

日本列島における年代未詳岩石のK-Ar年代測定 —地質図幅作成地域の火山岩・深成岩(平成17年度分)—

松本哲一¹・太田 靖¹・星住英夫¹・高橋 浩¹・
西岡芳晴¹・三宅康幸²・角田謙朗³・清水正明⁴

Akikazu Matsumoto, Yasushi Ohta, Hideo Hoshizumi, Yutaka Takahashi, Yoshiharu Nishioka, Yasuyuki Miyake, Kenro Tsunoda and Masaaki Shimizu (2007) K-Ar age determinations of age-unknown rocks in Japanese Islands -volcanic and plutonic rocks in the areas associated with Geological Map Project (during fiscal 2005)-. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 58(1/2), p.33 - 43, 10 figs, 1 table.

Abstract: In order to construct accurate geological maps of Japan, K-Ar ages of thirteen igneous rocks have been determined during fiscal 2005 by the geochronological laboratory of Geological Survey of Japan, AIST. The three volcanic rock samples were prepared as the groundmass fraction, in which large phenocrysts were removed as much as possible using an isodynamic separator. Biotite or hornblende in the ten plutonic rock samples was isolated by using an isodynamic separator and heavy liquids. Each data of rock samples determined is associated with rock name, locality, collector, geological setting, K-Ar age, analytical data and geological interpretation.

Keywords: K-Ar age, geological map of Japan, Utsukushigahara Volcanic Products, Chichibu Tonalite, Kofu Granodiorite, Abukuma Granite, Chihayagawa Granodiorite, Katsuragi Quartz Diorite

要 旨

産業技術総合研究所の陸域地質図プロジェクトで作成される地質図幅の正確さを向上するため、平成17年度内に13個の火成岩試料についてK-Ar年代測定を実施した。これらの年代測定試料のうち、3個の火山岩については、結晶片を可能な限り除去した石基濃集フラクションを年代測定に用いた。一方、10個の深成岩については、黒雲母または普通角閃石を分離・精製したフラクションを用いた。K-Ar年代が得られた試料ごとに、岩石名と簡単な記載、産地、試料提供者、周辺の地質状況、K-Ar年代、分析データ、測定結果の地質学的意義を記述した。

1. はじめに

産業技術総合研究所の陸域地質図プロジェクトでは、1/5万及び1/20万地質図幅を作成する際に必要となる岩石の放射年代測定の大部分を外部分析機関に依頼してきた。しかし、平成17年度からは、K-Ar法による放

射年代測定が可能な火成岩については、所内の放射年代測定従事者が依頼分析を引き受けることを開始した。本報告では、平成17年度内にK-Ar年代測定を引き受けた13試料の結果を公表し、関係者の利用に供する。

各試料の測定結果については、

1. 試料名及び測定番号 (KA No.: 産総研K-Ar年代測定室のSerial No.)
2. 試料提供者
3. 岩石名及び簡単な記載
4. 産地 (緯度・経度: 世界測地系で表示)
5. 地層岩体名
6. 地質状況
7. K-Ar年代 (誤差は1σ水準で表示)、測定対象試料
8. 分析データ: カリウム含有量 (K₂O; %), 放射起源⁴⁰Ar量 (Rad. ⁴⁰Ar; ml STP/g), 非放射起源⁴⁰Ar混入率 (Non rad. ⁴⁰Ar; %)
9. 測定結果の地質学的意義

を記載した。

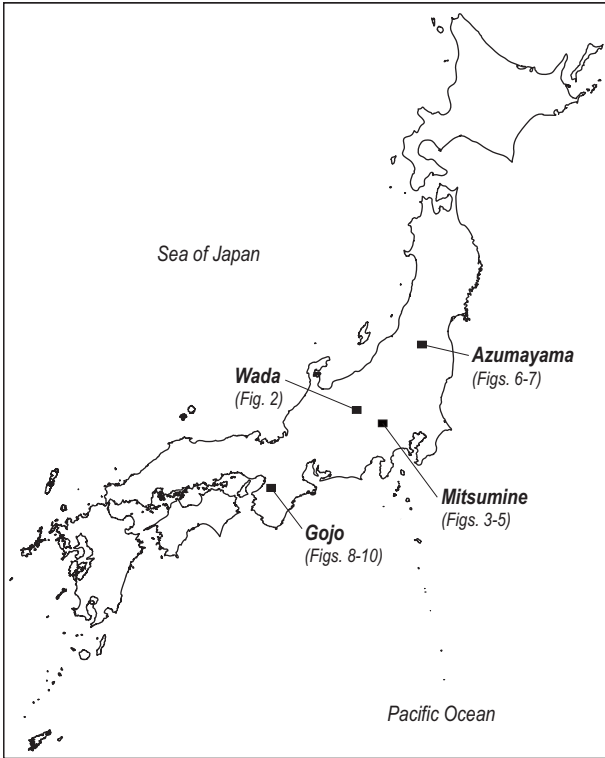
本報告の著者のうち、松本と太田は、K-Ar年代測定における試料調製と一連の分析操作を担当した。星住

¹地質情報研究部門 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ).

²信州大学理学部 (Faculty of Science, Shinshu University, 3-1-1 Asahi, Matsumoto, Nagano, 390-8621 Japan) / 地質情報研究部門客員研究員 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ).

³山梨大学教育人間科学部 (Faculty of Education and Human Sciences, University of Yamanashi, 4-4-37 Takeda, Kofu, Yamanashi, 400-8510 Japan) / 地質情報研究部門客員研究員 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ).

⁴富山大学理学部 (Faculty of Science, University of Toyama, 3190 Gofuku, Toyama, 930-8555 Japan) / 地質情報研究部門客員研究員 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ)



第1図 K-Ar年代測定対象地質図幅地域の位置図。

Fig. 1 Index map of the areas associated with K-Ar dating in Geological Map Project.

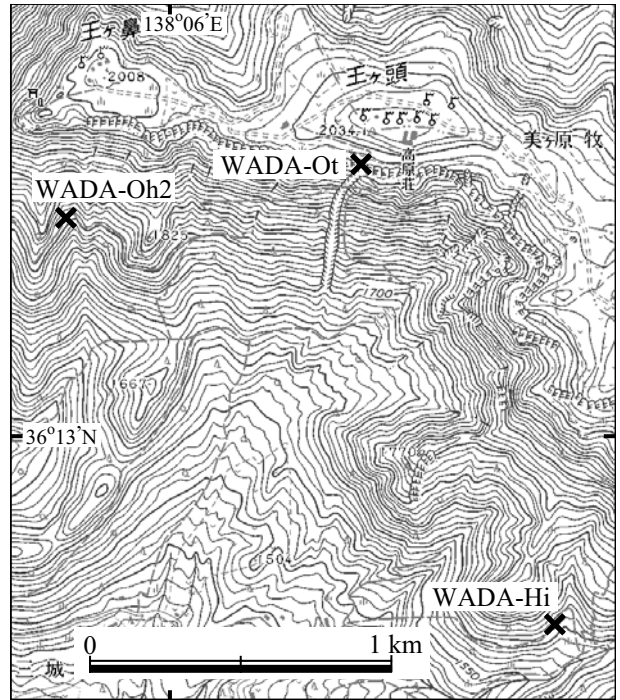
と高橋は、試料の吟味と依頼分析全体の取りまとめを担当した。高橋・西岡・三宅・角田・清水は、各試料の岩石記載と測定結果の地質学的意義を記述した。

なお、今回公表した各試料の測定結果を引用する際には、KA No.を記入し、「測定結果の地質学的意義」の部分に引用する場合は、解釈者の氏名も併せて明記していただきたい。

