

2025 年
6 月号NEWS
LETTERIEVG ニュースレター
Vol.12 No.2

[新人研究紹介]

軽石から読み解く桜島歴史時代噴火の前駆過程

新谷直己（マグマ活動研究グループ）

1. はじめに

火山噴火は、地下にあるマグマ溜まりからマグマが上昇してくることで発生します。このように書くと非常に単純な現象のように思いますが、実際には、マグマが地表まで上昇することは容易ではありません。なぜなら、マグマ溜まりは密度中立点（マグマと周囲の岩石の密度が等しくなる深さ）にでき、それよりも浅いところではマグマは周囲の岩石よりも重く、そのままでは上昇ができないからです。しかし、火山噴火は地球上で普遍的に観測されています。火山の地下では何が起きていて、噴火が誘発されているのでしょうか？

噴火を誘発する現象として代表的なものに、マグマ溜まりへの新規マグマへの供給があります。一般に、深部から上昇してくるマグマは温度が高いため、そうしたマグマが地殻に存在する低温なマグマ溜まりに供給されることで、熱や揮発性成分の相互

作用が起きてマグマ溜まりが活性化して、噴火が誘発されると考えられています（例えば、Sparks *et al.*, 1977）。このモデルは、火山噴出物に異なるマグマが混ざった痕跡が普遍的にみられることから、広く受け入れられています。しかしながら、噴火を誘発したと考えられているマグマの供給から噴火までの時間スケールは、噴火によってまちまちで、数日のこともあれば数百年のこともあります（Costa *et al.*, 2020）。また、数値計算や火山噴出物を調べた研究では、マグマの供給が直ちに噴火につながらなかった事例も見つかっています（Burgisser & Bergantz, 2011; Scruggs & Putirka, 2018）。マグマの供給が噴火の発生に重要な現象であることは間違いありませんが、噴火の発生メカニズムを理解するためには、マグマ供給のタイミングも含めた前駆過程、つまり、噴火に至るまでに火山の地下でいつ・どういった現象が起きていたかを明らかにする必要があります。

Contents

- 01 新人研究紹介 軽石から読み解く桜島歴史時代噴火の前駆過程 …… 新谷直己
- 07 新人研究紹介 花粉試料による放射性炭素年代測定の手法開発と活断層研究への応用に向けて …… 太田耕輔
- 12 受賞報告 マグマ活動研究グループの新谷直己主任研究員が 2025 年度日本火山学会研究奨励賞を受賞
- 13 リサーチアシスタントの紹介
- 14 外部委員会活動報告 2025 年 4 月～5 月

さて、火山噴火と一口に言っても、その様式や規模は様々あります。例えば、マグマが全くでない水蒸気噴火、溶岩を静々と流すハワイ式噴火、軽石・火山灰を大量に放出するプリニー式噴火、さらに大規模なカルデラ形成噴火などがあります。火山噴火は規模が大きくなると発生頻度は下がり、プリニー式噴火クラスでは、日本国内では100年間に数回程度の頻度となります（最近の例では、2021年の福徳岡ノ場の噴火が該当します）。近代的な観測網でプリニー式噴火の一部始終が捉えられた事例は世界的にも多くなく、そのメカニズムの解明には、軽石などの火山噴出物の解析がメインの手法となります。軽石は、地表に出てくる前はマグマだった物質ですので、軽石の組織や化学組成を調べることで、噴火が起きる前の地下のマグマの状態がわかるわけです。

本稿では、鹿児島県の桜島火山において歴史時代に発生した3回のプリニー式噴火（1471年の文明噴火、1779年の安永噴火、1914年の大正噴火）について、軽石に含まれる鉱物や火山ガラスの化学分析に基づいて噴火に至る過程を調べた研究を紹介します。桜島火山は、今現在も活発に活動をしている火山です。現在の活動は単発的な爆発を起こすブルカノ式噴火がメインですが、歴史時代にはずっと規模の大きなプリニー式噴火が繰り返し起きています。桜島では、直近の大規模噴火である大正噴火以降、マグマの蓄積が進行しており、近い将来に大規模な噴火が起こると想定されています。そのため、過去の大規模噴火の前駆過程を調べることは、今後起こりうる大規模噴火の発生予測において、重要な基礎情報になります。

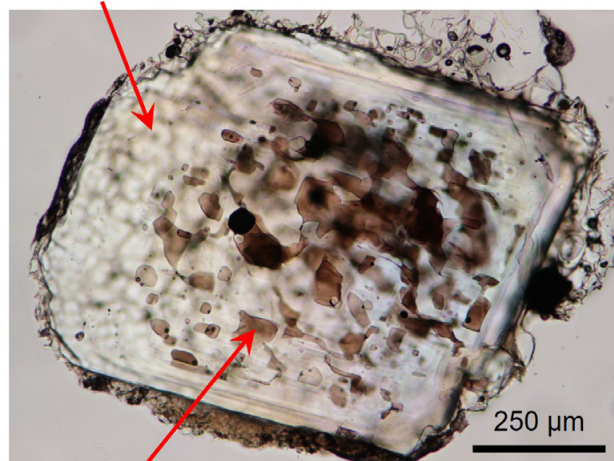
2. メルト包有物を用いたマグマ蓄積深度の解明

桜島では、地盤膨張の変動源や地震波速度などの物理観測から、マグマ溜まりの位置が詳しく調べられています。それによると、始良カルデラ直下の深さ約10 kmにメインのマグマ溜まりがあり、桜島直下の深さ約4~6 kmに副次的なマグマ溜まり群があることがわかっています（例えば、Iguchi

et al., 2013）。過去の大規模噴火では、これらいずれかのマグマ溜まりからマグマが上昇してきたのでしょうか？このことは自明ではありませんので、過去の噴火においてマグマが蓄積していた深さを明らかにするためには、その噴火で実際に出てきた噴出物を調べる必要があります。

火山噴出物の中に含まれる斑晶鉱物には、しばしば、火山ガラスが包有されていることがあります（図1）。火山ガラスは、地下ではどろどろに溶けていた部分（メルトと呼びます）であることから、こうした包有物のことをメルト包有物と言います。メルト包有物は、火山の地下で斑晶鉱物が成長する際に、周囲のメルトを取り込むことで形成されます。一般に、メルトには水が溶けこんでおり、その濃度は圧力に強く依存しています（圧力が高いほど、より多くの水がメルトに溶け込めます）。圧力は、地表からの深さと言い換えることができますので、メルトに溶け込んでいる水の濃度から、マグマが蓄積していた深さがわかります。メルト包有物ではホストの斑晶鉱物がカプセルの役割をするため、急速にマグマが上昇して冷却・固化した場合には、噴火に伴ってメルト包有物に溶けている水が抜けることはなく、噴火の直前にマグマが蓄積していた深さを記録しています。

