

平成 21 年 5 月 12 日現在

研究種目：基盤研究 (B)  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18340160  
 研究課題名 (和文) 変成岩ナップの前進とインドモンスーンの変遷に関する地質学的研究  
 研究課題名 (英文) Geological studies on extrusion of metamorphic nappe and changes in Indian monsoon  
 研究代表者  
 酒井 治孝 (SAKAI HARUTAKA)  
 京都大学・大学院理学研究科・教授  
 研究者番号：90183045

研究成果の概要：ヒマラヤ山脈上昇史の鍵を握る変成岩ナップは、約 1440 万年前に地表に露出・急冷し、年間 3-4cm の速度で南南西に前進し、約 1100 万年前に運動を停止した。冷却は先端から北方へ向け年間約 1-1.5cm の速度で進行した。古カトマンズ湖の泥質湖成堆積物の堆積開始は約 100 万年前まで遡り、寒冷期には化学的風化が進まず、堆積速度が遅く、温暖期には化学的風化が促進され、堆積速度が速かったことが判明した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	7,400,000	2,220,000	9,620,000
2007年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2008年度	2,800,000	840,000	3,640,000
年度			
年度			
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：テクトニクス・古気候学

## 1. 研究開始当初の背景

ヒマラヤ・チベット山塊の上昇とモンスーン気候の形成および変動史とのリンケージを解明すべく、海陸双方で国際共同研究が精力的に行われている。統合深海掘削計画でも地球環境の変動史の解明は重要な研究課題となっているが、その中でもとりわけヒマラヤ山脈の上昇とモンスーン気候のリンケージは重要な研究ターゲットとなっており、インド洋を中心とした深海掘削計画のプロポーザルが多数提出されている。しかし陸上のインドモンスーン変動史の研究は極めて少ない。

またヒマラヤ造山帯の中核を成す変成帯の研究に基づく地殻深部での上昇テクトニクスの研究は近年大きく進展している。またチベットの中部地殻が大規模に部分熔融していることの発見と相俟って、チャンネル・フローや変成帯の延性押し出しモデルが相次いで提唱されている。これらのモデルを検証し、ヒマラヤの高度変化を具体的に論じるには、変成岩ナップの前進に関する熱年代学的データが必須である。

さらに、これまでの深海扇状地の掘削コアの研究成果に基づいて推定されたヒマラヤのテクトニクスの変遷に関する解釈には、陸

上から得られた結果とうまく一致しない部分があった。

そこでヒマラヤの上昇に関するテクトニクスを解明すべく変成岩ナップとカトマンズ盆地堆積物を対象にして研究すると同時に、第四紀中～後期のモンスーン変動史を復元するプロジェクトを開始した。

## 2. 研究の目的

### (1) 変成岩ナップの前進プロジェクト：

レッサーヒマラヤの現地性堆積物を南北120kmに亘って構造的に覆う、厚さ5-10kmの変成岩ナップとその直下の中新世前期の河川堆積物の熱履歴の研究を行い、その結果に基づき変成岩ナップが地表に露出してから現在の位置に定置するまでの冷却史と運動像を明らかにする。またヒマラヤが現在の高度に達した時期を特定する。さらに変成岩ナップの冷却にともなう物性の変化とヒマラヤ前縁断層の南方移動の関係を明らかにする。

### (2) インドモンスーンの変遷プロジェクト

ネパールレッサーヒマラヤの中央部に位置するカトマンズ盆地の湖成堆積物のボーリングコアについて、各種環境指標の分析と年代測定・古地磁気層所学的研究を行い、過去100万年のインドモンスーンの変遷史と湖の堆積環境変遷史を構築する。また詳細な年代の目盛りを入れることの可能な過去約5万年については、約200年間隔で変遷史を復原し、氷期と間氷期における気候、堆積環境、植生の違いを明らかにする。さらに本研究で明らかになったインドモンスーンの盛衰とエベレスト地域の氷河堆積物の研究から報告されている、過去約5万年間の氷河の消長について比較研究し、その原因を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (1) 変成岩ナップの前進プロジェクト

