

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2014

課題番号：22244063

研究課題名(和文)地殻深部物質の微小領域精密解析による変成作用の全時相・全反応プロセスの解明

研究課題名(英文)Detailed micro-analyses of lower crustal rocks for understanding the entire metamorphic processes

研究代表者

小山内 康人(Osanai, Yasuhito)

九州大学・比較社会文化研究科(研究院)・教授

研究者番号：80183771

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、地殻深部由来の高度変成岩類の代表的な産地であるベトナム縦貫造山帯、モンゴル・アルタイ山脈、スリランカ・ハイランド岩体、南極・セールロンダーネ山地、および日高変成帯、黒瀬川構造帯、肥後変成岩体について、極微細包有鉱物を含む全変成鉱物の相解析・微小領域化学分析ならびに極微小領域年代測定による精密変成履歴解析を行い、異なる時代・地質背景での精密な変成岩形成過程とテクトニクスを明らかにした。5年間の研究成果は、関連研究を含め38編の原著論文として公表し、招待講演を含み89編の学会講演を行った。

研究成果の概要(英文)：We have carried out the mineral identifications and the micro-chemical analyses for the every constituent metamorphic mineral including minor phases and even micro-inclusion minerals of less than 1 micrometer, and also have done the micro-scale geochronological analyses using FE-EPMA and LA-ICP-MS. The target high-grade metamorphic rocks derived from the lower crust were collected from the Trans Vietnam Orogenic Belt, Altai Mountains in Mongolia, Highland Complex in Sri Lanka, Sor Rondane Mountains in Antarctica, Hidaka Metamorphic Belt, Kurosegawa Tectonic Belt and Higo Metamorphic Terrane. Through the five years program, the metamorphic processes and their tectonic back ground for the rocks with different age and geological background in each other. The results include 38 journal papers and 89 meeting presentations.

研究分野：地質学・岩石学

キーワード：地殻深部物質 超高温変成作用 超高压変成作用 変成履歴 微小領域年代測定 原岩形成年代 衝突型変成岩 大陸形成テクトニクス

1. 研究開始当初の背景

(1) 1990年代後半以降、世界各地の造山帯からマグマの温度にも匹敵する超高温条件(～1200℃)、あるいはダイヤモンドが安定に共存するような超高压条件(～6 GPa)で形成された変成岩類の発見が相次ぎ、大陸地殻下部あるいは大陸衝突帯深部の構成岩石として存在が認められるようになった。このような変成岩類の原岩の多くは地球表層物質に由来することから、変成プロセスの精密な解析を行うことによって、複雑な変成岩形成履歴に関する多量の情報を引き出し、大陸形成テクトニクスを解明することが可能となる。

(2) 近年、地球表層物質(ボーキサイト)由来の超高温変成岩中からマンテル深度(～15 GPa)で形成されたSiC鉱物(moissanite)も発見されるに至り、大陸形成プロセスが進行する中で地表～マンテル間の具体的な物質循環および鉱物形成反応(変成作用)を明らかにすることが求められてきた。また、これまで困難とされてきた単一鉱物内における極微量含有元素をもとにした地質温度計も開発され、極微小な石英包有物のTi含有量からも精密な変成温度条件の推定が可能となっていた。

(3) このような背景のもと、地球表層～地殻深部(マンテル)間の物質循環システムと、地殻深部物質の生成過程・地殻形成テクトニクスを解明するためには、大陸衝突帯・海洋地殻沈み込み帯などの様々な地質背景における多様な変成岩類に対して、変成岩中のすべての変成鉱物の生成に関する全変成反応・全変成履歴を明らかにする必要性が生じた。

(4) これを解明するためには、様々な地殻形成(オロゲン)システムにおける変成反応過程に極微細かつ精密な年代軸を与え、地殻深部物質としての変成岩形成プロセス(空間的-時間的変動過程)を解析することが緊急かつ重要な課題として残されていた。

2. 研究の目的

極限領域変成岩類の精密な変成プロセスの解明および大陸地殻形成テクトニクスの解明に関する研究を統合して、極微細領域から汎地球規模までの全データを統一的に解析して変成岩研究に新たなパラダイムを構築し、精密な変成作用の解析に基づく全く新しい大陸地殻形成テクトニクスモデルの解明を目的とする。

