

九州中部金峰火山に分布する火山岩の Sr 同位体比

新 村 太 郎 (熊本学園大学経済学部)

荒 川 洋 二 (筑波大学生命環境系)

Sr Isotopic Ratios for the Volcanic Rocks from Kinbo Volcano, Central Kyushu, Japan

Taro Shinmura, Yoji Arakawa

abstract

Kinbo Volcano is a Quaternary volcano and consists mainly of andesite lavas, which are distributed over an area of approximately 10 km from east to west and 13 km from north to south in central Kyushu. In this study, 9 volcanic rock samples were collected from the same locations as the K-Ar dated samples of Toshida *et al.* (2006)⁽¹⁾. Their Sr isotopic ratios were measured and compared with previously reported values. As a result, the Sr isotopic ratios of the volcanic rocks classified as Older and Middle stages (based on the classification by Toshida *et al.*, 2006) were 0.7041 to 0.7044 and 0.7038 to 0.7047, respectively. These values fell within the reported variation range (0.7036 to 0.7054) of Yanagi *et al.* (1988)⁽²⁾ and Kurasawa and Takahashi (1963)⁽³⁾. The Sr isotopic ratios of the Ichinotake volcanic rocks from the Younger stage were nearly consistent with the value of 0.7049 reported by Kurasawa and Takahashi (1963) and did not exhibit as much diversity as those from the other stages. Assuming that the original magma materials remained similar throughout the active phases of Kinbo volcano, it was found that varying degrees of assimilation occurred in the Older and Middle stages, whereas the Ichinotake lava dome of the Younger stage was formed from magma with a relatively uniform degree of assimilation.

1. はじめに

金峰火山は九州中部の有明海の東側に位置する第四紀火山である。東西約 10km, 南北約 13km の範囲に安山岩を主体とする火山岩が分布し、標高 665.2m の一ノ岳（金峰山）を最高峰とした複数のピークからなる山地を形成している（図 1）。一ノ岳の周囲を北東方向から時計回りに南西方向まで取り囲むカルデラ壁と、北西方向に開いた馬蹄形のカルデラ地形が見

