

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K06982

研究課題名（和文）流体包有物と安定同位体の分析による熱水鉱床の鉱化ポテンシャル評価

研究課題名（英文）Evaluation of mineralization potential for hydrothermal deposits using fluid inclusion and stable isotope analyses

研究代表者

高橋 亮平（Takahashi, Ryohei）

秋田大学・国際資源学研究所・准教授

研究者番号：10396286

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、日本国内および東南アジア、アフリカなどの海外の鉱山開発地域における熱水鉱床と鉱徴地を主な研究対象とし、一般的な鉱床学の研究手法に加えて流体包有物分析（マイクロサーモメトリー/ガス組成分析）と安定同位体分析を行った。研究成果として、それぞれの鉱床/鉱徴地の地質学的な特徴を記載し、鉱床形成条件とプロセスが明らかになった。また、1つの鉱床において異なる鉱化作用がオーバープリントされている関係が明らかになったほか、一部の鉱床の特定の位置の地下深部における鉱化ポテンシャルを推定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

資源地質学は、金属鉱床の形成メカニズムに関わる基礎研究であると同時に、資源探査に貢献をもたらす。鉱山会社は鉱床や鉱徴地の鉱石品位などのデータを有するが、鉱床の詳細な鉱床学的な記載、流体包有物分析や酸素-水素-硫黄同位体分析に基づく鉱化作用のタイプ区分と鉱床形成条件と形成プロセスの検討は、大学等の研究機関による調査と研究活動にゆだねられている。本研究を通して、低硫化型鉱床の浅熱水金鉱床に共通する特徴として、高品位の鉱石は、流体包有物中のガス成分のN<sub>2</sub>/100-10He-Arの割合が特徴的な傾向を示すことが認められた。この傾向は、将来的に鉱床探査や探鉱ツールとしての応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：This study employed fluid inclusion (microthermometry and gas composition measurement) and stable isotope analyses in addition to general methods for hydrothermal deposits and prospects in Japan and foreign countries including Southeast Asia and Africa. As results, I and collaborators described geological characteristics of each deposit and prospect, and elucidated conditions and processes of ore-formation. We observed overprinting of different type mineralization, and estimated potential of mineralization in deeper portions for some deposits.

研究分野：金属鉱床学

キーワード：浅熱水金鉱床 斑岩銅金鉱床 流体包有物マイクロサーモメトリー 流体包有物ガス組成分析 酸素-水素-硫黄同位体

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

熱水鉱床は、地殻浅所(2-4km)へ貫入したマグマの近傍に形成される斑岩銅鉱床と地表に近い(100m-1000m)浅熱水鉱床の形成モデルなどが確立されている。浅熱水鉱床では、岩石の裂隙を上昇する熱水が金属元素を運び、減圧による沸騰や天水との混合などのプロセスにより、鉱脈中に金属元素の沈殿を生じる。日本の資源開発企業は、これまでに、金-銀、銅-鉛-亜鉛などの熱水鉱床を対象とした多くの鉱山開発を行い、国内の殆どの鉱山が閉山した現在も、高度な技術をもって海外資源探査・開発を行っている。資源地質学は、金属鉱床の形成メカニズムに関わる基礎研究であるのと同時に、資源探査に貢献をもたらす。

鉱山会社は鉱床や鉱徴地の鉱石品位などのデータを有するが、鉱体の詳細な鉱床学的な記載、流体包有物分析や酸素-水素-硫黄同位体分析に基づく鉱化作用のタイプ区分と鉱床形成条件と形成プロセスの検討は、大学等の研究機関による調査と研究活動にゆだねられている。

### 2. 研究の目的

日本国内および東南アジアなどの海外の鉱山開発地域における熱水鉱床と鉱徴地を主な研究対象とし、鉱床記載、一般的な鉱床学の研究手法に加えて鉱石中に含まれる流体包有物分析(マイクロサーモメトリー/ガス組成分析)と安定同位体分析(酸素/水素/硫黄)を行い、鉱床形成条件とプロセスを明らかにし、既存鉱体の深部における鉱化ポテンシャル評価を行うことを目的とする。

### 3. 研究の方法

国内・東南アジアの熱水鉱床と鉱徴地を対象に、地質調査と試料採取を行う。鉱石の顕微鏡観察により鉱化段階区分と鉱物組合せの記載を行い、流体包有物マイクロサーモメトリー実験から均質化温度と塩濃度を測定する。石英、方解石、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱を鉱物分離し、CFS法で流体包有物のガス組成分析を行い熱水の性質・挙動を明らかにする。また、XRD、EPMA、EDS-SEM、(LA-)ICP-MS、レーザーラマン、年代測定、全岩化学組成等の各種分析を行い、鉱化作用と変質作用の特性、形成年代-温度-深度-硫化度を明らかにする。鉱脈を構成する鉱物の酸素-水素-硫黄同位体分析を行い、鉱物-熱水間の平衡計算に基づくマグマ水-天水の混合割合、水-岩石反応、熱水の起源を明らかにする。これらの結果を元に各鉱床の深部鉱化ポテンシャルを検討する。

