

利用動向調査・事例調査・要求品質の検討結果

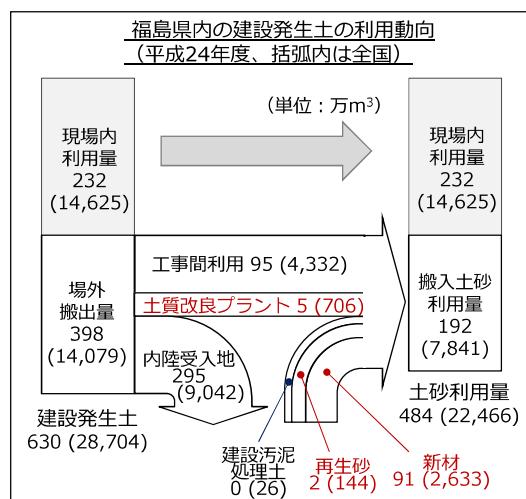
平成28年2月12日
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

I. 再生資材等の利用動向調査

1. 建設発生土の利用動向統計

2

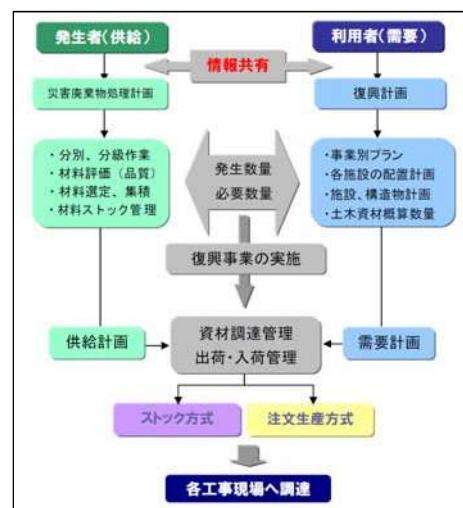
- 建設発生土については、工事間での利用や土質改良プラントへの搬送を促すなど、リサイクル推進の取組が行われている。しかし場外搬出量の3分の2近くが内陸受入地へ処分されており、また搬入土砂利用量の約3分の1(全国ベース)が新材で占められているなど、再生利用が進んでいるとは言い難い。



除去土壤由来の再生資材が参入可能な利用量実績

土質改良プラント+再生砂 : 7 (850)
 土質改良プラント+再生砂+新材 : 98 (3,483)
 (土砂利用量 : 484 (22,466))
 向こう3年間の土砂利用量の推計 : 1,052
 (道路工事予定からの概算であるが、全ての工事において一定量の盛土を利用すると仮定している)

建設発生土については需給のマッチングを促すための枠組がある。下図は災害廃棄物の岩手のマニュアル例であり、除去土壤等由來の再生資材においても、同様の枠組の構築が求められる。



ストック方式：通常の破碎・選別ラインで生産された復興資材をストックしている資材である。利用者がストックされた分別土の品質を見て、活用の有無を判断する。
 注文生産方式：利用者の要求品質が事前に分かり、要求品質に合わせた分別土を生産する。

【出典】岩手県復興資材活用マニュアル概要版(2012年6月)

2. 焼却灰の利用動向統計

3

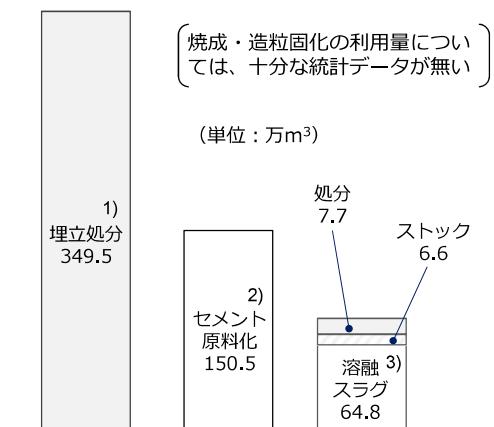
- 焼却灰の処分方法として最も一般的なものは埋立処分である。
- 再生利用のうちでは、セメント原料化の利用量が最も多く、溶融スラグの2倍以上である。
- 焼成・造粒固化の利用量については十分なデータが無いが、少量に留まっていると想定される。

焼却灰の再資源化方法等

名称	処理方法等	主な特徴
埋立処分	有害物質の溶出濃度等の基準を満たしたうえで、処分場で埋立処分を行う。	最も低成本である。処分場の逼迫が課題となっていることもあり、再生利用の普及に繋がっている。
再生利用	溶融 焼却灰を電気又は燃料で1,200°C以上の高温で溶融し、溶融スラグ及び溶融メタルを製造する方法。	ダイオキシン対策として溶融技術が普及した。但し、高コスト。セメントと異なり製品としてのJIS規格ではないので、普及には課題が残る。
	セメント 原料化 焼却灰を他の原料と混合してロータリーキルンに投入し、1,000~1,500°Cの高温で焼成してセメントの原料とする方法。	セメントは製品規格としてのJIS規格が整備されており、土木資材としての利用ニーズが高い。但し、塩素洗浄を行う必要がある。
	焼成 焼却灰に還元剤を添加し、ロータリーキルンで約1,000°Cの焼成処理を行う。	JIS規格は整備されておらず、利用用途に応じた要求特性を満たすことで利用促進を図っている。
	造粒 固化 異物の除去と粒度調整を行った主灰に、セメントと不溶化剤を添加して混練する。養生し固化したものを作成して資源化する方法。	従来は普及が進んでいなかったが、東日本大震災における災害廃棄物等の処理において宮城県で利用された。JIS規格は整備されていない。

- 再生利用用途としては、ニーズやコストの観点からセメント原料化が主流である。
- JIS規格等の整備が、利用促進に繋がっている面がある。

再資源化方法ごとの利用量（全国）



【出典】

1)「廃棄物等循環利用量実態調査」(平成24年度、環境省)

2)「廃棄物・副産物の受け入れ状況」(一般社団法人セメント協会)
<http://www.jcassoc.or.jp/cement/1jpn/jg2a.html>

3)「エコスラグの有効利用量の推移」(エコスラグ利用普及委員会)
http://www.jsim.or.jp/ecoslag/pdf/toukei_yukouriyou1308.pdf

3. 従来の再生資材の利用状況と課題

4

- 土壤、焼却灰とともに再生資材の利用量は増加傾向ではあるが、十分に普及しているとは言い難い状況である。
 - 再生資材化よりも処分を行う方が費用が安価。
 - 一方、単価を低減しなければ、再生資材の利用が促進されないという状況である。
 - 新材の代替品としての扱いであり、品質としての優位性が必ずしも無いため、積極的な利用には結び付かない。
 - また、新材と比較して利用用途が制限される可能性があり、利用者にとって必ずしも利用しやすい資材となっていない。

再生土砂について

- 再生処理土の利用においては、施工性向上、リサイクル率向上という面もあるものの、発注者からの指示によるという理由が大部分である。
- 工期が搬出側と受入側で一致しにくいことが、新材の利用に繋がっている。
- 単価を低減しなければ、再生資材の利用が促進されないという状況である。例えば、新材と比較して、再生資材の単価は概ね5割~7割程度（一部で、3割程度の単価も見受けられる）。また、地域によっては、建設発生土の処分にかかる費用と比較して、再生資材単価の2割~5割程度。

焼却灰の再生利用について

- 埋立処分と比較してコストが高い場合が多く、積極的な再生利用が進んでいない。
- セメント・溶融スラグはJIS規格が整備されているが、焼成や造粒固化については規格が整備されていない。自治体がガイドライン等を整備しなければ利用しにくい状況である。
- セメントは再生資材利用の有無に関わらずJIS規格のもとで製品として流通しているため、広く土木資材として利用されている。しかし溶融スラグ・焼成・造粒固化は土木資材として一般的でないため、工事発注者が仕様書に指示を記載しなければ利用が進まない現状である。

4. 放射性物質を含む再生資材の課題

- ・ 土壤・焼却灰の減容化等処理について現在技術開発等が進められているが、コストや高濃度副産物の扱いに課題がある。
- ・ 放射性セシウム安全や環境への影響がないレベルまで低減する、あるいは溶出しないようにするなど、再生資材の利用用途に応じて対策を検討する必要がある。
- ・ 放射性物質を含む再生資材の利用促進のためには、風評被害の防止、トレーサビリティ・利用用途限定の要否についての検討が必要である。

