

# 令和6年度 糸魚川ジオパーク学術研究奨励事業 研究概要

## No.1 城本高輝（松本大学）

### 【研究の名称】

糸魚川ジオパークのワーケーション推進に関する研究

### 【背景と目的】

日本全国において、特に地方部において人口減少・少子高齢化問題は深刻な状況となっている。人口減少・少子高齢化問題は短期的に改善することが困難であるため、日本は、少子高齢化・人口減少問題と向き合いながら関係人口の創出に取り組む必要がある。現在、日本政府は、地方創生に重点をおいた政策を強力に推進している。一方、コロナ禍で、人の価値観の変化やテクノロジーの進化により、働き方や余暇の過ごし方など従来のライフスタイルが変化し、地方創生に結びつこうとしている現象が見られるようになった。ワーケーションはその現象の一つと考えられ、都心部から地方部への関係人口創出の取り組みとしても注目を集めている。ワーケーションとは「ワーク」と「バケーション」を組み合わせた造語で、観光地などの休暇先でリモートワークを行うことをいう。

ワーケーションは、以前より普及していたものの、研究が進められてきたのは最近である。よって、ワーケーションに関する先行研究において、学術的な議論は十分に行われていない。また、ワーケーションについては明確な定義がなく、現在もイメージが先行しており、ワーケーションを導入する企業、社員（個人）、地域・行政、関連事業者が、それぞれの観点でワーケーションを解釈し、事業を推進しているとされている。ワーケーションについての研究は、日本の将来を考えるうえで、学術的意義が非常に高い。特に、少子高齢化・人口減少問題が顕著となっている地方部でのワーケーションについての研究は、人口減少・少子高齢化に向き合う日本の社会デザインの探究に繋がるものであろう。

糸魚川ジオパークは、ほぼ中央を糸魚川-静岡構造線が通過しており、エリアによって地質や地形の成り立ちが異なっている。また、ジオパーク内には24か所のジオエリアが設定されており、日本列島の形成や糸魚川の文化・歴史を楽しく学ぶことができるようになっている。糸魚川ジオパークは、2008年に日本ジオパークとして、2009年にユネスコ世界ジオパークとして認定された。ミニコース（初心者向け、所要時間：90分～6時間）や一日コース（中級者・上級者向け、所要時間：7時間～3日）など、多様な観光モデルコースが用意されている。

糸魚川市は、市全体がジオパークとなっており、「糸魚川だからできる、ジオツーリズム×ワーケーション」として、ワーケーションの取り組みを推進している。糸魚川市は、北陸新幹線で東京から約2時間とアクセスが良いことや、「糸魚川市は、東西文化の境目になっている歴史的にも意義深い土地であり、3,000m級の山々から-1,000mの深海が織りなす高低差により、サーフィンやスノーボードなどさまざまなアクティビティを同時に楽しむことができる場所で、海と山の幸が一緒に楽しめるのもこの土地ならではの。魚・野菜・米・山菜どれも一級品です。」「親子で化石、植物、昆虫に触れ、学びの機会につなげることができたり、企業研修で地域課題・社会課題の調査ができたりと、ワーケーションとしての使い方も幅広く提供可能です。」「昔ながらの街並みの中で、海まで歩いていける場所で、山々に囲まれた大自然の中で、ご自身の目的に合わせて最適なワーケーションを過ごすことができる。それが、あえて糸魚川を選ぶ理由です。」とPRすることで、ワーケーションを地域の関係人口創出に繋げようとしている。

※日本海シーサイドテレワークより引用：<https://aete-itoigawa.com>

糸魚川ジオパークは、持続可能な地域社会を実現するために、地域の地形・地質、植物・生態、歴史・文化的な価値を持つ貴重な資源を良好に保全していくことが求められている。そのため、糸魚川ジオパークにおいては、多くの方々に知ってもらい、楽しんでもらうべく、ハード面・ソフト面を充実させる様々な取り組みが行われてきた。しかし、糸魚川ジオパークのエリアでも、人口減少・少子高齢化問題が深刻になっており、糸魚川ジオパークの機能保全のためにも、関係人口創出は不可欠と考えられる。よって、糸魚川ジオパークにおいてワーケーションの研究に取り組み、糸魚川ジオパークの持続可能な発展に貢献したい。

本研究は、糸魚川ジオパークにおけるワーケーションの学術的研究をとおして、人口減少社会と共存する糸魚川ジオパークの未来像の創出に取り組むことを目的としている。また、糸魚川ジオパークにおけるワーケーションに関する研究活動をとおして、日本のジオパーク全体の持続可能な発展につなげたい。

## 【研究内容】

以下のスケジュールにて、本研究を実施した。

日程	主な調査・研究等の概要
7-9月	糸魚川ジオパークに関する文献調査、インターネット調査 糸魚川市役所への事前ヒアリング (事前調査)
10/25(金)	ジオサイトの視察
10/26(土)	ジオサイトの視察 (本調査)
12/5(木)	ジオパル訪問、ジオパーク担当者へのヒアリング
12/6(金)	長者温泉ゆとり館とツギハギの家の経営者へのヒアリング 糸魚川市役所商工観光課、ブラウン様、宮路様へのヒアリング ビーリフト合同会社村上様へのヒアリング ジオサイトの視察、記録取りまとめ作業
12/7(土)	フォッサマグナミュージアム 竹之内館長ヒアリング ジオサイトの視察、クラブハウス美山視察、記録取りまとめ作業
12/8(日)	ジオサイトの視察、記録取りまとめ作業
12/9(月)	株式会社イールー 伊藤ディレクターヒアリング
12-1月	調査結果取りまとめ、検証

今回の研究で得られた糸魚川ジオパークのワーケーションの課題などは、次のとおりである。

- ・ 個人型ワーケーションはメニューが豊富で、すでに充実しているので、企業型ワーケーションを今後増やすべきではないだろうか。
- ・ 個人型ワーケーションは、常にPRが必要で、個人が糸魚川ジオパークへのリピーターとなるかは不透明である。一方で、企業型ワーケーションは、企業との関係性からリピートする可能性が高く、ボリュームも期待できる。また地域課題解決につながる可能性も高く、新たな関係人口構築として有効であろう。
- ・ 新幹線が開通しているメリットを最大限に活かすためにも、都心部（関東圏）の企業を主なターゲットにすべきと考える。
- ・ キターレについては、個人型・企業型ワーケーションともに有効である。一方で、企業側ワーケーションを活性化すれば、クラブハウス美山をさらに有効活用できるのではないだろうか。
- ・ 日本海側はどうしても、冬が観光のシーズンオフになってしまう。企業型ワーケーションをさらに強化することで、冬のオフシーズンの地域活性化策に繋がられるのではないだろうか。

## 【研究のまとめ】

糸魚川ジオパーク（糸魚川市）は人口減少問題が深刻で、ワーケーションなどによる関係人口創出は重要である。糸魚川ジオパークでは、現在の個人型ワーケーションに加え、企業型ワーケーションをさらに活性化させる必要がある。まずは、企業の副業人材を積極的に活用し、企業型ワーケーションの基盤整備に繋がると良いだろう。また、企業版ふるさと納税（人材育成型）の導入も企業型ワーケーションにつながるものと考えられる。さらには、三陸ジオパークの株式会社かまいしDMCの企業型ワーケーションなどの取り組みを参考に、糸魚川ジオパークの企業型ワーケーションのスタイルを新たに構築すると良いだろう。

まずは、副業をとおして、人口減少問題にシェアリングから取り組み、ワーケーションの基盤整備につなげたい。さらに、福祉、観光全般、地域交通などに人材シェアリングの範囲を広げ、第3期糸魚川市まち・ひと・しごと創生総合戦略に、「シェアリング」の項目を追加できれば良いのではないだろうか。

## 【参考資料】

日本海シーサイドテレワーク

<https://aete-itoigawa.com>

一般社団法人 糸魚川市観光協会

<https://itoigawa-taiken.net>

複業クラウド

<https://talent.aw-anotherworks.com>

第2期糸魚川市まち・ひと・しごと創生総合戦略

<https://www.city.itoigawa.lg.jp/6574.htm>

企業版ふるさと納税（人材派遣型）

<https://www.city.nara.lg.jp/site/press-release/172922.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=9mGY79e-01k&t=973s>

株式会社かまいしDMC

<https://www.workcation.visitkamaishi.jp>

# 令和6年度 糸魚川ジオパーク学術研究奨励事業 研究概要

## No.2 荒川隆史（國學院大學大学院）

### 【研究の名称】

ヒスイの加熱技法の実態とその起源

### 【背景と目的】

糸魚川産のヒスイ玉は、縄文時代前期から古墳時代にかけての数千年間にわたり全国に流通していた。ヒスイ原産地と消費地との間には、製品や素材の供給方法に不明な点が多い。例えば、縄文時代中期の北東北・北海道に分布する根付形大珠は、糸魚川市長ヶ原遺跡などヒスイ原産地遺跡では確認されておらず、どこでどのように作られたのか不明である。また、弥生時代中期には総量約22kgもの大量のヒスイが出土した長岡市大武遺跡に代表されるように、ヒスイ勾玉を製作する遺跡が北陸地方一帯に拡散するが、大量のヒスイ素材が原産地からどのように供給されていたかについてはほとんど研究されていない。こうした課題の解決には、ヒスイ原産地遺跡からの視点に立って検討することが重要と考える。

当方が行った2023年度日本海学研究グループ支援事業「ヒスイ原産地遺跡から見た縄文～弥生時代におけるヒスイ素材の供給について」によって、縄文時代の長者ヶ原遺跡や青森県三内丸山遺跡、弥生時代の長岡市大武遺跡、古墳時代の糸魚川市南押上遺跡などの各時代のヒスイ玉製作遺跡においてヒスイ素材が加熱処理されていることが分かった。しかも、ヒスイ原石の分割のみならず、荒割・研磨の際にも利用された可能性が高い。さらに、長者ヶ原遺跡のヒスイ製敲石の多くにも加熱処理が認められたが、加熱すると表面が柔らかくなり亀裂が生じて敲石としての機能を弱体化させることになる。このため、加熱されたヒスイ製敲石は、形状から考えると根付形大珠の未製品なのではないか、との仮説を立てた。

ヒスイの加熱処理については、すでに寺村光晴氏が1968年に『翡翠』で述べられていたことであるが、ヒスイ玉製作工程に加熱処理を具体的に位置付けた研究はこれまでにない。

本研究では、本研究では、ヒスイ加熱処理の効果について研磨実験を通して明らかにするとともに、加熱処理の起源や広がりについて検討することを目的とする。

### 【研究内容】

長者ヶ原遺跡のヒスイ製敲石表面の肉眼観察によって、①表面に炭化物が付着して白色等に変色したもの、②表面全体が白色に風化しざらついたもの、③表面に付

着物や変化が認められないもの、の3種類に分類し、①と②が加熱処理されたものと推定した。これを検証するために、実際にヒスイの加熱実験を行うこととした。

2024年11月24日に、長者ヶ原遺跡公園でヒスイの焼成実験を実施した。糸魚川産ヒスイを3 cm×3 cm×5 cmの直方体に切断加工したものをさらに細分し、焼成の実験試料とした。復元された縄文時代の石囲い炉で薪を燃焼させ、温度は約650℃～800℃とした。また、七輪で薪を燃焼させて燠火状態とし、温度を約100℃～400℃とした。これらの中で切断加工したヒスイを加熱し、荒割実験と研磨実験を行った。

