

桜島火山地質図

(第2版)

GEOLOGICAL MAP OF SAKURAJIMA VOLCANO

(2nd Edition)

1 : 25,000

小林哲夫*・味喜大介**・佐々木 寿***・
井口正人**・山元孝広****・宇都浩三*****

Tetsuo KOBAYASHI, Daisuke MIKI, Hisashi SASAKI,
Masato IGUCHI, Takahiro YAMAMOTO and Kozo UTO



独立行政法人
産業技術総合研究所
地質調査総合センター



GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN, AIST

2013



写真解説

東方から見た桜島火山。頂上左は噴煙を上げる南岳，その手前に同じく噴煙を上げる昭和火口，右には北岳がある。大隅河川国道管理事務所 2010 年撮影。
Sakurajima Volcano viewed from the east. Taken in 2010.

- * 鹿児島大学大学院理工学研究科（産業技術総合研究所客員研究員）
- ** 京都大学防災研究所（産業技術総合研究所客員研究員）
- *** アジア航測株式会社（産業技術総合研究所客員研究員）
- **** 地質情報研究部門
- ***** 企画本部

まえがき

鹿児島県の桜島火山は日本のみならず、世界を代表する活火山である。1955年以降、南岳山頂火口での爆発的噴火が続き、2006年からは昭和火口での噴火も再開し、現在（2012年）でも、ほぼ連日、爆発を繰り返している。また100年前の大正噴火をはじめ、歴史時代にも大噴火を繰り返してきた。この桜島の火山活動を理解する上で最も基礎となるものは桜島の成り立ちであり、噴火実績図として精度の高い火山地質図を整備することが求められている。桜島火山の地質の大枠は、まず山口（1975）の地質図で確立された後、福山（1978）の成果をもとに本火山地質図の初版が1981年に出版されていた（福山・小野，1981）。以来30年が経過する中で、Kobayashi（1988）の新たな地質図の公表や奥野（1997；2002）によるテフラの年代測定、古地磁気による溶岩の年代推定（味喜，1999）、ボーリングコアの解析（宇都ほか，1999）など、火山地質に関するデータも初版当時とくらべ比較できないほど増大した。第2版では、これらの成果をもとに大幅な改訂を行うものである。なお改訂点については付録にまとめている。

桜島火山周辺の地質

桜島のある鹿児島湾は東西の幅20km、南北の長さ70kmの細長い湾で、東西両岸には急な崖が続いている。この鹿児島湾は南北に延びる正断層に沿った第四紀の沈降運動によって形成されたもので、湾の北にある霧島火山周辺地域も含め鹿児島地溝と呼ばれている。また、桜島より北の鹿児島湾奥部には始良カルデラが存在し、直径が約20kmの陥没地形をなしている（図1）。始良カルデラでは、過去10万年間に限定しても、4回以上のプリニー式噴火と2回の大規模な火砕流噴火が発生している（長岡ほか，2001）。さらに、始良カルデラの内側、北東部の海底には直径約5kmで水深200mの若尊カルデラがあり、現在でも海底で活発な噴気活動が続いていることから、活火山と認定されている。

始良カルデラでの最新の巨大噴火（2.9万年前）では、まず大限降下軽石の噴出に始まり、最後は大規模な入戸火砕流が噴出した。この一連の噴出物は、始良Tnテフラと総称され、テフラの総噴出量は約500km³と推定されている（町田・新井，2003）。桜島火山はこのカルデラの南縁付近に位置しており、約2.6万年前に誕生した。カルデラ噴火の終了から3千年ほど後のことである。桜島西端の袴腰はかまこしの小台地はカルデラ外輪の一部で、鹿児島地溝を埋積した中部更新

^{ひくら}統花倉層などの海成層からなり、表層付近を始良Tnテフラが覆っている。

桜島火山の地形・地質概略

桜島は東西12km、南北9kmで、その中央部には北岳・中岳・南岳の火口が南北に並んでいる。元は火山島であったものが大正噴火の溶岩により大隅半島との間の海峡が埋められ、九州島と地続きとなった。地質学的には北岳よりも南岳が新しく、2つの成層火山が重なった構造を持っている。なお、中岳は南岳の側火山である。

北岳主成層火山体は溶岩と火砕岩の互層からなり、山腹から山麓にかけては顕著な溶岩末端崖を持つ溶岩流が分布している。北岳最後の噴火は軽石噴火であり、北岳山頂付近の地形は厚い軽石層で被覆されている。特に山頂の北斜面では溶結した軽石層がわずかに二次流動した地形を示す。また、北西山麓には広い扇状地が形成されている。側火山としては、東山麓に権現山溶岩、西山麓に、春田山・引ノ平溶岩が存在する。

南岳主成層火山体は溶岩が卓越する成層火山で、その形成史は古期と新期に分けられる。南岳の古期の溶岩は流動性に富み、南から東山麓に広く分布している。これに対し、新期の溶岩はやや粘性が高く、比高の大きな溶岩皺や溶岩堤防を持つ凹凸した形態となっている。西山麓の野尻川下流域や東山麓の地獄河原では、現在でも扇状地が形成しつつある。南岳の側火山の一つ、東山麓の鍋山火砕丘は、マグマ水蒸気噴火に特有なタフコンである。なお北東沖の海域には、安永噴火時のマグマの貫入により海底が100mほど隆起した潜在ドームが存在する。

桜島火山の噴火史

図2はテフラ層序に基づく桜島火山の噴火史のまとめである。桜島火山起源のプリニー式降下軽石層は全部で17層識別されたが、このうち、上位の4層（P1～P4）は歴史時代の噴火物である。テフラ層序および年代測定に基づく桜島火山の噴火史は、4つのステージ（古期北岳・新期北岳・古期南岳・新期南岳）に区分できる。

