

題目 リサイクル率98%を達成する「災害廃棄物処理スマート・リサイクル・システム」

清水建設株式会社 土木技術本部
大友 信悦

1. はじめに

東日本大震災における地震と津波により発生した膨大な量の災害廃棄物や津波堆積物は、被災地の復旧・復興のために早期の除去が求められていた。今回、これら大量の廃棄物等の処分に対し、多段階選別システム、大規模土壌洗浄システム、造粒再生砕石製造システム、サーマルリサイクルシステムから構成される「災害廃棄物処理スマート・リサイクル・システム」を開発・実用化した。本技術を、宮城県より委託された災害廃棄物処理業務気仙沼ブロック（南三陸処理区）に適用し、リサイクル率98%を達成した。

災害廃棄物処理工程で発生する再利用できない様々な残渣物は、最終処分場に搬入される。今回、「災害廃棄物処理スマート・リサイクル・システム」の開発により、リサイクル率を画期的に向上させ、最終処分場搬入量を大幅に削減した。また、高品質なリサイクル物は、復興資材にも活用され、復興事業における建設資材不足の解消にも貢献している。

以下に本システムの技術概要を紹介する。

2. 本システム概要

本システムは、①多段階選別システム②土壌洗浄システム③造粒再生砕石製造システム④サーマルリサイクルシステムから構成される。図-1にシステム構成図を示す。

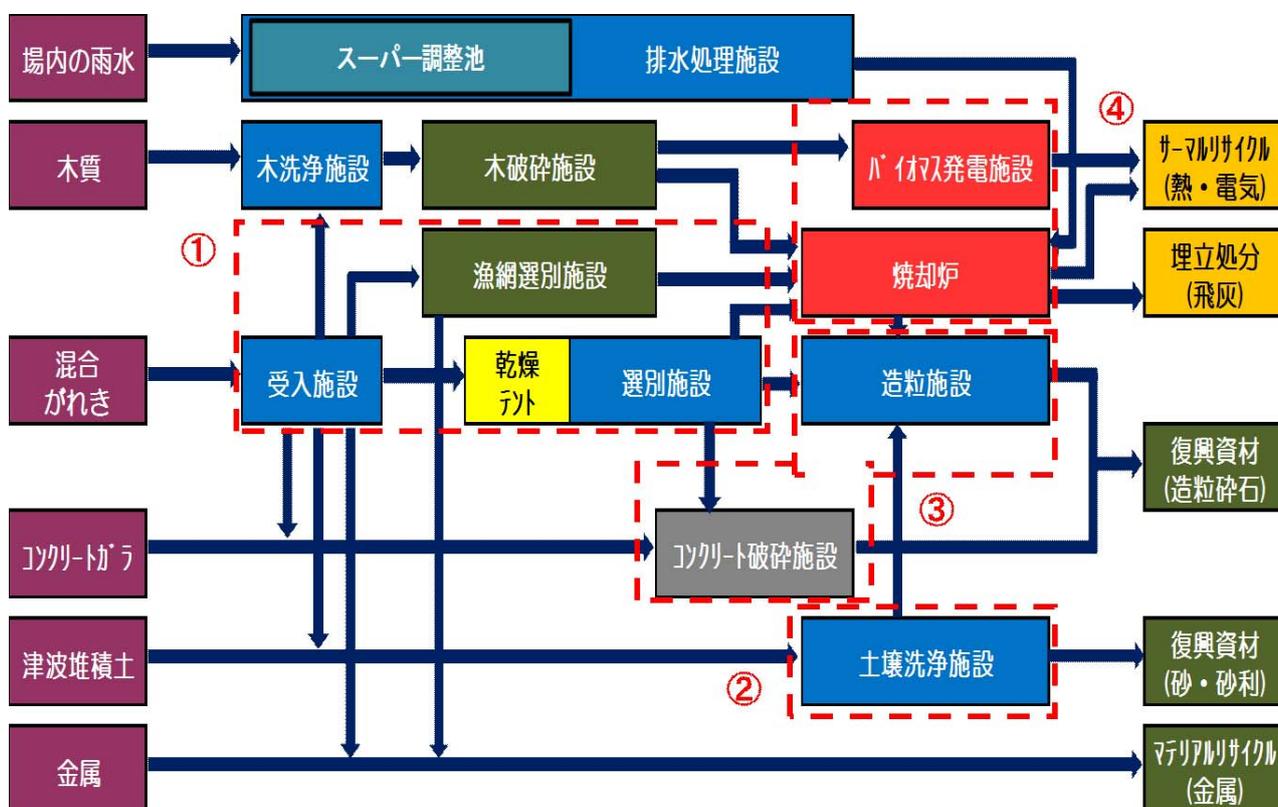


図-1 災害廃棄物処理スマート・リサイクル・システム構成図

2.1 多段階選別システム

多段階選別により、混合廃棄物から、土砂分の撤去、可燃物・不燃物の選別を確実にを行い、選別された土砂は津波堆積物とともに土壌洗浄設備により洗浄し、粒径別に分けて洗浄砂、再生土砂としてリサイクルした。

