

火山の根を探る

－ マグマの成因と その起源物質 －

理学部 永尾隆志

1. はじめに

マグマの成因を研究している私たちにとって蛍光X線分析装置はなくてはならないものです。それは、マグマが冷えて固まった岩石（火成岩）の化学組成を蛍光X線分析装置で分析しその結果にもとづいて、マグマの成因とその起源物質の性質を推定することが可能だからです。

ここでは、山口県の火山を例に少し検討してみようと思います。

長崎県の雲仙・普賢岳やフィリピンのピナツボ山の噴火で、私たちはあらためて火山噴火の恐ろしさを実感しました。日本は火山の多いことで知られていますが、数字で表すと活火山は約80、世界の活火山の1割を占めています。ところで、火山は世界中に一樣に分布しているわけではなく、あるきまった場所で活動しています。一つはプレートが作られる場所です。太平洋や大西洋の海底にあり海嶺と呼ばれています。アイスランドはこの海嶺が陸にあらわれたところでたくさんの火山があります。二つめはホット・スポットと呼ばれる場所で地球の深いところから熱い物質がわき上がってくる所です。例えば、ハワイの火山や中国東北部に分布する火山などがその例です。三つめは、プレートが沈み込む所で日本列島がその代表的な場所のひとつです。雲仙やピナツボ火山の噴火は、プレートの沈み込みに関係したものと考えられています。

さて、雲仙の噴火以来、いろいろな方から

「山口県には火山はないのですか？ 火山が噴火することはありませんか？」という質問をうけます。そこで、簡単に山口県の火山について説明してみましょう。

山口県でいちばん新しい火山は、20万年前に活動しました。大山火山帯は、鳥取県の大山、島根県の三瓶山、青野山をとおり山口県にはいり、九州の九重火山、雲仙火山へとつながる一大火山列です。この火山列に所属する火山が山口県にも分布しているわけです（青野山火山群と呼ばれています）（図1）。すなわち、雲仙火山の兄弟火山が山口県にもあったということになります（青野山火山群は128万年前に活動が始まり20万年前に活動が終了しました¹⁾）。さて、同じような時代（44万年～18万年前²⁾）に県北の北浦地方では、まったく性質の違った火山が活動していました。萩の笠山、平らで円い形をした萩六島、さらに内陸部のむつみ村、福栄村などにも火山活動でできた岩石が広く分布しています（図1）。この地域は火山の研究者の間では「阿武単成火山群」³⁾とよばれ興味深い研究対象になっています。北浦地方の火山活動は、大きく分けると2つに区分することができます。一つは玄武岩質マグマの活動で、萩市の笠山周辺、むつみ村、田万川町などに分布しています。むつみ村の伏馬山では、火口から流れだした溶岩が蔵目喜川にそって約8kmも流れ下っています。また、笠山や伏馬山にはスコリア（黒い軽石）がふり積もってできた丘（碎屑丘）も見られ、夜になると噴火口から飛び散るマグマが赤く光をはなっている様子が想像できます。もう一つは安山岩質のマグマの活動で平らな台地を作っています（萩六島や長沢台、平蔵台、千石台など）。このマグマの性質は、前にのべた大山火山帯に属する火山の岩石とほぼ同じですが、なぜ片方はドーム状になり、もう一方は、平になるのかはわかっていません。

2. マグマの化学組成と起源物質

阿武単成火山群の玄武岩の化学的な特徴について少し詳しく見てみましょう。

阿武単成火山群の玄武岩はマンツルの部分溶融でできたアルカリ玄武岩質マグマが、地表に流出して冷却・固結したものです。しか

し、安山岩はこれらの玄武岩質マグマと流紋岩質マグマが、地下のマグマだまりあるいは火道で混合した結果つくられたものと考えられています。以下に阿武単成火山群で特徴的な性質をしめす火山を2, 3あげて詳しく説明したいと思います。

