

平成 29 年度 環境経済の政策研究

(水俣条約に基づく水銀削減政策として経済手法の活用可能性と

期待される効果に関する調査・分析)

研究報告書

平成 30 年 3 月

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

国立大学法人 広島大学

国立大学法人 山形大学

## 目次

サマリー	1
<b>I. 研究計画・成果の概要等</b>	
1. 研究の背景と目的	3
2. 3年間の研究計画及び実施方法	3
3. 3年間の研究実施体制	5
4. 本研究で目指す成果	6
5. 研究成果による環境政策への貢献	6
<b>II. 平成 29 年度の研究計画および進捗状況と成果</b>	
1. 平成 29 年度の研究計画	7
2-(1). 平成 29 年度の進捗状況および成果 (概要)	7
2-(2). 3 年間の研究を通じて得られた成果 (概要)	9
3. 対外発表等の実施状況	12
4. 平成 29 年度の進捗状況と成果 (詳細)	
序論	15
本論	16
結論	59
<b>III. 添付資料</b>	
参考文献	60
付 録 1	62
付 録 2	65
付 録 3	75
図表一覧	97

## Summary

Artisanal and small-scale gold mining sector (ASGM) is playing an important role in economic development of many poor countries as it provides sources of income to a large population of these countries. However, the sector faces many economic and environmental challenges as a result of use of indigenous or low technology methods, which are serious threat to poverty and social wellbeing of the inhabitants. This three-year study aimed to conduct a rigorous analysis to investigate those issues to find possible countermeasures.

This fiscal year, gold ore from the Philippines which showed high silver concentration was re-examined. It was noticed that independent silver mineral polybasite\* accompanied sulfides in the ore. Gold is small in size and refractory. Also it was found that toxic heavy metals in the tailings can be dissolved in the waste water under some chemical conditions.

\*A natural compound of silver, copper, antimony and sulfur with the chemical formula  $(\text{Au, Cu})_{16}\text{S}_2\text{S}_{11}$

After the characterization mentioned above, the material flow analysis (MFA) for Hg in Mongolia and the Philippines was conducted. The material flows and environmental emissions for Hg on the country level was estimated based on previous studies, statistics, and surveys. In addition, the model to assess the reduction in the material flows for Hg by the ethical jewelry was developed.

The MFA mentioned above covered the material flows not only for the ASGM but also for fuel combustion and Hg containing products. The result indicated that the contribution of ASGM in the whole material flows is high and that relationship between ASGM and the other sectors is existed.

The assessment of the Hg reduction is based on the framework of a *Waste Input-Output model*. This model enables us to estimate the changes in material flows for Hg by a given scenario. By applying this model to Mongolia and the Philippines, the reductions in material flows and environmental emissions by the scenarios related to whole amalgamation were evaluated. Through this case study, our investigation found the modeling suitable for assessing the Hg reduction effect by the ethical jewelry.

An econometric analysis of ASGM sector profitability and its sources indicates that there are substantial earning differentials between mercury and non-mercury use areas as well across gender. The findings also suggest the education and training programs could help to improve financial performance of the people involved in mining in those areas.

Empirical findings based on probability (logistic) models estimation also suggest that people having more mining earnings are more willing to use mercury free methods. Women are also willing more to adopt mercury methods as well participate in environmental mitigation programs. However, they have less opportunities to embark on such policy programs.

The elimination of mercury use is essential to achieve sustainable livelihood to alleviate poverty. It is also important to achieve sustainable development goals through mitigation of environmental and health and safety issues, which are prevalent in the ASGM sector. These issues can be overcome by the provision of mercury free technologies to people involved in the mining activities. Education and training programs to create awareness about health and safety and environmental problem could help to deal with those problems at community level.

Though this baseline study identifies mercury related issues in the ASGM sector, a further in-depth study is desirable to devise long term strategies to deal with those problems. An intervention study could provide more insightful analysis by creating a longitudinal data to conduct a comprehensive analysis for policy reforms.

## I 研究計画・成果の概要等

### 1. 研究の背景と目的

近年、世界各地で水銀汚染が報告されているが、その原因として看過できないのが、零細および小規模金採掘（artisanal/small-scale gold mining：以降 ASGM と省略）である。これは、発展途上国において、会社組織によらない人々が金鉱石の乱掘を行い、その製錬に水銀を用いる事業形態だが、多くの場合、水銀を開放系で扱うため汚染が拡大しており、早急な対策が求められている。

ASGM の実態は場所ごとに異なるうえ、各現場では、水銀汚染に加えて、植生破壊、児童労働、事故、密輸、地域紛争など、さまざまな問題が複雑に絡み合っている。しかも公的記録や統計がほとんど存在しないため、対策を検討することは非常に困難である。

しかし、最近、ASGM にフェアトレードやエシカルジュエリーを導入し、環境保護と地域振興を同時に進める案が出ている。エシカルジュエリーとは、金や宝石を人力小規模採掘する者と宝飾業者が、環境保護・安全確保・人権擁護等を包含する協定を結び、順守する採掘者には国際価格での買い取りや報奨金の上乗せを保証するしくみである（報奨金は基金として積み立てて地域社会の福利厚生等に使う事を求められる）。従事者は、回収した金を売る際、ブローカーに買ったたかれる事が多い。したがって、国際価格での買い取りや報奨金の支払いは、従事者にとって、環境保護を意識する大きなインセンティブになる可能性がある。

エシカルジュエリーは、世界銀行の関係者が提唱、国際的なブランドである大手宝石業者が賛同して 10 年ほどになり、概念として定着しつつある（村尾，2013）。また、イギリスを中心に、ビジネスとして、徐々に広がっている（例えば Kelsall, in print）。しかし、それが、ASGM で使われる水銀の削減にどの程度の効果をもたらすかについては、定量的には測定されていない。そこで、本研究では、フィリピンとモンゴルを研究対象とし、エシカルジュエリーが ASGM の水銀削減に与える効果の測定を目的とする。

### 2. 3 年間の研究計画及び実施方法

本研究では、当初、次の 6 つの課題を設定したが、今年度は 1、2 年度の成果を反映させ、(2)(3)を削除した。(1)も進捗が著しいが、鉱石の性状について再確認をする場面もある事から、削除はせず、研究を継続した。

- (1) 金鉱石の鉱物組成および金の存在形態に関する研究
- (2) 尾鉱の鉱物組成および残留水銀に関する研究
- (3) 金鉱石および尾鉱の処理コストに関する研究
- (4) エシカルジュエリーの導入に関する研究
- (5) エシカルジュエリーの社会経済効果に関する研究
- (6) 人力小規模採掘で使われる水銀の流通に関する研究

昨年度の(2)(3)を削除した結果、仕様書において、今年度の業務は表 1 のように記載された。

---

(1)金鉱石の鉱物組成及び金の存在形態に関する研究

平成 27 年度にフィリピンとモンゴルで採取した鉱石、尾鉱について、平成 28 年度は、採取したサンプルより研磨薄片及び研磨片を作成し、岩石/鉱石顕微鏡を用いて観察し、電子線マイクロアナライザで構成粒子を分析した上で、その特徴を明らかにした。平成 29 年度はそのデータを追加、補強した上で、第 27 回環境地質学シンポジウムで成果を発表する。

(2)エシカルジュエリーの導入に関する研究

昨年度までに、エシカルジュエリーの情報収集を行うため、モンゴルから関係者を招へいし、研究会を開催するとともに、環境地質学シンポジウムに参加し、情報交換を行うことでモンゴルとの協力体制を構築した。平成 29 年度は非協力的なコミュニティを識別することで調査対象の見直しを図り、効率的な調査方法を設計し、新たに選定した場所においてエシカルジュエリーの社会経済効果に関する研究を行う。

(3)エシカルジュエリーの社会経済効果に関する研究

昨年度までにエシカルジュエリーの社会経済効果に関する研究で取得した情報を元に、モンゴルではサプライチェーンの下流側を意識した設計にする一方、フィリピンでは選鉱、精錬所オーナーに比重をおいた設計にするといった異なるフレームワークを設計する。両国について、エシカルジュエリーのフレームワークを設計後、(2)で選定したコミュニティにおいて、地域全体の経済状況、各世帯の家計状況、選鉱製錬施設の投資額、水銀使用量、金の回収量、品位、買い取り価格、労働者の収入、払うべき税額等の変数を調査する。また最終的な効果を測定するコミュニティを絞り込み、エシカルジュエリーを紹介した上で、水銀削減を呼びかける介入実験を行う。その後、それを行った地域と行っていない地域を比較及び検討し、エシカルジュエリーが水銀削減にもたらす効果を測定する。以上の成果のうち、公表可能と判断したものについては、(1)と同様のシンポジウムの場で成果発表をする。

(4)人力小規模採掘で使われる水銀の流通に関する研究

(2)の結果を参考に感度分析を実施し、国連環境計画や国際機関等の協力を得ながら、平成 28 年度フィリピンを対象に行った水銀のマテリアルフロー（採掘から製造、使用、廃棄、リサイクルにいたるライフサイクル全体）の精度向上を図るとともに、新たにモンゴルでのマテリアルフロー分析を行う。両国の分析結果による比較を通じて、途上国における零細及び小規模金採掘の位置づけを定量的に把握する。水銀の流通におけるモデル化では、平成 28 年度実施したフィリピンのモデル化に基づき、モンゴルを対象に水銀のマテリアルフローモデルを作成する。さらに(3)の成果を参考に、エシカルジュエリーを中心とした水銀削減シナリオを作成し、モンゴルとフィリピンを対象に作成した水銀のマテリアルフローモデルを用いて、水銀削減シナリオによる国全体での水銀のマテリアルフローの変化を定量化する。

---

表 1 仕様書に記載された業務内容

---

#### (5)上記に関する附帯業務

受託者は、(1)～(4)の業務を遂行するにあたり、共同研究機関となる再委任先及び再委任先間の情報交換を密にするとともに、環境省との打ち合わせ及び成果報告会に出席し、成果報告会には成果報告書の概要版案を 20 部提出する等、本業務を円滑に遂行すること。また、エシカルジュエリーの設計に関する調査（ロンドン）や UNEP 事務所における情報収集（バンコク）を行うとともに、本研究で得られた成果を CCOP 年次総会（セブ）を始め、社会地質学会などの学会やシンポジウム、あるいは共著論文を学術誌で発表する等、本事業での成果を広く発信すること。

