

2022 年 9 月 13 日

兵庫県立大学
海洋研究開発機構
金沢大学
京都大学

「地震発生と地殻深部の流体の関係を解き明かすために、能登半島沖で海底観測を開始」

概要

能登半島では 2020 年 12 月頃から地震活動が活発化しており、地殻の隆起も観測されています。この地震・地殻変動の要因は、地下深部から上昇してきた流体が地下十数 km に溜まったためだと考えられていますが、地殻深部の流体分布や地震発生との関係をより詳細に把握するためには、これまで実施してきた陸上の調査に加えて海域での調査が必要となります。そこで兵庫県立大学・海洋研究開発機構・金沢大学・京都大学の 4 研究機関は合同で、**2022 年 9 月 13 日に、能登半島沖に海底観測装置の設置を行い、海底観測を開始いたします（～10 月 25 日）**。海底装置を用いて自然の電磁波を測定することで（掘削を行わずに）地震発生域やその深部の流体分布を可視化でき、地震発生と流体の関係が明らかになると期待されます。海底観測は約 1 ヶ月半にわたり継続され、その後に地下構造解析を実施いたします。研究成果は令和 4 年度中に報告予定であり、今後の防災・減災の基礎情報として利用される予定です。

ポイント

- 能登半島では地震活動の活発化や地殻の隆起が観測されており、地下深部から上昇してきた流体が要因であると考えられている。
- しかし、地震の震源は海岸沿いに位置しているために、海域の調査を実施することで、地殻深部の流体の分布と地震発生との関係をより詳細に把握することができる。
- そこで、能登半島の沖合において海底観測を実施する。自然の電磁波を測定することで、地震発生域やその深部の流体の分布を可視化でき、地震発生と流体の関係が明らかになると期待される。
- 海底装置の設置予定日：2022 年 9 月 13 日（火）

石川県珠洲市蛸島漁港（石川県漁業協同組合すず支所）から出港し、装置を設置。

海底装置の回収予定日：2022 年 10 月 25 日（火）

1. 背景

地震の発生（特に群発地震）には地殻深部から上昇してきた地殻流体の関与が以前から指摘されています。高圧の流体が岩盤を押し広げるために、地震が発生するという説です。しかし、地殻深部の流体が地震発生に寄与したと考えられる明確な例は、国内外でこれまでに確認されてはいません。例えば、1965 年に始まった松代群発地震（長野県）では、地表の地割れ群から大量の湧水が観測されたため、地震発生に地殻深部流体が関わったと考えられていますが、両者を関連付ける直接的な証拠は見つかってはいません。

能登半島先端部（石川県珠洲市周辺）では、2020 年 12 月頃から地震活動が活発化しており、震度 1 以上を記録した地震発生回数は、2022 年 9 月 5 日までに 200 回以上に至っています。これまでの最大規模の地震は、2022 年 6 月 19 日のマグニチュード 5.4（深さ 13km、**珠洲市で震度 6 弱**）の地震です。さらに地殻変動連続

観測によって、2020 年 11 月から現在までに珠洲市の観測点は 4 cm 程度隆起したことも明らかとなっています。活火山のない能登半島においてこのような地殻の隆起を引き起こす要因は、地下深部からの流体の上昇であると推測されます。また能登半島での地震活動もこの流体に関係があると考えられます（図 1）。しかしながら、1) どのような位置・深さに、2) どの程度の量の地殻深部流体が、3) どの程度の高圧力で分布しているのかは明らかではありません。京都大学防災研究所・兵庫県立大学・金沢大学の共同研究グループは 2021 年度に、陸上の 32 箇所において電磁探査（後述）を実施しており、震源域の下部において流体の「塊」に相当すると思われる地下構造を発見しています。しかし、地震の震源は海岸沿いに分布しているため、陸上の電磁探査に加えて、海域で調査を行うことにより、地殻深部の流体の分布をより正確に把握することが期待されます。

