報道発表 Press Release

報道機関　各位

2026 年 11 月 12 日

国立大学法人信州大学

地下水と溶存ガスの変化をメガスラスト型巨大地震の短期警戒指標へ

前兆的地震シャンパン効果の物理化学モデルを提案し継続観測による仮説の検証を提言

【研究成果のポイント】

・地下水の圧力低下に伴う溶存ガスの気泡化に着目し、巨大地震前の水位低下・濁り・ガス放出を説明する「前兆的地震シャンパン効果（P-SCE）」の物理化学モデルを提案しました。

・1923 年関東、1944 年昭和東南海、1946 年昭和南海地震の記録を比較・統計解析した結果、地下水の濁りの先行時間の中央値はいずれも 1.5～2.5 日でした。

・今後、P-SCE 観測井戸で地下水位・濁度・地中ガス濃度などを継続観測し、短期警戒指標としての具体化を進める必要があります。

【概要】

信州大学名誉教授・信州大学繊維学部ファイバーイノベーション・インキュベーター施設（Fii）リサーチコーディネータの榎本祐嗣は、メガスラスト型巨大地震［用語 1］に先立つ地下水や溶存ガスの変化を説明する、前兆的地震シャンパン効果（P-SCE）［用語 2］の物理化学モデルを提案しました（図 1）。地下水位の低下・濁り・気泡発生などの時系列変化が、南海トラフ地震などの短期警戒指標となる可能性を示すものです。有効性は、今後の継続した科学機器観測による検証が必要です（図 2）。

研究成果は、学術誌「npj Natural Hazards」（Nature Portfolio の学術誌）に掲載されました。

【背景】

研究の出発点は、2024 年能登半島地震の発生から約 1 時間後に輪島市内で発生した大規模地震火災です。榎本は既報で、この火災に地中の可燃性ガスであるメタンが関与した可能性を提案しました。強い地盤共鳴によって、メタンを溶かし込んだ地下水を含む沖積層が揺さぶられ、間隙水の圧力低下、溶存ガスの過飽和、気泡の発生・上昇を経て、メタンが大気中へ噴出するという仮説を検討しました。地震後に時間をおいてガス放出が現れるこの過程を「遅延的地震シャンパン効果（Delayed-SCE）」と呼んでいます。

今回の研究では、この着想を巨大地震の発生前へ広げ、地震に先立つ岩盤の微小な膨張と地下水の圧力低下によって、同様の気泡化・ガス放出が起こりうるというモデルを提案しました。

【研究手法・成果】

1923 年大正関東、1944 年昭和東南海、1946 年昭和南海の 3 つのメガスラスト型巨大地震について、地下水位低下や濁り、火炎・発光現象などの目撃証言記録を整理しました。各現象が地震に先立って現れた時期の分布を、箱ひげ図［用語 3］によって比較・考察しました（図 3）。

歴史記録には、地下水の変化が火炎・発光現象に先行する傾向がみられます。地下水の濁りの先行時間の中央値は、大正関東地震で 2.5 日、昭和東南海地震で 2.5 日、昭和南海地震で 1.5 日でした。メタン湧出によると考えられる火炎・発光現象は、さらに本震に近い時期に報告されています。

この順序は P-SCE モデルと整合的ですが、目撃証言の網羅性や時刻の精度には限界があります。そこで、2011 年東北地方太平洋沖地震について、P-SCE に関連する諸現象の科学機器による観測結果と照合し、地震前に現象が発生する機構の妥当性を検討しました。

【波及効果・今後の予定】

短期警戒指標の候補は、地下水位の低下量・低下速度、細かな土壌粒子が気液界面に付着した気泡を含む地下水の濁度、湧出したメタンなどの地中ガス濃度などの変化です。複数地点で継続測定し、平常時からの変化量や継続時間、各指標の時間的な関係を調べます。観測井戸の設置地点は、有機物に富む地層が分布する沖積平野などを対象に、過去の記録と地質・地下水条件を照合して選び、また既存の地下水位観測井戸も活用できます。地殻変動との比較に加え、海底のメタン湧出や赤外線・衛星観測との組合せも有効な観測手段です。

降雨や揚水、工事などの影響を区別し、観測・評価方法をあらかじめ定め、今後のデータで仮説を確かめます。地震が起きない期間も観測し、変化があっても地震が起きない場合や、地震前に変化がない場合も評価します。継続観測によって有用性と適用条件を明らかにすることが目標です。

