

フィッショントラック

ニュースレター

第36号(2023年12月)

日本フィッショントラック研究会

第47回フィッショントラック研究会

(2022年12月5日-6日 茨城県つくば市 文部科学省研究交流センター)

鮮新世～第四紀深成岩体の固結年代・深度に基づいた飛騨山脈黒部地域の削剥史

末岡 茂・河上哲生・鈴木康太・鏡味沙耶・横山立憲・芝崎文一郎・

長田充弘・山崎あゆ・東野文子・Georgina E. King・塚本すみ子・

Frédéric Herman・田上高広 ----- 1

ジルコンを用いたU-PbとU-Thの同時年代測定についての再評価

伊藤久敏 ----- 4

日本の山岳地域におけるESR熱年代学の適用 一試料の前処理によるESR信号への影響の評価一

梶田 侑弥・末岡 茂・谷 篤史・磯谷 舟佑・田上 高広 ----- 6

熱史からみたジルコンの標準試料への適性評価：石川県鷲走ヶ岳層の例

長田充弘・中嶋 徹・福田将眞・末岡 茂・八木公史・横山立憲 ----- 9

(U-Th)/He法に係る湿式分析法の検討：検量線法による親核種濃度の定量の試み

福田 将眞・鏡味沙耶 ----- 14

ジルコンのART年代測定に向けた取り組み：Am線源を利用したART形成実験

中島大輝・長谷部徳子・横山明彦・山田記大・飯沼勇人・高宮幸一 ----- 19

モンゴルOlgoy湖堆積物のIRSL 年代測定と古環境推定

渋谷侑磨・Uyanga Udaanjargal・Ganbat Shuuhaaz・

長谷部徳子・Davaardorj Davaasuren ----- 23

御嶽火山の10万年前より若い試料の40Ar/39Ar年代測定

山崎誠子・及川輝樹・Daniel P. Miggins・Anthony A.P. Koppers ----- 27

書評：酒井 治孝 著 「ヒマラヤ山脈形成史」

檀原 徹 ----- 29

学会記事 ----- 33

FISSION TRACK NEWS LETTER
No. 36 (DECEMBER 2023)
FISSION TRACK RESEARCH GROUP IN JAPAN

Extended abstracts of 47th Meeting of the Fission Track Research Group in Japan

(5 - 6 December, 2022 : Tsukuba Center for Institute, Tsukuba)

Exhumation history of the Kurobe area, Hida Range, based on solidification ages
and depths of the Pliocene-Quaternary plutonsy

Shigeru Sueoka, Tetsuo Kawakami, Kota Suzuki, Saya Kagami, Tatsunori Yokoyama,
Bunichiro Shibasaki, Mitsuhiro Nagata, Ayu Yamazaki, Fumiko Higashino,
Georgina E. King, Sumiko Tsukamoto, Frédéric Herman and Takahiro Tagami ----- 1

Reappraisal of the simultaneous U-Pb and U-Th zircon dating

Hisatoshi Ito ----- 4

Application of ESR thermochronology for mountains in Japan:
an assessment of ESR signal variation caused by sample preparation

Yuya Kajita, Shigeru Sueoka, Atsushi Tani, Shusuke Isogai and Takahiro Tagami ----- 6

Evaluation of suitability of zircon as standard materials based on thermal history:
example of the Wassogatake Formation in Ishikawa Prefecture

Mitsuhiro Nagata, Toru Nakajima, Shoma Fukuda, Shigeru Sueoka, Koshi Yagi and Tatsunori Yokoyama ----- 9

Examination of the wet analysis for the (U-Th)/He method: Attempt to determine the contents of
parent nuclides based on the calibration curve method

Shoma Fukuda and Saya Kagami ----- 14

Efforts toward ART dating in zircon: ART formation experiments using Am sources

Taiki Nakashima, Noriko Hasebe, Akihiko Yokoyama, Norihiro Yamada, Yuto Iinuma and Koichi Takamiya ----- 19

IRSL Dating and Paleoenvironmental Estimation of Lake Olgoy area, Mongolia

Yuma Shibuya, Uyangaa Udaanjargal, Ganbat Shuuhaaz, Noriko Hasebe and Davaardorj Davaasuren ----- 23

40Ar/39Ar dating of lavas younger than 100 ka from Ontake Volcano

Seiko Yamasaki, Teruki Oikawa, Daniel P. Miggins and Anthony A.P. Koppers ----- 27

Book Review "Mountain Building of the Himalayas" By Harutaka Sakai

Tohru Danhara ----- 29

NEWS ----- 33

鮮新世～第四紀深成岩体の固結年代・深度に基づいた飛騨山脈黒部地域の削剥史

末岡 茂*・河上哲生**・鈴木康太**・鏡味沙耶*・横山立憲*・芝崎文一郎***
長田充弘*・山崎あゆ**・東野文子**・Georgina E. King****
塚本すみ子*****・Frédéric Herman****・田上高広**

Exhumation history of the Kurobe area, Hida Range, based on solidification ages
and depths of the Pliocene-Quaternary plutons

Shigeru Sueoka*, Tetsuo Kawakami**, Kota Suzuki**, Saya Kagami*,
Tatsunori Yokoyama*, Bunichiro Shibasaki***, Mitsuhiro Nagata*,
Ayu Yamazaki**, Fumiko Higashino**, Georgina E. King****,
Sumiko Tsukamoto***** Frédéric Herman**** and Takahiro Tagami**

* 日本原子力研究開発機構, Japan Atomic Energy Agency

** 京都大学地球惑星科学専攻, Division of Earth & Planetary Sciences, Kyoto University

*** 建築研究所, Building Research Institute

**** ローザンヌ大学地球表層ダイナミクス研究所, Institute of Earth Surface Dynamics,
University of Lausanne

***** ライブニッツ応用地球物理学研究所, Leibniz Institute for Applied Geophysics

はじめに

飛騨山脈黒部地域には、世界一若い露出 pluton である黒部川花崗岩体を含め、10-0.8 Ma の若い深成岩体が複数露出する (Ito et al., 2013, 2017, 2021; Spencer et al., 2019)。深成岩体が一般に地下数 km 以深で形成されると考えると、本地域の削剥速度は数 mm/yr ないしそれ以上に達する可能性がある。しかし、これらの若い岩体の貫入やこれに伴う熱水活動等の熱擾乱のため、熱年代法による、冷却史に基づく削剥史の復元は簡単ではない (Yamada and Harayama, 1999)。

本研究では、熱史・熱構造などの地熱条件に依らない削剥評価のため、主に鮮新世～第四紀の深成岩体の固結年代と固結深度から、黒部地域の削剥史の復元を試みた。固結年代はジルコン U-Pb 年代測定法、固結深度は地質温度圧力計により推定した。本地域が単一の構造ブロックとして隆起していると仮定すると、各岩体か

ら得られた年代-深度プロットは、広域的な削剥史を表すはずである。

試料採取

分析試料は、黒部峡谷を中心に、主に東西方向に採取した。これにより、黒部峡谷周辺に露出する鮮新世～第四紀の花崗岩類を採取するとともに、黒部-高瀬川破碎帯を横断するように採取地点を配置した。先行研究によれば、黒部-高瀬川破碎帯の東側は、逆断層運動による東傾動隆起を被っており、黒部川花崗岩体や爺ヶ岳カルデラはほぼ鉛直方向に傾いているというモデルが提唱されている (原山ほか, 2003; 原山, 2015)。このモデルが正しければ、破碎帯より東側で固結深度が深い岩石が露出している、破碎帯に近付くほど固結深度が増加したりといった、東西方向の固結深度の変化が期待される。

分析

ジルコンU-Pb年代測定は、原子力機構東濃地科学センターのLA-ICP-MSを用いて行った。得られた年代値は、全試料について、Sakata (2018) に従ってコモン鉛補正を行った。また、約2Maより若い試料については、U-Th非平衡の補正 (Sakata et al., 2017; Sakata, 2018) も行った。

地質温度圧力計解析は、京都大学地球惑星科学専攻のEPMAで実施した。偏光顕微鏡観察、X線元素マップ、BSE像などからマグマ結晶化の最終段階を記録した箇所を特定し、Al-in-Hbl地質圧力計の適用に必要な相の存在を確認したうえで、角閃石組成にAl-in-Hbl地質圧力計 (Mutch et al., 2016)、角閃石と斜長石の組成ペアにHbl-Pl地質温度計 (Holland & Blundy, 1994) を適用した。得られた温度-圧力のペアがハプロ花崗岩のソリダスと誤差範囲で重なった点のみを固結圧力の推定に用いた。また、地殻密度を2700 kg/m³と仮定して、固結圧力を固結深度に換算した。

固結深度と削剥史

計14試料から固結年代と固結深度のペアを得た結果、固結深度は約6~10 kmでほぼ均一であった。固結深度は、東西及び南北のいずれにも系統的な変化を示さなかった。したがって、本研究の調査範囲がおおむね单一のブロックとして隆起したと仮定すると、固結深度と固結年代のプロットから復元された削剥史は、約5.5~0.8 Maにはほとんど削剥が起こらず、それ以降の時代に平均で約7~14 mm/yrの急速な削剥が起こったことを示した。この結果は、ダム堆砂量や宇宙線生成核種法から推定された数十~数千年程度の侵食速度 (Ohmori, 1978; 松四ほか, 2014) や、約1 Ma以降に信濃大町方面で黒部地域からの花崗岩礫の供給が急増し

たこと (及川・和田, 2004) とも矛盾しない。

黒部地域の隆起メカニズム

本研究で得られた固結深度は、先述のとおり空間的にはほぼ均一で、特定の方角への系統的な変化は確認できなかった。この結果は、黒部-高瀬川破碎帯の東側の断層ブロックが、東に傾動したと考える従来のモデル (原山ほか, 2003; 原山, 2015) とは不調和である。得られた均一な固結深度の分布に基づけば、黒部地域一帯が単一のブロックとしてほぼ鉛直に隆起してきたと考える方が合理的である。このように、黒部地域一帯を局所的かつ急速に隆起させた原因としては、東西圧縮応力の発現以降に、黒部地域の地温が高い領域に沿って変位・変形が局在化した可能性が考えられる (例えば、竹内・飯田, 2017; 川崎, 2021)。このような隆起モデルの妥当性を定量的に検証するため、現在、レオロジーと地温構造を考慮した水平短縮による変形シミュレーション (例えば、Shibasaki et al., 2016) を実施中である。

謝辞

本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成30~令和3年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 (地質環境長期安定性評価技術高度化開発) (JPJ007597)」の成果の一部である。本研究は文科省科研費26109003の助成を受けた。

引用文献

- 原山 智ほか (2003) 飛騨山脈東半部における前期更新世後半からの傾動・隆起運動. 第四紀研究, 42, 127-140.
原山 智 (2015) 北アルプス鹿島槍ヶ岳-爺ヶ岳に露出する、直立した第四紀陥没カルデラ—黒部川花崗岩コンプレックス：短縮テク

- トニクスによる傾動山脈隆起の典型例. 地質学雑誌, 121, 293-308.
- Holland, T. & Blundy, J. (1994) Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. Contributions to Mineralogy and Petrology, 116, 433-447.
- Ito, H. et al. (2013) Earth's youngest exposed granite and its tectonic implications: the 10–0.8 Ma Kurobegawa Granite. *Scientific Reports*, 3:1306.
- Ito, H. et al. (2017) Magmatic tempo of Earth's youngest exposed plutons as revealed by detrital zircon U-Pb geochronology. *Scientific Reports*, 7: 12457.
- Ito, H. et al. (2021) The Quaternary Kurobegawa Granite: an example of a deeply dissected resurgent pluton. *Scientific Reports*, 11:22059.
- 川崎一朗 (2021) 立山の賦: 地球科学から. 桂書房, 347p.
- 松四雄騎ほか (2014) 宇宙線生成核種による山地流域からの長期的土砂生産量の推定. 応用地質, 54, 272-280.
- Mutch, E.J.F. et al. (2016) An experimental study of amphibole stability in low-pressure granitic magmas and a revised Al-in-hornblende geobarometer. Contributions to Mineralogy and Petrology, 171:85.
- Ohmori, H. (1978) Bulletin of the Department of Geography, University of Tokyo, 10, 31-85.
- 及川輝樹・和田 肇 (2004) 飛騨山脈北部における1 Ma頃の急激な隆起: 北部フォッサマグナ西縁, 居谷里層の礫組成を指標として. 地質学雑誌, 110, 528-535.
- Sakata, S. et al. (2017) A new approach for constraining the magnitude of initial disequilibrium in Quaternary zircons by coupled uranium and thorium decay series dating. *Quaternary Geochronology*, 38, 1-12.
- Sakata, S. (2018) A practical method for calculating the U-Pb age of Quaternary zircon: Correction for common Pb and initial disequilibria. *Geochemical Journal*, 52, 281-286.
- Shibasaki, B. et al. (2016) Heterogeneous stress state of island arc crust in northeastern Japan affected by hot mantle fingers. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121, 3099-3117.
- Spencer, C.J. et al. (2019) Rapid exhumation of Earth's youngest exposed granites driven by subduction of an oceanic arc. *Geophysical Research Letters*, 46, 1259-1267.
- 竹内 章・飯田 肇 (2017) 飛騨山脈の隆起とそのメカニズムについての試論. 日本地質学会第124年学術大会講演要旨, R15-P-17.
- Yamada, R. & Harayama, S. (1999) Fission track and K-Ar dating on some granitic rocks of the Hida Mountain Range, Central Japan. *Geochemical Journal*, 33, 59-66.

