

フィッション・トラック ニュースレター

第32号 (2019年12月)
日本フィッション・トラック研究会

第43回フィッション・トラック研究会
(2018年11月28日-11月30日 JEC日本研修センター 神戸市)

人類史上最大の噴火とされるトバカルデラ噴出物のU-Pb年代測定 伊藤久敏 -----	1
ジルコンFT熱年代計の現状と展望 田上 高広 -----	4
東北日本弧前弧域における熱年代学的研究:アパタイトFT年代予報 梶田 侑弥・福田 将眞・末岡 茂・長谷部 徳子・田村 明弘・森下 知晃・田上高広 -----	6
低温領域の熱年代学的手法に基づく南部フォッサマグナ地域の 山地の隆起・剝削史説明 小林 侑生・末岡 茂・福田 将眞・長谷部 徳子・田村 明弘・森下 知晃・田上高広 -----	8
高空間解像度の熱年代マッピングによる奥羽脊梁山地の隆起形態の推定: アパタイトフィッション・トラック法による展開 福田 将眞・末岡 茂・長谷部 徳子・田村 明弘・森下 知晃・田上高広 -----	12
北陸層群における火山性堆積物のフィッショントラック年代及びU-Pb年代測定 上口 椋・長谷部徳子 -----	17
学会記事 -----	20

FISSION TRACK NEWS LETTER
No. 32 (DECEMBER 2019)
FISSION TRACK RESEARCH GROUP IN JAPAN

Extended abstracts of 43rd Meeting of the Fission Track Research Group in Japan

(28 November - 30 November, 2018, JEC Japan Education Center, Motomachi, Kobe)

U-Pb dating of volcanic products from the most voluminous eruptions humans ever experienced, the Toba Caldera eruptions, Indonesia Hisatoshi Ito	1
The present and future of zircon FT thermochronometry Takahiro Tagami	4
Thermochronology on the fore-arc side of Northeast Japan Arc :A preliminary report of apatite fission-track dating Yuya Kajita, Shoma Fukuda, Shigeru Sueoka, Noriko Hasebe, Akihiro Tamura, Tomoaki Morishita and Takahiro Tagami	6
Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region based on low-temperature thermochronometric methods Yumi Kobayashi, Shigeru Sueoka, Shoma Fukuda, Noriko Hasebe, Akihiro Tamura, Tomoaki Morishita and Takahiro Tagami	8
Estimating the uplift pattern of the Ou Backbone Range from dense thermochronometric mapping: Insight from the apatite fission-track method Shoma Fukuda, Shigeru Sueoka, Noriko Hasebe, Akihiro Tamura, Tomoaki Morishita and Takahiro Tagami	12
Fission track and U-Pb age determination on volcanoclastic rocks from Hokuriku Group Ryo Kamiguchi and Noriko Hasebe	16
NEWS	20

人類史上最大の噴火とされるトバカルデラ噴出物のU-Pb年代測定

伊藤久敏*

U-Pb dating of volcanic products from the most voluminous eruptions humans ever experienced, the Toba Caldera eruptions, Indonesia

Hisatoshi Ito*

* 電力中央研究所原子力リスク研究センター, Nuclear Risk Research Center, Central Research Institute of Electric Power Industry

はじめに

約74,000年前 (0.074 Ma) に発生したインドネシア (北スマトラ) のトバカルデラの超巨大噴火は、人類史上最大であり、その影響で、人類は、10,000人程度にまで激減した (滅亡の危機に瀕した) human population bottleneckを経験した (Ambrose, 1998) とも言われている。トバカルデラ超巨大噴火が、今後もあるのか、それはいつ頃か?といった問題は、人類にとって、最大級の問題と考えられる。ジルコンのU-Pb年代は、噴出年代を示す場合もあるが、より正確には、(ジルコンが晶出する) マグマの活動年代を示すため、マグマの活動履歴の評価に適用可能である。著者は、2018年9月にトバカルデラで開催されたInternational Workshop on Collapse Calderas (IWCC)に参加し、トバカルデラ噴出物を観察・採取する機会を得た。採取した試料から得た詳細なジルコンのU-Pb年代測定結果、およびトバカルデラの全マグマ活動史とそれから推定される今後の超巨大噴火の可能性についての議論は、別途、報告予定である。ここでは、採取した試料に関して予察的に実施したU-Pb年代測定結果を報告する。

地質概説と採取した試料

トバカルデラ噴出物 (Toba Caldera Complex) は、0.074 MaのYoungest Toba Tuff (YTT), 0.5 MaのMiddle Toba Tuff

(MTT), 0.8 MaのOldest Toba Tuff (OTT)と1.2 MaのHaranggaol Dacite Tuff (HDT)からなり (Chesner, 2012), 0.074 Maのカルデラ噴火以降にはresurgent domeを伴う火山活動が継続している。採取した試料は、巡検案内書によると、OTT (試料名: 1809-1), YTT (同1809-2), トバカルデラ湖沼堆積物 (同1809-3), post-caldera噴出物であるTuk Tuk lava dome (同1809-4) の4試料である (図1)。採取した試料を電中研に持ち帰り、ジルコンを分離したところ、ジルコンは1809-1 (約1.0 kg) から約100粒, 1809-2 (約1.0 kg) から約100粒, 1809-3 (約0.5 kg) から約1000粒, 1809-4 (約0.5 kg) から約200粒を得た。

U-Pb年代測定結果と考察

ジルコンのU-Pb年代測定は、電中研の所有するLA-ICP-MS装置で実施した。年代測定手順はIto et al. (2017)と同様である。図2に各試料20粒のジルコンを対象に実施したU-Pb年代測定結果を示す。

1809-1試料からは、 0.96 ± 0.10 Maが得られ、OTTの噴出年代 (約0.8 Ma) とほぼ同じかやや古い年代を示した。ジルコンのU-Pb年代は、ジルコンがマグマから晶出した年代を示すため、得られた年代は層序と合うと判断される。

1809-2試料からは、 0.95 ± 0.10 Maが得ら

れ、約0.07 MaのYTTと一致せず、OTTのジルコンU-Pb年代と一致した。このことを巡検案内者に報告するなどした結果、採取した試料はYTTではなく、OTTであることが確認できた。

1809-3試料からは、古いジルコン (70 Maと170 Maが各1粒子) を除くと、 0.30 ± 0.13 Maが得られた。本試料は0.5 Maより若いジルコンが9粒子、0.5 Maより古いジルコンが4粒子あり、前者はYTTやその後のマグマ活動の産物、後者はOTTやMTTのマグマ活動の産物と考えられる。

1809-4試料からは、 0.27 ± 0.09 Maが得られた。このうち、誤差の小さい年代を示すジルコンは0.5 Ma以下を示しており、本試料がYTT噴火後のマグマ活動の産物であることと矛盾しない結果が得られたと考えられる。

今回の結果は、試料採取から1カ月以内に得

たものであり、LA-ICP-MSによるU-Pb年代測定が、迅速かつ正確に実施可能であることを再認識することができた。

文献

- Ambrose, S.H., 1998, Late Pleistocene human population bottlenecks, volcanic winter, and differentiation of modern humans. *Journal of Human Evolution*, 34, 623–651.
- Chesner, C.A., 2012, The Toba caldera complex. *Quaternary International*, 258, 5–18.
- Ito, H., Nanayama, F. and Nakazato, H., 2017, Zircon U–Pb dating using LA-ICP-MS: Quaternary tephras in Boso Peninsula, Japan. *Quaternary Geochronology*, 40, 12–22.

