

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25400510

研究課題名(和文)高マグネシアアダカイト質安山岩と共生するカルクアルカリ安山岩及びデイサイトの成因

研究課題名(英文)Genesis of high-magnesian adakitic andesite and the associated calc-alkaline andesite and dacite

研究代表者

周藤 賢治 (Shuto, Kenji)

新潟大学・自然科学系・名誉教授

研究者番号：50143748

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究においては、東北日本弧に分布する中期中新世の霊山層中の未分化玄武岩、安山岩及びシリシク火山岩や、奥尻島南部に産する漸新世～前期中新世のMgOに富むアダカイト質安山岩及びTiO<sub>2</sub>に富む玄武岩などについて岩石学的・地球化学的研究を行った。さらに、東北日本に広く産する漸新世～第四紀の玄武岩のHFS元素組成やSr、Nd同位体組成の島弧横断変化の特徴を明らかにした上でその成因を論じた。玄武岩マグマの生成条件の違い(マグマの生成深度や部分溶融度の違い)の経年変化やアダカイト質火山岩の出現を日本海盆の拡大の原因となった、Sr及びNd同位体比に枯渇したアセノスフェアの上昇と関連づけて説明した。

研究成果の概要(英文)：To investigate the nature and origin of across-arc geochemical variations over time in mantle wedge-derived magmas, we have carried out a geochemical examination of arc basalts spanning an age range of 35 Ma to the present in the NE Japan arc. Back-arc basalts erupted at 24-18 Ma, 10-8 Ma, 6-3 Ma and 2.5-0 Ma have higher contents of both HFSE and REE, and incompatible trace element ratios compared to frontal-arc basalts at any given time. Geochemical modeling using Nb/Yb- Nb shows that the frontal-arc and back-arc compositional differences independent of subduction modification can be explained by different degrees of melting (higher degrees of melting for frontal-arc magmas and lower degrees of melting for back-arc magmas) of a nearly homogeneous DMM-like source. We proposed a depleted asthenospheric mantle upwelling model with interaction between asthenospheric mantle-derived magma and overlying lithospheric mantle to explain geochemical characteristics for 35-0 Ma NEJ basalts.

研究分野：岩石学

キーワード：東北日本弧 島弧横断変化 島弧玄武岩 HFSE 沈み込み成分 depleted MORB mantle アセノスフェア Sr,Nd同位体比

### 1. 研究開始当初の背景

一般に、La/Yb, Sr/Y に富み、Yb, Y に乏しいアダカイト質マグマを産出するテクトニクス場は、若い海洋プレートや海嶺が沈み込んでいる沈み込み帯に限定されており、沈み込む海洋地殻が高温であることがアダカイト質マグマの生成にとって重要な条件とされている。沈み込む海洋プレートが低温の場合には、その上部の海洋地殻は溶融しにくいからである。しかし、冷たい海洋プレートが沈み込んでいる北海道東北部、東北日本弧奥尻島及び男鹿半島、西南日本弧北部の能登半島、富山市南方地域などには、漸新世～中新世のアダカイト質安山岩・デイサイトとともに高マグネシア安山岩を産する。したがって、これらの火山岩の生成条件の解明は、島弧火山岩全体の成因を理解する上で大きな意義をもっていた。また、東北日本弧には漸新世～第四紀に形成されたマントルウエッジ起源の玄武岩が存在することから、東北日本弧における、マントルウエッジ起源と沈み込む海洋プレート起源のマグマの共存を説明するモデルの構築は島弧地球科学の重要な研究課題であった。

### 2. 研究の目的

本研究では、これらのアダカイト質マグマが沈み込む海洋地殻起源であることを解明した上で、高マグネシア安山岩との共生関係を究明することを第1の研究目的とする。次に冷たい海洋地殻の溶融を引き起こした、tectono-magmatism を解明することを第2の研究目的とする。

さらに、東北日本弧に広く分布する漸新世以降の玄武岩の HFSE, REE 及び Sr, Nd 同位体比の島弧横断変化について詳細に検討し、その要因について考察する。このような玄武岩マグマを生じるマントルウエッジと冷たい海洋地殻の溶融を同時に引き起こすメカニズムについての解明も大きな研究目的である。

