

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 19 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25287144

研究課題名(和文) 火山岩の解析に基づくマントル遷移層の含水量推定

研究課題名(英文) Water content of the mantle transition zone constrained by volcanic rocks

研究代表者

栗谷 豪 (Kuritani, Takeshi)

北海道大学・理学(系)研究科(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) 11,900,000円

研究成果の概要(和文)：中国北東部下のマントル遷移層は水に富んでおり、また同地域の火成活動が遷移層起源のマントル上昇流に起因す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。そこで本研究では、マントル遷移層の含水量を推定するため、中国北東部の火山岩を対象に岩石学的・地球化学的解析を行った。その結果、ソースマントルの含水量は350 ppm以上であると推定され、通常の上部マントルの含水量(約120 ppm)よりも有意に高いことが明らかとなった。またマントル遷移層の含水量として、予察的ではあるが0.7 wt.%との推定結果が得られた。

研究成果の概要(英文)：Geophysical observation has suggested that the mantle transition zone beneath NE China is hydrous, and intraplate magmatism of this region has been caused by a transition zone-derived mantle plume. In this study, petrological and geochemical analyses were carried out on basaltic rocks in NE China to estimate the water content of the mantle transition zone. It is suggested that the water content of the source mantle is up to 350 ppm, which is significantly higher than that of the normal upper mantle (~120 ppm). As a preliminary result, the water content of the mantle transition zone of ~0.7 wt.% is obtained.

研究分野：火山岩岩石学

キーワード：水循環 火山 マントル マグマ

1. 研究開始当初の背景

水の惑星である地球では、水は大気や海洋などの表層域だけでなく、マンツルの流動に付随して内部を大規模に循環している。水はマンツル物質の融点を低下させることによって地表への効率的な熱・物質輸送の媒体であるマグマを生成しやすくし、またマンツル物質の粘性を低下させることによってマンツルの流動性に大きな影響を与える。このように地球内部の水は地球の熱・物質の進化と密接に関わっていることから、地球の進化プロセスをより深く理解するためには、地球内部の水分布や水の循環プロセスを定量的に理解することが不可欠である。

地球内部の深さ約 410 ~ 660 km に存在するマンツル遷移層は、主要な構成鉱物が水を保持することができるために極めて高い貯水能力を有しており、地球内部の水循環において非常に重要な役割を果たしていると考えられている。このことから近年、地震波や電気伝導度といった地球物理学的観測に基づいて、マンツル遷移層の全球規模での含水量分布を明らかにする試みが行われている。しかしながら、地震波観測に基づく手法 (Meier *et al.*, 2009) では、未知の値 (全遷移層の平均含水量) を基準とした含水量の不均質性の情報しか与えないという問題点がある。一方で、電気伝導度観測に基づく手法 (Kelbert *et al.*, 2009) では、得られた電気伝導度分布を含水量分布に換算するために必要な、遷移層鉱物の電気伝導度の含水量依存性についての実験データが、研究グループによって異なっているという問題点がある。

2. 研究の目的

地球内部の水循環について、定量的な理解をさらに進めるためには、上記の問題を早急に解決する必要がある。そのための最も有効な方法は、マンツル遷移層中の、ある既知の場所の含水量を独立な方法で決定することである。つまり地震波観測に基づく手法に対しては、推定される全球規模での水分布に含水量の基準値を与え、電気伝導度測定に基づく手法に対しては、電気伝導度測定の実験結果を検証することができるような基準値を設けることである。そこで本研究は、中国北東部に分布する火山岩を物質科学的手法で解析することによって直下のマンツル遷移層の含水量を決定し、地球物理学的手法によってマンツル遷移層の含水量分布を推定する際の、含水量の基準値を作ることを目的とする。

3. 研究の方法

中国北東部下のマンツル遷移層には沈み込んだ太平洋プレートが滞留しており、そしてその遷移層が水に富んでいることが電気伝導度分布から示唆されている (Kelbert *et al.*, 2009)。また Changbaishan 地域の直下にはマンツル遷移層起源のマンツル上昇流が存在

することが地震波トモグラフィ解析により明らかにされ (Zhao *et al.*, 2009)。そして同地域に分布する玄武岩の地球化学的特徴の解析に基づき、マグマには実際にマンツル遷移層に由来する成分が含まれていることが明らかにされている (Kuritani *et al.*, 2011)。

そこで本研究では、中国北東部の玄武岩を対象として以下の課題(1)・(2)を遂行し、同地域直下のマンツル遷移層の含水量を決定する試みを行った。さらに、太平洋プレートの沈み込みに伴うマンツル遷移層への水輸送を定量的に解明するための準備的研究として、東北本州弧の火山岩を対象として課題(3)を遂行した。

