

エージングによる一般廃棄物焼却灰の無害化（その3）

—実証試験による検証—

【リサイクルチーム】

成岡 朋弘、門木 秀幸

要旨

一般廃棄物焼却灰の土木資材等としてのリサイクルにあたって有用な前処理方法と考えられるエージングの効果、廃棄物最終処分場埋立地内における実証試験によって検証した。試験に供した焼却灰は、リサイクル事業者の受入の指標とされる「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」（環告13号）による溶出試験において、鉛溶出量が基準値を超過していた。しかし、エージングによって、鉛溶出量は速やかに低下し、15日程度で溶出量を基準値未満に抑制できた。さらに、再生製品の環境安全性の指標とされる土壤環境基準（環告46号）についても、200日程度のエージングによって、基準値をクリアした。実証試験のこれらの結果は、予備試験として行った実験室内におけるカラム試験及び屋外におけるライシメータ試験の結果と同様の傾向であり、エージングが焼却灰のリサイクルにおける無害化処理方法として有効であることが示された。

1 はじめに

鳥取県における平成25年度の一般廃棄物のリサイクル率は、26.1%（前年度比△0.1%）であった¹⁾。鳥取県では、リサイクル率の向上のため、これまでにリサイクルが進んでいなかった廃棄物のリサイクルの推進に着手してきている。その中で、一般廃棄物の焼却灰については、県西部圏域では溶融されてスラグとしてリサイクルされているが、東部圏域及び中部圏域ではリサイクルされずに全量が埋立処分されている。焼却灰を地盤材料や土木資材としてリサイクルするためには、鉛等の有害物質の溶出を抑える必要があるが、通常の処理方法ではキレート剤等の高価な薬剤を用いるためコストがかかる。一方で、薬剤を使わない方法としてエージングの効果が報告されている^{2)、3)}。鳥取県においては、県中部圏域で発生する一般廃棄物焼却灰のエージングの効果について検証を行っており、これまでに実験室内におけるカラム試験及び屋外におけるライシメータ試験を行い、エージングの有効性について報告した^{4)、5)}。

本稿では、焼却灰のエージングについて、試験規模を更にスケールアップさせた最終処分場埋立地における実証試験の結果を報告する。

2 方法

鳥取中部ふるさと広域連合の一般廃棄物最終処

分場であるクリーンランドほうきの埋立地内に実証試験を行うエージングヤードを設置した（図1）。エージングヤードの各試験区画は、幅約7メートル、奥行約30メートル、堤体高さ1.5メートルであり、合計6つの区画を設けた。



図1 エージングヤード

エージングヤードの2つの区画に、平成26年1月17日から3月5日にかけて鳥取中部ふるさと広域連合の一般廃棄物の焼却施設であるほうきリサイクルセンターの焼却灰を搬入し、1メートルの深さで埋め立てた。2区画合計の搬入量は約170トンであり、埋立体積は約120m³である。焼却灰層の表面には、マサ土層を敷き、覆土とした。

試験区として、降水の通水に加えて水処理施設の放流水を導水して散水する散水区、及び、降水のみを通水する非散水区を設け、散水の有無を試験条件とした。散水区における散水量は、現地における平均年間降水量である1,755mm/年と同程度として、1日あたり約7mmの散水を行った。

エージング試験は、平成26年3月4日を0日目

として平成 27 年 1 月 27 日まで行い、0 日目、15 日目、30 日目、以後、30 日毎に、平成 27 年 1 月 27 日の 330 日目まで、各区画においてハンドオーガを用いて埋立深さの中間の位置から試料を採取し、溶出試験に供した。

溶出試験は、産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法に基づいた溶出試験（環告 13 号、以下、JLT13）、土壤環境基準に基づいた溶出試験（環告 46 号、以下、JLT46）、土壤汚染対策法に基づいた含有量試験（環告 19 号、以下、JLT19）をそれぞれ行い、pH、電気伝導率（EC）の測定及び鉛等の重金属の定量分析を行った。

