

ジルコンU-Pb年代測定による谷川岳地域に露出する 中新世～鮮新世花崗閃緑岩の貫入年代の推定

南 沙樹*・長田充弘**・末岡 茂**・福田将真**・梶田侑弥*
小北康弘**・横山立憲**・鏡味沙耶**・田上高広*

Estimation of intrusion ages in the Miocene-Pliocene granodiorite
around the Tanigawa-dake based on zircon U-Pb dating

Saki Minami*, Mitsuhiro Nagata**, Shigeru Sueoka**,
Shoma Fukuda**, Yuya Kajita*, Yasuhiro Ogita**, Tatsunori Yokoyama**,
Saya Kagami** and Takahiro Tagami*

* 京都大学, Kyoto University

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

はじめに

一般的に花崗岩は、地下数km～数十kmの深さで形成される。数Maに形成された若い花崗岩が、現在地表に露出する地域では、極めて急激な隆起・剝削が起きている可能性がある。このような若い花崗岩は、世界的にプレート収束帯の各所に集中している (Harayama, 1992)。特に日本国内では、北アルプスの飛騨山脈、南部フォッサマグナ地域の丹沢山地、そして本研究の対象地域である谷川岳地域などにおいて約5 Maより若い花崗岩が分布するとされている (原山, 2006)。北アルプスの黒部川花崗岩では約0.8 Ma (Ito et al., 2013)、滝谷花崗閃緑岩では約1.4 Ma (Sano et al., 2002)、南部フォッサマグナ地域の丹沢岩体で約4.0 Ma (Tani et al., 2010)、小鳥岩体で約3.8 Ma (Sawaki et al., 2020) のジルコンU-Pb年代が得られている。一方で、谷川岳地域では花崗岩の固結年代は全岩Rb-Sr年代測定より、 5.27 ± 1.27 Ma (大平・本多, 1999) が得られているが、1地点の分析に留まる。ほかにも比較的閉鎖温度の高い黒雲母K-Ar年代測定で約3.9 ～ 3.1 Ma (川野ほか, 1992; 佐藤, 2016)、ジルコンのフィッション・トラック (ZFT) 年代測定で約3.3 ～ 2.9 Ma (大平・本多, 1999) などが得られていることから、谷川岳地域には若い花崗岩が分布している

と考えられている。しかし、全岩Rb-Sr年代は、誤差が大きく1地点のみであるため、谷川岳地域に分布する花崗岩類を代表する年代とは言えない。また黒雲母K-Ar年代やZFT年代は冷却年代のため、貫入年代を直接示さない。そこで、本研究では、谷川岳地域に分布する花崗岩類について、ほかの手法に比べ、より高温の情報を得られるジルコンU-Pb年代測定を実施し、貫入年代を推定した。

地形・地質概略と測定手法

谷川岳地域は、東北日本弧内の背弧側に位置し、この地域最高峰の谷川岳 (標高1977 m, オキノ耳) は、非火山性山地である。周囲には苗場山、飯士山、武尊山といった第四紀火山が分布し、世界的にも有数の豪雪地帯である。また最終氷期に形成されたとされる氷河地形が分布している (小疇, 2002)。

地質は主に、後期白亜紀～古第三紀の花崗岩類、後期中新世～鮮新世の花崗閃緑岩、鮮新世～第四紀の火山岩で構成されている (佐藤, 2016; 図1)。水上地域に分布する後期白亜紀の花崗岩類は、水上石英閃緑岩と呼ばれ、既往研究では、70 Maの全岩K-Ar年代が得られている (久保ほか, 2013)。谷川岳地域に広く分布する中新世～鮮新世の花崗閃緑岩は、大きく3つの岩体で構成されており、西から赤湯岩体、谷

川岩体、巻機岩体と呼ばれている（茅原ほか，1981）．既往研究では谷川岩体と巻機岩体について、黒雲母K-Ar年代（閉鎖温度350 ～ 400℃；Harrison et al, 1985; Grove and Harrison, 1996），ZFT年代（閉鎖温度250 ～ 300℃；Yamada et al., 2007; Ketcham, 2019）などが得られており、特に黒雲母K-Ar年代とZFT年代が2 sigmaの誤差範囲でまとまりがあることから、400 ～ 250℃の温度帯で、一様に冷却されたと考えられている．本研究では、谷川岩体2地点（TNG20-03, TNG20-10）、巻機岩体1地点（TNG20-05）、水上石英閃緑岩1地点（TNG20-09）について採取を行い、ジルコンU-Pb年代測定を実施した．

