

令和 5 年 5 月 16 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04123

研究課題名(和文) 熱水性銅鉱床の研究：なぜ斑岩銅鉱床はできるのか？

研究課題名(英文) Study on hydrothermal copper deposit: Why do porphyry Cu deposits form?

研究代表者

渡辺 寧 (Watanabe, Yasushi)

秋田大学・国際資源学研究所・教授

研究者番号：90358383

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)：海洋プレートの沈み込みに伴う火成弧に分布する斑岩銅鉱床や鉱脈型銅鉱床において、銅が濃集・沈殿するメカニズムを、岩石や鉱物の産状と化学組成、鉱物中の流体包有物分析、鉱物の酸素・水素・硫黄同位体組成をもとに解明する。初年度に試料収集と調整、および試料を構成する鉱物の記載を、2年度には鉱物学的、地球化学的分析を行い、鉱床をもたらした熱水の性質を明らかにした。最終年度には銅の濃集・沈殿をもたらした要因(鉱床形成にかかわったマグマの酸化還元度、熱水中の卓越硫黄種、鉱床形成場の温度圧力条件、酸素・水素どういった組成に基づく熱水の起源)を考察し、斑岩銅鉱床、鉱脈銅鉱床それぞれの形成条件の違いを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

斑岩銅鉱床の形成される地質、地球化学条件が明らかにされ、今後の銅資源探査に応用することができる。得られた結果は、斑岩銅鉱床が天水の循環しない静岩圧下の高温熱水から形成されることが明らかになった。このような地質条件は圧縮応力下の火山弧であり、このような地質条件を満たす地域が今後の資源探査のターゲットとなりうる。

研究成果の概要(英文)：Mechanisms of copper concentration and precipitation in porphyry copper deposits and vein-type copper deposits distributed in igneous arcs associated with the subduction of oceanic plates are investigated. In the first year, we collected and prepared samples, and described the minerals that make up the samples. In the second year, we conducted mineralogical and geochemical analyses, and clarified the properties of the hydrothermal fluid that caused the deposits. In the final year, the factors that brought about the concentration and precipitation of copper (the degree of magma oxidation-reduction involved in the ore formation, the dominant sulfur species in hydrothermal fluid, temperature and pressure conditions of the ore-forming fluid, and the composition of oxygen and hydrogen) were investigated. Then the origin of the mineralized fluid was discussed, and the difference in the formation conditions of porphyry copper deposits and vein deposits was clarified.

研究分野：鉱床学

キーワード：斑岩銅鉱床 鉱脈型銅鉱床 東北日本弧 資源探査 鉱床成因

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

海洋プレートの沈み込みに伴う火成弧にはマグマの貫入に伴い熱水性銅鉛床が形成される。これらの銅鉛床は、1)一つの地域(鉛床区)に特定の時期に集中して形成される、2)地殻浅部(2-6km)に貫入した酸化的かつ中性-珪長質マグマの貫入に伴う、3)マグマ固結時にマグマから分離した熱水から銅が沈殿するという特徴がある。これらの銅鉛床は、マグマから固結した貫入岩の頂部に形成される斑岩型鉛床と貫入岩上部を覆う地層中に形成される脈型鉛床に分けられる。環太平洋の多くの火山弧、特に南米、北米、フィリピン、インドネシアなどでは斑岩銅鉛床が普遍的に認められるが、東北日本弧では斑岩銅鉛床は分布せず、代わりに足尾鉛床や尾去沢鉛床に代表される脈型銅鉛床が分布する。銅鉛化作用においては、すべての火山弧マグマが銅鉛床を形成するポテンシャルを持っているのか、または特異なマグマのみが銅鉛床を形成するのか、チリや東北日本弧に認められる鉛床タイプの違いは何によりもたらされるのか、が根源的な問いであり、その解決により今後の銅資源の探査に対する指針を与えることができる。

