

エージングによる一般廃棄物焼却灰の無害化（その2）

—ライシメータ試験による検証—

【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を、ライシメータ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基準となる「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」（環境庁告示 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、30 日程度で溶出量を基準値未満に抑制できた。これらの結果は、予備試験として行ったカラム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

鳥取県では環境政策として「とっとり環境イニシアティブプラン」（平成 23～26 年度実行計画）を掲げ、その一環として一般廃棄物のリサイクル率 30% の達成を目指している。平成 24 年度の鳥取県のリサイクル率は、26.0%（前年度比▼0.3%）であった⁽¹⁾。鳥取県ではリサイクル率 30% の目標を達成するため、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いる。その中で、一般廃棄物の焼却灰については、県西部では溶融されスラグとしてリサイクルされているが、東部及び中部ではリサイクルされずに全量が埋立処分されている。

焼却灰を土木資材等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っている。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)}。昨年度は、鳥取県内で発生する焼却灰のエージングの効果について、実験室内で行ったカラム試験の結果を報告し有効性を示した⁽⁴⁾。

本稿では、実規模での実証試験の実施を念頭に置き、試験規模をスケールアップした際の結果の再現性について検証するため、屋外に設置したライシメータによる試験を行ったので、その結果について報告する。

2 方法

試験に用いたライシメータ（図 1）は東伯郡北栄町のクリーンランドほうきの埋立地内に設置した。ラ

イシメータには、底層に厚さ 10cm の碎石層を敷き、その上に 192kg の焼却灰を厚さ 50cm（密度 1.45g/cm³）で充填した。表層には、厚さ 10cm のマサ土層を敷き覆土とした。充填した焼却灰は、倉吉市のほうきリサイクルセンターから排出された焼却灰であり、現場で異物を除去して試験に供した。ライシメータは合計で 8 基設置し、非散水区とした 4 基には降雨のみを、散水区とした 4 基には降雨に加えて 28l/週（105mm 相当）の蒸留水を毎週散水して通水した。



図 1 ライシメータの様子と構造

試験は 2013 年 5 月 24 日から 8 月 16 日にかけて行い、14 日経過時（6 月 7 日）、35 日経過時（6 月 28 日）、56 日経過時（7 月 19 日）、84 日経過時（8 月 16 日）に、非散水区及び散水区のライシメータをそれぞれ 1 基ずつ解体して、充填焼却灰を上層、中層、下層に分別して採取し、溶出試験に供した。

ライシメータ下部から排水される浸出水はポリタンクに導水して、非散水区は降雨毎に、散水区は散水毎に採取し、水量、pH、電気伝導率及び鉛等の溶存物質濃度を測定した。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（環境庁告示 13 号、以下「JLT13」と記す。）及び土壤汚染対策法に基づいた含有量試験（環境省告示第 19

号、以下「JLT19」と記す。)をそれぞれ行い、鉛等の定量分析を行った。

3. 結果及び考察

3.1 浸出水

ライシメータ試験期間中の降水の状況及び通水量と充填焼却灰の比率(液固比:L/S)の変化を図2及び図3にそれぞれ示す。試験期間中の降水量は419mm、散水量は1,212mmであり、試験終了時の液固比(L/S)は、非散水区で0.58、散水区で2.24であった。

