

ジルコンのF T法によるバイアスカルデラの熱履歴の評価およびジルコンの閉鎖温度の推定

電力中央研究所 伊藤久敏

はじめに

米国ニューメキシコ州のバイアスカルデラのボーリングコア（コア名：VC-2B、掘削深度：1762m、最深部の温度：約300℃）を用いてジルコンのF T年代、トラック長測定を行った。今回の目的は、バイアスカルデラの熱履歴を評価するとともに、既存の豊富なデータ（放射年代、古地磁気、流体包有物など）をもとにジルコンの閉鎖温度を推定することである。

バイアスカルデラ地域は、約1.4Maに形成された古いカルデラと約1.0Maに形成された新しいカルデラ（これをバイアスカルデラという）からなる。コアはおおよそ深度600mまでがこれらのカルデラの噴出物、600～800mが新第三紀の火山噴出物、800～1300mが二畳紀の堆積岩類、1300～1550mが石炭紀の堆積岩類、1550m以深が先カンブリア紀の石英モンゾニ岩となっている（図1）。

実験と結果

試料は異なる深度の4箇所から得、それらをVC2B1～VC2B4とした（図1）。F T年代測定はED1で行い、 $385.6 \pm 8.4(1\sigma)$ の t 値を用いた。得られた年代値（表1）はVC2B1がエッチング時間により著しく異なる年代となり約30～120Ma、他の試料は有異な差がなく約450～600Maとなった。

トラック長測定はジルコンの研磨面に平行なTINTを用い、トラックの先端が丸くなっているものを測定対象にした。実験の結果（図2）、すべての試料でトラック長の短縮がみられた。本来の自発トラック長を $10.5\mu\text{m}$ とすれば、最深部のVC2B4試料で46%の短縮率となった。また、より深部の試料ほどトラック長の短縮の程度が大きくなる傾向が見られた。

考察

バイアスカルデラの熱履歴

トラック長が短縮していることから、得られた年代値は熱により若返った年代を示している。VC2B2、3、4の試料は約450～600Ma（先カンブリア時代～古生代オルドビス紀）となり、トラック長の短縮率が最も小さいVC2B2で約3割である。熱により、トラック長とトラック密度は必ずしも1:1の関係で減少するわけではない（Tagami, et al., 1990）が、この程度の短縮率では、ほぼ1:1の関係があるとみてよいと考えられる。従って、上述の3試料をトラック長の短縮率から補正すれば、少なくともこれら3試料は先カンブリア時代（575Ma以前）に生成されたものであると考えられる。

得られた年代値はより地下深部（従ってより高温）の試料ほど若い年代を示すという関係（例えば、Zaun & Wagner, 1985）が見られない。これは、山形県肘折

カルデラでも同様であった (Ito, 1993)。両者は、最近 (第四紀) の火山活動により形成されたカルデラであることが共通する。このような地域では、必ずしも地下深部ほどより強い熱影響を受けるとは限らないと考えられる。すなわち、マグマの貫入に伴う高温の流体の侵入等のために、より浅部でも強い熱影響を受けることがあり、得られた年代値はこれらのことを反映していると考えられる。

ジルコンの閉鎖温度

ジルコンの閉鎖温度について、おおよそ以下の様に見積ることが出来る (なお、以下の議論は本報告の口頭発表時に受けた指摘に基づき、訂正したものです。)

まず、VC2B3とVC2B4の試料はほぼ現在の温度が290°Cで50%の短縮率を示している。閉鎖温度を求めるには過去の熱履歴 (特に最高到達温度とその継続時間) がわかっている必要がある。今回の試料では古地磁気学から二畳紀の地層が約1.5~1Maの間に約300°Cの加熱を受け、現在までこの温度以上にはならなかった (Geismann, 1988) としている。また、二畳紀の地層中の石英や方解石の脈中の流体包有物の温度測定から最高到達温度は270~285°Cと推定 (Sasada, 1988) されている。さらに二畳紀の地層中に生じた熱水鉱床からバイアスカルデラの形成時に部分的に300°Cに達した (Keith, 1988) とされている。

これらの結果と、1Maのバイアスカルデラ形成後、0.1Maまで流紋岩の貫入があり、現在も高熱地域であるということから、上記の2試料 (VC2B3, VC2B4) は最近の100万年間に、ほぼ均一の約290°Cの最高到達温度を被ってきたとおおまかに仮定してよいと考えられ、このために約50%の短縮を被った。同様に、VC2B1は100万年間に約220°Cの温度で、約70%の短縮を被り、VC2B2は100万年間に約250°Cの温度で、約70%の短縮を被ったと考えられる。

