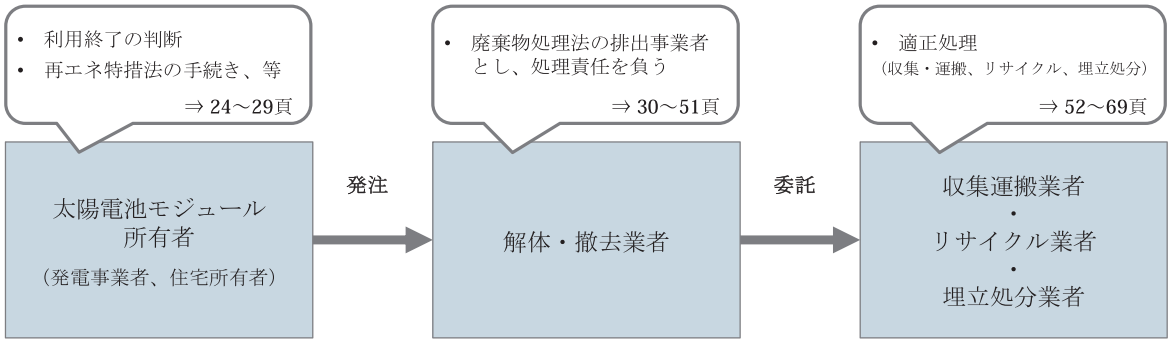


図表 16　太陽電池モジュール処理の全体像

「1-7. 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル・埋立処分の全体像（21 頁）」のとおり、使用済太陽電池モジュールを廃棄物として処理する場合には、基本的に「産業廃棄物」に該当する[3]。所有者は、解体・撤去の依頼、FIT 法の手続きが必要となる。解体・撤去業者は、排出事業者として廃棄物処理法上の処理責任を負う。埋立処分業者は、廃棄物処理法に従って適正に処理する必要がある。

図表 17　使用済太陽電池モジュールの廃棄物処理法上における位置づけ

産業廃棄物に該当する事例	● 太陽電池モジュールメーカー、施工業者、発電事業者、またリユース業者が、不良品の使用済太陽電池モジュールを廃棄物として処理する場合 ● 所有者（発電事業者、住宅所有者）が、解体・撤去業者に、使用していた太陽電池モジュールの解体・撤去を依頼し、廃棄物として処理する場合 等
一般廃棄物に該当する事例	● 独立型の太陽電池モジュール（17 頁参照）等、解体工事等の事業活動を伴わず、一般家庭から排出される場合 ※一般廃棄物に該当するか否かに関しては、市町村に確認すること。



注）・ 発電事業者自らが解体・撤去工事を行う場合は、発電事業者が排出者となる。
・ 生産過程で発生した不良品等、メーカーが排出者となる場合もある。

図表 18　太陽電池モジュールを廃棄物として処理する際の流れ

[3]使用済太陽電池モジュールが、解体・撤去工事等の事業活動によって生じた場合には「産業廃棄物」に該当する。

2-1. 太陽光発電設備の利用もしくは発電事業を停止/終了した場合の対応

(1) 太陽光発電設備の利用もしくは発電事業を終了することに伴い、発電を停止する場合は、再生可能エネルギー特別措置法及び電気事業法に基づく届出を行わなければならない。 (2) 太陽発電設備に事故もしくは故障が発生した場合は、電気事業法に基づく報告が義務付けられている。

（1）発電設備の使用停止に伴う届出

①再生可能エネルギー特別措置法において認定対象となっている設備の場合

認定発電設備を廃止したときは、再生可能エネルギー特別措置法において再生可能エネルギー発電設備廃止届出書を提出することが義務付けられている。また、発電事業者として、電気事業法第 27 条第 1 項の規定による届出を行っている事業者は、電気事業法において発電事業の廃止に伴う報告が義務付けられている。

再生可能エネルギー 特別措置法 第 11 条の 1	認定を受けた者は、認定発電設備を廃止したときは、様式第六による届出書により、その旨を速やかに経済産業大臣に届け出なければならない。
電気事業法 第 27 条の 29 （第 27 条の 25 の準用）	発電事業者はその事業を休止し、又は廃止しようとするときは、経済産業省令で定めるところにより、あらかじめ、その旨を経済産業大臣に届け出なければならない。

また、再生可能エネルギー発電設備廃止届出書の提出にあたり、使用済太陽電池モジュールを廃棄する場合には、通常であれば販売会社等、家屋解体に伴うものであれば解体・撤去業者が排出する産業廃棄物扱いとなるため、産業廃棄物管理票（マニフェスト）の写しの添付が求められる。

②自家用電気工作物[4]の場合

自家用電気工作物の設置者は、電気工作物の出力の変更時または廃止時には、電気事業法に基づき経済産業省産業保安監督部への届出が義務付けられている。

電気関係報告規則 第５条	（自家用電気工作物を設置する者の発電所の出力の変更等の報告） 第五条　自家用電気工作物（原子力発電工作物を除く。）を設置する者は、次の場合は、遅滞なく、その旨を当該自家用電気工作物の設置の場所を管轄する産業保安監督部長に報告しなければならない。 一　発電所若しくは変電所の出力又は送電線路若しくは配電線路の電圧を変更した場合（法第四十七条第一項 若しくは第二項 の認可を受け、又は法第四十八条第一項 の規定による届出をした工事に伴い変更した場合を除く。） 二　発電所、変電所その他の自家用電気工作物を設置する事業場又は送電線路若しくは配電線路を廃止した場合

[4] 電気事業法において、出力 50kW 以上の太陽電池発電設備（本ガイドラインでは「太陽光発電設備」と記載）であり、電力会社等の電気事業用のものを除き「自家用電気工作物」となる。

（２）太陽光発電設備に関する事故が発生した場合の報告

自家用電気工作物の設置者は、太陽電池モジュールが発電所構外に飛散した場合や一定規模以上の太陽電池モジュールの脱落や飛散が生じた場合、電気事業法に基づき、電気工作物の設置の場所を管轄する産業保安監督部長への報告が義務付けられている。

電気関係報告規則 第３条	電気事業者（法第三十八条第四項各号に掲げる事業を営む者に限る。以下この条において同じ。）又は自家用電気工作物を設置する者は、電気事業者にあつては電気事業の用に供する電気工作物（原子力発電工作物を除く。以下この項において同じ。）に関して、自家用電気工作物を設置する者にあつては自家用電気工作物（鉄道営業法（明治三十三年法律第六十五号）、軌道法（大正十年法律第七十六号）又は鉄道事業法（昭和六十一年法律第九十二号）が適用され又は準用される自家用電気工作物であつて、発電所、変電所又は送電線路（電気鉄道の専用敷地内に設置されるものを除く。）に属するもの（変電所の直流き電側設備又は交流き電側設備を除く。）以外のもの及び原子力発電工作物を除く。以下この項において同じ。）に関して、次の表の事故の欄に掲げる事故が発生したときは、それぞれ同表の報告先の欄に掲げる者に報告しなければならない。この場合において、二以上の号に該当する事故であつて報告先の欄に掲げる者が異なる事故は、経済産業大臣に報告しなければならない。 三　電気工作物の破損又は電気工作物の誤操作若しくは電気工作物を操作しないことにより、他の物件に損傷を与え、又はその機能の全部又は一部を損なわせた事故 四　次に掲げるものに属する主要電気工作物の破損事故 ホ　出力五十キロワット以上の太陽電池発電所 六　水力発電所、火力発電所、燃料電池発電所、太陽電池発電所又は風力発電所に属する出力十万キロワット以上の発電設備に係る七日間以上の発電支障事故

2-2. 太陽光発電設備の安全管理

太陽光発電設備を解体・撤去する際には、その周辺の安全確保を適切に行うことが重要である。安全確保については、太陽光発電設備には感電の恐れがあるため不用意に触れないことが重要である。太陽光発電設備に触れる際には、感電の防止、破損等による怪我の防止、水濡れ防止等の対策を講じた上で作業すること。具体的には、以下に示す通りである。

① 感電の防止

太陽光発電設備のパワーコンディショナーや、太陽電池モジュールと電線との接続部は、水没・浸水している時に接近または接触すると感電する恐れがある。そのため、感電を防止するよう十分に注意する必要がある。感電防止のためには、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用して作業すること、太陽光発電設備周辺の地面が湿っている場合や、太陽光発電設備のケーブルが切れている等、感電の可能性がある場合には近寄らないことが重要である。

② 破損等による怪我の防止

太陽電池モジュールは大部分がガラスで構成されており、解体・撤去作業時の破損による怪我を防止するよう十分に注意する必要がある。破損に備えて保護帽、厚手のゴム手袋、保護メガネ、作業着等を着用する等により、リスクを低減させるよう努めること。

③ 水濡れ防止

ガラスが破損した使用済太陽電池モジュールは雨水等の水濡れによって含有物質が流出する恐れや感電の危険性が高まる恐れがあるため、ブルーシート等の遮光用シートで覆う等の水濡れ防止策をとるよう努めること。

2-3. リユース可否判断の依頼

循環型社会形成推進基本法においては、廃棄物等の処理の優先順位として、①発生抑制（リデュース）、②再使用（リユース）、③再生利用（リサイクル）、④熱回収、⑤埋立処分との優先順位を定めている。

そのため、廃棄物処理の手続きを取る前に、リユースができるかを判断することが望ましい。リユースの可否判断については、中古の太陽電池モジュールを取り扱う業者に依頼することが一般的である。

中古の太陽電池モジュールを取り扱う業者に売却する場合には、不適正な売買を未然に防止する観点からも、中古品を扱うリユースショップ（リサイクルショップ）等、古物商の許可を有し、信用できる事業者に中古品としての買取を依頼することが望まれる。

2-4. 解体・撤去工事の発注

太陽光発電設備の解体・撤去工事の依頼・発注を行う場合には、「建設廃棄物処理指針（平成22年度版）」を踏まえ、発注者は以下の責務を果たす必要がある。
(1) 分別の実施
(2) 解体・撤去工事により発生する使用済太陽電池モジュールの処理方法についての指示
(3) 適正な解体・撤去及び廃棄物処理費用の計上
(4) 発注先に対する事前・工事中・工事完了後の確認

(1) 分別の実施

解体・撤去工事を発注する場合には、解体・撤去の対象となる使用済太陽光発電設備以外の廃棄物が解体・撤去工事に伴い生じる廃棄物と混ざるのを防ぐため、事前に分別を実施しなければならない。

(2) 解体・撤去工事により発生する使用済太陽電池モジュールの処理方法についての指示

解体・撤去工事を発注する際には、解体・撤去工事により発生する使用済太陽電池モジュールの処理方法（リユース、リサイクル、埋立処分）、処分場所（管理型最終処分場）やリサイクルする場合の再生処理施設に搬入する条件等について伝える必要がある。

特に、使用済太陽電池モジュールに鉛等の有害物質が含まれている場合には、有害物質に関する情報を解体・撤去業者に適切に伝え、解体・撤去後の収集・運搬や処理が適切に実施されるようにする必要がある。

(3) 適正な解体・撤去及び廃棄物処理費用の計上

所有者は解体・撤去工事で生じる建設廃棄物の適正な処理費用を計上する必要がある。

(4) 発注先に対する事前・工事中・工事完了後の確認

解体・撤去工事を発注した使用済太陽光発電設備の所有者は、元請業者より、建設廃棄物の処理方法が記載された廃棄物処理計画書を提出させ、事前に確認する必要がある。また工事中には、建設廃棄物の処理が適切に行われているか注意を払う必要がある。加えて、工事の終了後には元請業者に建設廃棄物の処理が適正に行われたことを報告させ、建設廃棄物が放置されていないことを含め、確認する必要がある。

なお、解体・撤去業者に依頼をする排出事業者は廃棄対象となる太陽光発電設備の規模（使用済太陽電池モジュールの枚数、等）や周辺地域の交通環境等、解体・撤去や収集・運搬時に考慮する必要がある情報についても依頼先に伝達することが望ましい。

2-5. 解体・撤去工事における留意事項

使用済太陽光発電設備の解体・撤去にあたっては、住宅・建物に設置されているのか、平地に設置されているのかによって、作業環境が異なるが、基本的な流れは、下記のとおりである。

図表 19　太陽光発電設備の一般的な解体・撤去の流れ

解体・撤去の流れ	内容
作業周囲における環境の確認	● 作業時における危険個所を確認 ● 十分な広さの作業場所を確保 ● 住宅や建物に設置されている太陽光発電設備を解体・撤去する場合には、適切な足場、養生シート、親綱、安全帯、保護帽、安全靴等の設置・使用によって、屋根からの転落を防止
電力系統の遮断	● パワーコンディショナーへの回路を遮断する ● 集電箱のブレーカーを切る ● 接続箱の解列（電力系統からの切り離し）を行う ● テスタ・絶縁抵抗計にて、入力端子、出力端子の電圧・電流・絶縁抵抗を確認する
太陽電池モジュールの取り外し	● 検電器やテスタ等にて、枠・架台や金属製金具等、作業者が触る可能性のある金属部位に電圧がかかっていないことを確認 ● ケーブルの取り外し等の作業においては、絶縁手袋・ゴム長靴の着用や太陽電池モジュールを、ブルーシート等の遮光用シートで覆う等して、感電を防止する（31、32 頁参照） ● 太陽電池モジュールの固定用金具の取り外しにおいては、セル面には脚や手を掛けないようにすることで、セル面の破損や、転落等によるけがを防止（31、32 頁参照）
分別保管	● 対象となる使用済太陽電池モジュールがその他の廃棄物と混合しないように適切に保管（33、34 頁参照） ● 太陽電池モジュールは、受光面に光が当たると発電するため、太陽電池モジュールの受光面を下にするか、または受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないように分別保管を実施（31、32 頁参照） ● 太陽光発電設備のパワーコンディショナーや、太陽電池モジュールと電線との接続部は、水没・浸水している時に接近または接触すると感電する恐れがあるため、水没・浸水が発生しないように管理（31、32 頁参照）

(1) 解体・撤去作業における安全管理

労働契約法第５条において、使用者（雇用主）は、契約に伴い、労働者がその生命、身体等の安全を確保しつつ労働することができるよう、必要な配慮をすることが義務付けられているため、特に下記の点について十分な対策が望まれる。

① 転落の防止

解体・撤去にあたっては、十分な広さの作業場所を確保すること。作業場所の広さが不十分であることは事故の原因にもなりうる。

- 住宅や建物に設置されている太陽光発電設備を解体・撤去する場合には、適切な足場、養生シート、親綱・安全帯・保護帽・安全靴等の設置・使用によって、屋根からの転落を防止することも重要である。

② 感電の防止

太陽光発電設備のパワーコンディショナーや、太陽電池モジュールと電線との接続部は、水没・浸水している時に接近または接触すると感電する恐れがある。そのため、感電を防止するよう十分に注意する必要がある。感電防止のためには、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用して作業すること、太陽光発電設備周辺の地面が湿っている場合や、太陽光発電設備のケーブルが切れている等、感電の可能性がある場合には近寄らないことが重要である。

- （複数の太陽電池モジュールがケーブルで繋がっている場合）複数の太陽電池モジュールがケーブルで繋がっている場合は、ケーブルのコネクターを抜くか切断し、可能であればケーブルの切断面の導線がむき出しにならないようにビニールテープ等を巻くこと。なお、ケーブルを切断する場合には感電やアーク発生を防ぐため、+／－のケーブルを同時に切断しないようにすること。配線の切断及び絶縁作業の際には、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用し、必ず電気工事士が行うこと。

- （太陽光発電設備周辺の地面が湿っている場合や、太陽光発電設備のケーブルが切れている等、感電の可能性がある場合）不用意に近づかず、電気工事士やメーカー等の専門家の指示を受けること。また、降雨・降雪時には極力作業を行わない等の対策によりリスクを低減させることが望ましい。

- 上記に示したような感電防止対策や発電防止対策を講じたうえで、それらの情報とともに処理業者に太陽電池モジュールを引き渡すこと。

③　破損等による怪我の防止

太陽電池モジュールは大部分がガラスで構成されており、解体・撤去作業時の破損による怪我を防止するよう十分に注意する必要がある。破損に備えて保護帽、厚手のゴム手袋、保護メガネ、作業着等を着用する等により、リスクを低減させるよう努めること。

④　水濡れ防止

ガラスが破損した使用済太陽電池モジュールは雨水等の水濡れによって含有物質が流出する恐れや感電の危険性が高まる恐れがあるため、ブルーシート等の遮光用シートで覆う等の水濡れ防止策をとるよう努めること。

(2) 解体・撤去した太陽電池モジュールの安全管理

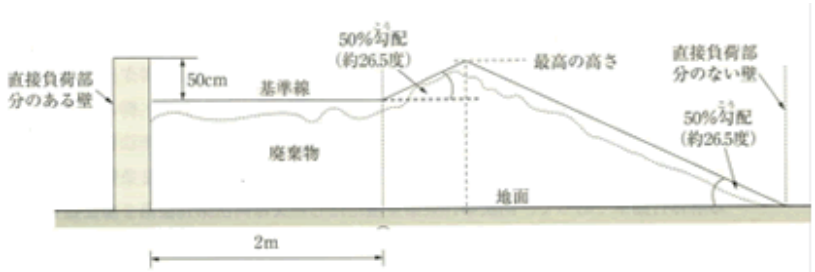
太陽光発電設備を構成する太陽電池モジュールの受光面はガラスであることから、重機等でむやみに太陽電池モジュールを破損させると、ガラス破片が飛散し怪我する危険性が高まるため、安全に取り扱う必要がある。また、外枠のアルミフレームを取り外した場合、太陽電池モジュールの外周がガラス端部となり、収集・運搬作業等の危険性が高まるため、リスクを低減させるように努めること。

(3) 解体・撤去した太陽光発電設備の分別保管の実施

太陽光発電設備を構成する太陽電池モジュールには、鉛等の有害物質を含むことがある。そのため、廃棄物としての処理を実施する際には、その他の廃棄物と混合しないように適切に保管する必要がある。排出事業者が使用済太陽光発電設備を事業場内で保管する際には、廃棄物処理法に定められた保管基準に従って保管する必要がある。また、使用済太陽光発電設備を事業場外で保管する際には、廃棄物処理法に定められた処理基準に従って保管する必要があるほか、保管の用に供される場所の面積が 300 ㎡以上である場合は事前の届出が必要（建設工事に伴い生ずる産業廃棄物に限る。）となる。

なお、太陽電池モジュールは、受光面に光が当たると発電するため、太陽電池モジュールの受光面を下にするか、または受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないように分別保管を実施することが望ましい。

産業廃棄物の保管基準	1. 保管場所の周囲に囲いが設けられていること。保管する産業廃棄物の荷重が囲いに直接かかる場合には、その荷重に対して構造耐力上安全であること。 2. 産業廃棄物の保管に関して必要な事項を表示した掲示板が見やすいところに設けられていること。 ａ．産業廃棄物の保管の場所である旨の表示 ｂ．保管する産業廃棄物の種類　（当該産業廃棄物に石綿含有産業廃棄物が含まれる場合は、その旨を含む） ｃ．保管場所の管理者の氏名または名称および連絡先 ｄ．屋外で容器を用いないで保管する場合は、最大積み上げ高さ ｅ．掲示板の大きさ　縦 60 ㎝以上× 横 60 ㎝以上 3. 保管場所から産業廃棄物の飛散、流出、地下浸透、悪臭発散が生じないような措置を講ずること。 4. 産業廃棄物の保管に伴って汚水が生ずるおそれがある場合は、公共水域および地下水の汚染防止のために必要な排水溝、その他の設備を設けるとともに、それらの設備の底面を不浸透性の材料で覆うこと。 5. 保管場所には、ねずみが生息したり、蚊、ハエその他の害虫が発生したりしないようにすること。 6. 産業廃棄物を容器に入れずに屋外で保管する場合は、次のようにすること。 ａ．廃棄物が囲いに接しない場合は、囲いの下端から勾配 50%以下。 ｂ．廃棄物が囲いに接する場合（直接、壁に負荷がかかる場合）は、囲いの内側 2m は囲いの高さより 50 ㎝の線以下とし、2m 以上の内側は勾配 50%以下とする。（勾配 50%とは、底辺：高さ＝2:1 の傾きで約 26.5 度）



図表 20　屋外における保管高さの基準例（容器に入れず保管する場合）

出典：日本産業廃棄物処理振興センター　ホームページ　http://www.jwnet.or.jp/index.shtml

産業廃棄物の処理基準（廃棄物処理法施行令第３条、第６条）	第三条　法第六条の二第二項の規定による一般廃棄物（特別管理一般廃棄物を除く。以下この条及び次条において同じ。）の収集、運搬及び処分（再生を含む。）の基準は、次のとおりとする。 一　一般廃棄物の収集又は運搬に当たつては、次によること。 へ　一般廃棄物の積替えを行う場合には、次によること。 （１）　積替えは、周囲に囲いが設けられ、かつ、一般廃棄物の積替えの場所であることの表示がされている場所で行うこと。 （２）　積替えの場所から一般廃棄物が飛散し、流出し、及び地下に浸透し、並びに悪臭が発散しないように必要な措置を講ずること。 （３）　積替えの場所には、ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないようにすること。 ト　石綿含有一般廃棄物の積替えを行う場合には、積替えの場所には、石綿含有一般廃棄物がその他の物と混合するおそれのないように、仕切りを設ける等必要な措置を講ずること。 チ　一般廃棄物の保管は、一般廃棄物の積替え（環境省令で定める基準に適合するものに限る。）を行う場合を除き、行つてはならないこと。 リ　一般廃棄物の保管を行う場合には、次によること。 （１）　保管は、次に掲げる要件を満たす場所で行うこと。 （イ）　周囲に囲い（保管する一般廃棄物の荷重が直接当該囲いにかかる構造である場合にあつては、当該荷重に対して構造耐力上安全であるものに限る。）が設けられていること。 （ロ）　環境省令で定めるところにより、見やすい箇所に一般廃棄物の積替えのための保管の場所である旨その他一般廃棄物の保管に関し必要な事項を表示した掲示板が設けられていること。 （２）　保管の場所から一般廃棄物が飛散し、流出し、及び地下に浸透し、並びに悪臭が発散しないように次に掲げる措置を講ずること。

	（イ）　一般廃棄物の保管に伴い汚水が生ずるおそれがある場合にあつては、当該汚水による公共の水域及び地下水の汚染を防止するために必要な排水溝その他の設備を設けるとともに、底面を不浸透性の材料で覆うこと。 （ロ）　屋外において一般廃棄物を容器を用いずに保管する場合にあつては、積み上げられた一般廃棄物の高さが環境省令で定める高さを超えないようにすること。 （ハ）　その他必要な措置 （３）　保管の場所には、ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないようにすること。 第六条　法第十二条第一項の規定による産業廃棄物（特別管理産業廃棄物以外のものに限るものとし、法第二条第四項第二号に掲げる廃棄物であるもの及び当該廃棄物を処分するために処理したものを除く。以下この項（第三号イ及び第四号イを除く。）において同じ。）の収集、運搬及び処分（再生を含む。）の基準は、次のとおりとする。 一　産業廃棄物の収集又は運搬に当たつては、第三条第一号イからニまでの規定の例によるほか、次によること。 ハ　産業廃棄物の積替えを行う場合には、第三条第一号への規定の例によること。 ニ　石綿含有産業廃棄物又は水銀使用製品産業廃棄物の積替えを行う場合には、第三条第一号トの規定の例によること。 ホ　産業廃棄物の保管を行う場合には、第三条第一号チ及びリの規定の例によるほか、当該保管する産業廃棄物の数量が、環境省令で定める場合を除き、当該保管の場所における一日当たりの平均的な搬出量に七を乗じて得られる数量を超えないようにすること。 ヘ　石綿含有産業廃棄物又は水銀使用製品産業廃棄物の保管を行う場合には、第三条第一号トの規定の例によること。 二　産業廃棄物の処分（埋立処分及び海洋投入処分を除く。以下この号において同じ。）又は再生に当たつては、次によること。 ロ　産業廃棄物の保管を行う場合には、次によること。 （１）　第三条第一号リの規定の例によること。 （２）　環境省令で定める期間を超えて保管を行つてはならないこと。 （３）　保管する産業廃棄物（当該産業廃棄物に係る処理施設が同時に当該産業廃棄物と同様の性状を有する一般廃棄物として環境省令で定めるものの処理施設である場合にあつては、当該一般廃棄物を含む。）の数量が、当該産業廃棄物に係る処理施設の一日当たりの処理能力に相当

	する数量に十四を乗じて得られる数量（環境省令で定める場合にあつては、環境省令で定める数量）を超えないようにすること。 ニ　石綿含有産業廃棄物の処分又は再生を行う場合には、次によること。 （１）　石綿含有産業廃棄物の保管を行う場合には、第三条第一号トの規定の例によること。 ホ　水銀使用製品産業廃棄物又は水銀含有ばいじん等（水銀又はその化合物が含まれているばいじん、燃え殻、汚泥、廃酸、廃アルカリ又は鉱さいであつて、環境省令で定めるものをいう。（２）において同じ。）の処分又は再生を行う場合には、次によること。 （３）　水銀使用製品産業廃棄物の保管を行う場合には、第三条第一号トの規定の例によること。
廃棄物処理法施行規則 第１条の５、 第１条の６、 第７条の６	第一条の五　令第三条第一号リ（１）（ロ）の規定による掲示板は、縦及び横それぞれ六十センチメートル以上であり、かつ、次に掲げる事項を表示したものでなければならない。 一　保管する一般廃棄物の種類（当該一般廃棄物に石綿含有一般廃棄物又は水銀処理物が含まれる場合は、その旨を含む。） 二　保管の場所の管理者の氏名又は名称及び連絡先 三　屋外において一般廃棄物を容器を用いずに保管する場合にあつては、次条に規定する高さのうち最高のもの 第一条の六　令第三条第一号リ（２）（ロ）の規定による環境省令で定める高さは、次の各号に掲げる場合に応じ、当該各号に定める高さとする。 一　保管の場所の囲いに保管する一般廃棄物の荷重が直接かかる構造である部分（以下この条において「直接負荷部分」という。）がない場合（第三号及び第四号に掲げる場合を除く。）　当該保管の場所の任意の点ごとに、地盤面から、当該点を通る鉛直線と当該保管の場所の囲いの下端（当該下端が地盤面に接していない場合にあつては、当該下端を鉛直方向に延長した面と地盤面との交線）を通り水平面に対し上方に五十パーセントの勾こう 配を有する面との交点（当該交点が二以上ある場合にあつては、最も地盤面に近いもの）までの高さ 二　保管の場所の囲いに直接負荷部分がある場合　次のイ及びロに掲げる部分に応じ、当該イ及びロに定める高さ イ　直接負荷部分の上端から下方に垂直距離五十センチメートルの線（直接負荷部分に係る囲いの高さが五十センチメートルに満たない場合にあつては、その下端）（以下この条において「基準線」という。）から当該保管の場所の側に水平距離二メートル以内の部分　当該二メートル以内の部

	分の任意の点ごとに、次の（１）に規定する高さ（当該保管の場所の囲いに直接負荷部分でない部分がある場合にあつては、（１）又は（２）に規定する高さのうちいずれか低いもの） （１）　地盤面から、当該点を通る鉛直線と当該鉛直線への水平距離が最も小さい基準線を通る水平面との交点までの高さ （２）　前号に規定する高さ ロ　基準線から当該保管の場所の側に水平距離二メートルを超える部分 当該二メートルを超える部分内の任意の点ごとに、次の（１）に規定する高さ（当該保管の場所の囲いに直接負荷部分でない部分がある場合にあつては、（１）又は（２）に規定する高さのうちいずれか低いもの） （１）　当該点から、当該点を通る鉛直線と、基準線から当該保管の場所の側に水平距離二メートルの線を通り水平面に対し上方に五十パーセントの勾こう 配を有する面との交点（当該交点が二以上ある場合にあつては、最も地盤面に近いもの）までの高さ （２）　前号に規定する高さ 第七条の六　令第六条第一項第二号ロ（２）の環境省令で定める期間は、当該産業廃棄物の処理施設において、適正な処分又は再生を行うためにやむを得ないと認められる期間とする。

2-6. 解体・撤去における関連法制度への対応

(1) 太陽光発電設備の解体・撤去工事は廃棄物処理法において「土木建築に関する工事」に該当する。工事が数次の請負によって行われる場合には、元請業者が排出事業者となる。
(2) 使用済太陽光発電設備の解体・撤去にあたっては、その区分に応じて有資格者が、解体・撤去を行う必要がある。
(3) 解体・撤去工事においては、建設業法及び建設リサイクル法に係る規定に則る必要がある。

（1）太陽光発電設備の解体・撤去作業の廃棄物処理法における位置づけ

太陽光発電設備の解体・撤去工事は、多くの場合、廃棄物処理法第 21 条の３第１項における「土木建築に関する工事」に該当する。廃棄物処理法第 21 条の３第１項では、土木建築に関する工事（建築物その他の工作物の全部又は一部を解体する工事を含む。）が数次の請負によって行われる場合には、当該建設工事の注文者から直接建設工事を請け負った建設業を営む者（元請業者）を排出事業者とすることが定められている。

廃棄物処理法 第 21 条の３第１項	土木建築に関する工事（建築物その他の工作物の全部又は一部を解体する工事を含む。以下「建設工事」という。）が数次の請負によつて行われる場合にあつては、当該建設工事に伴い生ずる廃棄物の処理についてのこの法律（第三条第二項及び第三項、第四条第四項、第六条の三第二項及び第三項、第十三条の十二、第十三条の十三、第十三条の十五並びに第十五条の七を除く。）の規定の適用については、当該建設工事（他の者から請け負つたものを除く。）の注文者から直接建設工事を請け負つた建設業（建設工事を請け負う営業（その請け負つた建設工事を他の者に請け負わせて営むものを含む。）をいう。以下同じ。）を営む者（以下「元請業者」という。）を事業者とする。

（２）電気工事にかかる資格・規定

①　太陽光発電設備の区分

太陽光発電設備[5]に係る法制上の取り扱いは、その出力に応じて、下記のように定められている。太陽光発電設備の出力は、太陽電池モジュールの合計出力で判断すること。

<table>
<tr><td>１．出力 50ｋW 以上の太陽電池発電設備</td><td>当該発電設備は、電気事業法上は発電用の電気工作物（発電所）となり、電力会社等の電気事業用のものを除き「自家用電気工作物」となる。</td></tr>
<tr><td>２．出力 50ｋW 未満の太陽電池発電設備</td><td>当該発電設備は、電気事業法上は小出力発電設備となり、一般家庭等の一般用電気工作物の設置場所に施設する場合は原則として「一般用電気工作物」に、工場等の自家用電気工作物の設置場所に施設する場合は「自家用電気工作物」となる。当該発電設備を設置する電気工事は、電気工事士法に基づき、以下に示す資格者が作業を行う必要がある。
<table>
<tr><td>一般用電気工作物</td><td>第１種電気工事士又は第２種電気工事士</td></tr>
<tr><td>自家用電気工作物</td><td>第１種電気工事士又は認定電気工事従事者</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

出典：「太陽電池発電設備の設置に係る法制上の取扱いについて（経済産業省）」平成 23 年７月
http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/220401-1-1.pdf

ただし、太陽電池モジュールとパワーコンディショナーの間に電気を消費または貯蔵する機器を接続しない場合は、パワーコンディショナーの出力で判断しても良いこととされている。

②　電気工事に係る資格

一般用電気工作物または自家用電気工作物を「変更する工事」を実施する場合には、電気工事士法において資格者による工事が義務付けられている。

資格名	従事することのできる電気工事
第一種電気工事士	500kW 未満の需要設備及び一般用電気工作物の電気工事（ネオン用の設備及び非常用予備発電装置の電気工事を除く）
第二種電気工事士	一般用電気工作物の電気工事
認定電気工事従事者	500kW 未満の需要設備のうち 600V 以下で使用する電気工作物（例えば高圧で受電し低圧に変成されたあとの 100V 又は 200V の配線、負荷設備等）の電気工事
特種電気工事資格者	500kW 未満の需要設備のうち、ネオン用の設備又は非常用予備発電装置の電気工事

[5] 本ガイドラインで示す「太陽光発電設備」は、電気事業法では「太陽電池発電設備」と記載されている。

なお、電気事業法上の自家用電気工作物であっても、発電所、変電所、最大電力（電力会社との契約電力）500kW 以上の需要設備その他経済産業省令で定めるもの（送電線路（附属する開閉所を含む）及び保安通信設備）については、その設置者が電気保安に関する十分な知見を有しており、事実上、電気工事業者の選定も含めて、工事に関して十分的確に保安を確保できる体制にあると考えられ、事実、事故発生率も低いことから、これらについては、電気工事士法の規制対象から除外されている。

③　電気工事における「変更する工事」の範囲

電気工事士法の逐条解説によると、「変更する工事」の範囲とは、設置されている電気工作物の現状を変更する全ての工事をいい、撤去の工事（工事が、電路が既に遮断され、以降電気を用いない場合に、遮断された部分についての設備を撤去する作業に該当する場合（建物を取り壊す場合等）には、そもそも「電気工事」に該当しない。ただし、電路を遮断する行為自体としての取り外す作業や、接続を外す作業等は、「電気工事」となる）も含まれる、とされている。

電気工事士法 第２条の３	この法律において「電気工事」とは、一般用電気工作物又は自家用電気工作物を設置し、又は変更する工事をいう。ただし、政令で定める軽微な工事を除く。
電気工事士法の 逐条解説 第２条の３	第３項は、電気工事の定義を定めており、電気工事とは一般用電気工作物及び自家用電気工作物を設置したり又は変更する工事をいう。 ここで「変更する工事」とは、設置されている電気工作物の現状を変更する全ての工事をいい、撤去の工事（工事が、電路が既に遮断され、以降電気を用いない場合に、遮断された部分についての設備を撤去する作業に該当する場合（建物を取り壊す場合等）には、そもそも「電気工事」に該当しない。ただし、電路を遮断する行為自体としての取り外す作業や、接続を外す作業等は、「電気工事」となる））も含まれる。

また、太陽光発電設備は電路を遮断した後も発電出力があるため、取扱いに注意し、安全性に配慮することが望まれる。

（３）建設業法及び建設リサイクル法に係る資格・規定

①　建設業法に係る規定

一般に太陽光発電設備については、建築基準法における工作物に該当する一方で、太陽電池モジュールは建設リサイクル法における特定建設資材には該当しないものの、建築物と一体的に解体・撤去されることが想定されるため、解体・撤去工事においては、建設業法及び建設リサイクル法に基づいて手続き等を進める必要がある。

建設業法において、500 万円以上の建設工事を行う場合には建設業の許可が必要である。（ただし、建築一式工事については、1,500 万円未満または 150 ㎡未満の木造住宅工事では建設業の許可は不要である。）

建設業法　第４条 （附帯工事）	建設業者は、許可を受けた建設業に係る建設工事を請け負う場合においては、当該建設工事に附帯する他の建設業に係る建設工事を請け負うことができる。

なお、建設業者は、許可を受けた建設業に係る建設工事を請け負う場合においては、当該建設工事に付帯する他の建設業に係る工事を請け負うことができる。一般的に、住宅用太陽光発電設備の解体・撤去は、建設業法における建設工事のうち、建築一式工事、屋根工事、電気工事、解体工事のいずれかに該当することが想定されるが、その形態や性状によって、該当する建設工事の種類が異なるため、国土交通省「建設工事の内容及び例示等の改正について」[6]を参考にしつつ、当該自治体に確認することが望まれる。

②　建設リサイクル法に係る規定

建設リサイクル法では、特定建設資材（コンクリート（太陽電池モジュールの基礎、プレキャスト板等を含む。）、アスファルト・コンクリート、木材）を用いた建築物等に係る解体工事またはその施工に特定建設資材を使用する新築工事等であって一定規模以上[7]の建設工事（対象建設工事）について、発注者及び建設業者に対し、分別解体等及び再資源化等を行うことを義務付けている。

6　「建設工事の内容及び例示等の改正について（国土交通省）」平成 26 年 12 月 25 日
http://www.mlit.go.jp/common/001064634.pdf

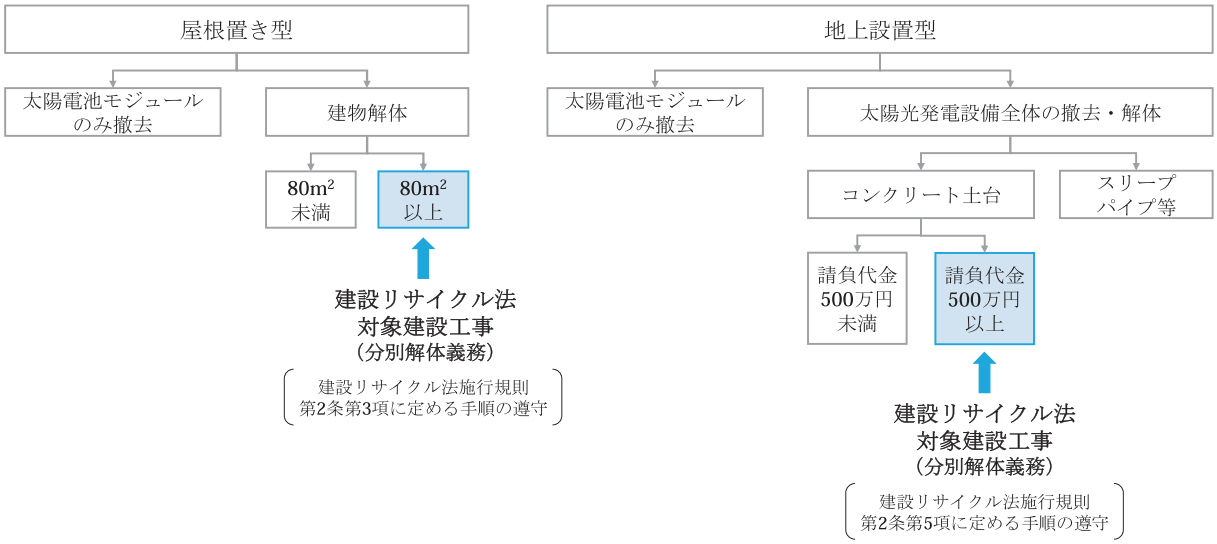
7 建設リサイクル法において、分別解体等及び再資源化等の実施義務の対象となる建設工事の規模に関する基準については、1)建築物の解体工事では床面積 80m2 以上、2)建築物の新築又は増築の工事では床面積 500m2 以上、3)建築物の修繕・模様替え等の工事では請負代金が 1 億円以上、4)建築物以外の工作物の解体工事又は新築工事等では請負代金が 500 万円以上と定められている。