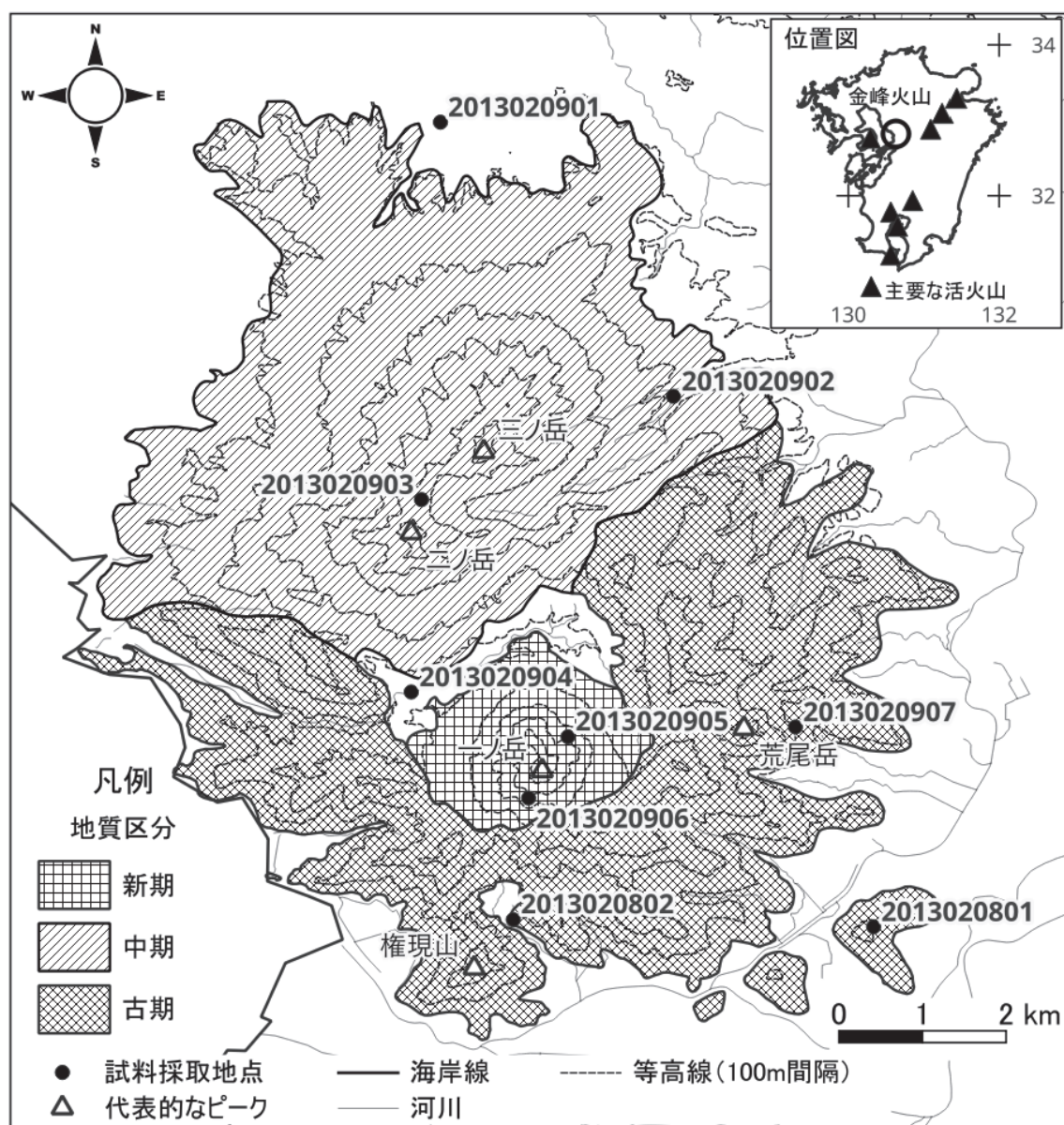


図1 金峰火山の地質図と試料の採取地点

地質図および地質区分は「産業技術総合研究所地質調査総合センター（編）（2024）20万分の1日本火山図（ver. 1.1）」⁽⁴⁾を一部加工して使用した。等高線は国土地理院の基盤地図情報サイト提供の10mメッシュDEMデータ⁽⁵⁾を元にしてQGIS⁽⁶⁾を使用して作成した。図中の2013020901および2013020904の地点は、土志田ほか（2006）の地質図では中期火山岩類の分布域内にある。

られる。火山フロント上の阿蘇火山から40km西方にあることと同時に別府－島原地溝帯の南縁にあることから、マグマプロセスについてはプレートの沈み込みと地溝帯の拡大という複数の要素が存在する複雑な位置にある。よって金峰火山に関するマグマプロセスの解明は、このような複雑なテクトニクスについて制約条件を与えることが期待される。火山岩の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 値（以下Sr同位体比もしくはSr比）は、数十万年のオーダーではマグマの結晶分化作用の影響をほとんど受けないことから、マグマ起源物質と別のマグマとの混合や地殻物

質との同化作用に関する情報を保存していることがあるため、有用な地球化学的データの 1 つとなっている。

金峰火山に関する Sr 同位体を含む地球化学的データは倉沢・高橋 (1963) および Yanagi *et al.* (1988) によって報告されている。倉沢・高橋 (1963) は金峰火山南部に分布する玄武岩と安山岩の Sr 比がそれぞれ 0.7036 および 0.7049, Yanagi *et al.* (1988) は安山岩と玄武岩の合計 36 試料が 0.7038 から 0.7054 の範囲であることを報告した。さらに Yanagi *et al.* (1988) は Sr 比と全岩化学組成データからマグマプロセスに関する考察を行った。彼らが報告した時には、金峰火山全体の形成史を把握するために十分な数と精度をもつ年代値データがなかったため、マグマプロセスを考える上で時間軸を考慮した検討が十分ではなかった。また火山岩の Sr 比の多様性とマグマプロセスを結びつけるためには、採取地点の空間分布について考慮する必要もあるが、試料数が多い後者でもそのような議論がなされていない上に、採取地点も示されていないために確認できない。その後、土志田ほか (2006) は、金峰火山の活動期間全般を網羅するよう系統的に採取した 14 試料の K-Ar 年代測定結果から、精度の高い年代値およびそれと整合性のある地質区分に関する報告を行った。本研究では、土志田ほか (2006) による年代報告のある試料採取地点もしくはその近傍から、年代測定試料と同じ年代値をもつであろう 9 個の火山岩を採取して Sr 比を測定した。その結果、土志田ほか (2006) の分類による古期および中期に相当する火山岩類については、Yanagi *et al.* (1988) および倉沢・高橋 (1963) が報告した Sr 比の範囲内 (0.7036-0.7054) であった。また新期活動である一ノ岳火山岩類の Sr 比は倉沢・高橋 (1963) が報告した値 0.7049 とほぼ一致し、他の活動期のような大きなばらつきは見られなかった。金峰火山の全活動期にわたってマグマの起源物質が類似のものであると仮定すると、古期および中期には様々な程度にわたった混成作用が起きていたが、新期活動の一ノ岳溶岩ドームは比較的均質なマグマによって形成されていたことが分かった。

2. 金峰火山の地質区分と年代および試料採取地点

倉沢・高橋 (1963) は金峰火山の火山岩類を、旧期、中期、新期の 3 つに大きく分けた。また、分布域南端に近い高橋地域に分布する玄武岩類を基盤岩として分類した。旧期の火山岩類は、分布域全体の南東から南部および西部にかけての周辺域に分布する安山岩溶岩である。中期は二ノ岳および三ノ岳を含む北部の広い地域と、南部の一ノ岳と旧期の間に分布する安山岩溶岩であり、さらに 4 つに区分した。新期は一ノ岳と、その東部に分布する荒尾山、三淵山、石神山を構成する安山岩からなる溶岩円頂丘である。Takai *et al.* (1984)⁽⁷⁾ は FT (フィッション・トラック) 年代と古地磁気データから旧期と新期の 2 つに大別した。一ノ岳溶岩円頂丘の火山岩中に含まれるジルコンの FT 年代が 0.15 ± 0.05 Ma であることから新期、その東部に分布する 3 つの溶岩円頂丘では 1.01-0.94 Ma であることから、旧期の石神山火山岩類として分類した。火山岩の古地磁気データから、倉沢・高橋 (1963) が基盤岩とした高橋地域の火山岩を南部地域に分布する旧期の松尾火山岩類に含め、二ノ岳および三ノ岳火山岩類は新期に含めた。また、南部地域で一ノ岳溶岩円頂丘を東から南、西に取り囲む地域は

