

ヒマラヤ山脈の上昇のテクトニクス

酒 井 治 孝*

Tectonics on the Uplift of the Himalayan Range

Harutaka SAKAI*

インド亜大陸が約 5000 万年前にアジア大陸に衝突することにより、ヒマラヤ山脈が誕生した(図 1)。その主要な上昇フェーズは、次のように三分される。第 1 期はインド亜大陸がアジア大陸に衝突を開始した前期始新世から漸新世末(約 50 ~ 24 Ma)にかけて、第 2 期は前期中新世から後期中新世前期(24 ~ 10 Ma)であり、第 3 期は鮮新世末期~第四紀中期以降(約 2 Ma 以降)である。

I. 第 1 期

大陸の衝突によりテチス海が消滅してからシワリーク盆地に先行する前縁盆地が形成されるまでの期間である。両大陸の衝突境界に沿ってテチス海の海洋プレートは、インド亜大陸の陸棚~大陸斜面に堆積したチベットンテチス堆積物の上に構造的に乗り上げ(オブダクション)、オフィオライトナップやクリッペを形成している(図 2, 3)。

衝突による山地形成に伴い、インダス-ツアンポー縫合帯沿いには、扇状地や河川起源のインダスモラッセと総称される陸成層が厚く堆積した。

一方、テチス海が完全に閉じてしまう中期始新世に、テチス堆積物は圧縮され、褶曲と断層により地殻厚層化を引き起こし変成作用を被っているが、この初期変成作用の詳細はまだよくわかっていない。その後 37 ~ 29 Ma にかけて中圧型(バロビアン型, 6 ~ 10 Kb, 550 ~ 650°C)の変成作

用を被っている。

レッサ-ヒマラヤではこの上昇のフェーズは、貨幣石を含む中期始新世の海成~汽水成の堆積物が、シワリーク層群に先行する前期中新世の蛇行河川堆積物によって覆われる間の不整合によって表されている。

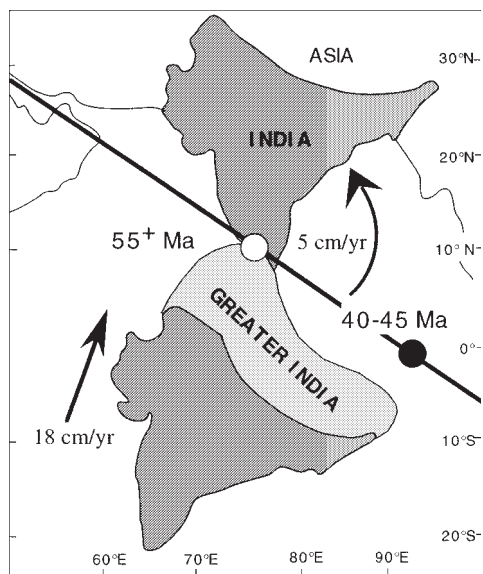


図 1 インド亜大陸は約 5000 万年前にアジア大陸に衝突し、反時計廻りに回転した。インドプレートの拡大速度は、約 5000 万年前を境に 18 cm/yr から 5 cm/yr に減速している。(Guillot et al., 1999 による)

* 九州大学・大学院比較社会文化研究院・環境変動部門

* Department of Earth Sciences, Graduate School of Social and Cultural Studies, Kyushu University

本稿は 2004 年 12 月 21 日に行われた講演をまとめたものである。

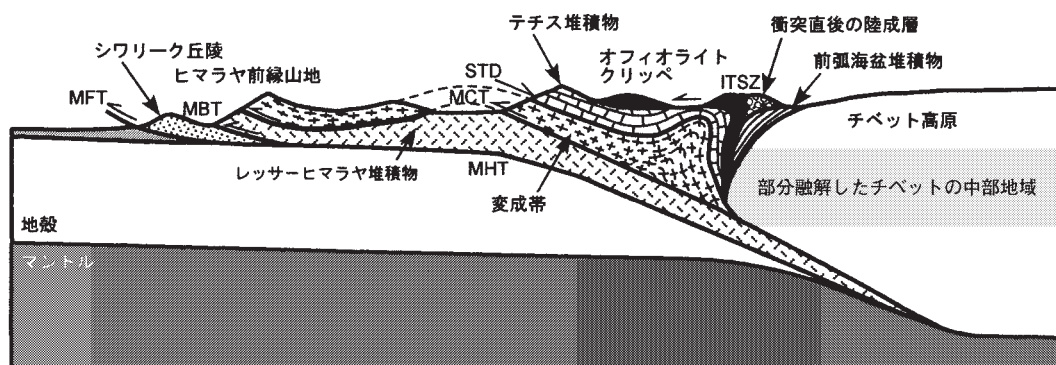


図 2 ヒマラヤ山脈とチベット南部を南北に切る地質断面図。
大陸の衝突に伴い、海洋プレートはインド亜大陸の陸棚・大陸斜面堆積物上にオブダクションし、縫合帯に沿って陸成層のインダスマラッセが堆積した。

