

(別紙 2)

建設技術研究開発費補助金総合研究報告書

1. 課題番号 第 8 号
2. 研究課題名 津波堆積土砂からのがれき分別と土砂の分級による良質な建設材料の有効利用
3. 研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度
4. 代表者及び研究代表者、共同研究者

代表者	御手洗 義夫	東亜建設工業株式会社 技術研究開発センター 地盤・防災技術グループ・グループリーダー
研究代表者	同上	同上
共同研究者	太田 正規	株式会社トラムエンジニアリング 取締役営業部長
	泉 信也	東亜建設工業株式会社 土木事業本部 機電部 機械グループ・グループリーダー
	居場 博之	東亜建設工業株式会社 技術研究開発センター 地盤・防災技術グループ・研究員
	熊谷 崇信	東亜建設工業株式会社 土木事業本部 機電部 機械グループ・技術員
	西田 浩太	東亜建設工業株式会社 技術研究開発センター 研究開発企画グループ・研究員
	湯浅 大樹	東亜建設工業株式会社 土木事業本部 機電部 機械グループ・技術員

5. 補助金交付総額 18,530,000 円

6. 研究・技術開発の目的

今回の震災では津波によって、陸域や海域に大量の土砂やがれきが運ばれて堆積した。「津波堆積物(土砂)」の量は、被災 6 県(青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉)で約 1,300～2,800 万トン、この内処理を要する“津波堆積物”の量は岩手県、宮城県、福島県の 3 県で約 960 トンであると推計されている。環境省の発表によると、現時点(2012 年 11 月末)における、津波堆積物の処理・処分済み量の割合は約 15%にとどまっており、震災からの復旧・復興の大きな課題のひとつとされている。

一方では、今回の地震の影響で基盤の沈下が生じたため、大潮や波浪、大雨の際に浸水の危険にさらされている箇所では広域的な地盤の嵩上げが必要となっており、また居住地の

高台移転も計画されており、被災地では大量の土砂が必要となっている。さらに今後の各種インフラ整備では良質な建設用土質材料が大量に必要なようになってきている。

それらの復興資材として、「津波堆積物（土砂）」を再生利用する方法が計画されている。しかし、津波堆積物には大量のごみやがれきが混入しており、主に回転式ふるいや振動ふるいなどで処理されているが、数 cm 以下のものは除去することは困難である。がれきやごみの種類や混入量にもよるが、ごみやがれきを含んだ土砂は、従来の廃棄物として取り扱うべきものも含まれ、一般的な建設用土質材料と比較しては低品質なものといえる。また木片や金属類など腐食性のもを含んだ土砂は、長期的な土地利用を考えた場合に好ましくない。したがって、これらの低品質な土砂をストックした場合、これらを優先的に使用してもらえるかは未知数である。つまり、“確実に活用される”保証が質、量ともになれば、それらは廃棄物の扱いのままであり、需要と供給のマッチングの確率は非常に低いままで、処理が進まないことになる。

実際には使用側から発生側に対して、品質とともに必要な時期に必要な量をまとめて供給する必要がある、できれば高品質のものをストックしておくことも、速やかに処理を行う上で重要なポイントとなる。このような観点からも、需要と供給のマッチングの確率を高めるためにも、より質の良い再生資材が求められるといえる。

そこで当社が開発した「ソイルセパレータ・マルチ工法」を応用し、津波堆積物の処理と土砂部分の有効利用をすることを提案したものである。本工法は砂分を多く含んだ浚渫土砂から、小礫、砂、シルトなどの良質な土砂を分級・抽出して有効利用するために開発した工法である。また、砂礫やシルトを分級した後に残った粘土分を多く含んだ泥水は、凝集沈殿、脱水し、減容化して処分を行う方法をとっている。

今回は当工法に、がれきやごみを効率的に除去する工程を加えて改良し、津波堆積物から効率的にごみ、がれき類を分別し、良質な建設用地盤材料を得る連続処理システムを確立すること、およびその事業化計画を作成することが、本研究開発の目的である。またそれによって、津波堆積土砂の減容化、有効利用と地盤の嵩上げや各種インフラ整備の促進に寄与する技術の確立を目指すことを目標としている。

## 7. 研究・技術開発の内容と成果

本書類に添付した、「総合研究報告書」（別冊）をご参照ください。

## 8. 研究成果の刊行に関する一覧表

刊行書籍又は雑誌名（雑誌のときは雑誌名、巻号数、論文名）	刊行年月日	刊行書店名	執筆者氏名
建設リサイクル、2012.秋号 Vol.61、「津波堆積物からのがれき分別と土砂の分級による良質な建設材料の有効利用」	2012年10月31日	(株)大成出版社	御手洗 義夫

## 9. 研究成果による知的財産権の出願・取得状況

知的財産権の内容	知的財産権の種類、番号	出願年月日	取得年月日	権利者名
—	—	—	—	—

## 10. 成果の実用化の見通し

環境省の最新の発表によると、被災3県（岩手、宮城、福島）における処理を要する全津波堆積物は約960トンとされ、平成24年11月末時点でそれらの処理・処分済み割合は約15%にとどまっている。現在、津波堆積物の殆どは、トロンメルにて処理されているが、この場合処理後の土砂（ふるい下残渣）にはがれきやごみが混合された低品質なものであり、再利用方法に制限がかかる懸念がある。またこのようなごみやがれきが混入した土砂の最利用方法の具体的な判断・評価基準は現在のところ明確になっていないのが現状であり、処理方針が決まらない原因ともなっている。

それに対して、本技術で処理された砂礫やシルト、改質土（凝集ブロックのセメント処理土）は、ごみやがれきがほぼ完全に分別・除去された状態の高品質な材料であり、様々な用途が期待できるものである。処理コストも従来のトロンメルによる方法とほぼ同レベルであること、また同じ体積の津波堆積物から得られる土砂量が多いことを考慮すると、品質、コスト面のみならず、本技術が津波堆積土砂の処理技術として優れているものと評価できる。

したがって、被災地における建設用土質材料の不足、処分場建設費用、処理完了までの時間などの問題に対する現状からの転換が、本技術の実用化に向けた第一歩となる可能性も考えられる。

## 11. その他

以下に、「総合研究報告書」（別冊）を添付する。



# 津波堆積土砂からのがれき分別と 土砂の分級による良質な建設材料の有効利用

(H23 補正建設技術研究開発助成制度 震災対応型技術開発公募、がれき処理対策：課題番号 第8号)

## 総合研究報告書（別冊）

平成 24 年 11 月 30 日

東亜建設工業株式会社 技術研究開発センター

研究代表者名：御手洗 義夫

(地盤・防災技術グループ・グループリーダー)



# 津波堆積土砂からのがれき分別と土砂の分級による良質な建設材料の有効利用

## ～ 目 次 ～

第1章 概要	1-1
1.1 課題名	1-3
1.2 期間・概略実施工程	1-3
1.3 予算	1-3
1.4 研究概要	1-4
1.4.1 研究の背景、目的	1-4
1.5 研究実施メンバー	1-5
1.6 産官学テーマ推進委員会	1-6
1.6.1 委員会メンバー	1-6
1.6.2 開催日および概略	1-7
1.7 実施内容および成果の概要	1-8
第2章 検討内容	2-1
2.1 背景・目的	2-1
2.1.1 東日本大震災による津波被害と津波堆積物	2-1
2.1.2 津波堆積物処理の方針	2-4
2.1.3 津波堆積物の物性	2-7
2.1.4 津波堆積物の有効利用に関する指針、計画、マニュアル	2-10
2.1.5 津波堆積物の有効利用促進における課題	2-11
2.1.6 湿式分級処理の津波堆積物への適用性（メリットと留意点）	2-12
2.1.7 ソイルセパレータ・マルチ工法とは	2-14
2.1.8 本研究の流れ	2-21
2.2 実施内容	2-22
2.2.1 事前準備	2-22
2.2.2 現地実証実験	2-27
第3章 現地実証実験結果	3-1
3.1 事前調査結果	3-1
3.1.1 津波堆積物の物性	3-1
3.1.2 有害物質による汚染に関する事前分析結果	3-5
3.2 準備工（現場養生）	3-10
3.3 現場実証実験	3-12
3.3.1 処理システム全体と稼働状況	3-12
3.3.2 分級処理結果（分別・分級前後の数量）	3-25
3.4 品質確認結果	3-29
3.4.1 分別・分級前後の各試料の土質試験結果	3-29
3.4.2 有害物質に関する分析試験結果	3-32

第4章 凝集フロックの室内配合検討結果	4-1
4.1 凝集フロックの簡易脱水と改質	4-1
4.1.1 改質後の品質目標	4-1
4.1.2 試験方法	4-2
4.2 予備実験	4-3
4.2.1 配合条件	4-3
4.2.2 実験手順	4-4
4.2.3 予備実験結果	4-6
4.3 本実験	4-8
4.3.1 配合条件	4-8
4.3.2 実験方法	4-9
4.3.3 本実験結果	4-11
4.4 検討結果のまとめ	4-15
第5章 事業化に向けた検討	5-1
5.1 概要	5-1
5.2 津波堆積土砂の有効利用に関する現状と課題	5-2
5.2.1 津波堆積土砂（物）処理の方針と進捗状況	5-2
5.2.2 津波堆積土砂（物）処理に関する基準について	5-6
5.2.3 土木学会、地盤工学会の動向	5-8
5.2.4 津波堆積物の有効利用促進における課題	5-9
5.3 コスト試算	5-10
5.3.1 積算条件	5-10
5.3.2 コスト試算結果	5-12
5.4 コスト比較1	5-14
5.4.1 比較対象と条件	5-14
5.4.2 コスト比較結果	5-16
5.5 コスト比較2（埋立処分費）・・・参考	5-19
5.6 分級後の土砂の有効利用方法	5-20
5.7 産学官テーマ推進委員会、現場見学会の開催	5-24
5.8 まとめ	5-25
第6章 まとめ	6-1
付録 産官学テーマ推進委員会	付-1
第1回委員会	付-2
第2回委員会	付-32
第3回委員会	付-64
添付資料	
添付資料-1 東日本大震災からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生資材の活用について（通知）（環境省）	

- 添付資料-2 災害廃棄物の復興資材化と活用に係る品質基準一覧 (社団法人 日本建設連合会)
- 添付資料-3 地震時における地盤災害の課題と対策 2011年東日本大震災の教訓と提言 (第二次) (公益社団法人 地盤工学会)



---

# 第1章 概要

---

## 1. 概要

東日本大震災による津波は、東北地方から関東地方の広範囲に大きな被害を及ぼし、津波の浸水面積は約 561km<sup>2</sup>（山手線内側の約 9 倍の面積）と広域に渡るものであった。その結果、東日本の 13 県 241 市町村において、総量約 2,162 万トンの災害廃棄物が発生した。加えて、被災 6 県（青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉）沿岸を中心に約 1,300～2,800 万トンの土砂、泥状物が陸上に打ち上げられ、ごみやがれきと混ざって堆積したと推定されている。ごみやがれきが混ざった状態で堆積した土砂は“津波堆積物”と呼ばれ、この内、処理を要する津波堆積物の量は被災 3 県（岩手、宮城、福島、）で約 960 トンとされている。

環境省の発表によると、2012 本年 11 月末時点で、上記の被災 3 県の津波堆積物の処理は約 15%にとどまっており、震災からの復旧・復興の大きな課題のひとつとされている。

本研究は、平成 23 年度「国交省建設技術研究開発助成制度」（震災対応型技術開発公募 がれき処理対策）の研究課題で採択されたもので、津波堆積物（津波堆積土砂と称している）から、ごみやがれきを分別し、土砂部分から良質な砂礫材を粒度ごとに分級して取り出し、建設材料として有効利用する技術の開発に関するものである。本報告書は、当研究課題に対する取り組みの取りまとめ結果を示すものである。



写真-1.1 2011 年 3 月 11 日の津波の来襲状況



写真-1.2 津波襲来後の災害廃棄物（仙台市宮城野区）



写真-1.3 集積・仮置きされた津波堆積物（気仙沼市）



## 1.4 研究概要

### 1.4.1 研究の背景、目的

すでに述べたように、今回の震災では津波によって、陸域や海域に大量の土砂やがれきが運ばれて堆積した。「津波堆積物（土砂）」の量は、被災6県（青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉）で約1,300～2,800万トン、この内処理を要する“津波堆積物”の量は岩手県、宮城県、福島県の3県で約960トンであると推計されている。環境省の発表によると、震災から1年8ヶ月経過した2012年11月末の時点で、津波堆積物の処理・処分済みの割合は約15%にとどまっており、震災からの復旧・復興の大きな課題のひとつとされている。

一方では、今回の地震の影響で基盤の沈下が生じたため、大潮や波浪、大雨の際に浸水の危険にさらされている箇所では広域的な地盤の嵩上げが必要となっており、また居住地の高台移転も計画されており、被災地では大量の土砂が必要となっている。さらに今後の各種インフラ整備では良質な建設用土質材料が大量に必要なようになってきている。

それらの復興資材として、「津波堆積物（土砂）」を再生利用する方法が計画されている。しかし、津波堆積物には大量のごみやがれきが混入しており、主に回転式ふるいや振動ふるいなどで処理されているが、数cm以下のものは除去することは困難である。がれきやごみの種類や混入量にもよるが、ごみやがれきを含んだ土砂は、従来の廃棄物として取り扱うべきものも含まれ、一般的な建設用土質材料と比較しては低品質なものといえる。また木片や金属類など腐食性のものを含んだ土砂は、再利用する場所によっては、長期的な土地利用を考えた場合に好ましくない。したがって、これらの低品質な土砂をストックした場合、これらを優先的に使用してもらえるかは未知数である。つまり、“確実に活用される”保証が質、量ともになれば、それらは廃棄物の扱いのままであり、需要と供給のマッチングの確率は非常に低いままで、処理が進まないことになる。

実際には使用側から発生側に対して、品質とともに必要な時期に必要な量をまとめて供給する必要がある。できれば高品質のものをストックしておくことも、速やかに処理を行う上で重要なポイントとなる。このような観点からも、需要と供給のマッチングの確率を高めるためにも、より質の良い再生資材が求められるといえる。

そこで当社が開発した「ソイルセパレータ・マルチ工法」を応用し、津波堆積物の処理と土砂部分の有効利用をすることを提案したものである。本工法は砂分を多く含んだ浚渫土砂から、小礫、砂、シルトなどの良質な土砂を分級して取り出して有効利用し、それらを分級した後に残った粘土分を多く含んだ泥水は、凝集沈殿、脱水を行うことで最終処分量を減容化する工法である。

以上より、本研究開発の目的は、従来のソイルセパレータ・マルチ工法に、がれきやごみを効率的に除去する工程を加えて改良し、津波堆積物から効率的にごみ、がれき類を分別し、良質な建設用地盤材料を得る連続処理システムを確立すること、およびその事業化である。またそれによって、津波堆積土砂の減容化と有効利用により、地盤の嵩上げや各種インフラ整備の促進に寄与する技術の確立を目指すことである。

## 1.5 研究実施メンバー

本研究開発は、東亜建設工業株式会社の単独体制で申請・実施したもので、本技術のベースとなる「ソイルセパレータ・マルチ工法」（後述）の専門家および開発担当で構成した。

代表者	御手洗 義夫	東亜建設工業株式会社 技術研究開発センター 地盤・防災技術グループ・グループリーダー
研究代表者	同上	同上
共同研究者	太田 正規	株式会社トラムエンジニアリング 取締役営業部長
	泉 信也	東亜建設工業株式会社 土木事業本部 機電部 機械グループ・グループリーダー
	居場 博之	東亜建設工業株式会社 技術研究開発センター 地盤・防災技術グループ・研究員
	熊谷 崇信	東亜建設工業株式会社 土木事業本部 機電部 機械グループ・技術員
	西田 浩太	東亜建設工業株式会社 技術研究開発センター 研究開発企画グループ・研究員
	湯浅 大樹	東亜建設工業株式会社 土木事業本部 機電部 機械グループ・技術員

## 1.6 産官学テーマ推進委員会

本助成研究では、技術研究開発提案を着実に推進し、目標達成に向けて確実な進捗管理を図るため、産学官の分野から構成される委員会を設置し、以下の項目を実施することとなっている。

- 1) 実証実験により、当該研究開発成果が有効に機能することの確認
- 2) 当該研究開発成果の具体的な事業化計画を作成

### 1.6.1 委員会メンバー

産学官テーマ推進委員会は、それぞれの分野から2名または3名を選出・依頼して、以下のメンバーで構成した。

“官”としては、国土交通省（港湾）と宮城県からと、および独法の研究機関（港湾空港技術研究所）の専門家に依頼した。

“学”では、被災地の地元または近く、被災地の状況に詳しく、かつ津波堆積物処理や産業廃棄物や地盤環境系に詳しい方に依頼した。

“産”のほうでは、計画系でかつ土砂の分級技術に詳しい方と環境・生態系の専門家（コンサルタント）に依頼した。

カテゴリ	氏名	所属・役職	備考
官	原田 卓三 佐瀬 浩市	国土交通省 東北地方整備局 港湾空港部 港湾空港企画官	転勤により、第3回以降、原田氏から佐瀬氏に交代
	遠藤 信哉	宮城県 土木部 土木部次長	
	渡部 要一	(独) 港湾空港技術研究所 地盤研究領域長	
学	高橋 弘	東北大学大学院 環境科学研究科 教授	<b>委員長</b>
	小峯 秀雄	茨城大学 工学部 都市システム工学科 教授	
産	片桐 雅明	株式会社日建設シビル 地盤調査設計部 設計主管	
	笠原 勉	いであ株式会社 国土環境研究所 生態解析グループ 技師長	
社内委員	奥 信幸	東亜建設工業株式会社 土木事業本部 技術部 部長	
	泉 信也	東亜建設工業株式会社 土木事業本部 機電部 機械グループリーダー	

## 1.6.2 開催日および概略

産学官テーマ推進委員会は、全体会議を計3回開催した。それぞれの開催時期、内容の概略は以下の通り。

### (1) 第1回委員会

開催日時：平成24年4月17日（火） 15:00～18:00

開催場所：東亜建設工業株式会社（東京都新宿区）

内 容：本研究開発の背景、目的、得られる効果、用いる分級処理技術、現場で行う実証実験の内容、分級後の土砂の有効利用方法のアイデア等、事業化に向けた検討内容について、事務局から説明を行い、質疑応答および意見交換を行った。

### (2) 第2回委員会

開催日時：平成24年5月17日（木） 14:30～17:00（内、実証実験見学 13:00～14:00）

開催場所：サンマリン気仙沼 ホテル観洋（宮城県気仙沼市）

内 容：現場実証実験の見学を行い、津波堆積土砂の処理システム全体の説明や処理効果の確認を行った。現場見学後、場所をかえて委員会を開催。第1回委員会の議事内容に対する回答、現場実証実験の状況、室内配合試験の計画、津波堆積物のがれき、ごみ分別・分級技術の適用・実用化（事業化）について、事務局から説明を行い、質疑応答および意見交換を行った。

### (3) 第3回委員会

開催日時：平成24年8月2日（木） 14:00～17:30

開催場所：東亜建設工業株式会社東北支店 大会議室（宮城県仙台市）

内 容：現場実証実験結果、脱水フロックの室内配合試験結果、コスト試算結果と類似技術とのコスト比較、本技術の適用・実用化（事業化）に向けての取組みについて、事務局から説明を行い、質疑応答および意見交換を行った。また、委員から、東北地方整備局の災害廃棄物の再生利用の推進に向けた取り組みや、宮城県の災害廃棄物処理実行計画についての情報提供および、各委員から本技術の適用・事業化についての提案があった。

## 1.7 実施内容および成果の概要

### 1) 津波堆積土砂を用いた現場実証実験

宮城県気仙沼市内に集積・仮置きされた津波堆積土砂 約 350m<sup>3</sup>をソイルセパレータ・マルチ工法をベースとした、がれき・ごみの分別と土砂分級技術を用いて処理し、その効果および適用性の検証を行った。

その結果、がれき・ごみ類と土砂の分別・除去は確実に行われ、小礫以下の分級後の土砂にはほとんど含まれていないことが確認された。また、分級後の「小礫・砂」、「細砂・シルト」は粘土分が3%程度であり、高品質で良質な復興材料として扱えるものであることなど、津波堆積物土砂のがれき分別、土砂分級に本技術が適用できることを確認できた。

### 2) 分級後の粘土分（凝集フロック）の簡易脱水処理、改質に関する検討

分級後の粘土分の復興資材としての有効利用を目的に、礫、砂、シルトを取り除いた後の細粒分泥水を凝集させたフロックは、高レベルに脱水して“脱水ケーキ”とすることで減容化することができ、かつ土砂としての有効利用が図れる状態となる。しかし高レベルの脱水は高コストであり、今回は復興資材として、その量を確保することも重要であることから、必要以上に脱水・減容化せずに、低コストな簡易脱水処理とし、その後、固化材などで改質することで復興資材として有効利用できる方法を採用することとした。簡易脱水された比較的高含水比な脱水フロックに対しては、種々の改質材を添加する室内配合試験を行い、最適な改質剤の選定と、その添加量と強度の関係を検証した。

その結果、簡易脱水フロックは、ボックス型+水切りフレコン(半日程度自重脱水)による含水比175%とした場合、高炉セメント B 種を 150kg/m<sup>3</sup>程度の添加を行うことで、養生1日で運搬が可能 ( $q_c > 200\text{kN/m}^2$ ) で、かつ、破碎(攪乱)・再転圧後も盛土材として十分な  $q_u > 100\text{kN/m}^2$  が確保できることが確認された。

また、がれきやごみの含有量や土砂部分の粒度にもよるが、凝集フロックを簡易脱水・改質する効果によって、津波堆積物の処理前と同等の量の復興資材が得られることが確認された。

### 3) 事業化に向けた検討（現状把握と課題の整理、コスト試算・比較）

本技術の事業化に向けて、まず被災地の津波堆積土砂の処理に関する現状把握と問題点の整理を行った。

現状としては、津波堆積物の処理・処分の進捗状況は非常に遅れており、平成24年11月末の時点で、岩手県、宮城県、福島県の3件の合計で、その処理・処分率は15%、特に岩手、福島の両県ではわずか2%とう状況である。

また現行の津波堆積物の一般的な処理方法は、回転式ふるい等を用いた乾式分級で行われており、処理後の「ふるい下残渣」は数センチ以上のごみやがれきが混入した低品質なものである。それに対して、震災以降に公表された指針、マニュアル等には、それらを廃棄物でなく復興資材として取り扱う際の具体的な評価・判断基準が明確に示されていない。さらには、土木学会や地盤工学会でも具体的な指標や方向性を示すまでに至っていない。その一方で、環境省からは、震災前とほぼ同じレベルで廃棄物処理に関しては厳しく管理することが求められている。

これにより、低品質な土砂をストックした場合、これらを優先的に復興資材として使用してもらえるかは未知数であり、需要と供給のマッチングの確率は非常に低くなり、処理が進まない状況になってものと考えられた。このような観点からも、また津波堆積物の処理や有効利用を促進する意味でも、より質の良い再生資材が求められているものと考えた。

次に、がれき量や土砂部分の粒度などを変えた条件での本技術のコスト試算を行った。また比較対象として、被災地で用いられていることの多い回転式ふるい（トロンメル）を用いた方法とのコスト比較を行った。その結果、両者が同等のコストまたは条件によっては本技術が若干低コストであることが確認できた。

以上より、回転式ふるいによる方法は、“乾式分級”と呼ばれ、加水・洗浄を行わないため、分別後のがれきやごみに土砂が付着したままであること、分級後の土砂にはがれきやごみが混入し、また細粒分も多い“低品質”なものである。それに対して、本技術では、がれきやごみから土砂は洗浄・除去されて、その後の分別や処理が容易になること、さらに分級された土砂（礫、砂、シルト）には粘土分がほとんど含まれていない“高品質”なものであることから、本技術が津波堆積物の処理・有効利用技術として、品質およびコスト両面で優れた技術であることが確認できた。



---

## 第2章 検討内容

---

### 2. 検討内容

#### 2.1 背景・目的

##### 2.1.1 東日本大震災による津波被害と津波堆積物

2011年3月11日に東北地方の太平洋岸で発生した「2011年東北地方太平洋沖地震」は、マグニチュード9.0の我が国最大の地震であった。この地震では、強い揺れのほか、高い津波が発生し、約2万人の死者・行方不明者が出たほか、家屋や港湾施設や漁業関連施設などに甚大な被害が発生した。海岸や港湾に襲った津波は、東北地方から関東地方の広範囲に大きな被害を及ぼし、津波浸水面積は約561km<sup>2</sup>（山手線内側の約9倍の面積）であったとされている（図-2.1）。



写真-2.1 3.11 津波の襲来

これらの地域では、多くの自動車、家屋、港湾施設、漁業施設などが流出、破壊され、がれきやごみになって沿岸域に災害廃棄物として残された。災害廃棄物は、東日本の13県241市町村において、総量約2,162万トン発生したとされている。加えて6県（青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉）沿岸を中心に約1,300～2,800万トンの土砂、泥状物が陸上に打ち上げられ、ごみやがれきと混ざって堆積したと推定されている。これらは津波堆積物（2.1.2参照）と呼ばれている。

## 津波による浸水面積

平成23年東北地方太平洋沖地震 市区町村別津波浸水範囲面積(概略値)第5報

県	市区町村	浸水面積(km <sup>2</sup> )	市町村面積(km <sup>2</sup> )	撮影日	
青森県	八戸市	24	844	3月13日、4月5日	
	三沢市	6	120	4月5日	
	六ヶ所村	5	253	4月5日	
	おいらせ町	3	72	4月5日	
	階上町	0.5	94	3月13日、4月5日	
岩手県	宮古市	10	1,260	3月13日、4月1日、5日	
	大船渡市	8	323	3月13日、4月1日、5日	
	久慈市	4	623	3月13日、4月5日	
	陸前高田市	13	232	3月13日、4月1日	
	釜石市	7	441	3月13日、4月1日、5日	
	大槌町	4	201	3月13日、4月1日	
	山田町	5	263	3月13日、4月1日、5日	
	岩泉町	1	993	3月13日、4月1日、5日	
	田野畑村	1	156	4月5日	
	普代村	1	70	3月13日、4月5日	
	野田村	2	81	3月13日、4月5日	
	洋野町	1	303	3月13日	
	宮城県	仙台市宮城野区	20	58	3月12日、13日
		仙台市若林区	29	48	3月12日、13日
仙台市太白区		3	228	3月13日	
石巻市		73	556	3月12日、3月13日、3月19日	
塩竈市		6	18	3月13日、19日	
気仙沼市		18	333	3月13日、19日、4月1日、5日	
名取市		27	100	3月12日、13日	
多賀城市		6	20	3月12日、13日、19日	
岩沼市		29	61	3月12日、13日	
東松島市		37	102	3月12日、13日、19日	
亘理町		35	73	3月12日、13日	
山元町		24	64	3月12日、13日	
松島町		2	54	3月13日	
七ヶ浜町		5	13	3月12日、13日、19日	
利府町		0.5	45	3月13日、19日	
安川町		3	66	3月19日	
南三陸町		10	164	3月13日、19日、4月1日	
福島県		いわき市	15	1,231	3月13日、3月18日(衛)、19日(衛)、20日(衛)
		相馬市	29	198	3月12日
		南相馬市	39	399	3月12日、3月19日(衛)
	広野町	2	58	3月19日(衛)	
	楡葉町	3	103	3月19日(衛)	
	富岡町	1	68	3月19日(衛)	
	大熊町	2	79	3月19日(衛)	
	双葉町	3	51	3月19日(衛)	
	浪江町	6	223	3月19日(衛)	
	新地町	11	46	3月12日	

茨城県	水戸市	23	1,444	
	日立市	4	226	3月12日
	高萩市	1	194	3月12日
	北茨城市	3	187	3月12日
	ひたちなか市	3	99	3月12日
	鹿嶋市	3	106	3月27日
	神栖市	3	147	3月27日
	鉾田市	2	208	3月27日
	大洗町	2	23	3月12日、27日
	東海村	3	37	3月12日
千葉県	銚子市	17	689	
	旭市	3	130	3月12日、27日
	匝瑳市	1	102	3月12日
	山武市	6	146	3月12日
	大網白里町	0.5	58	3月12日
	九十九里町	2	24	3月12日
	横芝光町	1	67	3月12日
	一宮町	1	23	3月12日
	長生村	1	28	3月12日
	白子町	1	27	3月12日
合計	561	12,382		

・浸水面積は、空中写真から水田や畑への浸水、道路の痕跡から浸水位置を空中写真(衛星画像)を判読して算出(数値は湖沼、内水面を含む)。  
 ・調査対象は津波による浸水被害があったと想定される太平洋沿岸全域(青森県下北八戸沿岸(物見崎以南)～千葉県九十九里浜沿岸)  
 ・市町村面積は「全国都道府県市区町村別面積集(平成22年10月1日現在:国土地理院)」による。

図-2.1 津波による浸水範囲の面積(概略)について第5報(国土地理院、平成23年4月18日)

一方では、地殻変動による基盤の沈下(図-2.2)や液状化による噴砂、津波による洗掘、流出などによって地盤の沈降が生じており、大潮や波浪、大雨の際に浸水の危険にさらされている箇所では、地盤の嵩上げが必要となっている(写真-2.2)。また居住地の高台移転や防波堤の復旧や嵩上げなども計画されており、そこには大量の土砂が必要となってくる。さらに今後の各種インフラ整備では、良質な建設用地盤材料も大量に必要となっており、津波堆積物をこれらの復興用資材としての利用が考えられている。

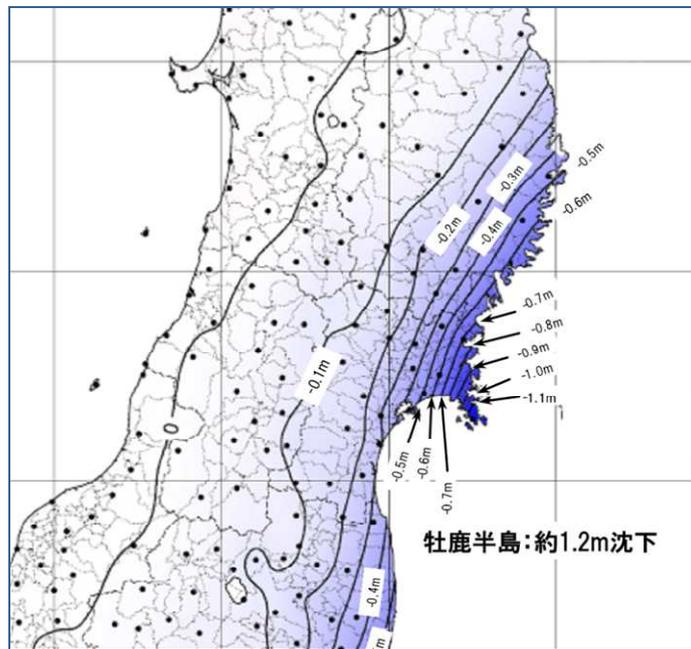


図-2.2 3.11の本震による基盤の沈下（国土地理院）



写真-2.2 基盤沈下のため浸水したままの地域（仙台市閑上地区）

## 2.1.2 津波堆積物処理の方針

津波堆積物を含めた今回の地震と津波により大量に発生した災害廃棄物の処理に関しては、環境省が震災の約2ヵ月後に発表した「東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針（マスタープラン）」（平成23年5月16日、以下「マスタープラン」と称する）に基づいて、計画が立てられている。

「マスタープラン」では、『災害廃棄物は再生利用可能なものは、極力再生利用する』、『津波堆積物は性状に応じた処理を行う』という方針が定められ、有機物や有害物質を含まない津波堆積物をトロンメル（写真-2.3、回転式ふるい）や振動ふるいを用いた処理を行った後に、土木用“復興資材”として利用する方向性を示している（図-2.3）。

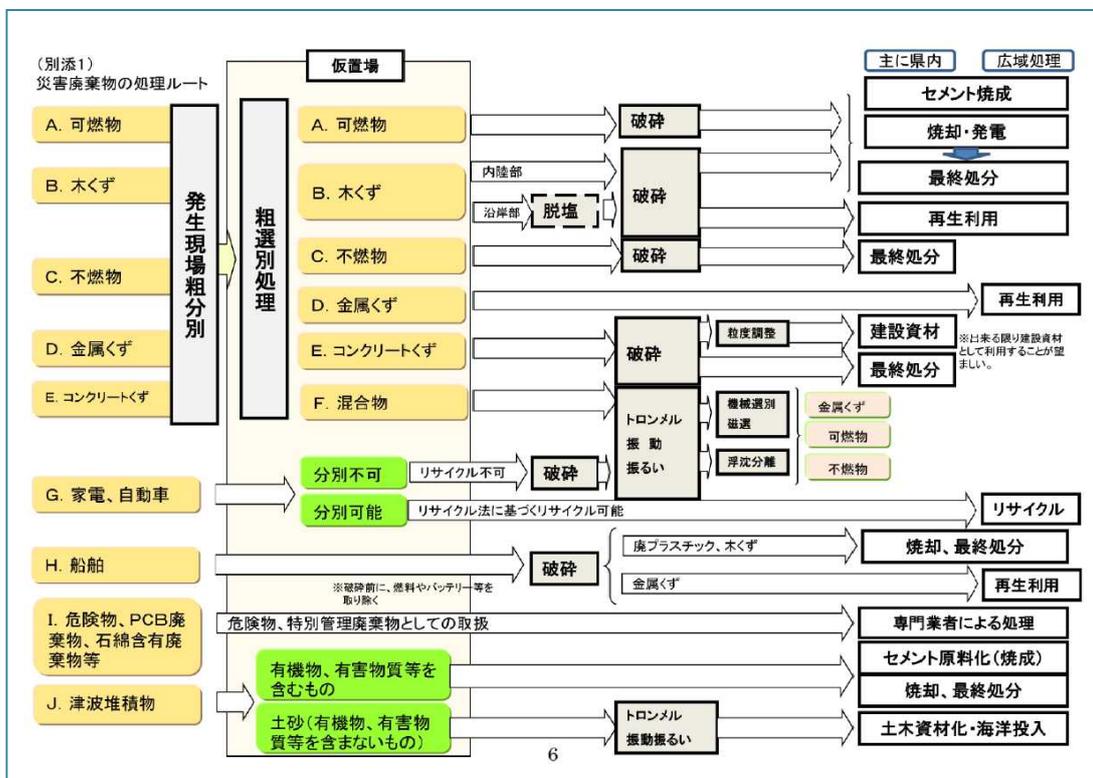


図-2.3 「マスタープラン」に示された災害廃棄物の処理ルート



写真-2.3 トロンメル（回転式ふるい）と津波堆積物の分別状況

被災地の自治体（県）では、それらに基づいて、広域処理を含めて平成 26 年 3 月をメドに処理を終了させる計画で進められている。

例えば、岩手県では図-2.4 に示すように環境省の示した「マスタープラン」に対して、平成 23 年に「処理実行計画」や「処理詳細計画」が作成されている。その後、「詳細計画」は平成 24 年 5 月に改定され、さらに災害廃棄物から分別された土砂およびコンクリートがらの活用に関しては、「岩手県 復興資材活用マニュアル」（平成 24 年 6 月）が整備されている。

なお、災害廃棄物の処理にあたっては、環境省が管轄する「災害等廃棄物処理事業国庫補助金」が活用されている（図-2.6）。

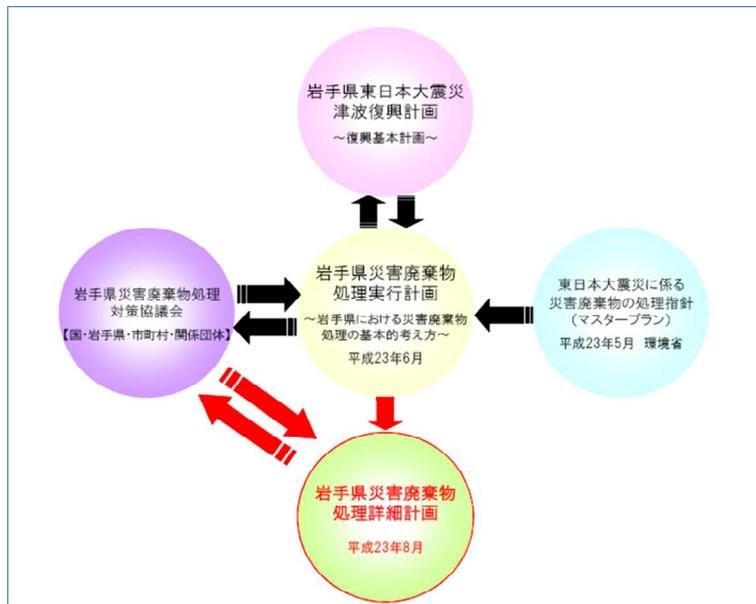


図-2.4 災害廃棄物処理詳細計画の位置づけ（岩手県）

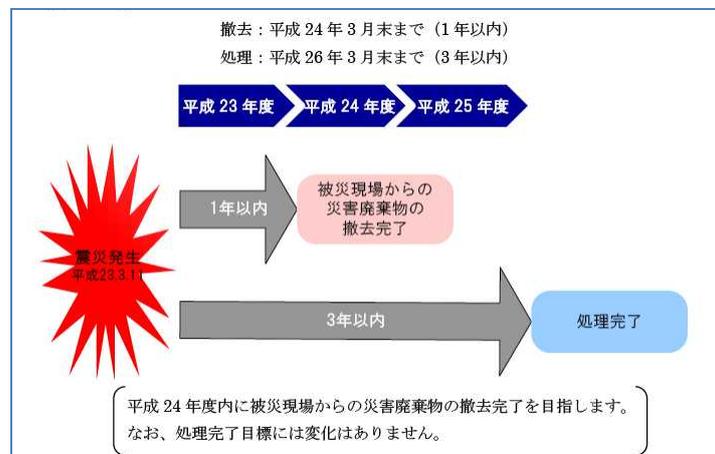


図-2.5 災害廃棄物処理のスケジュール（岩手県）

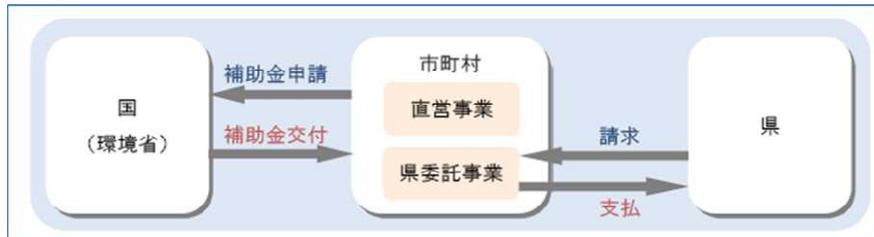


図-2.6 災害廃棄物処理の経費負担の流れ

### 2.1.3 津波堆積物の物性

津波堆積物に関しては、その物性や発生量や性状、取扱いの方針などに関して、廃棄物資源学会が中心となって調査・検討を行った結果が、平成23年7月5日に「津波堆積物処理指針（案）」に発表されている。さらにその内容を受けた形で環境省が同年7月13日に「東日本大震災津波堆積物処理指針」を公表している。

後者によると津波堆積物とは、

『津波を受けた被災地に残留したごみやがれきと混ざって堆積した土砂・泥状物である。その主成分は、水底や海岸の砂泥などと考えられるが、紙くず、木くず、金属くず、コンクリートくず、廃プラスチック類等と混然一体となったもの、油類を含むもの、腐敗・乾燥によって臭気や粉じんの発生が懸念されるものもあり、その組成や性状は様々なものである。被災地に立地する事業所に由来する農薬や酸・アルカリ等の有害な薬品等、有機物や有害な化学物質が混入している可能性があるものもある。』

と説明している。

廃棄物資源循環学会は、上記の指針（案）の参考資料において、津波発生地域で採取した津波堆積物の化学性状について調査・分析を実施した結果を示している。調査・分析は、震災直後（2011年3月末から4月中旬）に、岩手県と宮城県で採取した62試料を対象に実施され、国内の規制基準値や参照指針値等との比較を行なっている。そこでは、国内の規制基準値や参照指針値等を越えるレベルの汚染の結果は認められておらず、今後はより詳細な調査が行われることが期待されるが、津波堆積物の多くは、「原則的に性状分析不要なし」または「現場スクリーニング」を経て、「安定型処分場でも処分可能」という分類になるものとしている。

以下にその概要を示す。

#### (a) 土粒子密度、pH、強熱減量

**密度（真比重）**：約 2.70 g/cm<sup>3</sup> であり一般的な土壌と違いがなく、土砂が主成分であることが推測される結果であった。

**pH**： ほぼ 7.0 ～9.0 の間にあるが、採取試料によっては強酸性、アルカリ性を示したものもあった。

**強熱減量**：この値は主に有機物の指標となるものであるが、1.2%～16.3%であり、ヘドロ状のものを含む一般的な浚渫土砂の値の範囲の値であった。調査報告書では、「多くは、海底泥の有機物に由来するものと考えられるが、油分の影響を受けている試料も散見された。」とされている。

**粒度**：津波で海から運ばれてきた影響で海砂を多く含むケースが多いが、ヘドロや細粒分を含んでいることもある。特に農地に堆積したものは撤去の際に表土を含めて行った影響もあり、粘性の高い粘土シルト系のものであることが多い。

#### (b) 油分（n-ヘキサン抽出物質）、TPH（全石油系炭化水素）

**n-ヘキサン抽出物質**：水産用基準（日本水産資源保護協会により提案されている値）として、海域

では乾泥として n-ヘキサン抽出物質 0.1%以下とされており、高い値を示していた。

**TPH**：油分を炭素数 C6～C44（ガソリン、軽油、残油の炭素範囲）の石油系化合物の沸点範囲で定量したものであるが、n-ヘキサン抽出物質とよく相関する結果が得られたとされている。

(c) 残留性有機汚染物質（PCB、ダイオキシン類、POPS 農薬類）

これらの含有量基準値（例えば、PCB 処理物の基準値やダイオキシン類では土壌や水底低質中の環境基準値、POPS 農薬類では設定されている参照指針値等）を超える値は見られていない。また、規制基準値や指針値との比較以外でも、環境省が近年実施している近隣水域、地域における環境モニタリング調査（底質や土壌）の結果と比較しても概ね同じレベルと判断された。

(d) 重金属類

含有量は多くの試料・項目で不検出であったが、鉛が mg/kg の範囲で多くの試料から検出されたが、土壌汚染対策法の含有量指定基準値 150mg/kg を下回るものが殆どであった（1 試料のみ超過）。溶出量は鉛、砒素、ふっ素、ほう素の 4 項目で土壌汚染に関わる環境基準値を超える事例が見られたが、自然由来や海水の影響があったものと推定されるものであった。

なお、環境省では、津波堆積物の処理はその組成や性状から判断して、地域特性に利用したゾーニング（エリア区分）や目視観察、現場スクリーニング等によるカテゴリー分類を経て行うべきものであるとしている。図-2.7 に廃棄物資源学会が指針（案）で示した、「津波堆積物処理の基本的な流れ」を示す。

これによると、図-2.7 に示した「津波堆積物処理の基本的な流れ」において、「エリア区分」によって「非汚染エリア」にあり“カテゴリーA”の「原則的に性状分析必要なし」と分類されたもの、それ以外では「現場スクリーニング」を経て、“カテゴリーB”の「安定型処分場でも処分可能」と分類されたものが、処理後に再生資材として有効利用を行う対象となる（図中の赤枠の部分）。したがって、本研究開発（技術）では、上記のカテゴリーA およびカテゴリーB が処理対象となる。

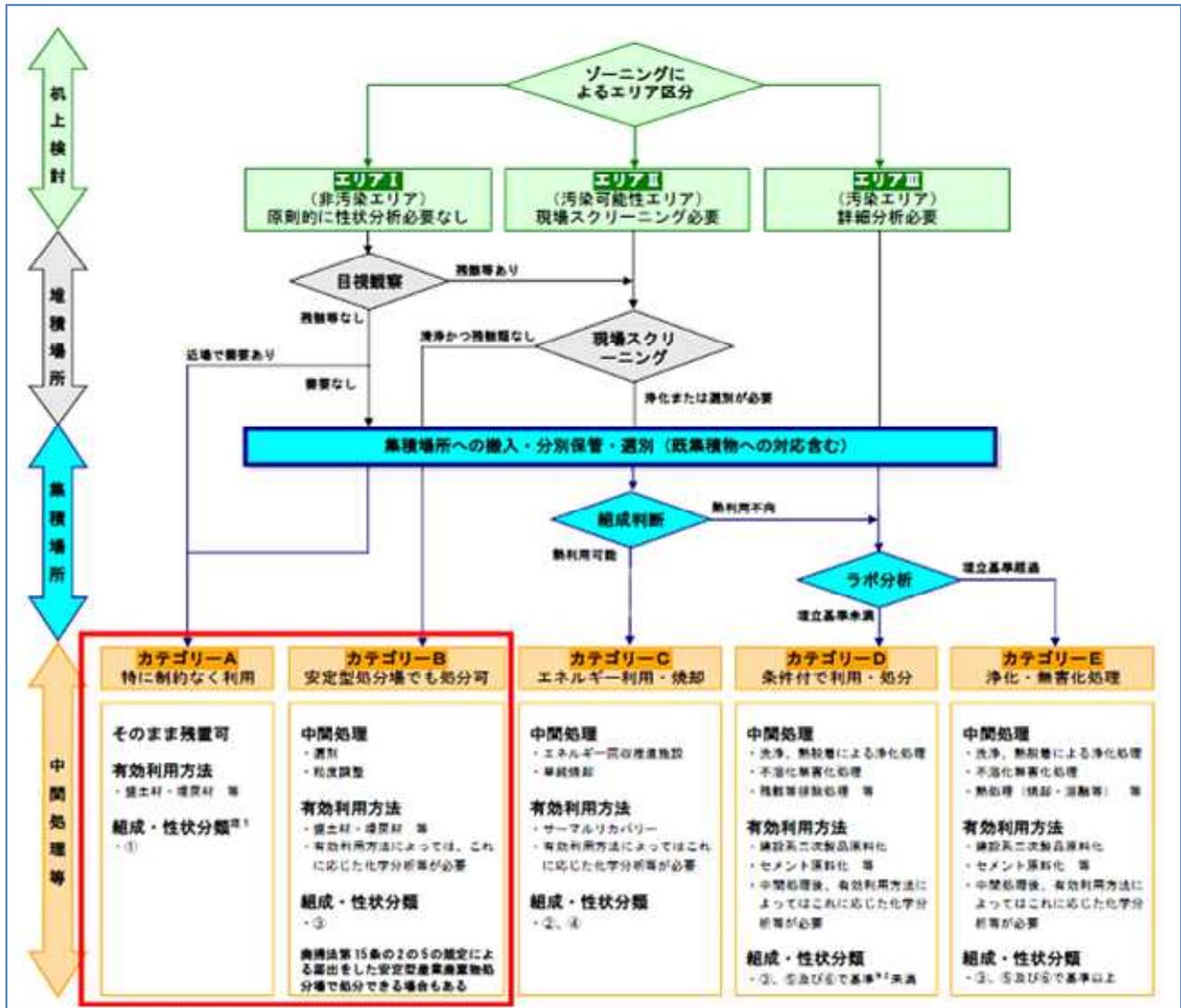


図-2.7 津波堆積物処理の基本的な流れ

#### 2.1.4 津波堆積物の有効利用に関する指針、計画、マニュアル

災害廃棄物の再生資材（復興資材）としての具体的な利用方法に関しては、表-2.1 に示すように資料 No.1 の「マスタープラン」をはじめとして環境省、国土交通省、被災地の自治体（県）からいくつかの指針や計画、マニュアルなどが出されている。

表-2.1 国や自治体による災害廃棄物の再生利用に関する指針、マニュアル類

資料No.	名称	時期	発行元
1	東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針(マスタープラン)	平成23年5月	環境省
2	東日本大震災津波堆積物処理指針	平成23年7月	
3	東日本大震災からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生資材の活用について(通知)	平成24年5月	
4	公園緑地の整備における災害廃棄物の活用関連資料	平成24年3月	国土交通省
5	迅速な復旧・復興に資する再生資材の宅地造成盛土への活用に向けた基本的な考え方	平成24年3月	
6	岩手県災害廃棄物処理実行計画	平成23年6月	岩手県
7	岩手県災害廃棄物処理詳細計画	平成23年8月策定 平成24年5月改定	
8	岩手県復興資材活用マニュアル (災害廃棄物から分別された土砂およびコンクリートがらの活用について)	平成24年6月	
9	宮城県災害廃棄物処理の基本方針	平成23年3月	宮城県
10	宮城県災害廃棄物処理指針	平成23年5月	
11	宮城県災害廃棄物処理実行計画	平成23年7月(第一次案) 平成24年7月(第二次案)	

### 2.1.5 津波堆積物の有効利用促進における課題

すでに示したように、被災地における津波堆積物の処理は、環境省の「マスタープラン」をもとに行われており、その多くのケースでは、ふるい目が50mm程度のトロンメル（回転式ふるい）や振動ふるいで処理されている。この場合、処理されたもののほとんどには、“廃棄物”が混入しているものと考えられる。

このようなごみやがれきが混入した土砂を復興資材として活用する場合は、上記のように環境基準や安全性、安定性の面で評価・判定が必要とされ、従来の土砂のみから成る建設用土質材料と比較すると、“低品質”のものであるといわざるを得ない。仮に津波堆積物をトロンメルや振動ふるいで分別・分級しただけの「低品質」の復興資材をストックした場合、これらを優先的に使用してもらえるかは未知数である。

環境省の通知「東日本大震災からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生資材の活用について」（平成24年5月）によれば、津波堆積物が廃棄物に該当しないためには、「④復旧資材のための公共工事において確実に使用されること（当該物を資材として活用する公共工事が確定しており、当該公共工事が復旧復興を目的としたものであることをいう）」を満たす必要がある。

実際には使用側から発生側に対して、品質とともに必要な時期に必要な量をまとめて供給する必要があり、できれば高品質のものをストックしておくことも、速やかに処理を行う上で重要なポイントとなる。つまり、上記の要件④の“確実に活用される”保証が質、量ともになれば、それらは廃棄物の扱いのままであり、処理が進まないことになる。このような観点からも、需要と供給のマッチングおよびマッチングの確率を高めるためにも、より質の良い再生資材が求められるといえる。

その他の課題として、従来のトロンメルや振動ふるいによる分別・分級方法に代わる処理方法を考える場合、重要なことは経済性（処理コスト）である。すなわち、今回開発した方法が従来と比較して同等または低コストであることは重要なポイントである。また、その他の比較対象として、埋立処分のコストがあげられる。埋立処理には、新規処分場建設のケースも考えられるが、ここでは最寄り（東北地方）の既存の処分場での埋立処分と広域処理の場合のコストを対象とする。

### 2.1.6 湿式分級処理の津波堆積物への適用性（メリットと留意点）

本研究開発は、津波堆積物から効率的にごみやがれきを土砂と分別し、土砂の部分からは良質な砂礫分、シルト分を分級して抽出するとともに、細粒分泥水は凝集・脱水・改質することで良質な建設用地盤材料を得る技術の確立を目的としたものである。そこで本研究開発では、当社が開発した「ソイルセパレータ・マルチ工法」（次項 2.1.7 参照）を津波堆積物処理に応用するものである。

詳細は次項で示すものとするが、「ソイルセパレータ・マルチ当工法」は、砂分を多く含んだ浚渫土砂に加水し、小礫、砂、シルトなどの良質な土砂を洗浄・分級して取り出して有効利用するために開発した工法である。また、砂礫分やシルト分を分級した後に残った粘土分を多く含んだ泥水は、凝集沈殿、脱水し、最終処分量の減容化も目的の一つとなっている。津波堆積物の処理で行われているように加水を行わずにそのままトロンメルや振動ふるいで分級処理する工法を、一般的には“乾式分級”と呼ぶのに対して、本工法のように、加水して砂礫分、シルト分から粘土分を洗浄して分級する工法を、一般的には“湿式分級”と呼ぶ。

湿式分級工法（ソイルセパレータ・マルチ工法）を、津波堆積物に適用した場合のメリットに関しては以下のような項目があげられる。

- 1) 津波堆積物に加水して処理を行うため、がれきやごみから土砂を洗浄して分別でき、さらに比重分別も行うことが可能であるため、分級・抽出された砂礫分やシルト分から細かいごみやがれきが除去される。
- 2) これらの分級処理で得られた砂礫分やシルト分は、粘土分をほとんど含まない良質な土木資材として有効利用ができる（細粒分 5%～10%程度）。
- 3) 分別されたごみやがれきは土砂が除去された分、減容化されるとともに、その後の分別や再利用、処分などが効率的に行うことが可能となる。
- 4) 津波堆積物に含まれる有害物質や有機分のほとんどは、分級された粘土部分に集積されるため、砂礫やシルトは、環境安全性も高い材料となる。

ただし、4)の津波堆積物に含まれる重金属や残留性有機汚染物質などに関しては、以下の点に十分な注意が必要である。

津波堆積物の土砂部分全体として、重金属類や残留性有機汚染物質などの濃度の汚染レベルが低いとしても、湿式分級後の凝集フロックは粘土分が主体のため、それら有害物質は濃縮された状態となると考えられる。この点に関しては、事前の粒度や汚染物質の分析結果から分級処理後の凝集フロックがどの程度の汚染レベルになるかはある程度予測可能であり、汚染度レベルが高くなると予測された場合は、事後の適切な処理（例えば管理型処分場への搬入や焼成処理など）を行う必要があることに十分注意せねばならない。

さらに今回の震災では、東京電力福島第一原子力発電所の被災によって放射性物資が周辺各地に拡散しており、その影響が深刻な状況にある。拡散した放射性物質は地上に降雨などで落ちてきた後は、主に土砂の細粒分などに付着して存在しているとされている。したがって、津波堆積物も放射線の影響を受けているケースが十分に考えられる。さらに、ソイルセパレータ・マルチ工法は、土砂を分級して、最終的には粘土分を凝集沈殿、脱水を行うことから、その部分に重金属などと同様に放射性物質が濃縮されることが予測される。このような場合も同様に分級処理後の適切な処分を行う必要が有ることに留意しなければならない。

### 2.1.7 ソイルセパレータ・マルチ工法とは

すでに述べたように、本工法は砂分を多く含んだ浚渫土砂から、礫、砂、シルトなどの良質な土砂を分級して取り出して有効利用し、それらを分級した後に残った粘土分を多く含んだ泥水は、凝集沈殿、脱水を行うことで最終処分量を減容化する工法である。細粒分を含んでおり、そのままでは有効利用できない砂質の浚渫土砂を連続的かつ効率的に分級して、分級した良質な土砂（礫、砂、シルト）をリサイクル利用し、最終処分量の減容化を行う目的で開発された工法である。

各分級装置は、遠心分離機（サンドセパレータ、シルトセパレータ）と振動フルイ（サンドスクリーン、シルトスクリーン）で構成されている（図-2.8、図-2.9、写真-2.4～2.6 参照）。遠心分離機や振動ふるいは、その仕様を変更することで分級点を変更することが可能であり、土砂の粒度組成の違いに対応できるシステムとなっている。

本工法では、浚渫土砂に対して体積の2倍から3倍程度の加水を行い、比重1.3～1.4程度にした泥水を振動フルイや遠心分離機を通すことで、土砂を粒径ごとに段階的な分級を行う。比重調整用の加水は、処理工程内で発生する水を循環利用するため、プラント外に排出される余水を削減できる点に大きな特徴がある。施工能力は、浚渫土砂ベースで20m<sup>3</sup>/hr級と70m<sup>3</sup>/hr級の2種類を準備している。

分級後の土砂は良質な土木材料として有効利用可能であり、分級後の礫、砂には細粒分（シルト・粘土分）が5%～10%程度とほとんど含まれていない良質なものである。

実機による実績は、本研究の着手前に以下の2件がある。

#### ◆実績1：自主実験工事（福岡市にて実施、福岡市等に公開）

実施時期：平成23年1月末～同年2月初旬

システムの処理能力設定：20m<sup>3</sup>/hr

扱い土量：50m<sup>3</sup>

#### ◆実績2：中津港（田尻地区）航路（-12m）浚渫〔暫定-11m〕工事（国交省九州地整）

実施時期：平成23年8月末～同年9月末

システムの処理能力設定：70m<sup>3</sup>/hr

扱い土量：1,200m<sup>3</sup>

今回の実証実験では、土砂に混入するがれき、ごみをいかに効率的に分別するかが課題となる。特に、プラスチック類やビニール片などは将来的に分解しにくく、また、木片や植物に多く含まれる有機分は悪臭やメタンガスの発生の要因となることから、津波堆積土砂の有効利用を考える場合、これらの除去も重要である。本実験では、プラスチック類、ビニール片、木片の比重が土砂より小さく、水に浮くことを利用し、津波堆積土砂に加水した状態でこれらを比重分別、除去できる方法を検討した。

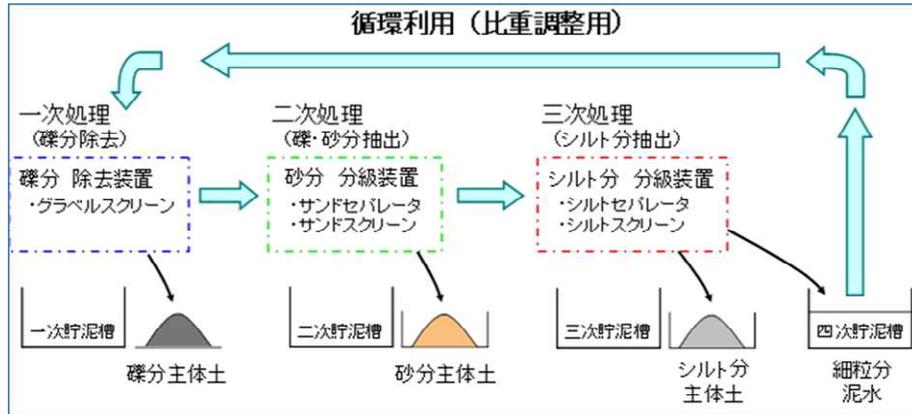


図-2.8 ソイルセパレータ・マルチ工法による浚渫土砂の分級処理フロー（実績 1）



写真-2.4 ソイルセパレータ・マルチ工法全体および構成（実績 1：20m<sup>3</sup>/hr 級）



写真-2.5 サンドセパレータ、サンドスクリーン（事例1；20m<sup>3</sup>/hr 級）

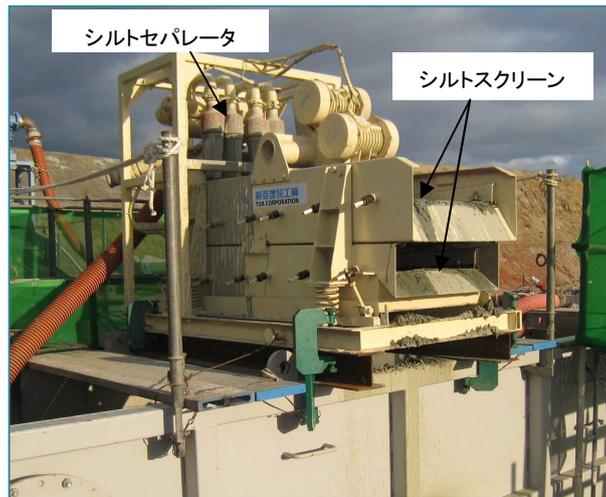


写真-2.6 シルトセパレータ、シルトスクリーン（実績1；20m<sup>3</sup>/hr 級）

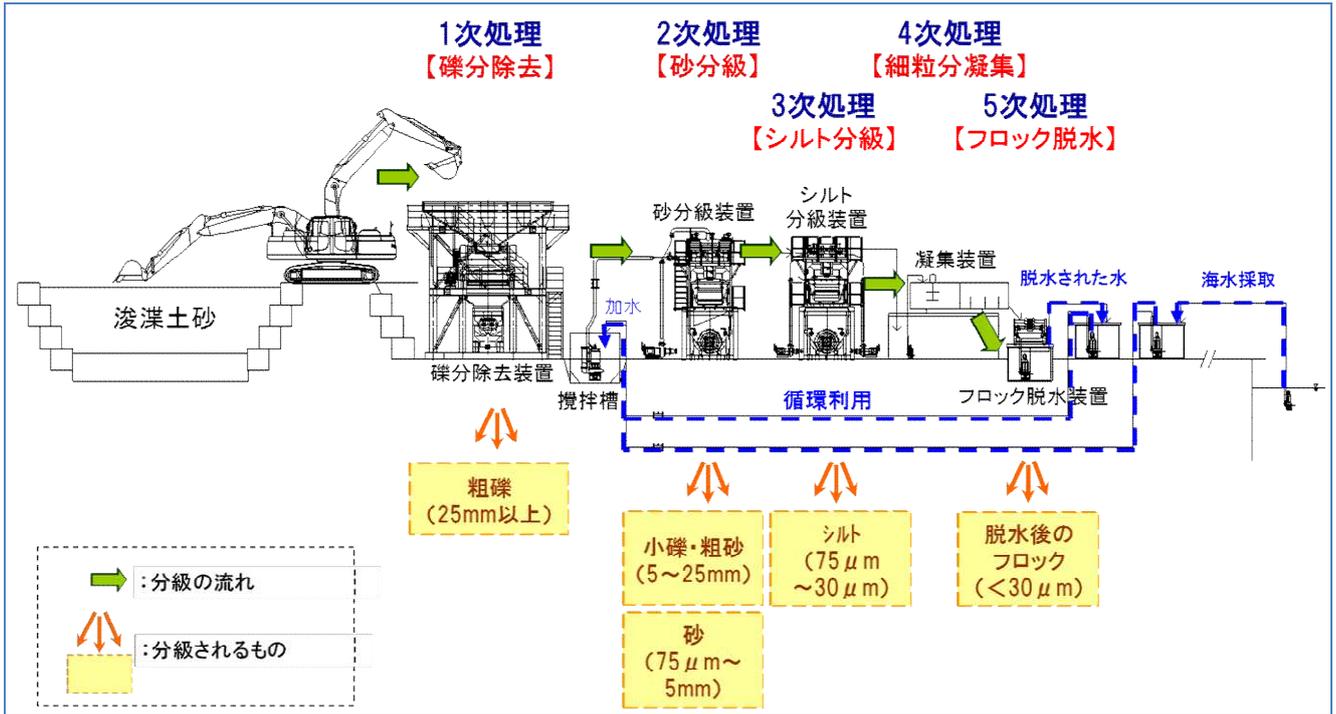


図-2.9 ソイルセパレータ・マルチ工法による浚渫土砂の分級処理フロー（実績 2）



写真-2.7 ソイルセパレーター・マルチ工法全体および構成（実績 2；70m<sup>3</sup>/hr 級）



写真-2.8 浚渫土砂（実績 2；70m<sup>3</sup>/hr 級）



写真-2.9 礫分除去；実績 2；70m<sup>3</sup>/hr 級）



写真-2.10 加水・攪拌状況（実績 2；70m<sup>3</sup>/hr 級）



写真-2.11 砂分級装置（実績 2；70m<sup>3</sup>/hr 級）



(a) サンドセパレータ（70m<sup>3</sup>/hr 級）



(b) サンドスクリーン（70m<sup>3</sup>/hr 級）

写真-2.12 砂分級装置（実績 2）



(a) シルトセパレータ（70m<sup>3</sup>/hr 級）



(b) シルトスクリーン（70m<sup>3</sup>/hr 級）

写真-2.13 シルト分級装置（実績 2）



写真-2.14 分級された砂礫（実績 2）

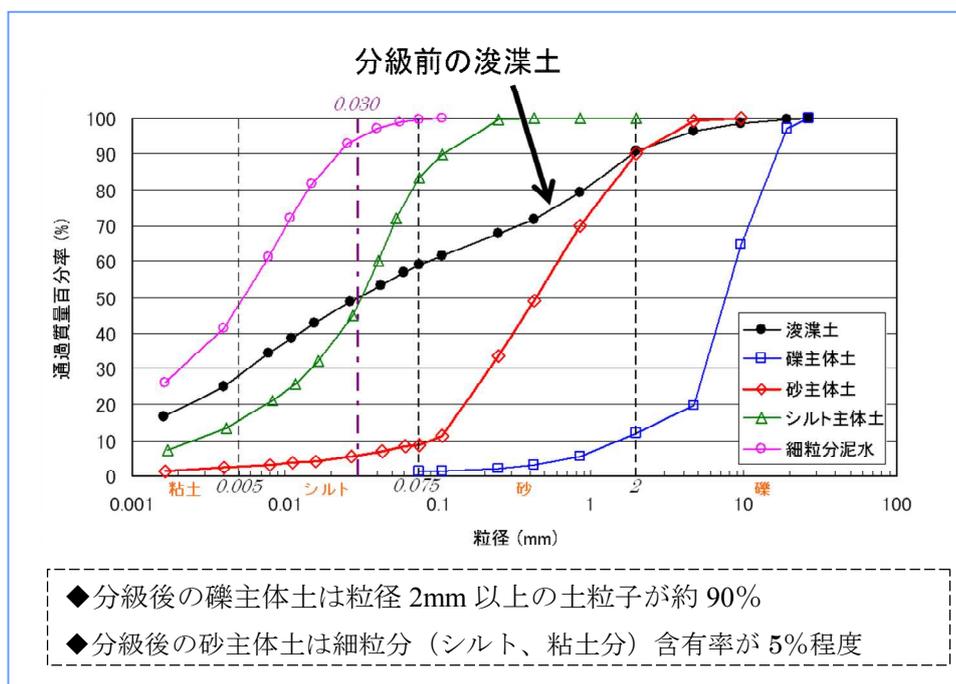


図-2.10 分級前後の土砂の粒度分布の例（実績 2）

## 2.1.8 本研究の流れ

以上に示したように本研究開発は、津波堆積土砂から効率的にごみ、がれき類を分別し、良質な建設用地盤材料を得る連続処理システムを確立し、津波堆積土砂の減容化と各種インフラ整備などに使用可能な良質な土質材料を抽出して復旧資材とし、復興に寄与する技術を提供することを目的とする。

