

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：16301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K17821

研究課題名(和文)海洋性島弧から大陸地殻へ：伊豆衝突帯地殻溶融作用の精密解析

研究課題名(英文)Transformation from oceanic arc into continental crust: detailed analysis of crustal anatexis in the Izu collision zone

研究代表者

齊藤 哲 (Saito, Satoshi)

愛媛大学・理工学研究科(理学系)・准教授

研究者番号：00528052

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、伊豆弧-本州弧衝突帯を構成する地殻岩石について深部地殻条件下での溶融実験を行い、大陸地殻を特徴づける不適合元素に富む花崗岩質マグマの生成モデルを提案した。さらに、上部大陸地殻平均組成に類似した化学組成を持つ甲斐駒ヶ岳花崗岩質岩体に地質温度圧力計を適応し、衝突帯深部地殻の溶融作用により生成した花崗岩質マグマの上部地殻での定置深度を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大陸地殻を特徴づける不適合元素に富む花崗岩質マグマは、海洋性島弧衝突帯においてはマグマソースに成熟島弧地殻岩石が混入することにより生成しうることが溶融実験から実証された。このことは海洋性島弧衝突帯での大陸地殻成長過程を理解する上で重要な学術的意義を持つ。また甲斐駒ヶ岳花崗岩質岩体の定置深度と冷却史から、島弧衝突テクトニクスでの当岩体の上昇・剝離過程が明らかとなり、当地域の構造発達史の理解に重要な知見となった。伊豆衝突帯は現在進行形の衝突帯であり、地殻変動も活発であるとともに首都圏からも近く、その構造発達史の理解は将来の災害リスク評価の観点からも重要な社会的意義を持つ。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we proposed a genetic model for the granitoid magma enriched in incompatible elements comparable to the continental crust, on the basis of high-pressure melting experiments performed on the crustal rocks of Izu arc - Honshu arc collision zone. We also applied geothermobarometry to the Kaikomagatake granitoid pluton which had chemical characteristic comparable to the average upper continental crust in order to estimate the emplacement depth of the magma formed through anatexis of the deep collision zone crust.

研究分野：地質学、岩石学

キーワード：花崗岩 大陸地殻 海洋性島弧 伊豆衝突帯

1. 研究開始当初の背景

大陸地殻の存在は他の惑星にはない地球固有の特徴である。大陸地殻を構成する主要岩石は花崗岩類であるが、海洋地殻には花崗岩類はほとんど認められない。このため花崗岩類は大陸地殻の成因を理解する上で最も重要な岩石である。一方、伊豆-小笠原弧などの海洋性島弧には花崗岩質地殻が存在することが地震波速度構造探査から確認されており、海洋性島弧は海洋域で初期的な大陸地殻が形成する場であると考えられている。しかし海洋性島弧に産する花崗岩類は主として不適合元素に乏しいトータル岩であり、不適合元素に富む花崗閃緑岩や花崗岩(狭義)が卓越する大陸地殻とは花崗岩類の組成に大きな相違がある。海洋性島弧が大陸地殻へと進化するためには、不適合元素に富む花崗岩類が形成する必要があるが、そのプロセスは未解明であり議論がなされている (Gazel et al., 2015 など)。

このような研究背景のもと、研究代表者らは海洋性島弧 (伊豆-小笠原弧) が大陸地殻 (本州弧) に衝突している伊豆衝突帯に分布する新第三紀花崗岩質岩体について成因研究を行ってきた。その中で、伊豆衝突帯花崗岩質岩体には海洋性島弧を特徴付けるトータル岩から大陸地殻を特徴付ける花崗岩まで多様な化学組成を持つことを示し、衝突帯下部地殻の溶融作用が不適合元素に富む「大陸地殻的な」花崗岩質マグマを形成し、海洋性島弧の成熟と大陸地殻への進化をもたらした、とのモデルを提唱していた (齊藤, 2014; Saito et al., 2012)。しかしながら、このモデルの根拠は、主要・微量元素組成、同位体組成を用いた地球化学的モデリングに基づくものであり、それを検証するためには花崗岩質マグマの成因についての実験岩石学的検討が必要とされていた。