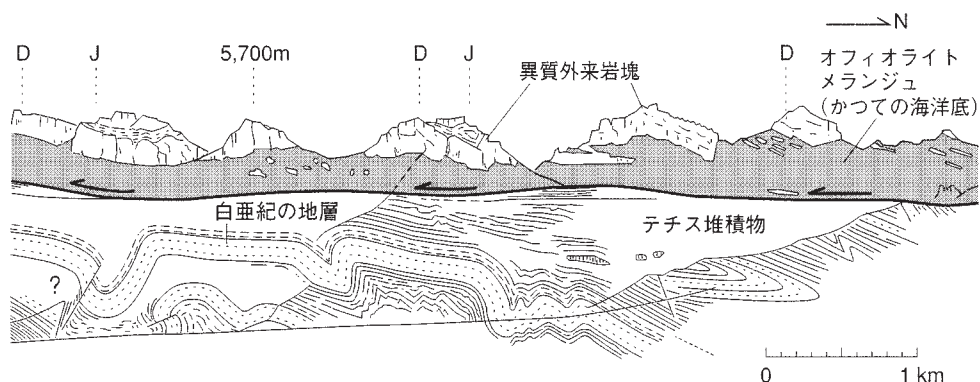


図 3 大陸衝突に伴い、インド亜大陸とアジア大陸の間にあった海洋プレートは、テチス堆積物の上を構造的に覆い（オブダクション）、オフィオライトナップを形成している。ナップの下部は剪断されたオフィオライトメランジュから構成されており、様々な時代と起源をもつ外来岩塊が混在している（酒井, 1997）。D：三畳紀白色石灰岩，J：ジュラ紀含魚卵石石灰岩

II. 第 2 期

高ヒマラヤの南麓を走る Main Central Thrust (MCT) に沿って、変成帯が上昇したフェーズである（図 4）。変成帯の上昇・減圧に伴い、地殻深部では低圧・高温型の変成作用（2～6 Kb, 600～750℃）が進行し、地殻物質の再溶融によって電気石を特徴的に含む優白色花崗岩メルトが形成された（24～20 Ma）。高度変成岩がレッサーヒマラヤの堆積物の上に急激に上昇した結果、逆転変成作用が生じると同時に、変成帯の上

にあった厚さ 1 万 m に達するテチス堆積物は STDS (South Tibetan Detachment System) に沿って北方に重力的に滑動し、北フェルゲンツの横臥褶曲群を形成した。STDS に沿う北方への滑動の時期は、エベレスト地域では 22～16 Ma と推定されている。急激に上昇した変成帯は南方のレッサーヒマラヤの上に構造的にかぶさり、変成岩ナップを形成した。その南北水平移動距離は 100～120 km に達する。

演者は変成岩ナップの直下に分布する、前期中新世の蛇行河川堆積物 Dumri 層が、ナップの熱

第2期：変成帯の上昇(24~10Ma)

Neo-Himalayan変成作用——2回の変成作用と1回の花崗岩生成

37~29Ma：パロビアン型変成作用 ~10kbar, ~650°C

24~22Ma：高温・低圧変成作用、角閃岩相 2~6kbar, ~750°C

22~20Ma：優白色花崗岩メルトの形成と結晶化作用

冷却速度：10~20°C/my (22~19Ma), ~100°C/my (18~16Ma)

変成帯の上昇と非変成帯（テチス堆積物）のデタッチメント

MCTとSTDに挟まれて変成帯が上昇：22.5~16Ma (~14Ma)

変成帯はMCTに沿って南方に前進し、変成岩ナップを形成 (14~11Ma)