1) 受入～一次選別～乾燥テント

ステップ1：ダンプトラックで運搬・受入された混合廃棄物は、幅2mの鋼製コンベヤ上を移動させながら、回転グラブ付0.25級バックホウを使用して、50cm程度の比較的大きな木、廃プラ、漁網、金属などを取り除いた。鋼製コンベヤ前受入ヤードでは、監視員を配置して、重機による展開分別を行い思い出の品を回収した。**写真-1**に受入施設全景を、**写真-2**に重機選別状況を示す。

ステップ2：重機選別後の廃棄物は、振動篩を通して40mm以下の物は土砂として土壌洗浄設備に搬送し処理を進めた。

ステップ3：篩に残る40mm以上の混合廃棄物は、付着している土砂を分離しやすくするため乾燥テントへと運び乾燥した。乾燥テントは、焼却炉の排熱を利用した温水をテント内のコンクリート床版内に設置された配管に供給し、乾燥の熱源とした。**写真-3**に乾燥テント内状況を示す。

2) 二次選別

ステップ4：乾燥した廃棄物は、二次選別施設に運ばれ、回転式選別機（トロンメル）で再度40mm以下の土砂と混合廃棄物に分別した。

ステップ5：混合廃棄物は、回転物除去機械でビニール・布等を除去したあと手選別を行い、可燃物、不燃物、金属類に再選別した。**写真-4**に二次選別施設全景、**写真-5**に手選別状況を示す。



写真-1 受入施設全景



写真-2 重機選別状況



写真-3 乾燥テント内状況



写真-4 二次選別施設全景



写真-5 手選別作業状況

3) その他の選別

多段階選別システムにおいては、ステップ1～5選別以外にも漁網選別が行われた。漁網に取り付けられた錘や漁網用ロープに編み込まれた鉛は、焼却後の灰に含まれる鉛の濃度を高くする原因となるため事前に選別した。選別は機械のみでは困難なため、地元の漁業関係者に協力いただき手作業を併用して行った(写真-6)。化学繊維を原料としている漁網等の一部は、有価物としてリサイクル利用を図った。



写真-6 漁網手選別状況

また、多段階選別で分けられた木材は、木洗浄プールで洗浄し、付着している土砂や塩分を洗い落として、専用の破砕機で焼却に適した大きさの約150mm以下に破砕した後、焼却炉に投入・焼却処理を行った。津波により立ち枯れした杉などの塩害木についても受入を行い、洗浄、破砕、焼却処理を行った。写真-7に木洗浄状況を、写真-8に木破砕状況を示す。



