

石炭灰混合材料有効利用ガイドライン
(エージング灰 (既成灰) 編)

平成 28 年 3 月

一般財団法人石炭エネルギーセンター

一般財団法人石炭エネルギーセンター技術開発部
〒105-0003 東京都港区西新橋三丁目 2-1 Daiwa 西新橋ビル 3階
TEL 03-6402-6103 FAX 03-6402-6110

「石炭灰混合材料有効利用ガイドライン（エージング灰（既成灰）編）」の発刊にあたって

一般財団法人石炭エネルギーセンター（JCOAL）は、石炭に関する技術開発、事業化の支援、技術の普及・移転、人材の育成等を行うことにより、国際的な石炭供給の増大と地球環境への対応を図り、我が国におけるエネルギーの安定供給と産業経済の健全な発展に寄与することを目的として、石炭利用に関する調査研究、クリーンコールテクノロジーの開発を始め、国際協力事業、モデル事業の推進、普及広報活動など石炭の円滑な利用促進に関するさまざまな事業を展開しており、その中の一つとして石炭灰有効利用について取り組んでいる。

JCOAL では、その趣意に基づき、石炭火力発電所等から発生する石炭灰を主原料とした人工地盤材料である石炭灰混合材料に着目し、平成 23 年 3 月に、材料的優位性が活用できる港湾工事への適用に関する事項を取り纏めた「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」を発刊した。また、平成 26 年 3 月には東北地方太平洋沖大地震で大きな被害を受けた東北地方の太平洋岸の復旧・復興工事にも活用可能な石炭灰混合材料の利用方法を示した「石炭灰混合材料有効利用ガイドライン（震災復興資材編）」を発刊した。更に、高規格道路盛土への石炭灰混合材料の利用に向けたガイドラインを平成 27 年 3 月に発刊した。

他方、石炭火力発電所等から発生する石炭灰には湿潤状態で一定期間静置されたエージング灰（既成灰）も存在し、このエージング灰を主原料とした石炭灰混合材料に着目し、平成 25～26 年度に、経済産業省 資源エネルギー庁 石炭灰利用技術振興費補助事業として「都市基盤整備資材としての利用に関する基礎調査」が実施された。この研究成果を世の中に普及するためにエージング灰の性状や有効利用方法について情報を整理し、ガイドラインとして取り纏めたものが本ガイドラインである。エージング灰の更なる有効活用、特に、都市インフラ整備を支える資材としての活用を促進するものと大いに期待されるものである。

最後に、本ガイドラインの作成にあたり、ご尽力いただいたガイドライン作成委員会の委員各位、及び、ご理解とご指導をいただいた経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課 に対しまして、この場を借りて、感謝の意を表する次第である。

平成 28 年 3 月

東北大学教授 高橋 弘

（一般財団法人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（エージング灰（既成灰）編）委員会 委員長）

一般財団法人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（エージング灰（既成灰）編）委員会 委員構成

委員長 高橋 弘（東北大学大学院環境科学研究科先進社会環境学専攻教授）

委員

板井 雅之（東北電力株式会社研究開発センター電源・環境グループ主幹研究員）

成田 健（現：東北発電工業株式会社火力部副部長，

旧：東北電力株式会社研究開発センター電源・環境グループ主幹研究員）

浅田 素之（清水建設株式会社技術研究所エネルギー技術センター放射線技術グループ長）

肴倉 宏史（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主任研究員）

井野場 誠治（一般財団法人電力中央研究所環境科学研究所上席研究員）

真石 恒一（相馬共同火力発電株式会社新地発電所石炭灰処理推進グループマネージャー）

龍原 毅（パシフィックコンサルタンツ株式会社環境創造事業本部地盤技術部チームプロジェクトマネージャー）

荒井 靖仁（中央開発株式会社ソリューションセンター地盤物性研究室長）

宮澤 俊介（株式会社エイト日本技術開発東京支社都市・環境・エネルギー部主査）

目 次

第1章 総説	1
1.1 本ガイドラインの目的	1
1.2 指針・マニュアル及び参考文献等	2
1.3 適用範囲及び資材の要件等	3
1.4 用語	5
第2章 エージング灰の特徴と混合材料の特徴	7
2.1 エージング灰活用のメリット	7
2.2 エージング灰と新生灰の相違点	8
2.2.1 性状	8
2.2.2 ポゾラン反応性	9
2.2.3 石炭灰混合材料としての適用性	10
2.3 エージング灰を用いた石炭灰混合材料	12
2.4 環境安全性の検査方法の考え方	13
2.4.1 はじめに	13
2.4.2 環境安全品質及び検査方法の規定に際しての考え方	13
2.4.3 環境安全品質基準	19
2.4.4 試験方法	21
2.4.4.1 環境安全型式検査における試験方法	22
2.4.4.2 環境安全受渡検査における試験方法	23
2.4.5 検査の運用方法	24
2.4.5.1 検査の実施者	24
2.4.5.2 検査の頻度	24
2.4.5.3 検査結果の判定基準	25
2.4.5.4 再検査	25
2.4.5.5 ロットの管理	25
2.4.5.6 検査の記録	25
2.4.5.7 検査記録の報告及び保管	25
2.4.5.8 その他	26
2.5 土木工事への転用	27
第3章 混合材料の分析、試験	31
3.1 概要	31

3.2 分析・試験の方法	33
3.3 分析頻度	38
第4章 エージング灰の調達方法	39
4.1 エージング灰の調達について	39
4.2 掘り起し作業の実施にあたり	39
4.3 掘り起し作業時の環境対策	39
あとがき 資源の有効活用に向けて	45
巻末資料 1. 対象構造物と用途毎の要求品質一覧表	46

第1章 総 説

1.1 本ガイドラインの目的

経済活動には廃棄物の発生が伴う。2012年度、我が国では、4,523万トンの一般廃棄物と、3億7,914万トンの産業廃棄物が排出された。これは、年間国民一人当たりで換算すると約3.3トンになる。排出された廃棄物は、脱水・焼却等による減量化や再生利用が積極的に進められているものの、約4%に当たる1,775万トンは、最終処分場において埋立処分されている。2013年4月現在、一般廃棄物処分場は1億1,226万m³、産業廃棄物処分場は1億8,271万m³が確保されているが、このままのペースで埋立処分が進むと、20年もかからず満杯になると推算される。したがって、新たな最終処分場の確保が必須であるが、国土の狭い我が国では、それは年々困難になってきている。このため、廃棄物問題において、既存の最終処分場の延命化は喫緊の課題となっている。

電気業に注目すると、同業種から排出される廃棄物は、全産業廃棄物排出量の2.5%を占める。その内訳は、燃え殻、ばいじんが85%を占めているが、その多くは石炭火力発電所から発生する石炭灰（クリンカアッシュ：燃え殻、フライアッシュ：ばいじん）である。2015年12月現在、主な石炭火力発電所は38か所（休止中を含む）あり、全電力の約3割を供給している。石炭には5～30%程度の灰分が含まれており、燃焼に伴い石炭灰として排出される。その発生量は、一般産業と合わせると年間1,000万トンを超え、2013年度には過去最高となる1,289万トン（電気事業993万トン、一般産業296万トン）を記録した。現在、石炭火力発電はベースロード電源としての役割を担っており、今後も石炭灰の発生量が大幅に減少することはないと見られている。

電気事業で発生する石炭灰は、セメント原料、コンクリート混和材、人工地盤材料等に利用されており、有効利用率はここ10年ほど96～98%で推移している。一方、埋立処分されている石炭灰は年間20～40万トン、更に土地造成材として海面埋立されている石炭灰を加えると、年間百数十万トンが最終処分場に埋め立てられている。これらの処分場の多くは、石炭灰のみを受け入れている点が特徴的であるが、他の産業廃棄物処分場と同様に、増設、新設は困難な状況にあり、既存処分場の延命化が強く望まれている。

一方、電気業から発生する石炭灰は、資源有効利用促進法において指定副産物に指定されており、速やかに有効利用技術を開発し、リサイクルの推進を図ることが求められている。

一般財団法人石炭エネルギーセンターでは石炭灰有効利用に取り組んでおり、石炭灰を主原料とした人工地盤材料である石炭灰混合材料に着目し、これまでに3冊のガイドラインを発刊している。「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」は、石炭灰混合材料の材料的優位性を活用できる港湾工事における活用について取りまとめている。また、東日本大震災で大きな被害を受けた東北地方太平洋岸の復旧・復興工事への活用に向けて発刊した「石炭灰混合材料有効利用ガイドライン（震災復興資材編）」では、土木工事、土木・建築資材への適用を広く取りまとめている。更に高規格道路については、「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)」において詳細を示している。

これらのガイドラインは、微粉炭燃焼方式の石炭火力発電所で発生した石炭灰を対象としている、言い換えるとホッパから回収された乾いた状態の石炭灰（新生灰）を石炭灰混合材料の原料として用いている。一方、石炭火力発電所には湿潤状態で一定期間静置された石炭灰であるエージング灰（既成灰）も存在する。そこで、石炭エネルギーセンターでは今回、新生灰とは別にエージング灰の特徴や運用上の違いに焦点をあてた本ガイドラインを作成した。

エージング灰は、品質が安定しており、かつ大量の資材を短期間に必要とするスポット需要に対応できる等の特徴を持つ。本ガイドラインは、こうしたエージング灰を原料とした石炭灰混合材料の盛土材や埋立材等としての品質評価及び活用方針を示すことにより、石炭灰の有効活用を促進し、既存処分場の延命化に寄与することを目的としている。

1.2 指針・マニュアル及び参考文献等

本ガイドラインの作成にあたって準拠した指針・マニュアル及び参考文献等を下記に示す。

岩手県 復興資材活用マニュアル（改訂版）平成 25(2013)年 2 月

災害廃棄物から分別された土砂及びコンクリートがらの活用について

公益社団法人 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 平成 26（2014）年 10 月

埋立地再生総合技術研究会・（財）日本環境衛生センター

廃棄物埋立地再生技術ハンドブック 平成 17（2005）年 1 月

一般財団法人石炭エネルギーセンター

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平成 23（2011）年 3 月

一般財団法人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）平成 26（2014）年 3 月

一般財団法人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（高規格道路編）平成 27（2015）年 3 月

東北電力株式会社 清水建設株式会社

平成 25 年度石炭灰利用技術振興費補助事業 基礎調査報告書 石炭灰有効利用促進調査 石炭灰有効利用促進調査（都市基盤整備資材としての利用に関する基礎調査）2014.

東北電力株式会社 清水建設株式会社

平成 26 年度石炭灰利用技術振興費補助事業 基礎調査報告書 石炭灰有効利用促進調査 石炭灰有効利用促進調査（都市基盤整備資材としての利用に関する基礎調査）2015.

1.3 適用範囲及び資材の要件等

発電所から発生した石炭灰（新生灰）は、1週間程度湿潤化状態におかれると、重金属（セレン、フッ素、ホウ素）の溶出特性が抑えられる¹⁾。

本ガイドラインでは、おおむね1か月以上湿潤化された石炭灰をエージング灰と定義する。

エージング灰の利用は、石炭灰貯灰場（処分場）に埋められた灰を掘り起したり、発電所構内で湿潤化され静置された灰を対象とする。

石炭火力発電所より排出される石炭灰は、廃棄物（燃え殻、ばいじん）に相当する産業廃棄物であるため、廃棄物処理法（廃棄物の処理及び清掃に関する法律；廃掃法）に基づいた管理を行う必要がある。同法によれば、排出事業者自らリサイクル資材化を行う場合、中間処理許可等は必要ない。自らリサイクル資材化を行わない場合には、中間処理の許可が必要となる。

最終処分場から、埋立てられた石炭灰（エージング灰）を掘り起して利用することを禁止する法規制はないが、利用に際しては監督行政側と十分な協議が必要である。一般廃棄物の場合は自治体が主体となって最終処分場を掘り起し、埋立物の再処理による減容化と再資源化による処分空間の確保を行った事例が報告されている²⁾。1998年には、運輸省が約52,000m³のエージング灰（既成灰）を公共岸壁の裏込材に使用した³⁾。

一方、エージング灰の利用に際しては最終処分場（貯灰場）の建設時における事項に変更が生じる可能性があるため、関係機関（許可権者）と事前に相談して進める必要がある。

ただし、石炭灰の処分場は、発電所から発生する石炭灰のみ受け入れており、多種の廃棄物を受け入れる処分場とは異なる。埋め立てられた石炭灰（エージング灰）の性状は安定している。石炭灰は、①埋め立て処分場管理者が排出事業者と同一、②埋め立てられた廃棄物が単一という、非常にリサイクルに適した材料である。資源有効利用促進法（リサイクル法；平成3年4月26日法律第48号）では、指定副産物に指定されており、事業者は石炭灰の利用を促進することが、国から求められている。また、スポット的な大量需要や不測の受け入れ変更に対応できる、使用するエージング灰の性状をあらかじめ調査できるなどの利点がある。

以上の事情を鑑み、本ガイドラインでは、以下の条件を満たしたエージング灰を活用することを記載する。

- ① 石炭灰を排出する事業者（以下事業者）が、資源有効利用促進法（リサイクル法）に定められている電気業（年間の電力の供給量が1億2千万キロワット時以上）である
- ② 湿潤化され、おおむね1か月以上置いた石炭灰をエージング灰として活用する
湿潤化する場所は、事業者所有の貯灰場（処分場）、あるいは発電所の敷地内に限る
- ③ 事業者が所有する貯灰場から、エージング灰を掘り起こす場合、
事業者自らが掘り起こす（委託含む）、環境（振動、騒音、粉じん等）の保全対策等を講じる、掘り起こしに関して貯灰場（処分場）を管理する許可権者（関係機関）と事前に調整・確認する
- ④ 石炭灰混合材料は、エージング灰にセメント、水、添加材料等を混合して製造（造粒固