建物の屋根に設置された太陽電池モジュールは、建築基準法における建築設備に該当し、当該建物の解体工事が、建設リサイクル法対象建設工事に該当する場合は「建築物の構造上その他解体工事の施工の技術上難しい場合」を除き、建設リサイクル法施行規則第 2 条第 3 項に定める手順によって取り外す必要がある。

地上設置型の太陽光発電設備は、建設リサイクル法における「建築物等」（その他の工作物）に該当し、当該設備の解体工事が建設リサイクル法対象工事に該当する場合は「建築物の構造上その他解体工事の施工の技術上難しい場合」を除き、建設リサイクル法施行規則第 2 条第 5 項に定める手順によって取り外す必要がある。

なお、取り外した太陽電池モジュールは、受光面に光が当たると発電するため、太陽電池モジュールの受光面を下にするか、または受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないように分別保管を実施することが望ましい。

建設リサイクル法 施行規則 第２条第３項	建築物に係る解体工事の工程は、次に掲げる順序に従わなければならない。ただし、建築物の構造上その他解体工事の施工の技術上これにより難い場合は、この限りでない。 一．建築設備、内装材その他の建築物の部分（屋根ふき材、外装材及び構造耐力上主要な部分　（建築基準法施行令（昭和二十五年政令第三百三十八号）第一条第三号に規定する構造耐力上主要な部分をいう。以下同じ。）を除く。）の取り外し 二．屋根ふき材の取り外し 三．外装材並びに構造耐力上主要な部分のうち基礎及び基礎ぐいを除いたものの取り壊し 四．基礎及び基礎ぐいの取り壊し
建設リサイクル法 施行規則 第２条第５項	建築物以外のもの（以下「工作物」という。）に係る解体工事の工程は、次に掲げる順序に従わなければならない。この場合においては、第三項ただし書の規定を準用する。 一．さく、照明設備、標識その他の工作物に附属する物の取り外し 二．工作物のうち基礎以外の部分の取り壊し 三．基礎及び基礎ぐいの取り壊し



図表 21　建設リサイクル法の対象工事

また、建設リサイクル法 5 条及び 6 条により、発注者と建設業者（解体・撤去業者）との間で、解体・撤去業者が実施する作業内容（解体・撤去工事や産業廃棄物処理）や費用負担について適正な契約が締結されることが求められている。

建設リサイクル法 第５条第１項 （建設業を営む者の責務）	建設業を営む者は、建築物等の設計及びこれに用いる建設資材の選択、建設工事の施工方法等を工夫することにより、建設資材廃棄物の発生を抑制するとともに、分別解体等及び建設資材廃棄物の再資源化等に要する費用を低減するよう努めなければならない。
建設リサイクル法 第６条 （発注者の責務）	発注者は、その注文する建設工事について、分別解体等及び建設資材廃棄物の再資源化等に要する費用の適正な負担、建設資材廃棄物の再資源化により得られた建設資材の使用等により、分別解体等及び建設資材廃棄物の再資源化等の促進に努めなければならない。

③　建設リサイクル法に係る資格

建設工事が建設リサイクル法上の解体工事に該当する場合は、解体工事業を営もうとする者は同法 21 条の定める登録を受けることが義務付けられている。

建設リサイクル法 第 21 条 （解体工事業者の登録）	解体工事業を営もうとする者（建設業法 別表第一の下欄に掲げる土木工事業、建築工事業又はとび・土工工事業に係る同法第三条第一項の許可を受けた者を除く。）は、当該業を行おうとする区域を管轄する都道府県知事の登録を受けなければならない。

解体工事の定義及び解体工事業者登録の必要な解体工事については、国土交通省の「建設リサイクル法　質疑応答集」にて、解説されている。

（解体工事の定義）

Q11　解体工事とは何を指すのか？

① 建築物

建築物のうち、建築基準法施行令第 1 条第 3 号に定める構造耐力上主要な部分の全部又は一部を取り壊す工事。

② 建築物以外の工作物

建築物以外の工作物の全部又は一部を取り壊す工事

Q100　解体工事のうち、解体工事業者登録が必要なものはどのようなものか？

① 建築物

その施工にあたって法第 21 条による解体工事業者登録の必要な解体工事は、解体工事のうち、建築物を除却するために行うものである（建築物本体は床面積の減少するもの、その他のものについてはこれに準じた取扱いとする）。ただし、主たる他の工事の実施に伴う附帯工事として解体工事を行う場合は、登録は必要ない。

② 建築物以外の工作物

その施工にあたって法第 21 条による解体工事業者登録の必要な解体工事は、解体工事のうち、建築物以外の工作物を除却するために行うものである。ただし、主たる他の工事の実施に伴う附帯工事として解体工事を行う場合は、登録は必要ない。

出典：「建設リサイクル法　質疑応答集（国土交通省）」

http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/recyclehou/qanda/

なお、太陽光発電設備は環境省が通知している建設廃棄物処理指針の対象となる。建設廃棄物処理指針においては、排出事業者は建設廃棄物の発生抑制、再生利用等による減量化に努めなくてはならない旨が記載されている。

2-7. 廃棄物処理法への対応

太陽電池モジュールの処理・処分を行う場合には廃棄物処理法に基づき、以下の義務が排出事業者に発生する。 (1) 適切な事業者への処理委託、もしくは排出事業者自らによる処理 (2) 委託契約書及び産業廃棄物管理票において太陽電池モジュールを明記 (3) 廃棄物の適正な処理の方法についての情報提供 (4) 産業廃棄物管理票（マニフェスト）の交付 (5) 産業廃棄物処理の適正な対価の支払い (6) 産業廃棄物処理の委託状況の確認、埋立処分が終了するまでの必要な措置

(1) 適切な事業者への処理委託、もしくは排出事業者自らによる処理

廃棄物処理法において、排出事業者が産業廃棄物の処理の委託をする場合には、必要な許可を取得した事業者に委託することが義務付けられている。このとき、排出事業者は、廃棄物処理法施行令に基づき、都道府県等から必要な許可を取得した産業廃棄物の収集運搬業者、リサイクル業者あるいは埋立処分業者のそれぞれと直接、書面により委託契約を締結する必要がある（廃棄物処理法第 12 条第５項廃棄物処理法施行令第６条の２第４号）。

なお、排出事業者自らが処理を行う場合にも、産業廃棄物の保管、収集・運搬、処分において産業廃棄物処理基準に従う義務がある。（廃棄物処理法第 12 条第１項）

廃棄物処理法 第 12 条第５項	事業者（中間処理業者（発生から最終処分（埋立処分、海洋投入処分（海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律 に基づき定められた海洋への投入の場所及び方法に関する基準に従つて行う処分をいう。）又は再生をいう。以下同じ。）が終了するまでの一連の処理の行程の中途において産業廃棄物を処分する者をいう。以下同じ。）を含む。次項及び第七項並びに次条第五項から第七項までにおいて同じ。）は、その産業廃棄物（特別管理産業廃棄物を除くものとし、中間処理産業廃棄物（発生から最終処分が終了するまでの一連の処理の行程の中途において産業廃棄物を処分した後の産業廃棄物をいう。以下同じ。）を含む。次項及び第七項において同じ。）の運搬又は処分を他人に委託する場合には、その運搬については第十四条第十二項に規定する産業廃棄物収集運搬業者その他環境省令で定める者に、その処分については同項に規定する産業廃棄物処分業者その他環境省令で定める者にそれぞれ委託しなければならない。

リサイクル業者・埋立処分業者を探す際には、公益財団法人産業廃棄物処理事業振興財団の優良産廃処理業者ナビゲーションシステム（http://www3.sanpainet.or.jp/）等が参考になる。また、太陽電池モジュールを構成する各部材は、産業廃棄物の許可品目のうち、「金属くず」、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「廃プラスチック類」に該当することが多いと考えられるが、許可品目のどれに該当するかが不明な場合等には、当該地域における産業廃棄物に関する指導監督権限を有する都道府県等に相談すること。

(2) 委託契約書及び産業廃棄物管理票において使用済太陽電池モジュールを明記

契約書の作成にあたっては廃棄物の名称または備考欄に使用済太陽電池モジュールであることを明記するとともに、引渡の際に交付する産業廃棄物管理票の廃棄物の名称または備考欄に使用済太陽電池モジュールであることを明記し、埋立処分業者が適正に処理できるようにする必要がある。

(3) 廃棄物の適正な処理の方法についての情報提供

廃棄物処理法に定める産業廃棄物処理の委託契約においては、産業廃棄物の排出事業者は、産業廃棄物の適正な処理のために必要な情報を処理業者に提供することが廃棄物処理法施行規則により定められている。

廃棄物処理法 施行規則 第８条の４の２	六 委託者の有する委託した産業廃棄物の適正な処理のために必要な次に掲げる事項に関する情報 イ　当該産業廃棄物の性状及び荷姿に関する事項 ロ　通常の保管状況の下での腐敗、揮発等当該産業廃棄物の性状の変化に関する事項 ハ　他の廃棄物との混合等により生ずる支障に関する事項 ニ　当該産業廃棄物が次に掲げる産業廃棄物であつて、日本工業規格Ｃ〇九五〇号に規定する含有マークが付されたものである場合には、当該含有マークの表示に関する事項 （１）廃パーソナルコンピュータ （２）廃ユニット形エアコンディショナー （３）廃テレビジョン受信機 （４）廃電子レンジ （５）廃衣類乾燥機 （６）廃電気冷蔵庫 （７）廃電気洗濯機 ホ　委託する産業廃棄物に石綿含有産業廃棄物、水銀使用製品産業廃棄物又は水銀含有ばいじん等が含まれる場合は、その旨 ヘ　その他当該産業廃棄物を取り扱う際に注意すべき事項

リサイクル業者・埋立処分業者に提供する情報の内容については、太陽電池モジュールメーカーや販売業者からの提供情報を参考とすること。太陽電池モジュールは、鉛等の有害物質を含むことがあるため、不適切な処理が行われないよう、廃棄物データシート（WDS）を用いて情報提供を行うことが有効である。その際には、環境省「廃棄物情報の提供に関するガイドライン―WDSガイドライン ―」（http://www.env.go.jp/recycle/misc/wds/main.pdf）も参考にすること。

なお、埋立処分業者を対象としたヒアリング調査・アンケート調査によると、現時点で使用済太陽電池モジュールの受入を行っている埋立処分業者では、有害物質の含有や溶出試験結果等、必要な情報提供を依頼主に求めている。

太陽電池モジュールに含有される有害物質情報の提供を支援するものとして、一般社団法人太陽光発電協会では、「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン」を策定・公表している。

太陽電池モジュールメーカーや販売業者は、本ガイドラインに基づき、あらかじめ含有化学物質の情報を提供することによって、排出事業者（解体・撤去業者等）が適正処理のために必要な情報を処理業者に提供する際の参考とすることが求められている。

使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン（第 1 版）
2017 年（平成 29 年）12 月　一般社団法人太陽光発電協会
http://www.jpea.gr.jp/topics/171211.html

4. 情報提供する対象物質の種類と閾値

１）対象物質

廃棄時に環境に影響を及ぼす可能性のある化学物質の視点と太陽光発電モジュールの種類に応じた含有の可能性の高さを考慮し、以下の４物質とする。

鉛、カドミウム、ヒ素、セレン

２）含有率基準値

表示を行う際の含有率基準値は以下の通りとし、これを超える場合に４項に定める方法で表示する。

鉛： 0.1wt%
カドミウム： 0.1wt%
ヒ素： 0.1wt%
セレン： 0.1wt%

尚、対象物質の含有率は、比較的容易に解体できるモジュール部を構成する４つの部位（①フレーム、②ネジ、③ケーブル、④ラミネート部（端子箱を含む、①・②・③以外部分））毎の質量を分母、それぞれの部位中の対象化学物質含有量を分子とし、除して算出する理論値。

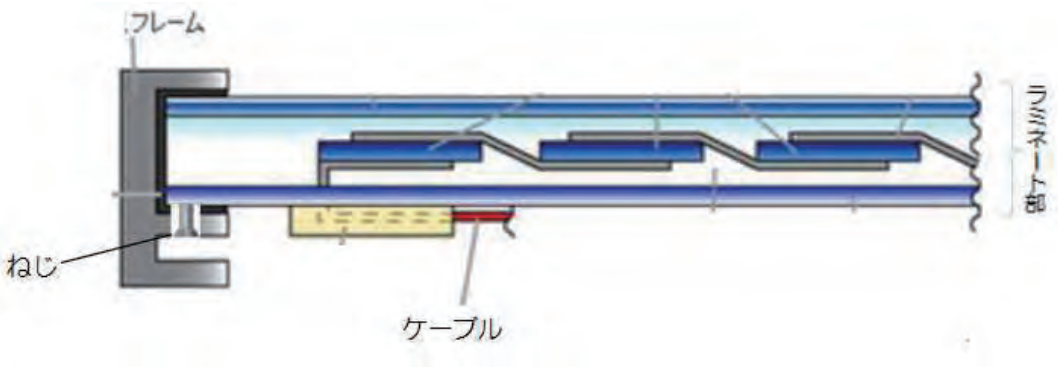
出典：「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン（第 1 版）（太陽光発電協会）」
http://www.jpea.gr.jp/topics/171211.html

比較的容易に解体・撤去できる太陽電池モジュール部を構成する４つの部位は、「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン（第１版）」において、以下のとおり定められている。

図表 22　情報提供のガイドラインで示される４つの部位

部位	内容
① フレーム	モジュール４辺に組付けられている枠。通常はこの枠に開けられた取り付け穴を使用してモジュールを設置する。一般的にこの枠はアルミ合金製。
② ネジ	フレームを組み付ける際に使用するネジ。一般的に材質はステンレス製で、縦フレームと横フレームの連結部分に使用する。
③ ケーブル	モジュールの背面側の端子箱に接続されている出力連結用のケーブル。一般住宅向けモジュールの場合、＋極用、－極用の２本で長さは１ｍ程度、ケーブル先端には防水コネクターが取り付けられている。
④ ラミネート部	上記太陽電池モジュールから、①フレーム、②ネジ、及び③ケーブルを外したもの。

出典：「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン（第１版）（太陽光発電協会）」
http://www.jpea.gr.jp/topics/171211.html



図表 23　情報提供のガイドラインで示される４つの部位イメージ

出典：「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン（第１版）（太陽光発電協会）」
http://www.jpea.gr.jp/topics/171211.html

(4) 産業廃棄物管理票（マニフェスト）の交付

廃棄物処理法において、産業廃棄物の処理にあたって、当該産業廃棄物の引渡しの際に産業廃棄物管理票（マニフェスト）の交付が義務付けられている。また、マニフェストによる処理終了の確認やマニフェストの送付がないとき等における生活環境保全上の支障の除去等に係る適正な措置の実施等の義務がある。

廃棄物処理法 第 12 条の３第１項	その事業活動に伴い産業廃棄物を生ずる事業者（中間処理業者を含む。）は、その産業廃棄物（中間処理産業廃棄物を含む。第十二条の五第一項において同じ。）の運搬又は処分を他人に委託する場合（環境省令で定める場合を除く。）には、環境省令で定めるところにより、当該委託に係る産業廃棄物の引渡しと同時に当該産業廃棄物の運搬を受託した者（当該委託が産業廃棄物の処分のみに係るものである場合にあつては、その処分を受託した者）に対し、当該委託に係る産業廃棄物の種類及び数量、運搬又は処分を受託した者の氏名又は名称その他環境省令で定める事項を記載した産業廃棄物管理票（以下単に「管理票」という。）を交付しなければならない。

(5) 産業廃棄物処理の適正な対価の支払い

排出事業者は、産業廃棄物の処理委託にあたっては、適正な処理に要する対価を委託先に支払っていない時には、廃棄物処理法に基づく措置命令の対象となる。

廃棄物処理法 第 19 条の６	前条第一項に規定する場合において、生活環境の保全上支障が生じ、又は生ずるおそれがあり、かつ、次の各号のいずれにも該当すると認められるときは、都道府県知事は、その事業活動に伴い当該産業廃棄物を生じた事業者（当該産業廃棄物が中間処理産業廃棄物である場合にあつては当該産業廃棄物に係る産業廃棄物の発生から当該処分に至るまでの一連の処理の行程における事業者及び中間処理業者とし、当該収集、運搬又は処分が第十五条の四の三第一項の認定を受けた者の委託に係る収集、運搬又は処分である場合にあつては当該産業廃棄物に係る事業者及び当該認定を受けた者とし、処分者等を除く。以下「排出事業者等」という。）に対し、期限を定めて、支障の除去等の措置を講ずべきことを命ずることができる。この場合において、当該支障の除去等の措置は、当該産業廃棄物の性状、数量、収集、運搬又は処分の方法その他の事情からみて相当な範囲内のものでなければならない。 一　処分者等の資力その他の事情からみて、処分者等のみによつては、支障の除去等の措置を講ずることが困難であり、又は講じても十分でないとき。 二　排出事業者等が当該産業廃棄物の処理に関し適正な対価を負担していないとき、当該収集、運搬又は処分が行われることを知り、又は知ることができたときその他第十二条第七項、第十二条の二第七項及び第十五条の四の三第三項において準用する第九条の九第九項の規定の趣旨に照らし排出事業者等に支障の除去等の措置を採らせることが適当であるとき。

(6) 産業廃棄物処理の委託の状況確認、埋立処分が終了するまでの必要な措置

廃棄物処理法において、排出事業者は、産業廃棄物の委託の状況確認を行い、埋立処分が終了するまでの必要な措置を講ずることが努力義務とされている。埋立処分の方法については、「3-3. 埋立処分（65～71 頁）」を参考にすること。

廃棄物処理法 第 12 条第 7 項	事業者は、前二項の規定によりその産業廃棄物の運搬又は処分を委託する場合には、当該産業廃棄物の処理の状況に関する確認を行い、当該産業廃棄物について発生から最終処分が終了するまでの一連の処理の行程における処理が適正に行われるために必要な措置を講ずるように努めなければならない。

第３章　使用済太陽電池モジュールの処理

3-1. 収集・運搬

使用済太陽電池モジュールを廃棄物として収集・運搬を行う場合、収集運搬業者は、以下の事項に留意する必要がある。 (1) 収集・運搬時における安全管理 (2) 産業廃棄物の収集・運搬に関する廃棄物処理法の規定の遵守 (3) 使用済太陽電池モジュールの収集・運搬事例

(1) 収集・運搬時における安全管理

労働契約法第５条において、使用者（雇用主）は、契約に伴い、労働者がその生命、身体等の安全を確保しつつ労働することができるよう、必要な配慮をすることが義務付けられているため、特に下記の点について十分な対策が望まれる。

①　感電の防止

太陽光発電設備のパワーコンディショナーや、太陽電池モジュールと電線との接続部は、水没・浸水している時に接近または接触すると感電する恐れがある。そのため、感電を防止するよう十分に注意する必要がある。感電防止のためには、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用して作業すること、太陽光発電設備周辺の地面が湿っている場合や、太陽光発電設備のケーブルが切れている等、感電の可能性がある場合には近寄らないことが重要である。

- （複数の太陽電池モジュールがケーブルで繋がっている場合）ケーブルのコネクターを抜き、ビニールテープ等を巻くこと。その際、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用すること。

- （太陽光発電設備周辺の地面が湿っている場合や、太陽光発電設備のケーブルが切れている等、感電の可能性がある場合）不用意に近づかず、電気工事士やメーカー等の専門家の指示を受けること。また、降雨・降雪時には極力作業を行わない等の対策によりリスクを低減させることが望ましい。

- 上記に示したような感電防止対策や発電防止対策を講じたうえで、それらの情報とともに処理業者に太陽電池モジュールを引き渡すこと。

② 破損等による怪我の防止

太陽電池モジュールは大部分がガラスで構成されており、収集・運搬作業等における破損による怪我を防止するよう十分に注意する必要がある。破損に備えて保護帽、厚手のゴム手袋、保護メガネ、作業着等を着用する等により、リスクを低減させるよう努めること。

③ 水濡れ防止

ガラスが破損した太陽電池モジュールは雨水等の水濡れによって含有物質が流出する恐れや感電の危険性が高まる恐れがあるため、ブルーシート等の遮光用シートで覆う等の水濡れ防止策をとるよう努めること。

(2) 産業廃棄物の収集・運搬に関する廃棄物処理法の規定の遵守

産業廃棄物の収集・運搬は、廃棄物処理法に基づき、排出事業者自ら、もしくは排出事業者から委託を受けた産業廃棄物の収集運搬業者が行う必要がある。

産業廃棄物の収集・運搬にあたっては、廃棄物処理法施行令に基づき、産業廃棄物の飛散、流出の防止等、産業廃棄物の収集・運搬の規定を遵守することが義務付けられている。

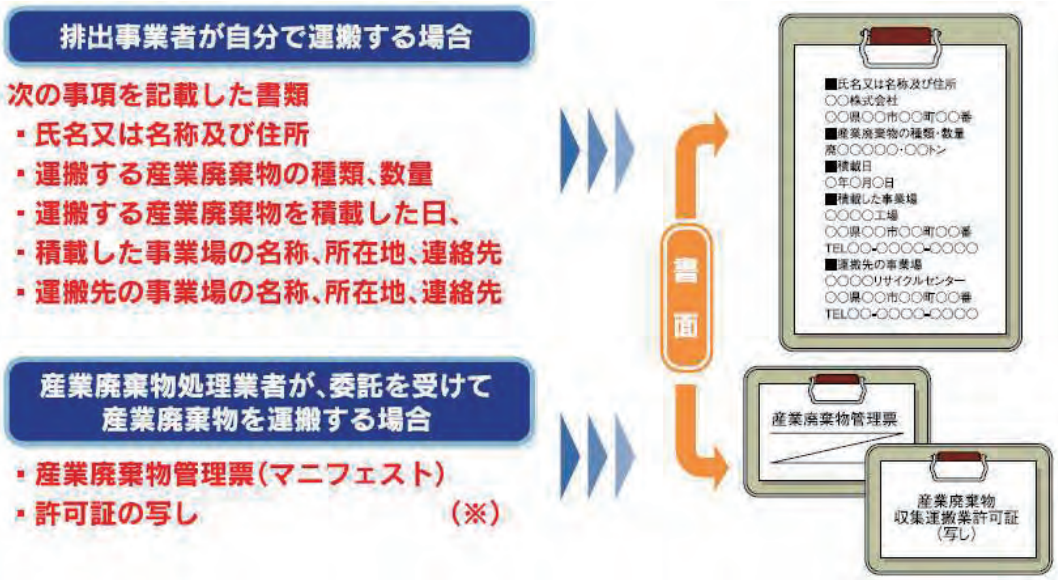
廃棄物処理法施行令 第６条第１項第１号	（産業廃棄物の収集、運搬、処分等の規定） 産業廃棄物の収集又は運搬に当たつては、第三条第一号イからニまでの規定の例によるほか、次によること。 イ　運搬車の車体の外側に、環境省令で定めるところにより、産業廃棄物の収集又は運搬の用に供する運搬車である旨その他の事項を見やすいように表示し、かつ、当該運搬車に環境省令で定める書面を備え付けておくこと。 ロ　石綿が含まれている産業廃棄物であつて環境省令で定めるもの（以下「石綿含有産業廃棄物」という。）の収集又は運搬を行う場合には、第三条第一号ホの規定の例によること。 ハ　産業廃棄物の積替えを行う場合には、第三条第一号への規定の例によること。 ニ　石綿含有産業廃棄物の積替えを行う場合には、第三条第一号トの規定の例によること。 ホ　産業廃棄物の保管を行う場合には、第三条第一号チ及びリの規定の例によるほか、当該保管する産業廃棄物の数量が、環境省令で定める場合を除き、当該保管の場所における一日当たりの平均的な搬出量に七を乗じて得られる数量を超えないようにすること。 ヘ　石綿含有産業廃棄物の保管を行う場合には、第三条第一号トの規定の例によること。

産業廃棄物を収集・運搬する際には、廃棄物処理法施行令に基づき、その収集運搬車の両側面に次の事項を表示することが義務付けられている。

図表 24　産業廃棄物の収集運搬車両への表示

出典：「産業廃棄物収集運搬車への表示・書面備え付け義務（環境省）」

産業廃棄物の収集運搬車は、廃棄物処理法施行令に基づき、下記のような書面の備え付け（携帯）が義務付けられている。



図表 25　産業廃棄物の収集運搬車が携帯すべき書面

出典：「産業廃棄物収集運搬車への表示・書面備え付け義務（環境省）」

(3) 使用済太陽電池モジュールの収集・運搬事例

使用済太陽電池モジュールの収集・運搬方法は、リユース、リサイクルといった目的に応じて変わる可能性がある。そのため、収集運搬業者はリユース業者やリサイクル業者、埋立処分業者と、その収集・運搬方法について事前に相談しておくことが望まれる。

平成 26 年度に実施された環境省の実証事業では、使用済太陽電池モジュールを平積みしてストレッチフィルムにて簡易包装を行い、木製パレットにて積み込まれ、リサイクル拠点まで収集・運搬された。

図表 26　使用済太陽電池モジュールの収集・運搬

出典：「平成 26 年度　使用済再生可能エネルギー設備のリサイクル等促進実証調査委託業務（環境省）」
実証事業時撮影資料

また、平成 27 年度に実施された環境省の実証事業においては、欧州で利用されている使用済太陽電池モジュールの収納箱を活用した収集・運搬が行われた。

図表 27　使用済太陽電池モジュール収納箱の特徴

収納箱	特徴
＜展開時＞	● 約 40 枚の使用済太陽電池モジュールを収納することができる。 ● 使用済太陽電池モジュールの収納時以外は、折り畳んで保管しておくことが可能となっている。 ● 収納した使用済太陽電池モジュールは遮光されるため、発電することを防止し、労働者の感電を防ぐことができる。 ● フォークリフトによる積み下ろし作業を想定した形状となっている。
＜折り畳み時＞	

出典：「秋田県提供資料」

3-2. リサイクル

使用済太陽電池モジュールのリサイクルを実施する場合、リサイクル業者は、以下の事項に留意する必要がある。
(1) リサイクル時における安全管理
(2) 中間処理に関する廃棄物処理法の規定の遵守
(3) 使用済太陽電池モジュールのリサイクル技術

(1) リサイクル時における安全管理

労働契約法第５条において、使用者（雇用主）は、契約に伴い、労働者がその生命、身体等の安全を確保しつつ労働することができるよう、必要な配慮をすることが義務付けられているため、特に下記の点について十分な対策が望まれる。

① けが、粉じんの吸入防止

使用済太陽電池モジュールのリサイクル時には、手解体の際のけがや、粉じんの吸入を防止するために、作業手順を遵守することや、破損に備えて保護帽、グローブ、保護メガネ、作業着等を着用すること等によりリスクを低減させること。

② 感電の防止

太陽電池モジュールは、受光面に光が当たると発電する。感電防止のためには、使用済太陽電池モジュールの受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないようにすることが有効である。また、絶縁手袋・ゴム長靴を着用する、絶縁処理された工具を使用する等によりリスクを低減させること。

(2) 中間処理に関する廃棄物処理法の既定の遵守

産業廃棄物の中間処理は、排出事業者自ら、もしくは排出事業者から委託を受けた埋立処分業者が行い、廃棄物処理法の規定を遵守することが義務付けられている。

使用済太陽電池モジュールは、一般的には、産業廃棄物の品目である「金属くず」、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「廃プラスチック類」の混合物として取り扱われる。

図表 28　太陽電池モジュール構成部位及び素材（1／2）

種類	構成部材 （15、16 頁参照）	素材
結晶シリコン系	①．カバーガラス（受光面）	ガラス
	②．太陽電池セル	金属
	③．充填剤（EVA※等）	プラスチック
	④．バックフィルム	金属・プラスチック
	⑤．出力ケーブル	金属・プラスチック
	⑥．端子箱	金属・プラスチック
	⑦．フレーム	金属

図表 28　太陽電池モジュール構成部位及び素材（２／２）

種類	構成部材 （15、16 頁参照）	素材
薄膜シリコン系	①．カバーガラス（受光面）	ガラス
	②．薄膜セル	金属
	③．充填剤（EVA※等）	プラスチック
	④．バックフィルム	金属・プラスチック
	⑤．出力ケーブル	金属・プラスチック
	⑥．端子箱	金属・プラスチック
	⑦．フレーム	金属
化合物系 （CIS/CIGS 系）	①．カバーガラス（受光面）	ガラス
	②．薄膜セル	金属
	③．基板ガラス	ガラス
	④．充填剤（EVA※等）	プラスチック
	⑤．バックフィルム	金属・プラスチック
	⑥．出力ケーブル	金属・プラスチック
	⑦．端子箱	金属・プラスチック
	⑧．フレーム	金属

※　EVA とはエチレン酢酸ビニル共重合樹脂（Ethylene Vinyl Acetate copolymer）の略称であり、耐候性や引張強度、透明性、柔軟性、接着性を有することから、太陽電池モジュールの充填材に使用される代表的な材料である。

また、太陽電池モジュールは、鉛等の有害物質を含むことがある。そのため、使用済太陽電池モジュールのリサイクルにおいては、太陽電池モジュールメーカーや販売業者からの提供情報を参考とすること。

上記の情報提供を支援するものとして、一般社団法人太陽光発電協会では、「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン」を策定・公表している。これにより、太陽電池モジュールメーカーや販売業者が、あらかじめ含有化学物質の情報を提供することで、排出事業者（解体・撤去業者等）が埋立処分業者に、適正処理のために必要な情報を提供する際の参考とすることが求められている（48 頁参照）。

なお、産業廃棄物の処理の委託を受けた事業者が、排出事業者の交付する産業廃棄物管理票（マニフェスト）と異なる処理をすることはできない。

廃棄物処理法 第 27 条の２（抜粋）	次の各号のいずれかに該当する者は、一年六月以下の懲役又は百万円五十万円以下の罰金に処する。 六　第十二条の三第四項若しくは第五項又は第十二条の五第五項の規定に違反して、管理票の写しを送付せず、又はこれらの規定に規定する事項を記載せずに、若しくは虚偽の記載をして管理票の写しを送付した者 十　第十二条の四第三項又は第四項の規定に違反して、送付又は報告をした者 十二　第十二条の五第三項又は第四項の規定に違反して、報告せず、又は虚偽の報告をした者第十二条の五第二項又は第三項の規定に違反して、報告せず、又は虚偽の報告をした者

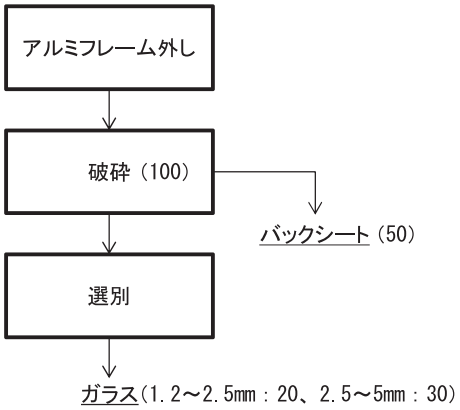
(3) 使用済太陽電池モジュールのリサイクル技術

昨今のリサイクル技術について、５件の参考事例を紹介する。なお、リサイクルの技術は出典としている調査時点の情報であるため、今後の技術開発の進歩によって、より改善される可能性がある。

参考技術①　「アルミフレーム枠外し機」を活用した破砕・選別の効率化

A 社では、アルミフレーム枠外し機を使用して、アルミフレームの取り外しを行った後に使用済太陽電池モジュールの破砕・選別を行う。

アルミフレームが取り外された使用済太陽電池モジュールを破砕機に通し、ガラスの破砕・除去を行っている。除去されたガラスは篩選別、風力選別で粒度を分けている（1.2～2.5mm、2.5～5mm に選別）。



図表 29　簡易プロセスフロー

（数値は代表的なマテリアルバランスを示す）

図表 30　アルミフレーム枠外し機

図表 31　破砕機での破砕の様子

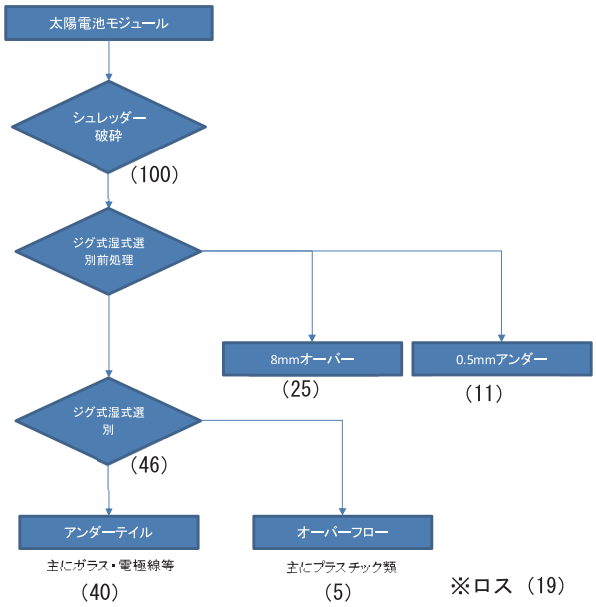
出典：「平成 26 年度　使用済再生可能エネルギー設備のリサイクル等促進実証調査委託業務　報告書（環境省）」

参考技術②　大量処理による低コスト化および湿式処理による選別高度化の実現

B 社では、使用済太陽電池モジュールを湿式処理しており、処理能力は 20t/h である。

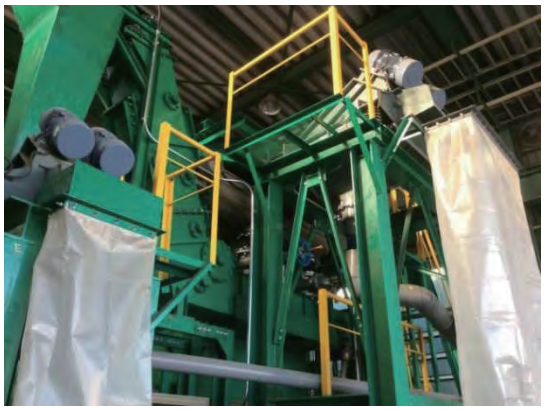
使用済太陽電池モジュールは既設設備の全設備屋内型シュレッダーにより破砕される。自動車等の他製品もすべて当該設備による一律の方法で処理可能であり、鉄・アルミ、非鉄金属を始めとする多様な資源の選別を行っている。

破砕後、ふるいにより 8mm オーバー、0.5mm アンダーが取り除かれた後、湿式比重選別機（RETAC ジグ）で物質相互の比重差を利用して上層分と下層分に選別される。湿式比重選別機（RETAC ジグ）は低コストかつ大量処理が可能な設備であり、選別能力は 5～10 t/h である。



図表 33　ローダーでシュレッダーに投入

図表 32　破砕後ホッパーへ投入



図表 34　湿式比重選別機

出典：「平成 26 年度 使用済再生可能エネルギー設備のリサイクル等促進実証調査委託業務 報告書（環境省）」

参考技術③　PV クラッシャーR、PV スクラッチャーR 等の複合技術を織り込んだ処理の高度化

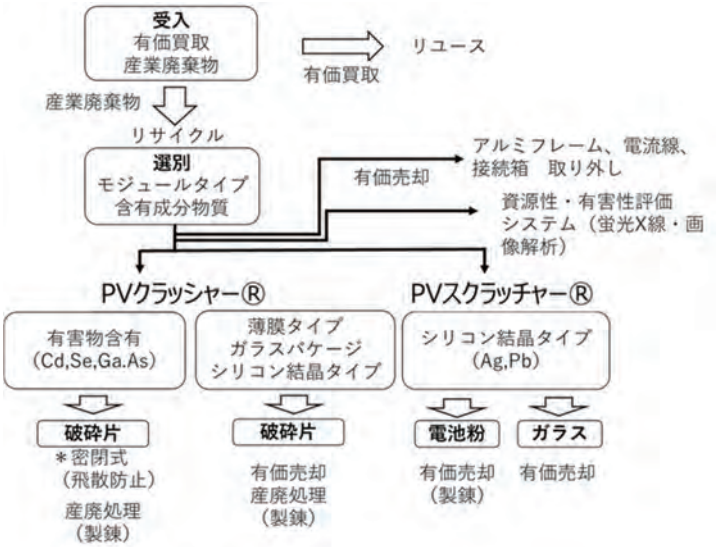
C 社では、太陽電池モジュールのタイプや含有成分の違い等にかかわらず、ほぼ全ての使用済太陽電池モジュールの適切な処理が可能なプロセスを導入している。

また、C 社では乾式の汎用性の高いリサイクル機器を開発したことにより高エネルギーや二次汚染が懸念される有機溶剤を使用することなく処理することが可能である。

具体的な処理方法は、アルミフレーム、電流線、接続箱を取り外し、含有成分分析を蛍光 X 線機器と画像処理機器を組み合わせた資源性・有害性評価システムにて実施する。

その後、C 社が開発した PV クラッシャーR，PV スクラッチャーR によって主にガラスパッケージ、薄膜タイプのモジュールのガラス・発電素子等をそのまま破砕し、回収している。また、シリコン結晶タイプについては、電池粉の資源成分を濃縮し粉体として回収すると共に、板ガラスは不純物の少ないガラスとして回収している。

