

*March 2023*

東南アジアにおける  
伝統的小規模金採掘時の水銀使用の影響（Ⅱ）  
**Research on mercury residual effects in Artisanal  
Small-scale Gold Mining in Southeast Asia（Ⅱ）**

高 樋 さ ち 子  
林 武 司  
近 藤 良 彦  
竜 野 真 維  
坂 本 龍 太  
成 田 堅 悦

**Eka Sunarwidhi Prasedya**

*Research Institute of Economic Science*

*College of Economics, Nihon University*

## 東南アジアにおける伝統的小規模金採掘時の水銀使用の影響(II)

### Research on mercury residual effects in Artisanal Small-scale Gold Mining in Southeast Asia (II)

高樋 さち子	日本大学経済学部経済科学研究所*
林 武司	秋田大学教育文化学部**
近藤 良彦	秋田大学大学院理工学研究科***
竜野 真維	京都大学東南アジア地域研究研究所****
坂本 龍太	京都大学東南アジア地域研究研究所*****
成田 堅悦	秋田大学教育文化学部技術部*****
Eka Sunarwidhi Prasedya	University of Mataram, Faculty of Mathematics and Natural Sciences*****

#### 要旨

最近の国際市場における金の価格高騰と比例して開発途上国の伝統的小規模金採掘事業が以前よりも増して増大化している。本研究ではインドネシア共和国において、伝統的小規模金採掘時に水銀使用をしている、事業者、労働者、周辺住民の水銀汚染からの健康被害の回避対策、水銀を利用しない金採掘技法の開発、将来にわたり持続的・安全安心な生活形成をするためのモデル地域で“Low Cost, Low Technology, Low Risk”を基礎とした水銀を使用しない方策の提言である。

「東南アジアにおける伝統的小規模金採掘時の水銀使用の影響(I)」<sup>1)</sup>から継続して水銀汚染に関するインドネシア共和国西ヌサ・テンガラ州スンバワ島、ロンボック島の試料収集、分析およびインタビュー調査を実施した。

**Key word:** mercury pollution, methylmercury, MINAMATA Convention  
Artisanal and small-scale gold mining (ASGM), environmental and health assessment,  
Monitoring methods, West Nusa Tenggara Barat, Republic of Indonesia

---

\*takahi.sachiko@nihon-u.ac.jp  
\*\*thayashi@ed.akita-u.ac.jp  
\*\*\*y\_kondo@gipc.akita-u.ac.jp  
\*\*\*\*sakamoto65@cseas.kyoto-u.ac.jp  
\*\*\*\*\*tatsunomai@gmail.com  
\*\*\*\*\*narita@ed.akita-u.ac.jp  
\*\*\*\*\*ekasprasedya@unram.ac.id

## 1. 背景

2002年ヨハネスブルグでの「持続可能な開発に関する世界首脳会議」実施計画の①経済開発 ②社会開発 ③環境保全の基本構成3要素と2009年UNEP「水銀規制に関する条約制定および政府間交渉会議」と2015年「水銀マイナスプログラム」に基づき進める。現在、自然活動や人為的な活動として大気中に排出される全水銀量は、年間約5500-8900<sup>4</sup>とされ、ASGMによる作業からの排出量は全体の約30%を占めている。

開発途上国で行われている産業としてのASGM作業からの水銀汚染は、住民の健康被害が拡大して“環境犯罪”と指摘されている。本研究は、この現地住民のASGM事業者からのインタビュー調査を進め、試料採取、分析を実施している。

## 2. 小規模伝統的金採掘場周辺の試料採取

2-1 2020年1月18日～1月24日 西ヌサ・テンガラ州ロンボック島、スンバワ島・土壌、毛髪、臍帯採取

Deddy Zulkamaen先生とNila Kumia Ramdani先生の共著報告書<sup>2)</sup>から、スンバワ島西部地区Brang Rea地区において2012年から2015年の期間に先天性異常児の出生率が約5%を占めていると指摘された。

