

機関番号：13101

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540463

研究課題名 (和文) 玄武岩マグマの加熱による地殻の溶融-沈み込み帯のフェルシクマグマの起源-

研究課題名 (英文) Partial melting of the crust caused by heating of basalt magma-Generation of felsic magma in the subduction zone

研究代表者

周藤 賢治 (SHUTO KENJI)

新潟大学・自然科学系・フェロー

研究者番号：50143748

研究成果の概要 (和文)：西南北海道及び北部北海道に産する古第三紀～第四紀の玄武岩及び珪長質火山岩について、主要元素組成、微量元素組成、Sr・Nd 同位体組成の検討がなされた。その結果、珪長質マグマは下部地殻構成岩の部分溶融によって生成されたことが明らかになった。日本海及びオホーツク海の拡大に伴って上昇したアセノスフェアに起源をもつ玄武岩質マグマからの加熱により、下部地殻が溶融したことが論じられた。

研究成果の概要 (英文)：The major- and trace-element compositions, and Sr and Nd isotopic data were presented for Oligocene to Quaternary basaltic and felsic volcanic rocks including dacite and rhyolite from Southwest Hokkaido and North Hokkaido. These data showed that felsic magmas were generated by partial melting of the lower crustal rocks beneath SW Hokkaido and North Hokkaido. Asthenosphere-derived basaltic magmas have both been erupted at the surface, and fluxed and heated the lower crust causing melting, and producing coeval felsic magmas.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究代表者の専門分野：岩石学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：アセノスフェア，リソスフェア，下部地殻，部分溶融，玄武岩，フェルシク火山岩，西南北海道，北部北海道

## 1. 研究開始当初の背景

本研究を進めるために、以下の問題設定を行った。

問題設定 1：フェルシク火山岩の研究の現状

佐渡島の前期中新世の安山岩～流紋岩及び新潟地域の中期中新世の流紋岩についての  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初生値 (SrI) 及び  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  初生値 (NdI) から、これらは

下部地殻起源であることが論じられ、下部地殻を溶融した熱源は日本海の拡大に伴って上昇したアセノスフェアから生じた玄武岩質マグマに求められていた。また、瀬戸内地域の中新世の安山岩は下部地殻起源のフェルシクマグマと高マグネシア安山岩マグマの混合で形成されたことが明らかにされた。北部北海道には中新世に活動した、玄武岩、

安山岩、デイサイト～流紋岩が広く分布している。その一つの遠軽地域の流紋岩はパーアルミナスな性質をもっていて $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ も高いことから、そのマグマは下部地殻起源と推定されている。しかし、その他の多くのデイサイト～流紋岩の成因はまだ不明である。

#### 問題設定2：玄武岩の研究の現状

(1) 北部北海道の玄武岩の多くは12Ma以降に形成されたものである。それらのうち、11の産地から精選された59の玄武岩試料について、SrIとNdIの時間変遷を検討された。多くの玄武岩のSrIとNdIは、東北日本の背弧側の15Ma以降の玄武岩のSrIとNdIに類似していることから、東北日本の玄武岩に議論されてきたことと同様に、北部北海道の12Ma以降の玄武岩質マグマは、オホーツク海の拡大時に上昇したと推定されるアセノスフェアからもたらされたことが論じられ、15Ma前後における北部北海道から東北日本弧背弧側に至る広範囲にわたってアセノスフェアが上昇し、大量の玄武岩質マグマが生成されたことが論じられた。

(2) これらの玄武岩の斑晶カンラン石のFo-Ni0の関係から初生マグマ組成と部分熔融度の推定、カンラン石のFoとカンラン石に包有されるスピネルのCr値の関係から部分熔融度の推定などが行われ、10-12Maとそれ以降とでは初生マグマの生成深度や部分熔融度に違いがあることが明らかにされ、このことがアセノスフェアの上昇深度との関係から論じられた。これは背弧海盆の形成に伴って上昇したアセノスフェアとその上昇深度、部分熔融度などの関連を具体的に明らかにした初めての例である。

(3) 新潟地域の22Ma以降の玄武岩のSr, Nd同位体比及びREEによる検討がなされ、15Ma以前の玄武岩は同位体的にエンリチしたものであり、15Ma以降の玄武岩は同位体的に枯渇したものであることが明らかにされた。さらに東北日本背弧側の22-18Maの玄武岩のSr, Nd同位体比の詳細な検討によれば、SrIとNdIは背弧を縦断する方向で系統的に変化することが明らかにされ、これは同位体的にエンリチしたマントル由来と枯渇したマントル由来の玄武岩質マグマの混合によって説明された。以上のように、22～15Maとそれ以降の玄武岩の同位体的違いとそれらの起源マントルの同位

