

フィッション・トラック年代に及ぼす高速中性子の影響 (II)

—中性子スペクトルの変化による影響—

本多照幸*・岸本克己**@・野崎徹也*・大木新彦*

Study on the influence of fast neutrons on the fission track dating (II)

-influence of the change in the neutron spectra-

Teruyuki HONDA, Katsumi KISHIMOTO, Tetsuya NOZAKI and Arahiko OHKI

1. 本研究の目的

本研究は、誘発フィッション・トラック (FT) 生成に及ぼす高速中性子、熱外中性子による影響を定量的に求め、より精確な年代値を算出することを目的とする。

そのうち今回は、特に照射場の中性子スペクトルの変化が FT 年代に及ぼす影響について、シミュレーションした結果を報告する。

2. シミュレーションの条件

本研究においてシミュレーションに使用した年代標準試料の U, Th 特性を表 1 に示す。

また、FT 年代測定によく使われてきた立教大原子炉の照射場をシミュレーションの検討対象とし、その中性子束特性を表 2 に記載する。

3. 結果及び考察

照射場のスペクトル変化による FT 年代への影響を、絶対測定法について、高速中性子により生じる年代のずれを図 1 に、熱外中性子により生じる年代のずれを図 2 に示す。両図とも、縦軸は年代のずれを、横軸は、図 1 は照射場の ϕ_{th}/ϕ_{fast} 、図 2 は照射場の ϕ_{th}/ϕ_{epi} を示している。図 1、図 2 の年代のずれは、それぞれ熱中性子と高速中性子、熱中性子と熱外中性子を考慮して算出した値であり、実際の年代のずれを表しているのではない。

zeta 法については、未知年代試料の各 Th/U 比毎

に図 3、図 4 に示す。図 3、図 4 の横軸は照射場の ϕ_{th}/ϕ_{fast} 、縦軸は年代のずれを示している。この年代のずれは、実際の年代のずれである。年代標準試料には FCT-Zr, FCT-Ap, DRG-Ap を採用して算出している。図 3、図 4 から、未知年代試料と年代標準試料の Th/U 比が近いほど年代のずれが小さくなることが明らかになっている。

図 1～図 4 において、照射場のスペクトルの変化に対する、両手法の年代のずれが示されている。年代のずれが、絶対測定法では $^{235}\text{U}+t$ 以外の全ての FT により生じ、zeta 法では未知年代試料と年代標準試料の Th/U 比の差により生じていることを考慮に入れると、これらの結果は、FT 年代測定において、絶対測定法では照射場の $\phi_{th} : \phi_{epi} : \phi_{fast}$ 、zeta 法では照射場の $\phi_{th} : \phi_{fast}$ を求める必要があることを示している。

FT 年代測定に適した照射場のスペクトルについて考えてみる。図 1～図 4 から、 ϕ_{th}/ϕ_{fast} 、 ϕ_{th}/ϕ_{epi} が大きくなり、照射場の熱化が進むと絶対測定法、zeta 法ともに年代のずれは零に近づいていくことが分かる。これは、照射場が熱化されると、 $^{235}\text{U}+t$ による FT のみを考慮すればよいことになるからである。年代のずれが小さくなると、ずれの誤差の絶対値は小さくなり、補正の精度が高くなる。また、年代のずれの勾配が、 ϕ_{th}/ϕ_{fast} 、 ϕ_{th}/ϕ_{epi} が小さくなると急激に大きくなることも分かる。勾配が大きいと、 ϕ_{th}/ϕ_{fast} 、 ϕ_{th}/ϕ_{epi} の測定の精度が高くないと、

* 武蔵工業大学原子力研究所 Atomic Energy Research Laboratory, Musashi Institute of Technology

** 武蔵工業大学大学院工学研究科原子力工学専攻 Division of Nuclear Engineering, Graduate school, Musashi Inst. Tech.

@ 現所属：日本原子力研究所 Japan Atomic Energy Research Institute

表1 年代標準試料の U,Th 特性*

試料	同位体存在比 (^{238}U atm%)	U濃度 (ppm)	Th濃度 (ppm)	Th/U
DRG-Ap	99.2747	7.6±1.2	162±2	21±3
FCT-Zr	99.2747	413±7	302±5	0.731±0.017
FCT-Ap	99.2747	22±2	61±1	2.8±0.3