斑晶鉱物（斜長石）



メルト包有物

図1. 斑晶鉱物（無色透明な部分；この図では斜長石）と、その内部に含まれているメルト包有物（茶色い部分）。

Araya *et al.* (2019) では、桜島の歴史時代噴火の軽石に含まれているメルト包有物の含水量を測定したところ、水の濃度は 1.4~3.5 wt% でした。これは、深さに換算すると地表から 0.9~4.1 km となります。したがって、メルト包有物の含水量から見積もったマグマの蓄積深度は、上述したマグマ溜まりよりも浅くて、副次的なマグマ溜まり群から山頂に向けて伸びている浅部火道に相当しています。浅部火道については、火山活動が活発だった 1970~80 年代に発生した火山性地震の震源分布からその構造が推測されており、直径が 0.3~0.5 km でした。これは、体積にして 0.2~0.5 km³ となり、歴史時代噴火の軽石噴出量(マグマ噴出量でおおよそ 0.1 km³) を賄うには十分な規模となります。なお、最近では、火道は小規模になっているため、1970~80 年代に観測された火道と全く同様のものが歴史時代噴火の前にもあったとは限りませんが、少なくとも、桜島ではマグマ溜まりよりもさらに浅いところに、相当量のマグマを蓄積するポテンシャルはあ

るでしょう。以上より、歴史時代噴火で放出されたマグマは、マグマ溜まりではなく火道に蓄積していたと結論付けられました。

さて、マグマ溜まりがあるにも関わらず、噴火の際に放出されたマグマは火道に蓄積していたわけですが、噴火のずっと前から火道に蓄積していたのでしょうか。メルト包有物やホスト鉱物の組織・化学組成を調べてみると、ホストとなる斑晶鉱物は、マグマ溜まりから浅部の火道まで、様々な深さで結晶成長をしてメルト包有物を取り込んでいるようです。つまり、長期間火道に蓄積して結晶成長やメルト包有物の形成が進んでいたのではなく、深さが異なる様々な段階での結晶成長やメルト包有物の形成を経てきたマグマが、噴火に先立って火道へと上昇していたことになります(図2)。この噴火に先立つ浅部火道へのマグマ上昇は、本研究で初めて見つかった事例で、著者らは「プレチャージ」と名付けました。この現象は、プリニー式噴火のような大規模で爆発的な噴火の前駆過程として必然

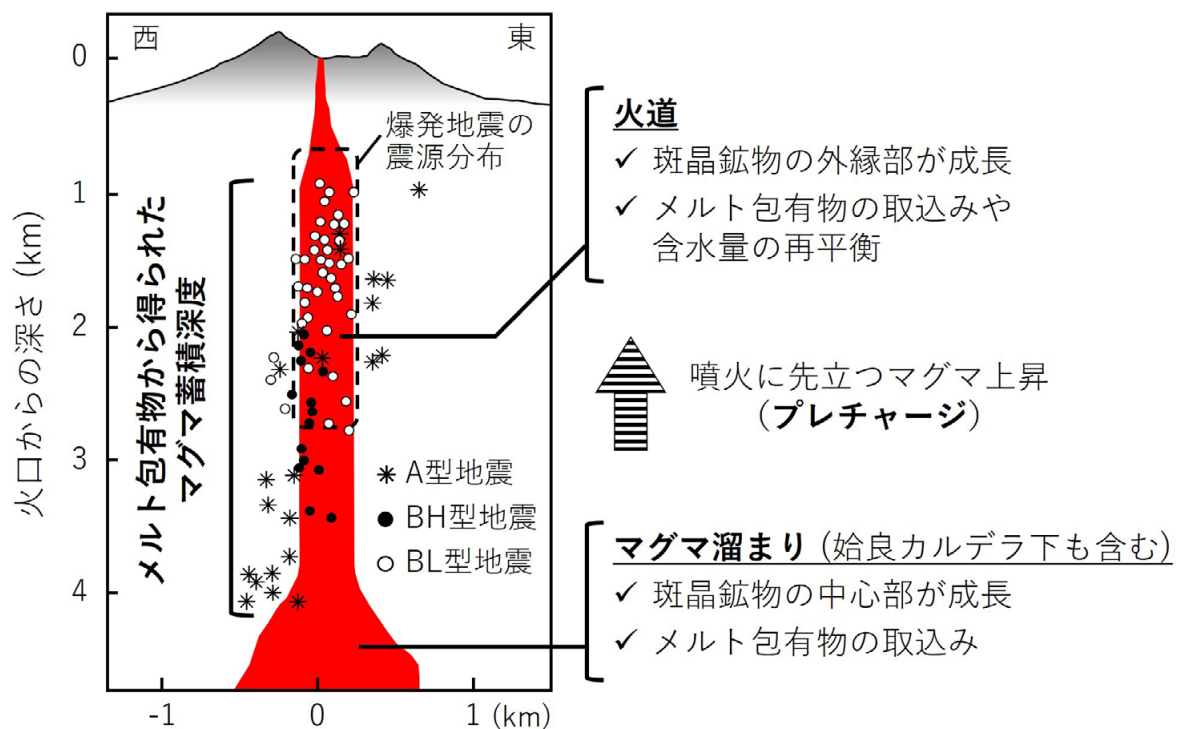


図2. 桜島の浅部構造とマグマ蓄積深度 (Araya *et al.*, 2019). 火道形状と震源分布は Iguchi *et al.* (2013) に基づく。

的に発生している可能性があり、噴火の発生メカニズムを理解する上で重要な現象となります。また、浅部に大量のマグマが上昇・蓄積することから、その検知が噴火の発生予測に繋がるため、噴火の発生予測においても重要な現象となります。

3. 元素拡散を用いた噴火に至る過程の時系列整理

噴火がどのように誘発されたかを理解するためには、火山の地下で起きている各種現象のタイミングを制約することが欠かせません。それに有用なのが、鉱物内部での元素拡散です。鉱物には、中心部と外縁部で化学組成が異なる構造（累帯構造）がしばしば見られます（図3）。化学組成の違いは、鉱物が成長した時の物理化学条件（マグマの温度、圧力、化学組成）が違っていたことを意味しています。同一の鉱物内部で化学組成が不均質な状態は、熱力学的には非平衡な状態です。そのため、マグマのように高温で鉱物内部での元素拡散が活発に起こる場合には、熱力学的に平衡な状態、すなわち、化学組成が均質な状態へと変化をしていきます。このことは、言い換えれば、元素拡散がどの程度進んでいるか（累帯構造がどの程度均質になっているか）を調べることで、累帯構造が形成されてから噴火するまでの時間を制約できます（図4）。元素の拡散速度は鉱物の種類や元素によって異なるため、

異なる鉱物・元素を調べることで様々な時間スケールで噴火に至るマグマの情報を引き出すことができます。Araya *et al.* (2024) では、長期的な情報を記録している直方輝石と、短期的な情報を記録している磁鉄鉱を調べました。