化) する

- ⑤ 石炭灰混合材料の重金属溶出量を、事業者・混合材料製造者が確認する
- ⑥ 事業者と混合材料製造者が異なる場合、中間処理の届出を行う

概要を図 1.1 に示す。

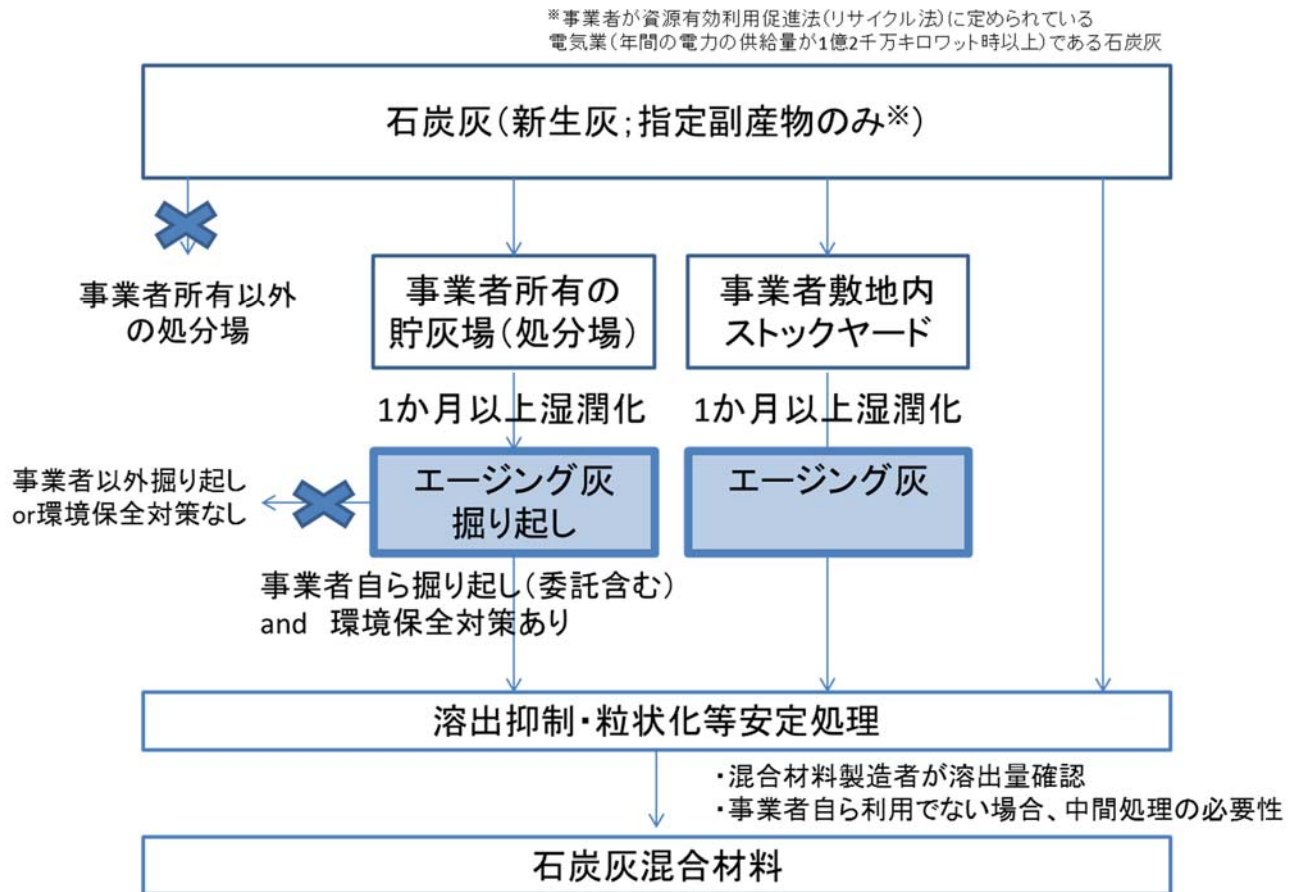


図 1.1 本ガイドラインの適用範囲

1.4 用語の定義

本ガイドラインでは、以下の用語を次のように定義する。

エージング：火力発電所から副成された石炭灰（新生灰）に加湿し、湿潤化させること
あるいは貯灰場（処分場）に埋め立てられた石炭灰が、湿潤状態で一定期間経過すること
エージングにより、重金属類、特にフッ素、ホウ素、セレンの溶出量が低減する

エージング灰（既成灰）：火力発電所から副成された新生灰のうち、湿潤化させ、おおむね1か月以上置かれた石炭灰

新生灰：新たに火力発電所から発生した石炭灰で、湿潤化（エージング）されていないもの

石炭灰混合材料：エージング灰にセメント、水、必要に応じて土砂、石膏等を混合して固化させた地盤材料

掘り起し：貯灰場（処分場）に埋め立てられた石炭灰、すなわちエージング灰を掘り起すこと

ストックヤード：事業者の（発電所）敷地内（構内）で石炭灰を湿潤化するヤード

貯灰場：事業者の石炭灰を埋め立てている場所（処分場）

環境安全品質：影響を受ける周辺環境が、当該の環境基準やその達成のために適用される対策基準等を達成するために配慮が要求される品質で、溶出量等の具体的数値で示される

環境安全形式検査：施工で使用する材料が環境安全配慮品質を満足するかの判定をするための検査、工場等で製造された石炭灰混合材料を対象に実施する

環境安全受渡検査：実際に利用者へ受渡される、もしくは実際に施工されるものと同じロットの材料を用いて、環境安全配慮品質を満足するかどうかの判定をするための検査、石炭灰混合材料を対象に施工現場で実施する

参考文献

- 1) 齊藤栄一、叶琢磨、坂井仁、島岡隆行；エージング作用による石炭灰中の有害元素の不溶化効果とセレン(Se)の挙動に関する研究；環境工学研究論文集 Vol. 47, pp. 615-625, 2010.
- 2) 埋立地再生総合技術研究会・(財) 日本環境衛生センター；廃棄物埋立地再生技術ハンドブック；鹿島出版会, pp. 135-237, 2005.
- 3) 荘司喜博、高橋邦夫、浅井正、角田隆；セメント添加した石炭灰の岸壁裏込め材への利用；土木学会論文集, 637/VI-45, pp. 137-148, 1999.

第2章 エージング灰の特徴と混合材料の活用

2.1 エージング灰活用のメリット

(1) 供給量の確保

石炭灰混合材料の活用のためには、工事等の需要に応じて必要なタイミングで必要量が供給できる体制が必要である。新生灰でも一定量の供給体制の構築は可能であるが、火力発電所等の規模に応じて供給可能量は変化する。

一方、エージング灰とは、石炭火力発電所等で発生した石炭灰を処分場もしくはストックヤード等にて貯蔵された灰で、公共事業等で短期間に多くの量を確保する必要が生じて柔軟に対応可能である。また、逆に少量の需要や不規則な需要に対しても、貯蔵の一部を供給することで柔軟に対応可能である。すなわち、エージング灰は、大規模事業から小規模事業までさまざまな規模の需要に対応可能である。

なお、本ガイドラインでは、1.3で示したように「おおむね1ヶ月以上湿潤化された石炭灰」をエージング灰と定義している。

(2) エージング効果による改質効果

① 重金属等の溶出量の低減効果

石炭灰混合材料を有効活用する場合は、新生灰・エージング灰のいずれにおいても、製造者が一定の品質（環境品質、物理的な品質等）を確保した製品を提供することを基本とするが、エージング灰の使用を検討する場合には、製造者から提供された品質に関する情報を確認する必要がある。

また、エージング灰は、保管期間中に環境品質が改善されるという報告もあり、一定品質の材料を供給するために有利な場合も多い。石炭灰にはさまざまな元素が含まれており、使用環境によってはそれらの元素が溶出する可能性がある。それに関し、斉藤¹⁾は、環告46号による溶出試験の結果、六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素の溶出濃度がエージングにより低減傾向が見られることを報告し、これらの溶出低減傾向の理由としては埋立灰表面に生成されたCa水和物による有害物質の取り込みが考えられる、としている。また、Hassettら²⁾は、エトリングサイト（Ettringite）による有害物質の取り込みの可能性を指摘しており、斉藤¹⁾の試験でもEttringiteが検出されていることから、エージングが有害物質の溶出抑制に寄与している可能性が考えられる。

また、東北電力(株)および清水建設(株)³⁾は、エージングによる溶出低減効果に関して「ほう素や砒素は明らかなエージング効果を確認することはできなかったものの、六価クロムやふっ素の溶出量には高いエージング効果が見られ、エージング

による安定化が確認できた」としている。すなわち、石炭灰をエージングすることで有害物資の溶出が低減される可能性が考えられ、エージング灰を適用するメリットの一つとして挙げられる。

② 物理的性状の改善効果

既成灰にセメント等を添加して土工材料として利用した場合、新生灰(通常の乾いた状態の石炭灰)を用いた土工材料よりもやや軽量で、かつ溶出性も低くなる傾向があることが報告されている⁴⁾。

③ 利用時品質の確保

エージング灰は、発電所から発生後にある期間(1ヶ月以上)貯蔵しているので分析試験用のサンプリングが容易である。その利用に際して、分析結果に応じてより最適な品質を有するエージング灰を選択することが可能である。さらに、品質試験を実施した灰を利用できる点も、エージング灰を適用するメリットとして考えられる。

2.2 エージング灰と新生灰の相違点

エージング灰の性状は、埋め立てられた石炭灰の性状、処分場の立地環境、埋立後の経過時間などによって変わる。そのため、実際の性状は対象地点毎に調査する必要があるが、本節では既往文献を基にその特徴を概説する。

2.2.1 性状

エージング灰は、湿った状態で貯蔵された石炭灰であるが、表 2.1 に示すように、化学組成、密度及び粒度分布に新生灰との大きな違いは見られない。

表 2.1 新生灰とエージング灰の性状の比較⁴⁾⁻⁶⁾

	新生灰	エージング灰
含水率(湿分)	0~0.8 %	11~44 %
化学組成	SiO ₂ 43 ~ 65 % Al ₂ O ₃ 22 ~ 32 % Fe ₂ O ₃ 1 ~ 7 % CaO 0.1 ~ 7 % MgO 0.5 ~ 1.5 % LOI 0.4 ~ 8 % CO ₃ 0.06 ~ 0.2 %	SiO ₂ 44 ~ 77 % Al ₂ O ₃ 14 ~ 29 % Fe ₂ O ₃ 3 ~ 10 % CaO 1 ~ 8 % MgO 0.5 ~ 2 % LOI 2 ~ 11 % CO ₃ <0.02 ~ 1.2 %
密度	1.9~2.3 g/cm ³	2.2~2.4 g/cm ³
粒度分布	中央粒径：11~31 μm 20 μm 以下：30~73% 100 μm 以下：80~96%	中央粒径：17.2~28.6 μm 20 μm 以下：31~66% 100 μm 以下：98~100%
活性度指数	材齢 28 日：80 %以上 材齢 91 日：90 %以上	材齢 28 日：69~84 %、56~81 % 材齢 91 日：79~90 %、60~92 %

※同表の新生灰とエージング灰は同一の石炭灰ではない。また、(カッコ)内の数値は、JIS A 6201 フライアッシュ II 種^{*1)}の品質

しかし、電子顕微鏡(SEM)で粒子表面を観察すると、粒子表面が滑らかな新生灰(写真 2.1)に対して、エージング灰では表面に析出物が観察されることがある(写真 2.2)。これらは、XRD 分析の結果から、Calcium Silicate Hydrate, Hydrocalumite, Ettringite といったカルシウム水和物や、アルミノシリケート化合物であると推定されている。析出物は、CaO 含有量の多いエージング灰ほど多く観察されており、このために粒子表面が粗くなり、新生灰よりも BET 比表面積が大きくなる傾向が見られる。また、処分場表層付近から採取したエージング灰の中には炭酸化の進んだものも含まれる。そして、これらの二次生成物により粒子同士が固着し、塊状になっている粒子も観察される。

2.2.2 ポゾラン反応性

石炭灰はセメントと混合すると、石炭灰中の非晶質シリカ・アルミナがセメントの水和に伴って生成する水和物相と反応して、Ca-Si-Al 反応相を形成する。これにより組織が緻密化し、耐久性と水密性の向上に寄与する。ポゾラン反応性は、JIS A 6201 に規定されるモルタル活性度指数で評価可能である。これは、試験モルタル(セメントの 25%をフライアッシュに置換したモルタル)と基準モルタル(フライアッシュ置換率 0%)の圧縮強度比として定義され、フライアッシュ II 種では、材齢 28 日で 80%以上、材齢 91 日では 90%以上と定め

*1 JIS A 6201 (コンクリート用フライアッシュ)に規定される品質の一種で、生コン、ダム用マスコンクリート、コンクリート二次製品等に使われる、最も生産量の多いフライアッシュ。

られている。エージングに伴い比較的早い段階（半年以内）に活性度指数の低下が発生すると考えられているが、環境条件等によって異なり、埋立後 20 年以上経過したエージング灰でも、JIS II 種相当の活性度指数が観測された事例が報告されている（参考文献番号を追記）。

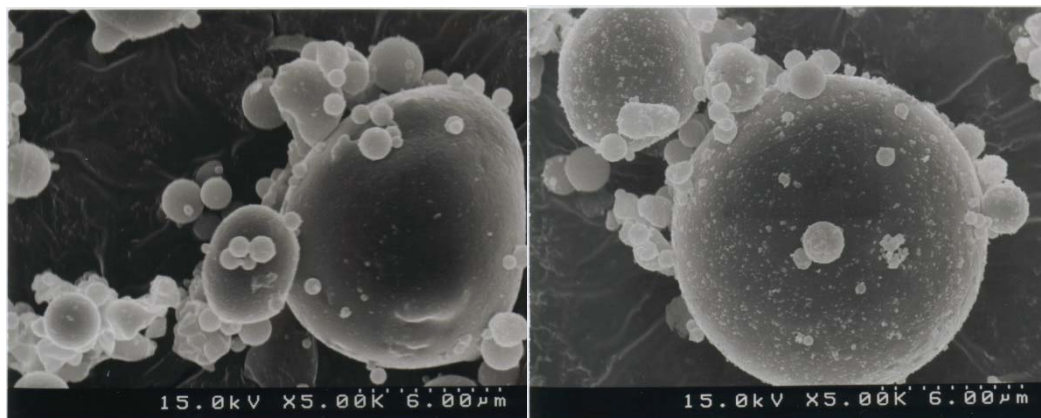


写真 2.1 新生灰の SEM 画像

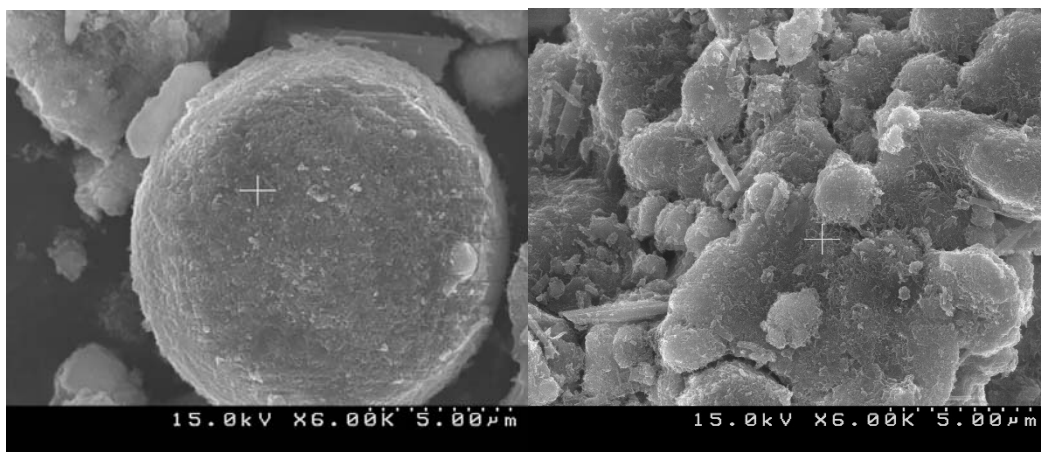


写真 2.2 エージング灰の SEM 画像⁵⁾

2.2.3 石炭灰混合材料としての適用性

セメントを添加して作製した石炭灰混合材料は、以下の特徴を持つことが報告されている^{4),6)}。

- 乾燥密度は $0.9 \sim 1.1 \text{ g/cm}^3$ 程度で、新生灰を用いた石炭灰混合材料よりもやや軽い
- 28 日養生後の一軸圧縮強さは、セメント添加率が低い (2-5%) と新生灰よりも低くなる傾向が見られるが、15-18%ではほぼ同等
- 新生灰よりも低いセメント添加率で土壌環境基準に適合させることができる(図 2.1)

