

一般廃棄物焼却残渣固化式処分場の環境安全性及び強度に関する実証研究

九州大学 学生会員 ○猿渡武、フェロー会員 島岡隆行、正会員 中山裕文、小宮哲平、梶野友貴
安藤ハザマ 正会員 弘末文紀、三反畑勇、秋田宏行、青木貴均、西尾竜文

1. はじめに

我が国の一般廃棄物最終処分場における埋立廃棄物の約8割が焼却残渣（焼却灰及び飛灰）である現状¹⁾を踏まえ、著者らは焼却残渣の特性を生かしつつ、埋立容量の消費の抑制、環境安全性の向上、埋立地の早期安定化を図る「廃棄物固化式処分システム」²⁾の構築を目指している。具体的には、石炭灰固化技術³⁾を応用し、焼却残渣にセメント等を添加し、混練物を埋立地に敷均し、高周波振動を与えて締固め、固化盤を形成しながら埋立てるものである。本研究では固化式処分場の環境安全性及び耐久性の実証を目的に、固化式処分場を模擬した模型槽を屋外に設置し、水収支、表流水及び浸出水の水質、固化地盤の強度の経時変化を把握した。

2. 試料及び方法

2-1 試料 F市R清掃工場から排出された焼却灰（湿灰）から磁力選別機により磁性金属を除去した後に振動スクリーンで粒径40mm以上の粗雑物を除去したもの（以下、焼却灰と称す。）、及び同工場から排出されたキレート処理済み飛灰から粒径40mm以上のものを除去したもの（以下、飛灰と称す。）を試料とした。

2-2 埋立模型槽 図1に固化式埋立模型槽及び比較対象として設置した従来型埋立模型槽の断面図を示す。基礎地盤の上に遮水シートを敷設し、その上に保護層を設け、その上に固化式処分を模擬した施工により焼却残渣を充填した。焼却灰と飛灰を3:1で混合したものにセメント（以上の3つを粉体と称す。）と水を添加して混練し、槽内に厚さが約11cmとなるように混練物を敷均し、上から加振板で12秒間高周波振動を与えて締固め、1層（厚さ約10cm）とした。これを繰り返し、層厚が90cmになるまで充填した。セメント粉体比は10%、水粉体比は28%とした。地表には奥行き方向に仕切りを設け、仕切りより左側の表流水は碎石層へ、同右側の表流水は表流水集水管へ流入するように地表に勾配を与えた。遮水シート上の水は浸出水集水管へ流入するようにした。従来型では焼却灰と飛灰を3:1で混合したものを充填密度が実際の従来型処分場において水置換法で実測した単位体積乾燥質量 $1.23\text{g}/\text{cm}^3$ と同じになるように管理しながら、層厚が90cmとなるまで充填した。固化式と同様に焼却残渣層上面に仕切り及び傾斜を設けた。焼却残渣の飛散防止のために従来型では厚さ5cmの覆土（碎石）を設置した。模型槽横に気象観測機を設置した。両模型槽の設置は平成29年7月31日に着工し、同7月31日に竣工し、同7月31日に両模型槽の覆いを外し、実験を開始した。

2-3 表流水及び浸出水の水質 表流水集水管及び浸出水集水管から流出した水をそれぞれ表流水及び浸出水とし、両模型槽の表流水及び浸出水の水質分析を行った。

2-4 固化地盤の一軸圧縮強度 固化地盤のボーリング（直径50mm、掘進長750mm、送水式）を行い、その数日後にボーリングコアの一軸圧縮試験を行った。試験は材齢28日と96日の2回実施した。

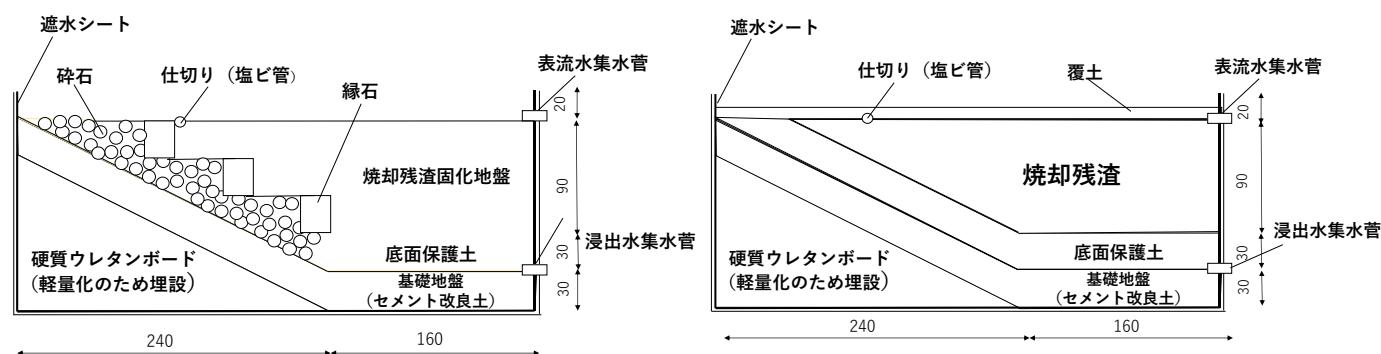


図1 固化式（左）及び従来型（右）埋立模型槽の断面図（単位：mm）

3. 結果及び考察

3-1 固化式埋立模型槽における水収支 図2に気温、積算降水量、固化式における積算表流量及び同積算浸出水量の経時変化を、表1に固化式及び従来型の119日間における降水量に対する表流量、浸出水量及び蒸発量の百分率を示す。表流水と浸出水の百分率の合計は従来型で56%であったのに対し、固化式で86%であった。固化式では地盤が実質不透水(飽和透水係数 $<1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$)²⁾であるため、雨水の多くは浸透せず、表面流出したと考えられた。ひと雨ごとの浸出係数(=(表流量+浸出水量)/降水量)と降水量の関係を図3に示す。降水量20mm以下では浸出係数が低い点が見られたが、同20mm以上における浸出係数は降水量による増減傾向を示さず、固化式で0.42~0.91、従来型で0.36~0.84を示した。