①ヒマラヤ南斜面の変成岩ナップ地帯の野外地質調査と試料採取：

- ・東ネパールのエベレスト南斜面、ナップ前縁のダンクッタ・トリベニ地域
- ・中央ネパールのランタン南斜面、カトマンズコンプレックス地域

②変成岩類に含まれる雲母鉱物のAr-Ar年代測定、及びジルコンとアパタイトのフィッシュン・トラック年代の測定

③既存の西ネパールのジュムラ・スルケット地域の試料の上記年代測定

④採取試料の岩石学的構造地質学的研究と年代測定データに基づく熱年代学的解析および冷却・運動史の考察

### (2) インドモンスーンの変遷プロジェクト

①湖中央部と周辺部の主要な2本のコアについてAMS14C年代測定を行い、コアの深度45mまで詳細な年代の目盛りを入れる。

②古カトマンズ湖周辺部から得られたコアについて自然残留磁化を測定し、熱消磁を行い熱残留磁化を測定し、古地磁気層序を確立する。

③コアに含まれる珪藻、花粉、粘土鉱物の組成分析、泥質堆積物の無機分析を継続し、そのデータをクロスチェックする。有機物については、全有機炭素濃度(TOC)、全窒素濃度(TN)、有機炭素同位体比( $\delta^{13}C$ )、n-alkane分析(有機物の起源を明らかにするため)を行う。

④乾燥気候の指標として微粒炭および多環式芳香族炭化水素(PAHs)の分析を行い、乾湿変動を検出する(パイロット研究)。

⑤カトマンズ盆地南部の野外地質調査と表層地質図の作成、および堆積相の解析。

## 4. 研究成果

### ・主要な成果

#### (1) 変成岩ナップの前進プロジェクト

##### ①東ネパールエベレスト南斜面～トリベニ

南北120kmのナップの熱年代学的研究

1. 変成岩のextrusion(地表露出)の時期エベレストのデタッチメント直下の変成岩と花崗岩は15-14Maまでにアパタイトの閉鎖温度まで急冷していることから、この時期に露出した。

2. 変成岩ナップにカバーされた蛇行河川堆積物の変成年代

ナップ前縁直下の現地性堆積物の碎屑性ジルコンのFTが完全にアニールされており、その年代は11-10Maを示す。ナップ中部でも同様な年代。

3. 変成岩ナップの運動停止時期と運動速度

2の結果は、遅くともこの年代までにナップが現在の位置に到達していたことを示す。従ってナップの運動速度は3-4cm/lyと推定される。

4. 変成岩ナップ前縁の熱履歴

～20MaのAr-Ar冷却年代を示す変成岩ナップは、約9.5-7.8Maまでに240±50°C、約6.4Maまでに120±20°Cに冷却した。またナップに被覆された蛇行河川堆積物の最上部も5-4Maまでには120±20°Cに冷却した。

5. 変成岩ナップ中部の熱履歴

25-22MaのAr-Ar冷却年代を示す変成岩ナップは、約6.2-4.8Maまでに240±50°C、約2.9-1.5Maまでに120±20°Cに冷却した。

6. 変成岩ナップ北部ルートゾーンの熱履歴

22-19MaのAr-Ar冷却年代を示す変成岩は、最上部では15-14Ma、中部では13-12Ma、下部では6-3MaのジルコンのFT年代を示す。またアパタイトのFT年代は最上部では15-14Maであるが、上部では5-3Ma、下

部では約2-1Maを示す。

### 7. 変成岩ナップの運動と熱履歴のテクトニクな意義

変成岩ナップは14~10Maの間に形成されたが、ナップの下部は鮮新世まで $240 \pm 50^\circ\text{C}$ に、第四紀まで $120 \pm 20^\circ\text{C}$ に保たれていた。すなわち、変成帯は地表に露出後短期間に冷却したのではなく、部分熔融したチベットの地下深部からナップに熱が長期間供給されていた可能性が高い。

