

東日本大震災で発生した災害廃棄物等の分別土砂に関する 夾雑物混入率を中心としたアーカイブ調査

災害廃棄物 夾雑物 分別土砂

(株) アイコ 正会員 ○ 鴫田 稔
 (一社) 泥土リサイクル協会 正会員 野口 真一
 愛知工業大学 国際会員 中村 吉男
 名古屋大学 国際会員 中野 正樹
 明治大学 正会員 加藤 雅彦

1. はじめに

東日本大震災では膨大な量の災害廃棄物等が早期復興の妨げとなった。廃棄物混じりの土砂は適切に処理すれば復興資材として利活用できるが、木屑等の夾雑物の混入率が分別土砂の地盤工学的特性に及ぼす影響が明確にされていないため、それが分別土砂の積極的な利活用を阻んでいる。近い将来、南海トラフ巨大地震等の発生が確実視されていることを踏まえれば、減災・減災対策と併せて、災害廃棄物等の最適な処理方法を確認することは、分別土砂の積極的な利活用の後押しとなるもので、早期復興上重要な課題である。本研究では、災害廃棄物等を処理して得られる分別土砂を有効に利活用するために、最適な処理方法を確認すべく、分別土砂中の夾雑物等の混入率を中心にサーベイを行い、今後の破砕・選別処理技術に資することを試みた。

2. 文献調査の目的

災害廃棄物等を処理して得られた分別土砂を復興資材として利用するには、地盤材料として必要な品質を確保していることが不可欠となるが、現状では木屑等の夾雑物の混入率がどこまで許容されるかが明確にされていない。そこで分別土砂中の木屑等の夾雑物の許容混入率の解明と、それを満足する処理技術を確認することを目的として、東日本大震災によって発生した災害廃棄物の処理によって得られた分別土砂中の木屑等の夾雑物混入率を文献等により調査した。

3. 文献調査の方法

文献調査は学術情報のオープンアクセス化が普及してきたことに伴い、インターネットを利用したキーワードや、学術資料専用検索エンジン“Google Scholar”で検索した。また、抽出した文献の参考文献からも、本研究に関連するものをピックアップした。文献調査に際しては、災害廃棄物等から破砕・選別処理された分別土砂の有効利用を念頭に、①分別土砂の採取場所、②分別土砂の処理方法、③分別土砂中の夾雑物の種類と混入率、④分別土砂の地盤工学的性質、⑤分別土砂の利活用事例、等に着目して収集した。

4. 文献調査結果

4.1 既往の研究の目的

いずれの論文も、来る大規模災害で発生する災害廃棄物等に対して迅速かつ効率的に対応し、早期に復旧・復興につなげるためのシステム構築に関してそれぞれの立場から探究している。特に、分別土砂の利活用に関する調査・研究の取組み経緯や目的は表-1のように分類される。

4.2 抽出した文献の内容

収集した文献は1995年から2016年に発表あるいは報告された79編で、その内訳は表-2に示すとおりである。論文や報文に関しては、発表媒体が異なるものは1編としてカウントし、また、文献の内容が複数項目にわたっているものは重複して計上している。

4.3 分別土砂中の夾雑物混入率

分別土砂中の夾雑物は可燃系のもの(木屑、紙、繊維、ビニール、プラスチック、など)と不燃系のもの(金属、ガラス、コンクリート、陶磁器類、など)とに大別される。夾雑物が混入した地盤材料の特性の解明については多

表-1 既往の研究の取組み経緯・目的

取組み経緯・目的
分別土砂の地盤工学的特性が解明されていない
分別土砂の特性には地域や集積方法が影響すると思われる
がれき類に付着した土砂を引き剥がし、選別率を高めることが必要
災害廃棄物等に含まれる有害物質の有無及びその空間分布を迅速に把握する必要がある
災害廃棄物等による生活環境保全対策
分別土砂に混入している易分解性有機物の分解に伴い、ガスの発生や減容化が懸念される
分別土砂を復興資材として利活用した場合の長期的挙動が不明
密度が異なる粒状物混合土の土質試験方法や表現方法が確立されていない
分別土砂中に含まれる有機物の評価方法(定量化)が確立されていない
分別土砂中に許容される有機物の混入率が不明
災害廃棄物の発生量に関して、予実績に大きな乖離がある
分別土砂を用いた盛土の浸透特性や化学物質の溶出メカニズムが不明

