

一般廃棄物溶融スラグにおける重金属類の溶出特性と AOD 試験

岐阜工業高等専門学校 正会員 ○ 和田 清・島崎 磐

岐阜工業高等専門学校 学生会員 迫田美樹

豊橋技術科学大学大学院 学生会員 寺境則繁

1. はじめに

近年、一般廃棄物の焼却灰の溶融処理が行われている。溶融スラグは、減容化、有害重金属の封じ込めによる固定化とともに、コンクリート骨材や道路の舗装材に混合させるなどの溶融スラグの再利用が進められている。一方、溶融スラグには重金属類（カドミウム、鉛、6 価クロム、ヒ素、水銀、セレンなど）が含まれており、新たな汚染源とならないように十分配慮する必要がある。本研究では、溶媒の pH の差異による重金属類の溶出濃度、溶融スラグの製造過程で表面処理・加熱処理を行った場合の重金属類の溶出濃度を把握し、さらに、魚類を用いた濃縮毒性によるバイオアッセイ（AOD 試験）を行い、溶融スラグから溶出する水質の総合的な評価を試みようとするものである。

2. 分析方法の概要

(1) pH の差異による重金属類の溶出特性： 重金属類の濃度分析は、原子吸光光度計（AA-6200, 島津製）を用いて行った。検液は、溶融スラグ A と溶媒を重量比 1 : 10 の割合で混合し、振とう機により 6 時間連続運転を行った。その後、遠心分離装置により 20 分間の遠心分離を行った。その試料液を濾紙によりろ過し、孔径 $0.45\ \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターにより再ろ過した。必要に応じてエバポレーターを使用して濃縮を行った。pH 調整は溶媒に対して行い、未調整と pH3, 4 の 3 パターンとした。分析は環境基準によって規定されている重金属類 4 種、カドミウム (Cd)、鉛 (Pb)、6 価クロム (Cr^{6+})、ヒ素 (As) について分析し、別途アルミニウム (Al) の溶出についても分析を行った。

(2) 表面処理・加熱処理による重金属類の溶出特性： 製造プラントにおける燃焼温度を調節して表面処理・加熱処理した溶融スラグ A の重金属類の濃度を分析した。比較対象として溶融スラグ B, C を用いた。溶融スラグと脱イオン水を所定の割合になるように混合し、振とう機にて 200rpm で 1 時間連続運転を行った。溶融スラグの混合率は、9、11、16、20% の 4 種類で実施した。ろ過後の濾水を試験水とし、必要に応じて濃縮を行った。濃縮後、UV 吸光光度計を用い Al 、 Cu 、 Pb 、 CN 、 Cr^{6+} 、 Zn について重金属分析を行った。

(3) バイオアッセイ試験（AOD）： 重金属類の濃度分析と同様に検液を作成する。シャーレに入れた検液 100ml にアカヒレ 7 尾を加え、0.5、1、2、3、6、12、24、48 時間後における、生存・横転・死亡の個体数を観察し、観察結果から、 LC_{50} を算出してその濃度を AOD とする。なお、AOD 値が高いほど毒性は低い。

3. 実験結果および考察

(1) pH の差異による重金属類の溶出特性： 図-1 は、溶融スラグ A における 4 種類の重金属類の溶出結果を示したものであり、縦軸を対数表示している。同図から、pH 未調整の溶媒の重金属類溶出濃度は、 Al を除いて環境基準値未満であること、また、pH4 の溶媒に浸した場合では、pH 未調整に比べて溶出濃度は増加するものの環境基準値未満であること、pH3 では、環境基準値以上の鉛 (Pb) が検出されることなどがうかがえられる。また、 Al の溶出については、他の 3 種類の重金属類の溶出濃度に比べて約 10 倍であり、pH 未調整の場合にも 0.01mg/l 以上の濃度で溶出することがわかる。溶融スラグ A の成分としては、 SiO_2 (35~45%)、 CaO (28~32%)、 Al_2O_3 (14~20%) が含まれており、この酸化アルミナの成分が溶出したものと考えられる。

(2) 表面処理・加熱処理による重金属類の溶出特性： 溶融スラグ A について、製造プラントにおける燃焼温度を調節して表面処理・加熱処理した場合の重金属類の濃度を図-2 に示す。図中には、溶融スラグ B の結果が併記されている。同図から、 Al 、 Pb は他の成分に比べて溶出しやすいこと、燃焼温度を調節して表面処理・加熱処理された溶融スラグ A では、その処理の違いによって溶出する重金属類に差異が認められ、溶融スラグの製造プロセスに技術的な改善を施すことによって、有害な重金属類を封じ込める可能性を示唆しているものと考えられる。さらに、脱イオン水に対する溶融スラグの混合量を変化させた場合において、 Pb の溶出濃度を示したものが図-3 である。溶融スラグの混合率が増加するほど、 Pb の溶出濃度も高くなる

