

射撃場の環境対策工事

県立伊勢原射撃場における施工事例

古後 正博¹・小島 靖雅²・江藤 靖彦²

¹正会員 前田建設工業株式会社 土木技術部（〒102-8151 東京都千代田区富士見二丁目10-26）

²正会員 前田建設工業株式会社 横浜支店（〒221-0825 横浜市神奈川区反町二丁目16-8）

県立伊勢原射撃場は、1972年にクレー射撃とライフル射撃場を有する総合射撃場として開設された。1998年には「かながわ・ゆめ国体」の射撃競技会場として再整備された。2002年4月に休業するまで、年間約3万人の競技者や射撃愛好者に利用された射撃場である。射撃場休業後は、鉛弾による地下水及び河川の影響を調査するための本格的な水質検査が実施された。検査結果では環境基準値内であったが、このまま放置すれば鉛弾による地下水汚染等、環境問題が懸念されることから、未然防止として鉛弾含有土壌を回収することとなり、クレー・クロス等の飛散物を含めた回収工事が実施されることとなった。本報告は、これら飛散物の回収・分別分級処理を実施した環境対策工事の施工事例として報告するものである。

キーワード：鉛、鉛弾、射撃場、環境、回収、分別分級、人工ゼオライト

1. はじめに

(1) 本工事における課題

ライフル射撃はライフル銃を用いて地上の標的（静止物・移動物）を狙って撃つ水平方向の射撃であるため、銃弾は標的の背面やその周囲に集中する。

一方、クレー射撃は、散弾銃を用いてクレーと呼ばれる飛行中の円盤を撃ち落とす射撃であるため、射撃角度が大きくなりやすく散弾は広範囲に飛散しやすい。本射撃場の場合、地形や風等の自然的要因もあり、クレー射撃により散弾が山間部まで広く飛散している状況（図-1）であった。山間部という作業性が悪い状況の中、飛散した鉛弾含有土壌をいかに効率よく回収するかが課題であった。

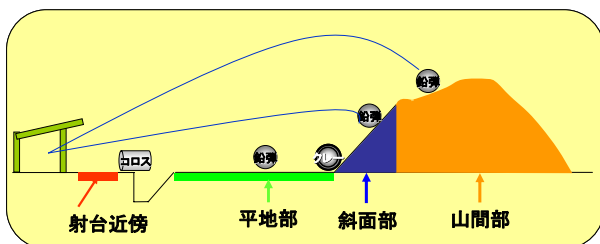


図-1 飛散物の分布状況

(2) 工事概要

本工事は、ライフル・クレー射撃で使用された鉛弾による環境汚染防止のため、地表面に散乱した鉛弾を始め人工物であるクレー（円盤状の標的）・クロス（散弾銃の薬莖でワッズカップとも呼ばれる）の回収、平地部や山間部に広く飛散した鉛弾含有土壌の掘削回収、回収物の分別分級処理を行うものである。なお、工期は平成2004年3月25日～2006年9月30日で約2年半の工事である。

(3) 施工フロー

図-2に施工フローを示す。施工は測量等の準備工事終了後、回収物の分別分級作業ヤード設置予定エリアの地表面清掃、平地部の鉛弾含有土壌の回収より着手した。分別分級ヤードの回収作業完了後、仮設テントを設置し、その内部に分別分級装置を設置した。また地表面清掃と並行して、工事中の雨水を処理するための雨水排水処理設備を設置した。これら仮設備を完了させ、本格的な地表面清掃、鉛弾含有土壌の回収、回収物の分別分級作業を開始した。

