



東北大学

報道機関 各位

**Nature Geoscience's website on 04 September at 1800 London time /  
1300 US Eastern time, which is when the embargo will lift.**

**(報道解禁時間: 日本時間 9 月 5 日 午前 2 時)**

2011 年 9 月 2 日

東北大学大学院理学研究科

## 地球内部の水の貯蔵庫が 10 億年以上存在し続けていた証拠を発見

### <概要>

東北大学大学院理学研究科・地学専攻の栗谷豪特任准教授（現：大阪市立大学理学部地球学科・准教授）と大谷栄治教授は、海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・木村純一チームリーダーとの共同研究として、地球内部のマントル遷移層に、10 億年以上もの長い期間にわたって水が安定に貯蔵されていた証拠を、世界で初めて明らかにしました。

マントル遷移層<sup>補足 1</sup>は地球内部の上部マントルと下部マントルの境界部に位置し、深さ約 410 km から 660 km の間に存在しています。マントル遷移層が地球内部における重要な水の貯蔵庫となっている可能性については 20 年以上前から予測され、また実際に水を含んだマントル遷移層が全球規模で局所的に存在していることが分かっていますが、どのくらいの期間、水の貯蔵庫として存在し続けているのかについては明らかにされていませんでした。今回、我々は、特にたくさんの水が存在することが推定されている中国北東部下のマントル遷移層に着目し、直上の火山岩の化学組成について、詳細な解析を行いました。その結果、10 億年以上前の原生代に沈み込んだ海洋プレートからマントル遷移層に水が供給され、そしてそれ以降、このマントル遷移層が水の貯蔵庫として安定に存在し続けていた証拠を見出しました。この研究成果は、英国の科学誌 Nature Geoscience のオンライン版に、9 月 4 日（現地時間）に掲載されます。

### 発表論文

Kuritani, T., Ohtani, E., Kimura, J.-I. (2011) Intensive hydration of the mantle transition zone beneath China caused by ancient slab stagnation. Nature Geoscience, doi:10.1038/NCEO1250.

## <研究の背景>

### 地球内部の水

中央海嶺で生成した海洋プレートは、海洋底での移動を経てプレート境界部から地球内部に沈み込み、そしてあるものはマンテル遷移層に長時間滞留します（‘停滞スラブ’；図1）。沈み込む海洋プレートは、その表層部が海洋との反応によって含水化しているため、相当量の水を含んでいます。この水の大部分は、比較的浅い場所で上部マンテルに放出されますが、一部の水は沈み込むプレートとともにマンテル遷移層にまで持ち込まれ、マンテル遷移層に放出されます（赤い矢印；図1）。マンテル遷移層を主に構成する鉱物には、上部マンテルや下部マンテルを主に構成する鉱物に比べ、多量の水を含みうることで高温高压実験によって明らかにされており、マンテル遷移層は地球内部の重要な水の貯蔵庫であると考えられています。また実際に、水に富んだマンテル遷移層が、全球規模で局所的に存在して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ます。しかしながら、マンテル遷移層の物質を直接手に入れることは極めて困難であることから、このような「水の貯蔵庫」がどのくらいの期間存在し続けているのかについて、明らかにされていませんでした。

