

東日本大震災で発生した災害廃棄物等の処理業務について

～終盤を迎えた災害廃棄物処理業務～

宮城県災害廃棄物処理業務 石巻ブロック

鹿島・清水・西松・佐藤・飛島・竹中土木・若築・橋本・遠藤特定共同企業体 青山 和史

1. はじめに

石巻市、東松島市、女川町の二市一町（石巻ブロック）から宮城県に事務委託された災害廃棄物 3,118 千トンと津波堆積物 428 千トン（293 千 m^3 ）の処理業務を鹿島・清水・西松・佐藤・飛島・竹中土木・若築・橋本・遠藤特定共同企業体が受託した。平成 23 年 10 月から災害廃棄物処理施設の建設を進め、平成 24 年 5 月から処理を開始した。処理完了は、平成 25 年 12 月末の予定であり、平成 26 年 1 月からは施設の解体撤去工事を施工予定である。本稿では、日本最大級の規模となった石巻ブロックの災害廃棄物処理業務について報告する。

2. 業務概要

本業務の概要を以下に示す。

- ・業務名：災害廃棄物処理業務（石巻ブロック）
- ・委託者：宮城県
- ・受託者：鹿島・清水・西松・佐藤・飛島・竹中土木・若築・橋本・遠藤特定共同企業体
- ・受託金額：119,775,599,000 円（税抜き）（第 2 回変更契約時の金額）
- ・業務場所：宮城県石巻市雲雀野町および潮見町
- ・工期：平成 23 年 9 月 17 日～平成 26 年 9 月 30 日（当初は平成 26 年 3 月 25 日だったが、延伸）
- ・業務範囲

設計施工業務：二次仮置場における中間処理施設の設計施工（破碎選別施設、焼却施設、焼却灰造粒固化設備、土壌洗浄施設、土質改質施設等）

運営管理業務：一次仮置場から二次仮置場への運搬（石巻市のみ）

二次仮置場の維持管理運営、処理後廃棄物等の運搬処分、施設の解体撤去工

- ・対象数量：災害廃棄物 228.5 万トン 津波堆積物 69.7 万トン（平成 25 年 12 月末時点）

表-1 対象数量

項目	石巻ブロック内発生 災害廃棄物量
木くず	11.4 万 t
混合物（可燃・不燃）	116.2 万 t
コンクリートくず	76.7 万 t
アスファルトくず	5.8 万 t
金属くず	3.5 万 t
その他	15.0 万 t
災害廃棄物計	228.5 万 t
津波堆積物	69.7 万 t
合計	298.2 万 t

※ 数値は平成 25 年 12 月末時点

※ その他は漁網、廃畳、石膏ボード等

3. 処理業務について

(1) 処理の方針

災害廃棄物等の処理の基本方針は、「ブロック内処理→県内処理→県外処理」「リサイクル→処分」の優先順位で処理を行うことである。特に、がれきは『廃棄物』ではなく、『貴重な資源』であること、また最終処分場の不足から、「ブロック内でのリサイクル」を最優先に処理システムを構築し、処理を行った。

(2) 二次仮置き場の施設計画

中間処理施設は、処理の基本方針に基づき、廃棄物の種類ごとに以下の処理施設を設置した。

混合廃棄物・・・破碎選別施設（8 系列）、土壌洗浄施設（破碎選別後の細粒分「ふるい下」）

津波堆積物・・・土壌洗浄施設、土質改質施設（3 基）

可燃物・・・焼却施設（5 基）

焼却灰・・・造粒固化施設（2 基）

木くず・・・破碎施設、バイオマスボイラ

コンガラ・・・コンクリートガラ破碎施設



図-1 二次仮置き場の施設配置

(3) 業務実施工程

以下に処理の経過を示す。

平成 23 年 10 月の業務開始時、二次仮置き場予定地（雲雀野埠頭）には、約 80 万トンの災害廃棄物が仮置きされており、中間処理施設の建設前に、広域処理として搬出する予定であった。しかし、災害廃棄物に関する放射能問題が社会的に注目されたことにより広域処理の調整が難航した。そのため、仮置きされていた廃棄物を大型フレコンパックに詰め、別の仮置き場へ運搬する撤去作業を昼夜で約 6 ヶ月実施した。その後、平成 24 年 5 月より一次仮置き場から二次仮置き場への廃棄物運搬、破碎選別処理を開始した。焼却施設も 5 月より 1 基目が稼働し、同年 9 月に全 5 基の本格稼働となった。二次仮置き場への運搬、破碎選別処理及び焼却処理は平成 25 年 12 月下旬に完了予定である。その後は、順次設備の解体及び現況復旧を予定している。

