

平成 30 年 5 月 15 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K13900

研究課題名(和文) マントル遷移層における停滞スラブの脱水フラックスの推定

研究課題名(英文) The rate of dehydration of the stagnant slab in the mantle transition zone

研究代表者

栗谷 豪 (Kuritani, Takeshi)

北海道大学・理学研究院・准教授

研究者番号：80397900

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：中国北東部下のマントル遷移層には停滞太平洋スラブが滞留しており、また顕著に水に富んでいることが地球物理学的観測によって明らかにされている。そこで本研究は、遷移層の含水量の時間変化(=停滞スラブの脱水フラックス)を明らかにすることを目的とし、スラブ直上の中国北東部～東シナ海に分布する60 Ma～0 Maの火山岩の解析を行った。その結果、ソースマントル含水量に有意な時間変化が見られなかったため、脱水フラックスを推定するには至らなかったが、60 Ma～0 Maにわたってマントル遷移層は水に富んでいたことなどを実証的に明らかにし、さらに停滞スラブ上の火成活動の要因を包括的に説明するモデルを提示した。

研究成果の概要(英文)：Geophysical observation has suggested that the mantle transition zone beneath NE China is hydrous, and the subducted Pacific slab is stagnated in the transition zone. To estimate the rate of the dehydration of the stagnant slab, petrological and geochemical analyses were conducted on volcanic rocks of variable ages (60-0 Ma) above the stagnant slab. Unfortunately, the rate of the dehydration could not have been estimated because of no significant temporal variation in the water contents of the source mantle. However, this study showed that the mantle transition zone have been hydrous between 60 and 0 Ma. In addition, this study proposed a general model about the origin of the intraplate magmatism over the stagnant slab.

研究分野：火山岩岩石学

キーワード：マグマ 水循環 マントル遷移層 停滞スラブ プレート内火成活動

1. 研究開始当初の背景

地球表層域で含水化した海洋プレートは海溝部から地球内部へと沈み込み、島弧下で幾分の脱水を経たのち、マントル遷移層で一時的に滞留する(停滞スラブ)。そして一部の水(質量 M_A)は停滞スラブから脱水し、残りの水(質量 M_B)は停滞スラブの崩落に伴いマントル最深部まで輸送される(図1)。ここで、停滞スラブから脱水する水は「地球内部の貯水槽」である遷移層に安定して貯蔵される一方、停滞スラブの崩落に伴って深部へ輸送される水は、やがて核-マントル境界を起源とするマントルブルームとして上昇してホットスポット火成活動を引き起こし、マグマとともに地球表層域へと戻る(例えば Ohtani and Zhao, 2009)。このように M_A と M_B の比は、地球表層から輸送されてくる水を貯水槽 (= 遷移層) に分配するか、地球内部の物質循環サイクルに分配するかを決定付ける極めて重要なパラメータであることから、遷移層内での水の挙動について、主に高温高压実験に基づいて精力的に検討されてきた(Inoue *et al.*, 2010 など)。しかしながら、実験的手法では構成鉱物の最大含水量の制約しか与えないこと、また推定結果を検証する方法がないことが、定量的理解を阻む問題点であった。

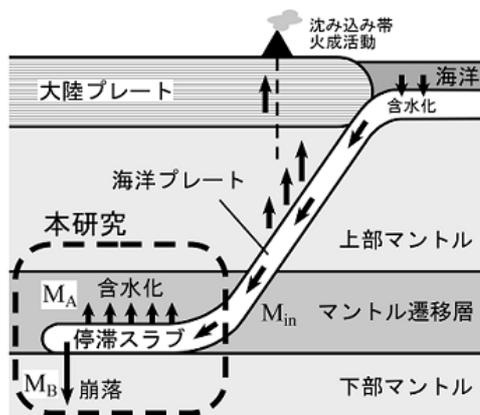


図1：海洋プレートの沈みこみ、および遷移層での滞留に伴う水の輸送プロセスの模式図。矢印は水の移動を示す。

2. 研究の目的

上述の研究背景を踏まえ、本研究では停滞太平洋スラブの直上(中国北東部~東シナ海)に分布する新生代の火山岩を解析することによって、直下に滞留する停滞スラブの、脱水に伴う遷移層への水のフラックスを実証的に明らかにし、 M_A と M_B の比率の解明に繋げることを目的とする。

3. 研究の方法

中国北東部~東シナ海に分布する様々な

年代(60 Ma~現在)の火山を対象として、以下の課題A~Cの実施を通し、50 Ma以降にマントル遷移層に新たに蓄積されはじめたとされる停滞太平洋スラブの脱水プロセスを実証的に明らかにすることを試みた。