そこで新たに、先の研究グループに海洋研究開発機構を加えた 4 研究機関は共同で、海底において電磁探査を実施し、震源域やその下方の流体分布の可視化を実施することと致しました。

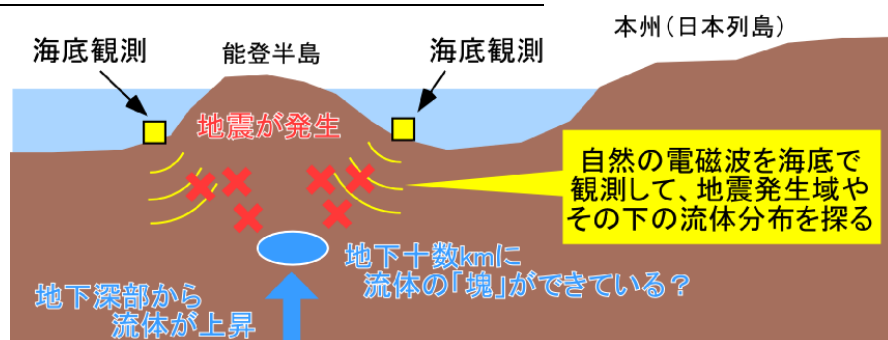


図 1. 本研究で明らかにしようとする、地殻深部の流体分布と、地震発生域の関係性。地下十数 km に高圧の流体の「塊」が存在し、その上部で地震が発生しているという仮説を、陸上および海底観測から明らかにする。なお上図は、読売新聞記事（2022 年 6 月 19 日）に掲載された図（京都大学防災研究所 西村卓也准教授の分析結果に基づく）を参考としている。

2. 研究手法・期待される成果

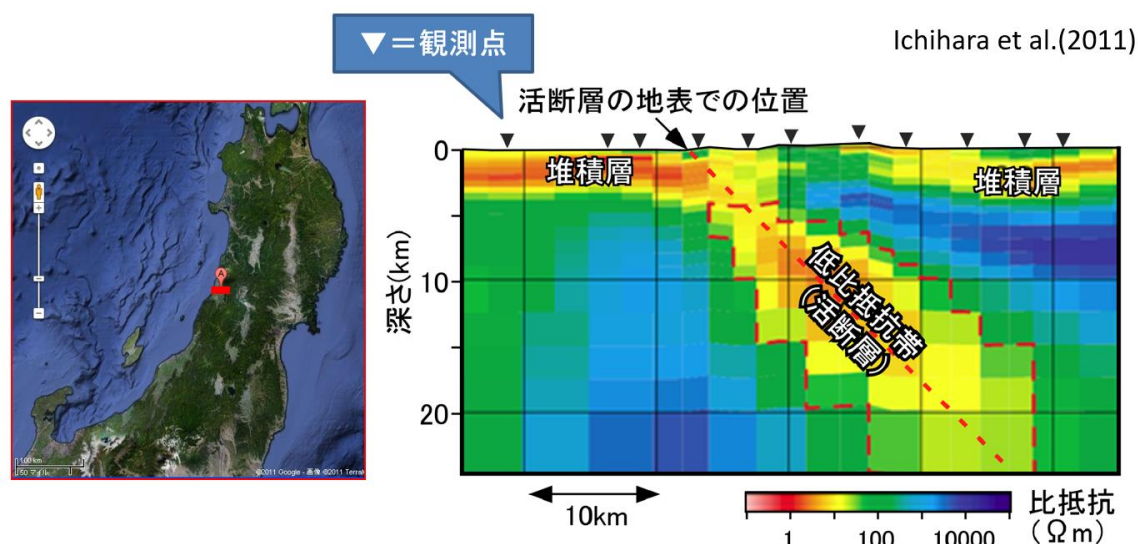


図 2. 電磁探査（MT 探査）による地下探査の例（山形県）。Ichihara ほか(2011 年, Geophysical Research Letters に掲載)に加筆。活断層沿いに低比抵抗帯（地殻流体の多い領域）が認められている。