### ②中央ネパール、カトマンズ地域の変成岩ナップの熱年代学的研究成果

カトマンズナップから得られた FT 年代は、ナップが東ネパールと同様な冷却史を経ていることを示す。変成岩ナップの南縁に分布する Bhainsedobhan Marble と Chisapani Quartzite 中のジルコンの FT 年代は、各々 $11.3 \pm 0.4\text{Ma}$  と  $11.9 \pm 0.8\text{Ma}$  を示す。また MBT に隣接して露出する、変成岩ナップに覆われた Dunga Quartzite 中のジルコンの FT 年代  $10.3 \pm 0.3\text{Ma}$  を示す。これらの値は東ネパールの変成岩ナップの最下部およびその直下の河川堆積物の年代とほぼ一致している。さらに、変成岩ナップの最上部を占める Markhu 層（エベレスト山頂のイエローバンドの南方延長に相当する）は、 $13.7 \pm 0.7\text{Ma}$  のジルコンの FT 年代を示す。この年代はイエローバンドの年代とほぼ一致している。Main Central Thrust (MCT) の南方延長に相当する Mahabharat Thrust (MT) 直上の雪だるま構造を持つガーネットを含むマイロナイト質結晶片岩のジルコンの FT 年代は、 $14.0 \pm 1.4\text{Ma}$  であった。一方、MT 直下の Robang 層中の変成したハンレイ岩に含まれるアパタイトの FT 年代は、 $13.5 \pm 2.2\text{Ma}$  であった。これらのデータはカトマンズナップを構成する変成岩も東ネパールと同様に約  $14\text{Ma}$  に地表に露出し、急激な冷却を被ったことを示唆している。西ネパールのカルナリクリッペは、高度変成岩からなる部分とその下位の低度変成岩からなる Kuncha 層から構成されており、南北  $120\text{km}$  に亘ってレッサーヒマラヤの現地性堆積物を構造的に覆っている。南部の Kuncha ナップに含まれるマイロナイト化した黒雲母花崗岩中のジルコンとアパタイトの FT 年代は、各々  $14.7 \pm 0.5\text{Ma}$  と  $10.3 \pm 0.5\text{Ma}$  を示す。前者は、変成岩帯の最上部に位置するイエローバンドの冷却年代と一致している。また、後者は変成岩ナップ直下の蛇行河川堆積物の冷却年代と一致しており、それは変成岩ナップの運動の停止を意味するものと解釈される。これらの新しい熱年代データは、変成岩ナップの ductile extrusion と南方への前進が少なくとも東西  $800\text{km}$  に亘って同時に発生したことを意味している。約  $11\text{Ma}$  に

はナップが運動を停止し、変成岩は約 $\sim 250^\circ\text{C}$  (ductile-brittle 境界の温度)以下に冷却した。この時 MCT は活動を停止し、ナップの前縁にプレート境界断層 Main Boundary Thrust が新たに形成されたものと解釈される。このタイミングは、ベンガル深海扇状地において堆積速度が急激に上昇した時期にも一致している。

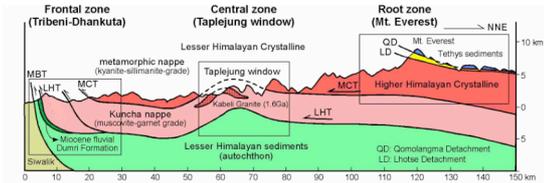


図 1. 東ネパールのエベレストとダンクッタを結んだ複合地質断面図。変成岩ナップがレッサーヒマラヤの現地性堆積物を南北  $120\text{km}$  に亘って、構造的に覆っている。

