

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25340089

研究課題名(和文) 国際環境協力を資する河川シミュレーションモデルの開発

研究課題名(英文) Development of a simulation model for international cooperation of environment

研究代表者

石川 百合子 (ISHIKAWA, YURIKO)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・安全科学研究部門・主任研究員

研究者番号：30303001

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、国際協力による河川環境管理に必要な要素を、技術と問題意識の両面から考察した。技術面では、汚染物質の拡散を定量的に追跡できるツールの検討を行った。まず、タイのソントー鉱山周辺を対象として、調査を行い、汚染の実態を明らかにした。ついで、産総研の河川モデルAIST-SHANELを適用し、その実効性と問題点を確認した。問題意識の面からは、ソントー鉱山周辺における政府と地域住民の対話集会の記録を分析し、双方の環境認識にずれがあることを示した。これにより、国際版河川管理ツールは、AIST-SHANELを基盤としながらも、認識のギャップを埋めるヒューマンファクターを加味すべきとの結論を得た。

研究成果の概要(英文)：In this study, we discussed the significant factors to design a water simulation model for international cooperation in terms of both technology and human cognition. The study samples of tailings and river waters in a same river basin in Song Tho area, Thailand, were analyzed by PIXE method. A domestic river model "AIST-SHANEL" was applied to the area for the simulation and conditions to set up an international version were elucidated. In the awareness study, record of meeting between the government and local residents around Song Tho was analyzed, and the gap of environmental perception was indicated. We suggest that an international version can be built based on the present version of the AIST-SHANEL by incorporating human factors to fill in the gap.

研究分野：環境科学、リスク評価

キーワード：有害元素 アジア 国際環境協力 河川環境管理 シミュレーションモデル PIXE分析 タイ 鉱山

1. 研究開始当初の背景

近年、発展途上国においては、環境汚染が著しいが、特に、東南アジアでは、洪水が増加し、被害の拡大を引き起こしている。このため、生活用水や河川のシミュレーション等、水域の管理に関するニーズが高まっている。国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、産総研）が日本代表を務める国際機関である東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）での年次総会においても、河川環境管理に関する支援要請が出されている。

そこで、本研究では、CCOP 加盟国のうち、わが国に比較的近く、親日的なタイ王国の関係者と協力することにより、国際版河川管理ツールの構築に向けた検討を進めることとした。

2. 研究の目的

本研究では、アジアの環境協力で利用可能であり、グローバルな標準になり得る河川管理ツールの開発に必要な条件の抽出を目的とした。環境管理には、政府と地域住民との協働が必要であることから、双方の協力を支援できるモデルの設計を視野に入れることとした。

3. 研究の方法

(1) 技術的基盤

化学物質のリスク評価および対策評価のためのツールとして日本国内の河川に対するリスク評価で活用されている産総研一水系暴露解析モデル（通称 AIST-SHANEL）^①^②を基盤として、検討を進めることにした。このモデルは現時点では日本国内の河川を対象とした設計になっているが、アルゴリズム等の改良により、海外の事例に適用できる可能性がある。

(2) 対象地域の選定

本研究は休廃止鉱山が存在する地域で実施した。タイ王国天然資源環境省鉱物資源局（DMR）と協力して河川水等の採水調査が可能な地域を探索した結果、タイとミャンマー国境付近、バンコクから西へ約 350km に位置するカンチャナブリ地方トンパーム地区の休廃止鉱山であるソントー（Song Tho）鉱山を選定した。対象地域の規模はソントー鉱山跡を含む約 7 キロ四方の範囲である。

カンチャナブリ地方は鉱産地帯として知られている。これまでに多数の鉛亜鉛鉱床が発見されており、その一部は、鉱山として開発されてきた。しかし、選鉱場下流に位置するクリティックリークと呼ばれる場所で、鉛に起因する健康被害が発生し、社会問題となったため、それ以降は、全鉱山が休止あるいは廃止に追い込まれていた。汚染は 1990 年代から存在したと言われるが正確な時期は不明である。被害者は主に先住民のカレン族であった。鉛汚染と裁判闘争を経験した地元では鉱業に対する警戒感がある一方、地域経済