本共同研究チームは、地殻深部の流体分布を可視化する技術として、「電気探査（MT 探査）」に注目しました。これは地下の掘削を必要としない、非破壊探査（物理探査）技術の一つです。陸上や海底に設置した装置

によって、自然に発生している電磁波を記録し、後日得られたデータを解析することで、地下の電気の通りにくさの分布（比抵抗構造）を断面図として求めることができます。例として、山形県で実施された MT 探査の解析例を図 2 に示します。活断層に沿って、電気の通りやすい部分（低比抵抗帯：赤色）が認められます。これは、活断層沿いの岩盤が破碎しており、雨水や地殻深部流体を多く含んでいるために、電気が通りやすくなっていると解釈することができます。このように、地下の比抵抗構造から流体の分布を推測することが可能です。

能登半島先端地域の陸上では、2021 年度に計 32 箇所において MT 探査を実施済みです（図 3 左）。これによって、能登半島の地下では、地震の震源分布域やその下方には低比抵抗体が分布することが明らかになっています。これは、地殻深部流体を多く含む岩盤が、地震発生域の周辺に存在することを示唆していますが、沿岸付近や海底下の地下構造には不明な点が残されています。そこで本研究では、地震が多発している沿岸付近の地下構造の可視化を行うため、海底に図 4 のような、「海底電位差磁力計（OBEM）」を 3 台設置します。設置箇所は、能登半島先端付近の海底（沖合約 4～6km、水深約 50～100m）の 3 箇所です（図 3 右）。これによって、陸上～海底下の地下比抵抗構造が明らかになり、今回の地震発生や地殻変動と、深部流体との関係性を解明できると考えられます。