(1) 低温～超高温・低圧～超高压のあらゆるタイプの変成岩について、極微細包有鉱物を含むすべての変成鉱物を完全相同定し、それらを形成した全変成反応プロセスを解読して、地殻深部構成物質(変成岩類)が経験した温度-圧力変遷(地殻内の空間的変動過程)を極めて精密に解明する。従来の変成反応解析では、ピーク(最高変成温度)条件に至る

昇温期変成反応プロセスの解析が極めて不十分であり、極微小領域精密分析システムを駆使した微細鉱物完全相同定・精密化学分析が必須である。

(2) 全変成反応プロセスを解析し全変成過程を明らかにするためには、昇温期・後退変成期に対して精密な時間軸を求める必要がある。後退変成期に対する時間軸の解析は、従来から閉鎖温度を利用した同位体年代測定が実施され、精度の高い年代値が得られていた。一方、昇温期変成作用に対する時間解析は未だ多くの課題が残されている。そのため、昇温期変成過程で残存した極微小鉱物およびその近接極微小領域の年代測定を、超精密微小部分分析装置群による統合型極微小領域年代測定システムを駆使して解析し、後退変成作用の時間軸と併せて多様なテクトニクス下における変成作用の時間的変遷を精密化する。

(3) 全地球史における様々な地質学的背景で形成された地殻下部構成物質の精密な変成プロセスについて考察し、西南日本の地殻形成過程を含むオロゲン(造山帯)形成における地質現象の理解を飛躍的に進展させ、新たなオロゲンシステムに関するモデルを構築する。

3. 研究の方法

研究プロセスは、研究代表者らが蓄積してきた基礎研究の継続および新たな分析処理に基づく「変成作用の解析」および「年代測定・実験岩石学的解析」に対応した精密データ取得過程と、膨大な取得データに基づく「下部地殻物質(変成岩類)の空間的-時間的変動過程の精密解析」からなる。これらの過程は相互にフィードバックさせながら研究全体を遂行し、高密度の分析データを集積して、「全時相・全変成反応の解析を統合した極めて精度の高い変成岩形成プロセス」を解読する。その結果、「地殻形成テクトニクスに関する新たなモデルの構築」を行い、「西南日本の地殻形成過程の再検討」を実施する。

(1) 地殻深部由来の高度変成岩類の代表的な産地であるベトナム縦貫造山帯、モンゴル・アルタイ山脈、スリランカ・ハイランド岩体、南極・セールロンダーネ山地、イラン・ザグロス山地、および日高変成帯、黒瀬川構造帯、肥後変成岩体等について、既存試料と新たな地質調査に基づく岩石試料から、地質学的・岩石学的基礎実験により各種解析に最適な試料を選定する。

(2) 最適試料について、極微小鉱物を含むすべての変成鉱物の完全相同定と極微小領域精密化学分析による変成反応の解析を実施し、実験岩石学的検討を含めて、変成過程で生じた地殻表層-マンテル間の物質循環過程を明らかにする。

(3) 本研究グループが使用可能な最先端の分析システムを利用して、Sm-Nd, Rb-Sr, U-Pb-Th等マルチアイソトープによる同位

体測定と微小領域精密年代測定を行い、対象岩石の造山運動時における変動履歴を解析する。さらにREE,白金族元素を含む岩石化学組成測定とあわせて、各種変成岩類・深成岩類の原岩・起源マントル物質を特定する。(4)地質調査・各種精密分析・データ解析から得られた成果をもとに、地殻形成・変動テクトニクスを解明する。得られた研究成果は国際的に公表するとともに、発展途上国を含む調査地域関連各国でオープンセミナーを開催して若手研究者の育成に関与・貢献する。

4. 研究成果

微小領域精密解析に基づく変成作用の全時相・全反応プロセスを精密に解析して、地殻～マントル内の物質変動プロセスを明らかにし、地殻深部物質の解析に基づく大陸形成過程モデルを提案した。成果は、以下のようにまとめられる。なお、これまでに得られた、時間軸を精密化した変成作用の解析に関する研究成果を国内・国際学会で発表するとともに国際誌等に公表・準備中である。

(1) ベトナム・紅河剪断帯, モンゴル・アルタイ山脈, スリランカ・ハイランド岩体や国内各地の変成岩地体など、前述した研究対象地域の地殻深部～マントル由来の高度変成岩類について、微細包有鉱物を含む全変成鉱物の相同定を行い、極微小領域精密年代測定とあわせて、変成履歴の精密解析を実施した。