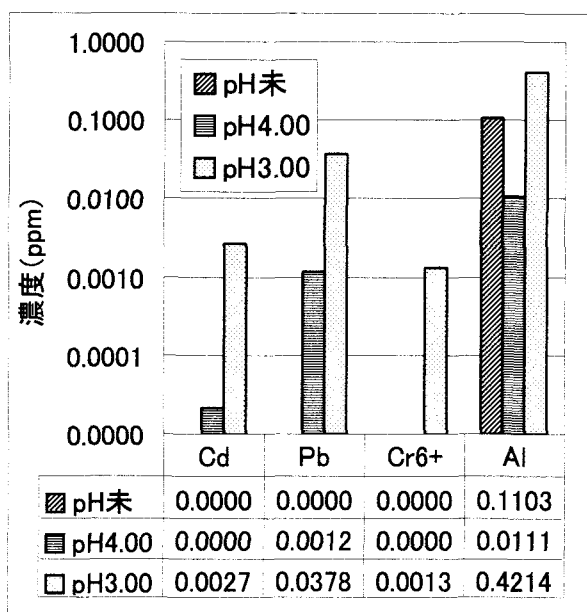


図-1 溶媒の pH の差異による重金属の溶出濃度

ことが確認できる。なお、P_bの環境基準値は0.01mg/l以下である。

(3) バイオアッセイ (AOD 試験) :

AOD 試験を行う前に簡易的ではあるが、溶融スラグを敷き詰めた水槽内に魚類 (遊泳魚、底生魚)、貝類を入れ、その生存期間等を観察している。その結果、溶融スラグ B ≒ 溶融スラグ A (加熱) > 溶融スラグ A (表面) > 溶融スラグ C の順で水生生物の死亡率が高いことが確認されている。

図-4 は、予備実験において水生生物の死亡率が高いとされた溶融スラグ A (加熱処理)、溶融スラグ B について、アカヒレの生存状況を時系列表示した一例である。同図から、両者の生存率が大きく異なること、濃縮率を高めること (100%→320%) によって、生存率が低下する傾向がうかがえる。予備実験のバイオアッセイでは、溶融スラグ B と加熱処理された溶融スラグ A の状況は同程度と判定されたが、AOD 試験の結果、加熱処理された溶融スラグ A にはアルミニウムが多量に含まれており、これによる毒性の影響が考えられる。AOD 試験は、試験魚にとって不都合な水質の総和を示すものであり、毒性の強さは判定できるが何がその毒性の本体であるかは不明である。したがって、今後は、毒性解析法を含めて検討する必要がある¹⁾。

4. おわりに

溶融スラグは、溶媒の pH が下がることにより重金属類が溶出しやすくなり、pH3 程度の酸性下では環境基準値以上の溶出となるなど、元素によって pH の差異による溶出しやすさが異なる。また、アルミニウム (Al) や鉛 (P_b) は、条件によっては pH 未調整でも溶出しやすく、強酸性下ではさらに溶出する元素である。一方、バイオアッセイの一種である AOD 試験は、凍結濃縮法による濃縮毒性試験方法である¹⁾。毒性本体の性質を類型化したり、化学分析によって毒物種を同定するなど、毒性解析法を併用しながら、毒性 (急性、慢性) の要因について検討する予定である。

参考文献: 1) 玉井信行・水野信彦・中村俊六: 河川生態環境工学, pp.18~27, 1993.

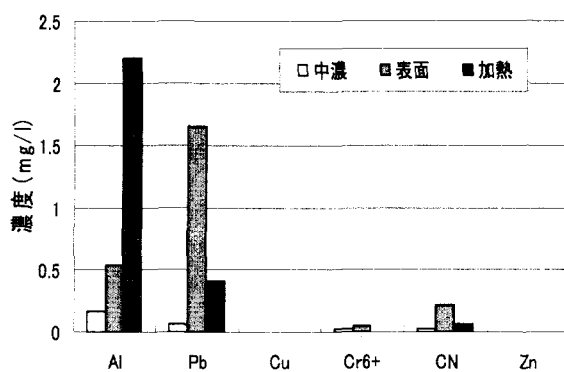


図-2 重金属類の溶出濃度 (pH 調整なし)

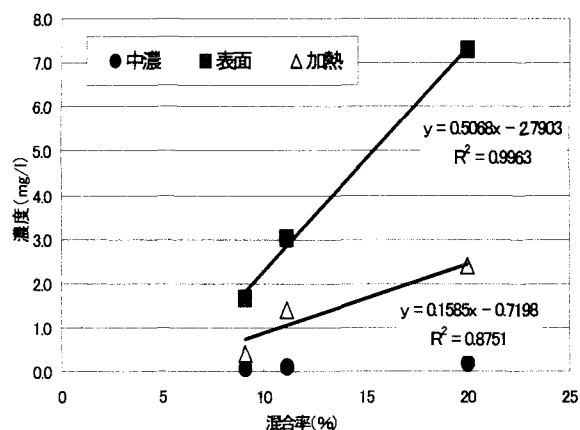
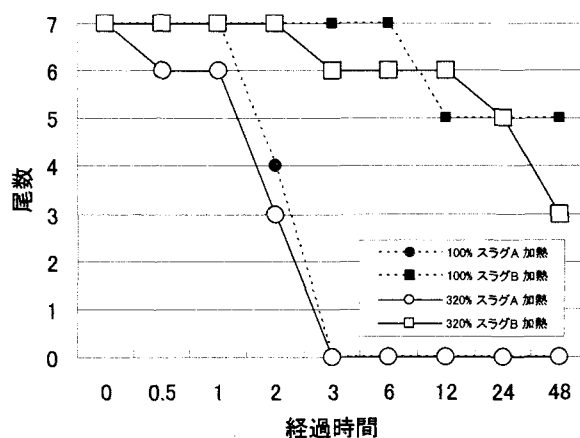
図-3 鉛 P_b の溶出濃度 (pH 調整なし)

図-4 バイオアッセイ (AOD 試験) の一例