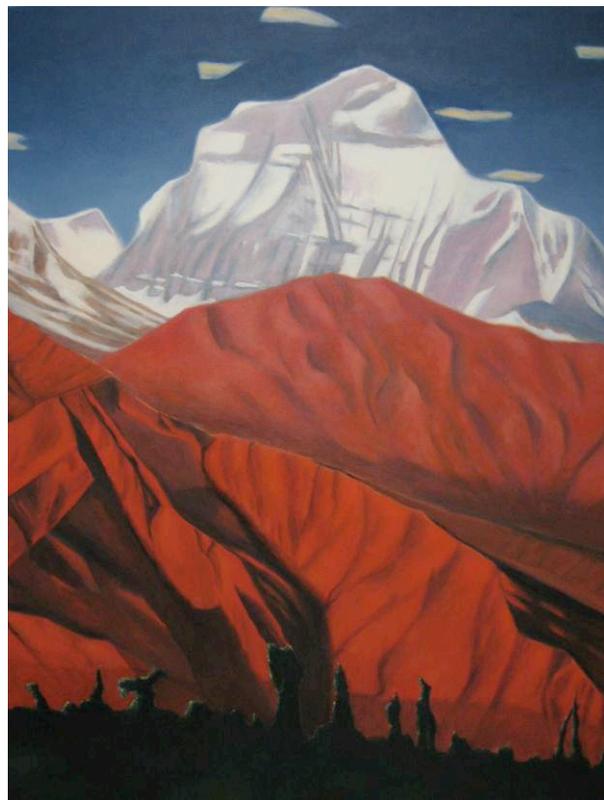


第3回  
北大山岳館講演会  
講演集

上昇するヒマラヤ

= 造山帯研究の大先達が語る =



北大山岳館編

2011年9月

## 第3回北大山岳館講演会

テーマ 上昇するヒマラヤ

講師 木崎甲子郎

### 講演要旨

なぜヒマラヤを研究するのか？ ヒマラヤは周知のようにインド大陸とユーラシア大陸が衝突した結果できた。衝突とその後の断層運動により、通常の大陸地殻の2倍の厚さを持つ地球で最も厚い大陸地殻が出来上がり、世界最高の山脈を形成した。この高さは地球の大気の運動に大きな影響を与えている。したがって、ヒマラヤを研究することは、我々の生活を左右しているアジアモンスーンがいつ頃からいかにして形成されたのかを理解する鍵ともなる。

はじめに、チベット・ヒマラヤ形成の素因である超大陸（パンゲア大陸）の、ローラシアとゴンドワナ大陸への分裂、両者の間で東に広がって存在したテチス海、約1億年前から始まるゴンドワナ大陸の一部であったインド大陸の北上と約5,000万年前のユーラシア大陸への衝突過程を紹介する。

チベット・ヒマラヤ地域と一括総称するが、地質学的には成因はかなり異なる。チベット高原はインドプレートの沈み込みによるマグマ活動の結果であり、一方、ヒマラヤは両大陸の衝突後に、さらに北上するインド大陸の深部に形成された東西に延びる大規模な断層群が原因になっている。それらの断層（衝上断層）は、北側の岩石が南の岩石に押し上がる動きを持ち、断層運動は時代と共に北から南に移動した。そのため、断層に境される厚い岩層が刺身状（あるいは瓦状、ドミノ構造状）に重なって、厚い地殻が出来、山脈上昇の一因となった。

その地盤の動きを実際に計測した研究結果を通じてヒマラヤの構造運動を理解する。

---

開催日時： 2011年6月25日(土) 午後13:30～15:30

会場： 北大山岳館

主催： 北大山岳館

後援： 北大総合博物館

北大山岳館運営委員会 第3回講演会実行委員会

中村晴彦・安藤久男・石田隆雄・松田 彊・山田知充・山口淳一

# 上昇するヒマラヤ

木崎甲子郎

はじめに

私は、北大時代には日高山脈の研究に没頭し、その後南極やヒマラヤを研究対象としてきたことから、20年前にこれらを一つにまとめた「山脈論」という本の出版を目論んだことがあり、先ず日高山脈を書き、次にヒマラヤを書き、最後に南極をとという段階で出版の計画は中断してしまった。これを聴きつけた各地の大学などから特別講義や講演の依頼があり、あちこちで話をした。今日お話しするのは、その時の講義内容の一部を紹介するもので、決して最新の研究成果を披露するものではない。

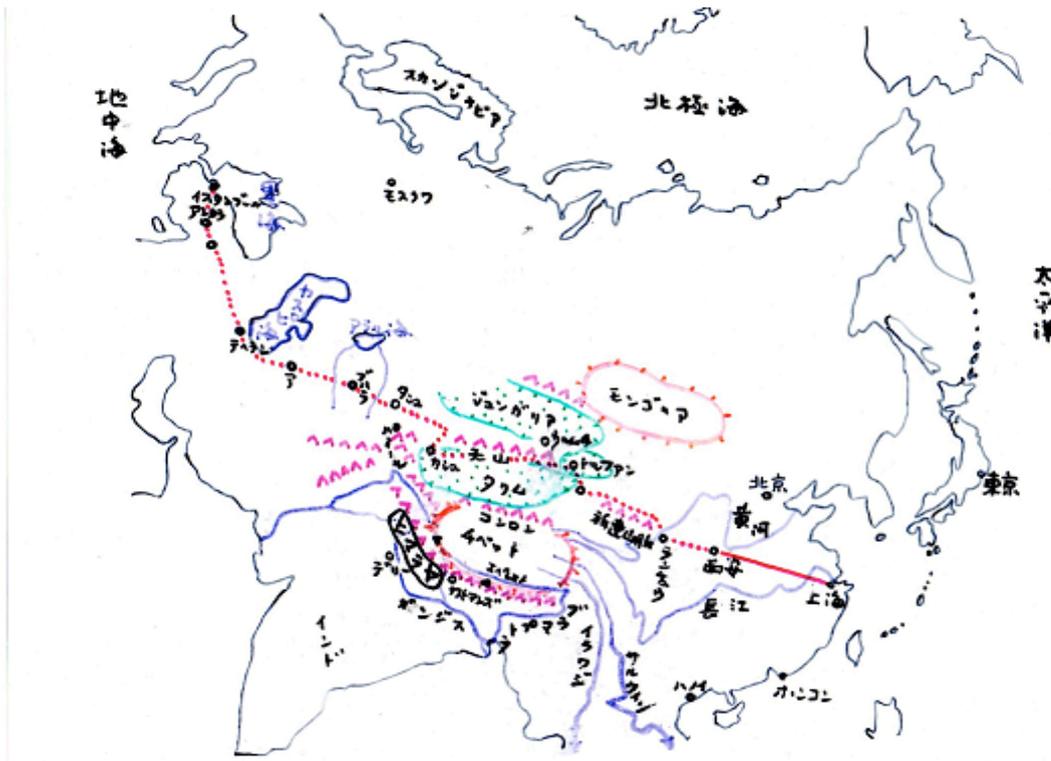


図-1 ヒマラヤの位置

ヒマラヤは、天山山脈、タリム盆地、チベット高地と続く広大な大陸の南縁にあって、世界の最高峰が並んだ大山脈である。(図-1)

このような大山脈がなぜこの場所に生まれたのか、ということが当然疑問になる。その

原因としては、インド亜大陸が南極から離れて、徐々に北上して、チベット高原の南側に激しく衝突して、ヒマラヤが盛り上がり山脈が形成された、というのがストーリーの全容だが、これを学問的に解明されてきたことの概要をご紹介しますのが本日の主題である。

## 河川系の特徴

図-2は、河川系（リバー・システム）を示しているが、図の上部はチベットで、ヒマラヤ山脈との間にはツァンポ川が東西に長く伸び、東の方で山脈を南北に横切ってインドの方へ流れ下り、最終的にはインド洋に至っている。このツァンポ川の南側の長く伸びる山並み(Tibetan Marginal Mts.)が分水嶺となっていて、ここを源流とする川がヒマラヤの主稜線を横切って南へ向かって流れている。(図-2)

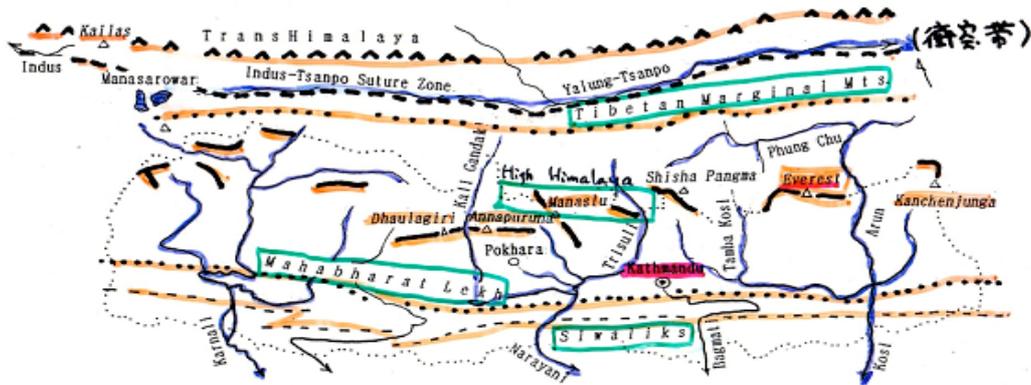


Fig.17 Rivers have risen from Tibetan Marginal Mts.

