

コンポストを用いた都市ごみ焼却飛灰および焼却灰混合試料の脱塩

九州大学工学部

学生会員 ○森田飛鳥

九州大学大学院工学研究院 成岡朋弘 正会員 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、逼迫している処分場の延命化を図るために、都市ごみ焼却残渣の資源化が望まれている。有効な方法の一つにセメント原料化があるが、焼却残渣中にはセメント原料化の際の阻害物質となる塩素（焼却灰：1～2%、飛灰：10～30%）が高濃度で含有しており、セメントの JIS 規格である塩素含有量 0.035%未満の達成のため、塩素を低減させる必要がある。塩素を低減させる方法として強制水洗技術が存在するが、処理コストが高く、さらに難溶性塩素化合物を除去できない問題がある。しかし、これまでの研究^{1), 2)}により、焼却灰については有機物（特に生ごみコンポスト）を混合し、自然降雨および散水を行うことにより、有機物の分解に伴って pH の低下が促進され、難溶性塩素化合物が分解することが明らかになってきた。これによって、低コストで効率的に塩素を低減させることが可能であるため、既存の処分場を有効利用した実用化³⁾が期待されるが、飛灰を含めた焼却残渣の脱塩効果については議論されていなかった。

そこで、本研究では都市ごみ焼却飛灰と焼却灰を混合した焼却残渣について、脱塩促進剤として生ごみコンポストを用いた脱塩効果を検証した。

2. 実験概要

2.1. 実験方法 実験では、直径 100mm、高さ 1,000mm のカラムを用い、都市ごみ焼却灰と飛灰を 3:1（湿潤重量比）で混合した試料（No.1, No.3）および焼却灰と飛灰の混合物（3:1）に生ごみコンポストを 9:1（湿潤重量比）で混合した試料（No.2, No.4）のそれぞれ約 7,500g を充填高さ 800mm（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、300、500 および 700mm の 4 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。試験条件を表 1 に示す。カラムは室内に設置し、1 週間毎に 946ml（No.1, No.2）、2,838ml（No.3, No.4）の蒸留水をそれぞれ散水した。散水強度はそれぞれ 120mm/週および 360mm/週である。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 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. 実験試料 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、焼却灰が 0.92%、飛灰が 26.35%であり、焼却灰と飛灰の混合試料では 6.94%、焼却灰、飛灰、生ごみコンポストの混合試料では 5.90%であった。また、可溶性塩素含有量は、焼却灰と飛灰の混合試料では 5.98%、焼却灰、飛灰、生ごみコンポストの混合試料では 4.93%であった。試料中の塩素化合物は、焼却灰では難溶性塩素化合物であるフリーデル氏塩（ $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）、飛灰では可溶性塩素化合物である KCl、NaCl および難溶性塩素化合物である $\text{CaCl}(\text{OH})$ が同定された。

3. 実験結果と考察

3.1. 塩素含有量の変化 充填試料中の全塩素含有量の経時変化を図 1 に示す。散水強度の違いから全塩素含有量の変化をみると、焼却残渣のみを充填したカラムについて、試験開始から第 1 週目では全塩素含有量に大きな差はみられなかったが、第 4 週目以降、散水強度 360mm/週の No.3 の方が散水強度 120mm/週の No.1 よりも大きく減少した。また、第 8 週目においても同様の傾向がみられた。

次に、焼却残渣に脱塩促進剤として生ごみコンポストを混合したカラムにおいても、第 4 週目以降、散水強度 360mm/週の No.4 の方が散水強

表 1 実験条件

カラム	充填試料	散水強度 (mm/week)
No.1	焼却灰+飛灰 (= 焼却残渣)	120
No.2	焼却灰+飛灰+生ごみコンポスト	120
No.3	焼却灰+飛灰	360
No.4	焼却灰+飛灰+生ごみコンポスト	360

表 2 実験試料の化学的性質

充填試料	JIS A 1154			JLT 46		含水率 (%)	強熱減量 (%)
	全塩素 (%)	可溶性塩素 (%)	難溶性塩素 (%)	pH (-)	Cl ⁻ (mg/L)		
焼却灰	0.92	0.65	0.27	11.6	400	24.7	3.2
飛灰	26.35	20.70	5.65	12.2	21700	0.7	1.7
生ごみコンポスト	1.30	1.29	0.01	8.2	1200	19.1	19.2
焼却灰 + 飛灰	6.94	5.98	0.96	12.4	5300	18.3	2.4
焼却灰+飛灰+生ごみコンポスト	5.90	4.93	0.97	12.4	4800	17.5	3.3

度 120mm/週の No.2 よりも大きく減少した。

充填試料の深さ方向の全塩素含有量についてみると、過去の試験結果¹⁾と同様に、いずれのカラムも表層ほど脱塩の進行が活発であり、下層ほど脱塩が遅延する傾向がみられた。特に、散水強度の小さなカラムにおいて顕著である。これは、表層ほど塩素が水に溶解しやすく、下層ほど溶解みにくいことが影響していると考えられる。

生ごみコンポストの有無について塩素含有量を比較すると、生ごみコンポストを混合した No.4 の表層から深さ 10cm において全塩素が 0.4%まで減少していた。しかし、全塩素含有量の初期値が生ごみコンポストの混合の有無で異なるため、現段階では顕著な差はみられなかった。これは、試験初期には主に水に溶けやすい可溶性塩素が溶出し、難溶性塩素が未だ残存しているためであると推察される。

