

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K03788

研究課題名(和文)北西インドヒマラヤの地質年代学的・岩石学的研究：大陸衝突帯初期プロセスの解明

研究課題名(英文) Geochronological and petrological studies of the northwestern Indian Himalayas: Understanding the early processes of continental collision zone

研究代表者

今山 武志 (Imayama, Takeshi)

岡山理科大学・フロンティア理工学研究所・准教授

研究者番号：90551961

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：北西インドUttarakhand地域における高ヒマラヤ帯の沈み込みと上昇開始の時期を明確にした。ネパール地域では、高ヒマラヤ帯内部の漸新世の逆断層や黒雲母脱水反応による部分溶融が変成岩上昇に大きな役割を果たすが、北西インドでは、これらの漸新世の逆断層や高温の部分溶融は認識されなかった。代わりに、高ヒマラヤ帯内部では中新世初期の正断層運動や流体の関与する部分溶融が変成岩上昇に大きく寄与しており、ネパール地域との相違が明らかになった。また、北西インドラダック地域の超高压変成岩類の地質調査や岩石学的研究から、エクロジャイトが部分溶融を被ったことの直接的な証拠を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、中央～西ヒマラヤ地域(ネパール、北東インド、ブータン)と東ヒマラヤ地域(北西インド)の地域的な地質や変成岩上昇テクトニクスの違いが明確になった。ヒマラヤ造山帯は、北から南へ向かって大きく地質構造が異なるため、南北方向の変成作用の違い(逆転温度構造)や部分溶融の影響について多くの研究がなされてきた。一方で、東西方向の変成作用や部分溶融の相違についての研究例は多くなく、本研究における学術的意義は高い。部分溶融やそれに伴う花崗岩形成に伴ってレアメタルやペグマタイト鉱床が生成される場合があり、その成因論の解明は社会的にも意義がある。

研究成果の概要(英文)：We clarified the timing of subduction and onset of exhumation for the High Himalayan Crystalline Sequences in the Uttarakhand region of northwestern India. In Nepal, Oligocene thrusts and partial melting via biotite dehydration reaction within the High Himalayan Crystalline Sequences play a major role in the exhumation of metamorphic rocks, whereas these Oligocene thrusts and high-temperature partial melting were not recognized in northwestern India. Instead, the early Miocene normal faulting and fluid-saturated partial melting occurred within the High Himalayan Crystalline Sequences in northwestern India, distinguished from the exhumation mechanism of metamorphic rocks in Nepal. In addition, a geological survey and petrological study of ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the northwestern India, Ladakh region revealed ultrahigh-pressure eclogites were accompanied with leucocratic melt, showing direct evidence that the eclogite was partially melted.

研究分野：岩石学・地質年代学

キーワード：大陸衝突帯初期プロセス ヒマラヤ造山帯 北西インド 変成岩上昇過程

1. 研究開始当初の背景

ヒマラヤ造山運動は、約 5000 万年前のインド-アジア大陸の衝突から現在まで続き、世界中の多くの研究者がその形成過程に注目する。ヒマラヤ山脈の高ヒマラヤ帯(図 1)は、高温の中圧型変成岩類から主に構成され、大規模な部分熔融を被っている。高ヒマラヤ帯は、下限断層の Main Central Thrust (MCT)と上限断層の South Tibetan Detachment (STD)の活動によって、中新世初期に上昇したとする考えが一般的である(例えば、Searle et al., 2003)。このような背景のもと、申請者は、東ネパールの高ヒマラヤ帯変成岩類の一部は、高ヒマラヤ帯内部の断層運動(High Himalaya Discontinuity: HHD)によって、漸進世初期に上昇したことを示した(Imayama et al., 2010, 2012)。この高ヒマラヤ帯の漸進世初期の上昇モデルは、西ネパール、中央ネパール、北東インド、ブータンなどの研究からも支持される(例えば、Montomoli et al. 2015)。高ヒマラヤ帯の漸進世初期の上昇過程の解明は、ヒマラヤ山脈の初期形成過程にとって極めて重要である。また、北西インド(Tso Morari 地域)のインド-アジア大陸衝突境界からは、地殻深部まで沈み込んで変成作用を被った始新世の超高压変成岩が知られ、インドプレート沈み込みのプロセスを記録する。しかし、プレート沈み込み境界断層は、インド-アジア大陸衝突境界からいつ南側へ移動したかなどは未解決の問題である。

