

○岩手大学 学生会員 吉野 貴尋

正会員 大河原 正文

非会員 山川 裕美恵

J F E スチール (株) 正会員 鈴木 操

J F E ミネラル (株) 正会員 吉澤 千秋

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災により岩手県、宮城県、福島県において2800万トンに及ぶ大量の災害廃棄物等が発生した。災害廃棄物等には金属、コンクリート、木材などの廃棄物のほかに津波堆積物といった土砂態のものも含まれている。これら災害廃棄物等は仮置き場において破碎・選別処理され、選別された土砂分は分別土もしくは分級土などと呼ばれている。津波堆積物と廃棄物から選別された土砂の総量は全体の約半分に達し、分級土の活用は復興事業における重要課題のひとつである。しかし、分級土には強熱減量で10%程度の木片が含まれているため海岸堤防や道路の盛土材など地盤材料としての活用は困難であった。地盤工学会東北支部「東日本大震災における廃棄物資源循環のための研究委員会(委員長:今西肇,東北工業大学教授)」では、これら分級土の有効活用を図るべく、噛み合わせ等により強度増加が見込める鉄鋼スラグを混合した改良土について、施工性、盛土としての性能、環境安全性について検討中である。本報では、その中から環境安全性について、これまでに得られたデータを中心に報告する。

2. 分級土および鉄鋼スラグ

試験に用いた試料は、宮城県山元町および名取市の災害廃棄物処理施設により選別された分級土(以後、山元分級土、名取分級土とする)である。山元分級土は、山元町の津波堆積物に石膏系改質材を添加し含水比調整後30mm目のフルイを通過した土、名取分級土は、名取市の津波堆積物から高分子系改質剤を添加し含水比調整後20mm目のフルイを通過した土である。鉄鋼スラグはJ F E スチール福山製(広島県)で土粒子の密度 3.3g/cm^3 、最大粒径30mmの転炉系スラグである。これら分級土とスラグを乾燥質量比4:6の割合で混合したものを改良土とした。

3. カラム試験

当初、環境安全性の評価は、山元町中浜小学校グラウンドに施工された試験盛土の浸透水を分析することで行う予定だったが、現場から浸透水が得られなかったため室内カラム試験に変更した。具体的には、試験盛土からシンウォールにより不攪乱土を採取し、アクリル製のカラム(直径:130mm、高さ:1m)に充填し、送液ポンプにより超純水をカラム上部から供給するというものである。浸透水の流下方向は実地盤と同じ鉛直方向とした。通水量は、宮城県の年間降水量約1300mm(2004年から2013年の宮城県28観測地点の平均年間降水量1282mm)をもとに、同量を30日で通水することとした。

浸透水はカラム下部の三角フラスコで10溜まる毎に採水し、pH、EC、塩分濃度も同時に測定した。とくに、採取した水に濁りや褐色に着色しているのが認められたため、色度と濁度も測定することとした。

第二種特定有害物質の測定では、採取した水試料を遠心分離し、 $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターで濾過したものを、環境省によって規定された試験方法に基づき測定を行った。Cd、B、Pb、As、SeはICP-AESまた水素化物ICP-AES(JIS K 0102 54.3,47.3,55.3,61.3,67.3)より分析し、Cr⁶⁺、F、CN⁻は紫外・可視吸光光度計を使用し、それぞれジフェニルカルバジド吸光光度法(JIS K 0102 65.2.1)、ランタン-アリザリンコンプレキソン吸光光度法

(JIS K 0102 34.1)、ピリジン-ピラズロン吸光光度法(JIS K 0102 38.2)で分析、Hg は原子吸光光度計を用いた還元気化吸光分析(JIS K 0102 66.1.1)により測定を行った。

4. 実験結果および考察

山元分級土、名取分級土および鉄鋼スラグを混ぜた改良土の第二種特定有害物質の測定結果を表 1 に示す。また図 2

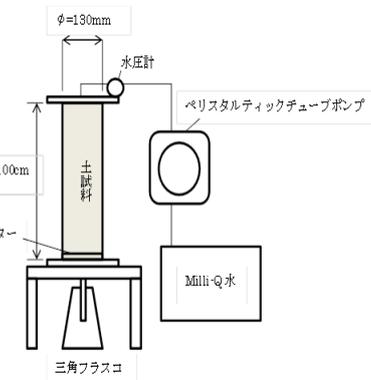


写真 1 室内カラム試験の様子

図 1 カラム試験概要図

は、各元素の環境基準値を 1 とし、溶出試験より得られた結果を換算しグラフに示したものである。鉛やフッ素、ヒ素などが検出されているが、いずれも環境基準値未満である。フッ素が山元、名取分級土において比較的多く検出されたが、海水中にフッ素が平均 1.3mg/L 含むことから、海水由来と考えられる。