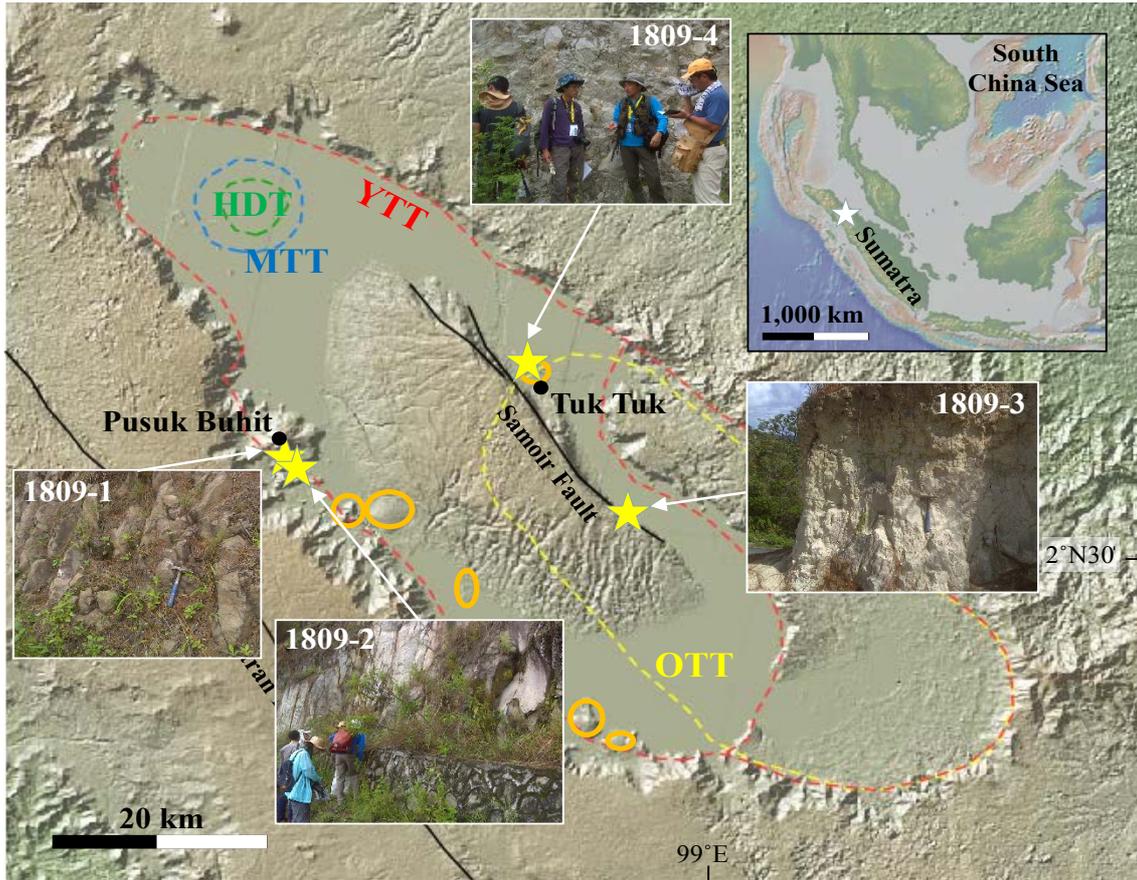


図1. トバカルデラの試料採取地点と採取箇所露頭の写真.

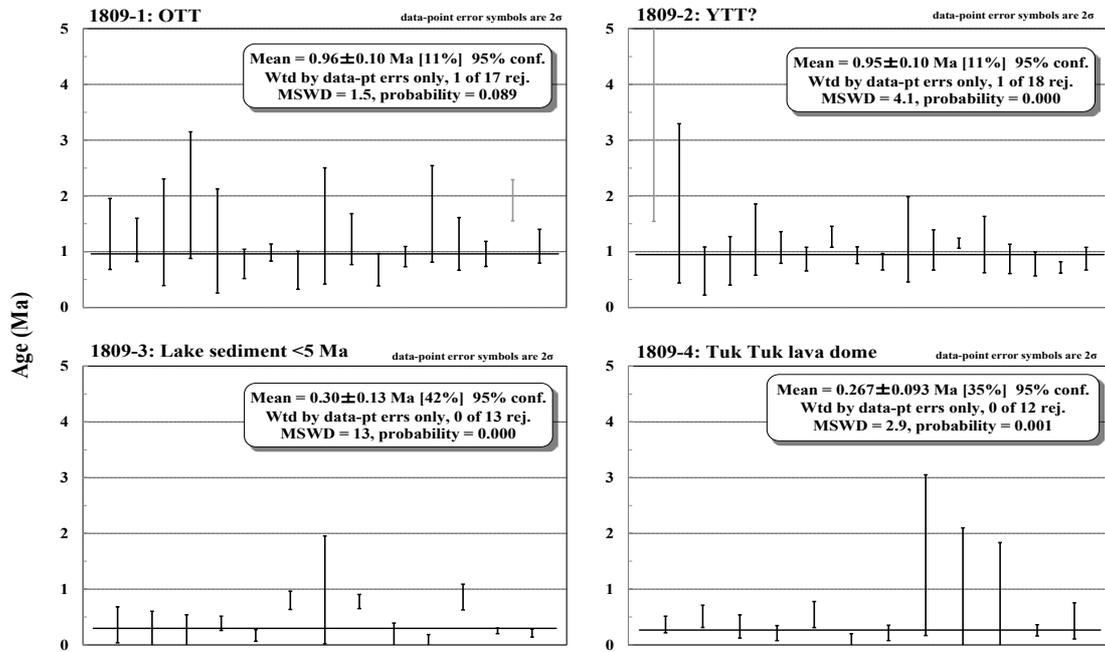


図2. ジルコンのU-Pb年代測定結果.

ジルコンFT熱年代計の現状と展望

田上 高広*

The present and future of zircon FT thermochronometry

Takahiro Tagami*

* 京都大学理学部地球惑星, Earth Planet Sciences, Kyoto Univ.

Fission track (FT) thermochronometry using zircon has widely been applied to unravel geological records of terrestrial materials, particularly in orogenic belts to reconstruct uplift-denudation-cooling of mountains, thermal processes of fault zones, etc. Thermal annealing characteristics of FTs in zircon has primarily been studied using spontaneous FTs. This is because (a) in contrast to apatite, the mean length of spontaneous FTs in zircon from rapidly cooled volcanics are indistinguishable from that of induced FTs, suggesting the absence of natural shortening and (b) thermochronologic analyses of geological samples are carried out using spontaneous FTs in natural zircons, for which thermal annealing behaviors should be described. Hence, the thermal annealing kinetics was first determined on spontaneous FTs of the Nisatai Dacite (NST) zircon.

Yet, it is not well known about how the kinetics can vary among natural zircons, for example, as a possible consequence of radiation damage accumulation. Confined track length reductions during 1 hr isochronal laboratory annealing were measured for both spontaneous and induced FTs in zircons (Kauya and Naeser, 1988), and found that (a) induced FTs in pre-annealed zircons are more resistant to thermal annealing than spontaneous FTs, (b) annealing behaviors of spontaneous FTs are indistinguishable between four samples of Paleogene to Miocene ages, with the range of spontaneous track densities of 10 to $0.9 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$, and (c) induced FTs in non pre-annealed zircons behave like spontaneous tracks. Confined track length reductions during 1 hr isochronal laboratory annealing were also compared between the spontaneous and induced FTs in the NST zircon (Yamada et al., 1995). The experimental procedures were improved by applying analytical criteria and measuring crystallographic orientation of confined tracks. It was found that the induced FTs are more resistant to thermal annealing than spontaneous tracks at the advanced stage of annealing, even after the correction of track length anisotropy that reflects the anisotropic etching and annealing.

On these basis, laboratory annealing experiments were performed using nine zircon samples of different ages and spontaneous track densities, in order to better constrain the possible variation of annealing behaviors among natural zircons (Tagami and Matsuura, 2019). Confined track lengths in the nine natural zircons, separated from rapidly cooled volcanic rocks, showed consistent and systematic reductions against annealing temperature after 1 hr isochronal heating. No systematic difference of FT annealing characteristics was found among natural zircons of ~70 to ~0.6 Ma age (and spontaneous track density of 7 to ~0.05 x 10⁶ cm⁻²). Coupled with previous data, it implies that an identical annealing kinetics can work for many of the late Mesozoic to Cenozoic zircons.

References

- Kasuya, M. and Naeser, C.W., 1988. The effect of a-damage on fission-track annealing in zircon. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.*, 14, 477-480.
- Tagami, T. and Matsuura, S., 2019. Thermal annealing characteristics of fission tracks in natural zircons of different ages. *Terra Nova*, 1-6, 10.1111/ter.12394.
- Yamada, R., Tagami, T., Nishimura, S. and Ito, H., 1995. Annealing kinetics of fission tracks in zircon: an experimental study. *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.)*, 122, 249-258.

