

S5-11 比重分離による鉛散弾除去技術

－射撃場鉛汚染土壌の処理検討－

○高橋祐一¹・谷雄一¹・中村勝俊¹・柳橋寛一¹
¹五洋建設（株）

1. はじめに

クレー射撃等が行われる射撃場では、蓄積された鉛散弾の影響による土壌・地下水汚染が問題となっている。このため射撃場の鉛汚染対策におけるガイドラインの策定について検討されている¹⁾。

通常の鉛汚染土壌は、場外処分あるいは不溶化処理や洗浄分級等の処理が行われている。しかし、射撃場の鉛汚染土壌では、鉛散弾を含有している影響により溶出量・含有量ともに高い場合が多く、こうした方法のみで処理することは困難である。このため、鉛散弾を除去する工程を組み合わせた処理方法が必要となる。

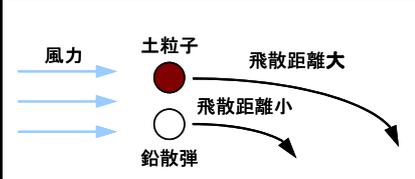
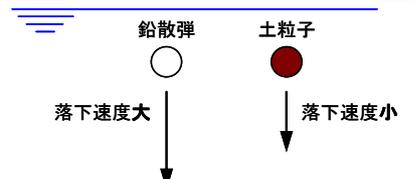
そこで筆者らは、汚染土壌から鉛散弾を除去する方法として、水中で比重差を利用して粒子を選別分離する「湿式比重分離」に着目した。そして、模擬汚染土壌を用いて鉛散弾の除去が可能であることを確認した後、実際の射撃場から採取した汚染土壌を用いて、除去効果ならびに鉛散弾除去後の土壌における基準値との適合性の確認を行った。本報では、鉛散弾除去技術の概要および実験の結果について報告する。

2. 鉛散弾除去技術の概要

2.1 比重分離方法の比較

鉛散弾を分離する方法としては、比重差を利用した分離方法が効率的と考えられる。比重分離方法としては、汚染土壌を乾燥させ風力により分離する「乾式比重分離」と汚染土壌に水を加え水中で分離する「湿式比重分離」がある。各分離方法の概要及び原理を表-1に示す。このうち乾燥工程が不要であり、鉛散弾の除去効果と併せて水流による洗浄効果が期待できる「湿式比重分離」を選定した。

表-1 分離方法の概要および原理

	乾式比重分離	湿式比重分離
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・風力による飛散距離の差を利用した分離方法 ・前処理として乾燥工程が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・水中における落下速度の差を利用した分離方法 ・後処理として排水処理工程が必要
原理		

2.2 湿式比重分離機による鉛散弾の分離

同じ様な粒径の粒子では粒子の大きさに大差がないため、比重の大きな粒子の方が落下速度が大きく、さらに水流の影響を受けにくいという特徴がある。本検討で使用した湿式比重分離機（ウォーターセパレーター：ラサ工業製、写真-1）は、設備下部に設けられた上下に揺動する可動水槽により水流を発生させ、比重の異なる粒子を選別分離することができる²⁾。

クレー射撃場等で使用されている鉛散弾の粒径は 2mm 前後であるため、分離効率を上げるための前処理として、汚染土壌の粒径を 1～5mm 程度に調整する。鉛散弾を濃縮させた土壌を、比重分離機の上下に

Lead shot removal technology by specific gravity separation

Yuichi Takahashi¹, Yuichi Tani¹, Katsutoshi Nakamura¹, Tomokazu Yanagibashi¹

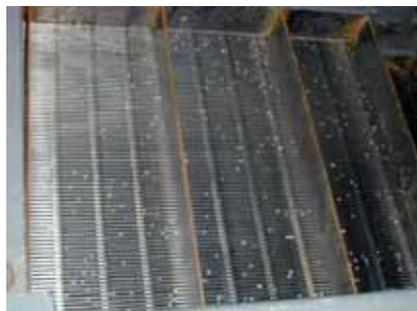
(¹PENTA-OCEAN CONSTRUCTION)

連絡先：〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設（株）技術研究所 高橋祐一
 TEL 0287-39-2143 FAX 0287-39-2133 E-mail Yuuichi.Takahashi@mail.penta-ocean.co.jp

脈動する水流が生じている水槽内に投入する。水槽内では投入側から排出側へ移動する間に比重の大きい鉛散弾は下層部へ、比重の小さい土粒子は上層部に配列分離される。分離された鉛散弾は下部排出口より、鉛散弾を除去した土壌（以下、除去後土壌）は上部排出口より排出され、水より比重の小さい草・根等のゴミは外部へ排出される（図-1）。