旧期の古金峰火山岩類と分類した。Iwauchi and Hase (1992)⁽⁸⁾ は、一ノ岳の北側に分布する湖成層である芳野層を覆う面木溶岩の FT 年代値として 0.37 ± 0.04 Ma を報告した。土志田ほか (2006) は、金峰火山の活動期間全般を網羅するよう系統的に採取した 14 個の火山岩試料について K-Ar 年代測定を行い、旧期の松尾火山岩類、古金峰火山岩類、石神山火山岩類から採取した合計 6 試料は 1.38-1.15 Ma、新期の二ノ岳火山岩類と三ノ岳火山岩類から採取した合計 6 試料は 0.58-0.50 Ma にそれぞれ年代値が集中しており、一ノ岳火山岩類から採取した合計 2 試料は 0.2 Ma であったことを報告した。旧期を古期として、二ノ岳および三ノ岳火山岩類を中期、一ノ岳火山岩類を新期として再区分すると同時に、それぞれの期間で比較的短い期間に活動が集中していることを報告した。

本研究では、土志田ほか (2006) が K-Ar 年代測定のために岩石試料を採取した 14 箇所と同じ箇所もしくは同様の岩石が分布している近傍の合計 9 箇所において新鮮な火山岩試料を採取した。図 1 に試料採取地点を示した。図 1 は産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2024) 20 万分の 1 日本火山図 (ver. 1.1) を元に作成した。Takai *et al.* (1984) にしたがって区分されていたものを土志田ほか (2006) の分類にしたがって 3 つの区分で表現した。土志田ほか (2006) で示されている地質図と若干境界が異なっており、試料 2013020901 と 2013020904 の採取地点が本論記載の区分上にないが、土志田ほか (2006) の地質図上ではその区分上にあり、現地でも確認した上で岩石試料を採取した。

3. 測定方法

分析試料の処理および $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 値の測定方法は Arakawa *et al.* (1998)⁽⁹⁾ にしたがった。火山岩を全岩で粉碎した約 100 mg の粉末試料を過塩素酸とフッ酸の混酸で分解した後に蒸発乾固して、陽イオン交換樹脂 (AG 50W-X8, 200-400 メッシュ) を用いて Sr を分離した。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 値の測定は筑波大学の表面電離型質量分析装置 (Finnigan MAT262) を使用した。1 ブロック 10 回の測定を 10 ブロック行って、ブロックごとに統計処理したデータに対してさらに統計処理を行い、測定値を $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$ で標準化した。試料と同時に測定した標準試料 NIST987 (NBS987) の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 値は 0.710233 ± 0.000029 (2σ , $n=4$) であった。

4. 測定結果

9 個の火山岩試料の Sr 比の測定結果を表 1 に示した。試料は土志田ほか (2006) の K-Ar 年代測定を行った試料と同じ露頭もしくは近傍の同一分類の岩石が分布する露頭から採取したものであるため、対応する試料名、年代値、構成鉱物および岩石名を引用して併記した。図 1 にはそれぞれの試料の Sr 比とそれぞれに対応する K-Ar 年代をプロットした。古期では古い順に、松尾火山岩類の試料 2013020802 は 0.70410、古金峰火山岩類の試料 2013020801 は 0.70422、石神山火山岩類の試料 2013020907 は古期では最も高い 0.70438 であった。古期の 3 ユニットの Sr 比はそれぞれ誤差の範囲を超えた差があり、最大で 0.0003 の差があった。地理

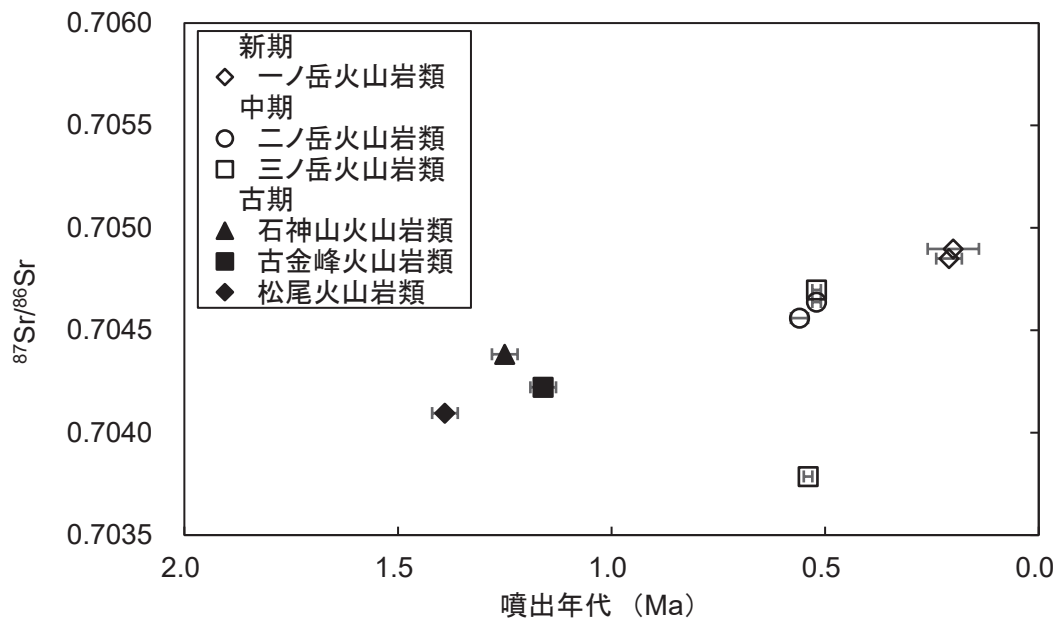
表 1 金峰火山から採取した火山岩の分析試料の内訳および Sr 同位体比測定結果

