

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：13601

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2018～2023

課題番号：18KK0096

研究課題名（和文）ヒマラヤ山脈前縁における2大河川系の成立とその変遷

研究課題名（英文）Evolution of the large rivers in the Himalayan foreland basin

研究代表者

吉田 孝紀（Yoshida, Kohki）

信州大学・学術研究院理学系・教授

研究者番号：00303446

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：インド・ネパールにおける前縁盆地堆積物とベンガル海底扇状地での検討から、新第三紀中新世最初期において既にヒマラヤ山脈は砕屑物を大量に生産し、ベンガル湾南部にまで砕屑物が運ばれている。既にブラマプトラ川水系が確立し、現在のインド東部からの砕屑物が供給されていた。しかしこの時期では、高温・多雨の気候下にあった地域は限定されていた。中新世中期から後期において、ヒマラヤ山脈の浸食・削剥が盛んになされた。ヒマラヤ山脈や大陸内部のテクトニクスによる供給源変化があったが、それ以降も侵食活動は継続された。中新世後期～鮮新世にはモンスーン強化の下で、高温・多雨の気候条件が広く出現したと推定される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒマラヤ山脈の出現とその削剥は、モンスーン気候の発達をもたらすと同時に、南アジアに大量の土砂をもたらすことで、生物多様性に著しく富んだ生態系を作り上げた。このような南アジアやモンスーンに影響を受ける東アジアの気候環境の成立を考察する上で、ヒマラヤ山脈の形成や土砂を供給した河川系の形成に関わる歴史の解明は重要である。本研究では、ヒマラヤ山脈の上昇量に地域的な差異があり、地域的な降水量や土砂生産量の差が生じていたことを明らかにした。同時に、ヒマラヤ山脈南部に形成された河川系が陸域のテクトニクスや降水量変動を受けながら砕屑物を生産・運搬し、この地域の陸上環境が形成されてきたことが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：Based on studies of foreland basin sediments in India and Nepal and the Bengal submarine fan, it has been determined that the Himalayas were already producing a large amount of clastic material by the early Miocene epoch of the Neogene period. This material was transported as far as the southern Bay of Bengal. The Brahmaputra River system had already been established, supplying clastic material from present-day eastern India. However, during this period, regions experiencing high temperatures and heavy rainfall were limited. From the middle to late Miocene, the erosion and denudation of the Himalayas became more intense. Although there were changes in the sources of sediment due to tectonic activities in the Himalayas and the continental interior, erosion activities continued. It is estimated that from the late Miocene to the Pliocene, under the strengthened monsoon conditions, regions with high temperatures and heavy rainfall became more widespread.

研究分野：地質学

キーワード：ヒマラヤ山脈 モンスーン ベンガル深海扇状地 ブラマプトラ川 ガンジス川

1. 研究開始当初の背景

ヒマラヤ山脈は、現在の偏西風・ジェット気流の位置に影響を与え、南アジアの降水量や季節変動のみならず、日本列島付近の東アジアの気候にも大きな影響を与えている。この山脈・高原の出現はアジア一帯に強いモンスーン気候の発達をもたらし、ユーラシア周辺を超えて北半球全体の気候を変化させたとされる。その活発な隆起による土砂生産は、大量の土砂とともに流域の有機物を海洋へ運搬し、大気 CO₂ 濃度を低下させたと考えられている (Galy et al., 2006)。

近年、黄土高原や日本海での研究によって東アジアモンスーンの発達史が解明されつつあるが、南アジアモンスーンの発達史の究明は未だに途上にある。特にヒマラヤ山脈周辺での降雨帯の形成と変化については未だに不鮮明であり、始新世 (Shukla et al., 2014; Licht et al., 2014) や漸新世 (Spicer et al., 2017)、漸新世 (Clift et al., 2008)、中新世中期 (Betzler, et al., 2016) 等の意見がある。また、植物生態系の変動は、ヒマラヤ山脈西部では 750 万年前に生じている。この際、C₃ 植物から C₄ 植物への変遷が見られ、気候条件の大きな変化があったと考えられているが、ヒマラヤ山脈のテクトニクスとの関連についてははっきりしない。

2. 研究の目的

上述の背景のもと、本研究はヒマラヤ山脈の前縁盆地堆積物とヒマラヤ山脈周辺の長期にわたる全体的変化を記録するベンガル海底扇状地の海洋コアの情報の複合的解析を目指した。

前縁盆地堆積物では、碎屑物起源の変遷、河川系の変遷、集水域の風化状態の変遷の解明を目的とした。一方、海底扇状地コアでは、ヒマラヤ山脈全体の広域的な供給源岩の変遷、風化状態の広域的な変遷を解析した。これらの手法は、碎屑物を構成する鉱物組み合わせや化学組成、粘土鉱物などを利用し、検討層準・時代の偏差を最小限とすることが可能である。また、海底扇状地コアでは微化石層序を利用した高精度の堆積年代が得られており、陸上域の全体像を高精度で復元することができる。

