

炭酸水浸漬によるカルシウム・スケール事前生成と それによる溶出抑制効果に関する実験的考察

早稲田大学 学生会員 ○江原 佳奈, 正会員 小峯 秀雄
早稲田大学 (現・東京地下鉄株式会社) 学生会員 高橋 浩市朗
(株)ミダック 鈴木 清彦, 杉本 和聡, 國弘 彩

1. はじめに

廃棄物の最終処分場では、廃棄物から溶出するカルシウムが浸出水処理施設においてカルシウム・スケールとなり、施設運営や維持管理において問題となる場合がある。そこで、土の物質吸着機能¹⁾に着目して、廃棄物から溶出するカルシウムを中間覆土で吸着する方法を考案し、元来廃棄物として処分されていた煤塵 A を中間覆土として用いるために、そのカルシウム吸着機能を確認した²⁾。上記の対策方法に加えて、本研究では、カルシウムが溶出する廃棄物自体にカルシウム・スケールを吸着・固定化させる方法を考案した。本実験には、第 4 著者が所有する廃棄物の中でカルシウム溶出量が多い、煤塵 B、煤塵 C および流動砂 D を使用し、それらを炭酸水に事前に浸漬させることにより廃棄物へのカルシウム・スケールの固定化を試みた。

2. 廃棄物の基本的な性質

表 1 に使用した試料の基本的な性質を示す。本研究では、カルシウム吸着機能を持つ覆土材として大量に確保できる煤塵 A、B、C および流動砂 D を選定しており、本研究ではその中でカルシウム溶出量が多い煤塵 B、煤塵 C および流動砂 D を用いて、溶出するカルシウムの固定化を行った。煤塵 B はバイオマスボイラー煤塵 (燃料: 木質チップ, RPF, 廃タイヤ), 煤塵 C はペーパーラジボイラー煤塵 (助燃材: 木質チップ, RPF), 流動砂 D はペーパーラジボイラー流動砂 (助燃材: 木質チップ, RPF) である。カルシウム含有量は、試料を加圧成型し、蛍光 X 線分析により測定した。また、カルシウム溶出量は試料を液個比 10 (試料 10 g, 蒸留水 100 g) で、毎分 200 回で 6 時間振とうした後、遠心分離 20 分後の上澄み液を 0.45 μm メンブレンフィルターでろ過し、得られたろ液を ICP-OES (アジレント・テクノロジー社製 Agilent5100) を使用して測定した。一方、図 1 は各試料の粒径加積曲線である。流動砂 D は煤塵 B、C に比べて大きい粒径で構成されている。

表 1 試料の基本的性質

	煤塵B	煤塵C	流動砂D
含水比 %	4.72	0	0
土粒子の密度 g/cm ³	2.83	2.68	2.67
カルシウム含有量 mass%	9.39	18.2	9.97
カルシウム溶出量 mg/L	575	274	194

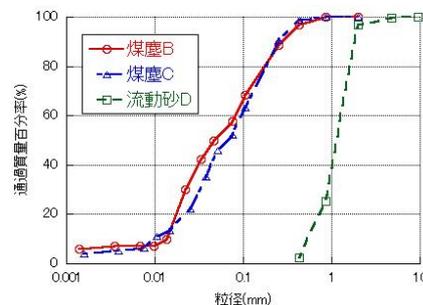


図 1 各試料の粒径加積曲線

3. 炭酸水浸漬実験の概要

炭酸水は市販の炭酸水メーカー (ソーダストリーム Genesis Deluxe v2) を用いて作製した。炭酸水浸漬実験は、試料を炭酸水に浸漬させた後、浸漬後の試料をろ過し、残渣を 110 度で 24 時間以上炉乾燥させて、炉乾燥試料を、第 2 章に示したカルシウム溶出量測定時と同様の処理を行うことでカルシウム溶出量を測定した。

表 2 に実験条件を示す。実験 1 では、炭酸水への浸漬時間の差異が試料のカルシウム溶出濃度に及ぼす影響を調査した。実験条件は液固比 10 で 10 分、60 分および 180 分と炭酸水に各試料を浸漬させて、その後カルシウム溶出濃度を測定した。一方、実験 2 では液固比の差異がカルシウム溶出濃度に及ぼす影響を調査した。炭酸水量を増加させることで液固比を 10, 50 および 100 と変化させて 10 分間炭酸水に浸漬させた後、カルシウム溶出濃度を測定した。また、実験 3 ではカルシウム・スケールの生成を促進させるために炭酸水の pH 調整を行い、液固比 10, 浸漬時間

表 2 実験条件

	液固比 (炭酸水 : 試料)	浸漬時間 (分)
実験1	10 (200 mL:20 g)	10
		60
		180
実験2	10 (200 mL:20 g)	10
	50 (1000 mL:20 g)	
	100 (2000 mL:20 g)	
実験3	10 (200 mL:20 g) ※pH13炭酸水使用	10

キーワード 廃棄物処分場, カルシウム・スケール, 炭酸水浸漬, 事前処理, 溶出抑制

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58 号館 203 号室 TEL:03-5286-2940

10分で実験1, 2と同様の実験を行った。

各実験後には、炭酸塩含有量試験³⁾を行い、生成した炭酸塩量を測定することで廃棄物へのカルシウムの吸着・固定化の確認を行った。

4. 浸漬時間と液固比がカルシウム溶出濃度に与える影響

実験1, 2の結果をそれぞれ図2, 図3に示す。図2より、全ての試料において、浸漬時間に関わらず、カルシウム溶出濃度は同程度を示した。また、図3より、煤塵Cと流動砂Dは液固比によらず、カルシウム溶出濃度は同程度を示している。一方、煤塵Bは、液固比50と100におけるカルシウム溶出濃度が液固比10に比べておよそ1/2に低減し、液固比がカルシウム溶出濃度に影響を及ぼしたと考えられる。また、図2と図3より、流動砂Dは浸漬時間や液固比に関わらず、炭酸水への浸漬によってカルシウム溶出濃度が低減したと考えられる。