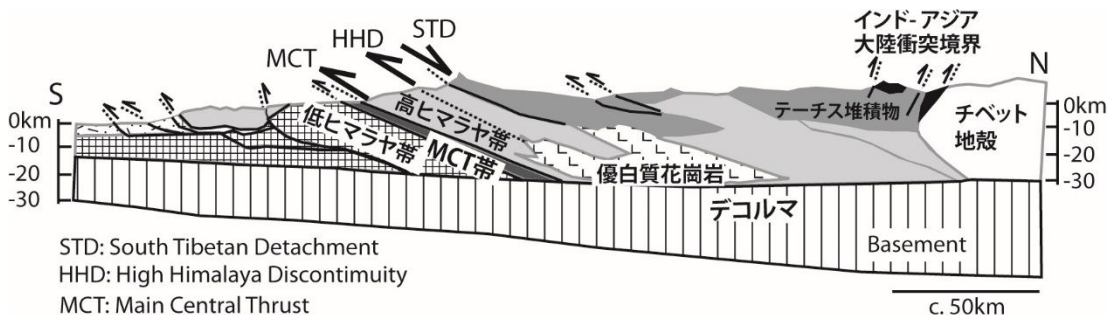


図 1 ネパールヒマラヤの地質断面図

2. 研究の目的

本研究の目的は、典型的な大陸衝突帯であるヒマラヤ山脈の中核を成す変成岩類・花崗岩を対象として、高ヒマラヤ帯の沈み込みと上昇開始の時期およびプレート沈み込み境界断層の南方移動の時期を推定して、インドプレート沈み込みからヒマラヤ形成初期までの大陸衝突帯初期プロセスを解明することである。中新世初期以前のヒマラヤのテクトニクスは、未だに不明点が多く、何が最重要イベントなのか課題が残る。そのために、以下の2つのサブテーマの解明を目指し、インド工科大学との共同野外調査、変成岩岩石学に基づく変成圧力-温度経路の推定、地質年代学に基づく変成・冷却年代の推定を実施する。

2-1) 北西インドの高ヒマラヤ帯の沈み込みと上昇はいつ始まったのか?

2-2) 北西インドの超高压型変成岩類の後退変成作用と昇温期中圧型変成岩類の区分

2-1) 北西インドの高ヒマラヤ帯の沈み込みと上昇はいつから始まったのか?

中央～西ヒマラヤ地域(ネパール、北東インド、ブータン)では、高ヒマラヤ帯の一部は漸新世初期に上昇したことが明らかになったが、東ヒマラヤ地域(北西インド)では、高ヒマラヤ帯が漸新世初期に上昇した証拠は無く、漸新世初期の断層運動の報告もこれまでにない。このことは、中央～西ヒマラヤ地域と東ヒマラヤ地域の地域的な地質やテクトニクスの違いを反映するかもしれない。一方で、インド国内には、高精度で年代測定を利用できる装置が限られており、北西インドの高ヒマラヤ帯の熱履歴が不明な地域が多いため、中新世初期の年代しか報告されていない可能性もある。そこで、本研究では、北西インド(Uttarakhand 地域)の複数セクションにおいて、変成岩類の圧力-温度-時間経路を推定して、東ヒマラヤ地域における高ヒマラヤ帯の沈み込みと上昇開始時期を推定する。また、高ヒマラヤ帯内部の漸進世初期の断層運動は、東ヒマラヤ地域を含むヒマラヤ全域に起きたのか検証する。Uttarakhand 地域は、露頭条件がとても良く本課題の検証に最適の地域である。

2-2) 北西インドの超高压型変成岩類の後退変成作用と昇温期中圧型変成岩の区分

北西インド(Tso Morari 地域)の超高压型変成岩類は、約 5500 - 4600 万年前に超高压変成作用(22 - 39 kbar, 700 - 790°C)を被っており、インド-アジア大陸衝突境界において、地下深くまで沈み込んだことが分かっている。これらの変成岩類は、大陸衝突後の約 4500 - 3500 万年前に上昇して、中圧型の後退変成作用を被っている(St-Onge et al., 2013)。一方、

Tso Morari 地域周囲の変成岩類には、超高压型変成作用を経験していない、昇温期中圧型変成岩類が見られる。これらの上昇時期は主に中新世初期とされ、超高压変成岩類の後退変成作用に比べるとかなり若い。両者の区分やその時空間分布は、プレート沈み込み境界断層が、インドアジア大陸衝突境界から、南側のインド大陸地殻内部へいつ移動したかを知る上で重要であるが、未だに不明である。本研究では、Tso Morari 地域やその周辺の野外調査を実施して、地質年代学的・岩石学的手法を用いて、超高压型変成岩類の後退変成作用と昇温期中圧型変成岩を区分して、その時空間分布を推定する。

3 . 研究の方法

3-1) 北西インドの高ヒマラヤ帯の沈み込みと上昇はいつから始まったのか？

3-1-1) 変成圧力 - 温度経路の推定:

平成 29 年度の秋に採集した北西インド(Uttarakhand 地域)の変成岩類の研磨薄片を作成し偏光顕微鏡による岩石記載と、組織を見ながらの電子線微小部化学分析装置(EPMA)を用いた造岩鉱物の化学分析を実施した。ザクロ石の累帯化学組成構造、様々な地質温度圧力計と相平衡計算を用いて、変成岩類の変成圧力 - 温度経路を推定した。石英ラマン圧力計を用いて、変成圧力を推定して、地質温度圧力計の結果と比較した。