---

表 1 仕様書に記載された業務内容（続き）

研究対象としては、当初は、3 か所の現場を選定した。そのうち 1 つは水銀の使用を中止しエシカルジュエリーをめざすモンゴルのバヤンホンゴル県、残りの 2 つは、水銀をいまだに使用しているフィリピンのカリंगा州およびカマリネス・ノルテ州である。このうち、バヤンホンゴル県については、昨年度、現地の協力を得て、一定の研究成果を挙げる事ができた。カリंगा州については、国際会議を開催し、副知事（当時）や一部の住民から研究協力について理解を得たものの、地域全体が了解するまでに至らず、研究対象から外さざるを得なかった。そこで、今年度は、モンゴルはセレンゲ県で、フィリピンはカマリネス・ノルテ州で、それぞれ、研究を行う事となった。

### 3.3 年間の研究実施体制

1 年目は、産業技術総合研究所（以下、産総研と呼ぶ）が中心となり、計量経済学やマテリアルフロー分析で必要となる基礎情報の収集に注力した。まず、モンゴルのバヤンホンゴル県およびフィリピンのカリंगा州、カマリネス・ノルテ州を調査した。ついで、採取した金鉱石および尾鉱を地質学・鉱物学的手法で処理、観察し、その特徴を明らかにした。さらに、エシカルジュエリーの流れを作ったキーパーソンにイギリスでインタビューし、今後の展望を探った。

2 年目は、初年度の成果を参照しつつ、現地情報の収集を続けて行ない（写真 1, 2）、地理データベースを整備した。また、ドイツ地球科学天然資源研究所（Bundesanstalt fuer Geowissenschaften und Rohstoffe:以下 BGR と記述）を訪問し、金のトレーサビリティについて、取材と意見交換を行った。これに並行して、フィリピンにおける水銀の流通についてモデル作成を行い、いくつかのシナリオによる水銀削減量の試算を行った。さらに、鉱業関係の分析に慣れているクインズランド大学と意見交換しつつ、計量経済学による研究方法の検討を行った。

3 年目は、モンゴルにおけるマテリアルフローモデルを作成するとともに、1-2 年次の成果を参照しつつ、フィリピンのマテリアルフローモデルを精密化した。また、クインズランド大学が、2 年目に設計した調査・測定手法により、モンゴル、フィリピン両国において、計量経済学的研究を実施した。さらに、産総研、広島大学、山形大学、クインズランド大学が、3 年間の結果を合わせて考察し、エシカルジュエリーを導入あるいは普及した際に、どの程度の水銀が削減できるか、検討を行った。

#### 4. 本研究で目指す成果

本研究は、モンゴルおよびフィリピンを例として、エシカルジュエリーの導入によって ASGM による水銀使用量がどの程度減るかを、マテリアルフローと計量経済学的データの分析によって見積もる。そのため以下の成果を目指し、その後、それらを統合して、最終的な結論を出す。

- ✓ 地形図等の基礎情報整備
- ✓ 金鉱石、尾鉱の特徴と水銀汚染の程度の把握
- ✓ ASGM の現場における水銀使用の実態把握
- ✓ 水銀のマテリアルフローモデル作成
- ✓ ASGM およびエシカルジュエリーにおけるサプライチェーンの把握
- ✓ エシカルジュエリーを導入あるいは普及する方法の検討
- ✓ エシカルジュエリーによる水銀削減効果の検証

#### 5. 研究成果による環境政策への貢献

わが国では、水俣病に関する知見が豊富な一方、ASGM にかかわる水銀の情報量が格段に少ない。特に、水銀削減のために介入すべきポイントが漠然としており、具体策の立案を妨げている。水俣条約への対応や国際環境協力の円滑な実施のためには同条約で特に重視されている ASGM に関する情報が必要である。

本研究は、成果がリスクマネジメントにつながるよう意識して進めている。ハザードではなくリスクをベースとした水銀の管理が必要という視点は 2017 年 9 月に開催された水俣条約 COP1 でも示されている(UNEP, 2017)。また、さまざまな関係者を排除することなく、包括的な水銀管理が実現するよう、検討を進めている。多様なアクターを取り込む必要性は、水俣条約 COP1 が採択した「零細及び小規模な金の採掘に係る国家行動計画策定に関する技術手引（以下技術手引と呼ぶ）\*」5 の 7 にも記載されており、環境政策の重要なポイントである。

マテリアルフローモデルについては、動学化することで、複数年にわたる水銀の流れをシミュレーションできるようにし、各国の環境政策担当者が、数年後を見据えて業務を推進できる体制を構築しようとする。このモデルは水銀の一時的保存の効果を示すので水俣条約 10 条、11 条に貢献するものである。

水銀削減に実効性を持たせるには、関係者に対するインセンティブが必要である。本研究では、エシカルジュエリーの効果について分析を行い、環境政策に「インセンティブとしての商業メカニズム」を反映させるよう努める。水俣条約においては、商業メカニズムが副次的な扱いとなっており、Annex C のパラグラフ 2 で言及されているのみである。本研究の成果を反映させれば、わが国の環境政策は、同条約の弱点をカバーし、ソフト面で新たな提言ができる事になる。

---

\*採択前の手引案は次のサイトからダウンロード可能：[http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/forms%20and%20guidance/English/ASGM\\_guidance\\_e.pdf](http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/forms%20and%20guidance/English/ASGM_guidance_e.pdf)



なお、本研究は、以上を統合する事で、技術手引の見直しにも、貢献すると期待される。たとえば、同手引では「ゴールドプロセッサが重要な役割を果たす」と言いながら、その実態を示していない。本研究は、現場の細かい役割分担を把握した上で考察を進めるので、この弱点をカバーするものである。

## II. 平成 29 年度の研究計画および進捗状況と成果

### 1. 平成 29 年度の研究計画

平成 28 年度は、27 年度分成果に対する審査・評価会の指摘事項のうち、「資源採掘から最終製品の国際物流までサプライチェーンの上流から下流までをカバーして、これにかかわる国内外の複数のステークホルダーの利害関係を分析しつつ、エシカルジュエリー普及のためのあるべきグローバルなフレームワークを提案すること」について取り組み、見通しを立てることを、第 1 の目標とした。その結果、昨年度の報告書で示したように、対象国におけるサプライチェーンの概要をつかむことができた。

平成 29 年度は、審査・評価会の指摘事項のうち、「エシカルジュエリーという経済的手法の具体的・現実的な導入手法のイメージが定まっていないという印象がある」、「エシカルジュエリーに至るよりも、現地の実情に基づいた提言、例えば適正技術がありうるかなどが先の課題に思われる」さらに「国際的な認証とトレース、ラベリングについては、ダイヤモンドだけでなく、象牙や木材、パーム油、マグロなどたくさんの試みがある。そういった先事例も参考になるのではないか」の 3 点を中心的課題ととらえ、研究を進めることにした。

具体的には、サプライチェーンにおける水銀と金の流れを詳しく調査し、マテリアルフローモデルを動的にまとめる事と、調査票による現地取材を通して、具体的なデータを取得する事を目標とした。また、関連する適正技術や先事例を知るため、単行本や学術雑誌を検索し、その一部を逐語訳する事にした。

#### 2-(1). 平成 29 年度の進捗状況および成果(概要)

本研究では、ASGM の対象となる鉱石および鉱石処理後の尾鉱の鉱物学的な性格を把握する必要がある。すでに、初年度、次年度の研究により、金の産状はある程度明らかになった。しかし、金と同じくエシカルジュエリーの対象となる銀の産状は不明であった。また尾鉱に残留する有害元素についても考察が不十分であった。そこで、鉱石の鉱物学的研究を補足的に実施し、これらの問題について、一定の知見を得た。

マテリアルフローの研究では、各国における水銀のおおまかな流れを文献で調べた (Bali Fokus, 2017; Ban Toxics, 2017)。また、個別の現場で使用される水銀がどの程度失われるかを、地元 NGO への取材および文献調査で明らかにした (Macabuhay et al., in print; Velasquez-Lopez et al., 2010)。その結果、次の事実が判明した。

- ✓ アマルガムを絞って固める段階で水銀の 5～6 割が回収される。
- ✓ アマルガムを加熱すると、中の水銀の 3 割程度が大気中へ、1 割強が尾鉱に移行する。
- ✓ 金 1g を回収するのに必要な水銀は、フィリピンの場合、平均 19.2g だが、データの範囲は 1.5g ～149g と大きい。

これらの情報を考慮しつつマテリアルフロー分析（material flow analysis: 以下 MFA と記述）を実施した。昨年度開発した水銀削減効果測定モデルを発展させ、現場における水銀使用方法を”whole ore amalgamation”から pre-concentration”にシフトさせた場合の効果を計測、この転換により ASGM を中心に水銀環境排出量と違法な水銀輸入量が大幅に削減することを確認した。

同時に、モンゴルおよびフィリピンの現地調査に向けて、現地の学術機関や行政と協力して、計量経済学用の調査票を作成した。モンゴルはモンゴル語、フィリピンはタガログ語による調査とし、モンゴル、フィリピンとも、約 300 人にインタビューを行った。モンゴルについては、スイスのプロジェクトがフェアトレードやエシカルジュエリーについて、関係者にすでに概念の紹介をしており、また、水銀フリーな選鉱施設も存在する事から、特にエシカルジュエリーについての行事を企画せず、調査票によるインタビューに専念した。得られたデータは解析し予察的な結果を得た。

フィリピンにはエシカルジュエリーの経験は全くなく、いきなり概念を導入すると関係者を混乱させる恐れがある事から、エシカルジュエリーに関する講習会は開催しなかった。そのかわり、調査票に、環境に対する意識や水銀使用を中止する意志の有無が確認できる項目を入れ、エシカルジュエリーを地域社会が受容する可能性を測る目安とした。現在、データをクリーニング中である。



写真 1,2 フィリピンにおける ASGM の様子

## 2-(2). 3年間の研究を通じて得られた成果（概要）

鉱物学的研究では、モンゴル産金鉱石の品位が高く、粒度も大きい事が判明した。一方、フィリピンの鉱石は、金の品位がばらばらで粒度が小さく、さらに、さまざまな重金属が硫化物の形で含まれる事が明らかになった。また、銀は独立鉱物相が出現するほど高濃度である事もわかった（後述）。

