

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：13201

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K21896

研究課題名（和文）礫層の堆積年代に関する効果的な測定法の構築

研究課題名（英文）Construction of effective dating method for sedimentary ages of gravel layers

研究代表者

安江 健一（Yasue, Ken-ichi）

富山大学・学術研究部都市デザイン学系・准教授

研究者番号：10446461

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：礫層の堆積年代測定法を構築するために、礫層中の礫の水和層の厚さと二次磁化の獲得温度、礫周辺の砂と泥のU-Pb年代測定と古地磁気測定を実施した。その結果、堆積年代が60万年前頃である礫層から採取した試料において、各手法から年代値が得られ、水和層の厚さとU-Pb年代測定と古地磁気測定からの年代値を複合することで、想定される堆積年代値を得ることができた。一方、別の礫層では同手法で想定される堆積年代値を得ることができなかった。今後は、各手法の確度を高くするとともに、適用事例の蓄積が課題である。また、二次磁化の獲得温度については、活断層の最新時期の解明などの別の適用検討が考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

礫層は、砂層や泥層に比べて堆積時期の指標となる化石や火山灰を含むことが稀であり、礫層に万能な堆積年代測定法がない。そのような礫層に対して、本研究により数十万-数百万年前の堆積年代を把握することができるようになる。これにより、日本のような変動帯の地形変化や地質構造発達の歴史を詳しく解明することに貢献できる。また、約78万-12.6万年前の地層は世界的にチバニアンと呼ばれており、日本の地名が使われている。同時代の地層は日本各地に分布している可能性がある。本手法は、日本各地のチバニアンの把握を可能にし、教育や観光の資源の発見などでも地域にも貢献できる。

研究成果の概要（英文）：We studied a sedimentary dating method of the gravel beds using the thickness of the hydration layer, the temperature of secondary magnetization, the U-Pb dating, and the paleomagnetic measurement. As a result, ages were dated from each method for samples from gravel layers with known sedimentary ages. The integrated ages from the thickness of the hydration layer, the U-Pb dating, and paleomagnetic measurements were consistent with the assumed sedimentary ages. On the other hand, this study could not obtain the sedimentation age assumed by the same method for another gravel layer. In the future, we need to improve the accuracy of each method and accumulate application examples. In addition, we would like to examine the application of the temperature of secondary magnetization to the identification of the recent activity of active faults.

研究分野：地質学

キーワード：水和層 二次磁化 U-Pb年代 古地磁気 呉羽山礫層 土岐砂礫層

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

変動帯に位置する日本では、数十万年や数百万年という時間をかけて山地が形成してきた。この山地が、いつからどのように高くなり、今後も高くなるかについては、山地周辺の礫層の堆積年代の解明が必要である。しかし、砂層や泥層に比べると、礫層は堆積時期の指標となる化石や火山灰を含むことが稀で、堆積年代の決定が極めて困難である。また、稀に含まれる火山灰から礫層の年代を決定しても、別の地点で同名の礫層の堆積時期が100年以上異なる場合もある。そのため、これまでは礫層の存在から検討される山地の形成時期は大雑把に示され、鮮新世や更新世等の地質時代あるいは、100万年前や200万年前等としていた(Yasue et al., 2005)。また、山地が急速に成長した地域や断層運動が活発な地域は、堆積速度が速いことから礫層が厚く堆積する傾向があり、礫層から自然災害の発生について明らかにすることができる。しかし、礫層からそれが発生した年代を精度よく決定することは現状では難しい。

研究代表者らは、これまでに礫層から火山灰を抽出して堆積年代の決定を試みてきた(例えば、新里ほか, 2007)。しかし、多くの礫層で年代決定ができない問題を抱えていた。そこで、礫層に含まれる礫・砂・泥を用いて、堆積年代を決定する手法を構築する本研究を開始した。