図-2 ヒマラヤの河川系

一方、インドの国境付近には、高さ千5百メートルから2千メートルくらいの山が並んだシワリーク山脈があり、さらに北側にはマハバラート山脈があつて東西方向に長く延びている。河川の流れはこれらの山脈にさえぎられ、東西方向に向きを変えます。いくつかの川を合流して、それらの山脈を横切るような、いわゆる先行谷地形が数カ所で形成されていて、それらはやがてインド平原に流れ出てガンジス川に合流します。

このような河川が山脈を横切る場所では、かつては河原であつたことを示すような砂利層の地層が山の上のあちこちにたくさん残っている。その時代は比較的新しく、十数万年から二十万年前と考えられる。つまり、地質学的にはごく新しい時代において、これらの山脈が上昇運動をしてきたことを示す証拠なのである。

## 大気循環とヒマラヤ

図-3に示すのは、大気循環の断面図で、ヒマラヤがある場合（左）とない場合（右）をシミュレーションして比較表示したものである。ヒマラヤがないと仮定すると北緯15度くらいのところに大気の大きな還流ができるはずであるが、ヒマラヤがあることによってそれが分断され、北へ寄ってきて、モンスーン発生の一因となる還流になっている。

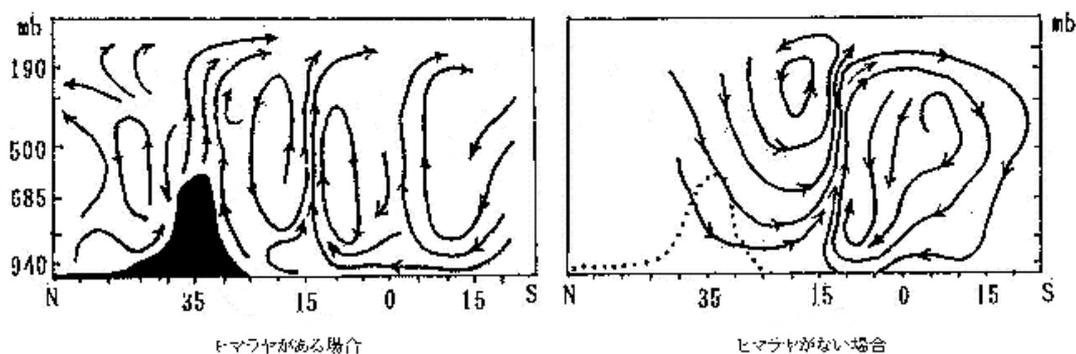


図-3 大気循環の南北方向の縦断面

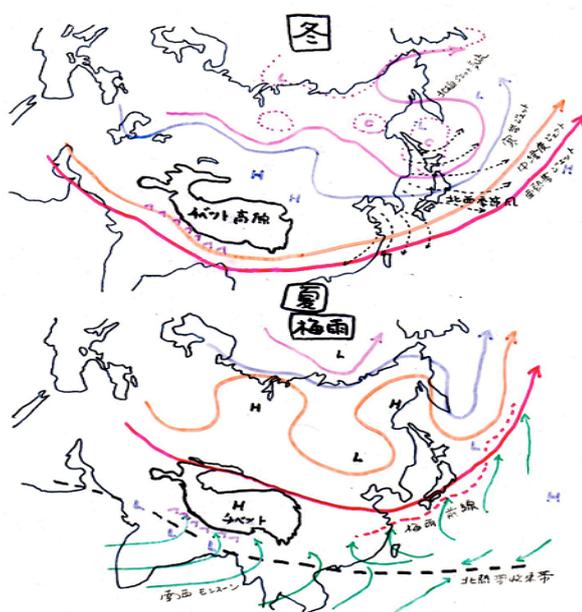


図-4 高層気流の季節変化

冬期間にはチベットの南側上空を東へ向かって流れている高層気流が夏季になって、6月のある日、土砂ぶりの雨がやってきて、インドはモンスーンのシーズンとなる。このインド半島における強い上昇気流の影響で高層気流はチベットの北側上空へと大きくシフトする。(図-4)

この高層気流の流れが日本へも影響して梅雨が発生するのであるが、その要因となっているのがヒマラヤの存在であるということである。

## 大陸は一つだった

話は少し古い時代になるが、図-5-1は、数億年前の地球の様子で、南極を中心に南米、アフリカ、オーストラリアの各大陸、それにインド亜大陸が一つの大陸として繋がっていたことを示すものである。それぞれの陸にある造山帯（変成地域）が繋がるように分布していることがその証拠である。

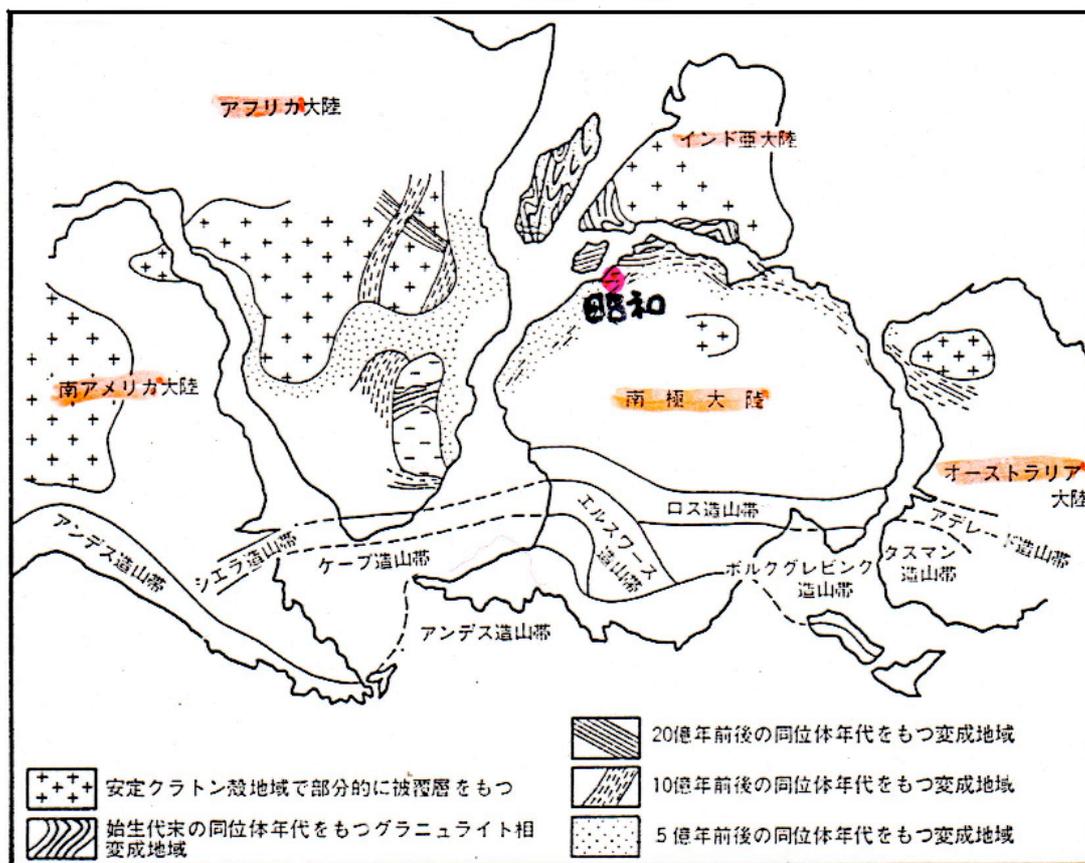


図-5-1 古生代以前の変成地域

造山帯だけではなく、化石も同様で、古生代のラビリソドントや中生代の恐竜の仲間であるリストロザウルス、植物で



図-5-2 共通にみられる化石の例

もグロソプテリスなどがそれぞれの大陸の地層に共通して現われている。(図-5-2)

また、大規模な氷床（大陸氷河）によって運ばれた漂礫岩がこれらの大陸に共通して広く分布していることが知られている。(図-5-3)

その分布状況や古生代の地層の中に記録されている氷河の流れた痕跡、堆積物に含まれる割れ目などから推理し復元して表現したのが図-6で、南極とオーストラリア、南極とインド亜大陸、南極とアフリカとの間にそれぞれ相互に合致する方向性が確認されることから、その源流となる氷床の分布が推定されることを示している。

このように現在では離れた場所にあるこれらの大陸間には様々な共通点があることから古生代においては、一つのまとまった大陸、ゴンドワナ大陸として存在していたと帰納的に結論づけることができる。