尾鉱には金銀以外の重金属が高濃度で残留するが、名古屋大学農学部に依頼して塩酸及びシアン溶液による浸出実験を行ったところ、砒素や鉛が溶解することが判明した（柴田ほか, 2017）。

技術の調査では、多くの現場が採用する”whole ore amalgamation”をやめさせ”pre-concentration”に移行させる事が最重要課題であると結論付けられた（図 1）。また、適正技術、つまり水銀を使用しない鉱石処理として現実的な方法は、比重選鉱か青化法しかないことが明らかとなった。また、金鉱石の特徴によって比重選鉱装置の設計を変えるべき事が明らかになった。モンゴル産の鉱石は振動テーブルで処理できるがフィリピンの鉱石の場合どうしても事前濃縮や化学処理が必要である。モンゴルの事例については DVD に記録した（TUM GER, 2018）。また、エシカルジュエリーを支援するツールとして、イオンビーム関連技術に可能性があるとの感触を得た（加田ほか, 2017）。



図 1 選鉱・製錬施設における水銀の使用実態

水銀の MFA では、ASGM 以外に副産物、水銀含有製品に関わる水銀のマテリアルフロー量の経年変化を推定した。モンゴルおよびフィリピンの MFA 結果より、国全体の水銀のマテリアルフロー中で ASGM の影響が高いこと、ASGM の水銀供給は海外からの違法な輸入に依存していることを明らか

にした。最終的には、現場における水銀使用方法を”whole ore amalgamation”から pre-concentration”にシフトさせた場合の効果を計測し、この転換により、ASGM を中心に水銀環境排出量と違法な水銀輸入量が大幅に削減することを確認した。

エシカルジュエリーの研究では、先進国が理想とする供給チェーンについてイメージを(図 2)明らかにした。先進国が理想とする供給チェーンは「closed pipe」と呼ばれる構造を持ち、中間業者を可能な限り排除するとともに、参加者は倫理的ルールで縛るといものである。意識の高い宝飾業者は企業の社会的責任 (CSR) をアピールできるためこのチェーンの下流側に参加するが、意識の低い団体は、表面上は社会に対する責任を謳っても、実際には協力して来ない。

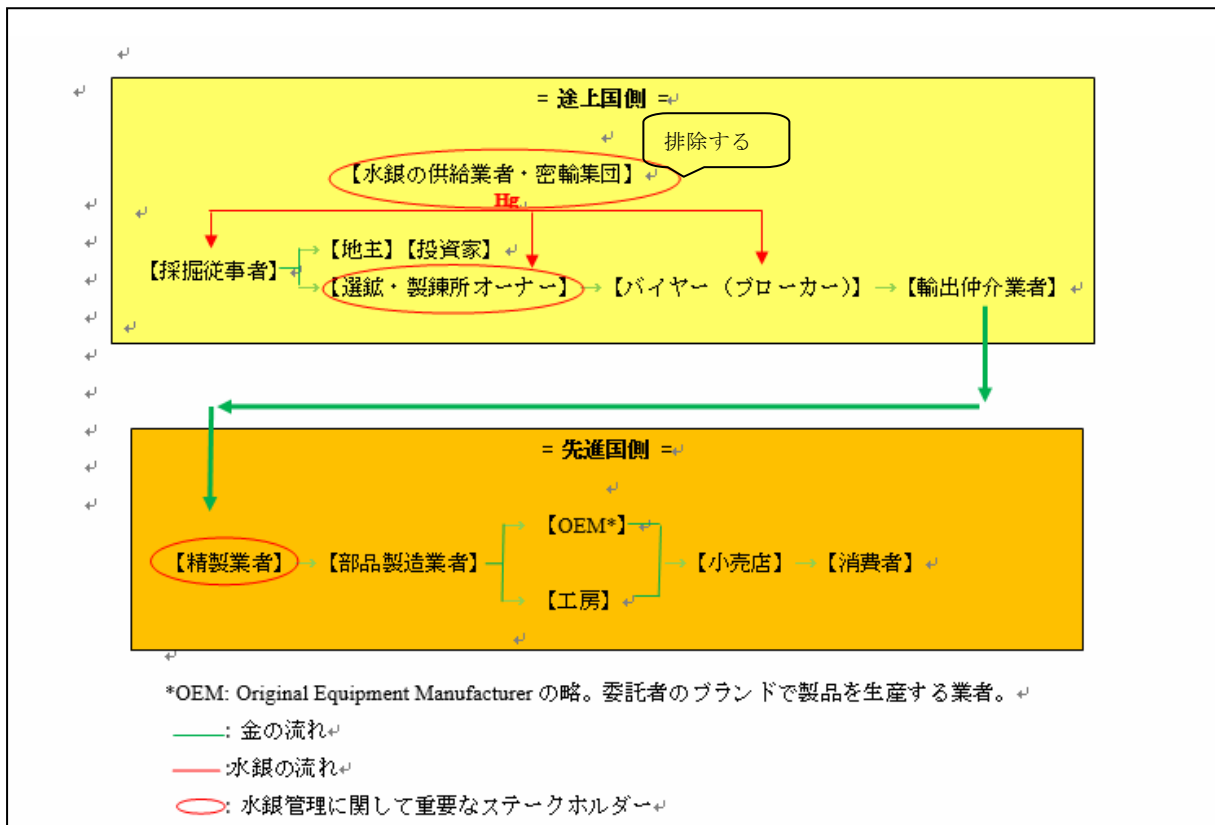


図 2 一般化したエシカルジュエリーの供給チェーン

たとえば、日本ジュエリー協会は、そのホームページでは適正なビジネスを方針として掲げるが、実際には付録 1 に示すように「わが国の宝飾業界はそれどころではない」という立場である。また、欧米では、精製業者の協力が不可欠とされているが、わが国ではその実績がない。さらに、モンゴルでは概念は知られているものの実績がなく、フィリピンでは概念すら知られていない事もあり、東京の業者を下流にすえて、アジア版エシカルジュエリーの体制を整えるには、かなり時間がかかりそうという結論を得た。モンゴルおよびフィリピンで現状をいかに変えていくべきか考察した結果を図 3, 4 に示す。

計量経済学的調査では、ASGM を行う集団の特徴や環境に関する意識を調べ、金の抽出による収

益の最大化がどのようにすれば可能かを明らかにした。モンゴルのデータによると、教育レベルの高い人の方が収益を上げやすい。また、水銀を使う集団よりも使わない集団の方が収益率は高い。さらに、鉱石の性格に合わせて補正された処理装置を備えた選鉱場のユーザーは他者よりも高い利益を上げている事が明らかになった。ただし、性差があり男性の方が女性よりも収入が大きい傾向があった。以上より、水銀を使用せず、女性を重視するエシカルジュエリーの枠組みは、十分に説得力があるが、法令の整備や供給チェーンの構築で時間がかかるため、モンゴルにおける実現はしばらく先になると考えられる。

## モンゴルにおけるサプライチェーン

モンゴルでは地域住民の力を活用すべき。また、ニンジャ、地域住民、宝飾関係者を取り込んだ総合的な働きかけをすると、水銀削減効果が大きく出ると思われる。

現状	→	エシカル
水銀密輸団		密輸防止団
水銀使用ニンジャ(採掘従事者)		水銀不使用ニンジャ(採掘従事者)
水銀を使う選鉱・製錬施設		水銀フリーな選鉱・製錬施設
チェンジ(ブローカー)		中央銀行/輸出代行業者
金の密輸団		エシカルジュエラー工房

図3 モンゴルにおける供給チェーン変革の一案

## フィリピンにおけるサプライチェーン

採掘関係者は水銀フリーな技術に興味を持っているので、彼らに働きかける事が、重要である。「水銀を多量に使用しても金の回収率は上がらない、使わない方が得」という情報を含める必要がある。伝統的な金銀細工を活用すべき。

現状	→	エシカル
水銀販売業者		
採掘従事者		採掘従事者
選鉱・製錬施設		水銀フリー選鉱・製錬施設
買い取りショップ(村)		
買い取りショップ(町)		
町の工房(一部)		エシカルな工房
金の密輸団(一部)		エシカルな小売店

図4 フィリピンにおける供給チェーン変革の一案



### 3. 対外発表等の実施状況

#### 論文誌上発表

- Fuse, M. and Murao, S. (in print) Artisanal and small-scale gold mining and its mercury flows, Proc. Thematic Session “The role of geoscience in safeguarding our society”, 53<sup>rd</sup> CCOP Annual Session, Cebu.
- Kelsall, H. (in print) Increasing profitability through responsibility in the luxury industry, Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology.
- Macabuhay, M., Galvez, A., Lucino, J., Cubelo, E., Lorenzo, J. S., Monroy, T. and Guiterez, R. C. (in print) Mercury flow analysis in artisanal and small-scale gold mining operations in the Philippines, Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology.
- 村尾 智 (in print) Mongolia-Japan Technical Cooperation Workshop for Effective Mercury Management in relation to the Minamata Convention, 社会地質学会誌.
- Murao, S., Macabuhay, M., Narisawa, N., Monroy, T., Takenaka, C. and Pante-Aviado, S. M. (2017) Preliminary study on the risk of mercury exposure to the people consuming fish from Camarines Norte, Philippines, Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology 13, 31-33.
- Pante-Aviado, S. M. (2017) Mining laws compliance and small-scale gold mining practices in Camarines Norte, 第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, 19-20, 社会地質学会.
- Percil, N. S. (2017) Participatory resource assessment and facility mapping in artisanal and small-scale gold mining community, 第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, 21-22, 社会地質学会.
- 村尾 智・竹中千里・Percil, N. S.・Macabuhay, M.・Galvez, A.・Cubelo, E.・Guiterez, R. (2017) フィリピンにおける零細及び小規模金採掘現場訪問の留意点について, 第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, 43-46, 社会地質学会.
- 柴田晴音・竹中千里・中島和夫・成澤 昇・村尾 智 (2017) ASGM における金抽出処理がもたらす重金属可溶化について, 第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, 23-26, 社会地質学会.
- 加田 渉・春山盛善・須田 義・佐藤 隆・山田尚人・三浦健太・神谷富裕・村尾 智・花泉 修 (2017) マテリアルトレーサビリティへの寄与を目的とした集束イオンビームによる微細加工並びに情報記録技術の開発, 第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, 63-66, 社会地質学会.