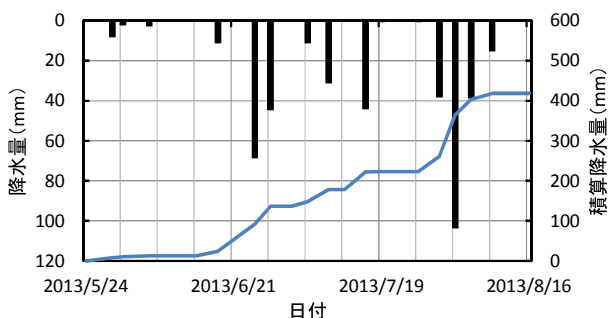


図2 試験期間中の降水の状況
|:降水量、—:積算降水量

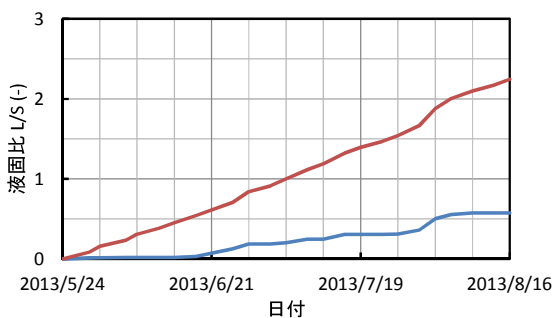


図3 L/Sの変化
—:非散水区、—:散水区

ライシメータ下部からの浸出水のpH及び電気伝導率の変化を図4及び図5にそれぞれ示す。非散水区においては、降水に対応して浸出水試料を合計6回採取した。

浸出水のpHは、非散水区では期間中13.1前後を推移し、散水区では時間経過ともななって13.2から12.2まで低下した。電気伝導率は、非散水区では29.6mS/cmから22.7mS/cmまで僅かに低下し、散水区では38.8mS/cmから2.7mS/cmまで低下した。いずれも非散水区に対して散水区での値の低下が顕著であり、散水によって焼却灰からのアルカリ成分や塩化物イオン及びナトリウムイオン等の可溶成分の洗い出しが促進されたことが推測された。

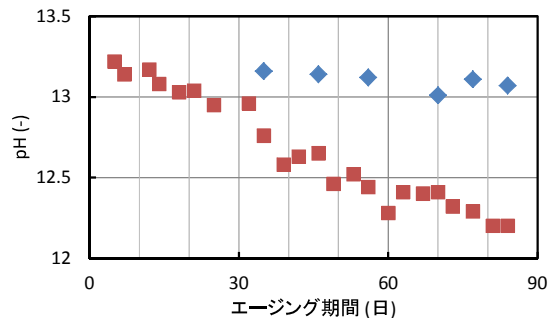


図4 浸出水のpHの変化
◆:非散水区、■:散水区

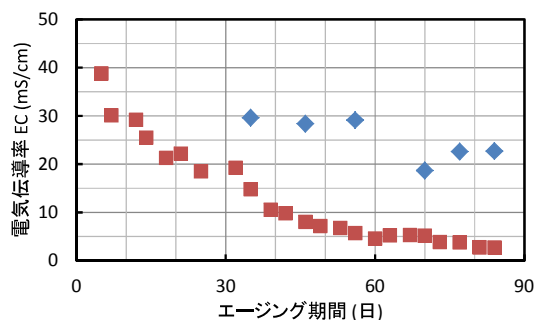


図5 浸出水の電気伝導率の変化
◆:非散水区、■:散水区

浸出水中の鉛濃度の変化について、エージング期間との関係を図6に、L/Sとの関係を図7にそれぞれ示す。散水区では、32日目(L/S=0.71)までに0.15mg/lから0.081mg/lまでの鉛が検出されたが、それ以後は0.01mg/l未満となった。一方、非散水区では、35日目(L/S=0.19)以後、0.01mg/l未満であった。浸出水中の鉛の溶出傾向は、図2に示した電気伝導率として代表させた溶存物質全体の徐々に溶出濃度が低下していく傾向とは異なり、ある時点から突然溶出しなくなるという特徴がみられた。さらに、鉛の溶出の抑制には、通水量の多少は関係なく、時間の経過が起因していることが示唆された。

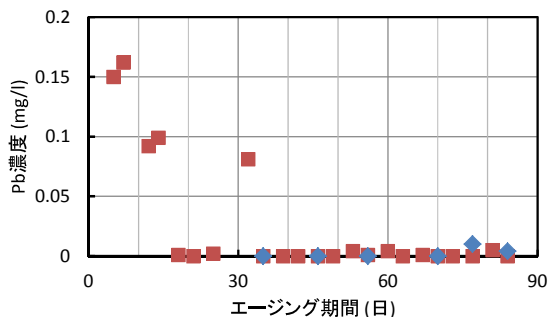


図6 浸出水中の鉛濃度の変化
(エージング期間とPb濃度の関係)
◆:非散水区、■:散水区

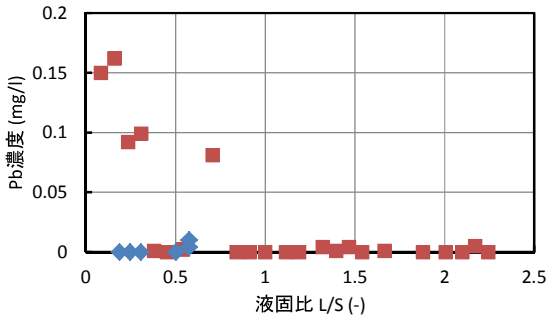


図7 浸出水中の鉛濃度の変化
(L/SとPb濃度の関係)
◆:非散水区、■:散水区

3.2 充填焼却灰

充填焼却灰のJLT13による鉛溶出量の変化について図8に示す。試験開始時の焼却灰の鉛溶出量は0.8mg/l前後であり、基準値である0.3mg/lを超過していたが、時間経過とともに溶出量は低下し、非散水区では35日目までに、散水区では56日目までに全ての深度において基準値を下回った。この傾向は、図6に示した浸出水中の鉛濃度の変化と調和的である。

