

3K163011

大規模災害における廃棄物の災害外力・地域特性 に応じた処理技術・管理システムに関する研究

研究実施期間:平成28~30年度

累積予算額:122,907千円

研究代表者 名古屋大学

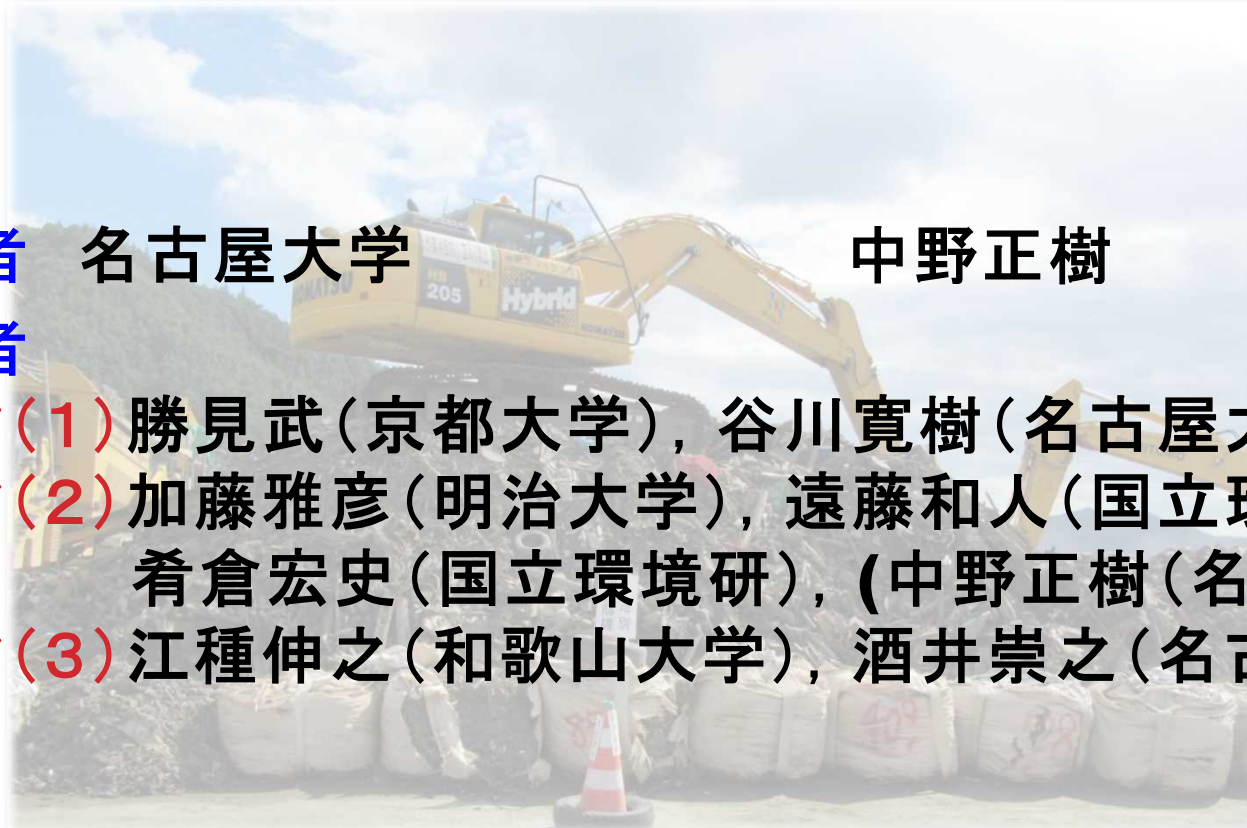
中野正樹

研究分担者

サブテーマ(1) 勝見武(京都大学), 谷川寛樹(名古屋大学)

サブテーマ(2) 加藤雅彦(明治大学), 遠藤和人(国立環境研),
肴倉宏史(国立環境研), (中野正樹(名古屋大学))

サブテーマ(3) 江種伸之(和歌山大学), 酒井崇之(名古屋大学)

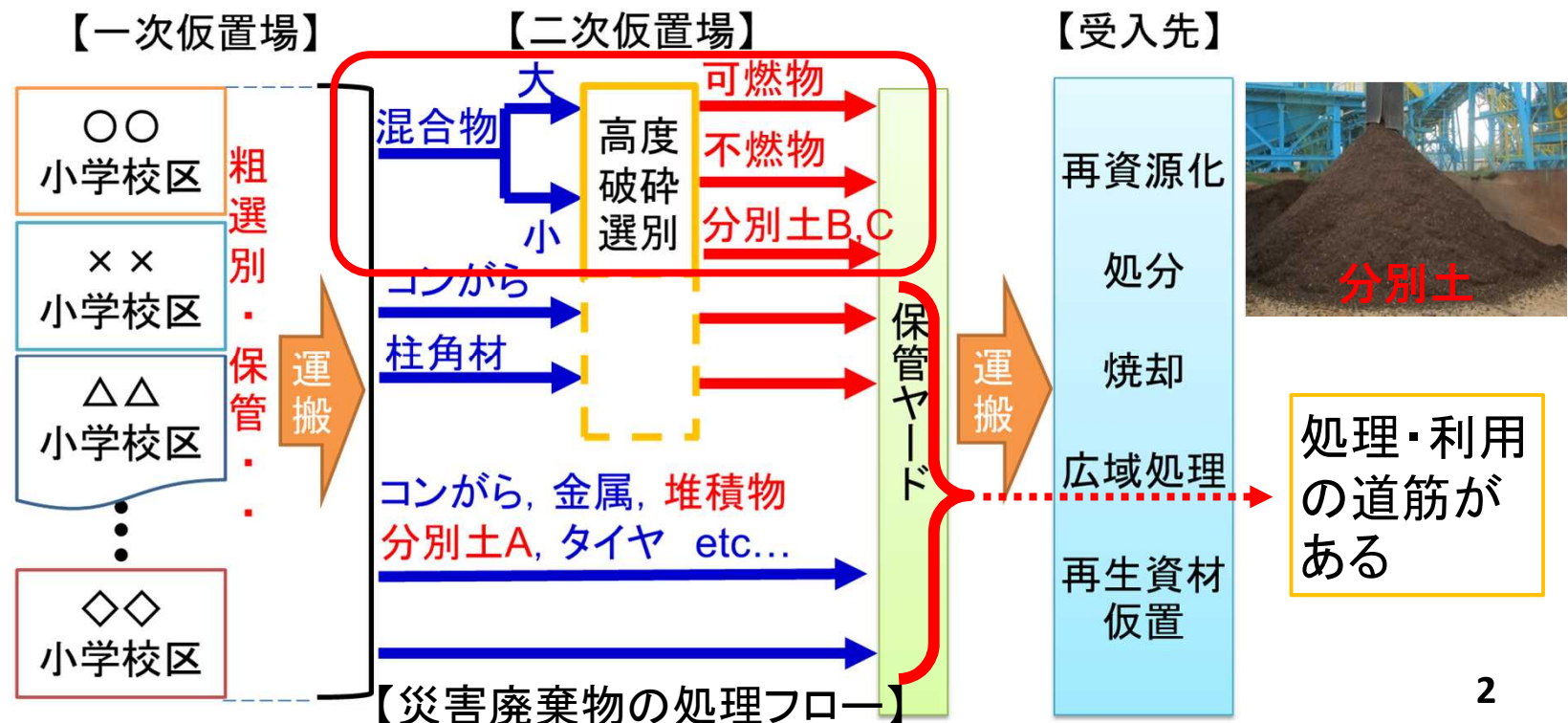


研究の背景と目的－大規模災害での教訓

(1) 被災地の早期復旧・復興には、災害廃棄物の処理・利用が鍵

二次仮置場での高度選別処理において

- 混合物から**どのように選別されるのか**の予測が重要 ➡ サブテーマ1
- **分別土**の利用が重要. そのためには ➡ サブテーマ2
木片混入の長期安定？有害物質混入・木片・コンクリート片混入の環境影響？