#### 成果口頭発表

- Fuse, M. and Murao, S. (2017) Artisanal and small-scale gold mining and its mercury flows, Thematic Session “The role of geoscience in safeguarding our society”, 53<sup>rd</sup> CCOP Annual Session, Cebu.
- Kelsall, H. (2017) Increasing profitability through responsibility in the luxury industry, 環境省主催セミナー「金採掘時の水銀排出と水俣条約」, 東京.
- 村尾 智 (2017) ASGM における水銀の使用と環境・健康問題, 環境省主催セミナー「金採掘時の水銀排出と水俣条約」, 東京.
- Narantsogt, B. (2017) モンゴルにおける ASGM 事例紹介, 環境省主催セミナー「金採掘時の水銀排出と水俣条約」, 東京.
- Guiterez, R. C. (2017) アジアにおける ASGM の水銀対策プログラム, 環境省主催セミナー「金採掘時の水銀排出と水俣条約」, 東京.
- Pante-Aviado, S. M. (2017) Mining laws compliance and small-scale gold mining practices in Camarines Norte,

第 27 回環境地質学シンポジウム, 日本大学文理学部.

Percil, N. S. (2017) Participatory resource assessment and facility mapping in artisanal and small-scale gold mining community, 第 27 回環境地質学シンポジウム, 日本大学文理学部.

村尾 智・竹中千里・Percil, N. S.・Macabuhay, M.・Galvez, A.・Cubelo, E.・Guiterez, R. (2017) フィリピンにおける零細及び小規模金採掘現場訪問の留意点について, 第 27 回環境地質学シンポジウム, 日本大学文理学部.

柴田晴音・竹中千里・中島和夫・成澤 昇・村尾 智 (2017) ASGM における金抽出処理がもたらす重金属可溶化について, 第 27 回環境地質学シンポジウム, 日本大学文理学部.

### 講演

Dalaibuyan, B. (2018) Mining and sustainability challenges: Towards mercury-free, formalized artisanal and small-scale mining, 2018.3.7, 石油天然ガス・金属鉱物資源機構.

Fuse, M. (2017) Challenges toward mercury-less society, UNEP Regional Office for Asia and the Pacific, 2017.12.1., Bangkok.

Murao, S. (2018) Minamata Convention and artisanal/small-scale gold mining, 名古屋大学 さくらサイエンスプログラム 講演会, 2018.1.31, 名古屋大学 農学部.

### 成果ポスター発表

加田 渉・春山盛善・須田 義・佐藤 隆・山田尚人・三浦健太・神谷富裕・村尾 智・花泉 修 (2017) マテリアルトレーサビリティへの寄与を目的とした集束イオンビームによる微細加工並びに情報記録技術の開発, 第 27 回環境地質学シンポジウム, 日本大学文理学部.

### DVD 作成

TUM GEL (2018) モンゴルの零細及び小規模金採掘における水銀フリー技術の映像記録, 産業技術総合研究所\*.



\*モンゴルにおける水銀フリー技術を動画で記録し、日本語のナレーションをつけてテレビ番組風に仕上げた。

## 受賞

第 27 回環境地質学シンポジウム 奨励賞, 「ASGM における金抽出処理がもたらす重金属可溶化について」に対して, 2017 年 12 月 2 日, 社会地質学会.

## 出版

サリーム・アリ著 村尾 智訳 (2018) 鉱物の人類史, 青土社, 307pp.

## 研究打ち合わせ等

日付	打ち合わせ相手	打ち合わせ場所
2017 年 4 月 6 日	梅澤貞雄、塚本仁人	日本ジュエリー協会
2017 年 4 月 6 日	坂本 治	西町公園
2017 年 4 月 7 日	成澤 昇	東京市政会館
2017 年 5 月 8 日	村上千恵	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	Kelsall, H.	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	Gutierrez, R. C.	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	Narantsogt, B.	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	Jamiyansuren, T.	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	Minjin, S.	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	星 まり	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	村上千恵	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 10-11 日	Minjin, S.	産業技術総合研究所
2017 年 6 月 3 日	星 まり	六本木ヒルズ
2017 年 6 月 12 日	竹中千里	名古屋大学農学部
2017 年 6 月 16 日	鈴木憲敦、本間丈裕	産業技術総合研究所
2017 年 7 月 8 日	Minjin, S.	Hotel Ulaanbaatar
2017 年 7 月 8 日	Gantogoo, Dorjuchulam	Ulaanbaatar Science University
2017 年 7 月 13 日	Purevsuren, Jamiyansuren	The Corporate Hotel
2017 年 7 月 18 日	布施正暁	東京市政会館
2017 年 7 月 22 日	Galvez, A.	Bagasbas Lighthouse Hotel and Resort
2017 年 7 月 23 日	Galvez, A.	Ban Toxics CN Field Office
2017 年 7 月 24 日	Villablanca, G.	村長私邸
2017 年 7 月 25 日	Hondrade, A.	Ban Toxics Manila Office
2017 年 9 月 11 日	坂本 治、小林 舞衣	芝パークホテル別館
2017 年 9 月 19 日	Altangerel, J.	虎ノ門ツインビル
2017 年 9 月 25 日	布施正暁	広島大学工学部
2017 年 10 月 3 日	Pante-Aviado, S.M.	キッチン風
2017 年 10 月 10 日	広瀬和世	宇宙システム開発利用推進機構
2017 年 10 月 24 日	山崎雅人	名古屋リバティホテル
2017 年 10 月 25 日	竹中千里	名古屋大学農学部
2017 年 10 月 26 日	布施正暁、坂本 治	市ヶ谷ルノアール



2017年11月1日	中尾幸道	産業技術総合研究所
2017年11月17日	加田 渉	群馬大学大学院理工学府
2017年11月28日	布施正暁	広島大学工学部
2017年11月30日	安松空良	ロイヤルパークホテル・ザ・羽田
2017年12月1日	Pante-Aviado, S.M.	日本大学オバールホール
2017年12月2日	Percil, N.	日本大学オバールホール
2017年12月7日	緒方泰子	ホテルグランド東雲
2017年12月7日	成澤 昇	ホテルグランド東雲
2017年12月11日	富安卓滋	水俣環境アカデミア
2017年12月13日	星 まり	六本木ヒルズ
2018年1月12日	斉藤 貢、大江沙知子	環境省
2018年1月31日	Ian A. Navarette	名古屋大学農学部
2018年3月6日	Byambajav Dalaibuyan、布施正暁、 中島和夫	東京市政会館
2018年3月6日	審査・評価会	航空会館
2018年3月7日	Byambajav Dalaibuyan、坂本 治、 岩瀬博樹、山分保幸	虎ノ門ツインビル
2018年3月7日	池田 肇、大岡 隆、久保田博志	石油天然ガス・金属鉱物資源機構
2018年3月9日	坪井朔太郎	公益財団法人ひょうご震災記念 21世紀研究機構阪神淡路大震災記念 人と防災未来センター
2018年3月12日	竹中千里	名古屋大学農学部
2018年3月16日	Andrew Bone	Responsible Jewellery Council
2018年3月17日	Harriet Kelsall	Bespoke Jewellery

#### 4. 平成 29 年度の進捗状況と成果(詳細)

##### 序 論

本研究では、ASGM の対象となる鉱石および鉱石処理後の尾鉱の鉱物学的な性格を把握する必要がある。すでに、初年度、次年度の研究により、金の産状はある程度明らかになった。しかし、金と同じくエシカルジュエリーの対象となる銀の産状は不明であった。また尾鉱に残留する有害元素についても考察が不十分であった。そこで、鉱石の鉱物学的研究を補足的に実施し、これらの問題について、一定の知見を得た。

次に、モンゴルおよびフィリピンのマテリアルフローモデルを作成した。複数のシナリオを想定し、それぞれにおける水銀削減量を予想した。

同時に、モンゴルおよびフィリピンの現地調査に向けて、現地の学術機関や行政と協力して、計量経済学用の調査票を作成した。モンゴルはモンゴル語、フィリピンはタガログ語で調査し、結果は

エクセルに打ち込んだ。その後、選定したモデルにデータを入力して、水銀削減効果について、検討を行った。以上について、本論で、詳述する。

## 本 論

### (1)金鉱石の鉱物組成及び金の存在形態に関する研究

今年度の鉱物学的研究は補足的な役割であるが、フィリピン産金鉱石の性状を、銀、砒素、鉛に着目して、再検討した。

鉱石は低速カッターで切り出して樹脂に埋め込み、ダイヤモンドペーストによる表面研磨と炭素蒸着ののち、山形大学理学部の波長分散型 EPMA (JEOL JXA-8900)で分析した。使用電圧は 20 kV、電流は 20 nA、で、ビーム径は 3 μm である。標準試料 (使用 X 線) としては、GaAs (As *La*)、Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (Sb *La*)、CuFeS<sub>2</sub> (Cu *Kα*、Fe *Kα* および S *Kα*)、ZnS (Zn *Kα*)、Ag (Ag *La*)、MnO (Mn *Kα*)、PbS (Pb *Ma*)、Cd (Cd *La*)を使用した。カウント時間は、ピークが 10 秒、バックグラウンドが 5 秒である。得られた信号の定量化には ZAF 補正を利用した。

その結果、鉱石中の自然金は副成分として銀を含む上、さらに、独立鉱物相としてポリバス鉱を随伴する事が判明した。顕微鏡写真を写真 3 に、分析値を表 2 に示す。

As	Zn	Sb	S	Fe	Ag	Cu	Total
0.29	9.27	0.03	14.30	1.31	68.33	8.01	101.54 wt%
0.30	5.82	0.04	34.05	1.79	48.38	9.63	100%

表 2 ポリバス鉱の組成 (上:重量比;下:原子比)

さらに、鉱石中には、鉛の硫化物である方鉛鉱と砒素の硫化物である硫砒鉄鉱がかなり多く含まれる事も確認した。また、黄鉄鉱中に、砒素が微量成分として存在する事も確認した。これらは尾鉱に残留することになるが、ASGM 現場および周辺において、鉛や砒素汚染が観察される事実と整合的である (たとえば、村尾ほか, 2011; Murao et al., 2004; Murao et al., 2011; Murao et al., 2013)。写真 4 に顕微鏡下で観察された一例を、表 3 に黄鉄鉱の分析例を示す。