2. K-Ar年代測定方法

K-Ar年代測定用試料の調製は以下の手順で行った。火山岩試料については、軟鉄製乳鉢で粉碎後、ふるいで0.25～0.50 mm径(32～60 mesh size)にそろえ、その粒子中からアイソダイナミック・セパレーターで斑晶鉱物を可能な限り除去した石基濃集フラクション(濃集度99%以上)を年代測定に供した。深成岩試料については、分離・精製した黒雲母または普通角閃石フラクション(0.5～0.15 mm径; 32～100 mesh size)を年代測定試料として用いた。黒雲母及び普通角閃石フラクション中の目的鉱物の濃集度は、おおむね95%以上になるように調製した。

K-Ar年代測定におけるアルゴン同位体測定は、VG Isotopes 1200C型希ガス質量分析計を用いて、³⁸Ar濃縮



第2図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図：「和田」図幅地域。国土地理院発行1/25,000地形図「山辺」の一部を使用。

Fig. 2 Sampling points for K-Ar dating in the Wada Quadrangle. Plotted on a part of topographic map "Yamabe" at 1:25,000 in scale by the Geographical Survey Institute, Japan.

スパイクによる同位体希釈法で行った。アルゴン同位体測定の手順及び年代誤差の算出方法は、宇都ほか(1995)とMatsumoto and Kobayashi (1995)に従った。カリウムの定量は、アサヒ理化学製作所FP-33D型蛍光光度計を用い、内部標準試料としてリチウムを添加する蛍光光度法(松本, 1989)で行った。K-Ar年代の計算に用いた定数は、 $\lambda_{\beta}=4.962 \times 10^{-10}/y$ 、 $\lambda_{e}=0.581 \times 10^{-10}/y$ 、 $^{40}K/K=0.01167$ atom %である(Steiger and Jäger, 1977)。

3. 年代測定結果とその地質学的意義

本報告でK-Ar年代測定を実施した地質図幅作成地域を第1図に示すとともに、各試料の分析データを第1表にまとめた。以下、地質図幅地域ごとに分類した試料の簡単な記載を行い、測定結果の地質学的意義について述べる。

3.1 1/5万地質図幅「和田」関連試料

試料名及び測定番号：WADA-Ot (KA3090)

試料提供者：向井理史・三宅康幸(信州大学)

岩石名：かんらん石斜方輝石単斜輝石安山岩

岩石は、青灰色の緻密な岩石で、ほとんど発泡して

第1表 地質図幅作成地域の火山岩及び深成岩のK-Ar年代.

Table 1 K-Ar ages of volcanic and plutonic rocks in the areas associated with Geological Map Project.

KA No	GEMS No. (GSJR)*	Sample I.D.	Rock type	Fraction	Weight of sample (g)	K ₂ O (%)	Rad. ⁴⁰ Ar (10 ⁻⁹ ml STP/g)	Non rad. ⁴⁰ Ar (%)	K-Ar age (Ma)
<i>Wada District</i>									
3090	82714	WADA-Ot	Andesite	Groundmass	0.304	2.30	98.3	37.5	1.32±0.02
3091	82715	WADA-Oh2	Andesite	Groundmass	0.307	1.96	96.9	42.9	1.53±0.03
3092	82716	WADA-Hi	Andesite	Groundmass	0.301	1.95	97.9	46.5	1.56±0.02
<i>Mitsumine District</i>									
3308		205112606	Tonalite	Biotite	0.0913	8.26	1,600	24.7	5.97±0.07
3309		205112607	Tonalite	Hornblende	0.213	0.547	92.8	85.7	5.25±0.20
3310		205112802	Granodiorite	Biotite	0.0690	8.22	2,580	18.8	9.69±0.11
3312		205112803	Gabbro	Hornblende	0.189	0.632	191	48.5	9.34±0.12
<i>Azumayama District</i>									
3330	82717	AZ-021	Granodiorite	Biotite	0.0102	7.34	17,500	5.70	72.4 ±0.8
3331	82718	AZ-022	Granodiorite	Biotite	0.00977	8.48	20,500	4.82	73.4 ±0.8
3333	82719	AZ-103	Quartz diorite	Hornblende	0.112	0.313	685	34.3	66.6 ±0.8
3341					0.0559		627	39.3	61.0 ±0.8
<i>Gojo District</i>									
3332	82720	GJ036	Granodiorite	Biotite	0.00967	7.32	18,200	6.09	75.5 ±0.8
3338	82721	GJ020	Tonalite	Biotite	0.0146	6.00	14,600	7.12	73.8 ±0.8
3339	82722	GJ069	Granodiorite	Biotite	0.0184	4.93	12,300	7.76	75.9 ±0.8

*The numbers of rock samples registered at Geological Museum, GSJ, AIST

The decay constants used in the present study are $\lambda_{\beta}=4.962\times 10^{-10}/y$, $\lambda_{\epsilon}=0.581\times 10^{-10}/y$ and $^{40}K/K=0.01167$ atom % (Steiger and Jäger, 1977). Errors are at the 1 σ uncertainty level.

いない。斑晶は、斜長石（長径2.0 mm以下、21.8 vol.%）、単斜輝石（2.0 mm以下、6.3 vol.%）、斜方輝石（2.2 mm以下、3.3 vol.%）、かんらん石（1.2 mm以下、0.8 vol.%）、不透明鉱物（1.3 mm以下、1.3 vol.%）からなる。多くは自形を呈するが、集斑晶をなすことも多い。また、0.3 mm以下のアパタイトの微斑晶もわずかに認められる。斜長石は、汚濁帯を有するものと清透なものがある。かんらん石が一部イディングサイト化しているほかは、いずれの鉱物も新鮮である。石基は、短冊状の斜長石の隙間を単斜輝石・斜方輝石・不透明鉱物・シリカ鉱物及びわずかなガラスが埋め、間粒状組織を示す。

産地：長野県松本市王ヶ頭の三角点（標高2,034.1 m）から南約100 mの南向きの崖（36°13′29″N, 138°06′25″E; 第2図）

地層岩体名：美ヶ原火山岩類の上部、美ヶ原溶岩層上部、王ヶ頭溶岩層（小坂ほか、2005）

地質状況：王ヶ頭溶岩層のうちの最上部層準の塊状部から試料を採取した。王ヶ頭溶岩層は、ほぼ水平に堆積した青灰色 - 暗青灰色の安山岩溶岩からなり、現在の美ヶ原高原の原面を構成する。その塊状部には、板状節理が著しく発達している。今回の年代測定試料は、

Momose *et al.* (1966) がK-Ar年代を測定し、その後改訂された⁴⁰Kの壊変定数を用いてMankinen and Dalrymple (1979) が再計算した美ヶ原地域の溶岩試料のうちで、1.50±0.07 Maという年代が得られた試料よりも上位に位置している。また、本試料は、1.25±0.06 Maという年代の溶岩試料(Mankinen and Dalrymple, 1979) とはほぼ同層準に相当する。

K-Ar年代：1.32±0.02 Ma（石基）

分析データ：K₂O: 2.30 %, Rad. ⁴⁰Ar: 98.3×10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 37.5 %

測定結果の地質学的意義（解釈：三宅康幸）：美ヶ原火山岩類の最上部層準に相当する溶岩のK-Ar年代が得られたことから、美ヶ原火山岩類の活動が1.3 Ma頃に終息したことが明らかになった。また、内海ほか(1998)が公表した霧ヶ峰火山岩類第I期の安山岩溶岩のK-Ar年代（1.33±0.02 Ma）及びその下位の塩嶺火山岩類下部のK-Ar年代（1.44±0.02 Ma）を考慮すると、美ヶ原及び霧ヶ峰火山岩類が含まれる塩嶺火山岩類（牧本ほか、1996）の1.3 Ma前後の活動は、霧ヶ峰から北側の美ヶ原に至るまで広域的であったと考えられる。

