

平成27年度  
災害環境研究成果報告書

第5編

災害環境マネジメント研究

平成28年10月

国立研究開発法人国立環境研究所

## 第5編 災害環境マネジメント研究

1. 災害時の資源循環・廃棄物マネジメント強靱化戦略の確立.....	1
1.1 災害・地域特性に応じた災害廃棄物量的質的管理システムの確立.....	1
1.1.1 災害廃棄物発生量原単位の検証と精度向上.....	1
1.1.2 災害廃棄物の量的・質的推定手法・管理システムの構築.....	7
1.2 地域復旧・復興と連動した災害廃棄物処理技術システムの確立.....	14
1.2.1 破砕選別技術の最適化.....	14
1.2.2 災害廃棄物中の石綿の適正管理.....	19
1.2.3 災害廃棄物・建設産業副産物の利活用技術の開発.....	25
1.2.4 災害時の生活排水分散型処理システム構築.....	64
1.2.5 アジア地域に対応した災害廃棄物管理システムの構築.....	82
1.3 災害廃棄物処理に係るマクロ・ミクロ両面からの制度・マネジメントの確立.....	86
1.3.1 災害廃棄物分野の日本型標準的なマネジメントシステムの構築.....	86
1.3.2 効果的な災害廃棄物処理計画策定に向けたマネジメント研究.....	91
1.3.3 緊急時における環境アセスメントのあり方に関する研究.....	100
2. 災害に伴う健康・環境へのリスク管理戦略に関する研究.....	108
2.1 災害時のリスク管理目標に関する研究.....	108
2.1.1 対象とした化学物質.....	108
2.1.2 大気に関する管理目標値の導出.....	108
2.1.3 水に関する管理目標値の導出.....	109
2.1.4 対象物質の製造・輸入数量.....	109
2.1.5 急性毒性情報からの管理目標値の推定.....	110
2.1.6 大気中化学物質に関する既存分析法の解析.....	111
2.1.7 化学事故情報の収集・整理.....	112
2.2 災害時の探索的・迅速分析の構築.....	113
2.2.1 大気・室内環境調査.....	113
2.2.2 探索的・網羅的高度分析.....	116
2.2.3 海洋における災害時環境調査の研究.....	122
2.3 災害時リスク管理の体制に関する研究.....	129
2.3.1 国内外の体制調査.....	129
2.3.2 緊急時環境調査機関ネットワークに関する検討.....	129
3. 災害環境研究ネットワーク拠点の構築.....	134
3.1 災害環境分野に関する情報プラットフォームの構築・発信.....	134
3.1.1 背景と目的.....	134

3.1.2	情報プラットフォームのコンテンツ構成.....	134
3.1.3	情報プラットフォームの運営.....	136
3.1.4	編集会議の設置と開催.....	139
3.1.5	各種の情報発信（Web 以外）.....	140
3.1.6	今後に向けて.....	140
3.2	災害環境分野における効果的な人材育成プログラムの開発・実践.....	141
3.2.1	本節で扱う研修の位置づけ.....	141
3.2.2	課題抽出型ワークショップ型研修の実施と効果の検証.....	142
3.2.3	図上演習型研修の実施.....	148

## 1. 災害時の資源循環・廃棄物マネジメント強靱化戦略の確立

### 1.1 災害・地域特性に応じた災害廃棄物量的質的管理システムの確立

#### 1.1.1 災害廃棄物発生量原単位の検証と精度向上

##### (1)はじめに

災害廃棄物発生量の推定手法においては、災害ハザードから住家被害等の被害状況を推定したうえで、発生量原単位を用いて推定するものである。したがって、その推定の精度を向上するためには、発生量原単位の精度を確保することが必要不可欠となる。東日本大震災等の過去の災害の経験より、全壊：116.9 トン/棟、半壊：23.4 トン/棟、床上浸水：4.6 トン/世帯、床下浸水：0.62 トン/世帯という発生量原単位が示されている。これらの発生量原単位は、あくまで過去の災害実績によるものであり、かつ、統計的解析手法により推定されたものである。一方、災害ハザード情報は、震度分布や浸水深さ分布などの地理情報として示されている。したがって、統計的手法により算出された発生量原単位を、地理情報システムなどのメッシュ法に適用することの妥当性について数値解析検証を行うことが必要である。

そこで、災害廃棄物発生量原単位の数値解析的検証に関する調査を行う。すなわち、1995 年阪神・淡路大震災、2011 年東日本大震災での震度分布、津波浸水深分布を用いて、地理情報システム上で災害廃棄物発生量の推定を行い、市町村別の実績データと比較検証を行うものである。

##### (2)ハザード情報の収集、整理、および解析用入力データの作成

災害廃棄物量を予測するための被災家屋の棟数ならびに世帯数を第 4 次地域メッシュ別に算出する前に、前提となるハザード(揺れ、津波)について収集、整理し、それらをもとに解析用の入力データを作製した。

本調査で、500m メッシュ毎の計測震度データを 0.1 刻みで作成するために、震度階ごとの震度分布図を GIS に取り込み、震度階境界をデータ化、空間補間を行った。なお、構物の被害が発生する震度 6 弱以上の範囲を対象にした。

例えば、震度 7 と 6 強の境界ならば 6.5、6 強と 6 弱の境界ならば 6.0 とした。図 1.1-1 に 1995 年阪神・淡路大震災の震度分布図を示す。図 1.1-2 に再現した 500m メッシュの震度分布を示す。また、2011 年東日本大震災の震度分布を図 1.1-3 に示す。

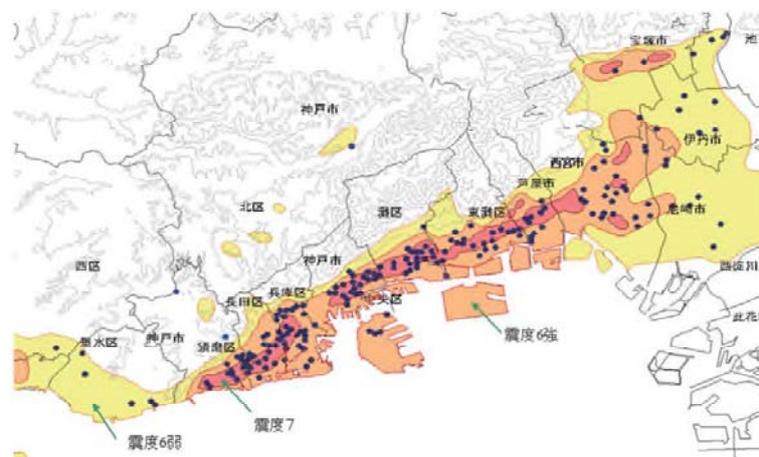


図 1.1-1 阪神・淡路大震災の震度分布<sup>1)</sup>

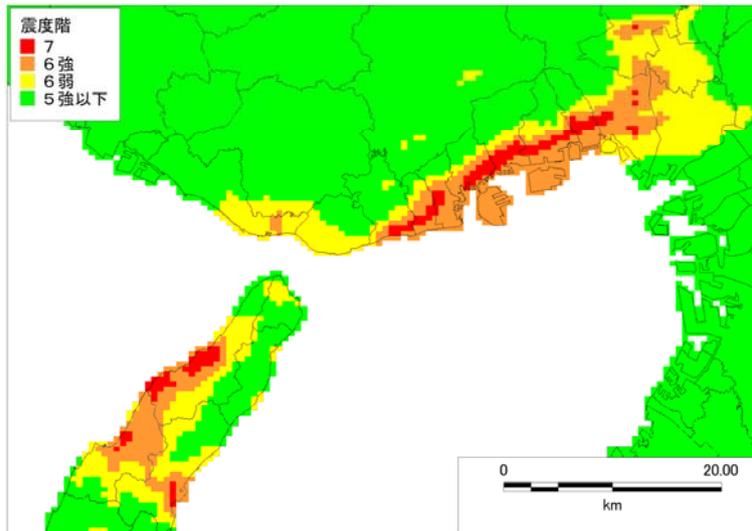


図 1.1-2 阪神・淡路大震災の震度分布を再現した 500m メッシュ

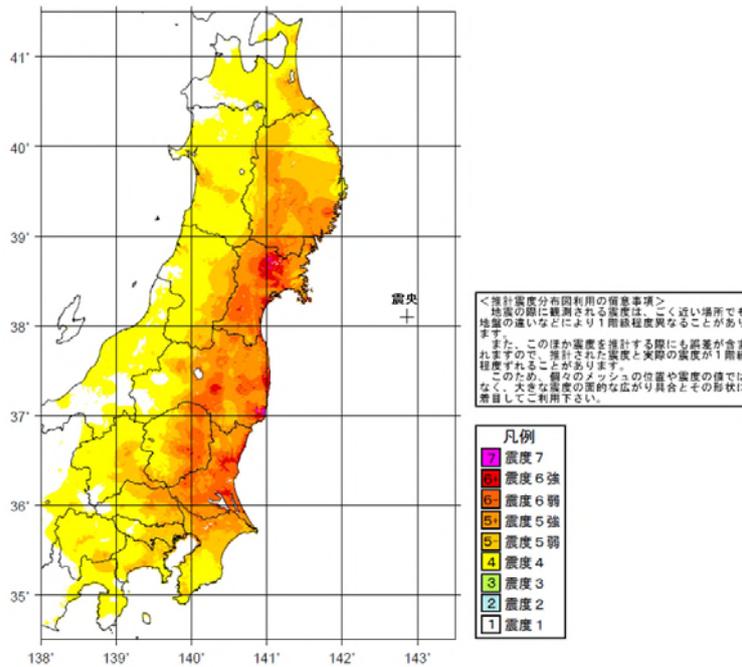


図 1.1-3 2011 年東日本大震災の震度分布<sup>2)</sup>

次に、2011 年東日本大震災の浸水範囲を図 1.1-4 に示す。このデータは範囲のみを示し、浸水深が不明であるため、本調査では国土交通省調査(2011)の結果より、浸水深ごとの面積割合を利用した。図 1.1-5 に浸水深面積割合を示した。



図 1.1-4 東日本大震災の浸水範囲 100m メッシュ<sup>3)</sup>

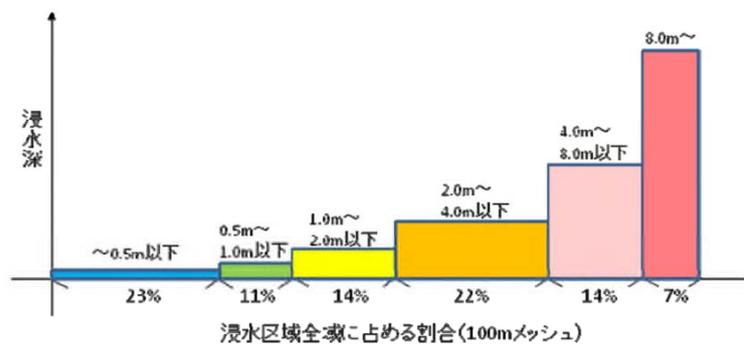


図 1.1-5 東日本大震災での浸水区域に占める浸水深面積割合<sup>4)</sup>

### (3) 被災家屋の棟数ならびに世帯数予測

ハザードデータを用いて、国勢調査データから被害区分別(全壊、半壊、床上浸水、床下浸水)の被災家屋の棟数ならびに世帯数を第4次地域メッシュ別に算出した。なお、阪神淡路大震災の検証では平成2年国勢調査結果<sup>5)</sup>を用い、東日本大震災の検証には平成22年国勢調査結果<sup>6)</sup>を用いた。平成2年のデータでは500mメッシュは一部に限られるため、1000mメッシュを等分することで解析に用いた。

また、建物の構造・年代別については、「平成25年度災害廃棄物量的質的管理システム構築に関する基礎調査」のデータを用いて、被害率曲線は内閣府<sup>7)</sup>を採用することとした。このデータについて精度を上げることは今後の課題であるが、建物の経年劣化なども複雑に絡む難しい問題である。阪神・淡路大震災、東日本大震災での被災建物分布の推定結果を図1.1-6、図1.1-7に示

す。

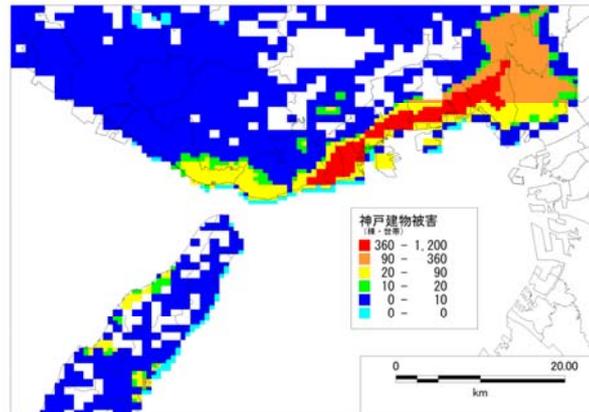


図 1.1-6 阪神・淡路大震災での建物被害推定結果

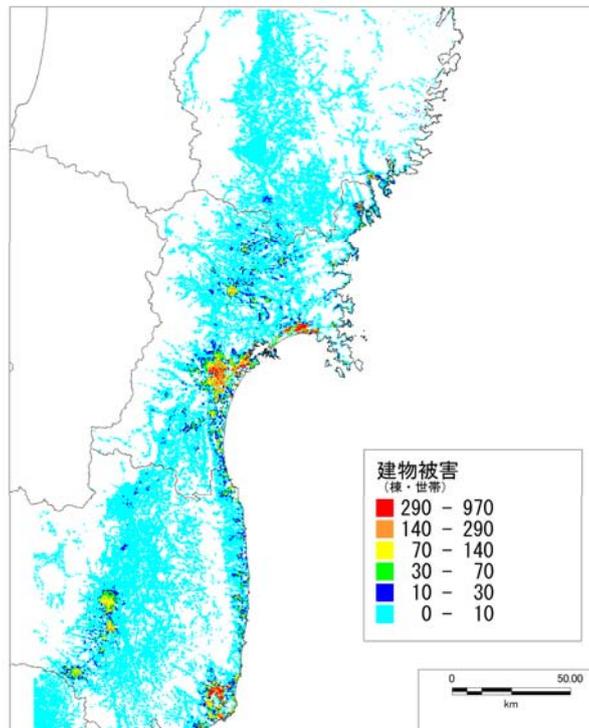


図 1.1-7 東日本大震災での建物被害推定結果

#### (4) 地域メッシュ法による災害廃棄物発生量推定と考察

前述で算出した被災建物棟数に基づき、東日本大震災の処理実績値により推定された発生量原単位<sup>8)</sup>を用いて、第4次地域メッシュ別に災害廃棄物発生量を推定した。

地域メッシュ別の災害廃棄物量推定結果を図 1.1-8、図 1.1-9 に示す。これより、阪神・淡路大震災では、建物被害が集中した震災の帯に災害廃棄物が多く発生している。また、東日本大震災では、津波による堆積物の影響もあり、災害廃棄物の発生が沿岸部に広範囲に広がっている。

市区町村別に処理実績値と比較検討する。阪神・淡路大震災では神戸市において発生量が集中

している。また、東日本大震災では、沿岸市町村に多くなっている。

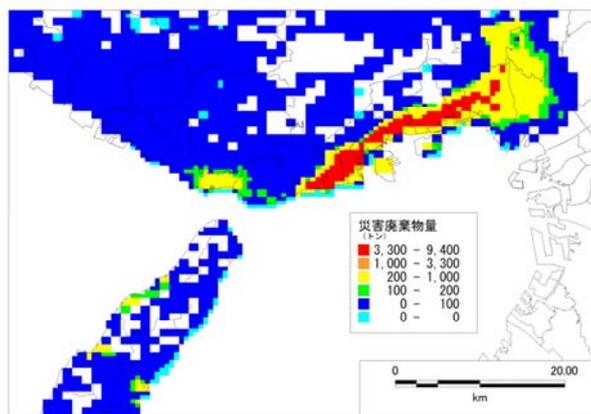


図 1.1-8 阪神・淡路大震災でのメッシュ法による災害廃棄物量推定結果

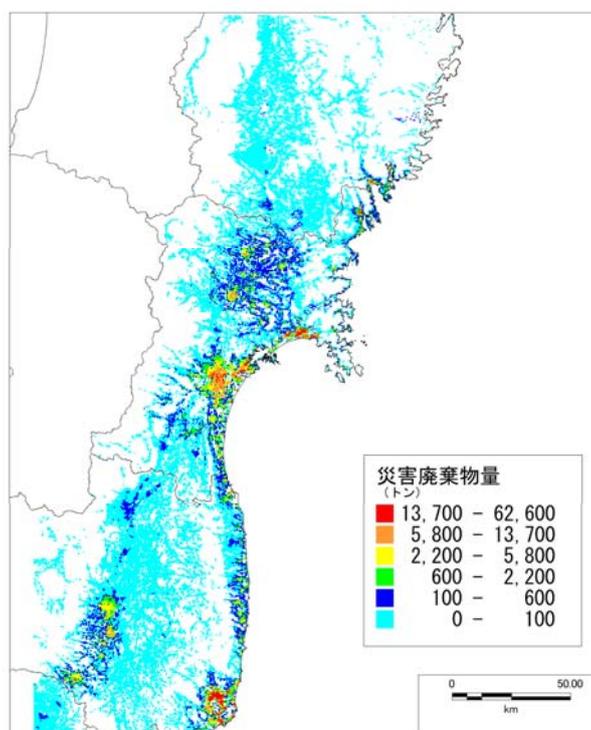


図 1.1-9 東日本大震災でのメッシュ法による災害廃棄物量推定結果

図 1.1-10 に推定結果と実績値との比較を示す。全体として、阪神・淡路大震災の結果は概ね再現できている。一方、東日本大震災の結果については、仙台市を除いて推定結果が実績値を下回る等、再現性が良くないことが確認できた。この原因のひとつとして、入力するハザード情報の精度の問題があると考えられる。阪神・淡路大震災においては、震度7の狭域を対象としたうえに、津波による被害を考慮していないため、精度よく推定できているといえる。しかしながら、東日本大震災では、津波による被害を考慮する必要があり、その被害様相が複雑であることから、建物倒壊などによる災害廃棄物量は、仙台市で過剰に多く推定され、その他の地域では過小評価

となっているといえよう。

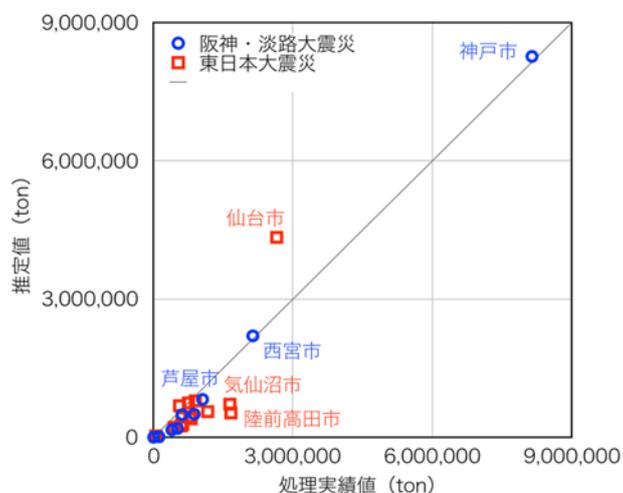


図 1.1-10 推定結果と実績値との相関

#### (5) おわりに

災害廃棄物発生量原単位の数値解析的検証に関する調査を行った。すなわち、1995 年阪神・淡路大震災、2011 年東日本大震災での震度分布、津波浸水深分布を用いて、地理情報システム上で災害廃棄物発生量の推定を行い、市町村別の実績データと比較検証を行った。

その結果、阪神・淡路大震災の検証結果は概ね妥当であった。一方、東日本大震災の検証結果は、オーダーとしてはあっているものの、あまり良いものではなかった。しかしながら、この違いの原因として考えられるのは、原単位量ではなく、入力したハザード情報（揺れによる震度、津波による浸水深）であると考えられる。すなわち、入力データとしての精度向上と、防災分野との情報共有等の連携を進めていくことが必要不可欠である。

#### 参考文献

- 1) 関澤愛:「現実には起こりえる震災時市街地火災のリスクをいかに喚起していくか」 公益社団法人日本地震工学会, JAEE NEWSLETTER, 第 10 号, 2014.12.
- 2) 気象庁:「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震~The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake~推計震度分布図」.
- 3) 国土地理院:「津波浸水範囲土地利用メッシュ中心経緯度データ」
- 4) 国土交通省:「東日本大震災による被災現況調査結果について(第 1 次報告)」, 2011.8.
- 5) (公財)統計情報研究開発センター:「地域メッシュ統計(都道府県別)平成 2 年 国勢調査(28)兵庫県」.
- 6) (公財)統計情報研究開発センター:「平 22 年国勢調査と平 21 年経済センサス - 基礎調査全国」.
- 7) 内閣府中央防災会議:「首都直下地震の被害想定項目及び手法の概要」, 2013 年 6 月.
- 8) 平山修久, 大迫政浩:「東日本大震災の経験を踏まえた災害廃棄物の発生量原単位の推定」, 環境衛生工学研究, 28(3), 139-142, 2014.

## 1.1.2 災害廃棄物の量的・質的推定手法・管理システムの構築

### (1)はじめに

ここでは、既往研究で整理した手法を用いた災害廃棄物発生量の推定、ならびに将来の災害に備えた都市特性や処理フローを考慮した災害廃棄物処理及び静脈サプライチェーンの量的・質的管理システムの WebGIS (Web ベースでの地理情報システム) プロトタイプを構築し、最終的なシステムとしてのあるべき姿を検討する。

### (2)WebGIS の構成

WebGIS で実現する 2つの機能「災害廃棄物発生量を推定する機能」「災害廃棄物処理量(運搬量)シミュレーション結果を表示する機能」の開発報告にあたって、開発した WebGIS の機能構成、画面構成について記載する。

WebGIS は、「災害廃棄物発生量の推定、運搬処理に係るシミュレーションの有用性、見せ方」に関して、以下の 2 機能をブラウザ上で動作する GIS として実現するものである。

#### 1)データ作成 (災害廃棄物発生量の推定)

災害廃棄物発生量 (500m メッシュごと) 推定データをシステム上で作成・登録し、地図上で可視化する

#### 2)データ表示 (災害廃棄物発生量、災害廃棄物処理量(運搬量)シミュレーションの結果表示)

別途災害廃棄物処理量シミュレーション実施の結果として作成された 500m メッシュの時系列値を時間経過に沿ってスライドショー的に地図上で可視化する。

本稿におけるプロトタイプの開発範囲を図 1.1-11 に示す。

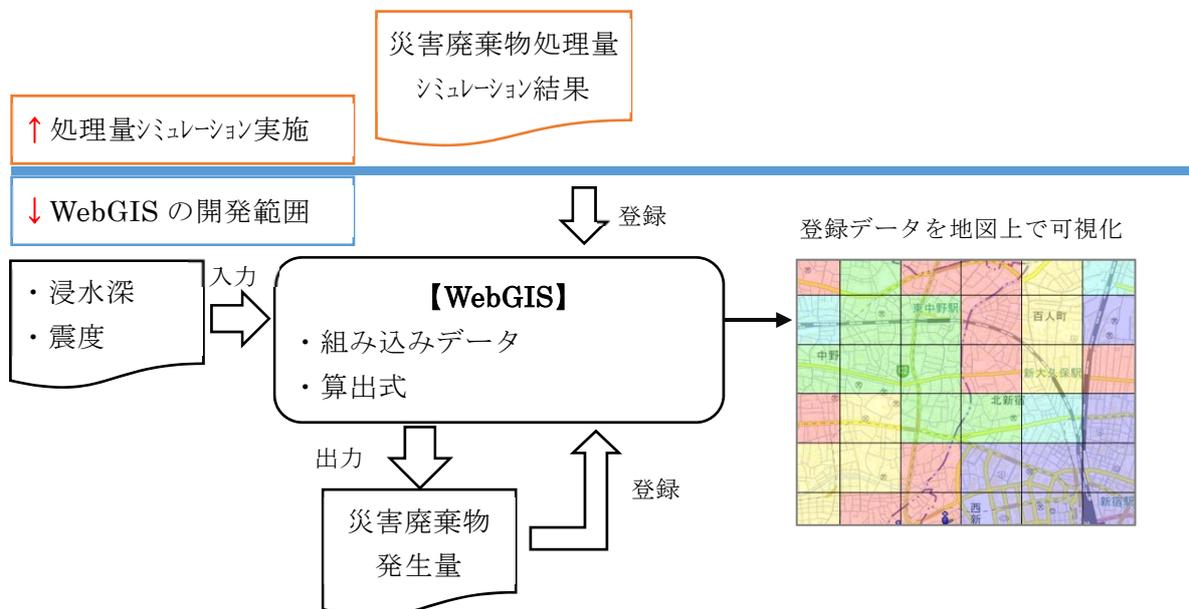


図 1.1-11 本プロトタイプの開発範囲

### (3) 災害廃棄物発生量を推定する機能の設計、構築

本プロトタイプでは、「浸水」「地震」における災害廃棄物発生量の推定を行い、結果を CSV 出力する機能の開発を行った。それぞれの災害で入力となるデータ、推定処理、出力となるデータ、および操作画面について示す。

まず、地震における災害廃棄物量の推定について述べる。ここでは、ユーザーがアップロードするメッシュ単位の震度値 CSV ファイルに対して、システムに組み込み済みのパラメータおよび推定計算式を用いて、災害廃棄物発生量 CSV ファイルを生成する機能の開発を行った。仕様書では PGV、PGA 値から計測震度を計算することになっているが、打合せの結果、メッシュ単位の計測震度値データを入力することとした。図 1.1-12 に算出ロジックを示す。

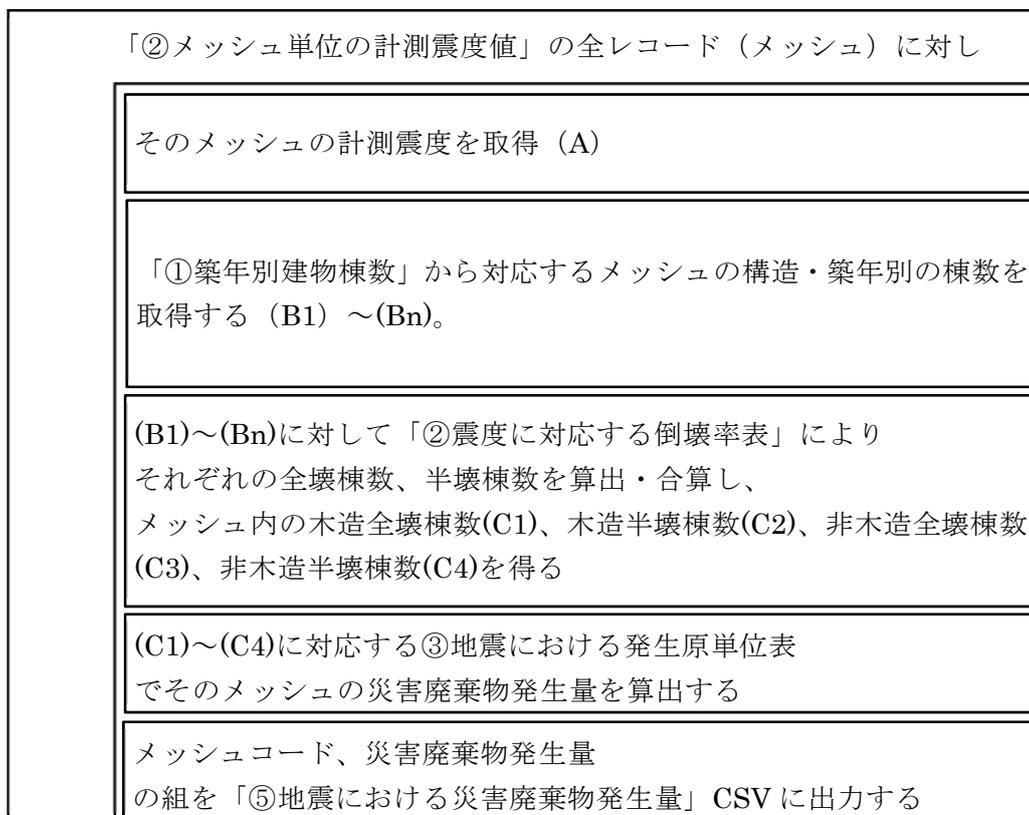


図 1.1-12 地震による災害廃棄物量推定の手順

なお、災害廃棄物種類（コンガラ・木・金属など）ごとの災害廃棄物発生量の推定、ユーザーが別途で準備する「細密メッシュデータ（10m メッシュ等）」データを用いた災害廃棄物発生量の推定が可能なシステムとした。また、本プロトタイプでは、築年別建物棟数データは、あらかじめシステムに用意しているものを使うが、今回開発したデータのアップロード機能を使うことで、ユーザーが準備したファイルも取り扱うことができる設計とした。

次に、浸水、すなわち水害による災害廃棄物量の推定について述べる。本システムでは、ユーザーがアップロードするメッシュ単位の浸水深 CSV ファイルに対して、システムに組み込み済みのパラメータおよび推定計算式を用いて、災害廃棄物発生量 CSV ファイルを生成する。図 1.1-

13 に災害廃棄物量算出フローを示す。

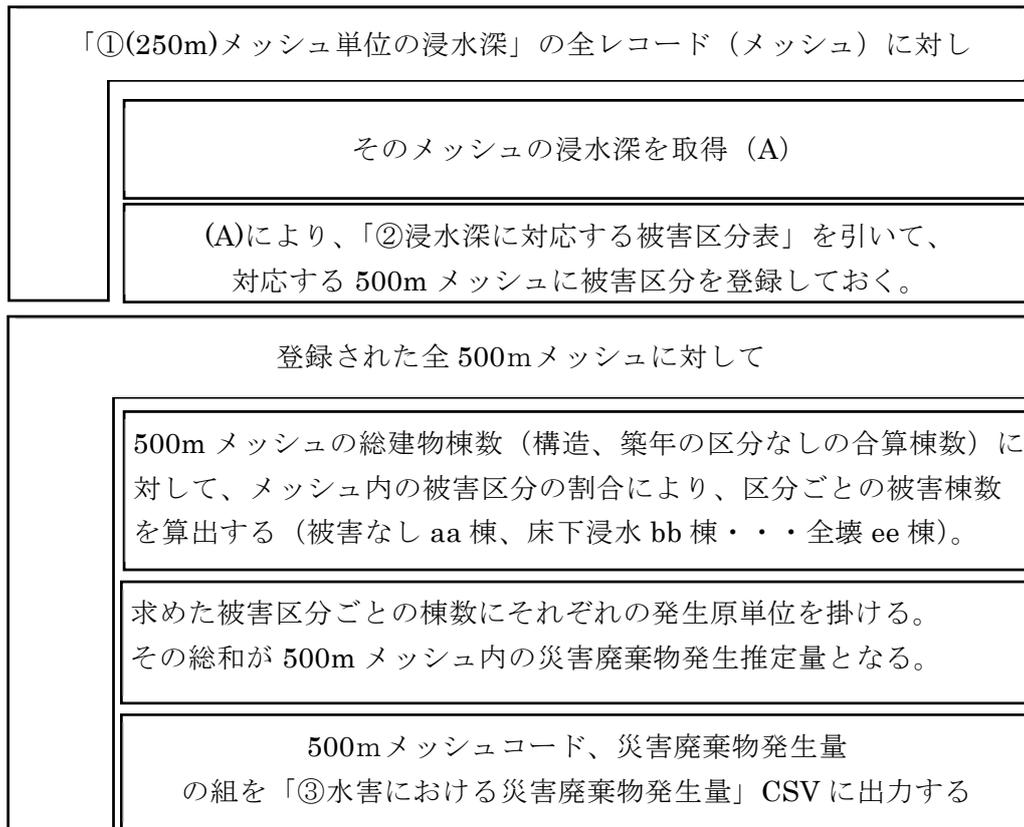


図 1.1-13 水害廃棄物量の推定フロー

なお、本プロトタイプの開発にあたり以下の点について留意した。

ユーザーが別途で準備する「細密メッシュデータ(10mメッシュ等)」データを用いた災害廃棄物発生量の推定、すなわち、メッシュコードのレベルは500m固定ではなく、10m、125m、250mなどレベルに応じたメッシュデータを、出力メッシュレベルである、500mに集約して算出することができる設計とした。また、算出した災害廃棄物発生量に対して種類ごとの比率を用いて、災害廃棄物種類(コンガラ・木・金属など)ごとの災害廃棄物発生量の推定を行うことが可能となる。

#### (4) 災害廃棄物の量的管理システムの構築

ここでは、災害廃棄物の量的管理システムのプロトタイプとして、運搬シミュレーションを組み込んだWebGISの構築を試みた。具体的には、適用する交通シミュレーションモデルは、株式会社アイ・トランスポート・ラボ社製の広域道路網交通流シミュレーションシステム「SOUND」<sup>1)</sup>を用いた。SOUNDは、東京大学生産技術研究所での研究をもとに、入力データ作成機能やアニメーション機能、結果表示機能などをパッケージ化した商用ソフトウェアで、特徴は以下の通りである。

- 1) 数km～数100km規模の広域道路ネットワークにおける面的な施策評価に適用可能。
- 2) 道路区間毎に与えた交通流特性式(Q-K式)により、粒状の車両を走行させるメソモデルを

採用。

- 3) 車種毎の動的経路選択モデルで、走行中の交通状況変化や通行料金に応じた経路選択を表現可能。
- 4) 事故や工事による車線閉塞、道路通行止めなどの交通規則を設定可能。
- 5) 信号制御や交差点部付加車線、右左折禁止などの交通適用策を実現可能。
- 6) 交通シミュレーションクリアリングハウスの標準検証マニュアルに則って、モデルの基本性能検証、及び実用性検証を実施し、結果を公開している。

シミュレーション実行に必要な入力データ（道路ネットワークデータ、及び OD 交通量、ゾーンデータ、各種交通規制データ）を作成し、実測データとシミュレーション結果を比較しながら、現況再現ケースのパラメータを調整した。パラメータ調整のための検証用実測データは、道路交通センサスデータとした。

道路ネットワークデータは、住友電工製品全国デジタル道路地図データベース Ver2503 を用いる。シミュレーションに入力する道路の対象は、幅員 5.5m 以上、その他道路（区道など）を含めた道路とする。図 1.1-14 に道路ネットワークデータを示す。

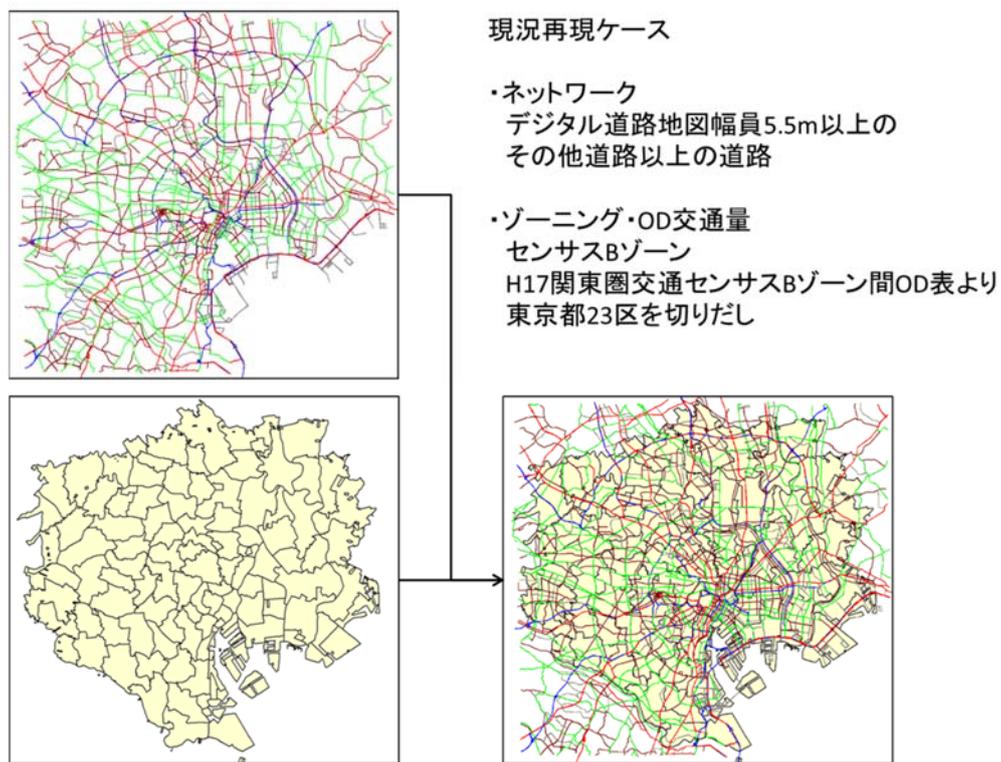


図 1.1-14 構築した道路ネットワークデータ

OD 交通量、ゾーンデータについては、国土交通省所有の道路交通センサス OD データ（平成 17 年度）を利用する。ただし、道路交通センサス OD データは日交通量であるため、道路交通センサスデータの断面交通量を参考に、まずは時間帯（1 時間ごと）、車種別（大型、小型）の初期 OD 交通量を作成する。その後、シミュレーション結果と道路交通センサスデータの断面交通量

と比較しながら調整する。

その他、交通規制データとして、信号制御データを入力する。信号制御データについては、主要幹線道路が交差する交差点において、一定のスプリットで青時間を表示する設定とする。

災害廃棄物処理に係る仮置き場、最終処分のデータの一例について、図 1.1-15 に示す。首都圏においては、一次仮置き場は、広さ 1 万 m<sup>2</sup>以上の区立公園とし、1 箇所あたり 50 t 対応可能と仮定し発生量に応じて各区に設置した。ただし各区最低 3 箇所とした。

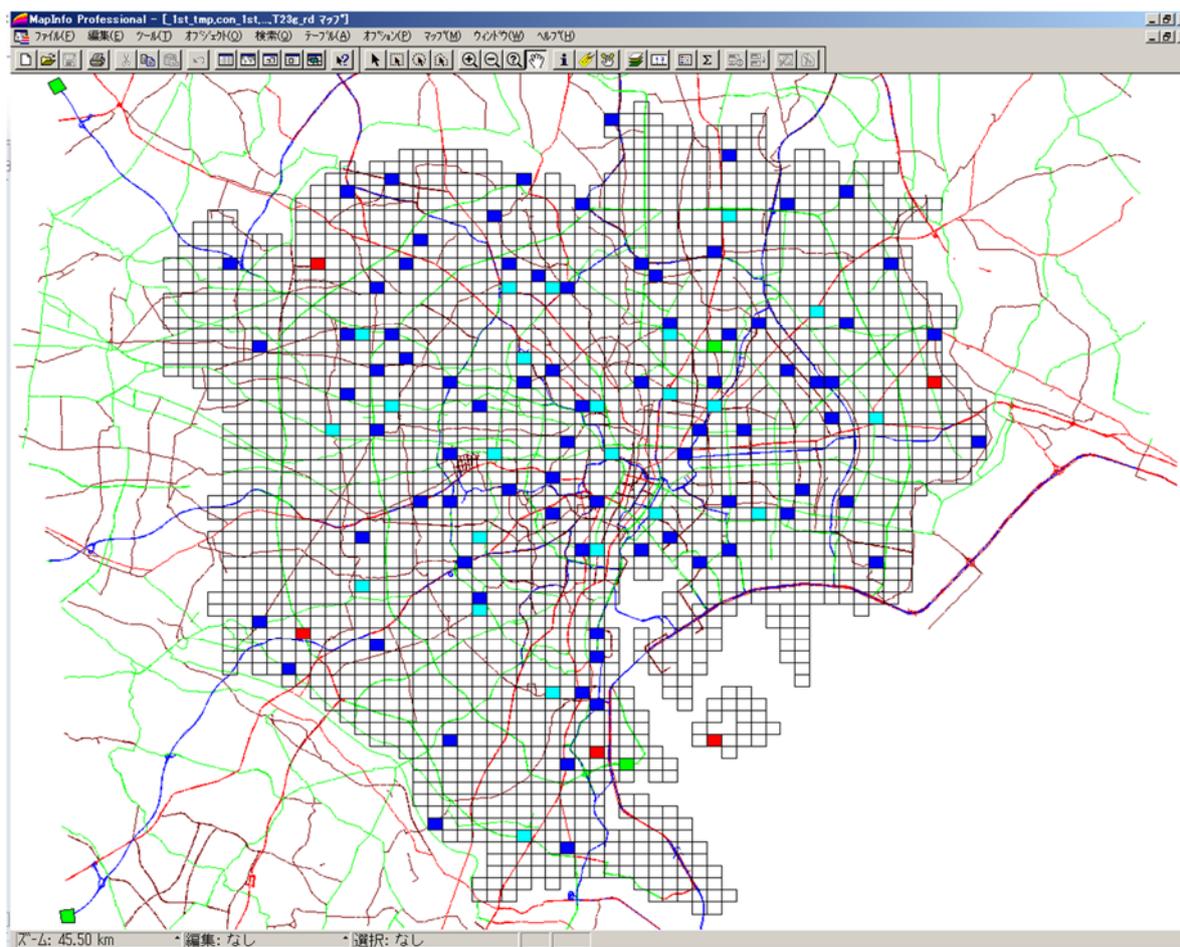
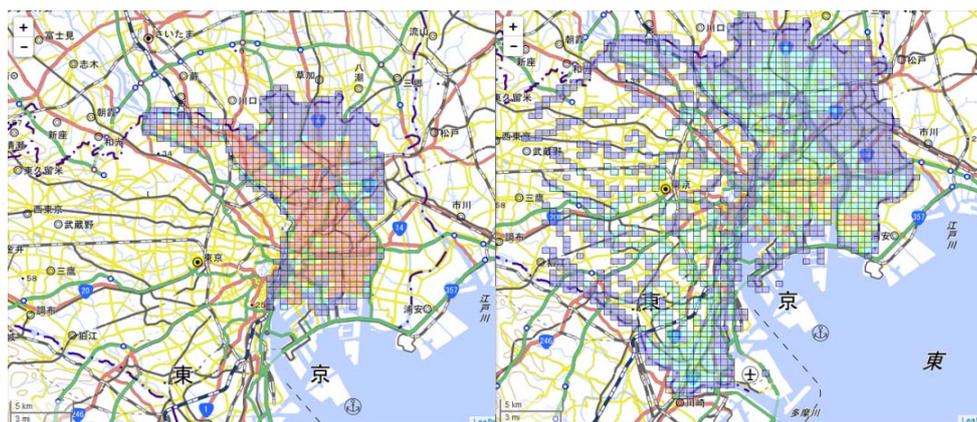


図 1.1-15 首都圏における災害廃棄物処理関連施設

また、運搬車については、各地域メッシュから 1 次仮置き場へは小型トラック 2.3 トン/台、1 次仮置き場から 2 次仮置き場、最終処分へは大型トラック 7.0 トン/台とし、9 時から 18 時の 8 時間運用とした。

#### (5) 災害廃棄物の量的管理システムの構築に向けて

構築したプロトタイプシステムを用いて導入、テストを行った。図 1.1-16 に災害廃棄物量データを表示している画面を、図 1.1-17 に量的管理システムでの画面を示す。



荒川水害 首都圏直下型地震

図 1.1-16 災害廃棄物量の表示画面

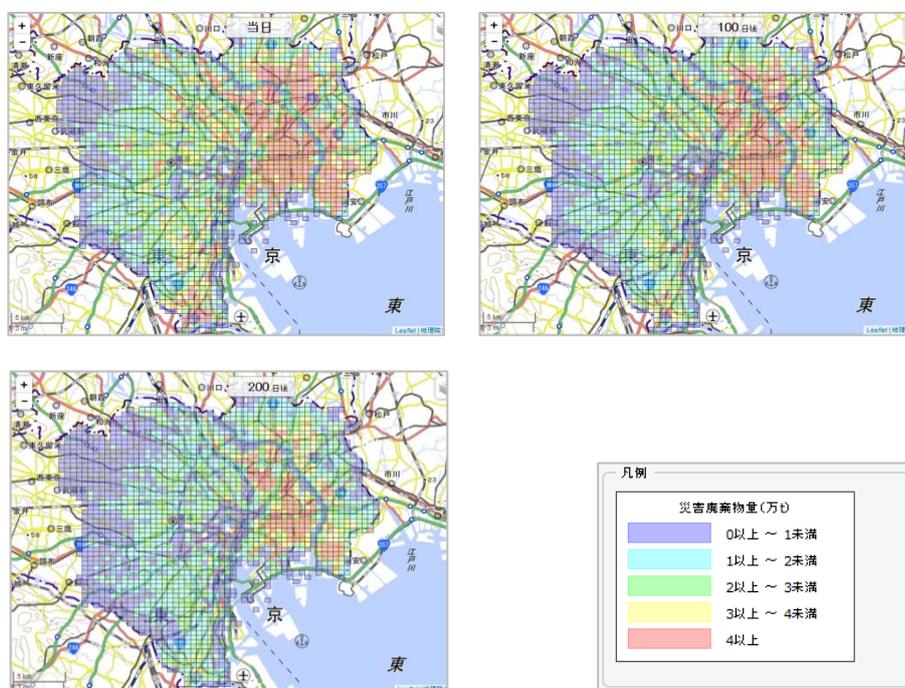


図 1.1-17 災害廃棄物量的管理システムの表示画面

## (6) おわりに

災害廃棄物発生量の推定、および災害廃棄物処理量(運搬量)シミュレーション結果表示の処理速度(パフォーマンス)については、今年度プロトタイプで十分な成果をあげることができている。今後の課題としては、入力データに対する柔軟な対応、ユーザーデータの取り込み、これらを統合した GUI (グラフィックユーザーインターフェイス) の洗練が挙げられる。また、プロトタイプから情報共有システムへと展開することが必要であり、WebGIS として公開を前提としたさらなるシステム開発とともに、研修等を活用した行政の災害廃棄物担当職員によるフィードバックのフローを構築することが必要である。

## 参考文献

- 1) 株式会社アイ・トランスポート・ラボ:「広域道路網交通流シミュレータ SOUND/4U の概要」, 2007.11.

## 1.2 地域復旧・復興と連動した災害廃棄物処理技術システムの確立

### 1.2.1 破砕選別技術の最適化

#### (1)はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災で発生した災害廃棄物に対しては、一般廃棄物処理に則り可燃物と不燃物への破砕選別と焼却処理を主体とした処理システムが採用され、再生利用を主な出口とした建設系産業廃棄物の破砕選別技術の導入が進まなかった。今後の大規模災害に備えて、災害廃棄物の再生利用により復旧・復興を連携させるような処理システムを確立する必要がある。そのためには、現場経験的な技術である建設系産業廃棄物の破砕選別技術について、災害廃棄物への適用に合わせた定量的な技術仕様を明らかにする必要がある。

本年度は、廃棄物処理分野以外の、農業・林業・工業分野などで導入されている選別処理技術を整理した。また、廃棄物処理において主要な選別技術の一つである手選別技術について、効率を左右する諸条件を、平成25～26年度に行った実証試験で示唆された結果を踏まえ、人間工学的観点から実験的に検証した。

#### (2)選別技術調査

##### 1)はじめに

農業及び林業・鉱業分野などで用いられている選別技術について、資料収集を行い、廃棄物選別への適用性という視点から整理した。

##### 2)方法

農業・林業・鉱業分野で活用されている選別技術において、各分野の選別機器メーカーのホームページから、情報を入手し、選別方式、対象、目的・内容等について整理した。

##### 3)結果および考察

廃棄物分野で用いられる選別技術は主に、ふるい選別、比重差選別、磁力選別及び手選別である。農業・林業・鉱業分野で導入されている選別技術を含めて表1.2-1にまとめた。農業分野においては、色彩を用いた選別機が導入され、例としては穀類中の害虫被害粒、異物、着色粒等を検出し、風力により選別する技術があった。また収穫などに伴い混入した異物を選別するためにふるい選別と比重差選別も導入されている。ベルトコンベアにCCDカメラを備え、画像撮影により農作物の大きさや長さなど品質ごと識別し、品質ごとに専用レーンや排出ポケットに導く仕組みをもった選別方法もある。林業では、木材等を破砕しチップ化し、製品とするためふるい選別

表 1.2-1 分野毎の選別技術

分野	廃棄物分野	農業分野	林業分野	鉱業分野
主な選別技術	・ふるい選別 ・比重差選別機 ・磁力選別機 ・手選別	・色彩選別機 ・磁力選別機 ・比重差選別機 (計量による選別も含む) ・手選別	・磁力選別機 ・比重差選別機 (計量による選別も含む) ・破砕ふるい選別 ・手選別	・ふるい選別 ・磁力選別機 ・比重差選別機 (計量による選別も含む) ・破砕選別 ・手選別

される。鉱業においては比重差選別が用いられ、比重液中に原石を入れ、浮いた粒子と沈んだ粒子で分けたり、比重液中での沈降速度で分離する選別技術がある。また、廃棄物分野で一般的な破碎と機械ふるい選別を組み合わせた手法が導入されている。

調査した全ての分野で行われている手選別では、作業効率向上のため、ベルトコンベアなどを用いて対象物を移動させていた。丸型野菜・果物全般の手選別用コンベアメーカーの3社（6製品）、豆類用の3社（4製品）、並びに産業廃棄物処理業者4社の手選別用コンベアの仕様について調べた。農業用選別用コンベアの全巾寸法は0.28m~1.07mであり、対象農作物に対応した仕様になっていた。廃棄物手選別工程のコンベアの全巾寸法は1.2~1.6mであった。廃棄物の選別においては1m×1m程度の大型の廃棄物も混入する可能性があるため、コンベアの中を大きくとっているものと考えられる。作業高さについては、立位作業と座位作業によって手選別作業台の高さに差があり、それぞれ0.80~1.21m、0.49~0.60mであった。

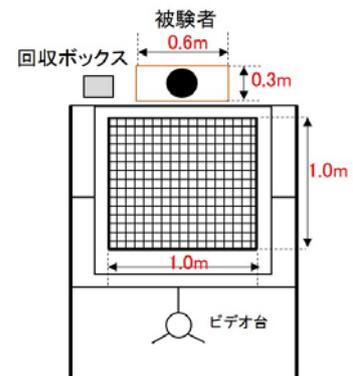


図 1.2-1 平面図



図 1.2-2 側面図

### (3) 手選別実験

#### 1) はじめに

選別作業の効率に關与する因子として、選別対象物の色、大きさ、形状、ならびに配置位置に注目し、これら因子が選別速度に及ぼす影響を明らかにし、手選別工程の仕様を定めることを目的とした実験を行った。手選別実験1では、選別作業者の能力の把握を行った。手選別実験2では、選別対象物の性状や配置が手選別作業に及ぼす影響を把握した。

#### 2) 方法

##### ① 実験環境

図 1.2-1 および図 1.2-2 に実験に用いた作業スペースを示す。被験者の前に格子状にマークされたシート(作業シート)を引き、その上にサンプルを並べた。実験前には被験者の前には衝立を設置し、作業開始までは選別対象物を確認できないようにした。被験者は作業開始合図とともに、作業用手袋をした片手(利き手)のみで実験前に指示された選別条件に合致するものを回収し、選別対象物の種類毎に用意され、被験者脇に設置された回収ボックス(220mm×220mm×300mm)に入れた。30秒毎に回収ボックスを新しいものと取替え、ボックス内の回収数量および回収物の正誤の確認をした。また前方からビデオカメラを用いて、被験者の回収順序を記録した。被験者には身体的特徴(身長、肩峰高、肘頭高)のばらつきの少ない10名を選抜した。また利き手はすべて右利きとした。

##### ② 手選別実験1：被験者の選別作業能力の把握

選別動作は、目的物の視認、腕の延伸、目的物の掌握、腕の収縮、回収ボックスへの投入とい

う一連の動作により完了する。実験 1 では被験者毎の目的物の重量、色、距離と選別作業速度の関係を明らかにすることを目的とした。

選別対象物には人工サンプルを用いた。人工サンプルは図 1.2-3 および図 1.2-4 に示す立方体（30mm×30mm×30mm）である。重さは軽量物（0.01 g/cm<sup>3</sup>）、中量物（1.2 g/cm<sup>3</sup>）、重量物（3.0 g/cm<sup>3</sup>）の 3 種類、色は、背景のシートと同色の灰色をバックグラウンドとして、灰色に対して誘目性の低い色として黒色、誘目性の高い色として黄色の 3 種類を用意した。表 1.2-2 に示す条件で、人工サンプルを作業台上のシート上に格子状に並べた。3 種の重量条件下で、灰色の人工サンプルのみを並べて回収する条件、灰色の中に黄色または黒色の人工サンプルを乱数表を用いて配置し、選別回収する条件を設定した。



図 1.2-3 中量物（灰色＋黄色）



図 1.2-4 中量物（灰色＋黒色）

### ③手選別実験 2：廃棄物性状が手選別に及ぼす影響の把握

表 1.2-3 に示す廃棄物を人工的に作成し、模擬廃棄物とした。なお品目および色は既往調査<sup>1)</sup>に基づきとして設定した。模擬廃棄物品目毎に大型（10cm 程度）と小型（5cm 程度）の二種類のサイズを用意した。既往調査<sup>1)</sup>の結果に基づき混合割合を調整して混合模擬廃棄物とした。実験条件としては、選別品目数（1、3 および 5 品目）毎に“小型のみ（図 1.2-5）”と“大小混合（図 1.2-6）”の 2 種類の実験条件を設定した。表 1.2-4 に実験条件を示す。選別品目数と選別品目の対応は、1 品目の場合は「廃プラ（塩ビを除く）」、3 品目の場合は「廃プラ（塩ビを除く）、紙くず、木くず」、5 品目の場合は「廃プラ（塩ビを除く）、紙くず、木くず、金属くず、がれき」とした。

表 1.2-2 実験条件（実験 1）

条件	重量	色
1	軽量物	灰色 400 個
2	0.37 g/個	灰色 300 個＋黄色 100 個
3	(0.01 g/cm <sup>3</sup> )	灰色 300 個＋黒色 100 個
4	中量物	灰色 400 個
5	45.0 g/個	灰色 300 個＋黄色 100 個
6	(1.2 g/cm <sup>3</sup> )	灰色 300 個＋黒色 100 個
7	軽量物	灰色 400 個
8	113.3 g/個	灰色 300 個＋黄色 100 個
9	(3.0 g/cm <sup>3</sup> )	灰色 300 個＋黒色 100 個

表 1.2-3 模擬廃棄物の形状および色

品目	形状	色
木くず	プレート状、棒状	木目色
廃プラ（塩ビ管）	プレート状	灰色
廃プラ（廃タイヤ）	プレート状	黒色
廃プラ（その他）	プレート状、フィルム状、糸状	灰色、白色、黄色、赤色、青色、緑色
紙くず	プレート状、フィルム状	灰色、白色、黄色、赤色、青色、緑色
繊維くず	布状、糸状	灰色、白色、黄色、赤色、黒色
金属くず（鉄）	プレート状、棒状	シルバー、赤銅色、黄色
金属くず（非鉄）	プレート状、棒状	シルバー、赤銅色、黄色
コンガラ	石状	灰色
ガラス	プレート状	灰色
陶磁器	プレート状	白色、赤色、青色
がれき類（かわら）	プレート状	赤茶色、紺色
がれき類（石）	石状	灰色
がれき類（アスガラ）	石状	黒色



図 1.2-5 小型のみ

図 1.2-6 大小混合

### 3) 結果および考察

#### ①手選別実験 1：選別作業者の作業能力の把握

図 1.2-7、図 1.2-8 および図 1.2-9 に色・重量と手選別速度の関係を示す。灰色のみを回収した場合、重量による回収速度に明確な差が見られなかった（図 1.2-7）。作業時間が長くなるほど、回収速度が低下する傾向がみられた。被験者は回収ボックスに近いところから回収しており、回収速度の低下が回収ボックスからの距離によるものであると考えられた。誘目性の高い黄色（図 1.2-8）と誘目性の低い黒色（図 1.2-9）を選別した場合に、色による回収速度の明確な差は観察されなかった。

#### ②実験 2：廃棄物性状が手選別に及ぼす影響

図 1.2-10 に廃棄物の大きさおよび選別品目数と回収速度の関係を示した。小型のみと大小混合の両条件では、回収速度に

表 1.2-4 実験条件（実験 2）

条件	サイズ	選別品目数
1	小型のみ	1
2		3
3		5
4	大小混合	1
5		3
6		5

見られなかった。選別品目数が多いほど、品目全体の回収速度（個/秒）が高くなる傾向がみられた。図 1.2-11 に廃プラスチックの回収速度と品目数の関係を示した。廃プラのみを回収した場合に比べ、回収品目数が多くなるほど、廃プラスチックの回収速度（個/秒）は低くなる傾向がみられ、廃棄物の大きさに関わらず同様の傾向が見られた。ビデオ解析より、1 品目回収の場合、混合模擬廃棄物中から目的物を探し出す動作（検索動作）に時間を要している様子が観察された。多品目回収の場合は、実験 1 と同様、回収ボックス付近のものから回収する傾向が見られ、1 品目回収に比べて、検索動作がほとんど観察されなかった。

#### 4) まとめ

選別作業の効率に関与する因子として、選別対象物の色、大きさ、形状、ならびに配置位置に注目し、これら因子が選別速度に及ぼす影響を調べるための実験を行った。

本研究の実験条件では選別回収対象物の性状（誘目性、重量、大きさ）と回収速度には明確な関係は見られなかった。回収ボックス付近から回収や検索をする傾向がみられ、回収ボックスと対象物の距離が回収速度に影響することが示された。また選別品目数が多いほど回収速度が大きくなり、検索動作に要する時間によることが示唆された。

