

一般廃棄物からのカルシウム溶出を抑制する技術の検討

鹿島建設（株） 正会員 ○篠原智志
鹿島建設（株） 正会員 田中真弓

1. はじめに

我が国の最終処分場で埋立処分される一般廃棄物の内、焼却残渣（焼却主灰や焼却飛灰が主体）の比率は大きく、特に近年では平成 19 年度で全体のおよそ 60%，平成 28 年度で全体のおよそ 70%と顕著である。焼却残渣の増加により、最終処分場では浸出水中のカルシウムイオンや塩化物イオンの高濃度化が起こり、特にカルシウムによるスケールトラブルが増加してきている。カルシウム由来のスケールが処分場の集排水管などに析出することで、排水能力が低下し、埋立層内に水が溜まることで準好気性状態の維持が困難になり、結果として廃棄物の安定化が遅れる事態へとつながる。

こうした事態を未然に防ぐために、筆者らは集排水管へのカルシウム由来のスケール生成防止を目的として、廃棄物そのものにカルシウムを固定化する技術の検討を行っている。

本検討では、二酸化炭素養生やリン酸イオンによるカルシウム固定化効果の実現性の検討結果を報告する。

2. 使用した試料

試料には 2 種類の一般廃棄物（焼却主灰（以下、主灰）、焼却飛灰（以下、飛灰））を用いた。写真-1 に試料の様子を示す。本検討では、主灰は目開き 9.5 mm の篩を通過したものを、飛灰は有姿のものを使用した。表-1 にそれぞれの試料の初期含水比及び粒子密度を示す。

3. 前処理や添加溶液がカルシウム溶出濃度に与える影響

3.1 試験方法 廃棄物中へのカルシウム固定化の実現性を確認する試験として、バッチ溶出試験を実施した。試験ケースとしては CASE1, CASE2 では蒸留水を用い、CASE3 はリン酸イオン溶液を用いた（表-2）。リン酸イオン濃度は CASE1 で得られたカルシウム溶出濃度を超える濃度に設定した。また、CASE2 は事前に恒温槽（温度：20℃、湿度：60%、CO₂ 濃度：5%）に 1 日間静置養生した。各 CASE で、液固比 10

で 6 時間振とう後、0.45 μm のフィルターでろ過して得られた検液を分析した（分析項目：pH, Ca²⁺, PO₄³⁻）。

3.2 試験結果 試験結果を図-1 に示す。主灰のカルシウム濃度は CASE1 でおよそ 300 mg/L であったが、炭酸養生(CASE2)することにより、170 mg/L 程度にまで減少し、pH は CASE1 の 11.8 から 8.3 にまで低減する結果となった。また、飛灰のカルシウム濃度は CASE1 の 8000 mg/L 程度から、CASE2 で 5000 mg/L 程度、CASE3 で 1100 mg/L 程度にまで低減し、pH については CASE1：12.2、CASE2：9.9、CASE3：11.8 となった。また、

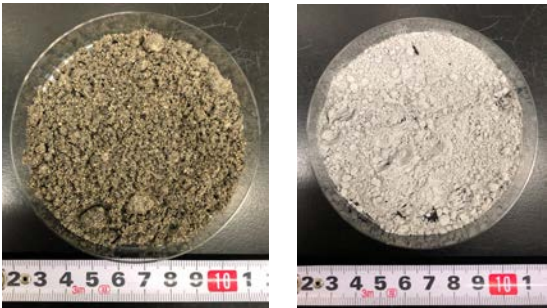


写真-1 試料の様子(左:主灰, 右:飛灰)

表-1 試料の物性値

項目	単位	主灰	飛灰
初期含水比	%	34.0	0
粒子密度	g/cm ³	2.466	2.773

表-2 バッチ溶出試験ケース

項目	CASE1	CASE2	CASE3
試料	主灰 飛灰	主灰 飛灰	飛灰
溶液	蒸留水	蒸留水	PO ₄ ³⁻ 溶液(※)
備考	-	一日炭 酸養生	PO ₄ ³⁻ 初期濃度 10000 mg/L

※リン酸水素二ナトリウム十水和物を使用

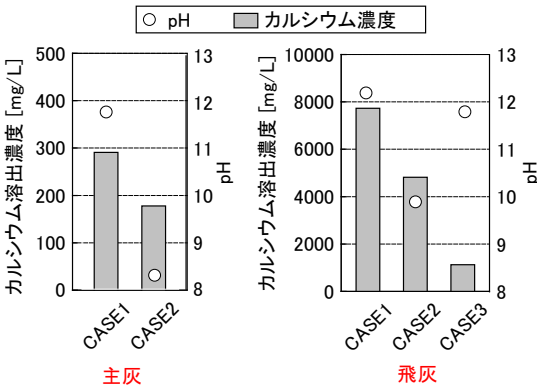


図-1 バッチ溶出試験結果

キーワード 最終処分場、カルシウム、炭酸養生、リン酸イオン、溶出試験

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設（株）技術研究所 TEL 042-489-6662

CASE3 の試験後の検液からはリン酸イオンは検出されなかった。炭酸養生をした CASE2 では pH やカルシウム溶出濃度が低下したことから、試料中のカルシウムが難溶性の炭酸カルシウムとなったことが推察される。また、飛灰の CASE3 ではカルシウム溶出濃度が低下していることや、試験後の検液からリン酸イオンが検出されなかったことから、リン酸イオンはカルシウム化合物として固相中に分配されていると考えられる。