As	S	Fe	Mn	Pb	Cd	Cu	Total
0.59	53.07	45.99	0.04	0.07	-	-	99.77 wt%
0.32	66.53	33.11	0.03	0.01	-	-	100%

表 3 黄鉄鉱の組成の例 (上:重量比;下:原子比)

### (2)エシカルジュエリーの導入に関する研究

鉱業界は変革が著しい上、宝飾業や素材産業との交流も活発である。そこで、アジアにおけるエシカルジュエリーの将来像を検討する参考として、資源と環境を横断的に扱った著作 (Ali, 2009) を読みこみ、翻訳した (アリ, 2018)。この著書からは投資が地元の技術と市場をつなぐ部門になされるべきである事、地域社会の持続性を管理計画の中心に置くべき事を確認した。

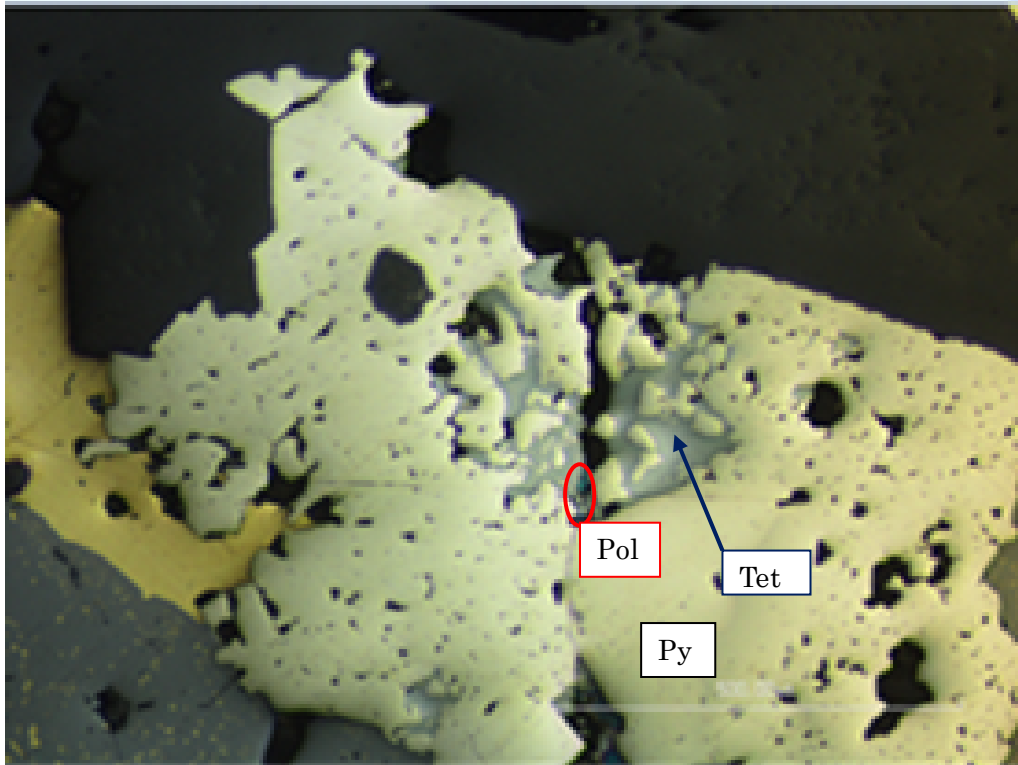


写真3 写真 共生するポリバス鉱(Pol)、硫砒鉄鉱石(Tet)および黄鉄鉱 (Py)。

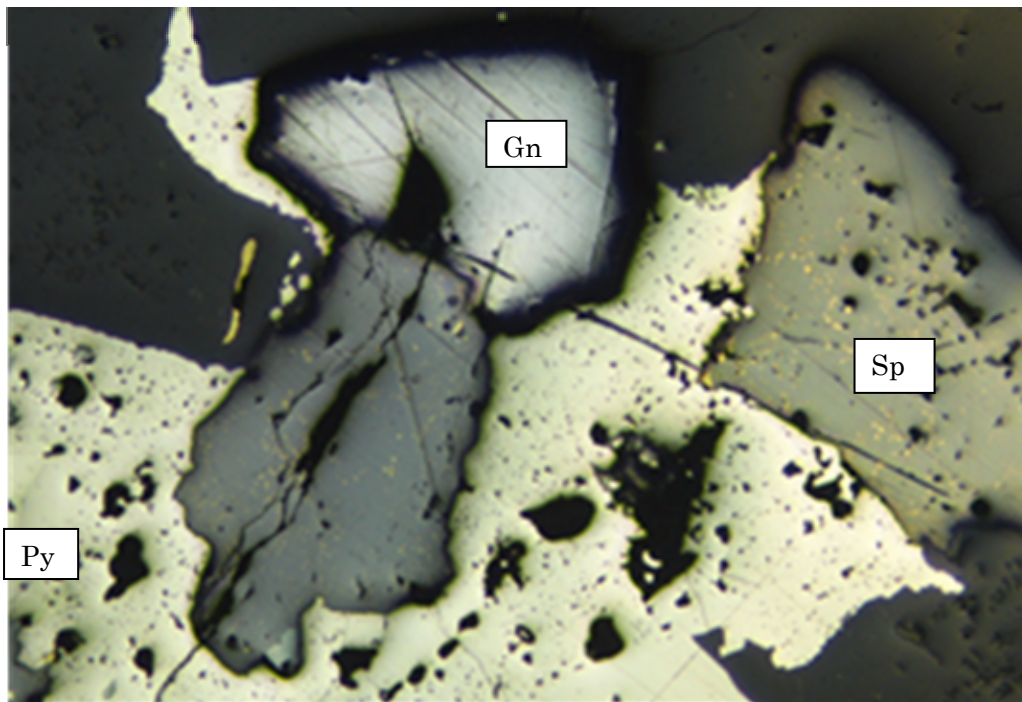


写真4 鉱石中の方鉛鉱及び重金属鉱物。Gn：方鉛鉱；Sp：閃亜鉛鉱；Py：黄鉄鉱。

フィールド調査の準備は、モンゴルおよびフィリピンにおけるこれまでの研究結果を参考にするとともに、地元を繰り返し取材する事で進めた。ASGMの関係者は非協力的なことも多く、場合によ

っては危険も伴うため、両国とも、これまでに培った人脈を生かして人選をし、地元から信頼されている人物に仲介してもらった上で、現地を訪問した。それでも問題は生じ、モンゴルでは、業務の一部を委託したある研究者が身元不明の人物に尾行され、また、警察にパソコンと調査データを没収された（現在、返還を交渉中）。フィリピンでは、経済学担当者が地元の反感を買ったため、派遣者の交代、地元との再交渉、再調査が必要となり、データ取得が大幅に遅れた。

取材は、主にフォーカス・グループ・インタビューで実施し（写真 5, 6）、将来のエシカルなサプライチェーンを意識して、上流側の現場から下流の宝飾関係者まで、幅広く行った。また、環境問題では NGO の力が(良くも悪くも)無視できない事から、これもインタビュー対象に含めた。



写真 5 モンゴルにおける採鉱・製錬関係者との面談



写真 6 フィリピンにおけるジュエリー関係者のフォーカス・グループ・インタビュー

作業関係者の取材に際しては作業現場での役割分担に注意した。一言で「鉱夫」といっても実際には細かく作業を分担している事が多いためである。その結果、たとえば、フィリピンでは、「鉱夫」という言葉には次の職種が含まれる事が判明した。

- ✓ リーダー
- ✓ 破砕担当
- ✓ 機械全般担当
- ✓ 先山（バリナドールと呼ぶ）
- ✓ ボールミル操作
- ✓ 材木担当
- ✓ 発破担当
- ✓ 電気技術・メンテナンス担当
- ✓ 発電機担当
- ✓ コック
- ✓ 守衛
- ✓ 運転手
- ✓ お使い（少年・少女）
- ✓ 取水担当

また、金採掘で得られる収入を分配する際は、立場によって、配分率が異なり、投資家が最も多く、ついでリーダー級である事も判明した。これは、フィリピンの他の場所における先行研究 (Rey-Saturay and Murao, 2014) の結果と整合的である。

フィリピンでは、宝飾関係者や地主、投資家への取材が可能となったが、その結果、金のサプライチェーンが複雑である事が判明した。投資家が金のバイヤーを兼ねている事が多いが、近隣の繁華街にもバイヤーがいる。買い取り価格はバイヤーが個人的な経験に基づいて一方的に決めるため、基準がないが、繁華街に持って行く方が高く売れるとの事である。

興味深いのはフィリピンにおける関係者の二律背反的な心理である。現時点では、水銀を使用した金を買取る事への抵抗感はないが、一方で、水銀使用者の体調不良が地域で顕在化しつつあるため、水銀を使わない金の回収技術に対する期待が大きい。

モンゴルでは「水銀を使って抽出した金はもろく細工しにくい」という宝飾店の苦情があり、土地を汚す事に対する一般人の嫌悪感も強いので (e.g., High and Schlesinger, 2010)、水銀に対する抵抗感はフィリピンよりも強い印象を受ける。エシカルジュエリーへ向けて一部の関係者が動いている事も再確認した (TUM GER, 2018)。

両国で得られた情報については、研究チーム内で共有し、その分析に基づいてポイントを次のように整理し、英語で調査票 (案) を作成した。

- Sample/HH Selection
- Drop Criteria
- Replacement Strategy
- Target Respondent (Who in HH to interview)
- Respondent Consent
- Data Quality Monitoring Systems
- Translated the questionnaire
- Discussed each translation during training as a double-check
- Each and every question was discussed in both languages
- Pilot questionnaire

実際に使用する調査票は、モンゴル用はモンゴル語、フィリピン用はタガログ語で作成した。票には、生活実態、労働条件、生産性やコスト、採掘による収入、水銀使用、健康問題、消費に関する質問を盛り込んだが、モンゴル版とフィリピン版で内容が微妙に異なる。

