

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2013～2016

課題番号：25301001

研究課題名(和文) 東南アジアにおける水銀利用による環境汚染の回復と持続的産業発展に関する研究

研究課題名(英文) Sustainable Development of Artisanal Gold Mining by Mercury-Free Gold Extraction Method Establishment and Psycho-Bioremediation of Mercury Contamination in Southeast Asia

研究代表者

高樋 さち子 (TAKAHI, SACHIKO)

秋田大学・教育文化学部・准教授

研究者番号：00261644

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：2015年日本の水俣病の教訓を踏まえ水銀に関する『水銀に関する水俣条約』は水銀のライフサイクル全体のリスク管理を目的とした"Global Environmental Facility"と協働し、開発途上国の条約実施への支援をしている。特にアジア太平洋水銀モニタリングネットワーク"水銀マイナスプログラム"はアジア開発途上国のGEFの支援をしている。本研究はインドネシア共和国Nusa Tenggara州西スンバワ地域の水銀汚染問題に着目し1.伝統的金採掘周辺住民の水銀汚染からの健康被害の回避 2.水銀を利用しない金採掘法の開発 3.水銀汚染環境資源の修復 4.安心安全な生活形成をすることである。

研究成果の概要(英文)：The background of this research is the "the MINAMATA Convention on Mercury" concerning mercury from Minamata Disease in Japan in 2015 is a "Global Environmental Facility" aimed at risk management of the mercury's entire life cycle, and are implementing support for the implementation of treaties of developing countries. In particular, these are "Asia-Pacific Mercury Monitoring Network" and "Moya Initiative for Networking Assessment and Strengthening" supporting GEF in Asian developing countries. In accordance with it, this research focused on mercury problems occurring in many areas of Indonesia, and was to research the reduction of mercury use, avoidance of health damage and recovery of contaminated environment. The research are as follows: 1.To avoid health hazards from mercury in residents of Artisanal Gold Mining sites. 2.To develop a method without using mercury. 3.To purify and recover environmental resources contaminated with mercury. 4.To make a system for safe and secure living.

研究分野：環境政策・環境社会システム

キーワード：インドネシア共和国Nusa Tenggara州 水銀条約 伝統的小規模金採掘法 環境汚染 環境回復 健康被害 安心安全な生活

### 1. 研究開始当初の背景

1999年世界銀行貧困対策会議で「有効な Small Scale Mining の管理」の本格的な議論が開始された。Small Scale Mining の管理は世界的規模での環境問題であるが、プロジェクトとして対策が実施に至ったことがなかった。その実施に至らない点は、開発途上国各地域の実情やニーズの把握が困難な点にあった。2015年「水銀に関する水俣条約」は、水俣病の教訓を踏まえて、水銀のライフサイクル全体のリスク管理をすることを目的とした。地球環境ファシリティ(GEF:Global Environmental Facility)と協働し、実質発展途上国の条約実施への支援となる。特に2015年「アジア太平洋水銀モニタリングネットワーク(APMMN:Asia-Pacific Mercury Monitoring Network)や「水銀マイナスプログラム(MINAS:Moyai Initiative for Networking Assessment and Strengthening)」がアジアの開発途上国の GEF の支援をしていく。

この方針に従い、本研究は、水銀汚染問題に直面している第三国を支援するために、水銀利用の削減、影響評価、健康被害回避と環境修復を進めるに至った。

開発途上国が多く抱えている稀少性鉱物資源開発時の環境破壊や汚染は原材料調達の産業・貿易、保護区内外の無差別採掘にまで影響が拡大している。将来この点は、多方面にわたりパートナーシップを通して各国及び地球規模で安全な持続可能な稀少性資源開発に向けた不可欠な社会的目標である。

### 2. 研究の目的

伝統的小規模金鉱石採掘時に、水銀を利用しているため

自然環境への影響と環境汚染からの修復の究明

持続可能な安全・安心な職と食生活を形成するための方策・地域産業発展の2側面のアプローチから現地調査を実施する。従って、インドネシアからの水銀総排出量の削減を目標とする。