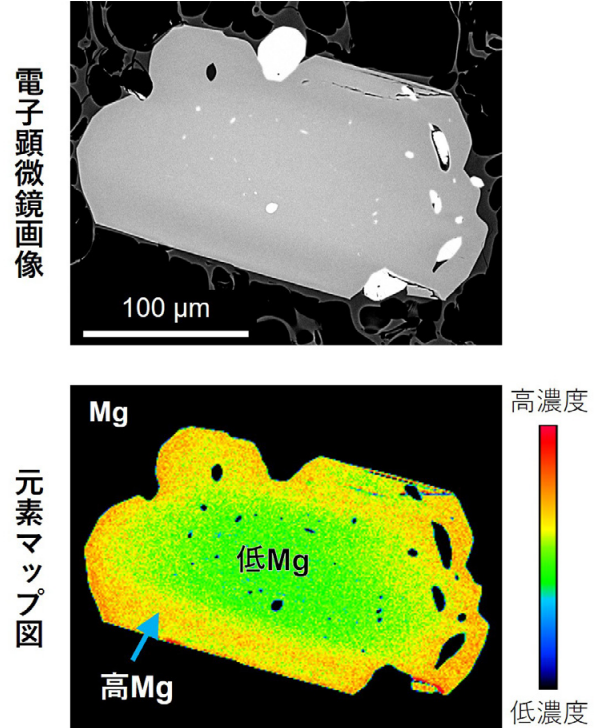


図3. 直方輝石における累帯構造の例。鉱物の外縁部においてMg濃度が高くなっている。

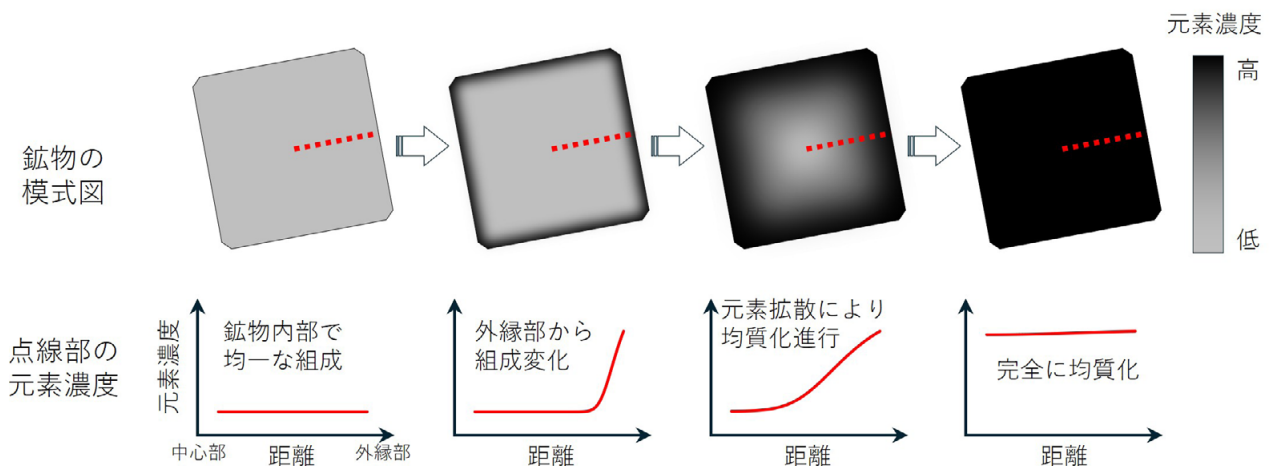


図4. 元素拡散による均質化の模式図。時間が経つにつれて鉱物外縁部から組成が徐々に変化していく。

直方輝石は、鉄とマグネシウムを含むケイ酸塩鉱物です。桜島の歴史時代噴火の噴出物には、累帯構造を示す直方輝石が普遍的に見つかります。より高温なマグマの供給・混合によってできる逆累帯構造（鉱物の外縁部で高温マグマと平衡な化学組成を示す）に対して、元素拡散の時間を計算すると、およそ数年～数百年の結果が得られました。これは、より高温なマグマが供給されて混合が起きてから噴火するまでに、少なくとも数年以上が経過していたことを示しています。さらに、時間スケールが二桁以上と広いことから、噴火の準備過程を通じて繰り返しマグマが供給されていたことがわかりました。

磁鉄鉱は、鉄とチタンを主成分とする酸化鉱物で、副成分としてマグネシウムを含みます。磁鉄鉱も、桜島の歴史時代噴火の噴出物には普遍的に含まれています。直方輝石とは対照的に、ほぼすべての磁鉄鉱が累帯構造を示しませんでした。これは、磁鉄鉱内部での元素拡散が直方輝石に比べてずっと速いために、かつては存在していた磁鉄鉱内部の累帯構造が、元素拡散が完全に進行したために消滅した（均質になった）ことを示しています。磁鉄鉱が元素拡散によって再平衡する時間は、およそ数か月となります。2章で述べたように、噴火に先立ってマグマ溜まりから浅部の火道へとマグマが上昇していましたが、このときに磁鉄鉱には累帯構造が形成されます。したがって、浅部の火道へマグマが上昇してから噴火までは、少なくとも数か月以上が経過していたことになります。

一方で、極めて稀ですが、1914年の大正噴火では、累帯構造を示す磁鉄鉱が見つかりました。これらの磁鉄鉱について拡散時間を計算すると、数時間～数十時間の結果が得られました。大正噴火では、噴火の約30時間前から有感を含む地震活動が活発化しています。これは、地表に向けたマグマの上昇が始まったことを示唆しています。磁鉄鉱の拡散時間は、このタイミングとおおむね一致していることから、噴火の最初期に上昇を始めたマグマが地表に到達するまでの時間に対応していると解釈できます。

さて、直方輝石に記録されていたマグマの供給・

混合は、数年～数百年の時間スケールで見れば噴火を誘発したといえますが、噴火に直ちに結びついたわけではなさそうです。では、何が噴火に直接的に結びついたのでしょうか。マグマの圧力が低下すると、メルトの結晶化が進行することが知られています。水などの揮発性成分は結晶中にはほとんど固溶されないため、結晶化が進みメルトの体積が減ると揮発性成分はメルトに濃集しますが、メルトに溶け込める許容量（飽和溶解度）を超えると気相（ガス）として析出します。メルトに溶け込んでいる状態に比べて、気相の状態になると体積がずっと大きくなるため、膨らもうとする力（＝周囲の岩石を押す力）が発生して、マグマの圧力が高まります。実際、浅部火道へのマグマ上昇に伴う結晶化と、それによるマグマ圧力の変化を計算すると、数十MPaの過剰圧が生じることがわかりました。これは、周囲の岩石を破壊する（＝地表に繋がるマグマの通り道を作る）には十分な過剰圧のため、浅部の火道内部における結晶化が、噴火に直接的に結びついた可能性があります。

以上をまとめると、噴火に至る過程は図5のように整理できます。時間スケールに応じて特徴的な現象が起きており、一連のプロセスを経て噴火が誘発されたことがわかりました。単独の現象だけを調べるのではなく、噴火に至る一連の過程を調べることで、噴火の発生メカニズムの理解が進むことが期待されます。

4. おわりに

本稿では、桜島の歴史時代噴火を例として、火山噴出物である軽石を調べることで、噴火の前駆過程を明らかにした事例を紹介しました。こうした過去の噴出物の解析は、噴火の発生メカニズムの解明や、将来の噴火の発生予測に有益です。一方で、マグマの条件や地質構造は火山ごとに異なっており、今回桜島で明らかにした前駆過程が、ほかの火山にもそのまま当てはまるわけではありません。今後は、国内の活発な火山を中心にして、同様の事例研究を行い、噴火の発生メカニズムに関する理解の深化やモデル化に取り組んでいきたいと思っています。

