

既埋立焼却灰の有機物混合による脱塩促進効果に関する研究

九州大学大学院工学府 学生会員 ○ 森田 飛鳥
九州大学大学院工学研究院 正会員 江藤 次郎 島岡 隆行
太平洋セメント株式会社 大神 剛章 三浦 啓一

1. はじめに

現在、我が国では年間約 730 万トンの焼却残渣が最終処分されている。循環型社会形成の観点から、中間処理後の焼却残渣のセメント原料化が行われているが、逼迫化する最終処分場の減容化の為、既に最終処分場に埋め立てられている焼却残渣（以下、既埋立焼却灰と称する）を積極的に有効利用する必要がある¹⁾。また、大規模な焼却残渣のセメント原料化事業を行うには大量に埋蔵される既埋立焼却灰を利用するべきである。既埋立焼却灰は、長期間、降雨等に晒され風化しており、初期塩素含有量は低く、可溶性成分が洗い出されているが、難溶性の Friedel's salt 等の塩素化合物が高い割合で含有しており、脱塩が難解であるという問題がある。

本研究では、焼却残渣が有機物に富む環境下にあると、微生物の代謝に伴う炭酸ガスや有機酸等の酸類の生成によって、pH の低下が促進されると同時に難溶性塩素が可溶化し、早期に脱塩が進行する現象²⁾に着目し、生ごみコンポストを塩素溶出が抑制されている既埋立焼却灰に混合することにより、早期の脱塩を試みた。

2. 実験概要

2.1 実験方法 試料は、直径 120cm の大型ライシメータを用いた屋外実証試験³⁾で約 2 年間自然降雨下で風化した焼却灰を用い既埋立焼却灰とした。実験では直径 100mm、高さ 500mm のカラムを用い、大型ライシメータの充填試料の表層(0～1m)の焼却灰(No.1)および底層(2～3m)の焼却灰(No.3)、それぞれの焼却灰に生ごみコンポストを 5%の添加率で混合した混合試料(No.2, No.4)約 3,800g を充填高さ 420mm (充填密度:約 1.2g/cm³) になるように充填した。充填試料の採取口を充填試料表面から 100、400mm の 2 深度に設けた。カラム内雰囲気は、現状の埋立地の構造から準好気性状態とした。実験の条件を表 1 に示す。カラムは室内に設置し、1 週間毎に 967ml(120mm/週)をそれぞれのカラムに散水した。散水中の充填試料は、1 週間後、4 週間後、以後、4 週間毎に採取して、全塩素含有量、可溶性塩素含有量の測定、および X 線回折分析装置(XRD)による塩素化合物の同定を行った。浸出水は散水日の翌日に採取し、水量、塩素イオン濃度の測定を行った。

2.2 試料 表 2 に実験試料の化学的性質を示す。試料中の全塩素含有量は、表層試料では 0.55%、底層試料では 0.67%であり、焼却灰と生ごみコンポストの混合試料では、それぞれ 0.62%、0.64%であった。また、難溶性塩素含有量は全塩素含有量から可溶性塩素含有量を引くことにより、計算で求めた。難溶性塩素含有量は、底層の方が表層よりも多く含有しており、XRD 分析の結果、試料中の塩素化合物は、可溶性の NaCl、KCl、難溶性の Friedel's salt(3CaO・Al₂O₃・CaCl₂・10H₂O)が同定された。

表 1 実験条件

カラム	深さ	試料	散水強度 (mm/週)	通水速度 (ml/min)
No.1	表層(0～1m)	既埋立焼却灰	120	6.0 ± 0.5
No.2	表層(0～1m)	既埋立焼却灰 + 生ごみコンポスト		
No.3	底層(2～3m)	既埋立焼却灰		
No.4	底層(2～3m)	既埋立焼却灰 + 生ごみコンポスト		

3. 実験結果と考察

3.1 浸出水の性状変化 図 1 に浸出水の pH の経時変化を示す。既埋立地の表層と底層の焼却灰を比較すると、表層の焼却灰を充填したカラムの浸出水の方が底層の焼却灰を充填したカラムよりも 14 週を通して pH が低い傾向が見られた。これは埋立地において自然降雨により表層では底層よりもアルカリ成分の洗い出しが促進しており、アルカリ分の量に差があったと考えられる。

