

【3-1701】 廃水銀処理物の長期適正管理のための地上保管対策に関する研究

(H29～H31)

研究代表者 高岡 昌輝 (京都大学)

1. 研究開発目的

本研究では廃水銀処理物の地中処分も含めた長期適正管理を念頭に地上保管への対策を研究し、得られた研究成果から地上保管時の管理基準、手法を提示し、水銀保管・処分施設導入に資することを目的とする。3年間の研究において、3つのテーマに分けて実施する。まず、地上保管に応じた評価法の確立と新たな固型化技術を開発し、既存の改質硫黄による処理物と比較し、評価する。次に過年度から実施している廃水銀処理物の地中埋立処分を継続して経年的な環境動態の変化を模擬実験により明らかにし、地上保管で想定される水銀挙動と比較検討する。さらに、水銀保管・処分施設導入におけるリスクコミュニケーションに関して研究することで住民合意形成への一助とする。

本年度は、地上保管に応じた評価法の確立については、特に地上保管に関わる要件として発ガスに関する対策は不可欠であり、ヘッドスペース試験の検討を行った。さらに固型化技術として、地上保管することを想定し、改質硫黄による固化ではなく、樹脂系固型化剤としてエポキシ樹脂を用いた新たな固型化技術の開発を目指し、ヘッドスペース試験や溶出試験、強度試験、着火試験などを行い、固化体を評価した。

地上保管との対比として過年度から継続している地中埋立処分時の水銀挙動調査については、廃水銀処理物の埋立特性は実処分場を模擬した埋立実験槽を用いて、水銀の浸出水への流出や大気拡散、及び水銀のメチル化など埋立地における水銀挙動を把握した。さらに、廃水銀処理物の基本特性を把握するため、黒色硫化水銀の基礎実験（溶出特性、気化特性）や廃水銀処理物（固化物）の物理的影響（未洗浄・洗浄や未破碎・破碎）が水銀の溶出や気化に与える影響等を検討した。

地上保管された廃水銀処理物のリスク評価については、「管理外」となって近隣住民への水銀曝露を生じさせるシナリオを探索し、水銀曝露量を推定するモデルスキームを構築した。また、水銀の地上保管施設は典型的なNIMBY (Not In My Back Yard) 施設となることから、市民が水銀に対して感じる忌避感に関してアンケート調査を行い、定量化した。

2. 研究の進捗状況

廃水銀処理物の長期安定性評価試験・管理手法の開発では、まず、発ガス性試験としてヘッドスペース試験を検討し、参照サンプルにばらつきはあるものの、熱力学的平衡計算から得られる定性的な傾向と一致することが示された。試験方法としては、サンプルは10gで十分であり、湿度は比較的低温を保つこと、温度は25℃で十分であることが示唆された。進捗は順調であり、今後、参照サンプルの見直し、他パラメータの影響を明らかにし、ラボ間での相互実施による確認を行い、方法の確立を目指す。

エポキシ樹脂を用いた新たな固型化技術の開発においては、作成した固化体は改質硫黄固化体と同等の低環境負荷性能を持ち、さらに、一度に多くの硫化水銀を配合し固型化が可能かつ、作業環境下における水銀濃度が低いことが明らかとなった。したがって、エポキシ樹脂を固型化剤として用いる新たな固型化技術の優位性は十分であると結論付けられた。一部の試験を計画よりも進めて行っており、今後は、スケールアップ時の問題、他の地上保管を想定した劣化試験、火災時の水銀排出や副生ガスの評価を行い、地上保管する際の管理基準や手法を提示していく予定である。

廃水銀処理物の地中埋立時の水銀挙動に関する研究では、平成26年度から実施している廃水銀処理物等の埋立実験を継続し、埋立地における水銀収支と埋立地内部での水銀挙動の把握を目

