

神戸層群北畑凝灰岩に含まれる軽石中の黒雲母の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定

郷津 知太郎¹⁾・谷 保孝²⁾・竹下 浩征¹⁾・兵藤 博信³⁾

要旨 火山碎屑物の年代決定は火山活動時期や上下の層準の堆積年代の推定に重要である。本調査では神戸層群の北畑凝灰岩の噴出年代を決定するため、軽石火山礫凝灰岩に含まれる軽石から抽出した黒雲母について $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定を試みた。神戸層群の放射年代としてはフィッシュン・トラック年代（ジルコン）および K-Ar 年代（黒雲母）が得られているが、放射年代の新旧と層序の上下関係とは必ずしも一致しない。このことについて、谷・中川（2001）は黒雲母の化学組成の検討を行い、凝灰岩中に基盤の花崗岩由来の黒雲母が含まれる可能性があること、および凝灰岩の年代値が基盤岩の年代の影響を受けている可能性があることを指摘した。

本調査では北畑凝灰岩層の軽石火山礫凝灰岩からまず軽石のみを取り出し、その軽石から黒雲母を抽出した。この前処理により黒雲母の年代値は基盤岩の影響を受けることがなく、凝灰岩の噴出年代を測定する事ができる。年代測定は黒雲母の単結晶（直径 0.5mm 程度）を用いた $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法によって行った。脱ガスには段階加熱法を用いた。黒雲母 3 粒子の年代測定を行った結果、変質等の影響を受けていないと考えられる年代として 38 ~ 39Ma が得られた。この年代は先行研究の K-Ar 年代と調和的である。またこの結果は、神戸層群の基質中に含まれていると考えられる花崗岩起源の黒雲母が、神戸層群の K-Ar 年代にはほとんど影響を与えていなかったことを示唆している。

キーワード：神戸層群，北畑凝灰岩，噴出年代，後期始新世，黒雲母， $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法

1. はじめに

火山碎屑物の年代決定は火山活動時期の決定だけでなく、層序を検討する際に当該層準およびその上下の層準の堆積年代の推定にも重要である。そのため凝灰岩などの火砕岩中の鉱物を抽出し、K-Ar 法やフィッシュン・トラック法でその放射年代を測定する事が広

く行われている（神戸層群においては例えば、尾崎・松浦，1988；尾崎ほか，1996，弘原海・ギェム，1994 など）。

ただし火砕岩中には本質的粒子だけでなく、周囲の堆積物や異なる時期に活動した火山碎屑物などの類質物質または異質物質が含まれる場合がある。例えば凝灰岩を採集し、そのまま鉱物分離を行った場合、本質

Engineering Geology of Japan, No. 1, 19-25 (2011)

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of biotite in pumice from the Kitahata tuff layer of the Kobe Group.
Chitaro Gouzu¹⁾, Yasutaka Tani²⁾, Hiroyuki Takeshita¹⁾, Hironobu Hyodo³⁾

¹⁾ Hiruzen Institute for Geology and Chronology Co., Ltd., 2-5 Nakashima, Naka-ku, Okayama 703-8252, Japan

²⁾ Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology, 5-16-1 Omiya, Asahi Ward, Osaka City, Osaka 535-8585, Japan

³⁾ Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan

¹⁾ 株式会社森山地質年代学研究所
〒703-8252 岡山県岡山市中区中島 2 番地 5

²⁾ 大阪工業大学工学部
〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1

³⁾ 岡山理科大学自然科学研究所
〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町 1-1

鉱物に類質鉱物や異質鉱物が混じる恐れがある。そこで蒜山地質年代学研究所（以下、当社）では K-Ar 年代測定用の火砕岩の試料採集について相談を受けた場合には、溶結した試料、または軽石の収集を勧めている。試料を採集する層準に類質粒子または異質粒子が混入していても、その層準が溶結していれば溶結時の加熱により、類質粒子または異質粒子中の K-Ar 系はリセットされている可能性がある。また軽石は火山砕屑物であることがわかっており、噴出時に内部の鉱物の K-Ar 系はリセットされると考えられるので、同じ特徴を持つ軽石のみを収集し、そこから鉱物分離を行えば本質鉱物のみを濃集する事ができる。

しかしこうした条件を満たす火砕岩について年代測定用に十分な量を収集するにはしばしば多大な労力を要する。特に軽石は密度が低いので、同重量の通常の岩石と比較して大きな体積を持ち、試料量がかさむ。体積にして 4～5 リットルもの軽石を要することも珍しくない。またその軽石を用いて鉱物分離を行う作業にも大きな労力を要する。軽石は多孔質であることから洗浄に手間がかかる他、特に 1Ma 前後、またはそれよりも若いと予想される試料については、不純物による混染を防ぐため、当社ではその全量を鉄乳鉢で砕いて処理をしている。