### 2. 研究の目的

礫層は、砂層や泥層に比べて堆積時期の指標となる化石や火山灰を含むことが稀であり、堆積年代の決定が極めて困難である。本研究では、図1のように礫層中の礫の水和層の厚さ(手法1)と二次磁化の獲得温度(手法2)、礫周辺の砂と泥のU-Pb年代測定(手法3)と古地磁気測定(手法4)から得られる年代値を複合した礫層の堆積年代測定法の構築を目的とする。対象とする年代は、数十万～数百万年前である。

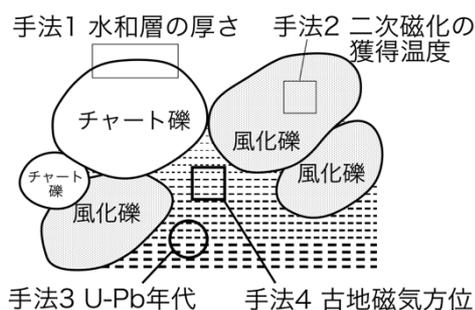


図1 測定試料のイメージ。

### 3. 研究の方法

次の手法1～4から得られた年代値を複合して数十万～数百万年前の礫層の堆積年代を求め、その値の妥当性を既往研究の結果と比較して評価する。試料採取・年代測定・妥当性評価を繰り返して有用性を模索しながら効果的な測定法を構築する。

#### 手法1 チャート礫表面の水和層の厚さの測定

石英を主成分とするチャート礫は風化に非常に強いが、時間とともに僅かではあるが表面から水和層が形成される。本研究では、二次イオン質量分析法(SIMS)により0.1 $\mu$ mオーダの微小領域の石英の水和層を把握し、水和層の厚さと堆積年代の関係を明らかにする。測定には、四重極型二次イオン質量分析装置(Phi Adept1010)を用いる。

#### 手法2 風化礫の二次磁化の獲得温度の測定

古い礫層の礫ほど二次磁化の割合は高くなり、初生残留磁化を測定する際に、より高温で二次磁化の消磁処理をする必要がある。本研究では、風化礫を段階的に熱消磁して二次磁化から初生磁化に変わる温度を把握し、その温度と堆積年代の関係を明らかにする。測定は、磁気シールドルームにおいて、超伝導磁力計(2G Enterprises社製パススルー型760R)を用いて行った。

#### 手法3 ジルコンのU-Pb年代測定

砕屑物の粒子ごとの年代を明らかにすることで、堆積年代はその中の若い値以降であることがわかる。そこで、風化に強い鉱物の一つであるジルコンのU-Pb年代測定を数多く行い、最も若い年代値を用いて堆積年代がいつ以降かを明らかにする。U-Pb年代測定には、レーザーアブレーション装置(Photon-Machines, Analyte G2)と二重収束型誘導結合プラズマ(ICP)質量分析装置(Thermo Fisher Scientific, Neptune-Plus)を用いる。また、ジルコンの観察には、電子プローブマイクロアナライザ(EPMA: JEOL JXA-8530F)に付属されているカソードルミネッセンス(CL)イメージングシステムXM-26740PCL1及びCL分光システムXM-Z10009TMCLを用いる。

#### 手法4 古地磁気測定

礫周辺の砂層や泥層から採取した試料の残留磁化を測定し、堆積当時の地磁気方位が、正磁極期か逆磁極期かを明らかにする。測定は、磁気シールドルームにおいて、超伝導磁力計(2G Enterprises社製パススルー型760R)を用いて行った。