3. 研究の方法

研究の方法として、以下の小目的を設け、それぞれの目的達成に注力した。

(i) 鉱物グループの時間変化の解析：ベンガル海底扇状地コアと前縁盆地での比較

ベンガル海底扇状地とヒマラヤ山脈中央部の前縁盆地から採集した中新統・鮮新統の砂岩や砂質試料から重鉱物を取り出し、電子マイクロプローブを用いて鉱物組合せと鉱物同定を行った。同時に、ヒマラヤ山脈中央部の各地から採取した現世堆積物モリファレンスとして利用した。

(ii) Nd-Sr 安定同位体比による堆積物の供給水系識別

前縁盆地堆積物、海底扇状地堆積物の上部・中部・下部中新統から砂岩および泥岩試料を採取し、質量分析器を使用して Nd-Sr 同位体比を測定した。また、地質体毎のリファレンスデータを得るために、ガンジス川・インダス川において河川懸濁物・砂堆積物を採集して分析に供した。

(iii) ヒマラヤ山脈中央部の低度～高度変成岩のラマン分光分析 (RSCM)；砂岩粒子リファレンスの取得

中央・西ヒマラヤ山脈の低度・高度変成岩を採取し、ラマン分光分析を行って、その最高温度履歴についてリファレンスデータを取得した。これを用いて前縁盆地堆積物の砂岩試料を分析し、堆積岩に含まれる複数の変成岩片が被った最高温度履歴を測定するための条

件を求めた。また、予察的に砂岩中に含まれる岩片が被った履歴温度を測定した。

(iv) 化学組成と粘土鉱物組合せによる古風化度の解析

ヒマラヤ山脈中央部の前縁盆地堆積物、およびベンガル海底扇状地堆積物の泥質岩の粘土鉱物組合せと全岩化学組成を検討した。粘土鉱物の同定には X 線回折装置を用い、全岩化学組成の検討は蛍光 X 線分析装置を使用した。

(v) 前縁盆地堆積物での河川系の復元

前縁盆地堆積物において堆積相解析を行い、古気候との関連を検討した。特に、河川堆積物の識別と地下水の古水位変動をもとに、堆積場における平均的な降水量変化を議論した。

4. 研究成果

(i) 鉱物グループの時間変化の解析: ベンガル海底扇状地コアと前縁盆地での比較

ヒマラヤ山脈東縁部のインド・ミャンマー国境付近には、現在、Yarlung Tsangpo 縫合帯が位置し、オフィオライト帯が分布する。一方、ヒマラヤ山脈の主部には高ヒマラヤ結晶質岩(いわゆるヒマラヤ片麻岩)が幅広く分布し、角閃石や輝石など高温変成作用による鉱物を生産している。この構成鉱物の違いを前縁盆地堆積物と海底扇状地堆積物から検出することに注力した。

まず、東インドのアッサム、アルナーチャルプラデーシュ地域において、ブラマプトラ川の現世河床堆積物を採集し、室内で電子マイクロプローブを使用して分析を行った。その結果、オフィオライト帯起源の鉱物粒子である、アルカリ角閃石、クロムスピネルやかんらん石を見いだした。その後、東インドの前縁盆地堆積物である中部シワリク層群にも、同様の鉱物粒子が頻繁に含まれることを明らかにした。

また、中央ヒマラヤに位置するネパール東部や中央部の現世河川(カリガンダキ川、コシ川)においても、現世川砂を採取しその鉱物組合せを検討した。結果として、ザクロ石、角閃石、電気石、ゆうれん石などの高ヒマラヤ変成岩を起源とする変成鉱物が大量に含まれることがわかった。同様の検討を同地域の中部・上部シワリク層群においても行ったところ、高ヒマラヤを起源とする鉱物が卓越し、わずかにクロムスピネルを見いだしたものの、かんらん石は含まれなかった。

一方、パキスタン北部のポトハル高原において、中部・上部シワリク層群砂岩の検討を行った。その結果、高ヒマラヤ変成岩を起源とする碎屑物、花崗岩や火山岩類を起源とする碎屑物が卓越することが判明した。重鉱物として変成鉱物の他にわずかにクロムスピネルの産出を認めたが、かんらん石は見いだせなかった。

ベンガル海底扇状地堆積物においては、下部中新統においてわずかにクロムスピネルが含まれることがわかった。上部中新統や鮮新統においては頻繁にクロムスピネルやかんらん石、輝石類、アルカリ角閃石が認められた。

