

始良カルデラ周縁部に分布する火山岩の K-Ar 年代測定 (続報)

—— カルデラ西縁, 北西縁部, 及び桜島火山の活動史 ——

周藤正史*・宇都浩三*・味喜大介・石原和弘

*地質調査所地殻化学部 (現 産業技術総合研究所)

要 旨

始良カルデラ西縁部の吉野台, 北西縁部の青敷玄武岩, 及び桜島火山に分布する火山岩の K-Ar 年代測定を行った。その結果, 吉野台のカルデラ壁は 0.35 Ma 以降に形成されたことが明らかになった。また青敷玄武岩の年代値は 0.08 ± 0.02 Ma であり, 始良火砕噴火の数万年前の玄武岩質マグマ活動の存在を示唆する。桜島火山のボーリングコア試料の再測定結果は最近 1 万年以内の年代値を示し, 既存の値と矛盾しない。

キーワード: 始良カルデラ, 桜島火山, K-Ar 年代測定, 火山活動史, マグマ溜まり

1 はじめに

鹿児島湾奥に位置する始良カルデラは, 25,000 年前に始良火砕噴火と呼ばれる大規模火砕流を噴出した給源である (Aramaki, 1984)。このカルデラの西縁部には玄武岩質から流紋岩質に至るまでの溶岩流を主とした火山岩類から成る吉野台地域があり, その東縁でカルデラ壁を構成している。これまで本地域の火山地質については, 大木・早坂 (1970), 早坂・大木 (1971), 山口 (1975), 小林ら (1977) などによる報告が, また Kaneoka and Suzuki (1970), Inoue et al. (1994), 内海・宇都 (1997) による K-Ar 年代値の報告が行われてきた。しかしながら, これまでの火山地質層序と断片的な K-Ar 年代値からは, 本地域の火山地質及び火山活動史が十分理解されたとは言い難く, 不明な部分が多く残されていた。

これまで我々は始良カルデラ周縁の火山活動史を確立するため, 始良カルデラ沿いに K-Ar 年代測定を進め, 火山地質層序を報告してきた (Inoue et al., 1994; 周藤・他, 2000a; 周藤・他, 2000b)。このうちカルデラ西縁の吉野台地域は, 周藤・他 (2000b) により系統的な K-Ar 年代測定と火山地質層序の検討が行われたが, 吉野台の上位層を構成する吉野火砕

流とそれを覆う七社の玄武岩質溶岩流については精度の良い噴出年代が得られておらず, 本地域の火山活動の終了時期は不明のままであった。

今回, 本地域の火山地質を解明するために, 周藤・他 (2000b) までに得られた K-Ar 年代値を再検討し, さらに高精度の年代値を得るため年代測定試料を再採取, または採取済みの別試料を用いて K-Ar 年代測定を行い, 本地域の火山地質を再検討したので報告する。また, これまで年代値が報告されていなかった, カルデラ北西縁の約 8 km 内陸の蒲生町青敷に存在する青敷玄武岩, 及び桜島火山の地表溶岩流試料も今回採取し, K-Ar 年代測定を行ったのでその結果も合わせて報告する。なお, 今回の K-Ar 年代測定は, 地質調査所の感度法を用いた K-Ar 年代測定システムによって行った。

2 年代測定用試料とその地質学的背景

2.1 始良カルデラの地質の概要

始良カルデラ周縁部の地質の概要は宇都ら (1997) にまとめられている (Fig. 1)。始良カルデラの基盤岩は後期白亜紀の四万十累層群であり, これを被って鮮新世前期から更新世前期までの北薩火山岩類が,

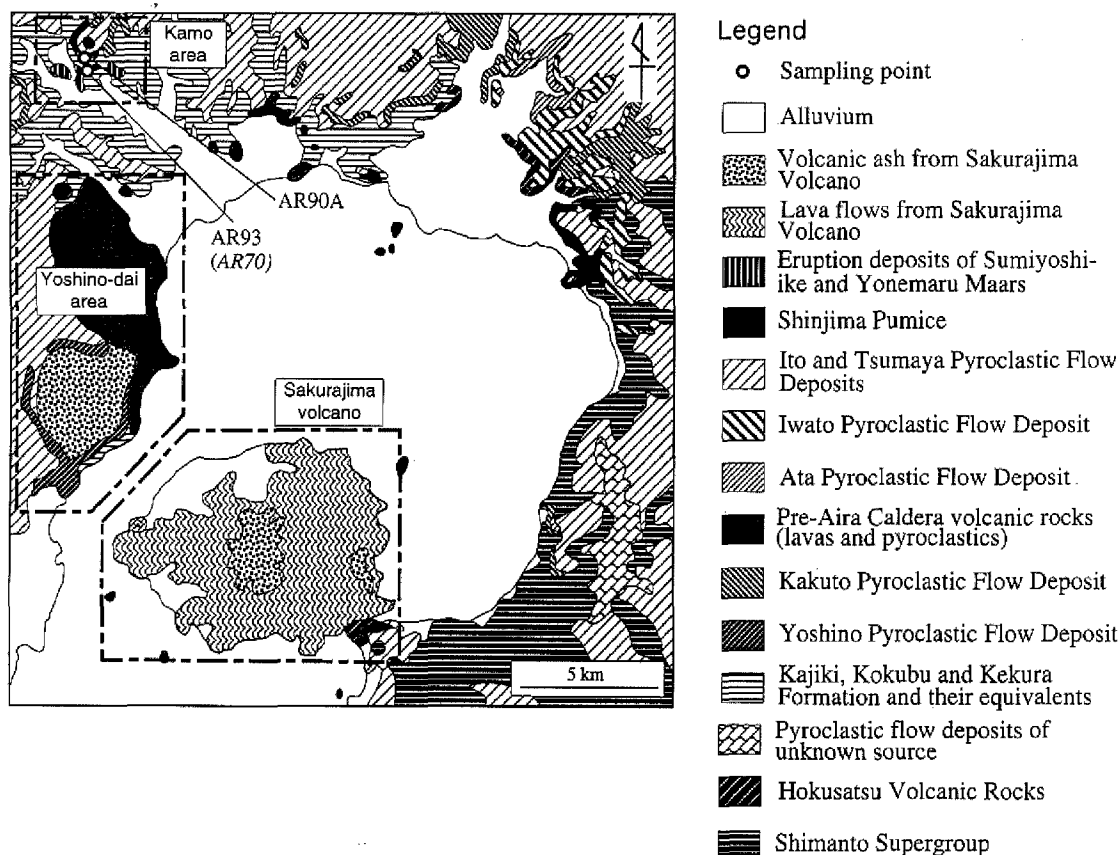


Fig. 1. Geologic map of the Aira caldera area summarized from the 1:200,000 map, "Kagoshima" (Uto et al., 1997a). Sampling points (closed circles) and sample names in Kamo area are also indicated. Italic and in a parenthesis is the sample name from Sudo et al. (2000a).