写真-7 木洗浄状況



写真-8 木破砕状況

2.2 土壌洗浄システム

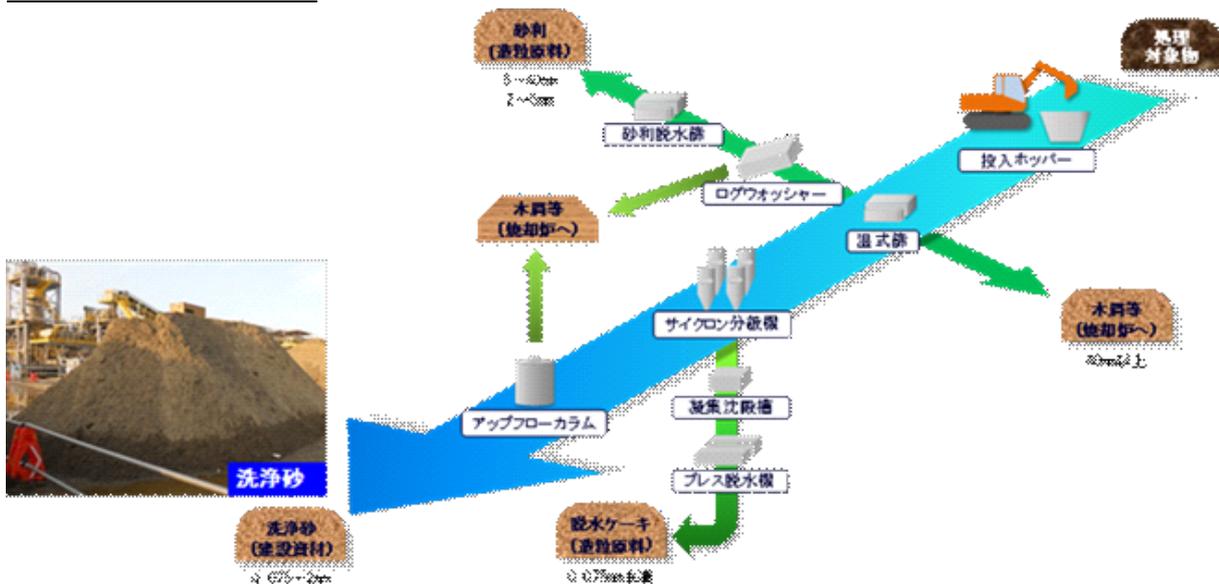


図-2 土壌洗浄フロー図

津波堆積物や混合廃棄物から選別された土砂は、土壌洗浄処理し、骨材や砂を取り出し復興資材化した。通常、洗浄では除去しにくい細かな木くず等の軽比重物は、独自技術のアップフローカラム（繊維状有機物除去技術）により除去することで、より品質の良い骨材や再生砂を製造できた。

また、土壌洗浄の過程で発生する残渣は、造粒物製造の原料として再利用した。写真-9に土壌洗浄施設を、図-2に土壌洗浄フローを示す。



写真-9 土壌洗浄施設全景

2.3 造粒再生砕石製造システム

南三陸処理区では、宮城県の補助金を得て建設系不燃混合物の造粒技術を開発・実用化していた地元企業（仙台市）と連携し、災害廃棄物のうち最終処分場に埋め立てるしかなかった不燃混合物、焼却主灰、土壌洗浄残渣をまとめて固化した造粒物と、破碎処理したコンクリートガラを混合して「造粒再生砕石」を製造し、道路の路盤材や盛土材などの復興資源としてリサイクルする技術を初めて実用化した。写真-10に造粒施設を示す。造粒物および造粒再生砕石は以下の工程で製造（約520t/日）した。図-3に造粒再生砕石製造システムフロー図を示す。



