

ノート

CRTガラスを使った放射性廃棄物の固化

小山 秀美^{*1)} 平井 和彦^{*1)} 池田 沙織^{*1)} 櫻井 昇^{*2)}
 永川 栄泰^{*2)} 岡澤 立夫^{*3)} 島地 英夫^{*3)} 田旗 裕也^{*3)}

Radioactive waste sintered with CRT glass

Hidemi Koyama^{*1)}, Kazuhiko Hirai^{*1)}, Saori Ikeda^{*1)}, Noboru Sakurai^{*2)}
 Yoshiyasu Nagakawa^{*2)}, Tatsuo Okazawa^{*3)}, Shimaji Hideo^{*3)}, Tahata Hironari^{*3)}

キーワード：放射性廃棄物，焼結，CRTガラス

Keywords：Radioactive waste, Sintering, CRT glass

1. はじめに

福島原発事故により放射性物質に汚染された廃棄物が大量に発生した。放射性物質の除染については，方法が確定していない状況の中で，既に様々な方法で除染活動が進められている。しかし，除染後の放射性廃棄物の処理・処分については手が付けられていないのが現状である。特に可燃性の廃棄物については容積を減らすための減容化処理が行われ，焼却灰としての処分が今後必要になる。

そこで，保有特許⁽¹⁾を応用し，バイオレメディエーション法（植物を使った浄化）と放射線遮へい効果が期待できる鉛ガラス（CRTブラウン管ガラス）による放射性廃棄物の固化を検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 生育試験 ひまわりによるバイオレメディエーションについて検討するために，肥料，炭酸セシウム試薬（放射性セシウムの代りに）を100 ppm土壌に混合してひまわりの生育試験を行った。土壌中セシウム含有（汚染）深さの違い（土壌表面から1 cm，5 cm，底まで）によるセシウム吸収の違いについて調べた。ひまわりが吸収したセシウムの分析は，蛍光X線分析装置（日本電子製 JSX-3100R II）を使用した。生育容器については，形状の違う3種類（浅い，標準，深い）の透明なアクリル製容器を使用した。生育環境は大型温室内で生育し，温度管理については換気を行う以外は特別な制御（暖冷房）は行わなかった。水分補給については，土壌の乾燥状況を目視で確認して，水分を補給した。

2.2 焼却灰の作製 生長したひまわりを容器から回収し，付着土壌を水で洗い落とし，25℃で自然乾燥後110℃の乾

燥機中で2日間乾燥した。乾燥試料をアルミナるつぼに入れ，大気雰囲気600℃で6時間加熱して焼却灰を作製した。

2.3 焼却灰のガラス固化 ひまわりから作製した焼却灰をCRTブラウン鉛ガラス，びんガラス，軟化点の違う2種類の低融点ガラス（A，B）の4種類のガラスで固化を行った。固化の方法は，①焼却灰と粒径約100 μmのガラスパウダーを一定の割合で混合した。②試料に水10%を加え均一に混合し，42 mmΦのプレス成型用ダイスに試料を充填し，5 ton荷重でプレス成型した。③成型した試料を電気炉で10℃/minの昇温速度で加熱し650℃（軟化点）前後の設定温度に2時間保持して固化した。

2.4 ガラス固化体の溶出量試験 セシウム含有焼却灰とセシウム含有焼却灰ガラス固化体を作製し，公定法（JIS K 0058-1:2005）に準じて利用有姿（焼却灰，固化体）で行う溶出量試験を行い，ICP発光分析装置（パーキンエルマー製 Optima8300）でセシウムの分析を行った。

2.5 汚染土壌のガラス固化と放射線測定 安全性の問題から放射性セシウム含有焼却灰が作製できないため，原発事故で放射性セシウムに汚染された乾燥土壌とガラスパウダーとで2.3と同様な方法により固化体を作製し，固化工程（成型，固化）及び作製した固化体の溶出試験前後でGMカウンタ（日立アロカメディカル製 TDC-105）を用いてセシウムの放射線測定を行った。

2.6 ガラスの放射線遮蔽率測定 ガラスの放射線遮蔽率を測定するためにガラス単独で2.3と同様な方法で固化体を作製し，10 MBqのCs-137 γ線を15 φ鉛ブロックで絞って照射して放射線遮蔽率（対照：空気）を測定した。

3. 結果と考察

3.1 生育試験 深さの違う3種類の容器を使った生育試験の状況を図1に示した。ひまわりの生育状況に大きな差は生じなかったが，根の張り方は，深い容器形状のものは深さ方向に伸び，浅い形状のものは横方向に伸びる事が

事業名 平成23年度 共同研究

*1) 繊維・化学グループ

*2) バイオ応用技術グループ

*3) 東京都農林総合研究センター

確認された。容器形状ごとに、土壌表面からのセシウム含有（汚染）深さとひまわり中セシウム相対濃度の関係を図2に示した（浅い容器・底まで汚染を基準）。いずれの容器形状でも土壌表面からのセシウム汚染深さが、1 cm、5 cmの表層のみではほとんどセシウムの吸収がなかった。しかし、容器の底まで均一にセシウム汚染した土壌では、高濃度にセシウムを吸収する事が確認された。吸収が汚染深さに大きく影響される事が確認された。