カルデラから北西方向に分布する。その上位には、1 Ma より若い玄武岩から流紋岩組成の先始良カルデラ火山岩類がカルデラ縁沿いに分布する。先始良カルデラ火山岩類の活動時期には、0.3 Ma (町田・新井, 1992) の加久藤火砕流、0.1 Ma (松本・宇井, 1997) の阿多火砕流と更新世の湖成・海成層の堆積が含まれる。これらの上位を、小規模の火砕流堆積物、及び入戸火砕流等の始良火砕噴火による大量の火砕流堆積物がカルデラ周囲を埋積する。後カルデラ火山の桜島火山などからの軽石層・火山灰層や沖積層が、これらをさらに被う。

2.2 吉野台地域の火山地質と採取試料

吉野台の火山岩類は、宇都ら (1997) の先始良カルデラ火山岩類に含まれる。吉野台地域は、鹿児島湾に面する海拔 600 m 近くの急崖とその西側の山地からなる北部、及び南西方向に緩斜面の台地をつくる南部からなる。吉野台の地質及び K-Ar 年代値は、先に述べた文献中で報告されている。ここでは周藤ら (2000b) で示した本地域の地質図を Fig. 2 に示す。

周藤ら (2000b) は、吉野台東側のカルデラ壁において南北・水平方向に火山岩の岩質が不連続に変化するため、吉野台の火山地質層を南北方向に、花倉～竜ヶ水、大崎鼻、平松～脇元、の3地域に分けて議論した。このうち本報告で扱う花倉から竜ヶ水に至る地域の火山地質は以下の通りである。

花倉～竜ヶ水における陸上の最下層の火山岩は三船流紋岩と竜ヶ水安山岩である。三船流紋岩は、三船において地表 60 m の高さまで、花倉では -300 m 以深 (早坂・大木, 1971) に分布し、その K-Ar 年代値は、 0.77 ± 0.02 Ma (兼岡・小嶋, 1970), 0.80 ± 0.02 Ma (周藤ら, 2000b) が報告されている。竜ヶ水安山岩は、三船の北方において地表 100～220 m の高さまで分布する。その K-Ar 年代値は、大崎集落西方で採取した試料から 0.74 ± 0.03 Ma (周藤ら, 2000b) が報告されている。これら両岩体の相互の層序関係は不明である (大木・早坂, 1970; 山口, 1975)。三船流紋岩の北半分と竜ヶ水安山岩の上位は、軽石質角礫凝灰岩、凝灰質砂及びシルト層からなる三船層に被われ、さらに 0.5 Ma (周藤ら,

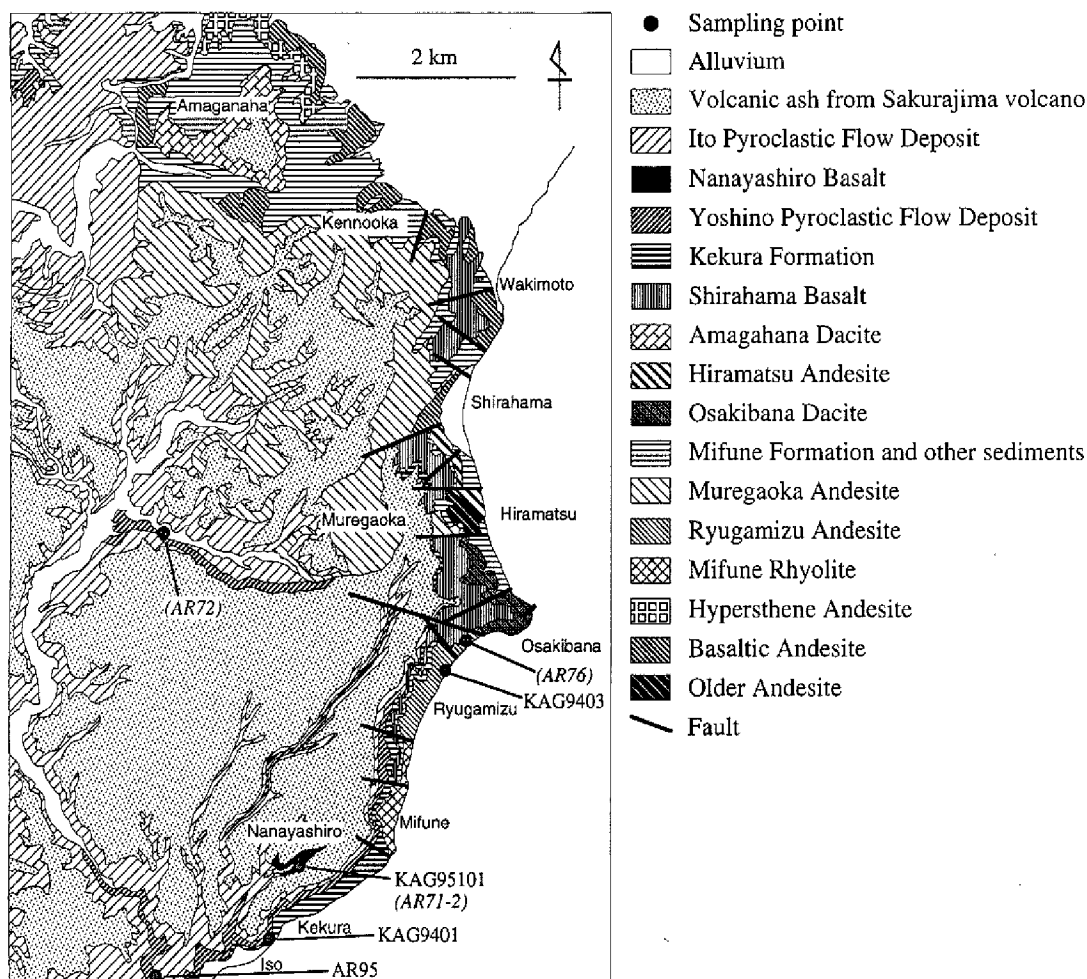


Fig. 2. Geologic map of the Yoshino-dai area based on Yamaguchi (1975), Oki and Hayasaka (1970), Inoue et al. (1994), Sudo et al. (2000b) and this study. Sampling localities (closed circles) and sample names are also indicated. Italic and in a parenthesis are the sample names from Sudo et al. (2000b).

2000b)の白浜玄武岩に被われる。白浜玄武岩は花倉～竜ヶ水では、海拔 50 m から 150 m の間に最大 80 m の層厚で分布する。白浜玄武岩の上位には、火砕岩・凝灰質砂泥岩からなる花倉層、吉野火砕流が順に被う。吉野火砕流はさらに、寺山玄武岩、入戸火砕流堆積物、桜島火山噴出物に順に被われる。

周藤ら (2000b) では、吉野火砕流の軽石から 0.17 ± 0.10 Ma、吉野公園西の七社に分布する玄武岩 (大木・早坂 (1970) で寺山玄武岩の一部とされる) から 0.17 ± 0.18 Ma の K-Ar 年代値が得られている。しかし、吉野火砕流の軽石試料は多孔質で水が通りやすくカリウムやアルゴンの付加あるいは散逸が起きやすいこと、七社の玄武岩は高い大気混入率のため誤差が 100% を越えていることから、これらの年代値は精確さに欠ける年代値である。このため周藤ら (2000b) では、0.5 Ma の白浜玄武岩の上位の吉野

火砕流と七社の玄武岩については、最近 40 万年以内の噴出年代を持つとのみ結論づけた。

今回七社の玄武岩を、同露頭から採取した別試料を用いて年代測定を行った。なお七社に分布する玄武岩については、大木・早坂 (1970) では寺山玄武岩の一部とされ、また山口 (1975) では本地域のみに分布する上部玄武岩とされているが、本報告では以後、七社に分布する玄武岩のことを寺山玄武岩とは区別して、七社玄武岩と改称して用いる。また他に、竜ヶ水安山岩と吉野火砕流を、これまでとは別露頭から採取した新鮮な試料を用いて年代測定を行った。吉野火砕流は異なる 2 地点から採取した新鮮な強溶結凝灰岩の全岩試料を用いた。各試料の採取地点は Fig. 2 に示す。また、詳細な試料採取地点や岩石の記載等については付録 1, 2 に示す。