#### 4. 研究成果

研究に使用した試料は、岐阜県南東部に分布する土岐砂礫層と富山県中部に分布する呉羽山礫層から採取した。土岐砂礫層の試料採取地点 (To1) の位置は、北緯 35 度 28 分 31.91 秒、東経 137 度 27 分 35.98 秒である。この地点の北東側約 7km の地点の露頭では、土岐砂礫層中にテフラ層が観察されており、その U-Pb 年代値は  $3.94 \pm 0.07$  Ma である (植木ほか, 2018)。しかし、この露頭は現在観察することができないことから、近くで類似の堆積物である To1 の露頭から試料を採取した。呉羽山礫層の試料は、露頭とボーリングコア (富山市所有) から採取した。露頭地点 (Ko1) の位置は、北緯 36 度 42 分 4.54 秒、東経 137 度 10 分 3.89 秒である。この地域の呉羽山礫層上部には上宝テフラ (0.6 Ma) が挟在しており (田村ほか, 2010)、Ko1 では露頭上部に上宝テフラを観察することができる。ボーリング地点の位置は、Kb-No1 が北緯 36 度 42 分 22.62 秒、東経 137 度 10 分 52.07 秒、Kb-No2 が北緯 36 度 42 分 19.19 秒、東経 137 度 10 分 49.44 秒、Kb-No3 が北緯 36 度 42 分 23.61 秒、東経 137 度 10 分 52.91 秒である。これらの試料に以下の手法 1~4 を適用した結果を示す。

##### 手法 1 チャート礫表面の水和層の厚さの測定

To1 の露頭から採取した溶結凝灰岩礫とチャート礫の表面の石英の水和層の厚さを、二次イオン質量分析法により測定した。測定の結果、水素濃度から見積もられる水和層の厚さは、溶結凝灰岩礫で  $4\sim 5\mu\text{m}$  程度、チャート礫で  $1\mu\text{m}$  程度であった。また、溶結凝灰岩礫の表面から  $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 、チャート礫の表面から  $0.1\mu\text{m}$  の部分は、酸素とケイ素の二次イオン強度が低い結果となった。これは、試料表面における  $1\mu\text{m}$  以下の微小な凹凸が表層物質の深さ方向への分布に影響しており、特にケイ素イオン強度が表面付近で急低下している。この低下領域が凹凸の影響範囲と見なして除外し、式 1 (Ericson et al., 2004) を使って拡散係数 (文献値  $5.0 \times 10^{-22} \text{ cm}^2/\text{s}$ ) と時間をパラメータとした相補誤差関数でフィッティングした。その結果、チャート礫で 3 万年、溶結凝灰岩礫で 20 万年と 45 万年という値が算出された。この値は、実際の想定年代と比べて 1~2 オーダー程度若い値である。

一方、Kb-No3 および Ko1 から採取した礫に同じ手法を適用した結果、40 万年や 60 万年という想定年代と調和的または同じオーダーの値が算出された。具体的には、Ko1 では、チャート礫の表面の水和層の厚さ測定において、Si イオン強度のトレンドに基づき表面から  $0.6\mu\text{m}$  を H 濃度の採用範囲から除外して、拡散係数と時間をパラメータとした相補誤差関数でフィッティングした (図 2)。その結果、 $t$  は 0.6 Ma と算出された。

同じ手法でありながら、Kb-No3 および Ko1 では想定年代と調和的または同じオーダーであり、To1 では想定年代と 1~2 オーダー程度異なる理由については、現時点では不明である。また、本研究で用いた算出方法は、理論的根拠に乏しく、値は参考値として扱う必要がある。今後、同じ露頭において測定数を増やすとともに、算出の理論の構築と適用例の蓄積が課題である。

$$c(x, t) = (c(0, t) - c_i) \cdot \text{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}}\right) + c_i$$

D: 拡散係数 ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )  
 x: 深さ (cm)  
 t: 時間 (s)  
 c(0, t): x=0における濃度  
 c<sub>i</sub>: バックグラウンドレベルでの濃度

式 1 フィッティングに用いた式。  
(Ericson et al., 2004)

