

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25800278

研究課題名(和文) カッティングスを用いた南海トラフ巨大分岐断層活動史の解明

研究課題名(英文) Cuttings-based research for assessing evolution of the megasplay fault in the Nankai Trough

研究代表者

山口 飛鳥 (Yamaguchi, Asuka)

東京大学・大気海洋研究所・助教

研究者番号：30570634

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：地球深部探査船「ちきゅう」による南海トラフの現時点での最深部の掘削孔の、海底下約3000 mまでの最高被熱温度、および碎屑性ジルコンのウラン-鉛年代を約50-100 m間隔で測定した。これは現世沈み込み帯における世界初のデータセットであり、南海付加体と分岐断層の発達過程解明に重要な制約を与えるものである。結果、分岐断層上盤に、過去の分岐断層と推定される、被熱温度および年代逆転をもたらす逆断層帯の存在が明らかになり、また、南海付加体上部では200万年以後の熊野海盆の形成に伴う沈降を反映して、断層上盤での大規模な物質の上昇は起こっていないことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：We analyzed maximum burial temperature and detrital zircon U-Pb ages of cuttings samples retrieved from the Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Site C0002 in the Nankai Trough. As a result, we found ancient megasplay faults which cause the reversals of vitrinite reflectance values and detrital zircon age. Estimated maximum temperature is slightly lower than extrapolated modern temperature, suggesting that large-scale uplifting of the hanging wall side of the megasplay fault have not occurred in the Nankai Trough.

研究分野：構造地質学

キーワード：カッティングス 南海トラフ 付加体 分岐断層 ビトリナイト ジルコン

1. 研究開始当初の背景

プレート沈み込み帯で起きる巨大地震は、大規模な津波災害を伴い、日本の社会に大きな影響を与える。地質学的時間スケールの中に現在の地震活動を位置づけることは、2011年東北地方太平洋沖地震後の地球科学に課せられた大きな課題の一つである。南海トラフでは、統合国際深海掘削計画(IODP)による南海トラフ地震発生帯掘削計画(NanTroSEIZE)が実施され、掘削試料を用いた断層浅部でのすべり履歴や応力場が解明されてきた。また、近年、ビトリナイト反射率局所分析、炭質物ラマン分光分析、粘土鉱物組成変化を反映したコア試料の化学組成マッピング、微量元素組成を用いた岩石-流体反応解析などの手法が相次いで開発され、反応速度論的解析と併せて岩石の経験した温度-時間履歴が複数の手法でクロスチェックできるようになった。

2. 研究の目的

本研究は、日本海溝と同様に巨大地震・津波の発生源である南海トラフにおいて、長時間スケールの断層発達史と地震性断層運動との関係解明を目的とする。そのために、近年の南海トラフ地震発生帯掘削の進展および弱変成付加体の被熱温度履歴解明手法の進歩をふまえて、プレート境界から分岐する「巨大分岐断層」を貫く最深掘削孔から採取予定のカッティングスサンプルに地質温度計と年代測定を適用する。そして掘削孔全深度の古地温構造およびその獲得年代を明らかにし、巨大分岐断層の発達過程に迫る。具体的には、以下の3点の解明を目指すことを当初の目的とした。

(1) 巨大分岐断層上盤および下盤の各深度の経験した最高被熱温度の解析から、分岐断層をはさんだ古地温構造を明らかにする。

(2) 巨大分岐断層上盤および下盤の各深度のアパタイト・ジルコン粒子の FT 熱年代測定(閉鎖温度:アパタイト~100、ジルコン~300)から、古地温構造の獲得年代を明らかにする。

(3) 上記 1, 2 を総合し、巨大分岐断層の発達史ならびに断層上盤の上昇史を構築する。これらの背景をふまえ、南海トラフにおける最深掘削地点である C0002 地点から採取された試料を用いた熱履歴解析・年代測定を行い、巨大分岐断層の断層発達史を明らかにするとともに現在の地震性断層運動との関連を探る。

3. 研究の方法

本申請では南海トラフ C0002 地点においてライザー掘削が予定されている全深度(海底下 860 m ~ 5000m 超)から、20 m 間隔で 1 リットルずつ連続的にカッティングスサンプルを採取し、以下の研究を行う。まず、ビトリナイト反射率測定の結果から、各深度の経験した最高被熱温度を推定する。次に、アパ

タイト粒子およびジルコン粒子の分離を行い、アパタイト・ジルコンそれぞれの熱年代測定から巨大分岐断層上盤の上昇年代を求める。それらを総合し、巨大分岐断層の発達モデルを構築する。

