

平成 30 年 6 月 16 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05314

研究課題名(和文) アジア大陸東縁における白亜紀火成活動と水平沈み込みからロールバックへの変換過程

研究課題名(英文) Changing processes from flat-slab subduction to slab roll-back from Jurassic to Cretaceous at the eastern margin of Asian continents

研究代表者

今岡 照喜 (Imaoka, Teruyoshi)

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号：30193668

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：近年、アジア大陸東縁におけるジュラ紀から白亜紀のスラブの水平沈み込みとそれに続くロールバックといったテクトニクス変化が提案されている。この研究においては、スラブのロールバック過程に対応した西南日本の諸イベントについて解明した。とくに105 Maの京都ランプロファイアーの高Nb玄武岩マグマのマグマ成因論、大和鉱山の鉱床形成に関連した於福 pluton の岩石成因論、山口県蓋井島のマグマ混合・混交現象、愛媛県岩城島の交代作用岩からの新鉱物「村上石」の発見が特筆される。

研究成果の概要(英文)：Recently, flat-slab subduction to slab roll-back processes from Jurassic to Cretaceous at the eastern margin of Asian continents were proposed. Several geological events, and magma and mineral genesis related to slab roll-back process were revealed in this study; magma genesis of the High-Nb basalt of the Kyoto lamprophyres, petrogenesis of the Cretaceous Ofuku pluton related to the ore-genesis of the Yamato mine, magma mixing and mingling in the Futaoi-island, Yamaguchi Prefecture, and finding a new mineral "Murakamiite" in metasomatites from the Iwagi Islet, Ehime Prefecture, Japan.

研究分野：岩石学

キーワード：白亜紀 沈み込み帯 村上石 ランプロファイアー 海洋プレート ロールバック

1. 研究開始当初の背景

(1) Imaoka et al. (2014) や Kiminami and Imaoka (2013) は西南日本の中生代火成活動は、前期白亜紀末 (100 Ma 頃) にはじまると考えられることや、アジア大陸東縁の Tan-Lu 断層 - 中央構造線間の白亜紀火成活動の開始時期は、韓半島で多少の不確実性があるものの、海溝方向に若くなり、西南日本白亜紀火成活動はその末端に位置することなどを明らかにした。なぜ 100 Ma に西南日本で火成活動が開始されたか、その後の 95 - 85 Ma にかけてのイグニブライト・フレアアップにどのように引き継がれていったのかは不明であり、それを明らかにするためには、さらにデータを増やしてこのような広域的な火成活動の時空変遷が持つ意味を明らかにすることが重要である。また Imaoka et al. (2014) で議論したアダカイト、高 Mg 安山岩、高 Nb 玄武岩、スペッサルタイトのうち、高 Nb 玄武岩の成因には、世界的にも多様な成因論が展開されており (例えば、Hastie et al., 2011)、西南日本の 100 Ma 高 Nb 玄武岩の成因について明らかにする必要がある。

(2) 中国地方西部では主に 95 - 85 Ma にかけてイグニブライト・フレアアップとよばれるカルデラやグラーベンを形成するような大規模珪長質火砕流の噴出が行われ、地表下ではバソリス群が形成されたことを筆者らは明らかにしてきた。研究開始時には中国地方西部では、山口カルデラ、吉部カルデラ、佐々並カルデラ、白滝山カルデラ、匹見グラーベン・カルデラが存在が知られているだけであった。

(3) 日本列島に広く分布する白亜紀花崗岩バソリスの空間問題、すなわち、花崗岩マグマの貫入・定置様式については言及されることは少なく、不明であった (今岡ほか, 2012b)。