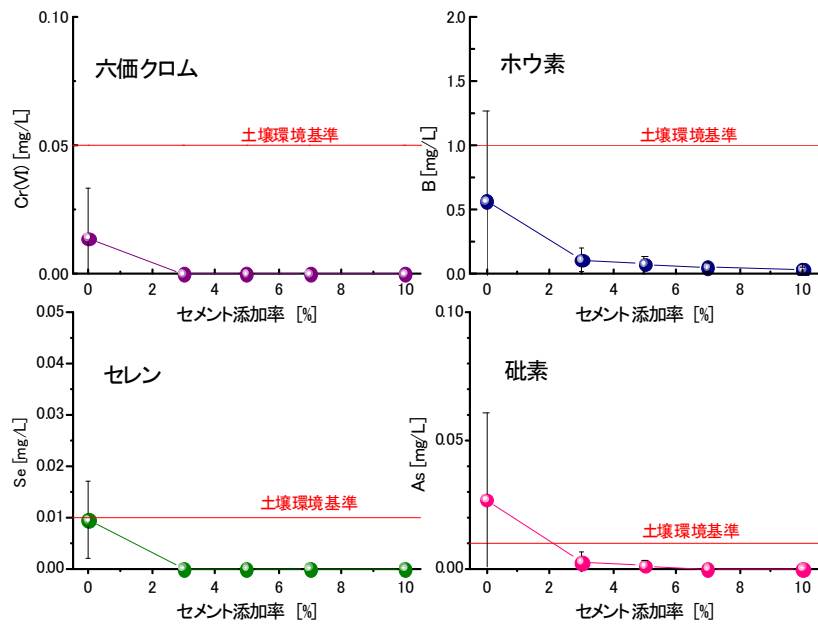


図 2.1 エージング灰にセメント添加して作製した石炭灰混合材料の微量物質溶出性⁴⁾

2.3 エージング灰を用いた石炭灰混合材料

本ガイドラインは、石炭火力発電所から副生される石炭灰のうち、エージング灰（既成灰）を対象としたものである。一般財団法人石炭エネルギーセンターが既に発刊している3冊のガイドライン、すなわち、「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」、「石炭灰混合材料有効利用ガイドライン（震災復興資材編）」、「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）」は、いずれも石炭灰を主原料とした人工地盤材料である石炭灰混合材料に着目している。本ガイドラインについても、既存のガイドラインと同様、基本的にエージング灰の単体利用ではなく、エージング灰にセメント、水、用途により土砂、さらに添加材料等を必要に応じて混合したエージング灰混合材料について言及している。

利用時の環境を考慮した環境安全配慮品質については以降で詳述するが、エージング灰混合材料を有効利用する際には、影響を受ける大気、土壌、地下水、海水などの環境媒体が当該の環境基準等を満足することが要求される。

図2.2に、エージング灰混合材料の基本的な製造フローを示す。エージング灰混合材料の製造は、あらかじめ利用場所と異なる位置（現場外もしくは現場内）で、エージング灰にセメント、水、土砂および添加材料等を混合して、エージング灰混合材料を製造して、施工場所まで運搬して利用する土砂代替品としての利用方法と、エージング灰とセメント、水、土砂および添加材料を施工場所まで運搬し原位置でエージング灰混合材料をスラリー状で製造して利用する方法とが考えられる。

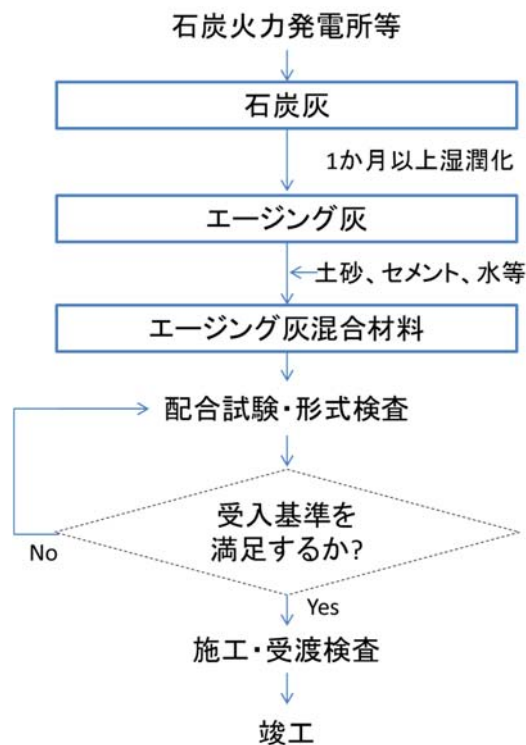


図 2.2 エージング灰混合材料の基本的な製造フロー

2.4 環境安全性の検査方法の考え方

2.4.1 はじめに

欧州の廃棄物処理は安定性を管理基準においており、安定性を評価することが廃棄物管理である。安定性が証明できれば「ごみ焼却灰」も有効利用可能である。その場合空気中の二酸化炭素による炭酸化による表面安定化もある。(ガイドライン高規格道路盛土編を参照のこと)

2.4.2 環境安全品質及び検査方法の規定に際しての考え方

本節では、石炭灰混合材料が確保すべき環境安全性品質及び検査方法を規定する。すなわち、本ガイドラインは、平成13年環境省通知「土壌の汚染に係る環境基準についての一部改正について」(環水土第44号)に記述される「再利用物の利用の促進と安全性確保の観点から、再利用物の利用実態に即したリサイクルガイドライン」の一つに該当し、本節は、環境安全品質確保の方法を具体的に示すものである。

まず、具体化のための基本的な考え方は、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」(2011年7月)⁷⁾の第2章に示される「循環資材^{*1}の環境安全品質及び検査方法に関する基本的考え方」^{*2}に基づくこととする。次に、この考え方にに基づき、各用途における環境安全品質を規定する。そのための考え方は、先行して公表されたガイドラインやマニュアル^{8), 9), 10)}を参考としている。

なお、石炭灰混合材料は、平成23年環境省通知「土壌汚染対策法の一部を改正する法律による改正後の土壌汚染対策法の施行について」(環水大土発第110706001号)に示されるように、「非鉄製錬業や鉄鋼業の製錬・製鋼プロセスで副生成物として得られる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、そもそも土壌とはみなされない」ことから、この限りにおいては、土壌環境基準は適用されず、かつ、「土壌汚染対策法の調査の命令対象とはならない」。したがって、周辺の土壌と区別して用いる場合は、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、別途、適切な環境安全品質を確保するための検査方法や管理方法などのルールが必要である。また、対象外であるという条件が将来にわたって適用されるためには、その検査結果や利用区域を施工図面などに正確に記録・保管し、将来、所有者が変更される際には情報を確実に伝達することが必要である。また、情報の記録・保管が困難な用途^{*3}については、一般土壌への再利用を前提とし、それと同等の環境安全品質の確保が必要である。

(1) 基本的な考え方

^{*2} スラグ類に関する日本工業規格 (A5011-1, A5011-2, A5011-3, A5011-4, A5015, A5031, A5032) は、この考え方に基づく環境安全品質の導入が進められている。

http://www.jisc.go.jp/newsttopics/2012/201203slag_hokokusho.htm

^{*3} 建築資材などが想定される

「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」⁷⁾に示されるように、検査は、「環境安全形式検査」と「環境安全受渡検査」の2段階によって行う。検査の流れを図2.3に示す。

(1-1) 環境安全形式検査

環境安全形式検査では、所定の方法で調製された石炭灰混合材料が、すべての検査項目について環境安全品質基準を満足することを検査する。そのための環境安全品質基準と試験方法は、先出の「基本的考え方」⁷⁾に基づき規定する。すなわち、石炭灰混合材料を利用する際には、その出荷から、施工、利用を経て、利用終了後の再利用または処分も含めたすべてのライフサイクルにおいて、影響を受ける大気、土壌、地下水、海水など（環境媒体という）が当該の環境基準などを満足できるように配慮しなければならない。そこで、それぞれの用途（もしくは工事）ごとに、そのライフサイクルの中で「最も配慮すべき曝露環境」を選定する。環境安全形式検査において参照する基準（“環境安全品質基準”）は、「最も配慮すべき暴露環境」において、石炭灰混合材料を取り囲む環境媒体が環境基準などを満足できるように規定する。環境安全形式検査における試験項目は、微量物質の放出経路を踏まえて、溶出量試験と含有量試験の実施の有無、ならびに実施する場合はその試験方法を規定する。

(1-2) 環境安全受渡検査

環境安全受渡検査は、実際に施工または販売される予定の石炭灰混合材料が、環境安全品質基準に合格したものと同一品質であることを確認するために、石炭灰混合材料に含まれる特に注目すべき微量物質に絞り込み、製造ロットごとに、必要と思われる基準項目について、環境安全品質基準を満足することを検査する。

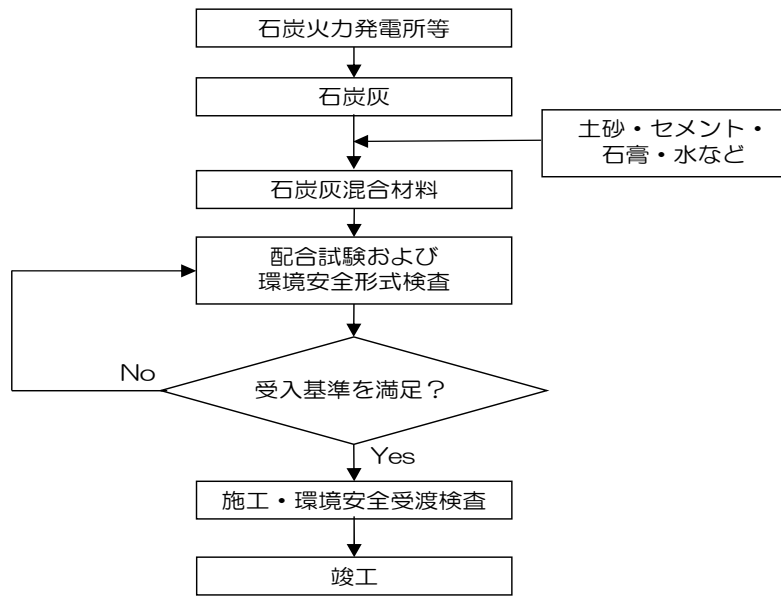


図 2.3 環境安全品質に関する検査の流れ

(2) 最も配慮すべき暴露環境

着目する用途の「最も配慮すべき暴露環境」を表 2.2 のように規定する。

高規格道路用の盛土材や裏込材のように、施工後はほぼ永久的に利用され再利用が想定されない用途では、その用途における環境を「最も配慮すべき暴露環境」とする。

仮設盛土や下層路盤材のように、利用後に撤去され、別の用途で再利用がなされることが想定される場合は、その用途と再利用用途とを比較し、石炭灰混合材料の露出や粒状化などの観点から「最も配慮すべき暴露環境」を選定する。

表 2.2 「最も配慮すべき暴露環境」選定の考え方

	「最も配慮すべき暴露環境」
再利用が想定されない用途（工事）	その用途（工事）
再利用が想定される用途（工事）	その用途（工事）と再利用用途を比較し選定する。

(3) 環境安全品質基準と試験方法

環境安全品質基準は、「最も配慮すべき暴露環境」において、石炭灰混合材料を取り囲む環境媒体（石炭灰混合材料と接する土壌や地下水等）が環境基準などを満足できるように規定する。試験方法は、「最も配慮すべき暴露環境」における微量物質の放出経路を踏まえて、溶出量試験¹¹⁾と含有量試験¹²⁾の実施の有無を含めて規定する。より具体的には、土壌汚染対策法の適用可能性（もしくは土壌汚染対策法と同等の環境安全品質の必要性）、直接摂取の可能性、および、溶出経路に基づき、図 2.4 のフローチャートにしたがい、表 2.3 に示す類型 A～E のいずれかを選定することとなる。

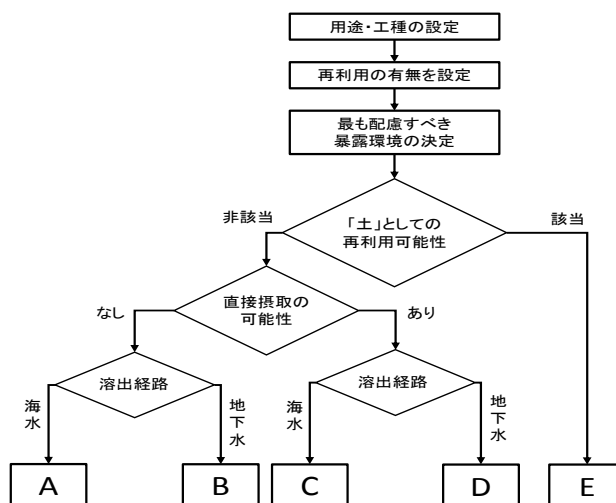


図 2.4 環境安全形式検査の類型判断フローチャート

表 2.3 各類型の試験方法と環境安全品質基準

類型				試験項目	試験方法	環境安全品質基準
	「土」としての 再利用可能性	直接摂取 可能性	溶出経路			
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 環告 18 号	一般用途溶出量基 準
				含有量試験	H15 環告 19 号	含有量基準

以上を踏まえて、本ガイドラインの対象範囲である各用途における「最も配慮すべき曝露環境」と試験項目を表 2.4 に示す。なお、用途ごとの環境安全形式検査及び受渡検査の項目は表 2.7 を参照のこと。