試料名 ^{*1}	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 値 ^{*1}	該当試料名 ^{*2}	ステージ ^{*2}	ユニット ^{*2}	年代値 (Ma) ^{*2}	構成鉱物と岩石名 ^{*2}	試料採取地点 (緯度/経度) ^{*1}
2013020906	0.704850 ± 10	KUM8909	新期	一ノ岳火山岩類	0.21 ± 0.03	Hbl Dacite	32.81055°N 130.63725°E
2013020905	0.704898 ± 11	KUM8908		一ノ岳火山岩類	0.20 ± 0.06	Hbl Dacite	32.81838°N 130.64228°E
2013020903	0.704638 ± 10	KUM0005	中期	二ノ岳火山岩類	0.52 ± 0.01	Cpx + Hbl Andesite	32.84868°N 130.62358°E
2013020904	0.704560 ± 12	KUM8907		二ノ岳火山岩類	0.56 ± 0.02	Cpx + Opx Andesite	32.82410°N 130.62227°E
2013020902	0.703787 ± 10	KUM0010		三ノ岳火山岩類	0.54 ± 0.01	Ol + Cpx Ba Andesite	32.86188°N 130.65575°E
2013020901	0.704697 ± 09	TAM8901		三ノ岳火山岩類	0.52 ± 0.01	Ol + Cpx Ba Andesite	32.89690°N 130.62600°E
2013020907	0.704383 ± 08	KUM0018	古期	石神山火山岩類	1.25 ± 0.03	Hbl + Cpx + Opx Andesite	32.81963°N 130.67133°E
2013020801	0.704222 ± 11	KUM8901		古金峰火山岩類	1.16 ± 0.04	Opx + Hbl + Cpx Andesite	32.79410°N 130.68131°E
2013020802	0.704096 ± 13	KUM8903		松尾火山岩類	1.39 ± 0.03	Opx + Cpx Andesite	32.79502°N 130.63530°E

^{*1} 本研究, ^{*2} 土志田ほか (2006)

標準試料の 2σ は 0.000029

鉱物名の略称 Ol: かんらん石, Cpx: 斜方輝石, Opx: 単斜輝石, Hbl: 普通角閃石

図 2 金峰火山から採取した火山岩の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 値の時間変化

年代および火山岩のユニット名はそれぞれ土志田ほか (2006) の K-Ar 年代と分類にしたがった。
Sr 比は本研究の測定による。

的および構成鉱物の組み合わせによる Sr 比の系統的な特徴は特にみられなかった。

中期の火山岩では、三ノ岳火山岩類の2つの試料 2013020901 と 2013020902 はいずれもかんらん石単斜輝石玄武岩質安山岩（土志田ほか、2006）であるが、Sr 比はそれぞれ 0.70470 および 0.70379 であり、2 試料の値の差は古期の3 試料の値の全体の幅の約 3 倍もある。また、この2つの値の間に古期の3 試料の値が全て含まれている。これらの試料の採取地点は三ノ岳のピークからそれぞれ約 4.5km および約 2.3km 離れており、採取地点間は約 4.7km である。一方で二ノ岳火山岩類の2 試料 2013020903 と 2013020904 の値はそれぞれ 0.70464 と 0.70456 であり、鉱物組み合わせが異なっているものの（前者は単斜輝石角閃石安山岩で後者は単斜輝石斜方輝石安山岩）、これらの Sr 比の差はとても小さく、三ノ岳火山岩類の値の幅の 10 分の 1 以下である。値は三ノ岳火山岩類の高い方の値に近い。これらの試料の採取地点は二ノ岳のピークからそれぞれ約 0.5km および約 2.2km 離れており、採取地点間はピークを間にはさんだ約 2.7km であり、それぞれのピークからの距離と採取地点間の距離とも三ノ岳の試料よりも短い。

新期の一ノ岳火山岩類は土志田ほか（2006）によると角閃石デイサイトであり、2つの試料 2013020905 と 2013020906 の Sr 比はそれぞれ 0.70490 および 0.70485 であった。2 試料の差はとても小さく誤差の範囲内 ($\pm 2\sigma$) である。これらの試料の採取地点について、一ノ岳のピークからの距離がそれぞれ約 0.5km および約 0.4km、採取地点間の距離は間に一ノ岳のピークをはさんだ約 0.9km であり、それぞれのピークからの距離と採取地点間の距離とも二ノ岳の試料よりもさらに短い。

中期の低い値を除けば、時代が新しくなるほど Sr 比は高くなる傾向にある。各ステージの最大値でみると古期から順に 0.70438, 0.70470, 0.70490 であり、0.0002 もしくは 0.0003 ずつ増加している。