これらのことから、現世河川堆積物の鉱物構成に基づけば、オフィオライト帯からの供給はヒマラヤ東部であるブラマプトラ川に由来する堆積物が最も有力な候補となる。ベンガル海底扇状地堆積物の記録から、中新世前期において既に同河川系は成立して碎屑物を供給していたものの、供給時期は必ずしも明確ではなく、ガンジス川由来の碎屑物と頻繁に混合を繰り返して、ベンガル海底扇状地にもたらされたものと推定される。現在の河川系では、バングラデシュ中部において、ガンジス川とブラマプトラ川は合流し、メグナ川として海域に達した後、強い潮汐デルタを形成して堆積物を分散させている。このような場において両河川の碎屑物は混合したものと考えられる。

(ii) Nd-Sr 安定同位体比による堆積物の供給水系識別

堆積物の Nd-Sr 同位体比は続成作用や変質では大きく変化しないことから、起源となる地質体を判定するには有力な方法と言える。ベンガル海底扇状地と前縁盆地の双方において、供給源の経時的な変化を検討した。これに先立ち、東インドのアッサム地域においてブラマプトラ川から川砂を、北インド・西ベンガル地域においてガンジス川から川砂を採取し Nd-Sr 同位体比を測定して、前縁盆地堆積物とベンガル海底扇状地堆積物のリファレンスとして使用した。

前縁盆地堆積物の試料は、西ネパールのムクサーコラ川において採取した。ベンガル海底扇状地堆積物では中新世前期から現世までの試料を約 1Ma 毎に採取した。同位体比は Nd(0) 値、 $86\text{Sr}/87\text{Sr}$ 値として視覚化して時代変化を検討した。その結果、採取地点のガンジス川起源の砕屑物とブラマプトラ川起源の砕屑物で Nd(0) 値、 $86\text{Sr}/87\text{Sr}$ 値とも、明瞭な差異を見いだせなかった。一方、前縁盆地堆積物からは、上部中新統において Nd(0) 値が変化することがわかり、レッサーヒマラヤ起源の砕屑物の増加が示唆された。ベンガル海底扇状地堆積物では上部中新統においてレッサーヒマラヤ起源の砕屑物が増加した可能性が示された。このことから中新世後期に供給源地であるヒマラヤ山脈においてレッサーヒマラヤ起源の砕屑物が増加するような構造運動が生じた可能性が示唆された。東ネパールにおいては、この時期のレッサーヒマラヤでの衝上断層運動が記録されており、同様の活動が広域的に生じた可能性がある。

(iii) 中央ヒマラヤ山脈の低度・高度変成岩のラマン分光分析(RSCM)；砂岩粒子リファレンスの取得と海底扇状地・前縁盆地堆積物への応用

堆積物中に含まれる、ヒマラヤ山脈の変成岩類を起源とする砂サイズの粒子、特に岩片類の起源を決定するために、ヒマラヤ山脈中央部に位置する中央ネパールのアルンコラ川においてシワリク層群の砂岩試料を採取し、変成岩片粒子に含まれる炭質物のラマン分光(RSCM)分析を行った。その結果、低度～高度変成岩の岩片粒子を対象として、詳細な測定条件を確立できた。ただし、この条件を満たしつつ、未知試料について検討を重ねるのは時間的に大きな困難が予測された。そのため、検討試料の選別を厳密に行い、より少ない試料数で傾向をつかむ方法を樹立する必要があることがわかった。予察的に検討した中部シワリク層群の砂岩に含まれる変成岩粒子は、400～470 の熱履歴を保存したものが多く、高ヒマラヤ変成岩から供給された可能性が示された。

(iv) 化学組成と粘土鉱物組合せによる古風化度の解析

岩石の化学風化によって、砕屑物の全岩化学組成は残留性元素に富むように変化し、同時に風化生成物としての粘土鉱物量も増加する。その化学組成や粘土鉱物は母岩の組成や風化条件によって異なるものの、供給源の気候条件を制約するために重要な情報となる。本件等では、前縁盆地と海底扇状地堆積物の双方において試料を採取し、化学組成指標を用いた古風化強度の算出によって気候変動の復元を目指した。

前縁盆地の試料は東ネパール・ムスカーコラ川と中央ネパール・アルンコラ川において採取され、ベンガル海底扇状地の試料とあわせて X 線回折による粘土鉱物の検討と蛍光 X 線装置による全岩化学組成の検討を行った。