そこで、自社で有する従来のソイルセパレータ・マルチ工法にがれきやごみを効率的に除去する工程を加えて改良し、実際の津波堆積物を用いて実機での実証実験を実施した。最終的には、津波堆積物の処分と有効利用技術の確立とそれによる良質な復興事業向けの建設用材料としての適用と事業化を目指すものである。図-2.11 に研究開発フローを示す。

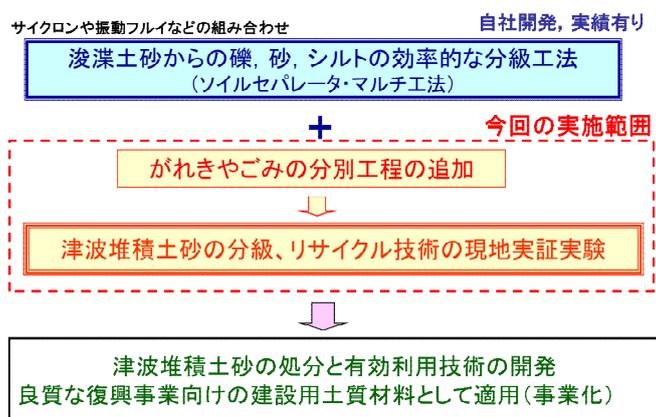


図-2.11 研究開発フロー1

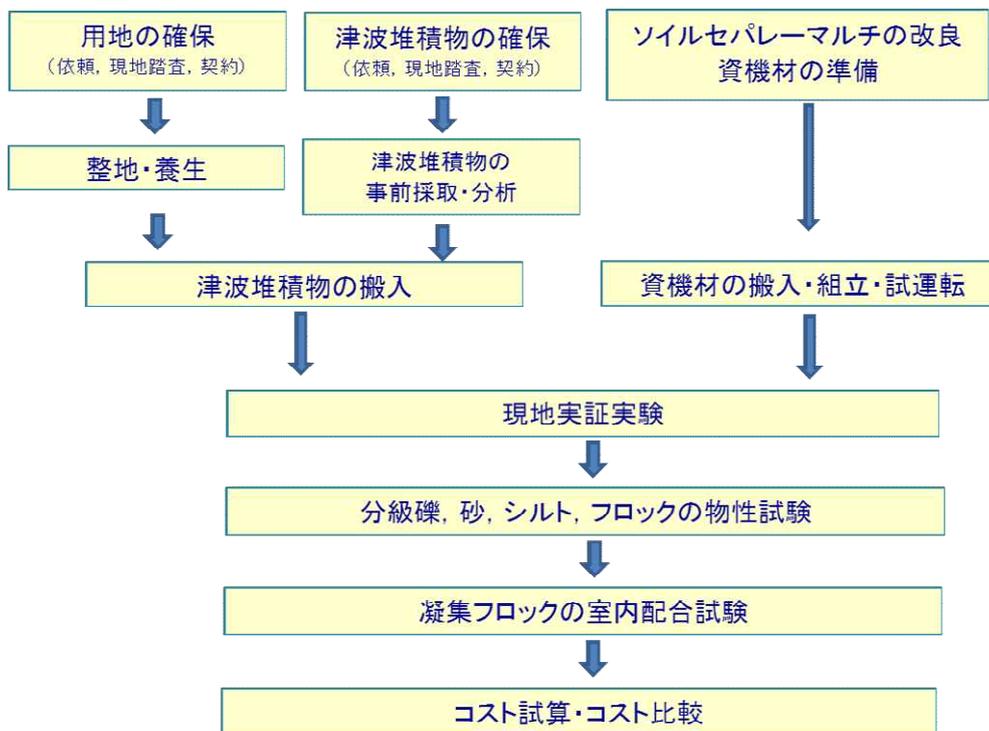


図-2.12 研究開発フロー2

## 2.2 実施内容

### 2.2.1 事前準備

#### (1) 実証実験用地と津波堆積物、水の確保

今回の実証実験用地は、宮城県気仙沼市の民間用地を借用した。民間用地ということで、外部からの土砂（津波堆積物）搬入によって有害物質が入らないことが要件となり、津波堆積物が直接用地に触れないまたは実験後に残留しないように、シートや鉄板などによる養生を行うこととなった。

津波堆積物は、実験予定地の隣接区画にて宮城県気仙沼土木事務所が集積・仮置きしているものを 350m<sup>3</sup>借用することとした。なお、実験終了後は元の仮置き場に戻すこととした。

実験に使用する水（加水用、機材洗浄用）は、現地の釜場状になっている箇所から汲み上げた海水を使用することとした。

津波堆積物と使用する海水に関しては、揮発性有機化合物や重金属、ダイオキシン類および放射性物質などの溶出量や含有量など基準値以内であることを事前（用地への搬入前）、事後（実験終了後、搬出前）に確認することとした。



図-2.13 実験場所位置図（宮城県気仙沼市朝日町9）



写真-2.15 現地実証実験用地全景  
 (JX 日鉱日石エネルギー㈱気仙沼油槽所用地)



写真-2.16 使用した津波堆積物（遠景；この内から約 350m<sup>3</sup>）



写真-2.17 使用した津波堆積物（近景）

## (2) 津波堆積土砂および使用する水の調査

津波堆積物は事前に、土砂部分の物性値を表-2.2 に示した項目について実施した。

表-2.2 津波堆積物（土砂部分）の物性試験項目

対象試料	試験名	規格(方法)	頻度
処理する 津波堆積土砂	土粒子の密度試験	JIS A 1202	50m <sup>3</sup> 毎 (計6試料)
	土の含水比試験	JIS A 1203	
	土の粒度試験	JIS A 1204	
	土の液性限界・塑性限界	JIS A 1205	
	土の強熱減量試験	JIS A 1226	
	土懸濁液のpH試験	JGS 0211	

津波堆積物と使用する海水に関しては、揮発性有機化合物や重金属、ダイオキシン類および放射性物質の溶出量や含有量など基準値以内であることを事前（H24年4月の用地への搬入前）に確認することとした。対象とした基準や物質は以下の通り。表-2.3 に実施項目および頻度等を示す。

### 津波堆積物

- ・ 土壤汚染対策法（土壤溶出量基準 25 物質、土壤含有量基準 9 物質）
- ・ ダイオキシン類（改正 平成 14 環告 46・平成 21 環告 11）
- ・ 放射線物質（空間線量計による計測）
- ・ 油分（一般的な基準はないが、土地所有者との相談）
- ・ 銅含有率（宮城県気仙沼土木事務所からの依頼）

### 海水（加水、資機材洗浄用）

- ・ 環境省 一律排水基準（健康項目 27、生活環境項目 15）
- ・ 放射性物質（放射線物質含有量試験、ヨウ素 131、セシウム 134、セシウム 137）
- ・ 油分（一般的な基準はないが、土地所有者との相談）

表-2.3 津波堆積土砂および使用する水の事前分析試験項目

対象試料	分析項目	頻度	目的	基準値
津波堆積土砂	土壌汚染対策法における土壌溶出量基準(25物質), 土壌含有量基準(9物質)	50m <sup>3</sup> 毎 (計6試料)	非汚染土であることの確認	土壌汚染対策法に定める値以下
	銅含有量	50m <sup>3</sup> 毎 (計6試料)		125mg/kg以下
	ダイオキシン類	50m <sup>3</sup> 毎 (計6試料)		「改正平成14環告46・平成21環告11」 1,000pg-TEQ/g以下
	空間線量率	50m <sup>3</sup> 毎に1回 (計6回計測)		空間放射線量0.23μSv/hr以下
	TPH(全石油系炭化水素)	50m <sup>3</sup> 毎 (計6試料)		1,000mg/kg以下
加水用水 (実験に用いる水)	排水基準(健康項目, 生活環境項目)	1試料	実験に用いる水の成分確認 <sup>*)</sup>	環境省「一律排水基準」に定める値以下
	放射性物質含有量			公共水域の濃度限度 セシウム134・・・60Bq/L以下 セシウム137・・・90Bq/L以下
	TPH(全石油系炭化水素)			1,000mg/kg以下

\*) 実験後に脱水, 排出される水に対する初期値(バックグラウンド)としての評価のために実施

## 2.2.2 現地実証実験

### (1) 実施時期

用地整備、津波堆積物搬入、養生：平成24年4月9日～4月13日

機材搬入、組立・設置：平成24年5月7日～5月10日

試運転：平成24年5月11日～5月15日

本実験：平成24年5月16日～5月23日

土砂搬出、機材解体、撤去、搬出、片付け：平成24年5月24日～5月31日

### (2) フロックの室内配合検討

本技術で分級された礫、砂、シルトについては、土木用の材料としてそのまま有効利用することが可能であるのに対し、残りの泥水中の粘土分を凝集・沈殿させた“凝集フロック”は含水比が高いため、そのまま利用することは出来ない。ソイルセパレータ・マルチ工法では、浚渫土砂の減容化を目的とした場合、凝集フロックは脱水して減容化するが、脱水に要するコストと減容化の程度には適度なバランスが要求される。フィルタープレスなどで機械脱水を行う場合は、高位に脱水を行い減容化することは可能である反面、脱水と減容化のレベルが高くなるほど高コストとなる。

本研究は震災対応として実施するものであり、がれき処理とともに、大量な地盤材料の確保という被災地でのニーズに応えることを目的としている。被災地では、大量の建設用地盤材料を必要としていることから、凝集フロックに関しては、低コストで簡易な最低限の脱水（簡易脱水と称する）を行うことで減容化を抑制し、簡易脱水フロックを改質することで、できるだけ多くの建設用地盤材料が得られるシステムの構築を目指した。

一般的に軟弱土砂を改質する材料として、表-2.4 に示す改質材があげられる。室内配合試験に関しては、実証実験で得られた脱水フロックを用いて、脱水の程度、改質材の種類・添加量、養生期間をパラメータとした室内配合試験を行い、コスト、施工性（養生期間）の両面から総合的に評価することとした。

表-2.4 凝集フロックの改質材料の候補

改質材料	材料の状態	効果・特徴
石灰または石灰系固化材	粉体またはスラリー	脱水(高吸水性), 固化
セメントまたはセメント系固化材	同上	低流動化, 固化, 安価
MgO系固化材(中性固化材)	同上	低流動化, 固化, 低アルカリ性
高分子吸水材+固化材(多種・多工法)	同上	造粒固化
古紙破砕物+固化材(ボンテラン工法)		繊維質固化処理による高耐久性
製鋼スラグ(カルシア改質材)	粒状体(砂～小礫) 内割り20%～30%Vol使用	低流動化, 固化(長期的に硬化・耐久性) 鉄分含んでおり藻場再生材となる
石炭灰由来(Hi-ビーズ)	粒状体(砂～小礫)	消臭, 吸水, 低強度固化
ペーパースラッジ(製紙焼却灰)	粉体	高吸水性, 消臭効果



---

## 第3章 現地実証実験結果

---

### 3. 現地実証実験結果

#### 3.1 事前調査結果

##### 3.1.1 津波堆積物の物性

津波堆積物（土砂部分）と海水の事前採取は、平成24年2月中旬に実施した。

今回使用した津波堆積物は、宮城県気仙沼土木事務所が管理するもので、実証実験を行う用地の隣地に集積されたいたものを借用した。写真-3.1に示すように、遠景からの見た目ではごみやがれきは比較的小なく、また土砂部分は砂分が主体のものであった。

試料は、写真-3.2、写真-3.3に示すように、実証実験用に借用予定の仮置き場に集積された場所で表面部分から、がれきやごみを除いた6試料を採取した。物理・化学試験結果を表-3.1、粒径加積曲線を図-3.1に示す。



写真-3.1 仮置き場の津波堆積物



写真-3.2 試料の事前採取状況



写真-3.3 海水の事前採取状況

表-3.1 事前採取した津波堆積物（土砂部分）の物理・化学試験結果

試料	津波堆積土砂						平均
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.736	2.733	2.729	2.736	2.742	2.739	2.736
自然含水比 (%)	13.5	15.7	15.3	15.4	14.2	14.3	14.7
礫分 (2~75mm) (%)	37	43	28	38	29	32	34
砂分 (0.075~2mm) (%)	53	51	62	54	60	60	57
シルト分 (0.005~0.075mm) (%)	7	4	7	6	7	6	6
粘土分 (0.005mm未満) (%)	3	2	3	2	4	2	3
最大粒径 (mm)	37.5	37.5	19.0	26.5	26.5	26.5	28.9
均等係数 $U_c$	18.5	15.3	12.2	12.2	17.0	10.1	14.2
pH	6.8	6.5	6.6	6.6	6.5	6.4	6.6
強熱減量 $Li$ (%)	3.1	3.2	3.2	3.1	3.1	3.0	3.1

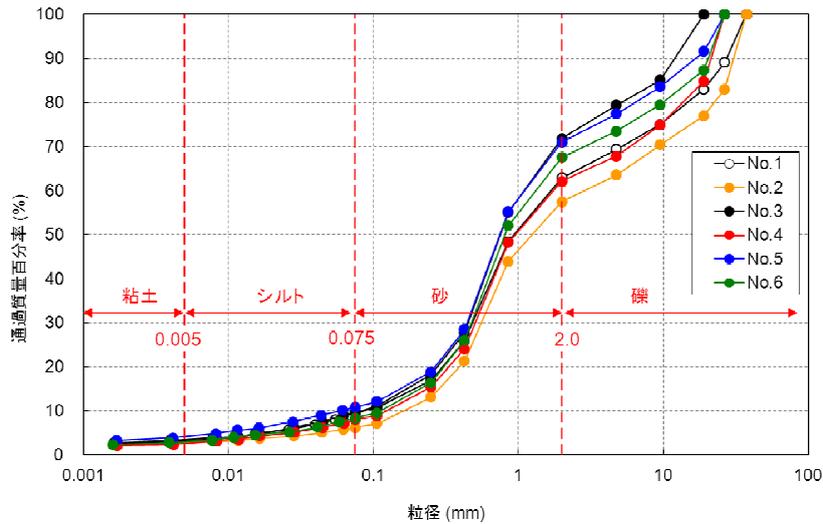


図-3.1 津波堆積土砂の粒径加積曲線（事前採取：6 試料）

事前採取した津波堆積物（土砂部分）の物性値の概略は以下のとおりである。

- ・ 6 試料はほぼ均一な砂質土（砂礫分含有率 85%～90%）であった
- ・ 自然含水比は、13.5～15.7%（平均：14.7%）で、細粒分（シルト以下）含有率は概ね 10%以下であり、「シルト混じり礫質砂」に分類される。
- ・ 強熱減量は 3.0～3.2%と小さく、有機含有率は低い。
- ・ 土懸濁液の pH は 6.4～6.8 とほぼ中性であった。

このように H24 年 2 月中旬に事前採取した津波堆積物はほぼ均一な砂質土という結果であったが、同年 4 月に実証実験場所に津波堆積物を移動した際には、細粒分が多い土砂も全体の 5～10%程度混入していることがわかった。事前採取した試料は仮置き場の表面から採取したこともあり、細粒分が雨などで流されていた可能性も考えると、実際には全体の細粒分含有率は表-3.1 の値より若干高めであったものと推測される。

以下に、4 月初旬に津波堆積物を実証実験場所に搬入した際に採取した、細粒分が多い土砂の試験結果を参考として示す（細粒分 50%程度、粘土分が 20%程度、シルト分が 30%）

表-3.2 細粒分が多い部分の物理試験結果（H24年4月、津波堆積物の搬入時に採取）

土質試験結果一覧表（基礎地盤）						
調査件名		平成23年度 補正予算建設技術研究開発助成制度 実証実験		整理年月日 平成 24年 4月 20日		
		整理担当者 芝 良太				
試料番号 (深さ)	20120412	20120413				
一般	湿潤密度 $\rho_w$ g/cm <sup>3</sup>					
	乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>					
	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.690	2.699			
	自然含水比 $w_n$ %	43.1	43.9			
	間隙比 $e$					
粒度	飽和度 $S_r$ %					
	石分 (75mm以上) %					
	礫分 <sup>1)</sup> (2~75mm) %	8	13			
	砂分 <sup>1)</sup> (0.075~2mm) %	36	42			
	シルト分 <sup>1)</sup> (0.005~0.075mm) %	32	27			
	粘土分 <sup>1)</sup> (0.005mm未満) %	24	18			
	最大粒径 mm	19.0	19.0			
	均等係数 $U_c$	—	293			
	曲率係数 $U_c'$	—	0.210			
	50% 粒径 $D_{50}$ mm	0.0274	0.207			
20% 粒径 $D_{20}$ mm	0.00286	0.00591				
コンシステンシー特性	液性限界 $w_L$ %	82.1	80.3			
	塑性限界 $w_p$ %	36.7	39.2			
	塑性指数 $I_p$	45.4	41.1			
	コンシステンシー指数 $I_c$	0.859	0.886			
分類	地盤材料の 分類名	微まじり砂質 粘土(高液性限界)	微まじりシルト質 砂			
	分類記号	(CHS-G)	(SMH-G)			

### 3.1.2 有害物質による汚染に関する事前分析結果

事前採取した津波堆積物（土砂部分）と海水の汚染物質に関する分析試験結果を表-3.1 および表-3.2 に示す。

#### (a) 環告 18 号溶出量試験（6 試料実施）

すべての項目が法定基準値内でほとんどが不検出であり、定量された（検出された）のは、フッ素、ホウ素、セレンの 3 項目のみであった。

フッ素、ホウ素に関しては以下の値となっているが、これは自然由来が主な原因とされる東北地方の浚渫土砂の特徴\*と考えられ、今回の津波によって新たに汚染されたものでないと推測される。

- フッ素（定量下限値 0.08mg/L、基準値 0.8mg/L 以下）

6 試料すべてで検出され、0.10mg/L～0.12mg/L

- ホウ素（定量下限値 0.01mg/L、基準値 1.0mg/L 以下）

6 試料すべてで検出され、0.08 mg/L～0.09mg/L

- セレン（定量下限値 0.001 mg/L、基準値 0.1 mg/L）

6 試料中 2 試料（No.1 と No.6）で検出されているが、いずれも定量下限値であり特に問題になるレベルではない（基準値 0.1 mg/L の 1/100 程度）。

#### (b) 環告 19 号含有量試験

すべての項目ですべての項目で不検出であった。

#### (c) 銅含有量試験

6 試料すべて不検出であった。

#### (d) 油分（TPH）：油汚染対策ガイドライン・・・参考

すべての項目で不検出であった（定量下限値：100mg/kg）。

#### (e) ダイオキシン類（ダイオキシン類に関する土壌調査測定マニュアル）

基準 1,000pg-TEQ/g 以下に対して、0.12～1.1pg-TEQ/g と、最大でも基準値の 1/1000 程度と低レベルであった。

#### (f) 分級に使用する海水（排水基準）

分級に使用する海水の水質分析結果に関しても、すべての項目で法定基準値内であった（多くの項目で不検出）。値が検出されたものに関しては、表-3.4 に示すように問題がない低レベルであった。

以上のように、今回使用する津波堆積土砂および海水は、すべての項目で法定基準値内であり、汚染物質が混入していないことを確認した。

表-3.3 事前採取した津波堆積物（土砂部分）の分析試験結果

項目	単位	津波堆積土砂						定量 下限値	許容限度	
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6			
第一種特定有害物質	四塩化炭素	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0002	0.002
	1,2-ジクロロエタン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0002	0.004
	1,1-ジクロロエチレン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0002	0.02
	トリス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0002	0.04
	1,3-ジクロロプロペン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0002	0.002
	ジクロロメタン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.002	0.02
	テトラクロロエチレン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0002	0.01
	1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0002	1
	1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0002	0.006
	トリクロロエチレン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0002	0.03
	ベンゼン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0002	0.01
	第二種特定有害物質	カドミウム	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.001
六価クロム		mg/l	—	—	—	—	—	—	0.02	0.05
シアン		mg/l	—	—	—	—	—	—	0.1	検出されないこと
総水銀		mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0005	0.0005
アルキル水銀		mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0005	検出されないこと
セレン		mg/l	0.001	—	—	—	—	0.001	0.001	0.01
鉛		mg/l	—	—	—	—	—	—	0.005	0.01
砒素		mg/l	—	—	—	—	—	—	0.001	0.01
フッ素		mg/l	0.12	0.10	0.11	0.11	0.12	0.11	0.08	0.8
ホウ素		mg/l	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.01	1
第三種特定有害物質	シマジン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0003	0.003
	チオベンカルブ	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.002	0.02
	チウラム	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0006	0.006
	PCB	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.0005	検出されないこと
	有機リン	mg/l	—	—	—	—	—	—	0.1	検出されないこと
第二種特定有害物質	カドミウム	mg/kg	—	—	—	—	—	—	5	150
	六価クロム	mg/kg	—	—	—	—	—	—	5	250
	シアン	mg/kg	—	—	—	—	—	—	1	50
	総水銀	mg/kg	—	—	—	—	—	—	0.05	15
	セレン	mg/kg	—	—	—	—	—	—	5	150
	鉛	mg/kg	—	—	—	—	—	—	10	150
	砒素	mg/kg	—	—	—	—	—	—	5	150
	フッ素	mg/kg	—	—	—	—	—	—	50	4000
	ホウ素	mg/kg	—	—	—	—	—	—	10	4000
	銅	mg/kg	—	—	—	—	—	—	10	125
ダイオキシン類	TEQ/g	0.14	0.12	0.16	0.15	1.1	0.13		1000	
TPH(全石油系炭化水素)	mg/kg	—	—	—	—	—	—	100		

※ 表中の — は不検出とする。

表-3.4 使用する海水の分析試験結果

項 目		単 位	現地海水 (加水用)	許容限度
健 康 項 目	カドミウム	mg/l	< 0.001	0.1
	全シアン	mg/l	< 0.1	1
	有機リン	mg/l	< 0.1	1
	鉛	mg/l	0.009	0.1
	六価クロム	mg/l	< 0.01	0.5
	砒素	mg/l	< 0.005	0.1
	総水銀	mg/l	< 0.0005	0.005
	アルキル水銀	mg/l	不検出	検出されないこと
	PCB	mg/l	< 0.0005	0.003
	ジクロロメタン	mg/l	< 0.002	0.2
	四塩化炭素	mg/l	< 0.0002	0.02
	1,2-ジクロロエタン	mg/l	< 0.0004	0.04
	1,1-ジクロロエチレン	mg/l	< 0.001	1
	シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	< 0.004	0.4
	1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	< 0.001	3
	1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	< 0.0006	0.06
	トリクロロエチレン	mg/l	< 0.003	0.3
	テトラクロロエチレン	mg/l	< 0.001	0.1
	1,3-ジクロロプロペン	mg/l	< 0.0002	0.02
	ベンゼン	mg/l	< 0.001	0.1
	チウラム	mg/l	< 0.0006	0.06
	シマジン	mg/l	< 0.0003	0.03
	チオベンカルブ	mg/l	< 0.002	0.2
	セレン	mg/l	< 0.005	0.1
	フッ素	mg/l	0.93	海域以外 8 海域 15
	ホウ素	mg/l	3.4	海域以外 10 海域 230
アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物	mg/l	6.6	100	
生 活 環 境 項 目	水素イオン濃度	—	7.8	海域 5.0-9.0
	生物学的酸素要求量(BOD)	mg/l	4.7	160 (日間平均120)
	化学的酸素要求量(COD)	mg/l	9.5	160 (日間平均120)
	浮遊物質質量(SS)	mg/l	18	200 (日間平均150)
	ノルマルヘキサン抽出物質含有量(動植物)	mg/l	<1	30
	〃 (鉱油類)	mg/l	<1	5
	フェノール類含有量	mg/l	<0.1	5
	銅含有量	mg/l	<0.01	3
	亜鉛含有量	mg/l	0.02	2
	溶解性鉄含有量	mg/l	0.03	10
	溶解性マンガ含有量	mg/l	0.05	10
	クロム含有量	mg/l	<0.01	2
	大腸菌群数	個/cm <sup>3</sup>	1	日間平均3000
窒素含有量	mg/l	7.1	120 (日間平均60)	
リン含有量	mg/l	1.6	16 (日間平均8)	
放射性物質含有量	放射性ヨウ素131	Bq/kg	不検出(4未満)	300
	放射性セシウム134	Bq/kg	不検出(6未満)	10
	放射性セシウム137	Bq/kg	不検出(4未満)	10
TPH(全石油系炭化水素)	mg/l	<1	—	

## ※【東北地方の浚渫土砂の成分分析の事例】

国土交通省港湾局の実施した調査検討業務では、東北地方の浚渫土砂では、フッ素、ホウ素の超過率が高いことが報告されている。

参考 URL : <http://www.mlit.go.jp/common/000116478.pdf>

### 平成 21 年度土壤環境に配慮した浚渫土砂活用

#### 方策に関する検討業務

#### 報告書（要約編）

平成 22 年 3 月

国土交通省 港湾局

以下、抜粋。

表 2.4-1 に地方別の超過状況を、表 2.4-2 に全国 10 地方別に、土壤汚染対策法基準値との比較を行った調査件数、基準値を超過した件数及び超過率を示す。

表 2. 4 - 1 地方別の超過状況比較

- ・北海道では鉛の溶出率を除き、超過率は低い
- ・東北ではフッ素、ホウ素の超過率が高い
- ・関東ではフッ素、ヒ素、ホウ素の超過率が高く、いずれも中部地方、近畿地方を上回っている
- ・北陸ではヒ素、鉛の溶出率が高いが、その他の物質はほとんど超過していない
- ・中部は関東地方、近畿地方に比べフッ素、ヒ素、ホウ素の超過率は低いが、鉛の超過率（溶出基準）は関東、近畿を上回っている
- ・近畿ではフッ素、ヒ素、ホウ素の超過率がいずれも 10%以上となっている  
地方別で唯一、鉛の含有基準を超過した濃度が測定されている（大阪港）
- ・中国ではヒ素、鉛の超過率が高い
- ・四国では鉛の超過率が高い
- ・九州では鉛の含有基準を超過した濃度が測定されている

表 2. 4-2 地方別の土壌汚染対策法基準超過率（溶出・含有）

		フッ素	ヒ素	ホウ素	六価クロム	鉛	鉛(含有)	水銀
北海道	調査件数	34	35	8	36	36	0	36
	超過件数	1	1	0	0	6	0	4
	超過率	2.9%	2.9%	0.0%	0.0%	16.7%	0%	11.1%
東北	調査件数	79	79	35	81	79	3	79
	超過件数	28	10	15	0	2	0	0
	超過率	35.4%	12.7%	42.9%	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%
関東	調査件数	468	465	169	465	475	29	460
	超過件数	76	62	17	0	16	0	1
	超過率	16.2%	13.3%	10.1%	0.0%	3.4%	0.0%	0.2%
北陸	調査件数	216	216	0	216	216	2	216
	超過件数	2	13	0	0	20	0	0
	超過割合	0.9%	6.0%	0.0%	0.0%	9.3%	0.0%	0.0%
中部	調査件数	101	102	8	97	102	1	100
	超過件数	8	2	0	1	10	0	0
	超過率	7.9%	2.0%	0.0%	1.0%	9.8%	0.0%	0.0%
近畿	調査件数	197	218	8	210	213	113	219
	超過件数	27	26	0	0	19	25	3
	超過率	13.7%	11.9%	0.0%	0.0%	8.9%	22.1%	1.4%
中国	調査件数	155	155	0	155	155	17	155
	超過件数	6	11	0	0	17	0	0
	超過割合	3.9%	7.1%	0.0%	0.0%	11.0%	0.0%	0.0%
四国	調査件数	55	53	16	53	53	1	53
	超過件数	1	2	0	0	11	0	3
	超過割合	1.8%	3.8%	0.0%	0.0%	20.8%	0.0%	5.7%
九州	調査件数	175	180	0	180	181	23	180
	超過件数	9	14	0	0	10	3	0
	超過割合	5.1%	7.8%	0.0%	0.0%	5.5%	13.0%	0.0%
沖縄	調査件数	1	1	1	1	1	1	1
	超過件数	0	0	0	0	0	0	0
	超過割合	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

※上記以外の物質は超過が無かったため件数未調査

### 3.2 準備工（現場養生）

本実験においては実験用地の所有者との契約により、実験用地土壌と使用土砂との混入を避けるため、次ページに示すように、ダンプトラックによる土砂搬入路および土砂が混入する可能性のある箇所について、現場養生を行った。養生方法として、重機（バックホウ）が作業する範囲については敷鉄板による養生を行い、それ以外の箇所については遮水シート（上下に保護マット敷設）にて養生を行った。

現場養生配置図を図-3.2 に示す。

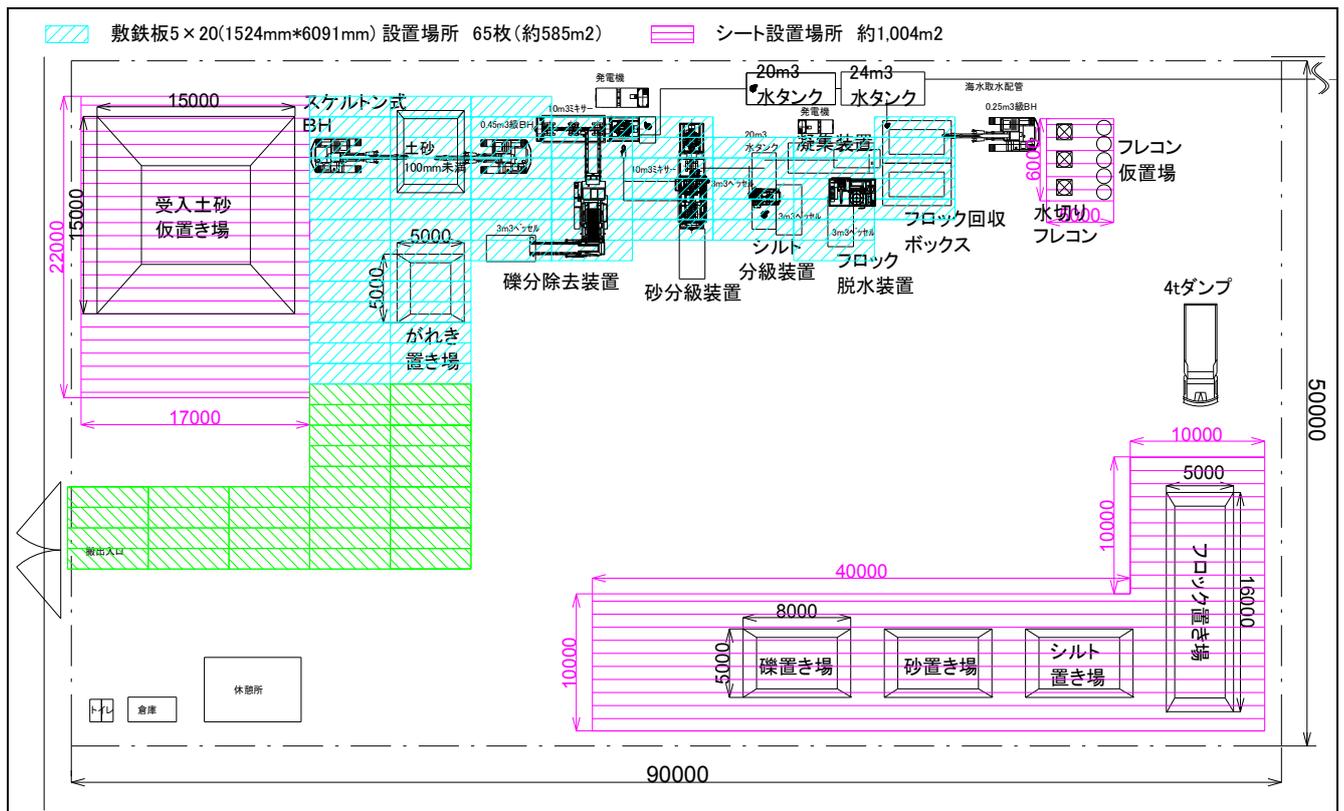


図-3.2 現場養生の配置



写真-3.4 下部保護マット敷設



写真-3.5 遮水シートの敷設



写真-3.6 遮水シート上部保護マット敷設



写真-3.7 重機作業範囲の敷鉄板敷設

### 3.3 現場実証実験

#### 3.3.1 処理システム全体と稼働状況

今回は、施工能力 20m<sup>3</sup>/hr クラスのシステムを用いて、津波堆積物 350m<sup>3</sup>を対象に現場実証実験を行った。

次ページ以降に今回使用した津波堆積物対応のソイルセパレータ・マルチ工法のシステム全体構成と平面配置図を示す。以降には、各処理段階の状況と表-3.5 に機材一覧を示す。

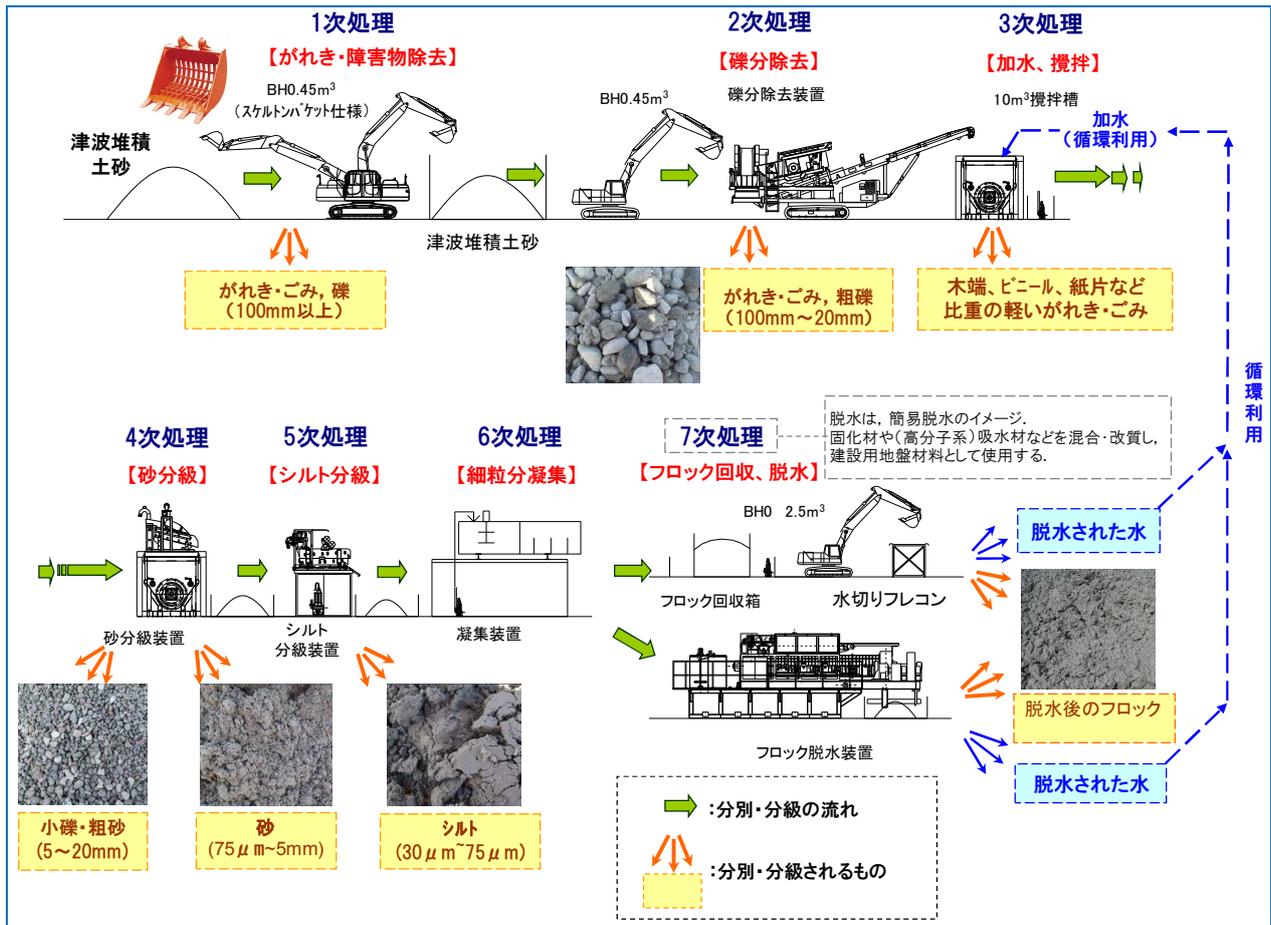


図-3.3 津波堆積物対応 ソイルセパレータ・マルチのシステム全体構成

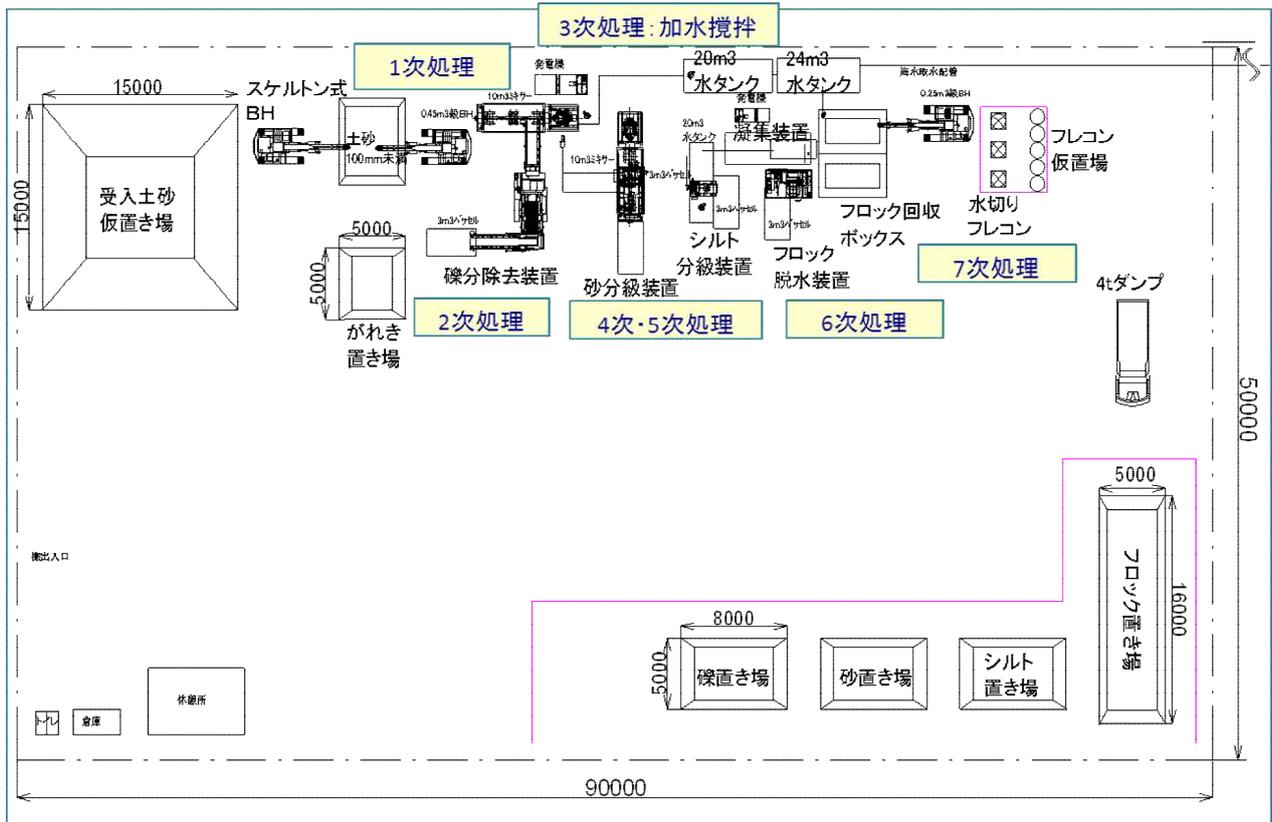


図-3.4 機械配置平面図

### 【1次処理】:スケルトンバックホウによるガレキの分別・回収

スケルトンバックホウにより 100mm 以上の礫や、がれき・ごみ類（木片、コンクリート片、網、ビニール、プラスチック類など）を除去した。



写真-3.8 スケルトンバケットによる分別状況



写真-3.9 スケルトンバケット (100mm×150mm)



写真-3.10 1次処理状況(1)



写真-3.11 1次処理状況(2)



写真-3.12 1次処理後のがれき・ごみ

## 【2次処理】: 振動フルイによる 20mm 以上の粗礫の分別・回収

100mm 以上のガレキ等を取り除いた土砂を礫分除去装置（自走式スクリーン）に投入し、20mm 以上の細かいガレキや粗礫、木片、プラスチック類等を取り除いた。



写真-3.13 振動フルイによる分別状況

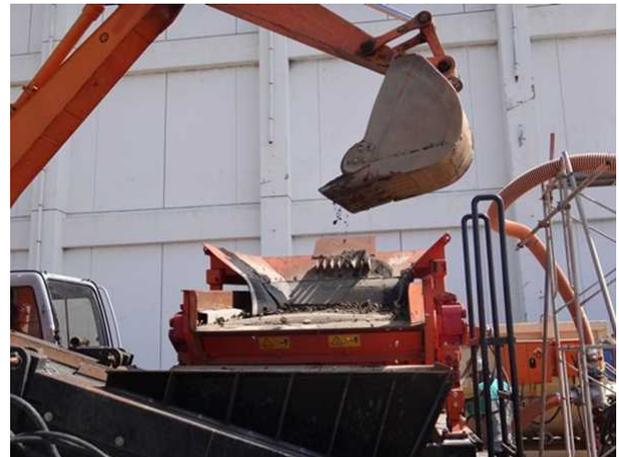


写真-3.14 スクリーン（メッシュ 20mm）



写真-3.15 100mm～20mm の礫、がれき・ごみ(1)



写真-3.16 100mm～20mm の礫、がれき・ごみ(2)

今回の実証実験では民間用地を借用した都合上、外部から搬入した津波堆積物を直接土地に触れさせたり、残留させないことが要件であった。そのため、加水用のピットを作製するための掘削や盛土が認められなかった。したがって、本来なら1次処理段階から加水を行うところを、今回は1次処理から2次処理までを乾式処理で実施せざるを得なかった。そのため、がれき・ごみ類に土砂が多く付着する結果となった。

本来は、次ページの写真-3.17 に示すように用地内にピットを掘るなどして、1次処理段階から土砂を水通し・洗浄し（湿式処理）、がれき・ごみ類と土砂との分離や、木片やプラスチック類などの比重分別を行うことになる。



写真-3.17 湿式分級における1次処理（ピット内で加水）の例

### 【3次処理】:加水・攪拌による木端、ビニール等の分別・回収

土砂を攪拌槽（10m<sup>3</sup>）に投入し、土砂量に対して3倍程度の体積の海水を加え、比重1.2～1.3程度の泥水とする。これを攪拌、循環することにより、木端、ビニール、紙片などの比重の軽いごみを浮遊、水槽内の樋に越流させ、別途設けたメッシュにて除去した（写真-3.20～写真-3.25参照）。余水は水槽内に戻して、循環再利用している。

この部分が、従来のソイルセパレータ・マルチ工法を津波堆積物に適用を拡大した際のポイントのひとつであり、土砂部分に混入した細かいごみやがれきを分別・除去できる部分である。



写真-3.18 攪拌槽（10m<sup>3</sup>）



写真-3.19 攪拌槽への土砂の投入状況



写真-3.20 浮遊ごみの攪拌槽での越流部



写真-3.21 攪拌槽で浮上した細かいごみ



写真-3.22 浮遊ごみの回収（回収タンク）



写真-3.23 回収された泡状のもの、細かいごみ



写真-3.24 回収されたごみ(1)



写真-3.25 回収されたごみ(2)

#### 【4次処理、5次処理】：粒径ごとの小礫、砂、シルトの分級・回収

小型のサイクロン（サンドセパレータ、シルトセパレータ）で土砂粒度ごとに分離し、さらにメッシュの異なるスクリーン（サンドスクリーン、シルトスクリーン）を通過させることで土砂を分級、脱水した。

各段階の粒度設定は、サイクロンの分級点の設定や、スクリーンの目寸法で設定が変えられるものである。今回は、4次処理の砂分級装置では、 $75\mu\text{m}$ ～ $5\text{mm}$ の小礫と砂、5次処理のシルト分級装置では、 $30\mu\text{m}$ ～ $75\mu\text{m}$ の細砂とシルトを分級する。シルト分級装置のサイクロンの分級点は $30\mu\text{m}$ であり、 $30\mu\text{m}$ 以下の細かいシルトと粘土分は、6次処理に泥水として送られる設定とした。



写真-3.26 砂分級装置



写真-3.27 サンドセパレータによる分級状況



写真-3.28 シルト分級装置



写真-3.29 シルトセパレータによる分級状況

### 【6次処理、7次処理】：粘土分が含まれる濁水の凝集沈殿処理と脱水処理

5次処理（シルト分級装置）で分級された、粒径 $30\mu\text{m}$ 以下の細かいシルト分と粘土分が含まれた分泥水は、6次処理の凝集装置により凝集・フロック化される。その後、7次処理の脱水装置により脱水が行われる。

ボックス型のフロック脱水装置（写真-3.33）により脱水した後、水切りフレコン（写真-3.35）に入れ、自重脱水する方法とした。機械式の脱水と比較して低レベルの脱水であり、今回はこれを簡易脱水と称している。その他に、ボックス型+水切りフレコンによる方法に対し、今回は写真-3.36～写真-3.38に示す連続式のフロック脱水装置（スクリュウ型、スリット型）により脱水する方法も試験的に採用した。

なお、脱水後の余水は加水用として循環再利用した。実験終了後の余水については排水基準を満足することを確認後、海へ放流した。



写真-3.30 凝集装置



写真-3.31 凝集剤添加・攪拌状況



写真-3.32 凝集剤の攪拌状況



写真-3.33 フロック脱水装置（ボックス型）



写真-3.34 フロック脱水状況（ボックス型）



写真-3.35 水切りフレコンによる脱水



写真-3.36 連続式フロック脱水装置



写真-3.37 フロック脱水状況（スリット型）



写真-3.38 フロック脱水状況（スクリュウ型）

表-3.5 使用機械一覧表

工種	品名	仕様・規格	数量	単位	備考
本実験	バックホウ①、②	0.45m <sup>3</sup>	2	台	土砂投入、積込
	バックホウ③	0.25m <sup>3</sup>	1	台	土砂積込
	バックホウ④	0.7m <sup>3</sup> スケルトン仕様	1	台	分別
	自走式スクリーン	エンジン式	1	基	
	攪拌ミキサー	10m <sup>3</sup>	2	基	
	砂分級装置		1	基	
	シルト分級装置		1	基	
	ベッセル	3m <sup>3</sup>	2	台	
	ベッセル	3.5m <sup>3</sup>	2	台	
	水槽	20m <sup>3</sup>	1	台	
	水槽	24m <sup>3</sup>	1	台	
	水槽	10m <sup>3</sup>	1	台	
	水槽	2m <sup>3</sup>	1	台	
	攪拌機	0.75kw	2	台	シルトセパレーター下
	水中ポンプ	0.75kw、2B	1	台	水封モーター用
	水中ポンプ	1.5kw、3B	1	台	解泥槽リターン用
	水中ポンプ	3.7kw、3B	1	台	シルト分級装置打込み用
	サンドポンプ	11kw、3B・4B	2	台	取水用、シルトセパレーター打込み用
	サンドポンプ	5.5kw、4B	2	台	加水用
	スラリーポンプ	22kw、6B	1	台	砂分級装置打込み用
	スラリーポンプ	11kw、4B	1	台	サンドセパレーター打込み用
	残水ポンプ	0.75kw、2B	2	台	
	凝集・脱水装置		1	式	
	発電機	400KVA	1	基	
	発電機	150KVA	1	基	
	ケーブル・分電盤	1式	1	式	
	高圧洗浄機	3.7kw	2	基	
	配管消耗品	ホース・金具・CT・鋼材等	1	式	
	ダンプトラック	4t	1	台	
	敷鉄板	5×20	1	式	ヤード養生
遮水シート		1	式	ヤード養生	
保護マット		1	式	ヤード養生	
片付工	バックホウ①	0.25m <sup>3</sup>	1	台	整地
	バックホウ②	0.7m <sup>3</sup>	1	台	積込・整地
	敷鉄板	5×20	1	式	ヤード養生
	養生シート		1	式	ヤード養生
	ダンプトラック	10t	2	台	土砂運搬
	ラフタークレーン	50t	1	台	機材搬出、解体
	ラフタークレーン	25t	1	台	機材搬出、解体
共通	ハウス		1	棟	
	トイレ		1	式	
	発電機	25KVA	1	基	

### 3.3.2 分級処理結果（分別・分級前後の数量）

表-3.6 に、今回の実証実験で行った津波堆積物 350m<sup>3</sup>の分別・分級前後の数量を示す。

ここで示すように、1次処理～2次処理までに分別・分級されたものは、ごみやがれきを含んでおり廃棄物扱いとなる。数量としては約 80m<sup>3</sup>で津波堆積物（処理前）の約 23%であった。

一方、4次処理以降のものには、ごみやがれきはほとんど含まれておらず、良質な建設用土質材料として扱うことが可能な、非常に良質なものである。数量としては約 350m<sup>3</sup>で処理前の津波堆積物とほぼ同じ数量のものが、良質な復興資材として得られる結果となった。

表-3.6 現場実証実験における分別・分級前後の数量

処理前: 津波堆積物				350 (m <sup>3</sup> )		
処理後			(m <sup>3</sup> )	小計	区分	備考
1次	100mm以上	がれき・ごみ	30	80	廃棄処分	
2次	20mm～100mm	礫・がれき・ごみ	50			
3次	5mm～20mm	浮遊ごみ	0.002	0.002	廃棄処分	20Lバケツ1杯弱
4次	主に75μm～5mm	小礫・砂	200	350	有効利用	
5次	主に30μm～75μm	細砂・シルト	50			
6次, 7次	主に30μm以下	脱水フロック	100			

分級前後の土量収支は、津波堆積物に含まれるがれきやごみの量、土砂部分に含まれる細粒分（主に粘土分）の含有量に影響されるものではあるが、今回、分級前後でほぼ同量の収支となったのは、6次処理で発生した凝集フロックの脱水を“簡易脱水”として、セメントなどで改質して有効利用する方法を採用した効果といえる。

一般的に土砂の減容化を目的とする場合には、凝集フロックに対してより高レベルの脱水を行うことで高い減容化の効果を得る。しかし、脱水・減容化のレベルが高くなるほど逆に高コストになる傾向があり、その数量とコストのバランスが実施の際の一つのポイントとなる。

本研究開発は、震災対応で津波堆積物から良質な復興資材を得ることを目的としているため、低コストでより多くの復興資材を獲得することを目標としている。したがって、今回は7次処理の凝集フロックの脱水時間を最低限の“簡易脱水“とすることで減容化を抑制し、一方で比較的高含水比なフロックはセメントなどで固化・改質して土木用資材とする方式を採用した。すなわち低コストの脱水処理と、できるだけ多くの復興資材（建設用土砂）を確保することの両方を達成できるものとなっている。

(a) 1次処理後のがれき・ごみ類

写真-3.39 にスケルトンバックホウ (100mm×150mm メッシュ) で1次処理した後のがれき・ごみ・礫を示す。また、それらを手選別したものを写真-3.40～写真-3.45 に示す。

今回、1次処理にて排出された、がれき・ごみ・礫は約 30m<sup>3</sup>であり、津波堆積土砂の約 10%であった。また、写真-3.40～写真-3.45 に示すように、ごみやがれきは多種多様であり、布きれ、金属類、廃プラスチック、木片、石、レンガ・ブロック片などが含まれていた。これらには、前述したように今回の実証実験では用地借用の都合上、乾式処理を行ったため、ごみ類に土砂が多く付着する結果となった。この問題は 1 次処理の段階から加水し (湿式処理)、土砂洗浄およびごみの比重分別を行うことで解決される。



写真-3.39 がれき・ごみ・礫 (1次処理後)



写真-3.40 布きれ



写真-3.41 金属類



写真-3.42 釣糸、プラスチック類



写真-3.43 木片



写真-3.44 石



写真-3.45 レンガ・ブロック片

(b) 2次処理後の礫

写真-3.46 に2次処理で得られた20mm～100mmの礫を示す。得られた数量は約50m<sup>3</sup>で処理前の約14%であった。がれき・ごみが若干混入しており、廃棄物の取り扱いになるといえる。



写真-3.46 粒径20mm～100mmの礫（2次処理後；がれきやごみが混入）

(c) 4次処理後の細礫、砂

写真-3.47、48に4次処理後の細礫、砂を示す。数量は約200m<sup>3</sup>で処理前の約57%であった。後ほど詳しく示すが、細粒分含有率は5%以下であり、細かいごみやがれき類の混入はほぼゼロ%に近く、非常に良質な砂質土が得られている。



写真-3.47 細礫、砂-1（4次処理後：遠影）



写真-3.48 細礫、砂-2（4次処理後：近影）

(d) 5次処理後の細砂、シルト

写真-3.49、50に5次処理後の細砂、シルトを示す。数量は約50m<sup>3</sup>で処理前の約14%であった。4次処理の礫、砂と同様に粘土分の含有率は5%以下であり、かつ細かいごみやがれき類の混入はほぼゼロ%に近い、粘性の殆ど無い良質の土砂が得られている。



写真-3.49 細砂、シルト-1 (5次処理後：遠影)



写真-3.50 細砂、シルト-2 (5次処理後：近影)

(e) 7次処理後の脱水フロック

写真-3.51、52に7次処理後の脱水フロックを示す。

ボックス型脱水装置で処理されたフロックは、バックホウですくい取った場合、水がしたたるような状態であり、含水比は300%程度であった。その後、水切りフレコンに入れ約半日から1日自重脱水したものの含水比はで150%程度であった。

また、脱水フロックへの細かいごみやがれき類の混入はほぼゼロ%に近いものであった。

最終的な処理後の数量は約100m<sup>3</sup> (処理前の津波堆積土砂の約29%)であった。

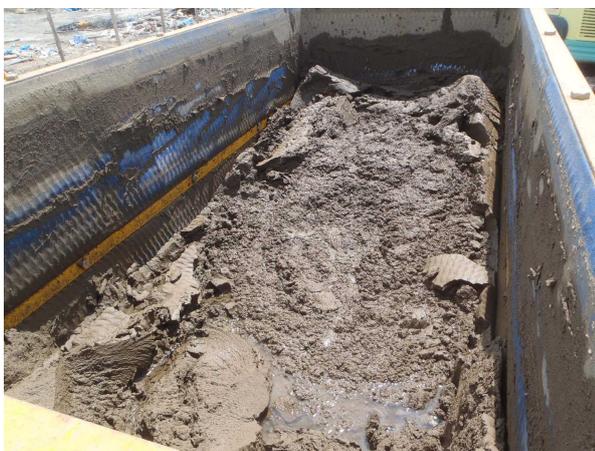


写真-3.51 脱水フロック (ボックス型)



写真-3.52 脱水フロック (袋詰め脱水：7次処理後)

### 3.4 品質確認結果

#### 3.4.1 分別・分級前後の各試料の土質試験結果

ここでは分級前後の各土砂について、表-3.7に示す土質試験を行った結果を示す。各試料をサンプリングした位置図を図-3.5に示す。

表-3.7 土質試験項目

対象試料	粒径	試験名	規格(方法)	頻度	
①分級前土砂(スケルトン通過)	100mm以上除去	土の含水比試験 土の粒度試験 <sup>*)</sup>	JIS A 1203 JIS A 1204	1日1回 (計3回)	
②礫主体土(2次処理後)	20~100mm				
③砂主体土(4次処理後)	(細礫:スクリーン下段)				(5~20mm)
	(砂:スクリーン上段)				(75 $\mu$ m~5mm)
④シルト主体土(5次処理後)	(細砂:スクリーン下段)				(75 $\mu$ m~5mm)
	(シルト:スクリーン上段)	(30~75 $\mu$ m)			
⑤凝集前泥水	30 $\mu$ m以下	土の含水比試験	JIS A 1203		
⑥ボックス型+フレコン脱水					
⑦機械脱水(スリット型)					
⑧機械脱水(スクルー型)					

\*) 礫主体土, 砂主体土はふるい分析のみ, それ以外はふるい分析と沈降分析を行う予定

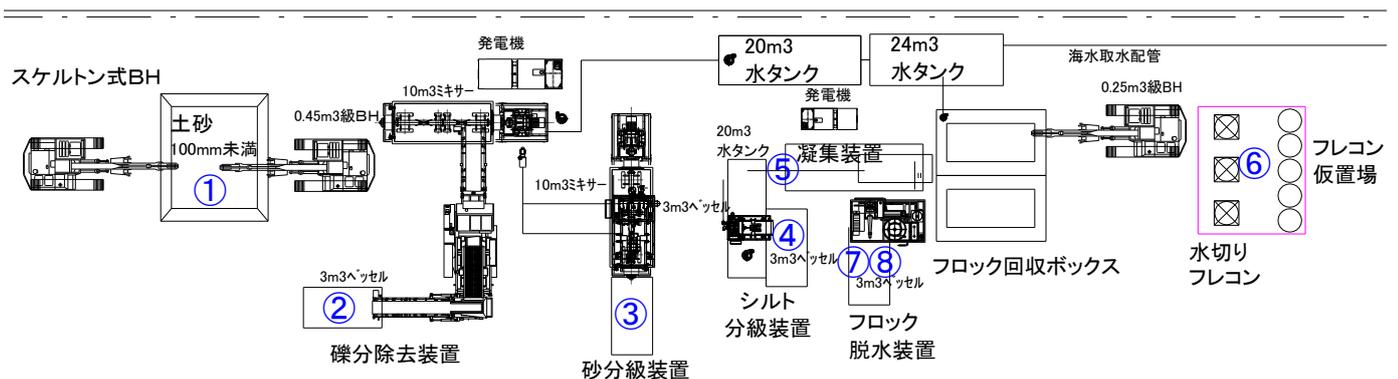


図-3.5 サンプリング位置図

4次処理において砂分級装置から排出される土砂（細礫・砂：砂主体土と呼ぶ）は、スクリーン下段から排出される細礫とスクリーン上段から排出される砂が混ざったものである。同様に、5次処理においてシルト分級装置から排出される土砂（細砂・シルト：シルト主体土と呼ぶ）は、スクリーン下段から排出される細砂とスクリーン上段から排出されるシルトが混ざったものである。今回は、スクリーン下段と上段から排出された試料をそれぞれサンプリングして、土質試験を行っている。よって、4次処理後の砂主体土および5次処理後のシルト主体土は、スクリーン上下段の発生割合から加重平均を算定し、評価した。

土質試験結果を表-3.8に、各試料の粒径加積曲線を図-3.6に示す。

表-3.8 土質試験結果

試料	津波 堆積土砂	分級前 (スケルトン通過)	礫主体土 (2次処理後)	砂主体土(4次処理後)			シルト主体土(5次処理後)			凝集前泥水 (6次処理前)
				加重平均※1	(スクリーン上段)	(スクリーン下段)	加重平均※2	(スクリーン上段)	(スクリーン下段)	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.736	2.733	—	—	—	—	<b>2.745</b>	2.769	2.720	2.777
自然含水比 (%)	14.7	11.0	5.7	<b>17.5</b>	18.7	7.2	<b>31.8</b>	40.2	23.3	2020.7
礫分 (2~75mm) (%)	34	45	88	<b>19</b>	10	95	<b>3</b>	0	6	0
砂分 (0.075~2mm) (%)	57	47	9	<b>78</b>	87	4	<b>69</b>	52	85	1
シルト分 (0.005~0.075mm) (%)	6	5	3	<b>3</b>	3	1	<b>25</b>	44	6	84
粘土分 (0.005mm未満) (%)	3	3	3	<b>3</b>	3	1	<b>3</b>	4	3	15
最大粒径 (mm)	28.9	60.3	67.7	<b>16.2</b>	15.8	19.0	<b>5.0</b>	2.0	7.9	1.4
均等係数 $U_c$	14.2	50.1	25.5	<b>3.1</b>	3.2	2.6	<b>11.9</b>	10.7	13.2	7.9
pH	6.6				※1 上段:下段=9:1			※2 上段:下段=1:1		
強熱減量 $L_i$ (%)	3.1									

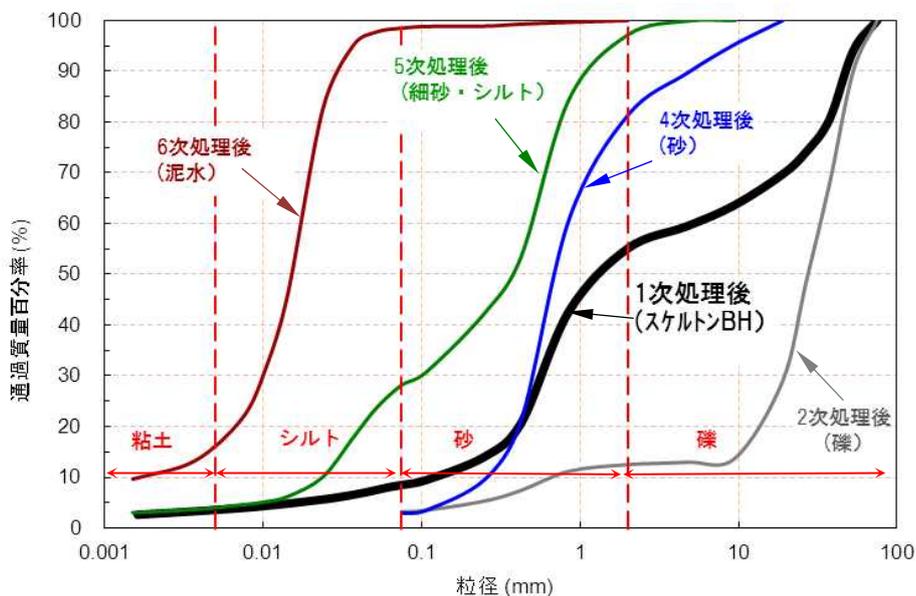


図-3.6 各試料の粒径加積曲線

上記の結果をまとめると、以下のとおりである。

- ・ 分級後の礫、砂は、細粒分（シルト・粘土分）含有率がいずれも 3%であった。
- ・ 分級後のシルト主体土は、粘土分含有率が 3%であった。
- ・ 凝集前泥水の粒度は、粒径 30 $\mu$ m 以上が 10%以下であり、シルト分級装置サイクロンの分級点 30 $\mu$ m の設定通りの分級が行われていた。
- ・ 分級直後の土砂の含水比をみると、礫は 6%、砂は 18%、細砂・シルトは 32%であり、分級後すぐに運搬できる状態まで脱水されていることが確認された。

