

氏名・(本籍)	たか しま れい し 高 嶋 礼 詩
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	理博第1790号
学位授与年月日	平成12年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科, 専攻	東北大学大学院理学研究科(博士課程)地学専攻
学位論文題目	Late Mesozoic volcanism and tectonics in Hokkaido, Japan. —Evolutional history of an island arc along the eastern margin of Eurasian Continent— (後期中生代における北海道のテクトニクスと火成活動—ユーラシア大陸東縁における弧島発達史—)
論文審査委員	(主査) 教授 大槻 憲四郎 教授 箕島 幸治, 海保 邦夫 助教授 永広 昌之, 吉田 武義 助教授 西 弘 嗣(九州大学)

論 文 目 次

Abstract

1. Introduction
2. Geologic setting and targets of this study
 - 2-1. Geologic setting of the late Mesozoic formations in the western and central zones of Hokkaido
 - 2-2. Review of the stratigraphy of the Sorachi Group
 - 2-3. Background of the study of the Sorachi Group
3. Geology of the Upper Jurassic to Lower Cretaceous formations distributed in the Sorachi-Yezo Belt
 - 3-1. Yubari Mountains area
 - 3-2. Nae Mountains area
 - 3-3. Nunobe area
 - 3-4. Soshubetsu area
4. Biostratigraphy
 - 4-1. Establishment of biozone in the Yubari Mountains area
 - 4-2. Local correlation
 - 4-3. Lithological correlation based on the biohorizons
5. Chemistry of the igneous rocks of the Sorachi and the Kumaneshiri Groups
 - 5-1. Analytical Method
 - 5-2. Result
6. Reconstruction of the transitional history of the sedimentary environment of the Sorachi Group
7. Discussion

7-1. Tectonic setting of the Sorachi Group

7-2. Evolution in time-space of the volcanism and tectonics in the axial zone of Hokkaido, late Mesozoic

Conclusions

Acknowledgments

References

Plates

論文内容要旨

序論

北海道中軸部には、後期中生代のユーラシア大陸東縁に位置していた島弧-海溝系において形成された地質体が、当時の海溝軸と直行する方向（東西）で繰り返し露出している。従って、島弧断面と岩質の時空間的変遷を追跡するのに適している。また、これらの地層は世界でも数少ないジュラ紀末期から白亜紀末期にかけての連続層序であり、近年、微化石を中心として、中緯度地域の標準層序の確立を目指すプロジェクトが盛んに進められているとともに、スーパープルームに伴う地球規模の気候変動と古環境、生物の絶滅イベントとの関連が盛んに議論されている。しかしながら、これらの地質体のテクトニクスと堆積環境の検討はいまだ進んでいるとはいえないのが現状である。空知-蝦夷帯を構成する蝦夷層群については前弧海盆の堆積物であるというのは共通の見解であるが、その基盤を成す空知層群のテクトニクスについては付加した海台であるとする説、トラップされた海洋地殻であるとする説など、さまざまな見解があり、いまだ意見の一致を見ていない。本論では、空知層群が最も幅広く分布する北海道中央部の4つの地域（夕張山地、奈江山地、布部地域、双珠別地域）において、同層群及びその上位の蝦夷層群下部の層序を検討し、空知層群のテクトニックセッティングを明らかにするとともに、ユーラシア大陸東縁部の後期中生代テクトニクスと火成活動の時空変遷について考察した。

層序・地質概説

1. 夕張山地

本地域の空知層群は下位より、玄武岩質枕状溶岩、ハイアロクラスタイトを主体とし、碎屑岩類を伴う極楽平層、玄武岩枕状溶岩および赤色泥岩からなる芦別川層、粗面安山岩質火山碎屑岩類からなる中天狗層、凝灰質泥岩、粗面安山岩質火山碎屑岩からなる尻岸馬内川層に区分される。このうち、極楽平層中に狭在する碎屑岩類は、凝灰質泥岩を主体とし、安山岩質およびデイサイト質火山碎屑岩類を伴う鉢盛山凝灰岩部層とアルコース質砂岩泥岩互層からなる心配沢砂岩部層の2つの部層に細分される。

2. 奈江山地

本地域の空知層群は下位より玄武岩質枕状溶岩主体の極楽平層、凝灰質泥岩からなる奈江川層、玄武岩質枕状溶岩主体で、泥岩を伴うパンケテシマナイ川層、凝灰質泥岩主体のペンケテシマナイ川層の4つの累層に区分される。

3. 布部地域

本地域の空知層群は、玄武岩質枕状溶岩主体の極楽平層、筑紫岳微閃緑岩体、粗面安山岩質礫岩、砂岩、泥岩からなる麓郷層、玄武岩質枕状溶岩を主体とする布部層の3つの累層および1つの岩体に区分される。このうち、筑紫岳微閃緑岩体と麓郷層は不整合関係にある。