結果として、前縁盆地堆積物と海底扇状地堆積物の双方ともスメクタイト、イライト、緑泥石、スメクタイト混合層鉱物、カオリナイト等の粘土鉱物が普遍的に含まれることがわかった。しかし、前縁盆地堆積物の下部・中部シワリク層群では続成作用によって新たに生じた鉱物が多数を占め、堆積時に記録された鉱物組合せや量比を復元することが困難であった。上部シワリク層群では、スメクタイト、カオリナイトが卓越し、供給源での強い化学風化が進行したことが示された。ベンガル海底扇状地堆積物では、下部中新統と中部中新統の

最下部においてイライト，緑泥石が卓越したものの，中部中新統以降は，スメクタイトやカオリナイトが卓越することがわかった．このことは，中新世後期以降，供給源となるヒマラヤ山脈周辺での化学風化が進んだことを意味している．

(v) 前縁盆地堆積物での河川系の復元

前縁盆地堆積物は主に河川堆積物から構成され，堆積相解析によってその河川のタイプや平均的な水深，洪水の頻度などを比較することが可能である．調査地域として，パキスタン北部，ネパール東部を取り上げた．

パキスタン北部のポトハル高原に分布する中部および上部シワリク層群は扇状地システムを挟む蛇行河川システムからなり，幅広い平坦面上に堆積したものと推定された．チャンネル充填堆積物の層厚は 2～3m であり，広範に湖堆積物が認められた．河川堆積物はグライ化を被り，平坦かつ地下水位の高い条件下での堆積を示す．

ネパール東部のムスカコーラ川においては，中部シワリク層群はやや粗粒な蛇行河川および網状河川システムから構成される．上部シワリク層群はほぼ網状河川堆積物のみからなる．中部シワリク層群のチャンネル充填堆積物は複合成層して見かけ 10m 以上の層厚を示す．氾濫原堆積物中にはクレバススプレイ堆積物が含まれるものの，薄い湖堆積物が頻繁に挟まれる．グライ化は希であり，カーリーチが発達する．上部シワリク層群は礫層を主体とし，見かけ上 15m 程度に複合成層する．

このことから，パキスタン北部とネパール東部では地層の発達状況に差異がある．供給源の近地性や降水量，堆積場の形態など，地域毎の堆積環境の検討が必要であると言える．

(vi) まとめ

ベンガル海底扇状地と前縁盆地の堆積物の解析によって得られた結果を総合すると，新第三紀中新世最初期において既にヒマラヤ山脈は砕屑物を大量に生産し，スリランカ沖のベンガル湾南部にまで海底扇状地を形成させていたと考えられる．既にブラマプトラ川水系が確立していたと考えられ，現在の Yarlung Tsangpo 縫合帯に相当するオフィオライト帯からの砕屑物が供給されていた．しかしこの時期の堆積物は緑泥石やイライトが卓越することから，高温・多雨の気候下にあった地域は限定されており，降水量・土砂生産量には地域的差異が生じていたと考えられる．

中新世中期以降，高ヒマラヤ変成岩の高度変成岩類の大規模な削剥と共に高度変成岩起源の砕屑物が生産され，前縁盆地を広く埋積した．ガンジス川水系とブラマプトラ川水系の発達状況の差異は判然としないものの，両河川の砕屑物が混合することで巨大なデルタが形成され，それらの一部は海底扇状地に供給された．中新世後期では陸域での強い化学風化が進行したことが粘土鉱物構成から示される．