4. 研究成果

当初の予定と異なり、海況不良・掘削トラブルなどの影響を受け IODP による掘削が深度 3000m で中断したため、現在活動中の分岐断層をはさんでの試料採取および解析は行うことができなかった。しかし、C0002 地点で深度 3000m までの掘削で得られた試料から炭質物およびジルコン粒子を抽出し、最高被熱温度および碎屑性ジルコン年代を約 50-100 m 間隔で明らかにすることができた。これは現世沈み込み帯における世界初のデータセットであり、付加体および分岐断層発達に重要な制約を与えるものである。また、今後深度 5000m までの掘削が達成された際に、同様の手法を用いることで現世の分岐断層の発達過程を精度よく解明することが可能になると期待される。具体的な成果は以下の3点である。

(1) ビトリナイト反射率から推定された C0002 地点の最高被熱温度は最深部(海底下約 3000 m)でも約 88 で、掘削時の温度測定および熱物性データから推定された現在の地温勾配よりも低いことが判明した。このことから、南海付加体上部では 2 Ma 以後の熊野海盆の形成に伴う沈降を反映して、断層上盤での大規模な物質の上昇は起こっていないことが推定された。また、海底下約 1300-1500 m および約 2400-2500 m に反射率の逆転が認められることが判明し、これは過去に活動した分岐断層と考えられる。

(2) カッティングス中に含まれるジルコン・アパタイト粒子の分離を行い、アパタイト(U-Th)/He 年代測定を検討した。アパタイトについては、粒径が非常に小さく分析に不適であることが判明した。一方でジルコンは U-Pb 年代測定が可能であり、電力中央研究所において測定を行った。その結果、予察的ではあるが全深度で本州弧起源と考えられる 70-100 Ma の碎屑性ジルコンを含むこと、ビトリナイト反射率の逆転が見られた層準よりも深部で年代の若返りが見られることが判明した。この結果は、ビトリナイト反射率から推定された断層の存在と調和的である。

(3) 南海トラフで行った分岐断層上盤の発達史解明手法を陸上付加体に適用し、美濃帯および四万十帯の過去の順序外衝上断層の断層運動解析を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 18 件)