5. 考察

5-1. Sr 比の先行研究との比較

倉沢・高橋（1963）および Yanagi *et al.*（1988）によって報告されている金峰火山の火山岩の Sr 比と本研究の測定結果をステージおよびユニットごとにまとめた（図 3）。倉沢・高橋（1963）では、金峰火山南部に分布する基盤玄武岩と金峯溶岩円頂丘（土志田ほか（2006）の分類でそれぞれ古期の松尾火山岩類および新期の一ノ岳火山岩類）からそれぞれ 1 個ずつ採取した試料の Sr 比が 0.7036 および 0.7049 であると報告した。前者は試料 2013020802 の東方約 1.5km の地点であり、土志田ほか（2006）では玄武岩質安山岩として記載されている。後者は試料 2013020906 と地質図上のスケールではほぼ同一地点であり、両者とも一ノ岳溶岩ドームのデイサイトである。Sr 比は前者では本研究の測定結果 0.7041 より 0.0005 小さく、後者はほぼ同一の 0.7049 であり、これらは採取地点の相違およびそれと関連する岩石の相違を反映している。

Yanagi *et al.*（1988）による Sr 比測定結果は誤差が大きいため、図 3 ではエラーバーを付

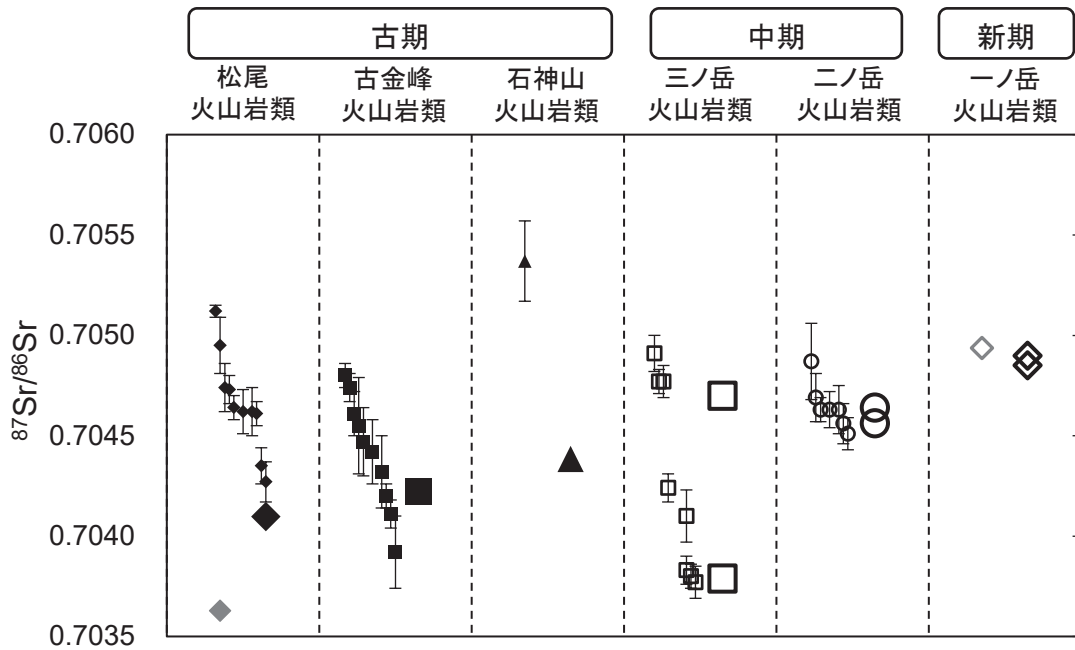


図3 金峰火山から採取した火山岩のステージおよびユニットごとの $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 値

各データの図形は図2に準じ、黒色で大は本研究によるもの、灰色で中は倉沢・高橋（1963）、黒色で小は Yanagi *et al.*（1988）。Yanagi *et al.*（1988）のデータは、エラーバーが重ならないように $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 値が大きい順に左から並べてあり、横方向の位置関係は年代やユニット内での層準とは無関係である。

けて表示した（本研究および倉沢・高橋（1963）の測定結果における誤差は図中のそれぞれのマーカーより小さいために表示していない）。以下彼らの測定結果の値もしくは範囲を引用して比較を行う。古期の松尾火山岩類の10試料は0.7042から0.7051の幅0.0009の間にほぼ連続的に値が分布する。本研究では0.7041であり、上記範囲の最低値の誤差の範囲を含めても0.0001低く、倉沢・高橋（1963）の値は前述のようにさらに低い。これらを含めるとこのユニットのSr比は0.7036から0.7051であり、値はさらに広い幅をもつ。古金峰火山岩類の10試料は0.7039から0.7048の幅0.0009の間にほぼ連続的に値が分布する。本研究ではこの範囲内の0.7042であった。石神山火山岩類の1試料は0.7054であり、本研究の0.7044より0.0010も高い。比較するデータが1つずつしかないために、全体に幅がある中の一部に相当するのか、間にギャップがあって別々のグループの一部であるかについては不明である。中期の三ノ岳火山岩類の9試料の値は0.7038から0.7049、幅は0.0009である。この幅の大きさは前述の古期の2ユニットと同様であるが、データは2つに分かれた範囲に分布していて、その間（0.7043から0.7047）には明瞭なギャップがある。本研究の2つのデータ（0.7038と0.7047）も同様である。中期の二ノ岳火山岩類の7試料の値は0.7045から0.7049、幅は0.0004である。この幅の大きさは前述の古期の2ユニットと中期の三ノ岳火山岩類の半分程度であり、比較的まとまっている。本研究の2つのデータ（ともに0.7046）も同様である。二ノ岳火山岩類全体の範囲と三ノ岳火山岩類の値が高いグループは、両者とも幅が狭いにもかかわ