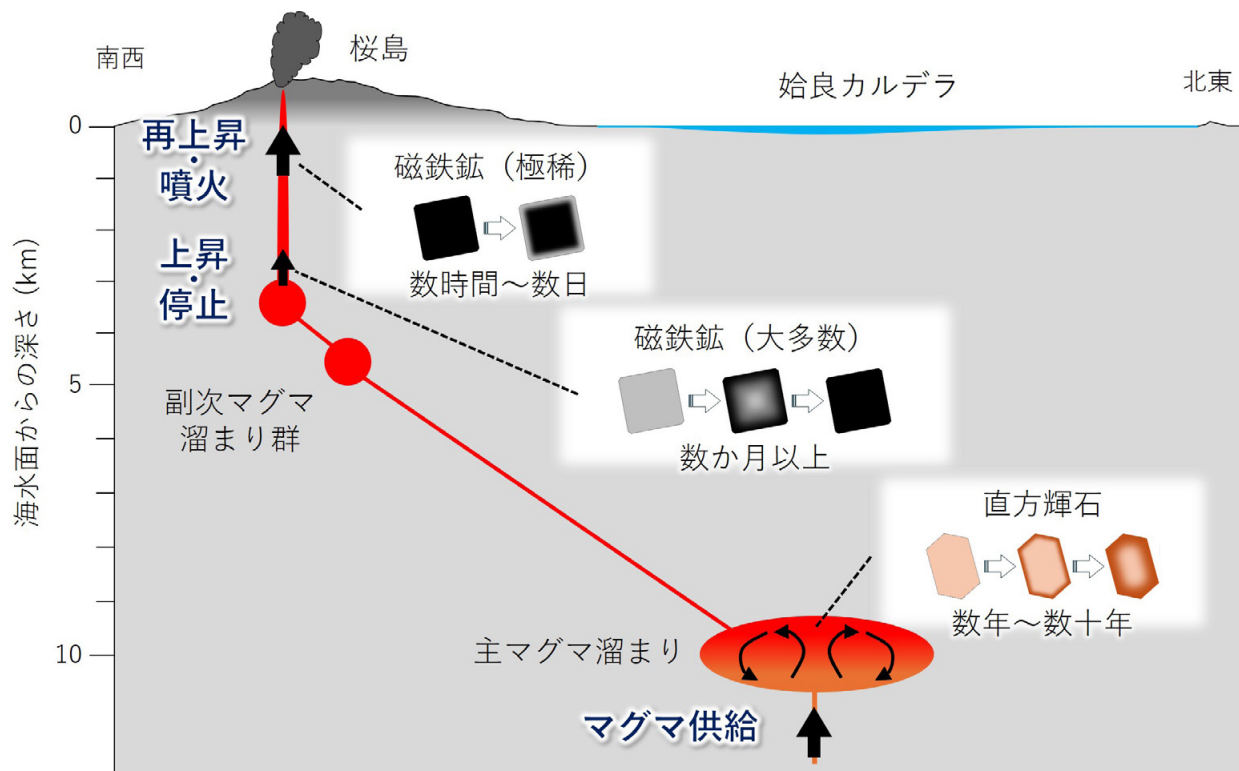


図 5. 鉱物の累帯構造から読み解いた、噴火に至るまでの地下でのマグマの動き (Araya et al., 2024).

引用文献

- Araya, N., Nakamura, M., Yasuda, A., Okumura, S., Sato, T., Iguchi, M., Miki, D., & Geshi, N. (2019). Shallow magma pre-charge during repeated Plinian eruptions at Sakurajima volcano. *Scientific Reports*, 9, 1979. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38494-x>
- Araya, N., Nakamura, M., Matsumoto, K., & Okumura, S. (2024). Time-resolved trigger processes leading to the Plinian eruptions at Sakurajima volcano, Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 129, e2023JB028558. <https://doi.org/10.1029/2023JB028558>
- Burgisser, A., & Bergantz, G. W. (2011). A rapid mechanism to remobilize and homogenize highly crystalline magma bodies. *Nature*, 471(7337), 212–215. <https://doi.org/10.1038/nature09799>
- Costa, F., Shea, T., & Ubide, T. (2020). Diffusion chronometry and the timescales of magmatic processes. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(4), 201–214. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0038-x>
- Iguchi, M., Tameguri, T., Ohta, Y., Ueki, S., & Nakao, S. (2013). Characteristics of volcanic activity at Sakurajima volcano's Showa crater during the period 2006 to 2011. *Bulletin of the Volcanological Society of Japan*, 58(1), 115–135. https://doi.org/10.18940/kazan.58.1_115
- Scruggs, M. A., & Putirka, K. D. (2018). Eruption triggering by partial crystallization of mafic enclaves at Chaos Crags, Lassen volcanic center, California. *American Mineralogist*, 103(10), 1575–1590. <https://doi.org/10.2138/am-2018-6058>
- Sparks, S. R. J., Sigurdsson, H., & Wilson, L. (1977). Magma mixing: a mechanism for triggering acid explosive eruptions. *Nature*, 267(5609), 315–318. <https://doi.org/10.1038/267315a0>

新人研究紹介

花粉試料による放射性炭素年代測定の手法開発と
活断層研究への応用に向けて

太田耕輔（活断層評価研究グループ）

1. はじめに

今年の4月から、活断層評価研究グループに着任しました太田耕輔です。これまで、放射性炭素 (^{14}C) 年代測定の手法開発およびその応用を通じて、野外調査による過去の自然災害の発生時期を高精度で解明する研究を行ってきました。本稿では、私の研究テーマの一つである、堆積物中の花粉分取手法の確立に関する研究 (Ota *et al.*, 2024; 横山・太田ほか, 2025) について紹介します。

2. 放射性炭素年代測定とは？

地球規模の気候変動や過去の断層活動を解明する上で、「年代」の情報は極めて重要です (de Laeter, 1998)。年代決定の手法には、質量分析装置を用いた放射性同位体の定量を行うのが一般的ですが、特に過去5万年間の高精度年代決定に使われているのが ^{14}C 年代測定法です。 ^{14}C の存在度は炭素全体の中で1兆分の1以下と極めて低いため、同位体比を正確に測定するには加速器質量分析装置 (AMS) が不可欠です (Yokoyama *et al.*, 2008)。AMSは超高感度の装置であり、一般的には1mgの炭素 (1mgC) を使った分析が行われています。しかし近年、加速電圧の低いAMSが開発され ^{14}C に特化した分析が行われるようになったことで、多くの試料の高精度分析が行われるようになっていきます。たとえば東京大学の気候海洋研究所では炭素量で10~300 μg といった微量試料についても高精度分析が可能となってきています (Yokoyama, 2019; Yokoyama, *et al.*, 2022)。

