

[2023104102]

アンデス弧および西南日本弧の火山岩の スラブ由来成分の検討

Study on the slab-derived component of the volcanic rocks in the Andean arc and the southwest Japan arc

新正裕尚^{A)}, 折橋裕二^{B)}

Hironao Shinjoe^{A)}, Yuji Orihashi^{B)}

^{A)} Center for General Education, Tokyo Keizai University

^{B)} Graduate School of Earth and Environmental Sciences, Hirosaki University

Abstract

We carried out prompt gamma analysis (PGA) for volcanic rocks of the Southern Volcanic Zone of the Andean arc in Chile, Miocene Setouchi Volcanic Zones in the southwest Japan arc, and Quaternary volcanic rocks of the northeast Japan arc to obtain boron and chlorine contents using the thermal neutron beamline attached to the JRR-3. In this report, we summarize the results of our analysis and future implications for the tectonic setting of magmatism in those arcs.

Keyword: boron, PGA, arc magmatism, slab-derived component

1. はじめに

環太平洋地域に多数存在する島弧・海溝系においては、海洋プレートの沈み込みに関連したマグマ活動が広く見られる。中央海嶺やホットスポットのマグマ活動と異なり、沈み込むプレートから供給された流体あるいはメルトの寄与がマグマ生成メカニズムの鍵になっており、火山岩試料の化学組成からマンテルウェッジに付加したスラブ由来成分が評価されている。そのような評価にはさまざまな微量元素特に不適合元素の組成や同位体組成が用いられるが、ホウ素はマンテルのかんらん岩中の濃度が極めて低く、それに対して沈み込むプレートを構成する変質玄武岩や海洋堆積物には豊富に含まれるので、沈み込むスラブに由来する成分の検出に適している。即発ガンマ線分析は岩石中のホウ素濃度を高感度かつ非破壊で分析できるので、このような島弧マグマ成因の議論にはたいへん有用な分析方法である。

2021 年度の JRR-3 の運転再開以来、南米アンデス弧の第四紀火山岩および西南日本弧の新第三紀火成岩について即発ガンマ線分析によるホウ素・塩素含有量の測定を実施してきた。両地域については拡大直後の若い海洋プレートの沈み込みが見られる場所での島弧火成活動という共通性に注目して研究を行なっている。その後、やや古い、冷たい海洋プレートの沈み込みの見られる、東北日本弧の第四紀火山岩についても比較のため分析を行なってきた。本報告書ではこれら地域の 2023 年度の分析結果の概要について報告する。

2. 南米アンデス弧の火山岩分析

アンデス弧は南米大陸の西海岸に南北およそ 7500 km にわたり分布する地球上で最長の沈み込み帯である。200 以上の第四紀火山が存在するが、火山弧はいくつかの volcanic gap で分断され、北より Northern Volcanic Zone, Central Volcanic Zone,

Southern Volcanic Zone, Austral Volcanic Zone に区分される。これまで、33.3°–46°S にわたり分布する南部火山地域 (Southern Volcanic Zone, 以下 SVZ) についての研究を進めてきた。Shinjoe et al. (2013)[1] は SVZ の第四紀フロント火山試料について JRR-3 を利用した即発ガンマ線分析で定量したホウ素を含む微量元素組成のデータセットに基づきチリ海嶺から遠い中部 SVZ のマグマにはスラブ由来流体相の寄与が大きいこと、チリ海嶺に近く若いプレートの沈み込む南部 SVZ のマグマには堆積物由来メルトの寄与の可能性あることを論じた。その後、アクセスが困難で地球化学的データの乏しい南部 SVZ の火山岩について順次即発ガンマ線分析を進めており、2023 年度には Chaiten, Yanteles, Corcovado 火山 (Fig. 1) についての分析を進めた。

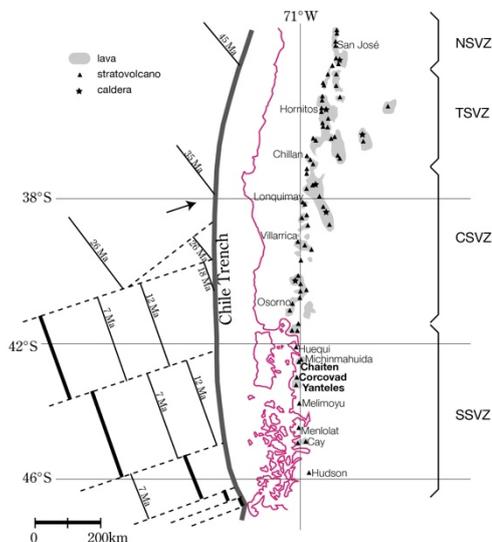


Fig.1 Index map of the Southern Volcanic Zone of the Andean Arc (modified from Shinjoe et al., 2013).