古期北岳の活動期間は始良Tn噴火（2.9万年前）の直後から2.4万年前頃までで、3層（P17～P15）のテフラが島外において確認できる。古期北岳と認定された噴出物は島内の地表には分布しないものの、黒神観測井の地下約350mから採取された安山岩溶岩塊からは30±5kaのK-Ar年代値が得られ、古期北岳の山体が伏在していることを意味している（宇都ほか，1999）。次の新期北岳の活動開始は1.3万年前で、古期北岳期との間には約1万年の休止期間が存在した。この休止期間に高野ベースサージ（A-Tkn：約1.9万年前）と北東沖新島の新島火砕流堆積物（A-Sj：約1.6万年前）が噴出したが、両者はともに桜島火山噴出物とは組成が異なり、始良カルデラのマグマと類似する。両者は若尊カルデラ（図1）もしくはその周辺から噴出したものと推定されている。

新期北岳の初期の軽石噴火は大規模なものが多く、特に1.3万年前に発生したP14（桜島-薩摩テフラ）は、桜島火山では最大規模であった（火砕物の体積は約11km³）。他の桜島火山起源のテフラで火砕物噴出量が2km³をこえるものはないので、P14は他のテフラとくらべ桁違いに大きい。桜島から10kmの範囲にはベースサージが到達しているほか、降下火砕物は南九州だけでなく、沖合の薩摩硫黄島と竹島にも分布している（図3）。山腹の権現山溶岩はP11の降下軽石に覆われており、P12噴火で出現した可能性が大きい。権現山溶岩も含めた山腹の溶岩（春田山・引ノ平

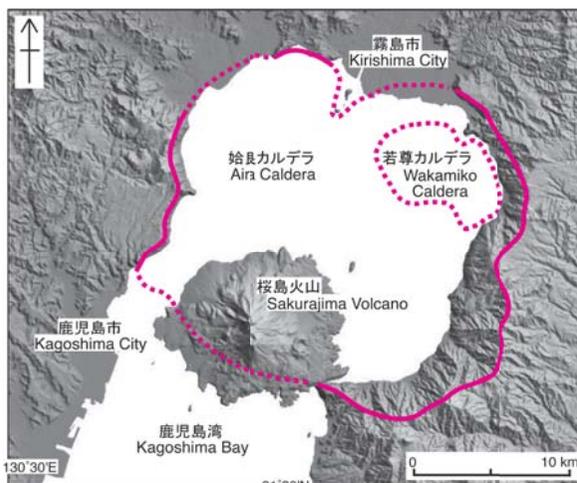


図1 始良カルデラと桜島火山の地形
Fig. 1. Topographic image of Aira Caldera and Sakurajima Volcano

溶岩)のSiO₂含有量は66~68wt%と新期北岳溶岩流の64~65wt%よりも珪長質である。おそらくこれらの溶岩は権現山溶岩とほぼ同時期に噴出したものであろう。これに対し新期北岳溶岩流の大半は、おそらく大半が1万年前よりも若く、特に北山腹のものは新期北岳最後のP5に直接覆われている。このP5噴火では山頂から武火砕流が発生し、その堆積物は山麓の広範囲に分布している。山麓部では非~弱溶結の軽石流堆積物であるが、山腹より上では強溶結となる。

古期南岳の活動は約4.5千年前からで、この時期からブルカノ式噴火の降下火山灰からなる南岳火山砂(Sz-Mn;図2)の堆積が山体周辺で始まった。南岳主成層火山体の大半はこの時期に形成され、山麓には約4千年前の宮元溶岩や約3千年前の観音崎溶岩が流れ下っている(味喜, 1999)。南岳火山砂の堆積は約1.6千年前まで継続した。

新期南岳の活動は、P4の天平宝字噴火(764~766年)から始まり、古期南岳では起こらなかったプリニー式噴火の活動が再開している。P4以降の噴出物の化学組成は、後述するように同一SiO₂含有量で比較して他成分が新期北岳・古期南岳噴出物とは系統的に異なっている。南岳で現在起きている噴火も含め、この新期の活動は継続中である。

図4は桜島火山のプリニー式降下火砕物についてのテフラ噴出量-時間積算図である。古期-新期北岳の間に長期の休止期間が存在し、その直後のP14の噴出量は約11km³と桁違いに大きい。しかしそれ以降のテフラ噴出率は、大局的にみれば一定の割合で推移している。特にP3以降の最近500年間は、プリニー式噴火によるテフラの噴出が非常に活動的な期間であることが明瞭である。



図2 桜島火山のテフラ層序と年代・噴出量。
テフラの年代は奥野(2002)、小林(2010)による。単位の cal ka は暦年較正した年代で1000年前の意味。*の年代は層序と矛盾する。テフラ体積は岩石未換算。

Fig. 2. Stratigraphy, ages and volumes of the tephra from Sakurajima Volcano.
Eruption ages are taken from Okuno (2002) and Kobayashi (2010), and cal ka means a calibrated calendar age in 1,000 years ago. The age with * is inconsistent with the stratigraphy. This volume is apparent one for tephra.

歴史時代の噴火

桜島火山の噴火記録は、和銅元年(西暦708年)が最古であり、その後、多数の記録が残されているものの、4回の大規模噴火を除くと、その記述は断片的で実態のよく分からないものが多い。大規模噴火としたものは天平宝字噴火、文明噴火、安永噴火および大正噴火で(表1)、山腹からのプリニー式噴火による軽石の噴出(図5)で始まり、最終的には溶岩の流出で終わるという推移をたどっている。天平宝字噴火から文明噴火までの700年間は噴火記録がなく、実際に噴火がなかったかどうか不明であったが、その間の950年頃や1200年頃にも、山頂もしくはその近傍からの溶岩の流出を伴う噴火のあったことが噴出物(大平溶岩・中岳溶岩及び火砕岩)から確認されている(小林ほか, 2009; 小林, 2010; 味喜ほか, 2012)。特に中岳については層序と岩石学的特徴から新期南岳の側火山とされており(山口, 1975)、暦年で約800年前の放射性炭素年代が得られた火山砂(Sz-Nk; 図2)がその形成に対応するものと考えられている(小林, 2010)。以下の歴史噴火の経緯は、主に小林・溜池(2002)に従っている。

