

本日のアウトライン

(1) 東日本大震災による津波被害の概要と
国土交通省における復興支援調査について

(2) 公園緑地の整備における
災害廃棄物の活用の基本的考え方

(3) 期待される公園緑地の役割と今後の検討について



Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

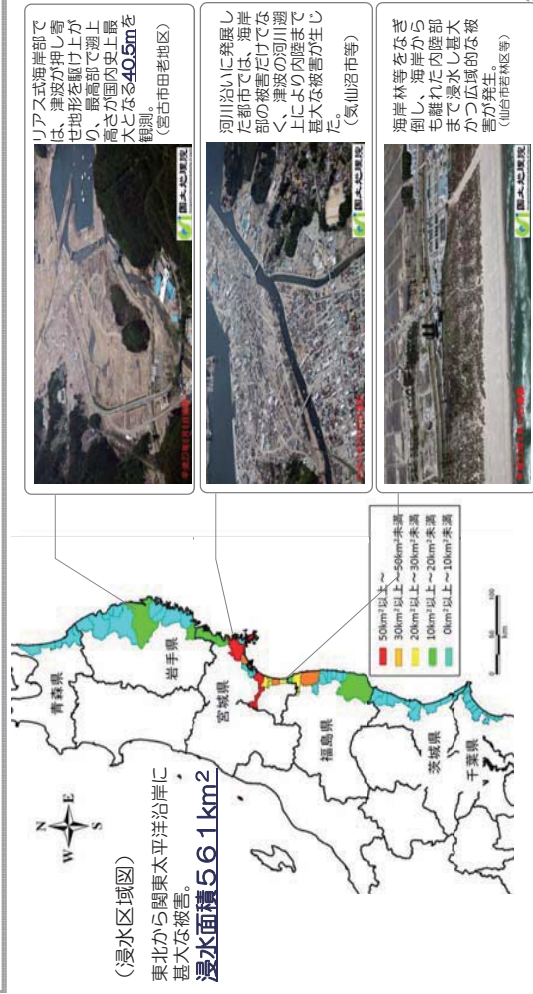
公園緑地の整備における 災害廃棄物の活用に関する取り組み

国土交通省 都市局 公園緑地・景観課
緑地環境室 湯澤 将憲

平成24年9月5日

東日本大震災による津波被害の状況①

○発生時刻：平成23年3月11日午後2時46分 ○規模：マグニチュード9.0 (最大震度7)
○震源：太平洋三陸沖、牡鹿半島東南東130km付近深さ24km
○潮上高さ：最高40.5m (国内史上最大) ○最高潮位：9.3m ○死者・行方不明者：約2万人

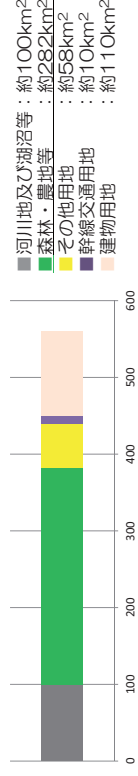


東日本大震災による津波被害の状況②

■ 浸水深：浸水区域面積のうち、4割超が浸水深2m以上
■ 被災建物棟数：約22万棟のうち、全壊（流出含む）約12万棟
■ 建築物の多くが全壊（流出含む）の区域：約99km²

区分	全壊 (流失)	全壊	全壊 (1階天井以上浸水)
主な建物 状況	基礎だけ残して、建物が完全に 流されている	主要構造が損壊しており補修に より元通りに再使用することが困 難	1階天井以上浸水しており、大規 模修繕等による再使用も可能
サンプル 写真			
棟数*	約 78,000	約 34,000	約 8,000

■ 土地利用別浸水面積：森林や農用地においても約282km²が浸水



復興まちづくりに関する政府等の提言

「復興への提言～悲惨のなかの希望～」(平成23年6月25日 東日本大震災復興構想会議)

まちづくりの考え方については、今後の復興にあたり、大震災を完全に封鎖することができるとの思想ではなく、**避難も含めた災害時の被害を最小化する「減災」の考え方が重要**とし、今後の津波対策は、これまでの防波堤・防潮堤等の「線」による防御から、**河川、道路、まちづくりも含めた「面」による「多重防御」への転換が必要**としている。

「東日本大震災からの復興の基本方針」(平成23年7月29日 東日本大震災復興対策本部)

津波災害に対しては、「減災」の考え方にに基づき、地域ごとの特性を踏まえ、**ハード・ソフト上の施策を組み合わせた「多重防御」による「津波防災まちづくり」を推進**することとし、**沿岸部の復興にあたり防災林も活用**することとされている。

「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告」(平成23年9月28日 中央防災会議)

今後の津波対策を構築するにあたっては、「発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波」と「発生頻度は高く、津波高は低いもの大さな被害をもたらす津波」の二つのレベルの津波を想定しており、**最大クラスの津波の対策について**は、住民等の避難を軸に、**土地利用、避難施設、防災施設などを組み合わせて、とりうる手段を尽くした総合的な津波対策の確立が必要**であるとし、**比較的生り頻度の高い一定程度の津波高に対しては海岸保全施設等の整備を進めていくこととされている。**

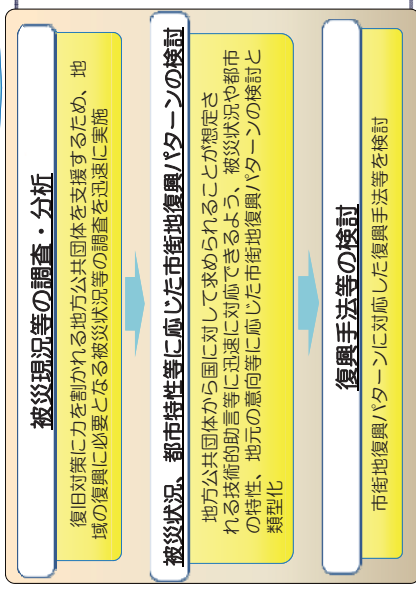
4

国土交通省における被災都市の復興支援のための調査について

国土交通省では、東日本大震災による津波被災市街地の復興に向けた取組を支援するため、被災状況調査や復興パターン調査、復興手法の検討等を実施している。

(平成23年度第1次補正予算：津波被災市街地の復興手法調査71億円)

国全体の復興に関する基本的な方針



5

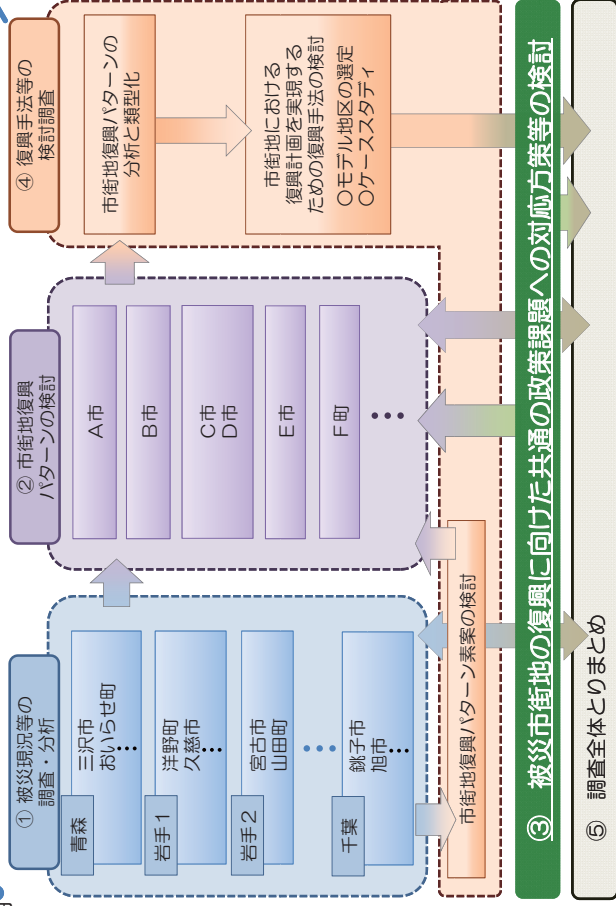
被災市街地の復興に向けた共通政策課題への対応策

被災市街地の復興に向けた共通の政策課題への対応方策等については、以下の9つの項目について検討が行われている。このうち、1及び2の公園緑地関係調査については、調査検討の内容及びその成果が密接に関わることから、「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備の調査」としてあわせて検討を行っている。

- 1 緑地やオープンスペースの活用による津波被害の軽減方策等
- 2 迅速な復旧・復興に向けたがれきの活用方策等
- 3 津波避難等を想定した街路網計画、高齢社会に対応した公共交通と拠点地区の一体的整備のあり方に関する検討調査
- 4 被災地における地域産業、広域的な生産・物流機能等の再構築のあり方
- 5 被災地の自然環境・地域構造等を考慮した環境に配慮したまちづくり
- 6 復興における歴史・文化資産の継承と地域コミュニティの維持・活用等
- 7 市街地復興に向けた都市の空間計画・デザインのあるあり方
- 8 対話型復興まちづくりに向けた合意形成支援ツールの構築
- 9 復興まちづくり計画策定に向けた将来市街地像等

7

5月 3月



6

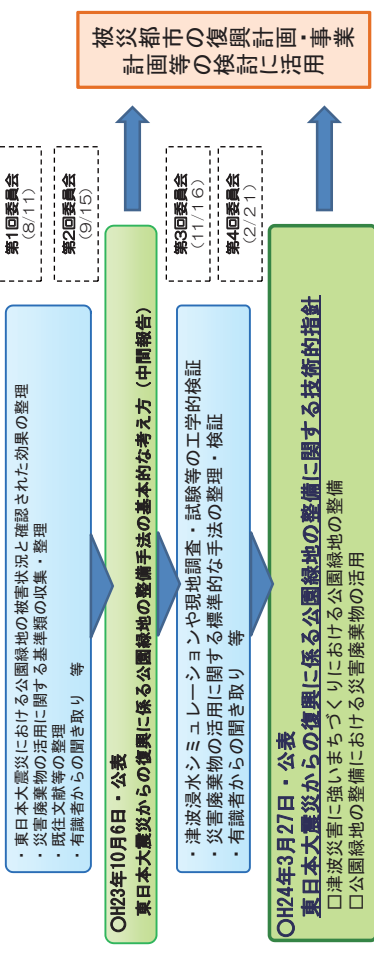
■ 背景・目的

多くの復興計画において、津波被害を軽減する機能を発揮する公園緑地の整備が検討されているが、地方公共団体にとって参考となる計画・設計等に関する技術的知見が整理されていない。

また、地方公共団体が、災害廃棄物の迅速な処理のために、公園緑地における災害廃棄物の活用を行う際の技術的知見の整理が望まれている。

そのため、国において、『東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針』を策定・公表し、被災した地方公共団体への技術的支援を行う。

■ 調査検討に関する進め方



技術的指針は、主に、

- 津波災害に強いまちづくりにおける公園緑地の整備
- 公園緑地の整備における災害廃棄物の活用

の2点から構成されている。

【技術的指針の構成】

- 第1章 検討の趣旨
 - 第2章 東日本大震災による津波被害の概要
 - 第3章 公園緑地整備に関する基本的考え方
 - I 復興まちづくりの考え方
 - II 東日本大震災の教訓を踏まえた公園緑地の機能
 - III 復興まちづくりにおける公園緑地等計画の基本的考え方
 - IV 公園緑地の計画・設計等の考え方
 - 第4章 公園緑地の整備における災害廃棄物の活用に関する基本的考え方
 - I 災害廃棄物の処理及び有効活用に関する動き
 - II 東日本大震災における災害廃棄物の概要
 - III 災害廃棄物の処理スケジュール
 - IV 公園緑地の整備における災害廃棄物の活用
 - V 植栽基盤
 - 第5章 おわりに
- ※技術的指針本体のほか、根拠となる現地調査や工学的検証等の結果を示した「技術資料」、「関連資料」及び災害廃棄物の種別ごとの「活用手順(案)」等を分冊で添付している。

背景・目的

多くの復興計画において、津波被害を軽減する機能を発揮する公園緑地の整備が検討されているが、地方公共団体にとって参考となる計画・設計等に関する技術的知見が整理されていない。また、地方公共団体が、災害廃棄物の迅速な処理のために、公園緑地の整備において災害廃棄物の有効活用を行う際の技術的知見の整理が望まれている。そのため、国において、『東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針』を策定・公表し、被災した地方公共団体への技術的支援を行う。



技術的指針の構成

- 1. 復興まちづくりにおける公園緑地等計画の基本的考え方
- 2. 公園緑地の計画・設計等の考え方
- 3. 公園緑地の整備における災害廃棄物の活用に関する基本的考え方

復興段階に合わせた支援

H23年10月6日：東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備の基本的考え方（中間報告）公表
H24年3月27日：東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針 公表