試料名及び測定番号：WADA-Oh2 (KA3091)

試料提供者：向井理史・三宅康幸 (信州大学)

岩石名：斜方輝石単斜輝石安山岩

岩石は、青灰色の緻密な岩石であり、ほとんど発泡していない。斑晶は、斜長石 (長径3.2 mm以下, 22.0 vol.%), 単斜輝石 (1.0 mm以下, 5.3 vol.%), 斜方輝石 (1.3 mm以下, 2.5 vol.%), 不透明鉱物 (1.0 mm以下, 2.1 vol.%) からなる。多くは自形を呈するが、集斑晶をなすことも多い。また、0.3 mm以下のアパタイトの微斑晶もわずかに認められる。斜長石は、汚濁帯を有するものと清透なものがある。石基は、斜長石及び単斜輝石・斜方輝石・不透明鉱物などの微晶の隙間をシリカ鉱物及び褐色ガラスが埋め、填間状組織を示す。いずれの鉱物も新鮮であり、変質作用は被っていない。

産地：長野県松本市堀ヶ沢標高1,770 m (36°13'23"N, 138°05'46"E; 第2図)

地層岩体名：美ヶ原火山岩類の上部、美ヶ原溶岩層下部、王ヶ鼻溶岩層 (小坂ほか, 2005)

地質状況：王ヶ鼻溶岩層の塊状部から試料を採取した。この試料は、Mankinen and Dalrymple (1979) が1.50 ± 0.07 MaというK-Ar年代を報告した美ヶ原地域の溶岩試料よりも下位に位置している。

K-Ar年代：1.53 ± 0.03 Ma (石基)

分析データ：K₂O: 1.96 %, Rad. ⁴⁰Ar: 96.9 × 10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 42.9 %

測定結果の地質学的意義 (解釈：三宅康幸)：この溶岩試料は、本報告中でK-Ar年代を公表した別の2つの美ヶ原火山岩類試料 (WADA-Hi: 1.56 ± 0.02 Ma; WADA-Ot: 1.32 ± 0.02 Ma) の間に挟まれる層準から採取した。本試料 (WADA-Oh2) とその下位のWADA-Hiの間には、層厚170 mに及ぶダチ河原沢礫岩砂岩シルト岩層 (小坂ほか, 2005) が挟在しているので、両者の噴出年代の間にはある程度の時間間隙が存在するものと予想した。なお、本試料はダチ河原沢礫岩砂岩シルト岩層の直上に位置している。今回の年代測定の結果は、3溶岩の相互の層序関係とは矛盾しないが、ダチ河原沢礫岩砂岩シルト岩層を挟む2溶岩 (WADA-Oh2とWADA-Hi) の間の時間間隙は、それぞれの年代誤差を考慮すると検出できなかった。一方、本試料とその上位のWADA-Otの間の層準にも、層厚最大約100 mの百曲り礫層 (小坂ほか, 2005) が挟在する。今回の年代測定の結果から、これら2溶岩の間には、百曲り礫層の堆積を含めた約15万年の時間間隙が存在したことが明らかとなった。

試料名及び測定番号：WADA-Hi (KA3092)

試料提供者：向井理史・三宅康幸 (信州大学)

岩石名：斜方輝石単斜輝石普通角閃石安山岩

岩石は、青灰色の緻密な岩石であり、ほとんど発泡

していない。斑晶は、斜長石 (長径2.5 mm以下, 18.7 vol.%), 単斜輝石 (2.0 mm以下, 2.8 vol.%), 斜方輝石 (2.0 mm以下, 1.9 vol.%), 普通角閃石 (4.5 mm以下, 4.7 vol.%), 不透明鉱物 (1.0 mm以下, 1.4 vol.%) からなる。多くは自形を呈するが、集斑晶をなすことも多い。また、0.2 mm以下のアパタイトの微斑晶もわずかに認められる。斜長石は汚濁帯を有するものと清透なものがある。普通角閃石は一部を残してオパサイト化し、仮像として産するが、他の鉱物は新鮮である。石基は、短冊状の斜長石及び単斜輝石・斜方輝石・不透明鉱物などの微晶の隙間をシリカ鉱物とわずかなガラスが埋め、填間状組織を示す。

産地：長野県松本市大門沢支流細沢標高1,610 m (36°12'40"N, 138°06'50"E; 第2図)

地層岩体名：美ヶ原火山岩類の下部、広小場溶岩層 (小坂ほか, 2005)

地質状況：広小場溶岩層の下部層準から試料を採取した。この試料は、Mankinen and Dalrymple (1979) が1.50 ± 0.07 MaというK-Ar年代を報告した美ヶ原地域の溶岩試料よりも下位に位置している。

K-Ar年代：1.56 ± 0.02 Ma (石基)

分析データ：K₂O: 1.95 %, Rad. ⁴⁰Ar: 97.9 × 10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 46.5 %

測定結果の地質学的意義 (解釈：三宅康幸)：この溶岩試料は、美ヶ原高原を構成している溶岩 (美ヶ原火山岩類の一部) の中で最下部の層準から採取している。今回の年代測定の結果から、少なくとも美ヶ原高原を構成している溶岩を噴出した火山活動は、すべて1.6 Ma以降の前期更新世に起きたことが明らかになった。また、別試料のK-Ar年代 (WADA-Ot: 1.32 ± 0.02 Ma) が、美ヶ原火山岩類の活動最終期の年代を示している。美ヶ原高原における溶岩の噴出期間は、約20万年の間であることも明らかになった。ただし、美ヶ原高原に南接する地域において、本試料を採取した広小場溶岩よりも下位に溶岩や火砕岩の噴出があったことも知られており (小坂ほか, 2005)、美ヶ原高原近傍ではもっと古い時代から火山活動があった。

3.2 1/5万地質図幅「三峰」関連試料

試料名及び測定番号：205112606 (KA3308)

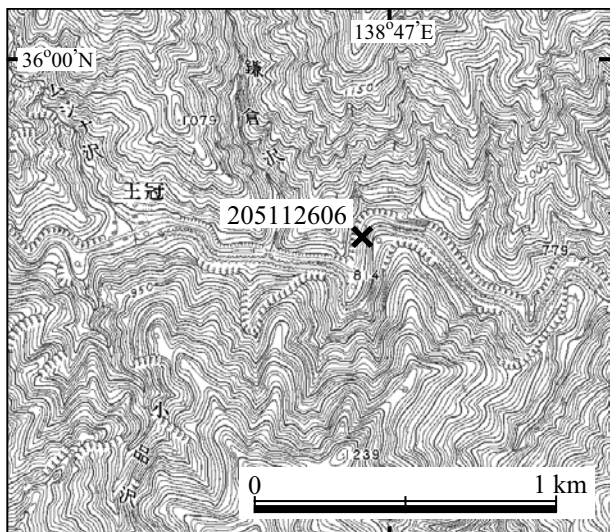
試料提供者：角田謙朗 (山梨大学)