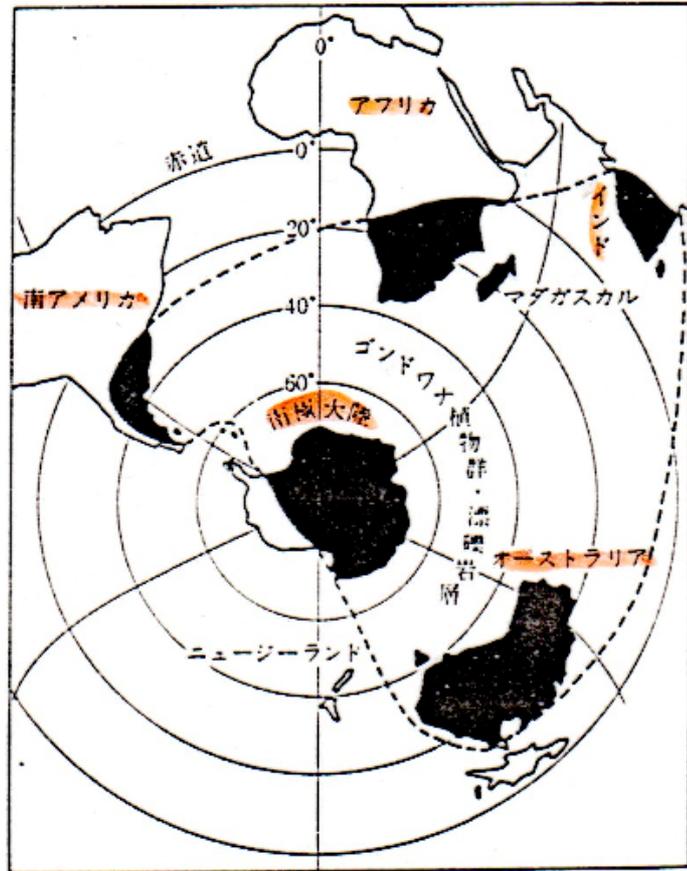


図-5-3 漂礫岩の分布

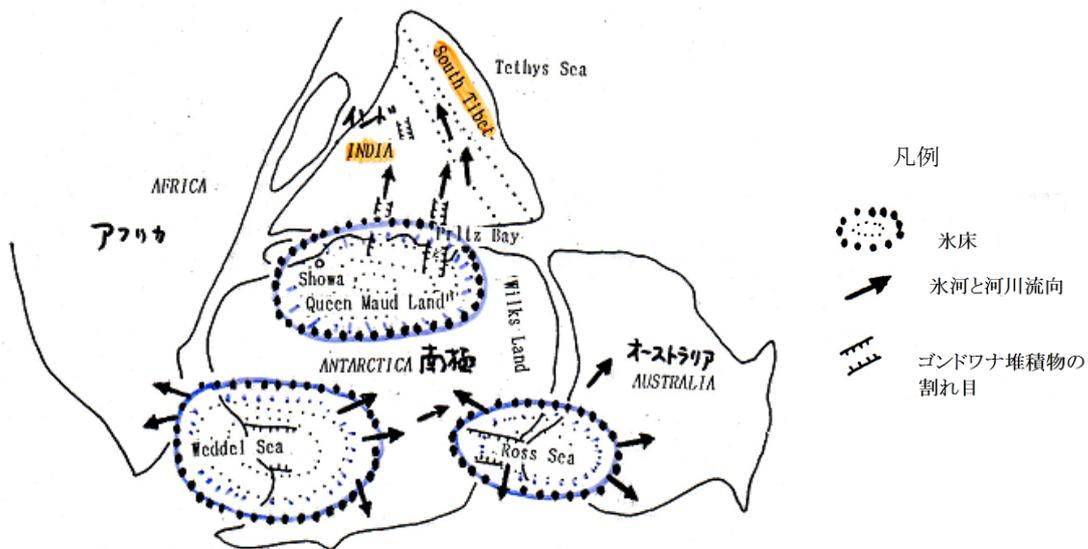


図-6 氷河及び河川の流向

## 大陸移動

今から3億年前の古生代においては、ローラシア（ヨーロッパとアジア大陸）を含むアフリカ、南米、南極、オーストラリア、そしてインド亜大陸が一体となって存在し、これをパンゲアと呼び、地球上唯一の大陸であったと考えられる。

(図-7)

それが中生代のジュラ紀、1億5千万年前にはローラシアとアフリカが分離し、その間に海ができた。それをテーチス海と名付けている。その名の由来はギリシャ神話の女神の名前から来ている。

この時代、日本はユーラシア大陸の端っこにくっついていたかどうか、微妙であるが、ともかくこの段階で南側に残った大陸がゴンドワナ大陸である。

白亜紀、1億2千万年前になると、インドが離れ、南極・オーストラリア組がアフリカ・南米組とに分かれた。またテーチス海は完全に東西に開かれた海となったため、赤道近くの海流が地球をぐるぐる一周して循環できるようになった。ところが新生代の第三紀、6千5百万年前になるとアフリカ大陸がユーラシア大陸に再び結合してしまい、海洋の循環を遮ってしまった。このことは、中生代から新生代の初めころまでは海流の全地球的大循環のために全体として温暖であり、爬虫類や恐竜に適した環境だったと考えられる根拠となり、新生代中期以降になると、海流の流れが大きく変わり、赤道近くの気候が寒冷化に向うことになった証となる。

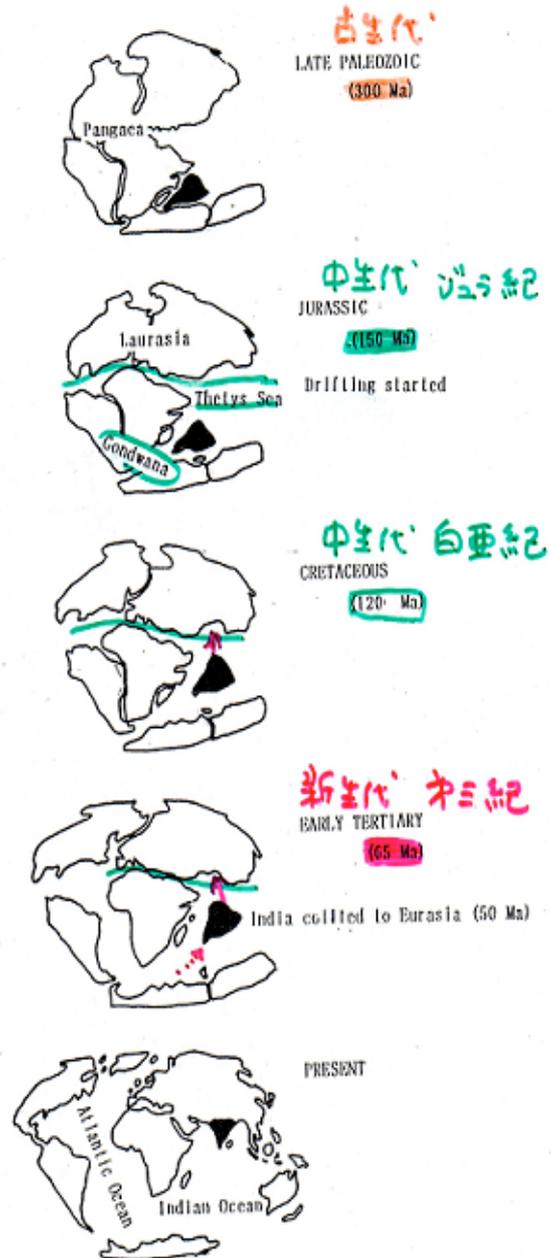


図-7 パンゲアの分裂移動

インド亜大陸について化石から見てみると、新生代以前には哺乳動物がいなかったとされ、牛や馬が化石として出てくるのは第四紀になってユーラシア大陸とつながった後になってからのことである。

図-8に示すドリオピテクスという猿も、第3紀になってからインド亜大陸に移住してきたものである。古第三紀以前にはインドにはほ乳類は分布していなかったことは、それ以前の地層に哺乳類の化石が出ないことで証明できる。テーチス海がバリアーになったのだらうと考えるのが自然である。

古第三紀以前のインド大陸は南極、オーストラリアなどと一緒にゴンドワナ大陸を作っていたのだから、ユーラシア大陸とは別に考えなければならない、ということが時代ごとのほ乳類の化石の分布範囲からも推論が可能なのである。

このようにパンゲアから次第にばらばらになり、現在のような大陸の配置に至る経緯は、古生代以来の固有の化石やその後の外来生物化石などの地質時代の分布や痕跡から分離の時期や結合の時代を確定することができる。

化石を研究している地質学者によれば、古生代には日本が赤道近くにあり、温暖な気候であったという講義をしているが、それは古生物の生活環境から推論されたものである。

以上のような大陸移動の変遷からヒマラヤについていうなれば、新生代になってインドが南から移動してきてユーラシア大陸にぶつかってできた、と単純化していうことができ、それは約5千万年前のことである。

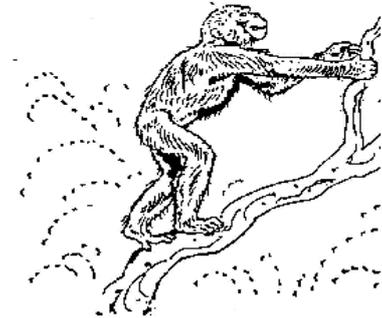


図-8 ドリオピテクス

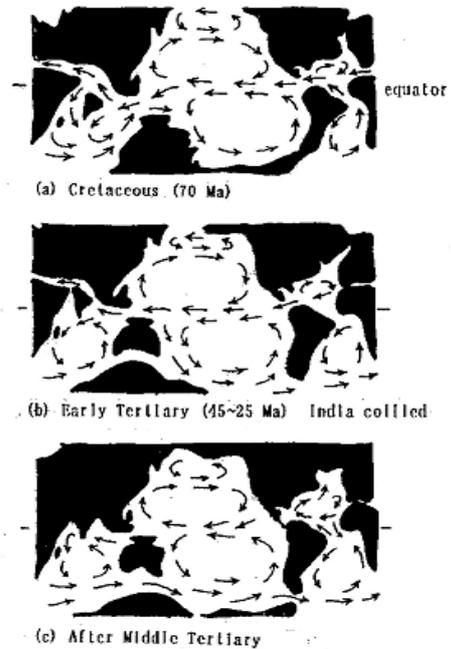


図-9 海流の変遷

## 海流の変遷

白亜紀時代の海流は、図-9にみるように、テーチス海が東西に開けていて大西洋はまだ不完全な状態なので、赤道近くを西に向かって地球を一周するように流れていた。

しかし第三紀初期になってユーラシアとアフリカがドッキングして流れが遮断されるが、南極と南米は離れて太平洋と大西洋が南端で繋がります。しかしまだヒマラヤ地域は海のままです。第三紀中期にはインドはユーラシア大陸にぶつかり、また南北アメリカ大陸も