表 1 溶出試験結果

| 試験 | 分析項目 | 山元分級土 分析結果 | 名取分級土 分析結果 | 鉄鋼スラグ 分析結果 | 環境基準値 |
|------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|
| 溶出試験 | カドミウム及びその化合物 | 0.001mg/L 未満 | 0.001mg/L 未満 | 0.001mg/L 未満 | 0.01mg/L 以下 |
| | シアン化合物 | 不検出(定量限界値0.1mg/L) | 不検出(定量限界値0.1mg/L) | 不検出(定量限界値0.1mg/L) | 検出されないこと |
| | 鉛及びその化合物 | 0.001mg/L 未満 | 0.007mg/L | 0.005mg/L | 0.01mg/L 以下 |
| | 六価クロム化合物 | 不検出(定量限界値0.1mg/L) | 0.005mg/L 未満 | 0.005mg/L 未満 | 0.05mg/L 以下 |
| | 砒素及びその化合物 | 0.001mg/L 未満 | 0.003mg/L | 0.001mg/L 未満 | 0.01mg/L 以下 |
| | 水銀及びその化合物 | 0.0005mg/L 未満 | 0.0005mg/L 未満 | 0.0005mg/L 未満 | 水銀0.005mg/L以下、かつアルキル水銀が検出されないこと |
| | セレン及びその化合物 | 0.001mg/L 未満 | 0.001mg/L 未満 | 0.001mg/L | 0.01mg/L 以下 |
| | フッ素及びその化合物 | 0.34mg/L | 0.61mg/L | 0.08mg/L 未満 | 0.8mg/L 以下 |
| | ほう素及びその化合物 | 0.07mg/L | 0.07mg/L | 0.01mg/L 未満 | 1mg/L 以下 |

EC、塩分濃度は、山元、名取分級土では EC=4~14(mS/cm)、塩分濃度=0~0.7(%)、鉄鋼スラグでは EC=2~10(mS/cm)、塩分濃度=0~0.35(%)となり、時間経過とともに減少し、最終的には超純水とほぼ同じ値になった。pH 値は、山元分級土、名取分級土が pH7~8 と中性から微ア

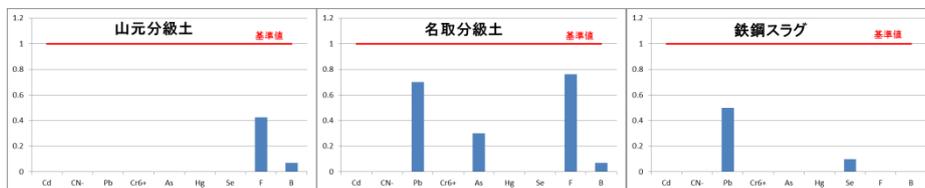


図 2 第二種特定有害物質の測定結果

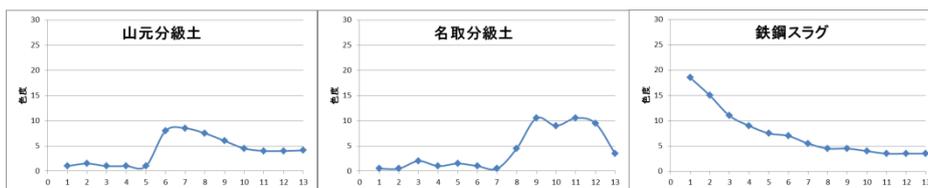


図 3 色度の測定結果

ルカリ性で鉄鋼スラグを混ぜた改良土は pH=約 12 とアルカリ性であった。これは鉄鋼スラグに含まれる石灰の影響によるものと考えられる。色度は、山元分級土、名取分級土では途中から高くなる傾向が認められるが、濁度も同時に上がっていることから、カラム下部の濾紙が破れて土試料が出てきたことによる濁りと考えられる。鉄鋼スラグは時間経過とともに色度の値が小さくなった。なお、色度、濁度の測定では 50 倍希釈したものを用いた。

5. まとめ

山元分級土、名取分級土ならびに鉄鋼スラグの溶出試験を行い環境安全性について検討した。溶出量はいずれも環境基準値未満であることから有害物質については問題ない。現在、カラム試験を実施中であり長期的にみた場合の検証は今後の課題である。