これらの火山のマグマ成因については他の分析と合

[2023104102]

わせて検討中であるが、石川(2023MS)[2]による Corcovado 火山についての議論を簡単に紹介する。

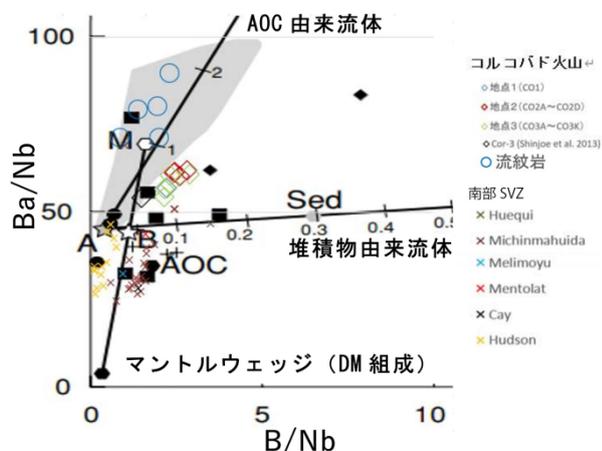


Fig.2 B/Nb vs. Ba/Nb plot of the volcanic rocks of Corcovado volcano along with those of southern SVZ (modified from Ishikawa, 2023MS).

Shinjoe et al. (2013)はホウ素を含む微量元素のモデル計算を行い、南部 SVZ の火山岩類は堆積物由来、変成玄武岩質由来流体の混合では説明がつかず、マンテルかんらん岩に堆積物由来メルトが付加した可能性を提案した。一方、石川(2023MS)は南部 SVZ の第四紀火山の一つである Corcovado 火山の玄武岩・玄武岩質安山岩については、堆積物・変成玄武岩質由来流体の付加でホウ素を含む微量元素組成比が説明できることを示した (Fig. 2)。このように南部 SVZ の中でも南北でスラブ由来成分に差異がある可能性があり、代表的な複数の火山について今後分析を進めることを計画している。

3. 中新世西南日本弧の火山岩分析

2500 万年前から 1600 万年前ごろの日本海の拡大に伴い、西南日本弧は時計廻り回転をして、ユーラシア大陸から離れた。時計廻り回転とほぼ同時期に広域的に西南日本弧の海溝寄り地域で見られた火成活動については、近年放射年代の見直しが進み、時計廻り回転終了の直後に始まり、200 万年程度継続したことが明らかになってきた[3]。これら海溝寄り地域火成活動の中でも瀬戸内地域に分布する瀬戸内火山岩類は高 Mg 安山岩や玄武岩などマンテルかんらん岩と平衡にあったと考えられる、初生的なマグマに由来する岩石を産し、スラブ由来成分の議論に適切な岩石群である。そこで、これまで瀬戸内火山岩類について継続的に試料採取を行い、即発ガンマ線分析によるホウ素、塩素量を含む全岩分析を進めてきた。2023 年度も西瀬戸内地域の島嶼部等の試料を新たに採取し新規のデータを得た。それらを含む分析結果の例を Fig.3 に示す。比較のために東北日本弧[4]、アンデス弧の中部 SVZ、南部 SVZ[1]、九州の由布山、鶴見山、および阿蘇山[5]、北米カスケード弧[6]の文献値を併せてプロットしている。Fig.3 では若いスラブ沈み込みの見られる島弧であるカスケード

弧、アンデス弧南部 SVZ、西南日本弧 (由布、鶴見火山) のデータは B/Nb が 1 に近いホウ素に乏しい領域にプロットされるのに対し、ある程度年齢の経過したスラブ沈み込みが見られる東北日本弧やアンデス弧中部 SVZ のデータは B/Nb が 10 に近いホウ素に富む領域にプロットされる。瀬戸内火山岩類は両者の中間的なところにプロットされ、特に高 Mg 安山岩の一部はかなり高い B 濃度をもつ。瀬戸内火山岩類の高 Mg 安山岩については沈み込んだ陸源堆積物の融解メルトがマンテルかんらん岩と反応して生成したマグマに由来するという成因論が様々な同位体組成を含む地球化学的データから提案されており [7]、B 濃度あるいは B/Nb の大きなバリエーションが、このようなマグマ成因論と整合的か今後検討を進めたい。