図-2 に概略実施工程を示す。

(4) 処理業務

図-3 に全体処理フローを示す。

処理ラインは大きく、混合廃棄物、津波堆積物、コンクリートがら、木くずに分けられる。津波堆積物のうち、基準不適合物は土壌洗浄ラインで処理し、基準適合物は土質改質ラインで処理される。また、混合廃棄物の破砕処理から生成される 30mm以下のふるい下は、更に土壌洗浄ラインにて処理される。

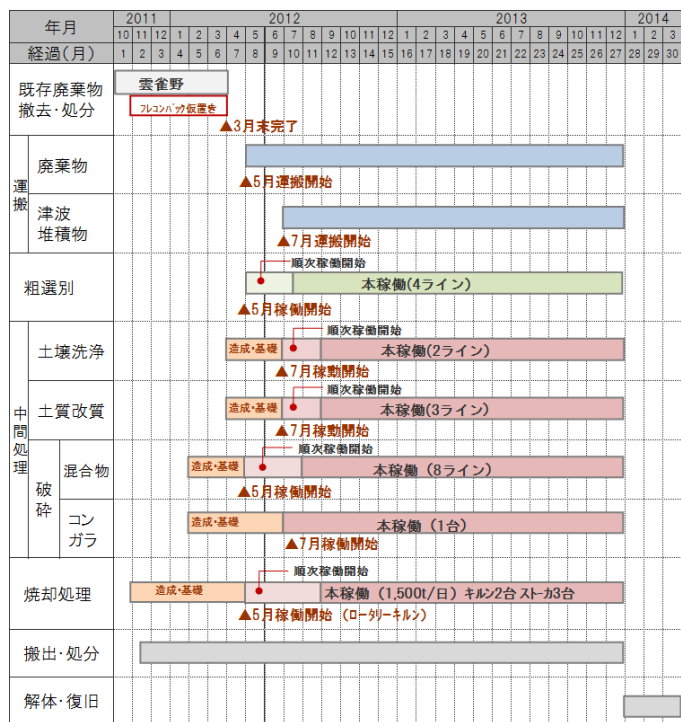


図-2 概略実施工程

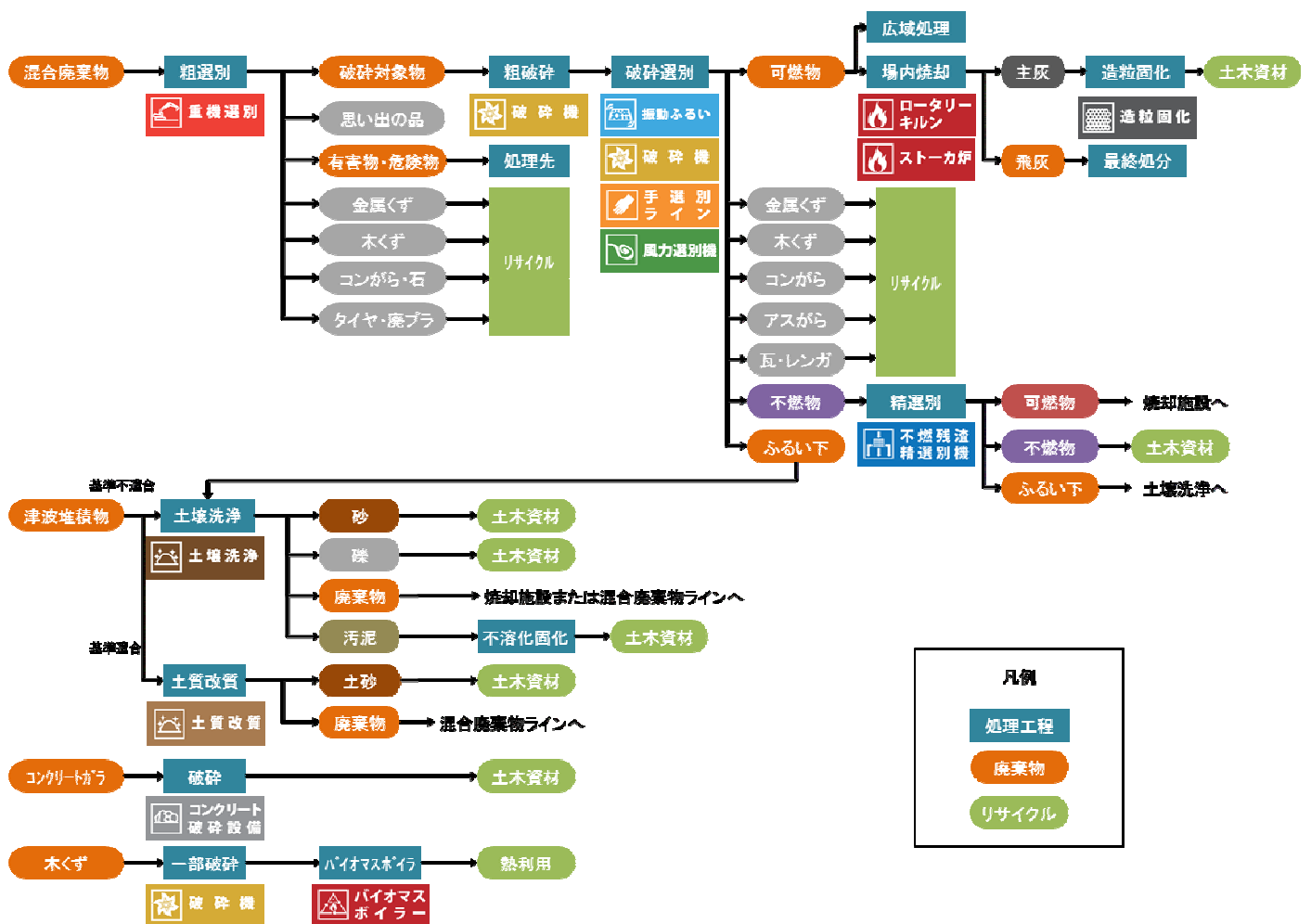


図-3 全体処理フロー

①廃棄物の受入

二次仮置場への搬入車両毎に「車両番号」、「積込場所（一次仮置場）」、「災害廃棄物種類」の情報を識別した上でトラックスケールにて計量し、搬入管理を行った。一次仮置場の搬出時の上記3つの情報は、一次仮置場ごとに配置した係員が専用端末で入力しデータセンタに送信するシステムを開発し、この搬出データと二次仮置場のトラックスケールで計量した運搬車両ごとの計量データとをサーバ上で紐付けし、受入データの管理を行った。

写真-1 に廃棄物の受入状況を示す。



写真-1 受入状況

②混合廃棄物の粗選別

混合廃棄物は、木くずや廃プラスチック、紙、布等の可燃物と、石やコンクリートガラ、ガラス陶磁器くず、金属等の不燃物が雑多に混合された状態である。また、有害物（石綿含有物、PCB等）、危険物（ガスボンベ等）も含まれている。更には、今回の混合廃棄物の特徴として、被災者の思い出の品（写真、アルバム、位牌等）や貴重品類も混入している。このため、搬入された混合廃棄物は、まず粗選別により、リサイクル可能な物（木くず、金属くず、タイヤ等）、有害物（石綿含有物等）、危険物（ボンベ等）、思い出の品（写真、位牌等）を分別した。