天平宝字噴火(764~766年)

天平宝字噴火は南岳の東山麓で起きたもので、まず鍋山火砕丘が形成され、その海側に長崎鼻溶岩が流出した。鍋山火砕丘はマグマ水蒸気噴火に特有な径の大きな火口を持つタフコーンで、噴出物は多面体型の軽石と火山灰で構成されており、急冷による黒曜岩片も多い。この火砕丘は当時の海岸付近に出現したため、形成中~形成直後の波浪侵食によりその東半分は欠落している。長崎鼻溶岩は、欠けた火砕丘の基部から広がるように分布し、溶岩流出が火砕噴火の後であることを示している。黒神沖の海底には、北

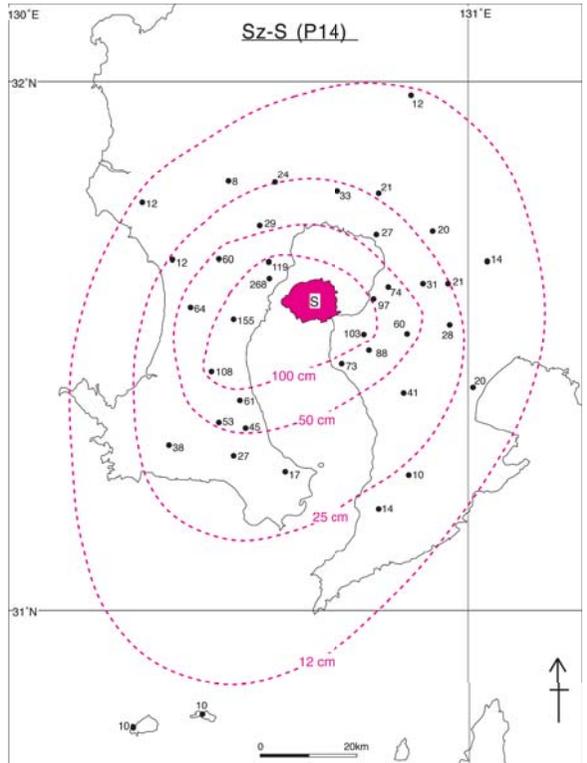


図3 新期北岳起源のP14(桜島薩摩)テフラの分布。小林・溜池(2002)に加筆。数字は層厚で、単位はcm。Sは桜島火山。
Fig. 3. Distributions of the P14 (Sakurajima-Satsuma) tephra from Younger Kitadake Volcano. Modified from Kobayashi and Tameike (2002). Numerals are thickness in cm. S = Sakurajima Volcano.

東方向にのびる溶岩状の地形が認められるが、海域に流入（あるいは海底に貫入）した溶岩地形と推定される。なお鍋山の東に隣接する小火砕丘（蝦ノ塚）も、この時期に形成されたものである。766年には群発地震が発生し、多くの島民が避難したとの記録がある。火砕物と溶岩を合わせたマグマ噴出量は約0.3km³DRE（岩石換算体積）であり、それ以降の大噴火に比べると小規模である。

文明噴火（1471～1476年）

文明噴火は、主に南岳の北東-南西斜面に出現した対の火口列で発生した。北東斜面の火口ではプリニー式噴火と地形から判断して2期に分けられる溶岩の流出が認められる。一方、南西山麓では山腹火口列および山麓の扇頂部付近から溶岩が流出し、扇頂部の火口から流出した溶岩が海にまで達している。なお南南東斜面でも帯状に山麓にまで達する文明溶岩が発見されたが（高橋ほか、2011）、火口位置は不明である。文明噴火は歴史時代のプリニー式噴火としては最大規模であり、軽石層の層厚がほかよりも大きい（図5のP3）。マグマの総噴出量は約0.8km³DREと推定されている。古文書によると噴火は6年間に複数回発生したが、その信憑性には問題があり、各噴出物の噴火年は特定されていない。噴火災害も甚大であったと記録されているが、具体的な数字はわかっていない。

安永噴火（1779～1782年）

安永噴火では、南岳北東-南斜面での陸上噴火と北東沖での海底噴火が起きている。噴火の前には群発地震、井戸水の沸騰や湧水の増加、海水の変色など、顕著な前兆現象が認められた。本格的なプリニー式噴火は、1779年11月8日に南側山腹と北東山腹で始まった。南側火口では噴火の初期に火砕流が発生した。このプリニー式噴火は翌朝にかけて最盛となり、火口周辺には溶結した降下火砕物や火砕流堆積物からなるアグルチネートが形成され、その先端はやや流動変形した地形を示している。南側火口からの溶岩は最高位火口からではなく、中腹の火口（標高500～600m）から流出した。なお山麓の小火口列は主要な割れ目

火口とは、やや斜交した方向に配列している。一方、北東側の火口では、溶岩はアグルチネートの基底にもぐりこみアグルチネートを変形・破壊し、一部はその基底付近から流出している。

桜島北東の沖合ではその後1年以上にわたり海底噴火が発生し、安永諸島と呼ばれる新しい島々が出現した（小林、2009）。海底噴火ではまず巨大軽石を湧出する活動があり、その後次第に潜在ドームの成長による海底の隆起が顕著になり、1年半の間に次々と島が誕生した。現在でも4島が残っている。猪子島と硫黄島は海底に噴出した安永溶岩の島であるが、中ノ島と新島は海底が隆起し陸化した島である。隆起した島の表面には沈積した巨大軽石が点在している。また新島の表面付近には貝化石を含む海成層があり、上昇中に生じた断層地形が明瞭に残されている。安永諸島がほぼ出そろったころから、海底での爆発が顕著になり、津波による被害も生じている。津波の発生は6回記録されているが、そのうちの3例は爆発をともっていた。例えば、1781年4月には、突然の爆発で漁船が吹き飛ばされ、波高10数mの大きな津波が発生した（死者・行方不明者は約20人）。

