

一般廃棄物焼却残渣固化式処分場における水収支、表流水水質および発生ガスに関する研究

九州大学 学生会員 ○中村 和喜, 正会員 小宮 哲平, 正会員 梶野 友貴, フェロー会員 島岡 隆行
安藤ハザマ 正会員 弘末 文紀, 正会員 三反畑 勇, 正会員 秋田 宏行, 正会員 中島 貴弘, 正会員 青木 貴尚

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、石炭灰の固化技術³⁾を応用し焼却残渣にセメント等を添加して混練し、埋立地に混練物を敷均し、高周波振動を与えて締固め、固化地盤を形成しながら埋立処分を行なうものである。本研究では、固化式処分場の水収支及び環境安全性の評価を目的に、実処分場にて実証施工を行ない建設した模擬固化式処分場を対象に、水収支、表流水の水質及び発生ガスの経時変化を把握した。

2. 方法

2-1 模擬固化式処分場 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トロンメルバケットを用いて粒径 40 mm 以上の粗雑物を除去したもの（以下、焼却灰）、及び同工場から排出されたキレート処理済み飛灰（以下、飛灰）を試料とした。表 1 に焼却灰、飛灰、高炉セメント B 種、水の配合を示す。焼却灰と飛灰の比率は乾燥質量比 3 : 1（清掃工場での発生比率を想定）、セメント添加量は焼却灰および飛灰の乾燥質量の 10%、水の添加量は混練物の含水比が振動締固め曲線における最適含水比（24%）+ 1~2%となるように設定した。飛灰の含水率や混練物の振動締固め状況に応じて 4 ケースの配合を採用した。混練では 0.5m³強制二軸ミキサ（光洋機械産業㈱）を用いた。回転数 28 rpm で 30 秒間空練りを行い、水を加えた後で 150 秒の本練りを行った。混練物を仕切板（H 鋼）によって仕切られた区画に敷均し、上から加振板で高周波振動（120Hz）を与えて締固めた。1 層の厚さを約 20 cm とし、計 5 層の固化地盤を形成した。また表層部は風化による固化地盤の劣化を防ぐために、厚さ約 20cm の真砂土による覆土をした。図 1 に模擬固化式処分場の構造を示す。表流水、浸出水それぞれの集排水管、固化体からのガス発生を確認するためのガスモニタリング管を設置した。

2-2 水収支及び水質分析 固化地盤上を流れ、表流水集水管へ流出したものを表流水、固化地盤へ浸透し最下層まで達し、浸出水集水管へ流出したものを浸出水とした。それぞれの貯水タンクに水位計（Onset 社 水中水位/温度計測データロガー）を設置し、それぞれのタンクの水位から各水量を算出した。また、モニタリング開始から 171 日目までは各貯水タンクに溜まっていた水、172 日目以降は各集水管の末端に小型容器を取り付けひと雨ごとに発生した水を回収し、pH メーター（HORIBA F-23）と EC メーター（F-74BW, HORIBA）を用いて pH 及び EC、ICP 発光分光分析装置（ICP-OES 720, Agilent technology）を用いて重金属濃度を測定した。

2-3 ガスモニタリング ガスモニタリング管内を空気中で置換した上で、ガス採取用装置を取り付けて孔内を密閉状態にし、経過 335 日からのガスモニタリング管内のガス組成の経時変化を測定した。管内は固化地盤 2~4 層目から発生するガスを捕集可能である。ガス採取時には小型プロペラを用いて攪拌して孔内のガスの均質化を図った。ガス採取地点は管の中心、管の上端からの深さ 52.6cm とした。

3. 結果及び結果

3-1 水収支 図 2 にモニタリング開始から 360 日までの表流水と浸出水量の水量及び表流水の雨水回収率の変化を示す。360 日経過時点では、累計降雨量に対する累計表流水の発生率は 27.5%、累計浸出水量の発生率は

表 1 配合条件(湿潤質量)

配合ケース	焼却灰 [kg]	飛灰 [kg]	セメント [kg]	水 [kg]	混練物の含水比 [%]
1	418 (含水比 24%)	137 (含水比 21.6%)	50	20.0	25.0
2		134 (含水比 19.4%)		25.0	26.0
3				22.0	25.0
4		27.0		26.0	