一連の測定は、日本原子力研究開発機構東濃地科学センターにて実施した．測定前に、EPMA（FE-EPMA, JEOL JXA-8530F）を用いてジルコンのカソード・ルミネッセンス（CL）像撮影を行った．測定には、LA-ICP-MS（LA: Analyte G2; Photon Machines, ICP-MS: Neptune-Plus, Thermo Fisher Scientific）を用いた．各試料20粒子ずつのジルコンについて、リム部分のU-Pb同位体分析をすることで、花崗岩類の貫入年代の推定を行った．年代標準試料としてOD-3（Iwano et al., 2013; reference age: 33.0 ± 0.1 Ma）を測定することで、年代値の真度と精度を確かめた．年代値は、まずコンコーディア図を描き、コンコーディア曲線に重なるものをコンコードント、重ならないものをディスコードントとし

た．TNG20-03,とTNG20-09は、1粒子ずつディスコードントな粒子を除外し、コンコーディア年代を算出した．

結果とその解釈

測定結果を表1にまとめた．各試料と同時に分析したOD-3のジルコンU-Pb同位体分析により得られた年代値は、33.4 ± 2.8 Ma, 33.1 ± 1.8 Ma（誤差範囲は2 sigma）であり、reference age（33.0 ± 0.1 Ma）と2 sigmaの誤差範囲で有意差はなかった．各試料の年代値は、TNG20-03；3.19 ± 0.15 Ma, TNG20-05；3.95 ± 0.14 Ma, TNG20-09；109.3 ± 3.2 Ma, TNG20-10；3.32 ± 0.15 Maであった（誤差範囲は2 sigma）．まず、本研究で得られたジルコンU-Pb年代と、採取地点付近の既報年代である黒雲母K-Ar年代、ZFT年代、参考までに全岩K-Ar年代を比較する（図2）．各測定地点では、2 sigmaの誤差範囲でジルコンU-Pb年代が既報年代より有意に古い場合、閉鎖温度の関係を考えると整合的な結果が得られた．水上石英閃緑岩（TNG20-09）の年代値は、谷川岳北東に分布する足尾帯にみられる只見川花崗岩類のジルコンU-Pb年代で最も古い年代値106.7 ± 0.6 Ma（Wakasugi et al., 2020）と2 sigmaの誤差範囲で有意差がない．よって水上石英閃緑岩は、只見川花崗岩類と一連の岩体の可能性がある．次に谷川岩体（TNG20-03, TNG20-10）内で年代値を比較すると、2 sigmaの誤差範囲で一致し、3.3 ～ 3.2 Maのまとまった年代を示し

表1 試料採取地点と測定結果の概要

Sample	Lithology	Locality		U-Pb Ages (Ma)		Number of grains
		Longitude	Latitude	Concordia Age	± 2 sigma	
TNG20-03	Granodiorite	138°47'39.93"E	36°48'28.31"N	3.19	0.15	19
TNG20-05	Granodiorite	138°57'7.45"E	36°50'27.19"N	3.95	0.14	20
TNG20-09	Quartzdiorite	138°58'34.44"E	36°47'6.50"N	109.3	3.2	19
TNG20-10	Granodiorite	138°52'16.74"E	36°52'5.04"N	3.32	0.15	20
OD-3		Reference age: 33.0 ± 0.1 Ma (2 sigma)		33.4	2.8	5
OD-3		Reference age: 33.0 ± 0.1 Ma (2 sigma)		33.1	1.8	5

た。一方、谷川岩体と巻機岩体 (TNG20-05) の年代値を比較すると、巻機岩体が約70万年ほど谷川岩体より有意に古い (図3)。よって谷川岳地域に分布する後期中新世-鮮新世花崗岩類は、巻機岩体が貫入した約70万年後に谷川岩体が貫入した可能性がある。

