

論文の内容の要旨

論文題目「Revealing a large hydrothermal reservoir beneath Taal Volcano (Philippines)
using magnetotelluric observations: Implications to the volcanic activity」

(電磁法探査で見いだされたフィリピン・タール火山直下の巨大な熱水だまり：
火山活動との密接な関係について)

学位申請者 Alanis Paul Karson Belmonte

キーワード: タール火山 フィリピン 熱水だまり マグマ熱水だまり噴火 火山防災

タール火山(N14° 00.1', E120° 59.1')はフィリピン共和国において最も活動的な火山のひとつである。この火山は首都マニラから約60km南のルソン島内に位置しており、2重のカルデラを構成している。外側のカルデラは25km x 20kmという巨大なもので現在は湖となっている。記録の残る過去500年ほど、タール火山はこのカルデラ湖(タール湖)の中央にあるVolcano島の主火口および山腹で噴火を繰り返している。1572年以降、33回の噴火が記録されているが、特に1911年の噴火では1334人(当時のほとんどの島民)が死亡し、1965年には山腹におけるマグマ水蒸気爆発に伴うベース・サージにより約200人が犠牲になった。国際火山学地球内部化学協会 (IAVCEI)はタール火山を“Decade Volcano”(10年に一度は噴火する火山)と1995年に分類している。

申請者は2011年と2012年にVolcano島においてマグネトテルリク法(地磁気・地電位法)による比抵抗構造探査を行った。Volcano島を北西-南東方向に横切る4測線に沿った2次元の比抵抗断面をインバージョンによって求め、その成果を元に島の下部の3次元比抵抗構造を試行錯誤のフォワードモデリングによって決定した。その結果、Volcano島の地下1kmから4kmの深さにL字型をした約13 km³の体積を占めるやや高比抵抗(~100 Ωm)な領域が存在することを見出した。また地表からすぐ下には10 Ωm以下の極めて低比抵抗のキ

ヤップロックと考えられる粘土層が存在している事も確認した。このやや高比抵抗の領域は、主火山口内部や北側斜面に存在する地熱地帯の源泉である熱水だまりであると推定される。この熱水だまりは母岩に生じた無数の連結した亀裂の集まりに火山性流体が充満している状態と考えられる。主火山口の湖水の化学分析から、熱水はタール湖からの天水、そして近接する南シナ海から浸透した海水に、熱水だまりの下方に存在すると推定されるマグマから分離した揮発性物質が混合したものと推定される。熱水だまりがやや高比抵抗であるのはこの熱水が水蒸気卓越型の気液二相状態であることを示しているものと思われる。すなわち火山性流体には大量に含まれているはずの SO_2 ガスが地表で観測されていないことから、熱水だまり液相の中に H_2SO_4 として溶け込んでいるが、液相のままでは数 Ω m以下となってしまうので、気相が卓越している結果、高比抵抗を示すのであろうと考えている。

今回のマグネトテリク法探査で同定された山体の直下に位置する巨大な熱水だまりの存在が、タール火山の噴火の歴史(たとえば山頂噴火と山腹噴火の繰り返しや100年を超える噴火活動の休止期間など)を支配する大きな要因であろう。ただVolcano島における今回の電磁観測データだけでは、タール火山に隣接する南シナ海に誘導された電流の影響(海水は良導体のため、電流がきわめて良く流れる事から電磁気学的な構造探査ではいわゆる“ノイズ源”とみなされる)があり、5kmより深い部分の比抵抗構造が精度良く求められていない。それゆえ本研究の観測データだけでは熱水だまりのさらに深部に存在する可能性の高い大規模なマグマだまり(直径数km)の直接の証拠は得られなかった。しかし近年の火山性地殻変動や地震波速度構造探査からは深部におけるマグマの存在が支持されており、小規模のマグマ塊がいくつか分布している可能性がある。

揮発性物質を放出したマグマは噴火能力を失ってその場所に留まり、熱水だまりとその下方に停滞するマグマというのが、タール火山の基本的な構造と考えられる。停滞しているマグマの塊は新たなマグマの上昇を妨げる働きをする。これがタール火山において山頂での噴火が続いた後で、山腹での噴火の時期が続く理由である。しかしマグマが熱水だまりに侵入できた場合には、熱水の急激な膨張により爆発的噴火(マグマ熱水だまり噴火: magmatic-hydrothermal eruptions)を引き起こす。1911年の噴火はそのような事例であったと解釈される。この噴火でVolcano島全体が約3m沈降したが、熱水だまりが内容物を放出して収縮したと仮定すると、1911年の噴火では噴出物が主に強酸性の液体で固形物がほとんど含まれていなかったことや、熱水だまりの空隙率などが合理的に説明できる。1977年

に発生した最後の山腹噴火から既に36年を経過しており、本研究で明らかにされたように、山頂直下には巨大な熱水だまりが発達している。現在は山腹噴火から山頂噴火に移行する過渡期であると考えられ、次に山頂噴火が起こるとすれば1911年のようなマグマ熱水だまり噴火となる可能性が高く、現在の島の人口が8000名を超えている状況では十分な防災対応が求められる。

本論文では、第一章で過去のタール火山における地球物理学的な研究の歴史、本研究の目的等を記載した。第二章では、タール火山の地質およびテクトニクスについて概説ののち、タール火山の噴火の歴史について従来からの知見による解説を行った。第三章では、本研究の背景となっている電磁気学的な構造探査の原理を含め解説した。特に1次元、2次元の解析に加え、本研究で用いている3次元的なモデリング方法および理論について詳しく記載した。4章では、今回採用したモデルについて説明を行った。5章では、求められた電気伝導度構造を説明し、地学的な解釈を試みた。6章では今回得られた構造により、過去の噴火の歴史の変遷がどのように説明できるか検討し、従来4つの噴火サイクルとされていたものは、2つの大きなサイクルと考えたほうが合理的である事を結論づけた。7章では本論文のまとめと将来展望について記載を行なった。また付録として、1911年の大噴火時の地殻変動を説明する力学モデルについての理論計算を記載した。