つながり、ほぼ現在に近い形になり、海流の循環もかなり現在の状態に近くなります。しかしまだニューギニアはオーストラリアの一部です。ニューギニアにはカンガルーに似た有袋類がいて、オーストラリアから分離して現在のような島になるのはさらに新しい時代になる。

このように2千万年前ころに、南北アメリカもつながり、テチス海も閉じられたため、太平洋は孤立し、赤道を真ん中に南北の海流のみとなると、全体に冷却傾向になり、気候は寒冷化してきた。

## 研究テーマの設定

1980年に文部省の海外科学調査研究費を受けて、ネパールの地質調査研究することになったが、その後2年おきに2回、合わせて3回の現地調査を行った。その際われわれは、集まってみんなで研究テーマを相談しました。それ以前から北大ではヒマラヤの地質調査を長年続けてきていて、それなりの実績を積んで秩父宮学術賞なども受賞しているので、その延長線上の調査研究をすることも選択肢の一つではあったけれど、議論の末に「ヒマラヤは今でも上昇しているかどうか」を研究のテーマにするのが面白そうだ、ということになった。

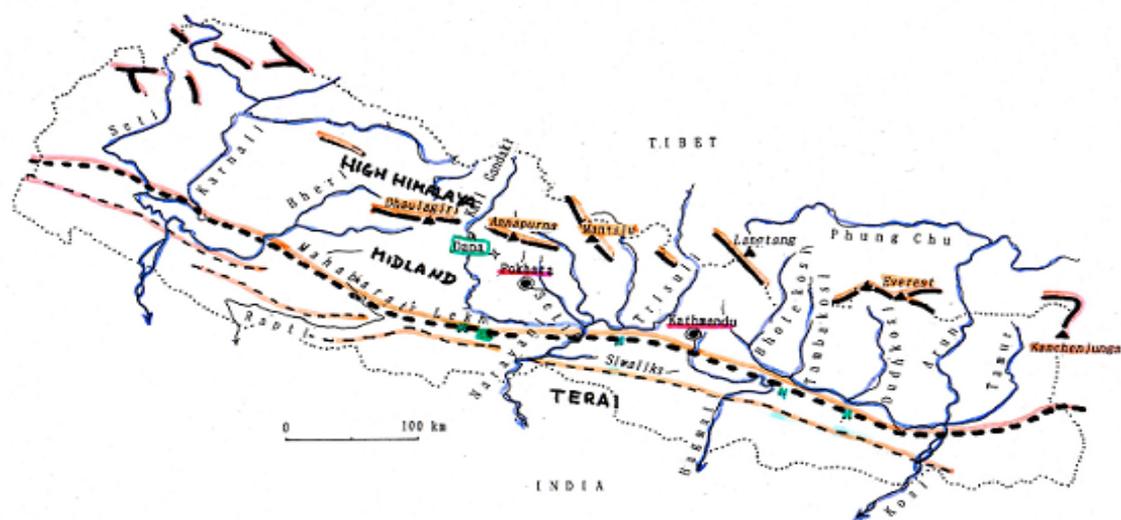


図-10 調査箇所（緑色で表示）

それではどのようにすればそれが解るのか、ということで、基礎的な地質調査とは別に実際に測量をしてみることにした。京都大学の防災研究所で測量を経験している横山宏太郎がこの要員として調査隊員に加わった。そして測量する場所も、カリガンダキ中流のダナという村に決めた。その理由はここにヒマラヤ東西に長く伸びる大きな断層があり、そ

それをまたいで測量し、4年後にまた同じ場所で測量することで、4年間における断層の動きをキャッチできるかもしれない、ということであった。

同様の測量を南側のシワリーク山脈とマハバラート山脈の間にある断層の場所でもやろうということになった。(図-10) ここでは河原の砂利層を切って断層があり、北側の地層がのし上がっているのがみられる。断層が動くことによってその部分は泥のようになっているが、ここではそれが段丘の下に露頭としてはっきり確認できる。だからこの断層は動いているに違いないと考え、測量個所と決めた。

このようにして2か所を測量場所に設定して現地に入り、ヒマラヤは本当に動いているかどうかを確かめたわけである。

これらの場所が南北方向の断面でみると、地質構造上どんな位置にあるかを示しているのが図-11である。

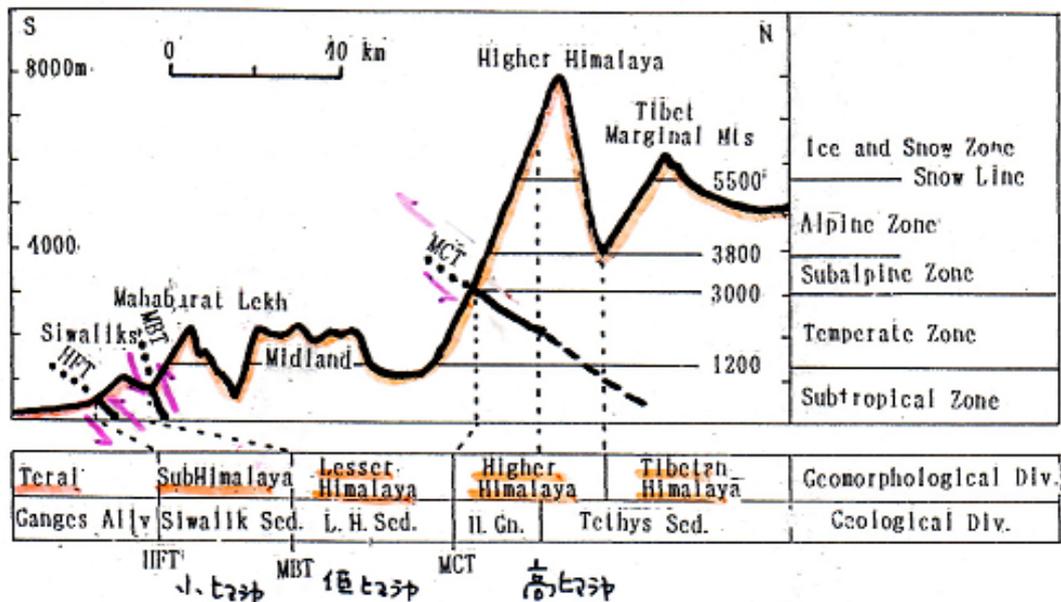


図-11 ヒマラヤの主要な衝上断層

この図で最も高いのは高ヒマラヤ帯で、その右の方がチベット高原である。高ヒマラヤと低ヒマラヤとの間にはMCT（主中央衝上断層）があって、ダナ村は丁度この場所に位置していて、これが動いていればヒマラヤが上昇していることが証明できる。

テライ寄りにはシワリーク山脈を挟んでMBT（主境界衝上断層）とHFT（ヒマラヤ前縁衝上断層）2列の大断層が並行して走っているが、今回は前者の断層部分に焦点をあてて測量を実施した。

## シワリーク山脈の動き

ネパールの南の端、ヒマラヤの前縁帯にあたる場所で、インド平原に接する標高2千メートルくらいのシワリーク山脈があって、その山の上に河床の跡が残っているが、砂岩などの地層の中にもその痕跡を残している。その痕跡を調べることにより、川の流れていた

方向がわかる。図12は、その調査結果を示すもので、矢印が流れの方向を表している。

この結果をみると、大局的に北から南に向かって流れ

ていたことがよくわかる。その時代は、地層の時代区分から千5百万年前から百万年前までの期間、すなわち第三紀から第四紀にかけてのことであり、その時、北側にはヒマラヤがすでに存在していたことの証でもある。

また、地質柱状図を見てわかるように、比較的古い地層では、湖や池に堆積したと考えられる泥岩や砂岩など粒子の細かい地層であり、化石もその生息環境を示すものが多いが、時代が比較的新しくなるほど粗い砂岩や礫岩が増加してくる様子がみられ、ヒマラヤとの距離がだんだんと短くなってきたことを推定させる。これは、調査隊に参加した堆積学の専門家の研究成果の一つであり、我々の研究がいろいろな専門家との共同研究という体制で実施した、いわば地学における総合科学の成果である、と言えるだろう。

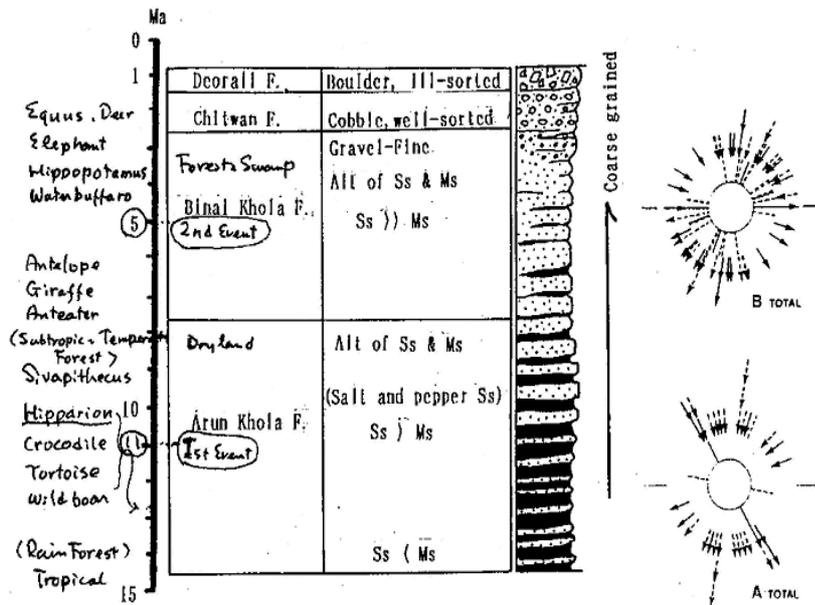


図12 シワリークに残される河川流向

## ムスタン堆積層の傾斜

カリガンダキ上流のムスタン地域の河岸堆積物をみると、千万年前から5百万年前までは、ヒマラヤの北側に平穏な湖沼があり、堆積物が形成されたが、その後3百万年から百万年前にはヒマラヤの上昇があり、湖沼が北側に移動すると同時に河川浸食が活発化し、河川の流れが南に変わり、先行谷が形成されるに至る。さらに百万年前ころになると、ヒマラヤは益々高くなり、湖はついに干上がり、湖沼堆積層はさらに北に傾斜することになる。そして、ヒマラヤはさらに高度を増して、氷河からの堆積物層が河床に形成されるに至る。(図-13)