2.3 蒲生町青敷周辺の火山地質と採取試料

カルデラ縁から北西方向に約8 km 内陸部に位置する蒲生町青敷 (Fig. 1) には、住吉池、米丸の両マールと青敷のスコリア丘及び溶岩流 (以後青敷玄武岩と呼ぶ) が分布する。両マールの活動時期はほぼ同時期と考えられており (森脇ら, 1986), 住吉池マールは 6 ka (小野, 1973), 米丸マールは 7.5 ka (Okuno, 1997) の ^{14}C 年代値が報告されている。しかし、青敷玄武岩の層位はこれまでよく分かっていなかった。大塚・西井上 (1980), 新エネルギー総合開発機構 (1987), 宇都ら (1997) は、青敷玄武岩は 0.3 Ma の加久藤火砕流に被われるとし、始良火砕噴火の後に再び青敷周辺で、後カルデラ火山活動の米丸・住吉池マールが形成されたと考えた。これに対して長谷ら (1987) は青敷玄武岩は、加久藤火砕流の堆積物にアバットして上位にあるとし、層位的に加久藤火砕流より若いとした。周藤ら (2000a) は、この地域の火山岩から、始良火砕噴火より後の活動とされる上畑溶岩 (長谷ら, 1987) を採取して K-Ar 年代測定を行ったが、低い K_2O 濃度及び高い大気混入率のため、 0.17 ± 0.24 Ma という誤差の大きい

K-Ar 年代値のみを得ている。

今回は、青敷玄武岩を溶岩流の急崖直下の転石から採取して、また上畑溶岩を周藤ら (2000a) の同露頭から再採取して K-Ar 年代測定を行った。これら試料の採取地点は Fig. 1 に、また詳細な試料採取地点や岩石の記載等については付録 1, 2 に示す。

2.4 桜島火山の火山地質と採取試料

桜島火山は、始良カルデラの後カルデラ火山であり、火山地質は主に北岳と南岳からの安山岩質噴出物で構成される (福山・小野, 1981; Kobayashi, 1988)。北岳の活動は、南岳の活動より相対的に古く、南岳の噴火活動はテフロクロノロジーにより約 5,000 年前から開始したと考えられている (小林, 1986)。桜島火山の活動開始時期は、桜島火山のテフラ及びその直下の土壌の ^{14}C 年代測定から約 23,000 年前頃と考えられている (Okuno, 1997)。また、味喜 (1999) は桜島火山の地表溶岩流の古地磁気から、宇都ら (1999), 味喜ら (2000) は桜島のボーリングコア試料の古地磁気と K-Ar 年代の組み合わせから、歴史噴火以前の桜島火山の活動史の推定

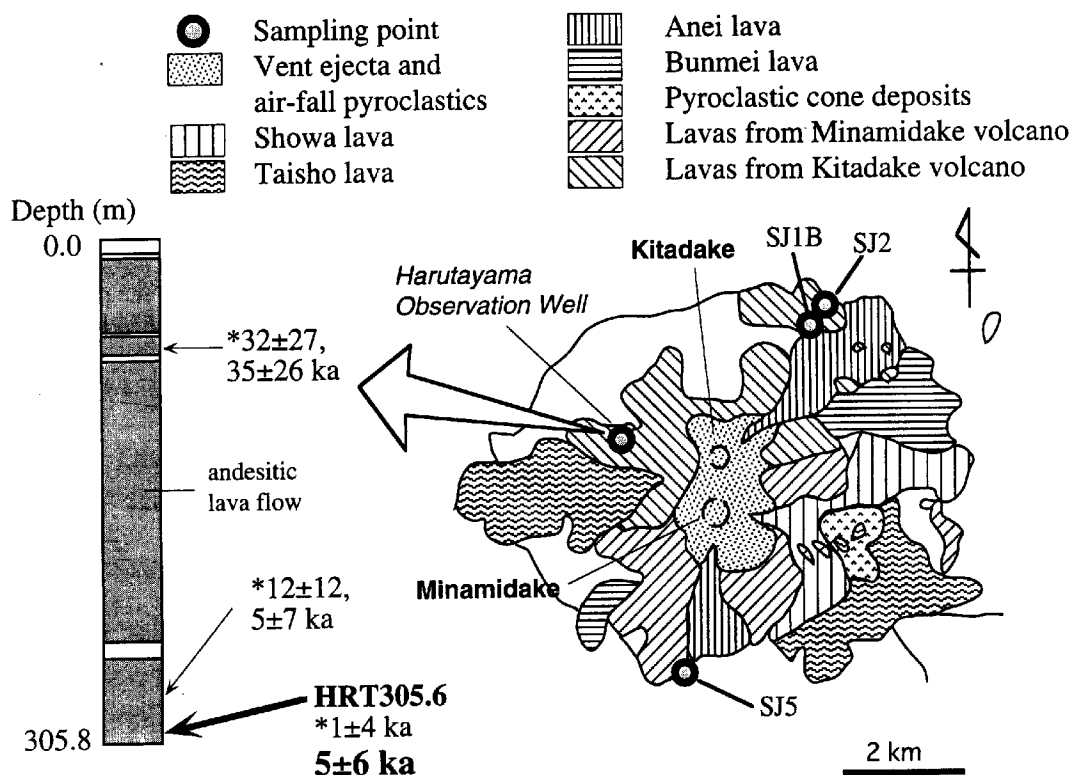


Fig. 3. Geological map of Sakurajima volcano based on Fukuyama and Ono (1981) and schematic columnar section of the Harutayama observation well (*Uto et al., 1999). At least four lava flows are distinguished from the drill core by the presence of porous clinker or the autobrecciated part between them (Uto et al., 1999).

を行っている。

今回我々は、桜島の北方及び南方の海岸近くにおいて、最下層を成す溶岩流（北岳起源の割石崎溶岩と南岳起源の宮元溶岩；福山・小野，1981）から測定試料の採取と K-Ar 年代測定を試みた。また、宇都ら（1999）において、 1 ± 4 ka の K-Ar 年代値が得られているハルタ山観測井の深度 305.6 m から採取された火山岩試料のアルゴンの再測定を行った。各試料の採取地点は Fig. 3 に、詳細な試料採取地点や岩石の記載等については付録 1, 2 に示した。

3 K-Ar 年代測定

K-Ar 年代測定は、地質調査所の K-Ar 年代測定システムを用いて行った。放射起源アルゴンの定量には感度法を採用した希ガス用質量分析計 VG1200 を用い、初生アルゴン同位体比を算出する際に質量分別補正を行った（Matsumoto et al., 1989；Matsumoto and Kobayashi, 1995）。カリウムの定量は、リチウム内部標準と積分法を採用した蛍光光度法（松本，1989）により行った。

測定試料の調製方法及び K-Ar 年代測定方法の手順を以下に示す。まず採取した岩石試料の新鮮な部分 80 g 程度を粉碎し、32~60 メッシュに揃えた。その

後斑晶のかんらん石、斜長石、石英などからのエクセスアルゴン混入の可能性（高岡，1989）を抑えるため、アイソダイナミックセパレーターを用いてこれらを除去し、得られた石基濃集物を年代測定試料とした。K₂O 分析にはそれらをさらにめのう乳鉢を用いて細粉化したものを用いた。

4 測定結果と地質学的意義

4.1 K-Ar 年代測定結果

吉野台地域の試料からは、 0.74 ± 0.01 Ma（KAG9403；竜ヶ水安山岩）， 0.44 ± 0.02 Ma（KAG9401；吉野火砕流）， 0.41 ± 0.02 Ma（AR95；吉野火砕流）， 0.35 ± 0.04 Ma（KAG95101；七社玄武岩）の K-Ar 年代値が得られた（Table 1）。

今回の竜ヶ水安山岩の K-Ar 年代値は、周藤ら（2000b）の 0.74 ± 0.03 Ma という K-Ar 年代値とよく一致する（Table 1）。上野（私信）によれば、従来の竜ヶ水安山岩の地層内において、火山岩の古地磁気为正磁極と逆磁極をそれぞれ示す岩体に分かれる可能性があり、今回までに我々が年代測定を行った 2 試料の採取地点は正磁極を示す地域に該当する。 0.74 Ma という K-Ar 年代値は、 0.77 Ma（Izett and Obradovich, 1992；1994）と推定されているブリュン

Table 1. K-Ar dating results of the volcanic rocks from Yoshino-dai, Kamo and Sakurajima area.