技術的観点

- ・ 土壤・焼却灰とともに、減容化等処理の技術開発が進められている。分級洗浄や飛灰洗浄等だけでなく、研究開発段階の加熱処理によって、浄化物の放射能濃度を100 Bq/kg以下とすることも可能である。
- ・ 再生資材の放射能濃度を低く抑えることで、利用用途の拡大や保管管理が容易になるなどのメリットがある。しかし高濃度残渣の処理や処理装置のメンテナンスに課題が残る。
- ・ 焼却灰については、再生利用用途を踏まえたうえで減容化等処理技術を開発・選定していく必要がある。
 - 塩素(Cl)を添加することで、放射性セシウムの大部分を飛灰へ移行させることができある。但し、セメント原料化を前提とすると、塩素洗浄が課題となる。またセメント原料には使用期限があり、保管管理に課題が残る。
 - スラグや焼成物は使用期限の制約を受けず_{在庫}とすることが可能である。また放射性セシウムが溶出しにくい点も、保管管理における優位性となる。

社会受容・事業者インセンティブの観点

- ・ 施工後のメンテナンスや地域住民への情報提供の観点から、トレーサビリティの確保は重要である。しかし再生資材の需要量や、構造物のモニタリング・メンテナンスに課題がある。
 - 例えば、セメント原料ではトレーサビリティの確保が困難になる。再生資材の用途先の選定にあたっては、技術的観点だけではなく社会受容性を含めた検討が必要になる。
- ・ 再生利用資材の用途先についての検討が必要である。限定利用とするか否かについて、トレーサビリティ、社会受容性、発注者による再生資材の利用指示の容易さ等が論点となる。
- ・ そもそも再生資材は新材と比較して競争力が低く、放射能物質を含む再生資材では、さらに利用が敬遠されることが予想される。規格の整備や再生資材価格の低減、工事発注書での利用促進が必要である。一方で、既存の土木資材供給事業者による事業を圧迫しないための配慮も必要である。

5.まとめと対応方針案

- ・ 再生資材の利用推進における課題を、再生資材の利用方針案ごとに以下のように整理。

シナリオ設定	特に検討する方策	処理等の方針	利用方針	課題
シナリオ1 再生利用先を拡大を優先	再生利用先を拡大し、再生資材の積極的な利用を推進するための方策を検討する。特に風評被害の防止、再生資材の規格の整備、利用者インセンティブの促進、トレーサビリティの要否について検討する。	可能な限り低レベル(100 Bq/kg) (一般資材との混合による希釈も含む)	再生資材として広く利用を促進し、最終処分の対象物量の減容化を図ることを目指す。	再生資材の品質向上と利用者インセンティブの向上が必須であり、補助金等の利用促進費を含めたコストの上昇が課題である。利用先の広いセメント原料化と、処理のための塩素添加の技術的解決が必要である。また、国民全体の再生資材利用への理解醸成が必要である。
シナリオ2 限定利用に特化	福島県内、もしくは中間貯蔵施設等へ利用先を限定し、その内で再生資材の利用促進を図っていく。地域住民との合意形成や利用用途の具体化、工事案件などの利用先の確保・創出について特に検討する	利用用途先に応じた基準 (道路工事であれば3000 Bq/kgなど)	利用先を限定し、国・自治体の発注する工事において積極的に利用を行っていく。	利用先の検討とともに放射能濃度基準の設定が必要であり、地域住民との合意形成が課題となることが予想される。トレーサビリティが確保されるため、長期的な管理が課題となる。また、 <u>限定利用</u> だけで十分な再利用先が確保できるかが不透明である。
シナリオ3 減容化処理等による放射能濃度低減を優先	再生資材の放射能濃度低減を最優先とし、そのうえで利用推進を図っていく。減容化処理等の技術開発とともに、再生資材の非限定利用についての国民的理解の醸成について特に検討する。	可能な限り低レベル(100 Bq/kg)	放射能濃度を可能な限り低減したうえで、限定・非限定に関わらず利用方法を検討する。	処理コストが高くなり、さらに再生資材として利用できる分量が減る可能性がある。また除染の際に発生する放射性セシウムの濃縮残渣の処理が課題となる。放射能濃度を極力低くしたとしても、必ずしも再生利用が進むとは限らない。
シナリオ4 再生利用ではなく、埋立処分を中心とする	埋立処分を前提とした減容化・安定化のための処理が必要であり、減容化・安定化に向けた技術的な可能性や課題等について検討する。	埋立処分に適した基準とし、放射能濃度よりも溶出率等の基準が重要となる。	再生利用が進まないという前提のもと、埋立等による処分を積極的に行っていく。再生利用は限定的に可能な範囲で行っていく。	埋立地の選定や、容量の確保が課題となる。また、継続的なモニタリングが必要と考えられ、長期的な管理の仕組を検討する必要がある。

II. 再生資材の再生利用に係る事例調査

事例調査から得られた合意形成上の示唆(案)

観点	得られた示唆	事例調査結果
事業の必要性・妥当性	復興の觀点から、除去土壌等の再生利用の必要性を伝え、共有することが重要	<ul style="list-style-type: none"> 復興のためにがれき処理・再生利用が必要であることを関係者・地元が共有(事例No.1,2,4) 震災前から環境負荷低減のためリサイクルされてきている(事例No.3) 一般市民にとって意義に乏しい再生利用・クリアランスは、発生者責任への批判発生(事例No.6,7,9) 埋立処分よりは有効利用のほうが望ましいという地元理解あり(事例No.10)
住民の利益感	誰にとってメリットがあるかを整理する必要がある	<ul style="list-style-type: none"> 住民にとって復興のためという意義・メリットあり(事例No.1,2,4) 処分場に余裕がある場合には、再生利用を行うことに対して、住民はあまり切迫感を感じないと思われる(事例No.3) 住民が直接的に利益を感じられない再生利用は理解が得られにくい(事例No.6,7,9)
搬出元と用途先の関係	納得性の觀点からは、地元での一部利用も要検討	<ul style="list-style-type: none"> 地元以外での再生利用を検討する場合には、受け入れ先が見つからない可能性がある、あるいは、地元で受け入れるべきとの意見が挙げられる(事例No.4,7,9) 「少なくとも地元で一部利用してから他地域へ」との意見が挙げられる(事例No.7)
情報開示	<ul style="list-style-type: none"> 徹底した情報開示 オープンな議論とその広報 地元住民の測定関与も要検討 	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング結果のweb公開等(事例No.1,2,3,4) 住民参加型の測定会(事例No.4) 地元住民の協議の場で再生利用(クリアランス)について議論(事例No.10) 手続き上は不要であっても、地元住民へ広報を行わなかった場合には、のちに批判が発生(事例No.9)
第三者・キーパーソンの存在	大学・NPOなど第三者の関与も要検討	<ul style="list-style-type: none"> 土木学会の参画(事例No.2) 地元NPOによる情報収集・展開(No.6) 国が前面に立った対応(事例No.7) 地元大学との連携(事例No.7) 地元住民の協議の場の構築(No.10)

*事例No.については次スライド以降を参照

【参考】調査の対象事例の概要(1/2)