ウォーターセパレーター（実験機）



内部スクリーン（網目 1.5mm）



水流発生状況

写真-1 湿式比重分離機（ウォーターセパレーター）

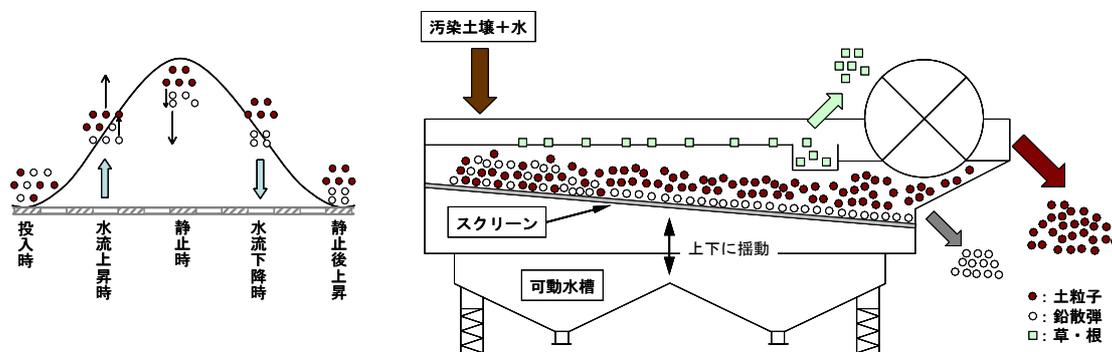


図-1 湿式比重分離機による鉛散弾の分離

3. 模擬汚染土壌による鉛散弾除去実験

3.1 模擬汚染土壌

事前に粒度を 1.5~5mm に調整した土壌に市販の鉛散弾（φ2mm）を重量比で 4% 混入することにより模擬汚染土壌を作成した。鉛散弾および模擬汚染土壌を写真-2 に、混入前土壌の粒度分布を図-2 に示す。



写真-2 鉛散弾（左）および模擬汚染土壌（右）

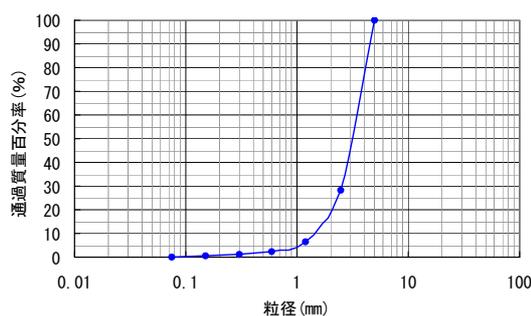


図-2 混入前土壌粒度分布

3.2 実験方法

模擬汚染土壌を 20kg/min で湿式比重分離機に定量投入し、土壌と鉛散弾を分離した。鉛散弾の分離状況は目視および分離後土壌の鉛含有量分析にて確認した。含有量の分析は、平成 15 年環境省告示第 19 号および蛍光 X 線（理学電機工業 SPECTRO XEPOS）により行った。

3.3 実験結果および考察

分離状況を写真-3 に、分析結果を表-2 に示す。分離状況を目視で確認した結果、比重の大きい鉛散弾が内部水槽の投入側に近い部分の下層部に多く堆積していた。一方、土粒子は水槽内部の上層部に堆積（一

部は排出) しており、良好な分離状況が確認できた。また、除去後土壌の鉛含有量分析の結果、基準値 150mg/kg 以下であると同時に、全量分析である蛍光X線の結果においても除去前後の値に顕著な差がみられなかった。これより、除去後土壌に鉛散弾が混入していないことが確認できた。



写真-3 分離後水槽内部 (左: 上層部土壌 右: 下層部鉛散弾)

表-2 土壌分析結果

	鉛含有量 (mg/kg)	
	環告19号	蛍光X線
混入前土壌	22	47.3
除去後土壌	13	43.2
備考	公定法	全量分析

4. 実汚染土壌への適用性確認実験

4.1 実験概要

実際の汚染土壌では、鉛散弾が変形したものや破片、風化され表面が剥離したもの等粒径が均一でないことや鉛散弾を含む土塊、植物等のゴミの影響により、除去効率が低下することが予想される。そのため、実際の射撃場より採取した汚染土壌を用いて、除去効果を確認した。また、除去後土壌について、基準値との適合性を確認した。使用した汚染土壌を写真-4 に、粒度分布を図-3 に示す。



写真-4 汚染土壌

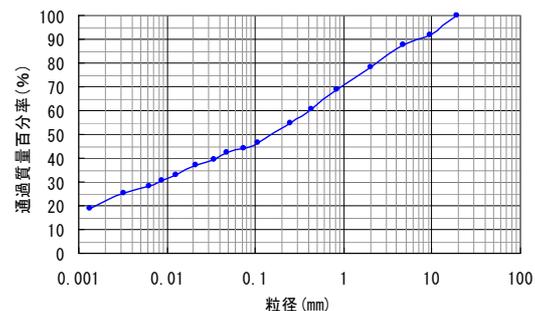


図-3 汚染土壌粒度分布

4.2 実験方法

前処理として、汚染土壌を振動ふるいにより 5mm 以上の粗粒分および 1.5mm 以下の細粒分を除去した後、鉛散弾が濃縮している 1.5~5mm の土壌を湿式比重分離機に投入し、土壌と鉛散弾を分離した。また、ふるい分けおよび比重分離工程で発生した濁水は、排水処理設備 (MF 膜) により処理した。なお、処理水は、排水基準を満足していることを分析により確認した後、放流した。分離効果の確認は目視により、除去後土壌の基準との適合性は、鉛含有量・溶出量分析により行った。実験フローを図-4 に、主な設備の仕様を表-3 に、実験状況を写真-5 に示す。

