

# 一般廃棄物焼却主灰のエイジング処理マウンドの試験施工

福岡大学大学院 学生会員 平川裕也 田畑航希 長谷川遼  
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣  
 (国研)国立環境研究所 正会員 肴倉宏史

1. はじめに 一般廃棄物焼却主灰(以下、焼却主灰)を土工材料として有効利用する際、環境安全面から高濃度な重金属類を低減化する必要がある。我が国では、廃棄物処理法により最終処分場への埋立処理が義務化されているが、欧米や欧州諸国では 1~3 ヶ月エイジング処理を施した焼却主灰(以下、エイジング処理焼却主灰)の路盤材等への有効利用率は 50~100%となっている<sup>1)</sup>。エイジング処理は焼却主灰を屋外に盛土(マウンド)し、降雨による重金属類の洗い出しと CO<sub>2</sub>による炭酸化効果により不溶化を図る廉価な手法である。しかし、不溶化するまでの期間が長期間にわたることや浸出水の処理が必要などの課題も多い。そこで本研究では、最終処分場の上でエイジング処理を施すことで浸出水処理の問題を解決した。さらにマウンドの間隙に着目して緩くマウンドを構築することによって早期不溶化を促し、エイジング処理焼却主灰の力学・溶出特性の把握を行った。本報告では、エイジング日数の違いとマウンド密度の違いが焼却主灰の不溶化効果に及ぼす影響について報告する。

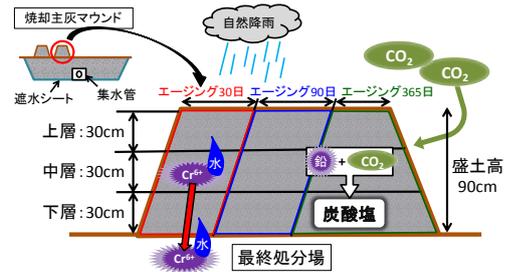


図-1 エイジングマウンドの様子

## 2. 実験概要

2-1 マウンド施工法及び実験試料 本実験試料は、2015年9月に焼却施設で排出された焼却主灰を用い、図-1に示すエイジングマウンドを最終処分場内でバックホウにより作製した。マウンド作製前に採取した焼却主灰をエイジング0日(以下、焼却主灰-Age0)と定義し、

作製後にマウンドで30日(以下、焼却主灰-Age30)、90日(以下、焼却主灰-Age90)の日数でエイジング処理を施している。本研究ではバックホウで転圧を加えて作製した密なマウンドと、転圧を加えていない緩いマウンドの2つを作製し、密度の違いに伴う不溶化効果の検討を行った。表-1にマウンド作製時の初期状態を示す。また、マウンドから試料を採取する深さによって重金属類の不溶化効果に及ぼす影響を把握するため、上・中・下層(各層30cm)からそれぞれ試料を採取した。さらにエイジング処理には降雨量も大きく起因するため、

図-2にマウンドを作製した9月から12月までの降水量結果を示す。この間の降水量はここ3~4年間とほぼ同様である。また表-2には、焼却主灰の含有量試験結果を示す。本実験に用いた焼却主灰は他の重金属類と比べて鉛(Pb)の含有量が高いことが分かる。

## 2-2 実験方法

1) 現場密度試験と簡易支持力試験 エイジングマウンドの密度と自硬性を把握するために、砂置換法による現場密度試験と簡易支持力測定器による簡易支持力試験を行った。簡易支持力試験は、直径5cm、質量4.5kgのランマーを高さ45cmから自由落下させ、ランマーに内蔵されている加速度計で衝撃加速度(Ia)を算出した。

2) 平成3年環境庁告示第46号 エイジング処理焼却主灰が有する重金属類の溶出濃度を把握するために、平成3年環境庁告示第46号(環告46号法)を行った。各試料の最大粒径を2mmに調整し、pHを5.8~6.3に設定した純水と焼却主灰の液固比が10になるよう分量を調整する。その後、6時間平行振とう、20分間遠心分離機にかけ、吸引ろ過をし、pHを測定する。Pbの分析には、ICPプラズマ発光分析装置を用いた。