コンポストの添加の有無で比較すると、コンポストを添加したカラムの pH は、1 週目以降

表 2 試料の化学的性質

充填試料(深さ)	JLT 46				JIS A 1154			含水率 (%)
	pH (-)	EC (ms/cm)	ORP (mV)	Cl ⁻ (mg/L)	全塩素 (%)	可溶性塩素 (%)	難溶性塩素 (%)	
既埋立焼却灰(0～1m)	11.4	1.1	270	83	0.55	0.35	0.21	24.8
既埋立焼却灰(2～3m)	11.5	1.4	230	124	0.67	0.36	0.32	23.4
生ごみコンポスト	8.1	9.0	226	1,381	1.24	1.21	0.03	9.6
既埋立焼却灰(0～1m) + 生ごみコンポスト(添加率 5%)	11.2	1.3	223	114	0.62	0.42	0.21	21.5
既埋立焼却灰(2～3m) + 生ごみコンポスト(添加率 5%)	11.2	1.5	312	159	0.64	0.41	0.23	24.2

JLT 46 : 環境省告示 46 号溶出試験 JIS A 1154 : 硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法

10～11 付近を推移しており、焼却灰のみのカラムよりも常に下回る傾向を示した。コンポストを添加したカラムの方が有機物に富む環境にあったことから、微生物の代謝に伴う炭酸ガスや酸類の発生により pH の低下が起こったと考えられる。

3.2 浸出水の塩素溶出挙動 浸出水中の塩素の溶出挙動を図 2 に示す。散水初期に各カラムでは、塩素濃度に差が見られた。表層よりも底層の焼却灰の方が、浸出水への塩素溶出が大きく、また、生ごみコンポストを混合したカラムの方が焼却灰のみのカラムよりも、高い濃度の塩素の溶出が見られた。

3.3 難溶性塩素化合物の消長 図 3 に X 線回折分析により同定された充填試料中の難溶性塩素化合物である Friedel's salt のメインピークの経時変化を示す。散水を開始して 4 週目までは、No.1、No.2 両カラムにおいて Friedel's salt のピークが確認できる。焼却灰のみのカラムにおいては 15 週目においても Friedel's salt が確認されるのに対し、コンポストを添加したカラムでは Friedel's salt は明確に確認できないが、分解生成物と推察される Calcium Aluminum Hydroxide Chloride Hydrate($\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_6\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)が同定された。XRD 分析ではピーク強度は鉱物の結晶性に大きく影響されるため、15 週目において Friedel's salt の結晶性が著しく低下し、分解が進行したと考えられる。過去の知見^{2) 3)}と同様に、既埋立焼却灰においても、有機物の共存下では、pH の低下に伴って Friedel's salt が可溶化し、浸出水の塩素イオンの溶出が促進された。

3.4 充填試料の塩素含有量 図 4 に大型ライシメータ表層(深さ 25cm)の全塩素含有量の変化及び表層の焼却灰(深さ 0～1m)を混合し、小型カラム試験によってコンポスト添加の有無の場合で散水実験を行った際の深さ 10cm における全塩素含有量の変化を示す。図 4 の横軸は累加散水量を固液比($=\text{L/S}$)で表したものであり、実線は実験値の近似曲線を表す。 $\text{L/S}=2$ における塩素量の増加は、表層の試料の混合によるものである。焼却灰のみでは、塩素含有量が初期の値 0.5%からの含有量の減少が小さいのに対し、コンポストを添加したカラムでは L/S が約 6(15week)で 0.16%まで減少した。つまり、難溶性塩素化合物の生成により、塩素溶出が抑制された既埋立焼却灰に有機物を混合することで、大きく塩素溶出量が増加し、脱塩が促進されることが分かった。

