

「安価で、誰でも、短時間で分析可能」な

## 無機/有機水銀の分別定量法および小型水銀分析装置の開発

高知大学大学院総合人間自然科学研究科応用自然科学専攻 博士後期課程 1 年（助成時）

博士後期課程 2 年（現 在）

坪井 春樹

### 【研究背景】

水銀は人体に対して非常に毒性が高い物質であり、「水銀に関する水俣条約」が制定され、世界的に適正管理が求められている。工場や事業所からの排水の水銀濃度は、「総水銀として  $5.0 \mu\text{g/L}$ 、有機水銀として検出されないこと」と定められているが、その分析には高額な分析装置の導入が必要である。特に、開発途上国へ容易に導入可能な、安価（50 万円以下）かつ簡便な操作で無機/有機水銀の分別定量が可能な簡易水銀分析技術および装置は存在しない。

当研究室では、水銀の還元気化から吸光度測定までを密閉セル内で完結可能な、密閉式の水銀分析法の開発を進めている（図 1）。本法は、既存装置に必要な還元剤の送液装置および水銀ガスの送気設備を不要とし、ランプ、密閉セル、検出器を中心とした簡易的な装置を構築可能であり、小型化と低コスト化が実現できる。加えて、従来法では 3 時間を要する前処理（有機水銀の無機化）をアルカリ還元法による無機化手順の導入により、約 2 分に短縮した<sup>1)</sup>。しかし、現行装置では総水銀の測定は可能である一方、無機/有機水銀の分別定量は困難である。

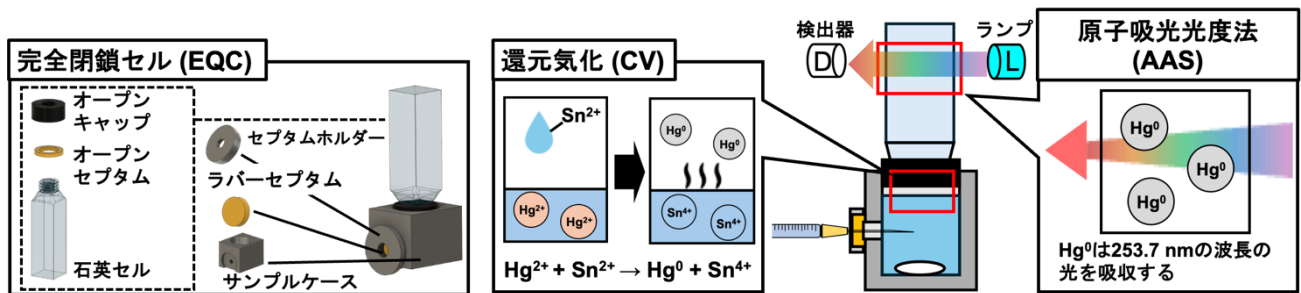


図 1 密閉式の水銀分析法の概要

本研究では、3D プリント部品による外装と市販のランプ、検出器を組み合わせた、安価かつ小型な水銀分析装置の開発を行う。また、還元剤である塩化スズ ( $\text{SnCl}_2$ ) の反応性の差（無機水銀→還元気化、有機水銀→無反応）とアルカリ還元法による有機水銀の迅速な無機化を組み合わせることで、無機/有機水銀の分別定量法の開発を行う。具体的には、密閉セル内で「①無機水銀のみを還元剤と反応させて測定→②アルカリ還元による短時間での有機水銀の無機化→③有機水銀由来の無機水銀を還元剤と反応させて測定」といった手順で分別定量を実現する。

### 【研究成果①：小型水銀分析装置の開発】

最初に、密閉式の水銀分析法に基づく装置構成で測定が可能であることを実証するため、プレ開発として既存装置に密閉式の装置構成（ランプ、密閉セル、検出器）を組み込んだ装置を作製した<sup>2)</sup>。このプレ開発で得られた知見を基に、3Dプリンターで外装を作製し、市販のランプおよび検出器を組み込むことで、小型水銀分析装置を開発した（図2）。本装置は、電源といった周辺機器を含めても30万円以内で作製可能であり、幅15cm、重量300gとなり、低コスト化と小型化を達成した。

