

本件配布先: 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、中小企業庁ペンクラブ、  
資源記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会、  
筑波研究学園都市記者会、広島大学関連報道機関

## 日本列島直下に沈み込むプレート内の水の挙動がスロー地震発生に関係

### ー 南海トラフでのスロー地震のメカニズムの理解へ道筋 ー

2019年1月30日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

国立大学法人 広島大学

国立研究開発法人 海洋研究開発機構

#### ■ ポイント ■

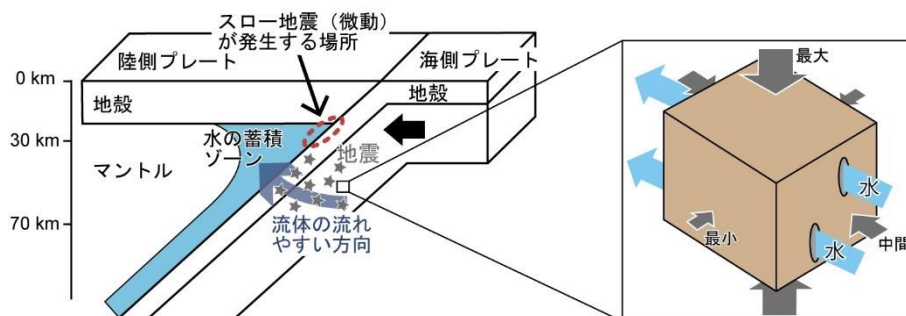
- ・ 日本列島直下に沈み込むプレート内部での水の通りやすい方向を力の概念で検討
- ・ プレート内部での水の通りやすい方向と沈み込むプレートから放出される水の量との関係を解明
- ・ スロー地震の発生が陸側と海側のプレートの境界付近に蓄積される水の量に関係

#### ■ 概要 ■

国立研究開発法人 産業技術総合研究所【理事長 中鉢 良治】(以下「産総研」という)活断層・火山研究部門【研究部門長 桑原 保人】地質変動研究グループ 大坪 誠 主任研究員、地質情報研究部門【研究部門長 田中 裕一郎】地球物理研究グループ 宮川 歩夢 主任研究員、国立大学法人 広島大学【学長 越智 光夫】(以下「広島大」という)大学院理学研究科【研究科長 楯 真一】片山 郁夫 教授、国立研究開発法人 海洋研究開発機構【理事長 平 朝彦】(以下「JAMSTEC」という)高知コア研究所【所長 石川 剛志】岡崎 啓史 研究員は、日本列島直下に沈み込むフィリピン海プレート内に作用する力を解析した。結果として、深さ約30~70 kmの位置にあるフィリピン海プレート内に作用する力の向きによってばらつきがあることから、沈み込むプレート内部の水の流れやすさに空間的な違いがあることを見いだした。プレート内部の水の流れやすさは、沈み込むプレートから放出される水の量とプレート境界付近での水の溜まり方に大きく影響し、この付近での地震の起こりやすさにも影響すると考えられる。プレート境界付近に大量の水が存在すると、地下の岩石の破壊に達するまでの摩擦が大きく下がり、数多くの微小な亀裂の連鎖的な破壊、いわゆる、ゆっくり地震(スロー地震)を発生させる可能性がある。そこで、南海トラフにおけるスロー地震の分布と本研究で明らかにした水の流れやすさの分布の比較から、南海トラフでプレート境界に供給される水の量の違いがスロー地震発生に関係することが分かった。今回の結果は、早急な解明が求められている日本列島直下で発生するスロー地震の発生メカニズムの理解への道筋を示すものといえる。

この成果は、2019年1月30日(英国時間)に *Scientific Reports* にオンライン版で公開される。

は【用語の説明】参照



スロー地震が発生する場所での沈み込むプレート内の水の流れやすい方向(青色矢印)と地震発生時に岩石にかかる力の向きと岩石中の水の流れやすさの関係を示す図

灰色矢印は、応力の三つの主応力の向きを示し、矢印の大きい方から、最大、中間、最小となる。

本件配布先: 経済産業記者会、経済産業省ベンクラブ、中小企業庁ベンクラブ、  
資源記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会、  
筑波研究学園都市記者会、広島大学関連報道機関

## ■ 研究の社会的背景 ■

日本列島周辺では複数のプレートが接しており、地震災害リスクを検討する上で、南海トラフをはじめとするプレート境界での巨大地震の発生メカニズムの解明が非常に重要である。特に南海トラフでは駿河湾から日向灘沖にかけてのプレート境界を震源域として、約100~150年間隔で巨大地震が繰り返し発生しており、今後の地震発生に向けて、早急な減災・防災への対策が求められている。