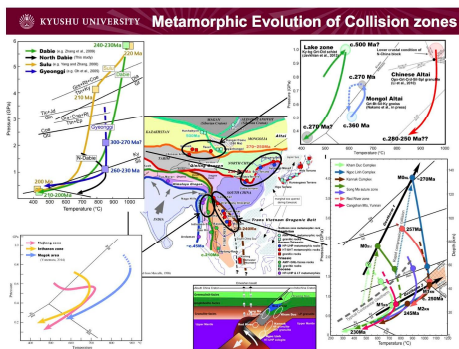


図1 多重大陸衝突帯にみられる異なる変成作用

その結果、現在の超大陸ともみなせるアジア大陸形成過程で起こった様々な変成プロセスをしめす大陸衝突型変成作用(図1)は、カンブリア紀～トリアス紀に起こった多重大陸衝突によることが明らかになった。

(2) 変成履歴(造山運動過程)を精密化するため、研究対象となる世界各地の地殻深部由来の高度変成岩類について、LA-ICP-MSによるジルコン微小領域 U-Pb 系および FE-EPMA によるモナザイト極微小領域 U-Th-Pb 系年代測定を実施した。その結果、変成岩類の原岩年代、複数の変成年代および後退変成期の熱イベント年代等が精密に解析され、後背地の推定や火成活動場の推定を含む原岩形成場のテクトニクスが明らかになるとともに、リアルな変成履歴を読み取ることに成功した。

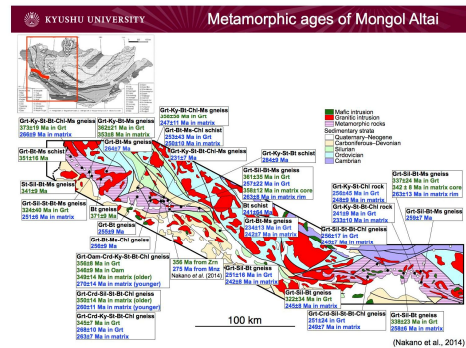


図2 アルタイ山脈の高度変成岩類の精密年代測定

精密年代測定結果の代表例として、モンゴル・アルタイ山脈の約 350Ma および約 270Ma の変成作用について図2にしめす。また、上述の変成プロセスの解析に精密年代測定結果を加味し、緻密な変成履歴解析にも成功した。図3にスリランカ・ハイランド岩体の解析例を示す。

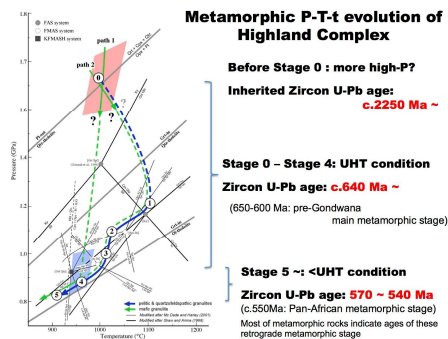


図3 スリランカ・ハイランド岩体の超高温変成岩類から得られた精密変成履歴

(3) 以上のような変成反応・変成年代等に関する微小領域精密解析に基づく変成作用の解明により、様々な時代・地質背景における異なるタイプの変成岩形成テクトニクスを明らかにした。その結果、多くの地殻深部由来の高度変成岩類および関連火成岩類が、大陸衝突に起因することを明らかになり、本研究で導入した蛍光X線分析装置を駆使して得られた岩石化学組成解析結果とあわせて、リアルな大陸衝突プロファイルを解明した。既存の研究では、単一の変成岩分布域の解析に終始していたが、本研究により衝突境界域において衝突する2つの大陸間で異なる変成過程や原岩構成の差異が明らかになり、特に南極・ドロンゴモードランド地域、スリランカ、アジア大陸などでは、まったく新しい大陸地殻形成テクトニクスモデルを提唱することができた。代表的な研究成果として、アジア大陸の形成テクトニクスモデルを図4にしめす。

今後は、本研究で得られたすべての研究成果を国際的に公表する予定である。また、さらなる精密分析を実施しつつ、ユーラシア大陸全域などのより広範な地域の大陸形成過程の解明に進展させる必要がある。

