

## 論文の内容の要旨

Development of a magma plumbing system of polygenetic volcano inferred from the structural and petrological evolution of the Otoge volcanic complex

(大峠火山岩体の岩脈群の構造および組成発達過程から推測する  
火山マグマ供給系の発達過程)

下司 信夫

マグマ溜りや火道といった地殻内のマグマの通路、すなわちマグマ供給系は、結晶分化やマグマ混合、地殻物質の同化作用などによってマグマの組成が進化する場であり、火成岩の化学組成の多様性をもたらす場であり、その構造発達およびその中のマグマの挙動の解明は岩石学の根本的な問題である。また、マグマの上昇は供給系の構造に強く影響されるため、噴火を含む火山現象の理解のためにも火山マグマ供給系の構造とその発達についての知見を蓄積することは不可欠である。しかし、火山マグマ供給系の構造を直接観察することが出来ないため、その構造発達過程の理解はいまだに不十分である。本研究では、過去に活動した火山体に露出する貫入岩体の構造および岩石学的な発達過程を解析することで、火山マグマ供給系の構造発達過程を岩石的手法から読み取る方法を探ることを目的とする。

本研究で扱う大峠火山岩体は中期中新世(約 13Ma)に活動した火山体であり、愛知県三河地方に発達する設楽火山岩体の一部を構成する火山体である。大峠火山岩体を含む設楽火山岩類は同時期の西南日本外帯～瀬戸内海地域にかけて分布する、四国海盆の南海トラフへの沈み込み開始に伴う火成活動の最東端に位置する火成活

動とされる。

大峠火山岩体の形成過程は次のように復元される。1) アルカリ玄武岩～安山岩質マグマの爆発的活動による大峠コールドロンとそれを埋積する大峠火砕岩類の噴出。2) 大峠火砕岩類の活動の直後に、コールドロン中心部にアルカリ玄武岩マグマが貫入し自破碎ブロックが形成。ほぼ同時にコールドロン南西縁に沿って鴨山川トラカイト岩脈群の貫入。3) 大峠を中心とする半径約 7km の範囲に、アルカリ玄武岩～トラカイト質安山岩からなる大峠コーンシート群の貫入。4) 大峠コーンシート群の活動と同時期に、大峠コールドロン中心部に角閃石デイサイトからなる大峠ストック群の貫入。5) 大峠コールドロンを通る南北約 30km、幅 1-3km の範囲に、アルカリ玄武岩～トラカイト質安山岩からなる設楽中央岩脈群の貫入。

大峠火山岩類の全岩 MgO 量は 5.5wt.% ~ 0 wt.%まで幅広いバリエーションをもち、これらの組成バリエーションはおもに斜長石・かんらん石・単斜輝石・鉄チタン酸化鉱物の結晶分化によって説明可能である。液相濃集元素の存在比は組成バリエーションの全領域でほぼ一定の値を示すことから、共通の親マグマからの分化作用を支持する。さらに分化程度の異なるマグマ同士の混合が浅部火道内で生じている。

大峠火山岩類の初期に形成された大峠火砕岩の本質礫に含まれる単斜輝石斑晶の Mg#は 0.1-0.7 ときわめて広いばらつきを示し、分化程度の異なるマグマが共存する不均質なマグマ溜りの存在を示唆する。後コールドロン火成活動期の全岩組成および鉱物組成のバリエーションは、いちど未分化かつ均質なマグマの活動に戻り、次第に組成バリエーションが増加し全体として分化した組成にシフトしたことを示している。

このような大峠火山岩類の岩石学的特長の時間変化は、コールドロン形成によるマグマ供給系のリセットと、後コールドロン期におけるマグマ溜りのマグマ供給と冷却過程を反映していると考えられる。大峠コールドロンの形成前には、分化程度の異なるマグマが共存する組成不均質の著しいマグマ供給系が形成されていた。コールドロンの形成を伴う噴火によって、それまでのマグマ供給系は破壊されると、比較的未分化で組成バリエーションに乏しいマグマの供給によって新たなマグマ溜りが形成され、そのマグマ溜りからの間欠的なマグマ貫入によって後コールドロン期の岩脈・岩床群が形成された。後コールドロン期の初期にはマグマ溜り内での分化作用の影響が少ないより未分化なマグマが上昇し、未固結の大峠火砕岩類に貫入して自破碎ブロックを形成した。その後、より深部からのマグマの供給率が次第に減少しながら供給系内部での結晶分化作用が進行した結果、大峠コーンシート形成期から中央岩脈群形成期にかけてその平均組成がより高 Fe#値にシフトした。結晶分化モデルは、後コールドロン貫入岩体の中で最も未分化な岩石から中央岩脈群の

平均組成までの結晶分化過程で、マグマの温度は 1080 度から 1040 度まで低下し、約 25% のマグマが結晶化したことを示す。後コールドロン期初期の高いマグマ供給率下では、マグマ溜りでのマグマの滞留時間が短く、比較的組成の均質なマグマによって比較的短期間に大峠コーンシートが形成され、マグマ供給率の低下に伴いマグマ溜り内でのマグマの平均滞留時間が増加し、中央岩脈群に見られる大きな組成のばらつきが生じたと考えられる。

