

氏 名	吉 川 美 由 紀
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2767 号
学位授与の日付	平成 16 年 3 月 23 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	理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
学位論文題目	Seismic velocity structure beneath Otake-Hatchobaru geothermal area at Kuju Volcano in the central Kyushu, Japan (九重火山北西部の大岳・八丁原地熱地域における地震波速度構造)
論文調査委員	(主 査) 須 藤 靖 明 教 授 竹 本 修 三 教 授 石 原 和 弘

論 文 内 容 の 要 旨

地震波伝播速度は、それが地下の物質の弾性係数に依存したものであるため、地下の物質の種類及び状態についての第1次的な考察をもたらし、従って、地下構造を推定するのに地震波速度の3次元トモグラフィーは効果的な解析方法のひとつである。この手法は、多くの断層・カルデラ構造・マグマの存在・熱水の流動などが考えられる地殻構造に顕著な相違を示す火山および地熱地域では、構造が地震波速度に反映されるため、地下構造を推定するのに、特に有効であり、多くの火山地域で実施されている。

本論文は、中部九州のほぼ中央に位置する九重火山の西部の、世界的にも地熱活動の活発な大岳・八丁原地熱地域の地下構造を地震波速度から比較的深部まで推定しようとしたものである。大岳・八丁原地熱地域は、中部九州の活火山、すなわち、鶴見岳火山・阿蘇火山・雲仙火山と同様に、群発的地震活動をはじめとする地震活動が極めて活発な地域であり、本論文も地震の観測データを使ってなされている。まずはじめに、この地域で発生する地震の震源の分布と V_p/V_s 比の関係について述べ、次にこの論文の主要なテーマであるこの地域の3次元地震波速度構造を求め、さらに大岳・八丁原地域のより深い構造と阿蘇火山までを含めた周辺地域の構造との関係を探るため、広域の3次元速度構造を検討した。最後にこれらの地震波速度構造結果から大岳・八丁原地熱地域の地熱構造を明らかにするという、3つの内容で構成されている。

最初のパートでは、群発地震活動が特に活発であった1995年10月の九重火山噴火以降から1998年までのおよそ3年間に大岳・八丁原地熱地域に発生した地震を厳選して、 V_p/V_s 比の空間的特徴をまとめている。同地域の地震活動の特徴は、特定の地域に時間的にも、空間的にも密集して発生するが、震源位置は活動時期が異なると変化している。これらの特徴、特に震源の深さの分布の相違に注目して、その V_p/V_s 比との関係を求めると、震源の深さが2kmから3kmを境として、その上部では、 V_p/V_s 比が1.6から1.9まで、広く分布するのに対し、その下部ではほとんどが1.7前後となった。すなわち、 V_p/V_s 比は、浅部では広く分散するが、深部になると分布が狭まり、特定の値に収束することが分かった。また、平面的な分布では、大岳・八丁原地熱地域の東部に V_p/V_s 比が大きい地震が分布している。これらの結果から、深さ2, 3kmおよび大岳・八丁原地熱地域の東部と西部に地殻構造の相違があることを見出し、簡単な方法でも地殻の構造を把握する上で有効であることを示した。

次のパートでは、上の結果を詳細に検討するため、同地域とその周辺地域のP波およびS波の3次元地震波速度構造を求めた。用いたデータは、観測点47点で得られた5850個の地震のP波43530個、S波31408個であった。3次元解析にあたって、大岳・八丁原地熱地域の5km以浅を検討するために、格子間隔を 0.02° とし、さらに深部の15km程度までの広域の構造を検討するためには、格子間隔を 0.05° とし、2つのパターンを考えた。結果は、大岳・八丁原地域の深さ1kmにおいてP、S波とも低速度となる領域がみられ、これは地表付近に発達する断層などを反映していることを示した。この低速度領域の下部、深さ3.5kmにはS波が高速度となる領域が分布し、 V_p/V_s 比が減少することを示した。この結果は最初のパートで述べたことを支持している。このS波高速度領域は、大岳・八丁原地域を中心に広く分布している古い花崗岩の基盤を示す可

能性が高いと示唆している。この下部、深さ5kmから8kmにかけてはS波の低速度領域が大岳・八丁原地熱地域から南西の黒川地熱地域まで分布し、この地域の古期火山のマグマと関係づけている。さらに深さ11kmになると、九重火山の南部においてP波、S波とも低速度となる領域が見出され、これが九重火山のマグマ溜まりにあたるのではないかと推定した。