ジルコンを用いたU-PbとU-Thの同時年代測定についての再評価

伊藤久敏*

Reappraisal of the simultaneous U-Pb and U-Th zircon dating

Hisatoshi Ito*

*電力中央研究所, Central Research Institute of Electric Power Industry

はじめに

^{238}U が ^{206}Pb に壊変する途中に生じる ^{230}Th を用いるU-Th法は ^{230}Th の半減期が75,690年であることから、過去30万年前までの年代測定に向いている。一方、U-Pb法（特に ^{238}U - ^{206}Pb 法）は地球誕生時の年代から第四紀まで幅広く年代値を得ることが出来、近年の分析機器の性能向上により、若い方では10万年前程度まで年代測定が可能である。Ito (2014) は約10万年前に噴出したToya（洞爺）テフラのジルコンを用い、U-PbとU-Thの同時年代測定が可能であるとしたが、Guillong et al. (2015)により、Ito (2014)のU-Th年代測定の不備が指摘されたことにより、このような試みは進展していないようである。

筆者は、Ito (2014) 発表後も、同じ分析機器・分析条件を用いた第四紀テフラの年代測定を行い、主にU-Pb年代測定結果のみを報告してきた（例えば、Ito and Danišík, 2020）が、 ^{230}Th も同時に測定していたため、U-Th年代の評価も可能であった。今回、Guillong et al. (2015) の指摘を踏まえ、再度、ToyaのU-Pb、U-Th同時年代測定を行った結果を報告する。

Guillong et al. (2015)の指摘に対する対応

Guillong et al. (2015) は、Ito (2014) では ^{230}Th が正確に測定できておらず、そのために放射平衡であるべき試料 (> 0.4 Maの試料) の $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ の放射能比、すなわち、 $(^{230}\text{Th}/^{238}\text{U})$ が1になっていないことを指摘した。また、 ^{230}Th を正確に測定するためには、

① ^{232}Th 由来のmass 230の評価、②ジルコニウムの酸化物 (Zr_2O_3) 由来のmass 230の評価、が必要で、それらの影響を補正することで放射平衡であるべき試料の $(^{230}\text{Th}/^{238}\text{U})$ が1になることを示した。

今回、上記2つの評価を行ったところ、①に関しては、モナザイト中の ^{232}Th の約5 ppmがmass 230として計測されていることを確認した。また、②に関しては、（UとThの含有量を無視できる）合成ジルコンを用いて、mass 230を測定したところ、mass 230はほとんど生成されないことを確認した。以上の検討を行った上で、放射平衡であるべきジルコン試料（1062 Maの91500、337 MaのPlešovice、28 MaのFish Canyon Tuff、0.8 MaのBishop Tuff）の $(^{230}\text{Th}/^{238}\text{U})$ が1になることを確認した（Fig. 1）。

ToyaのU-Pb、U-Th同時年代測定

以上の検討を行った上で、Toyaを再測定した結果、U-Pb年代で 0.12 ± 0.04 MaがU-Thアイソクロン年代で 0.10 ± 0.01 Ma（誤差はともに 2σ ）が得られた。詳細は、Ito (submitted) を参照されたい。

文献

Guillong, M., Schmitt, A.K. and Bachmann, O., 2015. Comment on “Zircon U-Th-Pb dating using LA-ICP-MS: Simultaneous U-Pb and U-Th dating on 0.1 Ma Toya Tephra, Japan” by

- Hisatoshi Ito. J. Volcanol. Geotherm. Res. 296, 101–103.
- Ito, H., 2014. Zircon U–Th–Pb dating using LA-ICP-MS: Simultaneous U–Pb and U–Th dating on the 0.1 Ma Toya Tephra, Japan. J. Volcanol. Geotherm. Res., 289, 210–223.
- Ito, H. Simultaneous U–Pb and U–Th dating using LA-ICP-MS for young (<0.4 Ma) minerals: reappraisal. (submitted)
- Ito, H. and Danišík, M., 2020. Dating late Quaternary events by the combined U–Pb LA-ICP-MS and (U-Th)/He dating of zircon: A case study on Omachi Tephra suite (central Japan). Terra Nova, 32, 134–140.

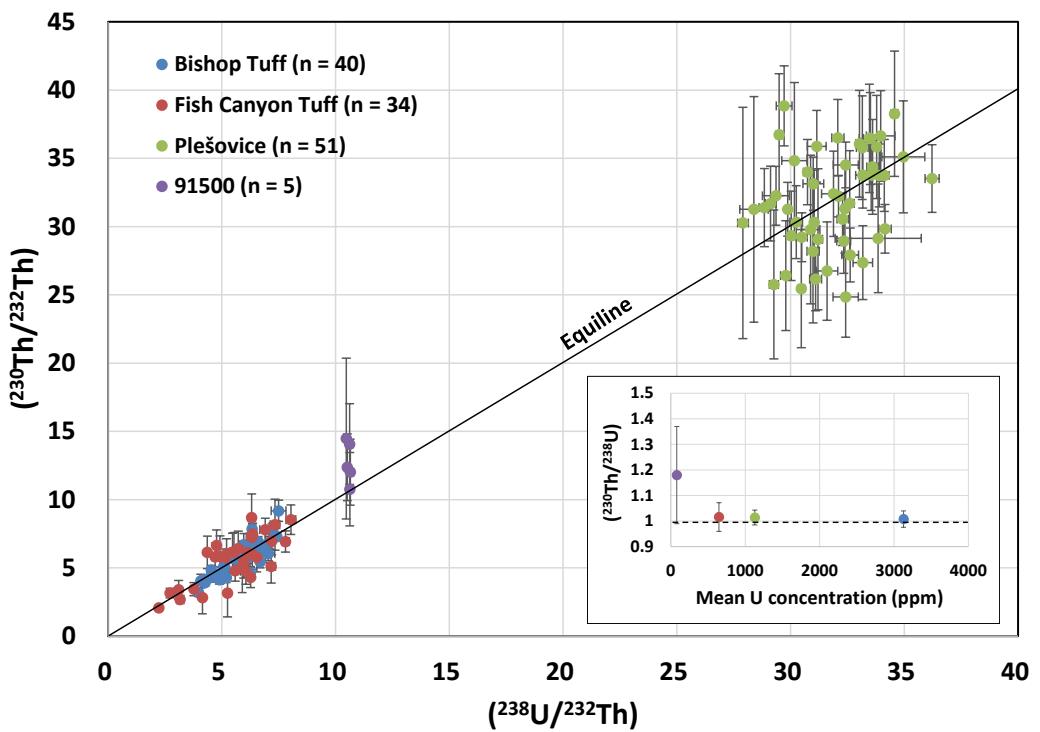


Fig. 1. $(^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th})$ vs. $(^{238}\text{U}/^{232}\text{Th})$ activity ratios for reference zircons expected to be in secular equilibrium, measured by SF-LA-ICP-MS. Note that nearly all reference zircons demonstrate secular equilibrium and plot along the equiline. Inset: $(^{230}\text{Th}/^{238}\text{U})$ vs. U concentration for the same reference zircons. Dashed line ($(^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}) = 1$) demonstrates secular equilibrium. Note that low-U 91500 zircon shows the largest deviation from equilibrium (unity), but remains unity within uncertainty. Uncertainty is given as 1σ .

日本の山岳地域におけるESR熱年代学の適用 —試料の前処理によるESR信号への影響の評価—

梶田 侑弥*・末岡 茂**・谷 篤史*** ****・磯谷 舟佑***・田上 高広*

Application of ESR thermochronology for mountains in Japan:
an assessment of ESR signal variation caused by sample preparation

Yuya Kajita*, Shigeru Sueoka**, Atsushi Tani*** ****, Shusuke Isogai***
and Takahiro Tagami*

* 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, Graduate School of Science, Kyoto University

** 日本原子力研究開発機構, Japan Atomic Energy Agency

*** 神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻, Department of Human Environmental Science, Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

**** 神戸大学分子フォトサイエンス研究センターテラヘルツ化学研究部門, Division of Terahertz Molecular Chemistry Laboratory, Molecular Photoscience Research Center, Kobe University

はじめに

近年, 低温熱年代学の手法を用いて, 若い島弧である日本列島の山地の隆起・削剥史の推定が可能になってきた(末岡ほか, 2015; 福田ほか, 2021)。しかし, おおよそ現在のプレート配置となった第四紀以降の隆起・削剥史は, 未だに制約が困難な場合も多い。これは, アパタイトフィッショング・トランク法(閉鎖温度約90~120°C; Ketcham et al., 1999)をはじめとした従来の低温熱年代計では, 第四紀の地殻変動を直接捉えるには閉鎖温度が高すぎるためである。そこで, より閉鎖温度の低い「超低温熱年代学」の開発が課題となっている。

電子スピン共鳴(ESR)法は, 超低温熱年代計として期待される手法の1つである。ESR法は試料中の不対電子量を測定することで年代を算出する。対象となる物質と不対電子の環境は様々であるが, 石英中のAl中心とTi中心を利用したESR法が断層ガウジ, 火山灰, 堆積物の年代決定に対して多く実施されてきた(Toyoda et al., 2015)。石英中のAl・Ti中心では, 閉鎖温度はおよそ24~64°C(ボーリングコア試料を用いたFang and Grün (2020)で求められたカイネティクスパラメータをもとに冷却速度

1~100 °C/Mryで算出)と超低温である。近年, 年代測定手法の改良(Tsukamoto et al., 2015)と熱安定性に関する新たなモデリング(Lambert, 2018)によって, ESR法を応用した隆起・削剥史の推定が試されるようになった。ただし, 応用研究は未だに少数である(King et al., 2020, 2022)。そのため, 熱年代計としてのESR法の妥当性の検証を含め, 研究事例の蓄積が求められる。

本研究では, ESR熱年代学の日本の山岳地域への適用の前段階として, 試料の前処理が年代値に及ぼす影響について議論する。試料の露光や粉碎によって年代値が変化する可能性が指摘されている(e.g., Tissoux et al., 2007; Lee and Schwarcz, 1993)一方で, 現状では適切な試料準備手法に関する議論が進んでいない。そこで, 天然試料および人工石英を用いた露光・粉碎実験を実施した。なお, ESR測定は全て磁場 330 ± 25 mT, マイクロ波出力 1 mW, 磁場変調幅 0.1 mT, 温度 77 K(液体窒素)の条件で行った。

光曝露実験

光曝露の影響検討を目的に、木曽山脈の花崗岩から抽出した石英粉末試料 200 mgを試験管

に封入して、実験室窓際に3日間放置する実験を実施した。その結果、放置前後でESRシグナル強度に変化は観察されず、天然試料の場合、室内での試料準備程度の光曝露なら問題は無いと思われる。

粉碎実験

試料の粉碎の効果を検討するために、人工石英の粉碎と γ 線照射を、順序を変えて行う実験を実施した。まず人工石英をステンレス乳鉢で粉碎し、そのままの状態でESR測定したところ、Al・Ti中心ともに信号が観察されなかつた。粉碎した試料に γ 線を約1500 Gy照射するとAl中心の信号が観察されるようになったが、Ti中心の信号強度はゼロのままであった。

次に同じ人工石英から水冷式のダイヤモンドカッターを用いて板状に試料を切り出した。この板状試料に、同じ線量（率）で約1500 Gyの γ 線を照射し、その後ステンレス乳鉢で粉碎を行った。この試料でも、粉碎後に γ 線照射した試料と同様にAl中心のみ観察された。しかし、粉碎前に照射した試料の信号強度は、ほとんどノイズレベルであり、粉碎後に照射した試料に比べ明確に小さかつた。これは粉碎過程によってESR信号強度が減衰した可能性を示唆する。同様の実験を粉碎器具をめのう乳鉢、照射線量を約560 Gyに変えて行ったところ、同じようにAl中心の減衰が確認された。ただし、減衰率はステンレス乳鉢、1500 Gyの時と比べて小さかつた。減衰率が小さかつた原因としては、粉碎器具の違いによる試料に掛かる応力の変化や線量に応じたAl中心の安定性変化などの可能性が考えられる。

今後の検討手段として、プレヒートの実施、天然試料を用いた粉碎の影響評価、Selfragを利用した粒子破壊を伴わない岩石粉碎手法との比較などが挙げられる。

謝辞：本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「令和3年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（地質環境長期

安定性評価技術高度化開発）」の成果の一部である。 γ 線照射は大阪大学産業技術研究所の共同利用制度を利用して実施した。照射には福井宥平氏には最大限のご協力をいたいた。人工石英試料は京都大学堤昭人准教授から提供して頂いた。木曽山脈の試料採取には福田将眞博士、岡本晃氏にご助力いたいた。関連する方々に深く感謝いたします。

引用文献

- Fang, F. and Grün, R. (2020) ESR thermochronometry of Al and Ti centres in quartz: A case study of the Fergusons Hill-1 borehole from the Otway Basin, Australia. *Radiation Measurements*, 139, 106447.
- 福田将眞ほか (2021) フィッショングラック法を利用した島弧山地の熱年代学. *Radioisotopes*, 70(3), 173-187.
- Ketcham, R. A. et al. (1999) Variability of apatite fission-track annealing kinetics: III. Extrapolation to geological time scales. *American Mineralogist*, 84(9), 1235-1255.
- King, G. E. et al. (2020) Electron spin resonance (ESR) thermochronometry of the Hida range of the Japanese Alps: validation and future potential. *Geochronology*, 2(1), 1-15.
- King, G. E. et al. (2022). Eustatic change modulates exhumation in the Japanese Alps. *Geology*, 51(2), 131-135.
- Lambert, R. (2018) Investigating thermal decay in K-feldspar for the application of IRSL thermochronometry on the Mont Blanc massif. PhD thesis in the Faculty of Geosciences and the Environment, University of Lausanne, 139.
- Lee, H. K. and Schwarcz, E. P. (1993) An experimental study of shear-induced

- zeroing of ESR signals in quartz. *Applied Radiation and Isotopes*, 44(1-2), 191-195.
- 末岡 茂ほか (2015) 低温領域の熱年代学の発展と日本の山地の隆起・削剥史研究への応用(<特集>内陸盆地の構造と形成プロセス). *地球科学*, 69(1), 47-70.
- Tissoux, H. et al. (2007) Potential use of Ti-center in ESR dating of fluvial sediment. *Quaternary Geochronology*, 2(1-4), 367-372.
- Toyoda, S. (2015) Paramagnetic lattice defects in quartz for applications to ESR dating. *Quaternary Geochronology*, 30, 498-505.
- Tsukamoto, S. et al. (2015) Single aliquot regenerative dose method for ESR dating using X-ray irradiation and preheat. *Radiation Measurements*, 81, 9-15.

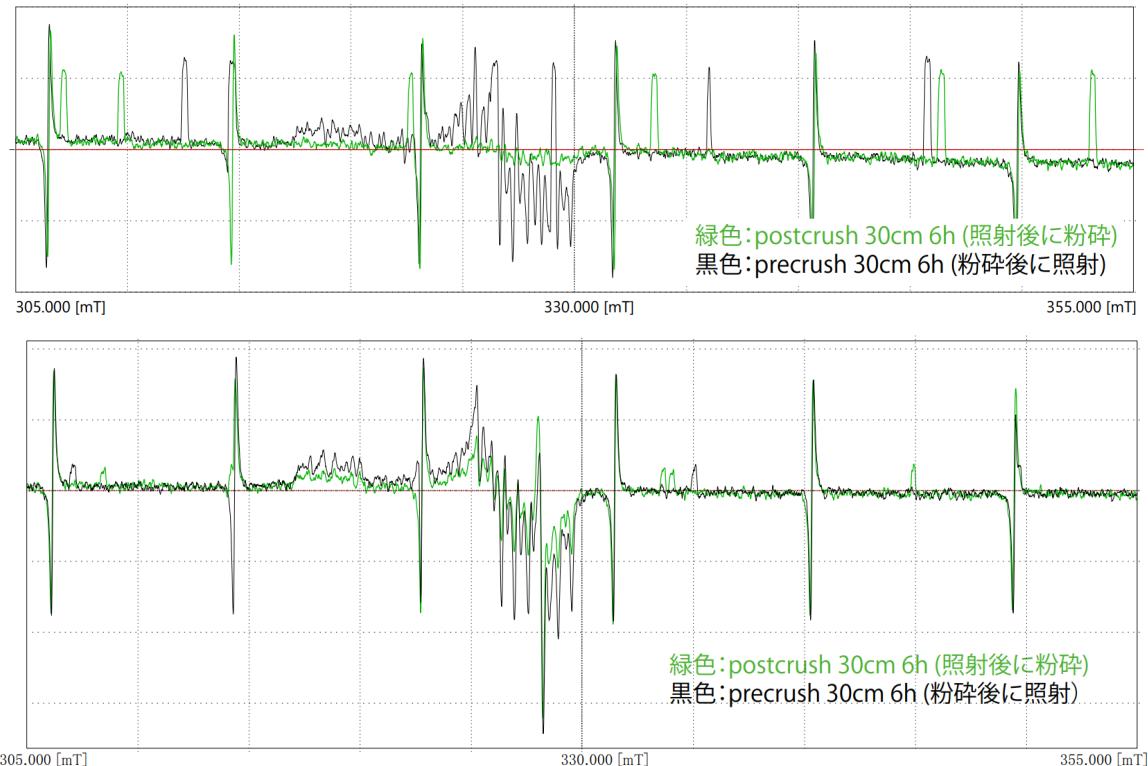


図1. γ 線照射線量の等しい試料間での信号強度の比較. 上図が約1500 Gyの照射でステンレス乳鉢での粉碎. 下図が約560 Gyの照射でめのう乳鉢での粉碎.