Kimura, G., Hamahashi, M., Okamoto, S.,

- Yamaguchi, A., Kameda, J., Raimbourg, H., Hamada, Y., Yamaguchi, H., Shibata, T., 2013, Hanging wall deformation of a seismogenic megasplay fault in an accretionary prism: The Nobeoka Thrust in southwestern Japan. *Journal of Structural Geology*, 52, 136-147. doi: 10.1016/j.jsg.2013.03.015
- Hamahashi, M., Saito, S., Kimura, G., Yamaguchi, A., Fukuchi, R., Kameda, J., Hamada, Y., Kitamura, Y., Fujimoto, K., Hashimoto, Y., Hina, S., Eida, M., 2013, Contrasts in physical properties between the hanging wall and footwall of an exhumed seismogenic megasplay fault in a subduction zone-An example from the Nobeoka Thrust Drilling Project. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 14, 5354-5370. doi:10.1002/2013GC004818
- Raimbourg, H., Thiery, R., Vacelet, M., Ramboz, C., Cluzel, N., Emmanuel, L.T., Yamaguchi, A., Kimura, G., 2014, A new method of reconstituting the P-T conditions of fluid circulation in an accretionary prism (Shimanto, Japan) from microthermometry of methane-bearing aqueous inclusions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 125, 96-109. doi: 10.1016/j.gca.2013.09.025
- Kameda, J., Kawabata, K., Hamada, Y., Yamaguchi, A., Kimura, G., 2014, Quartz deposition and its influence on the deformation process of megathrusts in subduction zones. *Earth, Planets and Space*, 66, 13, doi:10.1186/1880-5981-66-13
- Raimbourg, H., Augier, R., Famin, V., Gadenne, L., Palazzin, G., Yamaguchi, A., Kimura, G., 2014, Long-term evolution of an accretionary prism: The case study of the Shimanto Belt, Kyushu, Japan. *Tectonics*, 33, 936-959. doi:10.1002/2013TC003412
- Kimura, G., Hashimoto, Y., Kitamura, Y., Yamaguchi, A., Koge, H., 2014, Middle Miocene swift migration of the TTT triple junction and rapid crustal growth in southwest Japan: A review. *Tectonics*, 33, 1219-1238. doi:10.1002/2014TC003531
- Yamaguchi, A., Ishikawa, T., Kato, Y., Nozaki, T., Meneghini, F., Rowe, C.D., Moore, J.C., Tsutsumi, A., Kimura, G., 2014, Fluid-rock interaction recorded in black fault rocks in the Kodiak accretionary complex, Alaska. *Earth, Planets and Space*, 66, 58. doi:10.1186/1880-5981-66-58
- Fukuchi, R., Fujimoto, K., Kameda, J., Hamahashi, M., Yamaguchi, A., Kimura, G., Hamada, Y., Hashimoto, Y., Kitamura, Y., Saito, S., 2014, Changes in illite crystallinity within an ancient tectonic boundary thrust caused by thermal, mechanical, and hydrothermal effects: an example from the Nobeoka Thrust, southwest Japan. *Earth, Planets and Space*, 66, 116. doi:10.1186/1880-5981-66-116
- Kameda, J., Kouketsu, Y., Shimizu, M., Yamaguchi, A., Hamada, Y., Hamahashi, M., Koge, H., Fukuchi, R., Ikeda, M., Kogure, T., Kimura, G., 2014, The influence of organic-rich shear zones on pelagic sediment deformation and seismogenesis in a subduction zone. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 109, 228-238.
- Takeshita, T., Yamaguchi, A., Shigematsu, N., 2014, Stress reversal recorded in calcite vein cuttings from the Nankai accretionary prism, southwest Japan. *Earth, Planets and Space*, 66, 144. doi:10.1186/s40623-014-0144-4
- Koge, H., Fujiwara, T., Kodaira, S., Sasaki, T., Kameda, J., Kitamura, Y., Hamahashi, M., Fukuchi, R., Yamaguchi, A., Hamada, Y., Ashi, J., Kimura, G., 2014, Friction properties of the plate boundary megathrust beneath the frontal wedge near the Japan Trench: an inference from topographic variation. *Earth, Planets and Space*, 66, 153. doi:10.1186/s40623-014-0153-3
- Hamahashi, M., Hamada, Y., Yamaguchi, A., Kimura, G., Fukuchi, R., Saito, S., Kameda, J., Kitamura, Y., Fujimoto, K., Hashimoto, Y., 2015, Multiple damage zone structure of an exhumed seismogenic megasplay fault in a subduction zone - A study from the Nobeoka Thrust Drilling Project -. *Earth, Planets and Space*, 67, 30. doi:10.1186/s40623-015-0186-2
- Hamada, Y., Sakaguchi, A., Tanikawa, W., Yamaguchi, A., Kameda, J., Kimura, G., 2015, Estimation of slip rate and fault displacement during shallow earthquake rupture in the Nankai subduction zone. *Earth, Planets and Space*, 67, 39. doi:10.1186/s40623-015-0208-0
- 山口飛鳥, 北村真奈美, 濱田洋平, 齋藤有, 向吉秀樹, 廣瀬文洋, 2015. 2014年夏に露出した四万十帯手結メランジユの海食台露頭. *地質学雑誌*, 121,

III-IV.

Kioka, A., Ashi, J., Sakaguchi, A., Sato, T., Muraoka, S., Yamaguchi, A., Hamamoto, H., Wang, K., Tokuyama, H., 2015, Possible mechanism of mud volcanism at the prism-backstop contact in the western Mediterranean Ridge Accretionary Complex. *Marine Geology*, 363, 52-64.

Raimbourg, H., Vacelet, M., Ramboz, C., Famin, V., Augier, R., Palazzin, G., Yamaguchi, A., Kimura, G., 2015, Fluid circulation in the depths of accretionary prisms: an example of the Shimanto Belt, Kyushu, Japan. *Tectonophysics*, 655, 161-176.

Kameda, J., Harris, R.N., Shimizu, M., Ujiie, K., Tsutsumi, A., Ikehara, M., Uno, M., Yamaguchi, A., Hamada, Y., Namiki, Y., Kimura, G., 2015, Hydrogeological responses to incoming materials at the erosional subduction margin, offshore Osa Peninsula, Costa Rica. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 16, 2725-2742. doi: 10.1002/2015GC005837

Trütner, S., Hüpers, A., Ikari, M.J., Yamaguchi, A., Kopf, A.J., 2015, Lithification facilitates frictional instability in argillaceous subduction zone sediments. *Tectonophysics*, 665, 177-185. doi:10.1016/j.tecto.2015.10.004

[学会発表](計 63 件)

山口飛鳥・竹下 徹・Jacob Geersen・Olivier Fabbri・大橋聖和・Yehua Shan・金川久一・Expedition 338 Scientists, 2013, IODP Expedition 338 変形構造記載成果速報(口頭). 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 幕張メッセ, 千葉市, 2013 年 5 月 22 日.