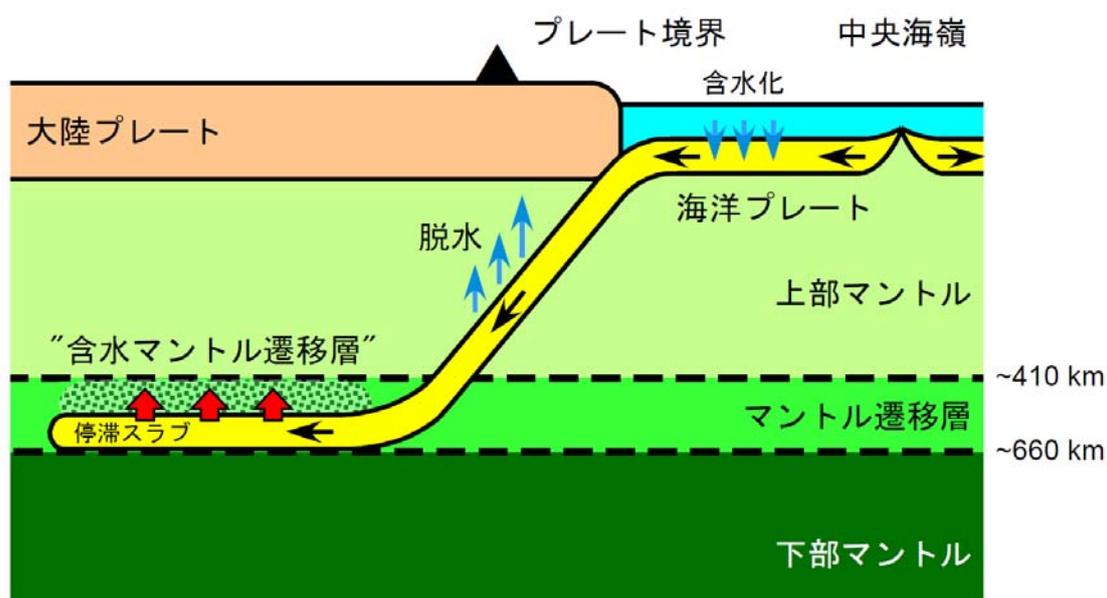


図1：地球表層域から地球内部への水の輸送。海洋底で含水化した海洋プレートは、大部分の水を沈み込む途中で上部マンテルに放出するが、一部の水はマンテル遷移層まで輸送される。マンテル遷移層に停滞しているスラブは、加温によって水を放出し、マンテル遷移層に付加すると考えられる。

## 中国北東部直下のマントル遷移層

中国北東部（図2a）の地下に存在するマントル遷移層には多くの水が含まれていることが、地球物理学的観測によって明らかにされています。また、マントル遷移層には沈み込んだ太平洋プレートが滞留し、そしてマントル遷移層からマントル上昇流が立ち上がっている様子が、地震波トモグラフィ<sup>補足2</sup>解析によって明らかにされています（図2b）。そこで、マントル遷移層に由来する物質の化学的特徴を明らかにするため、マントル上昇流の直上付近に分布する火山岩（図2a）について、化学組成を詳細に解析しました。

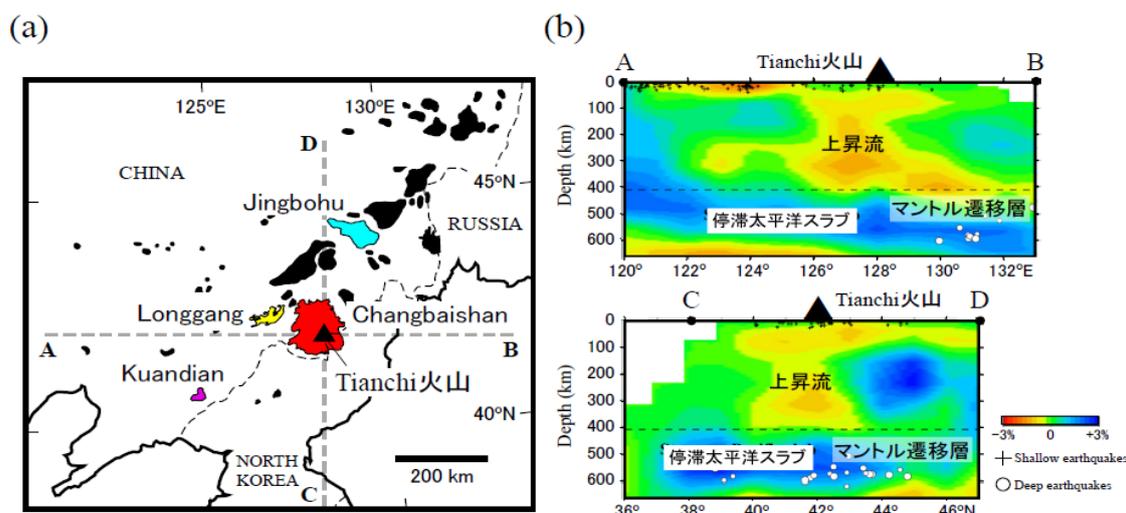


図2：(a)本研究で解析を行った火山岩の分布，及び(b)研究対象地域の地下のP波速度構造。

(b)のA-B，及びC-D断面の場所は，(a)に示す。(b)において，マントル遷移層中に見られる青色の領域は，同層に滞留している沈み込んだ太平洋プレートを表す。Tianchi火山の直下において，マントル遷移層からマントル物質が上昇している様子が分かる。(b)の図は，東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻・趙大鵬教授の論文（Zhao et al., 2009, Physics of the Earth and Planetary Interior, 173, 197-206）から引用、一部改変。

その結果、マントル遷移層に由来する物質の化学組成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がわかりました（図3）。そしてそのような痕跡を残すためには、原生代に沈み込んだ海洋プレートから放出された、水を主とする物質がマントル遷移層に供給・固定され、さらにそれ以降、その領域が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わかりました。このことから、(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、が明らかになりました。

