

山陰地方中部に分布する白亜紀後期-古第三紀火成岩類 の区分と放射年代

松浦浩久*

MATSUURA, H. (1989) Radiometric ages of Late Cretaceous to Paleogene igneous rocks in the central San'in region, Southwest Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 40(9), p. 479-495.

Abstract: Seven K-Ar ages and four fission track ages are newly determined on the volcanic and plutonic rocks from the central San'in region, Southwest Japan.

On the basis of fifty age dates, stratigraphic and intrusive relations, and lithologic similarities, the igneous activity in the region is divided. The following three points can be made.

- 1) Late Cretaceous volcanic and plutonic activities occurred between 90 and 80 Ma.
- 2) Early Paleogene plutonic rocks were intruded about 60 Ma.
- 3) Based on geologic relationships, two cycles of volcanoplutonic magmatism occurred in the Middle and Late Paleogene; however, their radiometric ages (about 40 and 35 Ma) do not distinguish the two cycles.

1. はじめに

山陰地方中部には、先新第三紀の火山岩類・深成岩類が広く分布している(第1図)。これら火成岩類が噴出あるいは定置した時期は各岩体相互の関係と放射年代を調べることにより白亜紀後期から古第三紀後期までに及び、しかも深成岩と火山岩の活動が交互に数回繰り返したことが明らかにされている(吉田, 1961; 河野・植田, 1966; MATSUDA, 1982; 服部ほか, 1983; 村上, 1985; 飯泉ほか, 1985など)。しかし、個々の火成岩体の活動時期となると、一般に規模が小さく、連続性に乏しい上、相互の関係が不明なものも多いため、依然として放射年代測定をしない限り分からないことが多い。しかも、既存の年代値の中には、同一岩体内でさえ一致しないものがある、その活動時期について判然としないことも多い。このように白亜紀後期から古第三紀にかけての具体的な火成活動の区分にはなお問題が残されている。

本研究ではこのような現状をふまえて、筆者が5万分の1地質図幅「赤名」の研究の際に求めた放射年代値11個を報告するとともに、既に公表されているものを含めた50個の放射年代値と層序・貫入関係を検討することにより、個々の岩体の噴出あるいは定置した時期を改めて推定し、活動時期の区分を行った。なお既刊の20万分の

1地質図幅「浜田」(鹿野ほか, 1988)における白亜系-古第三系の地質区分は、本研究の見解に基づくものである。

本研究を行うに当たり、地質部長服部 仁技官及び同部鹿野和彦技官、並びに地質標本館館長山田直利技官及び中国・四国地域地質センター所長東元定雄技官には有益な御意見を頂いた。以上の方々から謝意を表す。

2. 試料の記載と年代測定結果

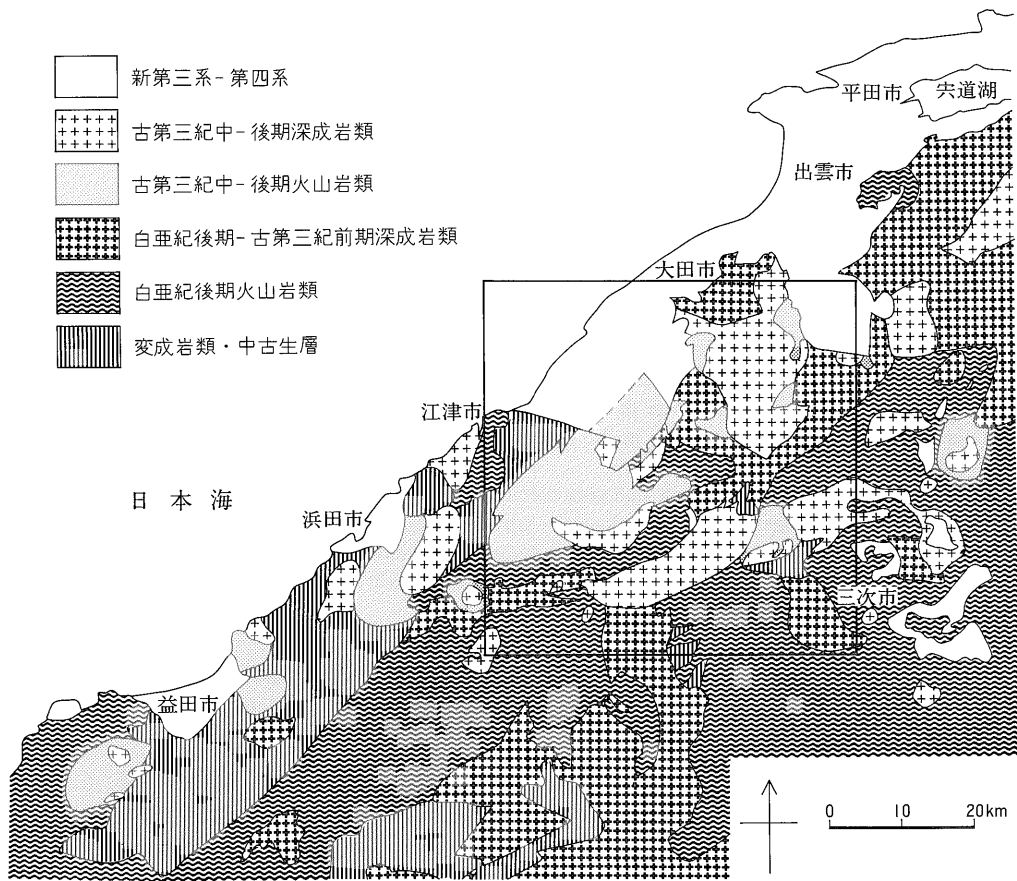
試料の採取位置を第2図に、K-Ar年代測定結果を第1表に、フィッシュトラック年代測定結果を第2表及び第3図に示す。放射年代測定のうちK-Ar年代はTeledyne Isotopes社で、フィッシュトラックED2年代¹⁾は京都フィッシュトラック(株)で測定された。当該地域の火成岩は8つの火山岩体と12の深成岩体に区分されるが(第4図)、測定試料は特に活動時期が不明か、あるいは既存の放射年代値に不一致が認められる3つの火山岩体と5つの深成岩体から11個を採取した。以下に測年試料について簡単に記載する。

No. 1 川本花崗閃緑岩 中粒単斜輝石含有黒雲母角閃石花崗閃緑岩(試料鉱物: 角閃石)

試料は岩体北部の採土場跡の玉石から採取した(第2

¹⁾ フィッシュトラックED2年代: 年代測定する結晶の表面に外部検出材を張りつけて誘導飛跡の計測をする方法。結晶の表面付近でウラン濃度に変化がある場合でも年代値への影響が小さい。

* 中国・四国地域地質センター



第1図 山陰地方中部地域の地質概略図

鹿野ほか(1988), 今岡(1986), 島根県地質図編集委員会(1985)から編集作成。枠内は本研究の範囲(第4図に対応)を示す。

図A).

中粒粒状組織を持ち、ときに斑状斜長石を含む。主成分鉱物は斜長石・石英・角閃石・黒雲母・カリ長石及び単斜輝石で、径0.3-5mmになる。角閃石は柱状自形-半自形を示し、Z=緑色である。黒雲母は一部が緑泥石化しているが、角閃石には全く変質は認められない。副成分として、鉄鉱・スフェン・ジルコン・アバタイトを含む。同一試料中の黒雲母について、34.1MaのK-Ar年代が報告されている(服部ほか, 1983)。

No. 2 石見花崗岩 白雲母長石石英脈(試料鉱物: 白雲母)

試料は岩体東部で、石見花崗岩の主岩相である細粒黒雲母花崗岩を貫く白雲母長石石英脈から採取した(第2図B)。この脈は幅5-10cmで、脈壁に沿って外側の石英・カリ長石・斜長石に富む部分が中心の白雲母に富む部分を層状に挟んでいる。白雲母の結晶は径1-5mmと

かなり粗粒である。

No. 3 石見花崗岩 白雲母長石石英脈(試料鉱物: 白雲母)

試料は、岩体西部に位置し(第2図C)、石見花崗岩の主岩相中に生じた、幅5cm、長さ2mの伸びたレンズ状の白雲母長石石英脈から採取した。この脈も中心部に幅1cm、長さ30cmにわたって白雲母と黄鉄鉱に富む部分がある。外側を石英・カリ長石・斜長石のアブライト状の部分を取り囲む。白雲母は湾曲した径1-8mmの粗粒な結晶である。

No. 4 阿須那花崗岩 細粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩(試料鉱物: 黒雲母)