研究の背景と目的—大規模災害での教訓

(2) 処理事業に携わる地方自治体に対し、発災前の処理計画の策定、発災後の計画更新、管理の支援が重要

➤ 災害廃棄物等処理事業管理システムの検討

➡ サブテーマ3

そこで

本研究の目的

大規模災害において、**市町村レベルの自治体**を対象に、特に**分別土の活用**を目指した**処理技術**および**進捗管理**を実施できる**災害廃棄物管理システム仕様**を研究する。

災害廃棄物等処理事業管理システムの概要とサブテーマ主研究

平時・発災前

① 日常業務対応

- ・処理施設の管理
稼働数, 処理能力,
残余容量, 残余年数

② 災害廃棄物処理計画

- ・災害廃棄物発生量の予測(ストックデータ) サブ(1)
- ・有害物質影響範囲の把握(化学特性) サブ(2)
- ・仮置場候補の選定(GISモデル) サブ(3)
- ・輸送経路の最適化(輸送モデル) サブ(3)
- ・二次仮置場の設計(分別係数) サブ(1) サブ(3)
- ・制約条件下での処理日数の予測(運搬・処理モデル)



③ 処理実行計画

- 災害情報更新に伴う
処理計画の更新
- ・②と同じ

④ 進捗管理と処理実行計画の更新

- ・混合物の選別量予測(分別係数) (1)
- ・津波堆積土・分別土の利用基準(力学特性) (2)
- ・津波堆積土・分別土の環境基準(化学特性) (2) (3)
- ・制約条件下での処理日数の予測(運搬・処理モデル)
- ・分別土の利用用途のマッチング(力学特性) (2) 4

