

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02238

研究課題名(和文)本邦初産超高压クロミタイトとマイクロダイヤモンド

研究課題名(英文)UHP chromitite and microdiamond first reported from Japan

研究代表者

西山 忠男(Nishiyama, Tadao)

熊本大学・大学院先端科学研究部(理)・教授

研究者番号：10156127

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,400,000円

研究成果の概要(和文)：九州西端の白亜紀低温高压型変成岩である長崎変成岩西彼杵ユニットから、超高压変成作用の痕跡であるマイクロダイヤモンドを発見した。これは日本における最初の超高压変成岩の発見である。また海洋プレート沈み込み帯で超高压変成作用が起こっていることを示したのはヨーロッパアルプスLago di Chignanaに次いで世界で2例目であり、地球科学的に意義の大きい発見である。マイクロダイヤモンドは4つの産状を示す。クロミタイト中の包有物、シュードタキライト中の包有物、泥質片岩の黄鉄鉱中の包有物、泥質片岩の基質中に産する集合体。これらはラマン分光法により確認され、については透過電顕法により確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

プレートテクトニクスでは、大陸と大陸の衝突帯において、大陸地殻の一部が地下120kmまで潜り込み、再び隆起上昇していることが明らかになっている。そのような場所では岩石中にマイクロダイヤモンドが形成されている。今回、九州西端長崎変成岩西彼杵ユニットから、マイクロダイヤモンドが発見された。長崎変成岩は白亜紀の海洋プレートの沈み込みによって形成された低温高压型変成岩であるので、そのような場所でも120km以深まで地殻物質が潜り込むことを示す点で地球科学的に意義深い。海洋プレートの沈み込み帯で形成された超高压変成岩の報告は、イタリアアルプスのLago di Chignanaに次いで世界で2例目である。

研究成果の概要(英文)：This study found microdiamonds from the Nishisonogi unit of the Nagasaki Metamorphic Complex, western Kyushu, Japan, that is a Cretaceous high pressure - low temperature metamorphic rocks. This is first finding of ultrahigh-pressure metamorphic rocks from Japan, and the second one from the world as a ultrahigh-pressure metamorphism at the oceanic subduction zones following the first finding from Lago di Chignana. In that sense, this finding has a great meaning in Earth Science. Microdiamonds show four types of the occurrence: 1) inclusions in chromitite, 2) inclusions in pseudotachylyte, 3) inclusions in pyrite porphyroblasts in a metapelite, and 4) aggregates in the matrix of a metapelite. These microdiamonds are confirmed by Raman microspectroscopy and especially for the fourth type by Transmission Electron Microscopy (TEM) >

研究分野：岩石学

キーワード：マイクロダイヤモンド 超高压変成岩 沈み込み帯 長崎変成岩 西彼杵ユニット

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

世界の変成岩研究では、1980年代のコース石(石英の高圧相)の発見、1990年のマイクロダイヤモンドの発見により、超高压変成岩ならびに超高压変成作用という新しいパラダイムが打ち立てられた。従来の常識では、変成岩の圧力上限は1GPa程度、すなわち深さにして30km程度であると考えられていた。そして沈み込み帯の低温高圧型変成岩が、そのような最深部の変成岩を代表するものとされていた。超高压変成岩の発見は、大陸地殻が地下120km以深まで沈み込み、再び上昇していることを明らかにした点で、常識を覆す大発見であった。そのような超高压変成岩は大陸地殻と大陸地殻の衝突帯で形成されることが明らかになり、世界各地で超高压変成岩の発見が相次いだ。一方、日本のテクトニックセッティングは三波川帯に代表される海洋プレートの沈み込み帯であり、大陸衝突帯ではないので、超高压変成岩は存在しないと予想されていた。九州西端に分布する長崎変成岩は、三波川帯と同じ白亜紀に形成された沈み込み帯の岩石である。長崎変成岩を三波川帯の延長と考える研究者も多いが、われわれは、三波川帯とは独立した別の変成帯であると考え、研究を進めてきた。その過程で、偶然マイクロダイヤモンドを発見し、長崎変成岩が超高压変成岩ではないかという作業仮説の下、研究に着手した。