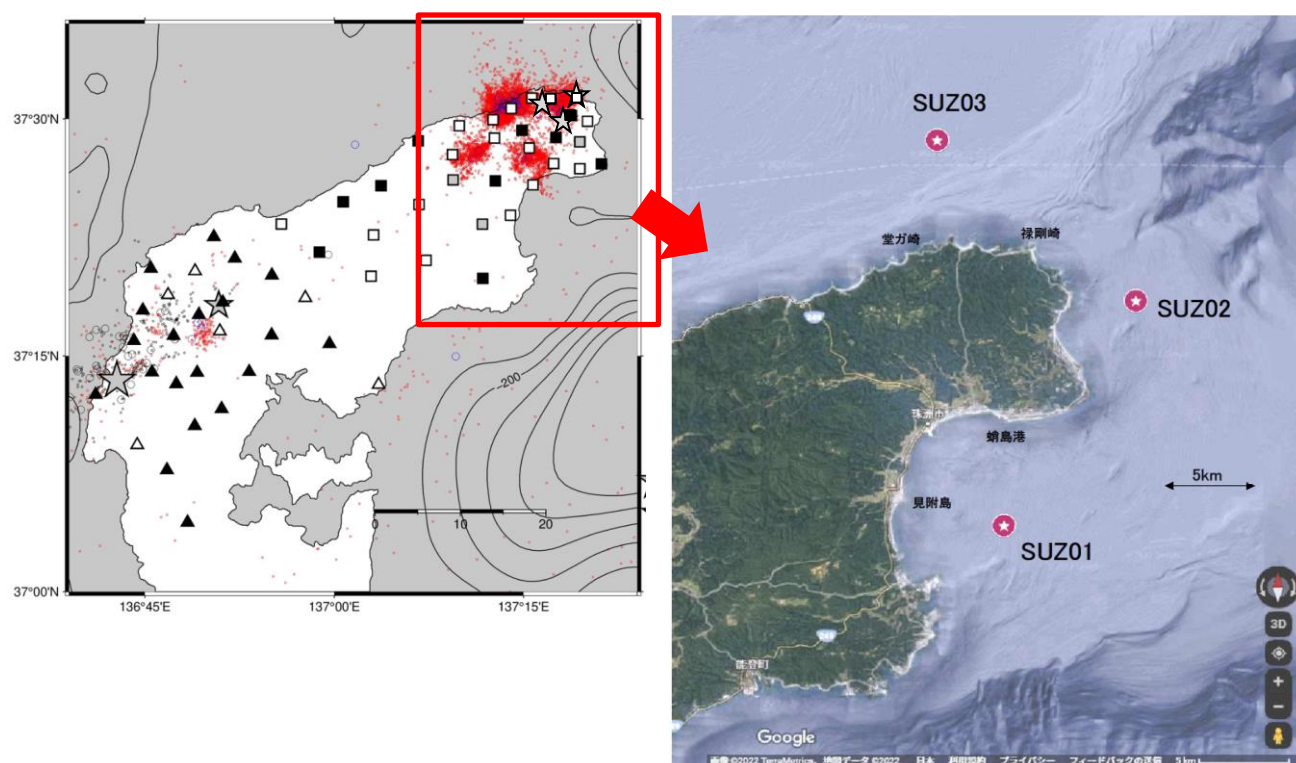


図 3. 左：共同研究グループがこれまでに実施した陸上での電磁探査の実施箇所（□, ■, ▲は 2021 年度に実施、△, ▲は 2007 年に実施）。赤い点は 2018 年 1 月～2022 年 5 月に起きた地震の震央（気象庁による）。★はマグニチュード 5 以上の地震の震央（～2022 年 7 月、2007 年能登半島地震の際の震央も含む、気象庁による）。

右：今回新たに実施する海底調査の実施予定箇所（★）。

3. 波及効果、今後の予定

本海底観測が成功すれば、陸上で取得済みのデータとあわせることで、能登半島先端地域の地下の比抵抗分布を立体的（3 次元的）に可視化することが可能となります。比抵抗は流体の含有量により大きく変化するため、比抵抗分布から流体の分布を明らかにすることができます。これによって、従来未解明であった地震発生に対する地殻深部流体の関与が具体的に明らかになると期待されます（図 4）。これは能登半島で発生してい

る地震活動の要因の理解へと繋がり、今後の防災・減災のための基礎情報として利用が期待されます。また能登半島北縁部には複数の活断層が存在しています（能登半島沖起震断層 輪島沖活動セグメント）。今回の海底観測・陸上観測のデータからは、これらの活断層周辺の地下比抵抗構造や流体分布を求めることもできるため、将来の地震発生評価などに資する基礎情報となります。なお、9月13日に設置する海底観測装置3台は、本年10月25日に海底から回収する予定です。

