

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月 1日現在

機関番号：24402

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23740388

研究課題名（和文） 停滞スラブの化学的分化の実証的解明

研究課題名（英文） Chemical differentiation of a stagnant slab

研究代表者

栗谷 豪（KURITANI TAKESHI）

大阪市立大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：80397900

研究成果の概要（和文）： 停滞スラブが存在するマントル遷移層内での化学的プロセスを理解するため、停滞太平洋スラブの直上に位置する中国北東部の第四紀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、同地域のマントル遷移層が現在の停滞太平洋スラブと原生代の停滞スラブの両方からの化学的影響を受けていたこと、原生代に水を固定したマントル遷移層は、10億年以上もの長い間、地球内部の水の貯蔵庫として安定に存在していたこと、などを明らかにした。

研究成果の概要（英文）： To understand geochemical processes associated with slab stagnation in the mantle transition zone, petrological and geochemical analyses were carried out on Quaternary volcanic rocks in NE China. It is suggested that the mantle transition zone has been metasomatized through recent and ancient slab stagnation. It is also suggested that the mantle transition zone can remain as a stable water reservoir in Earth's interior for timescales of more than a billion years.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：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：火山・岩石学・地球化学・マントル・水循環

1. 研究開始当初の背景

プレート境界から沈み込んだスラブの中には、マントル遷移層内で一時的に滞留するものが存在する。そのような停滞スラブでは、滞留中の加温に伴う含水鉱物の分解、及びNAM (nominally anhydrous minerals) 中の水の溶解度の低下によって脱水が進行し、その結果として周囲のマントル遷移層は次第に水に富んでゆくと予想されている。特に、遷移層中の鉱物は比較的多くの水を保持できることから、マントル遷移層は地球内部の重要な水の貯蔵庫であり、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、高温高圧実験に基づいて、遷移層鉱物が含みうる水の

量が詳細に明らかにされてきた (Inoue et al., 1995)。また近年、地球物理学的観測に基づいた手法により、マントル遷移層の含水量分布が全球規模で明らかにされつつある (Kelbert et al., 2009)。

しかし、地球物理学的観測によって明らかにすることができるのは現在の状態に限られるため、マントル遷移層の含水化の履歴など、過去のプロセスについてはほとんど理解されていなかった。また、水に着目した研究は盛んに行われている一方で、それ以外の元素の挙動については、ほとんど着目されていなかった。実際には、停滞スラブの脱水に伴って様々な元素がスラブから周囲のマントル遷移層へ移動していると考えられ、そのよ

うな停滞スラブの化学的分化は、マントル遷移層から地球深部へ崩落するスラブの地球化学的特徴を支配することになる。一方で、停滞スラブによって化学的に“汚染”されたマントル遷移層は、水とともに特定の元素の長期的な地球化学的貯蔵庫となる可能性がある。これらのことから、停滞スラブの化学的分化は、地球内部の物質循環を総合的に理解する上で、非常に重要なプロセスであるといえる。

2. 研究の目的

貯水槽としてのマントル遷移層の歴史や、スラブの停滞に伴うマントル遷移層内での元素の挙動を実証的に理解するためには、天然物質からの情報抽出が最も有効である。そこで本研究では、停滞太平洋スラブの直上に位置する中国北東部の新生代火山岩を対象に岩石学的・地球化学的解析を行い、沈み込んだスラブが停滞しているマントル遷移層内での化学的プロセスや、水の貯蔵庫としての歴史を実証的に理解することを目的とする。

3. 研究の方法

中国北東部のマントル遷移層には、沈み込んだ太平洋スラブが滞留しており (Fukao et al., 1992)、そして同地域のマントル遷移層は世界的にみて顕著に水に富んでいることが電気伝導度観測で示されている (Kelbert et al., 2009 ; Karato, 2011)。また、Changbaishan 地域 (図1) の直下の上部マントルに、P波低速度異常を示すブルーム状の領域が存在することが明らかにされており (図2)、マントル遷移層から“含水マントルブルーム”が上昇していると考えられている (Zhao et al., 2009)。

中国北東部の新生代のマグマ活動は、基本的に上部マントルの対流に伴って、マントル物質が上昇する場所で起きている。このことから、同地域の火山岩には、マントル遷移層に由来する物質の情報が記録されていることが期待される。