4. 双珠別地域

本地域の空知層群は、玄武岩質枕状溶岩からなる極楽平層と、凝灰質泥岩からなる尻岸馬内川層の2つの累層に区分される。

火成活動とその岩石化学的性質の時空変遷

調査した空知層群の層序について、放散虫化石の生基準面を基に対比を行い、空知-蝦夷帯における火成活動を6つのステージに区分した。また、より広域に火成活動のバリエーションを明らかにするために、同時代に火成活動があった礼文-樺戸帯（空知-蝦夷帯の西に隣接する地質体）についても検討を行った。

1) Stage 1 (ジュラ紀Kimmeridgian-白亜紀Berriasian最初期)

このステージでは、空知-蝦夷帯において大規模なソレイト玄武岩質の海底火山活動が行われ、一方、背弧側の礼文-樺戸帯では、カルクアルカリ安山岩、カルクアルカリデイサイト、粗面安山岩質の火山活動が火山島やその周辺の海域において行われていた。空知-蝦夷帯の玄武岩はアルカリ元素に乏しく、HFS、LIL元素ともにデプリートしていたのに対して、礼文-樺戸帯のものはLIL元素にエンリッチしていた。

2) Stage 2 (白亜紀Berriasian前期)

このステージでは、夕張山地東翼の南部においてソレイトから高アルミナ玄武岩質の海底火山体が形成された。夕張山地西翼の芦別川層に狭在する火砕性砂岩中の碎屑粒子の検討から、この玄武岩質火山活動のほかにカルクアルカリ安山岩質および粗面安山岩質の火山活動も起こっていたと推定されるが、それらの山体は現在のところ地表に露出していない。これらの火山体は碎屑岩類が示す古流向から、夕張山地の西翼と東翼の間に位置していたと推定される。これらの火山岩類の組成は、ステージ1の空知-蝦夷帯のものよりも若干、LIL元素にエンリッチしていた。

3) Stage 3 (白亜紀Berriasian後期)

このステージでは夕張山地西部と布部地域において粗面安山岩質の火山体が形成され、特に夕張山地付近では大規模な水中火砕流を噴出していたと考えられる。これらの火山体は一部が海面から顔を出して火山島を形成しており、ウーイドやサンゴなどからなる石灰岩を含むことから、温暖な環境下であったことが示唆される。このステージを境に、空知-蝦夷帯の火成活動は、アルカリ岩系列のものが卓越するようになり、それらはLIL,HFS元素ともにMORBに対してかなりエンリッチした組成を示す。

4) Stage 4 (Berriasian末期-Barremian)

このステージでは、布部地域においてのみ、アルカリ玄武岩質の海底火山体が形成されている。しかし、その他の地域では、火山活動は休止しており、堆積速度が急激に減少する傾向が認められる。一方、この時期から背弧側の礼文-樺戸帯において活発な海底火山活動が始まった。この火山活動は、比較的深い海盆底の環境下で起こり、主にLIL、HFS元素がデプリートしたソレイト玄武岩からなる。

5) Stage 5 (Barremian)

このステージでは奈江地域ではアルカリ玄武岩質の大規模な海底火山体が形成され、一方、夕張山地では粗面安山岩質ないしカルクアルカリ安山岩質の火山体が形成された。このうち、夕張山地の火山体は一部が海面から顔を出し、火山島を形成していた。また、ウーイドや珊瑚などの化石を産することから、温暖な環境下であったことが示唆される。礼文-樺戸帯では引き続きソレイト玄武岩の海底火成活動が活発であった。

6) Stage 6 (Aptian)

このステージになると、空知-蝦夷帯における火山活動は終了した。火山フロントは礼文-樺戸帯まで後退し、火成活動を終えた空知-蝦夷帯は大きく沈降して、前弧海盆域へと変化する。一方、西方のユーラシア大陸ではジュラ紀付加体の渡島帯が隆起し、前弧海盆域での碎屑岩組成を大きく変化させた。

空知層群下部のテクトニックセッティング

従来、空知層群下部の玄武岩の形成場については、陸源砕屑岩類が狭在しないという地質学的データが重要な判断基準となっていた。しかし、本研究によって、空知層群下部の玄武岩類は夕張山地西翼のシューパロ川地域において、カルクアルカリ安山岩質、カルクアルカリデイサイト質および粗面安山岩質の水中火砕流堆積物からなるユニットとアルコース質のタービダイト砂岩および暗灰色泥岩からなるユニットを狭在することが明らかとなった。これらの砕屑岩類の年代はジュラ紀Kimmeridgianから白亜紀Berriasian最初期を示しており、明らかに玄武岩類の形成と同じ時期に堆積したものである。カルクアルカリ安山岩およびデイサイトは島弧に典型的な岩石で、海嶺、海洋島や海台などからの報告はなされていない。また、アルコース砂岩の組成はQFLモード組成比で渡島帯のジュラ紀付加体を覆う砂岩に類似し、岩片組成も花コウ岩質岩類やホルンフェルス、白雲母片岩などを含む。このことから、空知層群下部の玄武岩は、ユーラシア大陸東縁部に位置する海洋性島弧域において形成されたことが明らかとなった。また、空知層群はチャート、珪質泥岩が卓越することから深海底で形成されたと考えられてきたが、チャートとされてきた堆積岩は火山灰が再堆積して生じた堆積岩であり、深海を示唆するものではない。むしろ、ウーライト石灰岩などを伴うことから、空知層群下部が形成された場は多島的な環境（現在の伊豆諸島のような）であると結論される。