体的違いとの関連が、より具体的に論じられるようになったといえる。

これまでの研究は次のように要約される。1) アセノスフェア起源の玄武岩質マグマが東北日本の背弧側では約15Ma以降に、北部北海道では約12Ma以降に活動した。2) 東北日本弧ではこのアセノスフェアは日本海拡大前から活動していた可能性があり、アセノスフェアが上位の大陸性リソスフェアを熔融させ、15Maより古い同位体的にエンリチした玄武岩質マグマを生じた可能性が高い。3) これらの玄武岩質マグマの加熱によって下部地殻が熔融しフェルシクマグマが生成された可能性がある。3)の課題を解明するのが本研究の目的である。

#### 問題設定3：フェルシク火山岩の起源の解明-何をどこまで明らかにするか

これまでの研究代表者らによる北部北海道～東北日本弧の中新世の玄武岩と関連岩の研究結果は、15～12Ma以降に、北部北海道～東北日本弧背弧側の最上部マントルでは大量の玄武岩質マグマが生成され、それらは下部地殻に添加されたことを示唆している。したがって、同時代のデイサイトや流紋岩は、玄武岩質マグマによって下部地殻物質が加熱され、それが部分熔融して形成された可能性が高い。

このことを検証するために、以下の研究を行う。

- ① 西南北海道及び北部北海道の中新世のデイサイト～流紋岩についての主要・微量元素組成の検討
- ② 下部地殻起源のフェルシク火山岩のSr, Nd同位体比は、玄武岩のそれと異なることが期待されるので、フェルシク火山岩のSr, Nd同位体比の系統的な測定

以上のように、玄武岩とフェルシク岩を典型的に産する、西南北海道及び北部北海道において本研究を実施し、下部地殻構成岩を解明しながら、背弧海盆拡大前後の沈み込み帯におけるテクトニクスとマグマ生成との関連を解明する。

#### 問題設定4：研究の位置づけ

本研究は沈み込み帯におけるフェルシクマグマの起源の研究の進展に貢献するだけでなく、背弧海盆の拡大、アセノスフェアの上昇、玄武岩質マグマの生成、下部地殻の熔融によるフェルシクマグマの生成という、背弧海盆の拡大

に伴う中新世以降のマグマテクトニクスを包括的に解明する研究に貢献することができる

## 2. 研究の目的

沈み込み帯における白亜紀以降の地殻起源のフェルシックマグマ（花崗岩質・流紋岩質マグマ）の成因的研究は島弧地殻物質の再配分過程と島弧地殻への物質の添加（玄武岩質マグマ及びそれから分化したマグマの供給）過程の解明にとって重要である。島弧地殻の下部が溶融するためには熱源が必要である。熱源として、しばしば玄武岩質マグマが想定されるが、玄武岩とフェルシック火山岩が同時代に産出する火成活動域において両者の詳細な研究により、それらの成因関係が解明された例は少ないのが現状である。本研究は、中新世のほぼ同時代に形成された、西南北海道及び北部北海道の玄武岩とフェルシック火山岩を研究対象として、両岩石の相互関係、主成分元素組成、微量元素組成、Sr, Nd 同位体組成などの検討を通して、フェルシック火山岩の成因について解明することを目的としている。

## 3. 研究の方法

(1) 地質調査と岩石のサンプリング：

西南北海道及び北部北海道各地の地質調査を行い、あわせて目的とする玄武岩やフェルシック火山岩のサンプリングを研究支援員の協力のもとに実施した。

(2) 岩石の記載・化学分析・測定など

- ①EPMA による鉱物の化学分析
- ②ICP マス及び蛍光 X 線装置による岩石の主要・微量元素組成の精密分析
- ③表面電離型質量分析計による Sr, Nd 同位体比の測定

これらの分析・測定は新潟大学理学部・大学院自然科学研究科に設置されている分析・測定装置を使用して行った。

## 4. 研究成果

(1) 西南北海道のフェルシック火山岩（デイサイト・流紋岩）の成因

①フェルシック火山岩と随伴する玄武岩は、34~30 Ma, 25~17 Ma, 16~12 Ma, 10~5 Ma, 4 Ma および 2 Ma の火山活動によって形成されたものである。