回収した物質については、主に資源として、また有害物質として製錬を中心に適切にリサイクル処理している。



図表 35　PV クラッシャーR，PV スクラッチャーR による処理フロー

図表 36　資源性・有害性評価システム・PV クラッシャーR，PV スクラッチャーR

出典：「C 社からの提供資料」

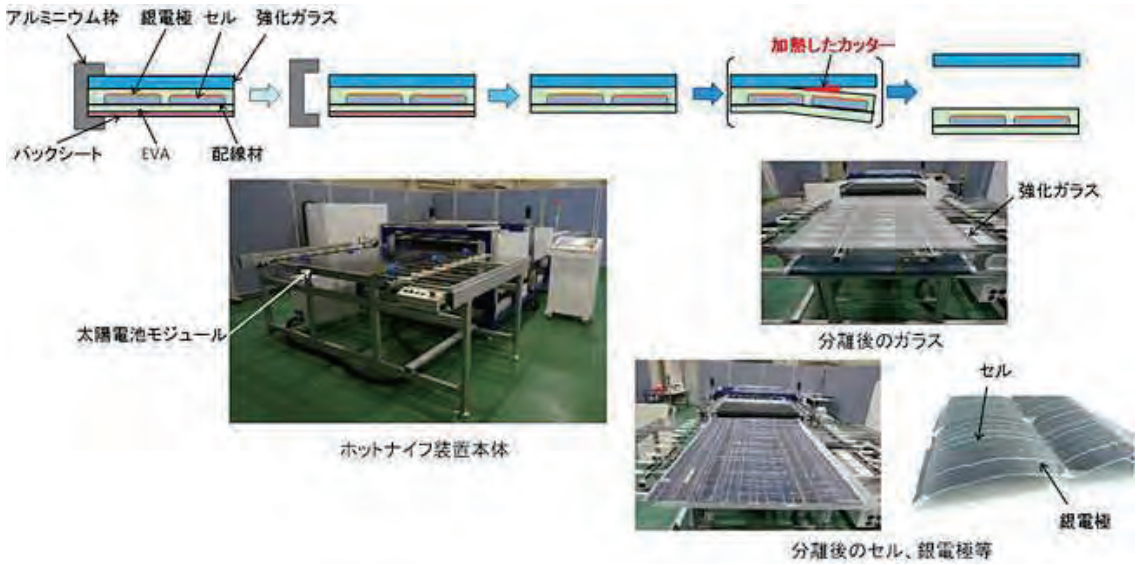
参考技術④　NEDO 太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクトによる技術開発

NEDO では、使用済太陽電池モジュールの処理コストとして５円/W を目標に掲げ、使用済太陽電池モジュールのリサイクル処理技術、有価物の回収率向上技術、回収物高純度化技術を開発し、その効果を実証試験により検証している。

【採択テーマ例】ホットナイフ分離法によるガラスと金属の完全リサイクル技術開発

結晶シリコン系使用済太陽電池モジュールの処理を目的とし、ガラスとシリコンセルの間の封止剤（EVA）層を加熱した刃で切断し、ガラスやシリコンセルを破砕せずに分離回収できる「ホットナイフ」技術を開発すると共に、回収したガラスや金属等を全て再資源化するための設備及びプロセスの設計・開発を実施している。

また、本事業では、ガラスが割れている使用済太陽電池モジュールを分離できる装置も新たに開発している。割れた使用済太陽電池モジュールをプレートで上から押さえ、フラットな状態にしてホットナイフで割れたガラスと EVA/セル層を分離することが可能である。



図表 37　ホットナイフを活用した処理

図表 38　NEDO 平成 29 年度「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」実施テーマ一覧

１．結晶シリコン太陽電池モジュールのリサイクル技術実証
（三菱マテリアル株式会社）

２．ホットナイフ分離法によるガラスと金属の完全リサイクル技術開発
（株式会社浜田、株式会社エヌ・ピー・シー）

３．合わせガラス型太陽電池の低コスト分解処理技術実証
（ソーラーフロンティア株式会社）

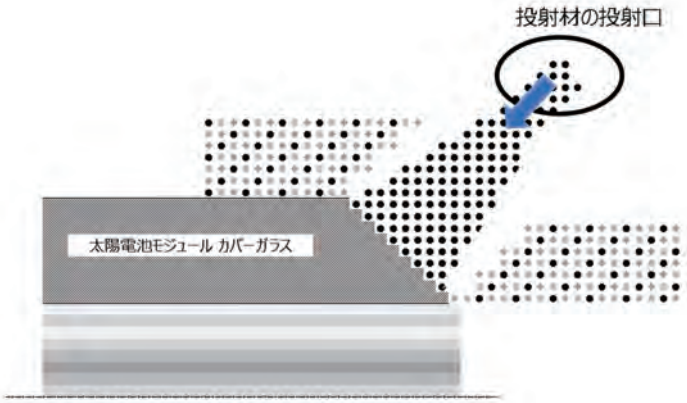
４．PV システム低コスト汎用リサイクル処理手法に関する研究開発
（株式会社新菱）

出典：「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト　実施方針：平成 29 年度版　（NEDO）」
http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100070.html

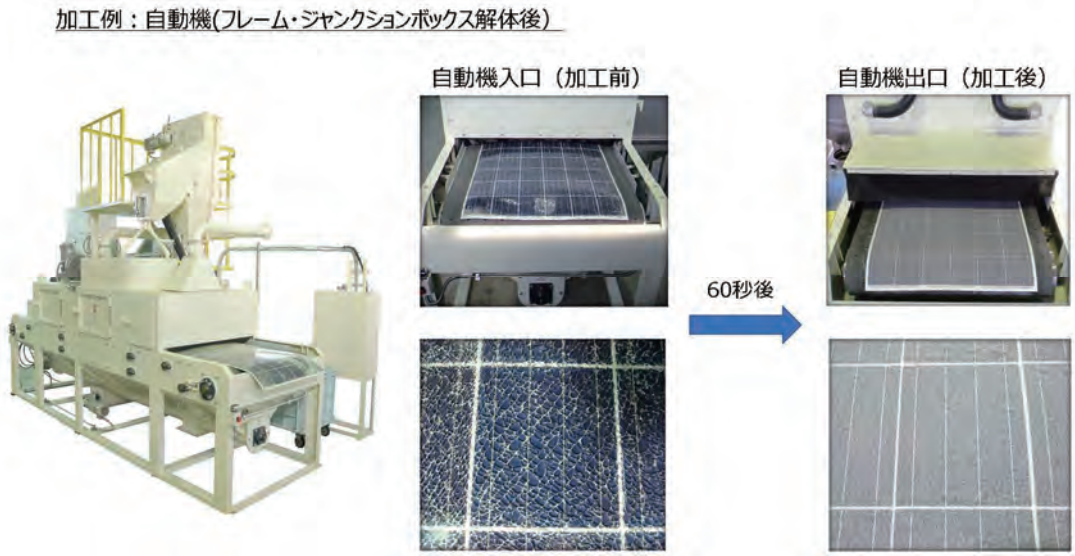
参考技術⑤　ブラスト工法による太陽電池モジュールのカバーガラス剥離技術

ブラスト工法によるカバーガラスの剥離とは、粒状の投射材料を圧縮エアーまたはモーター駆動によってカバーガラス表面に吹き付けてカバーガラスを剥離する方法である。剥離したカバーガラスは自動的に選別され、回収することができる。

シリコンセルの EVA 層が、投射材料の衝撃を吸収し弾くため、カバーガラス真下のシート面にダメージ等の影響がなく分離することができる。また、カバーガラス面と投射材料の投射口は接触しないため、災害等でカバーガラスが割れ変形してしまった使用済太陽電池モジュールでも容易に処理できる点が本技術の特徴である。



図表 39　ブラスト工法



図表 40　ブラスト工法による処理フロー

出典：「事業者からの提供資料」

3-3. 埋立処分

使用済太陽電池モジュールにつき埋立処分を行う場合、埋立処分業者は、以下の事項に留意する必要がある。 (1) 使用済太陽電池モジュールの取扱い時における安全管理 (2) 埋立処分に関する廃棄物処理法の規定の遵守

(1) 使用済太陽電池モジュールの取扱い時における安全管理

労働契約法第５条において、使用者（雇用主）は、契約に伴い、労働者がその生命、身体等の安全を確保しつつ労働することができるよう、必要な配慮をすることが義務付けられているため、特に下記の点について十分な対策が望まれる。

① けが、粉じんの吸入防止

使用済太陽電池モジュールの中間処理時には、手解体の際のけがや、粉じんの吸入を防止するために、作業手順を遵守することや、破損に備えて保護帽、グローブ、保護メガネ、作業着等を着用すること等によりリスクを低減させること。

② 感電の防止

太陽電池モジュールは、受光面に光が当たると発電する。感電防止のためには、使用済太陽電池モジュールの受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないようにすることが有効である。また、絶縁手袋・ゴム長靴を着用する、絶縁処理された工具を使用する等によりリスクを低減させること。

(2) 埋立処分に関する廃棄物処理法の規定の遵守

産業廃棄物の埋立処分は、排出事業者自ら、もしくは排出事業者から委託を受けた埋立処分業者が行い、産業廃棄物処理の規定を遵守することが義務付けられている。

使用済太陽電池モジュールを廃棄する場合には、資源循環の観点からリユース、リサイクルを推進することが望ましいが、埋立処分する場合も想定される。使用済太陽電池モジュールを処理する際には、一般的には、産業廃棄物の品目である「金属くず」、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「廃プラスチック類」の混合物として取り扱われる。

太陽電池モジュールは電気機械器具に該当することから、埋立処分する場合には、廃棄物処理法に定める処理基準に基づき、廃プラスチック類を最大径おおむね 15 センチメートル以下になるよう破砕等[8]をおこなったうえで、管理型最終処分場に埋め立てることが必要である。

太陽電池モジュールを構成している太陽電池セルは、10～15 センチメートル角の板状シリコンに pn 接合を形成した半導体の一種であり、そのままの発生電圧は約 0.5V 程度[9]である。

なお、使用済太陽電池モジュールの個別の処分方法については、当該地域における産業廃棄物に関する指導監督権限を有する都道府県等に相談すること。

[8] 太陽電池モジュールの破砕等を行う場合には、「6-2. 太陽電池モジュールの性状（91～95 頁）」にある、含有量試験結果及び溶出試験結果を参考にされたい。

[9] 「太陽光発電システムの設計と施工（改訂５版）（太陽光発電協会）」

また、前述の、一般的な使用済太陽電池モジュール由来の産業廃棄物の品目が下記に示す「金属等を含む産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準」を超えた場合、管理型最終処分場への埋立処分は処理基準違反とはならないが、維持管理の観点から処分場の運用に支障を生じるおそれがあることに留意する必要がある。

図表 41　金属等を含む産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準

有害物質[1]	特別管理産業廃棄物			
	水銀を含む燃え殻とばいじん、その処理物	その他の燃え殻、ばいじん、鉱さい、その処理物	水銀やシアンを含む汚泥、その処理物	その他の汚泥、その処理物
試験方法（単位）	溶出試験（mg/L 以下）			
アルキル水銀化合物	不検出	不検出[2)6)]	不検出	—
水銀またはその化合物	0.005	0.005[2)6)]	0.005	—
カドミウムまたはその化合物[3)]	—	0.3	—	0.3
鉛またはその化合物[3)]	—	0.3	—	0.3
有機燐（リン）化合物	—	—	—	1
六価クロム化合物[3)]	—	1.5	—	1.5
砒（ヒ）素またはその化合物[3)]	—	0.3	—	0.3
シアン化合物	—	—	1	—
PCB	—	—	—	0.003
トリクロロエチレン	—	—	—	0.3
テトラクロロエチレン	—	—	—	0.1
ジクロロメタン	—	—	—	0.2
四塩化炭素	—	—	—	0.02
1,2—ジクロロエタン	—	—	—	0.04
1,1—ジクロロエチレン	—	—	—	1
シス—1,2—ジクロロエチレン	—	—	—	0.4
1,1,1—トリクロロエタン	—	—	—	3
1,1,2—トリクロロエタン	—	—	—	0.06
1,3—ジクロロプロペン	—	—	—	0.02
チウラム	—	—	—	0.06
シマジン	—	—	—	0.03
チオベンカルブ	—	—	—	0.2
ベンゼン	—	—	—	0.1
セレンまたはその化合物[3)]	—	0.3	—	0.3
1,4—ジオキサン	—	0.5[4)]	—	0.5
ダイオキシン類（DXN）[5)]	—	3ng-TEQ/g[6)]	—	3ng-TEQ/g[6)]

注１）指定下水汚泥は省略。
注２）鉱さい、その処理物に適用する。
注３）3 倍値基準である。
注４）燃え殻及びばいじんに適用。
注５）DXN は、鉱さいを除いた燃え殻、ばいじん、汚泥およびその処理物に含まれる濃度を示す。
注６）特別管理産業廃棄物に適用
出典：日本産業廃棄物処理振興センター　ホームページ　http://www.jwnet.or.jp/index.shtml

埋立処分を行おうとする産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法は「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法（環境庁告示 13 号、公布日：昭和 48 年２月）」に示されている。燃え殻、ばいじん、鉱さい、汚泥等の廃棄物については、本検定方法により基準値を超えるものは、管理型最終処分場でも埋立処分することができない。また、平成 25 年５月には環境省より「産業廃棄物の検定方法に係る分析操作マニュアル」が公表されている。

環境省では有識者検討会を開催し、部位別の溶出寄与度の分析結果並びに想定されるモジュールの処分方法（埋立処分される場合のモジュールの破砕の程度や行き先での浸出水管理方法等）を参考に、使用済モジュールの環境影響を評価するための溶出試験方法について検討を実施した。

＜溶出試験のための試料調製方法検討における留意点＞

- 機械破砕による試料調製は一定の範囲での粒度調整が困難なので手作業での破砕を前提とする。
- 対象製品の性質・構造にあわせた試料採取部位の選定が必要。
- 粒径は原則、0.5～5mm とする。ただし 0.5mm 未満の破砕物の素材等が明らかに 0.5～5mm のものと異なる場合は、これらも混合して試験試料とする。

上記留意点を踏まえ、環境省の有識者検討会として、以下の案１、案２の２つの方法を提案している。溶出試験用試料については、同方法に基づき調製することが望まれる。

図表 42　溶出試験のための試料調整方法（案）

《案1》
①フレーム・端子ボックス等の取外し
※端子ボックス等の付属部品は試験対象に含むかどうかは要検討
②モジュールを代表する部位を選んで裁断（20cm × 20cm程度）
※部位ごとに性状が異なる場合は複数個所採取して混合
③樹脂等が含まれてそのままの状態で破砕が困難な場合は液体窒素で凍結処理
④ハンマー等を用いて手作業で丁寧に破砕。必要に応じて破砕作業中に再度液体窒素処理を行う。
⑤破砕不能な部位（バックシート、金属電極等）が含まれる場合は過度な破砕作業はせずにハサミ等によって0.5～5mmに裁断する。
⑥0.5～5mmに調製した破砕物を溶出試験用試料とする。
⑦溶出試験用試料を用いて環境庁告示13号に準じて溶出試験を実施する。

《案2》
①フレーム・端子ボックス等の取外し
※端子ボックス等の付属部品は試験対象に含むかどうかは要検討
②部材ごとに解体・重量構成比測定
③部位ごとに破砕
④樹脂等が含まれていてそのままの状態で破砕が困難な場合は液体窒素で凍結処理
⑤ハンマー等を用いて手作業で丁寧に破砕。必要に応じて破砕作業中に再度液体窒素処理を行う。
⑥破砕不能な部位（バックシート、金属電極等）が含まれる場合は過度な破砕作業はせずにハサミ等によって0.5～5mmに裁断する。
⑦0.5～5mmに調製した部位ごとの破砕物を重量構成比で混合し、溶出試験用試料とする。
⑧溶出試験用試料を用いて環境庁告示13号に準じて溶出試験を実施する。

埋立処分業者を対象としたヒアリング調査・アンケート調査によると、現時点で使用済太陽電池モジュールの受入を行っている埋立処分業者では、有害物質の含有や溶出試験結果等、必要な情報提供を依頼主に求めている。

上記の情報提供を支援するものとして、一般社団法人太陽光発電協会では、「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン」を策定・公表している。これにより、太陽電池モジュールメーカーや販売業者が、あらかじめ含有化学物質の情報を提供することで、排出事業者（解体・撤去業者等）が埋立処分業者に、適正処理のために必要な情報を提供する際の参考とすることが求められている（48 頁参照）。

第４章　リユース

リユース品の販売・使用にあたっては、リユース業者が性能確認を行い、安全性・品質を確認し、適切に情報提供することが望まれる。

4-1. 太陽電池モジュールのリユースにおける実施事項

太陽電池モジュールをリユースする際の実施内容の例としては、使用済太陽電池モジュールが正常に機能するかを確認するために、①外観検査、②太陽電池モジュール洗浄、③絶縁検査、④出力検査、⑤バイパスダイオード検査を実施することが挙げられる。

図表 43　太陽電池モジュールのリユースに向けた実施内容（例）

項目	内容
①外観検査	外観の汚れ・劣化度合い、こげ、キズ等を確認
②太陽電池モジュール洗浄	検査前に太陽電池モジュールの洗浄を実施
③絶縁検査	絶縁の状態を検査し、漏電の危険性がないかを確認
④出力検査	出力特性により、劣化の状況を確認
⑤バイパスダイオード検査	バイパスダイオードが正常に機能するかを確認

出典：「平成 26 年度　使用済再生可能エネルギー設備のリサイクル等促進実証調査委託業務　報告書（環境省）」

リユース、リサイクル等の有効利用目的であっても、廃棄物に該当する可能性がある。廃棄物に該当するかどうかの判断にあたっては、環境省通知である「行政処分の指針について（通知）」により、下記アからオまでの各種判断要素を考慮して総合的に判断することとされている。具体的な廃棄物該当性の判断は、当該地域における産業廃棄物の適正処理に関する指導監督権限を有する都道府県等または当該地域の一般廃棄物の処理責任を有する市町村に相談すること。

図表 44　廃棄物該当性の判断要素

ア 物の性状

利用用途に要求される品質を満足し、かつ飛散、流出、悪臭の発生等の生活環境の保全上の支障が発生するおそれのないものであること。実際の判断に当たっては、生活環境の保全に係る関連基準（例えば土壌の汚染に係る環境基準等）を満足すること、その性状について JIS 規格等の一般に認められている客観的な基準が存在する場合は、これに適合していること、十分な品質管理がなされていること等の確認が必要であること。

イ 排出の状況

排出が需要に沿った計画的なものであり、排出前や排出時に適切な保管や品質管理がなされていること。

ウ 通常の取扱い形態

製品としての市場が形成されており、廃棄物として処理されている事例が通常は認められないこと。

エ 取引価値の有無

占有者と取引の相手方の間で有償譲渡がなされており、なおかつ客観的に見て当該取引に経済的合理性があること。実際の判断に当たっては、名目を問わず処理料金に相当する金品の受領がないこと、当該譲渡価格が競合する製品や運送費等の諸経費を勘案しても双方にとって営利活動として合理的な額であること、当該有償譲渡の相手方以外の者に対する有償譲渡の実績があること等の確認が必要であること。

オ 占有者の意思

客観的要素から社会通念上合理的に認定し得る占有者の意思として、適切に利用し若しくは他人に有償譲渡する意思が認められること、又は放置若しくは処分の意思が認められないこと。したがって、単に占有者において自ら利用し、又は他人に有償で譲渡することができるものであると認識しているか否かは廃棄物に該当するか否かを判断する際の決定的な要素となるものではなく、上記アからエまでの各種判断要素の基準に照らし、適切な利用を行おうとする意思があるとは判断されない場合、又は主として廃棄物の脱法的な処理を目的としたものと判断される場合には、占有者の主張する意思の内容によらず、廃棄物に該当するものと判断されること。

出典：「行政処分の指針について（通知）平成 25 年３月　環廃産発第 1303299 号（環境省）」

4-2. リユース時における関連法制度への対応

リユース業者は以下に対応する必要がある。 (1) 古物営業法に基づく手続き (2) 使用済電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準への対応 (3) 使用済太陽電池モジュールを処理・処分する際の廃棄物処理法への対応

(1) 古物営業法に基づく手続き

古物営業とは「古物商」、「古物市場主」、「古物競りあっせん業者」に分類され、古物市場が所在する都道府県の都道府県公安委員会ごとに営業許可を受けることが義務付けられている。

古物営業法 第 2 条第 2～5 項	2　この法律において「古物営業」とは、次に掲げる営業をいう。 一　古物を売買し、若しくは交換し、又は委託を受けて売買し、若しくは交換する営業であつて、古物を売却すること又は自己が売却した物品を当該売却の相手方から買い受けることのみを行うもの以外のもの 二　古物市場（古物商間の古物の売買又は交換のための市場をいう。以下同じ。）を経営する営業 三　古物の売買をしようとする者のあつせんを競りの方法（政令で定める電子情報処理組織を使用する競りの方法その他の政令で定めるものに限る。）により行う営業（前号に掲げるものを除く。以下「古物競りあつせん業」という。） 3　この法律において「古物商」とは、次条第一項の規定による許可を受けて前項第一号に掲げる営業を営む者をいう。 4　この法律において「古物市場主」とは、次条第二項の規定による許可を受けて第二項第二号に掲げる営業を営む者をいう。 5　この法律において「古物競りあつせん業者」とは、古物競りあつせん業を営む者をいう。

古物営業法において、古物の取引を行うたびに、帳簿若しくは国家公安委員会規則で定めるこれに準ずる書類に記載、または電磁的方法により記録をすることが義務付けられている。記録しておかなければならない事項は以下の通りである。

- 取引の年月日
- 古物の品目及び数量
- 古物の特徴
- 相手方（国家公安委員会規則で定める古物を引き渡した相手方を除く。）の住所、氏名、職業及び年齢
- 前条第一項の規定によりとつた措置の区分（同項第一号及び第四号に掲げる措置にあっては、その区分及び方法）

出典：「古物営業法　第 16 条」

(2) 使用済電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準への対応

使用済電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準は、リユースに適さない使用済電気・電子機器がリユースを名目に輸出され、処分されることが起こらないよう、環境省により平成 24 年に策定された。

以下に掲げている判断基準となる項目をすべて満たしていなければ、リユース目的として輸出することはできない。

図表 45　中古品判断基準の項目

	基準	輸出者等による対処事項	輸出者による証明方法※1 の例
① 年式・外観	破損や傷、汚れがないこと（大幅な修理が必要な場合は中古使用とは見なされない）	- 製品の筐体に大きな打痕がないこと及び著しい汚れがないことを確認する。 - 電源プラグの溶痕（キズ）・変形のないこと、電源コードの劣化・キズ（半断線、亀裂）がないことを確認する。	個別製品ごとに、製造年・型式・メーカー及び破損等のないことを確認し、その結果の記録、もしくは、その事実を確認できる書類を求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。記録については、開披せずとも確認できるようにしておくこと。 - また、求めに応じ目視可能な状態にしておくこと。 ※ 製造年等が不明な場合は、個別製品に番号を記したシールを貼り、求めに応じて説明可能な状態にしておくこと。
② 正常作動性	通電検査等を実施し、個々が正常に作動すること※ 使用に際しての当該電気・電子機器の作動に必要な通電用、充電用付属品が欠損していないこと	- 通電等の正常作動検査を実施し、その機能、効用を有することを確認する。 - 左述付属品が欠損している場合は、現地での使用方法又は付属品の調達方法を確認する。 - 蓄電池が内蔵されている物については、その蓄電池の使用期間を確認し（又は、充電機能検査を実施し）、十分な蓄電を行えることを確認する。 （この場合、蓄電池使用に係るメーカー推奨期間に留意するとともに、鉛蓄電池等が機能せず中古使用が不可能な状態であれば、バーゼル法の規制対象となる懸念があることに留意すること。）	- 個別製品ごとの正常作動検査の結果、個別製品の種類ごとの正常作動検査方法及び検査実施状況を撮影した写真を記録し、検査内容に責任を負う事業者名・連絡先と併せて、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。開披せずとも記録を確認できるようにしておくこと。 - 税関での検査時等において、求めに応じて正常作動検査等を行えるようにしておくこと。 - 左述付属品が欠損している場合は、その付属品名と輸出国での調達可能性の説明を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。 - 内蔵された蓄電池については、その使用期間を記載するか、充電機能検査を実施した結果を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。

	基準	輸出者等による対処事項	輸出者による証明方法※1 の例
③ 梱包・積載状態	荷姿等が適切であること（集荷、輸送、積み込み及び積み下ろし作業中の破損を防ぐように適切に梱包、積載及び保管されていること）	- テレビモニター等がある場合には、その画面部分には段ボール紙等により画面保護を行う。 - 小型の物については、必要に応じて、段ボール箱を利用、個別に包装する等し、整然と積載する。 - 積み込みを行うまでの間、風雨等にさらされないよう屋内で適切に保管する。	- 輸送中等の破損を防止するための梱包・積載方法の説明とともに、梱包の状況を撮影した写真及び積載の状況を撮影した写真（コンテナ積載開始時・中間・扉付近の 3 箇所以上）を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。
④ 中古取引の事実関係	契約書等により中古品取引の事実関係が確認されること ※ 当該契約書等には、１．使用済電気・電子機器の中古品の販売に関する内容（取引価格に関する情報を含む）２．部品取りされない旨が少なくとも記載されていること		- 取引の事実関係等を証する書類を求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。
⑤ 中古市場	輸入国において当該製品の中古市場があること	- 輸入国において確実にリユース目的で販売されることを確認する。 - 輸入国政府の許可を前提に、輸出目的で輸入が認められている場合は、その政府許可等を確認する。	- 輸入国において自ら中古販売する者の名称・所在・連絡先・販売店の写真を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。 - 輸入国政府の許可を前提に、再輸出目的で輸入を認められている場合は、その政府許可等を提示可能な状態にしておくこと（英文以外は、その翻訳（日本文又は英文）を提示できるよう配慮すること）。

※1　証明のための記録・書類等は、輸入国等においても確認が行われる可能性を考慮し、英文のものを提示できるよう配慮すること。

※2　特定家庭用機器再商品化法（平成 10 年法律第 97 号）第 2 条第 4 項に規定する特定家庭用機器をいう。

出典：「使用済電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準（環境省）」

なお、本基準は、家庭で使用した電気・電子機器（事業者が一般的な事務活動において使用した電気・電子機器を含む。）をリユース目的で輸出する場合に適用されるものであり、太陽電池モジュールは明示的に対象とされていないものの、中古太陽電池モジュールの輸出時には本判断基準に基づき確認を行うことが望まれる。

また、リサイクルを目的として使用済太陽電池モジュールの輸出を行う場合は、原則として廃棄物処理法に基づく環境大臣の確認及び「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律」（バーゼル法）に基づき、輸出の相手国への事前の通告・同意の受領、外国為替及び外国貿易法（昭和 24 年法律第 228 号）に基づく輸出承認の取得等の手続きが必要となる。

(3) 使用済太陽電池モジュールを処理・処分する際の廃棄物処理法への対応

リユース業者が使用済太陽電池モジュールを引き取った後、リユースに不適当とみなした場合には、リユース業者が排出事業者となり、廃棄物処理法に基づいた適切な処理・処分が必要となる。

使用済太陽電池モジュールの処理・処分を行う場合に、排出事業者に発生する義務については、「2-7. 廃棄物処理法への対応（45～51 頁）」に記載しているので、参照すること。

4-3. リユース太陽電池モジュール構成上の留意点

(1) 同一型式モジュールによる構成

太陽電池アレイ[10]やストリング[11]を構成する太陽電池モジュールに、電気特性の異なる太陽電池モジュールを追加すると、通常は太陽電池モジュールに接続されたバイパスダイオードが逆電圧を防止しているが、バイパスダイオードが故障した場合には、電気特性の異なる太陽電池モジュールに逆電圧がかかるため、発熱や発火の危険性がある。そのため、安全面から、同一型式の太陽電池モジュールで構成することが望まれる。

(2) 太陽電池モジュールとパワーコンディショナーの組み合わせ

一般的に、特定の太陽電池モジュールと特定のパワーコンディショナーを組み合わせた場合、不具合が出る可能性が想定されるため、留意することが望まれる。

---

[10] 太陽電池アレイについては、「1-3. 用語の整理（8 頁）」にて解説している。

[11] ストリングとは、複数枚の太陽電池モジュールを直列に接続し、パワーコンディショナー入力電圧等まで電圧を高めた１つのブロックを指す。

第５章　災害時における使用済太陽光発電設備の取扱い

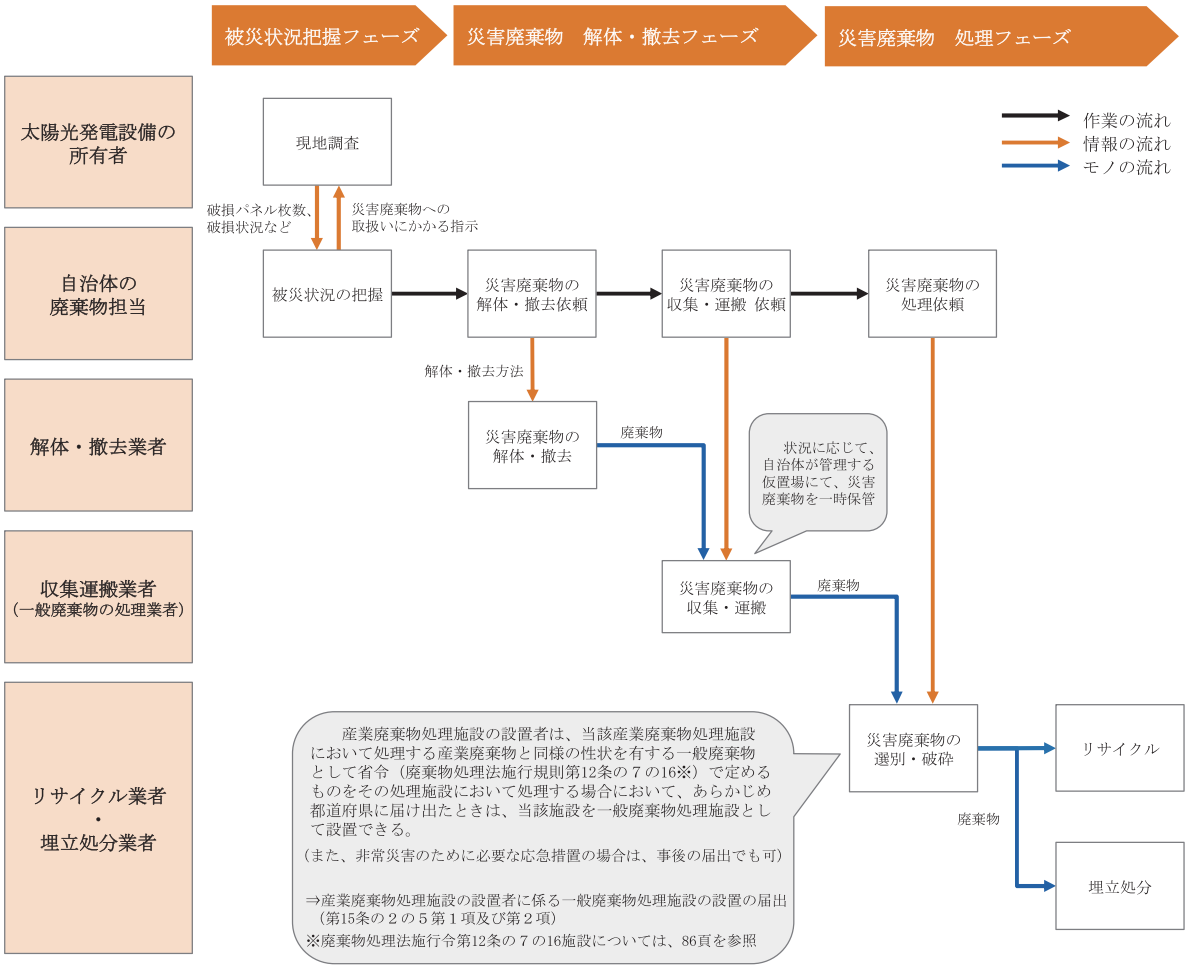
5-1. 災害時における解体・撤去作業の流れ

地震や落雷、台風等の災害等が原因で太陽光発電設備が落下・破損した被災太陽光発電設備は、生活環境保全上の支障が生じたために解体・撤去や処理を行う必要が生じた場合、災害に起因して発生する一般廃棄物である災害廃棄物として市町村が処理する。事業者が処理する設備は産業廃棄物として扱われる。なお、使用済太陽光発電設備の個別の処分方法については、当該地域における産業廃棄物に関する指導監督権限を有する都道府県等または当該地域の一般廃棄物の処理責任を有する市区町村毎に対応が異なることから、当該自治体[12]の廃棄物担当窓口に相談すること。

本ガイドラインでは、参考として、災害時に想定される標準的な解体・撤去、収集・運搬、処分の流れについて示す。

災害時においても、基本的には平常時と同様の流れに則り、現場確認、解体・撤去、収集・運搬、処分を行う。ただし、発災直後には、人命救助や道路啓開等が実施されるため、家屋の解体等が実施されるまでは災害が発生してから一定の時間を要することになる。そのため、災害が原因で破損した家屋に設置されている太陽光発電設備の解体・撤去が実施されるまでも一定の時間がかかることが予想され、それに伴う留意点が生じる。加えて、災害廃棄物として解体・撤去された太陽電池モジュールはその他の災害廃棄物と同様に、仮置場で保管されることとなる。次頁からは、関係者別の留意点を記載している。

[12]災害廃棄物は一般廃棄物であるため、処理責任を有するのは市区町村であるが、被災市区町村だけでは処理が行えないと判断される場合には、都道府県へ事務委託を行い、災害廃棄物処理の一部を委託する場合があることを踏まえ、関係する公的部門を「市区町村」ではなく「自治体」と記載する。



図表 46　災害時における解体・撤去、収集・運搬、処分の流れ[13]

[13] 被災家屋の解体に伴い一括して災害廃棄物として破損太陽光発電設備を解体・撤去する場合は、公費解体のみを対象として流れを記載している。

5-2. 災害時に求められる各関係者の対応

5-2-1. 太陽光発電設備の所有者

災害時には、自治体の避難指示・避難勧告等に従い、自身や家族、関係者等の安全確保を最優先に行動すること。 災害後、被災した太陽光発電設備の処理等を進める場合には、「(1)自治体や解体・撤去業者への連絡」が求められる。自治体からの指示で、太陽光発電設備に触れる必要が生じた際には、下記に留意すること。 (2) 感電の防止 (3) 破損等による怪我の防止 (4) 水濡れ防止 (5) 立入の防止

(1) 自治体や解体・撤去業者への連絡

所有者等が太陽光発電設備の破損を確認した場合、感電の恐れがあるため太陽光発電設備には絶対に触れずに、自治体の廃棄物担当に破損した太陽電池モジュールの枚数や破損状況を連絡して、対応について相談すること。また、太陽光発電設備の対処については、自治体からの指示等に従い、50kW 未満の場合は販売・施工業者に、50kW 以上の場合は選任されている電気主任技術者に連絡し、適切な処置を依頼すること。

なお、太陽光発電設備に触れる必要が生じた際には下記(2)～(5)に留意すること。また、被災した太陽電池モジュールに関しても、処理の優先順位として、リユースをリサイクルや埋立処分より優先することが望まれるため、リユースの可否判断を実施すること。

(2) 感電の防止

太陽電池モジュールは、受光面に光が当たると発電する。また、太陽光発電設備のパワーコンディショナーや、太陽電池モジュールと電線との接続部は、水没・浸水している時に接近または接触すると感電する恐れがある。そのため、感電を防止するよう十分に注意する必要がある。感電防止のためには、太陽電池モジュールの受光面を下にするか、または受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないように留意すること。それ以外の留意事項は下記の通りである。

- （複数の太陽電池モジュールがケーブルで繋がっている場合）ケーブルのコネクターを抜き、ビニールテープ等を巻くこと。その際、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用すること。

- （モジュール周辺の地面が湿っている場合や、太陽電池モジュールのケーブルが切れている等、感電の可能性がある場合）不用意に近づかず、電気工事士やメーカー等の専門家の指示を受けること。また、降雨・降雪時には極力作業を行わない等の対策によりリスクを低減させることが望ましい。

- （太陽光発電設備を設置している家屋や太陽光発電設備自体に倒壊の危険がある場合）機器や配線の損傷部からの漏電を防ぐために、必ず分電盤の遮断器を切り、パワーコンディショナーの運転ボタンを停止すること。

- （太陽電池モジュールが水没・浸水している場合）接近または接触により感電の恐れがあるため近づかないこと。一見すると異常がない場合でも、太陽光発電設備（モジュール、パワーコンディショナー、ケーブル等）の一部が破損している場合には、水没・浸水しているエリア内で感電の恐れがあるため、太陽電池モジュールがある水没・浸水エリアには近づかないこと。また、水が引いたあとであっても設備内部に水分が残っている場合があり、その場合、感電の可能性があるため、一度水没・浸水した太陽電池モジュールにはできるだけ近づかないこと。

- （太陽電池モジュールが土砂崩れに巻き込まれた場合）太陽電池モジュールが土砂に埋もれているまたはモジュールに土砂が付着している場合、破損有無の確認が難しく、破損があった場合、感電の恐れがあるため、不用意に近づかないこと。

(3) 破損等による怪我の防止

太陽電池モジュールは大部分がガラスで構成されており、解体・撤去作業時の破損による怪我を防止するよう十分に注意する必要がある。破損に備えて保護帽、厚手のゴム手袋、保護メガネ、作業着等を着用する等により、リスクを低減させるよう努めること。

(4) 水濡れ防止

ガラスが破損した太陽電池モジュールは雨水等の水濡れによって含有物質が流出する恐れや感電の危険性が高まる恐れがあるため、ブルーシート等の遮光用シートで覆う等の水濡れ防止策をとるよう努めること。

(5) 立入の防止

太陽電池モジュールによる感電、怪我を防止するため、みだりに人が触るのを防ぐための囲いを設け、貼り紙等で注意を促すよう努めること。

5-2-2. 自治体の廃棄物担当

太陽光発電設備の解体・撤去、収集・運搬、処分を実施している事業者と連携しながら、被災した太陽光発電設備の状況を把握すること。なお、被災状況から判断される太陽光発電設備の廃棄量が多量である場合、管轄エリア内に仮置場を整備する必要があるので、下記に留意すること。
(1) 分別保管
(2) 感電の防止
(3) 破損等による怪我の防止
(4) 水濡れ防止

太陽光発電設備の所有者から、被災状況の連絡を受けた自治体の担当者は、所有者から共有された情報のみでは、被災状況を十分に把握できない可能性があるため、太陽光発電設備の解体・撤去、収集・運搬、処分を実施している事業者と連携しながら関係者の状況を把握すること。また、太陽光発電設備が特に危険な状況であると判断される場合には、個別に対応方針を検討し、必要に応じて解体・撤去業者に情報を共有すること。なお、所有者以外から連絡を受けた場合には、所有者の確認を行った後に解体・撤去等の意思を確認すること。所有者の確認については、再生可能エネルギー固定買取価格制度の認定を受けている場合は、住所等から発電事業者を照会することが可能な場合もある。