また、伊豆衝突帯深部地殻の溶融により形成した花崗岩質マグマが上昇後、地殻浅部に定置した深度については、衝突帯の構造発達史を理解する上で極めて重要な情報である。しかしながら、定置深度の見積もりは一部の岩体に限られていた (Saito et al., 2007a, b)。衝突帯深部地殻での花崗岩質マグマの生成と、その後の岩体の冷却・削剥史を含めた海洋性島弧の成熟・進化過程を理解するために、花崗岩質岩体の定置深度の解明が求められていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は以下の2つである。

(1) 伊豆衝突帯花崗岩質岩体にみられる化学組成の多様性の成因について、伊豆衝突帯地殻岩石の溶融実験から制約する。特に海洋性島弧を特徴付けるトータル岩質マグマと、大陸地殻を特徴付ける花崗岩質マグマという性質の大きく異なるマグマが伊豆衝突帯に形成した要因を明らかにする。

(2) 伊豆衝突帯深部地殻の溶融作用により生成したマグマが上昇し、上部地殻に定置した深度を見積もる。さらに岩体定置後の冷却・削剥史と島弧衝突テクトニクスとの関係を明らかにする。

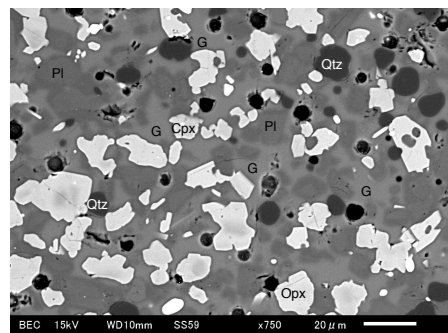
3. 研究の方法

(1) 伊豆衝突帯深部地殻の溶融を再現するために、伊豆-小笠原弧地殻岩石と本州弧地殻岩石それぞれの代表的試料を混合させた出発物質について溶融実験を行う。実験にはピストン・シリンダー型高温高压発生装置を用いる。実験生成物の化学組成分析にはSEM-EDSを用いる。出発物質の混合量比を変化させて実験を行い、出発物質の組成変化と実験生成ガラス組成・部分溶融度との関係を検討する。

(2) 伊豆衝突帯で生成したマグマの定置深度を見積もるために、上部大陸地殻平均組成に類似した化学組成の特徴を持つ甲斐駒ヶ岳花崗岩質岩体について、地質温度圧力計を適応する。鉱物の化学組成分析にはSEM-EDSを用いる。地質温度圧力計から見積もられた甲斐駒ヶ岳花崗岩質の定置深度と、既に報告されている当岩体の年代データから、定置後の冷却・削剥史を検討する。

4. 研究成果

(1) 伊豆衝突帯地殻岩石の溶融実験は、圧力1GPa、温度1050°C、1000°C、950°Cの条件下で、保持時間116~169時間で行った。図1に回収試料の反射電子像の1例を示す。実験生成ガラス組成のうちK₂O含有量について、出発物質中の本州弧地殻岩石の割合との関係を図2(a)に示す。1050°Cと1000°Cの実験では、出発物質中の本州弧地殻岩石の割合が増加するにつれて、実験生成ガラス組成のK₂O含有量が増加する傾向が認められた。出発物質が伊豆-小笠原弧地殻岩石のみの場合はトータル岩質ガラスが (Nakajima and Arima, 1998)、本州弧地殻岩石の混合割合が25%の場合は花崗閃緑岩質ガラスが、本州弧地殻岩石の混合割合が50%以上の場合は花崗岩質ガラスが生成した。この実験結果は、マグマソースに混入



G, glass; Qtz, quartz; Pl, plagioclase; Opx, orthopyroxene; Cpx, clinopyroxene

図1 実験後回収試料の反射電子像。

する本州弧地殻岩石の割合が増加するにつれて、生成する花崗岩質マグマは不適合元素に富む「大陸地殻的な」組成へと変化していくことを示している。この傾向は、伊豆衝突帯花崗岩質岩体に認められる Sr 同位体組成と K₂O 含有量の関係 (図 2b, Saito and Tani, 2017) と調和的である。