本調査ではこれらの問題を解決する事例研究として、単結晶の鉱物粒子を試料とし、段階加熱法を用いた $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法による凝灰岩の年代測定を試みた。測定を行った岡山理科大学の装置では、段階加熱による多段階の脱ガスとそれぞれの段階で得られたガスを用いた年代測定を鉱物粒子 1 粒子で実施可能である（兵藤ほか、1994）ため、必要とする試料量は非常に少なく済む。また段階加熱法を用いることで、多少試料が変質を受けていても、本質的な年代が得られる可能性がある。対象試料として神戸層群中の北畑凝灰岩層から採集した軽石火山礫凝灰岩を採用した。試料はボーリングコア試料で、試料量は少量かつ限定されている。また、試料は半固結状態であり、軽石のみを必要量だけ取り出すことは困難であるが、単結晶の鉱物粒子を用いた $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法を用いることにより、比較的容易に噴出年代を決定する事が可能であると考えた。

神戸層群の放射年代として、フィッシュン・トラック年代（ジルコン）では $30.4 \pm 2.5\text{Ma} \sim 36.9 \pm 2.3\text{Ma}$ 、K-Ar 法（黒雲母）で $36.0 \pm 0.8\text{Ma}$ および $36.8 \pm 0.8\text{Ma}$ が報告されている（例えば尾崎ほか、1996）。これらは火山砕屑物の噴出年代を示していると考えられる。また、この中で北畑凝灰岩のフィッシュン・トラック年代（ジルコン）は $35.9 \pm 2.1\text{Ma}$ （尾崎・松浦、

1988）、 $33.3 \pm 2.7\text{Ma}$ （弘原海・ギェム、1994）、K-Ar 年代（黒雲母）は $36.8 \pm 0.8\text{Ma}$ （尾崎・松浦、1988）とされている。

既存の放射年代は上記の様におよそ後期始新世～前期漸新世にまとまっている。一方、谷・中川（2001）は神戸層群の凝灰岩層は再堆積過程を経て定置した部分が多いことを指摘するとともに、黒雲母の化学組成を検討し、軽石中と基質中とで黒雲母の化学組成が食い違う例や、基質の黒雲母と基盤である花崗岩の黒雲母との化学組成の類似性を指摘した。そして尾崎・松浦（1988）や尾崎ほか（1996）の年代測定結果において、放射年代の新旧と層序の上下関係とが一致しない理由として、花崗岩由来の鉱物が凝灰岩の基質中に混入しているために、その影響を受けた可能性があると考えた。本小論においては、北畑凝灰岩に含まれる軽石の中の黒雲母の年代を直接測る事で、花崗岩由来の鉱物の影響を除外する。

2. 試料概説

北畑凝灰岩層は神戸層群吉川累層吉安砂岩泥岩礫岩部層の砂岩泥岩礫岩相に位置する層厚数 m～10 数 m の凝灰岩層で、級化層理の繰り返しが認められる軽石火山礫凝灰岩がよく発達するのが特徴である（尾崎・松浦、1988）。

試料採集地点（図 1；Loc. 1）の北畑凝灰岩層は、層厚が 12.5m で、粗粒凝灰岩を主体とし、ほかに軽石火山礫凝灰岩、細粒凝灰岩などを含む。本調査で用いる試料 B2-25A は軽石火山礫凝灰岩である。試料中には軽石の他、結晶片として斜長石、石英、黒雲母、角閃石（普通角閃石）、不透明鉱物が認められ、まれにジルコンを含む。軽石の斑晶鉱物としては、斜長石（長径 3.25mm 以下）、黒雲母（長径 1.40mm 以下）、不透明鉱物（長径 0.20mm 以下）、石英（長径 1.00mm 以下）、ジルコン（長径 0.15mm 以下）およびアパタイト（長径 0.25mm 以下）が認められる。一般に、これらの斑晶鉱物の自形性は高いが、一部の石英は融食形や丸みを帯びた角を持つ。また、斑晶鉱物は単体で産することが多いものの、斜長石の一部は集斑をつくる。気泡は一般に微細な繊維状であるが、斑晶鉱物の周辺では粗くなる場合もある。なお、鏡下でみる限り、斑晶鉱物は極めて新鮮である。