実証試験開始時（0 日目）における溶出量及び含有量について基準値を上回っていた項目を表 1 に示す。

表 1 実証試験開始時の溶出基準値超過項目

	JLT13 Pb (mg/L)	JLT46 Pb (mg/L)	JLT46 Cr(VI) (mg/L)	JLT46 B (mg/L)	JLT19 Pb (mg/kg)
散水区	0.09	0.013	0.12	0.88	310
非散水区	0.37	0.023	0.14	1.30	370
(基準値)	(0.30)	(0.010)	(0.05)	(1.00)	(150)

3 結果及び考察

(1) 降水量及び散水量

試験期間中の日降水量を図 2 に、積算通水量を図 3 に、通水量の液固比（L/S）を図 4 にそれぞれ示す。

平成 26 年 3 月 4 日から平成 27 年 1 月 27 日までの試験期間中の積算降水量は 1,625mm であった。散水区における散水量は 1,117mm であり、積算通水量としては、散水区では 2,742mm、非散水区では 1,625mm であった。試験終了時の L/S は、散水区で 3.3、非散水区で 1.9 であった。

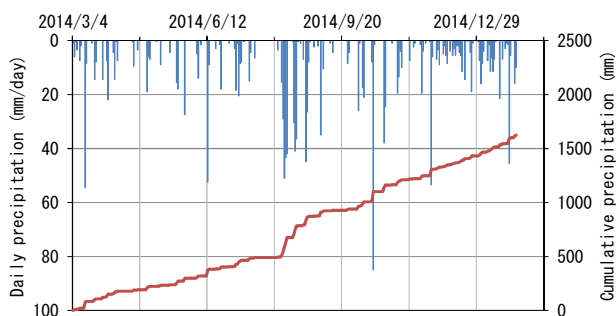


図 2 試験期間中の日降水量及び積算降水量

■ 日降水量 — 積算降水量

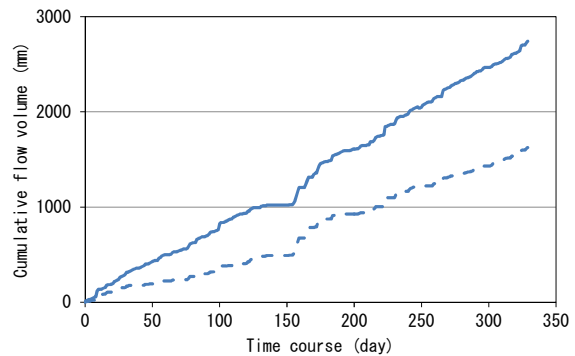


図 3 積算通水量の変化

— 散水区 - - 非散水区

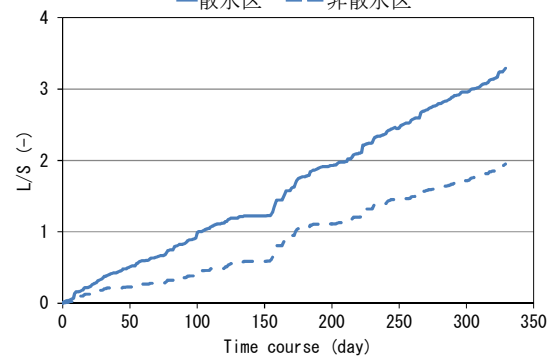


図 4 L/S の変化

— 散水区 - - 非散水区

(2) JLT13 による溶出量

JLT13 による溶出量基準は、リサイクル事業者が廃棄物を受け入れる際に指標とされる基準である。実証試験においては、JLT13 による溶出量基準のクリアを第一の目標とした。

JLT13 による pH 及び EC の変化を図 5 に、試験開始時に基準値を超過していた JLT13 による鉛溶出量の変化を図 6 にそれぞれ示す。pH については、試験開始時において、散水区で 12.8、非散水区で 12.9 であったが、15 日目には、それぞれ、12.1、12.2 まで低下した。その後は、非散水区と比較して散水区において低い傾向がみられたが、両試験区ともに 12 前後で推移した。EC については、試験開始時において、散水区で 460mS/m、非散水区で 800mS/m であったが、15 日目には、それぞれ、310mS/m、480mS/m まで低下した。その後、散水区においては 90 日目まで、非散水区においては 240 日目まで、EC が低下したが、その後は横ばいとなった。