発災後

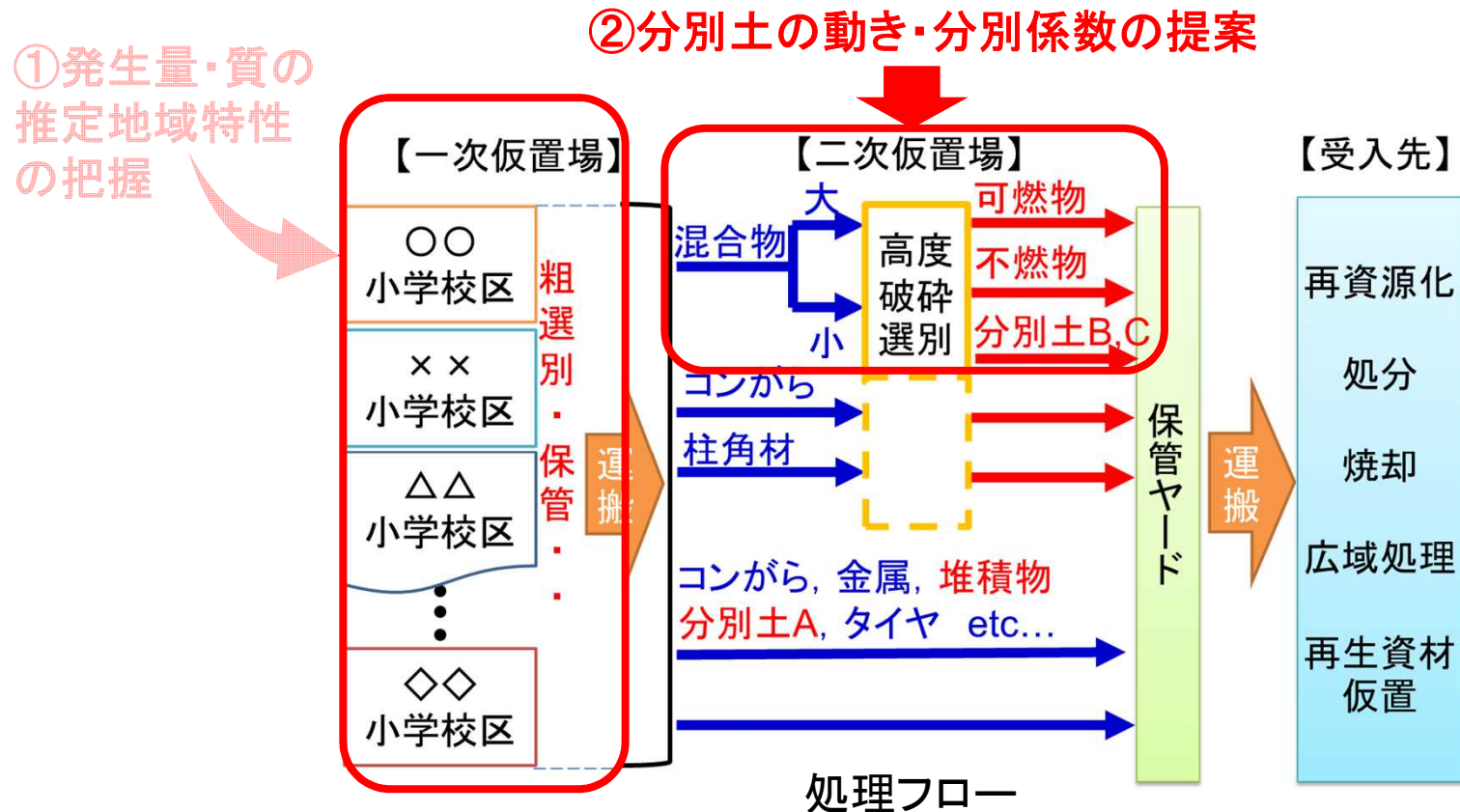
サブテーマ(1) 主な研究成果

災害廃棄物等の種類・発生量の時系列に沿った把握・予測

サブテーマ(1) 災害廃棄物の種類・発生量の時系列に沿った把握・予測

①災害廃棄物の発生量・質の推定と地域特性の把握
→ストックデータ(使用資材) を利用

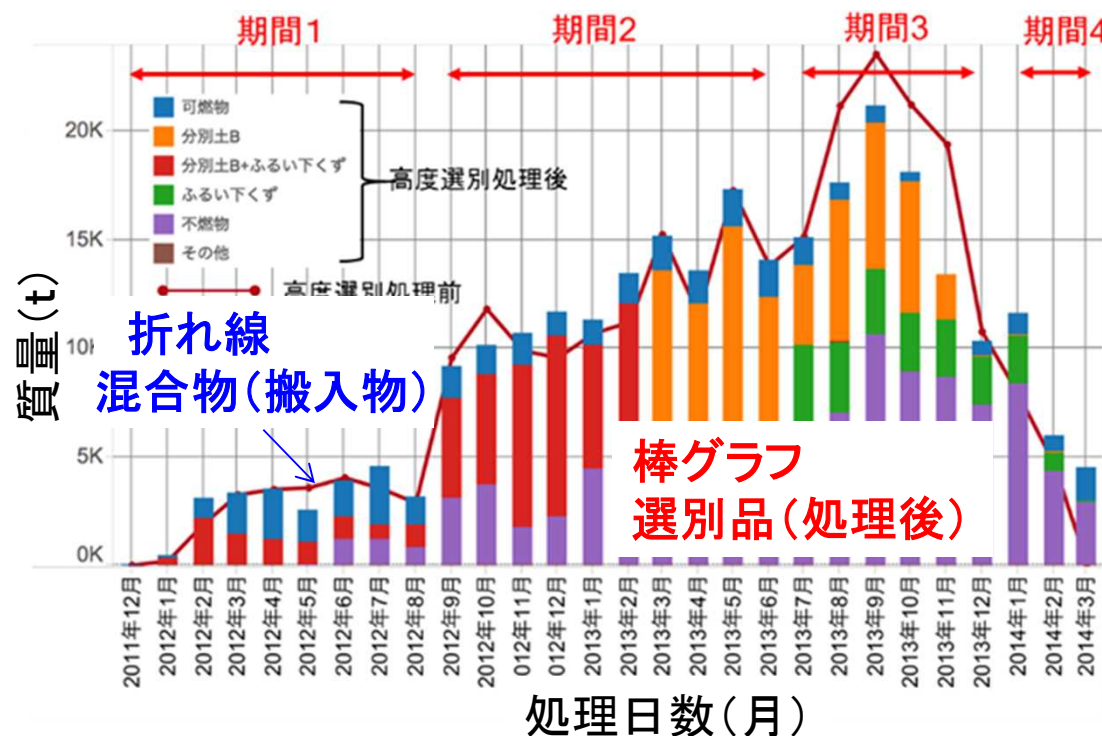
②二次仮置場(高度選別処理)における混合物から分別土へ選別の動きの整理, 分別係数の提案



サブ(1) ②混合物から分別土の動き

東日本大震災の処理事業において、ICT(情報通信技術)により蓄積された**大容量の実績データ**(延べ約24万回の運搬)に基づき、以下を整理する。

混合物が高度選別処理によりどのように選別されるのか？



二次仮置場での搬出・搬入量の経時変化

- ①搬入物と選別品の質量が対応している。
- ②4期間に分けられた。
- ③4期間は災害廃棄物**処理の実態と整合**が取れている。

【期間1】混合物大の処理

→**可燃物優先**処理

【期間2】大量の混合物小の処理

→**処理量優先**

【期間3】混合物小の処理

→**分別精度優先**

【期間4】処理が収束

サブ(1) ②分別係数の提案

混合物(大, 小)が高度選別処理によってどのような「比率」で可燃物, 不燃物, 分別土, ふるい下くずに選別されたか?

その比率を「分別係数」と定義する.

混合物
(搬入物・処理前)

選別品
(処理後)

	期間1【初期】 可燃物優先		期間2【中期】 処理量優先		期間3【後期1】 分別精度優先		期間4【後期2】 処理収束	
	混合物大 から	混合物小 から	混合物大 から	混合物小 から	混合物大 から	混合物小 から	混合物大 から	混合物小 から
可燃	0.53	0	0.43	0	0.87	0	1.00	0
不燃	0.16	0.33	0.42	0.26	0	0.54	0	0.75
分別土	0	0.67	0	0.64	0	0.27	0	0
ふるい下	0.32	0	0.15	0.10	0.13	0.19	0	0.25

処理過程における分別係数を時系列で算出できる.

サブ(1) ②分別係数の提案

成果③

処理過程における**分別係数**を**時系列**で算出できる。
したがって、可燃物、不燃物、分別土の**発生量**を**予測**できる。

環境政策への貢献②

早期に、処理能力を上げることや広域処理量を変更するなどの
迅速で効率的な処理マネジメントが可能となる。

**処理計画，実行計画作成，更新，進捗管理
の支援に貢献する。**

例えば

1) 分別土において、当初計画よりも土砂の発生量が大きかった場合には、一時保管ヤードが必要になるなど、自区内の仮置き場所計画の必要性の有無を、早期に(処理中)に判断できる

サブテーマ(2) 主な研究成果

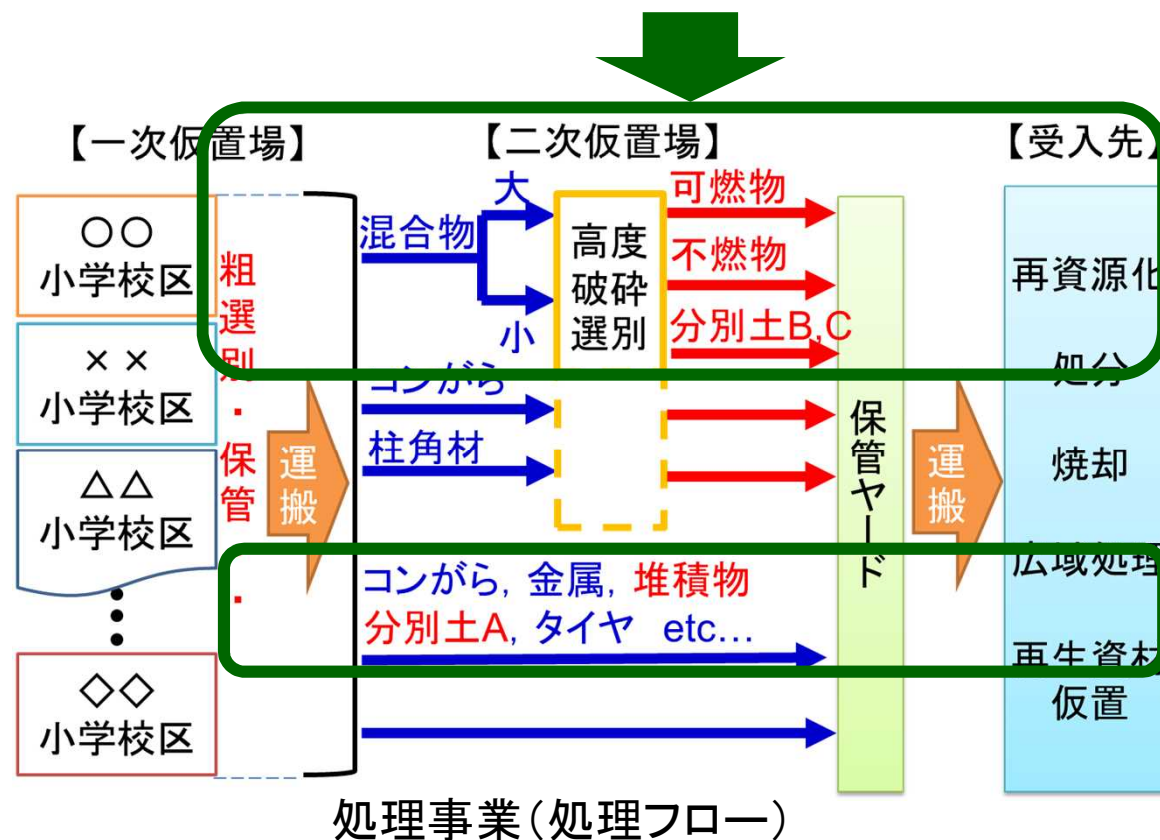
災害廃棄物等から破砕・選別処理された
分別土の利活用の促進

サブテーマ(2)

災害廃棄物等から破砕・選別処理された**分別土の利活用の促進**

木片混入, コンクリート片混入の模擬分別土を作製し,

①**力学特性**, ②**化学特性**の把握そして**力学・環境安全性評価**を行い、復興資材として利用する際の**許容値**を明確化する。



サブ(2)①【力学特性】木片混入分別土の強度特性と許容木片混入率

①模擬津波堆積土(砂から粘土までの粒度4種類)に**肥料混入**.
土の水分で肥料が溶け, **空隙**をつくる.