4. まとめ

直径 120cm の大型ライシメータを用いて、約 2 年間自然降雨下で風化した既埋立焼却灰の表層および底層の試料に対して脱塩促進剤として生ごみコンポストを用いた脱塩検証試験を開始した。現在までに 15 週間が経過している。試験開始時において、難溶性塩分の生成によって塩素の溶出が抑制され、0.5～0.7%存在した塩素含有量は有機物を混合することにより 15 週目において深さ 10cm で 0.16%まで減少した。したがって、大量に最終処分場に埋蔵されている既埋立焼却灰に対して、生ごみコンポストを混合して降雨等による散水を行うことにより、大規模な焼却灰のセメント原料化事業が可能であると考えられる。

[参考文献] 1) T.Shimaoka et al.: Innovative dechlorination from municipal solid waste incineration residues, Sardinia 2007 Proceedings, 2007 2) 竹本智典ほか: 焼却灰中の塩素挙動に有機物の及ぼす影響, 環境工学研究論文集, Vol.43, pp.279-288, 2006 3) 成岡朋弘ほか: 有機物の共存下における焼却灰中の塩素の溶出挙動(2), 第 17 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.589-591, 2006

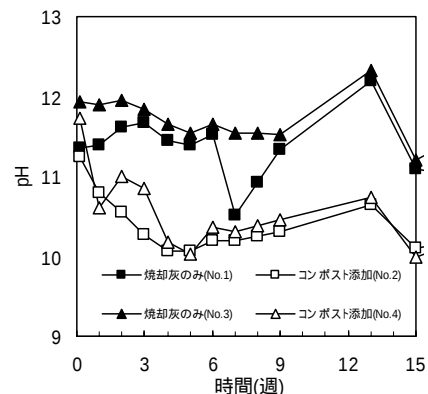


図 1 浸出水の pH の経時変化

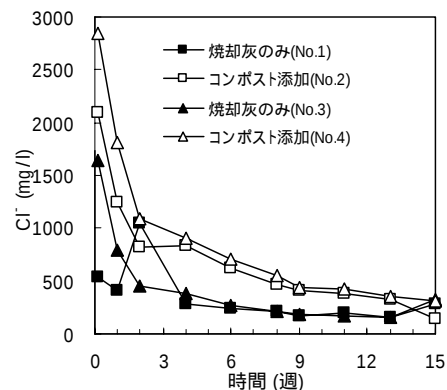


図 2 浸出水の塩素濃度の経時変化

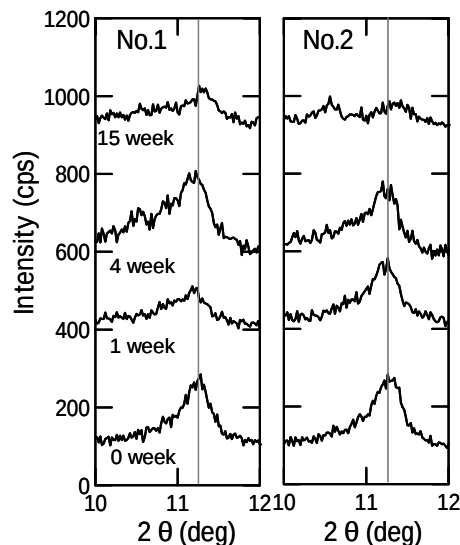


図 3 Friedel's salt の消長 (深さ 10cm)

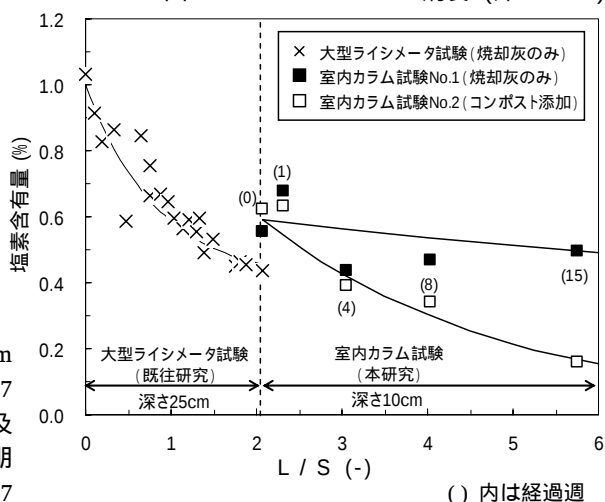


図 4 散水量に伴う充填試料塩素含有量の変化