

災害廃棄物の中間処理について（多賀城市での中間処理事例）

(株)鴻池組	正会員	○西村	良平
(株)鴻池組		南京	秀己
(株)鴻池組		安達	忍
(株)鴻池組	正会員	大桑	宗一郎
(株)鴻池組		吉岡	由郎
(株)鴻池組	正会員	大山	将

1. はじめに

東日本大震災の被災地の一次仮置き場所に集積された災害廃棄物は木くず、廃プラ、ガレキ等が混在した状態であり、津波堆積物は土砂、泥状物の中に廃棄物が混入した性状であった。

災害廃棄物や津波堆積物の多くは津波により海水に浸かっており、場所によっては土砂や泥状物が混入し、高含水になっていた。これら高含水の災害廃棄物や津波堆積物から「土砂性状の復興資材」や「土砂」を精度良く分別するには、分別しやすい性状に改質する前処理が必要となる。

従来、前処理として生石灰による改質（発熱による含水低減）が実施されてきたが、①発熱による火災発生のおそれ、②粉じんの発生、③改質物が高アルカリ性、④養生期間が必要等の問題点が指摘されている。

分別は現地作業となるため、周辺地域の環境保全対策には十分な配慮が必要となる。特に、高く積まれた災害廃棄物の自然発火による火災が各地で頻発したため、発熱しない工法が求められた。このため、①無発熱、②低粉じん、③中性域、④短期間での改質が可能な高分子系改質剤に着目し、その効果を検証したうえで、宮城県多賀城市の災害廃棄物の中間処理現場に適用した。適用までの経緯と分別状況について以下に報告する。

2. 高分子系改質剤の改質メカニズム

高分子系改質剤はアクリル酸を主成分とする高分子系化合物で、土砂のうち粒径が小さい粘土・シルト粒子を高分子鎖でまとめ上げ、廃棄物から引き離す効果がある。また、粘土・シルト粒子で構成される高分子鎖は改質剤の接着作用により、粒状化してサラサラした触感となる。この改質メカニズムの模式図を図-1に示す。

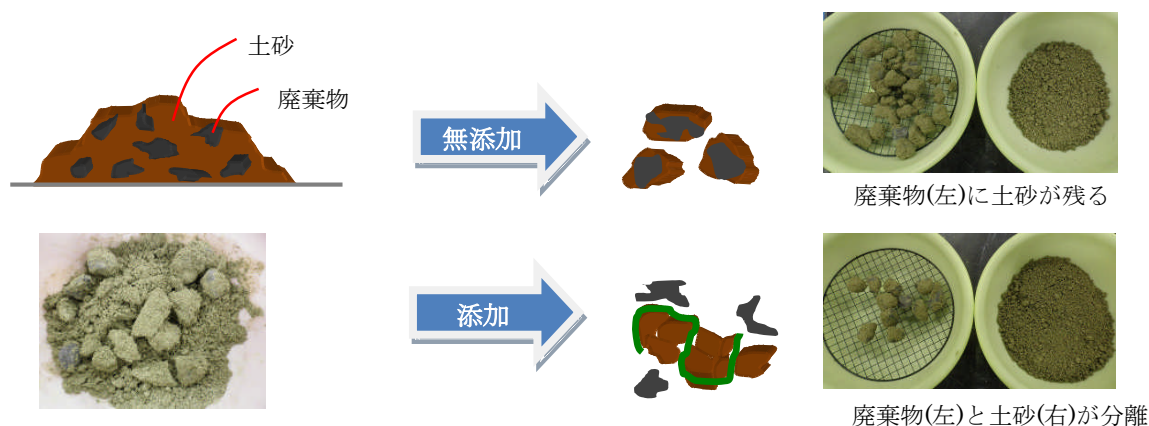


図-1 高分子系改質剤の改質メカニズム模式図

キーワード 災害廃棄物、津波堆積物、中間処理施設、分別、選別、高分子系改質剤

連絡先 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 (株)鴻池組 環境エンジニアリング部 TEL06-6245-6584