東北日本弧前弧域における熱年代学的研究：アパタイトFT年代予報

梶田 侑弥*・福田 将眞*・末岡 茂**・長谷部 徳子***・

田村 明弘***・森下 知晃***・田上高広*

Thermochronology on the fore-arc side of Northeast Japan Arc :

A preliminary report of apatite fission-track dating

Yuya Kajita*, Shoma Fukuda*, Shigeru Sueoka**, Noriko Hasebe***,

Akihiro Tamura***, Tomoaki Morishita*** and Takahiro Tagami*

* 京都大学, Kyoto University

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

*** 金沢大学, Kanazawa University

東北日本弧は太平洋プレートが日本海溝に沿って北米プレートに沈み込むことで形成された島弧で、日本海溝に平行方向の大地形が明瞭に分布している特徴がある。東北日本弧のうち前弧域では、非火山性かつ第三紀以降、背弧側や前弧海盆に比べほとんど地殻変動のない安定した陸域として挙動してきたと考えられている (Sueoka et al., 2017)。本研究では、前弧域の阿武隈・北上山地を対象として熱年代学的手法を適用し、各山地の形成プロセス解明のために隆起・剝削史を推定する。本報では、それぞれの山地から採取した白亜紀花崗岩類の岩石試料のうち4地点でアパタイトフィッション・トラック (AFT) 年代測定を実施したためその予察的な結果を検討する。

東北日本弧はプレート沈み込みによって東西方向に卓越した応力場が形成され、その圧縮応力場によって山地は隆起してきたとされる (太田ほか, 2010)。したがって東西横断方向のAFT年代、ひいては熱年代学的解釈による基盤岩の隆起・剝削速度の推定は、島弧のテクトニクスを議論する上で重要となる。以下に、阿武隈山地および北上山地のそれぞれにおいて議論を行う。

阿武隈山地：広く白亜紀花崗岩類が露出しており、東縁には双葉断層帯が南北方向に分布し、さらに約 8 km西側に畑川断層帯が並走す

る。先行研究において阿武隈山地の花崗岩類のAFT年代はおよそ100~50 Maと報告されている (後藤, 2001; Ohtani et al., 2004; Fukuda et al., 2019)。しかし、これらの年代値は畑川断層沿い、あるいは阿武隈山地広域での散発的な測定結果であり、阿武隈山地の東西方向における系統的で高密度なものではない。そこで本研究では阿武隈山地および畑川断層帯を東西に横切る測線上におよそ5~7 km間隔で計6地点でのサンプリングを実施した。このうち2試料についてAFT年代を測定した結果、 46.1 ± 6.9 Maと 73.9 ± 26.7 Ma (どちらも 1σ) が得られた。これらは、先行研究で報告された年代 (後藤 2001: およそ100~50 Ma) と誤差範囲を含めると整合的であるが、46.1 Maは先行研究の年代を含めても比較的若い年代の部類に入る。

北上山地：北上山地全域に前期白亜紀深成岩類が貫入しており、中央部には北部北上帯と南部北上帯を分ける早池峰構造帯が北西—南東方向に走る。また北上山地のAFT年代は後藤 (2001) によると100~80 Maであるが、サンプル地点数は阿武隈山地に比べると少ない。本研究ではAFT年代の測定地点の増加を図るため、早池峰構造帯東縁断層以南に分布する花崗岩類から5地点でサンプリングした。そのうち2試料のAFT年代を測定した結果、

66.8±10.4 Maと65.8±10.4 Ma（どちらも1σ）が得られた。これらのAFT年代は、誤差1σを考慮しても、先行研究より有意に若い年代を示す。サンプリング地点付近には早池峰構造帯東縁断層が走っているが、現時点では年代値との関係は不明である。

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年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する研究開発事業（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。また、本研究は平成26-30年度文部科学省新学術研究領域「異なる時空間スケールにおける日本列島の変形場の解明」（代表：鷲谷威，課題番号26109003）によって助成された。

引用文献

Fukuda, S., Sueoka, S., Hasebe, N., Tamura, A., Arai, S., Tagami, T., 2019, Thermal history analysis of granitic rocks in an arc-trench system based on apatite fission-track thermochronology:

A case study of the Northeast Japan Arc, *Journal of Asian Earth Sciences*:X 後藤篤, 2010, 日本列島の隆起準平原化の時期—フィッション・トラック年代学からのアプローチ, 科研費報告書, 10440144.

小池一之, 田村俊和, 鎮西清高, 宮城豊彦, 2005. 日本の地形3 東北, 東大出版会.

Ohtani, T., Shigematsu, N., Fujimoto, K., Tomita, T. and Iwano, H., 2004, Geochronological constraint on the brittle-plastic deformation along the Hatagawa Fault Zone, NE Japan., *Earth, Planets and Space*, 56, 1201-1207.

太田陽子, 小池一之, 鎮西清高, 野上道男, 町田洋, 松田時彦, 2010. 日本列島の地形学, 東大出版会.

Sueoka, S., Tagami, T., Kohn, B.P., 2017. First report of (U-Th)/He thermochronometric data across Northeast Japan Arc: implications for the long-term inelastic deformation. *Earth, Planets and Space*, 69:79.

低温領域の熱年代学的手法に基づく南部フォッサマグナ地域の
山地の隆起・削剥史解明

小林 侑生*・末岡 茂**・福田 将真*・長谷部 徳子***・
田村 明弘***・森下 知晃***・田上高広*

Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region
based on low-temperature thermochronometric methods
Yumi Kobayashi*, Shigeru Sueoka**, Shoma Fukuda*, Noriko Hasebe***,
Akihiro Tamura***, Tomoaki Morishita*** and Takahiro Tagami*

* 京都大学, Kyoto University

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

*** 金沢大学, Kanazawa University

はじめに

南部フォッサマグナ地域は、本州弧と小笠原弧が衝突する地域、つまり島弧と島弧が衝突する世界でも特異的な地域の1つである。本研究の対象地域では、中期中新世以降、楯形山ブロック、御坂ブロック、丹沢ブロック、伊豆ブロックといった最大で4つの地殻ブロックが衝突し、地殻改変を遂げてきたと考えられている。これらのブロックの衝突時期や影響については、各ブロックと本州弧の間に分布する堆積物が陸起源となった時期や、衝突を受けた本州弧側の地殻構造などから考察がなされているが、未だに統一的な見解は得られていない。(例えば、天野ほか, 1999; 狩野, 2002)。

本研究では、南部フォッサマグナ地域とその周辺地域の山地における隆起・削剥史を解明するため、本地域で採取した花崗岩類を対象に、アパタイトフィッション・トラック (AFT) 法を用いて、年代測定とトラック長分析による熱史解析を行った。調査地域は Figure 1 に示す通りである。

結果・解釈

本研究地域におけるAFT年代測定の結果と HeFTyを用いた熱史逆解析の結果を、Figure 1 及びFigure 2に示す。南部フォッサマグナ周辺

地域では、筑波山の花崗閃緑岩で 37.0 ± 5.9 Ma, 沢入花崗閃緑岩 (足尾山地) で 44.9 ± 4.1 Ma で 14.7 ± 4.7 Ma と誤差 2σ で一致するのに近いAFT年代が得られた。より閉鎖温度の高い手法を用いた年代として、筑波山の花崗閃緑岩のRb-Sr全岩アイソクロン年代が 58 - 62 Ma (Arakawa and Takahashi, 1988), 沢入花崗閃緑岩体の黒雲母K-Ar年代が 92.6 ± 0.6 Ma (Sudo et al., 1998), 奥秩父における角閃石K-Ar年代が 10.5 ± 1.5 Ma (Ueno and Shibata, 1986) と報告されている。これらの既報年代と併せて考えると、今回得られたAFT年代は、大局的には各岩体の貫入ないしその直後の急冷を反映している可能性が高い。

一方、下部岩体 (身延) では、 3.6 ± 2.5 Ma のAFT年代が得られたが、これは既報の黒雲母K-Ar年代 (10.5 ± 0.4 Ma; 柴田ほか, 1984) よりも誤差 2σ で有意に若い年代が得られた。また、甲府花崗岩体 (関東山地) の3地点では、 5.8 ± 0.6 Ma, 8.7 ± 2.0 Ma, 3.6 ± 0.4 Ma のAFT年代が得られたが、このうち2点は同様に既報 K-Ar (9 - 12 Ma; Saito et al., 1997) より有意に若い。これらのAFT年代は、岩体の貫入以降の隆起・削剥イベントを反映している可能性が考えられる。しかし、伊豆ブロックの衝突 (~1 Ma) 前後にお

いて、伊豆ブロックの直近に位置している丹沢山地の冷却速度が増加していない (Yamada and Tagami, 2008) ことを踏まえると、ブロックの衝突が隆起・削剥イベントに影響を及ぼさない可能性がある。一方、本研究のトラック長を用いた逆解析の結果によると、関東山地の北部、中央部及び身延では、1 Ma頃に急冷が見られ、奥秩父及び関東山地の南部においては、4 - 5 Ma頃に急冷が見られた。急冷の時期のみから判断すると、1 Maは伊豆ブロックの衝突時期、4 - 5 Maは丹沢ブロックの衝突時期と一致する。これらの急冷イベントと衝突イベントの関係の詳細な検討は、今後の課題である。

