

雁沢好博（北海道教育大学），本多照幸，野崎徹也（武蔵工大原研）

### A) はじめに

フィッシュントラック年代測定における年代測定試料や標準ガラスの誘発核分裂の生成は純粋に $^{235}\text{U}$ +thermal neutronの反応によるものとの前提がある。しかし、原子炉は複雑な中性子スペクトルを持っており、特に $^{235}\text{U}$ +epithermal neutronによる誘発核分裂の生成の確率が高い。筆者らはこれまでこの点について検討を進めてきた(本多ほか, 1986; 雁沢ほか, 1987)が、厳密にはこの他の核反応についても検討が必要である(本多ほか, 1990; 雁沢ほか, 1990;1991)。

F. T. 年代測定にあたってはこのような視点から利用原子炉の特性を把握し、熱中性子フルエンスや誘発核分裂トラック密度について適切な補正を行い、実際の熱中性子フルエンスや誘発核分裂トラック密度の測定をできる限り絶対測定に近づけることが必要である。zeta法を採用するにしてもこの検討は不可欠である。この検討を進めるために、次に2点に注目する必要がある。

①照射原子炉にかかわる問題であり、同一照射場にあっても中性子スペクトル分布が変化する可能性がある。スペクトル分布によって以下の4つの反応が主に起こる。

a) $^{235}\text{U}$ +thermal neutron, b) $^{235}\text{U}$ +epithermal neutron, c) $^{238}\text{U}$ +fast neutron, d) $^{232}\text{Th}$ +fast neutron. この反応比率は照射の日時ごとに異なっており、1回の照射でも照射時間とともに実際変化している。したがって、原子炉内の中性子スペクトル分布とその変化を把握することが必要である。②年代測定試料及び標準ガラスにかかわる問題であり、Th/UやU同位体比の違いによって上記のa)-d)の核反応の生成率が異なる。したがって、中性子照射によって生成した誘発トラックの生成率を試料のTh/U, U同位体比および中性子のスペクトル分布から評価する必要がある。

以上2点の検討から、年代計算の内フルエンス計算及び年代試料の誘発核分裂トラック密度にかかわる項目の絶対測定を行えば、利用原子炉の実状に応じた年代測定が可能となる。本論では、これまで進めた特に①に関する実験結果について述べる。

### B) 実験方法

①に述べた点を明らかにするため武蔵工大原子炉照射溝において次の照射実験を行った。実験はマイカディテクターを貼った各標準ガラスとAuモニターをセットにし、裸照射用試料を6ないし10試料用意した。各試料は予め照射溝にいれ、5分から20分の照射をおこなった。これとは別に同様なセットをCdカバー試料として、60-300分の照射を行った。実験は3回行い、各々の実験コードを、871, 881, 882とした。加えてこれまでの本多ほか(1986)などの2回の実験(実験コード; 1021, 861)を合わせて計5回の実験結果について分析を行った。

フルエンス測定はAuモニターを用いてpure Ge検出器により行った。また、実験に用いたガラスはTh/Uが異なり、また、 $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ も異なっているため、エピサーマル中性子や速中性子に対して固有の反応をすると考えられる。マイカ上の誘発核分裂トラックの検出はHFにより常温60分の条件で、また、トラック観察はNikon Optiphotによりx600NGC dryで行った。

### C) 実験結果および考察

#### 1) 各実験の $\lambda a \cdot th$ 比較

熱中性子フルエンスの絶対測定のため、まず、 $Rcd$  (Auカドミ比),  $\sigma a$  (Au放射化断面積) および  $\sigma f$  ( $^{235}\text{U}$ 核反応断面積) を本多ほか(1987)の方法で決定した(第1表)。結果も示した。

その結果及びカドミカバー実験による熱中性子による核分裂トラックの評価をおこない、 $Bth$  と  $\lambda a \cdot th$  の決定をおこなった。実験は871で10試料, 881で10試料, 882で6試料から求めた。なお、 $\lambda f$  として  $6.85 \times 10^{-17} \text{ a}^{-1}$  を、 $I$  として  $7.2527 \times 10^{-3}$  を採用している。 $Bth$  の結果は第2表に、 $\lambda a \cdot th$  の結果は第3表と第1図にその平均値と  $1\sigma$  を示した。