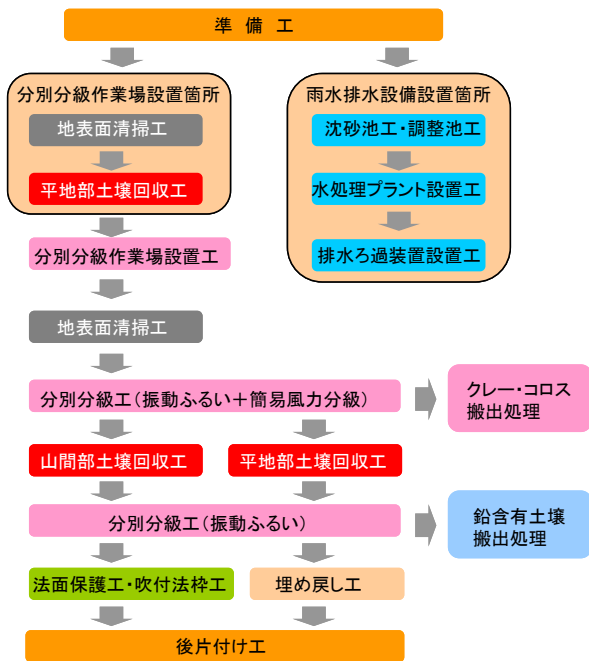


図-2 施工フロー

2. 飛散物の回収

(1) 地表面の清掃

地表面にはクレー射撃の標的であるクレー片と鉛弾、鉛弾を包むクロス（ワッズカップ）が散乱していた。これらはバキューム吸引及び空気搬送機を用いて回収を行った。

(2) 平地部の鉛含有土壌回収

平地部では、GL-1m～1.5m の深さまで鉛弾含有土壌が存在していたため、掘削重機を用いて回収した。

(3) 山間部の鉛弾含有土壌回収

山間部での鉛弾含有土壌の回収作業は、急斜面であり、しかも樹木が密集しているため、掘削重機を使うことができず、人力作業が中心となった。当初は土工具（スコップ・鍬等）を用いた人力掘削を計画していたが、木の根や草木類を傷つける恐れがあったことから、エアースコップ（写真-1）による掘削方法を採用した。空気を吐出して土壌をほぐしながら掘削できるため、木の根や草木類を傷つけることがないためである。掘削後は新芽が芽生えていることも確認できている。また軽量かつコンパクトであることから、山間部での作業に適し、作業員の疲労軽減にもつながった。

回収物の搬送については、当初はバキューム搬送を計画していたが、搬送距離が最長で 250mあり、

バキューム長距離搬送の実績も少ないことから、製鉄所等で鉄粉等の重量物の搬送に用いられている強力空気搬送機（商品名：ジェクター）（写真-2）を採用することとした。これは、コンプレッサーの圧縮空気を利用し、ベンチュリー管の原理を応用した空気搬送機で、図-3 に示すように吸引作業と圧送作業を同時にできる機械である。施工状況を写真-3 及び写真-4 に示す。



写真-1 エアースコップ



写真-2 強力空気搬送機（ジェクター）

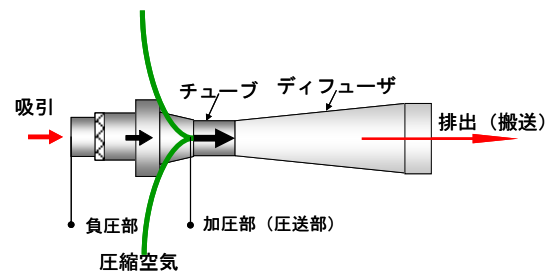


図-3 強力空気搬送機構造図



写真-3 エアースコップ施工状況



写真-4 強力空気搬送機使用状況

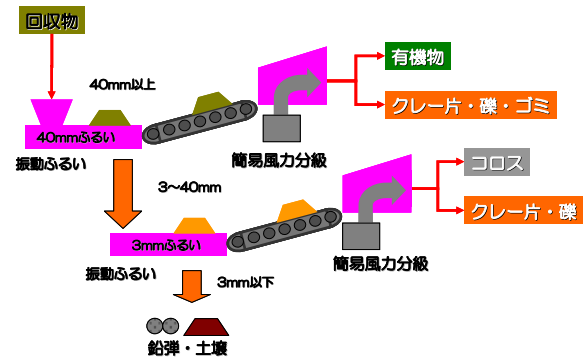


図-4 地表面回収物の分別フロー

3. 回収物の分別処理

(1) 分別分級処理ヤード

回収物の分別分級処理は、仮設テント（写真-5）内に設置した処理ヤードで行った。



写真-5 分別分級施設（仮設テント）



写真-6 地表面回収物の分別分級状況

(2) 地表面回収物の処理

地表面の回収物には、鉛弾・クレー片・コロス・礫・有機物・ゴミ等がある。これらは、振動ふるい及び簡易風力分級装置にて分別処理を行った。図-4に分別フロー、写真-6に分別分級状況を示す。