2. 研究の目的

マイクロダイヤモンドを発見した長崎変成岩西彼杵ユニットの広域的な調査を行い、マイクロダイヤモンドの追加発見に努め、その分布を明らかにする。またマイクロダイヤモンドの鉱物学的検討を進め、これが薄片作成時のコンタミネーションによるものではなく、天然のものであることを確定する。さらにマイクロダイヤモンド以外の超高压鉱物(コース石など)が存在しないかを検討し、長崎変成岩における超高压変成作用の実態を解明する。さらに長崎変成岩が超高压変成岩であることが明らかになった場合には、その形成の場とメカニズムを、大陸縁辺部かつ島弧会合部という特異なテクトニックセッティングという視点から考察し、可能であれば独自のテクトニックモデルを作る。

3. 研究の方法

マイクロダイヤモンドを産した西彼杵半島西部雪浦地域の蛇紋岩メランジュの詳細な野外調査を行い、マイクロダイヤモンドの産状を明らかにし、追加発見に努める。また、西彼杵変成岩の他地域の代表的岩石試料を採取し、マイクロダイヤモンドが含まれていないかを明らかにする。岩石試料の薄片をアルミナラッピングシートにより、ダイヤモンドのコンタミがないよう極力注意して作成する。作成した試料の走査型電子顕微鏡(SEM)観察、ならびにエネルギー分散型X線分析装置(EDS)による分析を行い、マイクロダイヤモンドならびにその他の変成鉱物の化学分析と組織観察を行う。またマイクロラマン分光法によりマイクロダイヤモンドの同定を行う。さらにマイクロダイヤモンドと同定された試料を透過電子顕微鏡(TEM)法(共同研究者:大藤弘明)やソフトX線分光法(EPMA-SXEX)法(共同研究者:寺内正己)により、詳細な鉱物学的検討を行う。これらにデータをまとめ、研究代表者が総合的考察を行う。テクトニクスへの検討には、共同研究者森康が加わる。

4. 研究成果

(1) マイクロダイヤモンドの産状と鉱物学的特徴

まず、マイクロダイヤモンドを産した長崎変成岩西彼杵ユニット雪浦地域の位置を地質図(図1)に示す。この雪浦には海岸沿いに蛇紋岩メランジュが発達し、著しく褶曲した各種の塩基性岩と泥質片岩が、蛇紋岩中にブロックとして産する。西彼杵変成岩のその他の地域の岩石試料も分析したが、今のところマイクロダイヤモンドは雪浦地域以外からは見つかっていない。

雪浦地域では、4種の産状を示すマイクロダイヤモンドが発見された。

クロミタイト中の包有物として産するもの。

石英炭酸塩岩中に発達するシュードタキライト中に産するもの。

泥質片岩の強く変形した黄鉄鉱斑状変晶中に包有物として産するもの。

泥質片岩の基質中に集合体として産するもの。

このうち について鉱物学的検討が成功したので、以下に詳細に記載する。なお、 のクロミタイト中のものについては、TEMでの観察を試みたが、電顕中の磁界の影響で試料が飛散してしまい、失敗に終わった。

図2にマイクロダイヤモンド集合体の産状を示す。これらは泥質片岩の基質中に数10~100ミクロン程度の塊状集合体として産し、必ずドロマイト(またはマグネサイト)を伴うことが特徴である。