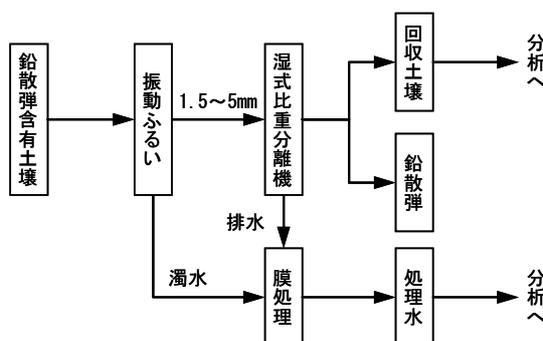


図-4 実験フロー

表-3 主要設備仕様

設備名称	仕様
振動ふるい	網目: 5mm および 1.5mm
湿式比重分離機	水槽: 400×1200 網目: 1.5mm 振動数: 60回/min 処理量: 1.2t/hr
排水処理設備	膜孔径: 5μm 処理量: 200L/hr

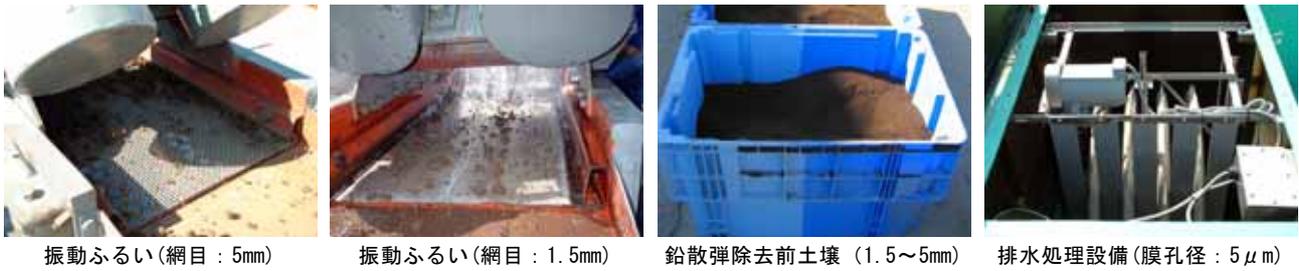


写真-5 実験状況

4.3 実験結果および考察

分離状況を写真-6に、鉛散弾除去前後の土壌および排水の分析結果を表-4に示す。鉛散弾と土壌との分離状況は、模擬汚染土壌を使用した実験と同様に、投入口側の下部に鉛散弾、水槽全体の上部に土壌が堆積していた。また、除去後土壌に鉛散弾の混入はみられないことから、実際の汚染土壌においても鉛散弾を除去できることが確認できた。分析結果をみると、鉛散弾を除去する前の土壌は、含有量が990mg/kgであり、基準値を超過していた。一方、除去後土壌では、溶出量は基準値を満足したものの、含有量は基準値である150mg/kgを超過していた。これは、鉛散弾の破片や表面の風化により微細化した鉛の影響³⁾によるものと考えられる。



写真-6 分離状況（左）・除去後土壌および鉛散弾（右）

表-4 分析結果

	鉛含有量 (mg/kg)	鉛溶出量 (mg/L)	鉛濃度 (mg/L)
除去前土壌 1.5~5mm	990	0.004	—
除去後土壌 1.5~5mm	230	<0.002	—
濁水	—	—	1.2
処理水	—	—	<0.002
基準値	150	0.01	0.1
分析方法	環告19号	環告18号	環告64号

5. まとめ

本検討では、模擬汚染土壌および射撃場から採取した汚染土壌を使用した実験を通じて、湿式比重分離機により鉛散弾を除去できることを確認した。このような方法を用いることにより、鉛散弾を大量に含む土壌であっても、鉛散弾を分離除去することで、管理型処分場等への処分が可能となると思われる。さらに、洗浄分級等の処理方法を組み合わせることにより、鉛散弾を含む汚染土壌を基準値以下まで浄化することで、処理土壌を埋戻し土として再利用することも可能となる。

今後は、基準値以下まで浄化することを目的に、「湿式比重分離」と「洗浄分級」を組み合わせた方法による浄化実験を実施する予定である。

—参考文献—

- 1) 環境新聞 (2004.9.22)
- 2) 林宗洋：ラサ・ウォーターセパレーターによる骨材の精製システム 資源処理技術第43巻第2号 pp.48-51 (1996)
- 3) 原雄ら：環境中における散弾の風化 第11回地盤環境シンポジウム論文集 pp71-76 (2001)