3. 試料の選別の重要性

AMS技術および前処理の改良などにより、分析に必要な試料量が低く抑えられるようになりました。

た。その結果、従来は1mgCの試料量を確保するために、バルク試料（堆積物全体）を用いていたような場面でも、近年では堆積物の中から特定物質のみを選別して年代測定に利用する例が増えています。これにより、バルク年代と特定の物質との年代差についての比較がなされるようになり、得られる年代値が試料によって異なる意味を持つことが明らかになってきました。

たとえば、これまでは後背地が限定的な湖であれば、湖底堆積物の有機炭素は湖内生産による有機炭素であると仮定できると考え、バルク試料による ^{14}C 年代は信頼度が高いとされてきました。しかし、ネパール中西部のララ湖で採取された湖底堆積物の研究では、バルク試料が最も古く、次いで木片、最も新しいのが木の葉といったマクロ化石試料でした (図1) (Nakamura *et al.*, 2012, 2016)。これは、有機物の分解速度や供給源の違いに起因し、後背地からの流入が少ない湖でも古い年代が得られることを示しています。さらに、この「年代オフセット」は時代によって変動し、過去5000年間の試料に対して200年から最大1200年の差が生じることも報告されています。

日本の富士五湖でも同様の傾向が確認されており、バルク試料とマクロ化石や広域テフラとの間で数百年単位の年代差が生じています (Lamair *et al.*, 2018; Obrochta *et al.*, 2018; Yamamoto *et al.*, 2018)。富士五湖の堆積物ではマクロ化石試料のほか、火山噴火により広域に堆積した火山灰（広域テフラ）や富士山から飛来したテフラなど年代既知のテフラ層との比較も含めた年代オフセットの変化について検討が行われています。富士五湖のうち本栖湖の堆積物では、バルク試料の年代とテフラとの年代オフセットは630~730年となり、マクロ化石との年代差も同様に確認されました。つまり、バルク試

料が示す年代は一般に古く、堆積物試料の真の年代を得るためにはマクロ化石試料を用いるかテフラを用いる必要があることがわかりました。しかし、これらの試料は堆積物から連続的に得られるわけではないため、測定可能な層準に限られるという課題がありました。

4. 花粉を用いた堆積物の年代測定

このような背景から、毎年大量に生産・飛散される花粉を用いた ^{14}C 年代測定の期待が高まっています。花粉は植物種によって形態が異なるため、花粉分析によって過去の植生や気候等の環境変化を復元できることが広く知られています。花粉が湖底などに堆積した時期を高精度に特定できれば、年代情報と環境情報を統合的に扱うことが可能となります。

しかし、花粉の直径は $10\sim 160\ \mu\text{m}$ と小さく、 ^{14}C 年代測定に必要な 1mgC を確保するには 100 万粒子ほどの花粉が必要とされ、花粉の ^{14}C 年代測定を実現するための障壁となっていました。

そこで注目されたのが、レーザー光と層流を用いて微小粒子を選別・分取するセルソータ (Cell Sorter) です (Fulwyler, 1965)。この装置は元来、細胞や微生物などの生命科学分野で広く使用されてきましたが、化学処理およびフィルタリング技術と組み合わせることで、地球科学分野の試料にも応用できる可能性が示唆されてきました。

Tennant *et al.* (2013) は、Jet-in-Air 法と呼ばれるセルソータの分取機構を用いて、最大 $60\ \mu\text{m}$ までの花粉を堆積物から分取し、花粉の ^{14}C 年代測定に成功しました。この研究は、微小な花粉でも信頼性の高い年代情報が得られることを実証する先行例となりました。Jet-in-Air 法は、高压化で小さい流路 (約 $70\ \mu\text{m}$) によって層流を高速噴射することによって分取速度 (試料数 / 秒) を上げる手法であり、生命科学分野では現在主流で利用されています。同様の報告もその後に別グループによって行われていますが、粒径の小さな花粉に限定されています (例: Omori *et al.*, 2023; Yamada *et al.*, 2021)。

その後、Kasai *et al.* (2021) により、より大きな花粉 (最大 $160\ \mu\text{m}$) に対応可能な Microjet flow 法が開発され、分析対象が広がりました。しかし、Jet-in-Air 法に比べると処理時間が 2 倍以上かかってしまうという課題がありました。

そこで私たちは新たなアプローチで取り組みました (Ota *et al.*, 2024)。一つ目は、化学処理法を改良し不純物 (雑物質) のみを選択的に除去する手法の開発、二つ目は、試料ごとに交換可能な流路を導入する Flow Shift 法を用いた花粉の分取技術の開発です (表 1, 図 2, 図 3)。これにより、最大 $140\ \mu\text{m}$ の粒径をもつ花粉も取り扱えるようになり、大型の花粉 (例: マツ属) の選別が可能になりました (図 3)。流路が花粉の直径より十分に大きいため、花粉をセルソータにかける前の作業で、人為的

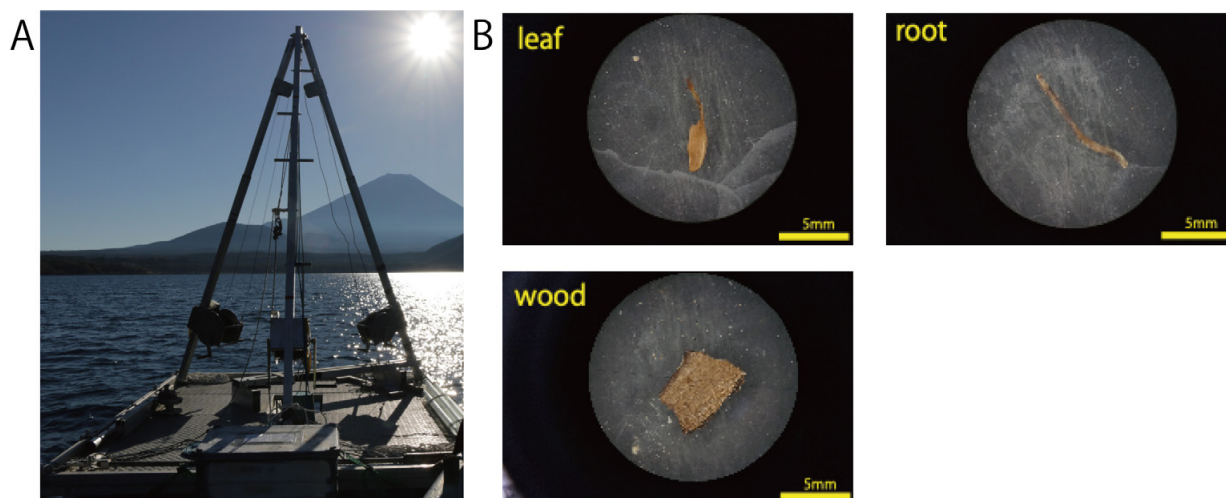


図1 ポーリング調査およびマクロ化石の写真. A. 本栖湖におけるポーリング調査の写真. 写真手前は掘削機. B 木の葉, 木片, 植物根の実体顕微鏡写真. スケールバーは 5mm.

表 1 セルソータのタイプと特徴.