3. 実証試験

3.1 岐阜市北部不法投棄現場での実証試験

3.1.1 実証試験の概要

被災地での実証試験に先立って、高分子系改質剤の効果を確認する実証試験を岐阜市北部不法投棄現場（岐阜市椿洞）において、平成 23 年 3 月 22～23 日に実施した。

試料は含水比 35～45%の比較的高含水な不法投棄廃棄物を用い、試験ケースは無添加、生石灰添加、高分子系改質剤（粉体）添加、高分子系改質剤（液体）添加の 4 ケースとした。試料は各ケース 10 t ダンプトラック 2 車分の 9.2 m³とし、生石灰は前日に油圧ショベルで約 10 分（1 分/m³を目安）混合攪拌し、24 時間の養生期間をおいた。一方、高分子系改質剤は養生期間を必要としないため、分別試験の 1 時間前に生石灰と同様に約 10 分間混合攪拌した。分別は自走式振動スクリーンを使用し、ふるい目は 25mm の格子とした。

3.1.2 分別結果

不法投棄廃棄物の分別結果を表－1 に、結果概要を以下に示す。

- ① 高分子系改質剤添加により 25mm 以下材の分別量は、重量割合で 5～10%向上した。
- ② 生石灰と高分子系改質剤（粉体）の改質効果（25mm 以下材の回収率）は同程度で、高分子系改質剤（液体）が 5%程度高かった。
- ③ 生石灰は混合後の pH と温度が上昇したが、高分子系改質剤は顕著な変化はなかった。
- ④ 粉じんの発生量は、生石灰＞高分子系改質剤（粉体）＞高分子系改質剤（液体）の順に多かった。
- ⑤ 高分子系改質剤を用いた場合は、自走式振動スクリーン（25mm）の目詰まりはほとんど発生しなかった。（写真－3 参照）

表－1 分別試験結果（不法投棄廃棄物）

試験ケース		①	②	③	④
改質剤 （添加率）		無添加	生石灰 (10 kg/m ³)	高分子系(粉体) (2 kg/m ³)	高分子系(液体) (2 kg/m ³)
処理量	体積(m ³)	9.2	9.2	9.2	9.2
	重量(t)	7.72	6.84	6.22	6.50
25 mm 超過	割合(%)	50.3	45.9	45.1	39.6
25 mm 以下	割合(%)	49.7	54.1	54.9	60.4
含水比	改質前(%)	35.9	42.1	42.1	38.9
	改質後(%)	37.2	31.0	41.9	35.2
土砂 pH	改質前	7.2	7.4	7.9	7.8
	改質後	7.6	12.1	7.9	7.8
温度	改質前(°C)	25.9	29.2	30.6	31.5
	改質後(°C)	21.5	37.0	23.8	24.9



写真－1 改質状況



写真－2 分別状況（振動スクリーン）



写真－3 分別後のスクリーン状況

3.2 被災地での実証試験

3.2.1 実証試験の概要

岐阜市での実証試験の結果を踏まえ、被災地の宮城県亘理町の一次仮置き場で、高分子系改質剤の効果を確認する実証試験を平成 23 年 5 月 26～27 日に実施した。

試料は一次仮置き場に集積されている災害廃棄物と津波堆積物を用いた。災害廃棄物は無添加、生石灰添加、高分子系改質剤（粉体）添加、高分子系改質剤（液体）添加の 4 ケース、津波堆積物は無添加、高分子系改質剤（粉体：2 ケース）添加、高分子系改質剤（液体）添加の 4 ケースについて検討した。

災害廃棄物の試料は、各ケース 10 t ダンプトラック 2 車分の約 12m³ から、手選別により木材・コンクリートガラ・金属類・300mm 超過の粗大物を取り除いた混合廃棄物とし、生石灰は前日に油圧ショベルで約 10 分混合攪拌し、24 時間の養生期間をおいた。また、高分子系改質剤は分別試験の 1 時間前に約 10 分混合攪拌した。一方、津波堆積物の試料は各ケース 10 t ダンプトラック 1 車分の約 6m³ とし、高分子系改質剤を分別試験の 1 時間前に約 6 分混合攪拌した。分別は自走式振動スクリーンを使用し、ふるい目は 20mm の格子とした。