A. 各対象火山におけるソースマントルの含水量・地球化学的特徴の推定

研究対象とした火山地域と年代は、Shuangliao(60~50 Ma)、Changbai(30 Ma、10 Ma、<1 Ma)、Zengfeng(20 Ma)、Kuandian(0 Ma)、五島列島(1~0 Ma)である(ただし Shuangliao 地域については他の研究者によって論文が出されたため(Chen *et al.*, 2015)、その結果を用いる)。地殻内での分化や地殻物質の混入によるマグマの初生的な化学的情報の改変の影響を排除するため、できる限りマントルゼノリスとともに上昇・固結した火山岩を対象とする。採取した岩石は主要元素組成、微量元素組成、Sr, Nd, Pb 同位体組成分析を行う。そしてそれぞれの地域で代表的な試料(最も初生的な特徴を有する試料)を選び出し、マグマの含水量とマグマ生成時の部分溶解度を推定する。マグマの含水量は、斑晶鉱物のガラス包有物の含水量測定、輝石斑晶の含水量測定、斜長石-メルト間の平衡関係の検討の、いずれかの手法によって推定する。

B. マントル遷移層の含水量の推定

地震波トモグラフィ解析(Zhao *et al.*, 2009)、および火山岩の物質科学的解析(Kuritani *et al.*, 2011)で示されたように、対象地域の火成活動は遷移層起源のマントル上昇流に因ると考えられる。このため、各火山地域のソースマントルの含水量と部分溶解度を推定することにより、マントル遷移層の含水量を推定する。

C. 停滞太平洋スラブの脱水に伴う遷移層への水フラックスの推定

停滞太平洋スラブは約 50 Ma から蓄積され始めたと考えられるため、スラブの脱水に伴い、マントル遷移層の含水量は 50 Ma 以降、単調に増加することが期待される。そこで、60 Ma(Shuangliao)、50 Ma(Shuangliao)、30 Ma(Changbai)、20 Ma(Zengfeng)、10 Ma(Changbai)、<1 Ma(Kuandian, Changbai, 五島列島)におけるマントル遷移層の含水量の時間変化から、スラブ停滞前の遷移層の含水量(60 Ma-50 Ma)、および停滞太平洋スラブからマントル遷移層への水のフラックス(50 Ma 以降)を見積もる。

4. 研究成果

(1) 停滞スラブ直上の火成活動の要因

停滞太平洋スラブの直上に位置する火山として、例えば Changbai 火山は遷移層起源のマンテル上昇流に起因する巨大な火山である一方、長崎県の福江火山群は小規模な単成火山である。そこで両者の火成活動の要因の違いを明らかにするため、福江島近傍の赤島火山を対象に、詳細な岩石学的・地球化学的研究を行った(課題A・B)。そしてマンテル含水量やマンテルポテンシャル温度の推定に基づき、赤島火山は遷移層起源の流体の付加に伴うフラックス融解によって生成したことを明らかにした。この結果に基づき、停滞スラブの直上のプレート内部火成活動の要因について、新たなモデルを提示した。

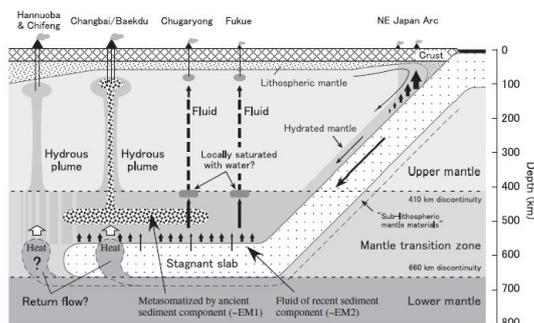


図2：停滞スラブ上のプレート内部火成活動のモデル図

(2) 遷移層起源マンテルブルームの成因

Changbai 火山の直下にはマンテル遷移層起源のマンテル上昇流が存在することが地震波トモグラフィ解析によって明らかにされている (Zhao *et al.*, 2009)。そこでマンテル上昇流の駆動力を明らかにするため、同火山の若い火山岩を対象に、岩石学的解析を行った(課題A・B)。そして推定されたマグマの含水量やマンテルポテンシャル温度に基づき、部分溶融した停滞スラブの低密度の含水メルトがマンテル上昇流の駆動力として重要な役割を果たしている可能性が示唆された。