(4) 山口県美祢市秋吉台周辺には奈良時代から採銅が行われたと伝えられている長登鉱山をはじめ喜多平鉱山、大和鉱山、福嶺鉱山、山上鉱山、青影銀山、大田鉱山など多くの金属鉱床が分布している。秋吉台は主に秋吉石灰岩層群によって構成されている。石灰岩中には白亜紀に貫入したと推定される火成岩が複数存在しており、これらの火成岩が鉱化作用をもたらしたものと考えられる (Kato, 1913; Suzuki, 1932; 加藤, 1937; 美東町教育委員会, 1995 など)。秋吉台は日本列島で一番大きな石灰岩台地であり、白亜紀に活発なマグマ活動の行われた地域であるので、両者の接触部

に形成された未発見の鉱床が存在する可能性もある。Nakano and Ishihara (2003) は秋吉石灰岩層群を構成する石灰岩中の酸素・炭素同位体比とそれらに含まれる微量元素の検討を行い、マグマ起源の流体の影響により酸素同位体比が小さい場所では Fe, Mn, Zn, および Pb が濃集する傾向があることを示した。さらに酸素同位体比による検討は、秋吉台の地下における火成岩の分布や潜在的な鉱床の探査に有効であることを示した。一方で鉱床探査の分野において、流体包有物の研究は鉱石鉱物がどのような温度・化学組成の溶液から形成されたかを決定するために重要である (例えば、佐脇, 2003)。また岩脈は小規模であるためにしばしば見落とされたり無視されたりするが (今岡, 2012a)、斑岩などは鉱床形成に寄与している場合が多く、鉱床探査の上で重要な意味をもつ。そのような観点から佐々木ほか (2014) は秋吉台上の小岩脈や岩株に関する予察的研究を行い、Nakano and Ishihara (2003) によるポテンシャル・スコアと包有物からの情報が良く対応することを示した。

秋吉台の西方に位置する美祢市於福地域では、大和鉱山、福嶺鉱山および山上鉱山の鉱床や鉱物に関する研究が行われているが、鉱床形成に寄与したと考えられるプルトン (於福プルトンと呼称する) に関しては、詳細な研究が行われていなかった。そこで於福プルトンの岩石・鉱物記載、K - Ar 年代、帯磁率、全岩化学組成および流体包有物を検討し、これら火成岩の諸特徴と鉱化作用との関連について考察する必要がある。

(5) 瀬戸内地域には山陽帯および領家帯の花崗岩分布域に“閃長岩化作用”により生じた小規模な“閃長岩体”の分布が知られている (村上, 1976 など)。先行研究で本岩体からは Li や Na を主成分とする杉石や片山石の新鉱物が発見されてきた (Murakami et al., 1976, 1983)。しかし本岩体における Li-Na 交代作用やそれを引き起こした古流体の起源については不明であり、筆者による予察的研究からは、新鉱物と考えられる他のリチウム鉱物の存在が明らかとなってきた。そこで新鉱物の記載を行うとともに、Li-Na に富む古流体の起源の解明を目指す必要がある。

2. 研究の目的

(1) 白亜紀火成活動の開始時期は、アジア大陸東縁で海溝方向に若くなり、西南日本はその末端 (延長上) に位置し、100 Ma 頃に

はじまる．最新の年代データを用いて上記の年代の広域的な時空分布を明確にし，その意義を明らかにする．

(2) 100 Maの高Nb玄武岩の成因を明らかにするために京都ランプロファイアーの中でNbに富むvogesiteの産状・岩石記載・全岩化学組成・鉱物化学組成・Sr-Nd同位体的特性を明らかにする．

(3) バソリスを形成する花崗岩の貫入・定置機構を解明するために，愛媛県岩城島の花崗岩を例として野外の産状から3次元形態を明らかにする．

(4) 白亜紀の火山フィールドで，大規模な火砕流の噴出に関連して形成されたカルデラ構造を認定する．これとスラブの水平沈み込みとそれに続くロールバック（低角化）といったジュラ紀 - 白亜紀前期の造構史との関連にとくに注目し，イグニプライト・フレアアップの意味を明らかにする．

