

シ　ン　ポ　ジ　ウ　ム

(3) Fission-track 法による考古遺物の年代決定について

— 特に試料の問題 —

京都大学教養部　西　村　進

1. はじめに

本誌第1号にFission-track 法について阪上 (1968) が詳しく述べ、西村 (1968) もその適応例を述べた。その後、考古遺物のFission-track ageを求めてきた経験から、とくに試料の問題について今回は報告する。更に、今までに得られた結果をも報告する。

この研究にあたり、つねに検討していただいた京都大学笹嶋貞雄助教授、金沢大学阪上正信教授、中性子照射の世話をしていただいた京都大学岩田志郎助教授、橋本哲夫助手に感謝する。また、試料は京都大学考古学教室の方々、名古屋大学檜崎彰一助教授、岡山大学和島誠一教授、大阪大学広岡公夫助手からいただいたものでここに重ねて感謝する。

2. 原　理

鉱物やガラスの内部で核分裂がおこるとその分裂片と物質の相互作用によってdamage trackを作る。ガラスのときは弗化水素酸、ジルコンは磷酸や苛性ソーダによってetching することによって光学顕微鏡下で観察し計数できる。このtrackはガラスではほぼ300℃、ジルコンではほぼ700℃以下になってから蓄積されてゆく。自然核分裂の飛跡は半減期と存在比からみてほとんど²³⁸Uのものとみなして良い。そのため年代を決定するのに²³⁸U量が必要であるが、熱中性子照射によって核分裂をおこすのが²³⁵Uで、天然界では²³⁵Uと²³⁸Uの存在比が一定であることから²³⁸Uも飛跡法によって求められる。その結果一定の温度以下になってからの年令T (年) は次式によって求められる。

$$T = \frac{1}{\lambda} \ln \left\{ 1 + \frac{\lambda}{\lambda_f} \frac{\rho_s \Phi \sigma R_i}{\rho_i \eta R_B} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 λ は²³⁸Uの全壊変定数 (y^{-1})、 λ_f は²³⁸Uの自然核分裂の壊変定数 (y^{-1})、 σ は²³⁸Uの誘導核分裂の反応断面積 (cm^2)、 η は²³⁸Uと²³⁵Uの原子数比、 Φ は全中性子束 (cm^{-2})、

R_g と R_i はそれぞれ etch された自然核分裂片と誘導核分裂片の飛跡の平均の長さ (cm) で
 ρ_g と ρ_i はそれぞれ etch された自然核分裂片と誘導核分裂片の飛跡の面積密度 (cm^{-2}) である。
 考古遺物の場合は ^{238}U の壊変による減少は、無視出来るのと R_g と R_i がほぼ等しいことから

$$T = \frac{1}{\lambda_f} \frac{\rho_g}{\rho_i} \frac{\Phi \sigma}{\eta} \dots\dots\dots (2)$$

で求められる。 λ_f は現在研究者により (1) $6.85 \times 10^{-17} \text{ (y}^{-1}\text{)}$ (Fleischer and Price, 1964) と $8.42 \times 10^{-17} \text{ (y}^{-1}\text{)}$ (Spadavecchia and Hahn, 1967) とが使われているが現在までの結果をみると前者の値が良く合うと考えられる。

3. 試料

考古遺物の年代決定のための試料は、その年令の若いことから U 量の多く、なるべく計数出来る面積の広いことが必要である。この点から、試料はジルコン、燐灰石、ガラスにはほぼ限られて来る。今仮に、etch された自然核分裂片の飛跡を 100 ケ計数したとし、U 量が 0.5% ~ 0.01% のジルコンで T 年の年令をもっているときに必要な面積 S (cm^2) は

$$S = \frac{4.0}{T} \sim \frac{200}{T}$$

で与えられる。天然ガラスでは、ほぼ 50 ppm ~ 0.5 ppm の U を含むので (但し、この場合内部の計数になるので)

$$S = \frac{3.1 \times 10^3}{T} \sim \frac{3.1 \times 10^5}{T},$$

5% のウラン入りの人工ガラスでは

$$S = \frac{3.1}{T}$$

の面積を計数しなければならない。このような広い面積をかせるため、ジルコンでは少なくとも数十個の鉱物粒が必要であり、ガラスはかなり広い面積がとれ何回もみがき etching することを繰り返して計数をする必要がある。そこで、更に U が偏在するものは誤差をとまなり可能性が多いのであまり適当であるとは考えられない。

試料はこれらのものが手に入る必要があることから、特に原料が花崗岩質のものが年代決定をしやすいことになる。また、ガラスはウランの多く入ったもので表面のきれいなものがよい。