表-2 抽出した文献の内容

内 容	編 数
災害廃棄物、津波堆積物及び分別土砂の地盤工学的特性に関すること(物性、力学的特性、化学的特性-含、臭気、など)	37
災害廃棄物、津波堆積物の処理方法(システム、設備、機械、技術、など)に関すること	23
分別土砂中の夾雑物に関すること(分別土砂に混入している異物の種類と割合、異物混入量の評価方法、など)	32
災害廃棄物、津波堆積物の利活用に関すること(事例、提言含む)	16
災害廃棄物の発生量予測に関すること	5
処理業務の記録及び報告	8
土質試験、分析方法などに関すること	6
その他、研究を推進する上で重要と思われること	32

注1)発表媒体が異なるものはそれぞれ1編としてカウント
 注2)1編の論文等で、内容が複数項目に該当する場合はそれぞれに計上

Archive Investigation into Mainly on the Foreign Material
 Mixture Rate about Recovered Soil which are the Disaster Waste
 etc. Occurred by East Japan Great Earthquake.

Minoru TOKITA, AICO Co.,Ltd.
 Shin-ichi NOGUCHI, Mud Recycling Association
 Yoshio NAKAMURA, Aichi Institute of Technology
 Masaki NAKANO, Nagoya University
 Masahiko KATOH, Meiji University

くの研究者・技術者が取り組んでいるが、特に腐朽・腐食して分解消失する木屑等が混入した土の中・長期的な挙動を明らかにするまでには至っていない。また、夾雑物の混入率を把握する一般的な方法はふるい分けなどによる組成分析であるが、可燃系夾雑物に関しては試料を加熱して揮発・消失した質量から強熱減量という指標で表す方法もある。災害廃棄物処理における選別方法は、ふるいを使用したのち手作業で分別する「乾式選別」と、比重差を利用して水中での浮沈による「湿式選別」とに分けられる。それぞれの方法で選別した分別土砂中の木屑等の混入率を組成分析で評価する場合、『手作業により木片を選別する場合には、微細片の評価が不可能であり、密度差を利用した水中分級では、木片に付着した土砂分の影響により沈降する画分が相当量存在するため、精度が乏しいという課題がある。』という指摘¹⁾がある。また、強熱減量も分野・目的により加熱条件が異なり、特に JIS A 1226 に規定された方法では、可燃系夾雑物だけでなく吸着水や結晶水も揮発してしまうので『強熱減量を測定することにより可燃物等の廃棄物含有量を評価する可能性は困難である可能性が示唆された。』という報告²⁾もある。本研究において調査した文献によれば、ふるい目の大きさや加熱条件、さらには分別土砂を採取した地域や地理・地形条件、土質条件などが異なるが、収集した分別土砂中の可燃系夾雑物の混入率に関する報告 32 編によれば、組成分析から求めた木屑等の混入率は 0.22~20.7%、強熱減量は 1.2~21.8% となっており、同一試料の場合は強熱減量が組成分析の値を上回っている。なお、組成分析から求めた不燃系夾雑物の混入率は 0.8~23.1% (報告論文数 4 編) となっている。

4.4 文献調査から得られたその他の知見

表一 3 は文献調査に基づく既往の調査・研究成果を示し、区分の番号は調査・研究分野を表す。分別土の強度特性に関して、木屑等の夾雑物混入率と締固め度や一軸圧縮強度との間には相関性があり、分別を進めることにより夾雑物の混入率は低下し、それに伴って締固め特性が向上するとされているが、コーン指数に関しては、夾雑物が多い供試体の方が大きな値を示した報告もある。これは、分別土砂中に含まれる夾雑物にコーン先端が当たり、貫入抵抗が増加したことが考えられる。分別土砂は土と夾雑物という密度が異なる粒状物の混合体であるため、組成の質量比と体積比が異なることから、粒度分布を評価する際には、組成物質の密度特性を考慮することが望ましいことが指摘されている。研究初期段階では強熱減量により可燃物等の含有量を評価するのは困難とされていたが、実験を繰り返すことにより、木屑等の定量に適した加熱温度や加熱時間が見出されたことが報告されている。災害廃棄物中の夾雑物の混入率は、仮置状態を含めたその処理方法等と密接な関係があることが報告されているが、影響因子が多岐にわたることもあり、結論を導くまでには至っていない。利活用に関しては、地盤材料としての懸案事項が指摘される一方で、試験施工³⁾による挙動観測結果等から、復興資材として使用できる可能性について報告されている。