⇒**木片の完全腐朽状態**の仮定

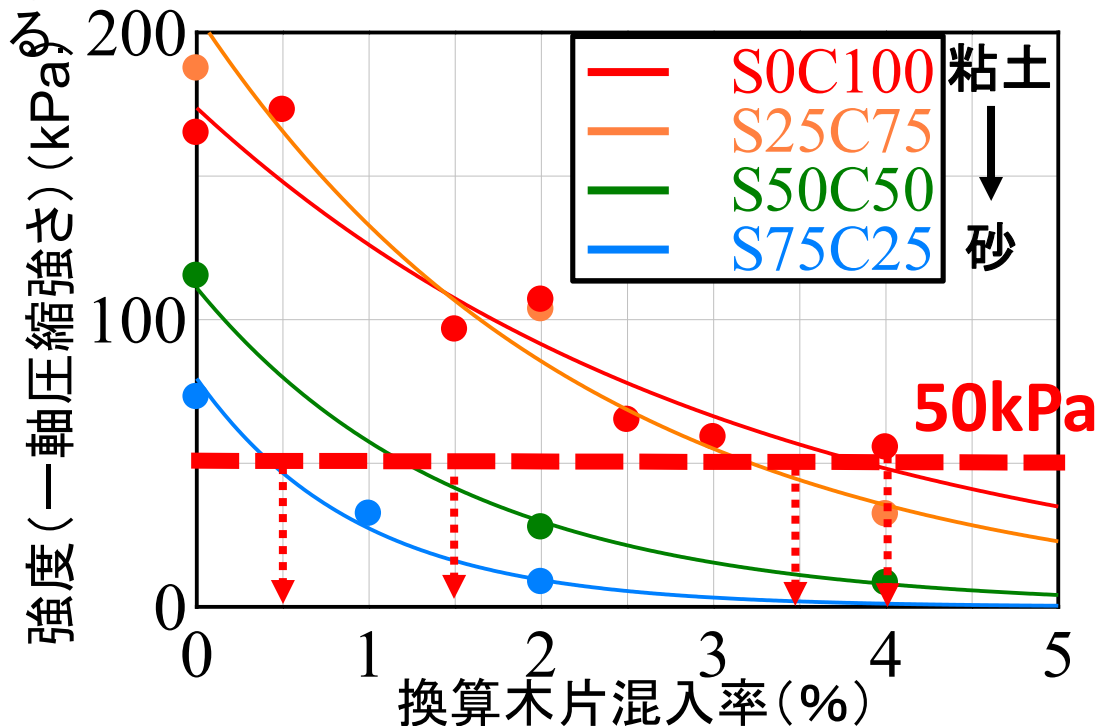


多数の空隙
= 木片腐朽

成果⑤

試料	S75C25(砂)	S50C50	S25C75	S0C100(粘土)
許容混入率	0.5%	1.5%	3.5%	4.0%

②**木片混入率**に換算し肥料を混入, **強度**を調べる



環境政策への貢献④

粒度によって, **許容木片混入率**が決まる.

