



## 海洋プレート直下にひそむマグマの証拠を発見

### 研究成果のポイント

- ・長く存在が予想されていた海洋プレート直下のマグマが実際に存在する証拠を発見。
- ・そのマグマの噴出期間が数百万年におよぶことを証明。
- ・このマグマが世界中の海洋プレート直下に存在する普遍性を提唱。

### 研究成果の概要

地球の表層はプレートと呼ばれる岩盤で覆われており、それらがゆっくりと移動することで地震を引き起こしたり、マグマを発生させたり、地形を発達させたりしてきました。しかし、プレートとその下にあるマントルは岩石できており、プレートが移動するにはそれらの岩石層同士が激しく摩擦を起こすこととなります。もしそれらの間にマグマが存在し、潤滑剤の役割を果たしているならプレートが円滑に移動できるという説明がしやすくなります。このような観点から、海洋プレート直下にはマグマが存在する可能性が提唱されてきましたが、今回私たちは、幻の存在だと言われてきた海洋プレート直下のマグマが実在する証拠を発見しました。

### 論文発表の概要

研究論文名：Melt-rich lithosphere-asthenosphere boundary inferred from petit-spot volcanoes  
(プチスポット火山から推察されるメルトに富むリソスフェア-アセノスフェア境界)  
著者：山本 順司 (北海道大学総合博物館准教授)，是永 淳 (米国イエール大学教授)，平野 直人 (東北大学准教授)，鍵 裕之 (東京大学教授)  
公表雑誌：Geology (米国地質学会誌) 11 月号  
公表日：米国東部時間 2014 年 9 月 26 日 (金) (オンライン版)

### 研究成果の概要

#### (背景)

地球の表層はプレートと呼ばれる岩盤で覆われており、それらがゆっくりと移動することで地震を引き起こしたり、マグマを発生させたり、地形を発達させてきたとされています。しかし、プレートが円滑に移動できるメカニズムについては長く謎に包まれていました。プレートとその下にあるマントルは岩石できており、プレートが移動するには岩石層同士が激しく摩擦を起こすこととなります。もしそれらの間にマグマが存在し、潤滑剤の役割を果たしているならば摩擦が起きない

という説明がしやすくなります。このような観点から、海洋プレート直下にはマグマが存在する可能性が提唱されてきました。

海洋プレート直下にマグマが存在する可能性は、地球内部を伝わる地震波の速度や電気の通りやすさを調べる観測結果からも支持されていますが、地球深部の環境を再現する高温高压実験に基づく研究からは、その存在に懐疑的な見方が拡がりつつあり、プレート直下にマグマが存在するの可否かは地学の世界で議論的になっています。私たちは、この議論に終止符を打つべくマグマが実在する証拠の探求に挑みました。

### (研究手法)

海洋プレートは地球内部に沈み込む直前に折れ曲がるため、そこでは海洋プレートに大きな割れ目が発生します。もし海洋プレート直下にマグマが存在するならば、発生した割れ目を通してマグマが海底に流出している可能性があります。実際、そのような観点で世界の海底を俯瞰すると、ある火山に目が留まります。

2006年、私たちの研究チームは、東北地方沖の海底(図1)に標高数十メートルの小さな海底火山が多数存在することを報告しました(Hirano ほか, 2006年, Science)。それらは一般的な火山に比べると非常に小さな山体であったため「プチスポット」と名付け、これまでの地学の常識では考えられないマグマ噴出場が存在することを提唱しました。その火山を作った溶岩の噴出地点を調べると、まさに海洋プレートが折れ曲がる場所であることが分かりました。ただ、このような状況証拠だけでは、この溶岩が本当に海洋プレート直下から由来したのかどうか断言できません。そこで私たちは、海洋プレート直下由来のマグマが持つべき条件をこの火山が有しているのかどうか調べました。