(1) 東日本大震災による津波被害の概要と国土交通省における復興支援調査について

(2) 公園緑地の整備における災害廃棄物の活用の基本的考え方

(3) 期待される公園緑地の役割と今後の検討について

公園緑地の整備における災害廃棄物の活用に関する調査の概要

災害廃棄物の活用

- 岩手、宮城、福島3県の災害廃棄物推計量2,253万トン（H24.3.19現在（環境省））
- 「復旧・復興の阻害要因」
- 迅速な撤去、処理及び有効活用が課題
- 災害廃棄物の活用に関する提言、災害廃棄物の処理及び有効活用に関する指針
- 【「復興への提言～危機からの希望」復興財団会議（2023）】
- 【「復旧・復興の過程で発生する大量の廃棄物を徹底してリサイクルする。」】
- 【「東日本大震災からの復興の基本方針」復興対策本部（H27.20）】
- 【「復旧・復興の過程で発生する大量の廃棄物のリサイクル等を徹底するほか、3R（発生抑制、再利用、再生利用）の具体化」】
- 【「東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針（マスタープラン）」環境省（H23.6）】
- 【「再生利用が可能なのは、極力再生利用」、「コンクリートくずについては、復興の資材等として被災地で活用」、「木くずについては、広域での活用も検討」】

調査内容・成果

公園緑地の整備における災害廃棄物の活用を通じた被災地の復興支援のため、「公園緑地の整備における災害廃棄物の活用に関する基本的考え方」と災害廃棄物の活用手順等ととりまとめた。

調査内容

- 過去の事例、学術研究の調査（文献、ヒアリング）
 - ・現地の被災状況
 - ・現地の土壌、植栽基礎の状況
 - ・災害廃棄物の公園緑地への活用事例（生成、植栽基礎、のり面等）
- 現地調査・室内試験等
 - ・現地に保存されている公園緑地の現況調査・土壌調査
 - ・災害廃棄物の盛土材料適性に関する試験
- 公園緑地の整備における災害廃棄物活用の方針と留意事項
 - ・個別的不留意事項（地震及び津波に耐える公園緑地の整備、地盤生態系への配慮）
 - ・植栽基礎の考え方と留意事項等

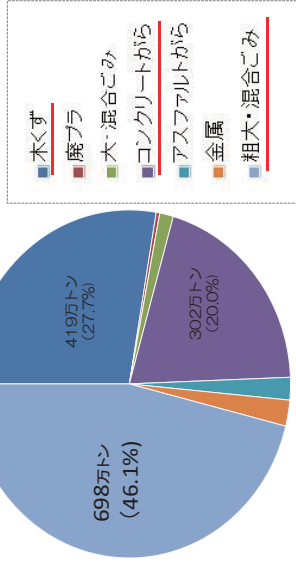
東日本大震災における災害廃棄物の概要

災害廃棄物の発生量及び搬入状況

- 岩手、宮城、福島3県の災害廃棄物推計量は合計約2,253万トン（岩手県約476万トン、宮城県約1,569万トン、福島県約208万トン）
- 岩手、宮城、福島3県の災害廃棄物推計量に対する搬入済災害廃棄物量の割合は合計74%（岩手県87%、宮城県72%、福島県64%）
- 「沿岸市町村の災害廃棄物処理の進捗状況」（H24.3.19現在（環境省））

（宮城県における災害廃棄物の種別内訳）

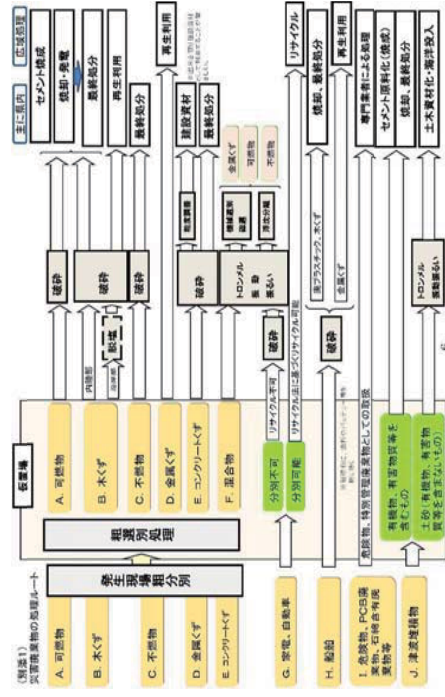
- 粗大・混合ごみ46%
 - 木くず28%
 - コンクリートがら20%
- これら3種類で全体の94%
- ※粗大・混合ごみには、コンクリートがらや木くず等が含まれていると想定。



「宮城県災害廃棄物処理実行計画（第1次案）」H23.7より国土交通省作成

災害廃棄物の種類と処理

「東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針（マスタープラン）」（平成23年5月16日 環境省）では、災害廃棄物を①可燃物、②木くず、③不燃物、④金属くず、⑤コンクリートくず、⑥家電・自動車、⑦船舶、⑧危険物・PCB廃棄物・石棉含有廃棄物等、⑨津波堆積物の9種類に分類している。また、災害廃棄物を種類別に分別、処理することとし、再生利用が可能なのは極力再生利用することとしている。



公園緑地の整備における災害廃棄物の活用に関する基本的考え方

- 災害廃棄物は、適切に分別し処分することが原則であるとともに、活用する災害廃棄物は有害物質が含まれていないことを前提とする。
- なお、公園緑地の整備にあたっては、表土の保全、植栽基礎等への活用等地域生態系へ配慮することが望ましい。



○災害廃棄物の処理が進められている（仙台市）

災害廃棄物は、適切に分別し、処分することが原則であるが、東日本大震災からの復旧・復興を円滑に進めるため、再生利用が可能なものは可能な限り活用することが期待されている。公園緑地の整備における災害廃棄物の盛土への活用に当たっては以下のとおり。

【留意事項】

- ① 活用する災害廃棄物が、地方公共団体の環境部局等により有害物質を含まないと確認されたものであること
- ② 活用する災害廃棄物が、盛土材としての粒度組成や締固め度等の強度を確保する上で必要な基準を満たしていること
- ③ 活用する災害廃棄物に木くずなどの不純物（腐朽の可能性のある有機物等）が混在している場合や盛土造成計画地が軟弱地盤である場合等、盛土の安定性や利用者の安全性の確保のため必要な措置を図ること
- ④ 造成後の浸出水や地盤沈下等周辺への影響がある事項について継続的な監視、立ち入り制限等の対応を行うこと
- ⑤ 災害廃棄物を活用した盛土が、地震に耐え得るものであること
- ⑥ 災害廃棄物を活用した盛土が、将来にわたり土木構造物として安全性、耐久性等が確保されたものであること

* やむを得ずこれらが確保できない場合には、利用者の安全性の確保のため、公園緑地への利用者の立ち入りを制限する等の対応を行う必要がある。また、災害廃棄物を活用した盛土により、公園緑地の整備を行う場合には、盛土前の表土の保全及び植栽基盤としての活用など、地域生態系に配慮する必要がある。

公園緑地の整備において活用する災害廃棄物は、「東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針(マスタープラン)」(平成23年5月16日 環境省)において設定されている9種類の災害廃棄物のうち、盛土材や建設資材などとしての活用が考えられるとともに、東日本大震災での発生量が比較的多く汎用性のある、コンクリートくず、木くず、津波堆積物の3種類を基本とする。

コンクリートくず

盛土材及び再生砕石等の建設資材としての活用が可能である。盛土材として活用する場合は最大粒径300mm等の盛土材としての要求品質を確保することが必要である。また、建設資材として活用する場合は、粒度調整し再生砕石としての要求品質を確保することが必要である。

木くず

マルチング材、植栽基盤等公園緑地の整備資材等としての活用が可能である。また、原形のまま公園緑地の手すり、ベンチ、階段、丸太杭等として活用することができる。

津波堆積物

盛土材及び植栽基盤としての活用が可能である。盛土材として活用する場合は粒度組成等の盛土材としての要求品質を確保することが必要である。また、植栽基盤として活用する場合は必要に応じて改良を行う必要がある。

※これらの活用に当たっては、次頁に示す留意事項を踏まえる必要がある。

種類の災害廃棄物活用の考え方と留意事項

種類の災害廃棄物の活用について

公園緑地の整備において活用する災害廃棄物は、東日本大震災での発生量が比較的多く盛土材や建設資材などとして汎用性のある、

①コンクリートくず



②木くず



③津波堆積物



の3種類を基本とし、種類別の活用の考え方と留意事項をまとめた。

コンクリートくずの活用の考え方と留意事項

コンクリートくずは、盛土材としての要求品質を確保することにより、盛土材として活用することができる。また、粒度調整を行い盛土材以外の建設資材として活用することができる。

○コンクリートくずを盛土材として公園緑地の整備に活用する際の要求品質は、最大粒径300mm、粒径が37.5mm以上の材料の混入率が40%以下、締固め度87%以上等が挙げられる。

○コンクリートくずを盛土材として活用する場合の締固め管理に際しては、通常の土砂を用いた盛土等のように工事の監督並びに施工の管理が品質規定方式で可能と判断される場合を除き、原則として工法規定方式とする。

○コンクリートくずは、粒度調整し再生砕石とすることにより、園路、広場の路盤材や構造物の裏込め材等の建設資材として活用することができる。



○分別されたコンクリートくず

コンクリートくずの活用の考え方と留意事項

(盛土材としての活用に当たっての留意事項)

- 最大粒径が300mmを超えるコンクリートくずは、粒度調整を行い、前記の要求品質を確保すれば、盛土材として活用することができる。
- コンクリートくずには、分別後でも、細かな木くずや鉄筋等の異物が混在している可能性がある。これらの異物は、可能な限り盛土工事において目視で確認し取り除くことが望ましく、取り除いた異物は、建設廃棄物として適正に処分する必要がある。
- コンクリートくずを盛土材として活用する際、細粒分を含む土砂や津波堆積物等と適切に混合することで、その粒度組成を盛土材として望ましい範囲に調整し締固め性能を向上させることができる。
- コンクリートくずに、将来腐朽することが想定される撤去しきれない木くず等の有機物が含まれる可能性がある場合は、強熱減量等を計測して有機物の含有量を確認等するとともに、造成後も盛土の変状、沈下の有無等について監視することが望ましい。

20

津波堆積物の活用の考え方と留意事項

津波堆積物は、粒度調整や改良を行い盛土材としての要求品質を確保することにより、盛土材として活用することができる。また、必要に応じて改良を行い植栽基盤として活用することができる。

○津波堆積物を盛土材として活用する場合の締固め管理に際しては、通常の土砂を用いた盛土等のように、工事の監督並びに施工の管理が品質規定方式で可能と判断される場合を除き、原則として工法規定方式とする。

○津波堆積物は、振動ふるい等の分別機で木くず、コンクリートくず等の異物を取り除き、必要に応じて改良を行い、植栽基盤として活用することができる。この際、津波堆積物は、含水比、塩類濃度、還元性等が高く、植栽基盤に適さない状態となっている可能性がある。津波堆積物を植栽基盤として活用する場合は、pH、電気伝導度等の分析を行い、植栽基盤としての適性を評価した上で、必要に応じて改良を行う必要がある。



○分別された津波堆積物

22

木くずの活用の考え方と留意事項

木材、倒木等の木くずは、マルチング材、生育基盤等公園緑地の整備資材等としての活用が可能である。

なお、腐朽による不同沈下や陥没、発熱、ガスの発生、周辺への影響等の危険性があり、利用者の安全性の確保や土木構造物としての長期的な安全性、耐久性の観点から、原則として、土木構造物として強度が求められる盛土材としては活用しない。

○地域生態系の復元・保全、自然資源の有効活用の観点から、木材や津波により被災した樹林に残存している倒木等を、そのまま、あるいは地中に埋めて、自然植生の生育基盤や植栽基盤として活用することが想定される。この場合も、普及による不同沈下や陥没等上記と同様の危険性があることから、これらの危険性を精査し、利用者の安全性の確保のため、周辺への影響の監視、公園緑地への利用者の立ち入りの制限等の対応を行う必要がある。

○今後地盤工学会等の専門機関で新たな知見がとりまとめられる場合は、それを参考にする。



○分別された木くず

21

津波堆積物の活用の考え方と留意事項

(盛土材としての活用に当たっての留意事項)

- 津波堆積物のうち、含水比が高く泥土状(コーン指数200kN/m²未満)のものを盛土材として活用する場合は、天日乾燥等による含水比低下処理やセメントや石灰等の改良材を添加する安定処理等を行う必要がある。
- 津波堆積物には、分別後でも、細かな木くず等の異物が混在している可能性がある。これらの異物は、可能な限り盛土工事において目視で確認し取り除くことが望ましく、取り除いた異物は、建設廃棄物として適正に処分する必要がある。
- 津波堆積物の粒度組成が盛土材としての適用範囲にないことが確認された場合は、最大粒径300mm以下のコンクリートくず等を適切に混合することで、粒度組成を盛土材として要求される範囲に調整し、締固め性能を向上させることができる。
- 混合した盛土材に、将来腐朽することが想定される撤去しきれない木くず等の有機物が含まれる可能性がある場合は、強熱減量等を計測して有機物の含有量を確認するとともに、造成後も盛土の変状、沈下の有無等について監視することが望ましい。