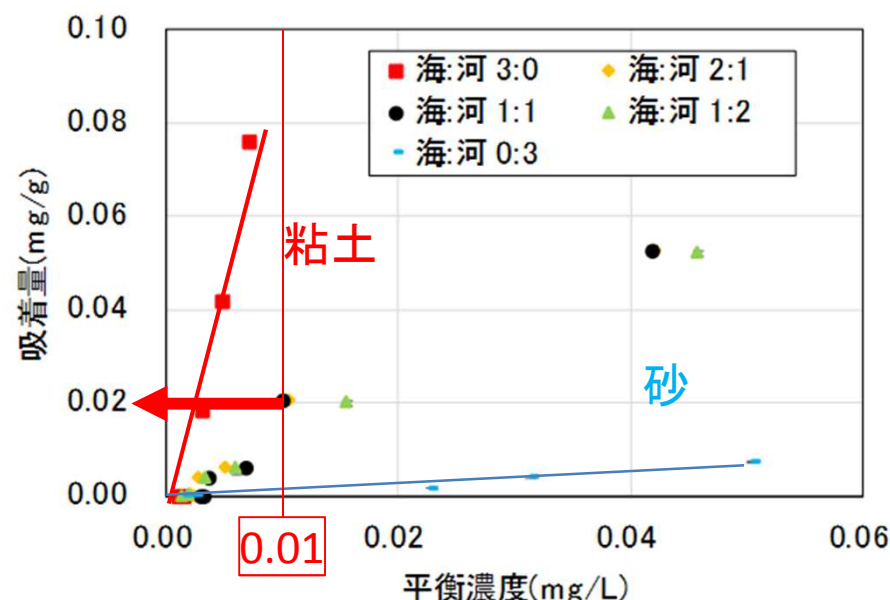
木片混じりの分別土の利活用評価のための試験方法を提案

→**木片混入分別土の利用促進に貢献**

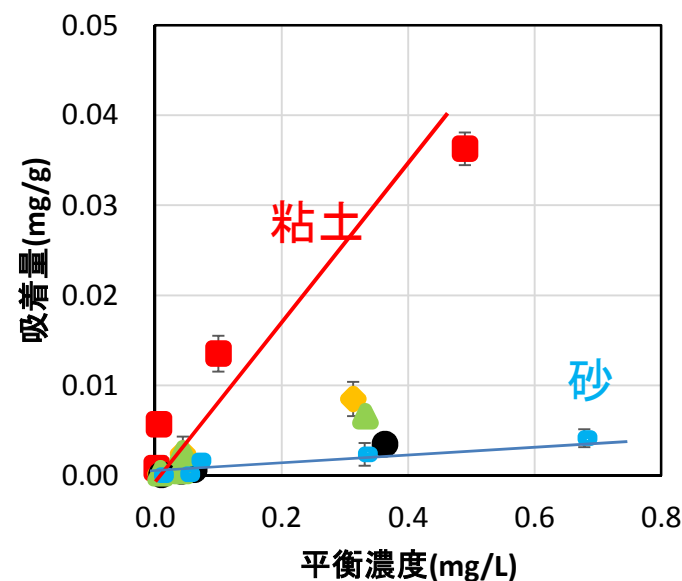
サブ(2)②【化学特性】模擬分別土の溶出特性

(1) 模擬津波堆積土(砂から粘土まで5種類)の重金属吸着特性をバッチ振とう試験で評価

有害物質(鉛)の吸着量



有害物質(ヒ素)の吸着量



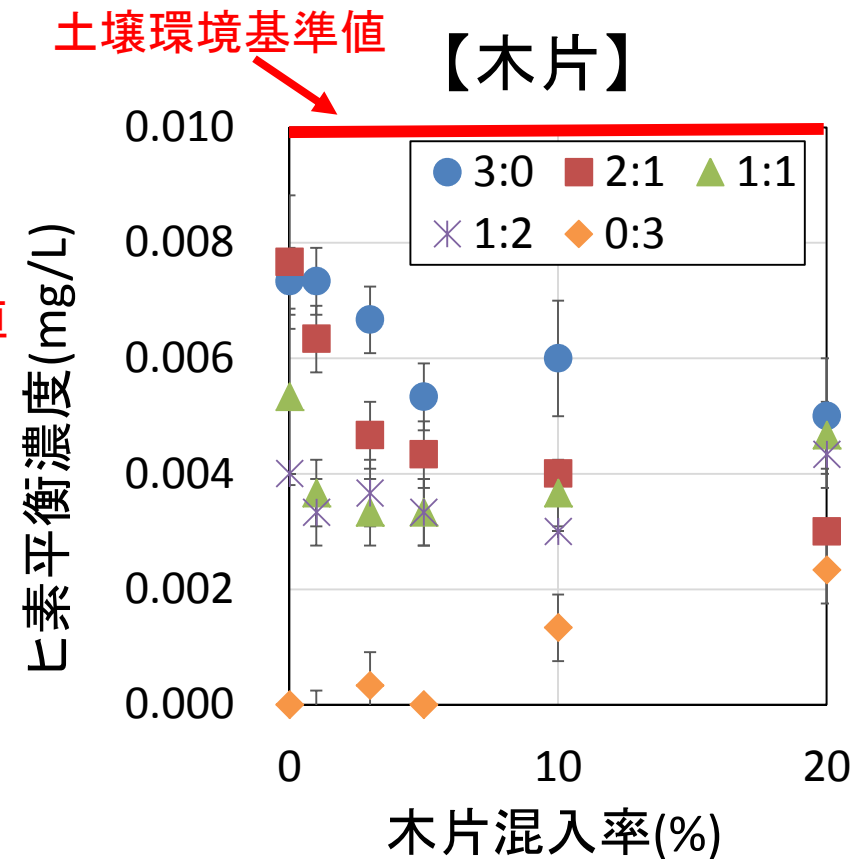
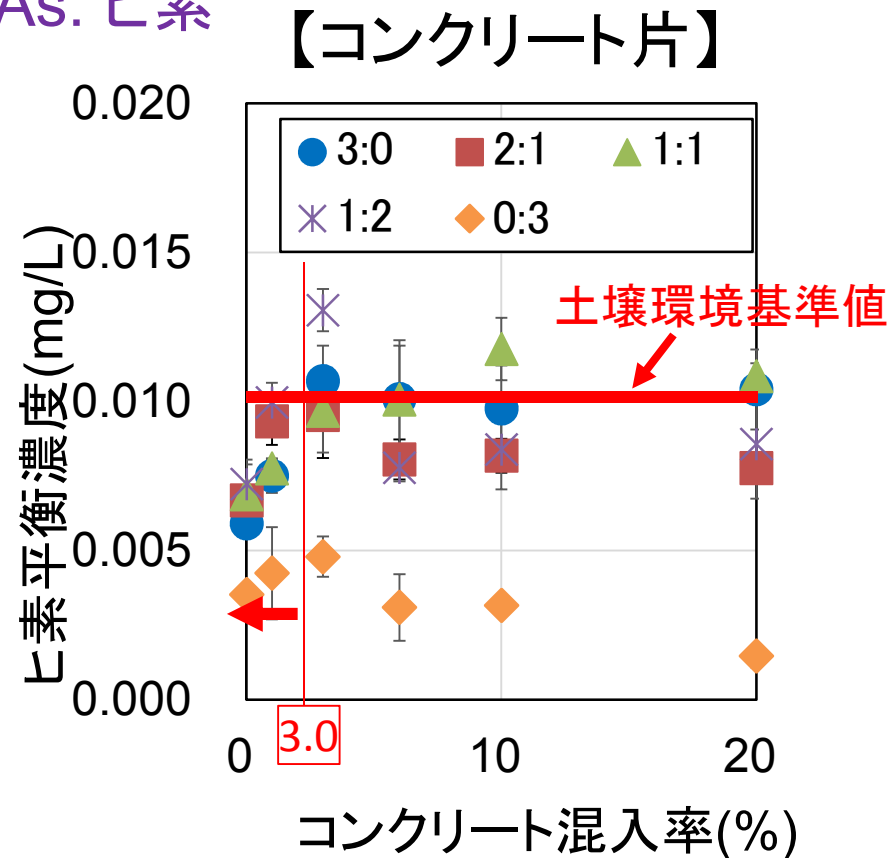
津波堆積土の粒度, 重金属の種類によって吸着量が異なる.

土壤環境基準値を超過しない最大の吸着量を算出

サブ(2)②【化学特性】コンクリート・木片混入模擬分別土の溶出特性

(2) (1)にさらにコンクリート片, 木片 を混入してバッチ振とう試験で評価

As: ヒ素



- ・コンクリート片3%未満であれば, ヒ素の溶出危険性は低い
- ・木片によって溶出量が低下

サブ(2)②【化学特性】コンクリート・木片混入模擬分別土の溶出特性

他の有害重金属も含めた許容コンクリート片混入率

海底:河口	許容コンクリート片混入率				
	As	Pb	F	B	Ni
粘土3:0	3.0(%)	OK	0.0(%)	OK	OK
2:1	3.0(%)	OK	1.0(%)	OK	OK
1:1	3.0(%)	OK	3.0(%)	OK	OK
1:2	3.0(%)	OK	OK	OK	OK
砂 0:3	OK	OK	OK	OK	OK

成果⑦

有害物質と分別土の粒度によって許容コンクリート混入率が変わる。
OKは混入率が増えても問題なし。 %未満で基準を満足する。

環境政策への貢献⑥

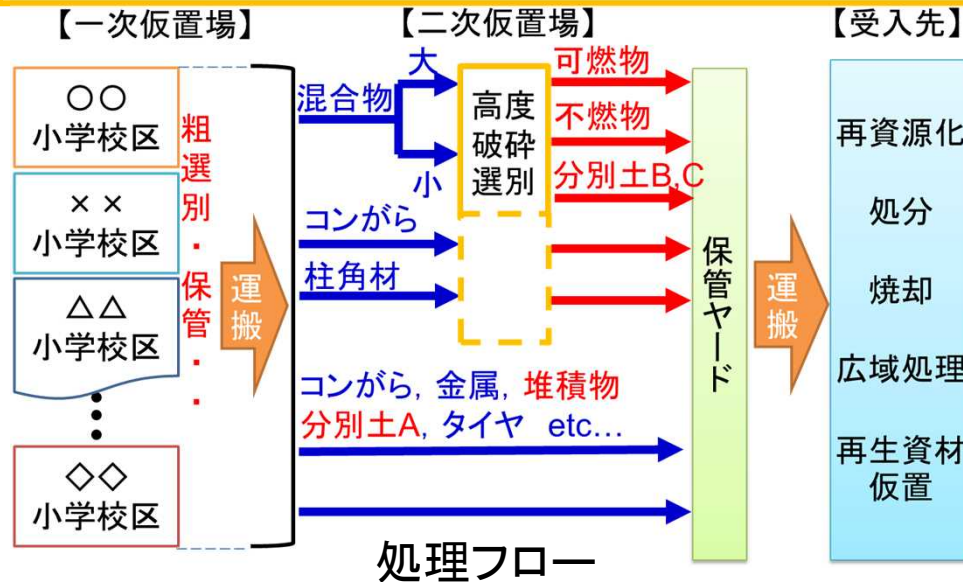
→コンクリート片・木片混入分別土の利用促進に貢献

サブテーマ(3) 主な研究成果

災害廃棄物等処理事業管理システムの検討

サブテーマ(3)①収集運搬・処理連動モデルの開発 (運搬・処理モデル)

災害廃棄物の収集運搬過程から仮置場・受入先での処理能力などを考慮した
処理フロー全過程を説明するモデル



③受入先(最終処分場・再利用先)での
▪種別ごと**処理能力** (→搬出可能変換量)
(処理機械の能力・台数)

④広域処理量

⑤収集運搬
▪**収集運搬能力**
(ダンプの容量・**台数**)
▪**移動距離・車両速度**

①災害廃棄物量(種別ごと)

