

学 位 論 文 題 名

Geological and Petrological Study
of the Tomuraushi Volcanic Group,
Central Hokkaido, Japan : Magma Mixing
and Eruption Styles of Zoned Magma Chambers

(北海道中央部, トムラウシ火山群の地質学的・岩石学的研究
—特にマグマ混合と成層マグマ溜まりの噴火様式について—)

学位論文内容の要旨

トムラウシ火山群は、北海道の中央部に位置する第四紀火山群で、新第三紀中新世から更新世にかけて噴出した火山岩類を基盤として活動した。また、トムラウシ火山群の火山活動は、長期にわたる活動休止期を挟んで旧期活動と新时期活動とに大別され、両者は、岩質・活動様式・噴出量からも明瞭に区別される。

旧期活動は、黄金ヶ原火山と五色ヶ原火山の活動期である。これらの火山体は、著しい侵食によりメサとなっており、山頂部の大部分を失っている。黄金ヶ原火山は、溶岩円頂丘の前トム平、溶岩丘の1898 m峰・三川台・兜岩など、東西に配列した複数の火山体から構成される。五色ヶ原火山は、化雲岳・小化雲岳・五色岳の火山体からなる。化雲岳は活動初期に形成された成層火山であり、その活動後には東側斜面の五色岳から多量の溶岩流が噴出した。また、化雲岳の西側斜面では小化雲岳が活動し、円錐形の成層火山体を形成した。活動末期には、小化雲岳の山頂部に全長3 kmの南北性断層崖と直径700 mの二つの爆裂火口が形成され、岩屑流を南西方へ流下させた。旧期噴出物の体積は、調査地域内で約20 km³である。旧期活動の岩石は、紫蘇輝石含有普通輝石かんらん石玄武岩から石英含有普通輝石紫蘇輝石デイサイトと多様である。

新时期活動は、黄金ヶ原火山の侵食崖と五色ヶ原火山と黄金ヶ原火山の鞍部で始まり、単成火山のカウンナイ・二股火山と単成火山群のトムラウシ火山を形成した。トムラウシ火山は、溶岩円頂丘と塊状溶岩流を近接する20個以上の噴出中心から流出した。噴出物の多くは、原地形面を極めて良く保存しており、溶岩堤防・溶岩じわなどの表

面微地形が観察できる。新期噴出物の体積は約5km³であり、旧期噴出物の約4分の1である。新期活動の岩石は、かんらん石石英含有普通輝石紫蘇輝石角閃石安山岩と同デイスaitであり、直径50cm以下で玄武岩質安山岩質の苦鉄質包有物（以後包有物と略）が普通に含まれる。

トムラウシ火山噴出物の母岩・包有物中には、常に顕著な非平行組織（かんらん石斑晶と石英斑晶の共存・斑晶リムにおけるノーマル及びリバースゾーニングの共存・斜長石斑晶コアのバイモーダルな組成頻度）が認められ、これらがマグマ混合の産物であることを示している。斑晶鉱物組成と斑晶のゾーニングパターンから推定される端成分マグマの斑晶組み合わせは、苦鉄質端成分マグマがかんらん石・普通輝石・An成分に富む斜長石、珪長質端成分が角閃石・紫蘇輝石・Ab成分に富む斜長石・イルメナイト・チタンマグネタイトである。母岩と包有物が常に一定の斑晶鉱物組成を持つこと、また、両者の全岩の主・微量成分化学組成が直線的な組成変化を示すことから、母岩・包有物マグマは、二端成分マグマ間の混合によって生成されたと考えられる。母岩・包有物の全岩SiO₂量と斑晶モード組成の相関性から見積もった端成分マグマの化学組成は、珪長質端成分マグマが68.0 wt%のデイスait質マグマ、苦鉄質端成分マグマが52.5 wt%玄武岩質マグマである。また、斑晶鉱物組成・斑晶量・メルト組成から見積もられる各端成分マグマの温度・水含有量・密度・粘性は、珪長質端成分マグマが840-850℃、3-4wt%、2.48 g/cm³、10^{2.1} poise、苦鉄質端成分マグマが1000℃、1-2wt%、2.52 g/cm³、10^{2.6} poiseである。また、角閃石斑晶のAl含有量から見積もられる圧力は、2.5 kb以下であり、珪長質端成分マグマは地殻浅部に定置していたと推定される。

トムラウシ火山の包有物は発泡しており、多くが珪長質端成分マグマよりも低密度である。また、包有物には急冷縁を持つものもあることから、包有物は、周囲の珪長質マグマに対して急冷固化した玄武岩質マグマの液滴と考えられる。個々の混合溶岩流における包有物の分布には、末端部で少なく、噴出中心付近に多いという規則性がある。また、噴出中心付近には、溶岩流の流出後に噴出した、噴出物全体の約60%を包有物が占める小規模な降下火砕物を確認できることもある。包有物が地下の珪長質マグマ溜まり内で生成した場合、周囲の珪長質マグマが斑状で高い降伏値（350 Pa以上）を持つために、包有物の移動が阻害され、包有物は生成場に定置される。このことは、地表で観察される包有物の分布パターンがマグマ溜まり内における包有物の分

布と一致することを意味し、包有物が珪長質マグマ溜まり内に濃集して分布していたことを示唆する。トムラウシ火山では、マグマ混合に関与した苦鉄質端成分マグマが単独では噴出していない。このことは、地殻羨部に定置した珪長質マグマが viscosity barrier として作用し、地殻内を上昇してきた苦鉄質マグマを珪長質マグマの底に定置させたことを示唆する。従って、包有物の濃集層は、苦鉄質マグマの注入を最も被りやすい珪長質マグマ溜まりの底に生成されたと考えられる。