写真-2 に重機による選別作業状況を示す。



写真-2 重機選別作業

③混合廃棄物、コンクリートがらの破碎・選別

粗選別後の混合廃棄物は、鎌型二軸裁断式破碎機にて300mm以下に粗破碎する。粗破碎後、破碎機に接続されたベルトコンベアで破碎選別施設に運搬される。

破碎選別施設では、まず振動ふるいで100mm以上、30～100mm、30mm未満の3つの粒度に分級する。100mm以上は手選別ラインに送られ、リサイクル品や可燃物及び不燃物等に選別される。30～100mmは、100mm以上に比べて粒径が小さく手選別の効率が落ちることから、50mm以下に二次破碎した後、対象物の比重差を利用した風力選別機により可燃物と不燃物に選別する。また風力選別において選別しきれなかったものは、更に高精度な熊手回転式の選別機によって可燃物と不燃物に選別を行い選別純度向上を図った。30mm未満



写真-3 粗破碎機投入作業



写真-4 破碎選別施設

の細粒分（ふるい下）は土砂に木くず等の可燃物が混入した状態となる。

写真-3 に粗破碎機、写真-4 に破碎選別施設、写真-5 に手選別作業状況、写真-6 に不燃残渣精選別機を示す。

コンクリートがらの処理は、コンクリートがら破碎施設において 40mm以下に破碎し、再生碎石としてリサイクルした。

④焼却炉、バイオマスボイラ

選別後の可燃物は場内の仮設焼却施設において焼却処理（一部広域処理）した。焼却施設は、ストーカ炉（329.4t/日×3 炉）とロータリーキルン（300t/日×2 炉）の二方式を採用した。ストーカ炉は自治体の清掃工場で多く採用されている方式で、木くずやプラスチック、紙、厨芥等の可燃物の焼却に適している。一方、ロータリーキルンは産業廃棄物の焼却施設やセメント工場で採用されている方式で、泥状物や小粒の可燃物、土砂を多く含む可燃物の焼却に適している。二方式採用の理由は、災害廃棄物を破碎選別した可燃物は、性状の変動が大きいと予想され、様々なごみ質への対応を意図したことにある。

木くずの処理については、ブロック内でのリサイクル、地球温暖化防止の観点から、木くずを原料としたバイオマスボイラを導入した。手選別で発生した良質な木くず等を破碎機で 50mm以下に破碎し、バイオマスボイラで熱回収を行った。回収した熱は、後述する焼却主灰の処理にあたり、含水率を低減する必要があることから、主灰の乾燥用熱源として利用した。

写真-7 に焼却施設、写真-8 に木質バイオマスボイラ施設を示す。

⑤焼却灰処理

焼却灰には、燃えがらとして炉底から排出される主灰と焼却排ガスに含まれるダスト（ばいじん）を集塵機で集めた飛灰がある。主灰については、当初、県外のセメント工場へ搬出してリサイクルする予定であったが、塩分および放射能への懸念から搬出が困難となった。そこで、石巻ブロック内処理を実現すべく、焼却灰のリサイクル方法を比較検討した結果、主灰にセメントと不溶化剤を添加して造粒固化し、土木資材化する方式を採用した。造粒固化物は石巻港の港湾埋立資材として利用され



写真-5 手選別状況



写真-6 不燃残渣精選別機



写真-7 焼却施設



写真-8 バイオマスボイラ

ており、事前に強度・膨張性・溶出等について長期安定性試験を実施して、問題ないことを確認している。

写真-9 に造粒固化プラント施設を示す。

一方、飛灰については、放射能濃度が再生利用の目安となる 100Bq/kg を超過していることから、土木資材としてのリサイクルは行わず、県内の管理型処分場に搬出し、最終処分した。

⑦津波堆積物処理、「ふるい下」処理

津波堆積物とは、津波により海底の土砂や泥が陸上に運ばれ、堆積したものである。津波堆積物は、木くず等の廃棄物が混入しているほか、自然由来の有害物質（ヒ素、ふっ素等）による汚染が懸念される。また、有機物を多く含むため、腐敗による悪臭や害虫の発生といった生活環境保全上の問題がある。