結論

谷川岳地域に分布する後期中新世-鮮新世花崗岩類 (谷川岩体と巻機岩体) と後期白亜紀に形成された水上石英閃緑岩についてジルコン U-Pb年代測定を実施した。水上石英閃緑岩 (TNG20-09) は 109.3 ± 3.2 Maであり、谷川岩体は、 3.19 ± 0.15 Ma (TNG20-03), 3.32 ± 0.15 Ma (TNG20-10), 巻機岩体は、 3.95 ± 0.14 Ma (TNG20-05) の年代値を得た (誤差の範囲は2 sigma)。水上石英閃緑岩は北東に分布する只見川花崗岩の最も古い年代と2 sigmaの誤差範囲で有意差がないことより、足尾帯の基盤岩に相当する可能性がある。また、若い花崗岩類については、巻機岩体が約400万年前に貫入し、その約70万年後に谷川岩体が貫入した可能性があり、一連の岩体をジルコンU-Pb年代によって細分化することができた。

謝辞

本研究は、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の地層処分に関する技術開発事業 (JPJ007597) (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。(株) 京都フィッシュン・トラックの岩野英樹博士と檀原徹博士には、鉬物分離を実施していただいた。炭素蒸着では、京都大学の山崎あゆ氏にご助力いただいた。

引用文献

Harayama, S. (1992) Youngest exposed granitoid pluton on Earth: Cooling and rapid uplift of the Pliocene-Quaternary Takidani Granodiorite in the Japan Alps, central Japan. *Geology*, 20,

657-660.

原山 智 (2006) 「世界一若い花崗岩の発見と北アルプスの成り立ち」, 中津川鉬物博物館ミュージアムレクチャー.

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.

Sano, Y. et al. (2002) Ion microprobe U-Pb dating of Quaternary zircon: implication for magma cooling and residence time. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 117, 285-296.

Tani, K. et al. (2010); Syncollisional rapid granitic magma formation in an arc-arc collision zone: Evidence from the Tanzawa plutonic complex, Japan. *Geology*, 38, 215-218.

Sawaki, Y. et al. (2020) U-Pb ages of granitoids around the Kofu basin: Implications for the Neogene geotectonic evolution of the South Fossa Magna region, central Japan. *Island Arc*, e12361.

川野 良信ほか (1992) 谷川岳深成岩体のK-Ar年代, 岩鉬, 87, 221-225.

佐藤 興平 (2016) 谷川岳花崗岩体の年代とフォッサマグナ地域における新第三紀の珪長質火成活動, 群馬県立自然史博物館研究報告, 20, 85-104.

大平 寛人・本多 照幸 (1999) 北部フォッサマグナ谷川岳深成岩体のフィッシュン・トラック年代とジルコンのTh/U比, FTNL, 12, 61-63.

小疇 尚 (2002) 越後山地の氷河作用に関する研究, 明治大学人文科学研究所紀要, 50, 163-175.

久保 誠二ほか (2013) 谷川岳南東麓域の地質とみなかみ花崗閃緑岩およびマチガ沢花崗斑岩のK-Ar年代, 群馬県立自然史博物館研究報告, 17, 119-130.

茅原 一也ほか (1981) 「越後湯沢地域の地質」
地域地質研究報告 5万分の1図幅 新潟 (7)
第75号.

Harrison, T.M. et al. (1985) Diffusion of ^{40}Ar in biotite. Temperature, pressure and compositional effects. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49, 2461-2468.

Grove, M. and Harrison, T.M. (1996) $^{40}\text{Ar}^*$ diffusion in Fe-rich biotite, *American Mineralogist* (1996) 81 (7-8): 940-951.

Yamada, R. et al. (2007) Statistical modelling of annealing kinetics of fission tracks in zircon; Reassessment of laboratory experiments, *Chemical Geology*, 236, 75-91.

Ketcham, R.A. (2019): Fission-track annealing: From geologic observations

to thermal history modeling. in *Fission-Track Thermochronology and its Application to Geology* edited by Malsà, M.G. and Fitzgerald, P.G., Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment.