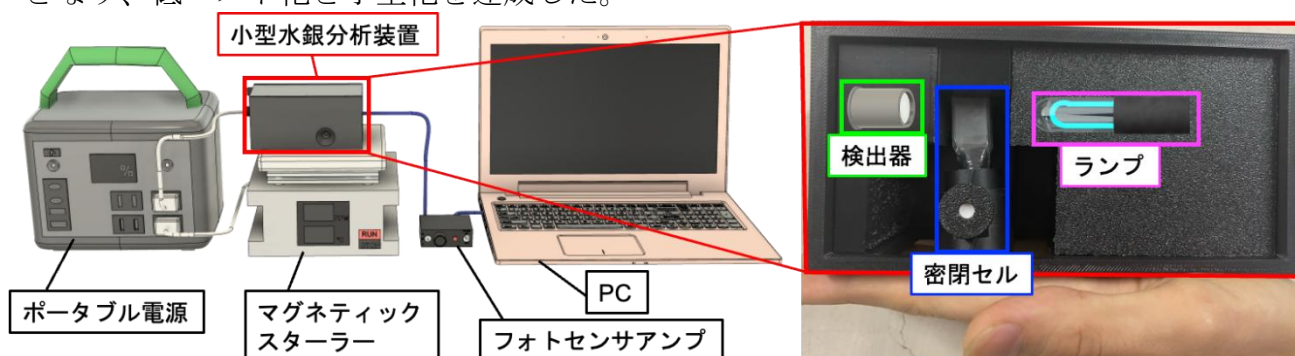


図2 開発した小型水銀分析装置

### 【研究成果②：無機/有機水銀の分別定量法】

研究成果①で開発した小型水銀分析装置を用いて、密閉式の無機/有機水銀の分別定量法を開発した。本研究では有機水銀としてメチル水銀を用いた。本法の手順を図3に示す。測定条件の検討結果、試料量3.0 mL、還元剤量0.3 mL、無機水銀の測定時間8分、アルカリ溶液量0.6 mL、有機水銀の測定時間13分とした。本条件における検出下限値および定量下限値は、無機水銀でそれぞれ0.29 μg/Lおよび0.88 μg/L、有機水銀でそれぞれ0.38 μg/Lおよび1.18 μg/Lであった。以上より、本法は比較的短時間（約23分）で無機水銀と有機水銀の分別定量が可能であり、日本の環境省の定める排水基準値（5.0 μg/L）を十分に下回る濃度を定量可能であることが示された。

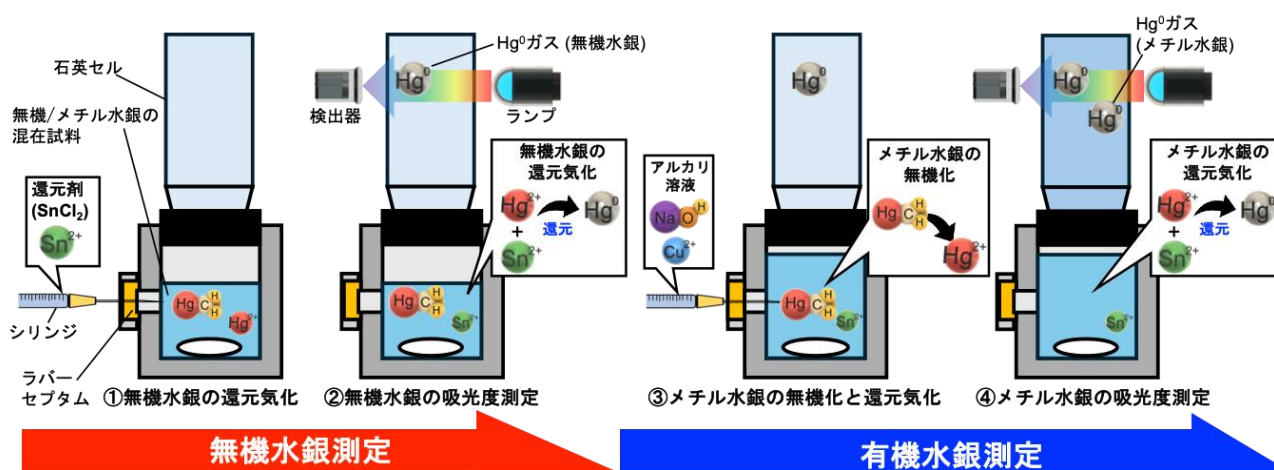


図3 開発した無機/有機水銀の分別定量法

1) H. Tsuboi et al., *Chem. Lett.*, **2023**, 52, 836-838.

2) H. Tsuboi et al., *Talanta*, **2026**, 297, 128816