振動ふるいにて 40mm 以上、3～40mm、3mm 以下のふるい分けを行い、簡易風力分級にて 40mm 以上の回収物は、有機物とクレー片・礫・ゴミに分別され、3～40mm の回収物は、コロスとクレー片・礫に分別した。クレー片・礫・ゴミは人力選別にて分別した。また、3mm 以下の回収物として、鉛弾及び土壌が回収された。

(3) 鉛弾含有土壌の処理

平地部及び山間部での土壌回収物は 25mm の振動ふるいにより礫を除去し、25mm 未満の鉛弾含有土壌として回収した。これは、鉛弾含有土壌は精錬所で処理を行う計画であったことから、精錬所の受け入れ基準に適合させる必要があったためである。

図-5 に分別フロー、写真-7 に分別分級状況を示す。

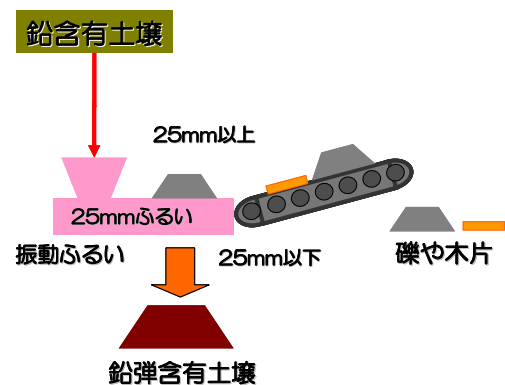


図-5 鉛弾含有土壌の分別フロー



写真-7 土壤回収物の分別分級状況

4. 回収物のリサイクル処理

図-6 に示すように、コロスとクレーはセメント工場へ送られ、コロスは材質がプラスチックであるためセメント工場の代替燃料として利用、クレーは材質が石膏であるためセメント原料へとリサイクル処理された。

鉛弾含有土壌は精錬所に送られ、洗浄・分級処理にて鉛と土壌に分けられ、土壌は堆積場の覆土材として処理された。鉛についてはリサイクル鉛として再利用され、このように殆どの回収物がリサイクル利用された。

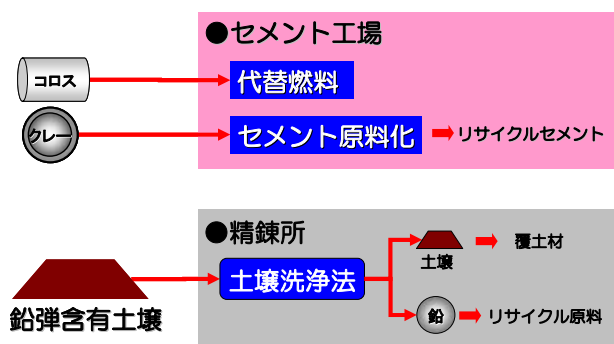


図-6 回収物のリサイクル処理概要図

5. 雨水排水処理

(1) 仮排水路・沈砂池・調整池

雨天時等に地表面の土壌が河川に流れ出すと、土壌に含まれる鉛分により河川的环境汚染を招くことが懸念された。このため、鉛弾含有土壌の掘削回収部には、事前に仮排水設備（U 型側溝、管渠）

（写真-8）及び仮排水設備流末には、土粒子を沈降させるための沈砂池（写真-9）を設置した。また、沈砂池からの越流水は、途中に排水濾過装置（写真-10）を経由して、排水の貯留池となる調整池に蓄えられ、排水が直接河川へ流出することを防止した。