そのために、土器、焼土を粉碎し 60 ~ 100 mesh のものを水洗、後重液とアイソダイナミ

ックセパレーターで分離，更に顕微鏡下でえらび出す。このことから，かなりの量が必要であることが理解されよう。

4. etching

えらび出した試料の一部を中性子照射し，あるいは Cf の Fission-track を試料で受けとめ，その後 etching をいろいろと行なって最適の etching 条件を決定する。その条件で自然核分裂片の飛跡の etching を行ない，少なくとも 1 track 以上の結晶ガラスをえらび出し最終 30～100 tracks の計数を行なう。次に予想 U 量に適合した中性子照射を行なって etching をして計数し (2) 式によってその年代を決定する。

damage track の判定がガラスの場合とくにむづかしいが電顕のレプリカに使われるアセチル・セルローズ・フィルムを用いて etch-pit を実体化して観察すると飛跡の判定が的確で，曲面状のものでも平面として観察出来るので精度と能率が向上する (笹嶋・西村，1970)。

5. 外的条件の Fission-track への影響

雲母類はその track の判定が容易なため，今後年代決定のために用いられる可能性があるが，この鉱物はとくにわずかな偏圧でも，その track が消失するのでサンプリングに特に注意が必要である。しかし，ジルコンやガラスの場合はあまり考慮しなくても良い (西村，1970)。

温度は，以前の track が消失するまで熱せられていることが必要である。例えば，セイロンの煉瓦の試料で，数万年から数千年の種々の年代を得た。このことは一部温度の上昇が不足していることを示している。

次に，ガラスの場合，中性子照射を行なう場合，その照射孔の γ 線が強いときは一部 track が fading を起しているらしいことがわかったので注意することが必要である。現在，その影響を実験で求めている。

6. 中性子束の測定

(2) 式で，中性子束を何らかの方法で求めることが必要となる。原子炉の中性子束は，制御棒の位置，試料の影響で変動していることが多く，公称の中性子束を用いることは出来ない。また， U や Th の核分裂反応断面積は中性子のエネルギーにも依存しているので，直接天然ウランを電着し雲母を重ねて核分裂の計数による方法でその都度求めることが必要である (橋本他，1969)。