阿須那花崗岩は岩相変化に富み、岩体内で閃緑岩から花崗岩まで大きく変化する。試料は岩体北東部の花崗閃緑岩の部分から採取した(第2図D)。

主成分鉱物は斜長石・石英・カリ長石・黒雲母であ

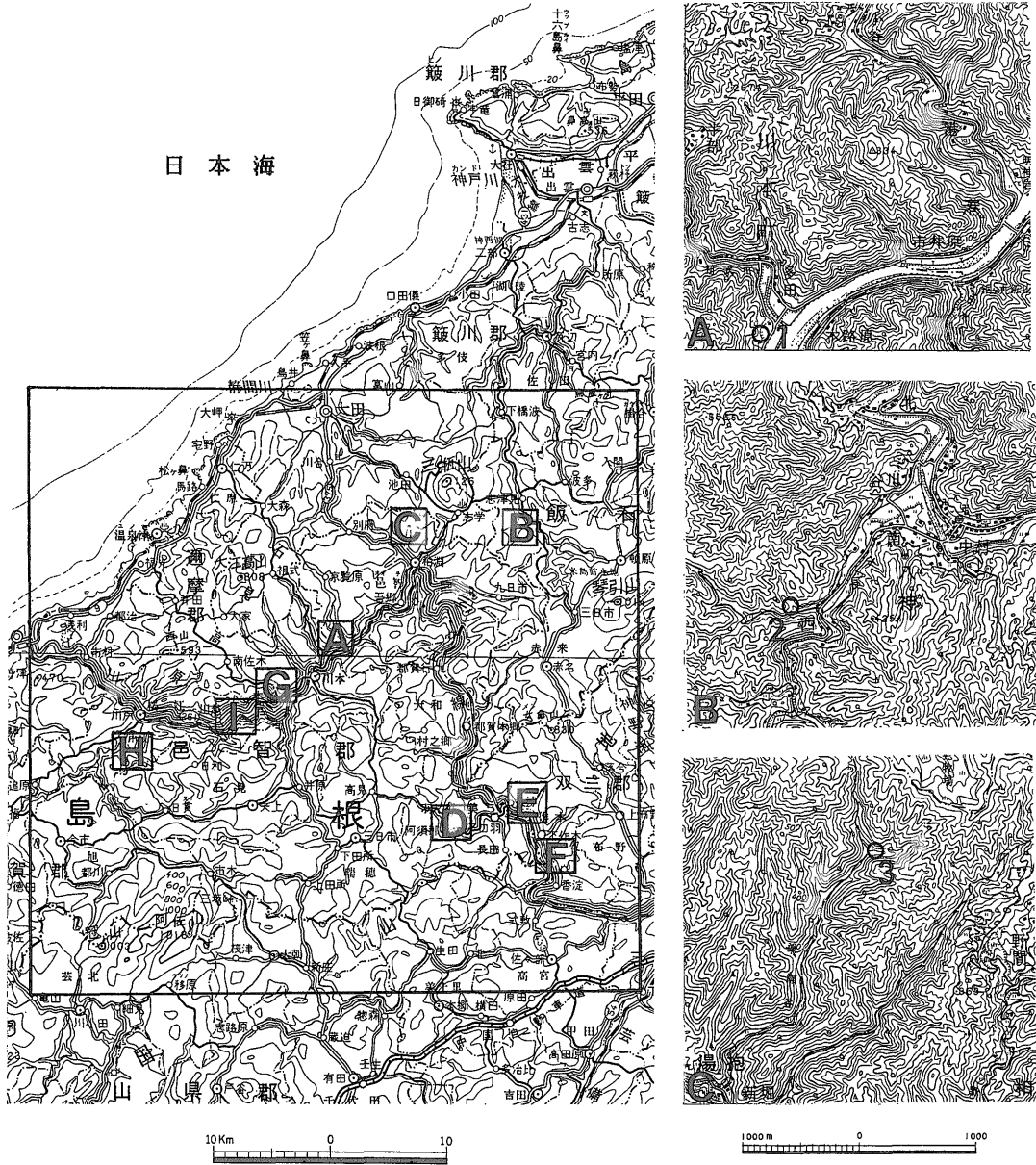
第1表 K-Ar年代測定結果

No.	GEMS* No.	地層・岩体名	産地	試料岩石名	測定対象	放射年代 (Ma)	$^{40}\text{Ar rad}$ ($\text{cm}^3 \text{STP/g} \times 10^{-5}$)	$^{40}\text{Ar rad}$ (%)	K (%)
1	GSJ R19995	川本花崗閃緑岩	島根県川本町多田 35° 0' 4"N 132° 30' 28"E	単斜輝石含有 黒雲母角閃石 花崗閃緑岩	角閃石	35.5±1.8 (平均)			
						35.5±2.7	0.060	29.3	0.43
						35.5±2.6	0.060	30.3	0.43
2	GSJ R23216	石見花崗岩	島根県頓原町八神西 35° 5' 55"N 132° 41' 2"E	白雲母 長石石英脈	白雲母	31.5±1.6 (平均)			
						31.4±1.6	1.03	67.8	8.37
						31.7±1.6	1.04	75.9	8.38
3	GSJ R23215	石見花崗岩	島根県邑智町果瀬谷 35° 6' 23"N 132° 35' 31"E	白雲母 長石石英脈	白雲母	31.2±1.6 (平均)			
						30.9±1.5	1.03	73.2	8.49
						31.5±1.6	1.05	71.0	8.50
4	GSJ R23202	阿須那花崗岩	島根県羽須美村阿須那 34° 52' 56"N 132° 36' 56"E	角閃石黒雲母 花崗閃緑岩	黒雲母	36.0±1.8 (平均)			
						35.8±1.8	0.548	65.0	3.90
						36.2±1.8	0.555	62.7	3.91
5	GSJ R23203	口羽閃緑岩類	広島県作木村大津式 34° 52' 51"N 132° 41' 50"E	単斜輝石含有 角閃石 閃緑玢岩	角閃石	49.3±7.5 (平均)			
						49.7±7.5	0.049	16.6	0.25
						48.8±7.3	0.050	18.8	0.26
6	GSJ R23221	作木火山岩類	広島県作木村森山保田 34° 54' 11"N 132° 42' 2"E	安山岩 火山礫凝灰岩	角閃石	38.3±1.9 (平均)			
						39.4±2.0	0.041	39.7	0.27
						37.5±2.1	0.039	35.7	0.26
						36.5±3.7	0.038	23.0	
7	GSJ R23204	式敷花崗岩	広島県作木村香淀熊見 34° 50' 9"N 132° 43' 50"E	角閃石黒雲母 花崗岩	黒雲母	84.7±4.2 (平均)			
						84.1±4.2	0.388	43.5	1.16
						85.3±4.3	0.394	46.8	1.16

* : 地質調査所の標本登録番号

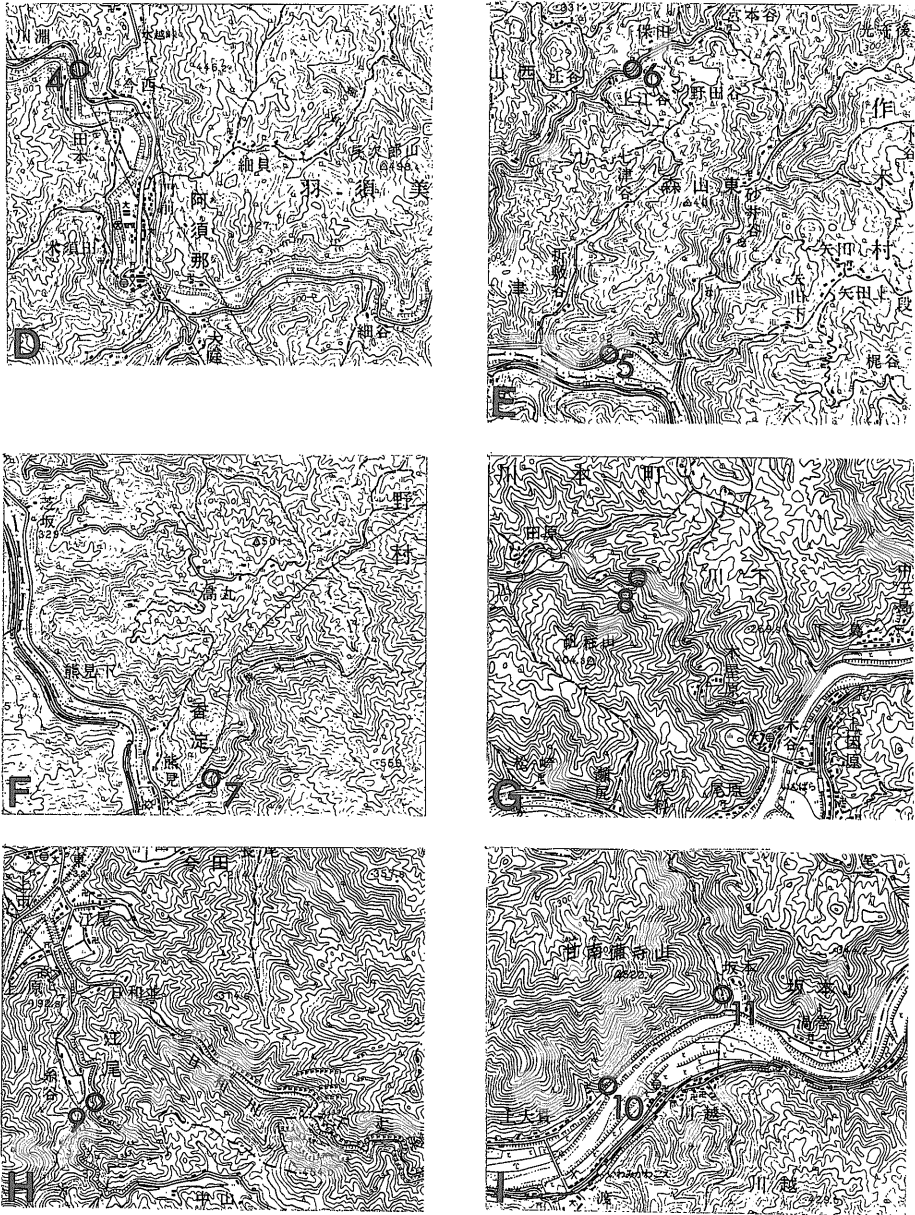
 $\lambda_{\beta}=4.962 \times 10^{-10}/\text{yr}$, $\lambda_{\alpha}=0.581 \times 10^{-10}/\text{yr}$, $^{40}\text{K}/\text{K}=1.167 \times 10^{-4}$ atomic ratio