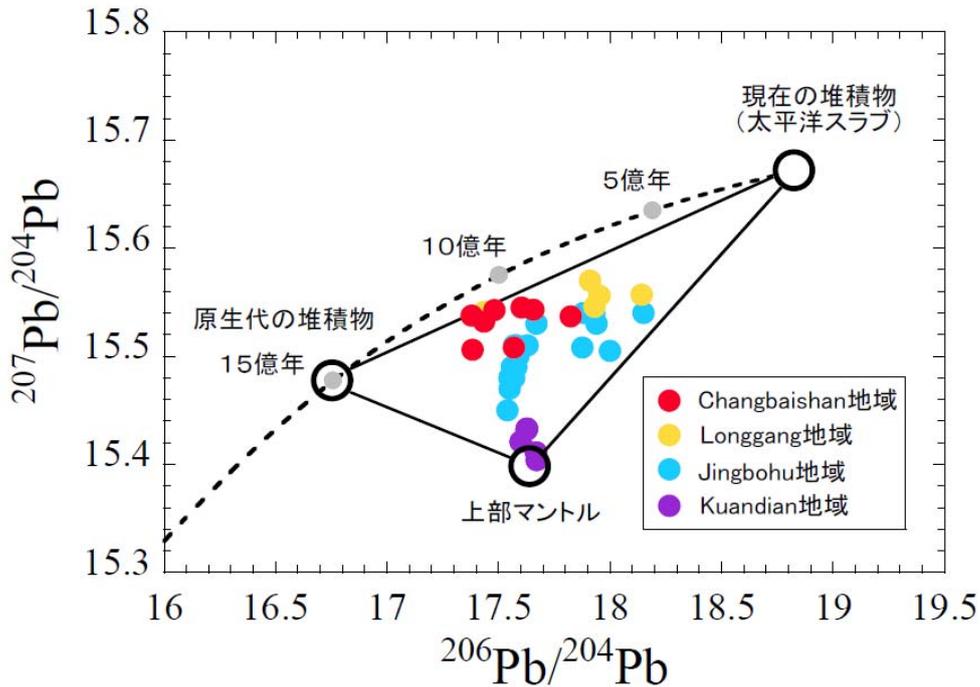


図3： 中国北東部の火山岩の鉛同位体<sup>補足3</sup>組成。上昇流の直上に位置する Changbaishan 地域の鉛同位体比組成の特徴を説明するためには、現在沈み込んでいる太平洋プレートとともに、10億年以上前に沈み込んだ海洋プレートに由来する物質の関与が必要である。

#### 〈波及効果と今後の展開〉

地球内部には、地表の海水の数倍もの水が貯蔵できると考えられ、そしてマントル遷移層は中でも最も重要な水の貯蔵庫であると考えられています。現在、地球物理学的観測によって、地球内部の水の分布の様子を直接的に明らかにする研究が進められています。しかし、それらの手法によって知ることができるのは、現在の状態に限られます。しかし本研究によって、マントル遷移層の水の貯蔵庫としての履歴に時間軸を挿入することが可能であることが、初めて示されました。今後は、世界各地の適切に選択された火山岩を対象に、同様の手法で研究を進めることにより、「水の惑星」としての地球の進化について、さらに定量的・実証的な理解が進められるようになると期待されます。

#### <補足1> マントル遷移層

地球内部は、地殻、マントル、核に分けることができます。マントルには、地震波速度の急激な増加が、深さ約 410 km と 660 km の 2 箇所で見出されており、これら二つの面に挟まれた領域をマントル遷移層と呼んでいます。地震波速度の不連続な増加の原因は、マントルを構成する鉱物の相転移によるものと考えられており、特にマントル遷移層で安定に存在する主要鉱物には、多くの水が含まれうることが分かっています。

#### <補足2> 地震波トモグラフィ

地震波が伝わる時間を利用して、地球内部の 3 次元的速度構造を求める方法です。地震波は、物質の成分や温度の違いによって変化しますので、地震波の速度構造を知ることによって、地球内部の温度や物質的な構造を理解することができます。

#### <補足3> 鉛同位体

天然には 4 種類の安定な鉛同位体  $^{204}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}$  が存在します。このうち、 $^{206}\text{Pb}$  は  $^{238}\text{U}$  から、 $^{207}\text{Pb}$  は  $^{235}\text{U}$  から、そして  $^{208}\text{Pb}$  は  $^{232}\text{Th}$  からの放射壊変で生成します。ある物質の現在の鉛同位体比は、過去に起きた鉛とウランや、鉛とトリウムとの分別の程度、及び分別が起きてから現在までの経過時間を反映しているため、過去の地質学的イベントや、それが起きてから現在に至るまでの時間スケールを明らかにする上で、重要な情報を提供します。

(問い合わせ先)

大阪市立大学理学部地球学科 准教授

栗谷豪 (06-6605-3179; [kuritani@sci.osaka-cu.ac.jp](mailto:kuritani@sci.osaka-cu.ac.jp))

または

東北大学大学院理学研究科地学専攻 教授

大谷栄治 (022-795-6662; [ohitani@m.tohoku.ac.jp](mailto:ohitani@m.tohoku.ac.jp))