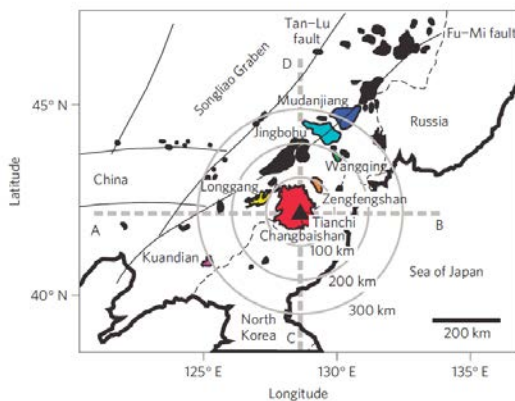


図1 中国北東部の新生代火山岩の分布

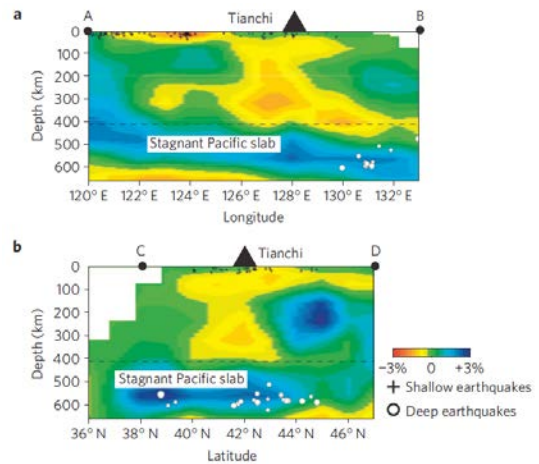


図2 中国北東部下のP波速度構造 (Zhao et al., 2009)

そこで本研究では、主に以下の二つの研究を行った。

- (1) 中国北東部・Changbaishan 地域の直下において、マントル遷移層起源の含水マントルブルームが存在することが地震波トモグラフィから示唆されている (図2) ことに着目し、火山岩の地球化学的の特徴の空間変化 (ブルームの軸部からの距離に対する変化) を調べることによってマントル遷移層起源の物質の特徴を明らかにする。
- (2) 中国北東部において端成分的な地球化学的の特徴をもつ五大連池火山の玄武岩に着目し、その火成活動の成因を解明するとともに、(1)の研究結果と組み合わせマントル遷移層内における化学的プロセスに制約を与える。

4. 研究成果

まず(1)に関しては、中国北東部に分布する第四紀火山岩の地球化学的の特徴について、自らの分析データと文献中の分析データをコンパイルして検討した。その結果、含水マントルブルーム (図2) の軸部に位置するChangbaishan 地域から遠ざかるにつれて、Ba/Th比やPb/U比が系統的に減少し (図3)、また $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比や $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ などの放射性同位体比も減少する傾向があることが明らかになった。

このことからマントル遷移層起源の物質はBa/Th比やPb/U比が顕著に高いことが示唆され、遷移層まで沈み込んだ海洋プレートの堆積物に含まれていたK-hollanditeが、プレートから放出された水によって分解した可能性が高いことが明らかになった。また遷移層に由来する物質の放射性同位体比を説明するためには、現在沈み込んでいる太平洋プレートだけでなく、10億年以上前の原生代に沈み込んだ海洋プレートに由来する物質の関与が必要であること、そして原生代に

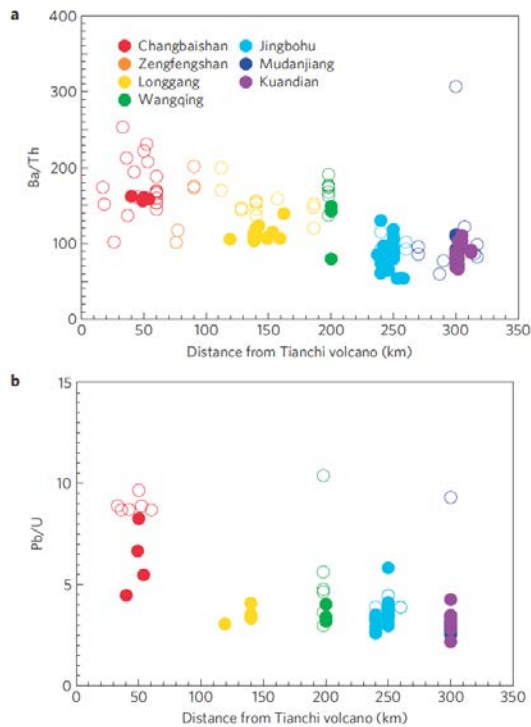


図3 火山岩の Ba/Th 比・Pb/U 比の空間変化

含水化した遷移層は、周囲と相互作用をすることなく存在し続ける必要があったことが分かった。

これらのことから、①中国北東部下のマントル遷移層が特に水に富んでいるのは、現在の太平洋プレートと原生代に沈み込んだ海洋プレートの両方から水が供給されていたためであること、そして②原生代に水を固定したマントル遷移層は、10 億年以上もの長い間、地球内部の水の貯蔵庫として安定に存在していたこと、が明らかになった。以上の成果については、*Nature Geoscience* 誌に掲載されるに至った。