Wakasugi, Y. et al. (2020) A chronological and geochemical study of the Tadamigawa older-stage granites: Igneous activity in the west of the Tanakura Tectonic Line (TTL) of northeastern Japan. *Geochem. Jour.*, 54, 203- 220.

末岡 茂・田上 高広 (2019) 低温領域の熱年代学の原理と地殻浅部のテクトニクスへの応用, *地学雑誌* 128, 5, 707-730.

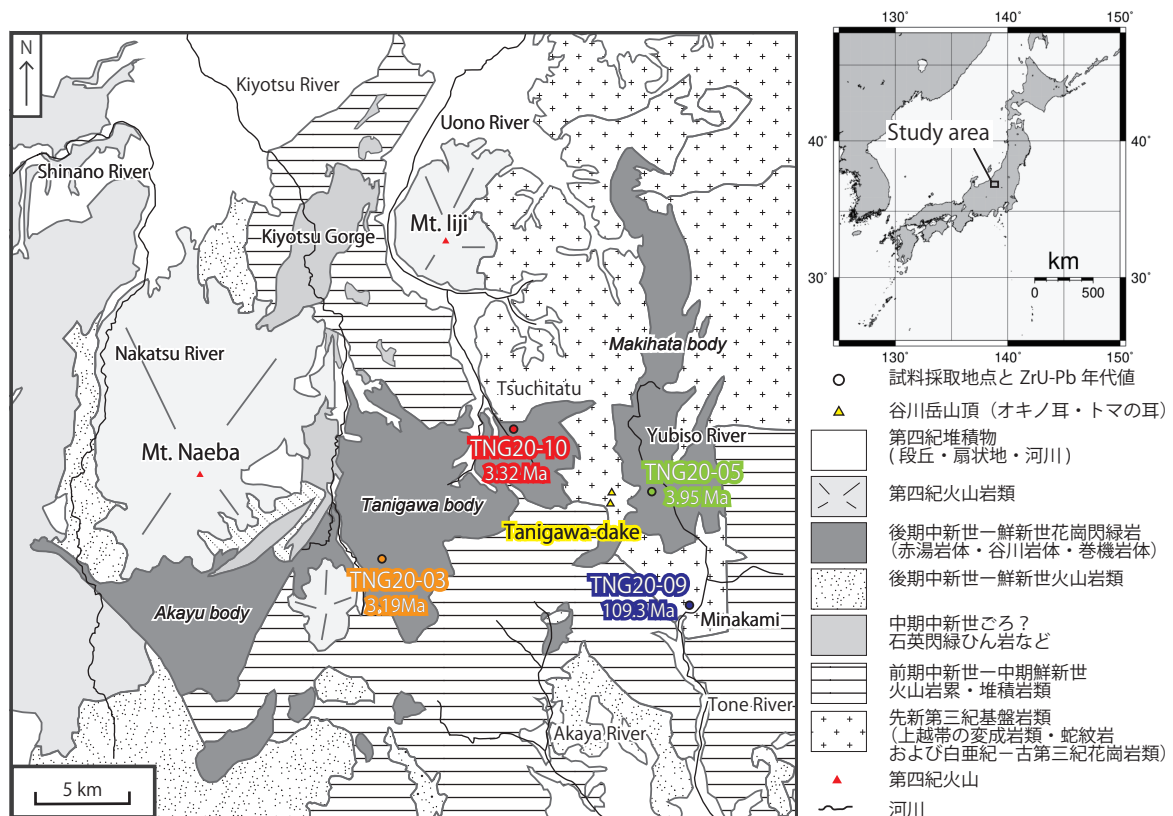


図1. 地質概略図と試料採取地点

佐藤(2016)と産総研のシームレス地質図V2を引用した(<https://www.gsj.jp/license/license.html>).
○が試料採取地点を示し、年代値は本研究で得られたジルコンU-Pb年代である.