以上の検討から、回収効率の向上のためには選別対象物は作業員の近くに置き、また多品目回収した方が検索動作に要する時間が短いため、回収効率が向上することがわかった。

#### 参考文献

山田正人、落合知、高田光康、古田秀雄、五十嵐知宏（2014）災害廃棄物の選別を高度化する操作因子の検討，第 25 回廃棄物資源循環学会研究発表会，117-118

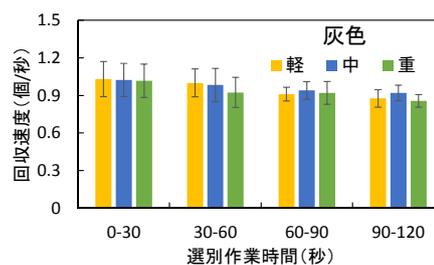


図 1.2-7 灰色を回収

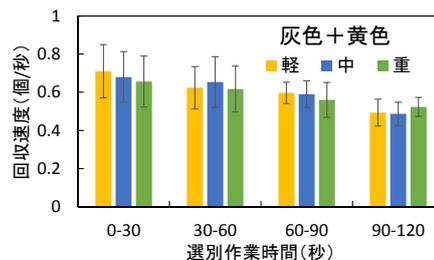


図 1.2-8 黄色を回収

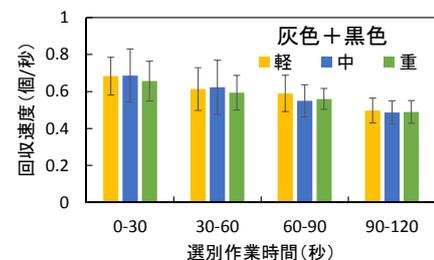


図 1.2-9 黒色を回収

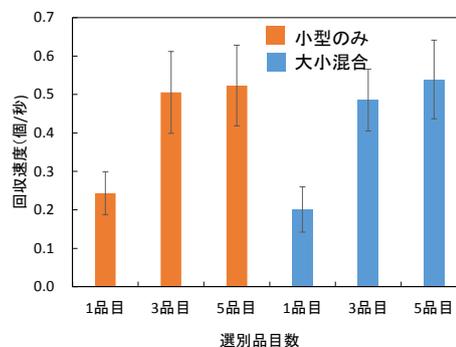


図 1.2-10 選別品目数・廃棄物サイズと回収速度の関係

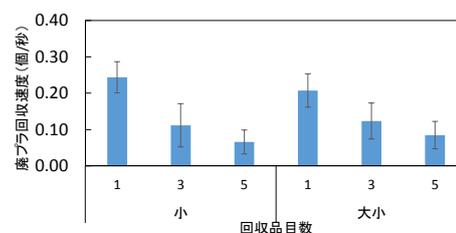


図 1.2-11 廃プラの回収速度と品目数

## 1.2.2 災害廃棄物中の石綿の適正管理

### (1)はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災では、建築物の倒壊等により大量の災害廃棄物が発生した。石綿含有建築材料を使用した建築物の倒壊や損傷により発生した災害廃棄物、またこれらの建築物の解体により発生した解体廃棄物中には石綿の混入が予期され、実際、各種調査においても災害廃棄物への石綿含有物の混入が確認されている(貴田, 2012)。従って、災害廃棄物処理時に石綿含有物が適切に分別されなければ、破碎過程等での石綿繊維の飛散や資源化物への石綿混入等の望ましくない事態が発生し、速やかな復興・復旧の妨げとなる。また、災害廃棄物処理作業や被災建築物解体工事の従事者、また一般公衆の石綿ばく露による健康被害の防止は重要な課題である。このような災害時の石綿飛散やばく露対策について、「災害時における石綿飛散防止に係る取扱いマニュアル」が発出されており、震災の直後には石綿飛散防止を啓発する各種の通知等が発出されている(環境省, 2011a)。しかしながら、今回の震災でも建築物解体時に石綿が飛散した事例も報告されており(環境省, 2011b)、解体前の事前調査の徹底等、発災時の石綿管理にはまだ課題があると考えられる。

東日本大震災の災害廃棄物処理は、福島第一原子力発電所付近の旧警戒区域以外では完了しており、現在はこれら放射線量の高い地域での解体工事や災害廃棄物処理が進められている。これらの工事・作業では放射線防護が最重要の課題であるが、同時に石綿ばく露についても十分な対策がとられなくてはならない。本調査は、これら地域での災害廃棄物処理時における石綿飛散状況の把握を目的として実施した。

### (2)方法

石綿飛散状況の調査は、福島県南相馬市の避難指示解除準備区域にある災害廃棄物仮置場において実施した。調査期間は2015年12月～2016年3月とした。採取地点は仮置場内の敷地境界付近及び場内の計3点とした(①東側境界付近、②西側境界付近、③廃コンクリート置場付近。図1.2-12参照)。

大気試料の採取と繊維状物質の計数は「アスベストモニタリングマニュアル(第4.0版)」(環境省, 2010)に準拠して行った。採取にはアスベストサンプリングポンプ(柴田科学製 AIP-105)を使用し、地上高約1mに設置した直径47mm、孔径0.8μmの混合セルローズエステル製メンブランフィルター(柴田科学製)に大気中の粉じん及び繊維状物質を捕集した。流速10L/分で4時間連続吸引し、大気試料の採取量は2400Lとした(図1.2-13)。

大気試料を採取したフィルターの一部を切り出してスライドガラスに載せ、アセトン/トリアセチン法によりフィルターを透明化・固定し、計数用のプレパラートを作成した。位相差顕微鏡(オリンパス製 BX-51)を用いて倍率400倍でプレパラートを観察し、接眼レンズに取り付けたアイピースグレーティクルの直径300μmのサークル内にある繊維状物質(長さ5μm以上、幅3μm未満、長さとの比(アスペクト比)が3以上であるもの)を100視野に渡って計数し、以下の式により総繊維数濃度を求めた。

$$F_T = A \times (N_P - N_B) \div (a \times n \times V)$$

ここで、 $F_T$ ：総繊維数濃度（本/L）、 $A$ ：メンブランフィルターの有効面積（ $\text{mm}^2$ ）、 $N_P$ ：位相差顕微鏡で計数した繊維数（本）、 $N_B$ ：フィルターブランク値（本）、 $a$ ：視野範囲の面積（ $\text{mm}^2$ ）、 $n$ ：計数した視野数、 $V$ ：吸引空気量（L）。 $A=962\text{ mm}^2$ 、 $a=0.071\text{ mm}^2$ であるので、検出下限値は0.056 本/Lである。

一部試料については、エネルギー分散形 X 線分析装置を備えた走査型電子顕微鏡（日本電子製 JMS-7600F/JED-2300）を用いて繊維状物質の同定を行った。

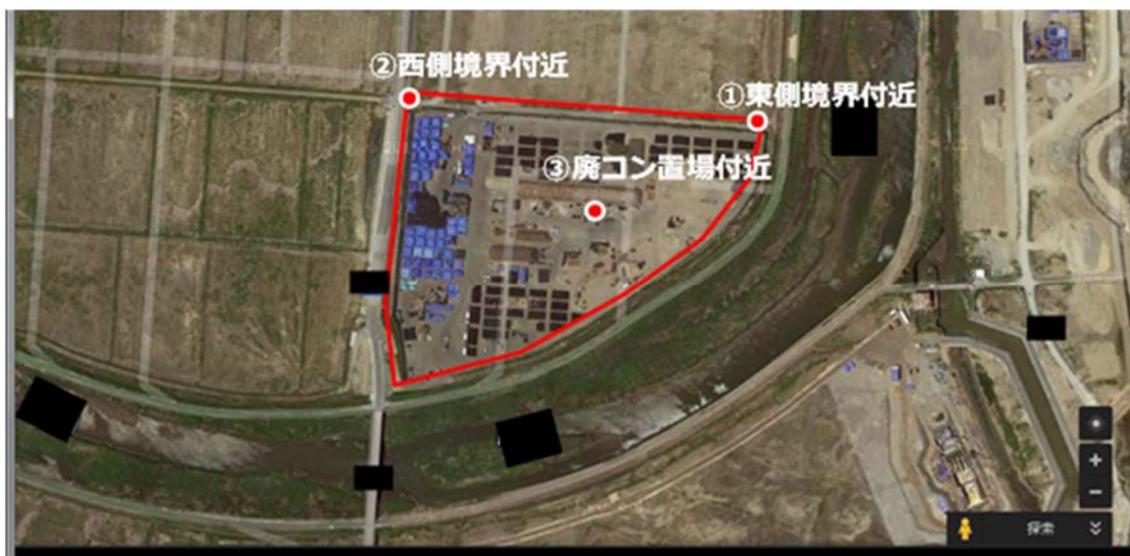
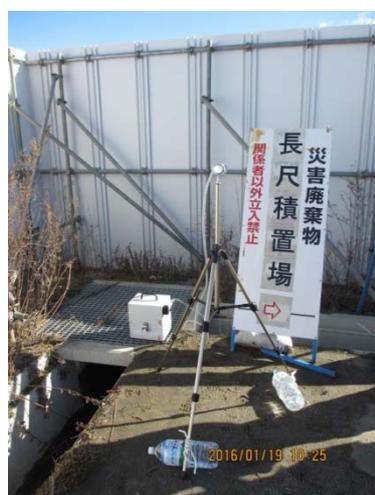


図 1.2-12 試料採取位置



① 東側境界付近



② 西側境界付近



③ 廃コン置場付近

図 1.2-13 試料採取状況

### (3) 結果と考察

大気中総繊維数濃度の測定結果を表 1.2-5 に、気象データを表 1.2-6 に示した。総繊維数濃度は検出下限未満～0.73 本/Lであった。環境省のアスベストモニタリングマニュアルでは、総繊維数

濃度が 1 本/L を超えた場合に偏光顕微鏡法や電子顕微鏡法等により繊維状物質を同定することを求めているが、一連の調査では総繊維数濃度が 1 本/L を超えなかったため、全ての試料に対して繊維状物質を電子顕微鏡法で同定することはしなかった。2015 年 12 月 11 日の調査では繊維状物質は不検出であったが、同日には強い降雨があり、廃棄物が湿潤状態であったために繊維状物質の飛散が抑制されたものと考えられた。2016 年 1 月 19 日、2 月 17 日の調査では天候は晴れ、風向は西北西または北西、風速は 3.6 m/s 程度であり、若干の繊維状物質の飛散があった。2016 年 3 月 18 日の調査では天候は晴れ、風向は南、風速は 4.7 m/s と最も強く、フィルター上にも大量の粒子が採取された。風向や風速、試料採取位置と総繊維数濃度との特段の傾向は確認できなかった。

表 1.2-5 総繊維数濃度一覧

調査日	総繊維数濃度(本/L)		
	東側境界付近	西側境界付近	廃コン置場付近
2015/12/11	<0.056	<0.056	<0.056
2016/1/19	0.056	<0.056	0.17
2016/2/17	0.34	0.73	<0.056
2016/3/18	0.11	0.22	0.34

表 1.2-6 気象データ

調査日	天候	平均風向 (度)	平均風速 (m/s)	最大風速 (m/s)	相対湿度(%)
2015/12/11	雨	南南西(201)	2.1	4.1	97.7
2016/1/19	晴時々曇	西北西(292)	3.6	8.2	39.6
2016/2/17	晴時々曇	北西(311)	3.6	9.5	40.7
2016/3/18	晴	南(183)	4.7	8.2	64.2

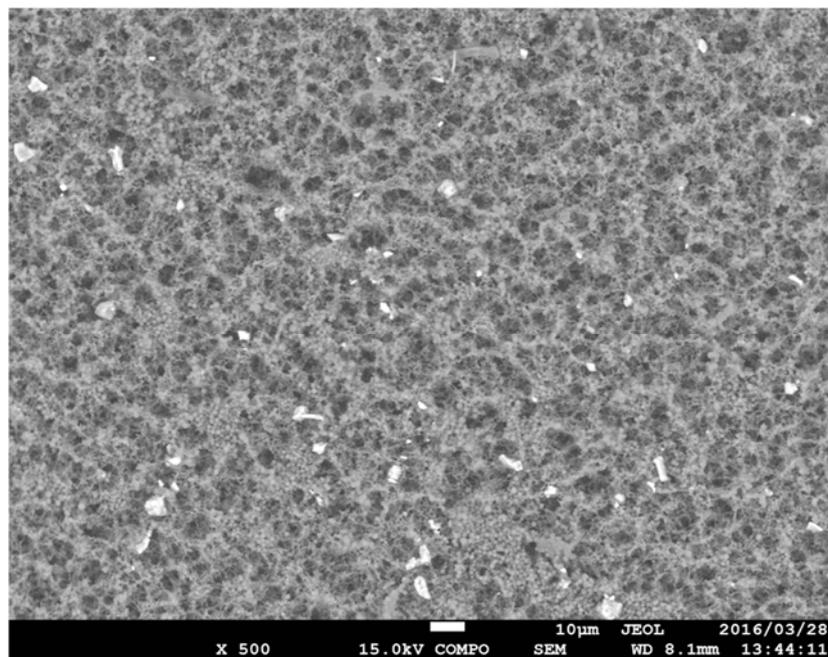
環境省が東日本大震災の被災地で実施しているモニタリング調査結果(環境省, 2015a)のうち、災害廃棄物仮置場や処理場(公表資料の調査地点分類(2)③)での総繊維数濃度と石綿繊維数濃度を表 1.2-7 に示した。総繊維の検出率は全てのモニタリングにおいて 100%近い値であった。総繊維数濃度の最大値は、ときおり特定粉じん発生施設の敷地境界基準値である 10 本/L を超過したが、直近の 2 回のモニタリングでは 1 本/L を下回っていた。同じく中央値は発災直後の予備調査で 1 本/L を超過したものの、その後は概ね 0.2~0.3 本/L 程度で推移し、直近では 0.11 本/L であった。一方、石綿繊維の検出率は発災直後に 10%を超えることがあったが、その後はほとんど検出されておらず、石綿繊維数濃度の最大値も発災直後を除き 1 本/L を下回っていた。また、環境省が平成 26 年度に実施した一般環境(バックグラウンド地域)でのモニタリング調査結果では、総繊維数濃度は 0.056~0.67 本/L であった(環境省, 2015b)。

災害廃棄物仮置場では、破碎や選別の過程で木質や化学繊維等の有機繊維やガラス繊維や繊維状石膏等の無機繊維が飛散するために総繊維数濃度が上昇するのは避けられないが、石綿繊維の飛散はスレートやサイディング、押出成形板等の石綿含有建築材料を適切に分別し、破碎しないことで制御が可能である。環境省のモニタリング調査において、時期が下るにつれて石綿繊維の

検出率や繊維数濃度が低下していることは、災害廃棄物仮置場や処理場での石綿含有建築材料について理解が進み、これらの分別が徹底されたことによるのかも知れない。

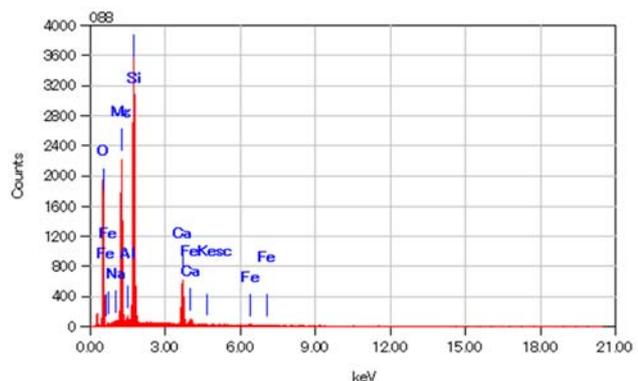
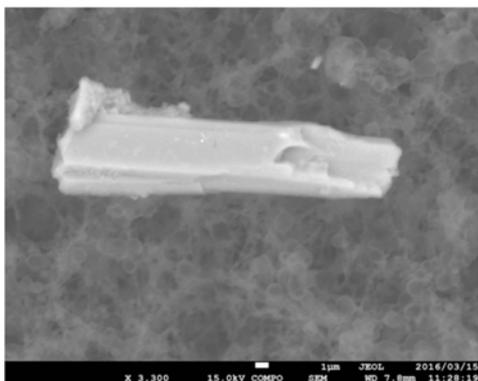
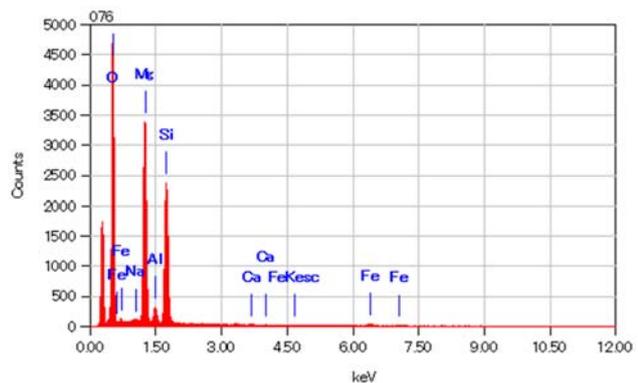
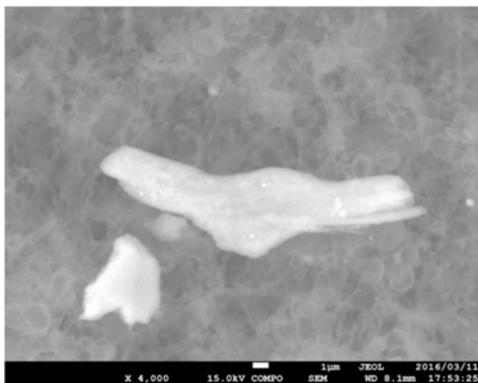
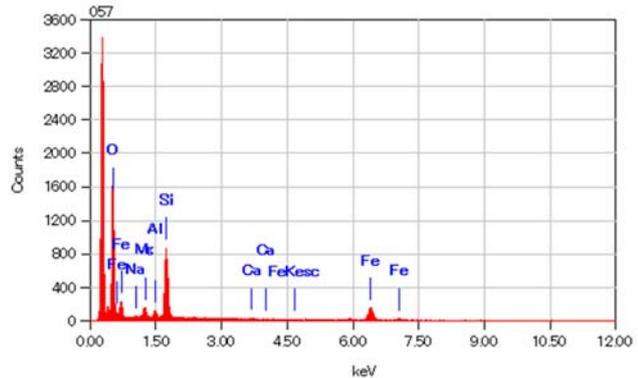
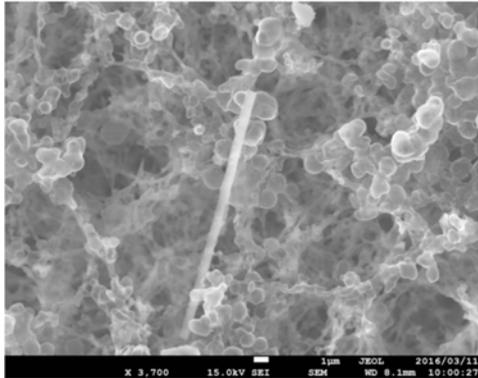
**表 1.2-7 環境省モニタリングにおける災害廃棄物仮置場での総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度**

モニタリング	調査期間	調査地点数	総繊維数濃度 (本/L)				石綿繊維数濃度 (本/L)			
			検出率	最小値	中央値	最大値	検出率	最小値	中央値	最大値
予備	2011/4	6	100%	0.22	1.6	12	100%	0.10	0.33	0.79
第1次	2011/6	60	100%	0.05	0.695	16	40%	0.05	0.33	4.2
第2次	2011/7~8	42	100%	0.05	0.565	8.2	33%	0.05	0.33	2.09
第3次	2011/10~11	34	88%	0.05	0.28	39	9%	0.05	0.08	0.22
第4次	2012/1~3	66	92%	0.05	0.22	4.5	11%	0.05	0.08	0.77
第5次	2012/5~6	56	86%	0.056	0.28	1.4	2%	0.056	0.056	0.056
第6次	2012/6~9	58	90%	0.056	0.22	4.6	5%	0.11	0.34	0.9
第7次	2012/9~12	62	92%	0.056	0.22	0.79	0%	—	—	—
第8次	2013/1~3	51	98%	0.056	0.18	2.3	2%	0.17	0.17	0.17
第9次	2013/4~6	58	97%	0.056	0.34	2.9	12%	0.056	0.195	0.45
第10次	2013/7~11	52	98%	0.056	0.34	24	0%	—	—	—
第11次	2013/12~2014/2	33	97%	0.056	0.34	0.96	0%	—	—	—
第12次	2014/5~2015/1	36	92%	0.056	0.11	0.9	0%	—	—	—



**図 1.2-14 2016年1月19日に廃コンクリート置き場付近で採取した大気試料のSEM画像 (500倍、反射電子像)**

2016年1月19日に廃コンクリート置き場付近で採取した試料を電子顕微鏡により観察した。低倍率(500倍)で観察した反射電子像を図1.2-14に示したが、大きな繊維状物質は確認されなかった。78本の繊維状物質を観察し、石綿の疑いがあるものは5本であった。これらの繊維状物質のSEM画像とエネルギー分散X線スペクトルを図1.2-15に示す。エネルギー分散X線スペクトルから、クリソタイルの疑いがあるものが2本、アモサイトの疑いがあるものが2本、トレモライトの疑いがあるものが1本であった。



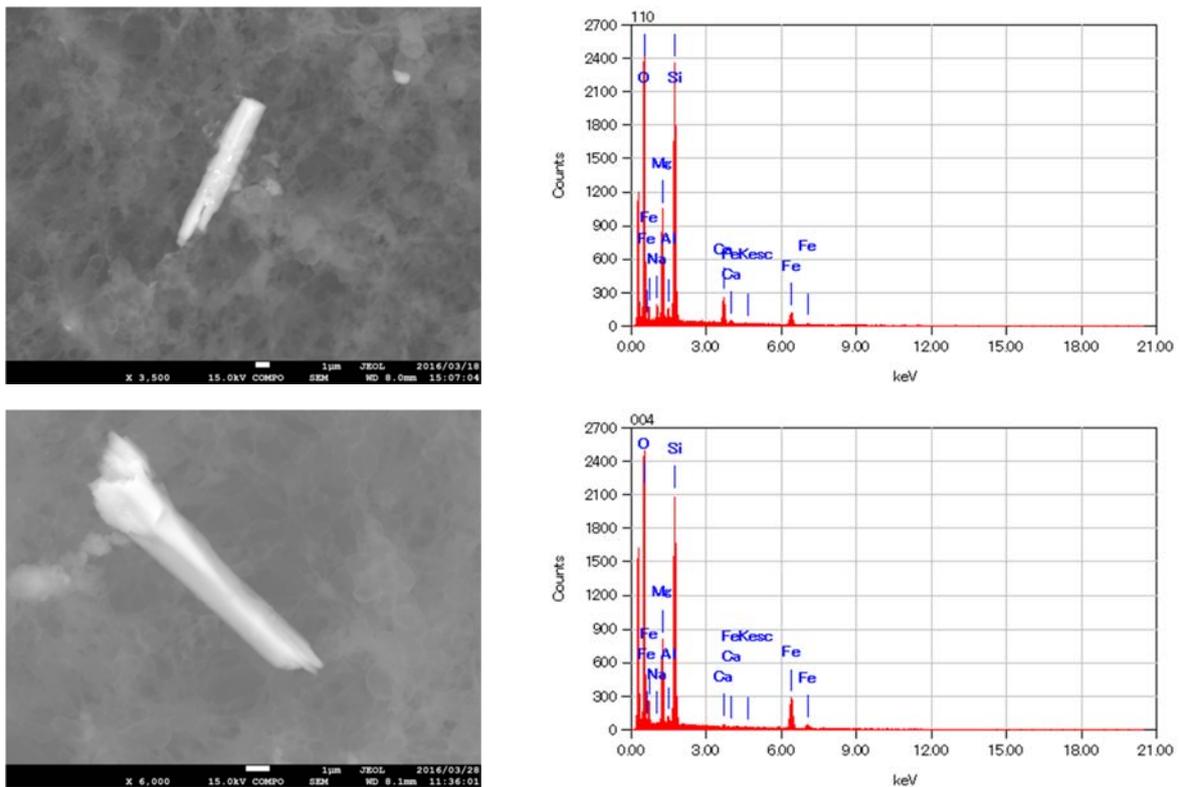


図 1.2-15 石綿の可能性がある繊維状物質の SEM 画像及びエネルギー分散 X 線スペクトル  
 ※上より、アモサイト、クリソタイル、クリソタイル、トレモライト、アモサイトの疑いがある繊維状物質。

#### (4)まとめ

避難指示解除準備区域内の災害廃棄物仮置場において、2015 年 12 月から 2016 年 3 月にかけて繊維状物質飛散状況調査を行った。総繊維数濃度は不検出～0.73 本/L であり、環境省が東日本被災地で実施しているモニタリング調査での仮置場での総繊維数濃度、また一般環境濃度と同程度であり、石綿繊維の飛散はほとんどないものと考えられた。

#### 参考文献

- 貴田晶子（2012）環境研究総合推進費補助金研究事業総合研究報告書 石綿含有廃棄物の処理・再資源化過程における石綿の適正管理に関する研究（K2133, K22039, K2335）.
- 環境省（2011a）石綿等が吹き付けられた建築物等からの石綿等の飛散及びばく露防止対策の徹底について.
- 環境省（2011b）第 5 回東日本大震災アスベスト対策合同会議議事資料. [http://www.env.go.jp/jishin/asbestos\\_jointconf/conf005/mat-a05.pdf](http://www.env.go.jp/jishin/asbestos_jointconf/conf005/mat-a05.pdf) (2016 年 4 月 15 日閲覧)
- 環境省（2010）アスベストモニタリングマニュアル第 4.0 版.
- 環境省（2015a）被災地におけるアスベスト濃度について. [http://www.env.go.jp/jishin/asbestos\\_survey.html](http://www.env.go.jp/jishin/asbestos_survey.html) (2016 年 4 月 15 日閲覧)
- 環境省（2015b）平成 26 年度アスベスト大気濃度調査結果について. <http://www.env.go.jp/press/101113.html> (2016 年 4 月 15 日閲覧)

### 1.2.3 災害廃棄物・建設産業副産物の利活用技術の開発

#### (1) 災害廃棄物の嵩密度と組成調査

##### 1) はじめに

災害発生時、最初に廃棄物が集められるのが一次仮置場である。一次仮置場では、業者が収集した廃棄物や、被災者が持ち込む廃棄物など、雑多な状況で災害廃棄物が集積される。発災直後は混乱していることが多く、いかに優れた災害廃棄物処理計画が策定されていたとしても、初期の混乱は不可避である。一次仮置場に災害廃棄物が集積されつつ、被災自治体は、災害廃棄物の処理実行計画を策定して、災害廃棄物処理にあたることになる。この際、災害廃棄物の量に関する情報が重要となるが、一次仮置場に集積された災害廃棄物は寸法も大きく、そのままではトラック等で運搬できないような状態となっていることも多い。そのため、災害廃棄物の量を知るためには、集積されている山の面積や高さを測量し、その情報によって容量を把握した上で、経験則に基づいた嵩密度を掛けて災害廃棄物の重量を求めるが、その嵩密度は災害状況によって変化する。また、災害廃棄物の組成は、実行計画において重要な情報となるが、その組成も経験則に委ねられている。そこで、本検討では、洪水災害の一次仮置場を対象に、嵩密度の測定と組成調査を行った一例を示す。

##### 2) 調査場所

河川堤防の決壊によって生じた洪水災害における一次仮置場を調査対象とした。本仮置場は、業者によって集積された災害廃棄物がメインであり、被災者の持ち込み廃棄物は少量の仮置場である。また、仮置場から仮置場への、いわゆる横持ちと呼ばれる廃棄物の移動も一回のみの仮置場であり、廃棄物は、ほぼ原型を留めているような一次仮置場である。調査対象とした災害廃棄物の状況を図 1.2-16 に示す。



図 1.2-16 調査対象とした一次仮置場の災害廃棄物

##### 3) 調査方法

#### ① 仮置場に集積された災害廃棄物の嵩密度

災害廃棄物が原型を留めており、寸法が大きいいため、仮置場内に高さ 1.5 m、奥行き 3.0 m、幅 8.0 m、容積 36 m<sup>3</sup> の仮設枠を設置し、地表面から高さ 1.5 m のラインに赤線で目印を入れ、重機

を用いて災害廃棄物を投入し、投入された災害廃棄物の総重量を求めて嵩密度の計算を行った。仮置きされた災害廃棄物の上部と下部の粒径が異なる可能性があるため、集積山の上から地表面までの災害廃棄物を採取するようにして仮設枠に投入した。仮置場での状況を再現するため、投入した廃棄物が押しつぶされたり、変形したりしないように注意して投入した。設置した仮設枠、投入している状況、投入された災害廃棄物の状況を図 1.2-17 に示す。また、調査全体のフローを図 1.2-18 に示す。



(a) 仮置場内に設置した仮設枠



(b) 重機による災害廃棄物の投入状況



(c) 高さ 1.5 m まで投入した災害廃棄物の状況

図 1.2-17 嵩密度を求めるための仮設枠と投入された災害廃棄物の様子

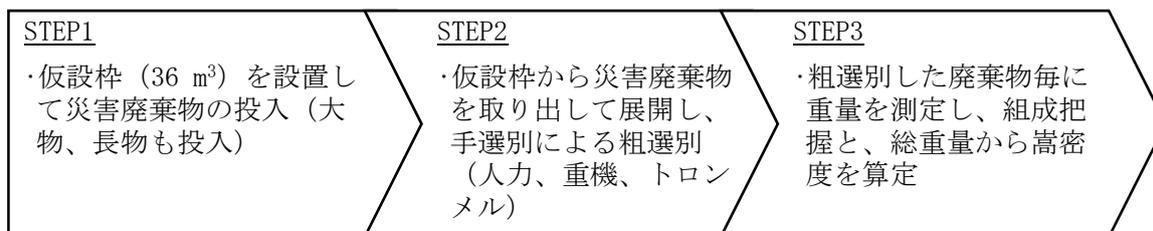


図 1.2-18 調査フロー

## ②総重量と組成調査

仮設枠から災害廃棄物を取り出し、ブルーシート上に展開して作業員7名程度で手選別を行った。細粒分の多い災害廃棄物については、展開する前に目開き50mmのトロンメルバケットを用いて篩った後、篩い上災害廃棄物をブルーシート上に展開させて手選別を実施した。手選別で残ったブルーシート上の残さ分については、再度トロンメルによって篩いにかけて、篩い上から不燃物を分別して、その残りの混合物を全て可燃物として分類した。トロンメルを通過した細粒分となる篩下は、全て篩下残さとして分類した。手選で抜き出した金属については、マグネットを用いて鉄か非鉄かを判別した。最終的に、表1.2-8に示す組成品目に分別して、それぞれの重量を測定した。

大物、長物は1辺の長さが概ね1m以上のものとし、有害・危険物は、引火性のあるもの（例えば、灯油を入れるポリタンク、ライター等）、家庭ごみは、本来であれば災害廃棄物の仮置場には集積されないような一般家庭から排出される腐敗性の生活ごみとした。分別作業中の状況を図1.2-19に示す。

## ③篩下残さの組成分析

トロンメルバケット（目開き50mm）を通過した篩下残さの一部を無作為に採取して実験室に持ち帰り、さらに組成分析を試みた。篩いを用いて2mm未満、2～4mm、4～9.5mm、9.5mm以上に分級後、目視で可能な限り、可燃物、不燃物、土砂分（多少の草木混じりを許容）に分別した。なお、篩下残さについては含水率も測定した。

表 1.2-8 組成分析の品目

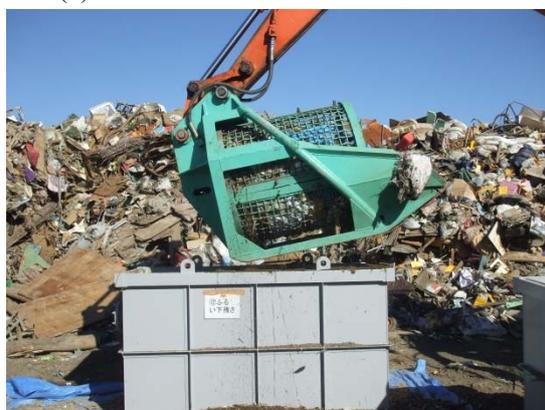
区分	品目	内容
可燃	木くず	木くず、草木、木製板、木製品等
	紙類	紙くず、雑誌、段ボール等
	プラスチック	桶、かご、容器包装、シート等
	布類	衣類、布製品等
	革・ゴム	鞆、靴、ベルト等
	その他可燃物	
不燃	鉄くず	鉄製品等
	非鉄金属くず	アルミ製品等
	家電	小型家電
	ガラス・陶磁器	ビン、鉢、皿等
	がれき	石ころ、瓦片、コンクリート片
	その他不燃物	
	ふるい下残さ	目開き50mm篩落下物
その他	大物・長物	一辺が概ね1m以上のもの、タイヤ
	有害・危険物	引火性物、刃物、薬品
	家庭ごみ	生ごみ、ペットボトル、飲料用缶、内容物を含むごみ
	思い出の品	写真、ネガフィルム等



(a) 災害廃棄物を展開した状態



(b) 手選別後に残った残さ分



(c) トロンメルバケット



(d) 重機選別で取り除いた長尺もの（木材）

図 1.2-19 展開後の手選別やトロンメル選別の様子

#### 4) 調査結果

##### ①一次仮置きが集積災害廃棄物の嵩密度

調査結果を表 1.2-9 に示す。本調査では、仮設枠に投入する前にごみ重量を測定せず、分別後の合計重量を測定することで、投入前重量と等しいと仮定し、嵩密度を計算した。投入前に重量を測定しなかった理由は、台貫を用意するコストが高いこと、ならびに長尺物の重量を測定するのが困難なためである。なお、手選別作業等は全てブルーシート上で実施しており、残さも全て回収していることから、災害廃棄物の損失は、風によって巻き上げられた極細粒分と、蒸発によって揮散した水分量が想定される。表より、原型を留めた状態で集積された災害廃棄物の嵩密度は  $0.217 \text{ t/m}^3$  と算出された。

表 1.2-9 嵩密度の計算結果

分別後のごみ合計重量 (kg)	仮設枠の容積 ( $\text{m}^3$ )	かさ密度 ( $\text{t/m}^3$ )
7822.9	36	0.217

##### ②災害廃棄物の組成分析結果

集積された災害廃棄物と、そこから大物・長物を除外した場合について、可燃物、不燃物、その他の重量割合を表 1.2-10 に示す。大物や長尺物を除外した理由は、一次仮置場の管理において、

重機による粗選別で除去できるためであり、仮置場の管理期間が長期にわたるにしたがって、粗選別後の組成を把握しておくことも必要と考えたためである。不燃物の多くは篩下残さ（目開き 50 mm）であり、篩下残さを除くと可燃物が最も多い結果となった。図 1.2-16 の状況からは、このような多量の篩下残さが発生するとは想定できないことから、一次仮置場の集積災害廃棄物の組成を把握する上では、篩下残さとなり、将来的に再利用が困難な可能性のある組成を予め把握しておくことが重要と考えられる。

**表 1.2-10 大分類の重量割合**

区分	集積ごみ（ごみ山）		大物・長物除外	
可燃	37.6%		41.8%	
不燃	51.0%		56.9%	
	ふるい下以外	11.6%	ふるい下以外	13.1%
	ふるい下残さ	39.4%	ふるい下残さ	43.8%
その他*	11.3%		1.3%	

※家庭ごみ、大物・長物、有害・危険物、思い出の品

**表 1.2-11 組成品目毎の重量割合**

区分	組成品目	集積ごみ（ごみ山）	大物・長物除外
		割合（%）	割合（%）
可燃	木くず	16.8%	18.7%
	紙類	6.7%	7.4%
	プラスチック	7.9%	8.7%
	布類	5.2%	5.7%
	革・ゴム	0.4%	0.4%
	その他可燃	0.7%	0.8%
不燃	鉄くず	2.0%	2.2%
	非鉄金属くず	0.6%	0.6%
	家電	1.9%	2.1%
	ガラス・陶磁器	1.2%	1.3%
	コンクリートがら・がれき類	4.3%	4.8%
	その他不燃	1.9%	2.1%
	ふるい下残さ	39.4%	43.8%
その他	家庭ごみ	0.6%	0.7%
	有害・危険物	0.5%	0.6%
	思い出の品	0.1%	0.1%
	大物・長物	9.9%	
合計		100.0%	100.0%

表 1.2-12 大物・長物の組成割合

組成品目	割合
木くず	3.2%
プラスチック	0.6%
布類	2.1%
鉄くず	2.7%
非鉄金属くず	0.1%
その他可燃（タイヤ・スキー板・畳）	1.3%
計	9.9%

組成品目毎の重量割合について表 1.2-11 に示す。可燃物では木くずの割合が最も多く、次いで、プラスチック、紙類、布類の順であった。革製品やゴム及びその他可燃物の割合は 1%未満であった。なお、その他可燃には、篩い上に残った可燃混合物や穀殻が相当する。不燃物では、篩下残さを除外すると、がれきの割合が最も多く、次いで鉄くず、その他不燃、家電の順となった。木くずやプラスチック等の可燃物が 5%以上であるのに対し、がれき、鉄くず等は 5%未満であり、主要な可燃物と比較して不燃物の割合は小さかった。なお、その他不燃には、断熱材、雨傘、土入の土のう、未使用のセメント等を分類した。大物・長物の組成は、木くず（木材片）、プラスチック（シート製品やクーラーボックス）、布類（布団、毛布、座布団、ソファ）、鉄くず、非鉄くず、その他可燃（タイヤ、スキー板、畳）であった。大物・長物の組成割合を表 1.2-12 に示す。

### ③篩下残さの組成

篩下残さ（目開き 50 mm アンダー）の組成分析結果を表 1.2-13 に示す。草木混じり土砂が最も多く、不燃物（ガラス・陶磁器くず、ガレキ等）を合わせると、篩下残さの 8 割程度が不燃物であった。可燃物は紙類、草木、ゴム、衣類で、その他は断熱材の小片であった。篩下残さの含水率は 27.5%±1.4%（n= 6、平均±標準偏差）であった。草木混じりどやの粒径別割合を表 1.2-14 に示す。その殆どが 2 mm 以下であることがわかる。

表 1.2-13 篩下残さの組成割合

品目	重量割合(%)
可燃物	20.0
不燃物	13.6
草木まじり土砂 （粒径 9.5mm 未満）	66.3
その他	0.1

表 1.2-14 篩下残さの粒径別重量割合

粒径	重量割合 (%)
2 mm 未満	84.0
2~4 mm	3.1
4~9.5 mm	12.9
計	100.0

## (2) 復興資材の物性・力学特性・環境安全性の確認

### 1) はじめに

平成 26 年度までの検討において、復興資材のうちの分別土砂を用いた実証盛土試験を行い、分別土砂が土工材として十分に活用可能であることを示した。さらに、その有効活用を円滑に推進するためのガイドラインを提示した。平成 27 年度は、今後の復興資材有効活用推進に資することを目的とし、分別土砂 5 試料を採取し、物理・力学特性と環境安全性に関する試験を実施した。物性・力学特性に関する試験項目は、粒度試験、土粒子密度試験、突固め試験、設計 CBR 試験、強熱減量（330℃および 700℃）とした。環境安全性に関する試験項目は、環告 46 号試験、環告 19 号試験とし、重金属等 8 項目の他、全含有量試験以外は pH、EC、ORP を測定した。

### 2) 調査・試験項目および数量

調査対象（①岩手県上閉伊郡大槌町、②宮城県気仙沼市本吉町）とした分別土砂の仮置き場における性状を把握するため、表 1.2-15 に示す原位置調査と表 1.2-16 に示す室内試験を実施した。物性・力学特性に関する試験項目は、粒度試験、土粒子密度試験、突固め試験、設計 CBR 試験、強熱減量（330℃、および 700℃）であり、環境安全性に関する試験項目は、環告 46 号試験、環告 19 号試験とし、重金属等 8 項目の他、全含有量試験以外は pH、EC、ORP を測定した。測定後に残った溶出液や抽出液は NIES に提出するものとし、重金属等 8 項目については生値（有効数字 3 桁以上）を報告する。なお、復興支持の物性・力学特性・環境安全性の確認については別途業務が発注されており、本業務との関連性が強いので、本項では 3 業務の成果を一括して整理し取り纏めることとした。

表 1.2-15 原位置調査項目および数量

試験項目	摘 要	数 量		備 考
		大槌町	本吉町	
仮置き盛土層の強度確認	サウンディング試験※1) (JIS A 1221)	2 ヤード× 2 地点×3m 程度	2 地点×0m	本吉町での試験は貫入抵抗力が大きく、計測不能であった。
試料採取	可燃物混入量の把握※2)	2 地点×4 深度	2 地点×4 深度	1 深度 1kg 程度
	室内土質試験用試料	代表 2 試料	代表 3 試料	各 300kg 程度

※1) サウンディング試験は、「津波堆積物の原位置調査と室内試験」業務における試験である。

※2) 可燃物混入量評価のための試料採取

可燃物混入量は、室内において手選別により可燃物混入率を求める。また、試掘は大槌町においては手掘り掘削（L=0.5m W=0.5m Z=0.6m 程度）、本吉町では重機掘削で行い、壁面を主体とし、写真撮影等により観察記録を整理する。手選別は、2014 年業務（フィージビリティスタディ）

で行った方法と同様に 5mm 以上、2~5mm の 2 分級で実施し、2mm 以下は強熱減量により評価する。

表 1.2-16 室内試験項目および数量

項目	規格	数量		備考
		大槌町	本吉町	
土粒子の密度試験	JIS A 1202	2	4	
土の含水比試験	JIS A 1203	2	4 ※)	
土の粒度試験	JIS A 1204	2	4	沈降分析含む
土の液性限界試験	JIS A 1205	2	4 ※)	
土の塑性限界試験	JIS A 1205	2	4 ※)	
地盤材料の工学的分類	JGS 0051	2	4	
土の締固め試験	JIS A 1210	2	2	B 法
締固めた土のコーン指数試験	JIS A 1228	2	4 ※)	
変状土設計 CBR 試験	JIS A 1211	2	2	
土の透水試験	JIS A 1218	2	2 ※)	
土の三軸圧縮試験	JGS 0523	—	2 ※)	
可燃物混入量 (手選別)		8	16 ※)	大槌町 1 地点×4 深度×2 分級 (Dmax~5mm, 5mm~2mm) 本吉町 1 地点×8 深度×2 分級 (Dmax~5mm, 5mm~2mm)
土の強熱減量試験 (330℃)	JIS A 1226	4	4	1 地点×4 深度 (2mm 以下)
土の強熱減量試験 (700℃)	JIS A 1226	4	4	〃
環境安全性	環告 46 号, 19 号	2	2	重金属類
電気伝導度試験	JGS 0212	2	2	
ORP		2	2	
土の pH 試験	JGS 0211	2	2	
固化材配合による試料作成		9 ※)	3 ※)	
変状土設計 CBR 試験	JIS A 1211	9 ※)	—	改良土に対する試験
土の pH 試験	JGS 0211	—	4 ※)	改良土に対する試験
環境安全性	環告 46 号, 19 号	2 ※)	—	改良土遺体する試験 (重金属類)

※) 別途業務における試験。

### 3) 原位置調査

#### ① 復興資材の仮置き場における原位置強度特性

分級・一次選別された津波堆積物は、復興資材に活用すべく仮置きされている。一般に、この

ような仮置きヤード造成は、短期的な資材の貯留との観点から盛土時に締固め等の管理は行なわれず、撒き出しと転圧を兼ねたラフな締固めにより構築されることが多いので、永久構造物となる盛土と比較してルーズな締固め状態にある。ここでは、ルーズな締固め状態にある復興資材の原位置強度特性を把握する目的で「JIS A 1221:スウェーデン式サウンディング試験」を実施した。

表 1.2-17 は、大槌町の仮置きヤード 4 か所で行ったスウェーデン式サウンディング試験結果を示したものである。表には、土性を礫・砂・砂質土とした場合と、粘土・粘性土とした場合の換算 N 値をそれぞれ (1) 式、(2) 式で算定し整理した。仮置土は、「岩手県復興資材活用マニュアル」による分別土 A 種に区分されるものであり、後述する室内土質試験結果では、細粒分質砂質礫 (GFS) に区分され、図 1.2-20 では、(1) 式で換算した N 値の深度方向に対する分布として示した。これらの図表より、表層 10cm 程度は換算 N 値 2.0 以下であるがそれより以深は概ね N 値 = 5 で推移しており比較的均質な盛土状態にあるものと推測される。

試験状況を図 1.2-21 に示す。

表 1.2-17 大槌町仮置き分別土のスウェーデン式サウンディング試験

大槌町 ④分別土 (1)			大槌町 ④分別土 (2)			大槌町 ③分別土 (1)			大槌町 ③分別土 (2)		
深度	換算 N 値 (1)	換算 N 値 (2)	深度	換算 N 値 (1)	換算 N 値 (2)	深度	換算 N 値 (1)	換算 N 値 (2)	深度	換算 N 値 (1)	換算 N 値 (2)
0.02	0.1	0.2	0.03	0.1	0.2	0.02	0.1	0.2	0.04	0.1	0.2
0.03	0.3	0.5	0.04	0.3	0.5	0.03	0.3	0.5	0.05	0.3	0.5
0.04	0.5	0.8	0.05	0.5	0.8	0.03	0.5	0.8	0.06	0.5	0.8
0.05	1.0	1.5	0.07	1.0	1.5	0.04	1.0	1.5	0.07	1.0	1.5
0.07	1.5	2.3	0.09	1.5	2.3	0.04	1.5	2.3	0.10	1.5	2.3
0.09	2.0	3.0	0.11	2.0	3.0	0.04	2.0	3.0	0.13	2.0	3.0
0.25	6.2	6.1	0.25	4.4	4.8	0.25	11.6	10.1	0.25	5.9	5.9
0.51	4.6	4.9	0.50	5.5	5.6	0.50	8.2	7.6	0.50	8.2	7.6
0.75	3.4	4.0	0.75	4.4	4.8	0.75	7.4	7.0	0.75	6.8	6.6
1.00	3.6	4.2	1.00	3.9	4.4	1.00	5.8	5.8	1.00	6.6	6.4
1.25	4.7	5.0	1.25	3.3	4.0	1.25	4.1	4.6	1.25	6.8	6.6
1.35	12.7	11.0	1.50	4.1	4.6	1.50	3.3	4.0	1.50	5.2	5.4
1.50	5.1	5.3	2.30	2.3	3.3	1.75	3.1	3.8	1.75	4.1	4.6
1.77	3.5	4.1	2.50	5.7	5.8	2.00	3.1	3.8	2.00	3.3	4.0
2.00	3.5	4.1	2.75	8.2	7.6	2.25	3.3	4.0	2.25	3.3	4.0
2.10	3.3	4.0	2.77	35.5	28.0	2.50	5.2	5.4	2.50	4.1	4.6
2.59	2.0	3.0	2.88	10.5	9.4	2.75	4.9	5.2	2.75	4.7	5.0
2.75	5.8	5.8	3.00	9.8	8.8	3.00	4.4	4.8	3.00	4.1	4.6
3.00	7.4	7.0	3.25	9.5	8.6	3.25	4.9	5.2	3.25	4.7	5.0
3.25	5.8	5.8	3.41	10.4	9.2	3.50	4.9	5.2	3.50	5.2	5.4
3.50	4.7	5.0	3.50	8.0	7.4	3.75	4.4	4.8	3.75	5.5	5.6
3.75	4.7	5.0	3.75	10.6	9.4	4.00	5.5	5.6	4.00	4.9	5.2
4.00	5.8	5.8	3.81	8.7	8.0	4.25	6.6	6.4	4.25	5.8	5.8
			4.00	9.1	8.3	4.50	7.6	7.2	4.50	7.9	7.4

換算 N 値	(1) 礫・砂・砂質土	$N=0.002W_{sw}+0.067N_{sw}$
	(2) 粘土・粘性土	$N=0.003W_{sw}+0.050N_{sw}$

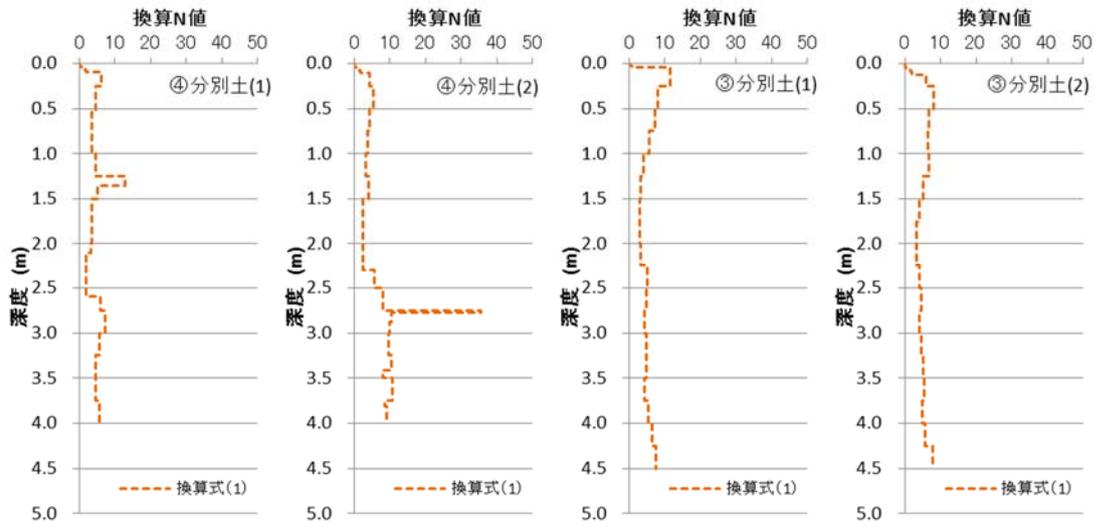


図 1.2-20 大槌町仮置き分別土のスウェーデン式サウンディング試験



大槌町仮置き④分別土 A



大槌町仮置き③分別土 A



試験状況



試験状況

図 1.2-21 大槌町仮置き分別土のスウェーデン式サウンディング試験実施状況

同様に、本吉砕石場における仮置きヤードにおいて行ったスウェーデン式サウンディング試験結果を表 1.2-18、図 1.2-22 に示す。本吉採石場仮置き状態は密実であり、分別の際に改質材料として石灰・石膏が添加されたこともあり、表層より貫入抵抗が大きく測定不可の状態であった。

表 1.2-18 本吉町仮置き分別土のスウェーデン式サウンディング試験結果

本吉砕石場 (1)			本吉砕石場 (2)		
深度	換算 N値 (1)	換算 N値 (2)	深度	換算 N値 (1)	換算 N値 (2)
0.03	0.1	0.2	0.04	0.1	0.2
0.03	0.3	0.5	0.04	0.3	0.5
0.03	0.5	0.8	0.06	0.5	0.8
0.04	1.0	1.5	0.07	1.0	1.5
0.06	1.5	2.3	0.08	1.5	2.3
0.08	2.0	3.0	0.09	2.0	3.0
0.17	31.8	25.2	0.18	39.2	30.8
0.22	69.0	53.0	0.20	169.5	128.0
0.24	169.5	128.0			

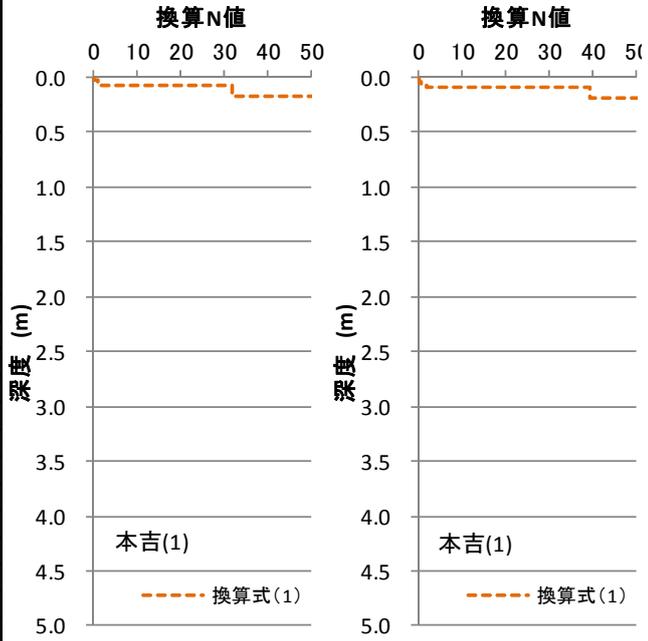


図 1.2-22 本吉町仮置き分別土のスウェーデン式サウンディング試験結果



本吉採石場仮置き土



試験状況

図 1.2-23 本吉町仮置き分別土のスウェーデン式サウンディング試験実施状況

## ②復興資材の仮置き場におけるテストピット観察

大槌町仮置き場では、人力掘削による深さ 60cm のテストピットを試掘した。テストピットの状況は図 1.2-24 に示すとおりであり、含有する礫は、円礫～亜円礫を呈し、土中にはビニール片、5mm 程度のプラスチック片が散見された。また色調は、④分別土は GL-0.10m、③分別土は GL-0.15m 付近までは茶褐色を呈し、それより以深は暗灰色を呈しているが、土性的には大きな変化は認められない。



図 1.2-24 大槌町仮置き分別土の試掘状況

本吉採石場仮置き場においては、重機掘削による深さ約 4.0m のテストピットを試掘した。図 1.2-25 は、3 方向のテストピット側面（南面、東面、北面）の状況写真を示したものであり、いずれの掘削面も、風化岩の掘削面で観察されるようなバケットの歯形が筋状に形成されている。図 1.2-26 は、テストピット全般的な、可燃物混入状況を現す例として、南面の A 箇所を拡大して示

したものである。可燃物は、集中することなく密実に締固められ、土が骨格を形成した中に埋没するように散在して存在している。また、北面の B 箇所からは、宙水として存在した盛土内の浸透水が浸出した。浸出量は 150cc/min 程度の滲み出るような量であり、たまり水 (図 1.2-27) を気密容器に収容し持ち帰り水質試験を実施した。試験結果は、表 1.2-19 に示すように基準値を上回るような有害物質の検出はされなかった。

本吉採石場仮置き土



図 1.2-25 本吉採石場分別土の試掘状況



図 1.2-26 可燃物の分布状況



図 1.2-27 浸透水の湧出状況

表 1.2-19 盛土内の浸透水の水質試験結果

項目	単位	計量の結果	項目	単位	計量の結果
カドミウム	mg/L	0.0003 未満	セレン	mg/L	0.002 未満
鉛及	mg/L	0.005 未満	ふっ素	mg/L	0.4 未満
六価クロム	mg/L	0.01 未満	ほう素	mg/L	0.02 未満
砒素	mg/L	0.005 未満	水素イオン濃度	—	11.0(22°C)
水銀	mg/L	0.0005 未満	電気伝導率	mS/m	980
			有機体炭素 (TOC)	mg/L	1300

#### 4) 室内試験

##### ①基本物性値

室内土質試験結果を総括し、表 1.2-20 に基本物性値一覧表として整理した。同表に示す大槌町仮置き場の既往 A-22 は、仮置き時に実施された土質試験結果である。

表 1.2-20 基本物性試験結果一覧表

名 称			大槌町仮置き場			本吉町碎石場 (気山沼)			
			③分別土	④分別土	既往 A-22	①0~1m	②1~2m	③2~3m	④3~4m
土粒子の密度 $\rho_s$ $g/cm^3$			2714	2711	2682	2727	2746	2727	2740
含水比 $W_n$ %			164	145	173	26.7	27.7	28.9	26.8
粒度組成	最大粒径 $D_{max}$ mm		37.5	75.0	19.0	75.0	75.0	75.0	75.0
	礫分 75~2mm %		47.2	46.1	31.5	63.5	60.5	59.3	48.1
	砂分 2~0.075mm %		32.0	32.7	44.2	25.8	25.6	24.8	33.0
	シルト分 75~5 $\mu$ m %		15.2	14.4	15.2	7.9	10.4	12.3	14.2
	粘土分 5 $\mu$ m以下 %		5.6	6.7	9.1	2.8	3.5	3.6	4.8
	細粒分 75 $\mu$ m以下 %		20.8	21.1	24.3	10.7	13.9	15.9	19.0
	均等係数 $U_c$		215.7	268.8	142	160.6	167.3	394.7	314.7
	曲率係数 $U_c'$		0.5	1.4	3.3	1.6	1.2	1.8	0.9
コンスタナー	液性限界 WL %		39.4	42.6	40.8	61.7	65.0	61.9	60.8
	塑性限界 WP %		30.6	30.1	27.3	43.1	43.9	41.3	38.7
	塑性指数 IP		8.8	12.5	13.5	18.6	21.0	20.6	22.2
地盤の工学的分類	分類名		細粒分質 砂質礫	細粒分質 礫質砂	細粒分質 砂質礫	細粒分質 砂質礫	細粒分質 砂質礫	細粒分質 砂質礫	細粒分質 砂質礫
	分類記号		(GFS)	(SFG)	(GS-F)	(GS-F)	(GS-F)	(GFS)	(GFS)
強熱減量	強熱温度 330°C %		28	27	—	39	—	—	39
	強熱温度 700°C %		60	60	59	11.7	—	—	11.4
土懸濁の pH			7.3	7.4	—	10.0	—	—	10.2
縮固め	方法		B-c	B-c	—	B-c	—	—	B-c
	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ $g/cm^3$		1.738	1.827	—	1.362	—	—	1.389
	最適含水比 $W_{opt}$ %		18.0	16.0	—	33.3	—	—	31.7
設計 CBR			8.3	7.1	—	38.7	—	—	25.2
透水	透水係数 $k$ cm/sec		$4.1 \times 10^{-7}$	$1.5 \times 10^{-7}$	—	$4.9 \times 10^{-5}$	—	—	$1.0 \times 10^{-5}$
三軸	試験方法		—	—	—	CU-bar	—	—	CU-bar
	全応力	粘着力 $C$ $kN/m^2$	—	—	—	43.6	—	—	49.0
		せん断抵抗角 $\phi$ °	—	—	—	16.7	—	—	16.5
	有効応力	粘着力 $C'$ $kN/m^2$	—	—	—	8.8	—	—	8.6
		せん断抵抗角 $\phi'$ °	—	—	—	35.5	—	—	37.7