3-1-2) 変成ジルコン/モナザイトのウラン - 鉛年代による変成年代の推定:

推定した変成圧力-温度経路に年代軸を入れるため、変成ジルコン/モナザイトの U-Pb 年代測定を実施した。ウラン - 鉛年代測定は、走査型透過電子顕微鏡観察、微量元素分析や包有物解析も同時に実施して、変成年代(昇温変成期、ピーク変成期、後退変成期)を推定した。ジルコン/モナザイトのウラン - 鉛年代測定は、ジルコン/モナザイトの鉱物分離を行い、韓国基礎科学研究所設置の高感度 2 次イオン質量分析計装置を用いた。それらの情報をもとに、変成圧力 - 温度 - 時間経路を推定して、高ヒマラヤ帯の沈み込みと上昇はいつ始まったのかを明らかにした。また、ネパールにおける高ヒマラヤ帯の変成圧力 - 温度 - 時間経路を検討・比較して、上昇メカニズムの違いを検討した。

3-1-3) 砕屑性/火成ジルコンのウラン - 鉛年代とハフニウム 酸素同位体比による変成岩/花崗岩の起源の推定

砕屑性/火成ジルコンの年代分布とハフニウム同位体比から、変成岩類の後背地や花崗岩の原岩年代を推定した。年代測定は、韓国基礎科学研究所設置の高感度 2 次イオン質量分析計装置を用いた。ハフニウム同位体比は、韓国基礎科学研究所設置のレーザーアブレーション ICP 質量分析計を用いて測定した。酸素同位体比は、国立極地研究所設置の高感度 2 次イオン質量分析計装置を用いて測定した。

3-2) 北西インドの超高压型変成岩類の後退変成作用と昇温期中圧型変成岩の区分

3-2-1) 共同野外調査:

平成 31 年度秋に、北西インド (Tso Morari 地域周辺) の野外調査を行ない、変成岩類や花崗岩類の試料を採取した。超高压変成岩体とその周囲の中圧型変成岩との境界付近を主に調査して、その地質学的な境界を探索し、構造地質学的な基礎データを得た。野外調査と試料採取は、構造地質学を専門とするインド工科大学の Dripta Dutta 博士と共同で実施した。

3-2-2) 変成圧力-温度 - 時間経路と原岩年代の推定

研究計画 3-1-1)や 3-1-2)や 3-1-3)と同様の方法によって、北西インドの超高压型変成岩類と昇温期中圧型変成岩の変成圧力-温度 - 時間経路および原岩年代を推定した。岩石学的研究により、超高压変成岩類が部分溶融を被っているのかを検討した。加えて、地球化学的研究により、エクログャイトや角閃岩の原岩が形成したテクトニクス場を推定した。超高压型変成岩類が上昇時に被った後退変成作用と周囲の昇温期中圧型変成作用を比較するために、鉱物組成変化を検討した。

4 . 研究成果

4-1) ヒマラヤ形成初期の大陸衝突帯初期プロセスを解明するために、北西インド(Uttarakhand 地域)の変成岩類の変成圧力 - 温度条件の空間分布と変成年代の推定を、地質温度圧力計、相平衡計算、石英ラマン圧力計およびジルコンのウラン - 鉛年代測定法を用いて実施した。その結果、i) 主要な断層帯である MCT 付近で逆転温度構造が観察されること、ii) MCT の直上で最高変成圧力(約 13 - 14 kbar)を示すこと、iii) 変成岩類は主に漸新世(約 32 - 34 Ma)に藍晶石を含む中圧型変成作用を広域的に被っていること、iv) これらの変成作用は、流体に飽和した部分溶融を伴っていることが明らかになった。この流体飽和溶融反応は、東ネパールの黒雲母脱水反応による漸新世初期の部分溶融とは成因が異なる(図

2、Imayama et al. 2019)。また、北西インド高ヒマラヤ帯の中新世初期の変成作用による再結晶の程度は小さい点も、中央ヒマラヤ地域の高ヒマラヤ帯変成作用とは異なる。これらの結果は、Kawabata et al. (2021)として公表された。

4-2) 北西インド(Uttarakhand 地域)高ヒマラヤ帯内部の北落ちの正断層 (Jhala Normal Fault: JNF) について、薄片・露頭スケールにおける構造地質学的研究を実施した結果、正断層運動以前には等斜褶曲などの圧縮運動が認識された。これらの圧縮運動は、地殻厚化に関連しており、漸新世初期の中圧型変成作用と同時期だと推定される。正断層運動に伴って貫入する含電気石花崗岩岩脈のモナザイトのウラン - 鉛年代は中新世初期を示し、正断層運動の時期を制約した。これらの正断層運動は、北西インドの高ヒマラヤ帯変成岩類の上昇に寄与しており、中央ヒマラヤの高ヒマラヤ帯内部の逆断層運動とは対照的である(図2)。これらの結果は、Bose et al. (2023)として公表された。

