

平成 30 年 11 月 26 日

水を含んだマントル岩石が、地震発生の原因となる可能性を発見

【ポイント】

- ・自然地震と室内実験地震の研究結果とを結びつけ、陸の下に沈み込んだ海洋性プレート(スラブ)内のマントル物質の含水化の地域変化を捉えることに成功しました。
- ・水との関わりについて議論が続いていた、スラブマントル地震の発生機構に水が関係する可能性を示しました。

【概要】

国立研究開発法人 建築研究所 国際地震工学センターの北 佐枝子主任研究員と、東京大学 地震研究所 Thomas Ferrand 博士は、地震の規模(マグニチュード)別頻度分布に由来する b 値について、東北および北海道地方の下に沈み込む海洋性プレート内の地震と室内実験地震を世界で初めて定量的に比較検討しました。その結果、海洋性プレート内のスラブマントルと呼ばれる領域では、1)水が存在すること、2)地震の発生には岩石に含まれる含水鉱物が関係すること、を示しました。スラブマントル地震には不明な点が多く、その発生に水が必要か否かについてこれまで議論が続いてきました。本研究により、スラブマントル地震の発生過程の基本部分が明らかになりました。

この成果は、11 月 19 日(イギリス時間午前 10 時)、英国 Nature Publishing Group のオンライン科学雑誌「Scientific Reports」に掲載されました。

【論文情報】

論文タイトル: Physical mechanisms of oceanic mantle earthquakes: Comparison of natural and experimental events

著者名: 北 佐枝子^{1,2}, Thomas P. Ferrand^{3,4}

所属:1. 広島大学大学院理学研究科, 2. 現・建築研究所, 3. Ecole Normale Supérieure(仏国高等師範学校), 4. 東京大学地震研究所 DOI:10.1038/s41598-017-14309-9

【背景】

沈み込む海洋性プレート(スラブ)の内部は、その上部表面から7kmまでの範囲のスラブ地殻とその下のスラブマントル(*1)に分けられます。スラブ地殻地震は、構成岩石の脱水が

発生過程に関わることを示唆する研究成果が様々な地震観測研究により示されてきました。その一方、スラブマンタル地震の発生機構と水との関わりについては、自然地震の解析例が圧倒的に少ない状況にあり、室内実験地震(AE)の解析結果をもとにした理論研究成果を中心とした議論にとどまる状況にありました。

また、発生する地震の規模を表すマグニチュードの頻度分布を表す指標であるb値についてはこれまで多くの研究がなされてきましたが、スラブマンタル地震のb値を詳細に推定することや、その発生機構と水との関わりまで迫る研究はこれまでありませんでした。

【研究成果の内容】

本研究では、フランスの研究グループによる実験(Ferrand et al. 2017 Nature communications)において、岩石試料の性質と、その中で発生する室内実験地震(AE)のマグニチュードが記録されていることに注目しました。そして、岩石試料中の蛇紋岩(*2)部分の配合が多くなるにつれ、室内実験地震のマグニチュードが小さくなる傾向があること、すなわちb値(*3)が大きくなることを見出しました(図1)。

本研究では自然地震の観測データの解析も行い、東北地方の方が北海道よりもスラブマンタル地震のb値が大きくなることを見つけました(図2)。そして、上記の室内実験の傾向と比較し、東北地方の方が蛇紋岩化したマンタル物質が存在する可能性を指摘しました。

アウターライズと呼ばれる、陸プレートの下に沈み込む前の海洋性プレート内の地殻とマンタルにおける含水化の度合いも、東北沖のほうが北海道沖よりも大きいことは、国立研究開発法人海洋研究開発機構の藤江剛主任技術研究員の地震波速度構造解析結果(Fujie et al. 2018 Nature communications)や理論研究から指摘されていました。陸プレートの下に沈み込んだ後のプレート(スラブ)内の本研究の解析結果は、沈み込む前の海洋性プレートでの研究結果と整合的といえます。