斑岩銅鉛床や脈型銅鉛床は、地殻浅部に貫入したマグマから分別した熱水によりもたらされる。マグマの固結に伴い放出される熱水は、初期の高温超臨界流体と後期の低塩濃度流体に分けられ、初期の超臨界流体は、温度の低下とともに高塩濃度熱水と蒸気相に分別することが知られている。このうち塩水には主として卑金属が濃集し、蒸気相には金やヒ素、また条件により銅が濃集する。これまでの研究では、斑岩銅鉛床での銅鉛化作用は塩水、蒸気相、または後期の低塩濃度熱水からの銅鉛物の沈殿、の異なる考えが提案されてきた。また銅の沈殿メカニズムも1)熱水の温度低下、2)熱水の塩濃度の低下、3)熱水の中和反応が主要な要因と考えられている。脈型銅鉛床(足尾、尾去沢、阿仁、荒川)の銅濃集および沈殿メカニズムは明らかにされていない。またなぜマグマや熱水に銅が濃集するのか、なぜ異なるタイプの銅鉛床が形成されたのか、銅鉛床のタイプを決める地質的、物理化学的要因も未解明である。

2. 研究の目的

本研究では、銅鉛化作用を伴うマグマの金属ポテンシャルを造岩鉛物中の微量元素元素の測定を行うことにより評価するとともに、マグマの貫入に伴う斑岩銅鉛床、脈型鉛床における熱水中の銅の濃集と沈殿メカニズムを、貫入岩を構成する鉛物の産状や岩石/鉛物化学組成、安定同位体や流体包有物の研究を通して明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、チリ国のエルサルバドル鉛床、インドネシア国のグラスベルグ鉛床、及び東北日本弧の銅鉛床を伴う貫入岩の試料を用い、1)貫入岩を形成したマグマの酸化・還元状態を、貫入岩を構成する造岩鉛物の産状や化学組成を基に推定する。2)鉛化作用に伴う鉛石鉛物、脈石鉛物、熱水変質鉛物の産状、組み合わせ、鉛物の組織、晶出順序から熱水と母岩との間で生じた化学反応を明らかにする。3)硫化鉛物、硫酸塩鉛物の硫黄同位体組成の測定に基づき、銅硫化物の沈殿温度を明らかにする。4)熱水変質鉛物の酸素・水素同位体組成の測定に基づき、熱水の起源(特にマグマ水と天水との混合比)を明らかにする。これらの結果から、どのようなマグマが銅鉛化作用に適しているのか、どのようなメカニズムで銅鉛物が沈殿したのか、なぜ日本では熱水性脈型鉛床が、その他の地域では斑岩型銅鉛床が形成したのか、について考察する。

研究は3年計画で、1)野外調査・試料採取、2)試料調整・試料観察、3)試料分析、4)研究とりまとめ、研究成果発表の4段階に分かれる。

1)野外調査・試料採取では、斑岩銅鉛床(エルサルバドル、グラスベルグ)については、2015-18年度に本研究提案者が採取した試料を主として用いる。2020年にグラスベルグ、2021年にチリで補足調査および試料採取を行う。東北日本弧の脈型鉛床についてはすでに野外調査を行った荒川鉛床に加え阿仁・尾去沢鉛床の調査・試料採取を行う。同時に秋田大学鉛業博物館に収蔵されている試料も本研究試料として用いる。

2)集められた試料は肉眼観察の後、試料から薄片、研磨薄片を作成し、偏光顕微鏡、走査型分析電子顕微鏡による鉛物記載を行うとともに備品として購入予定である高速振動試料粉碎機を用い粉末試料を作成しX線回折分析(必要に応じて蛍光X線、ICPによる全岩化学分析)を行う。3)ジルコンや磁鉄鉛、角閃石など鍵となる鉛物の主要・微量元素組成を電子線マイクロアナライザーやLA-ICP質量分析計を用い測定する。同時に硫化物や硫酸塩鉛物の硫黄同位体組成分析や含水鉛物の酸素・水素同位体分析を実施し、マグマ水/天水の寄与の割合を推定する。

4)これらの結果を取りまとめ、銅鉛化作用の実態解明を行い、研究成果を報告する。研究成果は新たな知見が得られ次第随時学会や科学雑誌(Society of Economic Geologists, Society for Geology Applied to Mineral Deposits等)に報告する。