中新世後期以降，ヒマラヤ山脈の浸食・削剥地域は大きく変化せず，砕屑物生産の様式も中新世と同様に継続していたと考えられる．しかしオフィオライト帯からの砕屑物が増加する時期が複数回あったことから，山脈の上昇に伴う削剥レベルの深化が推定できる．特にヒマラヤ山脈東部からの供給は，大陸内部のテクトニクスに影響された地域的な構造運動による可能性がある．鮮新世以降は前縁盆地堆積物では扇状地性堆積物が広範に形成されたため，さらなる供給源の上昇と砕屑物生産がなされたといえる．中新世以前と比較して粘土鉱物が増加し，高度変成岩や深成岩類が露出し，強い化学風化に曝された．中新世後期～鮮新世にはモンスーン強化の下で，高温・多雨の気候条件が広く出現したと推定される．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 13件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Hatano Nozomi, Kawano Ritsuho, Yoshida Kohki	4. 巻 614
2. 論文標題 High-frequency depositional sequence of the upper Quaternary deposits controlled by sediment supply: A case study of an inland basin in central Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	6. 最初と最後の頁 111439 ~ 111439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.palaeo.2023.111439	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 Rai Lalit Kumar, Yoshida Kohki	4. 巻 8
2. 論文標題 Sedimentary facies analysis of the fluvial environment in the Siwalik Group of eastern Nepal: deciphering its relation to contemporary Himalayan tectonics, climate and sea-level change	5. 発行年 2021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/s40645-021-00444-5	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 Ray Sumit Kumar, Das Supriyo Kumar, Chatterjee Subham, Patel Priyank Pravin, Ekblad Alf, Yoshida Kohki	4. 巻 205
2. 論文標題 Modern analogue to past coseismic ground uplift in North Andaman, India	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CATENA	6. 最初と最後の頁 105471 ~ 105471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.catena.2021.105471	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 Kumar Das Supriyo, Gangopadhyay Kaushik, Ghosh Ahana, Biswas Oindrila, Bera Subir, Ghosh Puja, Paruya Dipak Kumar, Naskar Nabanita, Mani Devleena, MS Kalpana, Yoshida Kohki	4. 巻 31
2. 論文標題 Organic geochemical and palaeobotanical reconstruction of a late-Holocene archaeological settlement in coastal eastern India	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Holocene	6. 最初と最後の頁 1511 ~ 1524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/09596836211025970	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 Yoshida Kohki, Nakajima Toru, Matsumoto Yuki, Osaki Ai, Rai Lalit Kumar, Cruz Jarrett W., Sakai Harutaka	4. 巻 30
2. 論文標題 Miocene provenance change in Himalayan foreland basin and Bengal Fan sediments, with special reference to detrital garnet chemistry	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.12408	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 Rai Lalit Kumar, Yoshida Kohki, Kuritani Takeshi	4. 巻 420
2. 論文標題 Reconstruction of the exhumation history of the eastern Nepal Himalaya based on provenance changes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 105920 ~ 105920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2021.105920	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 Istvan Dunkl et al.	4. 巻 211
2. 論文標題 Comparability of heavy mineral data ? The first interlaboratory round robin test	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth-Science Reviews	6. 最初と最後の頁 103210 ~ 103210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.earsci.2020.103210	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 葉田野希・吉田孝紀・笹尾英嗣	4. 巻 -
2. 論文標題 中新統～更新統瀬戸層群の陸成層と陶土	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地質学雑誌	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) なし	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 Nakajima Toru, Matsumoto Yuki, Rai Lalit K., Yoshida Kohki	4. 巻 200
2. 論文標題 Middle Miocene denudation of the Higher Himalayan Crystallines revealed by chemical composition of detrital garnets from the Siwalik foreland basin sediments, western and central Nepal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 104473 ~ 104473
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jseaes.2020.104473	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 Rai Lalit Kumar, Yoshida Kohki, Kuritani Takeshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Reconstruction of the exhumation history of the eastern Nepal Himalaya based on provenance changes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 105920 ~ 105920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2021.105920	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 Yoshida Kohki, Nakajima Toru, Matsumoto Yuki, Osaki Ai, Rai Lalit Kumar, Cruz Jarrett, Sakai Harutaka	4. 巻 -
2. 論文標題 Miocene provenance change in Himalayan foreland basin and Bengal Fan sediments, with special reference to detrital garnet chemistry	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.12408	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 Das, Supriyo, Kumar., Gangopadhyay, Kaushik, Ghosh, Ahana, Biswas, Oindrila, Bera, Subir; Ghosh, Puja, Paruya, Dipak, Naskar, Nabanita, Mani, Devleena, Kalpana, MS, Yoshida, Kohki	4. 巻 -