*濃度は本多ら(1990)による値

精確な年代のずれが算出できなくなる。これらのことから、両手法ともに $\phi_{\text{th}}/\phi_{\text{fast}}$, $\phi_{\text{th}}/\phi_{\text{epi}}$ が大きい照射場を使用すべきである。

立教炉 f-ring, RSR を照射場としたときについて考えてみる。先ず、照射場のスペクトル分布から考える。表2から、 $\phi_{\text{th}}/\phi_{\text{fast}}$, $\phi_{\text{th}}/\phi_{\text{epi}}$ が最も小さい照射場が f24c であり、最も大きな照射場が RSR(B) である。図1～図4から、f24c では、RSR(B)と比較して、年代のずれがかなり大きくなっていることが明らかである。

また、比較的条件の良い RSR(B)でも、絶対測定法の場合、未知年代試料の Th/U 比が5を越えると年代のずれ(若く算出)が無視できなくなる(図1

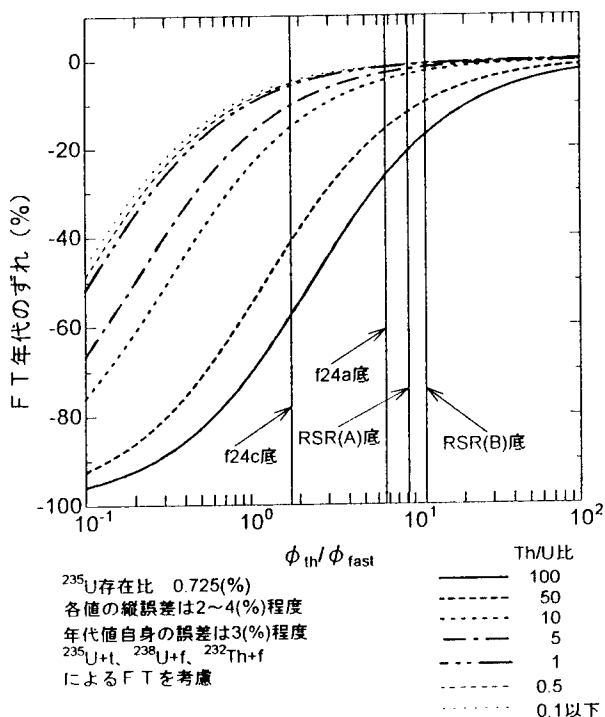


図1 $\phi_{\text{th}}/\phi_{\text{fast}}$ が変化したときの高速中性子による FT 年代への影響(絶対測定法)

表2 立教炉各照射場の中性子束特性 (Co-wire)

照射場*1	ϕ_{th} ($\text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	$\phi_{\text{th}}/\phi_{\text{fast}}$	$\phi_{\text{th}}/\phi_{\text{epi}}$
f24a	$5.99 \cdot 10^{11*2}$	6.66	27.8
f24c	$10.47 \cdot 10^{11*3}$	1.77	23.8
RSR(A)	$4.25 \cdot 10^{11*3}$	9.13	29.3
RSR(B)	$3.05 \cdot 10^{11*2}$	11.7	30.9

*1 底から 1 cm の値 *2 白崎,高見(1978)

*3 本研究による実測値

参照)。zeta 法の場合は、未知年代試料の Th/U 比が 0.1 の時、年代標準試料に FCT-Zr, FCT-Ap, DRG-Ap を使用すると、(DRG-Ap が最も大きい) 何れも正のずれとなり、古く算出され(図3参照)、Th/U 比が 10 の時は、FCT-Zr, FCT-Ap に対しては負のずれ(若く算出)を、DRG-Ap に対しては正のずれ(古く算出)を生じることが定量的に示されている。