STDに沿って厚さ約10kmのテチス堆積物は北方に重力滑動

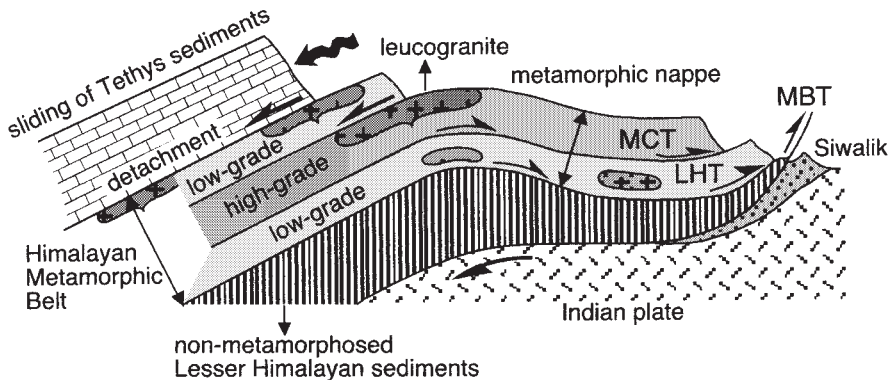


図4 ヒマラヤ山脈の核心部が上昇した第2期の地質学的イベントの総括。

と剪断運動により変成・変形して白雲母千枚岩化していることを発見し、ジルコンのフィッシュン・トラック年代測定に基づき、その変成作用の年代が11~10 Maであることを明らかにした。厚さ10~5 kmの変成岩ナップとその上位のテチス堆積物がレッサーヒマラヤを構造的に覆うことにより(図5)、レッサーヒマラヤは遅くとも11 Maには~10000 m級の山脈となっていたことが推定される。

レッサーヒマラヤ前縁のシワリーク盆地の堆積物には、約9.8 Ma頃から変成岩起源の藍晶石、ガーネット、雲母などが急激に増加するが、その原因はナップが堆積盆地の直ぐ背後に到達したことと求められる。アラビア海の深海掘削の結果によると、夏の南西インドモンスーンは約10 Maに誕生したことが知られており、ナップがレッサーヒマラヤを広く覆い、現在の位置に定置した時期と合致する。

III. 第3期

ヒマラヤの前縁山地が急激に上昇を開始した約~100万年前以降である。カトマンズ盆地の学術ボーリング(Paleo-Kathmandu Lake Drilling Project)の結果、ネパールヒマラヤの前縁山地であるマハバーラト山地は、約100万年前に急激な上昇を開始し、その結果、北側に古カトマンズ湖が誕生したことが明らかになった(Sakai, 2001: 図6)。MBT(Main Boundary Thrust)の南に位置するMDT(Main Dug Thrust)は約~2 Maに活動を始めており、プレート境界断層の位置が南方に移動し、そこで新しい沈み込みが始まったことにより前縁山地が上昇を開始したものと考えられる(図6)。同様な 1 ± 0.5 Maの前縁山地の上昇は、ビルパングジャル山地やインドのガルワル山地からも報告されており、この時期にヒマラヤ弧全域で前縁山地が急激に上昇を開始したものと考えられる(Sakai et al., 2005)。