測定 : Teledyne Isotopes 社



第2図 年代測定試料採取位置

国土地理院発行50万分の1地方図「中国四国」、5万分の1地形図「三瓶山」・「赤名」及び「川本」を使用。大枠は第4図の範囲を示す。



第2図 つづき

第2表 ジルコンのフィッシュントラック年代測定結果

No.	GEMS* No.	地層名	産地	試料岩石名	測定法	ΣNs (個)	ρs (cm^{-2})	ΣNi (個)	ρi (cm^{-2})	$\Sigma N\phi$ (個)	Σ (cm^{-2})	$T \pm 2s$ (Ma)	$\pm \epsilon T$ (Ma)	n (個)	U (ppm)
8	GSJ R23220	川内層群	島根県川本町川下 34° 58' 43" N 132° 27' 32" E	デイサイト 溶結凝灰岩	ED2	511	1.90×10^6	437	1.62×10^6	1174	4.94×10^{14}	34.4 ± 2.0	± 2.5	30	164
9	GSJ R23219	桜江層群	島根県桜江町江尾 34° 55' 7" N 132° 19' 30" E	流紋岩 溶結凝灰岩	ED2	713	1.40×10^6	517	1.02×10^6	1175	4.95×10^{14}	40.7 ± 2.4	± 2.6	30	103
10	GSJ R23218	桜江層群	島根県桜江町甘南備寺 34° 57' 9" N 132° 24' 38" E	流紋岩溶岩	ED2	2007	3.05×10^6	1507	2.29×10^6	1215	5.11×10^{14}	40.6 ± 2.3	± 1.8	36	224
11	GSJ R23217	桜江層群	島根県桜江町坂本 34° 57' 35" N 132° 25' 13" E	流紋岩溶岩 (熱変成)	ED2	2124	2.54×10^6	1788	2.13×10^6	1225	5.15×10^{14}	36.5 ± 2.1	± 1.6	36	207

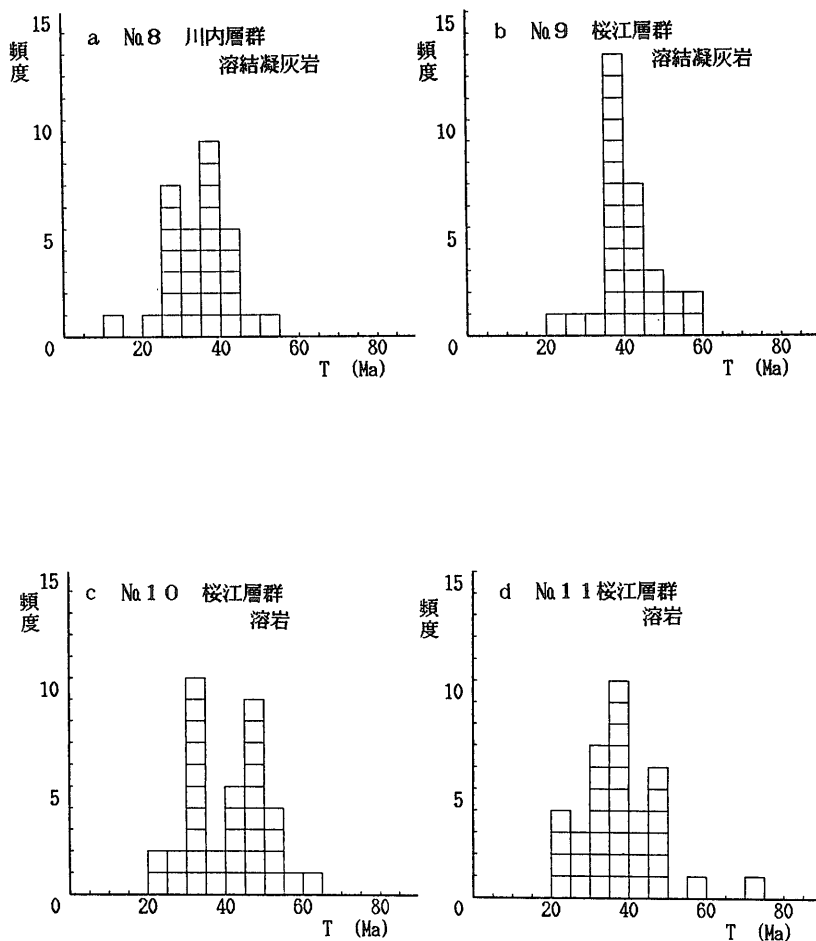
* : 地質調査所の標本登録番号

$$T = 5.96 \times 10^{-8} \times \Phi \times \Sigma Ns / \Sigma Ni \quad (\lambda_t = 7.03 \times 10^{-17} / yr)$$

$$s = \sqrt{(1/\sqrt{\Sigma Ns} - 1/\sqrt{\Sigma Ni})^2 + (1/\sqrt{\Sigma N\phi})^2}, \quad \epsilon = \sqrt{(1/\sqrt{\Sigma Ns})^2 + (1/\sqrt{\Sigma Ni})^2 + (1/\sqrt{\Sigma N\phi})^2}$$

$$U = 5 \times 10^{10} \times \rho i / \Phi \quad (\text{但し, ジルコン結晶中でエッチングされる最大飛跡長を} 12 \mu m \text{ と仮定する})$$

測定 : 東京都フィッシュントラック



第3図 ジルコン粒子ごとのフィッシュトラック年代の頻度分布

る。これらの大部分は0.5-2 mmの細粒結晶で粒状組織を作るが、斜長石と石英の中には径3-5 mmの自形斑状に成長するものがある。黒雲母は半自形板状結晶で、Y=Z=茶色を示す。結晶によっては外縁と劈開面に沿って相当緑泥石化したものがある。角閃石は柱状自形でZ=緑色を示す。ときに黒雲母の小結晶を含有することがある。

副成分鉱物として、鉄鉱・アパタイト・ジルコン・褐れん石を含む。

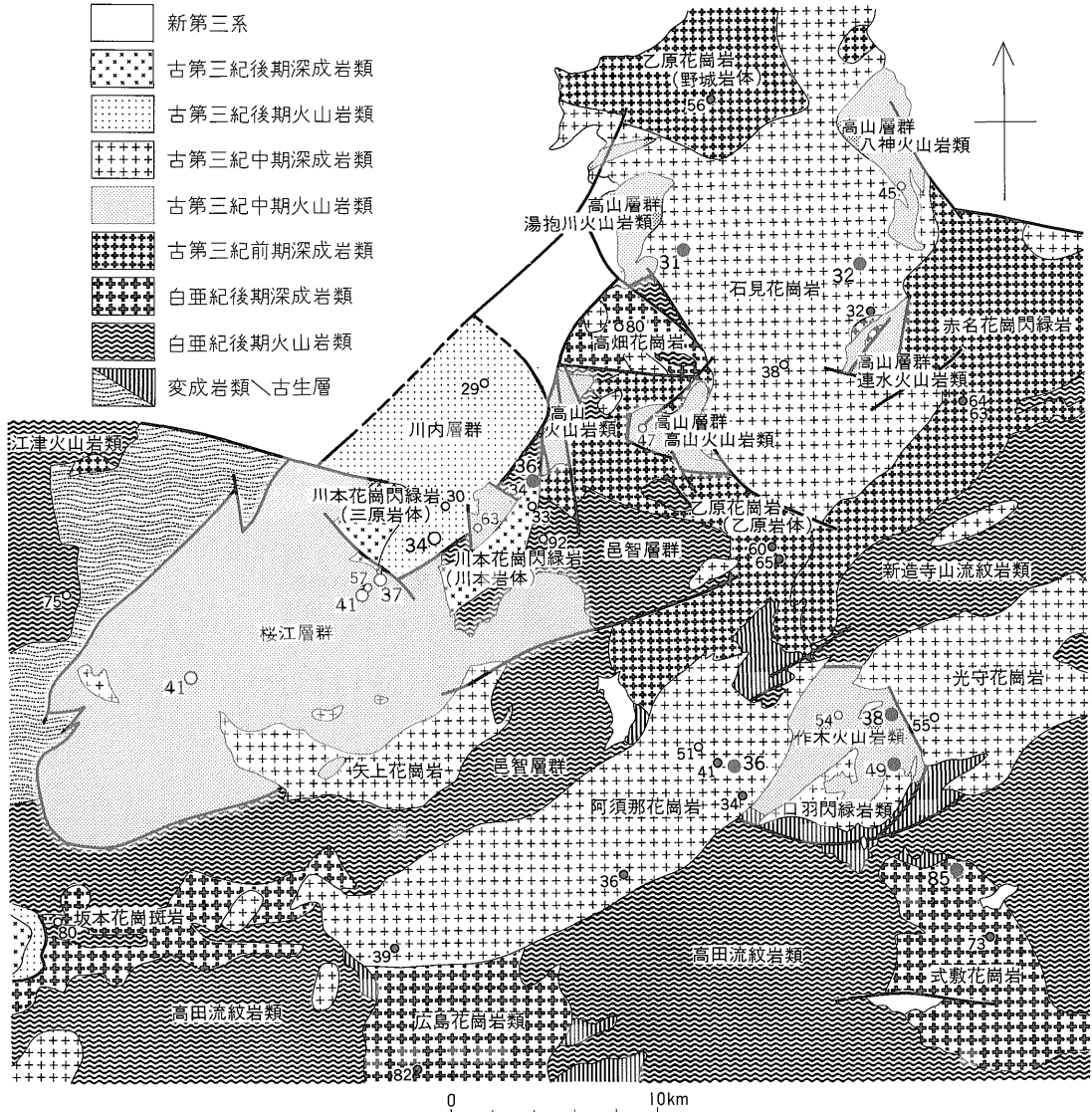
No. 5 口羽閃緑岩類 単斜輝石含有角閃石閃緑ひん岩(試料鉱物:角閃石)