9

No.	名称	用途	主な関係者	事業の必要性・妥当性	住民の利益感	排出元と用途先の関係
1	建設副産物の改良による常磐道への再生利用	現地高速道路の路盤材利用	東日本高速道路	復興のために高速道路が必要であることを関係者・地元が共有	住民にとって復興の意義あり	発生場所近辺で利用
2	津波堆積分級土壌の盛土施工試験	発生市内での盛土材利用	仙台市、土木学会	復興のためにがれき処理が必要であることを関係者・地元が共有	住民にとって復興の意義あり	発生場所近辺で利用
3	浄水発生土の有効利用	園芸用土、グラウンド土材、粒状改良土(埋戻材、盛土材)	東京都	震災前から環境負荷低減のためリサイクルされてきている	処分場の余力があるため、住民に切迫感はない	一般頒布
4	宮城県災害廃棄物処理業務(石巻ブロック)における埋立資材化	発生ブロック内での港湾埋立材	宮城県、JV(鹿島建設等)	復興のためにがれき処理が必要であることを関係者・地元が共有	住民にとって復興の意義あり	発生場所近辺で利用 (県外排出の受け入れ先が見つからなかった)
6	東海発電所(原子力)の廃止措置に伴う解体廃材の再生利用	業界内利用(ベンチ・遮蔽材)	日本原子力発電	一般市民にとって意義に乏しく発生者責任への批判	住民が直接感じる利益は乏しい	各地の関係機関
7	人形峠ウラン残土の再生利用	レンガ(一般頒布)	JAEA	一般市民にとって意義に乏しく発生者責任への批判	住民が直接感じる利益は乏しい	一般頒布 (各地の関係機関で利用しようとしたらところ地元受入の要求あり)
9	ドイツ: シュターデ原発の廃止措置に伴うがれき(制限クリアランス※)の処分場受け入れ	埋立処分(立地州と異なる州)	E.ON(発電事業者) 処分場企業	一般市民にとって意義に乏しく発生者責任への批判	住民が直接感じる利益は乏しい	排出州での受入要求あり
10	英国: ドーンレイ原発での土壤・コンクリート廃棄物等の再生利用	敷地内の埋戻材	NDA(廃止措置機関)、SSG(地元関係者の会議体)	処分より有効利用のほうが望ましいという地元理解あり	住民は近隣を輸送されるリスクを回避できる	敷地内で利用
	取りまとめ			復興の観点から、必要性を伝え、誰にとってメリットがあるかを整理することが重要	誰にとってメリットがあるかを整理する必要がある	納得性の観点からは地元での一部利用が一案

※ドイツのクリアランス(放射性物質としての取扱対象外とする行為)では、日本同様クリアランス後の用途・処分方法が自由である(無条件の)クリアランスの他に、クリアランス後の用途・処分方法が予め定められている(条件付の)クリアランスがあり、以下、制限クリアランスと呼称する。本事例で扱うがれきの制限クリアランスは、「埋立処分場に処分する固体物質」として定められており、濃度基準は処分場への年間搬入量が100tまでの場合はCs134:10Bq/g、Cs137:10Bq/g、年間搬入量が1,000tまでの場合はCs134:3Bq/g、Cs137:8Bq/g、年間搬入量1,000t以上の場合は別途定められた計算式に基づく基準が適用される。

【参考】調査の対象事例の概要(2/2)

10

No.	名称	用途	主な関係者	情報開示	第三者・キーパーソンの存在
1	建設副産物の改良による常磐道への再生利用	現地高速道路の路盤材利用	東日本高速道路	モニタリングポスト・走行サービス結果のweb公開	—
2	津波堆積分級土壌の盛土施工試験	発生市内での盛土材利用	仙台市、土木学会	広報誌、試験の公開等	土木学会の参画・市の積極的な対応
3	浄水発生土の有効利用	園芸用土、グラウンド土材 粒状改良土(埋戻材、盛土材)	東京都	モニタリング結果のweb公開	—
4	宮城県災害廃棄物処理業務(石巻ブロック)における埋立資材化	発生ブロック内での港湾埋立材	宮城県、JV(鹿島建設等)	放射能測定マニュアルの整備、(別事例で)地域住民共同の「見守り隊」	—
6	東海発電所(原子力)の廃止措置に伴う解体廃材の再生利用	業界内利用(ベンチ・遮蔽材)	日本原子力発電	利用先の公開	地元NPOによる情報収集・展開
7	人形峠ウラン残土の再生利用	レンガ(一般頒布)	JAEA	詳細な利用先は非公開	国が全面に立った対応、地元大学との連携
9	ドイツ: シュターデ原発の廃止措置に伴うがれき(制限クリアランス)の処分場受け入れ	埋立処分(立地州と異なる州)	E.ON(発電事業者)、処分場企業	市民への広報がなく批判が発生(手続き上は不要だった)	—
10	英国: ドーンレイ原発での土壤・コンクリート廃棄物等の再生利用	敷地内の埋戻材	NDA(廃止措置機関)、SSG(地元関係者の会議体)	SSGで議論	SSGの存在
	取りまとめ			・徹底した情報開示 ・オープンな議論とその広報 ・地元住民の測定関与も一案	大学・NPOなど第三者の関与も一案

III. 再生利用の用途に応じた要求品質等の検討

1. 用途に応じた要求品質における環境的仕様

12

①分級後の低濃度土壌

「東日本大震からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生資材の活用について(通知)」(環境省)により災害廃棄物の品質評価に関わる要件が下記のように定められていることから、これを満足する要求品質を全用途共通の要求品質、用途ごとの要求品質を整理した。

- ・他の再生資材と同様に、有害物質を含まないものであること。
- ・他の再生資材と同様に、生活環境保全上の支障(飛散流出・水質汚濁・ガスの発生等)を生じるおそれがないこと。
- ・公共工事を行う者が定める構造・耐力上の安全性等の構造物が求める品質を満たしていること。

全用途共通の要求品質

用途	材料的仕様	環境的仕様	出典
①共通 (即日覆土、中間覆土、排水層土、最終覆土は除く)	土質区分判定(※次頁に土質区分基準を示す) 土質材料の工学的分類 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數試験 強熱減量:10%未満(礫・砂質土に限る) 塩化物含有量:1mg/g未満 電気伝導度:200mS/m以下 水素イオン濃度:pH6以上、9以下 吸水膨張率:3%以下	土壤汚染に係る指定基準 -土壤溶出量基準(環告18号)に適合 -土壤含有量基準(環告19号)に適合 ダイオキシン類に係る基準 -土壤中に含まれるダイオキシン類1,000pg-TEQ/g以下 油汚染等 -目視および臭気により油汚染が確認されないこと	①、②、③

出典①:「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」(地盤工学会)

出典②:「除染に伴って発生する除去土壌の再生利用に関する提案書」(除染・廃棄物技術協議会)

出典③:「岩手県復興資材活用マニュアル」(岩手県)

1. 用途に応じた要求品質における環境的仕様

①分級後の低濃度土壌

用途ごとの要求品質の一覧表(1/2)

用途	材料の仕様	環境的仕様	出典
①即日覆土 (廃棄物の発散防止) 細粒分含有率が5%以上15%の土壌(シルト、粘土、有機質土、火山灰(74μm以下の材料、細粒分)混じりの砾等、砂等で細粒分が5%以上15%未満)	土壌汚染に係る指定基準 ・土壌溶出量基準に適合すること。 ・土壌含有量基準に適合すること。 廃棄物を含まないこと。	②、④を参考に検討	
②中間覆土 (場内道路地盤) シルト分、粘土分(細粒分)の混入率が重量比で概ね15%以下であること。 混入するものの大きさは直径20cm以下であること。 石の混入率と容積比で20%以下であること。 (遮水層土) 粘性土(粘土、シルト等粒径74μm以下の材料(細粒分)を50%以上含む土壌)であること 厚さが30~50cmで透水係数10mm(1×10 ⁻⁴ cm)/s以下程度の遮水性能を有すること。	土壌汚染に係る指定基準 ・土壌溶出量基準に適合すること。 ・土壌含有量基準に適合すること。 廃棄物を含まないこと。	②	
③排水層土 細粒分含有率が5%以上15%の土壌(シルト、粘土、有機質土、火山灰(74μm以下の材料、細粒分)混じりの砾等、砂等で細粒分が5%以上15%未満)	土壌汚染に係る指定基準 ・土壌溶出量基準に適合すること。 ・土壌含有量基準に適合すること。 廃棄物を含まないこと。	②	

用途	材料の仕様	環境的仕様	出典
④最終覆土 (景観向上を目的とした植栽基盤) 【目標値】	上部有効土層 下部有効土層 土壌硬度 鉛と透水係数 有効水分保持率 pH 堆基質換算量 電気伝導率 腐植含量 全窒素 有効リン酸 交換性カリウム 交換性カルシウム 交換性ナトリウム 塩素 カーボン ジペリル反応 ^(注2) 注1)ESP: 交換性ナトリウム、塩基置換容量×100% 注2)ジペリル反応: +++: 即時に明紫味赤、++: 即時に純い赤紫、+: 数十秒で紫味灰、-: 数分以上で紫味灰	土壌汚染に係る指定基準 ・土壌溶出量基準に適合すること。 ・土壌含有量基準に適合すること。 廃棄物を含まないこと。	②、④を参考に検討
(遮水層土) 粘性土(粘土、シルト等粒径74μm以下の材料(細粒分)を50%以上含む土壌)であること 厚さが30~50cmで透水係数10mm(1×10 ⁻⁴ cm)/s以下程度の遮水性能を有すること。	土壌汚染に係る指定基準 ・土壌溶出量基準に適合すること。 ・土壌含有量基準に適合すること。 廃棄物を含まないこと。	②	

