

海底熱水系を覆う分厚い堆積物は 300 万年続くタイムカプセル

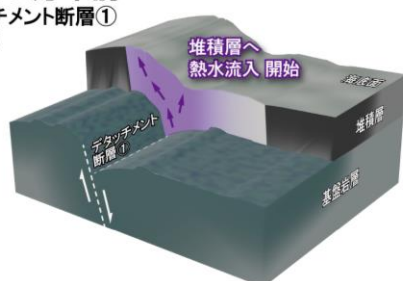
概要

海洋プレートが生成し拡大する「中央海嶺」のうち拡大速度が年間 2 cm 以下と最も遅い「超低速拡大海嶺」は、巨大な断層を発達させ熱水活動*1 を起こすことで知られ、地殻から海洋への熱や物質の供給源として注目されています。京都大学大学院工学研究科の酒井雄飛 博士後期課程学生、深松優樹 修士課程学生、林為人 教授らの研究グループは、ラトガース大学（米国）、アルフレッド・ヴェーゲナー研究所（ドイツ）、ノルウェー北極大学などと共同で、北極海と北大西洋をつなぐ「フラム海峡」東部の超低速拡大海嶺系での大深度掘削を基に、約 300 万年前～現在までの熱水活動の変遷と炭化水素*2 を含む流体の流動過程を明らかにしました。

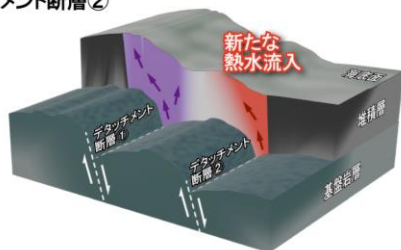
本研究成果は、超低速拡大海嶺の熱水活動の長期的な変遷が、熱水系の上に堆積した堆積層から推定できること、同堆積層の底にこれまで未評価であった炭化水素源があることを示し、北大西洋～北極海に至る超低速拡大海嶺付近に同様のシステムが広く存在する可能性を示唆するものです。超低速拡大海嶺系の熱水活動やその海洋への影響、炭素動態のさらなる解明等への貢献が期待されます。

本研究成果は 2026 年 10 月 16 日に国際学術誌「*Geophysical Research Letters*」にオンライン公開されました。

約 300 万年前
デタッチメント断層①
の活動



約 200 万年前
デタッチメント断層②
の活動



IODP サイト U1620
現在

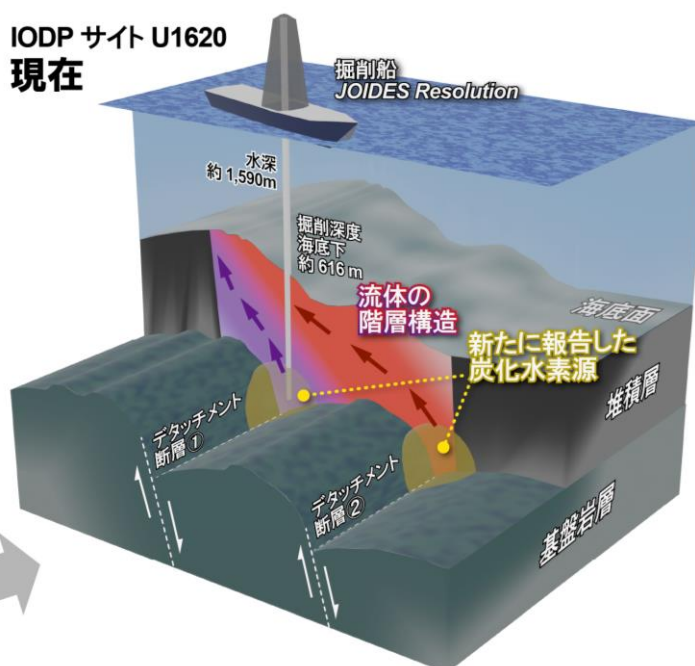


図 1：掘削地点のひとつ「U1620」付近における約 300 万年前～現在の断層活動に伴う流体流入の変遷

(作成：酒井雄飛)

1. 背景

海洋プレートが生成し拡大する「中央海嶺」のうち拡大速度が年間 2 cm 以下と最も遅い「超低速拡大海嶺」は、巨大な断層「デタッチメント断層」(図 1) を発達させ、その断層面に沿って特異な熱水活動を起こすことで知られ、地殻から海洋への熱や物質の供給源として注目されています。北極海と北大西洋をつなぐ「フラム海峡」東部には、2 つの超低速拡大海嶺「クニボビッチ海嶺」と「モロイ海嶺」(図 2) が存在し、若い海洋地殻ではめったに見られない分厚い (600 m 以上) 堆積層に覆われています。同海域ではこれまでノルウェー北極大学等による探査で明らかになった海底下の構造データ等から、分厚い堆積層の下にデタッチメント断層とそれに付随する熱水活動が存在すると示唆されてきました。しかし、海底下 100 m 以上に及ぶような掘削によって大深度の地層や流体の試料を直接取得し分析する研究はこれまで行われてきておらず、海底下の流体の流動経路や流体の化学組成などの詳細は明らかになっていませんでした。そこで研究グループは、2024 年 6 ~8 月にフラム海峡東部で実施された国際深海科学掘削計画 (International Ocean Discovery Program: IODP) *3 の第 403 次研究航海において、米国の掘削船 *JOIDES Resolution* 号により大深度掘削に臨みました。

