



令和4年3月7日

報道機関 各位

東北大学東北アジア研究センター
東北大学大学院理学研究科

大陸衝突の時間スケールを決定 ～大陸衝突にともなう地殻の安定化には約2,600万年必要～

【発表のポイント】

- 地球上で最大規模の汎アフリカ造山帯において大陸衝突の時間スケールを明らかにした
- 2つの大陸の衝突にともなう地殻融合・安定化には、約2,600万年必要で、その時間スケールは世界の様々な時代の大陸衝突帯で共通する
- 大陸衝突による地殻融合の時間スケールは大陸地殻を構成する花こう岩などの低密度の岩石の浮力による

【概要】

約6億年前に起きた汎アフリカ造山運動は、 Gondwana 超大陸^(注1)の形成に関係した複数の大陸衝突を伴う最大規模の造山運動です。アフリカ大陸には東 Gondwana と西 Gondwana 大陸の衝突の痕跡が、アフリカ大陸北部から同大陸東部とマダガスカル島西部を経て大陸南部まで連続しており、約6億年前に高温で再結晶した片麻岩や変形した花こう岩が広く分布しています。近年、東アフリカの片麻岩地帯からは、大陸衝突とプレート沈み込みに伴ってマンタルの深さで玄武岩が再結晶した高圧変成岩(エクロジヤイト)が見つかっています。

東北大学大学院理学研究科地学専攻博士課程前期2020年度卒業の森田 敢さんと同東北アジア研究センター(兼務 理学研究科地学専攻)の辻森 樹教授らの国際研究チームは、大陸衝突帯の深部で形成したエクロジヤイトが、大陸衝突後に下部地殻に同化していくまでの温度と圧力の変化と時間差(約2,600万年)を明らかにし、東アフリカで得られた時間スケールが様々な時代の大陸衝突を伴う造山帯で共通することとその原因を計算機シミュレーションによって明らかにしました(図1)。プレートテクトニクス^(注2)による大陸の離合集散と超大陸の形成は複数回起きており、アジア大陸も大陸衝突を何度も経験した複合大陸です。本研究成果は、地球のダイナミックな変動の時間スケールの解明につながるものです。