3.2.2 分別結果

災害廃棄物の分別結果を表－2 に、津波堆積物の分別結果を表－3 に、粉じん測定結果を表－4 に、分別状況を写真－4～9 に、結果概要を以下に示す。

【 災害廃棄物 】

- ① 高分子系改質剤添加により 20mm 以下材の分別量は重量割合で 3～4% 程度向上した。添加による向上率が岐阜市の不法投棄廃棄物に比べ低いのは、災害廃棄物が含水比 10% 程度と低含水で、改質しなくてもある程度ふるい分別できる性状であったためと考えられる。
- ② 改質効果（20mm 以下の回収物の重量比）は生石灰、高分子系改質剤（液体）、高分子系改質剤（固体）の順に 2～3 % 高かったが、目視では同程度であった。
- ③ 災害廃棄物の 20 mm アンダー材は廃棄物の混入が目立ち、復興資材として再利用するためには、さらに 10 mm 以下に再分別して廃棄物を取り除く必要があった。

表－2 分別結果（粗選別後の災害廃棄物）

試験ケース		①	②	③	④
改質剤 (添加率)		無添加	生石灰 (10 kg/m ³)	高分子系(粉体) (1 kg/m ³)	高分子系(液体) (1 kg/m ³)
処理量	重量(t)	3.99	5.67	4.93	5.69
20 mm 超過	重量割合(%)	38.8	32.1	36.1	34.6
20 mm 以下	重量割合(%)	61.2	67.9	63.9	65.4
含水比	改質前(%)	10.1	10.0	11.4	11.9
	改質後(%)	7.8	4.8	7.1	7.5
土砂 pH	改質前	7.5	7.4	7.4	7.3
	改質後	7.3	12.4	7.0	7.0
温度	改質前(°C)	23.0	—	—	—
	改質後(°C)	23.0	42.1	24.2	27.2

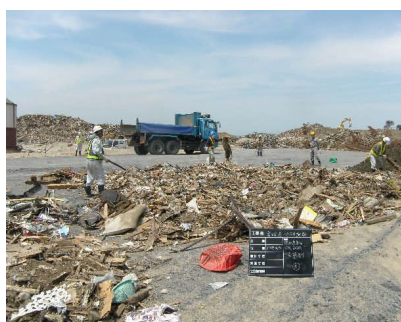


写真-4 手選別状況



写真-5 分別状況（振動スクリーン）



写真-6 粉じん発生状況（生石灰）



写真-7 災害廃棄物の 20mm 以下材



写真-8 津波堆積物の 20mm 以下材



写真-9 分別後のスクリーン状況

【 津波堆積物 】

- ① 高分子系改質剤添加により 20mm 以下材の分別量は、重量割合で 10%程度向上した。
- ② 生石灰、高分子系改質剤（粉体／2 ケース）と比較して高分子系改質剤（液体）の改質効果が高かった。
- ③ 津波堆積物の 20mm 以下材は、廃棄物の混入が目立たず、盛土材等として利用できる性状であった。

表-3 分別結果（津波堆積物）

試験ケース		①	②	③	④
改質剤 （添加率）		無添加	高分子系（粉体） （1 kg/m ³ ）	高分子系（液体） （1 kg/m ³ ）	高分子系（粉体） （2 kg/m ³ ）
処理量	体積(m3)	6.0	6.0	6.0	6.0
	重量(t)	7.63	7.70	7.86	9.17
20 mm 超過	重量割合(%)	26.5	18.7	13.1	16.8
20 mm 以下	重量割合(%)	73.5	81.3	86.9	83.2
含水比	改質前(%)	17.1	—	—	—
	改質後(%)	14.0	14.6	13.4	12.5
土砂 pH	改質前	8.1	—	—	—
	改質後	8.4	8.1	7.9	8.0
温度	改質前(°C)	23.0	—	—	—
	改質後(°C)	22.4	23.2	23.0	23.1

