

氏名・(本籍)	おお ば つかさ 大 場 司
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	理博第1329号
学位授与年月日	平成5年3月25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	Geology and Petrology of Hachimantai and Akita- yakeyama volcanoes, northeastern Japan (東北日本, 八幡平及び秋田焼山火山群の地質学的岩石学的 研究)
論文審査委員	(主査) 教 授 青 木 謙一郎 教 授 秋 月 瑞 彦 教 授 大 本 洋 教 授 蟹 沢 聡 史

論 文 目 次

論文内容要旨

東北日本、那須火山帯北部に位置する秋田焼山および八幡平火山群について地質学的、岩石学的研究を行った。本地域は秋田焼山、八幡平、茶臼岳、安比岳、西森山、前森山、畚岳、諸檜岳、嶮岨森、および大深岳の10の小規模な火山からなる。これらの火山のうち秋田焼山、八幡平、安比岳、茶臼岳、西森山、前森山は東西方向の火山列を形成し、八幡平、畚岳、諸檜岳、嶮岨森、大深岳は南北方向の火山列をなす。本研究の対象としたのは、おもに東西方向の列をなす火山である。

地質調査により以下のことが明らかになった。本火山群は100万から200万年前に噴出した玉川溶結凝灰岩類を基盤とする。東西列をなす火山のうち最も古いのは八幡平火山である。八幡平火山の形成後、火山活動は東方～北東方へ移動した。まず茶臼岳成層火山体が形成し、その後山体は二度にわたって崩壊した。崩壊後に茶臼岳山頂付近で噴火活動が起きるが、その後は茶臼岳の北方に活動域が移動する。この活動は東西一列に並んだ火道からの溶岩類の噴出であり、安比岳、西森山、および前森山の火山体はこの噴火により形成された。前森山火山の形成を最後として火山群東部での火山活動は終了したが、火山群西端では秋田焼山火山の活動が続いていた。秋田焼山火山の活動史の詳細は以下の通りである。

八幡平の西方には玉川溶結凝灰岩の噴出に伴う直径7 kmのカルデラが存在し、その中には湖があった。このカルデラ内で秋田焼山火山が形成した。秋田焼山火山の最初の活動は20万年前までには開始していた（古期）。数万～2万年前に溶岩と火砕岩が多量に噴出し、成層火山体が形成した（中期）。成層火山体形成の活動終了後、熱水変質活動とともに山体の解体がおきた。山頂周辺には馬蹄形凹地がいくつも形成した。その後引き続き新期の活動は、中心噴火期、側噴火期、溶岩円頂丘期の3つのステージからなる。中心噴火期の噴火は山頂火口の東部が噴出源である。この噴出物は粗粒な降下火山灰と強溶結した降下火砕岩からなる。側噴火期には山腹や山麓で活動が起き、溶岩、火山弾、および軽石が噴出した。最後に山頂火口に溶岩円頂丘が形成した。

本火山群に産する火山岩について、顕微鏡記載、全岩化学組成分析（主成分、微量成分）、全岩同位体組成分析（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 、 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ）、および鉱物化学組成分析を行った。秋田焼山、八幡平、茶臼岳の噴出物はおもにカルクアルカリ岩系の安山岩であり、安比岳、西森山、前森山の噴出物はおもにソレアイト岩系の玄武岩および玄武岩質安山岩である。火山によって K_2O レベルが異なっており、概して背弧側の火山はフロント側の火山よりも K_2O レベルが高い。 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 同位体比も背弧側で高く、フロントで低い。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比は、フロント側で高く、背弧側で低い。

詳細な地質層序が明らかになった秋田焼山火山と火山群東部（茶臼岳、安比岳、西森山、および前森山）については、詳細な岩石学的な観察結果と地質層序とを組み合わせることによって、火山下におけるマグマの進化過程を明らかにした。

秋田焼山火山中期の成層火山体は、多量の紫蘇輝石普通輝石安山岩マグマの噴出によって形成

された。このマグマの下には Mg に富むかんらん石安山岩マグマが存在し、しばしば両者が混合することにより、かんらん石紫蘇輝石普通輝石安山岩マグマが形成し、噴出することがあった。新期初めの中心噴火も、そのような混合マグマの噴出であった。このマグマ混合は、かんらん石—輝石間の Fe—Mg 分配の非平衡や、輝石の逆累帯構造などから示される。側噴火期の噴出物では、輝石—かんらん石の非平衡などのマグマ混合の痕跡の他に、高⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 同位体比、外来捕獲結晶、外来捕獲岩の存在といった地殻物質の同化作用の証拠がみられる。このステージには、混合マグマが側噴火火道中で地殻物質を同化したと考えられる。最後は成層火山体を形成した紫蘇輝石普通輝石安山岩マグマと同源のデイサイトマグマが貫入して活動が終了した。

茶臼岳火山のマグマの進化は秋田焼山火山とほぼ同じである。成層火山体の形成期には紫蘇輝石普通輝石安山岩マグマが噴出した。このマグマはしばしば Mg に富むかんらん石玄武岩マグマと混合して噴出した。成層火山体形成の後に山体崩壊が起き、活動が再開する。このときは紫蘇輝石普通輝石安山岩マグマとかんらん石玄武岩マグマが混合し、Mg に富むかんらん石紫蘇輝石普通輝石安山岩マグマとして噴出した。その後デイサイトが八幡平火山と茶臼岳火山との間で噴出した。

