

学位論文要旨

(Summary of the Doctoral Dissertation)

学位論文題目 (Dissertation Title)	西中国, 白亜紀火成活動と大陸地殻の進化 (Cretaceous magma activities in West Chugoku district, Southwest Japan: Implications for evolution of continental crust)
氏名(Name)	児玉省吾
<p>海洋地殻が沈み込む大陸下のマントルウェッジでは, 苦鉄質マグマが生じ, その上昇・底付けによって新たな大陸地殻が形成される. そして苦鉄質マグマを熱源として既存の下部地殻が溶融し, 珪長質マグマを形成する. このようなマグマ過程は, 大陸地殻の成長と進化を促す. すなわち, 沈み込み帯における多様なマグマ過程を解析することは, 大陸地殻成長の解明に繋がる.</p> <p>西南日本には, 白亜紀から古第三紀にかけて活動した火成岩類が広く分布する. 近年, 花崗岩類のジルコン U-Pb 年代と沈み込む海洋プレートの熱構造や運動像に基づいた白亜紀のマグマ形成過程が検討されてきた. その結果によると, 白亜紀の火成活動は, 若く暖かいプレートの沈み込みによって始まり, その後古第三紀には東アジア東縁に発達したリフトに関連した火成活動へ移り変わっていった. 一方で, こうしたテクトニクスの変遷がどのようにマグマ組成の変化に対応したのかについては, 不明な点が多い. そこで本論文では, 第1章序論に続き, 主に西中国の白亜紀の深成岩類を対象に, 1) 苦鉄質マグマと珪長質マグマの成因的關係 (第2, 3章), 2) 珪長質マグマの組成変化と火成活動史の検討 (第4章), および 3) マントルウェッジにおける地殻・マントル相互作用について検討し, 沈み込み帯における地殻-マントル相互作用の変遷を議論した (第5, 6章).</p> <p>第2, 3章では, 山口県須々万地域に分布する須々万-長穂複合深成岩体 (Susuma-Nagaho Plutonic Complex : SNPC) と花崗岩体を研究対象とした. ここでは SNPC と花崗岩が隣接して定置している. SNPC と花崗岩は産状, 記載的特徴および黒雲母 K-Ar 年代からマグマ同士で共存していたと考えられる. しかし, SNPC と花崗岩の起源物質は異なり, SNPC は同位体的に肥沃なマントルから, 花崗岩は中間質な組成の下部地殻に由来した. すなわち, 花崗岩マグマはマントルから上昇してきた SNPC の苦鉄質マグマを熱源として, 下部地殻の溶融することで生じたと考えられる. SNPC の細粒斑レイ岩は Mg# が 65~69, FeO*/MgO が 1 前後もしくは 1 以下で, 比較的未分化な組成を示す. 細粒斑レイ岩は早期にカンラン石を晶出したので, 計算によって未分化組成を求め, マグマの特徴を検討した. その結果, 細粒斑レイ岩は低 K ~ 中 K 玄武岩組成の特徴を持ち, 共存する斜長石の組成から H₂O を 3 wt% 以上含むマグマに由来することが明らかとなった. さらに, SNPC の Sr-Nd 同位体組成はイプシロン図上でマントル列から離れ肥沃な組成範囲を示すことから, 肥沃なマントルに由来したと想定される.</p> <p>第4章では, 領家帯花崗岩類を対象に近年報告されたジルコン U-Pb 年代と岩石化学的特徴の対応関係について検討した. 領家帯花崗岩類は, 産状や変形構造の特徴から活動年代が異なる古期花崗岩と新时期花崗岩に区分されてきた. 一方, ジルコン U-Pb 年代と変形構造の特徴は</p>	

対応せず、従来の区分が成立しない可能性が出てきた。そこで、山口県南東部に分布する古期花崗岩と新期花崗岩の産状、記載的特徴および岩石化学的特徴を検討した。その結果、両岩体は一連のマグマ活動で形成し、時代的に区別できないことが明らかになった。

第5章は、白亜紀マントル組成の時代的変遷を理解するため、中～四国地方を中心に未分化な苦鉄質岩の Sr-Nd 同位体組成を検討した。また、共存する花崗岩のデータも含め、花崗岩マグマとの成因的関係を広域に検討した。その結果、苦鉄質マグマと花崗岩マグマの同位体組成の特徴は、共に類似の経年変化を示すことが明らかになった。すなわち、花崗岩マグマの起源物質は主に底付けされた苦鉄質下部地殻であると考えられる。一方、苦鉄質岩の検討結果から、マントルの Sr-Nd 同位体組成は 105 Ma～92 Ma にかけて肥沃的な組成へ変化することが明らかになった。こうした変化を説明するためには、105 Ma 以前に存在したと考えられる白亜紀マントル組成に大陸地殻物質を 30～40 % 反応させる必要がある。東アジアに沈み込む海洋プレートの運動を考慮すると、105 Ma～90 Ma に大陸地殻の構造侵食が進行し、海溝から大陸地殻物質が大量に沈み込んだ可能性がある。このような過程によって、海溝から供給された大量の堆積物が肥沃的なマントルウェッジを形成したと推察される。以上から、沈み込み帯では、海洋プレート運動の状態によって地殻-マントル間の相互作用の様式が変化し、それに対応した火成活動が大陸で起こることが明確になった。そして、構造侵食はマントルウェッジの組成を劇的に変化させることが明らかになった。