また、インタビュー調査から同地区では2008年からASGM事業者は、水銀を使用して金抽出をしている。

この報告書と、住民インタビュー調査を参考にして、2020年1月18日から1月24日の期間に、西ヌサ・テンガラ州ロンボック北部地区(図1)、スンバワ地区(図2)で土壌、毛髪、臍帯の採取を行った。

図1の採取地区は、ASGMが行われていない集落で実施した。つまり、金採掘現場がなく水銀汚染影響がないと予測される地区の試料採取を試みた。

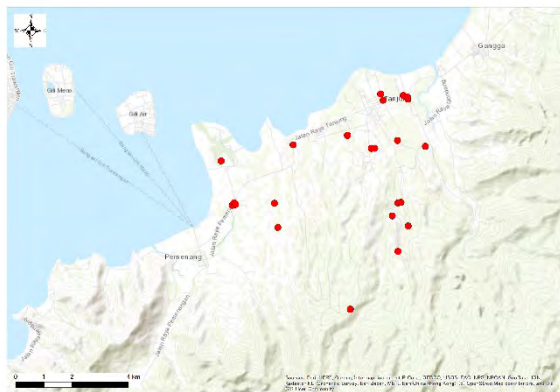


図1 西ヌサ・テンガラ州ロンボック島北部地区の土壌採取ポイント

図2の採取地区は、ASGMが行われている集落で実施した。

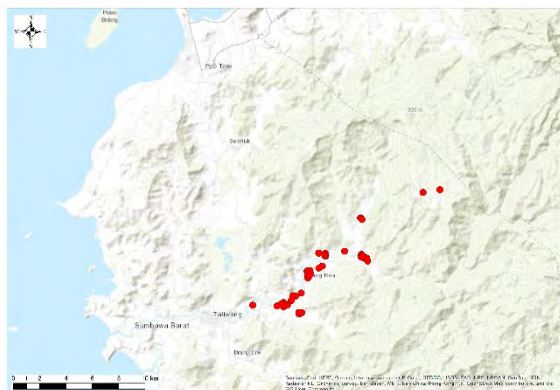


図2 西ヌサ・テンガラ州スンバワ島西部地区の土壌採取ポイント

この採集した土壌のうち、西ヌサ・テンガラ州スンバワ島西部地区の 24 サンプルの分析を行った。(図 3) 結果、土壌サンプルの水銀濃度測定結果、水銀検出ポイントは図 4 中の 3 カ所である。

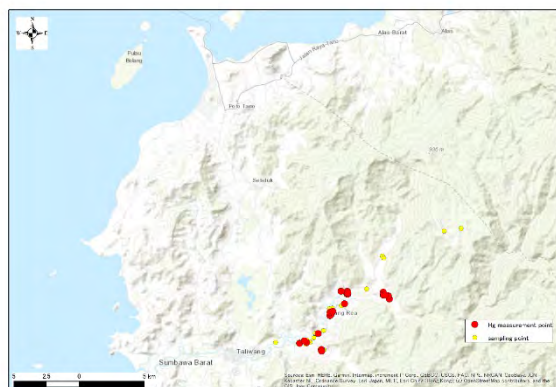


図 3 土壌を採取した 24 ポイント

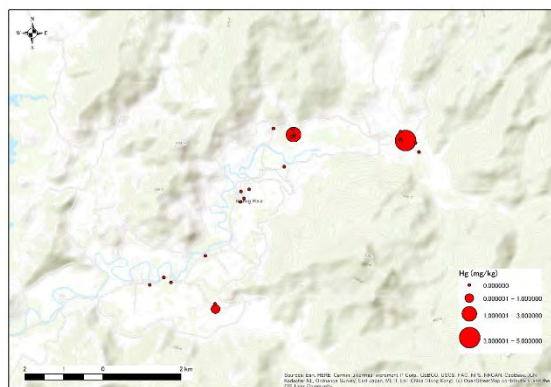


図 4 水銀が検出されたポイント

## 2-2 2022 年 9 月 20 日～9 月 21 日 西ヌサ・テンガラ州ロンボック島、スンバワ島・土壌、採取

ロンボック島北東部地区の土壌採取を実施した。本採取ポイントの目的は、2020 年 1 月毛髪・臍帯・土壌採取した周辺地区の採取ポイントを選定し、2 年後 2022 年 9 月の土壌の状況の比較分析を行うこととした。(図 5)