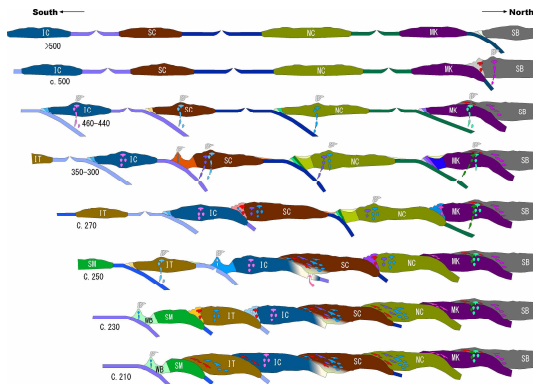


図4 カンブリア紀～トリアス紀の東アジアにおける大陸衝突プロファイル。SB:シベリア地塊, MK:モンゴル-カザフスタン地塊, NC:北中国地塊, SC:南中国地塊, IC:インドシナ地塊, IT:インタノン地塊, SB:シブマス地塊

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38件)

- (1) Kawasaki, T. and Osanai, Y., 2015. Experimental evidence of bulk chemistry constraint on SiO₂ solubility in clinopyroxene. *Lithos*, 226, 4-16. (doi.org/10.1016/j.lithos.2015.01.025) 査読有
- (2) Kawakami, T., Nakano, N., Higashino, F., Hokada, T., Osanai, Y., et al., 2014. U-Pb zircon and CHIME monazite dating of granitoids and high-grade metamorphic rocks from the Eastern and Peninsular Thailand - A new report of Early Paleozoic granite. *Lithos*, 200-201, 64-79. (doi:10.1016/j.lithos.2014.04.012) 査読有
- (3) 小山内康人・中野伸彦・吉本 紋・亀井 淳志, 2014. 九州中西部地域の変成岩類: 黒瀬川構造帯・肥後変成帯・木山変成岩. *地質学雑誌 (補遺)*, 79-100. (doi:10.5575/geosoc.2014.0010) 査読有
- (4) 小山内康人・吉本 紋・中野伸彦ほか, 2014. 九州・黒瀬川構造帯における古生代花崗岩類および関連火成岩類の LA-ICP-MS ジルコン U-Pb 年代. *岩石鉱物科学* 43, 71-99. (doi:10.2465/gkk.131126) 査読有
- (5) Nakano, N., Osanai, Y., Satish- Kumar, M., Adachi, T., Owada, M., et al., 2014. Paleozoic subduction-accretion-closure histories of the Paleo-Asian Ocean: Evidence from pressure-temperature-time-protolith evolution of high-Mg and -Al gneisses in the Altai Mountains, Mongolia. *The Journal of Geology*, 122, 283-308. (DOI: 10.1086/675665) 査読有
- (6) Tsuchiya, N., Shibata, T., Yoshikawa, M., Adachi, Y., Miyashita, S., Adachi, T., Nakano, N., and Osanai, Y., 2013. Petrology of Lasail plutonic complex, northern Oman ophiolite, Oman: An example of arc-like magmatism associated with ophiolite detachment. *Lithos*, 156-159, 120-138. (doi.org/10.1016/j.lithos.2012.10.013) 査読有
- (7) Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M., Nam, T.N., Cahrusiri, P. and Khamphavong, K., 2013. Tectonic evolution of high-grade metamorphic terranes in central Vietnam: Constraints from large-scale monazite geochronology. *Journal of Asian Earth Sciences*, 73, 520-539. (doi.org/10.1016/j.jseas.2013.05.010) 査読有
- (8) Yoshimoto, A., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Yonemura, K. and Ishizuka, H., 2013. U-Pb detrital zircon dating of pelitic schists and quartzite from the Kurosegawa Tectonic Zone, Southwest Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 108, 178-183. (doi: 10.2465/jmps.121022a) 査読有
- (9) Yonemura, K., Osanai, Y., Nakano, N., Owada, M., and Baba, S., 2013. Petrology, geochemistry, and origin of metamorphosed mafic rocks of the Trans Vietnam Orogenic Belt, Southeast Asia. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 108, 55-86. (doi: 10.2465/jmps.120813) 査読有
- (10) Kawasaki, T., Adachi, T., Nakano, N. and Osanai, Y., 2013. Armalcolite pseudomorph in garnet-sillimanite gneiss from Skallevikshalsen, Lützow-Holm Complex, East Antarctica: Implication for ultrahigh-temperature metamorphism. *Geological Society of London, Special Publication*, 383, 135-167. (doi.org/10.1144/SP383.2) 査読有
- (11) Adachi, T., Hokada, T., Osanai, Y., Nakano, N., Baba, S. and Toyoshima, T., 2013. Contrasting metamorphic records and their implications for tectonic process in the central Sør Rondane Mountains, eastern Dronning Maud Land, East Antarctica. *Geological Society of London, Special Publication*, 383, 113-133. 査読有
- (12) Baba, S., Osanai, Y., Nakano, N., Hokada, T., Horie, K., Adachi, T. and Toyoshima, T., 2013. Counterclockwise P-T path and isobaric cooling of metapelites in Brattnipene, Sør Rondane Mountains, East Antarctica: implications for a tectonothermal event at the proto-Gondwana margin. *Precambrian Research*, 234, 210-228. (doi.org/10.1016/j.precamres.2012.10.002) 査読有
- (13) Hokada, T., Horie, K., Adachi, T., Osanai, Y., Nakano, N., Baba, S. and Toyoshima, T., 2013. Unraveling metamorphic and fluid records in Neoproterozoic crossing orogens: U-Th-Pb and REE constraints from Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Precambrian Research*, 234, 183-209. (doi.org/10.1016/j.precamres.2012.12.002) 査読有
- (14) Nakano, N., Osanai, Y., Kamei, A., et al., 2013. Multiple thermal events recorded in metamorphosed carbonate and associated rocks from the southern Austkampane region in the Sør Rondane Mountains, East Antarctica: A protracted Neoproterozoic history at the