荒割実験では、石囲い炉で加熱したもののほうが七輪で加熱したものより圧力が低い状態で割れる結果となった。また、研磨実験では両者の差が明確には表れなかった。今後、研究協力者の小河原孝彦氏から本実験資料と、加熱しなかった同一個体について粉末X線回折装置（XRD）による鉱物同定などを行い、加熱による変化や効果をさらに検証する予定である。

加熱技法の起源を探るため、国内最古級の縄文時代前期後葉の資料である山梨県天神山遺跡のヒスイ大珠を調査した結果、加熱技法による明確な痕跡は確認できなかった。しかし、青森県内では縄文時代前期末葉の資料の中に加熱技法の可能性のあるものを確認できることから、このころには加熱技法が始まっていた可能性がある。一方、ヒスイ原産地遺跡である糸魚川市六反田南遺跡では縄文時代中期前葉～中葉の資料が豊富に出土しており、加熱技法を確認できる。したがって、いまのところヒスイ原産地遺跡の中で最も古い加熱技法の痕跡と言える。弥生時代中期の大武遺跡ではヒスイ勾玉製作の各工程において加熱痕跡を確認できた。この技術は長岡市諏訪田遺跡でも確認でき、北陸地方一帯に広がっている可能性が高い。

### 【研究のまとめ】

ヒスイの加熱実験によって、加熱することによってヒスイは軟質化し、割りやすくなる文と考えられる。また、加熱によって表面も軟質化し、感覚としては研磨しやすくなったと感じた。こうした結果を数値化して示すことが課題である。また、出土品の分析も同時に行い、実験品と比較することが必要である。

ヒスイ原産地遺跡における加熱処理は、縄文中期前葉から認められるものの、青森県では前期後葉から確認できる。そして、中期から晩期にかけて東日本の各地で加熱技法を用いたヒスイの加工や分割、再加工が行われている。非常に硬く割りにくいヒスイが玉として利用されるに至った背景には、分割・加工・研磨の各段階に

加熱処理という新技術が加えられたことによるものと考えている。加熱処理は、弥生時代中期の勾玉製作に盛んに利用され、古墳時代中・後期の奈良県曽我遺跡にも確認でき、時代・地域を超えてヒスイ加工の基本技術となっていよう。ヒスイ製品の加熱処理は、単なる技術にとどまらず、縄文時代から古墳時代におけるヒスイ利用の根幹に関わるものとして捉えるべきである。

### 【参考資料】

荒川隆史ほか2024「ヒスイ製品の加熱処理」『考古学ジャーナル』804、ニューサイエンス社

糸魚川市教育委員会編 2024『糸魚川市ヒスイシンポジウム 縄文時代～古墳時代のヒスイの加工と流通 当日資料』

# 令和6年度 糸魚川ジオパーク学術研究奨励事業 研究概要

## No.3 清水隆史（東京大学大学院）

### 【研究の名称】

フォッサマグナは甲虫の地理的分化をもたらしたか？ -移動能力の種間差に着目した比較研究-

### 【背景と目的】

本研究では、かつて日本列島を東西に分断したフォッサマグナが、生物の地理的な遺伝分化に貢献したのか、という問いに対して、移動能力に種間多型がある甲虫の一群であるツヤヒラタゴミムシ属Synuchusを用いて、「フォッサマグナによる隔離をもたらした甲虫の地理的な遺伝分化は、移動能力が低い種ほど顕著である」という仮説を検証した。

### 【研究内容】

糸魚川市内の山林8地点で野外調査を行い、サンプルを収集し、それらを形態解析と遺伝子解析に供した。まず、採集した個体を解剖し、移動能力に関わる形態形質である、飛翔筋（飛ぶための筋肉）の有無や、後翅タイプ（飛べる長翅型・飛べない無翅型）を明らかにした。次に、遺伝子解析を行い、地理的な遺伝分化と系統分化の実態を明らかにした。ミトコンドリア遺伝子COI領域の部分配列を増幅し、申請者がこれまでに日本全国から収集したサンプルの情報も加えて、糸魚川市の個体群がどのような遺伝子型を持っているのか、他の地域の個体群と遺伝子型を共有しているのかを検討した。さらに、これらの配列情報をもとに最尤法で分子系統樹を構築し、糸魚川市に生息するツヤヒラタゴミムシ属における系統進化プロセスを検討した。

### 【研究のまとめ】

野外調査で得られた4種12個体に対して解剖を行い、飛翔形質を確認したところ、いずれの個体にも明瞭な飛翔筋は見出せなかった。一方の後翅は、種ごとに多様な退化段階を示した。この傾向は、Shimizu et al. (2024) と概ね一致した。

次に、Shimizu et al. (2025)と同様の方法で、4種9個体に対してミトコンドリア遺伝子COI領域の部分配列を決定し、地理的な遺伝分化と系統分化の実態を明らかにした。まず、糸魚川市の個体群がどのような遺伝子型を持っているのか、他の地域の個体群とも遺伝子型を共有しているのかを調べた。研究の結果、大型で移動能力が高い種は、九州や北海道などの隔たった地点とも共通の遺伝子型を持っている個

体が見出された。一方、移動能力が低い種は、固有の遺伝子型を持つが、フォッサマグナ内の他の地域と共通の遺伝子型を保持していた。さらに、これらの配列情報をもとに最尤法で分子系統解析を行なったところ、移動能力が高い種の糸魚川個体群は、各種に対応するクレードの内部に位置していたが、移動能力が低い種の糸魚川個体群は、祖先種から初期に分化している傾向があった。したがって、これらの遺伝子型と系統分化の対照的な種間差には、移動能力の差異とフォッサマグナによる地理的な隔離が影響した可能性がある。したがって、仮説を支持する証拠が得られたと考えられる。

### 【参考資料】

Shimizu, T., Kubota, K. and Ikeda, H. (2024). Stages in the degeneration of flight ability and their interspecific comparisons in the genus *Synuchus* (Coleoptera: Carabidae) in Japan. *European Journal of Entomology* 121: 7-18.

Shimizu, T., Kubota, K. and Ikeda, H. (2025). Relationships between flight traits, genetic differentiation and habitats environment in two closely related species of the genus *Synuchus* (Coleoptera: Carabidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 144(1): blael21.

# 令和6年度 糸魚川ジオパーク学術研究奨励事業 研究概要

## No.4 西澤ひなた（新潟大学）

### 【研究の名称】

新潟県糸魚川市山之坊～長野県小谷村横川流域を中心とした曹長岩の起源とひすい輝石岩との成因関係の検討

### 【背景と目的】

糸魚川市周辺で産出するひすい輝石岩の成因について、「曹長岩がひすい輝石岩の母岩である」という既存の仮説をもとに、鉱物組織などから改めて検討する。

### 【研究内容】

日程	主な調査・研究等の概要
5月	第1回野外調査 新潟県糸魚川市山之坊地区、大所地区、長野県小谷村北小谷地区（横川を含む）にて、5月7日～5月23日の期間で実施。露頭・転石のマッピング、サンプル採取、スケッチ、写真撮影を行った。また、フォッサマグナミュージアム所蔵の橋立地域産ひすい輝石岩についても、観察・サンプル採取を行わせていただいた。
6～8月	大学にて岩石薄片の作成・観察を行った。
9月	第2回野外調査 新潟県糸魚川市山之坊地区、大所川、横川にて、9月7日～9月9日の期間で実施。第1回同様、マッピング、サンプル採取、スケッチ、写真撮影を行った。
10月	大学にて岩石薄片の作成・観察、SEM-EDSによる鉱物組織観察を行った。
11月	第3回野外調査 横川にて11月4日に実施。前回同様、マッピング、サンプル採取、スケッチ、写真撮影を行った。
11月～翌年1月	大学にて岩石薄片の作成・観察、SEM-EDSによる鉱物組織の観察、ジルコンを用いた分析（U-Pb年代測定、微量元素測定）、論文執筆を行った。

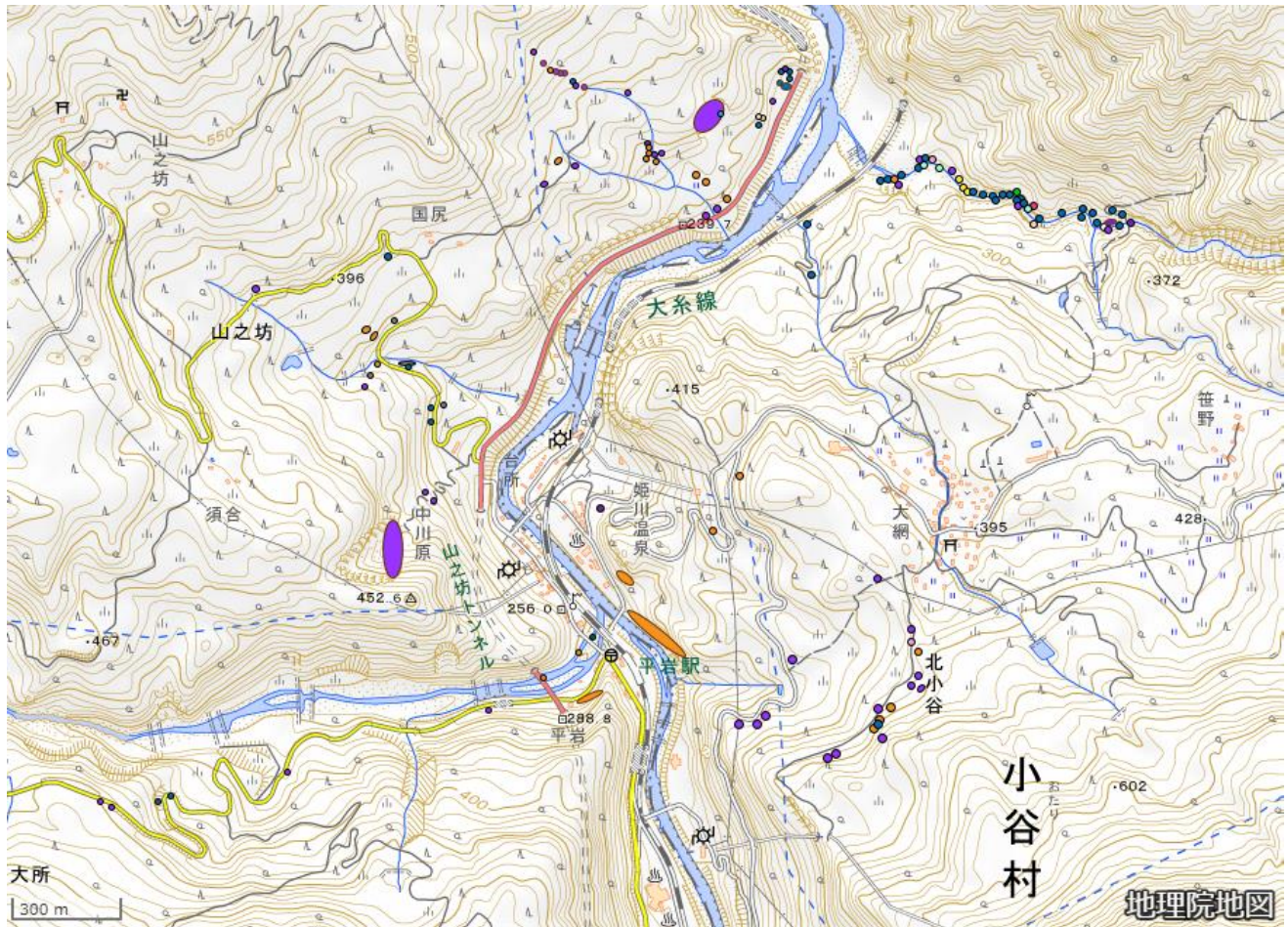
## 【研究のまとめ】

山之坊コスモクロア輝石露頭付近から横川周辺に曹長岩が偏って分布することが分かった<sup>\*1</sup>。また、コスモクロア輝石露頭付近、大所川河床、横川でひすい輝石を含む岩石を発見した。