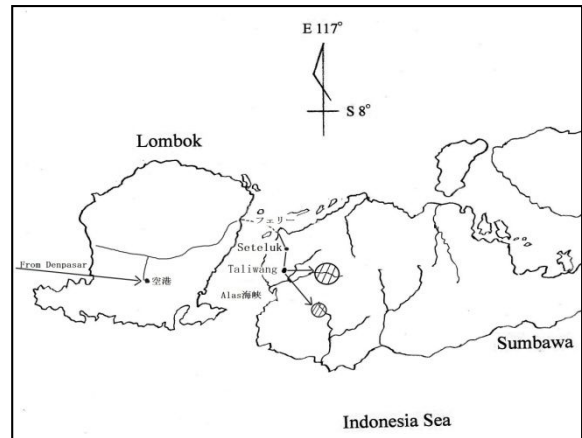
### 3. 研究の方法

(1)調査地域：インドネシア共和国・西ヌサ・トゥンガラ州西スンパワ地域

図1 調査対象地域への移動経路



図2 調査対象地域



調査は、西スンパワ地域の Seran 地域  
 自然環境：河川、土壌、湖水、水生植物、動物の排泄物、魚類

(2)カウンターパートナー：インドネシア国立ガジャマダ大学

(3)調査内容

河川流域の環境汚染状況の調査  
 川底を中心として試料採取。水質汚染調査・周辺環境への影響調査。  
 ・汚染土壌の調査・環境への影響調査  
 居住地域で金を抽出するためにドラムで水銀と土壌を混合し(図3)、アマルガムを加熱して金を抽出。

図3 ゴロンドン



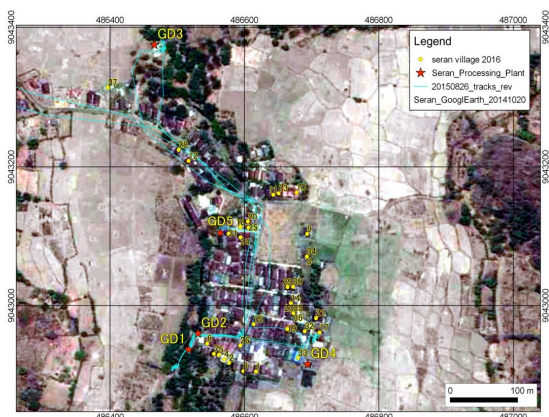
・分離処理、抽出後水銀を含んだ土壌は未処理のまま山積放置し、また汚染水は流出している(図4)。土壌採取や汚染の範囲を調査

図4 汚染水の流出



- ・河岸の生態系の影響調査  
安全・安心な住生活環境の形成
- ・伝統的金抽出時に水銀を利用しない方法の開発と運用方法
- ・汚染土壌などの回復や浄化作業にファイトレメディエーションを利用する。

図5 ヌサ・ダウンガラ州 Setelik 町 Seran 村の調査ポイント



西スンバワ地域出生数と異常乳児出生数  
本研究の特色でもある乳幼児の出生についてである。日本では水俣病認定患者は成人であるが、「水銀に関する水俣条約」の前文によると被害を受けやすい女性、児童に焦点をあて現地医師と共同で調査を実施している。表1は2014年、2015年西スンバワの出生数と異常乳児についてである。水痘症の乳幼児が増加している。

表1 2014-2015年 西スンバワ地域出生数と異常乳児出生数

	2014年	2015年 (1月～9月)
出生数	330人	213人
異常乳児	5人 (1%) 男4、女1 第2子	11人 (5%) 第2子
症状/ 異常部位	死亡 頭部・腹部	- 頭部・腹部
母親年齢	32～34歳	32～34歳
異常乳児 多い地域	Sapugara	Sapugara Brang Rhea

(出典：2015年7-10月西スンバワ地域9診療所と総合病院への聞き取り調査による)