濁りの報告から地震発生までの中央値が 3 つの地震で 1.5～2.5 日だった共通性は、数日間の変化を捉える観測項目として注目されます。数日という時間幅は、経済活動や社会インフラの安全確保、防災・減災対応の準備を考えるうえで重要です。ただし、現時点で地震の直前予知が可能と結論づけることはできず、継続観測による信頼性の検証が必要です。

【論文タイトルと著者】

タイトル：The precursory seismic champagne effect: a physicochemical framework for potential short-term indicators of megathrust earthquakes
著者：Yuji Enomoto（榎本祐嗣　信州大学名誉教授）
掲載誌：npj Natural Hazards（Nature Portfolio の学術誌）
DOI：10.1038/s44304-026-00285-6
URL：https://www.nature.com/articles/s44304-026-00285-6

【用語の説明】

1）メガスラスト型巨大地震

海のプレートが陸側のプレートの下に沈み込む境界で、広い範囲が急激にずれて起こる巨大地震です。本研究で取り上げた 1923 年大正関東地震、1944 年昭和東南海地震、1946 年昭和南海地震、2011 年東北地方太平洋沖地震が該当します。一方、現在、首都直下地震の防災対策で中心的に想定されている地震はこのタイプとは異なるため、P-SCE モデルの適用には、震源の構造や地下水・ガスの条件に応じた別途のモデル化と検証が必要です。

2）前兆的地震シャンパン効果（P-SCE）

巨大地震に先立つ岩盤の微小な膨張によって地下水の圧力が低下し、溶けていたガスが気泡となって発生・成長し、上昇するという仮説的な仕組みです。シャンパンの開栓時の泡立ちになぞらえ、地下水位の低下や濁り、大気中へのガス放出・メタンの自然発火によるとみられる火柱発生などを説明します。同様の過程が地震後に時間をおいて現れる場合は、遅延的地震シャンパン効果（Delayed-SCE）と呼んでいます。

3）箱ひげ図

データの分布やばらつきを統計的に示す図です。箱内の線は中央値、箱はデータの中央 50%の範囲を示します。ヒゲは箱の上下端から箱の長さの 1.5 倍以内にあるデータの端まで伸び、それを超える値を○（外れ値）で示します。n は解析に用いた目撃証言件数です。件数が少ない場合は、分布の解釈に注意が必要です。