以上のことから、北海道と東北下に沈み込む海洋性プレートのスラブマンタルには水が存在し(図3)、スラブマンタル地震の発生機構へ水が関与している可能性があると言えます。

スラブマンタル地震の発生機構は、1)水が関わるとする説、2)水がなくても発生しうる説が提案され、自然地震解析による検証が待ち望まれている状況でした。本研究は、世界最高レベルのスラブ内地震の観測環境のある日本列島において、1)が観測研究より支持されたことを示しています。

【今後の展望】

プレート境界型地震、内陸地震、スラブ地殻地震とも比べて理解の遅れているスラブマンタル地震の発生機構の理解は、本研究によって前進できたといえます。スラブ内地震は、規模の割に被害地震となりやすい性質を持つことが知られています。この前進は、将来起こりうるスラブマンタル地震の発生場所や引き起こされる地震動の予測に役立ち、地震防災の観点からも重要な知見となりえます。また、地球内部の水循環を明らかにする上でも重要な知見と言えます。

【用語解説】

(*1)スラブマントル：海洋プレートは、陸プレートの下に沈み込むとスラブと呼ばれます。スラブは、スラブ地殻とその下のスラブマントルから構成されており、スラブマントルは主に橄欖（かんらん）岩から構成され、一部が蛇紋岩(*2)化していると考えられています。スラブマントル内地震は、沈み込んだ海洋性プレート(スラブ)内部におけるスラブマントル部分で発生する地震のことを意味します。スラブマントル地震は、プレート境界型地震や内陸地震と比べて発生規模が小さいこと、地震波トモグラフィと呼ばれる地下構造のCT スキャンが行いにくいことから研究が比較的遅れ、従って発生機構の理解も遅れています。

(*2)蛇紋岩(じゃもんがん) 海洋性プレート内のマントル物質は主に橄欖(かんらん)岩から構成されており、橄欖岩が水を吸収することで形成される岩石は蛇紋岩と呼ばれます。橄欖岩も橄欖岩も、地殻を構成する岩石(花崗岩など)と比べて比重が大きく、それぞれ 2.9-3.3(g/cm³), 2.8-3.1(g/cm³)程度です。本研究で詳しく解析した、フランスの研究グループの室内実験結果に用いられた岩石試料は、橄欖石(橄欖岩を主に構成する鉱物)と蛇紋石(蛇紋岩を主に構成する鉱物)の割合を人工的に調整の上、作成されたものです(図4)。

(*3)b 値：ある地域で発生した地震の規模別頻度分布図における傾きを示す指標を(パラメータ)を b 値と言います。b 値が大きいほど比較的小さな地震が多く発生したことを示し、小さいほど大きな地震が多く発生することを示します。発生する地震活動の特徴を表現する指標として、地震学分野の研究では古くから使用されてきていましたが、スラブマントル地震における b 値の物質科学的意味は、これまで良くわかっていませんでした。

【参考資料】

図1:(a)-(d) 室内実験地震で使ったマントル物質試料の模式図. 実験室内地震の本震断層面は, 蛇紋岩化していない部分で発生し, 地震の準備課程が起きたと考えられる部分は, 蛇紋岩部分に見られていた(Ferrand et al. 2017, Nature communications). (e) 室内実験地震の解析結果から推定された b 値と, 実験試料中の蛇紋岩の割合との関係を示したグラフ.