ここで、トラック長の短縮率とトラック密度の減少率の関係が再び問題となる。本試料について、直接この関係は得られていないので、Tagami et al. (1990) を参照すると約60%のトラック長の短縮が生じたときにトラック密度は半減する (ここでは、Dodson (1979) よりトラック密度の半減する温度を閉鎖温度と定義する)。本報告で、トラック長短縮率が約60%になるのは、VC2B3, 4とVC2B1の結果からは約270°Cと推定され、また、VC2B3, 4とVC2B2の結果からは約250°Cと推定される。以上より、おおよその見積として、100万年間に250~270°Cの温度を被ればトラック長短縮率は60% (従って、トラック密度は半減) するものと考えられ、ジルコンの閉鎖温度として、100万年の加熱期間では250~270°Cであることが推論される。

文献 Tagami et al. (1990) Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.) 80, 159-169. Zaun and Wagner (1985) Nucl. Tracks 10, 303-307. Ito (1993) Nucl. Tracks Radiat. Meas. (in submission). Geismann (1988) J. Geophys. Res. 93, 6001-6025. Sasada (1988) J. Geophys. Res. 93, 6091-6096. Keith (1988) J. Geophys. Res. 93, 6068-6076. Dodson (1979) Lectures in Isotope Geology. Springer-verlag, pp.194-202. Hulen and Gardner (1989) Earth Sci. Lab. Univ. Utah Research Inst., 92pp.

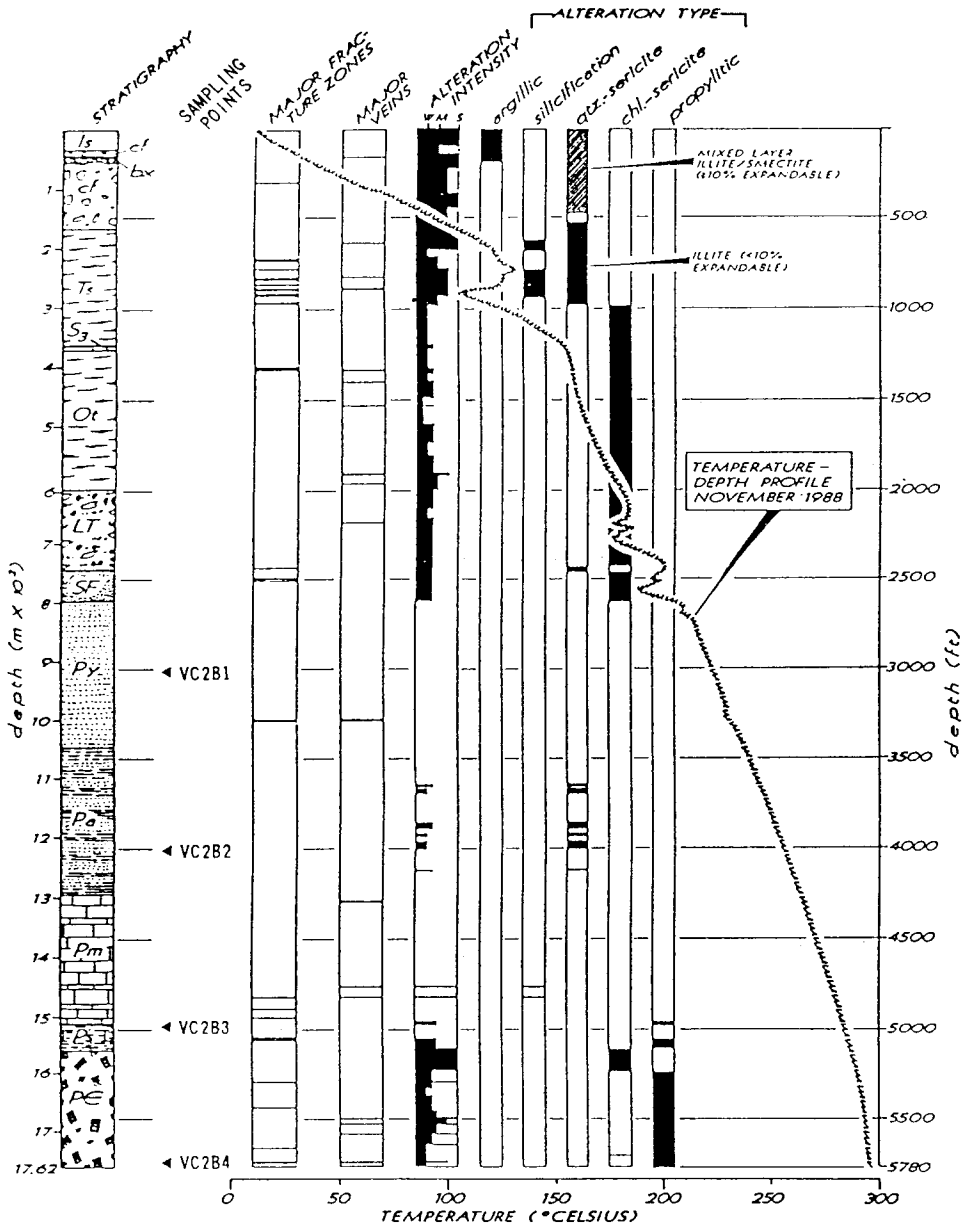


Fig.1 Summarized geologic log for VC-2B core hole and sampling points (after Hulen and Gardner, 1989).

ls--limestone; cf--caldera-fill clastic rocks; bx--hydrothermal breccia and dacite porphyry; Ts--Tshirege Member of Bandelier Tuff; S₃--S₃ clastic deposits; Ot--Otowi Member of Bandelier Tuff; LT--Lower Tuffs; SF--Santa Fe Group sandstone; Py--Permian Yeso Fm; Pa--Permian Abo Fm; Pm--Penn. Madera Limestone; Ps--Penn. Sandia Fm; PC--Precambrian quartz monzonite.