分取システム	(A) Jet-in-Air	(B) Microjet flow	(C) Flow Shift
流路幅 (μm)	70	520	350 (A の 5 倍)
サンプル径 (μm)	0-63	0-160	0-140 (A の 2.5 倍)
ソート速度 (event/sec)	1200	700 (A の 1/2 倍)	1000 (A と同等)
メリット	速いソート	大きな花粉に対応	速いソート 大きな花粉に対応 交差汚染がない
デメリット	大きな花粉不可 交差汚染の可能性	ソート速度が律速 交差汚染の可能性	

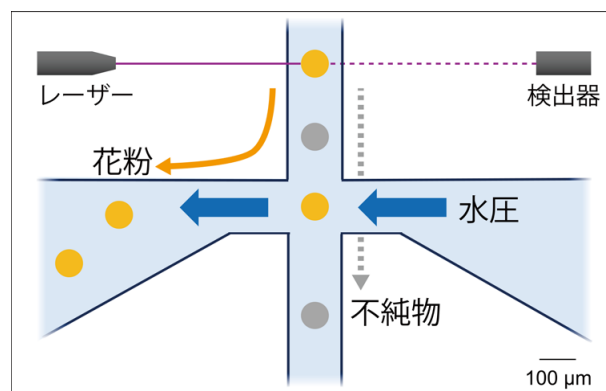


図 2 Flow shift 法によるセルソータの原理. レーザーによって粒子を検出し、目的の粒子（花粉）のみを高速で選択的に取り出すことが可能.

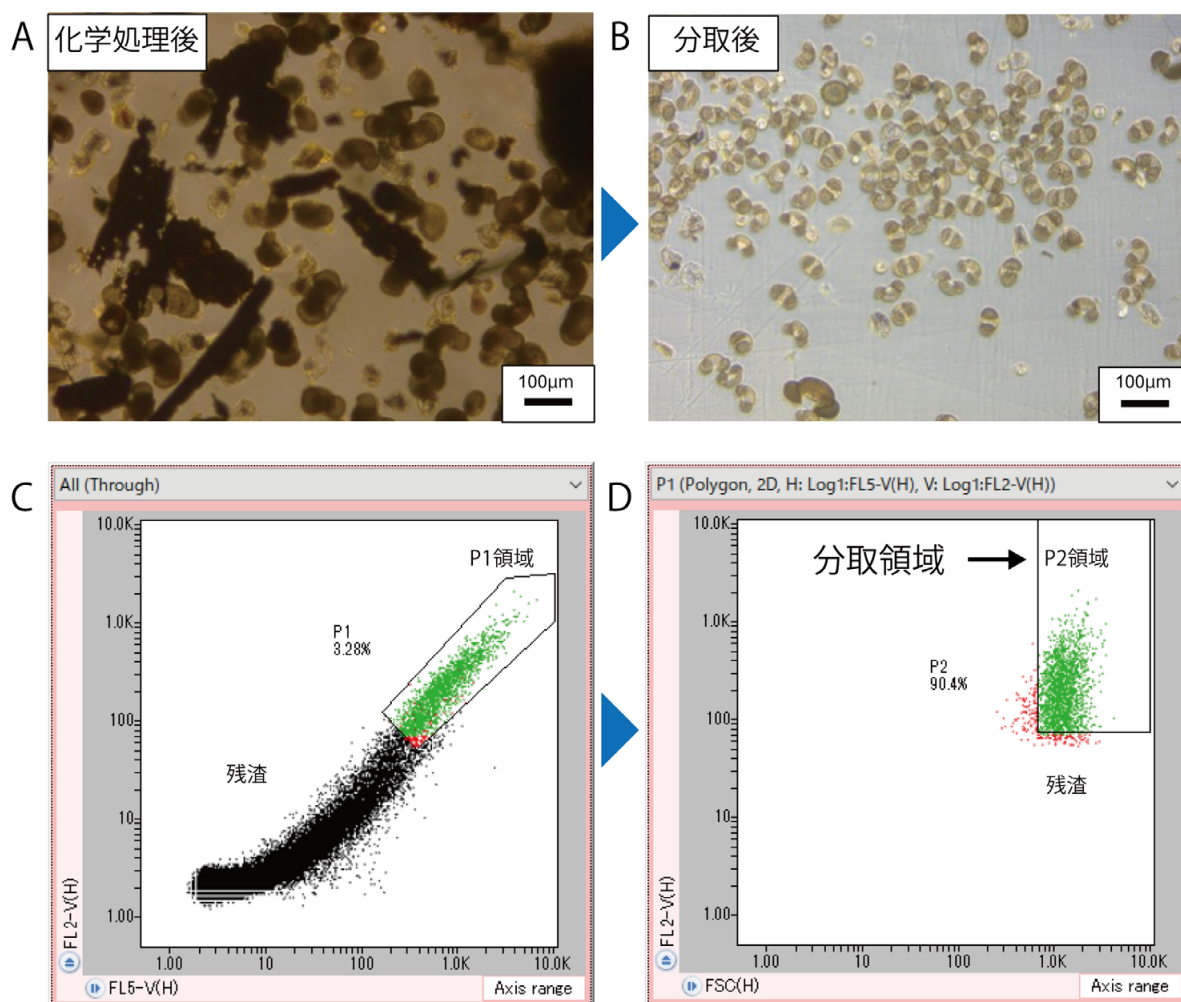


図 3 セルソータによる花粉分取 (A・B) と光学パラメータ (C・D)。A. 化学処理後の顕微鏡写真。腐植質の不純物を多く含む。B. ソート後の顕微鏡写真。マツ属など大型の花粉 (約 100 μm 以上) の分取に成功。C. A から検出された粒子のプロット。横軸に FL5 (赤色レーザー)・縦軸に FL2 (緑色レーザー) の蛍光強度、5 角形で囲んだ領域 P1 (緑色・赤色) を表示。黒色・赤色の領域は残渣として回収。D. 領域 P1 に対し、横軸 FSC (前方散乱光による粒子径)、縦軸 FL2 のプロット。花粉粒子は領域 P2 と定義された緑色の領域に集中し、この領域にプロットされる粒子 (花粉) を選択的に分取。

にサイズの大きな花粉を除去するというステップが不要です。また、大型の花粉は炭素量が多いため、少ない粒子数で測定が可能となります。さらに、流路の交換により試料の交差汚染も回避できます。加えて、AMS 分析の技術改善によって、必要な試料量を炭素量で 100 分の 1 以下にすることも成功しました。

この手法を前述の本栖湖の堆積物に適用しました。セルソータで分取した花粉と、それを除いた残渣の両方について ^{14}C 年代を測定した結果、花粉は同層準の木の葉と一致した年代を示し、一方で残渣はそれよりも明らかに古い年代を示しました（表 2）。この結果は、堆積物に含まれる有機炭素が、花粉に代表される堆積当時に形成された炭素と、後背地から供給された難分解性の古い炭素との混合物であることを示しています。すなわち、バルク試料では古い炭素の影響を受ける可能性があり、選別した試料を用いることの意義が裏付けられました。本研究で開発した大型の花粉の分取も可能な ^{14}C 年代測定手法は、炭素源の混在が懸念される湖底堆積物にも有効であることが示されました。