謝辞

本研究は、平成26年～30年科学研究補助金助成事業「異なる時空間スケールにおける日本列島の変形場の解明」(代表：鷲谷 威，課題番号 26109003)の助成を受けた。また、鉱物分離については、(株)京都フィッシュン・トラックに実施していただいた。²⁵²Cfによる照射処理については、Barry Kohn教授 (Melbourne大)にご助力いただいた。

文献

天野一男，マーティン J. アンドリュウ，田中 館宏橋，金栗聡，依田直樹，会津隆，1999. 島弧—島弧テクトニクスと体積盆の形成 —南部フォッサマグナを例として—，構造地質，43, 11-20
Arakawa, Y. and Y. Takahashi, 1988. Rb-Sr ages of granitic rocks from the

- Tsukuba district, Japan, J. Min. Petr. Econ. Geol., 83, 232-240
Sudo M., K. Uto, K. Annno, O. Ishuzuka and S. Uchiumi, 1998. SORI93 biotite: A new mineral standard for K-Ar dating, Geochem. Jour., 32, 49-58
狩野謙一，2002. 伊豆弧衝突に伴う西南日本弧の地殻構造改変，地震研究所彙報 77, 231-248
Saito K., K. Kato and S. Sugi, 1997. K-Ar dating studies of Ashigawa and Tokuwaga granodiorite bodies and plutonic geochronology in the South Fossa Magna, central Japan, The Island Arc, 6, 158-167
柴田賢，加藤祐三，三村弘二，1984. 甲府市北部の花崗岩類とその関連岩のK-Ar年代，地調月報, 35, 19-24
Ueno, H. and K. Shibata, 1986. Radiometric ages of quartz diorite bodies related to the Chichibu pyrometasomatic deposits and their relevance to the metallogenetic epoch, J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol., 81, 77-82
Yamada, K., and T. Tagami, 2008. Postcollisional exhumation history of the Tanzawa Tonalite Complex, inferred from (U-Th)/He Thermochronology and fission track analysis, Journal of Geophysical Research Vol. 113, B03402, doi: 10.1029/2007JB0053

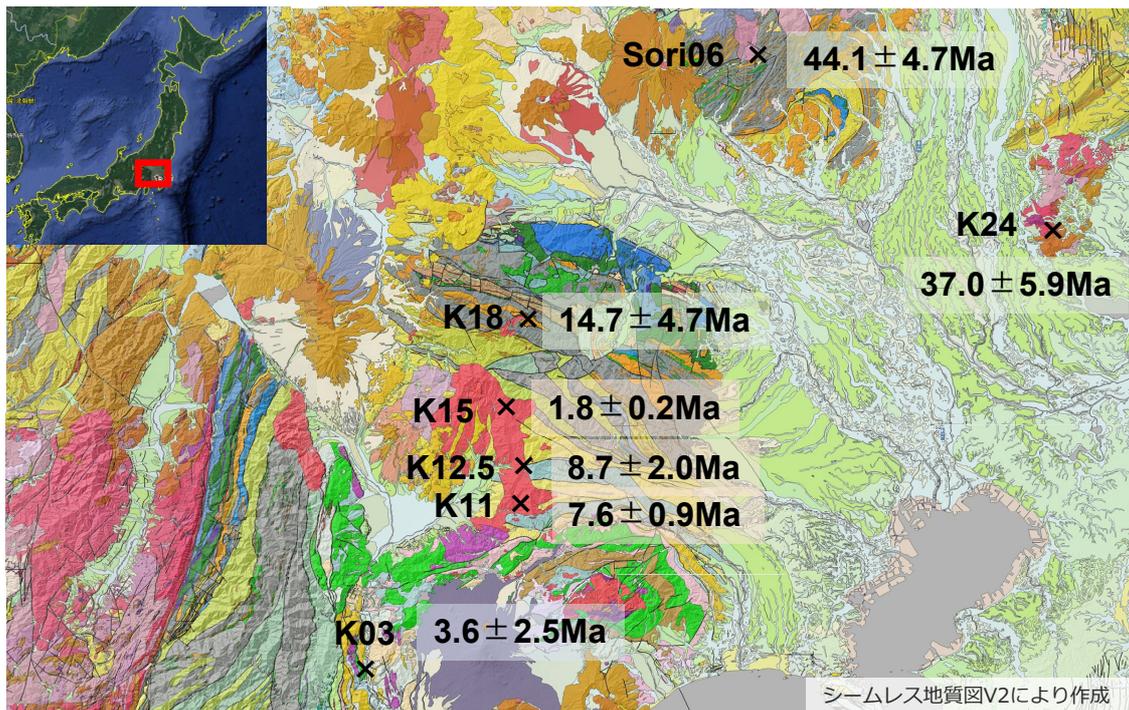


Figure 1. Geological map of the study area

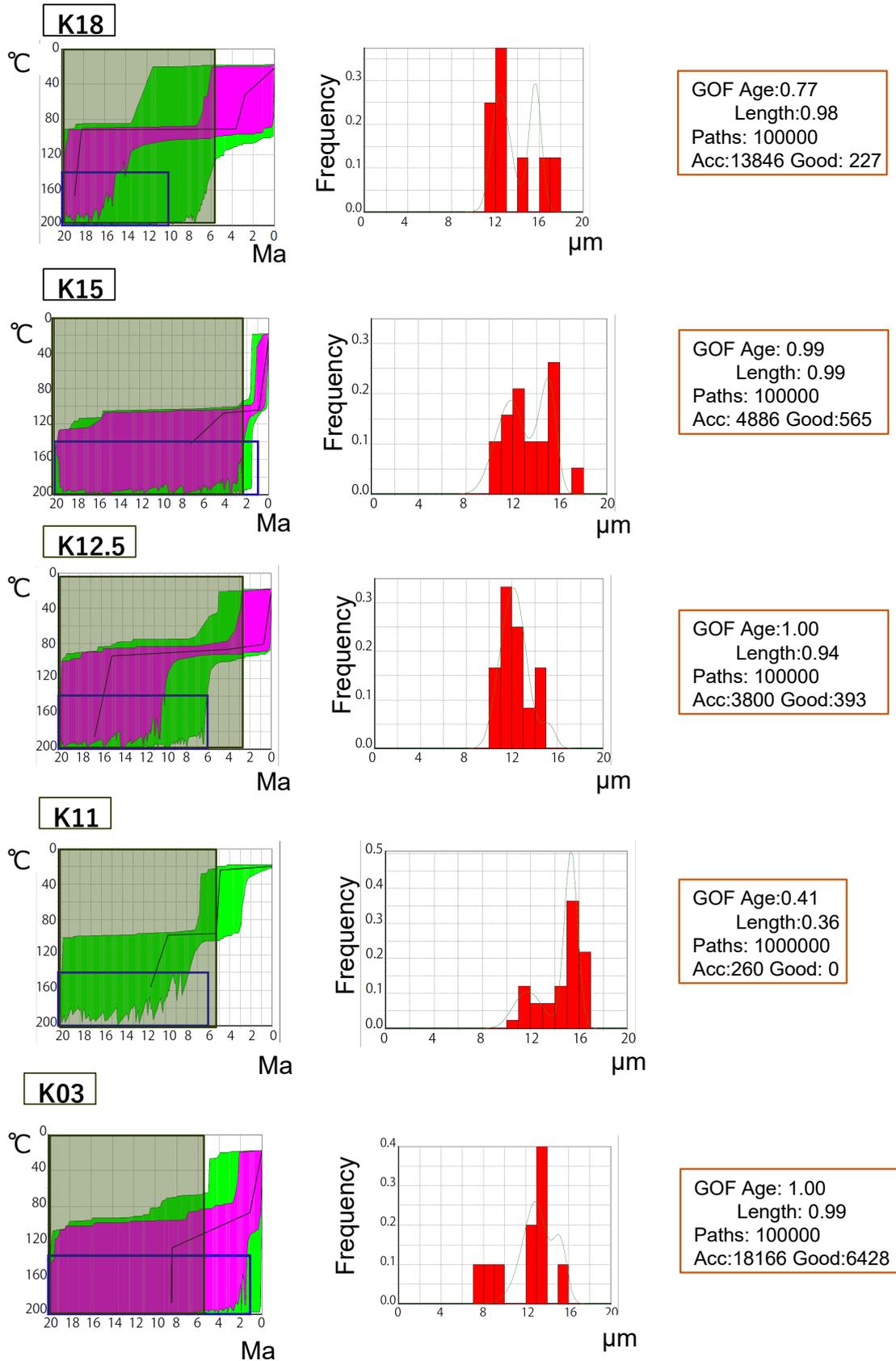


Figure 2. The results of HeFTy

高空間解像度の熱年代マッピングによる奥羽脊梁山地の隆起形態の推定：

アパタイトフィッション・トラック法による展開

福田 将真*・末岡 茂**・長谷部 徳子***・田村 明弘***・森下 知晃***・田上高広*

Estimating the uplift pattern of the Ou Backbone Range from dense thermochronometric mapping: Insight from the apatite fission-track method