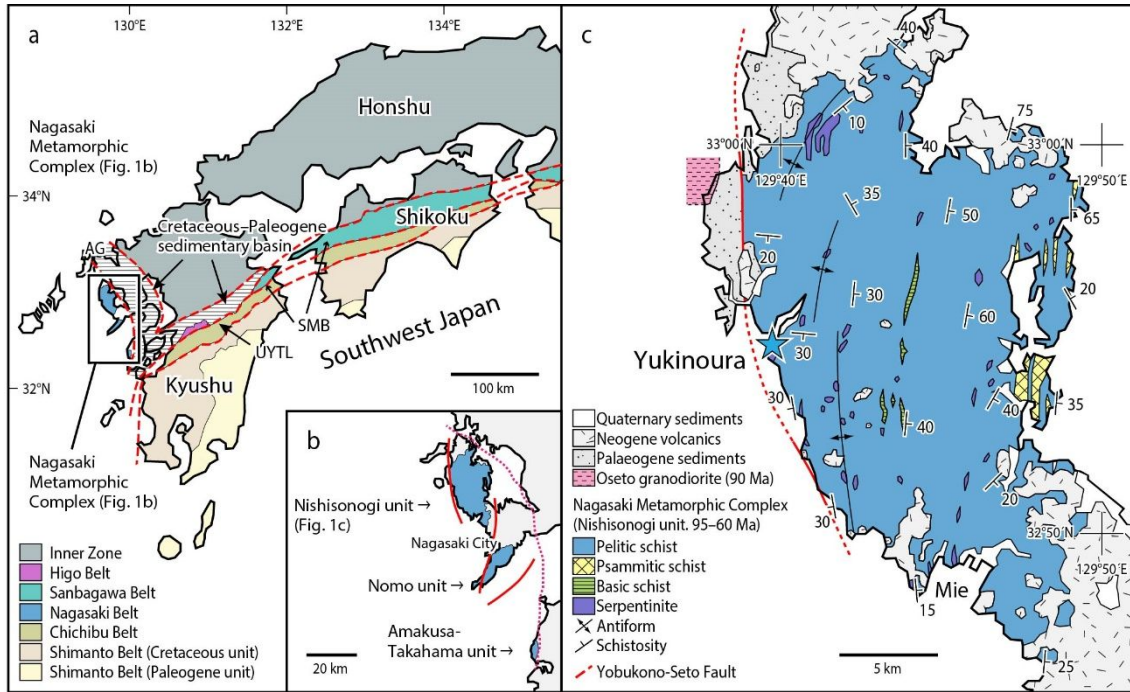


図1 長崎変成岩の分布図 (a,b) とその地質図(c)。マイクロダイヤモンド産地の雪浦はcの星印。

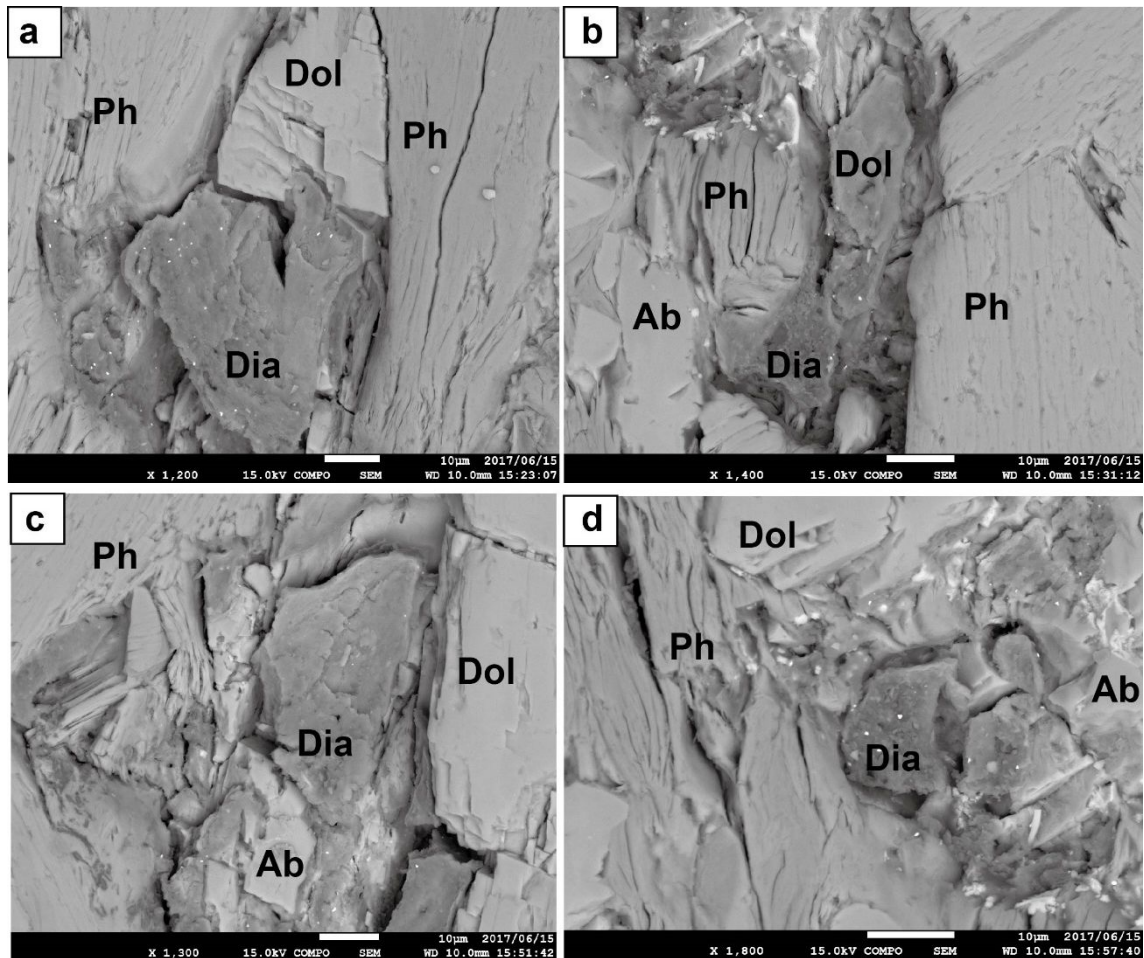


図2 泥質片岩基質中のマイクロダイヤモンド集合体のSEM写真(後方散乱電子線像)。Dia: マイクロダイヤモンド集合体. Dol: ドロマイト. Ph: フェンジャイト. Ab: アルバイト。