(5) 岩城島産の新鉱物の可能性のある鉱物について，産状，化学組成や結晶構造，物理的性質などを明らかにすることによって新鉱物の申請を目指す．

3．研究の方法

(1) 京都ランプロファイアーの高Nb玄武岩について，顕微鏡観察および主成分や微量成分の分析を行い，一部の試料については，Sr-Nd同位体やEPMA分析を行う．また，角閃石や黒雲母のK-Ar年代測定を行う．これらのデータに基づき，微量成分のモデル計算を行って，起源物質や部分溶融の程度の推定を行う．

(2) 秋吉台西部の於福プルトン为例として，花崗岩マグマと鉱化作用の検討を行う．プルトンの詳細な野外調査，顕微鏡観察および主成分や微量成分の分析を行い，代表的な試料については，EPMA分析や流体包有物の検討を行う．また，角閃石や黒雲母のK-Ar年代測定を行う．

(3) 蓋井島花崗岩の地質調査を行い，地質図・断面図を作成する．野外で花崗岩やMME，岩脈の詳細な検討を行い，火成活動史やマグマ混合・混交現象を明らかにする．

(4) 愛媛県岩城島の詳細な野外調査を行い，花崗岩の三次元形態を明らかにする．また，アルビタイトの構成鉱物についてジルコンU-Pb年代やEPMA分析を行い，その形成年代や形成メカニズムを明らかにする．また，アルビタイト中に発見された新鉱物「村上石」の化学組成や結晶構造を明らか

にし，国際鉱物連合の新鉱物・命名・分類委員会に新鉱物の提案をする．

(5) 白亜紀火山岩分布域の野外調査により，岩相層序区分や地質構造の検討を行い，陥没構造を明らかにする．

4．研究成果

(1) 京都ランプロファイアーのvogesiteについて検討し，まず高Nb玄武岩組成を示すことを確認した．高Nb玄武岩には高Th/Nbグループと低Th/Nbグループがあるが，vogesiteは前者に分類され，負のNb-Ta異常を示し，LILEやLREEに富み島弧玄武岩の特徴を示す．Th/YbとNb/Ybとの関連から沈み込み帯での堆積物の混成作用があったこと，また，同位体比と微量元素との関連から上部地殻においてもvogesiteマグマと地殻物質の混成作用があったことが明らかとなった．さらにこのvogesiteマグマは上部マントル起源であるが，微量元素を使ったモデル計算からはマグマ発生時には極めて溶融の程度が低かったと推定された．Vogesiteは107 MaのK-Ar年代を示すが，同時代のマグマ活動は中部地方から近畿・中国地方，九州，さらには韓半島の慶尚盆地に広がっており，これらの活動はスラブのロールバックとそれに伴うアセノスフェアの上昇に起因しているものと推定した．

(2) 於福プルトンの岩石記載，モード測定，帯磁率，K-Ar年代，EPMAによる鉱物化学組成，主成分元素および微量元素の全岩化学組成，流体包有物の特性を明らかにし，プルトン周辺に存在するタングステン鉱床ならびに銅鉱床との成因関係を明らかにした．このプルトンでは分別結晶作用が深成岩のマグマの進化をもたらし，それによってハロゲン元素や希土類元素が最末期のメルトに濃集し，さらにメルトから分別した流体が沸騰することにより金属元素を運搬することのできる高塩濃度流体が形成された．銅については，先行研究の結果から，熱水の沸騰により生じた蒸気相に濃集し，それが結果としてプルトン周辺の銅鉱化作用につながったと結論した．この研究は今後，鉱化流体発生から鉱床形成プロセスについて更なる研究につながる内容であると評価され，Resource Geology Best Article Award 2016を受賞した．