上記のサンプルと、フォッサマグナミュージアム所蔵の橋立地域産ひすい輝石岩で鉱物の微細組織を観察したところ、ひすい輝石が曹長石に囲まれる、ひすい輝石から曹長石へと帯状に変化が見られる、曹長石に包有されたひすい輝石が蝕まれたような形をしている、という組織が見られた<sup>\*2</sup>。また、橋立地域産ひすい輝石岩に関しては、ひすい輝石に包有された曹長石が見られた<sup>\*2</sup>。さらに、山之坊地区で見られた曹長岩（少量のひすい輝石を含む）内のジルコン<sup>\*4</sup>から、 $494 \pm 3$  MaというU-Pb年代<sup>\*5</sup>と、「火成岩由来に近い」という微量元素測定の結果<sup>\*6</sup>が得られた。なお、ジルコンを用いた分析の結果について、ひすい輝石岩での先行研究から、近いU-Pb年代と微量元素測定の結果が得られている<sup>\*7</sup>。

微細組織の観察から、曹長石とひすい輝石は互いにシリカ成分をやり取りして変化しあっていると考察した。また、曹長岩のジルコンU-Pb年代と微量元素測定の結果が先行研究で得られたひすい輝石岩でのデータと類似する点から、ひすい輝石岩の母岩は曹長岩であり、曹長岩の母岩は火成岩であったのではないかと考察した。さらに、前述の曹長石とひすい輝石が変化しあっている組織から、ひすい輝石岩が曹長岩に戻る可能性があるのでは、と考察した。

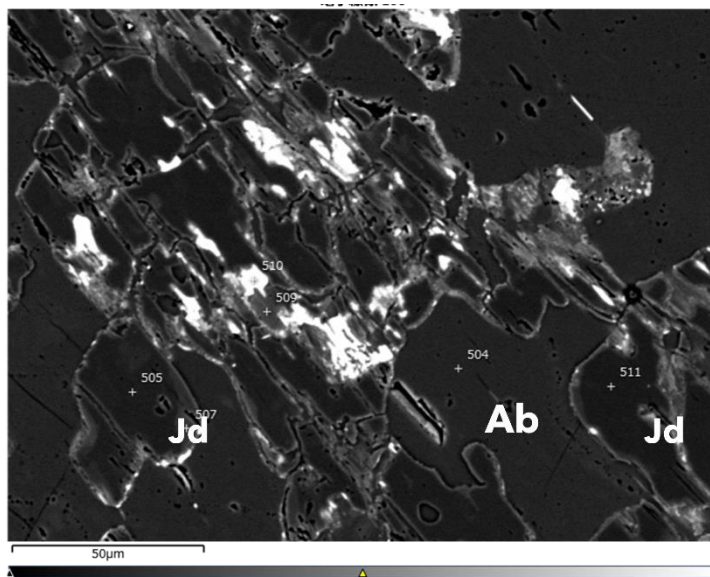
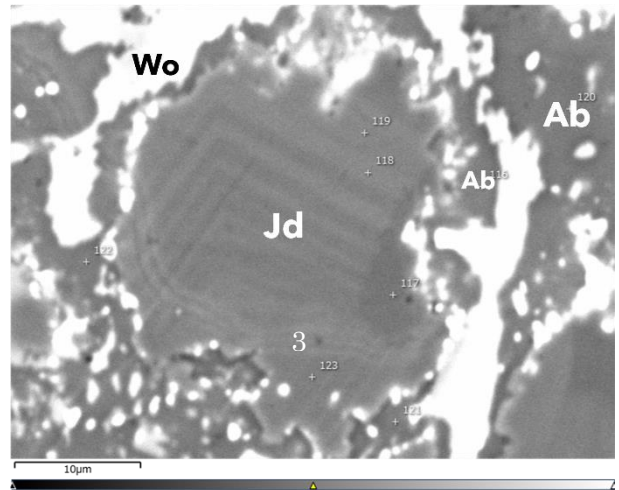
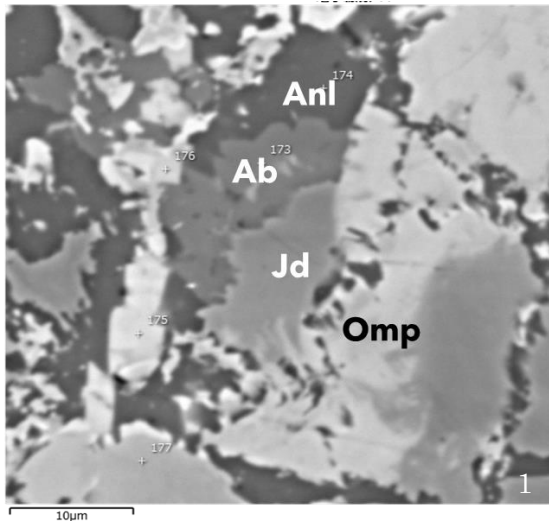
※※の番号の文章に対応する資料を別紙にて添付しました。



### 凡例

	蛇紋岩・蛇灰岩		火成岩 (流紋岩 / 閃緑岩)
	曹長岩		砂岩・泥岩
	火砕岩		結晶片岩
	ロディン岩		石英 (岩)
	オンファス輝石岩		転石
	ヒスイ輝石岩		露頭
	角閃石 (からなる) 岩		
	石英炭酸塩岩		

\*1: 作成したルートマップと凡例 (国土地理院 地理院地図に加筆)



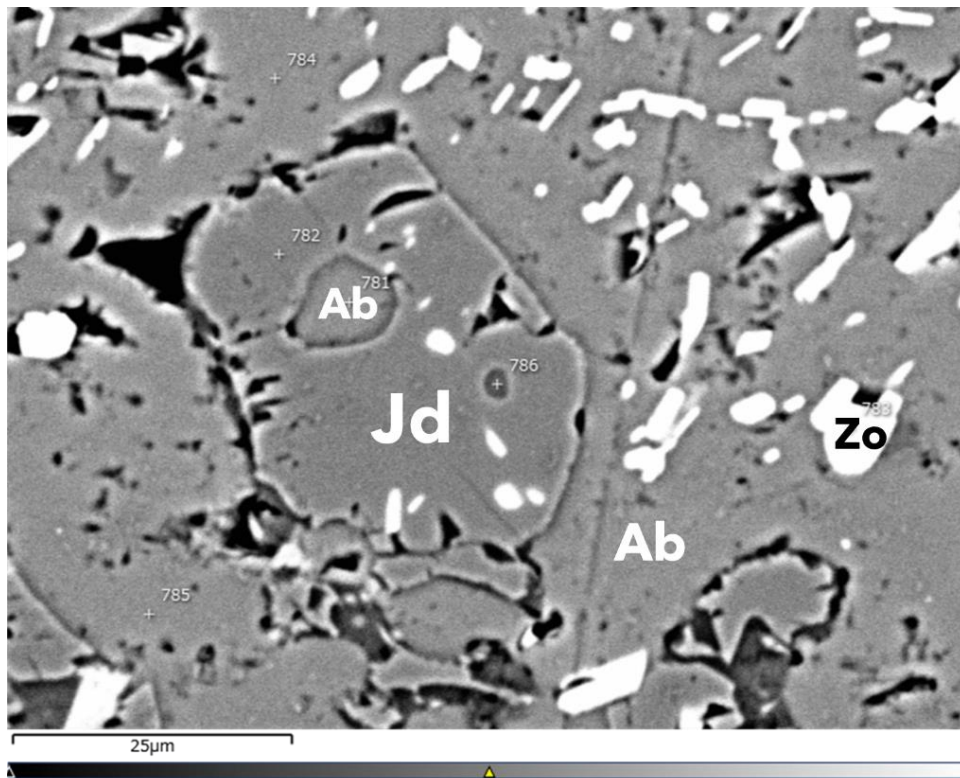
\*2：ひすい輝石が曹長石に変化していると考えられる組織。

1…オンファス輝石→ひすい輝石→曹長石→方沸石の带状構造。

2…曹長石に囲まれるひすい輝石。

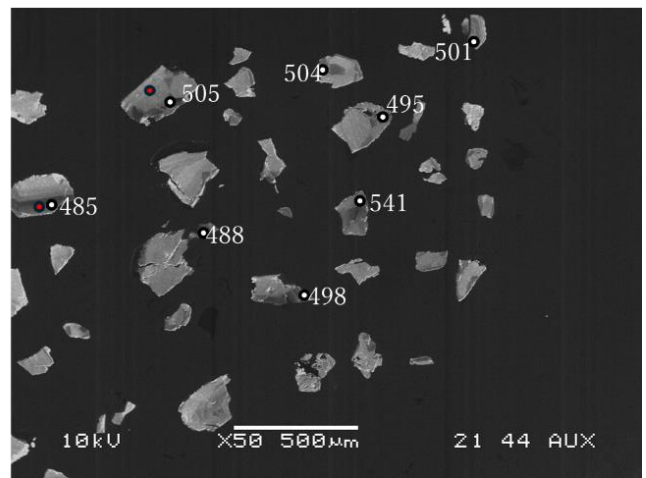
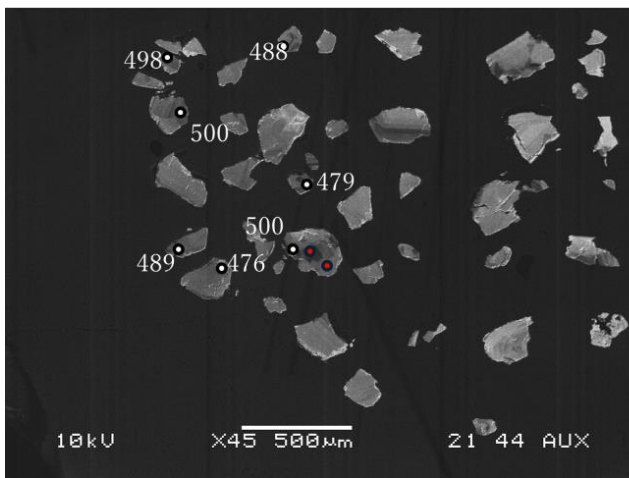
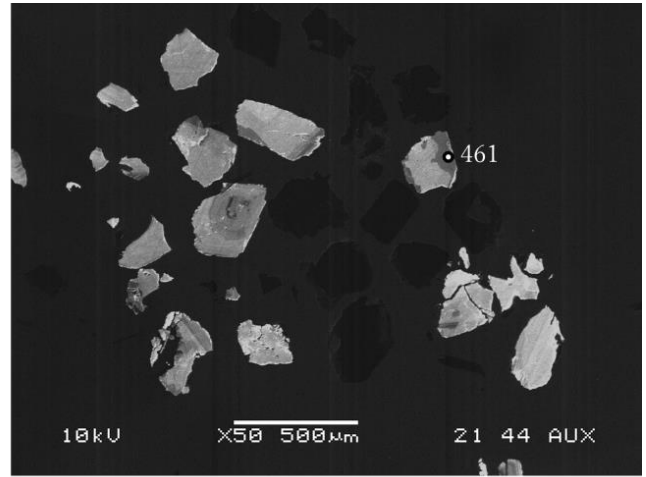
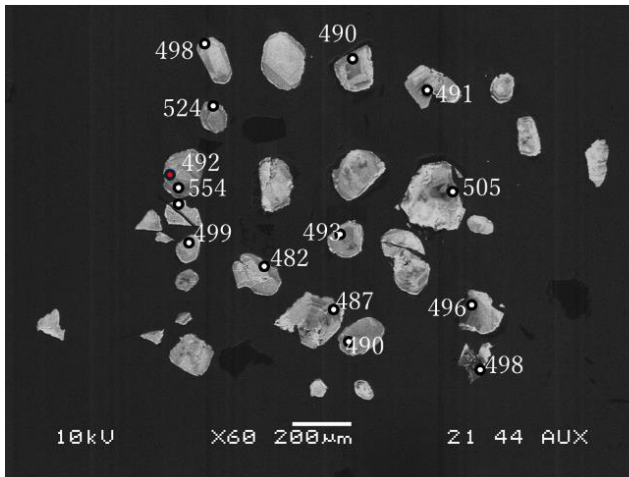
3…曹長石に包有された、蝕まれた形のひすい輝石。