試料は口羽閃緑岩類本体の北東端から岩脈状に派生した部分の急冷相から採取した(第2図E)。試料は手標本の大きさの中にも、斑状の部分と等粒状の部分が入り混じる不均質な岩相を示す。

主成分鉱物は斜長石と角閃石である。斜長石の多くは径0.5-2 mmだが、4 mmに達する斑晶もある。角閃石は径0.3-2 mmの短柱状結晶でオパサイト縁に囲まれる。角閃石はZ=茶褐色を示す。斜長石と角閃石は全体の大部分を占めるが、互いに接することはなく、隙間を0.1 mm以下の単斜輝石・鉄鉱・石英・ジルコン・アパタイトが埋めている。角閃石はときに斜長石・アパタイト・鉄鉱の小結晶を含有することがある。年代測定では大気アルゴンの混入率が高く、やや精度が低くなった(第1表No. 5)。

No. 6 作木火山岩類 安山岩火山礫凝灰岩(試料鉱物:角閃石)

試料は作木火山岩類の層準の中位を占める安山岩質の火砕岩から採取した(第2図E)。径2-10 mmの頁岩・流紋岩ガラス質凝灰岩・デイサイト-安山岩溶結凝灰岩



第4図 白亜紀後期-古第三紀火成岩類の分布と年代

鹿野ほか(1988)を簡略化、フィッシュトラック年代(○)本報告、○既発表資料)単位 Ma, K-Ar 年代・Rb-Sr 年代(●)本報告、●既発表資料)ただし、採取位置の詳細が不明なものは記入していない。

の角礫を多量に含む。結晶片としては斜長石(径0.1-1 mm)・角閃石(径0.05-0.6 mm)・単斜輝石(径0.1-0.5 mm)を多く含み、ほかに鉄鉱・アパタイトを含む。角閃石は短柱状自形でZ=茶褐色を示し、花崗岩類のZ=緑色とは異なる。また包有する火山礫は角閃石を含んでいないので、測年用に分離した角閃石はすべて斑晶と判断できる。基質には変質や再結晶化は全く認められない。

No. 7 式敷花崗岩 中粒角閃石黒雲母花崗岩(試料鉱物:黒雲母)

試料は岩体北縁で白亜紀後期火山岩類に貫入する接触部から約200 m の場所で採取した(第2図F)。

主成分鉱物は石英・カリ長石・斜長石・黒雲母・角閃石で、径1-4 mm の粒状組織を作る。黒雲母はY=Z=暗褐色を示す。結晶表面と劈開面に沿ってわずかに緑泥石化するものが多いが、まれに結晶全体が緑泥石化する

ものもある。角閃石は柱状自形で、Z=緑色を示す。まれに中心部に褐色の部分をもつものもある。副成分鉱物として、褐れん石・鉄鉱・アパタイト・ジルコンを含む。

No. 8 川内層群 デイサイト溶結ガラス質凝灰岩 (試料鉱物：ジルコン)

試料は川内層群下部(松田・小田, 1982)から採取した(第2図G)。淡緑色を呈し、少量の本質レンズを含む。異質岩片は認められない。結晶片は主に斜長石(径0.5-3 mm)・輝石?(緑泥石化, 径0.2 mm±)・石英(径0.1-0.5 mm)からなり、ほかに少量の鉄鉱・アパタイト・ジルコンが認められる。基質部分は脱ガラス化しているが溶結構造を残す。本質レンズには微球顆が生じている。

分離・測年された30個のジルコンはほとんど自形で、晶癖もよく揃っている。また自発飛跡数(Ns)と誘導飛跡数(Ni)の相関係数は0.813と高い。同じく自発飛跡密度(ρ_s)と誘導飛跡密度(ρ_i)の相関係数も0.716と高い。ジルコン粒子ごとの年代値も一つの正規分布を作る(第3図a)。以上の点から異質ジルコンの混入はないと判断できる。

No. 9 桜江層群 流紋岩溶結ガラス質結晶凝灰岩 (試料鉱物：ジルコン)

試料は桜江層群西部の無名層から採取した(第2図H)。褐色を呈し、淡緑色のレンズを少量含む。径1 cm以下の流紋岩溶結凝灰岩の類質岩片をまれに含む。結晶片は径0.1-3 mmの石英・カリ長石・斜長石と径0.5-1 mmの黒雲母(緑泥石化)が多く、副成分として鉄鉱・ジルコンを含む。基質は脱ガラス化しているが、溶結構造をよく残している。

分離・測年された30個のジルコンはNs-Ni及び ρ_s - ρ_i の相関係数がそれぞれ0.942及び0.951と高く、ジルコン粒子ごとの年代値もまとまりがよい(第3図b)。したがって、測定粒子中に異質ジルコンの混入はないと判断できる。

No. 10 桜江層群 流紋岩溶岩(試料鉱物：ジルコン)

試料は桜江層群中野層のN₁溶岩(松田・小田, 1982)から採取した(第2図I)。

灰色緻密な岩石で明暗の縞からなる流理構造が見える。斑晶は斜長石(径0.1-2.5 mm)・黒雲母(緑泥石化, 径0.2-0.8 mm)及び鉄鉱(径0.5 mm内外)を含む。石基は微細な珪長質物質からなり、粒度の差が明暗の縞を作る。このほか、石基中には少量のジルコン・アパタイトが含まれる。石基には再結晶化は認められない。

試料は溶岩なので異質ジルコンの混入の可能性はほとんどない。分離・測年された36個のジルコンは自形性、

晶癖の均一性が高い。Ns-Ni及び ρ_s - ρ_i の相関係数はそれぞれ0.847及び0.763と高い。ジルコンの粒子ごとの年代値の頻度分布が双峰になる(第3図c)のは測定数が十分でないことによるのかもしれない。

No. 11 桜江層群 流紋岩溶岩(試料鉱物：ジルコン)

試料は桜江層群中野層のN₁溶岩で試料No. 10と同じ岩体から採取した(第2図I)。採取地点は川本花崗閃緑岩川本岩体に対比される三原岩体(松田・小田, 1982)との接触部から約200 mの地点に当たり、再結晶化している。

斑晶は径0.1-2 mmの変質斜長石・黒雲母・鉄鉱で、石基は再結晶して径0.01-0.05 mmになった長石・石英と鉄鉱・ジルコン・アパタイトからなる。

No. 10と同じ流紋岩溶岩なので、これも異質ジルコンの混入の可能性はない。分離・測年された36個のジルコンのNs-Ni及び ρ_s - ρ_i の相関係数はそれぞれ0.885及び0.723と高く、個々の粒子の年代値もまとまっている(第3図d)。

3. 考 察

本地域内の白亜紀後期-古第三紀火成岩類の放射年代値は、既に河野・植田(1966)、柴田・石原(1974)、松田(1980)、MATSUDA(1982)及び服部ほか(1983)などにより数多く発表され、これに本報告の11個を加えると、全部で50個に達する(第3表)。ここでは、これらの放射年代測定値と実際の層序・貫入関係について検討を行い、8つの火山岩体を白亜紀後期、古第三紀中期・後期の3つの時期に、12個の深成岩体を白亜紀後期、古第三紀前期・中期・後期の4つの時期に区分した。本区分による地質図を第4図に示す。また、火成岩類の層序・貫入関係を第5図に、火成活動の区分と放射年代測定値の関係を第6図に示す。

3.1 白亜紀後期火山岩類

白亜紀後期火山岩類は本地域の中-酸性火成活動の最初の産物であり、最も広い範囲に分布している(第4図)。しかし、後の火山岩類や深成岩類によって岩体が蚕食・寸断されているので、全域を通じての層序対比はできていない。このために全体が一つの短い期間に形成されたものか、幾つもの時代に分かれてできたものかは、なお不明である。