2. 論文標題 Organic geochemical and palaeobotanical reconstruction of a Late Holocene archaeological settlement in coastal eastern India	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Holocene	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) なし	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 Rai Lalit Kumar, Yoshida Kohki	4. 巻 60
2. 論文標題 Lithostratigraphy of the Siwalik Group along the Muksar Khola section, Siraha-Udayapur District, Eastern Nepal Himalaya	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Nepal Geological Society	6. 最初と最後の頁 207 ~ 224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3126/jngs.v60i0.31275	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 Hatano, N., Yoshida, K., Sasao, E.	4. 巻 361
2. 論文標題 Intense chemical weathering in southwest Japan during the Pliocene warm period	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2019.03.017	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 Hatano, N. and Yoshida, K.	4. 巻 187
2. 論文標題 Vertical and horizontal distribution of sedimentary facies and hydromorphic paleosols around paleo-lake in the Pliocene sediments in southwest Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Catena	6. 最初と最後の頁 104387
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.catena.2019.104387	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 Yorinao Shitaoka, Takeshi Saito, Junji Yamamoto, Masaya Miyoshi, Hidemi Ishibashi and Tsutomu Soda	4. 巻 46
2. 論文標題 Eruption age of Kannabe volcano using multi-dating: implications for age determination of young basaltic lava flow.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geochronometria	6. 最初と最後の頁 49-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/geochr-2015-0108	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 齋藤武士・澤村俊・田村理納・関晋・網田和宏・三島壮智・大沢信二	4. 巻 64
2. 論文標題 焼岳火山の噴気の化学・同位体組成	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 火山	6. 最初と最後の頁 1-9
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 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 Kawakami, T., Horie, K., Hokada, T., Hattori, K., Hirata, T.	4. 巻 338-339
2. 論文標題 Disequilibrium REE compositions of garnet and zircon in migmatites reflecting different growth timings during single metamorphism (Aoyama area, Ryoke belt, Japan)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 189-203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2019.04.021	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 Kawakami, T., Sakai, H., Sato, K.	4. 巻 348-349
2. 論文標題 Syn-metamorphic B-bearing fluid infiltrations deduced from tourmaline in the Main Central Thrust zone, eastern Nepal Himalayas	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 105175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2019.105175	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 Sato, K., Sakai, H., Kawakami, T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Distribution of ductile deformation around the inversely metamorphosed Main Central Thrust zone at the frontal part of nappe in southeastern Nepal Himalaya	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 e12333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iar.12333	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 Tsubamoto, T., Kunimatsu, Y., Sakai, T., Saneyoshi, M., Morimoto, N., Shimizu, D., Nakaya, H., Handa, N., Tanabe, Y., Manthi, F.K. and Nakatsukasa, M.,	4. 巻 24
2. 論文標題 A new species of Nyanzachoerus (Mammalia, Artiodactyla, Suidae, Tetraconodontinae) from the upper Miocene Nakali Formation, Kenya	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Paleontological Research	6. 最初と最後の頁 41-63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2517/2019PR004	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 Hatano, N., Yoshida, K., Sasao, E.	4. 巻 386
2. 論文標題 Effects of grain size on the chemical weathering index: A case study of Neogene fluvial sediments in Southwest Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2019.03.017	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 Swostik Kumar Adhikari, Tetsuya Sakai, and Kohki Yoshida	4. 巻 -
2. 論文標題 Data report: grain size analysis of Bengal Fan sediments at Sites U1450 and U1451, IODP Expedition 354	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Ocean Discovery Program Volume 354	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) 10.14379/iodp.proc.354.202.2018	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