茶臼岳の活動の終了後に引き続いて起きた活動では、ソレイト質の玄武岩マグマと玄武岩質安山岩マグマが茶臼岳の北方で噴出した。これらのマグマは、斜方輝石かんらん石玄武岩、かんらん石普通輝石紫蘇輝石玄武岩、紫蘇輝石普通輝石玄武岩、およびかんらん石普通輝石紫蘇輝石安山岩マグマなどである。これらのうち、一部は地殻の混染作用やマグマ混合を経験しているが、大部分の岩石にはそのような作用の痕跡は残されていない。

これらソレイト質マグマの化学組成変化は、主成分でも微量成分でも分別結晶作用によっては説明できない。Allègre and Minster (1978) によるプロセス判定図を適用すると、部分熔融度の違いによって組成変化が作られると解釈できる。さまざまな元素についてプロセス判定図を用いた結果を用い、残存相の推定を行なった。その結果、部分熔融時に残存相として重要な役割を果たしたのは単斜輝石と斜長石であると考えられる。

カルクアルカリ岩を主体とする秋田焼山、八幡平、茶臼岳火山の岩石のうち、マグマ混合や地殻の混染作用の影響を受けていない岩石についてもプロセス判定図を適用した。これらの組成変化も分別結晶作用では説明できず、部分熔融の程度の違いによるものと考えられる。これらのマグマの発生で重要な役割を果たしたのは、ソレイト質マグマと同様に、斜長石と単斜輝石である。しかし、発生に関与した斜長石と単斜輝石の量比は異なっており、ソレイト質マグマでは関与した単斜輝石の量が多く、カルクアルカリ質マグマでは斜長石が多い。

結局、本火山群内では岩系とは無関係に、部分熔融度の違いが各火山内での組成変化に最も重要な役割を果たしたと考えられる。部分熔融に際して、斜長石と単斜輝石がマグマの生成に重要な役割を果たした。各火山間での組成の違いは、部分熔融時の単斜輝石と斜長石の量比の違いに由来する。つまり起源物質の不均質性に由来している。

⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 同位体組成も火山ごとに異なっており、これらの同位体からみても起

源物質は不均質である。しかし、斜長石と単斜輝石の量比の違いといった岩相の不均質性と、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ や $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ のような同位体的な不均質性が一致する必要はない。だが本火山内では、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ や $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ のような同位体組成と、岩相の不均質性に由来すると考えられる K_2O レベルはたいへん相関がよい。つまり、岩相の不均質性と同位体の不均質性はよく一致しているといえる。東北日本全体でみると、背弧側に向かって K_2O レベルが高くなり、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比が下がるので、両者の相関性は良いように思われるが、細かくみてゆくと必ずしも両者の空間的な変化傾向は一致しない場所もある。

論文審査の結果の要旨

大場司提出の論文は東北日本、秋田焼山と八幡平火山群について地質学的、岩石学的研究を行い、これらの成果を基にしてマグマの生成過程を明らかにし、島弧マグマ成因論への貢献をはかることを目的としたものである。

本地域の詳細な地質調査を行い、採集した岩石試料について顕微鏡観察、全岩化学組成の定量分析（主成分、微量成分）、全岩同位体組成分析（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 、 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ）、及び鉱物化学組成分析を行った。これらの資料を基にして次に述べるような成果が得られた。

本地域の活動時期の最も古い八幡平火山であり、本火山の形成後活動は東方～北東方へ移動した。まず茶臼岳成層火山体が形成し、その山体は二度にわたって崩壊した。崩壊後に茶臼岳山頂付近で噴火活動が起こり、その後は北方に活動域が移動する。この活動は東西一列に並んだ火道からの噴出であり、このとき安比岳、西森山および前森山が形成された。前森山の形成を最後として火山群東部での活動は終了した。東部での活動終了後も火山群西端では秋田焼山の活動が続いた。秋田焼山は、玉川溶結凝灰岩の噴出に伴う直径7 kmのカルデラ内に形成された。数万年前に溶岩と火砕岩が多量に噴出し、成層火山体が形成した。成層火山体形成の活動終了後、山体の解体がおき、山頂周辺に馬蹄形凹地が形成された。その後の活動は、中心噴火、側噴火、溶岩円頂丘の形成が連続的におき、活動は終了する。

本地域の火山群を構成する火山の下にはそれぞれの火山に対応するマグマが存在した。各火山内の組成変化には、起源物質の部分熔融度の違いが最も重要な役割を果たしている。部分融解に際しては、斜長石と単斜輝石が残存相としてマグマの生成に重要な役割を果たした。各火山の間での組成の違いは、部分融解時の残存相中の単斜輝石と斜長石の量比の違いに由来する。つまり起源物質の不均質性に由来している。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 、 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 同位体組成も火山ごとに異なっており、同位体的にも起源物質が不均質であることがわかる。

秋田焼山、茶臼岳、八幡平では成層火山体を作った安山岩マグマと Mg に富むマグマ（茶臼岳では玄武岩マグマ、秋田焼山では高マグネシア安山岩マグマ）とがしばしば噴出直前に混合した。秋田焼山や前森山では側噴火噴出物に $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比の異常がみられ、側噴火火道中における地殻物質の混染作用が示される。

以上の研究成果は大場司が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究活動と学識を有することを示している。よって大場司提出の論文は博士（理学）の学位論文として合格と認める。