特集≫≫　スマートシティ他，東日本大震災

東日本大震災災害廃棄物処理業務報告（石巻ブロック）

分級洗浄法による津波堆積物等の処理状況

小笠原　桂・松　原　武　志・小　川　雄　生

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では，宮城県沿岸部で約 1,102 万 t の災害廃棄物，約 769 万 t の津波堆積物が発生した[1)]。本業務は，災害廃棄物と津波堆積物（以下，災害廃棄物等）のうち，宮城県石巻市，東松島市，女川町で発生した災害廃棄物等を二次仮置場において破砕，選別，焼却等の中間処理を経てリサイクル及び最終処分を行うものである。

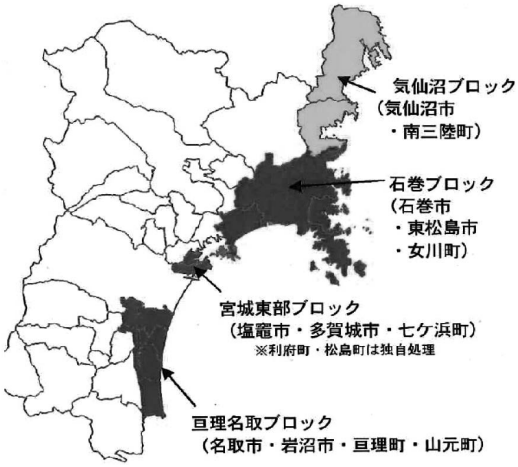
本稿では，本業務のうち，災害廃棄物を破砕選別した際に発生する 30 mm 以下のふるい下（以下，ふるい下）及び津波堆積物に対して，分級洗浄法を用いた土壌洗浄により異物除去，分級，浄化することで良質な土木資材としてリサイクルを行っている現状について報告する。

キーワード：災害廃棄物，津波堆積物，ふるい下，土壌洗浄，改質，分級，不溶化

1. 業務概要

(1) 業務概要

発 注 者：宮城県
業務場所：宮城県石巻市雲雀野町および潮見町
工　　期：2011（H23）. 9.17 ～ 2014（H26）. 3.25
対象数量：災害廃棄物　228.5 万 t[2)]
　　津波堆積物　69.7 万 t[2)]
業務範囲：
・二次仮置場における中間処理施設の設計施工
（破砕選別施設，焼却施設，津波堆積物処理施設）
・一次仮置場から二次仮置場への運搬
・二次仮置場の維持管理運営
・処理後廃棄物等の運搬処分



図―1　宮城県における処理計画

・二次仮置場の更地化
・環境セルフモニタリング
・運搬道路の補修・清掃

(2) 全体処理について

処理施設は，石巻ブロック内でのリサイクルを最優先に考え，廃棄物の種類ごとに，混合廃棄物を処理する施設として破砕選別施設・土壌洗浄施設を，ふるい下及び津波堆積物を処理する施設として土壌洗浄施設・土質改質施設を，可燃物を処理する施設として焼却施設・造粒固化施設を設置した。また，その他の個別品目処理用にコンクリートガラ破砕施設などを設置した。