表 2.4 用途ごとの試験方法と環境安全品質基準

用途 (カッコ内に、図 2.4 による類型を記す)			最も配 慮すべ き曝露 環境	試験項目 (カッコ内に、試験方法と環境安全品 質基準*1 を順に記す)
再利 用が 想定 され る用 途	舗装工	路床材、凍上抑制材、路盤材、アスファルト舗装骨材、舗装用ブロック (類型 C または D)	再生路盤の状態	溶出量試験 (JIS K0058-1 の 5.、一般用途溶出量基準) 含有量試験 (JIS K0058-2、含有量基準)
		盛土材、埋戻材 (資材が露出する恐れ*3 のない場合：類型 A または B)	最初 の用 途の 状態	溶出量試験 (平成 15 年環告 18 号、一般用途溶出量基準) 含有量試験 (平成 15 年環告 19 号、含有量基準)
裏込工	裏込材 (類型 A または B)	溶出量試験 (JIS K0058-1 の 5.、周辺環境に基づき決定*2)		
土工	パーチカルドレーンおよびサンドマット材、サンドコンパクション (SCP) 用材、深層混合処理固化材 (類型 A または B)	溶出量試験 (JIS K0058-1 の 5.、周辺環境に基づき決定*2)		
	浅層混合処理固化材 (類型 E)	溶出量試験 (平成 15 年環告 18 号、一般用途溶出量基準) 含有量試験 (平成 15 年環告 19 号、含有量基準)		

※1 環境安全品質基準値は別に示す。

※2 影響を与える周辺環境が海水の場合は港湾用途溶出量基準を準用し、それ以外の場合は一般用途溶出量基準を適用する。

※3 資材が露出する恐れとは、他の材料で被覆した場合であっても、雨水などの浸食により被覆した材料が流出する可能性のある場合を言う。

2.4.3 環境安全品質基準

表 2.3 に示した用途ごとに、環境安全品質基準を「港湾・空港工事における非鉄スラグ利用技術マニュアル(案)」(一般財団法人沿岸技術研究センター、2012 年 3 月)⁹⁾を参考に、表 2.5 に示すとおり規定する。ここで、石炭灰は石炭燃焼後の残渣であることから、評価対象物質は重金属などの無機物質に限定した。なお、表 2.5 に示す一般用途溶出量基準と含有量基準は土壤汚染対策法の指定基準と同等である。港湾用途溶出量基準の設定の考え方は、表 2.6 に示すとおりである。

環境安全形式検査では、表 2.5 のうち該当する項目をすべて検査する。環境安全受渡検査では、六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素の溶出量は必ず測定し、他の項目の測定については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、省略できるものとする。具体的には、表 2.7 のとおりとする。

表 2.5 環境安全品質基準

(a) 溶出量基準

項目	一般用途溶出量基準 (mg/L)	港湾用途溶出量基準 (mg/L)
カドミウム	0.003 以下	0.009 以下
鉛	0.01 以下	0.03 以下
六価クロム	0.05 以下	0.15 以下
砒素	0.01 以下	0.03 以下
水銀	0.0005 以下	0.0015 以下
セレン	0.01 以下	0.03 以下
ふっ素	0.8 以下	15 以下
ほう素	1 以下	20 以下

(b) 含有量基準

項目	含有量基準 (mg/kg)
カドミウム	150 以下
鉛	150 以下
六価クロム	250 以下
砒素	150 以下
水銀	15 以下
セレン	150 以下
ふっ素	4000 以下
ほう素	4000 以下

表 2.6 港湾用途溶出量基準の考え方

(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より抜粋)

本ガイドラインの適用範囲とする港湾施設の供用期間は数十年規模の長期的(半永久的)なものであり、且つ、自治体等の港湾施設管理者は、使用した石炭灰混合材料の検査記録や施工記録を残すこととしている。また、仮に撤去された場合、海水に長期間曝露され塩分濃度が高い等の理由のために他の用途への再利用は難しいと考えられる。以上のことから、石炭灰混合材料のライフサイクルを通じた環境への影響を検討するに際して「最も配慮すべき曝露環境」は、再利用を考慮しない港湾施設としての利用環境とした。

このような港湾施設に使用される石炭灰混合材料が備えるべき環境安全品質基準の参考となる値として、日本工業標準調査会による「コンクリート用スラグ骨材に環境安全品質及びその検査方法を導入するための指針」における港湾用途の環境安全品質基準がある。この基準の適用の対象となる港湾用途とは、海水と接する環境で、かつ、再利用しない用途(岸壁、防波堤、砂防堤、護岸、堤防、突堤等が挙げられる)に限定したものである。このような設備からの直接摂取、あるいは周囲の地下水の飲用は考えられず、海水に対する影響を考慮する。港湾施設構造物の表面から海水への溶出による湾内の化学物質濃度上昇を計算した結果からは、この基準を満たす資材による濃度上昇への寄与はほとんど無視できるレベルであることが考察された。しかしながら、水産物への濃縮を介しての人への影響等の観点から科学的知見をさらに蓄積することの必要性を言及するとともに、港湾用途におけるコンクリート用スラグ骨材の当面の間の基準として環境安全品質基準(表 2.5 港湾用途溶出量基準と同等の値)が設定された。基準値は、海水による過大な希釈効果に期待せず、水底土砂基準や排水基準ではなく、より環境基準に近い値としてフッ素とホウ素を除いて土壤環境基準の 3 倍が設定され、フッ素とホウ素については、海域でのバックグラウンド値が高く、水質環境基準が海域に対して適用されていないことも考慮して、土壤環境基準の 20 倍程度が設定されている。

本ガイドラインで対象とする港湾施設用石炭灰混合材料は、港湾内を回流する海水に対してはコンクリート製の擁壁等の構造物等を介し、また、上部は舗装や覆土を行い露出させないように施工することとしている。このような点から、石炭灰混合材料はコンクリート用骨材よりも、港湾内の海水や地上部への影響は小さい利用法であると考えられる。しかしながら、生態系保全や科学的知見の蓄積必要性等の上記の観点を踏まえて、当面の基準として、コンクリート用骨材と同等レベルの基準として表 2.5 のように設定することとした。

なお、コンクリート用骨材の指針においても、港湾用途以外に関しては、人体への直接摂取等の可能性を考慮して道路用骨材と同様に土壤環境基準と同値の基準の適用としており、このガイドラインにおいても資材を域外に持ち出す場合には、土壤環境基準の適用を検証することとしている。

表 2.7 用途ごとの検査項目

用途		試験の種類	影響を与える周辺環境	環境安全型式検査	環境安全受渡検査		
					必須	省略可 ^{※1}	省略 ^{※2}
土工	覆土材、盛土材、埋戻材（資材が露出する恐れ ^{※3} のある場合）	溶出量試験	地下水	表 2.5 (a) の全項目	六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素	カドミウム、鉛、水銀	
		含有量試験	地下水	表 2.5 (b) の全項目	—	鉛、六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素	カドミウム、水銀
	盛土材、埋戻材（資材が露出する恐れ ^{※3} のない場合）	溶出量試験	地下水	表 2.5 (a) の全項目	六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素	カドミウム、鉛、水銀	—
			海水	表 2.5 (a) の全項目	六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素	カドミウム、鉛、水銀	—
地盤改良工	パーチカルドレインおよびサンドマット材、SCP用材、深層混合処理固化材	溶出量試験	地下水	表 2.5 (a) の全項目	六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素	カドミウム、鉛、水銀	—
			海水	表 2.5 (a) の全項目	六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素	カドミウム、鉛、水銀	—
	浅層混合処理固化材	溶出量試験	地下水	表 2.5 (a) の全項目	六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素	カドミウム、鉛、水銀	—
		含有量試験	地下水	表 2.5 (b) の全項目	—	鉛、六価クロム、砒素、セレン、ふっ素、ほう素	カドミウム、水銀

※1 環境安全型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。

※2 カドミウムと水銀の全含有量は、含有量基準と比較しても十分に低いため（参考表 1.3 を参照）、環境安全受渡検査では検査を省略する。

※3 資材が露出する恐れとは、他の材料で被覆した場合であっても、雨水などの浸食により被覆した材料が流出する可能性のある場合を言う。

2.4.4 試験方法

表 2.3 に示したように、類型 A～D の溶出量試験については、利用有姿の状態では実施が可能な JIS K 0058-1 の 5.（図 2.4 参照）とした。ただし、直接摂取の可能性のある浅層混合処理固化材および覆土材、盛土材、埋戻材（資材が露出する恐れのある場合）については、土壤汚染対策法と同等の環境安全品質が要求されるため、類型 E とし、平成 15 年環境省告示第 18 号溶出量試験とした。含有量試験は、再利用が想定される類型 C と D では JIS K 0058-2 とし、「土」に準じた扱いになる類型 E では平成 15 年環境省告示第 19 号含有量試験とした。いずれも、次に述べる方法で試料の採取と調製を行い、実施する。



図 2.4 JIS K 0058-1 の 5. 利用有姿による試験の実施状況

2.4.4.1 環境安全形式検査における試験方法

(1) 試料の採取

試料の採取は、石炭灰混合材料の製造実態、品質管理実態などを考慮し、石炭灰混合材料を代表し、かつ、再検査を実施する場合に備えて十分な量を確保できる合理的な採取方法を定めて行う。

(2) 試料の調製

試料の調製は、あらかじめ決定した「最も配慮すべき暴露環境」における石炭灰混合材料の状態に基づき、次のいずれかを選択する。ただし、次に述べる「検液の調製方法」によっては、各方法の規定に基づき、試料をさらに破碎して用いなければならない。

(a) 破碎材・造粒材・クリンカ（類型 A、B）

JIS K 0058 -1 の 5.3.2 の粉塊状の試料による。

(b) 破碎材・造粒材・クリンカ（類型 C、D）

スラグ指針⁷⁾に基づき、破碎材・造粒材・クリンカを破碎して再生路盤材 RC-40 の粒度に調整する。

(c) 塑性材・スラリー材（類型 A、B）

50 mm φ × 100 mm のモールドを用い、JIS A 1132（コンクリート強度試験用供試体の作り方）の 4.（圧縮強度試験用供試体）によりキャッピングまでを行う。養

生は封かん養生とし、7日間養生したものを検液の調製に用いる。再検査に備えて3本作製する。なお、原位置攪拌工法の場合は別途協議する。

(d) 塑性材・スラリー材（類型 C、D）

スラグ指針⁷⁾に基づき、成形体を作製後に破碎して再生路盤材 RC-40 の粒度に調整する。

(3) 検液の調製と分析

表 2.7 に示した用途や周辺環境に基づき、表 2.4 に示す溶出量試験や含有量試験を行う。参考として、各試験方法の概要を表 2.8 に示す。

なお、含有量試験である JIS K 0058-2、H15 環境省告示第 19 号は、いずれも、試料をさらに 2 mm 以下に調製する必要があるため、その際の試料調製方法は、スラグ指針⁷⁾に基づくこととする。

2.4.4.2 環境安全受渡検査における試験方法

(1) 試料の採取と調製

(a) 破碎材・造粒材・クリンカ

試料は、現地で受渡しが行われる石炭灰混合材料を代表し、かつ、再検査を実施する場合に備えて十分な量を確保できる合理的な採取方法を定め、それに基づいて採取する。再検査を実施する場合に備えて十分な量を確保しておかなければならない。

(b) 塑性材・スラリー材

試料は、現地で施工時に未固結の状態の材料を 50 mm φ × 100 mm のモールド等で 7 日間養生したもの、現地で施工された材料のコア抜き供試体、もしくは、現地でなるべく乱さないように採取した不定形の試料を用いる。再検査に備えて 3 検体分用意する。ただし、原位置攪拌工法の場合は別途協議する。

(2) 試料の調製

2.4.4.1 (2) と同様に行う。

(3) 検液の調製と分析

2.4.4.1 (3) と同様に行う。

表 2.8 各試験方法の概要

	溶出量試験		含有量試験	
	JIS K 0058-1 の 5.	H15 環境省 告示第 18 号	JIS K 0058-2	H15 環境省 告示第 19 号
試料形状	有姿のまま	風乾し団粒 ^{※1} を 2 mm 以下に 粗砕	風乾し、 <u>すべての粒子</u> を 2 mm 以下に粗砕	風乾し団粒 ^{※1} を 2 mm 以下に 粗砕
溶媒	純水	純水	1 mol/L 塩酸 ^{※2}	1 mol/L 塩酸 ^{※2}
液固比	10L/kg	10L/kg	約 33 (200 mL/6 g)	約 33 (200 mL/6 g)
攪拌方法	プロペラ攪拌 200 rpm	反復振とう 毎分 200 回	反復振とう 毎分 200 回	反復振とう 毎分 200 回
溶出時間	6 時間	6 時間	2 時間	2 時間
固液分離方法	必要に応じて遠心 分離後にろ過	遠心分離後に ろ過	必要に応じて遠心分離 後にろ過	遠心分離後に ろ過

※1 本ガイドラインではすべての粒子とする。

※2 六価クロムは炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムの混合溶液を用いる。

2.4.5 検査の運用方法

2.4.5.1 検査の実施者

環境安全形式検査および環境安全受渡検査のいずれの場合も、次のとおりとする。

- (1) 試料の採取は、製造者、または発注仕様書や施工計画書などに定める者が実施する。
- (2) 検液の調製は、石炭灰混合材料製造業者から委託を受けた ISO/IEC 17025 (JIS Q 17025) に適合している試験事業所または計量証明事業所が実施する。

2.4.5.2 検査の頻度

(1) 環境安全形式検査

工事ごとに、施工前に 1 回以上実施する。同一の工事内であっても、以下に該当する場合は、その都度実施する。

- 石炭灰混合材料の原料として供給される石炭灰の品質が大きく変化し、環境安全品質を定める微量物質の増加が生じる可能性がある場合。
- 石炭灰混合材料製造設備の改良、製造プロセスの変更などの要因にともなって、環境安全品質を定める微量物質の増加が生じる可能性がある場合。
- 配合条件を新たに定める都度。ただし、石炭灰と他の材料との配合率だけを変える場合で、石炭灰の配合率を少なくするときは、省略できる。

(2) 環境安全受渡検査

受渡当事者間の協議によって定めた頻度で実施する。ロット単位で実施することが望ましい。なお、ロットの大きさおよびサンプリングの個数は工事仕様に定める。

注記 5000m³につき 1 回以上の頻度とすることが望ましい。

2.4.5.3 検査結果の判定基準

環境安全形式検査および環境安全受渡検査は、いずれも 2.3.3 節の環境安全品質基準に適合したものを合格とする。

2.4.5.4 再検査

2.4.5.3 で不合格となった場合は、材料などの検査で一般的に行われている次の方法で再検査を実施する。すなわち、当該ロットについて、新たに 2 回の検査を行い、そのいずれもが適合した場合は、当該ロットは合格とする。新たに行った検査結果のうち、1 回以上不適合となった場合は、当該ロットは不合格とする。

注記 上記の再検査のスキームは JIS Z8402-6⁸⁾ の 5. に示される考え方によるもので、JIS におけるスラグ類の環境安全品質検査にも採用されている。

2.4.5.5 ロットの管理

石炭灰混合材料の品質を確保するために、石炭灰の成分を把握するとともに、石炭灰混合材料の製造プロセスを管理し、環境安全品質をロットごとに管理できるようしなければならない。