これらの結果は、海洋性島弧地殻と成熟

島弧地殻とが混在する衝突帯深部地殻の溶融作用により「大陸地殻的な」花崗岩質マグマが生成し、海洋性島弧の成熟と大陸地殻への進化をもたらすとのモデルを強く支持している。

(2) 伊豆衝突帯に分布する甲斐駒ヶ岳花崗岩質岩体について角閃石地質温度圧力計により定置深度の検討を行った。甲斐駒ヶ岳岩体から採取された、角閃石+黒雲母+石英+斜長石+カリ長石+磁鉄鉱+イルメナイト+チタン石の鉱物組み合わせをもつ 8 試料について、角閃石 Ti 地質温度計 (Féménias et al., 2006) および角閃石 Al 地質圧力計 (Mutch et al., 2016) を適用した。その結果、674~737 °C、2.2~3.1 kbar の温度圧力条件が得られた (図 3)。このうち含水花崗岩ソリダスに近い温度圧力条件が得られた 3 試料がマグマ定置時の圧力を記録したものと解釈し、岩体定置圧力を 2.2~2.4 kbar と見積もった。上部地殻岩石の密度を 2.65 g/cm³ とするとこの圧力は約 8~9 km の深度に相当する。

本研究および当岩体について行われた熱年代学的研究 (Sueoka et al., 2017) の結果を総合すると、甲斐駒ヶ岳岩体マグマは 13.8Ma に深度約 9~8 km に定置後、およそ 1 千万年間はほぼその深度に位置していたが、3.3Ma 以降に約 4mm/year の削剥速度で急激に上昇したものと考えられる。このことから、甲斐駒ヶ岳岩体と隣接する伊豆弧北端巨摩ブロックの本州弧への衝突 (約 15 Ma 頃) は甲斐駒ヶ岳岩体の上昇を引き起こしていないことが明らかとなった。

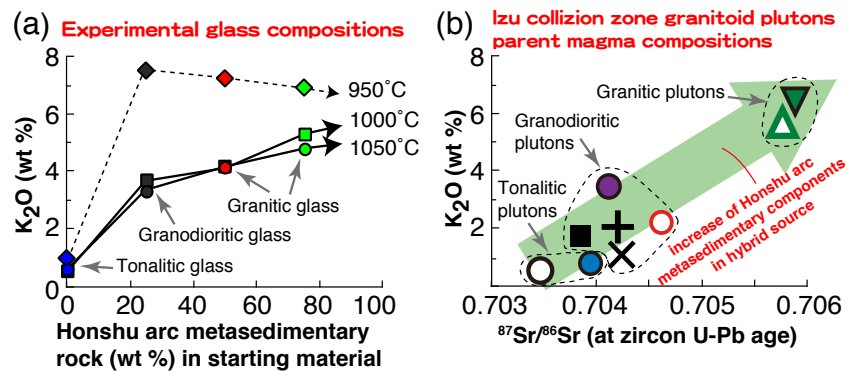


図 2 (a)出発物質中の本州弧地殻岩石の割合と実験生成ガラス中の K₂O 含有量との関係。(b)伊豆衝突帯花崗岩質岩体 9 岩体の親マグマ組成 (Saito and Tani, 2017 を修正)。

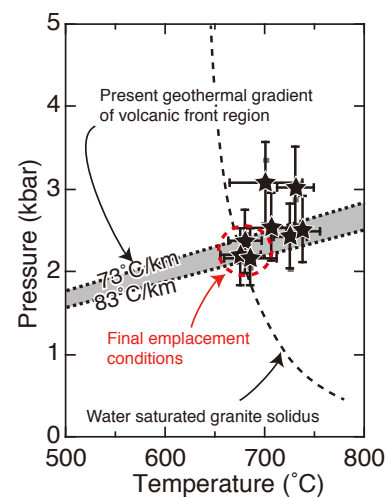


図 3 甲斐駒ヶ岳岩体についての角閃石地質温度圧力計適応結果 (★印、Watanabe et al., 2020 を修正)。

[引用文献]