津波堆積物は、搬出前の一次仮置場に山状に仮置きされた段階で事前に土壤分析を実施した。土壤環境基準を満たした津波堆積物は、土質改質施設において改質選別を行い、廃棄物と 20mm 以下の土砂に選別した。改質の目的は、高含水率の津波堆積物に対して、水分調整を行うことで網の目詰まりを防止し、選別精度を向上させることにある。一方、土壤環境基準を超過した津波堆積物は、土壤洗浄施設において洗浄の上、礫、砂、廃棄物に分級される。洗浄水は排水処理した後に循環利用されるが、排水処理に伴い汚泥が発生する。

写真-10 に土質改質施設、写真-11 に土壤洗浄施設を示す。

混合廃棄物の破砕選別工程で発生した 30mm 未満の細粒分（ふるい下）についても、別系統の土壤洗浄施設を用いて分級洗浄することで、土砂分に含まれる木くず等の可燃物を分別し、土木資材として利用可能な状態に処理した。

津波堆積物およびふるい下の洗浄において発生する汚泥は、ヒ素等の有害物質の溶出が懸念されるため、管理型処分場での埋立を当初予定していたが、後述する固化不溶化処理により土木資材化した。

これら土木資材は、石巻市内工事に於いてサンドコンパクションパイル工法用材料（洗浄砂）に使用された他、仙台塩釜港石巻港区の港湾埋立材等（改質津波堆積物、固化不溶化汚泥、造粒固化物等）再生資材として有効利用された。

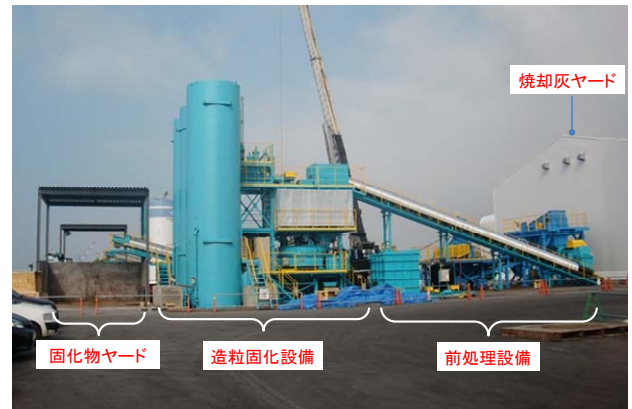


写真-9 造粒固化施設



写真-10 土質改質施設



写真-11 土壤洗浄施設



写真-12 港湾埋立状況

⑧放射線管理

廃棄物を搬出するにあたり、放射能問題の社会的な注目も考慮し、以下の放射能測定を実施した。

- ・搬出対象廃棄物の放射性セシウム濃度（月 1 回）
- ・搬出対象廃棄物の空間線量率（日 1 回）
- ・搬出車両の空間線量率（搬出車両 1 台毎）

また、焼却施設の稼働にあたり、以下の放射能測定を行っている。

- ・排ガス、焼却灰の放射性セシウム濃度（月 1 回）
- ・焼却施設設置ヤードの敷地境界における空間線量率（週 1 回）

写真-13 に搬出車両の空間線量率計測状況を示す。



写真-13 搬出車両の空間線量率測定



図-4 運行管理システムイメージ図

(5) 搬入車両の運行管理

本業務は石巻市内の一次仮置き場からの運搬も業務範囲だったが、石巻市内は津波被害による JR 仙石線の不通や復興工事関係車両の増加に起因する交通渋滞や積荷の落下等による事故の発生が懸念された。そこで、地域住民の安全確保、周辺交通への影響低減、円滑な廃棄物運搬のため、工事事務所と全てのドライバーが双方向でリアルタイムに情報共有できる運行管理システムを開発、導入した。本システムは、車両に搭載したタブレット型 GPS 端末により車両位置をリアルタイムで GPS 測位し、その位置情報や積荷情報等を工事事務所の運行管理室に自動送信し、地図画面に一元管理することができる。また、ドライバーから簡単な操作で「渋滞」、「落下物」、「交通規制」、「浸水」などの位置情報を運行管理室に集約することができ、さらにその情報をリアルタイムに全ての車両の端末の地図に表示する。また、渋滞を回避するために、運搬ルートや積み込み仮置き場の変更を運行管理室からタブレット型 GPS 端末を通じてドライバーに直接指示することもできる。