(3) ソースマンテル含水量の時間変化

上述の福江火山群の赤島火山や Changbai 火山のソースマンテル含水量の推定から、直下のマンテル遷移層は水に富んでいることが示唆された。そこでさらにソースマンテルの含水量の時間変化を探るため、約 1 Ma から 0.3 Ma まで断続的に活動する長崎県・小値賀島の単成火山群を対象に、岩石学的・地球化学的解析を行った(課題A・B)。その結果、約 1 Ma から 0.3 Ma と若くなるにつれ、マグマの含水量が 2 wt.% から 1.2 wt.% へと減少したことが示唆された。

(4) ペルム紀の含水マンテル遷移層

LIPs の起源を明らかにする目的で、Emeishan 地域の火山岩を対象に岩石学的・地球化学的研究を行った(中国の研究者との共同研究)。その結果、マグマには 3 wt.% を超える水が含まれていたことが分かり、それらはマンテル遷移層起源である可能性が高いことが示された。このことから、ペルム紀には既に地球表層域からマンテル遷移層への水の輸送が活発に起きていたことが示唆された。

(5) 停滞スラブの脱水フラックス

本研究で推定されたソースマンテルの含水量、および論文で公表されている対象火山の含水量データを統合した結果(課題C)、停滞スラブ上に分布する火山の初生マグマの含水量は、時間変化とともに空間変化が大きいことから、停滞スラブの脱水量の時間変化を解釈するには至らなかった。これはマグマのソース物質が枯渇マンテル、停滞スラブ起源の堆積物や海洋地殻物質から構成されるが、それらの量比が火山ごとに大きく異なることを主に反映しているためである。

< 引用文献 >

Chen, H., Xia, Q.-K., Ingrin, J., Jia, Z.-B., Feng, M. (2015) Changing recycled oceanic components in the mantle source of the Shuangliao Cenozoic basalts, NE China: new constraints from water content. *Tectonophysics* 650, 113–123.

Inoue, T., Wada, T., Sasaki, R., Yurimoto, H. (2010) Water partitioning in the Earth's mantle. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 183, 245–251.

Kuritani, T., Ohtani, E., Kimura, J.-I., 2011. Intensive hydration of the mantle transition zone beneath China caused by ancient slab stagnation. *Nature Geoscience* 4, 713–716.

Ohtani, E. and Zhao, D. (2009) The role of water in the deep upper mantle and transition zone: dehydration of stagnant slabs and its effects on the big mantle wedge. *Russian Geology and Geophysics* 50, 1073–1078.

Zhao, D., Tian, Y., Lei, J., Liu, L., Zheng, S., 2009. Seismic image and origin of the Changbai intraplate volcano in East Asia: role of big mantle wedge above the stagnant Pacific slab. *Physics of Earth and*

Planetary Interiors 173, 197–206.

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2件)

Kuritani, T., Sakuyama, T., Kamada, N., Yokoyama, T. and Nakagawa, M. (2017) Fluid-fluxed melting of mantle versus decompression melting of hydrous mantle plume as the cause of intraplate magmatism over a stagnant slab: implications from Fukue Volcano Group, SW Japan. *Lithos* 282-283: 98-110. (査読有)

Liu, J., Xia, Q.-K., Kuritani, T., Hanski, E. and Yu, H.-R. (2017) Mantle hydration and the role of water in the generation of large igneous provinces. *Nature Communications* 8: 1824, doi:10.1038/s41467-017-01940-3. (査読有)

〔学会発表〕(計4件)

Kuritani, T., Xia, Q., Liu, J., Zhao, D., and Nakagawa, M. (2018) Origin of a transition zone-derived mantle plume at Changbai volcano. Goldschmidt Conference, 2018年8月12日~17日, Boston, USA (発表予定).

栗谷 豪, 中川 光弘 (2017) 長崎県五島列島・小値賀島火山群の玄武岩質噴出物の地球化学的研究. 日本地質学会 2017 愛媛大会, 2017年9月16日~18日, 愛媛大学, 愛媛県松山市.

Kuritani, T., Sakuyama, T., Kamada, N., Yokoyama, T. and Nakagawa, M. (2017) Fluid-fluxed melting of the mantle as the cause of intraplate magmatism over a stagnant slab: evidence from Fukue Volcano Group, SW Japan. Goldschmidt Conference, 2017年8月13日~18日, Paris, France.

Kuritani, T., Sakuyama, T., Kamada, N., Yokoyama, T. and Nakagawa, M. (2017) Fluid-fluxed melting of the mantle as the cause of intraplate magmatism over a stagnant slab: implications from Fukue Volcano Group, SW Japan. JPGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017年5月20日~24日 幕張メッセ, 千葉県千葉市.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.sci.hokudai.ac.jp/grp/pv/pv/kuritani/index.html>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

栗谷 豪 (KURITANI TAKESHI)

北海道大学・大学院理学研究院・准教授

研究者番号: 80397900