4. リン酸イオン溶液を散水利用した場合のカルシウム溶出挙動

4.1 試験方法 バッチ溶出試験で確認したカルシウム固定化効果を、より実現象に近い条件で評価するために、リン酸イオン溶液を用いたカラム試験を行った。本試験ではカルシウム溶出濃度と良好な透水性確保の観点から、主灰：飛灰 = 1 : 3 (重量比) で混合したものを試料とした。供試体は直径 8 cm、高さ 15 cm のアクリル円筒容器に試料を 5 層に分けて投入し、各層で 125 g のランマーを落下高さ 20 cm で 7 回ずつ突固め行うことで作製した。供試体作製後、カラム上部より霧吹きにて 1 回/日、液固比 0.5 となる量を散水し、翌日の散水直前に浸出水を回収し分析に供した。表-3 に試験ケースの条件を、図-2 に試験概要を示す。なお、CASE2 では試験経過に伴い浸出水のカルシウム濃度が低下したため、累積液固比 5 以降は蒸留水の散水とした。

4.2 試験結果 浸出水の pH を図-3 に、カルシウム濃度及び CASE2 のリン酸イオン濃度を図-4 に示す。どちらの CASE も試験初期に pH11 を示し、その後上昇する傾向となっている。特に CASE2 では、累積液固比 2 のあたりから、pH13 を超える結果となった。また、カルシウムの濃度は累積液固比 1 までは両 CASE であまり変わらないが、以降は CASE1 で 1000 mg/L 以上の溶出が続き、CASE2 では 100 mg/L 未満にまで減少し異なる傾向となった。また、CASE2 の実験期間中のリン酸イオン濃度は 10 mg/L 未満であった。以上より、カラム試験でもリン酸イオンの添加によるカルシウム溶出濃度の低下効果を確認できた。CASE2 で散水溶液を蒸留水に変更した後もカルシウム溶出濃度は 10 mg/L 程度を推移していることから、溶出が抑制され廃棄物中に固定化したカルシウムは難溶性塩となっていると推察される。

両 CASE で試験初期(累積液固比 1 まで)のカルシウム溶出濃度に差が生じなかったのは、添加したリン酸イオン濃度が小さかったことが一因として考えられるが、詳細については今後検討する必要がある。

表-3 カラム試験ケースの条件

項目	単位	CASE1	CASE2
乾燥密度	g/cm ³	1.31	1.30
初期含水比	%	25.0	25.0
散水溶液	-	蒸留水	5000 mg/L PO ₄ ³⁻ 溶液(※) 累積液固比 5 以降は蒸留水

※リン酸水素ナトリウム十水和物を使用

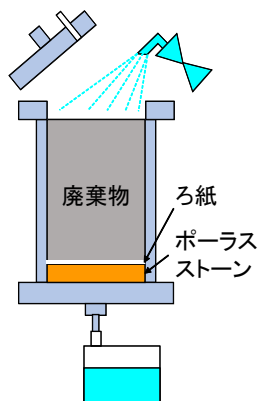


図-2 カラム試験概要

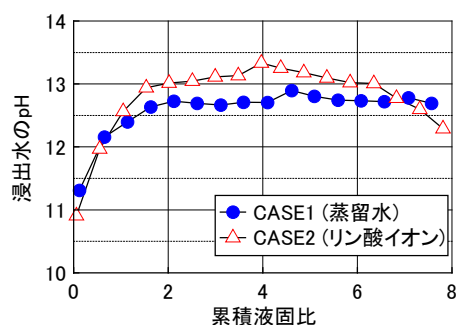


図-3 浸出水の pH

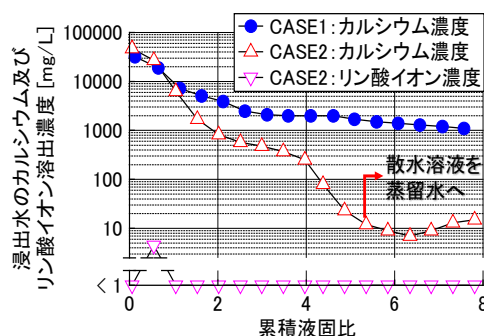


図-4 浸出水の Ca²⁺ 及び PO₄³⁻ 濃度

5. まとめ

最終処分場でのカルシウム由来のスケールトラブル防止を目的として、廃棄物中にカルシウムを固定化する可能性を検討したところ、二酸化炭素やリン酸イオンによって、カルシウム溶出濃度を低減する結果を得た。今後はリン酸イオンの最適添加量の決定方法や、固定化したカルシウムの長期的な安定性などを検討していく。

参考文献

- 1) 環境省：日本の廃棄物処理（平成 28 年度版），2018