②玄武岩の SrI と NdI は約 16 Ma に非枯渴的な値から枯渴的な値へ急変することが明らかとなった。一方、フェルシック火山岩は同時代の玄武岩とほぼ

同様な SrI と NdI をもつ。

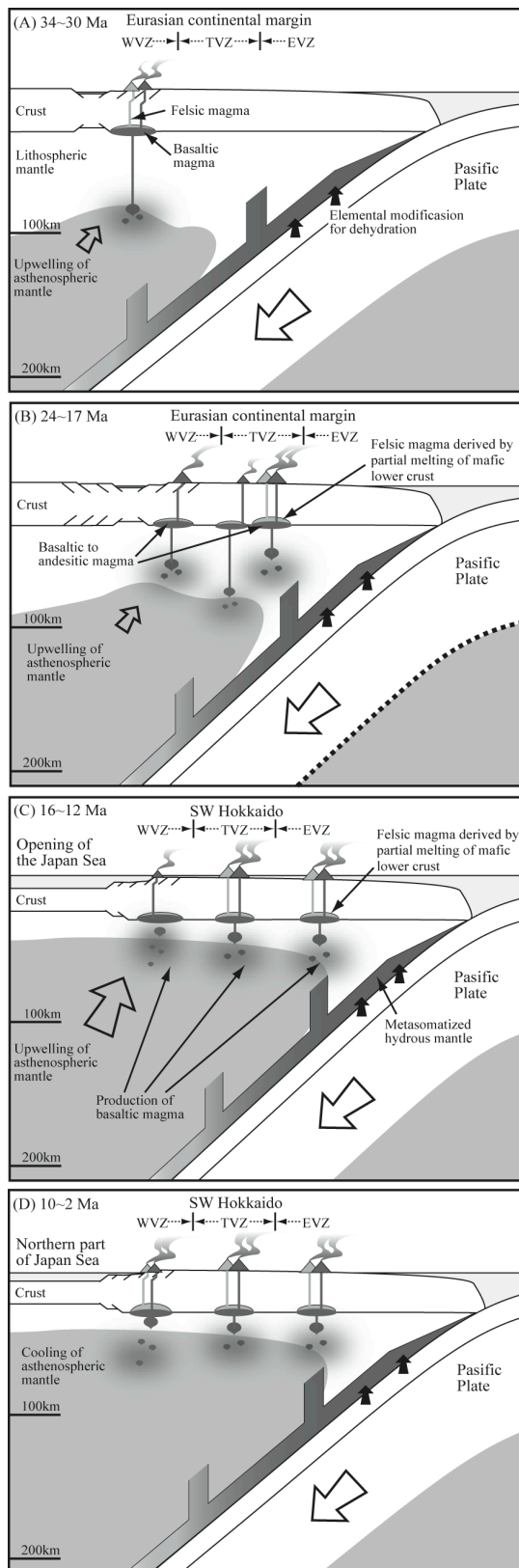
③これらのデータはフェルシック火山岩が玄武岩マグマの結晶分化作用で形成された可能性を示唆しているが、REE 量は玄武岩からフェルシック火山岩へ系統的に増加する傾向がみられないことから、結晶分化作用説は除外される。

④フェルシック火山岩の SrI と NdI は東北日本弧北部の一の目潟玄武岩中の下部地殻物質（ハンレイ岩や角閃岩などの捕獲岩）のそれに類似することから、これらの下部地殻構成岩がフェルシック火山岩の起源物質とみなされる。

⑤フェルシック火山岩と玄武岩の同時代的な産出は、マントル起源の玄武岩マグマに加熱された下部地殻が溶融したことを強く示唆している。16 Ma における玄武岩の SrI と NdI の急変は、玄武岩の起源マントルが同位体的に非枯渴的な大陸性リソスフェアから枯渴的なアセノスフェアへ変化したことによると解釈される。

⑥西南北海道の漸新世～新第三紀の玄武岩とフェルシック火山岩の生成とテクトニクスとの関係は次のように説明される（図参照）。(A) 漸新世（34~30 Ma）：上昇したアセノスフェリックマントルの溶融により下部松江玄武岩マグマ（枯渴的な Sr, Nd 同位体比をもつ）を生成。玄武岩マグマと上位のリソスフェリックマントルの反応により上部松江玄武岩マグマを生成。(B) 初期中新世（25~17 Ma）：上昇したアセノスフェリックマントルの加熱により上位のリソスフェリックマントルが溶融し非枯渴的な Sr, Nd 同位体比をもつ玄武岩が形成された。(C) 中期中新世（16~12 Ma）：日本海の拡大に伴って上昇したアセノスフェアは現在の火山フロントの直下まで達した。その結果、西南北海道のリソスフェアは薄化した。アセノスフェアの溶融により西南北海道の広い範囲に玄武岩マグマが生成された。(D) 後期中新世以降（10 Ma 以降）：大部分の玄武岩はアセノスフェリックマントルから形成された。漸新世以降に形成された玄武岩マグマは地表へ噴出しただけでなく、下部地殻に供給された。その加熱により下部地殻が溶融して同時代のフェルシックマグマ