ベンガル深海扇状地の掘削コアの研究により、

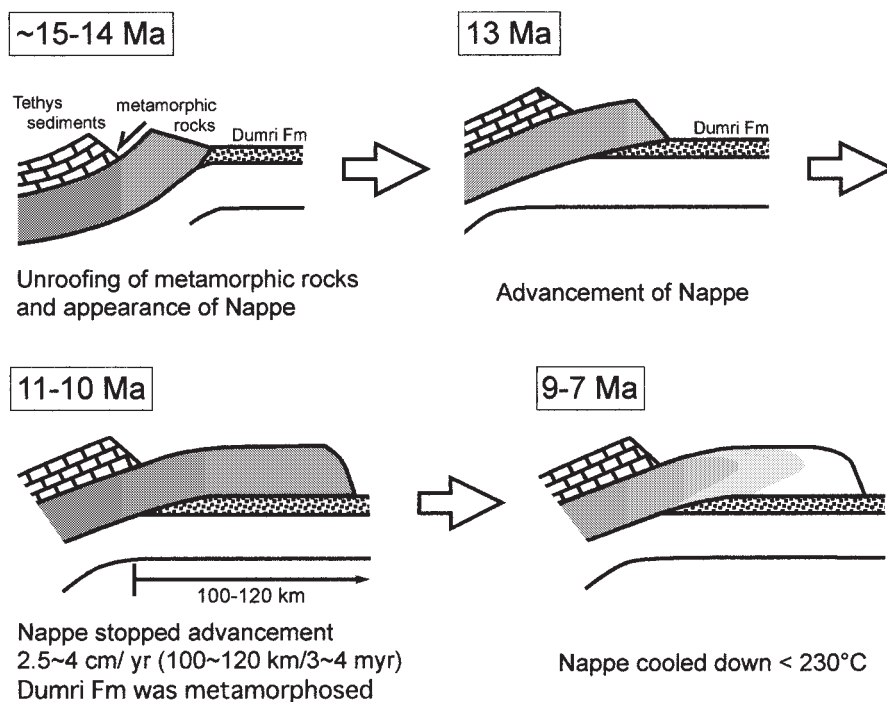


図 5 ナップの前進と冷却のモデル。変成岩ナップとレッサーヒマラヤの原地性堆積物最上部の前期中新世の蛇行河川堆積物ドゥムレ層のジルコンのフィッシュ・トラック年代に基づく。変成岩ナップは 15～14 Ma に地表に出現し、～11 Ma には 120～100 km 南方に前進し現在の位置に達した。従って、その前進速度は 4～2.5 cm/yr と見積もられる。

第 3 期：ヒマラヤ前縁山地の上昇（2Ma以降）

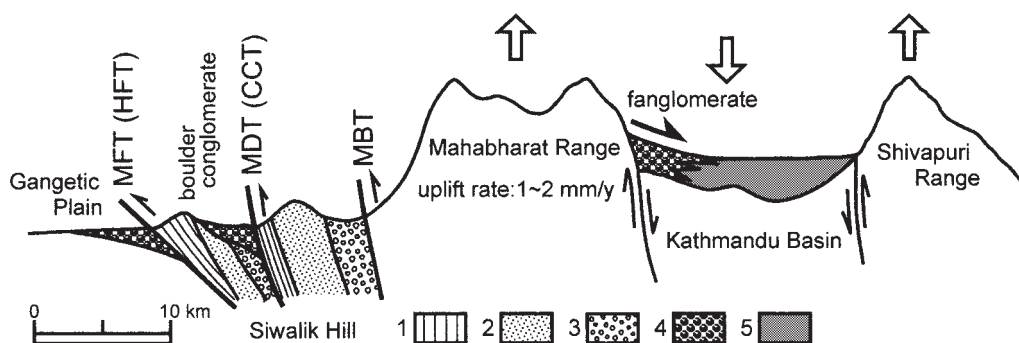


図 6 カトマンズ盆地とタライ平原を結ぶ南北地質断面図 (Sakai *et al.*, 2005). ヒマラヤ山脈の前縁山地（マハバーラト山地やピルパンジャル山地）とシワリーク丘陵は約 200 万年前以降、急激に上昇した。1. シワリーク層群下部層, 2. 同中部層, 3. 同上部層, 4. 同最上部層：巨礫を含む礫岩（土石流堆積物と扇状地礫岩）, 5. カトマンズ盆地層群

約 90 万年前に堆積速度や碎屑粒子の粒径, 粘土鉱物の組成が著しく変化したことが知られており, その原因としてヒマラヤの急激な上昇が想定されている。ヒマラヤの前縁山地が 100 万年前に急激に上昇を開始した事実と合致しているが, この時期にグレートヒマラヤも上昇したか否かについては, まだ解明されていない。

参考文献

- Guillot S., Cosca M., Allemand P. and Le Fort, P. (1999): Contrasting metamorphic and geochronologic evolution along the Himalayan belt. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **328**, 117–128.
- 酒井治孝編 (1997): ヒマラヤの自然誌. 東海大学出版会.
- 酒井治孝 (1997a): モンスーン気候はいつ始まったのか?—その地質学的証拠. 地学雑誌, **106**, 131–144.
- 酒井治孝 (1997b): エベレスト直下のデタッチメント断層とそのヒマラヤ造山におけるテクトニックな意義. 地質学雑誌, **103**, 240–252.
- 酒井治孝 (投稿中): ヒマラヤ山脈とチベット高原の上昇プロセス—モンスーンシステムの誕生と変動という視点から—. 地質学雑誌.
- Sakai, H. (2001): Himalayan Uplift and Paleoclimatic Changes in Central Nepal. *J. Nepal Geol. Soc.*, **25**, Special Issue, 155p.
- Sakai, H., Fujii, R. and Kuwahara, Y. (2002): Changes in depositional system of the Paleo-Kathmandu Lake caused by uplift of the Nepal Lesser Himalayas. *J. Asian Earth Sci.*, **20**, 267–276.
- Sakai, H., Yahagi, W., Sakai, H. and Upreti, B.N. (2005): Uplift of the frontal range of the Himalaya and deposition of fanglomerate started in the Kathmandu and the Siwalik basins at 1 Ma. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, in press.