Shoma Fukuda*, Shigeru Sueoka**, Noriko Hasebe***, Akihiro Tamura***, Tomoaki Morishita*** and Takahiro Tagami*

* 京都大学, Kyoto University

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

*** 金沢大学, Kanazawa University

はじめに

東北日本弧の中央を走る奥羽脊梁山地は、日本海溝に平行な地形配列を有する大山脈であり、火山性・非火山性の山地を胚胎し、両縁には山地側隆起の逆断層が断続的に分布する。奥羽脊梁山地に代表されるような多くの山地は、海洋プレートの沈み込みによって、東西圧縮応力場下で隆起してきたとの見方が一般的である。また、地形学的知見から奥羽脊梁山地の本格的な隆起開始時期はおよそ3～2 Ma頃（太田ほか，2010）と見積もられていた。最近の熱年代学的研究（Sueoka et al., 2017; Fukuda et al., in press）により、奥羽脊梁山地は速い所で1 mm/yrを超える削剥速度が検出されており、造山運動が活発な地域であることが定量的にも明らかとなってきた。一方、奥羽脊梁山地がどのような隆起形態で現在の姿に至ったのかという点に関しては、地質学的研究成果によって大きく分けて2つのモデル（Hasegawa et al., 2005; Nakajima, 2013）が提唱されていたが、これまで検証が困難であった。

そこで本研究では、奥羽脊梁山地の隆起形態を制約する目的で、東北日本弧の南部において1～5 km間隔の稠密な熱年代マッピングを実施し（Fig. 1）、閉鎖温度が90～120℃と比較的低温の領域にあるアパタイトフィッショ

ン・トラック（AFT）法を適用した。また、既往の2つの隆起モデルについて、予想される削剥の分布パターンを平野（1972）による斜面発達モデルを用いてFortranで計算し、AFT年代の空間分布と比較した。熱年代学の基本概念として、削剥が速ければ若い年代が得られるため、2つの隆起モデルに予想される削剥パターンを、熱年代値の空間分布によって検証し、より適当な隆起形態の決定を狙っている。

結果①：斜面発達モデル計算

平野（1972）による斜面発達モデルを用いた数値計算の結果を、Figure 2に示す。このモデルでは、以下の移流拡散方程式を差分法で解くことにより、基盤速度パターンから、タイムステップ毎の地表隆起（地形）および削剥パターンを計算している；

$$\frac{\partial h}{\partial t} = a \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} - b \left| \frac{\partial h}{\partial x} \right| + u(x, t)$$

ただし、 h は標高、 t は時間、 x は水平距離、 a と b は地形変化に関する定数項（従順化係数および後退係数）、 u は基盤隆起速度を表し、全ての変数は平野（1972）に則り無次元化した。

Figure 2を見ると、傾動隆起モデルとドーム状隆起モデルの基盤隆起パターンは異なっているのにも関わらず、地表隆起（現地形）からは両者は類似形となり判別が困難であることがわかる。一方で、削剥パターンを見ると、両者は明瞭に異なっており、傾動隆起モデルでは山麓側で、ドーム状隆起モデルでは山頂に向かって削剥が大きくなる傾向が観察された。つまり、熱年代の空間分布が、外側に向けて若返る傾向であれば前者の隆起モデルが、中心に向かって若返る傾向であれば後者が適当であることが推定される。

結果②：AFT年代測定

本研究地域におけるAFT年代測定の結果を、Figure 3に示す。年代値は29.8～4.7 Maの値が得られ、中央にデータのない空白域は見られるものの、全体の結果としては山地両縁で古く、山地中央に向かって若返る傾向が見られた。

考察：奥羽脊梁山地の隆起モデル

結果①,②より、本地域における隆起モデルは傾動隆起モデルよりも、ドーム状隆起モデルの方が尤もらしいことが明らかとなった。これらのモデルは、隆起の駆動力として東西圧縮応力場を仮定している点では共通だが、奥羽脊梁山地の変形応答が異なっており、前者では脆性的なブロック状の隆起が卓越するのに対して、後者では地下の高温領域における塑性変形の伝播が支配的である。結果として、本研究は塑性変形が卓越する可能性を示唆している。

また、貝塚・鎮西（1986）で逆断層地塊に分類される地域では、山地の隆起の主要因は断層運動と結びつけて考えられることが多かった（例えば、小池ほか、2005）が、今回の熱年代学的検討は断層によるポップアップ隆起を支持しない結果となった。ただし、冒頭でも述べた通り、奥羽脊梁山地は南北に長い山地であり、隆起形態が地点によって異なる可能性は否定できない。しかし、断層が不

明瞭な地点や、火山が集中している地域（いわゆるHot finger: Tamura et al., 2002）では、今回対象としたような断層が明瞭な地域よりも既存のドーム状隆起モデルが支配的だと予想される。したがって、今回のテストケースから奥羽脊梁山地の多くの地域はドーム状隆起で説明可能かもしれない。

今後の展望

今後は、Figure 3に見られる年代プロットの空白域を埋めるために、新たな測定点を追加することが喫緊の課題である。また、AFT年代だけでなく、アパタイトの(U-Th)/He法などの更に低温の閉鎖温度を持つ熱年代計を導入し、より浅部での熱史/削剥史の復元も検討している。加えて、奥羽脊梁山地の地点における隆起形態の違いを検討するために、奥羽脊梁山地内での他の地域にも同様のアプローチを適用することも予定している。また、現在は北上山地～奥羽脊梁山地～太平山地を通る東北日本弧北部側での東西測線における熱年代学的研究が進行中である。これまでの南部の研究成果と併せて、島弧平行方向の熱史/削剥史の傾向を検討し、テクトニクスモデルや隆起モデルの詳細な推定に貢献したい。

謝辞

本研究は、平成26年～30年科学研究費補助金助成事業「異なる時空間スケールにおける日本列島の変形場の解明」（代表：鷲谷 威、課題番号26109003）および金沢大学環日本海地域環境研究センター（若手研究者育成共同研究プログラム、課題番号18041）の助成を受けた。また、（株）京都フィッシュン・トラックには、鉍物分離を実施していただいた。

引用文献

Hasegawa, A., Nakajima, J., Umino, N., Miura, S., 2005. Deep structure of the northeastern Japan arc and its implications for crustal deformation and

- shallow seismic activity. *Tectonophysics* 403, 59–75. doi:10.1016/j.tecto.2005.03.018
- 平野 昌繁, 1972. 平衡系の理論. *地理学評論* 45, 703-714
- Fukuda, S., Sueoka, S., Hasebe, N., Tamura, A., Arai, S., Tagami, T., in press. Thermal history analysis of granitic rocks in an arc-trench system based on apatite fission-track thermochronology: a case study of the Northeast Japan Arc. *J. Asian Earth Sciences* X.
- 貝塚 爽平, 鎮西 清高, 1986. 日本の自然2 日本の山, 岩波書店
- 小池 一之, 田村俊和, 鎮西清高, 宮城豊彦, 2005. 日本の地形3 東北, 東大出版会.
- Nakajima, T., 2013. Late Cenozoic Tectonic Events and Intra-Arc Basin Development in Northeast Japan. INTECH 153–189.
- 太田陽子, 小池一之, 鎮西清高, 野上道男, 町田洋, 松田時彦, 2010. 日本列島の地形学, 東大出版会.
- Sueoka, S., Tagami, T., Kohn, B.P., 2017. First report of (U-Th)/He thermochronometric data across Northeast Japan Arc: implications for the long-term inelastic deformation. *Earth, Planets Sp.* 1–18. doi:10.1186/s40623-017-0661-z
- Tamura, Y., Tatsumi, Y., Zhao, D., Kido, Y., 2002. Hot fingers in the mantle wedge: new insights into magma genesis in subduction zones. *Earth Planet. Sci. Lett.* 197, 105–116.