学位論文審査の結果及び最終試験の結果報告書

山口大学大学院創成科学研究科

氏 名	児玉 省吾
審査委員	主 査：大和田 正明
	副 査：志村 俊昭
	副 査：太田 岳洋
	副 査：永島 真理子
	副 査：岩谷 北斗
論文題目	西中国，白亜紀火成活動と大陸地殻の進化 (Cretaceous magma activities in West Chugoku district, Southwest Japan: Implications for evolution of continental crust)
<p>【論文審査の結果及び最終試験の結果】</p> <p>海洋地殻が沈み込む大陸下のマントルウェッジでは，苦鉄質マグマ（玄武岩マグマ）の上昇・底付けによって新たな大陸地殻が形成され，そのマグマを熱源として下部地殻が熔融し，珪長質マグマ（花崗岩マグマ）を形成することが知られている。申請者は，白亜紀（1億4500～6600万年前；恐竜が最も繁栄した時代）の深成岩類を例に沈み込み帯における多様なマグマ過程と大陸地殻進化の詳細を検討した。本論文は6章から構成され，研究の背景・目的と分析手法の説明（第1章）に始まり，地殻内のマグマ過程とマントル起源の未分化マグマの推定（第2,3章），地殻起源の花崗岩マグマの組成変化（第4章），沈み込むプレートによって運ばれた大陸地殻物質とマントルとの反応およびマントル上昇時の組成改変（第5章），そして全体のまとめとして沈み込み帯におけるマグマの多様性と大陸地殻の進化（第6章）を議論した。</p> <p>1. 山口県周南市に分布する須々万-長穂複合深成岩体(SNPC)は花崗閃緑岩～はんれい岩（9200万年前）から構成される。この岩体と隣接する花崗岩の成因的關係を検討した。SNPCと花崗岩の起源物質は異なり，SNPCは同位体的に肥沃なマントルから，花崗岩は下部地殻に由来し，地殻を溶かして花崗岩マグマを形成した熱源がSNPCを構成した玄武岩マグマであることを明らかにした。地殻が熔融した時の温度と深度は，はんれい岩のマグマ組成と平衡共存した角閃石の化学組成から見積もった。さらにSNPCのはんれい岩から未分化玄武岩マグマ組成を検討し，そのマグマと斜長石の組成からマグマ中の含水量が3～5wt%であったことを推定した。この推定は早期に含水鉱物（角閃石）がマグマから晶出している現象と調和的である。そして，同位体的に肥沃なマントルがマグマの形成に重要な役割を果たすとした。</p> <p>2. 地殻起源の花崗岩マグマの組成変化の検討は山口県東部屋代島産の花崗岩体（1億年前）で検討した。屋代島は東西約30kmに広がる島全体が花崗岩から構成される。従来の</p>	

知見によると岩相の異なる 2 つの独立した花崗岩体が分布する。申請者は詳細な地質調査と岩石学的検討から島を構成する花崗岩は東へ傾いた巨大なマグマ溜まりの断面であるとした。この新たな見解は地殻内のマグマ過程を明らかにしただけでなく、巨大マグマ溜まりが地殻熱流量や物性の挙動に関与することを示唆する。

3. 白亜紀の日本列島は海洋プレートの沈み込みによるマグマ活動が活発で、中国地方に限ればこの時代に形成した火成岩の地表露出面積は全体の 90%を占める。その原因はマントルが大量に溶融した事によると考えられている。本研究は、西中国に産する白亜紀に形成したマントル起源の玄武岩マグマに由来するはんれい岩を対象にマントル Sr-Nd 同位体組成の経年変化を初めて明らかにした。そして沈み込み帯におけるマントル大量溶融のメカニズムを検討した。その結果、1) プレートに乗って地下深部へ運ばれた大量の大陸地殻物質とマントルウェッジに由来するマグマ同士が混合(Mixing)して同位体的に肥沃な初生マグマの形成し、2) その初生マグマがマントル内を上昇中にマントル物質を同化(Assimilation)することでより未分化なマグマ組成へ変化(Compositional change)した後、マントルから分離して地殻に貫入した、とする **MACH model** を提案した。さらに3) 地殻内ではマントル起源の玄武岩マグマの貫入によって下部地殻の溶融が促進され、花崗岩マグマを形成することで地殻内の化学組成も変化していった。1) で大量の地殻物質がマントルへ運び込まれる原因は沈み込むプレート速度の変化に伴う構造侵食を想定した。この新たなモデルは、沈み込み帯におけるマントルの肥沃化と玄武岩マグマ生成の関係を明確にただけでなく、大陸地殻へのマグマの付加と構造侵食による大陸地殻削剥のバランス(比率)に示唆を与え、プレート運動の変化の原因や地球史 46 億年を通じての大陸地殻の形成・進化の解明に貢献できると推察される。

公聴会における主な質問内容は、マグマの定置深度を推定するために用いた鉱物化学組成とマグマとの平衡関係、マントル内で上昇するマグマがマントルを同化するメカニズム、マグマと地殻物質との反応、時間間隔をさらに広くとった場合マントル組成の変化は今回提案したモデルで外挿可能か、そしてマントルと反応する地殻物質の妥当性であった。いずれの質問に対しても発表者からの的確な回答がなされた。

以上より本研究は独創性、信頼性及び学術性に優れ、博士(理学)の論文に十分値するものと判断した。

論文内容及び審査会、公聴会での質問に対する応答などから、最終試験は合格とした。

なお、主要な関連論文の発表状況は下記の通りである。(関連論文計 2 編、参考論文計 0 編)

- 1) S. Kodama, M. Owada, T. Imaoka and A. Kamei, Sr-Nd isotopic compositions of the Susuma-Nagaho Plutonic Complex in the San-yo Belt, Southwest Japan: Implications for the Cretaceous enriched mantle. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 114, pp. 99-104, 2019.
- 2) 児玉省吾, 大和田正明, 亀井淳志, 池田雄輝, 井無田譲嗣, 山口県南東部, 屋代島に産する領家帯花崗岩類のマグマ過程. *岩石鉱物科学*, 2021 年 2 月掲載 (電子版公開中).