

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 Shibazaki***, Mitsuhiko 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

***** ライプ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、世界一若い露出プルトン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以深で形成されることを考えると、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たり、破碎帯に近づ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単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、Shibazaki 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.
- Shibazaki, 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.