②一次・二次仮置場での
▪**処理能力** (モデルでは搬出可能変換量)
(破碎・分別機械の能力・台数)
▪**保管ヤード容量**

⑥処理日数

サブテーマ(3)①山田町の災害廃棄物処理事業でモデル検証

各施設で設定した搬出可能変換量(処理能力)と仮置場容積

パラメータ名/各種日数		パラメータ値
搬出可能変換量 [t/h]	C_{11}	87
	C_{12}	16
	C_{13}	5
	C_{14}	19
	C_{21}	67
	C_{22}	1
	C_{23}	42
仮置場容積[t]	一次仮置場1	1898
	一次仮置場2	751
	一次仮置場3	365
	一次仮置場4	692
	二次仮置場1	1802
	二次仮置場2	293
	二次仮置場3	924

処理完了に要する日数

- モデル解析結果 991日
- 実際の廃棄物処理 906日

成果⑧

処理完了日数は、仮置場での作業のモデル化(単純化)等に起因して、1割程度過大評価だが、山田町での災害廃棄物処理は再現できた

環境政策への貢献⑦

効率的な処理計画・処理実行計画・進捗管理に貢献

サブテーマ(3) ②災害廃棄物等処理事業管理システム

平時・発災前

① 日常業務対応

- ・処理施設の管理
稼働数, 処理能力,
残余容量, 残余年数

② 災害廃棄物処理計画

- ・災害廃棄物発生量の予測(ストックデータ) サブ(1)
- ・有害物質影響範囲の把握(化学特性) サブ(2)
- ・仮置場候補の選定(GISモデル) サブ(3)
- ・輸送経路の最適化(輸送モデル) サブ(3)
- ・二次仮置場の設計(分別係数) サブ(1) サブ(3)
- ・制約条件下での処理日数の予測(運搬・処理モデル)