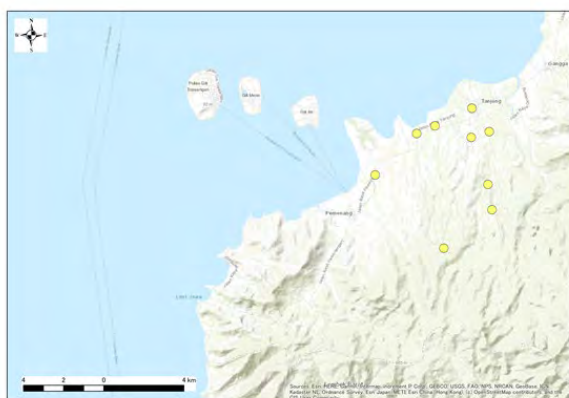


図 5 西ヌサ・テンガラ州ロンボック北部地域の土壌採取ポイント

スンバワ島西部地区で土壌採取を実施した(図 6)。2020 年より河川、湖水、公園など生活環境整備も進み、周辺の住民生活も向上しているようである。本採取ポイントの目的は、内陸地区では未だに小規模金採掘作業では、金鉱石を水銀と合わせて細かく砕きアマルガムを燃焼し金を抽出している。この問題点として労働者の健康被害、そして近隣地域への大気汚染が予想される。

今後、生活基盤整備が進んだとしても、金採掘場では水銀燃焼時による大気汚染が周辺地域に与える影響は継続すると考えられる。従って、近隣地域への大気汚染の影響の一部として土壌採取を試みた。

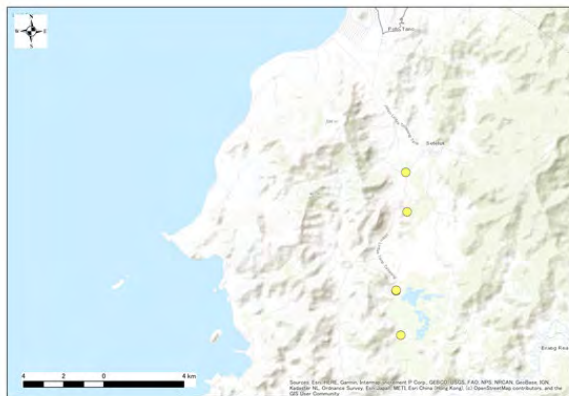


図6 西ヌサ・テンガラ州スンバワ西部地区の土壌採取ポイント

分析の結果、図5、図6の土壌14サンプルには水銀が検出限界未満であった。

2-3 2022年12月23日～12月29日 西ヌサ・テンガラ州ロンボック島・土壌・水採取

西ヌサ・テンガラ州スンバワ島西部地域、図4の水銀含有していた3箇所の再度土壌採取、インタビュー調査に行く予定であった。しかし、インドネシア地球環境気象庁から、「暴風雨により高波が発生し、船舶の欠航、閉港」の通達により、フェリーでスンバワ島に渡ることができなかった。

現地カウンターパートナーと検討の結果、代替調査として、ロンボック島南部地域、小規模金採掘作業を行っている場所が最適であるとした。

・共同体形式による小規模金採掘作業ネットワーク

西ヌサ・テンガラ州スンバワ島での小規模金採掘事業者は、居住敷地内で、金が含まれている鉱物資源を粉碎、金鉱石を水銀と合わせて細かく砕き、アマルガムの合金とし加熱し水銀を蒸発させ、金を抽出している。

