

氏 名	は せ ひで あき 長 谷 英 彰
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2764 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	Self-Potential Studies for Volcano-Hydrology —Constraints from Field Observations and Laboratory Experiments— (自然電位を用いた火山体内部における地下水及び熱水系の解明 —観測データと室内実験による考察—)
論文調査委員	(主 査) 教 授 田 中 良 和 教 授 大 志 万 直 人 教 授 竹 本 修 三

論 文 内 容 の 要 旨

地下における間隙水は岩石との境界面で接触電位差を生じている。液の流れに伴って固体に束縛されない電荷が流動して地中に電流場を形成する。この界面動電現象による電位は自然電位と呼ばれ、地下水や熱水の流動を考察できる。この論文では、阿蘇火山の中央火口丘のほぼ全域にわたる自然電位の分布が明らかにされた。その結果は、いくつかの活動的火山で見られるように、裾野部では標高とともに電位は低下するが、活動火口に近寄ると上昇している。この電位上昇は火口深部での熱水対流の存在を示唆している。一般に、雨水は重力流として大地に浸透して、高所に負の電位を形成している。この地形効果を適切に除去しないと火山下の熱水対流は定量化出来ない。この論文では裾野部のデータを整理して地形補正係数は -1mV/m で近似できることを示して、中央火口丘における自然電位異常を明らかにした。すなわち

- 1) 活動火口を中心とする 800mV に達する広がり 5Km の正電位異常
- 2) 高岳付近の 2.5Km 地域に広がる 350mV の正電位異常
- 3) 往生、杵島、烏帽子地域の 3.5Km 地域に広がる 300mV の正電位異常
- 4) 湯の谷・地獄垂玉などの地熱温泉地域における 300mV の正電位異常
- 5) 根子岳西部の 1Km 地域に広がる -700mV の負電位異常である。

定性的には、地形効果を除去した後の正電位異常は地下の熱水上昇と対比でき、負の異常は水の浸透を反映しているが、論文では定量化を指向して各部の電位異常を論じており、以下のごとくに要約できる。

活動火口を中心とした顕著な正の異常は、観測値を火口からの距離に対してプロットすることで他の異常と明瞭に分離でき、地下の電気抵抗分布が分かると、観測された地表面電位を作る電流源の位置や大きさが決定できる。申請者は電磁誘導法による観測を行い、中岳火口周辺の電気抵抗構造を求めるとともに、緩和法による3次元数値計算コードを開発してシミュレーションを行った結果、 300A の等価電流源が活動火口直下 1400m 付近に存在することを明らかにした。この深さは帯水層と考えられる低比抵抗層に一致しており、活動火口を中心とする自然電位の異常は、火口直下における熱水対流に起因する流動電位であると推論した。地下の物性パラメーターを適用すると数千トン/日の水が気化して火口湖に供給されていると推定でき、火口湖の水収支量と整合することを示した。

一方、高岳周辺の電位異常は地形と正の関係を示しているが、地下に熱源を想定し難く、従来の概念では説明出来ないとした。申請者は「岩石のゼータ電位係数は負である」との既定概念に疑惑を抱き、阿蘇地域の多くの火山岩を採集して実験室においてゼータ電位測定を行った。その結果、鉄やアルミを多く含む約半数の火山岩が正のゼータ電位を示すことを明らかにして、このような火山岩が高岳における電位異常の原因であると推論している。

杵島岳周辺では -5mV/m という強い地形効果が観測され、山頂部の爆裂火口部では特異な電位分布を示している。浅部の電気構造と地形を数値モデルに適用して、凹地形を考慮した雨水浸透流で杵島岳の局所的な電位異常を説明できることを示した。

湯の谷・地獄垂玉の地熱温泉域の正異常は地熱地域に普遍的に見出せるものであるとして、温泉湧出量との対比を行い整合的であることを示している。

根子岳西部の負異常はこの部分が阿蘇カルデラの東部境界に位置することや、表層部が強く風化されている影響によるものであると推論している。

論文審査の結果の要旨

地下における間隙水流動に伴う界面動電現象は火山における自然電位生成の主要部であり、地下水や熱水流動を考察する上で重要である。この研究によって阿蘇中央火口丘の自然電位の全貌が明らかにされた。その結果、他の活動的火山で見られるように、裾野部では標高とともに電位は低下するが、活動火口に近寄ると上昇するという活動的火山に特有の自然電位分布であることが示された。裾野部の地形相関は、雨水が重力流として大地に浸透して高所に負の電位を形成する地形効果であり、火口付近の電位上昇は火口深部での熱水対流の存在を示している。論文では火山下の水や熱水対流を定量化するために、裾野部のデータを整理して地形補正係数は -1mV/m で代表できることを示し、地形効果を除去して、中央火口丘には顕著な5つの自然電位異常のあることを示した。すなわち

- 1) 活動火口を中心とする 800mV の正電位
- 2) 高岳付近の 350mV の正電位
- 3) 往生、杵島、烏帽子地域に広がる 300mV の正電位
- 4) 湯の谷・地獄垂玉の地熱温泉地域に存在する 300mV の正電位
- 5) 根子岳西部の -700mV の負電位異常である。

論文では定量化を指向しつつ各部の電位異常を詳細に論じているが、特に評価すべきは活動火山直下の地下熱水対流系を明らかにした点と火山岩のゼータ電位に関する実験である。

活動火口直下の地下熱水対流に関しては、まず、活動火口を中心とした異常を抽出するために、観測値を火口からの距離に対して評価して他の原因による異常を除去した。次に等価電流源の位置や大きさを求めるには地下の電気構造が必要であるとして、電磁誘導探査を実施して、中岳周辺の電気抵抗構造を探索した。さらに、緩和法による3次元数値計算コードを開発してシミュレーションを行い、 300A の電流源が活動火口直下 1400m 付近に推定出来ることを明らかにした。この深さは帯水層と考えられる低比抵抗層に一致しており、火口直下における熱水や噴気の対流に起因する流動電位がこの帯水層内で生じていると推論した。用いられたパラメータには不確定な要素があるものの、電気抵抗など実測可能量を補って定量的解釈を試みた点で評価できる。

一方、高岳周辺の正の電位異常については、熱源が原因とは想定し難いので、岩石の界面電位に立ち戻って考察を行っている。九州地域の多くの火山岩を採集してゼータ電位測定を行った。その結果、「岩石のゼータ電位は負である」との既定概念を覆し、鉄やアルミを多く含む約半数の火山岩が実験装置内での平衡状態で正のゼータ電位を持つことを明らかにした。サンプル採集地点近傍の自然電位分布との整合性は十分とは言えないが、関連の研究者達に強い影響を与えており、申請者の独創的な研究成果として高く評価できる。また、杵島岳山頂部の特異な電位分布については、浅部の電気構造と爆裂地形を数値モデルに組み込み、凹地形を考慮した雨水浸透流で電位異常が説明できることを示し、湯の谷や地獄垂玉の地熱温泉域では温泉湧出量との対比を行い定量的な評価を行った。

以上の理由から、本論文は、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項についての試問を行った結果、合格と認めた。