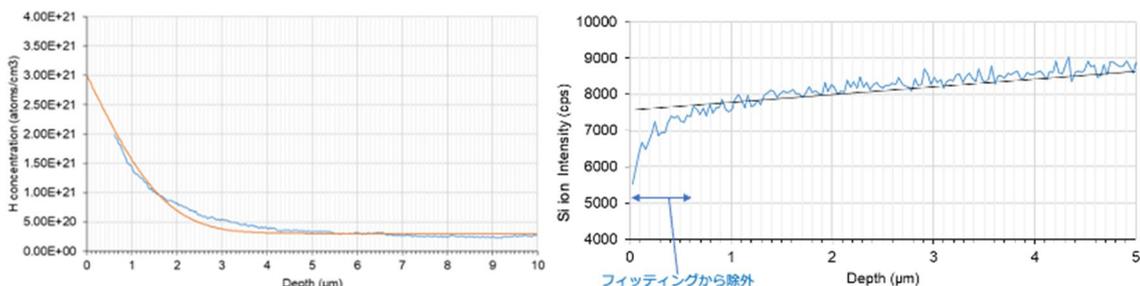


図 2 呉羽山礫層の露頭 (Ko1) で採取したチャート礫の表面の水和層の厚さ測定。  
 左: 礫表面からの水素濃度の深度変化、右: 礫表面からのケイ素イオン濃度の深度変化。  
 青線は測定値、橙線はフィッティングの結果

## 手法2 風化礫の二次磁化の獲得温度の測定

To1 と Ko1 の露頭、および Kb-No3 のコアから採取した溶結凝灰岩礫とチャート礫の自然残留磁化測定と段階交流消磁実験を行った。その結果から 2 つの磁化成分が認められた試料については、段階的に熱消磁して低保磁力成分を同定し、二次磁化から初生磁化に変わる温度を把握した(図3)。この二次磁化の獲得温度の測定では、試料内に含まれる磁性鉱物の同定のために、低温磁気分析を行った。その結果、二次化学残留磁化または酸化磁鉄鉱に存在する粘性残留磁化である可能性が高く、年代測定に適用できない可能性がある。

本研究の測定試料では、80~130 までの二次磁化があることが明らかとなった。仮にこの獲得温度を適用して推定される年代は、数十年程度となり、適用できたとしても想定される礫層の堆積年代に比べて明らかに若い。試料の中には複数の磁化成分を持つものもあることから、礫が何らかの影響で移動や回転をしていた可能性がある。この礫を採取した露頭やコアは、人工的に掘削されたていることから、その際に移動や回転をしてしまった可能性も考えられる。このことは、試料採取に細心の注意を払う必要があることを示すとともに、最近の変動の時期を推定できる可能性を暗示している。例えば、活断層の最新時期や地滑りの発生時期などの解明にも適用できるかもしれない。

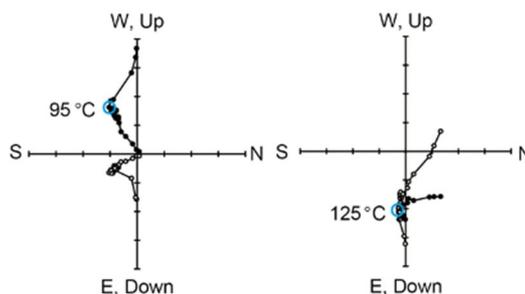


図3 礫を用いた段階熱消磁実験の結果  
左：土岐砂礫層中の礫、右：呉羽山礫層中の礫

## 手法3 ジルコンの U-Pb 年代測定

砂試料から分離したジルコンをハンドピックして樹脂包埋後、鏡面研磨を行った。また、ジルコンの CL 像観察を実施し、成長の最新部であるリム部分をはっきりとさせて U-Pb 年代測定を実施した。

To1 の砂層のジルコンの U-Pb 年代値は 70 Ma 前後に集中した。この年代値は、この地域の基盤岩である苗木花崗岩の形成時期に近い値であることから、主に基盤岩から侵食して堆積したジルコンと考えられる。このことから堆積年代は約 7000 万年前より後となるが、想定される堆積年代(400 万年前)と比べて明らかに古く、堆積年代の評価において最若年代として抽出するのに適当な値とは言い難い。