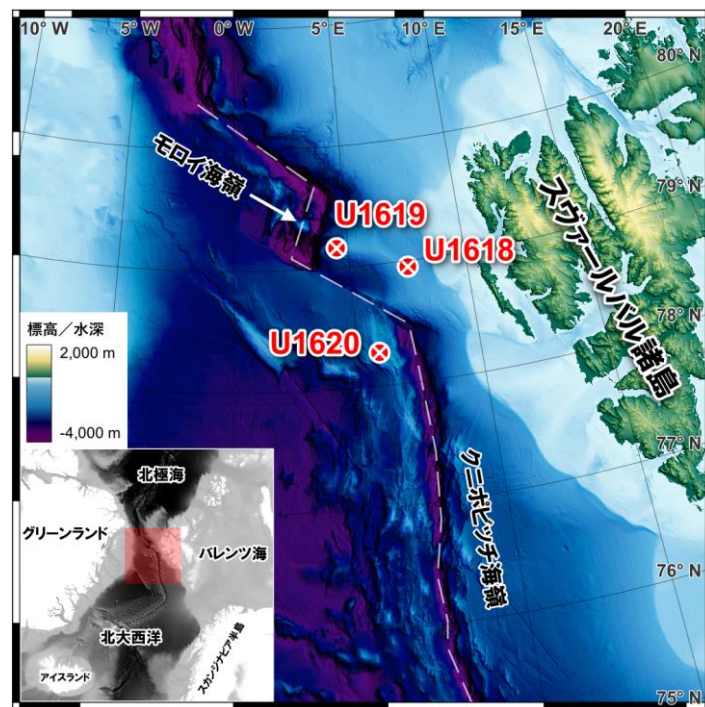


図 2：フラム海峡東部の海底地形と本研究で利用した 3 つの掘削地点 (地図は IBCAO v5.0 を基に作成)

2. 研究手法・成果

本研究では航海の掘削 7 地点のうち中央海嶺に近い 3 地点 (サイト U1618、U1619、U1620) を利用し、取得した海底堆積物*4 のコア試料*5 の物性値*6、海底下の地層の温度データ、間隙水*7 とガスの化学組成、堆積物の鉱物組成データと、既を取得されていた掘削地点周辺の海底下の構造データとを突き合わせることで、

1. 対象サイトの分厚い堆積層のうち、浅部と深部がそれぞれ異なるデタッチメント断層の熱水を起源とする流体を保持し階層構造を形成していること
2. 深部の堆積物が長期間加熱を受け続けており、これまで未報告であった有機物の熱分解*8 による炭化水素ガス生成が起きていること
3. 堆積物と堆積物に埋もれた熱水活動の複合系が過去およそ 300 万年にわたる同海域の断層活動にコントロールされ変化してきたこと

を明らかにしました。これにより、本成果は同海域の海底下の流体の流動様式について最新かつ詳細な知見を提供しました。また、世界的にも 300 万年という長期の時間スケールで超低速拡大海嶺系の熱水活動の変遷を報告した事例は稀です。