## ②粒度組成

復興資材（仮置き土）の粒度組成は、図 1.2-28 の粒径加積曲線および図 1.2-29 の三角座標表示に示したように、細粒分含有率は (Fc) は 50%以下であり日本統一分類の細粒分質礫質砂 (SFG) と細粒分質砂質礫 (GFS) に区分される。

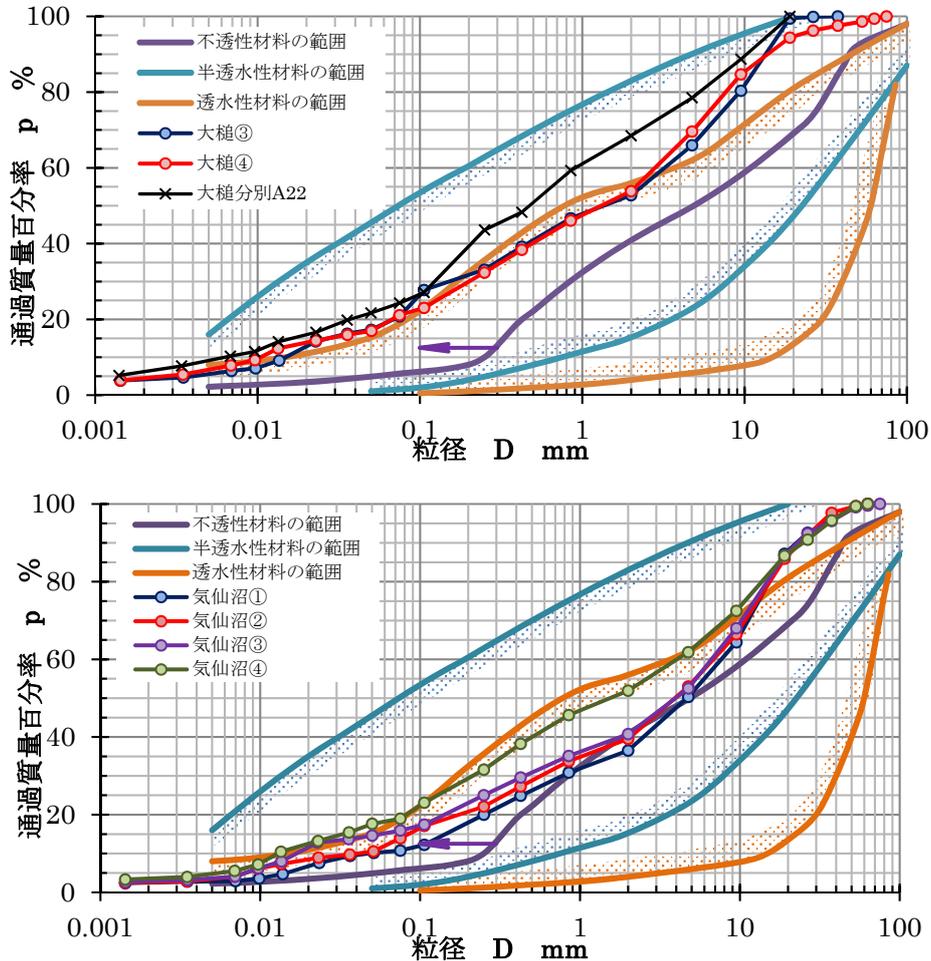


図 1.2-28 復興資材（仮置き土）の粒度組成 [上：大樋町仮置き土，下：本吉町仮置き土]

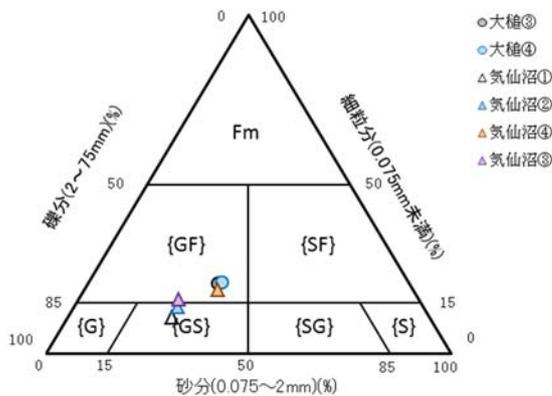


図 1.2-29 復興資材（仮置き土）の三角座標による分類

### ③強熱減量および可燃物混合率

強熱減量試験は、JIS A 1226:2009 に準拠して行った。ただし、加熱温度は、同基準で規定されている  $750 \pm 50$  °C と、紙等の有機物の発火点を参考とした  $330 \pm 25$  °C の 2 水準を選定した。また、2 mm および 5 mm 篩の残留分を可燃物と不燃物に選別し、可燃物の残留分の乾燥重量を試料全体の乾燥重量で除し可燃物混入率として現した。

図 1.2-30 は、強熱温度を変えた強熱減量と可燃物混入率の関係を示したものであり、図中には 2013 年に行った検証盛土の結果を併記し示した。強熱減量は、可燃混入率の値より高い結果となっている。

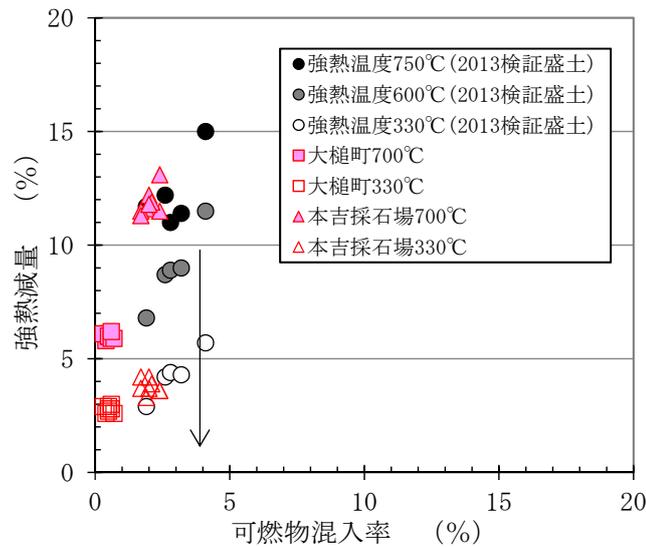


図 1.2-30 可燃混入率と強熱減量の関係

中野・野々山<sup>※1)</sup> は、木片混じりの分別土砂において木片の混入率が 4.0% の試料においては通常の土と同じ締固め特性を有するとの報告がなされている。また、宇野・根岸・高畑・池田<sup>※2)</sup> は気仙沼処理区における津波堆積由来の再生資材について、良好な締固めが行うことが出来る有機分の含有量の目安値を、締固め土の空気間隙率と最大乾燥密度および熱しゃく減量を指標として、熱しゃく量 10% 以下の提案を行っている。図 1.2-30 において、●(強熱温度 600°C) 印は、熱しゃく試験に相当する強熱減量値と可燃物混合率の関係であり、図より強熱減量値 10% に対応する可燃物混入率を読み取ると概ね 4% に相当することがわかる。このことは、大槌町、本吉町に仮置きされている分別土の有機分や可燃物は力学特性を阻害し締固めを困難とするような含有ではなく、また、盛土の締固め状態からも理解される。

表 1.2-21~22 および図 1.2-31~32 に強熱減量および可燃物混合量の深度方向の分布を整理した。深度方向におよび位置的な違いにより強熱減量値や可燃物混合量に特段の差は認められない。また、本吉仮置き場においては、表層より 1,2,3,4,5cm および 10~15cm の区間において可燃物の混合状況を調べたが、何れにおいても大差なく、図 1.2-33 に示すように、可燃物の集中は表層部

に限られ、表層部は経年変化による自然の摂理により可燃物が二次的に集積されている状況にあるものと推測される。

表 1.2-21 強熱減量および可燃物混入率(大槌仮置き土)

深度 GL- (m)	大槌③				大槌④			
	手選別		強熱		手選別		強熱	
	5mm 以上	~2mm	700℃	330℃	5mm 以上	~2mm	700℃	330℃
0-0.05	0.2	0.2	5.8	2.6	0.3	0.2	6.0	2.7
0.10-0.15	0.2	0.3	6.1	2.9	0.3	0.3	5.9	2.8
0.30-0.35	0.2	0.3	6.0	2.8	0.4	0.3	5.9	2.6
0.50-0.55	0.1	0.2	6.1	2.9	0.4	0.2	6.2	3.0

※：可燃物混合率は全乾燥質量に対する割合を示す。

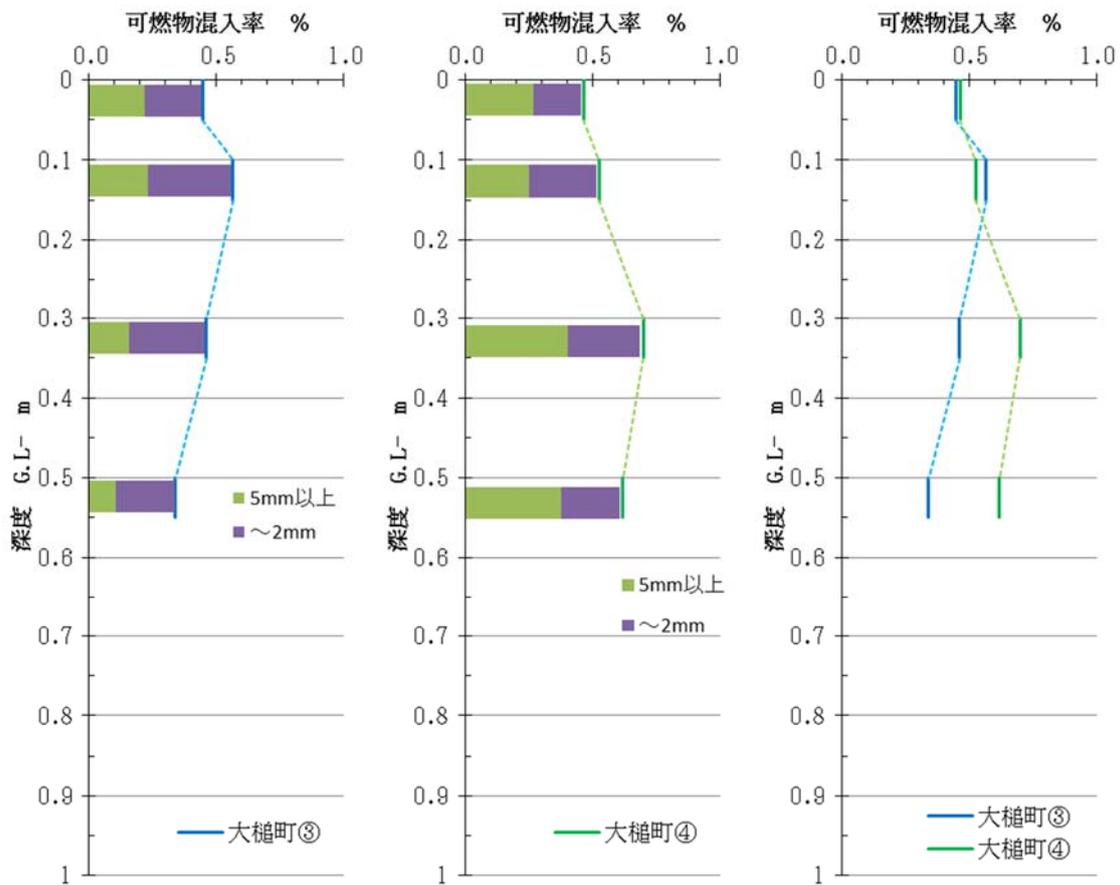


図 1.2-31 可燃物混入率の深度分布 (大槌仮置き土)

表 1.2-22 強熱減量および可燃物混入率(本吉町仮置き土)

深度 GL- (m)	気仙沼 本吉採石場①				気仙沼 本吉採石場②			
	手選別		強熱		手選別		強熱	
	5mm 以上	~2mm	700℃	330℃	5mm 以上	~2mm	700℃	330℃
0-0.01	1.8	0.6	13.1	3.6	1.4	0.6	12.2	3.7
0.01-0.02	0.4	0.4	-	-	0.7	0.5	-	-
0.02-0.03	0.8	0.6	-	-	1.1	0.7	-	-
0.03-0.04	1.1	0.5	-	-	0.7	0.8	-	-
0.04-0.05	0.9	0.6	-	-	0.8	0.8	-	-
0.10-0.15	1.5	0.4	11.6	3.3	1.8	0.3	11.9	3.9
0.30-0.35	1.5	0.9	11.5	3.6	1.0	0.7	11.3	4.2
0.50-0.55	1.0	0.7	11.5	3.7	1.1	0.9	11.8	4.2

※：可燃物混合率は全乾燥質量に対する割合を示す。

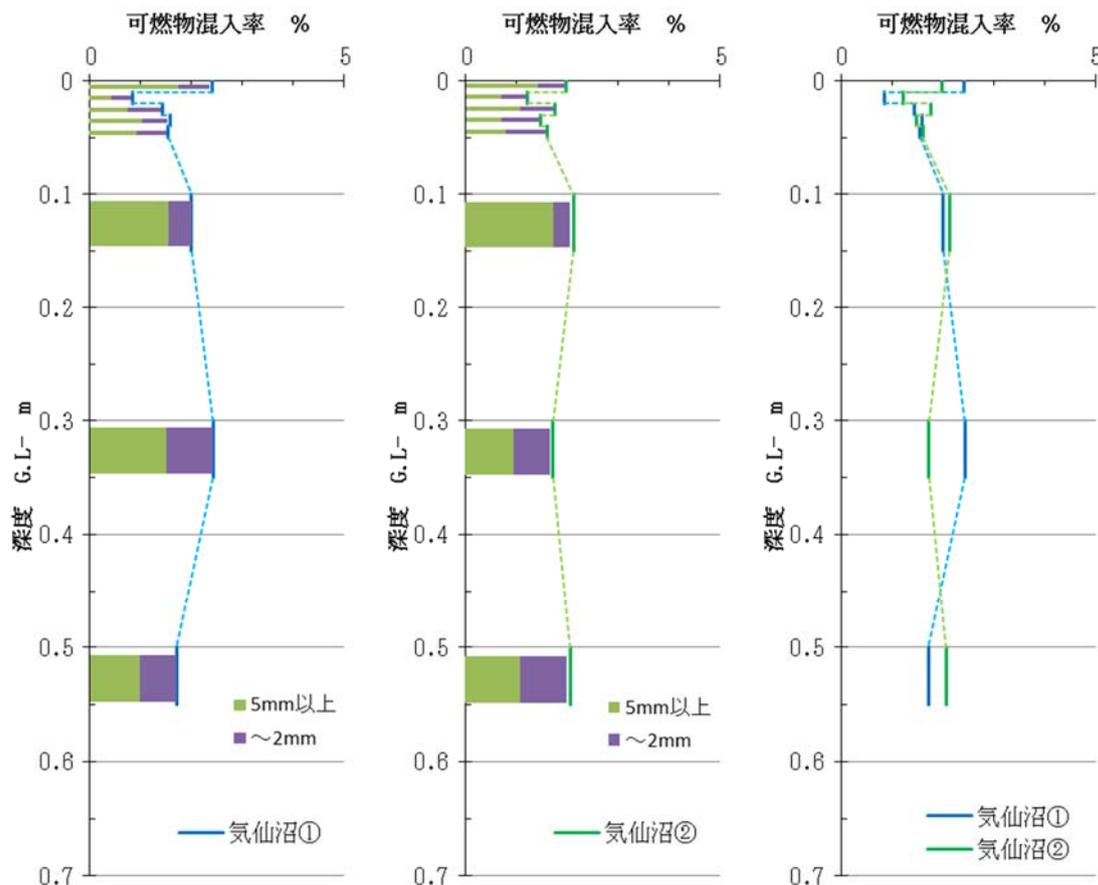


図 1.2-32 可燃物混入率の深度分布 (本吉町仮置き土)

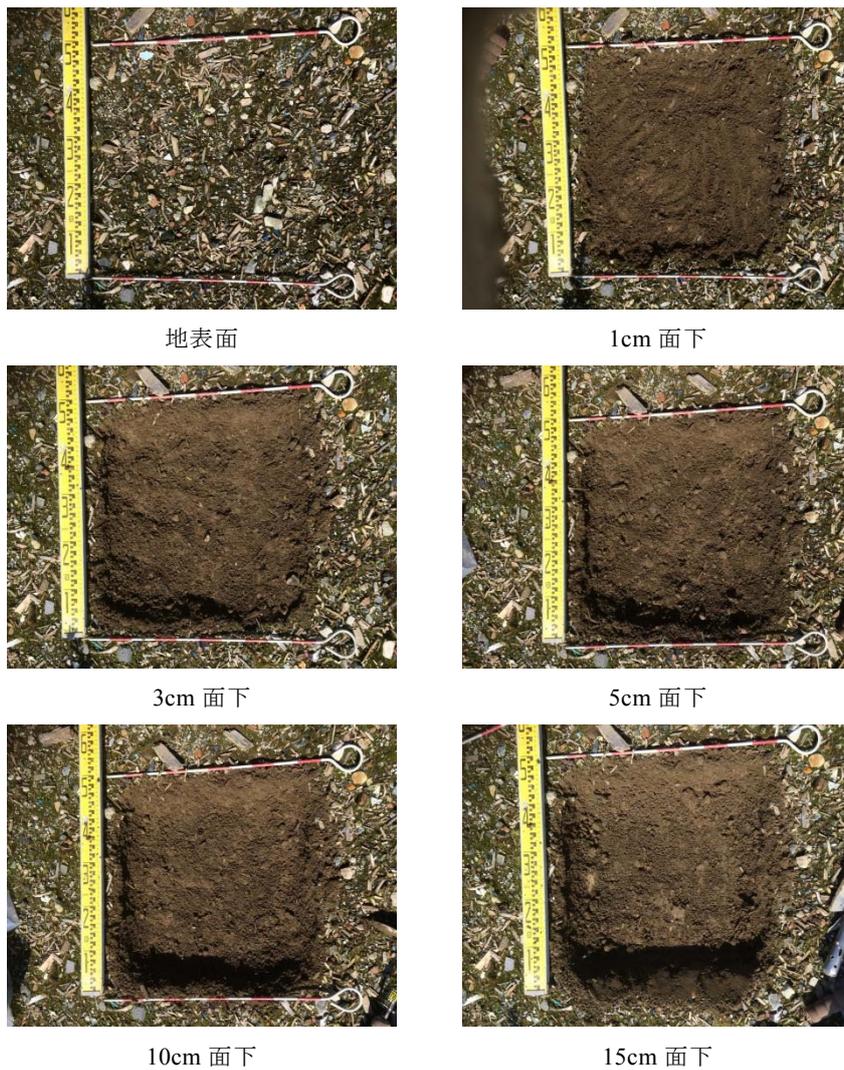


図 1.2-33 本吉町仮置き土表層部の可燃物の分布状況

図 1.2-34~39 には、各材料の手選別後の試料の状況を示す。

大槌町 ③分別土	
	
G.L-0.00~0.05m	
  不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 0.8(0.2)%	  不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 1.8(0.2)%
G.L-0.10~0.15m	
  不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 0.8(0.2)%	  不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 2.9(0.3)%
G.L-0.30~0.35m	
  不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 0.5(0.2)%	  不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 2.7(0.3)%
G.L-0.50~0.55m	
  不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 0.4(0.1)%	  不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 2.1(0.2)%

〇内は全質量に対する比率を表す。

図 1.2-34 2mm 以上の選別後の試料状況 (大槌町③分別土)

大槌町 ④分別土			
			
G.L-0.00~0.05m			
			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 1.2(0.3)%		不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 1.9(0.2)%	
G.L-0.10~0.15m			
			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 1.1(0.3)%		不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 2.5(0.3)%	
G.L-0.30~0.35m			
			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 1.7(0.4)%		不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 2.8(0.3)%	
G.L-0.50~0.55m			
			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 1.2(0.4)%		不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 2.4(0.2)%	

〇内は全質量に対する比率を表す。

図 1.2-35 2mm 以上の選別後の試料状況 (大槌町④分別土)

気仙沼 ①			
G.L-0.00~0.01m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 3.9(1.8)%	不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 9.1(0.6)%
G.L-0.01~0.02m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 1.4(0.4)%	不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 5.9(0.4)%
G.L-0.02~0.03m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 2.4(0.8)%	不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 8.8(0.6)%
G.L-0.03~0.04m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 3.8(1.1)%	不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 6.9(0.5)%

〇内は全質量に対する比率を表す。

図 1.2-36 2mm 以上の選別後の試料状況 (気仙沼①分別土)

G.L-0.04~0.05m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 3.7(0.9)%	不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 7.8(0.6)%
G.L-0.10~0.15m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 4.0(1.5)%	不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 7.2(0.4)%
G.L-0.30~0.35m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 4.8(1.5)%	不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 12.5(0.9)%
G.L-0.50~0.55m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 2.9(1.0)%	不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 11.4(0.7)%

()内は全質量に対する比率を表す。

図 1.2-37 2mm 以上の選別後の試料状況 (気仙沼①分別土)

気仙沼 ②			
G.L-0.00~0.01m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 4.3(1.4)%		不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 7.6(0.6)%	
G.L-0.01~0.02m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 2.7(0.7)%		不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 6.2(0.5)%	
G.L-0.02~0.03m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 4.4(1.1)%		不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 9.0(0.7)%	
G.L-0.03~0.04m			
不燃物および土砂 粒径 5mm以上 可燃物混入率 2.6(0.7)%		不燃物および土砂 粒径 2~5mm 可燃物混入率 10.0(0.8)%	

〇内は全質量に対する比率を表す。

図 1.2-38 2mm 以上の選別後の試料状況 (気仙沼②分別土)

G.L-0.04~0.05m			
		不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 3.5(0.8)%
		不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 8.9(0.8)%
G.L-0.10~0.15m			
		不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 5.9(1.8)%
		不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 5.9(0.3)%
G.L-0.30~0.35m			
		不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 3.1(1.0)%
		不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 11.6(0.7)%
G.L-0.50~0.55m			
		不燃物および土砂 粒径 5mm以上	可燃物 可燃物混入率 3.6(1.1)%
		不燃物および土砂 粒径 2~5mm	可燃物 可燃物混入率 12.3(0.9)%

()内は全質量に対する比率を表す。

図 1.2-39 2mm 以上の選別後の試料状況 (気仙沼②分別土)

#### ④締固め特性

締固め試験は試験方法 B 法によって実施し、あわせてコーン指数試験も行った。試験結果を表 1.2-23 および図 1.2-40～41 に示す。締固め管理密度を D 値 95%と想定した場合の湿潤側含水比 (D95Wwet) でのコーン指数は、大槌町仮置き土で  $q_c \approx 300 \sim 800 \text{ kN/m}^2$ 、本吉採石場の仮置き土  $q_c \approx 400$  未満  $\sim 600 \text{ kN/m}^2$  程度となるが、自然含水比状態のコーン指数試験は、共に貫入抵抗が大きく、人力での貫入が不可 ( $q_c > 2,000 \text{ kN/m}^2$ ) であり、第 2 種建設発生土の設定強度を上回る材料であると考えられる。

表 1.2-23 締固め試験結果

名 称			大槌町		本吉採石場		
			③別仕	④別仕	①0-1m	④3-4m	
土粒子の密度	$\rho_s$	$\text{g/cm}^3$	2.714	2.711	2.727	2.740	
含水比	$W_n$	%	16.4	14.5	26.7	26.8	
強熱減量	強熱温度 330°C	%	2.8	2.7	3.9	3.9	
	強熱温度 700°C	%	6.0	6.0	11.7	11.4	
締固め	方法		B-c	B-c	B-c	B-c	
	最大乾燥密度	$\rho_{dmax}$	$\text{g/cm}^3$	1.738	1.827	1.362	1.389
	最適含水比	$W_{opt}$	%	18.0	16.0	33.3	31.7

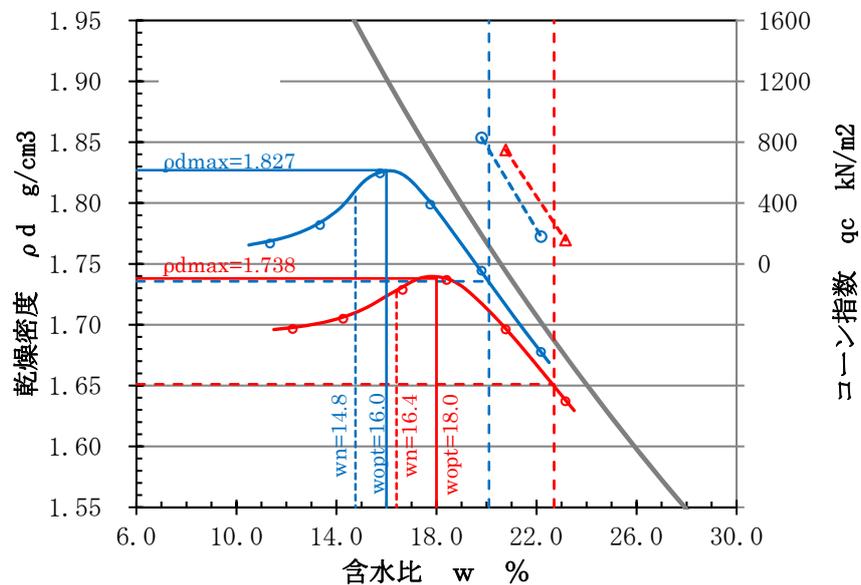


図 1.2-40 締固め特性 [大槌町仮置き土]

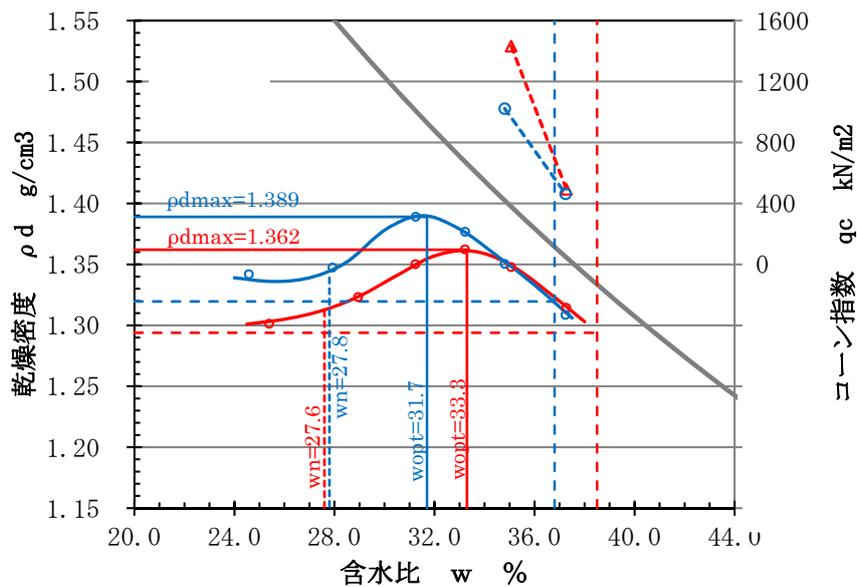


図 1.2-41 締固め特性 [本吉仮置き土]

### ⑤強度特性

設計 CBR は、表 1.2-20 に示すように大槌町試料で 7.1～8.3%、本吉町試料で 25.2～38.7%であり路体・路床に適用できる性状を示している。また、三軸圧縮試験によるせん断強度は、 $C_{cu}=43.6 \sim 49.0 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi_{cu}=16.5 \sim 16.7^\circ$ 、 $C'=8.6 \sim 8.8 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi'=35.5 \sim 37.7^\circ$  であり、前出の宇野\*\*\*)の報告による気仙沼処理区再生資材と同程度の強度を有しており、海岸堤防などの堤体材料に適用可能な強度特性を有していることが確認された。

### ⑥環境安全性

第 2 種特定有害物質 溶出量試験（環告第 46 号 平成 3 年 8 月 23 日）および含有量試験（環告第 19 号 平成 15 年 3 月 6 日）により仮置き土の環境安全性を評価した。試験結果は表 1.2-24～1.2-25 に示すとおりでありいずれの試料からも、指定基準値を超過する有害物質は検出されなかった。

表 1.2-24 溶出試験結果

特定有害物質	指定基準 (mg/L)	大槌町		本吉	
		分別土③	分別土④	①0~1m	②3~4m
カドミウム	0.01 以下	0.001 未満	0.001 未満	0.001 未満	0.001 未満
鉛	0.01 以下	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満
六価クロム	0.05 以下	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満
砒素	0.01 以下	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満
総水銀	検出されないこと	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満
セレン	0.01 以下	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満
ふっ素	0.8 以下	0.57	0.57	0.05 未満	0.05
ほう素	1.0 以下	0.24	0.21	0.07	0.07

表 1.2-25 含有量試験結果

特定有害物質	指定基準 (mg/kg)	大槌町		本吉	
		分別土③	分別土④	①0~1m	②3~4m
カドミウムおよびその化合物	150 以下	5 未満	5 未満	5 未満	5 未満
六価クロム化合物	250 以下	2 未満	2 未満	2 未満	2 未満
水銀及びその化合物	15 以下	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満
セレン及びその化合物	150 以下	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満
鉛及びその化合物	150 以下	60	70	100	70
砒素及びその化合物	150 以下	5.5	4.5	10	10
ふっ素及びその化合物	4000 以下	73	72	71	69
ほう素及びその化合物	4000 以下	8	6	13	11

測定項目	単位	大槌町		本吉	
		分別土③	分別土④	①0~1m	②3~4m
電気伝導率	mS/m	140	120	240	280
水素イオン濃度		7.2(22℃)	7.3(22℃)	9.3(22℃)	9.5(22℃)
酸化還元電位	mV	273	273	232	212

※：本測定は、土壤の環境基準(環告第 46 号)により作成した検液より測定した。

測定項目	単位	大槌町		本吉	
		分別土③	分別土④	①0~1m	②3~4m
酸化還元電位(ORP)	mV	301	312	267	190

## 5) 安定処理による改良

### ①安定処理による改良の必要性

大槌町および本吉町の仮置き土は、前述したように路体・路床の道路盛土や河川・海岸堤防の築堤材料として利用できる性状を有していることが確認された。しかし、材料特性をさらに照査すると、水素イオン濃度 (pH) については、大槌町仮置き土は pH=7.3~7.4 であり中性域 (5.8 ≤ pH ≤ 8.6) を示すが、本吉採石場仮置き土は pH=11.4~11.7 でありアルカリ質である。海外防災林や公園等の植生基盤材料として使用する場合には pH の改善が必要である。また、設計 CBR は、本吉採石場仮置き土の CBR=25.2~38.7% に対し、大槌町仮置き土において CBR=7.1~8.3% を示し、利活用を促進する上では、強度改善が必要となる。

本節では、安定処理によりこれらの特性を改善するための添加剤と添加量の把握を試みた。なお、改良目標値は、大槌町仮置き土は、より高度に利用するため路床土の安定処理目標値である CBR ≥ 20 を目標とし、本吉採石場仮置き土は、アルカリ域から中性域への移行を基準とした配合試験とした。

### ②改良材の選定

改良材は、中性域に移行可能な石灰系固化材および石膏系固化材を使用することとした。本試験に使用した固化材は、汎用性が高く実用的なものとして下記のものを選定した。また、中和処理に使用する中性化剤はマグネシア系固化材を使用した。

各材料の配合量を表 1.2-26 に示す。

・石灰系固化材	ハーデン M	アグロジャパン(株)
・石灰系固化材	グリーンライム LS	宇部マテリアルズ(株)
・中性化剤	グリーンライム NP	〃
・石膏系固化材	エコハード	チヨダウーテ(株)

表 1.2-26 固化材添加量

対象土	改良剤		添加量 (%)		
	改良剤	石灰系固化材	2	3	4
大槌町仮置き土④	ハーデン M	石灰系固化材	2	3	4
	グリーンライム LS	石灰系固化材	2	3	4
	エコハード	石膏系固化材	2	4	6
本吉採石場仮置き土②	グリーンライム NP	中性化剤	3	6	9

改良剤添加量は、最大乾燥密度の D 値 95%密度の乾燥質量に対する重量比とした。

### ③試験結果

#### (ア)大槌町仮置き土の CBR 安定処理

大槌町の採取試料分別土④に、石灰系および石膏系固化材を添加した。試験結果は表 1.2-27 および図 1.2-42 に示すとおりであり、石灰系固化材については、施工時の攪拌効率の観点から規定される最低添加量 2~3% (30~50kg/m<sup>3</sup>) で目標品質 (CBR $\geq$ 20) を満足する。石膏系固化材については、石灰系固化材に比べ強度の改善効果は低い、添加率 4%以上において目標品質が確保されることが確認された。

表 1.2-27 配合試験結果

	添加率 (%)					
	0	2	3	4	5	6
ハーデン M	7.1	65.2	101.1	136.3	-	-
エコハード	7.1	8.8	-	19.4	-	32.5
グリーンライム LS	7.1	87.4	101.5	143.5	-	-

単位：CBR (%)

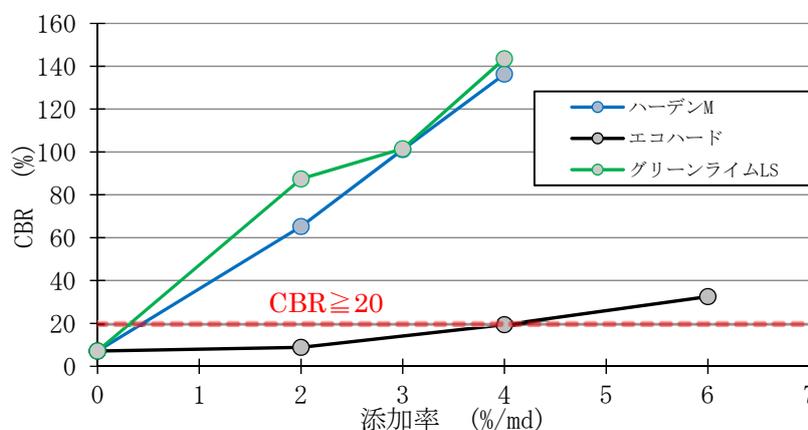


図 1.2-42 添加率と CBR (%) の関係

### (イ)本吉採石場仮置き土中和処理

本吉採石場仮置き土①0～1m採取試料 (pH=11.7) に中性化剤を添加し、中和剤添加量と pH の関係を求めた。験結果は、表 1.2-28 および図 1.2-43 に示すとおりであり、3%の添加率で中性域に改質されることが確認された。

表 1.2-28 中和処理配合試験結果

	添加率 (%)			
	0	3	6	9
グリーンライム NP	10.2	8.4	8.2	8.2

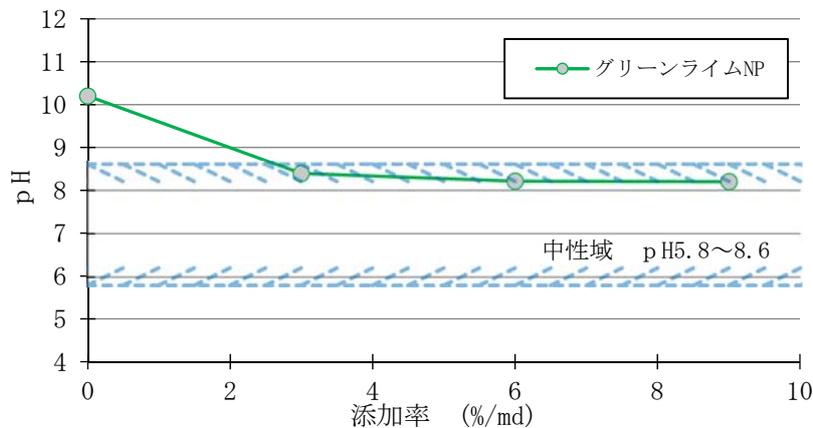


図 1.2-43 添加率と pH の関係

### 参考文献

- ※1：中野正樹・野々山栄人：高度潜熱処理された災害廃棄物分別土砂（木片混じり土）の力学特性の把握、地盤工学会誌 Vol.63No.11/12Ser.No.694/695,pp.8～9,2015
- ※2：宇野浩樹・根岸昌範・高島陽・池田千博：気仙沼処理区における津波堆積物由来の再生資材と盛土材への適用性、地盤工学会誌 Vol.63No.11/12Ser.No.694/695,pp.20～23,2015

### (3) 復興資材の有効活用に関する現状調査

#### 1) はじめに

平成 26 年度までの検討において、復興資材のうちの分別土砂を用いた実証盛土試験を行い、分別土砂が土工材として十分に活用可能であることを示した。さらに、その有効活用を円滑に推進するためのガイドラインを提示した。平成 27 年度は、今後の復興資材有効活用推進に資することを目的とし、災害廃棄物処理業務が平成 25 年度末に完了した岩手県と宮城県を対象に、復興資材のうちの分別土砂について、有効活用に関する現状調査を行った。調査項目は、各県・各処理区の二次仮置き場ごとに、分別土砂の仮置き場所、分別土砂の製造量、仮置き期間に対する仮置き量の推移等とし、二次仮置き場の特徴をとりまとめた。次に有効利用先を追跡し、有効利用先ごとに 1～2 ページのレポート形式により、利用場所、利用用途・部位、利用量、他の材料を含めた各材料の配合割合、等の情報をとりまとめた。

## 2) 岩手県

### ①災害廃棄物の処理における岩手県の位置づけ

災害廃棄物処理の事務の委託を受けるにあたっては、「平成 23 年東北地方太平洋沖地震及び津波により特に必要となった廃棄物の処理に関する事務」というかたちで、特に条件等は設けずに沿岸 12 市町村から包括的に事務の委託を受けて実施された。主に県が処理をする市町村（野田村、田野畑村、岩泉町、宮古市、山田町、大槌町）と、独自で処理をする市町村（洋野町、久慈市、普代村、釜石市、大船渡市、陸前高田市）とに分けられる（図 1.2-44）。

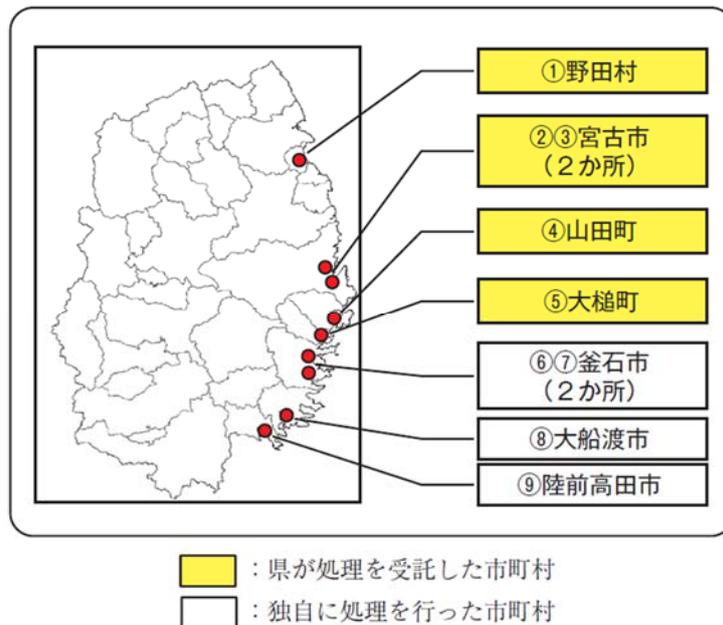


図 1.2-44 岩手県の二次仮置き場の設置状況<sup>\*1</sup>

### ②災害廃棄物の処理

東日本大震災津波により本県で発生した災害廃棄物は 618 万 t であり、不燃物（コンクリートがら、津波堆積土及び不燃系廃棄物）が全体の 85% を占めている。（図 1.2-46）



図 1.2-45 災害廃棄物の発生

県内の最終処分場の余力が少なかったことから、最終処分量を減らす技術を活用している。津波堆積土やコンクリートがらを復興資材として公共工事等で再生利用するとともに、可燃物や不燃系廃棄物は本県にある 2 つのセメント工場を中心としたセメント資源生活環境保全上の支障となっていた災害廃棄物を被災現場から撤去し、仮置場に集積された。

仮置場では混合状態となっている災害廃棄物を処理施設で受け入れられる状態まで破碎・選別した後、再生利用が可能なものは復興資材として公共工事等で活用し、不可能なものは県内・県外の施設で処理された（図 1.2-46）。

これまで経験のない処理であったことから、民間企業の提案が最大限盛り込まれた。

また、処理能力の不足を補うため、国の調整等の下、県外自治体や民間施設の支援を受けて広域処理が実施された。津波堆積土やコンクリートがらを復興資材として公共工事等で再生利用するとともに、県下にある 2 つのセメント工場を中心として可燃物や不燃系廃棄物をセメント資源化したこと、柱材・角材を木質ボード化したことなどにより、約 88%のリサイクル率となった。

膨大な量かつ津波により混合状態となった災害廃棄物の処理はこれまでにないものであり、民間企業の知見と最先端の技術、国と全国の自治体を挙げての協力と支援、学界のサポートが不可欠であり、そのため、災害廃棄物の発生量の把握から処理の監理、破碎・選別・運搬・処理に至るまで民間企業の提案を最大限尊重、導入し処理が進められた（表 1.2-29）。

また、全国の自治体の協力・支援により広域処理が実現された。さらに、災害廃棄物の把握、自然発火対策、復興資材化等において学界から方策の提案等を得たり、産学官間でも個別に積極的な連携があり、全ての関係機関の協力により災害廃棄物処理が完了した。

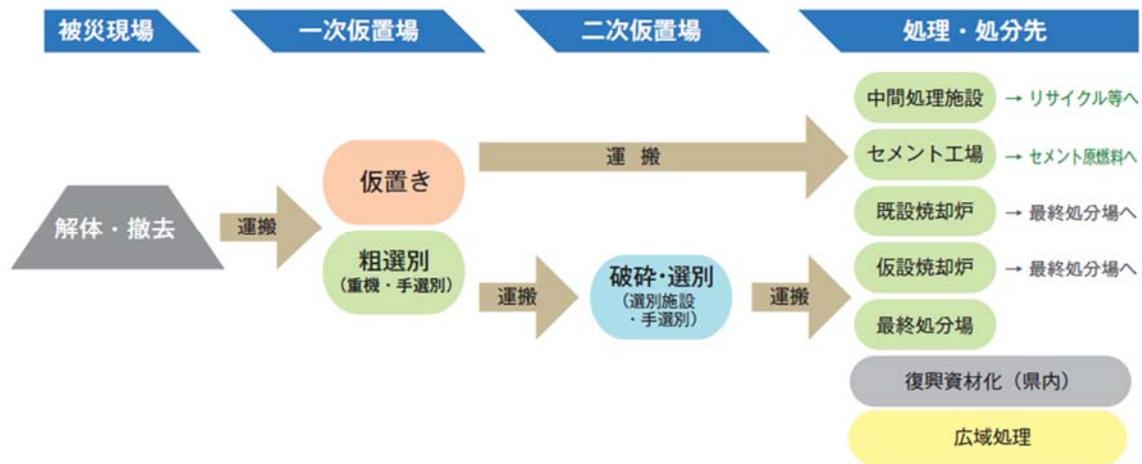


図 1.2-46 災害廃棄物の処理の流れ<sup>※3</sup>

表 1.2-29 処理区毎の処理方式※4,5

地域	処理区	処理対象量 (万 t)	処理方式※5	特徴※1,2	使用機器類※4
岩手県	久慈地区	15.8	乾式	回転篩機、自動可燃・不燃分離装置、土砂精密分離装置で構成される高精度自動選別装置を採用	自動可燃・不燃分離装置、土砂精密分離装置、回転式選別機、破砕機
	宮古地区	89.6	湿式	破砕・選別等業務としては県内随一の規模を有する	ガラス破砕機、湿式分級機、回転式選別機
	山田地区	46.3	乾式	前述の久慈地区に先駆けて高精度自動選別装置を採用	スクルトンバケット、振動式選別機、回転式選別機、磁選機、自動選別機、破砕機
	大槌地区	62.6	乾式 湿式	重機、選別機及び破砕機を廃棄物の性状によって容易に配置換えができるよう、固定式ではなくセパレートタイプ（分離式）の機械配置	回転式選別機、振動式選別機、比重差選別機、湿式選別機、二軸破砕機、一軸破砕機、圧縮破砕等
	釜石地区	35.1	乾式	津波堆積物の処理において、高速回転式破砕混合機により混合廃棄物と廃棄物表面に付着した土砂を分離する方法を採用	振動式選別機、回転式選別機、風力選別機、高速回転式破砕混合機
	大船渡市※4	81.0	湿式	太平洋セメント大船渡工場での処理であり、同工場で受入条件に合わせた破砕・選別。木くずは大型のものを中心に貯木水洗槽に投入し水洗いしてから破砕し燃料化	回転式選別機、振動式選別機、木くず破砕機、ガラス破砕機
	陸前高田市	93.0	湿式	津波堆積物をふるいにかけて大きな異物を取り除き、プラント内の解泥機で水道水と津波堆積物を混合させ、異物が付着した土砂を取り出す。そして、その土砂について、サイクロン設備で渦巻き状に回転させながら比重の大きな砂を取り出し、さらにフィルター設備で圧縮させながら粘土分を取り出す	ガラス破砕機、木くず破砕機、磁選機、貯木水洗機

※1：平成27年2月、岩手県、「東日本大震災津波により発生した災害廃棄物の岩手県における処理の記録」  
 ※2：平成26年7月、宮城県、「災害廃棄物処理業務の記録<宮城県>」  
 ※3：平成26年6月、一般社団法人日本建設業連合会復興・復興対策特別委員会、「東日本大震災 災害廃棄物処理の報告」  
 ※4：平成27年2月、国土交通省総合政策局公共事業企画調整課環境・リサイクル企画室、「災害廃棄物等活用事例集」  
 ※5：上記資料からの推察および聞き取り

### ③復興資材の利用先

岩手県においては環境生活部資源循環推進課が復興資材の利用先を取り纏め※6しており、ここではそのうちの津波堆積土（岩手県復興資材活用マニュアル：分別土Aおよび分別土B）の利活用状況について報告する。

復興資材の内、津波堆積土は96%、コンクリートがらは97%活用済みで、平成26年2月時点では、津波堆積土として山田地区に約3万m<sup>3</sup>、陸前高田地区に約5万m<sup>3</sup>が残っている。（図1.2-47、48）

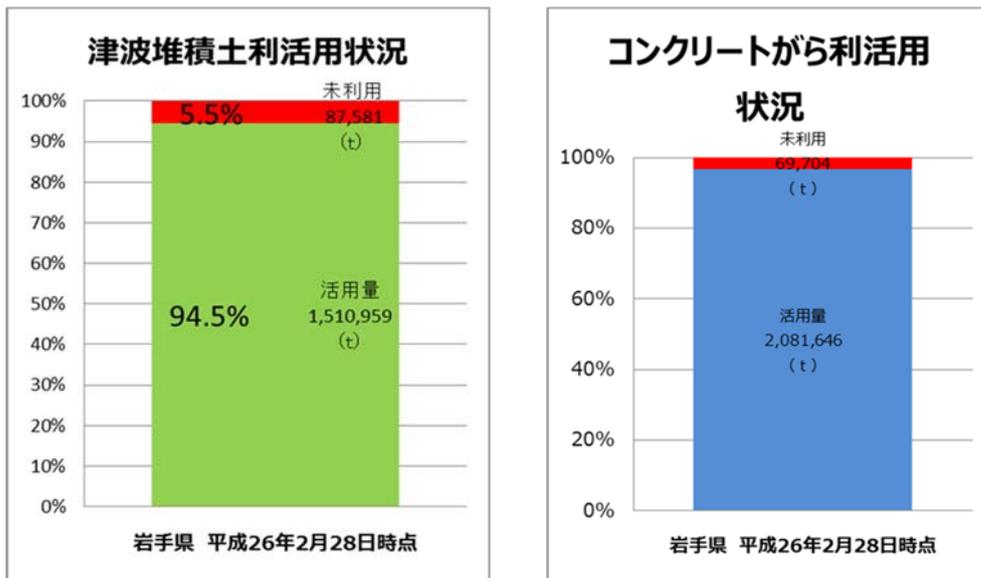


図 1.2-47 津波堆積土ならびにコンクリートがら利活用状況※6

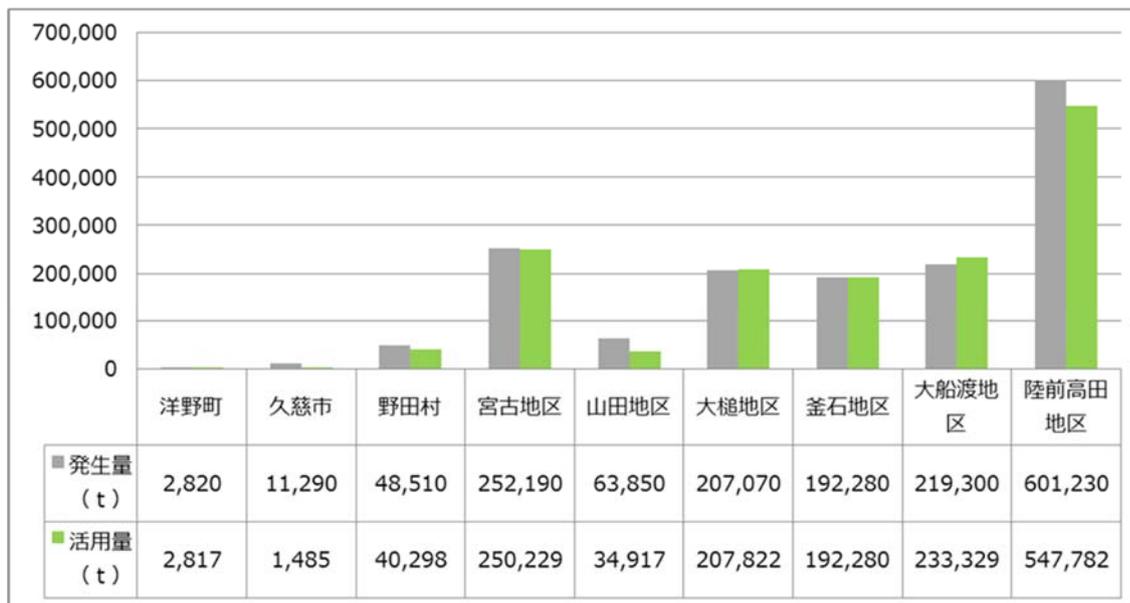


図 1.2-48 地域別津波堆積土利活用状況<sup>※6</sup>

また、データ上では大槌地区は、全量活用となっているが、平成 27 年 10 月現在の現地調査では、造成盛土に切土が流用されているなか、約 9 万 m<sup>3</sup> が仮置き状態にある。

一方、利用先としては、ほ場整備に多く利用されているが、これは陸前高田が殆どであり、これを除けば様々な利用形態で利用されている。なお、その他については、利用先は特定できないが、特に量の多い釜石、宮古、大船渡の活用量を示す (図 1.2-49)。

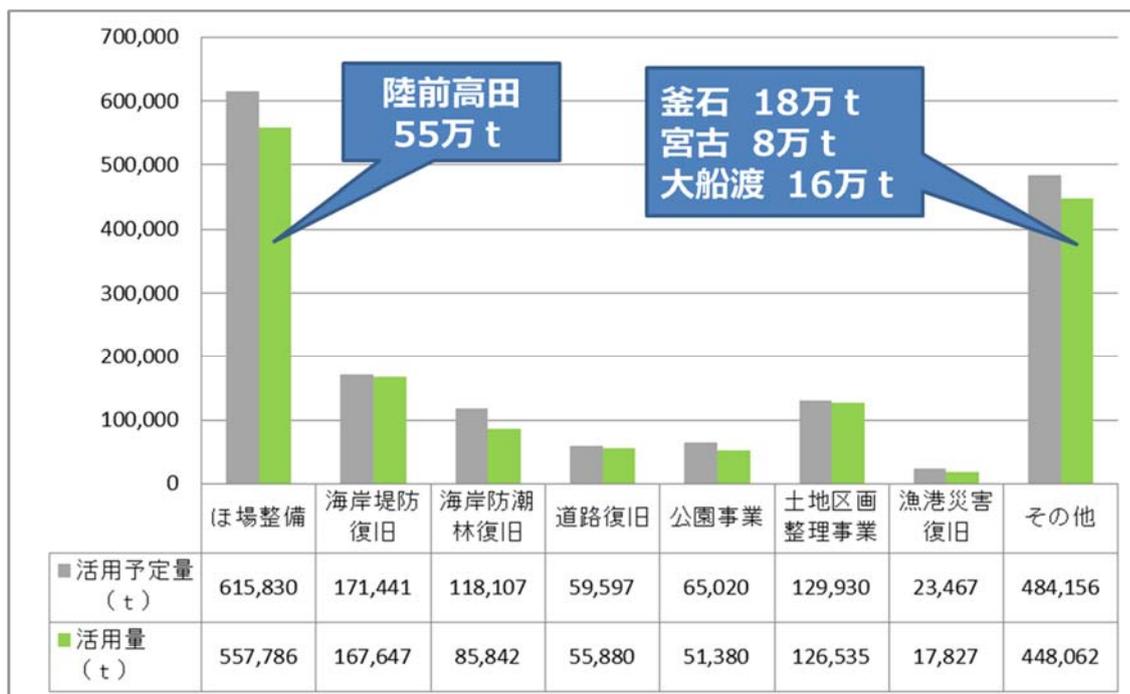


図 1.2-49 利用用途別津波堆積土利活用状況<sup>※6</sup>

### 3) 宮城県

#### ①災害廃棄物の処理における宮城県の位置づけ

一般廃棄物とされる災害廃棄物の処理は、通常、市町村の所掌事務であるが東日本大震災の被害が甚大であったことから、宮城県では沿岸被災 12 市町（石巻市、塩竈市、気仙沼市、名取市、多賀城市、岩沼市、東松島市、亶理町、山元町、七ヶ浜町、女川町、南三陸町）から地方自治法に基づく事務の委託を受けて、災害廃棄物の一部が処理された。処理に当たっては、宮城県内を 4 つのブロック・6 つの処理区に分けて、ブロック・処理区ごとに概ね 1 ヶ所に二次仮置き場と呼ぶ大規模中間処理基地が設定された（図 1.2-50）。

災害廃棄物は被災現場から市町村が設置した一次仮置き場と呼ぶ集積場所に集積され、一部は直接処理先に搬出された。なお、宮城県に処理を委託されたものについては、二次仮置き場に搬出し処理が行われた（図 1.2-51）。

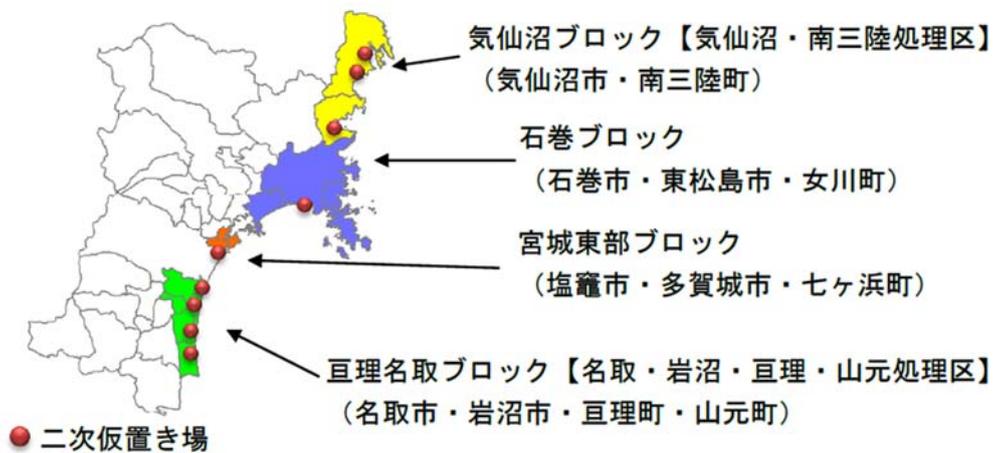
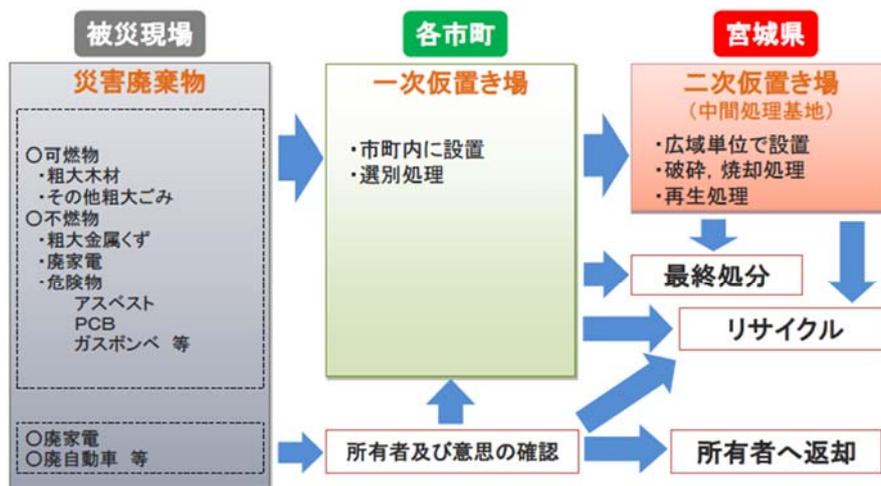


