

2000年三宅島噴火のカルデラ形成過程における流体・物質・熱移動—電磁気観測からの推定—

Fluid/Mass/Heat Migration during the Caldera Formation of Miyake-jima Volcano in 2000 As Inferred from EM Observations

笹井 洋一[1], Jacques Zlotnicki[2], 上嶋 誠[3], 歌田 久司[3], 鍵山 恒臣[4], 橋本 武志[5], 西田 泰典[6], 高橋 優志[7]

Yoichi Sasai[1], Jacques Zlotnicki[2], Makoto Uyeshima[3], Hisashi Utada[4], Tsuneomi Kagiya[5], Takeshi Hashimoto[6], Yasunori Nishida[7], Yuji Takahashi[8]

[1] 東京都災対部, [2] クレルモンフェラン地球物理研, [3] 東大・地震研, [4] 東大震研, [5] 京大理, [6] 北大・理・地球惑星, [7] 東工大・理・地球惑星

[1] Disaster Prevention Division, Tokyo MG, [2] OPGC-Clermont, [3] Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, [4] ERI, Univ. of Tokyo, [5] Earthquake Research Institute, University of Tokyo, [6] Inst. Geothem. Sci., Kyoto Univ., [7] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ., [8] Earth and Planetary Sci., T.I.Tech.

(1) 新しい火道の形成(1986-2000)：1996年7月頃から1998年にかけて、山頂カルデラ内のOYM(雄山)で+10nT、南山腹のTRK(大路北)で-5nTの全磁力変化が生じた。その後2000年6月まで同じ傾向の変化が続いた。この前兆変化は円柱状の熱消磁域が垂直に上昇するモデルで非常に良く説明できる。ただし円柱の中心軸は現在の新カルデラ南壁の噴気口の位置にあり、半径200m、失われた磁化を2A/m(熱水による温度上昇を想定)とする。消磁円柱は海面下500mから上昇を始め、海拔200mの高度で2000年噴火を迎える。山頂カルデラ内部の西側には雄山サウナ噴気の供給源であった熱水溜りが存在したが、円柱状消磁域は熱水溜りの東隣を上昇しており、その上端はこの溜りに到達していなかった。

(2) 6月26日マグマ上昇活動の引き金(?)：しかし山頂における直流法比抵抗観測では、7月3日の段階で熱水溜りの水が消失していたことが判っている。またサウナ付近の地中温度は7月1日以前に急上昇した後で指数関数的減少を示していた。上昇した高温の熱水が熱水溜りに注入され、溜りの底に穴が開いたと考えられる。浅部マグマ溜りにつながっていた円柱部分を通じてマグマ溜りが減圧し、揮発性成分の発泡からマグマの上昇活動が開始された可能性がある。

(3) 7月8日山頂陥没を起こした空洞の形成：6月26日のマグマ上昇貫入を示唆する地震・地殻変動の開始と同時に、三宅島南端のTAR(大池)でゆるやかな全磁力減少が始まった。また7月5日から南北中心軸の観測点で、北側で全磁力増加、南側で減少の変化が目立ち、7月8日これらの変化が加速されている。これらの全磁力変化には2つの原因がある：ひとつは大池近傍地下にある消磁域であり、もうひとつは山頂直下のある深さにおける消磁域の成長である。前者は6月26日夜に当初山頂にむけて貫入を始めたマグマ(藤田・他, 2002, BERI)の熱的残像であり、後者は7月8日山頂陥没の原因となった空洞の生成を見ている。円柱・円錐台公式を用いた磁気源インバージョン手法を新たに開発し、空洞の位置とサイズを決定した。

(4) 浅部マグマ溜りの半径は1km以下：7月8日山頂陥没直前における空洞の位置は将来の陥没孔の直下で海拔下0.2kmから2kmまで(半径300m)、ただし完全に空ではなく内部に残った骨組みで空洞を支えていた。山頂陥没に伴う地磁気変化は陥没孔の生成、プラス地下の円柱状磁化領域(海拔下2kmで半径300m高さ200m)の消失で非常に良く説明できる。これは菊地・他(2001)によるLambパルス発生のモデルとほとんど一致する。2000年活動の主役である浅部マグマ溜りの中心深さは2.9km(西村・他, 2002, BERI)とされている。陥没孔生成過程の磁気解析から、山頂陥没孔の直下では海拔下2kmまでは磁化されている(温度は500度以下)ことは明らかである。従って溜りの位置が陥没孔の南にずれていることを考慮しても、マグマ溜りの半径は1km以下であろう。

(5) カルデラ形成期に熱消磁が進行：8月末までの陥没孔を円錐台(体積5億m³)で近似すると、7月8日以来数10nTに達する全磁力変化のほぼ半分くらいしか説明できない。カルデラの下で半径800m高さ900m位の円柱状領域が1A/m程度磁化を失った(100度Cの温度上昇に相当)とすれば良く、熱水の拡散・循環が起こっていたこと、8月18日の最大噴火で熱水循環は止まり、火道から効率良く熱の放出が始まったことを示す。

(6) 浅部マグマ溜りには1983年以来マグマが残留：1983年噴火に際して山頂直下3kmあたりで熱消磁が起こったが、その後の繰り返しおよび連続の全磁力観測で、この深さに新たな熱消磁(マグマ上昇による)もしくは冷却が起こったことを示す変化が無い。6月27日海底噴火、7月14日山頂噴火の噴出物中のマグマ成分が1983年のそれと一致している事実から、浅部マグマ溜りには当初1983年のマグマが残留していたという推定(下司・他, 2002)を支持する。