【 災害廃棄物，津波堆積物 共通事項 】

- ① 生石灰は混合後の pH と温度が上昇しているが，高分子系改質剤は顕著な変化はなかった。
- ② 高分子系改質剤使用時の粉じんの発生量は，表－4 に示すように生石灰使用時に比較して 1/2～1/4 程度であった。
- ③ 高分子系改質剤を用いた場合は，自走式振動スクリーン（20mm）の目詰まりはほとんど発生しなかった。（写真－9 参照）

表－4 粉じん測定結果（災害廃棄物，津波堆積物）

試験ケース	改質剤（添加率）	バックグラウンド mg/m ³	混合時（mg/m ³ ）	分別時（mg/m ³ ）
災害廃棄物	① 無添加	0.023～0.033	—	0.051～0.12
	② 生石灰(10 kg/m ³)	〃	0.081～0.18	0.27～1.20
	③ 高分子系粉体(1 kg/m ³)	〃	0.036～0.044	0.18～0.33
	④ 高分子系液体(1 kg/m ³)	〃	0.027～0.072	0.15～0.29
津波堆積物	① 無添加	0.023～0.033	—	0.038～0.085
	② 高分子系粉体(1 kg/m ³)	〃	0.028～0.041	0.059～0.14
	③ 高分子系液体(1 kg/m ³)	〃	0.023～0.047	0.043～0.079
	④ 高分子系粉体(2 kg/m ³)	〃	0.027～0.036	0.050～0.26

4. 多賀城市災害等廃棄物の中間処理への適用

4.1 施設の概要

4.1.1 適用業務の内容

高分子系改質剤を用いた災害廃棄物等の分別システムを，多賀城市内で発生した災害等廃棄物の中間処理に適用した。業務概要を表－5 に示す。

4.1.2 分別フロー

【 災害廃棄物 】

災害廃棄物から「復興資材」を分別するフローを図－2 に，分別状況を写真－10～12 に，概要を以下に示す。

- ① 災害廃棄物から重機・人力を用いた粗選別で，資源物（金属類，廃木材，コンクリートガラ）と粗大物（300 mm 超過）を取り除いた。
- ② 資源物と粗大物を取り除いた 300mm 以下の混合廃棄物に高分子系改質剤を添加混合し，分別しやすい性状に改質する。添加剤は実証試験結果より高分子系改質剤（粉体）とし，添加量は 1kg/m³ とした。
- ③ 改質した混合廃棄物は網目 20mm の振動スクリーンで 20mm 以下材と 20mm 超過材（廃棄物）に分別した。
- ④ 20mm 以下材は，混入した廃棄物を除去するため，さらに網目 10mm の振動スクリーンにより 10mm 以下に再分別し，10mm 以下材を土砂性状の復興資材として回収した。

表－5 業務概要

業 務 名	多賀城市東日本大震災に係る 災害廃棄物中間処理等業務委託
委 託 者	多賀城市
受 託 者	(株)鴻池組
業務場所	中間処理 仙台市宮城野区港 4 丁目 敷地面積 約 3.2ha
業務内容	災害廃棄物等の運搬・中間処理・保管・ 適正処分等(処理量 約 14 万トン)