ロンボック島南部地区では、共同体形式の金採掘作業ネットワークが形成されていた。

■地点(8°52'51.25" S 116°15'44.82" E)では、鉱物資源の粉碎処理だけを専門に行っている。その後、■金採掘事業者は、居住敷地内まで運搬し、アマルガム方式で金抽出作業を行っている。(図7)

今後、この共同体形式のネットワークについて、一部分業化されているため費用負担、例えば受益者負担のシステム等、組合組織を形成しているなど詳細な調査を進める。



図7 鉱物資源粉碎処理場から小規模金抽出作業場分業ネットワーク採取した土壌・水の分析結果、水銀が検出されたポイントである(図8、図9)。

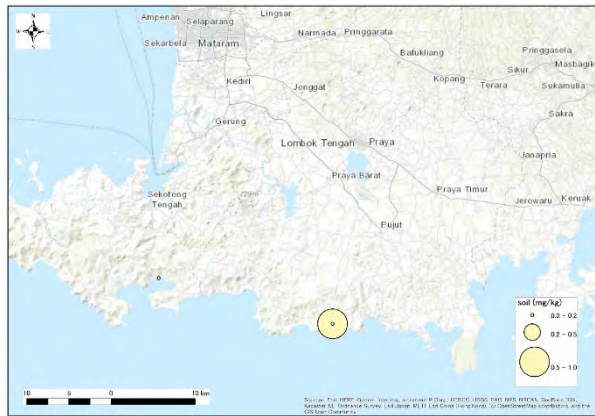


図 8 土壌から水銀が検出されたポイント

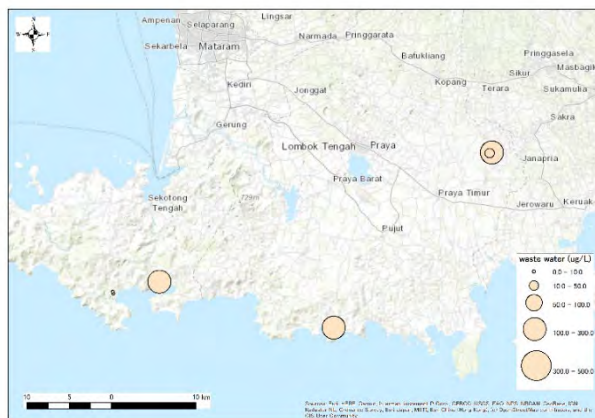


図 9 生活用水、排水から水銀が検出されたポイント

図 7 中の A 地点の生活用水と金抽出作業後の排水から水銀が検出された。

### 3. 最後に

2020 年からの現地調査により西ヌサ・テンガラ州スンバワ島、ロンボック島の水銀検出された土壌、生活用水の地区の再試料採取、分析、加えて生活用水として利用の井戸の調査を実施する必要に至った。

また、図 7 A 地点、金抽出処理後の水銀含有の排水を Blongas 湾に放流している。この湾は観光地としてのダイビングスポットであり、加えて、現地の漁業収入としてエビ等の養殖の開発を進めている。近い将来、熊本県水俣湾と同様の水銀汚染湾となり住民には水俣病が発病すると予測される。

現在インドネシア国内では、水銀を使用した小規模金採掘場が 2000 か所以上と予測されている。近年の金の価格が高騰しているため金採掘業者は増加の一途である。2017 年 3 月 16 日、ジョコ・ウィドド大統領によると、「環境と人体への影響(慢性的無機水銀中毒に曝露している)に配慮し、水銀の使用禁止を決断」した。インドネシア政府関連省庁、関連団体に対して金採掘鉱山の管理や水銀の健康への危険性の周知徹底を図るよう指示し、水銀管理政策を進めている。<sup>3)</sup>

インドネシア政府の水銀使用禁止政策と現地の小規模金抽出作業の水銀使用との乖離を埋めるべき方策は、国際環境技術政策の提言する立場である「水俣先進国」としての日本が、緊急に水銀を使用しない金抽出技術協力をする必要がある。