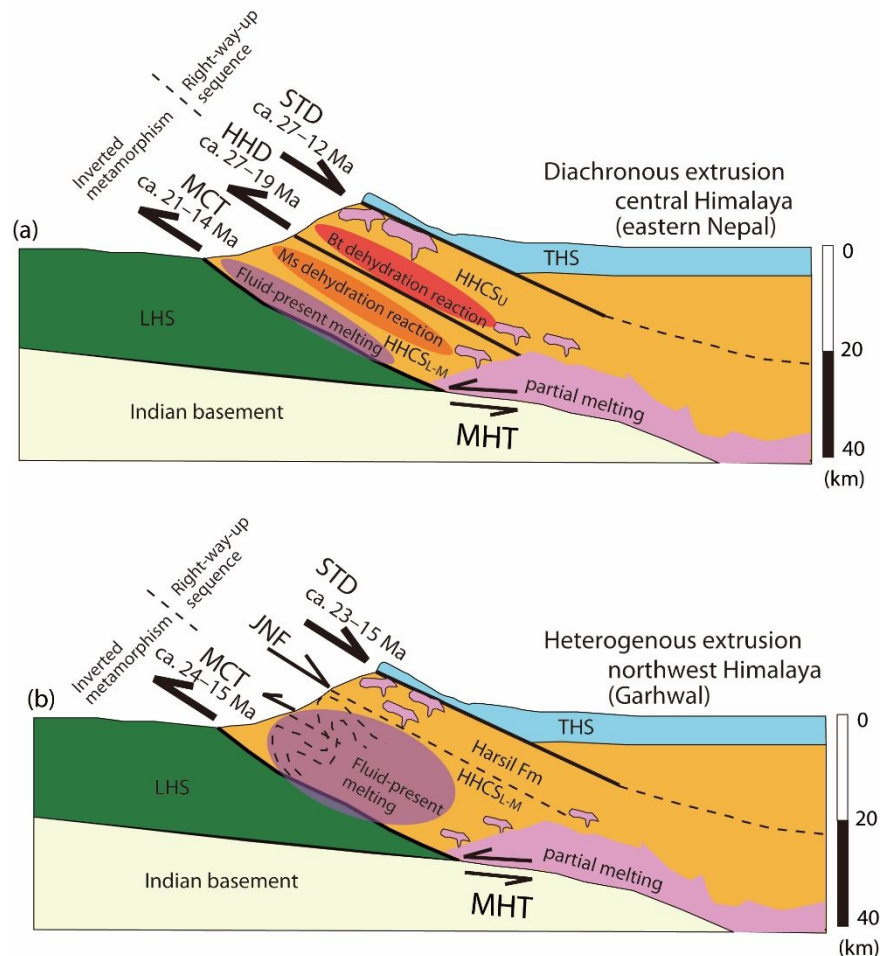


図2 (a) 東ネパールと (b) 北西インドの変成岩類上昇過程の概念図 (Kawabata et al., 2021)

4-3) 北西インド(Uttarakhand 地域)の変成堆積物、正片麻岩、優白質花崗岩について、ジルコンのウラン - 鉛年代、ハフニウム同位体比と酸素同位体比を測定した。その結果、i) 低ヒマラヤ帯の原岩は古原生代に堆積しており、碎屑性ジルコン年代分布は南側のインド地塊と類似していること、ii) 高ヒマラヤ帯の原岩は新原生代に堆積しており、碎屑性ジルコン年代 - 同位体比分布は、南中国地塊の一部と類似していること、iii) 正片麻岩と優白質花崗岩類は古原生代と古生代初期の火成活動によって形成しており、ハフニウム - 酸素同位体比によるとマントル成分と地殻成分の両方がその形成過程に関与していることなどが推定される。これらの結果は、国際誌に投稿中である。

4-4) 極東ネパール高ヒマラヤ帯変成岩ナップについて、変成温度圧力条件の推定とモナザイトのウラン - 鉛年代測定を実施した。含角閃石ミグマタイトは流体に飽和した部分溶融を被っており、中新世のピーク変成作用だけでなく始新世 - 暁新世における昇温期変成作用も解読した。同様に、藍晶石-珪線石ミグマタイトの始新世 - 暁新世昇温期変成作用を被っているが、ピーク変成温度はより高温で、中新世初期に白雲母脱水溶融を被っている。これらの部分溶融と逆転温度構造は、北側の後背地側における高ヒマラヤ帯下部 - 中部のそ

れらと調和的である。また、始新世の昇温期変成作用は STD が正断層運動前の逆断層運動による大陸衝突初期の地殻厚化に関連する可能性がある。これらの結果は、Imayama et al. (2022)として公表された。