(1) 中国北東部の火山岩の解析に基づくソースマンツル含水量の推定: Changbaishan、Longgang、Baidaoshan の 3 地域を対象に、火山岩を岩石学的・地球化学的に解析することによって、それぞれのソースマンツルの含水量・温度・部分溶融度を推定する。

(2) 中国北東部下のマンツル遷移層の含水量推定: (1)の地球化学的データに基づいて推定される遷移層起源物質の寄与率とソースマンツル含水量の系統性から、マンツル遷移層の含水量を推定する。

(3) 東北本州弧の火山のソースマンツル含水量の推定: 東北本州弧の火山フロント側の火山 (岩手山) と背弧側の火山 (三ノ目湯) を対象に岩石学的・地球化学的解析を行い、ソースマンツルの含水量を決定する。

4. 研究成果

(1) 中国北東部の火山岩の解析に基づくソースマンツル含水量の推定

本研究では中国北東部の Changbaishan 地域、Longgang 地域、および Baidaoshan 地域の火山岩の化学分析 (全岩主成分元素濃度・微量元素濃度・放射性同位体比の測定) と物質科学的解析を行い、そのうち Changbaishan 地域と Longgang 地域の火山岩について含水量測定を行った。火山岩試料に含まれる斑晶のガラス包有物を対象に EPMA と FT-IR で測定を行った結果、両者のマグマには最低でも 3 wt.% の水が含まれていることが明らかになった。このことから、Changbaishan 地域と Longgang 地域のソースマンツルの含水量は 350 ppm 以上であると推定され、通常の上部マンツルの含水量 (約 120 ppm) よりも有意に高いことが明らかとなった。その一方で、Baidaoshan 地域のソースマンツル含水量は、研究期間内に推定することができなかった。

(2) 中国北東部下のマンツル遷移層の含水量推定

上記の(1)の結果から、地震波トモグラフィ解析によって示唆されていた、マンツル遷移層起源のマンツル上昇流は、含水マンツル

ルームであることが示唆された。当初は、地球化学的特徴が異なった Changbaishan 地域と Baidaoshan 地域の火山岩を利用して、鉛同位体比および Ba/Th 比とソースマントル含水量との系統性を利用してマントル遷移層の含水量を推定する予定であったが、暫定的にいくつかの仮定を置くことにより、0.7 wt.%との推定値が得られた。今後は、遷移層の含水量を推定する上で Baidaoshan 地域よりもさらに適切な Kuandian 地域の火山岩を中国の共同研究者から譲り受けて解析を行う予定であり、その解析が終わり次第、信頼性の高いマントル遷移層の含水量を公表する予定である。

(3) 東北本州弧の火山のソースマントル含水量の推定

火山フロント側に位置する岩手山と背弧側に位置する三ノ目湯火山を対象に玄武岩試料の物質科学的解析を行った。その結果、岩手山におけるマグマ生成条件として温度条件：~1250、圧力条件：~1.3 GPa、三ノ目湯火山については、温度条件：~1230、圧力条件：~1.8 GPa が得られた。また、それぞれのソースマントルの含水量として、岩手山：0.6-0.7 wt.%、三ノ目湯：0.5-0.6 wt.%との結果が得られた。今後は引き続き、それぞれの火山のマグマ生成に関与したスラブ由来流体の組成を推定し、流体がスラブから分離した場所を特定することにより、沈み込むスラブの水輸送についての制約を与える予定である。

<引用文献>

- Meier, U., Trampert, J., Curtis, A. (2009) Global variations of temperature and water content in the mantle transition zone from higher mode surface waves. *Earth and Planetary Science Letters*, 282, 91–101.
- Kelbert, A., Schultz, A., Egbert, G. (2009) Global electromagnetic induction constraints on transition-zone water content variations. *Nature*, 460, 1003–1007.
- 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 the Earth and Planetary Interiors*, 173, 197–206.
- 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.