【問い合わせ先】

〈研究内容に関する問い合わせ先〉

信州大学名誉教授　榎本祐嗣

E-mail：enomoto@shinshu-u.ac.jp

Tel：090-2481-3474（榎本携帯電話）

〈報道に関する問い合わせ先〉

国立大学法人信州大学　総務部総務課広報室

Tel：0263-37-3056　Fax：0263-37-2182

【関連図】

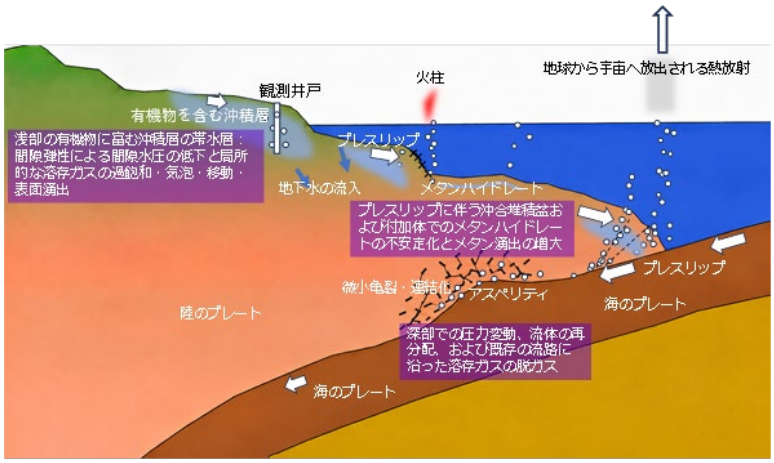


図１　メガスラスト型巨大地震の前兆的地震シャンパン効果のモデル図。

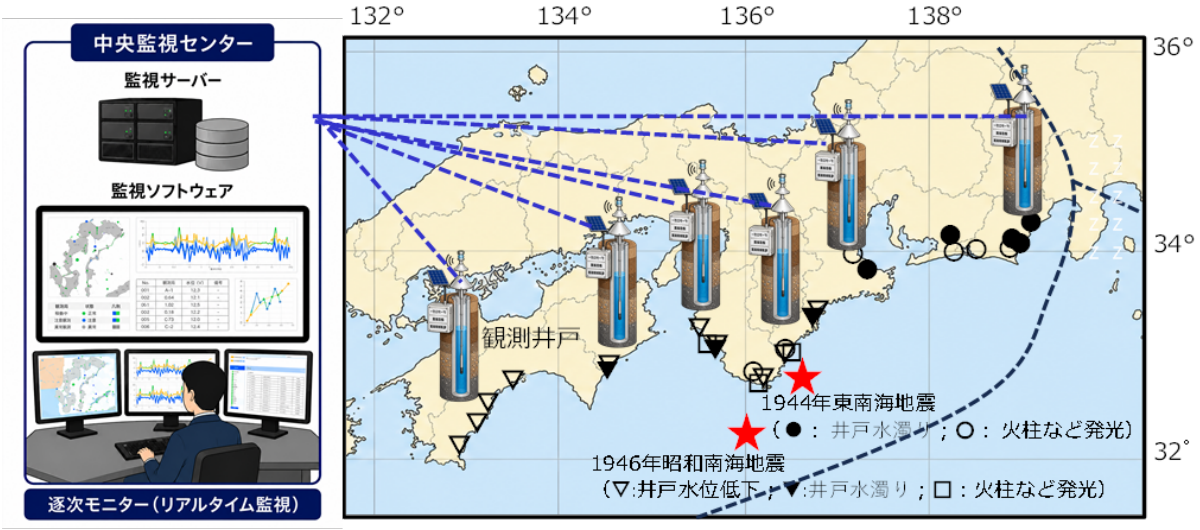


図２　南海トラフ地震を対象とする短期警戒指標の検証に向けた観測井戸の案。観測項目は、水位・濁度・地中ガス濃度・水温。

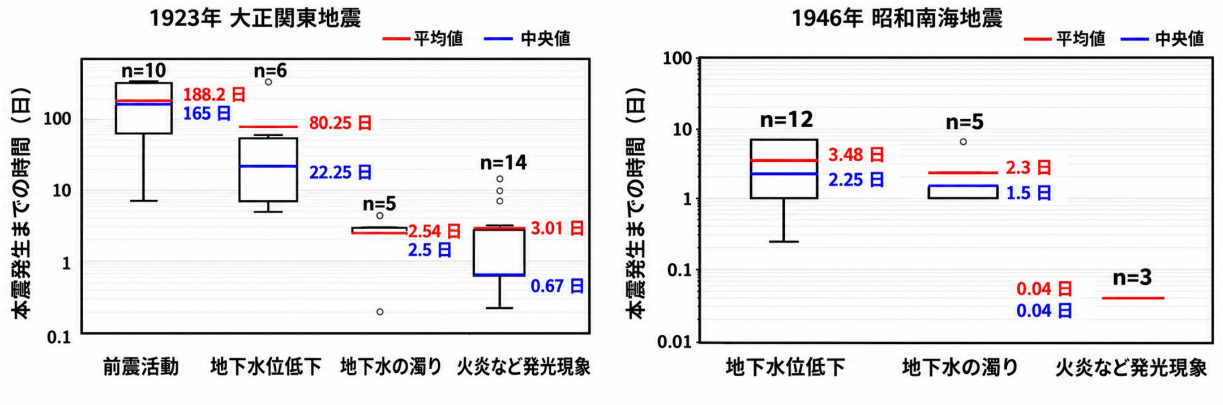


図３　大正関東地震と昭和南海地震に先立つ諸現象の先行時間を示す箱ひげ図。縦軸は本震までの日数（対数目盛）、赤線は平均値、青線は中央値、n は目撃証言件数。濁りの中央値は大正関東 2.5 日、昭和南海 1.5 日です。本文で比較した 1944 年昭和東南海地震の中央値も 2.5 日でした。濁りには、気泡の発生・上昇による微粒子の巻き上げなどが関与した可能性があります。証言記録に基づくため、今後、科学機器観測による発生機構や因果関係の検証が必要です。