4. 研究成果

初年度は、チリ、インドネシア、東北日本弧の銅鉱床（エルサルバドル、グラスベルグ、荒川、その他）での試料採取および試料調整を行った。それらの試料について1) K-Ar 年代測定を実施し、秋田県坊沢鉱床から 19Ma、明又鉱床から 10Ma、揚の沢鉱床から 7.4Ma の鉱化年代を得た。2) これらの鉱床の硫化鉱物、硫酸塩鉱物の硫黄同位体組成分析を実施し、エルサルバドル、グラスベルグ鉱床での同位体平衡温度から、それぞれの鉱床のカリウム変質、白雲母変質をもたらした熱水の温度を得た。3) グラスベルグ鉱床の関連火成岩に含まれるジルコンの希土類元素含有量の測定を実施し、Ce 異常から本岩体を形成したマグマは極めて高い酸化状態にあったこと、角閃石の化学組成の累帯構造から酸化状態の高いマグマと低いマグマとの混合が鉱化作用をもたらしたことが明らかになった。4) エルサルバドル鉱床、グラスベルグ鉱床の熱水性白雲母の化学組成の測定およびスペクトル分析を行い、白雲母のスペクトルは化学組成を反映すること、白雲母の化学組成は白雲母のもとになった鉱物の化学組成を反映することが明らかになった。5) 東北日本弧の銅鉱床の鉱石の肉眼・顕微鏡観察において、鉱化作用は初期の硫化物卓越期と後期の炭酸塩鉱物卓越期に区分されること、これらの鉱石には斑岩銅鉱床に認められる硫酸塩鉱物は含まれないこと、流体包有物の研究から鉱化流体の塩濃度は低いこと、鉱化作用をもたらした流体の温度も斑岩銅鉱床のものと比較すると低いことが明らかになった。さらに熱水変質鉱物の酸素・水素同位体測定および K-Ar 年代測定のための試料調整を行った。

令和3年度は、チリ、インドネシア、東北日本弧の銅鉱床（エルサルバドル、グラスベルグ、荒川、その他）の試料について1) K-Ar 年代測定を実施し、秋田県阿仁鉱床から 10.65 Ma、白子森鉱床から 3.4Ma、グラスベルグ鉱床下部の黒雲母・白雲母変質帯から 3.49-3.26Ma の鉱化年代を得た。2) これらの鉱床の硫化鉱物、硫酸塩鉱物の硫黄同位体組成分析を実施し、グラスベルグ鉱床下部の Gajah Tidur 斑岩銅モリブデン鉱床での同位体平衡温度から、それぞれの鉱床のカリウム変質、白雲母変質をもたらした熱水の温度を得た。3) 秋田県荒川鉱床の関係火成岩の塩基性包有物の鉱物化学組成分析をもとに、荒川銅鉱化作用をもたらしたマグマの成因を考察した。4) 秋田県の赤石鉱床、畑鉱床に産する重晶石の酸素・硫黄同位体測定を実施した。これらの分析結果から下記の結論を得た。1) 荒川地域では、玄武岩マグマの分別結晶作用に形成された安山岩質マグマと地殻に存在した流紋岩質マグマが 2:1 の割合で混合することにより銅に富むデイサイト質マグマが形成され、デイサイト質マグマが固結する際に熱水が分離し、銅も硫黄とともに主として流体相に分配され、熱水性銅鉱床の形成に至った。2) グラスベルグ鉱床では、深部の鉱化作用に対して、熱水変質鉱物の組み合わせと分布、白雲母の化学組成、K-Ar 年代、変質作用に伴う硫化物・硫酸塩鉱物の硫黄同位体組成に基づき、深部の Gajah Tidur 斑岩銅システムと浅部の Main Grasberg システムにわかれること、深部の Gajah Tidur の鉱化年代は約 3.4Ma で Main Grasberg の鉱化年代(3.1Ma)よりも古いこと、Gajah Tidur は Main Grasberg よりも低温での鉱化作用であることが明らかになった。

最終年度にあたる令和4年度には、これまで得られたデータ、およびグラスベルグ鉱床の熱水変質鉱物の酸素・水素同位体分析（令和4年度分析）結果をもとに銅の濃集・沈殿をもたらした要因（鉱床形成にかかわったマグマの酸化還元度、熱水中の卓越硫黄種、鉱床形成場の温度圧力条件）を考察し、斑岩銅鉱床、鉱脈鉱床それぞれの形成条件を明らかにすることを目的とした。

