

熱年代学的手法を用いた茂住祐延断層周辺岩石の熱履歴の分析

郁芳随徹*・長谷部徳子**・山田国見***・田上高広*・渡邊裕美子*

山田隆二****・荒井章司*****

The thermal record analyses of rocks nearby Mozumi-Sukenobu fault using thermochronologic method

Zuitetsu Ikuho*, Noriko Hasebe**, Kunimi Yamada***, Takahiro Tagami*, Yumiko Watanabe*, Ryuji Yamada**** and Shoji Arai*****

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

** 金沢大学環日本海域環境研究センター, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ.

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

**** 防災科学技術研究所, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

***** 金沢大学大学院自然科学研究科, Grad. school of Natural Sci. and Tec., Kanazawa Univ.

はじめに

断層運動に伴う熱の発生と輸送を明らかにすることは断層の力学と地震発生のエネルギー収支を理解する上で重要である。このための1つのアプローチとして、地質温度計(例えば、熱年代学的手法、流体包有物等)を用いて断層周辺岩石の温度履歴解析が試みられている(金沢ほか2005)。特に、熱年代学的手法として、ジルコンを用いたフィッシュン・トラック(ZFT)分析が行われている。この手法には(1)トラックのアニーリングは温度にのみ依存する(Brix et al., 2002)(2)トラック長のアニーリングカイネティクスがよく決まっている(Yamada et al., 2007)(3)分析に用いるジルコンは風化・破砕に強い(4)室内実験において、数秒間の加熱によるアニーリングが確認された(Murakami et al., 2006)という利点がある。また、ジルコン中にはウランが α 壊変したヘリウムが含まれており、これを利用して(U-Th)/He年代測定法(ZHe法)が行われている。地質学的な時間スケールにおいて、同時間・同温度の加熱イベントを仮定した場合、ヘリウムの損失はZFTのアニーリングよりも大きく、ZHe年代がZFT年代よりも若くなる。しかし、断層運動のような数秒単位の加熱イベントでは、加熱実験によるヘリウム放出のカイネティクスの外挿により、ヘリウムの損失はZFTのアニーリングよりも小さく、ZHe年代がZFT年代よりも古くなることが予想される。そこで、同一試料のZFT年代とZHe年

代を比較することにより、加熱イベントの時間を推測することができる。

研究対象地域・分析手法

本研究の対象は跡津川断層系に属している茂住祐延断層であり、富山県富山市と岐阜県飛騨市の境界付近に位置する。跡津川断層系は、右横ずれ断層と逆断層の成分を持ち、最近の地震活動は活発であるとともに、断層中央部でクリープ運動が示唆されている。研究対象地域の母岩は、飛騨変成岩類の片麻岩、船津花崗岩類、ジュラ紀末期から白亜紀前期の手取層群の石徹白亜層群と有峰亜層群から成っている。

試料は、茂住祐延断層調査坑道内(480m)の手取層群の砂岩、頁岩から、坑口からの異なる距離において14箇所(坑口から0m, 76m, 132m, 166m, 282m, 335m, 382m, 433m, 480mの地点で1試料, 239mの地点で2試料, 404mの地点で3試料)から採取した。この調査坑道は、坑口から239mと404mの2箇所断層破砕帯を貫通しており、それぞれの幅は22mと28mである。これらの試料からジルコンを分離し、FT年代測定と(U-Th)/He年代測定を行った。ZFT年代測定のトラック密度計測は京都大学FT年代測定システムと金沢大学FT年代測定システムを用いて、ウラン238濃度は金沢大学のLA-ICP-MSを用いて計測した。ZHe年代測定は日本原子力機構東濃地科学センターの(U-Th)/He年代

測定システムを用いて測定した。

結果・考察

全14試料のZFT年代測定結果のカイ2乗検定を行ったところ、カイ2乗検定値が0.1未満となり、個々の粒子年代はばらついており、何らかの熱イベントを反映するリセット年代は得られなかった。次いで、粒子毎の熱イベントを検出するために年代値と誤差による正規分布確立尤度関数の値を計算し、それを全ての試料について積算した年代スペクトラを求めた。その結果、各試料の粒子年代は、同層準の別地域のU-Pb年代(Kusuhashi et al., 2006) から仮定する堆積年代 $117\pm 0.7\text{Ma}$ (誤差は2SE)よりも若い粒子が有意に存在することから、調査対象地域の茂住坑ではZFTの消滅を起こす加熱イベントが手取層群堆積以後に起こったと考えられる。一方、坑口から335m地点までの単結晶年代分布は堆積年代より古く幅広い分布から、若返りながら単一ピークの鋭い分布へと変化し、335m地点から480m地点までの単結晶年代分布は堆積年代より古く幅広い分布へと変化する。また、坑口から335m地点までのZFT長の分布は短縮し幅広い分布から、短いトラック成分が減少し、長い単一ピークへと変化し、335m地点から480m地点までのトラック長の分布は長い単一ピークから、短いZFTが増加し、ZFT長の分布は短縮し幅広い分布へと変化する。このことから、坑口から335m地点付近では熱の影響を大きく受け、ZFTが消滅することにより年代値が若返り、冷却後に新たなZFTができたためにZFT長が相対的に長くなったと考えられる。この最も熱を受けた可能性のある領域は、破碎帯を境界としたその内側に分布しているため、高温流体の選択的な透過など、断層による何らかの影響を受けた特異な場所となった可能性がある。

ZHe年代測定を行った3試料(坑口から132m, 239m, 404mの地点)のZFT平均年代とZHe平均年代を比較すると、 81.6Ma と

$63.4\pm 23.8\text{Ma}$, 81.4Ma と $94.6\pm 3.7\text{Ma}$, 89.2Ma と $80.9\pm 7.9\text{Ma}$ (誤差は1SD)の結果が得られた。ZHe年代はZFT年代よりも若い傾向にあるという結果から、この加熱イベントの熱源は断層運動によるものではない可能性が高いことが示唆される。

謝辞

試料採集には防災科学技術研究所及び神岡鉱業株式会社の協力を得た。

参考文献

- Brix, M.R., Stockhert, B., Seidel, E., Theye, T., Thomson, S.N., Kuster, M., 2002. Thermotectonic data from a fossil zircon partial annealing zone in high pressure-low temperature rocks of eastern and central Crete, Greece. *Tectonophysics* 349, 309-326.
- 金沢 淳, 富山 眞吾, 及川 輝樹, 梅田 浩司., 2005. 地質温度計による熱履歴の調査手法について. サイクル機構技法 26.
- Kusuhashi, N., Matsumoto, A., Murakami, M., Tagami, T., Hirata, T., Iizuka, T., Handa, T., Matsuoka, H., 2006. Zircon U-Pb ages from tuff beds of upper Mesozoic Tetori Group on the Shokawa district, Gifu Prefecture, central Japan. *Island Arc* 15, 378-390.
- Murakami, M., Yamada, R., Tagami, T., 2006. Short-term annealing characteristics of spontaneous fission tracks in zircon: A qualitative description. *Chemical Geology* 227, 214-222.
- Yamada, R., Murakami, M., Tagami, T., 2007. Statistical modeling of annealing kinetics of fission tracks in zircon; Reassessment of laboratory experiments. *Chemical Geology* 236, 75-91.