本研究では調査票を正しく用いてデータを取得しなければならない。そこで、モンゴル、フィリピンとも、次の点に留意しつつ、雇用した調査員を訓練した。

- Questionnaire conventions

- Explanation of specific questions, by module
- Discussion on all definitions and code lists included in the survey
- Timeline for data collection

また、数名の鉱夫に協力を依頼して調査票を、調査員が事前テストし、浮上した問題点の修正を行った。付録 2 及び 3 に調査票の最終版を添付する。

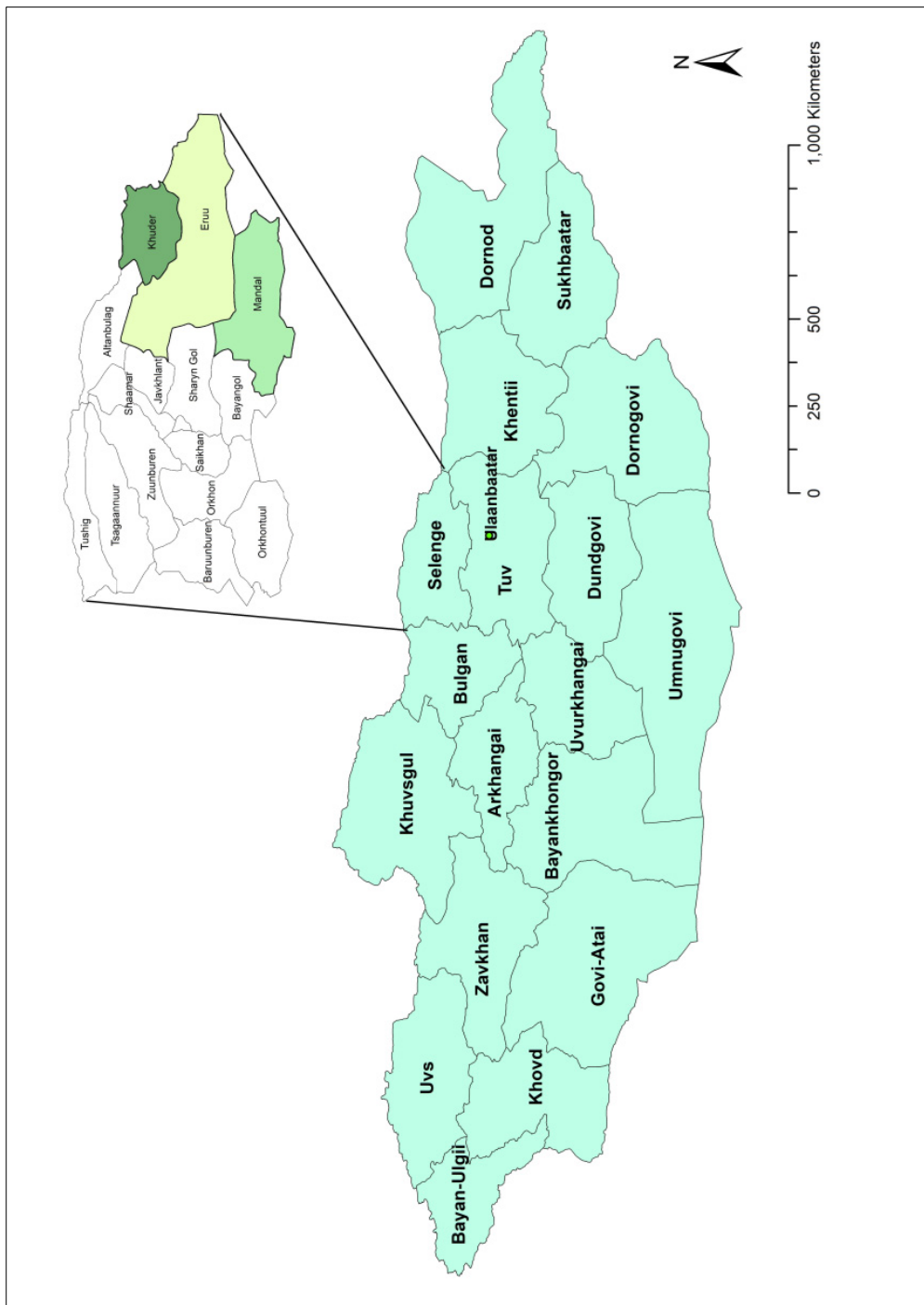


図 5 モンゴルにおける調査地域

### (3) エシカルジュエリーの社会経済効果に関する研究

上記で述べた準備ののち、実際にエヌメレータを現地に派遣しデータの収集を行った。モンゴルではセレンゲ県のマンダル村 (Mandal soum)、フンダ - 村 (Khunder soum)、エルウ村 (Eruu soum) を調査対象とした (図 5)。フィリピンでは、カムリネス・ノルテ州のホセ・パンガニーバン市 (Municipality of Jose Panganiban) を対象とした (図 6)。

以下では、モンゴルの調査結果について、記述する。地勢は表 4~6 の通りである。マンダル村では砂金、山金の両方を、フンダ - 村とエルウ村は砂金のみを採掘している。砂金は夏季、山金は通年の採鉱である (図 7)。回答者の約 7 割が男性だが、山金と砂金に分けて細かく見ると砂金で女性が多い (図 8)。平均年齢は男性が 34、女性が 41 歳である。最年少者は男性が 16、女性が 40 歳であった。

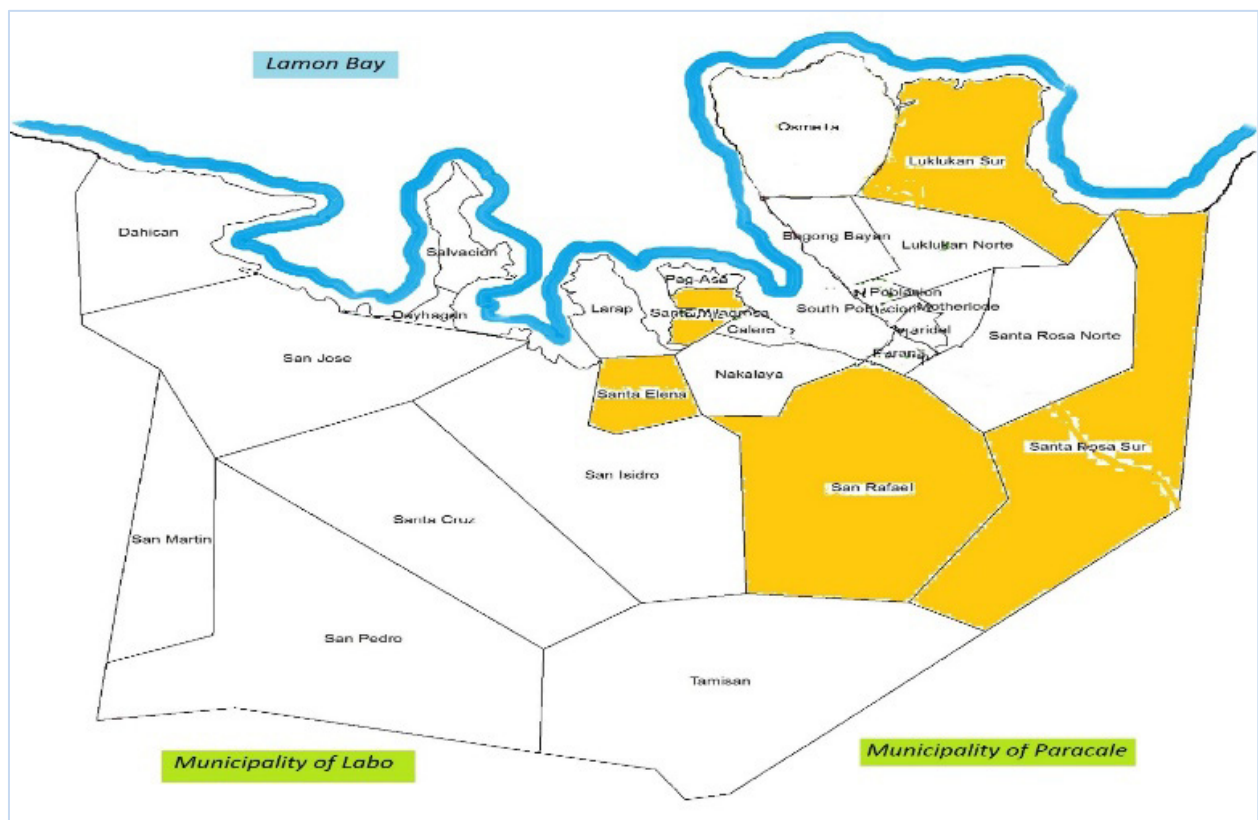


図 6 フィリピンにおける調査地域

回答者は村の中心部に住むケースが多いが採掘場は 40 km 前後離れている。教育は中卒レベルが男女とも約 7~8 割だが職能訓練を受けた者が約 2 割おり、男女を細かく見ると、カレッジレベルの卒業生が女性に 17.5%、男性では 9.9% あった。従事年数は 1 年未満から 10 年以上まで多岐にわたる (図 9)。収入源としては金が最も重要である (図 10)。

金採掘による健康問題については、腰痛以外に、無機水銀に起因する可能性が高い症状を複数確認した (図 11)。具体的には、腎臓の障害、体の震え、呼吸器系の疾患、神経系統の乱れだが、後 2 者は山金を採掘する者に多い傾向がある。こうした症状は水銀を使用した作業場 (たとえば戦前の帽