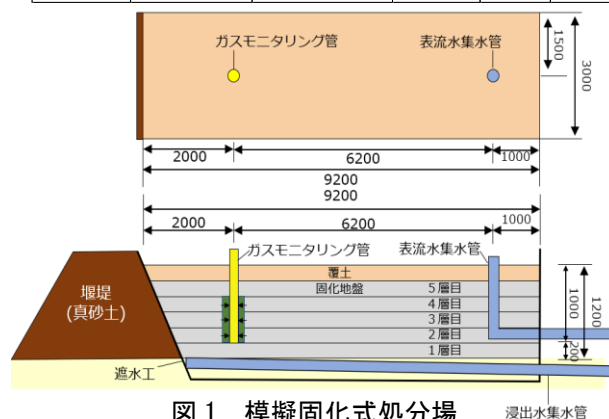


図 1 模擬固化式処分場
(上：平面図、下：断面図)

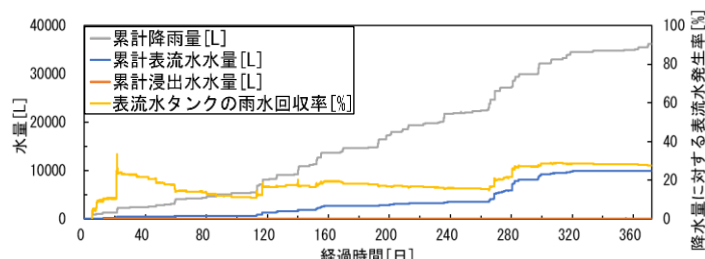


図 2 表流水と浸出水量の水量及び表流水雨水回収率の変

0.10%であった。なお、浸出水の発生は固化体と遮水シートの境界面境からの侵入が原因として考えられる。また、雨水のうち約7割が覆土に保水され蒸発していることが明らかになった。

3-2 表流水の水質 図3に表流水の

pH及びECの測定結果を示す。表流水水質に関して、pHは22日目の1点を除き、排水基準値を満たす結果となった。ECについては、既往研究の固化地盤に対して発生する表流水のEC⁴⁾と比較しても高い値を示した。イオンクロマトグラフィーの結果、ECが40mS/cmを超える表流水は塩化物イオン、ナトリウムイオンを多く含んでいることが明らかになっており、これらが原因と考えられる。図4に排水基準が定められている7種類の重金属濃度を示す。図中の破線は排水基準値を示す。いずれの重金属においても排水基準値を大きく下回っていることが確認された。

3-3 発生ガス 図5に335日目から30日間実施した密閉したガスモニタリング管内のガス濃度の測定結果を示す。

30日間で窒素と酸素の濃度はそれぞれ76.4、20.4%に減少し、水素の濃度は0.95%に増加した。二酸化炭素とメタンは定量下限値(0.1%)以下であった。水素濃度は15日目以降0.95%でほぼ一定値を示した。これは固化体内部の水素ガス濃度が0.95%であることを指すと考えられる。固化体内部に水素ガスが存在していること、しかしその濃度は施工後約1年経過した時点では水素の爆発下限界(4%)を大きく下回っていることが確認された。なお、ガスモニタリング管の上端を大気に開放すると、約5日間で管内のガス濃度は空気的气体組成に戻った。水素ガスは非常に軽いため、発生しても速やかに大気に散逸したものと考えられる。

4. まとめ

模擬固化式処分場のモニタリングで得られた知見を以下に示す。

- 1) 浸出水はほとんど発生しなかった。固化地盤上に厚さ20cmの覆土を施工した場合、表流水の発生量は降水量の2~3割程度であった。
- 2) 表流水のpHは43日間程度で廃止基準を満たした。表流水の重金属濃度は常時排水基準値を大きく下回るものであった。表流水のECは7.4~56.7mS/cmと高い値を示し、特に塩化物イオン、ナトリウムイオンの濃度が高かった。
- 3) 温室効果ガスである二酸化炭素や可燃性ガスでもあるメタンは発生しないと考えられた。可燃性ガスである水素の発生は認められるものの、施工後約1年経過した固化体においては、内部の水素濃度は1%程度であり、爆発下限界を大きく下回ると考えられた。

今後の課題として表流水の雨水に対する発生割合が27.5%と低く、約7割が蒸発していることを確認するための覆土中の雨水の蒸発機構を確認する必要だと考えられる。

謝辞：本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20203J01)により実施した。記して謝意を表す。

【参考文献】1)環境省:令和1年度一般廃棄物処理実態調査結果, https://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/r1/index.html (参照2022-12-26) 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)安藤ハザマ:アッシュクリート技術の開発と展開, 安藤ハザマ研究年報, Vol.4, 2016 4)猿渡武:一般廃棄物焼却残渣固化式処分場の水収支及び環境安全性評価のための長期実証研究, 九州大学修士論文, p.52, 2020.