5. おわりに

今後はこの手法を、より幅広い地質学的試料に適用していくことを目指しています。例えば、活断層調査においては、断層の活動時期をできるだけ正確に推定することが求められています。花粉の ^{14}C 年代測定を活断層調査に適用して断層の活動履歴をより正確に推定することができれば、断層運動の繰り返し周期や活動パターンの解明、将来の地震発生リスク評価などを高度化できると期待されます。

上記に加え、引き続き花粉の選別・測定手法の精度向上と実用化に努め、地球科学や防災分野への応用を通じて、レジリエントな社会の実現に貢献していきたいと考えています。

参考文献

de Laeter, J.R., 1998. Mass spectrometry and geochronology. Mass Spectrometry Reviews 17, 97–125. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2787\(1998\)17:2<97::AID-MAS2>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2787(1998)17:2<97::AID-MAS2>3.0.CO;2-J)

Fulwyler, M.J., 1965. Electronic Separation of Biological Cells by Volume. Science 150, 910–911. <https://doi.org/10.1126/science.150.3698.910>

Kasai, Y., Leipe, C., Saito, M., Kitagawa, H., Lauterbach, S., Brauer, A., Tarasov, P.E., Goslar, T., Arai, F., Sakuma, S., 2021. Breakthrough in purification of fossil pollen for dating of sediments by a new large-particle on-chip sorter. Science Advances 7, eabe7327. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abe7327>

Lamair, L., Hubert-Ferrari, A., Yamamoto, S., El Ouahabi, M., Vander Auwera, J., Obrochta, S., Boes, E., Nakamura, A., Fujiwara, O., Shishikura, M., Schmidt, S., Siani, G., Miyairi, Y., Yokoyama, Y., De Batist, M., Heyvaert, V.M.A., 2018. Volcanic influence of Mt. Fuji on the watershed of Lake Motosu and its impact on the lacustrine sedimentary record. Sedimentary Geology 363, 200–220. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2017.11.010>

Nakamura, A., Yokoyama, Y., Maemoku, H., Yagi, H., Okamura, M., Matsuoka, H., Miyake, N., Osada, T., Adhikari, D.P., Dangol, V., Ikehara, M., Miyairi, Y.,

表 2 花粉と葉やバルク堆積物の年代比較.

深度 (m)	試料	^{14}C 年代 (yr BP)	誤差 (±)	Lab ID	引用元
1.695-1.720	葉	2770	73	YAUT-027212	Obrochta et al., 2018
	花粉	2674	43	YAUT-056328	Ota et al., 2024
2.235-2.280	花粉	3708	74	YAUT-065117	Ota et al., 2024
	バルク堆積物	4222	31	YAUT-033232	Obrochta et al., 2018
	残渣	5331	138	YAUT-065119	Ota et al., 2024
3.405-3.465	花粉	6018	233	YAUT-065127	Ota et al., 2024
	バルク堆積物	6993	58	YAUT-027439	Obrochta et al., 2018
	残渣	9714	108	YAUT-065129	Ota et al., 2024

- Matsuzaki, H., 2016. Weak monsoon event at 4.2 ka recorded in sediment from Lake Rara, Himalayas. *Quaternary International* 397, 349–359. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.053>
- Nakamura, A., Yokoyama, Y., Maemoku, H., Yagi, H., Okamura, M., Matsuoka, H., Miyake, N., Osada, T., Teramura, H., Adhikari, D.P., Dangol, V., Miyairi, Y., Obrochta, S., Matsuzaki, H., 2012. Late Holocene Asian monsoon variations recorded in Lake Rara sediment, western Nepal. *Journal of Quaternary Science* 27, 125–128. <https://doi.org/10.1002/jqs.1568>
- Obrochta, S.P., Yokoyama, Y., Yoshimoto, M., Yamamoto, S., Miyairi, Y., Nagano, G., Nakamura, A., Tsunematsu, K., Lamair, L., Hubert-Ferrari, A., Loughheed, B.C., Hokanishi, A., Yasuda, A., Heyvaert, V.M.A., De Batist, M., Fujiwara, O., 2018. Mt. Fuji Holocene eruption history reconstructed from proximal lake sediments and high-density radiocarbon dating. *Quaternary Science Reviews* 200, 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.09.001>
- Omori, T., Yamada, K., Kitaba, I., Hori, T., Nakagawa, T., 2023. Reliable radiocarbon dating of fossil pollen grains: It is truly possible. *Quaternary Geochronology* 77, 101456. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2023.101456>
- Ota, K., Yokoyama, Y., Miyairi, Y., Obrochta, S.P., Yamamoto, S., Hubert-Ferrari, A., Heyvaert, V.M.A., Batist, M.D., Fujiwara, O., 2024b. Development of an automated extraction and radiocarbon dating method for fossil pollen deposited in lake Motosu, Japan. *Quaternary Science Advances* 15, 100207. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2024.100207>
- Tennant, R.K., Jones, R.T., Brock, F., Cook, C., Turney, C.S.M., Love, J., Lee, R., 2013. A new flow cytometry method enabling rapid purification of fossil pollen from terrestrial sediments for AMS radiocarbon dating: CYTOMETRIC POLLEN PURIFICATION FOR ^{14}C DATING. *J. Quaternary Sci.* 28, 229–236. <https://doi.org/10.1002/jqs.2606>
- Yamada, K., Omori, T., Kitaba, I., Hori, T., Nakagawa, T., 2021. Extraction method for fossil pollen grains using a cell sorter suitable for routine ^{14}C dating. *Quaternary Science Reviews* 272, 107236. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.107236>
- Yamamoto, S., Uchiyama, T., Miyairi, Y., Yokoyama, Y., 2018. Volcanic and environmental influences of Mt. Fuji on the $\delta^{13}\text{C}$ of terrestrially-derived n-alkanoic acids in sediment from Lake Yamanaka, central Japan. *Organic Geochemistry* 119, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2018.02.002>
- Yokoyama, Y., 2019. A single stage Accelerator Mass Spectrometry at the Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 455, 311–316.
- Yokoyama, Y., Matsuzaki, H., M Esat, T., 2008. Prospects for the new frontiers of Earth and environmental sciences. *Quaternary Geochronology, Prospects for the New Frontiers of earth and Environmental Sciences* 3, 206–207. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2008.01.004>
- Yokoyama, Y., Miyairi, Y., Aze, T., Sawada, C., Ando, Y., Izawa, S., Ueno, Y., Hirabayashi, S., Fukuyo, N., Ota, K., Shimizu, Y., Zeng, Y., Lan, H., Tsuneoka, R., Ando, K., Nemoto, K., Obrochta, S., Behrens, B., Tam, E., Leggett, K., Rzeszewicz, J., Huang, Z., Kondo, R., Nagata, T., 2022. Efficient radiocarbon measurements on marine and terrestrial samples with single stage Accelerator Mass Spectrometry at the Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 532, 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2022.10.006>
- 横山祐典, 太田耕輔, 宮入陽介, 常岡 廉, 堆積物中の 100 μm 以上の大型花粉を含む花粉試料による放射性炭素年代測定, 2025, *Isotope News* 6 月号, No. 799

