



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Petrological and Geochemical Study of Sundoro Volcano, Central Java, Indonesia : Temporal Variation in Differentiation and Source Processes in the Growth of an Individual Volcano [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Wibowo, Haryo Edi
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第12699号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65416
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Haryo_Edi_Wibowo_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 Haryo Edi Wibowo

審査担当者	主 査	教 授	中 川 光 弘
	副 査	教 授	橋 本 武 志
	副 査	准教授	栗 谷 豪
	副 査	助 教	吉 村 俊平

学 位 論 文 題 名

Petrological and Geochemical Study of Sundoro Volcano, Central Java, Indonesia: Temporal Variation in Differentiation and Source Processes in the Growth of an Individual Volcano

(インドネシア中部ジャワ、スンドロ火山の岩石学および地球化学的研究：単一火山の成長におけるマグマ発生源プロセスおよび分化作用の時間変遷)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

島弧は地球の物質循環を考える上で重要な場であり、その理解のためには島弧マグマの起源と進化を明らかにすることが必要である。そのような観点からこれまでに多くの研究が行われ、沈み込み帯でのマグマの特徴とその起源に関する理解は深まりつつある。しかしながら、物質循環過程を理解するにはマグマ発生・進化の時間変遷を高分解能で明らかにする必要があるが、そのような研究は不十分である。そこで本研究では、世界でも最も活動的な島弧のひとつであるジャワ弧の Sundoro 火山を対象として、単一の火山の成長に伴うマグマ変遷を解析し、深部プロセスの時間変遷の理解を目的とした。Sundoro 火山は中部ジャワに属する活動的火山で、その山体構造と噴火史は最近、著者も加わった共同研究によって明らかにされた。著者はその噴火史に基づき、噴火時期の明らかな試料を高密度で採取し、岩石記載および EPMA による鉱物化学組成分析、XRF および ICP-MS による全岩の主・微量成分、および MC-ICP-MS による Sr-Nd-Pb 同位体組成を求めた。

Sundoro 火山の噴出物は $\text{SiO}_2=51.5\sim62.9\%$ の組成幅を持つが、玄武岩質安山岩が卓越する。それらの全岩主・微量成分組成および同位体組成に着目すると、特に 20ka から現在までの期間に活動したマグマが、異なる 3 タイプに区分できることが明らかになった。それらは 20~9ka に活動した低 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ および低 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ で特徴付けられる A タイプ、9ka から現在まで活動している高 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ および高 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ で特徴付けられる C タイプ、それに加えて 17~14ka の時期に側噴火により噴出した、両者の中間的な Sr および Pb 同位体比をもつ B タイプである。これらの 3 タイプの岩石は、主・微量成分組成でも識別でき、全岩 SiO_2 の変化に対して、多くの元素はそれぞれ独自の組成変化を示す。各タイプの化学組成多様性は単一の初生マグマからの結晶分化では説明できない。噴出物中の斑晶鉱物組成分布および不均質マトリクスの存在などの記載岩石学的特徴を考慮すると、各マグマタイプはマグマ混合により形成されたと考えられる。実際にそれぞれのマグマ組成多様性は、マフィックと珪長質の 2 つの端成分マグマによる 2 端成分マグマ混合により説明できる。また 3 つのマグマタイプは同位体比で区別できることから、それぞれが個別の起源物質に由来する独立したマグマである。従って、スンドロ火山では 2 万年間に 3 つの初生玄武岩質マグマが存在し、それぞれの活動時期には少なくとも 3 タイプの珪長質マグマが共存していたと結論づけた。これらの珪長質マグマは共存する玄武岩質マグマの結晶

分化では形成されず、それぞれが異なる地殻物質の部分溶融等で生成したと考えられる。

次に、マントルでの初生マグマの起源とその時間変遷を議論するために、A~C の 3 つの玄武岩質マグマの地球化学的性質の検討を行った。その結果、3 タイプのマグマの組成差は、同一のインド洋タイプ MORB マントルに、沈み込むスラブから付加されるスラブ fluid の性質とその付加量が、活動時期によって異なることによって生じたと結論づけた。実際にスラブ fluid 組成やその量を、Ba/Zr, Th/Yb, La/Yb 比や同位体比を用いて求めた。その結果、スラブ fluid に占める sediment melt の割合は、A から C にかけて 50 から 60% と増加し、付加量も 1 から 2% に増加していることを明らかにした。またマグマタイプの A から C への時間変化から、sediment melt 成分の増加と付加量の増加は 9ka 頃に起こったが、それ以前にもわずかな sediment melt 成分量の増加と付加量の増加が 17~14ka にあり、その B タイプマグマが山麓から噴出していたことを明らかにした。さらに隣接する Merapi 火山において、既存文献のデータを用いて同様の解析を行ったところ、Sundoro 火山と同様に低 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比から高 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の玄武岩質マグマの時間変化が認められ、その変化は 3 万年間の活動を見ると、2000 年前頃に起こっていることを示した。このことから Sundoro 火山で見られたスラブ成分組成と付加量の時間変化は、中部ジャワで広域的に起こった現象であることが指摘できた。このような変化は安定した沈み込みの場では説明が困難であり、著者は中部ジャワに沈み込むスラブの表面地形が、西部ジャワのそれに比べて複雑なことに着目し、海山の沈み込みなどによる火山下でのスラブ表層の episodic な変化が原因である可能性を指摘した。

著者はこれまで限られた試料による限定的な研究しか行われていない Sundoro 火山において、初めての本格的な地球化学的研究を実施した。その研究では綿密な噴火史研究に基づいた、噴火年代の明らかな試料について得られた大量で高精度の地球化学的データを基にしており、ジャワ弧全体においても同様の質の研究例はほとんどない。そして、3 つのマグマタイプを明らかにし、それぞれの分化機構を明らかにした上で、初生マグマの時間変化を浮き彫りにするなど、精緻な論理を展開している。そしてジャワ弧における、ウェッジマントルに付加される fluid の組成と付加量の、数千~1 万年間程度の短期間での変化を初めて見出した。さらに隣接する Merapi 火山でも同様の変化が起きていることを見出し、中部ジャワでの広域的な現象であることを指摘した。そしてこの原因が沈み込むスラブの表面構造の不均質さに求めた。このようにジャワ弧の単一の火山において重要な発見を行っただけではなく、その現象を島弧において普遍的な現象である可能性を指摘するなど、島弧のマグマ科学および地球化学的研究に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格があるものと認める。