

令和 4 年 5 月 30 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：17K05699

研究課題名(和文) ArFレーザー局所分析法による流体包有物中の流体の酸素同位体比測定法の開発

研究課題名(英文) Development of a method for measurement of the oxygen isotopic ratio of fluids in fluid inclusions by ArF laser micro analysis

研究代表者

石山 大三 (Ishiyama, Daizo)

秋田大学・国際資源学研究所・教授

研究者番号：30193361

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、フッ素雰囲気下でレーザー気化によりガラスキャピラリー管に封入された水をフッ素と反応させるときの問題点について検討した。流体包有物からの水の抽出以前に、フッ素を試料室に満たしかなり長い時間を放置すると、水の汚染を0.1μモル程度までに抑制できること、レーザー気化によりガラスキャピラリー管に穴が開くとフッ素がキャピラリーの中に入り、キャピラリー中の水と反応して、酸素が形成されることは確認された。しかし、形成された酸素の圧力が外のフッ素の圧力と同じになると、キャピラリーの外のフッ素とキャピラリー内部の酸素の交換が遅いため、フッ素が液体の水と接触することが難しくなっている可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、フッ素雰囲気下でレーザー気化法による流体包有物からの極微量の流体の抽出のための基礎的な検討を行った。本抽出法が可能になると、流体の酸素同位体比情報に基づき、熱水系の進化や鉱物資源の成因に関して新しい資源形成モデルが提案され、地下資源の探査が効率的に進められ、資源の有効利用に資する。この酸素同位体比情報の取得のためには、流体包有物の流体以外からの水の汚染を抑制する必要がある。これまでの研究では、この点について問題の明確化と対策についての検討が不十分であった。この点を解明することは、今後の安定同位体比測定の小領域分析の発展を進めるためには不可欠であり、学術的な意義が大きい。

研究成果の概要(英文)：In this study, the problem when water sealed in a glass capillary tube reacts with fluorine gas by laser ablation in a fluorine atmosphere was examined to analyze the oxygen isotope ratio of fluids in fluid inclusions. It was confirmed that if the sample chamber was filled with fluorine gas and allowed to stand for a long time before the water was extracted from the fluid inclusions, contamination of the water from the adsorption of the container could be suppressed to about 0.1 micromole. In addition, when a hole is opened in a glass capillary tube by laser ablation, fluorine gas enters the capillary and reacts with water in the capillary to form oxygen. However, if the pressure of the oxygen formed in capillary is the same as the pressure of the fluorine outside, the slow exchange of fluorine gas outside the capillary and oxygen inside the capillary may make it difficult for the fluorine gas to come into contact with liquid water.

研究分野：鉱床学

キーワード：流体包有物 酸素同位体比 レーザーアブレーション 流体の起源 元素運搬プロセス

1. 研究開始当初の背景

1990年代後半にCO₂レーザーやArFエキシマレーザーと酸素から二酸化炭素変換システムを組合せた装置により、鉱物の酸素同位体比の局所分析が行われた。その結果、直径100ミクロン程度の領域の酸素同位体比の測定が可能になり、酸素同位体比の詳細な変化から鉱物資源や熱水系の流体の挙動を明らかにできるようになった(Wiechert and Hoefes, 1995, Hayashi et al., 2001, Wiechert et al., 2002)。流体包有物の中の水の酸素同位体比については、その水の存在量が少ないこと、さらには石英などの珪酸塩鉱物中の流体包有物の水の酸素同位体比は流体包有物のホスト鉱物である珪酸塩鉱物と同位体平衡になっていると考えられており、これまで検討対象とはなっていなかった。そのため、流体包有物中の水の酸素同位体比を直接測定した例はなかった。本研究の手法が開発されると、流体の酸素同位体比とそれに接する珪酸塩鉱物の酸素同位体比が同位体平衡にあるかどうかの検討や地下での流体の挙動の新しい情報の取得などの研究の要素がある。しかしながら、本研究で対象とする流体包有物の中の極微量の水を測定するためにはレーザーで水を抽出する際の容器に吸着している水の影響を評価する必要がある、データ取得のための基礎的研究が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、レーザーで水を抽出する際の容器に吸着している水の影響の評価も含め本分析法の確立を行うことを目的とした。具体的には、レーザーアブレーションにより水を抽出する反応容器の容積や材質の最適化を行い、容器や流体包有物の母体となる鉱物に由来する水の影響の変化を確認する。これらの問題点が解決されれば、人工的に封入したガラス細管の水や石英・硫化鉱物中の流体包有物中の水をフッ素ガス雰囲気下でArFエキシマレーザーにより取り出し、フッ素と水の反応により生じた酸素ガスを高温で炭素と反応させて二酸化炭素ガスに変換して、そのガスを質量分析計で測定して酸素同位体比を得る。