岩石名：普通角閃石黒雲母トータル岩

完晶質等粒状。

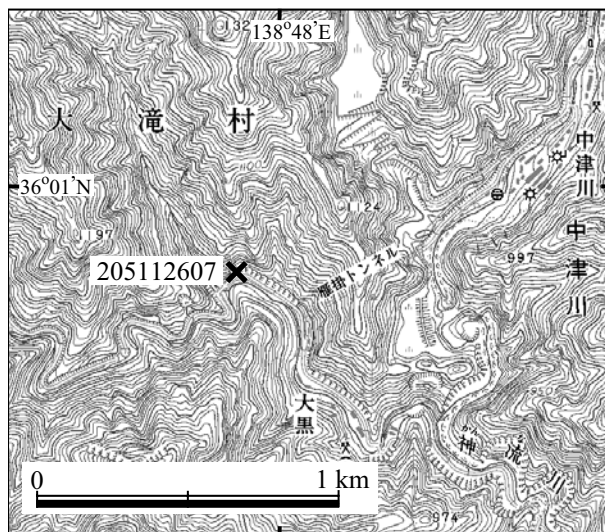
主成分鉱物：石英 (他形, 長径1.5 mm以下), 斜長石 (自形, 長径1.5 mm; 一部斑晶状, 長径3.0 mm), カリ長石 (他形, 粒間充填状, 長径0.5 mm), 黒雲母 (自形, 長径0.5 mm), 普通角閃石 (自形・半自形, 長径1.0 mm)。少量の普通角閃石を黒雲母が交代している。

副成分鉱物：緑泥石, ジルコン, 磁鉄鉱, チタン鉄鉱。



第3図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図:「三峰」図幅地域-1. 国土地理院発行1/25,000地形図「中津峡」の一部を使用.

Fig. 3 Sampling point for K-Ar dating in the Mitsumine Quadrangle-1. Plotted on a part of topographic map "Nakatsukyo" at 1:25,000 in scale by the Geographical Survey Institute, Japan.



第4図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図:「三峰」図幅関連地域. 国土地理院発行1/25,000地形図「両神山」の一部を使用.

Fig. 4 Sampling point for K-Ar dating in the area associated with the Mitsumine Quadrangle. Plotted on a part of topographic map "Ryokamisan" at 1:25,000 in scale by the Geographical Survey Institute, Japan.

産地: 埼玉県秩父市王冠東750 m (35°59'41"N, 138°46'56"E; 第3図)

地層岩体名: 秩父トータル岩体

地質状況: 試料採取地点は、秩父鉾山が胚胎する岩体の中で最も西側寄りに位置している。

K-Ar年代: 5.97 ± 0.07 Ma (黒雲母)

分析データ: K₂O: 8.26 %, Rad. ⁴⁰Ar: 1,600 × 10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 24.7 %

測定結果の地質学的意義(解釈: 角田謙朗・清水正明): 本試料の採取地点は、Ueno and Shibata (1986) が秩父鉾山周辺の石英閃緑岩中の黒雲母のK-Ar年代 (5.9 ± 0.4 Ma) を求めた試料の採取地点に近く、今回得られたK-Ar年代も誤差の範囲内で一致した。また、本岩体よりも規模の小さい第1衛星岩体についても、約6 Maという普通角閃石のK-Ar年代が得られている(角田, 未公表)。以上の結果から、秩父トータル岩体は、第1衛星岩体とほぼ同時期に形成されたと考えられる。

試料名及び測定番号: 205112607 (KA3309)

試料提供者: 角田謙朗 (山梨大学)

岩石名: 普通角閃石黒雲母トータル岩
完晶質等粒状。

主成分鉱物: 石英 (他形, 長径1.0 mm), 斜長石 (自形, 長径1.5 mm以下), カリ長石 (他形, 長径0.4 mm以下), 黒雲母 (自形 - 半自形, 長径0.3 mm), 普通角閃石 (自形 - 半自形, 長径1.5 mm以下), 単斜輝石 (普通角閃石に交代され斑晶の中央部を占める, 長径0.5

mm)。斜方輝石 (自形, 長径1.0 mm)。

副成分鉱物: 緑泥石, 磁鉄鉱。やや鉍化作用を受け磁鉄鉱が点在する。

産地: 埼玉県秩父市大黒北西500 m (36°00'51"N, 138°47'55"E; 第4図)

地層岩体名: 秩父トータル岩体

地質状況: 秩父鉾山大黒鉾床近くから試料を採取した。

K-Ar年代: 5.25 ± 0.20 Ma (普通角閃石)

分析データ: K₂O: 0.547 %, Rad. ⁴⁰Ar: 92.8 × 10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 85.7 %

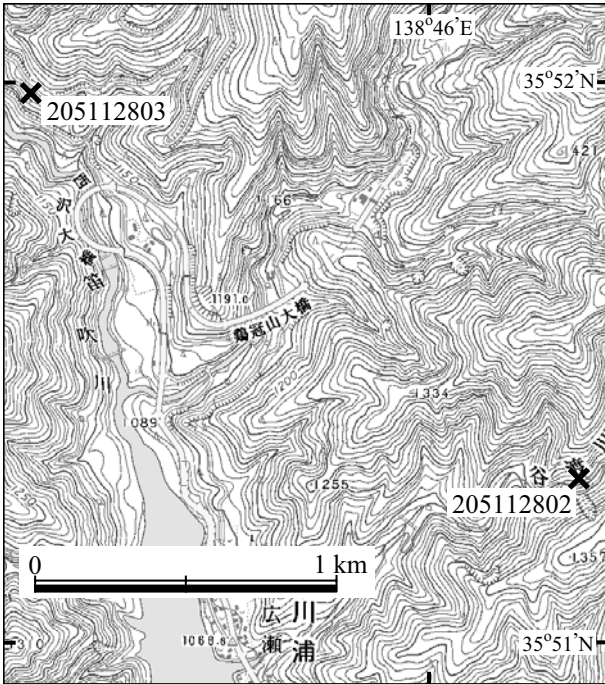
測定結果の地質学的意義(解釈: 角田謙朗・清水正明): 秩父鉾山大黒鉾床近くの秩父トータル岩体試料から分離・精製した普通角閃石のK-Ar年代は、第1衛星岩体のK-Ar年代 (約6 Ma) と比較して、若干若い値を示している。この結果から、試料採取地点周辺の鉍化作用並びに岩体形成時の変質作用の影響があったかもしれない。

試料名及び測定番号: 205112802 (KA3310)

試料提供者: 角田謙朗 (山梨大学)

岩石名: 普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩
完晶質等粒状。

主成分鉱物: 石英 (他形, 長径2.0 mm以下), 斜長石 (自形, 長径1.2 mm以下), カリ長石 (他形, 粒間充填状, 長径1.0 mm以下), 黒雲母 (自形 - 半自形, 長径1.2 mm以下), 普通角閃石 (半自形, 長径1.5 mm以下), 石英及び黒雲母は弱い破碎作用を受け、黒雲母は一部



第5図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図:「三峰」図幅地域-2. 国土地理院発行1/25,000地形図「雁坂峠」の一部を使用。

Fig. 5 Sampling points for K-Ar dating in the Mitsumine Quadrangle-2. Plotted on a part of topographic map "Karisakatoge" at 1:25,000 in scale by the Geographical Survey Institute, Japan.

