

学 位 論 文 題 名

Petrological Study of the Historic Eruptions of
Hokkaido-Komagatake Volcano : Implications for
Structure and Processes of Mushy Magma Chambers

(北海道駒ヶ岳歴史時代噴火の岩石学的研究：

マッシュ状マグマ溜りの構造とプロセス)

学位論文内容の要旨

北海道駒ヶ岳火山（以下、駒ヶ岳と呼ぶ）は約 5000 年の休止期間において 17 世紀に活動を再開し、1640 年、1694 年、1856 年、および 1929 年に火砕流を伴うプリニー式噴火を、1942 年にマグマ水蒸気噴火を起こしている。このような活火山においてマグマ系の現状を明らかにすることは必要不可欠である。そして現状を知るには、マグマ系の初期状態からの時間変化を明らかにする必要がある。そこで駒ヶ岳の歴史時代の噴火活動が始まった 1640 年以降の 5 回のマグマ噴火について岩石学的な検討を行い、マグマ系の現状を推定した。

歴史時代噴火の本質物質は白色軽石 ($\text{SiO}_2=59.8\sim62.4$ wt.%), スコリア ($\text{SiO}_2=57.4\sim58.9$ wt.%), 灰色軽石 ($\text{SiO}_2=58.2\sim60.5$ wt.%), 縞状軽石に分類される。全てのプリニー式噴火において、より苦鉄質な噴出物から順に噴出しているが、噴出物の大部分は珪長質な白色軽石からなる。全ての本質物質は斑晶鉱物として多い順に斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, Fe-Ti 酸化物を含んでいる。白色軽石は非常に斑晶に富むが (24~52 vol.%), スコリアは無斑晶質である (<7 vol.%). 灰色軽石はそれらの中間的な斑晶量を示す (20~33 vol.%).

本質物質の岩石学的な特徴はタイプによって異なる。斑晶鉱物のコア組成は本質物質のタイプによらずほぼ同じである。しかし累帯構造は本質物質のタイプによって異なる。白色軽石中の斑晶はほとんど累帯構造を示さないが、灰色軽石やスコリアには顕著な逆累帯構造を示す斑晶が多数認められる。また全岩組成やガラス組成において、本質物質は全体として一本の直線的なトレンドを示し、灰色軽石は白色軽石とスコリアの中間的な組成を示す。

これらの岩石学的特徴は、灰色軽石が斑晶に富み珪長質な白色軽石マグマ (WP マグマ) と無斑晶質で苦鉄質なスコリアマグマ (S マグマ) の混合によって形成されたことを示している。さらに灰色軽石は 1640 年噴火では噴出していない、1694 年噴火から噴出している。このことから、別々に存在していた WP

マグマと S マグマが 1640 年噴火後に成層マグマ溜りを形成し、そのマグマ溜り中でマグマ混合が起こり、混合マグマが形成されたと考えられる。

成層マグマ溜りを形成している WP マグマ、S マグマ、混合マグマにはそれぞれ時間変化が認められる。白色軽石の斑晶量は 1640 年噴火では 24~42 vol.% であるが、1694 年以降の噴火では急増し 36~52 vol.% となる。一方 1694 年噴火から 1942 年噴火までは斑晶量にほとんど変化は認められない。また石基ガラス組成は徐々に SiO_2 に富むように変化する。このような白色軽石の時間変化は WP マグマの結晶化では説明できなく、内側はよりメルトに富み(斑晶量: 25~40 vol.%), 外側がより斑晶に富む(斑晶量: >40 vol.%), 斑晶量に関して不均質な珪長質マグマ溜りの存在が考えられる。このような構造に伴って、外側ほどより分化したメルトを持っていた。このようなマグマ溜りから 1640 年噴火では内側の比較的メルトに富むマグマが選択的に噴出し、斑晶に富むマグマだけが残ったと考えられる。そして 1694 年以降の噴火ではこの非常に斑晶に富む WP マグマが噴出している。

一方、灰色軽石とスコリアの岩石学的な特徴の時間変化から、S マグマと混合マグマの時間変化が明らかとなった。灰色軽石のガラス組成は徐々に苦鉄質になる傾向がある。また 1929 年の灰色軽石中にはそれ以前の噴火とは異なり、苦鉄質な組成を持つ斜長石が認められる。これらのことは混合マグマが時間とともに苦鉄質になっていったことを示している。一方、スコリアは徐々に斑晶量が増える。また全岩組成は徐々に珪長質になっていき、灰色軽石の組成領域に近づいていく。このことは S マグマが徐々に珪長質になっていったことを示している。このような S マグマと混合マグマの時間変化は、この 2 つのマグマが徐々に混合していったことを示している。そして 1929 年以降の噴火ではスコリアが噴出していないことから、1929 年噴火前にはほとんど S マグマが残っていなかったと考えられる。