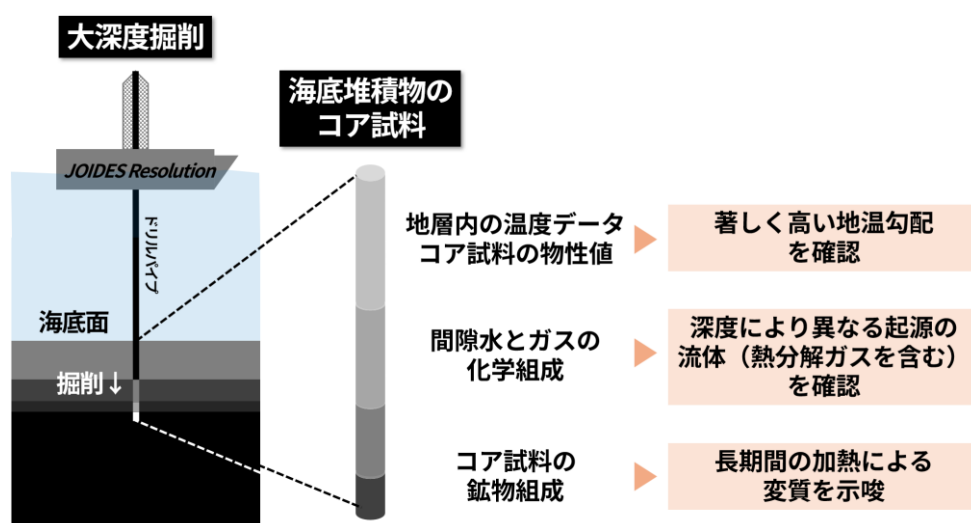


図 3：コア試料の取得イメージと用いた主な手法・得られた知見

3. 波及効果、今後の予定

本成果は、超低速拡大海嶺の熱水活動の長期的な変遷が、熱水系の上に堆積した堆積層から推定できること、同堆積層の底にこれまで未評価であった熱分解起源の炭化水素源があることを示し、北大西洋～北極海に至る超低速拡大海嶺付近に同様のシステムが広く存在する可能性を示唆するものです。地球上の中央海嶺の総延長のうち 1～2 割を占めるとされる超低速拡大海嶺系において、熱水活動が海洋の化学や地球上の炭素循環に及ぼす影響等のさらなる解明への貢献が期待されます。今後は間隙水とガスの化学的特徴のさらなる分析や熱水の堆積層への流入速度の解明等を行うとともに、他海域のデータとの比較も進め、全球的な海洋化学や炭素循環に与える影響の解明につなげます。

4. 研究プロジェクトについて

IODP 第 403 次研究航海は National Science Foundation（米国）（Award No. OCE1326927）、海洋研究開発機構、European Consortium for Ocean Research Drilling（欧州）の支援を受けて実施されました。航海後の研究は日本科学協会 笹川科学研究助成（課題名：深海底の大深度掘削で取得した実データと試料による超低速拡大海嶺の地温勾配異常の原因の解明、研究番号：2025-6033）および科学技術振興機構 次世代研究者挑戦的研究プログラム（研究課題番号：JPMJSP2110）、日本学術振興会 科学研究費助成事業（研究課題番号：24K00732、23K18523、25K03251）の支援を受けました。測定の一部は高知大学海洋コア国際研究所の「地球掘削科学国際研究拠点」共同利用・共同研究制度（課題名：IODP Exp.403 コア試料を用いたフラム海峡東部堆積層の熱物性の発達メカニズムの解明、採択番号：25B101）を利用して実施されました。

<用語解説>

*1 熱水活動 … 地下深くに流れ込んだ水がマグマや高温岩体など何らかの熱源によって温められ、高温・高压の水となって噴出する現象。

*2 炭化水素 … メタンやエタンをはじめとする、炭素原子と水素原子だけでできた化合物の総称。

*³ 国際深海科学掘削計画（International Ocean Discovery Program: IODP） … 2013 年～2024 年に行われた多国間科学研究共同プログラム。日本・米国・欧州それぞれが掘削船を提供して海底を掘削し、堆積物や岩石等のコア試料を取得する。

*⁴ 海底堆積物 … 砂や泥や生物の遺骸などが海底に積み重なったもの。

*⁵ コア試料 … 掘削（ボーリング）によって取得された円柱形の地層試料。

*⁶ 物性値 … 流体の流れやすさや熱の流れやすさ、内部の隙間の体積など、物理的な性質を示す数値。

*⁷ 間隙水 … 堆積物の粒子間の微小な隙間に入っている水。

*⁸ 熱分解 … 地層に埋没した植物やプランクトン等に含まれる有機物が、長期にわたり熱や圧力を受け続けることで分解され炭化水素となること。

<研究者のコメント>

熱水活動の研究の多くは海底の噴出孔に注目する一方、本研究の対象海域は熱水系が分厚い堆積物に埋もれて海底からの直接の熱水噴出は見られません。本研究では掘削によって大深度からサンプルを取得したことで、貴重なデータが得られ成果につながりました。本航海をもって勇退した偉大な掘削船 *JOIDES Resolution* 号とクルーの方々への感謝と敬意を胸に、今後も成果を出し続けて掘削科学の発展に貢献してまいります。（酒井雄飛）



<論文タイトルと著者>

タイトル：Million-Year Scale Hydrothermal and Hydrocarbon Evolution Hosted within Stratified Thermohydraulic Systems in Sedimented Ultraslow-Spreading Settings, Svyatogor and Vestnesa Ridges

著者：Yuhi Sakai, Yuki Fukamatsu, Vincent J. Clementi, Yair Rosenthal, Jens Gruetzner, Stefan Bünz, Andreia Plaza-Faverola, Kristen St. John, Renata G. Lucchi, Thomas A. Ronge, Olga Libman-Roshal, Lindsey Monito, Yanguang Liu, Mutsumi Iizuka, Lucinda Duxbury, Lauren Haygood, Osamu Tadai, Go-Ichiro Uramoto, Weiren Lin, Expedition 403 Shipboard Scientists

掲載誌：Geophysical Research Letters

DOI：10.1029/2026GL123130