Ab…曹長石 Anl…方沸石 Jd…ひすい輝石 Omp…オンファス輝石 Wo…珪灰石

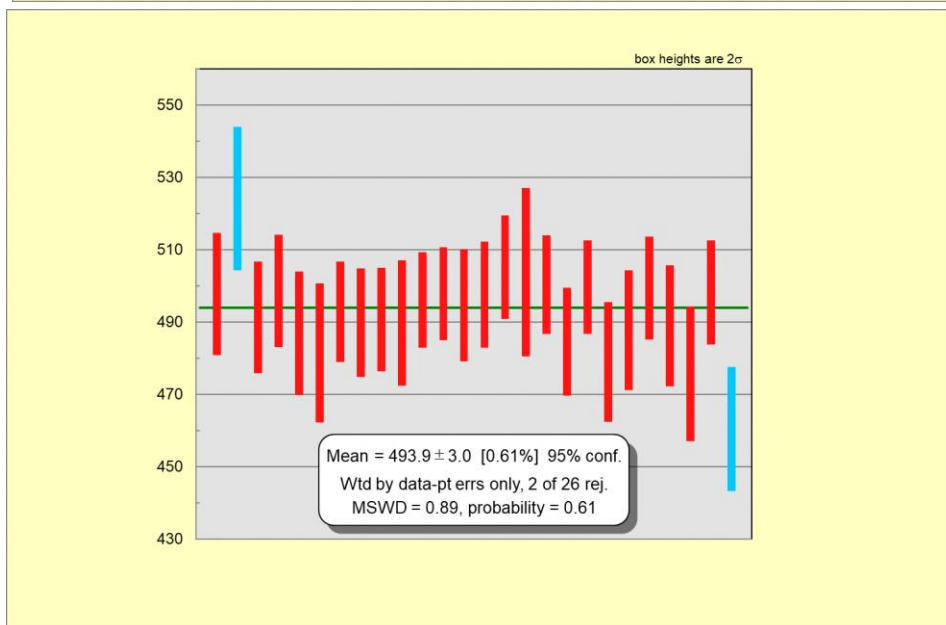
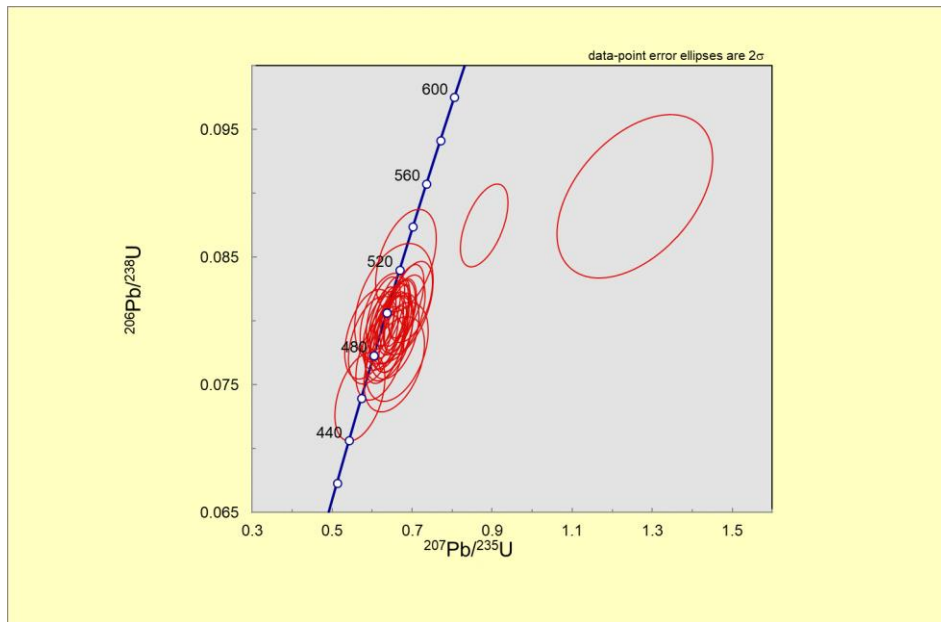


\*3：曹長石がひすい輝石に変化していると考えられる組織。曹長石をひすい輝石が包有している。

Ab…曹長石 Jd…ひすい輝石 Zo…ゆうれん石



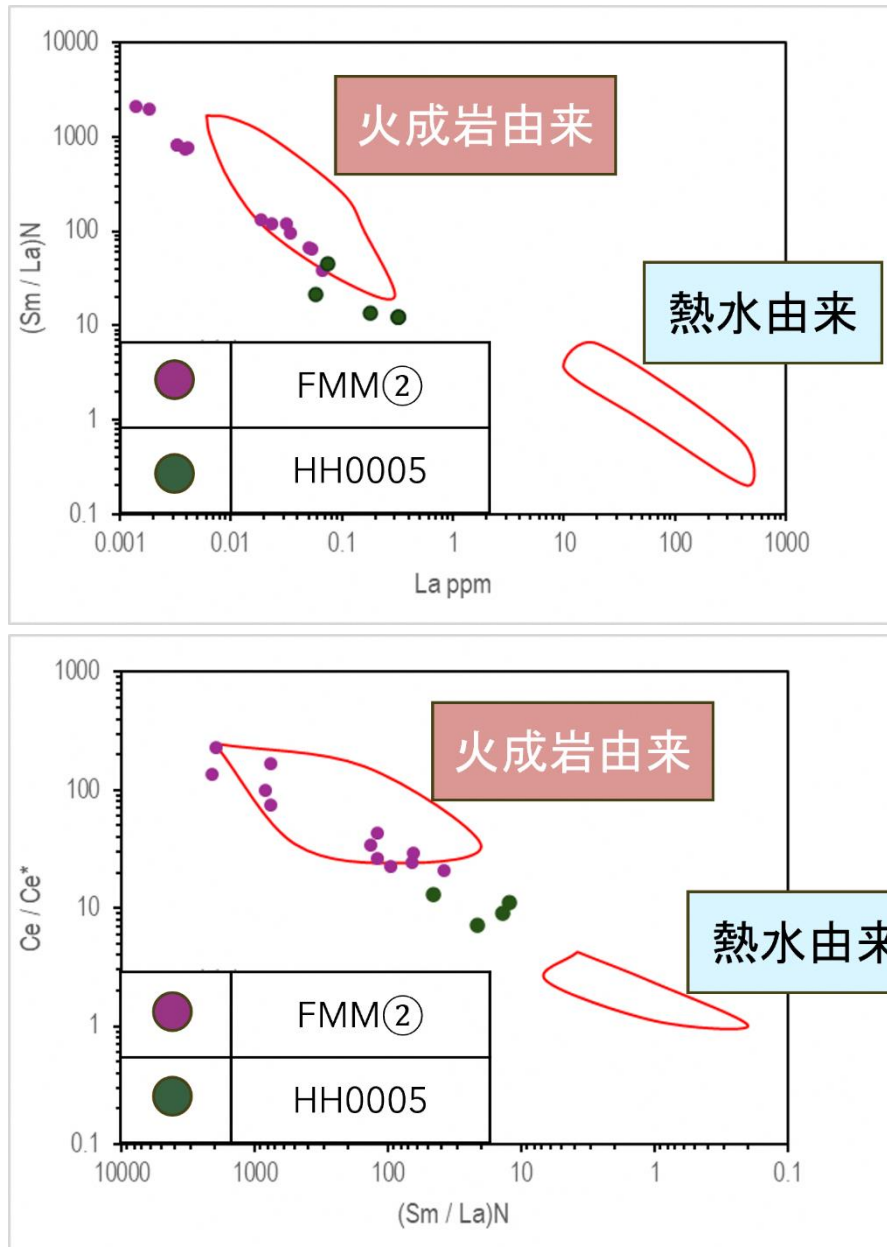
\*4：曹長岩中から得たジルコンの CL 画像。白点はジルコン U-Pb 年代のためにレーザー照射をした箇所、白点に付した数字は得られた年代（単位：Ma）、赤点は微量元素測定のためにレーザー照射をした箇所。



\*5：曹長岩から得られたジルコン U-Pb 年代測定結果の図。

1…得られたデータから作成したコンコードィア曲線。

2…得られたデータから作成した荷重平均年代の図。



\*6：ジルコンの微量元素測定結果から作成したスパイダーグラム。緑点が本研究で測定した曹長岩のジルコン、紫点が植田ほか（2024）によるひすい輝石岩のジルコンのデータを表す。

1…スパイダーグラム ( $La\ (ppm) / (Sm/La) N$ )

2…スパイダーグラム ( $(Sm/La) N / (Ce/Ce^*)$ )

## 考察（ジルコンに関する分析値の比較）

	ひすい輝石岩（先行研究）	曹長岩（HH0005）
ジルコン U-Pb年代	519±17 Ma（梶座ほか2002） 512.3±6.9 Ma（梶座ほか2002） 519±21 Ma（Kunugiza et al., 2017） 470 Ma, 520 Ma（植田ほか2024） （リム）	494±3 Ma （少量のひすい輝石を含む）
ジルコン 微量元素	ジルコンは 火成岩由来に近い （植田ほか2024）	ジルコンは 火成岩由来に近い

\*7：ジルコンに関する先行研究と今回の分析値の比較。

### 【参考資料】

梶座圭太郎, 中村栄三, 宮島宏, 後藤篤, 小林桂, 飛騨外縁帯糸魚川 - 青海地域の熱水作用によるひすい輝石岩の形成年代, 2002年度日本岩石鉱物鉱床学会学術講演会要旨

Keitaro KUNUGIZA, Eizo NAKAMURA, Atsushi GOTO, Katsura KOBAYASHI, Tsutomu OTA, Hiroshi MIYAJIMA and Kazumi YOKOYAMA, In-situ U-Pb zircon age dating deciphering the formation event of the omphacite growth over relict edenitic pargasite in omphacite-bearing jadeitite of the Itoigawa-Omi area of the Hida-Gaien belt, central Japan, of Mineralogical and Petrological Sciences, Volume 112, page 256-270, 2017

植田勇人, 竹ノ内耕, 小河原孝彦, 神居古潭帯と青海 - 蓮華帯のひすい輝石岩のジルコンU-Pb年代: 残存島弧の沈み込みによるひすい形成の試論, 日本地質学会第131年学術大会講演要旨, ポスター, 2024