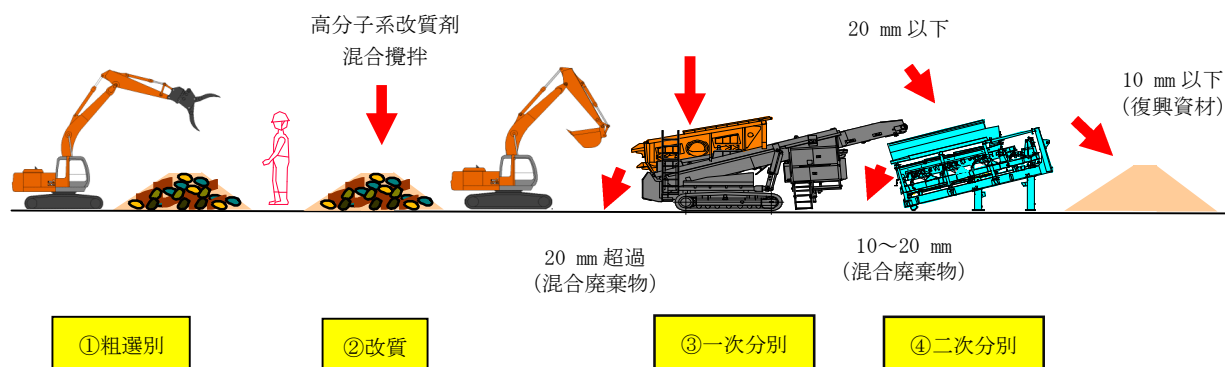


図-2 災害廃棄物の分別フロー



写真-10 一次分別(振動スクリーン)



写真-11 二次分別(振動スクリーン)



写真-12 災害廃棄物の 10mm 以下材

【 津波堆積物 】

津波堆積物から「土砂」を分別するフローを図-3 に、概要を下記に示す。

- ① 災害廃棄物から重機を用いて粗大物（300mm 超過）を取り除いた。
- ② 粗大物を取り除いた 300mm 以下の津波堆積物に高分子系改質剤を添加・混合し、分別しやすい性状に改質した。添加剤は実証試験結果より高分子系改質剤（液体）とし、添加量は 1kg/m^3 とした。
- ③ 改質した津波堆積物は目開き 20mm の楕歯状の振動スクリーンで 20mm 以下材（土砂）と 20mm 超過材（廃棄物）に分別した。

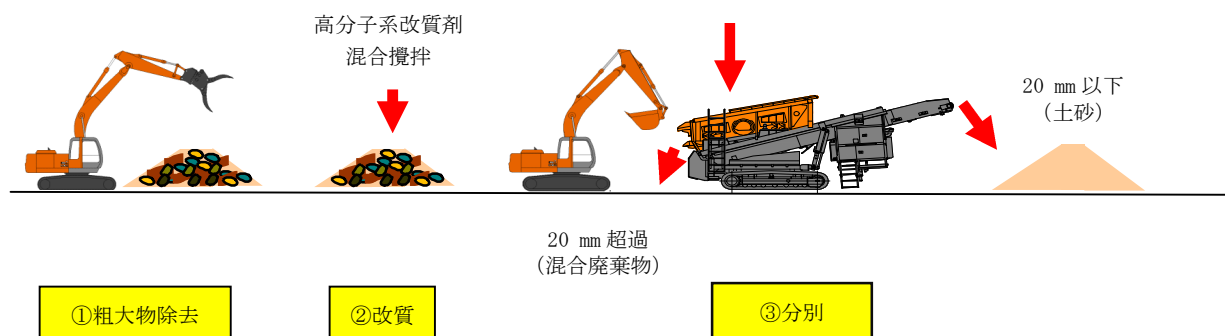


図-3 津波堆積物の分別フロー図

4.2 分別結果

新たに設置した中間処理現場で、平成 24 年 1 月下旬から災害廃棄物の分別処理を開始し、作業員がある程度業務に慣れてきた 3 月 15 日に、災害廃棄物と津波堆積物それぞれの分別結果を測定し、高分子系改質剤の効果を確認した。災害廃棄物の分別結果を表－6 に、津波堆積物の分別結果を表－7 に、分別後の復興資材と土砂の性状を写真－13、14 に、結果概要を以下に示す。

- ① 災害廃棄物の分別結果は、分別後の以下材の写真－13 に示すとおり、10mm 以下材でも廃棄物の混入は目立たず、見た目も土砂性状の復興資材として利用可能な性状であった。
- ② 高分子系改質剤を用いた分別において、災害廃棄物からの復興資材の回収率は無添加の場合の 23%から 24%に、津波堆積物からの土砂の回収率は無添加の場合の 52%から 86%に向上した。
災害廃棄物の回収率が亘理町での実証試験結果の 60～70%に比べて低いのは、解体廃棄物が多く、廃棄物組成が 10mm 以下材の比率が低いものであったこと、網目 10mm で再分別していることが原因と考えられた。
- ③ 改質剤を用いない場合や、生石灰を用いた場合にはスクリーンの目詰まりが頻繁に生じ、施工能率が低下するが、高分子系改質剤を用いた場合は振動スクリーンの格子の網目 10mm（災害廃棄物）と櫛歯の目開き 20mm（津波堆積物）のスクリーン上の目詰まりは少なく、晴天時は 1 回／日程度の清掃で分別精度の低下がなく稼働できた。