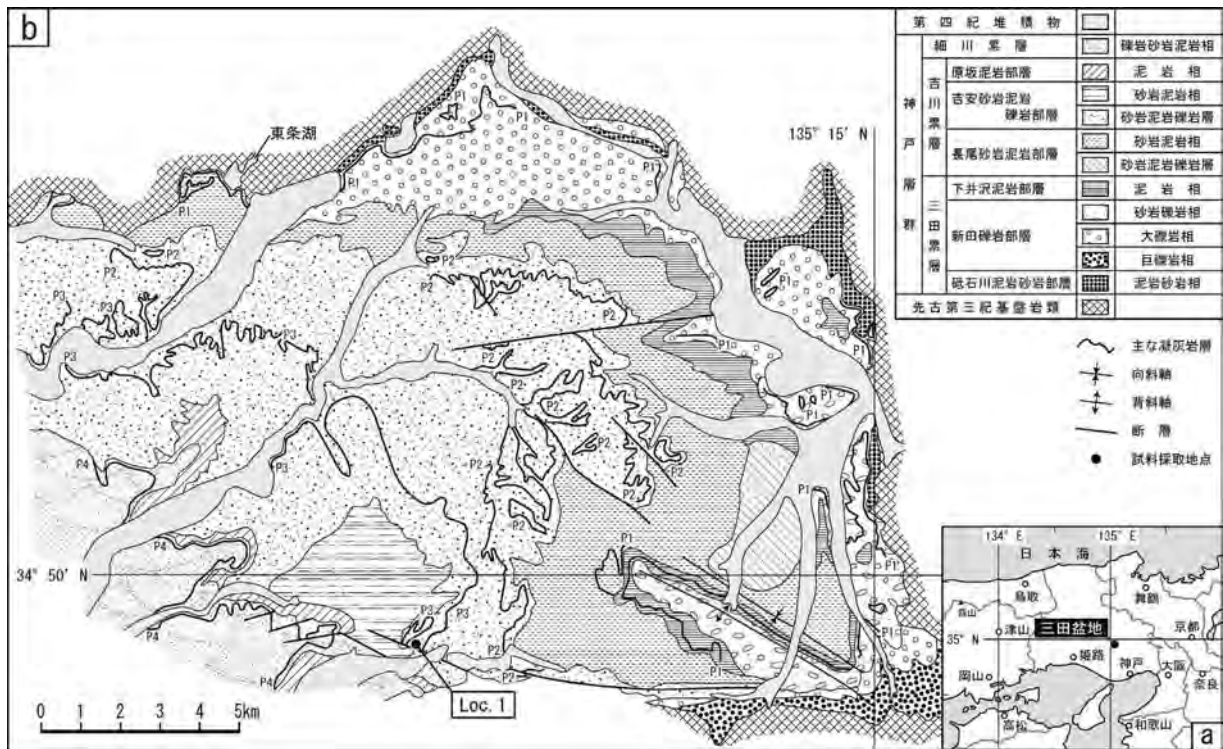


図1 三田盆地の地質概略. a: 近畿地方における三田盆地の位置図. b: 三田盆地の地質概略図(尾崎・松浦, 1988を基に作成)および試料採集地点. P1, P2, P3, P4はそれぞれ東条湖凝灰岩層, 上久米凝灰岩層, 北畑凝灰岩層, 石上山凝灰岩層の分布を示している.

3. 年代測定

本調査では年代測定対象鉱物として黒雲母を選定した. 黒雲母はK(カリウム)を多く含む鉱物であること, また鏡下観察によって変質をほとんど受けていないことが確認されたためである. 試料中の本質的な黒雲母を抽出するために, 以下の手順に従って試料処理を行った後, 年代測定を行った.

3-1. 試料処理

3-1-1. 軽石の選定

まず試料中において長径が2cm程度の軽石を3粒選択した(図2-a). 本試料(B2-25A)中の軽石は塊状にガラス化しており, 特に軽石の中心付近では半透明の塊状のガラスとなっている(図2-b). 軽石が塊状にガラス化していることで, 空隙が無いことから試料処理の過程で軽石内部に類質または異質の岩片や鉱物の混入が起こりにくいと考えられる.