用途	材料の仕様	環境的仕様	出典
⑤土壤堤 (廃棄物の貯留構造物用途) ⑥河川堤防	(治水用途) ①共通仕様に加え、 50%粒径が5mm以下または透水俌数が 1×10^{-3} cm/s以下 シルト分を10%程度以上含む細粒な材料 (廃棄物の貯留構造物用途) ①共通仕様に加え、 締固め乾燥密度: 最大乾燥密度の95%	①共通仕様 ①、②、③、⑤	①、②、③、 ⑥(④を参考にした)
	①共通仕様に加え、 土質区分 ・第2種建設発生土相当以下～第3種建設発生土相当以上(無調整) ・第1種建設発生土相当(要品質管理) 第4種建設発生土相当以下～泥土a種建設発生土相当以上(要品質管理) 最大粒径: 150mm以下が望ましい 粒度: 150mm以下が望ましい 施工含水比: Dc \geq 90%の得られる湿潤側の含水比の範囲 締固め度: ・締固め度平均値D \geq 90% ・締固め度品質下限値80% 空気間隙率または飽和度 ・粘性土 Va \leq 2~10%、Sr \geq 85~95% ・砂質土 Va \leq 15% 1層の仕上り厚さ: 30cm以下	①共通仕様 ①、②、③	

【出典】

- 「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」(地盤工学会)
- 「除染に伴って発生する除去土壌の再生利用に関する提案書」(除染・廃棄物技術協議会)
- 「岩手県復興資材活用マニュアル」(岩手県)
- 「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領」(全国都市清掃会議)
- 「建設省河川砂防技術基準(案)同解説」(岩手県)
- 「土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」(農林水産省)

1. 用途に応じた要求品質における環境的仕様

①分級後の低濃度土壌

用途ごとの要求品質の一覧表(2/2)

用途	材料の仕様	環境的仕様	出典
⑦道路の上層路盤材 ⑧道路の下層路盤材 ⑨道路盛土 路床 ⑩道路盛土 路体	①共通仕様に加え、 修正CBR: 80%以上 食材のふるい分け試験 P(塑性指数): 4以下 粗骨材のすりり減率: 50%以下 硫酸ナトリウムによる骨材の安定性: 20%以下 ①共通仕様に加え、 修正CBR: 20%以上 食材のふるい分け試験 P(塑性指数): 6以下 ①共通仕様に加え、 土質区分 ・第2種建設発生土相当以上(無調整) ・第3種建設発生土相当以下～第4a種建設発生土相当以上(要品質管理) 強度: 施工図面に定めるCBR以上 施工含水比: 表示含水比と±0.5%の得られる湿潤側の含水比の範囲 締固め度: Dc \geq 90~95% せん断强度: 施工図面に定める強度以上 1層の仕上り厚さ: 20cm以下 ①共通仕様に加え、 土質区分 ・第2種建設発生土相当以下～第4a種建設発生土相当以上(要品質管理) ・第3種建設発生土相当以下～泥土a種建設発生土相当以上(要品質管理) 強度: 表示強度が確保できるもの 1層の仕上り厚さ: 30cm以下 ①共通仕様に加え、 土質区分 ・第2種建設発生土相当以下～第4a種建設発生土相当以上(要品質管理) ・第3種建設発生土相当以下～泥土a種建設発生土相当以上(要品質管理) 強度: 表示強度が確保できるもの 1層の仕上り厚さ: 20cm以下	①共通仕様 ①、②、③、⑦ ①共通仕様 ①、②、③、⑦ ①共通仕様 ①、②、③、⑦ ①共通仕様 ①、②、③、⑦	
⑪埋戻し材 ⑫海岸防災林	①共通仕様に加え、 土質区分 ・第3種建設発生土相当以上(無調整) ・第4種建設発生土相当以下～泥土a種建設発生土相当以上(要品質管理) 最大粒径: 100mm以下 強度: 通過の施工性が確保できるもの 1層の仕上り厚さ: 30cm以下 (植栽基盤) 【目標値】 上部有効土層 下部有効土層 土壌硬度 鉛と透水係数 有効水分保持率 pH 堆基質換算量 電気伝導率 腐植含量 全窒素 有効リン酸 交換性カリウム 交換性カルシウム 交換性ナトリウム 塩素 カーボン ジペリル反応 ^(注2) 注1)ESP: 交換性ナトリウム、塩基置換容量×100% 注2)ジペリル反応: +++: 即時に明紫味赤、++: 即時に純い赤紫、+: 数十秒で紫味灰、-: 数分以上で紫味灰	①共通仕様 ①、②、③	
	①共通仕様に加え、 土質区分 ・第2種建設発生土相当以下～第3種建設発生土相当以上(無調整) ・第1種建設発生土相当(要品質管理) 第4種建設発生土相当以下～泥土a種建設発生土相当以上(要品質管理) 最大粒径: 150mm以下が望ましい 施工含水比: Dc \geq 90%の得られる湿潤側の含水比の範囲 締固め度: ・締固め度平均値D \geq 90% ・締固め度品質下限値80% 空気間隙率または飽和度 ・粘性土 Va \leq 2~10%、Sr \geq 85~95% ・砂質土 Va \leq 15% 1層の仕上り厚さ: 30cm以下	①共通仕様 ①、②、③	

【出典】

- 「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」(地盤工学会)
- 「除染に伴って発生する除去土壌の再生利用に関する提案書」(除染・廃棄物技術協議会)
- 「岩手県復興資材活用マニュアル」(岩手県)
- 「土木工事施工管理基準及び規格値」(国土交通省)

1. 用途に応じた要求品質における環境的仕様

①分級後の低濃度土壌

全用途共通の要求品質に係る試験項目・試験手法

試験項目	規格	試験・測定手法	
		環境的特性	試験項目
土質材料の工学的分類	JGS 0051	土質材料の種類、粒度組成、液性限界、塑性限界などに基づいて、土質材料を分類する。分類規格においては分類を大分類、中分類、小分類とするが、本試験では中分類まで行う。	環境省告示 第18号 土壤溶出量
土粒子の密度	JIS A 1208	土の質量と土の固体部分の体積を求める、土の固体部分の単位体積当たりの質量を求める。	環境省告示 第19号 土壤含有量
土の含水比	JIS A 1203	(10±5)℃の恒温槽によって生ずられる生水の量の、土の干燥後重量に対する比を求める。質量百分率で表す。	
土の密度試験	JIS A 1204	目開き15mmのふるいを通して生ずられた土を(10±5)℃の恒温槽によって生ずられる生水の量の、土の干燥後重量に対する比を求める。目開き75μmのふるいに残留した土粒子についても同様の操作を行う。	
土の液性限界、塑性限界	JIS A 1205	目開き15mmのふるいを通して生ずられた土粒子については、JGS 0132: 石灰分含有地盤材料の粒度試験方法に準拠して試験を行う。 なお、目開き15mmのふるいに残留した土粒子については、土が塑性状態から半固体状に移る(供試体をひも状にしてとく、ひもが切れ切れになるとときの含水比)を求める。	
突固めによる土の締固め試験	JIS A 1210	目開き31.5mmのふるいを通して生ずられた土を突固め、突固めた試料の含水比と乾燥密度を求める。乾燥密度=含水比×土の密度及び最適含水比を求める。	
練固めた土のコーン貫入試験	JIS A 1228	目開き4.75mmのふるいを通して生ずた土をモール内に突固めによって練固めた供試体について、コーン貫入試験上端面から5cm、5.5cm及び10cm貫入したときの貫入抵抗力を測定し、その平均貫入抵抗力と「先端の上面面積から2.5cm」を測定する。	
土の強熱減量	JIS A 1228	110±5℃で一定質量となるまで加熱した土を、(750±50)℃に強熱したときの減少質量を加熱温度の質量に対する百分率で表示する。 強熱10mm以上の土粒子を除去した供試体(乾燥質量約80gに相当する量の蒸留水約500ml)の上に毎分200回、振とう幅4mmで時間振動として、塩化物を液中に溶出させる。液中の塩化物イオンの量をイオンクロマトグラフ法を用いて測定し、塩化物含有量を算出する。	
電気伝導度	JGS 0212	強熱10mm以上の土粒子を除去した供試体を質量比5倍の水に懸濁させ、30分～時間静置したものを試料液として、pH計を用いてpHを測定する。	
水素イオン濃度	JGS 0211	強熱10mm以上の土粒子を除去した供試体を質量比5倍の水に懸濁させ、30分～時間静置したものを試料液として、pH計を用いてpHを測定する。	
吸水膨張率	JGS 2121	供試体は、円柱形で直径40～80mm、高さ20mm程度を標準とする。鋼製リングに入れた供試体に所定の荷重(土粒り圧や構造荷重を考慮して設定)を加えて吸水させ、供試体の高さを測定し、吸水膨張率を求める。	

