

氏名・(本籍)

伊 藤 弘 志

学位の種類

博士(理学)

学位記番号

理博第1875号

学位授与年月日

平成13年3月26日

学位授与の要件

学位規則第4条第1項該当

研究科, 専攻

東北大学大学院理学研究科(博士課程)地学専攻

学位論文題目

三宅島火山噴出物の岩石学的研究

論文審査委員

(主査) 教授 吉田 武 義

教授 秋月 瑞彦, 藤 卷 宏和, 大谷 栄治,

谷口 宏充, 玉生 茂子

## 論 文 目 次

### Abstract

1.はじめに

2.テクトニクス

3.火山地形

4.地質

4.1.基盤岩

4.2.主成層火山体

4.3.側火山

4.4.2000年噴出物

5.活動史

6.記載岩石学的特徴

6.1.主成層火山体

6.2.側火山体

6.3.捕獲岩類

7.鉱物化学組成

7.1.斜長石

7.2.かんらん石

7.3.普通輝石

7.4.紫蘇輝石

7.5.磁鉄鉱

7.6.スピネル

7.7.角閃石

8.地球化学的特徴

8.1.分析方法

- 8.2.主成分化学組成
- 8.3.微量成分化学組成
- 8.4.分配係数
- 9.考察
  - 9.1.鉱物濃集作用
    - 9.1.1.初めに
    - 9.1.2.斜長石濃集
    - 9.1.3.かんらん石濃集
    - 9.1.4.濃集鉱物の起源
    - 9.1.5.結晶捕獲のタイミングと地下構造
  - 9.2.液相濃集元素含有レベルの違い
    - 9.2.1.はじめに
    - 9.2.2.結晶分化作用
    - 9.2.3.in situ crystallization
    - 9.2.4.地殻の混染
    - 9.2.5.流体相の付加
    - 9.2.6.マグマ起源物質の違い
    - 9.2.7.同一マグマ起源物質の部分溶融度の違い
    - 9.2.8.部分溶融度を変化させるようなマグマ供給系モデル
  - 9.3.安山岩類の成因
  - 9.4.玄武岩質安山岩の成因
  - 9.5.マグマの進化とその時空的関係
- 10.まとめ
- 謝辞
- 引用文献

## 論文内容要旨

噴火形式、噴火時期といった火山活動の多様性の原因はマグマシステムに求められるが、その一般的な因果関係は未だ明確に認識されてはいない。この問題を解明するため、伊豆・マリアナ弧の北端部に位置する三宅島火山の噴出物において詳細な岩石学的研究を行い、そのマグマとマグマシステムの進化を論じ、関連する活動様式の変化の原因を明らかにした。

三宅島火山に産する玄武岩類は、20%以上の多量の斜長石斑晶を含んでいるのが特徴である。また、全岩の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 量は、 $\text{SiO}_2$ が増加するにつれ急激に減少する。同様の特徴を持つ伊豆大島火山や八丈島西山火山の玄武岩類は、マグマ溜り内で斜長石斑晶が濃集して形成されたと指摘されており、もし三宅島火山でも同様の現象が起こっているとすると、全岩組成は必ずしも液組成を表さないことになる。マグマ進化を正しく知るために、まずこの点について検討を行った。

第一に、玄武岩類中の斜長石量と $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含有量は正の相関を示し、全岩の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 量は斜長石量によってコントロールされていることがわかった。また、全岩で様々な $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含有量(14~20%)を持つ岩石も、石基部分を取り出して分析すると、ほぼ14%程度の一定の液組成を持つ。これらのことより、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 量が

14%程度の玄武岩質のマグマに斜長石が付加して全岩の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含有量が20%を超える岩石が形成されたと考えることができる。第二に、三宅島火山の玄武岩類のREEパターンにはEuの正の異常が認められる。Euの正の異常は斜長石の濃集以外の理由で考えることは難しく、また、この正の異常度は $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含有量(斜長石含有量)が多くなるにつれ増大する。以上の理由により、他の伊豆諸島の火山と同じく、三宅島火山においても斜長石の濃集が起きていることが明らかになった。

一方、かんらん石・普通輝石も $\text{Al}_2\text{O}_3$ に対して斜長石と同じ挙動を示すこと、また $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含有量と共に $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ も変化することから、斜長石と共にかんらん石・普通輝石も液に対して濃集している可能性がある。かんらん石含有量は全岩Ni含有量に対して正の相関があり、また全岩でNiに富む岩石も液には乏しいという特徴を持つので、斜長石とかんらん石はセットで液に対して濃集を起していると考えられる。

これら濃集結晶は、1) 斜長石結晶と液のSr同位体比が異なっていること、2) かんらん石の組成は液とは非平衡であり、包有物として $\text{Al}_2\text{O}_3$ を10%以上含む普通輝石やスピネルを含むこと、3) これらの結晶が液と接触したのは、かんらん石の元素拡散プロファイルからみると噴火の直前であること、4) 安山岩やデイサイト中にも同様な斜長石とかんらん石の濃集が認められること、などから、三宅島火山の玄武岩マグマから直接晶出し、マグマ溜り内で集積した物とは考えがたい。そこでこれらの濃集結晶の起源として、多結晶質岩中にしばしば認められるアリバライト・かんらん石斑レイ岩の捕獲岩を考えた。この捕獲岩中の構成鉱物組成は玄武岩中の濃集結晶(斜長石、かんらん石、普通輝石)と一致し、かんらん石中の元素拡散も同一のプロファイルを示している。顕微鏡下では鉱物粒間に玄武岩マグマが入り込み、ばらばらにされつつある様子が観察される。三宅島火山の玄武岩質マグマは、マグマ溜りの壁岩を構成するアリバライトを噴火直前にマグマ中に取り込み、機械的に破壊しながら地表に噴出する、というプロセスで形成されたと考えられる。