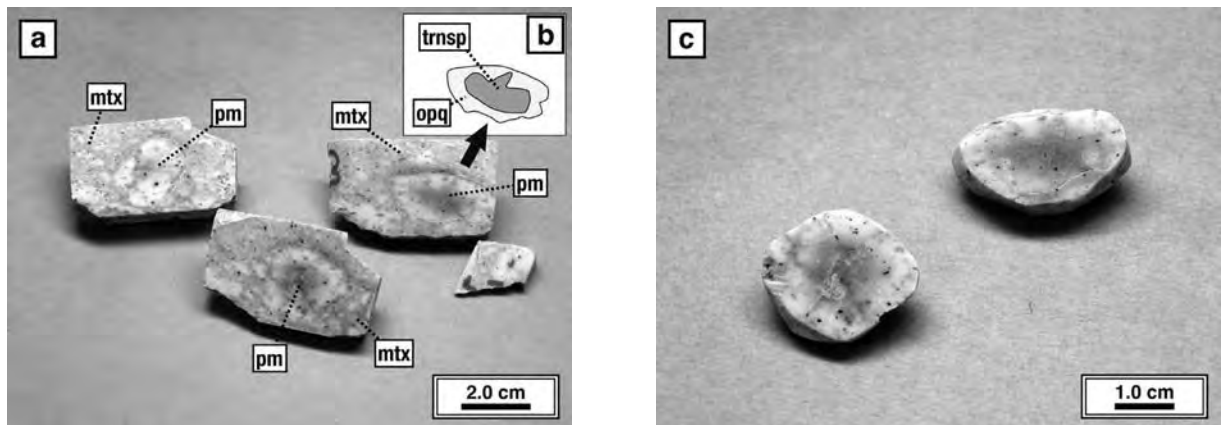


図2 試料「B2-25A」中から切り出した軽石の外観. a: 試料「B2-25A」から切り出した直後の試料チップの状況. 軽石は周囲の基質と共に切り出した. 軽石, 基質ともに塊状にガラス化し堅硬である. pm: 軽石部分, mtx: 基質部分. b: 軽石内部に認められる構造の模式図. 中心部分は半透明の稠密なガラスとなっている. trns: 半透明部分, opq: 不透明部分. c: 基質を除去し, 周囲を研磨した軽石の状況.

3-1-2. 軽石の切り出しと洗浄

はじめに小型の岩石カッターを用いて軽石を含む領域をスラブ状に切り出した(図2-a)。次に軽石の周囲の形状を岩石カッターで整えた後、ダイヤモンド粒子が電着されたディスクを用いて軽石のみが残る様に周囲を削った。その後切断面を含む軽石全体を#800番の研磨剤を用いて研磨した(図2-c)。研磨した軽石は超音波洗浄器にて純水中で洗浄を2度行い、乾燥させた。

3-1-3. 軽石から黒雲母の抽出

3粒の軽石をそれぞれ鉄乳鉢で軽く粉碎した後、混ぜ合わせ、#30～#40メッシュ・サイズに整粒した。整粒した試料は純水で超音波洗浄し、乾燥させた。その後アイソダイナミックセパレーターで黒雲母を濃集させた。濃集した黒雲母の中から粒径0.5mm程度で軽石や他の鉱物などの不純物が付着していない粒子を、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 分析用の黒雲母として実体鏡下でピンセットを用いて手選した。

3-2. 中性子照射

分析用の黒雲母は直径16mm、厚さ3mmの純アルミ製トレイ上に穿った直径2mmの孔に単結晶試料を1孔につき1粒ずつ収めた。この時、J値(中性子照射の条件を示す値)を測定するための年代標準試料(3粒)、Ca補正およびK補正用標準試料(各1粒)を同じトレイに配置した。年代標準試料は3gr-角閃石(Roddick, 1983)で年代値は $1072 \pm 10\text{Ma}$ である。Ca補正、およびK補正用標準試料はそれぞれ CaSi_2 、合成 KAlSi_3O_8 ガラスである。トレイは数個ずつ重ねたあと、石英ガラス管の中に真空封入した。試料の入った石英ガラス管は専用容器に入れ、京都大学原子炉実験所の研究用原子炉(KUR, 5MW)にて中性子の照射を行った。中性子密度はおよそ $3.9 \times 10^{13}\text{n/cm}^2/\text{sec}$ でありほぼ均質である(Hyodo *et al.*, 1999)。照射後、試料は原子炉の保管施設で3ヶ月以上冷却させて放射線量を下げた後、年代測定に供した。

3-3. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定

段階加熱法による測定に当たり、試料の加熱には最大出力5Wのアルゴンイオン連続レーザーを用いた。各温度段階における試料の温度は赤外温度計(誤差約 3°C :兵藤ほか, 1995)で測定した。試料は各設定温度で30秒間加熱してガスを抽出し、 400°C に保ったゲッター(SAES Zr-Alゲッター:St101)で5分間精製し活性ガスを除去した。