熱史からみたジルコンの標準試料への適性評価：石川県鷲走ヶ岳層の例

長田充弘*・中嶋 徹*・福田将眞*・末岡 茂*・八木公史**・横山立憲*

Evaluation of suitability of zircon as standard materials based on thermal history: example of the Wassogatake Formation in Ishikawa Prefecture

Mitsuhiko Nagata*, Toru Nakajima*, Shoma Fukuda*,
Shigeru Sueoka*, Koshi Yagi** and Tatsunori Yokoyama**

* 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構, Japan Atomic Energy Agency

** 株式会社蒜山地質年代学研究所, Hiruzen Institute for Geology & Chronology

はじめに

ジルコンの年代測定（例えば、U-Pb法、
フィッショントラック法（以下FT法）、(U-Th)/He法など）は近年盛んに行われており、
元素組成情報を組み合わせることにより、晶出
温度に関するデータなども取得できるようにな
った（例えば、Yuguchi et al., 2020）。また、複数の化学（元素・同位体組成）情報を同
時に同一スポットの分析から取得する手法
(LASS) が開発されてきた（例えば、Iwano
et al., 2020）。こうした近年の動向から、著
者らは複数の分析に適応したジルコン標準試料
の探求を行っている（例えば、長田ほか,
2021, 2022；福田ほか, 2022）。

本研究では、石川県白山市に分布する鷲走ヶ
岳月長石流紋岩質溶結凝灰岩を対象として、各
種分析を行い、熱年代学的観点からその有用性
を評価した。また、鷲走ヶ岳月長石流紋岩質溶
結凝灰岩のような月長石を含む火碎岩は、日本
海拡大の早期に生じたリフティングイベントに
関連が指摘されてきた重要な地質単元であり、
その岩相、化学組成、年代、古地磁気などあら
ゆる観点から研究してきた（石田ほか,
1998；伊藤ほか, 2001；Ayalew and
Ishiwatari, 2011）。そのため、本研究で得られ
た年代から周辺の地質単元との年代学的対比
も行い、その地質学的意義にも言及する。尚、
鷲走ヶ岳月長石流紋岩質溶結凝灰岩 (Mt.
Wasso moonstone rhyolitic welded tuff; 模

式地：鷲走ヶ岳北側山腹の鷲走ヶ岳林道沿いと
その下の谷筋）は石田ほか（1998）により提
唱されたが、その名称に関する定義は、
International Stratigraphy Guideなどの提唱
規範に反する。本論では、地質分布などは石田
ほか（1998）に従うものの、名称のみ鷲走ヶ
岳層 (Wassogatake Formation) と改める。

地質概略と採取試料

鷲走ヶ岳層は飛驒帯を構成する深成岩類や変
成岩類および下部白亜系手取層群を基盤とし
て、北陸地域に広く分布する中新統八尾層群
(中嶋ほか, 2019) 相当に覆われる（図1）。
鷲走ヶ岳層は主に弱溶結～強溶結凝灰岩からな
り、北陸地域に分布する南砺層群（山田ほか,
2023；例えば、城端層（旧来の刀利層）白中
溶結凝灰岩部層、西谷層など）相当として認識
されてきた。鷲走ヶ岳層からは 19.5 ± 0.6 Ma
もしくは 21.4 ± 1.9 Ma の Rb-Sr 全岩アイソク
ロン年代（石田ほか, 1998）， $21.6-20.0$ Ma
のジルコンFT年代（伊藤ほか, 2001），およ
び 17.77 ± 1.05 Ma のジルコン(U-Th)/He 年代
が得られている（福田ほか, 2022）。

試料は石川県白山市左穂町の林道沿いの露
頭から3試料採取した。これらの地点は伊藤ほ
か（2001）でジルコンFT年代測定が行われた
地点 (WSF01) に近い。以下では、それら3試
料をそれぞれ NFS-1, 3a, および 3b と呼んで
区別する。いずれの試料の構成鉱物に大きな違

いはないが、3aは相対的に強く溶結しており、3bはやや変質している。尚、3試料のジルコンはいずれもシャープな自形を呈し、カソード・ルミネッセンス(CL)像ではほとんどのものにコアやリムといった構造は基本的に認められないが、3bについてはCL像において暗いコアを持つジルコンも確認される。

年代測定手法

ジルコンU-Pb年代：樹脂包埋したNFS-1, 3a, および3bのジルコンについて、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センター設置の電界放出型電子プローブマイクロアナライザ(JEOL製; JXA-8530F)を用いて、CL像の観察をおこなった。同センター設置のレーザーアブレーション(Photon Machines製Analyte G2)を接続したマルチコレクター誘導結合プラズマ質量分析装置(Sequoia-Plus)を用いてU-Pb同位体分析を行った。分析条件などは原田ほか(2023), 中嶋ほか(2023)と同様に、91500ジルコン(Wiedenbeck et al., 1995)を標準試料として挟み込み法により各種同位体補正を行い、それらの補正の確認として、未知試料と共にOD-3ジルコン(Iwano et al., 2013; 参照値 33.0 ± 0.1 Ma)を測定した。未知試料分析中のOD-3の年代値は参考値と整合的であった。

ジルコンFT年代：同センター設置の(Zeiss製Track Scan)を用いて、FTの数、密度、および長さを計測した。ジルコン中のウラン(U)濃度については、同センターのレーザーアブレーション(Photon Machines製Analyte G2)を接続した誘導結合プラズマ質量分析装置(Agilent Technologies製Agilent7700)を用いた。

サニディンK-Ar年代：サニディンの分離・濃集は八木(2006)に従って、磁力選鉱および重液選鉱により行った。岡山理科大学設置の日立製作所製180-30型原子吸光・炎光分光分析装置を用いて、カリウム(K)の定量を行った。アルゴン(Ar)同位体比の測定は、岡山理科大学設置の希ガス質量分析計(装置名：

HIRU)を用いた。Kの定量については長尾ほか(1984)を、Ar同位体比分析については、Itaya et al. (1991)を参照されたい。

測定結果

ジルコンU-Pb年代：NFS-1, 3a, および3bいずれの試料も23.0–20.6 Maの $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代が得られ、これらの年代は2SD(標準偏差)の不確かさ範囲で重複する。それらのTh/U比は0.88–2.55を示す。NFS-01, 3a, および3bより得られた $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代の加重平均値はそれぞれ 21.75 ± 0.50 Ma, 21.91 ± 0.50 Ma, および 21.79 ± 0.49 Ma(いずれも 2σ)であった。

ジルコンFT年代：NFS-1, 3a, および3bより得られた年代はそれぞれ 22.71 ± 4.09 Ma, 21.56 ± 3.09 Ma, および 19.70 ± 2.26 Maであった。また、伊藤ほか(2001)では報告されていなかったFT長に関しては、いずれの試料からも11 μm より短いFT長が複数確認された。

サニディンK-Ar年代：NFS-1, 3a, および3bより得られた年代はそれぞれ 20.71 ± 0.46 Ma, 20.77 ± 0.47 Ma, および 20.21 ± 0.45 Maであった。

考察

本研究および先行研究より得られた年代を図2にまとめた。鷺走ヶ岳層は火碎岩主体の地層であるため、以下では、本研究で得られたジルコンU-Pb年代と他の手法で得られた年代値とを比較し、議論する。

ジルコンU-Pb年代については、いずれの試料も測定点の異なる様々な部分を分析したが、全て約22 Maを示すため、年代は均一であると評価できる。ただし、3bのCL像にて暗色コアを分析した点はU濃度がca. 4150 ppmを示し、Th/U比が2.55とやや高い値を示すもあるため、少なくとも3bにはU等の微量元素濃度の不均質は少なからず存在する。ジルコンFT年代については、本研究で得られた年代は伊藤ほ

か (2001) で得られた年代と調和的である。ただし、いずれの試料にも短いFT長が確認されたため、これらの年代が一次的な冷却年代でない可能性があり、鷲走ヶ岳層が何らかの二次的な熱的影響を被ったことを示す。その熱的影響はU-Pb年代とFT年代の閉鎖温度から約300°C以上900°C未満と推定される。石田ほか (1998) は、原因こそ明確に言及していないものの、野外観察と化学分析から鷲走ヶ岳層に元素移動を伴う変質作用があったことを指摘している。サニディンK-Ar年代については、20.7–20.2 Maを示し、本研究で得られたジルコンU-Pb年代と不確かさの範囲で重複せず、若い傾向にあり、寧ろ本研究や伊藤ほか (2001) によって得られたジルコンFT年代と調和的である (図2)。ただし、サニディンK-Ar年代については、若い年代を示すケースも報告されている (McDowell, 1983)。その原因是、サニディンのAr測定において1600°C以上に加熱してもArが完全に脱ガスしきらないことに起因する (McDowell, 1983)。一方、ジルコンFT年代やサニディンK-Ar年代のような閉鎖温度が低い手法においての年代の若化は、安山岩を主とする八尾層群岩稲層の貫入による変質であると考えられる。理由を以下に述べる。

1) 試料採取地点より北方約400 mには岩稲層が貫入していること、2) 鷲走ヶ岳層のジルコンから11 μm より短いFT長が確認されたこと、3) 本研究で採取した試料のうち、変質した試料 (3b) のジルコンFT年代やサニディンK-Ar年代は不確かさ範囲で重複するものの、他試料のものに比べて若い傾向にあること、4) 福田ほか (2022) によって鷲走ヶ岳層から得られたジルコン(U-Th)/He年代 ($17.77 \pm 1.05 \text{ Ma}$) と岩稲層のジルコンU-Pb年代 ($17.6 \pm 0.3 \text{ Ma}$; 中嶋ほか, 2019) が調和的であることである。

以上の結果は、鷲走ヶ岳層のジルコンが閉鎖温度の高いU-Pb年代に対しては、U-Pb同位体比の標準試料としてある程度評価できるが、閉鎖温度の低いFT年代などには不向きであることを示す。ただし、今後試料採取地点を変える

ことで閉鎖温度の低い測定にも有用な試料が手に入る可能性はある。今後もこれらのジルコンを用いて様々な分析 (例えば、Hf同位体など) を行い、標準試料としての適性を評価していく。

また、鷲走ヶ岳層に対比される南砺層群は、主に北陸地域に分布するca. 23–22 Maの礫岩および流紋岩質火碎岩主体層の総称である (山田ほか, 2023)。南砺層群からは詳細は公表されていないものの、白中溶結凝灰岩部層からは $22.5 \pm 0.5 \text{ Ma}$ および $22.8 \pm 0.2 \text{ Ma}$ のジルコンU-Pb年代が (大田ほか, 2018; 山田ほか, 2023)、楡原層の流紋岩礫からは $23.6 \pm 0.3 \text{ Ma}$ のジルコンU-Pb年代が得られている (山田ほか, 2023)。これらの年代は鷲走ヶ岳層から得られた年代よりやや古いものもあるが、おおむね本研究の結果と調和的であり、鷲走ヶ岳層が岩相のみならず年代的観点からも南砺層群への対比を裏付ける結果を得た。さらに、このようなca. 23–22 Maの礫岩を含む流紋岩質火碎岩主体層は北陸地域にとどまらず、日本各地の中新統の基底層として存在する。例えば、岩手県の仁左平層 (22 Ma; 長田ほか, 2021)、岐阜県の可児層群蜂屋層最下部 (22.4 Ma; 新正ほか, 2018)、および兵庫県の北但層群高柳層～八鹿層 (21.5 Ma; 羽地・山路, 2019) などがあり、それらが前弧背弧間わず汎日本的に分布するその地質学的背景も今後注目に値する。

謝辞

株式会社京都フィッショングルックの岩野英樹博士と檀原徹博士には、小論にかかる鉱物分離をしていただいた。白山市観光文化スポーツ部文化財保護課の大塚健斗氏と左礫町会および鳥越村左礫生産森林組合の皆様には、試料採取に際して、便宜をはかっていただいた。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センターの島田顕臣氏、小北康弘氏、および鏡味沙耶博士には、試料採取にかかる諸手続き、CL撮影、年代測定に際して、ご助力いただいた。京都大学の田上高広教授には、サニ

ディンK-Ar年代について貴重なご意見をいた
だいた。以上の方々に、深く御礼申し上げる。

文献

- Ayalew and Ishiwatari, 2011. Comparison of rhyolites from continental rift, continental arc and oceanic island arc: Implication for the mechanism of silicic magma generation. *Island Arc*, 20, 78–93.
- 福田ほか, 2022. ジルコン(U-Th)/He法の年代標準試料の探求(続報) : 複数のジルコン試料における年代学的検討. *フィッショング・トラック ニュースレター*, 35, 7–10.
- 羽地・山路, 2019. 兵庫県北部, 中新統北但層群のU-Pb 年代とフィッショング・トラック年代. *地質学雑誌*, 125, 685–698.
- 原田ほか, 2023. 北部北上山地, 下部白亜系原地山層の流紋岩および凝灰岩のジルコンU-Pb-Hf同位体と全岩化学組成. *地学雑誌*, 132, 57–65.
- 石田ほか, 1998. 新第三系北陸層群の鷲走ヶ岳月長石流紋岩質溶結凝灰岩. *地質学雑誌*, 104, 281–295.
- Itaya et al., 1991. Argon isotope analysis by a newly developed mass spectrometric system for K-Ar dating. *Mineralogical Journal*, 15, 203–221.
- 伊藤ほか, 2001. 石川県に分布する鷲走ヶ岳月長石流紋岩質溶結凝灰岩の古地磁気とフィッショング・トラック年代. *地質調査研究報告*, 52, 573–579.
- Iwano, H. et al., 2020. Zircon fission-track and U-Pb double dating using femtosecond laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry: A technical note. *Island Arc*, 29, e12348.
- Iwano, H. et al., 2013. An inter-laboratory evaluation of OD-3 zircon for use as a secondary U-Pb dating standard. *Island Arc*, 22, 382–394.
- McDowell, F. W., 1983. K-Ar dating: Incomplete extraction of radiogenic argon from alkali feldspar. *Chemical Geology*, 41, 119–126.
- 長尾ほか, 1984. K-Ar法による年代測定. 岡山理科大学蒜山研究所研究報告, 9, 19–38.
- 長田ほか, 2021. マルチ鉱物年代スタンダードの可能性: 東北日本仁左平層NSTジルコンの予察分析. 日本地球惑星科学連合2021年大会講演要旨, SGL22-P04.
- 長田ほか, 2022. 照来層群歌長流紋岩から得られたジルコンU-Pb年代. *フィッショング・トラック ニュースレター*, 35, 15–18.
- 中嶋ほか, 2019. 富山県八尾地域の新生界年代層序の再検討とテクトニクス. *地質学雑誌*, 125, 483–516.
- 中嶋ほか, 2023. 秋田県太平山複合プルトンから得られたジルコンU-Pb 年代. *地質学雑誌*, 129, 503–507.
- 大田ほか, 2019. 富山県西部, 刀利層のジルコン年代と後背地の検討. 日本地質学会第126年学術大会講演要旨, 421.
- 新正ほか, 2018. 岐阜県可児盆地に分布する蜂屋層最下部柄洞溶結凝灰岩部層のジルコン U-Pb 年代. *地質学雑誌*, 125, 483–516.
- 山田ほか, 2023. 西南日本弧富山堆積盆で日本海拡大期に起きた漸新世～中新世火成活動の時間変遷. 日本地質学会第130年学術大会講演要旨, T15-P9.
- 八木ほか, 2006. K-Ar年代測定のための鉱物分離マニュアル. *地質技術*, 創刊準備号(蒜山地質年代学研究所創立10周年記念特集), 19–25.
- Yuguchi, T. et al., 2020. Simultaneous determination of zircon U-Pb age and titanium concentration using LA-ICP-MS for crystallization age and temperature. *Lithos*, 372, 105682.
- Wiedenbeck et al., 1995, Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 19, 1–23.

