

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：82110

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14021

研究課題名（和文）西南日本弧における熱年代学的研究：南海トラフ大地震のメカニズム解明を目指して

研究課題名（英文）Thermochronometric investigations of the Southwest Japan Arc: toward elucidating the mechanism of a large earthquake along the Nankai Trough

研究代表者

福田 将真（Fukuda, Shoma）

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター・研究員

研究者番号：70883479

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、南海トラフ大地震の発生メカニズムの理解に貢献するため、西南日本弧に低温領域の熱年代学を適用し、永久変形に寄与する地質学的歪速度の推定を試みた。中国山地・四国山地を南北に横断する測線に沿って(U-Th)/Heおよびフィッション・トラック法を用いた結果、以下の新たな知見が得られた：（1）東西の測線間に大きな年代値の違いは見られない、（2）南北の年代値の空間的分布に着目すると、隆起帯・沈降帯・隆起帯に対応した年代値の若返りが検出された、（3）10 Ma前後の年代値が得られたことから、中新世以降のテクトニクスを反映した可能性が示唆される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、西南日本弧において初めての体系的な熱年代学的研究であり、これまで未解明だったプレート間の相互作用による歪蓄積・解放モデルの理解に貢献可能な基盤データとして、中国山地・四国山地の隆起・削剥・冷却履歴を提供するものである。また、典型的な島弧として知られる東北日本弧との比較を通して、複雑な性格を持つ西南日本弧の特徴の抽出や形成過程の理解などの地質学的知見の取得はもちろん、防災などの社会的要請にも一定の貢献を与えるものと期待される。

研究成果の概要（英文）：In order to gain a further understanding of the mechanism of the Nankai Trough earthquake, we attempted to estimate the geological strain rate that contributes to deformation by applying low-temperature thermochronology to the southwest Japan Arc. (U-Th)/He and fission-track methods were applied along the two N-S traverses in the Chugoku and Shikoku Mountains. The following new findings were obtained: (1) No significant age difference between two traverses. (2) The spatial age distributions in the N-S direction revealed may correspond to uplift-subsidence-uplift zones. (3) Some of the obtained ages yielded approximately 10 Ma, suggesting that it may reflect tectonics after the Miocene.

研究分野：熱年代学，地質学

キーワード：熱年代学 フィッション・トラック法 (U-Th)/He法 山地形成過程 隆起・侵食 中国山地 四国山地

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

海溝型超巨大地震の一例である東北地方太平洋沖地震は、マグニチュード 9.0 を記録した未曾有の大災害である。この地震の発生後、新学術領域「地殻ダイナミクス」による学際的研究として、測地学や地震学、地形学、地質学などの分野横断型の融合研究が進められ、新たな地球科学的な知見が得られた (Iio et al., 2018)。従来の池田 (1996) の予測では、海溝型超巨大地震のメカニズムは、プレート間の測地学的歪 (弾性歪) と地質学的歪 (非弾性歪) の蓄積・解放で説明可能としたが、想定された規模の測地学的歪の解放は起きなかった。最近では、非弾性歪は塑性歪成分と粘弾性歪成分で構成されるといった新たなモデルも提唱されているが (Fukahata et al., 2020)、永久変形の評価のためには、測地学的な観測による短期間の歪データのみならず、地質時間スケールに渡る長期間の非弾性歪を評価する必要がある。

本研究では、南海トラフ大地震の発生が声高に叫ばれている西南日本弧の陸域を対象とし、低温領域の熱年代学的手法を適用することで非弾性歪の評価を試みた。南海トラフ大地震については、歪の蓄積・解放モデルから発生頻度、メカニズムに至るまで未解明の部分も多いが、東北沖地震と同様の方法論の導入と比較によってメカニズムの理解について貢献可能だと考えた。内陸の非弾性歪の蓄積過程を熱年代法で推定し、測定学的歪から弾性成分を分離することで、超巨大地震の発生メカニズム解明の基礎データとなることを期待している。

### 2. 研究の目的

南海トラフ大地震の発生を理解する上で重要な鍵となる西南日本弧の変形過程を明らかにするために、地殻浅部の鉛直変形を検出可能な低温領域の熱年代学を適用する。アパタイトおよびジルコンの (U-Th)/He 法とフィッション・トラック法 (以降、それぞれ He 法、FT 法) を複合的に用い、冷却履歴の空間分布を高精度に決定する。西南日本弧はフィリピン海プレートの斜め沈み込みや、隆起帯 (中国山地)・沈降帯 (瀬戸内海)・隆起帯 (四国山地) といった島弧として複雑な特徴や地形が見られる。加えて、プレート間の歪の蓄積・解放メカニズムについても統一的理解には至っていないため、典型的な島弧として知られる東北日本弧との比較を通じて、山地形成過程における特徴の把握や、歪モデルの理解の深化を試みる。そのため、中国山地および四国山地を南北に横断する 2 本の測線に沿って花崗岩類を採取し、熱年代法を適用する。そのうち、地温勾配などの仮定をもとに冷却履歴を削剥速度に換算し、得られた削剥速度を GPS などの測定学的歪や、河成・海成段丘を用いた隆起速度などの既往データと比較する。