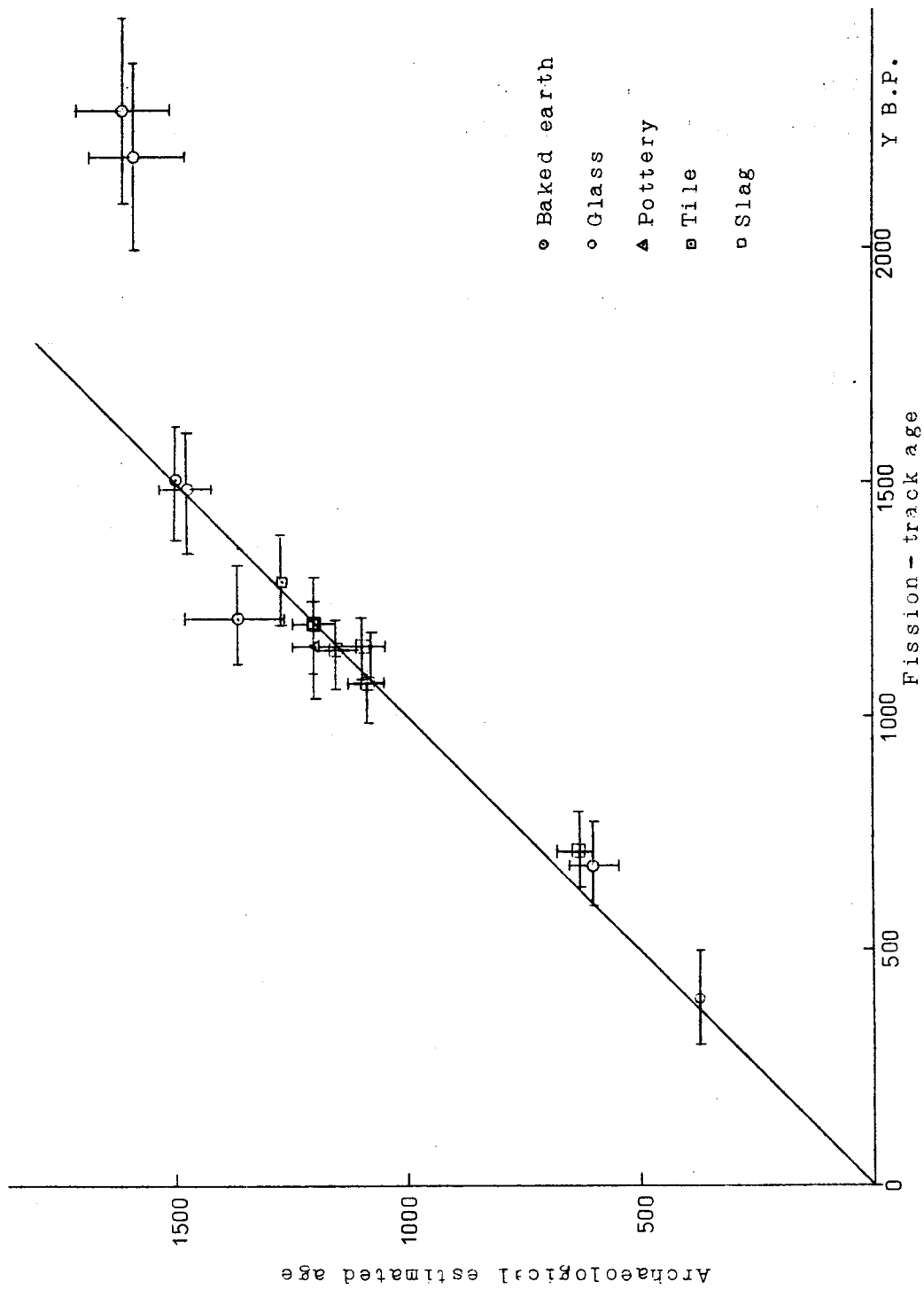
7. 現在までの結果

以上の事柄を考慮すれば、かなり精度よくその年代を決定することが出来る。現在までに得られた結果を第1表と第1図に示す。ここで、 λ_f としては $6.85 \times 10^{-17} (y^{-1})$ を採用した。

Table 1 Uranium contents and fission-track ages of some remains.

Sample and locality	Uranium content g/g	Fission-track age y. B.P.	Archaeological estimated age
Baked earth			
Zircon (Hisai)	0.83×10^{-3}	1500	480 $\pm$ 10 A.D.
Zircon (Nisshin)	0.34×10^{-2}	1300	690 $\pm$ 10 A.D.
Zircon (Fuso-3)	0.40×10^{-2}	700	1280 $\pm$ 50 A.D.
Zircon (Hirakata, H 3,6,8)*	0.35×10^{-2}	2200	Yayoi
Zircon (Ise, Hata, I 167)*	0.80×10^{-2}	2300	Yayoi
Zircon (Sakai, TG 41)*	0.88×10^{-2}	1220	500-700 A.D.
Pottery			
Zircon (Nagaoka)	0.74×10^{-3}	1150	
Tile			
Zircon (Nagaoka)	0.81×10^{-3}	1250	
Zircon (Nagaoka)	0.85×10^{-3}	1200	
Zircon (Nagaoka)	0.79×10^{-3}	1200	
Openning of folge			
Zircon (Arai)	0.72×10^{-3}	1150	Late Heian
Slag			
Glass (Ichinomiya)	0.50×10^{-5}	1330	
Glass (Wake)	0.42×10^{-4}	1150	Nara-Heian
Glass (Wake)	0.39×10^{-4}	1050	Early Heian
Glass (Wake)	0.39×10^{-4}	1150	Early Heian
Glass (Wake)	0.39×10^{-4}	1100	Early Heian
Glass (Odatemori)	0.24×10^{-4}	720	Kamakura
Glass (Shiraishi)	0.53×10^{-3}	1160	Late Heian
Glass (Shiraishi)	0.54×10^{-3}	1090	Late Heian
Glass (Shiraishi)	0.53×10^{-3}	1070	Late Heian
Glass ball (Uji)	0.21×10^{-4}	1480	
Glaze on a bowl (Toki)	0.32×10^{-5}	400	Keicho-2

T * Tokieda and Nishimura



文 献

Fleischer, R.L. and Price, P.B. (1964).

Geochim. Cosmochim. Acta, 28, 755-760.

橋本哲夫・岩田志郎・西村 進・中西 孝・阪上正信(1969), 第9回日本アイソトープ会議報
文集, 231~234.

西村 進(1968), 考古学と自然科学, 1, 46~50.

西村 進(1970), 岩鉱, 印刷中.

阪上正信(1968), 考古学と自然科学, 1, 32~45.

笹嶋貞雄・西村 進 (1970), 核反応生成物による宇宙空間物質の研究, 98~110.

Spadavecchia, A. and Halm, B. (1967), Helv. Phys. Acta, 40,
1063~1079.