

学位論文題名

Genesis of granitoids in the high T/P type Ryoke metamorphic belt,  
Southwest Japan

(西南日本、領家高温低圧変成帯における花崗岩類の成因)

学位論文内容の要旨

大量の花崗岩類の生成と成長は非定常的な構造的・熱的影響に伴って形成される。特にプレート収束の場である沈み込み帯では始生代以降非定常的な造山運動が繰り返されており、大陸衝突を伴わない太平洋型造山帯は一部で低圧型変成作用を伴うカルクアルカリ岩系深成岩類の形成で特徴づけられる。大陸地殻の平均化学組成は高Mg安山岩組成であり、実際に始生代のタービダイトは玄武岩と高いNi含有量・Mg/Fe比で特徴づけられるカルクアルカリ岩系TTG(トーナル岩-トロニウム岩-花崗閃緑岩)起源のバイモダルな物質で構成されており、このTTGは玄武岩の部分融解や結晶分化で形成することが不可能であることから、マントル内でのTTGおよび高Mg安山岩組成マグマの成因が近年活発に議論されている。一方、顕生代の沈み込み造山帯ではカルクアルカリ岩系花崗岩類とともに大量のパーアルミナス花崗岩類を伴う。これらのパーアルミスマグマは地殻物質の部分融解、つまり地殻物質への熱の供給によって形成されると考えられる。

環太平洋地域は白亜紀後期から古第三紀にかけての花崗岩類を中心とした活発な火成・造山活動によって特徴づけられ、カルクアルカリおよびパーアルミナス花崗岩類が広く分布する。このうち西南日本内帯で最も海溝側に位置する領家帯はこれらの花崗岩類が低圧型の変成岩類と密接に伴い、これまで変成岩岩石学および年代学的手法を中心とした分解能の高い熱史が得られている。本研究では中部領家帯を例として岩石学・地球化学手法による時間軸に基づいた火成岩成因を明らかにし、沈み込みに伴う低圧型変成帯火成活動と大陸地殻の成長過程の一つのモデルを提示することを目的とした。

中部領家帯の火成活動を形成年代および岩石学的特徴から以下の3ステージに分類した。Stage I (100~90Ma): 苦鉄質包有物に富み片状構造の卓越するカルクアルカリトーナル岩とこれに貫入するはんれい岩および高アルミナ玄武岩質ダイアベース; Stage II (90~80Ma): 弱片状~塊状で均質なサブアルミナス花崗閃緑岩; Stage III (80~75Ma): 塊状で白雲母を含むパーアルミナス花崗閃緑岩~花崗岩。Stage I トーナル岩はStage II、III花崗岩類と比べ明らかに異なった起源物質から形成されたことがSr, Nd,  $\delta^{18}\text{O}$ 同位体組成から判断される。特に珪長質マグマが交代作用を受けた超塩基性岩を同化しながら上昇する産状が観察される寺部岩体では $\text{SiO}_2$ 、U、Rbの増加とともにCr、Ni含有量が増加し、Fe/Mg値は一定に保たれる。さらにその化学組成はこれより大陸側に位置する下山岩体の化

学組成と連続的な変化を示す。上記元素の含有量は下山岩体で最大値を示し、特にNi含有量は玄武岩組成のダイアベースよりも高い含有量を持つ。つまりStage I カルクアルカリトーンナル岩は初生的なトーンナル岩～石英閃緑岩質マグマが交代作用を受けた超塩基性岩を同化することによって形成されたことが明瞭に判断される。また共存するはんれい岩の鉱物化学組成からは玄武岩質マグマが水に飽和した状態であったことを示しており、斜長石のリキダスの低下と早期のオリビンの晶出により、Alに富みNiに乏しい玄武岩が形成された。同位体組成からはマントルウエッジ内が堆積岩由来の液相によって汚染されていたことが理解され、トーンナル岩の同位体組成は初生マントルと100Maの海水及びこれと平衡に共存する遠洋性堆積物との混合曲線によって示されることから交代作用を受けた超塩基性岩を通過する初生トーンナル岩は沈み込むスラブの融解によって発生・上昇したと判断される。

これまで報告された熱史からは領家帯がこのカルクアルカリトーンナル岩の形成とほぼ同時期に地殻上部での急激な上昇と低下によって特徴づけられる熱異常が起きたことが知られており、はんれい岩周辺の接触変成作用が数10mにしか及ばないことから短期間に広域的な熱異常が地殻下で起きたことは明らかである。この熱異常によって地殻物質のアナテクシスが生じたものがStage II、IIIの火成活動である。特にStage IIIでは両雲母花崗岩が卓越し、岩体全体での同位体非平衡が顕著であることからこのパーアルミナスマグマの起源物質が不均質であったことが予想される。本研究ではこの不均質な起源物質を評価するために黒雲母に包有されるモナザイトを指標として岩石の分類を行うことが有効であることを見いだした。この手法によって両雲母花崗岩は変堆積岩の関与を強く受けることによって形成されたことを明らかにしただけでなく、この方法で不均質な岩石を有効に取り除くことにより、同位体的に平衡であった初生的なマグマの性質を予想することを可能とした。この結果からStage III黒雲母花崗岩の初生的なマグマは、Stage IIの新城岩体（雲母角閃石花崗閃緑岩）と地球化学的に同一の起源物質から成ることが判断された。

本研究の結果から、領家帯の火成活動が初期のスラブ～マントル起源のカルクアルカリ岩系トーンナル岩と、中期から後期にかけての地殻起源のサブアルミナス～パーアルミナス花崗閃緑岩～花崗岩に分類でき、このカルクアルカリ岩系花崗岩類の形成過程が大陸地殻の成長を示すことを示した。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 石 原 舜 三