を活性化する鍵として、再開発を希望する住民も多い。

ソントー地区には鉛亜鉛鉱床が胚胎し、大きな鉱山が 2 箇所で採掘していた。1 箇所では鉱石を露天掘りし、山頂から山体を掘り下げていた。現在、掘跡はズリ（廃棄された不要な岩石）の堆積場と化している。大きな窪地に相当量のズリと水が溜まっている。もう 1 箇所は坑内掘りであった。山腹にある坑口からズリを下方の谷間に廃棄したため、かつての谷が堆積場と化している。15 年前に鉛汚染が指摘されたが、一帯が先住民の居住地であるため問題が大きくなり、両鉱山とも撤退した。しかし、今も堆積場が未処理のままであるため、現場では重金属と硫黄が雨水によって溶出し、特に硫黄は強酸性の硫酸イオンを形成している可能性が高い。

(3) 現地調査

2013 年 9 月 6～7 日に、ソントー鉱山の堆積場跡、周辺河川や農業用水路で、尾鉱と水を採集するための現地調査を実施した。現地は石灰岩を基盤とする急峻なカルスト地形であり、河川水が急に地下方向へ移動し、河川の流れを追跡できなくなる「シンクホール」が複数箇所存在していたため、採集地点は 13 箇所となった。図 1 および表 1 にソントー鉱山周辺の尾鉱と水の採集地点の位置情報を示す。

分析の対象元素は、V、Cr、Mn、Fe、Cu、Zn、As、Br、Sr、Ba、Pb の計 11 元素とし、ST-5W～ST-13W の地点では、河川水の pH、伝導率、水温の測定も行った。

表 1 採集地点の緯度経度および試料の性状

試料番号	試料の性状	北緯	東経
ST-1	堆積場の表面から約 30cm の深度で採取した尾鉱	14.8538	98.7956
ST-2	堆積場の表面から約 30cm の深度で採取した尾鉱	14.8532	98.7949
ST-3W	堆積場の陥没部分にたまった水	14.8525	98.7932
ST-4W	堆積場の陥没部分にたまった水	14.8525	98.7932
ST-5W	沢を利用した貯水槽の水（飲用）	14.8420	98.7936
ST-6W	谷川の水	14.8293	98.8093
ST-7W	農業用水路の水	14.8399	98.7742
ST-8W	農業用水路の水	14.8524	98.7679
ST-9W	農業用水路の水	14.8806	98.7695
ST-10W	農業用水路の水	14.8621	98.7857
ST-11W	集塵中部に架かる橋の下の水	14.8805	98.7988
ST-12W	池の水	14.8763	98.7885
ST-13W	農業用水路の水	14.8871	98.8028

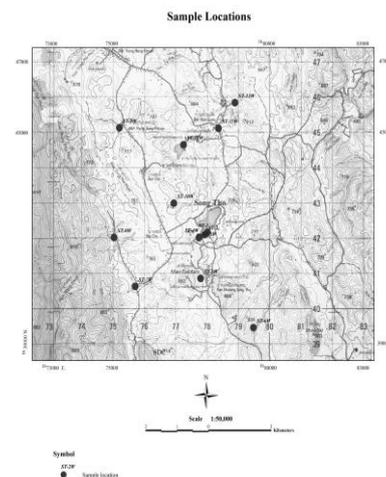


図 1 ソントー鉱山周辺の尾鉱と水の採集地点

採水地点ではフィルターを備えたシリンジで採水後、その場で実験室レベルの純度を持つ硝酸を加え、pH を 2 以下に調整して密封した。フィルターの細孔は 0.45 ミクロンの直径であるため、サンプルには、それ以下の粒径を持つ懸濁物と溶存態となった元素が含まれていたことが考えられる。

尾鉍はめもの乳鉢を用いて粉末化した後、50 mg を秤量し、これに内部標準としてパラジウムカーボン (abt. 5% Pd、和光純薬) を 10 mg 加え、再びめもの乳鉢を用いて混合し、混合試料中の Pd 濃度が約 10,000 µg/g になるように調製した。微量の混合試料をバックリング膜に載せ、1%に希釈したコロジオン 3µL を滴下して試料を薄く延ばしターゲットとした。