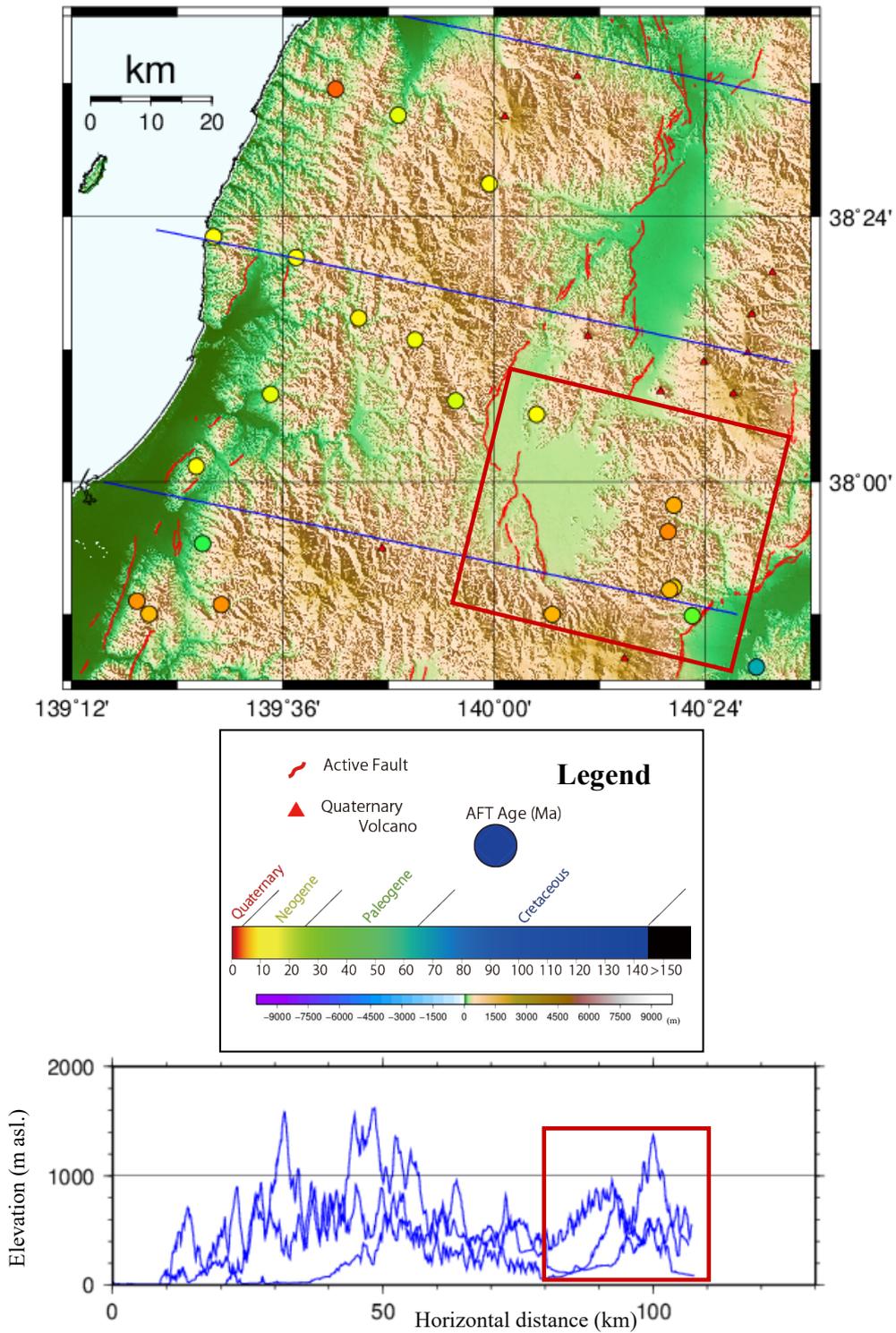


Figure 1: Index map and the cross-section of the Ou Backbone Range (OBR)
 Cross-section was drawn along the blue lines in the upper map. Red box indicates our focused study area shown in Fig. 3.

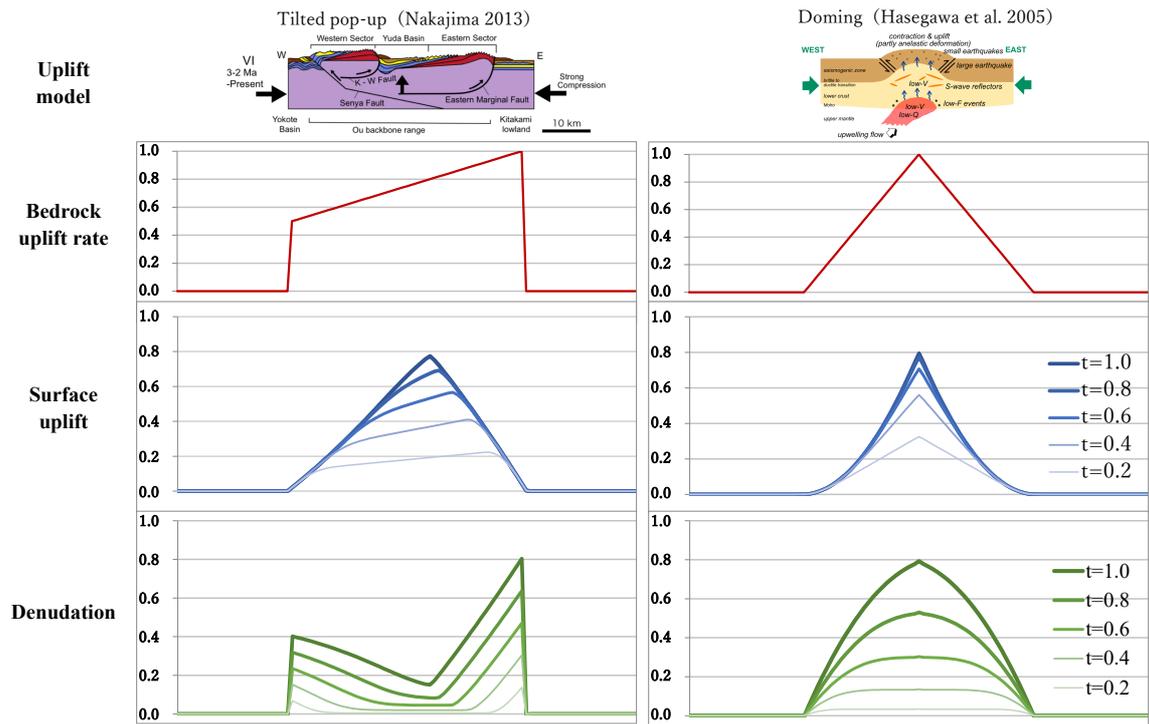


Figure 2: Results of the topographic development modeling.
 All values were normalized by the method of Hirano (1972). The x-axis shows a horizontal distance.

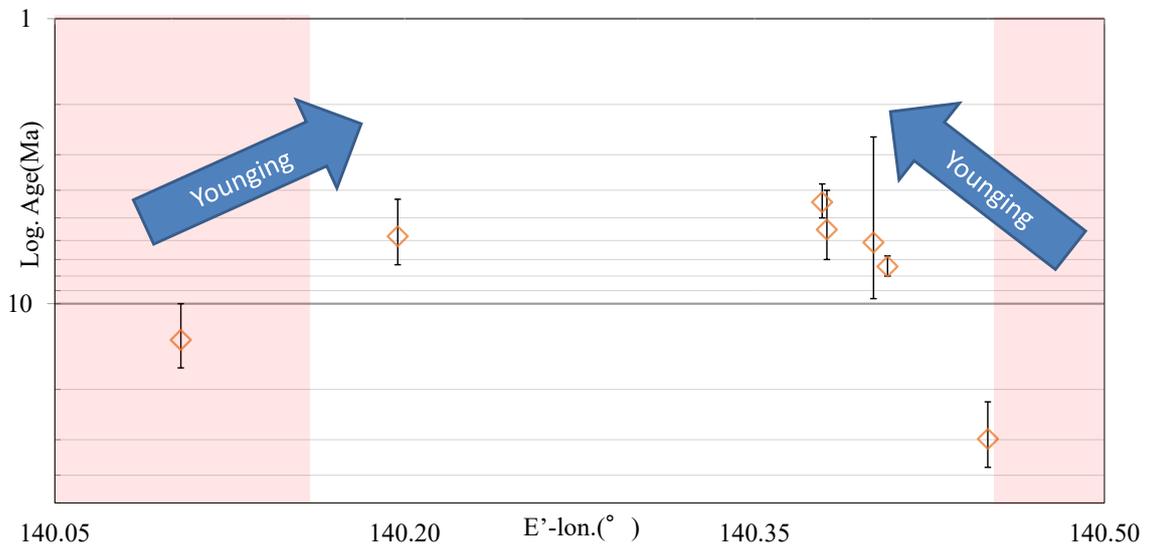


Figure 3: AFT age plot along the E-W traverse.
 The sampling localities were projected onto the 2nd blue profile in Fig. 1. All error bars show 1 sigma.