放射年代値はジルコンのフィッシュントラック法で、本地域中央部の^{おおち}邑智層群から92 Ma(第3表, No. 45)の、西部の^{うづつ}江津火山岩類からは63・75・90 Ma(No. 42, 43, 44)の年代値が報告されている。高田流紋岩類相当の火山岩類については本地域外で86.9 Ma(匹見層群；

第3表 山陰中部地域の白亜紀後期-古第三紀火成岩類の放射年代

区	分	No.	地層・岩体名	試料産地	測定法	測定対象	年代(Ma)*1	文献
古第三紀後期	深成岩類	1	川本花崗閃緑岩(川本岩体)	島根県川本町	K-Ar	黒雲母	25.7	河野・植田(1966)
		2	川本花崗閃緑岩(川本岩体)	島根県川本町	F.T. re-etch	ジルコン	33±2	MATSUDA(1982)
		3	川本花崗閃緑岩(川本岩体)	島根県川本町多田	K-Ar	黒雲母	34.1±1.7	服部ほか(1983)
		4	川本花崗閃緑岩(川本岩体)	島根県川本町多田	K-Ar	角閃石	35.5±1.8	本報告
	火山岩類	5	川内層群上部	島根県川本町上郷	F.T. re-etch	ジルコン	29±2	松田(1980)
		6	川内層群下部	島根県川本町笹畑	F.T. re-etch	ジルコン	30±2	松田(1980)
		7	川内層群下部	島根県川本町川下	F.T. ED2	ジルコン	34.4±2.0	本報告
古第三紀中期	深成岩類	8	石見花崗岩	島根県頓原町才谷	K-Ar	黒雲母	31.6±1.6	服部ほか(1983)
		9	石見花崗岩*2	島根県邑智町	F.T. re-etch	ジルコン	38	MATSUDA(1982)
		10	石見花崗岩	島根県頓原町八神西	K-Ar	白雲母	31.5±1.6	本報告
		11	石見花崗岩	島根県邑智町果瀬谷	K-Ar	白雲母	31.2±1.6	本報告
		12	阿須那花崗岩	島根県羽須美村阿須那	K-Ar	カリ長石	34.4	河野・植田(1966)
		13	阿須那花崗岩	島根県羽須美村雪田橋	K-Ar	黒雲母	41.2±1.9	柴田・石原(1974)
		14	阿須那花崗岩	広島県大朝町登	K-Ar	黒雲母	38.7±1.8	柴田・石原(1974)
		15	阿須那花崗岩	島根県羽須美村	F.T. re-etch	ジルコン	51±4	松田(1980)
		16	阿須那花崗岩	島根県羽須美村阿須那	K-Ar	黒雲母	36.0±1.8	松浦(1984), 本報告
		17	阿須那花崗岩	島根県瑞穂町岩屋	K-Ar	セリサイト*3	36.4±1.8	KITAGAWA <i>et al.</i> (1988)
		18	光守花崗岩	広島県作木村	F.T. re-etch	ジルコン	55±3	松田(1980)
	19	口羽閃緑岩類	広島県作木村大津式	K-Ar	角閃石	49.3±7.5	松浦(1984), 本報告	
	火山岩類	20	高山層群高山火山岩類*4	島根県邑智町	F.T. re-etch	ジルコン	47	MATSUDA(1982)
		21	高山層群八神火山岩類*4	島根県頓原町	F.T. re-etch	ジルコン	45	MATSUDA(1982)
		22	高山層群八神火山岩類*4	島根県頓原町	K-Ar	全岩?	25, 26, 29, 30	沢田・板谷(1987)
		23	高山層群連水火山岩類*4	島根県邑智町	K-Ar	全岩?	33, 34	沢田・板谷(1987)
		24	作木火山岩類	広島県作木村	F.T. re-etch	ジルコン	54	MATSUDA(1982)
		25	作木火山岩類	広島県作木村森山	K-Ar	角閃石	38.3±1.9	本報告
		26	桜江層群中野層(東部)	島根県石見町	F.T. re-etch	ジルコン	57, 63	MATSUDA(1982)
27		桜江層群(西部)	島根県桜江町江尾	F.T. ED2	ジルコン	40.7±2.4	本報告	
28		桜江層群中野層(東部)	島根県桜江町甘南備寺	F.T. ED2	ジルコン	40.6±2.3	本報告	
29		桜江層群中野層(東部)	島根県桜江町坂本	F.T. ED2	ジルコン	36.5±2.1	本報告	

古第三紀前期	深成岩類	30	乙原花崗岩(乙原岩体)	島根県大和村大浦	K-Ar	黒雲母	65.2±2.7	柴田・石原(1974)
		31	乙原花崗岩(乙原岩体)	島根県大和村	F.T. re-etch	ジルコン	52	MATSUDA(1982)
		32	乙原花崗岩(乙原岩体)	島根県大和村長藤	K-Ar	黒雲母	60.0±3.0	服部ほか(1983)
		33	乙原花崗岩(野城岩体)	島根県大田市下多根	K-Ar	白雲母	56.1±2.8	服部ほか(1983)
	34	赤名花崗閃緑岩	島根県赤来町加田	K-Ar	黒雲母	64.3±3.2	服部ほか(1983)	
白亜紀後期	深成岩類	35	赤名花崗閃緑岩	島根県赤来町加田	Rb-Sr	黒雲母	63.4	服部ほか(1983)
		36	高畑花崗岩	島根県邑智町	F.T. re-etch	ジルコン	80	MATSUDA(1982)
		37	式敷花崗岩*5	広島県高宮町所木	K-Ar	黒雲母	73.3	河野・植田(1966)
		38	式敷花崗岩	広島県作木村香淀熊見	K-Ar	黒雲母	84.7±4.2	松浦(1984), 本報告
		39	広島花崗岩類	広島県大朝町横川	K-Ar	黒雲母	82.4±3.2	柴田・石原(1974)
	40	広島花崗岩類	広島県大朝町	F.T. re-etch	ジルコン	87	MATSUDA(1982)	
	41	坂本花崗斑岩	島根県旭町坂本	F.T. re-etch	ジルコン	80.1±5.6	村上ほか(1982)	
	火山岩類	42	江津火山岩類浅利富士流紋岩	島根県江津市浅利富士	F.T. re-etch	ジルコン	63±5	今岡ほか(1982)
		43	江津火山岩類清見流紋岩	島根県江津市後谷	F.T. re-etch	ジルコン	75±4	今岡ほか(1982)
44		江津火山岩類本明流紋岩	島根県江津市本明	F.T. re-etch	ジルコン	90±5	今岡ほか(1982)	
45		邑智層群市井原層	島根県川本町会下	F.T. re-etch	ジルコン	92±4	MATSUDA(1982)	

*1: K-Ar 年代値計算における定数は第1表に示したものに統一し, 古い定数による年代値は新しい定数によって改めた。

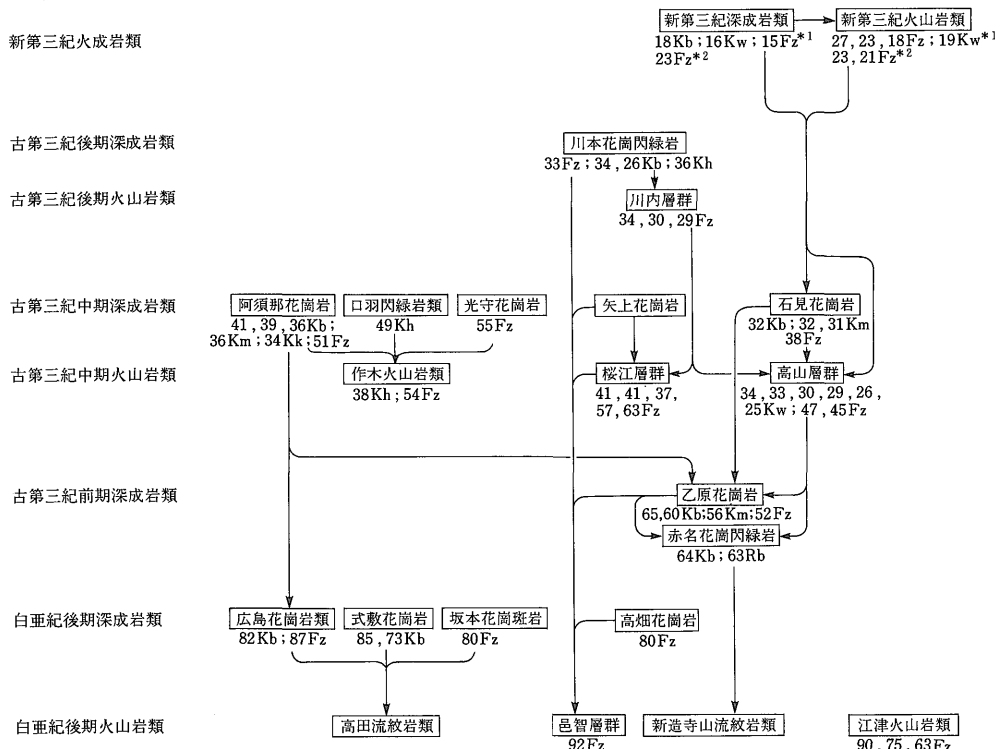
*2: MATSUDA(1982)は粕淵花崗岩としたが, 吉田(1961)の石見花崗岩に当たるので改めた。

*3: セリサイト鉱床の精鉱を全岩分析。

*4: MATSUDA(1982), 沢田・板谷(1987)の高山層群・八神層群及び連水層群は, 服部ほか(1983)の高山層群の再定義により, それぞれ, 高山層群高山火山岩類・高山層群八神火山岩類及び高山層群連水火山岩類に改称した。

*5: 河野・植田(1966)は所木岩体としたが, 吉田(1961)の式敷岩体に当たるので改めた。

区分



Kb;黒雲母 K-Ar年代, Km;白雲母(セリサイト) K-Ar年代, Kh;角閃石 K-Ar年代, Kk;カリ長石 K-Ar年代, Kw;全岩 K-Ar年代, Rb;黒雲母 Rb-Sr年代, Fz;ジルコンフィッシュントラック年代

*1;第3表にない年代値-鹿野・吉田(1984)による, *2;同じく MATSUDA (1982)による.