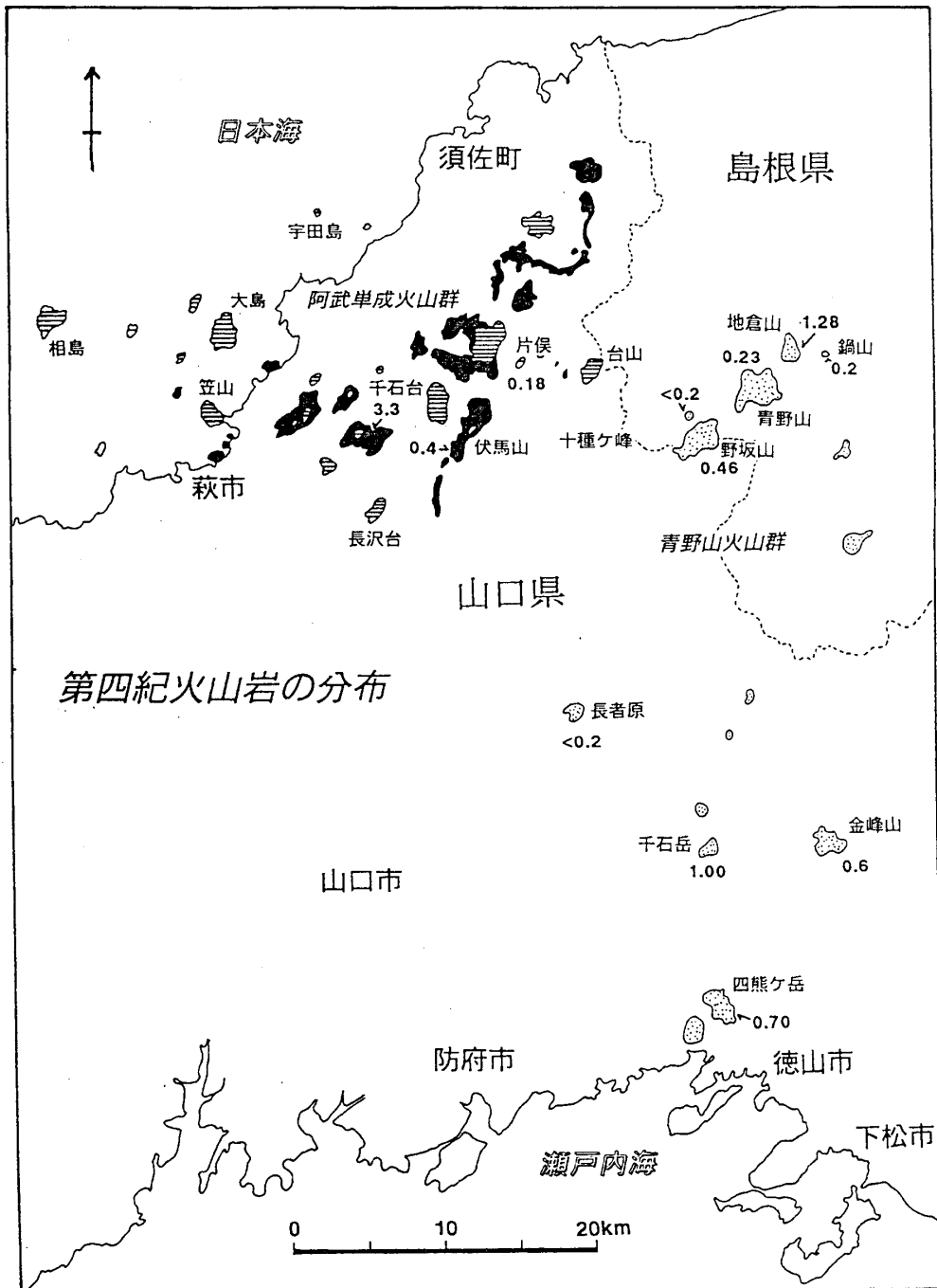


図1 第四紀火山岩の分布
 数字は火山岩のK-Ar年代を示す。単位は100万年
 青野山火山群：点で示した部分、阿武単成火山群：黒ぬりの部分は玄武岩、
 横線の部分は安山岩

表1 片俣アブサロカイトと伏馬山玄武岩の化学組成

	Katamata	Fusumayama
SiO ₂ (wt%)	52.30	48.66
TiO ₂	1.47	1.65
Al ₂ O ₃	14.51	15.04
FeO*	7.74	9.18
MnO	0.14	0.16
MgO	9.13	9.88
CaO	7.90	10.66
Na ₂ O	2.28	3.03
K ₂ O	3.80	1.24
P ₂ O ₅	0.73	0.48
Na ₂ O+K ₂ O	6.08	4.28
FeO*/MgO	0.85	0.93
Ba(ppm)	1567	547
Cr	546	488
Nb	10.0	26.9
Ni	144	160.6
Rb	129.0	33.4
Sr	1609	1011
V	300	292
Y	22.0	18.7
Zn	89.0	106.4
Zr	302	129