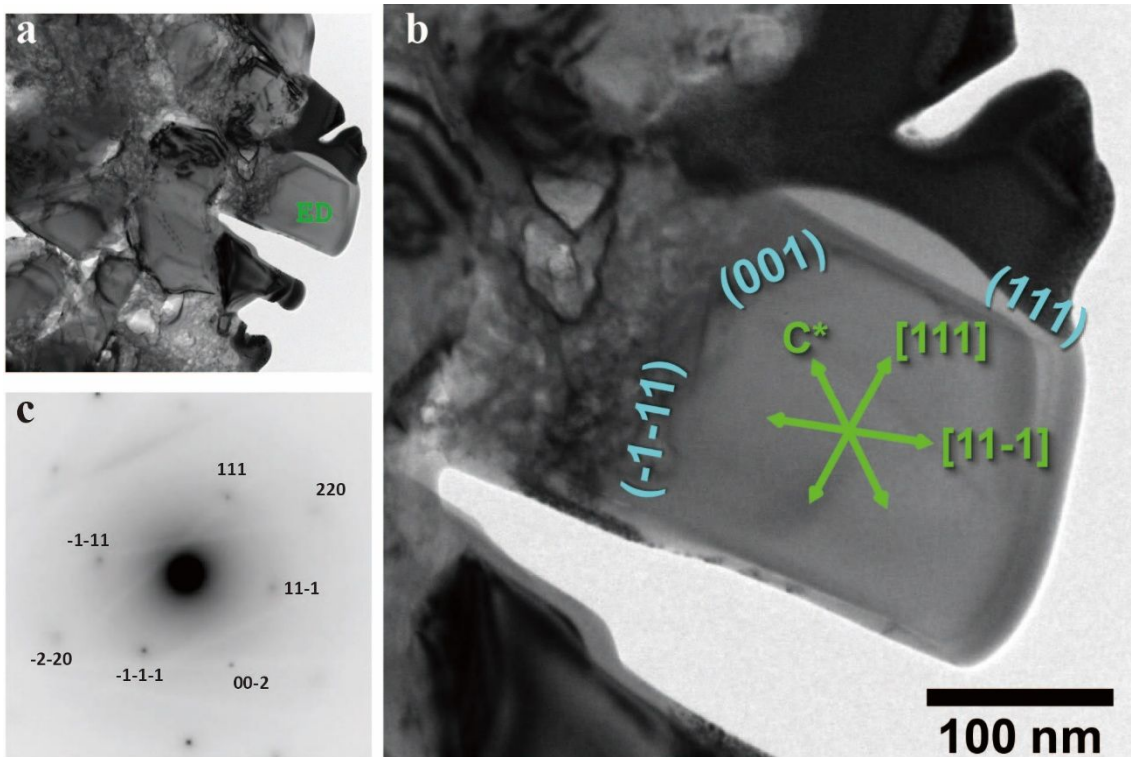


図3 マイクロダイヤモンドの透過電子顕微鏡像(a,b)と電子線回折像(c)。

このマイクロダイヤモンド集合体をFIBで切り出し、透過電子顕微鏡で観察した像が図3である。自形に近い矩形ダイヤモンド結晶が確認され、電子線回折像からもダイヤモンドであることが確認された。

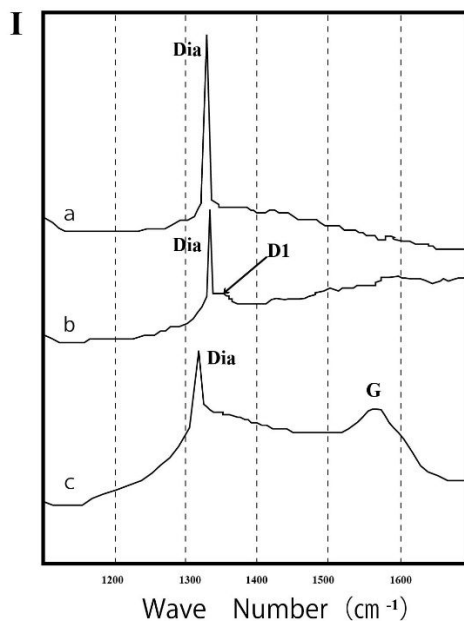


図4 マイクロダイヤモンドのラマンスペクトル。

このマイクロダイヤモンド集合体のラマンスペクトルを図4に示す。ラマンスペクトルは個々のマイクロダイヤモンド集合体により、微妙に異なる特徴を示す。典型的には図4aに示すように、1330~1332 cm⁻¹に鋭いダイヤモンドのバンドを示すが、4bのように石墨のD1バンドを伴うものもある。また図4cに示すように、1310 cm⁻¹にダイヤモンドのバンドを示し、石墨のブロードなGバンドを伴うものもある。このような変動は、人工ダイヤモンドには見られないことから、この試料が天然のダイヤモンドであることを強く裏付ける。

(2) マイクロダイヤモンド産出の意義

西彼杵半島全域の泥質片岩に石墨ラマン温度計を適用した Mori et al. (2019)によると、西彼杵変成岩の変成温度はほぼ450 程度であり、雪浦地域も変化はない。このことから、変成条件を推定すると、450 、2.8 GPa 以上となる(図5)。この条件は、これまで世界で知られている変成ダイヤモンドの形成条件の中で最も低温であり、雪浦のマイクロダイヤモンドは世界最低温のダイヤモンドであると結論される。そのようなものが西彼杵変成岩に産出するという事は、非常に低温の沈み込み帯において、地下120 km 以深までの沈み込みが起きていることを示している。このような事例は本報告が世界初であり、これらの結果は、現在 Scientific Reports に投稿中であり、2度目の査読を経て結果待ちの状態にある。