Gondwana suture zone. *Precambrian Research*, 234, 161-182. (doi.org/10.1016/j.precamres.2012.10.009) 査読有

(15) Adachi, T., Osanai, Y., Hokada, T., Nakano, N., Baba, S. and Toyoshima, T., 2013. Timing of metamorphism in the central Sør Rondane Mountains, eastern Dronning Maud Land, East Antarctica: constraints from SHRIMP zircon dating and EPMA monazite dating. *Precambrian Research*, 234, 136-160. (doi.org/10.1016/j.precamres.2012.11.011) 査読有

(16) Owada, M., Kamei, A., Horie, K., Shimura, T., Yuhara, M., Tsukada, K., Osanai, Y. and Baba, S., 2013. Magmatic history and evolution of continental lithosphere of the Sør Rondane Mountains, eastern Dronning Maud Land, East Antarctica. *Precambrian Research*, 234, 63-84. (doi.org/10.1016/j.precamres.2013.02.007) 査読有

(17) Kamei, A., Horie, K., Owada, M., Yuhara, M., Nakano, N., Osanai, Y., Adachi, T., Hara, Y., Terao, M., Teuchi, S., Shimura, T., Tsukada, K., Hokada, T., Iwata, C., Shiraishi, K., Ishizuka, H. and Takahashi, Y., 2013. Late Proterozoic juvenile arc meta-tonalite and adakitic intrusions in the Sør Rondane Mountains, eastern Dronning Maud Land, Antarctica. *Precambrian Research*, 234, 47-62. (doi.org/10.1016/j.precamres.2012.09.026) 査読有

(18) Toyoshima, T., Osanai, Y., Baba, S., Hokada, T., Nakano, N., Adachi, T., Otsubo, M., Ishikawa, M. and Nogi, Y., 2013. Sinistral transpressional and extensional tectonics in Dronning Maud Land, East Antarctica, including the Sør Rondane Mountains. *Precambrian Research*, 234, 30-46. (doi.org/10.1016/j.precamres.2013.05.010) 査読有

(19) Osanai, Y., Nogi, Y., Baba, S., Nakano, N., Adachi, T., Hokada, T., Toyoshima, T., Owada, M., Satish-Kumar, M., Kamei, A., and Kitano, I. 2013. Geologic evolution of the Sør Rondane Mountains, East Antarctica: Collision tectonics proposed based on metamorphic processes and magnetic anomalies. *Precambrian Research*, 234, 8-29. (doi.org/10.1016/j.precamres.2013.05.017) 査読有

(20) Satish-Kumar, M., Hokada, T., Owada, M., Osanai, Y. and Shiraishi, K., 2013. Neoproterozoic orogens amalgamating East Gondwana: Did they cross each other? *Precambrian Research*, 234, 1-7. (doi.org/10.1016/j.precamres.2013.06.010) 査読有

(21) Adachi, T., Osanai, Y., Nakano, N. and Owada, M., 2012. LA-ICP-MS U-Pb zircon and FE-EPMA U-Th-Pb monazite datings on pelitic granulites from the Mt. Ukidake area, Sefuri Mountains, northern Kyushu. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 118, 39-52. (doi: 10.2465/jmps.121021a) 査読有