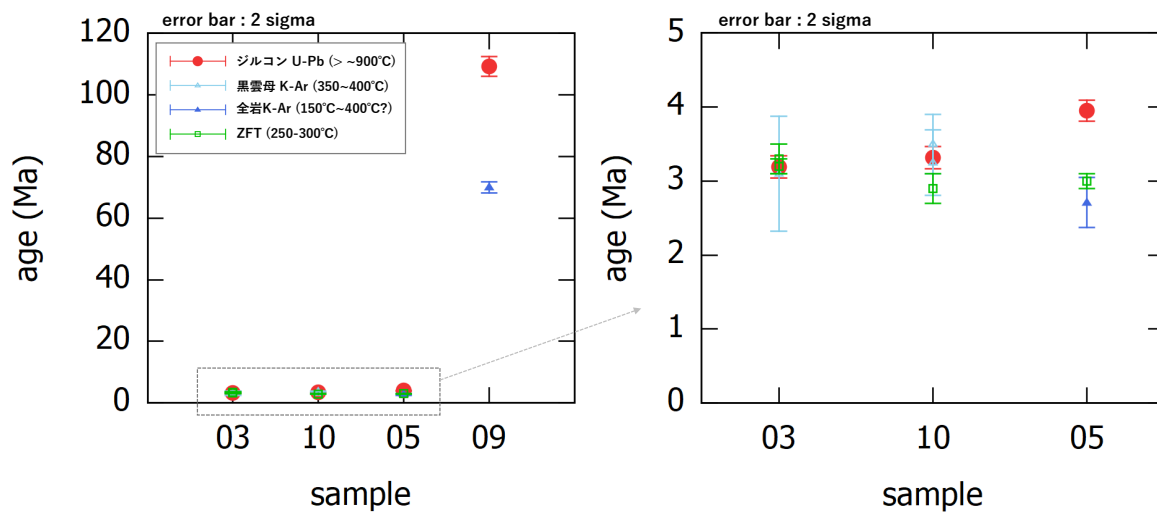


図2. 谷川岳地域に分布する花崗岩類のジルコンU-Pb年代と既報年代との対比
 本研究で得られたジルコンU-Pb年代（●）と、その付近の既報年代を地点ごとに比較した。左図は全地点の年代データについて比較したものであり、右図は後期中新世－鮮新世花崗岩類のみを取り出したデータを比較したものである（黒雲母K-Ar年代（△）；川野ほか（1992），佐藤（2016），全岩K-Ar年代（▲）；久保ほか（2013），ZFT年代（□）；大平・本多（1999））。全岩K-Ar年代は一般的に閉鎖温度を定義することはできないが，含まれている鉱物とK-Ar（Ar-Ar）年代測定の組み合わせ（末岡・田上，2019）より，閉鎖温度を150-400℃として参考までにプロットした。

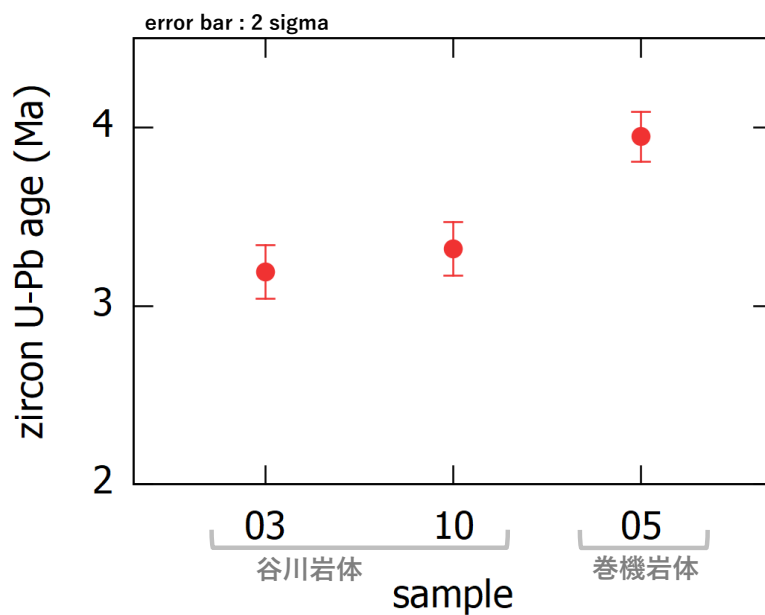


図3. 谷川岩体と巻磯岩体のジルコンU-Pb年代の比較