### 4. 研究成果

本研究では、北海道北部の歌登浅熱水金鉱床、雄武威浅熱水金鉱床、秋田県の尾去沢鉱床、新潟県の佐渡金鉱床、鹿児島県の菱刈浅熱水金鉱床、南薩型鉱床、錫山鉱床、インドネシア・西ジャワのPongkor浅熱水金鉱床、東ジャワのTasikmadu斑岩銅鉱徴地、中央ボルネオのRuwaiスカルンZn-Pb-Ag鉱床、フィリピンのLepanto Enargite浅熱水金鉱床、Kay Tanda浅熱水金鉱床、Southwest斑岩銅鉱徴地、Didipio斑岩Cu-Au鉱床、Acupan金鉱床、ラオス・北部のBan Houayxai浅熱水金鉱床、同中央部のPhon Tiu - Ban Boneng錫鉱床地帯の錫鉱化作用、タイ・Sukhothai褶曲帯の花崗岩類と金属鉱床、ボツワナ・Mowana銅鉱床、モザンビークのNanliaおよびMakorongo金鉱徴地などを対象とし、地質調査、顕微鏡観察、XRD、年代測定、全岩化学組成、EPMA、EDS-SEM、ICP-MS、流体包有物マイクロサーモメトリー、レーザーラマン、流体包有物マイクロサーモメトリー、安定同位体分析などの各種分析を行った。

各種室内実験の結果として、それぞれの鉱床の鉱体の地質学特徴、熱水変質作用の性質、鉱石の金属元素の含有量、鉱床を形成した熱水の温度やpH、塩濃度、形成深度などの形成条件、および、熱水流体の酸素-水素-硫黄などの起源、熱水の沸騰や天水との混合、金属の沈殿要因などの鉱床形成プロセスが明らかになった。特に菱刈鉱床、Pongkor鉱床、Lepanto Enargite鉱床、Kay Tanda鉱床に対しては、流体包有物に含まれるガス成分の組成分析を行い、揮発性成分の含有量、Ar/He、 $N_2/Ar$ 、 $CO_2/N_2$ 、 $CO_2/CH_4$ 比などの新規性のあるデータが得られた。菱刈鉱床の流体包有物のガス成分分析は、先行研究(Takahashi et al., 2017)に引き続き、同鉱床の山田鉱床を対象に集中的に実施した(原, 2020MS)。

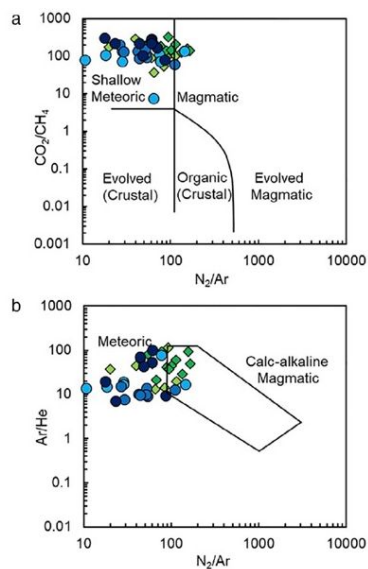


Fig. 1 Fluid inclusion gas compositions for the Kay Tanda deposit (Modified from Frias et al., 2018). Discrimination diagrams (a) and (b) are after Blamey (2012).

菱刈鉱床、Pongkor 鉱床、Lepanto Enargite 鉱床、Kay Tanda 鉱床の研究では、特に Ar/He-N<sub>2</sub>/Ar の関係から、それぞれの鉱床を形成した鉱化流体について、マグマ水と天水の優位性 (Fig. 1B)、CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>/Ar の関係から天水およびマグマ水の進化の程度 (Fig. 1A) また、N<sub>2</sub>/100-10He-Ar および CO<sub>2</sub>-1000He-200Ar の割合に基づくマントル、地殻、島弧、大気などの熱水およびガスの起源 (Fig. 2AB) CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>-揮発性ガス量から沸騰や凝縮などの熱水の挙動 (Fig. 2C) に関する考察を行った。また、流体包有物分析マイクロサーモメトリーおよびガス組成分析を行った同一の試料に対して、安定同位体分析を行い、鉱物の酸素および水素同位体組成から熱水の同位体組成を計算し、天水とマグマ水の混合、水-岩石反応などに基づく、熱水の起源の推定を行った (Fig. 3)。これらのデータを合わせて考察することにより、1つの鉱体において異なる鉱化作用がオーバープリントされている関係が明らかになったほか、一部の鉱床の特定の位置の地下深部における鉱化ポテンシャルを推定し、鉱山会社に報告した。特に低硫化型鉱床の浅熱水金鉱床に共通する特徴として、高品位の鉱石は、流体包有物中のガス成分の N<sub>2</sub>/100-10He-Ar の割合が特徴的な傾向を示すことが認められた。この傾向は、将来的に鉱床探査や探鉱ツールとしての応用が期待されるために、今後も研究を継続する予定である。

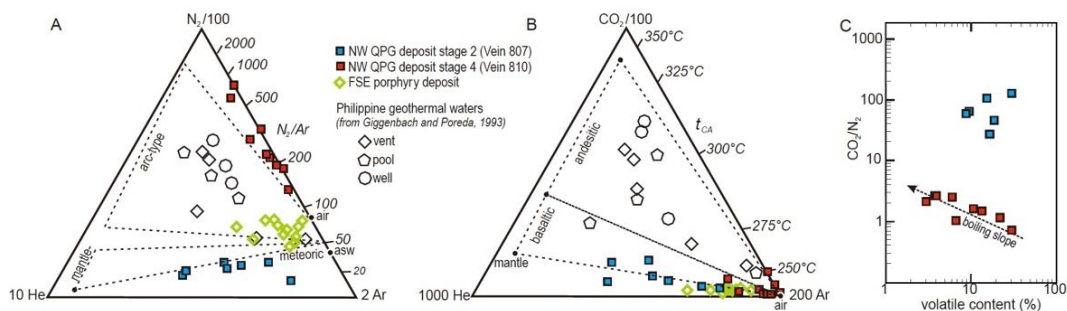


Fig. 2 Fluid inclusion gas compositions for the Northwest QPG deposit and the Far Southeast deposit (Modified from Manalo et al., 2018). Discrimination diagrams A is after Giggenbach and Poreda (1993), B is after Giggenbach (1997), and C is after Blamey (2012).