(3) 山口県下関市蓋井島における白亜紀火成活動史とマグマ混交・混合現象について検討した．蓋井島花崗岩は島の中央部から東部にかけて分布し，関門層群下関亜層群，古期岩脈類を貫き，新期岩脈類に貫かれる．蓋井島花崗岩はおもに細粒な黒雲母花崗岩から構成されるが，一部に小規模な石英閃緑岩を伴う．黒雲母花崗岩には苦鉄質火成包有岩(MME: トーナル岩~石英閃緑岩質)

が含まれる。MMEの中にさらにMMEを含む二重包有岩もみられ、複数回のマグマ混合が示唆される(図1)。石英閃緑岩(～斑れい岩)中には垂直にのびた径数cmの花崗岩質パイプがみられる。このパイプはより苦鉄質なマグマにトラップされた低密度・低粘性の花崗岩マグマの小球状体が重力的に不安定のためにダイアピル状に上昇してきたもので、まだ十分流動的であった苦鉄質マグマと花崗岩質マグマが同時共存し、両マグマの混合が進行したことを示す重要な証拠と考えられる。

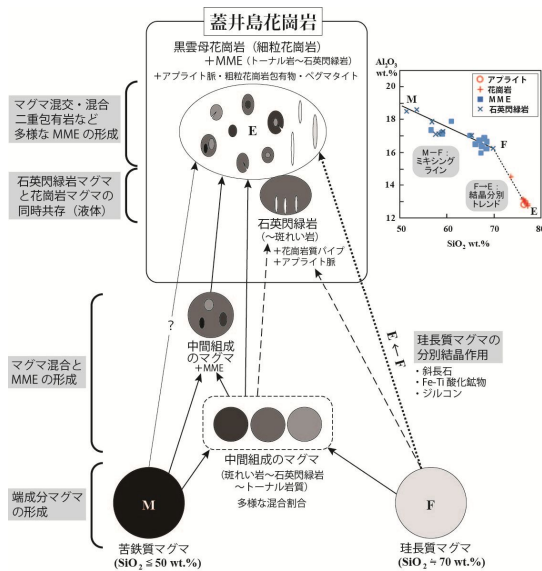


図1 蓋井島花崗岩のマグマ過程モデル図

(4) 西南日本の白亜紀火成活動の研究の過程で、愛媛県岩城島からリチウムに富む新鉱物を発見し、「村上石」と命名し、国際鉱物連合の新鉱物・命名・分類委員会によって新鉱物と認定された。その記載論文(Imaoka et al., 2017)はEuropean Journal of Mineralogy誌上に掲載された。

(5) 西南日本外帯に分布するランプロファイアー(種子島)と玄武岩岩脈(四国新宮-大豊)の産状、岩石記載、全岩化学組成とテクトニクスについて検討した。これらの岩石は、トレンチ近傍に産出し、HFSE元素に富むOIBタイプのマントル起源である。このようなマグマは、フィリピン海プレートのスラブの下から上昇してきたアセノスフェアがスラブの垂直破断やセグメント化した部分に沿って上昇してきたものと議論した(Kiminami et al., 2017)。

<引用文献>

Hastie, A.R., Mitchell, S.F., Kerr, A.C., Minifie, M.J., Millar, I.L., Geochemistry

of rare high-Nb basalt lavas: Are they derived from a mantle wedge metasomatized by slab melts? *Geochimica et Cosmochimica Acta* **75**, 2011, 5049–5072.

今岡照喜, 4. 白亜紀 - 古第三紀の火山 - 深成活動, 山口県地質図第3版(15万分の1)説明書, 2012a, 59-88, 山口地学会

今岡照喜・小室裕明・山脇恵理香・金折裕司・大川侑里・金田孝典・山本明彦, 山口県後期白亜紀防府バソリスの三次元形態: 地質・岩石と重力異常からの推定. *地質学雑誌*, **118**, 2012b, 782-800.