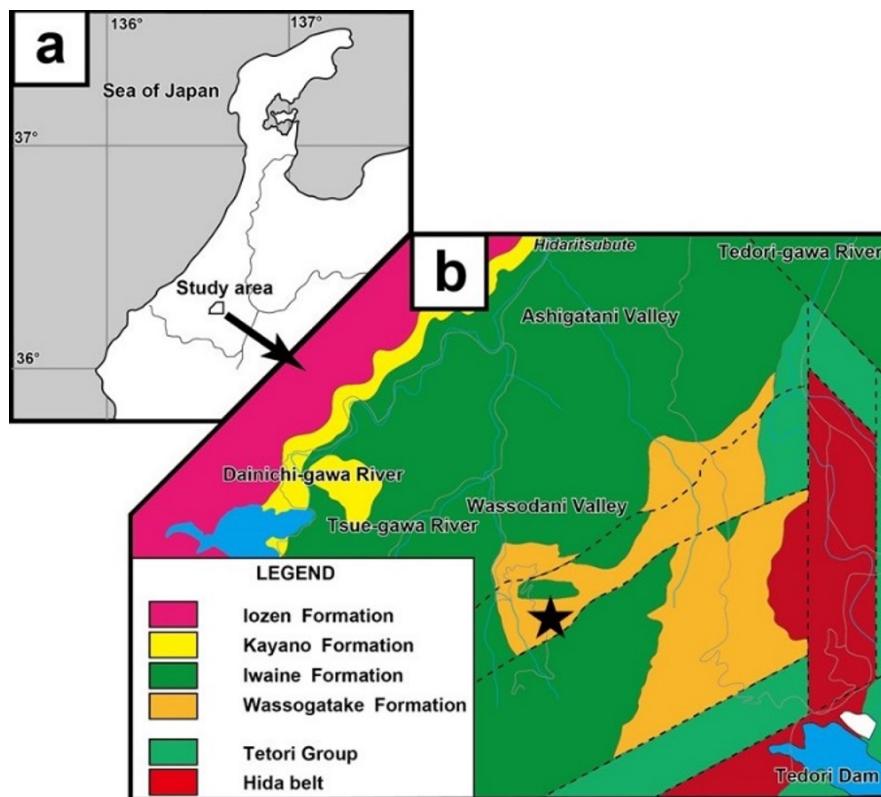


図1 調査地域の地質図。石田ほか (1998) を著者らの調査結果に基づき改変。黒星は試料採取地点。
 Fig. 1 Geological Map of study area. Modified from Ishida et al. (1998). Black stars indicate sample locality.

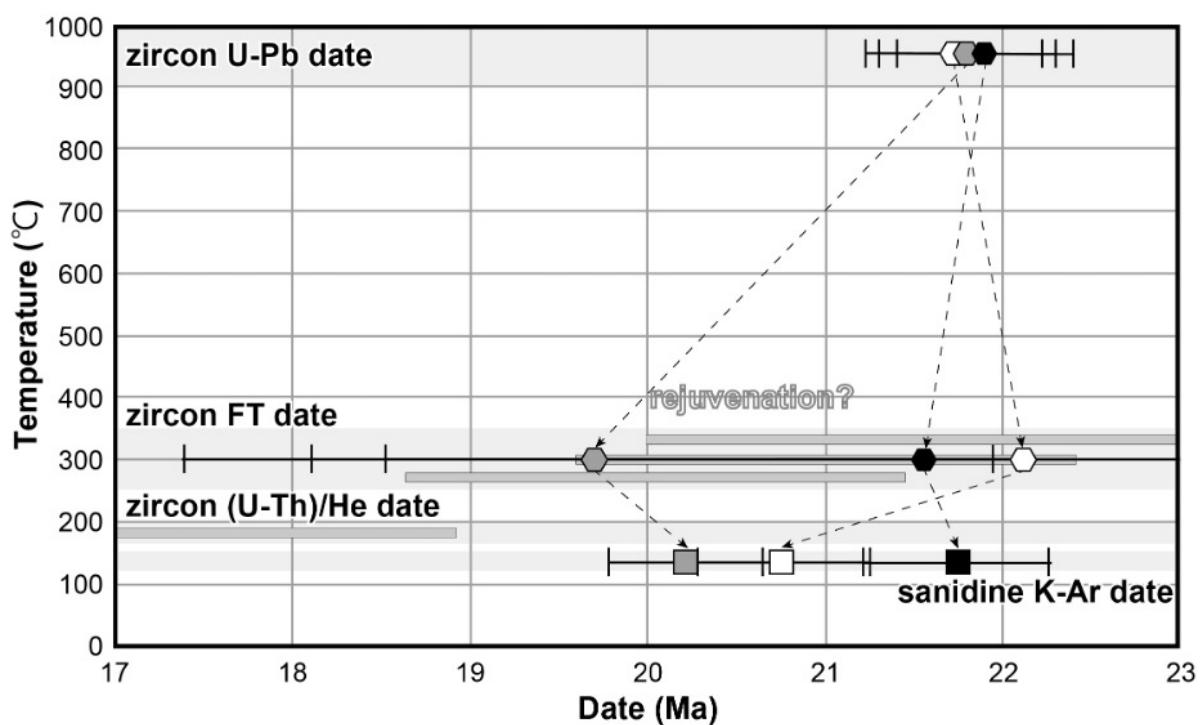


図2 鷺走ヶ岳層から得られた年代値のまとめ。灰色バーは先行研究。
 Fig. 2 Summary of dates obtained from the Wassogatake Formation.

(U-Th)/He法に係る湿式分析法の検討： 検量線法による親核種濃度の定量の試み

福田 将眞*・鏡味沙耶*

Examination of the wet analysis for the (U-Th)/He method:
Attempt to determine the contents of parent nuclides
based on the calibration curve method

Shoma Fukuda* and Saya Kagami*

* 日本原子力研究開発機構 Japan Atomic Energy Agency

はじめに

(U-Th)/He法（以降、He法）は、UやThなどの放射性核種の α 壊変を利用した放射年代計であり、ウラン含有鉱物であるアパタイトやジルコンなどを対象鉱物とする。これらHe法の閉鎖温度は300°C以下と低く、世界中の幅広い地域における数十万年から数億年スケールに及ぶ地球科学的現象の推定に応用可能である（例えば、Ault et al., 2019）。翻って、地層処分事業における地質環境の長期安定性評価においても貢献が期待できる。

He法における分析手順は世界的にも確立しており、おおまかには粒子の選別、娘核種(He)の定量、親核種の定量を経て、He年代値を計算する。He年代測定の分析環境を有する東濃地科学センターにおいては、分析手順のうち、粒子の選別、Alphachron (ASI社製)を用いたHeガスの測定まではルーチン化されている（菅野ほか, 2021）。親核種の定量には、UやTh同位体スパイクを用いた同位体希釈法を用いることが世界標準的な分析法である（例えば、Evans et al., 2005）。一方、日本国内では高純度の放射性同位体の保持および使用が厳格に規制されていることから、同位体希釈法の実施は困難である。本研究では、国内におけるHe年代測定法の確立のため、親核種濃度測定について検量線法の有効性の検証を試み

た。具体的には、まず標準溶液を複数の希釈率で調製した溶液を用いてU, Th, Sm, Caの検量線を作成した。次に、年代標準試料のアパタイトを用いて検量線法から各元素の濃度を算出し、2つの質量の計算方法から検量線法によって求められた濃度の妥当性を検証した。一つは、粒子のサイズから体積を計算し ($V=W_1 \times W_2 \times H$, ここで W_1 および W_2 は底面の粒子の幅, H は粒子の長径), アパタイトの密度を一般的な値である 3.19 g/cm^3 と仮定して質量を計算した。もう一方は、アパタイトを湿式法によって完全分解したのち、検量線法に基づいて主成分である Ca 濃度を測定し、アパタイトの平均的な組成として CaO を 55 wt% と仮定して、質量を逆算した。これらの値を比較し、アパタイトの濃度が計測できているかを検証した。

試料・手法

U, Th, Sm の検量線を作成するため、K, Li, Sm, Tm, U を各 10 ppb で混合させた標準溶液 (XSTC-3682-100 (SPEX)) を用いて、5段階の希釈率 ($0.06, 0.59, 1.48, 2.96, 5.91 \text{ ppb}$) に調製した硝酸溶液を準備した。また、Ca 標準溶液 (和光純薬) についても 4種類の希釈率 ($1.0, 4.9, 10.0, 15.0 \text{ ppb}$) に硝酸溶液を調整した。全ての希釈溶液に内標準元素として Bi

とTlを添加し、各元素それぞれの検量線を作成した。

次に、アパタイトを用いた実験では、フィッシュン・トラック法の年代標準試料としても良く知られるDurangoおよびMt. Dromedary (Green, 1985) に加え、国内のK-Ar法の年代標準試料である沢入花崗閃緑岩 (JG-1: Sudo et al., 1998) のアパタイトを採用した (図1)。本研究では各試料につき5粒子ずつを測定に用いており、このうちDurangoアパタイトは、cmスケールの巨大な単結晶のため、数百 μm 程度のサイズになるように事前に粉碎した破片を用いた。アパタイトの溶液化の手順は次のとおりである。それぞれのアパタイト結晶の粒径を計測したのち、0.2 mLの15.2 M硝酸の入った3 mLテフロンバイアルに浸漬させ、30分間超音波洗浄を行った。その後、80°Cで3時間加熱して溶解させた。次に、バイアルを開けて、120°Cで蒸発乾固させ、0.5 M硝酸を加え、再度30分間の超音波洗浄および80°Cで3時間加熱し、0.5 M硝酸溶媒で調整したBi・Tl内標準溶液を添加した。このようにして得られた溶液について湿式分析を行った。湿式分析における濃度測定にはThermo Scientific製のトリプル四重極型誘導結合プラズマ質量分析計 (iCAP TQ ICP-MS) を用いた。

結果・考察

検量線は、図2のように得られ、全ての元素について高い再現性を示した。また、TlとBiの内標準物質の違いはほとんど見受けられず、どちらも検量線法での測定に有用であることが確認された。ただし、Caの検量線については、1 ppbと4.9 ppbのcpsデータがほぼ同程度であった。これらのデータはバックグラウンドのCa濃度が影響している可能性も考えられるため、今後の測定時においては希釈率も検討の課題である。

また、2種類の計算方法から求めた質量につ

いては、整合的ではない結果が得られた (図3)。基本的には粒径から求めた質量の方がCa濃度から求めた質量よりも大きい傾向にあり、これは粒子の形状が完全な自形ではない複雑な形態をしているため、体積ひいては計算された質量を過大評価している可能性や、アパタイトの溶解時に試料を一部消失したことによってCa濃度ひいては質量を過小評価している可能性が挙げられる。今後は、さらに複数の希釈率を追加検討して、より正確な濃度の測定を試み、当センターにおける検量線法による湿式分析の手順の確立を目指したい。

謝辞

本報告は平成31年度放射性廃棄物共通技術調査等事業（放射性廃棄物に係る重要な基礎的技術に関する研究調査の支援等に関する業務）（国庫債務負担行為に係るもの）」の成果の一部である。

引用文献

- Ault, A.K. et al. (2019): Innovations in (U-Th)/He, Fission Track, and Trapped Charge Thermochronometry with Applications to Earthquakes, Weathering, Surface-Mantle Connections, and the Growth and Decay of Mountains, *Tectonics*, 38, 3705–3739.
- Evans, N.J. et al. (2005): Determination of Uranium and Thorium in Zircon, Apatite, and Fluorite: Application to Laser (U-Th)/He Thermochronology, *Jour. Amer. Chem.*, 60, 1159–1165.
- Green, P. (1985): Comparison of Zeta Calibration Baselines for Fission-Track Dating of Apatite, Zircon and Sphene, *Chem. Geol.* 58, 1-22.
- 菅野瑞穂ほか(2021): 東濃地科学センターにお

- ける鉱物試料の(U-Th)/He年代測定 (He測定編) , JAEA-Testing 2020-010, 1-38.
- Sudo M. et al. (1998): SORI93 biotite: A new mineral standard for K-Ar dating. *Geochem. Jour.* 32, 49-58.
- Tissoux, H. et al. (2007) Potential use of Ti-center in ESR dating of fluvial sediment. *Quaternary Geochronology*, 2(1-4), 367-372.

- Toyoda, S. (2015) Paramagnetic lattice defects in quartz for applications to ESR dating. *Quaternary Geochronology*, 30, 498-505.
- Tsukamoto, S. et al. (2015) Single aliquot regenerative dose method for ESR dating using X-ray irradiation and preheat. *Radiation Measurements*, 81, 9-15.