成層マグマ溜まりを持つと考えられる火山を、大規模な火砕噴火を起こす火山と小規模な溶岩噴火を起こす火山に大別し、各々のマグマ溜まりの内部構造とその噴火様式・噴出量の関係を検討した。成層マグマ溜まりの内部構造を示すパラメータとして、マグマ溜まりを構成するに端成分マグマ間の斑晶量比 (α) を用いた。なお、 α は、地下で共存した苦鉄質マグマと珪長質マグマの斑晶量差 (ΔPh) をその SiO_2 量差 (ΔSiO_2) で割った値であり、 α 値が正の時には無斑晶質珪長質マグマと斑状の苦鉄質マグマが、反対に、 α 値が負の時には斑状の珪長質マグマと無斑晶質苦鉄質マグマが噴火直前のマグマ溜まり内に共存していたことを意味する。約 80 の地質学的・岩石学的研究が良くなされている火山噴出物の α 値を求め、 α 値と火山の噴出量・噴火様式の関係調べた。その結果、 α 値が負の火山の大部分が大規模かつ火砕物の噴出を主とした爆発的噴火を行っていること、反対に、 α 値が正の火山の全てが小規模かつ溶岩流出を主とした噴火を行っていることが明確になった。この規則性は、火山の噴火様式と噴出量が、成層マグマ溜まりを構成するマグマ間の物理的性質（例えば粘性）と化学組成の組み合わせ、特にそのコントラストによって決定されていることを強く示唆する。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 宇 井 忠 英
副 査 教 授 荒 牧 重 雄
副 査 助 教 授 新 井 田 清 信

学 位 論 文 題 名

Geological and Petrological Study of the Tomuraushi Volcanic Group, Central Hokkaido, Japan : Magma Mixing and Eruption Styles of Zoned Magma Chambers

(北海道中央部, トムラウシ火山群の地質学的・岩石学的研究
—特にマグマ混合と成層マグマ溜まりの噴火様式について—)

石崎泰男君の提出論文は5章から構成される。

第1章 序 は本研究を行う意義について論述したものである。

第2章は自身で行った詳細にわたる野外調査データに基づいてトムラウシ火山群の噴火史を記述している。トムラウシ火山群の火山活動を、長期にわたる活動休止期を挟んで旧期活動と新期活動とに大別し、岩質・活動様式・噴出量からも両者の違いが明瞭であることを始めて明らかにした。旧期活動は、黄金ヶ原火山と五色ヶ原火山の活動期である。黄金ヶ原火山は、東西に配列した複数の火山体から構成され、五色ヶ原火山は、化雲岳・小化雲岳・五色岳の火山体からなる。旧期噴出物の体積は、調査地域内で約20km³である。旧期活動の岩石は、紫蘇輝石含有普通輝石かんらん石玄武岩から石英含有普通輝石紫蘇輝石デイサイトと多様である。

新期活動は、単成火山のカウンナイ・二股火山と単成火山群のトムラウシ火山からなる。新期噴出物の体積は約5km³であり、岩石はかんらん石石英含有普通輝石紫蘇輝石角閃石安山岩と同デイサイトである。直径50cm以下で玄武岩質安山岩質の苦鉄質包有物（以後包有物と略）が普通に含まれる。

第3章では岩石の顕微鏡記載と主成分及び微量成分の分析、そして斑晶鉱物の組成

分析を行い、旧期岩石がソレアイト岩系、新期岩石がカルクアルカリ岩系に属する組成変動を持つことを示した。

第4章では第3章で示したデータを使ってトムラウシ火山噴出物の母岩と包有物中には、常に顕著な非平衡組織が認められ、マグマ混合の産物であることを論じている。母岩と包有物の全岩SiO₂量と斑晶モード組成の相関性から見積もった端成分マグマの化学組成は、珪長質端成分マグマが68.0 wt%のデイサイト質マグマ、苦鉄質端成分マグマが52.5 wt%玄武岩質マグマであることを明らかにした。また、各端成分マグマの温度・水含有量・密度・粘性は、珪長質端成分マグマが840-850 °C、3-4wt%、2.48 g/cm³、 $10^{7.1}$ poise、苦鉄質端成分マグマが1000°C、1-2wt%、2.52 g/cm³、 $10^{3.6}$ poiseである。トムラウシ火山では、マグマ混合に関与した苦鉄質端成分マグマが単独では噴出していない。地殻浅部に定置した珪長質マグマがviscosity barrierとして作用し、地殻内を上昇してきた苦鉄質マグマは包有物として珪長質マグマ溜まりの底に生成されたことを明らかにした。

第5章では成層マグマ溜まりを持つと考えられる火山を、大規模な火砕噴火を起こす火山と小規模な溶岩噴火を起こす火山に大別し、各々のマグマ溜まりの内部構造とその噴火様式・噴出量の関係を検討している。成層マグマ溜まりの内部構造を示すパラメータとして、マグマ溜まりを構成するに端成分マグマ間の斑晶量比(α)を用いた。約80の地質学的・岩石学的研究が良くなされている火山噴出物の α 値を求め、 α 値と火山の噴出量・噴火様式の関係調べた。 α 値が負の火山の大部分が大規模かつ火砕物の噴出を主とした爆発的噴火を行っていること、 α 値が正の火山の全てが小規模かつ溶岩流出を主とした噴火を行っていることを明確にした。この規則性は、火山の噴火様式と噴出量が、成層マグマ溜まりを構成するマグマ間の物理的性質（例えば粘性）と化学組成の組み合わせ、特にそのコントラストによって決定されていることを強く示唆することを示した。このようなデータ解析は従来全く行われなかった独創的なものである。

以上の提出論文は綿密なデータ解析と独創的なモデルの提示を含み、博士（理学）の学位を与えるに十分な内容であると審査委員一同は判定した。