

京都大学防災研究所 正会員 嘉門 雅史
京都大学防災研究所 正会員 勝見 武
京都大学大学院 学生会員 渡辺 拓
京都大学大学院 学生会員○澤 直樹

1. 研究の目的

近年、様々な種類の廃棄物が多量に発生しており、処分場の不足も相まって、それらの再利用化が求められている。しかし、重金属汚染土は環境に悪影響を及ぼさないように厳重に管理されなければならず、適切な中間処理によって再利用が可能であるかどうかについて慎重な検討が求められている。本研究では、重金属を含有した粘性土をセメント固化処理した場合の溶出特性を把握するとともに、現行の溶出試験方法の問題を指摘し再利用化の可能性を探ることを目的としている。

2. 実験方法

2.1 処理土の作製

粘性土に重金属を混入させ模擬汚染土を作製し、これに普通ポルトランドセメントを添加し適当な期間養生させた。粘性土の性状を表.1に、重金属の種類、含有量、固化材添加率、養生期間を表.2に示す。

2.2 溶出試験

(振とう試験) 環境庁が告示する方法に基づいた溶出試験を行った。養生後、5mm 以下にときほぐした処理土 50g と蒸留水 500ml を混合し、試料液を作成した。作成した試料液を常温常圧において振とう機で6時間連続振とうさせ、毎分約3000回転で20分遠心分離した上澄みを検液として用いた。

(流下試験) 実際の地盤を想定した溶出試験を行った。まず、固化材を15%添加した処理土をカラム状に成形し、28日間養生させた供試体を作成した。その後、三軸圧縮試験機を用い、側圧1MPa、鉛直圧0.8MPaで供試体の下面から上面へ蒸留水を透過させ溶液を作成し、検液として用いた。供試体の寸法等について表.3に示す。

3. 結果と考察

3.1 振とう試験の結果

まず、固化材を添加していない模擬汚染土に対し振とう試験を行った結果を表.4に示す。陽イオンである鉛は土粒子表面の負の電荷に吸着されたと考えられる。また、陰イオンである六価クロムは土粒子表面に吸着している陽イオンと静電気力で結合することにより吸着されたと考えられる。

次に、鉛を含有した処理土に対し振とう試験を行った結果について図.1に示す。固化材添加量を増加するにつれ、鉛の溶出濃度が増大したのは、固化材に含まれる石灰成分の加水分解により発生した多量の水酸化物イオンが土粒子に吸着している鉛の一部と錯イオンを形成したためと考えられる。また、養生期間が経過するにつれ溶出濃度が低下したのは、セメントが水和物を

表1 粘性土の性状

採取場所	大阪市東荒本の地下約10m
分類	主に沖積粘土
液性限界	63.70%
塑性限界	28.60%
土粒子密度	2.67g/cm ³
最大粒径	0.425mm
湿潤密度	1.52g/cm ³

表2 処理土の構成

重金属の種類	六価クロム、鉛
重金属含有量(mg/kg)	10,100
固化材添加率(%)	5.15
養生期間(日)	1.7,28

表3 流下試験の基礎的データ

	固化処理土 (鉛含有)	固化処理土 (六価クロム含有)
D (直径) (cm)	5.1	5.11
h (高さ) (cm)	3.2	2.29
Wt (湿潤重量) (g)	104.74	75.9
S (断面積) (cm ²)	20.42	20.5
pt (湿潤単位体積質量) (g/cm ³)	1.66	1.68
e (間隙比)	1.47	1.44
一軸圧縮強さ(MPa)	1.88	1.76

表4 固化材無添加の模擬汚染土に対する振とう試験の結果

重金属の種類	重金属含有量 (mg/kg)	溶出濃度 (ppm)	土粒子吸着率 (%)	pH
鉛	10	0	100	8.48
	100	0	100	8.43
六価クロム	10	0.083	83.69	8.45
	100	0.265	94.71	8.71

Masashi KAMON, Takeshi KATSUMI, Kaku WATANABE, Naoki SAWA

形成することによって加水分解されにくくなり、pH が低下して鉛の水酸化物イオンの錯イオン形成が低下したためと考えられる。

最後に、六価クロムを含有した処理土に対し振とう試験を行った結果について図.2 に示す。固化材添加量を増加するにつれ、六価クロムの溶出濃度が低下したのは、六価クロムが塩を形成するセメント中のサルフェート水和物が処理土中に広く分布し、塩を形成する確率が高くなったためと考えられる。