Imaoka, T., Kiminami, K., Nakashima, K., Kamei, A., Itaya, T., Ohira, T., Nagashima, M., Kono, N. and Kiji, M., Episodic magmatism at 105 Ma in the Kinki district, SW Japan: petrogenesis of Nb-rich lamprophyres and adakites, and geodynamic implications. *Lithos*, **184-187**, 2014, 105-131.

Imaoka, T., Nagashima, M., Kano, T., Kimura, J.-I., Chang, Q. and Fukuda, C., Murakamiite, $\text{LiCa}_2\text{Si}_3\text{O}_8(\text{OH})$, a Li-analogue of pectolite, from the Iwagi Islet, southwest Japan. *European Journal of Mineralogy*, **29**, 2017, 1045-1053.

Kato, T., Mineralization in the contact metamorphic ore deposits of the Ofuku mine, Nagato Province, Japan. *Jour. Geol. Soc. Tokyo*, **20**, no. 242, 1913, 13–32.

加藤武夫, 新篇鉱床学. 富山房, 1937, 757p.

Kiminami, K. and Imaoka, T., Spatiotemporal variations of Jurassic–Cretaceous magmatism in eastern Asia (Tan-Lu Fault to SW Japan): Evidence for flat-slab subduction and slab rollback. *Terra Nova*, **25**, 2013, 414-422.

Kiminami, K., Imaoka, T., Ogura, K., Kawabata, H., Ishizuka, H. and Mori Y., Tectonic implications of Early Miocene OIB magmatism in a near-trench setting: the Outer Zone of SW Japan and the northernmost Ryukyu Islands. *Journal of Asian Earth Sciences*, 査読有, **135**, 2017, 291-302.

美東町教育委員会 (1995) 日本最古の銅山 解説長登銅山跡. 16p.

村上允英, 本邦産交代性閃長岩質岩石中鉱物共生. 岩鉱特別号, **1**, 1976, 261–281.

Murakami, N., Kato, T., Miura, Y. and Hirowatari, F., Sugilite, a new silicate mineral from Iwagi Islet,

Southwest Japan. *Mineralogical Journal*, **8**, 1976, 110–121.

Murakami, N., Kato, T. and Hirowatari, F., Katayamalite, a new Ca - Li - Ti silicate mineral from Iwagi Islet, Southwest Japan. *Mineralogical Journal*, **11**, 1983, 261–268.

Nakano, T. and Ishihara, S., Geochemical characteristics of the Akiyoshi limestones, Japan and their bearing on exploration for blind skarn deposits. *Resource Geol.*, **53**, 2003, 29–36.

佐々木由香・今岡照喜・中島和夫・藤川将之, 秋吉石灰岩に貫入する火成岩類の地球化学的特徴および流体包有物と鉱化作用の関連. 秋吉台科学博物館報告, no. 49, 2014, 7–23.

佐脇貴幸, 流体包有物 その基礎と最近の研究動向. *岩石鉱物科学*, **32**, 2003, 23–41,

Suzuki, J., The contact metamorphic ore deposits in the environs of the Ofuku mine, province of Nagato, Japan. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Imperial Univ., Ser. 4, Geology and mineralogy*, **2**, 1932, 69–132.

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 17 件)

Cametti, G., Nagashima, M., Armbruster, T. and Fisch, M., New data on cafarsite: reinvestigation of its crystal structure and chemical composition. *European Journal of Mineralogy*, 査読有, 2018, 印刷中.

Nagashima, M., Imaoka, T., Fukuda, C., Pettke, T., Relationship between cation substitution and hydrogen-bond system in hydrous pyroxenoids with three-periodic SiO₄ single-chain: pectolite, murakamiite, marshallsussmanite, serandite and tanohataite. *European Journal of Mineralogy*, 査読有, 2018, 印刷中.