5. pH=13の炭酸水に浸漬した場合のカルシウム溶出濃度変化

実験1の煤塵Bと煤塵C、実験2の煤塵Bの一部と煤塵Cは炭酸水によるカルシウム溶出濃度の低減が確認されなかったため、炭酸水をpH=13に調整し、液個比10、浸漬時間10分で同様に実験を行った。これは、pHをアルカリ側に調整し、試料中の炭酸イオンを増加させることにより、カルシウム・スケールの生成が促進されると考えたためである。なお、pHの調整には、水酸化ナトリウムを使用した。

図4に実験3の結果を示す。図4より、pH=13炭酸水に浸漬させることにより、全ての試料のカルシウム溶出濃度が低減した。しかし、pH=13蒸留水に浸漬させた場合でもカルシウム溶出濃度が低減したことから、pH調整だけでもカルシウムの溶出抑制効果を得られると考えられる。

6. カルシウム溶出量が低減した試料における生成炭酸塩の有無

カルシウム溶出濃度の低減が生じた実験2の流動砂D(液固比10)と煤塵B(液固比50)、実験3のpH=13炭酸水に浸漬させた煤塵B、煤塵Cおよび流動砂Dに対して炭酸塩の生成量を測定した。図5は各試料の生成炭酸塩量である。

図5より上記の全ての試料に対して炭酸塩の生成が確認された。pH=13炭酸水浸漬時の方がpH調整をしていない炭酸水浸漬時に比べて、生成された炭酸塩量が多いことから、pH=13炭酸水により炭酸塩の生成が促進されたことがわかる。さらに5章で述べたように、pH=13炭酸水浸漬時にカルシウム溶出量が低減したことをふまえると、pH=13炭酸水浸漬によって各試料へのカルシウム・スケールの吸着・固定化は促進されたと考えられる。

7. 結論

(1) 流動砂Dは、液固比や浸漬時間に関わらず、炭酸水浸漬だけでカルシウム溶出濃度が低減した。また、煤塵Bは液固比50以上でカルシウム溶出濃度の低減が生じ、煤塵Cは炭酸水による影響を受けなかった。(2)pH=13炭酸水を使用すると、全試料のカルシウム溶出濃度が低減し、生成した炭酸塩量も多かったことから、pH=13炭酸水により炭酸塩の生成が促進されて、カルシウムの吸着・固定化が促進したと考えられる。(3)pH=13蒸留水でもカルシウム溶出量が大幅に低減したことから、今回使用した試料については、pH=13蒸留水によるカルシウムの吸着・固定化も可能である。

参考文献 1) 和田信一郎: 土壌学(2.03版), 「8. 土の物質吸着機能」, pp115-138, (2018.3.30閲覧). 2) 小峯秀雄, 高橋浩市朗, 鈴木清彦, 杉本和聡, 國弘彰: 一般・産業廃棄物処分場におけるカルシウム・スケール生成抑制のための中間覆土の可能性調査, 土木学会全国大会第73回年次学術講演会(北海道), 2018(投稿中) 3) 福江正治, 加藤義久, 中村隆昭, 森山登: 土の炭酸塩含有量の測定方法と結果の解釈(粘土の物理・化学), 土と基礎, Vol. 49, No. 2, pp9-12, 2001.

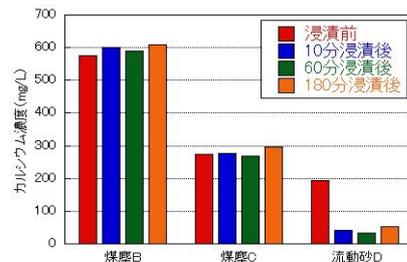


図2 炭酸水浸漬時間とカルシウム溶出濃度の関係

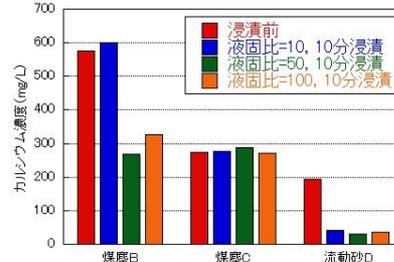


図3 炭酸水浸漬時の液固比とカルシウム溶出濃度の関係

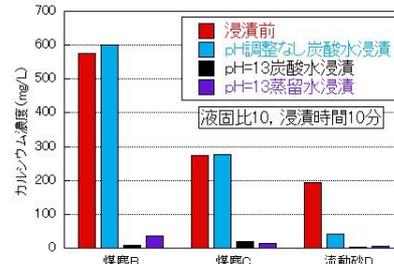


図4 pH=13炭酸水浸漬時のカルシウム溶出濃度の変化

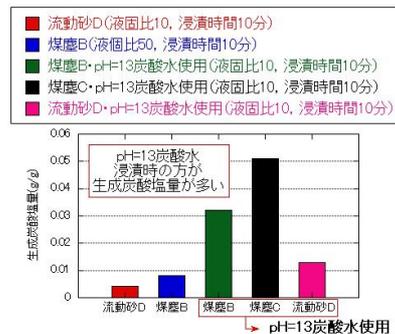


図5 炭酸塩含有量試験の結果