また、細粒分泥水を凝集・沈殿処理後、簡易脱水した 7 次処理後のフロックの含水比の結果を表-3.9 に示す。

表-3.9 フロックの含水比試験結果

脱水方法		ボックス型	水切りフレコン	スリット型	スクリー型
含水比 (%)	平均値	284	140	224	300
	最大値	321	163	270	364
	最小値	251	122	189	214
試料採取の タイミング		ボックス投入2,3 時間後(上水が 切れた状態)	半日以上 経過後	処理直後	処理直後

上記の結果より、ボックス型脱水装置で処理したフロックの含水比は平均 284%弱であり、その後水切りフレコンで半日から 1 日程度自重脱水したものは、平均 140%（最低 122%～最大 163%）であった。したがって、今回の方法で半日程度の自重脱水を行うことで、含水比 150%程度の状態にすることは比較的容易であると評価できる。

今回使用したフレコンパックは 1m<sup>3</sup>角なので、平均排水距離は 50cm、自重は平均 6～8kN/m<sup>2</sup>程度である。排水距離は 50cm として、わずかな荷重で含水比 120%～130%程度の含水比にまで 1 日程度で脱水することは可能といえる。

それに対して、連続処理方法であるスリット型とスクリー型脱水装置は、処理直後の含水比がそれぞれ平均 224%と 300%と、「ボックス型+水切りフレコン」方式と比較して、処理後の含水比が高かった。スリット型で処理されたフロックの内、含水比が平均値以上（220～230%以上）は、処理直後に水が滴る（浸みだす）状態であり、処理直後の運搬が難しいものであった。したがって、連続処理方法であるスリット型とスクリー型脱水装置は、脱水効果が小さく、今後の改善の必要があるものと評価された。

### 3.4.2 有害物質に関する分析試験結果

#### (1) 試験項目

本実験では、分級後の土砂について有害物質の有無を、フロックより脱水された余水については海域への排水基準を満足しているか、また、有害物質が含まれていないかを分析試験によりそれぞれ確認した。表-3.10 にそれぞれの分析試験項目を示す。

表-3.10 分級された土砂および脱水された水の分析試験項目

対象試料	分析項目	頻度	目的
◆分級された砂主体土(4次処理後)、シルト主体土(5次処理後)および脱水フロック(7次処理後)	土壤汚染対策法における土壤溶出量基準(25物質), 土壤含有量基準(9物質)	3試料(実験日1回/日採取)	非汚染土であることの確認
	銅含有量		
	ダイオキシン類		
	空間線量率	1日1回計測	
	TPH(全石油系炭化水素)	3試料(実験日1回/日採取)	
◆分級により脱水された水(実験により排出される水)	排水基準(健康項目, 生活環境項目)	1試料	脱水, 排出された水の成分確認
	放射性物質含有量		
	TPH(全石油系炭化水素)		
	塩分濃度		

#### (2) 土砂の分析結果

分級された土砂の分析試験結果を表-3.11 に示す。なお、表中には分級前後での有害物質質量の変化を確認するため、処理する前の津波堆積土砂の分析試験結果を合わせて示す。また、試験は、表-3.10 に示したように、土壤溶出量試験が 25 物質、土壤含有量試験が 9 物質に対して行っているが、表-3.11 に示す結果には、試験にて検出された物質のみ明示している。

表-3.11 分級前後の土の分析試験結果

項目	単位	処理前	処理後			定量下限値	許容限度	
		津波堆積土砂	砂主体土(4次処理後)	シルト主体土(5次処理後)	脱水フロック(7次処理後)			
報告18号	カドミウム	mg/l	—	—	—	0.003	0.01	
	セレン	mg/l	0.001	0.001	0.002	0.002~0.006	0.01	
	砒素	mg/l	—	—	0.001~0.002	0.001~0.003	0.01	
	フッ素	mg/l	0.10~0.12	0.11~0.12	0.13~0.15	0.09~0.10	0.08	0.8
	ホウ素	mg/l	0.08~0.09	0.09~0.10	0.17~0.18	<b>0.86~1.00</b>	0.01	<b>1</b>
報告19号	鉛	mg/kg	—	—	—	21~24	10	150
	砒素	mg/kg	—	—	—	8~11	5	150
	フッ素	mg/kg	—	—	—	70~100	50	4000
	ホウ素	mg/kg	—	—	—	45~52	10	4000
その他	銅	mg/kg	—	—	—	18	10	125
	ダイオキシン類	TEQ/g	0.12~1.1	0.0021~0.0059	0.0096~0.044	0.0097~2.7		1000
	TPH(全石油系炭化水素)	mg/kg	—	—	—	—	100	

※ 表中の「—」は不検出

上記の結果をまとめると、以下のとおりである。

- ・ 処理前後において、すべての項目で法定基準値内であった。  
(ホウ素は、脱水ブロックの値が一部、最大で基準値と同じレベル)
- ・ 分級処理することにより、粒径の細かいブロックに有害物質が濃縮され、値が高くなっている項目がみられた。これは、重金属類等が細粒分に付着しやすい傾向にあることが要因と考えられる。
- ・ ダイオキシン類は基準 1,000pg-TEQ/g 以下に対して、処理前後ともに値が小さく (0.002~2.7) 問題ないレベルであった。

### (3) 土砂の放射性物質の測定結果

また、以下に分級前後の土砂に対して、空間線量計にて空間線量を測定した結果を表-3.12 に示す。



写真-3.53 空間線量測定状況（津波堆積物：処理・運搬前）



写真-3.54 空間線量測定状況（分級後がれき）



写真-3.55 空間線量測定状況（分級後細砂・シルト）

表-3.12 空間線量測定結果

測定対象土砂		空間線量率 ( $\mu\text{Sv/hr}$ )
津波堆積土砂 (土砂集積場)		0.08~0.10
分級前土砂 (スケルトン通過)		0.05~0.06
スケルトン 残留物	布きれ	0.05~0.06
	金属類	0.04~0.06
	廃プラ	0.04~0.06
	木類	0.03~0.06
	石、れんが	0.05~0.06
礫主体土(2次処理後)		0.03~0.06
砂主体土(4次処理後)		0.05~0.07
シルト主体土(5次処理後)		0.04~0.06
ブロック(7次処理後)		0.04~0.06

表-3.12に示す結果から、分別・分級前後での空間線量の値に大きな変化はなく、 $0.03\sim 0.10\mu\text{Sv/hr}$ と問題ないレベルであった。測定された値は、東京都や埼玉県など他の地域と同程度である(下記参照)。

【参 考】

## 岩手県及び宮城県の前線部の空間放射線量

**福島第一原発から100~250km  
以上離れており、空間放射線量は他の  
地域と同等。  
そこで発生した災害廃棄物の放射  
能濃度は不検出又は低い。**

空間放射線量(地上1mでの測定結果)							
県名	市区町村名	空間線量率 <small>単位:マイクロシーベルト・時間</small>	県名	市区町村名	空間線量率 <small>単位:マイクロシーベルト・時間</small>		
東北沿岸部	岩手県	久慈市	主な 都道府県	茨城県	水戸市	0.09	
		野田村		0.06	栃木県	宇都宮市	0.11
		宮古市		0.10	群馬県	前橋市	0.09
	陸前高田市	0.05		埼玉県	さいたま市	0.05	
	気仙沼市	0.10		東京都	新宿区	0.07	
	石巻市	0.09		愛知県	名古屋市	0.04	
宮城県	名取市	0.08	大阪府	大阪市	0.06		
			福岡県	太宰府市	0.06		

関東圏: 文部科学省HP 放射線モニタリング情報(平成23年11月30日計測結果)  
 岩手県: 岩手県HP 地表付近の放射線量の測定結果  
 宮古市、陸前高田市: 平成23年11月4日~11日計測結果  
 久慈市、野田村: 平成23年11月2日~11日計測結果  
 宮城県: 宮城県放射線情報サイトHP(平成23年11月30日計測結果)  
 文部科学省: 放射線モニタリング情報サイト: <http://radioactivity.mext.go.jp/map/ja/i/不検出ex.html>  
 愛知県: 愛知県HP 空間放射線量の測定結果 平成23年11月測定結果  
 大阪府: 大阪府HP 大阪市の放射線水準測定結果 平成23年6月測定結果  
 福岡県: 福岡県保健環境研究所HP 環境放射能(線)調査結果 平成23年11月

東北・関東地方の空間放射線量マップ

文部科学省による航空機モニタリング結果をもとに環境省作成

出展: 災害廃棄物の広域処理、平成24年9月19日環境省

#### (4)余水の分析結果

ブロックより脱水された余水の分析試験結果を次頁に示す。なお、表中には比較対象として、土砂への加水用に用いた現地海水の試験結果もあわせて示している。

ブロック脱水後の余水の分析試験結果をまとめると、以下のとおりである。

- ・ 健康項目（27項目）について、ほとんどの項目が不検出であり、検出された項目についてもすべて法定基準値内であった。
- ・ 生活環境項目（15項目）について、すべての項目で法定基準値内であったが、水素イオン濃度（pH）が5.8と小さめな値であった（基準：海域 5.0～9.0）。これは、細粒分泥水を凝集させるためにPACを使用しているが、その影響と考えられる。これは、pHを監視しながら、適度に排水する、アルカリ助剤を添加する等で対応可能である。

表-3.13 フロック脱水後の余水の分析試験結果

項目		単位	現地海水 (加水用)	余水 (フロック脱水後)	許容限度
健康 項目	カドミウム	mg/l	< 0.001	< 0.001	0.1
	全シアン	mg/l	< 0.1	< 0.1	1
	有機リン	mg/l	< 0.1	< 0.1	1
	鉛	mg/l	0.009	< 0.001	0.1
	六価クロム	mg/l	< 0.01	< 0.01	0.5
	砒素	mg/l	< 0.005	< 0.005	0.1
	総水銀	mg/l	< 0.0005	< 0.0005	0.005
	アルキル水銀	mg/l	不検出	不検出	検出されないこと
	PCB	mg/l	< 0.0005	< 0.0005	0.003
	ジクロロメタン	mg/l	< 0.002	< 0.002	0.2
	四塩化炭素	mg/l	< 0.0002	< 0.0002	0.02
	1,2-ジクロロエタン	mg/l	< 0.0004	< 0.0004	0.04
	1,1-ジクロロエチレン	mg/l	< 0.001	< 0.001	1
	シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	< 0.004	< 0.004	0.4
	1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	< 0.001	< 0.001	3
	1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	< 0.0006	< 0.0006	0.06
	トリクロロエチレン	mg/l	< 0.003	< 0.003	0.3
	テトラクロロエチレン	mg/l	< 0.001	< 0.001	0.1
	1,3-ジクロロプロペン	mg/l	< 0.0002	< 0.0002	0.02
	ベンゼン	mg/l	< 0.001	< 0.001	0.1
	チウラム	mg/l	< 0.0006	< 0.0006	0.06
	シマジン	mg/l	< 0.0003	< 0.0003	0.03
	チオベンカルブ	mg/l	< 0.002	< 0.002	0.2
	セレン	mg/l	< 0.005	< 0.005	0.1
	フッ素	mg/l	0.93	0.11	海域以外 8 海域 15
	ホウ素	mg/l	3.4	3.7	海域以外 10 海域 230
	アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物	mg/l	6.6	9.8	100
生活 環境 項目	水素イオン濃度	—	7.8	5.8	海域 5.0-9.0
	生物学的酸素要求量(BOD)	mg/l	4.7	2.4	160 (日間平均120)
	化学的酸素要求量(COD)	mg/l	9.5	15	160 (日間平均120)
	浮遊物質(SS)	mg/l	18	29	200 (日間平均150)
	ノルマルヘキサン抽出物質含有量(動植物)	mg/l	<1	<1	30
	〃 (鉱油類)	mg/l	<1	<1	5
	フェノール類含有量	mg/l	<0.1	<0.1	5
	銅含有量	mg/l	<0.01	<0.01	3
	亜鉛含有量	mg/l	0.02	0.64	2
	溶解性鉄含有量	mg/l	0.03	0.31	10
	溶解性マンガン含有量	mg/l	0.05	1.7	10
	クロム含有量	mg/l	<0.01	<0.01	2
	大腸菌群数	個/cm <sup>3</sup>	1	0	日間平均3000
	窒素含有量	mg/l	7.1	10	120 (日間平均60)
燐含有量	mg/l	1.6	0.03	16 (日間平均8)	
放射性物質含有量	放射性ヨウ素131	Bq/kg	不検出(4未満)	不検出(4未満)	300
	放射性セシウム134	Bq/kg	不検出(6未満)	不検出(6未満)	10
	放射性セシウム137	Bq/kg	不検出(4未満)	不検出(4未満)	10
TPH(全石油系炭化水素)	mg/l	<1	<1	—	

---

---

## 第4章 凝集フロックの室内配合検討結果

---

---

### 4. 凝集フロックの室内配合検討結果

#### 4.1 凝集フロックの簡易脱水と改質

本技術では分級の過程で、砂礫、シルトを分級した後に主に粘土分を含んだ泥水が発生し、6次処理で凝集沈殿処理（フロック化）、7次処理で脱水処理を行う。

既に述べたように、一般的に土砂の減容化を目的とする場合には、凝集フロックに対してより高レベルの脱水を行う必要がある。しかし、脱水・減容化のレベルが高くなるほど逆に高コストになる傾向があり、脱水・減容化の程度とコストとのバランスが実施の際の一つのポイントとなる。

本研究開発は、震災対応で津波堆積物から良質な復興資材を得ることを目的としているため、低コストでより多くの復興資材を獲得することが求められる。したがって、今回は6次処理の凝集フロックの脱水を必要最低限レベルの“簡易脱水”とすることで減容化を抑制し、一方で比較的高含水比な簡易脱水されたフロックは、改質して土木用資材とする方式を採用することとした。

本章では、簡易脱水されたフロックに対して種々の改質材を用いた室内配合試験を行い添加量と強度の関係を求め、最適な改質材と添加量について検討した結果を示す。

##### 4.1.1 改質後の品質目標

改質後の品質目標としては、以下の2項目とした。

##### 1) 改質後、できるだけ短時間（短時間）で運搬可能であること

運搬可能とみなす目標値：第4種建設発生土（目標強度：コーン指数  $q_c=200\text{kN/m}^2$  以上）

改質後の養生期間は最大3日（ストックヤードの確保を考慮して）

##### 2) 運搬後転圧したものが、養生後にある程度の強度発現があること

改質直後に運搬が可能な場合を除いて、養生後に攪乱して再転圧を行うため、無攪乱のケース（改質直後に運搬し、盛土などを行う場合）と比較して養生後の強度発現が小さくなるものと考えられる。

養生後の強度の目標値：一般的な高さの盛り土材として使用することを考え、安定上十分な

強度として一軸圧縮強さが  $q_u=100\text{kN/m}^2$  程度またはそれ以上。

養生期間は28日を基本とする。

#### 4.1.2 試験方法

室内配合試験は以下の 3 つのパラメータを変えて行い、改質土のコーン指数  $q_c$  および一軸圧縮強さ  $q_u$  の測定を行った。

- 1) 脱水の程度（フロックの含水比）
- 2) 改質材の種類  
（高炉セメント B 種（BB）、カルシウム系改質材、石灰、MgO 系固化材（中性固化材）の 4 種類）
- 3) 改質材の添加量

フロックの含水比は、現場実証実験におけるボックス型+水切りフレコン（半日～1 日）による方法の結果（ $w=122\% \sim 163\%$ 、平均  $w=140\%$ ）に近い  $w=150\%$  を最低値とし、最大値はボックス型脱水装置のみ、または連続型のスクリー型脱水装置で処理を行った結果である  $w=300\%$  とした。

また、予備実験として材齢 0 日（改質直後）から材齢 7 日までの短期養生で運搬可能なケースの抽出を行い、改質材の種類と添加量の絞り込みを行った。

## 4.2 予備実験

### 4.2.1 配合条件

予備実験の配合を表-4.1 に示す。

表-4.1 予備実験配合

改質材	BB									カルシウム系改質材		
フロック含水比(%)	150			175	200	225			300	150	225	300
改質材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	50	70	100	100	100	100	150	200	200	30Vol.%		
改質材	石灰					MgO系固化材						
フロック含水比(%)	150			225	300	150			225	300		
改質材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	70	100	150	300	300	70	100	150	150	150		

\*) 改質材添加量は、脱水フロック 1m<sup>3</sup> に対する外割り重量 (kg)  
カルシウム系改質材のみ体積比 (内割り、実体積)

#### 4.2.2 実験手順

- ① 表-4.1 の配合となるようにブロック、人工海水、改質材をミキサで3分間混合する(写真-4.1).
- ② 練りあがった改質土をステンレス製容器(内寸:縦182mm×横102mm×深さ40mm)に空気が混入しないように詰める(写真-4.2). その後、乾燥防止のため表面をプラスチックフィルムで覆い、恒温・恒湿室(20℃、湿度95%以上)で養生する.
- ③ 所定の期間養生(1日、3日、7日)後、山中式土壌硬度計を供試体に貫入させ、3点の貫入量平均値( $D_{ave}$ )より $q_c$ を推定する(写真-4.3、4.4).



写真-4.1 ミキサによる練り混ぜ状況



写真-4.2 ステンレス容器への充填完了



写真-4.3 山中式土壌硬度計



写真-4.4 貫入量測定状況

コーン指数  $q_c$  は、一般的には「締固めた土のコーン指数試験 (JIS A 1228)」<sup>1)</sup>を行う方法があるが、練りあがり直後の混合土は粘性が非常に強く、ランマーにて締め固めることが困難であったため、山中式硬度計による貫入抵抗  $D$  を求め、間接的にコーン指数  $q_c$  を推定 (換算) する方法とした。

山中式硬度計による貫入抵抗  $D$  から推定コーン指数  $q_c$  の推定は、既往の研究から導かれている式(4-1)<sup>2)</sup>、(4-2)<sup>3)</sup>を用いて導いた式(4-3)で行った。

$$D_{ave}=6.10\ln(q_u)-8.50 \quad (4-1)$$

$$q_c=5 q_u \quad (4-2)$$

式(4-1)、(4-2)より、

$$q_{c-y}=5\exp\{(D_{ave}+8.50)/6.10\} \quad (4-3)$$

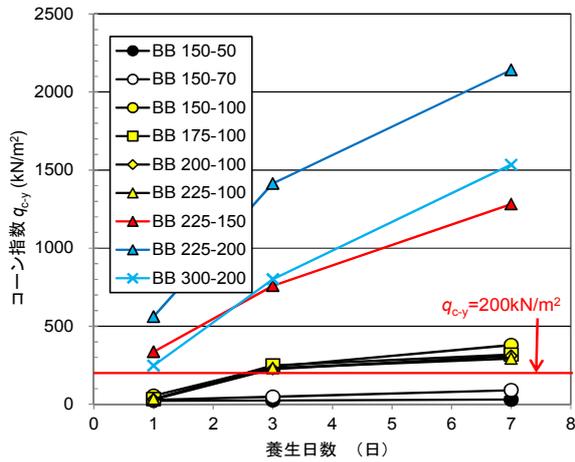
ここに、

$q_{c-y}$  : 山中式土壌硬度計の貫入量より算出したコーン指数 (kN/m<sup>2</sup>)

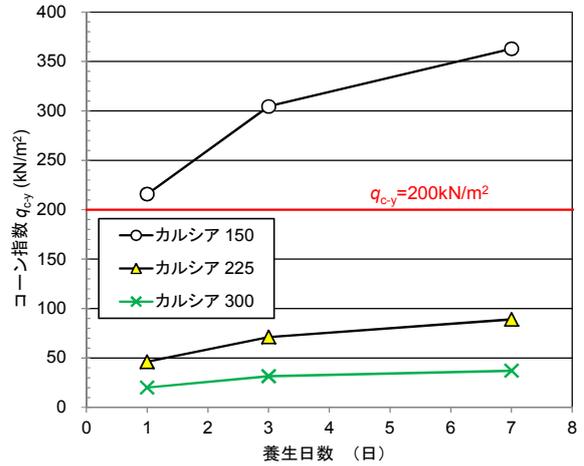
$q_u$  : 一軸圧縮強度 (kN/m<sup>2</sup>)

### 4.2.3 予備実験結果

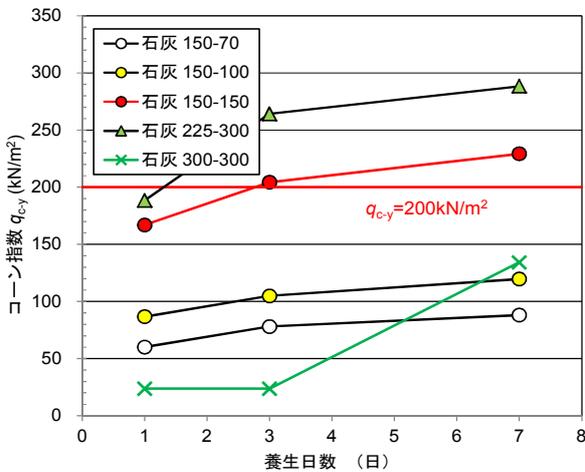
山中式土壌硬度計を用いて推定したコーン指数  $q_{c-y}$  と養生日数の関係を図-4.1 に示す。凡例中の数字は（ブロック含水比）－（改質材添加量）の組み合わせを表している。ただし、カルシウム系改質材のみ添加量は 30Vol.%（内割り）と 1 種類だけのため、ブロック含水比のみ記述している。



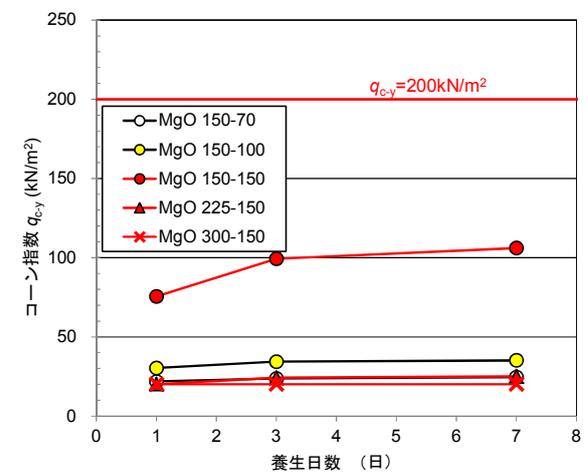
(a)高炉セメント B 種



(b)カルシウム系改質材



(c)消石灰



(d)MgO 系固化材

図-4.1  $q_{c-y}$ ～養生日数関係

#### ◆高炉セメント B 種

- ・フロックの含水比が 150%の場合、養生 3 日で所定の強度（運搬可能： $q_c > 200 \text{ kN/m}^2$ ）を満足するには、添加量  $100 \text{ kg/m}^3$  以上が必要。養生 1 日の場合は  $100 \sim 150 \text{ kg/m}^3$  が必要と推測される。
- ・フロックの含水比が 225%の場合、 $150 \text{ kg/m}^3$  の添加で、養生 1 日で所定の強度を満足することが可能。
- ・フロック含水比が 300%の場合、添加量  $200 \text{ kg/m}^3$ 、養生 1 日で所定の強度を満足することが可能。

#### ◆カルシウム系改質材（添加量：内割り体積 30%vol.のケースのみ）

- ・フロック含水比が 150%の場合のみ、養生 1 日で所定の強度を満足することが可能。
- ・フロック含水比が 225、300%の場合、養生 7 日でも所定の強度が得られない。

#### ◆消石灰

- ・フロック含水比が 150%の場合、養生 1 日で所定の強度を満足するには、添加量  $300 \text{ kg/m}^3$  でも不足。養生 3 日では、添加量  $150 \text{ kg/m}^3$  で所定の強度を満足することが可能。
- ・フロックの含水比が 225%の場合、添加量が  $300 \text{ kg/m}^3$ 、養生 1 日で所定の強度を満足することが可能。
- ・フロック含水比が 300%の場合、添加量  $300 \text{ kg/m}^3$  でも養生 7 日でも所定の強度が得られない。

#### ◆MgO 系固化材

- ・フロック含水比が 150%の場合、 $150 \text{ kg/m}^3$  の添加量、養生 7 日で所定の強度が得られなかった。消石灰の同じ配合条件と比較しても、半分程度の強度発現である。

#### ◆全体として（本実験でのフロックの含水比の設定）

フロック含水比が 200%を超える場合、短期（養生 3 日以内）で  $q_c > 200 \text{ kN/m}^2$  を満足するには、高炉 B 種セメントのケースでは、添加量  $100 \sim 150 \text{ kg/m}^3$  程度が必要と推測される。それに対して、セメントより単価の高い消石灰や MgO 系固化剤の必要添加量は  $300 \text{ kg/m}^3$  以上と推測され、コスト的に非現実的であるといえる。したがって、本実験ではフロックの含水比を 150% から 200%までと設定することとした。

### 4.3 本実験

#### 4.3.1 配合条件

予備実験結果を踏まえ、表-4.2 に示す配合で本実験を行った。なおブロックの含水比は 150%、175%、200%の 3 ケースとした。各改質材の添加量は予備実験結果と経済性を考慮した値とした。

表-4.2 本実験配合

改質材	BB						カルシウム系改質材			
ブロック含水比(%)	150		175	200			150	175	200	
改質材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	100	125	150	125	125	150	175	30Vol.%		
改質材	石灰					MgO系固化材				
ブロック含水比(%)	150			175	200	150		175	200	
改質材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	150	200	250	200	200	150	200	250	200	

#### 4.3.2 実験方法

実験は以下の3種類行い、改質後3日以内で $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上となる配合の確認と、攪乱後、再転圧した場合の強度（または強度低下の程度）についての確認を行った。

##### 【実験1】：山中式土壌硬度計を用いた貫入量測定

目的：貫入量( $D_{ave}$ )からのコーン指数( $q_{c-y}$ )の推定。

方法：

- ① 方法は予備実験と同様
- ② 養生1、3、7日の3材齢で実験を実施。 $q_{c-y}=200\text{kN/m}^2$ 以上となった場合、供試体を攪乱（解体）して、【実験2】用の試料として使用する。

##### 【実験2】：攪乱・再転圧した改質土の一軸圧縮試験

目的：ブロック改質後、仮置き、掘削、運搬、盛土造成等を行うことと想定して、攪乱・再転圧した後の強度発現を確認すること。

方法：

- ① 【実験1】で $q_{c-y}=200\text{kN/m}^2$ 以上となった混合土および別途養生していた混合土を手でほぐして1cm角以下の大きさに解体し、直径50mm、高さ100mmのモールドに充填し一軸供試体を6本作製する。
- ② 養生日数（ミキサによる練り混ぜ日から起算）7日後、28日後で各3本ずつ一軸圧縮試験を実施し、強度（ $q_{u-r7}$ 、 $q_{u-r28}$ ）を求める。

##### 【実験3】：不攪乱状態の改質土の一軸圧縮試験

目的：実験2の攪乱・再転圧したケースに対して、攪乱しない状態の強度確認

実験フローを図-4.2に示す。

実験	【実験1】山中式土壌硬度計を用いた貫入量の測定	【実験2】粉碎し、再転圧した混合土の一軸圧縮試験	【実験3】混合土の一軸圧縮試験
内容・目的	貫入量( $D_{ave}$ )からのコーン指数( $q_{c-y}$ )の推定	再転圧した混合土の一軸圧縮強度( $q_{u-r}$ )の測定(フロック改質後、仮置き、運搬、再転圧を模擬)。	乱さない状態の混合土の一軸圧縮強度( $q_u$ )を測定。 $q_{u-r}$ と比較し、強度の低下の程度を確認。
得られる値	$D_{ave}$ (mm)→ $q_{c-y}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q_{u-r}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )



図-4.2 実験フロー

### 4.3.3 本実験結果

#### (1) コーン指数 ( $q_{c-y}$ 、 $q_{c-u}$ )

図-4.2～4.5 に各改質材を用いた改質土の山中式土壌硬度計貫入量から求めたコーン指数 ( $q_{c-y}$ ) と、一軸圧縮強度から求めたコーン指数 ( $q_{c-u}$ ) の経時変化を示す。

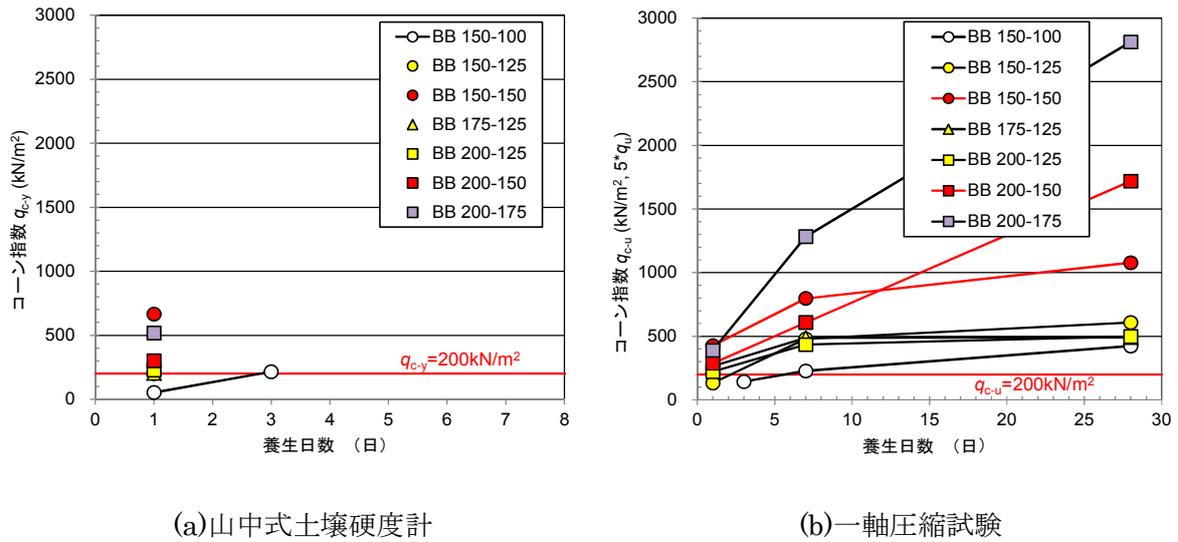


図-4.2  $q_{c-y}$ 、 $q_{c-u}$  の経時変化 (高炉 B 種セメント)

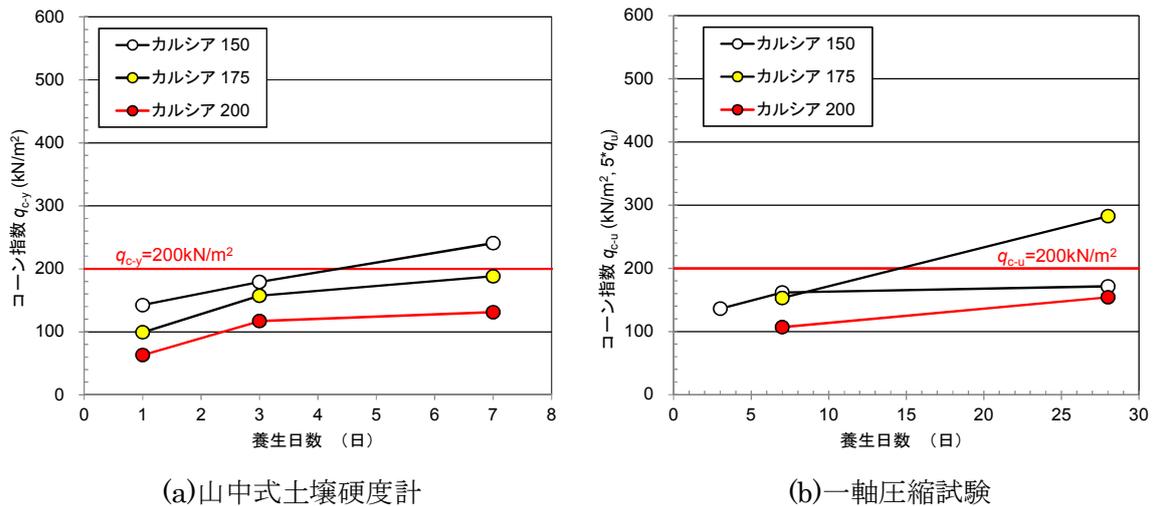


図-4.3  $q_{c-y}$ 、 $q_{c-u}$  の経時変化 (カルシア系改質材)

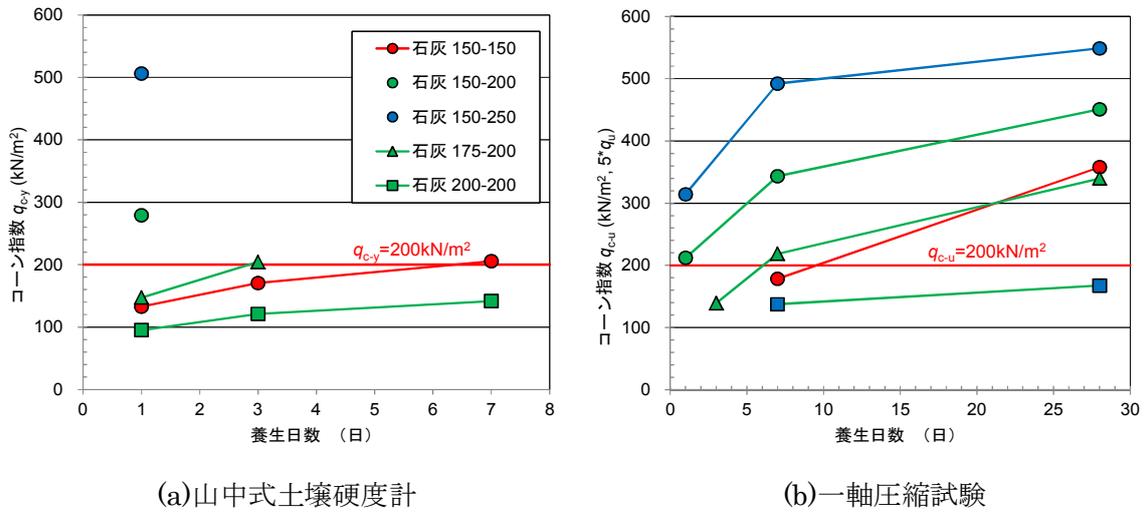


図-4.4  $q_{c-y}$ 、 $q_{c-u}$ の経時変化（消石灰、右図の凡例は左図と同じ）

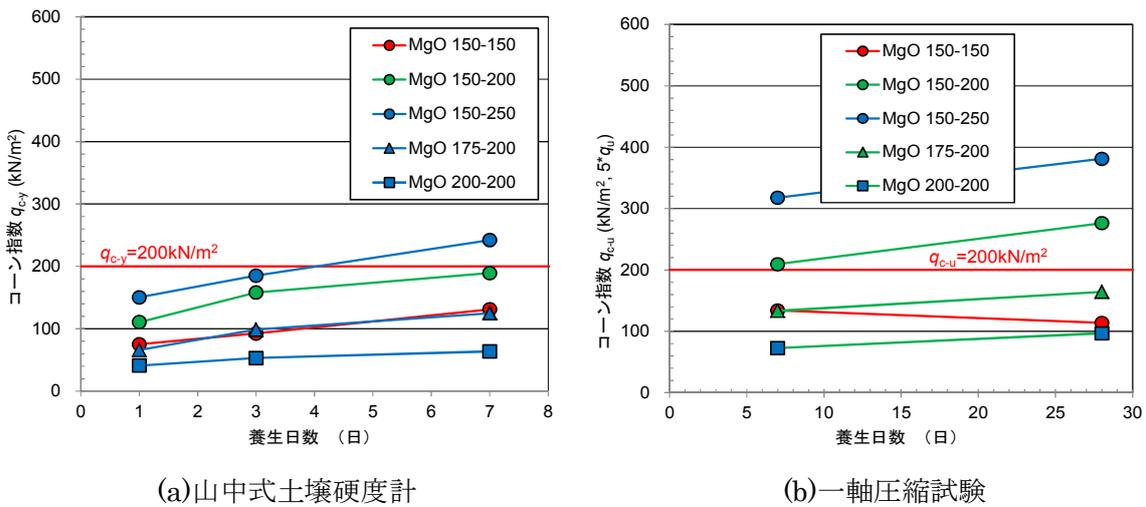


図-4.5  $q_{c-y}$ 、 $q_{c-u}$ の経時変化（MgO系固化材）

以上に示すように、養生期間3日以内で $q_c > 200 \text{ kN/m}^2$ を満足したのは高炉B種セメント（150-100のケースを除く）、消石灰（150-200、150-250の2ケースのみ）であった。カルシウム改質材は、フロックの含水比が150%のケースは、予備実験では $q_c > 200 \text{ kN/m}^2$ を満足していたが、本実験で満足することが出来なかった。

MgO系固化材のケースでは、150-200（フロックの含水比が150%で添加量が $200 \text{ kg/m}^3$ ）の条件に限り、7日養生で $q_{c-u} = 200 \text{ kN/m}^2$ 以上を満足することができた。

(2) 一軸圧縮強さ  $q_u$  (攪乱なし、攪乱・再転圧後)

表-4.3 に、改質土の攪乱なしと攪乱・再転圧後の一軸圧縮強さを示す。養生 1 日で  $q_c > 200\text{kN/m}^2$  を満足し、かつ攪乱・再転圧後材齢 28 日（改質土作製日から）で、 $q_u > 100\text{kN/m}^2$  を満足したケースは赤文字で示している。これらの結果から以下のようなことがいえる。

高炉セメント B 種 (BB) では、フロックの含水比が 150%~200%の場合、添加量が  $150\text{kg/m}^3$  で、盛土材としての適用が可能である。 また、材齢 1 日で攪乱・再転圧した場合、攪乱なしの場合と比較して、材齢 28 日の強度は概ね 0.6~0.7 倍となっている。

(参考として、図-4.6 にフロック含水比 150%で添加量  $125\text{kg/m}^3$  と  $150\text{kg/m}^3$  のケースの材齢と一軸圧縮強さの関係を示す。)

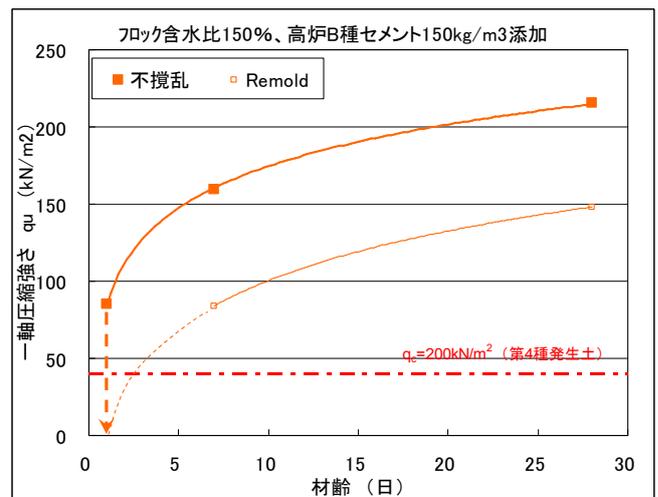
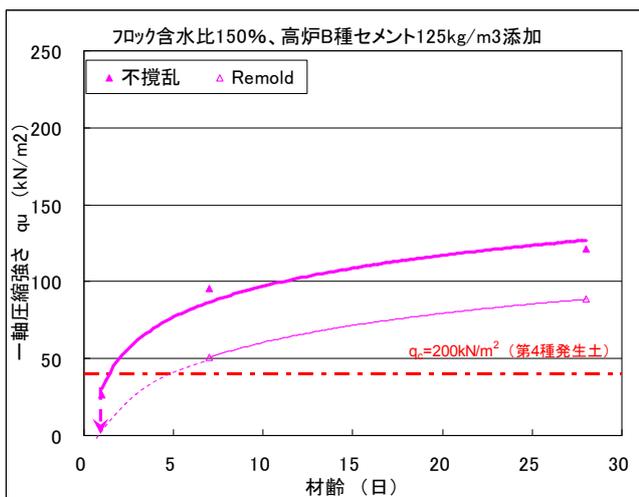
消石灰では、フロックの含水比が 150%以下であれば、添加量が  $250\text{kg/m}^3$  で、盛土材としての適用が可能といえる。さらに必要添加量を得るので材齢 1 日で攪乱・再転圧した場合、攪乱なしの場合と比較して強度低下はほとんどない。

消石灰は、セメントと比較して必要以上の強度発現がないため、盛土後の整形などが容易であるなどのメリットはあるものの、フロックの含水比が 150%以上ではさらに必要添加量が増えるため、高炉セメント B 種より高価である（単価約 2 倍）ことを考えると、改質材としての適用性は低いといえる。

その他、カルシア改質材や  $\text{MgO}$  は強度発現が小さいため、凝集フロックを改質して盛土材料に使用する場合には、適しているといえない。

表-4.3 改質土の一軸圧縮強さ（攪乱なし、攪乱・再転圧後）

No.	改質材	フロック含水比 (%)	改質材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	攪乱なし			攪乱・再転圧 (Remold)				攪乱による強度低下
				材齢7日	材齢28日	$\sigma_{28} \div \sigma_7$	攪乱日 養生 日数	材齢7日	材齢28日	$\sigma_{28} \div \sigma_7$	
				$q_{u7ave}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q_{u28ave}$ (kN/m <sup>2</sup> )			$q_{u7ave}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q_{u28ave}$ (kN/m <sup>2</sup> )		
1	BB	150	100	45	85	1.86	3	20	48	2.42	0.57
2			125	96	122	1.27	1	51	89	1.74	0.73
3			150	159	215	1.35	1	84	148	1.76	0.69
4		175	125	98	98	1.00	1	48	75	1.58	0.76
5		200	125	87	100	1.15	1	39	75	1.94	0.76
6			150	122	344	2.83	1	68	242	3.55	0.70
7			175	257	562	2.19	1	173	307	1.77	0.54
8	カルシア	150	30Vol.%	32	34	1.06	3		33		0.95
9		175	30Vol.%	31	57	1.84	7		27		0.47
10		200	30Vol.%	21	31	1.44	7		18		0.59
11	石灰	150	150	36	72	2.01	7		69		0.96
12			200	69	90	1.31	1	40	68	1.71	0.75
13			250	98	110	1.11	1	68	114	1.68	1.04
14		175	200	44	68	1.55	3	22	53	2.39	0.78
15		200	200	27	34	1.22	7		24		0.71
16	MgO	150	150	27	23	0.85	7		16		0.71
17			200	42	55	1.32	7		28		0.50
18			250	64	76	1.20	7		38		0.50
19		175	200	27	33	1.23	7		17		0.53
20		200	200	15	19	1.33	7		12		0.61



(a) 125kg/m<sup>3</sup> 添加

(b) 150kg/m<sup>3</sup> 添加

図-4.6 改質土の材齢～強度の例（含水比 150%、高炉セメント B 種添加）

#### 4.4 検討結果のまとめ

ここまで、凝集ブロックを低コストで脱水・改質し、盛土材料などに有効利用する方法の検討を行ってきた。

脱水に関しては、これまで説明してきたように、高コストな機械脱水などで高度に脱水して減容化を目指すのではなく、低コストな簡易脱水とする方法を採用することとした。

改質においては、できるだけ短期間に運搬可能な状態 ( $q_c > 200\text{kN/m}^2$ ) として、最終的に盛土材などで使用することを考慮して、攪乱・再転圧後にある程度の強度発現 ( $q_u > 100\text{kN/m}^2$ ) が期待できることを目標とした。

予備実験、本実験を通して、得られた結論は以下のとおりである。

脱水ブロックの含水比を 150%~200%とした場合、高炉セメント B 種(BB)で添加量  $150\text{kg/m}^3$  で上記の強度を満足することが可能となった。消石灰を用いて添加量が  $250\text{kg/m}^3$  でも可能であるが、コスト面で BB が有利であるといえる。

その他の改質材（カルシア改質材、MgO 系固化材）では短期の強度発現が小さいため、短期に運搬が不可能であり、今回は不適であると評価された。

脱水ブロックの含水比を 150%~200%は、ボックス型+水切りフレコン（半日）で脱水した状態を想定したものである。その後のセメント添加・混合はバックホウ混合を想定している。

一方、さらに高含水比のケースでは含水比 300%でも、高炉セメント B 種を  $200\text{kg/m}^3$  添加した場合、予備実験結果では材齢 7 日で  $q_{c-y} = 1500\text{kN/m}^2$  ( $\approx q_u = 300\text{kN/m}^2$ ) が得られている。含水比 300%は、ボックス型のみで、水切りフレコンを使用せずに脱水をさらに簡易にした場合の値である。この場合は、セメント添加量が多くなるものの、バックホウや小型の連続ミキサーなどでセメント混合する方法も選択肢の一つであるともいえる。



---

---

## 第5章 事業化に向けた検討

---

---

### 5. 事業化に向けた検討

#### 5.1 概要

本助成研究では、本技術の 1) 現場実証実験による性能や品質の評価と、2) 具体的な事業化に向けた検討の 2 つを大きな目的としている。

本章ではまず、津波堆積土砂（物）の有効利用に関する現状と課題をまとめた。次に本技術のコストの試算および他の方法とのコスト比較を行った。“他の方法”は 2 種類を対象とし、1)被災地で当初から現在も行われている一般的な方法（回転式ふるいによる乾式分級）、2)埋立処分を対象とした。そこでそれらの方法と比較して、本技術が経済性においても、品質面においても優位であることを示した。最後に、分級処理後のごみやがれき以外の土砂の有効利用方法についてのアイデア抽出を行った。

## 5.2 津波堆積土砂の有効利用に関する現状と課題

### 5.2.1 津波堆積土砂（物）処理の方針と進捗状況

既に第2章、2.1.1に示したように津波堆積物を含めた、今回の地震と津波により大量に発生した災害廃棄物の処理に関しては、環境省が示した「東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針（マスタープラン）」（平成23年5月16日）に基づいて、計画が立てられている。

この「マスタープラン」では、『災害廃棄物は再生利用可能なものは、極力再生利用する』、『津波堆積物は性状に応じた処理を行う』という方針が定められ、有機物や有害物質を含まない津波堆積物をトロンメル（回転式ふるい）や振動ふるいなどを用いた処理を行った後に、復興資材として利用する方向性を示している（第2章、図-2.3参照）。

災害廃棄物の再生資材（復興資材）としての具体的な利用方法に関しては、第2章の表-2.1に示すように「マスタープラン」をはじめとして環境省、国土交通省、被災地の自治体（県）からいくつかの指針や計画、マニュアルなどが出されている。被災地の自治体（県）では、それらに基づいて広域処理を含めて平成26年3月をメドに処理を終了させる計画となっている。なお、災害廃棄物の処理にあたっては、環境省が管轄する「災害等廃棄物処理事業国庫補助金」が活用されている。

現在（平成24年11月末時点）での、津波堆積土砂（物）の処理状況は、表-5.1に示すように、再利用や埋立による処分率は岩手県が2%、宮城県が20%、福島県が2%（平成24年11月末：被災3県全体で15%）と非常に低いレベルにある。また図-5.1に示すように、月ごとの進捗は岩手県と福島県は1%/月程度、最も順調な宮城県でも7%/月程度の進捗となっている。

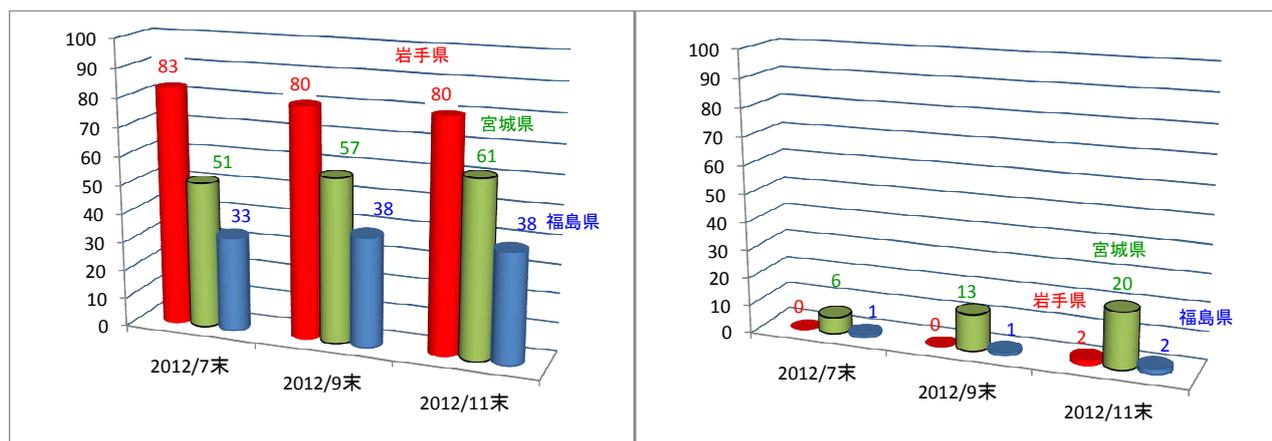
災害廃棄物全体も処理・処分割合が33.6%と低レベルであり、平成25年3月末に処理・処分を終了させるという当初の目標に対して、非常に厳しい状況にある。

また、今後の災害廃棄物処理に関しては環境省が平成24年10月に方向性を示しているが、津波堆積物（資料中では、“再生利用の進んでいない不燃混合物のふるい下”に相当）は、「今後、その活用を直轄工事の発注に盛り込むなど、活用拡大に積極的に取り組む」としか示されておらず、具体的に進んでいない状況である（図-5.2、図-5.3）。

表-5.1 災害廃棄物、津波堆積物の処理状況（H24.11月末）

	災害廃棄物全体			津波堆積物		
	災害廃棄物等 推計量	搬入率	処理・ 処分割合	津波堆積物 推計量	搬入率	処理・ 処分割合
	千トン	%	%	千トン	%	%
岩手県	5,250	87	31.4	1,304	80	2
宮城県	18,726	91	36.8	6,722	34	20
福島県	3,608	61	19.4	1,534	38	2
合計	27,584	86	33.6	9,560	60	15

平成24年11月30日 環境省発表資料



(a) 搬入率

(b) 処分率

図-5.1 津波堆積物（土砂）の処理状況の推移（平成24年9月末～11月末）

# 災害廃棄物処理の進捗状況と目標達成に向けての方針(概要)

平成24年10月19日 環境省

## 1. 災害廃棄物の処理・処分割合の進捗

- 被災3県(岩手県・宮城県・福島県)とも、この2ヶ月間で処理・処分の割合が約5%ずつ進捗(3県合計:約22%⇒約27%)
- 岩手県、宮城県では、中間目標達成に向けて進捗ペースの増加が必要

表 3県沿岸市町村における災害廃棄物等の処理状況(9月末現在)

災害廃棄物等 推計量 (万t)	災害廃棄物					津波被災建物				
	推計量 (万t)	量 (万t)	割合 (%)	中間目 標(%)	中間目 標(%)	推計量 (万t)	量 (万t)	割合 (%)	中間目 標(%)	中間目 標(%)
岩手県	525	395	93	24	58	130	0.3	0	50	50
宮城県	1,873	1,200	365	30	59	672	86	13	40	40
福島県	361	207	35	17	—	153	2	1	—	—
合計	2,758	1,802	494	27	—	956	88	9	—	—

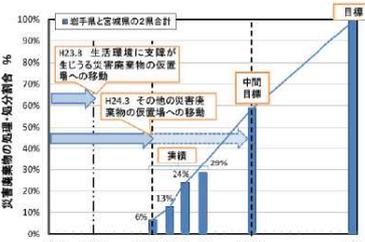


図 岩手県・宮城県沿岸市町村の災害廃棄物の処理・処分目標と実績

## 2. 被災地における処理体制の増強

### 【岩手県】

- 10月までに宮古地区、大槌地区の破碎・選別施設の処理能力を増強

### 【宮城県】

- 新たに5基の仮設焼却炉、3カ所の破碎・選別施設が本格稼働するなど、処理体制の整備が大きく進捗

## 3. 広域処理の進捗

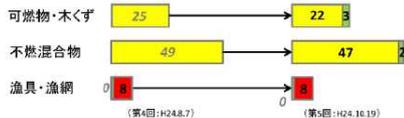
- 前回関係会合(H24.8.7)以降の受入開始:  
1都8県16件(受入予定量約13万t)
- 実施中・実施済の広域処理全体:1都9県47件  
(受入予定量約50万t、うち受入済量約11万t)
- 本格受入表明済の大阪市をはじめ、栃木県、新潟県、富山県、石川県、福井県、三重県においても、試験処理に着手・検討している市町村があり、これらの受入実現に向けた取組を継続中

## 4. 処理工程表(H24.8.7)で整理した調整対象に係る進捗

### 【岩手県】

約8割が処理済・調整済、残り約2割(約82万トン)が調整対象(災害廃棄物全体395万t) (H24.8.7)

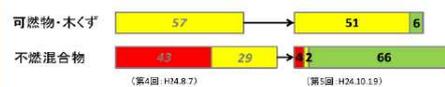
- 「調整中」であった可燃物・木くずと不燃混合物:約5万トンの処理が新たに具体化
- 「今後調整」で処理の目的が立っていない漁具・漁網:県内処理の検討と並行して、広域処理の調整に着手



### 【宮城県】

約9割が処理済・調整済、残り約1割(約129万トン)が調整対象(災害廃棄物全体1,200万t) (H24.8.7)

- 「調整中」であった可燃物・木くず:約6万トンの処理が具体化
- 「今後調整」・「調整中」であった不燃混合物:およそ9割の処理が新たに具体化



## 5. 目標達成に向けての今後の方針

- 中間目標達成を確実なものとするため、年内を1つの節目として以下の取組を着実に進める。

### 【年内】

- 被災地における仮設焼却炉と破碎・選別施設の処理能力をさらに増強
- 現在広域処理を調整している案件について、必要な試験処理の実施、受入の確定を目指す

### 【平成24年度内】

- 岩手県・宮城県のすべての災害廃棄物の処理のめどをつけるよう、調整を終えることを目指す

### 【再生資材活用の方針】



- 品目別では、津波被災建物コンクリートくずが大半を占める
- 海岸防防、海岸防災林、港湾等の公共工事を一層積極的に活用することにより、復興の妨げとなっている仮置場の早期解消を図る
- 再生利用の進んでいない不燃混合物のふるい下や瓦くず、焼却主灰等の再生資材について、その活用を直轄工事の発注に盛り込むなど、活用拡大に積極的に取り組む

図-5.2 災害廃棄物処理の進捗状況と目標達成に向けての方針(概要)(環境省:H24.10.19.)

④ 再生利用の推進

農林水産省、国土交通省等の公共事業における再生資材の受入が始まっているところ、海岸堤防、海岸防災林、港湾等の公共事業を一層積極的に活用することにより、復興の妨げとなっている仮置場の早期解消を図る。特に、品目については、不燃混合物のふるい下や瓦くず、焼却主灰等の再生資材化が今後本格化することから、以下の方針でその活用拡大に取り組む。

- 国が実施する公共工事において、被災自治体からの要請に応じ、これら再生資材の活用を発注内容に盛り込む。
- 地方自治体が実施する公共工事において、これら再生資材が積極的に活用されるよう調整を図る。

図-5.3 災害廃棄物処理の進捗状況と目標達成に向けての方針（抜粋）（環境省：H24.10.19.）

### 5.2.2 津波堆積土砂（物）処理に関する基準について

災害廃棄物の再生資材（復興資材）としての具体的な利用方法に関しては、第2章の表-2.1に示すように「マスタープラン」をベースとして環境省、国土交通省、被災地の自治体（県）からいくつかの指針や計画、マニュアルなどが出されている。また、（社）日本建設業連合会（日建連）では、これらの基準類を主役した形で「災害廃棄物の復興資材化と活用に関わる品質基準一覧」（平成24年11月9日：日建連 復旧・復興対策特別委員会 災害廃棄物部会）をまとめている。

津波堆積土砂（物）に関しては、「マスタープラン」で『災害廃棄物は再生利用可能なものは、極力再生利用する』、『津波堆積物は性状に応じた処理を行う』という方針が定められ、有機物や有害物質を含まない津波堆積物をトロンメルや振動ふるいを用いた処理を行った後に、土木用“復興資材”として利用する方向性を示している（図-2.5）。

表 2-1 に示した各指針や計画では、「組成や性状に応じて適切な処理方法を選択するものとする」とされており、基本的には、主に下記の(a)から(c)のような震災前からあるマニュアルや指針などに沿った判定を行い、再利用を行うこととなっている。

- (a)建設発生土利用技術マニュアル（土木研究センター）
- (b)建設工事で遭遇する廃棄物混じり土対応マニュアル（土木研究所）
- (c)道路土工 盛土工指針（日本道路協会）

ただし、これらは一般的な土質材料の基本的な物理特性や力学的特性や耐久性などの基準を示したものである。それに対して、「津波堆積物をトロンメルや振動ふるいを用いた処理を行った」ものとは、ふるい目が 50mm 程度で分別処理された「ふるい下残渣」と呼ばれるもので、それらには“廃棄物”が混入しているケースがほとんどといえる。これらに対して、今回の震災後に示された各種の指針、マニュアル、計画では、最終的には「利用先の要望や必要性に応じて協議して」または「関係先と協議して」決めることとなっている。すなわち、事実上ごみやがれきが含まれた「ふるい下残渣」に関しては、明確な基準は示されていないのが現状といえる。

また、環境省の通知『東日本大震災からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生資材の活用について』（平成24年5月；表-2.1の資料 No.3）では、災害廃棄物由来の再生資材が廃棄物に該当しなくなる要件として、具体的に次の6点をあげている。

- ① 災害廃棄物を分別し、又は中間処理したものであること。
- ② 他の再生資材と同様に、有害物質を含まないものであること。
- ③ 他の再生資材と同様に、生活環境保全上の支障（飛散流出・水質汚濁・ガスの発生等）を生じるおそれがないこと。
- ④ 復旧復興のための公共工事において再生資材として確実に活用されること。
- ⑤ ④の公共工事を行う者が定める構造・耐力上の安全性等の構造物が求める品質を満たしていること。
- ⑥ ④の公共工事を行う者によって、災害廃棄物由来の再生資材の種類・用途・活用場所等が記録・保存されること。

図-5.4 災害廃棄物由来の再生資材が廃棄物に該当しなくなる要件

上記6つの要件の内、②、③、⑤に関しては、従来の土木工事における指標とほぼ同レベルの内容であるが、④、⑥に関しては「確実に使用し、記録・管理すること」を述べているものである。本通知では、留意事項として、「可能な限り津波堆積物の再生利用を進めることは重要であるが、以下のように有害物質の含有から物性までを評価した上で、確実に使用し、記録・管理すること」を厳しく求めている。

『環境保全上の安全基準を緩和するものではなく、災害廃棄物由来の再生資材の活用と称した不適正処理に対しては厳正に対処し、廃棄物行政に対する国民の不信を招く事がないように留意されたい。なお、諸要件を満たし廃棄物に該当しないとされた場合であっても、その後当該要件を満たしていないことが明らかになった場合においては、災害廃棄物由来の再生資材を活用と称した廃棄物の不適正処理に過ぎないので、廃棄物として厳正に処理されたい』

このように、ごみやがれきが混入した状態の低品質な土砂である「ふるい下残渣」に関しては、明確な判断基準がなく、その一方で環境省からは、震災前とほぼ同じレベルで廃棄物処理に関しては厳しく管理することが求められているのが、現状といえる。

### 5.2.3 土木学会、地盤工学会の動向

#### (1) 土木学会

土木学会では今回の震災発生を受けて「東日本大震災特別委員会」を設置し、その下に「特定テーマ委員会」を設置し、様々な検討を行なっている。そのひとつである「復興施工技術特定テーマ委員会・がれき処理・再利用小委員会」が、津波堆積土砂の室内試験や盛土試験を行なっている。

そこでは、市街地部と農用地部の津波堆積土砂を対象としている。市街地部の細粒分が 10%~20% 程度混入した砂質土に関しては、問題なく道路盛土などに利用できるという報告を行なっている。

ただし、この試験で用いた土砂に関しては、がれきやごみがどの程度混入したものであるかが不明(恐らく殆ど混入していない)、または混入した場合にどのような影響があるのか、具体的な対策はどのように考えるべきか、など一般的な津波堆積土砂の問題には触れていない。

農用地部の津波堆積土砂に関しては、市街地部の土砂に対して細粒分が多いため、セメント改良を行う試験を実施している。このケースでも、がれきやごみの混入の問題には触れられていない。

以上より、本検討は、従来の軟弱な建設発生土の再利用の検討の範囲を超えた検討結果とは言い難いものであり、ごみやがれきが混入した津波堆積土砂特有の問題に触れていない範囲のものといえる。

#### (2) 地盤工学会

地盤工学会でも震災直後に災害対策本部を設置し災害調査、研究、報告、広報など様々な活動を通して対応を行なってきている。また震災 4 ヶ月後には、『第一次提言』を公開し、被災から 1 年 3 ヶ月後の平成 24 年 6 月に『第二次提言』を公開した。そのなかに、「2.5 災害廃棄物、津波堆積物、放射性物質汚染土壌など、地盤環境問題への対処」という節が設けられている。

そこでは、「どのような材料がどのような場所で使用できるか」という需要側の情報が少なく有効利用や処理が停滞している。再資源化材料と利用用途のマッチングとそれに関するデータベースの整備が重要である」と指摘している。さらには、環境面におけるリスク評価の考え方の整備も重要であるとしている。すなわち、津波堆積物の量と性状を把握することが重要で、かつ需要側と供給側でのマッチングのためのデータベース構築と、環境面でのリスク評価の考え方を新たに構築（例えば、環境基準等の適用の厳格性に対して緩和の考え方を取り入れるなど）し、管理体制の整備が重要であると指摘している。

『第二次提言』では、“津波堆積物”と“ふるい下残渣”を分けて記述しているが、「ふるい残渣には、ごみやがれきが混入しているので利用用途が限定される可能性がある（マッチングの問題が大きい）」と指摘している（津波堆積物には、ごみやがれきが含まれていないという解釈であろうか?）。しかし、「ごみやがれきの混入量等に関する明確な指標は今のところ無い」としており、地盤工学会としても、ごみやがれきが混入した土砂の有効利用の指標に関しては、方向性を示すまでに至っていない。

#### 5.2.4 津波堆積物の有効利用促進における課題

既に示したように、津波堆積物はふるい目が 50mm 程度のトロンメル（回転式ふるい）や振動ふるいで処理され、その「ふるい下残渣」が復興資材として再利用することが検討されている。この「ふるい下残渣」には 50mm 以下の大きさの“廃棄物”が混入しているケースがほとんどといえる。

このように、ごみやがれきが混入した土砂である「ふるい下残渣」を復興資材として活用する場合、震災前と同レベルの環境基準や安全性、安定性の面で評価・判定が必要とされている。しかし、現行の基準やマニュアル類には、その適用基準や指標が明記されていないのが現状であり、津波堆積物の有効利用促進における大きな課題といえる。

「ふるい下残渣」は、従来の土砂のみから成る建設用土質材料と比較すると、“低品質”のものであるといわざるを得ない。仮に津波堆積物をトロンメルや振動ふるいで分別・分級しただけの「低品質」の復興資材である「ふるい下残渣」をストックした場合、これらを優先的に使用してもらえるかは未知数である。

実際には使用側から発生側に対して、品質とともに必要な時期に必要な量をまとめて供給する必要があり、できれば高品質のものをストックしておくことも、速やかに処理を行う上で重要なポイントとなる。つまり、図 5-4 中の要件④の“確実に活用される”保証が質、量ともになれば、それらは廃棄物の扱いのままであり、需要と供給のマッチングの確率は非常に低いままで、処理が進まないことになる。このような観点からも、需要と供給のマッチングの確率を高めるためにも、より質の良い再生資材が求められるといえる。

その他の課題として、従来のトロンメルや振動ふるいによる分別・分級方法に代わる処理方法を考える場合、重要なことは経済性（処理コスト）である。すなわち、今回開発した方法が従来と比較して同等または低コストであることは重要なポイントである。また、その他の比較対象として、埋立処分のコストがあげられる。埋立処理には、新規処分場建設のケースも考えられるが、ここでは最寄り（東北地方）の既存の処分場での埋立処分と広域処理の場合のコストを対象とすることとした。

### 5.3 コスト試算

#### 5.3.1 試算条件

(1) 運転条件

- ・津波堆積土砂処理能力として、20m<sup>3</sup>/hr または 70m<sup>3</sup>/hr、8 時間運転/日
- ・処理する津波堆積物量：10,000m<sup>3</sup>

(2) 対象とする津波堆積物：4 種類

土砂部分の粒度 2 種類×がれき含有率 2 種類＝4 種類とした。

土砂部分の細粒分 16%～17%と 39%～40%、がれき含有率：それぞれ 10%と 25% (表-5.2)

表-5.2 コスト試算対象の津波堆積物の種類

津波堆積物名	がれき混入量 (体積割合)	土砂部分の 細粒分含有率Fc
土砂1-1	10%	16%
土砂1-2	25%	
土砂2-1	10%	40%
土砂2-2	25%	

(3) 分別分級処理費（直接工事費）の積算対象範囲

設備設置・撤去、分別・分級～凝集・簡易脱水、改質まで  
(場内・場外運搬、試運転、メンテナンス費用は含まない)

(4) 分級のレベル

分級砂の細粒分含有率：Fc=5%、Fc=15%の 2 種類

Fc=5%・・・無筋コンクリート用細骨材にも利用可能な高品質なもの

Fc=15%・・・ドレーン材や SCP 用など良質な土木用砂質土

(5) 簡易脱水フロックの状態、改質

- ・脱水フロックの含水比：175%・・・ボックス型＋水切りフレコン（半日程度自重脱水）に相当
- ・改質方法：BH 混合によるセメント固化を行う。

改質の直工費は 2,500 円/m<sup>3</sup>と想定（セメント添加量 150kg/m<sup>3</sup>）。

(6) 分級で得られた砂礫、改質土の扱い

分級砂礫や改質土は、有価な材料として取り扱うことができる。同一事業内で使用する場合は、新規購入分が減ると仮定し、参考として”差引後単価”を示している。なお、分級して得られた砂礫の単価としての設定は、被災地の実勢を勘案して若干高めの単価設定としている。

- ・Fc=5%の分級砂：3,500 円/m<sup>3</sup>（無筋コンクリート用細骨材など）
- ・Fc=15%の分級砂：3,000 円/m<sup>3</sup>（一般建設用砂質土）

・凝集ブロックのセメント改質土 : 2,000 円/m<sup>3</sup> (埋立用地盤材料など)

(7) その他

- ・分別されたごみ・がれきの処分費 : 23,000 円/m<sup>3</sup> (5.5 参照 ; 変動あり)
- ・日辺りの運転時間や取り扱い土量で単価は変動する.
- ・試算コストでは、土砂処分のための新たな処分場建設費用低減 効果や、新材採取による環境への負荷低減効果などを考慮していない.