図-4 に運行管理システムのイメージ図を示す。



写真-14 汚泥固化処理状況

4. 解体・撤去

(1) 解体・撤去

平成 26 年 1 月より、中間処理施設を順次解体を進めた。

焼却施設については、高圧水洗浄によるダイオキシン



写真-15 環境モニタリング状況

類除染作業を実施し、付着物を除去した後に解体する計画である。施工にあたっては、関係法規に基づき、適切な作業環境（管理区域の隔離養生、負圧化、作業員の保護具着用等）を整備し、周辺環境及び作業員の健康に影響を及ぼさないように行う。

5. 新技術

土壌分級洗浄処理によって生じる汚泥は、固化不溶化施設を新たに設置し、不溶化剤と中性固化剤を添加し、土木資材化している。写真-14 に汚泥固化処理状況を示す。

また、前述の焼却主灰の造粒固化による土木資材化も本業務で導入した新技術である。

当初計画では、土壌洗浄施設の汚泥は管理型処分場での埋立、焼却施設の主灰は県外のセメント工場でのリサイクルの予定であったが、ともに新技術の導入により、土木資材として石巻ブロック内でリサイクルすることができた。

6. 環境対策

(1) 周辺環境対策

本業務では、周辺環境、作業環境の保全のため、環境モニタリングシステムによる騒音、振動、臭気、繊維状アスベスト、焼却炉排ガス等の常時監視を行った。また、粉塵、有害ガスについては毎日、測定を実施した。また、温室効果ガスの排出量削減のため、太陽光発電装置、バイオディーゼル燃料自動車、ハイブリッド型重機などを導入した。

写真-15 に環境モニタリング状況を示す。

(2) 働きやすい環境づくり

処理事業に携わる作業員の多くは被災した方々であり、通勤手段のない方もおられるため、地元のバス会社と連携し、通勤用の巡回バスを毎日運行した。

また、災害廃棄物処理事業という特殊な作業環境のため、作業員が気持ち良く作業できるよう、貸与する作業着は現場で回収し、地元のクリーニング業者で毎日洗濯した。

作業員が安心して業務に従事できるよう、生活必需品販売所や警察官立ち寄り所の設置などを行った。

写真-16 に通勤用巡回バス、写真-17 に作業着の支給



写真-16 通勤用の巡回バス



写真-17 作業着等の支給・クリーニング



写真-18 定期市の開催



写真-19 地元小中高校生による仮囲いアート

状況を示す。

7. 地元への貢献等

(1) 地元への貢献・協働

地域経済復興支援の活動の一つとして、社団法人石巻観光協会と共同で定期市「ひばりのご縁市」を開催した。この「ひばりのご縁市」は、観光協会に加盟する地元被災企業や事業者に、販売機会を提供する、という支援を目的としており、2013年4月から9回開催した。地元・石巻の特産品や水産加工品をはじめ、地元農家生産の野菜のほか、地元の名物「石巻焼きそば」の屋台などがJV事務所前広場に出店し、毎回、処理業務に従事する作業員の方々や事務所職員でにぎわいを見せていた。

写真-18 に定期市の開催状況を示す。

(2) 地元との交流

広大な敷地を囲む仮囲いには、地元の小中高校生によるアートギャラリー「アート de メッセージ」を掲示、復興に向けた熱い想いをアピールするとともに地元との交流を図った。

写真-19 に地元小中中高校生による仮囲いアートの状況を示す。

8. おわりに

東日本大震災による災害廃棄物は、これまでに例を見ない膨大な量であり、また津波被害を受けて発生したため、過去に経験のない性状（海水を含んだ土砂等の混合状態）であることから、処理に当たっては日々、試行錯誤を重ねた。特に土壌洗浄処理や焼却灰の造粒固化などの技術を導入し、災害廃棄物を単に処理するのではなく、最大限リサイクルをしながら復興に向けた取組を行った。今回の災害廃棄処理業務を通じて、廃棄物の性状にあわせた処理方法や運転管理ノウハウ、また各種のリサイクル技術など、様々な知見を得ることができた。今後の災害廃棄物処理においても今回の貴重な教訓を活かし貢献していく所存である。