### 3. 研究の方法

東北日本弧北部の男鹿半島及び奥尻島南部、西南日本弧最北部の能登半島輪島周辺及び富山市南方の地質調査、及びアダカイト質安山岩・デイサイトと関連する火山岩の採取、偏光顕微鏡及び EPM による構成鉱物の記載、火山岩試料の蛍光 X 線分析装置・ICP マスによる主要・微量元素組成の分析及び表面電離型質量分析計による Sr, Nd 同位体比の測定などを行う。東北日本弧の 35Ma 以降の背弧側及びフロント側玄武岩のサンプリング及び微量元素組成・主要元素組成の分析及び Sr, Nd 同位体比の測定。

### 4. 研究成果

### 1) 東北日本弧霊山地域の火山岩の研究成果

東北日本弧フロント側に産する霊山層は中期中新世のアダカイト様の微量元素組成を有する流紋デイサイト(霊山アダカイト質流紋デイサイト)、未分化玄武岩(霊山玄武岩)、安山岩(霊山安山岩)を含むものである。これらの火山岩は 16-14Ma 形成されたものである。霊山玄武岩は未分化な性質をもち、高い MgO 量(最大で 14.1wt%)、高い Ni 量(392ppm)、高い Cr 量(1193ppm)で特徴づけられる。カンラン石最大分別モデルによれば、霊山玄武岩の初生マグマの分離震度は地下約 50km の上部マントルと推定される。霊山安山岩は霊山玄武岩と比べて高い Sr1 値と低い Nd1 値を有する。この事実と SiO<sub>2</sub>-主成分組成・微量元素組成の変化図にみられる玄武岩-安山岩の組成変化の特徴から、安山岩は玄武岩質マグマが少量の堆積岩を同化しながら分別結晶作用を受けたことによって形成されたと考えられる(AFCモデル)。霊山アダカイト質流紋デイサイトは斑晶として斜長石・角閃石、ザクロ石、磁鉄鉱を含み、低い Sr/Y、低い Y で特徴づけられることから Jamaican-type のアダカイトに分類される。この流紋デイサイトは安山岩質マグマからの斜長石・斜方輝石・単斜輝石・角閃石・ザクロ石・磁鉄鉱及び少量のアパタイトの分別結晶作用で説明される。霊山層には高い Sr/Y をもつアダカイト質流紋デイサイトもみられ、これは沈み込む海洋地殻の部分溶融によって形成されたと考えられている(Yamamoto and Hoang, 2009)。このような霊山層の多種の火山岩の形成を説明できる tectono-magmatic モデルは枯渇した高温のアセノスフェアの上昇モデルである。アセノスフェアの上昇によって中期中新世の東北日本弧フロント側のマントルウエッジには高い温度構造がもたらされたことにより、マントルウエッジと比較的低温の沈み込む太平洋プレートの両者の溶融を引き起こしたものと推定される。これによって、霊山地域の未分化玄武岩、通常の安山岩、高マグネシア安山岩、低 Sr/Y 及び高 Sr/Y のアダカイト質流紋デイサイトがほぼ同時代に形成されたことが説明される。

2) 奥尻島火山岩の成因的研究に関する成果東北日本弧最北端に位置する奥尻島南部には、前期漸新世(約 34Ma)と前期中新世(約 22Ma)の異なる時期に類似した火山岩が形成されている。それらは高 MgO アダカイト質安山岩(HMAA)と高 TiO<sub>2</sub>玄武岩(HTB)である。HMAA は記載岩石学的特徴と化学組成の違いから2つのタイプに分けられる。HMAA-1 は高い Sr/Y と低い Y で特徴づけられるのに対して

HMAA-2 は比較的低い Sr/Y と高い Y で特徴づけられる。また、HMAA-1 は未分化な性質を示し、高い MgO, Mg#, Ni, Cr 量をもつ。記載岩石学と化学組成の検討により HMAA は沈み込むスラブに起源をもつアダカイト質メルトとマントルカンラン岩との反応によって形成され、HTB はマントルカンラン岩の部分溶融によって形成されたことが明らかになった。このような冷たい太平洋プレートが沈み込んでいる東北日本弧・奥尻島において、スラブ起源マグマとマントル起源マグマが同時に形成されたという事実は、奥尻島下のマントルウエッジが高温状態におかれたことを示している。マントルウエッジの高温化は日本海拡大に伴ってマントル深部から上昇した高温のアセノスフェアによるマントル組成の改変によると推定される。本研究結果は冷たい沈み込み帯におけるスラブ溶融とマントルウエッジの溶融を理解する上で重要な意義をもつものである。

