

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Dissolution kinetics of elemental mercury and biosorption kinetics of dissolved inorganic mercury in freshwaters
著者(和文)	RosamondR.M.S Tshumah-Mutingwende
Author(English)	T.M Rosa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11499号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高橋 史武,日野出 洋文,中崎 清彦,江頭 竜一,時松 宏治
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11499号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Rosamond Rosalie Marigold Setswa Tshumah-Mutingwende		
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	高橋 史武	准教授	審査員	時松 宏治	准教授
	審査員	日野出 洋文	教授			
		中崎 清彦	教授			
		江頭 竜一	准教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「**Dissolution kinetics of elemental mercury and biosorption kinetics of dissolved inorganic mercury in freshwaters**」と題して、次の6章から英文にて構成されている。

**第1章「Introduction」**では、本研究の目的および既往の研究について概略を説明している。小規模金採掘 (ASGM) では水銀アマルガム法にて金属水銀が用いられており、人間活動由来の水銀において主要な排出源であるとしている。排出された水銀は水環境にて溶出し、メチル化を経て人体への水銀曝露へ至り、健康影響を与えるリスクが懸念されるとしている。そこで、金属水銀の溶出速度、特に河川環境での溶出速度を実験的に評価するとともに、藻類 (*Cladophora sp.*) への水銀の吸着挙動を評価することが本研究の目的であると述べられている。

**第2章「Physio-chemical effects of freshwaters on the dissolution of elementary mercury」**では、pH、金属水銀滴の表面積および水理的流速条件 (レイノルズ数) が金属水銀の溶出速度に与える影響を評価している。pHの増加によって溶出速度は減少し、表面積およびレイノルズ数の増加によって溶出速度も増加することを見出し、多項式によるモデル化によって溶出速度を精度良く説明できることを、統計的分析を活用しながら示している。なお、上記の知見より、ASGMでの水銀使用が禁止されたとしても既に環境中へ排出された水銀滴からの水銀溶出が40年以上継続することを併せて示している。

**第3章「Effect of fulvic acids on the dissolution of elemental mercury in freshwaters」**では、自然の水環境では腐植物質が多く存在すること、腐植物質が水銀と錯体形成しやすいことを踏まえ、フルボ酸が水銀の溶出挙動に与える影響を評価している。pH、フルボ酸濃度、イオン強度を変化させたとき、酸性条件下でフルボ酸が存在すると水銀の溶出速度が増加する反面、アルカリ条件下の方がフルボ酸と錯体形成する水銀量が増加すること、フルボ酸濃度が高いほど溶出速度が増加すること、3.0 mM まではイオン強度は溶出速度に影響を与えないことを見出している。また、前章と同様に多項式によるモデル化によって溶出速度を精度良く説明できることを、統計的分析を活用しながら示すとともに、既に環境中へ排出された水銀滴からの水銀溶出がフルボ酸存在下では促進されつつ、ただし31年以上継続することを示している。

**第4章「Cladophora sp. biosorption of metal-contaminated water」**では、藻類 (*Cladophora sp.*) への水銀の吸着挙動について、吸着時間、pH、水銀初期濃度、共存金属イオンに着目して評価している。*Cladophora sp.*への吸着は速やかであり10分ほどで吸着平衡に達すること、pHが酸性条件の方が水銀吸着量は増加すること、吸着傾向は  $Hg^{2+} > Fe^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Co^{2+}$  の順で高くなることを見出している。また、水銀吸着はLangmuir型の等温吸着式で良く説明できるとしている。そして、*Cladophora sp.*の良好な水銀吸着特性から、水銀除去に活用できることを提案している。

**第5章「Simulated mercury release and biosorption by Cladophora sp. algae」**では、前章までの知見をもとに、ASGM由来の水銀溶出および *Cladophora sp.* を活用した水銀除去についてモデルによる検証を報告している。4.0 g/L の *Cladophora sp.* を用いることで、WHO 基準値 (0.006 mg-Hg L<sup>-1</sup>) を満たすように水銀を除去できることを示している。

**第6章「Conclusion」**では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題について述べている。

要するに、本論文は金属水銀滴の溶出速度について、pH、水銀滴の表面積、水理的流速条件 (レイノルズ数)、フルボ酸濃度、イオン強度が与える影響を明らかにしつつ、多項式によるモデル化によって溶出速度を精度よく説明できること、藻類 (*Cladophora sp.*) を活用した水銀除去が可能であることを示している。これらの成果はASGM由来の水銀排出における環境リスク評価に貢献するものであり、環境リスク学や環境工学への貢献は大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分にその価値があるものと認められる。