精製したガスは岡山理科大学自然科学研究所の希ガ

ス用質量分析計(分解能400以上)に導入しAr同位体の量を測定した。抽出系のブランクは ^{36}Ar , ^{37}Ar , ^{38}Ar , ^{39}Ar , ^{40}Ar の各同位体に対し、それぞれおよそ 5×10^{-14} , 3×10^{-14} , 3×10^{-14} , 3×10^{-14} , $2 \times 10^{-12}\text{ccSTP}$ である。年代値計算に使用した壊変定数は、Steiger & Jäger (1977)の $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10}/\text{year}$, $\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10}/\text{year}$ である。但し λ_e は ^{40}K から ^{40}Ar への壊変定数、 λ_β は ^{40}K から ^{40}Ca への壊変定数である。

4. 年代測定結果

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定分析においてJ値は同時に照射した3gr-角閃石試料から得られたJ値(0.0041759 ± 0.0000201)を用いた。

試料B2-25A中の軽石の中に含まれる黒雲母3粒子(Biotite01, Biotite02, Biotite03)それぞれについて、段階加熱法を用いた $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定を実施した結果、それぞれトータル年代として $37.4 \pm 0.3\text{Ma}$, $33.9 \pm 0.4\text{Ma}$ および $37.8 \pm 0.3\text{Ma}$ が得られた(表1, 図3)。

Biotite01では、中温部から高温部にかけてばらつきの少ない年代を示す(表1, 図3-a)。特に融解時とその前の2フラクション(加熱温度が $1,103^\circ\text{C}$, $1,119^\circ\text{C}$ のフラクション)の計3フラクションは連続している上に誤差の範囲で一致しており、その平均年代は $37.7 \pm 0.6\text{Ma}$ である。なお、この3フラクションで試料粒子(Biotite01)から得られた全ガス量の46.3%を占める。また、融解時とその前の5フラクション(加熱温度が $1,031^\circ\text{C}$, $1,051^\circ\text{C}$, $1,070^\circ\text{C}$, $1,103^\circ\text{C}$, $1,119^\circ\text{C}$ のフラクション)は $1,070^\circ\text{C}$ のフラクションと $1,103^\circ\text{C}$ のフラクションとの間で誤差の範囲を越えて異なる年代を示しているが、連続した6フラクション全体(全ガス量の72.4%を占める)としてみると一様であり、その平均年代は $38.0 \pm 0.5\text{Ma}$ である。

Biotite02は、低温部で年代の若返りを示す(表1, 図3-b)。また中温部から高温部にかけてのフラクションにおいて、比較的ガス量が多い(全体の18.8%を占める)にも関わらず前後のフラクションとは誤差の範囲を越えて若い年代を示すフラクション($34.2 \pm 0.4\text{Ma}$:加熱温度: $1,192^\circ\text{C}$)が認められた。

Biotite03では、中温部から高温部にかけてばらつきの少ない年代を示す(表1, 図3-c)。融解時とその前の4フラクション(加熱温度が $1,069^\circ\text{C}$, $1,111^\circ\text{C}$, $1,153^\circ\text{C}$, $1,201^\circ\text{C}$ のフラクション)の計5フラクションは連続している上に誤差の範囲で一致しており、その平均年代は $38.5 \pm 0.6\text{Ma}$ である。なおこの5フラクションで試料粒子(Biotite03)から得られた全ガス量

表 1-1 試料「B2-25A」中の黒雲母について段階加熱法を用いた $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定の結果(その 1)

Sample B2-25A Biotite 01						J value : 0.0041759 ± 0.0000201
T(°C)	Cum. ^{39}Ar	Atom.(%)	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	$^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_{\text{K}}$	Age(Ma)	
808	0.013	13.13	5.38 ± 0.30	0.133 ± 0.115	40.1 ± 2.2	
898	0.066	6.94	4.97 ± 0.09	0.019 ± 0.031	37.0 ± 0.7	
945	0.133	3.72	5.07 ± 0.07	0.000 ± 0.000	37.8 ± 0.6	
1007	0.276	3.09	4.83 ± 0.06	0.035 ± 0.011	36.1 ± 0.4	
1031	0.375	2.52	5.08 ± 0.08	0.000 ± 0.000	37.9 ± 0.6	
1051	0.459	3.72	5.14 ± 0.10	0.007 ± 0.018	38.3 ± 0.7	
1070	0.537	2.82	5.25 ± 0.09	0.007 ± 0.016	39.1 ± 0.7	
1103	0.687	4.38	5.00 ± 0.06	0.000 ± 0.000	37.3 ± 0.5	
1119	0.879	3.69	5.04 ± 0.07	0.005 ± 0.010	37.6 ± 0.5	
Fused	1.000	1.60	5.17 ± 0.07	0.000 ± 0.000	38.5 ± 0.5	
					Total age :	37.40 ± 0.26 Ma
					Averaged age (1031°C - Fused) :	37.95 ± 0.48 Ma
					Averaged age (1103°C - Fused) :	37.72 ± 0.59 Ma