安永噴火による死者は153名、その大半は島の南-南東海岸の集落に集中しており、降下軽石や火砕流の分布域とほぼ一致している。安永噴火の総マグマ噴出量は約2.0km³DREと推定されるが、海底潜在ドームへの貫入部分を含めると、さらに大きくなる。

大正噴火（1914～1915年）

桜島の大正噴火の前後には、南九州一帯で地震・噴火活動等が活発であった。1914年にはいっても霧島地域での地震・火山活動は活発であったが、1月11日の早朝から桜島において有感地震が始まり、翌12日の午前10時5分頃、西側の山腹に生じた割れ目火口でプリニー式噴火が発生、約10分後には東側山腹でも噴火が始まった。このプリニー式噴火は1日半以上続いたが、噴火当日の日没後（18：29）、鹿児島市側でM7.1の地震が発生し、35名の死者がでた。13日になり噴火の勢いは徐々に低下したが、その夜半（20：14）、西側火口で全山が真赤に燃えるような激しい火砕流噴火が発生した。溶岩はこの爆発以降に流れ出し、その表面には溶結した軽石堆積物の岩塊をのせている。その後小爆発を繰り返しながら溶岩が流出したが、約2週間後

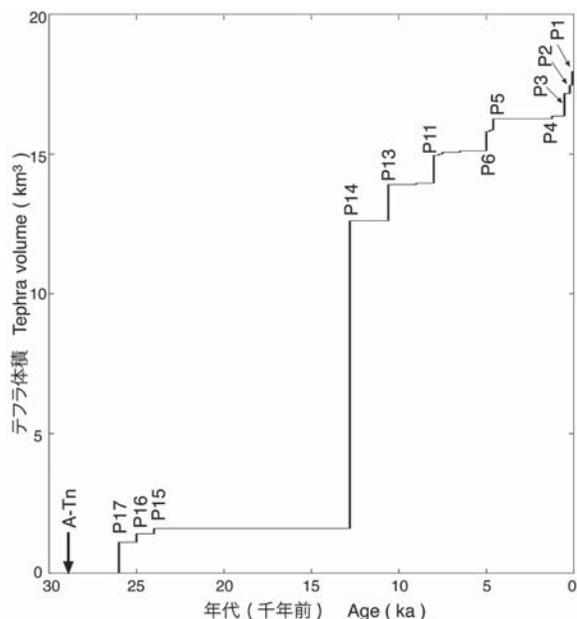


図4 桜島火山から噴出したプリニー式火砕物のテフラ噴出量-時間積算図。テフラ名は図2を参照のこと。なお、この体積は岩石未換算。
Fig. 4. Cumulative tephra volume of Plinian eruptions vs. age for Sakurajima Volcano. See Fig. 2 for name of tephra. This volume is apparent one for tephra.

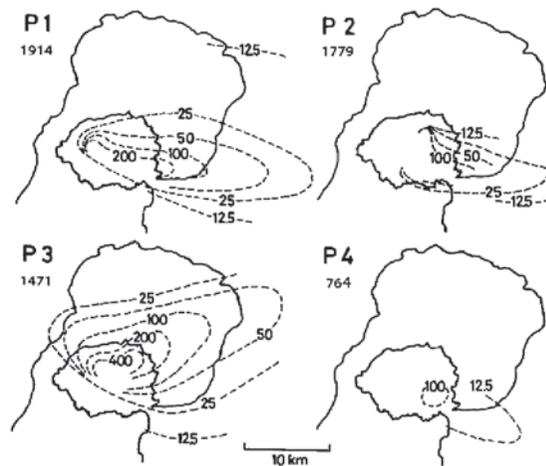


図5 歴史時代の大規模噴火によるプリニー式降下軽石（P1-P4）。小林・溜池（2002）による。数字は層厚で、単位はcm。
Fig. 5. Distributions of Plinian pumice fallouts (P1 to P4) by historical large-scale eruptions. Taken from Kobayashi and Tameike (2002). Numerals are thickness in cm.

にはほぼ鎮静化した。一方、東側の割れ目火口でも溶岩が流出し、1月30日には溶岩が瀬戸海峡を埋め立て、桜島は大隅半島と陸続きとなった(大正Ⅰ期溶岩)。東側の火口では、2月から新たに溶岩を流出するようになり、その活動は1年半ほど継続した(大正Ⅱ期溶岩)。特に1915年3～4月には溶岩末端崖から二次溶岩が漏れ出し、溶岩三角州を形成した。大正噴火で噴出したマグマの総量は約1.5km³DREであり、噴火後には始良カルデラを中心に同心円状の沈降が観測された。鹿児島市付近でも30～50cmほど沈降した。

西側大正溶岩域の火口位置については噴火直後の論文や報告書に記されているが、分布が完全に一致しているわけではない。本地質図では、上田(1914)の記載が最も詳細であるため、これを参考にした。また、東側の火口位置については、Omori(1914)を参考にした。

大正噴火以降の火山活動

大正噴火以降、しばらく穏静な状態が続いたが、1939年に南岳山頂火口縁の東側斜面で噴火が始まり、小規模な火砕流が発生した(図6)。この噴出物の化学組成は、桜島火山では最も苦鉄質であった(SiO₂: 57wt%)。その7年後の1946年にも同じ火口で噴火が始まり、体積0.18km³の昭和溶岩が流出した。大規模な軽石噴火はなかったが、ブルカノ式噴火の噴出物により火砕丘状の地形が形成された。昭和溶岩は東側大正溶岩がつくる台地付近で2つに分岐し、1つは東へ、もう1つは南から南西方向に流下し、共に海岸

