

奈良県金剛断層付近の領家花崗岩類および

三波川変成岩類のK-Ar年代

K-Ar Ages of the Ryoke Granitic Rocks and the Sanbagawa Metamorphic Rocks around the Kongo Fault, Nara Prefecture

柴田 賢 中島 隆* 内海 茂*

Ken SHIBATA, Takashi NAKAJIMA and Shigeru UCHIUMI

奈良県下の活断層である金剛断層周辺の領家花崗岩類7個, 三波川変成岩類2個から分離した諸鉱物のK-Ar年を測定した。花崗岩類の黒雲母の年代は80.5Maと68.8Ma, 角閃石の年代は77.3-86.8Ma, カリ長石の年代は57.1-68.3Maであり, 三波川変成岩類の白雲母の年代は73.0Maと71.9Maである。同一岩石中の黒雲母と角閃石の年代から求めた花崗岩の冷却速度は24.7°C/Maと33.3°C/Maである。断層から200m以内でカリ長石の年代にわずかな若返りが見られた。金剛断層においては鉱物の年代をリセットさせるほどの温度上昇を伴う熱水作用は, 断層のごく近傍に限られていたことを暗示する。

キーワード: 金剛断層, K-Ar年代, 領家花崗岩類, 三波川変成岩類, 冷却速度, 若返り
: Kongo Fault, K-Ar age, Ryoke Granitic Rocks, Sanbagawa Metamorphic Rocks, cooling rate, rejuvenation

1. はじめに

断層の活動性を評価する基本的な方法は, 地形調査および地質調査である。しかし第四系が存在しない地域では, これらの方法を用いての評価が困難な場合が生ずる。このような場合に, 断層周辺の岩石や断層ガウジの年代を求めることにより, 断層の活動性を評価できれば, 地形・地質調査を補う手法として役立つことが期待される。

この問題の解明のために, 工業技術院地質調査所(現: 独立行政法人産業技術総合研究所)において原子力平和利用に関する試験研究(原子力特別研究)「精密年代測定による断層活動性評価の研究」が昭和61年度から4年計画で実施された。この試験研究は, 第四系が少なく基盤岩石が広く露出する地域を調査対象として, 種々の年代測定法を用いて原岩及び断層ガウジ

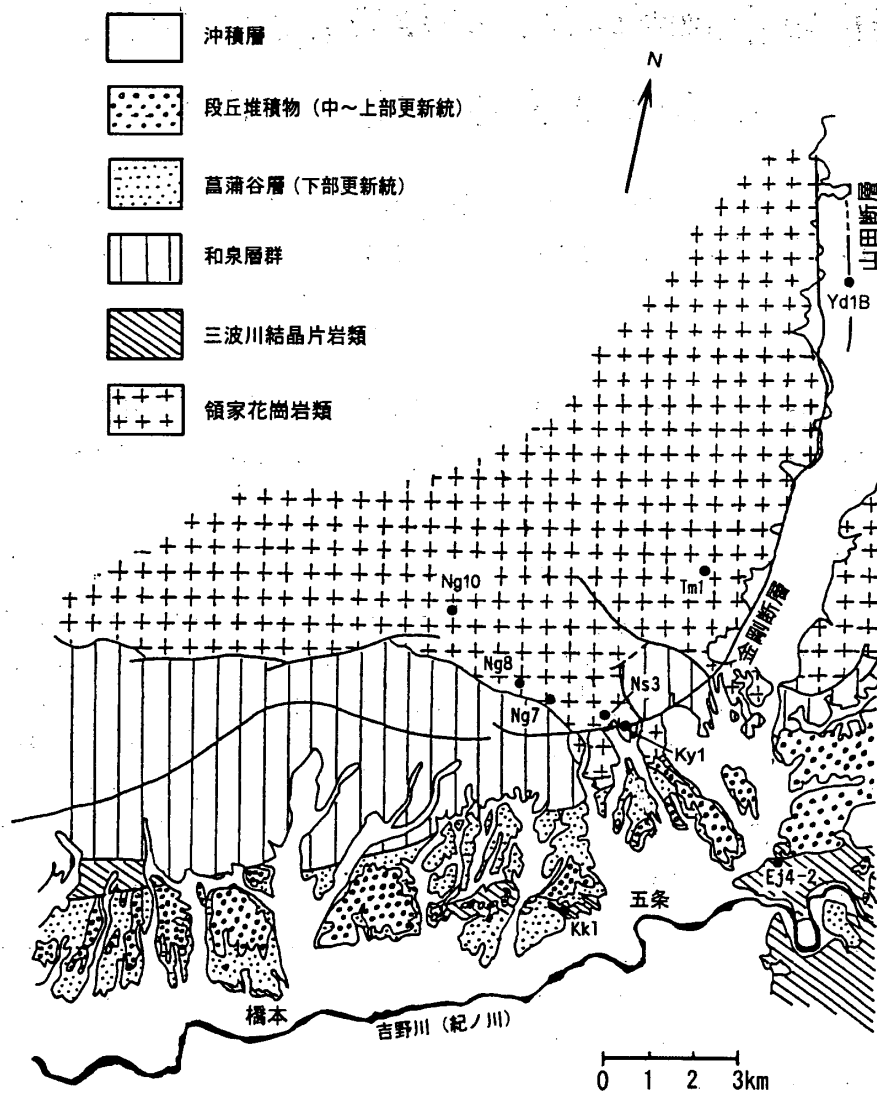
の同位体年代を測定することにより, 断層の活動性を年代学的に評価する手法の確立を目標とした。