採取した水については、インジウム濃度が 10 µg/g となるようにインジウム標準液 (原子吸光分析用、In 1,000 ppm、和光純薬) を添加し、十分に攪拌して均一化した。30 µL をバックリング膜に滴下し、乾燥させてターゲットとした。

採集した尾鉍と水の分析は全て、公益社団法人日本アイソトープ協会の仁科記念サイクロトロンセンター (NMCC) の PIXE により行った。入射陽子エネルギーは 2.9 MeV、ビーム電流は約 90 nA、ビームの直径は約 5 mm である。施設には数台の検出器が備えられているが、今回は、比較的重い元素を対象としたため、検出器 1 のみで十分であった。吸収体としては 500 µm Mylar を使用した。測定時間は 7~15 分である^③。尾鉍試料に対しては、ビーム電流を 20 nA ほどに落とし、水試料と同様の測定を行い、K~Fe までの測定を行った後、ビーム電流を 100 nA ほどに上げ、検出器 1 に特殊吸収体^④を装着する事で Fe ピークを減弱させ、Ni 以上の重元素の測定を行った。

(4) シミュレーション

本研究では、前述の AIST-SHANEL をソントー鉍山地域に適用し、鉛 (Pb) を対象とした流出シナリオを設定し、シミュレーションを実施した。AIST-SHANEL は、気象データ、化学物質の排出量と基本的な物性を入力し、時間的・空間的に詳細な河川水中の化学物質濃度を計算するモデルである。AIST-SHANEL Ver.3.0 では、無償の地図ソフト Google Earth™ や GIS ビューアの ArcGIS Explorer Desktop を用いて、化学物質の河川水中濃度や河川流量の分布図をより簡便かつ詳細な地図データを背景として表示可能であり、発生源からの影響範囲を視覚的に把握することができる。

本モデルの空間解像度は 1km グリッド、時間解像度は 1 日である。モデルをカンチャナブリ地方の河川流域に適用するため、標高と土地利用は USGS^⑤、落水線は国立環境研究所^{⑥⑦}、気象要素のうち降水量は APHRODITE^⑧、降水量以外は JRA-55^⑨のデータベースを利用し、流域データを設定した。ソントー鉍山跡

地は、北緯 14.852910、東経 98.797283 に位置しており、タイのメークロン (Mae Klong) 川流域にある。文献^⑩によれば、メークロン川の長さは 138 km、流域面積は 30,836 km² である。ワジラロンコンダムとスリナカリンダムを源に 8 つの県を流れ、タイ湾へ流入する。主な支川はクワエヤイ川、クワエノイ川、ランパーチャー川である。流域の平均気温 26.4°C、平均湿度 76.1 %、年蒸発量 1555.1 mm、年降水量 1333.8 mm である。

ソントー鉍山は現在休廃止鉍山であるため、鉛 (Pb) の排出量の情報は入手できなかった。本研究では、鉛流出事故のシナリオとして、日本の休廃止鉍山の排出量に関する情報に基づき、日本の鉛の排水基準 (100 ppb) の約 150 倍の高濃度が排出される条件を想定した。バックグラウンド濃度は、現地の採水分析の結果から、11.6 (mg/m³) とした。この濃度は、日本の環境基準 (10 ppb) とほぼ同じレベルであった。

4. 研究成果

(1) 現地の採水濃度

① 分析結果の概要

今回採水した分析結果について、WHO の飲料水基準値またはタイ政府の瓶詰飲料水の基準値が示されている元素の検出範囲を表 2 に示した。鉛 (Pb) に関しては WHO の飲料水基準値を超過した地点、マンガン (Mn) についてはタイ政府の瓶詰飲料水の基準値を超過した地点が存在した。

表 2 試料の各元素の濃度範囲と基準値の比較

単位: ppb

	This study	WHO	Thai Gov. *
Pb	4-25	10	50
Cr	ND - 30	50	50
Cu	ND - 22	2,000	1,000
Zn	3.9-232	※	5,000
Mn	8.8-1,951	※	50
Fe	12-392	※	500