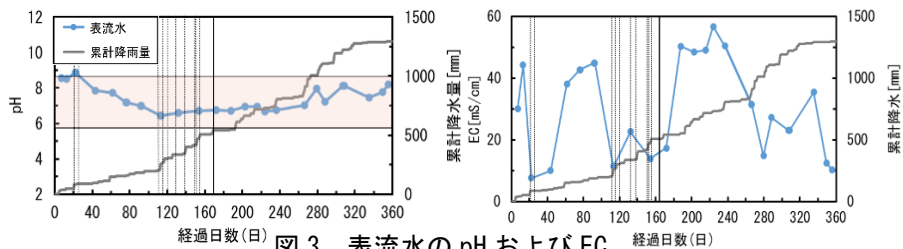


図3 表流水のpHおよびEC
(縦方向の実線は採水方法変更時点、破線はタンク内のポンプ稼働時点)

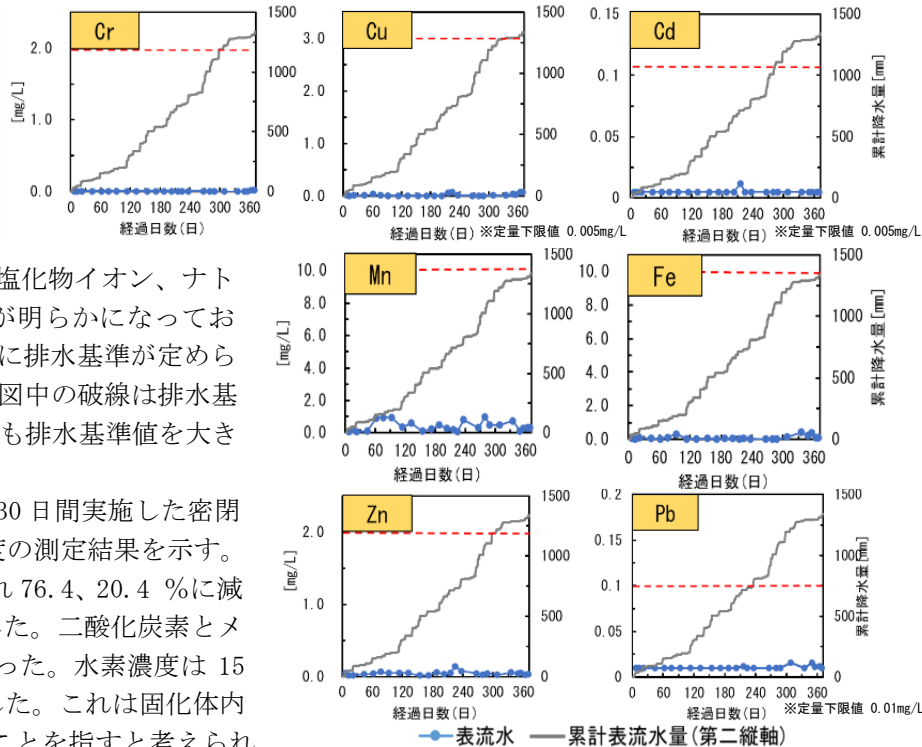


図4 表流水の重金属濃度

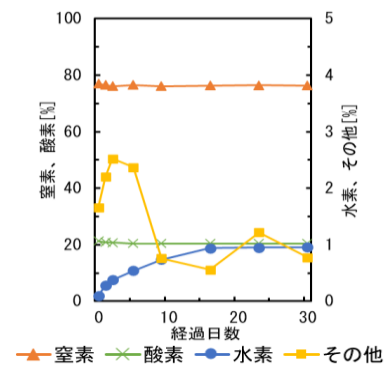


図5 ガス濃度の時間変化