昭和61年度に行われた調査研究では, 奈良県吉野地域と五条地域の中央構造線周辺の岩石を対象として多数の同位体年代が測定され, 中央構造線の活動史や周辺岩石の冷却史について考察がなされた(柴田ほか, 1987, 1988)。ただし五条地域については, 年代測定結果の詳細が未公表であったので, 今回特に中央構造線系の活断層である金剛断層周辺の岩石についてのK-Ar年代を公表し, 花崗岩の冷却速度, 断層活動が年代値に与えた影響などを考察する。

2. 地質概要

地質境界としての中央構造線は五条市北部に位置して, 東北東-西南西方向に延びている。この地質境界

*産業技術総合研究所地球科学情報研究部門



第1図 奈良県金剛断層付近の地質図および試料採取地点。

に沿う最新の活動は鮮新世末期(約250万年前)から第四紀前半(数10万年前)にかけて生じている。この活動は、北側の和泉層群・花崗岩類と、南側の下部更新統(菖蒲谷層)を境する北傾斜の逆断層として表われている。この断層露頭は多くの地域で中・上部更新統(段丘堆積物)に覆われており、第四紀後半には断層活動を停止したものと考えられる。

第四紀後半に活動的な断層(活断層)は地質境界としての中央構造線の1~2km北側に発生しており、金剛断層と命名されている(第1図)。この活断層は五条市北部以西では中央構造線に並行して発達しており、断層を横切る河川を系統的に右ずれ屈曲させていることから右横ずれ成分が卓越するものと考えられる。五

条市東部では活断層は約90°向きを変えて南北走行の断層となり段丘面群を垂直変位させている。南北走行を示す部分では、西傾斜の衝上断層となり、右ずれ成分はほとんど認められない。金剛断層は北部の新庄町、御所市にかけて3本の平行する断層として認識され、東側から順に山田断層、金剛断層、山口断層と呼ばれている(水野ほか, 1994)。佐竹ほか(1999)は反射法地震探査の結果から山田断層は地下深部で金剛断層に収斂することを確認し、またトレンチおよび露頭調査から金剛断層の最新活動時期を紀元前40年以降、西暦380年以前と推定した。

本地域では、西南日本内帯と外帯の地質境界としての中央構造線は、領家花崗岩類と菖蒲谷層の未固結砂

礫層との境として認定される。一方金剛断層はすべて領家花崗岩類の中を通過しており、断層の両側1~2kmにわたってカククラサイト化した岩相が認められる。

領家花崗岩類は石英閃緑岩、花崗閃緑岩及びアダメロ岩からなり、石英・斜長石・カリ長石・黒雲母・角閃石を主鉱物とする。断層に近い大部分の試料は長石等を擬斑晶とするポーフィロイド様の組織を示し、重複してカククラサイト化している。三波川変成岩類は主として泥質片岩と塩基性片岩より成るが、今回は白雲母を多く含む泥質片岩のみを対象とした。主な構成鉱物は、石英・斜長石・白雲母・緑泥石で、少量のザクロ石やクサビ石を含むものもある。変成度は、最高温部でザクロ石帯、中央構造線から離れた部分では緑泥石帯に相当する。最も断層に近い試料においては、白雲母のキンクや石英のサブグレイン化等の変形組織が鏡下で認められる。