本成果は、2022年2月21日 Journal of Petrology 誌電子版にオープンアクセス論文として早期掲載されました。

【問い合わせ先】

東北大学東北アジア研究センター

担当 辻森 樹

電話 022-795-3614

E-mail tatsukix@tohoku.ac.jp

【参考図】

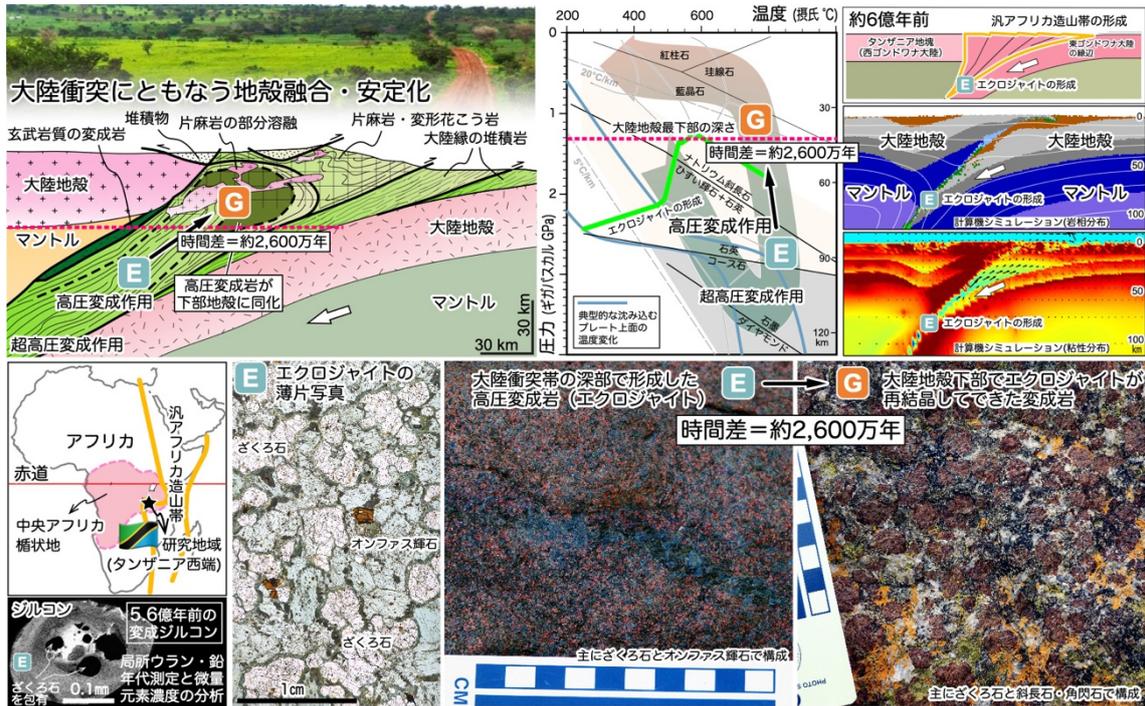


図 1. 巨大な大陸衝突にともなう大規模な造山運動と、大陸衝突にともなう地殻融合・安定化について示したモデル図。大陸衝突・プレート沈み込みによってマンツルの深さまで持ち込まれた玄武岩質の岩石は周囲のマンツル(かんらん岩)よりも高密度の高圧変成岩(エクロジャイト「E」)に再結晶するものの、周囲のマンツルよりも低密度の花こう岩質の変成岩の浮力によって「G」の深さまで上昇することで下部地殻に同化する。本研究によって「E」から「G」の深さまでの岩石の移動に約 2,600 万年必要なことが明らかとなった。岩石の温度圧力の変化をしめした温度圧力図と計算機シミュレーションの結果の一部の他、研究地域(タンザニア西端)の場所、研究対象の岩石の露頭写真、薄片写真、年代測定したジルコンの電子顕微鏡写真も示した。

【詳細な説明】

地球の歴史において、複数の大陸の衝突と融合による超大陸の形成は地球表層付近の環境に大きな影響を与えてきました。約 20 億年前以降、少なくともコロンビア(ヌーナ)、ロディニア、ゴンドワナ、パンゲアの超大陸の存在が知られており、約 2 億年後の将来には現在の東アジアを中心とした超大陸が形成されることが予想されています。過去に存在した超大陸のなかでも、ゴンドワナ超大陸は、地球上で最大規模の造山運動を伴ったことで知られており、その地質記録は、アフリカ大陸北部(エジプト、エチオピアなど)から同大陸東部(ケニア、タンザニア、ザンビアなど)とマダガスカル島西部を経て、大陸南部(モザンビークなど)まで連続し、約 6 億年前に変形と再結晶を被った花こう岩や高温で再結晶した片麻岩が広く分布しています。一般にモザンビーク帯あるいは東アフリカ造山帯と呼ばれる造山帯は、鉱産資源の探査の他、地球上で

最大規模の造山運動に伴う大陸地殻の成長・進化やマグマ活動、地殻下部の温度圧力条件の変化や流体活動を解き明かすための研究が盛んに行われてきました。近年、タンザニアやザンビアの片麻岩地帯から、大陸同士の衝突に伴い高圧で再結晶した玄武岩質の変成岩(エクロジャイト)が見つかるようになり、大陸衝突に伴う地殻融合のプロセスが復元できる可能性があるとして注目されていました。しかしながら、アフリカ大陸東部の内陸部は未開で開発途上の地域であり、アクセスの困難さから研究が十分に進んでいませんでした。