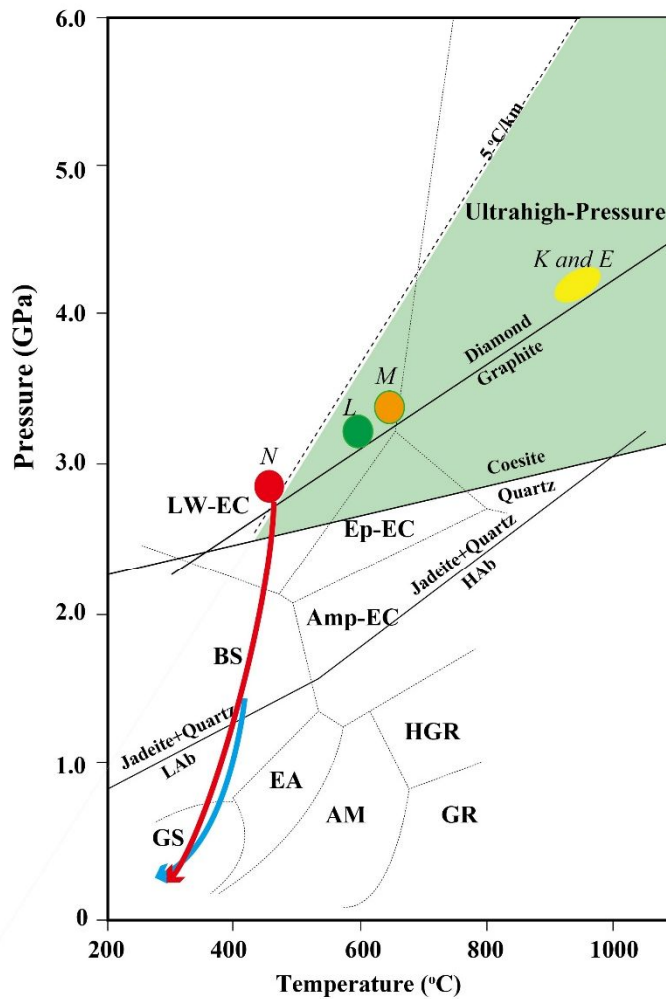


図5 西彼杵変成岩(西彼杵ユニット雪浦蛇紋岩メランジュ)の温度圧力条件

<引用文献>

Mori, Y., Shigeno, M., Miyazaki, K. and Nishiyama, T. (2019) Peak metamorphic temperature of the Nishisonogi unit of the Nagasaki Metamorphic Rocks, western Kyushu, Japan. JMPS, 114, 161-169.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Schmitt, A., Tokuda, M., Yoshiasa, A., Nishiyama, T.	4. 巻 114
2. 論文標題 Titanian andradite in the Nomo rodingite: Chemistry, crystallography, and reaction realtions	5. 発行年 2019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) 10.2465/jmps.180731	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 Yoshiasa, A., Tokuda, M.他7名	4. 巻 9
2. 論文標題 Natural arsenic with a unique order structure: potential for new quantum materials.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 X
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.10.38/s41598-019-42561-8	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 Tokuda, M., Nishiyama, T., Yoshiasa, A.ほか4名	4. 巻 129
2. 論文標題 Effects of a strong gravitational field on Mn-trimeres and magnetic properties of hexagonal YMnO3 single crystal.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics and Chemistry of Solids	6. 最初と最後の頁 172-179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpcs.2018.12.023	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 -
1. 著者名 Yoshiasa, A. ほか6名	4. 巻 X
2. 論文標題 Determination of ferro- and antiferroelectricity using the temperature dependence of the pre-edge fetatures in tghe XANES spectra.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Status Solidi B	6. 最初と最後の頁 X
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.201800050	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 Yuguchi, T., Shoubuzawa, K., Nishiyama, T. ほか4名	4. 巻 104
2. 論文標題 Role of micropores, mass transfer, and reaction rate in the hydrothermal alteration process of plagioclase in a granitic pluton	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 536-556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2019-6786	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 -

1. 著者名 Yuguchi, T., Sueoka, S., Nishiyama, T. ほか6名	4. 巻 169
2. 論文標題 Position-by-position cooling paths within the Toki granite, central Japan: Constraints and the relation with fracture population in a pluton.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Science	6. 最初と最後の頁 47-66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jseaes.2018.07.039	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 -

