

溶融スラグ利用製品の環境安全性について

(溶融スラグの有効活用展開事業)

中村公生 黒木泰至 溝添光洋 河野通宏¹⁾ 立山諒²⁾
森下敏朗³⁾ 牧野勇人⁴⁾ 関戸知雄⁵⁾

Environmental Impact Assessment of Products using Molten Slag

Kimio NAKAMURA, Hiroyuki KUROKI, Mitsuhiro MIZOZOE, Michihiro KAWANO,
Ryo TACHIYAMA, Toshiroh MORISHITA, Hayato MAKINO and Tomoo SEKITO

要旨

廃棄物処理施設から発生する溶融スラグの建設資材等への有効利用を目指して、「廃棄物処理施設等における再生利用促進事業（平成 20 年度から 22 年度）」に引き続き、平成 23 年度から 25 年度にかけて、「溶融スラグの有効活用展開事業」を実施した。この事業の中で、宮崎大学工学教育研究部及び宮崎県建設技術センターと共同で溶融スラグを利用したアスファルト舗装材の環境安全性を評価するとともに、宮崎大学工学教育研究部とカラム試験による促進試験で長期的な環境影響の評価を行い、いずれも問題がないことが確認された。これらの成果を踏まえ本事業の集大成としての「溶融スラグ有効利用ガイドライン（案）」を作成した。今後、本県においても溶融スラグの有効利用の促進が期待される。

キーワード：溶融スラグ，カラム試験，長期環境影響，ガイドライン

はじめに

廃棄物処理施設から発生する溶融スラグは、建設資材等として有効活用することにより、最終処分量の大幅な削減が可能であり、全国各地の自治体においてもその利用が広がっているところである。一方、溶融スラグの原料である焼却灰等は鉛等の有害物質を含有することから、生活環境の悪化に関する懸念が溶融スラグの利用拡大を阻害する一因にもなっている。このため、生活環境の保全に留意しつつ、溶融スラグに対する安全性と信頼性を確保しながら有効利用を図っていくことが

非常に重要である。

そこで本県では、溶融スラグの有効利用を促進することを目的として、「廃棄物処理施設等における再生利用促進事業（平成 20～22 年度）」及び「溶融スラグの有効活用展開事業（平成 23～25 年度）」において、県内の廃棄物処理施設で発生する溶融スラグ¹⁾及びそれを利用した溶融スラグ利用製品の環境安全性評価と物性評価等の試験研究を実施してきた。これらの事業において、当研究所は宮崎大学工学教育研究部及び宮崎県建設技術センターと共同で溶融スラグの環境安全性について評価を行った。

環境科学部 1) 現 都城保健所, 2) 現 延岡保健所, 3) 現 食品開発センター
4) 現 日南土木事務所, 5) 宮崎大学工学教育研究部

「廃棄物処理施設等における再生利用促進事業」では、溶融スラグからの重金属類溶出量は JIS 基準 2),3) に適合しており、さらに溶融スラグを利用したアスファルト舗装材及びプレキャストコンクリート製品からの重金属類溶出量も JIS 基準 2),3) に適合していることを確認した。また、溶融スラグ並びに溶融スラグを利用したアスファルト舗装材及びプレキャストコンクリート製品についてアベイラビリティ（酸性及びアルカリ性下での最大溶出可能量）試験を実施し、溶融スラグを利用しても溶出量の増加は認められないことを確認した 4),5)。

「溶融スラグの有効活用展開事業」においては、引き続き溶融スラグを利用したアスファルト舗装材について、重金属類溶出量の経時的変化を評価した。また、溶融スラグを利用したアスファルト舗装材及びプレキャストコンクリート製品を長期間環境中で利用した際の重金属溶出濃度を推定し、溶融スラグを安全に使うための情報を得ることを目的としてカラム試験を実施した。今回はこれらの結果について報告する。