23

○地震及び津波に耐える公園緑地の整備

- ① 地震への対応
盛土や管理型最終処分場の設置にあたっては、地震動で盛土や支持地盤が大きく変形しないよう適切に対処することが必要である。
- ② 津波への対応
津波に耐え得る盛土の構造・形状については、十分な知見が整理されていないことから、津波への対応を想定して盛土を設計、施工する場合、可能な限り津波に耐えうる盛土や構造物等に関する情報を収集し、それらを参考にすることを、以下の事項に配慮する必要がある。
- ・津波発生時に盛土による造成地への避難を想定する場合、想定される計画上の浸水深に、避難者の安全性を確保するために必要と認められる高さを加えること。
 - ・津波による洗掘で盛土が崩壊しないようにすること。
- なお、復興計画等で津波からの避難地として位置づけられた公園緑地の盛土の整備に関しては、地盤工学会等の専門機関等で審議されとりまとめられた報告書等も活用し、津波に耐える盛土の設計や施工の参考とするとともに、今後地盤工学会等の専門機関で新たな知見がとりまとめられる場合は、それを参考とすることが望ましい。

24

植栽基盤の考え方と留意事項

植栽基盤とは、植物の根が支障なく伸長して、水分や栄養分を吸収することができる条件を有する、ある程度の広がりや厚さがある土層であり、排水層がある場合はこれを含むものである。その整備には、植栽基盤の整備範囲、物理性及び化学性等に留意することが必要である。

- ① 整備範囲
植栽基盤の整備範囲は、植栽される植物の性状及び生育目標により、高木、低木、芝生・地被植物の区分に基づき定めることが望ましい。
- 高木(生長して樹高3m以上になる樹木)の場合は、生育目標に応じて以下の有効土層厚を確保する。
- ・樹高7m未満の場合、有効土層厚60cm以上(上層(良質土)40cm以上、下層20cm以上)
 - ・樹高7m以上12m未満の場合、有効土層厚80cm以上(上層(良質土)60cm以上、下層20cm以上)
 - ・樹高12m以上の場合、有効土層厚100cm以上(上層(良質土)60cm以上、下層40cm以上)
- 低木(生長しても樹高3m未満の樹木)の場合は、有効土層厚50cm以上(上層(良質土)30cm～40cm、下層20cm以上)を確保する。

芝生・地被植物の場合は、最低20cm以上の有効土層厚を確保する。ただし、植物の種類又は植栽地の条件によって20cmでは干ばつに耐えられない場合も多く、下層の有効土層10cm以上を加え、有効土層厚30cm以上とすることが望ましい。

26

○地域生態系への配慮

- ① 災害廃棄物を活用した盛土により公園緑地の整備を行う場合には、盛土前の表土を可能な限り保全し、盛土造成後当該表土を植栽基盤として活用することが望ましい。これにより、表土中に蓄積されている地域生態系由来の埋土種子を活用し、地域固有の植生の回復及び外来種による遺伝子攪乱の防止等を図り、地域生態系の復元・保全に配慮することができる。
- ② 海岸林に残存する倒木をそのまま現地で残置あるいは覆土し、自然植生の生育基盤として活用することで、植物、昆虫類等の生育生息場所を確保する等、地域生態系の復元・保全に配慮することも考えられる。この際、利用者の安全性の確保のため、公園緑地への利用者の立ち入りを制限する等の対応を行う必要がある。
- ③ マツノザイセンチュウの感染木が、津波被害を受けたマツ林や倒木、仮置きされている丸太等の中に混在している可能性がある場合は、感染拡大の原因とならぬよう、焼却や破砕等によって適切に処置することが必要である。
- ④ 外来種による地域生態系の攪乱を防止するためには、地域生態系由来の種の種子や苗木等の活用も考えられる。また、表土の活用に当たっては、外来種が優占しないよう留意する必要がある。

25

植栽基盤の考え方と留意事項

- ② 物理性
植栽基盤の物理性については、主に以下の事項に留意することが必要である。
- ・植栽基盤の透水性が良好で、かつ植栽基盤下層との境界等で水が停滞しないこと。
 - ・植栽基盤の硬度が適当であること。
 - ・植栽基盤に適度の保水性があること。
- ③ 化学性
植栽基盤の化学性については、主に以下の事項に留意することが必要である。
- ・植栽基盤中に植物の生育に障害を及ぼす有害物質を含まないこと。
 - ・植栽基盤のpHが適当であること。
 - ・植栽基盤中にある程度以上の栄養分を含んでいること。
- ④ その他
表土は、可能な限り植栽基盤として活用することが望ましい。また、法面上に植生の生育基盤を整備する場合は、勾配や土質条件に見合った緑化工法に対応できる生育基盤とすることが必要である。

27

本手順(案)は、公園緑地の整備における災害廃棄物の活用に関する基本的考え方に基き、①コンクリートくずと津波堆積物を公園緑地の整備における盛土材料として活用する際、及び②植栽基盤を整備する際、に必要となる技術的な事項を、地域の実情に応じて活用できるよう標準的な手法としてとりまとめたもの。

公園緑地の整備における盛土へのコンクリートくずの活用手順(案)

既存の指針等を参考に、コンクリートくずを公園緑地の整備における盛土材料として活用する際の方針、調査、設計、施工、管理の各段階における手法や留意事項を示すとともに、現地調査結果等の基礎資料を示した。

公園緑地の整備における盛土への津波堆積物の活用手順(案)

既存の指針等を参考に、津波堆積物を公園緑地の整備における盛土材料として活用する際の方針、調査、設計、施工、管理の各段階における手法や留意事項を示すとともに、現地調査結果等の基礎資料を示した。

植栽基盤の整備手順(案)

既存の指針等を参考に、現地土や津波堆積物を植栽基盤として活用する際の方針、調査、設計、施工、効果検証調査の各段階における手法や留意事項を示すとともに、現地調査結果等の基礎資料を示した。

コンクリートくず・津波堆積物の活用や植栽基盤の整備の各段階について、関連する技術的指針等を引用し、地方公共団体が施工する際に必要となる情報を詳細に記載。

【掲載例】「公園緑地の整備における盛土への津波堆積物の活用手順(案)」より抜粋

- 2. 3 調査
2.3.2 盛土材料の性状に関する調査・試験

表1 盛土材料の検討事項と適用すべき土質試験方法 (運路土工 盛土工指針 p.55[参考資料D.3])

Table with columns for material type (e.g., 盛土用土質試験) and application status (○, △, ×).

○：盛土材料として適用可能
△：盛土材料として適用可能
×：盛土材料として適用不可

社会的にも期待される公園緑地の役割



国土省が整備指針

国土省が整備指針
国土省が整備指針
国土省が整備指針

津波防災役立つ公園を

津波防災役立つ公園を
津波防災役立つ公園を
津波防災役立つ公園を

国土省が整備指針
国土省が整備指針
国土省が整備指針

(1) 東日本大震災による津波被害の概要と
国土交通省における復興支援調査について

(2) 公園緑地の整備における
災害廃棄物の活用の基本的考え方

(3) 期待される公園緑地の役割と
今後の検討について

地形考慮して配置を二被災地の公園整備で方針一国土省
国土交通省は6日、東日本大震災で被災した市町村によるまちづくり計画の進捗を支援する
ため、各地に被災地や被災地の整備方針をまとめた、津波被災地となる公園については、リアス
式海岸部や平野部など地形の特長を考慮して配置を検討するよう求めている。(2011/10/06)

○時事通信(平成23年10月6日付)

多重防衛や教育機能など
国土省が整備方針を提示
国土省は6日、東日本大震災で被災した市町村によるまちづくり計画の進捗を支援する
ため、各地に被災地や被災地の整備方針をまとめた、津波被災地となる公園については、リアス
式海岸部や平野部など地形の特長を考慮して配置を検討するよう求めている。(2011/10/06)

○建設工業新聞(平成23年10月7日付)

○日本経済新聞(平成23年10月17日付)

農業用地における放射性物質による汚染 状況およびその対策



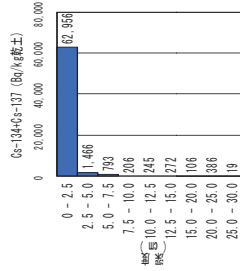
農研機構・農村工学研究所
今泉真之, 奥島修二, 中 達雄

農研機構は農林・農業・農村に関する研究開発などを総合的に行う我が国最大の機関です

2012.9.5

飯館村水田汚染土壌（灰色低地土壌）の特徴

放射性セシウム（¹³⁴Csと¹³⁷Csの合計）は、耕起して
いない農地土壌の表面から2.5cmの深さに集中してい
る（95%が存在）。



放射性セシウムは農地土壌中の粘土粒子等と強く
結合しており、容易に水に溶出しにくい（表1）。

表1: 福島県の農地土壌からの放射性セシウム濃度

土の種類	水抽出	酢酸アンモニウム抽出
福島の水田土壌	ND	2.3%
福島の畑土壌	ND	5.3%

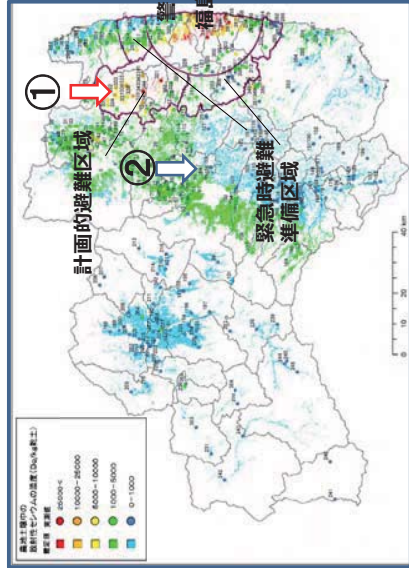
注) 抽出限界値 (0.4 Bq/L)

農林水産省: 農地土壌の放射性物質除去技術 (除染技術) について, <http://www.s.affrc.go.jp/docs/pmess/110914.htm>

福島県農地の放射性物質による汚染状況

水による土壌汚染除去の試験地

飯館村①1mの空間線量率が3.8~9.5μSv/h、土壌中放射性セシウム濃度5000~20000Bq/kg
郡山市②1m空間線量率0.5~0.75μSv/h、土壌中放射性セシウム濃度1000~5000Bq/kg

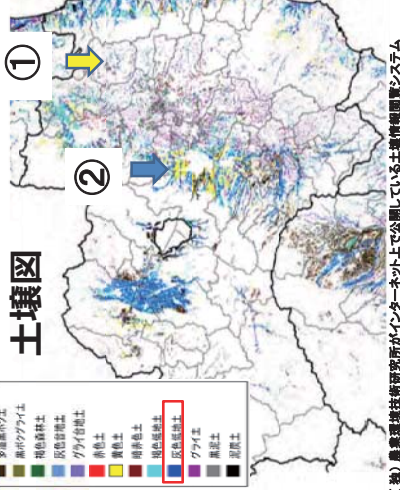


農地土壌の放射性物質濃度分布マップ(農林水産省農林水産技術会議事務局)を改変

5,000 Bq/kg を超えると推定される農地面積は、水田および畑地でそれぞれ約6,300 haおよび約2,100 haで、
そのうち95%以上の農地は警戒区域（東電原発から20km圏内）および計画的避難区域に分布している。

福島県の地質・土壌の特性

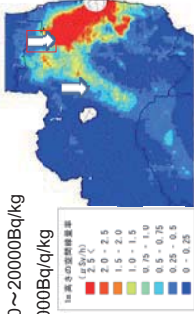
水田に特徴的な土壌群は灰色低地土およびグライ土
普通畑や樹園地で最も分布面積が広いのは褐色森林土、黒ボク土



(注) 農林水産省技術研究所がインターネット上で公開している土壌情報閲覧システム
(egrimesh.dc.affrc.go.jp/soil_db)

①飯館村→花崗岩の影響を強く受けることから、混合型あるいは雲母が優占する
②郡山市→混合型(1.4 nm中間種鉱物およびカオリン鉱物)が優占

山口ほか(2012): 土壌-植物系における放射性セシウムの挙動とその変動要因, 農環研報31, 75-129.