本地域内の岩石について公表された同位体年代はないが、隣接する吉野地域では領家花崗岩類の黒雲母で66-70Ma (Ma = 10⁶年)、角閃石で73-76Ma、カリ長石で53-68Ma というK-Ar年代が報告されている(柴田ほか, 1988)。また、調査地域の西方、河内長野市横谷の領家花崗岩類のカリ長石で72.9Ma というK-Ar年代が報告されている(柴田ほか, 1979)。三波川変成岩類については、吉野地域で62-69Ma という白雲母K-Ar年代が報告されている。

3. 試料および測定方法

K-Ar年代測定に用いた試料は、金剛断層より北側約3kmの範囲内で採取した7個の領家花崗岩類と、金剛断層の南約4kmの場所で採取した2個の三波川変成岩類である。試料採取地点を第1図に示した。各岩石試料の記載を以下に示す。

領家花崗岩類

Yd1B: 黒雲母アダメロ岩

産地: 奈良県北葛城郡新庄町山田(34°28.5'N, 135°43.1'E)
記載: 変形・変質した粗粒アダメロ岩。石英・長石は変形によって細粒化し、波動消光やキンクが多く見られる。変質によるCa-Al含水珪酸塩鉱物のドメインや脈が発達。有色鉱物は残っていない。

Ky1: 黒雲母花崗閃緑岩

産地: 奈良県五條市北山町(34°22.9'N, 135°40.8'E)
記載: 変形を受けた粗粒花崗閃緑岩。炭酸塩鉱物の細脈がネットワーク状に発達。石英は一部サブグレイン

化。斜長石は絹雲母を生じている。黒雲母はすべて緑泥石化。

Ns3: 黒雲母アダメロ岩

産地: 奈良県五條市北山町(34°23.0'N, 135°40.7'E)
記載: 変形・変質した斑状アダメロ岩。基質は中粒の石英、斜長石、カリ長石から成る。石英斑晶は一部サブグレイン化。斜長石斑晶は一部絹雲母化し、炭酸塩鉱物ができているがカリ長石は比較的変質していない。黒雲母はすべて緑泥石化。

Ng7: 角閃石黒雲母アダメロ岩

産地: 奈良県五條市北山町(34°23.0'N, 135°39.8'E)
記載: 変形・変質した粗粒アダメロ岩。有色鉱物はほとんど変質している。石英・長石は細粒化して波動消光し、細粒のCa-Al含水珪酸塩鉱物から成るドメインや脈によって切られている。

Ng8: 角閃石黒雲母花崗閃緑岩

産地: 大阪府河内長野市石見川(34°23.1'N, 135°39.2'E)
記載: 中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩。カリ長石は少ない。斜長石はやや絹雲母化。ホルンブレンドも劈開にそってやや変質している。黒雲母が一部キンクしている他には変形組織はみられない。他に褐簾石、不透明鉱物。本試料の年代値はすでにShibata et al.(1994)に公表済みである。

Tm1: 黒雲母角閃石トータル岩

産地: 奈良県御所市高天(34°24.9'N, 135°41.7'E)
記載: 粗粒トータル岩。変形は弱い。ホルンブレンドと黒雲母はしばしば相伴う。黒雲母は一部緑泥石化。斜長石は一部ソーシユライト化しているものがあるが大部分は新鮮。他にスフェーン、不透明鉱物。

Ng10: 黒雲母角閃石花崗閃緑岩

産地: 大阪府河内長野市石見川(34°23.9'N, 135°38.0'E)
記載: 弱い変形を受けた粗粒花崗閃緑岩。やや斑状で、比較的粗粒の斜長石、ホルンブレンド、カリ長石、緑泥石化した黒雲母の斑晶の粒間を中粒の石英が埋める。細粒石英脈が主に長石の周囲の粒界に発達する。他に少量の褐簾石。