Ko1 の呉羽山礫層の露頭から採取した試料においては、小さいジルコン粒子はピンクがかかったものが多く、比較的摩耗している。また、ハンドピック時の観察では、摩耗している粒子は少なく、大きさにバリエーション(数十~100  $\mu\text{m}$  程度)がある。摩耗しているもの、自形が強く見えるもの、色見の強いもの、弱いものそれぞれをハンドピックした。ほとんどの試料で  $^{235}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}$  系での年代値と  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  系での年代値が一致(コンコードダンス)した。一方、1 Ma よりも形成年代が若い試料が確認された。若い試料の年代測定では、同位体分析による放射壊変起源の  $^{207}\text{Pb}$  の検出が困難となるため( $^{235}\text{U}$  より  $^{238}\text{U}$  の同位体存在度が高いため)  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  年代の方が年代測定としては高精度となる。ここでは  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  系で算出される年代値の結果を示す。0.6-0.7 Ma、70 Ma、200-260 Ma、1650 Ma の値を示し、0.6-0.7 Ma に顕著なピークが見られる(図4)。なお、2 Ma より若い試料は、ジルコン結晶形成時のメルトとジルコン間の U-Th 非平衡を考慮する必要あり、現段階ではメルトの Th/U 比を取得できていないため、参考値として扱うことになるが、礫層の堆積年代は 60-70 万年前頃より新しいと考えられる。最も古い 1650 Ma の粒子は、表面が摩耗しており、CL 像がかなり暗い特徴があった。このように粒子 1 つずつの特徴を踏まえて測定する粒子や年代値を採用する粒子を検討することで、より若い粒子が抽出できると考えられる。

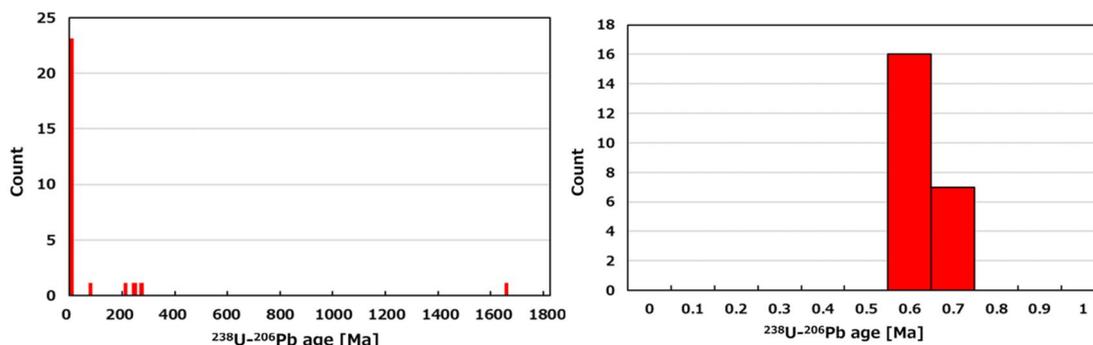


図4 呉羽山礫層の露頭(Ko1)に分布する砂層から抽出したジルコンの U-Pb 年代測結果。  
左：全測定結果、右：過去 100 万年間を拡大

#### 手法4 古地磁気測定

To1において、7 cc プラスチックキューブを用いて粘土試料を採取し、自然残留磁化測定と段階交流消磁実験を行った。試料は磁化強度が弱く、段階交流消磁で安定な固有磁化成分を道程することが困難であった。

呉羽山丘陵において掘削された Kb-No1、Kb-No2 および Kb-No3 の3本のボーリングコア試料（富山市所有）の砂層部分を用いて1~2 cm 間隔で連続の古地磁気測定を行った。コア試料の段階交流消磁実験の結果、0 mT から約 20 mT までの原点に向かわない低保磁力成分とそれ以降で原点に向かって減衰する安定な高保磁力成分を示す挙動が認められた。30 mT の消磁段階で得られた固有残留磁化は、測定した3本のボーリングコア試料において伏角が正を示す層がほとんどで、10~30 cm の厚さで伏角が負を示す層が3本すべてのコア試料の上部と No.3 の下部から認められた（図5）。礫層の最上部または上位に60万年前のテフラが分布すること、測定試料の全体は正帯磁であること、砂層上部から逆帯磁であることから、堆積時期は松山逆帯磁期内の4つのサブクロンのいずれかに絞り込める。