※: not of health concern at levels causing acceptability problems in drinking water

*: Bottle water

② 尾鉍の影響

鉍山が出した岩屑・尾鉍が表層水に与える影響については、尾鉍を集積した堆積場の巨大な陥没孔に溜まった雨水 (ST-3W、ST-4W) から推定が可能である。試料数は少ないが、この 2 試料の分析値では、マンガン濃度が 1,456 および 1,951ppb と著しく高く、尾鉍中のマンガン濃度も 1,000ppm 前後と高かったことから、両者の関連性が示唆された。また、全ての水試料のマンガン濃度と pH の相関関係がある程度示されたことから、鉍物と水の反応でマンガンが溶出している可能性が考えられた。

マンガンの起源としては菱塩鉍 (MnCO₃)

と閃亜鉛鉱 (ZnS) が考えられる。菱塩鉱はこの地域の基盤をなす石灰岩の主成分である方解石 (CaCO₃) と共存して岩石中に含まれている。閃亜鉛鉱は鉛鉱石に随伴するが、マンガンは亜鉛のサイトを置換して、微量成分 (MnS) として含まれている。菱塩鉱が 25°C 前後の水と反応して平衡に達すると 65ppm 程度のマンガンが溶出する。しかし、分析で得られた濃度は ppb オーダーであったため、そのような平衡反応が起きた可能性は低いと考えられた。一方、MnS からは 6ppm 程度の溶出が推定された^⑩。この地域のマンガンの起源としては、尾鉱に残っている閃亜鉛鉱が有力な候補ではあるものの、今後の調査で検討を進めていく予定である。

③鉄の影響

対象地域の水の重金属含有量を pH と比較したが、相関関係は得られなかった。しかし、Zn/Fe-pH および Cu/Fe-pH の間にはある程度の相関が見られた。強酸性の鉱山廃水では親鉄元素と鉄の水酸化物が共沈するため、親鉄元素と pH の間に相関が見られなくても、親鉄元素と鉄の濃度比は pH と良い相関を示すことがある。本研究の対象地域においても、同様のメカニズムが働いている可能性は考えられるが、表層水はアルカリ性であり、亜鉛や銅が鉄の水酸化物と挙動を共にしている証拠は得られなかった。今後の調査でさらにデータを蓄積していくことができれば、再検討を行う予定である。

(2)健康リスク評価

地域住民の不安は「鉱業活動がどの程度環境と健康に影響を及ぼすか」という点にある。そこで、ソントー鉱山地区の表層水を飲用した場合を想定して、検出された元素のうち、健康被害が懸念される 8 種類について、健康リスクの算定を行った。算定にあたっては、まず、住民の曝露量を次式から計算した。

$$\text{曝露量} [\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}] = \text{表層水中の濃度} [\mu\text{g}/\text{L}] \times \text{1日当りの飲用量} [\text{L}/\text{day}] \div \text{体重} [\text{kg}]$$

次に、その計算結果から、70 年の積算として生涯曝露量を求め、参照容量 (RfD)あるいは 耐容一日摂取量 (TDI) とを比較した。

表 3 に健康リスクの評価結果を示す。クロムについては全濃度が毒性の高い六価クロムと仮定した。Pb、Ba、As、Zn、Cu、Mn、Cr、V について計算した健康リスクの平均値は、それぞれ、14%、13%、2%、1%、1%、11%、22%、13%であった。

表 3 採水地点での生涯曝露量と許容摂取量の比

#	ST-3W	ST-4W	ST-5W	ST-6W	ST-7W	ST-8W	ST-9W	ST-10W	ST-11W	ST-12W	ST-13W	Average
V	32%	52%	38%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	16%	13%
Cr	18%	42%	0%	14%	21%	14%	13%	35%	21%	41%	27%	22%
Mn	44%	59%	3%	0%	3%	2%	2%	2%	1%	0%	1%	11%
Cu	0%	3%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	1%
Zn	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	1%
As	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	0%	0%	2%
Ba	13%	27%	29%	8%	9%	7%	7%	23%	0%	11%	15%	13%
Pb	5%	29%	8%	5%	7%	22%	12%	18%	0%	27%	19%	14%