# 令和6年度 糸魚川ジオパーク学術研究奨励事業 研究概要

## No.5 林連太郎（大阪府立大学）

### 【研究の名称】

新潟焼山起源火砕流・土石流堆積物の分布の再検討

### 【背景と目的】

新潟焼山を起源とする火砕流や土石流については、これまでの研究によってその走過域や分布が推定されてきた(早津, 2008)。また、糸魚川市内を流れる早川の中流域には、かつての新潟焼山の噴火により発生した早川火砕流や前川土石流の堆積物が、早川や前川の侵食作用によって削られて形成されたとされる中川原台地が存在し、この台地についても西縁部・東縁部の複数の露頭から柱状図が作成されている。これら先行研究による情報や現地調査・地形判読をもとにして、「火山土地条件図 新潟焼山」には鉛直方向から見た各堆積物の分布がまとめられた。

しかし、特に前川土石流堆積物については、早川火砕流堆積物に覆われる層序関係にあることより、その分布域が図示された例はほとんど存在しない。今回の研究では、前川土石流を主として、早川火砕流とともに中川原台地やその周辺における分布域の再検討を行うことを目的とした。

### 【研究内容】

現地調査では、糸魚川市内の早川中流域・前川流域・西尾野川下流において地形の観察を行った。また、観察可能な場所では、露頭の観察やドローンを用いた撮影を行った。室内においては、陰影起伏図や赤色立体図、断面図を用いて地形判読を行った。地形判読の結果を、火山土地条件図や過去の研究によって作成された柱状図などと比較し、新たに推定した早川火砕流と前川土石流堆積物の分布域を分布図として作成した。

### 【研究のまとめ】

早川火砕流堆積物は主に早川中流域の左岸に存在するブロックの存在より、これまでよりもより広い範囲に分布していることが推測された。また柱状図より、前川土石流堆積物は早川火砕流堆積物の直下に位置する。さらに、どの地点においても、早川火砕流堆積物の層厚は中川原台地の高さよりは小さいため、前川土石流堆積物は早川右岸の棚田全体に分布していると考えた。前川土石流と早川火砕流の両方について前川流域では堆積物の分布は従来とは大きく異なる結果となった。また同じ早川左岸ではあるが、より上流に位置する西尾野川沿いでは、基盤の岩石と早

川火砕流堆積物が従来の分布と相違しない形で分布していた。

地すべり地形の位置は、地すべり地形分布図内で示されたものと火山土地条件図内で図示されたものには相違があった。特に早川の中流域においては、堆積物が分布する可能性が考えられる場所が地すべりと表示されている箇所が存在した。火山土地条件図において噴火物の堆積範囲をより正確に表示し、防災の目的としての機能をさらに向上させるためには、堆積物を取り囲む小規模な地すべりについて、さらに詳細に区分が求められる。

### 【参考資料】

早川賢二，2008，妙高火山群 -多世代火山のライフヒストリー-，125-176.

国土地理院，2013，火山土地条件図 画像データ 1/25,000 新潟焼山.

防災科学技術研究所，2000，地すべり地形分布図 糸魚川 第11集 「富山・高山」.

防災科学

技術研究所資料，第200号

防災科学技術研究所，2004，地すべり地形分布図 高田西部 第17集 「長岡・高田」.

防災科

学技術研究所資料，第244号

防災科学技術研究所，2004，地すべり地形分布図 妙高山 第17集 「長岡・高田」.

防災科学

技術研究所資料，第244号

# 令和6年度 糸魚川ジオパーク学術研究奨励事業 研究概要

## No.6 小山菜那（富山大学大学院）

### 【研究の名称】

糸魚川ジオパークの海岸礫に含まれる赤色チャート礫の年代と色調との関連性

### 【背景と目的】

新潟県糸魚川市の姫川河口から富山県朝日町にいたる海岸では、様々な岩型や色調を示す多様な海浜礫が見られ、その中に赤色のチャート礫も観察できる。この赤色チャート礫には、ルーペ観察により多量の放散虫化石の含有が確認できるものもある。また、波打ち際で洗われた礫には、少しずつ色味に差が認められ、様々な“赤色”でその色調を表現可能である。それぞれの礫の色調をどのように表現するか、その色調がそれぞれの岩石の持つ情報をどのように反映しているのかなど、海浜礫には様々な情報が潜在的に含まれ、それを調査解析することで後背地の地質情報を知ることができる。

本研究で対象とする赤色チャート礫は、姫川左岸、および田海川と青海川上流に分布する、秋吉帯に対比されるペルム系姫川コンプレックスの赤色チャート層に由来すると考えられる。姫川コンプレックスは、詳細な地表地質踏査と岩相層序学的研究と通じて、放散虫化石年代が報告され（田沢ほか、1984；河合・竹内、2001）、岩相と放散虫化石年代、および岩相間の層序関係に基づき、海洋プレート層序が復元されている（河合・竹内、2001）。しかし、チャートからの放散虫化石の産出は、他の岩相に比較して相対的に乏しく、化石群集の詳細についても十分に分かっていない。

以上の観点から、本研究では姫川河口より西方の海浜にみられる赤色チャート礫を対象に、その礫の色彩を数値化し、含まれる放散虫化石群集とその年代を明らかにすることで、色彩と放散虫化石群集・年代に規則性があるか否かを検討することを目的とする。加えて、本研究を進める上での手法論として、従来の肉眼観察では個人差が生じてしまう礫表面色の表現に関して、より客観的で正確な表現方法を提案したい。さらに、本研究を通してチャートからの放散虫化石抽出手法の改良の必要性が明らかになってきた。残念ながら、ここでは有効な提案を行えないものの、今後の研究を通じて解決していきたい。加えて、他の海浜の海浜礫を対象とする研究において、本研究のプロセスを活かす道筋を提案したい。

### 【研究内容】

調査地域：須沢エリア（姫川河口）、青海エリア（青海川河口）、親不知エリア（親不知海水浴場）、市振エリア（市振海水浴場）の4カ所を糸魚川GP地域内の主たる調査地点として選定する。加えて朝日エリア（宮崎海岸）を糸魚川GP地域外の参照地点として設ける。調査地域を図1に示す。

サンプリング：2024年8月9日の調査では赤色チャート礫の定量・定性採取を行った。各調査海岸で、波打ち際で10mの測線を設定し、測線沿いに約10～20 cm幅で、目視で確認できる赤色チャート礫を全て採取した。加えて、定量採取の枠外で定性的に赤色チャート礫を採取した。また、2024年12月25日の調査では、須沢エリア、親不知エリア、青海エリアで追加の定性採取を、

波打ち際に沿って数十mの範囲で実施した。ルーペを用いて礫表面を観察し、微化石の含有が確認されるものを中心に採取した。

2回のサンプリングで、約300試料の赤色チャート礫を採集した。うちルーペ観察により微化石の含有が確認されたものは43試料で、うち26試料から微化石が産出した。

研究室において、デジタルノギスと量りを用いて、赤色チャート礫のサイズと重量を計測した。加えて、肉眼で円磨度を評価した。その後、ダイヤモンドカッターで礫試料を半割し、一方を礫表面色の数値化に、もう一方を放散虫化石抽出のために活用した。この段階で、湿潤状態の礫表面色を肉眼で観察し区分した。

礫表面色を数値化は、次の工程で実施した。自然光が入る窓際でデジタルカメラを用いて赤色チャート礫を撮影した。撮影システムを図2に示す。この際、手製のグレースケールが礫の撮影表面と同じ高さになるよう、礫の隣に置いて撮影した。Photoshopを用いて、その画像のホワイトバランスの調整をかけた後、スポイトツールで礫本来の色を示していると思われる部分の色を抽出し、RGBとLabの値を記録した。そのデータをエクセルで二次元グラフを、Rで三次元グラフを描き、肉眼での色区分と数値との相関を検討した。

なお、色彩色差計（CR-400（コニカミノルタ））、測色計（Spectro 1、Spectro 1 Pro（ケイエルブイ））を用いた色彩の数値化を試みた。いずれも礫の切断面に計測センサーを当てることで簡便に計測できる点で、大きな利点を持つ。一方、その計測範囲は約8 mm径の円の領域で、狭い一点の計測はできない。カッターで切断した礫には、目視で多数の石英脈が認められ、チャートの色彩にもムラが存在する。石英脈のほ

か、変形や変質の影響ができる限り少ない狭い領域の色彩の計測は、試行した色彩色差計では理論的に不可能であり、本研究では先のPhotoshop法を用いることとした。

ルーペで放散虫化石の含有を確認できた赤色チャート礫を対象に、フッ酸法による放散虫化石の抽出実験を行い、個体分離した放散虫化石個体は低真空電子顕微鏡（SEM；日立TM4000）で観察および撮影した。この実験を進める過程で、ルーペ観察で想定しうる量の放散虫化石の産出が、5%フッ酸による抽出手法でほとんど確認できなかった。そこで、以下の抽出手法の改善を試みた；異なるフッ酸濃度を用いた抽出、5%フッ酸を1～5回と複数回にわたり繰り返すことによる抽出、NaOH法を用いた抽出。また、チャート試料中における放散虫化石の含有状態を確認するために、5%フッ酸処理を1～5回の複数回で適用したチャート試料それぞれを対象に、各試料のetching面のSEM観察と撮影を行った。加えて、放散虫化石の含む赤色チャート礫のうち、フッ酸法における化石個体の産出の程度が異なる試料を対象に、岩石薄片作製をニチカに依頼し、薄片観察を基に放散虫化石個体と周囲の基質との関係、および微細構造について、偏光顕微鏡下で観察した。

### 【研究のまとめ】

礫表面色の数値化にあたり、色彩色差計（CR-400（コニカミノルタ））、測色計（Spectro 1、Spectro 1 Pro（ケイエルブイ））、Photoshopの3パターンを試行した。色差計と測色計は、レンズ部分を対象物に当て、ボタンを押すだけで表面色が計測できる。それぞれ数値は、色差計は付属の画面に、測色計は無線接続したスマートフォンのアプリに表示される。Photoshopでの計測は先の研究内容に述べた通りである。Photoshopで得られるLab値の数値の幅に関して、L値は他3種と同じだが、a・b値は異なっている。色差計のa・b値は-60～60を示しており、Photoshopのa・b値は-128～127を示している。そのため、本研究ではPhotoshopのa・b値に0.5を掛けて補正を行っている。図3には、色差計、測色計2種、Photoshopの4つについて、それぞれ横軸に赤方向、縦軸に黄色方向に値を取った散布図を示している。数値が大きい程、色味が鮮やかであることを示している。それぞれのデータの比較は次に示す。

この中で色差計は他の3つのデータよりも彩度を低く表現した。これに関して、色差計は測色計と数値の定義が異なっており、測色計よりもa・b値の最大値・最小値の幅が狭いことが考えられる。また機器内の測定方式は、色差計と測色計Spectro 1 ProはSCI方式が採用されており、礫表面の光沢に影響せず、実物の色に近い数値を示していると思われる。一方で測色計Spectro 1はSCE方式が採用されており、礫表

面の光沢が影響しており、肉眼で見る色に近い数値を示していると思われる。この測定方式に関して、どれを用いるのが最適かは検討できなかった。加えて、色差計・測色計ともに測定径が8mmと大きく、礫本来の色を示す部分を狙って計測するのが困難であるというデメリットを持つことが分かった。

色差計・測色計に比べ、礫本来の色を呈する部分を狙って計測するのが得意なのがPhotoshop法である。また、測定径が大きい色差計・測色計では測れない小さな礫に対してもデータを取れるため、本研究ではPhotoshop法で表面色データを取得することと決定した。

Photoshop法に関して、先に述べた数値の補正に加え、ホワイトバランス調整の際に、4色のグレースケールに対してそれぞれ平均化のぼかしフィルターをかけた。これによりグレースケールのピクセル毎の数値の差によるデータのばらつきを大幅に抑えることができた。