Nagashima, M., Iwasa, K. and Akasaka, M., Crystal chemistry and oxidation state of Fe of Fe-rich prehnite from hydrothermally altered dolerite. *Mineralogy and Petrology*, 査読有, **112**, 2018, 173-184. <https://doi.org/10.1007/s00710-017-0530-2>

Imaoka, T., Nagashima, M., Kano, T., Kimura, J.-I., Chang, Q. and Fukuda, C., Murakamiite, LiCa₂Si₃O₈(OH), a Li-analogue of pectolite, from the Iwagi Islet,

southwest Japan. *European Journal of Mineralogy*, 査読有, **29**, 2018, 1045-1053. <https://doi.org/10.1127/ejm/2017/0029-2675>

Kiminami, K., Imaoka, T., Ogura, K., Kawabata, H., Ishizuka, H. and Mori Y., Tectonic implications of Early Miocene OIB magmatism in a near-trench setting: the Outer Zone of SW Japan and the northernmost Ryukyu Islands. *Journal of Asian Earth Sciences*, 査読有, **135**, 2017, 291-302.

Imaoka, T., Kawabata, H., Nagashima, M., Nakashima, K., Kamei, A., Yagi, K., Itaya, T., Kiji, M., 2017. Petrogenesis of an Early Cretaceous lamprophyre dike from Kyoto Prefecture, Japan: Implications for the generation of high-Nb basalt magma in subduction zones. *Lithos*, 査読有, **290-291**, 2017, 18-33. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2017.07.023>

Ejima, T., Yamada, M., Akasaka, M., Ohfuji, H., Kon, Y., Nagashima, M. and Nakamuta, Y., Precipitates within olivine phenocrysts in oxidized andesitic scoria from Kasayama volcano, Hagi, Yamaguchi Prefecture, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 査読有, **112**, 2017, 116-126. <https://doi.org/10.2465/jmps.161219>

Imaoka, T., Nagashima, M., Kano, T., Kimura, J.-I., Chang, Q. and Fukuda, C., Murakamiite, IMA 2016-066. CNMNC Newsletter No. 34, December 2016, page 1316; *Mineralogical Magazine*, 査読有, **80**, 2016, 1315–1321.

Sasaki, Y., Imaoka, T., Nagashima, M., Nakashima, K., Takafumi Sonehara, T., Yagi, K. and Itaya, T., The Cretaceous Ofuku pluton and its relation to mineralization in the western Akiyoshi Plateau, Yamaguchi Prefecture, Japan. *Resource Geology*, 査読有, **66**, 2016, 85-113. DOI: 10.1111/rge.12090

Nagashima, M., Akasaka, M., and Morifuku, Y., Ore and skarn mineralogy of the Yamato mine, Yamaguchi Prefecture, Japan with emphasis on silver-, bismuth-, cobalt-, and tin-bearing sulfides. *Resource Geology*, 査読有, **66**, 2016, 37-54. DOI: 10.1111/rge.12085

Cametti, G., Armbruster, T. and Nagashima, M., Thermal stability of barrerite and Na-exchanged barrerite: An in-situ single crystal X-ray diffraction study under dry conditions. *Microporous and Mesoporous*

Materials, 査読有, **236**, 2016, 71-78.
[http://doi.org/10.1016/](http://doi.org/10.1016/j.micromeso.2016.02.049)

[j.micromeso.2016.02.049](http://doi.org/10.1016/j.micromeso.2016.02.049)

Cametti, G., Armbruster, T. and Nagashima, M. (2016): Dehydration and thermal stability of elpidite: An in-situ single crystal X-ray diffraction study. *Microporous and Mesoporous Materials*, 査読有, **227**, 2016, 81-87. <http://doi.org/10.1016/j.micromeso.2016.02.049>
永嶌 真理子, 三重県伊勢市菖蒲から発見された3種類の褐簾石族新鉱物. *岩石鉱物科学*, 査読有, **45**, 2016, 38-42. DOI: 10.2465/gkk.151119