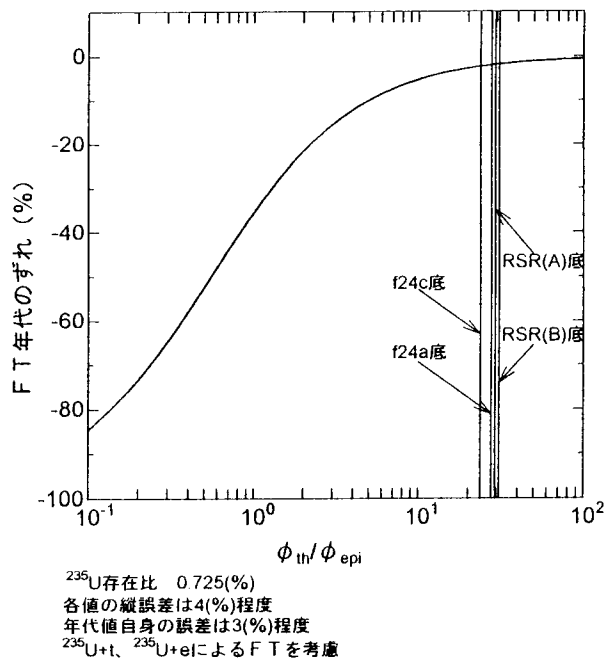


図2 $\phi_{\text{th}}/\phi_{\text{epi}}$ が変化したときの $^{235}\text{U}+\text{e}$ による FT 年代への影響(絶対測定法)

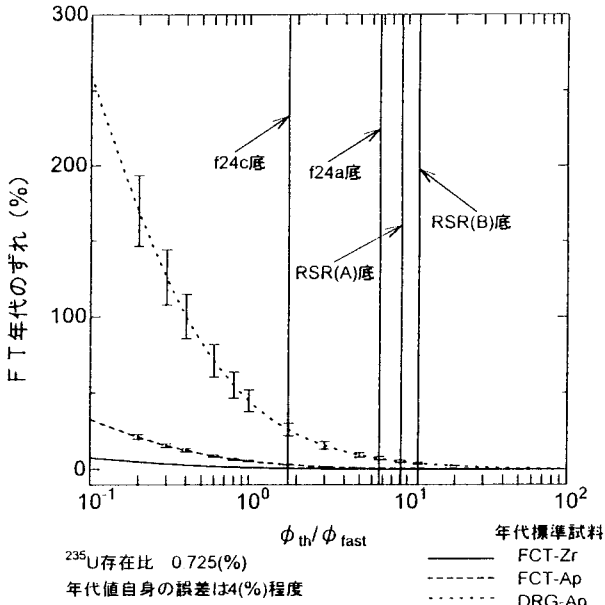


図3 ϕ_{th}/ϕ_{fast} が変化したときのFT年代への影響 (zeta法 未知年代試料Th/U=0.1のとき)

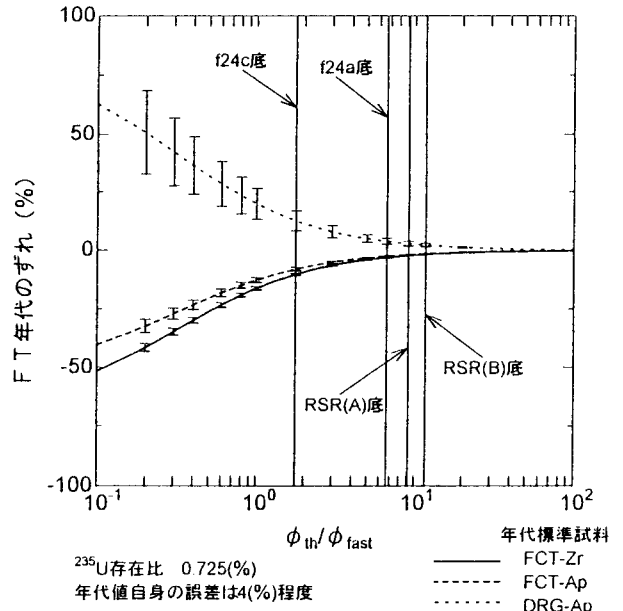


図4 ϕ_{th}/ϕ_{fast} が変化したときのFT年代への影響 (zeta法 未知年代試料Th/U=10のとき)

4. まとめ

FT年代測定において、照射場の ϕ_{th}/ϕ_{fast} 、 ϕ_{th}/ϕ_{epi} が絶対測定法に、 ϕ_{th}/ϕ_{fast} がzeta法にそれぞれ影響を及ぼし、それらの値が大きい熱化された照射場を使用すると、年代のずれ及びその勾配は小さくなり、補正の精度が向上することが定量的に示された。

文献

- 本多照幸,岸本克己,野崎徹也,1998,フィッション・トラック ニュース レター,11,19-22.
- 本多照幸,檀原 徹,野崎徹也,1990,武蔵工大原研所報,16,138-146.
- 本多照幸,雁沢好博,野崎徹也,1987,地球科学,41(5), 281-289.
- Hurford A.J. and Green P.F.,1982,Earth.Planet.Sci. Lett.,59,343-354.
- 白崎,高見,1978,立教大学原子力研究所.