4-5) 北西インドの超高压変成岩体について、インド工科大学研究者らと野外調査を実施して、超高压変成岩体やオフィオライト岩体の試料採取を行った。超高压変成岩体は、広域的な中圧型の後退変成作用を被っているものの、一部の地域ではオンファス輝石などの超高压変成作用の痕跡を記録している (Imayama and Dutta, 2019)。北西インドラダック地域において、優白質メルトを伴う超高压エクロジャイトを発見して、エクロジャイトが部分溶融を被ったことの直接的な証拠が得られた。これらのエクロジャイトの変成ジルコンのウラン - 鉛年代測定を実施した結果、部分溶融は約 46 Ma に起きたことが明らかになった。今後は、岩石学的研究により、どのような溶融反応が起きたのか推定する。

4-6) 北西インドの超高压型変成岩類の原岩や起源を推定するために、全岩組成分析とジルコンのウラン - 鉛年代測定を実施した。その結果、正片麻岩だけでなく苦鉄質変成岩類の原岩年代も古生代初期であり、超高压エクロジャイトの原岩は、従来考えられていたペルム紀の Panjal Traps とは異なる可能性が高い。苦鉄質変成岩類の全岩組成分析を考慮すると、その起源は東 Gondwana 大陸北縁に発達したリフト活動による玄武岩由来である (図 3)。本研究と先行研究結果からは、東西 2400km のヒマラヤ地域における超高压 - 高压変成岩体は、古生代からペルム紀まで様々な原岩年代や起源をもち、一様でないことがわかる。これらの結果は、国際誌に投稿中である。

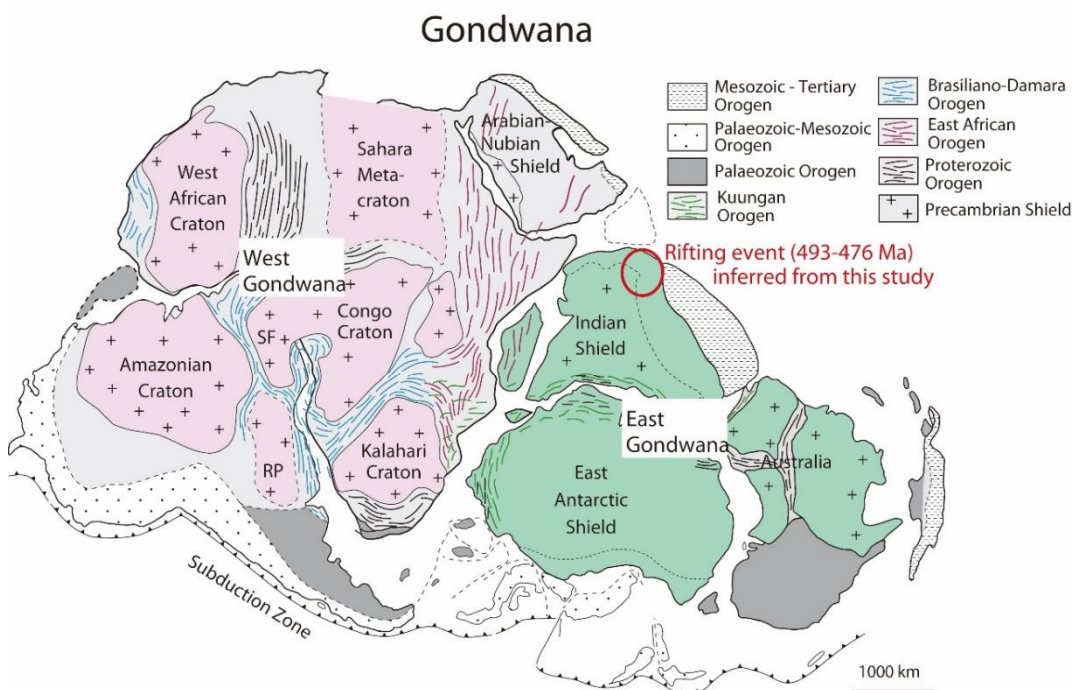


図 3 ゴンドワナ大陸配置とインド北縁の古生代初期リフト活動

Modified from Gray et al. (2008) and Meert and Lieberman (2008)

