

学 位 論 文 題 名

Mantle diapir model for polygenetic volcanoes :
Geological and petrological study of Rishiri volcano,
northern Hokkaido, Japan

（複成火山のマントルダイアピルモデル：
北海道北部，利尻火山の地質学的・岩石学的研究）

学位論文内容の要旨

近年火山深部には局所的な高温領域（マントルダイアピル）が存在し、それが火山活動の熱源となっていると考えられている。しかしながら、マントルダイアピルの進化に関する研究はこれまでほとんど行われてこなかった。本研究では先行する火山活動の影響（例えば熱）を無視できる北海道北部の第四紀利尻火山に注目し、詳細な野外調査、年代測定、マグマ化学組成の時間変化を基に複成火山の一生を通じたマントルダイアピルの進化を明らかにした。

利尻火山の活動は 20～13 万年前以降に開始し、噴出率、活動時期、噴出中心の移動、マグマ化学組成の違いから初期、最盛期、末期に区分できることが明かとなった。火山活動は初期において低い噴出率（ $<0.1 \text{ DRE km}^3/\text{ky}$ 以下同じ）をもち、約 4 万年前の最盛期では噴出率が $<0.35 \sim <0.4$ と最も高くなり、その後末期において再び噴出率が <0.09 と減少した。噴出率に対応して火口間距離も変化し、それぞれの火口間距離は初期で 17km、最盛期で $<6\text{km}$ 、そして末期では再び 15km と拡大した。利尻火山の活動は少なくとも数千年間まで継続したが、現在では噴気活動を含め一切の徴候は認められない。利尻火山噴出物は玄武岩から流紋岩まで多様であるが、すべての活動期で玄武岩質マグマと珪長質マグマが活動している。このうち珪長質マグマは下部地殻の部分融解によって生じた可能性がもっとも高く、その温度は初期が 850 度で最盛期に 1050 度まで上昇し、末期で再び 700 度に低下したことが明かとなった。このような珪長質マグマの温度変化は単一の熱源が下部地殻を加熱し、その後冷却に伴って地殻も冷却したことを示している。この変化は噴出率の時間変化とも調和的であり、利尻火山は単一のマントルダイアピルの上昇と冷却で説明できる。利尻火山の玄武岩質マグマは、カンラン石とスピネルの組成から初期に fertile、そして最盛期に deplete、さらに末期では再び fertile なマントルかんらん岩と平衡なメルトと共存できる組成であることが判明した。このことは活動期毎に全岩化学組成が明瞭に異なっていることも調和的である。観察された玄武岩質マグマの起源マントルの時間変化は、Griffiths and Campbell (1990) が想定するマントルダイアピルが深部から上昇し、ダイアピルの頭部から順次玄武岩

質マグマが分離・上昇すれば説明できる。

海洋島火山（ハワイなど）の一生を通じたマントルダイアピルの進化を利尻火山と比較した結果、玄武岩質マグマの起源マントルが両火山で全く正反対の時間変化を描くことが明らかとなった。この違いは海洋島火山が移動するプレート上にあるため火山自身もダイアピルの中心部へ近づきそして離れていくモデルで説明されるが（Duncan *et al.*, 1994），利尻火山の場合比較的定常状態の基盤岩上に形成されたためダイアピル自身が冷却するモデルで説明できる。利尻火山はその活動した場所・時期に恵まれていたため，ひとつの火山の一生を捕えることができ，その一生は単一のマントルダイアピルの進化で説明できることが明らかとなった。本研究の結果は複成火山の起源とその生涯の解明に大きく寄与すると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 宇 井 忠 英

副 査 助 教 授 新 井 田 清 信

副 査 教 授 高 橋 栄 一 (東京工業大学大学院理学研究科)

学 位 論 文 題 名

Mantle diapir model for polygenetic volcanoes : Geological and petrological study of Rishiri volcano, northern Hokkaido, Japan

(複成火山のマントルダイアピルモデル :

北海道北部, 利尻火山の地質学的・岩石学的研究)

近年, 火山深部にはマントル内に局所的な高温領域 (マントルダイアピル; 以下ダイアピル) が存在し, それが火山活動の熱源となっていると考えられている. しかし, 実際の火山活動の推移に伴うダイアピルの進化については未開拓の分野で, 今後の発展が待たれている状況にある.

