

2026年6月19日

報道機関 各位

## 海底深部の岩石に“微小な割れ”の証拠を発見 ～結晶内の弱面が流体の侵入経路となる可能性を示唆～

### 【本研究のポイント】

- ・海洋下部地殻を構成するハンレイ岩中の斜長石(しゃちょうせき)から、応力腐食割れ<sup>注1)</sup>の証拠を新たに発見した。
- ・結晶学的に弱い面が、流体の侵入経路となっていた可能性を示した。
- ・海洋下部地殻の力学的挙動や流体の通りやすさの変化を理解する手掛かりとなる。

### 【研究概要】

国立極地研究所の二村 康平 特任研究員(研究当時:名古屋大学大学院環境学研究科)、大阪公立大学大学院理学研究科の奥平 敬元 教授および名古屋大学大学院環境学研究科の道林 克禎 教授らの共同研究グループは、海洋下部地殻の斜長石に応力腐食割れの証拠を新たに発見しました。

応力腐食割れとは、流体の存在下で鉱物中の亀裂が低い応力でもゆっくり進展する現象であり、岩石の脆性的な変形を促進する過程として知られています。これまで天然岩石における応力腐食割れの証拠は、主に大陸・島弧地殻を形成する花崗(かこう)岩質岩石で報告されてきました。一方、海洋下部地殻を形成するハンレイ岩では、試料取得の難しさや海底での変質作用により証拠が消失するため、その直接的な証拠はこれまで報告されていませんでした。

本研究では、フィリピン海四国海盆の海洋コアコンプレックス<sup>注2)</sup>であるマドメガムリオンから採取されたハンレイ岩中の斜長石に、SEM-EBSD-EDS 法<sup>注3)</sup>を適用して結晶方位と化学組成を分析しました。その結果、斜長石の結晶学的弱面が組成変化と対応することが分かりました。このことから、結晶学的弱面が流体の侵入経路となり、応力腐食割れが進行した可能性が示されました。

今後、他の海洋下部地殻試料の斜長石を解析することで、応力腐食割れが海洋下部地殻において普遍的な現象であるかどうかや、岩石の力学的挙動および透水性の変化にどのように寄与するのかを明らかにしていくことが期待されます。

本研究成果は、2026年6月22日18時(日本時間)付、Springer Nature社の科学誌『Scientific Reports』に掲載されます。

## 【研究背景と内容】

海洋地殻は、海水由来の流体が岩石中を移動することで、化学反応や変質を受けながら時間とともに性質を変化させます。特に、海洋下部地殻を構成するハンレイ岩では、岩石の割れ目を通じた流体の移動が、岩石の強度や変形の仕方、流体の通りやすさに大きな影響を与えると考えられています。しかし、海洋下部地殻の岩石は通常、海底深部に存在するため試料の取得が難しく、また海洋底での変質作用によって初期の割れ目の痕跡が失われやすいことから、鉱物内部でどのように亀裂が発生し、流体が侵入したのかを示す直接的な証拠は限られていました。

岩石を構成する鉱物では、流体の存在下で、破壊に必要な応力よりも低い応力でも亀裂がゆっくり進展することがあります。この現象は応力腐食割れと呼ばれ、地殻中で時間をかけて進行する岩石のダメージや透水性の変化を引き起こす重要な過程と考えられています。これまで、天然岩石における応力腐食割れの証拠は、主に大陸地殻や島弧地殻を構成する花崗岩質岩石中の斜長石で報告されてきました。一方、海洋下部地殻を構成するハンレイ岩中の斜長石については、同様の証拠が存在するか未解明でした。

本研究では、フィリピン海四国海盆に位置する海洋コアコンプレックスであるマドメガムリオンについて(図 1)、「しんかい 6500」によって採取されたハンレイ岩を対象に、斜長石の微細構造と化学組成を詳しく調べました。走査型電子顕微鏡観察(SEM)、電子線後方散乱回折法(EBSD)、エネルギー分散型 X 線分析(EDS)を組み合わせた SEM-EBSD-EDS 法を用いて、斜長石の結晶方位、結晶内の方位差、および化学組成の分布を同じ領域で比較しました。