第5図 火成岩類の層序・貫入関係と放射年代

矢印は野外で観察された層序・貫入関係を新→旧として表現している。図を簡潔にするために火成活動区分に必要なのみ記入した。

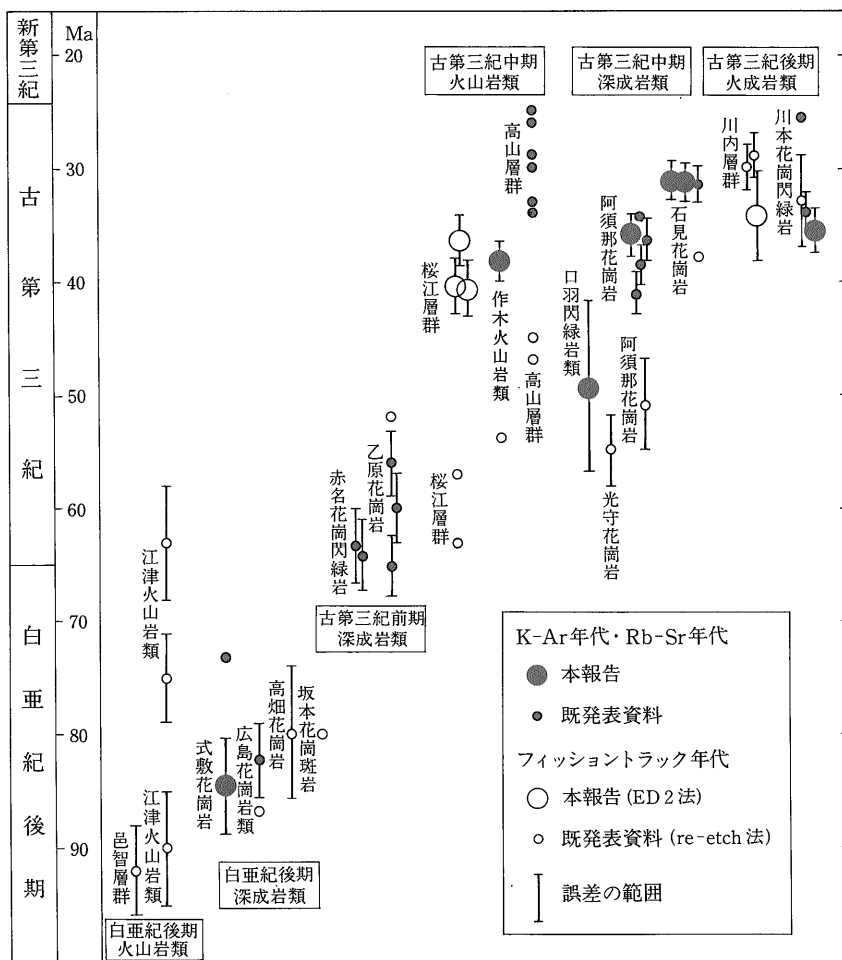
村上, 1985), 101 Ma (三国山流紋岩類; SEKI, 1981)の年代値が得られている。今岡ほか(1982), 鹿野ほか(1988)では江津火山岩類に若い年代のものが含まれる点に注意して白亜紀後期火山岩類を二分し, 江津火山岩類を他の火山岩類から独立させて, 次で述べる白亜紀後期深成岩類よりも後の火山岩類と考えた。しかし, 江津火山岩類の南西部の本明流紋岩の年代値90 Maが, 邑智層群市井原層の年代値92 Maに極めて近い点で疑問が残る。

本地域南西に分布する高田流紋岩類からは *Cunninghamia* 属の球顆化石が発見されているが, 種名の決定には至っていない(河原・番本, 1983)。 *Cunninghamia* 属には現生種もあり, 年代幅が広いので現段階では時代決定はできないと判断すべきであろう。

3.2 白亜紀後期深成岩類

白亜紀後期深成岩類のうち広島花崗岩類は広島市周辺

から本地域南部まで連続した岩体で, 岩相は一樣に中-粗粒粒状組織を示す。放射年代値は広島市西部の五日市で84.3 Ma, 広島市北部の可部で81.8 Ma, 本地域南部で82.4 Ma (No. 39)の年代値を示し, 比較的よく一致している(柴田・石原, 1974)。本地域南東部の式敷花崗岩は河野・植田(1966)により73.3 Ma (No. 37)の年代が得られ, 広島花崗岩類と, 次で述べる古第三紀前期花崗岩類の中間の年代値であった。しかし今回の測定では84.7 Maを示し, 広島花崗岩類の年代に近いことが判明した。また, 本地域南西部の坂本花崗斑岩及び中部の高畑花崗岩からはフィッシュントラック法で, それぞれ80.1 Ma (No. 41)及び80 Ma (No. 36)の年代値が報告されている。以上のように, 本地域の白亜紀後期深成岩類は80-85 Maの年代を示している。これらの深成岩はいずれも白亜紀後期火山岩類を貫き, それらに熱変成を与えている。このことから, 高田流紋岩類を *Cunninghamia* 属



第6図 火成活動の区分と放射年代の関係

の未定種からヘトナイ世上部の和泉層群に対比する考え (河原・番本, 1983)は, 受け入れがたい。

3.3 古第三紀前期深成岩類

古第三紀前期深成岩類は中-粗粒粒状組織を示し, 岩相の上からは白亜紀後期深成岩類と変わるところがない。

しかし, 野外では次に述べるように古第三紀中期火山岩類に直接覆われる。また, その中の異質岩片として取り込まれた花崗岩礫として認識できることがある。

放射年代値は6個あり, そのうち5個が56.1-65.2 Ma (No. 30, 32, 33, 34, 35)の比較的短期間に集中し, しかも白亜紀後期深成岩類の年代値とは画然と離れている。これらはいずれも黒雲母・白雲母のK-Ar年代値である。この範囲から若い方にややはずれた年代値52 Ma (No. 31)はジルコンのフィッシュントラック法に

よるもので, 雲母のK-Ar年代値よりも閉鎖温度が低いことによるものかもしれない。

3.4 古第三紀中期火成岩類

古第三紀中期火成岩類は, 一般に環状断層に囲まれた地域内に分布する火山岩類と, これに貫入する深成岩類が密接に伴って分布することを特徴とする(第4図)。火山岩類は安山岩・デイサイト・流紋岩の順に活動している。深成岩類は中-細粒斑状で, しばしば miarolitic な晶洞を生ずるなど浅成相を示す。火山岩類と深成岩類とを一連の火成活動としてとらえ, 南部地域の作木火山岩類-阿須那花崗岩・口羽閃緑岩類・光守花崗岩, 西部地域の桜江層群-矢上花崗岩及び北部の高山層群-石見花崗岩の順に記述する。

作木火山岩類-阿須那花崗岩・口羽閃緑岩類・光守花崗岩

作木火山岩類は基底部に古生層・白亜紀後期火山岩類や古第三紀前期深成岩類と見られる異質岩片を多量に含んでいる(吉田, 1961). 作木火山岩類に挟在する碎屑岩層に産する植物化石を遠藤(1959)は白亜紀のものと考えたが, 松尾(1975)は古第三紀の特徴を認め, 暁新世のものと推定した.

作木火山岩類の放射年代値は, フィッシュントラック re-etch 法による 54 Ma (No. 24) と今回測定した斑晶角閃石の K-Ar 法による 38.3 Ma (No. 25) とがあり, 大きく食い違っている. フィッシュントラック re-etch 法による年代値については, 以下に述べる他の古第三紀中期火成岩類のいずれもが, 共通して他の年代測定法による値に比べて古い値を与える傾向が見える(第6図). この問題については別にまとめて述べる. ここで, K-Ar 年代値の 38.3 Ma は植物化石からの推定に比べると若い, 隣接する阿須那花崗岩や, 岩相対比される桜江層群のフィッシュントラック ED2 法による年代値には近い.