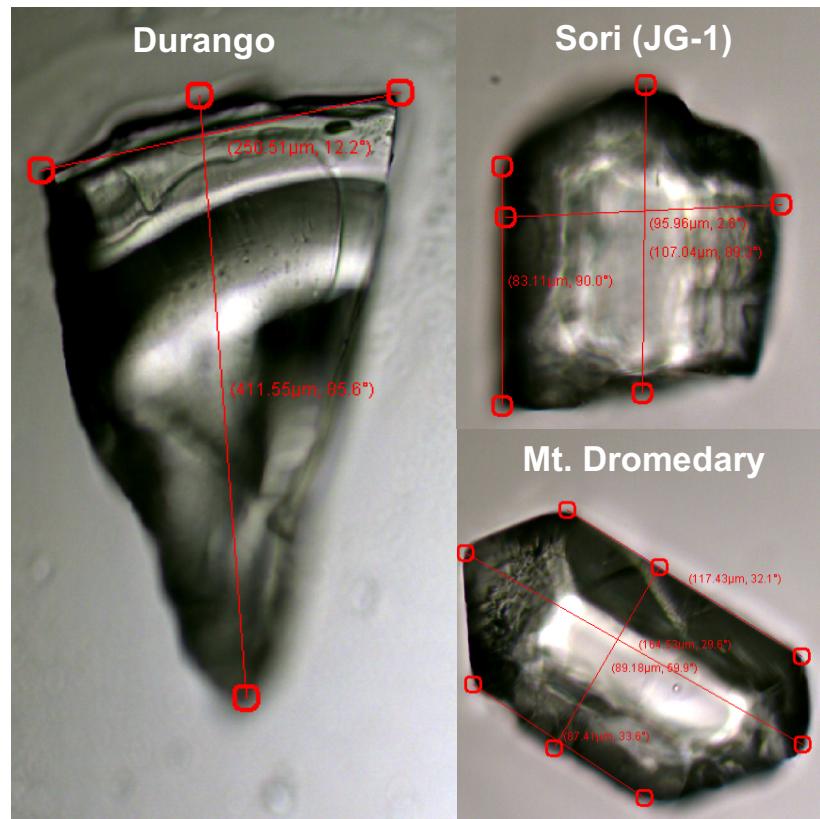


図1. 親核種濃度測定に使用した3種類のアパタイト (Durango, Sori (JG-1) , Mt. Dromedary) . 画像の撮影および粒子の長さの計測は, Autoscan System製のTrackscan Plus Professional (Zeiss Axio Imager M2m + FissionTrackStudio) を用いた。

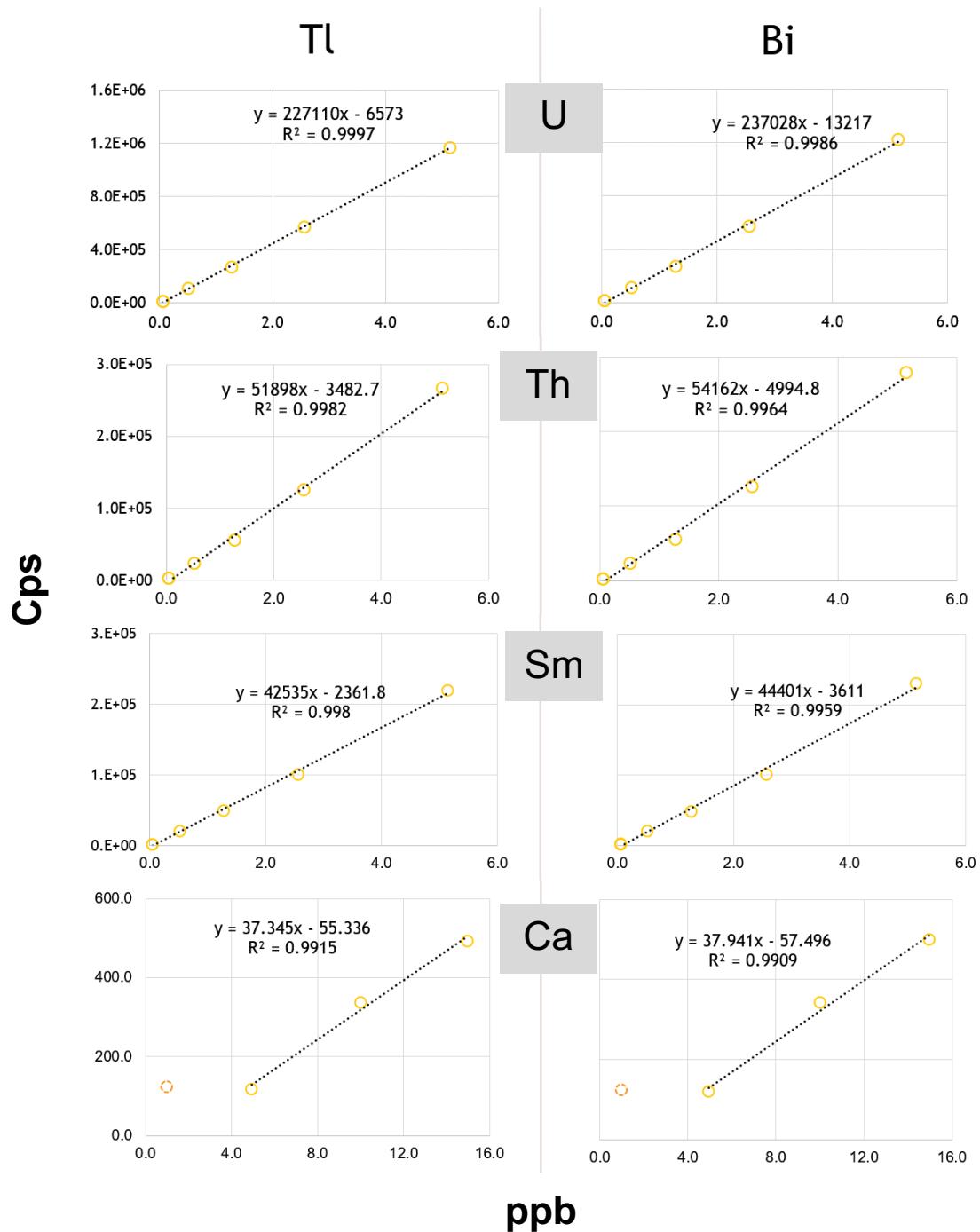


図2. Tl, Biを内標準物質として作成したU, Th, Sm, Caの検量線。

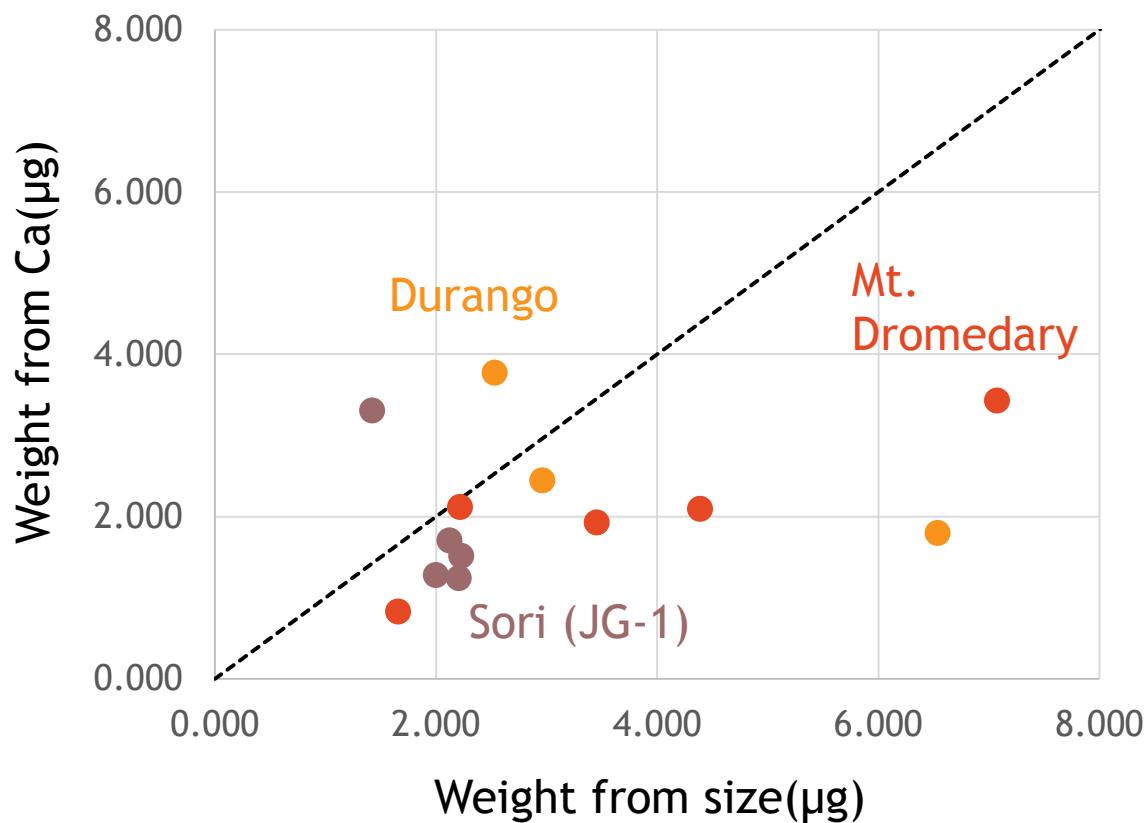


図3. 鉱物のサイズ計測から求めた質量と、湿式分析によるCa濃度から計算した質量の比較。5点中2点のDurangoのデータは、Ca濃度から求めた質量がサイズから求めた質量よりも1オーダー以上小さい値となつたため、湿式分析時に試料を喪失したと判断しデータを棄却した。

ジルコンのART年代測定に向けた取り組み：Am線源を利用したART形成実験

中島大輝*・長谷部徳子*・横山明彦*・山田記大*・飯沼勇人**・高宮幸一**

Efforts toward ART dating in zircon: ART formation experiments using Am sources

Taiki Nakashima*, Noriko Hasebe*, Akihiko Yokoyama*, Norihiro Yamada*, Yuto Iinuma** and Koichi Takamiya**

* 金沢大学, Kanazawa University

** 京都大学, Kyoto University

はじめに

アルファリコイルトラック (ART) は²³⁸U, ²³⁵U, ²³²Thおよびその娘核種がアルファ壊変をする際に生じたエネルギーにより、残った原子核が動いてできる損傷のことである。ウランやトリウムの壊変定数は決まっているため、鉱物内のART数とウラン・トリウム濃度を測定することで年代を算出することができる。しかし、年代既知のジルコンにART年代測定法を適用したところ、期待される年代よりも若く算出された (早坂ほか, 2018)。その原因として、ART認定の不正確さによるART数の過小評価や、ARTの形成過程が不明なため経過時間とともにART数が増加しているのか分からぬことが考えられる。そのことを確認するために、本研究では鉱物表面に人工的にARTを形成する手法の確立を目指した。白雲母のARTのアニーリング挙動に関する実験も併せて行った。今回はART検出器として白雲母を用いた。白雲母は劈開面を観察することにより、ノイズや研磨の影響を考慮する必要がなくエッティングにより顕微鏡で容易にARTを観察することができる。

実験手法

照射実験

ARTを人工的に形成するためには、アルファ壊変する重元素を鉱物表面に作用させる必要が

ある。アルファ壊変によって原子核が鉱物方向へ移動し、衝突することによりARTを形成する可能性がある。本研究では京都大学複合原子力科学研究所所有のある300 Bqの²⁴¹Am線源を使用した。真空容器の中に白雲母と²⁴¹Am線源の間に厚さ1 mmのガラススペーサーを置き、様々な時間で照射を行った(1時間, 3時間, 6時間, 12時間, 2日, 4日, 1週間)。照射後は全ての試料をフッ酸で2時間エッティングし、位相差顕微鏡を用いて観察を行った。観察のルールとしてそれぞれの試料をランダムに5箇所 ($34100 \mu\text{m}^2 \times 5$) 撮影し、解析ソフト (ImageJ) を用いて画像の二値化を行い、ARTの個数と面積を測定した。

アニーリング実験

ARTの大きさは年代値を算出する際の重要な要素の一つである。しかし、測定試料がどのような環境 (期間や温度) に置かれてきたかにより大きさは変化するため、ARTのアニーリング特性を理解することは重要である。照射実験の手法で3時間照射した白雲母試料を複数個用意し、異なる温度 (100°C, 150°C, 200°C) と時間(30分, 1時間, 3時間, 5時間, 10時間, 20時間, 100時間, 352時間)でアニーリングを行った後、エッティング・観察を行った。

結果と考察

本研究では²⁴¹Am線源を用いて新たなART形成手法の確立に成功した。照射時間の増加に伴い白雲母表面に形成されたART面密度が直線的に増加していることが確認できた(図1)。1時間から12時間の照射期間ではARTを1つずつ識別可能であったが、2日から1週間の照射期間ではARTの重複により個数や面密度に影響があった。この結果から、2時間エッティングによる白雲母の測定年代上限は、ウラン濃度が1~10 ppm程度である場合、数万から数十万年前の試料であることが分かった。ARTの大きさはアニーリング温度と時間に依存し、2つのステップ(急速なアニーリングとゆるやかなアニーリング)に分けられることが示された(図2)。ARTのサイズ分布を比較したところ、人工的に形成したARTの方が天然のARTよりも大きくなつた。人工的なARTは²⁴¹Amから²³⁷Npへの単一アルファ壊変により形成される。一方で、天然のARTは²³⁸U、²³⁵U、²³²Thからそれぞれ安定な²⁰⁶Pb、²⁰⁷Pb、²⁰⁸Pbへと

複数壊変を起こすため後者の方が大きなトラックを形成すると考えられる。白雲母がカンブリア紀以前に産出したものであることを考慮すると(Richard and Forrest, 1950), 等温アニーリング実験の結果から、天然のARTは周囲の環境温度(27°C~34°C)で長期間アニーリングされたものであると考えられる(図3, 表1)。

人工的なART形成手法の確立により、雲母以外の様々な鉱物におけるART特性を評価することが可能になった。今後はジルコンへの適用によりART年代測定法のさらなる発展が期待される。

引用文献

- 早坂ほか (2018) 原子間力顕微鏡を用いたジルコンの α リコイルトラック年代測定。 フィッショング・トラック ニュースレター, 31, 20-22
- Richard H. J and Forrest W. L. (1950) Physical characteristics of commercial sheet muscovite in the southeastern United States, USGS, 225