写真－13 災害廃棄物の 10mm 以下材



写真－14 津波堆積物の 20mm 以下材

表－6 分別結果（粗選別後の災害廃棄物）

改質剤 (添加率)		無添加	高分子(粉体) (1 kg/m ³)
処理量	重量(t)	8.88	8.28
10 mm 超過	重量割合 (%)	77.0	75.8
10 mm 以下	重量割合 (%)	23.0	24.2
含水比	改質前(%)	38.8	—
	改質後(%)	—	38.6
土砂 pH	改質前	7.5	—
	改質後	—	7.3
温度	改質前(°C)	14.2	—
	改質後(°C)	—	15.3

表－7 分別結果（粗大物撤去後の津波堆積物）

改質剤 (添加率)		無添加	高分子(液体) (1 kg/m ³)
処理量	重量(t)	23.0	22.6
20 mm 超過	重量割合 (%)	48.1	13.9
20 mm 以下	重量割合 (%)	51.9	86.1
含水比	改質前(%)	27.1	—
	改質後(%)	—	31.1
土砂 pH	改質前	7.7	—
	改質後	—	7.4
温度	改質前(°C)	12.1	—
	改質後(°C)	—	13.1

4.3 リサイクル結果

災害廃棄物や津波堆積物から分別した土砂性状の復興資材や土砂は、見た目や土木資材としての品質以外にも、①塩素濃度が高い、②自然由来を含めた重金属等汚染のおそれ、③放射能による汚染のおそれがあった。このため、①・②についてはストックヤード毎（600m³）に塩素分析・重金属分析を、③については1回／月の頻度で放射能濃度分析を実施した。なお、土砂等については最終的にセメントや生石灰等と比較して低アルカリ性のマグネシウム系固化材により改質している。結果は表－8に示す通りで、盛土材として再利用可能と判断され、盛土材料として有効利用される予定である。

なお、災害廃棄物のうち混合物の中間処理量は約3万トン、リサイクル率（復興資材）は25%であった。一方、津波堆積物の中間処理量は約6万トン、リサイクル率（土砂）は85%であった。

表－8 分別された土砂等の分析結果

項 目	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
塩化物イオン濃度※1(mg/kg)	2,300	1,160	2,270	2,180	1,810	1,040	1,890	2,360	1,480
重金属汚染(有・無)	無※2	無	無	無	無	無	無	無	無
放射能濃度(Bq/kg)	370	320	400	320	270	205	243	280	270

※1：農地の除塩マニュアル（H23 農林水産省）

※2：無 土壌溶出量基準・土壌含有量基準以下

5. おわりに

多賀城市における災害等廃棄物の中間処理は平成24年1月下旬に開始し、同年11月末の完了までの約10ヶ月間で約14万トン进行处理した。リサイクル率は80%となり、達成目標値である70%を大きく上回った。

高分子系改質剤による前処理は、災害廃棄物や津波堆積物の分別の他に、不法投棄廃棄物や廃棄物混じり土壌の分別にも適用可能である。本工事で得られたデータやノウハウが、不法投棄現場の原状回復工事や最終処分場の延命化工事においても、分別精度向上によるリサイクル率の向上や周辺環境への影響の低減に寄与できれば幸いである。

最後に、実証試験や本業務の実施にあたり、ご協力いただいた岐阜市環境事業部、多賀城市役所の皆様に深く感謝の意を表します。

参考文献

- ・ 環境省：東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針，2011.5
- ・ 環境省：東日本大震災津波堆積物処理指針，2011.7