阿須那花崗岩・口羽閃緑岩類・光守花崗岩は3岩体が東北東-西南西方向に延びて並び, いずれも作木火山岩類に対して貫入している(第4図, 第5図). また, これらの岩体はいずれも細粒斑状組織を持ち, それぞれの岩体内部で閃緑岩から花崗岩までの岩相変化があるなどの共通点が多い.

阿須那花崗岩の放射年代値は, 今回の測定を含め6個が得られている. このうち4個は黒雲母とセリサイトの K-Ar 年代値で 36.0-41.2 Ma (No. 13, 14, 16, 17) を示し, 被貫入岩体の作木火山岩類の角閃石 K-Ar 年代値 38.3 Ma をちょうど挟んでいる. この範囲からはずれる2個のうち, カリ長石の K-Ar 年代値 34.4 Ma (No. 12) は黒雲母やセリサイトよりもやや若い. これは, 河野・植田(1964)が花崗岩の同じ岩体からカリ長石と黒雲母を分離して別に測年したところ, 前者の方がやや若い年代を与えることを確認したことと同じ現象である. その理由はおそらく Ar について閉鎖系になる温度が黒雲母(約300°C)よりも, カリ長石(約160°C)の方が低い(HARRISON *et al.*, 1979; NISHIMURA and MOGI, 1986) ことによるものとみて良い. 阿須那花崗岩の K-Ar 年代値に対してジルコンのフィッシュントラック re-etch 年代値 51 Ma (No. 15) が, 光守花崗岩のジルコンのフィッシュントラック re-etch 年代値 55 Ma (No. 18) とともにかなり古くでている点については後述する.

口羽閃緑岩類の斑状角閃石の K-Ar 年代値 49.3 Ma (No. 19) は, 貫入された方の作木火山岩類の角閃石の K-Ar 年代値 38.3 Ma よりも古く, 地質関係と矛盾しているように見える. しかし口羽閃緑岩類の角閃石の年代

測定では放射壊変生成による ^{40}Ar の収量が少なく, またその割合が 17-19% (第1表, No. 5) と小さいので精度が悪い. 筆者は, 口羽閃緑岩類と作木火山岩類及び阿須那花崗岩との地質関係からみて口羽閃緑岩類の形成時期は年代値誤差範囲の最も若い端に近い 40 Ma 前後まで下がる可能性もあると考えている.

桜江層群-矢上花崗岩

松田・小田(1982)は村上(1969), 中村(1979)の桜江岩体東部に分布する火山岩類を古第三紀前期深成岩類乙原花崗岩よりも古い火山岩類として, これを桜江層群と命名した. MATSUDA (1982)は桜江岩体東部の火山岩からジルコンのフィッシュントラック re-etch 年代値 57 及び 63 Ma (No. 26) を報告した. 一方, 山内(1983)は, 桜江岩体西部の火山岩類を旭層群と命名し, これを古第三紀後期田万川層群に対比した. すなわち, 桜江岩体の火山岩類は東部と西部とが別の時代の産物ということになっている. しかし, 東部と西部の間には前後関係や両者の境界を示す事実は何も示されていない. ここで, 桜江岩体内の火山岩類を改めて桜江層群と呼ぶことにする.

今回の年代測定では桜江層群の東部から2個, 西部から1個の火山岩試料を採取し, ジルコンのフィッシュントラック ED2 法により行った. その結果, 東部の No. 28 の 40.6 Ma と西部の No. 27 の 40.7 Ma とが全く同じといえるほどよく一致した年代を与えた. 東部の No. 29 は川本花崗閃緑岩により再結晶しているため, 川本花崗閃緑岩に近い値 (36.5 Ma) を示した. すなわち, 熱変成していない桜江層群中の火山岩は, 東部も西部もほぼ同じ 40.6 と 40.7 Ma を示し, 一つの火山岩層であることを示唆している. 上記の年代値は岩相対比される作木火山岩類やこれに伴う阿須那花崗岩の K-Ar 年代値に近似している. 今回の年代値と MATSUDA (1982) の年代値が大きく違う点については後述する.

桜江層群に貫入する矢上花崗岩については年代測定していないが, 阿須那花崗岩と平行に伸びた形で分布し, 岩相も酷似していることから, ほぼ同時代のものと推定している.

高山層群-石見花崗岩

高山層群は本地域北部で, 白亜紀後期火山岩類及び古第三紀前期深成岩類を不整合に覆い, あるいはこれらの岩片を含み, 中-細粒斑状石見花崗岩に貫入される火山岩類として認識することができる(吉田, 1961; 山陰中生代末火成活動研究グループ, 1979; 服部ほか, 1983). 高山層群は径 1-2 km の小さな火山岩体が石見花崗岩の縁部に分離して分布し, 火山岩体ごとに, 北東部の八神火山岩類, 南東部の連水火山岩類, 南西部の高山火山

岩類, 北西部の湯抱川^{ゆがわ}火山岩類と呼ばれている(服部ほか, 1983).

高山層群の放射年代値は, 全岩 K-Ar 法で八神火山岩類が 25-30 Ma (No. 22), 連水火山岩類が 33, 34 Ma (No. 23) とややばらついている. 一方高山層群に貫入する石見花崗岩は, 黒雲母と白雲母の K-Ar 年代が, 31.6, 31.5, 31.2 Ma (No. 8, 10, 11) と, かなりよく一致している. すなわち, 八神火山岩類の K-Ar 年代値は石見花崗岩よりも若く, 貫入関係に矛盾している. ところで八神火山岩類はまた東縁で新第三紀火成岩類に接し(第 4 図), 新第三紀深成岩の貫入を受けている(沢田, 1978). この付近の新第三紀火成岩類は 15-27 Ma の放射年代を示す(第 5 図). つまり, 八神火山岩類の年代値は, 新第三紀火成岩類と石見花崗岩及び連水火山岩類の年代の中間にばらついていることになる. このことは, 八神火山岩類は, 新第三紀火成活動による熱の影響で, 石見花崗岩よりも更に若い年代にまで若返ったことを示唆するものと考えられる. ジルコンのフィッシュントラック re-etch 年代値は八神火山岩類, 高山火山岩類, 石見花崗岩で, それぞれ 45, 47, 38 Ma を示し, 一応貫入関係とは矛盾しないが, この場合も K-Ar 年代値よりかなり古い値を示す.

高山層群-石見花崗岩の K-Ar 年代値は前述の作木火山岩類-阿須那花崗岩及び桜江層群-矢上花崗岩の年代値に比べると若く, むしろ次に述べる古第三紀後期火成岩類の年代値に近い. ジルコンのフィッシュントラック re-etch 年代も, 高山層群-石見花崗岩は他の古第三紀中期火成岩類に比べると若い値を示す(第 6 図). しかしこの場合は次の古第三紀後期火成岩類に比べると古い.

一方, 地質関係の上からは, 高山層群の高山火山岩類は, その構造が西端部で古第三紀後期のコールドロン形成に伴う川内層群を囲む断層によって切り取られていること(松田・小田, 1982), 川内層群の東部の火砕岩は高山層群及び石見花崗岩に由来すると見られる異質岩片を多量に含むこと(服部ほか, 1983), 及び高山層群-石見花崗岩の岩相が, 作木火山岩類-阿須那花崗岩及び桜江層群-矢上花崗岩に酷似することの 3 点において高山層群-石見花崗岩が古第三紀後期の火成岩類から区別され, 古第三紀中期火成岩類に対比されうことを示している.

高山層群と石見花崗岩の K-Ar 年代値が地質学的に対比できる他の古第三紀中期の岩体の K-Ar 年代と一致しない理由を検討するには, 現段階では決め手になる資料が欠けている. したがって高山層群-石見花崗岩が, 南部の作木火山岩類-阿須那花崗岩や南西部の桜江層群よりも遅れて, K-Ar 年代の示す時期に実際に活動した

ものであるのか, あるいは新第三紀火成岩類の活動した場が高山層群-石見花崗岩の分布域に重複(第 1 図, 第 5 図)しているために, これらの岩体の冷却が遅れたか又は若返ったのかは不明であり, 将来の検討を待たなければならぬ. しかし本報告では少なくとも八神火山岩類の年代値の若返りは認めることができると, 地質関係を重視する立場から後者の見解をとって区分した.

3.5 古第三紀後期火成岩類

古第三紀後期火成岩類も古第三紀中期火成岩類と同じく, 火山岩類を主とする川内層群と, 一部でこれに貫入する川本花崗閃緑岩とは, 分布・産状において密接に関連し, 一連の火成活動によるものと判断できる.

川内層群は古第三紀中期の桜江層群を不整合に覆い, 高山層群の構造を不調和に切る(松田・小田, 1982)ことで古第三紀中期火山岩類から区別される. 放射年代値はいずれもフィッシュントラック法により 29, 30, 34.4 Ma (No. 5, 6, 7) が得られている.