1. 用途に応じた要求品質における環境的仕様

①分級後の低濃度土壌

用途ごとの要求品質に係る試験項目・試験手法

試験項目	規格	試験・測定手法	
		環境的特性	試験項目
細粒分の混入率	JIS A 1223	供試体の炉乾燥質量に対して目開き75μmのふるいを通過した分の炉乾燥質量が占める割合を、百分率で表す。なお、ふるい操作は水浸試料について行いふるいに残留した分の炉乾燥質量を測定することにより、ふるい通過分の炉乾燥質量を間接的に求める。	ダイオキシン類による土壤調査測定マニュアル
透水係数	JIS A 1218	試験方法は定水位透水試験と変水位透水試験の2種類があり、透水係数 10^{-2} m/s を目安として、これより小さい場合は変水位透水試験を選択する。変水位試験は、一定の断面及び長さを持つ供試体の中を、ある水位差を初期状態として浸透するときの水位の降下量、及びその経過時間で測定する。これで供試体を作成し、貫入式ピストンを供試体に1mm/minの速さで貫入させ、所定の貫入量(複数)のときの荷重を測定する。荷重を貫入式ピストンの断面積で除して荷重強さを求め荷重強さ=貫入量曲線を描く。貫入量2.5mm及び5.0mmにおける荷重強さを荷重強さ=貫入量曲線により求め、標準荷重強さに対する比率を算出してCBRを求める。	ダイオキシン類の測定
CBR	JIS A 1211	「JIS A 1210: 突固めによる土の締固め試験方法」に従い供試体を作成し、貫入式ピストンを供試体に1mm/minの速さで貫入させ、所定の貫入量(複数)のときの荷重を測定する。荷重を貫入式ピストンの断面積で除して荷重強さを求め荷重強さ=貫入量曲線を描く。貫入量2.5mm及び5.0mmにおける荷重強さを荷重強さ=貫入量曲線により求め、標準荷重強さに対する比率を算出してCBRを求める。	土壤のダイオキシン類簡易測定マニュアル
修正CBR 試験法便覧 「4」-5	JIS A 1205	「JIS A 1210: 突固めによる土の締固め試験方法」に従い、突固め回数3層92回、層における試料の最適含水比①を求める。試料の約50kgを最適含水比との差が土1%以内になるように水を加えてよく混ぜる。試料をモールに入れ、各層92、42及び17回の突固めによる供試体を3個ずつ作る。「JIS A 1211: CBR試験法」に従い、40分間浸漬のCBRを測定する。各々3個の平均値から求めるCBR-乾燥密度曲線と①で求めた含水比-乾燥密度曲線を図示して修正CBRを求める。	
骨材のふるい分け	JIS A 1102	105±110℃の温度で一定質量となるまで炉乾燥した試料について、ふるい分けを行い、各ふるいに残留する試料の質量を測定し、試料全質量に対する百分率を求める。	油汚染
PI(塑性指数)	JIS A 1205	液性限界については、土が塑性状態から液状に移る(板状に供試体を黄銅皿の上で二つに分け、黄銅皿を1cm落下げさせることを25回繰り返して分けた供試体が合流する)ときの含水比 $w_L(\%)$ を求める。塑性限界については、土が塑性状態から半固体状に移る(供試体をひも状にしてとく、ひもが切れ切れになるとときの含水比)を求める。塑性指数は、 $w_L - w_P$ より算出する。	
粗骨材のすりへり減量	JIS A 1121	粗骨材5kg又は10kgと球形球材数kg(粗骨材粒度区分による)を一緒に、水平回転軸を有する鋼製円筒内に投入し、毎分30～33回の回転数で、500回又は1000回(粗骨材粒度区分による)回転させる。その後、試料を取出して1.7mmの網ふるいでふるい、1.7mm未満になった分の質量割合を求める。	
硫酸ナトリウムによる骨材の安定性	JIS A 1122	試料について粒径による群分けを行い、各群について所定の重量をはかりて各群の試料とする。各群の試料をそれぞれ別々の金網かごに入れて硫酸ナトリウムの飽和溶液に16～18時間浸漬した後、試料を液から取出して乾燥機内で40℃/hrの割合で昇温して105±5℃の温度で4～6時間を乾燥する。この操作を5回繰り返した後、各群について試験前に使用したふるいを用いてふるい、ふるいにとどまつた試料の質量を測定し、損失質量分率を求める。	

試験項目	規格	試験・測定手法	
		環境的特性	試験項目
土の非圧密非排水(UU)三輪圧縮試験	JGS 0521	三輪圧力室内に設置して水圧を利用して所定の等方応力状態になるように加圧した供試体について、非圧密非排水状態で軸圧縮を行い、強度・変形特性を求める。圧縮中は軸圧縮力(N)と軸位量(cm)を測定する。	
土の圧密非排水(CU)三輪圧縮試験	JGS 0522	三輪圧力室内に設置して水圧を利用して等方応力状態に圧密した供試体について、非排水状態で軸圧縮を行い、強度・変形特性を求める。圧縮中は軸圧縮力(N)と軸位量(cm)を測定する。	
土の圧密非排水(CU)三輪圧縮試験	JGS 0523	三輪圧力室内に設置して水圧を利用して等方応力状態に圧密した供試体について、非排水状態で軸圧縮を行い、強度・変形特性、及び主応力差最大時の有効応力を求める。圧縮中は軸圧縮力(N)、軸位量(cm)及び間隙水圧(kN/m ²)を測定する。	
土の圧密排水(CD)三輪圧縮試験	JGS 0524	三輪圧力室内に設置して水圧を利用して等方応力状態に圧密した供試体について、排水状態で軸圧縮を行い、強度・変形特性を求める。圧縮中は軸圧縮力(N)、軸位量(cm)及び体積変化量(cm ³)を測定する。	

1. 用途に応じた要求品質における環境的仕様

②焼却灰

17

処理方法ごとの要求品質の一覧表

処理方法	規格・基準	概要
セメント原料化	JIS R 5210「ポルトランドセメント」	クリンカーにせっこうと少量の混合成分を配合して作成したセメント。最も一般的なセメントであり、汎用性が高い。
	JIS R 5211「高炉セメント」	ポルトランドセメント（もしくはその材料）に高炉スラグの微粉末を混合したセメント。耐海水性や化学抵抗性に優れる。
	JIS R 5212「シリカセメント」	ポルトランドセメント（もしくはその材料）にシリカ質混合剤を混合したセメント。耐薬品性に優れる。
	JIS R 5213「フライアッシュセメント」	ポルトランドセメント（もしくはその材料）に良質なフライアッシュを混合したセメント。初期強度が低いが、流動性が高くワーカビリティに優れる。
	JIS R 5214「エコセメント」	エコセメントクリンカーにせっこうと石灰石を配合して作成したセメント。都市ごみ焼却灰や下水汚泥を主原料としており、塩素がやや多くなっている。
溶融	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」	道路用碎石やコンクリート、鉄鋼スラグのJISを参考とし、有害物質の溶出についての基準が追加されている。溶融スラグのJIS規格はどちらも特定の用途に限定されており、工事発注仕様書に記載されにくい課題がある。また一般廃棄物・下水汚泥由来に限定されている点に注意が必要である。
	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」	
	JIS K 0058「スラグ類の化学物質試験方法」	JIS K 0058-1で溶出量、JIS K 0058-2で含有量の試験方法が規定されている。
	自治体による溶融スラグ利用基準・ガイドライン	溶融スラグのJIS規格とともに、コンクリート用スラグ骨材や各種コンクリートのJIS規格を参考として整備されている。岡崎市(H23.4)や静岡市(H24.4)などで例が見られる。
焼成	特になし	土壤環境基準を満たす製品が見られる。
造粒固化	特になし	特定の利用用途での基準(埋立の受入基準)を満たすにとどまる。

