

学 位 論 文 題 名

2000年有珠山噴火に伴う地熱系発達過程の研究

学位論文内容の要旨

火山噴火に伴う地熱活動には、貫入マグマとその周囲の地下水環境が深く関与している。従って、噴火直後から地熱活動の消長を追跡し、地熱域の地下浅部における流体の状態とその活動推移を解明することは、火山噴火活動を理解する上できわめて重要である。しかしながら、噴火直後の短期間に発達する地熱系の消長を詳細に追跡し、地下で生じる熱と水の輸送過程を詳細に把握することを試みた研究は必ずしも多くない。また、モデル計算による貫入マグマの冷却と地熱系の発達過程に関する研究は数多くあるが、それに加えて地形による重力流が地熱系の発達に与える影響を考慮した研究は数例に過ぎず、しかもそれらはマグマが火山山頂直下にある場合を想定しており、本研究のように山麓にマグマが貫入した場合の検討が行われた例はない。

有珠山では2000年に北西山麓より噴火し、地殻変動によって形成された断層周辺で地熱域が出現した。本研究では、地熱系発達現象を熱学的、電磁気学的手法を用いた観測により追跡し、同時にモデル計算を行うことによりそれらの観測データを説明する地熱系形成過程の検討を行った。

本研究では、まず、山麓にできた西山火口域全域の1m深地温測定、自然電位の分布測定、および地熱系が発達している断層周辺での67cm深地温測定、2次元高密度電気探査を2年間にわたり繰り返して行い、以下のことを明らかにした。

噴火開始から約7ヵ月後には、火口北西側に発達した断層沿いに最高温度約100度の高地温領域がみられ、噴火2年後までに高地温域は断層沿いに北西方向に拡大した。自然電位測定では、噴火7ヵ月後には高地温域に対応して、熱水上昇域を示す最高電位25mVの高自然電位異常が観測された。噴火1年後には最高電位が42mVになり、最高電位点が断層に沿って北西方向に約100m移動した。さらに噴火2年後には最高電位55mVになり、最高電位点は断層に沿ってさらに北西方向に約50m移動した。

2次元高密度電気探査の結果、噴火開始から約8ヵ月後、高温域に対応して表層に数Ωmの低比抵抗層、その下の深度約15mより下部では約50Ωmの比較的高比抵抗な層がみ

られた。噴火1年2ヶ月後、高温域の拡大に伴って表層低比抵抗層も水平方向に拡大、下部高比抵抗層は約100Ωmの高比抵抗になった。噴火約1年半後、下部高比抵抗層は約50Ωmに低下し、噴火2年後も約1年半後とほぼ同様の比抵抗分布が得られている。

一方、噴火口付近や西山山麓では、噴火直後わずかな高温域がみられたが、2年後には常温にまで冷却している。

これらの観測結果から、断層北西部の地熱活動の発達過程は次のように考察できる。貫入マグマからの放熱により地下水が急激に暖められ一部は高温蒸気化し、断層沿いに上昇した。そして地下浅部で熱水対流系が駆動し、地熱系が形成された。地熱系の発達は噴火約1年後が最も隆盛であった。また、西山斜面を下る重力流により、地熱域は噴火口より下流側の方向にある北西側に拡大、移動した。

以上の観測結果を説明する貫入マグマの冷却と地熱系の発達、衰退過程をモデル計算によって検討した。まず、マグマの透水係数と周辺の媒質の透水係数を地表の温度変化を説明するように推定した。その結果、マグマの透水係数 $10^{-12} \sim 10^{-13} \text{ m}^2$ 、周辺媒質の透水係数は $10^{-10} \sim 10^{-11} \text{ m}^2$ であれば、観測事実をおおむね説明できる。この結果は、既存のモデル研究や周辺地域での揚水実験の結果と調和的である。

次に、地下水流に水平方向の圧力勾配がある場合の地熱系の発達について調べた。熱水の浮力に対して圧力勾配が小さいときは、高温域はマグマの真上にできるが、浮力に対して圧力勾配が大きい場合、高温域はマグマの上部にできず、下流側に流される。また、母岩の透水係数が高い場合は、圧力勾配の影響が大きく、高温域はいっそう下流側にできることがわかった。