らず多くの部分が重なっている。さらに本研究および倉沢・高橋（1963）の一ノ岳火山岩類の値は二ノ岳火山岩類の上限付近の値であること、および時系列を考慮すると、これら3者間のマグマプロセスには共通点がある可能性が示唆される。

5-2. 全岩化学組成と Sr 比によるマグマプロセスの推定

金峰火山の全岩化学組成については Yanagi *et al.* (1988) によって主要元素組成と Sr および Rb 濃度のデータが報告されている。彼らのデータの Sr 比と Sr 濃度を図4にプロットした。同様のプロットは Yanagi *et al.* (1988) でも示されているが、ここでは Sr 比の誤差も図上に表示した。このプロット上の水平方向の変化は、マグマが固結する以前の Sr 比が同じで化学組成が異なる物質との混合、もしくはマグマが他の物質と混合しない状況での結晶分化作用、さらにそれらの両方によって化学組成が変化したことを示す。垂直方向の変化は、化学組成が同じで Sr 比が異なる物質と混合したことを示す。マグマが発生してから噴出する間に、化学組成や同位体比が異なる他のマグマと混合するもしくは周辺の地殻物質を融かし込んだ場合には、元のマグマのそれらの値が変化する。変化後の値は図4上では、元のマグマともう片方の物質の値の間にプロットされることになる。Yanagi *et al.* (1988) は同様のプロット図上において、松尾火山岩類および三ノ岳火山岩類、二ノ岳火山岩類が右上がりの線状の範囲内でデータが変化していることを指摘した。本論ではこのプロットをさらに以下のように再検討した。

図4のように松尾火山岩類のデータは、Sr 比が相対的に高い領域で3つのデータが右上がりの狭い線状の範囲に並ぶ松尾火山岩類-①および Sr 比が相対的に低い範囲で同様に右上がりのやや幅をもつ松尾火山岩類-②の2つの領域に分けることができる。石神山火山岩類は前者の延長上にある。古金峰火山岩類は松尾火山岩類-②の範囲に重なり、それらを含む右上がりの線状の範囲にある。三ノ岳火山岩類は古金峰火山岩類とほぼ平行で、やや Sr 比が低い領域に右上がりの線状の範囲にある。二ノ岳火山岩類は三ノ岳火山岩類のデータ分布域の右上の範囲内に入っている。これらのトレンドは全体として大きく3つに分けられるが、それぞれを Sr 比が低い側に延長して、それぞれ矢印 A, B および C とした。これらをさらに左下に延長すると、Sr 比が 0.7032 付近で一点に集まるため、金峰火山のマグマは上記のステージとユニットを通じて Sr 比および Sr 濃度についてほぼ均質な物質を起源としており、それぞれのデータのトレンドの右上延長上に、混合したマグマもしくは融かし込んで同化した地殻物質の値があることになる。

Yanagi *et al.* (1988) は、ステージが新しくなるにつれてこれらの線の傾きが小さくなっていくことを指摘したが、図4の矢印 A は松尾火山岩類-①と石神山火山岩類、矢印 B は松尾火山岩類-②および古金峰火山岩類、矢印 C は三ノ岳火山岩類および二ノ岳火山岩類であり、A と B には同じステージの火山岩類が含まれている。土志田ほか（2006）では松尾火山岩類の3試料のうち2試料が 1.20 ± 0.03 Ma と 1.15 ± 0.03 Ma であり、他の1試料の年代値がこれらよりそれぞれ19万年および24万年古い 1.39 ± 0.03 Ma と報告している。また古金峰火山岩類は 1.23 ± 0.03 Ma と 1.16 ± 0.04 Ma であるため、松尾火山岩類の相対的に若い2試料と古金峰火山岩類の2試料が示す活動時期が10万年間の幅に入ったひとまとまりである一方