本科学研究は、他の研究費からの補助も得て実施し、歌登鉱床 (Sorulen et al., 2019) Ruwai 鉱床 (Dana et al., 2022)、Lepanto Enargite 鉱床および周辺鉱床 (Manalo et al., 2018, 2019, 2020)、Kay Tanda 鉱床 (Frias et al., 2019) Southwest 鉱徴地 (Cirineo et al., 2020)、Didipio 鉱床 (Heramo et al., 2022)、Acupan 鉱床 (Figueroa et al., 2022)、Sukhothai 褶曲帯の花崗岩類 (Veeravinantanakul et al., 2021) Mowana 鉱床 (Kooganne et al., 2021) Nanlia および Makoronggo 鉱徴地 (Nopeia et al., 2021)について、Scopus 収録雑誌に論文として成果公開済みである。その他の研究対象の鉱床も論文の執筆と投稿準備を進めている。

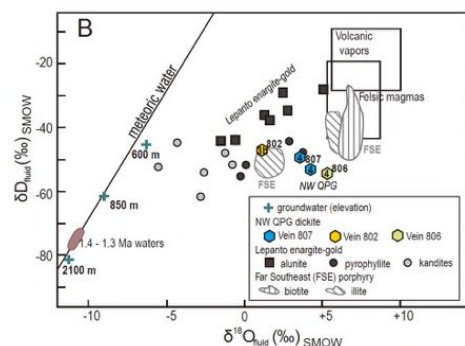


Fig. 3 Oxygen and hydrogen isotope data for the Northwest QPG deposit and the Far Southeast deposit (Modified from Manalo et al., 2018).

#### 引用文献:

- Blamey, N. J. F. (2012) Composition and evolution of crustal, geothermal and hydrothermal fluids interpreted using quantitative fluid inclusion gas analysis. *J. Geochem. Explor.*, 116–117, 17–27.
- Cirineo, A. V., Imai, A., Takahashi, R., Baluda, R. P., Oliveros, N. C., Maglambayan, V. B., Luis, R. R. C., Faustino, M. L. M. and Almadin, J. (2020) Overprinting Porphyry-Type Veinlets on the Intrusive Rocks and Phreatomagmatic Breccias in the Southwest Prospect, Southwestern Sto. Tomas II (Philex), Baguio District, Philippines. *Resource Geology*, 71, 1-40.
- Dana, C. D. P., Agangi, A., Takahashi, R., Idrus, A., Lai, C-K and Nainggolan, N. A. (2022) Element mobility during formation of the Ruwai Zn-Pb-Ag skarn deposit, Central Borneo, Indonesia. *Resource Geology*, 72, e12290.
- Figueroa, A. J. T., Gabo-Ratio, J. A. S., Manalo, P. C., Takahashi, R., Sato, H. and Ramos, A. B. (2022) Breccia and vein mineralization of the Balatoc Diatreme, Acupan gold deposit, Baguio Mineral District: An example of a diatreme-hosted epithermal deposit in the Philippines. *Ore Geology Reviews*, 144, 104826.
- Frias, S. M. P., Imai, A., Takahashi, R., Balangue-Tarriela, Ma. I. R., Arcilla, C. and Blamey, N. (2019) Geology, alteration and mineralization of the Kay Tanda epithermal gold deposit, Lobo, Batangas, Philippines. *Resource Geology*, 69, 351-384.