にまで達した。

1955年からは南岳の山頂火口で噴火活動が活発化した。この噴火様式は激しいブルカノ式噴火であり、1985年には年間爆発回数が474回にも達した。爆発の頻度は増減をくり返したが、2000年以降は爆発回数も減り、特に2003年からは急減した。しかし2006年6月4日に昭和火口で突然噴火が再発した。噴火活動は2週間ほどで終了したが、その間に小規模な火砕流も発生した。1年後の2007年5月16日に再び小規模な噴火活動が始まったが、この活動も一ヶ月ほどで終息した。2008年も爆発回数は多くはなかったが、噴火直後に山体斜面で赤熱現象が頻繁に観察されるようになった。2009年になって急激に活動度が高まり、その年の後半からはブルカノ式噴火の頻度が増加し、2010年の年間爆発回数は896回、2011年は996回に達した。このように爆発回数は1980年代の倍以上に増えたが、1回ごとの噴火の規模は当時と比べるとはるかに小さい。

活動再開前の昭和火口は、水平方向の幅が150mほどの斜面上の窪地であった。しかし2006年の噴火により明瞭な縦穴状の火口が出現し、現在は長径が350mまでに拡大している。南岳の山頂火口(B火口)との間に存在していた旧斜面はなくなり、2つの火口が隣接する形態となっている。特に2009年以降、昭和火口の外側には噴出物が集積し、平成火砕丘が出現した。

桜島火山の岩石

桜島火山から噴出した溶岩・火砕物は、中カリウム系列

表1 桜島火山の歴史時代の主な噴火
Table 1 Major historical eruptions from Sakurajima Volcano.

年 / Year	噴火事象	Event
2006～	昭和火口でのブルカニアン噴火	Vulcanian eruptions at Showa crater
1955～	山頂火口でのブルカニアン噴火	Vulcanian eruptions at Summit crater
1946	昭和火口からの溶岩流出	Lava extrusion from Showa crater
1939	昭和火口の形成と火砕流発生	Formation of Showa crater and pyroclastic flow eruption
1914～1915	大正噴火: 東・西山腹でのプリニアン噴火と溶岩流出	Taisho eruption: Plinian eruption and lava extrusion from E and W flanks
1779～1782	安永噴火: 北東・南山腹でのプリニアン噴火と溶岩流出(1779年)、及び北東沖での海底噴火(1779～1782年)	An-ei eruption: Plinian eruption and lava extrusion from NE and S flanks in 1779, and submarine eruptions off NE island from 1779 to 1782
1471～1476	文明噴火: 北東・南山腹でのプリニアン噴火と溶岩流出	Bunmei eruption: Plinian eruption and lava extrusion from NE and SW flanks
ca 1200 A.D.	中岳の形成	Formation of Nakadake
ca 950 A.D.	山頂からの大平溶岩の流出	Extrusion of Ohira Lava from the summit
764～766	天平宝字噴火: 東山麓での鍋山火砕丘の形成及び溶岩流出	Tenpyo-Hoji eruption: Formation of Nabeyama Pyroclastic Cone and lava extrusion at E coast



図6 昭和火口からの1939年噴火に伴う小型の火砕流。鹿児島大学所蔵写真。
Fig. 6. Small pyroclastic flow of the 1939 eruption from the Showa crater.
Photo by Kagoshima University.

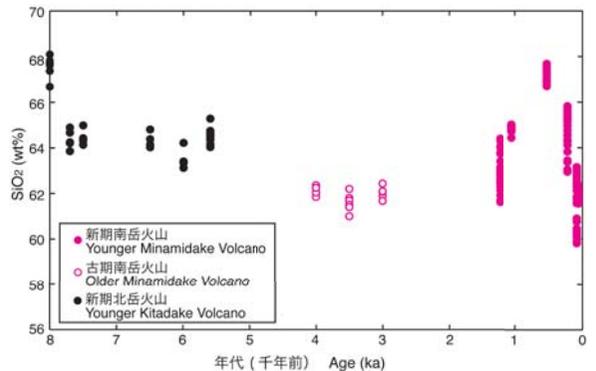


図7 桜島火山噴出物のSiO₂量の時間変化。宇都ほか(2005)及び高橋ほか(2011)の分析値を使用。
Fig. 7. Temporal variation of SiO₂ content in the products of Sakurajima Volcano. Data from Uto *et al.* (2005) and Takahashi *et al.* (2011).

の安山岩～デイサイトからなる。その組成は噴出時期により明瞭に異なっており（図7）、新期北岳火山はデイサイト、古期南岳火山は安山岩、新期南岳火山の天平宝字噴火では安山岩～デイサイト、文明噴火で最も珪長質なデイサイトが噴出した後、安永噴火からは噴出物のSiO₂含有量が減少するようになり、大正・昭和噴火では安山岩が噴出している。また、同じSiO₂量で比較した場合、新期南岳火山噴出物は、新期北岳火山・古期南岳火山噴出物に比べ、K₂O、Rb、Baなどの液相濃集元素には差は認められないものの、系統的にTiO₂、FeO、Na₂O、P₂O₅、Zr、Yに富み、逆にMgO、CaOに乏しい（宇都ほか、2005）。したがって、新期南岳の活動開始時にマグマ供給系の変化があったことになる。同様な変化は、Zr/Thのような微量成分比でも顕著で（図8-1）、その比は古期北岳火山噴出物から古期南岳火山噴出物まで穏やかに減少した後、新期南岳火山噴出物で急上昇する傾向が認められる。ただし、新期北岳溶岩中の苦鉄質包有物は、これらと比べ最も高いZr/Th比を有している。⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比については、SiO₂量と正の相関が認められるため、単純に時間変化を議論することはできないものの、全体傾向としては時代とともに同比が減少する傾向がある（図8-2）。桜島火山では、新期北岳溶岩中の苦鉄質包有物が最も低い⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比を有している。

桜島火山のマグマ供給系の発展を考える上で重要なものは、始良カルデラのマグマ溜まりの存在である。カルデラ形成時には入戸火砕流堆積物で代表される⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比が高くZr/Th比の低い地殻起源の珪長質マグマが噴出しており、その後もカルデラ下に存在していたことは、約1.6万年前に若尊カルデラから噴出した新島火砕流が示唆している。一方、苦鉄質端成分としては、新期北岳溶岩中の苦鉄質包有物で代表される⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比が低くZr/Th比の高いマントル起源の苦鉄質マグマが存在する。桜島火山では、両者の混合で中間組成の安山岩～デイサイトマグマが