試験方法

1 溶出量試験及び含有量試験

前報 5) と同じく、溶出量試験は JIS K0058-1 に、また含有量試験は JIS K0058-2 に準拠して行った。

試料は、溶融スラグを骨材に混合して試験舗装

した次の県道の、施工後一定期間経過した施工部コアサンプルを使用した。

- ・ 県道大久保木崎線
施工 3 年後
- ・ 県道宮崎港停車場線
施工直後及び 1 年後

試料の採取は宮崎県建設技術センターが行った。また、宮崎大学工学教育研究部が検液の調製を行い、当研究所が ICP-質量分析法により重金属類の分析を行った 6)。

2 カラム試験 7)

試料の概要を表 1 に、装置の概略図を図 1 に示す。試験の方法は門木らの方法 8) を参考にした。カラムに 2mm 以下に粉碎した試料を約 25cm まで充填し、カラム上端まで pH を 4 に調整した水を入れ、2 日間静置した。その後 pH4 の水を流速 10.37mL/hr で通水して、得られた溶出水について Pb を分析した。なお、溶出液への空気中の炭酸ガスの接触を避けるために溶出液採水ボトルには N₂ ガスを充填した。この試験で、L/S (=液体/固体の比) 10 は、日本の年間降水量約 10 年分の水が通水される量にあたる。

試料の採取は、宮崎県建設技術センター及び宮崎大学工学教育研究部が行った。また、カラム試験による溶出液の調製は宮崎大学工学教育研究部が行い、分析は当研究所が ICP-質量分析法により行った 6)。

表 1 カラム試験用試料概要

試料名	記号	溶融スラグ混合割合	備考
アスファルト舗装材	A 0	0%	県道大久保木崎線の施工半年後の施工部コアサンプル
	A10	骨材量の 10%	
プレキャストコンクリート製品（歩車道境界ブロック）	C 1 0	細骨材の 10%	製作直後の歩車道境界ブロック 単位水量 168kg/m ³ 、水セメント比 50%、 細骨材率 47%
	C 3 0	細骨材の 30%	

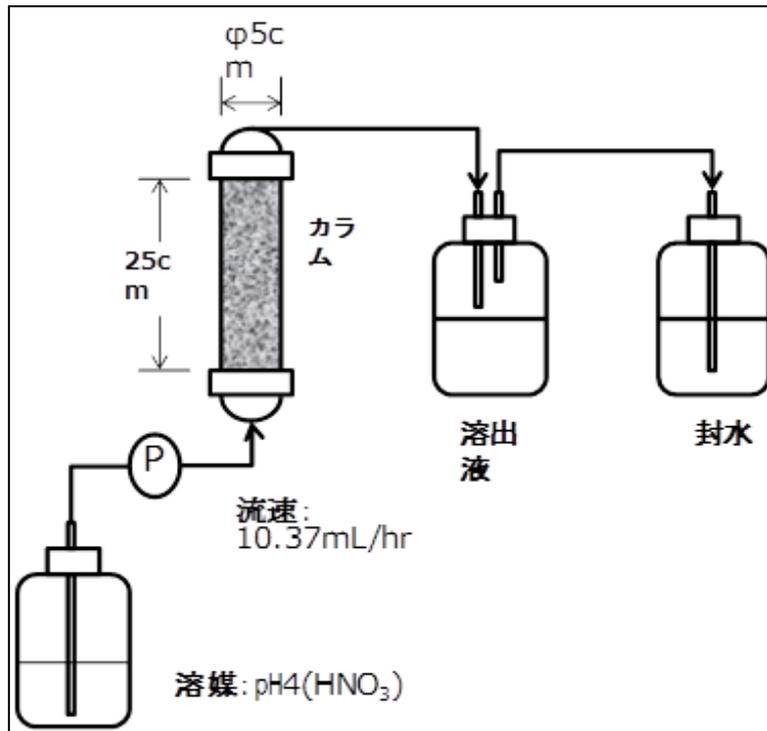


図 1 カラム試験装置概要

結果及び考察

1 溶出量試験及び含有量試験結果

溶融スラグを利用したアスファルト舗装材からの重金属類溶出量試験結果を表 2 に、含有量試験結果を表 3 に示す。溶融スラグは舗装材の骨材中に 10%の割合で混合されている。

表中、県道大久保木崎線の施工直後の値は前報⁵⁾でも報告済みである。同県道の施工 3 年後並びに県道宮崎港停車場線の施工直後及び 1 年後の値は、今回試験した結果である。