鉛溶出量については、実証試験開始時に非散水区において鉛溶出量は 0.37mg/L であり、基準値を上回っていたが、エイジングによって 15 日目には基準値を下回った。それ以後も溶出量は徐々に低下した。散水区においては、試験開始時に基準値

を下回っていたが、それ以後も非散水区と同様に溶出量は低下した。散水条件については、散水の有無による影響は明確にはみられなかった。以上の結果から、エージングによって速やかに J L T 13 による溶出量基準をクリアできることが明らかとなった。

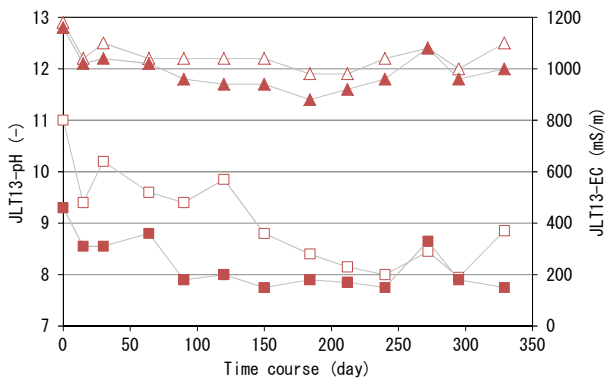


図5 J L T 13 による pH 及び EC の変化

JLT13-pH: ▲散水区 △非散水区, JLT13-EC: ■散水区 □非散水区

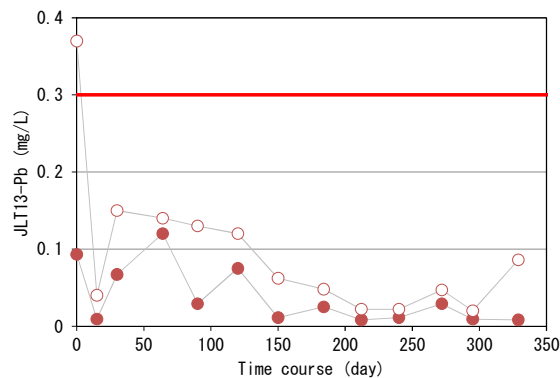


図6 J L T 13 による鉛溶出量の変化

JLT13-Pb: ●散水区 ○非散水区 —基準値

(3) J L Y 46 による溶出量

J L T 46 による溶出量基準は、再生製品の環境安全性の指標とされる基準である。再生製品として基準をみとす必要があるが、実証試験においては、エージングによる安全性担保の評価のために、第二の目標として J L T 46 による溶出量基準のクリアについて検証した。

J L T 46 による pH 及び EC の変化を図 7 に、J L T 46 による鉛溶出量の変化を図 8 にそれぞれ示す。pH については、試験開始時において、散水区で 12.3、非散水区で 12.4 であり、試験期間中は、両試験区ともに 12 前後で推移した。EC については、試験開始時において、散水区で 350mS/m、非散水区で 420mS/m であったが、30 日目までに、それぞれ、170mS/m、350mS/m まで低下した。その後、散水区においては横ばいで推移し、非散水区においては 210 日目までに 120mS/m まで低下

し、その後横ばいとなった。

鉛溶出量については、実証試験開始時においては、散水区で 0.013mg/L、非散水区で 0.023mg/L であり、両試験区ともに基準値である 0.01mg/L を上回っていたが、散水区においては 90 日目までに、非散水区においては 150 日目までにそれぞれ基準値を下回った。それ以後も両試験区において溶出量は低下した。散水条件については、散水区において溶出量の低減効果に若干の優位性がみられた。