5 . 参考文献

- Bose et al., 2023. J. Earth Sys. Sci., 132, 6.
 Gray et al., 2008. Geol. Soc. London, Spec. Paper 294, 257-278.
 Imayama et al., 2010. J. Metamorp. Geol., 28, 527-549.
 Imayama et al., 2012. Lithos, 134-135, 1-22.
 Imayama et al., 2019. Geol. Soc. London, Spec. Paper 481, 147-173.
 Imayama and Dutta, 2019. Bull. Inst. Front. Sci. Tech., Okayama Univ. of Sci., 1, 49-52.
 Imayama et al., 2022. J. Asian Earth Sci., 234, 105276.
 Kawabata et al., 2021. Lithos, 404-405, 106488.
 Meert and Lieberman, 2008. Gond. Res., 14, 5-21.
 Montomoli et al. 2015. Geol. Soc. London, Spec. Paper 412, 25-41.
 Searle et al., 2003. J. Geol. Soc. London, 160, 345-366.
 St-Onge et al., 2013. J. Metamorp. Geol., 31, 469-504.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Imayama Takeshi, Oh Chang Whan, Jeon Jimin, Yi Keewook	4. 巻 382-383
2. 論文標題 Neoproterozoic and middle Paleozoic geological events in the eastern Wolhyeonri complex of the southwestern Gyeonggi Massif, South Korea, and their tectonic correlations in northeastern Asia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 105923 ~ 105923
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2020.105923	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 Sakai Harutaka, Iwano Hideki, Imayama Takeshi	4. 巻 30
2. 論文標題 Thematic issue: Evolution of Nepal Himalaya	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Island Arc	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) 10.1111/iar.12413	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 Kawabata Ryoichi, Imayama Takeshi, Kato Takenori, Oh Chang Whan, Horie Kenji, Takehara Mami	4. 巻 40
2. 論文標題 Multi stage metamorphic history of the Oki gneisses in Japan: Implications for Paleoproterozoic metamorphism and tectonic correlations in northeastern Asia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Metamorphic Geology	6. 最初と最後の頁 257 ~ 286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jmg.12627	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 Kawabata Ryoichi, Imayama Takeshi, Bose Narayan, Yi Keewook, Kouketsu Yui	4. 巻 404-405
2. 論文標題 Tectonic discontinuity, partial melting and exhumation in the Garhwal Himalaya (Northwest India): Constrains from spatial and temporal pressure-temperature conditions along the Bhagirathi valley	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 106488 ~ 106488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2021.106488	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 Imayama, T., Oh*, C. W., Jeon, J., and Yi, K.	4. 巻 382-383
2. 論文標題 Neoproterozoic and middle Paleozoic geological events in the eastern Wolhyeonri complex of the southwestern Gyeonggi Massif, South Korea, and their tectonic correlations in northeastern Asia.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 105923
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2020.105923	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 Imayama*, T., Ueda, H., Usuki, T., Minami, M., Asahara, Y., and Nagahashi, T.	4. 巻 114
2. 論文標題 Variability of protoliths and pressure-temperature conditions of amphibolites from the Ohmachi Seamount (Izu-Bonin-Mariana arc): Evidence of a fossil subduction channel in modern intra-oceanic arcs.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mineralogy and Petrology	6. 最初と最後の頁 305-318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00710-020-00705-z	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 Imayama*, T., Uehara, S., Sakai, H., Yagi, K., Ikawa, C., and Yi, K.	4. 巻 109
2. 論文標題 The absence of high-pressure metamorphism in the inverted Barrovian metamorphic sequences of the Arun area, eastern Nepal and its tectonic implication	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 465-488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00531-019-01816-5	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 Imayama, T., Koh, Y., Aoki, K., Saneyoshi, M., Yagi, K., Aoki, S., Terada, T., Sawada, Y., Ikawa, C., Ishigaki, S., Toyoda, S., Tsogtbaatar, Kh, and Mainbayar, B.	4. 巻 131
2. 論文標題 Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geodynamics	6. 最初と最後の頁 101650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jog.2019.101650	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 Imayama, T., Arita, K., Fukuyama, M., Yi, K., and R. Kawabata	4. 巻 61
2. 論文標題 1.74 Ga crustal melting after rifting at the northern Indian margin: investigation of mylonitic orthogneisses in the Kathmandu area, central Nepal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Geology Review	6. 最初と最後の頁 1207-1221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00206814.2018.1504329	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 Imayama T., Takeshita T., Yi K., Fukuyama M.	4. 巻 481
2. 論文標題 Early Oligocene partial melting via biotite dehydration melting and prolonged low-pressure?low-temperature metamorphism of the upper High Himalaya Crystalline Sequence in the far east of Nepal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geological Society, London, Special Publications	6. 最初と最後の頁 147 ~ 173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1144/SP481.2	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 Imayama, T., and Dutta, D.	4. 巻 1
2. 論文標題 Research report of the Tso Morari ultra-high pressure metamorphic complex in Ladakh, NW India	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bull. Inst. Front. Sci. Tech, Okayama Univ. of Sci.	6. 最初と最後の頁 49-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Imayama, T. and R. Hoshino	4. 巻 44
2. 論文標題 Inverted metamorphism in the Ilam Nappe, far-eastern Nepal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bull. Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. of Sci.	6. 最初と最後の頁 11-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 Imayama Takeshi, Hoshino Ryuhei, Yi Keewook, Kawabata Ryoichi	4. 巻 234
2. 論文標題 Eocene to Miocene metamorphic evolution and tectonic implication of the Ilam Nappe in Nepal Himalaya: Constraints from P?T conditions and monazite petrochronology	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 105276 ~ 105276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jseaes.2022.105276	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 Kalita Pranjit, Phukon Purbajyoti, Goswami Tapos K., Imayama Takeshi, Srivastava Hari B.	4. 巻 416-417
2. 論文標題 Chemical mass transport during deformation and metamorphism: Insights from the Main Central Thrust and its footwall of Western Arunachal Himalaya, NE India	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 106641 ~ 106641
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2022.106641	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