子工場)で報告された事例に酷似する (e.g., New England Historical Society, 2016)。

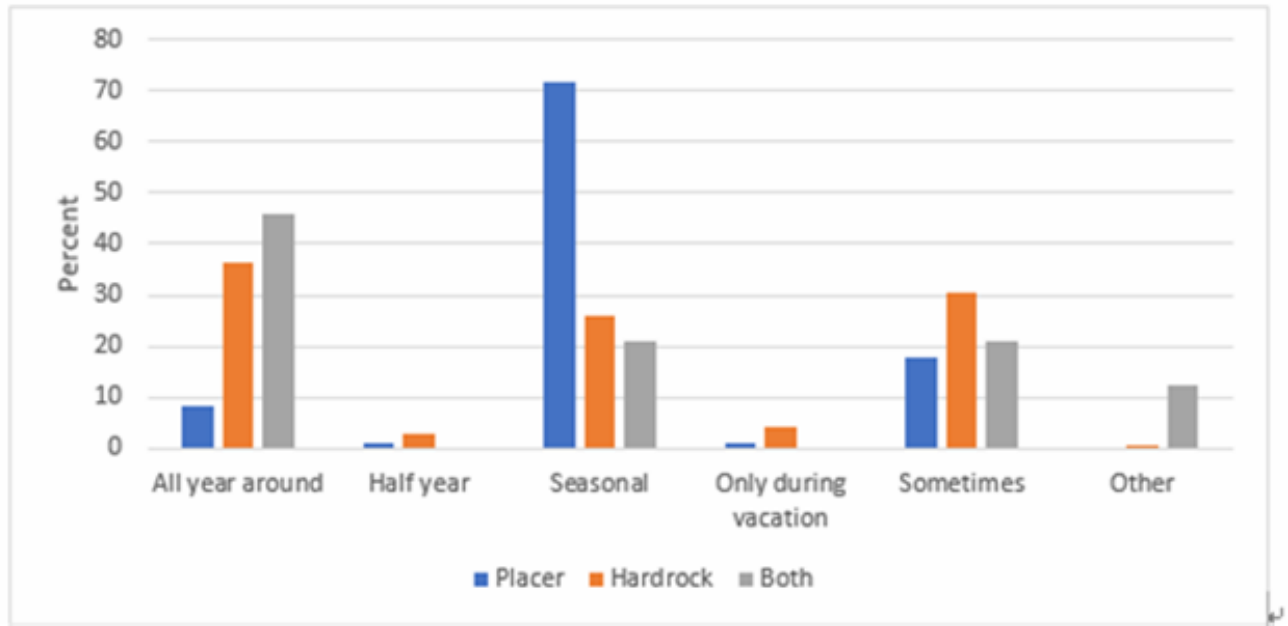


図7 モンゴルの調査地域における山金及び砂金の採掘時期

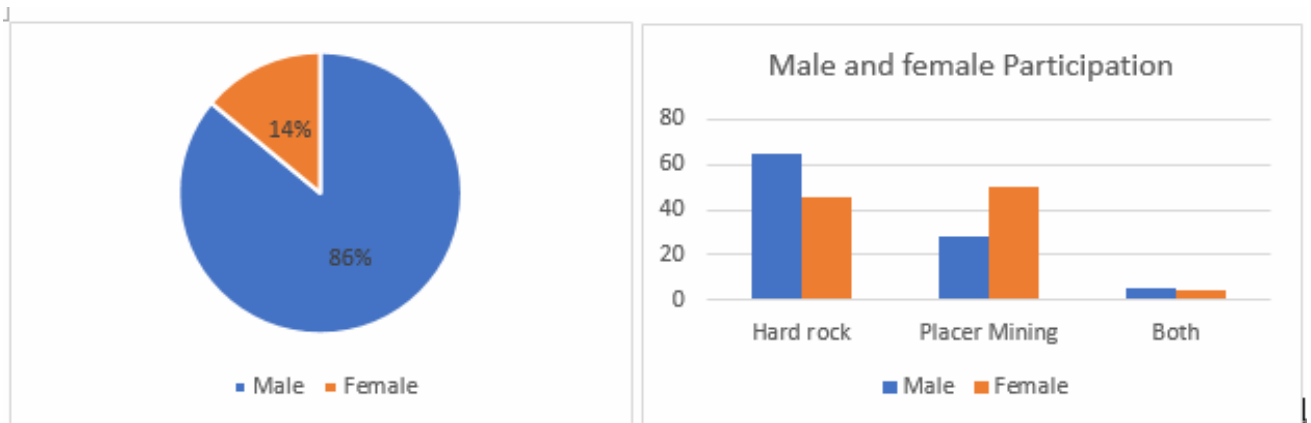


図8 モンゴルの回答者の性別

エヌメレータが手書きで記入した調査票 (図 12 に実例を示す)は研究室に持ち帰りエクセルに入力した。検討のために選定した変数は表 7 に示す通りである。以下には、水銀を使用するマンダル村と使用しないフダー村のデータを中心に、予察的な解析結果を記述する (表 8)。

- Miners with placer mining practices seem to maximize their revenue and profitability by choosing the available inputs at prevailing process. For instance, Placer mining practices increase the profitability almost twice as of hard rock. Those miners who opt hard rock methods experienced negative profit margins on average. Those who use both hard rock and placer mining methods combined were able to reduce their cost significantly.



- There also significant gender differentials both in terms of cost and profitability. For instance, male earn twice as of the earnings of their female counter part. It appears that female miners were not maximizing the revenues from mining operations. Part of the reasons may that they are confined to specific jobs (e.g., cooking). A better training and education program may be helpful to enhance their entrepreneur skills.
- The decomposition of revenues, cost and profitability between Mandal (mercury use) and Khuder (mercury-free) areas shows that miners in mercury free areas maximize their profitability. Looking at revenue and cost structure of both areas, there are significant differences in the estimates. For instance, the average cost per operation in Khuder was much lower than that of Mandal (i.e., approximately one fourth). This are merely monetary cost estimates and social and environmental cost could be much higher than that.
- Miner who used mill facilities for ore processing increase their profitability considerably. Results show that miners with ore processing at mill facility had more than double profitability as compared to those who milled the ore themselves. This indicates that processing at mills can fetch more financial as gains. Moreover, the availability of milling mercury free milling facilities would improve miners' wellbeing through improved health and safety measures. This has been proven in some areas of Mandal soum where miners took their ore to the mill facility for processing and gold extraction. This facility is mercury free and being operated by local government and NGO. However, the mill has very limited capacity to process ore for gold extraction. Only 30 sacks can be processed within 24 hours shift. An expansion of milling capacity through the establishment of new mills would be helpful to increase mercury free gold production. A public private partnership can help to build the infrastructure for environmental friendly production

	2000	2005	2010	2015
Total registered population	23964	22937	25009	26671
Number of herders	1176	1546	938	891
Number of livestock	87396	66033	141098	113610
Agricultural land (Ha)	4437	2313	6976	5449
Registered crime cases	296	268	288	217
Industrial output (mill MNT)	11801.9	33094.6	22149.8	74504.8
Local government budget income (mill MNT)	651.1	111.6	1156.4	591.1
Local government budget expenditure (mill MNT)	1012.2	161.7	1359.1	1622.5
Data source: Statistical Department of Selenge aimag. 2017.				

表4 マンダル村の構成 (MNT:モンゴルトグルク)

	2000	2005	2010	2015
Total registered population	1799	1907	2119	2364
Number of herders	97	160	214	172
Number of livestock	8813	14339	25024	29172
Agricultural land (Ha)	1867	2879	5271	5449
Registered crime cases	34	10	4	22
Industrial output (mill MNT)	108.7	0	115.8	180.7
Local government budget income (mill MNT)	54	32.3	32.4	761
Local government budget expenditure (mill MNT)	185.6	60.7	162.9	822
Data source: Data source: Statistical Department of Selenge aimag. 2018.				

表5 フダー村の構成

	2000	2005	2010	2015
Total registered population	6077	5209	6374	6509
Number of herders	98	492	421	426
Number of livestock	25988	40803	62571	67727
Agricultural land (Ha)	5284	6828	10889	12306
Registered crime cases	42	41	36	36
Industrial output (mill MNT)	4865	42.6	124115	233745
Local government budget income (mill MNT)	199.2	85.2	236.2	434.4
Local government budget expenditure (mill MNT)	260	93.5	293.3	831.6
Data source: Data source: Statistical Department of Selenge aimag. 2018.				

表6 エルウ村の構成

収入に関する回帰分析からは次のように推論された（表9）。

- Mercury free areas drive ASGM sector profitability significantly. For instance, the dummy variable for mining area suggest that Mandal's (mercury use area) profitability was 1.67 times less than that of Khuder (mercury free) soum.
- We also note that miners using placer method (i.e., without mercury) experience higher profitability. The estimates show that profitability with placer mining was twice as of hard rock mining. This another indicative of mercury free mining activities. Our descriptive statistics show that most of the placer mining activities are present in Khuder area. The results of dummy variable for placer vis-à-vis

hard rock also show higher impact on earning, which support our findings that mercury free mining improve the productivity and profitability substantially.

- The estimates of dummy variable for decision making also indicate that the decision making in mining activities have positive impact of financial returns. The coefficient estimate of decision making dummy variables turns out positive (i.e., 0.44).
- Similarly, gender participation in mining activities results in obvious differentials in earnings. A statistically significant positive dummy variable of gender indicate that male miners have almost four time higher earnings than female manners.
- Results also indicate that education have a positive role in increasing the mining profitability. Miners having secondary education were able to generate more profit as compared to their peer group.

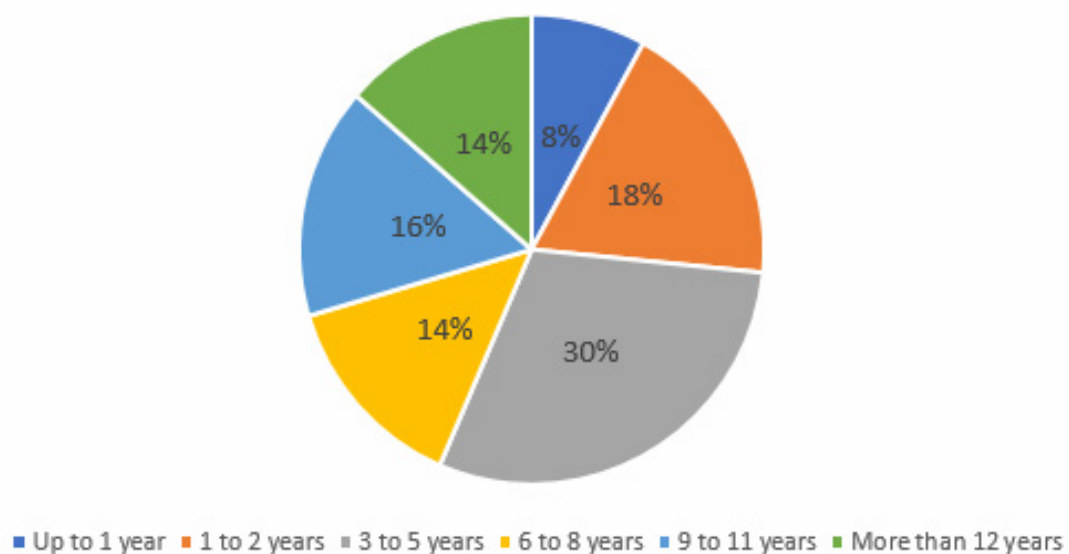


図 9 ASGM に対する従事年数

Variable	Sampl e Size	Mean	Std. Dev.	Min	M ax
Profitability	68	4.222279	5.536656	0.962778	25.25
Mining Area	301	0.694352	0.461448	0	1
Gender (P8)	301	0.860465	0.347081	0	1
Decision Maker (a3)	272	1.316176	0.46584	1	2
Other Work (b2)	295	0.413559	0.493308	0	1
Education (a5)	293	3.341297	0.75369	1	5
Minign type (p5)	299	1.431438	0.60018	1	3
Environemnt Management (h21)	285	0.954386	0.209014	0	1
Mercury Free Methods (d13)	288	0.972222	0.164622	0	1