形成されているとみられ、大局的には時代が新しくなるほど、マントル起源苦鉄質マグマの混合系に占める割合が大きくなったとみられる（宇都ほか、2005）。ただし、珪長質端成分の化学組成は単純ではなく、噴出時期毎に起源が異なるものに入れ替わっていたらしい（高橋ほか、2011）。そのような中でも、大正噴火と昭和噴火から今現在に続く噴出物の化学組成は同一変化トレンドを構成していることからすると、大正噴火をもたらししたマグマ溜まりへの苦鉄質マグマの蓄積は継続しているものとみられる。

活動の監視・観測

桜島火山の大正噴火は、日本における近代的な手法による火山活動観測の最初の舞台の1つであった。その後鹿児島地方気象台による定常的な活動監視・観測に加えて、1960年に京都大学防災研究所桜島火山観測所（現火山活動研究センター）が設置され、日本で最もよく監視・観測が行われている火山の1つである。地震計は京都大学・気象庁・大隅河川国道事務所・鹿児島大学合せて島内に18ヶ所設置され、島外にも多数の観測点がある。地盤変動観測は、坑道内に設置した傾斜計、伸縮計やGPSによる連続観測が行われている。京都大学と大隅河川国道事務所は200m超級の観測坑道を設置しており、GPSは京都大学・国土地理院・気象庁によって、24か所に設置されている。大学等研究機関による合同観測である集中総合観測は10回を数え、GPS・水準測量による地殻変動観測、重力・地磁気の観測等が繰り返し行われている。

桜島火山における火山性地震のうち、通常地震と同様にせん断破壊によって発生するA型地震の震源は桜島の北東沖若尊カルデラ付近から桜島の南西沖にかけて分布し、南岳火口直下では多数発生する（図9）。一方、マグマの発泡に関連して発生するB型地震と爆発地震は火口直下の1-3kmの範囲の深さにおいて発生する。1970年代にはA型地震の発生から火口近傍の浅い場所でのB型地震の多発へ移行し、山頂噴火活動が活発化したが、1980年代はA型地震の発生なしにB型地震の群発が爆発的噴火活動の活発化に結びついた。

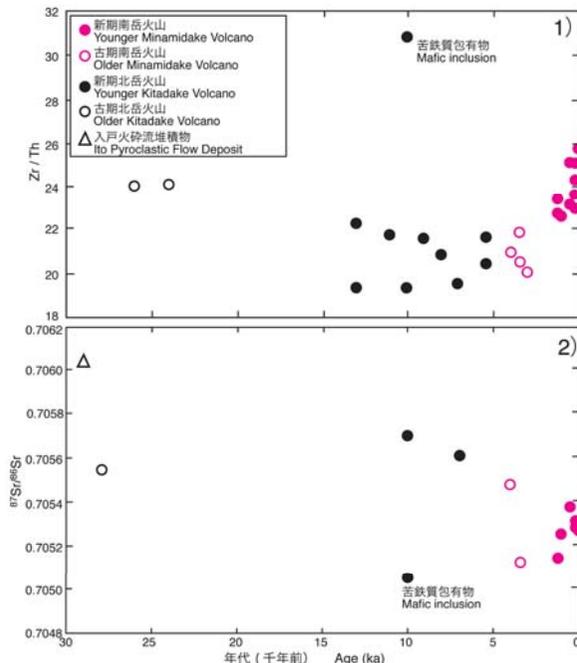


図8 1) 桜島火山噴出物のZr/Th比の時間変化。2) 桜島火山及び始良カルデラ噴出物の⁸⁷Sr/⁸⁶Sr比の時間変化。宇都ほか（2005）を一部修正。

Fig. 8. 1) Temporal variation of Zr/Th ratio in the products of Sakurajima Volcano. 2) Temporal variation of ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratio in the products of Sakurajima Volcano and Aira Caldera. Modified from Uto *et al.* (2005).

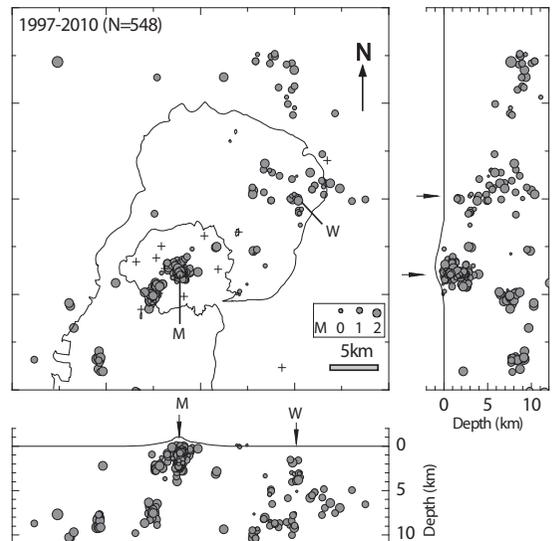


図9 桜島及び周辺の火山性地震の震源分布。M=南岳；W=若尊カルデラ
Fig. 9 Hypocenter distribution of volcanic earthquake. M = Minamidake; W = Wakamiko Caldera.