三波川変成岩類

Kk1: 泥質片岩

産地: 奈良県五條市釜窪町(34°20.6'N, 135°40.6'E)
記載: 石英、曹長石、白雲母、緑泥石から成る。細粒の自形ざくろ石を微量含む。曹長石斑状変晶が形成されつつある段階。ざくろ石帯低温部程度の変成度。

Ej4-2: 泥質片岩

産地: 奈良県五條市宇野町(34°21.5'N, 135°43.3'E)

記載：石英，曹長石，白雲母，緑泥石，炭質物から成る。緑泥石帯高温部程度の変成度。

K-Ar年代の測定方法は以下の通りである。

岩石試料を粉碎して40-60メッシュにそろえた後、アイソダイナミック・セパレーター及び重液を用いて黒雲母・角閃石・カリ長石・白雲母の各鉱物を分離・精製した。試料を石英-パイレックス製高真空装置内で加熱・溶解し、ガスを精製した後アルゴンを回収した。アルゴン同位体比の測定はMicromass 6型質量分析計を用いて静作動方式にて行った。カリウムの定量は蛍光光度法によった。K-Ar年代の測定誤差は1 σ で示した。年代計算に用いた定数は、 $\lambda_{\beta}=4.962 \times 10^{-10}$ /年、 $\lambda_{e}=0.581 \times 10^{-10}$ /年、 $^{40}\text{K}/\text{K}=0.01167$ atom% である。

4. 結果と考察

領家花崗岩類7個および三波川変成岩類2個から分

類した鉱物についてのK-Ar年代を第1表に示した。表中の断層からの距離については、Yd1Bは山田断層、その他はすべて金剛断層からの距離を示す。Ng8についてはすでにShibata et al.(1994) に年代値が発表されているが、比較のために同表に示した。領家花崗岩類の黒雲母のK-Ar年代は80.5Maと68.8Ma、角閃石の年代は77.3-86.8Ma、長石の年代は57.1-68.3Maである。これらの年代は隣接する吉野地域に分布する領家花崗岩類のK-Ar年代にほぼ等しい。同一岩石中の鉱物のK-Ar年代については、一般にカリ長石<黒雲母<角閃石という傾向が知られているが、今回の測定結果もこの傾向を示している。角閃石と黒雲母のK-Ar系における閉鎖温度を510℃と300℃とすると、Tm1については24.7℃/Maという冷却速度が得られた。この値は吉野地域の26-27℃/Ma(柴田ほか, 1988)に近いが、Ng8については33.3℃/Maとやや早い冷却速度を示す。

三波川変成岩類については白雲母にて73.0Maと

第1表 奈良県金剛断層付近の領家花崗岩類および三波川変成岩類のK-Ar年代

試料番号	金剛断層からの 距離(m)	岩石	鉱物	K ₂ O (%)	⁴⁰ Ar (10 ⁻⁶ mlSTP/g)	Atm. ⁴⁰ Ar (%)	年代 (Ma)
領家花崗岩類							
Yd1B	10**	アダメロ岩	長石	2.33	4.35	15.7	57.1±2.0
Ky1	50	花崗閃緑岩	長石	3.45	6.92	20.6	61.1±2.0
Ns3	200	アダメロ岩	カリ長石	8.20	16.6	4.8	61.6±1.9
Ng7	800	アダメロ岩	カリ長石	6.01	12.9	20.7	65.2±2.0
Ng8*	1050	花崗閃緑岩	黒雲母	2.98	7.90	21.7	80.5±2.5
			角閃石	0.658	1.89	50.6	86.8±4.3
			カリ長石	12.65, 12.74	27.4	4.3	65.7±2.0
					27.5	6.6	65.9±2.0
							av. 65.8±1.4
Tm1	1200	トータル岩	黒雲母	4.87	11.0	19.9	68.8±2.2
			角閃石	0.400	1.02	68.8	77.3±4.8
Ng10	2500	花崗閃緑岩	角閃石	0.969	2.42	41.7	75.8±2.7
				0.925	2.44	61.8	80.1±4.0
							av. 78.0±2.4
			カリ長石	6.03	13.5	9.0	68.3±2.1
三波川変成岩類							
Kk1	3650	泥質片岩	白雲母	7.63	18.4	16.2	73.0±2.3
Ej4-2	4000	泥質片岩	白雲母	8.18	19.4	17.2	71.9±2.2