湾曲している。

副成分鉱物: 緑泥石, アパタイト, ジルコン, 磁鉄鉱, チタン鉄鉱。

産地: 山梨県山梨市広瀬北東1,250 m (35°51'18"N, 138°46'20"E; 第5図)

地層岩体名: 甲府花崗閃緑岩体, 徳和岩体 (Shimizu, 1986)

地質状況: 甲府花崗閃緑岩体分布域の北東部にあたる三峰地域では, 甲府花崗閃緑岩体に属する徳和岩体が分布し, その岩体には磁鉄鉱系とチタン鉄鉱系の2種類の花崗閃緑岩が存在する。本試料は, 徳和岩体のチタン鉄鉱系花崗閃緑岩から採取した。採取地点の南250 mには, 幅1 mの断層が認められる。断層の通過する周辺では, 岩石に破碎が認められるので, 比較的離れた新鮮な箇所から採取した。

K-Ar年代: 9.69 ± 0.11 Ma (黒雲母)

分析データ: K₂O: 8.22 %, Rad. ⁴⁰Ar: 2,580 × 10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 18.8 %

測定結果の地質学的意義 (解釈: 角田謙朗・清水正明): 今回の年代測定は, 三峰地域に分布する甲府花崗閃緑岩体 (徳和岩体) 中のチタン鉄鉱系花崗閃緑岩に対して行ったが, 別タイプの磁鉄鉱系花崗閃緑岩についても, 普通角閃石のK-Ar年代 (9.6 ± 0.4 Ma: 角田, 未

公表) が得られている。両タイプのK-Ar年代は誤差の範囲内で一致しており, 甲州市周辺に分布する甲府花崗閃緑岩体中の黒雲母のK-Ar年代 (10.1 ± 0.3 Ma: 柴田ほか, 1984) にも近い。以上の結果から, 今回得られた黒雲母の年代値に関しては, 変質作用の影響は少ないと考えられる。

試料名及び測定番号: 205112803 (KA3312)

試料提供者: 角田謙朗 (山梨大学)

岩石名: 黒雲母含有普通角閃石斑れい岩
完晶質等粒状, 閃緑岩に近い岩質。

主成分鉱物: 斜長石 (長柱状, 自形, 長径1.2 mm以下), 普通角閃石 (自形, 長径1.5 mm以下) のほか, 黒雲母 (自形, 長径1.0 mm), 石英 (他形, 長径1.2 mm以下)。斜長石及び普通角閃石斑晶の一部は, ポイキリチック組織を示している。

副成分鉱物: 緑泥石, 方解石, アパタイト, ジルコン, 磁鉄鉱。

産地: 山梨県山梨市広瀬北西2,000 m (35°51'59"N, 138°45'07"E; 第5図)

地層岩体名: 甲府花崗閃緑岩体, 徳和岩体 (Shimizu, 1986)

地質状況: 三峰地域に分布する甲府花崗閃緑岩体 (徳和岩体) では, 磁鉄鉱系とチタン鉄鉱系の2種類の花崗閃緑岩が存在する。このうちの磁鉄鉱系花崗閃緑岩に取り囲まれるように普通角閃石斑れい岩 (閃緑岩質に移化する) が岩脈状に分布する。この斑れい岩は, 三の橋岩体 (角田ほか, 1992) と呼ばれ, 三峰地域に分布する徳和岩体の他の岩質岩石を含めて最も苦鉄質な相に相当すると考えられる。

K-Ar年代: 9.34 ± 0.12 Ma (普通角閃石)

分析データ: K₂O: 0.632 %, Rad. ⁴⁰Ar: 191 × 10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 48.5 %

測定結果の地質学的意義 (解釈: 角田謙朗・清水正明): 今回得られた斑れい岩中の普通角閃石のK-Ar年代は, 三峰地域に分布する甲府花崗閃緑岩体 (徳和岩体) のチタン鉄鉱系花崗閃緑岩から分離・精製した黒雲母のK-Ar年代 (9.69 ± 0.11 Ma; KA No. 3310) と磁鉄鉱系試料中の普通角閃石のK-Ar年代 (9.6 ± 0.4 Ma; 角田, 未公表) のどちらに対してもほぼ一致した。この徳和岩体に関連する斑れい岩は, 徳和岩体の他の岩質岩石と一連に形成されたと考えられる。

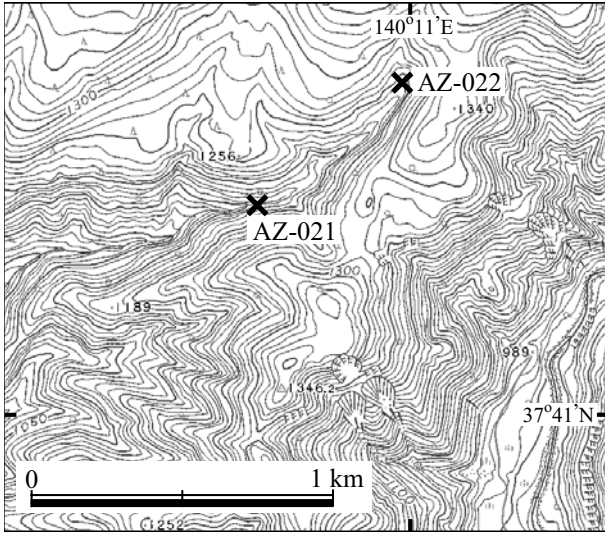
3.3 1/5万地質図幅「吾妻山」関連試料

試料名及び測定番号: AZ-021 (KA3330)

試料提供者: 高橋 浩 (地質情報研究部門)

岩石名: 黒雲母花崗閃緑岩

主成分鉱物: 石英 (半自形 - 他形, 長径1.2 mm以下), 斜長石 (自形 - 半自形, 長径2.0 mm以下), カリ長石



第6図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図:「吾妻山」図幅地域-1. 国土地理院発行1/25,000地形図「吾妻山」の一部を使用.

Fig. 6 Sampling points for K-Ar dating in the Azumayama Quadrangle-1. Plotted on a part of topographic map "Azumayama" at 1:25,000 in scale by the Geographical Survey Institute, Japan.

(他形, 粒間充填状, 長径3.2 mm以下), 黒雲母(半自形, 褐色, 長径1.0 mm以下, ごく一部は緑泥石に交代されている).

副成分鉱物: アパタイト, チタン石.

産地: 福島県耶麻郡猪苗代町中津川支流大倉川上流標高1,160 m地点 (37°41'23"N, 140°10'39"E; 第6図)

地層岩体名: 阿武隈花崗岩類

地質状況: 年代測定試料を採取した周辺地域には, 3種類の阿武隈花崗岩類(石英閃緑岩, 普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩, 黒雲母花崗閃緑岩)が分布する. それらの中で, 本試料(黒雲母花崗閃緑岩)は, 他の2つの普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩及び石英閃緑岩に貫入している.

K-Ar年代: 72.4 ± 0.8 Ma (黒雲母)

分析データ: K₂O: 7.34 %, Rad. ⁴⁰Ar: 17,500 × 10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 5.70 %

測定結果の地質学的意義 (解釈: 高橋 浩): 今までに報告されている阿武隈花崗岩類の黒雲母及び普通角閃石のK-Ar年代は, そのほとんどが85~120 Ma (河野・植田, 1965; 柴田・内海, 1983など)である. しかし, 今回得られた黒雲母花崗閃緑岩中の黒雲母のK-Ar年代は, 72.4 ± 0.8 Maというかなり若い値であった. このように若い年代が得られた原因としては, 阿武隈帯の火成活動が70 Ma近くまで一部地域で継続していたか, この地域の地塊の上昇速度が遅かったため, 岩体の冷却が遅れたこと等が考えられる.

試料名及び測定番号: AZ-022 (KA3331)

試料提供者: 高橋 浩 (地質情報研究部門)

岩石名: 普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩

主成分鉱物: 石英(半自形-他形, 長径4.0 mm以下), 斜長石(自形-半自形, 累帯構造, 長径6.0 mm以下), カリ長石(他形, 粒間充填状, 長径6.5 mm以下), 普通角閃石(自形-半自形, 淡褐色, 長径3.0 mm以下), 黒雲母(自形-半自形, 褐色, 長径2.0 mm以下, ごく一部は緑泥石に交代されている).