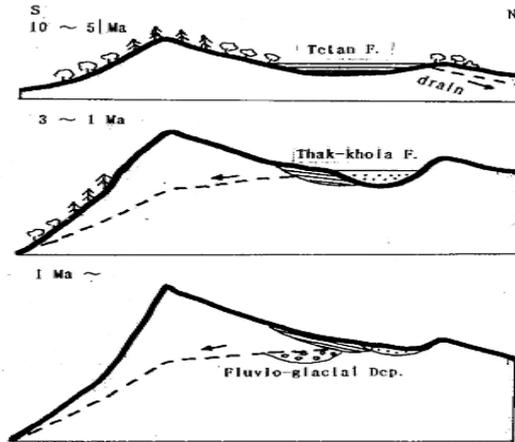


図-13 シワリークに残される河川流向

## 測量場所設定の経緯

地質学的な知見からヒマラヤが過去に上昇してきたことの実事は解るが、現時点における上昇を確認するためにすすめる測量調査をどこで実施するか、ということをも具体的に検討する段階となる。

図-14は、チベットからインド平原に至る範囲の中で、カリガンダキという河川が北から南へと流下する地域の地質構造を示すものである。その中流部にタトパニという地名がある。タトというのは熱いという意味で、パニは水ですから、「熱い水」つまり温泉の湧く場所ということである。

これはMCT(主中央衝上断層)によって地下深部から湧き出してくるもので、火山性のものではない。断層に沿って東西方向

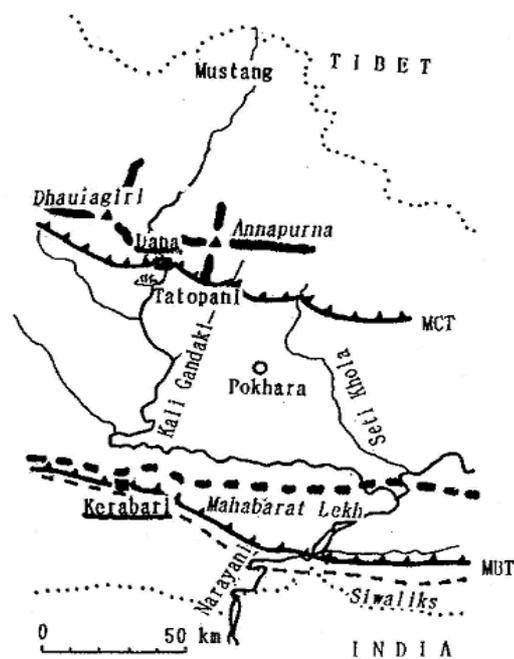


図-14 カリガンダキ沿いの地質構造

にネパール全土で、タトパニと呼ばれる場所が分布していて、そこには温泉が見られる。こうした断層に由来する温泉は、ヒマラヤだけではなく世界中に見られ、台湾にもあることが知られている。

ネパール人には温泉に入る習慣はないけれども、熱い湯が出ることには関心があるようだ。河原に穴を掘り、川水を流して温度を下げた水浴していることもある。カトマンズ北部のある場所ではコンクリートの壁を作って上から滝のように降らせてお湯を落とし、洗濯できるような仕掛けを作っている所もある。

このような活発な断層をまたがるような側線を作ればヒマラヤの上下運動の計測も可能であろうということで、タトパニのあるここダナ村を観測地点とすることにした。

もう一つは、マハバラート山脈とシワリーク山脈にはさまれたところで、インド亜大陸がもぐりこむ場所と考えられている MBT（主境界衝上断層）であれば微妙な動きを観測できるかもしれない、ということでケラバリという場所を計測場所とした。

こうして場所が選定されて、それぞれ測量をすることになったのであるが、高知大学の学生だった大村誠君が中心となって熱心に測量した。

#### ダナでの側線（測量地点の列）配置

図-15は、ダナの観測場所に設定した測点の配置図である。断層は一部を描くのみにとどめているが、実際には東西方向にさらに延びている。その断層を挟むように尾根上に D1 から D4 までの4点、カリガンダキの川沿いに D5 から D9 までの5点の測点を設置した。

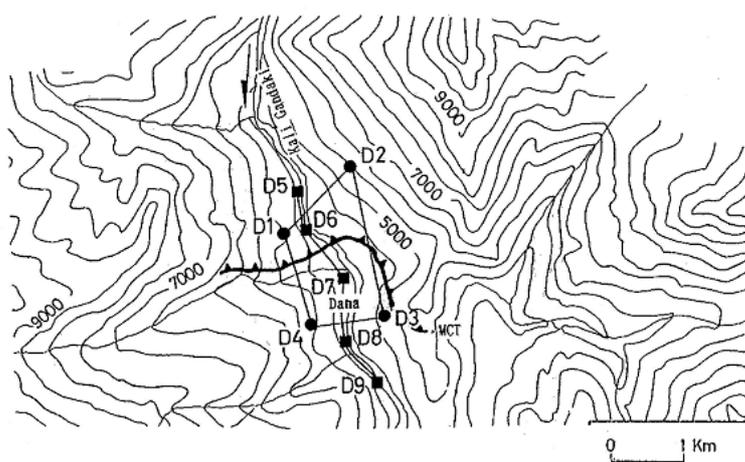


図-15 ダナでの側線

尾根上の4点は、谷からの標高差が200メートルくらいの場所で、そこからはベースキャンプのあるダナの村が見える。精密測量をやるには、より精度を高めるために測量作業は大気安定している夜間に行なうのがよい、ということで計測はすべて夜間に実施した。トランシットを覗く側と反射板をもつ側は互いに無線機で連絡を取りながら

の作業であるが、腹が減るやら寒いやらで、なかなか厳しい作業を強いられた。

川沿いの側線についてのレベル測量は、1点ずつ往復観測をしながらの計測作業で、こ

ちらもなかなか骨のおれる仕事であった。

これらに約3週間に要したため、地質調査のフィールドワークがほとんどできない状況であった。それというのも、人員不足で測量のポール持ちの係として狩り出されたためである。自分の仕事は捨てて人夫に雇われたわけです。

ようやく一段落してもう少し北の方に行って地質調査ができるかと思いきや、横山宏太郎が、測量精度がいまいち納得できないのでもう一度測量をやりと言いついて、さらに1週間余計に時間を費やした。

結局、この隊の遠征ではほとんど地質調査もできないままひたすら人夫の役目を果たすだけに終わってしまった。

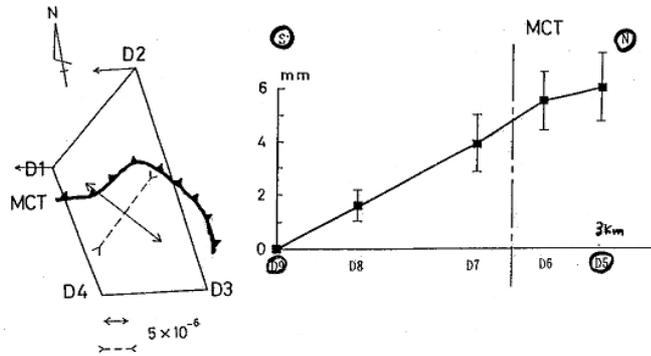


図-16 ダナでの変動量

### ダナ地点の測量結果

2年後、さらに2年後と観測を続け、4年間の時間を経過しての測点の観測結果をまとめたものが図-16である。

図の左側は、各測点の平面上の移動方向を示しており、断層の北側の2点が相対的に西側へ移動し、かつD1-D3間が伸び、D2-D4間が縮んでいる様子がうかがえる。

一方、カリガンダキ沿いの側線の上下変動量をみると、南端のD9を不動点と仮定すると北へ行くにしたがって上昇傾向がみられる。しかし、MCTの前後のD7とD6の間には極端な動きの差が見られず、少なくともこの4年間に関してはこの断層が大きく活動した証拠をつかむことができなかった。ただし全体として北側が撓曲して、3kmの水平距離に対して約5ミリメートル上昇していることが確認できた。