南岳の爆発の直前、10分～数時間前には火口方向の地盤の隆起傾斜と地盤の伸長が観測される(図10)。これは、火道深部4 km付近にマグマが貫入することによる体積膨張に起因している。爆発が発生するとマグマ物質の放出により地盤は沈降・収縮する。2009年以降爆発回数が増加している昭和火口の噴火でも同様の地盤変動がみられるが、多くは火口直下浅部1 km付近の体積膨張によるものである。

大正噴火のあと鹿児島湾北部の地盤は著しく沈降し、桜島の噴火活動は始良カルデラを中心とする地殻変動に関係することが発見された。図11は鹿児島市北方大崎の鼻(水準点2474)の鹿児島市内(水準点2469)に対する上下変動を示したもので、大正噴火以後、沈降を回復するようにカルデラが隆起していることがわかる。しかし隆起は一樣に進行しているのではなく、昭和溶岩が流出する活動の際には沈降し、南岳の噴火活動が著しいときは隆起が一時停滞もしくはやや沈降を示していることがわかる。一方、静穏期もしくは噴火活動が顕著でないときは隆起が継続し、その量は年間1千万m³のマグマの供給量に相当すると推定されている。現在の隆起は1993年ごろに再開したものである。

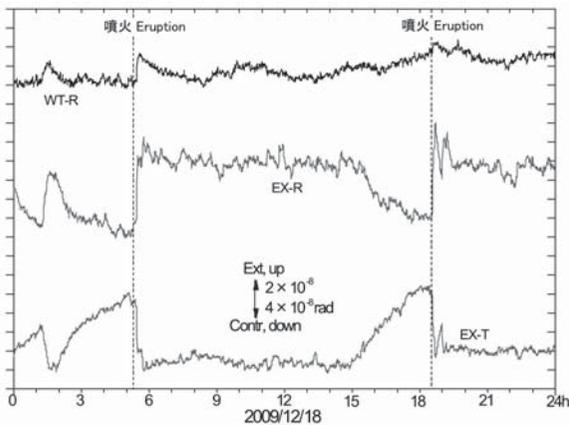


図10 昭和火口の爆発的噴火に伴う春田山観測坑道での傾斜およびひずみ変化 WT-R=火口方向の傾斜; EX-R=ひずみ変化の火口方向成分; EX-T=ひずみ変化の直交方向成分

Fig. 10 Tilt and strain records in Harutayama associated with explosive eruption at the Showa crater. WT-R = radial tilt; EX-R = radial component of strain; EX-T = tangential component of strain.

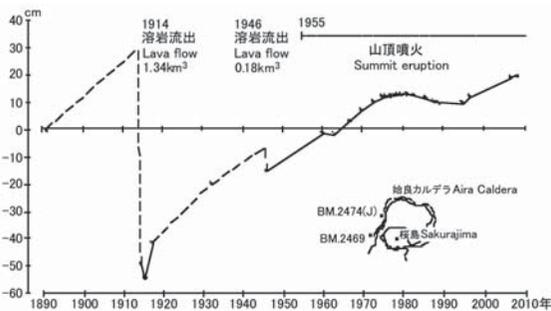


図11 始良カルデラの地盤の上下変動 (BM.2469 からの BM.2474 (J) の相対変動)

Fig. 11 Vertical displacement of Aira Caldera (movement of BM. 2474 (J) referred to BM. 2469)

将来の活動の予測

大正噴火以降の地盤の隆起から推定できるマグマの蓄積量とその状態が続いていること、2006年に再開した昭和火口の噴火活動は2009年以降、爆発回数を増加させているこ

とから、長期的にみれば桜島の噴火活動は活発化の傾向が認められる。また、昭和火口における噴火活動の長期化あるいは激化から、昭和溶岩のような溶岩の流出に至る可能性もある。この活発化と噴火警戒レベルの導入を受け、鹿児島市では2010年に新たに桜島火山ハザードマップを公開している。一方、1955年から続いた南岳の爆発的噴火活動は2000年以降、静穏化に向かったが、再び南岳の噴火活動に回帰する可能性も十分ある。南岳のブルカノ式噴火活動ではかなりの範囲に火山灰が拡散し、弾道放出された火山弾は3 km程度の集落の至近距離に落下した。また、大雨に伴い、沢沿いで土石流が頻発した。さらに大正噴火で沈降した始良カルデラの地盤の回復量(図11)からみて、文明・安永・大正の噴火に匹敵するような大噴火を想定する時期に近づきつつあることも指摘できる。現在は精密な火山観測が常時行われているので、このような大噴火については確実に直前の前兆現象をとらえることができ、突然不意におそわれるようなことはないであろう。しかし、このような大規模噴火が発生すれば、記録に残されているような大被害とともに現代の高度化した社会では新たな種類の被害がもたらされる可能性があり、人命や社会に被害が及ぶ危険は以前よりも増している。活動監視を行いつつ噴火予知の高度化の研究を進めるとともに、短期・長期的な防災対策を実施することが今後とも必要である。

付録：第1版からの修正点

- 2009年以降の火山活動で形成された平成火砕丘を追加した。
- 大正 I・II 期溶岩の分布およびそれらに伴う二次溶岩を識別し、佐々木の未公表資料をもとに修正した。
- 北東沖の安永諸島については、安永の陸上噴火とは別の海底噴火で形成されたものであり(小林, 2009)、凡例を改めた。
- 南岳の南西及び南南東斜面に文明溶岩の分布を追加した。南西斜面のものは味喜ほか(2012)、南南東斜面のものは高橋ほか(2011)を参考にした。
- 小林(1982)、Okuno *et al.*(1998)、味喜(1999)に従い、鍋山火砕丘と長崎鼻溶岩を天平宝字噴火の噴出物とした。
- 南岳火山噴出物の層区分は、付表のように修正した。大平溶岩の噴出年代(西暦950年頃)は小林ほか(2009)と味喜ほか(2012)、中岳溶岩及び火砕岩の噴出年代(西暦1200年頃)は小林(2010)による。
- Kobayashi(1988)に従い、武火砕流堆積物の分布を追加した。
- 春田山・湯ノ平軽石丘は溶岩から構成される(Kobayashi, 1988; 宇都ほか, 1999)こと、春田山、湯ノ平、フリハタ山を構成する溶岩は化学組成も共通で、地形的にも一連に見えることから、これらをまとめて春田山溶岩と修正した。

	山口(1975)	福山・小野(1981)	Kobayashi(1988)	本地質図
南岳及び中岳(第II型溶岩流含む)		M4	新規溶岩及び火砕岩	中岳溶岩及び火砕岩 大平溶岩
古期南岳(第I型溶岩流含む)		M3(南岳溶岩)	古期溶岩及び火砕岩	有村・黒神川溶岩
		M2(観音崎溶岩)		観音崎溶岩
		M1(宮元溶岩)		宮元溶岩