表 7 検討のために使用した変数

	Revenue (Tugrik)	Cost (Tugrik)	Profitability (Ratio)
Hard Rock	240633.6	66746.0	2.7
Placer mining	319370.8	51621.1	5.0
Both	240192.3	11764.7	9.8
-----			
Male	269806.1	127467.6	4.6
Female	241223.0	99285.5	2.8
-----			
Own Processing	296860.6	347237.2	5.1
Trader	266731.5	204875.0	12.5
Other	250822.8	-395000.0	0.9
-----			
Mandal- Mercury Area	246223.0	409080.7	3.0
Khuder -Mercury Free Area	307526.2	108977.8	5.0

表 8 コストと利益率

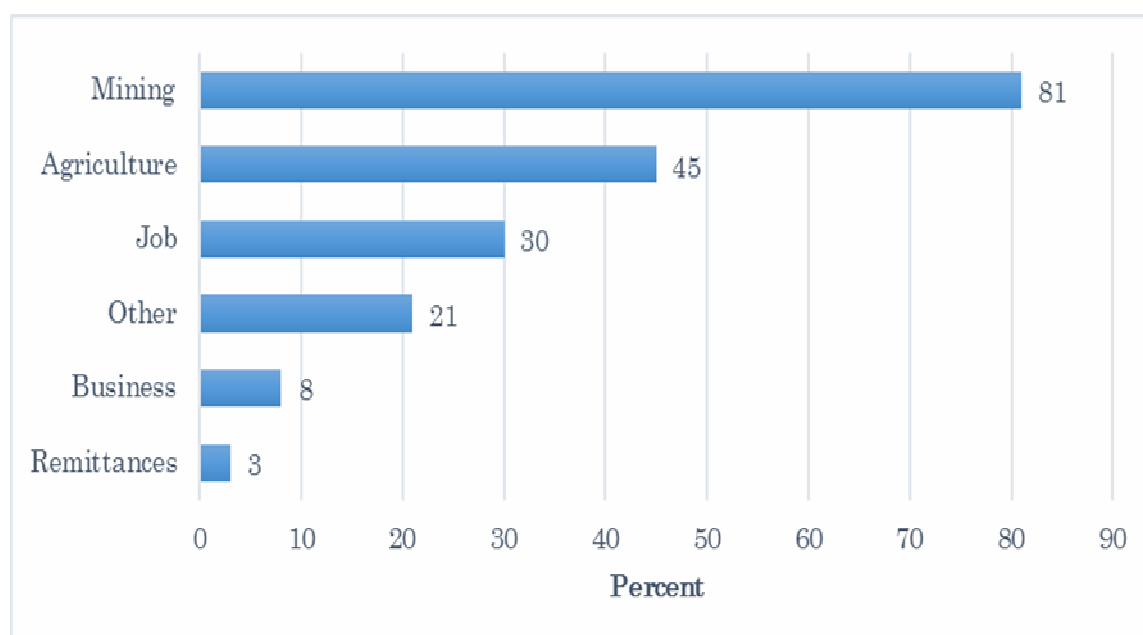


図 10 回答者の主な収入源

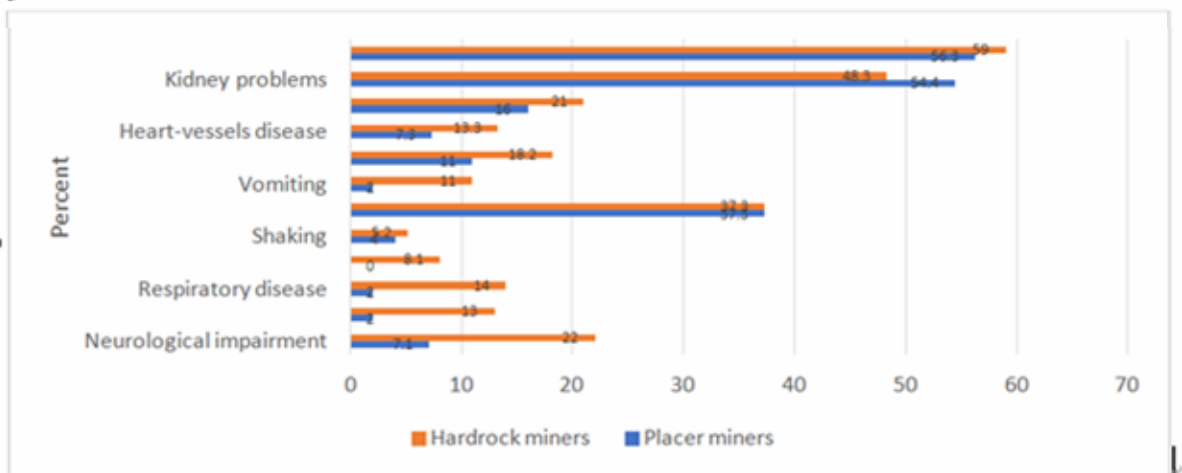


図 11 無機水銀に起因する可能性がある症状

Section E2: Revenue / Income from Gold Mining									
	Yunit	Dami	Priyo	Halaga (Pesos)					
E21	Gasano kadamang salada ang nakuhang mungo nakalipas na isang buwan?	3.50							
E22	Gasano kadamang ginto ang nakuhang mungo sa nakalipas na isang buwan?	6.47.00	110.0	3,000.00					
E23	Magkano ang nakuhang mungo pante sa nakalipas na isang buwan?			P. 2100					
E24	Magkano ang nakuhang mungo sa pagkakatapos/kororasyon sa nakalipas na isang buwan?								
E25	Magkakuipaw ka ba? 1=Oo 2=Hindi								
E26	Kung oo, magkano ang pinakulapaw mo?			Pesos					
E27	Magkano ang labuaring halaga ng ginto na makalober nitong nakaraang isang buwan?	10,000		Pesos					

Section F1: Cost Estimation (Ilagay Kung Ilang Araw Sa Loob Ng Apat Na Linggo Ginagamit Ang Mga Kagamitan)									
Code	ITEM	Tagal ng Scribiyo/Gamit (Bilang ng Taon)		ORAS NG OPERASYON SA ISANG BULWAN	PRESYO BAWAT ISA	KALANGANG DAMI	KABUUNANG HALAGA BAWAT BULWAN		
		Buwan	Taon						
F11	Pabirik		1	30	400	1	400		
F12	Kahon		1	30	1000	2	2000		
F13	Pala	4 (1.50x4)		8	200	4	800		
F14	Talpo		1	30	50	5	150		
F15	Parangina		NA	NA	NA	NA	NA		
F16	Murdony cloth		1	30	15.00	1	15.00		
F17	Compressor machine		30	8	5000	1	5000		
F18	Blower		1	30	5000	5	25000		
F19	Hose		NA	NA	NA	NA	NA		
F110	Kahon (compressor mining)		NA	NA	NA	NA	NA		
F111	Timber		NA	NA	NA	NA	NA		
F112	Sako		NA	NA	NA	NA	NA		
F113	Container		NA	NA	NA	NA	NA		
F114	Mikrusal blower (Pasyalo na de padpak)		NA	NA	NA	NA	NA		
F115	Auxiliary blower		NA	NA	NA	NA	NA		
F116	Garapad		NA	NA	NA	NA	NA		
F117	Tugger hoist		NA	NA	NA	NA	NA		
F118	Water pump		NA	NA	NA	NA	NA		
F119	Submersible water pump		NA	NA	NA	NA	NA		
F120	Hose para sa surtyete		NA	NA	NA	NA	NA		

図 12 データを記入した調査票の例

Model summary

Likelihood:

profitability ~ regress(xb\_profitability,{sigma2})

Priors:

{profitability:hhsz area p8 a3 i.a5 p5 \_cons} ~ normal(0,10000) (1)  
 {sigma2} ~ igamma(.01,.01)

(1) Parameters are elements of the linear form xb\_profitability.

Bayesian linear regression	MCMC iterations =	12,500
Random-walk Metropolis-Hastings sampling	Burn-in =	2,500
	MCMC sample size =	10,000
	Number of obs =	62
	Acceptance rate =	.3142
	Efficiency: min =	.004099
	avg =	.02579
	max =	.1275

Log marginal likelihood = -231.46116

	Mean	Std. Dev.	MCSE	Median	Equal-tailed [95% Cred. Interval]	
profitability						
hhsz	.8552112	.4071639	.032403	.8733908	-.0014478	1.679957
area	.123435	2.527151	.394725	.3025328	-5.098101	4.604395
p8	3.975149	2.378088	.192675	4.017819	-.536467	8.801321
a3	.4459813	2.129206	.111328	.495575	-3.67571	4.618096
a5						
Primary	-.2237838	5.111264	.37957	-.3261162	-10.22559	9.844353
Secondary	2.563717	3.151781	.253382	2.605657	-3.597239	8.844575
Professional	-1.914071	5.577774	.65552	-1.902795	-11.61902	8.854295
Higher	(omitted)					
p5	3.398459	2.302631	.34706	3.458689	-1.225395	7.561532
_cons	-10.39732	7.440198	.642666	-10.45098	-24.5042	4.882809
sigma2	30.81142	5.921432	.165809	30.08408	21.31843	44.48555

Note: Default priors are used for model parameters.  
 Note: There is a high autocorrelation after 500 lags.

表9 収益性の決定要因解析結果