3. 研究の方法

本研究では、鉱物中の流体包有物の極微量の水をArFエキシマレーザーによるアブレーションによりフッ素ガス雰囲気下で取り出し、 $F_2(g) + H_2O$ (流体包有物由来) = $2HF + O_2(g)$ の反応により得た酸素ガスを高温で炭素と反応させ、二酸化炭素ガスに変換する。そして、そのガスを質量分析計で測定して酸素同位体比を得ることを行う。具体的な実験システムは、図1に示されている。レーザー照射を行う試料室については、二種類の試料室を用意した。一つは、ステンレス製で容積が14.1 cm³のもの、もう一つはニッケル製で容積が1.1 cm³のものである。試料室のレーザー光が通過する窓材には、スプラシル(石英ガラス)、CaF₂、BaF₂などの窓材を準備した。

4. 研究成果

4-1. 試料室窓材とF₂ガスの反応の評価

大気から試料室への空気中のO₂のリークの確認や試料室へ導入するF₂中のO₂の寄与による

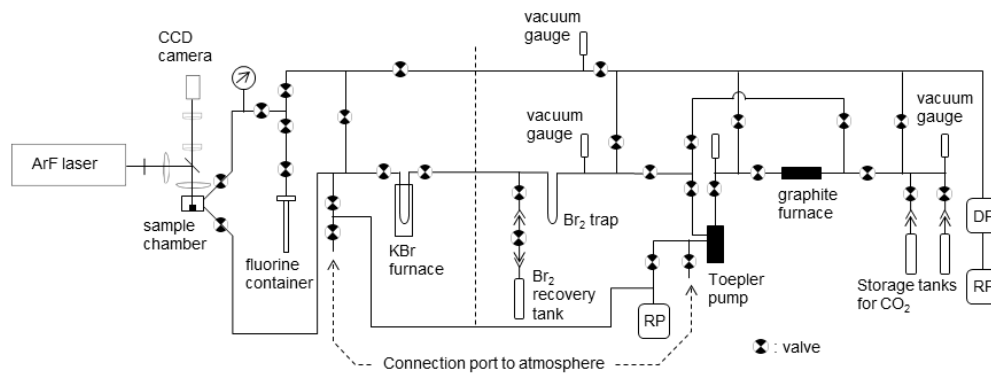


図 1. 流体包有物からの水抽出と酸素-二酸化炭素変換システム

O₂ のバックグラウンドの把握の実験の中で、試料室中の F₂ ガスと窓材である石英ガラスの反応の可能性が考えられた。この確認のため、ステンレス製試料室（容積：14.1 cm³）に F₂ を 0.1 気圧満たした状態で、レーザー光の照射を行った。その結果、石英ガラスの窓材が、擦りガラス状に変化した。このことから、窓材の石英ガラスと F₂ が反応したことが推定される。また、ニッケル製試料室（容積：1.1 cm³）に F₂ を 0.2 気圧満たした状態で、レーザーの発振間隔を 1 秒間隔として 1 時間の照射を行った。この場合においても、石英ガラスの窓材が、擦りガラス状に変化した。この実験では、12 μモルの CO₂ が形成された。この量は、小容量のニッケル製試料室に F₂ を 0.2 気圧満たしたときの F₂ ガスのガス量に相当し、石英ガラスの窓材が F₂ ガスと反応したことを考慮すると、SiO₂ + 2F₂ → O₂ + SiF₄ の反応が起こったことが示唆される。Wiechert et al. (2002) においては、石英ガラスであるスプラシルを窓材に使い、分析が可能であることが述べられているが、今回の実験条件では、窓材である石英ガラスと F₂ ガスが反応したことが明らかになり、CaF₂、BaF₂ などを窓材として使う必要があることが確認された。