副成分鉱物: 不透明鉱物, ジルコン, チタン石.

産地: 福島県耶麻郡猪苗代町中津川支流大倉川上流標高1,240 m地点 (37°41'36"N, 140°10'59"E; 第6図)

地層岩体名: 阿武隈花崗岩類

地質状況: 年代測定試料を採取した周辺地域には, 3種類の阿武隈花崗岩類(石英閃緑岩, 普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩, 黒雲母花崗閃緑岩)が分布する. それらの中で, 本試料(普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩)は, 石英閃緑岩に貫入し, 黒雲母花崗閃緑岩に貫入されている. また, 本試料は, 米沢市関根の普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩(K-Ar年代: 88 Ma; 河野・植田, 1966)に対比される.

K-Ar年代: 73.4 ± 0.8 Ma (黒雲母)

分析データ: K₂O: 8.48 %, Rad. ⁴⁰Ar: 20,500 × 10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 4.82 %

測定結果の地質学的意義 (解釈: 高橋 浩): 阿武隈花崗岩類に関する既存の黒雲母及び普通角閃石のK-Ar年代は, そのほとんどが85~120 Ma (河野・植田, 1965; 柴田・内海, 1983など)であり, 今回の普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩中の黒雲母K-Ar年代(73.4 ± 0.8 Ma)は, 有意に若い値である. このような結果は, 阿武隈帯の火成活動が70 Ma近くまで一部で継続していたか, あるいは, この地域の地塊の上昇速度が遅かったため, 岩体の冷却が遅れたこと等が原因として考えられる.

試料名及び測定番号: AZ-103 (KA3333, 3341)

試料提供者: 高橋 浩 (地質情報研究部門)

岩石名: 石英閃緑岩

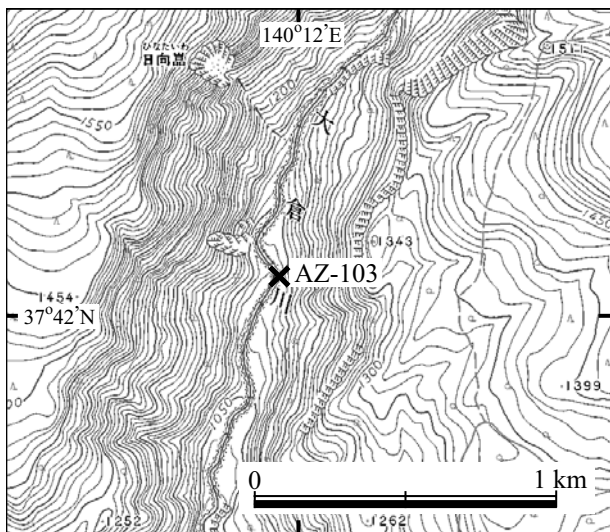
主成分鉱物: 石英(他形, 粒間充填状, 長径2.0 mm以下), 斜長石(自形, 長径4.5 mm以下), 普通角閃石(自形-半自形, 褐色, 長径2.5 mm以下, 一部, 緑泥石及び緑れん石に交代), 黒雲母(半自形, 大部分緑泥石に交代, 長径0.8 mm以下).

副成分鉱物: 不透明鉱物, アパタイト, チタン石.

産地: 福島県耶麻郡猪苗代町大倉川上流標高1,090 m地点 (37°42'05"N, 140°11'58"E; 第7図)

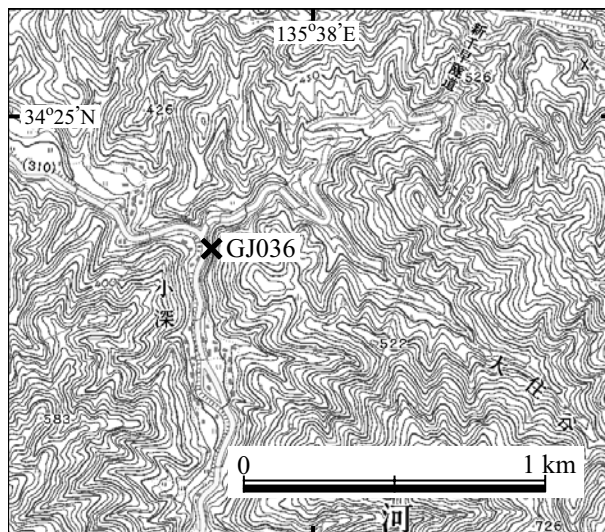
地層岩体名: 阿武隈花崗岩類

地質状況: 年代測定試料を採取した周辺地域には, 3種類の阿武隈花崗岩類(石英閃緑岩, 普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩, 黒雲母花崗閃緑岩)が分布する. それらの中で, 本試料(石英閃緑岩)は, 普通角閃石黒雲母



第7図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図：「吾妻山」図幅地域-2. 国土地理院発行1/25,000地形図「吾妻山」の一部を使用。

Fig. 7 Sampling point for K-Ar dating in the Azumayama Quadrangle-2. Plotted on a part of topographic map "Azumayama" at 1:25,000 in scale by the Geographical Survey Institute, Japan.



第8図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図：「五條」図幅地域-1. 国土地理院発行1/25,000地形図「五條」の一部を使用。

Fig. 8 Sampling point for K-Ar dating in the Gojo Quadrangle-1. Plotted on a part of topographic map "Gojo" at 1:25,000 in scale by the Geographical Survey Institute, Japan.

花崗閃緑岩に捕獲され、黒雲母花崗閃緑岩に貫入されたことから、最も年代が古いと考えられる。

K-Ar年代：66.6±0.8 Ma (KA No.3333: 普通角閃石)
61.0±0.8 Ma (KA No.3341: 普通角閃石)

分析データ：K₂O: 0.313 %, Rad. ⁴⁰Ar: 685×10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 34.3 % (KA No.3333); Rad. ⁴⁰Ar: 627×10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 39.3 % (KA No.3341)

測定結果の地質学的意義(解釈: 高橋 浩): 本試料(石英閃緑岩)のK-Ar年代は、今回年代測定を試みた3種類の阿武隈花崗岩類の相互の地質学的関係から、最も古い値が得られるものと考えられた。しかし、得られた年代は、地質学的関係とは矛盾する最も若い値であった。また、独立に2回の繰り返し測定で求めた年代も誤差の範囲を越えて一致しなかった。年代測定した石英閃緑岩中の普通角閃石には、変質し、緑泥石及び緑れん石に交代されているものが少なからず存在している。見かけの若い年代は、普通角閃石試料が熱水変質等の影響を受けたためと考えられる。また、繰り返し測定の結果が一致しなかったのは、普通角閃石の変質の進行度が粒ごとにより不均一だったことに起因するのかもしれない。

3.4 1/5万地質図幅「五條」関連試料

試料名及び測定番号：GJ036 (KA3332)

試料提供者：西岡芳晴(地質情報研究部門)

岩石名：中粒片麻状普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩

平均粒径2 mm程度で色指数10程度の岩石。完晶質

等粒状。

主成分鉱物：石英、斜長石、カリ長石、黒雲母(褐色)、普通角閃石(やや緑色を帯びた褐色)。変質は認められない。

副成分鉱物：アパタイト、ジルコン、不透明鉱物(極少量)。

産地：大阪府河内長野市小深(34°24'46"N, 135°37'47"E; 第8図)