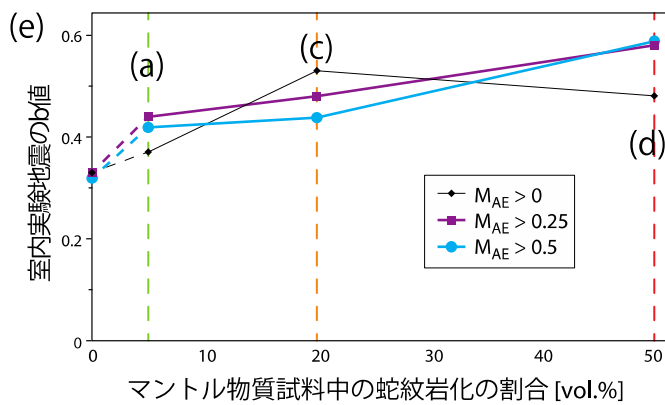
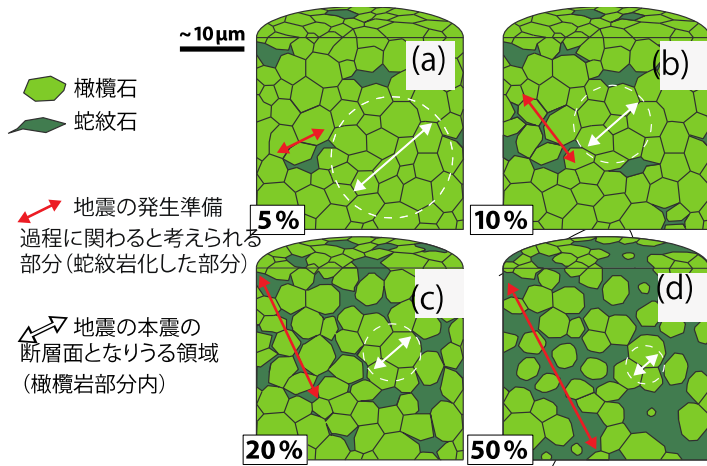


図2:スラブマントル内地震とスラブ内地震全体のb値の解析結果. (a)本研究における解析領域. 赤線は(b)でしめす鉛直断面の位置を示す. (b)深さ70から150kmにおける北海道東部下での鉛直断面図. 点線は海洋性プレートの上境界面を示す. 赤丸, 緑丸, 青丸は, それぞれ上面地震(スラブ地殻内地震), 面間地震, 下面地震(スラブマントル内地震のうち, プレート表面より深さ23km以深の活動)を示す. (c)スラブマントル内地震(下面地震)の空間分布. (dおよびe) (c)で示される赤色の四角形の示す範囲(北海道)での下面地震および全スラブ内地震の規模別累積頻度分布(観測値は青丸, 理論値は青線)およびb値を示した図. 図中点線は, 解析対象とした地震のマグニチュードの下限(1.2)を示す. (fおよびg) (c)で示される赤色の多角形の示す範囲(東北)での下面地震および全スラブ内地震の規模別頻度分布(観測値は青丸, 理論値は青線)およびb値を示した図.