* Shibata et al.(1994) に発表済み。

** 山田断層からの距離

71.9Ma という K-Ar 年代が得られた。これらの年代は吉野地域の白雲母年代62-69Ma よりやや古い。

中央構造線沿いに分布する領家花崗岩類については、特にカリ長石と黒雲母の K-Ar 年代が一定の範囲内で若返ることが認められている。吉野地域では中央構造線から約1000m以内(柴田ほか, 1988), 三重県粥見地域では約800m以内(高木ほか, 1989)で若返りが認められた。しかし岐阜県の阿寺断層沿いの花崗岩類では断層からわずか10m以内の岩石にのみ若返りが認められた(山田ほか, 1992)。この違いはおそらく断層活動の規模や様式の違いによるものと考えられる。金剛断層付近の領家花崗岩類についてみると、断層から200mまではカリ長石の年代が57-62Maで充分離れた地域での年代66-68Maよりわずかに若いことが認められるが、若返りの程度は吉野地域や粥見地域と比較して小さい。金剛断層から採取した断層ガウジの細粒部分($<2\mu\text{m}$)について求められた K-Ar 年代は61.9Ma と52.2Ma であり(柴田・内海, 1992), 金剛断層の主要活動時期が古代三紀にまでさかのぼり、それ以降は断層ガウジの年代を若返らせるほどの温度上昇を伴う断層活動は起こらなかったことを暗示する。

中央構造線の場合は、地下深部に及ぶ大規模な破砕作用により、鉱物の年代をリセットさせるほどの温度上昇を伴う熱水作用が広範囲に及んで、年代の若返りが起こったと考えられる。一方、金剛断層のように地表近くでの横ずれ運動を主体とした断層運動では、破砕作用や熱水作用は断層のごく近傍に限られるため、年代の若返りも規模が小さかったのであろう。

引用文献

- 水野清秀・寒川 旭・佃 栄吉(1994) 中央構造線活断層系(近畿地方)ストリップマップ, 地質調査所。
- 佐竹健治・須貝俊彦・寒川 旭・柳田 誠・横田 裕・岩崎孝明・小俣雅志・石川 玲(1999) 奈良県金剛断層系の構造と最新活動時期。地震第2輯, 52, 65-79。
- 柴田 賢・内海 茂(1992) K-Ar 年代測定結果-4。地調月報, 43, 359-367。
- Shibata, K., Kaneoka, I. and Uchiumi, S. (1994) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analysis of K-feldspars from Cretaceous granitic rocks in Japan: Significance of perthitization in Ar loss. *Chem. Geol.*, 115, 297-306。
- 柴田 賢・白波瀬輝夫・田中 剛・中島 隆・内海 茂・青山秀喜・寒川 旭・杉山雄一・高木秀雄(1987) 精密年代測定による断層活動性評価の研究。原子力平和利用に関する研究成果報告書, 第五集, 通商産業省工業技術院, 11/1-5。
- 柴田 賢・杉山雄一・高木秀雄・内海 茂(1988) 奈良県吉野地域の中央構造線沿いに分布する諸岩石の同位体年代。地調月報, 39, 759-781。
- 柴田 賢・内海 茂・中川忠夫(1979) K-Ar 年代測定結果-1。地調月報, 30, 675-686。
- 高木秀雄・柴田 賢・杉山雄一・内海 茂・松本哲一(1989) 三重県粥見地域の中央構造線沿いに分布する諸岩石の同位体年代。岩鉱, 84, 75-88。
- 山田直利・柴田 賢・佃 栄吉・内海 茂・松本哲一・高木秀雄・赤羽久忠(1992) 阿寺断層周辺地域の火成岩類の放射年代と断層活動の時期。地調月報, 43, 759-779。