図 1.2-50 宮城県の震災廃棄物処理ブロック・処理区 構成<sup>\*7</sup>



※一次仮置き場：各市町が設置した災害廃棄物の集積場所  
 二次仮置き場：宮城県が設置した大規模中間処理基地

図 1.2-51 災害廃棄物処理の流れ<sup>\*7</sup>

## ②災害廃棄物の処理

宮城県受託分のうち、環境生活部震災廃棄物対策課が所掌した災害廃棄物処理（以下、「震災廃棄物対策課対応分」という。）については、そのほとんどはプロポーザル方式により特定業務共同企業体（以下、「JV」という。）への業務委託により実施され、災害廃棄物 639 万 t、津波堆積物 325 万 t、合わせて 964 万 t が処理された（図 1.2-52）。

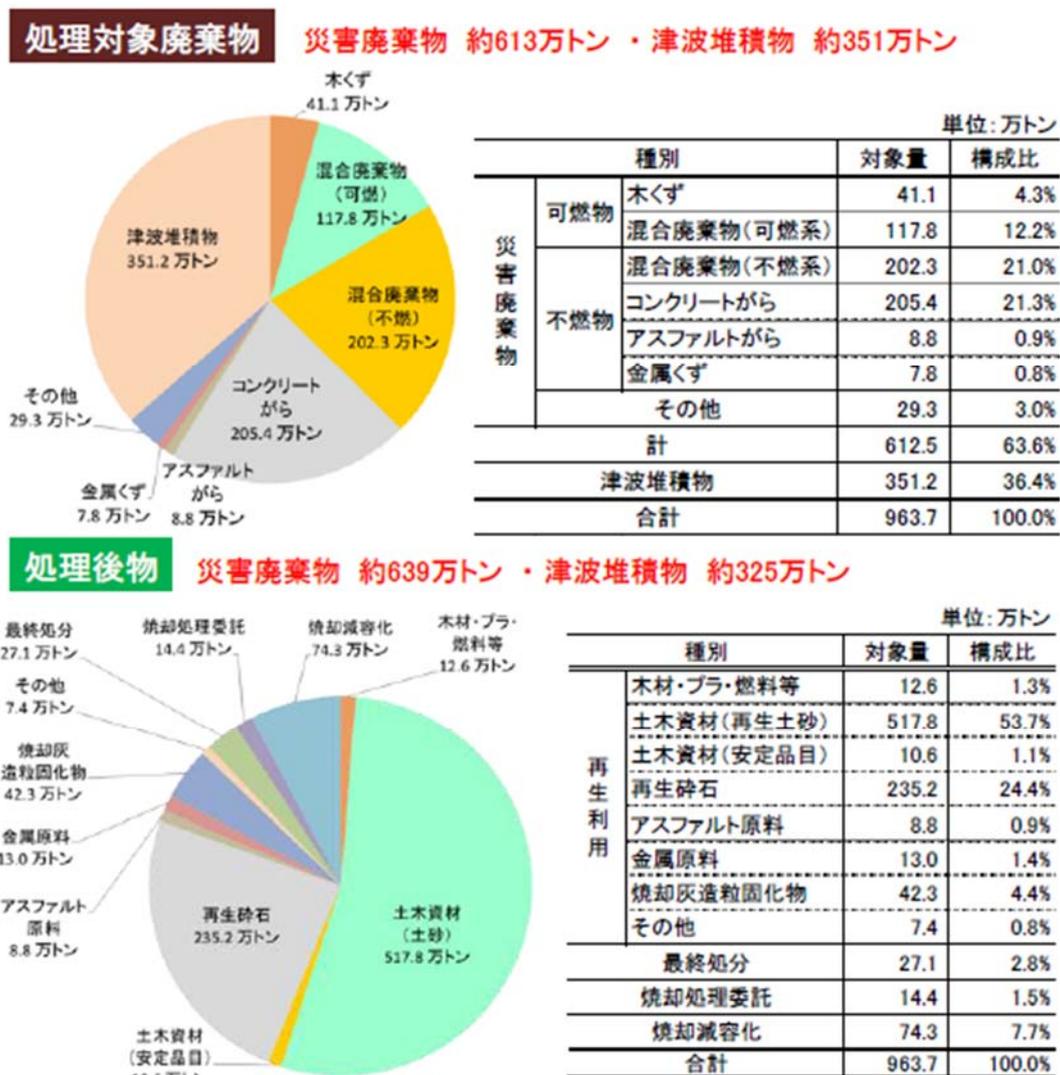


図 1.2-52 震災廃棄物対策課対応分の概要<sup>\*7</sup>

災害廃棄物処理方法については、発生した災害廃棄物の膨大さもさることながら、通常であれば、処理の実施主体となり得ない宮城県がプロポーザル方式で災害廃棄物処理業務を発注し、大手建設者中心とする企業体に委託する形で大規模な仮設中間処理基地を設置して廃棄物の処理を行う等、前例のない手法や経過をたどり、処理区毎の災害廃棄物の特性や処理量に応じた処理方式が採用され実施された（表 1.2-30）。

表 1.2-30 処理区毎の処理方式※4,5

地域	処理区	処理対象量 <sup>※3,4</sup> (万t)	処理方式 <sup>※5</sup>	特徴 <sup>※1,2</sup>	使用機器類 <sup>※4</sup>
宮城県	気仙沼処理区	165.7	乾式	破碎・選別施設や焼却施設（1つの地区につきローリーキルンとストーカ炉を1基ずつ）を設置し、それぞれが独立して災害廃棄物処理できる能力を有する	多段階選別機（粗選別機、回転式選別機、磁選機、手選別ライン）、木くず破砕機、コンガラ・アスファルトから破砕機、造粒固化機
	南三陸処理区	66.4	湿式	津波堆積物や混合廃棄物から選別された土砂は土壌洗浄処理し、骨材や砂を取り出し、復興資材化	木くず破砕機、木くず洗浄槽、回転式選別機、ストーカ炉、木質バイオマス発電設備、土壌洗浄施設
	石巻ブロック	298.2	乾式	廃棄物の種類ごとに、混合廃棄物を処理する施設として破碎選別施設・土壌洗浄施設を、主に津波堆積物を処理する施設として土質改良施設・土壌洗浄施設を、可燃物を処理する施設として焼却施設・造粒固化施設を設置	ガラ系破砕機、木くず破砕機、キルン炉、ストーカ炉、バイオマスボイラ
	宮城東部ブロック	33.0	乾式	当初、揺動式風力選別機のある下については再生土砂としてリサイクルする予定であったが、想定よりも木くず等の可燃物を多く含み、そのままでは再利用が困難であった。このため、ふるい機（ジャンピングスクリーン）を追加し、選別工程の充実に図る	ストーカ炉、キルン炉、木くず破砕機、粗大ごみ破砕機、比重差選別機、造粒固化機
	仙台市 <sup>※4</sup>	270.0	乾式	既存のリサイクルルートを活用し、可能な限り資源化	破砕機、焼却炉
	多賀城市 <sup>※4</sup>	14.3	乾式	中間処理場で人力・振動・風力・磁力にて選別	振動式選別機、風力選別機、磁選機、土質改良機
	東松島市 <sup>※4</sup>	210.0	乾式	混合廃棄物を回転式選別機や櫛形選別機で分級	櫛形選別機、回転式選別機、木くず破砕機
	名取処理区	77.1	乾式	可燃、不燃の粗大ごみ、混合ごみ等については、選別機（回転ふるい機、振動ふるい機等）及び手選別により実施	混合廃棄物破砕機、回転式選別機、振動式選別機、ストーカ炉
	岩沼処理区	63.6	乾式	津波堆積物の処理に当たっては、選別・分級により、土砂以外の災害廃棄物を取り出すことが重要となるが、細粒分が多く含まれているため、目詰まりが少ないフィンガースクリーンを選定	風力選別機、振動式選別機、自走式破砕機、固定式破砕機、木くず高圧洗浄設備、造粒固化プラント、ストーカ炉、キルン炉
	亶理処理区	83.9	乾式	トロンメルや風力付比重差選別機等を組み合わせて4段階で選別	風力選別機、振動式選別機、比重差選別機、回転式選別機、ガラ系破砕機、ストーカ炉
山元処理区	168.9	乾式	津波堆積物には災害廃棄物が混入していることから、フィンガースクリーン及びトロンメルにより土砂を分別し、残渣物については、混合廃棄物と同様に風力選別及び手選別により分別処理	混合ごみ破砕機、木くず破砕機、細破砕機、湿式選別機、回転式選別機、振動式選別機、風力選別機、磁選機、キルン炉、ストーカ炉	

※1：平成27年2月、岩手県、「東日本大震災津波により発生した災害廃棄物の岩手県における処理の記録」  
 ※2：平成26年7月、宮城県、「災害廃棄物処理業務の記録＜宮城県＞」  
 ※3：平成26年6月、一般社団法人日本建設業連合会復旧・復興対策特別委員会、「東日本大震災 災害廃棄物処理の報告」  
 ※4：平成27年2月、国土交通省総合政策局公共事業企画調整課環境・リサイクル企画室、「災害廃棄物等活用事例集」  
 ※5：上記資料からの推察および聞き取り

### ③復興資材の利用先

復興資材は、土木資材として石巻港湾埋立事業（石巻市）や千年希望の丘（モデル丘）事業（岩沼市）で活用された一方、活用される公共事業との需給のタイミングが合わず、一時的に保管されているものもある（表 1.2-31<sup>※7</sup>）。

表 1.2-31 復興資材の状況

ブロック・ 処理区名	品目				利用量計	単位：万トン
	再生砕石	再生土砂	土木資材 (安定品目)	焼却灰 造粒固化物		
気仙沼処理区	50.9	92.3	0.8	4.1	148.1	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; color: white; text-align: center;">平成27年11月現在 未利用量 (仮置き)</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; color: white; text-align: center; margin-top: 10px;">本吉町 20万m<sup>3</sup></div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">↑ 自治体担当者 聞き取り調査 ↓</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; color: white; text-align: center; margin-top: 10px;">山元町 30万m<sup>3</sup></div>
南三陸処理区	33.8	20.8	0.0	0.9	55.5	
石巻ブロック	80.1	115.6	4.2	20.5	220.4	
宮城東部	4.0	14.2	0.1	3.7	22.0	
名取処理区	11.6	54.6	1.0	3.1	70.3	
岩沼処理区	15.3	39.5	0.0	2.6	57.4	
亶理処理区	14.0	61.7	2.3	4.5	82.5	
山元処理区	25.7	119.0	2.1	3.0	149.8	
計	235.2	517.8	10.6	42.3	805.9	

※端数処理により、合計と内訳が異なることがある。

平成27年2月 東日本大震災に係る災害廃棄物処理業務総括検討報告書

### 4) 未利用となる復興資材に関する考察

本調査において、災害廃棄物から分別された土砂は、既に岩手県、宮城県では95%以上が利活

用されているが、利用者である自治体担当からは、以下のような懸念材料が挙げられている。

- ① 木くずが多量に混入しており、強度ならびに経年腐植が心配
- ② 臭気による近隣への影響が心配
- ③ 災害廃棄物を宅地用の盛土として使用するのはセンシビリティ
- ④ 積み込み運搬費のほか、場合によっては改良費も必要となり、購入土より高くなり、工事費を圧迫

①については、今回の委託業務試験結果ならびに有識者の研究報告<sup>※9</sup>において、強熱減量は10%程度であっても、強度的な問題はないことが示されている。今後、経年腐植に関する検証が必要である。

②については分別土砂そのものの臭気より、分級工程にて使用された石灰による臭気が卓越しているが、周辺に影響を及ぼすものではない程度である。

③については、多くの自治体に取り上げており、住民への配慮が必要である。

④については、建設工事から発生する発生土であっても軟弱土や泥土状である場合は、その費用は発生するものである。

そもそも東日本大震災における災害廃棄物処理は、災害廃棄物の有効活用を目指した分別処理であり、復興資材を活用することは社会的責任である。上記の理由により、活用されない場合は、更に処理費用を掛けて最終処分場へ処分することとなる。

そうならば、東日本大震災において行われた分別処理費は損失となるとともに多くの企業が取り組んできた処理技術は無為となり、更には最終処分場への環境負荷が増大することとなることから、復興事業との調和を図った災害廃棄物処理と復興資材の物性・力学特性・環境安全性を正しく評価することが重要である。(図 1.2-53)

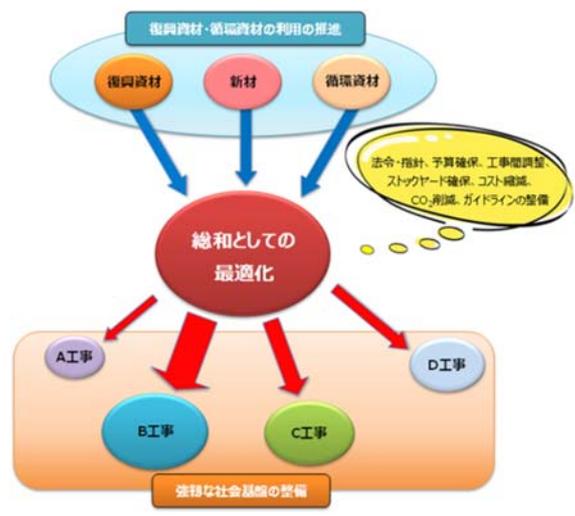


図 1.2-53 複数の事業の「総和としての最適化」<sup>※10</sup>

### 参考文献

※1：東日本大震災津波により発生した災害廃棄物の岩手県における処理の記録、岩手県、平成27年2月、p.56

- ※2：東日本大震災津波により発生した災害廃棄物の岩手県における処理の記録、岩手県、平成27年2月、p.76
- ※3：東日本大震災津波により発生した災害廃棄物の岩手県における処理の記録、岩手県、平成27年2月、p.57
- ※4：東日本大震災災害廃棄物処理の報告、(一社)日本建設業連合会、平成26年6月
- ※5：災害廃棄物等処理・活用事例集、国土交通省総合政策局公共事業企画調整課、平成27年2月、処理-2
- ※6：事業別・地区別活用見込、岩手県環境生活部資源循環推進課、平成26年2月(参考資料に添付)
- ※7：東日本大震災に係る災害廃棄物処理業務総括検討報告書、宮城県、平成26年7月、p.2～6
- ※8：災害廃棄物処理業務(再生資材)処理・利用計画、宮城県循環型社会推進課、平成26年2月(参考資料に添付)
- ※9：高度選別処理された災害廃棄物分別土砂(木片混じり土)の力学特性の把握、中野正樹(名古屋大学)、地盤工学会誌 Vol.63、p.8～9
- ※10：災害からの復興における社会基盤整備への復興資材等の利用のあり方に関する提言－解説－、地盤工学会復興資材提言委員会 委員長 勝見武(京都大学)、p.6

## 1.2.4 災害時の生活排水分散型処理システム構築

### (1) 浄化槽の耐震性評価方法に関する研究

#### 1) はじめに

災害時、被災地のし尿処理の問題は電気、水道、通信などの基盤インフラの復旧と並んで極めて重要な課題である。環境省の調査によれば、東日本大震災における浄化槽被害は少なく、浄化槽が地震に強いことが改めて示された<sup>1)</sup>が、浄化槽本体あるいは管きよの破損により衛生的な処理が不能となり、汚水を排出することができない建築物もあった。汚水の排出ができなくなると水洗トイレが使用できない、台所等の衛生環境が低下する等、被災者の衛生環境の低下による肉体的および精神的な健康障害を生じることになる。従って、このような事態とならぬようにするためには、これまで以上に大規模な地震等の災害においても対応可能な浄化槽の開発・普及が重要であると考えられる。

そこで本研究では、東日本大震災における浄化槽の被害・復旧状況等を踏まえ、ハード面でのアプローチとして、浄化槽の耐震構造・施工方法に関する実験・調査研究を行い、耐震型浄化槽の構造・施工方法の確立および従来基準の無かった浄化槽の耐震評価基準の策定を目的として検討を実施している。これまで、東日本大震災において同一の型式で10施設以上調査された22型式(684施設)についての詳細解析を行ったところ、浄化槽の地震による被害は、型式により異なる特徴が示されている。また、破損(漏水を含む)による被害には浄化槽の躯体の材質、製造方法、構造あるいは経年的な部品の消耗等が影響しているものと考えられた。浄化槽の浮上については、浄化槽の外形、容積等が影響因子として考えられるが、嫌気ろ床接触ばっ気方式の浮上率が比較的低いものが多かったことから、躯体の形状(縦横高さの比等)や重心が大きな因子となっていたものと考えられた。

そこで、これまでの成果を浄化槽の耐震構造や耐震施工方法に関する基準策定に繋げるべく、2014年度は、浄化槽の設置深さ位置(2m程度)における表層地盤の作用震度を算定した。2015年度は、これを基に浄化槽の筐体に作用するであろう土圧分布の算定を行った。

#### 2) 方法

##### ①2次元静的FEM解析

浄化槽に作用する地震時土圧を算出するため、構造物と地盤を一体としてモデル化した2次元FEMモデルを用い、地盤要素に慣性力を静的に作用させて地盤変位や地盤内応力を求める応答震度法により解析を行った。作用震度 $K_h$ は、2014年度の検討を踏まえ、 $K_h=0.57$ とした。解析ソフトはSoilPlus(伊藤忠テクノソリューションズ)を用いた。

地盤物性値は線形とし、地盤せん断波速度 $V_s$ を変化させ、 $V_s=50\text{m/sec}$ 、 $V_s=100\text{m/sec}$ および $V_s=150\text{m/sec}$ の3ケースを考慮した。地盤の単位体積重量 $\gamma_t$ は「自然地盤・砂及び砂れき・緩いもの」とし、 $\gamma_t=18\text{kN/m}^3$ とした。ポアソン比 $\nu$ については、地下水位はないものとして $\nu=0.45$ とした。解析に用いた地盤物性値を表1.2-32に示す。

表 1.2-32 地盤物性値

地盤物性値	設定値
地盤せん断波速度 $V_s$ (m/sec)	50,100,150 (3 ケース)
単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	18
ポアソン比 $\nu$	0.45

構造物（浄化槽）は FRP 製の 5 人槽を想定し、表 1.2-33 に示す条件とした。なお、土圧が作用する断面は、構造物の長辺側とした。

表 1.2-33 構造物条件

構造物条件	設定値
高さ $h$ (mm)	1600
幅（短辺） $B$ (mm)	1100
長さ（長辺） $a$ (mm)	2200
土被り $h'$ (mm)	300
重量 $W$ (kN)	0 (重量無し)
構造物ヤング係数 $E$ (kN/m <sup>2</sup> )	$1.0 \times 10^{10}$ (剛体)

解析モデルは、側方境界の影響をみるために、浄化槽端部から側方境界までの距離  $H$  を、 $H=h$ 、 $3h$ 、 $5h$  ( $h$ : 浄化槽高さ) の 3 ケースを考慮した。地盤モデルの高さは  $5h$  ( $h$ : 浄化槽の高さ)、側方境界条件はフリーとし、底面境界条件は固定とした。地盤条件および解析条件を組み合わせた解析ケースを表 1.2-34 に示す。

表 1.2-34 解析ケース

$V_s$ \ $H$	50m/sec	100m/sec	150m/sec
1h	$V_s50-1h$	$V_s100-1h$	$V_s150-1h$
3h	$V_s50-3h$	$V_s100-3h$	$V_s150-3h$
5h	$V_s50-5h$	$V_s100-5h$	$V_s150-5h$

$V_s$ : せん断波速度、 $H$ : 浄化槽端部から側方境界までの距離

$h$ : 浄化槽の高さ

### ②3 次元静的 FEM 解析

浄化槽に作用する地震時土圧の算出について、2 次元解析により大まかな傾向を掴むことができたことから、パラメータを絞り込んだ上で、構造物と地盤を一体としてモデル化した 3 次元 FEM モデルを用い、地盤要素に慣性力を静的に作用させて地盤変位や地盤内応力を求める応答震度法により解析を行った。作用震度  $K_h$  は、2 次元解析と同様に、 $K_h=0.57$  とした。

解析モデルは、2 次元解析の結果を踏まえ、浄化槽端部から側方境界までの距離  $H$  を、 $H=5h$  ( $h$ : 浄化槽高さ)、地盤モデルの奥行幅  $A$  (m) は  $10a$  ( $a$ : 浄化槽長辺方向の幅)、地盤モデルの

高さ (m) は  $5h$  ( $h$ : 浄化槽の高さ) とした (図 1.2-54)。構造物ヤング係数のみ  $1.0 \times 10^5, 1.0 \times 10^{10}$  (剛体) の 2 ケースで解析した。側方境界条件および奥行方向側面の境界条件はフリーとし、底面境界条件は固定とした。解析ケース (全 4 ケース) を表 1.2-35 に示す。

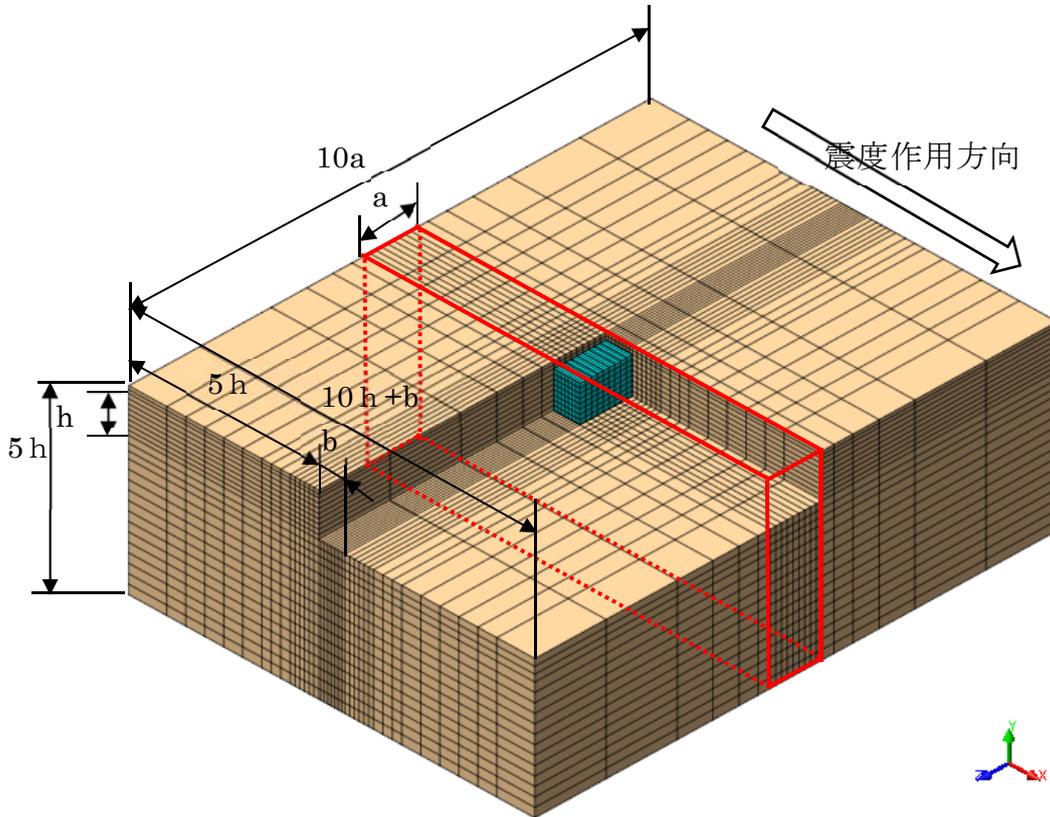


図 1.2-54 3次元解析のモデル図

表 1.2-35 解析ケース

E \ Vs	50m/sec	100m/sec	150m/sec
$1.0 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$	Vs50	Vs100	Vs150
$1.0 \times 10^{10} \text{ kN/m}^2$ (剛)	—	Vs100-剛	—

Vs : せん断波速度、E : 浄化槽のヤング係数

### ③地盤非線形および震度の深度分布を考慮した静的 FEM 解析

先に実施した静的 2次元および 3次元解析では、地盤に作用させる震度は地盤深さ方向に一様とした。しかしながら、実際には地盤深さ方向の地震時加速度は分布を有するために、震度が深さ方向に変化すると考えられる。本検討では、震度の深度分布を考慮して土圧の算出を行った。具体的には、一次元地盤応答解析により地盤内加速度の深度分布を求め、それを震度に換算して、構造物と地盤をモデル化した 2次元モデルに作用させた。

一次元地盤応答解析では、解析ソフト LIQUEUR (リキュール) (富士通) を使用し、地震時におけるせん断ひずみの増大に伴うせん断弾性係数の低下と減衰定数の増加を考慮する等価線形化

法を用いた。地盤物性値、構造物（浄化槽）の条件は先の解析と同様とし、地盤せん断波速度  $V_s$  (m/sec) は 100 のみで行った。入力地震動としては 2 種を考慮し、「告示波（極めて稀に発生する地震動）」と「夢の島 EW」の 2 ケースとした。地表面における応答加速度が最大になる時点の応答値の深度分布をもとに、加速度値 (gal) を 980 で割って震度に換算し、静的 2 次元 FEM 解析の作用震度とした。また、収束せん断波速度をもとに、せん断剛性の収束値を求め、さらにポアソン比を介してヤング係数を算出し 2 次元静的 FEM 解析に用いる弾性定数とした。

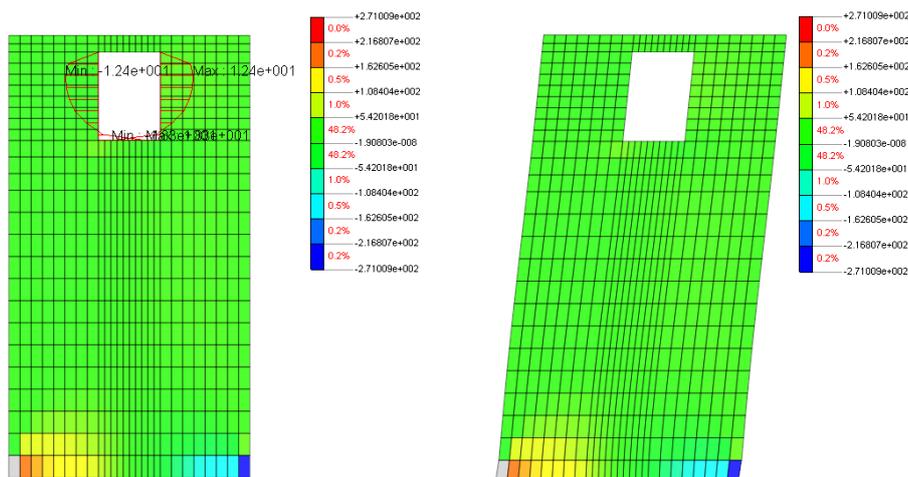
#### ④動的 FEM 解析

動的 FEM 解析では、ここまでに実施した 2 次元静的 FEM 解析と同一の解析モデルを使用した。地盤物性値、地盤の動的変形特性、解析ケースおよび入力地震動は、2 次元静的 FEM 解析と同じである。解析モデル条件については、浄化槽端部から側方境界までの距離と地盤モデルの高さが同じであるが、側方境界条件を伝達境界とし、底面境界条件を粘性境界とした。側方境界を伝達境界とするのは、地盤の半無限性を考慮し地震波動が側方境界に伝播・逸散する状況を反映するためである。また、底面境界を粘性境界とするのは、入力地震動が工学的基盤位置における入射波 (2E 波) で定義されているためである。なお、解析モデルより下部の基盤のせん断波速度  $V_s$  は、工学的基盤相当の 300m/sec とした。

### 3) 結果

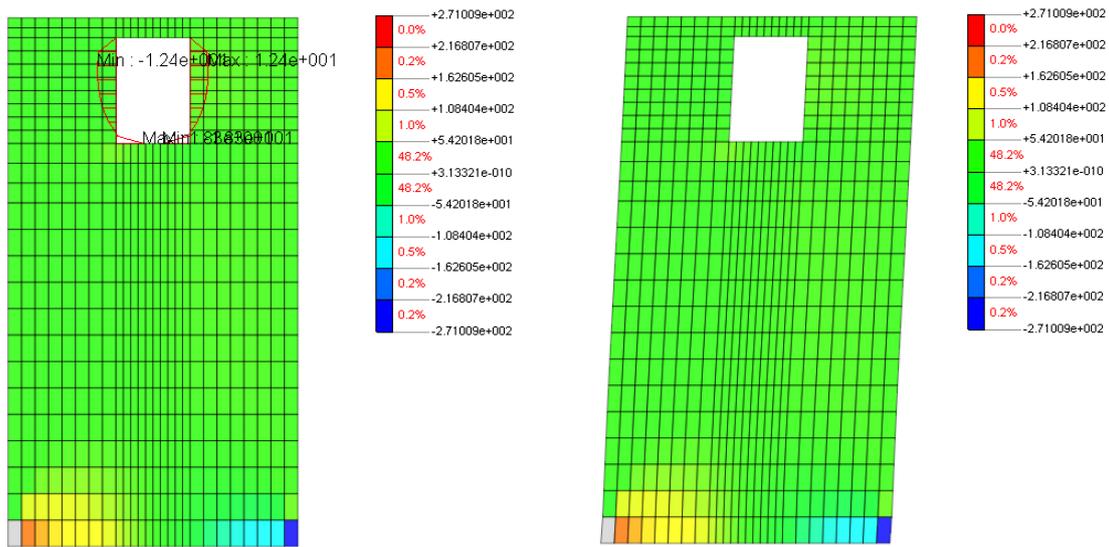
#### ①2 次元静的 FEM 解析

浄化槽を剛体として 2 次元静的 FEM 解析により地震時土圧を算出した結果、浄化槽端部から側方境界までの距離  $H$  の違いによる若干の差は見られたものの、地盤の堅さの違いによる差はほとんど見られなかった (図 1.2-55、1.2-56)。本解析で得られた地震時増分土圧の値は、最大で  $27\text{kN/m}^2$  であった。



変形前 (左)、変形後 (右)

図 1.2-55 土圧の解析結果 ( $V_s50-1h$ )



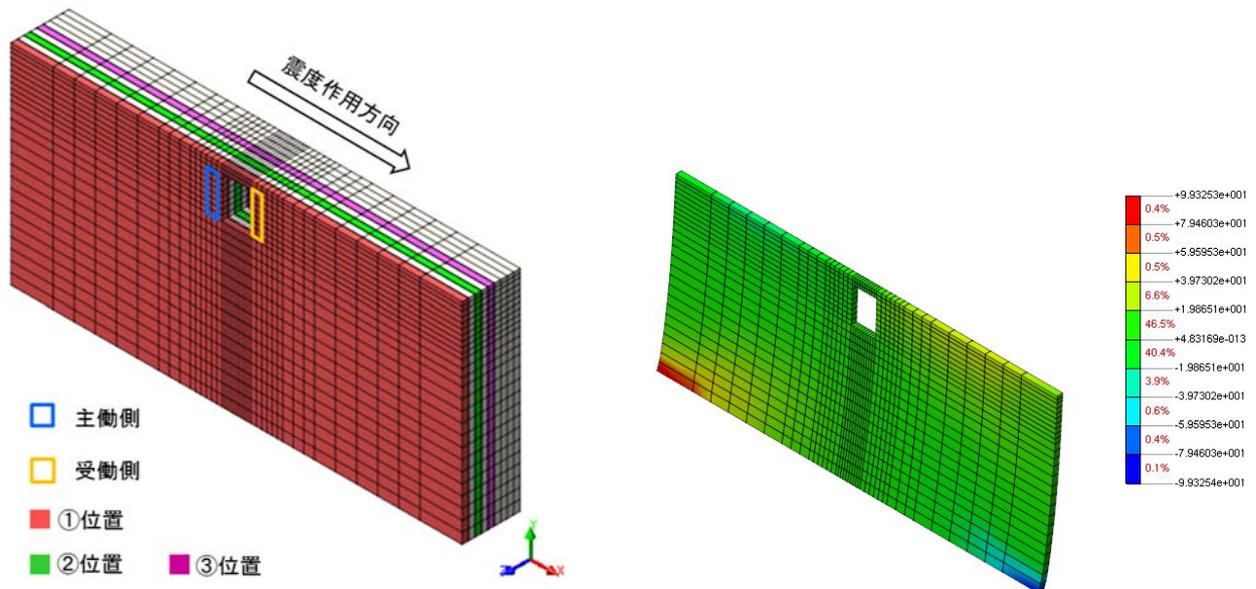
変形前 (左)、変形後 (右)

図 1.2-56 土圧の解析結果 (Vs150-1h)

### ②3 次元静的 FEM 解析

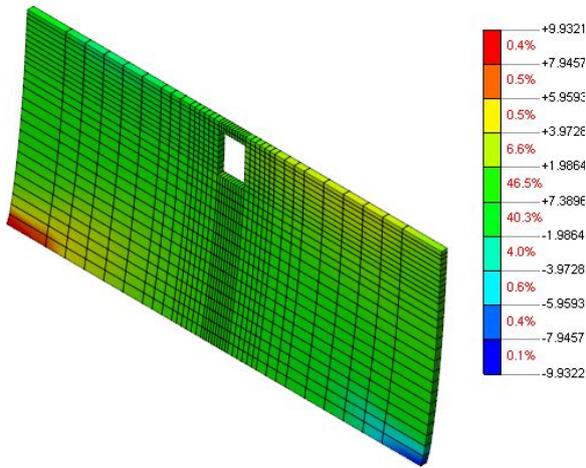
2次元解析の結果からパラメータを絞り込み、構造物と地盤を一体としてモデル化した3次元FEMモデルを用い、地盤要素に慣性力を静的に作用させて地盤変位や地盤内応力を求める応答震度法により解析を行った(図1.2-57、1.2-58)。

地震時の土圧の増分を見ると、地盤剛性(地盤せん断波速度)の違いにより土圧値の差が生じ、地盤剛性が小さいほど土圧値が増加する傾向がみられた。また、地盤の固いVs150のケースで最大7.7kN/m<sup>2</sup>程度、軟らかいVs50のケースでも最大16kN/m<sup>2</sup>程度であり、2次元解析の結果よりもやや小さい土圧値を示した。

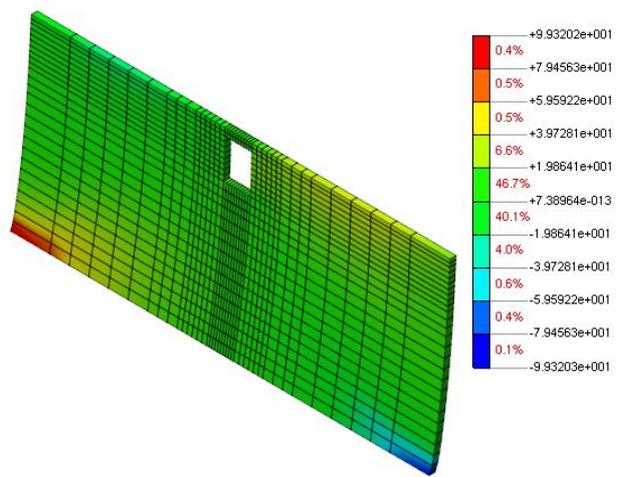


(a) 構造物位置の応力抽出イメージ図

(b) ①位置の応力分布



(c) ②位置の応力分布



(d) ③位置の応力分布

図 1.2-57 土圧の分布状況 (Vs100)

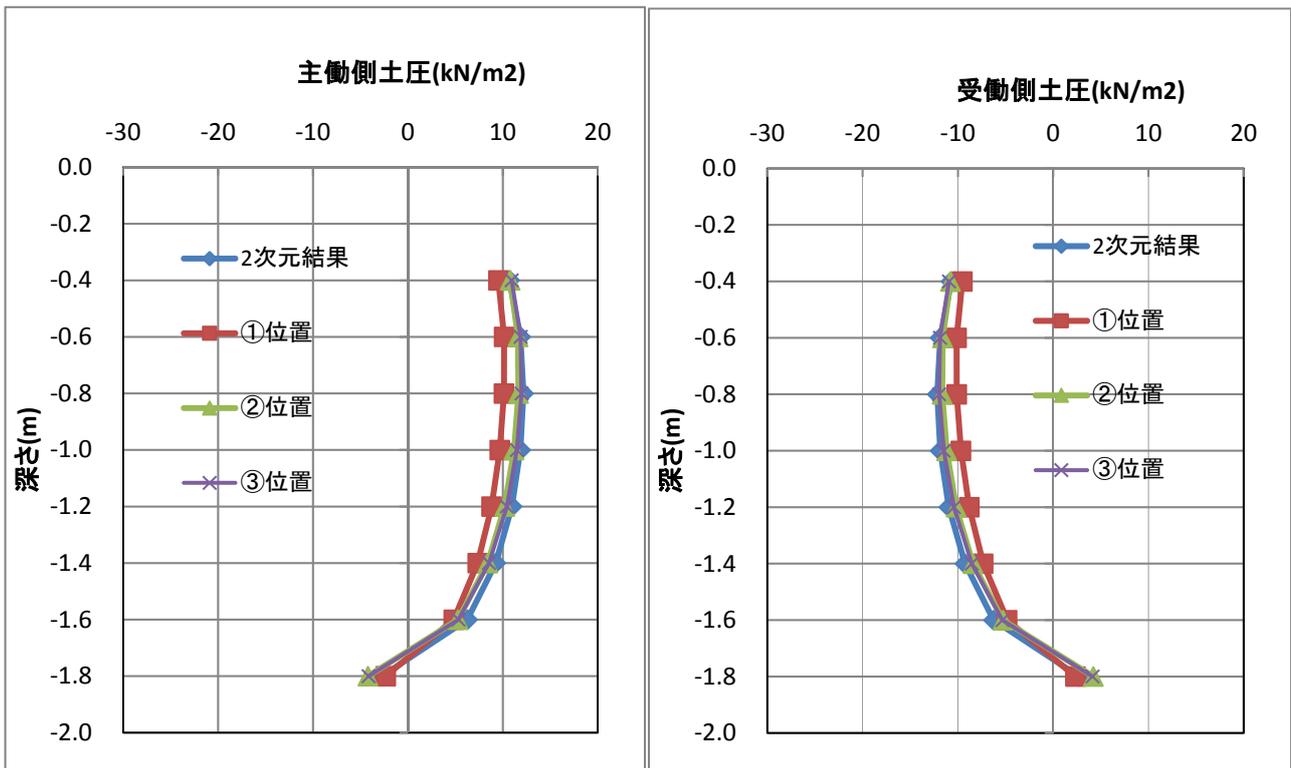


図 1.2-58 土圧の解析結果 (Vs100)

### ③地盤非線形および震度の深度分布を考慮した静的 FEM 解析

一次元地盤応答解析により、水平震度の算出を行った。地表面における応答加速度が最大になる時点の応答値の深度分布をもとに、加速度値 (gal) を 980 で割って震度に換算し、静的 2 次元 FEM 解析の作用震度とした。また、収束せん断波速度をもとに、せん断剛性の収束値を求め、さらにポアソン比を介してヤング係数を算出し 2 次元静的 FEM 解析に用いる弾性定数とした。2 次元静的 FEM の結果、図 1.2-59 に示す土圧の深度分布を算出できた。

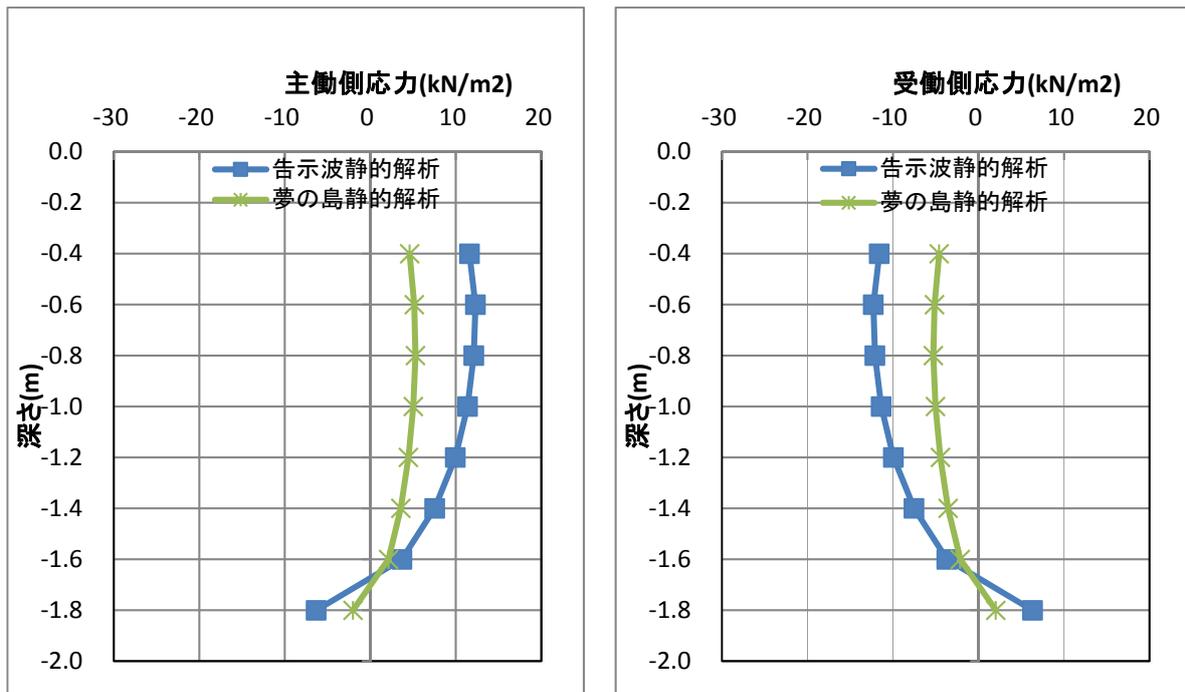


図 1.2-59 土圧の震度分布 (地盤非線形と震度の深度分布を考慮した 2 次元静的 FEM)

### ④動的 FEM 解析

地震動の増幅・減衰等を考慮するため、動的 FEM 解析を行った。地盤の半無限性を考慮し地震波動が側方境界に伝播・逸散する状況を反映するため、側方境界を伝達境界とし、入力地震動が工学的基盤位置における入射波 (2E 波) で定義されているため底面境界を粘性境界として、動的 FEM 解析を行った結果、図 1.2-60 に示す土圧の深度分布が得られた。

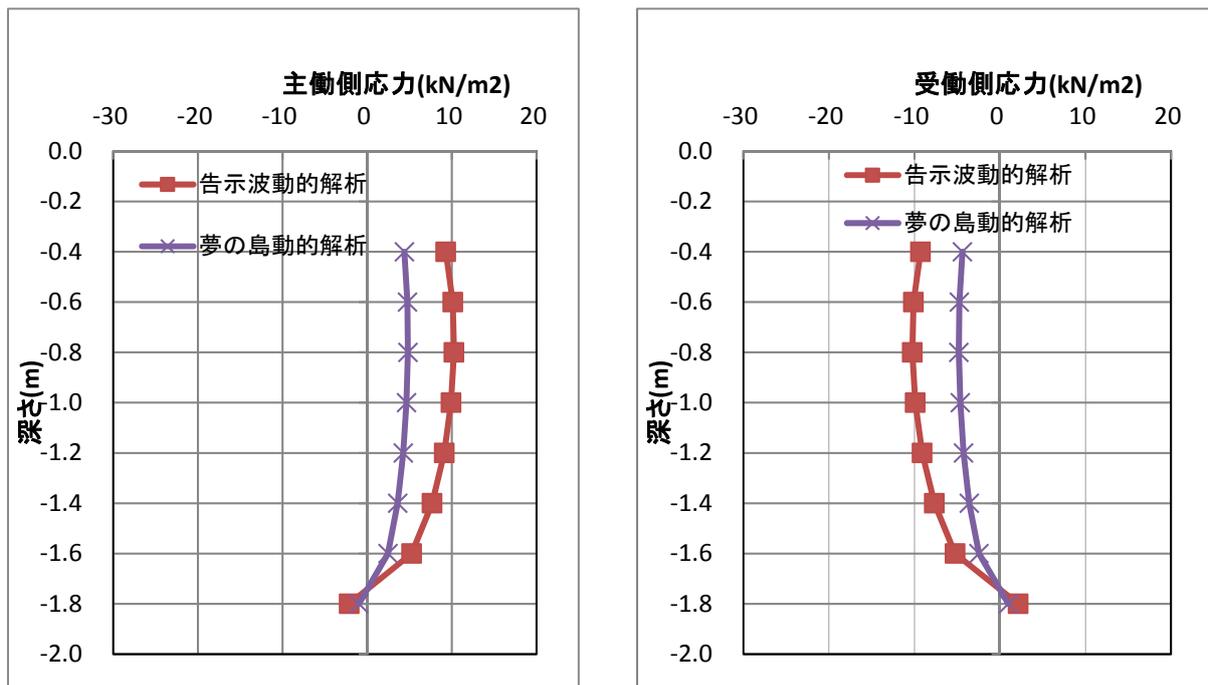


図 1.2-60 土圧の深度分布（動的 FEM 解析）

#### 4) 考察

##### ①2次元静的 FEM 解析

浄化槽を剛体として地震時土圧を算出したが、土圧値が地盤剛性（地盤せん断波速度）に依存しないことが判明した。これは、浄化槽が剛体であるために、土圧の発生が浄化槽周辺の地盤反力に依存し、地盤剛性の低下に伴い大きな地震時地盤変位が発生しても、地盤反力も小さくなるのが原因と考えられる。本解析で得られた地震時増分土圧の値は、最大で  $27\text{kN/m}^2$  であった。浄化槽は実際には剛性を有しており、浄化槽の剛性を考慮すれば土圧値は小さくなることが考えられ、浄化槽を剛体としたケースは大きめの土圧を評価するものと考えられる。

##### ②3次元静的 FEM 解析

浄化槽を剛体にすると土圧の安全側の評価になるが、実情にあった土圧値の評価を行うため、浄化槽の剛性を考慮した。浄化槽の剛性を考慮した場合、2次元解析と3次元解析を比較すれば、ほぼ同じか3次元解析がやや小さい土圧値を示した。また、地盤剛性（地盤せん断波速度）の違いにより土圧値の差が生じ、地盤剛性が小さいほど土圧値が増加する傾向がある。

浄化槽の剛性を考慮した場合、地盤せん断波速度  $50\text{m/sec}$  のケースの土圧値が最大で  $16\text{kN/m}^2$  であった。浄化槽を剛体とした場合、奥行方向（浄化槽長辺方向）に土圧が変化し、浄化槽端部で土圧が大きくなる傾向が見られた。これは、構造物の剛性が大きいために、端部において土圧反力に応力集中が生じるためと考えられる。

##### ③地盤非線形と震度の深度分布を考慮した静的 FEM 解析

一次元地盤応答解析結果によれば、告示波（極めて稀に発生する地震動）を用いた場合で、地

表面での震度が 0.338 となり、2 次元および 3 次元の解析で用いた一様震度 0.57 よりも小さい結果となった。地震動として告示波（極めて稀に発生する地震動）と夢の島 EW を用いた場合、それぞれの土圧値は、最大で  $12\text{kN/m}^2$  および  $5\text{kN/m}^2$  であった。

#### ④動的 FEM 解析

動的 FEM の結果と地盤非線形と震度の深度分布を考慮した静的 FEM 解析の結果を比較すると、地震動として夢の島 EW を用いた場合には、土圧値がほぼ一致した。一方、告示波（極めて稀に発生する地震動）を用いた場合には、動的 FEM のほうがやや小さい土圧値となった。告示波（極めて稀に発生する地震動）を用いた場合、土圧値が最大で  $10\text{kN/m}^2$  であった。

今回の解析結果から、地震時の浄化槽への加重分布を概ね把握することができた。今後は、これらの数値から適切な評価試験、解析方法に繋げることが重要である。通常、浄化槽の強度試験では、浄化槽を水中に沈めることによる耐圧性評価が用いられる。地震によって増加する圧力を試験条件に反映することで、簡易に評価が可能となる可能性がある。

#### 5) 課題

今後、得られた数値を用いて実際の浄化槽の強度試験への反映を試みるとともに、その妥当性を評価し、評価基準を確立する。

#### 6) まとめ（要約）

地震時の浄化槽への加重分布を試算した結果、極めて稀に発生する地震に対しては、土圧値は最大で  $10\text{kN/m}^2$  であった。浄化槽の強度試験への反映によって、浄化槽の耐震性を評価できる可能性が示唆された。

#### 参考文献

- 1) 環境省：東日本大震災における浄化槽の被害状況（平成 23 年 6 月 6 日）（2011）
- 2) 社団法人道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、1999.