3.2 流下試験の結果と振とう試験との比較

流下試験を行った結果を振とう試験の結果と比較して示す。但し、単純に両試験の結果を比較できないため、 1cm^3 の処理土からの溶出量に換算して行う。また、時間的な溶出特性を把握することも考慮し、自然条件下で水が処理土中を通過したときの浸透時間を溶液の体積から算出する。換算方法として、 $t = \frac{Q}{k \times i \times A}$ （ Q ：振とう試験で

用いた溶媒の体積もしくは流下試験で得られた溶液の体積、 k ：流下試験から得られた透水係数の平均値、 i ：位置水頭によって水が自然流下する動水勾配で1、 A ：一辺 1cm の立方体を仮定しているので 1cm^2 の断面積）を用いて想定期間 t を求めた。

この仮定により得られた想定期間と重金属総溶出量の関係を図.3 と図.4 に示す。流下試験より振とう試験の方が同じ想定期間における重金属溶出量が多いことがわかった。よって、環境庁が告示する溶出試験方法では実際の環境条件における重金属溶出量より多く溶出することが予想される。

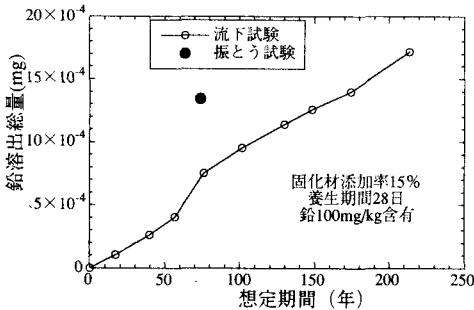


図.3 想定期間と鉛溶出総量の関係

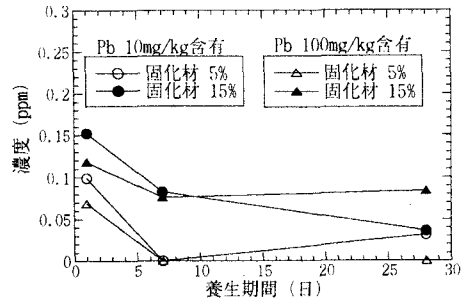


図.1 養生期間と溶出濃度の関係

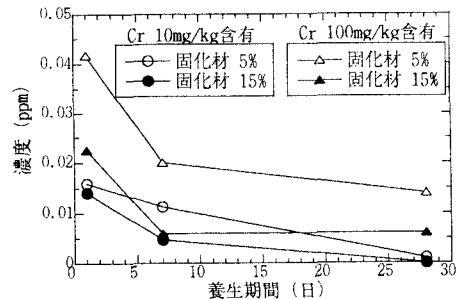


図.2 養生期間と溶出濃度の関係

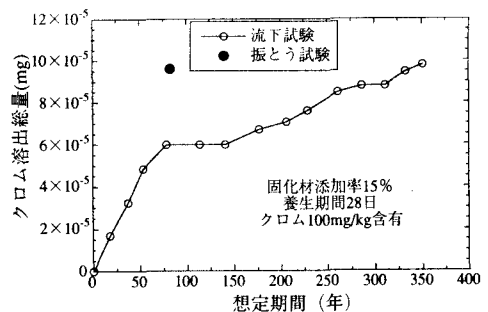


図.4 想定期間とクロム溶出総量の関係

4. 結論

- ・ 六価クロムを含有した固化処理土は、固化材添加率が高いほど、また養生期間が経過するほど溶出濃度が低下した。
- ・ 鉛を含有する固化処理土は、固化材を添加すると溶出濃度は上昇したが、養生期間が経過するにつれ溶出濃度は低下した。
- ・ 振とう試験は流下試験の性状を適切に評価しないことがあり、現場条件を再現しない溶出特性を呈することがあった。

【参考文献】Yong, Mohamed and Warkentin 著 福江正治ら訳：地盤と地下水汚染の原理、東海大学出版会、1995。