

【3K153004】水銀廃棄物の環境上適正な長期的管理のための埋立処分基準の提案（H27-29 75,194 千円）

研究代表者 石垣 智基（国立研究開発法人国立環境研究所）

1. 研究開発目的

本研究では、多様な排出源・性状が想定される水銀廃棄物のうち、高濃度で水銀を含み安全な管理方法が懸念される廃金属水銀およびその処理物について、安全な長期処分方法に関する技術上の検討を実施し、長期的な環境安全性を担保するための最終処分基準を確立する。

2. 本研究により得られた主な成果

（1）科学的意義

・廃金属水銀の硫化・固型化物の処分時における水銀の長期的な挙動について数理シミュレーションモデルが構築された。また、同固型化物からの溶出・揮発特性について明らかにし、気液相間移動やガス状水銀の土壌吸着等、長期的な水銀動態を推定するためのパラメータセットを導出した。これらの組み合わせにより現実的かつ実用的な予測解析が実施可能となった点はきわめて有意義な成果であるといえる。地球化学モデルによる解析から、アルカリ性環境、嫌気的環境の他、塩化物イオンの存在が水銀形態に及ぼす影響も大きく、場合によっては水銀が陰イオンとして存在して土壌への吸着能を著しく低下させる可能性があることも示された。多成分のイオン共存下における水銀化合物の動態に関する分野における知見のアウトプットとして、学術的な価値が高いものと考えられる。

・廃金属水銀の硫化・固型化物について、最終処分環境下での実質的な封じ込め性能と埋立法による移動遅延性能を実証的に明らかにされた。これは長期的な環境安全性の確保を可能にする最終処分場構造および維持管理手法を検討する上で実用上きわめて有益な知見が提供されたと評価できる。またモデル解析の結果からも、水分浸透防止層は浸出水中の水銀濃度を高めるが、水銀フラックス量を減少させることが可能であり、単独埋立時の充填層は処分場ガス中と浸出水中の水銀濃度を低減し、水銀フラックス量も低下させる機能が示され、いずれも非常に有効な措置であると評価された。現行制度において、廃金属水銀の管理型最終処分場への処分における追加的措置として規定されている単独埋立および水分浸透制御が、水銀化合物の移動遅延に効果的であることを実証したことは、行政施策の科学的検証と知見の提供と言う点で重要な成果であると考えられる。

・生物学的な水銀メチル化に関与する遺伝子解析ツールが確立された。これは水銀の長期的な安全性を評価する上で欠かせない新規性・有用性ともにきわめて意義深い成果である。hgcAB 遺伝子は国内の実処分場に普遍的には存在しておらず、一部の処理場や

場所に特異的に存在することが明らかにされた。処分場に存在する硫酸還元菌の一部は hgcAB 遺伝子を保有しており、水銀のメチル化に關与する可能性のあることも明らかにした。これらはいずれもこれまでに報告例がほとんどなく、新規性の高い知見であると評価される。

・分解や自然減衰を期待できない水銀等重金属類を含む廃棄物を、合理的に環境安全な方法で長期的に管理するためのアイデアとして、環境において許容可能な移動量を維持する最終処分(長期低環境フラックス型埋立)という新たな概念を提唱した。これは、環境安全な廃棄物最終処分の枠組みや埋立技術の再編に向けた科学のおよび技術的な知見を提供し、短中期的な議論を誘引するという点で意義深いものと認められる。長期間にわたって環境許容量以下に移動量を抑制可能であることを評価するためのシナリオが提案された。ここで検討が必要とされた事項の多くはこれまで廃棄物最終処分場の安全管理において欠落していた視点でもあり、同時に監視手法や観測情報が不足している項目でもあり、今後科学的な知見および実用的な情報が集積されていくことが期待される。いずれも、水銀をはじめとする有害重金属類の新しい最終処分方法の概念とその評価方法の提案を通じて、廃棄物処理分野における新たな技術研究課題を示すものであるといえる。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