【参考】焼却灰の処理方法の概要

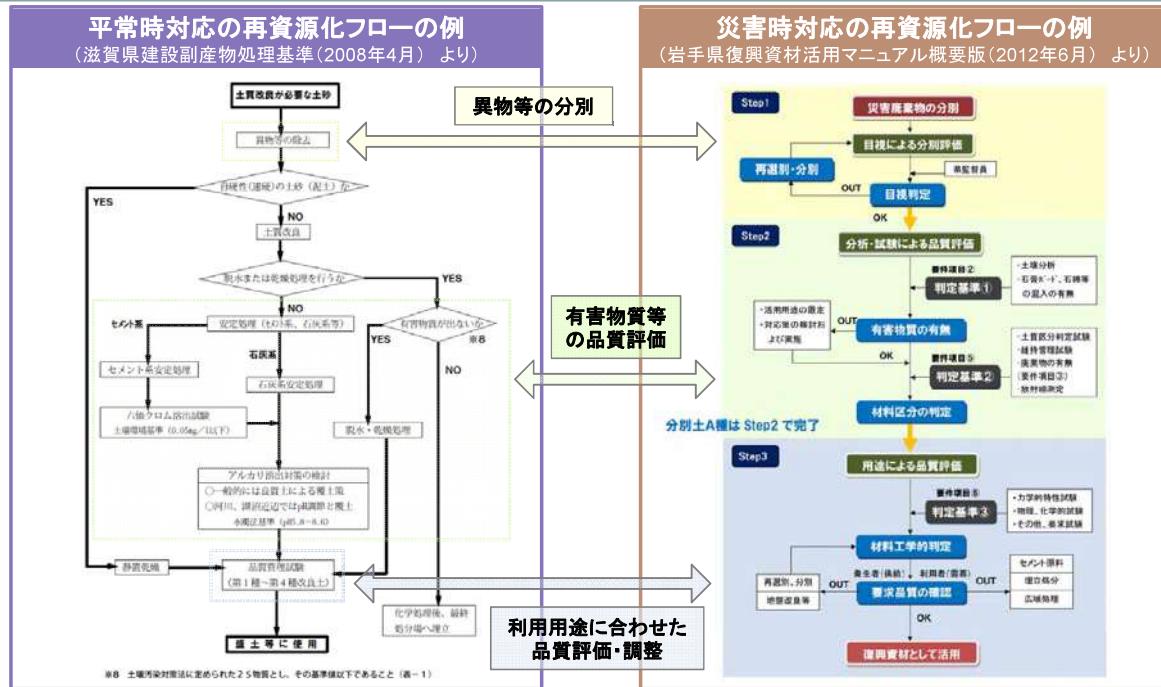
18

名称	処理方法	前後工程	コスト	主な特徴
セメント原料化	焼却灰を他の原料と混合してロータリーキルンに投入し、1,000～1,500°Cの高温で焼成してセメントの原料として資源化する方法。	セメント製造工程で塩素を嫌うため、前処理として脱塩のための水洗浄を行う必要がある。排水には塩分が含まれているため、適切に処理をして排出する必要がある。洗浄は出し手側で行う場合、受け手側で行う場合のどちらも事例がある。また飛灰にダイオキシンが含まれる場合には、脱ダイオキシン処理が必要である。	埋立処分と比較してコストが高い。セメント業者へ引き渡す際には、受け渡し側の逆有償となることが一般的である。	セメントは製品規格としてのJIS規格が整っており、土木資材としての利用ニーズが高い。ただしセメント製造工程でCIを嫌うため、CI洗浄を行う必要がある。
溶融	焼却灰を電気又は燃料から得られるエネルギーを用いて1,200°C以上の高温で溶融し、溶融スラグ及び溶融メタルを製造する方法。	前処理、もしくは後処理として鉄・アルミの選別が行われる。空冷スラグの場合には、後処理として粒度調整が行われる。溶融スラグは一般的に有害物質の溶出率が低いため、重金属や塩分の処理をする必要は無い。	コストは高い。特に電気を用いて溶融を行う場合は高くなる。製造された溶融スラグは販売されているが、低価格での販売にとどまっている。	ダイオキシン対策として溶融技術が広まった。コストが高くなる。JIS規格は整備された溶融スラグは販売されているが一般的な土木資材ではなく、広く利用するのが難しい。
焼成	焼却灰を破碎・選別した後に還元剤を添加し、ロータリーキルンで約1,000°Cの焼成処理を行う。 焼成後に焼成物を冷却、粉碎し、分級することで人工砂として資源化する方法。	前処理として鉄などの不適物の処理を行う必要がある。焼成処理により塩素を含んだ二次飛灰が発生するため、脱塩処理のうえ精錬材料として利用される。	溶融処理やセメント原料化と比較すると低温での処理となるため、エネルギーコストが低くなる。また、処理施設の維持管理費も軽減される。	JIS規格は整備されておらず、利用用途に応じた要求特性を満たすことで利用を図っている。
造粒固化	異物の除去と粒度調整を行った主灰に、セメントと不溶化剤を添加して混練する。有害重金属については、溶出を抑制する薬剤を添加することで対応する。	前処理として異物の除去と破碎・粒度調整を行う。有害重金属については、溶出を抑制する薬剤を添加することで対応する。	加熱処理が必要ないが、セメントを添加するための費用がかかる。多くの場合において高コストである。	従来進められてこなかったが、東日本大震災における災害廃棄物等の処理として宮城県で利用された。JIS規格は整っていない。

2. 要求品質に適合する資材を選別するための測定・分別方法

19

- 資材を選別するための測定・分別(土質試験)の手法は基本的にはJIS規格等に定められており、詳細手順については従来通りに各種規格に従うと考えられる。
- また、例えば、災害廃棄物の再資源化フローは、平常時の建設発生土等の処理フローと大枠での違いはない。(異物等の分別→有害物質等の品質評価→利用用途に合わせた品質評価・調整)
- しかしながら、除去土等を対象とする場合には、放射線対応を考慮する必要があることから、作業フローやロット管理等の測定の枠組みについては新たな検討が必要になる。



2. 要求品質に適合する資材を選別するための測定・分別方法

20

- 試料のサンプリング、ロット管理については、調査した災害時対応の指針は、全て(B)、(C)の指針から対応する部分を参照している。
- 放射性廃棄物・土壤についても既存の指針があるが、除去土壤等の物量が膨大であることや、均一性が低いことへ対応した内容とはなっていない可能性がある。
- よって、災害時対応や放射線対応の指針を参考とし、今後、除去土壤等を対象とした手引きを作成することが必要。