## ■ 研究の経緯 ■

近年、南海トラフでは、スロー地震とよばれるゆっくりとした地震が発生している(図1a)。こうしたスロー地震はプレート境界に存在する水によって誘発されると考えられている。産総研では高精度で観測が行えるように、中部地方から四国地方にかけて地下水などの総合観測施設を設置し、南海トラフでのスロー地震の観測を行っている。しかし、紀伊水道周辺においてはスロー地震の発生数が少なく(図1a)、その理由はよく分かっていない。現在、測地学・地震学的観点から、スロー地震の観測が精力的に進められているが、同時に、物質科学的な観点からのスロー地震発生メカニズムの解明も重要である。そこで、フィリピン海プレート内に作用する力の向きや大きさ(応力)を計算して、プレート内に含まれる水の挙動(量や流れる方向)を明らかにすることとした。フィリピン海プレート内の応力から、プレート内に含まれる水の挙動(量や流れる方向)を明らかにし、それをもとに、沈み込むプレートから直上のマントルへの水の供給モデルを提案し、プレート境界付近で発生するスロー地震(特に深部低周波微動)に対してどの程度影響があるのか検討した。

なお、本研究は、科学研究費補助金 新学術領域研究「スロー地震学」(平成28~32年度)課題番号: JP16H06476 による支援を受けて行った。

## ■ 研究の内容 ■

沈み込むフィリピン海プレート内で発生している地震のタイプと分布に空間的な違いがあることに注目した。まずユーラシアプレートの下に沈み込むフィリピン海プレート内の深さ約30~70kmで発生した地震データを抽出し(図1b)、地震発生に必要なプレート内の応力を計算した。その結果、応力状態はタイプIとタイプIIの二つに分類でき、このうち、応力状態タイプIは、応力がもつ最大主応力と中間主応力の大きさがほぼ同じである(図2a 赤枠)。応力状態タイプIIは、最大主応力と中間主応力の大きさが異なり、中間主応力の向きが沈み込むフィリピン海プレートからユーラシアプレート下のマントルへ向いていた(図2a 青枠)。

水は岩石のすき間を移動するため、岩石中での水の浸透率が高いと水は流れやすい。水の浸透率はその場の応力に依存し、岩石中には中間主応力と平行な面に亀裂が生じてそこを水が流れるため、プレート内部に溜まった水は中間主応力の方向へ抜けやすいと考えられる(概要図)。そのため、図2a 赤枠の応力状態タイプIでは、最大主応力と中間主応力がほぼ同じ大きさで、どちらも中間主応力の働きをするので、最大主応力と中間主応力と平行な面のどちらにも亀裂が生じ、水はそれぞれの面に流れる。一方、図2a 青枠の応力状態タイプIIでは中間主応力の方向と平行な面に集中して水が流れる。沈み込むフィリピン海プレート内の圧力および密度を踏まえると、水の流れる方向は沈み込むフィリピン海プレートからユーラシアプレート下のマントルとなる。

本件配布先: 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、中小企業庁ペンクラブ、  
資源記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会、  
筑波研究学園都市記者会、広島大学関連報道機関

