

廃棄物からのカドミウムの溶出抑制技術に係る文献調査結果

「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物の処分又は再生の方法として環境大臣が定める方法（平成 4 年 7 月 3 日厚生省告示第 194 号）」において、特別管理廃棄物の一部のばいじん及びその処理物について、溶融固化、焼成、セメント固化、薬剤処理、酸その他溶媒による抽出法のいずれかによる重金属の溶出抑制のための処理を行うことが義務付けられている。これらの溶出抑制技術のうち、カドミウムに関する文献調査結果を表に示す。

表 廃棄物からのカドミウムの溶出抑制技術に係る文献調査結果

技術	特徴	適用状況	検証事例												
溶融固化	焼却残渣（焼却灰、焼却飛灰）を概ね 1200℃以上の高温で溶融固化する技術で、重金属はスラグ中でガラス質に取り込まれて溶出しにくくなる <sup>1,2</sup> 。	溶融施設は、一般廃棄物焼却施設に併設され活用されていることが多い <sup>2</sup> 。	<p>①プラズマ式溶融炉</p> <p>焼却主灰及び焼却飛灰中の重金属等について、溶融プロセスを経て生成されたスラグ、メタル、溶融飛灰への分配挙動を分析したところ、カドミウムについては以下のとおりであった<sup>3</sup>。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>試料名</th> <th>カドミウム含有量(mg/kg)*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>焼却主灰</td> <td>3.4**</td> </tr> <tr> <td>焼却飛灰</td> <td>49.2</td> </tr> <tr> <td>スラグ</td> <td>定量下限値未満 (&lt;0.05)</td> </tr> <tr> <td>メタル</td> <td>定量下限値未満 (&lt;0.1)</td> </tr> <tr> <td>溶融飛灰</td> <td>344</td> </tr> </tbody> </table> <p>*3 検体の平均 **変動係数 20%以上</p> <p>②フィルム溶融炉</p> <p>カドミウム濃度が 46mg/kg の焼却飛灰を溶融固化したスラグについて、「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法（昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示 13 号）」（以下、環境省告示 13 号という）による溶出試験結果は、&lt;0.005mg/L であった<sup>1</sup>。</p> <p>③電気抵抗炉</p> <p>カドミウム濃度が 13mg/kg の焼却飛灰を溶融固化したスラグについて、環境省告示 13 号による溶出試験結果は、&lt;0.001mg/L であった<sup>1</sup>。</p>	試料名	カドミウム含有量(mg/kg)*	焼却主灰	3.4**	焼却飛灰	49.2	スラグ	定量下限値未満 (<0.05)	メタル	定量下限値未満 (<0.1)	溶融飛灰	344
試料名	カドミウム含有量(mg/kg)*														
焼却主灰	3.4**														
焼却飛灰	49.2														
スラグ	定量下限値未満 (<0.05)														
メタル	定量下限値未満 (<0.1)														
溶融飛灰	344														