溶出量試験については、検液中の濃度で示し、含有量試験については試料 1kg あたりの重金属類量に換算して示した。結果は繰り返し 3 回の平均値である。

表 2 溶出量試験結果

(mg/L)

			Pb	T-Cr*	As	Se	Cd	B
JIS 基準 ³⁾			0.01	0.05 (Cr(VI))	0.01	0.01	0.01	1
県道大久保 木崎線	施工直後	スラグ 10%	0.0008	0.0020	0.0082	<0.001	<0.00005	0.020
	施工 3 年後	スラグ 10%	<0.0001	<0.0005	0.0055	<0.001	<0.00005	0.013
県道宮崎港 停車場線	施工直後	スラグ 10%	<0.0001	<0.0005	0.0045	<0.001	<0.00005	0.052
	施工 1 年後	スラグ 10%	0.0003	0.0007	0.0069	<0.001	<0.00005	0.012

* 今回の Cr の結果は T-Cr で示した(基準は Cr(VI))。

表 3 含有量試験結果

(mg/kg)

			Pb	T-Cr*	As	Se	Cd	B
JIS 基準 ³⁾			150	250(Cr(VI))	150	150	150	4000
県道大久保 木崎線	施工直後	スラグ 10%	3.2	174	1.4	0.8	0.05	7.6
	施工 3 年後	スラグ 10%	9.5	63	0.70	<0.5	0.05	10
県道宮崎港 停車場線	施工直後	スラグ 10%	3.0	45	0.41	<0.5	0.03	4.4
	施工 1 年後	スラグ 10%	3.4	169	0.70	<0.5	0.04	11