的に、29 年度は浸出水中の水銀及び気化水銀等の埋立 3 年目の調査を実施した。同実験は現在実験開始から 40 ヶ月を経過し、予定通りの進捗状況にある。硫化水銀の混合理立のケースのみ準好気性であっても嫌気性であっても浸出水中の総水銀濃度は排水基準以上にあるが、固化体あるいは層状埋立では問題なく、メチル水銀生成も見られないことが確認された。廃水銀処理物の基礎調査では黒色硫化水銀単体とセメント固化物について、固化物の物理的要因（洗浄前後や破碎・未破碎）と化学的要因（溶出試験と水銀の気化）を合わせた基礎実験を実施し、酸化剤については影響があることが確認された。平成 30 年度にはセメント固化物の一部と改質硫黄固化体の基礎実験を実施する予定である。

廃水銀処理物の処分・保管時のリスクコミュニケーションに関する研究では、地上保管では通常、モニタリングによるリスク管理が可能であるため、管理外となってしまうシナリオ条件の探索を行い、人工的災害に関しては不確実性モデルの作成が困難で、地震の場合のみ評価が可能である道筋を示した。リスク評価はまだできていないが、今後実施する。先行して平成 30 年度予定であった水銀保管施設に対する住民のリスク受容性については、水銀に対する市民が感じる忌避感を一対比較にて定量化し、放射性廃棄物の次に大きな忌避感であることを明らかにした。今後詳細に解析を行う予定である。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

ヘッドスペース試験は環境省から発出されている「水銀廃棄物ガイドライン」にもすでに取り入れられているが、科学的根拠が不足していたところ、今回の成果により主要なパラメータの影響が実験的かつ熱力学的平衡計算から評価され、試験条件の妥当性が確認されたことは、本法を使用して廃水銀処理物の安定性を評価可能であることを示しており、大きな成果である。エポキシ樹脂を用いた硫化水銀の固型化において、圧縮強度試験、溶出試験、ヘッドスペース試験を満足し、硫化水銀を最大 80%まで固型化することが可能であった。改質硫黄固型化と比べ、試薬コスト、減容性の観点からもエポキシ樹脂を用いる新たな固型化技術の優位性は十分にあった。本研究で明らかとなった固型化時の水銀排出に与える硬化熱の影響や、硫化水銀の配合がエポキシ樹脂固型化物の着火性に与える影響は、水銀廃棄物ガイドラインや地上保管する際の管理基準に反映しうる成果である。

本研究の埋立実験から、通常管理型処分場に廃水銀処理物を直接、追加措置無しで埋立処分する場合は、水銀の埋立地系外への流出リスクが大きいことが想定されるが、一定の制限された埋立条件下では「埋立可能」であり、長期的には浸出水への水銀流出によるリスクを最小限に抑制することも可能であることが推測される。また、廃水銀処理物が物理的・化学的に置かれる環境によっても、水銀の流出を促進させたり、抑制させることから、廃水銀処理物の処理（埋立処分又は地上保管）において、水銀の流出リスクを低減させる環境条件を抽出し、適切な埋立管理手法や地上保管における管理手法を確立することが重要である。処分場を模擬した実験セルによる検討は、廃水銀処理物の地中処分における最も実環境に近い評価実験であり、その実験の継続から得られる結果は処分場に要求される追加的な要件にも反映されうる。

水銀保管・処分施設は迷惑施設と想定されることから住民との合意形成は不可欠で、リスクコミュニケーションが必要である。本研究においては、住民のリスク受容性についてのアンケート調査において、水銀への忌避感は大きなものであることが示された。このようなリスク受容の阻害要因を明らかにすることは本施設の設置を促すことに寄与すると想定される。

4. 委員の指摘及び提言概要

新たなエポキシ樹脂固化技術の課題は明確であり、計画に従って着実、順調に進められ、一定の成果が得られている。研究計画には含まれていないが、処理・処分方法に加えて貯留保管(safe keeping)方法や、完全封じ込めを目指すエポキシ樹脂ダブルコーティングなどの検討も期待する。

リスクコミュニケーションに関しては、アンケートの詳細を再検討すると共に、リスクコミュニケーションの確立をどのようなシナリオで進めるかを示して欲しい。

5. 評点

総合評点：A