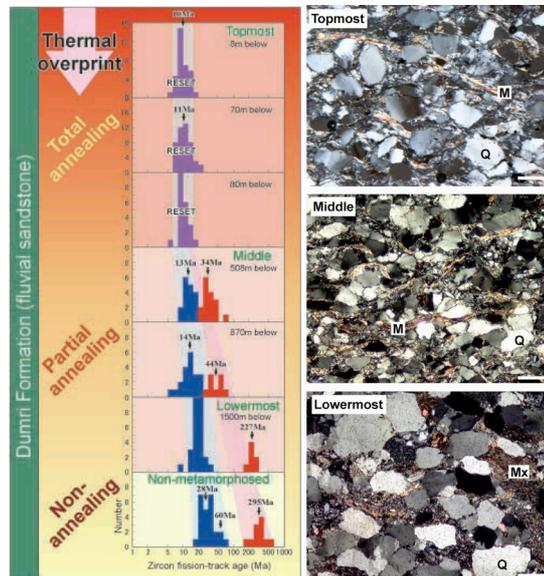


図 2. 変成岩ナップ直下の変成しな前期中新世の河川堆積物ドゥムレ層のフィッション・トラック年代の分布パターン (左)。最上部のジルコン粒子は完全にアニリングされ、年代のピークはユニモーダルである。しかし、下位のジルコン粒子は不完全なアニリングのため、バイモーダルな年代分布を示す。ドゥムレ層の砂岩の顕微鏡写真 (右)。上部と中部の砂岩には、フォリエーションによって白雲母が形成され、マイロナイト組織を呈する。しかし、下部の砂岩には、熱の影響や剪断の跡は、見られない。スケールは、 $0.2\text{mm}$ 。

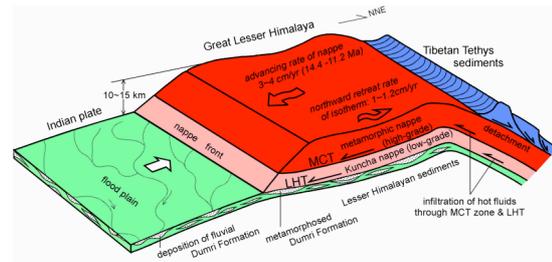


図 3. 変成岩ナップは、氾濫原上の蛇行河川堆積物を構

造的によって、3-4cm/yr の速度で、南南西に120km以上、前進したことを示すモデル。変成岩ナップの厚さは、10km以上。この時、現在のヒマラヤの高度を超える、ヒマラヤがレッサーヒマラヤに形成されていたはずである。これを“グレートレッサーヒマラヤ”と呼ぶ。

(2) インドモンスーンの変遷プロジェクト  
 ①花粉化石と有機物分析により、カトマンズでは過去約60万年の間に7回の温暖期と寒冷期が繰り返しており、それは地球規模の氷河期と間氷期に対応している(MIS 2-MIS15)。また本地域では氷期には寒冷で乾燥、間氷期には温暖で湿潤であった。約40万年前のMIS11に相当する時期には、極めて高温湿潤で、生物生産量が高く、約40万年前を境に生物の生産量は激減した。ヒマラヤの山岳氷河は温暖な間氷期に前進しているが、これは温暖湿潤な大気が温暖期にはヒマラヤの河谷に沿って奥深くまで入り込み、その結果降雪量が増加したことを示す。カトマンズでは最終氷河期の最盛期が終了した直後の2-1.9万年前から温暖化が始まっており、南極周辺海域や赤道太平洋地域とは同期しているが、北大西洋地域に比べると数1000年早い。

②珪藻化石の研究によると、古カトマンズ湖の湖水位は7回大きく低下している。この時期は花粉化石と有機物の分析では寒冷乾燥な時期を示すことから、氷河期には湖水位が低下したものと考えられる。またこの時期にはTOC濃度とC/N比は低く、 $\delta^{13}C$ 値は高い。従って、寒冷な時期には陸上起源有機物の流入は少なく、C4植物が拡大したことが推定される。また粘土鉱物の分析によると寒冷期には堆積速度は遅く0.3-0.7m/kyrであるが、温暖期には堆積速度は速く3-4.3m/kyrに増加している。また粘土鉱物の含有量も温暖湿潤期には増加し、寒冷乾燥期には減少しており、イライトの結晶化度もそれに対応して乾燥期には高く、湿潤期には低くなっている。これは即ち温暖期には化学的風化作用が促進されたためである。

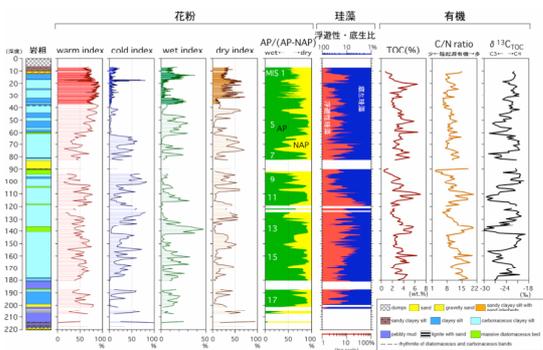


図4. ボーリングコアの分析から復元されたカトマンズ盆地の過去75万年間の気候・環境変動記録  
 約60-30万年前の間は、この湖の固有種で

ある珪藻が圧倒的に優勢で、生物源オパールの生産量も多くなる。この時期にバイカル湖でも同様な変化が起こったことが報告されており、同時期にアジア南部でも北部内陸部でも共通した生物のイベントが起きているようである。