Kb-No1 から1kmほど離れたKo1の露頭において、7ccプラスチックキューブを用いてシルト層と砂層の試料を採取し、自然残留磁化測定と段階交流消磁実験を行った。その結果、正帯磁を示した（図6）。この測定試料より下部と考えられるKb-No1~3のボーリングコア試料の堆積時期は、松山逆帯磁期内の4つのサブクロンのいずれかであることから、この正帯磁は Brunhes 正帯磁期である可能性が高く、礫層の堆積年代は77万年より新しいと考えられる。

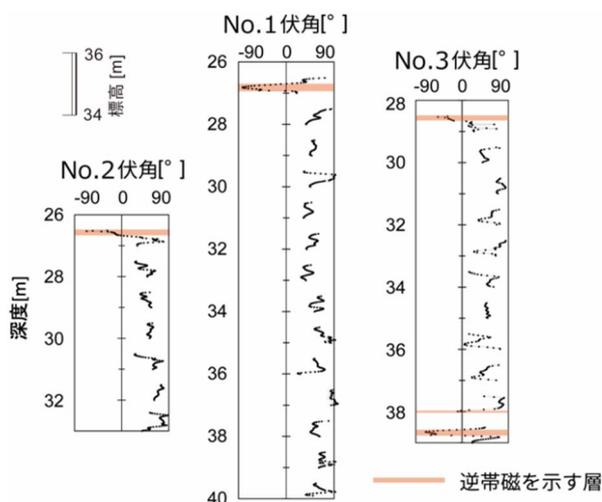


図5 呉羽山礫層のボーリングコア試料 (Kb-No1~3) の古地磁気測定結果。

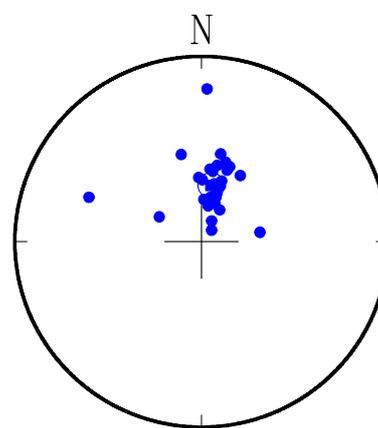


図6 呉羽山礫層の露頭 (Ko1) の古地磁気測定結果。

#### まとめ

土岐砂礫層と呉羽山砂礫層を事例に、礫層中の礫の水和層の厚さと二次磁化の獲得温度、礫周辺の砂と泥の U-Pb 年代測定と古地磁気測定を実施した。その結果、堆積年代が60万年前頃である呉羽山礫層において、参考値ではあるが、二次磁化の獲得温度以外の測定法から年代値が得られ、それらを複合することで60万年前頃という調和的な堆積年代を得ることができた。しかし、土岐砂礫層では同手法で堆積年代を得ることができなかった。今後は、各手法の確度を高くする研究をするとともに、土岐砂礫層も含めて適用事例の蓄積が課題である。また、二次磁化の獲得温度については、活断層の最新時期の解明などの別の適用検討が考えられる。