## (2) 災害時のし尿・汚泥の輸送・処理に関する研究

### 1) はじめに

災害対策基本法（平成 25 年 6 月一部改正）では、避難所における生活環境の整備として、避難所に滞在する被災者の生活環境の整備に必要な措置を講ずることが明示されている。実際、東日本大震災では、特に排水処理施設の被災から生じた水洗トイレの使用制限は、避難者、被災者にとって大きなストレスとなり、また、衛生面からもその対策が必要となった。仮設トイレが十分に設置された避難所等においても、トイレ洗浄水の不足やし尿収集車の配車が追いつかない状況から、糞が大量に便器内に残った事例も聞かれた。避難所における良好な生活環境の確保に向けた取組指針（内閣府、平成 25 年 8 月）においては、避難所において備蓄を検討するものとして、仮設トイレ、自家発電装置、非常用発電機、トイレ等の生活用水の確保などが挙げられているが、どの程度、どのように確保するかは示されていない。すなわち、避難所に求められる具体的な設備や各種算定方法に関する知見の集積が重要と言え、少なくとも避難所や防災拠点等においては、災害時においても水洗トイレおよび汚水処理を可能とするシステムの適用が期待される。

一方、災害によってし尿処理施設が停止した場合、避難所の浄化槽汚泥や周辺の仮設トイレのし尿・汚泥は、周辺施設での受入を調整し、輸送することとなる。但し、各施設で受け入れられる量には制約があるため、近隣他県の施設へ移送する必要性も想定される<sup>1)</sup>。そのような広域的輸送では、小型車両による個別収集と大型車両への積み替え・二次輸送という中継輸送が有効になると考えられる<sup>2、3)</sup>。このように災害時の対応については、平時において、想像力を最大限に働かせ、適切な災害時の協力協定などを進めておくことが重要であり、それを支える研究の観点からも、災害研究<sup>4)</sup>として被災前にシミュレーション用のモデルを作成し、平時より具体的な検討を重ねておくことが肝要である。

これまでに、し尿処理における震災直後の短期的な対策として、混合整数計画法（MILP: Mixed Integer Linear Programming）を用いることで中継基地を導入した広域的輸送計画モデルの提案を行ってきた<sup>3)</sup>。本研究では、こうした提案を具体的にしていく上で、既存の地域防災計画におけるし尿処理対策の現状を調査するとともに、広域自治体、基礎自治体へのヒアリングを通じて、課題の整理を行った。

### 2) 方法

#### ① ヒアリング調査

3つの広域自治体および4つの基礎自治体について、それぞれ、調査シートを基にヒアリングを行った。広域自治体向けには、広域的な課題への対応、基礎自治体間の調整等について、基礎自治体向けには、必要トイレ数の想定や備蓄の過不足、仮設トイレの設置に伴うし尿輸送・処理計画など、より具体的な項目を盛り込んで調査を実施した。

#### ② 広域自治体向け調査項目

質問 1：災害時のとりまとめについて

設問 1-1：被害の状況のとりまとめについて
------------------------

災害が発生した際、被害の状況等を取りまとめる部署をお教えてください。
------------------------------------

質問 2：災害用トイレの対策について

設問 2—1：災害用トイレの備蓄数及び供与について
災害用のトイレについて、現状、何基備蓄をしておりますか。また、備蓄しているトイレの供与に際しては、どのような基準（優先度）で各市町へ供与されますか。
設問 2—2：災害用トイレのあっせんについて
災害用トイレのあっせんについて、あっせん可能な基数にも限りがあることと存じます。設問 2—1 と同様にどのような基準にてあっせんを行いますか。
設問 2—3：トイレ設置の基準について
トイレの設置基準について、何人に一人の割合で設置するように各市町へ呼びかけておりますか。また、その際の基準はどのようにして決めましたか。

質問 3：し尿・汚泥の輸送対策について

設問 3—1：市町や関係団体への要請について
市町がし尿の収集運搬に必要な車両や人員の確保が困難である場合には、どのような市町や関係団体へ応援の要請をする計画となっておりますか。

質問 4：下水道投入について

設問 4—1：法律の整理・管轄省庁との調整について
地域防災計画に「収集したし尿を下水処理場で処理する」と明記している市町もごさいますが、ご存じの通り、くみ取ったし尿の処理と下水の処理は省庁の管轄及び遵守すべき法律が異なります。環境省や国土交通省などとの調整が必要と存じますが、災害時において収集したし尿の処理に関し、どのような調整がなされておりますでしょうか。
設問 4—2：補助金の整理について
下水道処理場は国や県からの補助金を用いて整備されているかと存じますが、災害時に収集したし尿を下水処理場で処理する場合、補助金の取扱いについてはどのようになされておりますでしょうか（返還要求の想定など）。
設問 4—3：他部局との調整について
地域防災計画に「収集したし尿を下水処理場で処理する」と明記している市町があることは把握されているかと思いますが、し尿の下水道投入について他部局（下水道局等）とはどのような調整がなされておりますでしょうか。

質問 5：し尿処理について

設問 5—1：他府県・関係団体への要請について
県内市町からの要請で他府県へし尿処理の応援要請を行う場合、どの他府県やどのような関係団体へ要請を計画していますか。また、どのような要請を行いますか。
設問 5—2：関係省庁への要請について
県内市町からの要請で広域的な処理体制を確保するために関係省庁へ支援の要請が必要となった場合、どの省庁へどのような要請を想定しておりますか。
設問 5—3：他府県からの要請について[受入れについて]
他府県の被災市町から広域的な処理の支援要請があった場合、どのような対応をなされますか。

### ③基礎自治体向け調査項目

質問1：災害時のとりまとめについて

設問1-1：災害発生時の被害状況を取りまとめる部署について
災害が発生した際、被害等の状況を取りまとめる部署をお教えてください。
設問1-2：被害状況の把握方法について
災害発生時には携帯電話等の通信手段が使用不可となる可能性も想定されます。その際に、どのような方法を用いて被害の状況を把握なさいますか。また、携帯電話等の通信手段が使用できる場合にはどのように被害の状況を把握なさいますか。

質問2：災害用トイレの対策について

設問2-1：仮設トイレの設置基準について
仮設トイレ（下水道直結式を含み、簡易パック式を除く）を設置するにあたり、避難所や緊急避難場所においてどのような設置基準を設けておりますか。また、設置基準の設定根拠につきましても御回答をお願いします。
設問2-2：設置・配布する災害用トイレ不足について
設問2-1でお答え頂いた設置基数について、トイレ不足等の想定はございますか。また、トイレの不足がございましたらどのような対策をなされますか。
設問2-3：設置した仮設トイレの回収の基準について
設置した仮設トイレについて、回収期限等の基準を定めておりますか。

質問3：し尿・汚泥の輸送対策について

設問3-1：し尿輸送に関する想定について
災害時のし尿輸送に関して、想定している一日当たりの輸送量、し尿運搬車両の保有台数についてお教えてください。
設問3-2：収集運搬業者との調整について
し尿の収集運搬業者に災害時の輸送の応援をされる場合、収集費用の負担についてどのような整理がなされていますか。
設問3-3：し尿収集車の車両登録について
し尿の収集車両について、災害時における緊急通行車両の登録の計画はございますか。また、事前届等はされておりますか。事前届けをされている場合は、登録している車種と台数を御回答下さい。
設問3-4：他都市に応援要請する際の中継地の設定について
他都市に応援要請する際に、中継地として想定している場所はございますか。また、場所の設定がございましたら、設定理由もご記入をお願いします。

質問4：下水道投入について

設問4-1：下水道への直接投入について
収集したし尿の処理について、下水道管渠への直接投入は行いますか。
設問4-2：下水道投入の際の固形物の詰まり対策について
下水道投入の際に固形物の詰まり対策はなされておりますか。
設問4-3：下水道管渠での想定投入量について
下水道へ直接投入するにあたり、一日当たりの想定投入量はございますか。

設問 4—4：法律の整理・管轄省庁との調整について
ご存じの通り、くみ取ったし尿の処理と下水の処理は省庁の管轄及び遵守すべき法律が異なります。災害時において収集したし尿の処理に関し、環境省や国土交通省などとの調整が必要と存じますが、どのような調整がなされておりますでしょうか。
設問 4—5：補助金の整理について
下水道処理場は国や県からの補助金を用いて整備されているかと存じますが、災害時に収集したし尿を下水処理場で処理する場合、補助金の取扱いについてはどのようになされておりますでしょうか（返還要求の想定など）。
設問 4—6：合流式下水道及び分流式下水道の割合について
合流式下水道及び分流式下水道の割合について御記入をお願いします。

#### 質問 5：し尿処理について

設問 5—1：想定輸送量の全量処理について
現状想定している輸送量に対し、現状計画している処理施設にて全量を処理することは可能ですか。
設問 5—2：災害時に発生し余剰となったし尿の処理について
災害時に発生し、余剰となったし尿の処理について（現状処理している施設の処理能力を超えた量が発生した場合の処理について）、どのように処理する計画となっておりますか。災害時に発生した余剰分の処理に関する計画の御記入をお願いします。
設問 5—3：災害時の適正処理について
災害時には道路の封鎖等により、薬品類（凝集剤や消毒剤等）の調達が困難になることも想定されますが、適正処理に必要な薬品類などが調達できない場合においても、適正処理を何日分行えるような計画となっておりますか。
設問 5—4：放流水の取扱いについて
下水管渠へ直接投入する場合や、し尿を下水処理場で処理する場合において、放流水の取扱いはどのようになっておりますか。放流先の規制の有無や、規制がある場合の対策など、可能な範囲で御記入をお願いします。

### 3) 結果

#### ① 広域自治体

被害状況等のとりまとめについては広域自治体による差異はなく、人口の移動や帰宅困難者数の把握に関しては災害対策を行う部局（防災局など）、し尿処理場の被害状況に関しては一般廃棄物に関連する部局（環境局や環境部など）、仮設トイレ供与・あっせんのための道路状況に関しては道路に関連する部局（土木局など）がとりまとめ、災害対策本部などへ情報が集約される流れになっていた。なお、基礎自治体から広域自治体への迅速な被害状況の情報集約のため、災害時用の情報システムを独自に運用するといったケースも見られた。しかしながら、広域的な応援要請をする際の拠点として、物資の備蓄拠点や大型ヘリコプターの臨時発着スペースなどが確保されているものの、し尿を広域処理するための拠点について計画しているといった回答は得られなかった。

災害用トイレについては、広域自治体が備蓄するトイレは基礎自治体で不足する分を補填する

という考え方であり、都市間による差異は見受けられなかった。また、どのケースでも供与やあっせんの明確な基準は定められていなかった。なお、災害用トイレの管理については、防災に関する部局だけでなく、社会福祉に関する部局の管轄であるケースも見られた。災害用トイレの設置基準については、「避難者 75 人当たり 1 基」の確保を努めると明示されているケースがある一方、他の広域自治体では特に定めていないケースもあった。「避難者 75 人当たり 1 基」は、阪神淡路大震災での事例から広く知られている値であり、多くの自治体で参考とされていると考えられる。

し尿・汚泥の輸送対策については、広域自治体が域内の一般廃棄物収集運搬業者団体や浄化槽の指定検査機関、清掃業・保守点検業者の組合、建設機械器具賃貸業の団体等と協定を締結しているとの回答があったが、本来的に基礎自治体の業務であり、要望に応じて調整するという形になっている。一方、広域自治体として他の広域自治体と災害協定を締結しているケースもあった。

災害時に収集したし尿を下水道で処理する場合、し尿の処理と下水の処理では管轄する省庁が異なるため、事前の理解を得るために広域自治体と基礎自治体が災害時の一般廃棄物処理及び下水処理に係る相互応援に関する協定を結んでいるケースがあった。

## ②基礎自治体

仮設トイレの要不要については、自治体によって、災害対策を行う部局（防災課など）や一般廃棄物に関連する部局（環境局や環境部など）など、とりまとめる部局が異なっていた。一方、し尿処理場やし尿収集業者の被害状況については、一般廃棄物に関連する部局（環境局や環境部など）がとりまとめ、災害対策本部などへ情報を連絡する流れは基礎自治体間での差異はなかった。被害状況の把握方法については、無線や災害用携帯電話を配備しており、独自の情報システムを整備して被害状況を迅速に把握できるような計画がなされているケースもあった。

災害用トイレについては、どの基礎自治体も阪神・淡路大震災の記録や地域防災計画の被害想定を元に設置基準を設けていたが、時間軸ごとに設置基準を設定していたのは一部の基礎自治体のみであった。なお、75 人に 1 基という数字は、阪神・淡路大震災の記録などから設定された数値であり、住民からの苦情が少なくなる基準を目指すものであるが、一部の基礎自治体では昼間の帰宅困難者が 30 万人と想定されており現実的に配備できる数ではないため、そのような基準は設けず、可能な限り多くの数を配備するといったケースがみられた。

設置した仮設トイレの回収基準については、どの基礎自治体も設けていないという回答であった。一部の自治体では、被害が収まった後に回収したトイレを保管する場所の確保も困難になるのではないかとの回答もあった。

し尿の輸送については、具体的にし尿収集車両の台数や輸送回数を考慮して想定輸送量を算出しているケースもあったが、想定輸送量は算出しているものの実際の輸送まで考慮してされていないケース、そもそも、輸送量を算定していないケースも見られた。し尿収集車の保有台数については、都市の特性によって差異が見受けられた。ヒアリングを行ったどの基礎自治体も平時は下水道の処理が主であり、保有台数が少なかった。また、協定を締結している民間業者も複数の自治体と締結している状況であるため、緊急時にはし尿収集車が不足することが懸念された。し尿収集運搬業者との価格調整については都市間で差異はなく、現状は特に定めていないといった回答が多く見受けられた。

し尿の下水道投入については、どの基礎自治体からも緊急時には下水道へ直接投入する場合があるという回答を得た。広域自治体が管理者になっている場合でも、下水道部局との連携により、年に数回、訓練を行うなどの対策もとられていた。

#### 4) 考察

##### ①被害状況等の情報集約について

人口の移動や帰宅困難者数の把握やし尿処理場の被害状況等のとりまとめ方法については、担当部局から災害対策本部へ情報を集約する流れは自治体間で顕著な差異はなかった。基礎自治体から広域自治体への迅速な被害状況の情報集約のため、独自の災害時用情報システムを整備して被害状況を迅速に把握できるような計画がなされているケースもあったが、し尿を広域処理するための情報活用、拠点指定などを計画しているケースは見られなかった。

すなわち、これらの仕組みによって、仮設トイレの設置等については情報集約・対応の迅速化が期待されるが、仮設トイレ等からのし尿の収集・運搬については、具体的な計画づくりが今後の課題になっていると考えられた。

##### ②災害用トイレの備蓄・運用について

災害用トイレについては、基本的に基礎自治体が備蓄し、不足分は広域自治体が補うという考え方が一般的であり、自治体間の差異は見受けられなかった。但し、どのケースでも供与やあっせんの明確な基準は定められていなかった。

災害用トイレの設置基準については、どの基礎自治体も阪神・淡路大震災の記録や地域防災計画の被害想定を元に設置基準を設けていたが、広域自治体では特に設置基準を定めていないケースもあったことから、仮設トイレの過不足の考え方が必ずしも整合しているとは限らない可能性も考えられた。なお、75人に1基という数字は、阪神・淡路大震災の記録などから設定された数値であり、住民からの苦情がほとんどなくなる状態を目指すものであるが、一部の基礎自治体では昼間の帰宅困難者が30万人と想定されており現実的に配備できる数ではないため、そのような基準は設けず、可能な限り多くの数を配備するといったケースがみられた。

被害が収束した後、設置した仮設トイレを回収する際の基準については、どの基礎自治体も設けていないとの回答であった。一部の自治体では、被害が収まった後に回収したトイレを保管する場所の確保も困難になるのではないかとのコメントもあったことから、初動時のみならず、収束期を見据えた計画が必要であると考えられた。

なお、時間軸ごとに設置基準を設定していたのは一部の基礎自治体のみであった。具体的には、防災計画上の避難人数（20万人）と一人1日あたりの排出量（1.4L/人）を勘案し、初動対応時は250人に1基、その後は100人に1基とされており、初動時に800基、その後に2,000基が必要となる。250人で1基を使用した場合、し尿量は1日で350Lとなり、仮設トイレのタンク容量を約400Lとすると、初動対応時には800基すべてで毎日汲み取りを行う必要がある。しかし、し尿収集・処理計画まで具体的な数値で計画している自治体は少なかったことから、実際には困難な可能性がある。し尿の問題は発災直後から生じる重要課題であるが、特に仮設トイレ設置後の収集・処理の計画が抜け落ちやすく、ボトルネックになる可能性が示唆された。

### ③し尿・汚泥の収集・処理について

し尿・汚泥の輸送対策については、広域自治体と各基礎自治体との間で協定が締結されており、さらに域内の一般廃棄物収集運搬業者団体や浄化槽の指定検査機関、清掃業・保守点検業者の組合、建設機械器具賃貸業の団体等と基礎自治体又は広域自治体との間でも協定が締結されていたが、基本的には基礎自治体の業務であり、基礎自治体の要望に応じて広域自治体が対応・調整するという形になっている。広域自治体としては他の広域自治体等とも災害協定に基づいて応援要請が可能となっており、域内では対処しきれない大規模災害への対応が想定されていた。

基礎自治体においては、具体的にし尿収集車両の台数や輸送回数を考慮して想定輸送量を算出しているケースもあったが、想定輸送量は算出しているものの実際の輸送まで考慮してされていないケース、そもそも、輸送量を算定していないケースも見られた。し尿収集車の保有台数については、都市の特性によって差異があり、協定を締結している民間業者も複数の自治体と締結している（登録上は重複している）状況であるため、緊急時にはし尿収集車が不足することが懸念された。

し尿処理施設が被災するなどして処理が間に合わない場合、基礎自治体としては、法令上の整理は別として、緊急時には下水道へ直接投入する可能性があるとのことであった。広域自治体が管理者になっている場合でも、下水道部局との連携により、年に数回、訓練を行うなどの対策もとられていた。なお、災害時に収集したし尿等を下水道で処理する場合、し尿の処理と下水の処理では管轄する省庁が異なるため、事前の理解を得るために広域自治体と基礎自治体が災害時の一般廃棄物処理及び下水処理に係る相互応援に関する協定を結んでいるケースがあった。災害時の汚水処理施設の連携は必然性が極めて高いことから、災害時に担当者が二の足を踏まないためにも、法令および補助要件等の観点から、事前に整理しておくことが望ましいと考えられた。

このように、多くの自治体で災害時のトイレ問題（仮設トイレ等の設置）については対策がなされているものの、し尿の収集・処理など設置後の運用については具体化されていないケースが散見されたことから、災害廃棄物対策指針5)で示されたし尿発生量（1.7L/人・日）の精査や必要となる収集運搬車両数等の算定方法の確立などが重要になると考えられた（図 1.2-61）。

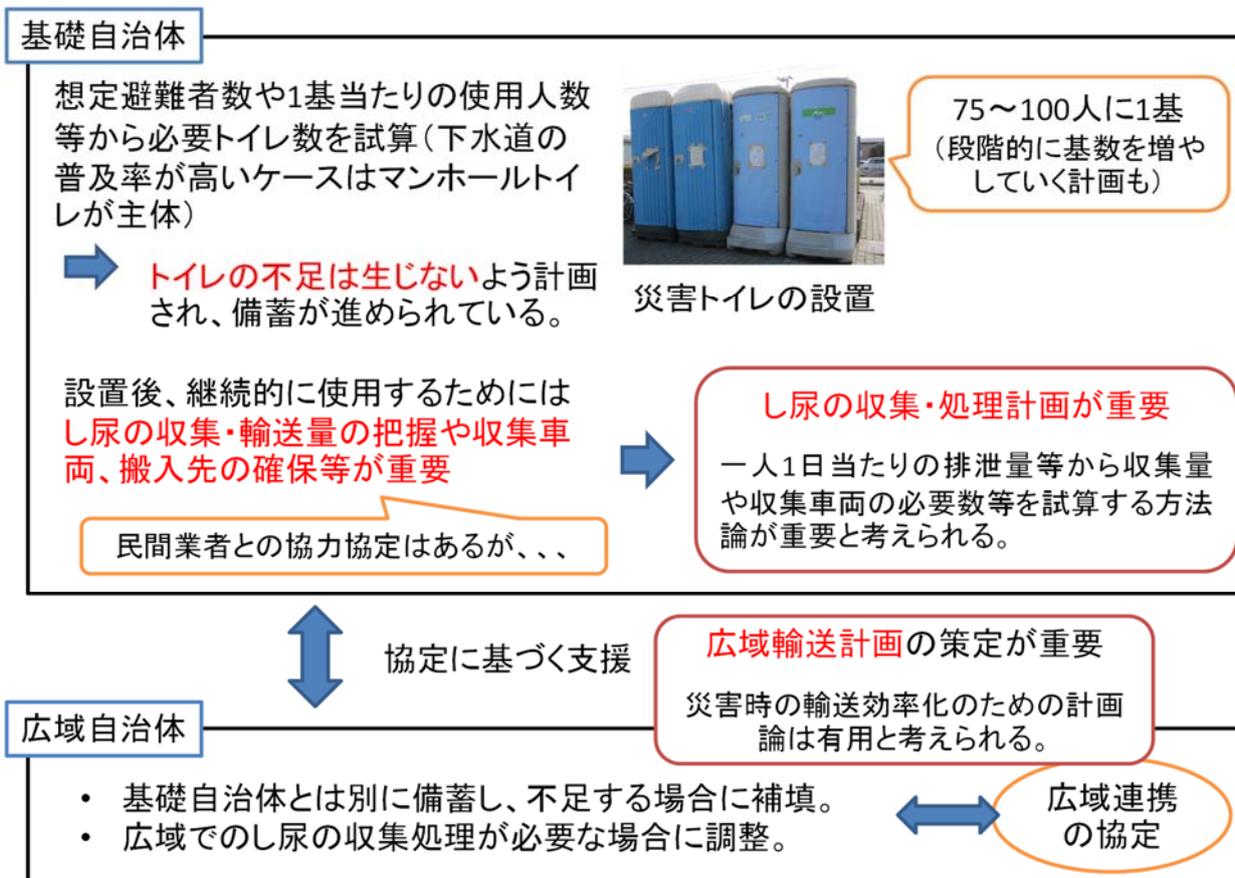


図 1.2-61 災害時のし尿対策計画の状況

## 5) 課題

今回のヒアリングでは、災害時の対応としての仮設トイレの設置やし尿収集・運搬について調査を行った。今後は、具体的な数値の妥当性や必要トイレ数、し尿収集運搬車両数などの算定方法について、検討していく必要がある。

## 6) まとめ (要約)

今回ヒアリング対象とした各都市においては、平時は下水道による処理が主となっているため、仮設トイレではなくマンホールトイレを主体として計画しているケースもあった。下水道の普及率が極めて高い場合、それに反比例して確保している運搬車両の台数が少ないため、災害によって下水道が使用できなくなった場合、特に初動期において、他地域のし尿処理施設又は下水処理施設への運搬能力の不足は深刻なものになる可能性がある。

現在、多くの自治体で災害時のトイレ問題(仮設トイレ等の設置)については対策がなされているものの、し尿の収集・処理など設置後の運用については具体化されていないケースが散見されたことから、災害廃棄物対策指針で示されたし尿発生量(1.7L/人・日)の精査や必要となる収集運搬車両数等の算定方法の確立などが重要になると考えられた。

## 参考文献

- 1) 井土將博：コンサルタントの立場から見た『災害廃棄物処理計画』のあり方、廃棄物資源循環学会誌、Vol.24 No.6、pp.434-441（2013）
- 2) 西出成臣、荒井康裕、小泉明、田崎滋久：混合 I P モデルによるし尿・浄化槽汚泥の広域処理計画に関する一考察、第 15 回廃棄物学会研究発表会講演論文集 I、pp.296-298（2004）
- 3) 荒井康裕・梅沢元太・稲員とよの・小泉明・蛭江美孝：災害時における減災を考慮した広域し尿処理の最適化計画、土木学会論文集 G（環境）、Vol.70, No.6（環境システム研究論文集 第 42 巻）、II\_393-II\_401, 2014
- 4) 大垣眞一郎：新しい科学・技術としての災害研究、廃棄物資源循環学会誌、Vol.24、No.6、pp.401-402（2013）
- 5) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部（2014）災害廃棄物対策指針、技 1-11-1-2 避難所ごみの発生量、し尿収集必要量等の推計方法

### 1.2.5 アジア地域に対応した災害廃棄物管理システムの構築

アジアの都市においては、自然災害や大規模疫病の流行など、突発的な廃棄物量の増大に伴って都市機能が著しく低下することが報告されている。本節では、アジア地域に対応した災害廃棄物管理システムを構築し、国内外における自然災害・家畜伝染病の大規模流行に起因する廃棄物の適正な管理方策を提示するとともに、その管理過程における環境負荷の排出挙動について実態調査を進める。我が国の災害廃棄物ならびに腐敗性廃棄物管理に関する技術・システム移転に向けた検討を実施し、災害廃棄物管理に関する我が国の経験を、アジア地域で頻発する自然災害時における廃棄物の適正管理に生かすための現地適合理化に向けた情報提供を行う。

#### (1) 水害廃棄物の適正管理

水害が頻発するアジアの大都市（バンコク）、中小都市（アユタヤ、フエ）を対象として、水害廃棄物の管理実態に関する実地調査を行った。水害廃棄物の排出量推計を精緻化するための地理的および統計的な情報収集を行った。水害に対するアジア都市の廃棄物管理計画の脆弱性を評価する手法の開発を進めた。

#### 1) アジア都市の自治体職員に対する水害廃棄物管理能力向上

上記自治体の関連部局職員を対象としたワークショップを開催し、それぞれの都市における水害に対する脆弱性を抽出した上で、減災・防災に有効な対策を提示し、その分類及び優先度（表 1.2-36）に関する議論を通じて、水害廃棄物の管理能力向上と地域社会の強靱化を図った。

表 1.2-36 自治体職員向けワークショップで提起された水害廃棄物管理対策と優先性

財源・物資の確保	優先	計画の立案・情報共有	優先	緩和	優先
政府・地方自治体の復興資金援助と流動的な活用	○	災害廃棄物管理に係る資金調達計画	○	市民の水害減災対応能力の向上	
災害を見越した廃棄物の収集運搬・輸送（車両確保・道路整備）・処理に係る支出確保	○	ハザードマップ・警戒指標の作成、警戒・警報・復旧の情報共有システム	○	水害廃棄物データベースの構築	
海外援助組織との連携強化・資金援助	○	水害廃棄物管理の人材育成、自治体体制強化	○	インフラ整備	
民間企業・業界団体との連携・災害時協定（人員・車両・処理体制）の締結	○	水害廃棄物処理計画（収集運搬・処理処分）の事前策定	○	景観・文化財・自然保護上の制限における減災観点からの柔軟対応	
環境関連の予算支出の増加	○	各種都市計画における気候変動への脆弱性の言及	○	処分容量増加、衛生的な処分方式の採用	
仮置場の設置場所・運用計画		水害廃棄物データベースの構築		ライフライン、道路、生活排水	

#### 2) 都市廃棄物管理の水害に対する脆弱性評価ツールの開発

水害時の都市廃棄物管理システムにおける弾力性・脆弱性を診断するための評価ツールの策定を目的として、アジア都市における水害に対する行政およびコミュニティの準備状況ならびに対

表 1.2-37 脆弱性評価ツールの評価項目

<b>Reduce impact of flood on waste management system</b>	
1.1	Waste management facilities are not exposed nor sensitive to flood
1.2	Equipments for waste management system are not damaged by flood
<b>Secure flood waste management (FWM) resources</b>	
2.1	There is enough capacity in locality to temporary store waste
2.2	The city has or can obtain enough resource to manage FW
<b>Adaptively plan for/implement FWM</b>	
3.1	Necessary plans and rules for flood waste management are prepared
3.2	The ability of adaptive planning and management is sufficient
3.3	Basic information necessary for planning appropriate and smooth FWM is available
<b>Prevent flood impact on building and infrastructure</b>	
4.1	Most of the housings will not be affected by flood
4.2	Most of the factories and infrastructures will not be affected by flood
<b>Develop coping capacity of the people</b>	
5.1	Residents can effectively evacuate their household goods before the water arrives
5.2	Residents can effectively separate, store, and dispose waste during and after flood.
5.3	Socially vulnerable people are appropriately empowered to avoid social injustice
<b>Improve vulnerable condition</b>	
6.1	There is a system that enable improvement of FWM capacity
6.2	There is a system that enable learning from previous flood events

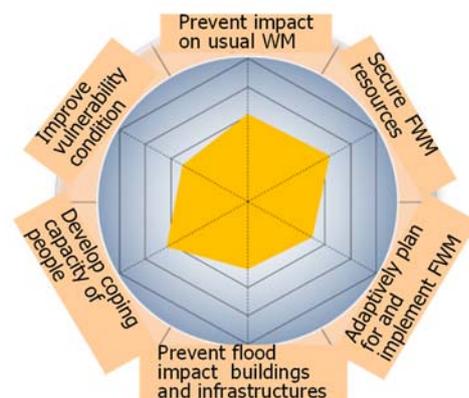


図 1.2-62 都市廃棄物管理の水害に対する脆弱性評価結果の表示例

応実態を調査した。その情報をもとに脆弱性評価の項目と優先度を検討し、水害廃棄物への事前対策・事後対応のあり方（指揮系統、予算・人員確保、物流管理、現場管理、計画立案など）や脆弱性評価ツールの素案を構築した（表 1.2-37, 図 1.2-62）。評価ツールを活用した自己評価の方法について周知するとともに、以下のサイトにおいて公開して広く自治体職員及び市民が利用可能とした。http://waste-management.asia/2015/08/666

## (2) 腐敗性廃棄物の適正管理

旧警戒区域内で一時的に殺処分され埋設された家畜類について、短期間での衛生的な減容化手法を検討した。過年度実施された実証実験に基づき、埋却牛の減容化方法として、生物処理を導入した場合の処理に要する期間および発生最終処分量を推定するとともに、生物処理における放射性セシウムの挙動についても推定した。また福島県内で埋設処分された動物の死体の処理について、実事業として実施する際の技術上の留意点等を取りまとめた。

### 1) 調査方法

#### ①高温生物処理に要する期間の推定

実証実験で用いた発酵槽 (W3.0×L5.0×H1.8 m) を基準とし、処理が必要な埋却牛数を  $N^{animal}$  (頭)、単位牛あたりの容積:  $v^{animal}$  (m<sup>3</sup>)、単位牛あたりの周辺掘削土量:  $v^{soil}$  (m<sup>3</sup>)、単位牛あたりに混合する発酵種量:  $v^{media}$  (m<sup>3</sup>) とした。発酵槽 1 バッチあたりの処理可能量:  $V_{BT}$  (m<sup>3</sup>)、稼動率を  $f$ 、1 バッチあたりの生物処理期間:  $t_{BT}$  (年)、設置発酵槽数:  $N_{reactor}$  とし、埋却牛数処理に要する期間:  $T_{BT}$  (年) を式 1.2-1 より算出した。

$$T_{BT} = \frac{t_{BT}}{N_{reactor}} \times \frac{N^{animal} \times (v^{animal} + v^{soil} + v^{media})}{V_{BT} \times f} \quad (1.2-1)$$

## ②連続生物処理における最終処分量の推定と放射性 Cs 濃度の推定

生物処理においては牛個体の大部分が分解され減容化されるが、個体の一部、土壌、発酵種は残存する。そうした残さの一部は次回の発酵種として利用されるが、必要量( $M^{media}_{n前}$ )を超えた分は余剰物として処分が必要となる。累積処分量:  $M^{residue}_n$  (kg) は式 1.2-2 より導かれる。

$$M_n^{residue} = \sum_{i=1}^n (M_{i後}^{all} - M_{i+1前}^{media}) \quad (1.2-2)$$

なお実証実験では処理過程における放射性 Cs の外部移行が認められなかったことから、生物処理前後では放射性 Cs 量は保存されると仮定した。また発酵種として繰り返し使用される残さの Cs 濃度  $r_{i後}^{all}$  と次処理に用いる発酵種の Cs 濃度  $r_{i+1前}^{media}$  を等しい。生物処理による減量率を  $k_{BT}$  とし、生物処理前  $r_{i前}^{all}$  と後  $r_{i後}^{all}$  での Cs 濃度は式 1.2-3 および式 1.2-4 で算出した。

$$r_{i前}^{all} = \frac{M_{i前}^{media} \times r_{i-1後}^{all} + M_{i前}^{animal+soil} \times r_{i前}^{animal+soil}}{M_{i前}^{media} + M_{i前}^{animal+soil}} \quad (1.2-3)$$

$$r_{i後}^{all} = \frac{r_{i前}^{all}}{1 - k_{BT}} \quad (1.2-4)$$

一方、余剰残さ（最終処分物）中の放射性 Cs 濃度  $r_n^{residue}$  は式 1.2-5 より求められる。

$$r_n^{residue} = \frac{\sum_{i=1}^n \{ (M_{i後}^{all} - M_{i+1前}^{media}) \times r_{i後}^{all} \}}{\sum_{i=1}^n (M_{i後}^{all} - M_{i+1前}^{all})} \quad (1.2-5)$$

表 1.2-38 に上式で用いた各パラメータの値を示す。埋却牛の個体差や土壌条件などにより値が変化するが、本検討では実証実験結果に基づき一定値として設定した。

表 1.2-38 処理期間、最終処分量および放射性セシウム濃度に推定に用いるパラメータ

パラメータ	単位	記号	値	関連式
牛 1 個体当りの体積	m <sup>3</sup> /頭	$v^{animal}$	2.5	式 1
牛 1 個体値の同時処理必要土壌量	m <sup>3</sup> /頭	$v^{soil}$	2.5	式 1
牛 1 頭当りの発酵種量	m <sup>3</sup> /頭	$v^{media}$	7.1	式 1
発酵槽当りの処理可能量	m <sup>3</sup> /batch	$V_{BT}$	18	式 1
1 バッチ処理当りの処理期間	年	$t_{BT}$	0.13	式 1
施設稼働率	-	$f$	0.8	式 1
埋却牛と土壌の混合物量	kg/batch	$M^{animal+soil}_{i前}$	$4.8 \times 10^3$	式 2~6
発酵種量	kg/batch	$M^{media}_{i前}$	$6.5 \times 10^3$	式 2~6
初期発酵種中の放射性 Cs 濃度	Bq/kg	$r^{media}_{0前}$	50	式 2~6
埋却牛と土壌の混合物中放射性 Cs 濃度	Bq/kg	$r^{animal+soil}_{i前}$	1,350	式 2~6
生物処理による減量率（重量比）	w/w	$k_{BT}$	0.2	式 2~6

## 2) 発酵槽数と処理期間の推定

図 1.2-63 に埋却牛数毎の処理期間および処理能力と設置発酵槽数との関係を示す。100 頭の埋却牛( $N_{animal}=100$ )を 1 年間で処理するためには、発酵槽 10 槽で 7 回の処理を行う必要があることが示された。また実証実験と同規模の設計では、処理施設用地として  $A_{area} = 480 \text{ m}^2$  必要になることが試算された。現実的な運転においては処理期間 ( $T_{BT}$ ) だけでなく、施設用地面積 ( $A_{area}$ ) が処理効率の制限要因となることが考えられるため、処理必要頭数を考慮した用地面積を確保することが必要である。

## 3) 生物処理による放射性 Cs 濃縮の推定

図 1.2-64 に連続生物処理による累積最終処分物量 ( $M^{residue}_n$ )、最終処分物中の放射性 Cs 濃度 ( $r^{residue}_n$ ) および発酵種中の放射性 Cs 濃度 ( $r^{all}_i$ ) を示す。次の処理の発酵種として再利用されない余剰残さは 1 回の運転につき  $2.6 \times 10^3 \text{ kg}$  ( $3.17 \text{ m}^3$ ) 発生すると算出された。発酵種および余剰残さ中の放射性 Cs 濃度の上昇は、連続処理回数の増加に応じて緩やかになることが示された。20 回繰り返し処理を行った際の発酵物 ( $r^{all}_{20}$ ) および余剰残さ ( $r^{residue}_{20}$ ) の放射性 Cs 濃度は  $2,010 \text{ Bq/kg}$  および  $2,225 \text{ Bq/kg}$  と算出された。これは、埋設地の周辺土壌の同時処理の影響で、残さ発生量が比較的多く (7 週間後の減量率 20%) かったことが要因として考えられる。本検討では処理対象の牛個体および周辺土壌の放射性 Cs 濃度を一定としたが、実施上は搬入物の性状を事前に把握し、処理中および処理後の放射性 Cs 濃度を予測することで、発酵種の繰り返し利用の制限や作業者の安全確保など運転管理上の安全対策につなげることが必要である。

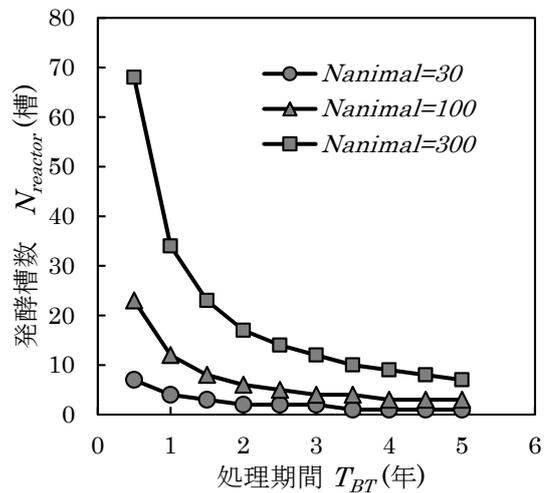


図 1.2-63 発酵槽数と処理期間

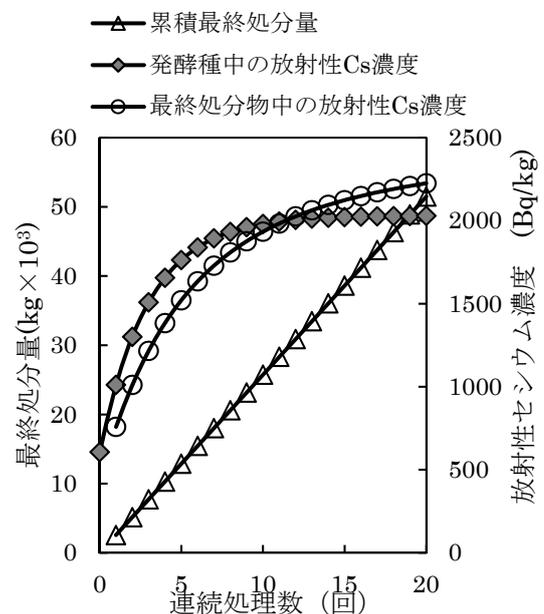


図 1.2-64 余剰残さ量と発酵物中の放射性 Cs 濃度

### 1.3 災害廃棄物処理に係るマクロ・ミクロ両面からの制度・マネジメントの確立

#### 1.3.1 災害廃棄物分野の日本型標準的なマネジメントシステムの構築

##### (1)はじめに

災害時には、膨大な災害廃棄物の発生や有害物質の拡散、上下水道など都市環境システムの被災、水環境における水質リスクなど、人命・健康・環境に影響を与えるさまざまな課題が混在して発生し、平常時とは異なる対応、すなわち、災害時の環境マネジメントが求められる。つまり、災害時の環境マネジメントにおいては、災害マネジメントに基づく環境リスクのマネジメント手法が必要となり、環境分野における緊急時マネジメントを包含することが重要である。したがって、災害環境マネジメントの構築に向けて、環境分野における危機管理の現状把握を行うことが必要である。

そこで、危機管理における事業継続マネジメントに着目し、基礎自治体における事業継続に係る計画策定状況に関する現状把握に関する調査を行う。

##### (2)事業継続マネジメントについて

我が国における防災部局（事業継続ガイドライン第三版-あらゆる危機的事象を乗り越えるための戦略と対応-）ならびに欧米の環境部局における事業継続に関するガイドライン（Business Continuity Planning for Water Utilities: Guidance Document）等について文献収集や関係機関に対するヒアリング調査を実施することで情報収集を行う。そのうえで、廃棄物の処理及び清掃に関する法律第1条から読み取れる廃棄物部局のミッションである、「市民や社会との信頼関係を構築し、適正な廃棄物処理という事業活動を通じて、市民や地域の環境衛生の安全・安心を衛る」という観点から、我が国における環境部局や廃棄物部局における事業継続計画（BCP）、あるいは危機管理計画に求められる条件について検討する。

##### 1)事業継続計画

災害の多い我が国では、企業・組織が災害時にも事業が継続でき、かつ、重要業務の操業レベルを早急に災害前に近づけることができるよう、事前の備えを行うことが重要である。このような事業の中断・阻害に対応し、事業を復旧・再開し、あらかじめ定められたレベルに回復するように組織を導く文書化した手順は、「事業継続計画（Business Continuity Plan: BCP）」とよばれる。

そして、企業・組織が、それらへの潜在的な脅威及びそれが顕在化した場合に引き起こされる可能性がある事業活動への影響を特定し、主要な利害関係者の利益などを保護する効果的な対応のための能力を備え、組織の復旧力を構築するための枠組みを提供する包括的な管理手法は、「事業継続マネジメント（Business Continuity Management: BCM）」とよばれる。

事業継続計画については、表 1.3-1 に示すように、国内外で様々なガイドライン等が策定されており、事業継続計画の定義も様々なものがある。こうしたガイドラインの中には、地震などの災害だけでなく、新型インフルエンザやテロなど様々な事象に対応しようとするものがある。

表 1.3-1 事業継続計画のガイドライン等

当初策定年	策定主体	要領名等	備考
1995 年	米国防火協会 (National Fire Protection Association: NFPA)	NFPA1600 Standard on Disaster/Emergency Management and Business Continuity Programs	「ハザード(脅威)」を具体的に特定する点が特徴である。副題は、初版が Recommended Practice for Disaster Management (災害マネジメントのための推奨実践)であったが、2000 年版から現在の Standard on Disaster/Emergency Management and Business Continuity Programs(災害/緊急事態マネジメント及び事業継続プログラムの規格)となっている。
2003 年 3 月	英国規格協会 (British Standards Institution: BSI)	Publicly Available Specification: PAS 56 Guide to business continuity management	Business Continuity Institute(BCI, 事業継続協会)の「Good Practice Guidelines(実践的な指針)」をもとに英国規格協会が規格化したもの。
2005 年 3 月 31 日	経済産業省	事業継続計画 策定ガイドライン	情報産業(IT の障害対策中心)向け BCP ガイドラインである。「企業における情報セキュリティガバナンスのあり方に関する研究会報告書参考資料」として策定された。
2005 年 8 月 1 日	内閣府 防災担当	事業継続ガイドライン	内閣府による民間企業向け BCP ガイドラインである。第 1 版は、企業・組織の災害時における事業継続計画(BCP)の策定促進を目的に「民間と市場の力を生かした防災力向上に関する専門調査会報告書別冊第 III 章」として策定され、平成 25 年 8 月に第 3 版「事業継続ガイドライン—あらゆる危機的事象を乗り越えるための戦略と対応—」として改定されている。
2006 年 2 月 20 日	中小企業庁	中小企業 BCP 策定運用指針	中小企業の特性や実状に基づいた BCP の策定及び継続的な運用の具体的方法が説明されている。
2006 年 11 月	英国規格協会 (British Standards Institution: BSI)	BS25999 Part 1: Code of practice (実践規範)	「ハザード(脅威)」を特定せず、本社機能不全に対する BCM について詳細に説明されている。
2007 年 11 月	英国規格協会 (British Standards Institution: BSI)	BS25999 Part 2: Specification (仕様)	Publicly Available Specification: PAS 56 に代わる事業継続マネジメントの一般仕様書である。

当初策定年	策定主体	要領名等	備考
2010年 4月23日	内閣府 防災担当	地震発災時における 地方公共団体の業務 継続の手引きとその 解説	地方公共団体における業務継続 の取組を支援するため、地震発災時 を想定した業務継続の検討に必要な 事項及び手法等を取りまとめた もの。
2012年 5月15日	国際標準化機 構 (International Organization for Standardization: ISO)	ISO 22301:2012 Societal security -Business continuity management systems - Requirements	地震や火災、IT システム障害や金 融危機、取引先の倒産、あるいは新 型インフルエンザの感染爆発(パン デミック)など、災害や事故、事件な どが現実となった場合に備えて、 様々な企業や組織が、対策を立案し 効率的かつ効果的に対応するため の事業継続マネジメントシステム (BCMS)の国際規格である。
2013年 10月21日	日本工業標準 調査会	JIS Q22301 社会セキ ュリティ -事業継続マネジメ ントシステム -要求事項	ISO 22301 をもとに、技術的内容及 び構成を変更することなく作成さ れた日本工業規格である。
2017年 5月20日	内閣府 防災担当	市町村のための業務 継続計画作成ガイド -業務継続に必須な 6要素を核とした計 画-	有識者等による「地方公共団体の 業務継続の手引き改訂に関する検 討会」が、地方公共団体がより業務 継続計画の策定に取り組みやすい 内容になるよう、あらかじめ策定す べき事項を抽出したもの。
2018年 2月22日	内閣府 防災担当	大規模災害発生時に おける地方公共団体 の業務継続の手引き	原因となる災害を、地震としてい た「地震発災時における地方公共団 体の業務継続の手引きとその解説」 (平成22年4月)を、自然災害一般に 拡大して改定したもの。

地震、新型インフルエンザ、テロなど周辺状況の変化・出現（原因事象）によって、業務の中断・阻害など（結果事象）がもたらされる。地震、新型インフルエンザ、テロなどは、潜在的な危害の源である「ハザード（脅威）」とよばれ、業務の中断・阻害といった目的に対する不確かさの影響は「リスク」とよばれる。「ハザード（脅威）」は、「リスク」の源（リスク源）となるものであり、原因事象の大きさとその発生の起こりやすさで表されることが多い。これに対して「リスク」は、結果事象の大きさとその発生の起こりやすさで表されることが多い。「リスク」をその大きさと発生の起こりやすさで表すことなどにより特定し、「リスク」の種類と大きさを理解・決定し（リスク分析）、「リスク」に対する態度を決定するための評価（リスク評価）を行い、組織を指揮統制するための活動が「リスクマネジメント」であり、こうした「リスクマネジメント」の一つが事業継続計画である。

## 2) 我が国における地域防災計画と事業継続計画

表 1.3-2 に事業継続計画と地域防災計画との違いを示す。地方公共団体の防災対策を定めた計画としては、災害対策基本法 36 条に基づく「防災業務計画」としての地域防災計画がある。地域防災計画は、災害予防対策、災害応急対策、復旧・復興対策について実施すべき事項を定めるものである。

しかし、地域防災計画の策定過程においては、地方公共団体自身が被災し、制約が伴う状況については、必ずしも検討されていない。実際に、過去の災害においては、業務継続に支障を及ぼす庁舎の被災や停電等の事例も見受けられた。こうしたことから、大規模な地震発災時にあっても、業務を円滑に遂行できる体制をあらかじめ整えておくことが必要である。地方公共団体自身が被災して制約が伴う状況下にあっても、業務が遂行できる体制をあらかじめ検討しておくことは、業務継続計画の必要性の理由の一つである。

次に、地方公共団体が平常時から担っている住民への公共サービスには、災害時においても継続が求められる業務が含まれている。このことから、大規模な地震発災時に優先的に継続すべき通常業務の特定及びその執行体制についても、応急業務と併せて、あらかじめ検討しておく必要がある。しかし地域防災計画は、このような応急業務の枠を超える業務についてまで網羅する性格のものではない。応急業務に限らず、優先的に継続すべき通常業務までを含めた地方公共団体の業務継続体制を検討しておくことは、業務継続計画の必要性のもう一つの理由である。

このように、地域防災計画が防災対策に係る業務内容等を定めることに主眼を置いたものであるのに対し、事業継続計画は、非常時優先業務の合理的な抽出、利用可能な資源に制約がある中での資源配分の合理化、事業継続のボトルネックとなる部分の特定及び対策実施、そして緊急時の対応力を高める組織マネジメントの改善にも主眼を置いているという特徴を有している。

表 1.3-2 地域防災計画と事業継続計画との違い

	地域防災計画	業務継続計画
計画の趣旨	地方公共団体が、発災時または事前に実施すべき災害対策に係る実施事項や役割分担等を規定する。	発災時の限られた必要資源を基に、非常時優先業務を目標とする時間・時期までに実施できるようにする(実効性の確保)。
行政の被災	行政の被災は、特に想定する必要がない。	庁舎、職員、電力、情報システム、通信等の必要資源の被災を評価し、利用できる必要資源を前提に計画を策定する。
対象業務	災害対策に係る業務(予防業務、応急対策業務、復旧・復興業務)を対象とする。	非常時優先業務を対象とする(災害応急対策業務等だけでなく、優先度の高い通常業務も含まれる)。
業務開始目標時間	一部の地方公共団体では、目標時間を記載している場合もあるが、必要事項ではない。	非常時優先業務ごとに業務開始目標時間を定める必要がある(必要資源を確保し、目標とする時間までに、非常時優先業務を開始・再開する)。
業務に従事する職員の飲料水・食料等の確保	業務に従事する職員の飲料水・食料、トイレ等の確保等に係る記載は、必要事項ではない。	業務に従事する職員の飲料水・食料、トイレ等の確保等について検討の上、記載する。

出典：内閣府防災担当、「地震発災時における地方公共団体の業務継続の手引きとその解説第1版(手引き)平成22年4月」

(<http://www.bousai.go.jp/taisaku/chuogyoumukeyozoku/chiou/pdf/h22tebiki.pdf>)

### (3) 災害廃棄物処理を考慮した事業継続

円滑な災害廃棄物処理実施においては、事前の災害廃棄物処理計画と事後の処理実行計画が必要となる。災害廃棄物処理計画においては、いわゆる Action Plan（アクションプラン）の要素が不可欠であり、処理実行計画の実施を円滑にするための Mitigation（被害抑止）、Prevention（予防）、Preparedness（被害軽減）の視点、施設整備や情報システム整備など中長期的な視点、処理実行計画を策定することができ、かつ実行することができること、そのための災害対応業務チェックリストや処理実行計画の具体的な策定手順が記載されていることが必要である。一方、処理実行計画は、災害発生後に作成するものであることから、Incident Action Plan の要素が求められる。つまり、5W1H が明確であり、災害状況、被害状況、外的環境、内部要因、状況予測、時間経過が考慮されており、かつ測定評価可能であることが必要である。つまり、災害廃棄物対策においては、災害廃棄物処理計画策定が目的ではなく、戦略性、継続性、目標による管理を取り入れた計画策定過程を構築することが必要不可欠であるといえる。

したがって、今後の廃棄物部局における災害廃棄物対策や標準的な災害マネジメントシステムを考慮するにあたっては、職員をはじめとするステークホルダー参画による当事者意識、主体性の醸成とともに、事業継続の概念、つまり、災害対応業務量とリソースとの関係を考慮した演習や訓練を通じた PDCA（Plan - Do - Check - Action）あるいは Do-CAP（Do - Check - Action - Planning）サイクルを継続的に推進することが、廃棄物部局における事業継続マネジメントの構築につながるものと考えられる。

### 1.3.2 効果的な災害廃棄物処理計画策定に向けたマネジメント研究

#### (1) 業務機能研究

##### 1) 目的

災害廃棄物の処理を円滑かつ適正に進めるため、災害廃棄物処理計画を事前に策定することが強く望まれている。この際、撤去、処理、最終処分という廃棄物処理に係る業務だけではなく、それに付随する広報、資源確保、庶務等の業務についても視野に入れた整理を行うことで、実効性の高い計画を策定することが期待できる。このため、多島ら（2014）では、東日本大震災における災害廃棄物処理の事例を基に、災害廃棄物処理に求められる機能の体系を取りまとめた。

本稿では、被災自治体や災害の特性が異なる事例を扱い、多島ら（2014）で得られた必要機能体系の検証を進めた結果を示す。

##### 2) 研究の枠組み

多島ら（2014）で整理された災害廃棄物処理に求められる機能の体系を表 1.3-3 に示す。多島ら（2014）で解析した事例（以下、A 市）とは異なる事例（以下、B 市）を選定し、上記機能体系の妥当性を検証した。B 市の特徴は、表 1.3-4 に示す通りである。東日本大震災における災害廃棄物処理のパフォーマンスは A 市と同程度である一方で、自治体規模や平時の廃棄物処理能力が小さい事例として選定した。なお、A 市は災害廃棄物の処理を全て独自に実施したが、B 市では処理の一部（焼却処理）を県に委託して実施している。いずれの自治体においても、仮設の処理施設を設置している（A 市：仮設炉及び破碎選別施設、B 市：破碎選別施設）。

表 1.3-3 本研究で想定する災害廃棄物処理に求められる機能とその定義（多島ら，2014）

基本機能	サブ機能	定義
指揮調整	目標設定	災害廃棄物処理の目標（処理の目標期間など）を設定すること
	広報	災害廃棄物処理に関する情報を市民、メディアに対して発信すること
	渉外	交渉・要請・対応など、組織外の主体とやり取りすること
	内部調整	組織内で、業務に関連する調整を行うこと
情報作戦	計画策定	目標達成に向けた行動計画を作成することと、関連文書を管理すること
	情報収集	被害情報、利用可能資源の情報を含む、他の機能を支援する情報を集めること
	情報分析	集めた情報を分析すること
	情報共有	集めた情報や、情報分析の結果等を、災害廃棄物対応関係者に共有すること
	技術支援	災害廃棄物処理について技術的な支援・助言を行うこと
資源管理	人材	人材の調達と管理（安全面や健康面の管理を含む）を行うこと
	資機材	車両、重機、資機材（コミュニケーションに係る装備も含む）の調達と配分を行うこと
	施設	施設（仮置場を含む）の設置、運営管理、撤去（原状復旧を含む）を行うこと
庶務財務	資金調達	組織の内外から災害廃棄物処理業務に充てる資金を確保すること（補助金の獲得を含む）
	契約	積算、発注、締結を含む一連の契約関連行為を実施すること
	支払	契約の内容に沿って、費用を支払うこと（支払いの根拠となる労働時間管理を含む）
事案処理	撤去	災害廃棄物を発生現場から取り除き、集積場所まで運搬すること
	保管	撤去された災害廃棄物を中間処理または最終処分されるまでの間、保管すること
	分別	災害廃棄物を性状や処理方法に応じて分けること
	中間処理	分別された災害廃棄物を、処分可能な形に処理すること
	最終処分	中間処理された災害廃棄物を、最終処分先や利用先に引き渡すこと

データは、多賀城市において災害廃棄物処理業務をマネジメントする立場にあった職員に対する3回のインデプス・インタビュー調査、多賀城市で災害廃棄物処理を担った事業者と事業者団体へのインデプス・インタビュー調査、B市ホームページ、広報誌、災害対策本部議事要旨、その他行政資料より得た。

表 1.3-4 対象事例の特徴

		A市(多島ら, 2014)	B市(本稿)
人口(2014年10月現在*)		1,015,362	62,480
可住地面積(km <sup>2</sup> )**		785.85(340.07)	19.65(19.08)
廃棄物関連	年間処理量*	約36.7万t	約2.1万t
	職員数(一般職)*	134	3
	年間予算	約1200億円	約10億円
東日本大震災における被害	倒壊家屋数***	57,050	3,380
	浸水面積(km <sup>2</sup> )	46.33	6.62
	災害廃棄物等処理量 (うち、津波堆積物量)	272万t (135万t)	34.4万t (11.1万t)
東日本大震災における災害廃棄物処理の結果	収集撤去期間****	約9ヶ月	約12ヶ月
	処理期間	約3年	約3年
	リサイクル率(津波堆積物を除く)	約72%	約60%

\*平成22年一般廃棄物処理実態調査結果,\*\*日本の統計(2014),\*\*\*全壊+大規模半壊,\*\*\*\*家屋解体は除く

ここから、「～が始まった」、「～した」などの形で表現される個別業務を抜きだし、表1.3-3に示す災害廃棄物処理に求められる機能の類型に振り分けた。

### 3) 結果及び考察

調査の結果、106の災害廃棄物処理に係る個別業務を特定できた。これらの個別業務を機能仮説に応じて分類した結果を表1.3-4に示す。すべての個別業務が表1.3-3に示した枠組みで整理可能であった。特に、すべての基本機能とサブ機能に該当する個別業務がみられたことから、多島ら(2014)で示された機能体系の妥当性が確認されたといえよう。同時に、被災自治体の規模に依らず、災害廃棄物の処理には同じ機能体系が求められることも示唆される。米国における災害廃棄物処理ガイドラインにおいても、「被災自治体によって部課等の組織構成や職員は異なるが、役割や業務内容は変わらない」(FEMA, 2007, p.45)とされているが、我が国の文脈でも一般性の高い枠組みであることが確認されたといえよう。

また、県への事務委託、県への支援の要請・交渉を含む「県との調整」と、処理に係る他市町村との協議を含む「他自治体との調整」は、B市のみで見られた単位機能であった。A市は政令指定都市であり、県や他自治体に支援を要請することなく処理を進めることができたことが要因と考えられる。

表 1.3-5 B市における災害廃棄物処理に係る個別業務の分類結果

個別業務	基本機能	サブ機能	単位機能
既存施設への移送	事案処理	移送	後方輸送
別の仮置場への移送	事案処理	移送	後方輸送
県焼却施設へ移送	事案処理	移送	後方輸送
市の仮設中間処理施設へ移送	事案処理	移送	後方輸送
不燃物の最終処分（広域処理）	事案処理	最終処分	埋立
危険物の最終処分	事案処理	最終処分	埋立
鉄くずの売却	事案処理	最終処分	売却
細分別	事案処理	最終処分	売却
廃プラの売却	事案処理	最終処分	売却
パレットの売却	事案処理	最終処分	売却
思い出の品の引き渡し	事案処理	最終処分	返却
被災自動車の返却	事案処理	最終処分	返却
仮置場の敷材利用	事案処理	最終処分	利用
コンガラの活用	事案処理	最終処分	利用
既存施設で焼却処理	事案処理	中間処理	焼却処理
焼却処理（広域処理）	事案処理	中間処理	焼却処理
木材チップの搬出（広域処理）	事案処理	中間処理	焼却処理
思い出の品の乾燥・保管	事案処理	中間処理	洗浄
危険物の選別処理	事案処理	中間処理	専門リサイクルルートへ移行
家電4品目のリサイクル	事案処理	中間処理	専門リサイクルルートへ移行
微量PCBの処理	事案処理	中間処理	専門リサイクルルートへ移行
高濃度PCBの処理	事案処理	中間処理	専門リサイクルルートへ移行
不燃系の破碎処理	事案処理	中間処理	破碎・選別
独自中間処理（破碎・選別）の本格化	事案処理	中間処理	破碎・選別
畳の中間処理	事案処理	中間処理	破碎・選別
ブロック塀等の解体撤去	事案処理	撤去	解体がれきの撤去
家屋解体の実施	事案処理	撤去	解体がれきの撤去
濡れ家財撤去	事案処理	撤去	家財がれきの撤去
市内散乱がれきの撤去	事案処理	撤去	散乱混合がれきの撤去
地震区域のがれき撤去	事案処理	撤去	散乱混合がれきの撤去
道路啓開に伴うがれき撤去	事案処理	撤去	散乱混合がれきの撤去
被災自動車の撤去	事案処理	撤去	私財がれきの撤去
粗分別のうえ搬入	事案処理	分別	粗分別
仮置場における細分別	事案処理	分別	細分別
可燃物保管時の生活環境配慮	事案処理	保管	処理後保管
仮置場で災害ごみを保管	事案処理	保管	処理前保管
被災自動車の保管	事案処理	保管	処理前保管
被災自動車のナンバープレート情報の公示	指揮調整	広報	私財の扱いに係る広報
被災自動車の所有者への連絡（郵便）	指揮調整	広報	私財の扱いに係る広報
被災自動車の撤去予告	指揮調整	広報	私財の扱いに係る広報
災害ごみの分別排出を周知	指揮調整	広報	廃棄物サービス実施の広報
撤去に係るチラシ作成	指揮調整	広報	廃棄物サービス実施の広報
国交省に重機の手配を依頼	指揮調整	渉外	国との調整
仮置場の設置場所を国交省と協議（のうえ、決定）	指揮調整	渉外	国との調整
処理について環境省と協議	指揮調整	渉外	国との調整
補助金概算申請について環境省と調整	指揮調整	渉外	国との調整
県に車両支援を依頼	指揮調整	渉外	県との調整
県委託を決定	指揮調整	渉外	県との調整
仮置場の追加配備のための県との交渉	指揮調整	渉外	県との調整
中間処理施設設置に係る県との協議	指揮調整	渉外	県との調整
中間処理施設設置に係る港湾との調整	指揮調整	渉外	県との調整
仮置場としての借用の交渉（地元企業）	指揮調整	渉外	地元との調整
廃棄物処理業者探し	指揮調整	渉外	地元との調整
燃料の融通に関する交渉	指揮調整	渉外	地元との調整
広域処理の市町村協議	指揮調整	渉外	他自治体との調整
一部事務組合での協議	指揮調整	渉外	他自治体との調整
窓口における市民対応	指揮調整	渉外	問合せ・相談対応
健康影響に関する問合せ対応	指揮調整	渉外	問合せ・相談対応

撤去実施事業者との打ち合わせ	指揮調整	内部調整	受託業者との連携
業者に対する業務内容・契約内容の説明	指揮調整	内部調整	受託業者との連携
撤去関連部局との打ち合わせ	指揮調整	内部調整	庁内関連部局との調整
仮置場の選定（に係る内部調整）	指揮調整	内部調整	庁内関連部局との調整
撤去・処理の完了期限の想定	指揮調整	目標設定	マイルストーンの設定
車両の調達	資源管理	資機材	資機材調達
重機の調達	資源管理	資機材	資機材調達
燃料の調達	資源管理	資機材	資機材調達
コールセンターの開設	資源管理	システム	情報システムの導入
家屋解体の受付・チェックシステムを構築	資源管理	システム	情報システムの導入
仮置場における排出指導	資源管理	施設	仮設施設の管理
仮置場における搬入車確認	資源管理	施設	仮設施設の管理
仮置場の適正排出管理	資源管理	施設	仮設施設の管理
ブルーシートと山砂による仮置場の溶出抑制	資源管理	施設	仮設施設の管理
仮置場周辺生活環境への配慮	資源管理	施設	仮設施設の管理
仮置場の火災予防	資源管理	施設	仮設施設の管理
仮置場の設置（看板の設置等）	資源管理	施設	仮設施設の設置
仮置場の追加配備	資源管理	施設	仮設施設の設置
中間処理施設設置に係る行政手続き	資源管理	施設	仮設施設の設置
仮置場の土壌調査	資源管理	施設	仮設施設の撤去
仮置場の現状復旧	資源管理	施設	仮設施設の撤去
中間処理場の土地返却（に向けた復旧）	資源管理	施設	仮設施設の撤去
仮置場の土壌調査	資源管理	施設	仮設施設の撤去
仮置場からの敷詰再生砕石の鋤取り	資源管理	施設	仮設施設の撤去
安全衛生面に関する研修の実施（防災協）	資源管理	人材	人材教育
応援職員の受入	資源管理	人材	人材調達
災害廃棄物対策係の設置	資源管理	人材	人材編成
庁内併任職員の確保	資源管理	人材	人材編成
災害廃棄物の処理指針発行	情報作戦	計画作成	包括的な計画の作成
撤去に係る情報の共有	情報作戦	情報共有	対応に関する情報の共有
苦情に関する情報の共有	情報作戦	情報共有	対応に関する情報の共有
不燃物の最終処分（広域処理）のための環境測定	情報作戦	情報収集	環境に関する情報の収集
家屋解体に伴うアスベスト検査	情報作戦	情報収集	環境に関する情報の収集
振動計測	情報作戦	情報収集	環境に関する情報の収集
現場確認（対応情報収集のため）	情報作戦	情報収集	対応に関する情報の収集
撤去済量の把握	情報作戦	情報収集	対応に関する情報の収集
現場確認（被害情報収集のため）	情報作戦	情報収集	被害に関する情報の収集
発生量推計値の把握	情報作戦	情報分析	被害情報の分析
中間処理・最終処分に係る契約	庶務財務	契約	業者への発注（積算・選定・契約）
中間処理施設設置に係るプロポーザル発注	庶務財務	契約	業者への発注（積算・選定・契約）
家屋解体の受付	庶務財務	契約	住民からのサービス利用申請の処理
搬入許可証発行	庶務財務	契約	住民からのサービス利用申請の処理
災害ごみ回収依頼受付記録表の作成、現場確認、業者への指示	庶務財務	契約	住民からのサービス利用申請の処理
基金の取り崩しによる財源確保	庶務財務	資金調達	庁内資金の活用
国庫補助申請書の提出	庶務財務	資金調達	補助金関連業務の処理
計量票による完了確認	庶務財務	支払	業者に対する支払い関連業務の処理
一部事務組合への支払い	庶務財務	支払	業者に対する支払い関連業務の処理
自費解体の事後清算	庶務財務	支払	事後清算（自主撤去分）

#### 4) まとめ

2014年度の研究で明らかになった災害廃棄物処理に求められる機能体系の仮説を災害対応事例に当てはめることで、その妥当性を検証した。結果、指揮調整、事案処理、資源管理、庶務財務、情報作戦の5つの基本機能で構成される機能体系の一般性・有用性を確認することができた。

2015年度は表 1.3-6 に示す事例についても調査を実施した。今後、表 1.3-3 に示す機能体系を

活用し、時系列で個別業務を整理し、機能間の連関について一般的な知見を得てゆく。

**表 1.3-6 災害廃棄物処理に係る業務プロセス調査対象事例**

発災時期	災害名	調査対象とした被災自治体
2011年（平成23年）9月	紀伊半島大水害	三重県紀宝町
2012年（平成24年）7月	九州北部豪雨災害	熊本県、熊本県熊本市、熊本県阿
2013年（平成25年）10	伊豆大島土砂災害	東京都、東京都大島町
2014年（平成26年）8月	広島市土砂災害	広島県広島市、鴻池組 J V
2014年（平成26年）8月	平成26年8月豪雨災	兵庫県丹波市、京都府福知山市
2014年（平成26年）11	長野県神城断層地震	長野県白馬村

## (2) 災害廃棄物処理計画の策定促進方策の検討

### 1) はじめに

災害廃棄物処理計画の策定促進を目的に平成26年3月に災害廃棄物処理指針が環境省より示されたが、全国自治体における処理計画策定率は3割程度にとどまっている（環境省、2015）。多島ら（2015）ではその要因を政策実施論の視点から分析し、処理計画と処理実行計画の位置づけの整理不足、策定主体の能力・リソースの不足、処理計画の法的位置づけと横断性が要因となっていることを指摘した。このことを受け、計画策定の促進に寄与するために、災害廃棄物処理計画の意義・位置づけを明確化するとともに、策定プロセスを提案した（多島、2015）。以下では、筆者が提案した災害廃棄物処理計画の策定プロセスの概要を紹介する。

### 2) 方法

多島（2015）では、政策実施論に基づき、「実施事項が規定される」、「情報が整理される」、「対応力を向上させる」の3点で災害廃棄物処理計画策定の意義を整理した。この整理を念頭に、海外の先進的な災害廃棄物処理計画策定ガイドラインを参考に、日本における災害廃棄物処理計画策定プロセスを示した。

レビュー対象は、国際機関が発行した代表例として国連人道問題調整事務所のガイドライン（Joint UNEP/OCHA Environment Unit, 2013）と、米国の連邦政府による2つのガイドライン（FEMA, 2007 ; USEPA, 2008）及び州政府によるガイドライン1つ（New Jersey Department of Environmental Protection, 2013）とした。米国では(1)で示した機能体系による災害廃棄物処理の経験が蓄積されていることから、参考になると考えた。また、ニュージャージー州については、ハリケーンによる被災経験（2012年ハリケーン・サンディ等）が豊富であることを考慮し、選定した。

### 3) 結果

#### ① 海外の災害廃棄物処理計画策定ガイドラインの内容

海外の災害廃棄物処理計画策定ガイドラインにおいて、計画策定にあたって実施すべきと指摘されている事項について、(1)で示された災害廃棄物処理に必要な機能の枠組みに沿って整理した結果を表1.3-7に示す。なお、明示的ではないが、Joint UNEP/OCHA Environment Unit (2013) と USEPA (2008) は内容が似ており、前者が後者を参考に作成されたものと推察される。内容

としては概して、(1)で示された災害廃棄物処理に必要な各機能を業務として具体化し、その実施において留意すべき点や手続きを整理していることが分かった。特に、FEMA (2007) では、FEMA が災害対応に係る補助金を管轄することから、契約の履行確認（委託先業者の業務実施報告方法等）にまで言及して整理していた。これまでの災害廃棄物処理の経験から、こうした事務手続きにまで踏み込んだ整理が必要との教訓があったものと推察され、我が国にとっても、(1)に示した機能体系に則り、災害廃棄物処理計画を策定することが有効と考えられる。

また、計画策定のために計画策定チームを設置し、策定のプロセスを通して関係主体との協議を実施することを進めている点や、住民自身が実施できる具体的な災害廃棄物のリデュース策に言及している点は我が国の指針にはない視点であり、参考になる。

## ②我が国における災害廃棄物処理計画策定プロセスの提案

上記レビュー結果および(1)で整理された災害廃棄物処理に係る必要機能を念頭に多島 (2015) において整理された災害廃棄物処理計画の策定プロセス案を図 1.3-1 に示す。

まず、計画策定の基礎資料としての地域の現況情報を整理する。仮置場の候補地となる土地の情報、処理能力（施設、事業者）、関連資機材の調達先（トラック、重機、労働安全用のグローブ等）等が相当する。同時に、被害想定に基づいて発生量を推計し、計画を活用して処理すべき災害廃棄物の量、組成の見当をつける。

続いて、発災後にどのような業務が発生し、誰がどの業務を担当するのかを整理する。一般的指針としては、(1)に示したように、基本となる処理フローである撤去、保管、移送、分別、中間処理、最終処分を実施に移すために、「指揮調整」、「資源管理」、「庶務財務」、「情報作戦」の4つの側面から必要な業務を検討していくと体系的な整理が可能である。この方法は、①で整理した海外の先進取組とも整合的である。そのうえで、各業務の各業務の具体実施手順を詳細に検討していく。同時に、発生量推計値に基づく具体的な処理フローの検討も同時に行うことで、処理を進める上で必要な業務が網羅的に整理されているか確認できる。例えば、木くずが5万トン発生すると推計された場合は、処分先、再利用先の検討、それらの前提となる中間処理、選別、粗分別の実施主体、実施方法、実施場所の検討、並びに、その実施のために必要な施設や資機材の調達方法の検討、という形で、設定した処理フローを実行に移すために必要な事項まで整理できているかを確認する。

平時の備えについては、これまでの計画策定プロセスで見えてきた弱点を整理し、長期的な施策を含め、その改善方法を整理する。ここでは、これまでの処理計画策定作業と、発生量推計値に基づく不足能力の定量的な検討を参考にしつつ、ソフトとハードの両面から対策を検討する。

上記プロセスは、随時、庁内の土木部局、防災部局、福祉部局、都道府県の廃棄物部局、地元自治会等の関係団体と適宜協議しつつ進めるべきである。事前に関係主体と協議し、信頼関係や共通認識の醸成を図っておくことは発災後の円滑な処理業務実施に有効と考えられる。また、分別協力を得ること、災害廃棄物処理業務に対する理解を得ること、行政全般に透明化の流れがあることを念頭に、公衆に対して計画を公開し、意見が表明できる機会を設けるべきであろう。

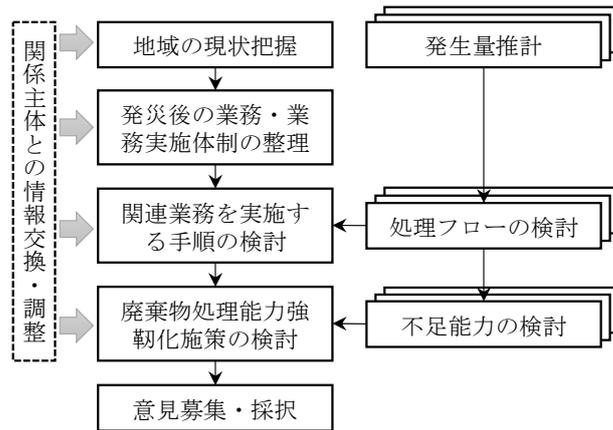


図 1.3-1 災害廃棄物処理計画の策定プロセス（多島，2015）

#### 4) おわりに

本研究では、既存の災害廃棄物処理計画ガイドラインのレビューをふまえ、災害廃棄物処理計画策定の意義と整合的な処理計画策定プロセスのあり方を整理した。今後は、アクションリサーチ等の実践的研究アプローチにより、本プロセスの妥当性を科学的に検証していくことが求められる。

#### 参考文献

- 1) 多島良、平山修久、大迫政浩（2014）災害廃棄物処理に求められる自治体機能に関する研究—東日本大震災における業務の体系化を通じて—、自然災害科学、33、特別号、137-138.
- 2) 環境省（2015）災害時における災害廃棄物対策に係るアンケート調査、災規模災害発生時における災害廃棄物対策検討会資料 5
- 3) 多島良、平山修久、大迫政浩（2015）市町村における災害廃棄物処理計画の策定促進に向けた展望、第 26 回廃棄物資源循環学会研究発表会要旨集、105-106.
- 4) 多島良（2015）災害廃棄物処理計画策定の意義とプロセス。都市清掃、68（328）、10-15
- 5) Joint UNEP/OCHA Environment Unit (2012) Disaster waste management contingency planning. Joint UNEP/OCHA Environment Unit, Disaster waste management guidelines Annex 12, 17p.
- 6) FEMA (2007) Public Assistance Debris Management Guide, 260p.
- 7) USEPA (2008) Planning for natural disaster debris. 94p.
- 8) New Jersey Department of Environmental Protection (2013) Disaster debris management planning tool kit for New Jersey municipalities. 37p.