大峠火山岩類の活動過程を通して、大峠火砕岩類、コーンシート群、中央岩脈群の順にその総体積が減少することからも、大峠火山岩類は次第に衰退しつつあるマグマ供給系によって形成された火山体であると考えられる。コーンシート群→平行岩脈群といった火山構造の変化もまた火成活動の衰退による応力場の推移を反映していると考えられる。岩脈・岩床の貫入方向は火山体内部の応力場を反映しており、火山体内部にはたらく応力場はマグマ溜りや火道といった火山構造そのものをもたらす局所応力場と、地殻全体に働いている広域応力場の重ね合わせからなる。高い過剰圧を持つマグマ溜りの近傍には、マグマ溜りを中心とする放射状の主圧縮応力軸配置が形成される。火成活動の活発なステージにはマグマ溜りの周辺に形成された局所的な応力が岩脈構造を支配し、その結果火山体を取り囲むコーンシート群が形成される。一方、マグマ供給量が減少し火山近傍に形成された局所的な応力場が衰退したステージには、広域応力場の影響を相対的により強く反映した平行岩脈群が形成されたと推測される。

過剰圧をもつマグマ溜り近傍の局所圧縮応力場では、最小圧縮応力軸が水平に近い場合には鉛直の岩脈の集合体からなる放射岩脈群が形成され、垂直に近い場合には岩床の集合体からなるコーンシート群が形成される。過剰圧をもつマグマ溜り近傍の応力配置を有限要素法を用いて計算した結果、偏平なマグマ溜りの縁辺部周辺への応力集中によって、コーンシート形成に適した応力配置が形成されることが明らかになった。大峠コーンシート群に見られる同心円状の岩床集中帯は、マグマ溜り縁辺部への応力集中による岩床の選択的な派生によるものと考えられる。

火山体内への間欠的なマグマ貫入の蓄積によって岩脈群は発達する。マグマ溜りに蓄えられたマグマの一部が岩脈としてより低温の地殻内に貫入・定置すると、岩脈内にトラップされたマグマは急速に冷却・結晶化する。その結果、岩脈群内にはさまざまな程度に結晶分化の進行したマグマバッチが形成される。そうしたマグマバッチに新たな岩脈が貫入することによって、マグマバッチ内の分化したマグマと新たに貫入した岩脈を満たすマグマとの間での混合が起こると考えられる。

大峠コーンシート群および設楽中央岩脈群には、非平衡な斑晶鉱物組み合わせで特徴付けられる P2 タイプ岩脈が発達する。P2 タイプ岩脈の斑晶鉱物組成は、マグマ溜りから直接もたらされた P1 タイプ岩脈を形成したマグマとほぼ同じ玄武岩

質安山岩マグマと、きわめて強く分化したトラカイト質マグマとの間での混合を示唆する。液相濃集元素の存在比から、これら両端成分のマグマは共通の親マグマに由来し分化程度の異なるマグマであることが推測される。高温実験および熱力学計算の結果から、玄武岩質安山岩マグマから 60・70%の結晶分化作用によってトラカイト質マグマが生産されることが示された。両端成分の組成と混合後の全岩組成との関係から、多量の玄武岩質安山岩マグマに少量のトラカイト質マグマが混合したことが推測される。また、両端成分に由来する斑晶の量比から、玄武岩質安山岩マグマは P1 タイプ岩脈同様斑晶に乏しく（数%未満）、一方トラカイト質マグマは高結晶度（30・60%）のクリスタルマッシュ状であったと推測される。

分化側端成分からもたらされた長石や単斜輝石斑晶には、表面に沿って虫食い状の溶融組織が観察される。単斜輝石の溶融組織の厚さは数 10~100 $\mu$ m程度で、より Mg に富む単斜輝石によって覆われている。岩脈群の岩石と同じ組成組み合わせからなるガラスおよび単斜輝石斑晶をもちいた反応組織の再現実験の結果、天然の P2 タイプ岩脈に見られる溶融組織はおよそ数日程度の反応時間で形成され得ることが明らかになった。従って、P2 タイプの岩脈の混合は、岩脈が貫入固結する数日以内に生じた可能性が指摘される。

設楽中央岩脈群内における P2 タイプ岩脈の分布は、岩脈群南端部に限られており、マグマ溜り直上の大峠コールドロン地域には見られない。従って、分化側混合端成分はマグマ溜りに蓄えられていたのではなく、岩脈群南部に存在していたと推測される。マグマ溜りから岩脈が南部に向かって貫入する過程で、分化したトラカイト質マグマ溜りと連結した結果、マグマ溜りからもたらされた玄武岩質安山岩マグマとトラカイト質マグマとの間で混合が起こったと推測される。分化側端成分も大峠火山のアルカリ玄武岩質マグマからの分化物であることを考慮すると、トラカイト質マグマは先に貫入したアルカリ玄武岩質岩脈の中にトラップされたマグマが岩脈群内で分化したものであると考えられる。大峠コーンシート群内での P2 タイプ岩床の分布は岩脈貫入密度の高い部分に限られており、高い貫入頻度が P2 タイプ岩脈の形成に必要であることが示唆される。

設楽大峠火山で観察された火山体内でのマグマの分散、孤立したマグマバッチでの分化の進行、およびマグマ同士の相互作用によるマグマ組成の多様化は、狭い領域に高頻度でマグマが貫入する複成火山では一般的に生じる現象であると考えられる。火山体内の応力配置の変化が平行岩脈群の発達を促し、その結果生じた岩脈群内での分化程度の異なるマグマ同士の相互作用が岩脈群の岩石により広い組成バリエーションをもたらされた。