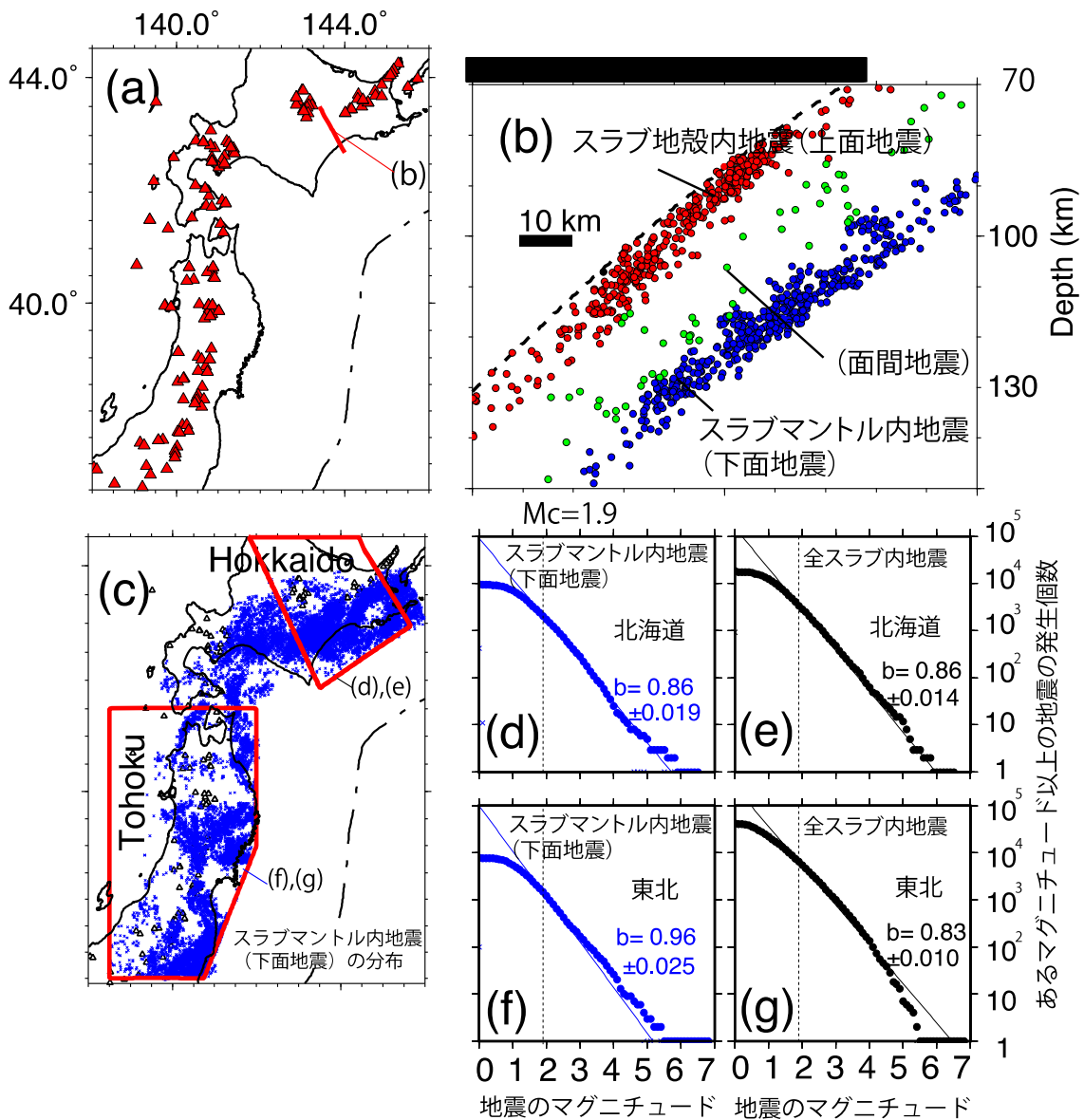


図3: 本研究が提案するスラブマントルおよび海洋性マントルの含水化モデル. 東北沖のほうが北海道沖よりもアウターライズにて断層が発達している様子を表現している. 沈み込んだプレートの一部であるスラブマントルにおいても, 東北地方下のほうが北海道下よりも含水化が起きていると考えられる.