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Imayama, T., Oh, C.W., Jeon, J., and Yi, K.
2. 発表標題 Neoproterozoic and middle Paleozoic geological events in the eastern Wolhyeonri complex of the southwestern Gyeonggi Massif, South Korea, and their tectonic correlations in northeastern Asia.
3. 学会等名 2021変成岩などシンポジウム
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 佐藤成修, 今山武志, Dutta Dripta
2. 発表標題 Multiple igneous activities recorded in the Nidar ophiolite complex, eastern Ladakh
3. 学会等名 2021 Japan Geoscience Union Meeting
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 今山 武志
2. 発表標題 南モンゴルペルム紀 - 三疊紀火山岩類と中央ネパール古原生代花崗岩類の起源とテクトニクス
3. 学会等名 2021日本地質学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 渡部将太, 長谷川健, 小畑直也, 豊田新, 今山武志
2. 発表標題 福島県南部, 二岐山火山の噴火史とマグマ供給系
3. 学会等名 2021日本地質学会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Imayama, T., Kawabata, R., Kato, T., Oh, C. W., Horie, K., and Takehara, M.
2. 発表標題 Multi-stage metamorphic history of the Oki gneisses in Japan: Implications for Paleoproterozoic metamorphism and tectonic correlations in northeastern Asia
3. 学会等名 2021日本鉱物学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 佐藤成修, 今山武志, Dutta Dripta, 金田泰明, 渡部将太, 長谷川健, 南雅代, 若杉勇輝, 若木重行
2. 発表標題 北西インドNidarオフィオライト層火成岩類の岩石学・地球化学的研究
3. 学会等名 2021日本鉱物学会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Imayama, T., Kawabata, R., Bose, N., Yi, K., and Kouketsu, Y.
2. 発表標題 Tectonic discontinuity, partial melting and exhumation in the Garhwal Himalaya (Northwest India): Constrains from spatial and temporal pressure-temperature conditions along the Bhagirathi valley
3. 学会等名 2021 AGU meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 今山 武志
2. 発表標題 隠岐片麻岩の複数変成作用と起源
3. 学会等名 日本地球化学会第 67回年会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Imayama, T., Koh, Y., Aoki, K., Saneyoshi, M., Yagi, K., Aoki, S., Terada, T., Sawada, Y., Ikawa, C., Ishigaki, S., Toyoda, S., Tsogtbaatar, Kh, and Mainbayar, B.
2. 発表標題 Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean.
3. 学会等名 Frontier Symposium on Geohistory of East Asia and Okayama (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Imayama, T., Ueda, H., Usuki, T., Minami, M., Asahara, Y., and Nagahashi, T.
2. 発表標題 Variability of Protoliths and P-T Conditions of Amphibolites from the Ohmachi Seamount (Izu-Bonin-Mariana Arc)
3. 学会等名 2020 Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川端凌市・今山武志・Narayan Bose・Yi Keewook・瀧藤佑衣
2. 発表標題 北西インド Uttarakhand 地域の流体飽和による漸新世 Barrovian 型変成作用
3. 学会等名 OUSフォーラム2019
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Imayama, T., Kawabata, R., Kato, T., Horie, K., and Takehara, M.
2. 発表標題 Polymetamorphic evolution of the Oki gneisses in Japan: Implications for the Paleoproterozoic metamorphism and its tectonic correlation in northeastern Asia
3. 学会等名 2019 Fall Joint Conference of the Korean Geological Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Imayama, T., Uehara, S., Sakai, H., Yagi, K., Ikawa, C., and Yi, K.
2. 発表標題 The inverted Barrovian metamorphic sequences and fluid-present melting in the Arun area, eastern Nepal
3. 学会等名 2019 Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 今山武志・川端凌市・加藤 文典
2. 発表標題 CHIME年代測定による隠岐・島後片麻岩類の変成年代の推定
3. 学会等名 名古屋大学 宇宙地球環境研究所 共同利用・共同研究コミュニティミーティング (招待講演)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Kawabata, R., Imayama, T., Bose, N., Yi, K., and Kouketsu, Y.
2. 発表標題 Preservation of the early Oligocene Barrovian-type metamorphism caused the fluid-present melting along Bhagirathi River in the Uttaraganti area, NW India
3. 学会等名 34th Himalaya-Karakorum-Tibet workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Arao, M., Imayama, T., Yagi, K., Ikawa, T., Sawada, M., Siddiqui, R., and Khan, S.
2. 発表標題 Classification of volcanic rocks in the Muslim Bagh area: Constraints from petrological characteristics and K-Ar ages
3. 学会等名 JSPS Japanese-German graduate externship International Workshop on "Volatile Cycles" (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 荒尾 真成・今山武志・八木 公史・猪川 千晶・澤田 順弘・Rehanul Siddiqui・Said Khan
