

ファンネルガラスの放射線遮蔽材利用に伴う鉛溶出抑制暴露実験

北九州市立大学
北九州市立大学
㈱西日本ガラスリサイクルセンター
日鉄住金環境㈱

○正会員 山田百合子
フェロー 伊藤 洋
河村 豊
大石 徹

1. はじめに

現在、ブラウン管テレビに使用されるファンネルガラス（写真-1 参照）は、水平リサイクルが困難な状況になりつつあり、その多くが国内に保管されている。ファンネルガラスに約 20%含まれる鉛は、本来 X 線の吸収性能を高めることを目的として含有させているが、一方で重金属であり、処分をするにしても鉛の溶出を抑制する必要がある。

著者らは、こうしたファンネルガラスの特徴を生かした利用方法として、著者らが開発中の放射性物質含有土壌・廃棄物の保管技術である“多機能盛土”の放射線遮蔽材の一部として適用することを考えた。その際、放射線の遮蔽効率の改善とは別に鉛の溶出による二次汚染の可能性が懸念され、著者らはファンネルガラスを対象として、鉛溶出を抑制する方法について室内実験を行い、続いて暴露実験をおこなっている^{1), 2)}。

本報告では、多機能盛土実証実験の一部にて実施中のファンネルガラスの屋外暴露の 3 ケース、i) 不溶化处理、ii) 不溶化处理+土砂充填、iii) 不溶化处理+土砂充填+吸着剤、が約 500 日を経過した。その結果、工学的に有用な結果が得られたのでここに報告する。



写真-1 ファンネルガラス

2. 実証試験の概要

実証試験で使用した多機能盛土 R 型（図-1 の右下の写真）には、放射線遮蔽と盛土の強度確保のために周辺にジオセルによる側壁を構築している。図-1 は、このジオセルの 3 ヶ所に鉛抑制処理を行った、i) 不溶化处理（ケース C）、ii) 不溶化处理+土砂充填（ケース A）、iii) 不溶化处理+土砂充填+吸着剤 5%含有（ケース B）、の 3 ケースを充填した状況を示したものである。面積は、66cm 前後×80cm=5,280cm²（+のり面 66×30×50%=990m²）、高さ約 H=1m（ガラス部分は 15cm×5 段=75cm）で容積は概ね V=400ℓ程度である。充填されたファンネルガラスの周囲は遮水シートで被い、この充填層を通過した浸透水のみを個別に集積できる構造としている。母材である不溶化鉛ガラスは、室内実験の結果から最も鉛の溶出量が小さく有用とされた平均粒径 10mm 程度のものを使用した（前述写真-1 参照）。盛土の天盤には、降雨浸透抑制のための豆砂利+降雨抑制シートを敷設している。

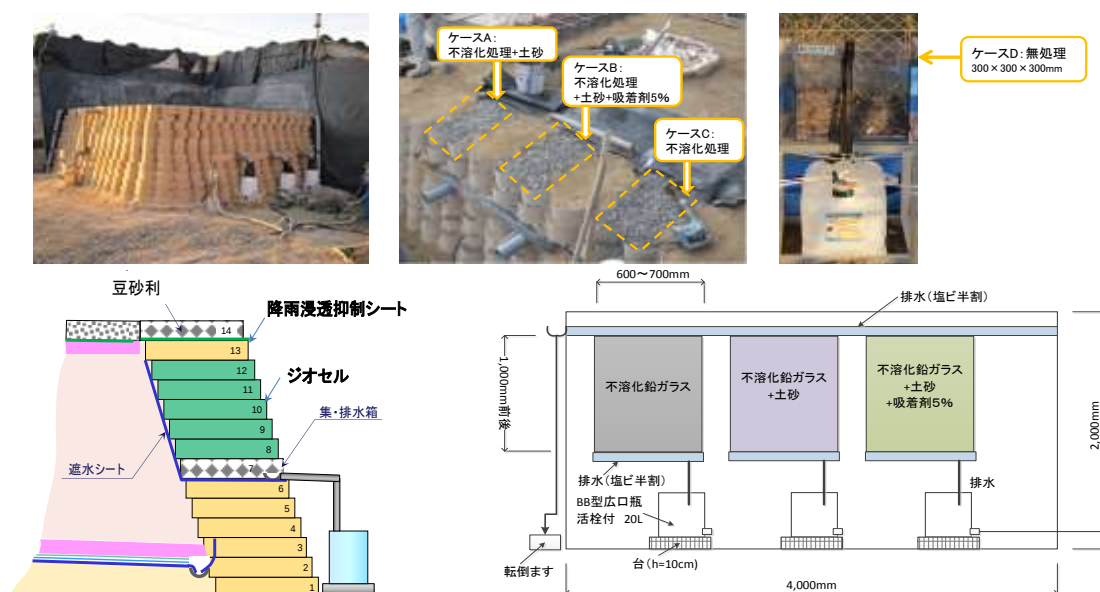


図-1 ファンネルガラスの充填暴露実験の概要

また、比較対象のため無対策のファンネルガラスのみを充填した鉛ガラス実験槽（面積 $30\text{cm} \times 30\text{cm} = 900\text{cm}^2$ 、高さ $H=30\text{cm}$ ）を設定した。実験中は、気象観測として降雨量、日射量、蒸発量を計測した。採取した浸出水は JIS K0102 に準じて前処理を行い ICP-MS を用いて鉛の濃度を測定した。