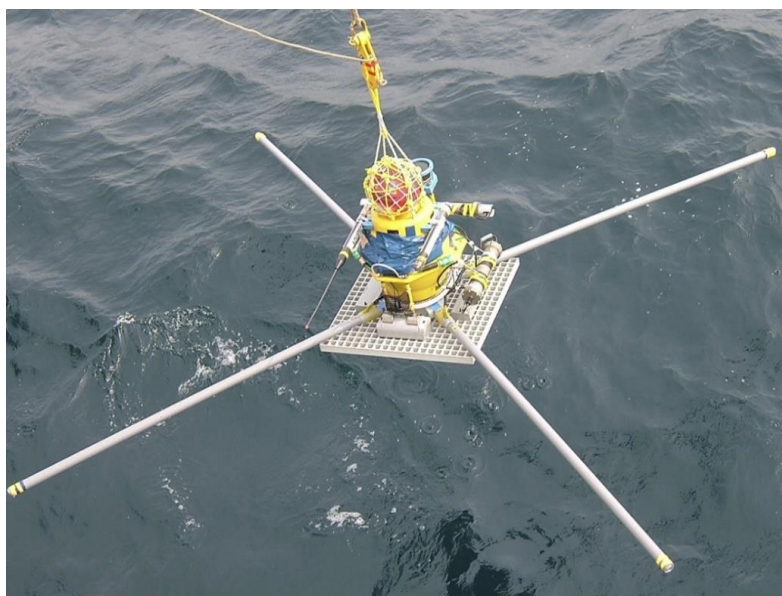


図 4. 海底電位差磁力計（OBEM）の外観。中心に磁力計や記録装置を内蔵した耐圧容器（黄色い球体や金属筒）を配置し、底部にはオモリ（1m 四方の正方形枠）を搭載している。さらに 4 本の電位差測定用アンテナ（長さは各 2m）が十字に展開されている。OBEM は自重で海底へ沈降する。また超音波信号を受信するとオモリを切り離し、水面へ浮上することができる。なお本航海では環境に配慮して、オモリにはプラスチックパーツを使用していない。

4. 研究プロジェクトについて

令和 4 年度 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）特別研究促進費「能登半島北東部において継続する地震活動に関する総合調査」（研究代表者：金沢大学地球社会基盤学系 平松良浩教授）（課題番号 22K19949）。

また、本研究の実施にあたっては、石川県・珠洲市・石川県漁業協同組合などにご協力頂いています。

<用語解説>

群発地震：地層活動のうちで前震・本震・余震の区別がはっきりせず、ある地域に集中的に多数発生するような地震群。通常地震活動では、本震・余震あるいは前震・本震・余震といった一連の地震活動が認められ、余震の回数は時間とともにある程度規則的に減少する。群発地震活動はこのような一連の活動を示さず、消長を繰り返しつつ一定期間継続する。（※以上、地震調査研究推進本部による解説文を一部改変）

地殻流体：地球表面を構成する地殻（平均厚さ 30km）に含まれる流体（液体と気体が混ざったもの）。地下水は、地殻流体の一つである。地殻の深い部分に分布している流体は、地殻深部流体と呼ばれている。

比抵抗・比抵抗構造：物質中の電気の流れにくさを示す度合いを「比抵抗」と呼ぶ。この比抵抗の地下や海底下での分布の様子を「比抵抗構造」と呼ぶ。一般に、流体（地下水）を含む岩体は、低い比抵抗を示す。

<研究者のコメント>

地震の発生には流体が関与しているという仮説は、以前より提唱されていましたが、実際に生じている地震活動ではその証拠は得られていません。今回は、地震観測・地殻変動観測に加えて、新たに海底・陸上での電磁探査を実施することで、この長年の謎を解き明かそうとするものです。地震発生に関する基礎研究ですが、今後の防災・減災に資する基礎情報となりうると考えています。

<お問い合わせ先>

<研究に関するお問い合わせ>

後藤忠徳（ごとう・ただのり）

兵庫県立大学大学院理学研究科生命科学専攻 地球科学講座・教授

TEL：079-267-4941

E-mail：t.n.goto@sci.u-hyogo.ac.jp

笠谷貴史（かさや・たかふみ）

海洋研究開発機構 海洋機能利用部門 海底資源センター 物理特性グループ・グループリーダー

TEL：046-867-9337

E-mail：tkasa@jamstec.go.jp

平松 良浩（ひらまつ・よしひろ）

金沢大学理工研究域地球社会基盤学系・教授

TEL：076-264-6519

E-mail：yoshizo@staff.kanazawa-u.ac.jp

吉村 令慧（よしむら・りょうけい）

京都大学防災研究所附属火山活動研究センター・教授

TEL：0774-38-4225

E-mail：yoshimura.ryokei.4w@kyoto-u.ac.jp

<報道に関するお問い合わせ>

兵庫県立大学播磨理学キャンパス経営部総務課

TEL：0791-58-0101, FAX:0791-58-0131

E-mail: soumu_harima@ofc.u-hyogo.ac.jp

海洋研究開発機構 海洋科学技術戦略部 報道室

TEL：045-778-5690

E-mail:press@jamstec.go.jp

金沢大学理工系事務部総務課総務係

TEL：076-234-6951

E-mail:s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp

京都大学防災研究所 広報出版企画室

TEL :0774-38-4640

E-mail : toiawase@dpri.kyoto-u.ac.jp