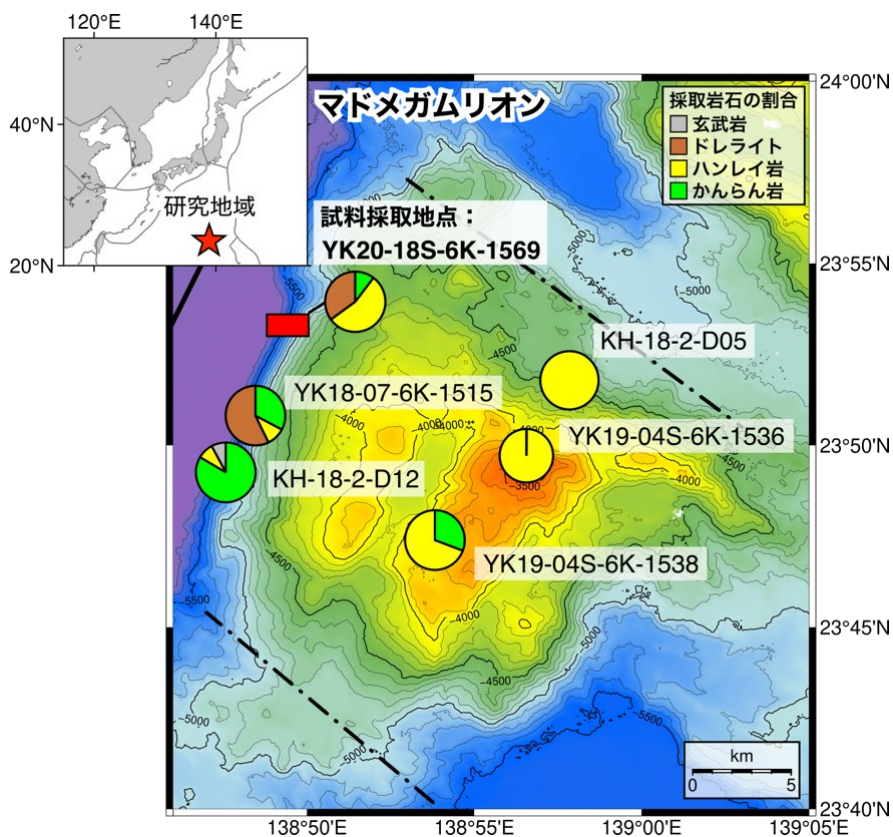


図 1. 本研究の対象であるフィリピン海四国海盆に位置するマドメガムリオン

その結果、斜長石の結晶内部に、周囲よりもナトリウム(Na)に富む領域が存在することが分かりました(図 2)。これらの領域の一部は、斜長石の劈開面(へきかいめん)<sup>注 4)</sup>の方向にほぼ平行に発達しており、また一部では亜粒界<sup>注 5)</sup>を含んでいました(図 2)。このことから、劈開面や亜粒界といった結晶学的弱面に沿って亀裂が進展し、そこを通じて流体が侵入した後、Na に富む斜長石が沈殿して亀裂が充填された可能性が示されました(図 3)。この組織は、先行研究で花崗岩質岩石中の斜長石から報告された応力腐食割れに伴う組織と類似していました。本研究では、SEM-EBSD-EDS 法を用いることで、観察過程で見出されたこの組織の特徴を詳細に捉えることができました。