グラスベルグ鉱床の熱水変質鉱物の酸素・水素同位体組成から計算された熱水の同位体組成は、 $-60 \sim -85\text{‰}$ および $1 \sim 5\text{‰}$ （カオリナイト水素・酸素）、 $-40 \sim -55\text{‰}$ および 6‰ （白雲母・パイロフィライト水素・酸素）、 -60‰ および $7 \sim 8\text{‰}$ （黒雲母水素・酸素）であった。これらの結果は、黒雲母および白雲母とパイロフィライトを形成した熱水は蒸気分別後のマグマ水の組成に一致し天水の寄与がほとんど認められない。カオリナイトはこれらの熱水と天水との混合により生じた熱水から形成されたと推定される。この結果はチリ、エルサルバドル斑岩銅鉱床での結果と類似する。一方秋田県白子森鉱床の菱マンガン鉱を形成した熱水や仁別花崗岩の白雲母を形成した熱水の酸素同位体組成は -5‰ で天水の大きな寄与が認められる。これらの結果から、斑岩銅鉱化作用を伴う熱水と伴わない熱水では天水の寄与の度合いがきく異なることが示された。この差は斑岩銅鉱化作用が天水が循環しない高温でより静岩圧に近い条件で生じたことを示し、その様な条件が中新世の東北日本弧では実現されなかったことが斑岩銅鉱化作用の欠如をもたらしたと考察される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Keeditse Mpho, Watanabe Yasushi, Arribas Antonio, Echigo Takuya, Knight Catherine, Disang Oarabile, Buamono Hannah	4. 巻 72
2. 論文標題 Diagenetic and epigenetic origins for Cu Ag mineralization in the Khoemacau Zone 5 deposit, Kalahari Copperbelt, northwestern Botswana	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 12286
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/rge.12286	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 Satori Shota, Watanabe Yasushi, Ogata Takeyuki, Hayasaka Yasutaka	4. 巻 72
2. 論文標題 Late Miocene magmatic hydrothermal system and related Cu mineralization of the Arakawa area, Akita, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 12284
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/rge.12284	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 Bounliyong Patthana, Arribas Antonio, Watanabe Yasushi, Echigo Takuya, Wong Henry	4. 巻 72
2. 論文標題 A new orogenic gold belt in Southeast Asia: Geology, mineralogy and genesis of the Vangtat gold deposit, Southeastern Laos	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 12283
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/rge.12283	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 Reza Al Furqan, Yasushi Watanabe, Antonio Arribas, Clyde Leys, Apun Permana	4. 巻 none
2. 論文標題 White mica chemistry as a vectoring tool in porphyry Cu deposits exploration: a case study of the deep Grasberg deposit, Indonesia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MGEI Proceedings, the 13th MGEI Annual Convention, Jakarta, 14-16 December 2021,	6. 最初と最後の頁 11-16
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 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 Simusokwe Mukuka, Watanabe Yasushi, Echigo Takuya	4. 巻 71
2. 論文標題 Hydrothermal alteration and Cu-Co mineralization at the peripheral zone (Target H) of the Kitumba iron-oxide copper-gold system, Mumbwa District, Zambia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 409 ~ 435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12274	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 Tupaz Carmela Alen J., Watanabe Yasushi, Sanematsu Kenzo, Echigo Takuya	4. 巻 71
2. 論文標題 Spectral and chemical studies of iron and manganese oxyhydroxides in laterite developed on ultramafic rocks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 377 ~ 391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12272	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 Bounliyong Patthana, Itaya Tetsumaru, Arribas Antonio, Watanabe Yasushi, Wong Henry, Echigo Takuya	4. 巻 71
2. 論文標題 K-Ar geochronology of orogenic gold mineralization in the Vangtat gold belt, southeastern Laos: Effect of excess argon in hydrothermal quartz	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 161 ~ 175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12258	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 Sulaksono Adi, Watanabe Yasushi, Arribas Antonio, Echigo Takuya, Al Furqan Reza, Leys Clyde A.	4. 巻 56