付表 層序の対比

引用文献

- 福山博之 (1978) 桜島火山の地質. 地質雑, vol.84, p.309-316.
- 福山博之・小野晃司 (1981) 桜島火山地質図1:25,000. 地質調査所.
- 小林哲夫 (1982) 桜島火山の地質: これまでの研究の成果と今後の課題. 火山, vol.27, p.277-292.
- Kobayashi, T. (1988) Geological map of Sakurajima volcano. *A guide book for Sakurajima Volcano, Kagoshima International Conference on Volcanoes.*
- 小林哲夫 (2009) 桜島火山, 安永噴火 (1779-1782年) で生じた新島 (安永諸島) の成因. 火山, vol.54, p.1-13.
- 小林哲夫 (2010) 桜島火山・中岳の形成年代: 歴史時代の可能性. 日本火山学会講演予稿集 (2010年度秋季大会), p.33.
- 小林哲夫・溜池俊彦 (2002) 桜島火山の噴火史と火山災害の歴史. 第四紀研究, vol.41, p.269-278.
- 小林哲夫・奥野 充・中村俊夫・福島大輔 (2009) 桜島・南岳で発見された歴史時代の溶岩流. 日本火山学会講演予稿集 (2009年度秋季大会), p.164.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺]. 東京大学出版会, 336p.
- 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, vol.44, p.111-122.
- 味喜大介・宇都浩三・Nguyen, H.・石原和弘 (2012) 古地磁気と全岩化学組成から見た桜島火山南岳南西斜面に分布する溶岩流の噴出年代. 京都大学防災研究所年報, no.55B, p.177-181.
- 長岡信治・奥野 充・新井房夫 (2001) 10万~3万年前の始良カルデラ火山のテフラ層序と噴火史. 地質雑, vol.107, p.432-450.
- 奥野 充 (1997) 埋没土壌の加速器¹⁴C年代から知る噴火年代. 金沢大学文学部地理学報告, no. 8, p.17-24.
- Okuno, M., Nakamura, T., and Kobayashi, T. (1998) AMS ¹⁴C dating of historic eruptions of the Kirishima, Sakurajima and Kaimondake volcanoes, southern Kyushu, Japan. *Radiocarbon*, vol.42, p.825-832.
- 奥野 充 (2002) 南九州に分布する最近3万年間のテフラの年代学的研究. 第四紀研究, vol.41, p.225-236.
- Omori, F. (1914) The Sakurajima eruptions and earthquakes I. *Bulletin of The Imperial Earthquake Investigation Committee*, vol.8, p.1-34.
- 高橋正樹・大塚 匡ほか (2011) 桜島火山および始良カルデラ噴出物の全岩化学組成 - 分析データ583個の総括 -. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, no.46, p.133-200.
- 上田光暁 (1914) 大正三年噴火前後の櫻島. 地学雑誌, vol.26, p.431-449, p.690-713.
- 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の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, no.42B-1, p.27-34.
- 宇都浩三・味喜大介・Nguyen, H.・周藤正史・福島大輔・石原和弘 (2005) 桜島火山マグマ化学組成の時間変化. 京都大学防災研究所年報, no.48 B, p.341-347.
- 山口鎌次 (1975) 桜島火山の研究. 日本地学教育学会, 東京, 128p.

Geology of Sakurajima Volcano

Sakurajima Volcano, located 10 km east of Kagoshima city, is a post-caldera volcano within Aira Caldera, which occupies the northern end of the Kagoshima Graben. A catastrophic pyroclastic eruption of Aira Caldera occurred about 29,000 years ago, forming about 500 km³ of the Aira-Tn tephra. On the western coast of the volcano, there is a small plateau called Hakamagoshi that is a remnant of the caldera wall.

Sakurajima Volcano, which started erupting at least 26,000 years ago on the southern rim of Aira Caldera, is composed of two adjacent stratovolcanoes, Kitadake and Minamidake. Minamidake overlies Kitadake. All the products of the two volcanoes are andesitic to dacitic. Kitadake Volcano ejected 13 Plinian tephra units and thick lava flows. Minamidake Volcano was born about 4,500 years ago and is still active, with violent Vulcanian eruptions from its Summit and Showa craters.

The activity of Younger Minamidake Volcano includes four large eruptions: the Tenpyo-Hoji (764-766), Bunmei (1471-1476), An-ei (1779-1782) and Taisho (1914-1915) eruptions. In each event, voluminous pumice was ejected in an early-stage Plinian eruption, followed by lava outflows from lateral vents. The volumes of ejected magma in each large event are estimated to be 0.3 to 2.0 km³ DRE. Taisho Lava buried a strait between the island of Sakurajima and the Osumi Peninsula, making the island into a peninsula. In the 1946 eruption, 0.18 km³ of Showa Lava flowed out without the ejection of pumice. Since 1955, Vulcanian explosions from the Summit crater of Minamidake have continued with temporary pauses. In 2006, Vulcanian explosions from the Showa crater began again, forming the Heisei Pyroclastic Cone.

Products of Younger Minamidake Volcano have higher Ti, P, Zr and Y contents than those of Older Minamidake and Younger Kitadake Volcanoes. There are also temporal variations in the magmatic composition. The SiO₂ content increased from 4,500 years ago to the Bunmei eruption but has decreased since then. The Zr/Th ratio, on the other hand, has increased gradually in the past 4,500 years. Mantle-derived mafic magma has been supplied to the magma chamber beneath Aira Caldera, and mixed with the crust-derived felsic magma. It is suggested that the supply of mafic magma has increased over time.

著作権所有・発行者
平成25年4月26日発行

許可なく複製を禁ずる

独立行政法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター

〒305-8567 茨城県つくば市東1丁目1番地1
TEL (029) 861-3601

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN, AIST ©2013
AIST13-G14019

株式会社 武揚堂 (8色刷)