③ 処理実行計画

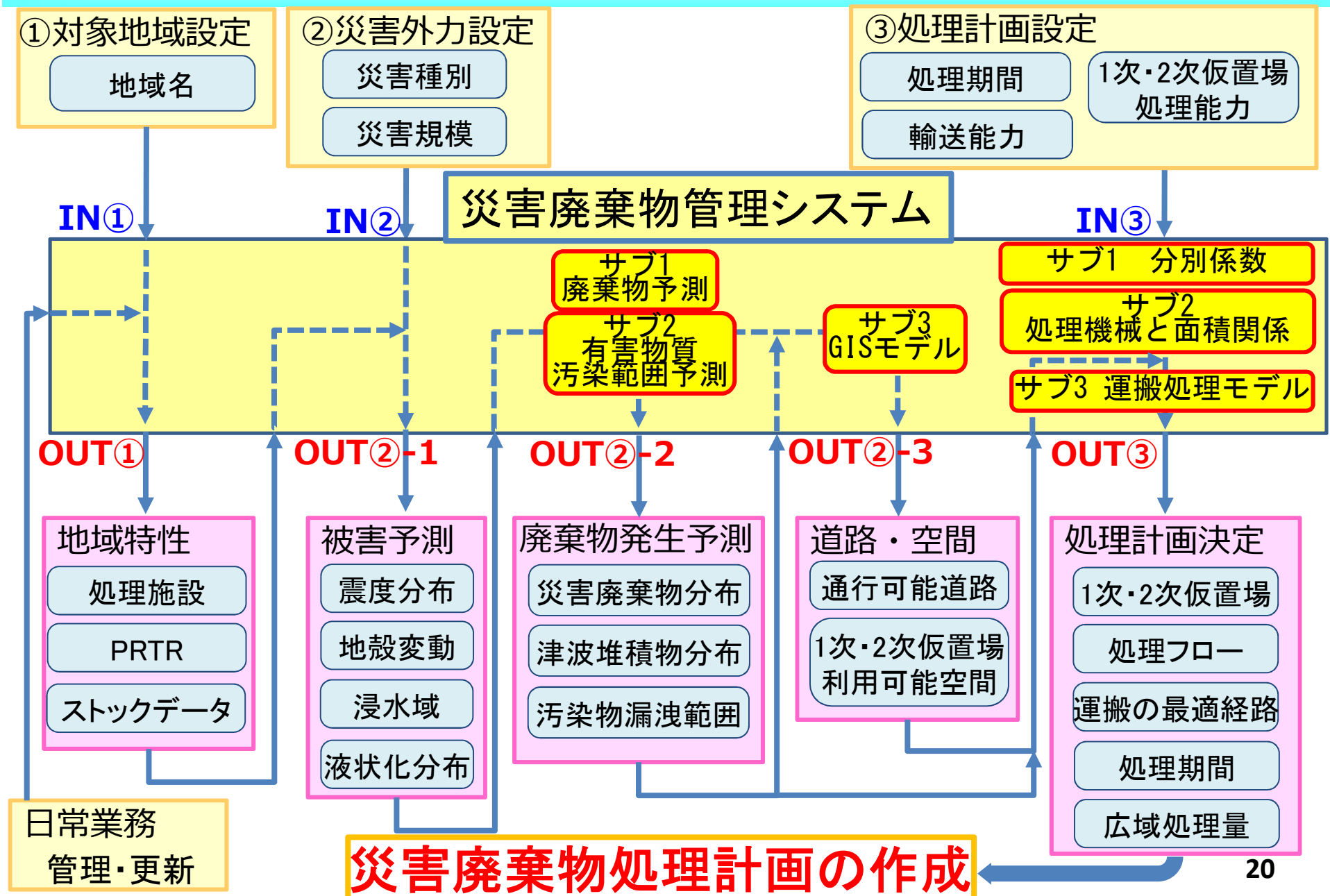
- 災害情報更新に伴う
処理計画の更新
- ・②と同じ

④ 進捗管理と処理実行計画の更新

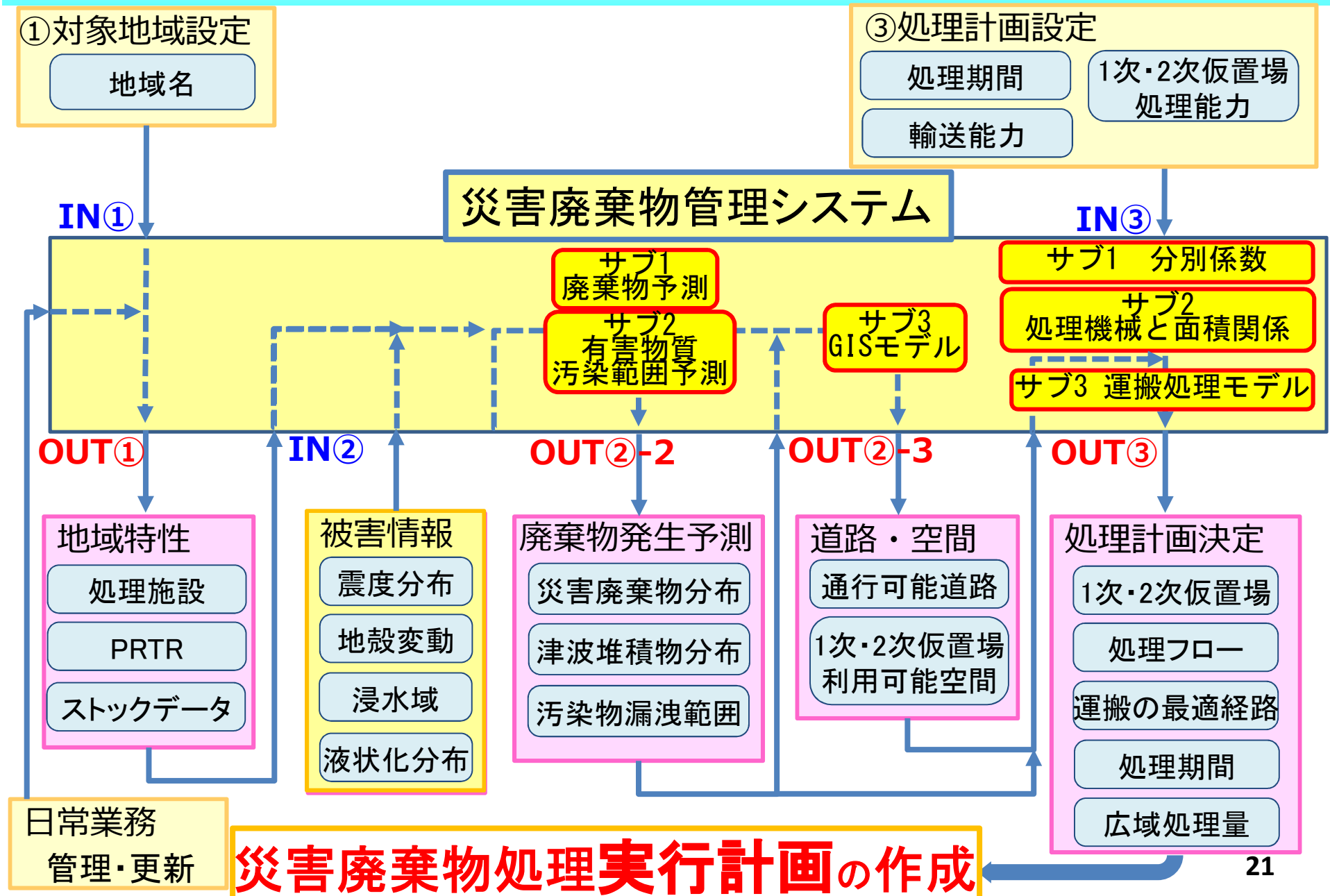
- ・混合物の選別量予測(分別係数) (1)
- ・津波堆積土・分別土の利用基準(力学特性) (2)
- ・津波堆積土・分別土の環境基準(化学特性) (2) (3)
- ・制約条件下での処理日数の予測(運搬・処理モデル)
- ・分別土の利用用途のマッチング(力学特性) (2) 19

発災後

サブテーマ(3) ②災害廃棄物管理システム
【平時・発災前】 日常業務・災害廃棄物処理計画の作成

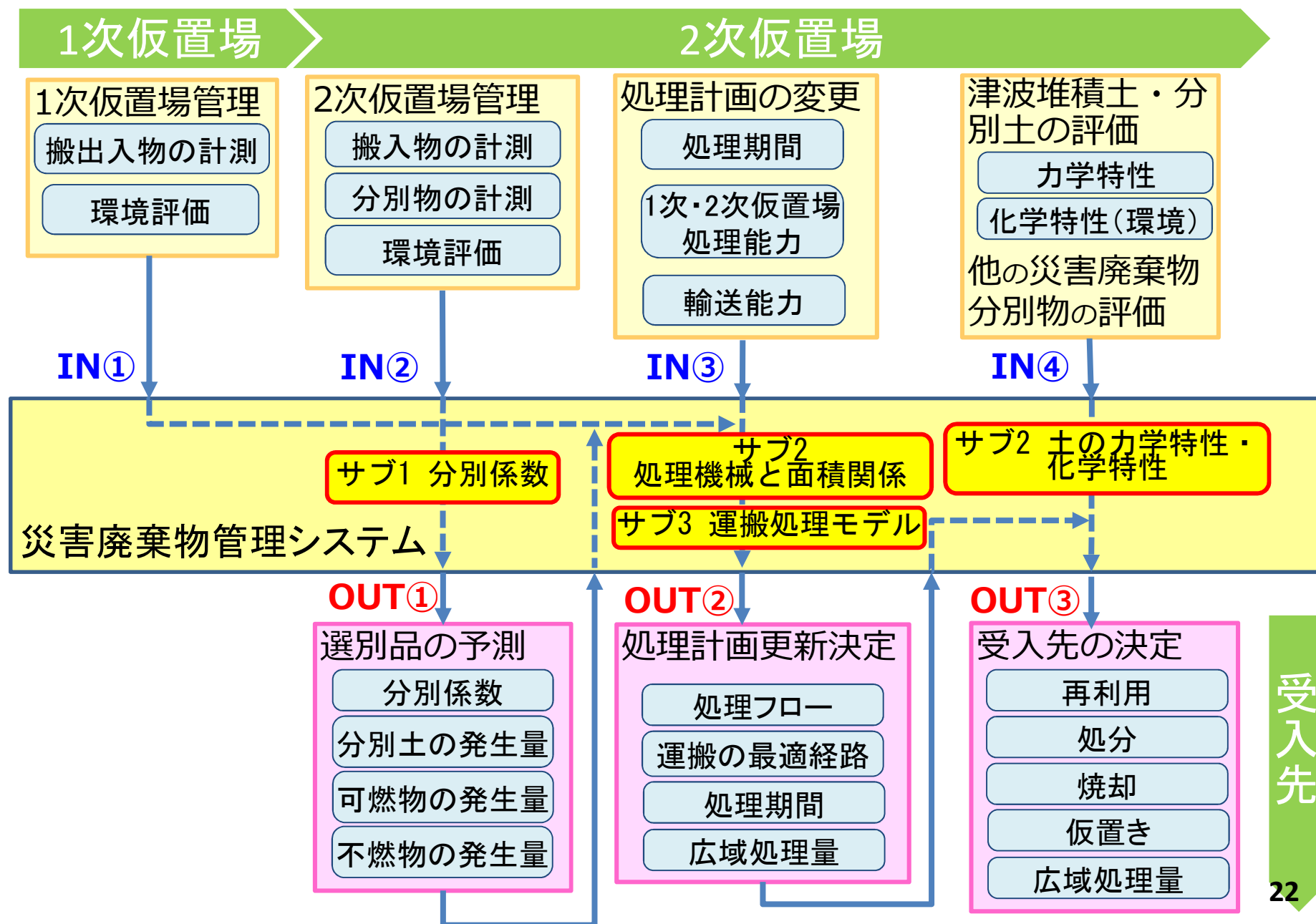


サブテーマ(3) ②災害廃棄物管理システム 【発災直後】 災害廃棄物処理実行計画の作成



サブテーマ(3) ②災害廃棄物管理システム

【発災後・二次仮置場整備後】災害廃棄物処理実行計画の更新・進捗管理



災害廃棄物管理システムのイメージ(モックアップによるデモ)



サブテーマ(3) 災害廃棄物等処理事業管理システムの検討

成果⑨

自治体関係者が携わる災害廃棄物処理業務の具体的な作業内容を抽出し、サブテーマ研究成果と関連づけ、それらをクラウド上で効率的・効果的に支援するシステム仕様を明らかにした(システム概略設計を完了)。

環境政策への貢献⑧

2019年度環境省重点施策集

(2)国土のストックとしての価値の向上における

「大規模災害に備えた万全な災害廃棄物処理体制の構築や災害廃棄物の円滑・迅速な処理を図ること等により環境施策を通じた国土強靱化への対応に取り組む」への貢献

研究成果(1)