- Giggenbach, W. F. and Poreda, R. J. (1993) Helium isotopic and chemical composition of gases from volcanic-hydrothermal systems in The Philippines. *Geothermics*, 22, 369–380.
- Giggenbach, W.F. (1997) The origin and evolution of fluids in magmatic-hydrothermal systems, in Barnes, H.I., ed., *Geochemistry of hydrothermal deposits*, 3rd ed.: New York, Wiley, 737–795.
- 原 彬 (2020) 鹿児島県・菱刈鉱山山田鉱床における金鉱化作用をもたらした熱水流体の地球化学研究. 秋田大学修士論文, 112P (未公開).
- Hermo, Ma. I., Balangue-Tarriela, M. I. R., Takahashi, R., Gabo-Ratio, J. A. and Frias, S. M. (2022) Mineralization styles and ore-forming conditions of the quartz-fragment-rich breccia (QBX) at the Didipio alkalic porphyry Cu-Au deposit, Nueva Vizcaya, Philippines. *Ore Geology Reviews*, 143, 104724.
- Kooganne, A., Imai, A., Agangi, A. and Takahashi, R. (2021) Geology, mineralogy, and sulfur isotopes of the Mowana copper deposit, Matsitama Schist Belt, NE Botswana. *Resource Geology*, 71, 320-338.
- Manalo, P. C., Subang, L. L., Imai, A., Santos, M. C. de los, Takahashi, R. and Blamey, N. J. F. (2019) Geochemistry and fluid inclusions analysis of vein quartz in the multiple hydrothermal systems of Mankayan mineral district, Philippines. *Resource Geology*, 70, 1-27.
- Manalo, P., Imai, A., Subang, L., Santos, M. de los, Yanagi, K., Takahashi, R. and Blamey, N. (2018) Mineralization of the Northwest Quartz-Pyrite-Gold (QPG) veins: Implications for multiple mineralization events in Lepanto, Mankayan Mineral District, northern Luzon, Philippines. *Economic Geology*, 113, 1609-1626.
- Manalo, P., Imai, A., Takahashi, R., Sato, H., Subang, L. and Santos, M. de los (2020) Lithogeochemistry of hydrothermally-altered host rocks by multiple mineralizations in the Mankayan Mineral District, Philippines. *Journal of Geochemical Exploration*, 218, 106612.
- Nopeia, M., Takahashi, R., Imai, A., Jamal, D. and Agangi, A. (2021) Geological and geochemical characterization of the Nanlia and Makorongo gold prospects, northeastern Mozambique. *Ore Geology Reviews*, 135, 104195.
- Sorulen, T. T., Takahashi, R., Tanaka, S., Suzuki, K., Imai, A., Watanabe, Y. and Kikuchi, S. (2019) Mineralogical and geochemical characteristics of the Utanobori gold deposit in northern Hokkaido, Japan. *Resource Geology*, 69, 402-429.
- Takahashi, R., Tagiri, R., Blamey, N. J. F., Imai, A., Watanabe, Y. and Takeuchi, A. (2017) Characteristics and behavior of hydrothermal fluids for gold mineralization at the Hishikari deposits, Kyushu, Japan. *Resource Geology*, 67, 279-299.
- Veeravinantanakul, A., Takahashi, R., Agangi, A., Ohba, T., Watanabe, Y., Elburg, M. A., Ueckermann, H., Kanjanapayont, P. and Charusiri, P. (2021) Zircon Hf-isotope constraints on the formation of metallic mineral deposits in Thailand. *Resource Geology*, 71, 436-469.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 11件／うちオープンアクセス 13件）

1. 著者名 A pivut Veeravintanukul, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Tsukasa Ohba, Yasushi Watanabe, Marlina A. Elburg, Henriette Ueckermann, Pitsanupong Kanjanapayont and Punya Charusiri	4. 巻 71
2. 論文標題 Zircon Hf-isotope constraints on the formation of metallic mineral deposits in Thailand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 436-469
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12276	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Cendi D. P. Dana, Andrea Agangi, Ryohei Takahashi, Arifudin Idrus, Chun-Kit Lai and Nico A. Nainggolan	4. 巻 72
2. 論文標題 Element mobility during formation of the Ruwai Zn-Pb-Ag skarn deposit, Central Borneo, Indonesia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 e12290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12290	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Ma. Isabella Hermo, Maria Ines Rosana Balangue-Tarriela, Ryohei Takahashi, Jillian Aira Gabo-Ratio and Sofia Marah Frias	4. 巻 143
2. 論文標題 Mineralization styles and ore-forming conditions of the quartz-fragment-rich breccia (QBX) at the Didipio alkalic porphyry Cu-Au deposit, Nueva Vizcaya, Philippines	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ore Geology Reviews	6. 最初と最後の頁 104724
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oregeorev.2022.104724	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Acer Jian T. Figueroa, Jillian Aira S. Gabo-Ratio, Pearlyn C. Manalo, Ryohei Takahashi, Hinako Sato and Aljess B. Ramos	4. 巻 144
2. 論文標題 Breccia and vein mineralization of the Balatoc Diatreme, Acupan gold deposit, Baguio Mineral District: An example of a diatreme-hosted epithermal deposit in the Philippines	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ore Geology Reviews	6. 最初と最後の頁 104826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oregeorev.2022.104826	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Manuel Nopeia, Ryohei Takahashi, Akira Imai, Daud Jamal and Andrea Agangi	4. 巻 135
2. 論文標題 Geological and geochemical characterization of the Nanlia and Makorongo gold prospects, northeastern Mozambique	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ore Geology Reviews	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oregeorev.2021.104195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Amogelang KOOGANNE, Akira IMAI, Andrea AGANGI and Ryohei TAKAHASHI	4. 巻 -
2. 論文標題 Geology, mineralogy, and sulfur isotopes of the Mowana copper deposit, Matsitama Schist Belt, NE Botswana	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12263	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Avriel Venis L. CIRINEO, Akira IMAI, Ryohei TAKAHASHI, Redempta P. BALUDA, Noel C. OLIVEROS, Victor B. MAGLAMBAYAN, Roy Ronald C. LUIS, Maria Lourdes M. FAUSTINO and Jacky ALMADIN	4. 巻 71
2. 論文標題 Overprinting Porphyry-Type Veinlets on the Intrusive Rocks and Phreatomagmatic Breccias in the Southwest Prospect, Southwestern Sto. Tomas II (Philex), Baguio District, Philippines	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 1-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12242	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Pearlyn Manalo, Akira Imai, Ryohei Takahashi, Hinako Sato, Leo Subang and Mervin de los Santos	4. 巻 218
2. 論文標題 Lithochemistry of hydrothermally-altered host rocks by multiple mineralizations in the Mankayan Mineral District, Philippines	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geochemical Exploration	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gexplo.2020.106612	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Adi Maulana, Theo van Leeuwen, Ryohei Takahashi, Sun-Lin Chung, Kenzo Sanematsu, Huan Li and Ulva Irfan	4. 巻 114
2. 論文標題 Geochemistry and geochronology of VHMS mineralization in the Sangkaropi district, central-West Sulawesi, Indonesia: Constraints on its tectono-magmatic setting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ore Geology Reviews	6. 最初と最後の頁 In printing
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oregeorev.2019.103134	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Pearlyn C. Manalo, Leo L. Subang, Akira Imai, Mervin C. de los Santos, Ryohei Takahashi and Nigel J.F. Blamey	4. 巻 70
2. 論文標題 Geochemistry and fluid inclusions analysis of vein quartz in the multiple hydrothermal systems of Mankayan mineral district, Philippines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 In printing
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12214	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sofia Marah Pascual FRIAS, Akira IMAI, Ryohei TAKAHASHI, Ma. Ines Rosana BALANGUE-TARRIELA, Carlo ARCILLA and Nigel BLAMEY	4. 巻 69
2. 論文標題 Geology, alteration and mineralization of the Kay Tanda epithermal gold deposit, Lobo, Batangas, Philippines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 351-384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12205	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Thomas T. Sorulen, Ryohei Takahashi, So Tanaka, Kana Suzuki, Akira Imai, Yasushi Watanabe and Shingo Kikuchi	4. 巻 69
2. 論文標題 Mineralogical and geochemical characteristics of the Utanobori gold deposit in northern Hokkaido, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 402-429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12211	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -



1. 著者名 Pearlyn Manalo, Akira Imai, Leo Subang, Mervin de los Santos, Kyoka Yanagi, Ryohei Takahashi and Nigel Blamey	4. 巻 113
2. 論文標題 Mineralization of the Northwest Quartz-Pyrite-Gold (QPG) veins: Implications for multiple mineralization events in Lepanto, Mankayan Mineral District, northern Luzon, Philippines	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Economic Geology	6. 最初と最後の頁 1609-1626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5382/econgeo.2018.4606	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

[学会発表] 計51件(うち招待講演 1件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Y. Fukuda, R. Takahashi, A. Agangi, P. C. Manalo, H. Sato, S. M. P. Frias and A. V. L. Cirineo
2. 発表標題 Characteristics of vein-type epithermal gold mineralization and silica sinter in Omu district, northeastern Hokkaido, Japan
3. 学会等名 資源地質学会第71回年会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Takahashi, I. Bunazawa, H. Shimoda, Y. Shiga, A. Hara, A. Agangi, P. Manalo, A. Veeravintanukul and H. Sato
2. 発表標題 Characteristics of tin mineralization in the Suzuyama deposit, Kagoshima, Japan
3. 学会等名 資源地質学会第71回年会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Kobayashi, R. Takahashi, A. Agangi, P. C. Manalo, H. Sato, and A. Imai
2. 発表標題 Geochemical characteristics and hydrothermal environment of gold mineralization at the Akeshi deposit in the Nansatsu district, Kagoshima, Japan
3. 学会等名 資源地質学会第71回年会講演会
4. 発表年 2022年



1 . 発表者名 K. Miyake, R. Takahashi, A. Agangi, P. Manalo, H. Sato and A. Imai
2 . 発表標題 Geochemical properties of quartz related to epithermal gold mineralization of the Hishikari deposits, Kagoshima, Japan
3 . 学会等名 資源地質学会第71回年会講演会
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 E. Cossa, A. Agangi, R. Takahashi, P. Manalo, A. Imai and V. Manjate
2 . 発表標題 Geochemical characteristics and tectonic setting of the Mesoproterozoic metamorphosed rocks of the Mugomo and Chifumbazi gold prospects, Irumide belt, northern Tete province, Mozambique
3 . 学会等名 資源地質学会第71回年会講演会
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 H. Koen, R. Takahashi, P. C. Manalo, H. Sato and A. Agangi
2 . 発表標題 Characteristics of mineralization and ore-forming conditions at the Sado Au-Ag deposit, Niigata, Japan
3 . 学会等名 資源地質学会第70回年会講演会
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 M. Kobayashi, R. Takahashi, A. Agangi, P. C. Manalo, H. Sato and A. Imai
2 . 発表標題 Geochemical characteristics of hydrothermal gold mineralization at the Akeshi deposit in the Nansatsu area Kagoshima, Japan
3 . 学会等名 資源地質学会第70回年会講演会
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 E. Cossa, A. Agangi, R. Takahashi, P. Manalo, H. Sato and A. Imai
2 . 発表標題 Ore mineralogy and fluid inclusion petrography in the Chifumbazi prospect, Tete province, Mozambique
3 . 学会等名 資源地質学会第70回年会講演会
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 M. Nopeia, A. Imai, R. Takahashi, D. Jamal and A. Agangi
2 . 発表標題 Geological characteristics of the Namikupo gold prospect located in Namuno district, northeastern Mozambique
3 . 学会等名 資源地質学会第70回年会講演会
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Miyake, R. Takahashi, A. Agangi, P. C. Manalo, H. Sato and A. Imai
2 . 発表標題 Cathodoluminescence and trace elements of quartz related to epithermal gold mineralization of the Hishikari deposits, Kagoshima, Japan
3 . 学会等名 資源地質学会第70回年会講演会
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 M. Kobayashi, R. Takahashi, A. Agangi, P. C. Manalo, H. Sato and A. Imai
2 . 発表標題 Geochemical characteristics of hydrothermal gold mineralization at the Akeshi deposit in the Nansatsu area Kagoshima, Japan
3 . 学会等名 資源地質学会第70回年会講演会
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名	Avriel Venis L. Cirineo, Akira Imai, Ryohei Takahashi, Redempta P. Baluda, Noel C. Oliveros, Victor B. Maglambayan, Roy Ronald C. Luis, Maria Lourdes M. Faustino
2. 発表標題	Hydrothermal Mineral Assemblage of the Southwest Prospect, in the Vicinity Sto. Tomas II (Philex) Porphyry Cu-Au Deposit, Baguio District, Philippines
3. 学会等名	日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Manuel Nopeia, Ryohei Takahashi, Akira Imai and Daud Jamal
2. 発表標題	Geological Characteristics and Mineralogy of the Makorungo and Nalia Gold Prospects, Northeastern Mozambique
3. 学会等名	日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	R. Takahashi and K. Takahashi
2. 発表標題	Characteristics and ore-forming conditions of the Kannondo Kuroko deposit, Hanaoka district, Akita, Japan
3. 学会等名	第69回資源地質学会年会講演会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	T. T. Sorulén, R. Takahashi, S. Tanaka, K. Suzuki, A. Imai, Y. Watanabe and S. Kikuchi
2. 発表標題	Gold mineralization and geochemical characteristics at the Utanobori deposit in northern Hokkaido, Japan
3. 学会等名	第69回資源地質学会年会講演会
4. 発表年	2019年