#### <引用文献>

- 田村糸子・山崎晴雄・中村洋介, 2010, 富山積成盆地, 北陸層群の広域テフラと第四紀テクトニクス. 地質学雑誌, 116 補遺, p.1-20.
- 植木忠正・丹羽正和・岩野英樹・壇原 徹・平田岳史, 2019, 中部日本, 鮮新世東海層群中の大田テフラのジルコン U-Pb およびフィッシュン・トラック年代. 地質学雑誌, 125, p.227-236
- Ericson, J. E., Dersch, O. and Rauch, F., 2004, Quartz hydration dating. *J. Archaeol. Sci.*, 31, p.883-902.
- Yasue, K., Ishii, E., Niizato, T., 2005, Neotectonics of the Tenpoku Sedimentary Basin in northern Hokkaido, Japan: a case of Horonobe area. Abstracts of the HOKUDAN International Symposium on Active Faulting, 176-177.
- 新里忠史・舟木泰智・安江健一, 2007, 北海道北部, 幌延地域における後期鮮新世以降の古地理と地質構造発達史. 地質学雑誌, 113 補遺, 119-135.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 YONAGA Yusuke, SANO Naomi, AMAMIYA Hiroki, OGITA Yasuhiro, NIWA Masakazu, YASUE Ken-ichi	4. 巻 62
2. 論文標題 Provenance Analysis Using Rapid Quantification of Heavy Minerals via EPMA	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society of Engineering Geology	6. 最初と最後の頁 2~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5110/jjseg.62.2	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 安江 健一	4. 巻 44
2. 論文標題 呉羽山で学ぶ - ジオ・エコ・ヒトのつながり -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 とやまと自然	6. 最初と最後の頁 1~8
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 Niwa Masakazu, Amamiya Hiroki, Yonaga Yusuke, Ogita Yasuhiro, Yasue Ken-ichi, Iwano Hideki, Danhara Tohru, and Hirata Takafumi	4. 巻 126
2. 論文標題 Zircon U-Pb and fission-track ages for tephra interbedded in Neogene and Quaternary in Horonobe area, northern Hokkaido	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of the Geological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 267~283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2020.0006	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 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Kawasaki, K.
2. 発表標題 Preliminarily environmental magnetic results from packed snow along the roadside at Mt. Tateyama, Toyama, Japan.
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横山立憲
2. 発表標題 レーザーを用いた局所分析による岩石・鉱物の年代学的研
3. 学会等名 第16回 原子力機構報告会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shibata, H. and Kawasaki, K.
2. 発表標題 Preliminary magnetic biomonitoring results of the spatial distribution of atmospheric particulate matter at Toyama city, Toyama, Japan
3. 学会等名 JpGU-AGU joint meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丹羽正和・島田耕史
2. 発表標題 石英の水和反応に関する水熱実験：自然現象に対する新たな年代測定手法の開発に向けて
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 代永佑輔・佐野直美・雨宮浩樹・丹羽正和・安江健一
2. 発表標題 北海道幌延地域を事例としたEPMAを用いた後背地解析
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kawasaki, K. and Symons, D.T.A.
2. 発表標題 Paleomagnetic age dating of the Grum Zn-Pb-Ag deposit, Canada.
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 16th Annual meeting
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kawasaki, K., Yasue, K., Niwa, M. and Yokoyama T.
2. 発表標題 Preliminary paleomagnetic results of conglomerates of the Toki Sand and Gravel Formation and the Kurehayama Gravel Formation
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久志勘太・川崎一雄・安江健一・丹羽正和・横山立憲
2. 発表標題 古地磁気学的手法を用いた呉羽山礫層の堆積年代推定の予察的結果
3. 学会等名 日本活断層学会2022年度秋季学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丹羽正和
2. 発表標題 地層処分分野における地質年代学・熱年代学的重要性：最近の関連研究成果と今後の展開
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kawasaki, K., Hisashi, K., Yasue, K., Niwa, M. and Yokoyama, T.
2. 発表標題 Preliminary results of magnetostratigraphic investigations of the Kurehayama gravel formation in Toyama, Japan
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2023
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 富山大学地域づくり研究会	4. 発行年 2020年
2. 出版社 昭和堂	5. 総ページ数 280
3. 書名 大学的富山ガイド	

〔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
研究分担者	丹羽 正和  (Niwa Masakazu)  (90421685)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター・研究主幹   (82110)	
研究分担者	川崎 一雄  (Kawasaki Kazuo)  (60624806)	富山大学・学術研究部都市デザイン学系・准教授   (13201)	
研究分担者	横山 立憲  (Yokoyama Tatsunori)  (10750846)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター・研究職   (82110)	

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