表 1.3-7 海外の災害廃棄物処理計画策定ガイドラインにおいて示されている計画策定作業内容

	Joint UNEP/OCHA Environment Unit (2013)	FEMA (2007)	USEPA (2008)	New Jersey Department of Environmental Protection (2013)
指揮調整	<ul style="list-style-type: none"> <li>関係主体の整理</li> <li>関係主体の連絡先の整理</li> <li>関係主体による防災計画の理解</li> <li>関係主体の計画策定への参加</li> <li>庁内関係主体との連携方法の規定</li> <li>災害廃棄物処理計画の庁内周知</li> <li>関係行政主体との災害廃棄物処理計画の共有</li> <li>多量排出事業者との連携戦略の検討</li> <li>住民が計画を理解し意見提出する機会を設ける</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要機能（マネジャー、庶務、調達・契約、事案処理、情報分析・計画）の割り振りの検討</li> <li>連邦・州政府との連絡調整担当の検討</li> <li>撤去優先順位の検討</li> <li>広報担当官の設置</li> <li>広報内容の事前検討</li> <li>住民への周知方法の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指揮命令系統を規定</li> <li>庁内関係主体との連携方法の規定</li> <li>災害廃棄物処理計画の庁内周知</li> <li>関係行政主体との災害廃棄物処理計画の共有</li> <li>多量排出事業者との連携戦略の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害対応に係る関係主体との連携方法の検討</li> <li>住民への啓発活動</li> <li>生活ごみと災害廃棄物の撤去優先順位の検討</li> <li>住民への情報周知の検討</li> </ul>
資源管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害廃棄物処理チームの特定</li> <li>既設処理施設の処理能力をリスト化</li> <li>外部の処理可能施設の特定（協定の締結）</li> <li>要件に適合した仮置場候補地の選定</li> <li>必要資機材（装備、車両、重機等）の特定</li> <li>必要人員（行政）の特定</li> <li>相互応援協定の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮置場候補地の特定</li> <li>仮置場候補地の現況把握</li> <li>仮置場での環境保全策の検討</li> <li>仮置場の許認可手続きのレビュー</li> <li>仮置場の配置、運用、原状回復計画の検討</li> <li>労働安全管理方策の検討</li> <li>労働安全管理方策の周知</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設処理施設の処理能力をリスト化</li> <li>外部の処理可能施設の特定（協定の締結）</li> <li>要件に適合した仮置場候補地と配置の検討</li> <li>仮置場候補地の現況確認</li> <li>必要資機材（装備、車両、重機等）の特定</li> <li>必要人員（行政）の特定</li> <li>相互応援協定の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮置場の事前承認取得</li> <li>撤去と管理に必要なリソースの確保（委託を含む）</li> <li>仮置場候補地の検討</li> <li>仮置場設置に係る州からの事前承認の取得</li> <li>仮置場候補地の現況調査</li> <li>既存資機材（重機、車両等）のリスト化</li> <li>労働安全、衛生管理上の訓練の実施</li> </ul>
庶務財務	<ul style="list-style-type: none"> <li>補助金制度の理解</li> <li>事業者との事前契約の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>緊急時の契約手続きのレビュー</li> <li>委託業務の検討</li> <li>委託契約手法の検討</li> <li>委託契約業務の履行確認方法の検討</li> <li>強制収用の基準と手続きのレビュー</li> <li>移動式住居、航行障害物の撤去に係る手続の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>補助金制度の理解</li> <li>事業者との事前契約の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>資機材調達に係る事前契約の検討</li> </ul>
情報作戦	<ul style="list-style-type: none"> <li>被害想定の設定と初動アクションリストの作成</li> <li>被害想定に応じた災害廃棄物種の想定</li> <li>災害廃棄物の発生量推計</li> <li>数量管理方法の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害の想定</li> <li>災害廃棄物の発生量推計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数量管理方法の検討</li> <li>被害想定に応じた災害廃棄物種の想定</li> <li>災害廃棄物の発生量推計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害廃棄物の発生量推計</li> <li>撤去済量、保管量、処理量、最終処分量の管理</li> </ul>

<p>事 案 処 理</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撤去方法の検討</li> <li>・集約方法の検討</li> <li>・有害廃棄物管理方法の検討</li> <li>・アスベスト、PCB、貯蔵タンク、廃武器に係る管理方策の検討</li> <li>・リサイクル手法の検討</li> <li>・廃棄物発電の検討</li> <li>・エアカーテン焼却機（ACI）による野外焼却の検討</li> <li>・最終処分方法の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初動対応における収集方法の検討</li> <li>・復旧期における収集方法の検討</li> <li>・減容化方法の検討（焼却、チップ化、破碎）</li> <li>・リサイクル方法の検討</li> <li>・最終処分方法の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分別・撤去方法の検討</li> <li>・災害廃棄物運搬方法の検討</li> <li>・処理技術の優先順位の検討</li> <li>・有害廃棄物管理方法の検討</li> <li>・アスベスト、PCB、貯蔵タンク、廃武器に係る管理方策の検討</li> <li>・リサイクル手法の検討</li> <li>・廃棄物発電の検討</li> <li>・エアカーテン焼却機（ACI）による野外焼却の検討</li> <li>・最終処分方法の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・仮置場等における分別の検討</li> </ul>
<p>策 定 プ ロ セ ス</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計画策定チームの設置</li> <li>・策定プロセスと見直しスケジュールの検討</li> <li>・住民が計画を理解し意見提出する機会を設ける</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・災害廃棄物担当（チーム）の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計画策定チームの設置</li> <li>・策定プロセスと見直しスケジュールの検討</li> <li>・住民が計画を理解し意見提出する機会を設ける</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし</li> </ul>
<p>そ の 他</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・関係法令の整理</li> <li>・住民による発生抑制策の検討（枯死木の事前剪定等）</li> <li>・自治体職員による土地利用規制のレビュー</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・関係法令の整理</li> <li>・住民による発生抑制策の検討（枯死木の事前剪定等）</li> <li>・自治体職員による土地利用規制のレビュー</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物処理に係る訓練の実施</li> </ul>

### 1.3.3 緊急時における環境アセスメントのあり方に関する研究

自然災害は、災害廃棄物の散乱や家屋解体に伴うアスベスト飛散など、様々な環境リスクを伴う。こうした災害環境リスクの管理は、主として行政が環境アセスメント等のツールを用いて行う。この際、行政リソースに制約がある災害後の状況において、どこまで、どのように環境リスクを管理していくべきかの基本的な考え方を整理しておくことは重要であると考えられる。

本項では、昨年度実施したアンケート調査結果をふまえて平成 27 年度に実施した対面調査による研究の成果を示す。

#### (1) 目的

これまで、大規模自然災害時において環境リスクを管理することに対する市民の態度とその形成要因について、東日本大震災の被災者を対象とした web アンケートを実施して検討が進められている（多島・田崎、投稿中）。この中で、多くの市民が災害に伴う多様な環境リスクを認知していることや、災害時には環境影響を許容する傾向があり、特に具体の復旧作業の進捗を身近に感じる人はその傾向が強いことなど、災害環境リスクの認知に関する知見が得られつつある。

本研究では、災害時における被災者の環境リスク認知の内容とその規定因を明らかにするため、先述のアンケート調査を相互に補完するためフォーカス・グループ・インタビュー（FGI）を実施した。

#### (2) 方法

##### 1) 参加者

フォーカス・グループ・インタビュー（FGI）とは、グループダイナミクスを活かし、特定のトピックスについて効率的に質的情報を収集する調査手法である（Robson, 2011）。本研究では災害時の環境リスク認知について幅広く情報を集めることを念頭に、多様な被災経験を有する方に参加していただくことを目指した。このため、宮城県在住の東日本大震災被災者であることに加え、A. 身近に災害廃棄物の仮置場があった、B. 仙台港の石油精製工場爆発事故を直接的に体験した（見えた、聞こえた）、さらに、C. 互助活動に積極的に参加していた（身近な環境に比較的敏感であったと想定）、D. 上記いずれの体験もない、の 4 種類の条件を設定し、それぞれについて性、年代に偏りが生じないよう参加者を集めた。具体的には、表 1.3-8 に示す質問を用いたスクリーニング調査を調査会社に登録しているモニターを対象として実施し、性別、年代、都合のよい日程を考慮して表 1.3-9 に示す合計 28 名の参加者を得た。

表 1.3-8 スクリーニング調査の内容

設問	選択肢
東日本大震災における、あなたの住居（貸家含む）や家財（車、家具、物品）などの被害について教えてください。	1. 全く被害はなかった； 2. 家の一部や家財（車、家具、物品）などに被害があった； 3. 家に大きな被害を受けた； 4. 家に壊滅的な被害を受けた
東日本大震災における、あなたが住まいの地域の被害について教えてください。	1. 被害はなかった； 2. 少し被害を受けた； 3. 大きな被害を受けた； 4. 壊滅的な被害を受けた

東日本大震災当時、あなたは仙台港の石油コンビナートにおける災害について、炎や空の赤み、煙、音（燃焼や爆発、消防活動などの音）などを見たり聞いたりしましたか。	1. 直接見た、または耳にした；2. 直接見たり聞いたりしなかったが、当時のニュース等で知り不安になった；3. 上記以外
東日本大震災の発災時やその後の避難生活などで、あなたは以下のような行動を行った経験がありますか。（いくつでも）	1. 近隣への避難の呼びかけ；2. 安全な場所への避難の手助け；3. 避難先での、他の被災者が行う安否確認の手伝い；4. 食料・飲料水、生活必需品の助け合い；5. 火災への初期消火や負傷者の救出支援；6. 幼児や高齢者、障がい者などへの支援；7. 他の被災者に対する精神的ケア（話し相手や相談相手）；8. 避難所運営の手助け（炊き出しや管理の当番、話し合いなど）；9. その他；10. 特になし
東日本大震災後、お住まいの地域や通勤・通学先の周辺で、災害で発生した廃棄物を集め、簡易な分別や選別を行う仮置場（一次仮置場）を目にすることはありましたか。	1. よく見かけることがあった；2. たまに見かけることがあった；3. ほとんど見かけることはなかった

表 1.3-9 各 FGI 参加者の性別・年代

	30代		40代		50代		60代		参加人数
	男	女	男	女	男	女	男	女	
A.仮置場	1名	1名	1名	1名	0名	1名	1名	1名	7名
B.石油コンビナート火災	0名	0名	2名	1名	1名	1名	1名	1名	7名
C.互助活動	1名	0名	1名	2名	2名	0名	1名	0名	7名
D.その他	1名	1名	1名	1名	0名	1名	1名	1名	7名

## 2) 議論の進め方

A.~D.のグループごとに2時間ずつ、表 1.3-10 に示す進行表に沿って議論した。参加者の意見を引き出しつつ、議論が脱線しない様にコントロールするため、各 FGI セッションにプロのモデレーターを付けた(4つの FGI を同一のモデレーターが担当)。また、議論を促進する工夫として、表 1.3-11 に示す具体的な災害環境リスクのリストを途中から提示した。さらに、図 1.3-2 に示すフォーマットを用いて、震災前後における環境に対する関心の推移とその理由を図示していただき、環境リスク認知が変化する要因も把握した。

なお、放射線の影響については放射性物質に係る環境リスクについては、一般に恐ろしさ(Dread)が突出して高く認識されることから(Slovic, 1987)、その認知に特殊な点が大きいと考えたため、今回の FGI では扱わないこととした。

表 1.3-10 FGI の進行表

時間	テーマ	インタビュー項目	チェックポイント
(着席次第、関心カーブの記入表に黒ペン記入を促す)			
10/10	1. 自己紹介	・自己紹介と趣旨説明	・ラポール形成(雰囲気づくり)

10/20	2. 「公害」など生活環境に悪い影響がある事柄を感じる事柄	・生活環境で気になる悪い影響のある事柄について ・環境に対する敏感さ/感じやすさ	・環境への意識, 感じ取る感覚について把握
(この間での関心カーブの記入表をコピーし再配布)			
30/50	3. 災害環境リスクについて (その1)	【関心カーブについて各自発表】 ① 気になる悪い影響のある事柄について ② グループごとの特徴について	・環境リスクの共有
(この間でさらに, 災害環境リスクの悪影響の例の資料を追加し, 関心カーブの記入表に赤ペン記入を促す)			
70/120	4. 災害環境リスクについて (その2)	【記入表追記, 時間5分程度】 ① 追記した災害環境リスクで気になる事柄について ② 不安の払しょくの有無, 理由やきっかけ, 更に時期など ③ ごみ分別など環境保全行動の変化など 【上記の結果を受けて】 ④ 生活環境の維持や悪化を抑えるために, 行政が管理すべきだと考えるものは? ⑤ どういうことをしてほしいか? (当時はわからなかったとしても, 今ならどう思いますか) ⑥ やむを得ない (それどころではない) のか? そのような場合でも, 危険性やその予測ができるようにして管理できるよう対応すべきか?	・環境リスクの掘り下げ ・行政が監理すべき具体的な要素について探り出す ・管理が困難な場合にはどういった問題があることを探り出す

**表 1.3-11 FGI にて提示した災害環境リスク例のリスト**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 災害による損壊や火災, 施設の事故などで有害な物質などが流出する</li> <li>2. 災害廃棄物や土砂が散らかることで悪臭が広がる</li> <li>3. 災害廃棄物を焼却処理することで空気が悪くなる</li> <li>4. がれきを破碎処理する時に騒音が発生する</li> <li>5. 自然とふれあえる場所が減る</li> <li>6. 災害で動植物の棲み処が破壊されて生態系が乱される</li> <li>7. 復旧・復興のための工事車両が増えて温室効果ガスの排出が大きくなる</li> <li>8. 被害を受けた建物を取り壊す時にアスベスト (石綿) が飛び散る</li> </ol>
---

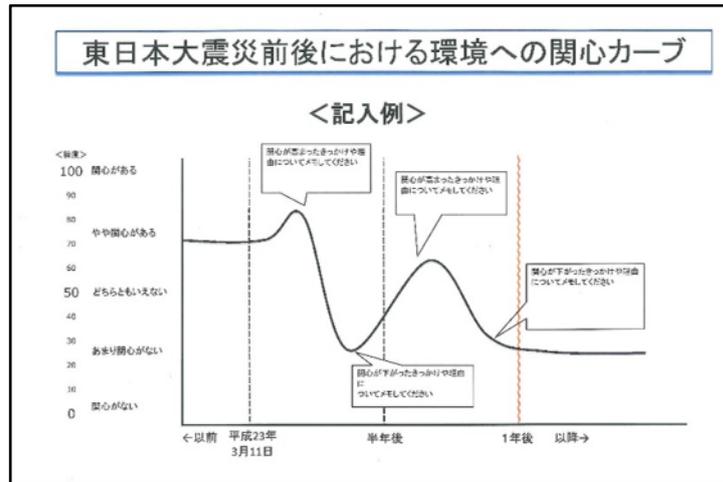


図 1.3-2 FGI で使用した関心カーブ図の記入例

### 3) 結果の分析方法

議論の結果は録音の上、発言録としてまとめた。分析においては、発言録や関心カーブ図から災害環境リスク認知の内容や規定因を総合的に解釈する質的なアプローチを基本としつつ、KH Coder (v.2.00f) を利用し、単語や概念の出現頻度を調べる量的なアプローチもとった。

KH Coder では、自動的に文章を形態素に分け、単語の出現頻度を集計することができる。この際、活用語は基本計で統一して集出される。例えば、「臭かった」、「臭く」、「臭ければ」などは全て「臭い」が出現したものとみなしカウントされる (樋口, 2014)。また、助詞、助動詞はカウントされない。初期設定では「有害物質」等のフレーズは「有害」と「物質」に分かれてカウントされるため、発言録の内容を確認しながら、表 1.3-12 に示す語については強制抽出する設定を行った。また、例えば「仮置場」という概念は「仮置場」という語で表現する以外にも、「集積場」や「集積する公園」などの言葉も使用されていたことから、発言録の内容を確認しながら表 1.3-13 に示すコーディングルールを作成し、単語ではなく概念について集計した。

表 1.3-12 本研究で使用した単語抽出ルール

強制抽出語	強制除外語
有害物質, 仮置場, 集積場, 排気ガス, 排ガス, 温室効果ガス, 生活環境, 避難所, 工事車両, 生態系, 自然とふれあえる, 復興住宅, 震災ごみ, 焼却場, 大気汚染, ゴミ置き場, 下水処理場, 焼却処理, 電化製品, 変な人, 罪悪感, ニオイ, 防潮堤, 防波堤, 仕方ない, 受け入れる, 申し訳ない, ごめんなさい, 言えない, 不審者, 放射線, 放射能, 放射性物質, ハエ	あ, うん, はい, あと, そう

表 1.3-13 本研究で使用したコーディングルール

概念	抽出ルール*
*災害廃棄物	near(ゴミ-災害)   がれき
*仮置場	'集積する公園'   仮置場   集積場

*JX 火災	near(コンビナート-火災)   near(製油所-火災)   near(仙台港-火災)
*粉塵	粉塵   '土ボコリ'   ホコリ
*交通渋滞	渋滞   near(車-たくさん)   near(車-集まる)
*煙	煙
*排気ガス	排気ガス   排ガス
*アスベスト	アスベスト
*工事車両	トラック   工事車両
*放射能	放射線   放射能   放射性物質
*治安	'変な人'   不審者   '変な輩'   治安
*有害物質	有害物質   有害な+物質
*一次産業	農家   農業   漁業   漁師   畑
*健康被害	身体   健康
*安全	交通+事故   危険
*ライフライン	電気   near(水-出る)   水道   ガス
*害虫	ハエ   虫
*悪臭	ニオイ   悪臭
*防潮堤	防潮堤   堤防   near(コンクリート-囲む)   防波堤
*気候変動	温暖化   温室効果ガス   CO2
*自然とのふれあい	散歩   公園   near(海-遊ぶ)   near(自然-ふれあう)
*恐怖	怖い   怖さ   恐ろしい   恐怖
*不快	酷い   '何とも言えない'   嫌   汚い
*諦め	諦め   '仕方ない'   受け入れる   慣れ
*遠慮	罪悪感   申し訳ない   ごめんなさい   言えない
*不安	不安   心配   危ない

\*「|」は or 演算子, 「near()」は前後 10 語以内に括弧内の語が使用されている場合にカウントする演算子。

### (3) 結果及び考察

#### 1) 災害時に認知される環境リスクの種類

全 4 グループの発言録を統合し、表 1.3-13 に示すルールに則りフレーズを抜き出した結果を表 1.3-14 に示す。環境リスクとしては、「悪臭」が話題に上ることが多く、次いで「放射能」「自然とのふれあい」「災害廃棄物」「排気ガス」「粉塵」「アスベスト」「有害物質」「害虫」「気候変動」が議論されていた。「気候変動」については、「温室効果ガスというのは、あまり（笑）。」という発言にみられる様に、当時は環境リスクとして認知していなかった、という形で話題に上っていた。仮置場が身近にあった被災者を集めたことから、悪臭、自然とのふれあい（仮置場として公園を利用する例があるため）、騒音、アスベストが、また、石油コンビナート火災を体験した被災者を集めたことから有害物質や悪臭に係る議論が多くなされると想定していたが、騒音については特に話題に上らなかった。また、単語の出現頻度集計結果も確認したところ、当初想定していた（表 1.3-11 に示した）ものではない環境リスクは話題に上らなかった。

表 1.3-14 各概念の出現頻度

フレーズ	出現数	出現割合
悪臭	36	20.69%
不安	36	20.69%
不快	31	17.82%
放射能	30	17.24%
ライフライン	27	15.52%
工事車両	26	14.94%
恐怖	22	12.64%
自然とのふれあい	19	10.92%
災害廃棄物	17	9.77%
排気ガス	16	9.20%
健康被害	15	8.62%
粉塵	14	8.05%
一次産業	11	6.32%

フレーズ	出現数	出現割合
アスベスト	10	5.75%
安全	10	5.75%
JX 火災	9	5.17%
防潮堤	9	5.17%
有害物質	8	4.60%
遠慮	8	4.60%
交通渋滞	7	4.02%
煙	7	4.02%
諦め	7	4.02%
害虫	6	3.45%
気候変動	6	3.45%
仮置場	5	2.87%
治安	5	2.87%

2) 特徴的な認知プロセス

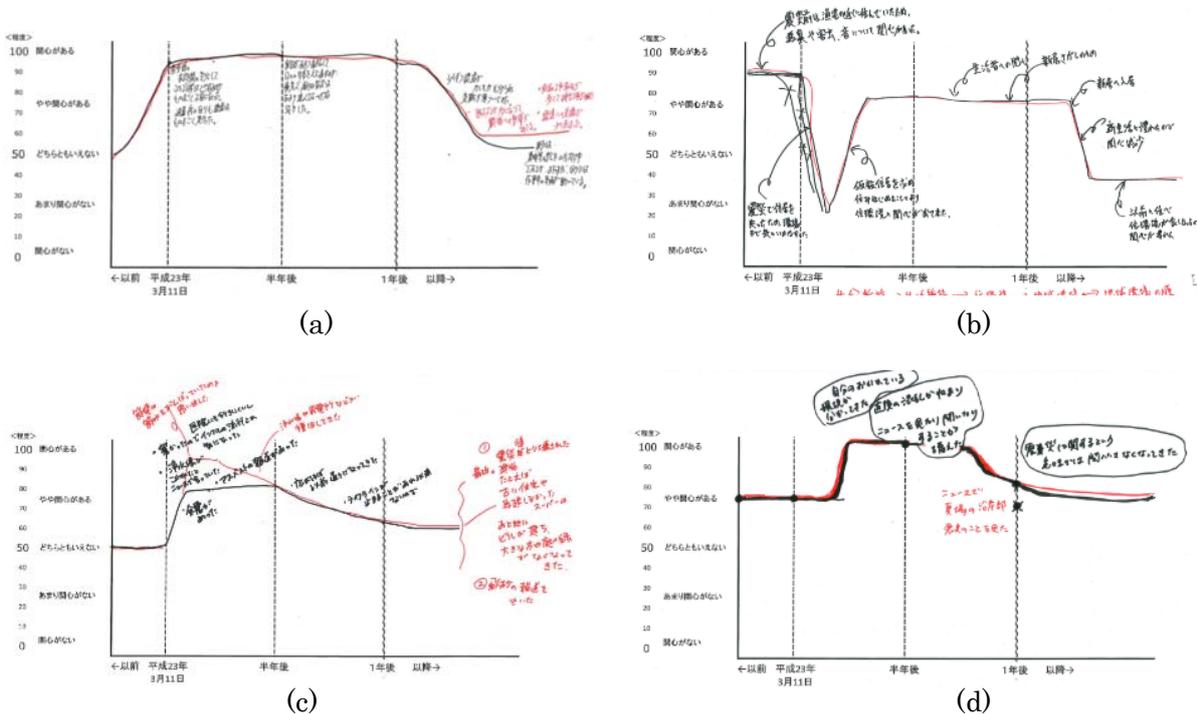


図 1.3-3 代表的な関心カーブ図

関心カーブ図と発言録から、災害時の環境リスク認知に影響する要因を以下の通り分析した。図 1.3-3 には代表的な図を示したが、関心がほとんど変化しなかったという例を除き、他の図は概ね (a) ~ (d) のいずれかと類似した形を示していた。

まず、図 1.3-3 (b) のように発災直後は関心が下がるケースについては、「震災で住居を失ったため、環境まで気が行かなかった」と説明されていたことから、生活再建に係る事項を心配することが要因となっていたと理解できる。ここから、災害に係る他の社会経済的リスク（特に生活再建に係るもの）が認知の規定因であることが示唆される。

図 1.3-3 (a) から (d) のいずれにおいても見られるような関心の上昇については、2種類の要因で理解することができた。まず、図 1.3-3 (a) については「避難所の周りも環境はものすごく悪かった」と説明されていることから、環境リスク源を直接体験（見る、におう、聞く）することが認知の規定因であると示唆される。また、図 1.3-3 (d) については「直接の混乱が収まりニュースを見たり聞いたりすることが増えた」と説明されていたことから、情報に伝え聞くことが認知に影響すると示唆される。これらの結果はリスク認知に係る多くの既存研究と整合的であり、例えば、実際の経験が認知に大きく寄与することは Whitmarsh (2008) で、伝聞等の間接的コミュニケーションの影響は Kaspersen et al (1982) などで指摘されている。

図 1.3-3 (a) から (d) のすべてでもみられる様に、一度上がった関心が再び下がる傾向は、多くの回答で共通していた。要因としては、①環境リスク源が目の前から消える、②平常への回帰を認識する、③諦める、の3点が示唆された。①については、例えば図 1.3-3 (a) の右端で関心が下がっている理由が「がれきが片付けられ意識が薄らいできた」と説明されていること等から示唆された。②については、以下のやり取りに着目した。

(参加者 A) 「私は逆に石巻に何回目かに行った時、海産物のニオイがしてきた時に、「あ、ここまで来たんだ」って、むしろ。停まったじゃないですか、ずっと。」

(モデレーター) 「ここまでっていうのは？」

(参加者 A) 「工場がやっと動き始めたということが、私はちょっと不謹慎なようだけど、でもやっぱり逆に、ちょっとホッとした。そのニオイすらなかったものが「やっとこのニオイが」というのが、幾日か経ってからだけ。」

参加者 A はこのやり取りの前に、アスベストが心配になり関心が上がったと説明していた。しかし、上記の通り、関心が下がった理由として、普段していたニオイが戻ってきたことを挙げている。すなわち、(①の例とは異なり) アスベストが適切に管理されるというリスク源の解消ではなく、普段の生活を取り戻しつつあることを認識したことが関心を下げたものと解釈できる。これは、ニオイに起因し、安心感等のポジティブな感情が生まれたことでリスク認知が下がったという感情ヒューリスティックによる認知の形成であると理解できる(中谷内, 2012)。③については、例えば以下のようなやり取りにみられる様に、長期にわたって悪臭を感じると生活環境が悪化している状況を改善したいという欲求を諦め、環境リスクの認知が下がると理解できる。

(参加者 B) 「慣れちゃいますね。当たり前レベルが下がる、っていうか。」

(参加者 C) 「悪臭が来ても「またか」で終わっちゃって。」

(参加者 B) 「悪い環境が当たり前になっちゃうと、それがしばらく・・・。」

(参加者 D) 「諦めちゃう。」

(参加者 B) 「関心がスーッと低くなる。」

なお、図 1.3-3 (c) の様に、発災からしばらく時間がたってから一度低くなった関心が再度高まるという回答も複数見られた。これらについては、「震災後取り壊された建物、たとえば古い住宅や再建しなかったスーパーのあと地にビルが立ち、大きな木の庭の緑がなくなってきた」「【著者注：建設中の防波堤について】一生懸命作って排気ガスを撒いてホコリを出して、っていう。」という意見にみられる様に、周囲の環境に気を回す余裕ができた状況において、環境悪化を直接体験することが認知を上昇させていると理解できる。

最後に、関心カーブ図に現れなかったものの、特徴的を思われた点を 1 つ指摘する。以下の意見にみられる様に、自分よりも酷く被災してしまった人の前では、(人命や基本的な生活基盤と比較して重要度が低い) 環境面に関する懸念を表明しにくいという考え方 (他の被災者への遠慮) があることが示唆された。

(参加者 E) 「あなたの家、全然被害もないじゃない」って言われてしまえばそれまでなので、何か本当は気になるんだけど言っちゃいけないような、何かそういう空気感が、同じ幼稚園に行ってもあった。「あなたの家は別に、水被ってないからいいじゃない」みたいな、それなのに空気を気にしているとか放射能を気にしてマスクをしているとか、言えない。「ちょっと風邪気味だから」っていうのでマスクをしている、みたいな。」

#### (4) おわりに

本稿では、災害時の環境リスク認知の内容とメカニズムを理解するため、フォーカス・グループ・インタビューを行い、その内容を解釈した。結果、災害時の環境リスク認知に係る重要側面は概ね既存のリスク認知学の知見から理解できるものの、諦めや遠慮といった災害時に特有であると考えられる要素があることが示唆された。

今後は、自己組織化マップ (Kohonen, 1982) の作成や対応分析など、テキストマイニングによる定量分析を進めつつ、定性的な解釈を深め、災害時の環境リスク認知に関連する心理的・物理的要因の解析を進める。

#### 参考文献

- 1) 多島良, 田崎智宏, 大規模自然災害に伴う環境リスクの管理に対する市民態度, 環境科学会, 投稿中.
- 2) Robson C. (2011) Real world research [third edition]. Wiley, 586p.
- 3) Slovic P. (1987) Perception of risk. Science, 236, 280-285.
- 4) 樋口耕一 (2014) 社会調査のための計量テキスト分析—内容分析の継承と発展を目指して. ナカニシヤ出版, 233p.
- 5) Whitmarsh L. (2008) Are flood victims more concerned about climate change than other people? The role of direct experience in risk perception and behavioural response. Journal of Risk Research, 11(3), 351-374.
- 6) Kasperson R. E., Renn O., Slovic P., Brown H. S., Emel J., Goble R., Kasperson J. X., Ratick S. (1982) The social amplification of risk: a conceptual framework. Risk Analysis, 8(2), 177-187.
- 7) Kohonen T. (1982) Self-organizing formation of topologically correct feature maps, Biol Cybern, 43, 59-69.

## 2. 災害に伴う健康・環境へのリスク管理戦略に関する研究

### 2.1 災害時のリスク管理目標に関する研究

災害時のリスク管理目標に関する研究を行う。災害時のリスク管理目標として、平常時の環境基準等の管理目標とともに、あるいはそれらとは異なる災害時のリスク管理目標が設定されていれば、災害時、緊急時の迅速かつ適切な対応のために有効と考えられる。図 2.1-1 に災害時のリスク管理戦略と管理目標の概念を示す。

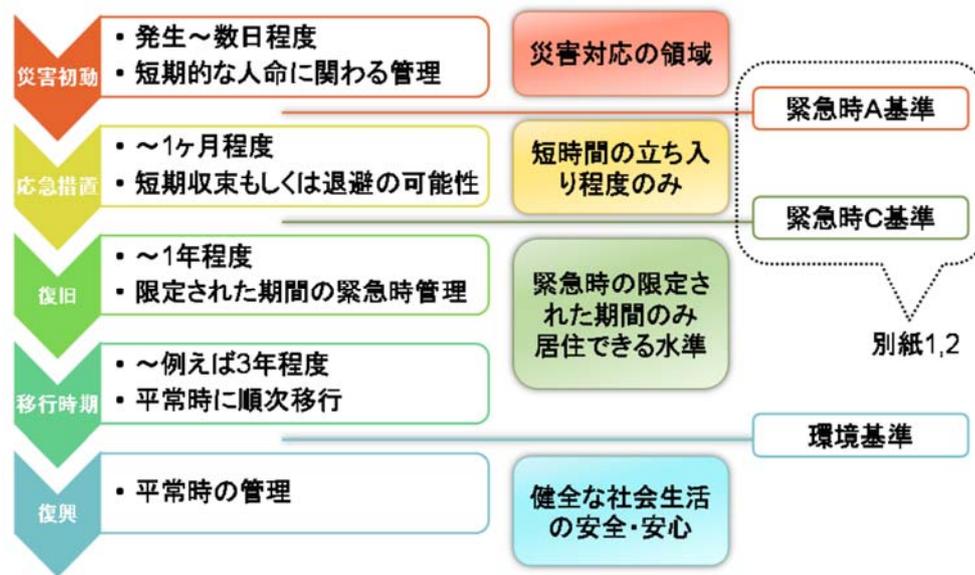


図 2.1-1 災害時のリスク管理戦略と管理目標の概念

平成 27 年度は、前年度構築したデータベースに基づき、大気・水に関する管理目標値の導出を試み、その妥当性について検討を行った。また、前年度収集した既存分析法の解析や、過去の化学事故情報の収集・整理も実施した。

#### 2.1.1 対象とした化学物質

大気については、作業環境中の許容濃度が設定されている物質（約 600 物質）を対象とした。情報源としては ACGIH 2011TLVs and BEIs 7<sup>th</sup> ed.、作業環境管理濃度、産衛学会 OEL 等を参照した。水については、経口摂取に関して環境基準に相当する判断値が提案されている物質（約 400 物質）を対象とした。米国 EPA の“Integrated Risk Information System (IRIS)” データベース（以下、「IRIS」と言う。）

また、LD<sub>50</sub>（半数致死量）などの基礎毒性情報のみが存在する物質についても別途管理目標値の導出を試みた。これについては、前年度収集した安全データシート（SDS）の情報に基づいて検討した。

#### 2.1.2 大気に関する管理目標値の導出

環境化学会で提案された「有害化学物質の緊急時モニタリング実施指針(2011)」の値を用いた。この方法では図 2.1-2 に示すように、作業環境における基準値に対して、

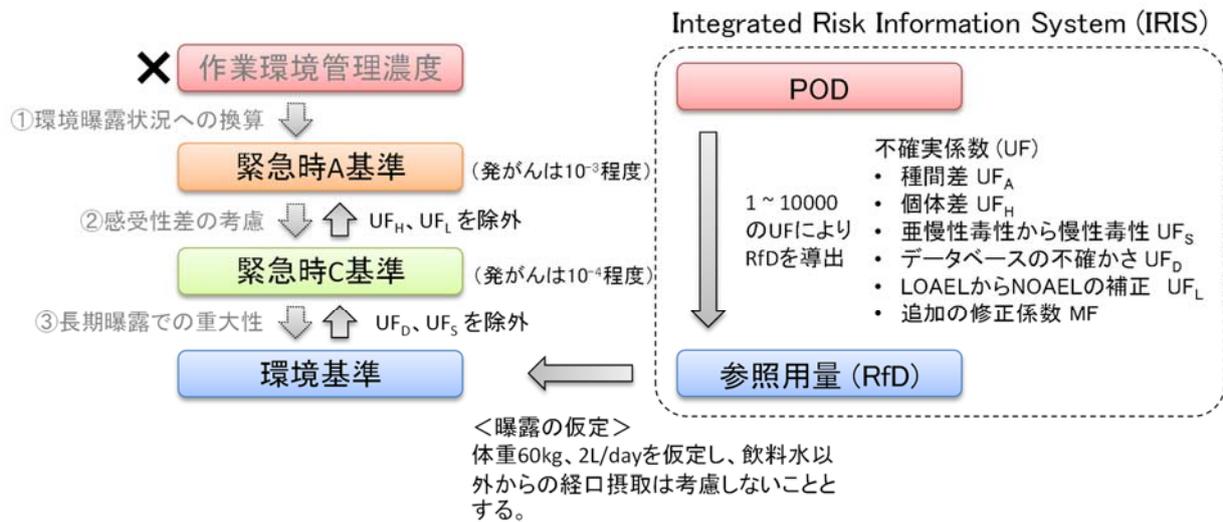
- ① 曝露時間の違い（作業環境は1日8時間、週40時間の滞在を想定している）
  - ② 個人の感受性差
  - ③ 長期曝露における影響の重大性
- の3点に着目することによりA基準、C基準を導出している。



図 2.1-2 大気に関する管理目標値の導出方法

### 2.1.3 水に関する管理目標値の導出

飲料水に関しては、大気での作業環境基準に相当する管理目標値が存在しないため、図 2.1-3 に示すように、環境基準相当値として参照用量（Reference dose (RfD)）を参照し、緊急時という観点から適用する不確実係数（Uncertainty Factor (UF)）を限定することにより、緊急時基準値を導出した。



POD: LOAEL、NOAEL、BMDLなど多くは動物試験由来の情報

RfD: 一生涯にわたり有害な影響のリスクの生じる可能性のないと考えられるヒトへの毎日の曝露用量の推定値(mg/kg/day)

図 2.1-3 水に関する管理目標値の導出方法

### 2.1.4 対象物質の製造・輸入数量

本研究における対象物質についての製造輸入数量を経済産業省が公表している「化学物質の製造輸入数量」に基づき調査した。製造輸入数量は官報公示整理番号ごとに集計されているため、

CAS No. との対応は独立行政法人製品評価技術基盤機構の「化審法データベース」を参照した。2013 年度のデータを用いて度数分布を示したものを図 2.1-4 に示す (A : 10,000,000 以上、B : 1,000,000 以上~10,000,000 未満、C : 100,000 以上~1,000,000 未満、D : 10,000 以上~100,000 未満、E : 1,000 以上~10,000 未満、F : 1,000 未満 (単位 : トン/年))。また、X は届出事業者数が 2 社以下のため公表されていない物質、「データなし」は対応する官報公示整理番号は存在するが製造輸入数量情報は公表されていない物質、「対応未確認」は対象物質の CAS No. が明確でない、または、CAS No. は明確だが対応する官報公示整理番号がない、あるいは確認できていない物質を意味する。

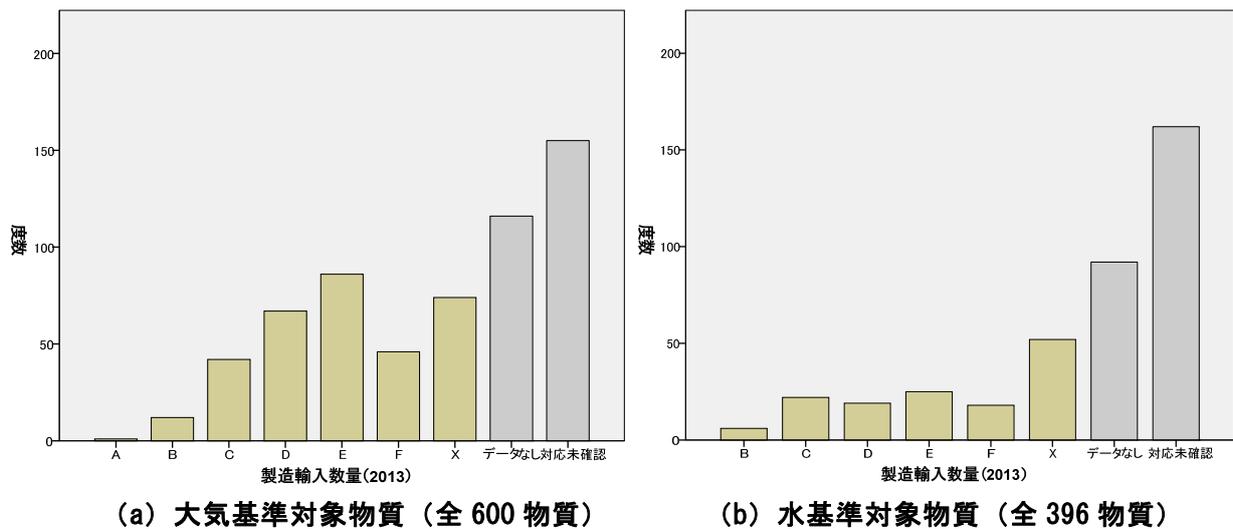


図 2.1-4 製造輸入数量の度数分布

大気基準対象物質は製造輸入数量の多いものが多かったが、水基準対象物質は製造輸入数量の多い物質は限定的であった。これは、大気基準は作業環境基準由来であるため、製造にかかわる物質が多いのに対し、水基準は環境基準相当値由来であるため、必ずしも製造量の多い物質が対象とはなっていないと考えられる。

### 2.1.5 急性毒性情報からの管理目標値の推定

多くの化学物質は LD<sub>50</sub> のような基礎毒性は評価されているが、NOAEL や LOAEL については必ずしも十分な情報が無い。そこで、Kramer ら (1996) の手法を参考に LD<sub>50</sub> から POD の推算を試みた。LD<sub>50</sub> と POD の両方のデータが得られた物質を対象とし、LD<sub>50</sub> と POD の比について対数正規分布を仮定した。ここで得られた分布関数の 95 パーセントイルの値を換算係数 (CF) として用いる。

$$CF(p) = GM \times GSD^{z(p)}$$

ここで GM は幾何平均、GSD は幾何標準偏差、 $z(p)$  は標準正規分布における  $p$  パーセントイル値である。LD<sub>50</sub> と POD の両方のデータが得られた全 256 物質に対して LD<sub>50</sub>/POD 比の度数分布と、対数正規分布曲線を図 2.1-5 に示す。

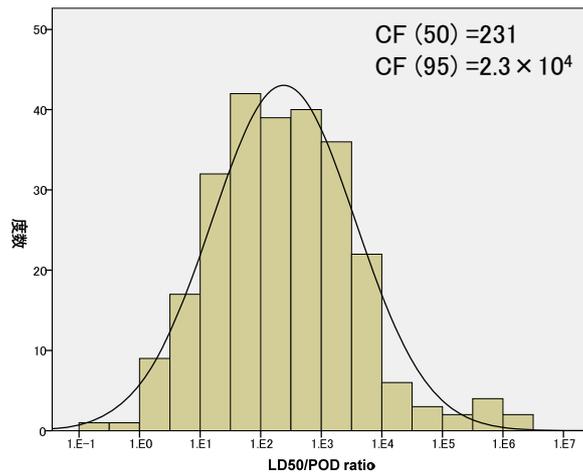


図 2.1-5 LD<sub>50</sub>/POD 比の度数分布

さらに LD<sub>50</sub> の値に応じて、4 段階の毒性クラス（I：～50, II：50～500, III：500～5000, IV：5000～（単位：mg/kg））に分けてこの手法を適用した。表 2.1-1 にその計算結果を示すとともに LD<sub>50</sub> のみしか情報が無い物質の物質数を示した。

表 2.1-1 毒性クラスごとの物質数および換算係数（CF）の計算結果

		Class I	Class II	Class III	Class IV	All
LD <sub>50</sub> 、POD 両方情報あり	<i>n</i>	37	63	117	39	256
	GM	105	99	291	956	231
	GSD	19.8	7.5	16.2	21.2	16.2
	CF (95)	1.4×10 <sup>4</sup>	2.7×10 <sup>3</sup>	2.8×10 <sup>4</sup>	1.5×10 <sup>5</sup>	2.3×10 <sup>4</sup>
LD <sub>50</sub> のみ	<i>n</i>	25	112	287	66	490

本計算により POD 相当値を導出し、さらにいくつかの UF を適用することにより緊急時基準相当値を導出することが可能であると考えられる。ただし、この方法は 95 パーセンタイル値を用いることにより、多くの物質では過剰に安全側に見積もられることが予想される。そのため、緊急時基準の観点から考えると、CF (50) (=GM) や CF (75) などの値を用いる方が実用的である可能性があり、さらなる検討を進める必要がある。

### 2.1.6 大気中化学物質に関する既存分析法の解析

「有害化学物質の緊急時モニタリング実施指針（2011）」の大気指針値案に示された対象物質 600 物質のうち 307 物質について前年度調査した分析法について解析を行った。収集した情報は、以下の海外機関が開発、集約してきた分析法を優先対象とし、その他必要に応じ可能な分析法を検索した結果である。

- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists: 米国産業衛生専門家会議)
- NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health: 米国職業安全衛生研究所)
- OSHA (Occupational Safety & Health Administration: 米国労働安全衛生局)

● ASTM International

※：ACGIH については独自の調査分析方法を策定していないが、調査のためのガイドブックに分析方法が紹介されているので、これらの情報を元に分析方法を検索した。

307 物質のうち 109 物質については分析法の収集ができなかったが、残りの 198 物質に対して合計 443 の分析手法を収集した。このうち検出下限が示されているものは 408 項目であり、大気指針値案の A 基準、C 基準について測定可能性を調査した（表 2.1-2）。

表 2.1-2 収集した分析手法における測定可能性

測定可能性	物質数	
	A 基準	C 基準
○	383	247
×	25	161

A 基準と C 基準では適用可能な分析法の数に大きな差が見られた。迅速かつ簡易な測定が求められる災害時には緊急時基準値の導入は有用であると考えられる。

2.1.7 化学事故情報の収集・整理

災害情報センター「災害情報データベース」に掲載された過去の化学事故事例について、「キーワード」フィールドに“漏洩”を含むレコードのうち、「環境影響」フィールドに何らかの記載のある 51 レコードを整理した。なお、ここでは、「年・月・日」、「事例要約」、「行為・工程」、「設備・装置・機器」、「物質」、「事業所\_業種」、「事業者」および「環境影響」を抜粋し示した。

表 2.1-3 収集した化学事故情報の一部

年	月	日	事例要約	行為・工程	設備・装置・機器	物質	事業所_業種	事業者	環境影響
1974	12	18	岡山、倉敷、水島 三菱石油水島製油所で脱硫重油タンク底部円周部の破壊により重油噴出し、大量に海上へ流出、大規模汚染	//貯蔵//	//ドームルーフトank ///アニュラ板///溶接部///直立階段///防油堤//	//C重油//石油//	//1811石油精製業//	三菱石油、石川島播磨重工業、千代田化工建設	海上流出量7,500～9,500キロリットル、瀬戸内海の3分の1汚染。汚染海岸延長470.3km。
1982	10	3	宮崎。清武 超LSI製造前処理棟プラズマCVD装置排気管火災	//製造//	//プラズマCVD装置/// 腐ガス燃焼装置//	//シラン//モノシラン///酸素//	//2913集積回路製造業//	宮崎沖電気	煙害約2200平方m。
1983	5	22	山口、徳山 徳山曹達徳山工場の塩化メチルから塩化メチレン、クロロホルム、四塩化炭素を製造するプラントで反応塔フランジ部より塩化水素ガスが噴出、市中心部に流れ込む	//製造///切替え//	//反応槽///接続部///フランジ///接続部///コンプレッサー///圧縮機//	//塩化水素//塩酸ガス///塩素///塩化第二鉄//塩化鉄//	//172無機化学工業製品製造業//	徳山曹達徳山工場	市街中心部に塩化水素ガス流入。
1984	12	2	India. Bhopal 殺虫剤工場の地下タンクからメチルイソシアネート漏れ、死者2000人以上、20世紀最大のプラント事故	//製造//	//タンク//	//イソシアネ酸メチル//有機化合物///ホスゲン//塩化カルボニル//有機化合物///水///塩化水素//塩酸ガス///塩化第二鉄//塩化鉄//	//1792農業製造業//	ユニオン・カーバイド社（UCC）	流出ガスが南東市街地に約40平方km拡散、動植物も被害。
1973	10	28	新潟、上越、直江津 塩化ビニル製造装置でストレーナー清掃作業中バルブ破損、粗モノマータンク内の塩化ビニルモノマー噴出・気化、工場内拡散・爆発、火災	//清掃//	//タンク///ストレーナー///弁//	//塩化ビニル//クロロエチレン//有機化合物//	//173有機化学工業製品製造業//	信越化学直江津工場	燃焼で発生した塩化水素ガスのため農作物被害約16万平方m

## 2.2 災害時の探索的・迅速分析の構築

### 2.2.1 大気・室内環境調査

#### (1)大気中エンドトキシン濃度測定法開発と環境濃度測定

##### 1)はじめに

エンドトキシン (Ex) はグラム陰性バクテリアの細胞壁を構成するリポ多糖類の一種であり、動物由来の排泄物や嫌気的な腐敗土壌中から高濃度に検出される物質である。Ex のヒトへの曝露は敗血症ショックや発熱の他、喘息など免疫系の疾患に関与していることが知られている。一方、Ex は大地震の津波堆積土や大洪水の河川氾濫による浸水堆積土に含まれることが予想され、Ex を含んだ泥土が被災家屋での除去作業や避難所等での付着靴等による避難所等へ搬入され、粉じんとなり曝露される。東日本大震災では津波により沿岸部や河川の底泥が津波堆積物として大量に陸上に運ばれ、市街地を汚染した。乾燥した津波堆積物はがれきの除去や処理作業時に飛散粉じんとなり、津波堆積物に起因する粉じんの曝露が間質性肺炎や喘息などのアレルギー疾病に関与していることが懸念された。また、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨では河川の氾濫により浸水堆積土が常総市の洪水地域を広域に汚染し、堆積土の乾燥による飛散粉じん曝露が懸念された。

震災による津波や河川の洪水などによる災害時の泥土堆積物の飛散粉じんの健康影響を把握する環境モニタリングの一つとして、大気中の粉じんはエアサンプラーでフィルター上に捕集して、また、大気粉じんとして捕集できない場合は、堆積泥土のサンプリングを行い、フルイによる模擬大気粉じん試料を作成して、それらに含まれる Ex を計測することは有効であると考えられる。

今年度は、環境モニタリングのための迅速かつ簡便で精度管理に優れたエンドトキシンアッセイを用いた測定システムの構築を行うために、大気粉じんフィルターや模擬大気粉じんからの Ex の抽出方法の検討を行い、東日本大震災後の被災地で捕集していた大気粉じんフィルター試料中と常総市の洪水地域から採取した泥土の模擬大気粉じん試料中の Ex 濃度を測定して調査地点や調査時期の違いの比較を試みた。