## 3. 実験結果及び考察

1) エイジングマウンドの密度と締固め特性 エイジングによる焼却主灰の重金属不溶化には、マウンドの透水性や通気性が重要なポイントになると考えられる。しかし、盛土した焼却主灰は時間の経過とともに固結化する。したがって掘削も困難なほどに固い層が形成され、透水性や通気性が低下し、層内への雨水・大気の侵入が阻まれる可能性がある

表-1 エイジングマウンドの初期状態

マウンドの種類	焼却主灰質量 (t)	体積 (m <sup>3</sup> )	湿潤密度 ρ <sub>w</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	乾燥密度 ρ <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	自然含水比 w(%)
密なマウンド	13.4	7.54	1.777	1.336	33.0
緩いマウンド	11.0	7.21	1.524	1.146	33.0

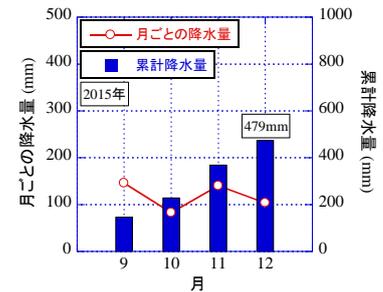


図-2 月別降水量結果

表-2 各含有量試験結果

分析の対象	焼却主灰-Age0		焼却主灰-Age30(密)		焼却主灰-Age30(緩)	
	環告19号	底質調査法	環告19号	底質調査法	環告19号	底質調査法
鉛 (mg/kg)	220	380	210	460	210	510
六価クロム (mg/kg)	1未満	0.9	1未満	0.9	1未満	1.2
ほう素 (mg/kg)	30	130	30	52	30	52

2)。そこで、エイジングマウンドの密度の違いによる自硬性の把握をするために、現場密度試験と簡易支持力試験を行った。図-3 に試料採取深さと乾燥密度の関係、図-4 に試料採取深さと衝撃加速度(Ia)の関係を示す。図-3 より、いずれもマウンドの上層から下層に向けて乾燥密度は低くなっている。それに伴い図-4 に示す Ia も上層から下層にかけて減少傾向にあることが分かる。また、Age30 から Age90 にかけて乾燥密度が低下しているが、これは降雨による洗い出しにより細粒分が流され、密度が低下したと考えられる。一方 Ia は、乾燥密度が低下したにもかかわらず、Age30 から Age90 にかけて増加していることから、焼却主灰が有する自硬性の効果<sup>3)</sup>が現われていることが分かる。

## 2) エーシング日数に伴う不溶化効果の把握

図-5(a), (b)に各マウンドの pH 測定結果を示す。どちらのマウンドもエイジング日数の増加に伴い pH が減少傾向にあることから、炭酸化の効果が現われていることが分かる。しかし、pH の減少幅に差が見られないことから、マウンドの密度が炭酸化による不溶化効果に及ぼす影響は小さいと考えられる。次に、図-6 (a), (b), (c)に各マウンド密度における Pb 溶出濃度の結果をエイジング日数別に示す。図-6 より、エイジング日数の増加に伴って、マウンド密度及び各エイジング日数における試料採取範囲に関わらず Pb の溶出濃度は低下傾向を示した。また、Age30 において、各層の Pb 溶出濃度が密なマウンドより緩いマウンドの方が低くなっている。

これは図-7 に示す Pb 溶出濃度と乾燥密度の関係より、緩いマウンドの方が密なマウンドよりも乾燥密度が小さくなっていることから、マウンド中の灰粒子間の間隙がエイジングにより大きくなり、透水性・通気性がよくなることで炭酸化・洗い出し効果が向上したと考えられる。また、上層から下層にかけて溶出濃度が減少傾向を示している要因としても、図-3 で示したように下層側の乾燥密度が最も低いことより、洗い出し効果が大きかったと考えられる。このことより、エイジング処理による不溶化効果はマウンドの密度が大きく関係していることが分かった。しかしながら、エイジング 90 日間までにおいては、土壌環境基準値以下まで不溶化できていないため、今後もエイジングを続け、データの蓄積を行っていく必要がある。

4. まとめ 1) 現場密度試験と簡易支持力試験結果より、エイジング 30 日からエイジング 90 日にかけて乾燥密度は低下したが、Ia は増加していることからエイジング中に焼却主灰が持つ自硬性の効果が発現したと判明した。2) いずれの焼却主灰もエイジング日数の増加に伴い、Pb 溶出濃度を抑制し、密なマウンドよりも緩いマウンドの方がより不溶化効果が現われる。特に、今回作成したマウンドでは間隙の大きい下層部分が炭酸化及び洗い出しによって不溶化効果が促進されることが判明した。