Lab. ID	Sample ID	Volcano Stratigraphy ID	Weight (g)	K ₂ O (%)	³⁸ Ar/ ³⁶ Ar	⁴⁰ Ar/ ³⁶ Ar	Initial ⁴⁰ Ar/ ³⁶ Ar	⁴⁰ Ar _{rad} (10 ⁻⁸ cm ³ STP/g)	⁴⁰ Ar _{atm} fraction (%)	Atm. ⁴⁰ Ar fraction (%)	K-Ar age (Ma)
(1) Yoshino-dai (Kekura - Ryugamizu)											
PKA00081	KAG95101	Nanayashiro basalt	1.5002	0.618	0.1862 ± 0.0005	306.5 ± 0.4	293.4 ± 1.6	0.701 ± 0.089	16	95.7	0.35 ± 0.04
* A99042	AR71-2	Nanayashiro basalt	1.5102	0.608	0.1870 ± 0.0006	297.8 ± 1.0	295.8 ± 1.9	0.326 ± 0.345	47	99.3	0.17 ± 0.18
PKA00080	AR95	Yoshino Plf (WR)	0.80456	2.44	0.1840 ± 0.0064	653.4 ± 7.2	286.6 ± 21.2	3.26 ± 0.16	4	52.8	0.41 ± 0.02
PKA00079	KAG9401	Yoshino Plf (WR)	0.76367	2.58	0.1883 ± 0.0010	362.5 ± 0.5	299.9 ± 3.3	3.65 ± 0.20	17	82.7	0.44 ± 0.02
* A99050	AR72	Yoshino plf (pumice)	0.2535	2.34	0.1830 ± 0.0028	298.7 ± 1.5	283.6 ± 9.2	1.30 ± 0.80	24	94.9	0.17 ± 0.10
PKA00083	KAG9403	Ryugamizu andesite	1.5020	2.57	0.1913 ± 0.0018	786.5 ± 1.2	308.9 ± 5.8	6.09 ± 0.10	4	39.3	0.74 ± 0.01
* A97029	AR76	Ryugamizu andesite	1.5066	2.36	0.1897 ± 0.0044	701.8 ± 3.2	304.0 ± 14.3	5.62 ± 0.22	4	43.3	0.74 ± 0.03
(2) Kamo (Aoshiki, Uebatake)											
PKA00082	AR93	Uebatake lava	1.5088	0.527	0.1867 ± 0.0005	293.3 ± 0.4	294.8 ± 1.8	-0.244 ± 0.304	48	100.5	-0.14 ± 0.18
* A98014	AR70	Uebatake lava	1.5162	0.559	0.1866 ± 0.0007	296.6 ± 1.3	294.7 ± 2.4	0.306 ± 0.429	43	99.3	0.17 ± 0.24
PKA00078	AR90A	Aoshiki basalt	1.5085	0.776	0.1869 ± 0.0008	305.3 ± 0.6	295.4 ± 2.8	0.201 ± 0.059	6	96.8	0.08 ± 0.02
(3) Sakurajima volcano											
PKA01012	SJ5	Miyamoto lava	3.0148	2.22	0.1862 ± 0.0007	291.9 ± 0.4	293.5 ± 2.1	-0.114 ± 0.153	20	100.6	-0.02 ± 0.02
PKA01010	SJ1B	Wariishizaki lava	2.9945	2.26	0.1857 ± 0.0005	293.5 ± 0.6	291.7 ± 1.6	0.220 ± 0.208	36	99.4	0.03 ± 0.03
PKA01011	SJ2	Wariishizaki lava	3.0183	1.03	0.1861 ± 0.0005	294.5 ± 1.2	293.2 ± 1.7	0.239 ± 0.406	60	99.6	0.07 ± 0.12
PKA01013	HRT305.6	Harutayama observation	3.0206	*2.65	0.1872 ± 0.0006	298.2 ± 0.4	296.6 ± 2.0	0.041 ± 0.052	8	99.5	0.005 ± 0.006
** PKA98067		well 305.6 m	3.044		0.1879 ± 0.0006	299.2 ± 0.4		0.011	5	99.8	0.001 ± 0.004
											0.005 ± 0.005 (weighted mean)

The decay constants used are $\lambda_{\text{K}}=0.581\times 10^{-10}$ yr⁻¹, $\lambda_{\text{Ar}}=4.962\times 10^{-10}$ yr⁻¹ and $^{40}\text{K}/^{39}\text{K}=0.01167\%$ (Steiger and Jäger, 1977). Errors are $\pm 1\sigma$ throughout.

* Sudo et al. (2000b), ** Uto et al. (1999).

ヌ／松山磁極境界の年代値に近い値、竜ヶ水安山岩はブリュンヌー松山磁極境界前後の数万年間に噴出した可能性がある。

吉野火砕流は、異なる2地点から得られた年代値が誤差範囲内で一致しており、その噴出年代が0.45-0.40 Ma頃であることが示唆される。周藤ら(2000b)の軽石から得られたK-Ar年代値(0.17±0.10 Ma)は、おそらく噴出後に閉鎖系が保たれなかったため噴出年代を示していないと考えられる。

今回用いられた七社玄武岩の試料については、含有大気起源アルゴン量が周藤ら(2000b)で用いられた試料の3分の1程度であったため、大気混入率が低く抑えられ(Table 1)、このため精度が大幅に向上するK-Ar年代値(0.35±0.04 Ma)が得られた。周藤ら(2000b)による七社玄武岩の年代値(0.17±0.18 Ma)は誤差が100%を越えていたが今回得られた結果からは、七社玄武岩の噴出年代は0.40-0.30 Maの間に入る可能性が高いといえる。このためこれまでは、周藤ら(2000b)により吉野火砕

流と七社玄武岩は最近40万年以内の噴出年代を持つ、とのみ結論されていたが、今回の年代測定結果により、これらの噴出年代は0.45-0.30 Maの間であるということが示唆される。

蒲生町青敷周辺の火山岩からは、青敷玄武岩から0.08±0.02 Ma (AR90A)、上畑溶岩からは、-0.14±0.18 Ma (AR93)のK-Ar年代値が得られた(Table 1)。上畑溶岩の年代値は、周藤ら(2000a)で報告されたK-Ar年代値(0.17±0.24 Ma)の試料同様、低いK₂O濃度及び高い大気混入率のため今回も精度の良い年代値は得られなかった。

桜島火山の地表溶岩流試料からは、北岳起源の割石崎溶岩から0.03±0.03 Maと0.07±0.12 Ma、南岳起源の宮元溶岩から-0.02±0.02 Maと、いずれも100%以上の誤差のK-Ar年代値が得られた。また、ハルタ山観測井のボーリングコア最下部溶岩流試料(コア深度305.6m)を、再測定した結果は0.005±0.006 Maであり、宇都ら(1999)による測定結果(0.001±0.004 Ma)と調和的であった。この2測定の結果の平均値は0.005±0.005 Maであり、この溶岩