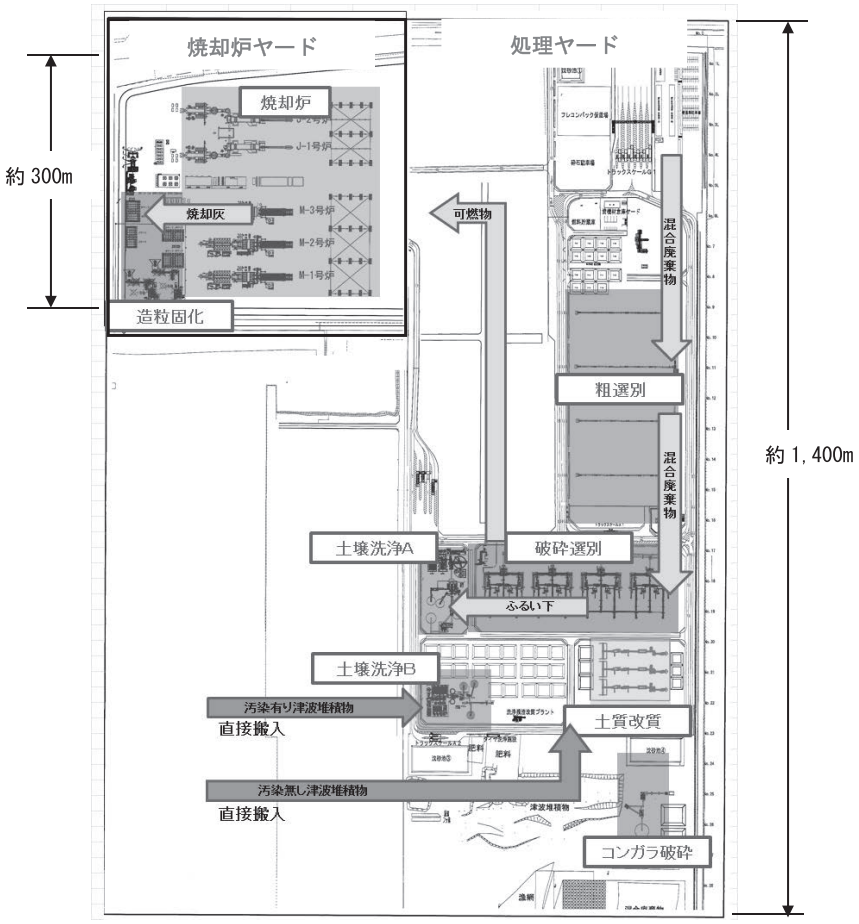
これらの施設の内，本稿では土壌洗浄施設について報告する。

図―2 に全体施設配置図を，**図―3** に災害廃棄物と津波堆積物の主要部処理フローを示す。

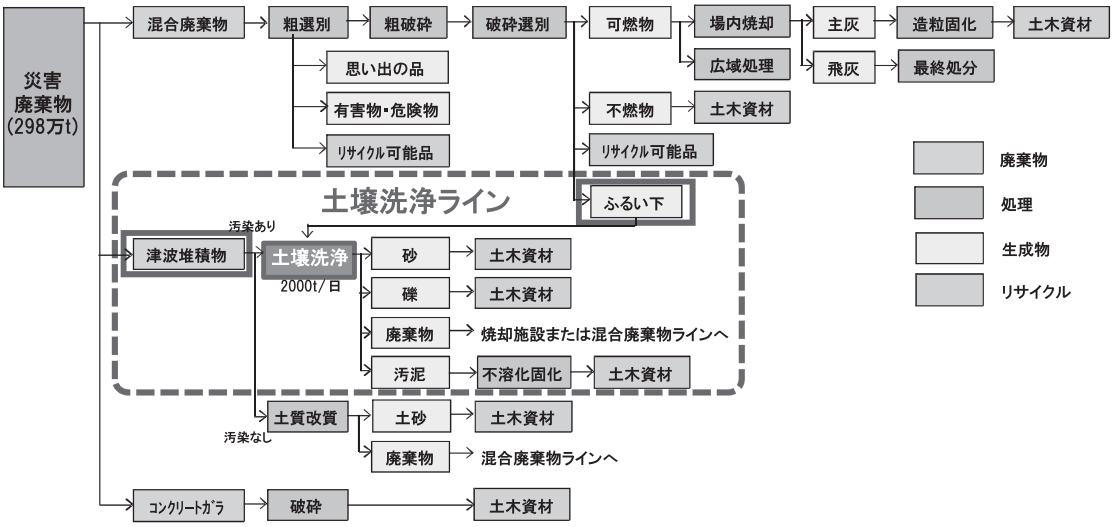
2. 施設計画及び処理フロー

(1) 土壌洗浄施設の機能

土壌洗浄施設は，場内で発生するふるい下を分級洗浄する施設（以下，土壌洗浄 A）と石巻港埋立土砂の受入基準超過が確認された津波堆積物を分級洗浄する施設（以下，土壌洗浄 B）の 2 種類に分かれる。土壌洗浄 A は，ふるい下の性状として分級時に除去対象となる異物（可燃物）の含有量が多いという想定の



図―２　全体施設配置図



図―３　災害廃棄物と津波堆積物の主要部処理フロー

もと，洗浄能力よりも異物除去能力を強化した施設である。一方，土壌洗浄Ｂについては，事前試験で基準超過が確認された津波堆積物を処理対象とすることから，洗浄能力を強化した施設として計画した。

(2) 施設外観と詳細フロー

土壌洗浄Ａ施設では，ふるい下の当初想定量（70.2万 t）より定常処理能力 150 t/h 相当を見込んだ施設を設置した。

土壌洗浄Ｂ施設では，汚染された津波堆積物の当初想定量（32 万 t）より定常処理能力 75 t/h を見込んだ施設を設置した。さらに土壌洗浄Ｂ施設では砂の洗浄機能を強化するために，ロックウォッシャーの後段にさらにすすぎ洗いと分級機能を持つバリアス分