#### 4. 研究成果

特に、「水銀に関する水俣条約」の目的(第1条)は、水銀及び水銀化合物の人為的な排出及び放出から人の健康及び環境を保護することである。締結国間では、「水銀が長距離にわたる大気移動(=越境汚染)、人為的に

環境にもたらされた場合の残留性、生態系における生物蓄積性並びに人の健康及び環境への重大な悪影響を理由として、世界的に懸念される化学物質であること」と認識している。また、「被害を受けやすい人々、特に女性、児童並びに女性及び児童を介した将来の世代の水銀への曝露により、特に、開発途上国において生ずる健康上の懸念」を認識している。

「水銀の食物連鎖による蓄積及び伝統的な食品の汚染による北極の生態系及び先住民の社会に特有の脆弱性に留意し、並びに先住民の社会についてより一般的に水銀の影響に関して認識している。

この点から、水俣病の重要な教訓である水銀による汚染から生じる健康被害と環境汚染への影響、水銀の管理、水俣病発生にならないような使用方法について確認項目を設定している。加えて、国際連合持続可能な開発会議、世界保健機関組織の発動、多国間協定についても認識している。

本研究成果により、植生利用による水銀土壌汚染の回復浄化、汚染水の回復、土壌浄化後の栽培植物はバイオ燃料、伝統的金採掘時に水銀を使用しない方法の開発が展開できた。

将来のインドネシアからの水銀総排出量削減に寄与することができる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

Kokyo Oh, Sachiko Takahi, Irfan Dwidya Prijambada, Ir. Sri Wedhastri, M.S., Hardita Librasanti Sudarmawan, and Retno Rosariastuti.” Phytoremediation of mercury contaminated soils in a small scale artisanal gold mining region of Indonesia.” *International Journal of Biosciences and Biotechnology*, Vol.III, Pp. 14-21, 2015.(査読有)

Kokyo Oh, Tiehua Cao, Hongyan Cheng, Xuanhe Liang, Xuefeng Hu, Lijun Yan, Shinichi Yonemochi, Sachiko Takahi.” Phytoremediation Potential of Sorghum as a Biofuel Crop and the Enhancement Effects with Microbe Inoculation in Heavy Metal Contaminated Soil” *Journal of Biosciences and Medicines*, Vol.III, Pp. 9-14, 2015(査読有)

王効拳「東南アジアにおける水銀利用による環境汚染の回復と持続的産業発展に関する研究」埼玉環境科学国際センター報、15巻,P.171,P189,2016(査読無)

下渡敏治「グローバル化・地域統合と日本のフードシステム」フードシステム研究、第

22 卷、Pp. 85-96,2015(査読有).

Pauline Kent, Maria Reinart D. Calros, Masako Otaki and Shincha Park.,, "Rethinking Integration: Multicultural Societies of the Asia-Pacific" *Afrasia Symposium Series Studies on Multicultural Societies*, No.3, Pp.1-156.2014(査読無)

Desi Utami, Sachiko Takahi, and Irfan D. Prijambada "Uptake of Mercury in Gold Mine by Sweet Sorghum Inoculated with Chromium Uptake Enhancing Rhizobacteria" *International Journal of Bioscience and Biotechnology*, Vol.1 No.II, Pp.85-89,2013.(査読有)

〔学会発表〕(計 11 件)

Dr. Himawan Tri Bayu Murti Petrus "Sumbawa Gold Ore Liberation Study; Ensuring the Success of Borax Method through Liberation Modeling" 8<sup>th</sup> International Conference on Materials Engineering for Resources, 2017年10月26日(秋田・日本)

Dr. Bambang Retnoaji, "Implementation Morphometric and Histological study on Fish At Lebo Lake for initial Screening of Mercury Contamination in Small Scale Artisanal Gold Mining at Sumbawa Barat, Indonesia" 8<sup>th</sup> International Conference on Materials Engineering for Resources, 2017年10月26日(秋田・日本)