Nagashima, M., Nishio-Hamane, D., Tomita, N., Minakawa, T., and Inaba, S., Ferriakasaite-(La) and ferriandrosite-(La): new epidote- supergroup minerals from Ise, Mie Prefecture, Japan. *Mineralogical Magazine*, 査読有, **79**, 2015, 735-753. DOI: 10.1180/minmag.2015.079.3.16

Danisi, R.M., Armbruster, T., and Nagashima, M., Structural intergrowth of merlinoite/phillipsite and its temperature dependent dehydration behaviour: a single crystal X-ray study. *Mineralogical Magazine*, 査読有, **79**, 2015, 191-203, DOI: 10.1180/minmag.2015.079.1.15

今岡 照喜・小林美和・曾根原崇文, 山口県蓋井島花崗岩に記録されたマグマ混交・混合現象. *地質技術*, 査読有, 第5号, 2015, 37-52.

[学会発表](計13件)

Eshima, K., Owada, M., Imaoka, T. and Kamei, K., Anatomy of the Cretaceous Ushikiri-yama granodiorite, north Kyushu, SW Japan: Internal structure of a pluton, and its genesis, JpGU Meeting 2018, 幕張メッセ(千葉県千葉市), 2018年5月.

Kodama, S., Owada, M., Imaoka, T., Kamei, A., Magma processes of the plutonic rocks in the Susuma region, Yamaguchi Prefecture, SW Japan: Implications for Cretaceous magmatism in active continental margin. JpGU meeting 2018 幕張メッセ(千葉県千葉市), 2018年5月.

村岡やよい, 大和田正明・今岡照喜・亀井淳志, マグマ起源緑簾石を含む平尾花崗閃緑岩の定置過程, 日本地質学会西日本支部29年度総会・第169回例会, 広島大学東広島キャンパス(広島県東広島市), 2018年3月.

永嶌 真理子・岩佐 清香・赤坂 正秀, 島根県三津産 Fe に富むぶどう石の産状と結晶化学, 2017, 2017年度日本鉱物科学会年会, 愛媛大学(愛媛県松山市). 2017年9月.

亀井淳志, 山本奈穂, 早坂康隆, 今岡照喜, 山陰帯隠岐の島の島後南谷花崗岩の成因と位置づけ, 2017年度日本鉱物科学会年会, 愛媛大学(愛媛県松山市). 2017年9月.

Eshima, K., Owada, M. and Imaoka, T., Magma process of the Ushikiri-yama granodiorite, north Kyushu, SW Japan: Implication for formation of middle crust JpGU-AGU joint Meeting 2017, 幕張メッセ(千葉県千葉市), 2017年5月.

秋田 幸穂・今岡照喜・永嶌 真理子・竹下 菜月・森田 卓也・田中 敏弥: 岩城島産アルピタイトの形成メカニズム 2016年度日本地質学会, 東京・桜上水大会, 日本大学文理学部キャンパス(東京都世田谷区), 2016年9月.

[図書](計1件)

Nakajima, T., Takahashi, M., Imaoka, T. and Shimura, T., *In* Wallis, S., Kojima, T. and Gibbons, W. (eds.), *Geology of Japan*, Chapter 4, Granitic Rocks. 2016, 251-272, The Geological Society of London

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今岡 照喜 (IMAOKA, Teruyoshi)
山口大学・大学院創成科学研究科・教授
研究者番号: 30193668

(2) 研究分担者

君波 和雄 (KIMINAMI, Kazuo)
山口大学・その他部局・名誉教授
研究者番号: 20127757

永嶌 真理子 (NAGASHIMA, Mariko)
山口大学・大学院創成科学研究科・准教授
研究者番号: 80580274

(3) 連携研究者

板谷 徹丸 (ITAYA, Tetsumaru)
NPO 法人地球年代学ネットワーク・
理事長
研究者番号: 60148682

亀井 淳志 (KAMEI, Atsushi)
島根大学・総合理工学部・教授
研究者番号: 60379691