2011年9月18日時点を基準
日として補正した放射線量率
による高さ1mの空間放射線量
率マップ(文部科学省HP)

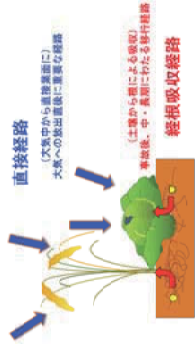
警戒区域
福島第一原発

警戒区域 (南相馬4/16、楢葉
8/10準備区域)、計画的避難
区域、緊急時避難準備区域
(2011年9月30日解除) には
約19,000 haの農地が存在。

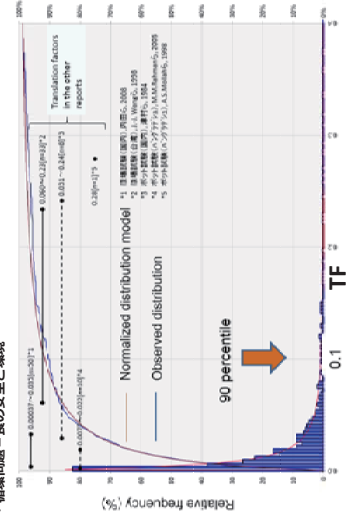
地質図



金井ほか(1998)



内田 滋夫(2011)放射能物質の農地帯における移動・循環問題 -食の安全と環境-

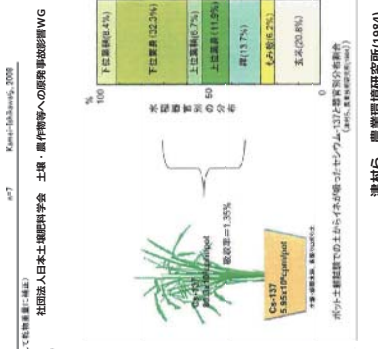


MAFF(2011) : Development of Technologies for Removal of Radioactive Materials from Agricultural Soil in JAPAN

移行係数 (TF) = 農作物(可食部)中の放射性核種濃度 (Bq/kg-wet) / 土壌中の放射性核種濃度 (Bq/kg-dry)

日本における土壌から農作物(乾物)へのフォールアウトCs-137移行係数の例

作物	放射性核種濃度 (Bq/kg-wet)	放射性核種濃度 (Bq/kg-dry)	移行係数 (TF)
小麦	0.0015	0.00021	0.012
大豆	0.0019	0.00021	0.012
米	0.0007	0.00007	0.010
大麦	0.0003	0.00003	0.010
粟	0.0003	0.00003	0.010
トウモロコシ	0.0021	0.00021	0.010
サトウキビ	0.0029	0.00029	0.010
麻	0.0029	0.00029	0.010
ハルニシ	0.0030	0.00030	0.010
アスパラ	0.0030	0.00030	0.010



津村ら、農業環境研究所(1984)

セシウムは土壌固定は土壌に含まれる粘土鉱物によるもので、スメクタイト、イリサイト、バーミキュライトのような2:1型層状ケイ酸塩鉱物で比較的固定力が高く、カオリナイトのような1:1型層状ケイ酸塩鉱物では低い。

土壌、粘土鉱物による添加Cs137の存在形態の比較

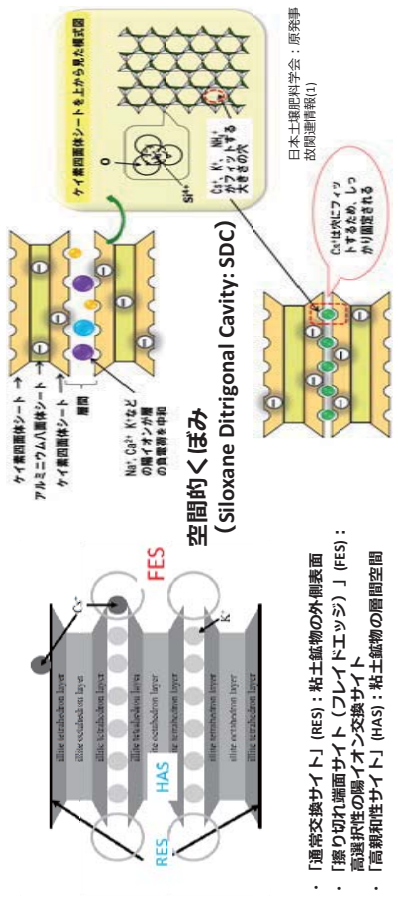
試料	土壌型	特徴	Cs-137の面ごとの存在率 (%)		
			水溶性	交換態	固定
高田土壌	グライシ	細粒質、スメクタイト	0.2	45.9	54.1
甲府土壌	灰色低地土	粗粒質、カオリナイト	0.3	39.8	60.2
盛岡土壌	多湿クロホク土	腐植質火山灰、アロファン	0.7	42.8	57.2
スメクタイト		2:1型粘土鉱物	0.5	44.2	55.8
カオリナイト		1:1型粘土鉱物	6.1	99.1	0.9
アロファン		非晶質粘土鉱物	4.3	79.4	20.8

土壌にCs137を添加、一夜放置後分析した実験 (津村昭人・駒村美佐子・小林宏信 (1984))

日本農学会(2011) : 東日本大震災からの農林水産業の復興に向けて

2:1 粘土鉱物の陽イオン交換サイトの分類

Csは、吸着されている負電荷の性質によって、弱く吸着されている場合と、きわめて強固に吸着されている場合がある。



中間層位置でのイオンの固定の強さは、負のチャージ密度に依存し、次の順序 モンモリロナイト < バーミキュライト < イリサイト (Andersson, K. G. (2009). Airborne Radioactive Contamination in Inhabited Areas)

Csイオンを取り込んだ2:1粘土鉱物の構造変化

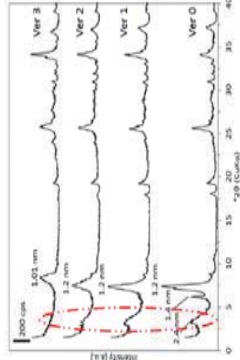
Cs⁺を吸着した粘土試料の作製

試料名	加えた CsNO ₃ の量 (mol g ⁻¹)
Ver 0	0.0
Ver 1	9.0 × 10 ⁻⁵
Ver 2	22.5 × 10 ⁻⁵
Ver 3	50.0 × 10 ⁻⁵

室温にて24時間攪拌後ろ過
→ろ液をICP-AESで分析
→粘土をXRD、重量で分析

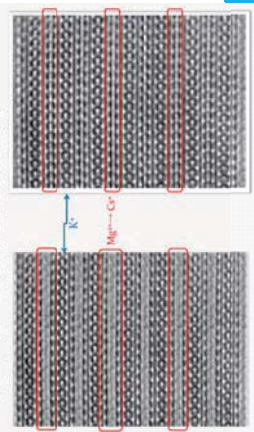
試料	吸着したイオン 10 ⁻⁶ mol g ⁻¹	Mg ²⁺	K ⁺	Cs ⁺	抽出したイオン 10 ⁻⁶ mol g ⁻¹	Cr ³⁺
Ver 0	0	0.28	0.23	0.18		
Ver 1	9	3.2	0.38	0.47		
Ver 2	21.6	10.9	0.73	1.12		
Ver 3	42.0	19.8	1.68	2.04		

Cs⁺:Mg²⁺=2:1 → Cs⁺はMg²⁺とイオン交換によって吸着する



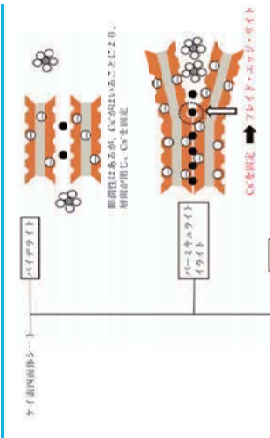
山崎純彦(2012) : 粘土鉱物にとりこまれたセシウムイオンの構造
http://www.lbb.tohoku.ac.jp/sci/chem/sakurai/research/16jmm0000012-act/16jmm000001156.pdf

粘土試料の高分解能電子顕微鏡像



センテムイオンが層間吸着した粘土試料の高分解能電子顕微鏡像とモデル図 (モデル図では、丸い球がカリウムイオン、黒い棒がセンテムイオンで示されています)

山岸晴彦(2012): 粘土鉱物にとりこまれたセンテムイオンの構造

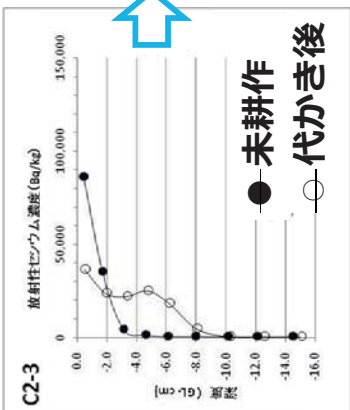


山口ほか(2012): 土壌-植物系における放射性セシウムの挙動とその変動要因, 農環研報31, 75-129.

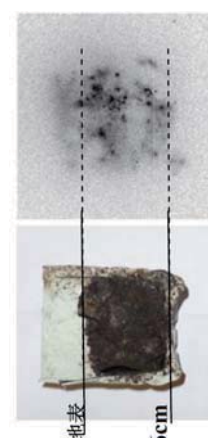


水田耕作によるCs垂直分の変化

飯館村伊丹沢



イメージングプレートによる観察



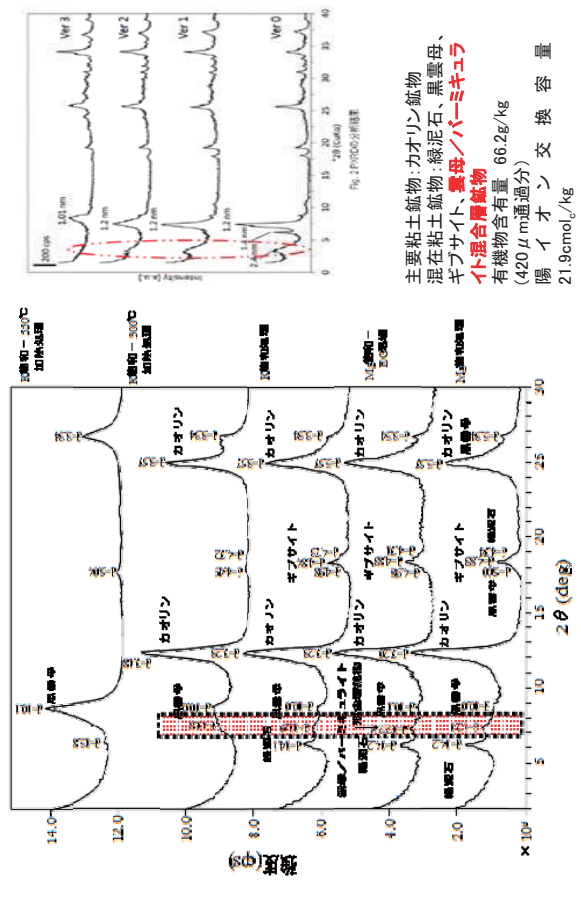
(検出時間: 23 時間 右図がIP 画像)

- 採取日: 2011年5月14日(土) 14:20
- 採取地: 福島県伊丹沢飯館村 水田
- 採取地周辺の放射線量: 地表10μSv/h、高さ1m: 0.6μSv/h
- φ8cmの円ラダーで約12cmの深さまでくり抜いた土壌を、樹脂でかためて縦方向に2.3cmに割ったものの断面

土壌の汚染は深さ6cmまで、それ以上の深さからは検出されなかった。**汚染の分布は不均一で、塊で点在している。**
 耕作時の汚染が不明
 放射線安全管理学会(2011): 放射性ヨウ素・セシウム安全対策に関する研究進展報告書 5

未耕作土壌採取: 2011年8月3日
 代かき後: 2011年9月1日
 ・5cm深さまで代かきにより、表層2cmに分布していた放射性Csは、深さ6cmに均一に分布した。

飯館村水田土壌の粘土鉱物のX線回折図



主要粘土鉱物: カオリン鉱物
 混在粘土鉱物: 緑泥石、黒雲母、キアサイト、雲母/パーミキユラ
イト混合層鉱物
 有機物含有量: 66.2g/kg
 (420μm通過分)
 陽イオン交換容量: 21.9cmol_c/kg

チェルノブイリ原発事故後に実施された農地除染技術の概略

- 汚染表面土壌の除去は宅地の除染技術
- アジアモンスーン気候で適用可能か不明
- 水田の除染対策はない
- 重金属の土壌洗浄法は未適用

物理的手法	汚染表面土壌の除去	保持根除・根腐等
耕起	5 cm程度の土壌を剥ぎ取り、耕す。軟状地などは耕す。表層の土壌を混合または下層へ移行させる。 重塩基耕 深耕	放射能Csの汚染物質は表層が剥ぎ取られ、耕す。軟状地などは耕す。表層の土壌を混合または下層へ移行させる。 5 cm深さまでの汚染土壌の層を削り取り、掘り起こされた耕作可能層(30-50 cm)の下に埋めこむ。 汚染された表層の土壌が埋めこまれたり、その層に根が到達したりするのを避けた上で、表層の土壌を耕す。 汚染された表層の土壌を掘り取り、表層の土壌を埋めこむ。 汚染された表層の土壌を掘り取り、表層の土壌を埋めこむ。 汚染された表層の土壌を掘り取り、表層の土壌を埋めこむ。 汚染された表層の土壌を掘り取り、表層の土壌を埋めこむ。
化学的手法	石灰	石灰 石灰土壌の上層まで、放射能Csの移動性を低下させる。 石灰土壌の上層まで、放射能Csの移動性を低下させる。 石灰土壌の上層まで、放射能Csの移動性を低下させる。 石灰土壌の上層まで、放射能Csの移動性を低下させる。
生物的手法	肥料 カリウム 窒素 有機質	肥料 カリウム 窒素 有機質
組み合わせ	Radical Improvement	Radical Improvement

