

## フィリピンの金鉱採掘地周辺から産したコメに含まれる金と水銀について

村尾 智<sup>1</sup>、後藤祥子<sup>2</sup>、小野恭子<sup>3</sup>、世良耕一郎<sup>4</sup>、Myline Macabuhay<sup>5</sup>、Evelyn Cubelo<sup>5</sup>、  
Arlene B. Galvez<sup>6</sup>、Sarah Marie P. Aviado<sup>7</sup>

<sup>1</sup>産業技術総合研究所地質調査総合センター  
305-8567 つくば市東 1-1-1

<sup>2</sup>日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンター  
020-0603 岩手県滝沢市留が森 348-58

<sup>3</sup>産業技術総合研究所安全科学研究部門  
305-8569 つくば市小野川 16-1

<sup>4</sup>岩手医科大学サイクロトロンセンター  
020-0603 岩手県滝沢市留が森 348-58

<sup>5</sup>BAN TOXICS!

Unit 332 Eagle Court Condominium, #26 Matalino St., Diliman, Quezon City 1101, Philippines

<sup>6</sup>BAN TOXICS! CN Field Office

#117 Pk. 8, Mantagbac, Daet, Camarines Norte 4600, Philippines

<sup>7</sup>Municipality of Jose Panganiban, Camarines Norte, Philippines

### 1 はじめに

アジア各国では金鉱の非合法的な乱掘（Artisanal/small-scale gold mining、略して ASGM）と水銀を用いた製錬が全土で行われており<sup>1-4</sup>、採掘地と周辺農地の水銀汚染が懸念されている。特に、フィリピンでは、水田や湖沼、湿地の中で採掘するコンプレッサーマイニングという特殊な形態の ASGM があり（Photo 1）、水田の近傍でも多数の製錬施設が観察される（Photo 2）。このためコメの汚染が憂慮される事態となっている。フィリピンの国民はコメを主食とするので、まずは、コメに水銀その他の有害元素がどの程度含まれているのか、状況を把握することが急務である。

汚染の度合いを大まかに把握するには、環境試料の扱いに経験があり、多元素を同時に分析できる NMCC の PIXE が最適である。今回は、2 種類の方法を用いて、フィリピンのカマリネス・ノルテ州から産したコメに陽子線を照射し、金と水銀のピーク分離に成功したので、その結果について報告する。

## 2 測定方法

カマリネス・ノルテ州のホセ・パンガニーバン市からラボ市に至る一帯、金採掘現場の近傍で、農民が収穫した米（精米）を、村役場を通して入手した\*。帰国後、NMCCにて自然乾燥させ、2種類の方法で前処理した。まず、各試料を2分した。そして、最初のグループからは、試料番号ごとに22-23粒を取り出し、粉末化、30~50 mgを分取し、硝酸灰化した。さらに、内部標準としてインジウムを1,000 ppm添加し、サンプルホルダーのバックリング膜に載せた。



Photo 1 カマリネス・ノルテ州における水田の様子。  
小屋掛けされているのは金の採掘場（筆者撮影）。



Photo 2 水銀を多用する施設の状況  
（筆者撮影）

次のグループは、どの試料番号も、硝酸灰化せず、粉末の極微量を、サンプルホルダーのバックリング膜にそのまま載せ、1%に希釈したコロジオンで薄く延ばした。

準備した2種類の試料は2.9 MeVのエネルギーを持つ陽子線で照射し2台のSi(Li)で検出した。吸収体には300ミクロンのマイラーを用いた。今回のマシンタイムではピーク分離作業を集中的に行った。

## 3 結果

硝酸灰化した試料もそのままの試料も、全体に、鉛が多く検出される結果となった（Figs. 1、2）。懸念された水銀については、硝酸灰化した試料では確認できなかったが、そのままの粉末からは検出された（Fig. 1）。また、そのままの粉末のうち、試料RB-1からは、金の信号が検出された（Fig. 2）。