被災状況から判断される太陽光発電設備の廃棄量が多量である場合、管轄エリア内に仮置場を整備する必要がある。このとき、破損した太陽光発電設備は、含有物質の流出可能性があること、場合によっては漏電により火事に至る危険性があることから、その他の廃棄物とは分別して保管できる環境を整備することが重要である。また、災害時においても太陽電池モジュールは管理型最終処分場にて埋立処分すること。

(1) 分別保管

感電等の危険性があることや、重金属が含まれている場合があること、アルミフレーム等の有用資源が含まれていること等から、仮置場を管理している自治体の指示に従い、可能な限り分別保管することが求められている。その際、太陽電池モジュールによる感電、怪我を防止するため、みだりに人が触るのを防ぐための囲いを設け、貼り紙等で注意を促すよう努めること。

(2) 感電の防止

太陽電池モジュールは、受光面に光が当たると発電する。また、太陽光発電設備のパワーコンディショナーや、太陽電池モジュールと電線との接続部は、水没・浸水している時に接近または接触すると感電する恐れがある。また、降雨等の影響でモジュール内部に水が溜まっている場合、感電の恐れがある。そのため、感電を防止するよう十分に注意する必要がある。

感電防止のためには、太陽電池モジュールの受光面を下にするか、または受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないように留意すること。なお、必ず厚手のゴム手袋をして作業をすること。それ以外の留意事項は下記の通りである。

- （複数の太陽電池モジュールがケーブルで繋がっている場合）ケーブルのコネクターを抜き、ビニールテープ等を巻くこと。その際、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用すること。

- （太陽電池モジュール周辺の地面が湿っている場合や太陽電池モジュールが土砂に埋もれている、モジュールに土砂が付着している、ケーブルが切れている等、感電の可能性がある状態のものを見つけた場合）不用意に近づかず、電気工事士やメーカー等の専門家の指示を受けること。また、降雨・降雪時には極力作業を行わない等の対策によりリスクを低減させることが望ましい。

(3) 破損等による怪我の防止

太陽電池モジュールは大部分がガラスで構成されており、破損による怪我を防止するよう十分に注意する必要がある。破損に備えて保護帽、厚手のゴム手袋、保護メガネ、作業着等を着用する等によりリスクを低減させるよう努めること。

(4) 水濡れ防止

ガラスが破損した太陽電池モジュールは雨水等の水濡れによって含有物質の流出する恐れや感電の危険性が高まる恐れがあるため、ブルーシート等の遮光用シートで覆う等の水濡れ防止策をとるとともに、土壌等の汚染が生じることがないように環境対策を実施するよう努めること。

5-2-3. 解体・撤去業者

被災した太陽光発電設備を解体・撤去する際には、感電防止に十分な対策が望まれる。

労働契約法第５条において、使用者（雇用主）は、契約に伴い、労働者がその生命、身体等の安全を確保しつつ労働することができるよう、必要な配慮をすることが義務付けられているため、特に下記の点について十分な対策が望まれる。

被災し、破損した太陽電池モジュールに光があたっている場合、太陽電池モジュールの受光面や電線の接続部、架台等は、触れると感電する恐れがある。そのため、解体・撤去作業を行う場合は以下の点に注意する必要がある。

①　作業場所の確保

解体・撤去にあたっては、十分な広さの作業場所を確保すること。作業場所の広さが不十分であることは事故の原因にもなりうる。

- 住宅や建物に設置されている太陽光発電設備を解体・撤去する場合には、適切な足場、養生シート、親綱・安全帯・保護帽・安全靴等の設置・使用によって、屋根からの転落を防止することも重要である。

②　感電の防止

太陽光発電設備のパワーコンディショナーや、太陽電池モジュールと電線との接続部は、水没・浸水している時に接近または接触すると感電する恐れがある。そのため、感電を防止するよう十分に注意する必要がある。感電防止のためには、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用して作業すること、太陽光発電設備周辺の地面が湿っている場合や、太陽光発電設備のケーブルが切れている等、感電の可能性がある場合には近寄らないことが重要である。

- （複数の太陽電池モジュールがケーブルで繋がっている場合）複数の太陽電池モジュールがケーブルで繋がっている場合は、ケーブルのコネクターを抜くか切断し、可能であればケーブルの切断面の導線がむき出しにならないようにビニールテープ等を巻くこと。なお、ケーブルを切断する場合には感電やアーク発生を防ぐため、+／－のケーブルを同時に切断しないこと。配線の切断及び絶縁作業の際には、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用し、必ず電気工事士が行うこと。

- （太陽光発電設備周辺の地面が湿っている場合や、太陽光発電設備のケーブルが切れている等、感電の可能性がある場合）不用意に近づかず、電気工事士やメーカー等の専門家の指示を受けること。また、降雨・降雪時には極力作業を行わない等の対策によりリスクを低減させることが望ましい。

- 上記に示したような感電防止対策や発電防止対策を講じたうえで、それらの情報とともに処理業者に太陽電池モジュールを引き渡すこと。

③　破損等による怪我の防止

太陽電池モジュールは大部分がガラスで構成されており、解体・撤去作業時の破損による怪我を防止するよう十分に注意する必要がある。破損に備えて保護帽、厚手のゴム手袋、保護メガネ、作業着等を着用する等により、リスクを低減させるよう努めること。

④　水濡れ防止

ガラスが破損した太陽電池モジュールは雨水等の水濡れによって含有物質が流出する恐れや感電の危険性が高まる恐れがあるため、ブルーシート等の遮光用シートで覆う等の水濡れ防止策をとるよう努めること。

参考｜廃棄物処理法施行規則第 12 条の 7 の 16 の対象となる一般廃棄物について

産業廃棄物処理施設において処理することのできる産業廃棄物と同様の性状を有する一般廃棄物として環境省令で定めるものを当該産業廃棄物処理施設において処理する場合、都道府県知事に届け出ることによって、その処理施設を当該一般廃棄物を処理する一般廃棄物処理施設として設置することができる特例措置が認められている。

図表 47　廃棄物処理法施行規則第 12 条 7 の 16 における施設

区分	産業廃棄物処理施設の種類	対象となる一般廃棄物
1	廃プラスチック類の破砕施設	廃プラスチック類
2	廃プラスチック類の焼却施設	廃プラスチック類
3	令第二条第二号に掲げる廃棄物[14]の破砕施設	木くず
4	令第二条第九号に掲げる廃棄物[15]の破砕施設	コンクリートの破片その他これに類する不要物
4 の 2	石綿含有産業廃棄物の溶融施設	石綿含有一般廃棄物
5	令第二条第一号から第四号の二まで及び第十一号に掲げる廃棄物[16]の焼却施設	紙くず、木くず、繊維くず、動物若しくは植物に係る固形状の不要物又は動物の死体
5 の 2	令第七条第十四号イに掲げる産業廃棄物[17]の最終処分場	基準不適合水銀処理物
6	令第七条第十四号ハに掲げる産業廃棄物[18]の最終処分場	燃え殻、廃プラスチック類、紙くず、木くず、繊維くず、動物若しくは植物に係る固形状の不要物、ゴムくず、金属くず、ガラスくず、コンクリートくず、陶磁器くず、コンクリートの破片その他これに類する不要物、動物のふん尿、動物の死体若しくはばいじん又はこれらの一般廃棄物を処分するために処理したものであつてこれらの一般廃棄物に該当しないもの（特別管理一般廃棄物であるものを除く。）、基準適合水銀処理物

[14]建設業に係るもの、木材又は木製品の製造業、パルプ製造業、輸入木材の卸売業及び物品賃貸業に係るもの、貨物の流通のために使用したパレットに係る木くず等

[15] 工作物の新築、改築又は除去に伴つて生じたコンクリートの破片等

[16] 紙くず、木くず、繊維くず、食料品製造業、医薬品製造業又は香料製造業において原料として使用した動物又は植物、食鳥に係る固形状の不要物、動物の死体等

[17] 水銀又はその他化合物を含む燃え殻又はばいじん、汚泥等

[18]令第七条第十四号イで規定されている以外の産業廃棄物

5-2-4. 収集運搬業者（一般廃棄物の処理業者）

被災した太陽電池モジュールを収集・運搬する際には、感電防止に十分な対策が望まれる。

災害廃棄物として太陽電池モジュールを処理する場合には、自治体からの委託等を受けている等、廃棄物処理法を遵守している必要がある。

労働契約法第５条において、使用者（雇用主）は、契約に伴い、労働者がその生命、身体等の安全を確保しつつ労働することができるよう、必要な配慮をすることが義務付けられているため、特に下記の点について十分な対策が望まれる。

(1) 感電の防止

積み込みや収集・運搬時等の感電防止のためには、荷台において太陽電池モジュールの受光面を下にするか、または受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないように留意すること。なお、降雨等の影響でモジュール内部に水が溜まっている可能性があり、その場合、感電の恐れがあるため、必ずゴム手袋をして作業をすること。それ以外の留意事項は下記の通りである。

- （複数の太陽電池モジュールがケーブルで繋がっている場合）ケーブルのコネクターを抜き、ビニールテープ等を巻くこと。その際、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用すること。

- （モジュール周辺の地面が湿っている場合やモジュールが土砂に埋もれている、モジュールに土砂が付着している、ケーブルが切れている等、感電の可能性がある状態のものを見つけた場合）不用意に近づかず、電気工事士やメーカー等の専門家の指示を受けること。また、降雨・降雪時には極力作業を行わない等の対策によりリスクを低減させることが望ましい。

(2) 破損等による怪我の防止

積み込みや収集・運搬時等における破損による怪我を防止するよう十分に注意する必要がある。破損に備えて保護帽、厚手のゴム手袋、保護メガネ、作業着等を着用する等によりリスクを低減させるよう努めること。

(3) 水濡れ防止

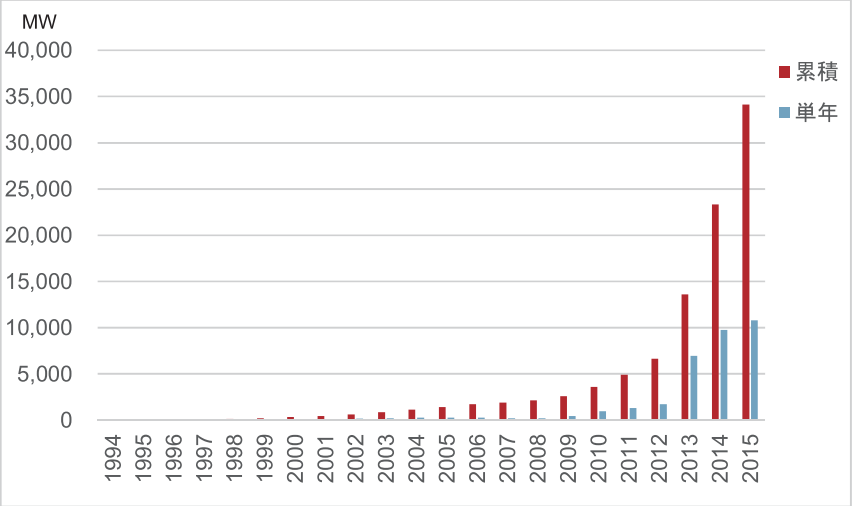
ガラスが破損した太陽電池モジュールは雨水等の水濡れによって含有物質の流出する恐れや感電の危険性が高まる恐れがあるため、荷台をブルーシート等の遮光用シートで覆う、屋根付きトラックによる運送等の水濡れ防止策をとるよう努めること。なお、地震により破損した太陽光発電設備は廃棄物処理法に基づき、収集・運搬する必要があるので注意すること。

第６章　参考資料

6-1. 太陽光発電設備の導入量

(1) 全国

全国の太陽光発電設備の導入量の推移を下図に示す。これは、IEA PVPS 公開データを整理したものである。



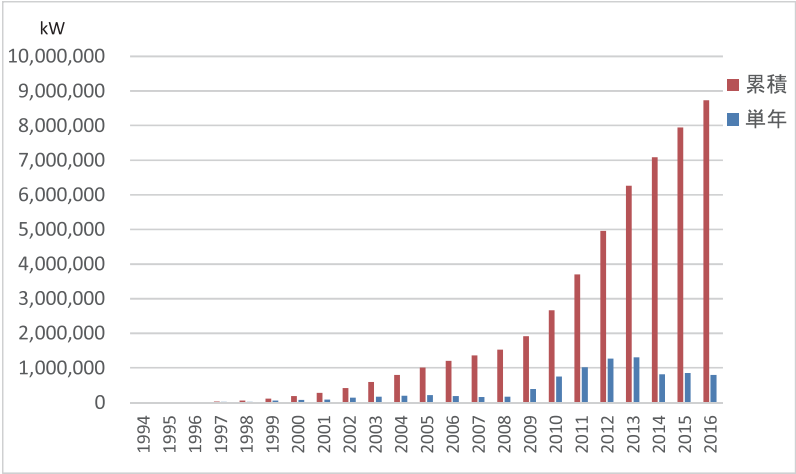
図表 48　全国の太陽光発電設備の導入量の推移（単年・累積）[MW]

出典 :「IEA PVPS 公開データ（TRENDS 2015IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS Survey Report of Selected IEA Countries between1992 and 2014）」

※　IEA PVPS に日本より報告されている導入量データに基づき、1992～2015 年の導入量（実績）を整理

(2) 住宅

全国の住宅用太陽光発電設備の導入量の推移を下図に示す。その累積導入量は 3,694 千 kW（2011 年度）、4,960 千 kW（2012 年度）、6,267 千 kW（2013 年度）、7,087 千 kW（2014 年度）と推移している。

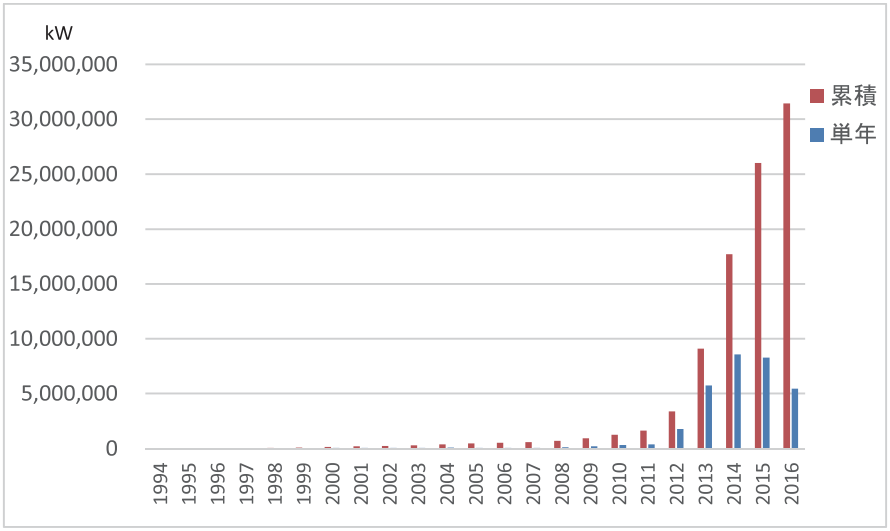


図表 49　全国の住宅用太陽光発電設備の導入量の推移（単年・累積）[kW]

出典：NEF・J-PEC データ、2013、2014 年度は FIT 認定の導入量による実績値

③　非住宅

全国の非住宅用太陽光発電設備の導入量の推移を下図に示す。その累積導入量は 1,624 千 kW（2011 年度）、3,388 千 kW（2012 年度）、9,123 千 kW（2013 年度）、17,695 千 kW（2014 年度）と推移している。



図表 50　全国の非住宅用太陽光発電設備の導入量の推移（単年・累積）[kW]

出典：単年データのうち、1994～2012 年度は IEA・NEF・JPEC データによる”みなし非住宅（= IEA 全国導入総量 － NEF・JPEC 住宅導入総量）。2013 年度以降は FIT 認定の導入量による実績値。累積データは単年データの積上げに基づく。

6-2. 太陽電池モジュールの性状

廃棄物資源循環学会物質フロー研究部会にて検討された標準分析法をベースとして、国内、国外の計 27 サンプルにつき、太陽電池モジュールの含有量試験を実施したところ、鉛、アンチモン、銅、すず、銀といった物質が含まれていることが判明した。

図表 51　含有量試験結果

上：最大値　下：最小値　　含有量単位：mg/kg

種類		製造年	部位	Pb 鉛	Cd カドミウム	As ひ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr^{6+} 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Sn すず	Mo モリブデン	In インジウム	Ga ガリウム	Ag 銀	N数
結晶シリコン系（単結晶）	国内	～1999	フロントカバーガラス	20	—	<1	—	—	—	—	5	—	—	—	—	11	—	—	—	3
				5	—	<1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	9	—	—	—	
			電極	110,000	—	—	—	—	—	—	—	—	740,000	—	69,000	—	—	—	30,000	6
				85,000	—	—	—	—	—	—	—	—	550,000	—	490	—	—	—	18,000	
			ガラス・ＥＶＡ・結晶・バックシート																	
			ＥＶＡ・結晶・バックシート	1,900	3	<1	<1	<1	<0.5	<1	69	<1	4,500	220	1,900	4	1	17	6,200	3
				1,800	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	20	<1	320	51	1,700	3	<1	15	4,300	
		2000～2009	フロントカバーガラス	310	—	1	—	—	—	—	2,100	—	—	—	—	2	—	—	—	6
				<1	—	<1	—	—	—	—	1,600	—	—	—	—	<1	—	—	—	
			電極	1,100	—	—	—	—	—	—	—	—	730,000	—	150,000	—	—	—	25,000	6
				44	—	—	—	—	—	—	—	—	670,000	—	950	—	—	—	4,900	
			ガラス・ＥＶＡ・結晶・バックシート	110	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	12	<1	13	13	180	8	68	7	3,200	3
				32	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	8	<1	11	13	58	7	58	6	3,200	
			ＥＶＡ・結晶・バックシート	270	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	10	<1	460	40	1,100	3	3	7	5,300	3
				220	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	6	<1	71	11	270	2	2	3	3,100	
		2010～2013	フロントカバーガラス	120	—	4	—	—	—	—	2,200	—	—	—	—	<1	—	—	—	9
				16	—	<1	—	—	—	—	1,200	—	—	—	—	<1	—	—	—	
			電極	170	—	—	—	—	—	—	—	—	950,000	—	18,000	—	—	—	23,000	9
				5	—	—	—	—	—	—	—	—	780,000	—	3	—	—	—	280	
			ガラス・ＥＶＡ・結晶・バックシート																	
			ＥＶＡ・結晶・バックシート	290	<1	25	<1	<1	<0.5	<1	96	26	160,000	170	3,700	7	400	6	9,400	9
				1	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	9	<1	49	12	26	2	<1	<1	150	
	海外	2008～2013	フロントカバーガラス	10	—	<1	—	—	—	—	780	—	—	—	—	<1	—	—	—	3
				5	—	<1	—	—	—	—	510	—	—	—	—	<1	—	—	—	
			電極	58,000	—	—	—	—	—	—	—	—	880,000	—	97,000	—	—	—	22,000	9
				9	—	—	—	—	—	—	—	—	760,000	—	9,800	—	—	—	84	
			ガラス・ＥＶＡ・結晶・バックシート	66	<1	3	<1	<1	<0.5	<1	2,200	2	140	100	87	3	<1	1	470	6
				27	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1,200	<1	21	16	28	1	<1	1	280	
			ＥＶＡ・結晶・バックシート	10	<1	1	<1	<1	<0.5	<1	52	<1	110,000	26	19,000	2	<1	<1	120	3
				7	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	36	<1	94,000	13	16,000	2	<1	<1	59	
		2017～	フロントカバーガラス	21	1	14	<1	<1	<0.5	<1	1,500	1	44	33	9	<1	<1	<1	<1	1
				21	1	14	<1	<1	<0.5	<1	1,500	1	44	33	9	<1	<1	<1	<1	
			電極	43,000	<1	2	<1	<1	<0.5	<1	<1	3	900,000	6	54,000	<1	49	<1	3,200	1
				43,000	<1	2	<1	<1	<0.5	<1	<1	3	900,000	6	54,000	<1	49	<1	3,200	
			ガラス・ＥＶＡ・結晶・バックシート																	
			ＥＶＡ・結晶・バックシート	62	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	72	6	26	12	57	<1	<1	2	1,400	1
				62	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	72	6	26	12	57	<1	<1	2	1,400	
結晶シリコン系（多結晶）	国内	2001～2005	フロントカバーガラス	360	—	<1	—	—	—	—	2,000	—	—	—	—	17	—	—	—	12
				<1	—	<1	—	—	—	—	2	—	—	—	—	<1	—	—	—	
			電極	140,000	—	—	—	—	—	—	—	—	830,000	—	250,000	—	—	—	32,000	12
				390	—	—	—	—	—	—	—	—	410,000	—	460	—	—	—	4,700	
			ＥＶＡ・結晶・バックシート	7,600	6	14	<1	<1	<0.5	<1	57	7	5,600	940	14,000	5	1	7	12,000	12
				100	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	5	<1	40	14	41	2	<1	3	290	
		2012～2013	フロントカバーガラス	8	—	3	—	—	—	—	2,000	—	—	—	—	<1	—	—	—	6
				<1	—	2	—	—	—	—	1,700	—	—	—	—	<1	—	—	—	
			電極	64,000	—	—	—	—	—	—	—	—	83,000	—	89,000	—	—	—	12,000	6
				5,500	—	—	—	—	—	—	—	—	70,000	—	2,900	—	—	—	1,800	
			ＥＶＡ・結晶・バックシート	990	<1	14	<1	<1	<0.5	<1	35	7	890	940	290	5	1	4	2,600	6
				100	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	5	<1	40	97	41	2	<1	3	290	
		2017～	フロントカバーガラス	15	<1	1	<1	<1	<0.5	<1	2,600	29	12	11	2	<1	<1	<1	<1	1
				15	<1	1	<1	<1	<0.5	<1	2,600	29	12	11	2	<1	<1	<1	<1	
			電極	68,000	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	<1	1	810,000	20	18,000	<1	2	<1	12,000	1
				68,000	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	<1	1	810,000	20	18,000	<1	2	<1	12,000	
			ＥＶＡ・結晶・バックシート	29	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	25	17	23	67	30	<1	<1	5	1,900	1
				29	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	25	17	23	67	30	<1	<1	5	1,900	
	海外	2012～2013	フロントカバーガラス	30	—	6	—	—	—	—	1,700	—	—	—	—	<1	—	—	—	6
				1	—	<1	—	—	—	—	450	—	—	—	—	<1	—	—	—	
			電極	59,000	—	—	—	—	—	—	—	—	850,000	—	85,000	—	—	—	19,000	6
				1,400	—	—	—	—	—	—	—	—	750,000	—	3,700	—	—	—	3,900	
			ＥＶＡ・結晶・バックシート	1,400	<1	19	<1	<1	<0.5	<1	100	100	2,900	210	1,500	5	3	5	2,100	6
				100	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	15	3	160	58	280	2	<1	3	160	
			ガラス・ＥＶＡ・結晶・バックシート	630	<1	10	<1	<1	<0.5	<1	570	16	200	51	1,100	3	<1	3	3,300	6
				41	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	81	2	13	20	10	2	<1	1	250	
		2017～	フロントカバーガラス	39	<1	65	<1	<1	<0.5	<1	2,600	7	37	11	12	<1	<1	<1	<1	3
				17	<1	4	<1	<1	<0.5	<1	1,800	2	10	8	<1	<1	<1	<1	<1	
			電極	58,000	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	<1	27	900,000	20	60,000	3	32	<1	12,000	3
				46,000	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	<1	<1	830,000	12	55,000	<1	<1	<1	5,700	
			ＥＶＡ・結晶・バックシート	190	<1	3	<1	<1	<0.5	<1	180	8	32	64	86	1	<1	3	2,000	3
				140	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	24	7	11	17	34	<1	<1	2	1,200	
薄膜シリコン系	国内	2008～2013	電極	70	—	—	—	—	—	—	—	—	690,000	—	320,000	—	—	—	10,000	6
				52	—	—	—	—	—	—	—	—	620,000	—	1,000	—	—	—	8,500	
			ガラス・ＥＶＡ・結晶・バックシート	15	<1	<1	2	<1	<0.5	<1	2	<1	4,200	680	680	6	<1	2	180	9
				1	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	<1	<1	12	21	240	3	<1	1	47	
化合物系	国内・海外	2007～2013	電極	4,100	—	—	—	—	—	—	—	—	840,000	—	160,000	—	—	—	5,800	9
				8	—	—	—	—	—	—	—	—	570,000	—	26	—	—	—	12	
			ガラス・ＥＶＡ・結晶・バックシート	26	390	2	370	<1	<0.5	<1	1,600	470	4,500	500	450	180	300	53	11	9
				2	5	1	150	<1	<0.5	<1	<1	<1	18	10	15	8	<1	<1	<1	

出典：「平成 25 年度 使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務 報告書（環境省）」
平成 30 年度リサイクルシステム統合強化による循環資源利用高度化促進業務（環境省）において
三菱総合研究所作成

含有量試験で評価した部位については、「1-4. 太陽電池モジュールの種類・構造（13～16 頁）」で示した太陽電池モジュール（結晶シリコン系、薄膜シリコン系、化合物系（CIS/CIGS 系））の構成部材と照らし合わせると、以下の通りとなる。

図表 52　太陽電池モジュール構成部位の分類

種類	構成部材 （15、16 頁参照）	含有量試験で評価した部位
結晶シリコン系	①. カバーガラス（受光面）	フロントカバーガラス
	②. 太陽電池セル	電極
	③. 充填剤（EVA 等）	EVA・結晶・バックシート
	④. バックフィルム	EVA・結晶・バックシート
	⑤. 出力ケーブル	EVA・結晶・バックシート
	⑥. 端子箱	EVA・結晶・バックシート
	⑦. フレーム※	—
薄膜シリコン系	①. カバーガラス（受光面）	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	②. 薄膜セル	電極
	③. 充填剤（EVA 等）	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	④. バックフィルム	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑤. 出力ケーブル	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑥. 端子箱	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑦. フレーム※	—
化合物系 （CIS/CIGS 系）	①. カバーガラス（受光面）	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	②. 薄膜セル	電極
	③. 基板ガラス	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	④. 充填剤（EVA 等）	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑤. バックフィルム	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑥. 出力ケーブル	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑦. 端子箱	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑧. フレーム※	—

※　含有量試験の実施にあたり、フレームは対象外にしている

有害性の観点から注意が必要な物質の溶出について、太陽電池モジュールを対象とした公定試験法や基準等は存在しないため、金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令に基づき定められている方法及び基準（環境庁告示第 13 号試験及び燃えがら・ばいじん・鉱さい・汚泥等についての廃棄物処理法による特別管理産業廃棄物の判定基準）に準じて太陽電池モジュールの破砕片の溶出試験を実施したところ、結晶系のモジュールの一部（３検体）において鉛が燃えがら等についての基準値（0.3mg/L）を上回る結果となった。同様に、化合物系モジュールの一部（2検体）においてセレンが燃えがら等についての基準値（0.3mg/L）を上回る結果となった。また、化合物系モジュールの一部（１検体）においてカドミウムが基準値を上回る結果となった。なお、試料調製方法、分析機関により結果にばらつきが生じる可能性があり、製品の評価にあたっては注意が必要である。

図表 53　溶出試験結果

単位：mg/L

No.	種類		製造年	Pb 鉛	Cd カドミウム	As ひ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr^{6+} 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Sn すず	Mo モリブデン	In インジウム	Ga ガリウム	Ag 銀
1	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2018	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
2	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2017	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	<0.01	0.02	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
3	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2017	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2017	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
4	結晶シリコン系（単結晶）	海外	2017	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
6	結晶シリコン系（単結晶）	国内	1993	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	今後、分析予定						
7	結晶シリコン系（単結晶）	国内	1998	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
8	結晶シリコン系（単結晶）	国内	2005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.06	<0.01							
9	結晶シリコン系（単結晶）	国内	2009	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	<0.01							
10	結晶シリコン系（単結晶）	国内	2012	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
11	結晶シリコン系（単結晶）	国内	2012	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.11	<0.01							
12	結晶シリコン系（単結晶）	国内	2013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	0.04							
13	結晶シリコン系（単結晶）	海外	2008	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.08	<0.01							
14	結晶シリコン系（単結晶）	海外	2013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	<0.01							
15	結晶シリコン系（単結晶）	海外	2013	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.08	<0.01							
16	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2002	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.17	<0.01							
17	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.05	<0.01							
18	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2001	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
19	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2005	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
20	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2012	0.35	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
21	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2013	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	<0.01							
22	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2012	0.36	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
23	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	0.03							
24	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2013	0.50	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
25	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2013	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	0.02							
26	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2012	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.02	<0.01							
27	薄膜シリコン系	国内	2008	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
28	薄膜シリコン系	国内	2011	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
29	薄膜シリコン系	国内	2013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							
30	化合物系（CIS系）	国内	2007	<0.01	<0.01	<0.01	1.07	<0.0005	<0.01	<0.01	0.03	<0.01							
31	化合物系（CIS系）	国内	2013	<0.01	<0.01	<0.01	0.98	<0.0005	<0.01	<0.01	0.05	<0.01							
32	化合物系（CdTe系）	国内	2013	<0.01	0.12	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	1.57							

0.01～0.3mg/L　基準値超過

※　試料調製方法、分析機関により結果にばらつきが生じる可能性があり、評価にあたっては注意が必要。追加分析試験の結果、同一製品を同一の調製方法で分析した場合であっても、0.02～1.1mg/L と分析機関によってばらつきのある結果が得られている。

出典：「平成 25 年度 使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務 報告書（環境省）」
平成 30 年度リサイクルシステム統合強化による循環資源利用高度化促進業務（環境省）において
三菱総合研究所作成

図表 54　同一製品（化合物系モジュール）におけるセレンの溶出に関する試料粉砕方法別分析結果（mg/L）

		分析機関 A（本試験結果）	分析機関 A（追加試験結果）	分析機関 B	分析機関 C	分析機関 D
本試験結果詳細（カッティングミル粉砕）	①	1.1	—	—	—	—
	②	0.9	—	—	—	—
	③	0.9	—	—	—	—
追加試験 a）カッティングミル粉砕※1	④	—	0.10	0.02	0.049	—
	⑤	—	0.13	0.02	0.064	—
	⑥	—	0.11	0.02	0.076	—
追加試験 b）部材混合※1	⑦	—	0.01	<0.01	<0.005	—
	⑧	—	0.01	<0.01	0.006	—
	⑨	—	0.01	<0.01	<0.005	—
参考 c）化合物付き基板（最終処分業者による処分方法確認のための試験）※2	⑩	—	—	—	—	0.047
	⑪	—	—	—	—	0.008

注）①～⑨は、環境庁告示 13 号試験に準拠した方法に基づき試料調製・分析を実施。①～⑥はカッティングミルを使用して試料粉砕したものであり、⑦～⑨は各部材をハンマー及びはさみを用いて粉砕した上で太陽電池モジュールの構成重量比で混合したもの。

⑩、⑪は、環境庁告示 13 号試験（改訂前）に準拠した方法に基づき試料調製し、「水素化物発生原子吸光法（JIS K 0102 67.2）」に準拠し分析。化合物付き基板のみの測定結果を全体重量比で 1/3 相当したもの。

※1　化合物系モジュールメーカーによる追加分析結果

※2　化合物系モジュールメーカー提供データ

出典：「平成 25 年度 使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務 報告書（環境省）」

6-3. リユース作業の参考事例

「4-1. 太陽電池モジュールのリユースにおける実施事項（70、71 頁）」で示した、使用済太陽電池モジュールの検査手法を活用した事例について紹介する。

事例①　未使用品（新古品）のリユース

- 発電事業者が新規に太陽光発電所を創設するために、手配した太陽電池モジュール約 4,000 枚のうち、系統連系ができなくなった発電所分が、未使用のまま、倉庫に保管されていた。
- 未使用品（新古品）の太陽電池モジュールが、海外の主要な太陽電池モジュールメーカー製であったことから、倉庫で外観検査のみを実施し、リユース可能であることの確認を行った。本事例では、買い手による検査は行わなかった。
- リユース品となった太陽電池モジュールは、買い手に購入後、再生可能エネルギー特別措置法の認定設備や研究機関において試験材料として活用されている。

事例②　高効率な太陽電池モジュールへのリプレイスに伴うリユース

- メガソーラー発電所にて、より高効率な太陽電池モジュールへのリプレイスが実施されたため、２年間使用された太陽電池モジュール（結晶系）約 8,000 枚が発生した。
- 現地にて、リユース品の購入候補者とともに、立会い検査を行い、外観検査を実施した。また、過去の発電データ等の確認も行い、リユース可能であることを確認した。太陽電池モジュールの解体・撤去は、電気工事会社によって実施された。
- 購入後、リユース品は発電事業で使用されている。

事例③　パワーコンディショナー浸水に伴う保険適用で交換されたモジュールのリユース

- 豪雨によってパワーコンディショナーが浸水したため、保険が適用され、パワーコンディショナーと太陽電池モジュールの交換が行われた。約３年間使用された太陽電池モジュール、約 300 枚が交換に伴って排出され、リユース可否判断の対象となった。
- リユース品の購入候補者が、現地にて太陽電池モジュールの外観検査と電圧の確認を実施し、リユース可能であることが確認された。

事例④　災害に伴う保険適用で交換されたモジュールのリユース

- 災害によって、太陽電池モジュールの一部が破損し、保険が適用される場合には、取替が実施される。本事例で被災認定された太陽電池モジュールの多くは、まだ使える状態であった。
- 太陽電池モジュールに関する情報（メーカー名、型番、使用状況）、及び写真等を提供してもらい、使用状況と外観に問題がなかったため、リユース業者が太陽電池モジュールを購入した。
- 購入した太陽電池モジュールは、リユース業者の施設まで収集・運搬され、工場にて洗浄、絶縁検査、IV カーブ検査、EL カメラ検査を実施し、リユース太陽電池モジュールとしてのランク評価をした後に、梱包・保管していた。
- そのリユース太陽電池モジュールは購入され、現在は発電所に設置、使用されている。また、発電所への設置以外にも、オフグリッド用途として街灯や池の循環ポンプ等で使用されている太陽電池モジュールも存在する。

図表 55　太陽電池モジュールの外観検査

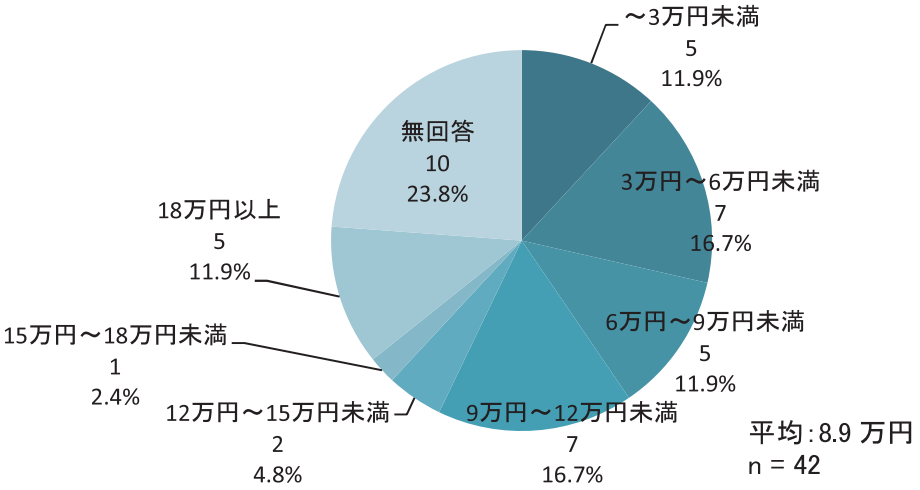
図表 56　リユース品を使用した発電所

出典：「事業者からの提供資料」

6-4. 解体・撤去に係る費用の事例

（1）建物解体業者による解体・撤去

建物解体業者（建物の解体に伴って太陽光発電設備の撤去を行う事業者）に対して平成 25 年度に実施されたアンケート結果にて、住宅用使用済太陽光発電設備の取外し作業のために依頼者から受領した 1 件あたりの料金を示す。なお、アンケート対象となった太陽光発電設備の規模は不明だが、一般的に規模が大きくなれば費用も増加すると考えられる。



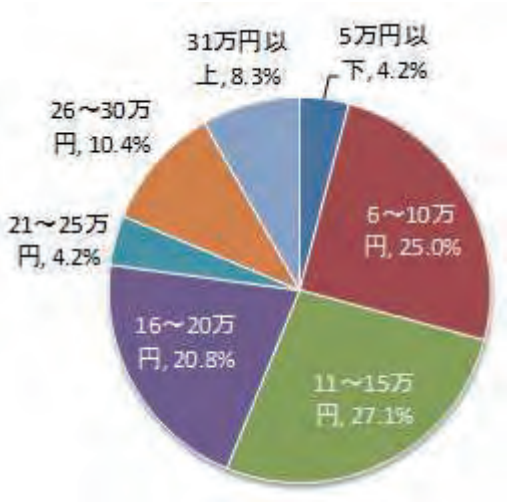
※　取り外し作業のために依頼者から受領した料金であり、回答した事業者によって費用内訳は異なる。
（収集・運搬費用、中間処理等の処分費用が含まれている場合、含まれていない場合がある。）

図表 57　使用済太陽光発電設備の取外し作業のために依頼者から受領した料金（建物解体業者）

出典：「平成 25 年度 使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務 報告書（環境省）」

（２）施工業者による解体・撤去

住宅用太陽光発電設備の施工業者に対して平成 25 年度に実施されたアンケート結果にて、住宅用使用済太陽光発電設備の取外し作業のために依頼者から受領した１件あたりの料金を示す。なお、アンケート対象となった太陽光発電設備の規模は不明だが、一般的に規模が大きくなれば費用も増加すると考えられる。



平均：18.9 万円
n = 50

※　取り外し作業のために依頼者から受領した料金であり、回答した事業者によって費用内訳は異なる。
（収集・運搬費用、中間処理等の処分費用が含まれている場合、含まれていない場合がある。）

