

氏名（本籍）	アンデリアンシャー グルシンガ（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 20 号
学位授与の日付	令和 6 年 3 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1・2 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）	インドネシア東ジャワ州ラモンガン火山地帯（LVF）のマール複合火山からの マグマ水蒸気噴火噴出物  (Phreatomagmatic eruption products from the maar complex of Lamongan Volcanic Field (LVF), East Java, 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 アンドレア アガンジ (副査) 准教授 高橋 亮平

## 論文内容の要旨

Phreatomagmatic eruptions at maar volcanoes produce ash-rich pyroclastic deposits that record information about eruption dynamics and the underlying magmatic system. This thesis characterized volcanic ash preserved in maar deposits of the Lamongan Volcanic Field (LVF), East Java, to advance understanding of maar eruption processes and magmatism. The investigation of ash particles through integrated analysis of textural, morphometric, and geochemical properties from six maars reflected factors influencing the variability of ash particle type and morphology. Two juvenile ash types were identified: Juvenile A (black and brown ash) and Juvenile B (orange-brown ash), reflecting different fragmentation mechanisms. Juvenile A particles exhibited blocky shapes despite heterogeneous basaltic compositions, highlighting phreatomagmatic fragmentation. Irregular Juvenile B particles indicated magmatic fragmentation of basaltic andesite magma. Geochemical analysis of ash particles revealed two fractional crystallization trends influencing compositional variation. Major and trace element compositions revealed two fractionation trends from mafic to felsic endmembers, influenced by clinopyroxene ± olivine + plagioclase ± Fe-Ti oxide fractionation and plagioclase ± minor Fe-Ti oxide fractionation, respectively. Primitive scoria and lava compositions suggested evolution from a spinel ± garnet peridotite source undergoing crustal assimilation and fractional crystallization. Stratigraphic characterization and ash aggregate identification at Ranu Klakah maar tracked changing eruption styles over time. Abundant aggregates

in Unit 2 are correlated with intense wet conditions optimum for aggregation. Altered domains and juvenile materials within aggregates provided insights into magmatic fragmentation and vent material recycling over time. Componentry, morphometry, and mineralogy fingerprinted variable eruption dynamics through aggregate preservation. This integrated study demonstrates how volcanic ash characterization illuminates maar eruption dynamics and heterogeneity within small-scale basaltic magmatic systems like the LVF. Such multi-parameter analyses advance understanding of volcanic processes influencing monogenetic volcanism and associated hazards.

## 論文審査結果の要旨

### 論文審査結果の要旨

アンデリアンシャー グルシंगा氏は、インドネシア東ジャワ州ラモンガン火山地帯に分布するマール複合火山からのマグマ水蒸気噴火噴出物を研究した。ラモンガン火山地帯は主成層火山とそれを取り巻く単成火山群からなる。単成火山群は火砕丘とマール火山からなり、本研究ではマール火山からの噴出物を対象とした。現地調査による地質層序構築、室内での火山灰形態分析、微小部化学分析、全岩化学組成分析を行い、その結果を基に、破碎を伴う爆発のメカニズム、マグマの起源、噴煙柱での火山灰凝集過程について議論した。各火山灰層は複数種の火山灰粒子から構成され、それらを鏡下で識別し、粒子形態や化学組成が粒子タイプによりどのように違うかなどについて論じた。同一種の火山灰粒子をハンドピッキングにより集めた試料を、全岩化学組成分析に用いた。形態解析には、ソフトウェア **PARTISAN** を用いた。火山灰粒子の形態を定量的に記述するため、多数の火山灰粒子を用いて、**PARTISAN** によって決定できる形態パラメータの分析を行った。この結果を基にクラスタリング分析と主成分分析を行い、マグマ発泡破碎とマグマ水蒸気破碎による粒子形態を識別した。化学分析値と結晶量を基に、破碎時の物性（粘性）を推定した。結果として、対象火山灰は、一部を除きマグマ水蒸気破碎を示すものであった。火山灰のタイプによって異なる化学組成を示し、形態の違いは化学組成の違いを反映している。そこで、未分化な組成からより分化した組成のマグマが一連の分化作用で説明できると仮定し、その化学組成変化を **MELTS** 計算によって再現した。火山灰が示す化学組成変化は単純な結晶分別作用では説明できず、**AFC**（混染・結晶分化作用）モデルで説明できることが示された。つづいて、噴出物に多量に含まれる火山豆石の組織観察と化学分析を行い、噴煙柱での火山灰と流体の挙動の解明を試みた。火山豆石の研磨薄片を作製し、電子顕微鏡観察と **EPMA** による元素マッピングを行うことで、火山豆石の内部構造を明らかにした。火山豆石の内部に層構造が観察され、粒径と構成物が異なることが認識された。コア部に変質物に富む粗粒粒子が農集し、外側にマグマ由来の火山ガラスに富む細粒粒子が農集していた。元素マッピングでは、外側が塩素に富むことが示された。この結果を基に、噴煙柱での火山灰凝集過程モデルを構築し、マグマ成分の寄与が変化して層構造が形成したと結論付けた。

本研究の成果は、新規性が高く、質が高く十分な量のデータを基にして議論しており、定量性にも優れたものである。国際的に高い水準の研究成果であると認められ、合格と判断した。

## 2 最終試験結果の要旨

最終試験として、博士論文内容をまとめて口頭発表を行い、4名の審査員による審査を行った。提出された論文の内容を約40分で発表し、その後、質疑応答を約20分間おこなった。発表の分かりにくさや用語の定義など、予備審査段階では指摘事項が多数あったが、発表冒頭にて改善点と回答が明確に示された。論文内容を簡潔にまとめ、かつ、内容に漏れが無い適切な発表であった。また、わかりやすいスライドを作成するなど、論文内容が正確に伝えられる工夫が認められた。質疑応答では、マグマの粘性の計算方法、火山豆石の分析技術上の問題、火山豆石中の各層に含まれる相となる鉱物や特徴、特に塩素が含まれる相、ピソライトと今回の研究対象の違い、噴火様式の時間進化など、多岐にわたる質問があったが、アンデリアンシャー グルシंगा氏は各質問に対して適切に解答した。発表は審査員より高く評価され、結論として合格と判断した。