このような基本的な検討結果を基に、西山火口域の地形を含めた地熱系発達過程のモデル計算を行った。その結果、800度のマグマが地表下200m深にあり、西山から地下水の下降流がある場合、地熱系の出現時期と地熱域の拡大傾向をおおむね再現できることがわかった。

以上のように本論文は、噴火直後に新しく発達した地熱系について、1m深地温、自然電位、比抵抗分布によりその発達過程を明らかにし、それらの現象を説明する重力流の影響を含めた熱水系モデルを構築し、火山の周辺に発達する地熱系の形成過程に新しい見方を示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 茂 木 透
副 査 教 授 池 田 隆 司
副 査 教 授 中 川 光 弘
副 査 助 教 授 橋 本 武 志

学 位 論 文 題 名

2000年有珠山噴火に伴う地熱系発達過程の研究

近年、火山噴火に伴う地熱活動に関する研究が盛んに行われている。しかし、その多くは地表での現象の記載やそれによる発達過程の推定にとどまっており、地下での状態変化を具体的に追跡し、その発達過程を明らかにする研究は、今後の発展が期待される分野である。本論文は、このような状況にある火山噴火に伴う地熱活動の発達過程について、貫入マグマとその周囲の地下水環境を考慮し、噴火直後から繰り返し地下構造探査を行うことにより地熱活動の発達過程を追跡し、地熱域の地下における流体の状態とその活動の推移について物理モデルを用いて解明することにより、火山噴火活動に関連して新しく発達した地熱活動についての理解を得ることを目的としたものである。

有珠山では2000年に北西山麓より噴火し、地殻変動によって形成された断層周辺で地熱域が出現した。本研究では、まず、山麓にできた西山火口域全域の1m深地温測定、自然電位の分布測定、および地熱系が発達している断層周辺での67cm深地温測定、2次元高密度電気探査を噴火直後から2年間にわたり繰り返して行い、地温分布、自然電位分布、比抵抗分布から地下の地熱系の範囲の拡大、移動を示した。これらの観測結果から、断層北西部の地熱活動の発達過程は、貫入マグマからの放熱により地下水が急激に暖められ、その一部は高温蒸気化し、それが断層沿いに上昇することにより地下浅部で熱水対流系が駆動し、地熱系が形成されたことが明らかにされた。地熱系の発達は噴火約1年後が最も隆盛であったこと、また、西山斜面を下る重力流により、地熱域は噴火口より下流側の方向にある北西側に拡大、移動したことも示された。このような観測結果は火山の噴火直後に発達する地熱系を地下の状況からとらえた点で評価できる。

さらに本研究では、以上の観測結果を説明する貫入マグマの冷却と地熱系の発達、衰退過程をモデル計算によって検討した。まず、マグマの透水係数と周辺の媒質の透水係数を地表の温度変化を説明するように推定した。次に、地下水流に水平方向の圧力勾配がある場合の地熱系の発達について調べた。その結果、熱水の浮力に対して圧力勾配が小さいときは、高温域はマグマの真上にできるが、浮力に対して圧力勾配が大きい場合、高温域はマグマの上

部にできず、下流側に流されること、また、母岩の透水係数が大きい場合は、圧力勾配の影響が大きく、高温域はいつそう下流側にできることが明らかにされた。

このような基本的な検討結果を基に、西山火口域の地形を含めた地熱系発達過程についてモデル計算を行った。その結果、800度のマグマが地表下200m深にあり、西山から地下水の重力による下降流がある場合、地熱系の出現時期と地熱域の拡大傾向について観測結果を概ね説明できることがわかった。このように、重力流の影響により地熱系が推移するモデルを具体的に示した例はほとんどなく、新しいモデルを提示したと言える。

以上の要するに本論文は、噴火直後に新しく発達した地熱系について、1m深地温、自然電位、比抵抗分布の繰り返し観測により地下でのその発達過程を明らかにし、それらの現象を説明する重力流の影響を含めた熱水系モデルを構築し、火山の周辺に発達する地熱系の発達過程に新しい見方を示したものであり、このような研究は火山学の発展に対して貢献するものである。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。