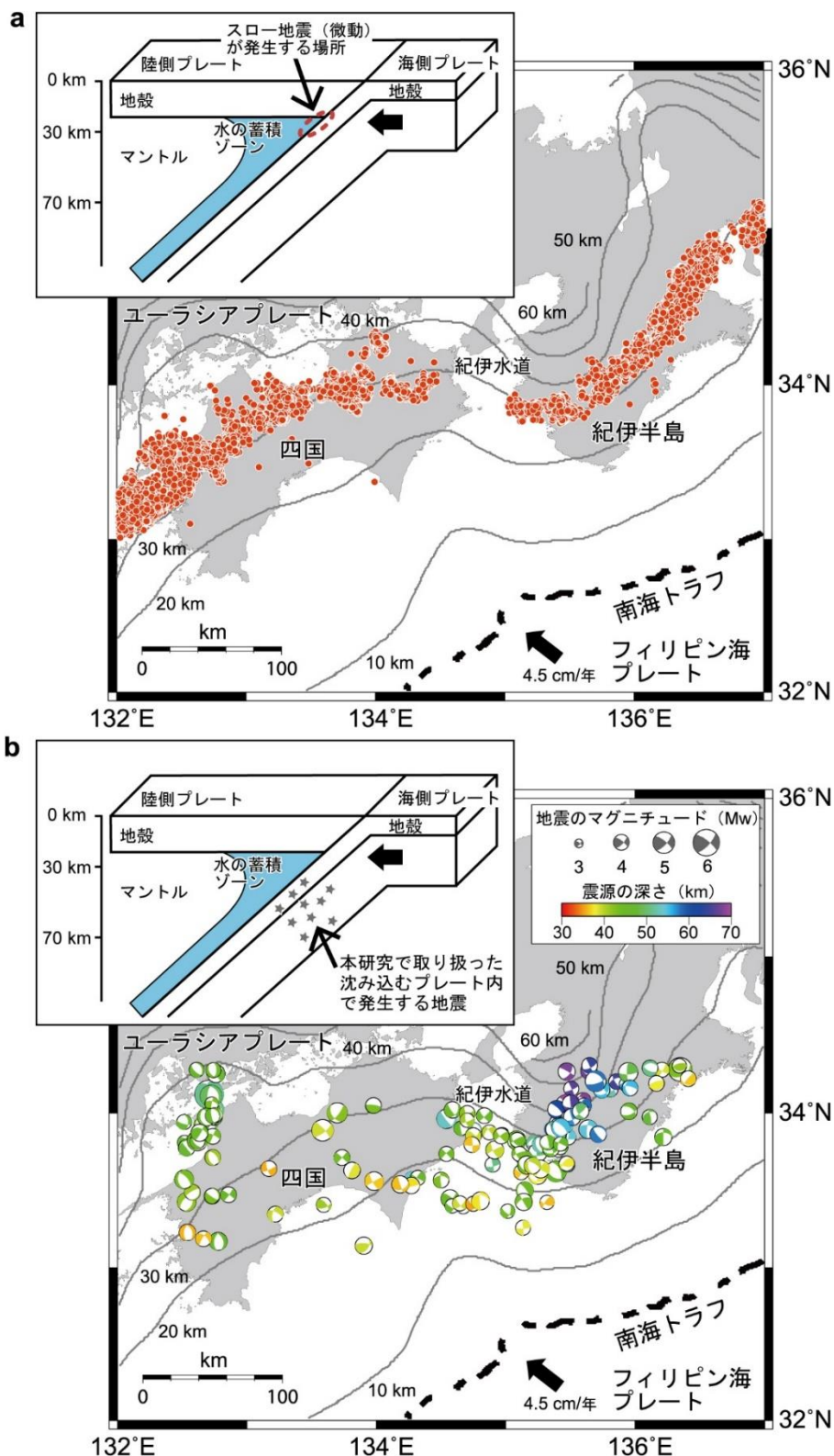


図 1 南海トラフにおける (a) スロー地震(赤丸)の分布と

(b) 深さ約 30~70 km でのフィリピン海プレート内部で発生する地震の分布

(a)は Obara et al. (2010)の結果を引用した\*。(b)は 1997年1月1日から2009年12月31日まで発生した地震を示す。灰色線は沈み込むフィリピン海プレートが陸側プレートに接している深さを示す。

本件配布先: 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、中小企業庁ペンクラブ、  
資源記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会、  
筑波研究学園都市記者会、広島大学関連報道機関

岩石中を水が流れる方向が異なると、フィリピン海プレートからユーラシアプレート下のマントルに供給される水の量も異なるため、このマントルに蓄積される水の量に差が生じると考えられる。周囲に比べてフィリピン海プレートからマントル方向へ水が流れやすい応力状態タイプIIの領域(図2b 青丸)では、マントル内に周囲より水が多く蓄積されると考えられる(概要図)。フィリピン海プレートから供給された水がマントルに多く蓄積されると岩石間の摩擦が減少して滑りやすくなるというモデルでスロー地震の発生を説明できる。一方、応力状態タイプIの領域(図2b 赤丸)では、最大主応力と中間主応力の大きさが近いため、水の流れやすい方向が一方向ではなく、マントル内に周囲より水の蓄積が少ない紀伊水道下では、スロー地震が発生しづらいと考えられる(図2b 赤色点線)。