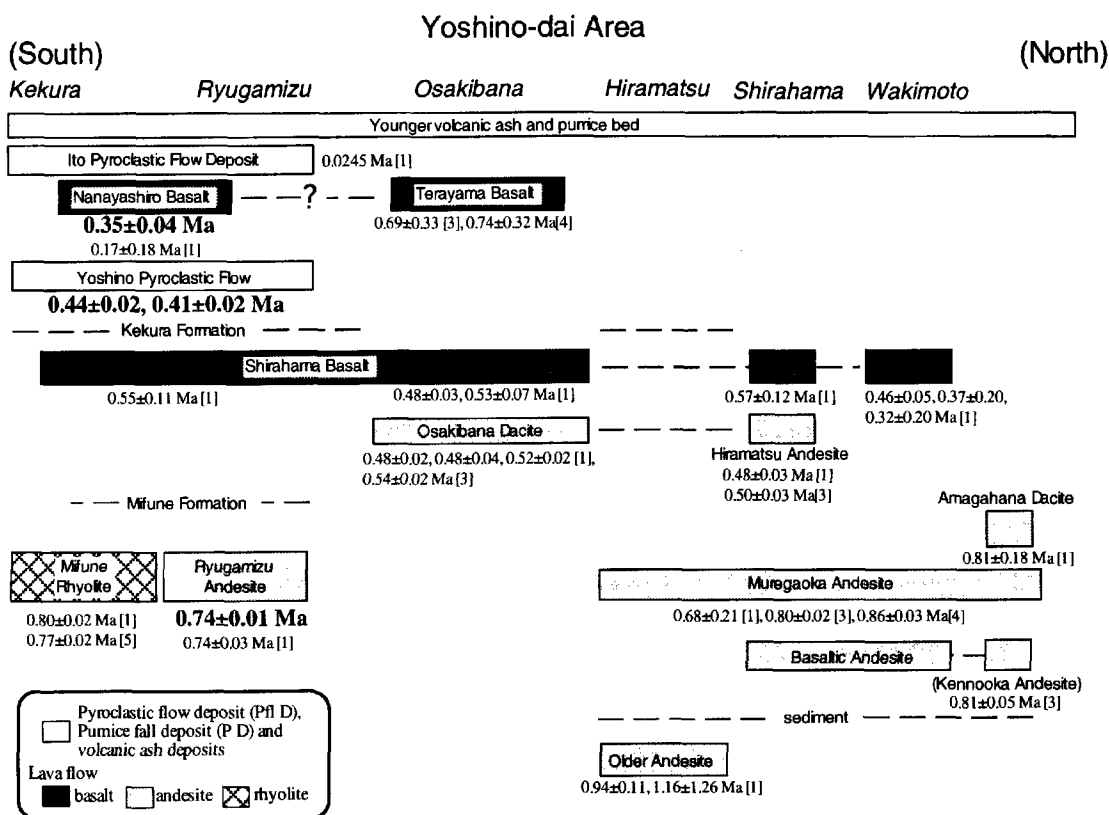


Fig. 4. Block diagrams showing the volcanic history of western (Yoshino-dai) area of Aira caldera. The ages (bold) are from this study and others are from the literatures. References: [1] Sudo et al., 2000b, [2] Okuno, 1997, [3] Inoue et al., 1994, [4] Uchiumi and Uto, 1997 and [5] Kaneoka and Ozima, 1970.

流が最近1万年以内に噴出したことを示唆する。

4.2 吉野台のカルデラ壁の形成時期について

今回の K-Ar 年代測定の結果をこれまでの年代値と合わせると、吉野台地域の火山活動史は、(1) 1~0.8 Ma の、吉野台の北部吉野山地から南部の三船までの広範囲に至る、安山岩〜流紋岩質マグマの噴出、(2) 0.5 Ma の、大崎鼻を中心としたデイサイト質〜玄武岩質マグマの噴出、(3) 0.45~0.35 Ma の、吉野台南部の緩斜面を形成した吉野火砕流及び七社玄武岩の噴出、の3時期に分けられる。周藤ら(2000b)の吉野台の火山地質のブロックダイアグラムを、今回の年代値を含めて修正したものを Fig. 4 に示す。

今回の K-Ar 年代測定の結果、吉野台の東側に存在するカルデラ壁の形成時期については次のような制約を加えることが可能である。つまり今回、吉野台の上位層を構成する吉野火砕流、及び七社玄武岩の噴出年代が、0.45-0.35 Ma であることが判明した。

しかし、これら噴出物の給源火口と考えられるものは現在の吉野台の中には見られず、それらの噴出物が吉野台の外側へ向けて緩傾斜面を形成することから、それらの給源火口はかつてカルデラの内側に存在したと考えられる。その給源火口を含む火山体が後に消滅したために、現在のカルデラ壁が形成された(残された)と考えられるが、今回の年代測定の結果は、その山体の消滅が0.35 Ma以降であることを示唆する。

4.3 始良カルデラの玄武岩質マグマ活動の時期について

25,000 年前に始良火砕噴火を引き起こしたマグマ溜まりの発達史を考えるには、その直前のマグマ活動史、特に火山体の直下に高温の熱源を与え得る、未分化な玄武岩質マグマの貫入・活動時期を調べることは重要である。今回、蒲生町青敷における青敷玄武岩の噴出年代は、0.3 Ma の加久藤火砕流の噴出以前ではなく、0.08 Ma であることが判明した。Fig.

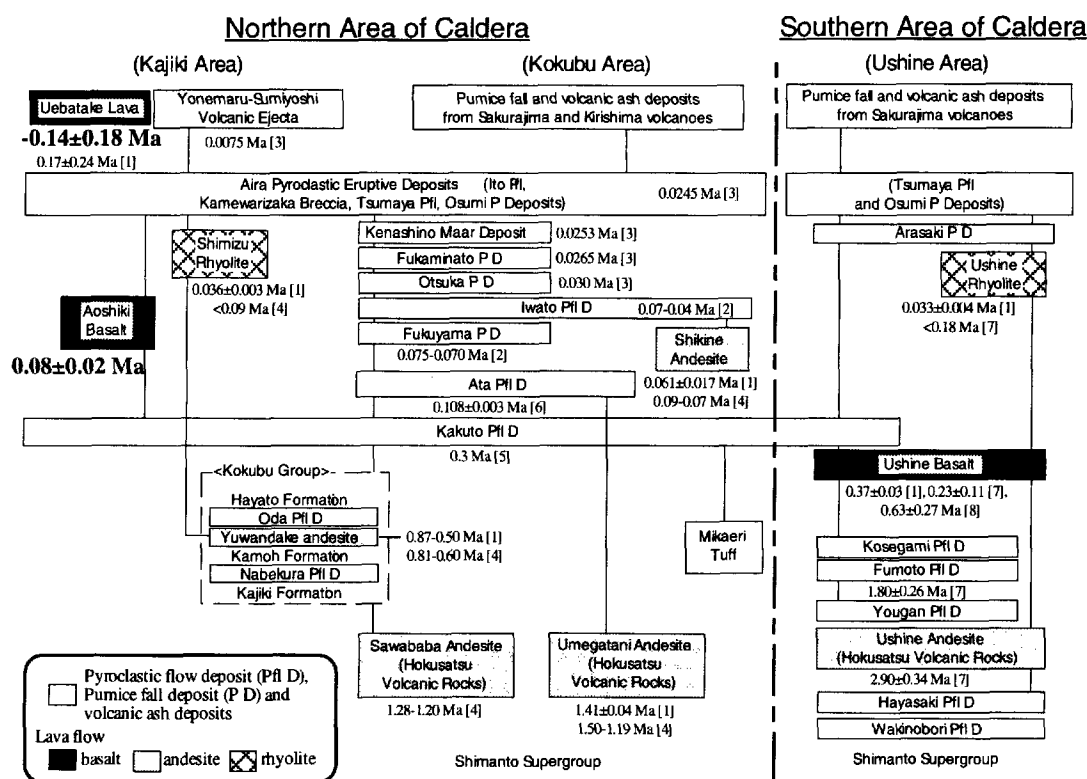


Fig. 5. Block diagrams showing the volcanic history of northern (Kajiki and Kokubu) and southern (Ushine) areas of Aira caldera. The ages (bold) are from this study and others are from the literatures. The blocks whose stratigraphical relations are geologically observed are connected by thin lines. References: [1] Sudo et al., 2000a, [2] Nagaoka et al., 1997, [3] Okuno, 1997, [4] New Energy and Industrial Technology Development Organization, 1987, [5] Machida and Arai, 1992 [6] Matsumoto and Ui, 1997, [7] Kaneoka et al., 1984, [8] Inoue, 1994 ms.