* Cr の結果は T-Cr で示した(基準は Cr(VI))。T-Cr 値が高めの検体については、別途 Cr(VI) 値が基準内であることを確認済み。

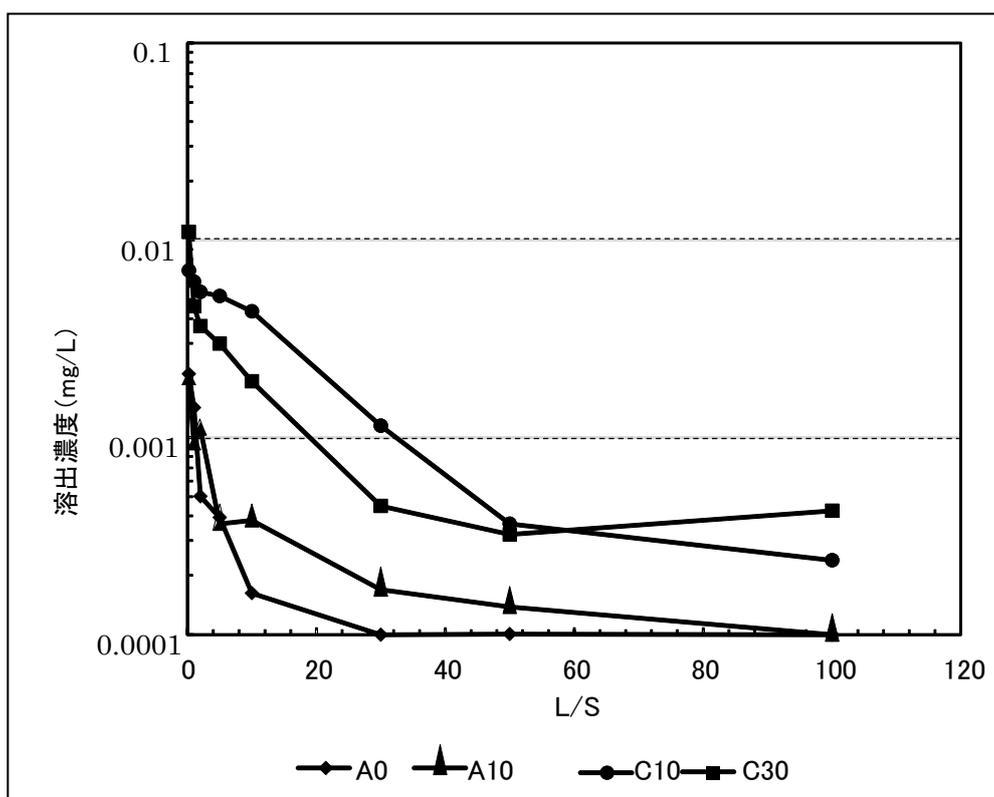


図 2 カラム溶出液中 Pb 濃度

溶出量試験, 含有量試験いずれも JIS³⁾に示される基準を下回った。また, 経過年数による溶出量および含有量の変化に傾向は確認されなかった。以上より, 溶融スラグを用いたアスファルト混合物の環境に対する影響は非常に小さいと考えられた。

2 カラム試験結果

溶出液中の Pb 濃度の推移を図 2 に示す。試験初期には濃度は高いが, アスファルト舗装材については L/S 2 (約 2 年分の降雨に相当) から L/S 5

で濃度が急激に減少した後, L/S 50 以降は概ね低濃度で安定することが認められた。プレキャストコンクリート製品についても, 溶融スラグ混合割合により若干の差はあるものの, 濃度は L/S 2 まで急激に減少した後, 徐々に減少を続け, L/S 50 以降は概ね低濃度で安定することが認められた。以上の結果より, 溶融スラグ利用製品の長期の利用による重金属類の溶出量は非常に小さく, 長期的にも環境への影響は小さいと考えられた。

まとめ

前報⁵⁾に引き続き環境安全性について、種々の評価を行った。溶融スラグを利用したアスファルト舗装材について継続して溶出量試験及び含有量試験を実施したところ、施工3年が経過しても重金属類溶出量及び含有量がJIS基準³⁾に適合していることが確認された。さらに、溶融スラグを利用したアスファルト舗装材及びプレキャストコンクリート製品の長期間の利用を想定して実施したカラム試験においても、重金属類溶出量は非常に小さいことが認められた。これにより、溶融スラグをアスファルト舗装材やプレキャストコンクリート製品に利用することは環境面からは問題ないことが確認された。

なお、溶融スラグを利用したアスファルト舗装材及びプレキャストコンクリート製品の物性面についても特に問題はないことを、物性試験グループが確認済みである。

これらの結果を踏まえ、本事業を推進するために設置された「溶融スラグの有効活用展開事業」推進会議では、本事業の集大成として「溶融スラグ有効利用ガイドライン（案）」を作成し、宮崎県土木コンクリートブロック協会、宮崎県コンクリート製品協同組合、宮崎県舗装協会、宮崎県関係課及び宮崎市関係課等の関係機関に提供した。これを契機に、本県における溶融スラグ有効利用の促進が期待される。

謝辞

この報告は、宮崎県産業廃棄物税基金を活用した「溶融スラグの有効活用展開事業」における研究成果の一部である。この事業に参加され、溶融

スラグの提供、アスファルト試験舗装、プレキャストコンクリート製品試作、「溶融スラグ有効利用ガイドライン（案）」作成等にご尽力いただいた関係者の皆様に深く感謝します。

参考文献

- 1) 関戸知雄他：都市ごみ溶融スラグの重金属溶出量変動と溶出試験方法の違いに関する研究，平成21年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，2009
- 2) 日本工業規格 JIS A5031
- 3) 日本工業規格 JIS A5032
- 4) 関戸知雄他：都市ごみ溶融スラグ利用製品の環境影響と物理的性状評価，平成23年度廃棄物資源循環学会春の研究討論会発表ポスター，2011
- 5) 中村公生他：廃棄物再生利用における環境影響評価について，宮崎県衛生環境研究所年報第22号，113-118，2010
- 6) 中村公生他：ICP-質量分析法による超微量元素同時分析，宮崎県衛生環境研究所年報第20号，107-109，2008
- 7) 芳野弘和，関戸知雄他：カラム試験による都市ごみ溶融スラグを利用した土木資材の重金属溶出に関する研究，第23回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集，459-460，2012
- 8) 門木秀幸，貴田晶子，細井由彦：ガラス系再生材からの重金属類の溶出特性と地下水への影響評価，廃棄物資源循環学会論文誌，Vol.20，No.1，24-38，2009