1 . 発表者名 T. T. Sorulén, R. Takahashi, K. Kuzumaki, A. Hara and H. Sato
2 . 発表標題 Geochemical characteristics of the Omu silica sinter and Omui quartz veins in northern Hokkaido, Japan
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 P. Manalo, A. Imai, R. Takahashi, H. Sato, L. Subang and M. de los Santos
2 . 発表標題 Mobilities of elements in near-neutral and acid-sulfate hydrothermal conditions in the Mankayan Mineral District, Philippines
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Nopeia, R. Takahashi, A. Imai and D. Jamal
2 . 発表標題 Geology and fluid characteristics of the Marokungo and Nalia gold prospects, northeastern Mozambique
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 B. Sumaryono, R. Takahashi, N. Blamey and Syafrizal
2 . 発表標題 Hydrothermal fluid responsible to the gold mineralization: study of vein texture and fluid inclusions in the Pongkor gold deposit, West Java, Indonesia
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 E. P. F. Cossa, R. Takahashi, A. Agangi, H. Sato, A. Imai and G. Cune
2 . 発表標題 Gold mineralization and hydrothermal alteration at the Chifumbazi and Mugomo deposits, Mozambique
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 A. Veeravinantanakul, R. Takahashi, T. Ohba, Y. Watanabe and P. Charusiri
2 . 発表標題 Distributions of granitoids in the Northern part of Sukhothai Fold Belt, Thailand
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Suhendra, R. Takahashi, A. Imai, A. Agangi, N. I. Setiawan, H. Sato and C. Ansori
2 . 発表標題 Sulfide minerals behavior during prograde metamorphism in response to the presence of gold mineralization in Luk Ulo Metamorphic Complex, Central Java, Indonesia
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. M. P. Frias, A. Imai and R. Takahashi
2 . 発表標題 The evolution of the hydrothermal system of the Kay Tanda epithermal Au deposit, Batangas, Philippines
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 A. V. Cirineo, A. Imai, R. Takahashi, R. P. Baluda, N. C. Oliveros, V. Maglambayan, R. R. Luis and M. L. Faustino
2 . 発表標題 Copper and gold mineralization in the overlapping intrusive, breccia and vein units in the Southwest prospect, in the vicinity of Sto. Tomas II (Philex) Baguio district, Philippines
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 A. Hara, R. Takahashi, N. J. F. Blamey, A. Imai and H. Sato
2 . 発表標題 Characteristics of ore-forming fluids of the Yamada deposit, Hishikari mine, Kagoshima, Japan, based on fluid inclusion and isotope studies
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 G. Kaneko, R. Takahashi, A. Idrus and F. A. Aldan
2 . 発表標題 Characteristics and ore-forming conditions of the Tasikmadu porphyry copper prospect, East Java, Indonesia
3 . 学会等名 第69回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Acer Jian T. Figueroa, Jillian Aira S. Gabo-Ratio, Pearlyn C. Manalo, Ryohei Takahashi and Aljess B. Ramos
2 . 発表標題 Ore-forming mechanisms of diatreme-hosted breccia and vein orebodies: A case for the Acupan epithermal deposit, Baguio Mineral District, Philippines
3 . 学会等名 GeoCon 2019
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 G.P. Yumul, Jr., C.B. Dimalanta, P.C. Manalo, R. Takahashi, J. Demegillo, K.D. Jabagat and J.A. Gabo-Ratio
2. 発表標題 TECTONIC AND CRUSTAL THICKNESS CONTROLS ON THE GEOCHEMISTRY OF THE MINDANAO ARC ROCKS (PHILIPPINES)
3. 学会等名 6th Philippines-Taiwan Earth Sciences International Conference
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Pinkihan, B.D., Dida, J.J., Padrones, J.T., Tiburan, C.L. Jr., Trinidad, A.A., Andal, E.S., Takahashi, R.
2. 発表標題 Effect of the presence of hydrothermally-altered minerals on landslide susceptibility in Bgy. Taneg, Mankayan, Benguet Province
3. 学会等名 11th Regional Conference on Geological and Geo-Resources Engineering
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Apivut Veeravintanakul, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Tsukasa Ohba, Yasushi Watanabe, Marlina Elburg, Henriette Ueckermann, Punya Charusiri
2. 発表標題 The zircon Hf-isotope constraints on the distribution of mineral deposits in the Sukhothai fold belt, Thailand
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Euclesia Paulina F. Cossa, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Pearlyn Manalo, Hinako Sato, Akira Imai
2. 発表標題 Geology and geochemistry of the Chifumbazi and Mugomo gold prospects, Tete province, Mozambique
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会
4. 発表年 2020年