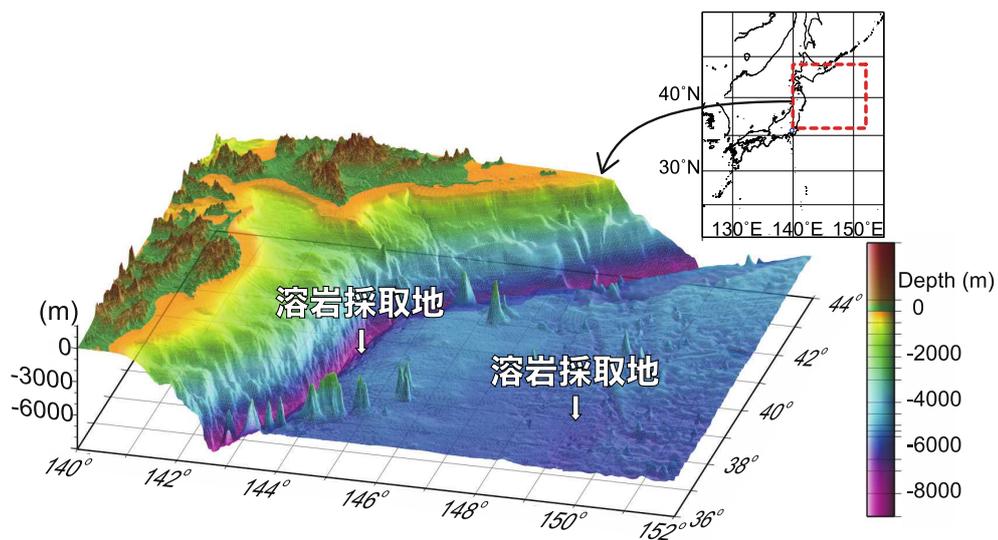


図1：溶岩を採取した場所(東北地方の沖合)。海洋プレートが日本列島に沈み込む直前の地域であるため、その折れ曲がりによって海洋プレート内に割れ目が発生する地域だと考えられている。これまで火成活動が全く予想されていなかった場所だが、もし、海洋プレート直下にマグマが存在するのであれば、その割れ目を通して海底に流出する可能性が考えられる。

## (研究成果)

もし海洋プレート直下のマグマが割れ目を通して海底に染み出しているのであれば、マグマの供給源は無尽蔵と言えるため、その火成活動は非常に長く続くことが予想されます。ところが研究対象としたプチスポット火山はその名前の通り非常に小さな火山で、それほど長期間の活動は想像できません。ただ、プチスポット火山は群を成して分布しているので、その地域に存在するプチスポット火山群全体では長期にわたる火成活動が存在していた可能性が考えられます。狭い領域で長く火成活動が続くと、温度構造の擾乱が起こります。マグマが存在するとその周囲の岩石に熱を伝えるため、長期間の火成活動は地温の上昇をもたらす、岩石に含まれる鉱物の化学組成を変化させます。私たちはその化学組成から岩石が持っていた地温を推定することができますが、その化学組成の変化には数百万年もの期間が必要です。一般的な火山の活動期間は長くても10万年程度なので、海洋プレートの岩石の化学組成が高温環境に適応するように変化していれば、それは海洋プレートが数百万年にわたって焼き鈍されたことを示しており、その熱源は海洋プレート直下から由来したマグマであると言えます。このような戦略を踏まえ、私たちは海洋プレートを構成する岩石の化学組成を調べました。

プチスポットから採取した溶岩には、海洋プレートのかげらが多数含まれています。それらは地下深部から上昇してくるマグマが、通り道の壁に存在していた岩石を捕獲し、海底まで運び上げたもので、捕獲岩と呼ばれています。地温の上昇は岩石を構成する鉱物の化学組成に変化をもたらすため、捕獲岩の化学組成を調べれば、海洋プレートに地温の上昇が起こったのか調べることができます。ただし、この捕獲岩がどのくらいの深さからもたらされたものなのか分からないと、地温が高いのかどうか（温度構造）は推定できません。そこで私たちは、新たに開発した手法を用い、捕獲岩がどの程度の深さ及び温度の領域から由来したのか精密に調べました。