川本花崗閃緑岩は川内層群の南東と南西に分布し, それぞれ川本岩体と三原岩体と呼ばれ, 高山層群-石見花崗岩よりも新期の岩体とされた(松田・小田, 1982). 服部ほか(1983)は, 川本花崗閃緑岩を岩相の類似から古第三紀前期の赤名花崗閃緑岩と同時期の岩体と考えた. 放射年代値は K-Ar 法による 25.7, 34.1 Ma (No. 1, 3) とフィッシュントラック法による 33 Ma (No. 2) が知られていたが, 付近に巨大な岩脈群が密集して貫入している点から若返りがあるものと判断していた. 今回は再加熱による年代値の若返りの可能性の小さい角閃石の K-Ar 年代を測定したところ, 35.5 Ma (No. 4) と No. 1 以外の既存の年代値にはほぼ一致する値を得た. しかも得られた放射年代値は角閃石(K-Ar) > 黒雲母(K-Ar) > ジルコン(フィッシュントラック)の順に若くなり, HARRISON *et al.* (1979) 及び NISHIMURA and MOGI (1986) の示した系の閉鎖温度の高い順と一致し, 値に大きな隔たりもない. したがって, 33-35.5 Ma は川本花崗閃緑岩の貫入・冷却の年代を示すものと判断できる.

以上のように古第三紀後期火成岩類の放射年代値は, およそ 30-35 Ma にまとまる. この年代値は, 層序・貫入関係や岩相の違いから区別された古第三紀中期火成岩類の K-Ar 年代とフィッシュントラック ED2 年代にかなり接近している点で注目される.

3.6 放射年代値の不一致について残された問題点

本研究で取りあげた年代測定値のうち, 同じ岩体で年代値が一致しないものや地質関係と一致しないものについて, 系の閉鎖温度の違い, 測定誤差の大きいもの, 若返りの可能性で説明できるものは, それぞれの項で既に

述べた。しかし白亜紀後期の江津火山岩類と古第三紀中期火成岩類の年代値には、原因の明らかでない年代値の不一致が残った。

江津火山岩類には測定法・測定者が同じながら、63, 75, 90 Ma と誤差範囲を超える3個の年代値がある。これらは江津火山岩類としてまとめられてはいるが、相互の層序関係が不明(今岡ほか, 1982)なので、別の時代の産物を含んでいる可能性がある。

古第三紀中期火成岩類に区分した岩体では、フィッシュントラック re-etch 年代が同一の岩体について求めた K-Ar 年代やフィッシュントラック ED2 年代と一致せず、通常の誤差の範囲を超えて2-5割も古い値を示す傾向がある(第6図)。これはやや若い年代値を示した高山層群-石見花崗岩についても認められる。そしてこれは試料が火山岩類であっても、深成岩類であっても同じく現れている。このような傾向は、他の時代に区分した岩体では認められない。現段階ではこの原因は分かっていない。本研究では古第三紀中期火成岩類については、K-Ar 年代とフィッシュントラック ED2 年代に限って考察した。

4. ま と め

本研究では山陰地方中部の白亜紀後期-古第三紀後期火成岩類について11個の放射年代測定結果を報告(第1表, 第2表)した。また、この結果と既存の放射年代値及び層序・貫入関係などを基に、火成活動の時期を検討した結果、以下の点が明らかになった。

- 1) 本地域の火成活動は、白亜紀後期の90-80 Ma に 邑智層群・高田流紋岩類などの火山岩類の噴出と、広島花崗岩類・式敷花崗岩などの山陽地方の深成岩類の貫入に始まる。
- 2) 古第三紀前期の火成活動は、山陰地域での赤名花崗閃緑岩・乙原花崗岩の65-60 Ma の深成活動である。
- 3) これ以降に2回の火山-深成活動、即ち作木火山岩類-阿須那花崗岩・ロ羽閃緑岩類・光守花崗岩、桜江層群-矢上花崗岩及び高山層群-石見花崗岩(以上古第三紀中期火成岩類)と、川内層群-川本花崗閃緑岩(古第三紀後期火成岩類)とが、層序・貫入関係から区別されたが、放射年代値の上からは前者が40 Ma 前後、後者が35 Ma 前後とかなり接近し、その差は必ずしも明瞭ではない。

なお、今後検討すべき課題として、江津火山岩類を含む白亜紀後期火山岩類を更に細かく区分できるかという問題と、古第三紀の高山層群-石見花崗岩の火成活動区

分における位置付けの問題、及びフィッシュントラック re-etch 年代と他の方法による年代の不一致の問題が残った。

文 献

- 遠藤誠道(1959) 日本群島上部白亜紀層産化石植物群について(演旨). 地質雑, vol. 65, p. 456.
- HARRISON, T. M., ARMSTRONG, R. L., NAESER, C. W. and HARAKAL, J. E. (1979) Geochronology and thermal history of the Coast plutonic Complex, near Prince Rupert, British Columbia. *Can. J. Earth. Sci.*, vol. 16, p. 400-410.
- 服部 仁・鹿野和彦・鈴木隆介・横山勝三・松浦浩久・佐藤博之(1983) 三瓶山地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 168p.
- 飯泉 滋・沢田順弘・先山 徹・今岡照喜(1985) 中国・四国地方の白亜紀-古第三紀火成活動-火成岩類の対比を中心として-。地球科学, vol. 39, p. 372-384.
- 今岡照喜(1986) 山陰西部における古第三紀火成活動。広島大地学研究報告, no. 26, p. 1-109.
- ・上田 薫・村上允英・山内祐二・松里英男・魚住誠司・谷本 晃(1982) 島根県江津地域の白亜紀火山岩類。山口大教養部紀要, vol. 16, p. 43-52.
- 鹿野和彦・松浦浩久・服部 仁・山田直利・東元定雄(1988) 20万分の1地質図幅「浜田」。地質調査所。
- ・吉田史郎(1984) 島根県中・東部新第三系の放射年代とその意義。地調月報, vol. 35, p. 159-170.
- 河原富夫・番本正和(1983) 高田流紋岩類から産出した *Cunninghamia* の球類について。地質雑, vol. 89, p. 469-470.
- 河野義礼・植田良夫(1964) 本邦産火成岩の K-Ar dating (I)。岩鉱, vol. 51, p. 127-148.
- ・———(1966) 本邦産火成岩の K-Ar dating (V)。岩鉱, vol. 56, p. 191-211.
- KITAGAWA, R., NISHIDO, H., ITO, Z. and TAKENO, S. (1988) K-Ar ages of the sericite and kaolin deposits in the Chugoku district,

- Southwest Japan. *Mining Geology*, vol. 38, p. 279-290.
- 松田高明(1980) 山陰中-西部の白亜紀-古第三紀火成岩類のフィッシュン・トラック年代. 日本地質学会第87年学術大会講演要旨, p. 124.
- MATSUDA, T. (1982) Fission-track geochronology of Late Cretaceous to Early Neogene igneous rocks in San'in belt, Southwest Japan. *Abstracts for workshop on fission-track dating, June 30, 1982, Nikko, Japan*, p. 37-41.
- 松田高明・小田基明(1982) 島根県川本町周辺の白亜紀-古第三紀火成岩類の地質. 地質雑, vol. 88, p. 31-42.
- 松尾秀邦(1975) 本邦の新植代に見られる二・三の事項について. *Annals of Science, College of Liberal Arts, Kanazawa University*, vol. 12, p. 73-90.
- 松浦浩久(1984) 島根県中部地域花崗岩類の放射年代. 地質学会第91年学術大会講演要旨, p. 404.
- 村上允英(1969) 山陰西部における新第三紀堆積盆地との関連よりみた後期中生代-古第三紀岩層の構造. 地質学会第76年学術大会討議会資料集, p. 77-83.
- (1985) 中国地方西部における中生代後期-古第三紀火成活動史. 地質雑, vol. 91, p. 723-742.
- ・今岡照喜・井筒清貴(1982) 古第三紀波佐陥没体の地質と構造. 地質雑, vol. 88, p. 311-319.
- 中村栄三(1979) 島根県那賀郡旭町地域の古第三紀火山性陥没構造について. 日本地質学会第86年学術大会講演要旨, p. 275.
- NISHIMURA, S. and MOGI, T. (1986) The interpretation of discordant ages of some granitic bodies. *Jour. Geoth. Res. Soc. Japan*, vol. 8, p. 145-164.
- 山陰中生代末火成活動研究グループ(1979) 島根県中央部邑智町周辺の白亜紀-古第三紀火成岩類. 地質学論集, no. 17, p. 249-258.
- 沢田順弘(1978) 島根県出雲市南方地域の地質. 地質雑, vol. 84, p. 111-130.
- ・板谷徹丸(1987) 島根県東部における第三紀火山岩類のK-Ar年代. 日本地質学会第94年学術大会講演要旨, p. 417.
- SEKI, T. (1981) Rb-Sr isochron age of the Mikuni-san rhyolites, Okayama, and geochronology of the Cretaceous volcanic activity in Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 87, p. 535-542.
- 柴田 賢・石原舜三(1974) 広島花崗岩中央部の黒雲母 K-Ar 年代の南北変化. 地質雑, vol. 80, p. 431-433.
- 島根県地質図説明書編集委員会(1985) 島根県の地質. 島根県, 646p.
- 山内祐二(1983) 島根県浜田市東方の古第三紀桜江岩体. 日本地質学会第90年学術大会講演要旨, p. 322.
- 吉田博直(1961) 中国地方中部の後期中生代の火成活動. 広島大学地学研究報告, no. 8, p. 1-39.

(受付: 1989年2月23日; 受理: 1989年6月2日)