謝辞：本研究は、「有用・有害重金属挙動に着目した都市ごみ焼却残渣の循環資源化トータルスキームの構築」平成 27 年度環境省環境研究総合推進費補助金(3K14007)の一部として実施された研究です。関係各位に感謝申し上げます。

【参考文献】1) 財団法人クリーン・ジャパン・センター：「ごみ焼却灰リサイクルの温室効果ガス排出削減・ライフサイクル管理に関する研究」, 研究報告書, 2010, 3. 2) 東條ら：「焼却主灰の固結化が塩類洗い出しに与える影響に関する基礎的検討」, 第 23 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.527-528, 2012, 10. 3) 土居ら：「一般廃棄物焼却灰の土質特性の経時変化」, 土木学会論文集, No.659, pp.103-112, 2000, 9.

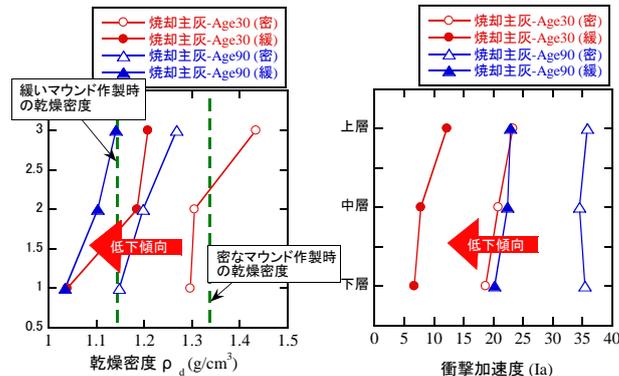
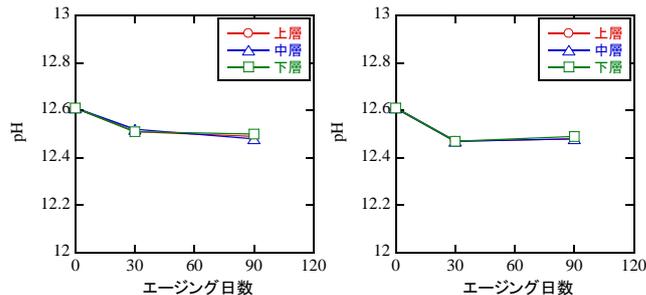


図-3 試料採取深さと乾燥密度の関係

図-4 試料採取深さと衝撃加速度の関係



(a) 密なマウンド

(b) 緩いマウンド

図-5 各マウンドの pH 測定結果

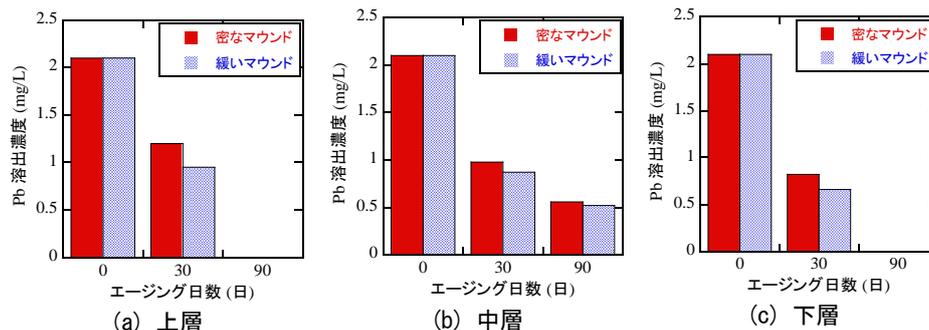


図-6 各マウンド層の Pb 溶出濃度

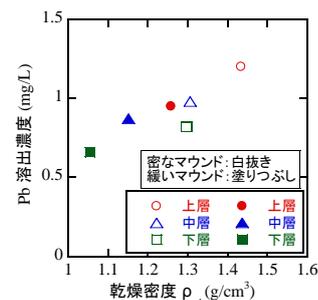


図-7 Pb 溶出濃度と乾燥密度の関係