6. おわりに

密度の異なる粒状混合物の試験方法や結果の表記については問題提起されていくつかの研究が行われ、体積表示の粒径加積曲線も提案されている。分別土砂中に微細な木屑が混入していても、土粒子と均等に混ざっていればその腐朽による沈下はさほど問題にならないが、団塊で存在していたり、混入率が少なくても粒径が大きい場合には減容化の影響を考慮する必要がある。従って、分別土砂の地盤工学的特性を評価するに際しては、夾雑物の混入率は重要な要素であるが、質量だけではなく大きさ(体積)についても考慮する必要があると考えられる。なお、本研究は、環境省の平成 28 年度環境研究総合推進費補助金【3K163011】の助成を受けて実施したものである。

【参考文献】

- 1) 勝見武：廃棄物混じり土砂の特性化と、混入可燃物の Deterioration の影響、科学研究費助成事業 研究成果報告書、挑戦的萌芽研究 25630202。
- 2) 森田康平ほか：地震・津波に伴い発生した廃棄物混じり土砂の締固め特性、第 47 回地盤工学研究発表会、pp.1953-1954, 2012。
- 3) 野口真一ほか：分別土砂と循環資材を原位置混合し生成した復興資材による試験盛土(第 1 報)ー復興資材の物理・力学特性および施工性の評価と利用環境における環境安全性についてー、第 11 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集、地盤工学会、pp.127-134, 2015。

表一 3 既往の調査・研究成果

区分	調査・研究成果
①	分別土砂中の木屑等の夾雑物の混入率は0.数%から20%程度である 木屑等の夾雑物の混入率を表す方法として、強熱減量や土砂分に対する質量比とが混在している 処理方法と木屑等の混入率の関係についてはいくつか報告があるが、系統立てたものはない
	夾雑物の混入率に影響を及ぼす因子と混入率の関係についての報告は見当たらない 夾雑物の存在は強度、締固め特性に影響を及ぼすことが報告されているが、中・長期的な挙動についてはまだよくわからない 夾雑物の許容混入率について言及した文献は見当たらない
②	夾雑物を含む分別土砂に比較的乾燥したコンガラを混合すると締固め特性が大きくなる 夾雑物含有量と締固め特性の間には特徴的な関係が認められる 土の締固め特性から、可燃物の含有量との相関性が認められる
	締固め特性は分別を進めることに向上する 木屑を除去することで、最大乾燥密度は増加し、最適含水比は減少する傾向を示した 木屑混入率が高くなるにつれて一軸圧縮強さ及び初期剛性は低下するが、延性的なせん断挙動を示す 木片混入率の異なる供試体の一軸圧縮強さは、比体積ではなく締固め度の影響を受ける 木片混入率が多い分別土B種の方が分別土A種よりコーン指数が大きくなった 津波によって運搬された土砂はストークスの法則に従って堆積したと考えられる
③	電子レンジ法(JGS-0122)は有機質土等は対象外とされているが、分別土砂に対し精度よく測定できることを確認した 土粒子密度は木片混入率が高い試料ほど小さい
	分別土砂の粒子密度は木屑の影響を受けるため、密度特性を考慮した表現が望ましい 混合体として測定した密度を考慮して粒径加積曲線を通過体積百分率で表現すると、通常の粒径加積曲線と大差なく表現できる 強熱減量から可燃物等の廃棄物含有量を評価することは困難である可能性が示唆された
④	示差熱の炭化物質減量値と強熱減量との比較から、350℃で2時間の強熱減量が最も近い 330~350℃で48時間燃焼することで、概ね木片混入率を定量化しうる
	夾雑物の含有率は仮置混合物の状態と処理プロセスに依存している 分級サイズを小さくするほど廃棄物混入率が低下する傾向が伺える 廃棄物処理形態には「片付け優先型」と「環境配慮・リサイクル優先型」とがある
⑥	木屑等が混入した分別土を盛土材として利用した場合、有機物の分解によるガスや浸出水の発生、地盤沈下が懸念される 廃棄物混じり土の土質試験においては、供試体内部の廃棄物の割合や組成により地盤全体の特性の判断を誤る可能性がある
	分別や再利用等の廃棄物のトリータビリティを大きく左右する要因として含水状態が挙げられる 復興資材は土木資材として具備すべき施工性・強度特性を有し、植生基盤として活用できることが確認できた 分別土砂中に残存する木片の分解性は高くない

「区分」凡例

- | | |
|------------------------|--------------|
| ① 総括的事項 | ④ 強熱減量に関する事項 |
| ② 強度、締固めなどの力学的特性に関する事項 | ⑤ 処理に関する事項 |
| ③ 物理特性、物理試験に関する事項 | ⑥ 利活用に関する事項 |