・中央環境審議会循環型社会部会水銀廃棄物適正処理検討専門委員会において、改質硫黄固型化物の長期的な封じ込め性能に関する検討結果を紹介および意見陳述し、廃棄物処理法政省令改正(平成29年10月施行)における廃水銀等の処分基準の策定に貢献した(固型化の方法として改質硫黄による固型化、が明記)

・環境省水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する検討会において、廃金属水銀の安定化・固型化物からのガス状水銀の揮発および気相への移動について報告し、環境省が平成29年6月に発出した水銀廃棄物ガイドラインにおいて最終処分時の留意事項としてガス状水銀のモニタリングについて記載。また、単独埋立における充填材による移動遅延性能について意見陳述し、同ガイドラインにおいて最終処分の方法として混合理立の禁止および充填材料の選定について記載。

・環境省水銀廃棄物の環境上適正な管理に関する検討会において、改質硫黄固型化物の硫黄酸化細菌による劣化について報告・意見陳述し、同検討会資料ならびに報告書の作成に活用された。

<行政が活用することが見込まれる成果>

・廃金属水銀の安定化・固型化物の処分基準を検討する上で、現行の溶出試験方法において揮発分を著しく過小評価している可能性は少ない、という点で試験方法の合理性・妥当性を示すことが可能である。

・本研究において確立した hgcAB 遺伝子解析ツールは、処分場内における水銀メチル化ポテンシャルの把握に留まらず、これは既存の埋立地の安全確認や対策の検討材料として、新規処分場の立地時のコミュニケーションツールとしても活用可能である。処分場における水銀メチル化を抑制するための具体的な対策の一つとして、硫酸還元活性の抑制方策の実施が提案される。

・実証試験および数値計算の結果から、水分浸透防止や単独埋立工法が、移動遅延に効果的であることが、科学的な根拠をもって示されたことは、現行の処分方法（廃金属水銀の硫化・固型化物の管理型最終処分場への処分に係る追加措置）の妥当性を主張する上で活用可能な成果である。

・水銀の最終処分にかかる長期的な環境安全性を評価可能な数値シミュレーションモデルならびに埋立地内の環境条件、廃水銀処理物に特化した反応・移動のパラメータセットを活用することで、現行の行政施策の妥当性に留まらず、将来的な技術導入や制度改正に伴う、環境安全性の向上や水銀に係る健康リスクの削減についても定量的に評価可能となると考えられる。

・人為的構造物による有害物質の隔離および封じ込め性能を過度に期待するのではなく、天然バリアとしての地圏を含めた環境で許容される移動量（環境への放出フラックス）の制御を志向した最終処分方法の概念は、水銀を始めとする有害重金属類の安全管理、ひいては遮断型最終処分場のあり方に関する制度構築に資するものであると考えられる。災害・事故や人工構造物の劣化や破壊がありうるものとして維持管理・安全対策を検討するために設定されたシナリオは、現行制度において規定されている水銀廃棄物の最終処分にあたっての環境安全性評価や、将来的に必要となる施設構造の修復・回復作業等の維持管理の必要時期、頻度、コストを算定する際にも有益な情報として活用されるものとして期待される。

3. 委員の指摘及び提言概要

水銀廃棄物の処理に関する現行法制度を見直し、より合理的なものに変えていくことへの大きな手掛かりを与える研究として評価でき政策的意義は大きい。研究の枠組みは、目的が明確であり、サブテーマ間の連携も良く、全体として一貫しており、その成果として基礎的な定量データに基づく埋立管理基準が示されている。

研究過程で放射性廃棄物処理の考え方を参照したことはよい着眼であるが、半減期を有する物質と同様に扱うことへの課題が残る。また、提言に向けた専門家等による検討手法も評価できるが、さらなる工夫が必要である。加えて、研究成果が出ているにもかかわらず、査読付き論文がない。今後検討されたい。

4. 評点

総合評点：A