2.4.5.6 検査の記録

検査記録には、次の事項を記載しなければならない。

- a) 製造業者名、施工業者名またはそれぞれの略号
- b) 製造年月日、製造年月、製造期間またはこれらのいずれかの略号^{※1, ※2}
- c) 製造番号または製造ロット番号⁸⁾
- d) 使用材料および配合
- e) 検査年月日
- f) 試験事業者名および検査員名
- g) 環境安全形式検査結果
- h) 環境安全受渡検査結果
- i) 検査結果の判定

※1 製造年月日または製造年月の略号は一般に分かりやすい方法とする。

※2 b) と c) はいずれか 1 つ以上を記載すればよい。

2.4.5.7 検査記録の報告及び保管

石炭灰混合材料の製造業者は、石炭灰混合材料の出荷時に（または先だつて）次の項目を記載した検査報告書を利用者に提出しなければならない。製造業者は、その検査報告書（または写し）を 5 年間保管しなければならない。また、利用者は、その検査報告書（または写し）を、施設を供用している間、保管しなければならない。

- a) 2.4.5.6 の a)～i) の検査記録
- b) その他必要な事項

2.4.5.8 その他

- a) 施工後に長期モニタリングを行うことが望ましい。
- b) 環境安全品質の保証の範囲は、環境安全形式検査に利用模擬試料を用いた場合は石炭灰混合材料の配合量が環境安全形式検査における配合量以下の場合に限定される。

2.5 土木工事への適用

エージング灰を用いて製造された材料は、土砂代替材料として、幅広い用途に用いることができる。図 2.5、図 2.6 および図 2.7 に、土木工事における石炭灰混合利用の場や利用方法についてのイメージ図を示す。

- (1) 陸上部（道路盛土、土地造成、擁壁裏込土など）
- (2) 地盤対策（軟弱地盤の改良、液状化対策など）
- (3) 臨海部、河川近傍（海岸堤防、河川堤防、護岸、埋立など）

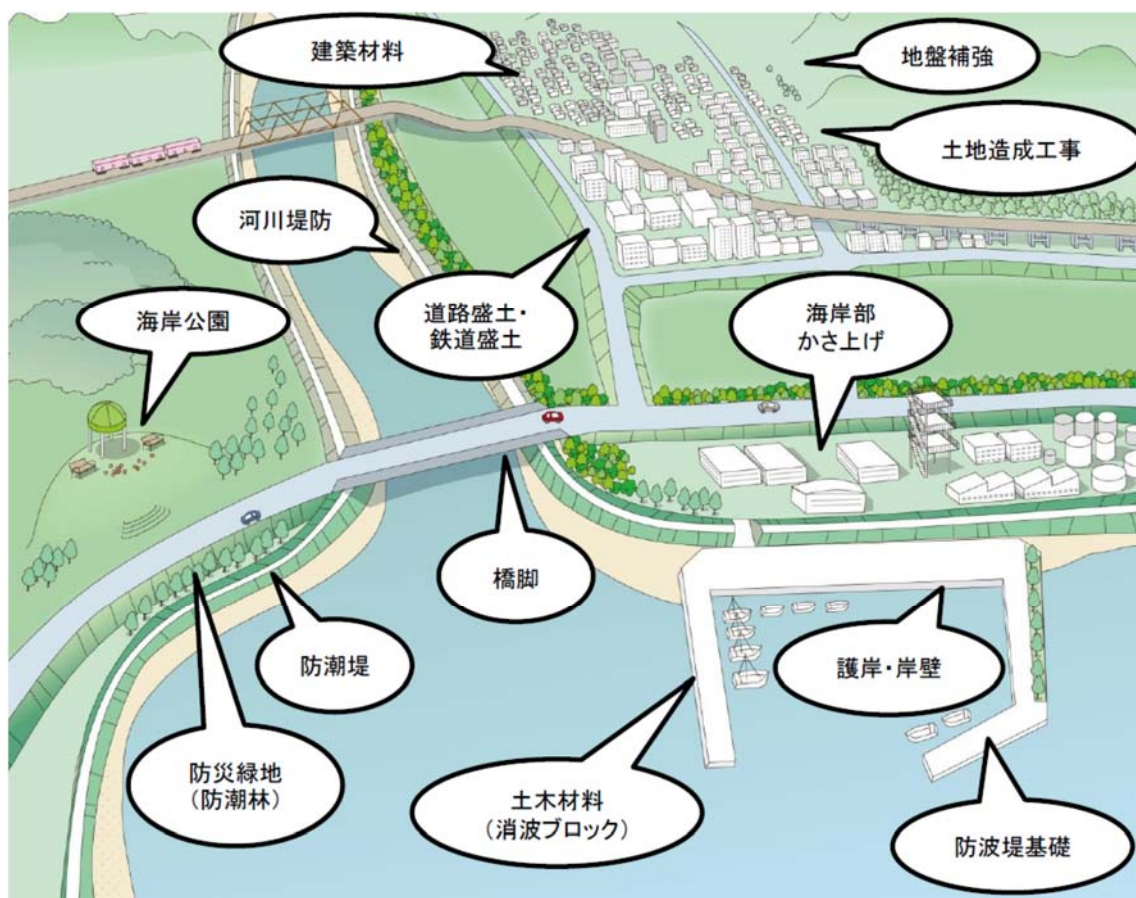
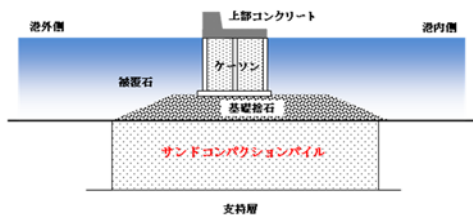
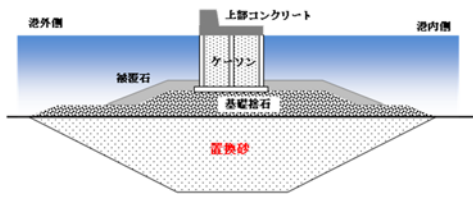
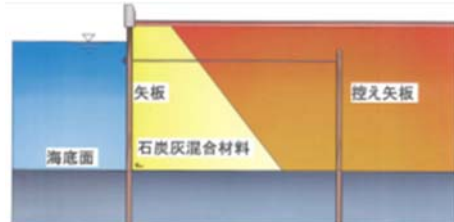
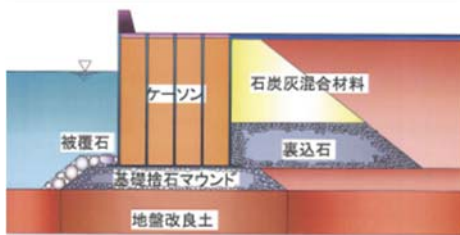


図 2.5 土木工事における石炭灰利用のイメージ（その 1）¹⁰⁾

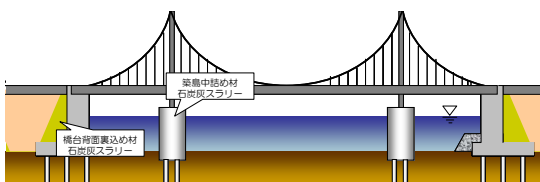
防波堤基礎



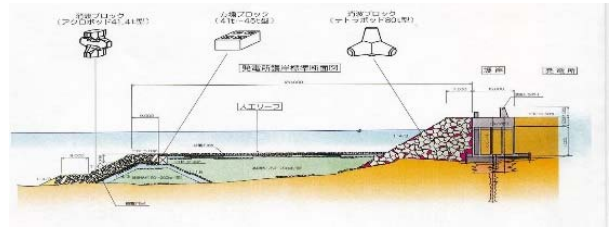
護岸・岸壁



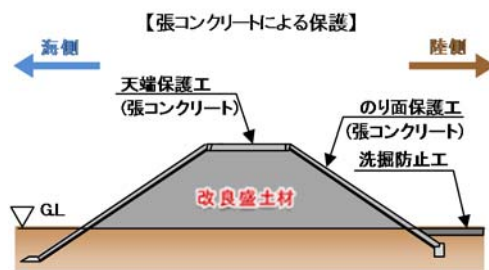
橋脚



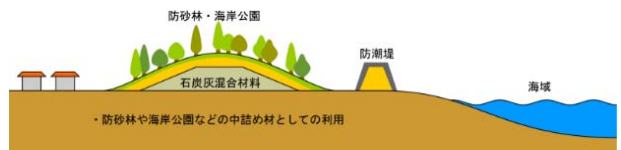
土木材料(消波ブロック)



防潮堤



海岸公園



防災緑地(防潮林)



河川堤防

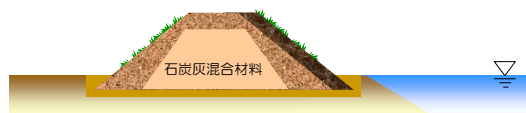
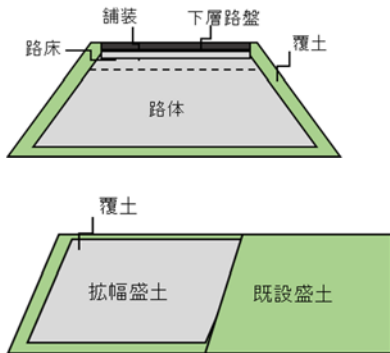
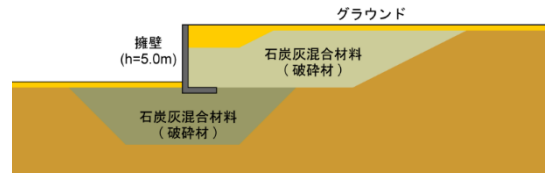


図 2.6 土木工事における石炭灰利用のイメージ (その2) ¹⁰⁾

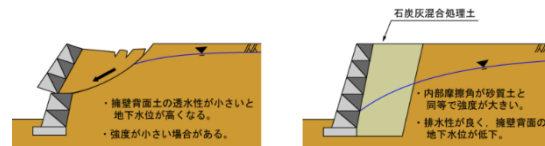
道路盛土・鉄道盛土



土地造成工事



海岸部かさ上げ



地盤補強

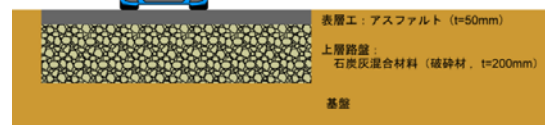
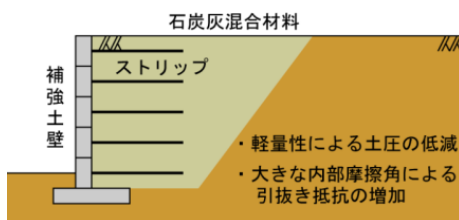
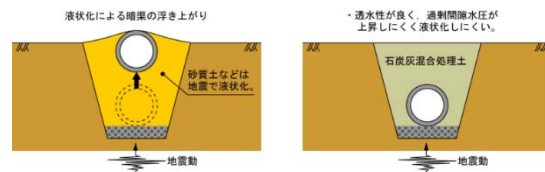
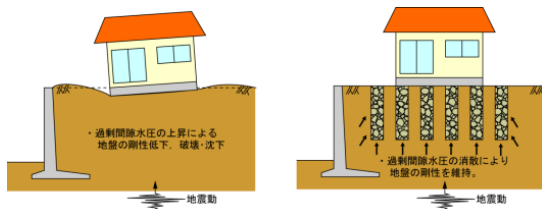


図 2.7 土木工事における石炭灰利用のイメージ (その 3) ¹⁰⁾

参考文献

- 1) 斉藤栄一、エージング作用を受けた石炭灰フライアッシュ中の有害元素の挙動に関する研究、学位論文、2010.
- 2) Hassett, D. J. and Thompson, J. S.: Formation of ettringite in disposed low-rank coal fly ash – Implication for impact on groundwater chemistry, Proc. of the North Dakota Water Quality Symposium, pp.30-31, 1994.
- 3) 東北電力株式会社、清水建設株式会社、平成 26 年度石炭灰利用技術振興費補助事業 基礎調査報告書、石炭灰有効利用促進調査、石炭灰有効利用促進調査（都市基盤整備資材としての利用に関する基礎調査）pp.77-85, 2015.
- 4) 井野場誠治、下垣久：埋立処分された石炭灰の再資源化に関する研究—既成灰の性状と土工材料としての適用性—, 電力中央研究所報告, V08031, 2009.
- 5) 山本武志、井野場誠治、下垣久：埋立処分石炭灰のコンクリート用混和材としての適用性評価—同一発電所の既成灰を対象とした基礎的検討—, 電力中央研究所報告, N11008, 2011.
- 6) 日本フライアッシュ協会：石炭灰ハンドブック 平成 22 年度版, 2010.
- 7) 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, 2012.
- 8) 一般財団法人石炭エネルギーセンター：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, 2011.
- 9) 一般財団法人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(案), 2012.
- 10) 一般財団法人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）, 2014.
- 11) 日本工業規格 JIS K 0058-1 スラグ類の化学物質試験方法—第 1 部：溶出量試験方法
- 12) 日本工業規格 JIS K 0058-2 スラグ類の化学物質試験方法—第 2 部：含有量試験方法

第3章 混合材料の分析、試験

3.1 概要

エージング灰は第2章でも述べたように、石炭火力発電所等で発生した石炭灰を処分場もしくはストックヤード等にて貯蔵された灰で、「おおむね1ヶ月以上湿潤化された石炭灰」をエージング灰と定義している。また、その性質および状態として「供給量の確保が容易である」「エージング効果による改質効果が期待できる」「利用時の品質が確保される」という利点がある。

本ガイドラインでは、エージング灰を原料とした石炭灰混合材料について、土木資材として有効に扱う（利用する）場合に主眼をおいている。その利用にあたっては、目的に応じた指針や規定に基づき各種分析・試験を実施する必要がある、以下のような品質判定を行うこととなる。

なお、基本的な評価方法は「石炭灰混合材料有効利用ガイドライン：港湾工事におけるガイドライン編や震災復興資材編および高規格道路編（一般財団法人 石炭エネルギーセンター発刊）」と同様とする。

- 品質判定基準① 有害物質の有無の判定
→土壌分析など
- 品質判定基準② 土質区分による材料判定
→物理試験、コーン指数試験など
- 品質判定基準③ 材料区分判定に基づいた詳細な地盤物性評価
→設計パラメータに必要な力学的特性試験など

基本部分に係る試験

- 有害物質の有無の判定：
品質判定基準① →土壌分析
- 土質区分の判定：
品質判定基準② →物理試験、コーン指数試験

要求される物性試験

- 材料区分判定に基づいた詳細な地盤物性評価：
品質判定基準③ →設計パラメータに必要な力学的特性試験など

詳細な地盤物性評価

・品質判定基準①：基本試験

利用にあたっては、周囲への生活環境影響を及ぼすおそれがなく、環境保全上の問題がないことが必要である。有害物質等の確認として、具体的には土壌汚染対策法の溶出量基準および含有量基準を満足しているかなどがあげられる。

