

都市ごみ焼却灰の炭酸化処理による浸出水 pH の低減効果

県立広島大学 正会員 ○崎田 省吾

1. 背景および目的

廃棄物最終処分場の廃止基準のうち浸出水水質に関しては、集排水設備により集められた保有水等の水質が、2年以上にわたり排水基準に適合することが求められている。これらの基準の中で、pH や有機物濃度は、廃止基準を満足するのに長期間を要する主要因の1つとなっている。

本研究では、最終処分場の早期廃止を目的として pH を対象とし、高アルカリ性である都市ごみ焼却灰に二酸化炭素を吸収させ（炭酸化処理）、上向流カラム通水試験によって浸出水水質と炭酸化処理の長期的な効果の持続性を検討した。また、埋立前処理として、焼却灰に炭酸化処理を実施した場合における維持管理期間の推定と簡易 LCA 評価を実施し、環境負荷低減の可能性を考察した。

2. 研究方法

(1) カラム試験による浸出水水質の検討

実験には、都市ごみ焼却灰 ($d < 2\text{mm}$) を試料として用いた。炭酸化処理は、初期含水率が 30% となるように純水を加えた後、試料をデシケータに入れ、流量が $300\text{ml-CO}_2/\text{min}$ になるよう流量計で調整しながら、72 時間 CO_2 ガスを通気させることによって行った。なお、本条件は、同様の試料を用いて炭酸含有量¹⁾を測定した予備実験結果から決定した。処理前後の試料の環告 46 号法試験 (JLT46) の結果を表-1 に示す。

カラム試験 (図-1 参照) は、EU 規格である CEN/TS14429 に準拠した²⁾。内径 43mm のアクリルカラムに炭酸化処理、または未処理の試料を高さ 300mm まで充填した (充填密度 $1.5\text{t}/\text{m}^3$)。通水前に、純水でカラム内を飽和させて 3 日間静置後、飽和状態を維持しつつ通水を開始した。通水速度は定量ポンプで $12 \pm 2\text{mL}/\text{h}$ に設定し、上向流で行った。通水溶媒には純水を用いたが、液固比 (以下、L/S) が累積で 20 以降は、pH4 の硝酸に切り替えて L/S 30 まで通水した。浸出水を経時的に採水し、直ちに pH (東亜 DKK, HM-30)、EC (東亜 DKK, CM-30) を測定した。また、 $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルタでろ過し、ろ液を ICP (SII, SPS7800) で分析した。分析項目は K, Na, Ca, Pb, Zn, Cd, T-Cr および Cu とした。また、カラム試験前後における試料の全含有量、炭酸含有量を分析するとともに、Availability 試験、pH 依存性試験を行った。

(2) 閉鎖から廃止までの簡易 LCA 評価

①炭酸化処理せずに埋立、②炭酸化処理後に埋立、の2つのシナリオについてLCCおよびLCCO₂を算出した。人口20万人規模の山間最終処分場 (埋立容量: 約25万m³, 埋立深さ: 20m) で、焼却灰のみを15年間埋立処分した場合を想定し、閉鎖から浸出水pHが廃止基準 (pH5.8-8.6) を満足するまで (維持管理期間) を検討した。考慮した項目は、維持管理作業における電力費、燃料費、薬品費、人件費および施設整備補修費である。維持管理期間は、(1) のカラム通水試験 ($0 < \text{L}/\text{S} \leq 20$) で得られたpH値とL/Sの関係を、指数近似して推定した。計算に必要なパラメータ等は、松藤による北大モデル³⁾を参照した。

表-1 炭酸化処理前後の焼却灰の JLT46 結果

		未処理灰	炭酸化処理灰
pH	—	11.2	8.3
EC	S/m	0.318	0.323
Ca		85.6	53.5
Pb		0.273	0.009
Zn		0.080	0.037
Cd	mg/L	0.078	<0.001
T-Cr		0.195	0.030
Cu		2.44	1.82

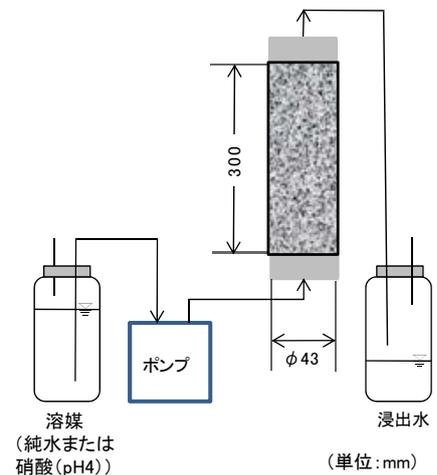


図-1 カラム試験装置図

3. 結果および考察

(1) カラム試験による浸出水水質の検討

浸出水 pH と累積 L/S の関係を図-2 に示す。まず、炭酸化処理灰では、通水開始直後に pH の上昇は認められたものの、その後は徐々に低下し、L/S 8 以降は排水基準を満足していた。通水溶媒を pH4 の硝酸に切り替えた 20<L/S の範囲においても、大きな変化は認められず pH は安定していた。一方、未処理灰については、実験開始後、pH 値は徐々に低下したが、硝酸 (pH4) に切り替えた後は、データのバラつきが大きく不安定になった。