2. 発表標題 Petrological and geochronological studies of the volcanic rocks in the Muslim Bagh area, Pakistan.
3. 学会等名 2019地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Imayama, T., Koh, Y., Aoki, K., Saneyoshi, M., Yagi, K., Aoki, S., Terada, T., Sawada, Y., Ikawa, C., Ishigaki, S., Toyoda, S., Tsogtbaatar, Kh, and Mainbayar, B.
2. 発表標題 Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean.
3. 学会等名 2019地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Imayama, T., Takeshita, T., Yi, K. and Fukuyama, M.
2. 発表標題 Early Oligocene partial melting via biotite dehydration melting and prolonged low- P/T metamorphism of the upper High Himalaya Crystalline Sequence in the far east of Nepal
3. 学会等名 3rd International RINS Symposium - Metamorphism, deformation, and geochronology in orogeny - (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Kawabata, R., Imayama, T., Bose, N., and Yi, K.
2. 発表標題 The early Oligocene Barrovian-type metamorphism related to fluid-saturated melting along Bhagirathi River in the Uttarakhand area, NW India
3. 学会等名 3rd International RINS Symposium - Metamorphism, deformation, and geochronology in orogeny - (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 川端凌市・今山武志・Narayan Bose・Yi Keewook
2. 発表標題 北西インドヒマラヤBhagirathi川沿いの変成温度圧力条件と変成年代について
3. 学会等名 「衝突山脈ヒマラヤの形成モデルの構築」研究集会, 京都大学
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Imayama, T., Arita, K. Fukuyama, M. Yi, K., and Kawabata, R.
2. 発表標題 1.74 Ga crustal melting after rifting at the northern Indian margin: Investigation of mylonitic orthogneisses in the Kathmandu area, central Nepal
3. 学会等名 33rd Himalaya-Karakorum-Tibet workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Imayama, T., Arita, K. Fukuyama, M. Yi, K., and Kawabata, R.
2. 発表標題 1.74 Ga crustal melting after rifting at the northern Indian margin: Investigation of mylonitic orthogneisses in the Kathmandu area, central Nepal
3. 学会等名 15th Asia Oceania Geosciences Society meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Imayama, T., Arita, K. Fukuyama, M. Yi, K., and Kawabata, R.
2. 発表標題 1.74 Ga felsic magmatism formed via crustal melting: Investigation of mylonitic orthogneisses in the frontal zone of the Kathmandu Complex, central Nepal
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Imayama, T., Dripta, D., and Yi, K.
2. 発表標題 Early Paleozoic rift-related magmatism recorded in the ultrahigh-pressure Tso Morari Complex (NW Indian Himalaya)
3. 学会等名 2022 Korean Geological Society conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Imayama, T., Hoshino, R., Yi, K., and Kawabata, R.
2. 発表標題 Eocene to Miocene metamorphic evolution and tectonic implication of the Ilam Nappe in Nepal Himalaya: Constraints from P-T conditions and monazite petrochronology
3. 学会等名 2022 Italian Geological Society conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Imayama, T., Hoshino, R., Yi, K., and Kawabata, R.
2. 発表標題 Eocene to Miocene metamorphic evolution and tectonic implication of the Ilam Nappe in Nepal Himalaya: Constraints from P-T conditions and monazite petrochronology
3. 学会等名 2022 Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Imayama, T., Hoshino, R., Yi, K., and Kawabata, R.
2. 発表標題 Eocene to Miocene metamorphic evolution and tectonic implication of the Ilam Nappe in Nepal Himalaya: Constraints from P-T conditions and monazite petrochronology
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Bose, N., Imayama, T., Kawabata, R., Gupta, S., and Yi, K.
2. 発表標題 Channel-flow induced 'normal faulting' in the Himalaya: a case study from the Jhala Normal Fault, Garhwal Higher Himalaya, NW India
3. 学会等名 2022 EGU General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2022年～2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

今山研究室 生命・地球・環境部門
<http://t-imayama.com/>

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	イ キーウォック (Yi Keewook)		
研究協力者	ダッタ ドリプタ (Dutta Dripta)		
研究協力者	ナラヤン ボス (Narayan Bose)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
	インド	インド工科大学ボンベイ校	インド工科大学カーンプル校	インド工科大学カラグプル校
韓国	全北大学校	韓国基礎科学研究所		
日本	名古屋大学	北海道大学	秋田大学	他3機関