##### 2)方法

これまで、環境試料からの Ex の報告はほとんどない。一方、Ex は高い耐熱性があり、除去するためには 250℃以上での熱分解が必要である適切な前処理手技が必要である。今回、大気粉じん試料は、ハイボリウムエアサンプラーで採取したフィルターから捕集面積の 32 分の 1 量をカットして、乾熱滅菌したガラス試験管に封入し、また、泥土からフルイを用いて作成した模擬大気粉じん試料は一定重量を同様の試験管に秤量して封入した。これに蒸留水（注射用水；大塚製薬）6mL を加え、予備試験の結果から 60 分間の超音波処理抽出を行った。抽出後の試験管は、3,000r.p.m. 20 分間の遠心後、上清 0.5mL を Ex フリーのプラスチックチューブに回収した。上清試料は適宜、純水で希釈を行い、ライセート試薬溶液 0.1mL を入れたチューブに等量を加え、トキシノメーターR (ET-6000 ; ワコー) で測定を行った。Ex 標準液の検量線とパソコンの処理により得られた Ex データは、大気粉じん試料はフィルターの捕集大気流量当たりの Ex 活性 (EU/m<sup>3</sup>) 及び捕集粉じん重量当たりの Ex 活性 (EU/mg) に、模擬大気粉じんは重量当たりの Ex 活性 (EU/mg) に換算して評価した。

Ex の測定原理は、アメリカカプトガニの血球から作られたライセート試薬と Ex を混合した際の凝固反応が Ex の濃度に比例することを利用したものである。Ex 測定システムは凝固反応を

96 ウェルプレート内のウェル内で試料をライセート試薬と混合するマイクロプレート法と試料をライセート試薬とガラス試験管内で混合して特殊な測定モジュールにすみやかに順次差し込んでいく試験法が開発されている。今回、環境試料の測定にあたっては、後者であるトキシノメーターRを用いるワコーのEx測定システムを採用した。本法は、試料とライセート試薬との混合後、PC上でリアルタイムの経時変化を確認することが可能であることから、試料ごとの試験結果を予測して希釈操作など次の工程への対応を早めることが可能であることや、測定は一般的な比色法ではなく比濁法で行うことから、環境試料に多くみられる試料の着色の影響を除外することが可能とであること、などの利点がある。

### 3) 結果及び考察

東日本大震災における被災地期の大気中 Ex 濃度：

大気粉じん試料は、東日本大震災後の2012年度に復興期の震災がれきの運搬や処理作業と市街地の大気汚染との関係を調査するために設置した石巻市内5ヶ所（雲雀野、釜小、合同庁舎（合庁）、石巻商高（石商高）、河南東中（河南東））のハイボリュームエアサンプラーの捕集粉じんフィルターを用いた。なお、対照には同時期に捕集したつくば（国環研）の大気粉じん試料を使用した。2012年度の石巻市内5ヶ所のEx濃度は大気体積当たりでは年間を通じて震災がれきの中間処理

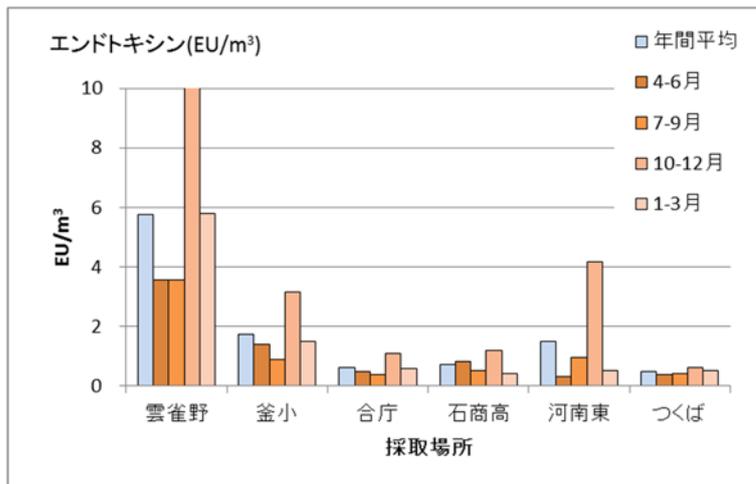


図 2.2-1 石巻市5ヶ所の大気体積 (m³) 当たりのエンドトキシン濃度

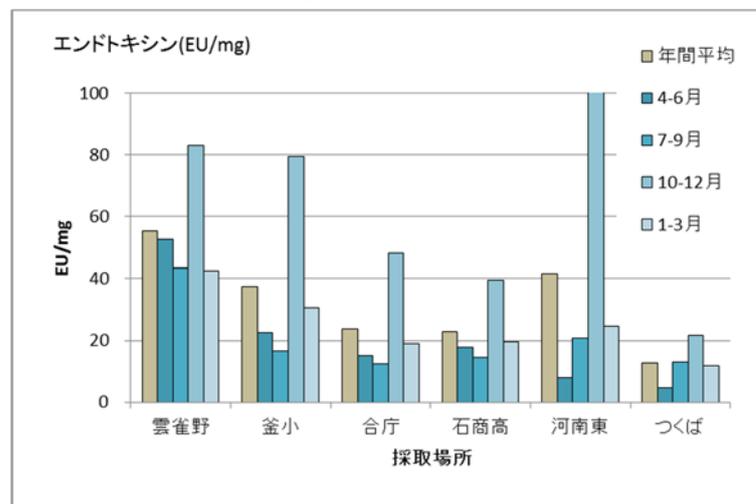


図 2.2-2 石巻市5ヶ所の粉じん濃度 (mg) 当たりのエンドトキシン濃度

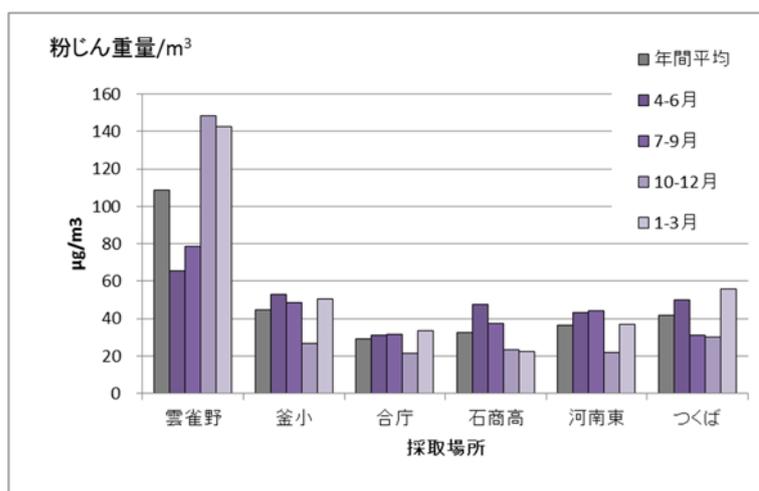


図 2.2-3 石巻市5ヶ所の粉じん濃度

施設付近に設置した「雲雀野」が他の3倍以上と高く、住宅や商店街に存在する「合庁」は低く、対照に用いた「つくば」と同程度であった(図 2.2-1)。一方、粉じん重量当たりの Ex 濃度では「雲雀野」の年間平均の Ex 濃度は「釜小」や「河南東」の 1.3 倍程度であり、調査地点による顕著な差は認められなかった(図 2.2-2)。したがって雲雀野の大気体積当たり Ex 濃度が高いのは、中間処理施設での処理に伴い、雲雀野では粉じん濃度が他の地点よりも約 2~3 倍高かったためと考えられた(図 2.2-3)。一方、10-12 月期には、粉塵濃度は高くないものの、大気体積当たり Ex が高くなる現象がいずれの地点でも観られた。特に農村地区の「河南東」では 10 月に 500 EU/mg を越す高濃度日が観察された(図 2.2-2 は 6 日間の平均値)。他の調査地点でも同様に、同日に Ex の高濃度が認められ、また、対照とした「つくば」も低いながら同様に上昇傾向を示した。この要因は定かではないが、Ex 濃度に影響を与える何らかのイベントがあった可能性が示唆された。

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨被災地試料：

上記の検討から、津波被災地においては堆積物による Ex 汚染の可能性があると考えられた。一方、平成 27 年 9 月に生じた関東・東北豪雨により、常総市では大規模な洪水が発生した。津波堆積物と洪水による堆積物では、含有する Ex 濃度に違いがあると予想されるものの、堆積物が市内に広がっている状況は酷似している。そこで、洪水被災地の堆積物中 Ex 濃度の調査を実施した。

参考のために、つくば市内の一般的な様々な土壌の Ex 濃度を表 2.2-1 に、東日本大震災後の石巻市内で採取した 4 地点の津波堆積物の Ex 濃度を表 2.2-2 に示す。洪水被災地で採取した堆積土では、概ね約 10 EU/mg から数百 EU/mg 程度であり、また決壊地点付近の河川直下の浸水が運び込んだと考えられる堆積泥土では低い傾向であり、その後市街地や田畑を流れてきた河川汚泥はゆっくりと堆積し、決壊地から離れた地点の泥土の Ex 濃度は高くなる傾向があった。

なお、石巻市の津波堆積物と同程度の Ex 濃度を示した試料が 1 検体あった。この試料の採取付近には下水ポンプ施設があり、故障による下水混入の可能性も疑われた。

エンドトキシンアッセイは、災害時に発生する大気粉じんや堆積汚泥などの環境モニタリングとして迅速にデータが得られる利点があり、被災直後の被災者や作業関係者の健康影響への警鐘に利用することも可能である。今後は様々な試料からの抽出法などの精度管理を行うとともに、平時のモニタリングデータの蓄積を行う重要性が指摘された。

表 2.2-1 つくば市の一般的土壌のエンドトキシン

採取地点No.	エンドトキシン (EU/mg)	場所
TKB001	188	国環研庭土
TKB002	321	民家庭土
TKB003	212	畑表土
TKB004	750	畑堆肥
TKB005	179	田んぼ土

表 2.2-2 石巻市の津波堆積物のエンドトキシン

採取地点No.	エンドトキシン (EU/mg)	場所
D-DT-1	71	民家;軒下
D-DT-2	1879	民家;床下
D-DT-3	2484	工場;床上
D-DT-4	2209	民家;縁下
平均	1661	

## 2.2.2 探索的・網羅的高度分析

### (1) 大気中有害化学物質の迅速分析

本研究では、特定の化学物質を分析対象とするのではなく、化学物質による環境汚染の多様化に対応するため、環境中に存在する化学物質をできる限り多く見つけ出すための方法（ノンターゲット分析法）について検討した結果を示す。はじめに、ここで示されるノンターゲット分析法は、比較的揮発しやすい化学物質を対象に、試料前処理を伴わず、一回の試料採取と分析によってより多くの化学物質を同時に見つけ出す方法と定義できる。本法の要点として、測定時にできる限り多くの化学物質をまとめて効率的に測定することが挙げられる。この分離分析技術については、化学物質の分離検出に二次元ガスクロマトグラフ（GCxGC）を接続した高分解能飛行時間型質量分析計（HRTOFMS）を利用した。化学物質に限らず、物体や物質はそれぞれ固有の質量数を有するが、HRTOFMS は化学物質の質量数を気にせずに、広範囲の質量数に及ぶイオンを同時に正確に検出できる装置であり、近年、その性能について飛躍的な進歩があった。これによってこれまで気付かれなかった低濃度で存在する化学物質や質量数の大きな化学物質の測定も可能となり、環境分野における実用性も広がった。したがって、環境濃度も質量数も不明である不特定多数の化学物質を見つけ出すには HRTOFMS は最適な検出器と言える。また、GCxGC では、2本のキャピラリーカラムの組み合わせにより、検出されるピークの情報量およびピーク分離性能が格段に増しており、検出されるピーク幅も鋭くなるため高感度な分析が可能となる。以下に挙げる研究結果は、試料前処理を伴わずに大気捕集後の吸着管を GCxGC-HRTOFMS の熱脱着装置に直接導入して測定を実施したものである。

大気採取は、持ち運びの容易なミニポンプを研究所の屋上に設置し、大気中の化学物質を集めている様子である。ミニポンプの大気採取口には、洗浄済みの活性炭などの吸着剤が詰められた吸着管（長さ 6cm、内径 4mm）を取り付けた。一定量の大気を吸着管に通過させた後、ミニポンプから吸着管を取り外し、GCxGC-HRTOFMS の熱脱着装置に吸着管を導入した。吸着剤に集められた様々な化学物質は、熱脱着装置の中で約 300℃まで段階的に加熱されることにより気化され、吸着剤から GCxGC 内部へ移動し、吸着剤に集められた化学物質のほぼすべての成分が GC のキャピラリーカラム（長さ 45m、内径 0.25mm）へ導入されることになる。本法で用いた GCxGC では、1 本目のキャピラリーカラムから出てきた成分を、2 本目のキャピラリーカラムでさらに細かく分離している。図 2.2-4 に、GCxGC-HRTOFMS 測定により実際に得られた大気中の化学物質のトータルイオンクロマトグラム（TIC）を示す。ここで、図 2.2-4 の横軸は 1 本目のキャピラリーカラムの保持時間（分）を、縦軸は 2 本目のキャピラリーカラムの保持時間（秒）を示しており、1 つの成分に相当する TIC 範囲は、横軸方向に 2~3 秒間、縦軸方向に 0.05~0.5 秒間である。TIC 上の色の違いは、見つけられた化学物質のピーク強度差を表しており、濃い暖色であるほど何らかの化学物質が高い強度で見つけられたことを意味する。本来、各ピークの幅は数秒程度と非常に狭いが、多数のピークが存在するために TIC の全体に赤色や黄色といった暖色の部分が目立つ結果となった。図 2.2-5 は、図 2.2-4 の TIC について、ある保持時間（中央部、黒丸）で見つけられた成分の精密質量スペクトルを抜き出したものである。その結果、図 2.2-5 の左図では、塩素を含む化学物質に特有のマススペクトルパターンが質量数 230 から 300 の範囲で確認された。そこで、マススペクトルとの比較を進めたところ、POPs 物質であるヘキサクロロベンゼンと非常に一致度（マッチファクター：960）であることが明らかとなった。化学物質の正確な検出に

は装置の分離面での改善がさらに必要であることなど課題もいくつか残されているが、本法は、検出器に熱脱着-GCxGC-HRTOMS を用いることで通常の方法に従えば 1 週間程度を要する試料前処理を全く行わずに化学物質の特定を行っており、迅速性において大きな利点がある。また、持ち運びの容易なミニポンプによる試料採取は、サンプラーの設置や電源確保といったサンプリングに関する問題を改善する手法として有用であると考えられる。

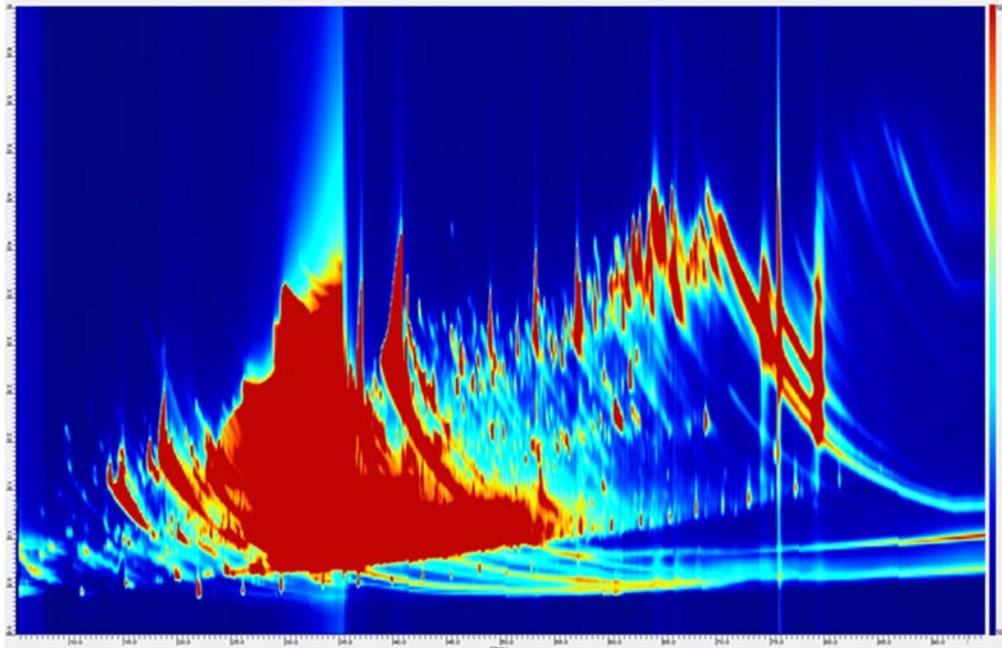


図 2.2-4 大気試料から得られたTIC

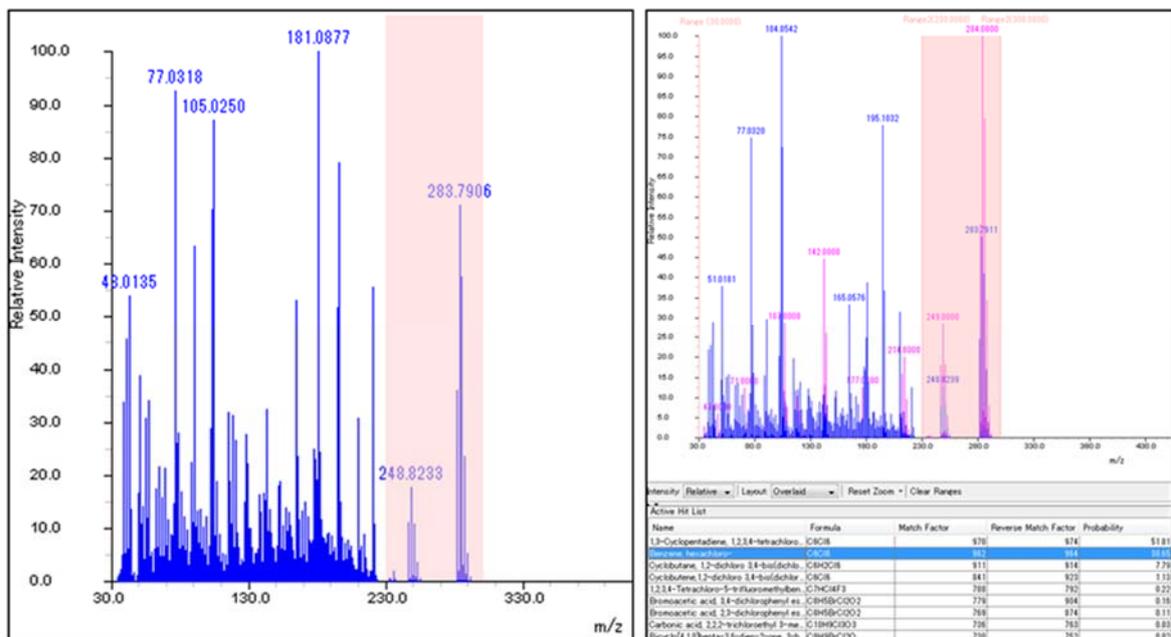


図 2.2-5 ヘキサクロロベンゼンの同定

## (2) 精密質量データベースによる有害化学物質の検索手法の開発

本研究では、普及が始まりつつある GCxGC-HRTOFMS の環境分野への活用の高度化を図り、研究分野の開拓にも繋がる手法の開発を目指した。そのために、GCxGC-HRTOFMS の能力を最大限活用した物質の検索・同定が可能な高精度な網羅的分析法や、物質組成や量の変化を高感度に検出・識別できる精密質量データの解析法を提案し、測定データからの物質の発掘や検索・同定において精密質量データベースを用いることの優位性を明らかにすることを目的とした。ケーススタディとして、大気中の化学物質の網羅的モニタリングを行い、提案する手法の妥当性と有用性について評価した。

### 1) 混合標準溶液を用いた分離条件の検討と評価

ここでの検討では、熱脱着装置による GCxGC-HRTOFMS への試料導入を前提とした。はじめに、我々が手元に保有している精密質量スペクトルのライブラリーデータベースを利用した検討結果を報告する。わかりやすく言い換えるならば、あらかじめ作成した既知化合物の精密質量スペクトルと保持時間のデータベースを用いて、そのデータベースに含まれる物質を測定したときに、作成したデータベースによって正しく同定されるかどうかを検討した結果となる。まず、Dioxin、POPs、PCBs、PBDEs、PAHs の混合標準溶液を用いて測定条件の最適化を行った。その結果、毎分 3°C (1 段) の昇温プログラムにより、全化合物が 1 段目 GC カラム昇温中かつ 2 段目 GC カラム分析時間 (6.5 秒) 中に溶出することを確認した。本条件で農薬標準溶液 (合計 263 成分) を測定し、精密質量スペクトル、保持時間を In house データベースに登録した。つぎに、データベース評価のため、疑似的に全化合物(379 種)分析データを作成した。TIC 上での自動ピーク検出後、In house データベースにより、80%の化合物を同定することができた (図 2.2-6)。感度不足と共溶出により一部同定出来なかった PCBs やダイオキシンフラン (PCDFs) については、マスクロマトグラム (SIC) 上での自動ピーク検出後、In house データベースにより、100%の化合物の同定が可能となった (図 2.2-7 および図 2.2-8)

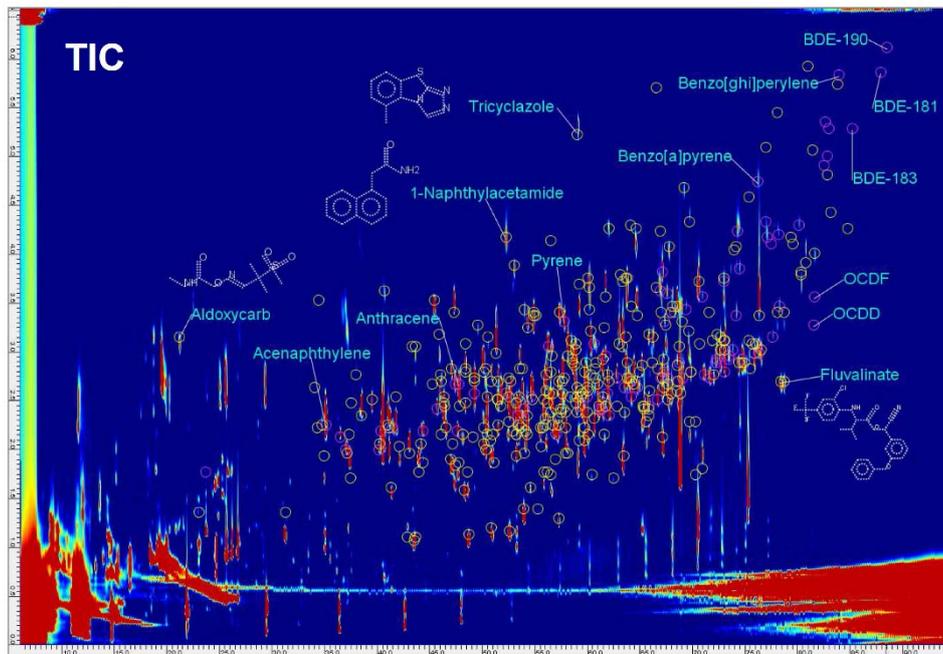


図 2.2-6 全標準化合物 (379 種) の 2D map (疑似データ) と化合物データベース

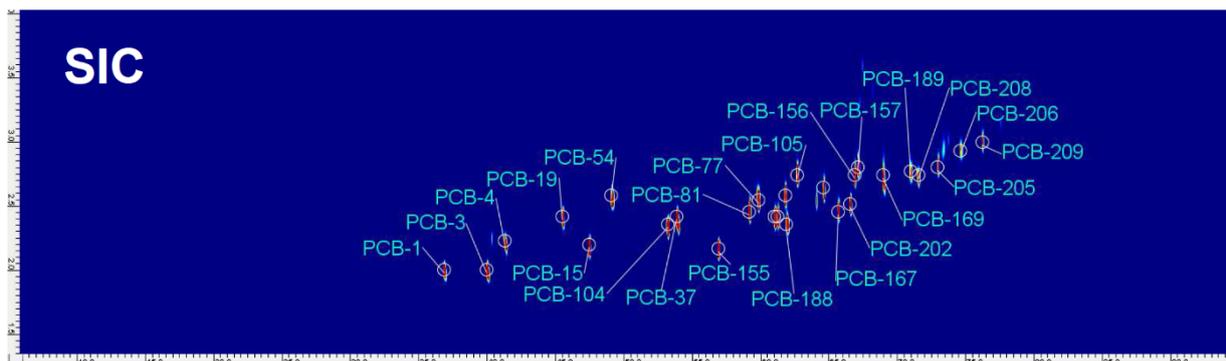


図 2.2-7 PCBs の 2D SIC と In house データベースの適用



図 2.2-8 PCDFs の 2D SIC と In house データベースの適用

## 2) NIST ライブラリーと In house データベースを用いた大気試料の解析

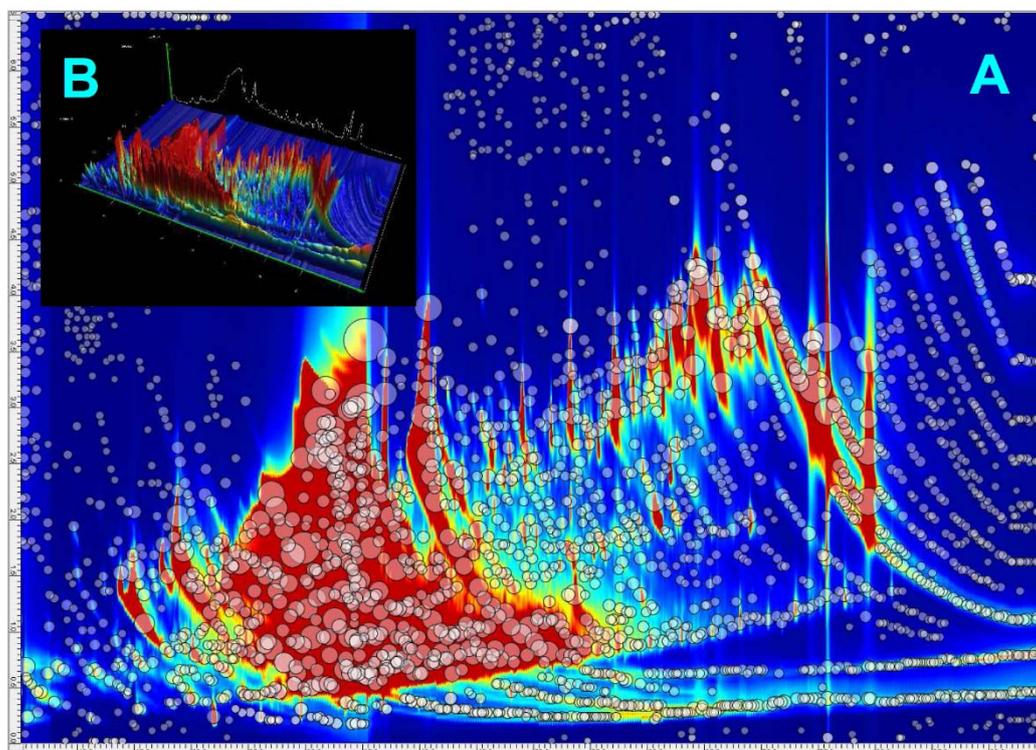


図 2.2-9 自動ピーク検出を実施した大気試料の 2D map (A) と 3D View (B)

最適化した条件で大気試料を測定し、得られた 2D map (TIC) 上でピークの自動検出を行った結果、約 2600 本のピークが検出された (図 2.2-9)。検出された全ピークのマススペクトルを用いて NIST ライブラリーサーチを行った結果、Hit 率が 800 以上 : 217 本、700 以上 800 未満 : 1496 本、700 以上かつ C 1 を含むもの : 5 本となり、In house データベースに登録されている化合物の中では、農薬 (Pendimethalin) のみがヒットした (Hit 率 : 734)。2 段目 GC カラムの分離により、微量の Pendimethalin が複数のピークと分離され、TIC 上においても特徴的なマススペクトルを容易に確認することが可能であった (図 2.2-10)。つぎに、In house データベースを用いて検索を行った結果、Anthracene, Pyrene などの PAHs : 5 種、Fosthiazate, Pyrethrin などの農薬 : 5 種が新たに同定された。これらは、いずれも NIST ライブラリーサーチでは Hit 率が低かった。しかし、予想より同定数は少なく、その理由として、対象物質の濃度が低く、TIC 上では、試料中の複雑なマトリックスに埋もれている可能性が考えられた。

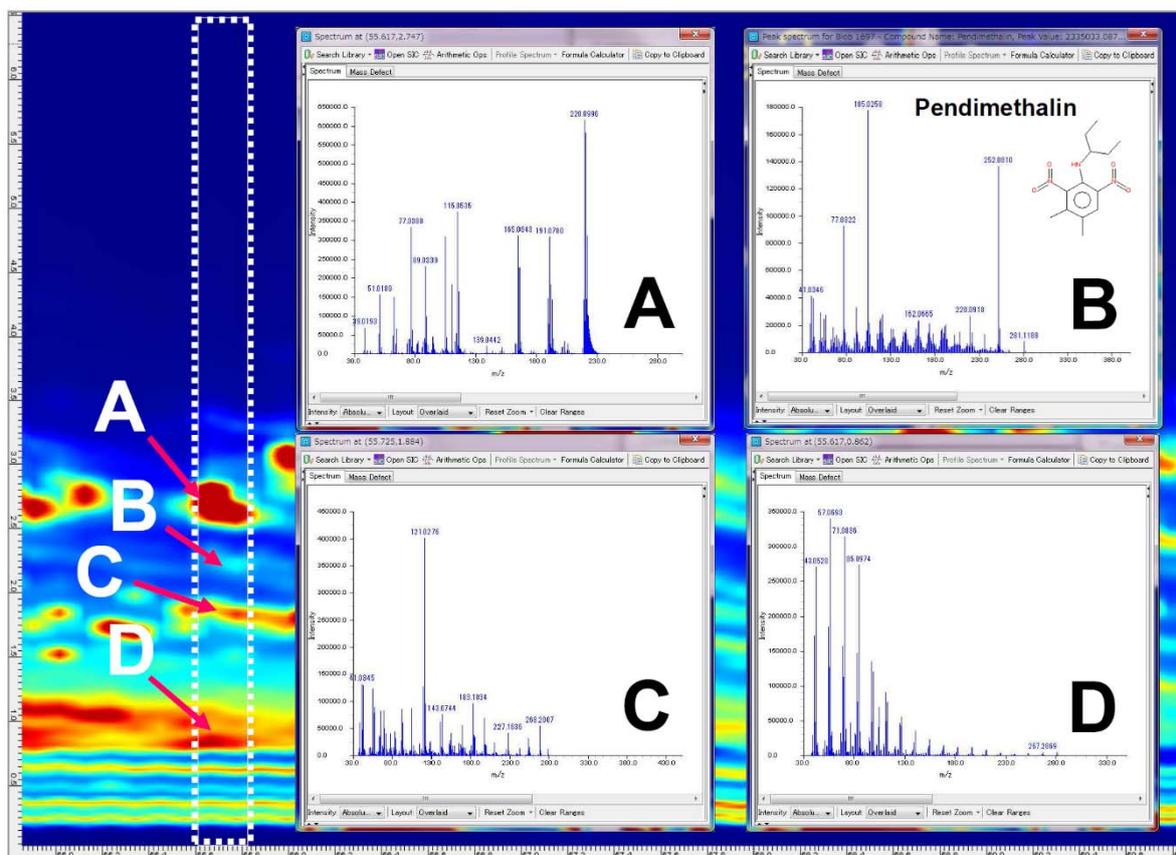


図 2.2-10 検出された農薬 (B: Pendimethalin) と分離された各化合物のマススペクトル

以上、本研究では、災害時における迅速な対応や、定常時の化学物質情報を網羅的に収集することが可能な測定条件を検討した。その結果、捕集した大気試料を直接測定し、わずか 1 回の測定で、数千もの化合物の検出が可能であることを確認するとともに、化合物の同定には、In house データベースの他、精密質量を用いたマスクロマトグラムを用いたマススペクトルのフィルタリングが有用であることを確認した。

## 参考文献

Hashimoto, S., Zushi, Y., FTakazawa, Y., Ieda, T., Fushimi, A., Tanabe, K., Shibata, Y. (2015) Selective and comprehensive analysis of organohalogen compounds by GC × GC–HRTofMS and MS/MS. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, DOI: 10.1007/s11356-015-5059-5, Epub ahead of print

## 2.2.3 海洋における災害時環境調査の研究

### (1) 目的

2011年3月に発生した巨大地震と津波は、東日本の沿岸生態系に大きなダメージを与えた。被災地の干潟では、津波により底泥が持ち去られ、津波堆積物が厚く積もるなどして、震災前とは地形や生物相が大きく変化した(金谷ら 2012)。また、津波は沿岸部の建物や油タンクを破壊し、浸水域で大規模な火災が発生した。その結果、重油やがれき、さらにそれらの燃焼生成物(例えば多環芳香族炭化水素; Poly-aromatic Hydrocarbons [PAHs])が海へと流れ込んだ。

私たちは、震災直後から現地に入り、1) 津波が干潟の地形、環境と生物群集に与えた影響を調査するとともに、2) 三陸の内湾域潮下帯において底泥中に堆積・残留した多環芳香族炭化水素(PAHs; 流出油・火災起源)の消長を追跡している。震災後5年間の調査によって、沿岸域の生物相や底質・水質環境が徐々に回復しつつあることがわかってきた(Kanaya et al. in press ab)。しかし、Borja et al. (2010)の総説によると、過度の環境改変を受けた沿岸の生物相が完全に回復するまでに要する時間は、最低でも15~25年と言われている。私たちは、被災地の生態系モニタリングを継続して実施し、巨大災害が沿岸生態系にもたらした影響の評価を目指している。本稿ではまず、広域的なサーベイや研究者への聞き取りに基づいて東日本大震災が干潟生態系へおよぼした影響を概観し、進行中の復旧工事に伴う二次的な生態系攪乱についても触れる。また、三陸地方南部の大船渡湾、気仙沼湾、志津川湾で実施している底泥のPAHs汚染調査について平成27年度の調査結果を報告する。

### (2) 東日本大震災に伴う干潟生態系の変化

#### 1) はじめに(背景)

東日本沿岸には、仙台湾や三陸沿岸を中心に多くの干潟や塩性湿地が分布している。東日本大震災において、三陸海岸南部と仙台湾沿岸の干潟は、津波により非常に大きな攪乱を受けた。私たちは、震災直後から被災地に入り、各地の干潟でどのような影響が見られたかを網羅的に記録した。また、自身が調査に入れなかった干潟については、干潟研究者のネットワークを利用して情報収集を行った。

本稿では東日本大震災が干潟生態系、特にその生息場所(ハビタット)構造に及ぼした様々な影響を類別化して示す。本稿の内容の多くは Kanaya et al. (in press b) で公表予定である。

#### 2) 震災が干潟生態系に及ぼした影響の類別化

東日本大震災時に干潟で生じた大規模な環境改変を表 2.2-3 にまとめた。大震災が引き起こした環境改変は、その原因によって大きく4タイプ(①津波、②地盤沈下、③地震に伴う液状化、④復旧工事等、人為的・二次的影響)に分けられた。浸水高が30mにも達した巨大津波は、干潟の底質を洗掘して深く削り取り、運び去った。これにより、多くの干潟でヨシ原や海浜植物群落、干潟周辺の海岸林が流失した(図 2.2-11)。三陸地方の干潟では底泥が深く掘り下げられ、干出しなくなった場所もあった(図 2.2-12)。津波はまた、大量の津波堆積物を干潟や陸地に運び堆積させた(Szczuciński et al. 2012)。これに伴い、干潟地形が大きく変化した場所もある(金谷ら 2012)。宮城県牡鹿半島周辺では、地震に伴う地盤沈下が50cmを越え、津波による洗掘と相まって干潟が干出しなくなったり、かつて陸地であった場所が新たな干潟となったりした。石巻市の万石浦沢田では、津波の高さは2m台であったが地盤沈下の影響が大きく、干潟が干出しなくなった(図 2.2-12b)。

**表 2.2-3 震災が東日本沿岸の干潟に及ぼした様々な影響。Kanaya et al. (in press) を改変。**

原因	影響
津波	植生の流失 (ヨシ原、海岸林、海浜植生)
	洗掘による干潟の消失
	堆積に伴う干潟の創出
	海岸構造物の破壊
地盤沈下	干潟の消失
	地盤高変化に伴う 新たな潮間帯の創出
液状化	砂／泥の噴出による底質変化
	側方流動による干潟の消失 ／新たな潮間帯の創出
	海岸構造物の破壊
復旧工事	埋め立て／掘削に伴う 生息場所(ハビタット)の改変
	防潮堤建設に伴う ハビタットの改変
	代替干潟の建設 (干潟のミチゲーション)

津波によってヨシ原や構造物が流失したことで、新たな干潟が形成された例もある。北上川(追波川)河口に位置する長面浦では、住宅地の跡が干潟となった(図 2.2-13a)。また、仙台市の井土浦では、後背地のヨシ原が流失し、広大な裸地干潟(東谷地)が出現した(図 2.2-13b)。このような干潟は、底生動物や塩生植物にとって新たな生息場所となっている。

巨大地震はまた、東北地方～関東の広範囲にわたり土壌の液状化を引き起こした(Kanaya et al. in press b; Okoshi 2015)。東京湾奥部の干潟では津波による被害はほとんど無かったが、液状化で海岸構造物が破損した事例も多い(図 2.2-14)。また、液状化で粒度組成が変化したり、側方流動によって地形が変化した干潟も見られた。

震災後 5 年が過ぎ、被災地の干潟では復旧工事に伴う二次的な環境変化が顕著である(図 2.2-15、2.2-16)。福島県相馬市の松川浦では、護岸工事に伴って干潟上に土嚢が積まれた。宮城県東松島市大高森では、復旧工事の台船発着のために干潟が埋め立てられた。干潟の消失は、水質浄化や底生動物の生息場所としての干潟の生態系機能を喪失させる。しかし、松川浦では工事終了後に干潟が再生され、ヤマトオサガニ等底生動物の生息も確認されている。復旧工事後に、適切な地盤高・

適切な粒度組成の干潟を再生するような配慮が行われれば、数年のうちに生き物たちが加入し、干潟としての機能も回復すると考えられる。もちろん、干潟へのインパクトを最小限とする工法・工事計画(堤防の位置変更等)の採用が望ましいが、工事後の干潟再生(ミチゲーション)も、底生動物の生息場所を確保するための有効な手段の 1 つであろう。

### 3) おわりに

震災から 5 年が過ぎ、沿岸域の干潟・塩性湿地の生物相は着実に回復しつつある。一方、種によっては未だに回復の兆しが見られないものや、震災によって地域個体群が絶滅してしまったと考えられるものもいる(金谷ら 2012, 日本生態学会東北地区会 2016)。将来的な干潟生態系の回復に向け、希少な底生動物の生息地は、浮遊幼生の供給源—ソース個体群—として機能すると考えられ、適切に保全される必要がある。そのためにも、各地の干潟における生物相に関して、情報の収集・整理が重要となるだろう。

大攪乱を受けた干潟が、再び定常状態に達するまでにどの程度の時間を要するのかを、私たちは未だ知らない。東日本大震災が干潟生態系に与えた影響と、その後の回復過程を正しく理解するためにも、長期的な追跡調査を継続する必要がある。



図 2.2-11 津波による植生の流失。仙台市蒲生干潟。



図 2.2-12 津波による洗掘と地震に伴う地盤沈下。



図 2.2-13 住宅やヨシ原の流失後に形成された干潟。



図 2.2-14 東京湾奥における震災の影響。



図 2.2-15 復旧工事に伴う干潟の環境変化。



図 2.2-16 干潟への防潮堤建設。宮城県東松島市波津々浦（高さ T.P. 6.4m）

※図 2.2-11～2.2-15 : Kanaya et al. (in press) を改変。

## 参考文献

- Borja Á, Dauer DM, Elliott M, Simenstad CA (2010) Medium- and long-term recovery of estuarine and coastal ecosystems: patterns, rates and restoration effectiveness. *Estuaries and Coasts* 33:1249–1260
- 金谷弦、鈴木孝男、牧秀明、中村泰男、宮島祐一、菊地永祐 (2012) 2011 年巨大津波が宮城県蒲生潟の地形、植生および底生動物相に及ぼした影響. *日本ベントス学会誌* 67: 20–32.
- Kanaya G, Maki H, Chiba F, Miura K, Fukuchi S, Sasaki H, Nishimura O (in press a) Impacts of fuel spills caused by the 2011 Japanese tsunami on the subtidal soft-bottom communities of a semi-enclosed bay located on the Sanriku coast. In: Urabe J, Nakashizuka T (eds) *Ecological Impacts of Tsunamis on Coastal Ecosystems: Lessons from the Great East Japan Earthquake*. Springer Japan
- Kanaya G, Suzuki T, Kikuchi E (2015) Impacts of the 2011 tsunami on sediment characteristics and macrozoobenthic assemblages in a shallow eutrophic lagoon, Sendai Bay, Japan. *PLOS ONE* 10: e0135125.
- Kanaya G, Suzuki T, Kinoshita K, Matsumasa M, Yamada K, Seike K, Okoshi K, Miura O, Nakai S, Sato-Okoshi W, Kikuchi E (in press b) Disaster-induced changes in coastal wetlands and soft-bottom habitats in eastern Japan— an overview on 2011 Great East Japan Earthquake. *Biology International*
- 日本生態学会東北地区会編 (2016) 生態学が語る東日本大震災—自然界に何が起きたのか—. 文一総合出版. 東京. 200 p
- Okoshi K. (2015). Impact of repeating massive earthquakes on intertidal mollusk community in Japan. In “Marine Productivity: Perturbations and Resilience of Socio-ecosystems”, eds. Ceccaldi, H.J., et al., pp 55–62. Springer.
- Szczuciński W, Kokociński M, Rzeszewski M, Chagué-Goff C, Cachão M, Goto K, Sugawara D (2012) Sediment sources and sedimentation processes of 2011 Tohoku-oki tsunami deposits on the Sendai Plain, Japan — Insights from diatoms, nannoliths and grain size distribution. *Sediment Geol* 282:40–56

### (3)平成 27 年度三陸沿岸内湾域底質中の芳香族炭化水素汚染実態調査

#### 1)はじめに（背景）

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災時に発生した大津波により、東北地方の太平洋沿岸地域で臨海部の石油タンクが破損・流失し、仙台港、志津川湾、気仙沼湾、大船渡湾等では海域への油流出が起こった。

これまで環境省が実施してきた津波被災地での広域の海洋環境緊急モニタリング調査や、東北大学大学院、宮城県保健環境センター、国立環境研究所で実施してきた調査により、志津川湾、気仙沼湾、大船渡それぞれの湾奥部において底質中から高い多環芳香族炭化水素（PAH）が検出されてきている。

環境省では平成 23～27 年度の調査において主に上記の湾の湾口部から沖合にかけての底質中の PAH 汚染実態の把握がな

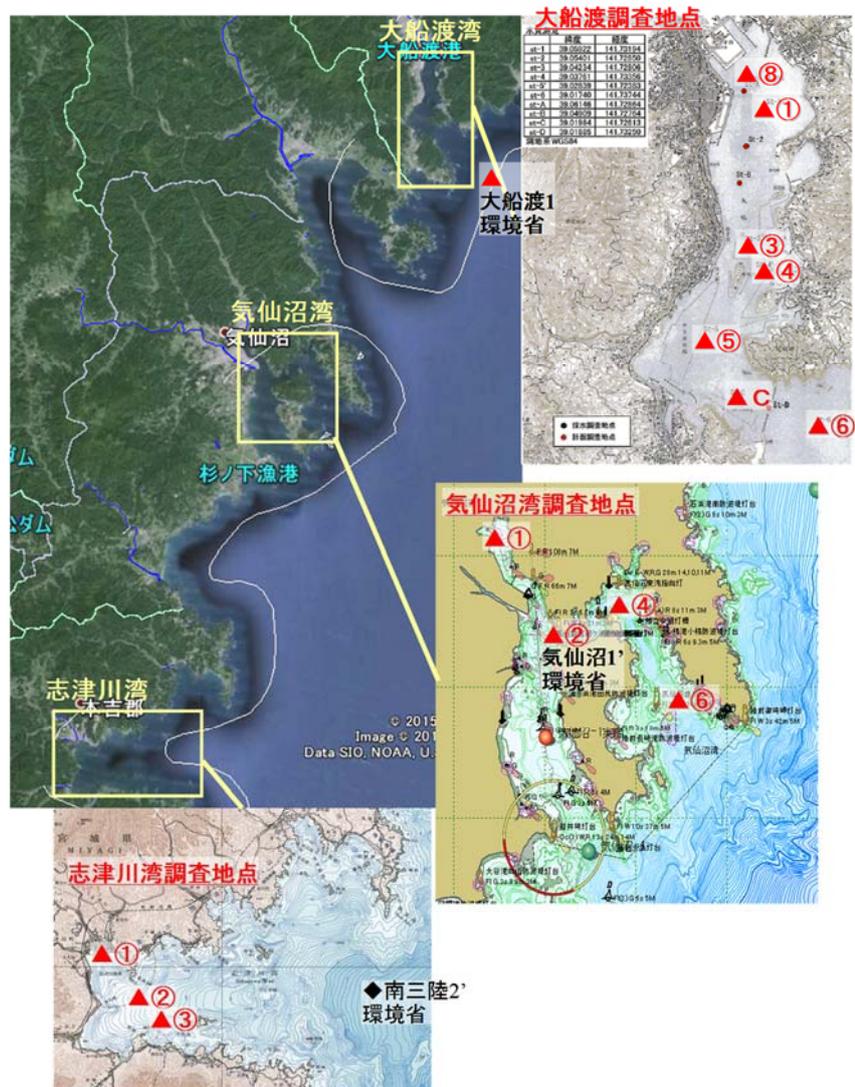


図 2.2-17 三陸沿岸海域内湾における底質調査地点

されていることから、国立環境研究所ではそれぞれの湾の奥部において小型船での現地調査を行い、浅海部での PAH 高濃度汚染域の実態把握を行ってきた。

平成 27 年度は志津川湾内では昨年度行った地点の内の 3 地点、気仙沼湾では過年度調査を実施してきた地点の内 4 地点、大船渡湾では昨年度と同じ 7 地点の計 14 地点で採泥を行い、PAH の分析を行い、過年度からの変化について調べた。

#### 2)調査方法（調査地点と分析項目）

平成 27 年 9 月に図 2.2-17 に示す志津川湾内の 3 地点、大船渡湾内の 7 地点（大船渡市生活福祉部市民環境課環境衛生係が実施している大船渡湾水質調査地点）、気仙沼湾 4 地点においてエクマン-バージ採泥器を用いて採泥を行い、底質中の PAH の分析を行った。

測定する PAH は過年度と同様に米国環境保護庁（USEPA）指定の 16 種にベンゾ(e)ピレン（Benzo[e]pyrene）を加えたものと、ジベンゾチオフェン（Cn-DBT）等の石油由来のアルキル側

鎖（置換基）を有するナフタレン（Cn-Naphthalenes）、フルオレン（Cn-Fluorenes）、フェナントレン（Cn-Phenanthrenes）ものを対象とした。

### 3) 結果

#### ①空間分布

USEPA 指定のアルキル側鎖を持たない PAH 16+1 種（合計値）については、大船渡湾では 1,690～10,240 ng/g 乾重となり、湾奥部の①や⑧では低く、環境省の調査地点の湾口沖の大船渡-1 と同

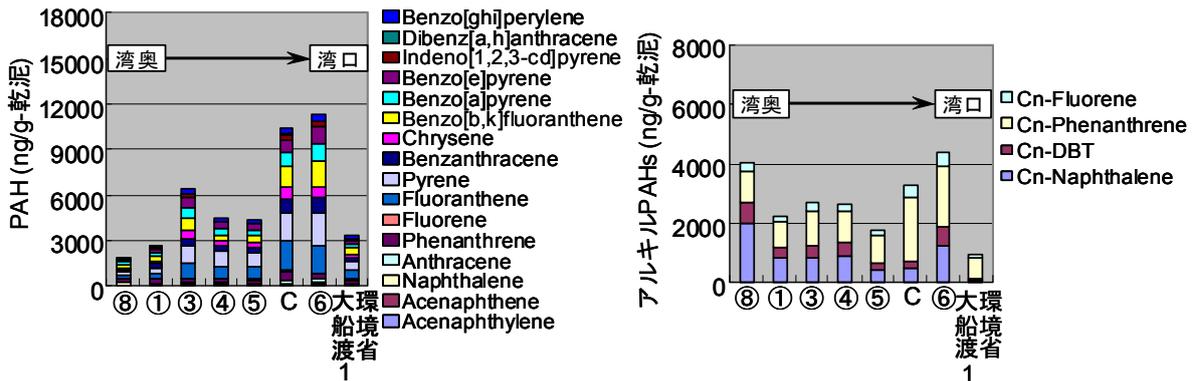


図 2.2-18 平成 27 年度・大船渡湾における PAH の分布  
 (左) USEPA 指定 PAH 16+1 種, (右) 石油由来のアルキル側鎖を有する PAH

等であった。昨年度と同様に最も検出濃度が高かったのは湾口防波堤より沖側の⑥であった（図 2.2-18 左）。

気仙沼湾では 2,990～15,170 ng/g 乾重となり、過年度と同様に湾奥の港内①から大島東側へ沖合⑥に行くに従って濃度の増大傾向が見られた（図 2.2-19 左）。

気仙沼湾と大船渡湾では湾奥部より湾口部に近い沖合での濃度が高くなる傾向を示していた。

志津川湾では最湾奥部の①を除く 2 地点において 730～1,600 ng/g 乾重と平成 27 年 11 月に環境省が実施した被災地モニタリング調査の南三陸-2'における値と同等であったが、①では 11,410 ng/g 乾重にも達する高濃度で検出された（図 2.2-20 左）。

石油由来のアルキル側鎖を有する PAH（合計値）は、大船渡湾では 1,760～4,400 ng/g 乾重となり、前述のアルキル側鎖を持たないものと同様に湾口部の⑥が最も高かったが、アルキル側鎖を持たないものが最も低かった湾奥部の①では 7 調査地点中二番目に高い濃度のアルキル側鎖を有するものが検出された（図 2.2-18 右）。これは昨年度と同様に、この地点における PAH の分子種

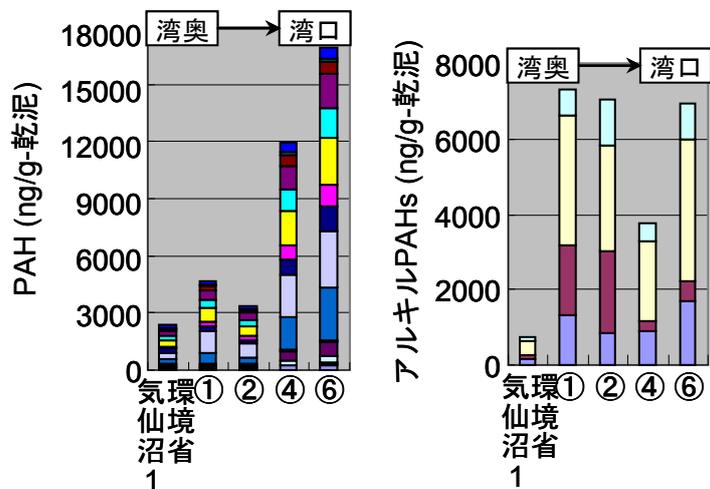


図 2.2-19 平成 27 年度・気仙沼湾における PAH の分布  
 (左) USEPA 指定 PAH 16+1 種, (右) 石油由来のアルキル側鎖を有する PAH (凡例は図 2.2-18 と同様)

の組成は他の地点と異なっており、大震災発生時に流出した重油とは由来が異なると思われた。

気仙沼湾では4地点共に高かった(3,770~7,330 ng/g 乾重)が、上記のアルキル側鎖を持たないものとは異なり、湾奥部から湾口部にかけての明確な増減傾向(濃度分布)が見られなかった(図 2.2-19 右)。

志津川湾ではアルキル側鎖を持たないものと同様に最湾奥部の①が 2,760 ng/g 乾重と突出して高く、他の2地点では 290~550 ng/g 乾重と環境省の調査地点:南三陸-2'と同様であった(図 2.2-20 右)。

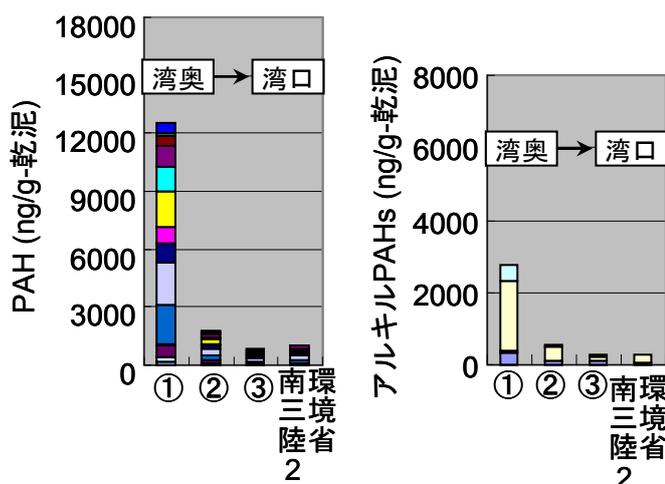


図 2.2-20 平成 27 年度・志津川湾における PAH の分布  
(左) USEPA 指定 PAH 16+1 種, (右) 石油由来のアルキル側鎖を有する PAH (凡例は図 2.2-18 と同様)

## ②経年的変化

各湾共に底質中の PAH は昨年(平成 26 年)度より減少傾向にあった。アルキル側鎖を持たない USEPA 指定 PAH 16+1 種に関しては、大船渡湾と気仙沼湾で平均 49%、志津川湾で平均 72%、それぞれに減少していた。アルキル側鎖を持つものについては大船渡湾では平均 23%、気仙沼湾で平均 56%、志津川湾で平均 62%の減少がそれぞれ見られた。

## 4)まとめと考察

過年度より継続的に調査を行っている大船渡湾、気仙沼湾、志津川湾の底質中からは依然として高い濃度の PAH が検出されているが、震災後確実に減少している傾向が見られた。

特に大量の A 重油が流出した気仙沼湾では震災直後に非常に高いアルキル側鎖を有する PAH が検出されていたが、その濃度は当初に比べて劇的に減少した。志津川湾では湾奥部の旧魚市場前の船舶停泊地周辺のみ濃度が高いが、停泊地外の濃度は余り高くない。

大船渡湾、気仙沼湾は湾奥部より湾口部で濃度が高い傾向にあるが、大船渡湾では環境省の調査点(大船渡-1)と湾口防波堤の間に最大濃度となる箇所が在ると考えられるが、具体的には未だ不明である。

また気仙沼湾では底質表層ではなく表層下部で PAH の濃度が高くなる傾向があるが、湾口部(⑥等)での底質中の PAH の鉛直分布は不明である。

今後は底質中の PAH の空間分布の不均一性を考慮しつつ過去 5 年間のデータを精査し、湾内・湾口周辺部での定点調査を引き続き行い、鉛直分布も含めた震災起因の PAH の汚染濃度の減少を把握していく必要があると思われる。

## 2.3 災害時リスク管理の体制に関する研究

### 2.3.1 国内外の体制調査

緊急時における環境中の化学物質調査の実施体制を学ぶため、2015年10月7～8日US EPA ニュージャージー州エディソンキャンパス及びノースカロライナ州 RTP キャンパスにおいて、緊急調査用移動ラボ、データ管理システム、緊急調査機関ネットワーク、緊急時環境管理などについて視察・意見交換を行った。US EPA 側の参加者は、エディソンキャンパスにおいては Michael Nalipinski (CMAT 副部長)、Terry Smith (CMAT)、Harry Compton (ERT 室長)、David Mickunas (ERT)、Christopher Jimenez (第2管区事故対応官)、RTP キャンパスにおいては Shawn Ryan (NHSRC 部長)、Sang Don Lee (NHSRC)、その他テレビ会議においてオハイオ州シンシナティキャンパスの Stuart Willison (NHSRC)、ワシントン D.C.の Kevin Garrahan (NHSRC) も参加した。さらに帰国後、補足ウェブ会議を実施した。

EPA から、緊急時環境管理に関する研究、緊急時化学物質暫定勧告値 (PAL: Provisional Advisory Level) などについての説明と、PAL 設定マニュアルの提供を受けた。

概要は以下の通りである。EPA には緊急環境調査チーム (Environmental Response Team: ERT) 1)が組織されており、緊急環境調査機関ネットワーク (Environmental Response Laboratory Network: ERLN) 2)等の多くの組織と連携して対応にあたっている。ERLN は緊急時環境調査を目的として EPA によって設立された米国内の研究機関連携ネットワークであり、公的試験機関と認定民間研究機関からなる。飲料水、放射性物質、生物学及び化学物質の4つの重点分野を設定し、研修、訓練、能力開発を実施している。緊急時には現地調査官 (OSC) や行政の意思決定を支援する役割を担う。

### 2.3.2 緊急時環境調査機関ネットワークに関する検討

日本における緊急時環境調査機関ネットワークの構築に際しては、現地の地理情報、化学物質関連の情報や様々な経緯を把握し、最前線で活躍することが想定される地方環境研究所と協力して検討を進めることが重要であると考えられる。