2. 1. 島弧型マントル由来の玄武岩

-片俣のアブサロカイト-

アブサロカイト（金雲母-普通輝石-カンラン石玄武岩）は、ザラザラした灰色の石基（肉眼では見えない小さな鉱物やガラスの集合）中に、褐色のキラキラした金雲母（黒雲母の仲間）の斑晶（肉眼で観察できる比較的大きな鉱物）が見えます。まれにオリブ色のカンラン石と黒色の普通輝石の斑晶もあります。この岩石を鏡下で観察すると、かんらん石、金雲母、単斜輝石と角閃石の斑晶からなり、斜長石斑晶は存在しません。石基は、かんらん石、単斜輝石、金雲母、斜長石、磁鉄鉱、アパタイト、アルカリ長石と多くのガラスからなります。この岩石の全岩化学組成を表1に示します。比較のために片俣のすぐ南方に分布する伏馬山の玄武岩の化学組成を

示しました。片俣のアブサロカイトがK₂OやBa, Rb, Srに富んでいるということがよくわかります。このようにKがNaよりも多い岩石は日本にはほとんどなく、片俣以外では、島根県の川本⁴⁾、広島県の三次市付近の茶臼山⁵⁾で見ついているだけです。

また、片俣アブサロカイトは、高温・高圧実験の結果、1170°C, 17Kb（地下約50kmの深さに相当）で、起源マントル（金雲母、単斜輝石、斜方輝石、カンラン石からなる）から分離したと考えられています⁶⁾。最近、火山岩の微量元素組成を測定して、火山岩をもたらしたマグマや起源マントルの性質を推定

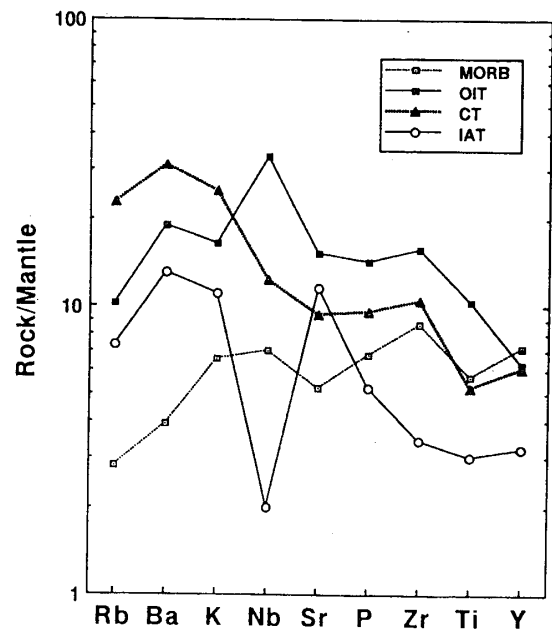


図2 様々なテクトニックな環境で活動した玄武岩の始源マントル規格化パターン図

する研究がひろく行なわれています。おおざっぱに言うと、火山岩の液相濃集元素（結晶ではなくマグマに濃集する元素、例えばK, P, Rb, Ba, Sr, Zrなど）を始源マントルのそれで割った値の折れ線グラフ（始源マントル規格化パターン図）をつくるとマグマやマン

トルの性質や活動したテクトニックな環境を推定できるというわけです。図2にその例を示します。この図には、海洋底玄武岩(MORB)、海洋島ソレライト(OIT) (例えばハワイの玄武岩)、大陸性ソレライト(CT) (例えばデカン高原玄武岩)、島弧の玄武岩(IAT)の規格化パターンを示しましたが、それぞれに特徴があることがわかります(データはWood et al., 1979⁷⁾)。

片俣のアブサロカイトについてもこの図(図3)をつくるとNbの負の異常が認められ島弧的な特徴をもつマントルに由来したことが推定できます。

2. 2. ホット・スポット型マントル由来の玄武岩－伏馬山玄武岩－

この玄武岩溶岩は茶色味をおびた灰色で多孔質の岩石(単斜輝石－カンラン石玄武岩)で、この穴は溶岩から火山ガスがぬけたもので気孔とよびます。伏馬山のスコリア丘の規模は笠山の山頂部を形成しているスコリアよりはるかに大きく比高が約140mあります。スコリアというのは、黒い軽石でSiO₂の量が少ないマグマが空中高く飛ばされてかたまっただけで、噴火口から外側へ向かって堆積します。

伏馬山の玄武岩についても、始源マントル規格化パターン図をつくってみると(図3)、片俣のアブサロカイトとは異なりBaを頂点として単調に右側に下がっていきます。これは、ホット・スポット型(またはプレート内)玄武岩に特徴的なパターンです。このように、片俣と伏馬山は距離的には近接しているのにマグマの性質は全く異なっています。この地域のマントルの構造はどうなっているのでしょうか? 現在、研究を進めているのでもう少ししばらくしたらその結果が明らかになるでしょう。