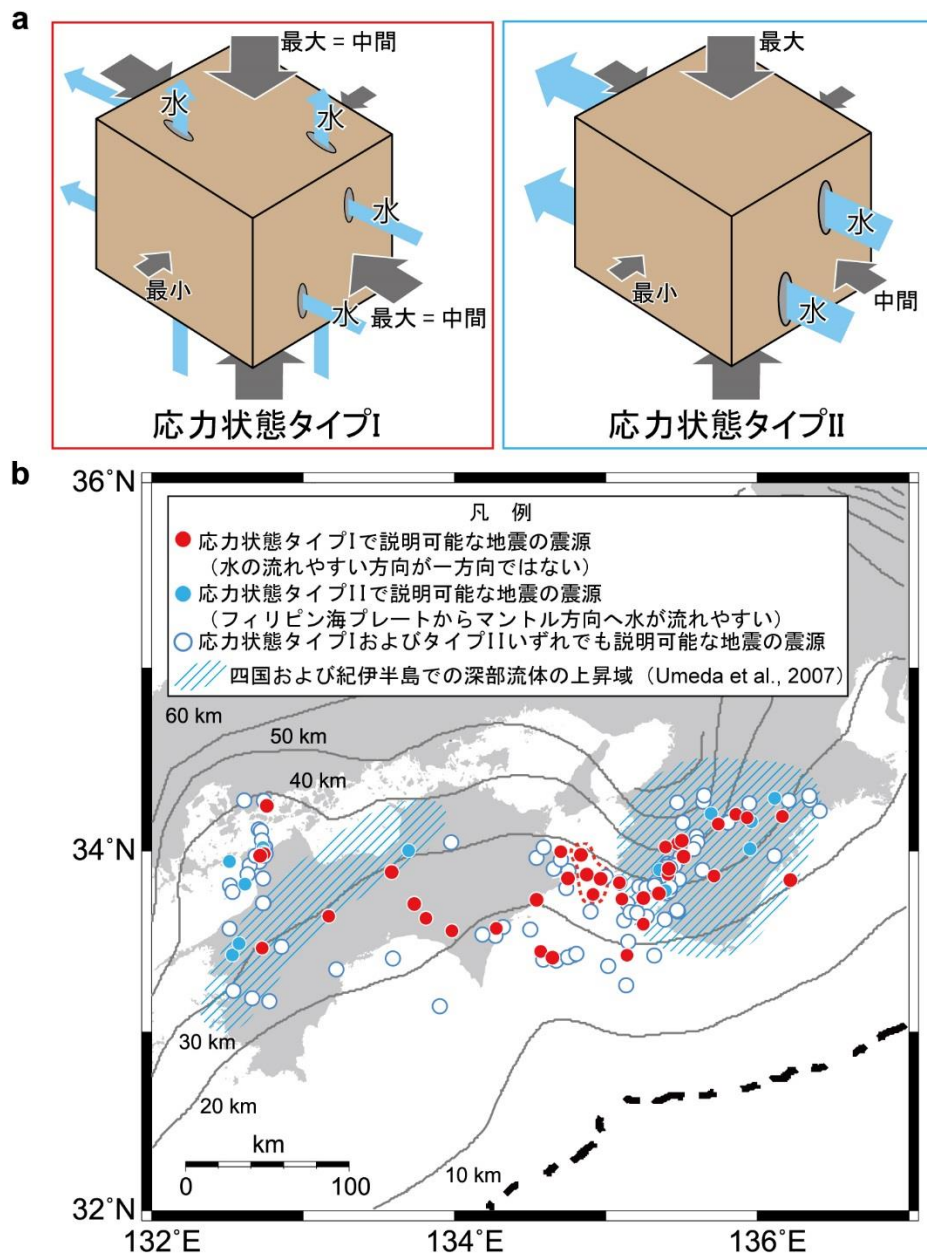


図 2(a) 応力と水の流れやすい方向の関係、(b) 推定されたフィリピン海プレート内の応力  
四国および紀伊半島での深部流体の上昇域は Umeda et al. (2007)の結果を引用した\*。  
灰色矢印は、応力の三つの主応力の向きを示し、矢印の大きい方から、最大、中間、最小となる。  
応力状態タイプIでは、最大と中間の主応力の大きさが近い。

本件配布先: 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、中小企業庁ペンクラブ、  
資源記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会、  
筑波研究学園都市記者会、広島大学関連報道機関

また、フィリピン海プレートからの水の供給量が高い場所では(図 2b 青丸)、水に含まれるヘリウム 3 とヘリウム 4 の同位体比 ( $^3\text{He}/^4\text{He}$  比) から推定されるフィリピン海プレート起源の深部流体が上昇している場所と一致している(図 2b)。これは、今回のスロー地震の発生モデルを支持する結果である。今回の結果は、沈み込むプレート内の水の挙動とスロー地震発生との関係解明に新機軸を与えると期待される。