排水不良地の排水改良 (IAEA, 2006)
 家畜へのPB/バイターの摂取
 灌漑用水、地下水は未対策

山口ほか(2012): 土壌-植物系における放射性セシウムの挙動とその変動要因, 農環研報31, 75-129.
 * Dushenkov et al. (1999), Environ Sci Technol 33, 469-475



農林水産省は、内閣府総合科学技術会議、文部科学省、経済産業省と連携して、平成23年度科学技術戦略推進「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」により、農地土壌等における放射性物質除去技術の開発に着手し、その後、実用技術開発、委託プロでも継続して技術開発を行っている。農研機構はこれらの技術開発に参画し、研究を行っている。

期間	資金区分	研究課題	参画機関
H23	◆科学技術戦略推進費	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構
H23	◆実用技術開発費(緊急課題3回)	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構
H23	◆実用技術開発費(緊急課題1回)	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構
H23	◆実用技術開発費(緊急課題3回)	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構
H23	◆委託プロ(森研)	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構
H23	◆委託プロ(農研)	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構
H23	◆委託プロ(東研)	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構
H23	◆委託プロ(北研)	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構
H23	◆委託プロ(中研)	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構
H23	◆委託プロ(東北研)	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構
H23	◆委託プロ(東北研)	農地土壌等における放射性物質除去技術の開発	農研機構、農研機構、農研機構

【研究内容】農地土壌等における各種除染技術 (物理的・化学的・生物的除染)

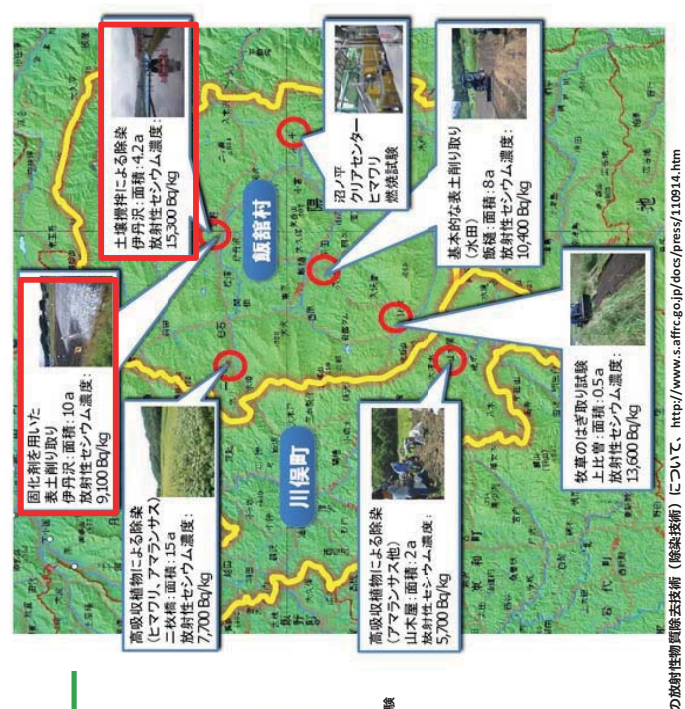
- ① 代かき後の強制灌水による表層土除去と土砂の捕獲 (農研機構・農工研)
- ② 表層土削離のための農業用機械の開発と土壌の処理方法の確立による汚染低減 (農研機構・中央研・農工研、農研機構、福島県)
- ③ 除去後の高速処理 (日本原子力研究開発機構)
- ④ カゲラム等の施用による放射性セシウムの農産物への移行低減技術の開発 (農研機構・中央研・東福研、東北研、岩手県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、千葉県、農研機構、岡山大、東大)
- ⑤ 天然鉱物等の無機材料を利用した環境からの放射性物質回収・除去技術の開発 (物質、材料研究機構)
- ⑥ フルシアンブルーを利用した環境からの放射性物質回収・除去技術の開発 (産業技術総合研究所)
- ⑦ 高分子捕集材を利用した環境からの放射性物質回収・除去技術の開発 (日本原子力研究開発機構)
- ⑧ 放射性物質を吸収するマブリア、微細濾過を用いた浄化・回収技術の開発 (農研機構・東北研、農研機構、福島県)

物理的	化学的	生物的
① 代かき後の強制灌水による表層土除去と土砂の捕獲 (農研機構・農工研)	⑤ 天然鉱物等の無機材料を利用した環境からの放射性物質回収・除去技術の開発 (物質、材料研究機構)	⑦ 高分子捕集材を利用した環境からの放射性物質回収・除去技術の開発 (日本原子力研究開発機構)
② 表層土削離のための農業用機械の開発と土壌の処理方法の確立による汚染低減 (農研機構・中央研・農工研、農研機構、福島県)	⑥ フルシアンブルーを利用した環境からの放射性物質回収・除去技術の開発 (産業技術総合研究所)	⑧ 放射性物質を吸収するマブリア、微細濾過を用いた浄化・回収技術の開発 (農研機構・東北研、農研機構、福島県)
③ 除去後の高速処理 (日本原子力研究開発機構)		
④ カゲラム等の施用による放射性セシウムの農産物への移行低減技術の開発 (農研機構・中央研・東福研、東北研、岩手県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、千葉県、農研機構、岡山大、東大)		

赤字、青字：農研機構が実施した取組



平成23年度 科学技術戦略 推進費の 現地試験概要



農林水産省：農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）について、<http://www.s.affrc.go.jp/docs/press/110914.htm>

基本的な表土削り取り (中央研)

- 事前作業 (除草作業、空間線量等の測定、土壌中の放射性セシウムの濃度の測定)
- 表土の砕土 (パワーロー(※)等、上方方向にかくはんの少ない機械を利用し、表土を砕土)
- 表土の削り取り (土壌の表層部分を削り取り)
- 土壌の露出 (汚染土壌等の隠れ込み、露出)
- 除染効果の確認 (除染後に空間線量等を測定)



- 土壌の放射性セシウム濃度の測定は、(面積100㎡程度)で、耕起による土壌の深くはく作業の際には、放射能を考慮し、水田は約15cm、畑地は約20cmの深さまでの土壌を採取して行方。空間線量の測定は、(屋内資格子機 (距離: 10m)あるいはそれ以上のメッシュ) に区切り、(現場表面から1cm、1mの高さの位置)で実施。
- 土壌の放射性セシウム濃度: 10,370 Bq/kg → 2,600 Bq/kg (減少率: 75%)
- 土壌表面1cmの空間線量率: 7.1 μSv/h → 3.4 μSv/h
- 排出物の重量: 約 40m³/10a
- 作業効率: 約 55~70分/10a

農林水産省：農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）について、<http://www.s.affrc.go.jp/docs/press/110914.htm>
農水省：農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）作業の手引き 第1版
長坂書植、小林 崇 (2011)：農地表面土壌の除去による除染技術の開発
※パワーロー：国内ではパーチャカトルローとして販売されている



固化剤を用いた表土削り取り(農工研)

- 事前作業
- 固化剤混合スラリーの作成・散布
- 固化
- 表土の削り取り
- 土壌の搬出
- 除染効果の確認



Step2: 固化剤を農地に吹き付け



試験前 平均 9,090Bq/kg

> セシウム濃度は9,090 Bq/kg → 1,671 Bq/kg (82%低減)

> 空間線量率は7.8 μSv/h → 3.6 μSv/h (54%低減)

> 廃棄土壌量は、約30m³/10a

> 固化剤の散布により効率的な削り取りが可能

固化剤：マグネシウム系固化剤 (農工研)
ポリオキシエチレンポリマー (原研)



Step4: 固化後 (7~10日後) に敷層土を削り取り



試験後 平均 1,671Bq/kg

反転耕 (中央農研)

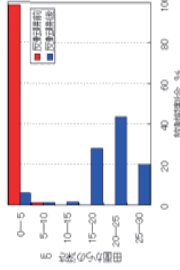
反転耕：プラウを用いて表層にある放射性セシウムを下層に埋却する。大量の排土を出すことなく空間線量率を低減できる。(プラウ(英:plough,またはplow)とは、種まきや苗の植え付けに備えて最初に土壌を耕起する農具であり、トラクターの作業機である。ウィキペディア 反転耕に利用できるのは土を反転する**ボトムプラウのみ**)



水田用二段耕プラウ



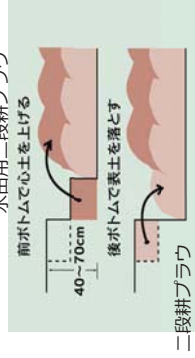
- 事前作業
- 反転耕
- 整地
- 除染効果の確認
- 耕盤・地力の回復



栃水省：農地土壌の放射性物質除去技術 (除染技術) 作業の手引き 第1版

不耕起条件では、二段耕プラウを用いると低減率は74~87%、ジョイント付きプラウ (改良機) では68%低減

渡邊, 藤森(2012): プラウによる反転耕技術, 農地帯の物理的除染の研究成果および技術に関する検討会資料



二段耕プラウ

畦畔, 農道などの除染技術 (生研センター)

除染した農地の再汚染を防ぐため、畦畔、法面、農道、用排水路の汚染物質を省力的で安全に取り除く機械化技術を開発。

農道表層削り取り機の開発→トラクタ装着ステーションクラッチの改良(輸送率低減85%)
法面表土削り取り機の開発→トラクタ装着オフセットモアの改良(80%)
畦畔表土削り取り機の開発→トラクタ装着畦畔削り取り機の改良(80%)
用排水路内土砂削り上げ機の開発→キャベンションベル24.6PS(18.1KW)の改良(43%)

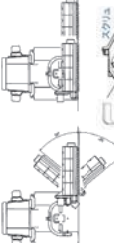
空崎(2012)、畦畔、農道などの除染技術, 農地帯の物理的除染の研究成果および技術に関する検討会資料



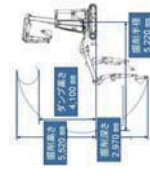
農道表層削り取り機



法面表土削り取り機



用排水路内土砂削り上げ機



水による土壌攪拌・除去1 (農工研)

試験圃場(飯館村伊丹地区)

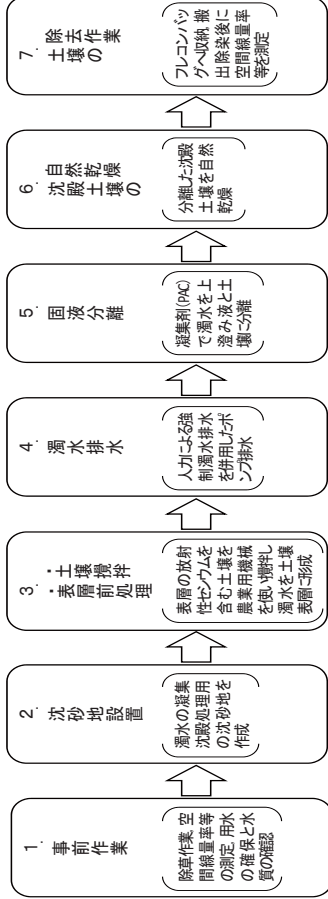


試験圃場 (飯館村伊丹地区) の様子

水による土壌攪拌・除去2 作業手順



用水を圃場に給水し、作業機械により表層土壌を攪拌(浅く代かき)後、微細土砂を含有し滲水している濁水を強制排水する。濁水は、固液分離後、上澄み液は放射性セシウムを除去して排水し、土壌は乾燥後袋詰めにして搬出する



水による土壌攪拌・除去3 各作業の状況



1)土壌攪拌



3)固液分離(上澄み液排水)



2)沈砂地およびポンプ配置

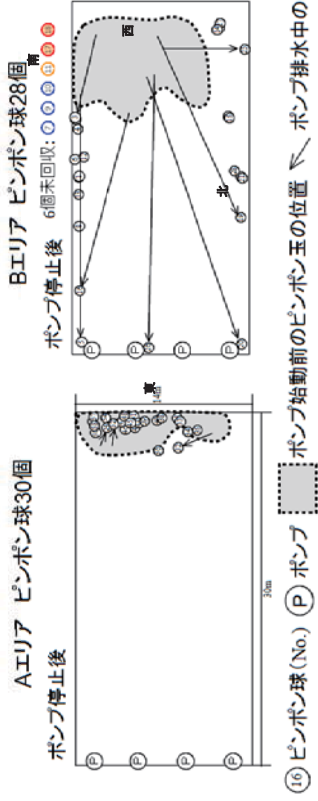


4)乾燥後の排出(1.73m³/4.2a)
(濃縮率:2011.8)