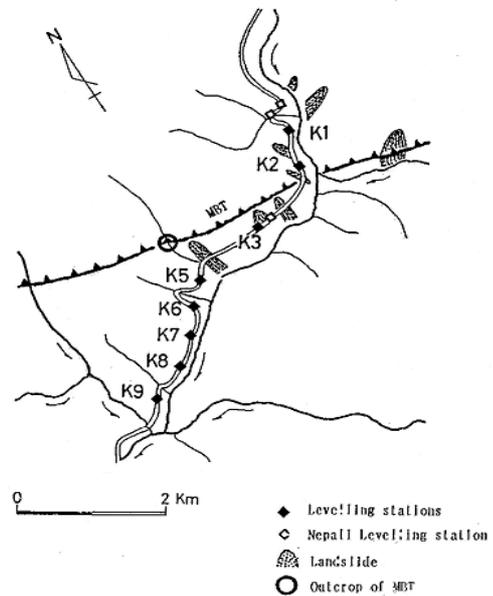


図-17 ケラバリでの側線

## ケラバリでの側線配置

ガンジス平原に近いケラバリという村での主境界断層での測地観測について見てみることにする。ここから北側はヒマラヤの山脈が始まるところであり、ここから南はガンジス平原に連なる、そんな境界にあたる場所である。

この断層を横切るように K1 から K9 まで 9 個の測点を設置した。(図-17)

そして 4 年後に再び現地へ行って測量したわけである。

その結果は、見事に断層の動きをとらえることができた。図-18 は、K9 を不動点と仮定して 4 年間での標高差を表示したものである。

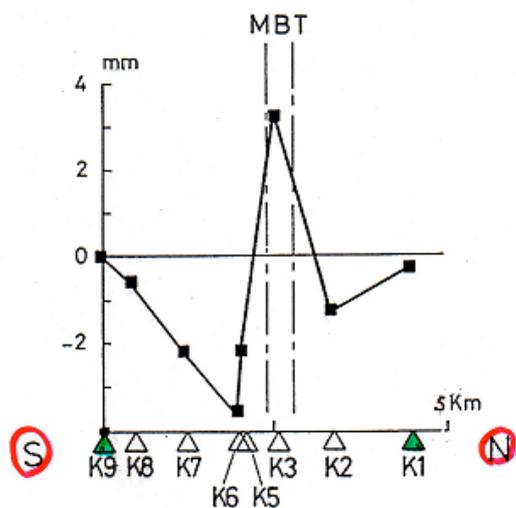


図-18 ケラバリでの変動量

断層 MBT の個所で著しい変動があることが見て取れる。K6 では-4 ミリメートル、K3 では+3 ミリメートルで、その差は約 7 ミリメートルである。

専門外の人には非常にわずかな動きに思われるかもしれないが、地質時代の時間感覚で考えると、4 年間で 4 ミリという動きというものは非常に大きなものだと評価できる。

この近くの河岸段丘をみると、段丘底面がせりあがって段丘礫層の上に乗っているような現象もみられるようなところもある。だからこのような結果が出ることも十分考えられたところであるが、実際の数値として動きを計測したことは意義深いことである。

## ヒマラヤの地質構造

図-19 は、ヒマラヤの地質構造を大局的に示したもので、太い線は断層であり、三角形のとげのある方向に断層面が傾斜していることをあらわしている。全体とし

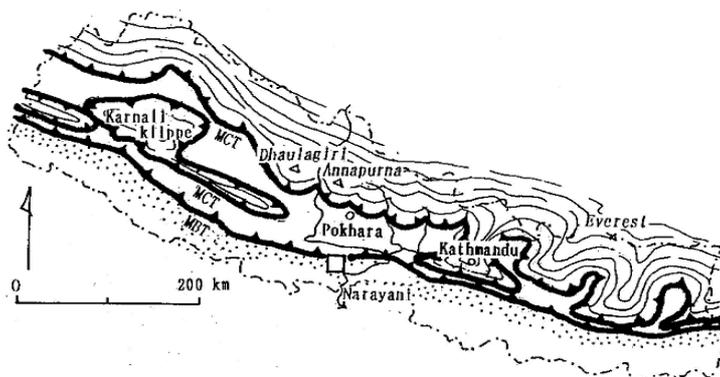


図-19 ネパール全域の地質構造

て北に傾斜しているが、部分的に断層面が窪んでいるような場所がみられる。カトマンズ盆地のある場所も、同様に窪みになっている。

これは、断層に沿って北側のブロックが南側に向かってせり出していて、それが舌を出したように垂れ下がった形をなしているものである。これはナツペとよばれているが、語源としてはナプキンで、ナプキンがぶらさがったような形ということである。そのナツペの途中が浸食で削り取られてしまうと、西ネパールに見られるように北側の本体ブロックと切り離されて、古い地層が上に乗った形で島状に取り残された状態になる。(Karnali Klippe)

マラヤでは断層を境にして、断層面に沿って北側にある古い地層が滑るようにせり出したために、新しい地層の上に古い地層が乗った形で分布することはよくあることである。

### カトマンズ盆地の地質構造

カトマンズは地形的に盆地であり、南側にマハバラート山脈の一部がある。その岩体はヒマラヤの片麻岩や花崗岩を含む地層でできていて、MCT（主中央衝上断層）の上を舌を出すような形で滑るように南へと這い出した形状、すなわちナツ構造をしている。

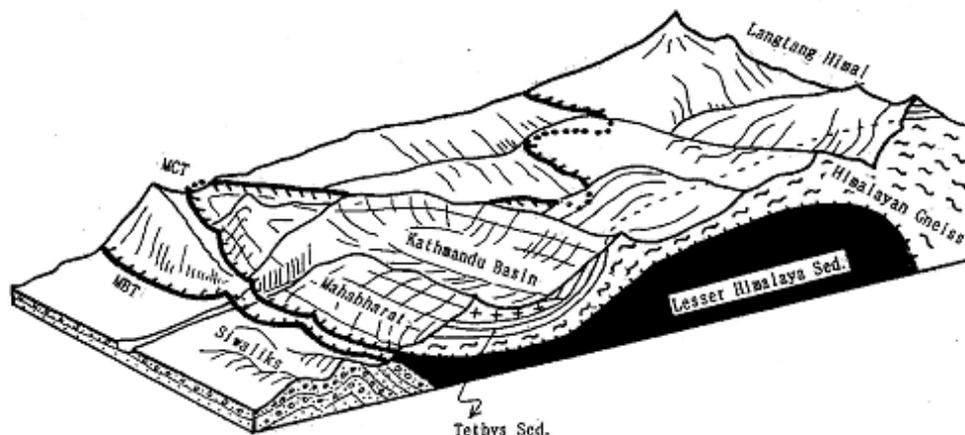


図-20 カトマンズ盆地の地質構造

南の端に行くと、その下にはすぐに MBT（主境界衝上断層）があり、それを境にして砂や砂利、礫層でできた新しいシワリーク層の上のし上がっている。これらの巨大断層の上を滑り上がっていることによって盆地状の地形が形成されたのである。(図-20)

その盆地は、かつては湖になっていて、その底には泥炭や砂層などの非常に新しい地層が堆積している。その状態を断面的に示したのが図-21 である。盆地底部の堆積層の状態を調べると、深部にある地層は南側に偏り、しかも北に傾いている。そしてより新しい

地層は、北側に分布域を広げるような堆積をしていて、さらに最近の地層がその上にほぼ水平に分布する。湖底の堆積は本来水平に形成されると考えられるので、このような状況から推理すると、時代の進展と共にマハバラート山脈が上昇して、これにより堆積域の北側への移動や地層の傾斜が生じたものと容易に推論できる。これはとりもなおさず断層 MCT が活動していることを示しているのである。

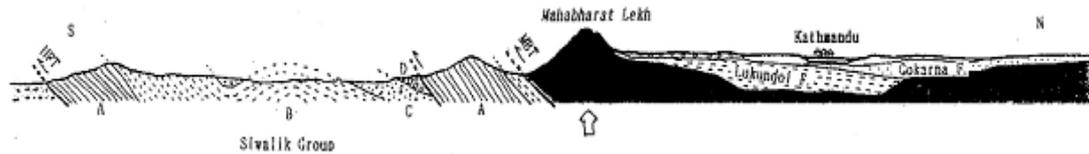


図-21 カトマンズ盆地とその南側の地質断面

そもそも私は、断層が動くことが山脈を造る要因であると考えている。褶曲山脈といえども褶曲だけでは山脈は造られない。褶曲というのは地層の内部で生ずる現象であり、それによって部分的な盛り上がりがあるとしても、それだけで山脈が造られることはない。それはやがてどこかが切れて断層が生じ、それによって山脈が形成される。

シワリーク層の中では A・B・C・D の順で新しい地層であるが、D 層の上に古い A 層が断層でせり上がり、その上に断層によってさらに古いミッドランド層、そのまた上に古生層が乗っている。こうした断層群の活動があって高く長大な山脈ができるのである。B 層には褶曲構造があるが、これによる山脈形成は見られない。

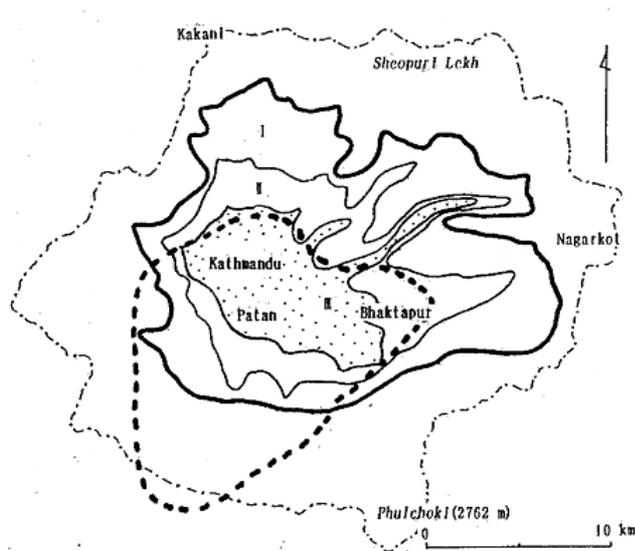


図-22 カトマンズ盆地内の堆積物分布

図-22 は、カトマンズ盆地底部の湖底堆積物の平面分布を示すもので、点線で示すものが最も古い堆積層の分布を表しており、盆地の南側に偏在している。前述のように、盆地南縁のマハバラート山脈（ゴダワリ山）の上昇の影響で湖は北へ移動し、このため堆積層も北側に形成された。