表 1-2 試料「B2-25A」中の黒雲母について段階加熱法を用いた $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定の結果(その 2)

Sample B2-25A Biotite 02						J value : 0.0041759 ± 0.0000201
T(°C)	Cum. ^{39}Ar	Atom.(%)	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	$^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_{\text{K}}$	Age(Ma)	
597	0.025	99.49	0.22 ± 0.56	0.089 ± 0.089	1.7 ± 4.3	
705	0.047	97.25	0.86 ± 0.42	0.240 ± 0.115	6.4 ± 3.2	
812	0.074	81.24	3.07 ± 0.44	0.009 ± 0.106	23.0 ± 3.2	
918	0.125	54.94	4.13 ± 0.19	0.000 ± 0.000	30.9 ± 1.4	
960	0.163	40.24	4.42 ± 0.22	0.000 ± 0.000	33.0 ± 1.7	
1011	0.214	29.58	4.80 ± 0.17	0.017 ± 0.045	35.8 ± 1.2	
1033	0.259	28.71	4.63 ± 0.14	0.064 ± 0.033	34.5 ± 1.1	
1061	0.308	28.64	4.79 ± 0.18	0.046 ± 0.035	35.7 ± 1.3	
1084	0.366	22.29	5.14 ± 0.12	0.000 ± 0.000	38.3 ± 0.9	
1115	0.445	25.37	4.96 ± 0.11	0.058 ± 0.020	37.0 ± 0.8	
1155	0.567	27.21	5.10 ± 0.08	0.014 ± 0.019	38.0 ± 0.6	
1192	0.755	26.32	4.58 ± 0.05	0.030 ± 0.011	34.2 ± 0.4	
Fused	1.000	25.27	4.96 ± 0.12	0.012 ± 0.011	37.0 ± 0.9	
					Total age :	33.91 ± 0.38 Ma

表 1-3 試料「B2-25A」中の黒雲母について段階加熱法を用いた $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定の結果(その 3)

Sample B2-25A Biotite 03						J value : 0.0041759 ± 0.0000201
T(°C)	Cum. ^{39}Ar	Atom.(%)	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	$^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_{\text{K}}$	Age(Ma)	
800	0.017	22.52	5.19 ± 0.35	0.000 ± 0.000	38.7 ± 2.6	
904	0.079	9.28	5.34 ± 0.14	0.001 ± 0.044	39.8 ± 1.0	
954	0.147	7.20	5.22 ± 0.10	0.027 ± 0.044	38.9 ± 0.8	
1011	0.237	3.53	5.10 ± 0.10	0.040 ± 0.032	38.0 ± 0.8	
1022	0.295	6.18	4.78 ± 0.15	0.000 ± 0.000	35.7 ± 1.2	
1047	0.352	4.70	5.39 ± 0.12	0.017 ± 0.050	40.2 ± 0.9	
1069	0.417	8.30	5.11 ± 0.13	0.000 ± 0.000	38.1 ± 1.0	
1111	0.530	8.19	5.12 ± 0.08	0.008 ± 0.024	38.2 ± 0.6	
1153	0.680	3.16	5.25 ± 0.06	0.014 ± 0.022	39.1 ± 0.5	
1201	0.855	5.14	5.08 ± 0.09	0.010 ± 0.021	37.9 ± 0.7	
Fused	1.000	5.30	5.20 ± 0.10	0.051 ± 0.021	38.8 ± 0.8	
					Total age :	37.84 ± 0.32 Ma
					Averaged age (1069°C - Fused) :	38.45 ± 0.62 Ma