(22) Nakano, N., Osanai, Y., Baba, S., Adachi, T.,

Hokada, T., and Toyoshima, T., 2011. Inferred ultrahigh- temperature metamorphism of amphibolitized olivine granulite from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Polar Science*, 5, 345-359. (doi:10.1016/j.polar.2011.03.005) 査読有

(23) Kawasaki, T., Nakano, N. and Osanai, Y., 2011. Osumilite and a spinel+ quartz association in garnet- sillimanite gneiss from Rundvagshetta, Lützow-Holm Complex, East Antarctica. *Gondwan Research*, 19, 430-445. (doi:10.1016/j.gr.2010.07.008) 査読有

(24) Nakano, N., Osanai, Y. and Adachi, T., (2010). Major and trace element zoning of euhedral garnet in high-grade (>900°C) mafic granulite from the Song Ma Suture zone, northern Vietnam. *Jour. Mineral. Petrol. Sci.*, 105, 268-273. (doi: 10.2465/jmps.100620a) 査読有

(25) Sajeev, K., Williams, I.S. and Osanai, Y., 2010. SHRIMP U-Pb dating of prograde and retrograde UHT metamorphism as exemplified by Sri Lankan granulites. *Geology*, 38, 971-974. (doi: 10.1130/G31251.1) 査読有

ほか

〔学会発表〕(計89件)

(1) 吉本紋, 小山内康人, 中野伸彦, 足立達朗, 北野一平, 米村和紘, 石塚英男, 2014, 黒瀬川帯に分布する高圧変成岩, 高温変成岩および花崗岩の年代学的特徴と形成テクトニクス. 日本鉱物科学会 2014 年年会, 2014.09.19, 熊本大学

(2) 中野伸彦, 小山内康人, ほか, 2014, モンゴル・アルタイ山地に認められる時計回りと反時計回りの変成履歴とその年代学的特徴, 日本地質学会第 121 年学術大会, 2014.09.14, 鹿児島大学

(3) 小山内康人, 吉本紋, 中野伸彦, 足立達朗, ほか, 2014, 黒瀬川帯に分布する花崗岩類および変ハンレイ岩類の年代学的特徴, 日本地質学会第 121 年学術大会, 2014.09.14, 鹿児島大学

(4) 中野伸彦, 小山内康人, ほか, 2014, モンゴル・アルタイ地域の温度・圧力経路と変成年代の広域的解析. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014.04.28, パンフィコ横浜

(5) Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Owada, M., Satish-Kumar, M., et al., 2014, Multiple continental collision and related metamorphism during Asian continental growth. 13th Regional Congress on Geology, Mineral and Energy Resources of Southeast Asia, 2014.03.10, Yangon (Myanmar)

(6) Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M., Tran N. Nam, Charusiri, P., Khamphavong, K., Hokada, T., 2014, Timing and tectonics of high-grade metamorphism in central Vietnam. 13th Regional Congress on Geology, Mineral and Energy Resources of Southeast Asia, 2014.03.10, Yangon (Myanmar)

(7) 小山内康人, 中野伸彦, 足立達朗, ほか, 2013, モンゴル中～西部における変成岩地体の形成テクトニクス. 日本地質学会第 120 年学術大会, 2013.09.15, 東北大学

(8) 中野伸彦, 小山内康人, 大和田正明, Charusiri, P., Khamphavong, K., 外田智千, 2013, 中部ベトナムに分布する高度変成岩体の古生代～中生代初期のテクトニクス. 日本地質学会第 120 年学術大会, 2013.09.15, 東北大学

(9) 中野伸彦, 小山内康人, ほか, 2013, モンゴル・アルタイ山脈の変成作用とテクトニクス. 日本鉱物科学会 2013 年年会, 2013.09.12, 筑波大学

(10) 吉本 紋, 小山内康人, 中野伸彦, 足立達朗, 米村和紘, 石塚英男, 2013, 黒瀬川帯に分布する低圧高温型変成岩類のジルコン U-Pb 同位体年代. 地球惑星科学連合 2013 年大会, 2013.05.24, 幕張メッセ