	指針・マニュアル名	サンプリング項目	サンプリング頻度	特記事項	参照元
平常時 対応	(1)建設発生土管理基準 (2009年11月 千葉県)	特定有害物質25項目+銅	5000 m ³ 毎に1点	自治体によってサンプリング頻度が異なる	県条例
	(2)汚染土壤の処理業に関するガイドライン(改訂第2版) (2012年5月 環境省 水・大気環境局 土壌環境課)	特定有害物質25項目	100 m ³ 毎に1点	第一種特定有害物質の一部は、汚染のおそれがない場合等は900 m ³ で可の場合有り	(A)
災害時 対応	(3)東日本大震災津波堆積物処理指針 (2011年7月 環境省)	現地スクリーニング 木くず等の混入、温度、色、臭気、油膜、[H ⁺]、電気伝導率、含水率、簡易化学分析	900 m ³ 毎に1点	目視等により、有害物質等の混入が疑われる場合に実施	(B)
	化学分析	利用・処分方法を踏まえ、各種法令等に定められた項目	900 m ³ 毎に1点	現地スクリーニングの結果、有害物質等を含む可能性が高い場合に実施	(C)
放射線 対応	(4)岩手県復興資材活用マニュアル(改訂版)及び概要版 (2014年2月 岩手県 環境生活部(概要版:2012年6月))	特定有害物質25項目、土質試験10項目、用途に応じて力学的特性試験	3000 m ³ 毎に1点	盛土工としての品質管理基準に準拠	(B)、(D)
	(5)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 地盤工学会)	(6)と同様	明記無し	右の基準を参考とし、適切な頻度で試験を実施するとの記載	(B)、(D)、(6)
	(6)災害廃棄物の復興資材化と活用に係る品質基準一覧 (2012年11月 日本建設業連合会 復旧・復興対策特別委員会)	特定有害物質25項目、有機物含有量、用途に応じた土質基準	900 m ³ ～3000 m ³ 毎に1点	再生土砂について	(3)、(4)
	放射性セシウム濃度	明記無し(月1回)	再生土砂について。造粒固化材、ブロック材は基準が無いため、関係先との協議により今後設定	(E)	
	(7)避難指示区域の公共工事から発生する建設発生土の利用に関する当面の考え方について(2013年10月 福島県 技術管理課)	表面線量率(1cm高さ)	1000 m ³ 毎に1回	再資源化された状態で表面線量率を測定する場合(かなり低い線量を想定)	明記無し
	(8)廃棄物等の放射能調査・測定マニュアル(第2版) (2014年7月 廃棄物資源循環学会)	放射能濃度	離れた4箇所以上からサンプリングし、混合	汚泥・焼却灰等の試料1ロットについて。サンプリング量は最大粒径に応じて選択	(F)

【出典等】(A)改正土壤汚染対策法

(B)埋め戻し土壤の品質管理指針(2012年(一社)土壤環境センター)

(C)土壤汚染対策法、廃棄物処理法等で規定される各種基準

(D)迅速な復旧・復興に資する再生資材の宅地造成盛土への活用に向けた基本的な考え方(2012年 国土交通省)

(E)東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理に関する基準等について(2012年 環境省)

(F)JIS K 0060「産業廃棄物のサンプリング」

3. 要求品質に適合させるための手法

21

改良手法の一覧表

分類	概要・工法名	特徴	出典
材料的特性の改良手法 粒度調整	焼成処理: 沈泥を利用目的に応じて形成したものを、1,000°C程度の温度で焼成する。	沈泥を礫・砂状に改良できる。	①
	溶融処理: 焼成処理よりも高温で圆形分離溶融槽にした後、冷却しスラグ(图形物)にする。スラグは冷却方法により、水碎(急冷)スラグ、熱冷(徐冷)スラグに分類される。	沈泥を礫・砂状に改良できる。	①
	混合処理: 特定の粒径成分が過剰であれば、分级し、特定の粒径成分を減らす。また、分级済みの土壤であれば、任意の粒径成分を必要量追加して所定の粒度分布にして混合する。	他の粒度調整法に比較して、簡易にさせて再度混ぜる。また、分级済みの土壤であれば、任意の粒径成分を必要量追加して所定の粒度分布にして混合する。	②
	乾燥処理: 土から水分を蒸発させることにより含水比を低下させ、強度を高める。天日乾燥などの自然式乾燥や、熱風などによる機械式乾燥がある。	泥炭の場合、乾燥の程度によっては固状態まで可能であるが、通常はコーン指標200N/m ² 程度までの改良である。	①
材料的特性の改良手法 含水比調整	脱水処理: 含水比の高い土から水を絞り出す。機械力を利用した機械式脱水処理と、重力などを利用した自然式脱水処理に大別される。通常、脱水化や安定処理などの前処理に用いられるが、脱水処理士が直接利用できる場合もある。	泥炭の場合、コーン指標200N/m ² 程度での改良であるが、土質によっては200N/m ² 以上で改良できる。	①
	高度脱水処理: 脱水処理士がそのまま土質材料として利用できる脱水処理技術。適用可能な脱水機として、打込み压が1.5MPa以上のフィルターブレース等が開発されている。	泥炭の場合、コーン指標400N/m ² 以上まで改良できる。	①
	加水処理: 含水比が低い場合は、必要な水量を対象土壤に供水する。	均一な水が困難であり、搅拌作業を必要とする。	②
	施肥処理: 土から水分を蒸発させることにより含水比を低下させ、強度を高める。天日乾燥などの自然式乾燥や、熱風などによる機械式乾燥がある。	泥炭の場合、乾燥の程度によっては固状態まで可能であるが、通常はコーン指標200N/m ² 程度までの改良である。	①

分類	概要・工法名	特徴	出典
材料的特性の改良手法 強度等の調整	安定処理: 軟弱な土にセメントや石灰等の固化材を添加混合し、施工性を改善すると同時に、强度の発現・増加を図る。	固化材の添加によって強度の制御が可能である。汎用の場合、コーン指標200N/m ² 以上から強度を呈するまで改良できる。	①
	高密度安定化処理: 安定処理にプレスやオートクレイブ養生等の技術を併用して强度の高い固化物を製造する。セメント等の固化剤の添加量の増加によっても可能である。	固化物を研削することにより、礫・砂となる。	①
	有機物の再分別を行う。	主工程に戻すので容易に実施可能である。	③
	強熱減量の小さい土等との混合により、有機物含有量を低下させる。	基準に適合した土があれば、容易に改良可能である。	③
材料的特性の改良手法 油汚染度の調整	塩化物含有量が1mg/gを超える場合は、塩化物含有量の小さい土との混合等を講じて塩化物含有量を低下させる。	基準に適合した土があれば、容易に改良可能である。	③
	電気伝導度が200mS/mを超える場合は、電気伝導度の小さい土との混合等を講じて電気伝導度を低下させる。	基準に適合した土があれば、容易に改良可能である。	③
	中和剤等によるpH調整が可能である。	周辺環境への影響が懸念されるため、安易な採用は避けがたいことが望ましい。	③
	泥炭地盤の除去	泥炭を機械を用いて洗浄するなどしてダイオキシン類を除去する方法で、土壌を砕砕して泥炭を除くことにより、泥炭部分を抽出する方法である。	④
環境的特性の改良手法 揮発性有機化合物の除去	生物処理: 土壌に薬剤を投与することで特定有害物質を分解する処理方法である。特定有害物質を分解する特定の微生物を土壌から抽出する熱脱着・揮発による方法がある。	熱処理: 土壌を加热することで特定有害物質を抽出又は分解する処理方法である。特定有害物質を分解する熱脱着・揮発による方法がある。	④
	化学処理: 土壌に酸化剤を用いて洗浄・酸化する方法である。酸化剤によっては鉄媒や酸化剤、還元剤を併用する方式も提案されている。	酸化処理: 土壌に酸化剤を用いて洗浄・酸化する方法である。酸化剤によっては鉄媒や酸化剤、還元剤を併用する方式も提案されている。	④
	物理処理: 土壌に活性剤(通常は空気)や余剰物質等を添加して微生物活性を促進する「バイオスティミレーション」としての方法がある。	物理処理: 土壌に活性剤(通常は空気)や余剰物質等を添加して微生物活性を促進する「バイオスティミレーション」としての方法がある。	④
	洗浄処理: 土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を洗去する方法で、土壌を洗浄することで、土壌に含まれる有害物質を洗出(分離)すること、汚泥が共存した場合も適用できる。	洗浄処理: 土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を洗去する方法で、土壌を洗浄することで、土壌に含まれる有害物質を洗出(分離)すること、汚泥が共存した場合も適用できる。	④
環境的特性の改良手法 重金属の除去	抽出処理: 土壌を小分けにして各々に減圧吸引するか(真空抽出方式)、アーモンド内で土壌に生石炭等の添加材等を混ぜることで発生する水和熱により土壌温度を上昇させ(生石炭加熱式)、特定有害物質を抽出する。	抽出処理: 土壌を小分けにして各々に減圧吸引するか(真空抽出方式)、アーモンド内で土壌に生石炭等の添加材等を混ぜることで発生する水和熱により土壌温度を上昇させ(生石炭加熱式)、特定有害物質を抽出する。	④
	溶解処理: 土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を洗去する方法で、土壌を洗浄することで、土壌に含まれる有害物質を洗出(分離)すること、汚泥が共存した場合も適用できる。	溶解処理: 土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を洗去する方法で、土壌を洗浄することで、土壌に含まれる有害物質を洗出(分離)すること、汚泥が共存した場合も適用できる。	④
	物理処理: 土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を洗出(分離)すること、汚泥が共存した場合も適用できる。	物理処理: 土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を洗出(分離)すること、汚泥が共存した場合も適用できる。	④
	物理処理: 土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を洗出(分離)すること、汚泥が共存した場合も適用できる。	物理処理: 土壌を機械的に洗浄して特定有害物質を洗出(分離)すること、汚泥が共存した場合も適用できる。	④