級機を備えている。

図―4の処理フローと**写真―1，2**に示す通り，土壌洗浄 A，B は個別の処理施設として設置しており，解泥，分級，砂洗浄過程で必要とされる循環水は，泥水を個別の濁水処理設備に移送して生成する上澄み水を用いている。

3. 主な問題点と対応

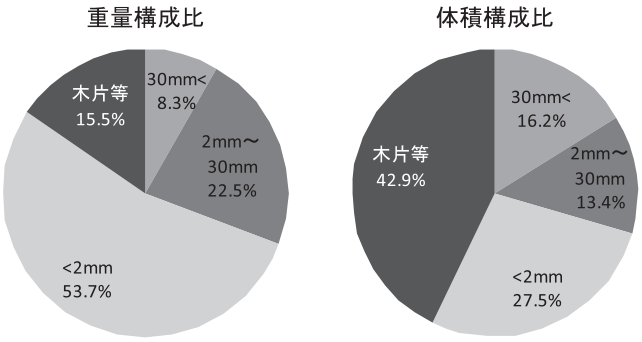
(1) 土壌洗浄 A における「想定量以上の異物（可燃物）」への対応

異物除去設備の増設

土壌洗浄 A の試運転段階では，想定定常処理能力 150 t/h に対し，45 t/h 程度が限界であった。

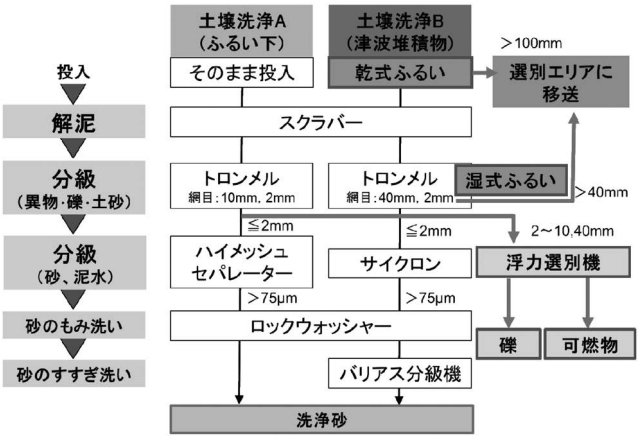
原因は，破砕選別ラインを抜けてくるふるい下の比重が当初想定の 1.6 t/m^3 に対し 0.8 t/m^3 程度であったため，同じ重量を処理するためには 2 倍の体積処理が必要となり，それだけで処理時間が倍増することと，処理上は異物である木くず等の可燃物が重量比で約 15%，体積比で約 40%混入していたため，異物の混入率を体積比で 10%程度しか見込んでいない分級設備が本来の能力を発揮できなくなったことによる（**図―5，写真―3**）。

異物除去能力増強のため，原設計と同タイプで大型のベルト式ごみ取り機 1 基とバケット式ごみ取り機 2 基を増設し，土壌洗浄 A 全体で当初施設の 3.4 倍の異物除去能力としたことで，処理能力 150 t/h を概ね確保することができた。



図―5　ふるい下の組成　※試運転実績より

写真―3　ふるい下の外観



図―4　土壌洗浄 A，B 処理フロー（処理開始時点）

濁水処理設備

写真―1　土壌洗浄 A 全景

写真―2　土壌洗浄 B 全景

(2) 土壌洗浄Bにおける「津波堆積物に含まれる細長形異物と処理水性状の変動」への対応

a. 細長形異物への対応

被災後の市街地から回収される津波堆積物には，**写真―4**に示すようにさまざまな異物が含まれている。大型の異物はフォークアタッチメント，磁選機や振動ふるい機を適宜組み合わせて前処理除去可能であるが，ふるいをすり抜ける細長い形状の角材や磁選機で回収できないアルミ材料の影響で，スクラバーやトロンメルの閉塞を高頻度で誘発した。