〔学会発表〕 計41件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 23件)

1. 発表者名 Kohki Yoshida, Nanako Ozawa, Haruki Sugiyama, Ritsuho Kawano, Erika Ueyama
2. 発表標題 Paleosols of the Metasequoia fossil forest: Insights from the Plio-Pleistocene fluvial volcanoclastic succession in Japan
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2022, held in Chicago (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 葉田野 希, ギャワリ パブラム, 杉山春来, 吉田孝紀
2. 発表標題 古土壌タイプの区分にもとづくチベット高原南部 の中期中新世以降の気候区の変遷
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 2023 年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 KOHKI YOSHIDA, SUBHADEEP KUMAR, LALIT KUMAR RAI, HAIKAI TOMONORI, MASUDA ASAKO
2. 発表標題 Mineralogical comparison between Himalayan River sands and Bengal Fan deposits recovered in IODP Exp. 354
3. 学会等名 Neogene Climate Evolution in Eurasia: Neogene climate evolution and biotic responses (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohki Yoshida, Lalit Kumar Rai, Subhadeep Kumar, Asako Masuda, Tomoyuki Hakiyai, Jarrett W. Cruz
2. 発表標題 Detrital amphiboles reveal the onset of large erosion of the Himalaya: comparison between Himalayan River sands and Bengal Fan deposits recovered in IODP Exp. 354
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田孝紀, Kumar S., 吐合智之, 増田麻子, Rai L.K.
2. 発表標題 重鉱物組み合わせを用いたヒマラヤ河川砂とベンガル深海扇状地の比較
3. 学会等名 日本地球惑星学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田孝紀、Kumar Subhadeep、Rai Kumar Lalit、吐合智之
2. 発表標題 東インド・ブラマプトラ川上流部における川砂の重鉱物構成
3. 学会等名 日本地質学会第128年学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田 孝紀、中嶋 徹、ライ ラリット、増田 麻子
2. 発表標題 Heavy mineral assemblage of river sands along the Kaligandaki River, central Nepal and its application for Bengal Fan sediments
3. 学会等名 JPGU-AGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshida Kohki, Kumar Subhadeep, Haki ai Tomoyuki, Masuda Asako, Lalit Rai Kumar
2. 発表標題 Reconstruction of erosion history of Himalaya deduced by Himalayan river tributaries and Bengal Fan sands
3. 学会等名 AGU 2020 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshida, K., Lalit, R.K.
2. 発表標題 Detrital heavy mineral record and Nd-Sr isotopic signature in Bengal Fan demonstrtrng evolution of Himalaya and historical changes in two big river discharges
3. 学会等名 JSPS-DST Japan-India Forum for Advanced Study (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Lalit, R.K., Yoshida, K.
2 . 発表標題 Lithostratigraphy and facies analysis of Siwalik along Muksar Khola section, Eastern Nepal Himalaya
3 . 学会等名 JSPS-DST Japan-India Forum for Advanced Study (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Lalit, R.K., Yoshida, K.
2 . 発表標題 SEDIMENTARY FACIES ANALYSIS OF THE SIWALIK GROUP ALONG MUKSAR. KHOLA SECTION TO DECIPHER THE EVOLUTION OF THE FLUVIAL SYSTEM IN. EASTERN NEPAL HIMALAYA
3 . 学会等名 HKT2019 Bozeman (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Lalit, R.K., Yoshida, K.
2 . 発表標題 Episodic supply of high-temperature metamorphic mineral-concentrated sands to the Bengal Fan
3 . 学会等名 HKT2019 Bozeman (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yoshida, K., Lalit R.K., Manoj, M.C.
2 . 発表標題 Heavy mineral assemblage in the Himalayan river tributaries and correlation to Bengal Fan deposits
3 . 学会等名 AGU Fall meeting 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 江島 輝美、米山 安澄、赤坂 正秀、昆 慶明、平田 岳史
2. 発表標題 Esquel パラサイト隕石中のかんらん石に含まれる包有物
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年度年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Terumi Ejima, Azumi Yoneyama, Yoshiaki Kon, Masahide Akasaka, Kouki Yoshida and Takafumi Hirata
2. 発表標題 Oxidation States of Fe and Inclusions in Olivine from Esquel Pallasite
3. 学会等名 Goldschmidt (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江島 輝美、昆 慶明、荒岡 大輔、河野 重、高橋 浩
2. 発表標題 八溝地域に分布する深成岩類のジルコンU-Pb年代
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kawakami, T., Sakai, H., Sato, K.
2. 発表標題 Syn-metamorphic B-bearing fluid infiltrations deduced from tourmaline in the Main Central Thrust zone, eastern Nepal Himalayas
3. 学会等名 Goldschmidt 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kawakami, T., Sakai, H., Sato, K.
2. 発表標題 Syn-metamorphic B-bearing fluid infiltrations deduced from tourmaline in the Main Central Thrust zone, eastern Nepal Himalayas
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤武士・澤村俊・網田和宏・三島壮智・大沢信二
2. 発表標題 焼岳火山の山頂と1962-63年火口の噴気の化学・同位体組成
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大沢信二・齋藤武士・網田和宏
2. 発表標題 阿蘇火山の火口湖「湯溜り」のマグネシウム収支から推定される湖底下熱水活動
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoaki Takasugi, Takeshi Saito, Kuniaki Makino, Takehiko Suzuki
2. 発表標題 Tephrochronological relations of Middle-Pleistocene tephra derived from Myoko Volcanic Group and the pumice and scoria fall deposits found in Kosha Volcano, Central Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田巧・齋藤武士
2. 発表標題 新潟焼山第3・4期噴出物の石基組織解析及び化学組成分析による噴出プロセスの検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新田寛野・齋藤武士
2. 発表標題 北八ヶ岳，横岳最新溶岩の噴出年代と噴火プロセスの検討
3. 学会等名 火山学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田巧・齋藤武士
2. 発表標題 新潟焼山第4期噴出物の石基組織解析及による噴出プロセス の検討
3. 学会等名 火山学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高杉直彰・齋藤武士・竹下欣宏・牧野州明・鈴木毅彦
2. 発表標題 長野県，高社火山に見られる高社降下軽石A2層と飯網上樽テフラKT-a層の再区分