・品質判定基準②：基本試験

土木材料（資材）として一定の品質を備えていることが必要である。これらの基礎的な品質判定を目的に「発生土利用基準」に準じた建設発生土としての区分評価を行う。

・品質判定基準③：要求試験

対象とする構造物の利用目的に応じて、詳細な地盤特性（地盤工学的特性）の把握が必要である。具体的には、利用目的に応じた詳細な地盤物性評価（設計パラメータ）を行うために、力学特性や安定性評価に用いる各種試験を実施する。

なお、品質評価に関する基準や規定値については、利用者の要望や必要性に応じて協議する必要がある。また、石炭灰混合材料などの用途事例などは先述の「石炭灰混合材料有効利用ガイドライン：港湾工事におけるガイドライン編や震災復興資材編および高規格道路編（一般財団法人 石炭エネルギーセンター発刊）」を参照されたい。

参 考：災害廃棄物との混合材料における復興資材としての材料区分判定

→土質区分の判定試験（品質判定基準②の項目）、維持管理試験、有機物含有量試験、放射線測定

3.2 分析・試験の方法

1) 品質判定基準①：有害物質の有無の判定

利用にあたっては、周田への生活環境影響を及ぼすおそれがなく、環境保全上の問題がないことが必要である。有害物質等の確認として、土壤汚染対策法の溶出量基準および含有量基準を満足しているかなどがあげられる。

環境安全性評価については、本ガイドライン第2章における「環境安全性の検査方法の考え方」に準拠するものとし、適宜該当する評価を行うものとする。エージング灰および石炭灰混合材料を陸域における土木資材（土壌）として再利用する場合には、土壤汚染対策法（環境省）に準じて、表3-1に示す溶出量試験（平成15年環境省告示18号溶出量試験）および含有量試験（平成15年環境省告示19号含有量試験）を実施する必要がある。

なお、エージング灰は石炭燃焼後の残渣が主体であり、評価対象物質は重金属などの無機物質に限定されることから、他の石炭灰混合材料有効利用ガイドラインと同様に、第二種特定有害物質（重金属8項目：シアン化合物は除く）について実施することが基本となる。また、石炭灰混合材料において、他の有害物質等が混入するおそれがあること、また、関係各所による品質要求事項に係る場合には、各機関との協議事項に応じて、表3-1に示す「土壤汚染に係る分析項目および基準値（全25項目）」について実施することを検討する。

表 3-1 土壌汚染に係る分析項目および基準値

分類	特定有害物質の種類	指定基準	
		土壌溶出量 基準 (mg/l)	土壌含有量 基準 (mg/kg)
第一種特定 有害物質 (揮発性有機 化合物等)	四塩化炭素	0.002以下	-
	1,2-ジクロロエタン	0.004以下	-
	1,1-ジクロロエチレン	0.02以下	-
	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04以下	-
	1,3-ジクロロプロペン	0.002以下	-
	ジクロロメタン	0.02以下	-
	トリクロロエチレン	0.03以下	-
	1,1,1-トリクロロエタン	1以下	-
	1,1,2-トリクロロエタン	0.006以下	-
	テトラクロロエチレン	0.01以下	-
	ベンゼン	0.01以下	-
第二種特定 有害物質 (重金属等)	カドミウム及びその化合物	0.01以下	150以下
	六価クロム化合物	0.05以下	250以下
	シアン化合物	不検出	遊離シアン50以下
	水銀及びその化合物	0.0005以下 アルキル水銀は不検出	15以下
	セレン及びその化合物	0.01以下	150以下
	鉛及びその化合物	0.01以下	150以下
	砒素及びその化合物	0.01以下	150以下
	ふっ素及びその化合物	0.8以下	4000以下
第三種特定 有害物質 (農薬等)	ほう素及びその化合物	1以下	4000以下
	ポリ塩化ビフェニル (PCB)	不検出	-
	チウラム	0.006以下	-
	シマジン	0.003以下	-
	チオベンカルブ	0.02以下	-
	有機りん化合物	不検出	-

※カドミウム及びその化合物については、2.4.3 環境安全品質基準（表 2.5 参照）のうち水質に係る溶出量においては 0.003mg/L 以下を基準とする。

2) 品質判定基準②：土質区分による材料判定

エージング灰および石炭灰混合材料について、「発生土利用基準」に準じた建設発生土としての区分の評価を行うことで、適用用途（例えば、土地造成、各種盛土、埋戻し材等）への評価指標とする。

具体的には基本的な品質評価を行うために建設発生土利用基準等に準じ、下記の土質試験を実施して表 3-2 に示す土質区分により材料判定を行う。

【土質区分の判定：土質区分判定試験（建設発生土利用基準：国交省）】

建設発生土利用基準（国官技第 112 号，国官総第 309 号，国営計第 59 号，平成 18 年 8 月 10 日）

- ・土粒子の密度試験
- ・土の含水比試験
- ・土の粒度試験
- ・土の液性限界・塑性限界試験
- ・締固めた土のコーン指数試験

エージング灰を原料とした石炭灰混合材料は、表 3-2 「発生土利用基準」において、新生灰を原料とした石炭灰混合材料と同様に「人工材料」に区分され、改良土として取り扱われる。

一般的に土木資材として活用する場合には、コーン指数 $q_c \geq 200\text{kN/m}^2$ を得ることが必要となる。コーン指数が $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以下で盛土材等の活用ができない場合は、安定処理等の材料改良を行うなど、コーン指数を大きくすることを検討する。また、宅地造成盛土、高速道路盛土、構造物の裏込め土等のように品質水準が高い用途に対しては、改良・安定処理等が不要となる第 3 種建設発生土相当（ $q_c=400\text{kN/m}^2$ ）以上を再利用可能な水準とすることが望ましい。

また、石炭灰混合材料はセメントを材料として製造しているものが多いため、pH の高いアルカリ性を呈する場合は報告¹⁾されている。高アルカリ化の問題は植物等への悪影響だけでなく、アルカリ化した土壌からしみ出す排水などにも影響を及ぼす。客土や植栽への利用において、pH が管理項目となっている場合や高アルカリ性の影響が懸念される箇所（サイト）への石炭灰混合材料の使用については、注意が必要である。

その対応策として例えば、表層域（植栽等）に影響を及ぼさないように下層域への利用に制限することや上層部と下層部に遮断層を設けるなどの措置を検討する。また、石炭灰混合地盤材料そのものを中性化するために、アルカリ土壌中和剤（もしくは中性固化材）の使用を検討することが望ましい。

表 3-2 土質区分基準²⁾

区分 (国土交通省令) ^{※1)}	細区分 ^{※2)} ^{※3)} ^{※4)}	コーン 指数 ^{※5)} q _c (kN/m ²)	土質材料の工学的分類 ^{※6)} ^{※7)}		備考 ^{※6)}	
			大分類	中分類 土質(記号)	含水比 (地山) W _n (%)	掘削 方法
第1種建設発生土 砂、礫及びこれらに準 ずるもの	第1種	-	礫質土	礫{G}、砂礫{GS}	-	※排水に考慮するが、 降水、浸出 地下水等によ り含水比が増 加されると予 想される場合 は、1ランク 下の区分とし る。 ※水中掘削 等による場合 は、2ランク 下の区分とし る。
	第1種改良土 ^{※8)}		砂質土	砂{S}、礫質砂{SG}		
			人工材料	改良土{I}		
第2種建設発生土 砂質土、礫質土及びこ れらに準ずるもの	第2a種	800 以上	礫質土	細粒分まじり礫{GF}	-	
	第2b種		砂質土	細粒分まじり砂{SF}	-	
	第2種改良土		人工材料	改良土{I}	-	
第3種建設発生土 通常の施工性が確保さ れる粘性土及びこれに 準ずるもの	第3a種	400 以上	砂質土	細粒分まじり砂{SF}	-	
	第3b種		粘性土	シルト{M}、粘土{C}	40%程度以下	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土{V}	-	
第3種改良土	人工材料	改良土{I}	-			
第4種建設発生土 粘性土及びこれに準ず るもの(第3種建設発 生土を除く)	第4a種	200 以上	砂質土	細粒分まじり砂{SF}	-	
	第4b種		粘性土	シルト{M}、粘土{C}	40~80%程度	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土{V}	-	
	第4種改良土		人工材料	改良土{I}	-	
泥土 ^{※1)} ^{※9)}	泥土a	200 未満	砂質土	細粒分まじり砂{SF}	-	
	泥土b		粘性土	シルト{M}、粘土{C}	80%程度以上	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土{V}	-	
			有機質土	有機質土{o}	80%程度以上	
泥土c	高有機質土	高有機質土{Pt}	-			

※1) 国土交通省令(建設業に属する事業を行う者の再生資源の利用に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令59、建設業に属する事業を行う者の指定副産物に係る再生資源の利用の促進に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令60) においては区分として第1種~第4種建設発生土が規定されている。

※2) この土質区分基準は工学的判断に基づく基準であり、発生土が産業廃棄物であるか否かを定めるものではない。

※3) 表中の第1種~第4種改良土は、土(泥土を含む)にセメントや石灰を混合し化学的安定処理したものである。例えば第3種改良土は、第4種建設発生土または泥土を安定処理し、コーン指数400 kN/m²以上の性状に改良したものである。

※4) 含水比低下、粒度調整などの物理的な処理や高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行った場合は、改良土に分類されないため、処理後の性状に応じて改良土以外の細区分に分類する。

※5) 所定の方法でモールドに締め固めた試料に対し、コーンペネトロメーターで測定したコーン指数(JIS A 1228, 1層毎の突固め回数は25回)。

※6) 計画段階(掘削前)において発生土の区分を行う必要があり、コーン指数を求めるために必要な試料を得られない場合には、土質材料の工学的分類体系((社)地盤工学会)と備考欄の含水比(地山)、掘削方法から概略の区分を選定し、掘削後所定の方法でコーン指数を測定して区分を決定する。

※7) 土質材料の工学的分類体系における最大粒径は75mmと定められているが、それ以上の粒径を含むものについても本基準を参照して区分し、適切に利用する。

※8) 砂および礫と同等の品質が確保できているもの。

※9) ・港湾、河川等のしゅんせつに伴って生ずる土砂その他これに類するものは産業廃棄物処理法の対象となる廃棄物ではない。(廃棄物の処理および清掃に関する法律の施工について 昭和46年10月16日 環整43 厚生省通知)
・地山の掘削により生じる掘削物は土砂であり、土砂は廃棄物処理法の対象外である。(建設工事等から生ずる廃棄物の適正処理について 平成13年6月1日 環産産276 環境省通知)
・建設汚泥に該当するものについては、廃棄物処理法に定められた手続きにより利用が可能となり、その場合「建設汚泥処理土利用技術基準」(国官技第50号, 国官総第137号, 国営計第41号, 平成18年6月12日)を適用するものとする。

なお、エージング灰単体材料はその物理的性状にばらつきが少なく、一般の土質材料と比べてもその品質において安定した評価ができる。一方で、活用する際の含水比の大小により、コーン

指数に大きく影響を与えることから評価時の水分量には十分注意する必要がある。エージング灰単体について建設汚泥として取り扱われる場合には、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（建設汚泥処理土利用技術基準（平成 18 年 6 月 12 日、国官技第 50 号、国官総第 137 号、国営計第 41 号））に基づき、適切な処理と再利用の評価が必要である。

3) 品質判定基準③：材料区分判定に基づいた詳細な地盤物性評価

公共事業等（復旧復興のための公共事業を含め）で定められた規定に基づき、構造物が求められる構造・耐久上の安全性など品質を満たしていること。

具体的には下記の力学特性試験や使用者側が必要とする要求品質を満たしていること。

【力学特性試験：設計パラメータに必要な定数調査】

「用途ごとの設計や施工の要求品質」では、詳細な地盤物性評価（設計パラメータ）が必要となる。例えば、以下のような力学特性試験の実施が想定される。

・盛土斜面や擁壁の安定性評価：

地盤の強度定数（粘着力（ c ）、内部摩擦角（ ϕ ））が必要となり、詳細な検討を行う場合は三軸圧縮試験を実施する。三軸圧縮試験には圧密過程およびせん断過程において、その排水条件の有無により求まる強度定数の意味が異なる。したがって、各種解析パラメータに必要な定数に応じて、試験条件を設定する必要がある。

・道路盛土造成、舗装設計：

路床および路盤において、その品質管理や支持力の確認が必要であり、CBR試験を実施する。各機関の要求品質規定に応じて、求められるCBR値に注意が必要である。

・各種盛土の施工管理：

盛土を管理するには締固め特性を把握する必要があり、締固め試験（最大乾燥密度、最適含水比）を実施する。盛土構築に伴う各機関の要求品質規定に応じて、締固め度や締固めエネルギーに種類があるので注意が必要である。

・その他、使用者側が求める品質項目：

用途ごとに必要となる要求品質は、関係各所より対象の構造物等に対応した技術指針として規定されている。具体例として、他の石炭灰混合材料有効利用ガイドラインおよび巻末資料-1（対象構造物と用途毎の要求品質一覧表 岩手県復興資材活用マニュアルを参照³⁾）参照されたい。これらは対象となる構造物と用途毎における要求品質をまとめたものである。

3.3 分析頻度

分析頻度については、2.4 環境安全性の検査方法の考え方に示すとおり検査は、「環境安全形式検査」と「環境安全受渡検査」の2段階によって行う。

1) 環境安全形式検査

工事ごとに、施工前に1回以上実施する。同一の工事内であっても、以下に該当する場合は、その都度実施する。

- ・石炭灰混合材料の原料として供給される石炭灰の品質が大きく変化し、環境安全品質を定める微量物質の増加が生じる可能性がある場合。
- ・石炭灰混合材料製造設備の改良、製造プロセスの変更などの要因にともなって、環境安全品質を定める微量物質の増加が生じる可能性がある場合。
- ・配合条件を新たに定める都度。ただし、石炭灰と他の材料との配合率だけを変える場合で、石炭灰の配合率を少なくするときは、省略できる。

2) 環境安全受渡検査

受渡当事者間の協議によって定めた頻度で実施する。ロット単位で実施することが望ましい。なお、ロットの大きさ及びサンプリングの個数は工事仕様に定める。注) 5000m³につき1回以上の頻度とすることが望ましい。

なお、基本的な評価方法は「石炭灰混合材料有効利用ガイドライン：港湾工事におけるガイドライン編や震災復興資材編および高規格道路編（一般財団法人 石炭エネルギーセンター発刊）」と同様とする。

参考文献

- 1) 井野場誠治，下垣久：埋立処分された石炭灰の再資源化に関する研究－既成灰の性状と土工材料としての適用性－，電力中央研究所報告，V08031，2009.
- 2) 国土交通省・発生土利用基準改定検討委員会（国交令 59 および 60）発生土利用基準について（改定案）2006.8.
- 3) 岩手県環境生活部：岩手県 復興資材活用マニュアル（改訂版）「災害廃棄物から分別された土砂及びコンクリートがらの活用について」2013.2.