どの元素についても生涯曝露量が許容摂取量を超過することはないので健康リスクは懸念されないことが示唆された。ただし、比率が 10%を超過する元素および地点については、食品洗浄や水浴などの飲用水以外の曝露を考慮したより詳細な解析を行う必要がある。

(3)鉛の流出シナリオシミュレーション

AIST-SHANEL を用いて、ソントー鉱山からの坑廃水が下流河川に与える影響を評価した。シミュレーション結果を以下に示す。

図 2 に、2015 年の気象データを用いて推定した最下流地点での低水流量日における河川流量の面的分布図を示す。メークローン川の上流域のクワエヤイ川に位置するソントー鉱山地点から、河川水がタイ湾に流入する最下流地点までの河川流量の推定を行った。対象年の流量の観測データがないため、定量的な検証を行うことはできなかったが、降雨出水時に流量が増加していること、上流から下流にかけて流量が増加していること、メークローン川流域の支川よりも本川の方で流量が多いことなど、定性的な流量の変動傾向は再現されていたことを確認した。

次に、メークローン川流域の最下流地点での低水流量日における河川水中の鉛 (Pb) 濃度の分布図を図 3 に示す。坑廃水の排出による影響を受けないクワエノイ川ではバックグラウンド濃度となり、坑廃水の排出の影響を受けるクワエヤイ川、メークローン川では濃度が高くなることを確認できた。さらに、日本の環境基準と比較すると、最大流量時で環境基準の 3 倍弱、最小流量時で環境基準の約 33 倍となった。比流量が一定で坑廃水の排出は瞬時に完全混合すると仮定した試算によれば、濃度は 1/2 程度となったことから、この河川流域の比流量が面的に一様でなく、流域全体で一括した暴露評価を行うことの課題が明らかになった。

メークローン川の最下流地点における坑廃水の排出を受けた時の河川水中の鉛濃度の経時変化を図 4 に示す。流量が少ない 1~3 月と 11~12 月の乾季は鉛の濃度が増加した。一方、雨季は流量のレベルが数倍増加するとともに変動が顕著となり、鉛の濃度がそれに応じて低下した様子が見られた。