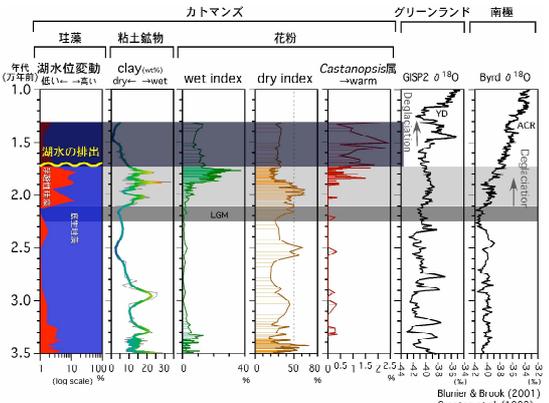


図5. ボーリングコアの最上部40mに記録された最終氷河期末期の気候・環境変動記録とグリーンランドと南極から報告された気候変動記録の比較

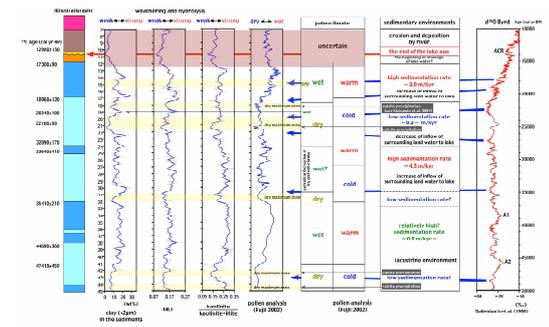


図6. 粘土鉱物の分析から復元された過去5-1万年前のカトマンズ盆地の古気候・古環境の変遷およびその南極の酸素同位体比変動曲線との比較

- ・国内外における位置づけとインパクト  
 (1) 変成岩ナップの前進プロジェクト  
 本研究の成果については、以下の4つの国際会議やワークショップで講演した。  
 \*IODP: Mission Proposal Panel (2007年8月にUSA, サンタクルツで開催)  
 \*IODP: Asian Monsoon and Cenozoic Tectonic Historyの企画会議(2008年3月にワシントンで開催)  
 \*IODP: Workshop on Climate-Tectonic Drilling in Southeast Asia (2006年6月高知コアセンターにて開催)  
 \*IGCP476: Workshop on Monsoon Evolution and Tectonics-Climate Linkage in East Asia (2007年12月東京大学で開催)  
 これらの講演では本研究の成果は、大変驚きを持って受け止められた。発表した新しい熱

年代学的データと成果の解釈は、整合的で美しく早く論文として公表するように求められた。そこで成果のエッセンスだけを簡潔にまとめた論文を *Nature* とその関連雑誌に投稿したが、前期中新世の蛇行河川堆積物を變成岩ナップが覆い、その上變成作用を被っているという事実が容認されず *reject* された。確かにこのような變成作用は世界でも初めての報告であり、私たちの主張が認められるためには、十分な事実記載と分析データを添えた論文を準備する必要があると考えて準備しているところである。

(2) インドモンスーンの変遷プロジェクト  
上記の国際会議において、深海掘削のデータに基づきインドモンスーンの変遷史を論じてきた欧米の研究者にカトマンズのデータについて解説し、論文のコピーを渡したところ「陸上から初めて報告されたインドモンスーンの変動曲線だ!」と大変驚いていた。私たちのコアボーリングに基づくインドモンスーン変遷史の研究に刺激され、インドではガンジス平原や現世湖での学術ボーリングが始まった。