- Féménias et al., 2006, *American Mineralogist* 91, 73-81.
 Gazel et al., 2015, *Nature Geoscience* 8, 321-327.
 Mutch et al., 2016, *Contributions to Mineralogy and Petrology* 171, 85.
 Nakajima and Arima, 1998, *The Island Arc* 7, 359-373.
 齊藤, 2014 岩石鉱物科学 44, 32-44.
 Saito et al., 2007a, *Journal of Petrology* 48, 79-111.
 Saito et al., 2007b, *Journal of Petrology* 48, 1761-1791.
 Saito et al., 2012, *Contributions to Mineralogy and Petrology* 163, 611-629.
 Sueoka et al., 2017, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 122, doi:10.1002/2017JB014320.
 Saito and Tani, 2017, *Lithos* 277, 228-240.
 Watanabe et al., 2020, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 115, in press.

[成果公表]

研究初期において、伊豆衝突帯花崗岩類の成因と関連する問題についてレビューを行い、査読つき論文として公表した (Saito and Tani, 2017, *Lithos*)。本研究のうち (1) の溶融実験についての研究成果は、The 9th Hutton Symposium on the Origin of Granites and Related Rocks (2019 年 10 月、中国南京) および American Geophysical Union Fall Meeting 2019 (2019 年 12 月、米国サンフランシスコ、招待講演) において報告した。現在、論文のとりまとめを進めており、9th Hutton Symposium 特集号への投稿準備をすすめている。(2) の甲斐駒ヶ岳岩体の定置深度については、日本地球惑星連合大会、日本鉱物科学会、日本地質学会の各学会で報告するとともに、査読つき論文として公表した (Watanabe, Saito and Tani, 2020, *Journal of Mineralogical Sciences*)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Watanabe S, Saito S, Tani K	4. 巻 115
2. 論文標題 Estimation of emplacement depth for the Miocene Kaikomagatake granitoid pluton: constraints on crustal denudation history of the Izu collision zone	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.2465/jmps.191031	査読の有無 有
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 -
1. 著者名 Shimooka K, Saito S, Tani K	4. 巻 114
2. 論文標題 Zircon U-Pb ages of the Ryoke granitoids from the Takanawa Peninsula, northwest Shikoku, southwest Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 284-289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2465/jmps.190731c	査読の有無 有
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 -
1. 著者名 Hokada T, Grantham GH, Arima M, Saito S, Shiraishi K, Armstrong RA, Eglinton B, Misawa K, Kaiden H	4. 巻 10
2. 論文標題 Stenian A-type granitoids in the Namaqua-Natal Belt, southern Africa, Maud Belt, Antarctica and Nampula Terrane, Mozambique: Rodinia and Gondwana amalgamation implications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geoscience Frontiers	6. 最初と最後の頁 2265-2280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.04.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 仲田 光輝, 楠橋 直, 齊藤 哲, 大藤 弘明, 奈良 正和	4. 巻 125
2. 論文標題 愛媛県久万高原町の三波川変成岩類中に新たに見つかった"粗粒な"変塩基性岩体	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 447-452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.5575/geosoc.2019.0010	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 Saito S, Bagdassarov NS	4. 巻 113
2. 論文標題 Laboratory measurements of electrical conductivity in a gabbro of the Oman ophiolite at high pressures and high temperatures: implications for interpretation of resistivity structures of lower oceanic crust	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 112-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2465/jmps.171110	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 新正裕尚, 齊藤哲	4. 巻 123
2. 論文標題 松山市周辺の瀬戸内火山岩類 高Mg安山岩から珪長質岩まで	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 571-584
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.5575/geosoc.2017.0048	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 Saito S, Tani K	4. 巻 277
2. 論文標題 Transformation of juvenile Izu-Bonin-Mariana oceanic arc into mature continental crust: an example from the Neogene Izu Collision Zone granitoid plutons, central Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 228-240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.07.035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Saito S