### 5.3.2 コスト試算結果

表-5.3 にコスト試算結果例を示す。また、図-5.5 は土砂の種類と直工単価、図-5.6 は土砂の種類と経費込み単価の関係を示している。ここで、経費率は暫定として、直工費の40%と設定している。また参考として、分級で得られた砂礫や改質土が有価で売却できたと仮定した場合の差し引き後の経費込みの単価を図-5.7 に示す。

表-5.3 コスト試算結果例（津波堆積土砂の種類と分級レベルが違う場合の比較）

津波堆積土砂処理:1万m<sup>3</sup>当り

津波堆積土砂	津波堆積土砂の粒度 (%)				分級レベル Fc%	処理後の数量 (m <sup>3</sup> /1万m <sup>3</sup> )				直工単価 (円/津波堆積土砂m <sup>3</sup> )				単価 (円/m <sup>3</sup> ) (B) 間接経費込み (A)×1.40	売却分 (円/m <sup>3</sup> ) (C) 津波堆積土砂 1万m <sup>3</sup> 当り		売却分 差引後単価 (円/m <sup>3</sup> ) (B)-(C) 津波堆積土砂 1万m <sup>3</sup> 当り
	がれき 体積%	シルト 粘土	砂礫 細砂	土砂 部分の Fc		(a) がれき	(b) 砂礫	(c) フロック 改質土	有効利用 可能な 土砂量 (b)+(c)	分別分級 処理費	ガレキ 処分費	セメント 改質費	直工単価 小計 (A)		津波堆積土砂 1万m <sup>3</sup> 当り		
															砂礫	改質土	
1-1	10	15	75	16%	15	1,000	8,590	700	9,290	8,600	2,300	200	11,100	15,540	2,600	140	12,800
1-2	25	12	63	16%	15	2,500	7,220	400	7,620	7,300	5,750	120	13,170	18,438	2,200	80	16,158
2-1	10	35	55	39%	15	1,000	4,690	6,900	11,590	9,900	2,300	1,900	14,100	19,740	1,400	1,380	16,960
2-2	25	30	45	40%	15	2,500	4,100	6,430	10,530	8,100	5,750	1,800	15,650	21,910	1,200	1,290	19,420
1-1	10	15	75	17%	5	1,000	7,200	4,050	11,250	8,900	2,300	1,100	12,300	17,220	2,500	810	13,910
1-2	25	12	63	16%	5	2,500	6,050	3,200	9,250	7,500	5,750	900	14,150	19,810	2,100	640	17,070
2-1	10	35	55	39%	5	1,000	3,930	8,760	12,690	10,200	2,300	2,400	14,900	20,860	1,400	1,750	17,710
2-2	25	30	45	40%	5	2,500	3,440	8,050	11,490	8,400	5,750	2,200	16,350	22,890	1,200	1,610	20,080

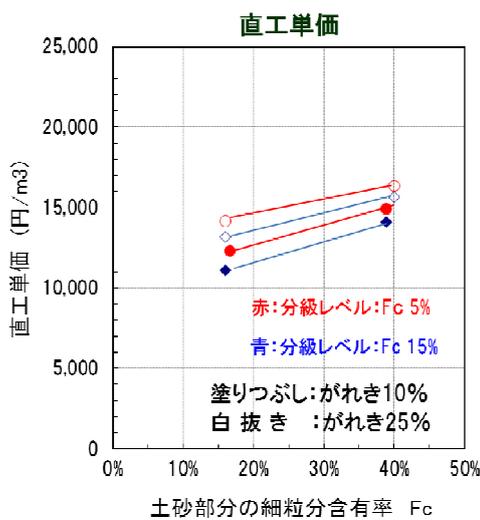


図-5.5 直工単価の例

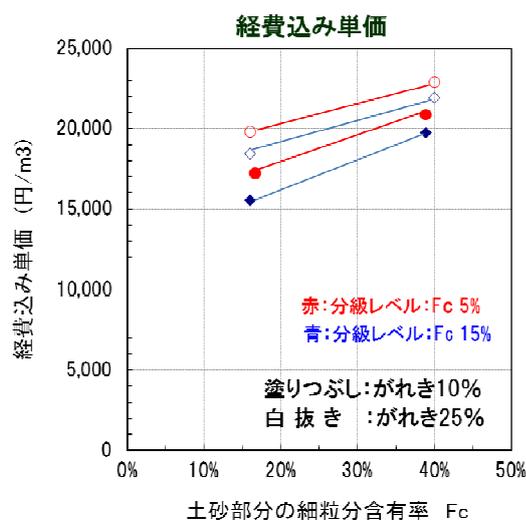


図-5.6 経費込み単価の例

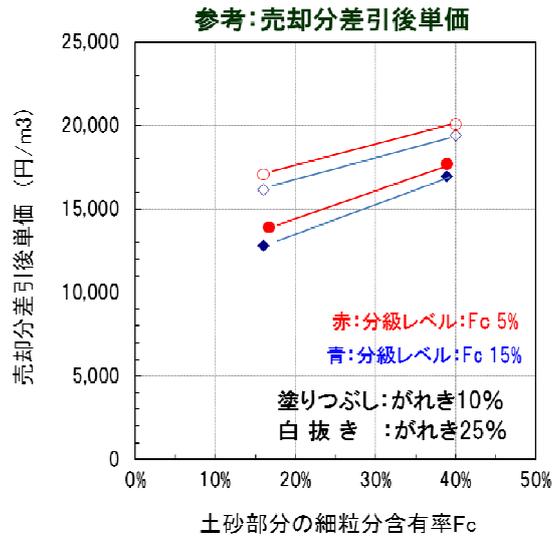


図-5.7 売却分差引き後の単価 (参考)

コスト試算結果を以下に記す。

(1) 津波堆積物の種類の違いの影響

- ・土砂部分の細粒分が多いと単価が高い傾向がある (凝集・脱水、改質処理が影響)。
- ・分級レベルは、分級砂の細粒分を少ないケースほど単価が高い傾向がある (ただし直工で 10%未満)。
- ・がれきやごみの混入量の多いほど単価が高くなる傾向がある。

(2) 上記の条件の範囲では、直工で 11,000 円/m<sup>3</sup>~16,000 円/m<sup>3</sup>程度。

がれきやゴミの混入量が少なく、細粒分の少ない土砂ほど単価が安い傾向がある。

(3) 参考ではあるが、分級処理で得られた土砂が有価で取り扱える (売却可能または同一プロジェクトで利用可能な場合は、購入分が減る) と仮定した場合、コストは 10%~20%低減する。

## 5.4 コスト比較1

### 5.4.1 比較対象と条件

ここでは、被災地において津波堆積土砂の分別処理で良く使用されている、トロンメルによる乾式分級（TRM）と、当工法による湿式分級（ソイルセパレータ・マルチ：SM）とのコスト比較結果を示す。

トロンメルとは、加水なしでふるい分けする方法で、加水を行うソイルセパレータ・マルチ工法が湿式分級と呼ばれるのに対して、乾式分級と呼ばれる。図-5.8 にトロンメルによる津波堆積物の分別・分級方法の特徴を示す。



図-5.8 トロンメルによる津波堆積物処理の特徴

次ページの表-5.4 に、SM と TRM のコスト比較条件を示す。なお、処理対象の津波堆積物は、前節 5.3 コスト試算で使用したのと同じ（4種類）である。

表-5.4 ソイルセパレータ・マルチ (SM) とトロンメル (TRM) の比較条件

種類	ソイルセパレータ・マルチ(SM)による 湿式分別・分級	トロンメル(TRM)による 乾式分別・分級
イメージ		
(特徴)	加水して分別・分級し、良質な砂礫を抽出 粘土分のフロックも固化処理して有効利用	乾式(加水なし)で分別・分級し、 細粒分を含んだ土砂を得る <b>被災地で最も多く使われている分級工法</b>
分級方法	1次処理：加水＋スケルトンBH 2次～4次処理：サイクロン、振動フルイで分級 分級後の砂礫は細粒分含有率5%程度 (Fc5%砂礫) 5次処理：細粒分泥水の凝集沈殿、フロックの簡易脱水 (脱水フロックの含水比175%：気仙沼実績)	1次処理：スケルトンBH、振動フルイ 2次処理：トロンメル&風力選別機
分級処理の 直工単価	7,500～10,200円/m <sup>3</sup>	7,000円/m <sup>3</sup>
分級処理の 積算対象範囲	設備設置・撤去、分級～凝集・簡易脱水まで (場内・場外運搬、試運転、メンテ費用は含まない)	設備設置・撤去、分級・選別のみ (場内・場外運搬、試運転、メンテ費用は含まない)
脱水フロックの セメント固化・改質 単価(直工)	2,500円/m <sup>3</sup> <b>凝集フロック全数量を対象</b>	2,000円/m <sup>3</sup> <b>分別・分級後の半数を対象(土質、含水比による)</b>
ガレキの状態 および 処分単価	加水・洗浄・分級方式(湿式)のため、 ガレキに土砂が付着しない  分別したガレキの処分費 23,000円/m <sup>3</sup>	乾式フルイなので、ガレキに土砂が付着する → <b>ガレキ量 = 湿式分級の5割増</b>  分別したガレキの処分費 23,000円/m <sup>3</sup>
得られる土砂	砂礫(有価で売れる) Fc5%砂礫：3,500円/m <sup>3</sup>	砂礫は得られない
	フロックは固化・改質後、埋立柱材などで有効利用 (有価で売れる) 改質土：2,000円/m <sup>3</sup>	分別された土砂は、埋立柱材などで有効利用 半数を固化・改質する(土質、含水比による) 改質土：2,000円/m <sup>3</sup>

※：トロンメルによる直工単価(7,000円/m<sup>3</sup>)：実際の某がれき処理JVの実行予算を参考に設定

### 5.4.2 コスト比較結果

表-5.5 にコスト結果を示す。図-5.9 は両工法の直工単価比較、図 5.10 は経費込みの単価の比較結果を示したものである。図-5.11 は分別・分級で得られた土砂を売却できたと仮定した場合の差引き後単価を示している。また、図-5.12 は両工法から得られる有効利用可能な土砂量の比較を行った結果である。

表-5.5 SM と TRM のコスト比較結果

工法	津波堆積土砂	津波堆積土砂の粒度 (%)				分級レベル	処理後の数量 (m <sup>3</sup> /1万m <sup>3</sup> )				直工単価 (円/m <sup>3</sup> )				単価 (円/m <sup>3</sup> ) (B) 間接経費込 (A)×1.40	売却分 (円/m <sup>3</sup> ) (C) 津波堆積土砂 1万m <sup>3</sup> 当り		売却分 差引後単価 (円/m <sup>3</sup> ) (B)-(C) 津波堆積土砂 1万m <sup>3</sup> 当り
		がれき 体積%	シルト 粘土	砂礫 細砂	土砂 部分の Fc		(a) がれき	(b) 砂礫	(c) 改質土 土砂	有効利用 可能な 土砂量 (b)+(c)	分別分級 処理費	がれき 処分費	セメント 改質費	直工単価 小計 (A)		津波堆積土砂 1万m <sup>3</sup> 当り		
																砂礫	改質土	
SM	1-1	10	15	75	17%	Fc5%	1,000	7,200	4,050	11,250	8,900	2,300	1,100	12,300	17,220	2,500	810	13,910
	1-2	25	12	63	16%	Fc5%	2,500	6,050	3,200	9,250	7,500	5,750	900	14,150	19,810	2,100	640	17,070
	2-1	10	35	55	39%	Fc5%	1,000	3,930	8,760	12,690	10,200	2,300	2,400	14,900	20,860	1,400	1,750	17,710
	2-2	25	30	45	40%	Fc5%	2,500	3,440	8,050	11,490	8,400	5,750	2,200	16,350	22,890	1,200	1,610	20,080
TRM	1-1	10	15	75	17%	がれき + 土砂	1,500	0	8,500	8,500	7,000	3,450	900	11,350	15,890	0	1,700	14,190
	1-2	25	12	63	16%	がれき + 土砂	3,750	0	6,250	6,250	7,000	8,625	700	16,325	22,855	0	1,250	21,605
	2-1	10	35	55	39%	がれき + 土砂	1,500	0	8,500	8,500	7,000	3,450	900	11,350	15,890	0	1,700	14,190
	2-2	25	30	45	40%	がれき + 土砂	3,750	0	6,250	6,250	7,000	8,625	700	16,325	22,855	0	1,250	21,605

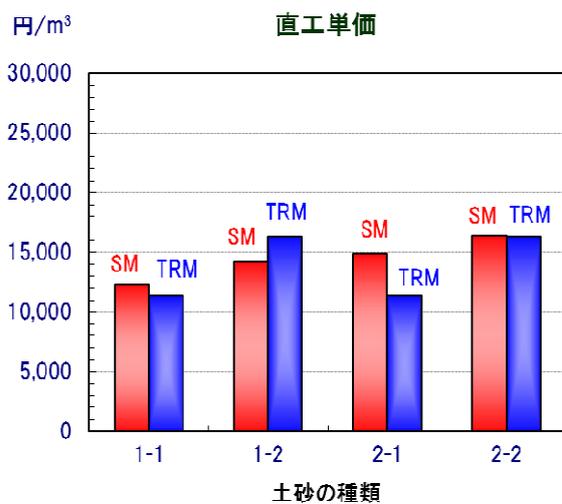


図-5.9 直工単価 (SM と TRM)

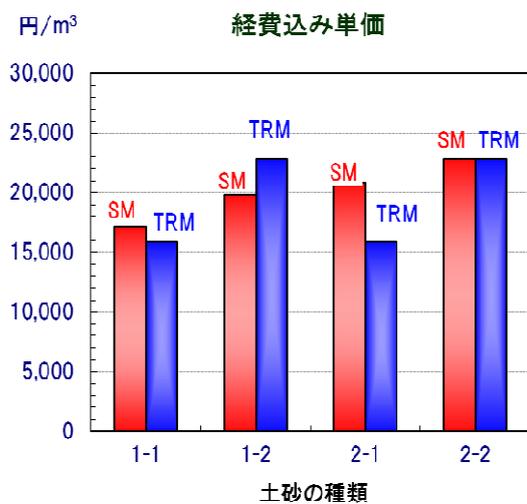


図-5.10 経費込み単価 (SM と TRM)

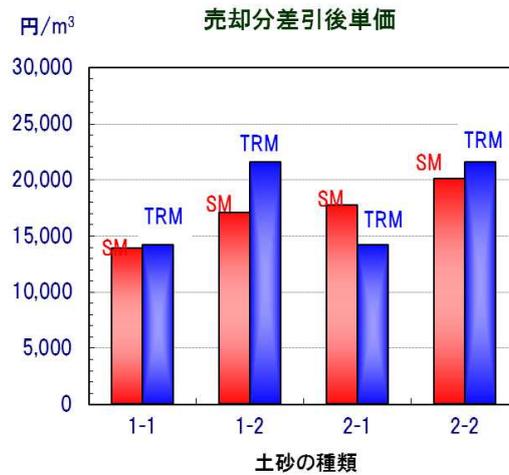


図-5.11 売却分差引き後の単価比較 (SM と TRM : 参考)



図-5.12 分級後の土砂量の比較 (SM と TRM)

両工法のコスト比較と評価を行った結果を以下に記す。

- (1) SM と TRM の単価は、対象とする津波堆積物の違いにもよるがほぼ同等レベルである。
  - ・ がれき混入量が少ない (10%) ケースでは、土砂部分の細粒分が少なとい (15%) 場合は、SM の方が若干高いが、土砂部分の細粒分が多くなる (40%) と TRM の方がさらに低コストとなる傾向がある (土砂 1-1 と土砂 2-1)。
  - ・ がれき混入量が多い (25%) ケースでは、土砂部分の細粒分が少ない (15%) と SM が低コストであるが、細粒分が多くなると (40%) TRM とほぼ同コストとなる傾向がある (土砂 1-2 と土砂 2-2)。
- (2) 有効利用可能な土砂量は、SM の方が TRM の 20%~40%多い。

TRM で得られる土砂は、「ふるい下残渣」と呼ばれ、ごみやがれきが混入した低品質なものであるが、SM で得られる砂礫や改質土（脱水ブロックをセメントで改質したもの）には、ごみやがれきが混入していない高品質なものである。

今回、SM による方法では、砂礫やシルトを分級した後の粘土分が含まれた泥水を、凝集沈殿処理したブロックを簡易脱水とすることで、容量を減少させない方法をとっている。なお、高含水比の凝集ブロックは、改質後に破碎・攪乱して再転圧後に盛土材などとして十分な強度が得られるような配慮を行うものである。従って、ごみやがれきの混入率や土砂部分の粒度にもよるが、処理前の津波堆積物とほぼ同量または多くの土砂を得ることができるものとしている。

参考として、図-5.13 にがれき混入率が 10%で、土砂部分の粒度が異なる 2 ケースの津波堆積物を処理した場合の土量収支を示す（凝集ブロックの含水比は 175%と設定した場合）。

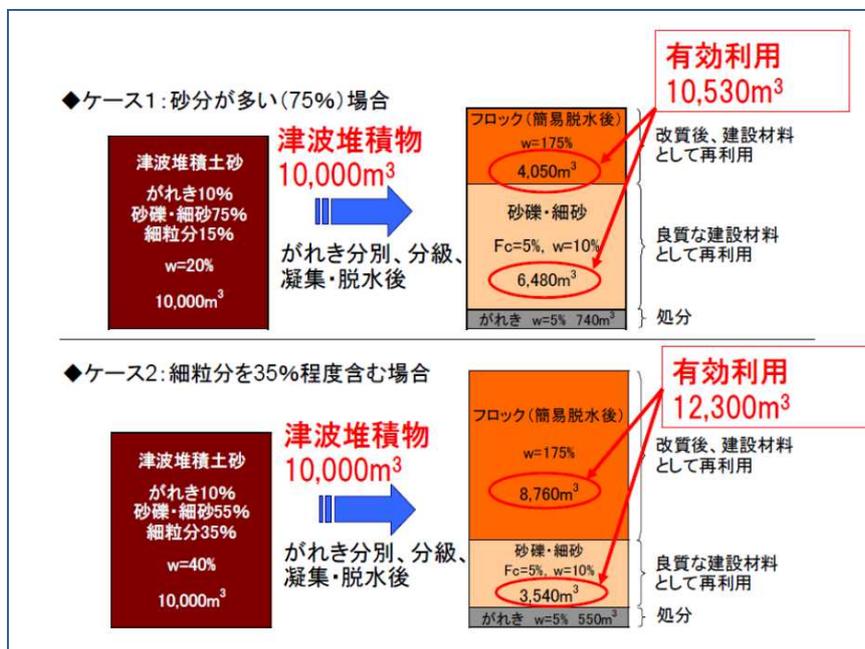


図-5.13 津波堆積物の SM による処理前後の土量収支の計算例

- (3) 津波堆積物の処理単価が同レベルで、SM で得られる土砂が高品質であることを考えると、SM による処理は TRM より優れた方法と評価することができる。

## 5.5 コスト比較2（埋立処分費）・・・参考

ここでは、比較対象として津波堆積物を埋立処分を行った場合のコストに関して調べた結果を示す。

津波堆積物を有効利用せずすべて埋立処分を行うことはないこと、また処分場を造成する工期や場所・容量を考えた場合、非現実的ではある。しかし、がれきやごみを含んだ津波堆積物が、産業廃棄物扱いになった場合は、その一部は埋立処分を行わざるを得ないケースも十分にあり得る。そこで被災地周辺地域で埋立処分を行う場合の実勢価格を調べた結果を示す。

表-5.6 に岩手県、青森県の HP など調べた埋立処分単価を示す。概ねトン当たり 2.0 万円から 3.0 万円程度（輸送費、処分費、産廃税込み、いずれも仮置き場での破碎選別処理は含まない）である。がれきのかさ密度は、概ね 1.1t/m<sup>3</sup>程度と仮定し、1m<sup>3</sup>当たり単価に換算すると、1.8 万円～2.7 万円/m<sup>3</sup>程度（平均 2.3 万円/m<sup>3</sup>）になる。ただし、さらに広域処分となる場合は運搬費がかかるため、これらの価格よりも割高になるものと考えられる。

5.3 で示した、本技術による津波堆積物の処理単価は、経費込みで概ね 17,000 円/m<sup>3</sup>から 23,000 円/m<sup>3</sup>程度であった。これには場内外での運搬費や機材のメンテナンス費用は含まれていないものの、ここで示した埋立処分費と比較しても、同等レベルかそれ以下のコストであるといえる。

表-5.6 埋立処分費用

		トン当たり単価	場所など	出典
埋立処分		20,000～25,000円	いわてクリーンセンター	岩手県HP(環境/廃棄物/廃棄物処理)契約単価
		19,900円	三戸ウエストパーク県境再生企業体 運搬費、産廃税込み	青森県HP(県境再生対策室)契約単価
		22,000円	むつ市 青森クリーン共同企業体 運搬費、産廃税込み	青森県HP(県境再生対策室)契約単価
参考	破碎選別処理	20,000～30,000円	場所:特に指定なし プラント設備費、運転管理費、一時仮置き場からの運搬経費を含む	岩手県HP(環境/廃棄物/廃棄物処理)契約単価
	汚泥等付着金属くずの焼却	74,550円	秋田県大館市 エコシステム秋田	青森県HP(県境再生対策室)契約単価

## 5.6 分級後の土砂の有効利用方法

本技術で分別・分級後に得られた土砂は、高品質な復興資材として、多岐にわたる有効利用方法が期待できることは、既に説明したとおりである。ここでは、震災復旧における、分級後の土砂の有効利用方法として、地盤沈下対策や被災した建造物の復旧、補強の他、各種インフラ整備において様々な用途の案を検討した結果を示す。

### ◎広域地盤沈下対策の土砂

地震によって基盤沈下した地域の地盤の嵩上げ

### ◎被災した建造物の復旧および津波対策目的の補強用の資材

- ・港湾建造物の復旧（津波に対する粘り強い構造への強化）
- ・河川・海岸堤防の嵩上げ
- ・津波に対する粘り強い構造への強化
- ・高台の造成
- ・干潟の造成・復旧

### ◎上記に伴う、各種インフラ整備用資材

- ・道路・歩道や擁壁などの基盤材
- ・盛土や擁壁、排水路などの排水材
- ・盛土の表層被覆材
- ・各種無筋コンクリート用骨材 など多種多様

以下、図-5.14 から図-5.19 に用途の例を示す。

## (1) 海域での有効利用方法

◎無筋コンクリート用骨材……粘り強い港湾構造物用の被覆ブロック

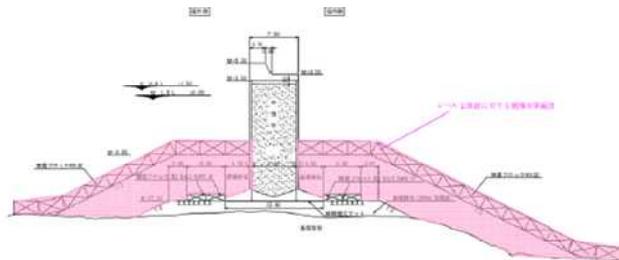
既存港湾構造物の復旧用 //

(今後大量のブロックの需要が見込まれる)

◎地盤の嵩上げ用地盤材料

○ケーソンなど構造物の中詰め(砂礫)

○海岸再生(海水浴場、公園など)、養浜、人工干潟



ケーソン埋 レベル2津波対応断面  
※断面はあくまで概念条件での設計算出例であるため、今後変更する可能性がある。

レベル2津波対策用の防波堤の補強断面例

図-5.14 海域での有効利用-1

### ■ 海岸堤防等の粘り強い構造

「粘り強い構造」の基本的な考え方：設計対象の津波高を超え、海岸堤防等の天端を越流した場合でも、施設の破壊、倒壊までの時間を少しでも長くする、あるいは、全壊に至る可能性を少しでも減らすことを目指した構造上の工夫を施すこと。

#### ①裏法尻部、裏法勾配

・被災形態：津波が海岸堤防を越流した後、裏法尻部の地面等を洗掘。これをきっかけに裏法被覆工等の損壊、流失等を引き起こす。

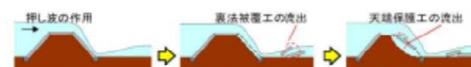


・工法：裏法尻部に保護工を設置すること等により被覆  
 さらに、裏法尻部の被覆に加え、裏法を緩勾配化



#### ②天端保護工、裏法被覆工、表法被覆工

・被災形態：津波の高速な水流による天端保護工、裏法被覆工の流失や堤体土の吸出し。  
 (引き波においても同様の被災形態が考えられる。)



・工法：天端保護工や裏法被覆工、表法被覆工の部材厚の確保、部材間の連結（重量や強度の確保）

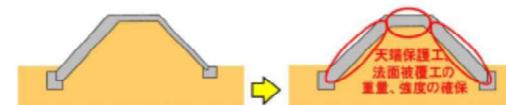
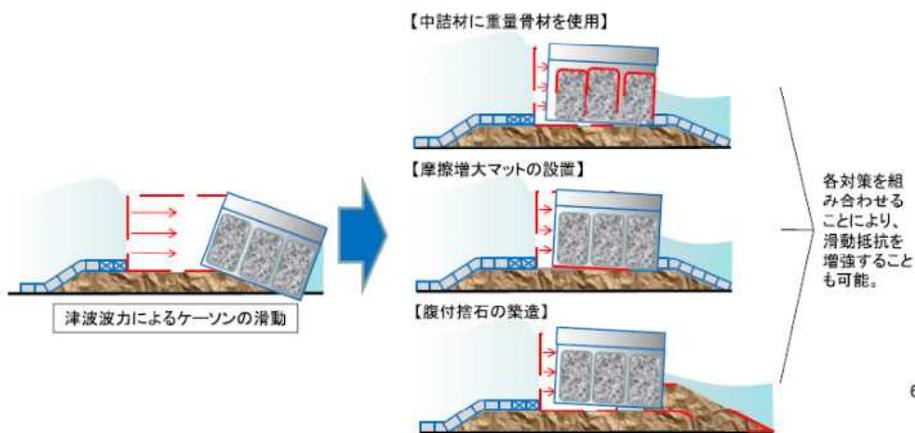


図-5.15 海域での有効利用-2

## 粘り強い防波堤構造のイメージ

### ○堤体の滑动に対する対策

- ① ケーソンの中詰材に重量骨材(フェロニッケルスラグ、垂鉛鉱さい等)を使用し、堤体重量を増加させる。
- ② ケーソン底面に摩擦増大マットを設置し、堤体の滑动抵抗を増強する。
- ③ 港内側に腹付捨石による補強体を築造し、滑动抵抗を増強する。

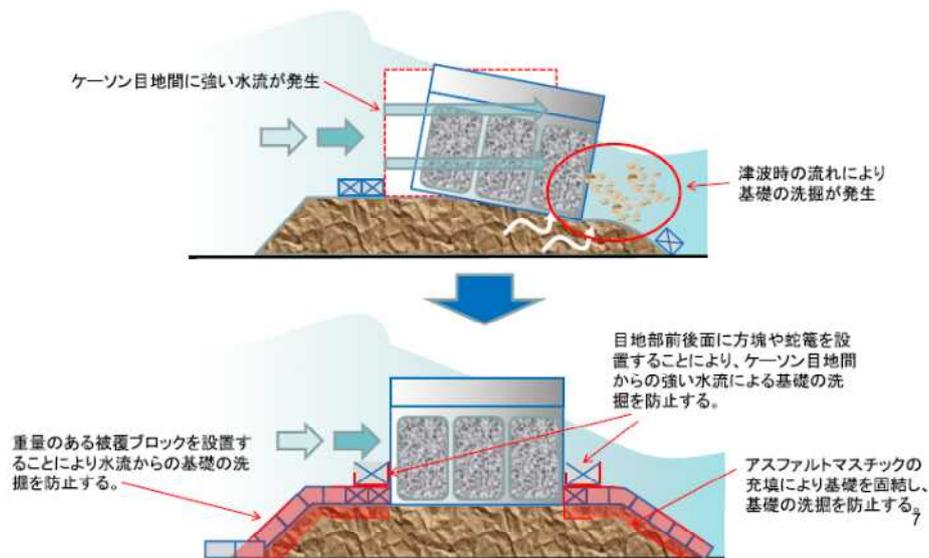


6

図-5.16 海域での有効利用-3

## 粘り強い防波堤構造のイメージ

### ○基礎の洗掘に対する対策



7

図-5.17 海域での有効利用-4

# 1.干潟造成による自然再生への有効利用

## <干潟再生の効果>

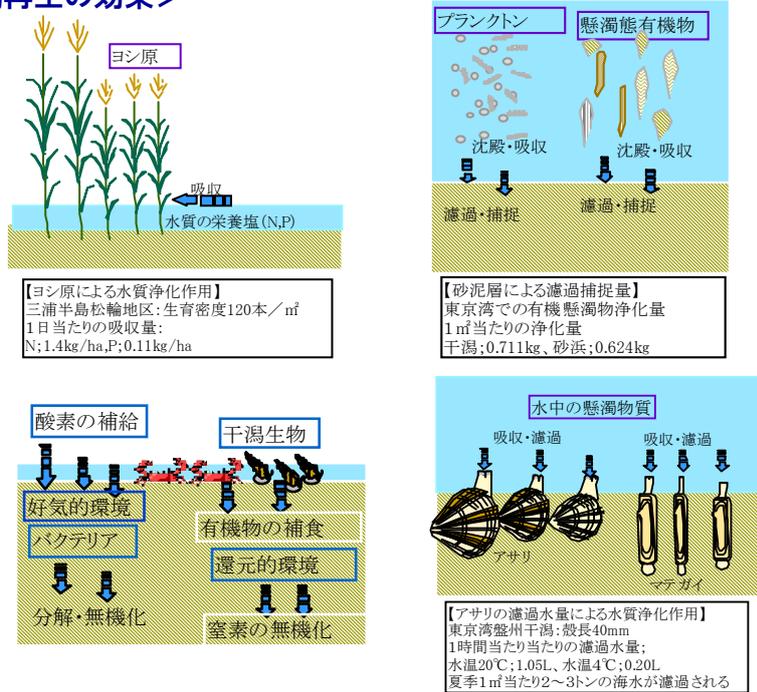


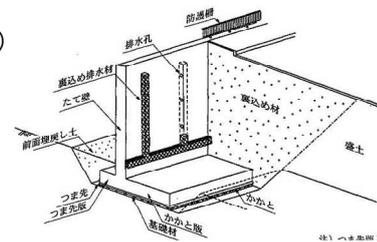
図-5.18 海域での有効利用-5 (干潟造成)

## (2)陸域での有効利用方法

- 地盤の嵩上げ(砂礫, 固化処理ブロック)
- 道路, 歩道の基盤材(砂礫, 固化処理ブロック)
- 擁壁などの裏込め材(礫材)
- 河川堤防などの嵩上げ材(固化処理ブロック)
- 盛土や各種排水設備(暗渠など)のドレーン材(砂礫)
- 歩道のブロックなど無筋コンクリート用骨材(砂礫)
- 公園, グランドなどの整備(砂礫)
- 盛土の表面被覆材(固化処理ブロック)



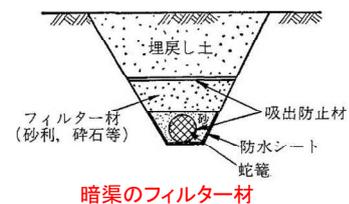
道路の基盤材



擁壁の裏込め材

## (3)その他の有効利用方法

- 降雪地域の道路凍結対策用の撒き砂材(砂)



暗渠のフィルター材

図-5.19 陸域その他での有効利用

## 5.7 産学官テーマ推進委員会、現場見学会の開催

本技術の事業化検討は、産学官テーマ推進委員会を通して検討を行った（第1章 1.6 参照）。

委員会で議論した内容は、付録 産学官テーマ推進委員会を参照願いたい。議事内容および委員会に使用した資料を示している。

また、現場実証実験では、国交省東北地方整備局、宮城県、岩手県陸前高田市、民間がれき JV、産廃処理業者、その他関連する民間会社に対して現場見学会・説明会を開催し、本技術の性能や能力や実現性などについて説明を行った（平成 24 年 5 月 18 日：写真-5.1）。



写真-5.1 現場見学会の実施状況

## 5.8 まとめ

現在被災地で行われている、またはこれから行われる予定のトロンメルなどによる処理では、がれきやごみが混入した低品質な土砂（ふるい下残渣）が製造される。また現状では、これらを復興資材として有効利用する際に、“廃棄物と見なさない条件”を満たすことは難しい状況である。これは、再利用に関する指針やマニュアルにその評価基準が明確に示されていないこと、環境省によって震災前と同レベルに近い環境安全性とその管理が求められていることが原因と考えられる。従って、仮に津波堆積物をトロンメルや振動ふるいで分別・分級しただけの「低品質」の復興資材である「ふるい下残渣」をストックした場合、これらを優先的に使用してもらえるかは未知数な状況にある。

実際には使用側から発生側に対して、品質とともに必要な時期に必要な量をまとめて供給する必要がある、できれば高品質のものをストックしておくことも、速やかに処理を行う上で重要なポイントとなる。つまり、“確実に活用される”保証が質、量ともになれば、それらは廃棄物の扱いのままであり、需要と供給のマッチングの確率は非常に低いままで、処理が進まないことになる。このような観点からも、需要と供給のマッチングの確率を高めるためにも、より質の良い再生資材が求められているといえる。

それに対して、本技術で処理された得られた土砂は、高品質な復興資材として、多岐にわたる有効利用方法が期待できることが、現場実証実験と事業化検討を通して確認され、品質、コスト両面において十分に事業化が可能であると考えて良いといえる。

事業化に向けての課題としては、以下の2つがあげられる。

本技術は現在、当社が保有している資機材一式（能力 70~80m<sup>3</sup>/時間：津波堆積物処理ベース）が1セットと、リース品で能力 20m<sup>3</sup>/時間の資機材が1セットと限られている。新たに資機材を製作するには、発注から数カ月を要すること、新たな資機材を調達するにはある程度の規模の処理量が求められるという点は課題のひとつといえる。

もうひとつの課題としては、能力 70~80m<sup>3</sup>/時間のシステムでは、3~4日分の津波堆積物や処理した土砂のストックヤードを含めて、概ね 70m×150m 程度（約 1ha）のヤードを必要とする点である。被災地においては、津波で流出してヤードを確保できそうな比較的広い敷地が確保できそうな場所もあるが、それぞれの場所では現在復興計画が立てられ、もとの地権者を含めて被災地の方々が生活や生産活動を始めているため、用地確保は事業化における大きな課題である可能性がある。

（なお、他に先駆けて、岩手県陸前高田市では、本技術と同じ“湿式分級技術”を導入し、処理を始めている。）



---

---

## 第6章 まとめ

---

---

本研究は、平成23年度の第3次補正予算で行われた「国交省建設技術研究開発助成制度」の研究課題として採択されたものである。震災後約8ヶ月が経過した平成23年11月1日に公募され、震災からの復旧・復興に向け、特に緊急性・重要性の高い「液状化対策」と「がれき処理対策」に関するテーマが集められた内のひとつである。

津波堆積物は、現行の乾式分級工法であるトロンメルなどで処理された「ふる下残渣」は、大きながれきやごみは除去されているものの、50mm以下の大きさのごみやがれきが混入したものとなる。それに対して、加水を伴う湿式分級工法である本技術（ソイルセパレータ・マルチ工法）によって分別・分級されて得られた土砂は、ごみやがれきが混入されていない良質なものであり、高品質で様々な復興資材としてのニーズに応えられるものであることが現場実証実験で実証された。また、処理に係るコストも、従来の乾式分級とほぼ同レベルであることも本研究を通して十分に実証されたといえる。

本研究開発の公募は、時期的に環境省の災害廃棄物処理に関する「マスタープラン」が平成23年5月、環境省の「東日本大震災津波堆積物処理指針」が同年7月に公表され、徐々に被災地の自治体が災害廃棄物処理の計画を立て始めた時期のものであった。その後、国土交通省や各自治体が策定した、災害廃棄物の処理に関する指針やマニュアル、実施の詳細計画等が徐々に発表されてきた。このような時期に進めてきた本研究開発では、本技術の事業化に向けた検討を進めてきたが、津波堆積土砂（津波堆積物）の処理の方向性に関しては、様々な指針やマニュアルのなかでは、有効活用における評価基準が明らかにされていないことが判ってきたのは、岩手県が「復興資材活用マニュアル」を公表し、岩手県や宮城県が処理の実行計画や詳細計画を改定した平成24年7月以降になってからであった。

第5章で示したように、現時点（平成24年11月末）において被災地での津波堆積物の処理率は全体の15%であり、岩手県、福島県に至っては2%と非常に低いレベルにある。この原因には、津波堆積物以外の災害廃棄物の被災地や他県での広域処理の施策などに大きな負担がかかっていること、大量の土砂を必要とするランドデザインを含んだ復興計画が決まらないことなどがあげられる。さらに、ごみやがれきを含んだ土砂をどのような評価基準で、誰の責任で復興資材化できるかが、明確になっていないことが大きな原因の一つとなっていることが本検討を通して浮き彫りにされてきたという感想である。

これに対して、津波堆積物の有効活用には、「環境面でのリスク評価の考え方を新たに構築すること、例えば、環境基準等の適用の厳格性に対して緩和の考え方を取り入れることなどが必要である」、との考え方がある（第5章 5.2.3に示した『地盤工学会の提言』）。仮にこれが可能になると、現行の方法で処理したものを盛土や埋土として容易に利用することが可能になり、処理・処分が大幅に進捗してい

くものと推測される。しかし、従来は廃棄物に該当する可能性の高いものを、“廃棄物に該当しない”と決定するには、かなりのプロセスが必要でそれに関連する責任問題や費用の発生も出てくることを考えると、津波堆積物の処理のさらなる遅延に繋がりがかねない。

一方で、コンクリートがらの再利用などは津波堆積物と比較して、再資源化が進んでいる。これは土砂と比較して分別がしやすいこと、評価基準が作りやすいことが理由としてあげられる。さらには、コンクリートがらの破砕や処理には環境省の災害廃棄物処理の予算が充てられ、処理済みの資材として比較的安価に直轄工事や地方自治体の工事に組み込まれる仕組みが早期にできたことも大きく影響していると考える。津波堆積物の処理は、本来環境省の予算で行わなければならないものであり、コンクリートがらと同様に保証直轄工事や地方自治体の工事に復興資材として提供する時点で、品質が保証されかつ低価格で提供される仕組みが不可欠であると考ええる。

なお、他に先駆けて岩手県陸前高田市では、環境省の予算の範囲で本技術と同じ“湿式分級技術”を導入して処理を始めているということである。今後は、我々も本研究で得られた知見を広報、営業活動を通して本技術の実用化に向けての活動を続けていく予定である。

最後に、本研究開発課題を採用頂き、必要な手続きなどでお世話になりました国土交通省大臣官房 技術調査課、現場実証実験で用地をお貸し頂きました JX 日鉱日石エネルギー(株)、津波堆積物を借用頂きました宮城県気仙沼土木事務所、産学官テーマ推進委員会メンバーの方々、現場実証実験にご協力していただきました協力会社、関連会社の皆様に、厚く御礼を申し上げます。

以 上

## 付録：産学官テーマ推進委員会

本助成研究では、技術研究開発提案を着実に推進し、目標達成に向けて確実な進捗管理を図るため、産学官の分野から構成される委員会を設置し、以下の項目を実施することとなっている。

- 1) 実証実験により、当該研究開発成果が有効に機能することの確認
- 2) 当該研究開発成果の具体的な事業化計画を作成

今回、産学官テーマ推進委員会は、それぞれの分野から2名または3名を選出・依頼して、以下のメンバーで構成した。

カテゴリ	氏名	所属・役職	備考
官	原田 卓三 佐瀬 浩市	国土交通省 東北地方整備局 港湾空港部 港湾空港企画官	転勤により、第3回以降、原田氏から佐瀬氏に交代
	遠藤 信哉	宮城県 土木部 土木部次長	
	渡部 要一	(独) 港湾空港技術研究所 地盤研究領域長	
学	高橋 弘	東北大学大学院 環境科学研究科 教授	<b>委員長</b>
	小峯 秀雄	茨城大学 工学部 都市システム工学科 教授	
産	片桐 雅明	株式会社日建設計シビル 地盤調査設計部 設計主管	
	笠原 勉	いであ株式会社 国土環境研究所 生態解析グループ 技師長	
社内委員	奥 信幸	東亜建設工業株式会社 土木事業本部 技術部 部長	
	泉 信也	東亜建設工業株式会社 土木事業本部 機電部 機械グループリーダー	

以下に、議事内容および委員会開催時に事務局側が準備した資料を添付する。

## 第1回委員会

◆開催日時：平成24年4月17日（火） 15:00～18:00

◆開催場所：東亜建設工業㈱本社 会議室（東京都新宿区）

◆出席者：

### 【議長】

東北大学大学院環境科学研究科

高橋弘 教授（テーマ推進委員会委員長）

### 【社外委員】

国土交通省東北地方整備局港湾空港部

原田卓三 港湾空港企画官

宮城県土木部事業管理課

新田弘 課長（遠藤土木部次長代理出席）

茨城大学工学部都市システム工学科

小峯秀雄 教授

株式会社日建設シビル地盤調査設計部

片桐雅明 設計主管

いであ株式会社国土環境研究所生体解析部

笠原勉 技師長

### 【社内委員】

東亜建設工業㈱土木事業本部技術部

奥信幸 部長

東亜建設工業㈱機電部機械グループ

泉信也 グループリーダー

### 【事務局】

幹事 東亜建設工業㈱技術研究開発センター

御手洗義夫（研究代表者）

副幹事 東亜建設工業㈱ //

居場博之（共同研究者）

補佐 東亜建設工業㈱ //

西田浩太（共同研究者）

補佐 東亜建設工業㈱ //

湯浅大樹（共同研究者）

◆欠席者

宮城県土木部遠藤信哉 次長（新田課長が代理出席）

独立行政法人港湾空港技術研究所地盤研究領域 渡部要一 領域長（事前 4/13 にヒヤリング）

◆内容

- (1) 本研究開発の背景、目的、得られる効果、用いる分級処理技術、現場で行う実証実験の内容、分級後の土砂の有効利用方法等について、事務局から説明を行った。
- (2) 成果として実証実験に用いる津波堆積土砂および海水の事前分析結果の報告を行った。
- (3) 現場および準備工の状況を写真を交えて説明を行った。
- (4) 以上の項目について、質疑応答および意見交換を行った。
- (5) 今後の予定として、次回（第2回）委員会までに「現場実証実験の準備」、「各種室内試験計画の詳細の決定」、「脱水フロックの改質に関する配合試験計画の決定」、「事業化計画に関するコスト試算、コスト比較の準備」を行うことを確認した。

◆主な意見・要望および事務局からの回答

- (1) 実証実験で使用する津波体積土砂に対して、放射能に関しても分析に出し、数値化しておく必要があるのではないかと。  
→実証実験では空間線量計を用いて値を確認。問題となるレベルではなかった。
- (2) (資料3の「4.現場実証実験の内容」について) (2次処理で生成されたがれきは) 比重による選別はできないのか。  
→本来は一番初めの工程で水通しを行い、比重の軽いビニールや木端等を除外しておくことが望ましいが、今回は借地の関係上ピットを掘ることなどができないため不可能である。
- (3) (資料3の「4.現場実証実験の内容」について) 3次処理で具体的にどうやって比重の軽いビニール等を除去するのか。  
→水槽に土砂を入れ加水し攪拌を行い、浮いてきた比重の軽いものだけを除去する仕組みを考えている。
- (4) (資料3の「4.現場実証実験の内容」について) 分級に使用した処理水の最終処理はどうするのか。  
→循環して利用するため、あるピッチで処理し放水することになる。なるべく循環させ排水を少なくするようにする。
- (5) (資料3の「5.現場実証実験における調査・試験項目(案)」について) 分級した土砂を有効利用して海に利用する場合、環境基準があるので調査しておいた方がいいのではないかと。
- (6) (資料3の「5.現場実証実験における調査・試験項目(案)」について) 処理前の土砂だけでなく、加水する海水の特性も調べた方がいいのでは。  
→事前に土砂の環境基準、および海水の分析も実施済み。
- (7) (資料3の「5.現場実証実験における調査・試験項目(案)」について) 気仙沼だと問題ないと思うが、放射性物質が福島では陸上から出ている。基準値内であり問題ないが、周辺の住民や漁業関係者の感情を考えると使用が難しいと感じる。放射性物質の計測も検討してみてはどうか。  
→実証実験では空間線量計を用い、値を確認。問題となるレベルではなかった。
- (8) 今後の予定としてのコスト試算をして、よい(有効利用)方法があったとしても、価格が高い場合は脱水して捨てる方が安いということもあり得る。最終的にはコストの問題が絡んでくると思うので、「減容化」などの表現も含めて検討していただきたい。  
→「あるレベルまで脱水すると、脱水には  $m^3$  あたりいくら」で、改質も「このくらいの

状態まで改質したらいくら」という表現で検討する。

- (9) 今回扱う土砂は、本（分級）システムの実証性を評価する上でどのくらいの代表性があるのか？資料 5 の 14 から 16 ページ（粒径加積曲線）までを見ると、全試料とも同じような S 字のカーブであり、主に中砂、中礫が多い。今回の材料はシステムの成立性を示すにはいいと思うが、適用限界を考えるのであれば、もう少し違う（粒度分布の）材料を用いてみるべきでは。

→今回、大きい礫はあらかじめ分析用に除去している。粒度によって機械の能力に差が出ないよう、礫が多い場合や粘土が多い場合に対応したトータルシステムを考えている。粘土、砂の含有量に幅があっても一部分の分級ステップの機械を増強することによって対応できる準備している。

- (10)（資料 3 の「6. 分級後の砂礫・シルト・処理後ブロックの有効利用方法」について）分級して材料が出たら無償で提供するのか？

→その件についてはこれからの委員会で、どういう事業の中で使っていくかというアイデアを出しながら決めていきたい。恐らく小さな工事の中で、少量の分級された土砂を出しても誰もいらないと思う。1 つの考えとしては、がれき JV の中でこのシステムが使えるのではと考えている。この件については、次回や次々回の委員会の中でも議論をさせていただきたい。

- (11)（資料 3 の「6. 分級後の砂礫・シルト・処理後ブロックの有効利用方法」について）「こういう材料が分級されている」ということが市町村へ情報提供されにくいとすれば、国交省に対する提案だけではなく、市町村に対する提案も盛り込んで。それは広域地盤沈下対策が該当するのでは。国交省に対してだけでなく、独自にアイデアを出すのが難しい市町村に対して我々がフィードバックできるものを提案してみてもいいのでは。

#### ◆委員会開催状況



第 1 回委員会資料

## 津波堆積土砂からの がれき分別と土砂の分級による 良質な建設材料の有効利用

### 第1回テーマ推進委員会用資料



平成24年 4月17日

東亜建設工業株式会社  
(研究代表者:御手洗 義夫)

## 目次

1. 研究の背景 .....	3
2. 津波堆積土砂の処理に対する考え方 津波堆積土砂の物性に関する調査結果 .....	12
3. 今回の研究開発項目と目的・効果 .....	18
4. 現場実証実験の内容 .....	25
5. 現場実証実験における調査・試験項目(案) .....	37
6. 分級後の砂礫・シルト・処理後フロックの有効利用方法 .....	43
7. 今後の予定(第2回委員会まで) .....	51

# 1. 研究の背景

## 研究の背景

- ◆ 今回の津波により、**大量の土砂やがれきが運ばれて堆積**  
⇒ 撤去・処分が復旧・復興における大きな課題のひとつ
- ◆ 地殻変動による沈降や液状化による噴砂、津波による洗掘、流出などによって**地盤レベルが低下**  
⇒ 大潮などの際に浸水の危険にさらされている箇所などでは、特に**広域な地盤の嵩上げが必要**

## 課題

- ◆ 地盤の嵩上げなどに**津波堆積土砂を、そのまま使用する**方法が考えられるが、
  - ① 土砂以外のがれきやゴミを含んでいる。
  - ② 長期的な土地利用を考えた場合、がれきやごみを含んだ土砂の利用は好ましくない。
  - ③ 粘土分が含まれており軟弱で、そのままの状態では地盤材料としての利用が難しいケースがある。



### 3.11の津波と津波堆積土砂（津波による浸水面積と津波堆積土砂量）

今回の津波は、多くの家屋や建物、構造物を破壊し、自動車、生活用品などすべてのものを海底の土砂を含んだ大量の海水とともに押し流した。

被災地では津波によって運ばれた大量のがれきやごみとともに大量の土砂が堆積し、その撤去・処分が復旧・復興における課題のひとつになっている。

国土地理院によると、青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉の被災6県62町村の津波浸水面積は約561km<sup>2</sup>（山手線内側面積の約9倍）とされている。

津波堆積土砂の厚さを平均5cmとしてもその量は、2,800万m<sup>3</sup>と膨大な量と推算される。



### 津波による浸水面積

平成23年東北地方太平洋沖地震 市区町村別津波浸水範囲面積(概略値)第5報

県	市区町村	浸水面積(km <sup>2</sup> )	市区町村面積(km <sup>2</sup> )	撮影日	
青森県	八戸市	24	844		
	三沢市	9	305	3月13日、4月5日	
	六ヶ所村	6	120	4月5日	
	おいらせ町	5	253	4月5日	
	おいらせ町	3	72	4月5日	
	藤上町	0.5	94	3月13日、4月5日	
岩手県	宮古市	58	4,946		
	大船渡市	10	1,260	3月13日、4月1日、5日	
	久慈市	8	323	3月13日、4月1日、5日	
	陸前高田市	4	623	3月13日、4月5日	
	釜石市	13	232	3月13日、4月1日	
	大槌町	7	441	3月13日、4月1日、5日	
	山田町	4	201	3月13日、4月1日	
	岩泉町	5	263	3月13日、4月1日、5日	
	田野畑村	1	993	3月13日、4月1日、5日	
	蓬代村	1	156	4月5日	
	野田村	1	70	3月13日、4月5日	
	野田村	2	81	3月13日、4月5日	
	洋野町	1	303	3月13日	
	宮城県	仙台市宮城野区	327	2,003	
仙台市若林区		20	58	3月12日、13日	
仙台市太白区		29	48	3月12日、13日	
石巻市		3	228	3月13日	
塩竈市		73	556	3月12日、3月13日、3月19日	
気仙沼市		6	18	3月13日、19日	
名取市		18	333	3月13日、19日、4月1日、5日	
多賀城市		27	100	3月12日、13日	
塩釜市		6	20	3月12日、13日、19日	
東松島市		29	61	3月12日、13日	
塩竈市		37	102	3月12日、13日、19日	
塩竈市		35	73	3月12日、13日	
山元町		24	64	3月12日、13日	
松島町		2	54	3月13日	
七ヶ浜町		5	13	3月12日、13日、19日	
利府町		0.5	45	3月13日、19日	
女川町		3	66	3月19日	
南三陸町		10	164	3月13日、19日、4月1日	
福島県		いわき市	112	2,456	
		相馬市	15	1,231	3月12日、3月18日(衛)、19日(衛)、29日(衛)
	原相馬市	29	198	3月12日	
	原相馬市	39	399	3月12日、3月19日(衛)	
	広野町	2	58	3月19日(衛)	
	楡葉町	3	103	3月19日(衛)	
	楡葉町	1	68	3月19日(衛)	
	大熊町	2	79	3月19日(衛)	
	双葉町	3	51	3月19日(衛)	
	浪江町	6	223	3月19日(衛)	
	新地町	3	46	3月12日	

茨城県	23	1,444	
水戸市	1	217	3月12日
日立市	4	226	3月12日
高萩市	1	194	3月12日
北茨城市	3	187	3月12日
ひたちなか市	3	99	3月12日
龍崎市	3	106	3月27日
神栖町	3	147	3月27日
鉾田市	2	206	3月27日
大洗町	2	23	3月12日、27日
東海村	3	37	3月12日
千葉県	17	689	
銚子市	1	84	3月12日、27日
旭市	3	130	3月12日
匝形町	1	102	3月12日
山根町	6	146	3月12日
大網白里町	0.5	58	3月12日
九十九里町	2	24	3月12日
横芝光町	1	67	3月12日
一宮町	1	23	3月12日
長生村	1	26	3月12日
白子町	1	27	3月12日
合計	561	12,382	

・浸水面積は、空中写真から水田や農地への浸水、瓦礫の崩落から浸水位置を空中写真(衛)は衛星画像)を参照して算出(浸水は湖沼、内水面を含む)。  
 ・調査対象は津波による浸水被害があったと想定される太平洋沿岸全域(青森県下北八戸沿岸(物産崎以南)～千葉県九十九里浜沿岸)。  
 ・市町村面積は「全国都道府県市区町村別面積調(平成22年10月1日現在(国土地理院))」による。

津波による浸水範囲の面積(概略)について第5報(国土地理院、平成23年4月18日)

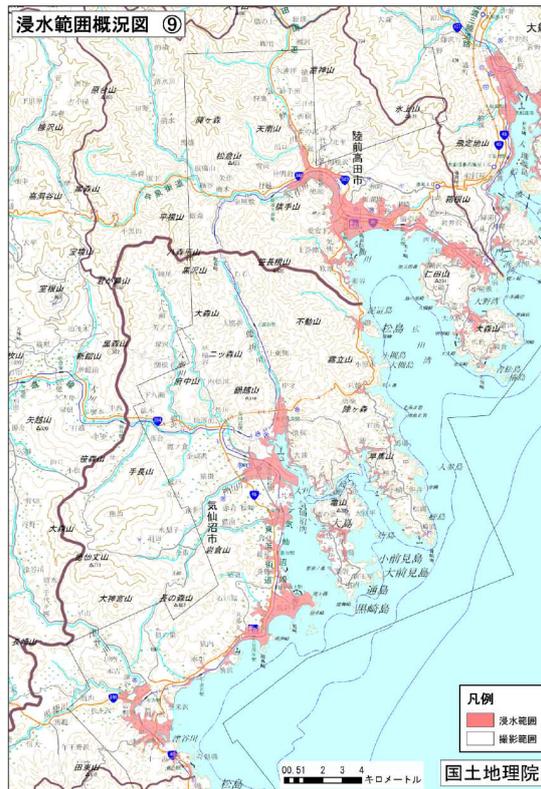
## 津波による浸水面積

参考:

気仙沼市

(今回の実験場所)

津波浸水面積18km<sup>2</sup>



## 広域にわたる地盤沈下の影響

今回の地震では、地殻変動による基盤の沈降、液状化による噴砂、津波による洗掘、流出などによって地盤レベルが低下した。

牡鹿半島では、本震で1.2mの沈下のほか、仙台平野では平均海面以下の面積が震災前の5.3倍に拡大している。

その結果、大潮などの際に浸水の危険にさらされている箇所などでは、**護岸や広域な地盤の嵩上げが必要となっている。**



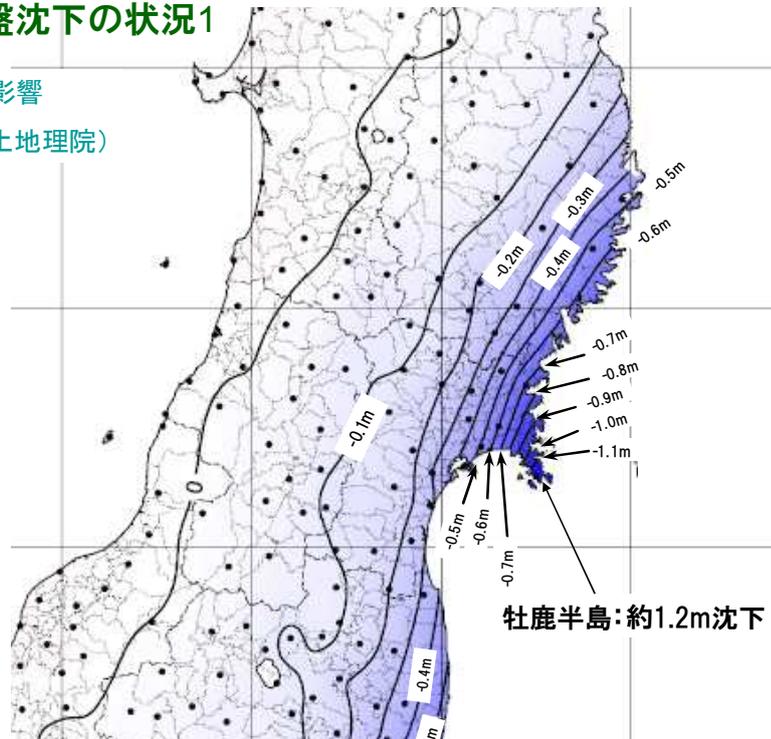
大量の広域の地盤嵩上げ用の材料の需要が見込まれる。

また津波対策として、河川や海岸堤防の嵩上げ、高台への居住地の移転などでも地盤材料が必要となる。さらにはそれらに伴う多種多様なインフラ整備が見込まれ、良質な砂礫材も必要となってくるものと推測される。

## 広域にわたる地盤沈下の状況1

本震による地殻変動の影響

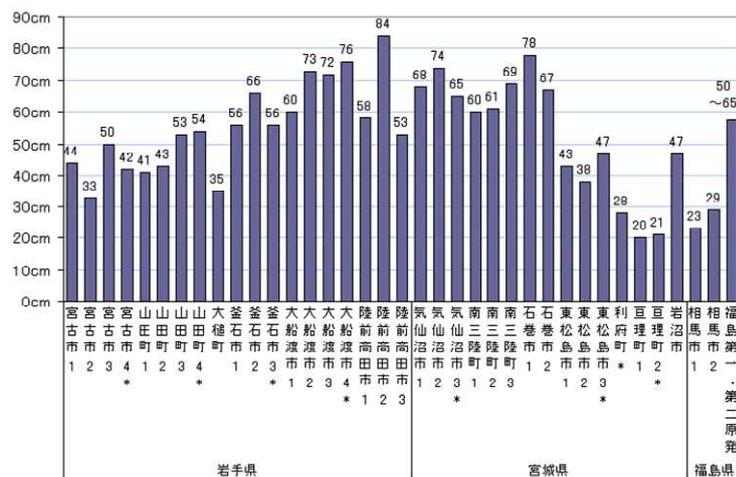
(陸上部の沈下: by 国土地理院)



## 広域にわたる地盤沈下の状況2

各地の地盤沈下量 (by 国土地理院)

東日本大震災被災地の地盤沈下量



(注) 電子基準点(\*)の精度は約1cm, その他の水準点・三角点の精度は約10cm

(資料) 国土地理院「平成23年東北地方太平洋沖地震に伴う地盤沈下調査結果について」(2011年4月14日)

東京新聞2011.7.9(福島第一・第二原発についての東京電力発表値)

# 広域にわたる地盤沈下の状況3 地盤沈下の状況

平成23年4月28日  
国土交通省  
河川局

目次発表  
東北地方整備局  
宮城県

平成23年4月28日  
国土交通省河川局  
国土地理院

## 仙台平野における地震に伴う地盤沈下について

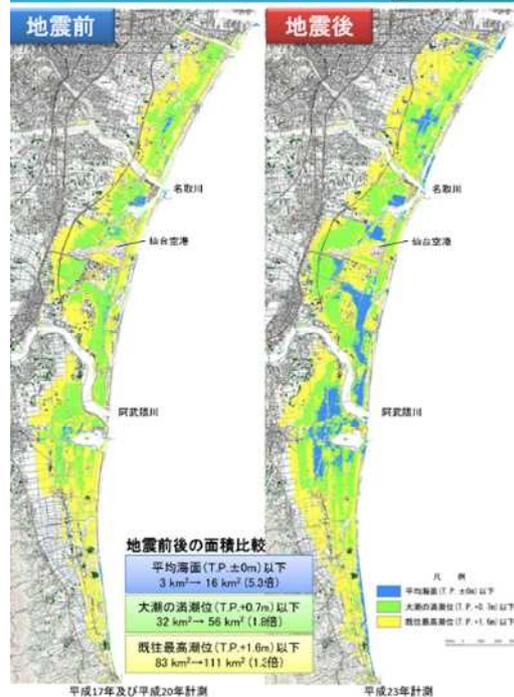
東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動により、仙台平野の海岸及び平地部において広範な地盤沈下が発生しています。