Photoshop法で取得したデータから、肉眼での色区分と数値との相関を検討したものが図4、5である。赤(紫)、赤(暗)、赤(鮮)、橙、赤(茶)、赤(乳白)の6色でそれぞれプロットにまとまりが見られた。青み赤に関しては、プロットに対応する礫の肉眼観察で再検討する必要がある。

ルーペで放散虫化石の含有を確認できたチャート礫を対象に、5%フッ酸を用いた抽出処理を実施した。岩石薄片およびフッ酸によるエッチング面において、多量の放散虫化石の含有が確認できる試料においても、フッ酸処理による分離個体は僅かであった。

本研究では、試料C\_2-001で、時代決定に有効な放散虫化石を得た。図版を図6に示す。*Curvalbaillella u-forma* (Holdsworth and Jones, 1980)は、偽腹部の顕著な湾曲で特徴づけられる種で、*Follicucullidae*科の他の属種と明確に区別できる。*Holdsworthella cf. annulata* (Ishiga, 1984)は、二つの翼を完全に欠く保存不良の一個体のみ確認にとどまるものの、偽腹部に4つの節を認めることができる。Xiao et al. (2018, 2020, 2021)に基づくペルム紀放散虫化石帯(伊藤・鈴木, 2022)に基づくと、本種の共産する時代は石炭紀新世末～ペルム紀古世最初期(*Curvalbaillella u-forma interval zone*)である。

また3試料(b-001、c\_2-001、c\_2-002)に対し、5%フッ酸処理を1～5回の複数回で適用したチャート試料それぞれを対象に、各試料のetching面のSEM観察と撮影を

行った。b-001とc\_2-002は、3～5回目の処理で放散虫化石が得られた。c\_2-002はエッチング面においても、3～5回目で微化石と基質の境界がはっきりして見える。b-001とc\_2-001は1～5回目を通してエッチング面における違いはあまり見られなかった。微化石と基質の間に溶解差は見られず均質に溶けていたが、石英脈と基質の間に明瞭な溶解差が見られた。(図7)

b-001は図8に示す通り、岩石薄片観察では密集して放散虫化石が存在しているが、5%フッ酸処理では抽出できなかった。原因として、先に述べた通り微化石と基質の間に溶解差が無く、処理の段階で微化石も溶けてしまっていることが考えられる。



図1. 調査地域



図2. 礫表面色を計測する際の撮影システム

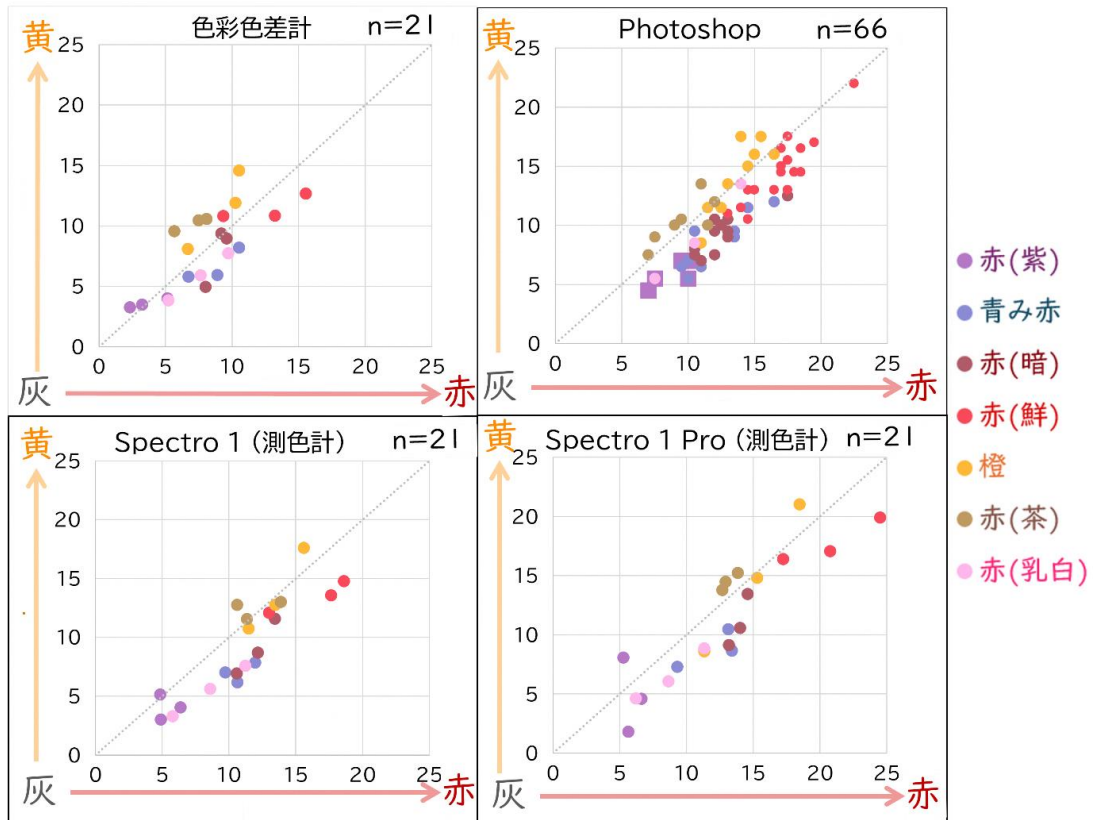


図3. 色差計、測色計2種、Photoshop法で得られた礫表面色データの散布図

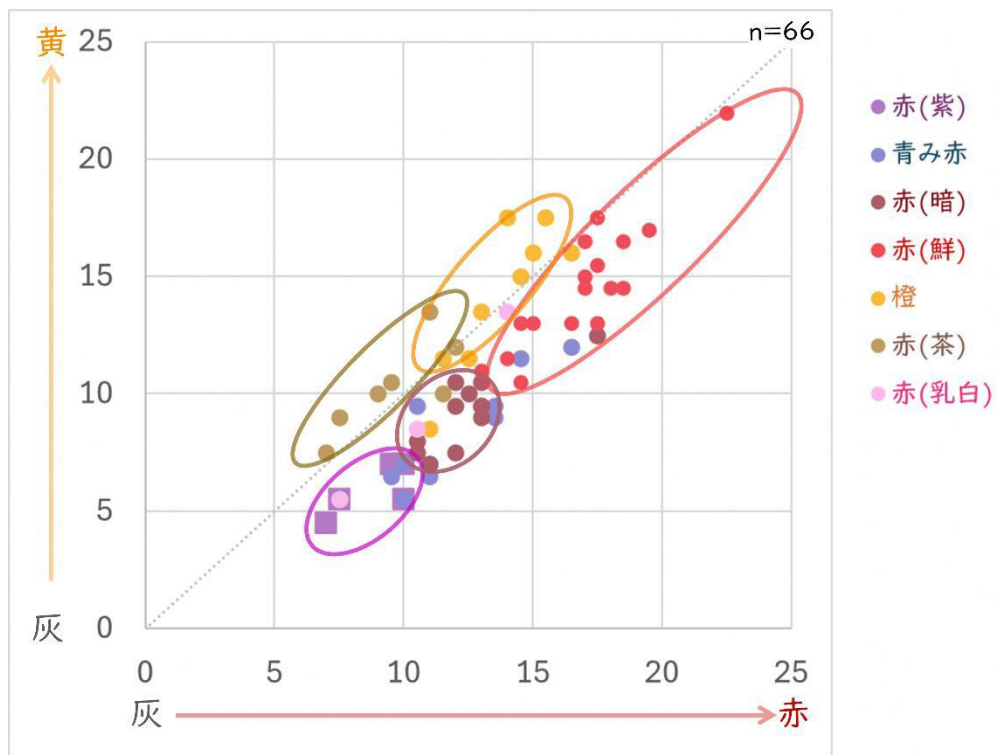


図4. Photoshop法で得られた礫表面色データと肉眼での色区分との相関(色相・彩度)

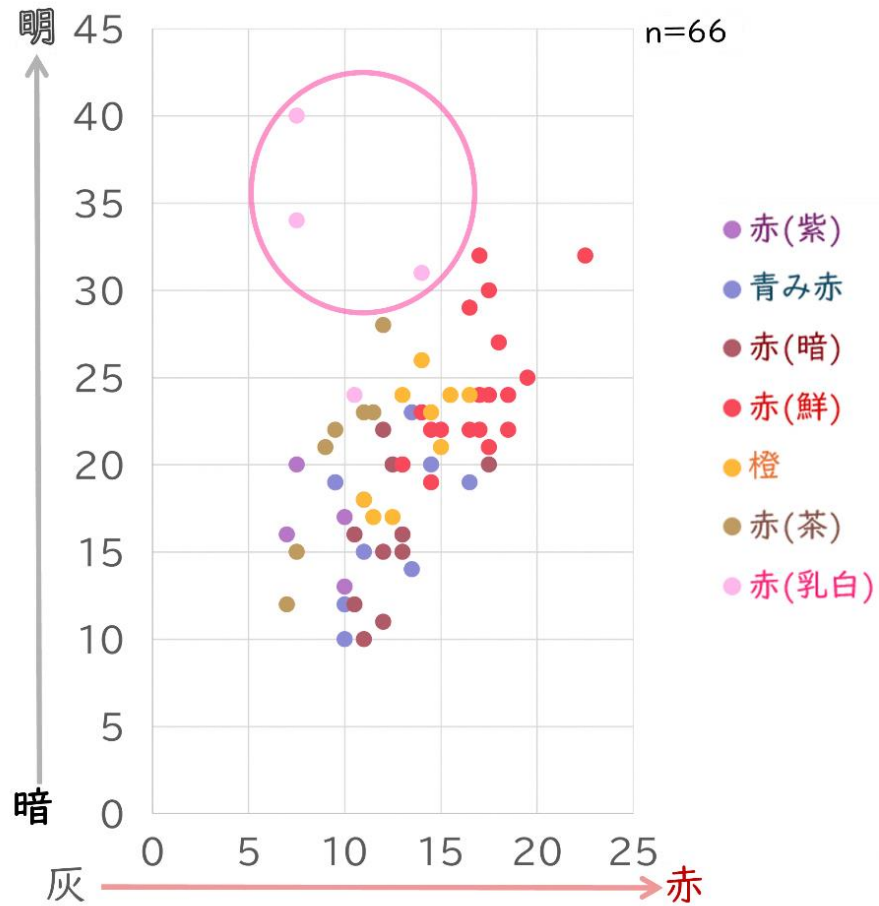


図5. Photoshop法で得られた礫表面色データと肉眼での色区分との相関(明度)