2. 論文標題 Reduction of oxidized sulfur in the formation of the Grasberg porphyry copper-gold deposit, Papua, Indonesia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mineralium Deposita	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00126-021-01040-9	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 Suzuki Teruhiro, Satori Shota, Fujimaki Yuho, Watanabe Yasushi	4. 巻 70
2. 論文標題 Early Miocene metallogenic event formed the Bosawa low sulfidation epithermal gold deposit, Northeast Japan arc	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Resource Geology	6. 最初と最後の頁 378 ~ 388
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/rge.12248	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 Tupaz Carmela Alen J., Watanabe Yasushi, Sanematsu Kenzo, Echigo Takuya	4. 巻 125
2. 論文標題 Mineralogy and geochemistry of the Berong Ni-Co laterite deposit, Palawan, Philippines	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ore Geology Reviews	6. 最初と最後の頁 103686 ~ 103686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oregeorev.2020.103686	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 Marquez-Zavalía M.F., Vymazalova A., Galliski M.A., Watanabe Y., Murakami H.	4. 巻 2
2. 論文標題 Indium-bearing paragenesis from the Nueva Esperanza and Restauradora veins, Capillitas mine, Argentina	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geosciences	6. 最初と最後の頁 97 ~ 109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3190/jgeosci.304	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 Tupaz Carmela Alen J., Watanabe Yasushi, Sanematsu Kenzo, Echigo Takuya, Arcilla Carlo, Ferrer Cherisse	4. 巻 10
2. 論文標題 Ni-Co Mineralization in the Intex Laterite Deposit, Mindoro, Philippines	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Minerals	6. 最初と最後の頁 579 ~ 579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/min10070579	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27件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Carmela Tupaz, Yasushi Watanabe, Kenzo Sanematsu, Echigo Takuya
2. 発表標題 Raman spectral and chemical studies of manganese oxyhydroxides in laterites developed over ultramafic rocks
3. 学会等名 GEOSEA2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Reza Al Furqan, Yasushi Watanabe, Antonio Arribas, Clyde Leys, Apun Permana
2. 発表標題 White mica chemistry as a vectoring tool in porphyry Cu deposits exploration: a case study of the deep Grasberg deposit, Indonesia
3. 学会等名 The 13th MGEI Annual Convention (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺 寧
2. 発表標題 山師のレアメタル・レアアース資源評価
3. 学会等名 第11回化学フェスタ 環境・エネルギー・資源「令和の錬金術師から学ぶ都市鉱山 精製・精錬, リサイクルの現状」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Teruhiro Suzuki, Yasushi Watanabe, Takuya Echigo, Shogo Aoki
2. 発表標題 Mineralization process deduced from the occurrence of a yellow ore from the Furutobe deposit, Akita, Japan
3. 学会等名 ICMR2021 Akita (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mpho Keedise, Yasushi Watanabe, Antonio Arribas, Takuya Echigo, Shogo Aoki
2. 発表標題 Diagenetic-early hydrothermal origin for Cu-Pb-Zn-As mineralization in sediment-hosted Zone 5 Cu-Ag deposit, Kalahari Copperbelt, NW Botswana
3. 学会等名 ICMR2021 Akita (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平田 和希, 渡辺 寧, 越後 拓也, 青木 翔吾
2. 発表標題 秋田県仙北市坊沢鉱床の地質及び浅熱水性低硫化型金銀鉱化作用
3. 学会等名 日本鉱物科学会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木 照洋, 藤巻 勇帆, 越後 拓也, 渡辺 寧
2. 発表標題 秋田県荒川鉱山産燐銅鉱の産状及び形成機構
3. 学会等名 日本鉱物科学会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 R. A. Furqan, Y. Watanabe, A. Arribas, A. Sulaksono, C. Leys
2. 発表標題 White mica discrimination of two overlapping sericitic alteration stages at the deep Grasberg porphyry system, Indonesia
3. 学会等名 資源地質学会第70回年会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 館 弥, 渡辺 寧, 越後拓也, 青木翔吾
2. 発表標題 チリ・エルサルパドル斑岩銅鉱床における白雲母族鉱物の化学組成と近赤外線スペクトルの特徴