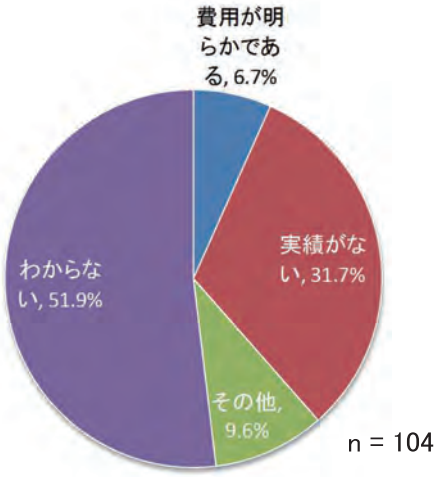
図表 58　使用済太陽光発電設備の取外し作業のために依頼者から受領した料金（施工業者）

出典：「使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に係る業務報告書（みずほ情報総研、太陽光発電協会）」平成 24 年２月

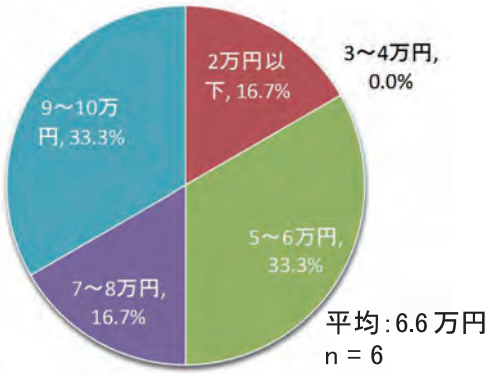
なお、平成 23 年度には内閣府副大臣を委員長として実施されたコスト等検証委員会において、太陽光発電設備の廃棄費用は建設費の５％と示されている。この数値は、原子力発電設備以外の発電設備について、各国において特段のデータがない場合の値として OECD/IEA“Projected Costs of Generating Electricity 2010 Edition”(2010)が示した値を使用したものである。

(3)施工業者により支払われた産廃処理に係る費用

住宅用太陽光発電設備の施工業者に対して平成 25 年度に実施されたアンケート結果にて、使用済太陽光発電設備の取外しを行った施工業者が廃棄のため埋立処分業者に支払った住宅用太陽光発電設備一式あたりの費用が明らかである場合の費用を示す。なお、アンケート対象となった住宅用太陽光発電設備でも、一般的に規模が大きくなれば費用も増加すると考えられる。



図表 59　廃棄のために埋立処分業者に支払った費用の事例



図表 60　廃棄のために埋立処分業者に支払った費用が明らかである場合の費用

出典：「使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に係る業務報告書（みずほ情報総研、太陽光発電協会）」平成 24 年２月

6-5. リユースに向けて実施する検査等のコスト感

太陽電池モジュールのリユースに向けて、使用済太陽電池モジュールの正常性を確認するための検査機器等の設備費用においては、特に出力検査に用いる機器の費用が高くなっている。

リユース業者の施設まで持ち帰って使用済太陽電池モジュールを検査した場合とメガソーラー発電所等の現場で検査した場合について、それぞれの設備費や所要時間を以下に示す。なお、それぞれの情報は、リユース業者へのヒアリング結果に基づくリユース事例の一例であり、民間事業者の創意工夫により検査費用等の低減を図っていくことが重要である。

図表 61　太陽電池モジュールのリユースに向けた実施内容における費用等（持ち帰り検査の例）

項目	内容	設備費	太陽電池モジュール1枚あたりの所要時間
①　太陽電池モジュール洗浄	検査前に太陽電池モジュールの洗浄を実施。	―	5～10分程度
②　外観検査	カバーガラス割れ、型式の不一致、セルずれ、タブ(導電性リボン)ずれ、外観の焦げキズ等を確認。	―	1分程度
③　絶縁検査	ドライ検査と湿潤検査がある。湿潤検査では水中に入れて漏電の危険性がないかを確認。	検査機器：数万円	1～2分程度
④　出力検査	IV カーブにより出力特性を確認。	検査機器：2,000万円	数秒
⑤　EL カメラ検査	赤外線を使って測定し、セル割れや太陽電池モジュール内の異物やバイパスダイオードのショートがないか等を確認。	分析機器：200～1,000万円	数秒
⑥　バイパスダイオード検査	バイパスダイオードが切れていないかを確認。	分析機器：数万円～20万円程度	数秒

出典：「平成26年度 使用済再生可能エネルギー設備のリサイクル等促進実証調査委託業務 報告書（環境省）」、リユース業者へのヒアリング結果に基づき作成

図表 62　太陽電池モジュールのリユースに向けた実施内容における費用等（現場検査の例）

項目	内容	設備費	太陽電池モジュール 1 枚あたりの所要時間
①　外観検査	カバーガラス割れ、型式の不一致、セルずれ、タブ（導電性リボン)ずれ､外観の焦げキズ等を確認。	―	1 分程度
②　開放電圧測定	ストリング毎の電圧を確認。	検査機器：数万円～	5 秒程度※ （2MW/日で測定可能）
③　絶縁抵抗測定	ストリング毎に大地及び他の電路と絶縁されていることを確認。	検査機器：約 10 万円～	5 秒程度※ （2MW/日で測定可能）
④　出力検査	I-V カーブにより出力特性を確認。 （※I-V トレーサを用いてストリング毎の I-V 特性、及び日射と温度の確認を行い STC の条件に近い形で測定、解析を行う。)	検査機器：150 万円	15 秒程度※ （1MW/日で検査可能）
⑤　IR 検査	太陽電池モジュール内の温度のばらつきを確認し、発電時にホットスポット（セル、BPD ）の有無を確認。	検査機器：約 10 万円～	5 秒程度※ （2MW/日で検査可能）
⑥　EL 検査	太陽電池モジュールを取り外すことなく、日中、ストリング単位にて EL 画像を取得し、セル割れやモジュール内の異物やバイパスダイオードのショートの有無を確認。	検査機器：2,500 万円	75 秒程度※ （200kW/日で検査可能）

※　屋外で太陽電池モジュールの正常性を確認する場合には、複数枚が直列に接続されたストリング毎に検査・測定することが可能であるため、太陽電池モジュール 1 枚あたりの所要時間は参考値となる。

出典：リユース業者へのヒアリング結果に基づき作成

6-6. 欧州におけるリサイクル・埋立処分

欧州における太陽電池モジュールの回収・リサイクル・埋立処分について、参考事例として紹介する。

太陽光発電事業は世界中で展開されており、今後、太陽電池モジュールのリサイクル等の推進にあたっては、我が国だけでなく、世界の情勢を把握することが求められる。このため、我が国における事例に加えて、太陽光発電設備の大量導入が我が国よりも数年先行する欧州の状況について参考事例として紹介する。

欧州では、使用済太陽電池モジュールを含む廃電気・電子機器（WEEE）の発生抑制、及びリサイクルの促進による埋立処分量の削減等を目的した改正 WEEE 指令が 2012 年に発効された。現在、同指令に基づき、各国で法制度化および具体的なモジュールの回収・リサイクル・埋立処分システムの構築が進められている。

住宅用の太陽電池モジュールにおいては、各国法に準拠した処理業者（PV CYCLE 等）によって、回収・リサイクル・埋立処分システムが構築されている。その一方で、既存の産業廃棄物ルートでリサイクル・埋立処分することもできるため、住宅用途に比べて導入量の多い非住宅用太陽電池モジュールは、既存の産業廃棄物ルートの処理業者に委託することが可能となっている。

＜PV CYCLE＞

WEEE 指令の改正に先立ち、欧州太陽光発電協会（EPIA）ドイツソーラー産業協会（BSW）、太陽電池モジュールメーカー６社によって、2007 年７月に PV CYCLE は設立された。PV CYCLE は、使用済太陽電池モジュールの自主的な回収・リサイクル・埋立処分システムの構築を目的に 2010 年より活動を開始しており、現在では改正 WEEE 指令に基づく各国法に準拠した処理業者の１つとなっている。

PV CYCLE が欧州全体で回収した使用済太陽電池モジュール重量（累積）は、2010 年～2017 年末で約 1.7 万トン（約 190MW）に上っており、欧州市場における太陽電池モジュール導入量（約 1,000 万トン）の 0.2%程度を回収していることになる。なお、回収重量のうち、約 90%が非住宅で運用されていた太陽電池モジュールとなっている。

各国で使用済太陽電池モジュールの回収・リサイクル・埋立処分に取り組む PV CYCLE は、それぞれの国の法制度に準拠して、処理システムの構築、及び費用徴収を行っている。

＜ドイツ＞

ドイツでは、太陽電池モジュールメーカーが第三者機関に処理委託することが可能と国内法で定められているため、国内法に準拠した処理業者を選択し、使用済太陽電池モジュールの処理を委託することが可能となっている。

住宅用の太陽電池モジュールが廃棄された場合、住宅から回収ポイントまでの輸送費用は所有者が負担するが、回収ポイントからリサイクルプラントまでの輸送費用、及びリサイクルにかかる費用は、WEEE 情報等管理団体（Clearing House）が計算し、太陽電池モジュールメーカー等が負担している。なお、将来の廃棄処理費用についての保証額（Guarantee）として、各太陽電池モジュールメーカーが負担する費用は、「住宅用 太陽電池モジュールの販売重量 × 回収率（予測値）× 重量あたり必要費用」に基づいて算出されている。その一方で、非住宅用の太陽電池モジュールは、発電事業者と太陽電池モジュールメーカーの間で、その回収・リサイクル・埋立処分に係る費用負担を取り決めることが可能となっているが、通常の産業廃棄物と同様に、発電事業者が負担するケースがほとんどである。

ドイツ全体における太陽電池モジュール排出量は、政府・業界団体も把握できていないが、太陽電池モジュールの処理を手掛ける事業者の 1 つである PV CYCLE ドイツが、2010～2016 年に回収した使用済太陽電池モジュール重量は、8,000 トンを上回る。

PV CYCLE ドイツでは、排出された使用済太陽電池モジュール（住宅用）の枚数が、40 未満の場合には、自治体に設置された回収ポイントへの輸送までを所有者が手掛け、それ以降のプロセスは PV CYCLE が実施する。その一方で、排出されたモジュール（住宅用）が 40 枚以上または非住宅用モジュールの排出の場合には、太陽電池モジュールの解体・撤去までは所有者が、輸送以降のプロセスは PV CYCLE が実施する。

図表 63　ドイツにおける PV CYCLE のリサイクルスキーム

出典：PV CYCLE　ホームページ、 PV CYCLE へのヒアリング結果に基づき作成

＜フランス＞

フランスにおける廃棄物処理では、「通常の産業廃棄物処理スキーム」と「メーカーが責任を負う処理スキーム」が併存している。太陽電池モジュールは、改正 WEEE 指令を受けて「メーカーが責任を負う処理スキーム」の対象製品に追加された。「メーカーが責任を負う処理スキーム」において、各メーカーは、独自に構築している処理スキーム、もしくは政府認可を受けた事業体（エコ・オーガニズム）が構築する共同処理スキームのいずれかを選択する必要がある。

WEEE 指令の対象をフランスに上市する電機・電子機器（EEE）メーカー等は、エコ・オーガニズムへの登録が求められている。なお、現在、太陽電池モジュールに係るエコ・オーガニズムは「PV CYCLE フランス」のみとなっている。

フランスでは、太陽電池モジュールに「Visible Fee」と称する費用が、新製品の購入者に一律で課せられている。Visible Fee は、現在および将来に発生する回収・リサイクル・埋立処分に係る費用の一部に充当されていると推定される。なお、Visible Fee は、フランス当局の計算式（Ecodesign and Design）に基づいて算出されており、徴収した処理費用の管理はエコ・オーガニズムである PV CYCLE フランスが手掛けている。

6-7. 太陽光発電設備の撤去・リユース・リサイクルに係るガイドライン作成分科会委員名簿

（委員）

赤川　克宗　　秋田県　産業労働部参事（兼）資源エネルギー産業課長

出野　政雄　　公益社団法人　全国解体工事業団体連合会　専務理事

岡　大輔　　一般社団法人　住宅生産団体連合会　産業廃棄物分科会　主査
（積水ハウス株式会社　環境推進部　課長）

香川　智紀　　公益社団法人 全国産業廃棄物連合会　事業部長兼調査部長

加藤　聡　　ガラス再資源化協議会　代表幹事

亀田　正明　　一般社団法人　太陽光発電協会　事務局長

田中　良　　株式会社 NTT ファシリティーズ　ソーラープロジェクト本部　部長
ゼネラルアドバイザー

鍋内　清美　　ヤマトホームコンビニエンス株式会社　ビジネスコンビニエンス事業本部
テクニカルネットワーク事業部　部長

花岡　健　　損保ジャパン日本興亜リスクマネジメント株式会社
リスクエンジニアリング開発部　部長

藤崎　克己　　一般社団法人　太陽光発電協会　適正処理・リサイクル研究会　サブリーダー

（関係省庁）

環境省　大臣官房廃棄物・リサイクル対策部　産業廃棄物課

環境省　大臣官房廃棄物・リサイクル対策部　廃棄物対策課

経済産業省　資源エネルギー庁　省エネルギー・新エネルギー部　新エネルギー対策課

国立研究開発法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構　新エネルギー部

（事務局）

環境省　大臣官房廃棄物・リサイクル対策部　企画課　リサイクル推進室

6-8. 太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン修正に係るワーキンググループ　委員名簿

（委員）

飯田　寛弘　　アールツーソリューション株式会社　代表取締役社長

出野　政雄　　公益社団法人　全国解体工事業団体連合会　専務理事

岡　大輔　　一般社団法人　住宅生産団体連合会　産業廃棄物分科会　主査
（積水ハウス株式会社　環境推進部　課長）

香川　智紀　　公益社団法人　全国産業資源循環連合会　事業部長兼調査部長

加藤　聡　　ガラス再資源化協議会　代表幹事

黒水　拓也　　福岡県　環境部　循環型社会推進課

田中　良　　株式会社 NTT ファシリティーズ　ソーラープロジェクト本部　部長

西堀　仁　　一般社団法人　太陽光発電協会　適正処理・リサイクル研究会リーダー

花岡　健　　SOMPO リスクマネジメント株式会社　取締役執行役員
（リスクマネジメント事業本部　副事業本部長）

守谷　大輔　　株式会社新菱　経営企画本部　企画営業統括室長

（関係省庁）

環境省　環境再生・資源循環局　廃棄物規制課

環境省　環境再生・資源循環局　環境再生事業担当参事官付　災害廃棄物対策室

経済産業省　産業技術環境局　資源循環経済課

経済産業省　商務情報政策局　産業保安グループ　電力安全課

経済産業省　資源エネルギー庁　省エネルギー・新エネルギー部　新エネルギー課

国立研究開発法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構　新エネルギー部

（事務局）

環境省　環境再生・資源循環局　総務課　リサイクル推進室

6-9. その他の参考資料

- 環境省　平成 26 年度使用済再生可能エネルギー設備のリサイクル等促進実証調査委託業務報告書（平成 27 年３月）
- 環境省　平成 25 年度使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務　報告書（平成 26 年３月）
- 太陽電池モジュールに係る健全な中古市場形成に向けて～中古太陽電池モジュールの性能表示に係るガイドライン～
- 環境省　産業廃棄物の検定方法に係る分析操作マニュアル（平成 25 年５月）
- 経済産業省資源エネルギー庁　固定価格買取制度ホームページ
  http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/index.html

第２章　環境安全性ＷＧ

循環資源活用検討部会　環境安全性 WG

１．環境基準と安全性に関する「マニュアル」作成に向けて

本技術資料集において製品や施工例を紹介するにあたり、最近の省庁・自治体・業界団体のガイドラインや指針が引用されている。今回、当コンソーシアムのオブザーバーである国立環境研究所や（一社）泥土リサイクル協会　等の講演・セミナーを参考に、環境安全性マニュアルとしての活用について紹介する。

キーワード：復興資材活用方針、改良土、平常時　発生土　汚泥、災害時　一廃　産廃　災害廃棄物、土対法、廃棄物処理法、未利用資源、地盤工学会、国立環境研究所、日本鉱業協会

災害廃棄物は、2011 年（平成 23 年）3. 11 東日本大震災においては、がれき等全体で 86%、津波堆積物で 99%が再生資材化され、被災地の嵩上げや区画整理造成、道路・河川・海岸・港湾等の復旧材料に大いに利用された。

しかし、ストック材も含めリサイクル材は、平成 26 年以降、災害部局と復興部局の考え方の違いもあり、復旧・復興の建設現場での利用はあまり進んでいない。土取場から大量供給される山土･山砂、砕石等、従来からの新材の材料使用が大半である。

一方、資源循環コンソーシアムは、未利用資源としての石膏・スラグ等の活用も進めてきたが、単品としての取り扱いは最小限に留まっており、フッ素含有物に至っては殆ど取り扱われていない。

再生資材や循環資材は国交省等の指針の基準値をクリアできる。然るに、環境安全性において、発生源によっては建設資材や生活資材、工業製品への利用は制限を受けている。環境省の調査では、あまり利用されなかった材料・物質は、①石膏　②木くず・倒木･流木･解体材　③ソーラーパネル　等がある。

これらを踏まえて、災害廃棄物のみならず未利用資源・循環資源の普及拡大を図るため、最近の 5 か年間に「地盤工学会」や「国立環境研究所」、「日本鉱業協会」等により作成されたガイドラインを抜粋して、環境安全性の観点から、産業副産物の製造、利用・活用事例、試験方法、モニタリングを紹介するもの。

災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン

2014 年 10 月（公社）地盤工学会　https://www.jiban.or.jp/images/file/Guidelines_all.pdf

https://www.jiban.or.jp/file/organi/bu/chousabu/fukkoshizai/fukkoshizaiguideline141002_05.pdf

再生石膏粉の有効利用ガイドライン（第一版）

2019 年 5 月　国立研究開発法人 国立環境研究所

資源循環・廃棄物研究センター　http://www-cycle.nies.go.jp/jp/report/gypsumpowder.html

非鉄スラグ製品の製造・販売管理ガイドライン

2019 年４月　改正　日本鉱業協会　https://www.kogyo-kyokai.gr.jp/category/1864319.html

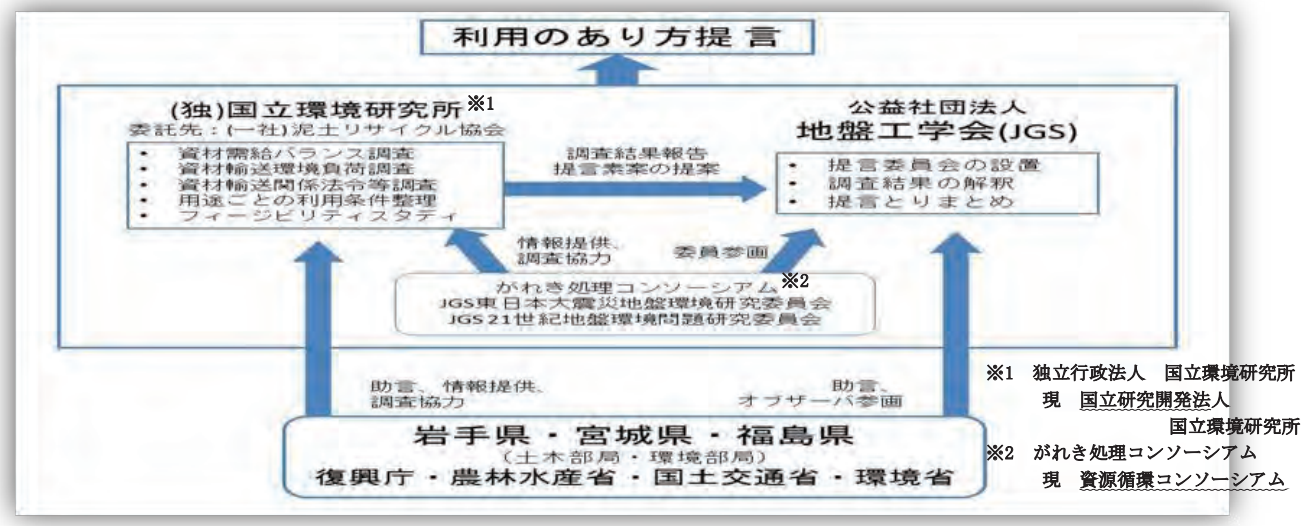
循環資材環境安全品質検査方法（事例分析）

2018 年２月　資源循環コンソーシアム「講演」　想定用途に応じた環境安全品質（国環研）

2．災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン

2014 年 10 月　（公社）地盤工学会

https://www.jiban.or.jp/images/file/Guidelines_all.pdf



環境安全性

土壌の汚染に係る環境基準の適用について
（3 倍基準等）

> 環境安全性については、土壌の汚染に係る環境基準（以下、土壌環境基準という）や土壌汚染対策法施行規則による汚染状態に関する基準を踏まえつつ、現状有姿や利用形態を勘案した適切な評価を行うものとする

2.5 環境安全性　　本編 P18～25

【解説】環境安全性については、土壌環境基準や土壌汚染対策法に基づく土壌溶出量基準及び土壌含有量基準（合わせて「汚染状態に関する基準」という。）を活用しつつ、自然由来等のために土壌環境基準をわずかに超過する分別土砂等については、現状有姿や利用形態を勘案した適切な評価を行い、利用後の管理・保管・モニタリング方法を含めた有効利用方法を考えることが重要である。　　（利用形態とモニタリングの考え方は、第 5 章を参照されたい）

土壌の汚染に係る環境基準の適用について（3 倍値基準）

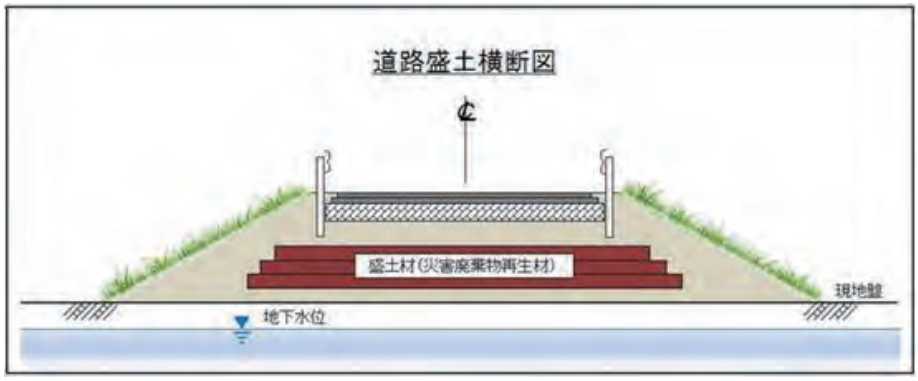
カドミウム、鉛、六価クロム、砒（ひ）素、総水銀、セレン、ふっ素およびほう素について、その土壌と地下水との関係より、土壌環境基準値と備考欄記載の基準値（3 倍値基準）の二つが規定されている。すなわち、基準不適合土壌が地下水面から離れており、かつ、「原状において」当該地下水中のこれら物質の濃度が地下水環境基準の値を超えていない場合には 3 倍値基準を適用できるものとしている。

表-2.2　土壌環境基準（重金属等（全シアンを除く。）について抜粋）

基準項目	環境上の条件（環境基準）	
		地下水から離れて、かつ原状において地下水が汚染されていない土壌（3倍値）
カドミウム[注1)]	0.01 mg/L以下	0.03 mg/L以下
鉛	0.01 mg/L以下	0.03 mg/L以下
六価クロム	0.05 mg/L以下	0.15 mg/L以下
砒（ひ）素	0.01 mg/L以下	0.03 mg/L以下
総水銀	0.0005 mg/L以下	0.0015 mg/L以下
アルキル水銀	検出されないこと	
セレン	0.01 mg/L以下	0.03 mg/L以下
ふっ素	0.8 mg/L以下	2.4 mg/L 以下
ほう素	1 mg/L以下	3 mg/L 以下

※ 参考として、千葉県の「建設発生土管理基準（平成 21 年改正別表第一、埋立て等に使用される土砂等の安全基準）」では、ほう素、ふっ素、砒素について、**環境基準の 3 倍の値**が安全基準として定められており、安全基準に適合する濃度であれば公共事業における活用が認められている。また、「原状において」は盛土等への利用後の状態を指すことになるため、盛土等への利用のためには、「地下水面から離れており」の状態を担保する必要がある。担保するための方法としては、盛土等に利用する範囲が地下水面下にならないよう地下水位の上昇を防止する施工方法および構造とすること、あるいは盛土等に利用する範囲が地下水面から離れた状態であることを、施工時および施工後のモニタリング（5.2 節、5.3 節参照）で確認すること等が考えられる。

※ 「地下水面から離れている」の解釈：例えば愛知県土壌汚染等対策指針 においては、愛知県内の年間地下水位の変動範囲を確認した上で、地下水面から離れている距離として 2m と設定している事例がある。

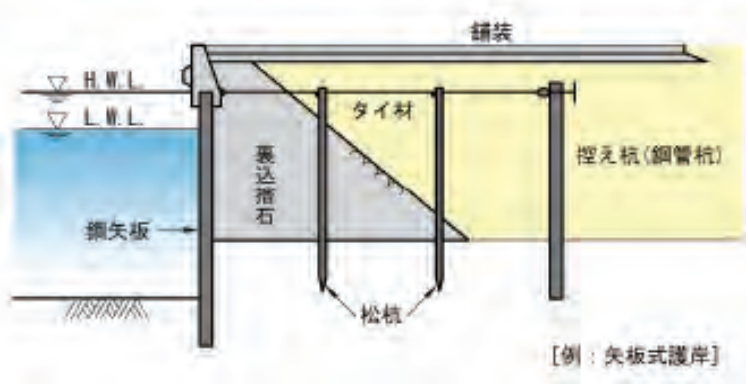


道路盛土と地下水の関係

沿岸域等での活用が明確な場合

海面埋立における利用について

海面埋立てに利用する場合は「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法」第 1 条で定められている水底土砂に係る判定基準に適合するものであることが求められており、水底土砂の埋立ての場所等に係る土壌であって埋立て終了後も同法に基づく護岸、外周仕切施設等により一般環境（周辺の土壌）から区別されているものは土壌環境基準の適用対象とならないこととされている



港湾施設の例

（平成 3 年 8 月 28 日付け環水土第 116 号環境庁水質保全局長通知）。

一方、埋立後に陸地化され、一般環境と区別されない場合は、土壌環境基準は適用される。

沿岸域での利用：ふっ素・ほう素の取扱いについて

埋立後の土地改変においては「土壌汚染対策法」いわゆる土対法が適用される可能性がある。土壌環境基準における海水由来と考えられるふっ素とほう素の取扱いについては、平成 13 年 3 月 28 日付け環水土第 44 号環境省環境管理局水環境部長通知に、「人為的な影響と自然的な影響の寄与度等については個別の事例ごとに異なるものと考えられ、人為的な影響と自然的な影響を区別して評価した上で、個別の事例ごとに判断する必要がある」とされている。

「海水の影響を受けていると考えられる土壌については、もっぱら自然的原因によるものとして一律に土壌環境基準の適用外とすることは、適用外とする土壌の範囲の特定を含めて非常に困難」であり、「汚染原因や周辺地下水への影響等を個別の事例ごとに総合的に評価して、土壌環境基準の適用の是非等を判断するものとする」とされている。

表-2.3　特定有害物質および汚染状態に関する基準
（重金属等（全シアンを除く。）について抜粋）

基準項目[注1)]	基準値	
	土壌溶出量基準	土壌含有量基準
カドミウム[注2)]	0.01 mg/L以下	150 mg/kg以下
鉛	0.01 mg/L以下	150 mg/kg以下
六価クロム	0.05 mg/L以下	250 mg/kg以下
砒（ひ）素	0.01 mg/L以下	150 mg/kg以下
水銀	0.0005 mg/L以下かつアルキル水銀が検出されないこと	15 mg/kg以下
セレン	0.01 mg/L以下	150 mg/kg以下
ふっ素	0.8 mg/L以下	4,000 mg/kg以下
ほう素	1 mg/L以下	4,000 mg/kg以下

用途と活用方法

復興資材については重金属等（全シアンを除く。）に関する項目についてのみ確認する。

カドミウム、鉛、六価クロム、砒（ひ）素、総水銀、セレン、ふっ素およびほう素について、その土壌と地下水との関係より、土壌環境基準値と備考欄記載の基準値（3 倍値基準）の二つが規定されている。

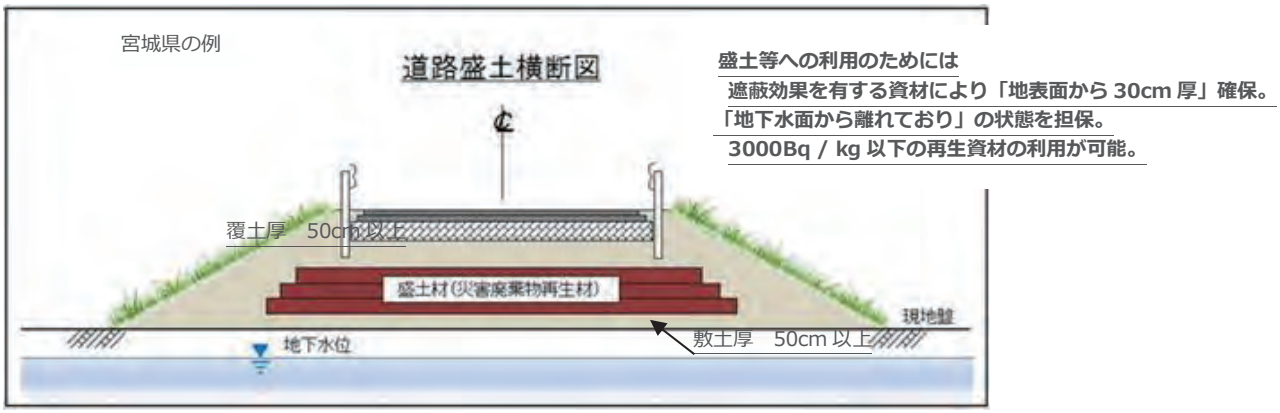
※宮城県の受入れ基準

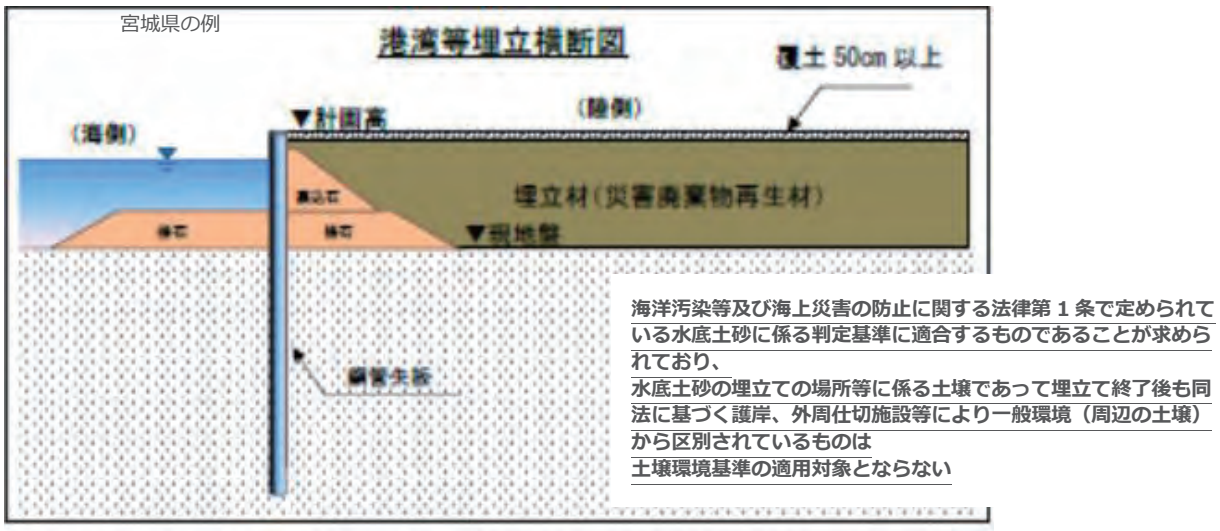
「管理された状態での災害廃棄物（コンクリートくず等）再生利用について」（平成 23 年 12 月 27 日環境省通知）、「災害廃棄物の再生利用と安全評価」（平成 24 年 5 月環境省廃棄物・ﾘｻｲｸﾙ対策部通知）を踏まえ、平成 25 年 1 月に宮城県環境生活部、平成 25 年 12 月に県土木部において各々「災害廃棄物由来の再生資材活用に関する受入れ基準」を定め、施行している。要約すれば、「管理された状態」での災害廃棄物の再生利用の考え方と安全評価について次のように記述している。

○道路の路盤材等へ利用する場合、周辺の被ばく線量が 0.01mSv / 年以下の管理された状態で利用することは可能。

○遮蔽効果を有する資材により地表面から 30cm 厚確保で、およそ 3000Bq / kg 以下の再生資材の利用が可能。

○ ただし、工事完了後適切に管理され、遮蔽された状態を維持する必要があるので、通常の補修等では交換されることのない資材として、公共事業における再生利用を基本とする。





2.8 その他留意すべき事項

復興資材のうち分別土砂には、除去しきれない木くず等の有機物が含まれているものがある。分別土砂を利用した構造物等への有機物の長期的な影響は不明であることから、有機物量によっては利用用途や地盤改良の適用等を考慮する。

【解説】

木くず等の有機物の含有量が少なければ発生土相当として活用できるが、有機物含有量が多ければ応力が作用しない部位など用途を限定したり、地盤改良等による措置を行う必要がある。一般的な土に含まれている有機物含有量の目安は強熱減量試験（JIS A 1226）23)によって得られる。JIS法で規定される強熱温度は750±50 ℃で、有機物のほかに結晶水や炭酸塩も焼失される。したがって、分別土砂に残存する木くず等有機物量の評価にはJIS法の強熱温度は高すぎ、330 ℃程度の強熱が適当であるとの報告もある。

5.1 モニタリングの基本的な考え方

災害廃棄物由来の復興資材、特に分別土砂には、(1) 有害物質への配慮が必要なもの、(2) 木くず等の有機物・可燃物の残存の影響が考えられるもの、(3) (1)および(2)には該当せず通常の土砂と同様に利用できるものとがある。

(1)の有害物質への配慮が必要なものとしては、利用用途を限定して基準超過した土砂を有効利用する場合などが考えられ、利用場所周辺の地下水等への影響を観測するためにモニタリングを行う。施工中と施工後が対象となる。

(2)の木くず等を含む材料については、材料がおかれた環境や木くずの混入率によっては木くずが分解し、沈下や汚水・ガス発生の可能性があるため、それによる環境影響の防止・監視を目的としてモニタリングを行う。主に施工後が対象となる。

(1)と(2)の両方の特性を有する分別土砂については、その両方の考え方に基づいてモニタリングを行う。

(3)の土砂については、通常の土工で行われているモニタリングに準じて実施する。

5.3 施工後のモニタリング

施工後のモニタリングは、復興資材の活用にともなう周辺環境への影響を把握し、必要に応じて対策につなげるため、復興資材の特性と用途に応じて適切な項目、位置、頻度を定めて実施する。

【解説】（抜粋）

5.1節で記したように、モニタリングの対象としては、(1) 有害物質の影響によるもの、(2) 木くず等の有機物・可燃物の残存の影響によるもの、が挙げられる。有害物質への配慮が必要なものとしては、利用用途を限定して基準を超過した土砂を有効利用する場合などが考えられ、利用場所周辺の地下水等への影響を観測するためにモニタリングを行う。