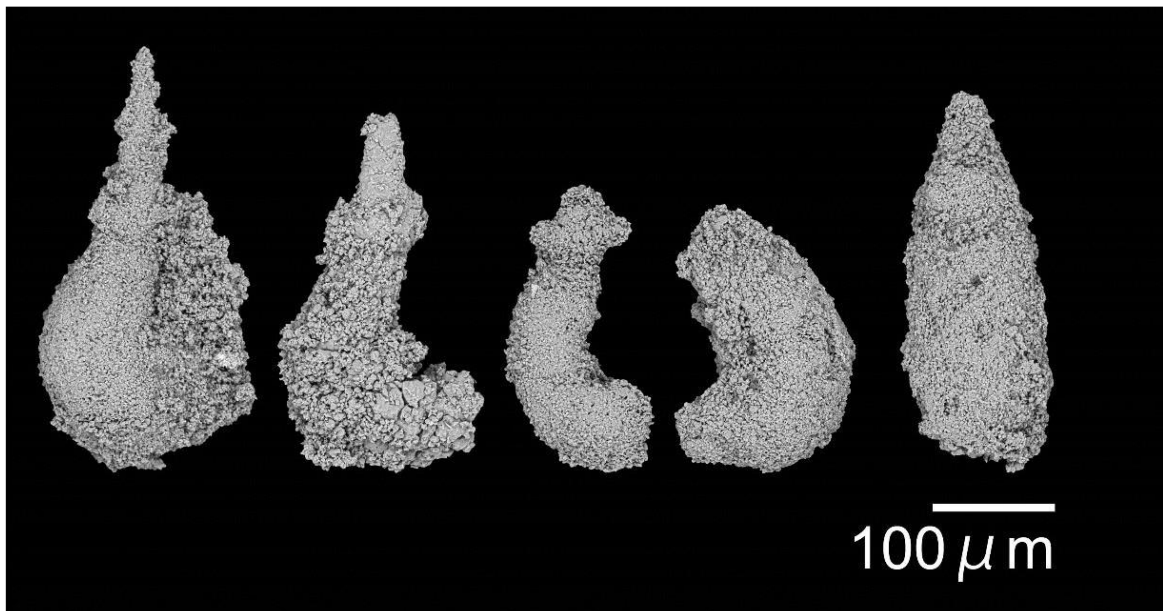


図6. 産出した放散虫化石個体

1-4. *Curvalbaillella u-forma* (Holdsworth and Jones, 1980)

5. *Holdsworthella cf. annulata* (ishiga, 1984)

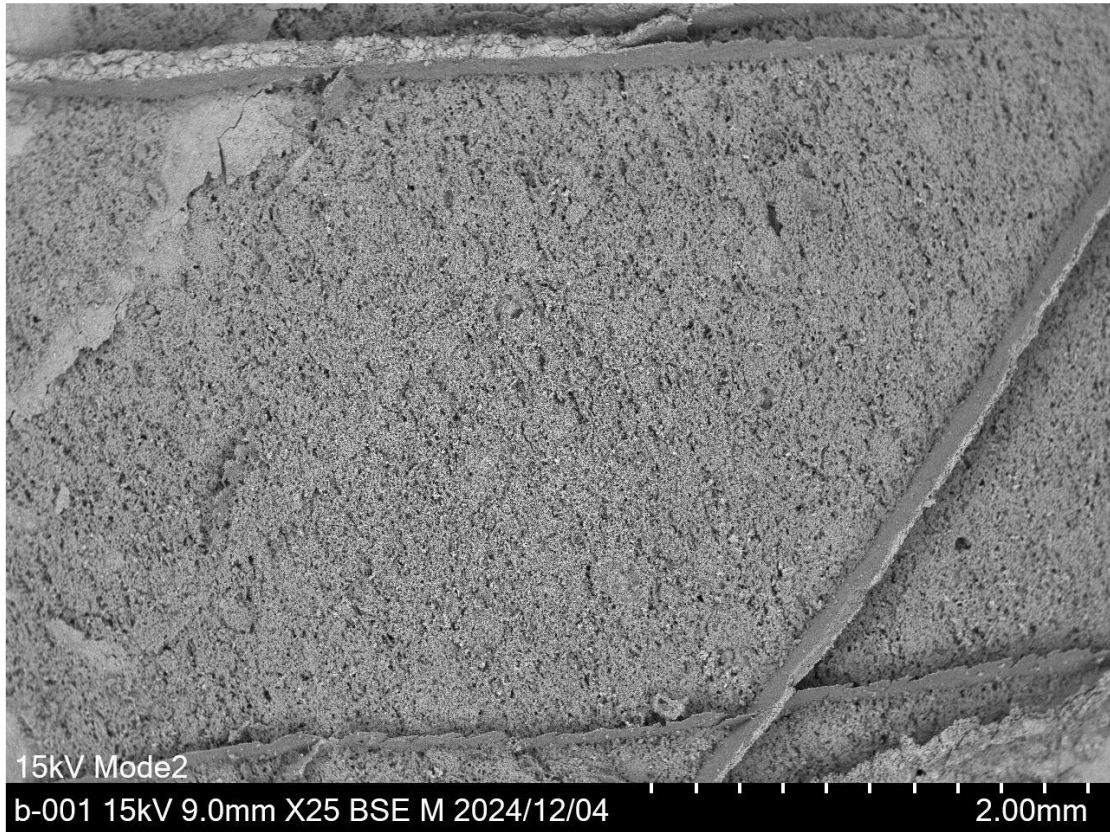


図7. 試料b-001のエッチング面観察画像 (SEM)

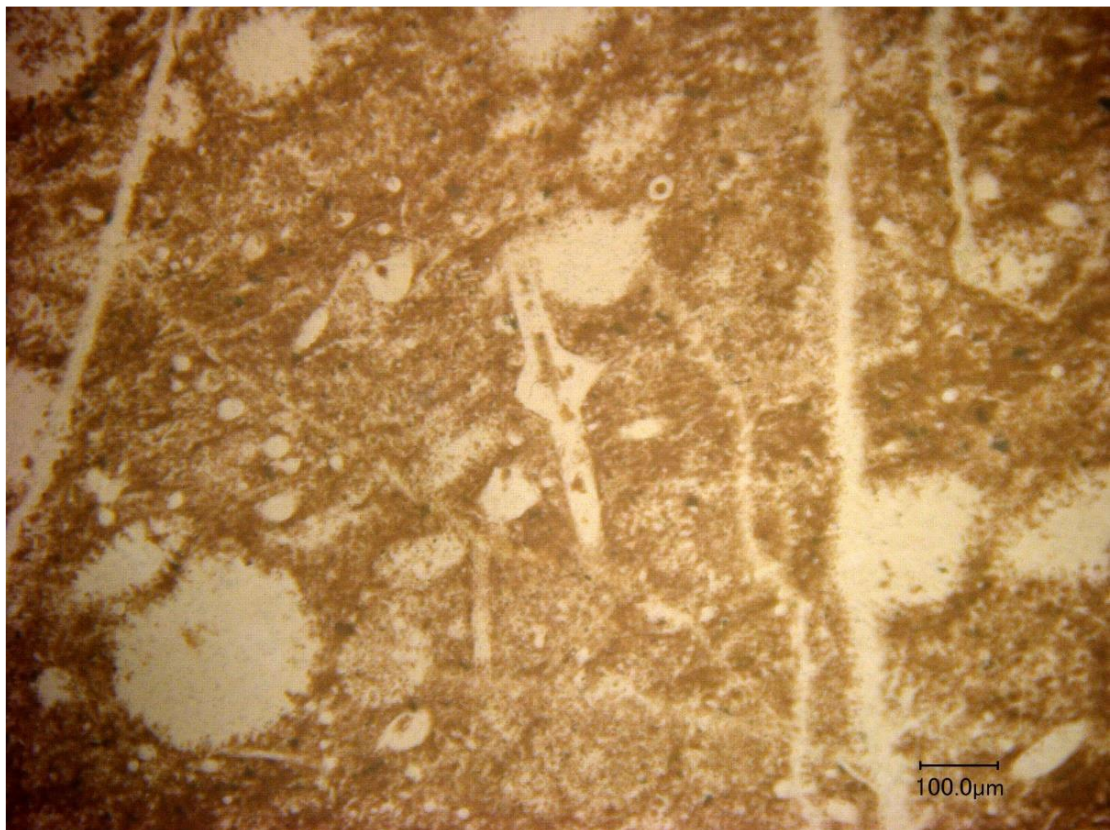


図8. 試料b-001の岩石薄片観察画像 (DMS)

## 【参考資料】

- Ishiga, H., Imoto, N., Yoshida, M. and Tanabe, T., 1984, Early Permian radiolarians from the Tamba Belt, Southwest Japan. *Earth Science; Journal of the Association for Geological collaboration in Japan*, 38, 44-52.
- 伊藤 剛・鈴木紀毅, 2022, ペルム紀放散虫Follicucullidae科研究の最近の進展. *化石*, (112), 5-16.
- 河合政岐・竹内 誠, 2001, 飛騨外縁帯青海地域から産出するペルム紀放散虫化石. *大阪微化石研究会誌*, 特別号, (12), 23-32.
- 長森英明・竹内 誠・古川竜太・中澤 努・中野 俊, 2010, 小滝地域の地質. *地域地質研究報告(5万分の1 地質図幅)*, 産総研地質調査総合センター, 130 p.
- 田沢純一・相田吉昭・結城智也・大槻 憲四郎, 1984, 青海の“非石灰岩古生層”よりペルム紀放散虫化石の発見. *地球科学*, 38, 264-267.
- Xiao, Y. F., Suzuki, N. and He, W. H., 2018, Low-latitudinal standard Permian radiolarian biostratigraphy for multiple purposes with Unitary Association, Graphic Correlation, and Bayesian inference methods. *Earth-Science Reviews*, 179, 168206.
- Xiao, Y. F., Suzuki, N., He, W. H., Benton, M. J., Yang, T. L. and Cai, C. Y., 2020, Variability of genus-level classification under quantification and parsimony theories: a case study of follicucullid radiolarians. *Paleobiology*, 46, 337355.
- Xiao, Y. F., Suzuki, N., Ito, T. and He, W. H., 2021, New Permian radiolarians from east Asia and the quantitative reconstruction of their evolutionary and ecological significances. *Scientific Reports*, 11, 6831.

# 令和6年度 糸魚川ジオパーク学術研究奨励事業 研究概要

## No.7 岡田花（新潟大学）

### 【研究の名称】

糸魚川山之坊地域における角閃石岩類の起源とコスモクロア輝石との成因関係についての研究

### 【背景と目的】

鈴木・大木(2019)によって糸魚川市山之坊露頭にてコスモクロア輝石が発見された。Sakamoto and Takasu(1996)で紹介されている大佐山のコスモクロア輝石や鈴木・大木(2019)で紹介されている山之坊露頭のコスモクロア輝石等、コスモクロア輝石は角閃石岩中に産出すると報告されることが多い(本研究では、アクチノ閃石、藍閃石など、様々な角閃石のみで構成された岩石のことを”角閃石岩”と呼ぶこととする。)。Takasu et al. (2022) 他様々な先行研究により、コスモクロア輝石の形成過程についての考察がなされているが、関連鉱物である角閃石の形成過程についての考察が十分に進んでいない。よって、本研究では糸魚川山之坊地域に産出する角閃石岩類とその周辺岩石との関係を調査することにより、角閃石岩類の起源を検討すること、また、糸魚川山之坊露頭に産出するコスモクロア輝石と角閃石岩類の産状を調査し、角閃石岩類とコスモクロア輝石との成因関係を検討することを目的とした。

### 【研究内容】

本研究では、新潟県糸魚川市山之坊コスモクロア輝石露頭周辺の地域、東西約5km、南北約2kmの範囲と横川を中心に計22日間野外調査を行い、露頭・転石の記載、マッピング、サンプル採取、スケッチ、写真撮影を行った。また、フォッサマグナミュージアム、翡翠園、玉翠園に所蔵されている岩石を観察させていただいた。採取したサンプルから薄片を作成し偏光顕微鏡による観察を行った。角閃石と周囲の岩石についてはSEM-EDSを用いた分析を行い、鉱物の化学組成の検討を行った。サンプルに含まれるジルコンを用いてICP-MSによりジルコンU-Pb年代測定を行った。上記の得られたデータをもとに、角閃石岩類の起源、角閃石とコスモクロア輝石との成因関係について考察した。