3. 学会等名 資源地質学会第70回年会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 左部翔大, 昆 慶明, 渡辺 寧, 越後拓也
2. 発表標題 鉱脈型銅鉱化作用に関連した中新世珪長質貫入岩及びエンクレーブ
3. 学会等名 資源地質学会第70回年会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小沼優希, 渡辺 寧, 越後拓也
2. 発表標題 秋田県大仙市畑鉱床の地質と金鉱化作用
3. 学会等名 資源地質学会第70回年会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木照洋, 渡辺 寧, 越後拓也, 青木翔吾
2. 発表標題 秋田県北部地域の黒鉱鉱床における合金銀鉱石形成機構
3. 学会等名 資源地質学会第70回年会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Keeditse, Y. Watanabe, T. Echigo, S. Aoki, A. Arribas
2. 発表標題 Textural and geochemical analysis of sulfides at Zone 5 Cu-Ag deposit, Kalahari Copperbelt: Implication on the genesis of the deposit
3. 学会等名 資源地質学会第70回年会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 左部翔大, 昆 慶明, 渡辺 寧, 越後拓也
2. 発表標題 新第三紀東北日本弧の火成活動に伴われる銅の移動システム
3. 学会等名 JPGU2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木 照洋, 渡辺 寧, 越後 拓也
2. 発表標題 古遠部鉱山の層状黄鉱における金銀晶出機構
3. 学会等名 JPGU2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺 寧
2. 発表標題 先端技術を支える秋田の鉱業：資源の宝庫・秋田の底力
3. 学会等名 令和2年度あきたスマートカレッジ（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yasushi Watanabe, Sarangua Nergui, Ryuya Sato
2. 発表標題 Calcium: Seasoning of porphyry Cu and peralkaline granite REE mineralization
3. 学会等名 GeoCon 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Carmela Alen Tupaz, Yasushi Watanabe, Kenzo Sanematsu, Takuya Echigo
2. 発表標題 Co and Sc enrichment in the Berong Ni laterite deposit (Palawan, Philippines)
3. 学会等名 GeoCon 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤巻勇帆, 渡辺 寧, 越後拓也
2. 発表標題 リスウェナイト化に伴う金属鉱化作用
3. 学会等名 日本鉱物科学会2020年オンライン年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小関雅弥, 渡辺 寧, 越後拓也
2. 発表標題 北海道北見地域北ノ王鉱床における地質および熱水変質作用
3. 学会等名 日本鉱物科学会2020年オンライン年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keeditse, M., Watanabe, Y., Echigo, T., Arribas, A.
2. 発表標題 Multi-stage mineralization of the sediment-hosted stratabound Zone 5 copper-silver deposit, Kalahari Copperbelt, NW Botswana
3. 学会等名 JPGU-AGU2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Veeravinantanakul, A., Takahashi, R., Agangi, A., Ohba, T., Watanabe, Y., Elburg, M., Ueckermann, H., Charusiri, P.
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 JPGU-AGU2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Simusokwe, M., Watanabe, Y., Echigo, T.
2. 発表標題 Hydrothermal mineralization and alteration of the sediment-hosted Fe-Cu-Co Target H prospect, Mumbwa iron-oxide-copper-gold district, Zambia
3. 学会等名 JPGU-AGU2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Bounliyong, P., Arribas, A., Watanabe, Y., Echigo, T.
2. 発表標題 A new orogenic gold belt in mainland SE Asia: the Vangtat gold deposit in southern Laos
3. 学会等名 JPGU-AGU2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yasushi Watanabe
2. 発表標題 Calcium: Trigger of porphyry Cu and peralkaline granite REE mineralization
3. 学会等名 JPGU-AGU2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 左部翔大, 渡辺 寧, 緒方武幸, 早坂康隆
2. 発表標題 秋田県荒川マグマ - 熱水系に伴う鉍脈型銅鉍化作用
3. 学会等名 JPGU-AGU2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takagi, M., Echigo, T., Watanabe, Y., Monma, K., Miyawaki, R.
2. 発表標題 The formation process of Jabal Tawlah REE deposit, Kingdom of Saudi Arabia
3. 学会等名 Goldschmidt2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 縄田 浩志, 片倉 邦雄, 千代延 俊, 渡辺 寧, 保坂 修司, 藤井 光	4. 発行年 2021年
2. 出版社 法律文化社	5. 総ページ数 254
3. 書名 現代中東の資源開発と環境配慮	

1. 著者名 日本沙漠学会	4. 発行年 2020年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 534
3. 書名 沙漠学事典	

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://akitauiinfo.akita-u.ac.jp/html/100000361_ja.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
研究分担者	越後 拓也 (Echigo Takuya) (30614036)	秋田大学・国際資源学研究所・准教授 (11401)	

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
---------	---------