水による土壌攪拌・除去4 モニタリング



ピンポン玉トレーサ試験
Aエリア：人力強制排水なし
Bエリア：人力強制排水あり

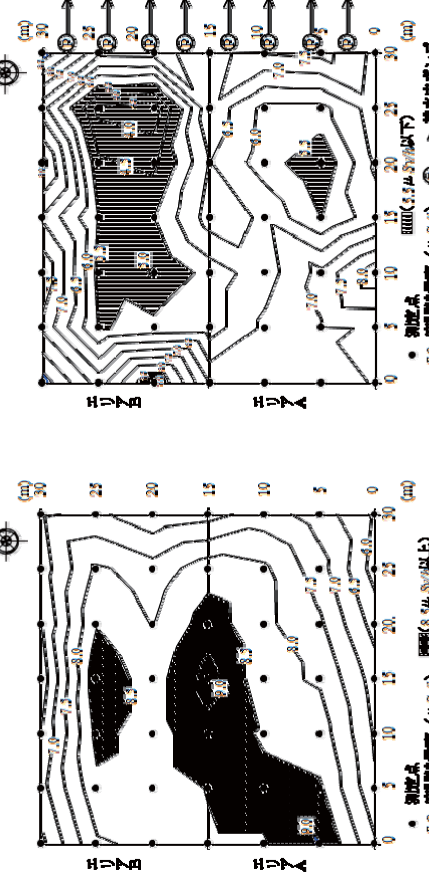


代かき試験のポンプ排水前後のピンポン球の分布状況

水による土壌攪拌・除去5 線量率モニタリング



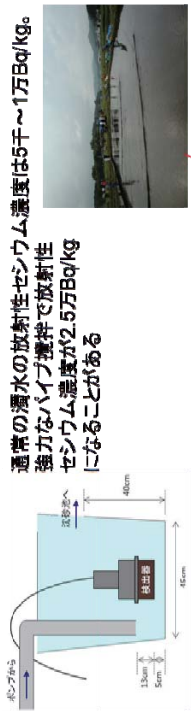
地上5cm線量率
エリアA:7.77μSv/h
エリアB:6.48μSv/h
エリアA:6.58μSv/h



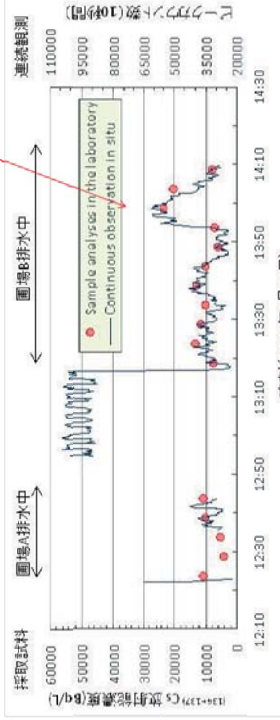
南北10と20ラインの測定値は、東西測定値の平均値

水による土壌攪拌・除去6：濁水排水中の放射性セシウム濃度モニタリング

●ポンプ排水の代かき濁水中の放射性セシウム濃度のモニタリング結果



通常の濁水の放射性セシウム濃度は5千~17Bq/kg。強力なパイプ攪拌で放射性セシウム濃度が2.5万Bq/kgになることがある



採取試料の分析では、250ccの採水ビンに濁水と土粒子が入った状態でNaI検出器で測定

水による土壌攪拌・除去7：除染効果と問題点

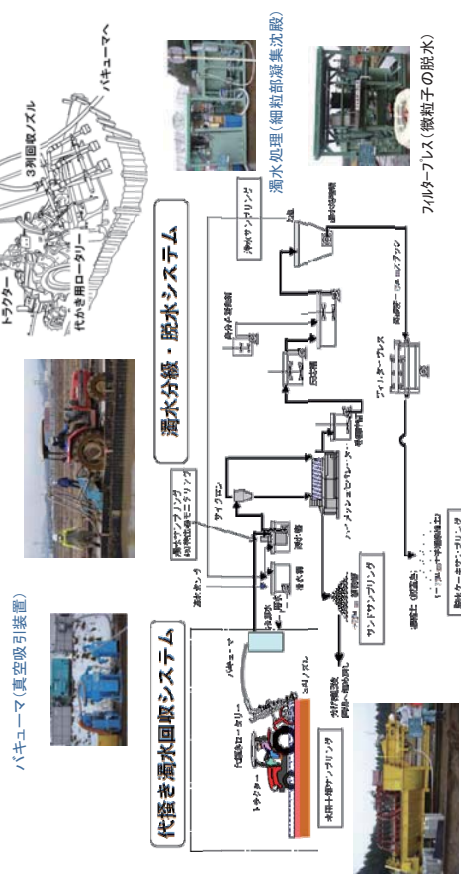
- 農地のセシウム濃度は15,254Bq/kgから9,689Bq/kgへ**36%低減**
- 空間線量率は7.55 μ Sv/h から6.48 μ Sv/hへ**14%低減**
- 廃棄土壌量は約1.5m³/10a (乾土量：144kg~673kg) と、他の技術の**1/10以下**
- 上澄み液の放射性セシウム濃度は極めて低く、環境中への排出が可能

1. 放射性セシウムで表層を汚染された水田の表層土を浅代かき土壌攪拌で除染できることを実証した。
2. 浅代かき時に発生するセシウムに汚染された代かき濁水は凝集剤を添加して沈殿地等で固液分離できる。液体中の放射性セシウムはNDなので、圃場外に排水できることを実証した。
3. 1回代かきの空間線量低減率は10%程度。これは排水量が144kg~673kgと低かったことによる。50%除染率をエリアBの方法で達成するためには、8回の代かき排水が必要である。

人による強制濁水排水を自動化し、排水量をコントロールできる工法の改良が必要

水による土壌攪拌・除去8：開発したシステム

濁水回収システムと濁水分級・脱水システムの概要



実証試験では、各圃場の湛水深さを10cmの定水位になるように圃場に水を補給しながら、代掻き濁水を3列ノズルからバキュームで分級・脱水システムに送水

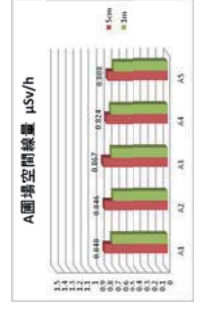
水による土壌攪拌・除去9：

実証試験地：福島農業総合センター圃場



重量分布	放射能分布	放射能
%	%	Bq/kg
+0.075mm	63	18
-0.075mm	37	82
合計	100	100

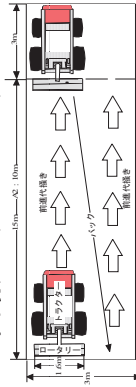
圃場名	状態	15cm深さ平均 Cs-134+137	5cm線量率
A圃場	掃却水田	3020Bq/kg	0.838 μ Sv/h
B圃場	未掃却農地	3820Bq/kg	1.256 μ Sv/h



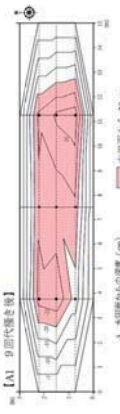
土壌全体の37重量%にあたる75 μ m以下の粒子に、全体の放射能のうち82%が濃縮→実証試験規模では2.2m³排土

水による土壌攪拌・除去10：実験の方法と結果

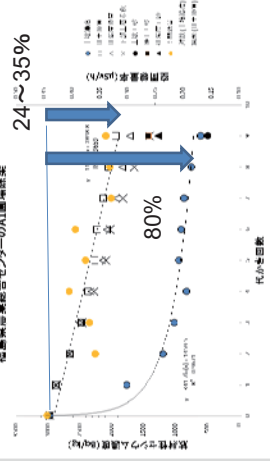
圃場広さ(3m x 15m)



複数回代掻き除染後の水田地形



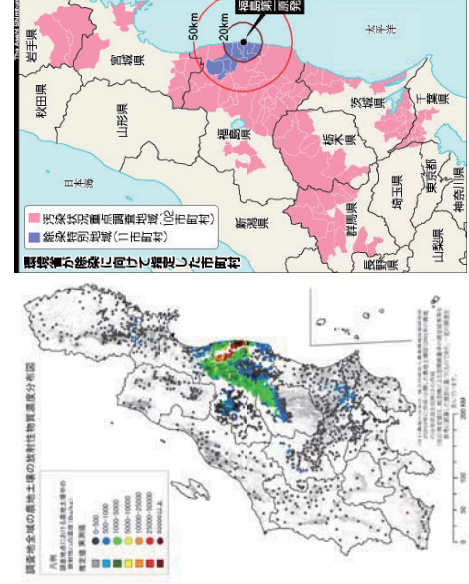
トラクター最低速度2.6m/分の代掻きをA1圃場で9回行い、除染効果を水田土壌と濁水中の放射性セシウム濃度変化から評価



土壌濃度 80% — 希釈効果 53% = 30%
 排土換算 35% 線量率 24%

農研機構 NARO

除染対象は8県102市町村、費用は原則国費



国から除染の財政支援が受けられる「汚染状況重点調査地域」は、東北・関東地方の8県の102市町村。
 ○「汚染状況重点調査地域」は、放射線量が毎時0.23μSv以上で事故による追加被曝線量が年間1mSvを超える区域。
 ○指定されるのは岩手、宮城、福島、茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉県、東京都の市町村。
 朝日新聞2011年12月19日

福島第一原発から20キロ圏内の警戒区域や、線量が年間20ミリシーベルトを超える計画的避難区域の1.1市町村は国が直接除染する「除染特別地域」指定。
 ○断崖村の除染計画、1660世帯が対象環境省
 ○年間の積算放射線量が50ミリシーベルトを超え(ながとろ)地区を除く約1660の高泥(ながとろ)地区を対象。夏ごろの除染開始、今年度中に4割分を実施する予定。
 2014年3月までに終える計画
 朝日新聞2012年5月24日

農水省：地土壌の放射性物質濃度分布図
<http://www.saffrc.go.jp/docs/press/120323.htm>

農研機構 NARO

農研機構 NARO

まとめ

東北農政局では、農地の効果的・効率的な除染技術について工事レベルでの対策工法を確立し、作業手順、工事費を算定する根拠となる歩掛、施工管理方法、作業の安全管理などをまとめた作業マニュアルを策定するため、飯舘村及び川俣町で農地除染対策実証事業を実施している。

飯舘村



川俣町



作業工程	4月	5月	6月	7月	8月	9月
準備工						
汚染土壌の調査・選定						
土壌の採取						
除染工						
土壌の採取						
除染工						
土壌の採取						
除染工						
土壌の採取						

地区	汚染土壌汚染濃度 (Bq/kg)	面積 (ha)	工法
草野向押	5,000~10,000	7	①農土層取り取り ②表層土壌材料除去法、 ③成層掘
小宮	10,000~25,000	12	①農土層取り取り
長泥	25,000~	4	①農土層取り取り
		7	①農土層取り取り

地区	面積 (ha)	工法
山木屋稲田	3	農土層取り取り
山木屋日向	4	"
山木屋日向	1	"

災害廃棄物に対する取り組み ～火災予防対策～

独立行政法人国立環境研究所
資源循環・廃棄物研究センター
遠藤和人

残壊物（災害廃棄物）の流れ



一次仮置場整備状況

- 平成24年6月30日現在
- 仮置場総数 232箇所
- 総面積 1,039 ha
- 15,697千m³の廃棄物が搬入済み
 - 全災害廃棄物量の83%
- 二次処理状況
 - 3,820千m³が処理済み
 - 全体の20.3%

資源化率向上のための一次仮置場管理の重要性

- 仮置場での分別徹底
 - それぞれの仮置場には性格がある。
 - 管理者のセンスによって分別の方法がことなる。
 - 多数の一次仮置場から二次処理場へと瓦礫類を持ち込まれるが、**分別解体されたものと、未分別のミニ解体から来た瓦礫類を同じ山に置かないこと。**
 - **処理ラインも設備や処理時期をずらすこと。**
- 仮置場での火災防止
 - 仮置場に積まれているがれき類は、破碎・選別処理を施すことよって、資源化することが可能
 - 燃えてしまうと、資材として利用できなくなる可能性が高い（有害物質が生成されたら焼却処理のみ）
 - 高さで出火を抑制することが最も効果的であり、**湿合廃棄物で5m以下、木くずチップで3m以下、剪定枝等の有機性廃棄物は2m以下にする**
 - 仮置場の重機オペの作業時禁煙の徹底