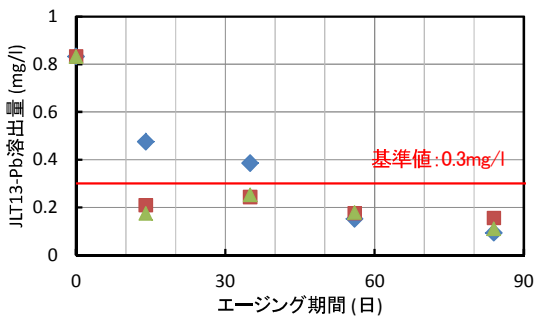
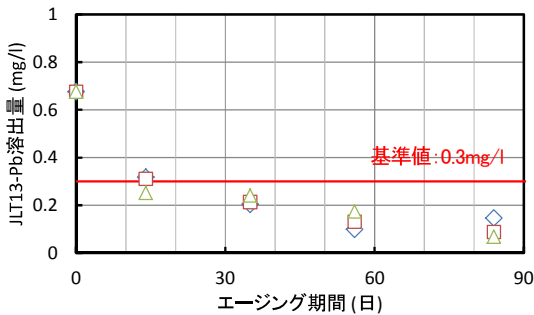


図8 充填焼却灰の鉛溶出量の変化(JLT13)
上図:非散水区 ◆:表層、□:中層、△:下層
下図:散水区 ◆:表層、■:中層、▲:下層

JLT19による鉛含有量の変化について図9に示す。JLT19による鉛含有量については、試験期間を通して大きな変化はなく、同様の水準であった。これは、エージングはあくまでも鉛の溶出を抑制させる処理

であって、含有量を積極的に減少させる処理ではないためである。鉛含有量に変化していない一方で、鉛溶出量が低下していたことから、エージングによって焼却灰中の鉛の不溶化が進んだことによって、鉛の溶出が抑制されたことが示された。

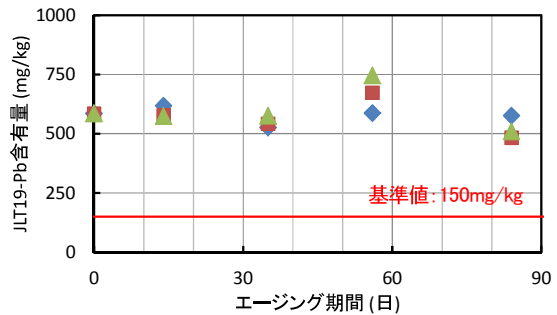
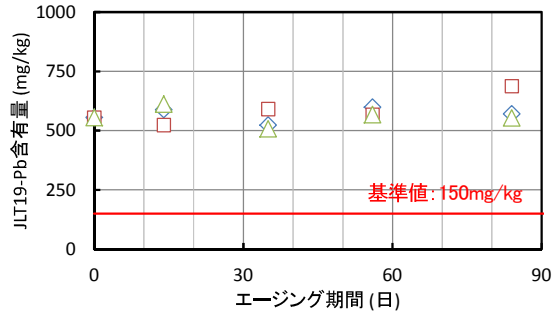


図9 充填焼却灰の鉛含有量の変化(JLT19)
上図:非散水区 ◆:表層、□:中層、△:下層
下図:散水区 ◆:表層、■:中層、▲:下層

JLT13による鉛以外の物質の溶出量として、六価クロム及びホウ素の溶出量を図10及び図11にそれぞれ示す。

JLT13による六価クロム溶出量の基準値は1.5mg/lであり、非散水区、散水区共にエージング期間を通して充填焼却灰の六価クロム溶出量は、基準値を下回っていた。しかし、六価クロム溶出量は、エージングにともなって上昇する傾向が見られた。これは、焼却灰中に存在する三価クロムが、共存している酸化カルシウムを触媒として六価クロムに変化するプロセス⁽⁵⁾に起因していると考えられる。なお、焼却灰をリサイクルした際の再生製品としての六価クロムの溶出量の基準値は、土壤環境基準(以下「JLT46」と記す。)に従って、0.05mg/lとなる。エージングに伴う六価クロム溶出量の上昇によって、JLT46による基準値を超過する可能性があることから、焼却灰をリサイクルする際には、六価クロム溶出量の変化に注視する必要がある。