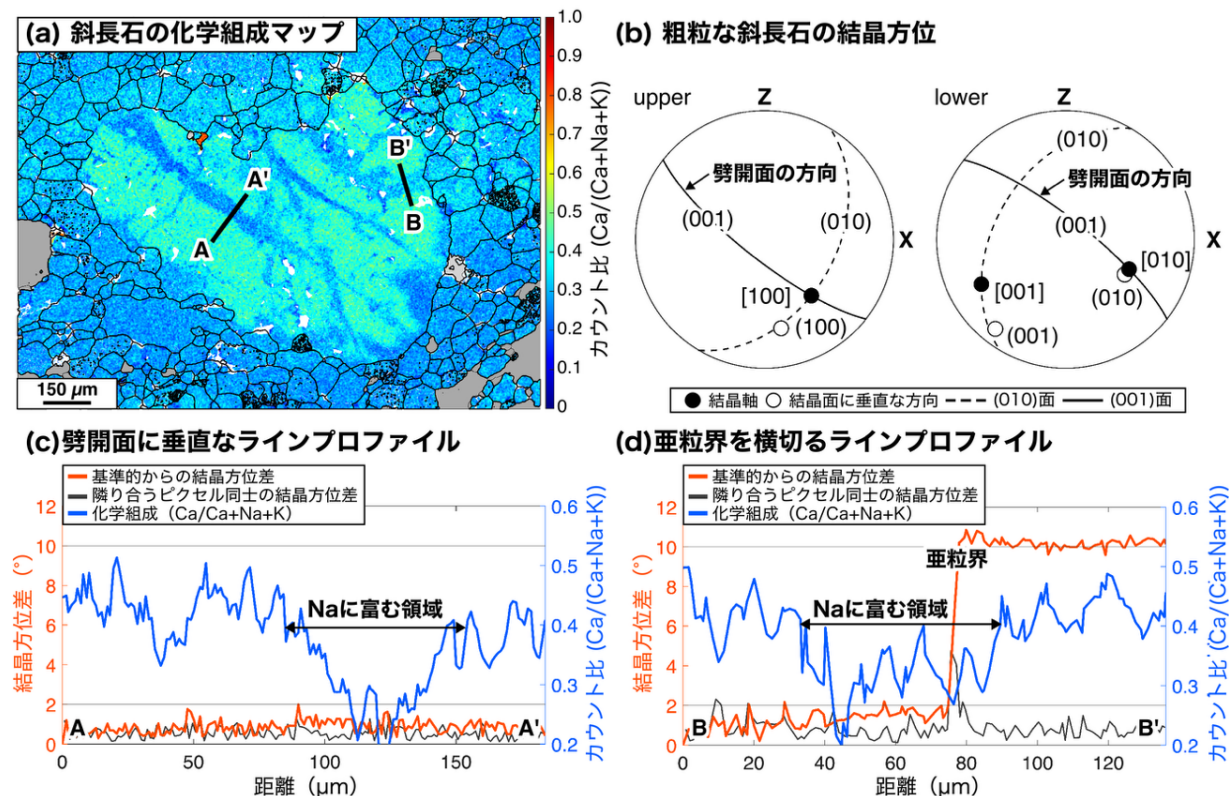


図 2. SEM-EBSD-EDS 分析の結果 (a)斜長石の化学組成マップ。カラーバーはカウント比 (Ca/(Ca+Na+K)) を示している。(b)粗粒な斜長石の結晶方位。(001)は斜長石の代表的な劈開面。(c)劈開面に垂直に引いたラインプロファイル。(d)亜粒界を横切るラインプロファイル。

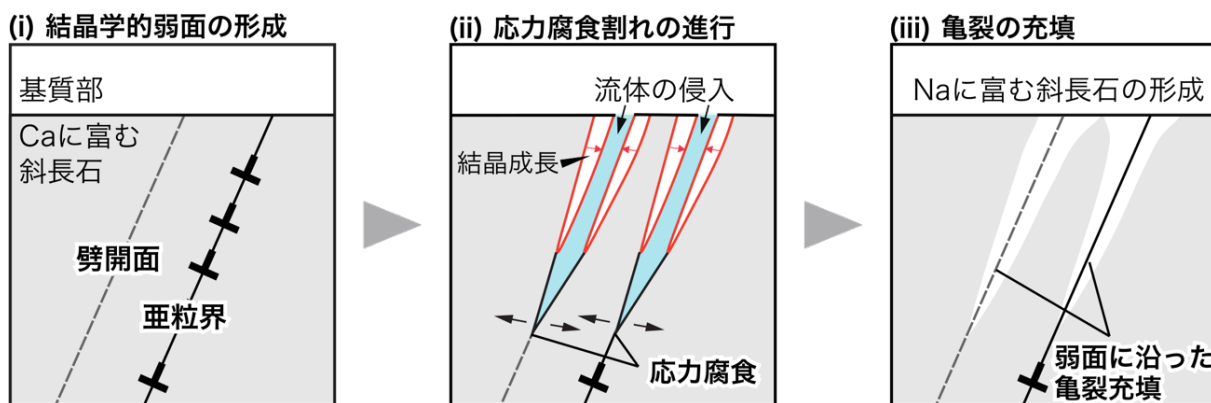


図 3. 応力腐食割れと亀裂充填の過程

## 【成果の意義】

本研究は、海洋下部地殻において、斜長石の劈開面や亜粒界などの結晶学的弱面が、流体の侵入経路となり得ることを示しました。これは、岩石が低い応力条件でも時間をかけてダメージを蓄積し、変形していく過程を理解するうえで重要な手がかりとなります。