## 4 考察

金鉱の非合法的な乱掘と水銀を用いた製錬は、世界中で深刻な問題となっており、その解決が急がれるところである<sup>5,7</sup>。採掘地および周辺地域の健康リスク評価を正確に評価するには、試料を均質化しやすい方法を用いるべきであろうが、水銀の存在を確認することは容易ではない。Fig. 3には筆者らの予算を用いて行った別の分析結果が示してある。水銀分析に最も適すると言われるCVAAを用いたが、水銀は、全ての試料で、検出限界以下であった。

---

\*精米の輸入に検疫の手続きは不要である。

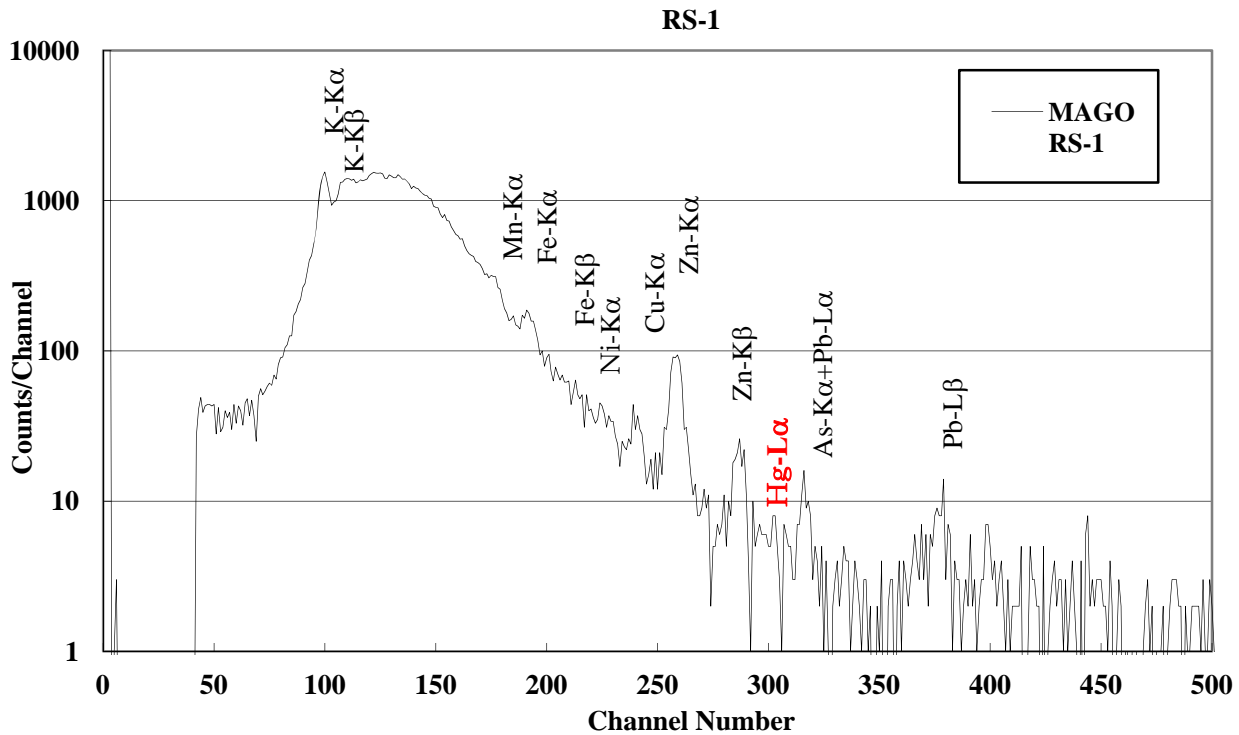


Fig. 1 Mercury L-α line for the rice sample RS-1

本研究では、そのままの粉末の分析により、局所的な元素の濃集が検出でき、ひいてはホットスポットの同定が可能となる事が示された。ASGM 研究においてはこの技術を活用すべきである。

分析では、硝酸灰化しなかった粉末から金と水銀の信号が検出されたが、研究地域では水田が砂金を産出する事から(Photo 1)、前者は稲が根を通して吸収した金に起因すると推定される。また、水銀は、金を製錬する際に用いられる水銀が地球化学的サイクルによって、コメに到達したものと推定される。