図1. ひまわりの生育状況

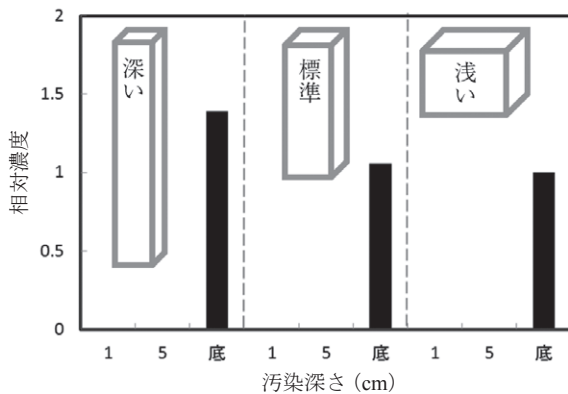


図2. 汚染深さとセシウム相対濃度 (容器ごと)

3. 2 焼却灰のガラス固化 焼却灰とCRTガラスから作製した焼結温度が異なるガラス固化体を図3に示した。焼結は、温度が低い（650℃）と焼結が不十分で脆いが、高温（750℃）になると焼結が進み発泡する事が確認された⁽²⁾。安定な固化体作製のためには、焼結温度条件が重要であり、今後は、発泡を抑え焼結密度を高くできる減圧（脱泡）焼結についても検討する必要がある。

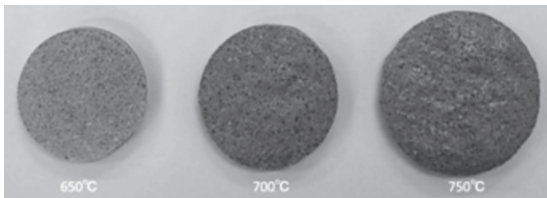


図3. 焼結温度とガラス固化体 (CRT ガラス)

3. 3 ガラス固化体の溶出量試験 焼却灰は、水との攪拌により灰が分散し水と反応する表面積も大きいためセシウムの溶出が確認された。一方、固化体はセシウムの溶出はなく固定化の効果が確認された。

3. 4 ガラス固化と放射線測定 ガラス固化工程（プレ

ス後、焼結後、溶出試験後）での放射線量の変化を図4に示した。プレス後と比較して、焼結後、溶出試験後で放射線量に差がなかった事から、ガラス固化によりいずれのガラスでも放射性セシウムが固定化され、加熱飛散や溶出しない事が確認された。

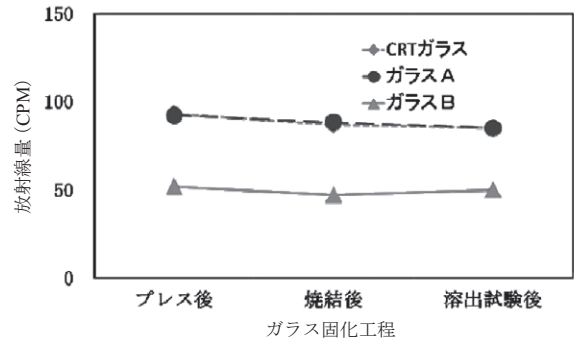


図4. ガラス固化工程と放射線量

3. 5 ガラス固化体の放射線遮蔽率 4種類のガラス単独固化体と放射線遮蔽率の関係を図5に示した。CRTガラスの遮蔽効果が一番高い事が確認された。CRTガラスは鉛を含有し、密度が高いため遮蔽率が高くなると考えられる。ガラスの焼結温度が、低温（SP-20℃）、ガラス軟化点：SP、高温（SP+20℃）の違いでは、高温側は一般的に空隙が減少するため放射線遮蔽率が高くなると考えられる。

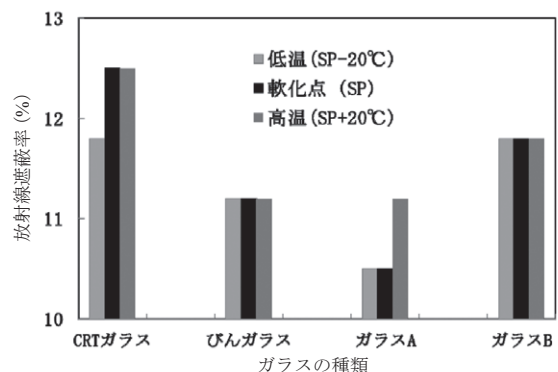


図5. ガラスと放射線遮蔽率 (%)

4. まとめ

ガラス固化法については、他の処理法（熔融固化、コンクリート固化、樹脂・アスファルト固化等）に比べ多くのメリットがある事が既に確認されている⁽²⁾。今回の研究成果として、福島原発事故により発生した放射性セシウム廃棄物に対してもガラス固化法が適用できる可能性がある事が確認された。更に、鉛を含有するためリサイクルが難しいCRT鉛ガラスの有効活用も期待できる。

(平成25年7月19日受付, 平成25年8月15日再受付)

文 献

(1) 小山秀美, 小林政行, 神園 博史, 特許第4573174号 (2010)
 (2) 小山秀美, 小林政行, 堀尾正韋: 「廃棄物焼却灰の減容化・安定化方法の開発」, 環境資源工学, Vol.53, pp.171-177 (2006)