重金属の溶出濃度の一例として、Pb 溶出濃度の変化を図-3 に示す。炭酸化処理灰では、pH と同様、通水直後に排水基準 (0.1mg/L) を上回っていたが、その後は pH4 の硝酸に切り替えた後も、排水基準を満足していた。未処理灰については、初期 L/S で高い溶出濃度となり、その後は徐々に低下したものの、硝酸に切り替えた後は再び濃度の増加が認められた。Pb は両性金属であるため酸性領域では高濃度に溶出するが、炭酸化処理灰ではそのような現象は認められなかった。他の重金属も概ね同様の現象であったことから、量的に多い Ca が CaCO₃ となり、重金属の溶出を物理的に封じ込めた可能性が考えられた⁴⁾。

以上より、炭酸化処理によって、pH の廃止基準に達するまでの期間短縮が可能であることが示された。ただし、純水を通水した 0<L/S≤20 は、例えば埋立容量 20 万 m³ の最終処分場 (2) の設定と同様) では約 33 年分の降水量に相当することから、炭酸化処理の効果に関して、さらに超長期の浸出水水質を検討する必要がある。

(2) 閉鎖から廃止までの簡易 LCA 評価

図-2 の純水を通水した際のデータを指数近似して、廃止基準を下回るまでの累積 L/S を算出し、維持管理年数に換算した結果、未処理時で約 42.4 年、処理時で約 16.6 年と推定された。次に、維持管理期間中の LCC, LCCO₂ をそれぞれ計算したところ、炭酸化処理を行うことで、ともに維持管理期間の短縮分だけ約 6 割削減できることが示された。ただし、本結果は閉鎖から廃止までをシステム範囲としているので、炭酸化処理施設の建設・稼働分は考慮されていない。今後は、システム範囲を焼却処理まで広げて評価する予定である。

4. まとめ

- (1) カラム試験の結果、炭酸化処理焼却灰の浸出水 pH は廃止基準を初期の段階から満たし、pH4 の硝酸に切り替えて通水しても、大きな変化は認められず安定していた。
- (2) 閉鎖から pH が廃止条件を満たすまでを対象として LCA 分析した結果、炭酸化処理灰では、未処理灰と比較して LCC, LCCO₂ がそれぞれ約 6 割削減できると推定された。

参考文献

- 1) 土手 裕, 関戸 知雄, 縄田 大輔: 炭酸化した焼却飛灰および溶融飛灰のセメント固化物からの重金属溶出特性に関する研究, 環境工学研究論文集, Vol.41, pp.479-487, 2004.
- 2) CEN/TS14405: Characterization of waste – Leaching behavior tests – Up-flow percolation test, 2004.
- 3) 松藤 敏彦: 都市ごみ処理システムの分析・計画・評価—マテリアルフロー・LCA 評価プログラム, 技報堂出版, 2005.
- 4) 本幡 照文, 島岡 隆行, 崎田 省吾, 李 政準, 張 瑞娜: 焼却灰有効利用のための炭酸化による重金属の不溶化に関する基礎的研究, 環境工学研究論文集, Vol.41, pp.459-467, 2004.

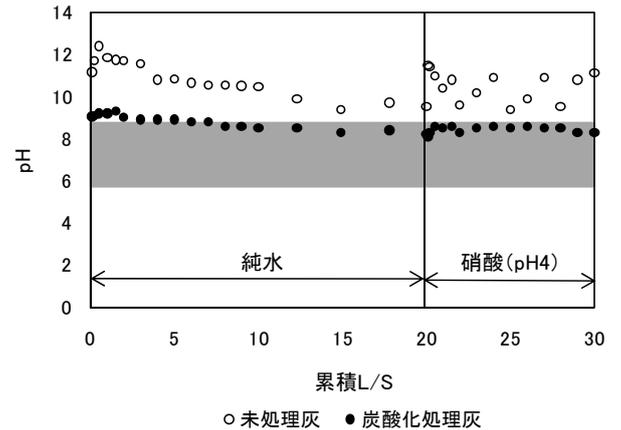


図-2 浸出水 pH と累積 L/S の関係 (灰色部は、pH の排水基準 (pH5.8-8.6) を表す。)

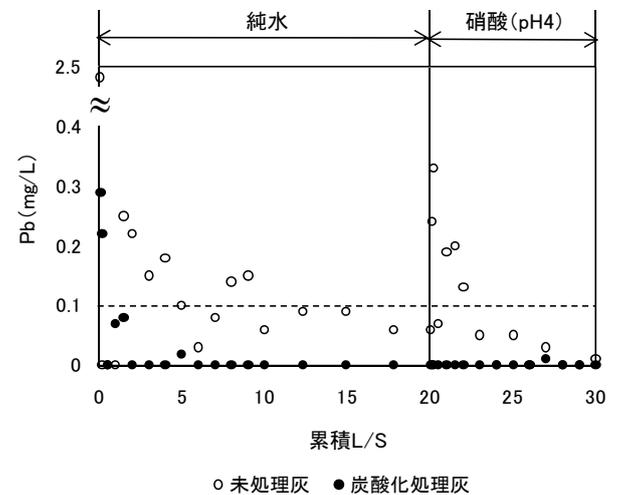


図-3 Pb 溶出濃度と累積 L/S の関係 (破線は、排水基準 (0.1mg/L) を表す。)