最後のパートでは、大岳・八丁原地熱地域の熱源と3次元地震波速度構造の関連させた議論を行った。深さ11kmにPおよびS波がともに低速度として見出された領域が、九重火山のマグマ溜まりと考え、大岳・八丁原地熱地域の南西部深さ5~8kmにあるS波低速度領域が同地域の熱源であることを示唆した。一方、地震活動はこのS波低速度領域の東部外縁部のS波高速度領域から大岳・八丁原地熱地域の地表に向かって直線状に発生しているため、この地震活動帯を地熱流体が上昇しやすくなっていると考えた。さらに、地表近くのPおよびS波の低速度領域は、破碎領域となって、 V_p/V_s 比が幅広く分布し、大岳・八丁原地熱地域の熱水対流領域となりうる可能性を示した。

論文審査の結果の要旨

九重火山は、1995年10月に二百数十年ぶりに水蒸気爆発を起こし、今なお、噴気活動が継続している火山である。この火山の北西部には、申請者が研究対象とした、世界でも有数な地熱活動の活発な大岳・八丁原地域があり、日本最大の地熱発電所が稼働している。この地熱発電の開発に伴い、多くの地質学的、地化学的、地球物理学的調査が行われているが、それらは深さ3km（海面下1km）以浅の地熱系についての議論だけで、熱源となる深部構造については詳細な検討がなされていない地域である。

申請者は、このように地熱活動が非常に活発な大岳・八丁原地域の深部地熱構造について、地震波速度構造を求めることによって、明らかにしたいと考えていた。その目的達成のため、申請者は、京都大学の定常観測点からのデータに加え、新たに臨時の観測点網を構築し、その維持に努力を重ね、本論文の完成に至った。

申請者は、まず、1995年の噴火活動開始から充実した地震観測網と、その後に新設した観測網で得られた地震データを地震活動が比較的活発であった1998年までまとめ、大岳・八丁原地熱地域で発生する地震の震源の分布と V_p/V_s 比の関係を明らかにした。すなわち、震源の深さが2kmから3kmを境として、その上部では、 V_p/V_s 比が広く分布するのに対し、その下部ではほとんどが1.7前後となることを示し、深さ2、3kmに地殻構造の相違があることを見出し、また、平面的には、大岳・八丁原地熱地域の東部が大きい V_p/V_s 比となり、西部が小さい値となることを示し、簡単な方法でも地殻の構造を把握する上で有効であることを示した。

さらに申請者は、上の結果を詳細に検討するため、同地域とその周辺地域のP波およびS波の3次元地震波速度構造を求めた。申請者は3次元速度解析にあたって、大岳・八丁原地熱地域の5km以浅を検討する場合とさらに深部の15km程度までの広域の構造を検討する場合を効果的に分けて議論を行った。浅部について、申請者は、大岳・八丁原地域の深さ1kmにおいてP、S波とも低速度となる領域が地表付近に発達する断層などを反映していることを示し、この低速度領域の下部、深さ3.5kmにはS波が高速度となる領域が分布し、 V_p/V_s 比が減少することを示した。この結果は先に述べたことを支持している。このS波高速度領域が花崗岩の基盤を示す可能性が高いと申請者は述べ、この下部、深さ5kmから8kmにかけてはS波の低速度領域が大岳・八丁原地熱地域から南西の黒川地熱地域まで分布し、この地域の古期火山のマグマと関係づけた。さらに下部深さ11kmについて、九重火山の南部においてP、S波とも低速度となる領域が見出され、これが九重火山のマグマ溜まりにあたるのではないかと推定した。

その上で、申請者は、大岳・八丁原地熱地域の南西部深さ5~8kmにあるS波低速度領域が同地域の熱源であることを示した。一方、地震活動はこのS波低速度領域の東部外縁部のS波高速度領域から大岳・八丁原地熱地域の地表に向かって直線状に発生していることから、この地震活動帯を地熱流体が上昇しやすくなっていると考えた。さらに、地表近くのPおよびS波の低速度領域は、破碎領域となって、 V_p/V_s 比が幅広く分布し、大岳・八丁原地熱地域の熱水対流領域となっていることを示した。このような知見、すなわち、九重火山のマグマ溜まりの存在と大岳・八丁原地熱地域の熱源を地震波速度構造から明らかにしたことは、高く評価できる内容である。

以上のように本論文は、九重火山西部に発達している大岳・八丁原地熱地域の深部地下構造を地震波速度の構造から詳細に検討したもので、これらの研究成果は、世界各地に存在する地熱地域の深部構造の研究にも有効で、今後の研究の発展に

つながるものである。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認めた。

また、参考論文7編すべてが本研究の基礎となったものであり、申請者の活発な研究活動を示すものである。

なお、本論文の内容とそれに関連する研究業績について試問を行った結果、合格と判断した。