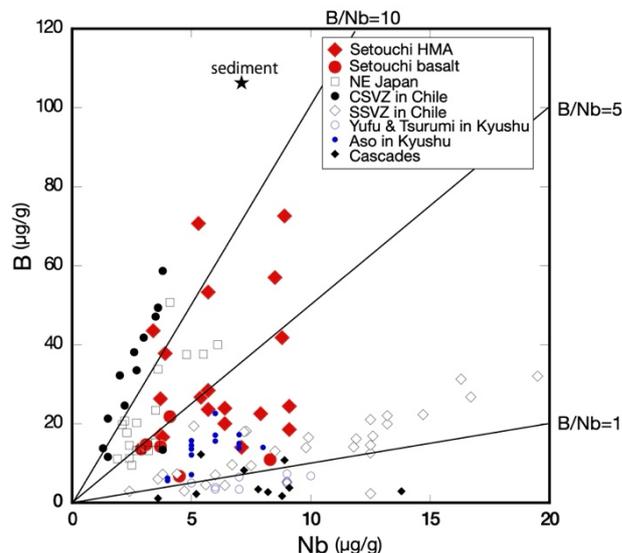


Fig. 3 Boron vs. niobium plot of the high-Mg andesites and basalts in the Setouchi Volcanic Zone. Arc volcanic rocks of NE Japan [4], Southern Volcanic Zone in Chile [1], Kyushu [5], and Washington Cascades in the western USA [6] are plotted for comparison. Star shows the average of Japan trench sediment [4].

4. 東北日本弧第四紀火山の火山岩分析

南米アンデス弧のチリ海嶺に近い部分に分布する南部 SVZ および拡大直後の四国海盆沈み込みに関連したとされる中新世西南日本の海溝寄り地域の火成活動は、いずれも若く温度の高い海洋プレートの沈み込む場所でのマグマ活動である。それらと対比する意味で東北日本弧の第四紀火山岩についても同様の分析を行った。

2023 年度は前年度に引き続き東北日本弧の第四紀フロント火山を形成する脊梁火山列よりやや海溝寄りに分布する火山を繋いだ青麻一恐火山列に属する恐山火山、および脊梁火山列より背弧側に分布する森吉火山列に属する岩木山火山の試料の分析を行った。これらは比較的規模の大きな複成火山であるので、地質学的な研究で得られた火山層序に基づいて選別された試料について即発ガンマ線分析を実施し

[2023104102]

た。先述の通り、島弧火山岩のホウ素含有量はマン
トルウェッジへのスラブ流体の付加に敏感であるの
で、海溝からの位置の違い、すなわち沈みこむスラ
ブの深度の差異の影響のみならず、特定の火山の活
動史の中でのマグマソースへの流体付加の変遷も検
討できる可能性がある。本研究でのホウ素の分析結
果は岩木山について弘前大学の卒業研究(若山,
2023MS)[8], 恐山について修士研究(丸山,2023MS)[9]
で実施された両火山の地質学的, 地球化学的研究に
おいて議論に活用されており, 結果の一部は国内学
会で報告済みである[10].

参考文献

- [1] Shinjoe, H. et al. (2013) *Geochemical Journal*, 47, 185–199.
- [2] 石川創士 (2023) 弘前大学卒業論文 (手稿) .
- [3] Shinjoe, H. et al. (2021) *Geol. Mag.*, 158, 47-71.
- [4] Sano T. et al. (2001) *Earth Planet. Sci. Lett.* 186, 187–198.
- [5] Miyoshi, M. et al. (2008) *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 171,
73–87.
- [6] Leeman, W.P. et al., (2004) *Chem. Geol.*, 212, 101–124.
- [7] Tatsumi, Y. (2006) *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 34, 467-
499.
- [8] 若山知真 (2023) 弘前大学卒業論文 (手稿) .
- [9] 丸山哲弥 (2023) 弘前大学修士論文 (手稿) .
- [10] 丸山哲弥ほか (2023) 日本地球化学会第 70 回年会.