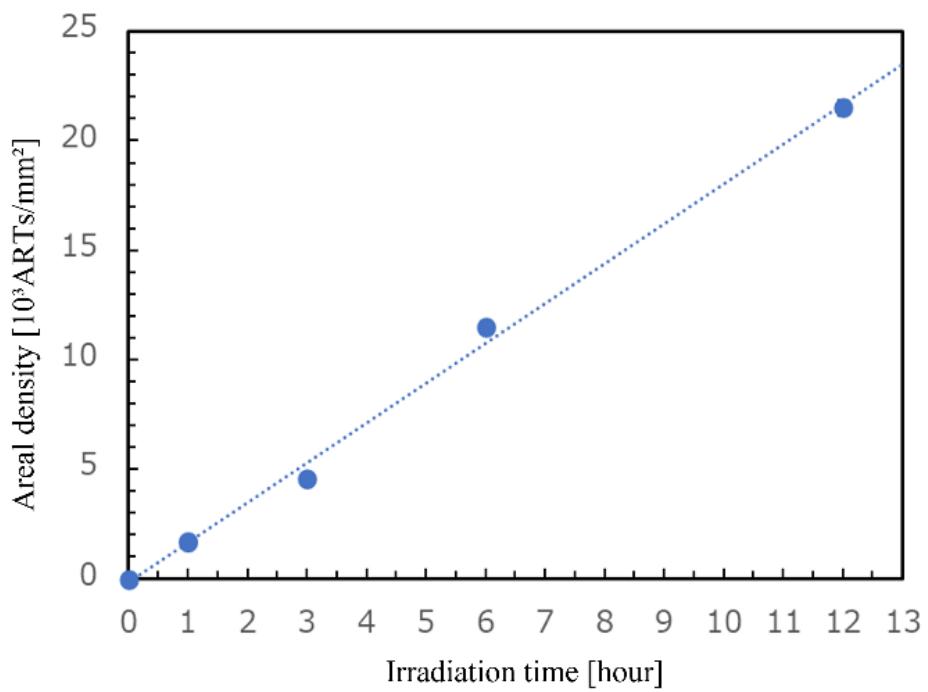


図1. 照射時間とART面密度の関係

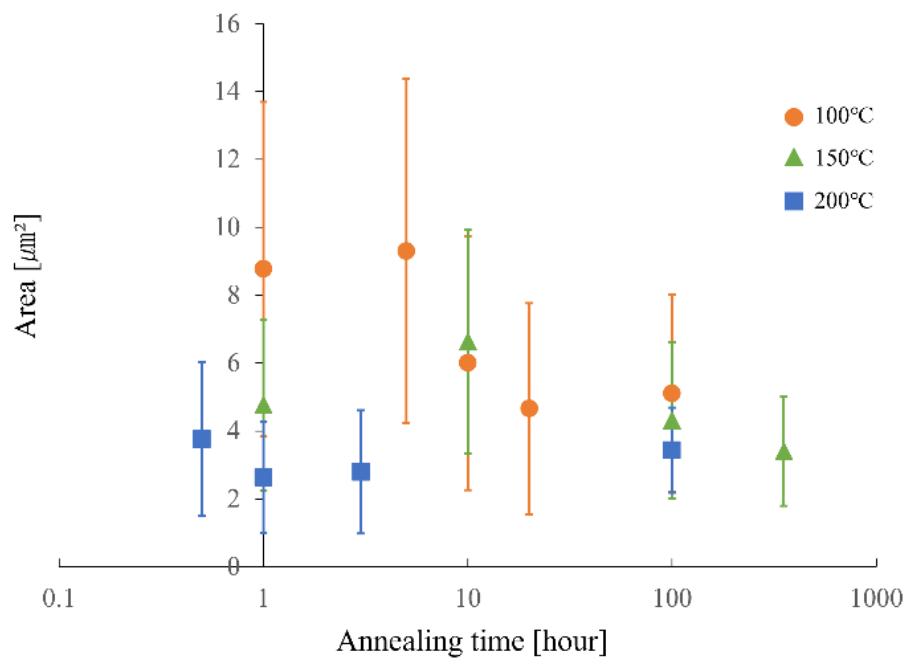


図2. アニーリング時間とARTサイズの関係

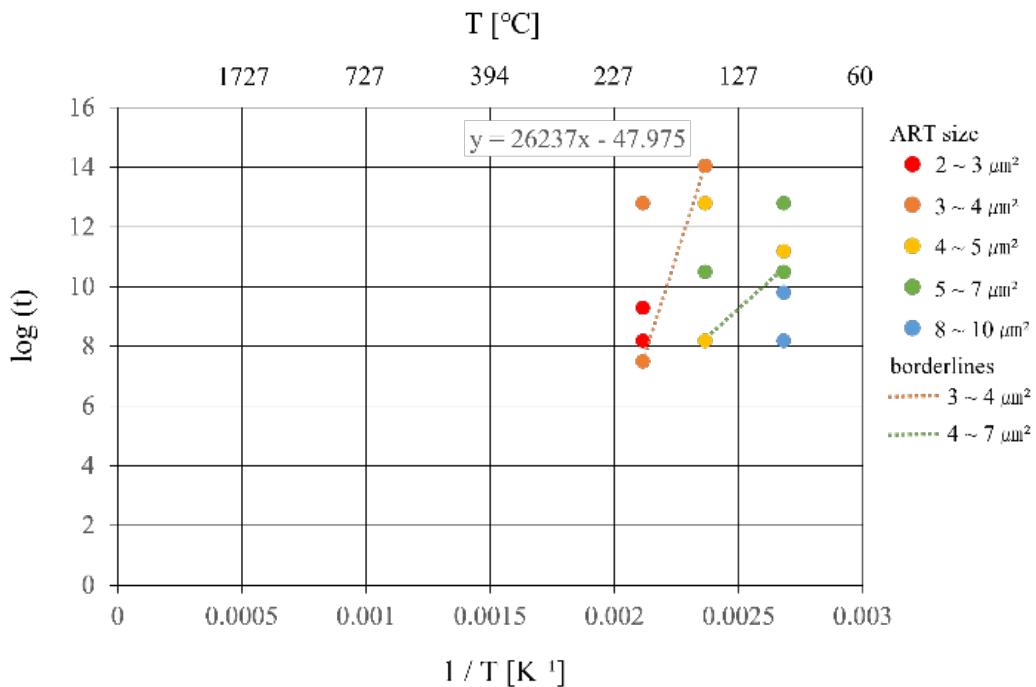


図3. アニーリング実験のアレニウスプロット

表1. 天然のARTが3-4 μm^2 なるまでの推定期間

Temperature (°C)	Estimated period (10 ⁸ year)
25.0	79.9
26.0	59.6
27.0	44.4
28.0	33.2
29.0	24.9
30.0	18.7
31.0	14.1
32.0	10.6
33.0	8.0
34.0	6.1
35.0	4.6

モンゴルOlgoy湖堆積物のIRSL 年代測定と古環境推定

渋谷侑磨*・Uyangaa Udaanjargal*・Ganbat Shuuhaaz*・
長谷部徳子*・Davaardorj Davaasuren**

IRSL Dating and Paleoenvironmental Estimation of Lake Olgoy area, Mongolia

Yuma Shibuya*, Uyangaa Udaanjargal*, Ganbat Shuuhaaz*,
Noriko Hasebe* and Davaardorj Davaasuren**

* 金沢大学, Kanazawa University

** モンゴル大学, National University of Mongolia

はじめに

中央アジアに位置するモンゴルは大陸性の半乾燥地域に属しており、シベリア高気圧、偏西風、東アジア夏季モンスーンの3つの気候システムに支配されていることもあります。気候変動に敏感な地域である。そのため、この地域の古環境を復元することは過去の気候変動や気候システムの理解、ひいては将来の気候変動を予測するうえでも重要である。しかしモンゴル東部、中南部の古環境データは未だに十分ではない (Klinge and Sauer, 2019)。そこで本研究ではモンゴル中南部のOlgoy湖に焦点を当てて研究を行った。

Olgoy湖はハンガイ山脈の南斜面の高地（標高2041m）に位置する。Matsumura et al.

(2019) では、地形学的および水理学的アプローチにより過去にOlgoy湖には大流入があったことが示されており、ハンガイ山脈の水文学的環境理解に重要な湖でもある。

Olgoy湖にもモンゴルの他の湖と同様に古汀線が数多く見られており、これら古汀線は過去の気候変動に伴う水位変動により形成されたと考えられている (Batbaatar et al., 2018)。また、湖水位が最高水位まで拡大した際には洪水が発生し下流のくぼみに大量の水が流れ込むことがあることも示されている (Bayasgalan, 2018)。しかしながら、それが何に起因して発生したかという古気候の復元が十分ではない。

そのため、高位の古汀線湖沼堆積物を分析しそ

の時期の環境を復元することが必要だと考えられる。

Olgoy湖における完新世の年代学的情報は貝化石の放射性炭素年代測定によって算出されている (Bayasgalan, 2018, Uyangaa et al., 2021, Igarashi, 2021MS)。しかし中央アジアでの放射性炭素年代測定試料の多くは炭酸塩含有量が高いこともあります。リザーバー効果（硬水効果）の影響を受けているため数百～数千年程度、年代が過大評価される恐れがある (Long et al., 2011)。Igarashi (2021 MS) では放射性炭素年代測定の他に堆積年代を直接測定できる、石英を対象にした光励起ルミネセンス年代測定 (OSL年代測定) と長石を対象にした赤外光励起ルミネッセンス年代測定 (IRSL年代測定) が行われた (図1)。結果として3つは異なる年代を示した。しかしながら、IRSL年代では放射性炭素年代と一致している部分が見られる。そのため、IRSL法により、放射性炭素年代測定を行うことが難しい部分の試料についても年代値の獲得が期待できる。

本研究ではIRSL年代測定の測定条件を吟味した。また、その条件を基にOlgoy湖の古汀線内でさまざま試料をIRSL年代測定することによって最大湖水位の時期や乾燥期の年代を求めた。また、他地域の研究結果と対比させることで乾湿変動が何に起因するものなのかを考察した。

測定試料

試料の採取位置と断面図を図2に示す。Outcrop2&3は堆積層に乾燥湿潤の変化が見て取れる試料である。また、Olgoi湖の中でも最も高位の試料であるOL6の試料では洪水の発生時期が特定できる可能性が高い。

測定条件の吟味

本研究で用いたOSL/TL測定装置（メデックK.K.）ではIRSLを測定したところ、シグナルが山形に検出され（図3），初期の加熱が十分にされていないことが懸念された。そのため、本研究では年代既知の試料を対象に加熱時間を変化させたり、測定が始まるまでの遅延時間を設けたりすることによって正しい年代値が獲得出来る分析条件を吟味した。

本研究ではpIRIR_{50, 225}（塚本, 2018）を選定し測定を行った。また、Igarashi (2021MS) を参考にプレヒートは250°Cとした。

実験結果と考察

年代既知試料を用いて測定条件の吟味を行った結果、本研究の実験装置では加熱を始めてから40秒ほど待ってから測定をする必要があることが分かった（図3）。この条件を測定工程に組み込み年代測定を行った。

結果、最大湖水位は5.63±0.96kaに発生し、その後3.0～3.5 kaで水が無くなるほどの乾燥を経験し、現在に向けて湿潤な環境が再び形成されたと推定できた（図4）。An et al. (2008) はミランコビッチ・サイクルにより、8 kaから3 kaの時代では北緯35°の付近で日射量が大きく、夏季モンスーンの北限は中央アジアにまで達したと考察してる。また、東アジア夏季モンスーンの影響が強くなっている地域では降水量が多い時期であったことも考察されている。つまり、最大湖水位の時代では湿潤環境が形成されており、その後東アジア夏季モンスーンの影響が小さくなつたため乾期が訪れた可能性がある。また、Uyangaa et al. (2021) により乾燥時期の前に永久凍土が融解したであろう堆積層

が存在していたことが指摘されている。そのため、Olgoi湖では5.63±0.96 kaに永久凍土層の融解と東アジア夏季モンスーンの卓越が影響し洪水が発生した可能性があると考えられる。

謝辞

本研究は科学研究費補助金(21H04373)により実施した。

引用文献

- An, C.-B., Chen, F.-H., Barton, L. (2008) Holocene environmental changes in Mongolia: a review. *Glob. Planet. Chang.* 63, 283-289.
- Bayasgalan, G. (2018): Late Cenozoic landscape evolution in the Khangay mountains, A dissertation, North Carolina State University.
- Igarashi, Y. (2021) OSL and radiocarbon chronology of Late Quaternary sediments from Valley of the Gobi Lakes, Mongolia and implication to the glacier retreat in Khangai mountain range. Master thesis, Kanazawa University.
- Klinge, M., Sauer, D. (2019) Spatial pattern of Late Glacial and Holocene climatic and environmental development in Western Mongolia – a critical review and synthesis. *Quaternary Science Reviews*, 210, 26–50.
- Long, H., Lai, Z., Wang, N., Zhang, J., (2011) A combined luminescence and radiocarbon dating study of Holocene lacustrine sediments from arid northern China. *Quat. Geochronol.* 6, 1-9.
- Matsumura, Y., Endo, N., Hasebe, N., Davaadorj D. (2019) Paleolake reconstruction and estimation of paleo-inflow in the Olgoi Basin, Mongolia, based on GIS and hydraulic analyses

- Island Arc, 28, e12299, DOI: 10.1111/iar.12299
- 塙本すみ子 (2018) 光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の最近の発展と日本の堆積物への更なる応用の可能, 第四紀研究, 57, 157-167
- Uyangaa, U., Hasebe, N., Davaadoj, D. Fukushi, K., Tanaka, Y., Baasansuren G.

Katsuta, N., Ochiai, S., Miyata, Y., Tuvshin G. (2021) Characteristics of lake sediment from southwestern Mongolia and comparison with meteorological data, Geoscience, 12, 7. <https://doi.org/10.3390/geosciences12010007>

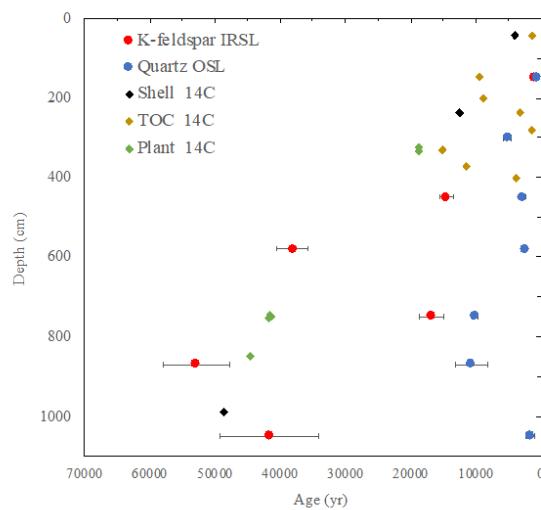


図1. 五十嵐修論(2021)で行われた3種類の年代測定. 横軸に年代, 縦軸に深さを示す.

