HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Magnetotelluric 法探査による火山の比抵抗構造研究 ： マグマ供給系と浅部熱水系のイメージング［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	井上, 智裕
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第15282号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89589
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tomohiro_Inoue_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（理　学）　　氏　名　井　上　智　裕

審査担当者　主査　教　授　橋　本　武　志
副査　教　授　青　山　　裕
副査　教　授　高　橋　浩　晃
副査　教　授　栗　谷　　豪
副査　助　教　田　中　　良

学 位 論 文 題 名

Magnetotelluric 法探査による火山の比抵抗構造研究
― マグマ供給系と浅部熱水系のイメージング ―
(Study on the electrical resistivity structure of volcanoes based on magnetotellurics
- Imaging the magmatic and hydrothermal systems -）

博士学位論文審査等の結果について（報告）

マグネトテルリク法（以下 MT 法）は、天然または人工的な磁場変動が地中に浸透する際に起きる電磁誘導現象を利用して、地下の電気的物性（比抵抗）を推定する物理探査法のひとつである。MT 法は、古くは海洋底や大陸など、水平方向の不均質が小さい地域を対象とした電気的構造の研究や、地下資源探査における簡易的サーベイランスの一項目として利用されてきた歴史がある。1980 年代以降は、特定の測線方向に沿った２次元断面解析が一般化したものの、測線の側方にある構造不均質、海陸分布、地形の起伏などの影響を考慮することが難しいことから、しばしば非現実的な仮定の下でモデリングをせざるを得ないという問題があった。しかし近年、計算機の性能と解析技術が大幅に向上したことに伴い、３次元インバージョン解析が一般化すると、火山のように不均質性が極めて強い対象についても、地下構造を可視化する手法として MT 法が適用できるようになってきた。

本論文は、北海道内の活動的火山である雌阿寒岳と有珠山にこの MT 法を適用し、電気比抵抗の分布を３次元的な不均質として明らかにしたものである。これまで両火山では、２次元構造、すなわち測線に直交する方向には物性が一様であることを仮定した比抵抗断面モデルは提示されていたが、面的な観測に基づく３次元構造解析は行われていなかった。とりわけ雌阿寒岳については、深さ数 km 程度までの構造しか明らかにされておらず、マグマ供給系や熱水系といった、全山的なスケールかつ３次元的形状を有する対象について議論するには十分とは言えない状況であった。本論文において著者は、両火山を対象とした MT 法電磁探査を主体的に計画・実施し、自ら取得したデータを用いた３次元インバージョン解析を通じて、山体とその周辺域の地下比抵抗分布をイメージングすることに成功した。雌阿寒岳については、マグマ供給系（火道）に対応する柱状の低比抵抗異常体が初めて可視化され、浅部熱水系や、火山性地震や地殻変動との関係についても重要な示唆がもたらされた。また、有珠山については、山頂火口原直下の浅部熱水系に対応する比抵抗モデルが提示された。

本論文の意義は、単に両火山の電気的構造を詳細に明らかにしたことだけでなく、火山性地震や深部低周波地震、地殻変動、磁場変化等の各種モニタリング観測が捉えるシグナルやそれら相互の連関に対して示唆を与え、さらには火山活動の評価や予測にも資するモデル構築のプラットフォームを提供したことにある。また本論文では、雌阿寒岳については、モデルのバルク比抵抗値から火道内のメルト分率の範囲も推定している。あくまで可能な解釈のひとつに過ぎないとは言え、構造の実体に関してひとつの物質的描像が与えられたことは、火山学全体の見地からも意義深い。

本論文で著者が掘り下げたもうひとつの重要な論点は、MT インピーダンスの非対角成分が長周期帯で通常の範囲から逸脱した異常な位相を示す現象（phases out-of-quadrant: POQ）である。POQ は単純な構造では説明できないことが知られており、３次元解析が一般的でなかった時代にはモデリングの大きな障害となっていた。POQ を説明可能なモデルはこれまでもいくつか発見されていたが、本論文において著者は新たに、地表付近と地下深部を繋ぐ傾いた柱状の低比抵抗異常体が POQ を発現させることを、系統的な数値実験によって明らかにした。この成果は、POQ を含んだ MT データのモデリングの際に想定すべき構造の事例を増やしたという点で、固体地球電磁気学におけるひとつの知識の蓄積と位置づけることができる。火山の傾いた火道は、こうした異常体モデルの天然における実例のひとつである。このことは、マグマ供給系の形状や位置を推定する上で、POQ の有無や発現位置が有用な手がかりとなり得ることを意味している。

さらには、本論文で阿寒カルデラ地域の３次元比抵抗構造が明らかにされたことにより、既存の屈斜路カルデラ地域の探査データと統合した広域的地下構造の３次元イメージングを通じた、今後の道東地域の地球科学的研究全体への波及効果も期待される。

本論文では、観測データの取得と収集、当該研究分野における的確な問題設定とその解決手段の選択を経て、論理的考察を通じて新たな知見の集積が行われたと認められる。また、著者は本論文の内容の一部を査読付きの英文の学術論文としてすでに公表している。これらの過程は、自然史科学専攻の DP 基準に見合うものである。以上のことから、著者は北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。