3-2 表流水及び浸出水の水質 図4に両模型槽の表流水及び浸出水のpH及び降水量の経時変化を示す。図中の破線は管理型処分場の廃止基準値(8.6)を表す。実験初期では何れの水も基準を満足していたが、従来型の浸出水(降水量比55%)のpHは53日目に基準値を超過し、その後も基準値を超過し続ける傾向を示した。一方、固化式の表流水(同45%)のpHは基準値を超過した88日目の1点を除けば7.6前後であった。固化式の浸出水(同36%)のpHは従来型の浸出水よりも低い値を示すものの、緩やかな上昇傾向を示し、90日目以降で基準値を超過する傾向を示した。今後、固化式の浸出水のpHの変動に注視していく必要がある。

3-3 固化地盤の一軸圧縮強度 図5にボーリングコアの一軸圧縮強度を示す。材齢28日で4.2N/mm²、材齢96日で4.0N/mm²であった。材齢による違いは見られなかった。両材齢とも本研究における目標強度5N/mm²を下回った。固化式埋立模型槽に充填した混練物と同じもので作製した供試体の材齢28及び98日の強度がそれぞれ5.2及び7.0N/mm²であったことを踏まえると、ボーリング時に受けたコア側面の損傷の影響が一因として考えられる。

4. まとめ

①固化式の浸出係数は0.8程度であること、②固化式の表流水及び浸出水のpHは従来型の浸出水よりも低い値を示す傾向があるものの、固化式の浸出水のpHは廃止基準値を超過する方向に上昇傾向にあること、③固化地盤のボーリングコアの強度は4N/mm²程度であったが、コアの強度は実地盤よりも低く出る可能性があることが示された。今後とも固化式の環境安全性及び耐久性の実証を目的に埋立模型槽実験を継続していく。

謝辞: 本研究は平成29年度環境研究総合推進費補助金(3J173001)の助成を受けて実施された。記して謝意を表す。

[参考文献] 1) 環境省: 平成27年度一般廃棄物処理実態調査結果, 2017. 2) 島岡隆行: 焼却残渣を埋め立てる固化式処分システムの開発について, 都市清掃, 第69巻, 第333号, pp. 419-425, 2016. 3) (株)安藤・間: 超流体力工法, <http://www.ad-hzm.co.jp/service/ashcrete/tech/>.

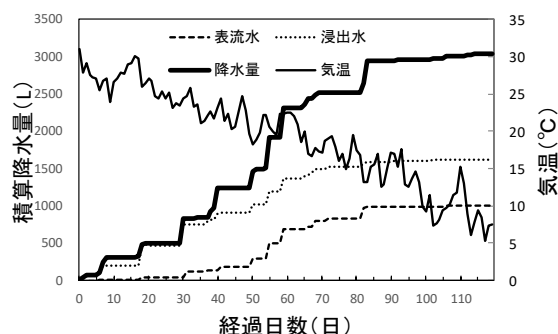


図2 気温及び固化式における積算水量

表1 表流水及び浸出水発生割合

	表流水(%)	浸出水(%)	蒸発(%)
固化式	33	53.4	13.6
従来型	1.6	54.7	43.7

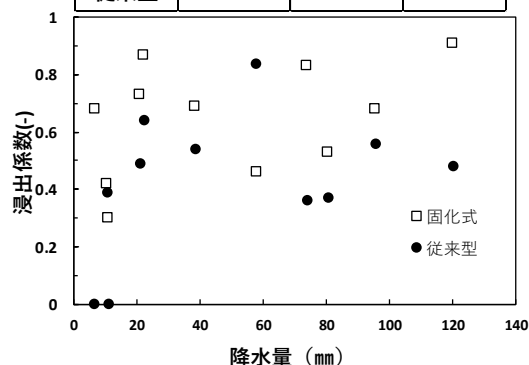


図3 ひと雨ごとの浸出係数と降水量の関係

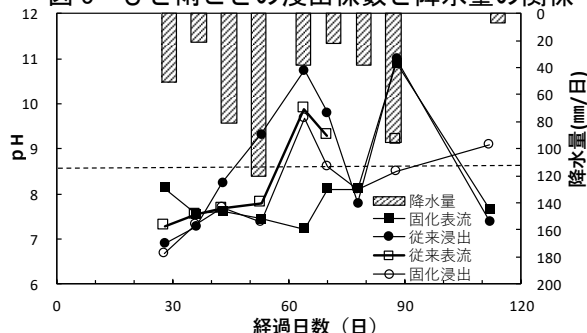


図4 表流水及び浸出水のpHの変動

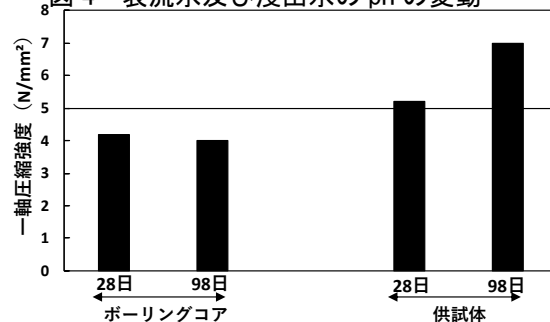


図5 一軸圧縮試験結果