水俣条約が締結されたことから、フィリピン政府は ASGM の管理と水銀汚染の対策を加速化しようとしているが、基本的なデータが揃っていないため、具体的な計画の策定に苦慮している。今後は、できるだけ早い時期に得られた信号の解析を行い、定量分析値を政府や地元関係者と共有しつつ、対策立案へ向けて研究を進めてゆきたい。

謝辞

本稿は UNEP (国連環境計画) による委託研究 “Risk Management of Mercury Contamination in Asia and the Pacific” による成果の一部である。研究を承認された産総研の幹部各位、支援された事務担当各位に御礼申し上げる。現地調査については、カマリネス・ノルテ州ホセ・パンガニーバン市のリカルテ・パディラ市長および同州ラゴ市ヨゼフ・アスクティア市長の承認をいただき、側面から支援していただいた。両市長に篤く御礼申し上げる。

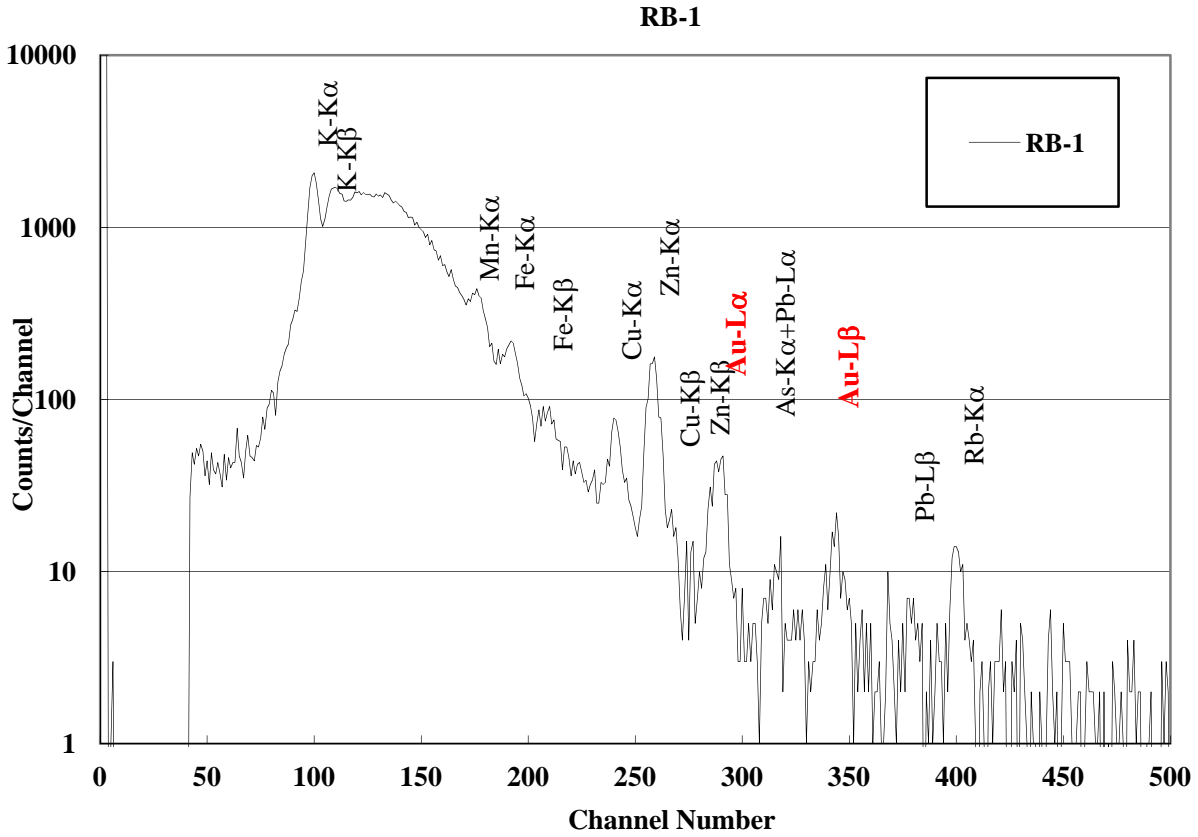


Fig.2 Gold L $\alpha$  and L $\beta$  for the sample RB-1

**RESULT(S):**

	Sample Codes	Mercury, mg/kg	Analytical Method(s)
1.	RC-2	Less than 0.02	Acid Digestion/Cold Vapor Atomic Absorption Spectrophotometry
2.	BALT-SRSS	Less than 0.02	
3.	RC-12	Less than 0.02	
4.	RC-10	Less than 0.02	
5.	RC-4	Less than 0.02	
6.	RC-5	Less than 0.02	
7.	CVM-NR1	Less than 0.02	
8.	RC-6	Less than 0.02	
9.	RC-3	Less than 0.02	
10.	RC-7	Less than 0.02	