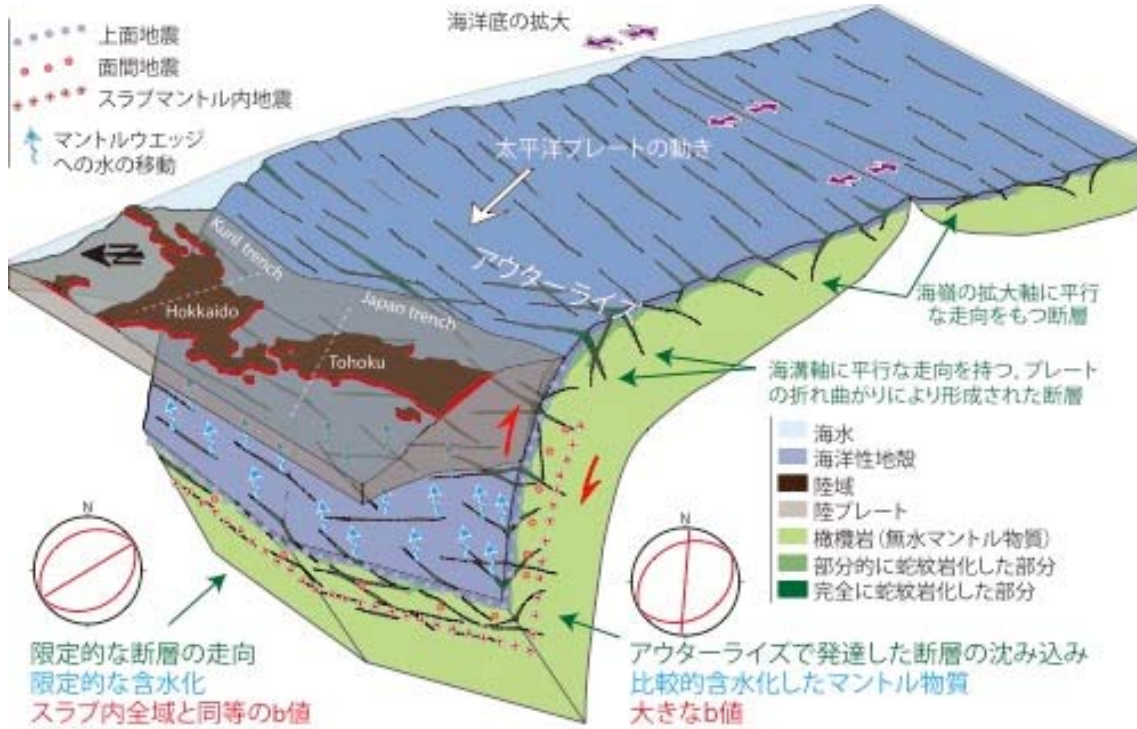
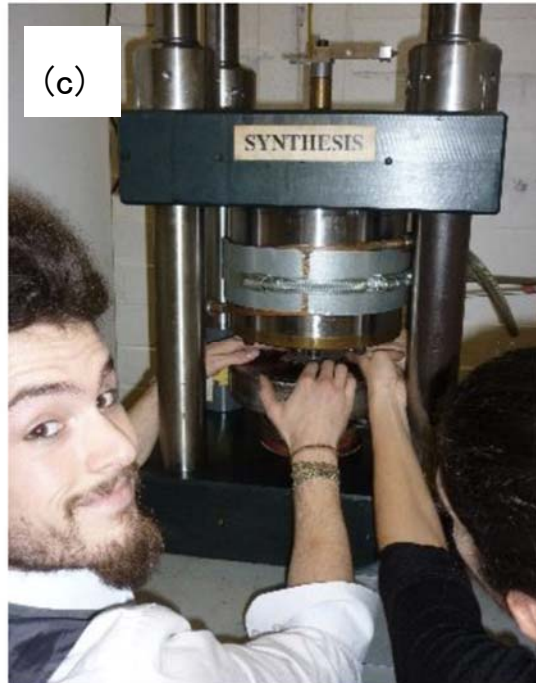


図4：フランスの研究グループ（第二著者Thomas Ferrand研究員を含む）の室内実験結果に用いられた、岩石試料（マントル物質を想定）の作成時の写真。サンカルロス産の橄欖（かんらん）石（図4a, 橄欖岩を主に構成する鉱物）とコルシカ産の蛇紋石（図4b, 蛇紋岩を主に構成する鉱物）の割合を人工的に調整の上、機械（図4c）を用いて1.5Gpaの圧力と500度の温度環境に約10時間置くことで、人工的にマントル岩石を作成します。



（内容の問合せ先）

国立研究開発法人 建築研究所
国際地震工学センター
氏名 北 佐枝子
E-mail iisee@kenken.go.jp