また、観察された Na に富む領域は、亀裂が形成された後に流体によって充填された可能性を示しています。つまり、海洋下部地殻では、亀裂の形成によって一時的に流体の通り道が作られる一方で、その後の鉱物沈殿によって流体の通り道が閉じられるという、透水性の増加と低下が鉱物粒子スケールで起きていた可能性があります。

この成果は、海洋下部地殻における岩石の力学的挙動や流体循環、透水性変化を、鉱物粒子スケールから理解する新たな視点を提供するものです。今後、他の海洋下部地殻試料にも同様の解析を行うことで、応力腐食割れが海洋下部地殻でどの程度普遍的に生じるのかを明らかにできると期待されます。

本研究の一部は科学研究費補助金(課題番号:JP24KJ1258)の支援を受けて実施されました。

## 【用語説明】

注 1) 応力腐食割れ:

流体の存在下で、鉱物中の亀裂先端に化学反応が生じることにより、通常であれば破壊に至らない低い応力条件でも亀裂がゆっくり進展する現象。

注 2) 海洋コアコンプレックス:

海底拡大に伴う大規模な正断層運動によって、海洋下部地殻や上部マントルを構成する岩石が海底に露出した地質構造。海洋地殻深部の岩石を直接調べることができる重要な場所である。

注 3) SEM-EBSD-EDS 法:

走査型電子顕微鏡(SEM)に、結晶方位を調べる電子線後方散乱回折法(EBSD)と、化学組成を調べるエネルギー分散型 X 線分析(EDS)を組み合わせた同時分析手法。主に金属材料などの分析で用いられてきた手法であり、本研究では斜長石の結晶方位と化学組成の分布を同じ領域で比較するための解析手法として適用した。

注 4) 劈開面:

鉱物において、結晶構造上、原子間の結合が弱く割れやすい面。本研究では、斜長石の(001)面が割れの方向に対応していた。

注 5) 亜粒界:

結晶内に発達する、結晶方位のわずかな差(2~10°)によって識別される境界。

## 【論文情報】

雑誌名: Scientific Reports

論文タイトル: Subcritical cracking and sealing along cleavage planes and subgrain boundaries in plagioclase from the Mado Megamullion oceanic core complex

# Press Release

---

著者:Kohei Nimura<sup>1,\*†</sup>, Takamoto Okudaira<sup>2</sup>, & Katsuyoshi Michibayashi<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

<sup>2</sup> 大阪公立大学大学院理学研究科

<sup>3</sup> 海洋研究開発機構地震火山研究部門

\* 責任著者

† 現在の所属:国立極地研究所地圏研究グループ

DOI: [10.1038/s41598-026-55578-7](https://doi.org/10.1038/s41598-026-55578-7)

URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-026-55578-7>

## 【研究者連絡先】

名古屋大学大学院環境学研究科 教授/

海洋研究開発機構地震火山研究部門 客員研究員

道林 克禎(みちばやし かつよし)

(名古屋大学)

TEL:052-789-3558 FAX:052-789-3558

E-mail: [michibayashi@nagoya-u.ac.jp](mailto:michibayashi@nagoya-u.ac.jp)

国立極地研究所地圏研究グループ

特任研究員 二村 康平(にむら こうへい)

E-mail: [nimura.kohei@nipr.ac.jp](mailto:nimura.kohei@nipr.ac.jp)

大阪公立大学大学院理学研究科

教授 奥平 敬元(おくだいら たかもと)

TEL:06-6605-3181 FAX:06-6605-2522

E-mail: [okudaira@omu.ac.jp](mailto:okudaira@omu.ac.jp)

## 【報道連絡先】

名古屋大学総務部広報課

TEL:052-558-9735 FAX:052-788-6272

E-mail: [nu\\_research@t.mail.nagoya-u.ac.jp](mailto:nu_research@t.mail.nagoya-u.ac.jp)

海洋研究開発機構事業推進部 報道室

TEL:045-778-5690

E-mail: [press@jamstec.go.jp](mailto:press@jamstec.go.jp)

国立極地研究所 広報室

TEL: 042-512-0655

E-mail: [koho@nipr.ac.jp](mailto:koho@nipr.ac.jp)

大阪公立大学広報課

TEL:06-6967-1834

E-mail: [koho-list@ml.omu.ac.jp](mailto:koho-list@ml.omu.ac.jp)