被災地仮置場火災の例



2012.09

Page. 5

堆積廃棄物火災事例（その1：概要）

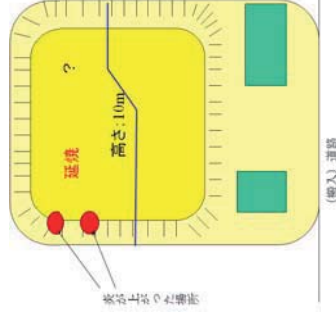


- 積替え保管場
 - 面積1,500平米
 - 容積5,000立米
- 建設系解体廃棄物



香灰に酸化（延焼）部分がびびっている。延焼方向

消火活動時間 39時間9分
放水総量 1200キロリットル
延焼（焼損）規模 1300m³
鎮火時間 約10日



2012.09

6

堆積廃棄物火災事例（その2）



10月30日
防火線に対する放水の様子



採石場跡地にKリサイクルセンター（中間処理業者）が木くずの受け入れを行っている。そこでチップ化された木材チップをK産業が発電用ボイラーの燃料として出荷する目的で堆積。

10月21日
チップ堆積現場より出火
堆積深さ約15m
堆積量約35,000立米



11月11日
出火地点の木材チップを全量撤去し、搬出箇所への移動。16時に鎮火宣言。

Kリサイクルセンターは廃棄物処理法の管轄
K産業（株）は有価物の取り扱いなので保健所の管轄

2012.09

7

堆積廃棄物火災事例（その2：概況）

- 10月21日 07時07分 従業員から119番通報
10月21日 09時25分 いったんの鎮圧状態に入る
10月22日 23時40分 当所の出火とは反対側の斜面底部より出火を確認。泡原液搬送車等にて対応したが鎮火に至らず、広範囲のくん焼を確認。
10月23日 消防戦術を変更し、燃えていないチップの搬出と、燃焼部の木くずを掘り起こしながら注水消火。
10月30日 この日まで昼夜連続で80～100名を動員。
11月11日 16時00分 鎮火宣言
- 22日間にわたる消火活動に従事した消防職員は延べ432名、消防団員は913名。消防ポンプ自動車は延べ128台にのぼり、総放水量は18,000キロリットル。当該市の消防本部を設置した昭和23年以来、最も長い消火活動となった。

2012.09

8

堆積廃棄物火災事例（その2：再出火）



2月26日
1月下旬より白煙の上がりだし
た搬出箇所の再出火を防止す
るため、第3搬出箇所の木材
チップを4分割に成形。



3月23日 午前9時 発火を覚知
温度測定に行った際に、1番コーン付近から煙が上がっている
のを確認。まもなく50センチ程、陥没。岩盤下の空洞から空
気が入って拡大。

対処：前回の教訓（汚水の問題発生）から、延焼阻止に力点を
置き、早期鎮火よりも放水量を最小限に抑えることを優先。

4月7～8日 火災規模が最大となり、一面が火の海に。しか
し、延焼阻止線の範囲内に留まっていたため、汚水が沢に流入
しない程度の放水にとどめる
燃えている木材チップを掘り起こす度に火が吹いたので、安全
上必要最小限の放水をしながら重機で燃えている木材チップを
運び出し、小分けして並べる。これにも必要最小量の放水。

4月12日 鎮火

消火活動期間 21日
焼損面積 420平方メートル
焼損チップ体積 3700立方メートル→740トン（比重0.2）
総放水量 694キロリットル

2012.09

9

堆積に関する規制状況（条例）

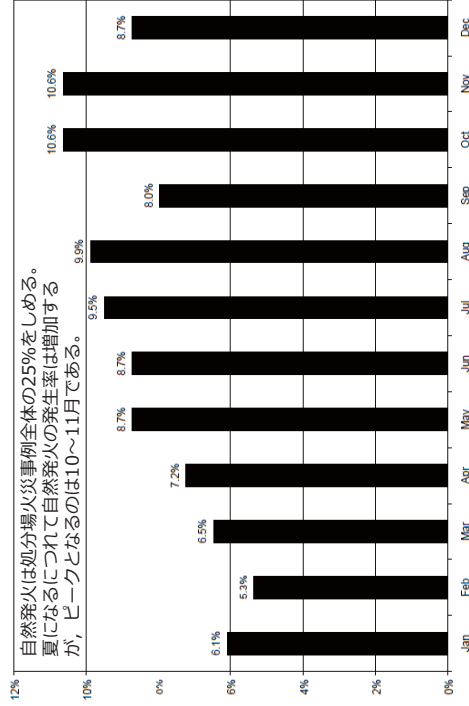
- 消防法令では、品名が特定されない「堆積物」に関する規定はない。
- 火災予防条例第34条第五項には、集積高さ5メートル以下と
いう規定があるが、これは「廃棄物固形化燃料等」に関する
ものであり、木材加工品及び木くずに適用されない。
- 「木材加工品及び木くず」は綿花類等に区分され、一集積単
位の面積200平米以下、集積単位の相互間距離は2メー
トル以上の規定があるので、その値を参考に。
- 条例であり市町村によって異なる。

- カナダのlandfill fire control Inc.では、木材チップの場合、高さ4
メートル、幅は最大8メートル、全体で1,000立米以下とすること
を指導している。また、覆土をするならば60cm以上を推奨してい
る。

2012.09

10

自然発火火災の月別発生率統計値（米国）

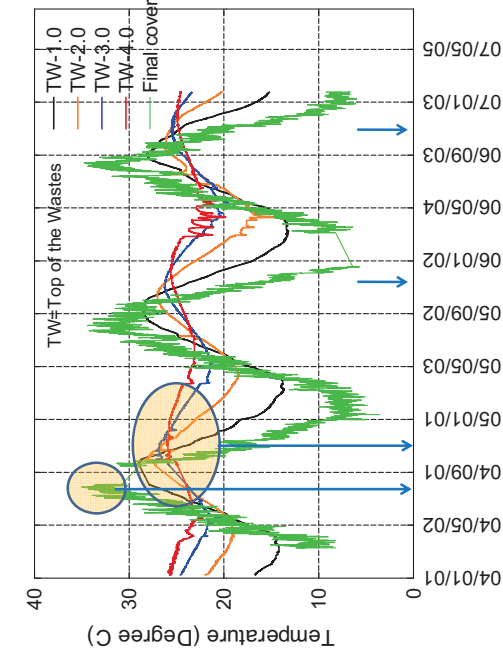


自然発火は処分場火災事例全体の25%をしめる。
夏になるにつれて自然発火の発生率は増加する
が、ピークとなるのは10～11月である。

2012.09

11

（参考データ）海面処分場温度の季節変動



海面処分場の表層の
温度（緑や黒線）は、
夏にピークを迎える。
しかしながら、
埋立廃棄物の上端か
ら4m程度の深い位
置（赤線）での最高
温度のピークは10月
～12月になる。

陸上処分場での有用
なデータを持ってい
ないが、同様の傾向
となるのではないか。
そうすると、自然発
火発生確率のピーク
が10月から11月に
なることも納得でき
る。

2012.09

12



イスラエルの処分場火災現場の覆土の状況



調査対象区域の覆土の状況
法肩に同じような亀裂が入っており、堆積廃棄物の全体に広がっている。



地中火災消火の事例では、2トン/分にて放水しても消火できない。水たまりにしても地獄合のようになる。



表面火災なのか？ それとも地中火災なのか？

2012.09

13

- ▶ USFA (U.S. Fire Administration)
- ▶ Characteristics of landfill fires
 - ▶ 「表層火災」と「地中火災」の二つが定義されている。
 - ▶ 「表層火災」は、
 - ▶ 主に30～120cm程度の深さで発生することが多く、一般的に比較低温で燃え広がるとされている。また、タイヤやプラが含まれている場合には温度が上昇する。
 - ▶ 白い煙と不完全燃焼が特徴的で、有機酸やその他の化合物のような刺激物を含んでいる場合が多い。
 - ▶ 「地中火災」は、
 - ▶ 表層火災に比較して消火が困難であり、埋立物中に大きな空隙を作るため、埋立廃棄物表面に大きな陥没が発生することが特徴である。
 - ▶ 可燃性ガスや一酸化炭素濃度が上昇する傾向がある。
 - ▶ 原因としては、廃棄物層中の酸素濃度が上昇することであり、微生物活動によって上昇した温度（いわゆるホットスポット）がメタンガスのポケットと接触することで発火する。

2012.09

14

- ▶ 短期間での特異的な沈下があること。
- ▶ 亀裂やガス抜き管から放出される煙と、くすぶったような芳香系の臭気があること。
- ▶ 一酸化炭素濃度が1,000ppm以上あること。
- ▶ 井戸内やガス抜き管等の中の燃焼残留物があること。
- ▶ 放出ガス温度が摂氏60度以上あること。
- ▶ 廃棄物温度が摂氏75度以上になること。
- ▶ カリフォルニアでは1,000ppm以上の一酸化炭素濃度を、廃棄物地中火災の判定の閾値としている。
- ▶ 100～1,000ppmでは、火災が疑わしとして、温度モニタリングが必要となる。
- ▶ 10～100ppmでは、火災が発生しているかもしれないが、活発な燃焼は発生していないと判断する。

2012.09

15

- 温度モニタリング結果の解釈として、
 - 摂氏60度未満：嫌気性分解に起因
 - 摂氏75度未満：好気性分解に起因
 - 摂氏80度：微生物の死滅
 - 摂氏93度：熱分解の開始
 - 摂氏149度：ウッドの発熱酸化が開始
 - 摂氏315度：ウッドの自然発火（燃焼）と定義している。
- 一酸化炭素濃度については、
 - 0 - 25 ppm：火災起因ではない
 - 25-100 ppm：場内にて火災の可能性あり
 - 100-500 ppm：近くにくすぶりの可能性あり
 - 500-1000 ppm：火災もしくは発熱を伴う反応あり
 - > 1000 ppm：確実な火災の存在あり

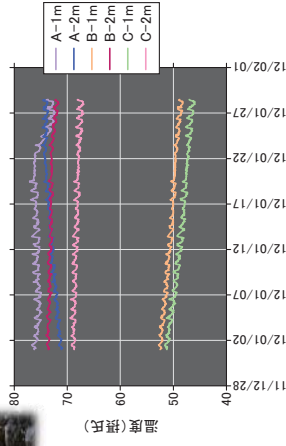
2012.09

16



放射性セシウムとの関係で、焼却回避物となったことから堆積された草木・剪定枝類

高さ4.5メートル程度
幅15m、延長50m程度



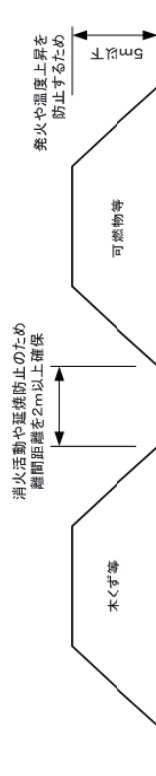
温度90℃、一酸化炭素濃度数百ppmとなっていたが、

- ・法面へのブルーシートの施工
- ・ガス抜き管設置（放熱促進目的）
- ・高さの低減 → 2.5mへ

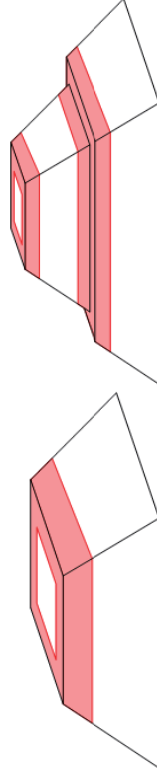
という作業を2ヶ月かけて実施し、現在40℃まで低下して安定している。

出火防止のために

理想的な仮置場の状況



発火の危険性が高い領域



仮置場の可燃性廃棄物の火災予防（第二報） 抜粋

（取り纏め：国立環境研究所）

- 仮置場に積み上げられる可燃性廃棄物は、高さ5メートル以下、一山あたりの設置面積を200平方メートル以下にする。また、積み上げられる山と山の離間距離は2メートル以上とすること。
 - 5メートルを超過すると、内部の発熱速度 > 表面からの放熱速度となり、蓄熱が促進される危険性があるため。
 - 堆積高さ、設置面積、離間距離を適切に管理することで、火災発生時の消火活動が容易になるため。
- 積み上げられた山の上で作業する重機の活動範囲を日単位で変更すること（毎日同じ場所に乗らない）。
- 数週間に1度は仮置場の堆積物の切り返しを行い、積み上げたままの状態を長期放置しないようにすること。
- ガスボンベ、ライター、灯油缶、バイク等の燃料を含む危険物や、電化製品、バッテリー、電池等の火花を散らす廃棄物の混在を避ける。また、これらを含む可能性のある家電・電子機器等の保管場所と可燃性廃棄物を近接させない。