本論文は, このような現状にあるダイアピルについて, 先行する火山活動の影響 (例えば熱) を無視できる北海道北部の利尻火山に注目し, 地質調査, 年代測定, マグマ化学組成の時間変化を基に火山の一生を通じたダイアピルの進化を明らかにした.

利尻火山の活動は 20~13 万年前以降に開始し, 噴出率, 活動時期, 噴出中心の移動, マグマ化学組成の違いから初期, 最盛期, 末期の 3 つに区分できる. K-Ar 年代測定および噴出量の見積りの結果, 噴出率は初期に <0.1 ($\text{DRE km}^3/\text{ky}$; 以下同じ) と低く, 約 4 万年前の最盛期において $<0.35 \sim <0.4$ と最も高くなり, その後末期において <0.09 と再び減少することが明らかとなった. このとき噴出率の変化に対応して火口間の距離も変化し, 火口間距離は初期で 17km, 最盛期で $<6\text{km}$, そして末期では再び 15km と拡大した. 利尻火山の活動は少なくとも数千年間まで継続したが, 現在では噴気活動を含め一切の徴候は認められない.

利尻火山噴出物は玄武岩から流紋岩まで多様であるが, すべての活動期で認められるのは玄武岩質マグマと珪長質マグマである. このうち珪長質マグマは鏡下観察および微量・希土類元素組成から, 下部地殻の部分融解によって生じた可能性がもっとも高い. 地質温度計を用いた珪長質マグマの温度は初期が 850 度, 最盛期に 1050 度まで上昇し, 末期に再び 700 度へ低下している. つまり珪長質マグマの温度変化は噴出率の時間変化と相関関係にあり, マグマの温度が低い初期に噴出率も低く, 地殻が最も高温となったであろう最盛期に噴出率が最も高くなり, 活動末期にマグマの温度が下がり噴出率も低下する. このような変化は単一の熱源が下部地殻を加熱しその後冷却に伴って地殻も冷却したことを示しており, 利尻火山は単一のダイアピルの上昇と冷

却で説明できる。さらに利尻火山の玄武岩質マグマは、カンラン石とスピネルの組成から初期に fertile, そして最盛期に deplete, さらに末期で再び fertile なマントルかんらん岩と平衡なメルトと共存できる組成であることが明らかとなった。これは報告された同位体組成とも調和している。観察された玄武岩質マグマの起源マントルの時間変化は、Griffiths and Campbell (1990) が想定するダイアビルが深部から上昇し、ダイアビルの頭部から順次玄武岩質マグマが分離・上昇すれば説明可能である。すなわち利尻火山の発達史は単一のダイアビルの進化で説明できる。

以上のように利尻火山で明らかになったダイアビルの進化をテクトニクスの異なる海洋島火山のダイアビルモデル (Duncan et al., 1994) と比較した。その結果、移動するプレート上に形成した海洋島火山の場合、火山自身がダイアビルの縁辺から中心部、そして再び縁辺へ移動することによって火山の一生を説明できるが、比較的定常状態の基盤岩上に形成した利尻火山の場合、ダイアビル自身の冷却と地殻への熱伝導が火山の一生を決めていると考えられる。

すなわち、著者は、利尻火山において高精度な地質調査、K-Ar 年代測定、鏡下観察、化学分析を自ら行い、これら広範囲に渡る結果と最新のマグマ生成論を基に、火山の一生を通したダイアビルモデルの構築に成功している。このようなダイアビルの進化に関する新知見は、火山の起源とその生涯に対して重大な貢献を行うものと期待される。

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。