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6件)

- Yokoyama, T., Walker, R. J. (2016)

Nucleosynthetic isotope variation of siderophile and chalcophile elements in the Solar System. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. vol. 81. in Highly siderophile and strongly chalcophile elements in high temperature geochemistry and cosmochemistry, 81, 107–160, DOI: 10.2138/rmg.2016.81.03, 査読有

Asaah, A. N. E., Yokoyama, T., Aka, F. T., Usui, T., Kuritani, T., Wirmvem, M. J., Iwamori, H., Fozing, E. M., Tamen, J., Mofor, G. Z., Ohba, T., Tanyileke, G., Hell, J. V. (2015) Geochemistry of lavas from maar-bearing volcanoes in the Oku Volcanic Group of the Cameroon Volcanic Line. *Chemical Geology*, 406, 55–69, DOI: 10.1016/j.chemgeo.2015.03.030, 査読有

Yokoyama, T., Fukami, Y., Okui, W., Ito, N., Yamazaki, H. (2015) Nucleosynthesis strontium isotope anomalies in carbonaceous chondrites. *Earth and Planetary Science Letters*, 416, 46–55, DOI: 10.1016/j.epsl.2015.01.040, 査読有

Kuritani, T., Yoshida, T., Kimura, J.-I., Takahashi, T., Hirahara, Y., Miyazaki, T., Senda, R., Chang, Q., Ito, Y. (2014) Primary melt from Sannome-gata volcano, NE Japan arc: constraints on generation conditions of rear-arc magmas. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 167, 969, DOI: 10.1007/s00410-014-0969-7 査読有

Nagai, Y., Yokoyama, T. (2014) Chemical separation of Mo and W from terrestrial and extraterrestrial samples via anion exchange chromatography. *Analytical Chemistry*, 86, 4856–4863, DOI: 10.1021/ac404223t, 査読有

Fukami, Y., Yokoyama, T. (2014) Precise tellurium isotope analysis by negative thermal ionization mass spectrometry (N-TIMS). *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 29, 520–528, DOI: 10.1039/C3JA50317H, 査読有

[学会発表](計9件)

Kuritani, T., Tanaka, M., Yokoyama, T., Nakagawa, M., Matsumoto, A., Intensive hydration of the wedge mantle at the Kuril arc – NE Japan arc junction: implications from mafic lavas from Usu Volcano, northern Japan. American Geophysical Union Fall Meeting, 2015年12月14日~12月18日, San Francisco, USA

栗谷豪, 田中真弓, 横山哲也, 中川光弘, 松本亜希子, 有珠山・玄武岩質マグマの生成条件, 日本火山学会, 2015年9月25日~9月30日, 富山大学五福キャンパス, 富山県富山市

栗谷豪, 田中真弓, 横山哲也, 中川光弘, 松本亜希子, 有珠山・外輪山溶岩のマグマ

ロセス, 日本地球惑星科学連合大会, 2015年5月22日~5月26日, 幕張メッセ, 千葉県千葉市

栗谷豪, 奥村聡, 横山哲也, 伊藤嘉紀, 中村美千彦, 魏海泉, 中国東北部・長白山火山のけるマントル含水量, 日本鉱物科学会年会, 2014年9月17日~9月19日, 熊本大学黒髪キャンパス, 熊本県熊本市

栗谷豪, 奥村聡, 横山哲也, 伊藤嘉紀, 中村美千彦, 魏海泉, 中国東北部・長白山火山のけるマントル含水量: 予察的検討, 日本地球惑星科学連合大会, 2014年4月28日~5月2日, パシフィコ横浜, 神奈川県横浜市

Kuritani, T., Yoshida, T., Kimura, J.-I., Takahashi, T., Hirahara, Y., Miyazaki, T., Senda, R., Chang, Q., Primary melt from Sannome-gata volcano, NE Japan arc: constraints on generation conditions of rear-arc magmas, American Geophysical Union Fall Meeting, 2013年12月9日~12月13日, San Francisco, USA

栗谷豪, 吉田武義, 木村純一, 高橋俊郎, 平原由香, 宮崎隆, 仙田量子, 常青, 伊藤嘉紀, 三ノ目湯火山のマグマ生成条件, 日本火山学会秋季大会, 2013年9月29日~10月1日, 猪苗代町体験交流館, 福島県猪苗代町

Kuritani, T., Kimura, J.-I., Ohtani, E., Origin of Cenozoic basaltic magmatism at Changbaishan volcanic field, northeast China, International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, 2013年7月20日~7月24日, 県民交流センター, 鹿児島県鹿児島市

Kuritani, T., Yoshida, T., Kimura, J.-I., Takahashi, T., Hirahara, Y., Miyazaki, T., Senda, R., Chang, Q., Temperature of primary magma from Sannome-gata volcano, NE Japan arc, 日本地球惑星科学連合大会, 2013年5月19日~5月24日, 幕張メッセ, 千葉県千葉市 (招待発表)

〔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

(2) 研究分担者

横山 哲也 (YOKOYAMA TETSUYA)
東京工業大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号: 00467028

(3) 連携研究者

中村 美千彦 (NAKAMURA MICHIIHIKO)
東北大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 70260528