

国際標準試料と九州産流紋岩中ジルコンにおける (U-Th)/He 年代の現状

山田国見*・田上高広*・K.A. Farley**

The status quo of (U-Th)/He dating with zircons from the international age standards and rhyolites from Kyushu Isle

Kunimi Yamada, Takahiro Tagami and K.A. Farley

* 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

** Division of Geological and Planetary Sciences, CIT

ウラントリウムヘリウム法 (U-Th)/He 法) は、放射壊変系列に属する各 α 壊変核種とそれによって生じた ^4He を用いた放射年代測定法である。20 世紀初頭には可能性が知られていた (例えば Strutt, 1905) が、現代的な応用が行われるようになったのはほぼ 1990 年代に入ってからのものである (Zeitler, 1987 以降)。一般にその閉鎖温度は極めて低く、He の生産速度が比較的速いこと、少量の He の高精度測定が可能なることから、主に第三紀よりも若い試料への応用が期待されている。試料は結晶であり、放射壊変系列に属する放射性核種 (主にウラン・トリウム) を含みヘリウムを保持することが条件であるが、他に後述する理由により自形度が高く十分な大きさを持つことが要求される。つまりアパタイト・ジルコン・スフェーン・モナザイトなどである。このうちアパタイトは閉鎖温度も決定され (約 70°C) 実用的に応用されているが、それ以外ではジルコンの研究が多少進んでいる他は基礎研究の域を脱していない。

図 1 に Tagami et al. (2003) によるジルコン国際年代標準試料の (U-Th)/He 年代を載せる。Fish Canyon Tuff と Bulk Member Tuff では標準年代の周辺に比較的均等な分布を示すが、Tardree Rhyolite の (U-Th)/He 年代は標準年代と比べて明らかに古い。これは測定試料 (結晶) の形と大きさ、内部の元素分布によってみかけ年代が変化す

るといふ本測定法独特の誤差要因に起因するとされる。以下ではこれについて述べる。

親核種の α 壊変で生じた He 原子核 (α 粒

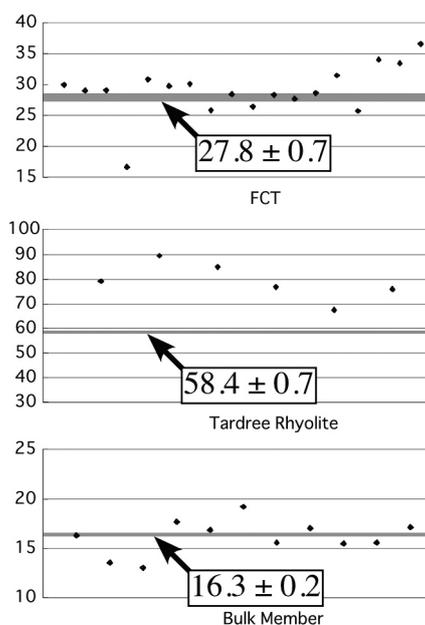


図 1. ジルコン国際年代標準試料の (U-Th)/He 年代 (Tagami et al., 2003). 灰色帯は標準年代値。単位 Ma.

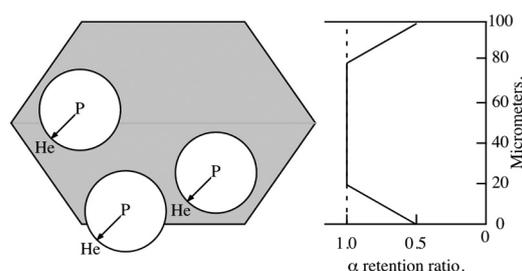


図 2. (U-Th)/He 法における親娘再配置 (左) と He 保持率 (右) の模式図 (Farley, 2002).

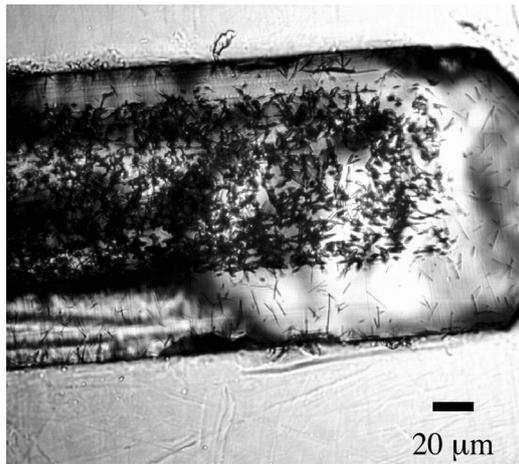


図3. Tardree Rhyolite の自発トラック分布 (Tagami, et al., 2003).