山口飛鳥・濱田洋平・谷川 亘・比名祥子・亀田 純・氏家恒太郎・木村 学, 2013, 遠洋性珪質堆積物が作る弱いプレート境界断層(口頭). 日本地質学会第 120 年学術大会, 東北大学川内北キャンパス, 仙台市, 2013 年 9 月 15 日.

山口飛鳥・谷川 亘・亀田 純・清水麻由子・濱田洋平・木村 学, 2014, 美濃帯チャートの透水性と続成組織(口頭). 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 横浜市, 2014 年 4 月 28 日~5 月 2 日.

Asuka Yamaguchi, Wataru Tanikawa, Jun Kameda, Mayuko Shimizu, Yohei Hamada, Gaku Kimura, 2014, Fluid transport property and diagenetic microstructure of chert from on-land accretionary complex. Asia Oceania

Geosciences Society 11th Annual Meeting, Royton Sapporo Hotel, 北海道札幌市, 2014 年 7 月 28 日~8 月 1 日.
山口飛鳥・大塚宏徳・小嶋孝徳・福地里菜・谷川 亘・濱田洋平・氏家恒太郎, 2014, 日本海溝の陸上アナログとしてのジュラ紀付加体プレート境界岩(口頭). 日本地質学会第 121 年学術大会, 鹿児島大学, 鹿児島市, 2014 年 9 月 13~15 日.

福地里菜・山口飛鳥・山本由弦・芦寿一郎・第 348 次航海研究者一同, 2014, IODP 第 348 次航海(南海トラフ地震発生帯掘削)におけるカッピングスによる岩相評価の有用性(口頭). 日本地質学会第 121 年学術大会, 鹿児島大学, 鹿児島市, 2014 年 9 月 13~15 日.

Asuka Yamaguchi, Rina Fukuchi, Koichiro Fujimoto, Tsuyoshi Ishikawa, Yasuhiro Kato, Tatsuo Nozaki, Francesca Meneghini, Christie Rowe, Casey Moore, Akito Tsutsumi, Gaku Kimura, 2014, Contrasting slip zone mineralogy of major thrusts in ancient subduction complexes: examples from the Pasagshak Point Thrust in Alaska and the Nobeoka Thrust in Japan. AGU Fall Meeting, Moscone Center, San Francisco, USA, 2014 年 12 月 15 日~12 月 19 日.

山口飛鳥・谷川 亘・多田井 修・亀田 純, 2015, 南海トラフに沈み込む海洋地殻最上部の岩相と水理特性. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 5 月 24 日-28 日(幕張メッセ, 千葉)

福地 里菜・山口飛鳥・山本 由弦・芦 寿一郎, 2015, IODP 第 348 次航海で得られたカッピングス中の炭質物ビトリナイト反射率. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 5 月 24 日-28 日(幕張メッセ, 千葉)

大橋 聖和・Olivier Fabbri・山口 飛鳥, 2015, 南海付加体, 巨大分岐断層浅部コア試料に認められる変形構造: IODP Exp. 338 解析結果. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 5 月 24 日-28 日(幕張メッセ, 千葉)

福地里菜・山口飛鳥・山本由弦・芦 寿一郎, 2015, IODP 第 348 次航海で得られたカッピングス中の炭質物ビトリナイト反射率分析からみた南海付加体の古地温構造. 日本地質学会第 122 年学術大会(長野大会). 2015 年 9 月 11 日~13 日, 信州大学長野(工学)キャンパス(長野市)

Rina Fukuchi, Asuka Yamaguchi, Yuzuru Yamamoto, Juichiro Ashi, 2015, Paleotemperature of the Nankai accretionary prism estimated by vitrinite reflectance of carbonaceous

materials retrieved during the IODP Expedition 348. American Geophysical Union 2015 Fall Meeting, 14-18 Dec2015, Moscone Center (San Francisco, USA).
(他 51 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

http://ofgs.aori.u-tokyo.ac.jp/yamaguchi_asuka/asuka-res-j.html

<http://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/web/15/041500005/091200007/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山口 飛鳥 (YAMAGUCHI, Asuka)
東京大学大気海洋研究所・助教
研究者番号：30570634

(2) 研究分担者：なし

(3) 連携研究者：なし

(4) 研究協力者

福地 里菜 (FUKUCHI, Rina)