Table 1 Zircon fission track analytical data of VC-2B core.

Sample code	Depth (ft.) (m)	Temp. (°C)	Etch. time (hr.)	Number of grains	Spontaneous number density ($\times 10^4 \text{cm}^{-2}$)	Induced number density ($\times 10^4 \text{cm}^{-2}$)	$P(\chi^2)$	Dosimeter number density ($\times 10^4 \text{cm}^{-2}$)	Age $\pm 1\sigma$ (Ma)				
VC2B1-1			7	4	455	10.79	85	2.02	15	1163	1.156	118 \pm 14	
VC2B1-2			15	4	546	4.75	235	2.04	<0.1	1158	1.151	51.3 \pm 4.3	
VC2B1-3			16	6	461	3.21	326	2.27	5	1153	1.146	31.2 \pm 2.4	
VC2B1	3005	916	222	14									
VC2B2	4003	1220	256	6	10	2722	24.1	108	0.955	25	1168	1.161	<u>541 \pm 55</u>
VC2B3-1			7	5	447	24.5	17	0.934	5	1177	1.170	567 \pm 141	
VC2B3-2			13	4	430	17.3	23	0.923	20	1173	1.166	407 \pm 88	
VC2B3	4978	1517	283	9								<u>452 \pm 75</u>	
VC2B4-1			2.7	6	1470	34.1	58	1.34	15	1187	1.180	552 \pm 76	
VC2B4-2			6	5	1183	28.7	38	0.922	35	1182	1.175	669 \pm 112	
VC2B4	5773	1759	294	11								<u>589 \pm 63</u>	

Ages calculated using $\zeta = 385.6 \pm 8.4$ (1σ error). Dosimeter glass SRM 613 used. $P(\chi^2)$: probability of obtaining χ^2 value for ν degrees of freedom (where $\nu = \text{number of grains} - 1$) (Galbraith, 1981). Ages underlined are adopted. Age of VC2B3 is weighted mean of VC2B3-1 and VC2B3-2. Age of VC2B4 is weighted mean of VC2B4-1 and VC2B4-2. Note ages of VC2B1-1, -2, -3 differ greatly according to etching time (or spontaneous track density).

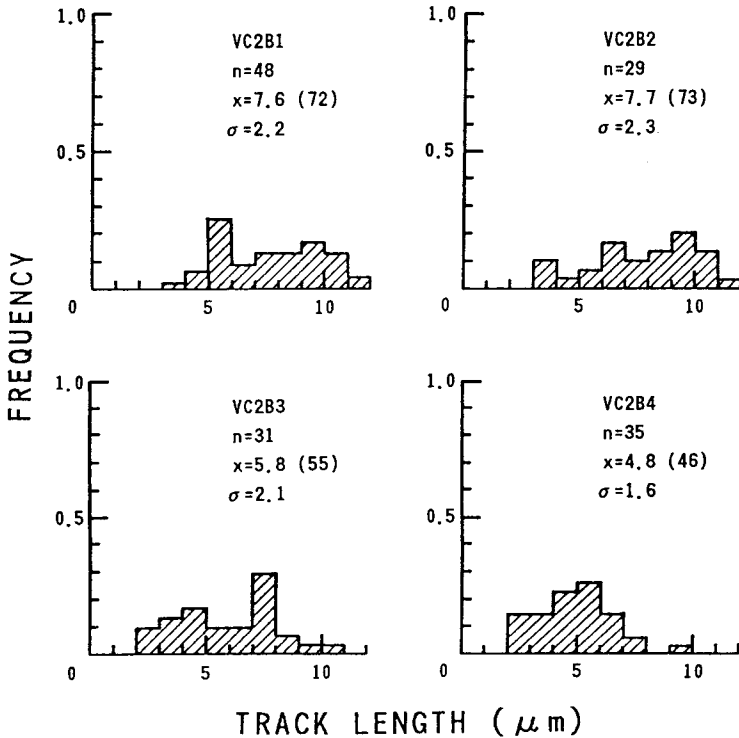


Fig. 2 Confined spontaneous track length distributions observed in zircons from VC-2B core.

n: number of tracks measured, x: mean track length and track length reduction ratio (%) in parentheses (non-annealed track length is assumed 10.5 μm), σ: standard deviation of track length distributions.