以上のように、中国北東部直下のマントル遷移層が、現在の停滞太平洋スラブだけでなく、原生代に沈み込んだ停滞スラブからも化学的な影響を受けていた可能性が明らかになったため、これらの化学的影響についてさらに理解することを目的として、(2)の研究を行った。まず、五大連池火山の玄武岩を岩石学的に解析し、マグマの噴出温度が 1230°C 以上であることを明らかにした。従来、同火山の火成活動は大陸下リソスフェリックマントルの減圧融解に起因すると考えられてきたが、その場合にはマグマの噴出温度は 1180°C 以下である必要がある。このことから、マグマは大陸下リソスフェリックマントルの融解ではなく、さらに深部に由来することが明らかになった。そして火山岩が顕著に高い Ba/Th 比、Pb/U 比、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比を有することなどから、五大連池火山のマグマにも

マントル遷移層起源の物質が含まれていることが示唆された。また火山岩の放射性同位体比の不均質性を解析した結果、火山岩のソースマントル物質は「現在の停滞スラブ由来の流体+原生代の堆積物」および「現在の停滞スラブ由来の流体+同スラブの堆積物+原生代の堆積物」の両者(図4)を端成分としていること、そして原生代の停滞スラブの年代は 1.5 Ga より古いこと、などの制約を得ることができた。以上の成果については、*Lithos* 誌に掲載された。

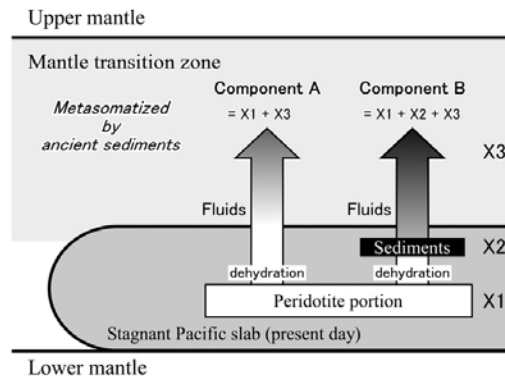


図4 マントル遷移層内における化学的プロセスの模式図

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)

- (1) Kuritani, T., Yoshida, T., Kimura, J.-I., Hirahara, Y. and Takahashi, T. (2013) Water content of low-K tholeiitic basalt from Iwate Volcano, NE Japan Arc: implications for differentiation mechanism of frontal-arc basalt magmas. *Mineralogy and Petrology*, in press. doi: 10.1007/s00710-013-0278-2. 査読有
- (2) Kuritani, T., Kimura, J.-I., Ohtani, E., Miyamoto, H. and Furuyama, K. (2013) Transition zone origin of potassic basalts from Wudalianchi volcano, northeast China. *Lithos*, 156, 1–12. 査読有
- (3) Kuritani, T., Ohtani, E. and Kimura, J.-I. (2011) Intensive hydration of the mantle transition zone beneath China caused by ancient slab stagnation. *Nature Geoscience*, 4, 713–716. 査読有

[学会発表] (計6件)

- ① Kuritani, T., Kimura, J.-I., Ohtani, E., Miyamoto, H. and Furuyama, K., Transition zone origin of potassic basalts from Wudalianchi volcano, northeast China. American Geophysical Union, Fall Meeting, San Francisco, アメリカ合

衆国, December 7, 2012.

- ② 佐伯和人・荒井朋子・荒木博志・石原吉明・大竹真紀子・唐牛讓・小林直樹・春山純一・杉原孝充・本田親寿・佐藤広幸・武田弘・諸田智克・栗谷豪・三谷烈史・大嶽久志・田中智, SELENE-2 の着陸地点評価. 日本惑星科学会秋季講演会, 神戸大学統合研究拠点コンベンションホール, 2012 年 10 月 24 日.
- ③ 栗谷豪・木村純一・大谷栄治・宮本英昭・古山勝彦, 中国北東部・五大連池火山の玄武岩の起源. 日本鉱物科学会, 茨城大学, 2012 年 9 月 19 日.
- ④ 平原由香・高橋俊郎・宮崎隆・常青・仙田量子・吉田武義・伴雅雄・栗谷豪・藤縄明彦・大場司・林信太郎・木村純一, 東北日本弧に産する第四紀火山岩類の Hf 同位体比組成の空間分布. 地球惑星科学連合 2012 年大会, 幕張国際会議場, 2012 年 5 月 22 日.
- ⑤ Kuritani, T., Yoshida, T., Kimura, J.-I., Hirahara, Y. and Takahashi, T., Differentiation mechanism of frontal-arc basalt magmas. European Geosciences Union General Assembly, Austria Center, Vienna, オーストリア, April 24, 2012.
- ⑥ 栗谷豪・吉田武義・木村純一・平原由香・高橋俊郎: 岩手火山・玄武岩質マグマの含水量. 2011 年日本鉱物科学会年会, 茨城大学, 2011 年 9 月 11 日.

[その他]

ホームページ等

<http://www.sci.osaka-cu.ac.jp/geos/geo2/kuritani/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

栗谷 豪 (KURITANI TAKESHI)

大阪市立大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号: 80397900