3. 実験結果

図-2 は、暴露実験サイトにおける積算降水量と“多機能盛土”全体からの積算浸水量を示したものである。約 500 日間の積算降雨量 1738mm に対し、浸水量は 238mm と約 14% 程度となっている。この差は、盛土内部への貯留、蒸発および降雨抑制シートによる抑制効果である³⁾。

図-3 は、ファンネルガラスを充填したケース別の積算浸透量を示したものである。鉛ガラスの積算浸透量は 1373mm、で積算降雨量の約 78% と蒸発量相当減（降雨量の 20~30%）とみなせる。ケース C（不溶化処理）では、浸透量が 83.20 となっている。これは、単純な予測浸透量 $1480 \text{【} 238\text{mm} \times 5, 280\text{cm}^2 \text{（シートあり）} = 12.50 + 1373\text{mm} \times 990\text{cm}^2 = 135.90 \text{（シートなし）} \text{】}$ の約 56% であり、平面形状と斜面や充填物の差異などを考慮すると概ね妥当であると判断され、大半は降雨浸透抑制シートがない部分からの浸透量であると推察できる。ケース A, B では、ケース C の更に 60% 程度の浸出量となっているが、これは充填物（土砂等）により透水性が小さくなっていることによると考えられる。

図-3 は、鉛ガラスおよび各ケースでの浸出水の Pb 濃度の経時変化を示したものである。まず、鉛ガラスに注目すると Pb 濃度は最大で 0.153 mg/L と環境基準値の 0.01 mg/L の 15 倍の値となっており、経時的に低下傾向が認められる。鉛溶出抑制処理を行ったケース A, B, C では、Pb 濃度はいずれも鉛ガラスのケースと比較して大幅に小さくなっていることが確認できる。最大値で比較するとケース C（不溶化）で 0.01 mg/L、ケース A（不溶化+砂）で 0.0047 mg/L、ケース B（不溶化+砂+吸着剤）で 0.004 mg/L となっており、いずれも第二溶出基準を下回り、ケース B, C では環境基準以下となっている。これらの傾向は、前回の報告と同様の結果となった。

4. まとめ

ファンネルガラスの有効利用の一つとして、放射線遮蔽材としての利用を考え、その課題となる鉛の溶出抑制方法として、不溶化、土砂の充填、吸着剤を組み合わせる長期暴露実験を実施した。その結果、500 日経過時点で、不溶化+土砂（ケース A）および不溶化+土砂+吸着剤（ケース B）において、最大値でも環境基準（0.01 mg/L）を下回る結果が得られた。

なお、本研究は、平成 24, 25 年度北九州市環境未来技術開発助成（北九州市）を受けて実施したものの一部である。

参考文献

- 1) 山田百合子・伊藤洋・片山慎介・河村豊・大石徹：ファンネルガラスにおける鉛溶出に関する基礎実験，第 19 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会，pp. 32~36, 2013.
- 2) 山田百合子・伊藤洋・河村豊・大石徹：ファンネルガラスの鉛溶出抑制に関する暴露実験（Ⅰ），第 25 回廃棄物資源循環学会，pp. 461~462, 2014.
- 3) 安藤彰宣・伊藤洋・大石徹・松尾俊和：多機能盛土における降雨浸透抑制に関する実証実験（Ⅱ），第 19 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会，pp. 107~110, 2013.

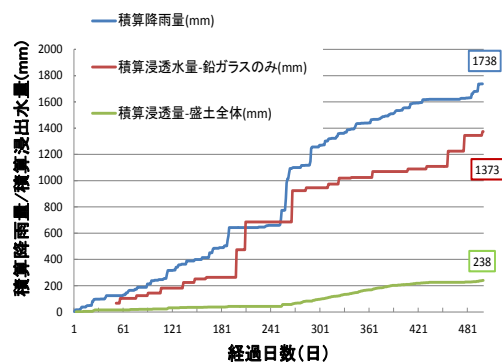


図-2 積算降雨量と盛土全体の積算浸出量

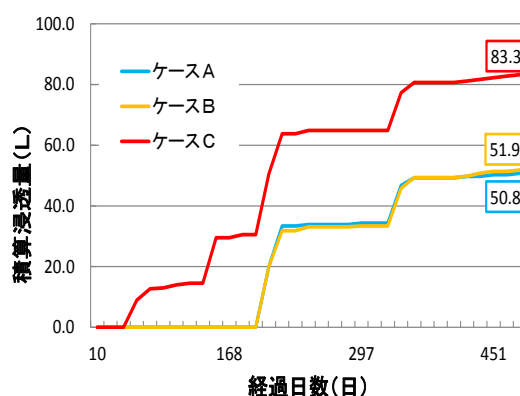


図-3 各ケースにおける積算浸透量

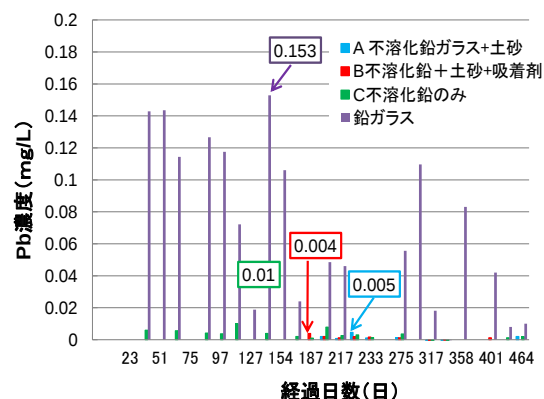


図-4 浸出水のPb濃度の経時変化