写真-8 仮排水路



写真-9 沈砂池



写真-10 排水濾過装置設置状況



写真-11 人工ゼオライト

(2) 排水濾過装置

排水濾過装置とは、排水を人工ゼオライト（被膜粒状品 C a 型）（写真-11）が充填された濾槽に通過させることで、排水に含まれる鉛分を除去する装置である。濾槽は、排水濾過装置内部に階段状に4基設置した。このため、排水は濾槽内部を4回通過することとなり、排水と人工ゼオライトの接触時間が確保される仕組みとなっている。

ここで、人工ゼオライトとは、火力発電所などから排出される石炭灰に化学処理を施し、「吸着機能」、「陽イオン交換機能」「触媒活性機能」の3つの能力を持たせたものである。

このうち、「陽イオン交換機能」とは、人工ゼオライトが永久的負電荷を有しており、陽イオン交換体として使用できる機能（図-7）である。鉛やカドミウムなどの重金属類の吸着や強酸性土壌の中和などに使用することが期待されている。今回設置した排水濾過装置に使用した人工ゼオライトは、「陽イオン交換機能」を利用したものである。

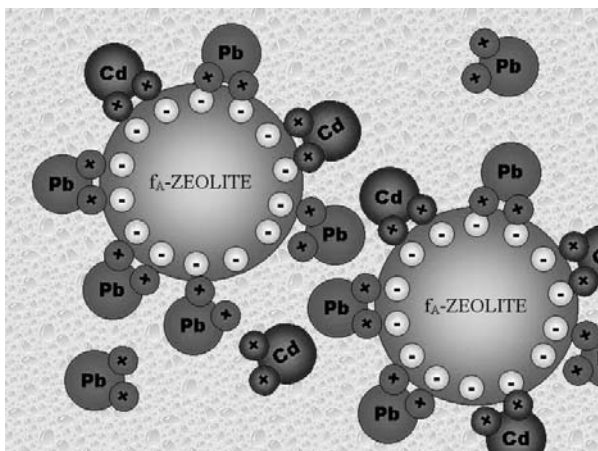


図-7 人工ゼオライト陽イオン交換イメージ図

(3) 水処理プラント

沈砂池から排水濾過装置を経由し、調整池（写真-11）に滞留した排水を放流する前に、水質試験（pH、濁度、鉛分）を実施して、排水基準を満足しているか確認した。排水基準を超過していることが判明した場合は、水処理プラント（写真-12）を稼働させて排水基準を満足させる処理を行った後に河川に放流した。



写真-11 調整池



写真-12 水処理プラント

6. 施工数量

今回の工事で回収した鉛弾含有土壌及び飛散物（クレ－・コロス）の量は表-1 に示すとおりである。土壌の回収量は平地部で約 33,000m³，山間部では，約 5,300m³，鉛弾含有土壌はおよそ 6 万トンに達した。

表-1 回収物数量表

回収物	数量(t)
鉛弾含有土壌	約 60,000
クレ－	約 1,000
コロス	約 25

7. おわりに

本工事は全国的にも施工実績が希少な工事であり，施工計画の策定を慎重に行った。また，土壌の回収

方法については，作業条件（環境）の変化に合わせて試験施工を行うなどの検討を繰り返すことで，施工方法の改善意識をもって工事を進めた。

山間部の土壌回収に用いたエアースコップ及び強力空気搬送機は，作業員の疲労低減と作業性の向上が図られ，本工事を効率よく進めることができた大きな要因となった。

鉛弾含有土壌の拡散防止対策として，土壌運搬ダンプへの積荷養生シートの設置と搬出時のタイヤ洗浄をすべて確認し，土壌搬出時の過積載防止対策としての全台数重量計測管理を徹底した。また，定期的な追跡調査による処理状況の確認も行った。

近隣住民に対しては毎月の工事状況を説明し，通学時間帯の土壌搬出を行わないなどの第3者への配慮も徹底して工事を進めた。

本工事全体を通して様々な苦労・課題があったが，作業所一丸となって施工方法の検討から施工中の管理を確実に行ったことで，本工事を無事完成させることができた。