以上のように、1640 年噴火後に WP マグマと S マグマは成層マグマ溜りを形成し、これらのマグマは時間とともに変化していった。珪長質な WP マグマは非常に斑晶に富むために、無斑晶質な S マグマよりも密度が大きかった。そのためこの成層マグマ溜りは上部により苦鉄質な S マグマや混合マグマが存在していたと考えられる。このような成層マグマ溜りから噴火が始まることによって、より苦鉄質なマグマから噴出する噴火推移になった。また S マグマの影響は時間とともに小さくなる傾向があり、最新のマグマ噴火である 1942 年噴火では、灰色軽石や縞状軽石もほとんど噴出しなかった。そのため、現在は混合マグマがほとんど残っていなく、非常に斑晶に富み、粘性の高い WP マグマだけが残っていると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 川 光 弘
副 査 教 授 藤 野 清 志
副 査 教 授 岡 田 弘
副 査 助 教 授 新 井 田 清 信
副 査 助 教 授 中 村 美 千 彦

(東北大学大学院理学研究科)

学 位 論 文 題 名

Petrological Study of the Historic Eruptions of Hokkaido-Komagatake Volcano : Implications for Structure and Processes of Mushy Magma Chambers

(北海道駒ヶ岳歴史時代噴火の岩石学的研究：

マッシュ状マグマ溜りの構造とプロセス)

北海道駒ヶ岳（以下、駒ヶ岳と呼ぶ）は爆発的なプリニー式噴火を繰り返す、日本で有数の活火山である。このような活火山においてマグマ系の現状を明らかにすることは、将来の噴火予測をする上で必要不可欠である。そしてマグマ系の現状を知るためには、マグマ系の初期状態からの時間変化を明らかにする必要がある。そこで本研究では駒ヶ岳の歴史時代の噴火活動が始まった1640年以降の5回のマグマ噴火（1640年、1694年、1856年、1929年、1942年）について詳細な岩石学的検討を行い、マグマ系の現状を明らかにした。またこの研究では、マグマ溜りの構造として最近になって重視されてきた、結晶に富んだマッシュ状マグマ溜りの構造と変遷についての議論も行った。

本研究では、まず詳細な野外調査に基づく高密度なサンプリングを行った。そして噴出物の特徴からタイプ分けを行い、噴火推移の復元や噴出物の岩石学的特徴の時間変化についての議論を行った。それを基にマグマ系の変遷を明らかにした。歴史時代噴火のマグマ系の初期状態として、1640年噴火以前は珪長質な白色軽石マグマ（WP マグマ）と苦鉄質なスコリアマグマ（S マグマ）が異なるマグマ溜り内に存在していた。珪長質な WP マグマは多量の斑晶鉱物を含んでおり、マッシュ状である。この WP マグマは内側がよりメルトに富み、外側がより斑晶に富んでいた。一方 S マグマは無斑晶質である。1640年噴火では

S マグマが WP マグマに注入し、噴火が開始した。この噴火によって、WP マグマは内側のメルトに富む部分が噴出し、斑晶に富むマグマだけが残った。1640 年噴火後に、出残った斑晶に富む WP マグマと S マグマは成層マグマ溜りを形成した。WP マグマは非常に斑晶鉱物に富むために S マグマよりも密度が大きかった。そのために、苦鉄質な S マグマが珪長質な WP マグマの上部に位置するという、現在まで多くの火山で考えられてきた成層マグマ溜りとは逆の組成累帯構造を示した。このような構造の成層マグマ溜りから噴火が開始することによって、より苦鉄質なマグマから順に噴出するという噴火推移になった。そして 1694 年以降の噴火では苦鉄質マグマの注入なしに噴火が開始した。噴火を繰り返すにつれて、苦鉄質マグマの影響が徐々に減少し、現在は粘性の高い WP マグマだけが残っている。そのため、地下深部からの新たな苦鉄質マグマの注入がなければ、今後はマグマ噴火を起こすことができないことが示唆される。

このように著者は、時間軸に沿って、詳細で高密度な岩石学的検討を行った。そしてそれに基づいて、駒ヶ岳のマグマの変遷を明らかにし、マグマ系の現状を示した。これによって、将来のマグマ噴火の可能性について大きな制約を示した。このことは将来の大規模噴火が危惧されていた駒ヶ岳において、非常に重要な成果である。また、これまでにマッシュ状マグマ溜りの構造や変遷を明らかにした例はなく、著者は新知見を示した。特に、駒ヶ岳の成層マグマ溜りが多くの火山とは逆の組成累帯構造を示したことを明らかにした。これは、活火山における噴火予測や噴火推移の予測を行う上で非常に重要な事例である。

以上のように、著者は駒ヶ岳の歴史時代噴火について、詳細な岩石学的検討を行うことによって、中・長期的な噴火予測に対する新知見を得た。またこの研究は、最近になって重要視されてきた、結晶に富むマッシュ状マグマ溜りの構造とその時間変化を天然の事例から解析した点で画期的である。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格があると認める。