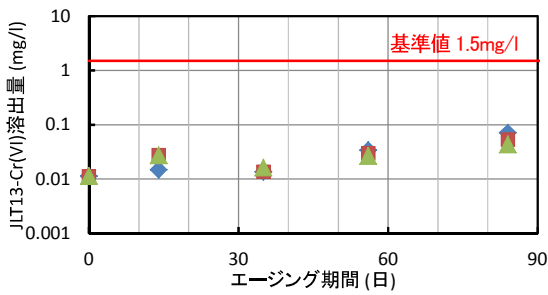
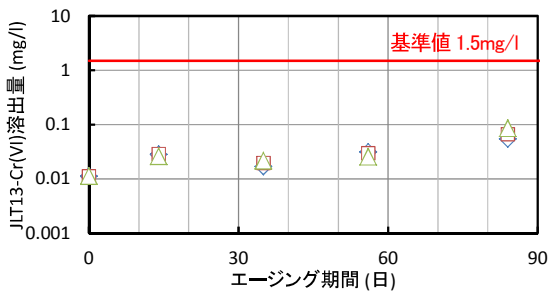


図 10 充填焼却灰の六価クロム溶出量の変化(JLT13)
 上図: 非散水区 ◇: 表層、□: 中層、△: 下層
 下図: 散水区 ◆: 表層、■: 中層、▲: 下層

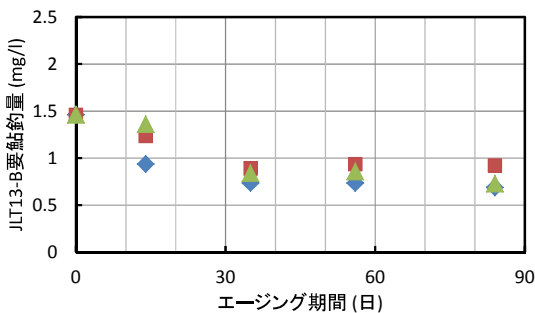
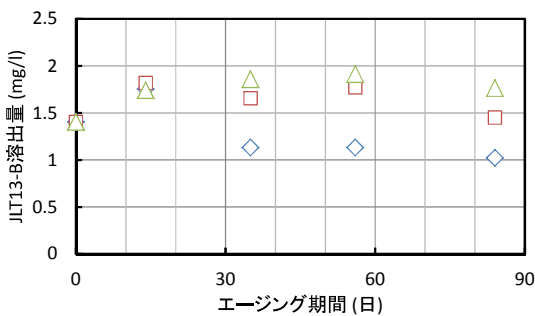


図 11 充填焼却灰ホウ素溶出量の変化(JLT13)
 上図: 非散水区 ◇: 表層、□: 中層、△: 下層
 下図: 散水区 ◆: 表層、■: 中層、▲: 下層

一方、ホウ素溶出量については、JLT13 による基準値は設けられていない。ホウ素溶出量は、時間経過ともなって速やかに低下し、その効果は散水区に

おいて顕著であった。また、非散水区においては、表層ほどホウ素溶出量が減少していた。これらのことから、ホウ素については、焼却灰からの洗い出しによって可溶性のホウ素が溶脱することで、溶出量が低下していることが示唆された。なお、JLT46 によるホウ素溶出量の基準値は 1.0mg/l であるが、エージングによって基準値をクリアする可能性が示唆された。

以上の結果より、ライシメータ試験においても、エージングは焼却灰の無害化において有効であり、リサイクル事業者の受入基準となる JLT13 による基準値をクリアできることが示された。

4 おわりに

本研究によって、鳥取県内の焼却灰のリサイクルについて、カラム試験からスケールアップさせたライシメータによる試験規模においても、エージングによる焼却灰の無害化処理が有効であることが示された。今後は、処分場内における実規模での焼却灰のエージングの実証試験に移行し、その効果を検証するとともに、無害化した焼却灰を原料とした再生製品を試作し、その環境安全性について評価する予定である。

5 参考文献

- (1) 環境省：一般廃棄物処理実態調査結果、http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippa/h24/index.html、平成 26 年 3 月 27 日公表(2014)
- (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) K. Pillay, H. von Blottniz, J. Petersen : Chemosphere, 52, 1771-1779 (2003)

Detoxification Treatment of Municipal Solid Waste Incineration Bottom Ash by Aging
—Evaluation Test by Using Lysimeters—

Tomohiro NARUOKA and Hideyuki MONGI

Abstract

Effect of aging treatment on detoxification of municipal solid waste incineration bottom ash was evaluated by lysimeter 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 as tentative experiment. From these results, it is clarified that aging treatment is effective as a detoxification method for recycling of bottom ash.