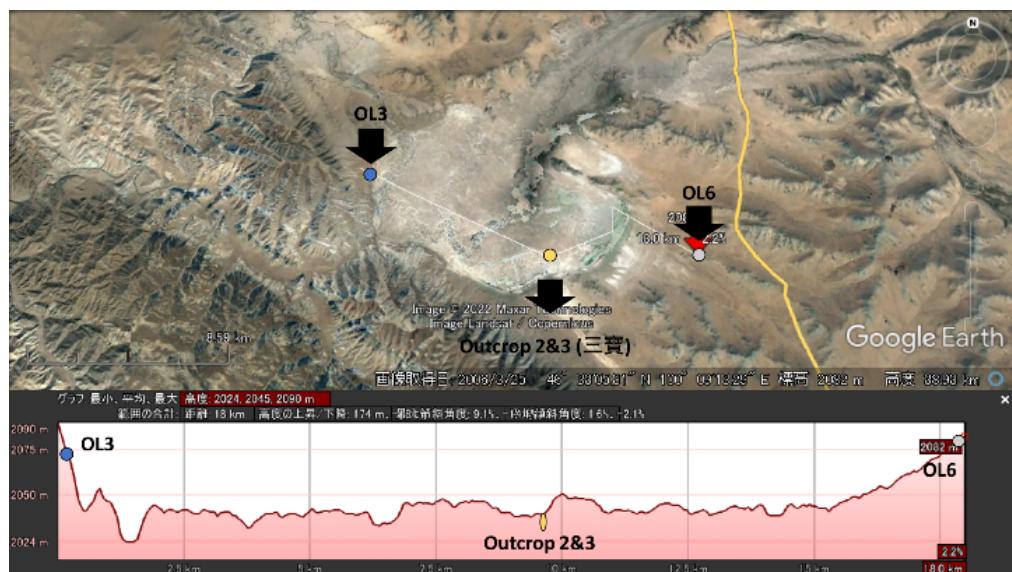


図2. 試料採取場所と断面図

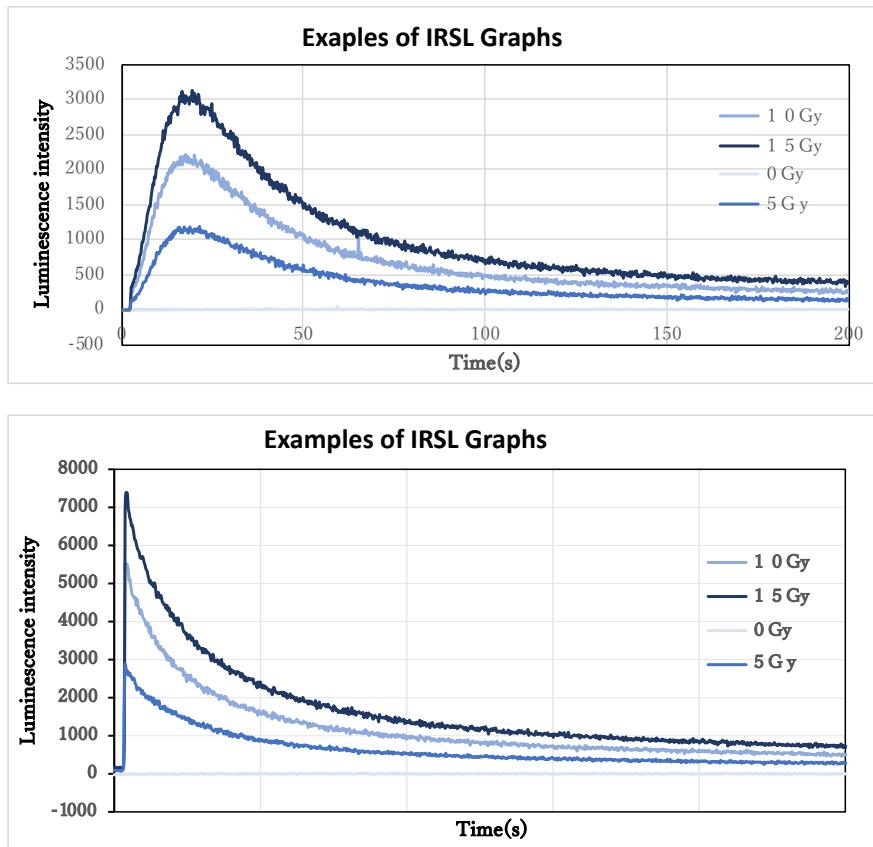


図3. 上図は加熱を始めてすぐに測定を行なった場合のIRSL. 下図は加熱を始めてから40秒の遅延後に測定を開始した場合のIRSL

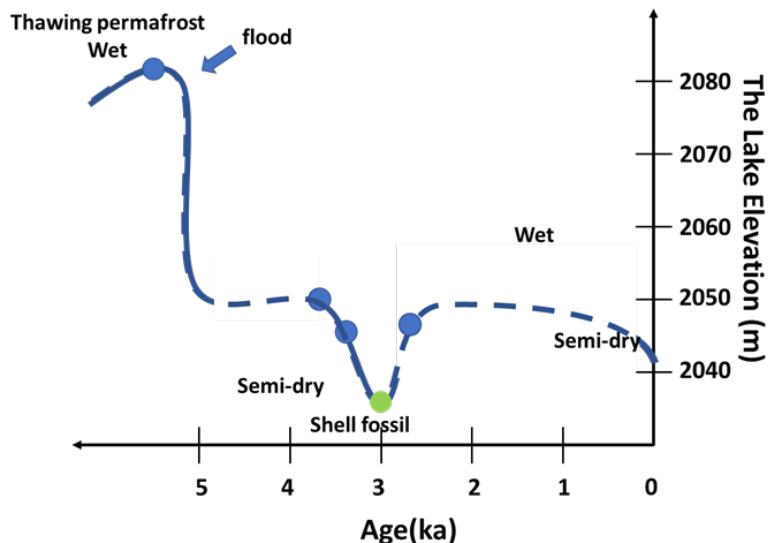


図4. Olgoy湖の湖水位変化. 横軸に年代, 縦軸に標高を示す. 青丸はIRSL年代の結果, 緑丸は五十嵐修論 (2021) で測定された放射性炭素年代測定の結果を示す. また, 破線部は古環境分析から予想される湖水の変化を示す.

御嶽火山の10万年前より若い試料の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定

山崎誠子*・及川輝樹*・Daniel P. Miggins**・Anthony A.P. Koppers**

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of lavas younger than 100 ka from Ontake Volcano

Seiko Yamasaki*, Teruki Oikawa*, Daniel P. Miggins**

and Anthony A.P. Koppers**

* 産業技術総合研究所地質調査総合センター, Geological Survey of Japan, AIST

** オレゴン州立大学, Oregon State University

はじめに

長野・岐阜県境に位置する御嶽（御岳）火山は、直径約20 kmの大型の成層火山で、国内で2番目に高い（最高標高3067 m：剣ヶ峰）活火山である。近年の活動は1979, 1990, 2007, 2014年の水蒸気噴火であるが、完新世にも複数回のマグマ噴火があったことがわかつており、今後の活動を評価するためにも数万年より若い活動の詳細化が重要である。御嶽火山の年代学的研究としては、数多くの感度法K-Ar年代が報告されており（Matsumoto and Kobayashi, 1995; Kioka et al., 1998; 松本・小林, 1999），特に約10万年前より若い新期御嶽火山溶岩について、アルゴン初期値の補正の重要性が層序と合わせて系統的に示された火山でもある。しかし、試料採取地には偏りもあり、特に山頂周辺の若い試料についての報告値はなかったため、活動史の全体を復元するには不十分であった。そこで本研究では、山頂周辺を含む若い試料について、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定を実施したため、結果を報告する。

試料

本研究では御嶽火山の剣ヶ峰山頂を含み一ノ池、二ノ池周辺から噴出したと考えられる一ノ池火山噴出物（地質ユニット名は山田・小林, 1988に基づく；以下同じ），東麓に分布する四ノ池火山噴出物、北東麓に分布し北部に10 km以上流れた溶岩試料を含む繼子岳火山噴

出物、西麓と南麓の谷に細長く分布し西部に10 km以上流れた厳立溶岩を含む草木谷火山噴出物、南麓に分布する奥の院火山噴出物、南東麓に分布する金剛堂火山噴出物について、年代測定を実施した。

分析

溶岩試料の前処理は産総研にて、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定はオレゴン州立大学にて実施した。測定には180~250 μm サイズの石基を数十グラム使用し、レーザーによる段階加熱により Thermo Fisher Scientific製ARGUS VI型希ガス質量分析計にて測定した。

結果と考察

図に層序ごとの $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定結果をK-Ar年代データ（山崎ほか、準備中、およびMatsumoto and Kobayashi, 1995）とともに示した。ほぼ全ての試料について、層序に矛盾のない $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定結果が得られたが、金剛堂火山噴出物から採取したガラス質の1試料だけは桁違いに古い（約220 ka；プラト年代）結果となった。他4試料の金剛堂火山噴出物は約70~50 kaに集中し、奥の院火山噴出物や草木谷火山噴出物も含めて約70~50 kaに現在の摩利支天から奥の院にかけて山頂を持つ大きな火山体が形成されたことが明らかになった。

繼子岳火山噴出物および四ノ池火山噴出物の

試料からは約40~30 kaに集中するプラト一年代が得られた。北部に10 km以上流れた溶岩についても約37 kaと、この時期は噴出率も高く、御嶽火山の噴火史の中でも活動的な時期の一つであったと考えられる。

一ノ池火山噴出物から採取した2試料については、約30~10 kaの年代値が得られた。今回得られた中で最も若い年代値を示した山頂近くの一ノ池火山噴出物の溶岩からは、プラト一年代として 10.8 ± 1.8 ka (誤差は 2σ)、逆アイソクロン年代として 13.0 ± 5.7 kaが得られた。溶岩表面の微地形の保存状況や山体内の小規模なテフラも含めた層序に基づくと、完新世に一ノ池火山噴出物が噴出した可能性が低いので、約13 kaの中央値の方がもっともらしいが、ほぼ手法の限界の年代値であり今後も検討が必要である。完新世にも三ノ池溶岩など複数のマグマ噴火が起り、最新のマグマ噴火は約6千年前であることがわかっているが、大規模な火山体は約30 kaまでに形成されたことが明らかになった。

引用文献

- Kioka H., Furuyama K., Miyake Y., Sakai J., Nagao K., Ikemoto M., Noiri H., Oda, K. (1998) K-Ar chronology of the Middle Pleistocene lavas at Ontake volcano, central Japan. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, 52, 464-474.
- 松本哲一・小林武彦 (1999) 御嶽火山、古期御嶽火山噴出物のK-Ar年代に基づく火山活動史の再検討. *火山*, 44, 1-12.
- Matsumoto A. and Kobayashi T. (1995) K-Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the "mass fractionation correction procedure" : application to the Younger Ontake Volcano, central Japan. *Chemical Geology*, 125, 123-1355.
- 山田直利・小林武彦 (1988) 御嶽山地域の地質. *地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)*. 地質調査所, 136p.

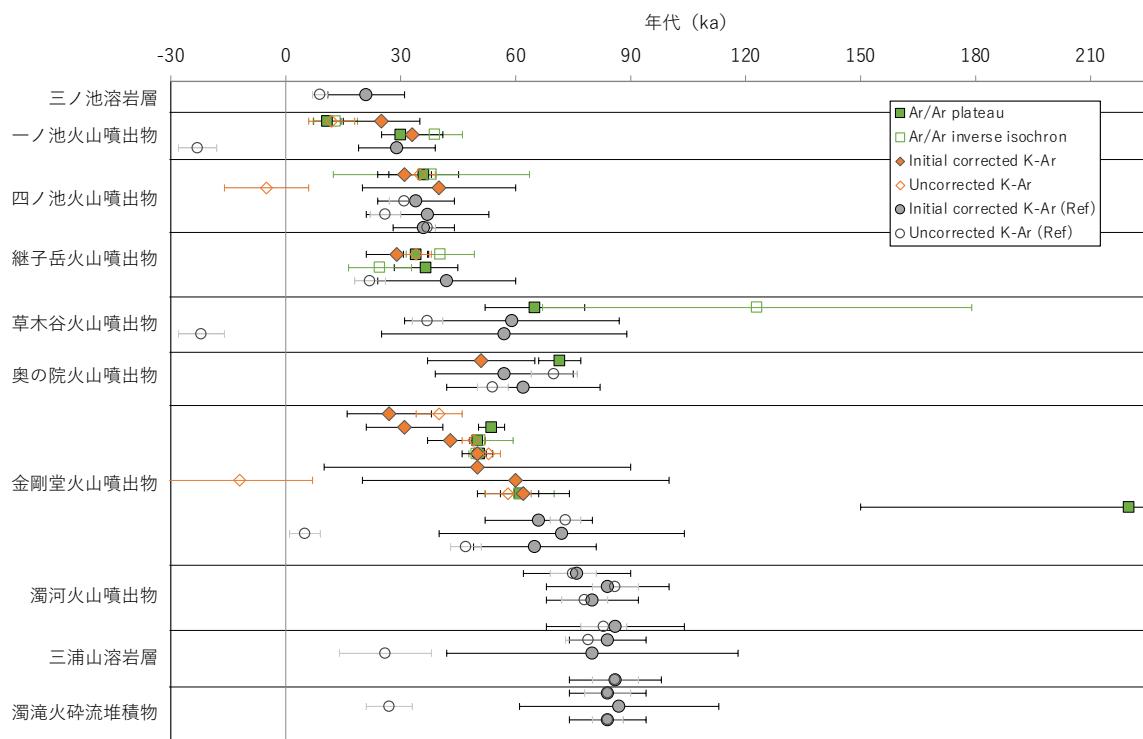


図. 御嶽火山溶岩の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定結果とK-Ar年代測定結果 (本研究および山崎ほか、準備中) . (Ref) のK-Ar年代データはMatsumoto and Kobayashi (1995) より。

書評 Book Review

酒井 治孝 著
「ヒマラヤ山脈形成史」
"Mountain Building of the Himalayas"
By Harutaka Sakai

檀原 徹
Tohru Danhara
(株)京都フィッショントラック
Kyoto Fission-Track Co.Ltd.
e-mail: kyoto-ft@ac.auone-net.jp

ヒマラヤとは何かについて知りたいという人、特にFT法に関心を持つ人に迷うことなくお薦めしたい一書が出版された。酒井治孝著「ヒマラヤ山脈形成史」である。本書は同地域において画期的な総括的解説書であり、最新の研究書でもある。

ヒマラヤといえば「大陸の衝突でできた」、あるいは「エベレストの山頂は元は海底であった」風の説明が一般的だが、あまりにも漠然としているため、わけがわからないまま受け止めるというのが一般的の反応であろう。マスコミで頻繁に流される雪を頂いたヒマラヤの高峰の映像が氾濫する現在において、実際にヒマラヤを見た人、ネパールや周辺国に出かけた人も思いのほか少ないのでないだろうか。さらにその謎に対してなぜそうなのか？根拠は何か？と問い合わせてもまともな答えがないというのが現状であろう。

本書は、ヒマラヤ山脈の形成の謎に真っ向から取り組んだ分厚いが一編の研究論文であり、ジオロジスト酒井治孝の40年に亘る研究史と思索の克明なドキュメントでもある。重層的で広汎な領域に及ぶ研究スタイルは、現在主流のpeer reviewとは相入れない面も含み、本書の主要論点である、変成岩ナップの運動史については未公表部分、すなわち仮説段階のものも多く含まれる。これは著者が敬愛するA. Holmesが、彼の最大の遺産の1つとして残したマントル対流説を主著「一般地質学」に書き記し、その評価を次世代の研究者の評価に委ねたことと重なるようにみえる。

本書の特徴は読みやすさにある。層序学的記載は、ともすれば多くの類書では地名や地層名、それに専門用語で埋め尽くされ、読者の気力を奪いがちである。この点において著者の無駄のない端正な文章は、無機的な散文となりがちな記述も驚くほど読みやすい。特に口絵写真や図表が文脈と呼応して効果的に文中に注記されるため、なじみのない地名・地層名やかみ碎かれた専門用語が、各所に挿入された“コラム”と効果的に結びつけられている。加えて誤字や誤植が大変少なく、教科書の著作で培われてきた著者の経験が縦横に反映されている。