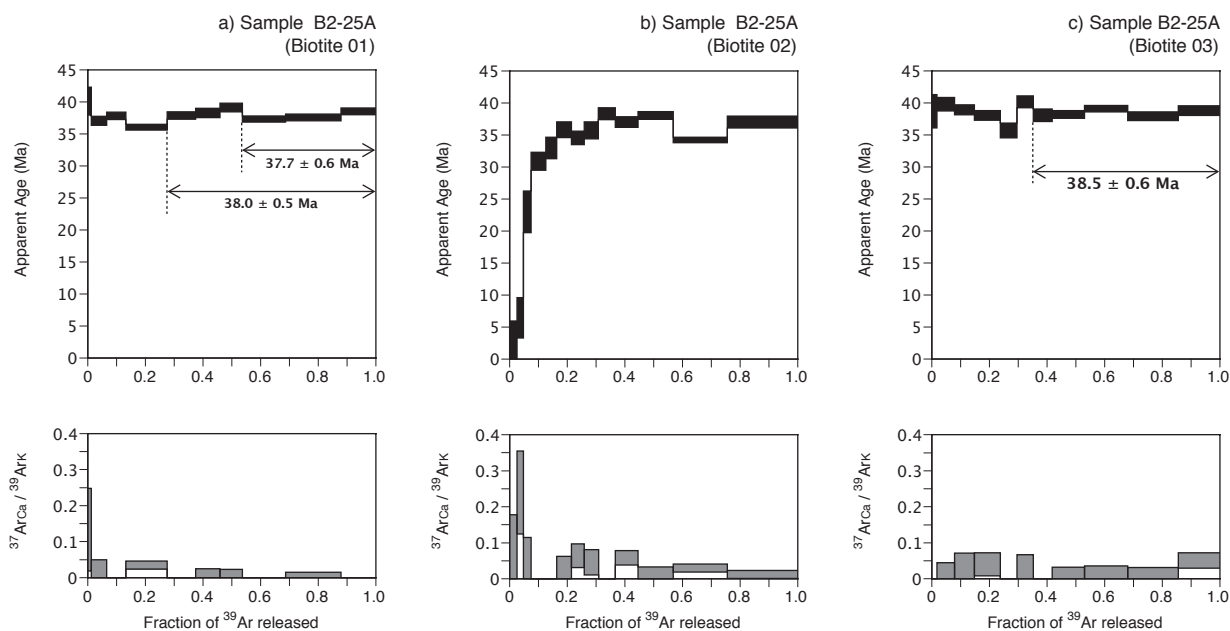


図3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定の結果得られた試料「B2-25A」中の黒雲母の年代スペクトルおよび $^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_{\text{K}}$ スペクトル。横軸は分析粒子中の全 ^{39}Ar ガスを 1.0 とした場合の各温度段階における ^{39}Ar の量を示す。年代スペクトル (上) における縦軸は各温度段階における $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代値を示している。一方 $^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_{\text{K}}$ スペクトル (下) においては中性子照射によって生じた Ca 起源の ^{37}Ar の量と、K 起源の ^{39}Ar の量との比を示している。a: 黒雲母粒子「Biotite 01」の測定結果, b: 黒雲母粒子「Biotite 02」の測定結果, c: 黒雲母粒子「Biotite 03」の測定結果。

の 64.8% を占める。

5. 軽石中の黒雲母の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代とその意義

段階加熱法を用いた $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定の結果、黒雲母粒子「Biotite01」と「Biotite03」は値のばらつきが比較的小さい年代スペクトルを示した。その中でも、中温部から高温部にかけてはばらつきが小さく一様の年代を示すことから、同部分が示す平均年代が意味のある年代であると考えられる。中温部から高温部における平均年代は「Biotite01」で $37.7 \pm 0.6\text{Ma}$ ($1,103^\circ\text{C}$ ~ 融解, 全ガスの 46.3%) および $38.0 \pm 0.5\text{Ma}$ ($1,031^\circ\text{C}$ ~ 融解, 全ガス量の 72.4%) であった。「Biotite03」における同領域の平均年代は $38.5 \pm 0.6\text{Ma}$ ($1,069^\circ\text{C}$ ~ 融解, 全ガス量の 64.8%) であった。

黒雲母粒子「Biotite02」は低温のフラクションで年代の若返りが認められる。従ってこの粒子については二次的な加熱または変質等の影響により、試料中のガスの一部が失われた可能性がある (例えば McDougall and Harrison, 1999)。ただし部分的な脱ガスの影響を受けにくい中温部から高温部にかけては、ややばらつきの中で相対的に古い年代として 37Ma から 38Ma の年代値を示すフラクションが得られている。

以上のことから、試料「B2-25A」中の軽石に含まれる黒雲母の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代は約 38 ~ 39Ma ($37.7 \pm$

0.6Ma ~ $38.5 \pm 0.6\text{Ma}$) であると判断できる。

北畑凝灰岩の K-Ar 年代は $36.8 \pm 0.8\text{Ma}$ が報告されている (尾崎・松浦, 1988)。また神戸層群の K-Ar 年代は $36.0 \pm 0.8\text{Ma}$ ~ $36.8 \pm 0.8\text{Ma}$ である (例えば尾崎ほか, 1996)。本調査で得られた黒雲母の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代は $37.7 \pm 0.6\text{Ma}$ ~ $38.5 \pm 0.6\text{Ma}$ であり、先行研究で得られた K-Ar 年代と本調査で得られた $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代とは調和的である。 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代の方がやや古いのは、塊状にガラス化した軽石中に保存された新鮮な黒雲母を分析に用いているため、二次的な影響などによる年代の若返りがほとんどないためであると考えられる。