### 3) 東北日本弧玄武岩の化学組成の島弧横断変化に関する研究成果

東北日本弧に産出する 35Ma 以降の玄武岩についての High Field Strength Elements (HFSE) 及び Rare Earth Elements (REE) について分析を行った。その結果、24-18Ma, 10-8Ma, 6-3Ma, 2.5-0Ma の背弧側に出現する玄武岩は、同時代のフロント側に出現する玄武岩よりもこれらの元素含有量に富むことが明らかになった。Nb/Yb-Nb モデリングによれば、フロント側玄武岩と背弧側玄武岩のこのような組成上の違いは、ほぼ均質な depleted MORB マントル (DMM) の部分溶融度の違い (背弧側に比べてフロント側の部分溶融度が高い) によって説明される。いくつかの例外も認められる。それらは i) DMM よりもさらに枯渇したマントルから生じたとみられる、鮮新世のいくつかのフロント側玄武岩の存在、ii) DMM よりも HFSE に富むリソスフェリックマントル起源とみなされる 35-32Ma, 24-18Ma の玄武岩の存在、iii) 背弧側の 16-12Ma の玄武岩には稀ではあるが、フロント側玄武岩と同程度の部分溶融度を示すものの存在などである。このような 35-0Ma の東北日本弧玄武岩の地球化学的特徴は、枯渇したアセノスフェリックマントル (DMM 様) 上昇モデルによって説明可能である。すなわち、アセノスフェリックマントル起源のマグマと上位のリソスフェリックマントルとの反応モデルである。フロント側マグマはアセノスフェリックマントル浅部の高い部分溶融によって、一方、背弧側マグマはアセノスフェリックマントル深部の低い部分溶融によって生成された。エンリッチした Sr, Nd 同位体比を有する 18Ma よ

り古い背弧側マグマ及び 22Ma 以降のフロント側マグマはアセノスフェリックマントル起源のマグマとリソスフェアとの反応によってもたらされ、16Ma より若い枯渇した同位体的特徴をもつ背弧側玄武岩はそのような反応を受けることなく形成されたものであろう。

### <引用文献>

Yamamoto, T. and Hoang, N., Synchronous Japan Sea opening Miocene fore-arc volcanism in the Abukuma Mountains, NE Japan arc: an advancing hot asthenosphere flow versus Pacific slab melting. *Lithos*, vol.112, 2009, 575-590.

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

#### [雑誌論文](計 3 件)

Shuto, K., Nohara-Imanaka, R., Sato, M., Takahashi, T., Takazawa, E., Kawabata, H., Takanashi, M., Ban, M., Watanabe, N. and Fujibayashi, N., Across-arc variations in geochemistry of Oligocene to Quaternary basalts from the NE Japan arc: constraints on source composition, mantle melting and slab input composition, *Journal of Petrology*, 査読有、vol.56, No. 11, 2015, 2257-2294.

DOI:10.1093/petrology/egv073

Sato, M., Shuto, K., Nohara-Imanaka, R., Takazawa, E., Osanai, Y. and Nakano, N., Repeated magmatism at 34 Ma and 23-20 Ma producing high magnesian adakitic andesites and transitional basalts on southern Okushiri Island, NE Japan arc, *Lithos*, 査読有、vol.205, 2014, 60-83.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2014.06.008>

Shuto, K., Sato, M., Kawabata, H., Osanai, Y., Nakano, N. and Yashima, R., Petrogenesis of Middle Miocene primitive basalt, andesite and garnet-bearing adakitic rhyodacite from the Ryozen Formation: Implications for the tectono-magmatic evolution of the NE Japan arc, 査読有、vol.54, No.12, 2013, 2413-2454.

DOI:10.1093/petrology/egt052

#### [学会発表](計 0 件)

#### [図書](計 0 件)

#### [産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 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名誉教授  
研究者番号：50143748

##### (2) 研究分担者

小山内 康人 (OSANAI, Yasuhito)  
九州大学・比較社会文化研究科 (研究  
院)・教授  
研究者番号：80183771

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：