1 . 発表者名 Sofia Marah P. FRIAS, Ryohei TAKAHASHI, Akira IMAI
2 . 発表標題 Sphalerite mineral chemistry and microthermometry: Implications for the mineralization of the Kay Tanda epithermal gold deposit, Lobo, Batangas, Philippines
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2018
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Pearlyn C. Manalo, Akira Imai, Ryohei Takahashi, Kyoka Yanagi, Nigel J.F. Blamey <sup>4</sup> Leo S. Subang <sup>5</sup> and Mervin C. de los Santos
2 . 発表標題 Contemporaneous volcanism and hydrothermal mineralization: An example from the Northwest Quartz-Pyrite-Gold (QPG) veins, Lepanto, Mankayan District, Philippine
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2018
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Avriel Venis L. Cirineo, Akira Imai, Ryohei Takahashi, Redempta P. Baluda, Victor B. Maglambayan, Roy Ronald C. Luis, Maria Lourdes M. Faustino, Jacky P. Almadin
2 . 発表標題 Temporal Relationships between Hydrothermal Activities, Intrusions and Phreatomagmatic Brecciation in the Southwest Prospect, in the Vicinity Sto. Tomas II (Philex) Porphyry Cu-Au Deposit, Baguio District, Philippines
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2018
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ryohei TAKAHASHI, Ryo TAGIRI, Nigel J.F. BLAMEY, Akira IMAI, Yasushi WATANABE and Akito TAKEUCHI
2 . 発表標題 Characteristics and behavior of hydrothermal fluids for gold mineralization at the Hishikari deposits, Kyushu, Japan (Best Article Award 2017 Presentation)
3 . 学会等名 第68回資源地質学会年会講演会 (招待講演)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 N. Aoki, R. Takahashi and A. Imai
2 . 発表標題 Characteristics of copper mineralization and ore-forming conditions at the Osarizawa mine, northern Akita, Japan
3 . 学会等名 第68回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 A. Cirineo, A. Imai, R. Takahashi, R. Baluda, V. Maglambayan, R. Luis, M. Faustino and J. Almadin
2 . 発表標題 Lithologic units and veins at the Southwest prospect, in the vicinity of Sto. Tomas II (Philex) porphyry Cu-Au deposit, Baguio District, Philippines
3 . 学会等名 第68回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 A. Hara, R. Takahashi, N.J.F. Blamey, A. Imai and H. Sato
2 . 発表標題 Characteristics of hydrothermal fluids responsible for gold mineralization at the Yamada deposit, Hishikari mine, Kagoshima, Japan
3 . 学会等名 第68回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 P. Manalo, A. Imai, R. Takahashi, L. Subang and M. de los Santos
2 . 発表標題 Variable telescoping of porphyry - epithermal systems in Mankayan District, northern Philippines
3 . 学会等名 第68回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 P. Nualkhao, R. Takahashi, A. Imai and P. Charusiri
2 . 発表標題 Magmatism, mineralization, and tectonics along Loei Fold Belt, northeastern Thailand
3 . 学会等名 第68回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Morikawa, R. Takahashi, A. Imai, V. Daorerk, A. Veeravinantanakul, P. Charusiri, S. Meffre and J. Thompson
2 . 発表標題 Characteristics and genesis of tin mineralization in the Phon Tiou-Boneng district, central Lao PDR
3 . 学会等名 第68回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. M. P. Frias, R. Takahashi and A. Imai
2 . 発表標題 Ore mineral chemistry, fluid inclusion microthermometry and stable isotope studies on the mineralization of the Kay Tanda epithermal gold deposit, Batangas, Philippines
3 . 学会等名 第68回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 N. Takekoshi, R. Takahashi, A. Imai, V. Daorerk, A. Veeravinantanakul and P. Charusiri
2 . 発表標題 Ore-forming conditions of the Ban Houayxai epithermal gold-silver deposit in northern Laos
3 . 学会等名 第68回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. T. Sorulén, R. Takahashi, S. Tanaka, A. Imai and Y. Watanabe
2 . 発表標題 Mode of occurrence and paragenetic sequence of the quartz veins and silica sinters at the Utanobori gold deposit in northern Hokkaido, Japan
3 . 学会等名 第68回資源地質学会年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Sofia Marah FRIAS, Ryohei TAKAHASHI and Akira IMAI
2 . 発表標題 Gold and base metal mineralization of the Kay Tanda epithermal gold deposit, Philippines: insights from ore mineralogy, microthermometry and sulfur isotope systematics
3 . 学会等名 SEG 2018 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 A. Hara, R. Takahashi, N.J.F. Blamey, A. Imai and H. Sato
2 . 発表標題 Characteristics of hydrothermal fluids responsible for gold mineralization at the Yamada deposit, Hishikari mine, Kagoshima, Japan
3 . 学会等名 資源地質学会第68回年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 P. Manalo, A. Imai, R. Takahashi, L. Subang, M. de los Santos
2 . 発表標題 Variable telescoping of porphyry - epithermal systems in Mankayan District, northern Philippines
3 . 学会等名 資源地質学会第68回年会講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名	K. Morikawa, R. Takahashi, A. Imai, V. Daorerk, A.Veeravintanakul, P. Charusiri, S. Meffre and J. Thompson
2 . 発表標題	Characteristics and genesis of tin mineralization in the Phon Tiou-Boneng district, central Lao PDR
3 . 学会等名	資源地質学会第68回年会講演会
4 . 発表年	2018年