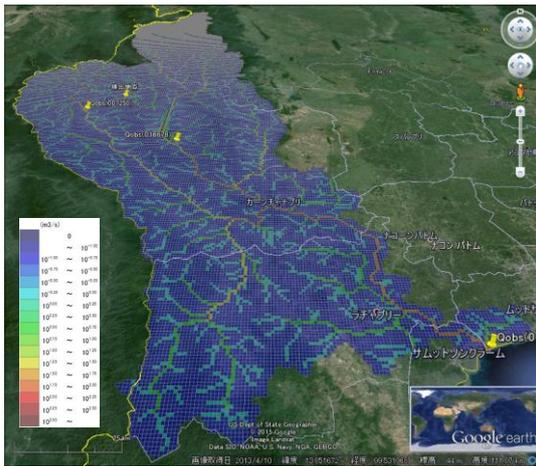


図 2 坑廃水の排出を受けた時の河川流量の面的分布

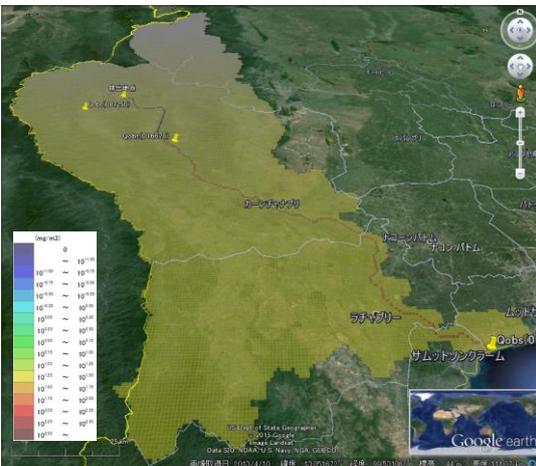


図 3 坑廃水の排出を受けた時の河川水 Pb 濃度の面的分布

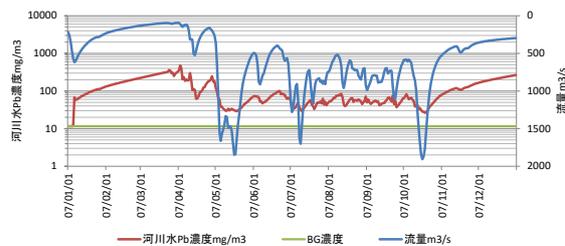


図 4 坑廃水の排出を受けた時の河川水 Pb 濃度の経時変化

以上述べたように、国外における汚染物質拡散を追跡できる河川管理ツールの開発には現地の地形情報を精査して集水域を推定することが最も重要であることが判明した。また、関係者の間に横たわる環境認識のギャップを埋める必要がある事も明らかとなった。これらを扱える要素を組み込む事により、AIST-SHANEL をベースとした国際版河川管理ツール構築は可能と考えられる。

<引用文献>

- ①石川百合子、東海明宏、河川流域における化学物質リスク評価のための産総研-水系暴露解析モデルの開発、水環境学会誌、2006、29、797-807.
- ②石川百合子、川口智哉、東野晴行、産総研-水系暴露解析モデル (AIST-SHANEL) による日本全国の 1 級水系を対象とした化学物質濃度の推定、水環境学会誌、2012、35、65-72.
- ③Sera, K., Yanagisawa, T., Tsunoda, H., Futatsugawa, S., Hatakeyama, S., Saitoh, Y., Suzuki, S. and Orihara, H., Bio-PIXE at the Takizawa Facility. (Bio-PIXE with a Baby Cyclotron), Int' l Journal of PIXE, 1992, Vol. 2-3, 325-330.
- ④Sera, K. and Futatsugawa, S., Effects of X-ray Absorbers Designed for Some Samples in PIXE Analyses, Int' l Journal of PIXE, 1995, Vol. 5-2, 3, 181-193.
- ⑤USGS, Earth Explorer, <http://earthexplorer.usgs.gov/>
- ⑥国立研究開発法人国立環境研究所、世界流域データベース (Global Drainage Basin Database : GDBD 落水線データ、http://www.cger.nies.go.jp/db/gdbd/gdbd_index_j.html
- ⑦Masutomi, Y., Inui, Y., Takahashi, K. and Matsuoka, Y., Development of highly accurate global polygonal drainage basin data, Hydrological Processes, 2009, 23, 572-584.
- ⑧APHRODITE, <http://www.chikyu.ac.jp/precip/products.html>
- ⑨JRA-55, http://jra.kishou.go.jp/JRA-55/index_ja.html
- ⑩高橋 裕、寶 馨、野々村 邦夫、春山 成子、全世界の河川事典、2013、丸善出版。
- ⑪村尾 智、石川百合子、世良耕一郎、後藤祥子、高橋千衣子、川辺能成、井本由香利、タイ王国カンチャナブリ地方の鉛鉱化帯における表層水の水質について、第 20 回 NMCC 共同利用研究成果発表会、2014 年 5 月 23 日、岩手医科大学 (岩手県盛岡市)。

5. 主な発表論文等

- [雑誌論文] (計 7 件)
- ①Murao, S., Sera, K., Ishikawa, Y., Goto, S., Takahashi, C., Wongsomsak, S., Limsuwan, R., Kawabe, Y., Imoto, Y., PIXE analysis of water and tailings from lead-mining area in Kanchanaburi, Thailand., Int' l Journal of PIXE, 査読有, Vol. 23 (3&4), 2014, pp. 111-117.
 - ②Goto, S., Hosokawa, T., Saitoh, Y. and Sera, K., Soil sample preparation for PIXE analysis.: Intl. Journal of PIXE,

査読有, Vol. 24, No. 3&4, 2014, pp. 77-84.