4-2. 試料室小型化と窓材の変更による結果

窓材については、石英ガラスから CaF₂ に変更した。試料室の容積は、1.1 cm³ で、これまでの試料室の容積に比較して、1/14 になった。F₂ ガスを試料室に導入して、レーザー光で石英結晶を照射しても、窓材の白色化やすりガラス化等の目視での変化は認められなかった。窓材と F₂ ガスの反応は無くなったと考えられる。試料室に石英結晶を置き、F₂ ガスを導入して、レーザー光を照射しない場合と照射した場合に生成する非凝縮性ガスと CO₂ の量を表 1 に示した。レーザー光を照射しない場合と照射した場合に生成する非凝縮性ガスの量は、37 時間試料室を密閉状態に放置した実験を除くと大きな違いはなかった。生成する CO₂ ガス量については、37 時間試料室を密閉状態に放置した実験では多いが、その他の実験では、レーザー光を照射した場合の実験 6 と 7 ではレーザー光を照射しない実験 2 と 3 に比べて、生成する CO₂ 量は多い可能性もあるが、全体としてはレーザー光を照射しない場合と照射した場合の実験には有意な差は無いように思われる。そこで、この実験で生成した CO₂ 量とレーザー光で掘削される体積から生じる CO₂ (SiO₂

表 1. レーザーアブレーションによる非凝縮ガスと CO₂ ガス発生量.

| Sample | Pressure of F ₂ (atm) | Laser use | Condition for laser ablation | Non-condensable gas (μmol) | CO ₂ (μmol) | δ ¹⁸ O _{SMOW} | Remarks |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|---|
| 1 Quartz from the Koryu deposit | 0.2 | no | | 0.54 | 5.4 | 5.4 | |
| 2 Quartz from the Koryu deposit | 0.2 | no | | 0.31 | 2.4 | 6.0 | Oxygen isotope ratios on the left are measured by adding the CO ₂ gases from experiments 2 and 3 together. |
| 3 Quartz from the Koryu deposit | 0.2 | no | | 0.25 | 1.4 | | |
| 4 Quartz from the Koryu deposit | 0.2 | no | | 1.60 | 8.2 | -2.9 | |
| 5 Quartz from the Koryu deposit | 0.2 | yes | | 0.22 | 1.1 | | |
| 6 Quartz from the Koryu deposit | 0.2 | yes | 18KV, 3Hz, 1 min, 10 points | 0.53 | 4.6 | nd | |
| 7 Quartz from the Koryu deposit | 0.2 | yes | 18KV, 3Hz, 1 min, 40 points | 0.42 | 4.6 | nd | |
| 8 Quartz from the Koryu deposit | 0.2 | yes | 18KV, 3Hz, 1 min, 10 points | 0.53 | 1 | | |

由来の O₂ 量の比較を行った。レーザー光により掘削される石英の体積を、100×100×20 ミクロンと仮定すると、0.01 μモルの CO₂ ガスが生成する。実験 6, 7, 8 ではそれぞれ 10 か所, 40 ヶ所, 10 ヶ所のレーザー光による掘削を行っており、それぞれの実験でアブレーションされる石英の体積から予想される CO₂ 量は、0.1, 0.4, 0.1 μモルと推定される。前述の実際の実験で得られた CO₂ 量は、石英結晶のアブレーションにより得られる CO₂ 量よりも多く、実験で得られた CO₂ は、試料室からの吸着水や鉱物からの脱水による流体包有物以外からの水の可能性があり、石英が F₂ ガスと反応したか否かについてはさらに確認が必要である。

4-3. 微量な水を封入したキャピラリーの水の酸素同位体比

1.86 μモルの H₂O を封入したキャピラリーの中の水をレーザー光でキャピラリーに穴を開け、取り出す実験についても行った。1.86 μモルの H₂O は CO₂ ガスに変換したときには、0.98 μモルに相当する。この実験では、レーザー光でキャピラリーに穴が開く場合とそうではない場合があった。穴が開いた場合の例は少ないが、その場合には、非凝縮性のガスは、0.9 μモル、CO₂ は、1.1 μモルであった。この値は、1.86 μモルの H₂O が CO₂ に変換したときの量 (0.98 μモル) に比べると、少し多い量であるが、比較的近い量となった。

4-4. まとめ

今回の研究におけるまとめは以下のとおりである。

1) 反応に必要な F₂ の量

本研究では流体包有物の H₂O と F₂ を反応 ($2\text{H}_2\text{O} + 2\text{F}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{HF}$) をさせ、H₂O の O₂ を取り出し、CO₂ に変換後酸素同位体比を測定することを目指した。O₂ の量を 1 μモルとすると、F₂ は 2 μモルである。反応を確実に進めるために、仮に 5 倍量の F₂ を試料室に入れると 10 μモルである。試料室の容積は、1.1 cm³ であるが、F₂ の導入と排出のための二本の枝管を含めると、4.4 cm³ となる。試料室に入れる鉱物試料の体積を 0.4 cm³ とすると有効な容積は、4.0 cm³ となる。従って、反応時には次のように 0.06 気圧の F₂ を要する： $P = nRT/V = 10 \times 10^{-6} \times 82 \times 298/4 = 0.06$ 気圧。ただし、試料室の容積 4.4 cm³ は、試料室そのものの容積 1.1 cm³ と 2 本の枝管の容積を合