その後湖は段階的に小さくなったことが堆積層 I、II、III の分布域の縮小から推定でき

る。この間の動きは北側がやや隆起したか、もしくは南側が沈んだことを示す。その時代区分は泥炭層に含まれる炭素の同位体によって計測することができる。

### 活発な断層の移動

この研究を進めている段階で中国の研究データが入ってくるようになり、それを含めてチベット北部からインド平原に至る間の地質の変遷をまとめてみると図-23のようになる。

チベットの地域地内にもいくつかの断層があって、それを境に大きなブロックに分かれている。その最南部はチベット境界山脈があり、カイラスにはヤシの化石があるので4千5百万年前から3千万年前には熱帯だったことが解る。その後千5百万年前になると、われわれが測定したMCT（主中央衝上断層）が生じてヒマラヤの原型ができてくる。そしてこの断層は5百万年前まで非常に活発に活動してナップ構造を形成するに至った。さらにナップ構造の一部は浸食されて現在のよう形になった。

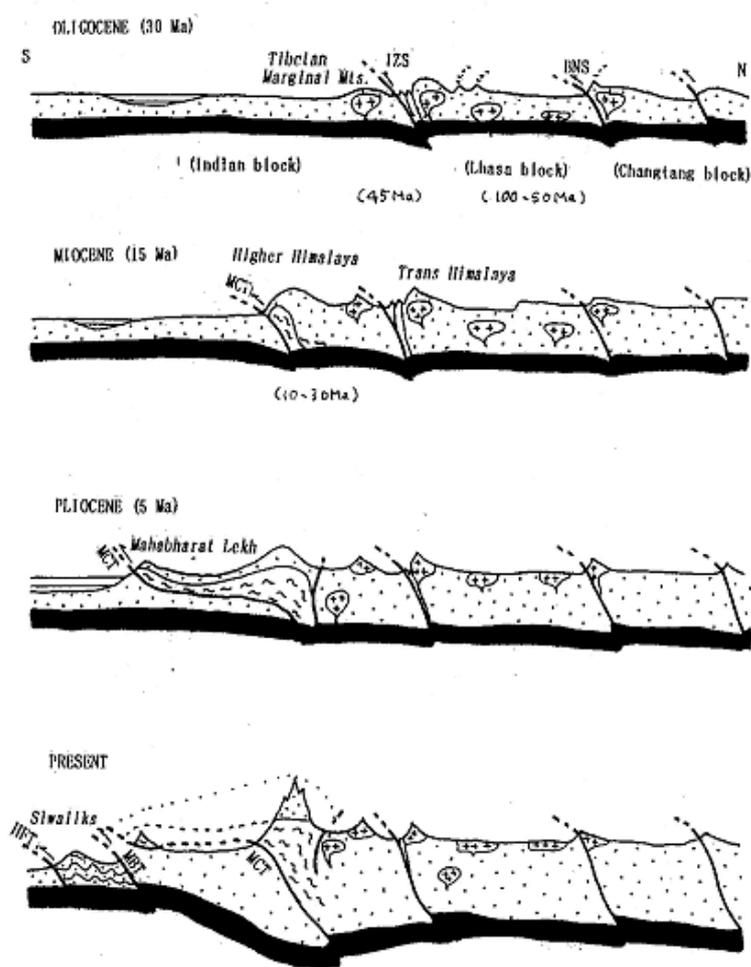


図-23 チベット北部からインド平原の地質断面

そこで我々の計測した結果からMCTは現状では不活発であり、南のMBTやHFTが活

発であることが判ったが、チベット地域の断層も現在はあまり活発ではないことからみて、断層活動は、北から南へと順次活発な活動場所、すなわち山脈を形成する場所を移動してきていると考えるべきである。

そんなわけで、インド人の地質学者に「いずれインドに活動域が移動するはずだから注意してくれ」と言ったところ、われわれが帰国後に手紙が来て、電気探査か地震探査の結果、地下深部でブロックの動きを感知できた、と知らせてきた。その真偽のほどは別にして、活発な断層が南に向かって移動することは事実である。

チベットの古い岩盤の一部は花崗岩体で、その周囲や下部は片麻岩である。長い地質時間スケールで将来を見ると、やがてヒマラヤにおいてもこれと同様な花崗岩体の浮き上がりによって安定化し、マハバラートやシワリークの方が主稜に育っていくだろうと予想することができる。

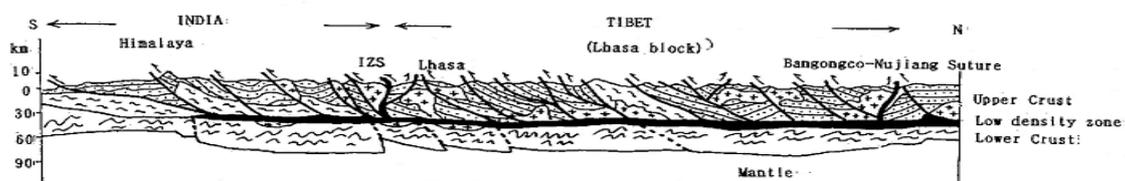


図-24 チベット北部からヒマラヤまでの地殻構造

図-24は、チベット北部からヒマラヤまでの地殻構造を描いたものであるが、地殻の中間層、地下深度40～50キロメートルには密度の低い流動性に富む部分があり、それをせん断帯と呼んでいる。そこから枝を出すように地上に向かって巨大な断層がいくつも形成され、刺身のような形状になっている。そのうちのインド側の断層が特に活発で、それが基本的に山脈形成の原動力である、という考え方である。

われわれが調査していた時代はGPSの精度、特に高さの精度が悪くて使えなかったが、今では精度も上がっているのでGPSを使った観測も可能だと思われる。当時でもアメリカ人の研究者がGPSを抱えてヒマラヤを南北に移動しながら調査していたので聞いてみると、かなり動いていて、いつ地震がおきてもおかしくない、などと言っていた。(これは、インド亜大陸とチベットブロックの水平的な移動量について年間2センチメートルほど縮まっているとの観測結果を意識してのコメントと推量できる。)ネパールは有数の地震国であり、それはもっともな感想であることには違いない。

## ヒマラヤは沈んでいる？

われわれの隊には中田高君という面白い地形屋さんがいて、あるときネパールから帰ってきて、「木崎先生、ヒマラヤは沈んでいますよ。」という報告をしてきた。彼は活断層の専門家で、彼の調査結果を総合すると図-25のように考えられるというのである。

約2千万年前には MCT の活動でヒマラヤは上昇を開始した。次の時代になると MCT は活動を停止し MBT が活動をはじめ、ヒマラヤ全体の上昇は続く。さらに千万年前くらいになると HFT が活発に動き始め、それ以後は MBT を含む北側の活断層は断層面の北側が下がっている、すなわちヒマラヤの主稜は沈んでいるというのである。

確かに急速な隆起活動が南側に移動するにつけて、北側がある種のバランスを取るために下がることも考えられる。けれども、それだからヒマラヤが全体として沈んでいるという結論にはならない。衝上断層が激しく活動して上板が著しく上昇した場合にはその背面（この場合は北側）が地

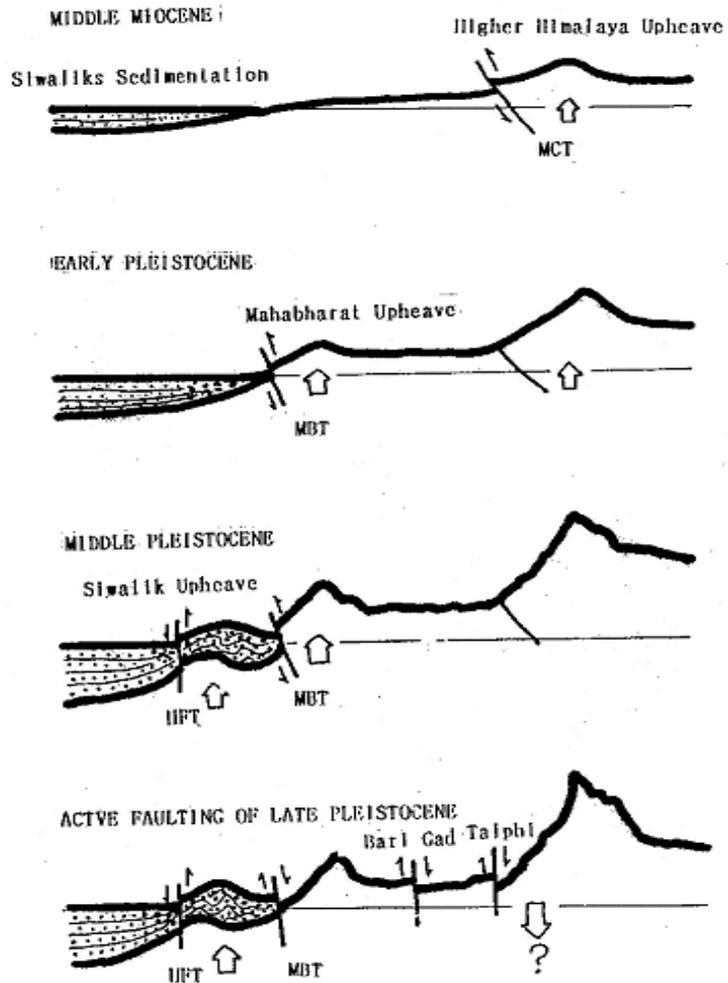


図-25 ヒマラヤは沈んでいる？

殻のバランスをとるための現象として部分的に下がるということが知られており、HFT が活発であることから、インド亜大陸の潜り込みがまだ続いていることは確実であり、全体としてヒマラヤが沈んでいるとは考えにくいのである。