③Waiyapot, W., Wongsomsak, S., Murao, S. and Ishikawa, Y., Environmental impact from mining and countermeasures: a case study of Kliti Creek incident, Thailand, The Proc. Twenty-Fourth Symp. Geo-Environments and Geo-Technics, 査読なし, 2014, pp.133-138, Japanese Society of geo-Pollution Science, Medical Geology and Urban Geology

④Sera, K., Goto, S., Takahashi, C. and Saitoh, Y., Quantitative analysis with a two-detector measuring system in in-air PIXE. -design to improve detection sensitivity at low energies Int'l Journal of PIXE, 査読有, Vol.23-1-2, 2013, pp. 55-67.

⑤Murao, S., Kirdmanee, C., Sera, K., Goto, S., and Takahashi, C., Detection of lead in human hair: a contribution of PIXE to the lead-elimination issue. Int'l Journal of PIXE, 査読有, Vol. 23-1-2, 2013, pp. 31-37.

⑥村尾 智、ルアイ・リムスワン、石川百合子、世良耕一郎、後藤祥子、高橋千衣子、川辺能成、井本由香利、タイ王国カンチャナブリ地方の鉛鉍化帯における開発と環境管理について、第 23 回環境地質学シンポジウム論文集、査読なし、2013、pp. 99-104.

⑦村尾 智、石川百合子、世良耕一郎、後藤祥子、高橋千衣子、川辺能成、井本由香利、タイ王国カンチャナブリ地方の鉛鉍化帯における表層水の水質について、NMCC 共同利用研究成果報文集 20、査読なし、2013、pp. 93-102.

[学会発表] (計 7 件)

① Murao, S., Risk management of ASGM (including Hg-free technology and multi-disciplinary cooperation) and the future design of gold mining community, UNEP Minamata Convention Initial Assessment Activities (MIA) & Artisanal and Small-Scale Gold Mining National Action Plan (NAP) Workshop, 2015. 12. 15, バンコク (タイ王国)

② 石川百合子、河川モデル AIST-SHANEL Ver. 3.0 の公開、第 25 回環境地質学シンポジウム、2015 年 11 月 27 日、日本大学 (東京都・世田谷区)

③ Murao, S., World trend about mining, 1st Kalinga Multi-disciplinary

Conference on Artisanal Small-Scale Mining "Ethical Mining", pro Cleaner Life (Pasil, kalinga), 2015.10.29, タブック市 (フィリピン共和国)

④Waiyapot, W., Wongsomsak, S., Murao, S. and Ishikawa, Y., Environmental impact from mining and countermeasures: a case study of Kliti Creek incident, Thailand, 2014 年 11 月 29 日, 第 24 回環境地質学シンポジウム, 日本大学 (東京都・世田谷区)

⑤Murao, S., Management of ASGM, progress and prospect", UNEP-CCOP-GSJ/AIST Workshop on the Risk Management of Mercury in and around the Artisanal/Small-Scale Mining Sites, 2014 年 11 月 21 日, バンコク (タイ王国)

⑥村尾 智、NMCC エンドユーザーの国際環境協力、第 20 回 NMCC 共同利用研究成果発表会、招待講演、2014 年 5 月 24 日、岩手医科大学 (岩手県・盛岡市)

⑦村尾 智、石川百合子、世良耕一郎、後藤祥子、高橋千衣子、川辺能成、井本由香利、タイ王国カンチャナブリ地方の鉛鉍化帯における表層水の水質について、第 20 回 NMCC 共同利用研究成果発表会、2014 年 5 月 23 日、岩手医科大学 (岩手県盛岡市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石川 百合子 (ISHIKAWA, Yuriko)
国立研究開発法人 産業技術総合研究所・安全科学研究部門・主任研究員
研究者番号: 30303001

(2) 研究分担者

村尾 智 (MURAO, Satoshi)
国立研究開発法人 産業技術総合研究所・地圏資源環境研究部門・上級主任研究員
研究者番号: 10358145

世良 耕一郎 (SERA, Koichiro)
岩手医科大学・医学部・教授
研究者番号: 00230855