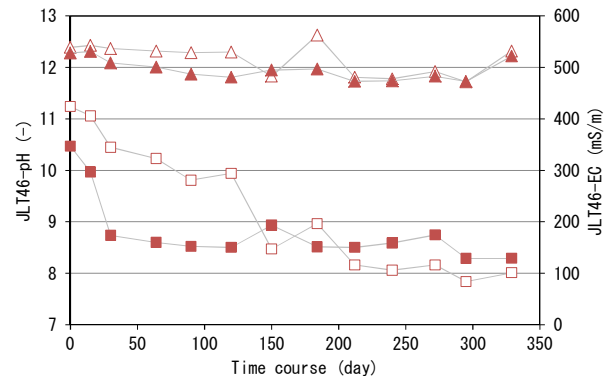


図7 J L T 46 による pH 及び EC の変化

JLT46-pH: ▲散水区 △非散水区, JLT46-EC: ■散水区 □非散水区

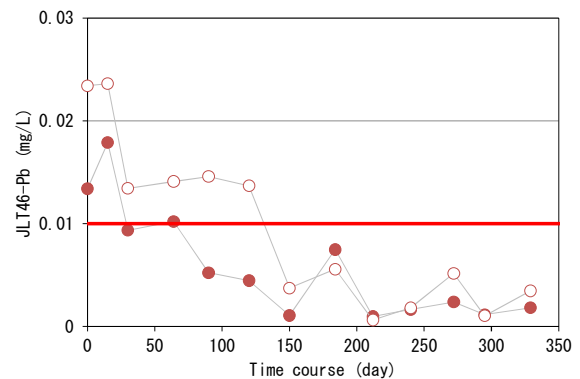


図8 J L T 46 による鉛溶出量の変化

JLT46-Pb: ●散水区 ○非散水区 —基準値、

J L T 46 による六価クロム溶出量の変化を図 9 に示す。六価クロム溶出量の基準値は 0.05mg/L であるが、試験開始時において、散水区で 0.12mg/L、非散水区で 0.14mg/L であり、両試験区ともに基準値を上回っていた。散水区においては、60 日目までに溶出量が急激に低下し、基準値を下回った。その後、150 日目に基準値をわずかに上回ったが、それ以後は基準値を下回っていた。非散水区においては、150 日目までは変化がなく横ばいであったが、その後、240 日目にかけて溶出量が低下した。その後は横ばいとなったが、基準値を下回ることにはなかった。

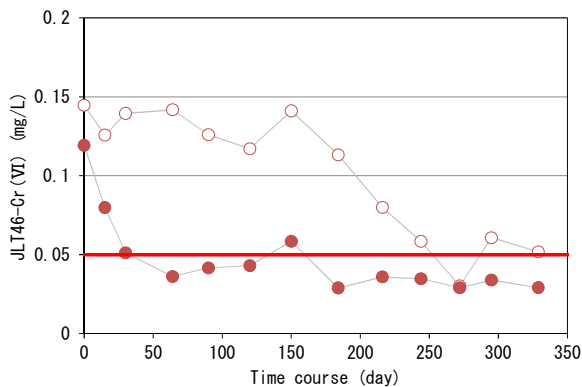


図9 JLT46による六価クロム溶出量の変化

JLT46-Cr(VI) : ●散水区 ○非散水区 —基準値

JLT46によるホウ素溶出量の変化を図10に示す。ホウ素溶出量の基準値は1mg/Lであるが、試験開始時は非散水区において1.3mg/Lであり、基準値を上回っていた。非散水区においては、ホウ素溶出量にばらつきがみられたものの150日目までは横ばいであった。その後、180日目以後は溶出量が低下し、基準値を下回った。散水区においては、試験開始時から試験期間中を通じて基準値を下回った。