仮置場の可燃性廃棄物の火災予防（第二報） 抜粋

（取り纏め：国立環境研究所）

- 降雨が繰り返されることによって、廃棄物層内の温度が上昇することが懸念されるため、降雨が多い時期には特に注意が必要。
- 積み上げられた堆積廃棄物の深層温度は、気温よりも1～2か月遅れで上昇することから、8月を過ぎても少なくとも10月下旬程度までは注意が必要である。
- 火災予防のモニタリング
 - 最低でも1週間に1度程度は仮置場の山を巡回視察すること。
 - 表層から1メートル程度の深さの温度が摄氏75度を超過していたら危険信号
 - 表層から1メートル程度の深さの一酸化炭素濃度が50 ppmvを超過していたら危険信号
 - 堆積物から出てくる水蒸気が芳香系の揮発臭がある場合は危険信号
 - モニタリングは法曹部、小隊部分を重点的に調査すること。
- 散水による火災防止効果を過度に期待せず、蓄熱しない環境（高制限等）や危険物の混入を避ける対策を実施すること。

平成24年度土木学会全国大会 研究討論会

大規模災害に起因する地盤環境課題に対する取り組み

『復興資材の有効活用に対する
現場の課題と取り組み』

平成24年9月5日

(株) 奥村組 大塚義一

災害廃棄物処理における主な技術的課題

項目	技術的課題
中間処理	リサイクル率の向上 天候に左右されない安定処理 処理・処分先(数量増減、仕様変更) ※災害廃棄物の質と量(想定との乖離)
運営管理	数量管理(膨大・多様な災害廃棄物) 運行管理(大量の車両) マニユースト管理 がれきの火災発生防止 交通影響の低減
環境対策	周辺環境(近隣仮設住宅、地盤環境他) 作業環境(作業員の健康影響)

災害廃棄物処理の進捗状況 (環境省HPより)

県名	災害廃棄物 発生推計量	処理・処分状況 (H24年6月30日現在)			
		全体 割合	内訳		
			再生 利用	焼却 処理	埋立 処分
岩手県	525万トン	12.9%	9.1%	2.7%	1.1%
宮城県	1,154万トン	25.1%	23.0%	1.3%	0.8%
福島県	201万トン	12.3%	12.1%	0.1%	0.1%

再生利用：コンクリがら (再生資材化の段階で計上)

災害廃棄物の処理における基本的な考え方について



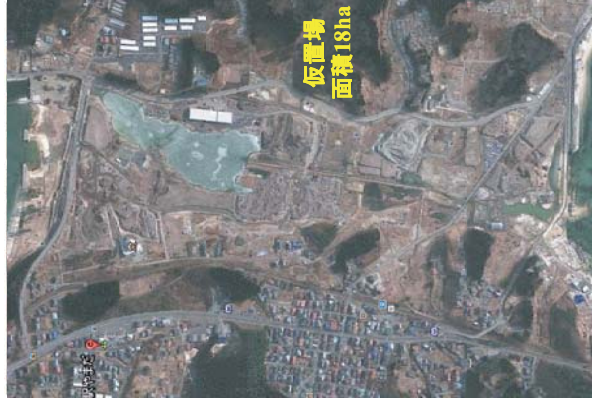
- ・上位(方針): 環境省からの処理指針(マスタープラン)
- ・中位(計画): 県からの処理詳細計画等
- ・下位(実施): 技術提案書の内容

処理方法		場所や対象物
選別	粗選別	重機
	一次仮置場	選別機
本選別	二次仮置場	人力
		機械
1次破砕		人力
		破砕機
2次破砕		重機
		破砕機
		破砕機

山田町での災害廃棄物の仮置き状況（地域特性）



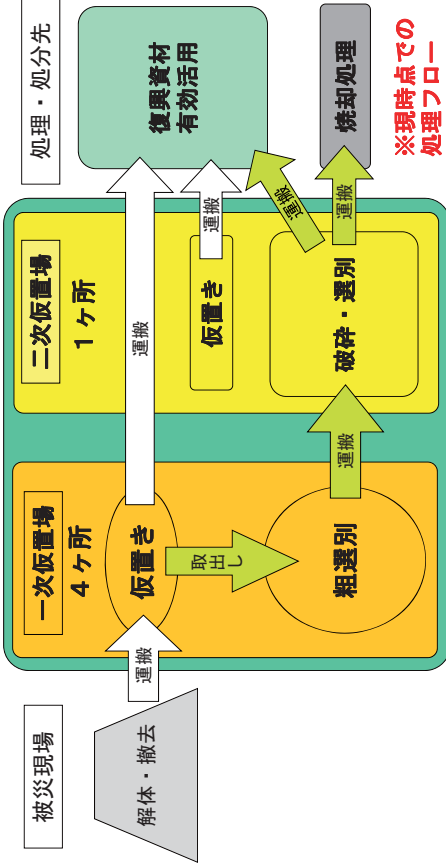
震災前の仮置場



震災後の仮置場
仮置場
面積18ha

処理の事例（岩手県の場合）

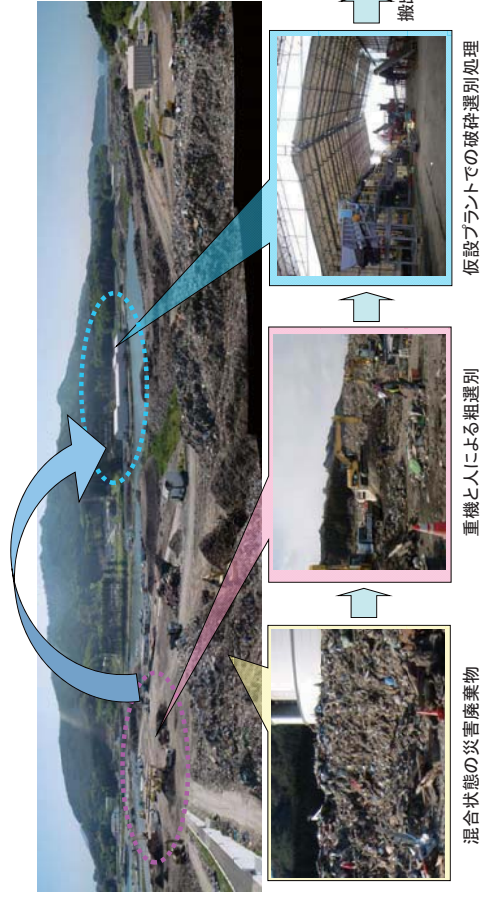
災害廃棄物の基本的な処理フロー



※現時点での処理フロー



破砕選別全体の状況

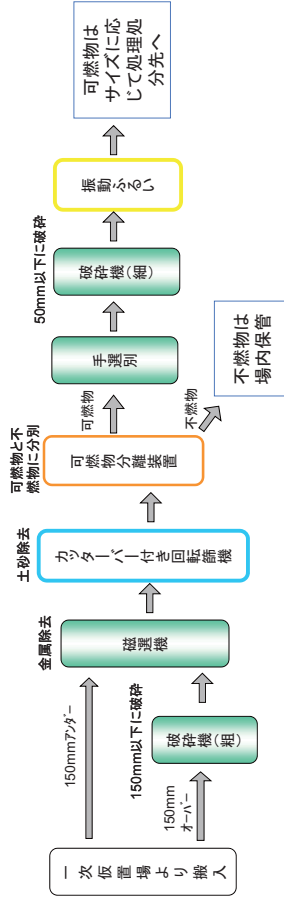


粗選別状況例

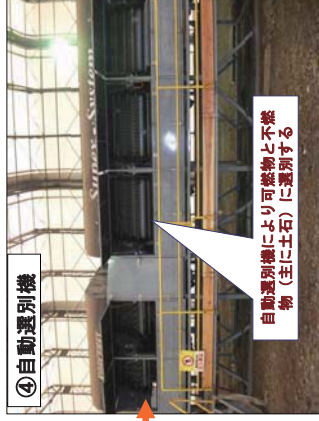
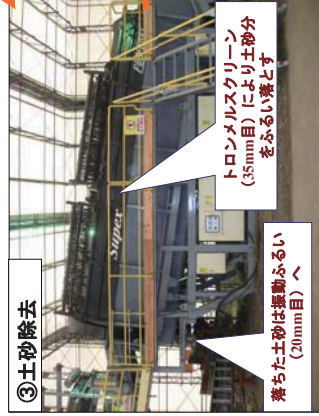


破砕選別プラントの例

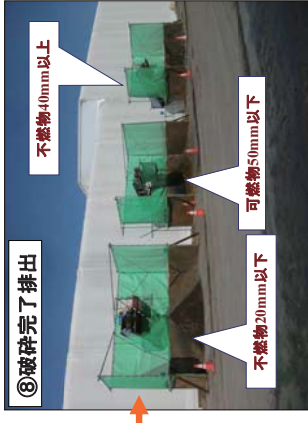
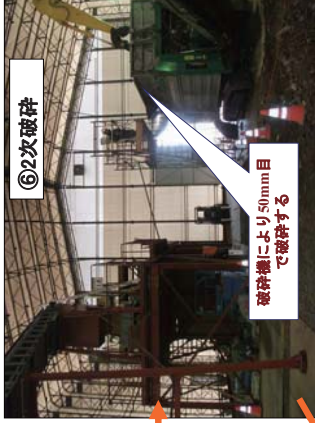
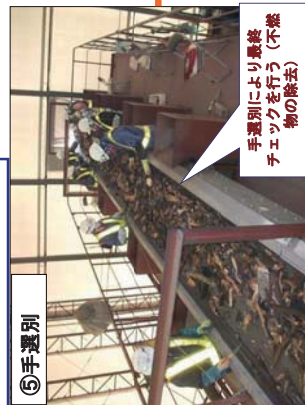
破砕選別処理の流れ



破砕選別プラント(1)



破砕選別プラント(2)



TF-W1 分別土有効利用

(分別土・**篩下残渣**の有効利用の方向性を示すTF)
 地盤工学会 地盤環境研究委員会(東日本大震災対応調査研究委員会)

- 分別土や篩下残渣を有効利用するにあたって、木くずなど有機物含有の影響・許容量が明らかとなっていないこと等を受け、**一斉試験により分別土・篩下残渣の物性の体系化・基準策定**を目指す。
- 重金属等に係る環境安全性について、**リスク評価(利用用途、周辺環境など)に基づいた有効利用の方向性**を提示する。
- 「分別された不燃物などの有効利用」も、文献調査等を中心に検討する。(瓦やレンガ、陶磁器くずなどの破砕、粒調、土との混合等による有効利用)
- 被災地自治体でのマニュアル整備・検証や事業立案に貢献できるよう、速やかに着手する。

ふるい下残渣とは？

- 20mm程度のふるいを通過したもの：土質材料として利用可能？
 - ⇒ 利用用途に応じた品質が必要。
 - ⇒ 粒度分布、有機物含有量により利用用途を選定。
- 粒径がそろった砂は、粒度調整等が必要
- 粘土分が多く軟弱な泥土は土質改良（含水比低下、土質安定処理、粒度調整等が必要）
- 有機物含有量が多い残渣（特に木くずなどが多く締固めが困難なもの）は緑地の表土などへの利用が考えられる。

13

ふるい下残渣の例（復興資材）

30mmアンダー



上から木片を取り除いたもの

20mmアンダー

14

研究成果①【復興資材の要求品質と混合廃棄物の特性】

- 現地調査・室内・屋外試験等による、混合廃棄物の組成、地域特性、集積方法との関連性の評価
- 文献調査に基づく土構造物としての利用用途と品質基準・管理基準の整理



混合廃棄物の組成・状態は、地域特性や集積方法との関連性が考えられる。

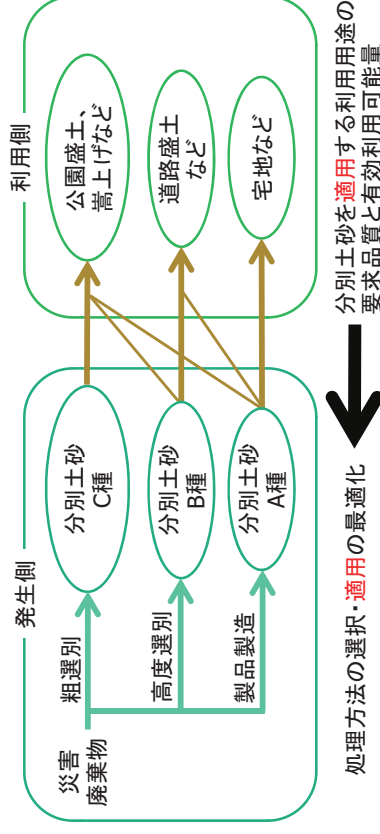
利用用途と要求品質の整理の例

利用用途	要求品質	
	材料規定 (粒度、強度等)	施工管理規定 (含水比、締固め度等)
△△盛土	△mm以下 △kN/m ² 以上	△ _{min} %以上 △ _{max} %以下
□□盛土	□mm以下 □kN/m ² 以上	□ _{min} %以上 □ _{max} %以下
○○盛土	○mm以下 ○kN/m ² 以上	○ _{min} %以上 ○ _{max} %以下

15

研究成果②【混合状態の廃棄物の再資源化技術と適用戦略】

- 不純物の種類・残存率の諸特性への影響と用途別要求品質
- 高度選別後の処理物の二次製品化と評価
- 適用戦略の考案（処理システムの適用と処理物の適用）



16