

## 学位論文概要紹介

### ウラン・トリウム・ヘリウム法による熱年代学：放射系列の非平衡状態が年代に与える影響と南部フォッサマグナ地域，丹沢山地の上昇史の研究

山田国見\*・田上高広\*・K.A.Farley\*\*・

鎌田浩毅\*\*\*

Thermochronology using (U-Th)/He dating method: Investigation for effects of secular disequilibrium on (U-Th)/He ages and uplift history of the Tanzawa Mountains in the South Fossa Magna region

K. Yamada\*, T. Tagami\*, K.A.Farley\*\*, and H. Kamata \*\*\*

\* 京都大学大学院理学研究科， Graduate School of Science, Kyoto Univ.

\*\* カリフォルニア工科大学地質学惑星科学教室， Div. Geological & Planetary Sciences, CIT.

\*\*\*京都大学大学院人間・環境学研究科， Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto Univ.

放射年代法を用いた熱年代学は岩石の熱史を推定することで地殻中のさまざまな地質学的過程を明らかにしてきた。さまざまな放射年代法のうち、ベクレルによる放射能の発見後、最初に試みられた放射年代法である (U-Th)/He 法はその後一世紀近くに渡ってほとんど省みられなかった。しかし近年、地質学的に意味のある非常に閉鎖温度の低い (アパタイトの場合 100 °C 以下) 冷却年代であると再解釈され (Zeitler, 1987)、アパタイト、ジルコン、チタン石等を用いた熱年代学的研究が行われている。特にアパタイトの閉鎖温度は良く研究された他のどの放射年代法と比べても低い。また、この方法は壊変定数が U-Pb 法に比べて 6~8 倍大きく、放射起源ヘリウムの蓄積が始まった時点での初期ヘリウムを無視できることから放射起源ヘリウムが少量でも容易に検出でき、質量分析装置中のブランクヘリウムの量が無視できることから少量のヘリウムを高精度で測定することができるなど原理的に若い試料の年代測定に適している。

ただし、約 1Ma 以下の (U-Th)/He 年代については、U-238 の放射壊変系列における化学的

な分別が放射平衡を前提とした年代に無視できない影響を与えることが指摘されている。約 300ka という若い試料では影響が検出されている (Farley et al., 2002) が、実際にどの程度の年代まで補正が必要なのかは明らかではなかった。これはその閉鎖温度の低さを利用して (U-Th)/He 法を低温領域を対象とする熱年代計として用いる上で重要な課題であり、さらなる系統的な研究が必要であった。

学位論文では (U-Th)/He 法の放射非平衡による影響について火山岩の K-Ar 年代を用いて詳細に研究し、次にこの補正を考慮した (U-Th)/He 熱年代法を実際の上昇帯に適用した。まず、九州、豊肥火山地域の若い火山岩を高精度で K-Ar 年代測定した (Yamada et al., 2006; Fig. 1)。これにより各岩体の噴出年代を決定し、山甲川流紋岩については広域火山灰の給源である耶馬溪火砕流堆積物との年代関係をはっきりと決めることができた (Fig. 2)。渡神岳火山岩類についてはガウス正磁極期中の反転イベントよりも若い年代を示し、今回測定した岩体が渡神岳山頂に分布するいわゆる渡神岳火山岩類と異なる岩体で

ある可能性を示した。

次に、噴出後急冷した火山岩は異なる放射年代法の間で等しい年代を示すと考えられるから、既に高精度で年代を決定した豊肥火山地域の火山岩の K-Ar 年代と、新たに測定した (U-Th)/He 年代とを比較することで (U-Th)/He 年代における放射非平衡の影響の程度を明らかにした (Fig. 3)。これにより、~0.3-0.4Ma 程度の火山岩でも非平衡の影響は観察されること、これまでよりも化学分別の程度が大きなアパタイトに対しても補正が有効であること、理論上の限界よりも低い 0.7Ma 程度で非平衡の年代に対する影響は見られないこと、が明らかになった。

そして、非平衡の影響について調べられた (U-Th)/He 熱年代法と FT 法を現世の活動的な島弧島弧衝突帯である南部フォッサマグナ地域に露出する丹沢トータル岩複合岩体 (Fig.4) に対して適用した。まず、複合岩体の (U-Th)/He 年代はサンプリングの地域や高度との相関を示さず、従来の放射年代に比べてはるかに一樣な結果となった (Fig.5, 6)。これはジルコン (U-Th)/He 年代である  $3.3 \pm 0.2\text{Ma}$ 、~200 °C 以降は岩体が一樣に上昇・冷却したことを意味する。また、~5-7Ma 以降の上昇速度には時期によって 3 倍程度の変化が見られた (Fig. 6)。この変動は時期的には伊豆小笠原弧と日本弧の多重衝突に伴う南部フォッサマグナ地域周辺のテクトニクス場の変化に対応させることができるが、実際に力学的な因果関係があるとまでは言えない。