またこの結果は、神戸層群の基質中に含まれていると考えられる花崗岩起源の黒雲母が、神戸層群の K-Ar 年代にはほとんど影響を与えないことを示唆している。

6. まとめ

- ・単結晶を用いた $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定法により、10Ma より古い火砕岩中の本質鉱物の年代測定が比較的労力少なく実施できる。
- ・神戸層群北畑凝灰岩層中の軽石に含まれる黒雲母の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代は約 38 ~ 39Ma ($37.7 \pm 0.6\text{Ma}$ ~ $38.5 \pm 0.6\text{Ma}$) である。

- ・この結果は先行研究で得られた年代値と調和的であるが、やや古い。
- ・先行研究で得られた結果より古い理由は、塊状にガラス化した軽石中に保存された新鮮な黒雲母を分析に用いているため、二次的な影響などによる年代の若返りがほとんどないためであると考えられる。
- ・本調査の結果と先行測定事例とで年代値が調和的であることから、花崗岩起源の黒雲母は、神戸層群のK-Ar年代にはほとんど影響を与えていないと考えられる。

7. おわりに

単結晶での年代測定が可能な⁴⁰Ar/³⁹Ar法が、火砕岩中の本質鉱物を測定する手法として有効である事が本調査で確認された。一方、この手法では単結晶1粒子に含まれる少量のガスをさらに段階加熱法で小分けにして分析するために、分析に用いるガスは常に極少量であり、例えば10Maより若い年代値を示す試料では年代値が得られない可能性がある。10Ma前後の試料であっても、Kの含有量が低い鉱物の場合には十分な放射壊変起源の⁴⁰Arガスが含まれない可能性がある。この場合には、段階加熱法ではなく、全融法を用いる事で年代値を測定できる場合がある。全融法とは単結晶を一度に溶かしてしまう方法である。段階加熱法を用いない事で二次的なガスの損失などは検討できないが、鏡下観察や実体鏡下での観察を十分に行い、試料が新鮮である事がわかっているならば、地質学的に意味のある年代値が得られる可能性がある。なお、全融法を用いる場合は試料数を多くして、再現性がある事を確認することも必要である。

謝辞

応用地質株式会社の中川渉博士には貴重な試料を提供して頂いた。試料への中性子照射は京都大学原子炉実験所共同利用研究の一部として行われた。照射の際には高宮幸一准教授ならびにスタッフの方々にお世話になった。記してここに感謝致します。

文献

- 兵藤博信・松田高明・福井志郎・板谷徹丸 (1994) レーザー段階加熱による単結晶鉱物⁴⁰Ar/³⁹Ar年代測定. 岡山理科大学自然科学研究所研究報告, no. 20, 63-67.
- 兵藤博信・板谷徹丸・松田高明 (1995) レーザー加熱法における微小鉱物の温度測定とその精度. 岡山理科大学自然科学研究所研究報告, no. 21, 3-6.
- Hyodo, H., Kim, S., Itaya, T. and Matsuda, T. (1999) Homogeneity of neutron flux during irradiation for ⁴⁰Ar/³⁹Ar age dating in the research reactor at Kyoto University. *Journal of Mineralogy, Petrology and Economic Geology*, **94**, 329-337.
- McDougall, I. and Harrison, T.M. (1999) *Geochronology and Thermochronology by the ⁴⁰Ar/³⁹Ar Method (2nd ed.)*. Oxford University Press, 269p.
- 尾崎正紀・松浦浩久 (1988) 三田地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 93p.
- 尾崎正紀・松浦浩久・佐藤喜男 (1996) 神戸層群の地質年代. 地質学雑誌, **102**, 73-83.
- Roddick, J.C. (1983) High precision intercalibration of ⁴⁰Ar-³⁹Ar standards. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **47**, 887-898.
- Steiger, R. & Jäger, E. (1977) Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, **36**, 359-362.
- 谷 保孝・中川 渉 (2001) 古第三紀凝灰岩層の識別における記載岩石学的検討の有効性 - 兵庫県三田盆地に分布する異なった2層準の神戸層群凝灰岩層での例 -. 地球科学, **55**, 157-171.
- 弘原海清・ギェム ヴ カイ (1994) 神戸層群凝灰岩のジルコン・フィッシュトラック年代. フィッシュン・トラックニュースレター, **7**, 38-39.