1 . 発表者名	S. M. P. Frias, R. Takahashi and A. Imai
2 . 発表標題	Ore mineral chemistry, fluid inclusion microthermometry and stable isotope studies on the mineralization of the Kay Tanda epithermal gold deposit, Batangas, Philippines
3 . 学会等名	資源地質学会第68回年会講演会
4 . 発表年	2018年

1 . 発表者名	N. Takekoshi, R. Takahashi, A. Imai, V. Daorerk, A. Veeravintanakul and P. Charusiri
2 . 発表標題	Ore-forming conditions of the Ban Houayxai epithermal gold-silver deposit in northern Laos
3 . 学会等名	資源地質学会第68回年会講演会
4 . 発表年	2018年

1 . 発表者名	Sofia Marah Pascual Frias, Ryohei Takahashi, Akira Imai and Nigel Blamey
2 . 発表標題	Fluid inclusion studies on the mineralized quartz-rich hydrothermal breccias and quartz veins of the Kay Tanda epithermal gold deposit, Lobo, Batangas, Philippines
3 . 学会等名	2017 AGU Fall Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年	2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

金属鉱床学研究室  
<http://www.gipc.akita-u.ac.jp/~kinsho/TOP.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ナイジェル ブレイミー  (Blamey Nigel)	ウエスタン大学・Department of Earth Sciences・Assistant Professor	
研究協力者	マナロ パーリン  (Manalo Pearlyn)  (50895480)	秋田大学・国際資源学研究科・助教   (11401)	
研究協力者	イドラス アリフディン  (Idrus Arifudin)	ガジヤマダ大学・Department of Geological Engineering・Professor	
研究協力者	シャフリザル  (Syafriзал)	バンドン工科大学・Mining Engineering Department・Professor	
研究協力者	フリラス ソフィア  (Frias Sofia)	秋田大学・国際資源学研究科・大学院生   (11401)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	原 彬  (Hara Akira)	秋田大学・国際資源学研究所・大学院生  (11401)	
研究協力者	チャルシリ パンヤ  (Charusiri Punya)	チュラロンコン大学・Department of Geology・名誉教授	
研究協力者	シリネオ アブリエル  (CIRINEO Avriel)	秋田大学・国際資源学研究所・大学院生  (11401)	
研究協力者	ガボ レイティオ ジリアン  (Gabo-Ratio Jillian)	フィリピン大学・National Institute of Geological Sciences・Associate Professor	
研究協力者	スマリヨノ ベニー  (Sumaryono Benny)	秋田大学・国際資源学研究所・大学院生  (11401)	
研究協力者	金子 元気  (Kaneko Genki)	秋田大学・国際資源学研究所・大学院生  (11401)	
研究協力者	森川 功基  (Morikawa Koki)	秋田大学・国際資源学研究所・大学院生  (11401)	
研究協力者	ソルレン トーマス  (Sorulen Thomas)	秋田大学・国際資源学研究所・大学院生  (11401)	



## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	コオガンネ アモゲラン (Kooganne Amogelang)	秋田大学・国際資源学研究科・大学院生  (11401)	
研究協力者	コッサ エウクレシア (Cossa Euclesia)	秋田大学・国際資源学研究科・大学院生  (11401)	
研究協力者	香遠 ひかり (Koen Hikari)	秋田大学・国際資源学部・学生  (11401)	
研究協力者	萩原 橋平 (Hagiwara Kippeii)	秋田大学・国際資源学研究科・大学院生  (11401)	
研究協力者	樽沢 育 (Bunazawa Iku)	秋田大学・国際資源学部・学生  (11401)	
研究協力者	小林 正樹 (Kobayashi Masaki)	秋田大学・国際資源学研究科・大学院生  (11401)	
研究協力者	福田 悠斗 (Fukuda Yuto)	秋田大学・国際資源学部・学生  (11401)	
研究協力者	ダナ センディ (Dana Cendi)	秋田大学・国際資源学研究科・大学院生  (11401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	三宅 清登  (Miyake Kiyoto)	秋田大学・国際資源学研究所・大学院生  (11401)	
研究協力者	青木 希実  (Aoki Nozomi)	秋田大学・国際資源学研究所・大学院生  (11401)	
研究協力者	ノペイア マニユエル  (Nopeia Manuel)	九州大学・工学府・大学院生  (17102)	
研究協力者	佐藤 比奈子  (Sato Hinako)	秋田大学・国際資源学研究所・技術長  (11401)	
連携研究者	今井 亮  (Imai Akira)  (90223304)	九州大学・工学研究院・教授  (17102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関