#### ・今後の展望

(1) 變成岩ナップの前進プロジェクト  
變成岩ナップの冷却史と運動像については本研究により、その概要を明らかにすることができた。今後は變成岩の地下深部からの上昇過程と表層部での前進冷却過程を統合し、部分熔融したチベットの中部地殻との関係を明らかにする必要がある。そのためにはヒマラヤの北斜面から南チベットの大陸縫合帯までの地域の熱年代学的調査・研究が必要である。

また本研究では變成岩ナップを構成する2枚の變成岩シート(低度變成岩と高度變成岩)相互のカップリングや運動史、およびナップ基底の高温剪断帯と直下の河川堆積物のマイロナイト化について組織的に研究することができなかつた。今後は變成岩ナップの基底面や境界面が側方(南北の運動方向)に追跡可能な地域で、流体包有物や熱水にも注目して熱年代学的研究を進める必要がある。

(2) インドモンスーンの変遷プロジェクト  
約60万年前までのインドモンスーンの変遷と古カトマンズ湖とその周辺の堆積環境、植生変遷については、コアを1m間隔で分析したデータに基づいて各種環境指標の変動曲線を得ることができた。また上部の約45mについては10cm間隔での分析が終了し、指標相互の関係を検討することができた。今後はコアの基底の深度218mまで10cm間隔で分析することを継続し、過去約60万年間につ

いて200年間隔の高分解変動曲線を復元することが必要である。

本研究によって中期更新世以降の南アジアのインドモンスーンの変遷史の概要を構築することができた。今後は東アジアモンスーンと南アジアモンスーンの変動の同期性や成因の相互関係を解明するために、両者の比較研究が必要である。

#### 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3件)

① Mami Mampuku, Toshiro Yamanaka, Masao Uchida, Rie Fujii, Takeshi Maki, Harutaka Sakai, Changes in C3/C4 vegetation in the continental interior of the Central Himalayas associated with monsoonal paleoclimatic changes during the last 600 kyr, *Climate of the Past*, 4, 1-9, 2008, 査読有

② Mukunda Raj Paudel, Harutaka Sakai, Stratigraphy and depositional environments of basin-fill sediments in southern Kathmandu Valley, Central Nepal, *Bulletin of the Department of Geology, Tribhuvan University*, 11, 61-70, 2008, 査読無

③ Harutaka Sakai, Hideo Sakai, Wataru Yahagi, Rie Fujii, Tatsuya Hayashi, Bishal Nath Upreti, Pleistocene rapid uplift of the Himalayan frontal ranges recorded in the Kathmandu and Siwalik basins, *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 241, 16-27, 2006, 査読有

[学会発表](計21件)

① 酒井治孝, 檀原徹, 岩野英樹, 瀧上豊, ヒマラヤの變成岩ナップの前進・冷却とその造山運動におけるテクトニックな意義, 日本地質学会, 2008

② 酒井治孝, ヒマラヤ・チベット山塊の4つの上昇期と堆積環境の変化, 日本地球惑星科学連合2008年大会, 2008

③ 瀧上豊, 酒井治孝, 檀原徹, 岩野英樹, 變成岩ナップの $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ 年代から見たヒマラヤ變成帯の上昇過程, 日本地球惑星科学連合2008年大会, 2008

④ 藤井理恵, 酒井治孝, 萬福真美, 酒井英男, 古カトマンズ湖の浅層ボーリングコアに記録された堆積環境の変化, 日本地球惑星科学連合2008年大会, 2008

⑤ 桑原義博, ホットステージAFM法による白雲母の25-50°C, アルカリ性条件かでの溶解その場観察, 日本地球惑星科学連合2008年大会, 2008

⑥ Harutaka Sakai, Tohru Danhara, Hideki Iwano, Yutaka Takigami, Extrusion of Himalayan metamorphic nappe: its significance in uplifted and tectonic evolution of the Himalaya, IGCP476,

2007

⑦ Rie Fujii, Takeshi Maki, Harutaka Sakai, Middle to late Pleistocene terrestrial record of Indian monsoon reconstructed by pollen analysis of lacustrine sediments in the Kathmandu Basin, Central Nepal Himalaya, IGCP476, 2007