副 査 教 授 渡 邊 暉 夫

副 査 助 教 授 松 枝 大 治

## 学 位 論 文 題 名

### Genesis of granitoids in the high T/P type Ryoke metamorphic belt, Southwest Japan

(西南日本、領家高温低圧変成帯における花崗岩類の成因)

花崗岩類は大陸地殻の生成と成長に主役を果たし、その成因を研究することは非常に重要である。プレート収束の場である沈み込み帯では始生代以降非定常的な造山運動が繰り返されており、大陸衝突を伴わない太平洋型造山帯は高温低圧型変成作用を伴うカルクアルカリ岩系深成岩類の形成による大陸の成長で特徴づけられる。大陸地殻の平均化学組成は高 Mg 安山岩組成であり、実際に始生代の諸岩石は玄武岩と高い Ni 含有量・Mg/Fe 比で特徴づけられるカルクアルカリ岩系トータル岩・トロニウム岩・花崗閃緑岩で構成される。一方、顕生代の沈み込み造山帯ではカルクアルカリ岩系花崗岩類とともに大量のパーアルミナス花崗岩類を伴う。これらのパーアルミスマグマは地殻物質の部分融解、つまり地殻物質への熱の供給によって形成されると考えられる。

環太平洋地域は白亜紀後期から古第三紀にかけての花崗岩類を中心とした活発な火成・造山活動によって特徴づけられ、カルクアルカリおよびパーアルミナス花崗岩類が広く分布する。このうち西南日本内帯で最も海溝側に位置する領家帯はこれらの花崗岩類が低圧型の変成岩類と密接に伴い、これまで変成岩岩石学および年代学的手法を中心とした分解能の高い熱史が得られている。本研究は中部領家帯の深成岩類を例として岩石学・地球化学手法による時間軸に基づいた火成岩成因を明らかにし、沈み込みに伴う低圧型変成帯火成活動と大陸地殻の成長過程の一つのモデルを提示しようとするものである。

まず著者は中部領家帯の火成活動を形成年代および岩石学的特徴から以下の3ステージに分類した。Stage I (100~90Ma): 苦鉄質包有物に富み片状構造の卓越するカルクアルカリ岩系トータル岩とこれに貫入する斑れい岩および高アルミナ玄武岩質ダイアベース; Stage II (90~80Ma): 弱片状~塊状で均質なサブアルミナス花崗閃緑岩; Stage III (80~75Ma): 塊状で白雲母を含むパーアルミナス花崗閃緑岩~花崗岩。Stage I トータル岩は Stage II、III 花崗岩類と比べ明ら

かに異なった起源物質から形成されたことが Sr, Nd,  $\delta^{18}\text{O}$  同位体組成から判断される。特に珪長質マグマが交代作用を受けた超塩基性岩を同化しながら上昇する産状が観察される寺部岩体では、 $\text{SiO}_2$ 、U、Rb の増加とともに Cr、Ni 含有量が増加し、Fe/Mg 値は一定に保たれる。さらにその化学組成はこれより大陸側に位置する下山岩体の化学組成と連続的な変化を示す。上記元素の含有量は下山岩体で最大値を示し、特に Ni 含有量は玄武岩組成のダイアベースよりも高い含有量を持つ。つまり Stage I カルクアルカリ岩系トーナル岩は初生的なトーナル岩～石英閃緑岩質マグマが交代作用を受けた超塩基性岩を同化することによって形成されたことが明瞭に判断される。また共存する斑れい岩の鉱物化学組成からは玄武岩質マグマが水に飽和した状態であったことを示しており、斜長石のリキダスの低下と早期のオリビンの晶出により、Al に富み Ni に乏しい玄武岩が形成された。同位体組成からはマントルウエッジ内が堆積岩由来の液相によって汚染されていたことが理解され、トーナル岩の同位体組成は初生マントルと 100Ma の海水及びこれと平衡に共存する遠洋性堆積物との混合曲線によって示されることから、交代作用を受けた超塩基性岩を通過する初生トーナル岩は沈み込むスラブの融解によって発生・上昇したと判断される。

これまで報告された熱史からは、このカルクアルカリ岩系トーナル岩の形成時に領家帯に熱異常が生じており、斑れい岩周辺の接触変成作用が数 10 m にしか及ばないことから短期間に広域的な熱異常が地殻下で起きたことは明らかである。この熱異常によって地殻物質のアナテクシスが生じたものが Stage II、III の火成活動である。特に Stage III では両雲母花崗岩が卓越し、岩体全体での同位体非平衡が顕著であることからこのパーアルミナスマグマの起源物質が不均質であったことが予想される。本研究ではこの不均質な起源物質を評価するために黒雲母に包有されるモナザイトを指標として岩石の分類を行うことが有効であることを見いだした。この手法によって両雲母花崗岩は変堆積岩の関与を強く受けることによって形成されたことを明らかにしただけでなく、この方法で不均質な岩石を有効に取り除くことにより、同位体的に平衡であった初生的なマグマの性質を予想することを可能とした。この結果から Stage III 黒雲母花崗岩の初生的なマグマは、Stage II の新城岩体（黒雲母角閃石花崗閃緑岩）と地球化学的に同一の起源物質から成ることが判断された。

以上のように本研究は中部地方領家帯の深成岩類を克明に解析することにより、その火成活動が初期のスラブ～マントル起源のカルクアルカリ岩系トーナル岩と、中期から後期にかけての地殻起源のサブアルミナス～パーアルミナス花崗閃緑岩～花崗岩の活動からなり、初期の沈み込み運動による海洋物質とマントル物質の付加によるトーナル岩の生成による大陸の成長、更なる地温上昇による地殻物質の溶融によって両雲母花崗岩が生成する過程を見事に描き出した。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ある者と認める。