焼成	ロータリーキルン その他の焼成炉で 飛灰を高温焼成し、 カドミウムは二次 飛灰へ移行する <sup>4</sup> 。	飛灰を焼成骨 材、二次飛灰 を製錬原料と して利用する <sup>4</sup> 。	製錬技術を応用した実証試験では、飛灰の焼成物（骨材）について、「土壌の汚染に係る環境基準について（平成3年8月23日環境庁告示46号）」による溶出試験結果は、 $<0.001\text{mg/L}$ であった <sup>4</sup> 。
セメント 固化	セメント中のケイ 酸カルシウムなど が水と結合して水 和物結晶を生じる 過程で重金属を吸 着又は固溶化させ る。またセメントの 強アルカリ性によ って重金属の難溶 性化合物を生成し て固化体中に固定 する <sup>1</sup> 。	安価な方法で あり多く用い られている <sup>5</sup> 。	①清掃工場7施設における電気集塵機またはバグフィルタで捕集した飛灰のセメント固化物について、環境省告示13号による溶出試験結果は、いずれも $<0.01\text{mg/L}$ であった <sup>1</sup> 。 ②ポルトランドセメントまたは高炉スラグセメントによる固化物について、カドミウムの溶出試験結果は $0.01\text{mg/L}$ （定量下限値）未満であった。低アルカリセメントによる固化物について、 $0.09\sim 0.16\text{mg/L}$ の溶出が見られた <sup>6</sup> 。
薬剤処理	キレート剤等によ りカドミウムイオ ンと強固なキレー ト結合を形成し、不 溶性のキレート化 合物にする <sup>1</sup> 。	装置の簡便 さ、メンテナ ンスの容易さ から既設炉へ の増設設備と して導入しや すい。添加剤 のランニング コストは、セ メント固化よ り高価となる <sup>1</sup> 。	①ピペラジン系、ジエチルアミン系キレート剤添加率を $0.5\%\sim 2.5\%$ として、薬剤処理した飛灰の溶出試験結果は、いずれも $<0.01\text{mg/L}$ であった <sup>7</sup> 。 ②一般廃棄物焼却施設にて主灰（カドミウム含有量 $0.84\text{mg/kg}$ 又は $1.15\text{mg/kg}$ ）及び飛灰（カドミウム含有量 $39.7\text{mg/kg}$ 又は $32.6\text{mg/kg}$ ）をキレート剤によって薬剤処理した。溶出試験結果は、主灰、飛灰ともに定量下限値未満（ $<0.002\text{mg/L}$ ）であった <sup>8</sup> 。 ③下水汚泥焼却灰をキレート処理し、 $\text{pH}2.5$ 及び $\text{pH}11$ の溶媒を用いて溶出試験を行った結果、両者とも $0.001\text{mg/L}$ 未満であった <sup>9</sup> 。
酸その他 溶媒による抽出	酸により重金属を 抽出した後、硫化水 素ナトリウム等によ り硫化物として 不溶化する <sup>1</sup> 。	安価な方法だ が、激しい異 臭を発生する 可能性があ り、ほとんど 用いられてい ない <sup>10</sup> 。	カドミウム溶出量が $7.5\text{mg/L}$ の一般廃棄物の焼却飛灰について、酸抽出処理後は $0.014\text{mg/L}$ であった <sup>1</sup> 。

- 
- 1 廃棄物研究財団編「特別管理廃棄物シリーズ III 特別管理一般廃棄物ばいじん処理マニュアル」化学工業日報 1993年3月発行
  - 2 古保里俊夫、土谷光重（日本環境衛生センター）「焼却残渣の処理及び有効性に関する考察」日本環境衛生センター所報 No.30,pp56-67,2003年
  - 3 肴倉宏史・小口正弘・寺園 淳（国立環境研究所）「焼却・熔融実処理プロセスにおける希少金属等 54 元素の分配と変動」第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2010pp407-408、C4-6
  - 4 坂元雄三（住友金属鉱山）「都市ゴミ焼却灰を焼成した骨材の有効利用」福岡県リサイクル研究事業化センター
  - 5 土手.裕・丸山俊朗（宮崎大学）「粉碎したセメント固化体からの重金属の溶解に関する研究」廃棄物学会論文誌,Vol.9,No.5,pp.188-197,1998
  - 6 川戸 喜実・富岡 修・高橋 邦明・目黒 義弘・坂本 浩幸・芳賀 和子（日本原子力研究開発機構バックエンド推進部門バックエンド技術開発ユニット）「焼却灰のセメント固化試験 I - 模擬焼却灰の基本的固化特性-」JAEA-Technology 2010-013
  - 7 鈴木紳正・榊 孝（東ソー南陽研究所環境化学グループ）「ジチオカルバミン酸系重金属処理剤の特性」東ソー研究・技術報告 Vol.48 pp55-58（2004）
  - 8 裾野市美化センターにおける飛灰キレート処理の溶出試験の結果 平成 24 年 5 月  
<http://www.city.susono.shizuoka.jp/life/info/2012/09/18-0952.php>
  - 9 大矢昌樹・田崎憲秀・宮下寛充（株式会社金沢舗道生産部）「安定化処理後下水汚泥焼却灰入りアスファルト混合物」北陸道路舗装会議技術報文集、平成 24 年 6 月 5 日
  - 10 社団法人日本下水道協会技術部技術第三課、日本上下水道設計株式会社「焼却灰中の重金属溶出抑制技術に係る調査報告書」平成 20 年 3 月 14 日