#### ■ 今後の予定 ■

2018 年 10 月から、紀伊半島沖では、地球深部探査船「ちきゅう」による南海トラフの巨大地震発生メカニズムの解明のための掘削調査が行われている(国際深海科学掘削計画(IODP)第 358 次研究航海)。第 358 次研究航海では海底下約 5200 m まで掘削し、プレート境界付近の岩石試料などを採取する予定である。掘削によって得られる岩石試料などから、プレート境界付近における水の挙動について総合的な検討を進めていく。

#### ※ 引用論文:

Obara, K., Tanaka, S., Maeda, T. & Matsuzawa, T. (2010) Depth-dependent activity of non-volcanic tremor in southwest Japan. *Geophys. Res. Lett.* 37, L13306.

Umeda, K., McCranks, G. F. & Ninomiya, A. (2007) Helium isotopes as geochemical indicators of a serpentinized fore-arc mantle wedge. *J. Geophys. Res.* 112, B10206.

本件配布先:経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、中小企業庁ペンクラブ、  
資源記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会、  
筑波研究学園都市記者会、広島大学関連報道機関

■ 本件問い合わせ先 ■

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

活断層・火山研究部門 地質変動研究グループ

主任研究員 大坪 誠 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7  
TEL:029-849-1098  
E-mail:otsubo-m@aist.go.jp

活断層・火山研究部門 地質変動研究グループ

研究グループ長 塚本 斉 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7  
TEL:029-861-3944  
E-mail:tsukamoto-h@aist.go.jp

国立大学法人 広島大学

大学院理学研究科

教授 片山 郁夫 〒739-8526 東広島市鏡山一丁目 3 番 1 号  
TEL:082-424-7468  
E-mail:katayama@hiroshima-u.ac.jp

国立研究開発法人 海洋研究開発機構

高知コア研究所

研究員 岡崎 啓史 〒783-8502 高知県南国市物部乙 200  
TEL:088-878-2244  
E-mail:okazakik@jamstec.go.jp

---

【取材に関する窓口】

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 企画本部 報道室  
〒305-8560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 1  
つくば本部・情報技術共同研究棟 8F  
TEL:029-862-6216 FAX:029-862-6212 E-mail:press-ml@aist.go.jp

国立大学法人 広島大学 財務・総務室 広報部 広報グループ  
〒739-8511 東広島市鏡山一丁目 3 番 2 号  
TEL:082-424-3749 FAX:082-424-6040 E-mail:koho@office.hiroshima-u.ac.jp

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 広報部 報道課  
〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町 2-15  
TEL:046-867-9194 FAX:046-867-9055 E-mail:press@jamstec.go.jp

## 【用語の説明】

### ◆プレート

地球の表面を覆う、十数枚の厚さ 30~100 km ほどの岩盤のことで、地殻とマントルの最上部を合わせたもの。

### ◆スロー地震

普通の地震による断層のすべり(スリップ)よりもはるかに遅い速度で発生するすべり現象のこと。サイレント地震や、ゆっくり地震とも呼ばれている。数日から数週間、長くは数か月かけてゆっくり起こる。スロー地震には、低周波地震(低周波微動)、超低周波地震、短期的スロースリップ、長期的スロースリップがある。

### ◆南海トラフ

本州から四国の南の、遠州灘の沖合から日向灘の沖合に延びる細長い深い溝(トラフ)のこと。水深が 4000 m にもなる。ここでは日本列島の下にフィリピン海プレートが沈み込んでいる。

### ◆応力

物体に力が加わる際の、その物体内部に生じる力を示す物理量(方向と大きさ)のこと。応力は直交する三つの主応力軸を持ち、大きい方から、最大主応力軸、中間主応力軸、最小主応力軸となる。

### ◆プレート境界での巨大地震

プレート境界に沿って低角の逆断層型地震が発生して、しばしば巨大地震となる。南海トラフのプレート境界では、1944年の東南海地震や1946年の南海地震で破壊が生じ、津波を発生させた可能性があると考えられている。

### ◆浸透率

多数の空孔を持つ物体(多孔質)が、流体をどの程度通しやすいかを表す指標。

### ◆フィリピン海プレート起源の深部流体

フィリピン海プレートからの脱水により生じた熱水のことで、陸側プレート下のマントル成分を含みながら浅部に上昇する。