1. 論文 10件

- T. Yamaguchi, T. Sato, M. Katoh, Journal of Environmental Management, Vol. 233, pp. 89–96. Post-depositional changes in elemental leaching from recovered soils separated from disaster waste and tsunami deposits generated by the Great East Japan Earthquake and tsunami
- 勝見 武・大塚義一・三方浩允・切川卓也, 土木学会論文集G(環境), 74巻, 3号, pp.126-141, (2018), 情報通信技術に基づき蓄積された災害廃棄物処理実績の検証と分別係数の提案
- 坂口直也・田内裕人・江種伸之・大塚義一, 土木学会論文集G(環境), 74巻, 5号, pp. I_195-I_202, (2018), 災害廃棄物の適切な処理計画策定支援を目的とした収集運搬・処理連動モデルの開発.
- 中野正樹, 酒井崇之, 神野琢真, 池上浩樹, 第12回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.65-70(2017), 災害廃棄物・津波堆積物を想定した砂・粘土混合土砂の物性把握と有効利用への提案.
- 鴫田稔, 野口真一, 中村吉男, 中野正樹, 加藤雅彦, 第12回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.229-236(2017), 東日本大震災で発生した津波堆積物の分別土砂中の夾雑物混入率に関する文献調査.
- T. Katsumi, M. Okawara, M. Kawashima, K. Endo, H. Sakanakura, S. Iwashita, A. Takai and T. Inui: Journal of JSCE, Vol.5, No.1, pp.145-156 (2017) Soils recovered from disaster debris – Characterization and utilization.
- 谷川元治, 加藤雅彦, 第12回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp. 439-442(2017), 地域特性による模擬津波堆積物を用いたヒ素等重金属類の吸着特性と潜在的危険保有量の推定.
- 眞鍋磨弥, 肴倉宏史, 鈴木隆央, 勝見武, 乾徹, 高井敦史 (2017) 第12回環境地盤工学シンポジウム, 発表論文集, 431-438, 津波堆積物を想定した河川及び海底堆積物の拡散溶出特性の評価.
- T. Katsumi, M. Okawara, A. Takai and T. Inui: Proceedings of the 3rd Indo-Japan Workshop on Geotechnics for Natural Disaster Mitigation and Management (2017) Review of the material properties of recovered soils obtained from 2011 East Japan disaster debris for post-disaster management. (査読無し)

研究成果(2)

2. 口頭発表 17件

- 中野正樹, 酒井崇之, 神野琢真, 池上浩樹, 第52回地盤工学研究発表会, pp.453-454(2017), 地震津波災害で発生した分別土砂の長期力学特性の把握.
- 池上浩樹, 中野正樹, 酒井崇之, 神野琢真, 第52回地盤工学研究発表会, pp.461-462(2017), 災害で発生する津波堆積物を想定した砂・粘土混合土砂の物性把握
- 鴫田稔, 野口真一, 中村吉男, 中野正樹, 加藤雅彦, 第52回地盤工学研究発表会, pp.1537-1538(2017), 東日本大震災で発生した災害廃棄物等の分別土砂に関する夾雑物混入率を中心としたアーカイブ調査
- 池上浩樹, 中野正樹, 酒井崇之, 土木学会第72回年次学術講演会, pp.647-648(2017), 尿素肥料による想定木片混じり土の長期強度特性の把握
- 池上浩樹, 中野正樹, 酒井崇之, 高井敦史, 熊谷静花, 加藤雅彦, 谷川元治, 平成29年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.283-284(2018), 2016年台風10号での豪雨災害で発生した土砂の有効利用促進のための物性把握.
- Nakano, M., Sakai, T. and Nonoyama, H., Proceedings of 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul (Korea), 2017, Long-term Mechanical Behavior of Disaster Debris Soil Considering Wood Chips Deterioration.
- 谷川元治, 加藤雅彦, 第52回地盤工学研究発表会(2017)模擬津波堆積物への鉛吸着特性評価に基づく危険鉛保有量の推定
- 谷川元治, 加藤雅彦, 第28回廃棄物資源循環学会研究発表会(2017)地域特性を考慮した模擬津波堆積物に対するホウ素吸着特性
- 眞鍋摩弥, 肴倉宏史, 鈴木隆央, 勝見武, 乾徹, 高井敦史, 第52回地盤工学研究発表会, pp.1987-1988 (2017) 河川・海底堆積物中無機成分の拡散溶出試験による評価.
- 坂口直也, 田内裕人, 江種伸之, 大塚義一, 中野正樹, 2017年度土木情報学シンポジウム講演集, pp.315-318(2017), 災害廃棄物収集運搬モデルを用いた災害廃棄物処理のシナリオ分析

研究成果(3)

2. 口頭発表

- 坂口直也, 田内裕人, 江種伸之, 大塚義一, 中野正樹, 平成29年度土木学会全国大会 第72回年次学術講演会, VII-059(2017), 災害廃棄物処理計画の策定支援を目的とした災害廃棄物収集運搬モデルの提案.
- 谷枝里子、山口和範、奥岡桂次郎: 土木学会平成29年度全国大会第72回年次学術講演(2017), 大規模災害における地域特性を考慮した積み上げ方式の災害廃棄物発生量予測
- 中野正樹, 酒井崇之, 池上浩樹, 第53回地盤工学研究発表会, pp.543-544, (2018), 木片腐朽過程を考慮した木片混じり土砂の長期力学特性の把握
- 谷川元治, 加藤雅彦, 第53回地盤工学研究発表会(2018)模擬分別土砂へのコンクリート片混入による重金属等溶出性の変化
- 竹内涼, 加藤雅彦, 第53回地盤工学研究発表会(2018)模擬分別土砂への木屑片混入による鉛溶出性の変化
- 谷川元治, 加藤雅彦, 第29回廃棄物資源循環学会研究発表会(2018)コンクリート片混入によってヒ素溶出が増加した模擬分別土砂の不溶化
- 今枝龍之介, 中野正樹他: 豪雨災害により発生した災害廃棄物の特徴と分別土の力学特性の把握, H30年度土木学会中部支部研究発表会, (2019)

3. 新聞・雑誌記事等 **2件**

- 中野正樹, 建設機械施工, Vol.69, No.7, 2017, 「大規模災害で発生する災害廃棄物対策に向けて」
- 中野正樹, 『INDUST』3月号, 「大規模災害で発生する廃棄物の処理技術・管理システムの構想」

国民との科学・技術対話：展示や講演会：9件

4. 国民との科学・技術対話：展示や講演会 9件

- 中野正樹，名古屋大学ESホール，2017年6月14日，参加者100名，南海トラフ巨大地震中部地域地盤災害研究委員会最終報告会
- 中野正樹，名古屋国際会議場，2017年7月14日，参加者70名，第52回地盤工学研究発表会のディスカッションセッション
- 中野正樹，酒井崇之，名古屋大学(テクノ・フェア名大)，2017年10月21日，参加者500名，大規模災害における廃棄物の災害外力・地域特性に応じた処理技術・管理システムに関する研究
- 佐々木秀幸，TKP名駅桜通口カンファレンスセンター，2017年11月1日，参加者15名，東日本大震災と台風第10号災害を経験して思うこと
- 中野正樹，酒井崇之，名古屋大学(テクノフェア名大)，2018年10月20日，参加者500名程度
- 勝見武，2018年11月13日，平成30年度リサイクルポートセミナー(主催：リサイクルポート推進協議会)「基調講演「リサイクルポート施策の高度化と大規模災害における災害廃棄物処理について」
- 中野正樹，ボクモ，2018年11月21日，あいちサイエンス・コミュニケーションにて市民向け講演，参加者7名
- 加藤雅彦，2018年11月23日，明治大学アカデミックフェス
- 2019年 3月13日，名古屋にて，市民向けシンポジウム「大規模災害における廃棄物の処理・利活用について～管理システムの提案～」開催決定