写真-10 造粒施設全景

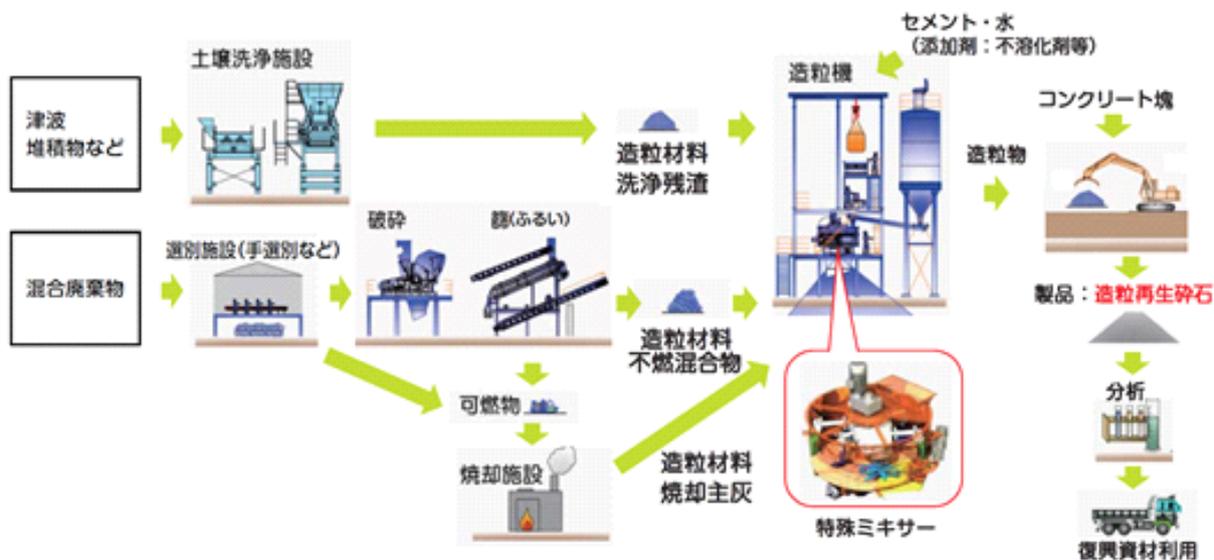


図-3 造粒再生砕石製造システムフロー図

①分別済みの不燃混合物と焼却主灰を6mm以下、災害廃棄物に含まれるコンクリートガラを40mm以下になるように破碎処理を行い、金属異物を取り除く。

②破砕処理した不燃混合物、焼却主灰、土壌洗浄残渣にセメント、水、有害物質を不溶化する溶剤を加え、特殊ミキサーで高速攪拌して造粒物を製造する。

③造粒物と破砕処理したコンクリートガラを容積比1：1の割合で混合し造粒再生砕石が完成する。



写真-11 造粒物(左)と造粒再生砕石(右)

造粒再生砕石の品質（管理頻度：1検体／900m³）は、宮城県の公共工事資材基準「宮城県共通仕様書（土木工事編Ⅰ）下層路盤の品質規格」、岩手県の「復興資材活用マニュアル」、環境省の土壌環境基準を満足しており、道路の路盤材や街づくりにおける盛土材などで活用できるものであり、町指定の仮置き場に全数集積した。街づくりが進むにつれて、これらの資材は、工事道路や駐車場の路盤材として広く活用されている。写真-11に造粒物と造粒砕石を示す。なお、本技術の開発には、東北大学大学院環境科学研究科の高橋弘教授の指導をいただいた。

2.4 サーマルリサイクルシステム

1) 木質バイオマス発電設備



写真-12 木質バイオマス発電設備



写真-13 焼却設備

木破砕施設で一次破砕された木材を、さらに50mm以下に二次破砕してバイオマス発電の燃料として利用した。二次破砕で粉碎された木片を外熱式キルン炉で炭化させ、発生したガスを利用してガスエンジンを発電を行い、施設内の一部に電力を供給した。本施設では、1日約15tの木質材料を原料として使用した。写真-12に木質バイオマス発電施設を示す。

2) 焼却炉の排熱利用

焼却炉（写真-13）の排熱を利用した温水を、乾燥テント内のコンクリート床板内に設置された配管に供給し、混合ガレキ表面乾燥の熱源とした。写真-14に焼却炉温水タンク、および写真-15

に乾燥テント床下配管状況を示す。



写真-14 焼却炉温水タンク



写真-15 乾燥テント床下状況

3. 品質管理

当処理区では、災害廃棄物処理業務にあたり、「効率」と「安全」を両立させた品質管理を実施した。処理過程で発生する品質管理の対象となる原料、灰、残渣物などの成分は、現場内に設けた試験室（写真-16）において情報を集約させ、一元管理を行った。試験室では、迅速分析器を使い有害物質のスクリーニングを行った。また、各工程で生成される発生物については、定期的に外部機関で分析を行った。



写真-16 品質管理試験室

4. 本システム実施例

宮城県発注の災害廃棄物処理業務気仙沼ブロック（南三陸処理区）において、本システムを活用し処理業務を行い、本技術の実用性・有用性を確認した。

災害廃棄物処理累計数量：663,734 ton

最終処分数量：15,915 ton

したがってリサイクル率は

$$\begin{aligned} \text{リサイクル率} &= 1 - 15,915 / 663,734 \\ &= 97.60\% \end{aligned}$$

5. おわりに

本システムにより、製造された高品質なリサイクル物は、復興資材として街づくりに活用されている。今回、開発・実用化された技術は、建設廃棄物を含め、今後の処理業務においても展開可能であり、最終処分場不足解消・地球環境保全に貢献できるような提案していく所存である。

【参考文献】

- 1) 大友信悦、須々田嘉彦、太田美喜夫：「造粒技術による災害廃棄物の復興資源化」土木建設技術発表会 2013
- 2) 大友信悦、須々田嘉彦、勅使河原和則：「造粒技術による災害廃棄物の復興資源化」平成 25 年度建設施工と建設機械シンポジウム
- 3) 清水建設、恵和興業：「造粒再生砕石製造技術の開発と実用化」第 27 回日本建設機械施工大賞応募（施工大賞優秀賞受賞）

[備考]

本稿は、平成 26 年度土木学会環境賞応募にて発表済みの内容を含んでいる。（IIグループ 環境賞受賞）