## 引用文献

- Amano, 1986. Earth Monthly 8, 581-585 (in Japanese).
- Brix et al., 2002. Tectonophysics 349, 309-326.
- Farley et al., 2002. REVIEWS IN MINERALOGY & GEOCHEMISTRY 47, 819-844.
- Furukawa & Kamata, 2004. Earth, Planets and Space 56, 517-524.
- Hurford, 1986. Contributions to Mineralogy and Petrology 92, 413-427.
- Ito et al., 1989. Tectonophysics 166, 331-344.
- Kamata, 1985. Reports, Geological Survey of Japan No. 264, 33-64 (in Japanese with English abstract).
- Kamata, 1997. Bulletin of Volcanology 51, 315-332.
- Kawano & Ueda, 1966. The science reports of the Tohoku University, Third series. 9, 525-539.
- Saito, 1993. Journal of Geomagnetism and Geoelectricity 45, 261-272.
- Saito et al., 1991. Journal of Geomagnetism and Geoelectricity 43, 921-935.
- Sato et al., 1986. Journal of Geological Society of Japan. 92, 439-446 (in Japanese with English abstract).
- Sato et al., 1990. Journal of Geological Society of Japan. 96, 69-72 (in Japanese with English title and figure captions).
- Singer et al., 1999. Journal of Geophysical Research 104, 679-693.
- Tagami et al., 1998. Advances in fission-track geochronology, 99-112.
- Uto & Suto, 1985. Report No.264 Geological Survey of Japan 67-83 (in Japanese with English abstract).
- Yamada et al., 2006. Journal of Asian Earth Sciences, in press.
- Zeitler, 1987. Geochimica et Cosmochimica Acta 51, 2865-2868.

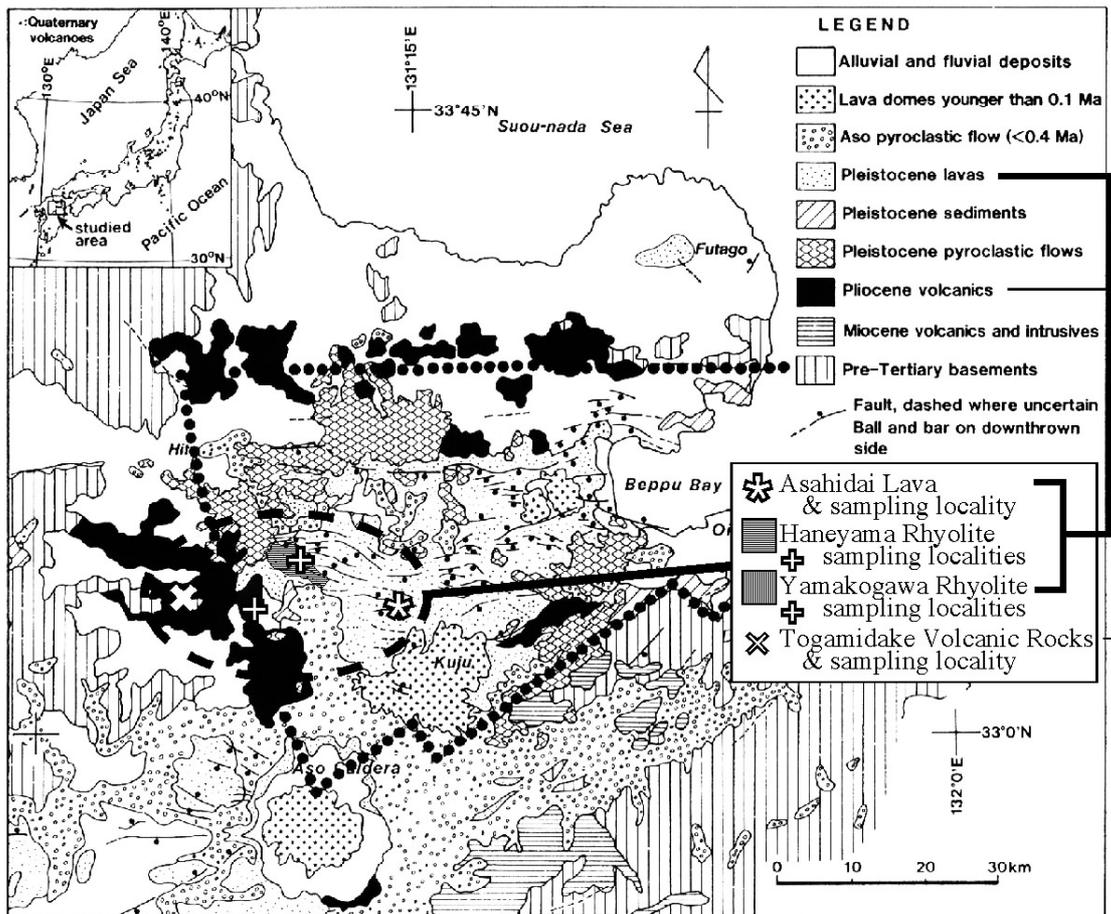


Fig. 1 Geological map and sampling localities around the Hoho Volcanic Zone (HVZ), central Kyushu, Japan. Inside the dotted line boundary is HVZ. Modified from Kamata (1992).