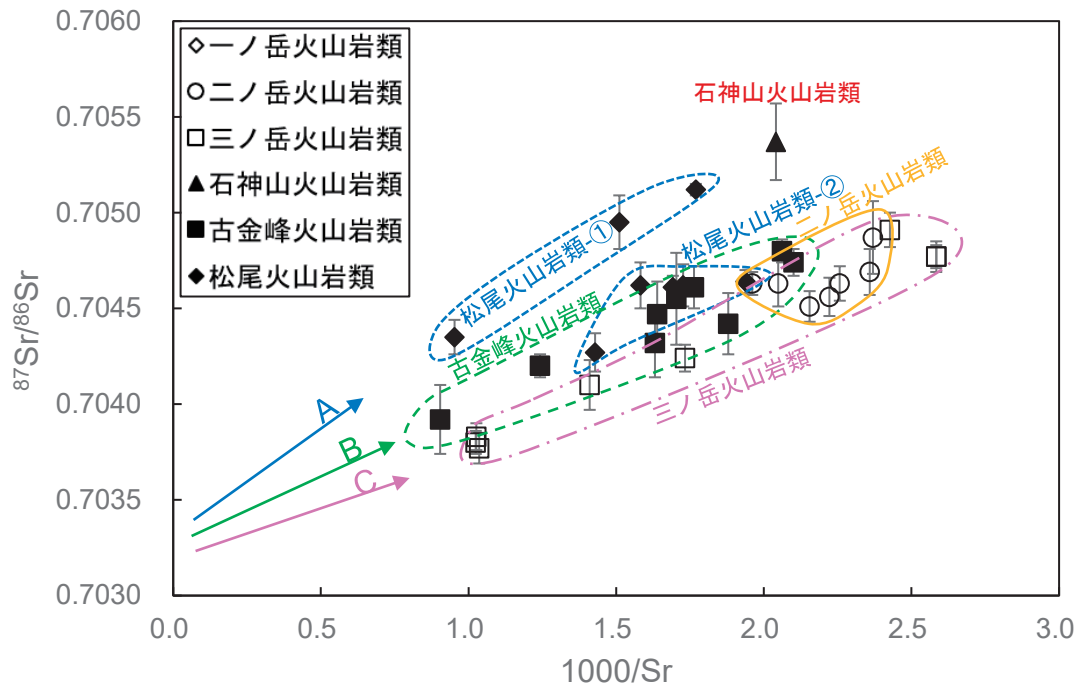


図4 金峰火山から採取した火山岩の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 値と Sr 濃度

横軸は Sr 濃度 (ppm) の逆数を 1000 倍したもの。データは Yanagi *et al.* (1988) から引用。各ユニットにおいて、まとまりや直線状のトレンドが確認できる範囲をそれぞれ囲んだ。松尾火山岩類については、直線状のトレンドの部分とそれ以外でまとまっている部分の2つの範囲に分かれている。

で、松尾火山岩類の1試料が示すように年代が異なる（ステージより1レベル下の）別の活動時期が存在したと考えられる。Yanagi *et al.* (1988) の試料は採取地点が不明であるために、土志田ほか (2006) のデータと比較して上記の検証することはできないが、土志田ほか (2006) の試料に合わせて試料採取している本研究の試料の Sr 濃度を測定することによって、上記のような年代が異なる別のマグマプロセスの存在を検証できる可能性がある。中期に属する三ノ岳火山岩類と二ノ岳火山岩類は同じ範囲に重なっている。以上の直線状の3つのトレンドはその左下延長上にある起源物質の値をあらわす点で交わるとともに、傾きは活動時期が古いほど大きい。よって元のマグマに影響する物質は時間とともに、Sr 濃度と Sr 比のどちらかもしくは両方がより低くなったか、または低いものに変化したことになる。Yanagi *et al.* (1988) は Sr 比と Rb/Sr の濃度比のプロットから、金峰火山の Sr 比の変化は、周辺に分布する花崗岩類の影響の可能性はなく、地殻下部にある塩基性グラニュライトから供給される流体の影響によって Sr が高くなると考えた。また、横瀬・山本 (1996)⁽¹⁰⁾ は石神山火山岩類中に地殻起源ゼノリスが産することを報告しているが、それらの Sr 比データは得られていない。彼らが記載した多様なゼノリスの存在は、マグマに取り込まれて Sr 比を変化させる物質として、金峰火山の噴出物の Sr 比を多様にした主要因となった可能性がある。

5-3. 九州中部における第四紀火山岩の Sr 比との比較

九州中部を東西方向に横断する別府－島原地溝帯とその付近には、火山フロント上にある由布岳や鶴見岳をはじめとして数多くの第四紀火山が存在し、それらの噴出物に関する地球化学的研究が行われている。大分県では姫島に分布する火山岩の Sr 比は 0.7037-0.7047（氏家・伊藤, 1991）⁽¹¹⁾, 両子山では 0.7037-0.7041（柴田ほか, 2010）⁽¹²⁾, 由布岳と鶴見岳では 0.7040-0.7049（Sugimoto *et al.*, 2006）⁽¹³⁾, 九重山では 0.7040-0.7043（藤原ほか, 2020）⁽¹⁴⁾。熊本県の阿蘇地域では、阿蘇カルデラ形成期前の先阿蘇火山岩類では 0.7042-0.7045（古川ほか, 2009）⁽¹⁵⁾, カルデラ形成期の火砕流堆積物の本質物では 0.7042-0.7047（Hunter, 1998）⁽¹⁶⁾, 後カルデラ期の火山岩類は 0.7040-0.7044（Miyoshi *et al.*, 2011）⁽¹⁷⁾ である。さらに金峰山西方の雲仙においては、5000 年前、古焼（1663 年）、新焼（1972 年）、1991 年、1993 年および 1995 年の溶岩の基質が 0.7042-0.7047 である（Chen *et al.*, 1993⁽¹⁸⁾; Nakai *et al.*, 2008⁽¹⁹⁾）。本研究の金峰火山から採取した 9 試料の値は 0.7038-0.7049 で、倉沢・高橋（1963）および Yanagi *et al.*（1988）を含めるとさらに幅が広がるが、いずれも上記の九州の他の第四紀火山の Sr 比の値を間に挟んで特に高い側に広い幅をもつ。

先述の全岩化学組成と Sr 比との関係を考慮すると、金峰火山のこのような地球化学的特徴から、マグマの起源となった物質の Sr 比は他の火山のものと近い値であったこと、噴出までの間に高い Sr 比をもつ地殻物質から受ける影響がより大きかったこと、およびより高い Sr 比をもつ地殻物質の影響を受ける条件下にあったことが考えられる。