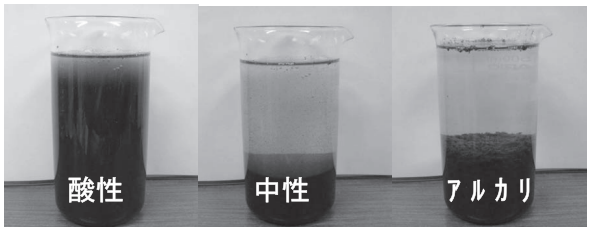
対応として投入部ふるい機の強化や手選別の検討などを行ったが，結果として各装置への投入部，排出部を大幅に拡大改造して，投入を防ぐのではなくそのまま飲み込ませて吐き出す手段を選んだ。スペック上は想定以上の大きさを持つ材料が投入されるため設備の損耗劣化が促進される結果となったが，本措置により分級洗浄設備の稼働状況は大幅に改善された。

b. 濁水設備の凝集沈殿管理

混合廃棄物の破砕ふるい下を対象とする土壌洗浄A施設では，濁水設備の管理に特別な工夫を講じる必要がなく，分級洗浄設備が施設全体の稼働率を決めた。一方土壌洗浄B施設の濁水設備では，津波堆積物に含まれる塩素濃度や有機質成分，化学物質の混入率が日々大きく変動するため処理水の凝集沈殿が安定せず，プレス打ち込み時間の増大，中間タンクでの発泡現象，配管の劣化などへの対応が多岐にわたり，濁水設備が施設全体の稼働率を決めることとなった。

当初薬剤配合の検討を重ねたが，処理水のpHを指標としてジャーテストを高頻度に実施することで運転可能な凝集沈殿状況を維持することにつながり，見込み処理能力75 t/hを概ね確保することができた。

写真―5にpH管理によるジャーテスト例を示す。本例では中性域が良好であるが，概ねpH7～10程度のアルカリ性寄りに調整するケースが多かった。



写真―5　pHによる凝集沈殿試験例

4. 残渣の不溶化・固化とリサイクル状況

土壌洗浄A，Bともに処理フロー上残渣（ケーキ）に重金属等の有害物質が分離濃縮されるため，当初は全量管理型最終処分する計画であったが，最終処分先の確保が困難になったことから残渣もリサイクル対象とし，そのために不溶化による無害化処理が必要となった。固体の残渣には不溶化剤の混合が困難なため，水溶液化した不溶化剤を濁水処理設備で脱水前のスラリーに混合する方法を採用し，事前試験で定めた単位重量当たりの不溶化剤添加率を実現するために比重計でスラリー濃度（不溶化対象残渣重量に換算）を計測したフィードバック処理を行った。

不溶化・固化後の残渣と分級礫，洗浄砂の土木資材としてのリサイクル状況を**写真―6**に示す。

5. 所見

土壌洗浄A，B施設共に構成設備は建設工事現場の骨材プラントなどで採用されるいわば汎用機械であり，本来一般的な自然由来または人為由来による汚染土を対象にするものである。それに対して，本業務のように土壌とは言い難い災害廃棄物破砕後ふるい下や，何が混入しているか予想できない津波堆積物を分級洗浄する専用機やそのまま転活用できる汎用機械はそもそも存在しない訳であり，発生した問題点対応は調整というより殆どが改造行為であった。

試行運転時期にこれまで述べた問題点が発生した際，メーカーヒアリングや廃棄物処分場情報などの収

写真―4　津波堆積物に含まれる異物

写真―６　分級洗浄後のリサイクル状況

集を行ったが，特定できない対象物の性状，課せられた処理量と工期などに対して直接解決策が導かれたとは言い難い。振り返れば洗浄施設だけではなく他の処理施設においても同様で，現場での地道な試行錯誤と柔軟な状況判断を重ねたことで作業を軌道に乗せることができたと考える。

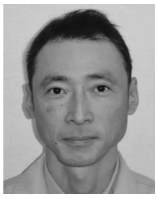
再び今回のような災害が起きることが無いことを祈ると共に，万一類似した対応業務が発生した場合，対象物の性状を冷静に分析して安全率を高く設け，設備の特性を先入観無く把握して過去事例はあくまで参考と捉えて計画することが重要と考える。

JCMA

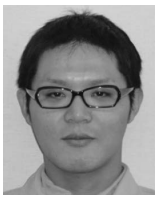
《参　　考》
1）http://www.env.go.jp/jishin/
　環境省：東日本大震災への対応について
2）2014 年 1 月　第 2 回変更契約数量

［筆者紹介］

小笠原　桂（おがさわら　かつら）
鹿島建設㈱
東北支店　石巻ブロック災害廃棄物処理 JV
次長



松原　武志（まつばら　たけし）
鹿島建設㈱
東北支店　石巻ブロック災害廃棄物処理 JV
次長



小川　雄生（おがわ　ゆうき）
鹿島環境エンジニアリング㈱