北海道の後期中生代テクトニクスと火成活動

空知層群の岩石学的検討は、これまで主に下部の緑色岩体だけに限られており、それ以外の火山岩についての検討はほとんど成されてこなかった。しかし今回、狭在する火山岩類とともに、砂岩中の火山性砕屑粒子についても検討することにより、空知層群の全ての層準について火山岩類の化学組成上の特徴とその時空変遷を明らかにし、およそ20m.y.にわたる時空変遷を検討した。その結果、北海道中軸部はジュラ紀末期から白亜紀Berriasian初期（ステージ1-2）にかけてはフロント側から背弧側に向かってアルカリ元素などの液相濃集元素が増加しており、マントルからのマグマの分離深度が深く、部分熔融程度が低かったのに対して、白亜紀Berriasian後期からBarremian（ステージ3-5）ではフロント側より背弧側の方が液相濃集元素組成が減少しており、マグマの分離深度が浅く、部分熔融程度も大きくなっていたことが明らかとなった。つまり、ステージ3の時期に火山岩組成の島弧横断広域変化傾向における逆転現象が起きていたことになる。また、堆積相の解析から、ステージ3から5にかけての時期は、フロント側では火山島列を構成していたのに対して、背弧側では海盆底の環境下にあったことが明らかになった。このことは、東北日本弧第三系での火山活動との比較から、北海道中軸部がジュラ紀末期から白亜紀初期にかけて大陸縁の島弧であったが、白亜紀Berriasian末期に現在の礼文-樺戸帯において背弧海盆が拡大した結果、マントルでの地温勾配、マグマの分離深度および部分熔融程度のラテラルバリエーションが逆転したと解釈することができる。

論文審査の結果の要旨

高嶋礼詩提出の博士論文は、中生代北海道中軸帯のプレートテクストニクスを解明したものである。後期ジュラ紀から前期白亜紀の空知層群には大量の火山岩が伴われ、その起源に関しては、トラップされた海洋性地殻であるとする説と海台が付加したものとする説が唱えられてきた。高嶋君はこのような説が必ずしも説得的ではないことを見抜き、数百日にわたる4つの地域の詳細な地質調査に基づく堆積環境の復元、放散虫化石による年代決定、火山岩類と碎屑粒子の鉱物組成、主要元素組成、および微量元素組成の測定に基づく研究を精力的に行い、以下の新事実を明らかにした。

1. 4つの調査地域に共通した堆積環境と火山活動の変遷史が認められ、Kimmeridgian から Aptian までの6つのステージを識別し、解像度の高い年代を与えた。
2. 空知層群最下部の大量の火山岩は現地性岩体であること、玄武岩が深海起源であるとする根拠は誤りであり、石灰質 ooid が堆積する程度の深度であったこと、空知層群と蝦夷層群堆積時を通して陸源碎屑粒子が供給されていたことなどから、常に大陸縁辺部に位置しており、Aptian には火山活動が終了し、著しく沈降したとした。
3. 海洋性地殻説あるいは海台説の根拠とされた空知層群最下部の大量の火山岩は LIL 元素に富むソレイト質玄武岩であり、その後の火山岩類は LIL 元素に富んだ高アルミナからアルカリ岩系列のカルクアルカリ質粗面安山岩と珪長質凝灰岩類であり、いずれも島弧火成活動起源であることを明らかにした。
4. 各種の LIL 元素と HFS 元素を用いたプロセス判定図から、Kimmeridgian から Berriasian にかけてのマグマ分離深度は、北海道中軸帯東部から礼文一樺戸帯に向って深くなり、ユーラシア大陸に向って沈み込むスランプに支配された通常の島弧であったが、Berriasian 末期以後は礼文一樺戸帯でマグマ分離深度が浅くなり、かつ部分熔融度が増加したことをつきとめた。このことは背弧側での熱的イベントを示唆する。

以上の研究結果は、従来の説に代わる新たな事実を、緻密な自然観察と分析によって提示したものであり、研究が立ち後れてきた北海道中軸帯プレートテクトニクスの研究のベンチマークな成果であると評価でき、自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。したがって、高嶋礼詩提出の論文は、博士（理学）の学位論文として合格と認める。