第4章 エージング灰の調達方法

4.1 エージング灰の調達について

エージング灰は、貯灰場（処分場）に埋め立てたおおむね1か月以上湿潤化された石炭灰を掘り起しして調達することが考えられる。貯灰場（処分場）の掘り起こし事例は、平成28年度時点で1件行われている。

貯灰場（処分場）からエージング灰の掘り起しを行うにあたっては、掘り起こすエージング灰の性状、掘り起し方法（施工方法）、掘り起した廃棄物の運搬、処理、処分などの各段階で、生活環境の保全面や安全面に十分に配慮して行う必要がある。

4.2 掘り起こし作業の実施にあたり

貯灰場（処分場）の掘り起こし事例は少ないことから、掘り起しを行った際に生じる生活環境保全上の支障や具体的施工方法については、自治体や許可権者、担当課等の行政機関だけでなく、周辺住民等の様々な関係者と協議を行いながら進めていくことが原則となる。また、エージング灰の掘り起こしは、その作業を行うにあたっての手続き（変更許可申請、事前調査、周辺環境保全や安全性に関する事前影響評価制度等）への見解が明確にはされていない。そのため、自治体や許可権者、担当課等の行政機関との密な調整や確認が重要であり、自治体や許可権者、担当課等の行政機関との協議にあたっては、①エージング灰利用の必要性（新生灰とエージング灰の扱い）、②エージング灰の用途、活用先、搬出先、作業期間、③掘り起し作業内容、④作業内容に伴う作業時の生活保全上の環境対策、⑤指導事項やその他必要となる事項を整理しておく必要がある。また、貯灰場（処分場）の埋め立て履歴（埋立時期、場所）も準備しておく必要がある。

なお、貯灰場（処分場）の掘り起し作業について、参考文献^{1) 2)}では、自治体や許可権者、担当課等の行政機関に作業ケースを想定してヒアリングを行った各見解が整理されている。このヒアリングでは、掘り起しに対しては法的な規制がないため、認められるという見解と認められないという見解に分かれている。自治体や許可権者、担当課等の行政機関の見解は、リサイクル推進や処分場管轄といった立場や具体的な作業ケースの内容等によって大きく異なってくるものと考えられる。そのため、掘り起しにおける生活環境保全上の支障や具体的施工方法は、様々な関係者と協議を行いながら進めていくことが必要である。

4.3 掘り起し作業時の環境対策

掘り起こし作業の方法や生活環境保全上の対策については、「最終処分場跡地形質変更に係る施工ガイドライン（最終処分場跡地形質変更に係る基準検討委員会）平成17年6月（以下、「最終処分場跡地形質変更ガイドライン」という）」³⁾が参考となる。

この最終処分場跡地形質変更ガイドラインは、平成16年に改正された廃棄物の処理及び清掃に関する法律に基づき、廃棄物が地下にある土地の形質の変更にあたって、施工方法の基準に沿っ

た事前調査、施工及びモニタリング等の内容を示すことにより、その適正な施行を確保し、生活環境の保全を図ることを目的として策定されている。この最終処分場跡地形質変更ガイドラインはあくまで、廃棄物の最終処分場の埋立跡地に対する形質変更時に適用されるものであるが、貯灰場（処分場）に埋め立てられたエージング灰の掘り起し作業方法としてある程度の指標になると考えられる。

そのため、本章では、貯灰場（処分場）における掘り起しを行う際の施工方法については、最終処分場跡地形質変更ガイドラインを参考とするが、その方法については、石炭灰という単一のものを埋め立て処分している貯灰場（処分場）の掘り起しでは過剰となる内容もある。そのため、掘り起しを行う貯灰場（処分場）を構成する各施設の構造、仕様等を十分に把握し、かつ貯灰場（処分場）という通常の廃棄物の最終処分場とは異なる処分場であることを踏まえた上で、必要となる作業方法、環境対策方法を計画し、その工法及び計画について自治体や許可権者、担当課等の行政機関と十分に協議、調整することが原則である。

また、今回対象とする貯灰場（処分場）の掘り起し作業は、掘り起しを行った実績がある埋立地上の分類による陸上埋立を行っている埋立地に限る（海面埋立の埋立地は対象外）ものとする。

以下に、最終処分場跡地形質変更ガイドラインに示されている具体的な施工を参考に、対策方法の概要を示す。

(1) 廃棄物の飛散防止

飛散防止設備としての防じんフェンス等の効果の及ぶ範囲は、フェンスの位置から水平方向に対してフェンスの高さの3～4倍といわれているが、当該地の地形、規模及び気象条件に大きく左右される。そのため、飛散防止は、廃棄物の掘削位置を考慮し、敷地境界等に設置した固定フェンスのみに頼らず、必要に応じて掘削現場付近に仮設的に設置する移動フェンスや、散水、シート掛け、覆土等を併用について検討する必要がある。

(2) 造成法面の安定確保による廃棄物の流出防止と雨水による廃棄物流出防止

埋立地において、盛土や構造物の設置等によって埋立造成法面に働く荷重が増加する場合や掘削によって法面勾配の形質を急に変更するような場合は、造成法面の安定性が低下し、法面の廃棄物が流出するおそれがあることから、造成法面の安定計算を実施する必要がある。

また、造成法面が雨水によって浸食されることによる廃棄物の露出や洗掘による埋立地外部への流出を生じないように、必要に応じて法面の保護や開渠等の整備などが必要となる。なお、廃棄物に接触した雨水は土砂混じりの泥水である場合も考えられる。このような泥水状の雨水であって、明らかに廃棄物が混入されていることが認められる場合は、沈砂等の分離・分級を行うなど、廃棄物が外部に流出することがないように措置を講じる必要がある。また、雨水の放流にあたっては、放流先の基準を満足するよう、必要に応じて適切な処理を行うことも必要となる。

(3) 廃棄物の露出防止

① 廃棄物の露出に伴う生活環境保全上の支障

覆土又は廃棄物を掘削する場合は、掘削面の廃棄物が長時間露出すると、風による飛散等が生じる可能性がある。そのため、必要に応じて適切な措置を講ずる必要がある。

② 掘削方法

埋立廃棄物の掘削方法としては、1) オープン掘削方法や、2) 矢板やケーシング等の土留工を施した内部の掘削方法がある。いずれの方法においても廃棄物が露出することに相違ないが、特にオープン掘削の場合は、図 4.1 (左図) に示すように斜面が発生したり直接目視できる掘削面が生じたりすることもあるため、廃棄物の露出や飛散防止には十分留意する必要がある。

一方、図 4.1 (右図) に示すような矢板やケーシング等による土留工を併用した掘削方法では、側面の廃棄物が土留工で隠されており掘削底部は風等が進入しにくい場所となるため、廃棄物の露出や飛散が生ずることは少ないと考えられる。しかし、土留工は、親杭等を廃棄物層内に根入れする必要があるため、埋立地構造（遮水シート位置等）や廃棄物の力学的性状の事前把握が必要となる。また、事前に堅型ガス抜き管や浸出水集排水設備の配置を確認して、それらを撤去する場合や近傍を掘削する場合は、その構造や遮水シートとのとりあいを検討する必要がある。

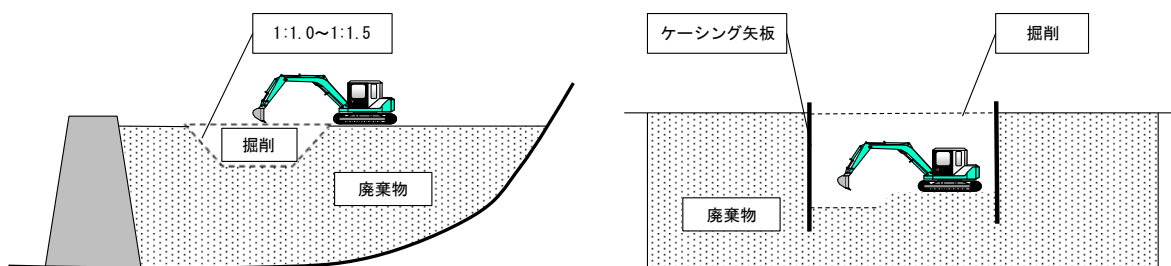


図 4.1 オープン掘削方法（左図）と土留工併用掘削（右図）の模式図³⁾

③ 廃棄物の露出防止

廃棄物の露出防止措置は、廃棄物等の掘削状況によって異なる。掘削規模が小さく短期間で終了する場合は、特に飛散防止や浸食防止措置を講じなくても廃棄物等の飛散や掘削法面が浸食する可能性は少ないと考えられる。

一方、廃棄物の露出が避けられない掘削を行う場合は、必要に応じて飛散防止や浸食防止に留意するとともに、必要に応じて囲いやシート掛け等の廃棄物の露出防止措置を講ずる必要がある。

(4) 悪臭ガスの防止

貯灰場（処分場）には、石炭灰のみを埋め立てており、悪臭ガスの発生は低いと考えられるが、貯灰場（処分場）の状況により発生のおそれがあると判断された場合には、必要に応じて

て覆土や消臭剤の散布等の適切な措置を講ずる必要がある。

また、廃棄物を掘削する施工方法は、前述したとおりオープン掘削と土留め工法を併用した掘削方法があるが、オープン掘削方法においては、換気や飛散について十分に留意する必要がある。

なお、最終処分場跡地形質変更ガイドラインでは、掘削時における臭気の判定は、人の嗅覚によることとし嗅覚により臭気があると判断された場合には、臭気物質の分析を行うなどの措置を講じるものとしており、臭気強度の目安として下表が示されている。

表 4.1 6段階臭気強度表示法³⁾

臭気強度表示表	においの程度	臭気指数	臭気強度
0	無臭		
1	やっと感知できる臭い(検知閾値濃度)		
2	何の臭いかわか弱い臭い(認知閾値濃度)		
2.5		10~15	10~32
3	らくに感知できる臭い	12~18	15~63
3.5		14~21	26~126
4	強い臭い		
5	強烈な臭い		

臭気指数=10×log(臭気濃度)

(臭気濃度:三点比較式臭気袋法を用いて測定した臭気濃度)

(5) 可燃性ガス等による火災の等の防止

廃棄物の掘削方法としては、前述したとおりオープン掘削と土留め工法を併用した掘削方法があり、いずれの方法においても廃棄物が露出するため、可燃性ガス等が発生する可能性がある。

オープン掘削の場合は、斜面が発生したり直接目視できる掘削面が生じたりするため、換気がよい状態にあり、可燃性ガス等の拡散・希釈が比較的速やかに行われることが期待できる。

一方、土留め工法を併用した掘削方法では、掘削底部は風等が進入しにくい場所になるため、換気が起こりにくく、かつ可燃性ガス等の滞留もしやすい状況になるため、留意が必要である。

ここで、最終処分場跡地形質変更ガイドラインでは、掘削時における可燃性ガス等が発生しないという条件の目安として、下表が示されている。

表 4.2 可燃性ガス等の発生基準の目安³⁾

物質名	発生基準値	摘要
メタンガス	1.5%以下	爆発限界の30%以下
酸素	18%以上	労働安全衛生規則第585条
炭酸ガス	1.5%以下	〃
硫化水素	10ppm以下	〃

(6) 騒音、振動の防止

騒音・振動については、掘削作業に関する重機に関するもの、掘削物の搬出車両に関するものなどがある。騒音規制法及び振動規制法などに基づき、各基準等を満足する必要がある。

(7) 内部保有水等による水質汚濁防止

埋立廃棄物の掘削を行う場合は、埋立地内に保有水等が溜まっている可能性がある。また、雨水が掘削部の廃棄物に接触し、保有水量の増加や汚水が流出するおそれがある。

保有水については、必要に応じて事前調査などを行って水位、水質等を確認し、適切な措置を講じておく必要がある。また、雨水と廃棄物の接触防止を図るとともに、廃棄物と接触した雨水は、適切な処理が必要となる。

(8) 覆いの機能維持

埋め立てが完了した後に廃棄物を被覆する土砂等の覆いは、以下の機能を有するものである。掘削により覆土機能の消滅や減少を招くと、その機能が阻害される可能性がある。各機能が阻害されることへの影響を考慮し、必要に応じて適切な措置を講ずる必要がある。

- ・埋立廃棄物の露出、飛散防止機能
- ・雨水の浸透抑制機能
- ・可燃性ガス等の放散抑制機能
- ・臭気の抑制機能
- ・廃棄物からの離隔距離確保機能

(9) 設備の機能維持

埋立地において、擁壁等流出防止設備や遮水工等の設備が損傷した場合は、廃棄物の流出や保有水等の直接流出等のおそれがある。そのため、擁壁等流出防止設備や遮水工等の設備以外でも現況の各設備の機能は原則として維持できるようにしておく必要がある。以下に主要な設備の機能維持について示す。

① 開渠その他設備の機能維持

開渠及びその他の設備は、その機能に支障が生じないようにしなければならない。雨水側溝や排水管等の排水設備の破断、不陸、閉塞等により疎通障害や疎通能力の不足に十分に留意し、周辺雨水排水溝や埋立地内排水溝の機能を阻害するような場合は、必要に応じて十分な疎通能力を有する排水工の代替設置するなどの措置を講ずる必要がある。

② 擁壁等流出防止設備の機能維持

擁壁等流出防止設備は、その機能に支障が生じないようにしなければならない。設計段階において考慮されていない荷重、水圧等が擁壁等流出防止設備に働くことが想定される場合は、その機能に支障が生じないように安定計算により擁壁等流出防止設備の安定性を検証し、必要な措置を講じる必要がある。

③ 保有水等集排水設備又は浸透水集排水設備、地下水集排水設備の機能維持

保有水等集排水設備や浸透水集排水設備、地下水集排水設備は、盛土等による上載荷重の増加、掘削等によって、その機能に支障が生じないようにしなければならない。

盛土等による上載荷重の増加、掘削等による集排水管の排水設備の破断、不陸、閉塞等により疎通障害や疎通能力の不足に十分に留意し、各設備の機能を阻害するような場合は、必要に応じて措置を講ずる必要がある。

- ・ガス抜き設備の機能維持：ガス抜き設備が設置されている貯灰場（処分場）にあっては、盛土等による上載荷重の増加、掘削等によって、その機能に支障が生じないようにしなければならない。

- ・遮水工の機能維持：遮水工は、掘削等により、その機能に支障が生じないようにしなければならない。遮水工の位置や構造が不明である埋立地にあっては、試掘や掘削によって遮水工を損傷する可能性があるため、生活環境保全上の支障を生ずるおそれがある場合には、原則として表層の掘削など、掘削の条件を限定するなどの検討が必要である。

また、遮水工の底部地盤の性状が把握できない場合にあっては、盛土等による沈下の影響の推測が困難であることから、沈下を生ずる可能性がある盛土や荷重の増加は避ける必要がある。