一方、真の液組成を示すと考えられる、石基組成及び無斑晶質岩よりなる液組成変化トレンドは、玄武岩から安山岩への斜長石：普通輝石：紫蘇輝石：磁鉄鉱=28.4：22.0：3.9：7.0という割合の単純な結晶分化作用で説明可能である。この鉱物組み合わせは玄武岩質安山岩からデイサイトまでの実際の岩石中の斑晶鉱物組み合わせと一致する。主成層火山体活動期には、これらの分化した岩石は非常にわずかなデイサイトとしてしか噴出せず、専ら壁岩を取り込んだ玄武岩質マグマのみが活動し続ける。側火山体の活動期にはいと、噴出物は $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 図上で、それぞれの活動期に対応した一本の直線の組成変化トレンドを持つ。このトレンドは結晶分化作用では説明できず、また玄武岩の壁岩捕獲トレンドと安山岩の結晶分別トレンドを結んでいることから、これら壁岩を捕獲した玄武岩と結晶分別により形成された安山岩とがマグマ混合を起して活動していると考えられる。ここで、より多くの壁岩を捕獲した玄武岩質マグマはより分化した安山岩と混合を起しており、両者が時間的、空間的に緊密な関係にあったといえる。

次に、三宅島火山の各活動期のマグマは、それぞれ異なる液相濃集元素の含有レベルを持っており、新しい活動になるほど噴出物の含有レベルは高い。この原因としては、同位体的、微量元素的にマグマ起源物質に違いが認められないこと、組成的に地殻や流体相の混染が認められないことから、マグマ起源物質の部分溶融度の違いに起因すると考えられる。この部分溶融度の違いはマンテルダイアピルにおける熱構造を反映していると考えられる。ウェッジマンテル中で部分溶融を起し上昇を開始したマンテルダイアピルは、周囲のマンテルからの冷却を受け、部分溶融度が低下する。しかし、中心部は高温を保っており、部分溶融度が高いため、相対的に粘性が低く、密度も低いため周辺部を追い抜いて先の上昇していくであろう。そして、真っ先にモホ面にたどり着いた最も部分溶融度の高い中心部から分離したマグマは主成層火山体を形成し、その後順次分離上昇してきた部分溶融度の低いマグマは側火山体

を形成した。

このように、三宅島火山では、地下深部での部分熔融度変化、地下浅部での安山岩マグマの出現と玄武岩質マグマとのマグマ混合による玄武岩質安山岩マグマの出現、山体内での噴火様式の変化が同時に起きており、これらは一連の因果関係を持つと思われる。具体的には、マグマ起源物質の部分熔融度が低下したためにマグマ供給率が減少し、マグマが噴出するのを促す要因が少なくなったためマグマの滞留時間がのび、地殻浅部では安山岩質のマグマが形成されやすい環境が形成された。そして新たに形成された安山岩質のマグマ溜りの影響で山体内部の応力状態に変化が生じ、中心噴火のみを起こすような活動様式から側噴火が卓越するような活動様式へと切り替わった、というモデルを考えることができる。

## 論文審査の結果の要旨

噴火形式、噴火時期といった火山活動の多様性の原因はマグマシステムに求められるが、その一般的な因果関係は未だ明確に認識されてはいない。伊藤弘志君提出の論文は、伊豆・マリアナ弧の北端部に位置する三宅島火山の噴出物において岩石学的研究を行い、まずそのマグマとマグマシステムの進化を明らかにし、それと関連する活動様式の変化に対する影響について考察した。

初めに、岩石の全岩組成が液組成を示していないことが地球化学的に明らかにされた。玄武岩、安山岩、デイサイト、全ての岩石において、マグマに対して斜長石、かんらん石、普通輝石が外部から濃集・付加している。その起源は、鉍物化学組成が同じであることから、マグマ溜り壁岩を形成する深成岩類であると考えられる。

三宅島火山の活動ステージは、大きく分けて主成層火山体形成期と側火山体活動期とに区分される。この活動様式の変化は、2種類のマグマの性質の変化と同時に起きていることが明らかになった。すなわち、マグマ中の液相濃集元素含有レベルの変化と、玄武岩を主体とする活動から玄武岩質安山岩-安山岩を主体とする活動への変化である。このうち前者はマントルダイアピル内の熱構造に起因する、マグマ起源物質の部分溶融度の変化の為であり、後者は捕獲結晶を取り込んだ玄武岩と結晶分別作用によって形成された安山岩とのマグマ混合により玄武岩質安山岩が形成されることによると考えられる。安山岩質マグマは、新たな安山岩質マグマ溜りの形成あるいはマグマ溜り内上部への安山岩質マグマ集積により形成された。

これらの変化は、時期を同じくしていることから互いに関連があると考えられる。具体的には、マグマ起源物質の部分溶融度低下によりマグマ供給率が減少し、その結果安山岩マグマが形成されやすくなる。新たに作られた安山岩質マグマ溜りなどの影響で地殻・山体内の応力場が変化し、中心噴火から側噴火へ活動様式が変化した、という説明が考えられる。

以上の成果は火山体最深部のマントルダイアピルから、最上部の火口に至る一貫的な影響が存在することを示したものであり、今後他の火山に対して学術的にも防災面においても適応でき得るものである。また、この著者が自立して研究活動を行うのに必要な研究能力と学識を有することを示しており、伊藤弘志君提出の博士論文は、博士（理学）の学位論文として合格と認める。