### 3. 研究の方法

本研究では中国山地・四国山地の冷却履歴の推定のため、採取した試料について He 年代測定および FT 年代測定を実施する。

#### (1) (U-Th)/He 年代測定

He 年代分析では、まず測定に適した粒径・形状・透明度の良好な鉱物粒子を実体顕微鏡下でハンドピックを行い、粒径などの測定を行った。次に、粒子ごとにプラチナ製のポケットに封入し、ポケットごとレーザー照射によって加熱し粒子内の He ガスを抽出して、He ガス専用の質量分析計にて同位体分析を行う。測定後、ポケットから粒子を取り出して、酸処理によって溶解させ、ICP 質量分析装置によってウランやトリウム、サマリウムなどを定量し、年代値を計測する。

#### (2) フィッション・トラック年代測定

FT 法では、He 分析と同様に、測定に適した粒子を実体顕微鏡下でハンドピックし、包埋、研磨の後、酸やアルカリで化学処理 (エッチング) して、FT を可視化させる。次に、自動計測装置による画像処理を用いて粒子内の FT の密度を計測する。その後、レーザーアブレーション ICP 質量分析装置により、密度を計測した領域のウラン濃度を定量し、年代値を算出する。

### 4. 研究成果

本研究では中国山地および四国山地を南北に横断する東測線 (鳥取、岡山、香川、徳島) と西測線 (島根、広島、愛媛) の 2 本の測線沿いに地質試料を採取した。全地点合計で 42 点の地質試料を採取し、そのうち年代分析を試みる試料を選別した上で、一般的な手順で鉱物分離を実施した。結果として鉱物分離を実施した大半のサンプルについて、分析に十分量のアパタイトとジルコンが得られた。また、研究協力者から中国山地および四国山地から採取された合計 30 点の岩石試料および分離済みのアパタイトおよびジルコンを受領しており、一部を同様の年代分析に供した。

まず西測線については、22 試料で鉱物分離を実施し、そのうち 16 試料で十分量のアパタイトが、19 試料で十分量のジルコンが得られた。東測線については、鉱物分離を実施した 16 試料中、十分量のアパタイトが得られた地点は 8 試料、ジルコンでは 15 試料となった。次に、アパタイトとジルコン両方が十分量得られている試料や空間的な分布から選別して年代分析を行った結果、西測線では 6.8 ~ 29.6 Ma のアパタイト He 年代 (10 点)、73.8 ~ 89.2 Ma のアパタイト FT 年

代 (3 点), 62.6 ~ 199.0 のジルコン He 年代 (10 点) を得た。東測線では 5.7 ~ 27.1 Ma のアパタイト He 年代 (6 点), 8.8 ~ 71.4 Ma のアパタイト FT 年代 (5 点), 7.4 ~ 196.3 Ma のジルコン He 年代 (9 点) を得た。また, 西測線の試料については現在も年代分析を実施中である。

東西の測線間の年代値の傾向を比較すると, 概ね同程度の年代値が得られており, 東西間に大きな差は見られなかった。次に, 最も閉鎖温度の低いアパタイト He 年代について, 南北方向の傾向に着目すると, 中国山地では 10 Ma 前後を示し, 高縄半島 ~ 讃岐山地では 60 ~ 20 Ma となり, 中央構造線より南側の四国山地では岩体の形成年代に関わらず全て 10 Ma より若い年代値を示している。これは, 中国山地と四国山地の二列の隆起帯と, 瀬戸内海周辺の沈降帯における隆起・削剥・冷却履歴が大きく異なることを示唆する。このような西南日本弧の広い範囲に影響を与える要因として, 中新世以降には複数のテクトニックなイベントが提唱されており, 日本海拡大に伴う時計回り回転 (星, 2018) や大規模火成活動 (Shinjoe et al., 2021), 四国海盆の沈み込みやフィリピン海プレートの斜め沈み込み開始などに関連している可能性がある。今後, 更に熱年代データを拡充することで, より詳細的な空間的傾向を把握することはもちろん, 詳細な冷却履歴の解析を基にして削剥速度を計算し, 地質学的歪速度の推定に取り組む必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 福田 将眞・岡本 晃・Barry Kohn・新正 裕尚・末岡 茂・田上 高広	4. 巻 37
2. 論文標題 四国山地における低温領域の熱年代データの空間分布とその解釈	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 フィッション・トラックニュースレター	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 2件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岡本 晃, 福田将眞, 新正裕尚, 末岡 茂, Barry Kohn, 田上高広
2. 発表標題 熱年代学に基づく四国山地の削剥史の推定
3. 学会等名 第47回フィッション・トラック研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福田 将眞・末岡 茂・田上 高広
2. 発表標題 鳥弧山地における低温領域の熱年代学の現状と展望
3. 学会等名 東京大学地震研究所特定共同研究(B)「プレートの沈み込みと鳥弧変動のダイナミクス」研究集会（招待講演）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 岡本 晃, 福田将眞, 新正裕尚, 末岡 茂, 鏡味沙耶, 田上高広
2. 発表標題 四国山地における中新世花崗岩類のアパタイトフィッション・トラック年代速報
3. 学会等名 第46回フィッション・トラック研究会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 福田 将真・末岡 茂・田上 高広
2. 発表標題 低温領域の熱年代学に基づく長期(>10 <sup>6</sup> 年)スケールにおける鉛直方向の地殻変動の推定：島弧地域における現状と今後の展開
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会（招待講演）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 福田 将真・岡本 晃・Barry Kohn・新正 裕尚・末岡 茂・田上 高広
2. 発表標題 四国山地における低温領域の熱年代データの空間分布とその解釈
3. 学会等名 第48回フィッション・トラック研究会
4. 発表年 2022年～2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
オーストラリア	メルボルン大学			