が生成された。



(Takanashi et al., 2011)

(2) 北部北海道のフェルシック火山岩 (デイサイト・流紋岩) の成因

①北海道東北部 (オホーツク海側の南北160km, 東西80kmの範囲) に分布する14~9 Ma, 8~6 Ma, 5~2 Maの火山活動によって形成された流紋岩について, 主要・微量元素組成, Sr, Nd 同位体比などが測定された。

②コンパイルした同時代の大多数の玄武岩の SrI, NdI は枯渴的な値を示すが, 5産地のものは非枯渴的な値をもつ。流紋岩も玄武岩と同様に, 枯渴的な SrI, NdI をもつもの (枯渴的流紋岩) と非枯渴的な値をもつもの (非枯渴的流紋岩) とがある。

③この事実は枯渴的な SrI, NdI をもつ流紋岩と玄武岩間で, また非枯渴的 SrI, NdI をもつ流紋岩と玄武岩間で成因的に関連している (結晶分化作用) 可能性を示唆しているが, REE 量は玄武岩からフェルシック火山岩へ系統的に増加する傾向がみられないことから, 西南北北海道のフェルシック火山岩と同様に, 結晶分化作用説は除外された。

④また, REE 組成の検討結果は, 同一のマントルカンラン岩からの部分溶融度の違いに基づく流紋岩マグマと玄武岩マグマの成因説とも矛盾することを示している。

⑤流紋岩の下位に広く存在する地殻構成岩 (日高帯の構成岩) と流紋岩の SrI, NdI を比較した。日高帯の角閃岩や緑色岩は枯渴的流紋岩に類似の SrI, NdI をもつ。また, 日高帯の花崗岩類は非枯渴的流紋岩と類似の SrI, NdI をもつ。これらの事実は, これらの地殻構成岩が北海道東北部の流紋岩マグマの起源物質に相当していることを示唆している。地殻の溶融は流紋岩と同時代に活動した玄武岩マグマに求められる。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

1. Takanashi, K., Shuto, K. and Sato, M. (2011) Origin of Late Paleogene to Neogene basalts and associated coeval felsic volcanic rocks in Southwest Hokkaido, northern NE Japan arc: constraints from Sr and Nd isotopes and major- and trace-element chemistry. *Lithos* (accepted for publication). 査読有
2. Katoh, M and Shuto, K. (2009) Effect of subduction components on

production of basalts from Tateshina volcano, central Japan: geochemical calculation of dehydration of subducting oceanic crust and partial melting of overlying sediments, and subsequent fluid-mantle interaction. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences 107, 132-147. 査読有

3. Watanabe, N., Itaya, T., Ohki, J. and Shuto, K. (2009) Middle Miocene back-arc volcanism in the Tappi-zaki area, Northeast Japan arc: plagioclase K-Ar age constraints. Science Reports of Niigata University Series E (Geology), No. 24, 91-108. 査読有
4. 周藤賢治・佐藤誠・大木淳一 (2008) 新潟油・ガス田地域の中新世火山岩と海水の相互作用-石油・天然ガスを胚胎する火山岩のSrおよびNd同位体比-. 石油技術協会誌 73, 517-530. 査読有
5. Hirahara, Y. and Shuto, K. (2008) Petrology and geochemistry of Miocene igneous rocks on Rebun Island, northern Hokkaido, Japan. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences 103, 412-426. 査読有

[学会発表] (計2件)

1. 佐藤典・周藤賢治 (2010) 北部北海道置戸西方の鮮新世火山岩におけるマグマ混合の記載岩石学的研究. 日本地質学会第117年学術大会, 富山大会, 2010年9月
2. 高梨幸志郎・周藤賢治 (2009) 北部北海道, 北部北海道, 中期~後期中新世フェルシック火山岩におけるSr Nd同位体組成の多様性. 日本地質学会第116年学術大会, 岡山大会, 2009年9月

[図書] (計1件)

1. 周藤賢治 (2009) 東北日本弧-日本海の拡大とマグマの生成. 共立出版 236pp.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

周藤 賢治 (SHUTO KENJI)

新潟大学・自然科学系・フェロー

研究者番号: 50143748