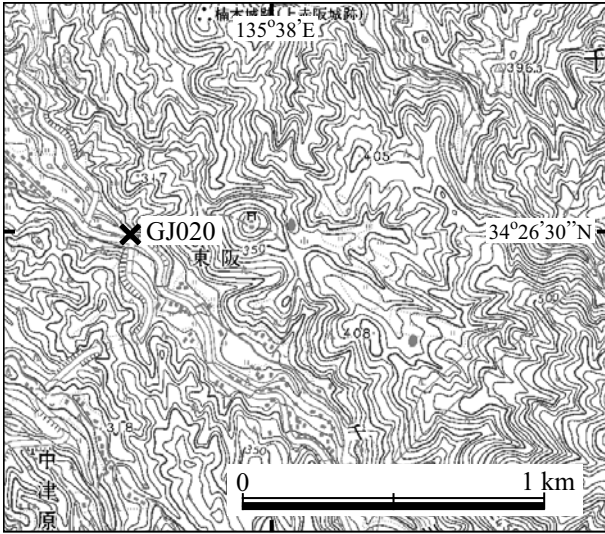
地層岩体名：千早川花崗閃緑岩(政岡, 1982)

地質状況：古期領家花崗岩類に属する片麻状岩体の千早川花崗閃緑岩から試料を採取した。近隣地域の同様の岩体は、前期白亜紀-後期白亜紀の年代を示す(田結庄ほか, 1985など)。中部地方や中国・四国地方では、新期領家花崗岩類と大きく異なる年代(柴田ほか, 1979など)が報告されており、本試料も後期白亜紀の年代を示す可能性がある。

K-Ar年代：75.5±0.8 Ma(黒雲母)

分析データ：K₂O: 7.32 %, Rad. ⁴⁰Ar: 18,200×10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 6.09 %

測定結果の地質学的意義(解釈: 西岡芳晴): 千早川花崗閃緑岩は、金剛山周辺の深成岩類についてまとめた政岡(1982)によれば、最も初期に貫入した第1期花崗岩類に分類されている。また、片麻状構造を有し、いわゆる古期領家花崗岩類に分類されている。これまでの古期領家花崗岩類の放射年代測定結果の中には、80 Maを超えるものも見られたが、本試料の測定結果(75.5±0.8 Ma)は、新期領家深成岩類とほぼ同じ年代



第9図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図:「五條」図幅地域-2. 国土地理院発行1/25,000地形図「御所」の一部を使用.

Fig. 9 Sampling point for K-Ar dating in the Gojo Quadrangle-2. Plotted on a part of topographic map "Gose" at 1:25,000 in scale by the Geographical Survey Institute, Japan.

値を示す。これらのことから、古期と新期花崗岩類の間には、地質学的な前後関係はあるものの、大きな年代差はほとんど無く、両者が一連の火成活動によって生成されたと考えられる。

試料名及び測定番号: GJ020 (KA3338)

試料提供者: 西岡芳晴 (地質情報研究部門)

岩石名: 細粒黒雲母普通角閃石トータル岩

平均粒径0.5 mm程度で色指数20程度の岩石。完晶質等粒状。

主成分鉱物: 斜長石 (半自形), 石英 (他形), カリ長石 (極少量で粒間を埋める), 普通角閃石 (やや緑色を帯びた褐色, 半自形), 黒雲母 (褐色, 半自形)。変質は認められない。

副成分鉱物: ジルコン, 不透明鉱物, アパタイト。

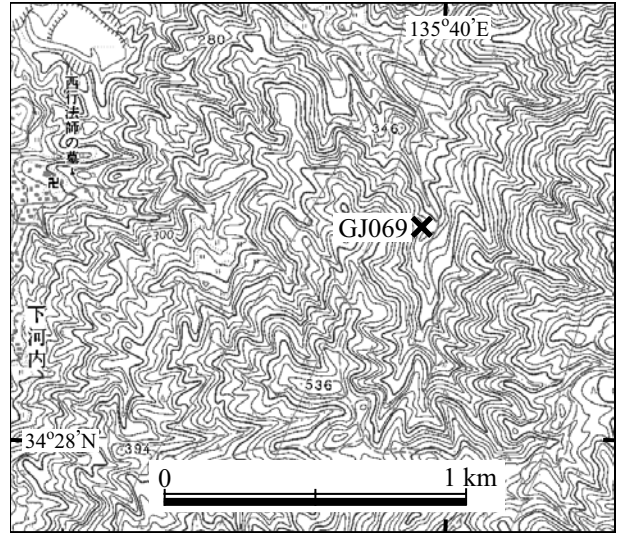
産地: 大阪府南河内郡千早赤阪村東坂 (34°26'30"N, 135°37'42"E; 第9図)

地層岩体名: 領家深成岩同時性苦鉄質岩脈

地質状況: 領家深成岩類中の捕獲岩体と解釈され, “変輝緑岩” (ジュラ紀?) とされていたもの (政岡, 1982) から試料を採取した。近隣地域において, 領家深成岩類と同時性を示す岩脈 (西岡ほか, 2001) が見いだされたことから, 本試料も年代を再検討する必要性が生じた。後期白亜紀の年代値を示す可能性がある。

K-Ar年代: 73.8 ± 0.8 Ma (黒雲母)

分析データ: K₂O: 6.00 %, Rad. ⁴⁰Ar: 14,600 × 10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 7.12 %



第10図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図:「五條」図幅地域-3. 国土地理院発行1/25,000地形図「御所」の一部を使用.

Fig. 10 Sampling point for K-Ar dating in the Gojo Quadrangle-3. Plotted on a part of topographic map "Gose" at 1:25,000 in scale by the Geographical Survey Institute, Japan.

測定結果の地質学的意義 (解釈: 西岡芳晴): 本試料は, これまで領家花崗岩類中の“変輝緑岩”捕獲岩体とされ, 前期白亜紀 (ないしジュラ紀?) の捕獲岩体と解釈されていたものである。しかし, 本試料は変成組織を示さず, 地質調査の結果からも花崗岩と同時性の苦鉄質岩脈であることが推定されていた。今回の年代測定の結果 (73.8 ± 0.8 Ma) は, 周辺の花崗岩類とほぼ同じ年代値であり, 同時性岩脈であることを支持している。

試料名及び測定番号: GJ069 (KA3339)

試料提供者: 西岡芳晴 (地質情報研究部門)

岩石名: 中粒普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩

平均粒径2.5 mm程度で色指数15程度, 黒雲母の自形性が良く最大径は6 mmに達する。完晶質等粒状。

主成分鉱物: 斜長石 (自形-半自形), 石英 (他形), カリ長石 (ポイキリティックに他の鉱物を包有), 黒雲母 (褐色, 自形, 一部緑泥石化), 普通角閃石 (やや緑色を帯びた褐色, 自形)。

副成分鉱物: 不透明鉱物, アパタイト, ジルコン。

産地: 大阪府南河内郡河南町持尾南南西1.4 km (34°28'23"N, 135°39'57"E; 第10図)

地層岩体名: 葛城石英閃緑岩 (政岡, 1982)

地質状況: 葛城石英閃緑岩の中で, 政岡 (1982) の岩型IIIに相当する部分から試料を採取した。1/20万地質図幅「和歌山」(栗本ほか, 1998) では, 領家深成岩類の中で最も若いグループに位置づけられている。

K-Ar年代: 75.9 ± 0.8 Ma (黒雲母)

分析データ：K₂O: 4.93 %, Rad. ⁴⁰Ar: 12,300×10⁻⁹ ml STP/g, Non rad. ⁴⁰Ar: 7.76 %

測定結果の地質学的意義 (解釈: 西岡芳晴): 葛城石英閃緑岩類は、領家花崗岩類の中で最も若いグループに位置づけられており、黒雲母とカリ長石によるRb-Sr全岩-鉱物アイソクロン年代として74.8±0.5 Ma及び76.9±0.5 Maという値が得られている(Morioka *et al.*, 2000). 今回の年代測定の結果(75.9±0.8 Ma)は、予想どおりの後期白亜紀後半の年代値となった。