1. 著者名 Nishiyama, T., Mori, Y., and Shigeno, M.	4. 巻 112
2. 論文標題 Jadeitites and associated metasomatic rocks from serpentinite melanges in the Nishisonogi unit, Nagasaki Metamorphic Complex, western Kyushu, Japan.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 197-216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.170322	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 -

1. 著者名 西山忠男	4. 巻 46
2. 論文標題 岩石学における非平衡過程の速度論的研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 岩石鉱物科学	6. 最初と最後の頁 15-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/gkk.161202	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 -

1. 著者名 西山忠男・森部陽介・森康・重野未来・湯口貴史	4. 巻 123
2. 論文標題 開いた系における変成反応と物質移動：特異値分解法の新しい応用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 717-731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2017.0021	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 -

1. 著者名 Yuguchi, T., Sueoka, S., Iwano, H., Danhara, T., Ishibashi, M., Sasao, E., and Nishiyama, T.	4. 巻 0
2. 論文標題 Spatial distribution of the apatite fission-track ages in the Toki granite, central Japan: Exhumation rate of a Cretaceous pluton emplaced in the East Asian continental margin.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jar.12219	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 -

1. 著者名 Miyazaki, K., Mori, Y., Nishiyama, T., Suga, K., and Shigeno, M.	4. 巻 0
2. 論文標題 Determination of reaction kinetics using grain size: An application for metamorphic zircon growth	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Terra Nova	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ter.12322	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 Nishiyama, T., Yoshida-Shiosaki, C., Mori, Y. and Shigeno, M.	4. 巻 4:1
2. 論文標題 Interplay of irreversible reactions and deformation: a case of hydrofracturing in the rodingite-serpentine system.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	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) 10.1186/s40645-016-0115-4	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 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Nishiyama, T.
2. 発表標題 Origin of lowest temperature microdiamond in a metapelite from Nishisonogi, western Japan
3. 学会等名 International Mineralogical Association XXII Meeting at Melbourne (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西山忠男
2. 発表標題 世界最低温の変成ダイヤモンド
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西山忠男
2. 発表標題 超高压変成岩と超高压クロミタイト：日本からの最初の報告とその意義
3. 学会等名 放射光物質構造科学の新展開：高压物質科学と地球惑星科学
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nishiyama, T., Nishi, U., Harada, K., and Yoshiasa, A.
2. 発表標題 Lowest temperature metamorphic diamond in a metapelite from the Nishisonogi unit, Nagasaki Metamorphic Rocks, western Kyushu, Japan.
3. 学会等名 JpGU (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nishiyama, T., Wakida, Y., and Yoshiasa, A.
2. 発表標題 New evidence of ultrahigh-pressure metamorphism in the Cretaceous low P/T metamorphic terrane, Higo Metamorphic Rocks, Central Kyushu, Japan.
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nishiyama, T., Nishi, U., and Yoshiasa, A.
2. 発表標題 Deep subduction and the ultrahigh pressure metamorphism, the Nishisonogi metamorphic rocks, western Kyushu, Japan. Finding of diamond-graphite aggregates
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西山忠男
2. 発表標題 世界最低温の変成ダイヤモンド
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西山忠男
2. 発表標題 Diamond-graphite aggregates from two metamorphic terrane in Kyushu, Japan.
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム
4. 発表年 2019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
研究分担者	吉朝 朗 (Yoshiasa Akira) (00191536)	熊本大学・大学院先端科学研究部(理)・教授 (17401)	
研究分担者	森 康 (Mori Yasushi) (20359475)	北九州市立自然史・歴史博物館・自然史課・学芸員 (87101)	
研究分担者	磯部 博志 (Isobe Hiroshi) (80311869)	熊本大学・大学院先端科学研究部(理)・教授 (17401)	
研究分担者	大藤 弘明 (Ohfuj i Hiroaki) (80403864)	愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・教授 (16301)	
研究分担者	石丸 聡子 (Ishimaru Satoko) (60464046)	熊本大学・大学院先端科学研究部(理)・助教 (17401)	