$\lambda a \cdot th$  はCN2で861が  $1\sigma$  から外れるほかはいずれの標準ガラスにおいても  $1\sigma$  内でよい一致を示している。このことから次の点が指摘できる。第1図からは中性子スペクトルの変動はわからないが、照射日時にかかわらず、標準ガラスの核反応は安定しているとみられ、各標準ガラス固有の  $\lambda a \cdot th$  を示す。②したがって、上記で示したように原子炉の実状に応じた固有な  $Rcd$ ,  $\sigma a$  及び  $\sigma f$  を採用することによって実効のある  $\lambda a \cdot th$  を決定することができる。

この点はここで示した厳密な中性子フルエンスの測定を行うことによって、現在採用されている相対的な年代決定アプローチ(いわゆる  $\lambda$  年代測定法)に対し、本来追究されるべき「絶対」

第1表 各実験における  $Rcd$  (Auカドミ比),  $\sigma a$  (Au放射化断面積),  $\sigma f$  ( $^{235}\text{U}$ 核反応断面積) の値

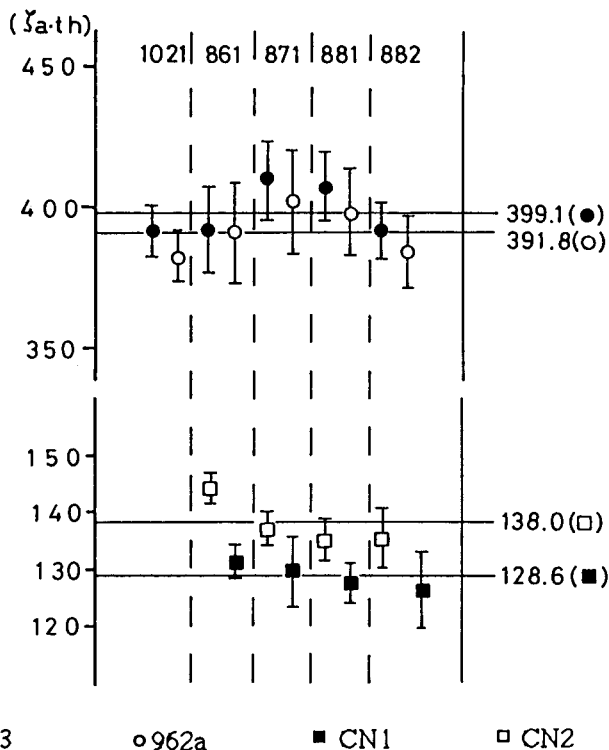
	$Rcd$	$\sigma a$	$\sigma f$	
1021	7.71	87.1	496.6	(本多ほか, 1987)
861	6.09	87.4	497.4	(雁沢ほか, 1988)
871	7.51	87.8	502.5	
881	7.65	87.0	497	
882	6.03	86.1	492.2	

第2表 各実験における標準ガラスの  $Bth$  ( $\Phi th / \rho d \cdot th$ )

	SRM962a	SRM613	CN1	CN2	
1021	7.27+0.15	7.45+0.17			(本多ほか, 1987)
861	7.43+0.34	7.47+0.29	2.50+0.06	2.74+0.06	(雁沢ほか, 1988)
871	7.55+0.34	7.72+0.27	2.44+0.11	2.57+0.04	
881	7.57+0.29	7.74+0.23	2.41+0.08	2.56+0.07	
882	7.57+0.26	7.72+0.19	2.49+0.14	2.67+0.10	

第3表 各実験における標準ガラスの $\lambda \cdot th$

	SRM962a	SRM613	CN1	CN2	
1021	382.3+8.0	391.7+8.9			(本多ほか, 1987)
861	391.3+17.8	393.3+15.1	131.4+3.1	144.1+3.3	(雁沢ほか, 1988)
871	401.9+18.2	410.6+14.5	129.6+5.9	131.7+2.7	
881	398.8+15.3	407.7+12.3	127.3+4.3	135.0+3.5	
882	384.4+13.0	392.0+9.71	126.2+7.2	135.6+5.3	