Dr. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, Sachiko Takahi, Fumio Hamada "Alternative Sustainable Technology to Gold Extraction for Artisanal Miners: Non Amalgamation Gold Processing" 8<sup>th</sup> International Conference Bioscience and Biotechnology, 2017年9月14日.(Bali Indonesia)

高樋さち子, 上田晴彦, 濱田文男, 近藤良彦, 王効拳, 広瀬和世, Dr. Prijambada Irfan Dwidya, Dr. Bambang Retnoaji, Dr. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, Dr. Rustamaji, Dr. Tri Joko Raharjo, Dr. Subejo, Dr. Slamet Widiyanto "東南アジアにおける伝統的金採掘時の水銀利用による環境汚染・健康被害の回避策" 生活経済学会北海道部会, 2016年12月17日.(北海道・日本)

Fumio Hamada, Chiaki Sannohea, Yoshihiko Kondo, Sachiko Takahi "Metal extraction capability for mercury, platinum group metals and cesium by hybrid polymers consisted of  $\beta$ -cyclodextrin and diatomite" 7<sup>th</sup> International Conference Bioscience and Biotechnology, (招待講演) 2016年09月01日.(Bali Indonesia)

Kokyo Oh and Sachiko Takahi "Recovery of Environmental Pollution and Sustainable Development in the Mercury Contaminated

Area with Artisanal and Small-Scale Gold Mining in South East Asia" International Conference on Food and Environmental Sciences, 2016年02月24日, (Ho Chi Minh, Vietnam)

Kokyo Oh, "Phytoremediation Potential of Sorghum as a Biofuel Crop and the Enhancement Effects with Microbe Inoculation in Heavy Metal Contaminated Soil" Conference on Biodiversity and Ecosystems, 2015年06月12日~2015年06月14日, (Suzhou, China)

Kokyo Oh and Sachiko Takahi "Mercury Contamination from Artisanal and Small-Scale Gold Mining and the Eco-Friendly Remediation Solutions" International Conference on Chemical and Food Engineering (招待講演), 2015年04月06日~2015年04月07日(京都 日本)

王効拳, 「東南アジアにおける水銀利用による環境汚染の回復と持続的産業発展に関する研究」平成28年度埼玉県環境科学国際センター研究成果検討会, 2016年04月12日, (埼玉 日本)

王効拳 「東南アジアにおける水銀利用に環境汚染の回復と持続的産業発展に関する研究」平成26年度研究成果検討会(招待講演) 2014年04月13日(埼玉 日本)

大瀧正子, 「インドネシアのローカルコミュニティとしての河川漁場の管理と変容」日本環境学会 第5回若手研究発表大会, 2014年03月05日, (滋賀・日本)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高樋 さち子(TAKAHI SACHIKO)  
秋田大学・教育文化学部・准教授  
研究者番号：00261644

(2) 研究分担者

王 効挙(OH KOKYO)  
埼玉県環境科学国際センター・自然環境・  
研究員  
研究者番号：20415392

下渡 敏治(SHIMOWATARI TOSHIHARU)  
日本大学・生物資源科学部・教授  
研究者番号：00120478

(3) 連携研究者

( )  
研究者番号：

(4) 研究協力者

成田 堅悦(NARITA KANETSU)  
秋田大学・教育文化学部・総括技術長

上田 晴彦(UEDA HARUHIKO)  
秋田大学・教育文化学部・教授  
研究者番号：70272028

濱田 文男(HAMADA FUMIO)  
秋田大学・名誉教授  
研究者番号：40156401

松本 操(MATSUMOTO MISAO)  
特定非営利活動法人 環境リスクマネジ  
メント研究会・理事長

大瀧正子(OHTAKI MASAKO)

Irfan D.Prijambada.Ph.D.  
University Gadjah Mada ・ Faculty of  
Agriculture ・ Professor

Himawan Tri Bayu MP Ph.D.  
University Gadjah Mada ・ Faculty of  
Engineering ・ Associate Professor

Bambang Retnoaji,Ph.D. University Gadjah  
Mada・Faculty of Biology・Associate Professor