【出典】

- ①「港湾・空港等整備におけるリサイクル技術指針」(国土交通省)
- ②「除染に伴って発生する除去土壤の再生利用に関する提案書」(除染・廃棄物技術協議会)
- ③「岩手県復興資材活用マニュアル」(岩手県)
- ④「土壤汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン」(環境省)
- ⑤「ダイオキシン類基準不適合土壤の処理に関するガイドライン」(環境省)
- ⑥「油汚染対策ガイドライン」(中央環境審議会土壤農薬部会、土壤汚染技術基準等専門委員会)

4. 施工後において構造の安定性を確認するためのモニタリング手法

22

盛土構造物に関する変状の分類の例

項目	模式図	解説	対象地盤、地質
A 地盤の自重による変状・崩壊	A1 円弧すべり	地盤表面に沿うる場合、地盤の進歩が小さくなる。また、既設地盤の時間的経過とともに、軟弱層の一部が剥離して、剥離部を下に沈下・堆積するものである。特に切り取り地盤や橋梁取付け部で路面の陥没が認められる。	軟弱地盤
	A2 快速施工中の過剰間隙水圧によるもののはらみ出しや崩壊	高含水率地盤によって急速施工を行なう土では、施工の初期に間隙水圧が生じ、それが土中に作用する間隙水圧によって土の強度が下がる。また、土自体の干渉によって間隙水圧が生じる。	火山灰質粘土土、火成灰、鹿島一ム等
	A3 地すべり地帯での大崩壊	地すべりまたは庄屋の部分に逆土となる場合、地すべりが長距離になるとより大きな崩壊を引き起こすことがある。	地すべり 庄屋
	A4 長期の沈下・変形	火山灰質粘土やスレーリングややすい土等で、地盤全体に沈下する場合、その原因は、その地盤土質によるものである。その後の間隔変位とともに、走行の圧縮・走行の沈下によって地盤が沈下することがある。特に、切り取り地盤や橋梁取付け部では段差の原因となることがある。	火山灰質粘土等
B 表面雨水等による変状・崩壊	B1 表面浸食によるガリ(掘れ溝)	雨水の浸食作用により河川(掘れ溝)ができる。その浸食作用を受けやすい土にとって構成されており排水機能が不十分な場合に生じる。	砂、まさご、しらす等
	B2 表層すべり	雨水の浸透により表層すべりが生じる場合 a) 地盤表面に隣接する他の不透水性土(隣接地盤)の下に砂層(0.5m)、シルト(0.5m)、粘土(0.5m)等の不透水性土層がある場合、隣接地盤の下に砂層がある場合に砂層が下に押され、砂層が下に沈下するが、砂層が下に沈下するのに止まらない場合 b) 地盤表面の弱い土を用ひ、地盤表面に砂層がある場合、砂層が下に沈下するが、砂層が下に沈下するのに止まらない場合	砂層、軟弱土、粘土等
	B3 表面水による洗掘/崩壊	基本工法(砂、土等)で地盤表面に残された雨水により河川(洗掘)が生じる場合、a) 洗掘の地点が河床地盤の弱い土層である場合、河床の洗掘が河床の弱い土層によって進行する場合 b) 洗掘の弱い土層を用ひ、河床地盤の弱い土層によって進行する場合 c) 洗掘によって土層表面に露出して、洗掘の弱い土層が弱い土層によって保護される場合 d) 洗掘によって土層表面に露出して、洗掘の弱い土層が弱い土層によって保護される場合	砂層、軟弱土、粘土等
	B4 地盤/盛土境界面の崩壊	地盤方向に剪断荷重で倒壊した地盤によって盛土した場合、盛土の浸透水により地盤/盛土との境界面に沿って崩壊が生じることがある。	軟弱地盤上の盛土
	B5 剥きえ堤壁の変状に伴う沈下/流出	河川や排水路等に剥きえ堤壁で盛られた土では、剥きえられた河川や排水路の底に付いた基礎が剥離されたり、剥きえ土の無い部分が生じて、盛土が沈下したり流出することがある。	砂質地盤の弱い土

項目	模式図	解説	対象地盤、地質
C 地山からの地下水浸透による変状・崩壊	C1 地盤水压の作用による盛土崩壊	周辺からの地下水の供給が豊富な地形条件に盛土し場合、周辺水压の作用によって盛土が崩壊することがある。 a) 寒廻、傾斜方向における切り取り地盤付近の盛土 b) 地盤を横断する盛土	地盤等の集水地形
	D1 地震による変状・崩壊	地山からの漏水等により盛土内の地下水位が高いう状況で地盤を受けると、盛土内の間隙水圧が上昇し大規模な流動的な崩壊を起こすことがある。 a) 地下水の漏出による地盤の剥離による崩壊	震度等の集水地形
	D2 基礎地盤とともに崩壊	盛土の基礎地盤が地すべりまたは延張のように不安定な場合には、地盤時に基礎地盤とともに崩壊することがある。	地すべり地、庄屋
	D3 基礎地盤の液状化に伴う崩壊	ゆるい砂質地盤土盤上の盛土では、地震時に基礎地盤の液状化により大規模な崩壊を起こすことがある。	沖積質砂質土、埋立地 「道路土工・牧場地盤対策工法指針」参照
D 地震による変状・崩壊	D4 表層部のすべり、駆付け盛土の変形	地盤時に地盤が不足しているのり地表部がすべり生じたり、駆付け盛土が旧盛土のより間に沿って変形する。特に牧場地盤の場合が多い。	特に牧場地盤の場合が多い。
	D5 ゆりくり込み沈下	地盤時の盛土自体や基礎地盤のゆりくり込み沈下により、橋やカルバート等の構造構造物の取付け部や、切り取り地盤で沈下生じることがある。	構造物周辺のゆりくり込み沈下

【出典】

- 「道路土工・盛土工指針(平成22年度版)」(社団法人日本道路協会)に一部加筆

4. 施工後において構造の安定性を確認するためのモニタリング手法

23

各構造物に対する点検・モニタリング項目(案)

- 「盛土」、「防潮堤」、「覆土」の3つの土構造物ごとに、構造安定性と関係のある点検・モニタリング項目(案)を整理。

種別	概要	土壤・地下水の点検、モニタリング						構造物の点検、モニタリング	
		変状の点検		変位の点検、モニタリング		水位の点検、モニタリング		コンクリート構造物の異常	排水施設の異常
		表面の変状	地下の変状	表面の変位	地下の変位	地表の水系	地下水位		
盛土	以下の用途先を想定。 ・道路盛土(路体、路床) ・土堰堤(アースダム) ・海岸防災林の海側のり面 ・廃棄物貯蔵施設の貯留構造物 等	ひび割れ、崩壊、浸食	空洞、亀裂、土砂化	沈下、浮上、すべり	すべり	異常な湧水	水位、間隙水圧	変状、変形	機能低下、溢水
防潮堤	海岸防災林の海側のり面に防潮機能を持たせる場合 等	浸食、洗掘	空洞	—	—	—	—	変状、変形	—
覆土	・廃棄物貯蔵施設の最終覆土 ・海岸防災林の植栽基盤 等	ひび割れ、崩壊	—	沈下、すべり	すべり	異常な湧水	—	—	機能低下、溢水

※「点検」は日常的な管理(日、月、年)を、「モニタリング」は継続的な監視・計測を想定。