木くず等を含む材料については、材料がおかれた環境や木くずの混入率によっては木くずが分解し、沈下や汚水・ガス発生の可能性があるため、それによる環境影響の防止・監視を目的としてモニタリングを行う。

i) 地下水モニタリング

ii) ガスモニタリング

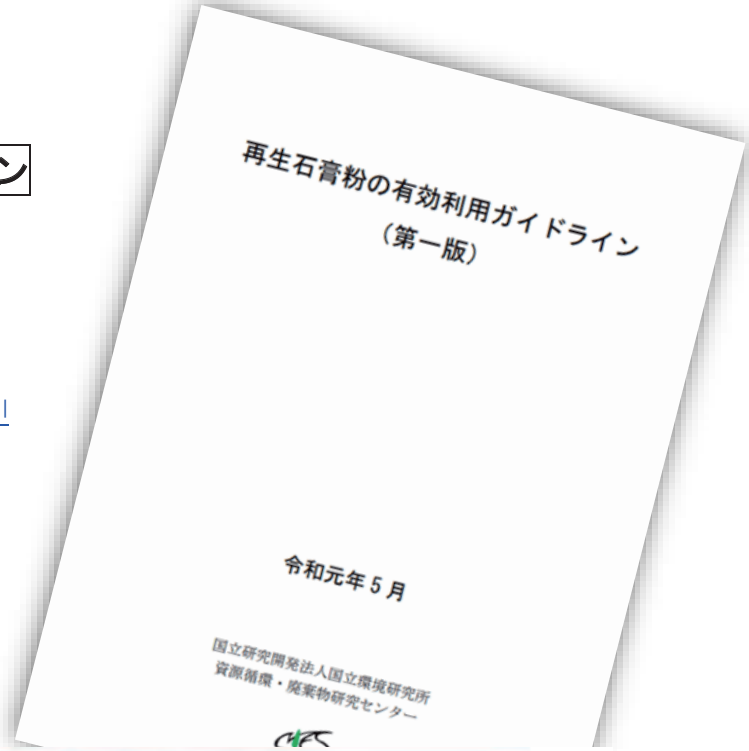
iii) モニタリングの評価基準値

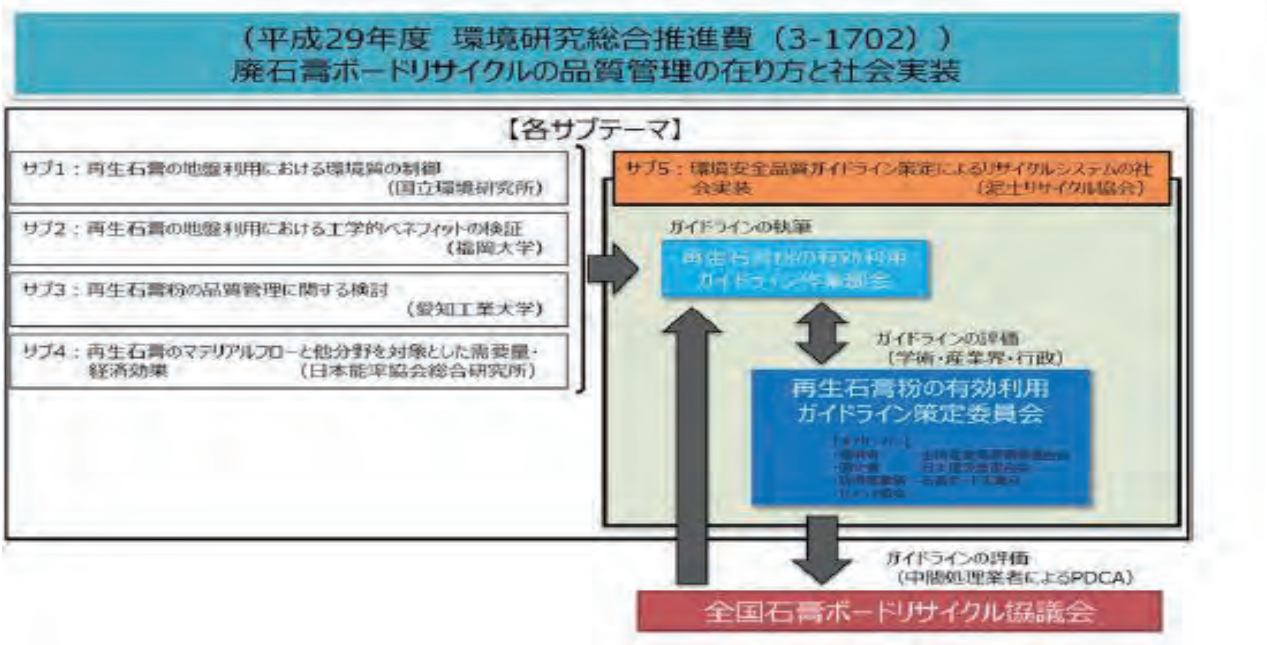
3．再生石膏粉の有効利用ガイドライン

（国環研　資源循環・廃棄物研究センター）

（第一版）　令和元年　2019 年 5 月

http://www-cycle.nies.go.jp/jp/report/gypsumpowder.html

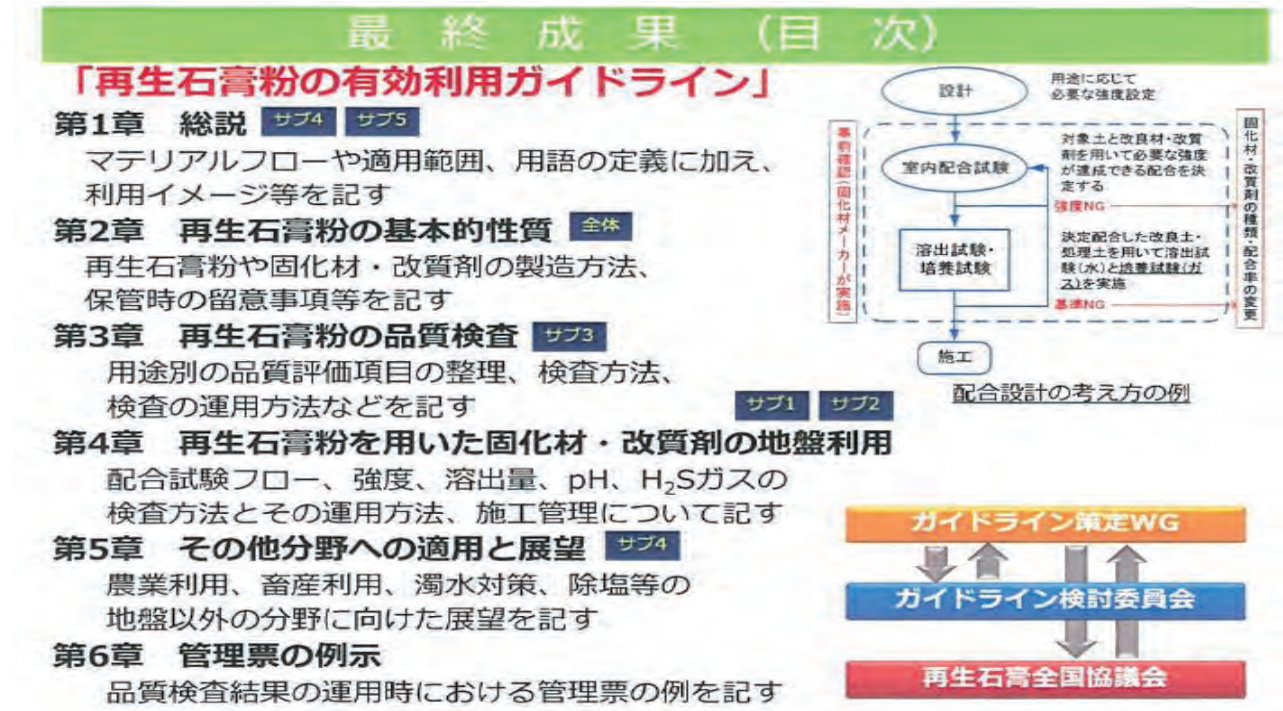




本ガイドラインは，平成 29～30 年度の 2 カ年にわたって実施された環境研究総合推進費「廃石膏ボードリサイクルの品質管理の在り方と社会実装（3-1702）」にてとりまとめたものである．

（一社）泥土リサイクル協会が事務局となり，作業部会でガイドライン原案の執筆を行い，策定委員会にて学術，行政，産業界からガイドラインの評価を，全国石膏ボードリサイクル協議会にて中間処理業者からの評価を頂いて作成した．

本ガイドラインで想定する廃石膏ボードは，国土交通省が作成した「廃石膏ボード現場分別解体マニュアル（平成 24 年 3 月）」に準じて適正な排出が行われた廃石膏ボード対象としており，分別解体マニュアルと対になって適正リサイクルを推進しようとするものである．本ガイドラインで想定する廃石膏ボードは，国土交通省が作成した「廃石膏ボード現場分別解体マニュアル（平成 24 年 3 月）」に準じて適正な排出が行われた廃石膏ボードを対象としており，分別解体マニュアルと対になって適正リサイクルを推進しようとするものである．



第1章 総説

1.1 目的

本ガイドラインは，今後も排出量が右肩上がりで増加することが予測される解体系の廃石膏ボードから，安全で良質な再生石膏粉を製造するためのリサイクルシステムを確立することが目的である．中間処理業者が再生処理をして製造する再生石膏粉，ならびに材料メーカー等が製造する再生石膏粉を用いた固化材・改質剤等（以下，「固化材等」と称す．）を対象とし，リサイクル業者が主導的になって整備・運用するものである．

【解説】

石膏ボードは，その優れた性能から建築物の内装材の主要資材として年間 400 万トン以上が生産使用されている 1,2)．図-1.1 に示すように，解体時に発生する廃石膏ボードの排出量は，今後，右肩上がりで増加することが予測されるが，再生利用は低迷している．

本ガイドラインは，解体系の廃石膏ボードのリサイクル率を向上させるために，中間処理業者が再生処理をして製造する再生石膏粉ならびに材料メーカー等が製造する固化材等を対象とし，リサイクル業者が主導的になって整備・運用することとした．特に，再生石膏粉および固化材等の建設業界への普及を図るために，需要側である発注者，設計者および施工業者をはじめ，供給側である中間処理業者および材料メーカーが再生石膏粉および固化材等を取り扱うに際し，品質および環境安全性を担保するための管理方法について示すとともに，具体的な利用用途も記述した．

ガイドラインの構成

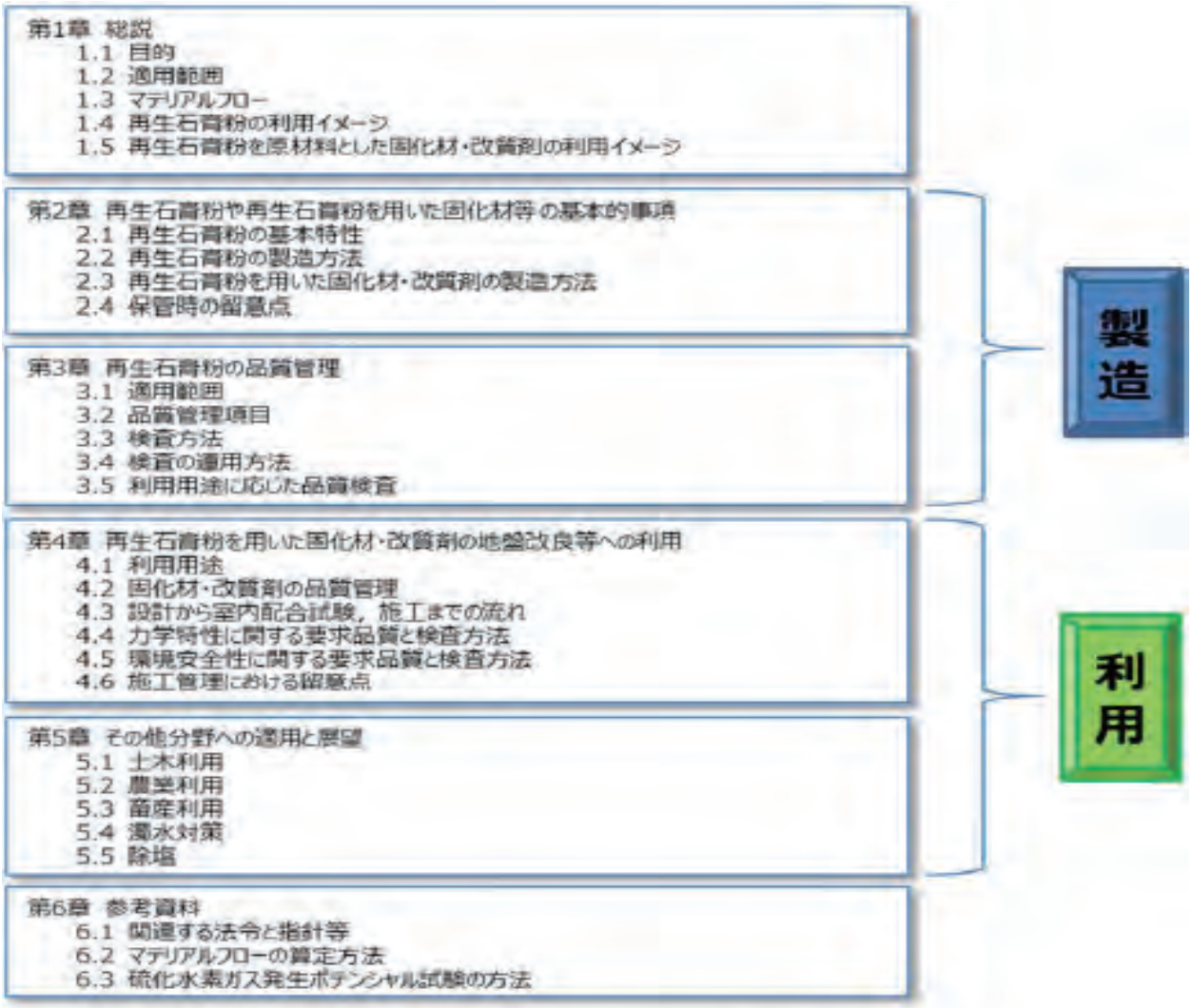


図-1.2　ガイドラインの構成図

第 1 章では，社会的背景を踏まえた本ガイドライン策定の目的を述べるとともに，本ガイドラインの適用範囲，廃石膏ボードのマテリアルフロー，ならびに再生石膏粉および固化材等の利用用途イメージを示す.

第 2 章では，再生石膏粉の基本特性と，再生石膏粉および固化材等の製造方法ならびに保管上の留意点を示す.

第 3 章では，再生石膏粉の品質管理に関して，目的・項目・方法と検査の運用ならびに利用用途に応じた品質検査について示す.

第 4 章では，再生石膏粉を用いた固化材等を地盤材料として利用するに際しての利用用途，品質管理，配合試験，強度ならびに環境安全品質に関する要求品質と検査，施工管理時の留意点について示す.

第 5 章では，再生石膏粉の地盤改良分野以外への適用性と展望を示す.

第 6 章の参考資料では，廃石膏ボードのリサイクルにあたって，遵守すべき関連法令と指針等，マテリアルフローの算定方法，硫化水素ガス発生ポテンシャル試験方法を示す.

1.5　再生石膏粉を原料とした固化材・改質剤の利用イメージ

再生石膏粉を原材料とした固化材等は，改良対象である地盤や土の特性と改良目的を踏まえ，適切な材料を選定して活用する．なお，ここで固化や改質の対象とする土は土壌汚染対策法の溶出量基準と含有量基準に適合した非汚染土とする．

（１）利用用途

(1)-1 固化材

泥土の材料特性を第1 種～4 種処理土の品質区分基準[5)]を満足するように改良することが目的.

(1)-2 改質剤

泥土の含水比や流動性を低下させて取扱いを容易にするのが目的であり，強度を必要としない.

（２）施工法（例）

(2)-1 軟弱地盤の原位置固化改良

(2)-2 盛土材等の改良・安定処理

(2)-3 建設汚泥をはじめとする高含水比泥土の改良・安定処理

(2)-4 発生土ならびに建設汚泥等の改質

（３）環境安全性（重金属等）に対する試験方法設定の考え方

再生石膏粉を原材料とした固化材等の環境安全性（重金属等）に対する試験方法（第4.5節）の設定の考え方は，土壌環境基準ならびに土壌汚染対策法の各通知に示される再利用物の考え方（参考1，参考2）に従うものとする.

ここで，再生石膏粉を用いた固化材・改質剤の用途の多くは土と混合して地盤改良を行うものであるので，参考1 の類型は（Ⅲ）に該当する．その場合は，当該通知に述べられているように，再生石膏粉を用いた固化材・改質剤を混合させた土に対して，土壌環境基準への適合性を判定するための試験（環境庁告示第46 号（平成3 年8 月23 日）（以下，H3 環告46 号とする））を適用することとする.

一方，再生石膏粉を用いた固化材・改質剤のうち，盛土等の構造物を構成するセメント固化体へ用いられるセメント等の助剤として使用される場合は，参考1 の類型は（Ⅰ）もしくは（Ⅱ）に該当する．その場合は，日本工業標準調査会「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書」の第2 章に示される「循環資材の環境安全品質及び検査方法に関する基本的考え方」に基づき，再利用物の想定されるライフサイクルの中で最も配慮すべき暴露環境に着目して試験方法を規定し実施することとする．ここで，セメント固化体の再利用は基本的に想定されないことから，セメント固化体のままの状態で評価が可能なJIS K 0058-1「スラグ類の化学物質試験方法－第1部：溶出量試験」の5.有姿撹拌試験を行うこととする.

また，直ちに最終処分される用途の場合は，管理型産業廃棄物処分場への受け入れのための判定試験「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」（環境庁告示第13 号（昭和48 年2月17 日）（以下，S48 環告13 号とする））を行うこととする．直ちに最終処分される用途としては，処分場運搬時の前処理としての改質が挙げられる.

第2章　再生石膏粉や再生石膏粉を用いた固化材等の基本的事項

2.1　再生石膏粉の基本特性

再生石膏粉は，結晶水の状態により特性が異なる．廃石膏ボードを破砕したのみでは再生二水石膏であるが，焼成処理することによって再生半水石膏や再生無水石膏となり，水との反応性が異なる再生石膏粉となる．そのため，再生石膏粉を保管する際，水（湿気を含む）との接触を防止するように配慮する必要がある．
石膏ボード製造時に微量の添加剤として有機系材料が使用されるため，再生二水石膏では有機物が残っているが，再生半水石膏では有機物が減少し，さらに再生無水石膏の場合には完全に消失する．

第3章 再生石膏粉の品質管理

3.1　適用範囲

本章で示す品質検査は，固化材等の製品の材料として製造される「再生石膏粉（二水，半水，無水）」に適用する．

本章では，図-3.1の赤枠で示した製品の原材料として製造される「再生石膏粉（二水，半水，無水）」について，品質検査項目および検査方法を規定する．

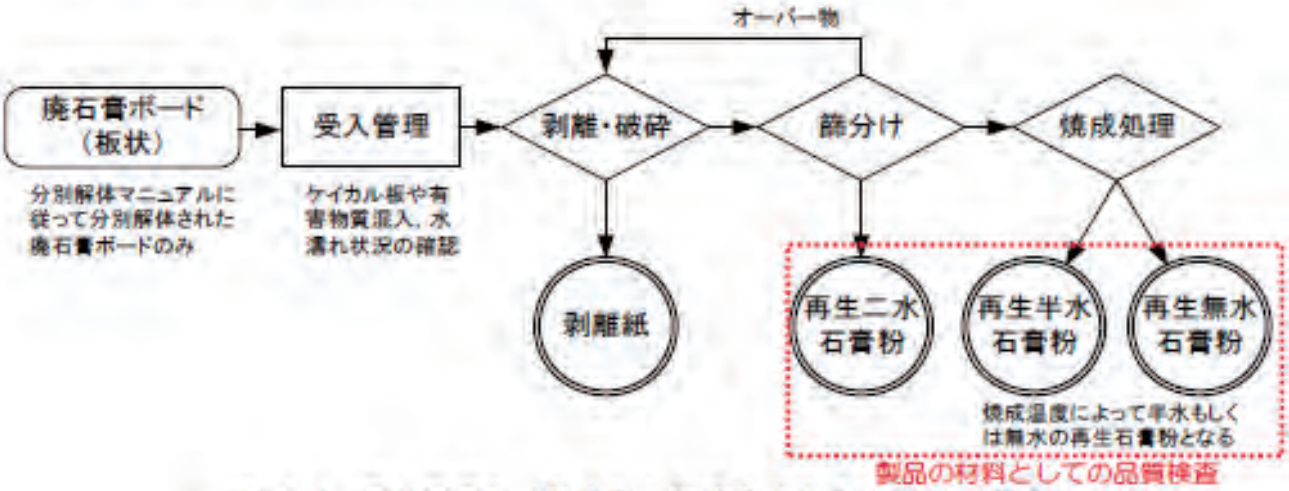


図-3.1　再生石膏粉の基本的な製造方法と品質検査の適用範囲

品質検査の管理票（例：定期検査用）

1. 石膏の種類： 二水 ・ 半水 ・ 無水	
2. 製造事業者名	
3. 製造場所：	
4. 製造年月日（製造期間）：	
5. 製造管理番号（製造ロット，略号等）：	

品質管理検査結果（定期検査結果）

検査実施日	
検査実施者	

夾雑物量	繊維分	wt%
	不溶解残さ分	wt%
石膏の割合	二水石膏	wt%
	半水石膏	wt%
	無水石膏	wt%
	測定方法： X線回折法 ： 化合水量と密度の関係（化合水量 wt%）（密 度 g／cm³）	
水素イオン指数（pH）		
重金属等の全含有量（表質調査方法）	カドミウム	mg／kg
	鉛	mg／kg
	六価クロム	mg／kg
	砒素	mg／kg
	総水銀	mg／kg
	セレン	mg／kg
	ふっ素	mg／kg
	ほう素	mg／kg

定期検査は第三者機関
ことを基本とする。

- 環境測定分析統一
（環境省）
- ISO/IECガイド43
能試験（日本分析
環境測定分析協会

上記のいずれかの外部
査に定期的に参加して
関にて実施することが

ただし，製造業者自体
に定期的に参加してい
造業者が自ら定期検査
ことを妨げない。

2019.08.23 25

品質検査の管理票（例：自主検査用）

1. 石膏の種類： 二水 ・ 半水 ・ 無水	
2. 製造事業者名	
3. 製造場所：	

品質管理検査結果（自主検査結果）

検査実施日・実施者			・
製造年月日（製造期間）			
製造管理番号（製造ロット，略号等）			
検査項目	夾雑物の混入状況（種類，量の観察）		
	最大粒径（粒度・寸法）		
	水分量	自由水量（乾燥温度：40±2℃）	
		化合水量（加熱温度：240～260℃）	
	水素イオン指数		

2019.08.23 24

再生石膏粉の品質管理票（定期検査用）

1. 石膏の種類： 二水 ・ 半水 ・ 無水	
2. 製造事業者名	
3. 製造場所：	
4. 製造年月日（製造期間）：	
5. 製造管理番号（製造ロット，略号等）：	

品質管理検査結果（定期検査結果）

検査実施日	
検査実施者	

夾雑物量	繊維分	wt%
	不溶解残さ分	wt%
石膏の割合	二水石膏	wt%
	半水石膏	wt%
	無水石膏	wt%
	測定方法 X線回折法 ・ 化合水量と密度の関係（化合水量 wt%）（密 度 g／cm³）	
水素イオン指数（pH）		
重金属等の全含有量（表質調査方法）	カドミウム	mg／kg
	鉛	mg／kg
	六価クロム	mg／kg
	砒素	mg／kg
	総水銀	mg／kg

再生石膏粉の品質管理票（自主検査用）

1. 石膏の種類： 二水 ・ 半水 ・ 無水	
2. 製造事業者名	
3. 製造場所：	

品質管理検査結果（自主検査結果）

検査実施日・実施者			・
製造年月日（製造期間）			
製造管理番号（製造ロット，略号等）			
検査項目	夾雑物の混入状況（種類，量の観察）		
	最大粒径（粒度・寸法）		mm
	水分量	自由水量（乾燥温度：40±2℃）	%
		化合水量（加熱温度：240～260℃）	%
	水素イオン指数		

検査実施日・実施者			・
製造年月日（製造期間）			
製造管理番号（製造ロット，略号等）			
検査項目	夾雑物の混入状況（種類，量の観察）		
	最大粒径（粒度・寸法）		mm
	水分量	自由水量（乾燥温度：40±2℃）	%
		化合水量（加熱温度：240～260℃）	%
	水素イオン指数		

検査実施日・実施者			・
製造年月日（製造期間）			
製造管理番号（製造ロット，略号等）			
検査項目	夾雑物の混入状況（種類，量の観察）		
	最大粒径（粒度・寸法）		mm
	水分量	自由水量（乾燥温度：40±2℃）	%
		化合水量（加熱温度：240～260℃）	%
	水素イオン指数		

【特記事項】

※保管期間は検査実施日より5年間とする。

環境安全品質（1）重金属類とpH

項目	一般用途溶出量基準 (mg/L)	港湾用途溶出量基準 注1) (mg/L)	処分場受入基準 注2) (mg/L)
試験方法	H3環告46号	JIS K 0058-1	S48環告13号
水銀（化合物を含む）	0.0005以下	0.0015以下	0.005以下
鉛（化合物を含む）	0.01以下	0.03以下	0.3以下
カドミウム（化合物を含む）	0.01以下	0.03以下	0.3以下
六価クロム（化合物を含む）	0.05以下	0.15以下	1.5以下
砒素（化合物を含む）	0.01以下	0.03以下	0.3以下
セレン（化合物を含む）	0.01以下	0.03以下	0.3以下
ふっ素（化合物を含む）	0.8以下	15以下	-
ほう素（化合物を含む）	1以下	20以下	-
参考とした基準等	土壌環境基準	建設分野の規格への環境側面の導入に関する指針附属書I	金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準

【pH検査】
- 中性固化材の場合，懸濁液pHは5.8以上，8.6以下
- 固化材，改質材の懸濁液pHが9.5未満の場合は，硫化水素ガス発生検査を実施する。
- なお，pH検査は溶出試験の検液で実施してもよい。

環境安全品質（2）硫化水素ガス

再生石膏粉は，嫌気性条件や中性域，pH等の条件が揃うと硫化水素ガスが発生する。ただし，無水再生石膏粉のように熱処理を加えたものは新材石膏と同様の性質であり，ガス発生リスクはない。
なお，半水再生石膏も完全では無いが，ガス発生のリスクが軽減されている。

試料
試料組成
石膏粉or土混合物 20g（乾燥重量）
窒素曝気蒸留水 40g
ヘッドスペース部を窒素置換

培養開始 培養温度：40℃
培養期間：1～4週間

培養終了 硫化水素ガス濃度測定

利用施設の構造（温泉利用施設）	換気構造（換気口または換気装置）の開口部を2カ所以上設ける。そのうち1カ所は浴室床面と同じ水準に設ける
浴槽湯面から上位10cmの位置の濃度	20 ppmv
浴室床面から上位70cmの位置の濃度	10 ppmv

- 土壌のみであっても数十ppmの硫化水素ガスが発生する。
- 温泉利用基準は20ppmで規定されている。
- 土壌中で20ppmの硫化水素ガスが発生したとしても，周辺土壌によって吸着・吸収され，大気濃度としては無臭のレベルに低下する。

本試験結果が **20 ppmv以下** であればOK

※ただし、土壌単味で20 ppmv以上の場合は、土壌のみと同程度の濃度までOKとする。

第4章　再生石膏粉を用いた固化材・改質剤の地盤改良等への利用

4.1　利用用途

再生石膏粉を用いた固化材，改質剤の用途は，主に，固化による力学性能等の向上と改質によるハンドリング（搬送性，篩い分け性能）の向上がある．本章では，再生石膏粉を単味または他の材料と混合した材料を，固化材または改質剤として使用する場合の利用用途について示す．これらの固化材，改質剤を使用する際には，用途に応じた要求品質を満たすことを事前の各種試験等により確認する必要がある．なお，ここで固化や改質の対象とする土は，土壌汚染対策法の溶出量基準と含有量基準に適合した非汚染土とする．

【解説】

（1）利用用途の種類

再生石膏粉の利用形態は，①固化材，②改質剤の2 種類に大きく分けられる．それぞれの目的は次のとおりである．

(1)-1 固化材

軟弱な土や浚渫土の固化もしくは締固め特性の向上による力学性能の向上（例：軟弱地盤の支持力増加，トラフィカビリティの向上，軟弱土の盛土材としての利用，軟弱地盤の改質による路床、路盤材への利用）

(1)-2 改質剤

造粒による高含水・高粘性の土からの夾雑物選別の性能向上や，廃棄物混じり土からの廃棄物の選別，コーン指数の増加による運搬性向上．

例：篩いによる土中夾雑物選別，泥濘土(qc＜200 kN/m2)に対するダンプトラック等の搬送性確保），軟弱土の路盤材，路床材としての利用．

利用形態における**「主材」**とは，その材料成分の多くが再生石膏粉であり，中性域であることを特徴とした固化材または改質剤を指す．

また，**「助剤」**とは，固化材または改質剤の機能を高めるために，再生石膏粉をセメントや石灰等の助剤として配合した材料を指す．なお，固化材・改質剤の主材は再生石膏粉単味の場合もある．

（2）使用に際しての留意点

これらの固化材，改質剤を使用する際には，第4.3 節に基づき，用途に応じた要求品質を満たすことを事前の各種試験等により確認する．また，再生石膏粉はふっ素等の重金属等の溶出量が大きいものが多いこと等から，第4.5 節に基づき，改良土に対して環境安全品質に関する検査を実施する．

４．非鉄スラグ製品の製造・販売管理ガイドライン

2019 年４月　改正　　https://www.kogyo-kyokai.gr.jp/category/1864319.html

【問合せ先】日本鉱業協会技術部　℡：03-5280-2327

非鉄スラグ製品の安全性および信頼性の確保並びに利用促進のため、「非鉄スラグ製品の製造・販売管理ガイドライン」（以下「ガイドライン」という。）を策定し、製品の適切な製造、販売および利用に取り組んできた。近年の環境への関心の高まりに伴い、スラグ製品の用途に対する規制は厳しくなりつつあります。スラグ製品は資源循環のリサイクル製品でありますと同時に、生産者といたしましても、スラグ製品が環境に適応した材料であることを証明できる体制を整える必要があり、新たに環境安全品質規定を織り込み、2016 年 2 月にガイドラインを大幅に改正。2016 年 3 月から運用を開始し、2017 年 9 月 30 日付けでガイドラインの改正。「非鉄スラグ製品の製造・販売管理委員会」のご指摘ご指導を経て、更なる管理強化と運用改善のために、2019 年 3 月 29 日付けで、ガイドラインの改正を行いました。

◇20190401_非鉄スラグ製品の製造・販売管理ガイドライン.pdf

◇20190401_ガイドライン見直しのポイント.pdf

◇20190401_「非鉄スラグ製品の製造・販売管理委員会」委員名簿.pdf

非鉄スラグ製品の製造・販売管理ガイドライン見直しのポイント

日本鉱業協会は、非鉄スラグ製品に起因する問題の発生の防止対策として、2005 年 9 月に非鉄スラグ製品の製造販売管理ガイドラインを作成し、2008 年 2 月に改正。その後、環境安全品質が規定され且つ、昨今のスラグ問題に対応すべく、非鉄スラグ製品の一層の管理強化に向けて、2016 年 2 月にガイドラインを大幅に改正した。改正されたガイドランに沿って各社適正に管理運用を行ってきた。しかし、外部環境の変化と更なる管理強化・運用改善のために以下の点についてガイドラインを改正する。

（1）非鉄スラグ製品のガイドラインを遵守する対象者の更なる明確化

ガイドラインを遵守すべき対象者を明確にするために、改正前のガイドラインでは、「対象となる製造・販売する関係会社」とのみ規定されていたものを、「対象となる製造・販売する関係会社及び事業所」と追記した。

（2）廃棄物として処理される非鉄スラグの扱い

改正前のガイドラインでは、2-2. 廃棄物として処理される非鉄スラグの取り扱いとして、「各会員及び製造・販売する関係会社」（以下「各会員」という。）は、使用場所・用途に応じて適用する「品質及び環境安全品質」を満たさない非鉄スラグは非鉄スラグ製品として販売しない。と規定しているため、両方の条件を満たすことが必須である必要がある。実際の運用上は、and と or の両方の意味を持たせなければいけないため、当該部分の表現を、「品質及び/又は環境安全品質」と変更する。

（3）出荷検査時に従う規定、取り決めについて

4-3. 出荷検査において、非鉄スラグ製品の出荷検査は、原則として、「各会員」により、JIS、または需要家との間の取り決めに従い行われることとする。と規定されていたが、JIS、本ガイドライン、需要家との取り決め、と明確にした。

（4）不適切な販売取引の防止

改正前ガイドラインにおいて、6-3. 受注前、（4）販売上の留意点、として、

「各会員」が支払う運送費や業務委託費等が販売代金以上となるおそれがある場合は、販売先以外の第三者を運送業者や業務委託先等として選定しなければならないことを規定したが、非鉄スラグにおいては業務委託費を支払った事例がなく、「業務委託費等」「業務委託先等」の部分を削除するとともに、誤解を招かぬよう、輸送業者の選定先を販売先及び施工業者以外の第三者、と追記した。

（5）環境安全品質への適合性強化

6-4. 受注・納入に際し、非鉄スラグ製品が使用される場所に応じて適用される環境安全品質とそれへの適合性について需要家に提示するため、コンクリート用銅スラグ骨材及びアスファルト混合物用銅スラグ骨材は、環境安全形式検査成績表と混合率の上限を提出しなければならないと規定していたが、正確性を高めるため、コンクリートの単位量の上限を規定すると変更した。

また、新たな用途として銅スラグ、亜鉛スラグの黒い特徴を生かした意匠材としての利用を追加した。

非鉄スラグ製品の使用場所・用途

使 用 可： ○
使用不可： ―

用　　途			非鉄スラグ		
大区分	中区分	小区分	フェロニッケルスラグ	銅スラグ	亜鉛スラグ
コンクリート工	一般用途	細　骨　材	○	○	―
		粗　骨　材	○	―	―
		レジコン用混和材	○	―	―
	港湾用途	細　骨　材	○	○	―
		粗　骨　材	○	―	―
コンクリート二次製品		細　骨　材	○	○	○
舗装工	アスファルト混合物	アスファルト混合物用骨材	○	○	―
	路盤材	路盤材用骨材	○	―	―
		路　盤　材	○	―	―
	路床材	路床材用骨材	○	―	―
		路　床　材	○	―	―
土工	一般用途	盛土材, 覆土材, 積載盛土材	○	―	―
		造成材、埋戻材	○	―	―
		地盤改良材	○	―	―
		そ　の　他	○	―	―
	港湾用途	ケーソン中詰材	○	○	○
		地盤改良材	○	○	―
		裏　込　材	○	○	―
		藻場, 浅場, 干潟、覆砂材	○	―	―
		埋立材、裏埋材	○	―	―
建築用途		建材用原料	○	○	○
		建築資材	○	―	―
ブラスト材		サンドブラスト材	○	○	○
原　　料		鋳　物　砂	○	―	―
		セメント用原料	○	○	○
		肥料材料	○	―	―
		造　滓　材	○	○	―
		製鉄用鉄源	―	○	―
		溶接用フラックス	○	―	―

５．循環資材環境安全品質検査方法（事例分析）

2018 年 2 月 13 日　資源循環コンソーシアム　幹事会における肴倉宏史室長の講演内容より抜粋して掲載　（於　SS30 ビル　宮城大学サテライト教室）

2018.02.13
資源循環コンソーシアム

循環資源への環境安全品質の規定に関する現状と課題

国立研究開発法人国立環境研究所
資源循環・廃棄物研究センター
肴倉 宏史

“循環資材”

副産物・廃棄物の種類		年間発生量
建設副産物・廃棄物	建設発生土 [a]	1.4 億 m^3
	コンクリート塊 [a]	3090 万トン
	アスファルト・コンクリート塊 [a]	2580 万トン
	廃石膏ボード [e]	141 万トン
	建設汚泥 [a]	660 万トン
鉄鋼スラグ [b]	高炉スラグ	2406 万トン
	製鋼スラグ（転炉）	1161 万トン
	製鋼スラグ（電気炉）	262 万トン
非鉄スラグ [c]	銅スラグ	300 万トン
	フェロニッケルスラグ	230 万トン
石炭灰 [d]		1262 万トン
下水汚泥（再生利用量） [f]		227 万トン
一般廃棄物焼却灰（溶融スラグを含む） [g]		483 万トン

a 平成24年度産業廃棄物実態調査　b 鉄鋼スラグ統計年報（平成27年度実績）　c 日本鉱業協会調べ（平成20年度実績）　d 石炭灰全国実態調査報告書（平成26年度実績）　e 石膏ボード工業会（平成22年時点での平成29年推計値）　f 産業廃棄物排出・処理状況調査（平成25年度実績）　g 日本の廃棄物処理 平成25年度版

循環資材中の微量有害物質（重金属等）

基準等を超えることのある（あった）物質

	含 有	溶 出	由 来
建設発生土		砒素、鉛、ふっ素など	自然、人為
コンクリート塊		六価クロム	セメント
製鋼スラグ	ふっ素	ふっ素	副資材
銅スラグ	鉛、ヒ素		鉱石
石炭灰		砒素、ほう素など	石炭
廃石膏ボード		ふっ素	鉱石、製造過程
焼却灰、溶融スラグ	鉛など	鉛など	廃棄物

対象	名　称	発行年、改正年等	発行元
総合	コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書【基本的な考え方を提示】	2012	経済産業省
	港湾・空港等整備におけるリサイクルガイドライン 【循環資材の環境安全品質の導入状況をとりまとめ、一部新たに提案】 改正作業中	2015	国土交通省
スラグ類 鉄鋼スラグ 非鉄スラグ 溶融スラグ	JIS A 5011-1　コンクリート用スラグ骨材－第1部：高炉スラグ骨材	2013	日本工業標準調査会
	JIS A 5011-2　コンクリート用スラグ骨材－第2部：フェロニッケルスラグ骨材	2016	
	JIS A 5011-3　コンクリート用スラグ骨材－第3部：鋼スラグ骨材	2016	
	JIS A 5011-4　コンクリート用スラグ骨材－第4部：電気炉酸化スラグ骨材	2013	
	JIS A 5015　道路用鉄鋼スラグ	2018	
	JIS A 5031　一般廃棄物，下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材	2016	
	JIS A 5032　一般廃棄物，下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化した道路用溶融スラグ	2016	
	JSTM H 8001　土工用製鋼スラグ砕石	2016	建材試験センター
	港湾・空港・海岸等における製鋼スラグ利用技術マニュアル	2015	沿岸技術研究センター
	港湾・空港工事における非鉄スラグ利用技術マニュアル	2015	
石炭灰	港湾工事における石炭灰混合材料の有効利用ガイドライン　改正作業中	2011	石炭エネルギーセンター
	石炭灰混合材料有効利用ガイドライン　震災復興資材編　将来，土木学会指針化	2014	
	石炭灰混合材料有効利用ガイドライン　高規格道路盛土編	2015	
	石炭灰混合材料有効利用ガイドライン　エージング（既成）灰編	2016	
再生石膏	再生石膏を用いた農業用土壌改良資材の環境安全品質ガイドライン 土木用を作成中	2014	石膏再生協同組合
災害廃棄物	災害廃棄物焼却主灰を原料とする再生資材の地盤材料利用を対象とした物性評価スキーム第一版概要版	2012	地盤工学会
	災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン	2014	

“環境安全品質”とは？

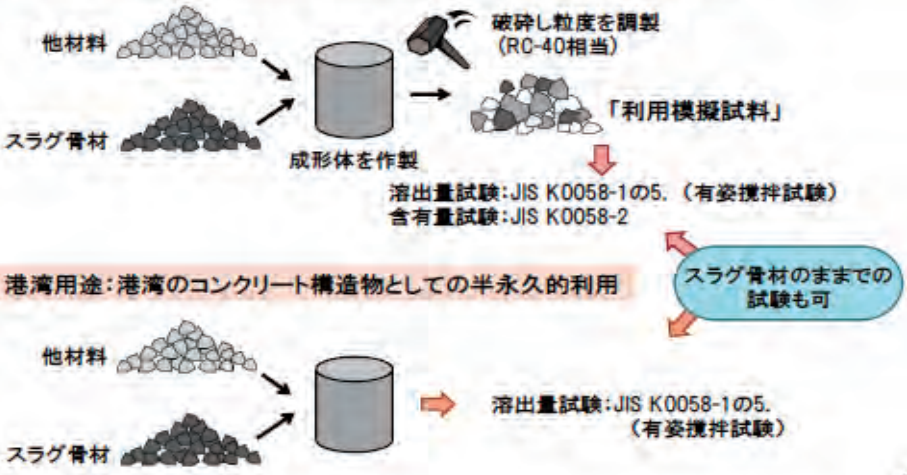
- 資材の出荷から，施工や製品の製造時及び利用時までのみならず，その利用が終了し，解体後の再利用時又は最終処分時も含めたライフサイクルの合理的に想定しうる範囲において，資材から影響を受ける土壌，地下水，海水等の環境媒体が，各々の環境基準等を満足できるように，循環資材が確保すべき品質

「コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書」（平成24年3月 日本工業標準調査会）による定義を一部修正

9

試験項目と試験方法 （例：コンクリート用骨材）

一般用途：コンクリートとしての利用後に破砕され、路盤材として再利用



港湾用途：港湾のコンクリート構造物としての半永久的利用

16 16

環境安全品質の基本的な考え方

(5) 環境安全品質を保証するための合理的な検査体系

かたしき
環境安全形式検査

環境安全品質基準への適合を確認

利用形態を模擬した
試料調製と試験が基本

全項目を検査

うけわたし
環境安全受渡検査

環境安全形式検査に合格したものと
同じ方法で製造されたものについて，
環境安全品質を速やかに保証する

循環資材や出荷製品を
用いて検査

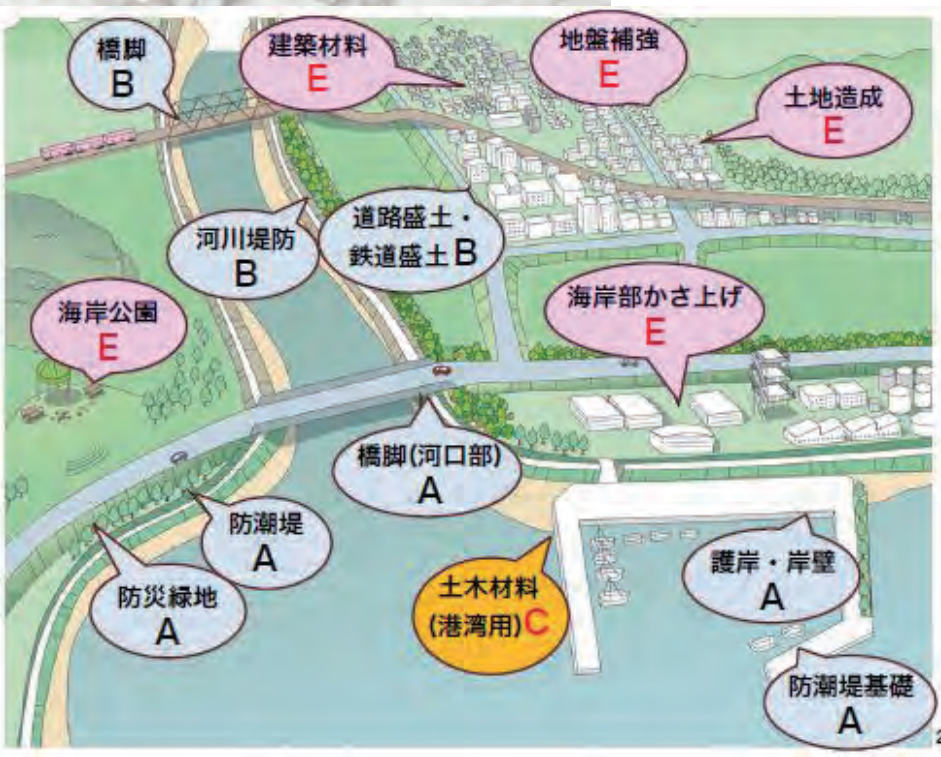
項目を絞ってロット毎に検査

20

事例1

石炭灰混合材料の環境安全品質と検査方法
(石炭エネルギーセンターガイドライン)

- 検査の流れ
- 放出経路等に基づく類型の判断
- 試験方法　(環境安全形式検査)
- 試験方法　(環境安全受渡検査)
- 検査の運用方法



27

環境安全品質と検査方法

環境安全受渡検査

試験方法

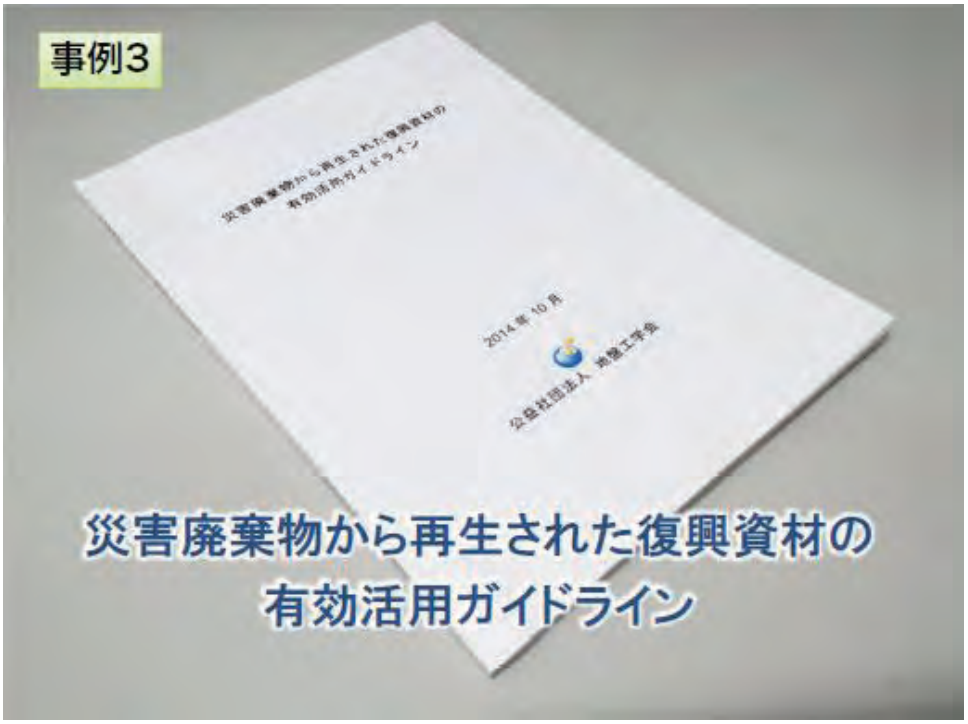
試料：現地で受渡しが行われる石炭灰混合材料を代表するもの
試料の調製・試験方法：環境安全形式検査と同様に行う

検査項目

類型	試験の種類	必須	省略可※	省略
A, B	溶出量試験	六価クロム，ヒ素，セレン，ふっ素，ほう素	カドミウム，鉛，水銀	－
C, D, E	溶出量試験	六価クロム，ヒ素，セレン，ふっ素，ほう素	カドミウム，鉛，水銀	－
	含有量試験	－	鉛，六価クロム，ヒ素，セレン，ふっ素，ほう素	カドミウム，水銀

※環境安全形式検査の結果をもとに，石炭灰混合材料製造業者と利用者との合意の上，省略できる。

35



1) 土壌の汚染に係る環境基準の適用について（3倍値基準）

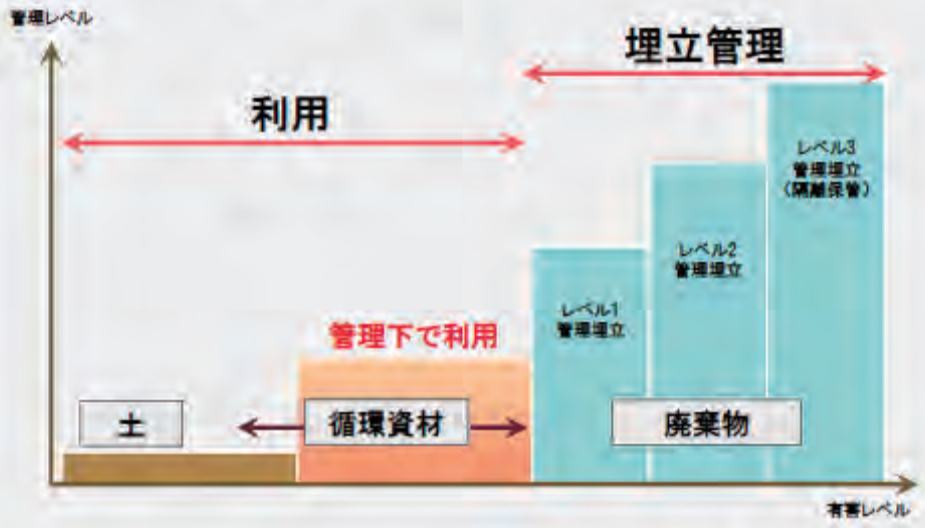
カドミウム、鉛、六価クロム、砒（ひ）素、総水銀、セレン、ふっ素およびほう素について、その土壌と地下水との関係より、土壌環境基準値と備考欄記載の基準値（3倍値基準）のふたつが規定されている。すなわち、基準不適合土壌が地下水面から離れており、かつ、原状において当該地下水中のこれら物質の濃度が地下水環境基準の値を超えていない場合には3倍値基準を適用できるものとしている。

ただし、3倍値基準の適用は「原状において」の制約条件があり、盛土等に適用された事例はない。

※ 参考として、千葉県の「建設発生土管理基準[10]（平成21年改正別表第一、埋立て等に使用される土砂等の安全基準、備考2）」では、ほう素、ふっ素、砒素について、環境基準の3倍の値が安全基準として定められており、安全基準に適合する濃度であれば公共事業における活用が認められている。

56

土－循環資材－廃棄物の一体的な評価体系の提案を目指して



土壌環境基準・土壌汚染対策法との整合

- 状態（環境省通知の分け方）
  - 固める ⇒ 土壌に非ず（溶出：プロペラ可、含有：不要で良いか）
  - 土と混ぜない ⇒ 土壌に非ず（溶出：プロペラ可、含有：全通？？）
  - 土と混ぜる ⇒ 土壌（土壌試験に従い2 mmで篩うと偏るが、良いか）
- 曝露経路
  - 溶出経路のみ ⇒ 含有量試験不要（土と混ぜる場合も不要で良いか）
  - 溶出経路、直接摂取経路の両方があり得る ⇒ 溶出と含有の両試験が必要。
  - 土壌汚染対策法の対象となり得る ⇒ 両試験が必要。2 mm篩いで良いか

環境安全品質基準

	溶出量基準 [mg/L]		含有量基準
	一般用途	港湾用途	[mg/kg]
カドミウム	0.003 以下	0.009 以下	150 以下
鉛	0.01 以下	0.03 以下	150 以下
六価クロム	0.05 以下	0.15 以下	250 以下
ひ素	0.01 以下	0.03 以下	150 以下
水銀	0.0005 以下	0.0015 以下	15 以下
セレン	0.01 以下	0.03 以下	150 以下
ふっ素	0.8 以下	15 以下	4000 以下
ほう素	1 以下	20 以下	4000 以下

19

(公社)地盤工学会 “災害からの復興における災害廃棄物、建設副産物及び産業副産物の有効利用のあり方に関する提言検討委員会” (略称：復興資材提言委員会)

委員

勝見　武（委員長）	京都大学大学院　地球環境学堂
今西　肇	東北工業大学　工学部
大河原　正文	岩手大学　工学部
大嶺　聖	長崎大学大学院　工学研究科
風間　基樹	東北大学大学院　工学研究科
菊池　喜昭	東京理科大学　理工学部
阪本　廣行	(株)フジタ　建設本部
佐藤　研一	福岡大学　工学部
鈴木　弘明	日本工営(株)　中央研究所
中島　誠	国際環境ソリューションズ(株)
久田　真	東北大学大学院　工学研究科
保高　徹生	産業技術総合研究所

オブザーバー

大迫　政浩	(独)国立環境研究所
肴倉　宏史	(独)国立環境研究所
遠藤　和人	(独)国立環境研究所
佐々木　克幸	岩手県　県土整備部
佐々木　秀幸	岩手県　環境生活部
遠藤　秀則	岩手県　環境生活部
田村　良彦	岩手県　環境生活部
舛谷　成幸	宮城県　土木部

オブザーバー（続き）

宮城　英徳	宮城県　環境生活部
佐々木　源	宮城県　環境生活部
児玉　博史	福島県　土木部
高畑　修	福島県　土木部
柳沼　平	福島県　生活環境部
大谷　琢磨	復興庁　地域班／インフラ構築班
土肥　学	国土交通省　総合政策局
西川　絢子	国土交通省　港湾局
宮田　真幸	環境省　廃棄物・リサイクル対策部
柳田　貴広	環境省　水・大気環境局土壌環境課
高添　覚	農林水産省　大臣官房　環境政策課
日下部　浩	農林水産省　林野庁　森林整備部
馬場　和孝	農林水産省　農村振興局
北野　吉幸	リサイクルポート推進協議会
守屋　政彦	リサイクルポート推進協議会

事務局

岸田　隆夫	(公社)地盤工学会
伊佐治　敬	(公社)地盤工学会
野口　真一	(一社)泥土リサイクル協会
中村　吉男	(一社)泥土リサイクル協会
西川　美穂	(一社)泥土リサイクル協会

参 考 資 料 － 1

資源循環コンソーシアム第 14 回全体会議　講演
令和2年2月21日（金）15:50～16:50
仙台市中小企業活性化センター　セミナールーム（2）B

地盤工学におけるリサイクル材（未利用資源）の活用と課題

福岡大学工学部

社会デザイン工学科・道路土質研究室

教授　佐藤研一 氏

1. 多様化するリサイクル材について
   リサイクル材（未利用資源）
2. 鉄鋼スラグについて
3. 石炭灰について
4. 廃石膏ボードについて
5. 多様化するリサイクル材の展望

以下　パワーポイント（PDF）参照

資源循環コンソーシアム第14回全体会議
令和2年2月21日（金）15:50～16:50
中小企業活性化センター　セミナールーム（2）B

地盤工学におけるリサイクル材（未利用資源）の活用と課題

福岡大学工学部
社会デザイン工学科・道路土質研究室
教授　佐藤研一

FUKUOKA UNIVERSITY

地盤工学におけるリサイクル材(未利用資源)の現状と課題

1. 多様化するリサイクル材について

リサイクル材（未利用資源）
2. 鉄鋼スラグについて
3. 石炭灰について
4. 廃石膏ボードについて

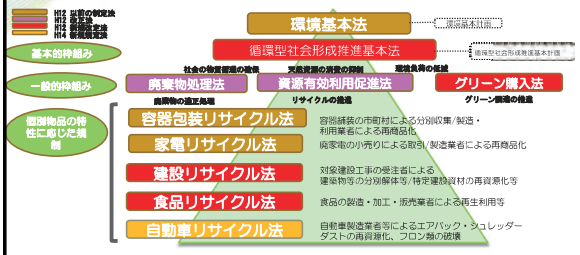
5. 多様化するリサイクル材の展望

2

---

1. 多様化するリサイクル材について

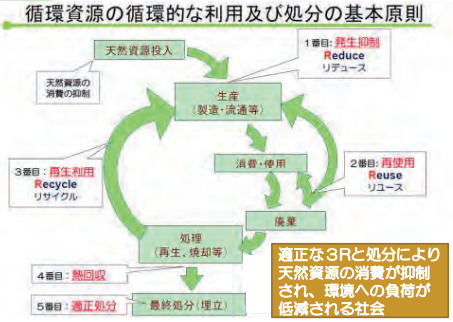
循環型社会形成推進のための法体系



1993年に環境基本法が制定され、以降2000年に整備された循環型社会形成促進基本法のもと、廃棄物の適正処理を規制する廃棄物処理法、リサイクルを促進する資源有効利用促進法、グリーン調達の推進するグリーン購入法の枠組みの下に、個別物品の特性に応じた規制が作られ、有効な資源のリサイクルを推進している。

FUKUOKA UNIVERSITY

循環資源の循環的な利用及び処分の基本原則



日本では循環資源の循環的な利用及び処分の基本原則[1)]があり、適正な3R（リデュース、リユース、リサイクル）と処分により、天然資源の消費が抑制され、環境への負荷が低減される社会を構築する取り組みが推進されている。

FUKUOKA UNIVERSITY

副産物？　廃棄物？　循環資源？

- 副産物：主たる業（金属製錬、発電、製紙等）を行う際に発生する産物。
  - 鉄鋼スラグ・非鉄スラグ、石炭灰、製紙スラッジ等
- 「建設副産物」：
  - 廃コンクリート、廃アスファルトコンクリート、建設発生土等
- 廃棄物：（定義は難しいが、一言で言えば）不要な物。
  - 家庭ごみ、下水汚泥、建設廃棄物（石膏ボード等）
- これらのうち、資源としての価値があるもの：「循環資源」

FUKUOKA UNIVERSITY

リサイクル材の有効利用の目標と方策

国土交通省（2014年）：建設リサイクル推進計画を発表。

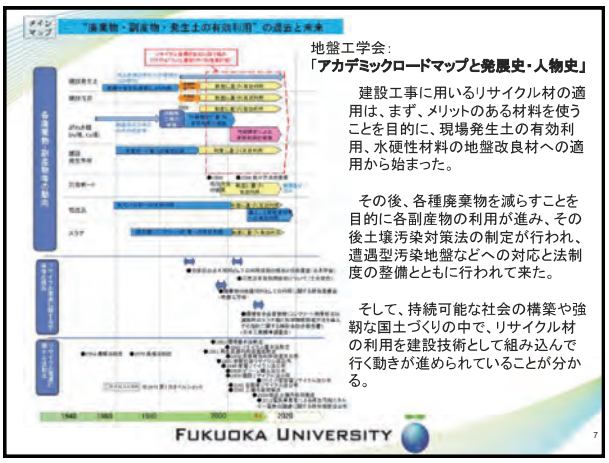
中期的に目指すべき方向性
①将来的な建設副産物発生量増加に伴う対応、
②地域ごとに異なる建設リサイクルに係る課題へ対応、
③循環型社会に形成に向けた建設リサイクル分野としての貢献

政府

「第4次環境基本計画」（平成24年4月27日閣議決定）
「物質循環の確保と循環型社会の構築のための取り組み」に関する目標！
①廃棄物の発生抑制、適正な循環利用の推進、適正な処分の確保により、天然資源消費の抑制による環境負荷低減を目指す、
②資源の確保、安心・安全の確保による循環の質の向上、
③地域に根ざし、地域で自発的に行われる循環型社会の形成を目指す
「第3次循環型社会形成推進基本計画」（平成25年5月31日閣議決定）平成42年までの目標
①自然界における循環と経済社会における循環が調和する社会、
②3R型ライフスタイルと地域循環圏の構築、
③資源効率性の高い社会経済性システムの構築、
④安心・安全の実現、
⑤国際的取組

FUKUOKA UNIVERSITY

6



地盤工学会:
「アカデミックロードマップと発展史・人物史」

建設工事に用いるリサイクル材の適用は、まず、メリットのある材料を使うことを目的に、現場発生土の有効利用、水硬性材料の地盤改良材への適用から始まった。

その後、各種廃棄物を減らすことを目的に各副産物の利用が進み、その後土壌汚染対策法の制定が行われ、遭遇型汚染地盤などへの対応と法制度の整備とともに行われて来た。

そして、持続可能な社会の構築や強靭な国土づくりの中で、リサイクル材の利用を建設技術として組み込んで行く動きが進められていることが分かる。

FUKUOKA UNIVERSITY 7

FUKUOKA UNIVERSITY 8

FUKUOKA UNIVERSITY 9

鉄鋼スラグ

鉄鋼スラグは、市場原理による推進からセメント混合材（高炉スラグ）、土工材料、コンクリート用骨材、道路用材料としての利用とその利用用途が拡大して行った。その初動期は、今から100年以上も前、1910年に高炉セメントの製造からスタートしている。1955年にケイ酸石灰肥料規格が制定されている。

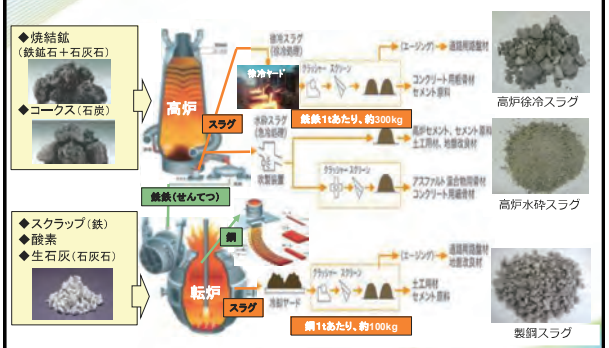
利用拡大は、各種法整備によるリサイクルの推進に伴い、JIS規格の制定。

1977年:コンクリート用スラグ骨材JIS制定
1978年:土木学会・日本建築学会により高炉スラグ砕石コンクリート施工指針（案）
1979年:道路用スラグJIS制定
1983年:土木学会・日本建築学会より高炉スラグ細骨材を用いた設計施工指針(案)
1987年:鐵鋼スラグ協会から港湾工事用水砕スラグ利用手引書
1995年:コンクリート用高炉スラグ微粉末JIS制定
2000年:沿岸技術センターから港湾工事用製鋼スラグ利用手引書
2003年:コンクリート用スラグ骨材、電気炉酸化スラグJIS制定
2008年:建材試験センターから土工用製鋼スラグ砕石の規格

スラグの環境安全品質管理については、2011年に日本工業標準調査会による**「コンクリート用骨材又は道路用のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書」**内に**「循環資材の環境安全品質及び検査方法に関する基本的考え方」**が示されている。

FUKUOKA UNIVERSITY 10

鉄鋼スラグの概要



FUKUOKA UNIVERSITY 11

鉄鋼スラグの生成量（2016年度）

鉄鋼生産量（千トン）		
粗鋼生産量		105,166

鉄鋼スラグの生成量（千トン）		
高炉スラグ	高炉水砕スラグ	19,261
	高炉徐冷スラグ	4,140
	計	**23,401**
製鋼スラグ	転炉系製鋼スラグ	11,482
	電気炉スラグ	2,627
	計	**14,110**
合計		**37,511**

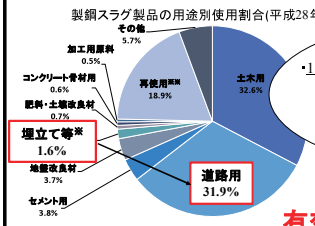
FUKUOKA UNIVERSITY 12

製鋼スラグの現状と課題

製鋼スラグとは・・・・・年間約1400万トン生成

- ✓ 製鋼工程において生成される副産物
- ✓ 1991年の再生資源の利用に関する法律（リサイクル法）の制定
  - ▶ スラグが副産物に指定

製鋼スラグ製品の用途別使用割合(平成28年度)



・1.6%(22.4万トン)が埋め立てなどの資源として利用されずに廃棄されている

・埋立て→道路用(路盤材等)へ活用を転換

有効利用の早期拡大を図る

※埋立て等とは、資源化目的以外の用途をいう。
※※再使用とは、石灰分等の鉄鋼製造工程で再使用されるものをいう。

出典：鉄鋼スラグ協会データ

製鋼スラグの現状と課題

製鋼スラグ

主な特徴

- スラグ粒子の密度＞天然の砂の密度
- 水硬性がある
- 膨張性がある

エージングのイメージ図

エージングの原理

スラグ　遊離石灰　遊離石灰(CaO)が水(H_2O)と反応し膨張

エージング処理を施すことにより、事前にスラグ中に残存する遊離石灰を水と反応させ膨張を促進させることができる

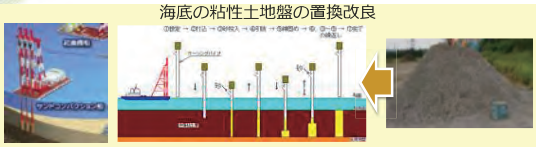
$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$　膨張した周囲が崩壊し遊離石灰と水は化学反応で消石灰($Ca(OH)_2$)に変化

鉄鋼スラグの化学成分例(%)

土質試料		SiO_2	CaO	Al_2O_3	T-Fe	MgO	S	P_2O_5	MnO
製鋼スラグ	高炉スラグ	33.8	41.7	13.4	0.4	7.4	0.8	0.1	0.3
	製鋼スラグ	11.0	45.8	1.9	17.4	6.5	0.006	1.7	5.3

地盤改良材：スラグコンパクションパイル材

海底の粘性土地盤の置換改良



<特　徴>

天然の砂に比べて

① 単位体積質量が大きい (γ=21～23kN/m³)

② せん断抵抗角が大きい（φ≧35°）

地盤改良工事の工費を低減

・沿岸技術センター利用手引書発刊（2000年3月）
・海砂採取を禁止する自治体の増加

⇒全国で急速に普及（広島港約400万t等）

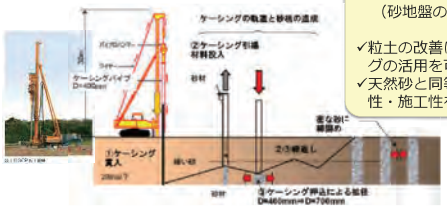
FUKUOKA UNIVERSITY　15

液状化対策用SCP材料「エコガイアストン」

埋立地の液状化防止用SCPでは、ケーシングパイプ径の小さな（400mm）重機を用いるため、製鋼スラグでは目詰まりが発生し易い

エコガイアストン・摩擦タイプ
（砂地盤の液状化対策用）

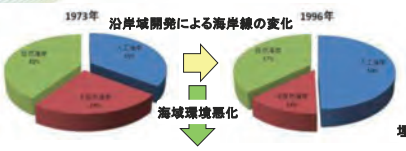
✓粒土の改善により、製鋼スラグの活用を可能に
✓天然砂と同等の締め固め特性・施工性を発揮



平成22年12月　港湾関連民間技術確認審査 第10001号（沿岸技術研究センター）

FUKUOKA UNIVERSITY　16

海域における環境問題（磯焼け・赤潮・青潮）

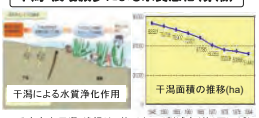


埋立等による人工海岸の増加

藻場の喪失

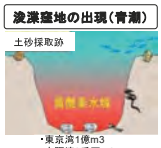
・藻場の面積は、20年で3割減少（約6万ha減）

干潟・浅場減少による水質悪化（赤潮）



・失われた干潟・浅場は、約50年で4割減少（約3万ha減）

浚渫窪地の出現（青潮）



・東京湾1億m3
・大阪湾3千万m3

国土交通省中国地方整備局宇部港湾・空港事務所HPより

鉄鋼スラグの特性を活かした海域環境修復の検討

FUKUOKA UNIVERSITY　17

海域環境修復におけるスラグ特性の活用

特性１：二価鉄（Fe^{2+}）の溶出
海藻のサプリメント

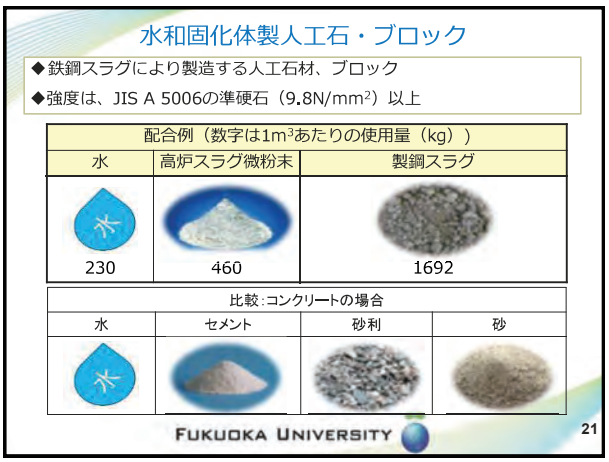
特性２：軟弱浚渫土の改質
浚渫土の強度を改善し、有効活用を可能に

特性３：水和固化
天然石やコンクリートブロックを副産物のみで製造可能

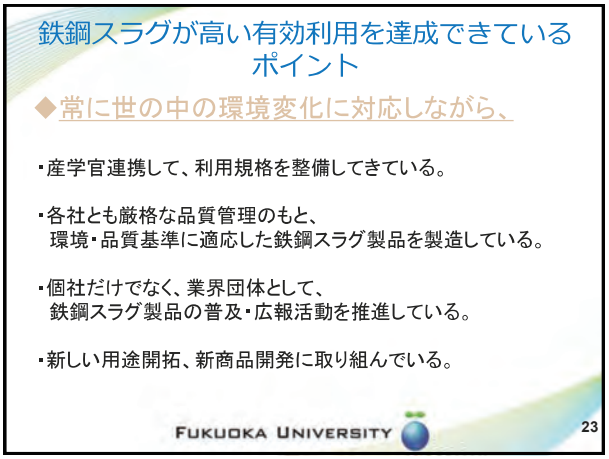
FUKUOKA UNIVERSITY　18

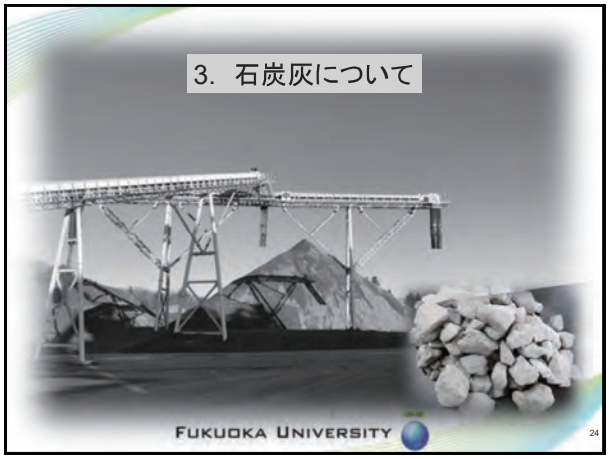
海藻へ二価鉄イオンを届ける製鋼スラグ製品の開発
二価鉄
腐植土（腐植酸）
腐植酸鉄
製鋼スラグ
二価鉄イオンの供給源
人工腐植土
腐植酸の供給源
（林業系の副産物である間伐材等を発酵させたもの）
磯焼け
ビバリー®ユニット
森と同様に腐植酸鉄を供給
東京大学、（株）エコ・グリーン、日本製鉄（株）共同開発
FUKUOKA UNIVERSITY
19

カルシア改質技術とは
カルシア改質土は、軟弱な浚渫土にカルシア改質材を混合することにより、物理的・化学的性状を改質した材料です。
浚渫土
カルシア改質材
カルシア改質土
結合
Ca
Si
20


水和固化体製人工石・ブロック
◆鉄鋼スラグにより製造する人工石材、ブロック
◆強度は、JIS A 5006の準硬石（9.8N/mm²）以上
配合例（数字は1m³あたりの使用量（kg））
水
高炉スラグ微粉末
製鋼スラグ
230
460
1692
比較：コンクリートの場合
水
セメント
砂利
砂
FUKUOKA UNIVERSITY
21

人工石の製造
混合
型枠への打設
ブロックも製造可能
※生コンクリート製造設備を使用
破砕
人工石
FUKUOKA UNIVERSITY
22


鉄鋼スラグが高い有効利用を達成できているポイント
◆常に世の中の環境変化に対応しながら、
・産学官連携して、利用規格を整備してきている。
・各社とも厳格な品質管理のもと、
環境・品質基準に適応した鉄鋼スラグ製品を製造している。
・個社だけでなく、業界団体として、
鉄鋼スラグ製品の普及・広報活動を推進している。
・新しい用途開拓、新商品開発に取り組んでいる。
FUKUOKA UNIVERSITY
23


3. 石炭灰について
FUKUOKA UNIVERSITY
24

日本の主な石炭火力発電所

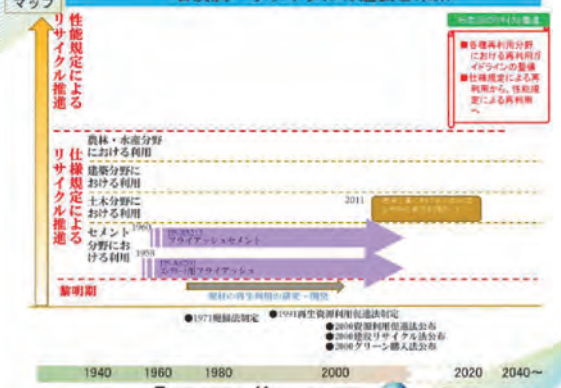
2019年8月現在，**臨海部を中心に38か所※の石炭火力発電所**（休止中を含む）があるが，その大部分は微粉炭燃焼方式を採用している．

※ 一般電気事業者，卸電気事業者及び旧みなし卸電気事業者の石炭火力発電所

FUKUOKA UNIVERSITY

25

"石炭灰" リサイクルの過去と未来



FUKUOKA UNIVERSITY

石炭灰有効利用の現状

石炭灰は主にクリンカーアッシュ（ボトムアッシュ）とフライアッシュの2種類が発生する。クリンカーアッシュは、1981年度より5年間、建設省(当時)の「総合技術開発プロジェクト・建設事業への廃棄物利用技術の開発」により、透水性、保水性がよく下層路盤材や凍上抑制層等材料として利用できることが確認され、利用されている。

○ JIS化への動き

1958年：コンクリート用フライアッシュ

1960年：フライアッシュセメント が制定。

セメントへの利用が行われており、フライアッシュの約60%がセメントの粘土代替やセメントに混合してフライアッシュセメントとして用いられている。

○土木分野（石炭灰混合材料としての利用）

石炭エネルギーセンター（JCOAL）

2011年：「港湾工事おける石炭灰混合材料の有効利用ガイドライン」

2014年：「石炭灰混合材料の有効利用ガイドライン(震災復興資材編)」

2015年：「石炭灰混合材料の有効利用ガイドライン(高規格道路盛土編)」

2015年：「石炭灰混合材料の有効利用ガイドライン（統合改訂版）」

土木学会

2020年：**「石炭灰混合材料を地盤・土構造物に利用するための技術指針（案）」**

混合材料の概要、設計、施工法と環境安全品質基準を示し、有効利用の促進を図っている。

FUKUOKA UNIVERSITY

27

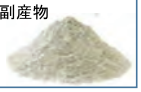
石炭灰有効利用の現状

石炭灰について

✓石炭火力発電所で石炭（微粉炭）を燃焼させた際に発生する副産物

✓年間で約1280万トン生成される（有効利用率99%）

✓成分(化学組成)は、一般的な自然の土壌・岩石類に近い



○石炭灰の現状

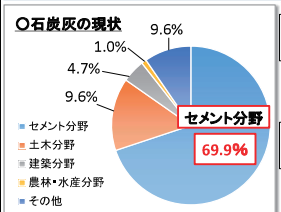


図 石炭灰の有効利用先

⇒有効利用の約7割をセメント分野に依存

公共工事の縮減
建設業への就業人数の減少

↓

建設工事におけるセメント使用量減少
セメント分野での利用低下が予測される

↓

石炭灰混合材料として
土木分野での有効利用に着目

石炭灰有効利用の現状

石炭灰混合材料：石炭灰＋セメント＋水＋（土砂＋石膏）

✓ 副産物の有効活用であるため環境負荷が少ない

✓ 大量に発生するものであるため、大規模工事に供給可能

利用用途

・盛土材　・土地造成工事

・護岸・岸壁　・地盤補強

例

路盤：石炭灰混合材料

①破砕材

石炭灰にセメント、水、必要に応じて土砂、石膏等を混合して一旦固化させた後、掘削・破砕した土砂代替品

②塑性材

工事現場近傍において、石炭灰に、セメント、土砂および水を撹拌混合して製造した石炭灰混合材料

③造粒材

石炭灰にセメント、添加材および水を加えて造粒し製造された砂質土代替材

④スラリー材

施工場所において、石炭灰にセメント、水を混合しスラリー状にしたもの

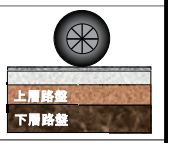
石炭灰有効利用の現状

破砕材の特徴

✓ 通常の天然砕石と同等以上の締固め特性

✓ 軽量で地盤沈下が懸念される場所に最適

✓ 破砕材単体では路盤材としての主に下層路盤材として利用が進められている



破砕材の製造工程

石炭灰有効利用の現状

①加圧振動成形　②加熱加湿養生　③粗破砕　④破砕・粒度調整（40mm以下に破砕）

破砕材の有効利用時の課題

主に要求されること

- ○ 安定した品質の確保と長期耐久性
- ➡ 路盤材として「すり減り減量」等の規定値の順守
- ○ 環境安全品質の確保
- ○ 需要と供給のバランス
- ○ コスト

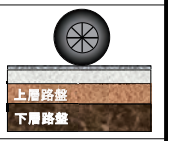
FUKUOKA UNIVERSITY

31

有効利用時の課題解決のアプローチ

破砕材の特徴

- ✓ 通常の天然砕石と同等以上の締固め特性
- ✓ 軽量で地盤沈下が懸念される場所に最適
- ✓ 破砕材は、石炭灰を固化させた製品のため路盤材の規定値「すり減り減量」に課題を抱えている。



石炭灰混合破砕材

製鋼スラグ

- ・製鋼工程において副次的に生成
- ・年間約1400万トン生成
- ・土木分野での有効利用の促進

破砕材に製鋼スラグを混合することで上層路盤材への用途拡大を図る

有効利用時の課題解決のアプローチ

◆ 混合割合

10：0 破砕材「単体」　7：3　5：5　3：7　0：10 製鋼スラグ「単体」

（破砕材：製鋼スラグ）

表-3 実験条件

実験試料	混合割合（破砕材：製鋼スラグ）	含水比 w (%)	検討方法
破砕材 製鋼スラグ	10 : 0 7 : 3 5 : 5 3 : 7 0 : 10	最適含水比	修正CBR試験(JIS A 1211) すりへり試験(JIS A 1121) 利用有姿による試験(JIS K 0058-1)