以上述べたように、私たちは火山岩の化学

組成からマグマの成り方や材料についての情報を得ることができるのです。

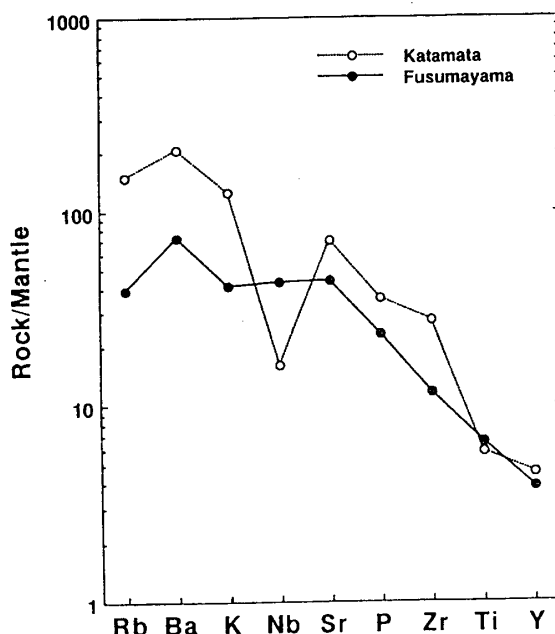


図3 片俣アブサロカイトと伏馬山玄武岩の始源マントル規格化パターン図

最後に、阿武地域で観察できる特殊な現象について紹介してこの文章を終わりたいと思います。

2. 3. マグマの混合でできた岩石－千石台の安山岩－

千石台北側でマグマの混合でできた安山岩と混合から取り残された玄武岩マグマが固結したもの(basaltic inclusion)が観察できます。千石台上では安山岩は風化のために灰色に見えますが、ここは新鮮なため真っ黒に見えます。黒色～灰色の安山岩(かんらん石-単斜輝石-角閃石-斜方輝石安山岩)中に黒色の玄武岩質岩石(金雲母が含まれていますから、日にかざしてみるとキラキラと光って見えます。片俣のアブサロカイトとほぼ同じ岩石)が包有されています。安山岩は玄武岩マグマと流紋岩マグマが混じってできたため複雑な

鉱物組合せになっています。カンラン石，単斜輝石は玄武岩マグマから，角閃石と斜方輝石は流紋岩からもたらされたものです⁸⁾。

普通，マントルで発生したマグマは，玄武岩質マグマから安山岩質マグマ，そして流紋岩質マグマへと次々に組成を変えていきます。このような過程をマグマの分化といいます。ところが，このようなルールを無視して，玄武岩質マグマと流紋岩質マグマが混じりあって両者の中間的な組成の安山岩質マグマができるというのが，マグマの混合という考えです。つまり，黒い石（玄武岩質マグマ）と白い石（流紋岩質マグマ）が混じって灰色の石（安山岩質マグマ）ができるというわけです。また，黒い石と白い石の混じる割合がいろいろと変われば，黒と白の間の様々な色の石（様々な種類の岩石）ができるということになります。阿武単成火山群では，このようなことが大規模におこったといわれています。千石台では，玄武岩質マグマと流紋岩質マグマが完全に混じらず玄武岩質マグマが黒い球として安山岩のなかに残されています。このような現象が詳しく見学できるのは日本ではここだけといってもいいでしょう。

参考文献

- 1) 鎌田浩毅，星住英夫，小屋口剛博；九州中部－中国地方西部の火山フロントの形成年代。月刊 地球，10 (1988) 568.
- 2) 宇都浩三，小屋口剛博；西南日本，阿武単成火山群中のアルリカ玄武岩の K-Ar 年代。火山 第2集，32 (1987) 263.
- 3) 藤 一郎，宇井忠英；阿武単成火山群の地質。火山 第2集，24 (1979) 93.
- 4) 永尾隆志，松本徭夫，松田高明，飯泉滋，小田基明；島根県川本地区の新生代ミネット。岩鉱，81 (1986) 423.

- 5) 永尾隆志，藤林紀枝；中国山地，世羅台地の K に富むランプロファイヤー。岩鉱，84 (1989) 270.
- 6) Tatsumi, Y. and Koyaguchi, T. ; An absarokite from a phlogopite lherzolite source. Contrib. Mineral. Petrol., 102 (1989) 34.
- 7) Wood, D.A., Joron, J.L., Treuli, M., Norry, M. and Tarney, J. ; Elemental and Sr-isotope variations in basic lava from Iceland and the surrounding ocean floor. Contrib. Mineral. Petrol., 70 (1979) 319.
- 8) Koyaguchi, T. ; Textural and compositional evidence for magma mixing and its mechanism, Abu volcano group, Southwestern Japan. Contrib. Mineral. Petrol., 93 (1986) 33.