

## 年代標準試料の LA-ICP-MS-FT 年代測定結果

長谷部徳子\*・荒井章司\*\*

### LA-ICP-MS-FT dating of age standards

Noriko Hasebe\* and Shoji Arai\*\*

\* 金沢大学自然計測応用研究センター, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ.

\*\* 金沢大学理学部地球学教室, Dept. Earth Sciences, Kanazawa Univ.

#### はじめに

フィッシュントラック年代測定に LA-ICP-MS によるウラン濃度の定量を利用する可能性について、照射試料との比較 (Hasebe et al., 2004) やエッチングが与える影響についての吟味 (Hasebe et al., in press) がされてきた。それを受けて実践的な年代測定のための測定条件や年代標準試料の年代決定結果について紹介する。

#### LA-ICP-MS の設定

表 1 に LA-ICP-MS の設定についてまとめる。

レーザーの径を 20  $\mu\text{m}$  に絞ることによって、トラック密度を計測する面積を 10  $\mu\text{m}$  四方のグリッドで 2 $\times$ 2 を最小測定面積とすることができる。もっと広い範囲を計測できる場合は、一粒子から複数の

ウラン濃度を得、その平均を粒子の濃度とし、さらに測定誤差を年代値に反映させることができる。

またレーザーの shot 数は、トラックの半長分の深さからのみ、ウラン濃度を測定するように決めた。実際にレーザーで鉱物上にあけられた穴の形状を測定すると、アパタイトについてはおおむね半トラック長分の深さとなっていたが、ジルコンに関してはもくろみより浅かったため、改善の余地がある (詳細については伊藤・長谷部, 本号)。

内部標準元素として、アパタイトには  $^{43}\text{Ca}$  をジルコンには  $^{29}\text{Si}$  を利用した。内部標準元素の選択がどのように測定に影響を与えるのか、NIST612 のウラン濃度を測定し、既知の値と比較することによって評価したところ、系統的な影響は見られなかった。

表 1. LA-ICP-MS 測定のセッティング

<b>ICP-MS</b>	
Model	7500s (Agilent)
Forward power	1200 W
Reflected power	1 W
Carrier gas flow	1.20 l min <sup>-1</sup> (Ar)
	0.3 l min <sup>-1</sup> (He)
Auxiliary gas flow	1.0 l min <sup>-1</sup>
Plasma gas flow	15 l min <sup>-1</sup> (Ar)
Cones	Pt sample cone Pt skimmer cone
<b>Laser</b>	
Model	GeoLas Q+ (MicroLas)
Wavelength	193 nm (Excimer ArF)
Repetition rate	4 Hz (Ap) 5 Hz (Zr)
Energy density at target spot diameter	8 J cm <sup>-2</sup> 20 $\mu\text{m}$
Number of shots	40 (Ap) 30 (Zr)
<b>Standard</b>	
External standard	NIST610
Internal standard	$^{43}\text{Ca}$ (Ap) $^{29}\text{Si}$ (Zr)

#### 年代標準試料の年代測定

以下の式に従って年代測定を行うと、いくつかの定数は、変動する可能性がある。

$$t = \frac{1}{\lambda_D} \ln \left( 1 + \frac{\rho_s \lambda_D M}{\lambda_f N_A^{238} U d R_{sp} k} \right)$$

ここで、 $\lambda_D$  は  $^{238}\text{U}$  の全壊変定数、 $\lambda_f$  は  $^{238}\text{U}$  の自発核分裂壊変定数、 $M$  は  $^{238}\text{U}$  の質量数、 $N_A$  はアボガドロ数、 $\rho_s$  は自発トラック密度、 $^{238}\text{U}$  は  $^{238}\text{U}$  の重量濃度、 $d$  は鉱物の比重、 $R_{sp}$  は registration factor でトラックの半波長、 $k$  は測定システムによる定数。

$\lambda_f$  については、最近のいくつかの研究結果から、 $8.46 \times 10^{-17} \text{ a}^{-1}$  (Spadavecchia and Hahn, 1967)

が支持されているが、他の定数 ( $d, R_{sp}, k$ ) についてはどの値を選ぶかによって年代値に違いが出てくる。その影響を評価したのが図1である。

また既に公表済みのデータも含めて、金沢大学のシステムで測定した年代標準試料の測定結果を表2にまとめた。 $\chi^2$ 検定に多くの試料が不合格となり、今後の課題である。

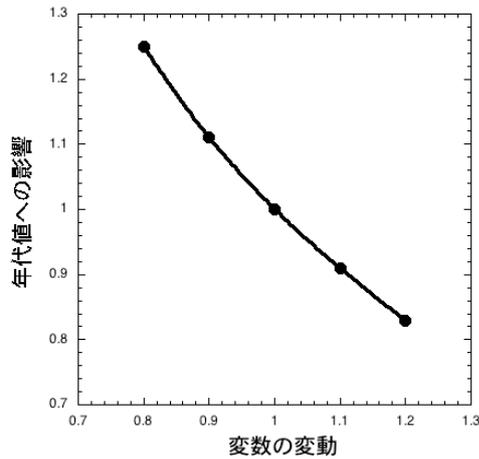


図1. 年代式中の定数を選ぶことで年代値にどれくらい影響が出るかを図示したもの。縦軸・横軸とも、基準を1とし、その基準値に対して数値を乗じた場合年代値が基準値の何倍になるかをあらわした。

表2. 年代標準試料試料の測定結果

試料	分析粒子数	平均ウラン濃度 (ppm)	測定自発	自発トラック	年代 (Ma)	誤差 ( $\sigma$ ) (Ma)	$P(\chi^2)$ (%)
			トラック数	密度 ( $10^6/\text{cm}^2$ )			
apatite							
DUR	1	12.0	295	0.2	32.3	1.9	
MDC	41	13.5	754	0.7	116.3	4.4	<0.1
zircon							
BM 4	17	121.6	713	1.0	16.9	0.7	26
FCT	13	413.6	1011	5.2	26.3	1.0	<0.1
MDC	9	421.5	1013	20.5	101.9	4.2	<0.1
NST	25	234.7	974	2.9	24.9	0.9	6

年代値は粒子年代の加重平均をとった。 $P(\chi^2)$ 値は、 $\chi^2 = \sum_i \left( \frac{t_i - \bar{t}}{\sigma_i} \right)^2$  として計算した。ただし  $t_i$  は粒子年代で、 $\bar{t}$  は加重平均年代である。

## 謝辞

本研究の一部は三谷研究開発支援財団の平成17年度研究助成金による。

## 文献

- Hasebe, N., Barbarand, J., Jarvis, K., Carter, A. and Hurford, A.J., 2004, Chem. Geol., 207, 135-145.
- Hasebe, N., Carter, A., Hurford, A.J. and Arai, S., (in press), Geological Society Special Publication "Thermochronological methods: from palaeotemperature constraints to landscape evolution models"
- Spadavecchia, A. and Hahn, B., 1967, Helv. Phys. Acta, 40, 1063-1079.