緊急時環境調査に当たっては、平時から準備をすることが重要と認識し、参加各機関の特徴を把握しながら、調査手法の訓練を通じて、予知不能な災害時においても迅速に対応できる組織とする考えである。そのために、国立環境研究所がハブとなり、地方環境研究所および緊急時に協力可能な民間環境測定機関の参加を得て、1) 各機関の調査機能・能力の把握、データベース化、2) 緊急時環境調査手法の共同開発・共有、3) 緊急調査手法研修・訓練、4) 緊急時環境調査機関登録活動などを行う緊急時環境調査ネットワーク (ERLN: Emergency response laboratory network) を構築したいと考える。そこで今年度は、各地方環境研究所が有する緊急時環境調査に関する情報及び課題等を調査し、もって今後導入すべき緊急環境調査機関ネットワーク構築に関する資料作成を目的とし、全国環境研究所協議会の北海道・東北支部、東海・近畿・北陸支部、中国・四国支部、九州支部に所属する地方環境研究所等の職員を対象とした意見交換会を計68機関の参加のもと実施した。

意見交換会は、環境省環境研究技術室長、国立環境研究所企画部長等の挨拶の後、国立環境研究所緊急時環境調査体制検討タスクフォース進捗の報告があり、続いて地方環境研究所における事故とその対応に関する事例報告を数件行った。ここで国立環境研究所から緊急時環境調査機関

ネットワーク構築に関する検討事項を説明し、意見聴取及び討論を実施した。会議における指摘事項、質問事項は以下のとおりである。

緊急環境調査機関ネットワークに関する指摘・質問事項

分類		指摘・質問事項
(1) 緊急環境調査機関登録、データベース化、精度管理	機関登録	<ul style="list-style-type: none"> <li>所持している分析機器は用途の違いにより融通し難いことに配慮すべき</li> <li>民間機関との連携について、先行事例（協議会と緊急時の協定を設け訓練を行っている自治体）を参考すべき</li> <li>人事異動や退職に伴う地環研の対応能力の変化に配慮すべき</li> <li>分析が生じた際に、誰が誰に分析を依頼するのか、また、依頼された場合に分析義務はあるのか</li> <li>標準品については受け渡しに手続が必要なケースがあるため整理が必要である</li> </ul>
	データベース化	<ul style="list-style-type: none"> <li>データベースの利用マニュアルが必要である</li> </ul>
	精度管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡易試験はより精度の高い分析方法を適用すべきサンプルを把握するために用いるべき</li> <li>分析精度を求められた場合、信頼性の観点から公定法を使わざるを得ない</li> <li>非定常時についても緊急時用の基準（再現性や検出下限値）が必要ではないか</li> </ul>
(2) 緊急環境調査法の共同開発・共有		<ul style="list-style-type: none"> <li>分析に係る時間を考慮して欲しい</li> <li>サンプリングの状況やサンプルの移送・輸送方法を検討すべき</li> <li>前処理カートリッジを公式な分析法として採用できないか</li> <li>WET手法導入についてアイディアはあるか</li> <li>誰でもできるようなレベルの分析方法でないと緊急時に対応できないのではないか</li> <li>簡易な分析法は普段は使わないため、日頃使っていて、災害時にも使える分析法があるとよいのではないか</li> <li>分析のための機器や物質の同定方法、標準品の入手方法に関して情報を整理したものがあるとよい</li> <li>分析法を共有したとしても、研究所によって分析機器の新旧など状況はまちまちであるため、緊急時に測定を試みても実施できない場合があるのではないか</li> <li>不適切な情報が共有されないよう、データベースには精査した事例を収載すべき</li> <li>分析事例や解決事例のデータベースへの収載を望む</li> </ul>
(3) 緊急調査手法研修・訓		<ul style="list-style-type: none"> <li>平常時にやっていないことは緊急時にはできない</li> </ul>

分類		指摘・質問事項
練		<ul style="list-style-type: none"> <li>未知の試料の検査や事故の原因究明への対応力を育むべきではないか</li> <li>研修を受けた職員が異動してしまうことに配慮すべき</li> <li>人事異動が多いため、研修にもランク（初級者コース、中級者コース）を設けて欲しい</li> <li>発生頻度の低い事例については技術の継承はし得ないため、技術継承のための枠組みを望む</li> <li>合宿を望む</li> </ul>
(4) その他 (全般)	目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>体制や測定対象物質の議論の前に、ネットワークの目的を明確にすべき</li> <li>関係者が想定する対象事例（イベント、緊急時の定義）を統一／明確化しないことには話がかみ合わない</li> </ul>
	検討体制・方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>行政職員を検討に巻き込むべき</li> <li>このようなネットワークが構築されれば、緊急時の調査も他機関に任せればよいということになりかねないため、最低限この項目は直営で分析できる体制を整備することが望ましい、といったことを示してもらえるとありがたい</li> <li>体制を構築しておかないことには動けないことも事実であるため、情報共有とともに組織作りも重要である</li> <li>ネットワークの構築単位（全国／支部）</li> <li>まずは県内部での調査体制を構築し、その後にブロック単位での構築を検討するのがよいのではないか</li> <li>道州制を意識した体制がよいのではないか</li> <li>役割分担を踏まえた検討をすべき</li> <li>体制構築後の維持管理が重要である</li> <li>人事の異動、退職、削減を考慮すべき</li> <li>ネットワークへの関与について、予算が削減されている地方環境研究所に配慮すべき</li> <li>国からのトップダウンであるほうが地方環境研究所は対応し易い</li> <li>イベントごとにどのような調査項目と要求精度が必要かを検討して欲しい</li> <li>現場に出向く際に消防法等の知識、安全面の配慮が必要である</li> <li>水を対象とするのであれば流域単位での連携が考え得る</li> <li>ネットワークの指揮系統はどのようになるのか</li> <li>地環研の役割を明示して欲しい</li> </ul>
	緊急環境調査の範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>消防や警察との役割分担が重要であり、法体系の整理や自治体ごとの組織構成が異なることに留意した整理が必要である</li> </ul>

分類	指摘・質問事項
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 消防や警察が関与するものには介入し難い</li> <li>• 衛生分野は含まれないのか</li> <li>• 地環研と衛生研が一つの機関になっていることもあるため、環境（環境省所管）と健康（厚生労働省所管）を分ける必要はないのではないか</li> <li>• 工業地帯の有無等事事故例には地域性があるため、地域ごとに求められるものを考慮すべき</li> <li>• 対象とするイベントを明確にして欲しい</li> <li>• 生態系は検討対象か</li> </ul>
予算措置	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 予算の議論には行政を最初から協議に加えるべき</li> <li>• 行政区域の境界を越えた連携について予算の協議をすべき</li> <li>• 他県の分析を自県の予算で行うことはできない</li> <li>• 行政サイドを説得するための材料を整理すべき</li> <li>• 人件費が発生する内容は地方環境研究所にとって敷居が高い</li> <li>• 研修・訓練参加のための旅費について、各自治体の予算要求の時期も踏まえた予算補助の検討が必要である</li> </ul>
検討スケジュール	<ul style="list-style-type: none"> <li>• スケジュールと進め方を知りたい</li> </ul>
マニュアル作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 緊急時においても、測定項目や方法等がマニュアル化されていると行政的にも測定結果の取り扱いに困らずに済むのではないか</li> <li>• マニュアルが策定されたとしても、緊急時にマニュアルは読まない</li> <li>• 緊急対応マニュアルには対応の大きな流れを策定しておいて、個別の事案に対する対応はサブルーチン化することで対応が早くなるので望ましいのではないか</li> <li>• マニュアルが細部に亘り整備されていることは大切だが、緊急対応においてはマニュアルの細かさに縛られて判断が遅くなる可能性がある</li> </ul>
地方環境研究所の現状	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 人事の異動、退職、削減</li> <li>• 環境研は基本的に行政からの依頼に基づき分析を行っている</li> <li>• 地方環境研究所によっては分析業務を外部委託している場合もある</li> </ul>

上記のとおり、ネットワークの必要性、有用性については概ね意見が一致したが、運営や効率的な運用、参加機関の役割や義務、活動範囲、また行政との連携や予算についての措置が必要との意見が出された。地方衛生研究所のような非常時対応を定めた自治体間協定の必要性が提起されたほか、国立環境研究所に対しては緊急調査の質の担保のためのレファレンスラボ機能の要望、

地環研の技術力維持のため、技術研修の要望があった。

### 3. 災害環境研究ネットワーク拠点の構築

#### 3.1 災害環境分野に関する情報プラットフォームの構築・発信

##### 3.1.1 背景と目的

南海トラフ地震・首都直下地震等の大規模な地震発生の切迫性が指摘される中、近年では毎年のように大きな人的・物的被害を伴う自然災害が発生しており、災害廃棄物の迅速かつ確な処理の重要性がますます高まっている。特に災害規模が大きかった東日本大震災をはじめとして、過去の災害廃棄物処理を通して得た経験やノウハウを、災害廃棄物処理の最前線に立つ自治体等に対して効率的かつ効果的に伝達・共有するための情報基盤の構築が重要との観点から、2014年（平成26年）5月に「災害廃棄物情報プラットフォーム（以下、情報プラットフォーム：<http://dwasteinfo.nies.go.jp>）」を開設したところである。情報プラットフォームの管理・運営に当たっては、自治体実務者をメンバーとした編集会議を設置し、自治体のニーズに合った情報発信の内容及び仕組みになるよう工夫しており、情報の収集・作成・発信を継続的に行うと共に、常に機能の充実化にも取り組んでいる。

以下、2015年度において情報プラットフォームの管理・運営で行ってきた内容について報告する。

##### 3.1.2 情報プラットフォームのコンテンツ構成

情報プラットフォームから提供しているコンテンツのうち、主なものを以下に示す。

表 3.1-1 情報プラットフォームの主なコンテンツ（★は2014年度報告以降の新規コンテンツ）

名称	内容
過去の災害に関する資料	過去の災害の経験や記録のうち、災害廃棄物処理に関する記載があるので、自治体の公式的な報告書等の形で公開している資料を掲載。
将来に伝えておきたい災害廃棄物処理のはなし	東日本大震災等、過去の災害において実際に災害廃棄物処理現場で何が起き、各担当者はどう乗り越えてきたのか、実務者の方々の経験談を掲載。
災害廃棄物処理現場調査報告（特派員レポート）	近年、日本各地で頻発している災害の概要と発生した災害廃棄物の処理について、現地調査や処理担当の方へのヒアリングを行ない得られた最新情報を整理して掲載。
★まなぶ：基礎知識	災害廃棄物について初学者の方々向けに、なるべく基礎から、平易に学ぶことができる情報を掲載。特に自治体や企業等での実務的場面への導入に役立つものを目指して情報をアップロードしていく。
災害廃棄物処理計画事例	既に策定済み、Web上で公開済みの災害廃棄物処理計画、災害廃棄物処理実行計画、都道府県が管下の市町村向けに作成した計画策定指針やマニュアルを掲載。
★人材育成の取り組み事例	災害廃棄物処理実務の中で、平常時から廃棄物処理担当者の災害対応能力を高めておくためには研修・訓練が有効との考えに基づき、災害時に即応することができる自治体職員の育成を目指した取り組みの成果を掲載。

2015年（平成27年）8月にはサイトリニューアルを実施、サイト内各コンテンツへのアクセス性・検索性の向上を図りつつ、トップページイメージも一新した。図3.1-1～3には、トップページ及び表3.1-1で紹介したうちのいくつかのコンテンツや記事等について例を示す。



図 3.1-1 情報プラットフォームトップページ（2015年8月リニューアル）



図 3.1-2 （左）「災害廃棄物処理現場調査報告（特派員レポート）」の記事例、（右）「まなぶ：基礎知識」のうち、災害廃棄物適正処理について分かり易く説明した動画コンテンツ



自治体名	分類	計画名	策定時期
NEW 長野県	県	長野県災害廃棄物処理計画<第1版> ※資料編につきま しては長野県のサイトをご覧ください。( ☞ 長野県)	2016年3月
NEW 奈良県	県	奈良県災害廃棄物処理計画	2016年3月
NEW 岡山県	県	岡山県災害廃棄物処理計画 岡山県災害廃棄物処理計画に係る経費報告書	2016年3月 2015年3月
NEW 香川県	県	香川県災害廃棄物処理計画 香川県災害廃棄物処理計画<概要版>	2016年3月
和歌山県	県	和歌山県災害廃棄物処理計画	2015年7月
徳島県	県	徳島県災害廃棄物処理計画	2015年3月
		赤松市災害廃棄物処理計画ガイドライン 【資料編】赤松市災害廃棄物処理計画ガイドライン	2015年3月
三重県	県	三重県災害廃棄物処理計画 概要版 市町災害廃棄物対策マニュアル 赤松市災害廃棄物処理計画策定施設 赤松市災害廃棄物処理計画モデル 資料編	2015年3月 2014年3月
静岡県	県	静岡県災害廃棄物処理計画	2015年3月
高知県	県	高知県災害廃棄物処理計画 Ver.1	2014年9月
千葉県	県	千葉県市町村災害廃棄物処理マニュアル策定ガイドライン	2013年3月
福岡県	県	災害廃棄物処理対策マニュアル 災害廃棄物処理対策マニュアル<資料編>	2013年3月
NEW 高知県高知市	中核市	高知県災害廃棄物処理計画 [Ver.1] 高知県災害廃棄物処理計画 [Ver.1] (概要版)	2015年3月
岐阜県岐阜市	その他の市	災害廃棄物処理計画に関するアンケート結果	2015年11月
NEW 秋田県上郷市	その他の市	一般廃棄物処理基本計画「ごみ・生ごみ水・災害廃棄物」 ※第4部 災害廃棄物処理計画	2015年3月
埼玉県川口市	その他の市	川口市災害廃棄物処理計画 川口市災害廃棄物処理計画<概要版>	2015年3月

図 3.1-3 「災害廃棄物処理計画事例」 都道府県、市町村の策定事例を収集し、(左) マップから探す、あるいは(右) リストから探すことができるようにしている

### 3.1.3 情報プラットフォームの運営

#### (1) 2015 年度に発信した情報

2015 年度は以下のような記事の更新・掲載を行った。

#### <情報プラットフォーム事務局作成の記事やコンテンツ等>

(特派員レポート)

- ・ 「長野県神城断層地震災害現場調査報告①、②」
- ・ 「H27 年台風 18 号に係る災害廃棄物処理の現地調査報告(速報)ー茨城県常総市について(2015 年 9 月 14 日時点)ー」
- ・ 「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨調査報告 ～収集支援 横浜市編～」
- ・ 「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨調査報告 ～収集支援 名古屋市編～」

(取組レポート)

- ・ 「兵庫県災害廃棄物対策図上演習～災害時に即応できる市町村等職員の育成に向けた取組～」

(災害廃棄物処理計画の参考になる資料)

- ・ 「災害廃棄物処理計画に必要な視点(委託仕様書作りにあたって)」

(まなぶ・基礎知識)

- ・ 「ムービー：災害廃棄物処理への導入 災害廃棄物の適正処理に向けて」

(特設ページ)

- ・ 「情報プラットフォームに関するアンケート結果」

#### <寄稿>

(将来に伝えておきたい災害廃棄物処理のはなし)

- ・ 「寄稿：東日本大震災災害廃棄物処理の課題と巨大災害への備え（その1～3）」一般財団法人 日本環境衛生センター 宗清生技術審議役
- ・ 「寄稿：震災廃棄物等の回収作業とボランティアとの関わり」仙台市環境局廃棄物事業部 遠藤守也部長

<自治体等から収集した資料>

(災害廃棄物処理計画の参考になる資料)

- ・ 環境省「大規模災害発生時における災害廃棄物対策行動指針 平成27年11月～環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部～」
- ・ 環境省「寄稿：法改正の概要と期待すること～環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課～」

(災害廃棄物処理計画)

- ・ 三重県「災害廃棄物処理計画」
- ・ 和歌山県「和歌山県災害廃棄物処理計画」
- ・ 徳島県「徳島県災害廃棄物処理計画」
- ・ 徳島県「市町村災害廃棄物処理計画ガイドライン」
- ・ 埼玉県川口市「川口市災害廃棄物処理計画」
- ・ 埼玉県春日部市「春日部市災害廃棄物処理計画」
- ・ 埼玉県三芳町「三芳町災害廃棄物処理計画」
- ・ 新潟県糸魚川市「糸魚川市一般廃棄物処理基本計画 第7章災害廃棄物処理計」
- ・ 山梨県山梨市「山梨市災害廃棄物処理基本計画」
- ・ 熊本県菊池市「菊池市災害廃棄物処理計画」

[処理計画策定に向けて]

- ・ 徳島県徳島市「災害廃棄物処理計画に関するアンケート結果」

(処理実行計画)

- ・ 福島県いわき市「東日本大震災に係る災害廃棄物処理実行計画【改訂版】」
- ・ 東京都大島町「大島町災害廃棄物等処理計画（平成25年12月）」
- ・ 広島県広島市「平成26年8月20日の豪雨災害に伴う広島市災害廃棄物処理計画（2014年9月策定、2015年12月改訂版）」
- ・ 茨城県常総市「平成27年9月関東・東北豪雨により発生した災害廃棄物処理実行計画（第一版）」

(過去の災害に関する資料)

- ・ 東京都「東京都災害廃棄物処理支援事業記録」
- ・ 東京都大島町「大島町災害廃棄物処理事業記録」
- ・ 鹿児島県奄美市「平成22年10月奄美豪雨災害の検証（記録誌）」
- ・ 東北地方環境事務所「巨大災害により発生する災害廃棄物の処理に自治体はどう備えるか～東日本大震災の事例から学ぶもの～」
- ・ ひょうご環境創造協会「災害廃棄物処理に係る阪神・淡路大震災20年の検証」
- ・ 日本建設業連合会「東日本大震災 災害廃棄物処理の報告」

## (2) 情報プラットフォームへのアクセス状況

情報プラットフォームへのアクセス状況（参考として2014年度も示す）を表3.1-2に示す。

表 3.1-2 2014 年度及び 2015 年度のアクセス状況

年・月*1	訪問者数*2	訪問回数*3	ページ*4	バイト(Gb)
2014.9	631	976	1810	3.82
10	580	884	1648	3.77
11	483	961	2028	4.01
12	406	691	1214	3.54
2015.1	310	448	861	3.23
2	309	413	841	3.02
3	328	517	1308	3.80
4	358	549	1045	2.97
5	323	558	1074	2.00
6	311	504	870	2.92
7	410	594	1405	3.43
8	342	557	1875	5.48
9	760	1258	4714	5.89
10	505	807	2639	4.62
11	480	925	2340	2.18
12	379	693	1632	1.74
2016.1	351	642	1839	2.80
2	382	730	1978	2.64
3	337	662	1838	2.58
合計	8731	14542	37160	102.91

\*1：サイトオープン後の2014年5月～8月は非計測

\*2：IPアドレス別に一意の数（同じIPから月に何度アクセスしても1カウント）

\*3：同じIPアドレスからの複数回数訪問含む。

\*4：URLが切り替わる毎に1カウントする。

訪問者数は横ばいであるものの、図3.1-4に示すように平均値としての1訪問者当たり訪問回数、及び1訪問当たり閲覧ページ数は増加傾向にある。ある訪問者について、月内に複数回の訪問を促すためにも、内容をより充実させること、情報の更新性を引き続き向上させてゆくことに引き続き取り組んでいく。またサイト内の相互関連情報の表示の工夫は、サイト内回遊を促進すると考えられ、こちらも引き続き機能改良に取り組んでいく。図3.1-4の2015年8～10月において、訪問当たりページ数にピークが見られるのは、2015年8月にサイトリニューアル、9月にアンケート（サイトを見ながらアンケートに答える形式）を実施したことにより、新規閲覧者が増加した効果であると考えられる。ピーク後には両指数が増加傾向に転じていることから、今後も様々な方法で新規閲覧者の取り込みを図っていく。

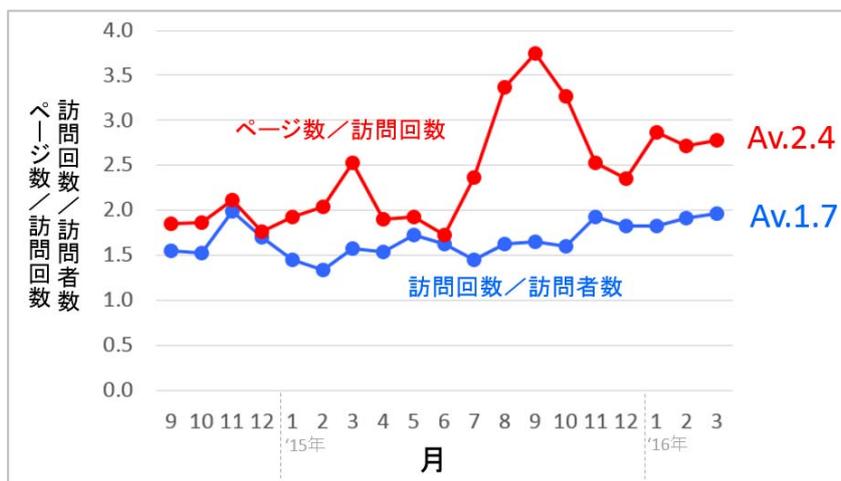


図 3.1-4 2014年9月から2016年3月にかけてのアクセス状況

### 3.1.4 編集会議の設置と開催

情報プラットフォームの主なターゲットである自治体実務者が求める情報の内容や発信方法について助言を得、今後の運営方針の参考とすることを目的とし、災害廃棄物処理計画の担当者や災害廃棄物処理の実務経験者からなる編集会議を設置した。2015年度は5月、9月、2016年1月の3回開催した。編集会議の概要と行われた報告、議論の内容を以下に示す。

#### <メンバー>

- 三重県 環境生活部廃棄物対策局廃棄物・リサイクル課リサイクル推進班 班長
- 兵庫県 農政環境部環境管理局環境整備課 課長
- 横浜市 資源循環局適正処理計画部施設課 課長
- 岩手県 環境生活部環境担当技監 兼環境保全課総括課長
- 国立環境研究所
- 廃棄物・3R 研究財団

#### <議題>

1. 前回編集会議での議論の振り返り
2. 前回編集会議以降の情報プラットフォームの運営実績報告
3. 今後の事業計画について
  - ・ 今後の掲載記事予定案
  - ・ アンケート調査について
  - ・ サイトのリニューアルについて
  - ・ ナビゲーションページについて
  - ・ 災害廃棄物対策に関する基礎教材案について
  - ・ 情報プラットフォームにおける教材のあり方について
  - ・ 問い合わせへの対応について

### 3.1.5 各種の情報発信（Web 以外）

情報プラットフォームの広報と、学術分野における研究成果の発信を目的とし、学会イベント等において情報プラットフォームに関する発表を行うとともに、自治体関係者にも周知する活動を実施した。

<口頭発表>

廃棄物・3R 研究財団 平成 27 年度年次報告会（2015 年 9 月 10 日：東京都墨田区江戸東京博物館）

<ポスター発表>

廃棄物資源循環学会 第 26 回研究発表会（2015 年 9 月 2-4 日：福岡市）

<ポスター掲示>

D.Waste-Net 発足記念シンポジウム会場入り口にてポスター掲示（2015 年 9 月 16 日：東京都千代田区丸ビルホール）

### 3.1.6 今後に向けて

情報プラットフォームの今後の運用にあたっては、従来の取組みを継続しつつ、サイトオープン以来蓄積してきた多くの情報の中から、利用者にとって必要な情報を、必要なタイミング、アクセスし易い形で提供することができる機能の追加が求められる。これらに対しては平時のサイト利用者のみならず、災害発生時においても使い易く有用な情報提供のあり方を含めての検討も行い、段階的に推進していく。情報プラットフォームの設計コンセプト（図 3.1-5 2014 年度報告書 p156 の図 3.1-1 の再掲）における「人：人のネットワーク・人材育成（教育・学習）」については、次項 3-2 での人材育成や研修プログラム構築、教材の作成等の活動と一体となった支援機能をいかに構築していくかについて検討していく。

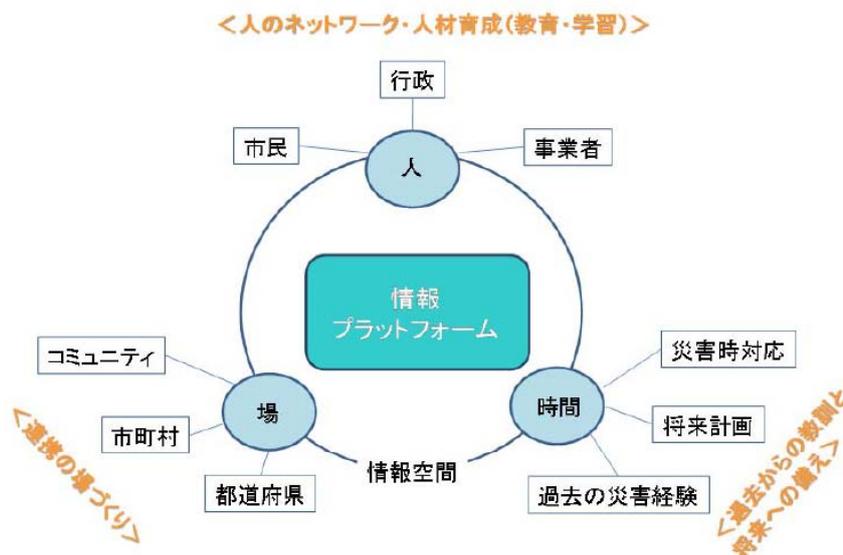


図 3.1-5 災害廃棄物情報プラットフォームの設計コンセプト

### 3.2 災害環境分野における効果的な人材育成プログラムの開発・実践

災害廃棄物処理能力を向上させるための人材育成プログラムを開発することを目指し、参加型研修手法としてワークショップ型研修と図上演習型研修を設計・試行し、その効果や設計上留意すべき点等について検討を進めた。

#### 3.2.1 本節で扱う研修の位置づけ

防災分野では人材育成手法研究や事例の蓄積が多く、本研究の焦点である災害環境分野にとって大いに参考になると思われる。そこで、初めに防災分野（または危機管理分野）における研修体系の概要を示したうえで、本研究で開発を進めている研修手法の位置づけを確認する。

研修のタイプは、その目的に応じて体系的に整理することが可能である。秦(2008)は災害危機管理の研修を「講義（座学）」「訓練」「演習」「総合訓練・演習」の4タイプで整理し、講義によって知識を習得したのちに、演習で情報処理に習熟、訓練で実技を体得し、最後に総合訓練を実施することで能力の向上を図るという考え方を示している。ここで、「講義（座学）」は知識の習得を、「訓練」は実技による技能向上や実働を、「演習」は一定の状況想定の下での対応の検討や計画・マニュアルの検証を主な目的としたものであり、実働と演習を組み合わせ実際の対応を模擬したものが「総合訓練・演習」である。また、演習については、討論型図上演習と対応型図上演習があり、前者は災害時の状況や対応について考えることを目的とし、グループワークやゲーム等の形式で行うものである。後者は、実際の災害状況を模擬体験することで問題を発見することに主眼を置く「問題発見型演習」と、計画やマニュアルの作成・検証を目的とした「計画作成型演習」の2種類があると指摘されている（坂本、2008）。

以上の整理を災害廃棄物分野に当てはめ、考えられる研修の例を表3.2-1に整理した。なお、総合訓練については、災害廃棄物処理をテーマに実施することは現実的ではないと考え、省いた。

表 3.2-1 災害廃棄物分野における研修体系のイメージ

研修の類型		災害廃棄物分野で想定される研修のイメージ（例）
講義		① 過去の災害廃棄物処理経験共有セミナーなどによる、事例をベースとしたノウハウの共有 ② 災害廃棄物処理をテーマとした集中講義などによる、一般化された知識の体系的な習得
演習	討論型図上演習	③ 所与の被災状況における災害廃棄物処理の状況（発生する課題）と対応策を議論するワークショップ ④ 災害エスノグラフィーに基づいた個別の災害廃棄物処理局面（仮置場の管理、等）における様々な判断を題材としたグループディスカッション
	対応型図上演習（問題発見型）	⑤ 実際にあった過去の災害廃棄物処理の状況に沿った状況付与を災害時間に沿って行い、現行体制の問題点を整理する演習
	対応型図上演習（計画作成型）	⑥ 事前に策定した災害廃棄物処理計画を用い、実際の災害状況を模擬して付与される状況（課題）に対応できるか検証する演習
訓練		⑦ 混合廃棄物や有害廃棄物の分別・取り扱い訓練（実技）

表 3.2-1 で整理した中で、①の経験共有セミナーは全国で取り組みが進んでいる。今後は、こうした事例ベースの知見の一般化・体系化を進め、②のような集中講義を実施することが望まれる。③～⑥は参加型研修であり、いずれも手法の開発が望まれる。災害廃棄物処理に係る災害エスノグラフィーの蓄積や全国自治体における災害廃棄物処理計画の策定状況が十分でない現状を鑑み、当面は③の討論型図上演習（ワークショップ）と、⑤の対応型図上演習（問題発見型）の開発に着手することとした。前者については 3.2.2、後者については 3.2.3 でこれまでの研究成果を示した。

### 3.2.2 課題抽出型ワークショップ型研修の実施と効果の検証

#### (1) 研修の目的

災害廃棄物の処理責任を有する基礎自治体において、発災前の災害廃棄物対策（災害廃棄物処理計画の策定、協定の締結、他）が進められる上で、そのためのアクション・プランが策定されることが有効と考えられる。このためには、発災後に生じうる課題とその解決策を想定したうえで、あらかじめ発災前に準備しておくべきことを考える必要がある。そこで、短期的・中長期的に取り組むべき災害廃棄物対策を整理するとともに、近隣自治体の担当者と課題意識を共有し、災害廃棄物対策の促進に向けた各自治体での体制づくり・計画づくりに役立てることを目的とし、兵庫県と共催で「兵庫県災害廃棄物対策ワークショップ」を平成 27 年 2 月 2 日に実施した。

#### (2) 研修の設計

##### 1) 研修全体のプログラム

本ワークショップ型研修では「兵庫県地域において事前に災害廃棄物対策としてやるべきことを考える」という討議テーマを設定し、参加者にはグループワーク形式で討議してもらった。全体プログラムを表 3.2-2 に示す。

初めに、グループワークの前には災害廃棄物対策の全体像について専門家から、災害廃棄物処理の事例を自治体職員から話題提供を行った。グループワークは 2 部構成とし、第 1 回目のグループワークでは、災害廃棄物処理における課題を抽出し、第 2 回目のグループワークで課題への対応策を検討した。最後の感想発表では、参加者の気づき等を確認することで、ワークショップに参加した満足感、成果についての各々の認識向上を促している。

表 3.2-2 「兵庫県災害廃棄物対策ワークショップ」のプログラム

10:00～10:05	開会のあいさつ
10:05～10:10	事務連絡
10:10～11:00	話題提供「災害廃棄物処理における非常時の対応力を高めるために」
11:00～11:30	話題提供「平成 26 年 8 月豪雨災害における丹波市の取り組み」
11:30～13:00	昼食休憩
13:00～13:30	ワークショップについての説明等
13:30～14:30	1 回目グループワーク「災害廃棄物処理の課題について」
14:30～14:40	休憩
14:40～16:05	2 回目グループワーク「課題に対する対応策について」
16:05～16:35	グループ発表
16:35～16:40	グループ発表の取りまとめと講評

16:40～16:50	ワークショップの感想発表
16:50～17:00	閉会のあいさつ

## 2) グループワークの手順

1回目と2回目のグループワークのそれぞれについて、手順の詳細を以下に示す。

まず、1回目のグループワークでは、災害時に災害廃棄物処理を円滑に実施する上での課題、または、平常時に災害廃棄物対策を推進する上での課題を具体的に考えていただき、各参加者の意見をポストイットに書きだしてもらった。これを「課題カード」と呼ぶ。その後、グループ内で各参加者が自分の課題カードに書いた内容を順次発表しながら模造紙に貼付することで、意見を共有してもらった。続いて、内容が類似する課題カードをグループにまとめ、タイトルカードを作成してもらった。タイトルカードには、包含される課題カードに記述されている情報を要約した文章を記述することとした。

第2回目のグループワークでは、新しい模造紙とポストイットを利用し、第1回目グループワークで指摘された課題を克服するために発災前に準備すべきことを具体的に書きだしてもらった。これを「対応策カード」と呼ぶ。その後、タイトルカードの作成までは第1回目グループワークと同様である。最後に、対応策カードのまとまりを時間軸（「短期的に取り組むこと」「中長期的に取り組むこと」と連携軸（外部主体との連携が求められるか、課内で完結するか）で整理し、図 3.2-1 に示すようなアウトプットを各グループで作成してもらった。このとき、課内で完結可能で短期的に取り組める対応策はすぐに実施可能である一方、外部連携が必要で中長期的に取り組む必要のある対応策は、今後、戦略的に進めていく必要があると整理できる。このように、対応策カードの抽出と分類が適切に実施されれば、アクション・プランの立案の基礎資料となることが期待できる。

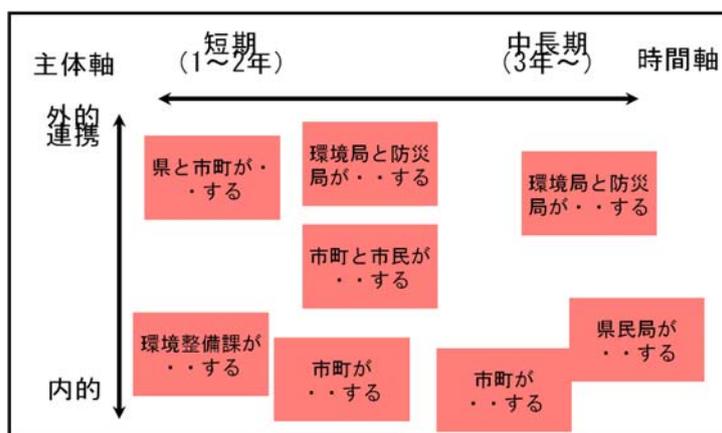


図 3.2-1 グループワークのアウトプットイメージ

## 3) 参加者

参加者は、兵庫県内の基礎的自治体および事務組合、県民局の職員とし、7班（1班あたり6~7名）に分けて配置した。グループメンバーは、兵庫県内でも地理的に近い自治体同士で構成し、現実に協力しあう関係者の班としている。

また、各班には、グループワークの進行を管理するためのテーブルマネジャーを配置した。事

務局（兵庫県農政環境部、公益財団法人廃棄物・3R 研究財団、NIES）から 6 名と県民局から 1 名の合計 7 名で担った。テーブルマネージャーは、情報を提供したり意見を出したりすることでグループの議論を誘導しないよう、心がけた。

### **(3) ワークショップの結果概要**

#### **1) 開催概要**

災害廃棄物対策ワークショップは、平成 27 年 2 月 2 日（月）10：00～17：00 に兵庫県中央労働センター小ホールにて開催された。午前中の講義の参加者は 52 名、午後のグループワークの参加者は 47 名であった。

#### **2) 議論内容**

第 1 回目のグループワークでは、7 班合計で 237 の課題カードが出されていた。分別や収集の課題、仮置場確保に係る課題、処理体制確立の課題、処理能力不足の課題、人員や機材の課題など、幅広く議論された。また、第 2 回目のグループワークにおいても合計 237 の対応策カードが出されており、情報整理、協定締結、事前協議、計画検討、人材育成、周知啓発、体制整備、ルール整理、機材整備といった対応の方針が議論された（多島ら、2015）。

グループワークのアウトプットの一例を図 3.2-2、図 3.2-3 に示す。また、第 1 回目と第 2 回目のグループワークで整理されたタイトルカードを表 3.2-3 に示す。概ね、第 1 回目で議論された課題に対応する形で第 2 回目に対応策が議論されたものと理解できる。また、図 3.2-3 では対応策が 4 つの象限で明確に分類されており、災害廃棄物対策のアクション・プランの立案に資する議論が適切に実施されたものと推察される。同様の傾向は、他の 6 班についても確認されている。

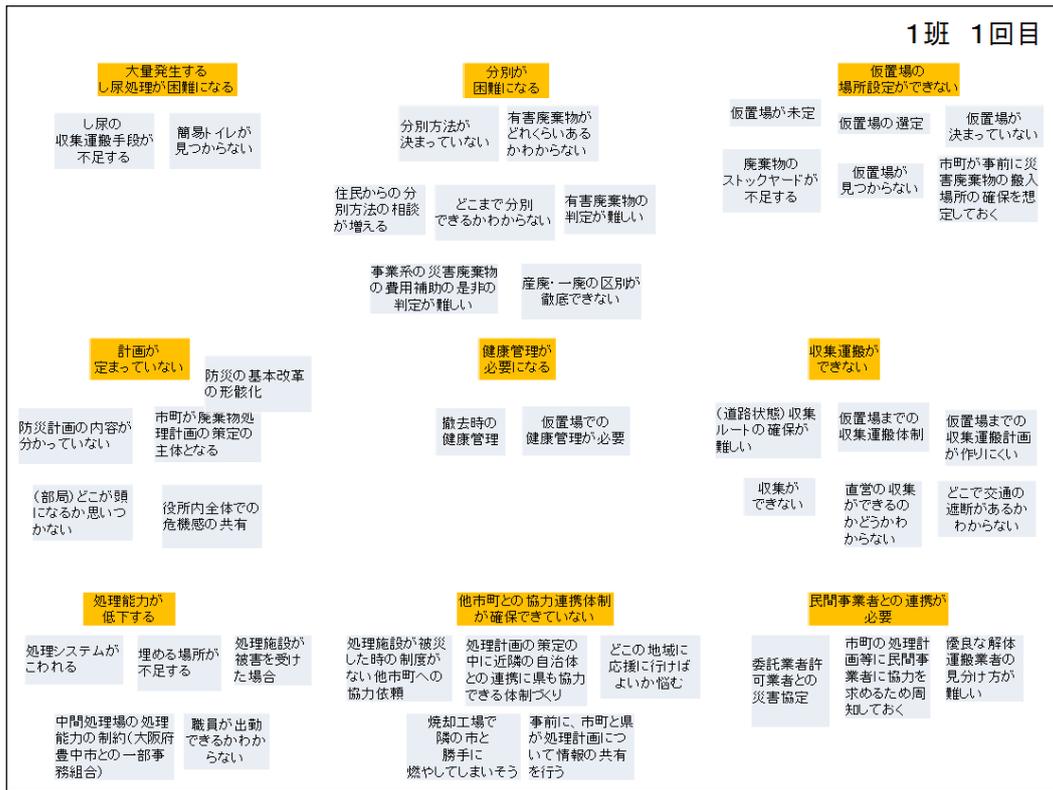


図 3.2-2 第 1 回目グループワークのアウトプットの一例

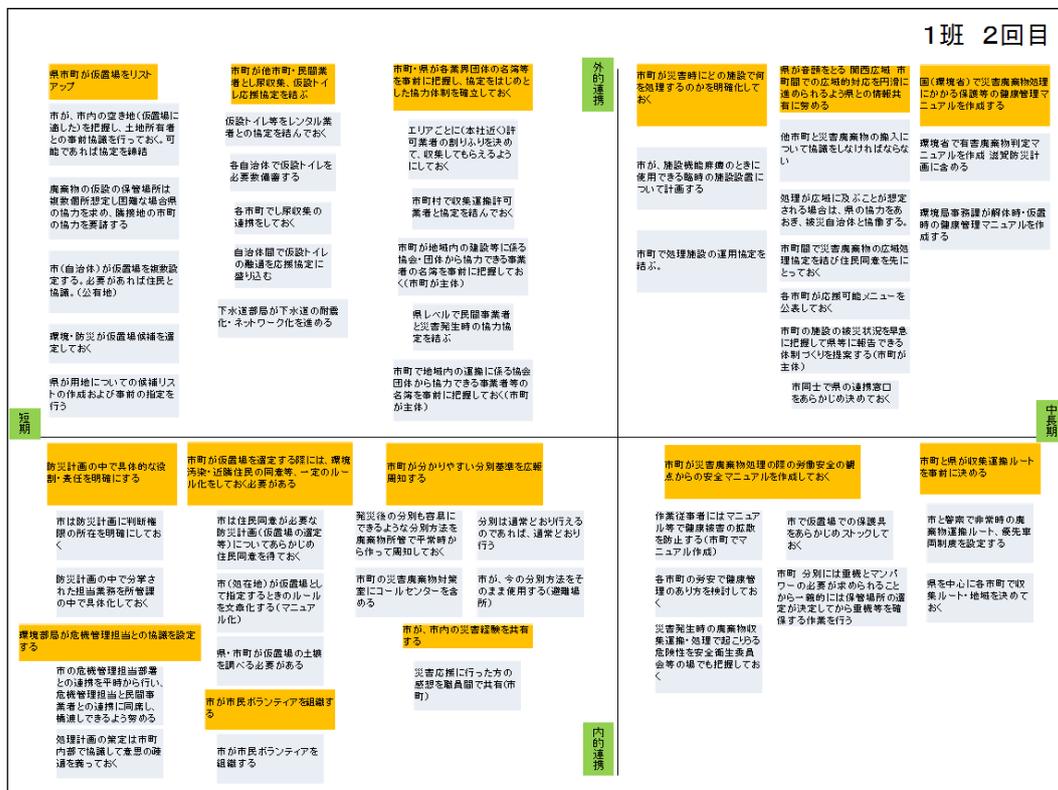


図 3.2-3 第 2 回目グループワークのアウトプットの一例

表 3.2-3 タイトルカードの対応関係の一例

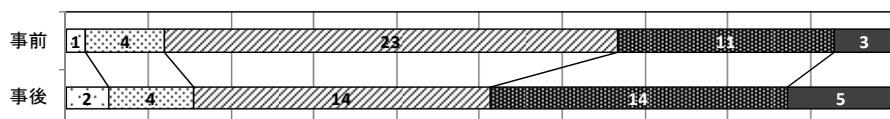
第1回目グループワークの タイトルカード	対応する第2回目グループワークの タイトルカード
・処理能力が低下する	・市町が災害時にどの施設で何を処理するのかを明確化しておく
・仮置場の場所設定ができない	・県市町が仮置場をリストアップ ・市町が仮置場を選定する際には、環境汚染・近隣住民の同意等、一定のルール化をしておく必要がある
・大量発生するし尿処理が困難になる	・市町が他市町・民間業者とし尿収集、仮設トイレ応援協定を結ぶ
・他市町との協力連携体制が確保できていない	・県が音頭をとる 関西広域 市町間での広域的対応を円滑に進められるよう県との情報共有に努める
・健康管理が必要になる	・国（環境省）で災害廃棄物処理にかかる保護等の健康管理マニュアルを作成する ・市町が災害廃棄物処理の際の労働安全の観点からの安全マニュアルを作成しておく
・分別が困難になる	・市町が分かりやすい分別基準を広報周知する
・民間事業者との連携が必要	・市町・県が各業界団体の名簿等を事前に把握し、協定をはじめとした協力体制を確立しておく
・計画が定まっていない	・防災計画の中で具体的な役割・責任を明確にする ・市が、市内の災害経験を共有する
・収集運搬ができない	—
—	・環境部局が危機管理担当との協議を設定する ・市が市民ボランティアを組織する

### 3)参加者の反応

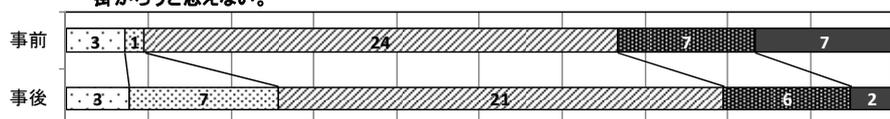
本研修の前後では、災害廃棄物対策に対する意識・態度に関するアンケート調査を行った（詳細は多島ら（2015）参照のこと）。一例として、図 3.2-4 に災害廃棄物対策への態度について尋ねた設問への回答結果を示す。研修前後の回答結果について、「全くそう思わない」を 1、「とてもそう思う」を 5 とした間隔尺度とみなし、対応のある t 検定を行った結果、研修前後の回答結果に有意差（ $\alpha=0.05$ ）が見られたことから、研修を通して積極的に災害廃棄物対策へ取り組む態度が醸成されたことが示唆される。なお、意識・態度への効果についての詳細な検討は多島ら（2015）において取りまとめられており、以下の結論が得られている；

- ・ 課題と対応策の検討を半日程度で行うワークショップ型研修は、業務について知っているという有識感と、業務を積極的に実施していく態度の醸成に寄与する
- ・ 課題と対応策の検討を半日程度で行うワークショップ型研修は、業務を実施することができるという有能感と、当該業務は自分の仕事であるという当事者意識の醸成には必ずしも寄与しない
- ・ 当事者意識の向上には「知っている」よりも「できる」と思えることが重要であり、具体的な業務実施ノウハウに議論が及ぶようにワークショップを設計することが求められる

【災害廃棄物対策への態度】今後も(は)災害廃棄物対策に積極的に取り組むつもりである。



【災害廃棄物対策への態度:逆転】他の業務で忙しいため、災害廃棄物対策にはなかなか取り掛かろうと思えない。



□全くそう思わない □あまりそう思わない □どちらとも言えない ■まあまあそう思う ■とてもそう思う

図 3.2-4 災害廃棄物対策への態度を尋ねた設問への回答結果

また、研修後に「ワークショップに参加したことで、今後、災害廃棄物対策としてやるべきことが明確になった」という意見への賛同の度合いを尋ねたところ、「全くそう思わない」または「あまりそう思わない」と回答した割合が6%に対し、「まあまあそう思う」「とてもそう思う」と回答した割合は63%であった（「どちらとも言えない」が31%）。以下に示す、研修に対する自由回答意見と総合して解釈すると、「災害廃棄物対策の促進に向けた各自治体での体制づくり・計画づくりに役立つ」という研修の目的はある程度果たせたものと理解できる。同時に、より効果的な研修とする上で、グループワークの基礎となる知識・ノウハウの提供が必要等の課題が明らかとなった。今後、メンバー構成を工夫する（各グループに災害対応経験者を配置するなど）ことなどにより、改善を図る予定である。

【研修に対する自由回答意見、一部抜粋】

- ・ 近隣自治体の職員とも情報交換が行え、それぞれ条件の違う地域での各職員の考え方に相当の差があることも理解できた。
- ・ 対応策の抽出については、ほとんど考えが浮かんでこなかった。
- ・ 各防災関係担当を交えての研修が必要。
- ・ 専門知識に乏しい初心者の集まりであったようなので、テレビ・新聞等で見たレベルでの意見交換であったので議論が深まらなかったのが残念。
- ・ 同じ課題を抱えておられる自治体が多く、その課題の重要度を確認できて良かった。
- ・ 平成19年に策定されているものの、内容に不十分な点が多く、このままでは実際に災害が起こった時に動けないと思っていました。この度、ワークショップに参加させて頂き、その考えが一層強くなりました。

(4)まとめ

課題と対応策の検討をグループワーク形式で行うワークショップ型研修は、災害廃棄物対策として実施すべきことを効率的に議論・整理し、事前対策に対する積極的な態度を醸成する上で有

効であった。このため、自治体においてアクション・プランを立案するプロセスの早い段階で実施することが有効と考えられる。一方で、参加者全員が災害廃棄物処理に係る知識・ノウハウが（ほとんど）ない場合などは、具体性、実効性の高い議論が行われず、意識・態度の醸成効果も限られることが懸念された。今後の実践においては、上記を念頭に活用局面や研修設計を工夫することが求められる。

### 3.2.3 図上演習型研修の実施

#### (1) 研修の目的

災害廃棄物処理を円滑・適正に実施するためには、災害廃棄物の要処理量や組成が概ね把握され、本格的な処理に移行するまでの初動期から、戦略的な対応を行うことが重要である。実際、過去の災害廃棄物処理事例においては、初動期に場当たりの対応を取ったことが、その後の本格処理体制の確立や実施を阻害した面がある。初動期から戦略的な対応を取るためには、平時より発災後の状況を具体的にイメージしつつ、対応の原則を習得しておくこと有効と考えられる。

そこで、以下の5点を具体的な目標とした「兵庫県災害廃棄物対策図上演習」を平成27年10月29日に実施した。

- ①『目標による管理に基づく災害対応』を知る。
- ②災害時の『組織論的機能』を知る。
- ③兵庫県「災害廃棄物処理の相互応援に関する協定」の手続きを知る。
- ④災害廃棄物処理実行計画に盛り込むべき項目を知る。
- ⑤気づきを得る。

#### (2) 研修の設計

##### 1) 研修の概要

本図上演習型研修の全体プログラムを表3.2-4に示す。初めに、我が国における災害廃棄物対策の現状とその必要性について話題提供を設け、その後の研修に対する動機づけを図った。その後、図上演習の主旨や方法を説明したうえで、具体の図上演習作業に移行した。

本研修で実施した図上演習とは、実際の災害状況を疑似体験してもらう中で、付与される様々な状況（課題）への対応を求める対応型（状況付与型）図上演習であり、最終アウトプットとして当面の災害廃棄物処理方針を策定・発表していただいた。具体的には、事前に準備された仮想被災地、災害（水害）、時系列の災害状況等の情報を用い、事務局（コントローラー）が様々な主体（国、住民、民間事業者、庁内他部局等）の立場で発出する問合せや状況説明に対して、参加者（プレーヤー）が仮想被災地の災害廃棄物担当職員として対応する形式をとった。本研修で付与した状況の一例を図3.2-5に示す。なお、本研修では、人口規模や被災状況の異なる3つの市と、それら3市の市域を管轄する県の4グループを設定している。

表 3.2-4 「兵庫県災害廃棄物対策図上演習」のプログラム

時間	プログラム
10:00～10:03	開会のあいさつ
10:03～10:05	事務連絡
10:05～10:25	話題提供「大規模な災害時に備えた災害廃棄物対策」

10:25～11:00	図上演習の説明
11:00～11:30	各グループでの作戦検討
11:30～12:30	昼食
12:30～13:00	各グループでの作戦検討
13:00～14:00	前半の図上演習（水が引いてから1日目）
14:00～14:30	解説
14:30～15:30	後半の図上演習（水が引いてから2日目）
15:30～16:00	発表にむけての取りまとめ
16:00～16:40	記者発表&質疑&講評
16:40～16:55	参加者同士による振り返り、感想の共有
16:50～17:00	閉会のあいさつ

No	災害時間		現実時間		件名	内容	発信元	関係業務	期待されるリアクション	備考
	時間	分後	時間	分後						
10月27日(火) :水が引いてから1日目										
1	8:00	0	13:00	0	家屋被害	山名市の被害状況は、現時点で調査中。	危機管理部局	発生量、質		
2	8:00	0	13:00	0	細川市の家屋被害	現時点で把握している細川市の家屋被害は全壊5棟、半壊30棟、床上浸水850棟、床下浸水4500棟。	細川市の危機管理部局	協定の発動		※災对本部からの被害状況第1報にて付与。
3	8:00	0	13:00	0	赤松市の家屋被害	現時点で把握している下流域の家屋被害は全壊0棟、半壊35棟、床上浸水205棟、床下浸水1900棟。	赤松市の危機管理部局	発生量、質		
4	9:00	5	13:05	5	家屋被害	現時点で把握している家屋被害は全壊250棟、半壊450棟、床上浸水4000棟、床下浸水7000棟。被害甚大のおそれ。	危機管理部局	協定の発動	原単位の情報確保 発生量の推計	※災对本部からの被害状況第2報にて付与。
5	9:00	5	13:05	5	道路の被害状況	山名市内の大手橋は欄干が破損し、片側通行のため通過に2時間の渋滞が発生。湾岸道路は通行可能。	危機管理部局	調達・収集ルート等		
6	9:00	5	13:05	5	片づけごみの排出状況	被災市民&ボランティアが片づけごみを道路に出し始めており、緊急車両の通行の邪魔になっている。	危機管理部局	市民への広報	自治会への連絡 市民向け配布物の作成	仮置場に適さない候補地(=トラップ)入れる
7	10:00	10	13:10	10	市民からの電話	片づけごみをどうしたらよいかという問い合わせ	市民	市民への広報	市民向け配布物の作成 ネットによる情報提供 仮置場の設置	重くて遠くまで運べないという理由から、都市公園(トラップ)の利用もあえて促す
8	10:00	10	13:10	10	市民からの電話	どのように片づけごみを分別したらよいかという問い合わせ →平時どおりor災害対応分別?	市民	分別方法	など	

図 3.2-5 本図上演習型研修で使用した状況付与の一例

## 2) 図上演習の手順

まず、実際の状況付与と対応の演習を開始する前に、グループごとに対応の体制や方針を議論する作成検討時間を設けた。

演習が開始してからの基本的な作業手順を図 3.2-6 に示す。コントローラーから各市・県グループに配布される「状況付与シート」に対して、各グループで対応方針を議論し、コントローラーもしくは他市・県グループに対して「問い合わせ対応表」を用いて報告や問い合わせを行うという作業を繰り返すこととした。グループからの対応内容が十分ではないとコントローラーが判断した場合には、各コントローラーの判断で、適宜追加の状況付与を行った。演習の記録を残すため、(災害対応を検討している) 会議室から外に出るアクションすべては、問い合わせ対応表を用いることとした。

例えば、コントローラーから住民の立場で「片づけごみをどうしたらよいかわからない」と

という問合せが付与された場合は、ごみ出しのルール等をグループ内で検討してもらい、結果を「問い合わせ対応表」で返却してもらう。状況付与を受けたグループが、収集事業者の被災状況を確認する必要があると判断した場合は、収集事業者に対して「収集車の利用可能状況、被災の場合は回復の見込み」を尋ねるため、その旨を「問い合わせ対応表」に記入し、コントローラーに返す。場合によっては、コントローラーから「指示通りに片づけごみを出したがちっとも回収に来ない」という状況付与を追加し、より現実に近い災害状況を体験してもらうことを意図した。

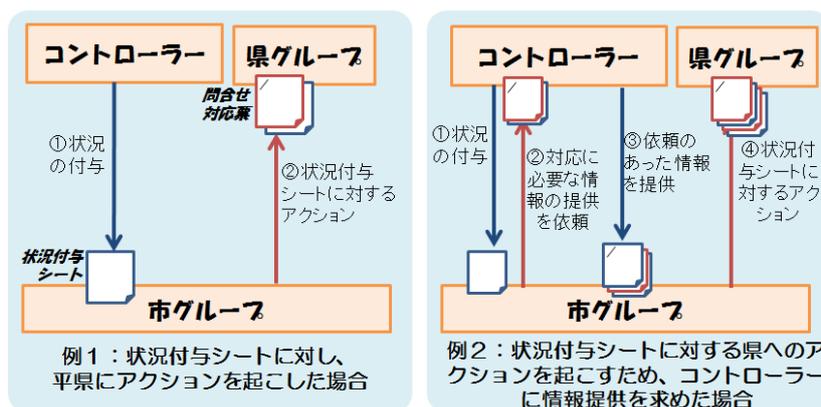


図 3.2-6 本図上演習における作業の手順

### 3) 参加者

参加者は、兵庫県内の基礎的自治体および事務組合、県民局、県庁の職員とし、プレーヤー側4グループと、コントローラー側に分けて配置した。グループメンバーは、仮想都市と近い状況にある参加者を集めるよう配慮した。また、コントローラーには県職員を配置した。

プレーヤーの各グループには、演習をスムーズに進めるためにテーブルマネジャーを配置した。テーブルマネジャーは、当該自治体の知事または市長という設定とし、状況付与の対応についての議論に加わらず、メンバーの議論を促すという役割を与えた。テーブルマネジャーには、兵庫県内でも災害廃棄物処理の経験を有する職員に担当していただいた。

### (3) 図上演習型研修の実施結果

図上演習を通し、4つのグループからはそれぞれ107件、45件、138件、114件の問い合わせ対応シートを用いたやり取りが行われた。研修の実施結果は、加茂ら(2016)に取りまとめられており、1分に1枚近いペースで対応シートのやり取りがされる活発な演習であったことや、災害対策本部、市長部局、清掃工場、危機管理部局、道路部局、土木部局、都市公園部局、社会福祉部局等、多様な関係主体とのやり取りが行われていたことが示されている。ここから、実際の初動期における災害廃棄物担当部局の状況のある程度再現できたものと推察できる。また、研修後のアンケートにおいて「初動期の状況が理解できた」「初動対応が理解できた」という意見に対する賛同度を尋ねた結果、「とてもそう思う」か「まあそう思う」と回答した割合が約9割であったことから、発災後の状況を具体的に理解してもらうという狙いはある程度達成されたものと考えられる。

今後、他のアンケート項目や、参加者、テーブルマネジャーへのヒアリング調査結果と合わせ、

本研修の効果と課題の分析を進める必要がある。

#### **(4)まとめ**

水害時の初動期を対象とした図上演習型研修を設計・実施した結果、当該研修は発災後の状況の具体的理解を促進することが示唆された。今後は、目標管理型災害対応や、機能別組織による対応といった災害廃棄物処理の原則に対する理解の醸成への寄与を含む、本図上演習型研修のその他の効果について、分析を進める予定である。

#### **参考文献**

- 1) 秦康範（2008）災害危機管理訓練・演習の定義と体系．吉井博明，田中淳[編]災害危機管理論入門―防災危機管理担当者のための基礎講座―，弘文堂，306-312.
- 2) 坂本朗一（2008）対応型図上演習．吉井博明，田中淳[編]災害危機管理論入門―防災危機管理担当者のための基礎講座―，弘文堂，319-325.
- 3) 多島良，平山修久，森朋子，川畑隆常，高田光康，大迫政浩（2015）ワークショップ型研修による災害廃棄物対策に係る意識・態度の醸成．自然災害科学, 34（特別号）, 99-110．
- 4) 加茂慎，平山修久，高田光康，森朋子，夏目吉行（2016）図上演習形式での自治体災害廃棄物処理担当者研修について．都市清掃, 331, 441-448.