2. 発表標題 The Neogene Izu Collision Zone granitoid plutons, central Japan: transformation of juvenile Izu-Bonin-Mariana oceanic arc into mature continental crust
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2019 (San Francisco, USA) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Saito S
2. 発表標題 Magma process, emplacement depth and denudation history of the Miocene Kaikomagatake granitoid pluton in the Izu arc collision zone, central Japan
3. 学会等名 The 9th Hutton Symposium on the Origin of Granites and Related Rocks (Nanjing, China) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shimooka K, Saito S, Tani K
2. 発表標題 Petrological study on the Cretaceous granitoids in Ryoke Belt, Takanawa Peninsula, northwest Shikoku, southwest Japan
3. 学会等名 The 9th Hutton Symposium on the Origin of Granites and Related Rocks (Nanjing, China) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下岡 和也, 齊藤 哲
2. 発表標題 四国北西部高縄半島に分布する領家帯花崗岩類の岩石記載と全岩化学組成
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会 (山口市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下岡 和也, 齊藤 哲, 谷 健一郎
2. 発表標題 四国北西部高縄半島に分布する領家帯花崗岩類の岩石学的研究
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会 (山口市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相田 和之, 下岡 和也, 楠橋 直, 齊藤 哲, 谷 健一郎
2. 発表標題 四国西部, 中新統久万層群明神層に含まれる火成岩礫
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会(山口市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊 早姫, 齊藤 哲, 谷 健一郎
2. 発表標題 伊豆衝突帯に分布する中新世甲斐駒ヶ岳花崗岩質岩体の定置深度と上昇・削剥史
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会(山口市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下岡 和也, 齊藤 哲, 谷 健一郎
2. 発表標題 四国北西部高縄半島に分布する領家帯花崗岩類の全岩化学組成とジルコンU-Pb年代
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会(福岡市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大森 泰希, 齊藤 哲
2. 発表標題 愛媛県中島にみられる瀬戸内火山岩脈貫入境界部の岩石学的検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会(千葉市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下岡 和也, 齊藤 哲, 谷 健一郎
2. 発表標題 愛媛県高縄半島に分布する領家花崗岩類の岩石記載とジルコンU-Pb年代
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (千葉市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊 早姫, 齊藤 哲
2. 発表標題 角閃石地質圧力計を用いた甲斐駒ヶ岳花崗岩質岩体の固結深度の検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会 (千葉市)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Magome, M, Shiota M, Saito S
2. 発表標題 Petrological characteristics of the Miocene Miuchi granitoid pluton, SW Japan: an example of crust-mantle interaction in mature arc
3. 学会等名 XXII Meeting of the International Mineralogical Association (Melbourne, Australia) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊 早姫, 齊藤 哲
2. 発表標題 伊豆衝突帯に分布する中新世甲斐駒ヶ岳花崗岩質岩体の定置深度の見積もり
3. 学会等名 日本鉱物科学会2018年年会 (山形市)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塩田 恵美, 山崎 楓真, 齊藤 哲
2. 発表標題 愛媛県南部、中新世御内花崗岩質岩体にみられる苦鉄質火成包有岩についての岩石学的研究
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齊藤 哲, Nikolai S. Bagdassarov
2. 発表標題 ピストン・シリンダー型高圧発生装置を用いたオマーンオフィオライト産斑れい岩の電気伝導度測定
3. 学会等名 日本鉱物科学会2017年年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 馬込 宗孝, 塩田 恵美, 齊藤 哲
2. 発表標題 中新世御内花崗岩質岩体に記録された地殻物質-マントル由来物質相互作用
3. 学会等名 日本地質学会第124回学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮本 華蓮, 齊藤 哲
2. 発表標題 愛媛県に分布する中期中新世花崗岩質岩体の成因に関する実験岩石学的検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2016年大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

ホームページ
<http://yoran.office.ehime-u.ac.jp/profile/ja.50f865cfc1f643ce60392a0d922b9077.html>

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
研究協力者	谷 健一郎 (TANI Kenichiro) (70359206)	独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・研究主幹 (82617)	