子)は初速度を持って放出されるため、親核種と娘核種の再配置が起きる。これにより、結晶表面付近(結晶表面から1 α 粒子飛程一約20 μm 以内)では、親核種によって生産されたHeの一部が速やかに結晶外部に失われることになる(図2, Farley, 2002)。通常、この効果は全He生産量に占める結晶内に保存された(その後の拡散による損失を否定するものではない)Heの割合を示すFTと呼ばれる補正項によって補正される(つまり、補正年代=素年代/FT)。前述した自形度と十分な大きさは、この補正の妥当性を高めるために必要となる。さらにFTは親核種が結晶内に一様に分布すると仮定して計算される。これは、結晶内での核種の三次元分布を非破壊で測定する方法がない以上、現実的にやむを得ない仮定であるが、親核種が結晶表面に濃集していた場合は年代の過小評価を、逆に結晶中心部に濃集していた場合は年代の過大評価をもたらす。図3は、Tardree Rhyoliteにおけるウランの不均一分布の例である(Tagami, et al., 2002)。図1に示すTardree Rhyoliteの(U-Th)/He年代と標準年代の不一致は、これによって説明される。

最後に、図4に中部九州産流紋岩から分離したジルコンの(U-Th)/He年代とK-Ar年代を載せる。1試料では誤差範囲を超えた不一致を示すが、それ以外でも全体的にややK-Ar年代を下回ることが解る。これら試料

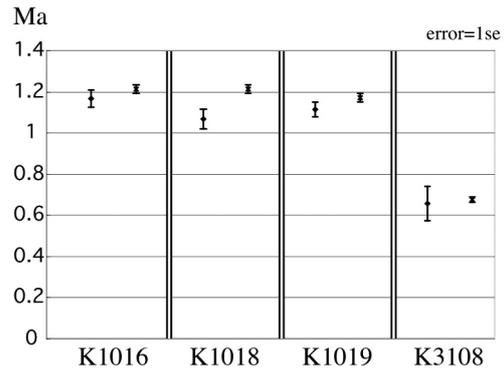


図4. 中部九州産流紋岩中ジルコンの(U-Th)/He年代(◆)と石基K-Ar年代(×; Yamada, et al., in prep.). (U-Th)/He年代は3-4試料の平均値と標準誤差を示す。

は1Ma前後でありフィッシュトラックを用いてウランの分布を確認するにはトラック密度が低すぎる。そのため、この傾向が不均一分布に起因する可能性は否定できないが、1Ma程度以下の試料を(U-Th)/He法で測定する場合、ウラン系列の非平衡に起因する年代のずれを考慮する必要がある。これに基づいた補正を与えると、1Maのジルコンの場合一般に年代は最大で数パーセント古くなり測定値と整合的である。実際にはデータ不足から非平衡に伴う年代のずれは補正できていないが、遠からず再測定を行う予定である。

ジルコンは研究の進んでいるアパタイトに比べウラン濃度が高く、非平衡の問題はあるものより若い年代測定の可能性がある。またアパタイトに比べると閉鎖温度も高く(180-200 $^{\circ}\text{C}$)、熱年代学的応用を考える上で貴重な戦力となる。一方で親核種の不均一分布はジルコン固有の問題であり、 α 損傷に関連するとされる拡散過程の複雑さとあいまって応用が困難となっているのも事実である。しかしジルコンの風化耐性は魅力であり単結晶で年代測定が可能であることから、今後は不均一分布に起因する問題の解決を第一に、広域テフラの直接年代測定を目指したい。

参考文献

Farley, K.A. (2002) (U-Th)/He dating; techniques, calibrations, and applications. *Rev. Mineral.* 47: 819-843

- Farley, K.A., Kohn, B.P. and Pillans, B. (2002) The effects of secular disequilibrium on (U-Th)/He systematics and dating of Quaternary volcanic zircon and apatite. *EPSL* 201: 117-125
- Tagami, T., Farley, K.A. and Stockli D.F. (2003) (U-Th)/He geochronology of single zircon grains of known Tertiary eruption age. *EPSL* 207: 57-67
- Strutt, R. (1905) On the radio-active minerals. *Proc. Roy. Soc. London* 76: 88-101
- Zeitler, P.K., Herczig, A.L., McDougall, I. and Honda, M. (1987) U-Th-He dating of apatite: a potential thermochronometer. *Geochem. et Cosmochim. Acta* 51: 2865-2868