⑧ 藤井理恵, 酒井治孝, 中央ヒマラヤのカトマンズ盆地堆積物に記録された過去約 20 万年間の植生・環境変動, 日本植生史学会, 2007

⑨ 酒井治孝, 檀原徹, 岩野英樹, 瀧上豊, ヒマラヤ・チベット山塊の上昇とモンスーンのリネージュ: オーバービューと新知見, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 2007

⑩ 林辰弥, 酒井治孝, 谷村好洋, 内田昌男, 古カトマンズ湖堆積物中の珪藻化石の分析に基づく中-後期更新世のモンスーン環境変遷史の復元, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 2007

⑪ 豊田和弘, 郡司昌宣, 藤井理恵, 酒井治孝, 中央ヒマラヤ・古カトマンズ湖のラビバーワン掘削コア中の無機化学組成変化と堆積環境変遷に関する研究, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 2007

⑫ 藤井理恵, 牧武志, 酒井治孝, 林辰弥, 萬福真美, 内田昌男, 桑原義博, 古カトマンズ湖のボーリングコアに記録された過去約 70 万年の古植生・古気候変動の再検討, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 2007

⑬ 桑原義博, Paudel Mukunda Raj, 牧武志, 林辰弥, 萬福真美, 藤井理恵, 酒井治孝, ネパール・カトマンズ盆地周辺の古気候・古環境変動における鉱物の挙動について, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 2007

⑭ 酒井治孝, 藤井理恵, 林辰弥, Paudel Mukunda Raj, 萬福真美, 内田昌男, 古カトマンズ湖の排水・消滅の原因: テクトニクス vs. 気候, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 2007

⑮ 瀧上豊, 酒井治孝, Rai Santaman, 檀原徹, 岩野英樹, 東ネパールの変成岩ナップの  $40\text{Ar}-39\text{Ar}$  年代とそのテクトニックな意義, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 2007

⑯ 瀧上豊, 酒井治孝, 折橋裕二, インド半島コルカタ西方の原生代火山の  $40\text{Ar}-39\text{Ar}$  年代測定, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会, 2006

⑰ 酒井治孝, ヒマラヤ・チベット山塊の上昇とインドモンスーン: 両者の間に因果関係はあるのか? 日本地球惑星科学連合 2006 年大会, 2006

⑱ 林辰弥, 酒井治孝, 山中寿朗, 谷村好洋, 矢作亘, 酒井英男, 中-後期更新世の古カトマンズ湖の環境変動: 珪藻化石群集と生物源シリカの変化の比較研究から, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会, 2006

⑲ Mukunda Paudel, 酒井治孝, Late Pleistocene depositional environmental changes

in the draining stage of the Paleo-Kathmandu Lake, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会, 2006

⑳ 藤井理恵, 萬福真美, 酒井治孝, 山中寿朗, 花粉学的, 有機地球化学的研究に夜後期更新世のインドモンスーンの変動, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会, 2006

㉑ 豊田和弘, 郡司昌宣, 藤井理恵, 酒井治孝, 中央ヒマラヤ・ネパールにあった古カトマンズ湖の堆積環境の変遷に関する無機地球化学的研究, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会, 2006

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

酒井 治孝 (SAKAI HARUTAKA)

京都大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号: 90183045

### (2) 研究分担者

瀧上 豊 (TAKIGAMI YUTAKA)

関東学園大学・法学部・教授

研究者番号: 40206909

酒井 英男 (SAKAI HIDEO)

富山大学・理学部・教授

研究者番号: 30134993

谷村 好洋 (TANIMURA YOSHIHIRO)

独立行政法人国立科学博物館・国立科学博物館地学研究部・室長

研究者番号: 80141985

豊田 和弘 (TOYODA KAZUHIRO)

北海道大学・地球環境科学研究科・准教授

研究者番号: 10207649

百原 新 (MOMOHARA ARATA)

千葉大学・園芸学部・准教授

研究者番号: 00250150

桑原 義博 (KUWAHARA YOSHIHIRO)

九州大学・比較社会文化研究院・准教授

研究者番号: 90281196

山中 寿朗 (YAMANAKA TOSHIRO)

岡山大学・理学部・准教授

研究者番号: 60343331

藤井 理恵 (FUJII RIE)

京都大学・大学院理学研究科・研究員

研究者番号: 50398111

(3) 連携研究者 なし