(11) Osanai, Y., Sajeev, K., Kehelpannala, K.V.W., Nakano, N., Adachi, T., Prame, W.K.B. and Yoshimoto, A., 2013, Extreme metamorphism in the Highland Complex, Sri Lanka. Sri Lanka Japan Collaborative Research 2013 (招待講演), 2013.3.31, Peradeniya (Sri Lanka)

(12) 小山内康人, 中野伸彦, 2012, 微小大陸の多重衝突とアジア大陸の形成過程. 日本地球化学会 2012 年大会(招待講演), 2012.9.12, 九州大学

(13) 小山内康人, 中野伸彦, 足立達朗, 米村和紘, 吉本 紋・Setiawan, N., 石塚英男, 川崎智佑, 外田智千, 2012, 黒瀬川構造帯の形成プロセス. 地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012.5.23, 幕張メッセ

(14) Satish-Kumar, M., Osanai, Y., Nakano, N., Kamei, A., et al., 2011, Stable isotope study of metacarbonate rocks from western Mongolia: Implications for fluid-rock interaction processes in the Central Asian. 日本地質学会第 118 年学術大会, 2011.09.11, 茨城大学

(15) Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Owada, M., Satish-Kumar, M. et al., 2011, Garnet, clinopyroxene megacrysts and garnet-bearing mantle xenolith from the Tariat Depression, Mongolia. 日本地質学会第 118 年学術大会, 2011.09.09, 茨城大学

(16) Nakano, N., Osanai, Y., Adachi, T., Satish-Kumar, M., Owada, M. et al., 2011, High-Al-Mg gneisses and related rocks from the Mongolian Altay Mountains. 日本地質学会第 118 年学術大会, 2011.09.09, 茨城大学

(17) Adachi, T., Osanai, Y., Nakano, N., Owada, M., Satish-Kumar, M. et al., 2011, Petrology and geochronology of pelitic gneisses in the Hanhohiyin Mountains, the northwestern part of Mongolia. 日本地質学会第 118 年学術大会, 2011.09.9, 茨城大学

(18) Kawasaki, T., Osanai, Y., 2011, Experimental study on the phase relations of granitic and andesitic crustal rocks at 8.0 GPa

pressure. 9th International Eclogite Conference, 2011.08.07, Prague (Czech Republic)

(19) Hokada, T., Adachi, T., Osanai, Y., Nakano, N., et al., 2011, Metapelitic gneisses from Austkampane, Sør Rondane Mountains, East Antarctica. 11th International Symposium on Antarctic Earth Science, 2011.07.11, Edinburgh (UK)

(20) Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Yonemura, K., et al., 2011, Multiple collision metamorphism in East Asia with relation to the formation of Kurosegawa Tectonic Zone Japan, JpGU meeting 2011, 2011.05.26, Chiba

(21) Osanai, Y., Nakano, N., et al., 2010, Multiple collision system and related metamorphism during Asian continental growth. 日本地質学会第 117 年学術大会(国際セッション), 2010.09.18, 富山大学

(22) Satish-Kumar, M., Osanai, Y., et al., 2010, Petrologic significance of calc-silicate rocks in the Bulgan area, Altai Metamorphic Belt, Mongolia. 日本地質学会第 117 年学術大会(国際セッション), 2010.09.18, 富山大学
ほか

〔図書〕(計 2 件)

- (1) 日本地質学会編(2010)日本地方地質誌九州・沖縄地方, 朝倉書店
- (2) 日本地質学会編(2010)日本地方地質誌北海道地方, 朝倉書店

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小山内 康人 (OSANAI YASUHIITO)
九州大学・比較社会文化研究院・教授
研究者番号: 8 0 1 8 3 7 7 1

(2) 研究分担者

石塚 英男 (ISHIZUKA HIDEO)
高知大学・自然科学系・教授
研究者番号: 0 0 1 4 2 3 4 9
外田 智千 (HOKADA TOMOKAZU)
国立極地研究所・研究系・准教授
研究者番号: 6 0 3 7 0 0 9 5
中野 伸彦 (NAKANO NOBUHIKO)
九州大学・比較社会文化研究院・助教
研究者番号: 2 0 4 5 2 7 9 0

(3) 連携研究者

川崎 智祐 (KAWASAKI TOSHISUKE)
愛媛大学・理工学研究科・教授
研究者番号: 5 0 1 3 6 3 6 3

(4) 研究協力者

大和田正明
山口大学・理工学研究科・教授
足立 達朗
九州大学・比較社会文化研究院・助教
Satish-Kumar, M.
新潟大学・自然科学系・教授