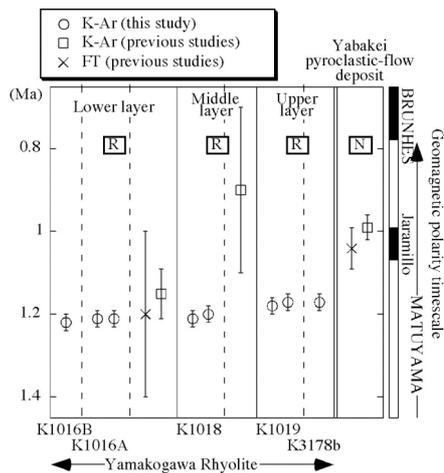


Fig. 2 Summary of the ages of the Yamakogawa rhyolite and the Yabakei pyroclastic-flow deposit. The Yabakei pyroclastic-flow deposit erupted with widespread tephra during the Jaramillo normal event. N, normally magnetized; R, reversed (Kamata, 1985; 1997; Furukawa and Kamata 2004.; Uto and Suto, 1985). The magnetic polarity time scale is from Singer et al. (1999).

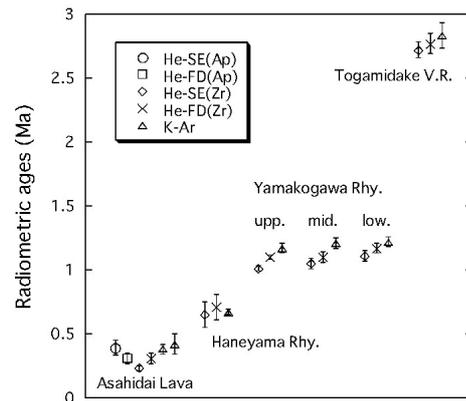


Fig. 3 Summary of secular disequilibrium uncorrected, corrected (U-Th)/He and K-Ar ages of the young volcanics in Kyushu. Errors are 2 sigma. SE, Secular Equilibrium; FD, Full Disequilibrium.

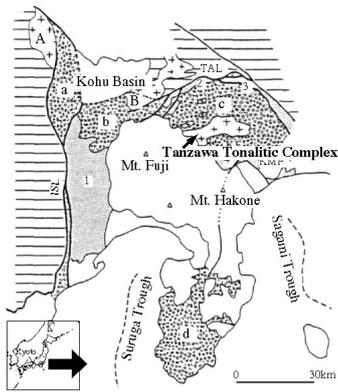


Fig. 4 Generalized geological map of the South Fossa Magna region. After Amano (1986).

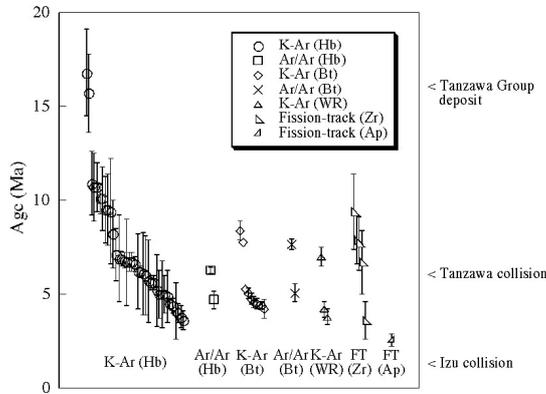


Fig. 5 Reported radiometric ages of the Tanzawa Tonalite complex. The ages are from Kawano and Ueda (1966); Sato et al. (1986); Ito et al. (1989); Sato et al. (1990); Saito et al. (1991); Saito (1993). Errors are 1 s.e..

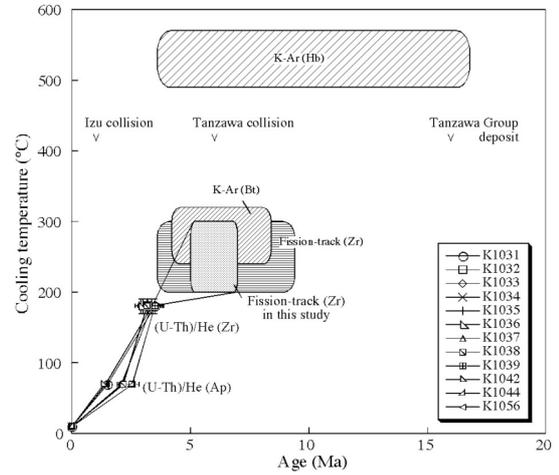


Fig. 6 Cooling rate for the Tanzawa Tonalite complex based on (U-Th)/He and FT ages. Closure temperature for zircon FT method is estimated  $250 \pm 50$  °C here (Hurford, 1986; Tagami et al., 1998; Brix et al., 2002). Rounded square areas with small letters show the range of center values for reported ages and closure temperature for each dating method.