また、津波により、海岸堤防は全域にわたり全半壊し、海岸沿いの砂丘も津波による侵食等により部分的に失われた状態となっています。

このため、仙台平野においては高潮等に対する安全性が著しく低下していることから、航空レーザ計測等<sup>※1</sup>により得られたデータより、面的に地盤沈下の状況を把握し、海面との高さの関係を整理しました。地震前は、既往最高潮位以下の面積83km<sup>2</sup>のうち、平均海面以下の面積が3km<sup>2</sup>であったものが、地震後にはそれぞれ111km<sup>2</sup>、16km<sup>2</sup>と変化しました。

	地震前	地震後	増加した割合
平均海面 <sup>※2</sup> 以下の面積 <sup>※3</sup> (T.P.±0m)	3 km <sup>2</sup>	16 km <sup>2</sup>	5.3 倍
大潮の満潮位 <sup>※4</sup> 以下の面積 (T.P.+0.7m)	32 km <sup>2</sup>	56 km <sup>2</sup>	1.8 倍
既往最高潮位 <sup>※5</sup> 以下の面積 (T.P.+1.6m)	83 km <sup>2</sup>	111 km <sup>2</sup>	1.3 倍

※1 一部現地測量の結果を使用して補正  
 ※2 重富湾平均海面(T.P.±0m)  
 ※3 面積は、小敷点第一位を四捨五入  
 ※4 朔望平均満潮位。新月および満月の日から5日以内に現れる各月の最高満潮面の平均値。ここではT.P.+0.7m  
 ※5 T.P.+1.6m(観測所:仙台新港観測所 1980~2010の統計)をT.P.+1.6mとして算出



## 2. 津波堆積土砂の処理に対する考え方 津波堆積土砂の物性に関する調査結果 (環境省)

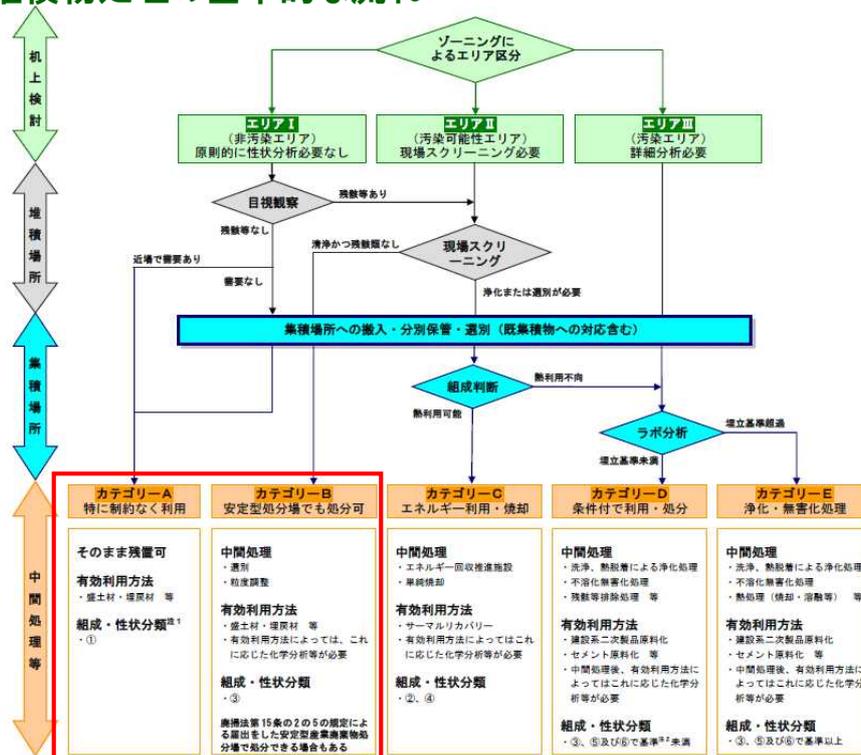
## 津波堆積物処理の基本的な流れ<sup>1),2)</sup>

津波堆積物とその処理については、『東日本大震災津波堆積物処理指針』(環境省)で、以下のように記されている。

『それらは土砂が中心といえども、「木くず・コンクリートくず等」などを含んだ混然一体となったもの、または被災地に立地する事業所に由来する農薬や酸・アルカリ等の有害な薬品等、有機物や有害な化学物質が混入している可能性がある。

したがって、津波堆積物の処理は、その組成や性状から判断して、地域特性に利用したゾーニング(エリア区分)や目視観察、現場スクリーニング等によるカテゴリー分類を経て行うべきものである。』

## 津波堆積物処理の基本的な流れ



## 津波堆積土砂の一般的な物理・化学的性状(1)

廃棄物資源循環学会では、津波発生地域で採取した津波堆積物の物性について分析調査を実施している。調査では、岩手県と宮城県で採取した62試料を対象に、国内の規制基準値や参照指針値等との比較を行っている<sup>参考</sup>。

### (1) 一般項目(密度, pH, 強熱減量)

**真比重**: 約2.70 g/cm<sup>3</sup>であり一般的な土壌と違いがなく、土砂が主成分であることが推測される。

**pH**: ほぼ7.0 ~9.0 の間にあるが、採取試料によっては強酸性、アルカリ性を示したのもあった。

**強熱減量**: 1.2%~16.3%であり、ヘドロ状のものを含む一般的な浚渫土砂の値の範囲の値であった。調査報告書では、「多くは、海底泥の有機物に由来するものと考えられるが、油分の影響を受けている試料も散見された。」とされている。

**粒度**: 津波で海から運ばれてきた影響で海砂を多く含むケースが多いが、ヘドロや細粒分を含んでいることが多い。

参考: 一般社団法人廃棄物資源循環学会: 津波堆積物処理指針(案), 平成23年7月5日

## 津波堆積土砂の一般的な物理・化学的性状(2)

### (2) 油分(n-ヘキサン抽出物質), TPH(全石油系炭化水素)

**n-ヘキサン抽出物質**: 1.2%~16.3%と幅があった。水産用基準(日本水産資源保護協会により提案されている値)として、海域では乾泥としてn-ヘキサン抽出物質0.1%以下とされており、高い値を示していた。

**TPH**: 油分を炭素数C6~C44(ガソリン, 軽油, 残油の炭素範囲)の石油系化合物の沸点範囲で定量したものであるが、n-ヘキサン抽出物質とよく相関する結果が得られたとされている。

### (3) 残留性有機汚染物質(PCB, ダイオキシン類, POPS農薬類)

これらの含有量基準値(例えば、PCB処理物の卒業判定基準値やダイオキシン類では土壌や水底低質中の環境基準値, POPS農薬類では設定されている参照指針値等)を超える値は見られていない。

また、規制基準値や指針値との比較以外でも、環境省が近年実施している近隣水域、地域における環境モニタリング調査(底質や土壌)の結果と比較しても概ね同じレベルと判断された。

参考: 一般社団法人廃棄物資源循環学会: 津波堆積物処理指針(案), 平成23年7月5日

### 津波堆積土砂の一般的な物理・化学的性状(3)

#### (4) 重金属類

含有量は、多くの試料・項目で不検出であった。鉛がmg/kgの範囲で多くの試料から検出されたが、土壤汚染対策法の含有量指定基準値150mg/kgを下回るものが殆どであった(1試料のみ超過)。

溶出量は、鉛、砒素、ふっ素、ほう素の4項目で土壤汚染に関わる環境基準値を超える事例が見られた。しかし、それらは自然由来や海水の影響があったと推定される。

以上参考：一般社団法人廃棄物資源循環学会：津波堆積物処理指針(案)，平成23年7月5日



津波堆積土砂の処理は、ゾーニング(エリア区分)や目視観察、現場スクリーニング等によるカテゴリー分類を経て行うべきものである。

上記の調査・試験結果からみると、その物性は国内の規制基準値や参照指針値の範囲内にあるものが多いと予想され、ごみやガレキを除けば、有効に利用できる可能性が高いものと考えられる。

## 3. 今回の研究開発項目と目的・効果

## 今回の研究開発項目と目的

サイクロンや振動フルイなどの組み合わせ

自社開発, 実績有り

浚渫土砂などからの礫分, 砂分, シルトの効率的な分級方法  
(ソイルセパレータ・マルチ工法)

+

今回の実施範囲

がれきやごみの分別工程の追加

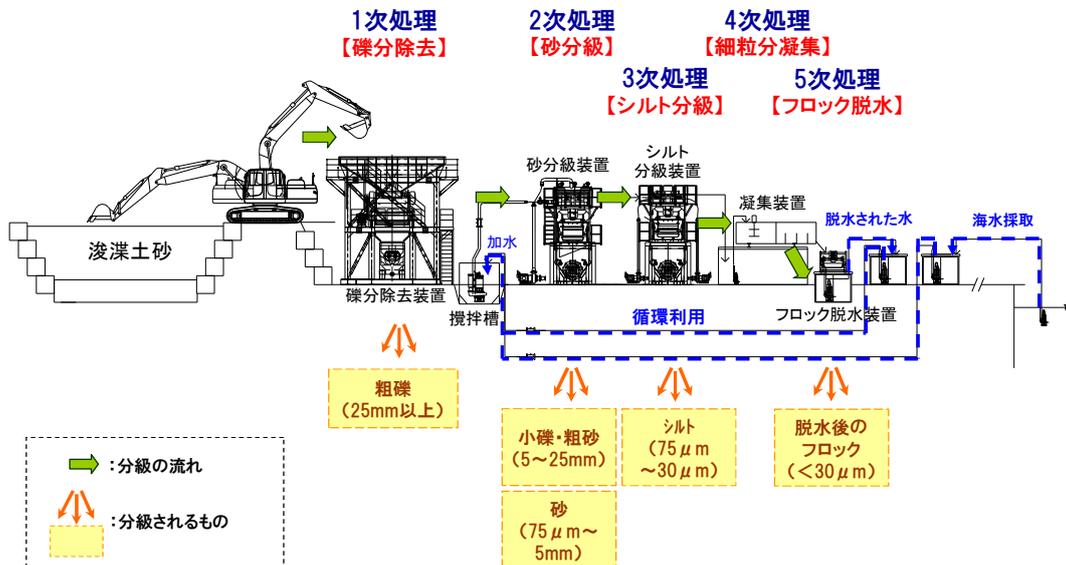
津波堆積土砂の分級、リサイクル技術の現地実証実験

目的: 津波堆積土砂の処分と有効利用技術の開発  
地盤の嵩上げ用など, 良質な建設用地盤材料としての適用  
被災地の復旧・復興に貢献できる技術の提供

## 従来の分級処理技術1 (ソイルセパレータ・マルチ工法による浚渫土砂の分級)

目的: 砂質土系浚渫土砂の減容化 (= 埋立処分量の減容化)

【浚渫土砂の分級処理フロー一例】



### 従来の分級処理技術3 (ソイルセパレータ・マルチ工法の実績)

◆実績1

自主実験工事(福岡市等に公開)  
 実施時期:H23.1月末~2月初旬  
 扱い土量:50m<sup>3</sup>

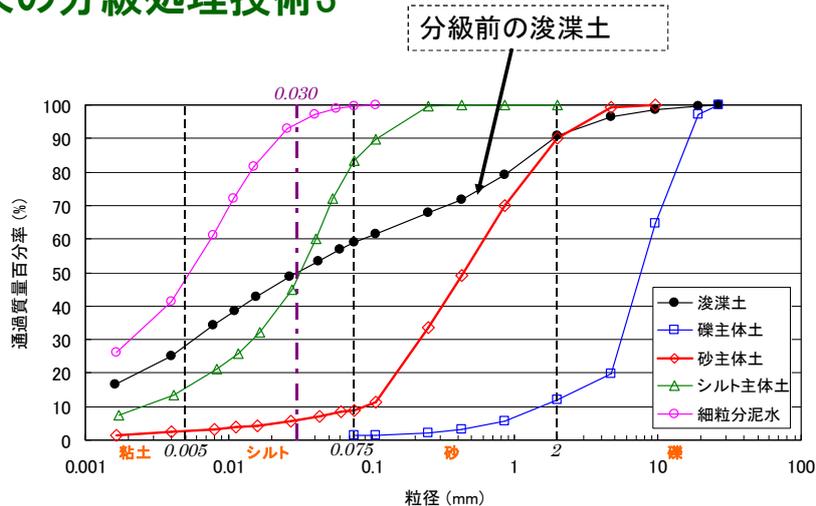
◆実績2(下写真)

中津港(田尻地区)航路(-12m)浚渫[暫定-11m]工事(国交省九州地整)  
 実施時期:H23.8月末~9月末  
 扱い土量:1,200m<sup>3</sup>



分級設備全景(実績2)

### 従来の分級処理技術3



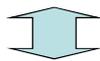
浚渫土砂を分級した場合の粒度試験結果の一例

- ◆分級後の礫主体土は粒径2mm以上の土粒子が約90%
- ◆分級後の砂主体土は細粒分(シルト、粘土分)含有率が5%程度

## 今回開発する技術の特徴

津波堆積土砂の再利用方法として、そのままの状態で使用する場合や、破碎混合機械などを用いてがれきやごみ類を細かく粉碎し、土砂と混ぜた状態で固化材などと混合処理する方法などがある。

しかし、プラスチックやビニール片などは、将来的に分解しにくい。  
また、有機分などに由来する悪臭やメタンガスの発生なども危惧される。  
かつ、それらの影響は比較的長期に残存するものと考えられる。



がれきやごみを分別し、さらに水で洗浄して得られた砂礫などは、従来の良質な建設資材として有効利用可能である。また、悪臭やメタン発生などの防止にもなる。



津波堆積土砂の処分量の削減と、今後必要とされる  
**安全で良質な**建設材料の確保を同時に実現。

今後、海域に残る大量の堆積土砂改質への適用も可能

## 本技術の導入効果

### 1. がれき処分量削減と、安全で良質な地盤材料の獲得

### 2. コスト削減

- ◆がれき土砂処分費用
- ◆新規処分地の建設費用
- ◆砂礫など、良質な建設用地盤材料の新規購入費用

これらと  
分別・分級処理を  
トータルで考えることで  
大きなコストダウンが  
見込まれる

### 3. 環境保全, 環境改善

- ◆津波堆積土砂の処分促進による**飛散**や**悪臭**の低減
- ◆新たな土砂採取による自然環境破壊の防止
- ◆埋立処分量の減容化、処分場の延命化
- ◆新たな処分地建設の削減による自然環境の保全

## 4. 現場実証実験の内容

### 現場実証実験のポイント

- ◎津波堆積土砂とは？・・・どのようなものを明らかにする必要がある。
- ◎効率よく、連続的にかれきやごみの分別と土砂の分級ができるか？
- ◎分別・分級を行うことによるメリット・効果は？
- ◎どのように分別・分級されたか？
- ◎分級された土砂の具体的な有効利用方法は？
- ◎効率, コストは？  
コストには、地盤の嵩上げや各種インフラ整備を行う際の  
開発・採取・売買のコストを入れて評価するべきである。

## 今回の現地実証実験の概要

◆**実験場所**: 宮城県気仙沼港の民間用地(借用)

◆**津波堆積土砂**:

気仙沼市に宮城県が集積・仮置きした土砂を使用(借用)

数量: 300m<sup>3</sup>程度

- ・ 事前に, 非汚染土であることを確認した後に使用
- ・ 実験終了後は仮置き場に戻す

◆**実施時期**:

- ・ 用地整備, 土砂移動搬入: 平成24年4月8日~4月13日
- ・ 試運転, 自主運転: 同年5月11日~15日
- ・ 本実験(公開)  
同年5月16日~平成24年5月18日(予備として21日まで)
- ・ がれき運搬・処分, 撤去, 片付けなど(5月末終了予定)

## 実験場所

宮城県気仙沼市朝日町9

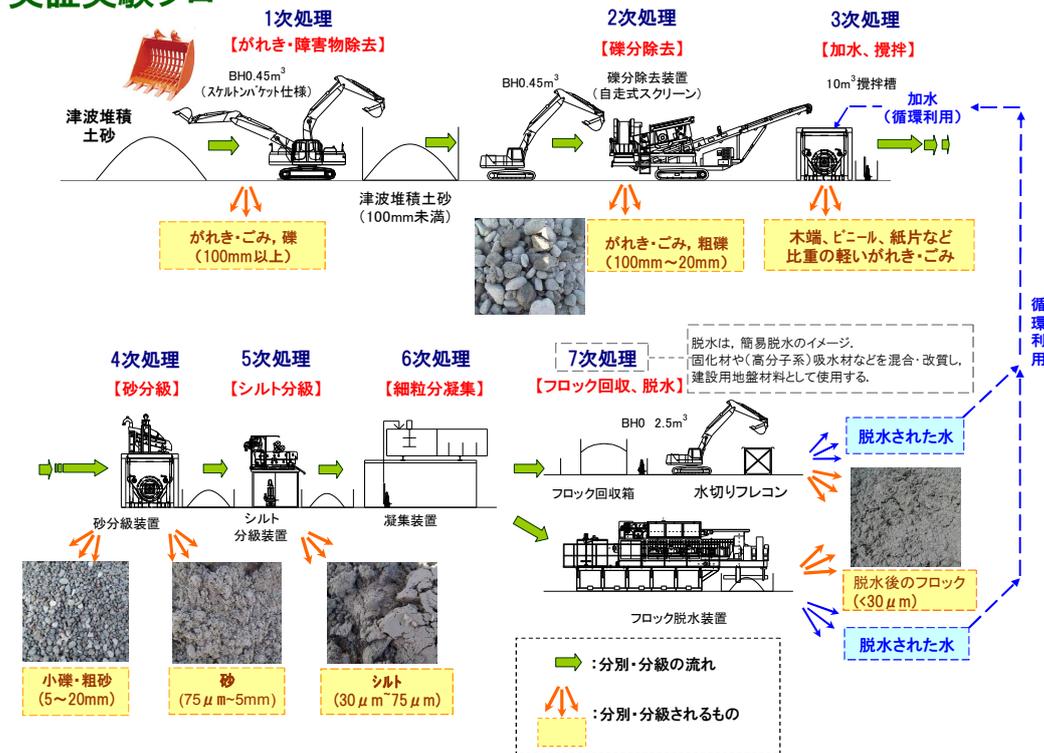
JX日鉱日石エネルギー株式会社気仙沼油槽所内



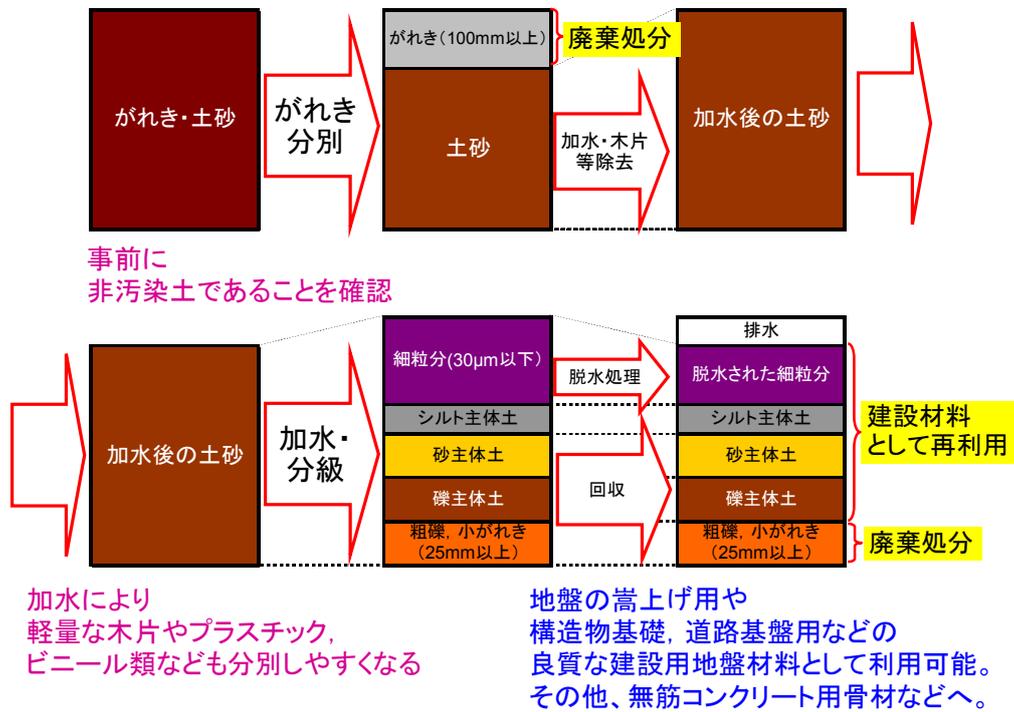
# 概略工程

作業内容	2012年									摘要
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月		
関係各所調整	■	■	■	■						国交省, 宮城県, JX
現地踏査, 土壌採取	■	■								
土壌, 水質分析試験		■	■	■						
実験計画, 機材手配	■	■	■	■						4/11委員長事前説明
準備工			■	■	■					4/9-4/13(整地, シート・鉄板敷, 土砂搬入, 養生) 5/7-5/10(シート・鉄板敷, 機材搬入・設置)
本実験				■	■					4月中旬にヤード整地, 土砂搬入, 養生 5月初旬から設備設置(6日間程度)
片付け					■					5/11~5/15試運転 5/16-5/18本実験 (予備:5/21まで)
室内試験					■	■	■	■		5月下旬:設備解体・撤去(6日間程度) 6月初旬までに:土砂搬出, ヤード整地
土壌, 水質分析試験					■	■	■			
結果まとめ						■	■	■		
報告書作成							■	■	■	
産学官アーマ推進委員会				■	■					4/11委員長事前説明 4/17(本社) 5/17(気仙沼)
				■	■					設立準備 第1回 第2回 第3回 第4回(必要に応じて)

# 実証実験フロー



## 実証実験フロー2



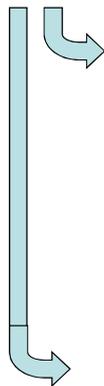
## 各段階の処理で得られる材料

処理	処理方法	分別・分級で得られるもの	
1次処理後	スケルトン, 人手による分別・除去	がれき・ごみ+礫(100mm以上)	} ごみ・がれき多い
2次処理後	自走式スクリーン	がれき・ごみ+小礫	
3次処理後	加水攪拌	ビニル片, ゴム片, 紙片	
4次処理後	サイクロン・振動スクリーン	小礫, 砂	} ごみ・がれき少ない (ほとんど含まれない?)
5次処理後	サイクロン・振動スクリーン	シルト	
6次処理後	凝集沈殿	凝集沈殿した粘土分	
7次処理後	脱水(重力脱水, 機械脱水)	脱水フロック	

## 今回実施するフロック回収、脱水処理(7次処理)-1

【処理方法①:フロック回収箱+水切りフレコン】...バッチ式

フロック  
(w=500~800%:実績)



フロック回収箱



水切りフレコン

【処理方法②:フロック簡易脱水装置】...連続式



フロック簡易脱水装置

## 今回実施するフロック回収、脱水処理(7次処理)-2

今回は**減容化を目的としない**ため、簡易脱水を行う。簡易脱水したフロックに、低コストである固化材や(高分子系)吸水材などを混合・改質する方法を適用し、それらを建設用地盤材料として有効利用する。

### － 減容化を目的としない － とは？

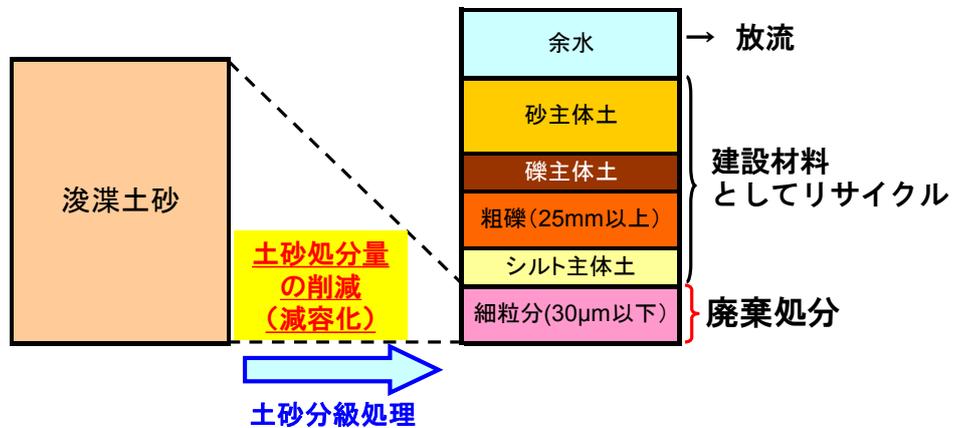
- ◎高度なレベルの脱水処理にはコストがかかる。
- ◎高度な脱水を行わないことで体積が減少しない分、津波堆積土砂から、多くの建設用地盤材料を得る(創る)ことができる。

今回の目的は、

- ・がれきやごみを分別し、処分する量を減容化すること。
- ・津波堆積土砂から良質土を抽出し、各種インフラ整備に使う良質土砂の採取場所の新たな開発や売買を減少させること。

よって、無理にコストをかけてフロックを脱水・減容化する必要はない。

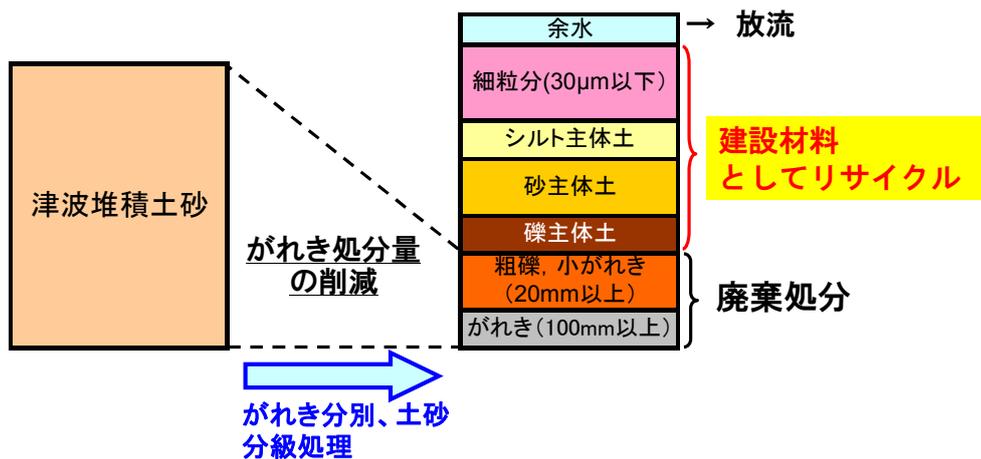
### ◆ 浚渫土砂の分級(従来技術)の場合



浚渫土砂を分級し、礫・砂・シルトを建設材料としてリサイクルすることにより、**浚渫土砂の処分量の削減(減容化)**を図ることが主な目的。

凝集フロック(細粒分;30μm以下)の高レベルの脱水が減容化のキーポイントとなる。

### ◆ 津波堆積土砂の分別・分級(今回)の場合



津波堆積土砂からがれきを除去し、**がれき処分量の削減(減容化)**を図りつつ、**良質な建設材料を確保すること**が主な目的。

凝集フロック(細粒分;30μm以下)の脱水は改質が容易になる程度でよく、**細粒分の発生量をあえて減らす必要はない。**

## 5. 現場実証実験における調査・試験項目(案)

### 処理前（津波堆積土砂）の調査・確認項目(案)

仮置き状態	硬さ, ごみやがれきの混合状況など
物理・化学特性	土粒子密度, 粒度, 含水比, pH, 有機物含有量…
環境関連項目	土壌汚染項目(土対法, ダイオキシン, 油分…)
臭気	
メタンの発生?	温度環境による: 20°C, 30°C, 40°C, 50°C…
塩分濃度	土砂部分だけ?

ごみやガレキ以外の  
土砂部分を対象

## 分別・分級処理後の調査・確認項目(案)

各処理段階での、ごみやがれきの形状・寸法・種類, 量(重量, かさ体積), 混合率

+

調査・確認項目	調査・確認方法	対象試料
物理・化学特性	土粒子密度, 粒度, 含水比, pH, 有機物含有量	分級礫, 砂, シルト, 脱水フロック
環境関連項目	土壤汚染項目(土対法, ダイオキシン, 油分…)	分級シルト, 脱水フロック
臭気		分級礫, 砂, シルト, 脱水フロック
メタンの発生?	温度環境による: 20°C, 30°C, 40°C, 50°C…	分級砂, シルト, 脱水フロック
塩分濃度		分級礫, 砂
その他	透水係数, 締固め特性(生, ブレンド?)	分級砂, シルト

+

脱水フロックの混合・改質効果に関する、室内配合試験

## 簡易脱水フロックの混合処理・改質方法(案)

簡易脱水フロックの混合処理・改質方法には、多くの方法がある。……従来からある軟弱土砂の改質方法の適用

改質材料	材料の状態	効果・特徴
石灰または石灰系固化材	粉体またはスラリー	脱水(高吸水性), 固化
セメントまたはセメント系固化材	同上	低流動化, 固化, 安価
MgO系固化材(中性固化材)	同上	低流動化, 固化, 低アルカリ性
高分子吸水材+固化材(多種・多工法)	同上	造粒固化
古紙破砕物+固化材(ボンテラン工法)		繊維質固化処理による高耐久性
製鋼スラグ(カルシア改質材)	粒状体(砂~小礫) 内割り20%~30%Vol使用	低流動化, 固化(長期的に硬化・耐久性) 鉄分含んでおり藻場再生材となる
石炭灰由来(Hi-ビーズ)	粒状体(砂~小礫)	消臭, 吸水, 低強度固化
ペーパースラッジ(製紙焼却灰)	粉体	高吸水性, 消臭効果

施工方法には、BH混合, 連続ミキサー, バッチ式ミキサー, 管中固化などがあるが、分級処理の能力・規模から考えると、管中混合以外が現実的な施工方法となる。

## 簡易脱水フロックの混合処理・改質方法(案)-2



古紙破砕物混合による改質土  
(ボンテラン工法研究会HPより)



Hiビーズ(石炭灰造粒物)  
(株エネルギー・エコ・マテリアHPより)

### ◎カルシア改質土



泥土



カルシア系改質材



カルシア改質土

カルシア改質土(新日本製鉄株HPより)

## 簡易脱水フロックの室内配合試験(案)

現場実証実験で得られた脱水フロックを用いて、

- ・脱水の程度(含水比)
- ・改質材の添加量
- ・養生期間

などをパラメータとした、室内配合試験を行い比較を行う。

その他、それぞれの方法の特徴を示す試験の実施、または既存の試験結果を提示する(耐久性など)

## 6. 分級後の砂礫・シルト・処理後ブロックの有効利用方法

### 分級後の砂礫・シルト・固化処理ブロックの有効利用方法

震災復旧における有効利用方法には、以下のような地盤沈下対策や被災した建造物の復旧、補強の他、各種インフラ整備において、様々な用途が考えられる。

- ◎広域地盤沈下対策・・・地盤の嵩上げ
- ◎被災した建造物の復旧および津波対策目的の補強
  - ・・・港湾建造物, 河川・海岸堤防の嵩上げ,  
**津波に対する粘り強い構造への強化**  
高台の造成
- ◎上記に伴う、各種インフラ整備用資材
  - ・・・道路・歩道や擁壁などの基盤材  
盛土や擁壁, 排水路などの排水材  
盛土の表層被覆材  
各種無筋コンクリート用骨材

## 分級後の砂礫・シルト・固化処理ブロックの用途1

### (1) 海域での有効利用方法

◎無筋コンクリート用骨材・・・粘り強い港湾構造物用の被覆ブロック

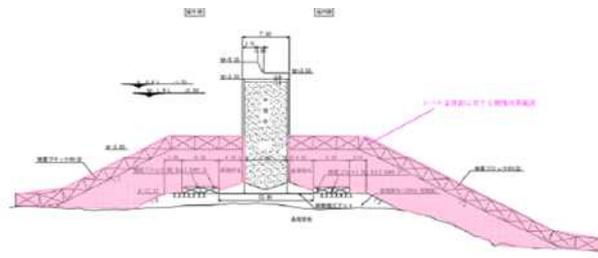
既存港湾構造物の復旧用 //

(今後大量のブロックの需要が見込まれる)

◎地盤の嵩上げ用地盤材料

○ケーソンなど構造物の中詰め(砂礫)

○海岸再生(海水浴場, 公園など), 養浜, 人工干潟



ケーソン壁 レベル2津波対応断面  
レベル2津波対策用の防波堤の補強断面例

## 分級後の砂礫・シルト・固化処理ブロックの用途2

### ■ 海岸堤防等の粘り強い構造

「粘り強い構造」の基本的な考え方：設計対象の津波高を超え、海岸堤防等の天端を越流した場合でも、施設の破壊、倒壊までの時間を少しでも長くする、あるいは、全壊に至る可能性を少しでも減らすことを目指した構造上の工夫を施すこと。

#### ① 裏法尻部、裏法勾配

・被災形態：津波が海岸堤防を越流した後、裏法尻部の地面等を洗掘。これをきっかけに裏法被覆工等の損壊、流失を引き起こす。



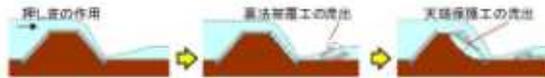
・工法：裏法尻部に保護工を設置すること等により被覆さらに、裏法尻部の被覆に加え、裏法を緩勾配化



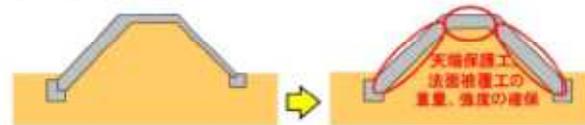
## 分級後の砂礫・シルト・固化処理ブロックの用途3

### ②天端保護工、裏法被覆工、表法被覆工

- 被災形態： 津波の高速な水流による天端保護工、裏法被覆工の流失や堤体土の吸出し。  
(引き波においても同様の被災形態が考えられる。)



- 工法： 天端保護工や裏法被覆工、表法被覆工の部材厚の確保、部材間の連結（重量や強度の確保）



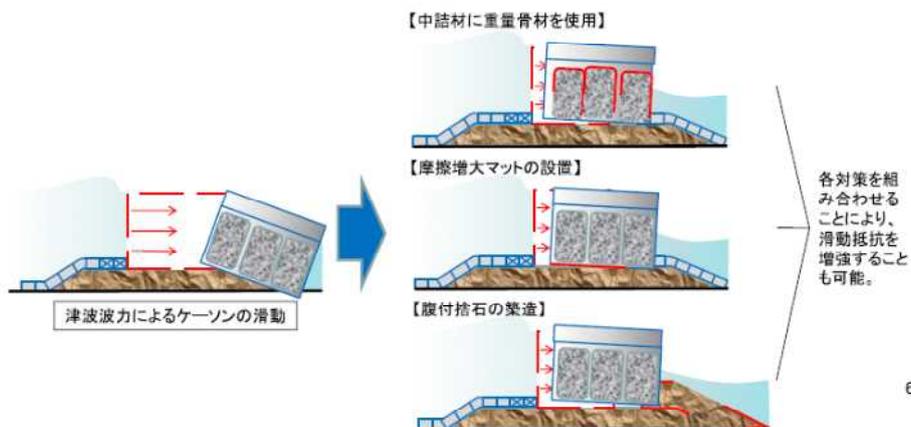
## 分級後の砂礫, シルト, 固化処理ブロックの用途4

### 粘り強い防波堤構造のイメージ

国土交通省

#### ○堤体の滑動に対する対策

- ① ケーソンの中詰材に重量骨材(フェロニッケルスラグ、亜鉛鉱さい等)を使用し、堤体重量を増加させる。
- ② ケーソン底面に摩擦増大マットを設置し、堤体の滑動抵抗を増強する。
- ③ 港内側に腹付捨石による補強体を築造し、滑動抵抗を増強する。



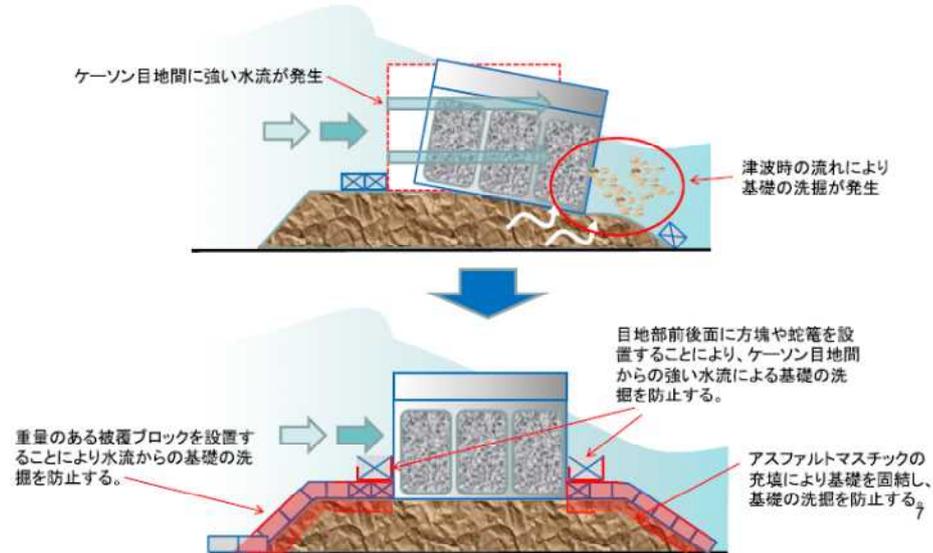
6

## 分級後の砂礫・シルト・固化処理ブロックの用途5

### 粘り強い防波堤構造のイメージ

国土交通省

○基礎の洗掘に対する対策



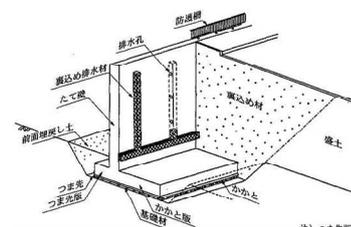
## 分級後の砂礫・シルト・固化処理ブロックの用途6

### (2) 陸域での有効利用方法

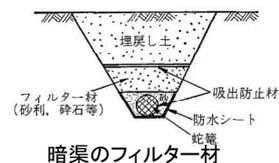
- ◎地盤の嵩上げ(砂礫, 固化処理ブロック)
- 道路, 歩道の基盤材(砂礫, 固化処理ブロック)
- 擁壁などの裏込め材(礫材)
- 河川堤防などの嵩上げ材(固化処理ブロック)
- 盛土や各種排水設備(暗渠など)のドレーン材(砂礫)
- 歩道のブロックなど無筋コンクリート用骨材(砂礫)
- 公園, グランドなどの整備(砂礫)
- 盛土の表面被覆材(固化処理ブロック)



道路の基盤材



擁壁の裏込め材



暗渠のフィルター材

### (3) その他の有効利用方法

- 降雪地域の道路凍結対策用の撒き砂材(砂)

## 7. 今後の予定

### 今後の予定(第2回委員会まで)

- ・現場実証実験の準備

- ・各種室内試験計画の詳細の決定

処理前後の津波堆積土砂の物性および分析関係

- ・脱水フロックの改質に関する配合試験計画の決定

改質材の選定

現場見学時の試行・実演の準備

- ・コスト試算, コスト比較の準備

分別・分級＋後処理(改質など)

VS

新規購入材(処分費, 処分場建設などを含めたトータルコスト)

## 第2回委員会

◆開催日時：平成24年5月17日（火） 14:30～17:00（現場実証実験見学 13:00～14:00）

◆開催場所：サンマリン気仙沼 ホテル観洋（宮城県気仙沼市）

◆出席者

### 【議長】

東北大学大学院環境科学研究科 高橋弘 教授（テーマ推進委員会委員長）

### 【社外委員】

宮城県土木部事業管理課工事管理班 菊池毅 班長（遠藤土木部次長代理出席）

独立行政法人港湾空港技術研究所地盤研究領域 渡部要一 領域長

茨城大学工学部都市システム工学科 小峯秀雄 教授

株式会社日建設計シビル地盤調査設計部 片桐雅明 設計主管

いであ株式会社国土環境研究所生体解析部 笠原勉 技師長

### 【社内委員】

東亜建設工業(株)土木事業本部技術部 奥信幸 部長

東亜建設工業(株)機電部機械グループリーダー 泉 信也

### 【事務局】

幹事 東亜建設工業(株)技術研究開発センター 御手洗義夫（研究代表者）

副幹事 東亜建設工業(株) " 居場博之（共同研究者）

補佐 東亜建設工業(株) " 西田浩太（共同研究者）

### 【オブザーバー】

宮城県土木部事業管理課工事管理班 本郷和徳 技術主幹

茨城大学大学院 多田恵一

茨城大学大学院 伊藤紗由未

東亜建設工業(株) 技術研究開発センター長 守分敦郎

東亜建設工業(株) 技術研究開発副センター長 浅沼丈夫

東亜建設工業(株) 東北支店土木部 浅田英幸 課長

◆欠席者

国土交通省東北地方整備局港湾空港部 原田港湾空港企画官

宮城県土木部 遠藤次長（菊池班長が代理出席）

◆内容

- (1) 委員会に先立ち、現場実証実験見学会を実施し、分級工程や分級前後の土砂の品質を実際に見学した。
- (2) 第1回委員会の議事内容への回答および資料の加筆・修正を行った。
- (3) 室内配合試験計画について説明を行った。
- (4) 津波堆積物のがれき・ごみ分別・分級技術の適用・実用化（事業化）について説明を行った。

- (5) 以上の項目について、質疑応答および意見交換を行った。
- (6) 今後の予定として、次回（第3回）委員会までに「現場実証実験結果の整理」、「各種室内試験の実施および速報結果の公表」、「事業化に向けたコスト試算、コスト比較」、「本級技術の適用・実用化（事業化）に関する提案」を行うことを確認した。

◆主な意見・要望および事務局からの回答

- (1) （実証実験内容について事務局から）（資料2 p.19）工夫した箇所としては、加水・攪拌（3次処理）の段階で水をオーバーフローさせ、浮いている細かいごみを網で取り除く工程を加えている点がある。試運転の状況をみる限りは、この方法で十分対処できている。
- (2) （2次処理の）スクリーンのメッシュの20mmというのは試行錯誤の結果か？  
→この機械のスクリーンのメッシュの標準は10mmであった。10mmの場合だと土砂を投入していくにつれて目詰まりしやすくなったため、メッシュを20mmに変更した。20mmだと土砂の投入と分級機械の処理能力とのバランスがとれてきた。
- (3) （実証実験のシステムについて）もし仮にピットが掘れた場合、最初にスケルトンバケットでふるうと思うが、そのあとのシステムはどのようになるのか？  
→本実験では、乾いている土砂を用いているので、2次処理では自走式スクリーンを用いているが、湿式の場合はメッシュの大きさを変えた（粗くした）振動ふるいを用いる。装置としては砂分級装置に形が似たものを用いる。
- (4) （資料2の「4.室内配合試験計画」について）いま配合試験を実施しているのは、高炉セメントB種とカルシア系改質材のみか。  
→資料中の実験は、室内配合試験を実施するに当たり改質材の添加量の目安を付けるために実施したものである。（室内実験の本検討では高炉セメントB種、カルシア系改質材に加え、石灰、中性固化材についても検討）
- (5) （資料2の「4.室内配合試験計画」p.37について）最終的にコーン指数と一軸強度で評価をするようだが、例えば国交省などで設定している第1種～第4種建設発生土のどのあたりを目指して改質するのか。  
→第4種を目指す。まずは最低限、すなわち運搬可能な状態にすることが重要であり、この程度にするためには改質材がどの程度必要かを見極める。
- (6) （資料2の「4.室内配合試験計画」について）資料2 p.37には例と記載されているが、結果を見ながら配合を変えていくということか。  
→初めに運搬可能な状態になるまでの添加量を見極める。それが第1の目標である。次に、一般的な工事指針の仕様（盛土、路盤など）を調べ、それに見合うのに必要な添加量や養生期間を調べる。

- (7) (資料2の「4.室内配合試験計画」について) あまり高い強度を目指すと、ほぐして締固めるということが難しくなる。したがってコーン指数の高い第1種、2種を目指すのは無理かもしれない。事務局が仰るように、低強度で輸送可能な状態にし、転圧するというのが落とし所ではないか。
- (8) (資料2の「参考. 分級後の砂礫・シルト・処理後ブロックの有効利用方法(前回試料の抜粋)」について) 説明の中で分級土砂を骨材として使えないかという話があったが、まだ調査中ではあるが、細骨材がかなりひっ迫しているという情報もある。そうであれば、有効利用できるのでは。  
→(無筋コンクリートの)ブロックはインフラ整備などで多量に使用するのと思う。このようなブロックの細骨材として使用できればいいと思う。
- (9) (資料2の「参考. 分級後の砂礫・シルト・処理後ブロックの有効利用方法(前回試料の抜粋)」について) どれくらいまで塩分濃度を落とせば、(鉄筋コンクリートに)使えるという規定はあるのか。  
→港湾ではコンクリート 1m<sup>3</sup>あたり塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>) 2kg以下であれば鉄筋コンクリートとして使用しても耐久性があるとされている。港湾施設の技術基準に記載されている。
- (10) (大きな需要としては) 消波ブロックなどが考えられる。粒度を見ていい材料であるという点を前面に打ち出して使ってもらえれば。ただ塩分を含んでいるという点も前提となる。
- (11) 堤防のあんこ材としても分級土砂は使えるのではないか。
- (12) 今までは土木資材としての有効利用を議論してきたが、津波で海底から上がったものは基本的には海に戻すべきと考えている(養浜や浅場造成など)。

◆委員会開催状況



第 2 回委員会資料

平成23年度 補正予算建設技術研究開発助成制度(震災対応型技術開発公募)

# 津波堆積土砂からの がれき分別と土砂の分級による 良質な建設材料の有効利用

第2回テーマ推進委員会用資料@気仙沼市



平成24年5月17日

東亜建設工業株式会社  
(研究代表者:御手洗 義夫)

## 1. 現場実証実験の概要

## 実験場所

宮城県気仙沼市朝日町9  
JX日鉱日石エネルギー株式会社気仙沼油槽所内



## 概略工程 (実証実験: 5/16~5/23頃まで)

作業内容	2012年									摘要
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月		
関係各所調整	■	■	■	■						国交省, 宮城県, JX
現地踏査、土壌採取	■	■	■	■						
土壌、水質分析試験		■	■	■						
実験計画、機材手配	■	■	■	■						4/11 委員長事前説明
準備工			■	■	■					4/9-4/13(整地, シート鉄板敷, 土砂搬入, 養生) 5/7-5/10(シート鉄板敷, 機材搬入・設置)
本実験				■	■	■				5/11~5/15 試運転 5/16-5/18 本実験 (予備: 5/21まで)
片付け					■	■				4月中旬にヤード整地, 土砂搬入, 養生 5月初旬から設備設置(6日間程度)
室内試験					■	■	■			5月下旬: 設備解体・撤去(6日間程度) 6月初旬までに: 土砂搬出、ヤード整地
土壌、水質分析試験					■	■	■			
結果まとめ						■	■	■		
報告書作成							■	■	■	
産学官テーマ推進委員会			■	■	■					4/11 委員長事前説明 4/17(本社) 5/17(気仙沼) 第1回 第2回 第3回 第4回(必要に応じて)

## 2. 第1回委員会の議事内容への回答および資料の加筆・修正

### 2-1 津波堆積土砂量の予測値について

#### 【議事録より】

津波堆積土砂の厚さを平均5cm、量として2,800万m<sup>3</sup>と想定しているが、少なくはないか。

津波堆積土砂の厚さ、量に関して再調査をお願いしたい。

一般的に国交省などでは、

「被災6県:体積1,199~1,920万m<sup>3</sup>, 重量1,319~2,802万トン」  
と推計した値が用いられている。

出展:廃棄物資源循環学会:津波堆積物処理指針(案)p.2, H23.7.5

- ・津波の浸水面積:主に国土地理院が発表した値に基づいている
- ・堆積厚さ(堆積高):広域的な実測は、廃棄物資源循環学会や農林水産省が実施している。

その他、詳細は次ページ以降を参照。

【推定条件】 津波堆積物処理指針(案) 廃棄物資源循環学会 H23.7.5

**浸水面積: 詳細浸水図や浸水範囲状況図を用いて、500mメッシュで同定**

今回の地震津波の再現計算による詳細浸水図(暫定値): (海岸工学委員会、村嶋(国際航業)、柳澤(東電設計)、浸水範囲概況図(国土地理院))をもとにしている。  
浸水面積の海水部分を補正している

**堆積高: 実測結果から2.5cm~4cmとして設定**

→解説として、

「水田等や地域においては10~20cm、また、45cmの観測結果もあることから、地域的には、堆積量は推定結果よりも大きくなるのが推測される」、「堆積高の測定方法が確立されておらず、また直後の測定が出来ていないため、測定結果が必ずしも堆積高さの分布状況を把握できていない」としている。

**体積重量換算係数(1.10~1.46t/m<sup>3</sup>)により重量を推定**

**1.10t/m<sup>3</sup>**: 産廃管理票に関する報告書及び電子マニフェストの普及について(通知)『(別添2)産業廃棄物の体積から重量への換算係数(参考値)』(環境省、2006)で示された値

**1.46t/m<sup>3</sup>**: 実測値である粒子比重2.70、含水率50%を用いて算出した値

→解説として

体積重量換算係数は時間経過や堆積土砂の圧密により変化することが考えられることから、どのような係数を用いるべきか検討することが必要である、とされている。

## 津波堆積物量の推定値

	体積 万m <sup>3</sup>	計算厚さ cm	重量 万トン	換算比重	体積 万m <sup>3</sup>	計算厚さ cm	重量 万トン	換算比重
青森県	64	2.7	70	1.09	102	4.3	149	1.46
岩手県	292	5.0	321	1.10	468	8.1	683	1.46
宮城県	516	1.6	568	1.10	826	2.5	1205	1.46
福島県	157	1.4	173	1.10	252	2.3	368	1.46
茨城県	110	4.8	121	1.10	176	7.7	257	1.46
千葉県	60	3.5	66	1.10	96	5.6	140	1.46
	1199	2.1	1319		1920	3.4	2802	
	↑ 津波堆積物処理指針(案), 廃棄物資源循環学会, H23.7.5(最小値)				↑ 津波堆積物処理指針(案), 廃棄物資源循環学会 H23.7.5(最大値)			

上記の各県の「計算厚さ」は、国土地理院発表の各県の津波浸水面積(次ページ)で体積を除いた値。

### 津波による浸水面積

平成23年東北地方太平洋沖地震 市区町村別津波浸水範囲面積(概略値)第5報

県	市区町村	浸水面積(km <sup>2</sup> )	浸水範囲面積(km <sup>2</sup> )	撮影日	
青森県	八戸市	24	844		
	三沢市	6	120	3月13日、4月5日	
	六ヶ所村	5	253	4月5日	
	おいらせ町	3	72	4月5日	
	阪上町	0.5	94	3月13日、4月5日	
岩手県	宮古市	58	4,946		
	大船渡市	10	1,260	3月13日、4月1日、5日	
	久慈市	8	323	3月13日、4月1日、5日	
	久慈町	4	623	3月13日、4月5日	
	陸前高田市	13	232	3月13日、4月1日	
	釜石市	7	441	3月13日、4月1日、5日	
	大槌町	4	201	3月13日、4月1日	
	山田町	5	263	3月13日、4月1日、5日	
	岩泉町	1	993	3月13日、4月1日、5日	
	田野畑村	1	156	4月5日	
	喜代村	1	70	3月13日、4月5日	
	野田村	2	81	3月13日、4月5日	
	汗野町	1	303	3月13日	
	宮城県	仙台市宮城野区	327	2,003	
		仙台市若林区	20	58	3月12日、13日
		仙台市若林区	29	48	3月12日、13日
仙台市太白区		3	228	3月13日	
石巻市		73	558	3月12日、3月13日、3月19日	
塩釜市		6	18	3月13日、19日	
気仙沼市		18	333	3月13日、19日、4月1日、5日	
名取市		27	100	3月12日、13日	
多賀城市		6	20	3月12日、13日、19日	
岩沼市		29	61	3月12日、13日	
東松島市		37	102	3月12日、13日、19日	
亶理町		35	73	3月12日、13日	
山元町		24	64	3月12日、13日	
松島町		2	54	3月13日	
七ヶ浜町		5	13	3月12日、13日、19日	
利府町		0.5	45	3月13日、19日	
安川町		3	68	3月13日	
南三陸町	10	164	3月13日、19日、4月1日		
福島県	いわき市	112	2,456		
	相馬市	15	1,231	3月13日、3月19日(衛)、19日(衛)、29日(衛)	
	南相馬市	29	198	3月12日	
	南相馬市	39	399	3月12日、3月19日(衛)	
	広野町	2	58	3月19日(衛)	
	楡葉町	3	103	3月19日(衛)	
	富岡町	1	68	3月19日(衛)	
	大熊町	2	79	3月19日(衛)	
	双葉町	3	51	3月19日(衛)	
	浪江町	6	223	3月19日(衛)	
新地町	11	46	3月12日		

茨城県	水戸市	23	1,444	
	日立市	1	217	3月12日
	高萩市	4	226	3月12日
	高萩市	1	194	3月12日
	北茨城市	3	187	3月12日
	ひたちなか市	3	99	3月12日
	鹿嶋市	3	106	3月27日
	神栖市	3	147	3月27日
	鉾田市	2	208	3月27日
	大洗町	2	23	3月12日、27日
千葉県	東海村	3	37	3月12日
	銚子市	17	689	
	旭市	1	84	3月12日、27日
	旭市	3	130	3月12日
	匝瑳市	1	102	3月12日
	山武市	6	146	3月12日
	大網白里町	0.5	58	3月12日
	九十九里町	2	24	3月12日
	横芝光町	1	67	3月12日
	一宮町	1	23	3月12日
長生村	1	26	3月12日	
白子町	1	27	3月12日	
合計	561	12,382		

\*浸水面積は、空中写真から水田や、**緑色の浸水範囲**、**黄色の浸水範囲**から浸水位置を空中写真((衛)は衛星画像)を参照して算出(数値は湖沼、内水面を含む)。  
\*調査対象は津波による浸水被害があったと推定される太平洋沿岸全域(青森県下北八戸沿岸(物見岬以南)～千葉県九十九里浜沿岸)  
\*市区町村別は「全国都道府県市区町村別面積集(平成22年10月1日現在(国土地理院))」による。

津波による浸水範囲の面積(概略)について第5報(国土地理院、平成23年4月18日)

### 津波堆積物量の推定値(参考)

調査廃棄物区分	気仙沼ブロック (気仙沼市、南三陸町)		石巻ブロック (石巻市、亶理島市、 安川町)		宮城東部 ブロック (塩釜市、多賀城市、 松島町、七ヶ浜町)		亶理・名取 ブロック (名取市、楡葉市、 亶理町、山元町)		合計		
	推定量 (千t)	構成割合 (%)	推定量 (千t)	構成割合 (%)	推定量 (千t)	構成割合 (%)	推定量 (千t)	構成割合 (%)	推定量 (千t)	構成割合 (%)	
可遊 ごみ	木くず	674	22.8	2,309	30.9	344	20.2	886	28.5	4,193	27.7
	廃プラ	22	0.7	0	0.0	11	0.6	22	0.7	55	0.4
	大・混合ごみ	98	3.3	17	0.2	62	3.6	31	1.0	208	1.4
	小計	794	26.9	2,326	31.2	417	24.5	919	30.3	4,456	29.4
小遊 ごみ	コンクリートがら	612	20.7	1,480	19.4	366	21.5	831	19.6	3,029	20.0
	アスファルトがら	188	6.6	0	0.0	51	3.0	100	3.3	317	2.1
	金属	100	3.4	53	0.7	92	5.4	120	4.0	365	2.4
	雑入・混合ごみ	1,285	43.5	3,834	48.7	774	45.5	1,294	42.6	8,957	48.1
小計	2,165	73.1	5,137	68.8	1,283	75.5	2,115	69.7	10,698	70.6	
合計	2,957	100.0	7,463	100.0	1,700	100.0	3,034	100.0	15,154	100.0	
津波堆積物(千m <sup>3</sup> )	1,100	-	3,800	-	950	-	5,750	-	11,600	-	

「宮城県災害廃棄物処理実行計画(第1次案)－災害廃棄物処理の基本的考え方－」  
(宮城県、平成23年7月)よりまとめた資料

気仙沼BL: 110万m<sup>3</sup>、石巻BL: 380万m<sup>3</sup>、宮城東部BL: 95万m<sup>3</sup>、  
亶理・名取BL: 575万m<sup>3</sup>、これらの合計は、1,160万m<sup>3</sup>



→ 前述の宮城県の推計: 516~826万m<sup>3</sup>を大きく上回っている)  
→ **実際の津波堆積物の量は、一般的に使われている値より大きい可能性が高い。**

## 2.2 (今回の)津波堆積土砂量の物性に関して

### 【議事録より】

放射性物質の計測も検討してみてもどうか。

→ 空間線量計で簡易に計測を行った。問題となるレベルではない。  
結果は「3. 現場実証実験状況」で示す。

### 【議事録より】

まず、今後検討していただきたいことが1つある。今回の対象土砂ではフッ素、ホウ素は自然由来と思われる値となっている。しかし自然由来とは言え、含まれている材料を埋め戻していいのか。千葉県では条例などを設けている。

→ 現行のままでよいのでは？  
(ただし、現行があいまいであるが・・・現行で浚渫土砂でフッ素、ホウ素はどのように扱われているのか？)

## 2.3 粒度の違いに対する土砂分級分級の性能について

### 【議事録より】

今回扱う土砂は、本(分級)システムの実証性を評価する上でどのくらいの代表性があるのか？今回の土砂は極端に(粒径が)大きいものや小さいものが入っていない。

(中略) 粒径が大きいものが多いもの、細かいものが多いものはどの程度までこのシステムでいけるのか、というのを知る意味でも極端な試料がよかったのでは。

・今回は礫が多いが、例えば礫が少なくて細砂が多い場合なども実験してみても。粒径加積曲線が同じS字なので、中砂から中礫の間で下に凸のような粒径のものも実施してみても。

・1回分級したものをもう1回混ぜて、人工的に粒度調整すればできるのでは。

→ 浚渫土砂の分級工法(ソイルセパレータマルチ工法)は、処理対象土砂の粒度に応じて、機械の構成(種類, 数量)を設定することにより、処理能力を確保できるシステムとなっている。

現行システムの能力設定は、50~100m<sup>3</sup>/hr(地山)の設定であるが、対象土砂の粒度分布に応じて、各分級範囲の能力を平均70~80m<sup>3</sup>/hrに設定するものがあり、最大で100m<sup>3</sup>/hr、最低でも50m<sup>3</sup>/hrの能力を確保できるシステム構成となっている。

### 【議事録より】

分級システムは粘土分が多いものに対しては適用しない。  
例えば、最低限適用できる細粒分含有量が50%以下だとか、40%以下という縛りを作っているのでは？

→ 本システムでは、浚渫土砂を対象に30 $\mu$ m以下の重量百分率が50%の『砂混じり粘性土』を処理した実績がある。それ以上でも分級は可能であり、フロック凝集装置と脱水装置の能力、台数設定の問題である。

ただし、粘土分が多い場合、

- 1) 事前の解泥を十分に行う必要がある
- 2) 凝集剤の使用量が増す
- 3) フロックの脱水処理の能力設定が大きくなる

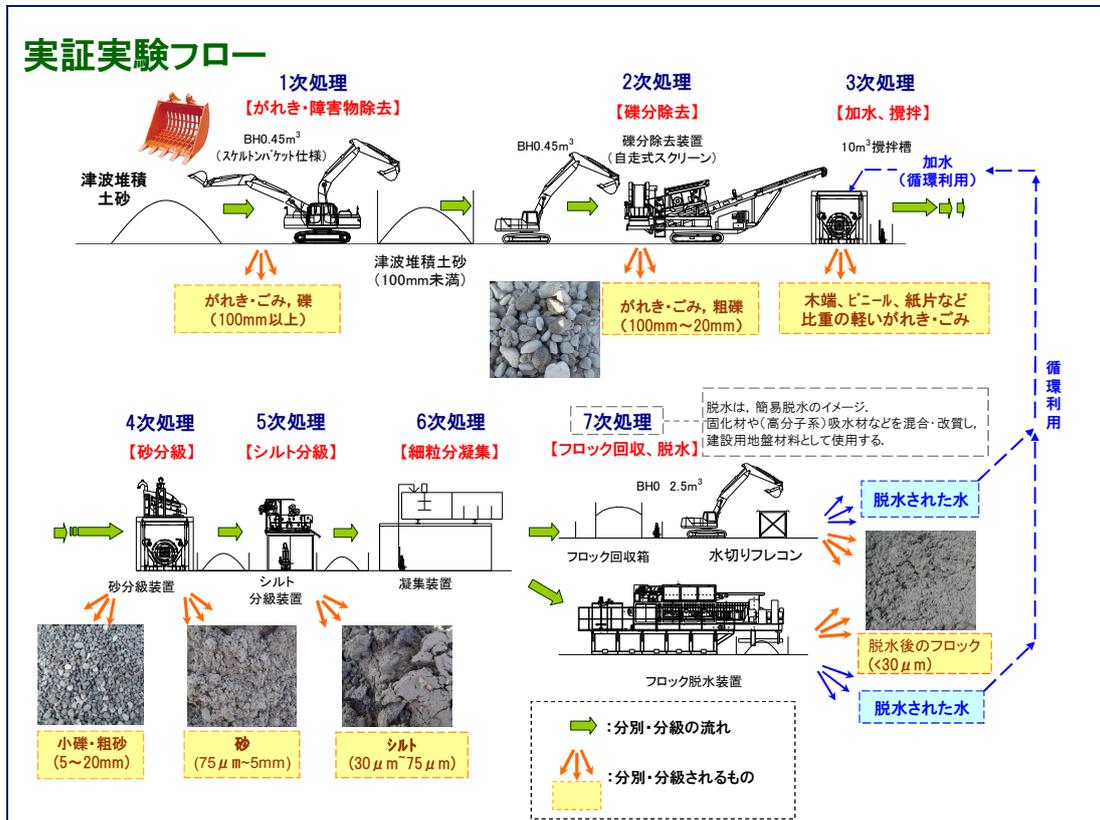
等の課題があり、コスト増大に繋がる。

したがって、浚渫土砂等のように減容化を目的とする場合、費用対効果を考慮し、30 $\mu$ m以下の重量百分率は40%以下としている。

津波堆積土砂の処理の場合、脱水処理を簡易に行い、改質することを考えているため、分別・分級・改質のトータルコストを試算して、適用範囲を設定する。

## 3. 現場実証実験状況

### 3.1 機械システム構成と運転状況



## 機械システム構成と運転状況

### 【1次処理 がれき・障害物除去】

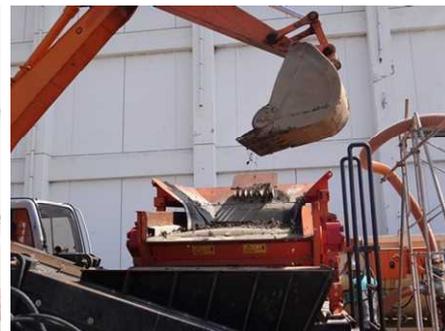


スケルトンメッシュ  
100mm×150mm



BH0.7m<sup>3</sup> スケルトンバケット仕様

### 【2次処理 礫分除去】



スクリーンメッシュ  
20mm

礫分除去装置(自走式スクリーン)

### 【3次処理 加水、攪拌】



比重の軽いごみ  
は樋に越流

10m<sup>3</sup>攪拌槽



タンク内の樋に比重の軽い  
ごみを越流させ、別途設けた  
メッシュにて除去する。余水  
は、タンク内にリターンする。

19

### 【4次処理 砂分級】



砂分級装置



サンドセパレーター  
分級点:74  $\mu$ m

スクリーンメッシュ  
上段:74  $\mu$ m

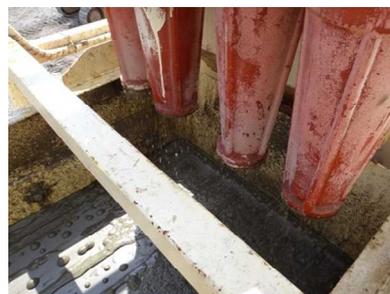
下段:3.5mm

20

**【5次処理 シルト分級】**



**シルト分級装置**



シルトセパレーター  
分級点:  $30\ \mu\text{m}$   
スクリーンメッシュ  
上段:  $100\ \mu\text{m}$   
下段:  $750\ \mu\text{m}$

