

氏名（本籍）	ジャナンダ ヌアーラム インデュリヤント（インドネシア）
専攻分野の名称	博士（理学）
学位記番号	国博甲第16号
学位授与の日付	令和5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	国際資源学研究科・資源学専攻
学位論文題目（英文）	インドネシア・ケルード火山における噴火史，噴火ダイナミクス，マグマ過程と噴出-爆発の遷移 (Eruptive history, dynamics, and magmatic process of effusive/explosive transition at Kelud volcano, Indonesia)
論文審査委員	(主査) 教授 大場 司 (副査) 教授 渡辺 寧 (副査) 教授 アガンジ アンドレア (副査) 准教授 高橋 亮平 (副査) 教授 伴 雅雄 (外部審査委員)

論文内容の要旨

ジャナンダ ヌアーラム インデュリヤントさんはインドネシア・ケルード火山における噴火史，噴火ダイナミクス，マグマ過程と噴出-爆発の遷移について研究を行い，博士論文を提出した。本研究では，噴出物の地質層序および放射性炭素年代測定を基に，ケルード火山の過去1300年間の噴火史を構築した。色調，結晶度など独自の基準による火山灰成分分析と，代表的な露頭で観察された堆積物の層序・堆積構造・層相の詳細な観察から，浅所での噴火機構，運搬堆積機構とその時間推移を推定した。更に，火砕堆積物間に挟在する土壌層試料の放射性炭素年代測定値を基に，本火山の1300年前以降の噴火活動史を解明した。この期間，やや噴火頻度を上げながらも，マグマ組成は大きな変化をせず継続的に噴火を繰り返している。一方で，この間に噴火の様式は複雑に変化している。これは，マグマ組成の変化ではなく，脱ガスと結晶化が様々な深度で生じていることに起因するものと考えられる。本研究では，特に2007-2008年と2014年の噴火に注目し，火砕物成分分析，鉍物組成分析，ガラス包有物主成分分析，それにSIMSを用いたガラス包有物および石基ガラスの揮発性成分分析を行い，脱ガスと結晶化の温度圧力条件を推定した。単斜輝石斑晶へのガラス包有物の取り込みが生じた条件として，ホストの単斜輝石に単斜輝石温度圧力計を適用することにより，1010～1052℃，6.9～20 km深の幅広い範囲が推定された。また，ガラス包有物の揮発成分組成からVolatileCalc2.0によって決定される気相-メルト平衡条件は，3.8～15.7 kmと幅広い。これは多様な深度のマグマたまり中で連続的に再平衡が起きているためと考えられる。マグマ上昇に伴い水蒸気，炭酸ガス，フッ素，亜硫酸ガスの脱ガスが生じ，それに伴って結晶化が生じている。塩素だけは圧力変化と関係なく含有量に変化せず，塩酸ブラ

インによって塩素濃度が緩衝されたためと考えられる。更に、このマグマ上昇に伴うマイクロライト結晶化の検討を行った。結晶度と残液ガラス組成の関係、CSD測定、形態分析、鉍物化学組成のデータから、火道浅所での脱ガス、結晶化、増圧、爆発過程を解明し、流出的噴火から爆発的噴火へ至る過程についてタイムスケールを含めて詳細に論じた。この結果によると、2007年の溶岩ドームを形成する流出的噴火前には、結晶に富むマグマが低速度(0.002m/s)で上昇し、比較的高粘性のマグマからでも効果的に脱ガスができるほど低い減圧率であった。2014年噴火の初期では、プラグ直下に高速(0.03-18.7m/s)で上昇したため、火道中に過剰圧が生じ、爆発的噴火の引き金となった。クライマックスのプリニー式噴火時には、結晶度の低いマグマが高速(15m/s)で上昇した。この研究では、マグマの蓄積および結晶化経路の条件が、最終的な噴火様式に影響することが解明された。

論文審査結果の要旨

(1) 論文審査

この研究は、最新の分析・解析手法を基に、本火山の噴火メカニズムに対する最新の知見を提供するとともに、流出的噴火と爆発的噴火の遷移、爆発的噴火の推移を物質科学的に詳細に解明した稀有な例でもある。火山学の新しい扉を開く研究であり、高い学術性、新規性が認められる。また、本研究の一部(序盤)はすでに本分野では国際的に権威のある学術雑誌(*Journal of Volcanology and Geothermal Research*)に掲載されている。以上より、本研究は博士論文として高く評価できるため、合格と判断した。

(2) 最終試験審査

申請者は2023年2月11日、上記論文記載内容について40分間の口頭発表を行い、外部審査委員(山形大学伴教授)を含む5名の審査委員(大場, 渡辺, アガンジ, 高橋)が審査を行った。口頭発表の後、約20分間の質疑応答を行った。質問は、(1)高CO₂で低H₂Oのガラス包有物の起源、(2)圧力に応じた単斜輝石の化学組成変化は認められたか、(3)2014年噴出物と2007年噴出物の結晶度の違いの原因、(4)石基中にシリカ鉍物が存在するか、その種は何か、(5)過剰圧蓄積の期間、(6)短軸・長軸の測定方法、(7)火山防災への寄与やモニタリングとの関連、(7)マイクロライト中の溶融コアの成因等について質問があり、いずれの質問に対しても申請者は的確かつ確信をもって回答を述べた。博士号取得に値する発表および質疑応答であると判断され、合格とした。