### 【研究のまとめ】

調査の結果から、山之坊コスモクロア輝石露頭周辺地域に分布する角閃石岩はヒスイ輝石岩、曹長岩と蛇紋岩と接する境界や内部の脈に産出することが確認できた。

また、薄片観察により、角閃石岩を構成する角閃石はCaに富むType1とNaに富むType2に分けられ、Type2の形成タイミングはType1より新しいことが確認できた。コスモクロア輝石については、Type2の角閃石と同時期に形成されたことが確認できた。山之坊地域で得られた曹長岩サンプルに含まれるジルコンのU-Pb年代は $494 \pm 3$  Maであり、ジルコンの微量元素測定結果から、これは源岩の火成活動の時期を示すと考えられる。

以上の事象より、角閃石岩、曹長岩、ヒスイ輝石岩、オンファス輝石岩の形成はステージ0、ステージ1、ステージ2の3つのステージに分けられる。ステージ0の源岩はジルコンU-Pb年代測定結果および微量元素測定結果から火成岩であると考えられる。続いてステージ1では、薄片の観察結果からヒスイ輝石、粗粒な曹長石、Type1の角閃石が形成されたと考えられる。最後にステージ2では、細粒な曹長石、Type2の角閃石、コスモクロア輝石、オンファス輝石が形成されたと考えられる。

形成ステージから、角閃石とコスモクロア輝石の形成過程を考察した。Type1とType2の角閃石はどちらも珪長質火成岩から変成した曹長岩やヒスイ輝石岩とかんらん岩との間の反応縁であると考えられる。Type1の角閃石は主にCa、Type2の角閃石は主にNaの元素の拡散によって形成されたと考えられる。また、コスモクロア輝石はType2の角閃石形成時に、クロム鉄鉱を核として形成されたと考えられる。

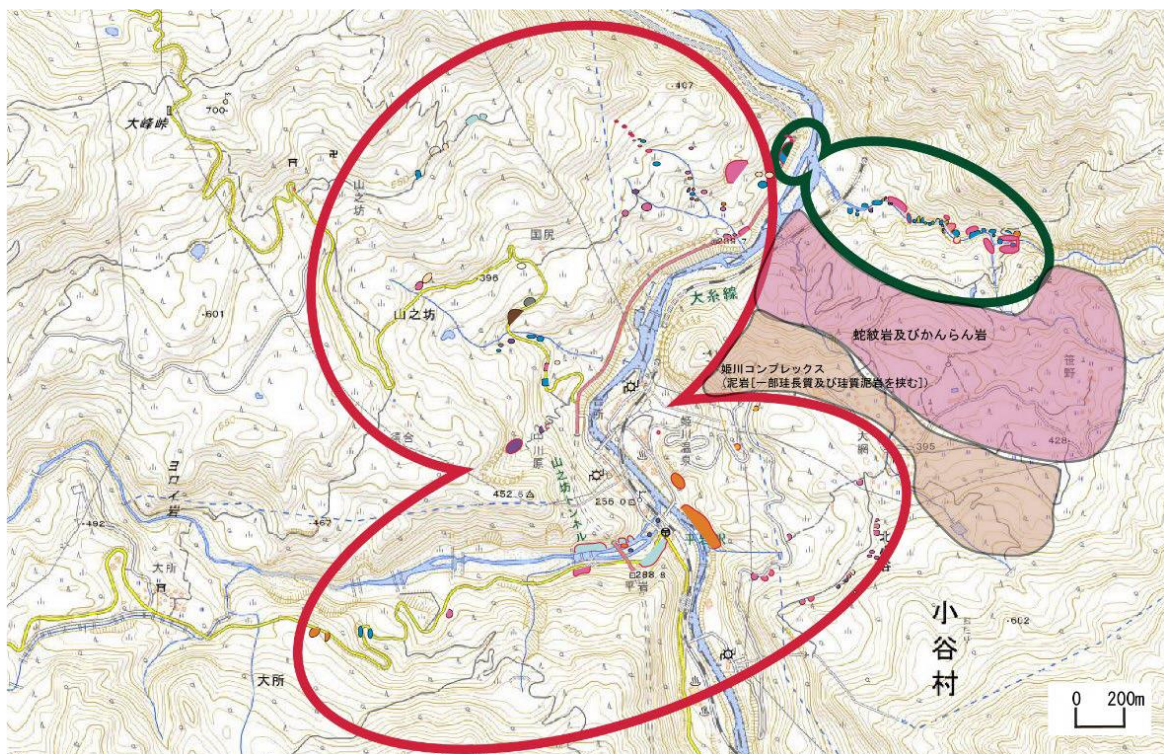


Fig. 1. 調査地域の岩石分布マップ。※未調査範囲は地質図副小滝を引用（長森ほか 2010）

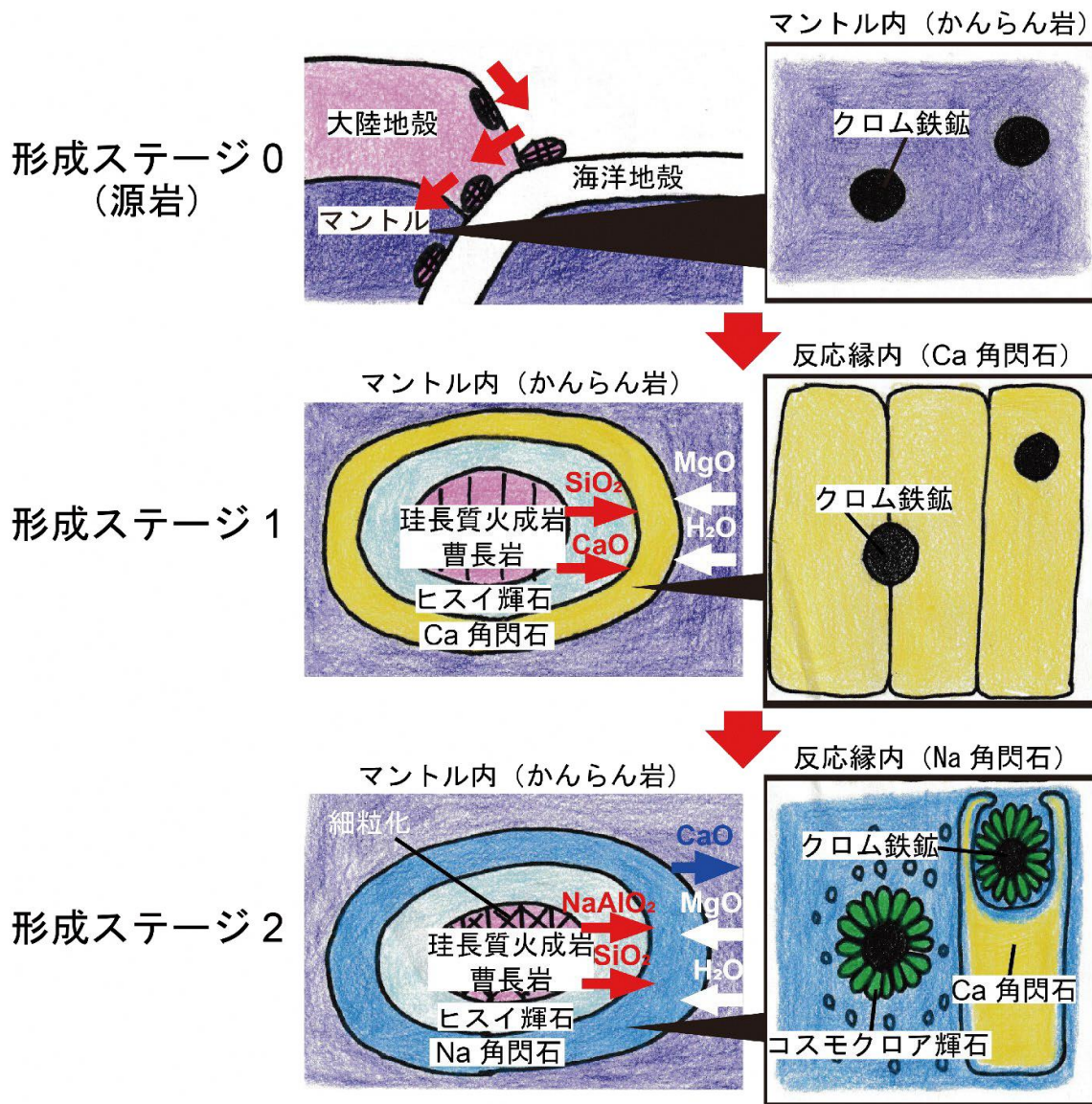


Fig. 2. 糸魚川市で見られる角閃石、コスモクロア輝石の形成モデル図。

【参考資料】

茅原一也, 1987, ヒスイの科学 = Science of jadeite. 茅原一也教授退官記念会, 39-56.

Dobretsov NI and Tatarinov AV, 1983, Jadeite and nephrite in ophiolite from west Sayan. Nauka Press, Novosibirsk, 122p.

Harlow GE and Olds E. P., 1983, Terrestrial ureyite: Occurrence and significance. EOS, 64, 353.

Harlow GE and Olds E. P., 1987, Observation on terrestrial ureyite and ureyitic pyroxene. American Mineralogist, 72, 126-136.

亀井節夫, 1955, ひだ外縁構造帯について. ひだ山地の地質研究連絡紙, 7, 10-12.

- Kenichiro Tani, Daniel J. Dunkley, Jun-Ichi Kimura, Richard J. Wysoczanski, Kunimi Yamada, Yoshiyuki Tatsumi, 2010, Syncollisional rapid granitic magma formation in an arc-arc collision zone: Evidence from the Tanzawa plutonic complex, Japan. *Geology*, 38, 3, 215-218.
- Laspeyers A., 1897, Mitteilungen aus dem mineralogischen Museum der Universitat Bonn. VIII. Thell. Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie, 27, 586-600.
- Laurence N. Warr, IMA-CNMNC approved mineral symbols. *Mineralogical Magazine*, 2021, 85, 291-320
- Leake BE, Wooley AR, Arps CES, Birch WD, Gilbert MC, Grice JD, Hawthorne FC, Kato A, Kisch HJ, Krivovichev VG, Linthut K, Laird J, Mandarino JA, Maresch W, Nickel EH, Rock NMS, Schumacher JC, Smith DC, Stephenson NCN, Ungarett L, Wittaker EJW and Youzhi G, 1997, Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *American Mineralogist Mag*, 87, 1019-1037.
- Paul. W. O. Hoskin, 2004, Trace-element composition of hydrothermal zircon and the alteration of Hadean zircon from the Jack Hills, Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69, 3, 637-648.
- Peter B. Kelemen, Joseph L. Wooden, Karen Hanghoj, 2007, Trace element chemistry of zircons from oceanic crust: A method for distinguishing detrital zircon provenance. *Geology*, 35, 7, 643-646.
- 阪本志津江・高須 晃, 1996, 三郡変成帯大佐山超苦鉄質岩体に産する kosmochlor の化学組成とその成因. 日本地質学会第103年学術大会公演要旨集, 306.
- 鈴木保光・大木良弥, 2019, 新潟県糸魚川市山之坊産コスモクロア輝石, 地学研究, 65, 3・4, 185-187.
- Takasu Akira, Suzuki Yasumitsu, Ohki Yoshiya, Ogawara Takahiko and Seto(Sakamoto) Shizue, 2022, Newly identified end-member kosmochlor from the Yamanobo outcrop of the Renge metamorphic belt, Itoigawa, central Japan. *Earth Science*, 76, 1, 37-42.
- 東田和弘, 竹内誠, 小嶋智, 2004, 飛騨外縁帯の再定義. 地質学雑誌, 110, 10, 640-658.