Fig. 3 Mercury content of unpolished rice from the Philippines. Cold vapor atomic absorption analysis by Philippine Institute of Pure and Applied Chemistry.

参考文献

- 1) Murao, S., Daisa, E., Sera, K., Maglambayan, V. B., and Futatsugawa, S. (2002) PIXE measurement of human hairs from a small-scale mining site of the Philippines, Nucl. Instr. Meth. B189, 168-173.
- 2) Clemente, E., Sera, K., Futatsugawa, S. and Murao, S. (2004) PIXE analysis of hair samples from artisanal mining communities in the Acupan region, Benguet, Philippines, Nucl. Instr. Meth. B219/220, 161-165.
- 3) Corpus, T. J., David, C. P., Murao, S. and Maglambayan, V. B. (2012) Small-scale gold mining in the Ambalanga catchment, Philippines: its control on mercury methylation in stream sediments, Intern. Jour. Env. Sci. 2-2, 1048-1059.
- 4) Murao, S., (2015) Meeting Summary UNEP-CCOP-GSJ/AIST Workshop on the Risk Management of Mercury in and around the Artisanal/Small-Scale Mining Sites, UNEP, Bangkok.
- 5) 村尾 智 (2015) アジア太平洋におけるスモールスケールマイニングの管理と今後の支援について, アジア研究 60, 77-87.
- 6) 村尾 智 (2002) H-7 ゴールドラッシュ地域における環境管理、環境計画およびリスクコミュニケーションに関する学際的研究, 平成 13 年度 研究成果 -中間成果報告集- 環境省.
- 7) Rey-Saturay, E. and Murao, S. (2012) Artisanal gold mining and the applicability of ethical jewelry in Paracale, Camarines Norte, Philippines, Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology 8, 25-30.

## Detection of gold and mercury in rice from artisanal gold mining area of the Philippines

S. Murao<sup>1</sup>, S. Goto<sup>2</sup>, K. Ono<sup>3</sup>, K. Sera<sup>4</sup>, Myline Macabuhay<sup>5</sup>, Evelyn Cubelo<sup>5</sup>,  
Arlene B. Galvez<sup>6</sup> and Sarah Marie P. Aviado<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
1-1-1 Higashi, Tsukuba, 305-8567 Japan

<sup>2</sup>Nishina Memorial Cyclotron Center, Japan Radioisotope Association  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0603, Japan

<sup>3</sup>Research Institute of Safety Science and Sustainability  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
16-1 Onogawa, Tsukuba 305-8569 Japan

<sup>4</sup>Cyclotron Research Center, Iwate Medical University  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0603, Japan

<sup>5</sup>BAN TOXICS!

Unit 332 Eagle Court Condominium, #26 Matalino St., Diliman, Quezon City 1101, Philippines

<sup>6</sup>BAN TOXICS! CN Field Office

#117 Pk. 8, Mantagbac, Daet, Camarines Norte 4600, Philippines

<sup>7</sup>Municipality of Jose Panganiban, Camarines Norte, Philippines

### Abstract

Polished rice samples from gold-mining sites of the Philippines were treated with two kinds of method for the PIXE analysis at NMCC. One group was pulverized and ashed by the nitric acid ashing method. As internal standard 1,000 ppm indium was added to the ash. The other group was also pulverized but was not charred. Each powder was directly pasted on a four micrometer-thick polypropylen film using collodion which was diluted to one per cent. The PIXE detected signals of mercury and gold from the second group, i.e. pulverized samples without ashing. From ashed or digested rice samples, it is difficult to detect subtle signals of mercury. Bulk PIXE analysis should be applied to detect mercury and to identify hot spots in the ASGM areas.