東北大学東北アジア研究センター(兼務 同大学院理学研究科地学専攻)の辻森樹 教授は、ダルエスサラーム大学のボニフェイス ネルソン 教授らと国際共同を展開し、これまでに複数回にわたってタンザニア西部の変成帯の地質調査と変成岩の岩石試料採集を行ってきました。今回、同大学院理学研究科地学専攻博士課程前期 2020 年度卒業生の森田 敢さんが在学中に、ノースキャロライナ大学チャペルヒル校のフローレス ケネット 博士らと岩石試料の解析を東北大学で行い、さらに、秋田大学国際資源学研究科の青木 翔吾 助教と岡山理科大学基盤教育センターの青木 一勝 准教授と一緒に、片麻岩中の岩塊として産するエクロジャイトと呼ばれる高圧変成岩が、大陸衝突後に下部地殻に取り込まれるまでの温度圧力変化と時間差(約 2,600 万年)をジルコンのウラン・鉛局所年代測定^(注3)によって正確に決定することに成功しました。そして、世界の主要な大陸衝突型造山帯でも造山運動が起きた時代に関係なく同程度の時間差が知られていることに着目し、既存のコードを用いた計算機シミュレーション(2次元動力学モデリング)によって、その時間差を生み出すメカニズムを一般化しました。大陸衝突によってマントルの深さまで持ち込まれた玄武岩質の岩石はエクロジャイトという高圧変成岩に再結晶することで、周囲のマントルかんらん岩よりも高密度になります。しかしながら、エクロジャイト周囲の大陸地殻を構成する花こう岩質の片麻岩はマントルかんらん岩よりも高密度になることはなく、衝突は停止し、エクロジャイトは周囲の花こう岩質岩の浮力によって下部地殻に同化します(エクロジャイトが周囲の変成花こう岩と一緒に下部地殻の深さまで上昇し、その場の温度圧力で再結晶することで下部地殻に同化します)。本研究では天然試料の解析により、大陸衝突・プレート沈み込みに伴う玄武岩質岩のエクロジャイト化から大陸衝突停止後の下部地殻への同化の時間差を正確に決めることに成功し、さらにシミュレーションによって、その時間差が再現されました。

近年、変成岩岩石学の分野では、熱力学的手法の計算(シミュレーション)によって、岩石中に観察される岩石の鉱物組み合わせや鉱物の化学組成を再現する手法が一般的ですが、本研究はさらに2次元動力学モデリングを組み合わせることで、天然の岩石試料の解析データに一般性を与えています。今後、大陸衝突に伴う地殻成長パターンのモデル化やより高度な計算機シミュレーションのための良質なリファレンスデータとして活用されることも期待されます。

【用語の説明】

(注 1) 超大陸

地球表層のほぼ全ての大陸が1つに集まってできる巨大な大陸。地球の歴史のなかで約 20 億年前以降、超大陸の形成と分裂が複数回繰り返されている。ゴンドワナ超大陸は約 5 億年前に南半球にあった超大陸で、現在のアフリカ大陸、マダガスカル島、インド、スリランカ島、南極大陸、南アメリカ大陸などが集合していた。

(注 2) プレートテクトニクス

地球の表面がプレートと呼ばれる何枚かの固い岩板覆われており、各々のプレートの水平移動によって大陸の離合集散やプレートそのものの生産・消費を繰り返してきた地球規模の大きな運動、またはそれを統一的に説明する概念。

(注 3) ジルコンのウラン・鉛局所年代測定

岩石に含まれるジルコンという造岩鉱物に細い径(0.01–0.03 mm 程度)に絞ったレーザーやイオンビームを当て、ウランと鉛の同位体比を質量分析することでジルコンが成長した年齢を決定する方法。

【助成】

本研究は JSPS 科研費 JP21H01174、JP19K04043、JP18H01299、JP15H05212、JP24403010 の助成・支援を受けたものです。

【論文情報】

雑誌名: Journal of Petrology

論文タイトル: Morita I., Tsujimori T., Boniface N., Flores K., Aoki S., Aoki K., 2022, Neoproterozoic eclogite-to granulite-facies transition in the Ubendian Belt, Tanzania, and the timescale of continental collision

<https://doi.org/10.1093/petrology/egac012>

著者: Isamu Morita¹, Tatsuki Tsujimori^{1,2,3}, Nelson Boniface⁴, Kennet E. Flores^{2,3,5}, Shogo Aoki^{6,7}, Kazumasa Aoki⁷

¹ Department of Earth Science, Tohoku University, Aoba, Sendai 980-8578, Japan

² Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, Aoba, Sendai 980-8576, Japan

³ Department of Earth and Planetary Sciences, American Museum of Natural History, New York, NY 10024-5192, USA

⁴ University of Dar es Salaam, Geology Department, P.O. Box 35052, Dar es Salaam, Tanzania

⁵ Department of Earth, Marine and Environmental Sciences, University of North

Carolina- Chapel Hill, Chapel Hill, NC 27599-3315, USA

⁶ Graduate School of International Resource Sciences, Akita University, Akita 010-8502, Japan

⁷ Center for Fundamental Education, Okayama University of Science, Okayama 700-0005, Japan