第1図 各実験における標準ガラスの $\lambda \cdot th$ の平均と誤差

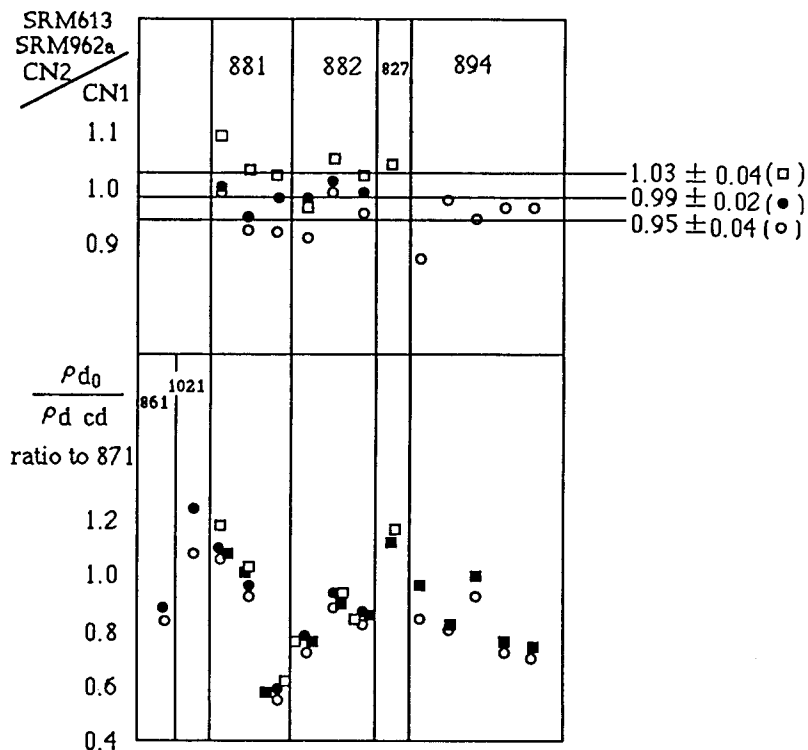
F.T.年代測定への「回帰」となりうるものである。

## 2)中性子スペクトル変動と標準ガラスのフィッション・トラック

個々の標準ガラスの $^{235}U+t$ ,  $^{235}U+e$ ,  $^{238}U+f$ ,  $^{232}Th+f$ 反応の起こる確率は、ガラスの持つTh/U, U同位体比および原子炉の中性子スペクトル変動によって左右される。ここでは実験ごとの $\rho d0/\rho d \cdot th$ の比較からエピサマルおよび速中性子のトラックの寄与について触れておく。第2図に5回の実験の結果に加えて894の実験結果を加えて示した。第2図下は871実験の $\rho d0/\rho d \cdot cd$ を基準にその他の実験の $\rho d0/\rho d \cdot cd$ 値を規格化したものである。第2図上は第2図下の結果を各実

験のCN1の値により他の標準ガラスの値をさらに規格化したものである。

実験の日時ごと、さらに同じ日時の実験でも照射時間の違いによって規格化した $\rho d0/\rho d \cdot cd$ はかなり変化しており、最大で約2倍の開きがある(第2図下)。このことは原子炉の中性子スペクトル変動について注意を払う必要のあることを示している。しかし、第2図上でCN1に規格化した場合、他の標準ガラスの規格値がほぼ1を示すことは、各標準ガラスが中性子のスペクトル変動に対して類似の反応を起こすことを示している。



第2図(下) 標準ガラスの各実験における $\rho d0/\rho dcd$ の871実験に対する規格化した値  
(上) CN1に対するSRM962a, SRM613, CN2の $\rho d0/\rho dcd$ の規格化した値

#### 参考文献

- 雁沢好博・本多照幸・野崎徹也, 1988: フィッション・トラック年代測定における熱中性子フルエンスの絶対測定とその応用. 地球科学, 42, 137-146.
- 雁沢好博・本多照幸・野崎徹也, 1991: 中性子スペクトル変動のフィッション・トラック年代測定に与える影響. 武蔵工大原研所報, 17, 88-96.
- 本多照幸・雁沢好博・野崎徹也, 1986: フィッション・トラック年代測定における中性子フルエンスに関する基礎的諸問題の検討. 武蔵工大原研所報, 10, 108-117.
- 本多照幸・檀原 徹・野崎徹也, 1990: フィッション・トラック標準年代試料中のトリウム並びにウラン含有量とそのzeta値に与える影響. フィッション・トラックニュースレター, 3, 28-35.