21

**【6次処理 細粒分凝集】**



**凝集装置**



**攪拌、水路通過状況<sup>22</sup>**

**【7次処理① フロック回収、脱水】**



**フロック回収箱**



**水切りフレコン**

フロック回収箱にて脱水した後、水切りフレコンにて再度脱水する。余水は加水用水として再利用される。

23

**【7次処理② フロック回収、脱水】**



**フロック脱水装置  
(エコウォーターシステム)**

一度作製したフロックを再凝集させ、スリットセーバー、スクリュープレスにて脱水する。



**スリットセーバー**



**スクリュープレス**

24

## 3.2 津波堆積物と分級後の状況

### 津波堆積物と分級後の状況

一次処理(スケルトンによるふるい)により排出された、がれき・ごみの混入状況  
(5/15終了現在)



## 津波堆積物と分級後の状況

一次処理(スケルトンによるふるい)により排出された、がれき・ごみの混入状況  
(約10%程度:5/15終了現在)



布きれ



金属類



廃プラ



木類



がれき、石

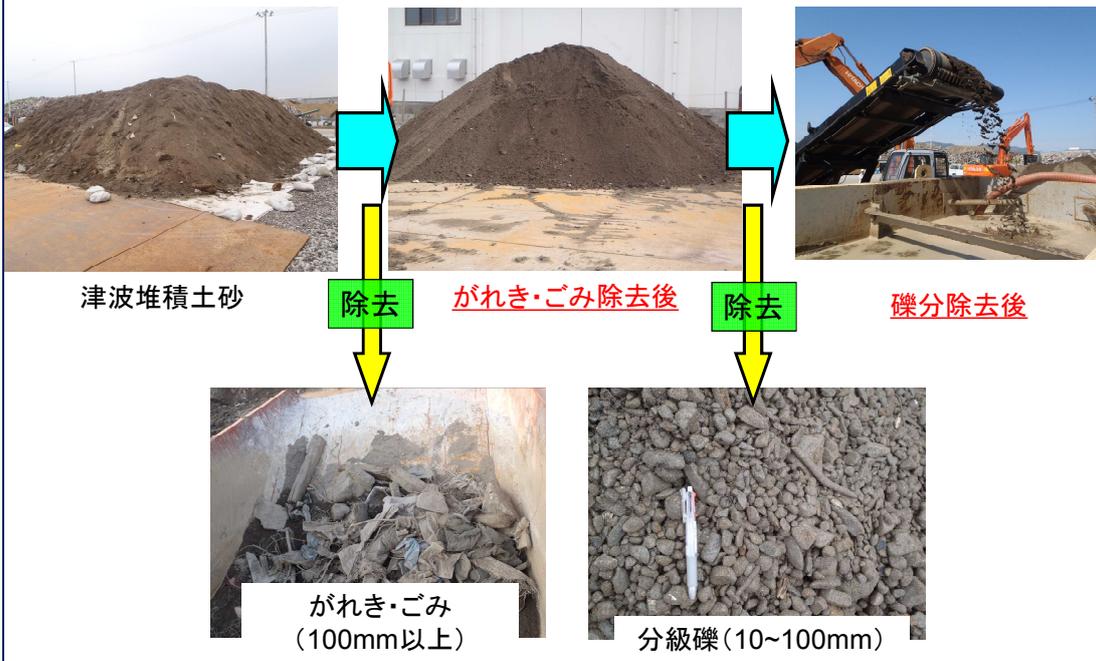


ごみに付着した土砂注)

注)本実験では用地借用の都合上、乾式で1次処理を行ったため、ごみ類に土砂が多く付着した(本来は1次処理段階で水浸透させ、土砂との分離や比重分別を行うことになる)

## 津波堆積物と分級後の状況

分級前後の土砂の状況



## 津波堆積物と分級後の状況



## 簡易脱水フロックの試し練り

現場にて簡易脱水したフロック(湿潤密度 $1.18\text{g/cm}^3$ )と改質材を混合(5/15作製)

カルシア系改質材(フロック:改質材=8:2(実体積比))



高炉セメントB種(50kg/m<sup>3</sup>添加)



## 空間線量の測定結果

## 測定状況写真

測定対象土砂		空間線量率 ( $\mu\text{Sv/hr}$ )
津波堆積土砂 (土砂集積場)		0.08~0.10
一次処理後土砂 (スケルトン通過)		0.05~0.06
スケルトン 残留物	布きれ	0.05~0.06
	金属類	0.04~0.06
	廃プラ	0.04~0.06
	木類	0.03~0.06
	石、れんが	0.05~0.06
分級礫		0.03~0.06
分級砂		0.05~0.07
分級シルト		0.04~0.06
ブロック		0.04~0.06

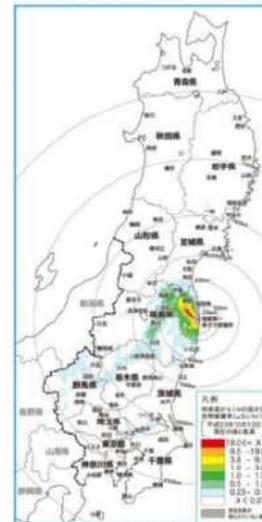


### 参考:

## 岩手県及び宮城県の沿岸部の空間放射線量

**福島第一原発から100~250km  
以上離れており、空間放射線量は他の  
地域と同等。  
そこで発生した災害廃棄物の放射  
能濃度は不検出又は微量。**

東北・関東地方の空間放射線量マップ



空間放射線量(地上1mでの測定結果)					
県名	市区町村名	空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	県名	市区町村名	空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
東北沿岸部	岩手県 久慈市	0.06	主な都府県	茨城県 水戸市	0.09
	野田村	0.06		栃木県 宇都宮市	0.11
	宮古市	0.10		群馬県 前橋市	0.09
	陸前高田市	0.05		埼玉県 さいたま市	0.05
	宮城県 乳仙沼市	0.10		東京都 新宿区	0.07
石巻市	0.09	愛知県 名古屋市中区		0.04	
名取市	0.08	大阪府 大阪市		0.06	
				福岡県 太宰府市	0.06

関東圏: 文部科学省HP「放射線モニタリング情報」平成23年11月30日1日測定結果  
 岩手県: 岩手県HP「放射線モニタリング情報」平成23年11月30日1日測定結果  
 宮城県: 宮城県HP「放射線モニタリング情報」平成23年11月30日1日測定結果  
 茨城県: 茨城県HP「放射線モニタリング情報」平成23年11月30日1日測定結果  
 栃木県: 栃木県HP「放射線モニタリング情報」平成23年11月30日1日測定結果  
 埼玉県: 埼玉県HP「放射線モニタリング情報」平成23年11月30日1日測定結果  
 東京都: 東京都HP「放射線モニタリング情報」平成23年11月30日1日測定結果  
 愛知県: 愛知県HP「放射線モニタリング情報」平成23年11月30日1日測定結果  
 大阪府: 大阪府HP「放射線モニタリング情報」平成23年11月30日1日測定結果  
 福岡県: 福岡県HP「放射線モニタリング情報」平成23年11月30日1日測定結果

出展: 災害廃棄物の広域処理, 平成24年5月9日環境省

## 4. 室内配合検討計画について

### 簡易脱水フロックの室内配合試験(案)

現場実証実験で得られた脱水フロックを用いて、

- (1)脱水の程度(含水比)
- (2)改質材の種類
- (3)改質材の添加量
- (4)養生期間

などをパラメータとした、室内配合試験を行い比較を行う。

その他、それぞれの方法の特徴を示す試験の実施、または既存の試験結果を提示する(耐久性など)

## 簡易脱水フロックの室内配合試験(案)

### (1)脱水の程度(含水比)



脱水ボックスによる簡易脱水



①フレコンによる脱水



②スクリューによる脱水



③可動スリットによる脱水

実証実験にて実測されたフロックの含水比の範囲を室内試験で設定

## 簡易脱水フロックの室内配合試験(案)

### (2)改質材の種類

簡易に手に入る材料として、現場の試験練りには高炉セメントB種類、カルシア系改質材を選択

改質材料	材料の状態	効果・特徴
石灰または石灰系固化材	粉体またはスラリー	脱水(高吸水性)、固化
セメントまたはセメント系固化材	同上	低流動化、固化、安価
MgO系固化材(中性固化材)	同上	低流動化、固化、低アルカリ性
高分子吸水材+固化材(多種・多工法)	同上	造粒固化
古紙破砕物+固化材(ポンテラン工法)		繊維質固化処理による高耐久性
製鋼スラグ(カルシア改質材)	粒状体(砂~小礫) 内割り20%~30%Vol使用	低流動化、固化(長期的に硬化・耐久性) 鉄分含んでおり藻場再生材となる
石炭灰由来(Hi-ビーズ)	粒状体(砂~小礫)	消臭、吸水、低強度固化
ペーパースラッジ(製紙焼却灰)	粉体	高吸水性、消臭効果

## 簡易脱水フロックの室内配合試験(案)

### (3)改質材の添加量

例

高炉セメントB種・・・50,80,100kg

カルシウム系改質材・・・内割20~30vol.%

⇒実験結果より,

改質の程度(一軸圧縮強度), m<sup>3</sup>あたりの改質に要する費用を算出

### (4)養生期間

混合直後, 1日, 3日, 1週, 4週程度とし, 強度増加を定量的に把握

コーン貫入試験, 一軸圧縮試験をベースとする

## 5. 津波堆積物のがれき・ごみ分別・分級技術の 適用・実用化(事業化)について

## 4.1 分別・分級技術の適用・実用化(事業化)について

### 【議事録より】

(地盤の嵩上げや各種インフラ整備など)街づくりは市町村単位で行うのか？

- (広域地盤沈下対策:嵩上げなど)いわゆる街づくりの事業主体は市町村である。土砂の使い方には今後の検討が必要になるかと思うが、河川堤防や海岸堤防を数十年、百数十年単位でL1対応のものを作っていこうというプランは県にはある。また浸水区域に対しては嵩上げなども土砂の利用方法として考えられる。
- 処分費や処分場建設費を含めたトータルコストでの比較というのは正しいが、(国交省の)実際の事業制度は少し違う。国交省が港湾を作る場合は一般的な資材と比べて安ければ使うが、高ければ使わない。実際には土砂を処分する人と(港湾などを)つくる人は違う。

### 【議事録より】

どこに土砂を使っていくかとシステム作りも今後考えていく必要がある。  
この有効利用の箇所は本日は話題提供の意味もあり、どのように使っていくかということに関しては、次回の委員会でも時間を取って議論していきたい。



津波堆積物(土砂)を含めた災害廃棄物の処理方法に関する現状のしくみを把握する必要がある。



被災の大きかった岩手県、宮城県の状況を調べ、どのようなシステムが構築され、本技術を有効に活用する仕組みを考えることが重要である。



**良質な砂礫や、地盤材料として有効な改質した凝集ブロックなどの用途は、数多く考えられるが、どのようなシステムに乗せるか？**

## 4.2 災害廃棄物処理の現状について

津波堆積土砂を含めた災害廃棄物の処理に関しては、環境省が昨年5月に示したマスタープラン(環境省, H23.5)に基づいて、詳細な計画が立てられ、進められている。

津波による被災が大きかった、岩手、宮城の両県では、それぞれ、環境省のマスタープランに基づいて詳細な計画が立てられている。

### 「東日本大震災に関わる災害廃棄物の処理指針(マスタープラン)」

環境省, 平成23年5月16日

### 「岩手県災害廃棄物処理詳細計画」, 岩手県, 平成23年8月30日

### 「宮城県災害廃棄物処理実行計画(第1次案) —災害廃棄物処理の基本的考え方—」, 宮城県, 平成23年7月

実行計画は、東日本大震災に対する災害廃棄物の処理について、環境省より平成23年5月16日に示された「東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針(マスタープラン)」に基づき、宮城県の災害廃棄物処理の具体的方法を定めるものとして位置付けるものです。

また、本計画は、「宮城県災害廃棄物処理の基本方針」(平成23年3月28日策定)、「宮城県災害廃棄物処理指針」(平成23年5月30日策定)で既に示した内容を前掲としつつ、特に、一次仮置き場への運搬以降の廃棄物処理を具体的に進めるための方法、処理スケジュール等を定めるものです。

## 宮城県での災害廃棄物処理の進め方

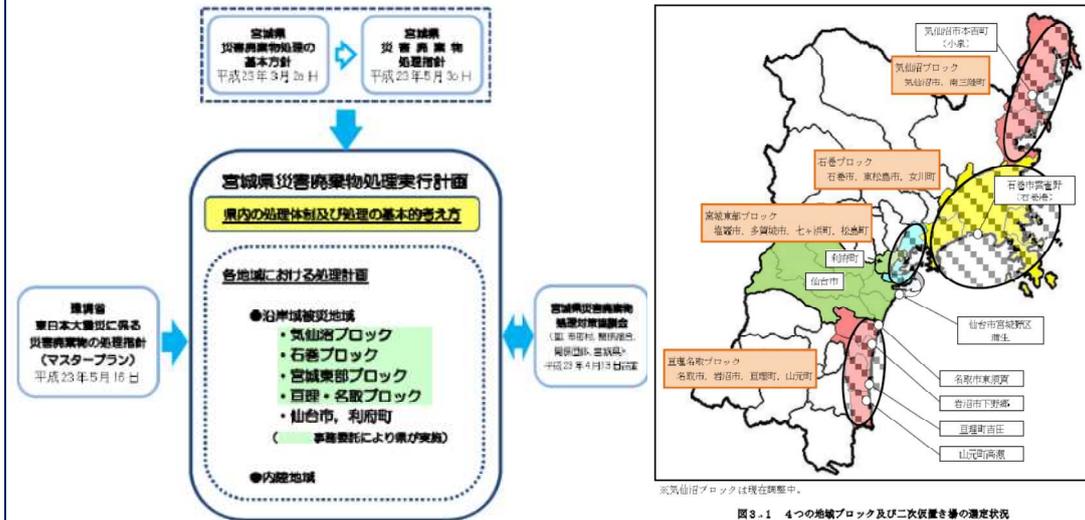
実行計画は、東日本大震災に対する災害廃棄物の処理について、環境省より平成23年5月16日に示された「東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針(マスタープラン)」に基づき、宮城県の災害廃棄物処理の具体的方法を定めるものとして位置付けるものです。

また、本計画は、「宮城県災害廃棄物処理の基本方針」(平成23年3月28日策定)、「宮城県災害廃棄物処理指針」(平成23年5月30日策定)で既に示した内容を前掲としつつ、特に、一次仮置き場への運搬以降の廃棄物処理を具体的に進めるための方法、処理スケジュール等を定めるものです。

なお、本計画は県内全ての市町村を対象としますが、比較的被害の少ない地域では市町村単独での処理が可能であり、「宮城県災害廃棄物処理指針」及び本実行計画を踏まえた実行計画を作成することになります。しかし、後述のとおり津波被害の規模が大きく単独の市町では処理ができない沿岸域の具体的な処理方法としては今後事業者からのプロポーザルを広く募って後に定めることとなるため、この実行計画(第1次案)では、その前提となる県内の処理体制や県と市町との役割分担、処理方法の基本的方針等を示します。今後、県内各地域ブロックにおける詳細な処理方法の検討を踏まえた上で、最終的な実行計画を取りまとめることとします。

出展:「宮城県災害廃棄物処理実行計画(第1次案) —災害廃棄物処理の基本的考え方—」, 宮城県, 平成23年7月

## 宮城県での災害廃棄物処理の進め方



出展:「宮城県災害廃棄物処理実行計画(第1次案) —災害廃棄物処理の基本的考え方 —」, 宮城県, 平成23年7月

## 宮城県での災害廃棄物処理の進め方

### 3 市町と県の役割分担

市町と県の役割は、事務委託の範囲により異なりますが、基本的には以下のとおりです。なお、現在の事務委託の予定範囲を図3.2及び表3.2に示します。

#### (1) 市町の役割

- ① 一次仮置き場における粗分別・市町村独自の処理・再生利用及び管理(衛生・安全対策)
- ② 一次仮置き場から二次仮置き場への運搬
- ③ 既存の一般廃棄物処理施設(焼却、埋立)の余力の確認及び処理
- ④ 地元の復興工事等における資材としての利用ニーズ及び利用条件の調整等

#### (2) 県の役割

- ⑤ 二次仮置き場の管理、廃棄物の処理
- ⑥ 広域処理の調整等

出展:「宮城県災害廃棄物処理実行計画(第1次案) —災害廃棄物処理の基本的考え方 —」, 宮城県, 平成23年7月

## 岩手県での 災害廃棄物処理の 進め方

本県では今年 6 月に「岩手県災害廃棄物処理実行計画」（以下「実行計画」という。）を策定し、災害廃棄物処理の基本的考え方を示しました。このたび、実行計画を踏まえ、災害廃棄物の発生量を精査するとともに、具体的な処理方法等を定めた「岩手県災害廃棄物処理詳細計画」（以下「詳細計画」という。）を策定しました（図-1.1.1）。

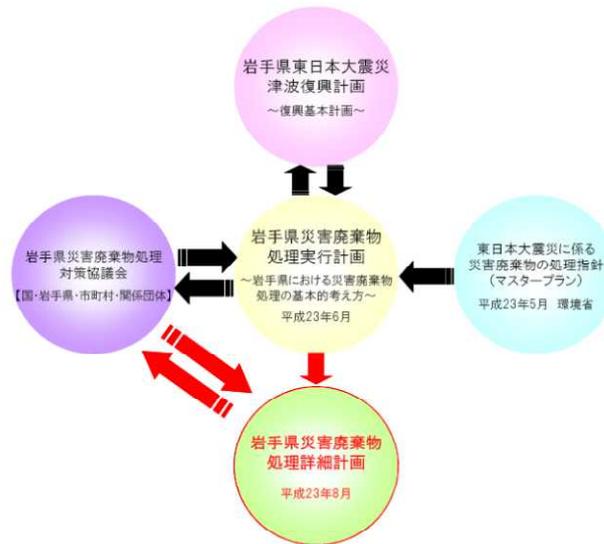


図-1.1.1 詳細計画の位置付け

出展:「岩手県災害廃棄物処理詳細計画」, 岩手県, 平成23年8月30日, p.1

## 岩手県での災害廃棄物処理の進め方

### 2) 処理の基本方針（実行計画）

- a) 地域の復興に寄与する処理  
県内の既存施設や業者を活用し、地域の復興と地元雇用に配慮
- b) リサイクルを重視した処理  
循環型社会を目指す岩手県に適した、最終処分量を減らす技術を活用
- c) 広域処理も活用した迅速な処理  
県外への広域処理も行い、迅速に処理する方法を併用

### 4) 環境への負荷の低減

処理に当たり、海上輸送を積極的に活用すること等により、処理の効率化を図りつつ、環境への負荷を低減

上記の方針に基づき、膨大な災害廃棄物を平成 26 年 3 月末までに処理するためには、特に、その約 6 割を占める「柱材・角材」、「可燃系混合物」及び「不燃系混合物」の処理を迅速かつ的確に行うことが最も重要となります。そのため、詳細計画においては、これらの処理に重点を置くこととしました。

なお、災害廃棄物の発生量及びその性状については、今後の更なる精査により変動することが予想されます。また、広域処理の受入先について詳細計画に掲載できるまでに至っていないことや、コンクリートがらや堆積物について最大限復興資材として活用するものの具体的な活用方法については未定であること等から、引き続き調整を行いながら処理を進めていきます。

出展:「岩手県災害廃棄物処理詳細計画」, 岩手県, 平成23年8月30日

## 岩手県での災害廃棄物処理の進め方

### ① リサイクルを重視した処理フロー

詳細計画における処理の流れを図-1.2.1 に示します。まず、被災現場において解体・撤去を行った災害廃棄物を一次仮置場に集め、「柱材・角材」、「可燃系混合物」、「コンクリートがら」等におおまかに選別します。次に、二次仮置場において、「可燃系混合物」や「不燃系混合物」等をさらに細かく選別した上で、復興資材等に利用可能なものはできる限り再生利用し、それ以外は一般廃棄物の焼却施設や最終処分場で処理・処分します。



図-1.2.1 災害廃棄物処理の流れ

出展:「岩手県災害廃棄物処理詳細計画」, 岩手県, 平成23年8月30日

## 岩手県での災害廃棄物処理の進め方

### ② 太平洋セメントを災害廃棄物の処理拠点に

太平洋セメント(株)大船渡工場(以下「太平洋セメント」という。)は、最大1,000t/日の処理能力を持つことから、この施設を災害廃棄物処理の拠点とすることで、災害廃棄物の迅速な処理が可能となります。また、復興資材としてセメントを供給できます。

なお、太平洋セメントを災害廃棄物処理の拠点とする場合、災害廃棄物の塩素濃度を0.1%以下にする等クリアすべきいくつかの要件があります(図-1.2.2)。

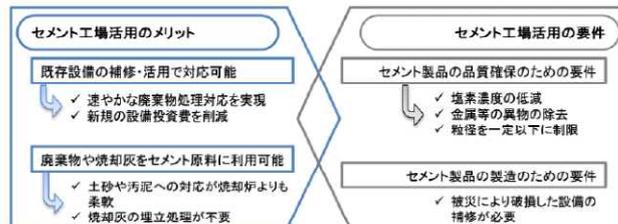


図-1.2.2 太平洋セメントを活用するメリットと要件

また、処理に当たっては、環境省が所管する災害等廃棄物処理事業費国庫補助金を活用します(図-1.3.1)。



図-1.3.1 経費負担の流れ

出展:「岩手県災害廃棄物処理詳細計画」, 岩手県, 平成23年8月30日

## 岩手県での 災害廃棄物処理の 進め方

災害廃棄物は、一般廃棄物に該当するため、処理責任は市町村にあります。しかし、行政機関自体が被災している市町村もあることから、市町村の状況に応じて、県が地方自治法に基づく事務の委託を受け、災害廃棄物の処理を行います。

市町村別の事務委託の内容は、表-1.3.1に示すとおりです。

表-1.3.1 市町村別県への事務委託の状況（8月30日現在）

市町村	実 施 機 関	① （1） 家庭等の解体	② （2） 仮置場までの収集運搬	③ （3） 仮置場における選別	④ （4） 仮置場からの収集運搬	⑤ （5） 処分				⑥ （6） 処理計画の策定	
						① 自動車	② 家電注)	③ PCB 廃棄物等 特別管理 廃棄物	④ その他 一般的な 災害廃棄物		
洋野町	町	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
久慈市	市	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
野田村	村	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
普代村	村	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
田野畑村	村	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
岩泉町	町	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
岩手県	県	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
宮古市	市	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

出展：「岩手県災害廃棄物処理詳細計画」，岩手県，平成23年8月30日

## 6. 今後の予定

## 今後の予定(第3回委員会まで)

### ①現場実証実験結果の整理 (5月末～6月末)

処理前後の津波堆積土砂の物性および分析関係  
有効利用する場合の品質基準は？(各種指針などの整理)

### ②各種室内試験計画の実施 (6月～7月中旬頃まで)

処理前後の津波堆積土砂の物性および分析関係

### ③コスト試算

分別・分級＋後処理(改質など)－新規購入材の購入コスト VS 処分費など

### ④本級技術の適用・実用化(事業化)について

現行の災害廃棄物処理のシステムのなかでどのように使うべきか？  
どこに、どのような形で話を持ちかけていくと有効か？

・第3回委員会開催時期:7月末頃を予定

参考. 分級後の砂礫・シルト・処理後フロックの  
有効利用方法  
(前回資料の抜粋)

## 分級後の砂礫・シルト・固化処理ブロックの有効利用方法

震災復旧における有効利用方法には、以下のような地盤沈下対策や被災した建造物の復旧、補強の他、各種インフラ整備において、様々な用途が考えられる。

◎広域地盤沈下対策・・・地盤の嵩上げ

◎被災した建造物の復旧および津波対策目的の補強

・・・港湾構造物，河川・海岸堤防の嵩上げ，

**津波に対する粘り強い構造への強化**

高台の造成

◎上記に伴う、各種インフラ整備用資材

・・・道路・歩道や擁壁などの基盤材

盛土や擁壁，排水路などの排水材

盛土の表層被覆材

各種無筋コンクリート用骨材

## 分級後の砂礫・シルト・固化処理ブロックの用途

### (1) 海域での有効利用方法

◎無筋コンクリート用骨材・・・粘り強い港湾構造物用の被覆ブロック

既存港湾構造物の復旧用 //

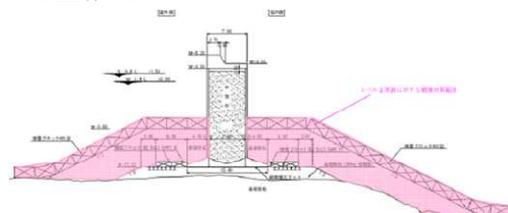
**(今後大量のブロックの需要が見込まれる)**

◎地盤の嵩上げ用地盤材料

○ケーソンなど構造物の中詰め(砂礫)

○海岸再生(海水浴場，公園など)，養浜，人工干

○各種インフラ整備用



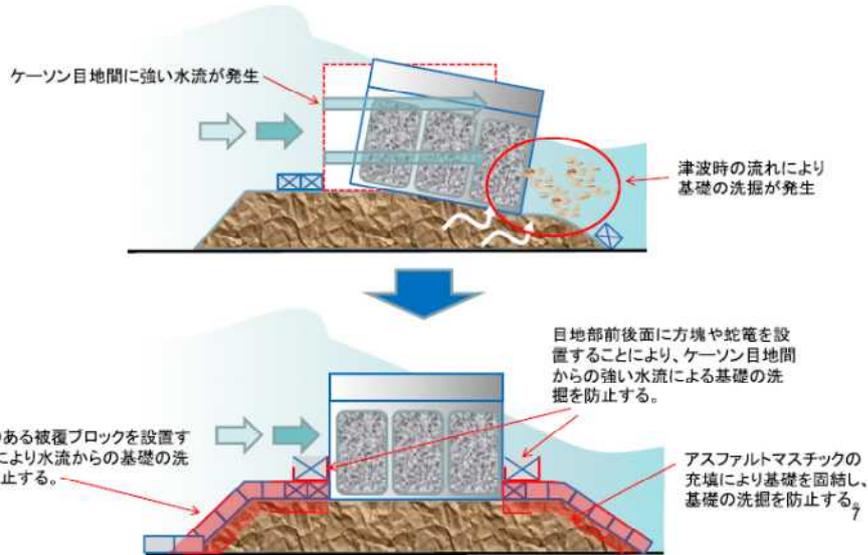
ケーソン埋 レベル2津波対策断面  
各断面は設計条件等での設計図に基づき、今後変更する可能性がある。  
レベル2津波対策用の防波堤の補強断面例

## 分級後の砂礫・シルト・固化処理ブロックの用途

### 粘り強い防波堤構造のイメージ

国土交通省

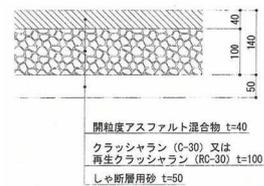
○基礎の洗掘に対する対策



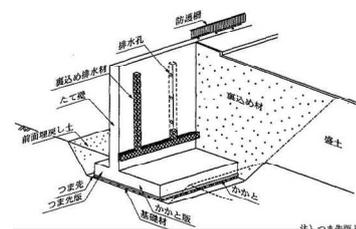
## 分級後の砂礫・シルト・固化処理ブロックの用途

### (2)陸域での有効利用方法

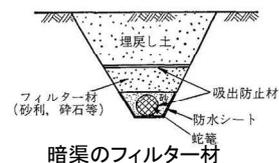
- ◎地盤の嵩上げ(砂礫, 固化処理ブロック)
- 道路, 歩道の基盤材(砂礫, 固化処理ブロック)
- 擁壁などの裏込め材(礫材)
- 河川堤防などの嵩上げ材(固化処理ブロック)
- 盛土や各種排水設備(暗渠など)のドレーン材(砂礫)
- 歩道のブロックなど無筋コンクリート用骨材(砂礫)
- 公園, グランドなどの整備(砂礫)
- 盛土の表面被覆材(固化処理ブロック)



道路の基盤材



擁壁の裏込め材



暗渠のフィルター材

### (3)その他の有効利用方法

- 降雪地域の道路凍結対策用の撒き砂材(砂)

## 第3回委員会

◆開催日時：平成24年8月2日（木） 14:00～17:30

◆開催場所：東亜建設工業(株)東北支店 大会議室 （宮城県仙台市）

◆出席者

### 【議長】

東北大学大学院環境科学研究科 高橋弘教授（テーマ推進委員会委員長）

### 【社外委員】

国土交通省東北地方整備局港湾空港部 佐瀬浩市港湾空港企画官  
宮城県土木部事業管理課 丹治一也 技術補佐  
(遠藤土木部次長代理出席)

独立行政法人港湾空港技術研究所地盤研究領域 渡部要一 領域長  
茨城大学工学部都市システム工学科 小峯秀雄 教授  
株式会社日建設計シビル地盤調査設計部 片桐雅明 設計主管  
いであ株式会社国土環境研究所生体解析部 笠原勉 技師長

### 【社内委員】

東亜建設工業(株)土木事業本部機電部機械グループ 泉信也グループリーダー

### 【事務局】

幹事 東亜建設工業(株) 技術研究開発センター 御手洗義夫（研究代表者）  
副幹事 東亜建設工業(株) // 居場博之（共同研究者）  
補佐 東亜建設工業(株) // 湯浅大樹（共同研究者）

### 【オブザーバー】

東亜建設工業(株)技術研究開発センター 浅沼丈夫 副センター長  
東亜建設工業(株)東北支店 西村照子 部長  
東亜建設工業(株)東北支店土木部 浅田英幸 課長

◆欠席者

宮城県土木部 遠藤次長（丹治技術補佐が代理出席）  
東亜建設工業(株)土木事業本部技術部 奥部長

◆内容

- (1) 現場実証実験結果についての報告。
- (2) 脱水ブロックの室内配合試験結果についての報告
- (3) コスト試算および類似技術とのコスト比較について説明を行った。
- (4) 本技術の適用・実用化（事業化）に向けての取組みについて説明を行った。
- (5) 委員から、東北地方整備局の災害廃棄物の再生利用の推進に向けた取組、宮城県の災害廃棄物処理実行計画についての情報提供および本技術の適用・事業化についての提案があった。
- (6) 以上の項目について、質疑応答および意見交換を行った。
- (7) 今後の予定として、9月中旬までに第3回委員会までの内容で報告書を作成し、委員会メ

ンバーに確認してもらい、9月末を目処に完成させること、また、事業化に関する意見、アイデアを9月末まで集って報告書にまとめることを確認した。

◆主な意見・要望および事務局からの回答

- (1) (資料3の「1.現場実証実験結果」について) 4次処理の下段スクリーンから出てくる土砂は、粒径からみて礫であるが、それを分級砂(粗)と記述しており、誤解されやすい。また、4次処理で出る礫、砂を混ぜて排出していたが、粗礫、中礫、細礫、砂という風に細かく分類できるシステムを構築することが重要ではないのか?  
→試料名(分級礫、分級砂、分級シルト等)については、誤解のないよう表現方法を工夫する。4次処理の上下段を分けて排出することは可能であるが、それだけの用地と費用が必要となるため、4次処理の上下段を分けて取り出すことは基本的に考えていない。今回、4次処理の上下段で分けた試験結果を出したが、本来、合わせた結果を出さなければいけない。
- (2) 国交省の助成では技術の成立性をどう示すか問われると思うが、どのように考えているのか?  
→今回の実験では、分級砂に関してはコンクリートの細骨材で使用できる、細粒分5%以下の高品質な砂が取り出せるという証明ができるため、そのように報告書をまとめる。
- (3) 県では津波堆積物で土木工事用材料として想定しているのが、碎石40ランや盛土材であるが、この技術を使えば、オトコンパクション用の砂やコンクリートの細骨材として使用できるのか?現在、コンクリートやアスファルト用の骨材が不足しており、県外から持ってくることも検討している。  
→可能である。細骨材の入手が困難で、遠方から運ぶ必要がある場合等に、この技術を使うことにより、入手できることをアピールしたいと考えている。
- (4) 現状、木片混じりの津波堆積物の処理に相当困っている。このシステムで木片と土を分けることは技術的に可能だと思うが、その処理コストと最終処分費を比べてどうかといった検討も必要だと思う。2割ぐらい木片が入っているが、盛土するとふかふかするものがあり、こういったものをターゲットにしてはよいのではないのか?  
→2、3割ぐらいの木片であれば、コスト的にこの技術を適用するのに見合ってくると思う。木片5割ぐらいまでで、一度コスト試算してみる。
- (5) (資料3の「2.脱水ブロックの室内配合試験結果」について) 一度供試体を粉砕し(乱し)、一軸試験用の供試体を作製するとあるが、どのように作製したのか?また、粉砕はどの程度行ったのか?  
→大きさ10mm以下に粉砕したものをモールドに手でつめて作製しており、供試体の密度が破砕前の95%以上になるよう管理した。これは、オーバーコンパクションにならない程度の転圧を想定して行った。ほぐし方はバックホウで掻いた時を想定してそこまで細かくしていない。
- (6) ブロックの脱水方法がいくつかあるが、どの方法がよいのか?

→現状、機械の処理能力を考えると、ヤードを確保できるという条件付きであるが、ボックス型である程度水を切った後、水切りフレコンに入れ、半日ないし1日置いた後に改質するといった方法がコスト的に一番有効であると考えている。

- (7) 添加量はブロックと改質材の相性で決まると思うが、高炉 B よりも石灰の方が強度が出る  
といった、今回行った試験の結果が逆転することはないか？

→石灰とセメントの違いは変わらず、セメントが増えれば、石灰も増える傾向になる。石灰は材料単価が高く、また、材齢1日で運搬できても、その後強度があまり増えないため、運搬後の用途制限がある。よって、セメントが最もよいという結論は変わらない。

- (8) (資料3の「3.コスト試算結果」について) がれきが10%と25%であり単価に差がないが、仮に50%含まれるとした場合、単価は変わってくるのか？

→50%になると、機械構成を変える必要があるため、単価も変わってくる。1次処理、2次処理を増強し、材料の売却分が減るので、1000~2000円/m<sup>3</sup>程度高くなると思う。

- (9) ソイルセパレータ・マルチとトロンメルで同じ規模で施工する場合、必要面積はどの程度かを明記しておいた方がよいと思う。

→脱水用のエリアが必要な分、ソイルセパレータ・マルチの方が若干大きくなると思う。20m<sup>3</sup>/hrと70m<sup>3</sup>/hrの機械を用いる場合、200~300m角程度の用地が必要になる。例えば、気仙沼や陸前高田のように広い更地がある所であれば対応可能であるが、用地確保の問題はたしかにある。

- (10) (資料8 災害廃棄物処理実行計画(第二次案)について…宮城県提供) 津波堆積物246万tはすでに各ブロックに委託され、処理方法が決まっているということではよいのか？

→基本的には決まっている。宮城県の災害復旧事業はがれき処理が終わってからの話であり、高台移転事業、土地区画整備事業では津波堆積土砂の10倍以上の土砂が必要になるが、時期が合わないため、別のものと考えている。

- (11) 復興資材を使うということは国交省も推しており、その中に組み込むことはできないだろうか。分別された木片混じり土砂は県あるいは市町村の管理下であり、この材料を使ってほしいという要望があれば、こういった分級処理方法も受け入れてもらえると思う。単価の問題はあると思うが、安いからといって山を切り崩すよりも復興資材を積極的に使っていくべきである。この技術があるというのが強みだと思う。

- (12) がれき処理後の木片混じり土砂の処理にどこでも困っており、ここが一つのターゲットになる気がしているので、その辺の戦略を今後考えてもらいたい。

- (13) 福島県では放射性物資汚染土の関係でがれき処理が進んでいないので、ターゲットとして福島県もあるかと思う。さらに放射性物資汚染土の処理が進んでいないが、ポイントは分級である。セシウムは細粒分に付きやすい性質にあり、今回の技術はかなり有効な可能性

がある。津波堆積物だけでなく、こういった所にも使えるのではないかと思う。

◆委員会開催状況



第 3 回委員会資料

平成23年度 補正予算建設技術研究開発助成制度(震災対応型技術開発公募)

# 津波堆積土砂からの がれき分別と土砂の分級による 良質な建設材料の有効利用

第3回産官学テーマ推進委員会用資料 @仙台



平成24年 8月 2日

東亜建設工業株式会社

## 目次

1. 現場実証実験結果 .....	3
2. 脱水ブロックの室内配合試験結果 .....	20
3. コスト試算結果 .....	29
4. 本技術の適用・実用化(事業化)に向けての取組み .....	41
5. 本技術の適用・実用化(事業化)についての提案 .....	44
6. 今後の予定 .....	53

## 1. 現場実証実験結果

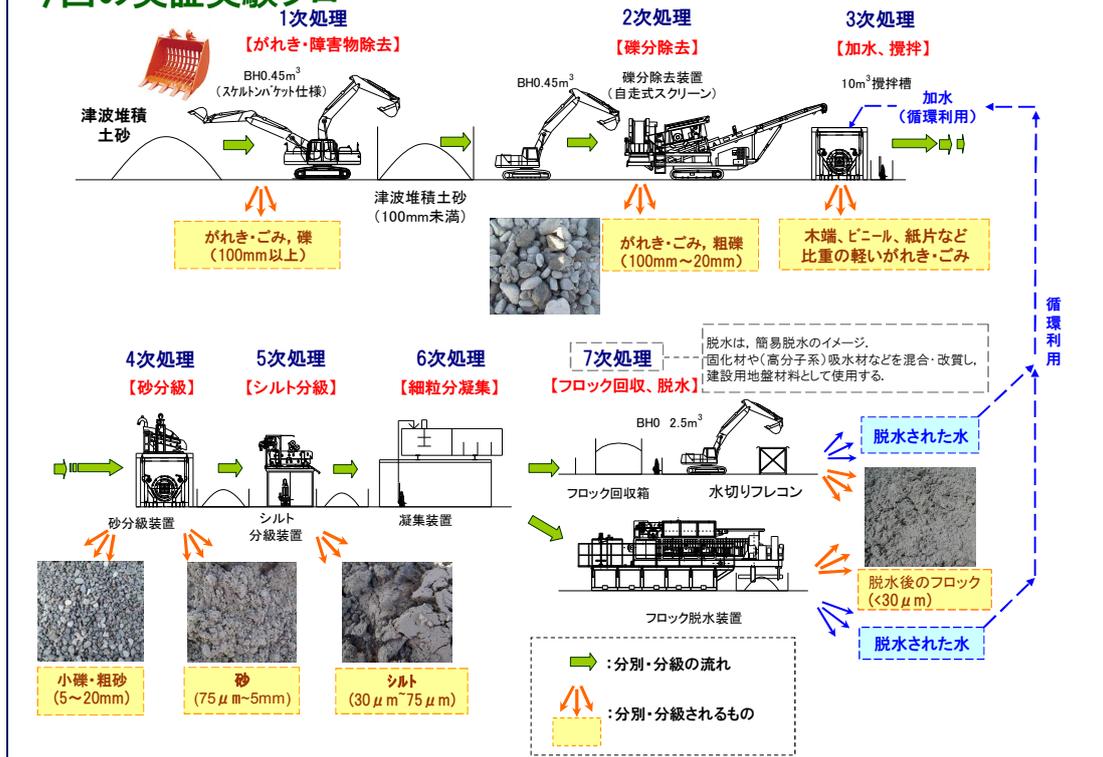
3

### 1.1 分級処理結果(排出土量)

分別・分級された各土砂の発生量  
およびゴミ、がれきの混入状況の確認

4

## 今回の実証実験フロー



## 【分別・分級の結果】

分別・分級の結果 (津波堆積物: 350m<sup>3</sup>)

ごみ・がれき類	30m <sup>3</sup> …… 廃棄処分
礫	50m <sup>3</sup> …… 廃棄処分、場合によっては中詰材OK
砂 (細礫・砂)	200m <sup>3</sup> …… 有効利用
細砂・シルト	50m <sup>3</sup> …… 有効利用
簡易脱水フロック	100m <sup>3</sup> …… 固化処理して地盤材料として 有効利用

津波堆積土砂 350m<sup>3</sup>から(100%として)

廃棄処分: 30~80m<sup>3</sup>(9~23%) …… ごみ・がれき

(ただし、礫分にごみ類が少ない場合は有効利用も可能)

有効利用: 350~400m<sup>3</sup>(100~114%)

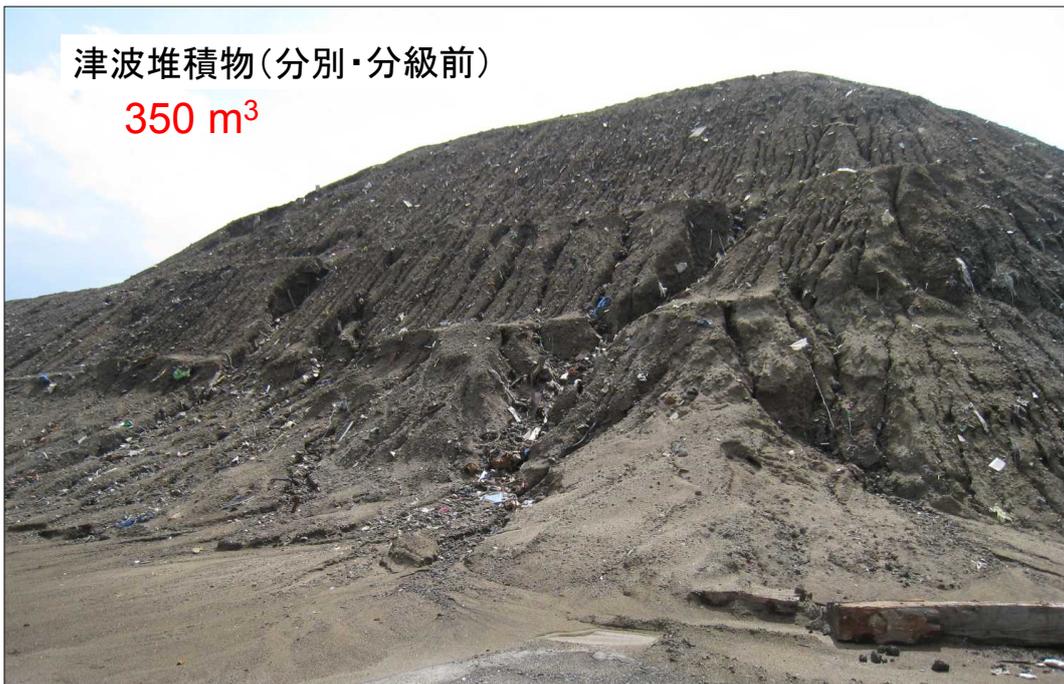
内訳 砂礫材として、約250~300m<sup>3</sup>(71~86%)

その他、埋立用などの地盤材料として、100m<sup>3</sup>(29%)

6

津波堆積物(分別・分級前)

350 m<sup>3</sup>



7



一次処理後のがれき・ごみ・礫 30m<sup>3</sup>  
(スケルトンBH処理: 100mm以上)

8

一次処理(スケルトンBH処理)により排出された、がれき・ごみ  
(津波堆積物の約10%Vol 程度)



注)今回は用地借用の都合上、乾式処理を行ったため、ごみ類に土砂が多く付着  
本来は1次処理段階から加水して(湿式処理)、土砂洗浄やごみの比重分別を行う

9

分級礫(スクリーン処理、20~100mm)  $50\text{m}^3$   
・・・がれき・ごみが若干混入



10

分級砂（シルト・粘土5%）**200m<sup>3</sup>**

分級シルト **50m<sup>3</sup>**



凝集フロック（簡易脱水後 w=150%）**100m<sup>3</sup>**

11

## 1.2 分級土砂の性状

分別・分級された各土砂の性状（粒度、含水比）の確認

12

## 【各試料における土質試験結果(平均)】

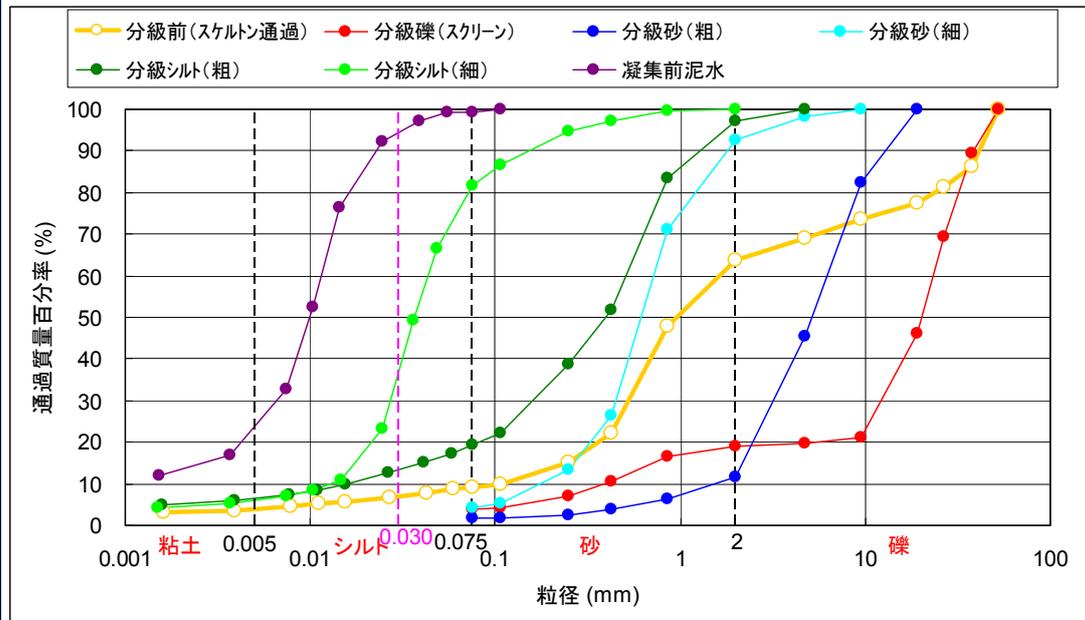
試料	処理前	1次処理	2次処理	4次処理		5次処理		5次処理後
	津波堆積土砂	分級前 (スケルトン通過)	分級礫 (スクリーン)	分級砂 (細)	分級砂 (粗)	分級シルト (細)	分級シルト (粗)	凝集前泥水
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.736	2.733	—	—	—	2.769	2.720	2.777
自然含水比 (%)	14.7	11.0	5.7	18.7	7.2	40.2	23.3	2020.7
礫分 (2~75mm) (%)	34	45	88	10	95	0	6	0
砂分 (0.075~2mm) (%)	57	47	9	87	4	52	85	1
シルト分 (0.005~0.075mm) (%)	6	5	3	3	1	44	6	84
粘土分 (0.005mm未満) (%)	3	3	3	3	1	4	3	15
最大粒径 (mm)	28.9	60.3	67.7	15.8	19.0	2.0	7.9	1.4
均等係数 $U_c$	14.2	50.1	25.5	3.2	2.6	10.7	13.2	7.9
pH	6.6			分級砂		分級シルト		
強熱減量 Li (%)	3.1							

分級砂 …… 含水比19% (MAX24%)  
 細粒分含有率3% (MAX4%)

分級シルト …… 含水比40% (MAX55%)  
 粘土分含有率4% (MAX6%)

13

## 【各試料の粒度分布(一例)】



14

## 【フロックの含水比】



ボックス型 : w=250~320% (Ave.280%)



スリット型 : w=190~270% (Ave.220%)



水切りフレコン : w=120~160%  
(半日以上経過)



スクリュウ型 : w=210~360%

15

## 1.3 分析試験結果

分別・分級された各土砂および発生した余水の  
安全性(有害物質の有無)の確認

16

## 【土壌分析】 詳細結果は別紙参照。

項目	単位	処理前				処理後		定量下限値	許容限度
		津波堆積土砂	分級砂	分級シルト	脱水フロック				
環 告 1 8 号	カドミウム	mg/l	—	—	—	0.003	0.001	0.01	
	セレン	mg/l	0.001	0.001	0.002	0.002~0.006	0.001	0.01	
	砒素	mg/l	—	—	0.001~0.002	0.001~0.003	0.001	0.01	
	フッ素	mg/l	0.10~0.12	0.11~0.12	0.13~0.15	0.09~0.10	0.08	0.8	
	ホウ素	mg/l	0.08~0.09	0.09~0.10	0.17~0.18	<b>0.86~1.00</b>	0.01	<b>1</b>	
環 告 1 9 号	鉛	mg/kg	—	—	—	21~24	10	150	
	砒素	mg/kg	—	—	—	8~11	5	150	
	フッ素	mg/kg	—	—	—	70~100	50	4000	
	ホウ素	mg/kg	—	—	—	45~52	10	4000	
	銅	mg/kg	—	—	—	18	10	125	
そ の 他	ダイオキシン類	TEQ/g	0.12~1.1	0.0021~0.0059	0.0096~0.044	0.0097~2.7		1000	
	TPH (全石油系炭化水素)	mg/kg	—	—	—	—	100		

※ 表中の「—」は不検出

- ・処理前後において、すべての項目で法定基準値内であった。  
(ホウ素は処理後のフロックの値が一部、基準値と同じ)
- ・分級処理することにより、粒径の細かいフロックに有害物質が濃縮され、値が高くなっている項目がみられる。
- ・ダイオキシン類は基準1,000pg-TEQ/g以下に対して、処理前後ともに値が小さく問題ない。

17

## 【空間線量の測定結果】

測定状況写真

測定対象土砂		空間線量率 ( $\mu\text{Sv/hr}$ )
津波堆積土砂 (土砂集積場)		0.08~0.10
一次処理後土砂 (スケルトン通過)		0.05~0.06
スケルトン 残留物	布きれ	0.05~0.06
	金属類	0.04~0.06
	廃プラ	0.04~0.06
	木類	0.03~0.06
	石、れんが	0.05~0.06
分級礫		0.03~0.06
分級砂		0.05~0.07
分級シルト		0.04~0.06
フロック		0.04~0.06



## 【水質分析】 詳細結果は別紙参照。

- 1) 健康項目(27項目)
  - ・使用した海水、脱水時に発生した余水について、すべての項目で法定基準値内(ほとんどが不検出)。
- 2) 生活環境項目(15項目)
  - ・使用した海水、脱水時に発生した余水について、すべての項目で法定基準値内。
  - ・余水については、pH(水素イオン濃度)が小さめな値(5.8)を示した。  
⇒PACを含んだ水を循環利用しているのが影響していると考えられる。  
対策:pHを監視しながら、適度に排水する、アルカリ助剤を添加する 等。
- 3) 放射性物質含有量
  - ・すべての項目で不検出。
- 4) 油分(TPH)
  - ・すべての項目で非検出。

19

## 2. 脱水フロックの室内配合試験結果

20

## 【目的】

脱水ブロックを種々の改質材により改質し、第4種建設発生土( $q_c \geq 200 \text{ kN/m}^2$ )とするのに必要な改質材添加量、養生期間を明らかにする。

## 【配合試験条件】

現場実証実験で得られた脱水ブロックを用いて、以下に示す条件で配合試験を行った。

### (1) 脱水の程度(含水比)

$w=150\%$ (フレコン1日脱水)、 $200\%$ (連続脱水下限值)、 $175\%$ (中間値)

### (2) 改質材の種類

高炉セメントB種、カルシア系改質材、石灰、MgO系固化材(中性固化材)

### (3) 改質材の添加量

3添加(基本)、添加量は練り混ぜ直後の状況、経済性を考慮し、決定<sub>21</sub>

## 【実験方法】

- ① 混練り直後から最長3日までとして、排出可能なコーン指数( $q_c=200 \text{ kN/m}^2$ ; 第4種建設発生土)を満足する配合および材齢を確認する。コーン指数( $q_c$ )は、山中式土壌硬度計による貫入値 $D$ (mm)から次式で推定する。

$$D = 6.10 \cdot \ln(q_u) - 8.5 \quad (\text{既往の実績より})$$
$$q_c = 5 \cdot q_u$$

- ②  $q_c=200 \text{ kN/m}^2$ を確認した時点で一度供試体を粉碎し(乱し)、一軸試験用の供試体を作製する。作製した供試体は、材齢7日、28日にて一軸圧縮試験を行い、強度発現を確認する。

⇒ フロックを改質後、仮置き、運搬、再転圧することを想定し、その後どの程度の強度発現が見込めるか？

- ③ ②で確認した強度と比較するため、不攪乱試料の材齢7日、28日における一軸圧縮強さを確認する。

## 【実験結果：山中式硬度計からのコーン指数 $q_c$ 推定】

No.	改質材	フロック含水比 (%)	改質材添加量 ( $\text{kg/m}^3$ )	コーン指数 $q_c$ ( $\text{kN/m}^2$ )		
				養生日数		
				1日	3日	7日
1	BB	150	100	52	216	
2			125	201		
3			150	665		
4		175	125	202		
5		200	125	229		
6			150	301		
7			175	517		
8	カルシア	150	30Vol.%	142	179	241
9		175	30Vol.%	99	157	188
10		200	30Vol.%	63	117	131
11	石灰	150	150	133	171	205
12			200	279		
13		250	506			
14		175	200	147	204	
15		200	200	95	121	142
16			150	75	93	131

※表中、赤字の数値は  
材齢3日以内に  
 $q_c > 200\text{kN/m}^2$ となった  
ケース

山中式硬度計からコーン指数を推定した結果、  
材齢3日以内に $q_c = 200\text{kN/m}^2$ 以上(第4種建設発生土)になる配合は、  
高炉B種セメント(No.1~7)と石灰(No.12~14)を使用したケースのみ

23

## 【実験結果：一軸圧縮強さ】

No.	改質材	フロック含水比 (%)	改質材添加量 ( $\text{kg/m}^3$ )	一軸圧縮強さ $q_u$ ( $\text{kN/m}^2$ )								
				Remold(攪乱あり)				不攪乱(参考)				
				練混ぜから攪乱、再転圧までの養生日数	材齢		7日	28日	材齢		7日	28日
					1日	3日			1日	3日		
1	BB	150	100	3日	20	48	/	29	45	85		
2			125	1日	51	89	26	/	96	122		
3			150	1日	84	148	85	/	159	215		
4		175	125	1日	48	75	53	/	98	98		
5		200	125	1日	39	75	44	/	87	100		
6			150	1日	68	242	57	/	122	344		
7			175	1日	173	307	78	/	257	562		
11	石灰	150	150	7日	/	69	/	/	36	72		
12			200	1日	40	68	42	/	69	90		
13		250	1日	68	114	63	/	98	110			
14		175	200	3日	22	53	/	28	44	68		
15		200	200	7日	/	24	/	/	27	34		

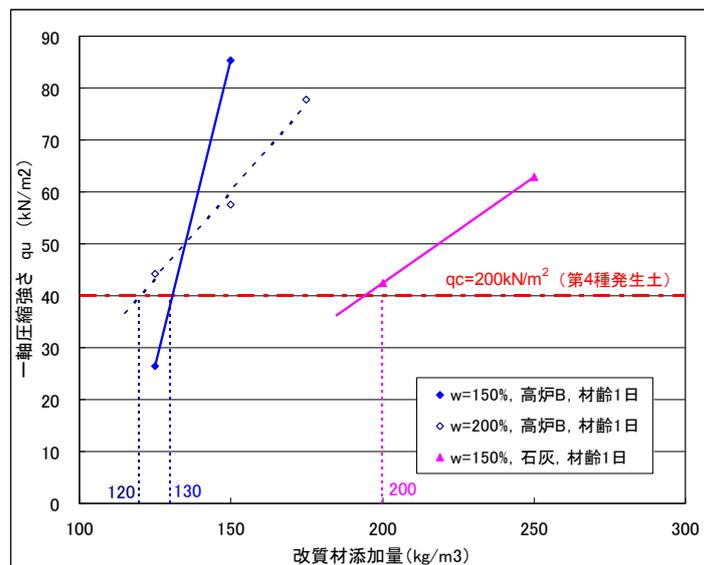
No.1, No.14(不攪乱):  $q_{u3} < 50\text{kN/m}^2$  (≠第4種)・・・山中の結果ではO.K  
⇒ **BB:  $w=150\sim 200\%$ ,  $125\text{kg/m}^3$ 以上、石灰:  $w=150\%$ 以下,  $200\text{kg/m}^3$ 以上**  
攪乱、再転圧した供試体と不攪乱との比較は後述する。

## 【実験結果：一軸圧縮強さ(参考)】

No.	改質材	フロック含水比 (%)	改質材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )					
				Remold (攪乱あり)		不攪乱			
				練混ぜから攪乱、再転圧までの養生日数	材齢		材齢		
	7日	28日	3日	7日	28日				
8	カルシア	150	30Vol.%	7日	/	33	27	32	34
9		175	30Vol.%	7日	/	27	/	31	57
10		200	30Vol.%	7日	/	18	/	21	31
16	MgO	150	150	7日	/	16	/	27	23
17			200	7日	/	28	/	42	55
18		250	7日	/	38	/	64	76	
19		175	200	7日	/	17	/	27	33
20		200	200	7日	/	12	/	15	19

q<sub>c</sub>=200kN/m<sup>2</sup>以上とするには、  
 カルシア：混練りから28日以上<sup>の養生が必要</sup>  
 MgO：フロック含水比150%以下、混練りから7日以上<sup>の養生、200kg/m<sup>3</sup>以上必要</sup>

## 【実験結果：材齢1日q<sub>c</sub>=200kN/m<sup>2</sup>(材齢1日)となる改質材添加量の算定】



材齢1日において、q<sub>c</sub>=200kN/m<sup>2</sup>以上とするには、  
**高炉B種の場合、130kg/m<sup>3</sup>以上(フロック w=150~200%)**  
**石灰の場合、200kg/m<sup>3</sup>以上(フロック w=150%以下) が必要**

26

## 【 $q_c=200\text{kN/m}^2$ となる改質材添加量および養生日数】

脱水フロックを $q_c=200\text{kN/m}^2$ （第4種建設発生土）に改質する場合の必要添加量，養生日数および材料費を比較した結果を以下に示す。

改質材の種類	養生日数	添加量( $\text{kg/m}^3$ )	材料単価(円/t)	材料費(円/ $\text{m}^3$ )	備考
高炉B種セメント	1	130	10,800 ※1	1,404	フロック含水比200%まで処理可能
石灰	1	200	22,000 ※1	4,400	フロック含水比150%以下にする必要あり
ペーパースラッジ	0	196 ※3	23,000 ※2	4,508	フロック含水比150%以下にする必要あり
カルシウム改質材	12	30 (Vol.%)	—	—	強度発現まで時間を要する
MgO系固固化材	7	190	33,500 ※1	6,365	フロック含水比150%以下にする必要あり

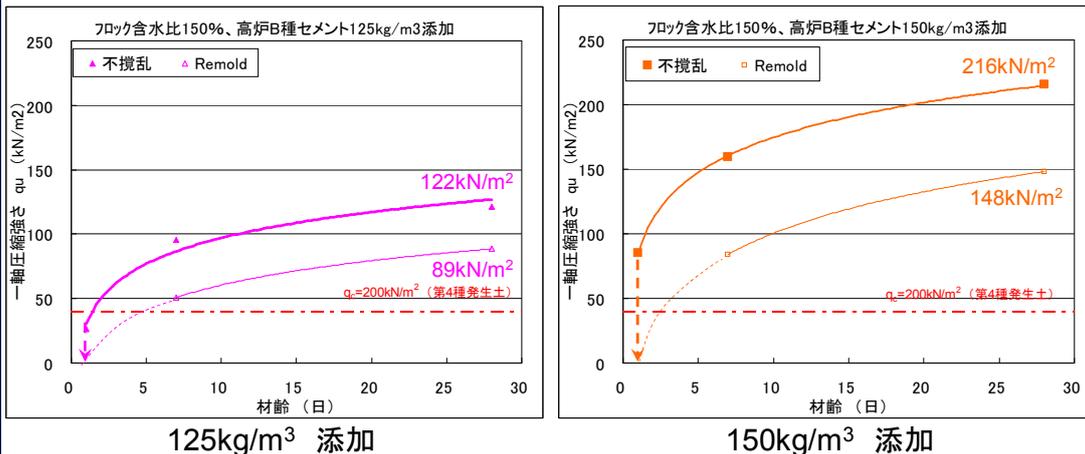
※1 建設物価 2012年8月号(仙台)参照 ※2 業者よりヒアリング ※3 業者実施の室内配合試験結果より

上記の結果から，脱水フロックを改質して，建設材料として有効利用する場合，経済性(材料費)，施工性(脱水，養生日数)を考慮すると，**高炉B種セメントが最も有効である。**

27

## 【実験結果:改質土の攪乱・再転圧による強度発現の傾向】

◆フロック含水比 150%，高炉B種セメント添加



高炉B種の場合、一度乱した改質土は乱さない場合と比べて、材齢28日で6~7割程度の強度発現となる。

28

### 3. コスト試算結果

29

#### 【試算条件】-1

##### ① 運転条件

20m<sup>3</sup>/hrまたは70m<sup>3</sup>/h × 8時間運転/日

処理する津波堆積物の量: 10,000m<sup>3</sup>

##### ② 対象とする津波堆積物(4種類)

土砂1: 土砂部分の細粒分16%~17%(砂礫分が83~84%と多い)

・土砂1-1: がれき含有率10%

・土砂1-2: がれき含有率25%

土砂2: 土砂部分の細粒分39%~40%(砂礫分が59~60%と比較的少ない)

・土砂2-1: がれき含有率10%

・土砂2-2: がれき含有率25%

##### ③ 分級処理(直接工事費)の積算対象範囲

設備設置・撤去, 分別・分級~凝集・簡易脱水まで

(場内・場外運搬, 試運転, メンテナンス費用は含まない)

30

## 【試算条件】-2

### ④ 分級レベル:砂礫の細粒分含有率2種

Fc 5% :コンクリート用細骨材(シルト・粘土分含有率5%程度)

Fc 15% :一般砂質土(シルト・粘土含有率15%程度)

### ⑤ 簡易脱水フロックの状態, 改質

- ・含水比175%と想定(気仙沼実績, 安全側)
- ・BH混合によるセメント固化・改質(2,500円/m<sup>3</sup>と想定).