わせたもので、反応中に枝管中の F_2 が試料室内の反応に関しないように思われる。このことを考えると、実際の反応では、 F_2 圧力を 2~3 倍高くした方がよい。このときの F_2 の圧力は、0.5 気圧程度になると推定される。

2) 吸着水などの H_2O の汚染

本実験では吸着水など流体包有物の水以外の汚染を極力避ける必要がある。流体包有物を抽出する前に、 F_2 を試料室に満たし長い時間放置すると、試料室の H_2O の汚染を 0.1μ モル程度までに抑制できることが確認された。しかしながら、石英をレーザーアブレーションでエアロゾル化させたときに、かなりの H_2O が発生した。このことは、鉍物をレーザーアブレーションでエアロゾル化させたときに、鉍物からの脱水による流体包有物以外からの水の汚染の可能性があることを示唆しており、流体包有物からの H_2O を得るためにどれだけの鉍物量をアブレーションすればよいのかも含めて検討し、流体包有物からの H_2O 以外の H_2O の汚染を減らす必要がある。

3) ガラスキャピラリー実験による微小領域空間からの水の抽出

F_2 ガス雰囲気中の試料室の中のガラスキャピラリーの中に H_2O が一部液体の状態で存在しているとすると、このガラスキャピラリーのガラスに対して、レーザーアブレーションを行うことで、ガラスキャピラリーに穴をあけることができる。穴が開くと F_2 がキャピラリーの中に入り、キャピラリー中の H_2O と反応して、 O_2 が形成される。形成された O_2 の圧力が外の F_2 の圧力と同じになると、キャピラリーの外の F_2 とキャピラリー内部の O_2 の交換が遅くなるため、 F_2 が液体の H_2O と接触することが難しくなることが考えられる。もし、流体包有物のサイズが小さければこの問題は生じないと思われるが、流体包有物のサイズが大きければこの点についても検討が必要である。