受賞報告



マグマ活動研究グループの新谷直己主任研究員が 2025 年度日本火山学会研究奨励賞を受賞

2025 年度の日本火山学会各賞が 5 月 14 日に発表され、当部門に採用されたばかりの新谷直己主任研究員が研究奨励賞を受賞しました。日本火山学会研究奨励賞は、火山学に関する優れた論文を発表し、将来、火山学の発展への貢献が期待される 35 歳以下の日本火山学会会員に授与されるものです。受賞対象となった研究内容「火山噴出物の化学分析に基づく噴火開始メカニズムの解明」が噴火準備過程の理解に大きく貢献することが期待されるほか、変動地球共生学卓越大学院プログラムを通じた人材育成への貢献なども評価されました。表彰式は 5 月 27 日に日本地球惑星科学連合 2025 年大会会場（幕張メッセ国際会議場）にて行われました。

受賞者のコメント

日本火山学会研究奨励賞という栄誉ある賞をいただき、大変光栄に存じます。推薦者の方々や日頃から研究・議論に協力していただいた方々には、この場をお借りして深く感謝申し上げます。これまでの研究では、鹿児島県の桜島火山で歴史時代

に発生した大規模噴火を対象にして、噴火に至るまでに火山の地下でいつ・どういった現象が起きていたかを調べてきました。研究手法は軽石や溶岩といった火山噴出物の化学分析で、いたってオーソドックスですが、噴火の発生に直結する噴火

直前（約数か月以内）のマグマ過程について特にこだわって調べて、それにより噴火開始メカニズムの理解を深められたことが、受賞につながったと考えています。受賞の対象となった研究活動は前職で行ってきた内容ですが、これからは、様々な分野の研究者がいる産総研のスケールメリットを活かして新しいテーマにも挑戦して、火山や噴火現象について理解を深めていきたいと思っています。



リサーチアシスタントの紹介

産総研では、人材育成の一環として、平成26年度より「産総研リサーチアシスタント」制度を開始しました。これは優れた研究開発能力を持つ大学院生（博士課程前期および後期）を契約職員として雇用し、産総研の研究者と一緒に国の研究開発プロジェクト等に参画してもらい、大学院生はその研究成果を学位論文に活用できるというシステムです。大学院生からすると産総研で働きながら学位（修士・博士）を目指すことになります。また、産総研としては、意欲ある大学院生がプロの研究者になることを応援し、併せて研究開発の促進をはかります。活断層・火山研究部門でも毎年複数名のリサーチアシスタントを雇用しています。

リサーチアシスタントには産総研の研究開発に携わることで、研究者としての能力を身に着けるとともに、国の研究開発に貢献する自覚も持っていたきたいと思います。また、指導する研究者には、自分たちが指導者として大学院生とどう向き合うかを考えつつ、共同で研究を進めることが重要と考えています。

「産総研リサーチアシスタント」制度の詳細については、下記のURLをご覧ください。

https://www.aist.go.jp/aist_j/collab/ra/ra_index.html

深部流体研究グループ

長谷川 未侑 Hasegawa Miyu

弘前大学大学院地域共創科学研究科
地域リノベーション専攻
レジリエンステクノロジー研究領域

弘前大学大学院地域共創科学研究科の修士課程に在籍しております。長谷川未侑と申します。本年4月より深部流体研究グループでRAとして勤務させていただいており、青森県弘前市と茨城県つくば市を往復しながら研究に取り組んでおります。



私は、温泉水・地下水のヘリウム同位体を用いて地下深部における流体の挙動や、それと地震活動や火山活動との関連性を明らかにする研究をおこなっております。研究対象は能登半島の温泉水・地下水や北海道道南地域の温泉ガスです。温泉水中に含まれるヘリウム同位体は地下深部に存在するマグマや流体の性質や動態を反映しています。能登半島では地震の前後で地下水・温泉水を採取して、ヘリウム同位体比を測定することで地震に伴う流体の変動を把握することを目指しています。また、北海道道南地域では、毎月温泉ガスを採取・分析し、ヘリウム同位体比と北海道駒ヶ岳や銭亀海底火山の周辺で発生している低周波地震との相関を見出し、火山活動のモニタリング手法を構築することを目的として研究を進めております。将来的にはこうした研究を通じて地震活動や火山活動をいち早く捉え、防災分野で貢献していきたいと考えております。

研究活動に加えて、私は福島県をはじめとする東日本大震災の被災地において、放射線リスクコミュニケーション活動への参加や傾聴ボランティアに継続的に取り組んでおります。こうした活動を通じて、科学と地域社会をつなぐ研究者を目指し、研究者として地域にどのように寄り添うべきかについても日々模索しております。

産総研は、分野を越えて専門家の方々と連携しながら研究を進められることが大きな魅力だと感じております。先日開催された学会では、「2024年能登半島地震の前後における温泉水・地下水のヘリウム同位体の変動」について所内の研究者の皆様と共同で発表させていただきました。非常に貴重な経験となり、改めて恵まれた研究環境に身を置いていることを実感しております。

昨年度は、産総研イノベーションスクールにて多くの学びの機会をいただき、本年度からはRAとして引き続き受け入れていただきましたこと、心より感謝申し上げます。未熟な点も多くございますが、一日も早く皆様のお力になれるよう努力してまいりますので、今後ともご指導ご鞭撻のほど、どうぞよろしくお願いいたします。

外部委員会等 活動報告 (2025年4月～5月)

4月-5月

2025年4月7日

南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震防災対策強化地域判定会(北川・板場出席／web会議)

2025年4月9日

地震調査研究推進本部地震調査委員会(今西・宮下出席／web会議)

2025年4月18日

地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会海域活断層評価手法等検討分科会(岡村出席／Web会議)

2025年4月21日

地震火山観測研究推進協議会(令和7年度第1回)(東宮出席／Web会議)

2025年5月1日

地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会強震動予測検討分科会(堀川出席／文科省・Web会議(ハイブリッド開催))

2025年5月1日

地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会(岡村・宍倉出席／Web会議)

2025年5月1日

地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会強震動予測検討分科会(堀川出席／文科省・Web会議(ハイブリッド開催))

2025年5月9日

南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震防災対策強化地域判定会(北川・板場出席／web会議)

2025年5月13日

地震調査研究推進本部地震調査委員会(今西・宮下出席／web会議)

2025年5月15日

火山調査研究推進本部政策委員会 調査観測計画検討分科会(篠原・及川出席／文科省・Web会議(ハイブリッド))

2025年5月16日

地震調査研究推進本部地震調査委員会 長期評価部会・強震動評価部会 地震動予測地図高度化ワーキンググループ(近藤出席／文科省・Web会議(ハイブリッド開催))

IEVG ニュースレター Vol.12 No.2 (通巻 68 号)

2025年6月発行

発行・編集 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

活断層・火山研究部門

編集担当 今西和俊・東宮昭彦・伊藤一充・黒坂朗子

問い合わせ 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央事業所7群

E-mail : iev-news-ml@aist.go.jp

URL <https://unit.aist.go.jp/iev/index.html>