### ⑥ 分級砂礫, 改質土の扱い

分級砂礫や改質土は、有価(売却可)な材料として取り扱うことができると考える

→ Fc5%砂礫 : 3,500円/m<sup>3</sup> (無筋コンクリート用細骨材など)

Fc15%砂礫 : 3,000円/m<sup>3</sup> (SCP用, ケーソン中詰め材など建設用砂質土)

改質土 : 2,000円/m<sup>3</sup> (埋立用地盤材料など)

### ⑦ その他

ここで試算したコストには、土砂処分のための新たな処分場建設費用低減効果や、新材採取による環境への負荷低減効果など、更なるコスト縮減・環境影響低減の効果を考慮していない。

31

## 【試算結果】-1

津波堆積土砂処理:1万m<sup>3</sup>当り

土砂	津波堆積土砂の粒度 (%)				分級レベル	処理後の数量 (m <sup>3</sup> /1万m <sup>3</sup> )				直工単価 (円/m <sup>3</sup> )				単価 (円/m <sup>3</sup> ) (B) 間接経費込み (A)×1.40	売却分 (円/m <sup>3</sup> ) (C) 津波堆積土砂 1万m <sup>3</sup> 当り		売却分 差引後単価 (円/m <sup>3</sup> ) (B)-(C) 津波堆積土砂 1万m <sup>3</sup> 当り
	がれき 体積%	シルト 粘土	砂礫 細砂	土砂 部分の Fc		(a) がれき	(b) 砂礫	(c) フロック 改質土	有効利用 可能な 土砂量 (b)+(c)	分別分級 処理費	がれき 処分費	セメント 改質費	直工単価 小計 (A)		砂礫	改質土	
1-1	10	15	75	17%	Fc 15%	1,000	8,590	700	9,290	8,600	1,000	200	9,800	13,800	2,600	140	11,060
1-2	25	12	63	16%	Fc 15%	2,500	7,220	400	7,620	7,300	2,500	120	9,920	13,900	2,200	80	11,620
2-1	10	35	55	39%	Fc 15%	1,000	4,690	6,900	11,590	9,900	1,000	1,900	12,800	17,900	1,400	1,380	15,120
2-2	25	30	45	40%	Fc 15%	2,500	4,100	6,430	10,530	8,100	2,500	1,800	12,400	17,400	1,200	1,290	14,910
1-1	10	15	75	17%	Fc 5%	1,000	7,200	4,050	11,250	8,900	1,000	1,100	11,000	15,400	2,500	810	12,090
1-2	25	12	63	16%	Fc 5%	2,500	6,050	3,200	9,250	7,500	2,500	900	10,900	15,300	2,100	640	12,560
2-1	10	35	55	39%	Fc 5%	1,000	3,930	8,760	12,690	10,200	1,000	2,400	13,600	19,100	1,400	1,750	15,950
2-2	25	30	45	40%	Fc 5%	2,500	3,440	8,050	11,490	8,400	2,500	2,200	13,100	18,400	1,200	1,610	15,590

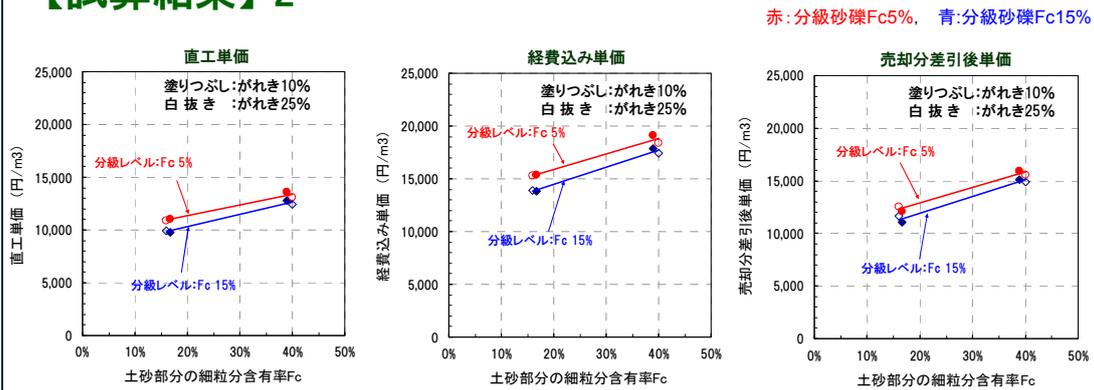
### 分別・分級で得られる有用利用可能な土砂の量

がれき含有量が多く、土砂部分における砂礫含有量が少ないもの(土砂1-2)では、比較的少ないものの、処理前の津波堆積土砂量と同等かそれ以上の量となっている。

→ 凝集フロックの脱水のコストや時間を最低限とすることで減容化を抑え、セメントなどで固化・改質し、より多くの有用な土質材料を得られるシステムとなっている。

32

## 【試算結果】-2



- ・今回の算出条件下での津波堆積物の処理単価

経費込み単価・・・・・・ 14,000円/m<sup>3</sup>～19,000円/m<sup>3</sup>程度.

売却分差引後単価・・・・ 11,000円/m<sup>3</sup>～16,000円/m<sup>3</sup>程度.

- ・土砂部分の細粒含有率Fcが多いほど、コスト高の傾向.
- ・がれきの含有率の違い(10%と25%)によるコスト差は殆どない.
- ・処理レベルの違いによるコスト:Fc5%砂礫>Fc15%砂礫, 差は5%～10%程度.

33

## 【コスト比較】-1

ここでは、被災地において津波堆積土砂の分別処理で良く使用されているトロンメルによる乾式分級(TRM)と、当工法(ソイルセパレーター・マルチ:SM)とのコスト比較結果を以下に示す.



トロンメルによる乾式分級(TRM)

特徴

- 1) 乾式(加水なし)で分別・分級し、土砂を得る工法.
- 2) 被災地で最も多く使われている.
- 3) 分級後土砂には細粒分が含まれている. 一部は軟弱(要改質).
- 4) 分別されたごみ・がれきには土砂が大量に付着している.

34

## 【コスト比較】-2 (解説および比較条件)

種類	ソイルセパレータ・マルチ(SM)による 湿式分別・分級	トロンメル(TRM)による 乾式分別・分級
イメージ		
(特徴)	加水して分別・分級し、良質な砂礫を抽出 粘土分のブロックも固化処理して有効利用	乾式(加水なし)で分別・分級し、 細粒分を含んだ土砂を得る <b>被災地で最も多く使われている分級工法</b>
分級方法	1次処理 : 加水+スケルトンBH 2次~4次処理 : サイクロン、振動フルイで分級 分級後の砂礫は細粒分含有率5%程度 (Fc5%砂礫) 5次処理 : 細粒分泥水の凝集沈殿、ブロックの簡易脱水 (脱水ブロックの含水比175% : 気仙沼実績)	1次処理 : スケルトンBH, 振動フルイ 2次処理 : トロンメル&風力選別機

## 【コスト比較】-3 (解説および比較条件)

種類	ソイルセパレータ・マルチ(SM)による 湿式分別・分級	トロンメル(TRM)による 乾式分別・分級
分級処理の 直工単価	7,500~10,200円/m <sup>3</sup>	7,000円/m <sup>3</sup>
分級処理の 積算対象範囲	設備設置・撤去、分級~凝集・簡易脱水まで (場内・場外運搬、試運転、メンテ費用は含まない)	設備設置・撤去、分級・選別のみ (場内・場外運搬、試運転、メンテ費用は含まない)
脱水ブロックの セメント固化・改質 単価(直工)	2,500円/m <sup>3</sup> <b>凝集ブロック全数量を対象</b>	2,000円/m <sup>3</sup> <b>分別・分級後の半数を対象(土質, 含水比による)</b>
ガレキの状態 および 処分単価	加水・洗浄・分級方式(湿式)のため、 ガレキに土砂が付着しない ガレキ処分費 10,000円/m <sup>3</sup>	乾式フルイなので、ガレキに土砂が付着する → <b>ガレキ量 = 湿式分級の3割増</b> ガレキ処分費 10,000円/m <sup>3</sup>
得られる土砂	砂礫 (有価で売れる) Fc5%砂礫 : 3,500円/m <sup>3</sup>	砂礫は得られない
	ブロックは固化・改質後、埋立材などで有効利用 (有価で売れる) 改質土 : 2,000円/m <sup>3</sup>	分別された土砂は、埋立材などで有効利用 半数を固化・改質する(土質, 含水比による) 改質土 : 2,000円/m <sup>3</sup>

## 【コスト比較結果】-1 上段 SM:ソイルセパレータ・マルチ工法による湿式分級

下段 TRM:トロンメルによる乾式分級

津波堆積土砂処理:1万m<sup>3</sup>当り

工法	土砂	津波堆積土砂の粒度 (%)				分級レベル	処理後の数量 (m <sup>3</sup> /1万m <sup>3</sup> )				直工単価 (円/m <sup>3</sup> )				単価 (円/m <sup>3</sup> ) (B) 間接経費込み (A)×1.40	売却分 (円/m <sup>3</sup> ) (C)		売却分差引後単価 (円/m <sup>3</sup> ) (B)-(C) 津波堆積土砂1万m <sup>3</sup> 当り
		がれき体積%	シルト粘土	砂礫細砂	土砂部分のFc		(a) がれき	(b) 砂礫	(c) 改質土砂	有効利用可能な土砂量 (b)+(c)	分別分級処理費	がれき処分費	セメント改質費	直工単価小計 (A)		津波堆積土砂1万m <sup>3</sup> 当り		
																砂礫	改質土	
SM	1-1	10	15	75	17%	Fc 5%	1,000	7,200	4,050	11,250	8,900	1,000	1,100	11,000	15,400	2,500	810	12,090
	1-2	25	12	63	16%	Fc 5%	2,500	6,050	3,200	9,250	7,500	2,500	900	10,900	15,300	2,100	640	12,560
	2-1	10	35	55	39%	Fc 5%	1,000	3,930	8,760	12,690	10,200	1,000	2,400	13,600	19,100	1,400	1,750	15,950
	2-2	25	30	45	40%	Fc 5%	2,500	3,440	8,050	11,490	8,400	2,500	2,200	13,100	18,400	1,200	1,610	15,590
TRM	1-1	10	15	75	17%	がれき+土砂	1,300	0	8,700	8,700	7,000	1,300	900	9,200	12,900	0	1,740	11,160
	1-2	25	12	63	16%	がれき+土砂	3,250	0	6,750	6,750	7,000	3,250	700	10,950	15,300	0	1,350	13,950
	2-1	10	35	55	39%	がれき+土砂	1,300	0	8,700	8,700	7,000	1,300	900	9,200	19,100	0	1,740	17,360
	2-2	25	30	45	40%	がれき+土砂	3,250	0	6,750	6,750	7,000	3,250	700	10,950	18,400	0	1,350	17,050

土砂1: 土砂部分の細粒分16%~17% (砂礫分が83~84%)

- ・土砂1-1: がれき含有率10%
- ・土砂1-2: がれき含有率25%

土砂2: 土砂部分の細粒分39%~40% (砂礫分が59~60%)

- ・土砂2-1: がれき含有率10%
- ・土砂2-2: がれき含有率25%

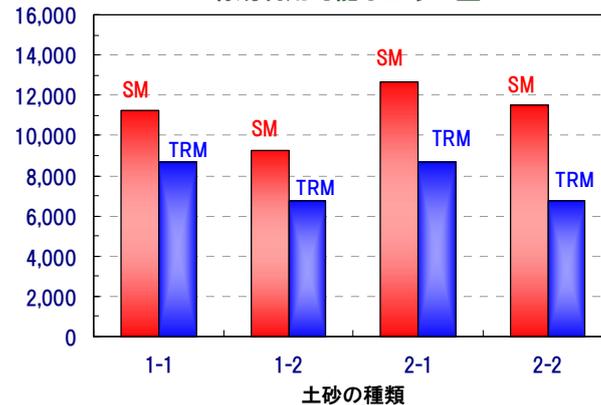
・SMでは、Fc5%砂礫を作成する

・売却分: 分別・分級で得られた土砂を有価であるとする

37

## 【コスト比較結果】-2

m<sup>3</sup>/1万m<sup>3</sup> 津波堆積物1万m<sup>3</sup>から得られる有効利用可能な土砂の量

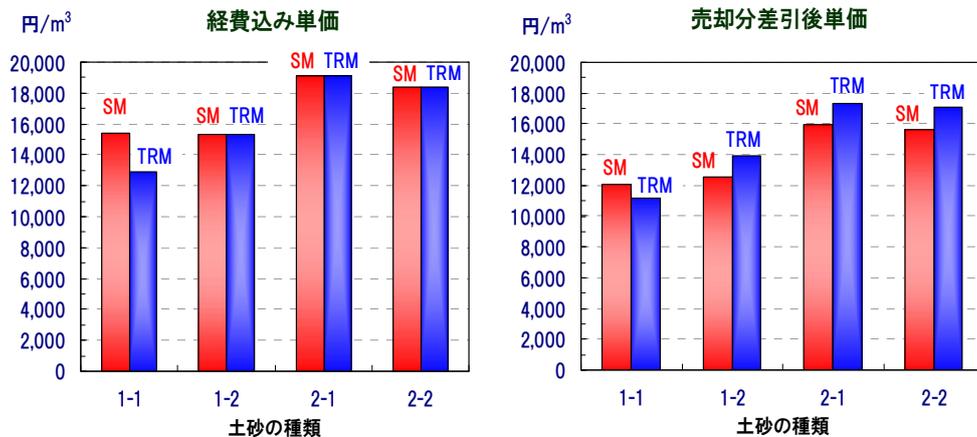


分別・分級によって得られる有効利用可能な土砂量は、**SM > TRM** となる(約1.3倍から1.7倍)。

→ 凝集フロックの簡易脱水の効果

38

## 【コスト比較結果】-3



経費込み単価 : SMとTRMのコスト差は殆どない。

売却分差引後単価 : 上記から分別・分級後の土砂を有価として差引いた単価  
両者は同等のコストまたはSMが若干安い傾向がある。

39

## 【本技術の特徴のまとめ】

- (1) 得られた砂礫は、細粒分が5%程度で、無筋コンクリート用骨材などにも十分に用いることの出来る良質なもの(細粒分10%~15%程度に調整することも可能)。
- (2) がれきやごみは、加水・洗浄して比重選別とフルイ分けされるため、その後の種別ごとの分類が容易となっている。  
さらに、付着した土砂が洗い流されているため、焼却処分可能なものが分別でき、がれきやごみ類のさらなる減容化が可能。
- (3) 加水用水は、システム全体で循環・再利用するため、最終的な余水処理量が少ない点が特徴。
- (4) 細粒分泥水の凝集フロックも簡易脱水後、セメントなどで改質することで、盛土材料などに有効利用することが可能。
- (5) 分別・分級によって得られる有効利用可能な土砂の量は、処理前の津波堆積土砂と比較して、同程度またはそれより多い。
- (6) トロンメルによる乾式分級工法と比較して、同程度のコストで、良質で多くの建設用土質材料を得ることが可能。

上記、(3)-(4)は特許申請中。

40

## 4. 本技術の適用・実用化(事業化)に向けての取組み

41

### 【 本技術の適用・実用化(事業化)に向けての取組み 】

- 気仙沼実証実験, 室内試験の実施および結果のまとめ
- コスト試算・コスト比較
- 大型設備の改良(7月にほぼ完了)  
20m<sup>3</sup>/h級(今回使用:主にリース)+70~80m<sup>3</sup>/h級(自社保有)を準備
- 説明資料の作成 ……別添資料参照

7月末までに終了

### 今後の予定

- 集団移転事業等の予算を持つ自治体などへの説明 (次ページ参照)  
釜石市(7/25)など、一部は実施済み
- 凝集フロックの簡易脱水システムの更なる効率化検討  
室内および実証試験を年内までに実施予定

42

## 【対象自治体(案)】

	自治体名称	対象事業	窓口	備考
宮城県	宮城県	港湾・漁港・河川復旧事業	土木部 事業管理課	
	仙台市	集団移転事業		
	仙台市	仙台湾南部海岸堤防復旧事業 (国交省直轄)		国交省と実証試験済
	山元町			がれき処理(亶理・名取ブロック)施工中
	東松島市	UR高台移転事業、他		
	女川町	UR高台移転事業、他		プロポーザル方式の業務が公告(7/20)
	南三陸町	UR高台移転事業、他		がれき処理(気仙沼ブロック)施工中
	気仙沼市	魚町・南町内湾地区復興事業		
岩手県	陸前高田市		建設部 都市計画課 建設課	
	釜石市			
	大槌町			
	山田町	UR高台移転事業、他	UR岩手震災復興支援局 宮古支援事務所	

43

## 5. 本技術の適用・実用化(事業化)についての提案

いであ株式会社 笠原委員

44

## 1. 干潟造成による自然再生への有効利用

被災地では、震災による地盤沈下によって湿地帯に生まれ変わった場所がある。地元NPO法人や学者はそれらの新水域を干潟として保全し環境教育などを行うフィールドとして活用する計画を立案している。

## 2. 浸水地帯での土木建設の優良な材料としての有効利用

震災で地盤沈下した一帯が浸水して土地利用されていない場所が数多くあり、これらの土地を修復させるためには土砂による埋め立て修復事業が必要であり、これらの浸水地帯の埋め戻しに津波堆積物から分別・分級した土砂を利用する。

## 3. カルシア改質土としての有効利用

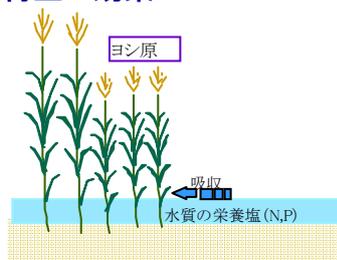
カルシア改質土とは、泥土(ヘドロ)とカルシア系改質材(転炉系製鋼スラグ)を混合させ、水硬性強度付加などの土砂性状の改良・改質された土質材料である。

カルシア改質土の材料特性は、①天然の石と同様な外観、②セメント反応による水硬性、③鉄分を含むため、海藻の生育に効果、④化学成分からリンや硫化水素を吸着する性質などがあり、これらの特徴を生かした有効利用によって、震災で被害を受けた場所に活用すべきである。

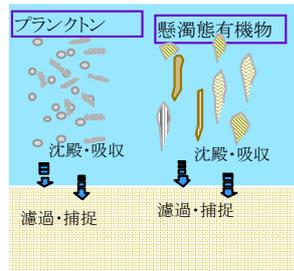
45

## 1. 干潟造成による自然再生への有効利用

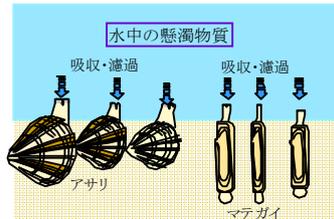
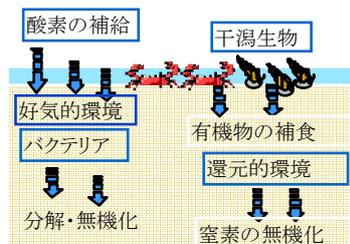
### <干潟再生の効果>



【ヨシ原による水質浄化作用】  
三浦半島松輪地区:生育密度120本/㎡  
1日当たりの吸収量:  
N:1.4kg/ha,P:0.11kg/ha



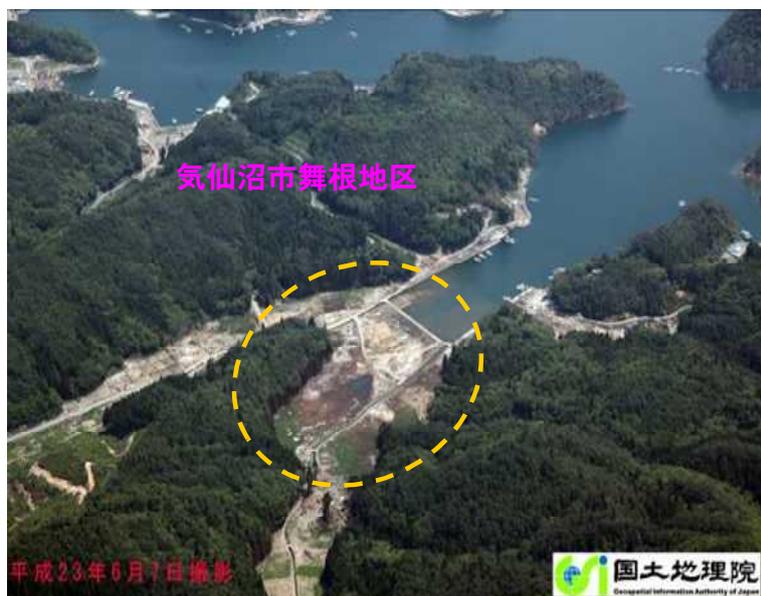
【砂泥層による濾過捕捉量】  
東京湾での有機懸濁物浄化量  
1㎡当たりの浄化量  
干潟:0.711kg、砂浜:0.624kg



【アサリの濾過水量による水質浄化作用】  
東京湾壺州干潟:殻長40mm  
1時間当たり当たりの濾過水量:  
水温20℃:1.05L、水温4℃:0.20L  
夏季1㎡当たり2~3トンの海水が濾過される

46

## <気仙沼市舞根地区での干潟造成による自然再生計画に活用>-1



47

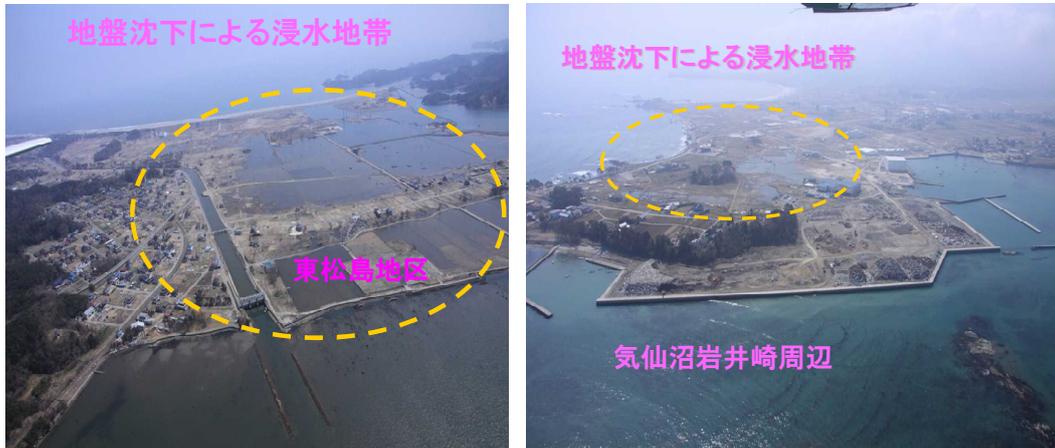
## <気仙沼市舞根地区での干潟造成による自然再生計画に活用>-2

舞根地区での干潟造成では、良質な砂の供給が生物の生息環境を良好にし、良好な干潟が再生するモデルケースとしての事業として活用する案がある。



48

## 2. 浸水地帯での土木建設の優良な材料としての有効利用



49

## 3. カルシア改質土としての有効利用-1



カルシア改質土とは、泥土(ヘドロ)とカルシア系改質材(転炉系製鋼スラグ)を混合させ、水硬性強度付加などの土砂性状の改良・改質された土質材料である。

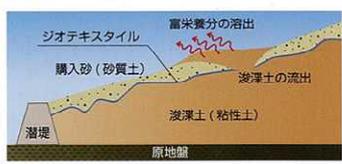
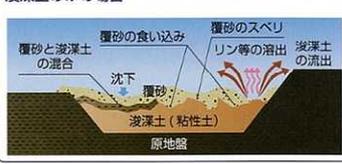
50

### 3. カルシア改質土としての有効利用-2

#### カルシア改質土の特徴

- ①天然の石と同様な外観（ただし長期的には、表面に赤錆がでることがある）
- ②セメント反応による水硬性
- ③鉄分を含むため、海藻の生育に効果
- ④化学成分からリンや硫化水素を吸着する性質 など

**改質土の用途とメリット**

●干潟・浅場造成材	
	<p>浚渫土のみの場合</p> 
	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 覆砂のくい込みが無い (ジオテキスタイルの省略が可能)</li> <li>② 圧密沈下量の軽減 干潟の天端高さのメンテが不要</li> <li>③ 法留め潜堤が不要 材料強度により自立可能</li> <li>④ 耐波安定性の向上 浚渫土の流出が無い</li> </ul>
●深掘り窪地部埋戻し材	
	<p>浚渫土のみの場合</p> 
	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 覆砂なしでリン・硫化水素の発生抑制が可能</li> <li>② 耐波安定性の向上</li> <li>③ 覆砂によるくいこみがなく、圧密沈下の軽減が可能</li> <li>④ 凸凹のある表面地形の創出が可能</li> </ul>

### 3. カルシア改質土としての有効利用-3

#### <東北地方沿岸域での藻場造成への活用>

カルシア改質土は、鉄分を含むため海藻の生育に効果あるとされる。漁場再生事業では岩礫性藻場の造成が重要であり、新たな生育基盤として活用できると考えられる。岩礫性藻場の対象種としては、アカモク、ワカメ、アラメ、コンブ類があり、地元の漁業者の要望などを踏まえて選定し、基盤の配置・規模を立案して活用する。



## 6. 今後の予定

53

### 【今後の予定】

#### 1) 最終報告書(案)の作成:9月中旬まで

委員の皆様の指導を受け, 9月末に完成予定

#### 2) 集団移転事業等の予算を持つ自治体などへの説明

9月中旬くらいまでをメドに一通り廻る

委員の方々の情報も得ながら進めたい

#### 3) 凝集フロックの簡易脱水システムの更なる効率化検討

室内および実証試験を年内までに実施予定(実証実験は10~11月予定)

54



添付資料-1



環廃対発第 120525001 号  
環廃産発第 120525001 号  
平成 24 年 5 月 25 日

(別記) 関係県・政令市廃棄物行政主管部(局)長 殿

環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課長

産業廃棄物課長

東日本大震災からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生資材の活用について(通知)

廃棄物行政の推進については、かねてから御尽力いただいているところである。

さて、東日本大震災では津波等により大量の災害廃棄物が発生しており、被災地の復旧復興にむけて、その迅速な処理を進め、かつ、生活環境保全上の支障を防止するためには、可能な限り再生利用を進める必要がある。

これを受け、復旧復興のための公共工事に活用される災害廃棄物由来の再生資材について、下記のとおり取り扱うこととしたので通知する。貴職におかれては、下記の事項に留意の上、その運用に遺漏なきを期されたい。また、貴管内市町村等に対しては、貴職より周知願いたい。

なお、本通知は、地方自治法(昭和22年法律第67号)第245条の4第1項の規定に基づく技術的な助言であることを申し添える。

## 記

- 1 復旧復興のための公共工事に活用される災害廃棄物由来の再生資材の取扱い  
東日本大震災により発生した津波堆積物、ガラスくず、陶磁器くず(瓦くず、れ

んがくずを含む。)、又は不燃混合物の細粒分(ふるい下)に由来する再生資材のうち、以下の要件を全て満たすことを、一般廃棄物由来のものにあつては市町村、産業廃棄物由来のものにあつては県(政令で定める市にあつては、市)(以下「県市等」という。)が確認したものについては、廃棄物に該当しないものである。なお、その他の災害廃棄物由来の再生資材が廃棄物に該当するか否かは、従前どおり、「行政処分の指針」(平成17年8月12日環産産発第050812003号環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課長通知)第一などを踏まえ、その物の性状、排出の状況、通常のご扱い形態、取引価値の有無及び占有者の意思等を総合的に勘案して判断すること。

- ① 災害廃棄物を分別し、又は中間処理したものであること。
- ② 他の再生資材と同様に、有害物質を含まないものであること。
- ③ 他の再生資材と同様に、生活環境保全上の支障(飛散流出・水質汚濁・ガスの発生等)を生じるおそれがないこと。
- ④ 復旧復興のための公共工事において再生資材として確実に活用されること。
- ⑤ ④の公共工事を行う者が定める構造・耐力上の安全性等の構造物が求める品質を満たしていること。
- ⑥ ④の公共工事を行う者によって、災害廃棄物由来の再生資材の種類・用途・活用場所等が記録・保存されること。

なお、上記の①～⑥の詳細等については別紙1に、また、津波堆積物、ガラスくず、陶磁器くず(瓦くず、れんがくずを含む。)、又は不燃混合物の細粒分(ふるい下)に由来する再生資材のうち上記の要件を全て満たしていることを県市等が確認し廃棄物に該当しないと判断されたものの活用例は別紙2に示すとおりであることから、参考とされたい。

## 2 留意事項

本通知は、東日本大震災において津波等の被害により大量の災害廃棄物が発生しており、その迅速な処理を進めるためには可能な限り再生利用を進めることが必要であること、迅速な処理の実施が、ひいては災害廃棄物による生活環境保全上の支障の防止につながることに鑑み、復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生資材についての取扱いを明確化するものである。

廃棄物とは、占有者が自ら利用し、又は他人に有償で譲渡することができないために不要となったものをいい、そのため、占有者の自由な処分に任せるとぞんざいに扱われるおそれがあり、生活環境保全上の支障を生じる可能性を常に有している。

そして、廃棄物に該当するか否かは、その物の性状、排出の状況、通常の実態、取引価値の有無及び占有者の意思等を総合的に勘案して判断することとされている。

しかしながら、未曾有の被害をもたらした東日本大震災においては、過去例を見ないほどの大量の災害廃棄物が一度に発生した結果、津波堆積物や瓦くず等通常であれば最終処分場に埋立処分され得るものについても、可能な限り再生利用を進める必要がある。津波堆積物や瓦くず等は、インフラ復旧等の復旧復興のための公共工事の資材として再生利用することが考えられるが、これらの物を再生したものについて、製品としての市場の形成や占有者と相手方の間での有償譲渡は、現状では生じにくい状況にある。

この点、復旧復興のための公共工事の場合は、その実施主体が公的主体であることから東日本大震災により発生した災害廃棄物由来の再生資材について責任を持って適正に活用することが可能であり、かつ、東日本大震災からの復旧復興の基盤となる公共工事に活用される再生資材を迅速かつ安定的に確保することは、東日本大震災からの復旧復興に資すると確実に認められるものである。

このため、これらを総合的に勘案し、復旧復興のための公共工事に活用する災害廃棄物由来の再生資材の一部については、その廃棄物該当性の判断に当たり、製品市場の形成及び有償譲渡の実績が認められない場合であっても、各種判断要素の具体的な基準として、一定の要件に適合することが確認された場合には、廃棄物には該当しないものであることを明確化することとした。

以上のことから、本通知は、あくまでも災害廃棄物由来の再生資材の一部を復旧復興のための公共工事に活用する場合に限定されるものであり、環境保全上の安全性の基準を緩和するものではなく、災害廃棄物由来の再生資材の活用と称した廃棄物の不適正処理に対しては厳正に対処し廃棄物行政に対する国民の不信を招くことがないように留意されたい。なお、諸要件を満たし廃棄物に該当しないとされた場合であっても、その後当該要件を満たしていないことが明らかになった場合には、災害廃棄物由来の再生資材の活用と称した廃棄物の不適正処理に過ぎないのであって、廃棄物として厳正に対処されたい。

(別記)

県

青森県

岩手県

宮城県

福島県

茨城県

栃木県

千葉県

新潟県

長野県

政令市

仙台市

千葉市

新潟市

宇都宮市

郡山市

いわき市

長野市

船橋市

青森市

盛岡市

柏市

## 復旧復興のための公共工事に活用する災害廃棄物由来の再生資材であって 廃棄物に該当しないものの要件等

### 1 復旧復興のための公共工事に活用する災害廃棄物由来の再生資材であって廃棄物に該当しないものの要件

#### ① 災害廃棄物を分別し、又は中間処理したものであること。

公共工事の資材として活用するために必要な程度に分別若しくは中間処理が行われたものであること又は「東日本大震災津波堆積物処理指針（平成23年7月13日、環境省）」の分類Ⅰに該当するものであることをいう。したがって、分別又は中間処理が行われていない災害廃棄物であって「東日本大震災津波堆積物処理指針」の分類Ⅰに該当しないものや、分別又は中間処理を予定しているものの未だ当該分別又は中間処理が行われていない災害廃棄物は、本要件を満たさないものである。

#### ② 他の再生資材と同様に、有害物質を含まないものであること。

その物の性状が、盛土材や路盤材等の資材に適さない有害性を呈しているものに当たらないものであることをいう。具体的には、原則として、土壤汚染対策法施行規則（以下「規則」という。）別表第三の上欄に掲げる特定有害物質の種類に応じ、それぞれ同表の下欄に掲げる要件（別添1）及び規則別表第四の上欄に掲げる特定有害物質の種類に応じ、それぞれ同表の下欄に掲げる要件（別添2）を満たすこと並びに廃石膏ボード、石綿含有形成板等の異物が混入していないことが、当該物の搬出元の地方公共団体（一般廃棄物由来のものにあつては市町村、産業廃棄物由来のものにあつては県（政令で定める市にあつては、市）（以下「县市等」という。））の廃棄物担当部局において確認されたものであることをいう。

当該物が有害物質を含まないことの確認は、原則、当該物の性状がおおむね同一であると推定される単位（以下「調査単位」という。）に区分し、それぞれの調査単位ごとに実施する（例えば、物の発生場所及び種類によって調査単位を区分できるのであれば、発生場所及び種類ごとに実施する）ものとし、同一の性状の再生資材を継続して提供する場合など性状が明らかな場合には、発生過程等状況を勘案しながら確認することとする。また、異物の混入の有無は、目視により確認し、記録する。

なお、埋立処分するよりも再生利用した方が処理費用全体として価格優位性

がある場合には、市町村又は市町村から災害廃棄物の処理の委託を受けた県が確認のための検査等に要した費用は、災害等廃棄物処理事業費補助金の対象となる。

- ③ 他の再生資材と同様に、生活環境保全上の支障（飛散流出・水質汚濁・ガスの発生等）を生じるおそれがないこと。

飛散流出のおそれがないこととは、例えば、不燃混合物の細粒分（ふるい下）を用いる場合に、風雨による飛散流出がないよう、当該細粒分の上部にマルチング材や覆土等による覆いがあることをいう。

水質汚濁のおそれがないこととは、有害物質が溶出しないことをいう。具体的には、②同様、規則別表第三の上欄に掲げる特定有害物質の種類に応じ、それぞれ同表の下欄に掲げる要件（別添1）を満たすことを、県市等において確認すること。

ガスの発生等のおそれがないこととは、例えば、不燃混合物の細粒分（ふるい下）の一部に有機物が付着混入している場合に、当該有機物に対して十分に酸素が供給される状態であることや、発生するガスが地表に噴出しないよう十分な覆土がなされることをいう。

- ④ 復旧復興のための公共工事において再生資材として確実に活用されること。

当該物を資材として活用する公共工事が確定しており、当該公共工事が復旧復興のためのものであることをいう。

- ⑤ ④の公共工事を行う者が定める構造・耐力上の安全性等構造物が求める品質を満たしていること。

構造・耐力上の安全性等構造物が求める品質を満たしていることとは、設計図書において求められる品質を満たしていることをいう。なお、不燃混合物の細粒分（ふるい下）等の一部にやむを得ず有機物が付着混入してしまった場合には、当該有機物の分解による影響を考慮して安全性等が検討されたものであることを確認すること。

- ⑥ ④の公共工事を行う者によって、災害廃棄物由来の再生資材の種類・用途・活用場所等が記録・保存されること。

例えばしゅん工図書に、災害廃棄物由来の再生資材の種類・数量・用途・活

用場所等が記録されることをいう。

なお、保存されることとは、上記の事項がしゅん工図書に記録された場合は、当該しゅん工図書の保存期間中保存されることをいい、上記の事項がしゅん工図書以外の媒体に記録・保存される場合は、当該記録がしゅん工図書と同じ期間保存されることをいう。

## 2 その他

(1) 縣市等は、1の①～⑥の確認に当たっては、確認を求める者に対し、確認の対象となる物の種類、量、分別又は中間処理が行われた場所、当該物が分別又は中間処理される前に災害廃棄物として仮置きされていた場所及び1の①～⑥を満たすことを示す書類の提出を求め、提出された書類に基づいて確認を行うこと。確認後には、確認を求めた者に対し、これらの確認結果及び以下の点を書面で通知すること。

- ① 縣市等に提出した書類及び当該縣市等から通知された確認結果の書面を保存すること。
- ② 確認結果を速やかに公共工事を行う者等に情報提供すること。
- ③ 廃棄物には該当しないことの確認を受けた再生資材を運搬する者が、当該運搬車両に確認結果の書面の写しを備え付けておくよう必要な措置を講ずること。また、公共工事の実施場所以外の場所に保管し、又は公共工事において実際に活用する際に、縣市等の求めに応じ当該再生資材の管理者が確認結果の書面又はその写しを直ちに提示できるよう、必要な措置を講ずること。

また、当該物の放射性セシウム (Cs134 及び Cs137) の放射能濃度についても、当該物を提供する縣市等の廃棄物担当部局において測定し、再生資材を活用する公共工事発注部局等へ情報を提供するように求めること。なお、埋立処分するよりも再生利用した方が処理費用全体として価格優位性がある場合には、市町村又は市町村から災害廃棄物の処理の委託を受けた県が測定に要した費用は、災害等廃棄物処理事業費補助金の対象となる。

(2) 1の①～⑥を満たすことを示す書類の例は以下のとおりであることから参考とされたい。

①について

- ・分別又は中間処理の方法を記載した書類

②について

- ・規則別表第三及び第四の要件 測定会社等が発行する検査証明書等
- ・異物の混入の有無 異物の混入の有無について1の②により記録した書面  
(必要に応じて写真を添付すること)

③について

- ・当該物を資材として活用する公共工事の設計図書

④について

- ・当該物を資材として活用する公共工事の名称及び当該公共工事を行う場所  
を記載した書類

⑤について

- ・当該物を資材として活用する公共工事の設計図書及び当該設計図書において求める品質を満たすことが確認できる書類

⑥について

- ・記録及び保存方法を記載した書類

## 津波堆積物、ガラスくず、陶磁器くず（瓦くず、れんがくずを含む。）、又は不燃混合物の細粒分（ふるい下）に由来する再生資材の活用例等

### 1 津波堆積物、ガラスくず、陶磁器くず（瓦くず、れんがくずを含む。）、又は不燃混合物の細粒分（ふるい下）に由来する再生資材の活用例

#### ○ 津波堆積物、不燃混合物の細粒分（ふるい下）

- ・きょう雑物の除去又は洗浄による簡易な再生処理を行った後、盛土材として活用する。

#### ○ ガラスくず、陶磁器くず（瓦くず、れんがくずを含む。）

- ・公共工事を行う者が定める盛土材としての品質を満たしているものを盛土材として活用する。
- ・粒度調整は用途に応じて行う。

※ 他の災害廃棄物の再生利用への可能性については、技術的観点等を含め個別に検討することが適当。

### 2 再生資材の活用にあたっての留意点

災害廃棄物の再生利用については、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の影響を受けた廃棄物の処理処分等に関する安全確保の当面の考え方について（平成23年6月3日、原子力安全委員会）」の考え方を踏まえて整理された「福島県内の災害廃棄物の処理の方針（平成23年6月23日、環境省）」により、「市場に流通する前にクリアランスレベルの設定に用いた基準（0.01mSv/年）以下になるよう、放射性物質の濃度が適切に管理されていれば再生利用が可能」との考え方が示されている。さらに、「クリアランスレベルを超える場合であっても、被ばく線量を0.01mSv/年以下に低くするための対策を講じつつ、管理された状態で利用することは可能」との考え方が示されている。また、「管理された状態での災害廃棄物（コンクリートくず等）の再生利用について（平成23年12月27日、環境省）」において、被災地における管理された状態での災害廃棄物の再生利用の考え方（※）が示されている。

復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生資材の活用にあたっては、これらの考え方や方針を踏まえながら、当該再生資材の個別の活用形態に応じて活用を図ることとする。なお、災害廃棄物由来の再生資材を活用する復旧復興

のための公共工事は、当該災害廃棄物が発生した県において実施されるものであることを基本とする。

※ 管理された状態での災害廃棄物の再生利用の考え方の概要と安全評価の結果は以下のとおり。

- 道路の路盤材等へ利用する場合、利用者・周辺居住者の被ばく線量が0.01mSv/年以下となるよう管理された状態で利用することは可能。
- 例えば、遮蔽効果を有する資材により地表面から30cmの厚さを確保することで、およそ3千Bq/kg以下の再生資材を利用することが可能。
- 上層路盤材の厚さを変えた場合のシミュレーション評価の結果は表のとおり。
- なお、これらの評価結果は、一定の道路構造を設定して実施したものであるが、それ以外の構造物に対する目安として活用することも差し支えない。
- ただし、工事完了後適切に管理され、遮蔽された状態を維持する必要があるため、通常の補修等では交換されることのない資材として、公共事業における再生利用を基本とする。

表 評価結果

解析ケース	No.	経路略称	評価点	上層路盤材厚さ* (m)	単位廃棄物中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			10 $\mu$ Sv/y相当濃度 (Bq/g)		
					Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)
ケース2'-①	28	道路周辺居住者外部 (子ども)	B	0.1	2.1E-02	8.5E-03	1.4E-02	4.8E-01	1.2E+00	7.1E-01
				0.2	5.7E-03	2.1E-03	3.7E-03	1.8E+00	4.8E+00	2.7E+00
				0.3	1.5E-03	5.2E-04	9.5E-04	6.8E+00	1.9E+01	1.1E+01
				0.4	3.9E-04	1.2E-04	2.4E-04	2.6E+01	8.0E+01	4.1E+01
ケース2'-②	28	道路周辺居住者外部 (子ども)	B	0.2	5.8E-03	2.1E-03	3.7E-03	1.7E+00	4.8E+00	2.7E+00

ケース2'-①: 道路・下層路盤材のみに再生資材を用い、上層路盤材の厚さを変化させたケース

評価点B: 道路端

ケース2'-②: 道路・下層路盤材&路床・路体に再生資材を用いたケース

\* 上層路盤材の上に0.1mの不透水性アスファルトが敷設されていると仮定

## 土壌汚染対策法施行規則別表第三

特定有害物質の種類	要件
カドミウム及びその化合物	検液 1 リットルにつきカドミウム 0.01mg 以下であること。
六価クロム化合物	検液 1 リットルにつき六価クロム 0.05mg 以下であること。
シマジン	検液 1 リットルにつき 0.003mg 以下であること。
シアン化合物	検液中にシアンが検出されないこと。
チオベンカルブ	検液 1 リットルにつき 0.02mg 以下であること。
四塩化炭素	検液 1 リットルにつき 0.002mg 以下であること。
1,2-ジクロロエタン	検液 1 リットルにつき 0.004mg 以下であること。
1,1-ジクロロエチレン	検液 1 リットルにつき 0.02mg 以下であること。
シス-1,2-ジクロロエチレン	検液 1 リットルにつき 0.04mg 以下であること。
1,3-ジクロロプロペン	検液 1 リットルにつき 0.002mg 以下であること。
ジクロロメタン	検液 1 リットルにつき 0.02mg 以下であること。
水銀及びその化合物	検液 1 リットルにつき水銀 0.0005mg 以下であり、かつ、検液中にアルキル水銀が検出されないこと。
セレン及びその化合物	検液 1 リットルにつきセレン 0.01mg 以下であること。
テトラクロロエチレン	検液 1 リットルにつき 0.01mg 以下であること。
チウラム	検液 1 リットルにつき 0.006mg 以下であること。
1,1,1-トリクロロエタン	検液 1 リットルにつき 1mg 以下であること。
1,1,2-トリクロロエタン	検液 1 リットルにつき 0.006mg 以下であること。
トリクロロエチレン	検液 1 リットルにつき 0.03mg 以下であること。
鉛及びその化合物	検液 1 リットルにつき鉛 0.01mg 以下であること。
砒素及びその化合物	検液 1 リットルにつき砒素 0.01mg 以下であること。
ふっ素及びその化合物	検液 1 リットルにつきふっ素 0.8mg 以下であること。
ベンゼン	検液 1 リットルにつき 0.01mg 以下であること。
ほう素及びその化合物	検液 1 リットルにつきほう素 1mg 以下であること。
ポリ塩化ビフェニル	検液中に検出されないこと。
有機りん化合物	検液中に検出されないこと。

## 別添 2

## 土壤汚染対策法施行規則別表第四

特定有害物質の種類	要件
カドミウム及びその化合物	土壌 1 kg につきカドミウム 150mg 以下であること。
六価クロム化合物	土壌 1 kg につき六価クロム 250mg 以下であること。
シアン化合物	土壌 1 kg につき遊離シアン 50mg 以下であること。
水銀及びその化合物	土壌 1 kg につき水銀 15mg 以下であること。
セレン及びその化合物	土壌 1 kg につきセレン 150mg 以下であること。
鉛及びその化合物	土壌 1 kg につき鉛 150mg 以下であること。
砒素及びその化合物	土壌 1 kg につき砒素 150mg 以下であること。
ふっ素及びその化合物	土壌 1 kg につきふっ素 4,000mg 以下であること。
ほう素及びその化合物	土壌 1 kg につきほう素 4,000mg 以下であること。

添付資料-2



# 災害廃棄物の復興資材化と活用に係る品質基準一覧

平成 24 年 11 月 9 日

社団法人 日本建設業連合会

復旧・復興対策特別委員会 災害廃棄物部会

## はじめに

東日本大震災で発生した災害廃棄物の推計量は、宮城県では平成 24 年 7 月の見直しにより約 1,924 万トン、岩手県では平成 24 年 5 月の見直しにより約 525 万トンとされています。被災地の速やかな復興のためには、この膨大な量の災害廃棄物の早期の円滑な処理が不可欠です。

日建連会員企業による災害廃棄物処理業務は、宮城県で約 5 割、岩手県では約 2 割であり、平成 26 年 3 月という国が示した目標に向けて、地元の方々や地元企業の協力を得て順次進められているところですが、災害廃棄物の広域処理、再生資材の公共工事での早期の活用、最終処分場の確保が難しいなどの課題も顕在化してきています。

災害廃棄物の広域処理に関しては、平成 24 年 4 月 17 日に環境省より「東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理に関する基準等について」が示されました。また、災害廃棄物由来の再生資材の活用に関しては、平成 24 年 5 月 25 日に環境省から「東日本大震災からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の活用について（通知）」が示され、平成 24 年 7 月 3 日には岩手県から「岩手県 復興資材活用マニュアル」が示されたところです。

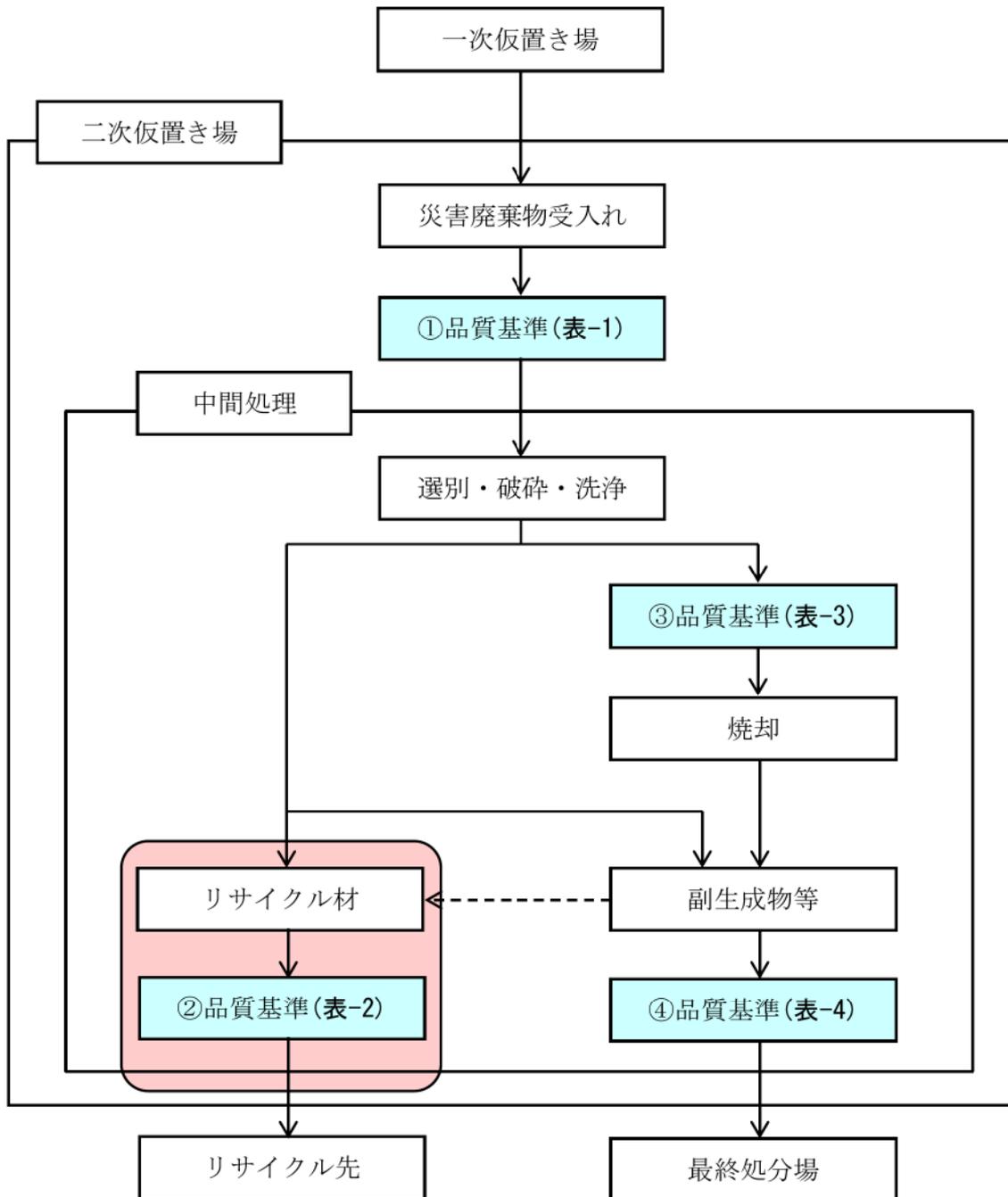
本資料は、国やその他関連機関の基準等に準拠して「災害廃棄物の復興資材化と活用に係る品質基準一覧」として整理したものであり、処理業務を受託した日建連の会員企業に対して、主に再生資材の活用等に関わる業務での参考となる基準値や根拠を紹介するものです。

業務を受託した各会員企業が、再生資材の活用等に関わる基準値や根拠等について共通のベースで発注者や地元自治体と協議できる等、業務を効率的に進めるうえでの一助となれば幸いです。

平成 24 年 11 月

日本建設業連合会 災害廃棄物部会

以下の図-1 に、災害廃棄物の処理と品質確認フローを示す。  
 図中の①品質基準(表-1)～④品質基準(表-4)の具体的な基準値は、次ページ以降に記載している。



※[参考資料 1]に上記フローの解説を示す。

図-1 災害廃棄物の処理と品質確認のフロー

表-1 搬入時(中間処理前)の災害廃棄物の品質に係る基準値

種別	測定項目等	備考
木くず	放射性セシウム濃度	受入時に測定値記録
可燃混合ごみ	〃	〃
不燃混合ごみ	〃	〃
コンガラ	〃	〃
アスガラ	〃	〃
金属くず	〃	〃
津波堆積物	〃	〃

表-2 災害廃棄物破砕/選別処理後のリサイクル材品質に係る基準値

種別	活用用途	測定項目等		基準・受入条件等		根拠等
木くず	ボード材	塩素濃度		<ex.0.4% (補1)		受入規定による 目安値、環境省告示(H24.4.17)
		放射性セシウム濃度 (月1回程度)		<100Bq/kg (補2)		
	燃料	塩素濃度		<ex.0.1% (補1)		受入規定による 目安値、環境省告示(H24.4.17) 受入者ごとで上乗せ有
		放射性セシウム濃度 (月1回程度)		<240Bq/kg (ストカ)～ 480Bq/kg (流動床炉) (補3)		
廃プラ	プラ原料	放射性セシウム濃度 (月1回程度)		<100Bq/kg (補2)		目安値、環境省告示(H24.4.17) 受入者ごとで上乗せ有
	燃料	放射性セシウム濃度 (月1回程度)		<240Bq/kg (ストカ)～ 480Bq/kg (流動床炉) (補3)		
コンガラ	再生砕石  (路盤材、基礎砕石、裏込材、ドレン材等としての活用が可能)	品質規格	粒度分布	通過百分率規定*		リサイクル工場に再委託する場合は、リサイクル工場側で品質規格等を管理 ※下層路盤材として利用の場合
			修正 CBR	20%以上*		
			塑性指数 IP	6 以下*		
			最大乾燥密度/最適含水比	-		
			すり減り減量	50%以下*		
有害物質(六価クロム他)	一般的に利用されている再生砕石と同等の考え方に基づく		「岩手県復興資材活用マニュアル」(H24.7.3)			
放射性セシウム濃度 (月1回程度)	<100Bq/kg (補2) 製品としての流通前		環境省告示(H24.4.17)			
アスガラ	アスファルト原料	放射性セシウム濃度 (月1回程度)		<100Bq/kg (補2) 製品としての流通前		目安値、環境省告示(H24.4.17)
金属くず	スクラップ	放射性セシウム濃度 (月1回程度)		<100Bq/kg (補2)		環境省告示(H24.4.17)
津波堆積物 及び 混合ごみ 由来の分別土砂	再生土砂	土壌汚染基準 (補4) (900m3 毎～ 3,000m3 毎) (補5)	四塩化炭素	<0.002mg/l	-	環境省「土壌汚染対策法」土壌汚染基準  環境省「津波堆積物処理指針」(H23.7.13)  「岩手県復興資材活用マニュアル」(H24.7.3) 等
			1・2ジクロロエタン	<0.004mg/l	-	
			1・1ジクロロエチレン	<0.02 mg/l	-	
			シス-1・2ジクロロエチレン	<0.04 mg/l	-	
			1・3ジクロロプロパン	<0.002mg/l	-	
			ジクロロメタン	<0.02 mg/l	-	
			トリクロロエチレン	<0.03 mg/l	-	
			1・1・1トリクロロエタン	<1 mg/l	-	
			1・1・2トリクロロエタン	<0.006mg/l	-	
			テトラクロロエチレン	<0.01 mg/l	-	
			ベンゼン	<0.01 mg/l	-	
			カドミウム&その化合物	<0.01 mg/l	<150mg/kg	
			六価クロム化合物	<0.05 mg/l	<250mg/kg	
			シアン化合物	不検出	<50mg/kg (遊離シアン)	
			水銀 (うちアルキル水銀)	<0.0005mg/l 不検出	<15mg/kg <(15)mg/kg	
			セレン&その化合物	<0.01 mg/l	<150mg/kg	
			鉛&その化合物	<0.01 mg/l	<150mg/kg	
			砒素&その化合物	<0.01 mg/l	<150mg/kg	
			ふっ素&その化合物	<0.8 mg/l	<4000mg/kg	
			ほう素&その化合物	<1 mg/l	<4000mg/kg	
PCB	不検出	-				
チウラム	<0.006mg/l	-				
シマジン	<0.003mg/l	-				
チオベンカルブ	<0.02 mg/l	-				
有機りん化合物	不検出	-				

	有機物含有量 (3,000m <sup>3</sup> 毎)	強熱減量試験	含有量に応じた対処 (補6)	地盤工学会「地盤材料試験の方法と解説」(補6)	
	盛土材の材料区分	共通 (900m <sup>3</sup> 毎)	塩化物含有量	<原則 1mg/g	国交省都市局「再生資材の宅地造成盛土への活用に向けた基本的考え方」(H24.3.27)等(補7)
電気伝導度			<200mS/m		
pH(水素イオン濃度)			6以上9以下		
吸水膨張特性			膨張比<3%		
宅地/公園		最大粒径/粒度組成	<300mm(最大)		
		強度(コーン指数)	>400kN/m <sup>2</sup>		
道路		土質の工学的分類 強度(コーン指数)	土木研究所「建設発生土利用技術マニュアル」(補8) [参考資料2]		
河川堤防	土質の工学的分類 強度(コーン指数)				
港湾	土質の工学的分類 強度(コーン指数)	土木学会「復興施工技術特定テーマ委員会」(補9) [参考資料3]			
	盛土材の力学的物性	共通	三軸圧縮試験(c, φ)、支持力確認試験、締固め試験など	「岩手県復興資材活用マニュアル」(H24.7.3)(補10)	
	放射性セシウム濃度 (月1回程度)		<100Bq/kg (補2) 製品としての流通前 <3,000 Bq/kg 遮蔽効果材で30cm厚さを確保する場合 (補11)	環境省告示(H24.4.17) 環境省通知(H24.5.25)	
・造粒固化材 (不燃物選別残渣の造粒、焼却主灰等の造粒)  ・ブロック材	汚染性状 盛土材適応性		造粒固化材やブロック材については、基準がないため関係先との協議により今後設定したい(補12)	【参考】環境省告示(H24.4.17) 【参考】環境省通知(H24.5.25)	
	放射性セシウム濃度		<100Bq/kg 製品としての流通前 <3,000 Bq/kg 遮蔽効果材で30cm厚さを確保する場合		

補1) 例としてA社(製材品生産加工会社)の受入条件を示した。受入会社ごとに規定があると思われる。

補2) 「東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理に関する基準等について」(環境省、H24.4.17、以下、環境省告示(H24.4.17)という)では、再生利用製品(金属、コンクリート、木質等)は放射性セシウム濃度が100Bq/kg以下、(ただし、原料として用いる災害廃棄物について100Bq/kgを満足することを求めるものではない)とされている。また、1回/月程度測定することとされている。

補3) 「環境省告示」(H24.4.17)では、焼却前の災害廃棄物の放射性セシウム濃度が240Bq/kg(ストーク炉)or480Bq/kg(流動床炉)以下とされている。(焼却前の災害廃棄物の放射性セシウム濃度が240Bq/kg(ストーク炉)or480Bq/kg(流動床炉)以下であれば、焼却後の焼却灰放射性セシウム濃度は十分な安全率をもって8,000Bq/kg(管理型最終処分場受入基準)以下となる)。また、1回/月程度測定することとされている。

補4) 津波堆積物については、「東日本大震災津波堆積物処理指針」(環境省、H23.7.13)において、有効利用、処分方法を踏まえ土壌汚染対策法等に規定する指定基準に定められた項目、方法に従って

化学分析を行うものとされている。実施する分析項目について、「岩手県 復興資材活用マニュアル」(岩手県、H24.7.3)では、有害物質等の取扱施設のある場合は全項目、有害物質等の取扱施設が無い場合は、自然由来の土壤汚染の可能性のある重金属 8 項目としている。

- 補 5) 「東日本大震災津波堆積物処理指針」(環境省、H23.7.13)では、サンプリング回数として、概ね 900m<sup>3</sup> 毎に 1 回とされている。また、「岩手県 復興資材活用マニュアル」(岩手県、H24.7.3)では、土壌分析・材料区分試験の実施頻度に関しては、3,000m<sup>3</sup> 毎に 1 試料とされている。
- 補 6) 土に含まれている有機物含有量の目安を把握する目的で実施する試験は、「地盤材料試験の方法と解説」(地盤工学会、H21.11.25) で、強熱減量試験と定義されている。また、「岩手県 復興資材活用マニュアル」(岩手県、H24.7.3)では、強熱減量試験における数値に応じた資材活用の対応方法が示されている。
- 補 7) 「迅速な復旧・復興に資する再生資材の宅地造成盛土への活用に向けた基本的考え方」(国土交通省都市局、H24.3.27)において、再生土砂を宅地造成地の盛土材料として用いる場合は、土壌汚染基準(土壌汚染対策法)のほか、①最大粒径/粒度組成、②強度(コーン指数)、③塩化物含有量、④電気伝導度、⑤水素イオン濃度(pH)、⑥吸水膨張特性について、所定の品質を満足しなければならないとされている。公園での活用については、「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術指針」(国土交通省都市局公園緑地・景観課、H24.3.27)を参照できる。
- 補 8) 「建設発生土利用技術マニュアル」(土木研究所、H16.9.1)において、道路用盛土、河川築堤、港湾(水面埋立)等の用途に応じた適用基準が示されている。同マニュアルでは、土壌汚染基準(土壌汚染対策法)のほか、土質材料の工学的分類とコーン指数を指標にした土質区分([参考資料 2]の参考表-1)に対応する適用用途標準([参考資料 2]の参考表-3&参考表-4)が、道路用盛土や河川築堤等の利用用途ごとに示されている。
- 補 9) 土木学会「東日本大震災特別委員会 復興施工技術特定テーマ委員会」では、津波堆積土砂の盛土材(道路盛土、防災公園、防潮堤、地盤の嵩上げ)への適用の観点から、津波堆積土砂(仙台市内)の分級、室内土質試験、盛土試験を行っており、その成果([参考資料 3])を参照できると考えられる。
- 補 10) 「岩手県 復興資材活用マニュアル」(岩手県、H24.7.3)では、不燃混合物由来の土砂(分別土 B 種)や可燃混合物由来の土砂(分別土 C 種)については、利用先の要望や必要性に応じて協議のうえ、設計段階で必要な地盤物性を判定するための試験を行うとされている。「岩手県 復興資材活用マニュアル」における土砂系 3 種(分別土 A 種、分別土 B 種、分別土 C 種)は、[参考資料 5]に示している。
- 補 11) 「東日本大震災からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生資材の活用について(通知)」(環境省、H24.5.25、以下、環境省通知(H24.5.25) という)では、道路の下層路盤材・路床等で遮蔽効果を有する資材(アスファルト・上層路盤材等)により地表面から 30cm の厚さを確保することで、およそ 3,000Bq/kg 以下の再生資材を利用することが可能とされている。
- 補 12) 不燃物選別残渣の造粒固化材、焼却主灰の造粒固化材、ブロック材については、適用基準がないため、今後、関係先との協議により測定項目や基準値を設定したい。

表-3 災害廃棄物の場内焼却に係る品質測定項目と基準値

種別	焼却	測定項目等	基準・受入条件等	根拠等
木くず	バイオマス炉へ 焼却炉へ	塩素濃度	<ex.0.1% (補 13)	自主規定による
可燃混合 ごみ (木くず、 廃プラ等)	焼却炉へ	塩素濃度	<ex.0.1% (補 13)	自主規定による

補 13) 例として、B 社(セメント会社、燃料として使用)の受入条件を示した。受託 JV ごとに、二次仮置き場の仮設焼却炉の損傷に配慮した塩素濃度の自主規定があるものと思われる。

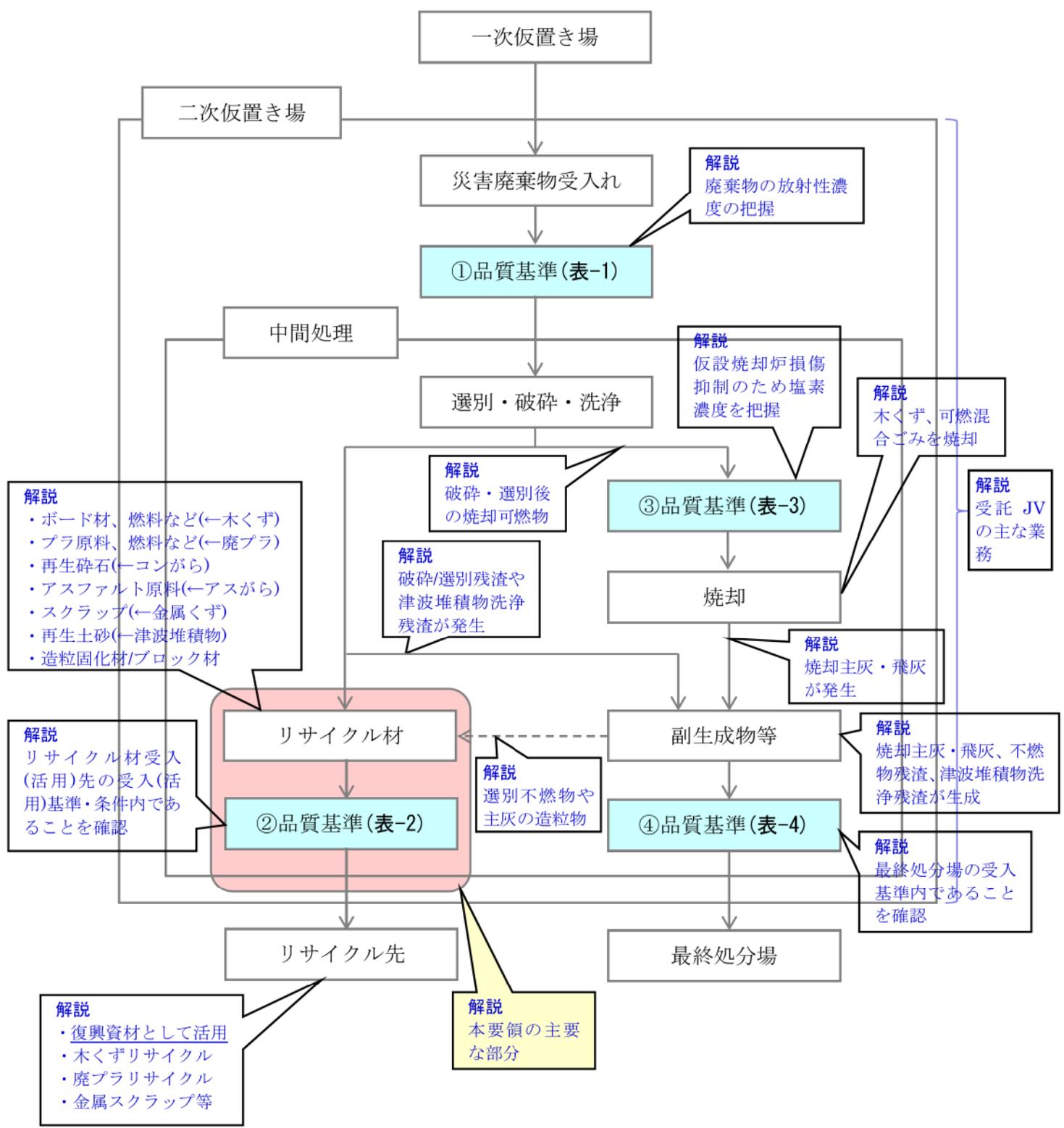
表-4 処理後の副生成物(最終処分場埋立物)の品質に係る測定項目と基準値

種別	測定項目等	基準・受入先条件等	根拠等		
木質焼却灰(主灰・飛灰)	埋立(溶出)基準	主灰	総理府令基準に基づく自主基準(測定頻度含む)(補 14)	総理府令「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準」 [参考資料 3]	
		飛灰			
	放射性セシウム濃度 (月 1 回程度)	主灰	<8,000 Bq/kg		環境省告示 (H24.4.17) 受入者ごとに上乗せ基準有 (補 15)
		飛灰			
可燃混合焼却灰(主灰・飛灰)	埋立(溶出)基準	主灰	総理府令基準に基づく自主基準(測定頻度含む)(補 14)	総理府令「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準」	
		飛灰			
	放射性セシウム濃度(月 1 回程度)	主灰	<8,000 Bq/kg		環境省告示 (H24.4.17) 受入者ごとに上乗せ基準有 (補 15)
		飛灰			
不燃物選別残渣	埋立(溶出)基準	総理府令基準に基づく自主基準(測定頻度含む)(補 14)	総理府令「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準」		
	放射性セシウム濃度 (月 1 回程度)	<8,000 Bq/kg		環境省告示 (H24.4.17) 受入者ごとに上乗せ基準有 (補 16)	
津波堆積物洗浄残渣	埋立(溶出)基準	総理府令基準に基づく自主基準(測定頻度含む)(補 14)	総理府令「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準」		
	放射性セシウム濃度 (月 1 回程度)	<8,000 Bq/kg		環境省告示 (H24.4.17) 受入者ごとに上乗せ基準有 (補 16)	