6. まとめ

九州中部の有明海東側に位置する第四紀火山である金峰火山から 9 個の火山岩試料を採取して $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 値を測定した。その結果、古期の 3 試料の Sr 比は 0.7041-0.7044, 中期の 4 試料は 0.7038-0.7047, 新期の 2 試料は 0.7049 であり、中期で低く外れた値が 1 個あるものの、全体としては時代が新しくなるほど Sr 比は高い。構成鉱物の組み合わせによる Sr 比の系統的な特徴は特にみられなかった。中期および新期の火山岩では、複数の試料の Sr 比は採取地点に近いほど値に近い傾向にあったが、古期の火山岩では特にそのような傾向は見られなかった。周辺の第四紀火山と比較すると、金峰火山の Sr 比の幅は特に高い側で広い。これは同化作用などによってマグマの Sr 比を高める物質そのものに高い Sr 比をもつものを含めた多様性があったことと、同化作用の程度に多様性があったことを示唆する。またその物質の候補は金峰火山の噴出物中に確認される様々な地殻物質ゼノリスであるが、今後それらについて Sr 比を含めた地球化学的データの取得が望まれる。

参考資料一覧

- (1) 土志田 潔, 宇都浩三, 松本哲一 (2006) 金峰火山の K-Ar 年代. 火山, 51, 1, 31-40.
- (2) Yanagi, T., Arikawa, H., Hamamoto, R. and Hirano, I. (1988) Petrological implications of strontium isotope compositions of the Kinpo volcanic rocks in Southwest Japan: Ascent of the magma chamber by assimilating the lower crust. *Geochemical Journal*, 22, 6, 237-248.
- (3) 倉沢 一, 高橋 清 (1963) 熊本県金峯火山岩類の化学的性質. 地質調査所月報, 14, 4, 364-376.
- (4) 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2024) 20 万分の 1 日本火山図 (ver. 1.1), <https://gbank.gsj.jp/volcano/vmap/index.html> (2024 年 12 月 10 日閲覧).
- (5) 国土地理院基盤地図情報サイト, <https://www.gsi.go.jp/kiban/>, (2024 年 12 月 10 日閲覧).
- (6) QGIS のホームページ, <https://qgis.org/> (2024 年 12 月 10 日閲覧).
- (7) Takai M., Miyachi, M. and Hirano, I. (1984) Paleomagnetism and fission-track ages of Kimbo volcano, southwest Japan. *Rock Magnetism and Paleogeophysics*, 11, 21-25.
- (8) Iwauchi, A. and Hase, Y. (1992) Late Cenozoic vegetation and paleoenvironment of northern and central Kyushu, Japan. –Part 5 Yoshino area (Middle Pleistocene) –. *Journal of Geological Society of Japan*, 8, 3, 205-221.
- (9) Arakawa, Y., Kurosawa, M., Takahashi, K., Kobayashi, Y., Tsukui, M. and Amakawa, H. (1998) Sr-Nd isotopic and chemical characteristics of the silicic magma reservoir of the Aira pyroclastic eruption, southern Kyushu, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 80, 3-4, 179-194.
- (10) 横瀬久芳, 山本 茂 (1996) 金峰火山に産する地殻起源のゼノリス: その 1 北西九州の地殻深部を構成する岩石, 岩鉱, 91, 3, 86-101.
- (11) 氏家 治, 伊藤順一 (1991) 姫島火山岩のストロンチウム同位体組成 – マグマの混合および非平衡なホルンブレンド斑晶 –, 岩鉱, 86, 65-71.
- (12) 柴田知之, 三好雅也 (2010) 両子山の第四紀マグマの Sr 同位体による研究, 大分県温泉調査研究会報告, 71, 1-2.
- (13) Sugimoto, A., Shibata, T., Yoshikawa, M. and Takemura, K. (2006) Sr-Nd-Pb isotopic and major and trace element compositions of the Yufu-Tsurumi volcanic rocks: implications for the magma genesis of the Yufu-Tsurumi volcanoes, northeast Kyushu, Japan, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 101, 270-275.
- (14) 藤原涼太郎, 芳川雅子, 柴田知之, 柴田智郎, 竹村恵二 (2020) 大分県内の火山岩類の化学組成・Sr-Nd 同位体比 (5) 九重山その 2, 大分県温泉調査研究会報告, 71, 47-51.
- (15) 古川邦之, 三好雅也, 新村太郎, 柴田知之, 荒川洋二 (2009) 阿蘇カルデラ北西壁に分布する先阿蘇火山岩類の地質学・岩石学的研究: 先カルデラ火山活動における噴火活動とマグマ供給系. 地質学雑誌. 115, 658-671.

- (16) Hunter, A. G. (1998) Intracrustal controls on the coexistence of tholeiitic and calc-alkaline magma series at Aso volcano, SW Japan. *J. Petrol.*, 39, 1255-1284.
- (17) Miyoshi, M., Shibata, T., Yoshikawa, M., Sano, T., Shinmura, T. and Hasenaka, T. (2011) Genetic relationship between post-caldera and caldera-forming magmas from Aso volcano, SW Japan: Constraints from Sr isotope and trace element compositions. *J. Mineral. Petrol. Sci.* 106, 114-119.
- (18) Chen, C. -H., DePaolo, D. J., Nakada, S., Shieh, Y., -N. (1993) Relationship between eruption volume and neodymium isotopic composition at Unzen volcano. *Nature*, 362, 831-834.
- (19) Nakai, S., Maeda, Y. and Nakada, S. (2008) Common origin of plagioclase in the last three eruptions of Unzen volcano, Japan, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 175, 181-188.