5に周藤ら(2000a)で示した加治木・国分・牛根地域の火山地質のブロックダイアグラムを、今回の年代値を含めて修正したものを示す。

始良火砕噴火以前の玄武岩～安山岩質マグマ活動には、Fig. 4とFig. 5によると最近の50万年の間でも、0.06 Maの敷根安山岩、0.37 Maの牛根玄武岩(周藤ら, 2000a)、0.35 Maの七社玄武岩(本報告)、0.5 Maの白浜玄武岩(周藤ら, 2000b)が存在する。しかし、今回の青敷玄武岩の年代値が0.08 Maと判明したことにより、0.1 Ma以降のカルデラ周縁部で広く火山活動が活発化(長岡ら, 1997; 周藤ら, 2000a)した時期に、未分化な玄武岩質マグマの活動が存在したことが示唆される(Fig. 6)。このため、青敷玄武岩を噴出した玄武岩質マグマは、始良火砕噴火のマグマ溜まりの進化に重要な影響を与えたのかもしれない。また青敷周辺では、始良火砕噴火以後にも米丸・住吉池マールで玄武岩質マグマが噴出(小野, 1973)しており、玄武岩質マグマは青敷周辺において10万年間程度の活動を継続していたのかもしれない。

5 結論

(1) 始良カルデラの西縁部吉野台の最下層の竜ヶ水安山岩、及び上位層を構成する吉野火砕流と七社

玄武岩のK-Ar年代測定を行った。竜ヶ水安山岩の年代値(0.74 Ma)は、既存の年代値と非常によく一致し、また古地磁気とも矛盾しない結果であった。また、吉野台の上位層の吉野火砕流と七社玄武岩の噴出年代は、それぞれ0.45-0.40 Ma及び0.35 Maであり、吉野台のカルデラ壁が0.35 Ma以降に、カルデラ内側の給源火山体の消滅により形成されたことを示唆する。

(2) 青敷玄武岩のK-Ar年代値は0.08 Maであることが判明した。このことは、始良火砕噴火の数万年前に玄武岩質マグマ活動が始良カルデラで存在したことを示唆する。

(3) 桜島火山の地表溶岩流試料のK-Ar年代値は、誤差が100%以上であるが、数万年以内の年代値であることが確認された。また、ハルタ山観測井のボーリングコアの深度305.6 mの試料の再測定を行ったが、これまでの結果と矛盾しない、最近1万年以内の噴出を示唆する年代値を示した。

謝 辞

地質調査所地殻化学部の松本哲一博士には、地質調査所においてK-Ar年代測定実験を行なうにあたり、実際面において多くのサポートを頂きました。また、同角井朝昭氏にも年代測定実験に関し、多方面でお世話になりました。地質調査所の2名が始良カルデラにて試料採取を行う際には、京大防災研究所附属火山活動研究センターの井口正人助教授を始めとするスタッフの方々に多方面でお世話になりました。ここに記して感謝します。

参考文献

- 内海 茂・宇都浩三(1997): 20万分の1地質図幅「鹿児島」北西部の年代未詳火山岩のK-Ar年代、地調月報、第48巻、pp. 107-112。
 宇都浩三・阪口圭一・寺岡易司・奥村公男・駒澤正夫(1997a): 20万分の1地質図幅「鹿児島」、地質調査所。
 宇都浩三・味喜大介・内海茂・石原和弘(1999): 桜島火山ボーリングコアK-Ar年代と古地磁気測定—火山活動史解明への複合的取り組み—、京都大学防災研究所年報、第42号B-1、pp. 27-34。
 大木公彦・早坂祥三(1970): 鹿児島市北部地域における第四系の層序、鹿児島大理学部紀要(地学・生物学)、第3巻、pp. 67-92。
 大塚裕之・西井上剛資(1980): 鹿児島湾北部沿岸地域の第四系、鹿児島大理学部紀要(地学・生物

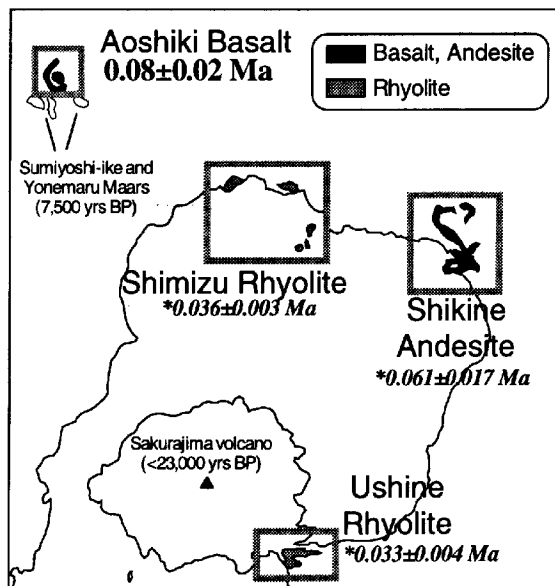


Fig. 6. Time and space distribution of the volcanism (in squares) before Aira pyroclastic eruption after 0.1 Ma. *Sudo et al. (2000a)