(10) その他

廃棄物の掘削を行う場合は、作業環境を十分に検討し、作業に際して必要となる安全措置（環境保全対策）や作業員の暴露防止対策などの安全対策を検討する必要がある。

また、作業環境や生活環境保全上に支障が生ずるおそれのある項目について、モニタリングを実施することも必要である。

参考文献

- 1) 東北電力株式会社、清水建設株式会社：平成 25 年度石炭灰利用技術振興費補助事業基礎調査報告書 平成 26 年 3 月
- 2) 東北電力株式会社、清水建設株式会社：平成 26 年度石炭灰利用技術振興費補助事業基礎調査報告書 平成 27 年 3 月
- 3) 最終処分場跡地形質変更に係る基準検討委員会：最終処分場跡地形質変更に係る施工ガイドライン平成 17 年 6 月

あとがき

－資源の有効活用に向けて－

本ガイドラインでは、処分場灰を含むエージング灰の利用に焦点を当て、これを原料とした石炭灰混合材料の品質評価ならびに活用方針を示した。

2012年度、我が国では、国民一人あたり約3.3トンの一般廃棄物と産業廃棄物が排出された。排出された廃棄物は、脱水・焼却等による減量化や再生利用が積極的に進められているものの、約4%にあたる1,775万トンは、最終処分場において埋立処分されている。2013年4月現在、1億1,226万m³の一般廃棄物処分場と、1億8,271万m³の産業廃棄物処分場が確保されているが、このままのペースで埋立処分が進むと、20年もかからず満杯になると推算されている。新たな最終処分場の確保が必須であるが、国土の狭い我が国では、それは年々困難になってきており、既存の最終処分場の延命化が強く望まれている。

電気業から発生する石炭灰についても状況は同じである。現在、年間百数十万トンが最終処分場に埋め立てられているが、他の産業廃棄物処分場と同様に、処分場の増設、新設は困難な状況にある。しかし、その一方で、石炭火力はベースロード電源に位置付けられており、国の示している長期エネルギー需給見通しによると、2030年においても現状と同程度の発電量が見込まれている。このため、石炭灰の発生量が大幅に減少することはないと見られている。

最終処分場は、埋立物を貯留・保管しながら、性状を安定化させることを目的とした施設である。従来、処分場は埋立物を掘り起し利用することを想定しなかったが、近年では埋立地の再生を目的として、埋立物を掘り起し資源化する事例が増えてきている。

本ガイドラインで示したように、石炭灰は湿潤状態で一定期間以上貯蔵することで性状が変化し、より扱いやすくなる。処分場を「最終処分場所」ではなく、「貯留・安定化施設」として活用することは、石炭灰混合材料の需給調整を容易にするだけでなく、品質の安定化にも寄与する。そして、これにより石炭灰混合材料の使用量が増えれば、最終的には処分場の延命化にもつながる技術である。是非活用していただきたい。

対象構造物と用途毎の要求品質一覧表 (1/2)

用途	工物の埋戻し	建築物の埋戻し	土木構造物の裏込め	道路盛土								
				高速道路		一般道		路床		路体		
				上部路床	下部路床	下部路体	上部路体	路床	路体			
適用用途標準*1	第1種	◎	◎	◎	(◎)	(◎)	(◎)	(◎)	◎	◎		
		◎	◎	◎	(◎)	(◎)	(◎)	(◎)	◎	◎		
	第2種改良土	◎	◎	◎	(◎)	(◎)	(◎)	(◎)	◎	◎		
		◎	◎	◎	(◎)	(◎)	(◎)	(◎)	◎	◎		
		◎	◎	◎	(◎)	(◎)	(◎)	(◎)	◎	◎		
	第3種改良土	○	◎	○	(○)	(○)	(◎)	(◎)	○	◎		
		○	◎	○	(○)	(○)	(◎)	(◎)	○	◎		
		○	◎	○	(○)	(○)	(◎)	(◎)	○	◎		
	第4種改良土	○	○	○	(○)	(○)	(○)	(○)	○	○		
		△	○	△	(△)	(△)	(○)	(○)	△	○		
		△	○	△	(△)	(△)	(○)	(○)	△	○		
	粘土	△	○	△	(△)	(△)	(○)	(○)	△	○		
		△	△	△	(△)	(△)	(△)	(△)	△	△		
×		×	×	(×)	(×)	(△)	(△)	×	△			
用途ごとの要求品質*2	材料規定	最大粒径	50mm以下	100mm以下	(100mm以下)	100mm	150mm	-	-	-	-	
		粒度	Fc ≤ 25%	-	(細粒分以下 ≥ 25%) (Fc ≤ 25%)	-	-	-	-	-	-	-
		コンシステンシー	-	-	(PL ≤ 10)	-	-	-	-	-	-	-
		強度	規定の CBR以上	通常の施工性が確保できるもの	圧縮性の小さい材料	-	-	-	-	規定の CBR以上	-	-
	施工管理規定	施工含水比	監督員の指示	-	最適含水比とDc90%の得られる湿潤側の含水比の範囲	締固め度および所定のたわみ規定を満足する含水比		自然含水比またはトラフィカビリティが確保できる含水比		最適含水比とDc ≥ 90%の得られる湿潤側の含水比の範囲	最適含水比とDc ≥ 90%の得られる湿潤側の含水比の範囲	
		締固め度	Dc ≥ 90%	-	Dc ≥ 90~95%	-75 μm < 20% : Dc ≥ 97% 20% ≤ -75 μm < 50% : Va ≤ 13% 50% ≤ -75 μm : Va ≤ 8%	-75 μm < 20% : Dc ≥ 92% 20% ≤ -75 μm < 50% : Va ≤ 13% 50% ≤ -75 μm : Va ≤ 8%	-75 μm < 20% : Dc ≥ 92% 20% ≤ -75 μm < 50% : Va ≤ 13% 50% ≤ -75 μm : Va ≤ 8%	-75 μm < 20% : Dc ≥ 92% 20% ≤ -75 μm < 50% : Va ≤ 13% 50% ≤ -75 μm : Va ≤ 8%	Dc ≥ 90~95%	Dc ≥ 90%	
		空気間隙率または飽和度1層の仕上り厚さ	-	-	-	-	-	-	-	-	粘性土 Va ≤ 10% Sr ≥ 85% 砂質土 Va ≤ 15%	
その他	30cm (路床部20cm以下)	30cm以下	20cm以下	20cm以下	20cm以下	30cm以下	30cm以下	20cm以下	30cm以下			
基準等	建設省「建設省総合技術開発プロジェクト建設事業の廃棄物利用技術の開発概要報告書 S61.11」	(社)公共建築協会「公共建築工事標準仕様書平成16年版」H16.3 「建築工事監理指針」H17.3	(社)日本道路協会「道路土工-施工指針 改訂版 S61.11」	NEXCO 設計要領第1集 土工編P2-40~48				(社)日本道路協会「道路土工-施工指針 改訂版 S61.11」	(社)日本道路協会「道路土工-施工指針 改訂版 S61.11」			
必要条件・注意点	埋設管下部への充填性、圧縮性、埋設物への影響を考慮する。		1) 締固めが容易で圧縮性が小さい。 2) 排水性の良い。 3) 水の浸透による強度低下が小さい。	1) 岩塊を用いる場合はモデル施工により仕様を決定	1) 岩塊を用いる場合はモデル施工により仕様を決定		1) 十分な強度と支持力を持つもの。 2) 変形量が少ない。 3) 水が浸透しても膨潤や強度低下を起こしにくい。	1) 敷均し・締固めの施工が容易で、締固めた後の強度が大きい。 2) 圧縮性が少ない。 3) 浸食に対して強い。 4) 吸水による膨潤性が低い。				
H23.8復興実施計画				三陸復興道路整備事業				多重防災型まちづくり推進事業 農地災害関連区画整理事業				
*1 適用用途標準：「建設汚泥処理土利用技術基準 H18.6」を参照し追記。【凡例】 () : 同類の利用用途より考えられる土質区分												
◎ : そのままで使用が可能なもの ○ : 適切な土質改良(含水比低下、粒度調整、機能付加・補強、安定処理等)を行えば使用可能なもの												
△ : 評価が○のものと比較して、土質改良にコストおよび時間がより必要なもの × : 良質土との混合を行わない限り土質改良を行っても使用が不適なもの												
*2 用途毎の要求品質：「建設汚泥再生利用指針検討委員会報告書 H18.3」を参照し追記。【凡例】 Fc : 細粒分含有率、PI : 粘性指数、qc : *コーン指数、Dc : 締固め度、Va : 空気間隙率、Sr : 飽和度、- : 特に規定なし、() : 望ましい値												

対象構造物と用途毎の要求品質一覧表 (2/2)

用途	河川築堤		土地造成		港湾施設		鉄道盛土	空港盛土	水面埋立て	
	高規格堤防	一般堤防	宅地造成	公園・緑地造成	海面埋立	護岸施設				
適用用途標準*1	発生1土種	第1種	◎	○	◎	◎	(◎)	◎	◎	◎
		第1種改良土	◎	○	◎	◎	(◎)	◎	◎	◎
		第2a種	◎	◎	◎	◎	(◎)	◎	◎	◎
	第2種発生土	第2b種	◎	◎	◎	◎	(◎)	◎	◎	◎
		第2種改良土	◎	◎	◎	◎	(◎)	◎	◎	◎
		第3a種	◎	◎	◎	◎	(◎)	○	◎	◎
	第3種発生土	第3b種	◎	◎	◎	◎	(◎)	○	◎	◎
		第3種改良土	◎	◎	◎	◎	(◎)	○	◎	◎
		第4a種	○	○	○	○	(◎)	○	○	◎
	第4種発生土	第4b種	○	○	○	○	(◎)	△	○	◎
		第4種改良土	○	○	○	○	(◎)	△	○	◎
		泥土a	○	○	○	○	(○)	△	○	○
	泥土	泥土b	△	△	△	△	(○)	△	△	○
泥土c		×	×	×	△	(△)	×	×	△	
材料規定		最大粒径	100mm以下	(150mm以下)	100mm以下 (転石300mm以下)	-	-	-	300mm程度	-
	粒度	φ37.5mm以上の混入率40%以下	(Fc=15~50%)	φ37.5mm以上の混入率40%以下	-	-	-	-	-	-
	コンシステンシー	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	強度	qc ≥ 400N/m ²	-	qc ≥ 400N/m ² 場合により qc ≥ 200N/m ²	-	-	-	上部盛土について k30 ≥ 70MN/m ²	-	-
	施工含水比	最適含水比より湿潤側で、規定の乾燥密度が得られる範囲	Dc ⁻ ≥ 90%の得られる湿潤側の含水比の範囲	最適含水比に近い状態	-	-	-	Dc ≥ 90%以上が得られる範囲	最適含水比付近	-
施工管理規定	締固め度	・RI計器：締固め度平均値 Dc ⁻ ≥ 90% ・砂置換法：締固め度最低値 Dc ≥ 85%	・締固め度平均値 Dc ⁻ ≥ 90% ・締固め度品質下限値 Dc ≥ 80%	・RI計器：Dc ≥ 87% ・砂置換法：Dc ≥ 85%	-	-	-	Dc ≥ 90~95%	90%以上	-
	空気間隙率または飽和度	粘性土：Va=2~10% Sr ≥ 85~95% 砂質土：Va ≤ 15%	・粘性土：Va=2~10% Sr ≥ 85~95% ・砂質土：Va ≤ 15%	・RI計器：Va ≤ 13% ・砂置換法：Va ≤ 15%	-	-	-	粘性土 Va ≤ 10~15%	Sr=85~95% Va=1~10%	-
	1層の仕上り厚さ	30cm以下	30cm以下	巻出し厚さ 30~50cm	-	-	-	30cm程度	一般的な土工：30cm以下 空港高盛土等：試験施工の成果を設計・施工に反映させるものとし、まきだし厚さ、土砂：10~50cm、軟岩：30~50cm、硬岩：最大粒径の1.5倍程度ただし1m以下	-
	その他	qc ≥ 400N/m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
基準等	(財)リバーフロント整備センター「高規格堤防盛土設計・施工マニュアル H12.3」	(財)国土開発技術研究センター「河川土工マニュアル H.5.6」	都市基盤整備公団「工事共通仕様書 H12.9」	-	(社)日本港湾協会 港湾の施設の技術上の基準・同解説	(社)日本港湾協会 港湾の施設の技術上の基準・同解説	運輸省鉄道局監修鉄道総合研究所編鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物 平成4年10月	社団法人港湾空港建設技術サービスセンター「空港土木工事共通仕様書」平成16年4月「空港土木施設施工要領」平成11月9月	-	
必要条件・注意点	粒度組成は、「河川土工マニュアル H5.6」に示されている粒度組成の適用範囲内にあることが望ましい。表土材料は宅地造成と同様の留意点が必要。	1)敷き均し、締固めの施工が容易で締固め後の強度が大きい。 2)圧縮性が少ない。 3)浸食に対して強い 4)吸水による膨潤性の低いこと。	1)施工が容易 2)せん断強さが大きい 3)圧縮性が小さい。 ただし、上記以外のものでも土質改良や使用場所を工夫することによって利用が可能。	構造基盤の造成は、一般堤防や宅地像背に用いる発生土の品質に準じることを原則とする。	各施設の要求性能を満足する検討を行い、適切な材料を用いることが必要。 埋立て材料として、廃棄物を用いる場合は「廃掃法」「海防法」に準拠する。	各施設の要求性能を満足する検討を行い、適切な材料を用いることが必要。	-	-	利用目的(緑地・ゴルフ場・グランド等、工場・倉庫・宅地等、商業ビル・集合住宅等)が明確な場合、その用途に応じて沈下の許容量を明確にすることによって埋め立てに用いる材料が決定される。	
H23.8復興実施計画	多重防災型まちづくり推進事業		再生可能エネルギー導入促進事業 災害復旧公営住宅等整備事業	メモリアル公園整備事業	多重防災型まちづくり推進事業 水産事業経営基盤復旧支援事業 漁港災害復旧事業 治山災害復旧事業	三陸鉄道復旧整備事業	-	-		
*1 適用用途標準：「建設汚泥処理土利用技術基準 H18.6」を参照し追記。【凡例】(○)：同類の利用用途より考えられる土質区分										
◎：そのまま使用可能なもの ○：適切な土質改良(含水比低下、粒度調整、機能付加・補強、安定処理等)を行えば使用可能なもの										
△：評価が○のものと比較して、土質改良にコストおよび時間がより必要なもの ×：良質土との混合を行わない限り土質改良を行っても使用が不適なもの										
*2 用途毎の要求品質：「建設汚泥再生利用指針検討委員会報告書 H18.3」を参照し追記。【凡例】Fc：細粒分含有率、PI：粘性指数、qc：*コーン指数、Dc：締固め度、Va：空気間隙率、Sr：飽和度、-：特に規定なし、()：望ましい値										