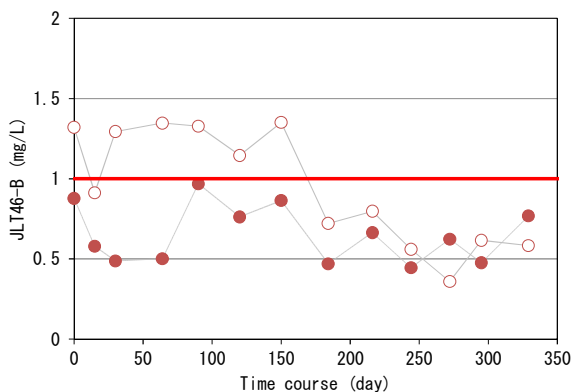


図10 JLT46によるホウ素溶出量の変化

JLT46-B : ●散水区 ○非散水区 —基準値

(4) JLT19による含有量

JLT19による鉛含有量の変化を図11に示す。鉛含有量の基準値は150mg/kgであるが、試験開始時における鉛含有量は、散水区で310mg/kg、非散水区で370mg/kgであり、試験期間中は終始横ばいであった。これは、エージングは重金属の溶出の抑制を目的とした手法であり、含有量を低減させる手法ではないためである。JLT19による含有量基準は、リサイクル事業者が廃棄物を受け入れる際に参考とされる指標であり、基準値を大幅に上回る廃棄物は受入れが拒否される可能性があるため留意が必要である。また、再生製品の環

境安全性の指標とされる場合もあるが、鉛含有量については、再生製品としてリサイクルする際に骨材等による希釈が見込まれるため対処は可能であると考えられる。

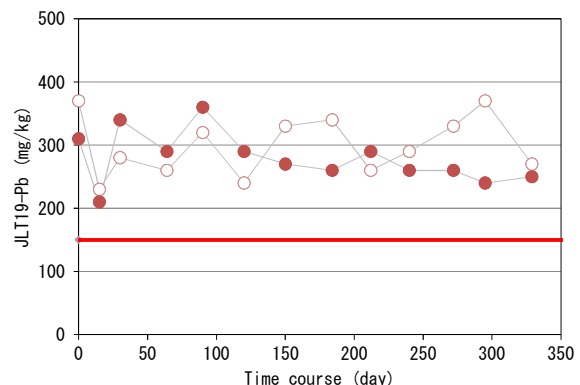


図11 JLT19による鉛含有の変化

JLT19-Pb : ●散水区 ○非散水区 —基準値

以上の結果から、JLT46による溶出量についても、エージングによって基準値をクリアできることが示された。特に鉛及び六価クロムについては、散水を併用することでエージング期間の短縮化が見込めることが明らかとなった。

4 おわりに

廃棄物最終処分場埋立地内における実規模での実証試験によって、焼却灰のエージングの効果が検証できた。今後は、エージングによって無害化した焼却灰を原料とする土木資材等の再生製品を試作し、環境安全性について長期的な評価、pH依存性試験、処分場内における試験施工等を行う予定である。

5 引用文献

- (1) 環境省：一般廃棄物処理実態調査結果（平成25年度調査結果）、平成27年3月6日公表（2015）
- (2) 本幡照文、島岡隆行、崎田省吾：廃棄物学会研究発表会講演論文集、15(2)、1057-1059（2004）
- (3) 篠崎かおり、恩田啓一、白子定治：東京都清掃研究所研究報告、27、97-100（1998）
- (4) 成岡朋弘、門木秀幸：鳥取県衛生環境研究所所報、53、10-14（2013）
- (5) 成岡朋弘、門木秀幸：鳥取県衛生環境研究所所報、54、10-14（2014）

Detoxification of Municipal Solid Waste Incineration Bottom Ash by Aging Treatment
—Evaluation by Pilot Scale Test—

Tomohiro NARUOKA and Hideyuki MONGI

Abstract

Effect of aging treatment on detoxification of municipal solid waste incineration bottom ash was evaluated by pilot scale test. Elution amount of lead of bottom ash used for the test had exceeded the standard of acceptability criteria for recycling companies, but its elution amount was suppressed to less than the standard by aging treatment. These results showed the same tendency of the results of column test and lysimeter test as tentative experiment. From these results, it is clarified that aging treatment is effective as a detoxification method for recycling of bottom ash.