- 学), 第13巻, pp. 35-76.
- 小野晃司(1973): 住吉池マールの ^{14}C 年代, 火山, 第18巻, pp. 96.
- 兼岡一郎・小嶋 稔(1970): 日本の火山岩の放射性元素年代, 火山, 第15巻, pp. 10-21.
- 小林哲夫・岩松 暉・露木利貞(1977): 始良カルデラ壁の火山地質と山くずれ災害, 鹿児島大理学部紀要(地学・生物学), 第10巻, pp. 53-73.
- 小林哲夫(1986): 桜島火山の形成史と火砕流, 文部省科学研究費自然災害特別研究, 計画研究「火山噴火に伴う乾燥粉体流(火砕流等)の性質と災害」報告書, pp. 137-163.
- 新エネルギー総合開発機構(1987): 昭和61年度全国地熱資源総合調査(第2次)火山性熱水対流系地域タイプ(国分地域), 88 pp.
- 周藤正史・石原和弘・巽好幸(2000a): 始良カルデラ地域の先カルデラ火山活動史ーカルデラ北縁部加治木, 国分地域及び南縁部牛根地域の溶岩流試料のK-Ar年代ー, 火山, 第45巻, pp. 1-12.
- 周藤正史・宇都浩三・味喜大介・石原和弘・巽好幸(2000b): 始良カルデラ周縁部に分布する火山岩のK-Ar年代測定ー爆発的な始良火砕噴火以前の火山活動史ー, 京都大学防災研究所年報, 第43号B-1, pp. 15-35.
- 高岡宣雄(1989): 百万年より若い火山岩のK-Ar年代測定における問題点, 質量分析, 第37巻, pp. 343-351.
- 巽 好幸・井上 央(1993): 桜島・沖小島流紋岩ーK-Ar年代および岩石学的特徴ー, 京都大学防災研究所年報, 第36巻, pp. 231-236.
- 長岡信治・奥野 充・鳥井真之(1997): 2万5千年前以前の始良カルデラの噴火史, 月刊地球, 第19巻, pp. 257-262.
- 長谷義隆・山脇真二・早坂康隆(1987): 鹿児島湾北西岸地域の第四系層序の再検討, 地団研専報, 第33巻, pp. 207-224.
- 早坂祥三・大木公彦(1971): 鹿児島市地域のボーリング資料にもとづく地質学的考察, 鹿児島大理学部紀要(地学・生物学)第4巻, pp. 15-29.
- 福山博之・小野晃司(1981): 桜島火山地質図1:25,000, 地質調査所
- 町田 洋・新井房夫(1992): 火山灰アトラス[日本列島とその周辺], 東京大学出版会, 276 pp.
- 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, 第40巻, pp. 65-70.
- 松本哲一・宇井忠英(1997): 阿多火砕流堆積物のK-Ar年代, 火山, 第42巻, pp. 223-225.
- 味喜大介(1999): 古地磁気方位・強度測定による桜島の溶岩流の年代推定, 火山, 第44巻, pp. 111-122.
- 味喜大介・宇都浩三・内海茂・石原和弘(2000): 桜島火山ボーリングコアK-Ar年代と古地磁気測定(続報), 京都大学防災研究所年報, 第43号B-1, pp. 1-6.
- 森脇 広・町田 洋・初見祐一・松島義章(1986): 鹿児島湾北岸におけるマグマ水蒸気噴火とこれに影響を与えた縄文海進, 地学雑, 第95巻, pp. 24-43.
- 山口鎌次(1975): 鹿児島湾周縁地域及び桜島火山の地質学的並びに岩石学的研究, 日本地質教育学会, 128 pp.
- Aramaki, S. (1984): Formation of the Aira caldera, southern Kyushu, ~22,000 years ago, J. Geophys. Res., Vol. 89, pp. 8485-8501.
- Inoue, H. (1994 ms): Generation of felsic magma with large-scale pyroclastic flows at the Aira caldera, southern Kyushu, Japan, Master's Thesis, Kyoto University, 36 pp.
- Inoue, H., Itaya, T. and Tatsumi, Y. (1994): Petrography, K-Ar age, and chemistry of Yoshino-dai lavas in the Aira caldera, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol. 44, pp. 175-190.
- Izett, G. A. and Obradovich, D. (1992): ^{40}Ar - ^{39}Ar dating of the Jaramillo normal subchron and the Matuyama and Brunhes geomagnetic boundary, Open-File Report 92-699, U. S. Geological Survey.
- Izett, G. A. and Obradovich, D. (1994): ^{40}Ar / ^{39}Ar age constraints for the Jaramillo Normal Subchron and the Matuyama-Brunhes geomagnetic boundary, J. Geophys. Res., Vol. 99, pp. 2925-2934.
- Kaneoka, I. and Suzuki, M. (1970): K-Ar and fission track ages of some obsidians from Japan, J. Geol. Soc. Japan, Vol. 76, pp. 309-313.
- Kaneoka, I., Aramaki, S., Kobayashi, T. and Oki, K. (1984): Pliocene and Pleistocene volcanism in southern Kyushu: K-Ar ages of Fumoto and Isaku pyroclastic flows and related rocks, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Vol. 29, pp. 59-62.
- Kobayashi, T. (1988): Geological map of Sakurajima volcano, In A guide book for Sakurajima Volcano, Kagoshima prefectural government, Kagoshima, Japan.
- 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., Vol. 125, pp. 123-135.
 Matsumoto, A., Uto, K. and Shibata, K. (1989): K-Ar dating by peak comparison method --New technique applicable to rocks younger than 0.5 Ma--., Bull. Geol. Surv. Japan, Vol. 40, pp. 565-579.
 Okuno, M. (1997): Accelerator mass spectrometric radiocarbon chronology during the last 30,000 years of the Aira caldera, southern Kyushu, Japan, Summaries of Researches Using AMS at Nagoya Univ., Vol. 8, pp. 183-221.
 Steiger, R. H. and Jäger, E. (1977): Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochemistry, Earth Planet. Sci. Lett., Vol. 36, pp. 359-362.

付 録 1

今回新たに用いた K-Ar 年代測定試料の試料名・地層名・採取地点・岩石名・斑晶などは以下の通りである。

(1) 吉野台地域

試料名：KAG95101
 地層名：七社玄武岩
 産地・産状：鹿児島市吉野町七社，マッシブな溶岩流
 緯度・経度：31°37'34"，130°35'24"
 岩石名：かんらん玄武岩
 斑晶：<6 mm の斜長石，<2 mm のかんらん石
 石基：斜長石，輝石，不透明鉱物，インターサーキュラーな組織

試料名：AR95
 地層名：吉野火砕流
 産地・産状：鹿児島市雀ヶ宮の南方稲荷川沿い，柱状節理の入った厚さ 10 m の新鮮な強溶結凝灰岩
 緯度・経度：31°36'42"，130°34'18"
 岩石名：角閃石普通輝石デイサイト
 斑晶：<2 mm の斜長石と角閃石，<1 mm の普通輝石
 石基：ほぼ完全にガラス質

試料名：KAG9401
 地層名：吉野火砕流
 産地・産状：鹿児島市吉野町磯の東方，柱状節理の入った新鮮な強溶結凝灰岩
 緯度・経度：31°37'2"，130°35'12"
 岩石名：角閃石普通輝石デイサイト

斑晶：<2 mm の斜長石，<1 mm の角閃石と普通輝石と紫蘇輝石
 石基：ほぼ完全にガラス質

試料名：KAG9403
 地層名：竜ヶ水安山岩
 産地・産状：鹿児島市吉野町大崎の南西，マッシブな溶岩流
 緯度・経度：31°38'55"，130°36'34"
 岩石名：岩かんらん石紫蘇輝石普通輝石安山岩
 斑晶：<4 mm の斜長石，<2 mm の普通輝石と紫蘇輝石，<1 mm のかんらん石
 石基：50 %以上のガラス，斜長石，輝石，不透明鉱物

(2) 蒲生地域

試料名：AR93
 地層名：上畑溶岩
 産地・産状：鹿児島県始良郡蒲生町上畑，厚さ 5 m 以上のマッシブな溶岩流
 緯度・経度：31°46'01"，130°34'51"
 岩石名：かんらん石普通輝石玄武岩
 斑晶：<2 mm の斜長石と紫蘇輝石，<1 mm のかんらん石
 石基：斜長石，輝石，不透明鉱物

試料名：AR90A
 地層名：青敷玄武岩
 産地・産状：鹿児島県始良郡蒲生町漆平，玄武岩質溶岩流の転石
 緯度・経度：31°46'7"，130°34'42"
 岩石名：かんらん石玄武岩
 斑晶：<2 mm の斜長石，<0.4 mm のかんらん石
 石基：斜長石，輝石，不透明鉱物，インターグラニューラーな組織

(3) 桜島火山

試料名：SJ5
 地層名：宮元溶岩
 産地・産状：鹿児島市古里町観音崎の東方，厚さ 10 m のマッシブな溶岩流
 緯度・経度：31°32'45"，130°38'52"
 岩石名：普通輝石紫蘇輝石安山岩
 斑晶：<2 mm の斜長石（まれに 1 cm の融食されたもの），<1 mm の普通輝石と紫蘇輝石とかんらん石
 石基：50%以上のガラス，斜長石，不透明鉱物

試料名：SJ1B

地層名：割石崎溶岩

産地・産状：鹿児島県鹿児島郡桜島町高免，厚さ5 m

以上の一部脱ガラス化した溶岩流

緯度・経度：31°37'00"，130°40'57"

岩石名：普通輝石安山岩

斑晶：<4 mm の斜長石，<2 mm の普通輝石，<1 mm のかんらん石，斜長石と輝石と集合体がよく見られる

石基：50%以上のガラス，斜長石，不透明鉱物，わずかに輝石

試料名：SJ2

地層名：割石崎溶岩

産地・産状：鹿児島県鹿児島郡桜島町高免，厚さ5 m の溶岩流

緯度・経度：31°37'15"，130°41'3"