## 付記

・本論文内の使用ソフトウェア

ESRI社 ArcGIS Desktop 10.8.2

ベースマップ 地形図 (World Topographic Map)

・本論文内の水銀濃度の分析については、インドネシア国立ボゴール農科大学分析センター誘導結合プラズマ発光分析法 (ICP-OES: Inductively coupled plasma optical emission spectrometer)。

・本研究遂行にあたり 独立行政法人日本学術振興会「科学の健全な発展のために - 誠実な科学者の心得 -」、個人情報保護については、「独立行政法人等の保有する個人情報の保護に関する法律」(平成 15 年法律第 59 号) 施行日: 令和 4 年 4 月 1 日 (令和 3 年法律第 37 号による廃止)、「国立大学法人秋田大学情報公開・個人情報保護委員会規程」平成 16 年 4 月 1 日規則第 35 号、「秋田大学研究倫理規程」平成 18 年 11 月 8 日規則第 189 号に従いインタビュー調査、試料採取を実施している。

## 謝辞

本研究の一部は、独立行政法人日本学術振興会 二国間交流事業・共同研究 インドネシア共和国・共同研究 (DG-RSTHE(DGHE)) 2015-2017FY 「インドネシアにおける水銀利用による伝統的金採掘時の水銀利用による環境汚染の持続的回復と産業発展」、科学研究費補助金 基盤研究(B) JP19H04334 「東南アジアにおける水銀使用時による持続的環境汚染修復と健康被害回避に関する研究」、京都大学東南アジア地域研究研究所 共同利用・共同研究拠点(ipcr)「東南アジアの研究の国際共同研究拠点 2017-2018FY」の助成を受けたものである。

インドネシア共和国西ヌサ・テンガラ州ロンボック島、スンバワ島でインタビュー調査、試料採取に快く協力していただきました現地の村長、組合、事業者の皆様にご心から感謝の気持ちと御礼を申し上げます。

加えて、インドネシア国立マタラム大学医学部 Decky Aditya Zulkamaen 先生はスンバワ島での試料収集、同大学理工学部 Hikmaturrohmi さん、Putu Bella Aprillia Saraswati さんは、ロンボック島南部地区金採掘ネットワークのインタビュー調査・情報収集に協力いただき感謝申し上げます。

・本研究に係る利益相反はない。

## 脚注

- 1) 高樋さち子・近藤良彦・林武司・坂本龍太京・竜野真維・I Gede Putu Wirawan 「東南アジアにおける伝統的小規模金採掘時の水銀使用の影響 (I)」 Working Paper Series No.21-03 日本大学経済科学研究所,2022.
- 2) Deddy Zulkamaen, and Nila Kumia Ramdani “Kejadian Bayi-bayi Dengan Kelainan Kongenital Di Wilayah Puskesmas Brang Rea”. August 24<sup>th</sup>, 2015. (Bahasa Indonesia)
- 3) 2017 年 3 月 16 日『大統領令』公布

## Reference

- 1) Statistical Yearbook of Indonesia 2022 BPS Statistics Indonesia.
- 2) Statistical Yearbook of Indonesia 2021 BPS Statistics Indonesia.
- 3) WHO “Mercury and Health”, 2017.  
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-andhealth#:~:text=The%20inhalation%20of%20mercury%20vapour,induce%20kidney%20toxicity%20if%20inges>
- 4) WHO Mercury Exposure and Health Impacts among Individuals in the Artisanal and Small-Scale Gold Mining Community, 2013.
- 5) 独立行政法人国際協力機構・野村興産株式会社『インドネシア国石油・天然ガス由来の水銀廃棄物の適正処理技術の導入に関する案件化調査』2019年5月。

*Research Institute of Economic Science*  
*College of Economics, Nihon University*

1-3-2 Kandamisaki-cho, Chiyoda-ku, Toyko 101-8360 JAPAN  
Phone: 03-3219-3309 Fax: 03-3219-3329  
E-mail: keikaken.eco@nihon-u.ac.jp  
<http://www.eco.nihon-u.ac.jp/research/economic/>