補 14) 処理後の副生成物等の最終処分場への搬出に当たり、各受託 JV ごとに総理府令による有害物の溶出基準([参考資料 4]の参表-5)を参考にした自主基準(測定頻度含む)があるものと思われる。

補 15) 「環境省告示」(H24.4.17)では、焼却後の焼却灰等の放射性セシウム濃度は、8,000Bq/kg 以下とされているが、受入側最終処分場ごとに上乗せ基準があることも考えられる。

補 16) 「環境省告示」(H24.4.17)では、焼却等を行わず埋立処分を行う不燃物(不燃物選別残渣、津波堆積物洗浄残渣等)の放射性セシウム濃度は、8,000Bq/kg 以下とされているが、受入側最終処分場ごとに上乗せ基準があることも考えられる。



参考図-1 災害廃棄物の処理と品質確認のフローの解説

参考表-1 土質区分基準（「建設発生土利用技術マニュアル」（土木研究所）より）

③土質区分

⇒①コーン指数と②土質の工学的

分類により土質区分を判定

①コーン指数

②土質の工学的分類

区分 (国土交通省令) <sup>*)</sup>	細区分 <sup>*)、3)、4)</sup>	コーン 指数 qc <sup>*)</sup> k N/m <sup>2</sup>	土質材料の工学的分類 <sup>6)、7)</sup>		備考 <sup>6)</sup>	
			大分類	中分類 土質  記号	含水比 (地山) w <sub>n</sub> (%)	掘削 方法
第1種建設発生土 〔砂、礫及びこれらに準ずるもの〕	第1種	-	礫質土	礫  G  砂礫  GS	-	*排水に考慮するが、降水、浸出地下水等により含水比が増加すると予想される場合は、1ランク下の区分とする。  *水中掘削等による場合は、2ランク下の区分とする。
			砂質土	砂  S  礫質砂  SG		
	第1種改良土 <sup>*)</sup>	人工材料	改良土  H	-		
第2種建設発生土 〔砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの〕	第2a種	800 以上	礫質土	細粒分まじり礫  GF	-	
	第2b種		砂質土	細粒分まじり砂  SF	-	
	第2種改良土		人工材料	改良土  H	-	
第3種建設発生土 〔通常の施工性が確保される粘性土及びこれに準ずるもの〕	第3a種	400 以上	砂質土	細粒分まじり砂  SF	-	
	第3b種		粘性土	シルト  M 、粘土  C	40%程度	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土  V	-	
第3種改良土	人工材料	改良土  H	-			
第4種建設発生土 〔粘性土及びこれに準ずるもの（第3種発生土を除く）〕	第4a種	200 以上	砂質土	細粒分まじり砂  SF	-	
	第4b種		粘性土	シルト  M 、粘土  C	40~80%程度	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土  V	-	
			有機質土	有機質土  O	40~80%程度	
第4種改良土	人工材料	改良土  H	-			
泥土 <sup>*)、9)</sup>	泥土a	200 未満	砂質土	細粒分まじり砂  SF	-	
	泥土b		粘性土	シルト  M 、粘土  C	80%程度以上	
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土  V	-	
			有機質土	有機質土  O	80%程度以上	
			高有機質土	高有機質土  Pt	-	
泥土c						

- \*1) 国土交通省令（建設業に属する事業を行う者の再生資源の利用に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令 59、建設業に属する事業を行う者の指定副産物に係る再生資源の利用の促進に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令60）においては区分として第1~4種建設発生土が規定されている。
- \*2) この土質区分基準は工学的判断に基づく基準であり、発生土が産業廃棄物であるか否かを定めるものではない。
- \*3) 表中の第1種~第4種改良土は、土（泥土を含む）にセメントや石灰を混合し、化学的安定処理したものである。例えば第3種改良土は、第4種建設発生土または泥土を安定処理し、コーン指数400kN/m<sup>2</sup>以上の性状に改良したものである。
- \*4) 含水比低下、粒度調整などの物理的な処理や高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行った場合には、改良土に分類されないため、処理後の性状に応じて改良土以外の細区分に分類する。
- \*5) 所定の方法でモールドに締め固めた試料に対し、コーンペネトロメーターで測定したコーン指数（表3-4参照）。
- \*6) 計画段階（掘削前）において発生土の区分を行う必要があり、コーン指数を求めるために必要な試料を得られない場合には、土質材料の工学的分類体系（(社)地盤工学会）と備考欄の含水比（地山）、掘削方法から概略の区分を選定し、掘削後所定の方法でコーン指数を測定して発生土の区分を決定する。
- \*7) 土質材料の工学的分類体系における最大粒径は75mmと定められているが、それ以上の粒径を含むものについても本基準を参照して区分し、適切に利用する。
- \*8) 砂及び礫と同等の品質が確保できているもの。
- \*9) ・港湾、河川のしゅんせつに伴って生ずる土砂その他これに類するものは廃棄物処理法の対象となる廃棄物ではない。（廃棄物の処理及び清掃に関する法律の施行について 昭和46年10月16日 環整43 厚生省通知）  
・地山の掘削により生じる掘削物は土砂であり、土砂は廃棄物処理法の対象外である（建設工事等から生じる廃棄物の適正処理について 平成13年6月1日 環廃産276 環境省通知）  
・建設汚泥に該当するものについては、廃棄物処理法に定められた手続きにより利用が可能となる。

参考表-2 土質区分判定のための調査試験方法（「建設発生土利用技術マニュアル」（土木研究所）より）

判定指標 <sup>*)</sup>	試験方法	規格番号・基準番号
コーン指数 <sup>*)</sup>	締め固めた土のコーン指数試験方法	JIS A 1228
土質材料の工学的分類	地盤材料の工学的分類方法	JGS 0051
自然含水比	土の含水比試験方法	JIS A 1203
土の粒度	土の粒度試験方法	JIS A 1204
液性限界・塑性限界	土の液性限界・塑性限界試験方法	JIS A 1205

\*1) 改良土の場合は、コーン指数のみを測定する。

\*2) 1層ごとの突固め回数は25回とする。（表3-4参照）

参考表-3 適用用途標準 1 (「建設発生土利用技術マニュアル」(土木研究所)より)

適用用途

土質区分

適用用途		適用用途							
		工作物の埋戻し		土木構造物の裏込め		道路用盛土			
		評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項
第1種 建設発生土 〔砂、礫及びこれらに準ずるもの〕	第1種	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意
	第1種改良土	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
第2種 建設発生土 〔砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの〕	第2a種	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
	第2b種	◎	細粒分含有率注意	◎	細粒分含有率注意	◎		◎	
	第2種改良土	◎		◎		◎		◎	
第3種 建設発生土 〔通常の施工性が確保される粘性土及びこれらに準ずるもの〕	第3a種	○		○		○		○	施工機械の選定注意
	第3b種	○		○		○		○	施工機械の選定注意
	第3種改良土	○		○		○		○	施工機械の選定注意
第4種 建設発生土 〔粘性土及びこれらに準ずるもの〕	第4a種	○		○		○		○	
	第4b種	△		△		△		○	
	第4種改良土	△		△		△		○	
泥 土	泥土a	△		△		△		○	
	泥土b	△		△		△		△	
	泥土c	×		×		×		△	

適用性評価の具体的内容

適用用途に対して判定された土質区分を基に、適用性を評価

日例 (評価)

- ◎ : そのままで使用が可能なもの。留意事項に使用時の注意事項を示した。
- : 適切な土質改良(含水比低下、粒度調整、機能付加・補強、安定処理等)を行えば使用可能なもの。
- △ : 評価が○のものと比較して、土質改良にコスト及び時間がより必要なもの。
- × : 良質土との混合などを行わない限り土質改良を行っても使用が不適なもの。

土質改良の定義

- 含水比低下 : 水切り、天日乾燥、水位低下掘削等を用いて、含水比の低下を図ることにより利用可能となるもの。
- 粒度調整 : 利用場所や目的によっては細粒分あるいは粗粒分の付加やふるい選別を行うことで利用可能となるもの。
- 機能付加・補強 : 固化材、水や軽量材等を混合することにより発生土に流動性、軽量性などの付加価値をつけることや、補強材等による発生土の補強を行うことにより利用可能となるもの。
- 安定処理等 : セメントや石灰による化学的安定処理や高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行うことにより利用可能となるもの。

〔留意事項〕 \*表4-2参照

- 最大粒径注意 : 利用用途先の材料の最大粒径、または1層の仕上り厚さが規定されているもの。
- 細粒分含有率注意 : 利用用途先の材料の細粒分含有率の範囲が規定されているもの。
- 礫混入率注意 : 利用用途先の材料の礫混入率が規定されているもの。
- 粒度分布注意 : 液状化や土粒子の流出などの点で問題があり、利用場所や目的によっては粒度分布に注意を要するもの。
- 透水性注意 : 透水性が高いため、難透水性が要求される部位への利用は適さないもの。
- 表層利用注意 : 表面への露出などで植生や築造等に影響を及ぼす恐れのあるもの。
- 施工機械の選定注意 : 過転圧などの点で問題があるため、締固め等の施工機械の接地圧に注意を要するもの。
- 淡水域利用注意 : 淡水域に利用する場合、水域のpHが上昇する可能性があり、注意を要するもの。

参考表-4 適用用途標準 2 (土木研究所「建設発生土利用技術マニュアル」より)

適用用途

適用用途		河川築堤				土地造成				水面埋立	
		高規格堤防		一般堤防		宅地造成		公園・緑地造成			
		評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項	評価	留意事項
第1種 建設発生土 〔砂、礫及びこれらに準ずるもの〕	第1種	○	最大粒径注意 礫混入率注意 透水性注意 表層利用注意	○		○	最大粒径注意 礫混入率注意 表層利用注意	○	表層利用注意	○	粒度分布注意
	第1種改良土	○	最大粒径注意 礫混入率注意 透水性注意 表層利用注意	○		○	最大粒径注意 礫混入率注意 表層利用注意	○	表層利用注意	○	淡水域利用注意
第2種 建設発生土 〔砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの〕	第2a種	○	最大粒径注意 礫混入率注意 透水性注意 表層利用注意	○	最大粒径注意 透水性注意	○	最大粒径注意 礫混入率注意 表層利用注意	○	表層利用注意	○	
	第2b種	○		○		○		○		○	粒度分布注意
	第2種改良土	○	表層利用注意	○		○	表層利用注意	○	表層利用注意	○	淡水域利用注意
第3種 建設発生土 〔通常の施工性が確保される粘性土及びこれらに準ずるもの〕	第3a種	○	施工機械の選定注意	○	施工機械の選定注意	○	施工機械の選定注意	○	施工機械の選定注意	○	粒度分布注意
	第3b種	○	施工機械の選定注意	○	施工機械の選定注意	○	施工機械の選定注意	○	施工機械の選定注意	○	
	第3種改良土	○	表層利用注意 施工機械の選定注意	○	施工機械の選定注意	○	表層利用注意 施工機械の選定注意	○	表層利用注意 施工機械の選定注意	○	淡水域利用注意
第4種 建設発生土 〔粘性土及びこれらに準ずるもの〕	第4a種	○		○		○		○		○	粒度分布注意
	第4b種	○		○		○		○		○	
	第4種改良土	○		○		○		○		○	淡水域利用注意
泥 土	泥土a	○		○		○		○		○	
	泥土b	△		△		△		△		○	
	泥土c	×		×		×		△		△	

土質区分

適用性評価の具体的内容

適用用途に対して判定された土質区分を基に、適用性を評価

凡例〔評価〕

- ：そのまま使用が可能なもの。留意事項に使用時の注意事項を示した。
- ：適切な土質改良(含水比低下、粒度調整、機能付加・補強、安定処理等)を行えば使用可能なもの。
- △：評価が○のものと比較して、土質改良にコスト及び時間がより必要なもの。
- ×：良質土との混合などを行わない限り土質改良を行っても使用が不適なもの。

土質改良の定義

含水比低下：水切り、天日乾燥、水位低下掘削等を用いて、含水比の低下を図ることにより利用可能となるもの。  
 粒度調整：利用場所や目的によっては細粒分あるいは粗粒分の付加やふるい選別を行うことにより利用可能となるもの。  
 機能付加・補強：固化材、水や軽量材等を混合することにより発生土に流動性、軽量性などの付加価値をつけることや、補強材等による発生土の補強を行うことにより利用可能となるもの。  
 安定処理等：セメントや石灰による化学的安定処理や高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行うことにより利用可能となるもの。

〔留意事項〕 \*表4-2参照

- 最大粒径注意：利用用途先の材料の最大粒径、または1層の仕上り厚さが規定されているもの。
- 細粒分含有率注意：利用用途先の材料の細粒分含有率の範囲が規定されているもの。
- 礫混入率注意：利用用途先の材料の礫混入率が規定されているもの。
- 粒度分布注意：液状化や土粒子の流出などの点で問題があり、利用場所や目的によっては粒度分布に注意を要するもの。
- 透水性注意：透水性が高いため、難透水性が要求される部位への利用は適さないもの。
- 表層利用注意：表面への露出などで植生や築造等に影響を及ぼす恐れのあるもの。
- 施工機械の選定注意：過転圧などの点で問題があるため、締固め等の施工機械の接地圧に注意を要するもの。
- 淡水域利用注意：淡水域に利用する場合、水域のpHが上昇する可能性があり、注意を要するもの。

以下、土木学会「復興施工技術特定テーマ委員会」活動報告(H24.3.6)より関連部分を抜粋

土木学会 東日本大震災特別委員会

復興施工技術特定テーマ委員会  
活動報告

2012年3月6日

副委員長 風間 優

-1-

### 2. 組織構成

**復興施工技術特定テーマ委員会**

技術顧問 久田 真 教授 (東北大学大学院工学研究科)	委員長 吉田 明 (大成建設) 副委員長 風間 優 (鹿島建設) 委員 山本 貴弘 (大林組) 委員 坂本 俊一 (清水建設) 委員 佐藤 和郎 (大成建設) 委員 田邊 大次郎 (熊谷組) 委員 植田 和哉 (五洋建設) 委員 高村 圭一 (鉄建建設) 委員 弘末 文紀 (間組)	
-----------------------------------	---	--

**がれき処理・再利用小委員会**

小委員長 中山 逸志(大林組)

**土壌・地下水浄化小委員会**

小委員長 高田 博充(清水建設)

-4-

### 3-4. 市街地の津波堆積土砂の盛土材料調査

#### ①津波堆積土砂の分級

仙台市街地からの津波堆積土砂(分級前)

分級機械(3分級が可能)

(分級1)分別された比較的大きながれき

(分級2)木片・廃プラスチックが混入した土砂

盛土材料調査対象

(分級3)再度分級してがれき分がほとんど除去された状態

-11-

### 3-4. 市街地の津波堆積土砂の盛土材料調査

#### ②室内土質試験

採取場所：仙台市内3箇所  
蒲生・荒浜・井土地区  
の処分場

採取試料：処分場の津波堆積分級土砂  
(分級3)

※市街地における津波堆積土砂を  
対象



室内土質試験項目：

試験名	規格番号
土粒子の密度試験	JIS A 1202
土の含水比試験	JIS A 1203
土の粒度試験	JIS A 1204
土の液性限界・塑性限界試験	JIS A 1205
締固めた土のコーン指数試験	JGS 0716
突固めによる土の締固め試験	JIS A 1210

室内土質試験結果：

土木研究センター(2004)：建設発生土利用技術マニュアルより、「第2種建設発生土」に相当する

採取した3箇所の試料について室内試験の結果、**盛土材料として適している**と判断できる。

「建設発生土利用技術マニュアル」(土木研究所)の室内試験項目(参考表-2)に準じて実施

盛土材料として適用可能であると評価

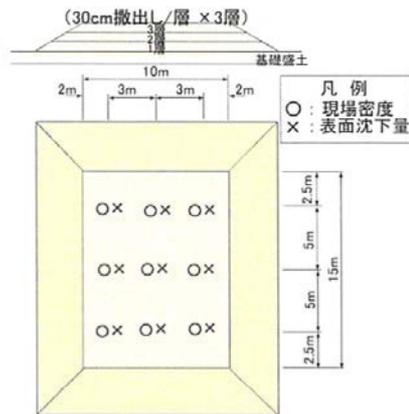
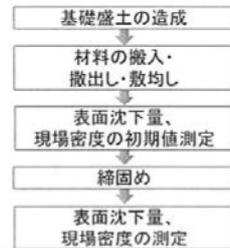
-12-

### 3-4. 市街地の津波堆積土砂の盛土材料調査

#### ③盛土試験

目的：標準的な施工方法の検討  
(施工機種、仕上がり厚、  
転圧回数)

試験施工の流れ：



試験結果：

- 今回使用した津波堆積分級土砂(第1種建設発生土相当)であれば道路盛土材料として十分適用可能である
- 撤出し機械(10tブルドーザ)と締固め機械(10tタイヤローラ)により30cm撤出し、6回転圧で、「道路土工—盛土工指針」に準じた十分な締固め効果が得られる

道路盛土を例に盛土試験施工を実施

道路盛土材料として適用可能であると評価

-13-

### 3-4. 市街地の津波堆積土砂の盛土材料調査

#### ③盛土試験



1.3m3タイヤショベルによる再生砕石積込み



再生砕石による基礎盛土の施工



10tブルドーザによる土砂撤出し(30cm/層)、敷均し



10tタイヤローラによる転圧

-14-

### 3-6. 農地部の津波堆積土砂の盛土材料調査

#### 室内試験結果

##### ①土質試験

○粘土やシルトの含有率が高く、このままでは盛土材として使用できない

##### ②固化材配合試験

○一軸圧縮強度(第2種建設発生土相当に設定)

設計目標強度: 160kN/m<sup>2</sup>

→ 室内試験目標強度: 320kN/m<sup>2</sup>

○固化材添加量(4種類で比較)

普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種、一般軟弱土用固化材、セメント・石灰複合系固化材  
 固化材を混ぜ合わせることで所定の強度が得られ、一般軟弱土用固化材が経済的

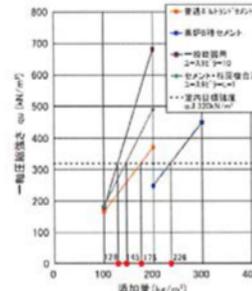


図-10 各種固化材の一軸圧縮強度結果(σ2B)

#### 盛土材料への適用

- 農地部の津波堆積土砂は大小のがらや草木を大量に含み、かつ軟弱なため、分別工や生石灰等による土質改良工が事前処置として必要
- これら事前処置と固化材工を行っても、再利用が最も経済的/現実的

### 4-2. 成果の展開可能性(宮城県南部での利用案)

仙台市、名取市、岩沼市、亶理町、山元町

#### ①道路の盛土化

(必要土量: 約10万m<sup>3</sup>/km)



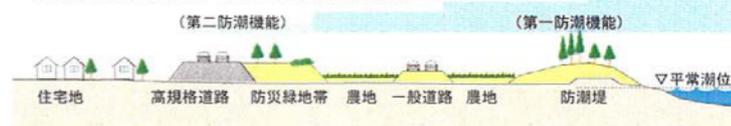
沿岸部に農地等平地が広がる地域のアップサイクルの例 (宮城県南部をイメージ)

#### ②高さ5mの防災公園

(必要土量: 約5万m<sup>3</sup>/ha)

#### ③沈下地盤の嵩上げ

(必要土量: 1mの嵩上げにつき約1万m<sup>3</sup>/ha)



### 4-3. 成果の展開可能性(宮城県北部での利用案)

石巻市、東松島市など

#### ①沈下地盤の嵩上げ

(必要土量: 1mの嵩上げにつき約1万m<sup>3</sup>/ha)

石巻市の利用可能堆積土砂: 182万m<sup>3</sup>

→182haの1m嵩上げ用土砂

東松島市の利用可能堆積土砂: 92万m<sup>3</sup>

→92haの1m嵩上げ用土砂



平地部が狭い地域のアップサイクルの例 (宮城県北部をイメージ)

#### ②高さ5mの防災公園

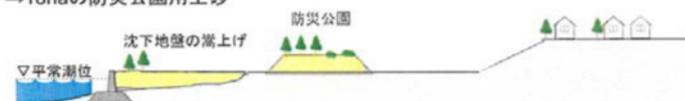
(必要土量: 約 5万m<sup>3</sup>/ha)

石巻市の利用可能堆積土砂: 182万m<sup>3</sup>

→36haの防災公園用土砂

東松島市の利用可能堆積土砂: 92万m<sup>3</sup>

→18haの防災公園用土砂



参表-5 総理府令 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準(最終処分場)

番号	項目	総理府令で定める基準
1	アルキル水銀化合物	検出されないこと
	水銀又はその化合物	0.005mg/ℓ 以下
2	カドミウム又はその化合物	0.3mg/ℓ 以下
3	鉛又はその化合物	0.3mg/ℓ 以下
4	有機リン化合物	1mg/ℓ 以下
5	六価クロム化合物	1.5mg/ℓ 以下
6	ひ素又はその化合物	0.3mg/ℓ 以下
7	シアン化合物	1mg/ℓ 以下
8	ポリ塩化ビフェニル (PCB)	0.003mg/ℓ 以下
9	トリクロロエチレン	0.3mg/ℓ 以下
10	テトラクロロエチレン	0.1mg/ℓ 以下
11	ジクロロメタン	0.2mg/ℓ 以下
12	四塩化炭素	0.02mg/ℓ 以下
13	1・2-ジクロロエタン	0.04mg/ℓ 以下
14	1・1-ジクロロエチレン	0.2mg/ℓ 以下
15	シス-1・2-ジクロロエチレン	0.4mg/ℓ 以下
16	1・1・1-トリクロロエタン	3mg/ℓ 以下
17	1・1・2-トリクロロエタン	0.06mg/ℓ 以下
18	1・3-ジクロロプロペン	0.02mg/ℓ 以下
19	チウラム	0.06mg/ℓ 以下
20	シマジン	0.03mg/ℓ 以下
21	チオベンカルブ	0.2mg/ℓ 以下
22	ベンゼン	0.1mg/ℓ 以下
23	セレン又はその化合物	0.3mg/ℓ 以下
24	ダイオキシン類	3ng/g 以下

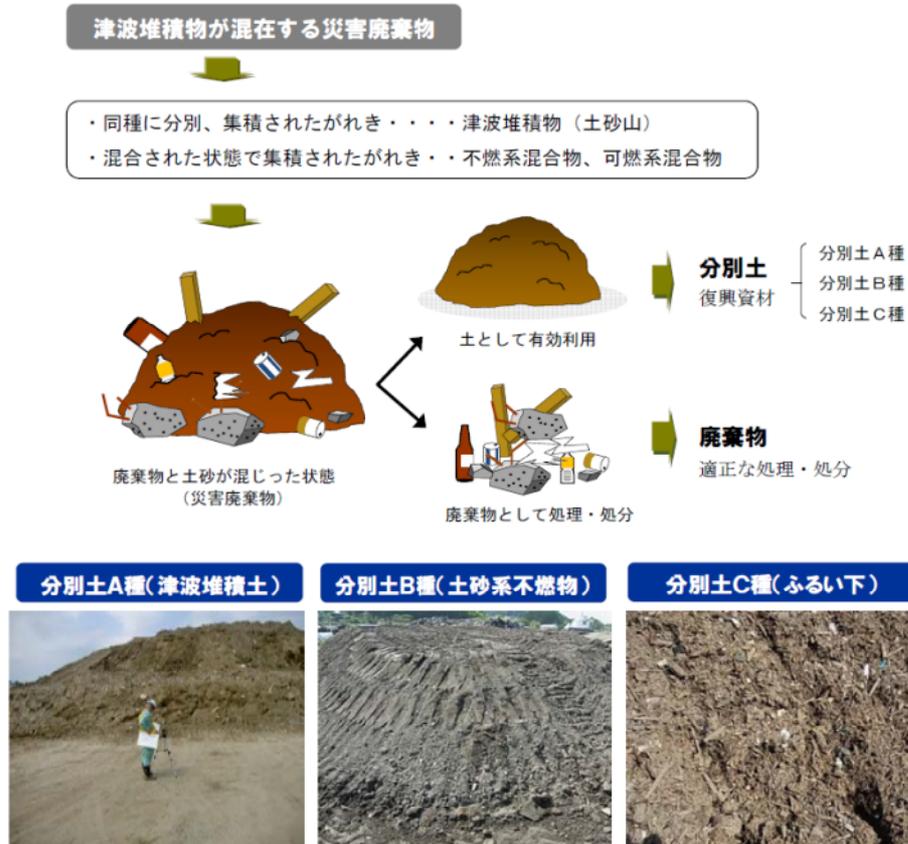
受託 JV ごとに、  
この中から測定  
する項目を自主  
的に設定すると  
思われる

注1：この表の1～24に掲げる基準は、環境庁告示第13号に定める方法により、廃棄物に含まれる当該項目を溶出させた場合における濃度とする。

注2：「検出されないこと」とは、環境大臣が定める方法により検定した場合において、その結果が当該検定方法の定量限界を下回ることをいう。

「岩手県 復興資材活用マニュアル」(岩手県、平成 25 年 7 月 3 日) では、復興資材となる災害廃棄物の対象物は、土砂系 3 種及びコンクリートがらの計 4 種(分別・中間処理したものを原則)とされており、そのうち土砂系 3 種については、以下のように示されている。

### 土砂系 3 種



#### ○同種に集積されたがれき

分別土 A 種(津波堆積土)：津波堆積物を分別した土砂。少量の細かながれきも混在しているため、これらを適切に分別・除去することで「土砂」として利用が可能と考える。復興資材として優先的に利用するもの。

#### ○混合された状態で集積されたがれき

分別土 B 種(土砂系不燃物)：不燃系混合物のがれきを破碎・選別により分別した土砂。コンクリート片、土砂が多いもの。

分別土 C 種(ふるい下)：可燃系混合物のがれきを破碎・選別により分別した土砂。木材等の可燃物が多いもの。このため、利用用途の限定や地盤改良及び安定処理等の検討も踏まえて活用用途の範囲を拡げる。利用が困難な場合には、セメント原料や埋立て処分とする。

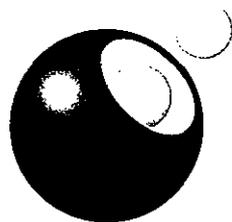
参考図-2 「岩手県 復興資材活用マニュアル」における復興資材(土砂系 3 種)の考え方  
(岩手県 復興資材活用マニュアル概要版より抜粋)



添付資料-3



**地震時における地盤災害の課題と対策**  
**2011 年東日本大震災の教訓と提言**  
**(第二次)**



公益社団法人 **地盤工学会**

**2012 年 6 月**

公益社団法人 **地盤工学会**

平成 23 年度 学会提言の検証と評価に関する委員会

東京都文京区千石四丁目 38 番 2 号

TEL: 03-3946-8677 FAX: 03-3946-8678 [jgs@jiban.or.jp](mailto:jgs@jiban.or.jp)

<http://www.jiban.or.jp/>

## 2.5 災害廃棄物、津波堆積物、放射性物質汚染土壌など、地盤環境問題への対処

### 提言 5.1 災害廃棄物・津波堆積物の有効利用のための技術開発と合意形成の必要性

(短期的・長期的、専門家)

地震、津波等で発生した膨大な量の災害廃棄物や津波堆積物は、迅速な復旧・復興に資するよう、様々な分野で有効利用されることが求められる。そのために、初期分別を適切に実施するとともに、災害廃棄物等の性状に応じた地盤材料(復興資材)として効率的、効果的な有効利用を図る必要がある。また、災害廃棄物の資材利用について、道路盛土等の公共管理地での利用を促進し、合理的なリスク評価と社会的な合意を形成することが必要である。

#### (解説)

##### (1) 被害と教訓

地震災害時には、地震被害によって発生したがれき等の廃棄物、津波災害によって発生した廃棄物、津波によって陸上に打ち上げられた津波堆積物(以下、「災害廃棄物等」)が膨大な量となる(図 5.1.1, 5.1.2)。今回の地震での廃棄物の発生量は、環境省によると、岩手・宮城・福島の三県で 2490 万トンにのぼると推算されており<sup>1)</sup>、津波堆積物は廃棄物資源循環学会<sup>2)</sup>によると、1200 万 m<sup>3</sup> 以上と試算されている。図 5.1.3 には、岩手・宮城・福島の沿岸市町村における災害廃棄物発生量を示している。



図 5.1.1 混合廃棄物(今西肇)



図 5.1.2 津波堆積物(保高徹生)

津波等で発生した災害廃棄物や津波堆積物を資源として有効利用するためには、初期分別が重要である。これは、災害廃棄物は、雑多な資材等の集合体であることから、一旦混合されると、その分別には大きな労力やコストを必要とするからである。しかし、多くの場所では初期分別がされないまま仮置き場に集められた。これは、被災地では、有効利用よりも早期の復旧が優先され、そのための動線確保や悪臭等の発生源を早期に回収することが求められたためである。被災後 2~3 か月程度であれば、捜索活動や復旧作業を優先すべきであるが、問題は、その後も分別回収が進まず、混合状態で仮置き場に集められたことである。

今回のような大津波により発生した膨大な災害廃棄物や津波堆積物を初期段階でどう分別するかとい

う点については、行政、市民を含む社会全体において方法論を持っていなかった。そのため、結果として自治体ごとに初期分別の実施の有無、方法が異なり、災害廃棄物の迅速な処理ならびにその後の利用可能性にばらつきが生じた。

そのような状況から、改めて、災害廃棄物の有効利用における初期分別の重要性が浮き彫りとなった。災害廃棄物等の初期分別及びその後の速やかな処理（利用）は、災害発生後の混乱した非常時下で進められることになるため、平常時から災害廃棄物等の初期分別を含む対応のあり方や、災害廃棄物等の地盤材料への利用手法を検討した上でガイドラインとして社会に浸透させておかななくてはならない。被災後にそれらに着手したのでは、災害廃棄物等の処理と有効利用のための作業に多大な時間がかかることになり、迅速な復旧および復興に資することが困難になる。地盤技術者は、今回の震災からの復旧復興における災害廃棄物の処理と有効利用に関する様々な取り組みを通して、地盤工学的観点からみた災害廃棄物の実態把握、初期分別を含めた処理手法・プロセスと処理物の物性評価、可能な利用用途と評価基準の設定などについて科学的知見を蓄積し、出口を見据えた上で、非常時における廃棄物等の適正処理と有効利用が進むよう実社会に貢献していく必要がある。

図 5.1.4 から図 5.1.6 に、仙台市における初期分別と仮置きの様子を示した。

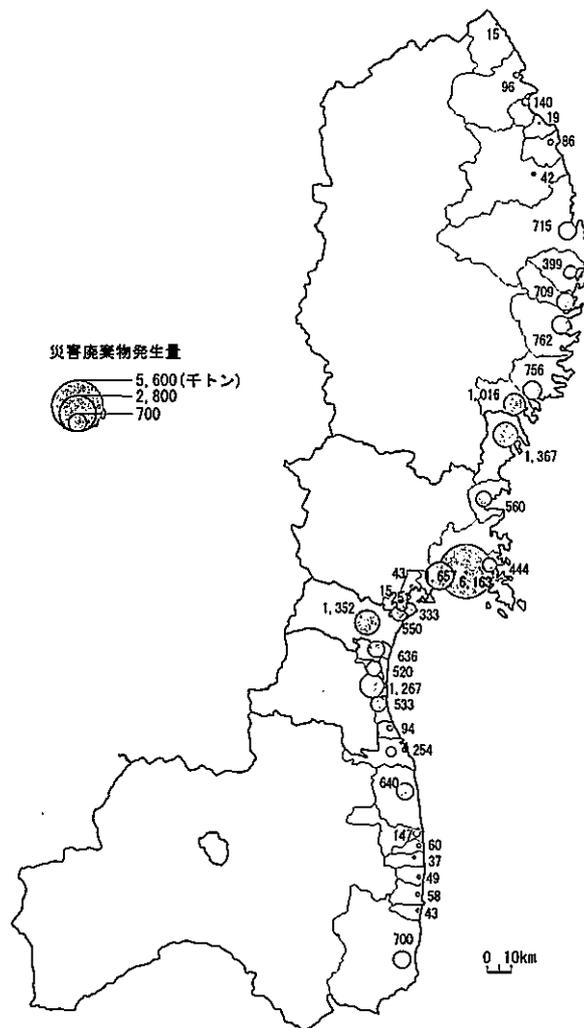


図 5.1.3 沿岸部被災地の災害廃棄物発生量



図 5.1.4 仙台市における初期分別の状況（今西肇）

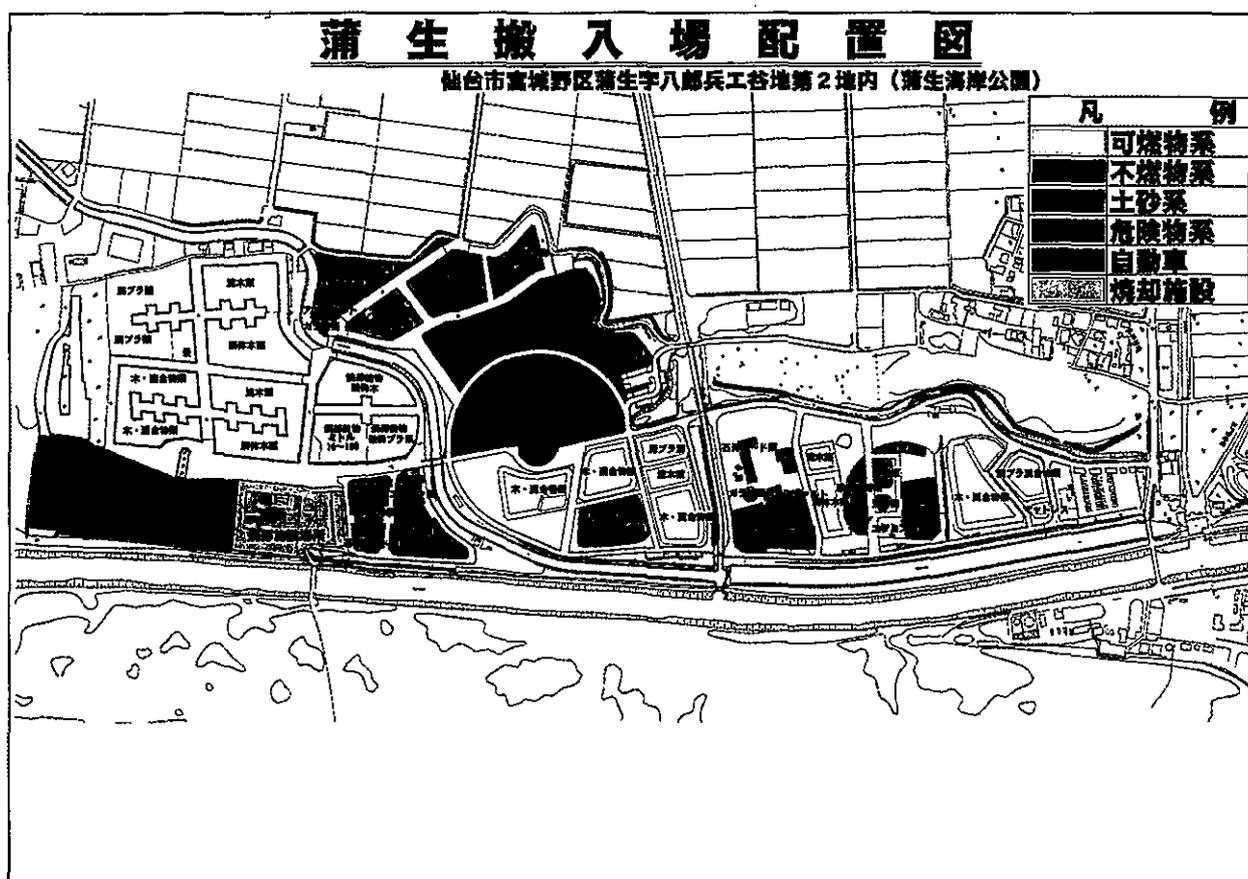


図 5.1.5 仙台市宮城野区の初期分別配置図（仙台市 環境局 震災廃棄物対策室提供）



図 5.1.6 仙台市宮城野区の初期分別状況 (仙台市 環境局 震災廃棄物対策室提供)

(2) 従来の経緯

1995年1月17日に発生した阪神淡路大震災では、災害廃棄物の総排出量は可燃物が271万トン、不燃物が1,159万トンにのぼり、東日本大震災にみられるような多量な木くずはなく、その多くが不燃物(重量比で81%)であることが特徴であった。可燃物と不燃物の処理内訳をそれぞれ表5.1.1、表5.1.2に示す<sup>2)</sup>。関西圏には大阪湾広域臨海環境整備センターが所有する海面処分場や、市町が所有する大型の陸上処分場、港湾局の海面埋立地があったため、不燃物処理の内、約55%の6,357千トンが海面埋立地もしくは海面処分場にて処理され、陸上処分場への埋立てを合わせると約78%の9,098千トンが処理されたことになり、迅速な復旧・復興に埋立地や処分場の役割が大きかったといえる<sup>4),5)</sup>。東日本大震災の被災地域には、このような処分場や埋立地が無いことと、不燃物の割合が少ないことから、阪神淡路大震災の時とは異なる災害廃棄物の処理が求められている。

表 5.1.1 可燃物の処理内訳 (阪神淡路大震災)

(単位:千トン)

区分	再生	焼			却				埋立			合計
	木くず等のリサイクル	地域内処理(自己処理)			市町等処理委託		業者処理委託		市町処分場	業者処理委託		
		既設炉	仮設炉	野焼き	県内	県外	県内	県外		県内	県外	
処理量	87	182	931	557	23	75	84	169	390	68	147	2,713
比率(%)	3.2	6.7	34.3	20.5	0.8	2.8	3.1	6.2	14.4	2.5	5.4	100.0

焼却小計2,021 (74.4%) 埋立小計605 (22.3%)

表 5.1.2 不燃物の処理内訳 (阪神淡路大震災)

(単位:千トン)

区分	再生				埋立					合計
	海面埋立用材	路盤材 嵩上げ材	金属リサイクル	小計	市町 処分場	フェニックス 処分場	業者処理委託		小計	
							県内	県外		
処理量	4,393	832	98	5,323	2,741	1,964	511	1,046	6,262	11,585
比率(%)	37.9	7.2	0.8	45.9	23.7	17.0	4.4	9.0	54.1	100.0

上述のように阪神淡路大震災や各地の台風水害等があり、災害廃棄物処理における広域体制整備については協力体制などが震災廃棄物対策指針等に盛り込まれていた。都道府県や市町村においても災害廃棄物処理計画等が立案されていたが、この度の震災や大津波による被害では、自治体機能自体が消失したり、被害規模が甚大であることから、従来想定していた災害廃棄物処理計画のみでは対応できない状況となってしまった。

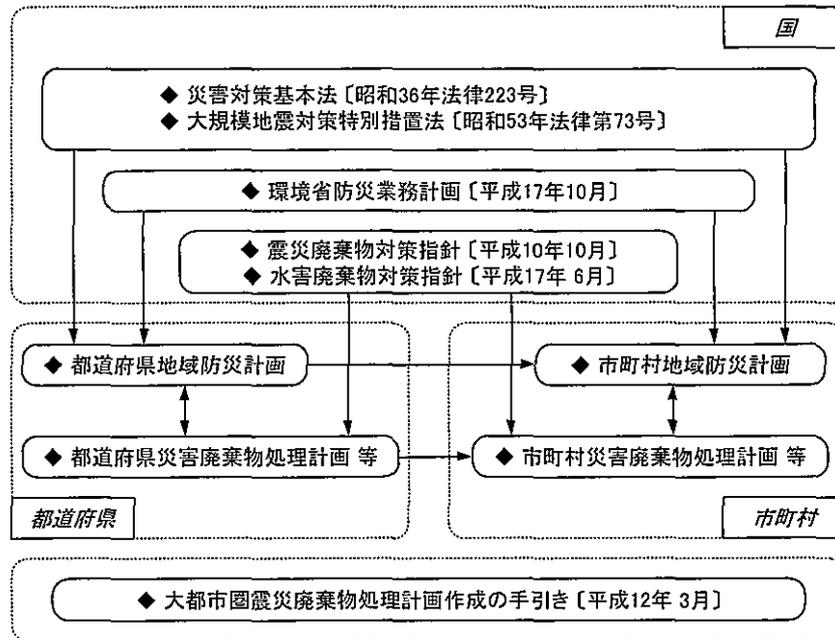


図 5.1.7 廃棄物処理に係る防災体制に関する法令・計画の位置づけ<sup>6)</sup>

過去の震災や水害被害等を受けて、産業廃棄物処理業界として災害発生時に迅速な対応を行うことを目的に、2004年9月には社団法人全国産業廃棄物連合会によって「災害廃棄物処理体制構築マニュアル」<sup>7)</sup>が取り纏められた。学术界からも、一般社団法人廃棄物資源循環学会監修の「災害廃棄物」<sup>8)</sup>が発刊されている。

### (3) これまでの対応、委員会等

東日本大震災後の2011年5月16日に、環境省よりマスタープランと呼ばれる処理指針<sup>9)</sup>が出された。災害廃棄物の処理推進体制、財政措置、種類別処理方法などの基本的な考え方が示された。中間処理方法に関しても具体的な手法が記載され、再生利用やセメント原料化等の資源化推進も同時に記載されている。被災地の多くは、このマスタープランに基づいて復旧活動を行っている。

マスタープランから2か月遅れで、これまでの災害時にはほとんど問題とならなかった津波堆積物に対する指針として、東日本大震災津波堆積物処理指針<sup>10)</sup>が提示された。釜石市では、本格的な処理事業に先立ち、災害廃棄物や津波堆積物等の適正な処理を推進し、かつ処理事業に関するコストや時間、初期分別の効果、問題点等の基本的情報を得るため、災害廃棄物処理事業（試行）が実施され、先行して38,000トンの災害廃棄物等を処理する事業が実施された。この事業の成果に基づいて社団法人日本廃棄物コンサルタント協会によって「災害廃棄物撤去処理の手引き」が取りまとめられ、被災地においてセ

ミナーが開催されている<sup>11),12)</sup>。

災害廃棄物由来の資材利用関連の事業を所掌する国土交通省都市局では、コンクリートくず、津波堆積物、混合廃棄物からの資源化物の受け入れを積極的に推進するため、公園緑地ならびに宅地造成盛土への活用に関する技術的指針として、それぞれ「東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針<sup>13)</sup>」、「迅速な復旧・復興に資する再生資材の宅地造成盛土への活用に向けた基本的考え方<sup>14)</sup>」を公表している。

公益社団法人地盤工学会では、九州支部において東北太平洋沖地震被害調査に関する九州支部調査団として2回の調査団を派遣して報告会も開催している。また、同学会の震災対応の地盤環境委員会では、沿岸部の一被災地において有効利用や残置処理、環境リスクという観点から津波堆積物調査を実施した。

#### (4) 従来の経緯と今後必要な地盤工学等の対応策

再生資源化のための材料評価法および処理手法の確立が必要である。例えば、津波堆積物については、夾雑物を取り除き、土砂は発生土の土質区分基準等に基づいて粒度、含水比、強熱減量などから利用可能性と用途を評価することが考えられる。その際、「建設工事で遭遇する廃棄物混じり土対応マニュアル（土木研究所）」<sup>9)</sup>などが参考になる。また、有害物質を含有している懸念がある津波堆積物については、砂分は有効利用しやすい性状であり、かつ、粘土分、シルト分と比較して重金属等の含有割合が少ないと考えられる（自然由来の場合はその限りではないが）。このことから、砂分は適正コストを考慮した上で土壌洗浄法等を活用することにより地盤工学的な資材として利用できるように努めることが必要であり、このことによって最終処分量を少なくする努力が望まれる。

津波被害によって発生した残壊物（廃棄物）は、塩分濃度が高いことが推測されるため、土木資材として有効利用するためには、塩分の影響を把握することが必要である。そのため、塩害の迅速な測定方法と判断基準、塩分除去技術、利用者側の塩分許容濃度や資材利用時の長期的な影響について具体的な検討を進めておくことが重要である。

資源化された材料を、地盤の嵩上げや高台造成に適用するにあたっては、その地盤工学的適性を評価することも重要である。

今回の大震災では、「どのような材料がどのような場所で使用できるか」という需要側の情報が少なく、有効利用や処理が停滞している。再資源化材料と利用用途のマッチングを示しておくとともに、平常時より需要側のデータベースをマッピングとともに整備しておくことが重要である。これらは、地盤工学的な復旧作業をソフト面で支える役割を担うものである。同時に、有効利用を迅速に、かつ効率的に進めるためには、それぞれの利用場におけるリスク評価の考え方も整備しておく必要がある。なお、これらの資源化された材料については、リスクの管理の観点、および需要と供給のマッチングの観点から、道路盛土や緑地盛土などの公共管理地での利用が促進されるべきと考えられる。例えば、地下水位から離れた道路盛土内で利用する場合など、環境基準等の適用の厳格性に対して緩和の考え方を取り入れ、使用される場や管理体制（材料の発生場所や移動履歴に関するトレーサビリティを含む）に応じたリスク評価を行い、地域住民との合意を形成した上で、資源化材料の有効利用を合理的に進めることも考えられよう。

津波堆積物の量と性状を把握することが困難であると、全体の処理計画の立案が遅れることになる。したがって、津波や洪水由来の堆積物の量や性状を推定する手法の確立が求められる。以下、今後必要

な地盤工学等の対応策として「初期分別と地盤材料への有効利用」と「地盤技術者としての社会貢献のあり方」について詳しく説明する。

#### (4-1) 初期分別と地盤材料への有効利用

災害廃棄物等の有効利用に関してはその物理・化学特性を把握することが必要である。特に化学特性には有害性といった環境リスクが新たに生じる危険が高い。資源リサイクルの一環として災害廃棄物等を地盤材料として利用先を整理し、新しい用途と手法の開発を行うことにより、有効活用のメニューを増やしていく必要がある。今回の震災の例で言えば、図 5.1.8 に示すような、地盤沈降部への嵩上げ材料や道路盛土材料などへの建設材料としての利用である。

利用メニューの中には、コンクリートがらやアスファルト塊といった分別のみで利用できる材料だけではなく、中間処理後の焼却灰やスラグ等の二次利用も視野に入れた手法を取り込む必要がある。利用メニューを策定するにあたっては、研究開発だけではなく、コストも踏まえて実用的であることが求められる。そのためには、地盤技術者と施工技術者との連携も重要である。

利用促進にあたっては、災害廃棄物等の種類や量及びその利用方法をあらかじめ提示し、廃棄物としてではなく有用な地盤材料として利用してもらう努力も必要である。この場合、あらかじめ受け入れ先の確保（地域間協定などの広域連携）も求められる。

以下、分別された廃棄物等の有効利用の考え方を示す。

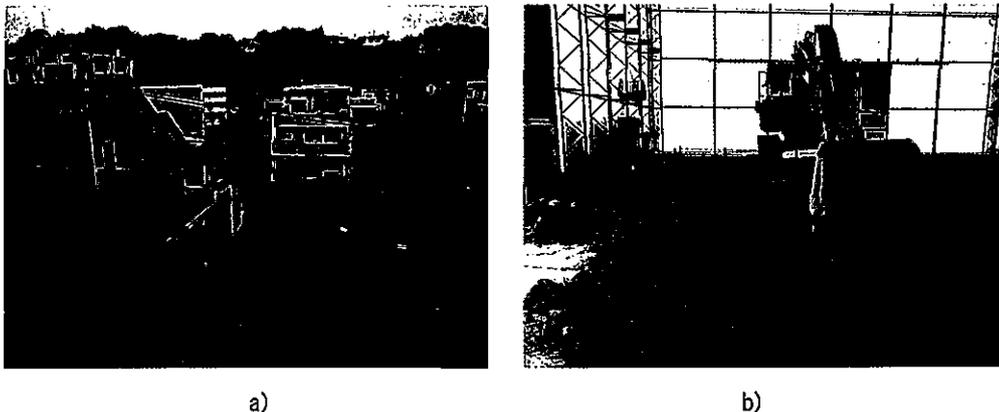


図 5.1.8 a) 地盤沈降のため海水が浸入した市街地；b) 地盤嵩上げなどに有効利用できる津波堆積物（今西肇）

#### (1) 土砂

##### ① 津波堆積物

巨大津波によって海底の底質が内陸部に運搬され、市街地や農地、道路などに堆積した。農用地の再生のためには、このような津波堆積物の撤去が必要となる場合が多い。津波堆積物は土砂であり、盛土等に有効利用が可能であるが、その多くが粒径幅の狭い砂であることが確認されている<sup>14)</sup>。そのような砂はそのまま資材利用した場合、締固めても乾燥密度が高くないため良質の盛土材とはならない。また、締固め不良であると液状化する可能性もあり、扱い難い材料である。このような砂を有効利用するためには、粒径の大きい粗砂や礫程度の粒径の材料を混合するなどして良配合に粒度調整して、締固めやすく利用価値が高い土質材料に変えることが考えられる。

なお、津波堆積物には、自然由来の重金属類や有害物質取扱い施設等から混入した有害物質が混入している可能性がある。そのような汚染された土壌であっても、土壌洗浄などの処理をして利用する以外に、リスク管理をしながら汚染された土壌を、管理下におかれた盛土などに有効利用することも考慮する必要がある<sup>16)</sup>。

## ② ふるい下残渣

津波によって発生した廃棄物は、津波堆積物や撤去時に混入した土砂が含まれており、廃棄物のリサイクルや焼却を進めるにあたって、それらの土砂分を除去することを主目的に振動篩い等によってふるい分けを行っており、篩いの目から落ちたものをふるい下残渣と呼んでいる。ふるい下残渣は、土質材料としての有効利用が期待されるが、ふるい下残渣には破碎された木片やプラスチック片などが混入しているため、利用用途が限定される可能性もある。また、有機物の混入により、将来、腐食等による沈下、ガスや汚濁水発生等の影響が懸念され、影響はその質や量によって異なる。しかし、混入量等に関する明確な指標は今のところない。たとえば、有機物がほぼ100%に近い泥炭であっても、固化処理をして道路盛土に利用可能であるとの報告<sup>17)</sup>もあり、また、奈良時代の木簡などが地盤中から出土する場合もある。木片などの有機物が混入した土砂を盛土として利用する場合、有機物混入量と利用用途や利用環境等に関する知見をこれからも収集する必要がある。また、有機物の混入量が多い場合には、構造物としての盛土には利用せず、植栽用土などに利用するなど、利用用途を考慮する使い方を検討すべきである。

### (2) がれき類（コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊、レンガ破片等）

コンクリートやアスファルト・コンクリートの破片は、従来から、再生砕石などに有効利用されていた。コンクリート塊は、再生骨材の他にも擁壁の裏込め材や盛土材など、大きさに応じて利用すべきである。最大粒径30cmで30%程度の混入率であれば、盛土として利用可能との報告がある<sup>18)</sup>。

レンガなども、破碎と粒度調整などをして、舗装材や路盤材料などに有効利用することが可能と考えられる。また、細かく破碎して津波堆積物などに混合して粒度調整に用いることが可能である。

コンクリート塊等は、廃棄物処理法上は廃棄物であるが、本来骨材は良質であることから、破碎と粒度調整等を行うことによって利用用途に応じた要求品質を満足する性状を持つ盛土材料にすることができる。特に、適切に締固めることによって良質の盛土材料である粒度調整砕石と同等の強度・剛性を発揮で出来るようになる<sup>19)</sup>。

ただし、自治体によっては、このような（廃棄物処理法上の）廃棄物を由来とする再生資材の有効利用を認めない場合もあるので、確認が必要である。また、再掘削を行った場合に掘削されたものの性状によっては廃棄物と判断される場合があるので、留意する必要がある。

### (3) 木材

木造家屋や防風林等の損壊により、廃木材が大量に発生している。今回の大震災においては、津波によって土砂等と混じった状態のものが多く、有効利用の障害となっている。しかし、以下のように、廃木材の発生形態によって異なる利用用途が現実的なものとして考えられる。

#### ・解体物

津波に流されず残った建物が解体されて発生する木材であり、そのままチップ化等して製紙材料やボード材料などに有効利用可能である<sup>20)</sup>。

#### ・伐採、倒木類

津波でなぎ倒された倒木や、海水によって枯死して伐採された木材については、丸太などに加工して、地盤造成における杭などへの利用が考えられる。

#### ・破砕物

津波により破砕された木材の小片やチップ化された廃木材は、海水による塩分や土砂の付着に注意しながら、焼却処理したり、バイオマス発電用の燃料として利用することが可能である。また、洗浄脱塩等を行って、コンポスト化して、造園材料などに利用することも可能である。

#### (4) 瓦

住宅の解体によって、瓦が分別されて発生する。瓦は粘土を固めて焼成したものであり、安定した製品である。瓦に関しては、破砕処理をして、路床材や透水性舗装材などに有効利用された例がある<sup>21), 22)</sup>。ただし、一部の瓦では、上薬に重金属類を含んだものがあり、それらの溶出量が基準値を満足していることを確認しておく必要がある。

#### (5) 石膏ボード

津波等で破砕されたものは分別が困難で利用は難しいと思われるが、解体で発生する石膏ボードは、十分に利用可能である。

住宅の解体などによって、分別された石膏ボードが多量に排出される。石膏ボードは、廃棄物処分場に埋立てを行うと環境によっては硫化水素を発生することもあるので、廃棄物処分に関しては管理型処分を求められている。石膏ボードは、特に損壊家屋を解体して初期分別をする際に、出来る限り他のものと混入しないよう注意が必要である。

石膏ボードは、再度、石膏ボード用原料として有効利用することが可能である。また、粉碎や焼成等の処理をすれば土壌改質材等として利用可能である<sup>23)</sup>。

#### (6) その他

陶磁器類やタイルなどは、元々粘土などの材料を焼成した物であり工学的に安定していることから、これらを不燃物として処分するのではなく有効利用を考える必要がある。これらを破砕や粉碎して比較的大きな粒度の材料にして、土砂に混合して粒度調整することに利用できる。

廃ガラスなどは、カレットとして舗装材などに利用されており、陶磁器類なども同様な加工を施せば、様々な場面での利用が期待できる。

廃タイヤに関しては、そのままの形状や数個の断片にカットされたものが、擁壁などの盛土材として利用されたり、チップ化して、盛土材料の性状改善に利用されたりしている<sup>24), 25)</sup>。

### (4-2) 地盤技術者としての社会貢献のあり方

地盤工学的問題は、実際に目で確認することが難しく、専門として携わっている者以外には理解しにくい分野である。このため、災害廃棄物等の地盤材料への利用の流れ（初期分別→有効利用、あるいは初期分別→中間処理→有効利用）についての啓発活動等による“見せる努力”が必要となる。災害廃棄物等の地盤材料への利用という観点を踏まえると、災害廃棄物等をマネジメントする行政（土木・環境部局）及び処理・利用の実務に携わる土木技術者との連携が必要である。同時に、災害廃棄物の有効利用における環境影響について、客観的な科学的データを提示するとともに、その内容を地域市民とのコミュニケーションを通じて共有することも求められる。

一方、地域住民に対しても正しい知識を持ってもらう（地盤環境リテラシーを高める）ための啓発活

動が必要である。また、災害廃棄物等の活用に関する理解を深めてもらうための講演会や地域への出前講座などは有効な手段である。さらに、資源のリサイクルや有効利用のマネジメントを担う世代の育成という観点から、長期的視野を踏まえた学校の総合学習・特別講義といった活動は有意義である。そして、市民への情報伝達については行政を通じたアプローチも有効と考えられる。図 5.1.9 には、市民や行政と地盤環境技術者との関係のイメージ図を示した。

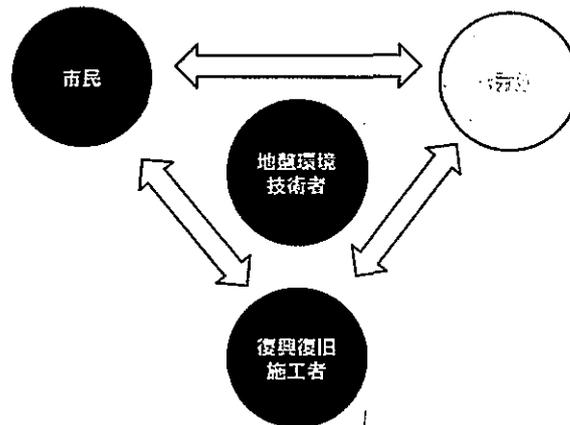


図 5.1.9 市民、行政と地盤環境技術者との関係

#### 参考文献・参考資料

- 1) 環境省 (2012) : 沿岸市町村の災害廃棄物処理の進捗状況 <http://www.env.go.jp/jishin/> .
- 2) 廃棄物資源循環学会 (2011) : 津波堆積物処理指針 (案) : <http://eprc.kyoto-u.ac.jp/saigai/archives/files/SedimentManagementGL%20by%20JSMCWm.pdf>.
- 3) 築谷尚嗣 (2010) : 兵庫県における災害廃棄物処理の取り組みーこれまでの対応と災害発生時の備えー、いんだすと、第 25 巻、第 4 号、12-15.
- 4) 岡田純治・勝見 武・嘉門雅史 (1997) : 災害廃棄物の発生と処理処分, 土と基礎, Vol.45, No.10, pp.47-52.
- 5) Hayashi, H. and Katsumi, T. (1996): Generation and management of disaster waste, Soils and Foundations, JGS, Special Issue on Geotechnical Aspects of the January 17 1995 Hyogoken-Nambu Earthquake, pp.349-358.
- 6) 土屋誠 (2010) 災害廃棄物処理における広域体制整備について、いんだすと、第 25 巻、第 4 号、pp. 7-11.
- 7) 社団法人全国産業廃棄物連合会 (2004) : 災害廃棄物処理体制構築マニュアル、平成 16 年 9 月.
- 8) 廃棄物資源循環学会 (監修), 島岡 隆行 (編集), 山本 耕平 (編集) (2009) : 災害廃棄物 (廃棄物資源循環学会シリーズ)、中央法規出版.
- 9) 環境省 (2011) : 東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針 (マスタープラン)、平成 23 年 5 月 16 日: [http://www.env.go.jp/jishin/attach/haiki\\_masterplan.pdf](http://www.env.go.jp/jishin/attach/haiki_masterplan.pdf).
- 10) 環境省 (2011) : 東日本大震災津波堆積物処理指針、平成 23 年 7 月 13 日: <http://www.env.go.jp/jishin/attach/sisin110713.pdf>.
- 11) 社団法人日本廃棄物コンサルタント協会 (2011) : 災害廃棄物撤去処理の推進モデル事業に関するセ

- ミナー、第1回セミナー、平成23年8月：[http://www.haikonkyo.or.jp/pdf/saigai\\_seminar1.pdf](http://www.haikonkyo.or.jp/pdf/saigai_seminar1.pdf).
- 12) 社団法人日本廃棄物コンサルタント協会 (2011) 災害廃棄物撤去処理の推進モデル事業に関するセミナー、第2回セミナー、平成23年10月：[http://www.haikonkyo.or.jp/pdf/saigai\\_seminar2.pdf](http://www.haikonkyo.or.jp/pdf/saigai_seminar2.pdf).
  - 13) 国土交通省都市局公園緑地・景観課 (2012)：東日本大震災からの復興に係る公園緑地整備に関する技術的指針：[http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10\\_hh\\_000097.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10_hh_000097.html).
  - 14) 国土交通省都市局都市安全課 (2012)：迅速な復旧・復興に資する再生資材の宅地造成盛土への活用に向けた基本的考え方：[http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi01\\_hh\\_000002.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi01_hh_000002.html).
  - 15) 土木研究所監修・土木研究センター編集 (2009)：建設工事で遭遇する廃棄物混じり土対応マニュアル、土木研究センター。
  - 16) 独立行政法人土木研究所 (2012)：編著：建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル、鹿島出版会、平成24年4月。
  - 17) 佐藤厚子、西川淳一、山崎文雄 (2001)：泥炭の盛土材料への利用、北海道開発土木研究所月報 No.577、2001年6月。
  - 18) 総合的建設残土対策研究会(1990)：総合的残土対策に関する報告書、平成2年6月。
  - 19) 井口雄介・富田佑一・龍岡文夫・平川大貴 (2006)：盛土材としての破砕コンクリートの広い拘束圧の範囲での変形強度特性、第41回地盤工学研究発表会、pp.635-636。
  - 20) 独立行政法人土木研究所 編著 (2005)：建設発生木材リサイクルの手引き(案)、(株)大成出版社、2005年12月10日。
  - 21) 西 康彦、波部友紀、陰地尚子 (2010)：道路改良工事現場における産業廃棄物(瓦)の有効利用について、建設リサイクル Vol.52、2010年7月15日。
  - 22) 石川県小松土木事務所維持管理課 (2000)：瓦廃材を利用した透水性景観舗装、北陸の建設技術 2000年9月。
  - 23) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 (2009)：平成20年度 廃石膏ボードの再資源化促進方策検討業務調査報告書、平成21年3月。
  - 24) 福島浩一、長坂勇二、中野安浩、笠井敦史 (1977)：発生土および廃棄物の地盤工学的処理と有効利用 6. 産業廃棄物の地盤工学的有効利用(その3)、土と基礎、45-7、1977年7月。
  - 25) 安原一哉、アショカ・K・カルモカル、加藤吉文、茂木洋、福武毅芳 (2006)：古タイヤの基礎地盤・土構造物への有効利用技術、基礎工、34-2、pp.58-63。