4. まとめ

産総研地質調査総合センターが発行する地質図幅の正確さを向上するため、平成17年度内に13個の火成岩試料についてK-Ar年代測定を実施した。それらの測定結果から、以下のことが明らかとなった。なお、これらの新たな知見については、現在作成中の地質図幅の説明書において、更に詳細な議論がなされるであろう。

1) 「和田」図幅地域から採取した3種類の溶岩試料のK-Ar年代(1.32±0.02, 1.53±0.03, 1.56±0.02 Ma)から、美ヶ原高原を構成している溶岩を噴出した火山活動は1.6 Ma以降の前期更新世であり、その活動期間は約20万年の間であることが判明した。美ヶ原火山岩類が属する塩嶺火山岩類の1.3 Ma前後の活動は、今回のK-Ar年代と既存の塩嶺火山岩類に関する年代データから、美ヶ原から南側の霧ヶ峰に至るまで広域的であったと考えられる。

2) 「三峰」図幅地域に分布する秩父トータル岩体から分離した黒雲母のK-Ar年代(5.97±0.07 Ma)と第1衛星岩体の普通角閃石のK-Ar年代(既存値: 約6 Ma)から、それぞれの岩体はほぼ同時期に形成されたことが明らかとなった。同地域に分布する甲府花崗閃緑岩体(徳和岩体)では、チタン鉄鉱系花崗閃緑岩中の黒雲母のK-Ar年代(9.69±0.11 Ma)と磁鉄鉱系花崗閃緑岩中の普通角閃石のK-Ar年代(既存値: 9.6±0.4 Ma)が誤差の範囲内で一致するとともに、磁鉄鉱系花崗閃緑岩に取り囲まれた普通角閃石斑れい岩中の普通角閃石のK-Ar年代(9.34±0.12 Ma)ともほぼ一致した。三峰地域の徳和岩体とそれに関連する斑れい岩は、一連に形成されたと考えられる。

3) 「吾妻山」図幅地域から採取した3種類の阿武隈花崗岩類の黒雲母及び普通角閃石のK-Ar年代(72.4±0.8, 73.4±0.8, 66.6±0.8, 61.0±0.8 Ma)は、本地域の周辺に分布する阿武隈花崗岩類のK-Ar年代(85~120 Ma)よりも有意に若かった。このような若い年代が得られた原因として、阿武隈帯の火成活動が70 Ma近くまで一部地域で継続していたか、この地域の地塊の上昇速度が遅かったため、岩体の冷却が遅れたこと等が考えられる。

4) 「五條」図幅地域から採取した千早川花崗閃緑岩及び葛城石英閃緑岩の黒雲母のK-Ar年代(75.5±0.8, 75.9±0.8 Ma)は、誤差の範囲内で一致する後期白亜紀後半の値が得られた。また、領家深成岩中の捕獲岩体と考えられていた岩体についても、その黒雲母のK-Ar年代(73.8±0.8 Ma)から、上述した千早川花崗閃緑岩及び葛城石英閃緑岩と同時性の岩脈であることが明らかとなった。

謝辞: 本報告をまとめるにあたり、地質情報研究部門の及川輝樹氏には、「和田」図幅及び周辺地域に分布する火山岩類に関する有益なコメントをいただいた。地質情報研究部門の中野 俊氏と査読者の竹内圭史氏には、本稿の内容を改善する数々のコメントをいただいた。以上の方々に厚く感謝いたします。

文 献

- 野野義礼・植田良夫(1965) 本邦産火成岩のK-Ar dating (III)―阿武隈山地の花崗岩類―. 岩鉱, **54**, 162-172.
- 野野義礼・植田良夫(1966) 本邦産火成岩のK-Ar dating (IV)―東北日本の花崗岩類―. 岩鉱, **56**, 41-55.
- 小坂共栄・林 正三・谷口和良(2005) 信州, 美ヶ原高原の新第三系. 日本の地質増補版, 共立出版, 137-138.
- 栗本史雄・牧本 博・吉田史郎・高橋裕平・駒沢正夫(1998) 20万分の1地質図幅「和歌山」, 地質調査所.
- 牧本 博・高木秀雄・宮地良典・中野 俊・加藤碩一・吉岡敏和(1996) 高遠地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 114p.
- Mankinen, E. A. and Dalrymple, G. B. (1979) Revised geomagnetic polarity time scale for the interval 0-5 m.y. B.P. *Jour. Geoph. Res.*, **84**, 615-626.
- 政岡邦夫(1982) 近畿地方金剛山地およびその周辺の領家花崗岩類. 地質雑, **88**, 483-497.
- 松本哲一(1989) K-Ar年代測定におけるカリウム定量法の改良. 地調月報, **40**, 65-70.
- Matsumoto, A. and Kobayashi, T. (1995) K-Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the "mass fractionation correction procedure": application to the Younger Ontake Volcano, central Japan. *Chem. Geol.*, **125**, 123-135.
- Momose, K., Kobayashi, K., Yamada, T., Ozima, M. and Kaneoka, I. (1966) Radiometric age of lava flows of the Enrei formation in central Japan (1). *Jour. Fac. Sci. Shinshu Univ.*, **1**, 93-96.
- Morioka, K., Tainosho, Y. and Kagami, H. (2000) Rb-

- Sr isochron ages of the Cretaceous granitoids in the Ryoke belt, Kinki district, Southwest Japan. *The Island Arc*, **9**, 46-54.
- 西岡芳晴・尾崎正紀・寒川 旭・山元孝広・宮地良典 (2001) 桜井地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 141p.
- 柴田 賢・内海 茂 (1983) 南部阿武隈山地花崗岩類の角閃石K-Ar年代. 岩鉱, **78**, 405-410.
- 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.
- 柴田 賢・加藤祐三・三村弘二 (1984) 甲府市北部の花崗岩類とその関連岩のK-Ar年代. 地調月報, **35**, 19-24.
- Shimizu, M. (1986) *The Tokuwa Batholith, central Japan: An example of occurrence of ilmenite-series and magnetite-series granitoids in a batholith*. University of Tokyo Press, 146p.
- Steiger, R. H. and Jäger, E. (1977) Subcommission on Geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- 田結庄良昭・弘原海 清・政岡邦夫・周琵琶湖花崗岩団体研究グループ (1985) 近畿地方における白亜紀～古第三紀火成活動の変遷. 地球科学, **39**, 358-371.
- 角田謙朗・西戸裕嗣・清水正明 (1992) 甲府盆地周縁の花崗岩類に伴う鉍床のK-Ar年代. 資源地質, **42**, 147-153.
- 内海 茂・中野 俊・宇都浩三 (1998) 20万分の1地質図幅「長野」地域の年代未詳岩石のK-Ar年代. 地調月報, **49**, 189-193.
- Ueno, H. and Shibata, K. (1986) Radiometric ages of quartz diorite bodies related to the Chichibu pyrometasomatic deposits and their relevance to the metallogenetic epoch. *Jour. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **81**, 77-82.
- 宇都浩三・R. M. コンレー・平田岳史・内海 茂 (1995) 地質調査所における同位体希釈法K-Ar年代測定システムの精度向上—質量分析計自動計測制御及びピペット方式スパイク導入法の適用—. 地調月報, **46**, 239-249.

(受付：2007年2月22日；受理：2007年3月29日)