3.2. 浸出水中の塩素溶出挙動 浸出水の塩素濃度の経時変化および累積塩素溶脱量の変化を図 2 および図 3 に示す。図 2 より、試験開始初期においては、焼却残渣のみを充填した No.1 および No.3 と焼却残渣に生ごみコンポストを混合した No.2 および No.4 では、浸出水の塩素濃度に差は見られなかった。しかし、2 週目以降は生ごみコンポストを混合した No.2 および No.4 において塩素濃度が No.1 および No.3 を上回る傾向がみられた。

3.3. 難溶性塩素化合物の消長 充填試料中の難溶性塩素化合物を XRD によって同定した。現在までに実験開始から 8 週間が経過しているが、いずれの試験区においても、すべての深度でフリーデル氏塩の存在が確認された。脱塩が進行している No.1 および No.2 の表層から深さ 10cm における実験結果を図 4 に示す。第 8 週目においても未だフリーデル氏塩が確認されている。原因として、現段階では微生物の活動が不活性であり、有機物の分解が効率良く行われておらず、pH が未だ高いことから、難溶性塩素化合物の分解にいたっていないと推察される。今後、難溶性塩素化合物の生成および分解過程について、長期的にモニタリングを行う予定である。

4. まとめ

都市ごみ焼却飛灰と焼却灰を混合した焼却残渣試料について、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 8 週間が経過しているが、生ごみコンポストを混合したカラムに顕著な脱塩効果はまだみられていない。散水強度においては、脱塩効果に顕著な差がみられ、試験開始時において、6~7%程度存在した塩素含有量は 0.4~0.6%程度まで減少した。しかし、XRD の結果より、未だ難溶性塩素が可溶化されずに残存していると考えられる。今後、実験を継続し、塩素の溶出挙動をモニタリングしていく。

[参考文献]

- 1) 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
- 2) 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 I，pp.589-591，2006
- 3) T.Shimaoka et al.：Innovative dechlorination from municipal solid waste incineration residues，Sardinia 2007 Proceedings，2007

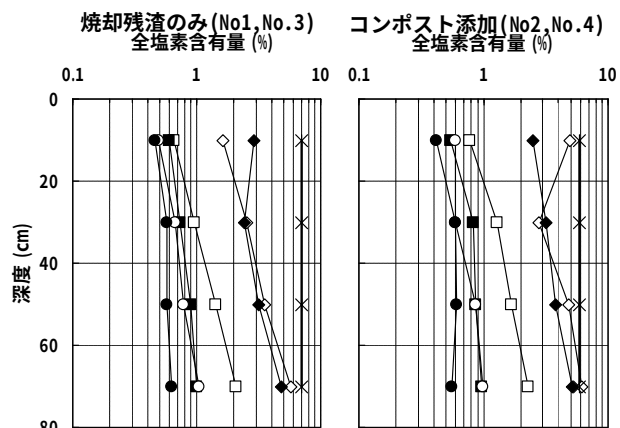


図 1 全塩素含有量の変化

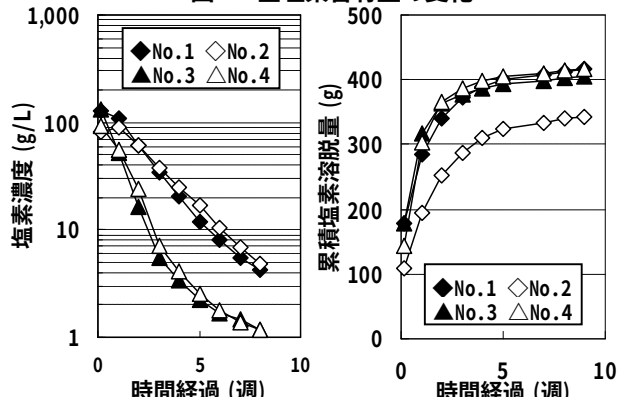


図 2 浸出水の塩素濃度

図 3 累積塩素溶脱量

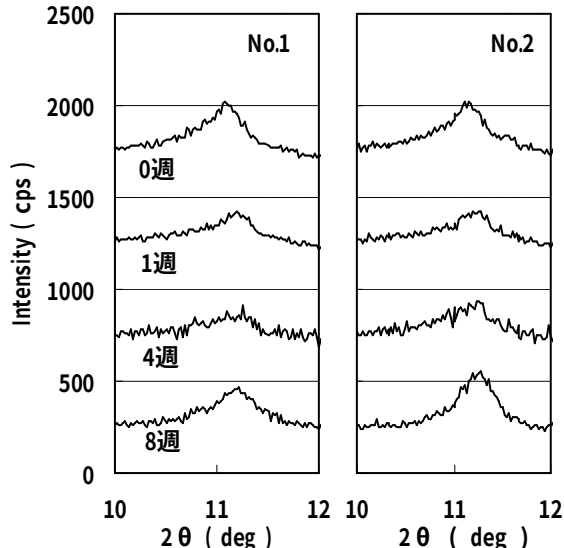


図 4 フリーデル氏塩の消長 (深さ 10cm)