路盤材としての性能評価

～実験結果～

◆ 修正CBR試験

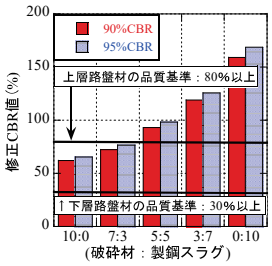


図-4 締固め度90%・95%における修正CBR値

破砕材単体

- 下層路盤材 ➡ ○
- 上層路盤材 ➡ ✖

製鋼スラグを含む石炭灰混合破砕材

- 下層路盤材 ➡ ○
- ＜製鋼スラグ混入率＞
- 上層路盤材 ➡ 50%未満 ✖
- 50%以上 ○

製鋼スラグ混合率（増）➡ 修正CBR値（増）

路盤材としての性能評価

～実験結果～

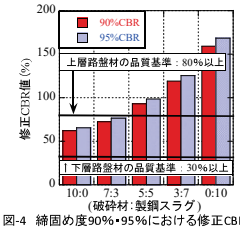


図-4 締固め度90%・95%における修正CBR値

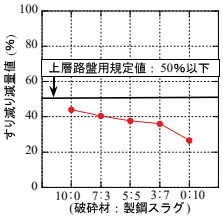
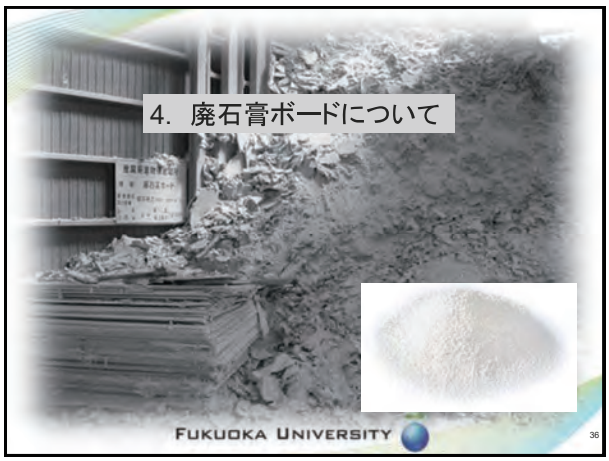
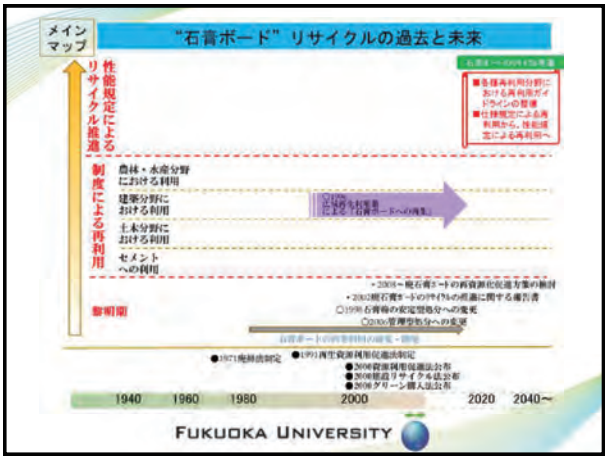


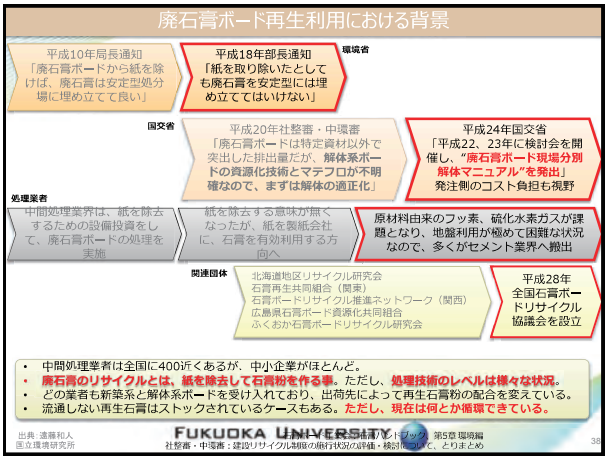
図-5 すりへり減量試験結果

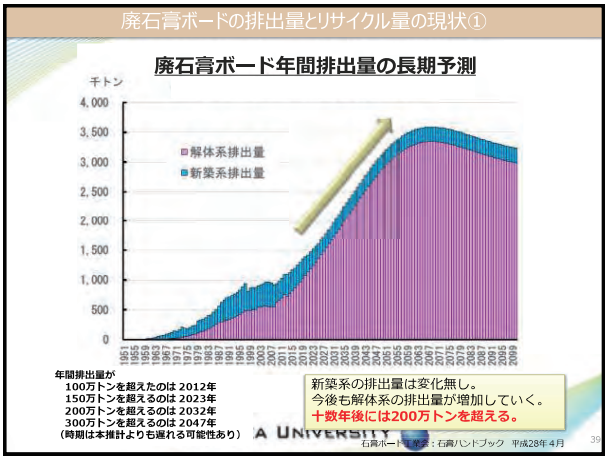
- ✓ 修正CBR値は破砕材に対して製鋼スラグを同等量以上混合することで上層路盤材の品質基準を満たす
- ✓ すりへり減量値はすべての条件において上層路盤用規定値を満たした

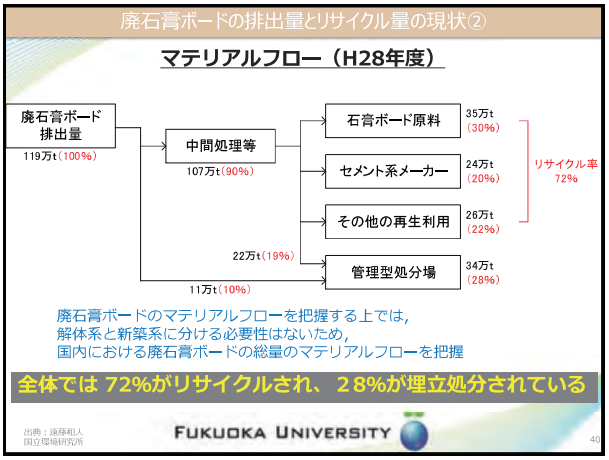
破砕材に製鋼スラグを同等量以上混合することで上層路盤材としても適用可能




メインマップ
“石膏ボード”リサイクルの過去と未来
性能規定による
リサイクル推進
制度による再利用
農林・水産分野における利用
建築分野における利用
土木分野における利用
セメントへの利用
1940
1960
1980
2000
2020
2040～
FUKUOKA UNIVERSITY


廃石膏ボード再生利用における背景
平成10年局長通知
「廃石膏ボードから紙を除けば、廃石膏は安定型処分場に埋め立てて良い」
平成18年部長通知
「紙を取り除いたとしても廃石膏を安定型には埋め立ててはいけない」
環境省
国交省
平成20年社整審・中環審
「廃石膏ボードは特定資材以外で突出した排出量だが、解体系ボードの資源化技術とマテフロが不明確なので、まずは解体の適正化」
平成24年国交省
「平成22、23年に検討会を開催し、“廃石膏ボード現場分別解体マニュアル”を発出」
発注側のコスト負担も視野
処理業者
中間処理業界は、紙を除去するための設備投資をして、廃石膏ボードの処理を実施
紙を除去する意味が無くなったが、紙を製紙会社に、石膏を有効利用する方向へ
原材料由来のフッ素、硫化水素ガスが課題となり、地盤利用が極めて困難な状況なので、多くがセメント業界へ搬出
関連団体
北海道地区リサイクル研究会
石膏再生共同組合（関東）
石膏ボードリサイクル推進ネットワーク（関西）
広島県石膏ボード資源化共同組合
ふくおか石膏ボードリサイクル研究会
平成28年
全国石膏ボードリサイクル協議会を設立
中間処理業者は全国に400近くあるが、中小企業がほとんど。
廃石膏のリサイクルとは、紙を除去して石膏粉を作る事。ただし、処理技術のレベルは様々な状況。
どの業者も新築系と解体系ボードを受け入れており、出荷先によって再生石膏粉の配合を変えている。
流通しない再生石膏はストックされているケースもある。ただし、現在は何とか循環できている。
出典：遠藤和人
国立環境研究所
FUKUOKA UNIVERSITY
38


廃石膏ボードの排出量とリサイクル量の現状①
廃石膏ボード年間排出量の長期予測
千トン
4,000
3,500
3,000
2,500
2,000
1,500
1,000
500
0
解体系排出量
新築系排出量
年間排出量が
100万トンを超えたのは 2012年
150万トンを超えるのは 2023年
200万トンを超えるのは 2032年
300万トンを超えるのは 2047年
（時期は本推計よりも遅れる可能性あり）
新築系の排出量は変化無し。
今後も解体系の排出量が増加していく。
十数年後には200万トンを超える。
石膏ボードマテフロ：石膏ハンドブック 平成28年4月
39


廃石膏ボードの排出量とリサイクル量の現状②
マテリアルフロー（H28年度）
廃石膏ボード排出量
119万t（100%）
中間処理等
107万t（90%）
22万t（19%）
11万t（10%）
石膏ボード原料
35万t（30%）
セメント系メーカー
24万t（20%）
その他の再生利用
26万t（22%）
管理型処分場
34万t（28%）
リサイクル率 72%
廃石膏ボードのマテリアルフローを把握する上では，
解体系と新築系に分ける必要性はないため，
国内における廃石膏ボードの総量のマテリアルフローを把握
全体では 72%がリサイクルされ、28%が埋立処分されている
出典：遠藤和人
国立環境研究所
FUKUOKA UNIVERSITY
40

廃石膏ボードの処理工程
廃石膏ボード
紙と石膏を分別
再生二水石膏
加熱
加水
再生半水石膏
【管理型最終処分場】
2006年廃石膏ボードが
管理型最終処分場への処分が義務化
処理費用の高騰や処分場の不足等が問題
再生石膏の有効利用が必要

再石膏の種類と特徴
再生二水石膏(CaSO4・2H2O)
【 特徴 】
○主成分がカルシウム(Ca)と硫黄(S)
○中性
石膏の化学的反応
焼成
CaSO4・2H2O → CaSO4・1/2H2O + 3/2H2O
二水石膏
半水石膏
脱水蒸気
再生半水石膏(CaSO4・1/2H2O)
【 特徴 】
○水を加えると水和反応の発生
⇒二水石膏に変化
○二水石膏に変化する際、短時間で硬化

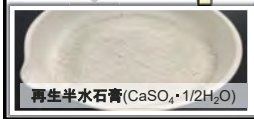
再石膏の種類と特徴

再生二水石膏($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)

【 特徴 】
- ○主成分がカルシウム(Ca)と硫黄(S)
- ○中性

肥料等の農業用改良材

淡漠土、軟弱地盤に対する
地盤改良材



再生半水石膏($CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$)

【 特徴 】
- ○水を加えると水和反応の発生
  ⇒二水石膏に変化
- ○二水石膏に変化する際、短時間で硬化

再生石膏の有効利用ガイドライン（第1版）

セメント副原料，農地の土壌改良材として一部がリサイクルされているが，軟弱土等の固化材や改質剤の原料としては十分に活用されていない

理由は，硫化水素ガスの発生，フッ素，砒素，カドミウム等の溶出の恐れがあり，**その解決策や基準（考え方）が明確になっていない**

そのため，**行政機関やユーザー（建設現場）から評価されがたい現状**にあり，廃石膏ボードの有効利用は研究途上にあると思われている

再生石膏粉（リサイクル品），そして再生石膏粉を原料とした固化材や改質剤の品質管理に対する一定の考え方を作る必要がある

44

ガイドラインの目的

業界全体	背景に示した諸問題を解決するため，**これまで地域毎や各社が実施してきた取り組みを結集**する。
供給側（中間処理業者・材料メーカー）	廃石膏ボードから再生した**石膏粉（二水・半水・無水）の品質を確保**する。
需要側（発注者・設計者・施工業者等）	**土質改良用固化材等で使用する際の，環境安全性に係る評価方法を明確**にする（重金属類と硫化水素ガスに着目）。

FUKUOKA UNIVERSITY

45

ガイドライン作成に向けての準備

（平成29～30年度　環境研究総合推進費（3-1702））
廃石膏ボードリサイクルの品質管理の在り方と社会実装

【各サブテーマ】
- サブ1：再生石膏の地盤利用における環境質の制御（国立環境研究所）
- サブ2：再生石膏の地盤利用における工学的ベネフィットの検証（福岡大学）
- サブ3：再生石膏粉の品質管理に関する検討（愛知工業大学）
- サブ4：再生石膏のマテリアルフローと他分野を対象とした需要量・経済効果（日本能率協会総合研究所）
- サブ5：環境安全品質ガイドライン策定によるリサイクルシステムの社会実装（地主リサイクル協会）

ガイドラインの執筆
再生石膏粉の有効利用ガイドライン作業部会

ガイドラインの評価
（学術・産業界・行政）

再生石膏粉の有効利用ガイドライン策定委員会
（オブザーバー）
・環境省　・全国産業資源循環連合会
・国交省　・日本建設業連合会
・経済産業省　・石膏ボード工業会
・セメント協会

【再生石膏粉の有効利用ガイドライン】
- 再生石膏粉の品質管理
- 再生石膏粉を用いた固化材や改質剤の環境安全性評価

ガイドラインの評価
（中間処理業者によるPDCA）
全国石膏ボードリサイクル協議会

46

「再生石膏粉の有効利用ガイドライン」目次

- **第1章　総説**
  マテリアルフローや適用範囲、再生石膏粉の利用イメージなど
- **第2章　再生石膏粉や再生石膏粉を用いた固化材等の基本的事項**
  再生石膏粉を知って頂くための製造工程と特性の紹介
- **第3章　再生石膏粉の品質管理**
  中間処理である再生石膏粉の品質管理方法全般と管理票

製造

- **第4章　再生石膏粉を用いた固化材・改質剤の地盤改良等への利用**
  再生石膏粉を用いた固化材，改質剤の環境安全性に関する評価方法
- **第5章　その他分野への適用と展望**
  土木，農業，畜産，濁水処理，除塩等における適用性の紹介

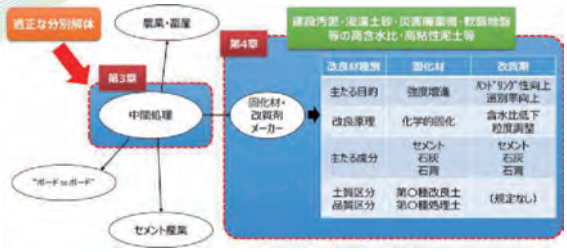
利用

- **第6章　参考資料**
  関連法令等，マテフロの計算方法，硫化水素ガス試験方法

FUKUOKA UNIVERSITY

47

第1章：本ガイドラインの適用範囲



第一目標は「**中間処理**」の**再生石膏粉自体**の品質管理
第二目標は、品質管理された再生石膏粉を用いた固化材や改質剤の有効利用促進
（**材料自体ではなく混合後の評価を基本**）

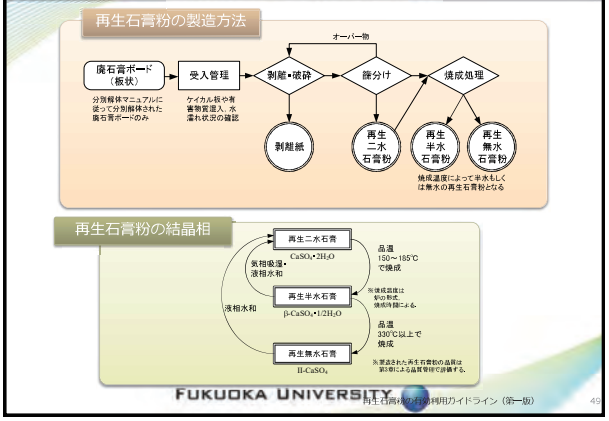
適用範囲

本ガイドラインは，品質を規制するためにあるのではなく，再生石膏粉の品質管理を，製造業者（中間処理業者）が自ら実施する際の指標とすることが狙いである。

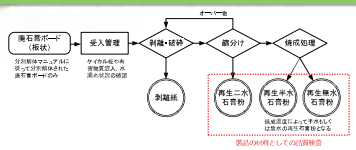
再生石膏粉の有効利用ガイドライン（第一版）

48

第２章：再生石膏粉について



第３章：再生石膏粉の品質検査範囲と項目

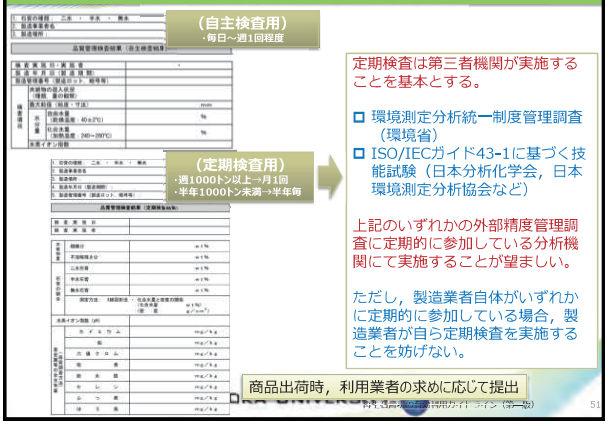


品質管理項目	検　査　の　目　的
①夾雑物の量	・解体系の廃石膏ボードには，針・鋲などの金属，剥離紙，木片，モルタル，ロックウール等の**夾雑物**が混入する可能性があり，石膏の純度を把握するために，夾雑物の量の検査が必要である。
②石膏の種類	・焼成処理によって製造される「再生半水石膏」および「再生無水石膏」については，石膏の形態を把握して**石膏の種類（半水，無水）を保証**する必要がある。
③自由水	・再生石膏粉の基本的な特性の把握と保管状況の管理のために検査する。
④最大粒径	・再生石膏粉の基本的な特性の把握と製造工程で行われる「破砕」および「篩分け」の管理のために検査する。
⑤pH	・再生石膏粉の基本的な特性を把握するために検査する。
⑥重金属等	・再生石膏粉の有害物質に対する品質を把握するために重金属等8項目※1）の全含有量※2）を検査する。

※1
カドミウム
鉛
六価クロム
砒素
総水銀
セレン
フッ素
ホウ素

※2
土対法の含有量（19号）ではなく，全含有量（底質調査法）

第３章：再生石膏粉の品質管理票



定期検査は第三者機関が実施することを基本とする。

- 環境測定分析統一制度管理調査（環境省）
- ISO/IECガイド43-1に基づく技能試験（日本分析化学会，日本環境測定分析協会など）

上記のいずれかの外部精度管理調査に定期的に参加している分析機関にて実施することが望ましい。

ただし，製造業者自体がいずれかに定期的に参加している場合，製造業者が自ら定期検査を実施することを妨げない。

商品出荷時，利用業者の求めに応じて提出

第４章：再生石膏粉を用いた固化材・改質剤の地盤改良等への利用

再生石膏粉を単味 または 他の材料と混合した材料を，固化材 または 改質剤として使用する場合を対象

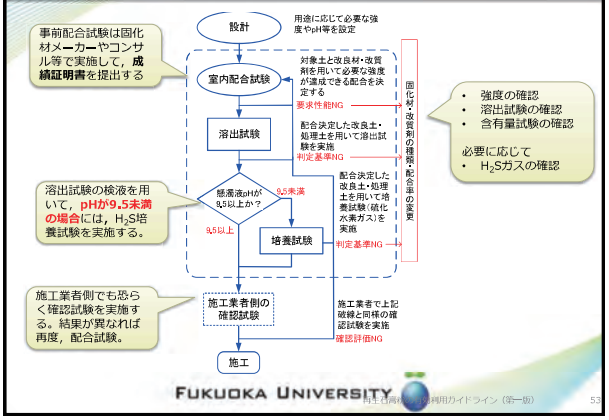
利用形態		工種・用途	使用時姿	想定pH
固化材	主材	地盤改良，成土材，覆土材，路床埋立材，※その材料成分の多くが再生石膏粉であり，中性域であること	粉体	中性域（5.8～8.6）
	助剤	地盤改良，成土材，覆土材，路床埋立材，流動化処理土，セメント固化体 ※セメントや石灰等の助剤として再生石膏粉を配合したもの	粉体 懸濁液	アルカリ性

利用形態		工種・用途	使用時姿	想定pH
改質剤	主材	廃棄物・浚渫土等の分別・分級，処分場運搬時の前処理	粉体	中性域（5.8～8.6）
	助剤	廃棄物・浚渫土等の分別・分級，処分場運搬時の前処理	粉体	アルカリ性

- **原料として使用する再生石膏粉は，第3章で示した品質管理が行われた商品を使用する。**
- **固化材，改質剤の単味では，土壌環境基準は関係ないため，溶出試験は実施しない。**

再生石膏粉を含む固化材・改質剤出荷の際には，ロット毎にSDS（旧:MSDS，安全データシート）を発行・提出する。

第４章：配合試験フロー



第４章：環境安全品質（土と混合後）

品質管理項目		検　査　の　目　的
環境安全品質	重金属等	・**46号溶出（重金属類のみ）**を実施し，品質を管理する。
	水素イオン濃度指数（pH）	・中性の材料として提供する場合など，それぞれで期待されるpHの範囲内にある必要がある。
	硫化水素ガス	・**pH=9.5未満の場合**は,培養試験を実施して，硫化水素ガスの発生を確認する必要がある。

硫化水素ガス発生ポテンシャル試験実施の判断

		試験実施の判断
懸濁液pHが9.5以上		不要
懸濁液pHが9.5未満	改質土を種生基盤として50 cm以浅に用いる場合	不要
	上記以外の場合	必要

成績証明書のような形で，固化材メーカーが試験結果を示し，施主（発注者）にお渡しする。

再生石膏粉を用いた固化材・改質剤の地盤改良等への有効利用の課題

固化材・改質剤に要求されること

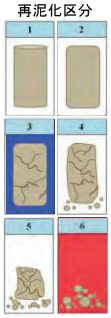
- ○ 安定した品質の確保
- ➡ 中性固化材として安定した強度発現（再泥化防止）
- ○ 環境安全品質の確保（フッ素溶出、硫化水素発生）
- ○ 需要と供給のバランス
- ○ コスト

FUKUOKA UNIVERSITY

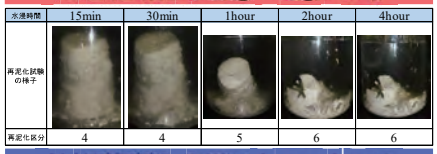
55

再泥化試験

再泥化区分

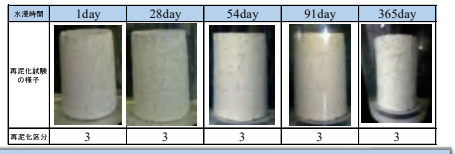


(a)水浸時経時変化（B=200kg/m³, c=0kg/m³, t=7day）



水浸時間	15min	30min	1hour	2hour	4hour
再泥化区分	4	4	5	6	6

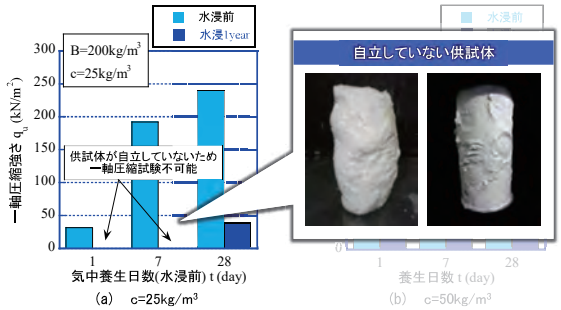
(b)水浸時経時変化（B=200kg/m³, c=25kg/m³, t=1day）



水浸時間	1day	28day	54day	91day	365day
再泥化区分	3	3	3	3	3

○再生半水石膏単体：すぐに崩れる
○再生半水石膏+高炉セメントB種：1年間変化なし

再泥化試験

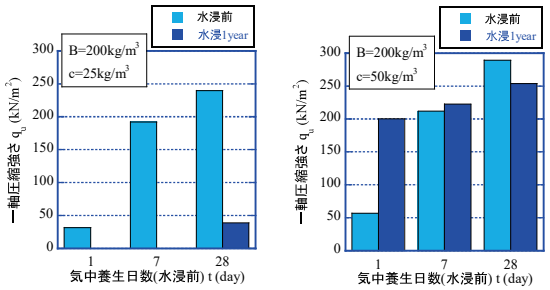


(a) c=25kg/m³　(b) c=50kg/m³

図-8　高炉セメントB種添加量と一軸圧縮強さの関係

再生半水石膏と高炉セメントB種を25kg/m³では
一軸圧縮強さが約200kN/m²低下する

再泥化試験



(a) c=25kg/m³　(b) c=50kg/m³

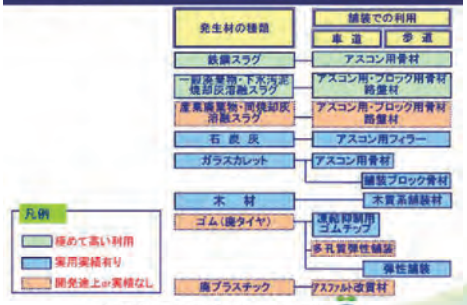
図-8　高炉セメントB種添加量と一軸圧縮強さの関係

再生半水石膏と高炉セメントB種を50kg/m³以上用いることよって
長期耐久性が維持出来る。しかし、固化材はアルカリ性を示す。

5. 多様化するリサイクル材の展望

例えば、舗装材料としての利用

他産業発生材の利用技術、普及の現状



FUKUOKA UNIVERSITY

他産業発生材を舗装材料として利用する上での課題

環境安全性	有害物等の含有・溶出に問題がないこと
品　質	通常の舗装用材料が有する品質を備えていること
経済性	適切なコストで施工が可能なこと
供給量	均質な材料を安定的に供給できること
リサイクル性	舗装材料として再生利用が可能なこと

FUKUOKA UNIVERSITY

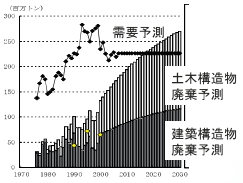
5.1 量の側面からの課題

■ 将来、受給がアンバランスになる可能性が高い

主な再生資源（副産物・廃棄物・発生土等）の発生量と再資源化率

	発生量	再資源化率（%）	
コンクリート塊*	3200 万トン	97.5	H17
アスコン塊*	2600 万トン	98.7	H17
鉄鋼スラグ**	3700 万トン	98.8	H16
非鉄スラグ***	550 万トン	98.4	H17
石炭灰#	1070 万トン	96	H17
建設発生土*	19500 万m^3	30##	H17
一廃溶融スラグ***	52 万トン	66	H16

*H17建設副産物実態調査 **鉄鋼スラグ統計年報 ***日本鉱業協会
#石炭エネルギーセンターHP ##利用確定受入地除く ###日本産業機械工業会



建設系廃棄量の将来予測

橋本征二 廃棄物処理等科研費「耐久財」研究成果

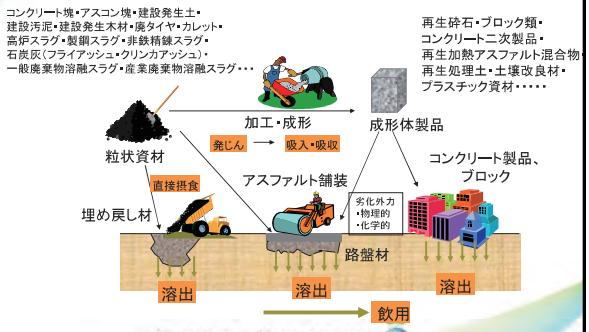
FUKUOKA UNIVERSITY

リサイクル材の情報交換システム

FUKUOKA UNIVERSITY 62

5.2 質の側面からの課題

リサイクル製品と環境への影響



FUKUOKA UNIVERSITY

5.3 環境安全品質の考え方の導入

土対法改正後の施行に関する通知

「スラグ等や石炭火力発電に伴い排出される石炭灰等が土木用・道路用資材等として用いられ、かつ周辺土壌と区別して用いられる場合は、そもそも土壌とみなされない」

平成23年　環水大土発110706001号

土壌環境基準や土壌汚染対策法の調査命令の対象外となるために、別途、適切な環境安全品質を確保するための検査方法と管理方法が必要

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

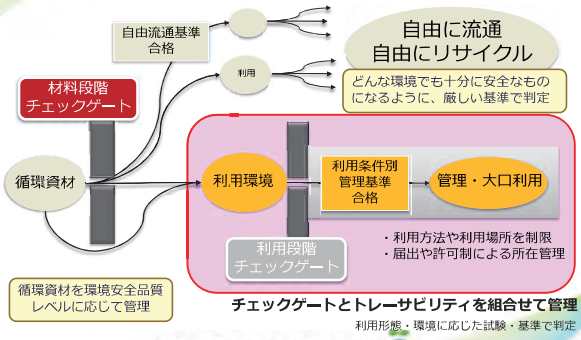
（平成24年3月　日本工業標準調査会）

→　あらゆる循環資材に共有できる「基本的な考え方」を提案

FUKUOKA UNIVERSITY 64

1）基本的な考え方

循環資材が備えるべき環境安全品質とその管理方策の在り方



チェックゲートとトレーサビリティを組合せて管理

利用形態・環境に応じた試験・基準で判定

FUKUOKA UNIVERSITY 65

循環資材の環境安全品質及び検査方法に関する基本的な考え方

(1) 最も配慮すべき曝露環境に基づく評価

(2) 放出経路に対応した試験項目(溶出･含有)

(3) 利用形態を模擬した試験方法

(4) 環境基準等を遵守できる環境安全品質基準

(5) 環境安全品質を保証するための合理的な検査体系

FUKUOKA UNIVERSITY 66

(1) 最も配慮すべき暴露環境に基づく評価

施工時
・粉塵飛散は？

再利用時
・むき出しの状態での使用は？
・土壌と区別されずに使われる可能性は？

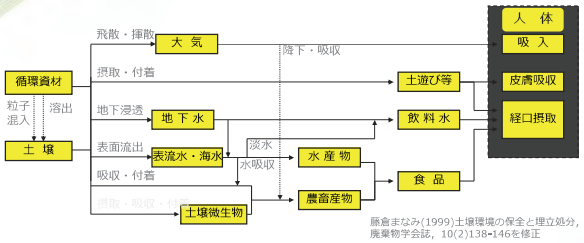
利用時
・磨耗による飛散は？
・雨水浸透水との接触は？
・地下水との接触は？

解体時
・残土に混入する可能性は？

⇒ 循環資材のライフサイクルのなかで、最も配慮すべき曝露環境について評価

FUKUOKA UNIVERSITY 67

(2) 放出経路に対応した試験項目（溶出・含有）

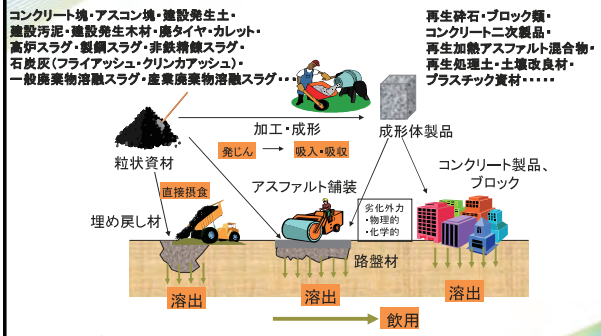


藤倉まなみ(1999)土壌環境の保全と埋立処分，廃棄物学会誌，10(2)138-146を修正

「溶出経路」
「直接摂取経路」
⇒ 環境影響の経路を考慮した試験の実施

FUKUOKA UNIVERSITY 68

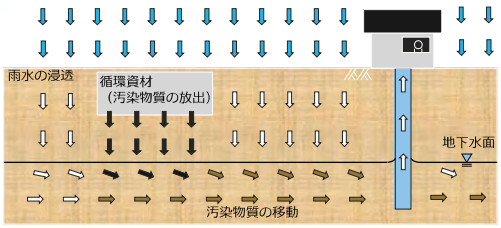
(3) 利用形態を模擬した試験方法



多様な利用形態を考慮した試料の調整

FUKUOKA UNIVERSITY 69

(4) 環境基準等を遵守できる環境安全品質基準

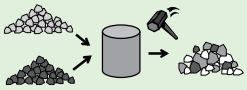


周辺環境媒体が環境基準等を超えないようにするための基準値を循環資材に設定

FUKUOKA UNIVERSITY 70

(5) 環境安全品質を保証するための合理的な検査体系

かたしき
環境安全形式検査
環境安全品質基準への適合を確認



利用形態を模擬した試料調製と試験

製造方法が変わる度に実施

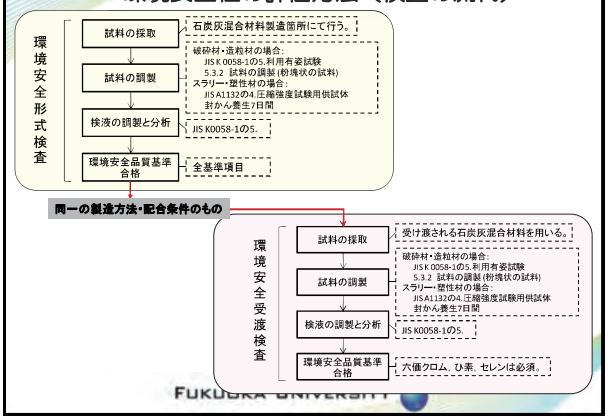
うけわたし
環境安全受渡検査
環境安全形式検査に合格したものと同じ方法で製造されたものについて，
環境安全品質を速やかに保証する

出荷される製品を対象とした検査

製品のロット毎に実施

FUKUOKA UNIVERSITY 71

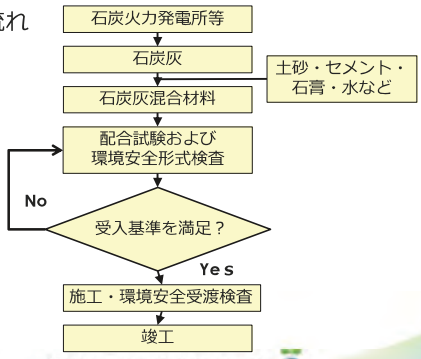
環境安全性の評価方法（検査の流れ）



FUKUOKA UNIVERSITY

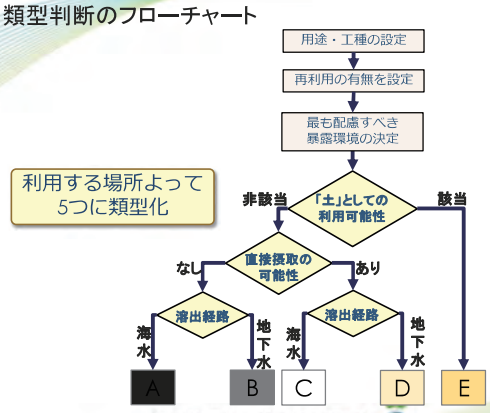
2）環境安全品質と検査方法（石炭灰混合材料）

検査の流れ



FUKUOKA UNIVERSITY 73

類型判断のフローチャート



FUKUOKA UNIVERSITY 74

利用する場所よって5つに類型化

石炭灰混合材料有効利用ガイドライン（震災復興資材編）

FUKUOKA UNIVERSITY 75

各類型の試験項目、試験方法と環境安全品質基準

類型	「土」としての再利用可能性	直接摂取可能性	溶出経路	試験項目	試験方法	環境安全品質基準
A	非該当	なし	海水	溶出量試験	JIS K 0058-1の5.	港湾用途溶出量基準
B	非該当	なし	地下水	溶出量試験	JIS K 0058-1の5.	一般用途溶出量基準
C	非該当	あり	海水	溶出量試験	JIS K 0058-1の5.	港湾用途溶出量基準
				含有量試験	JIS K 0058-2.	含有量基準
D	非該当	あり	地下水	溶出量試験	JIS K 0058-1の5.	一般用途溶出量基準
				含有量試験	JIS K 0058-2.	含有量基準
E	該当	あり	—	溶出量試験	H15環境省告示第18号	一般用途溶出量基準
				含有量試験	H15環境省告示第19号	含有量基準

FUKUOKA UNIVERSITY 76

5.4 廃棄物に対する新しい考え方

近年、EUでは「End of Waste：**エンドオブウエスト**」廃棄物の終結状態と言う新しい概念が規定された。すでに、鉄、アルミ、銅等に関しては既に基準が欧州委員化から発表されている。

→ この考え方は、廃棄物ひとつひとつに関して、いつまで廃棄物なのか、材料としてどこまで品質が高まれば廃棄物ではなくなるのか、つまりエンドオブウエストになるかを示している。エンドオブウエストになった後の物品は廃棄物ではないので、自由な経済活動のとして、原料として取引ができるということである。

このようにEUでは、廃棄物の規制を離れて自由な取引のできる材へ移るための基準を具体的に示すことによってリサイクルへのインセンティブを与えるのと同時に廃棄物管理における品質管理のボトムアップを実現させる概念を設定したという考え方である。この廃棄物処理業における品質管理システムの向上は、廃棄物処理業に素材製造業と同レベルの品質管理システムを実行させることで、**廃棄物処理業を素材産業と肩を並べるぐらいの資源産業へと成長**させ、統合させていく狙いがあると思われる。今後このような考え方を日本でも早期に導入していくことが重要であると考えられる。

FUKUOKA UNIVERSITY 77

ご清聴ありがとうございました

資料作成に当たり、日鉄スラグ製品（株）、（一社）泥土リサイクル協会にお世話になりました。

福岡大学　工学部　社会デザイン工学科
教授　佐藤　研一

TEL　：092-871-6631(内線6464)
FAX　：092-865-6031
e-mail：sato@fukuoka-u.ac.jp
携帯：090-5384-7784

福岡大学 工学部 社会デザイン工学科 道路・土質研究室

参　画　企　業　一　覧

資源循環コンソーシアム

参画企業・団体　一覧

＜大学＞

宮城大学、東北大学

＜会員企業・団体＞

株式会社アベゼン
株式会社安藤・間
宇部マテリアルズ株式会社
カイハツ産業株式会社
還元溶融研究会
共和コンクリート工業株式会社
JFE エンジニアリング株式会社
JFE スチール株式会社
昭和コンクリート工業株式会社
株式会社シンコー
株式会社神鋼環境ソリューション
住友大阪セメント株式会社
大平洋金属株式会社
鐵鋼スラグ協会
東京産業株式会社
一般社団法人東北コンクリート製品協会
東北電力株式会社
株式会社東洋スタビ
西松建設株式会社
日本製鉄株式会社
日本鉱業協会
日本フライアッシュ協会
パシフィックコンサルタンツ株式会社
ハレーサルト工業会
株式会社復建技術コンサルタント
株式会社フローリック

＜オブザーバー＞

国立研究開発法人国立環境研究所
国立研究開発法人物質・材料研究機構
一般社団法人泥土リサイクル協会
公益財団法人宮城県環境事業公社

※50 音順

会員　：　26
オブザーバー：　4

（※2020 年 6 月時点）