3. 学会等名 火山学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakajima Toru, Harutaka Sakai, Hideki Iwano, Tohru Danhara, Takafumi Hirata
2. 発表標題 Denudation history of the Higher Himalayan Crystallines in West-Central Nepal: insights from zircon fission-track dating and thermokinematic modeling
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中嶋徹
2. 発表標題 熱年代学的手法による、ネパールヒマラヤに分布する高度変成岩ナップの冷却プロセスの解明
3. 学会等名 ESR 応用計測研究会・ルミネッセンス年代測定研究会・フィッション・トラック研究会 2019 年度 合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakai, T.
2. 発表標題 Landslide records in delta and fluvial plain deposits in Nepal Himalayas: examples from Kathmandu Valley and Siwalik Hills
3. 学会等名 JSPS-DST Japan-India Forum for Advanced Study (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kobayashi, M. and Sakai, T.
2. 発表標題 Deformed sediment gravity flow deposits associated with bypassing slides: an example from the Miocene Ushikiri Formation, Southwest Japan
3. 学会等名 JpGU Meeting 2019,
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曾根明樹・北堀建太・酒井哲弥
2. 発表標題 タービダイトを用いた堆積盆の動きの復元－鮮新-更新統掛川層群－
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸山祐太・酒井哲弥
2. 発表標題 日本海拡大に伴う西南日本回転期の堆積盆とその発達：鳥取層群岩美層の例
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohki YOSHIDA, Jarrett CRUZ, Ai OSAKI, M.C. MANOJ, Nozomi HATANO, Christian FRANCE-LANORD
2. 発表標題 Miocene Denudation History of Himalaya Deduced from IODP Exp. 354 Bengal Fan
3. 学会等名 15th Annual Meeting, Asia Oceania Geosciences Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 France-Lanord, C., Spiess, V., Feakins S., Galy, V, Galy, A., Huyghe, P., Yoshida, K
2. 発表標題 Expedition 354 on the Bengal fan: implications on Neogene erosion regime and climate
3. 学会等名 33rd Himalaya-Karakorum-Tibet workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshida, K., Cruz, J., Osaki A., Manoj, M.C., Hatano, N., France-Lanord, C.
2. 発表標題 Detrital heavy mineral record in Bengal Fan constrains on the evolution of Himalaya and linkage of Ganga and Brahmaputra rivers
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 MC Manoj, M Kawsar, K Yoshida, AT Baxter, B Reilly
2. 発表標題 Morphological and chemical properties of Microtektite grains from Bay of Bengal (IODP Expedition: 354)
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakajima T., Sakai H., Iwano H., Danhara T.
2. 発表標題 Thermal history of the Higher Himalayan Crystallines and over- and underlying sediments in west-central Nepal: LA-ICP-MS zircon fission-track analyses
3. 学会等名 33rd Himalaya-Karakorum-Tibet workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Lalit Kumar Rai, Kohki Yoshida
2. 発表標題 Lithostratigraphy and facies analysis of Siwwalik along Muksar Khola section, Eastern Nepal Himalaya
3. 学会等名 Progress and perspective of the studies on the crustal evolution of the Indian Peninsula from Archean to the present by geochemical, chronological and geological approaches (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kohki Yoshida
2 . 発表標題 Detrital heavy mineral record and Nd-Sr isotopic signature in Bengal Fan demonstrating evolution of Himalaya and historical changes in two big river discharges
3 . 学会等名 Progress and perspective of the studies on the crustal evolution of the Indian Peninsula from Archean to the present by geochemical, chronological and geological approaches (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Nakajima, T., Yoshida, K.
2 . 発表標題 Middle Miocene denudation of the Higher Himalayan Crystalline revealed by the chemical composition of detrital garnet from the Siwalik foreland basin sediments, western and central Nepal
3 . 学会等名 Progress and perspective of the studies on the crustal evolution of the Indian Peninsula from Archean to the present by geochemical, chronological and geological approaches (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Tetsuya Sakai
2 . 発表標題 Landslide records in delta and fluvial plain deposits in Nepal Himalayas: examples from Kathmandu Valley and Siwalik Hills
3 . 学会等名 Progress and perspective of the studies on the crustal evolution of the Indian Peninsula from Archean to the present by geochemical, chronological and geological approaches (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Lalit Kumar Rai, Babu Ram Gyawali, Kohki Yoshida
2 . 発表標題 NEOGENE FLUVIAL STYLE OF MIDDLE SIWALIK ALONG MUKSAR KHOLA SECTION, EASTERN NEPAL HIMALAYA
3 . 学会等名 Nepal Geological Congress 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018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	河上 哲生 (Tetsuo Kawakami) (70415777)	京都大学・理学研究科・教授 (14301)	
研究分担者	江島 輝美 (Ejima Terumi) (70712173)	信州大学・学術研究院理学系・助教 (13601)	
研究分担者	齋藤 武士 (Saito Takeshi) (80402767)	信州大学・学術研究院理学系・教授 (13601)	
研究分担者	酒井 哲弥 (Sakai Tetsuya) (90303809)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・教授 (15201)	
研究分担者	森 宏 (Mori Hiroshi) (80788183)	信州大学・学術研究院理学系・助教 (13601)	
研究分担者	中嶋 徹 (Nakajima Toru) (60912558)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・核燃料・バック エンド研究開発部門 東濃地科学センター・研究職 (82110)	

6. 研究組織（つづき）

	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	葉田野 希 (Hatano Nozomi)	長野県環境保全研究所・技官	

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		
ネパール	Tribhuvan University	Pokhara University	Department of Mines and Geology
インド	Presidency University	Birbal Sahnii Institute of Palaeosciences	
フランス	CNRS		