15章から構成される本書の内容は、各章のタイトルが的確に内容を要約している。1～5章が前編にあたり、地形・地質や続く主部での議論に欠かせない予備知識が分厚く説明される。6～11章の主部で、ヒマラヤ山脈の形成と変成岩ナップについて主にFT年代測定を中心に詳しく議論される。

12～14章では周辺地域や関連する情報が肉付けされ、最後に15章で全体が総括される。以下には、さらに章ごとにみてみよう。

1章では、ヒマラヤ山脈の地形と地質が概観される。この章を読むだけでも、ヒマラヤ山脈の理解のためには、予想を越えた時間と空間の広がりに対する認識が伝わってくる。

2章では大陸衝突とその証拠が提示される。衝突以前のインド亜大陸をGreater Indiaといい、現在より北方へ500 km以上大きかったと考えられ、すでに15種類以上のモデルが提唱されているという。3章ではレッサー・ヒマラヤに残る超大陸コロンビア（19～16億年前）について、4章では超大陸パンゲアの痕跡とテチス海の消滅が語られる。5章ではインド亜大陸の北上に伴うユーラシア大陸との衝突と沈み込み・地殻の再溶融が説明され、チベットの中部地殻の延性押し出し説の紹介で、前編部が終了する。ここでついに、本書の主題となる仮説「変成帯がチベットの中部地殻で形成され、それが押し出されて高ヒマラヤ変成岩とそのナップをつくっている」が提示される。

いよいよ6章から11章では本書の主要テーマであるヒマラヤ山脈の誕生と形成史が詳しく議論される。6章では、まずエベレスト山頂直下のイエローバンド層のZFT年代が 14.4 ± 0.9 Maを示すことを契機に、チベット高原や高ヒマラヤ地域が14～15 Ma前には少なくとも標高4500 mに達していたことが議論される。7・8章ではエベレストの山頂部の地層を構成するテチス海堆積物の化石年代の検討から、大陸間での地層対比や構造褶曲構造から推定される重力滑動時期が考察される。9章から11章での主要テーマがレッサー・ヒマラヤに押し被さった巨大な変性岩ナップの形成メカニズムとその運動史であり、FT法がその解析に威力を発揮する。9章では変成ナップと運動メカニズムについて、スイスアルプスの例も引き説明される。10章では具体的に東ネパールのドゥムレ層を対象にした熱年代解析が続く、11章でFT法を用いたナップの北方冷却の研究例がさらに3ルートで示される。この3つの章では、従来の年代学的研究に対する著者およびその共同研究者達のFT、U-Pb年代研究結果の対比が詳しく論述され、本書の中心部をなす。

12・13章はネパール首都のカトマンズや観光地ポカラが位置するヒマラヤの参観盆地とシワリク前縁盆地およびベンガル湾沖の深海盆地の堆積物からみた、削剥された高ヒマラヤ山地の形成史が復元される。さらに14章は現在の地殻運動である地震・活断層・温泉現象からみた活動的なヒマラヤについて、考察する。最終の15章では5500万年前から現在に至る間に発生した主要な地質学的事件を振り返り、特にヒマラヤ山脈上昇の原動力として沈み込んだスラブマントルのデラミネーションとスラブの剥がれ落ちによる変成帯の急激な上昇が考察され、締めくくられる。

本書は、本体価格7200円+消費税と高価（特に学生にとって）であるものの、ヒマラヤ山脈の形成について全体像を知りたい時、最初に手にすべき出版物の1つというべきであろう。本書の中で著者の主張するナップ論は、現状では国際的に多くの支持を得るに至っていない。それ故に本書の出版は貴重であり、著者の熱意と東京大学出版会の英断にエールを送りたい。



酒井治孝著「ヒマラヤ山脈形成史」

B5判・上製カバー装・横組・216頁

カラ一口絵14ページ

本体価格 7200円 税別

ISBN978-4-13-060768-1

東京大学出版会 3月16日 初版

第 47 回日本フィッショング・トラック研究会実施報告

「合同研究会報告」

第 47 回日本フィッショング・トラック (FT) 研究会は、ESR 応用計測研究会・ルミネッセンス年代測定研究会との合同研究会として、2022 年 12 月 5 日 (月) ~6 日 (火) に文部科学省研究交流センター (つくば) にて開催されました。世話人の伊藤一充さんはじめ、産総研の皆さんのご尽力により、3 年ぶりの現地での開催となり、計 28 件の講演がありました。

2 日間のうち初日に ESR, U-Pb, (U-Th) /He, FT, α リコイル, Ar-Ar に関する発表があり、2 日目は ESR, ルミネッセンスの最新の基礎・応用研究がまとめられました。

印象に残った発表を含め、以下に概要をご紹介します。まず応用研究では、ジルコン U-Pb, アパタイトおよびジルコン U-Th/He 年代など、低温度域の閉鎖温度の最新の測定法を駆使した熱履歴・削剥史の推定の発表がありました (発表⑤, ⑥)。このうち後者は角閃石の地質圧力計から定置深度に制約を与え削剥史を求めようとするものでした。標準試料探求の視点から溶結凝灰岩中のジルコンの年代学的特性を評価する発表もありました (⑦)。新たな測定対象としては、モナザイトの分離抽出方法～基礎的なエッチング特性 (⑨), 第四紀モナザイトの微量元素組成や固有のエッチング耐性 (⑩) など、着実な研究が進められている印象を受けました。 α リコイルトラックに関しては、アメリシウム線源を用いて白雲母上に形成させた人工トラックを高精度で計測可能であることが示され、今後数千年から数万年のジルコンからの α リコイルトラックを利用した年代測定が確実に進展する印象を受けました (⑪)。そのほか (U-Th)/He 法における He 定量の実際と、同位体希釈法によらない U, Th 定量法への取り組みについて紹介されました (⑫)。Ar-Ar 年代については御岳火山の溶岩 (石基) に段階加熱法を適用し、1 万年前後という極めて若い試料のプラト一年代について、逆アイソクロン年代の評価を含め、貴重な成果が示されました (⑭)。U-Pb 年代については、U 壊変系列の非平衡を考慮したジルコン結晶化年代と (U-Th) /He 年代との併用の重要性について報告がありました (⑯)。U-Pb, U-Th 同時年代測定に関して、良好な U-Th 年代を得るための各種の補正条件について発表がありました (⑮)。

ルミネッセンスと ESR の応用研究については、山岳地域の隆起削剥への ESR 年代の適用 (⑰), 火山灰層の層準および粒径ごとの ESR 信号特性変化と堆積環境の推定 (⑯), 表層堆積物の深度ごとのルミネッセンス線量と沿岸流や堆積作用との関連 (⑰), 津波堆積物への適用 (⑱), 浜堤堆積物のルミネッセンス年代と、隆起・沈降サイクルとの関連 (⑲), 河成段丘・海成段丘の形成史への IRSIL 年代の適用 (⑳, ㉑, ㉒), 湖底堆積物の IRSIL 年代と古環境推定 (㉓), ルミネッセンス信号の多様性と堆積物の供給源推定などの発表がありました (㉔)。なかでも石英 OSL 特性のデータベース化については、その科学的意義を含め海外の先進事例が多数紹介され、国内のルミネッセンス研究の進展にとっても大変刺激になっている印象を受けました (㉕)。手法に関する基礎的な研究として合成されたシリカクラ

スレートの有機ラジカル由来の ESR 信号 (②), 重晶石の ESR 信号応答性 (⑯) についての発表がありました。

3年ぶりの対面開催ということもあり、大変活発な議論がなされたように思います。最後になりましたが運営全般にご尽力いただいた世話人の伊藤一充さんはじめ産総研の田村さん、石井さん、高森さん、RA（リサーチアシスタント）の方々に、心よりお礼申し上げます。



「フィッショ・トラック研究会総会報告」

日本フィッショ・トラック (FT) 研究会総会は、2022 年 12 月 5 日（月）16:30～開催され以下の内容が話し合われた（以下、敬称略）。

1. 出席会員数確認：普通会員 18 名の出席と委任状 17 名分から、普通会員（66 名）の 1/5 以上であることから総会成立を確認した。

2. 今年度の活動報告：

①FTNL 第 35 号の Web 公開と発刊予定について報告があった（田村さん）。

②国際会議の状況（長谷部さん）

Thermo2023 イタリア リーヴァ・デル・ガルダについては Web ページの状況など、Thermo2025 金沢については、今後企業や団体等からの寄付等の受け入れとその方策を検討する必要があること、会場については可能な範囲で下調べを進めていることなどの報告

があった。

③3名の新入会員（下記）の報告があった。総会に参加いただいた及川さん、石黒さんからは、直接自己紹介をいただいた。

- ・及川輝樹さん（産業技術総合研究所、地質調査総合センター）
- ・石黒勝己さん（奈良県立橿原考古学研究所、名古屋大学）
- ・木村臯史さん（電力中央研究所）

3. 2021年度の会計報告＆会計監査報告：（長谷部さん、田上さん）

2021年度の収入は繰越金（580,334円）、支出は3,432円であり、差額の576,902円を2022年度に繰り越すことが報告され、監査報告とともに承認された。（なお、2022年度会計の途中経過として、現時点での収入総計-支出総計が607,657円であることが報告された。）

4. 次年度の執行部体制：次年度（2022年度）の執行部は、現体制が1年目であることから、会長含め全委員が留任することで了承いただいた。

5. 次年度の活動計画：以下の活動計画が確認された。

①FTNL第36号は2023年10月発行に向けて準備していただく。今回講演された会員の皆さんには是非原稿を投稿していただきたいとのアナウンス。

②第48回FT研究会もぜひ、ESR応用計測研究会・ルミネッセンス年代測定研究会と合同で開催できるように進めてほしいとの意見がありその方向で進めることになった。先方との調整も必要であるが、開催地については、まずは会員の皆さんから積極的に情報をお寄せいただくことになった。（他に開催場所がなければ1～2年以内に徳島は引き受け可能になりますとの紹介があった）

総会出席者（18名：五十音順）

石黒勝己、伊藤久敏、伊藤一充、及川輝樹、大平寛人、小形学、岡本晃、梶田侑弥、末岡茂、田上高広、田村明弘、中嶋徹、長田充弘、長谷部徳子、福田将眞、南沙樹、山中千博、山崎誠子

委任状提出者（17名：五十音順）

安間了、猪俣竜、岩野英樹、臼杵昌子、鷹澤好博、檀原徹、檀原有吾、竹内圭史、谷篤史、林宏樹、藤原寛、星博幸、松浦秀治、三浦英樹、村松敏雄、渡辺公一郎、山田隆二

ESR 応用計測研究会・ルミネッセンス年代測定研究会・フィッショングラウド研究会
2022 年度 合同研究会（茨城県つくば市 文部科学省 研究交流センター）

2022年12月5日（月）

8:45	入場開始	
9:00	開会挨拶	
セッション1	座長：伊藤 一充	
9:10	1 島崎 達也	歯エナメルを用いたESR/EPR線量計測による低線量被ばく評価の検討
9:30	2 磯谷 舟佑	イソプロピルアミンを包接するシリカクラスレートにおけるラジカル種の挙動
9:50	3 梶田 侑弥	日本の山岳地域におけるESR熱年代学の適用（仮）
セッション2	座長：大平 寛人	
10:20	4 小形 学	東濃地域のOSL熱年代測定
10:40	5 岡本 晃	熱年代学に基づく四国山地削剥史の推定
11:00	6 末岡 茂	鮮新世～第四紀深成岩体の固結年代・深度に基づいた飛騨山脈黒部地域の削剥史
11:20	7 長田 充弘	熱史からみたジルコンの標準試料への適性評価：石川県鷲走ヶ岳層の例
セッション3	座長：末岡 茂	
13:00	8 大平 寛人	島根県出雲市鏡山鉱山に産する凝灰岩のFT年代
13:20	9 鈴木 彩世	フィッショングラウド年代測定に向けたモナザイトの鉱物分離法
13:40	10 中嶋 徹	第四紀モナザイトのフィッショングラウド年代測定に向けた試み(速報)
14:00	11 中島 大輝	ジルコンのART年代測定に向けた取り組み:Am線源を利用したART形成実験
セッション4	座長：長谷部 徳子	
14:40	12 福田 将真	(U-Th)/He法に係る湿式分析法の検討：検量線法による親核種濃度の定量の試み
15:00	13 Ruby Marsden	(U-Th)/He dating of young volcanics: Background and examples in Japan
15:20	14 山崎 誠子	御嶽火山5万年前より若い試料のAr/Ar年代測定
15:40	15 Hisatoshi Ito	Reappraisal of the simultaneous U-Pb and U-Th zircon dating
16:10	FT研総会	

2022年12月6日（火）

8:45	入場開始	
セッション5	座長：山中 千博	
9:00	16 豊田 新	ガンマ線照射の際の二次電子平衡再考
9:20	17 山本 まりん	重晶石のESR信号生成のプレドーズ効果
9:40	18 鶴田 彩音	後期更新世～完新世の火山灰土のESRによる分析
セッション6	座長：伊藤 一充	
10:20	19 小畠 直也	ブリーチされるESR信号の熱安定性
10:40	20 小森 康太郎	九十九里浜における長石砂の残存線量と外浜コアの年代測定
11:00	21 小川 凛太	インドネシア・ジャワ島南部の津波堆積物の年代測定の試み
11:20	22 根来 淳輝	北海道霧多布湿原における、地震性地殻変動に関連した浜堤堆積物のIRSL年代と形成過程
セッション7	座長：田村 亨	
13:00	23 石井 祐次	河成段丘の砂礫層中の砂を用いたルミネッセンス年代測定
13:20	24 伊藤 一充	中期-後期更新世海成段丘堆積物へのルミネッセンス年代測定の適用－北海道南部の例－
13:40	25 ZHANG YIZHI	Post-IR IRSL dating of GS-KUR-1 core collected from the Niihari Upland, Kanto Plain
セッション8	座長：小形 学	
14:20	26 渋谷 侑磨	モンゴルolgoy湖のIRSL年代測定と古環境推定
14:40	27 横尾 健人	ルミネッセンス特性による泥粒子の供給源推定手法の検討
15:00	28 田村 亨	日本列島における石英OSL特性のデータベース化
15:30	勉強会	礫のルミネッセンス年代測定（石井 祐次）

フィッショントラックニュースレター
第36号 冊子版 (2023)
発行日 2023年12月31日
編集 田村明弘 (aking826@staff.kanazawa-u.ac.jp)
〒920-1192 石川県金沢市角間町
金沢大学 理工学域 地球学教室
発行 日本フィッショントラック研究会
<http://ftrgj.org/index.html>
研究会問い合わせ先
大平寛人 (ohira@riko.shimane-u.ac.jp)
〒690-8504 島根県松江市西川津町1060
島根大学総合理工学部地球科学科