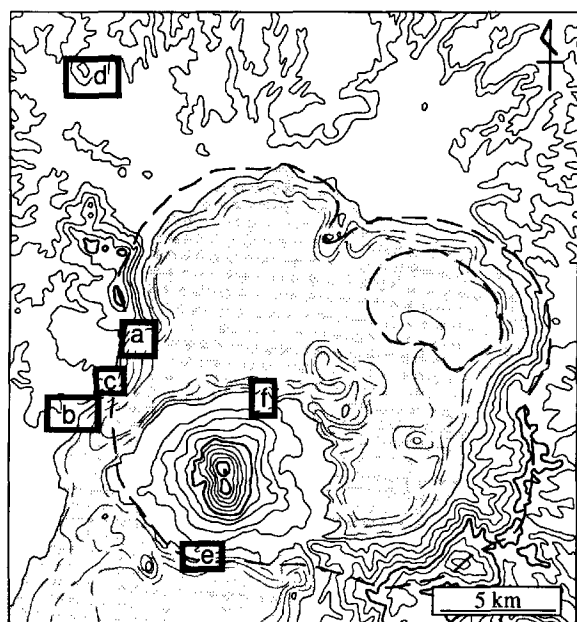
岩石名：普通輝石安山岩

斑晶：<2 mm の斜長石，<0.5 mm のかんらん石

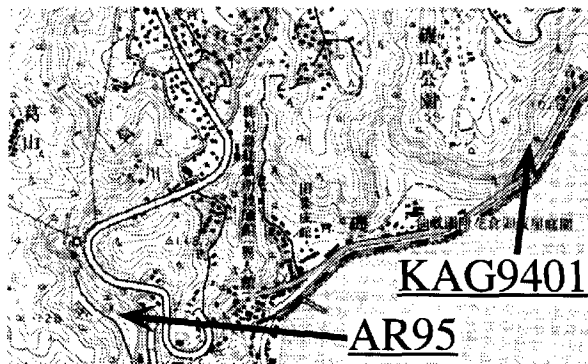
石基：斜長石，輝石，ガラス，不透明鉱物，インターサキュラーな組織

付 録 2

本報告で K-Ar 年代測定を行った試料の，国土地理院発行 1: 25,000 地形図中における採取場所を以下に示す。なお，周藤ら（2000a;b）で用いた試料採取地点を括弧に入れて示した。

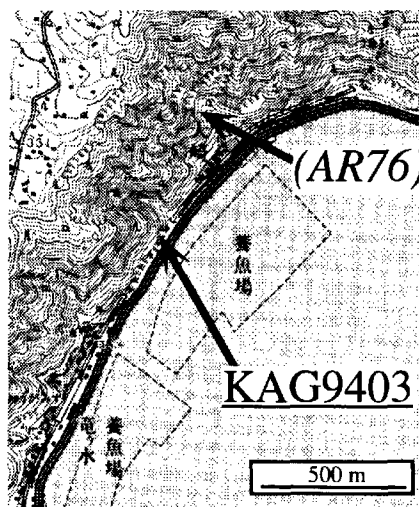


b

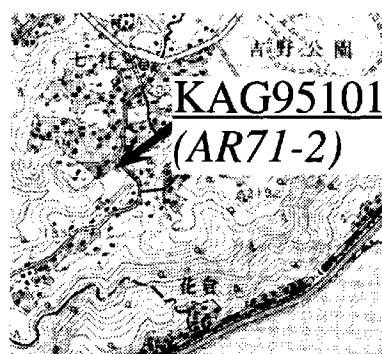


(1) Yoshino-dai

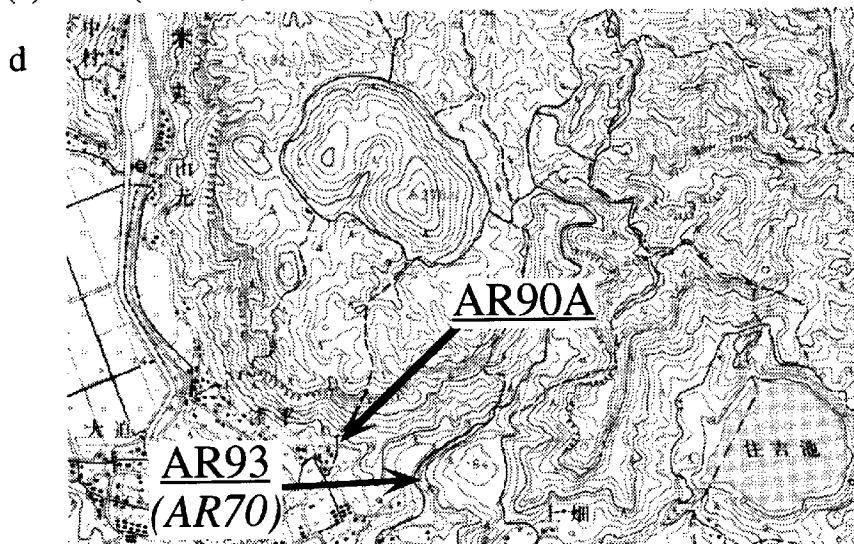
a



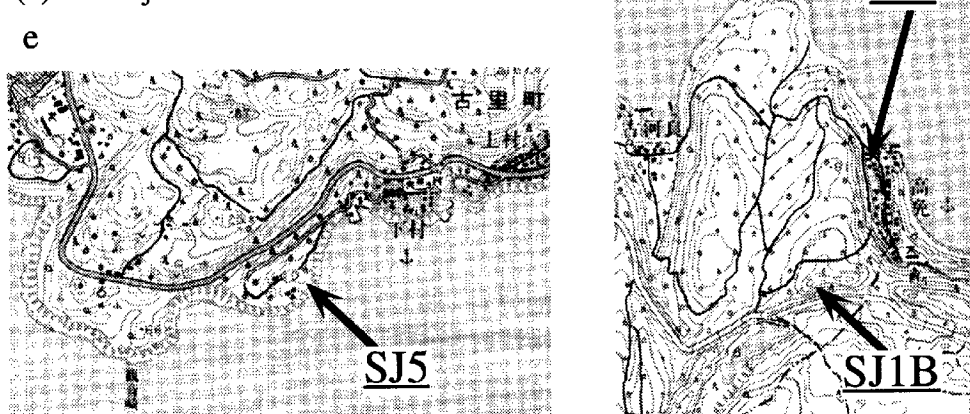
c



(2) Kamo (Aoshiki, Uebatake)



(3) Sakurajima volcano



K-Ar dating of volcanic rocks along the Aira caldera rim: Part 2

- Volcanic history of western and northwestern area of caldera and Sakurajima volcano-

Masafumi Sudo*, Kozo Uto*, Daisuke Miki and Kazuhiro Ishihara

*Geochemistry Department, Geological Survey of Japan

Synopsis

Volcanic history of Aira caldera was discussed by K-Ar dating of volcanic rocks from western Yoshino-dai area, Aoshiki basalt at northwestern Kamo area and those from Sakurajima volcano. The result implies that the caldera wall at Yoshino-dai area formed at least after 0.35 Ma. The K-Ar age of 0.08 Ma from Aoshiki basalt also implies that the activity of basaltic magmas occurred a few ten thousand years before the Aira pyroclastic eruption. The reanalysis of lava flow from the bottom in the Harutayama onservation well of Sakurajima volcano shows its eruptive age within a ten thousand years, which agrees with the previous result.

Keywords: Aira caldera; Sakurajima volcano, K-Ar dating; volcanic history; magma chamber