北陸層群における火山性堆積物のフィッショントラック年代及びU-Pb年代測定
上口 椋*・長谷部徳子*

Fission track and U-Pb age determination on volcanoclastic rocks
from Hokuriku Group

Ryo Kamiguchi* and Noriko Hasebe*

* 金沢大学, Kanazawa University

はじめに

新第三紀に堆積した北陸層群は石川県南部から富山県東部にかけて分布し、下位から、楡原累層、医王山累層、八尾累層、音川累層、氷見累層となっている(今井, 1959)。北陸地域での放射性年代測定を用いた分析結果には、石川県南部に位置する医王山林道の医王山累層から採取された流紋岩質凝灰岩のジルコンフィッショントラック(ZFT)年代 16.5 ± 1.4 Ma (雁沢, 1983) や、富山県南部の医王山累層からの全岩 K - Ar 年代 14.0 ± 1.2 Ma (柴田, 1973)、富山県八尾地域からのZFT年代(角井, 1986, 早川, 1983)などがある。石川県南部の鶴来地区に分布する医王山累層とされる層からは放射年代は出されていない。また音川累層以降の層序の同定では、北陸層群のテフラ層序(例えば、釣部1火山灰層: TR1, (大久保, 1999))と広域テフラ層の対比から、北陸層群の堆積年代の推定が行われているが(田村・山崎, 2004など)、放射年代測定の報告例は多くない。そこで本研究ではいまだに報告がない地域より、火山性堆積物(グリーンタフ、流紋岩質凝灰岩)やテフラ層を採取し、ZFT年代測定およびU-Pb年代測定を行なった。

採集地点

採集地点は鶴来地区(TGS1, TGS2, TGS3)、金沢大学周辺(野田山、カガライト)、魚津地区(UOZ1, UOZ2, UOZ3, UOZ4)である(表1)。TGSシリーズは医王山累層から採取した。TGS1, 2はグリーンタ

フ、TGS3は流紋岩質凝灰岩である。「野田山」は音川累層内の下荒谷凝灰岩層に位置している。音川累層は下部に下荒谷凝灰岩層、上部に高窪泥岩層となっている。岩種は軽石質凝灰岩である。採石場から採取したカガライトは、広域テフラとの対比より(田村・山崎, 2004)約4.4 Maと見積もられているTR1(大久保, 1999)に相当する。岩種は軽石質凝灰岩である。UOZ1, 3, 4は凝灰岩、UOZ2は凝灰質砂岩である。UOZ4は丸山総合公園の路頭から採取したものであり、谷口凝灰岩と考えられる。他は音川累層から採取したものである。

実験手法

試料の粉碎、ふるいかけ、重液分離の後、ジルコンを取り出すハンドピック、マウント、エッチング(NaOH:KOH=1:1のアルカリ混合溶液)、トラック数の測定、ICP-MSでのUおよびPb濃度の分析、および年代値の算出をおこなった(Hasebe et al., 2013)。

結果

結果を表2に示す。ZFT年代はカガライトを除き全て χ^2 検定(Green, 1981; Hasebe et al., 2013)に合格した。ラディアルプロット(Galbraith, 1981; Vermeesch, 2009)でカガライトの年代分布を評価すると、3粒子からなる 7.1 ± 3.4 Maのグループと残りの8粒子からなる 33.2 ± 4.6 Maのグループに分けられたため、表2には8粒子による年代値を示した。U-Pb年代値もラディアルプロットで評価した

ところ、概ね単一年代を示したため、その値を表に記載した。ただ凝灰質砂岩を分析したUOZ2はいくつかの年代コンポーネントを示したため最も粒子数が多かった 71.7 ± 2.8 Maの値を表に記した。

考察

ZFT年代とU-Pb年代はほぼ同じかもしくはZFT年代がやや若い結果となった。鶴来地区の医王山層と金沢の野田山の試料は5 myrsほどの違いを示した。ZFT年代は既報（雁沢, 1983; 柴田, 1983; 早川, 1983）と誤差の範囲で一致していた。日本海拡大時に活発に結晶を晶出したのち、噴火もしくはその後の冷却に時間を要したことがうかがわれる。一方鶴来地区の医王山層と音川累層下部の野田山試料の年代差はほとんどなく、連続的に噴火堆積が進んだと考えられる。また、音川累層上部（高窪泥岩層）のカガライトからは田村・山崎(2004)で考えられていた年代よりも古い値がでた。また若いジルコンの混入も見られた。今回測定したものは、本質ジルコンではなかったか、もしくは対比そのものを再考する必要があるかもしれない。魚津地域の試料は凝灰砂質岩を除きZFT年代とU-Pb年代はほぼ同じ値であった。富山県八尾地域から報告されている既報（角井, 1986）と比較すると、UOZ2はOT2火山灰層と、UOZ1, 3はOT4火山灰層と対比される値となった。UOZ4は谷口凝灰岩層（田村ほか, 2004）相当層と考えて分析をおこなったところ、U-Pb年代 2.9 ± 0.8 Ma, ZFT年代 3.4 ± 0.8 Maとなり、推定されている2.2 - 2.3 Maと誤差の範囲で重なったものやや古く出た。

謝辞

試料の採取には金沢大学名誉教授守屋以智雄氏にご指導いただいた。また多くの金沢大学卒業生に試料採集に協力いただいた。

引用文献

- 今井功 (1959) 5万分の1地質図幅説明書[金沢] 書.地質調査所
- Galbraith, R.F. (1988) Graphical display of estimates having differing standard errors, *Technometrics* 30, 271-281
- 雁沢好博 (1983) フィッショントラック法によるグリーンタフ変動の年代区分その2 - 富山県太美山地域 - . *地球学雑誌*, 89, 271-286
- 早川秀樹 (1983) 富山県八尾地域西部の新第三系の層序と年代, *NOM*, 10, 1-13
- 柴田賢 (1973) 北陸層群の火山岩類のK-Ar年代, *地質学論集* 第8号 143-149
- 角井朝昭 (1986) 富山県八尾地域新第三系凝灰岩のFission Track年代測定, *NOM*, 14, 51-61
- 田村糸子・山崎春雄 (2004) 北陸層群のテクノロジー-テフラ層序および広域テフラ層との対比に基づく北陸層群の堆積年代 -, *地球学雑誌*, 110, 417-436
- Hasebe N. et al. (2013) Zeta equivalent fission-track dating using LA-ICP-MS and examples with simultaneous U-Pb dating, *Island Arc.*, 22, 280-291
- Vermeesch, P. (2009) RadialPlotter: A Java application for fission track, luminescence and other radial plots. *Radiation Measurements* 44, 409-410.

表1 分析試料リスト

地域	試料名	層序	岩種
鶴来	TGS1	医王山累層	グリーンタフ
	TGS2	医王山累層	グリーンタフ
	TGS3	医王山累層	流紋岩質凝灰岩
金沢	野田山	下荒谷凝灰岩層	軽石質凝灰岩
	カガライト	高窪泥岩層	軽石質凝灰岩
魚津	UOZ1	音川累層	凝灰岩
	UOZ2	音川累層	凝灰質砂岩
	UOZ3	音川累層	凝灰岩
	UOZ4	呉羽山層	凝灰岩

表2 年代測定結果

地域	試料	粒子数	合計 FT数	密度 ($10^6/\text{cm}^2$)	^{238}U 濃度 (ppm)	P(χ^2) (%)	ZFT年代 (Ma)	U-Pb年代 (Ma)
鶴来	TGS1	13	136	1.55	208.7	41	15.7 \pm 2.8	21.0 \pm 0.9
	TGS2	12	183	1.64	265.7	69	12.2 \pm 1.9	19.0 \pm 3.0
	TGS3	22	197	1.36	204.3	26	13.0 \pm 1.9	17.2 \pm 0.5
金沢	野田山	8	62	0.92	149.1	14	12.0 \pm 3.1	18.0 \pm 1.0
	カガライト	11	231	3.82	299.7	0	33.2 \pm 4.6	65.3 \pm 2.0
魚津	UOZ1	11	96	0.92	413.7	58	4.0 \pm 0.9	4.4 \pm 0.3
	UOZ2	12	225	2.02	415.3	8	9.7 \pm 1.4	71.7 \pm 2.8
	UOZ3	11	106	0.93	504.2	33	3.4 \pm 0.7	5.1 \pm 0.3
	UOZ4	10	74	0.78	454.7	13	3.4 \pm 0.8	2.9 \pm 0.8

年代値の誤差は2 σ

第43回日本フィッション・トラック研究会実施報告

末岡 茂

第43回日本フィッション・トラック研究会は、2018年11月28日（水）～30日（金）の3日間にわたり、神戸市元町のJEC日本研修センターで開催されました。今回も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実施されました。例年に比べると、早い時期の開催であったにもかかわらず、参加者は42名、研究発表件数は29件（うちポスター1件、特別講演1件）に上る盛会となりました。