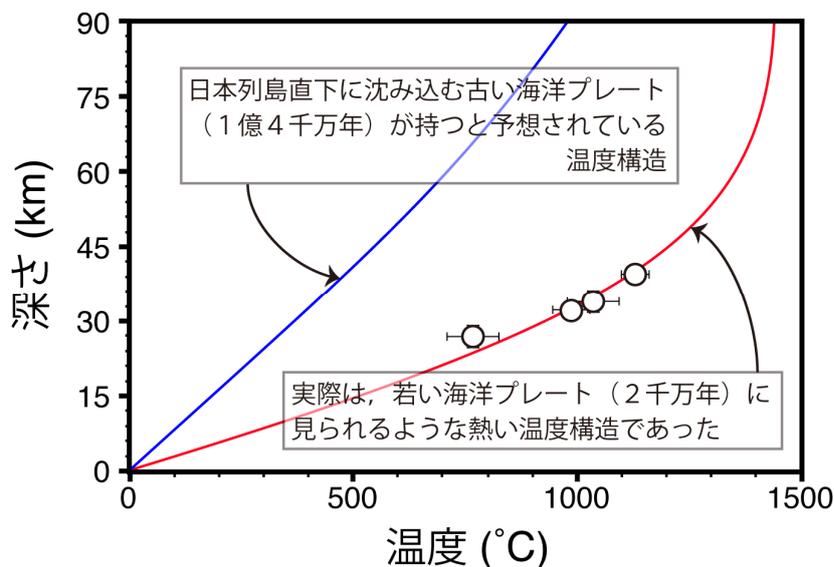


図2：マグマによって海底に運び上げられた海洋プレートのかげら（捕獲岩）が記録していた温度と深さの情報（白い丸印）。日本に沈み込む海洋プレートは非常に古いため、冷たい温度構造を持つと考えられていた（青線）。ところがプチスポット火山の直下の海洋プレートは、まるで生まれたてのような熱い温度構造（赤線）を持つことが分かった。

海洋プレートは大規模な海底火山によって生まれ、その後、時間とともにどんどん冷えていきます。日本に沈み込む直前の海洋プレートは誕生後1億4千万年も経過しているため、図2の青線のような冷たい温度構造を持つことが予想されます。ところが今回得た温度と深さの情報を図2に示すと（白い丸印）、プチスポット火山直下の海洋プレートは予想より500°C程度も高い温度構造を持つことが分かりました。岩石に記録される温度の改変には数百万年以上の時間が必要なので、プチスポット火山群は数百万年以上にわたる火成活動によって形成されたことが分かりました。

このような長期間にわたるマグマの供給には安定したマグマ供給源と供給機構が必要です。そこで私たちは、海洋プレート直下にマグマが存在すると仮定して、そのような長期間のマグマ供給が可能なのか計算して確かめました。その結果、海洋プレート直下から上昇するマグマによって、海洋プレートが予想より500°C程度高い温度で加熱し続けられることは十分可能であることが証明できました。

#### （今後への期待）

以上の結果から、私たちは、東北地方沖で発見したプチスポット火山は海洋プレート直下のマグマに由来すると結論づけることができました。海洋プレート直下のマグマは、これまで地震波観測などを用いた間接的な手法でその存在が議論されていた幻のマグマでしかありませんでした。しかし、今回の研究成果によりその実在を確認することができました。海洋プレート直下のマグマはプレート運動の潤滑剤の機能を果たす可能性があります。今後、本研究の成果を基に、プレート運動に関する様々な研究が展開されていくものと予想されます。

#### お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学総合博物館 准教授 山本 順司（やまもと じゅんじ）  
TEL: 011-706-4733 FAX: 011-706-4029 E-mail: jyama@museum.hokudai.ac.jp