引用文献

- Hayashi, K., Maruyama, T. and Satoh, H. (2001): Precipitation of gold in a low-sulfidation epithermal gold deposit: Insights from a submillimeter-scale oxygen isotope analysis of vein quartz. *Econ. Geol.*, 96, 211-216.
- Wiechert, U. and Hoefs, J. (1995): An excimer laser-based micro analytical preparation technique for in-situ oxygen isotope analysis of silicate and oxide minerals. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 59, 4093-4101.
- Wiechert, U., Fiebig, J., Przybilla, R., Xiao, Y. and Hoefs, J. (2002): Excimer laser isotope-ratiomonitoring mass spectrometry for in situ oxygen isotope analysis. *Chemical. Geol.*, v. 182, 179-194.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 4件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Ladda Tangwattananukul, Daizo Ishiyama, Punya Charusiri | 4. 巻 70 |
| 2. 論文標題 Geochemical characteristics of gold mineralization of the Huai Kham On deposit, Sukhothai Fold Belt, Northern Thailand | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Resource Geology | 6. 最初と最後の頁 362-377 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/rge.12246 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 鹿野和彦・大口健志・林信太郎・矢内桂三・石塚 治・宮城磯治・石山大三 | 4. 巻 126 |
| 2. 論文標題 田沢湖カルデラとその噴出物 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 地質学雑誌 | 6. 最初と最後の頁 233-249 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5575/geosoc.2020.0001 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 田中 良・武智泰史・石山大三 | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 長野県天龍村神豊太陽鉱床のTiO ₂ 鉱物と熱水変質作用 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 伊那谷自然史論集 | 6. 最初と最後の頁 17-21 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20807/icmnh.21.0_17 | 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 石黒卓哉・石山大三・世良耕一郎 | 4. 巻 24 |
| 2. 論文標題 秋田県田沢湖の堆積物のSiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , Pb, As含有量の特徴. | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 NMCC2017年度共同利用研究成果報文集 | 6. 最初と最後の頁 93-97 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 無 |
| 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 Adomako-Ansah, K., Mizuta, T., Ishiyama, D. and Hammond, N. Q. | 4. 巻 89 |
| 2. 論文標題 Nature of ore-forming fluid and formation conditions of BIF-hosted gold mineralization in the Archean Amalia Greenstone Belt, South Africa: Constraints from fluid inclusion and stable isotope studies. | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Ore Geology Reviews | 6. 最初と最後の頁 609; 626 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oregeorev.2017.06.021 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|----------------------|
| 1. 著者名 Tangwattananukul, T. and Ishiyama, D. | 4. 巻 68 |
| 2. 論文標題 Characteristics of Cu-Mo mineralization in the Chatree mining area, Central Thailand. | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Resource Geology | 6. 最初と最後の頁 83; 92 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12146 | 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 Li, H., Ishiyama, D., Zhang, Y. and Shao, Y. | 4. 巻 113 |
| 2. 論文標題 Geology and geochemical characteristics of the Xiajinbao gold deposit in the Hebei Province, China. | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences | 6. 最初と最後の頁 24; 40 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.171002 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 Pham, Q. M., Ishiyama, D., Sato, H. and Ogawa, Y. | 4. 巻 印刷中 |
| 2. 論文標題 Vertical variation of lead content in sediment collected from man-made Tamagawa Dam lake in Akita Prefecture, Japan. | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Resource Geology | 6. 最初と最後の頁 印刷中 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12164 | 査読の有無 無 |
| 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 Adomako-Ansah, K., Ishiyama, D. and Allen, R. | 4. 巻 印刷中 |
| 2. 論文標題 Origin of Zn-Pb-Sb-Au mineralization adjacent to the Paleoproterozoic Boliden Au-rich VMS deposit, Sweden: Evidence from Petrographic and Oxygen Isotope Characteristics | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Mineralium Deposita | 6. 最初と最後の頁 印刷中 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00126-017-0765-1 | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ishiyama, Y., Ishiyama, D., Yamada, K., Murayama, M. and Hayashi, T. |
| 2. 発表標題 Change of depositional environment in Lake Tazawa estimated by X-ray fluorescence core scanner |
| 3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 L. Tangwattananukul, D. Ishiyama, and P. Charusiri |
| 2. 発表標題 Gold mineralization hosted by low-grade metamorphic rock in the Huai Kham On deposit, Sukhothai fold belt, northern Thailand |
| 3. 学会等名 日本資源地質学会第69回年会講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Daizo Ishiyama, Yasumasa Ogawa, Stefan Dordievski, Nobuyuki Masuda, Atsushi Shibayama, Zoran Stevanovic and Ljubisa Obradovic |
| 2. 発表標題 Significance of integrated researches based on the environmental evaluation and metal recovery from mining waste materials with special reference to the role of environmental evaluation. |
| 3. 学会等名 Proceedings of International SATREPS conference, Mining and Environment in Future (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 石黒卓哉・石山大三 |
| 2. 発表標題 秋田県田沢湖の堆積物の岩相と地球化学的特徴. |
| 3. 学会等名 日本資源地質学会第68回年会講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 石山大三・内谷繁央・佐藤比奈子・千葉仁・松葉谷治 |
| 2. 発表標題 秋田県玉川温泉大噴泉の温泉水の硫黄およびSr同位体比の特徴. |
| 3. 学会等名 日本資源地質学会第68回年会講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Nyirongo, M., Ishiyama, D. and Sato, H. |
| 2. 発表標題 Mineralogical and geochemical characteristics of weathered gneiss and granitoids, associated with REE enrichment in the Chilwa Alkaline Province, Malawi. |
| 3. 学会等名 資源地質学会第67回年会講演会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Rakotondravaly, D. A. and Ishiyama, D. |
| 2. 発表標題 Petrological and geochemical characteristics of the granitic rocks and andesitic volcanic rocks in Kamaishi Cu-Fe skarn deposit, Iwate Prefecture Japan. |
| 3. 学会等名 資源地質学会第67回年会講演会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Chalid, I. and Ishiyama, D. |
| 2. 発表標題 Characteristics of hydrothermal alteration of water dominant well and dry steam well of the Uenotai geothermal field, Akita Prefecture. |
| 3. 学会等名 日本地熱学会平成29年学術講演会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Pham, Q. M, Ishiyama, D., Ogawa, Y. and Fukuyama, M. |
| 2. 発表標題 Transport and speciation of trace metals in Tama-Omono River System in Akita Prefecture, Japan. |
| 3. 学会等名 Goldschmidt Conference, (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|