研究会は、ESR、ルミネッセンス、FTなどのセッションに分けて行われました。今年度は例年より開催時期が早かったせいか、学生さんの中には直前まで発表準備に追われたり、予察的な成果のみでの発表となったりと、苦闘していた方々も見られましたが、卒論や修論に向けて、良い練習と取りまとめの機会となったのではないのでしょうか。特別講演は、神戸大学の高橋覚先生に、「気球搭載エマルジョン望遠鏡による宇宙高エネルギーガンマ線精密観測実験GRAINE」というタイトルでご講演頂きました。線量計測つながりということで、天体からのガンマ線を観測するためのエマルジョン望遠鏡という手法の高度化を目的として、オーストラリア・アリススプリングスで行われた気球実験等について、お話を聞くことができました。また、2019年の固体線量計測国際会議（SSD19）、2020年のEPR BioDose国際会議、2024年の熱年代学国際会議（Thermo2024）など、日本国内で予定されている国際学会についても、いくつか紹介がありました。このように多くの国際会議が日本に招致されるのは、日本のESR・ルミネッセンス・FTの業界が、国際的にも高い評価を得ている証と言えます。関係者の方々に置かれましては、会議の準備・対応には多大なご苦労が伴うかと思われませんが、業界の今後のさらなる発展のためにも、各会議の成功を願ってやみません。

今回の研究会開催にあたっては、大阪大学の山中千博先生と神戸大学の谷篤史先生、および学生諸氏に大変お世話になりました。会場のJEC日本研修センター（神戸元町）は、南京町の中華街や旧居留地、ルミナリエなどの観光地に囲まれた素晴らしい立地でした（建物の入り口が分かり辛く、初日は道に迷う方が続出したという零れ話はありませんが）。研究会の合間の散策や食事の行き先に困ることはなく、参加者の方々も神戸の街を堪能できたのではないかと思います。来年度の合同研究会につきましては、不肖ながらわたくし末岡の世話により、11月下旬頃を目標に岐阜県の東濃開催で調整中です。

出席者（所属）：

網本 真奈（岡山理大），五十嵐 雄大（金沢大），伊藤 一充（産総研），伊藤 久敏（電中研），大平 寛人（島根大），岡 壽崇（東北大），小畑 直也（蒜山地質），梶田 侑弥（京都大），上口 椋（金沢大），楠木 健太（神戸大），小島 響（神戸大），小林 侑生（京都大），佐久間 幹（川崎地質），櫻井 康博（京都工繊大），佐藤 李咲（石川県立大），下岡 順直（立正大），島崎 達也（熊本大），島田 愛子（JEOL），末岡 茂（原子力機構），高田 将志（奈良女大），田上 高広（京都大），田中 桐葉（東北大），谷 篤史（神戸大），田村 明弘（金沢大），田村 亨（産総研），壇原 徹（京都FT），戸高 安曇（岡山理大），豊田 新（岡山理大），中村 敏和（分子研），蛭川 清隆（岡山理大），橋本 将也（島根大），長谷部 徳子（金沢大），服部 渉（旧アガペ研），福田 将真（京都大），三浦 知督（金沢大），水田 幸男（JEOL），三輪 泰大（神戸大），村松 敏雄（新潟大），保田 浩志（広島大），山沖 留美（大阪薬科大），山中 千博（大阪大），山本 晃弘（京都大），

（計42名，敬称略，五十音順）



第43回フィッション・トラック研究会総会報告

2018年12月3日

文責：末岡 茂

1. 普通会员13名の出席と委任状15名分が得られたことから、普通会员1/5以上の出席および委任状をもって、総会は成立した。
2. 今年度の活動状況について報告した。
3. 2017年度の会計報告、会計監査報告を行い、承認された。
4. 来年度の執行部体制は現執行部から、会長を伊藤久敏氏、HP/ML担当を末岡 茂氏、庶務を山崎誠子氏に変更して臨むことが提案された。国際担当は、Thermo2024が開催される2024年度まで、田上高広氏が引き続き担当することが提案された。以上について承認された。
5. 2019年度の活動計画を提示し、承認された。

以下の計15名の方々からは総会に関わる委任状をいただきました。ご協力いただき、ありがとうございました。安間 了、猪又 竜、岩野英樹、白井香奈江、竹内圭史、檀原有吾、西村 進、林 広樹、外田智千、星 博幸、松浦秀治、三浦知督、森本祐一郎、山田隆二、渡邊公一郎（五十音順，敬称略）

FTニューレター投稿要領(2018年)

1. 発刊は2019年10月頃を予定していますが、Webサイトにおいて2019年10月頃から早期公開を行います。
2. 原稿の締切りは、2019年6月末とします。

ただし、投稿される予定の方は早めに、掲載内容の種類(論説/総説/研究ノート/講演要旨/その他)、タイトル、著者、刷り上り予定ページなどを編集委員(田村: aking826@staff.kanazawa-u.ac.jp)までお知らせください。

またその都合によっては、 \checkmark 切を延期することもあり得ますのでご相談ください。

論説/総説/研究ノートにつきましては、査読を行います。

3. 投稿原稿(論説/総説/研究ノート/講演要旨/その他)のスタイルの詳細につきましては、次の通りとします。

- ・文体、句読点、引用文献形式等の詳細は、添付書類および過去のFTNLをご参考ください(投稿の際は段組の必要はありません)。

過去のFTNLの論文や講演要旨は以下からご覧いただけます。

<http://ftrgj.org/index.html>

タイトル・著者・所属は日本語および英語でお願いします。

・投稿原稿は、テキスト(タイトル・著者・所属・本文・図のキャプションなど): Word/Pages/RTF/TXTなど

*** 「図表はWord/Pagesファイル中に挿入しないでください」

図表は、以下の通りとしますが必要ならばご相談ください。

図: PDF形式またはTIFF形式

表: PDF形式を推奨(TIFF形式やEXCELでも可)

* テキストファイルとは必ず別にする

* カラーが可能です。

* サイズの目安、幅の上限

1段の場合、6.7cm、2.6inch、800pixel

2段の場合、15cm、5.9inch、1750pixel

以上の条件ではっきりと読むことができること

○研究会の講演要旨(Proceedings, Extended abstractsなど)につきましては以下のようにします。

* 刷り上りページ数は4ページ(A4サイズ)を目処とします。それ以上の分量になりそうな場合は、できるだけ論説、総説あるいは研究ノートなどとしてご投稿ください。

* 提出していただいた原稿は、編集委員会で簡単な査読を行います。内容やレイアウトの変更を求める場合もありますので、予めご了承ください。

* 基本的には段組等レイアウトの必要はありませんが、希望するレイアウトがある場合はお送りいただけると幸いです。

原稿作成・編集作業等に関しまして、質問等ありましたら遠慮なくどうぞ。

フィッション・トラック ニュースレター 投稿規定 (1997年8月1日改正, 2013年4月1日一部改正)

総則

- (1) 本会会員または本会会員に紹介された非会員はニュースレターに投稿することができる。
- (2) 原稿は編集委員会に提出するものとし、編集委員会は受け取った原稿の受付年月日を記録し、原稿を保管する。
- (3) 編集委員会は必要に応じて、会員または非会員に原稿の査読を依頼し、また著者に修正を求めることができる。
- (4) ニュースレターに掲載の著作物の著作権は本会に帰属する。

細則

- (1) 掲載内容はフィッション・トラックに関連する幅広い分野を対象とする。
- (2) 掲載内容の種類を以下の通りとする。
 - (a) 論説: オリジナルな研究論文で内容の主要な部分が学術論文として、他に印刷発表されていないもの。
 - (b) 総説: ある分野に関して既存論文や学説などを総括・解説したもの。
 - (c) 研究ノート: 技術, 手法, 術語などについての報告または紹介。
 - (d) 日本フィッション・トラック研究会が開催・主催・共催した講演会などにおける講演内容をまとめたもの (Proceedings, Extended abstractsなど)。
 - (e) その他必要と思われるもの。
- (3) 論説・総説・研究ノートに関しては、複数の専門家による査読を行う。
- (4) 原稿の書き方・提出方法・刷り上がりページ数の制限などについては、別途定める。

FTNL編集委員

金沢大学 田村明弘 (email: aking826@staff.kanazawa-u.ac.jp)

フィッション・トラックニュースレター第32号 (2019)

発行日 2019年12月10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 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

伊藤久敏 (ito_hisa@criepi.denken.or.jp)

〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646

(一財) 電力中央研究所

地球工学研究所 地圏科学領域