## ヒマラヤ主稜の地質構造発達史

これらを全部総合的に見てみると図-26のようになる。今から3千万年前にはテーチス海という海が現在の地中海から太平洋にかけて存在していて、そこには海底の堆積物が蓄積され、厚い地層が形成された。

ゴンドワナ堆積物やレッサーヒマラヤ堆積物はテーチス海の堆積物よりもはるかに古いものである。

その頃はツァンポ川に沿った断層帯が活発で、チベット前縁山脈が形成されるに至った。

2千万年前になるとMCTが活動を開始し、ヒマラヤ山脈の形成が始まり、南方にはシワリーク山脈の元になる堆積盆が発生する。さらに千5百万年前には深部の変成岩がヒマラヤの高い場所にまで盛り上がり顔をだすようになる。

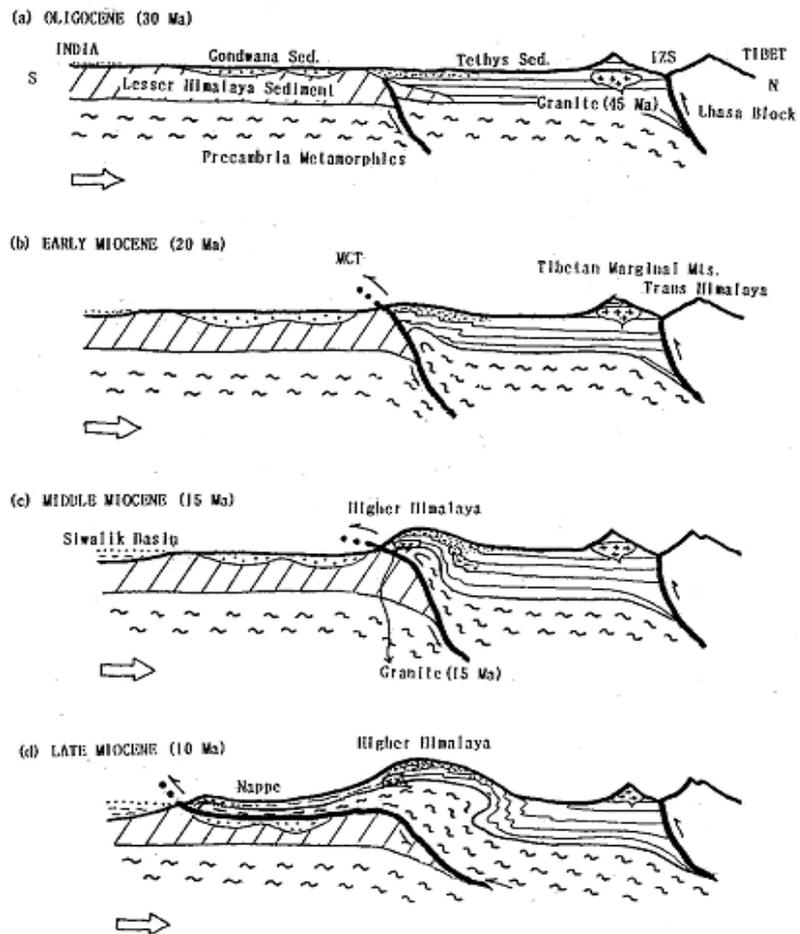


図-26 ヒマラヤ主稜の地質構造発達

変成岩は高温、高圧な場所で生成されると考えられるので、このような浅い場所に分布することが不思議に思われた時代もあった。しかし、実際に現場で岩石をよくみると、深部で造られた変成岩は断層の激しい動きによってさらに別の変成岩に変化していることが判った。

このような激しい断層活動を引き起こす原因といえば、それはインド亜大陸が南側から押し寄せてくる圧力による。そして1千万年前には断層面上部の地層が流れるように移動してナッペが形成されるようになる。「地層が流れる」というのは奇妙に思えるかもしれない

いが、高温高压下では、固い岩石も長時間かけてゆっくり流れるように動くと考えられる。

### シワリーク堆積盆の移動

図-27は、シワリーク層に残された河床の流痕による河川の流向の解析と化石による堆積環境の予測とそれによる緯度の変遷を推定したものである。河川の流向から見るとそれは常に北から南に向かっていることが判り、これは北側に山があることの証拠となる。また貝類その他の化石相から、生息する環境が推定できるので、これによりシワリーク堆

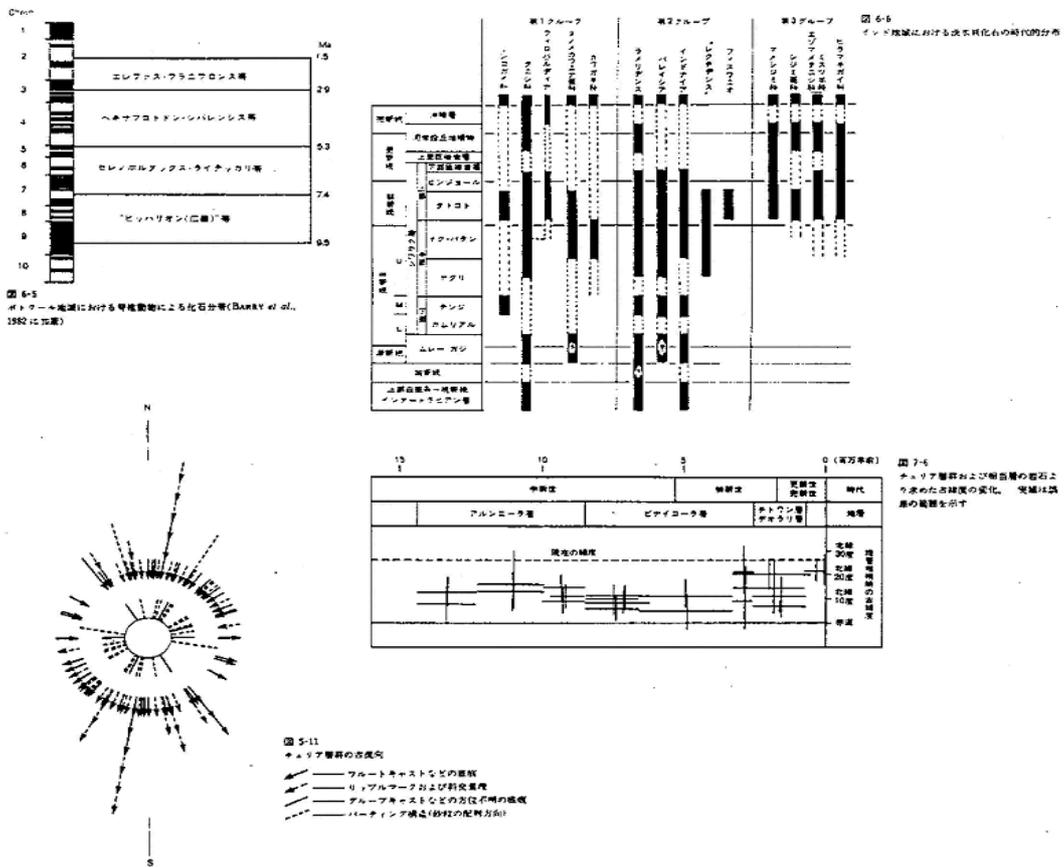


図-27 河床の痕跡と化石相

積盆が1千3百万年前には北緯10度くらいでその後北緯15度くらいまで北上した後南側の北緯10度以下まで南下し、3百万年前には急速に北上し、北緯20度くらいまで移動したことが判った。

## ポカラの礫岩層

ポカラに行ったことのある人はご存じのように、ポカラの地盤を造っている礫岩を川が浸食して深いゴルジュを造っている。この礫岩層は穴だらけでどこが陥没してもおかしくない。デヴィ滝のように観光地になっているところもある。また有名な観光地となっているペワ湖やベグナス湖もある。これらがどのように形成されたかという、セティコーラの上流から流れてきた土石流が原因となって厚い礫岩層ができたと考えられている。この土石流で川がせき止められたのがこれらの湖であり、いわゆる堰き止め湖である。

この湖底に残る立木の化石を採取して土石流発生年代測定をした学者がいる。すると1,000年とか700年とか、予想外に若い年代であることが判った。ところがこれに反論する学者もいた。それというのも、これくらい若い年代となると、人間が住んでいた可能性が高く、この近くに何か言い伝えが残っているはずであるが、そうしたものは見当たらない、というのが反論の根拠であった。そこでこの話をカトマンズの大学の講義で紹介して、これに関する伝説があることを知っている学生がいなか尋ね

たことがある。すると、やはりあることが判った。それによると「この場所にあった村に、ある日お坊さんが訪ねてきて、1夜の宿を請うたので泊めたところ、お坊さんが言うには『ここは危険なので明日の朝みんな山の高いところに逃げなさい』と勧めた。そこで一家はお坊さんの勧めに応じて高い場所へ逃げたところ、大雨が降り土石流が襲ってきた。」と

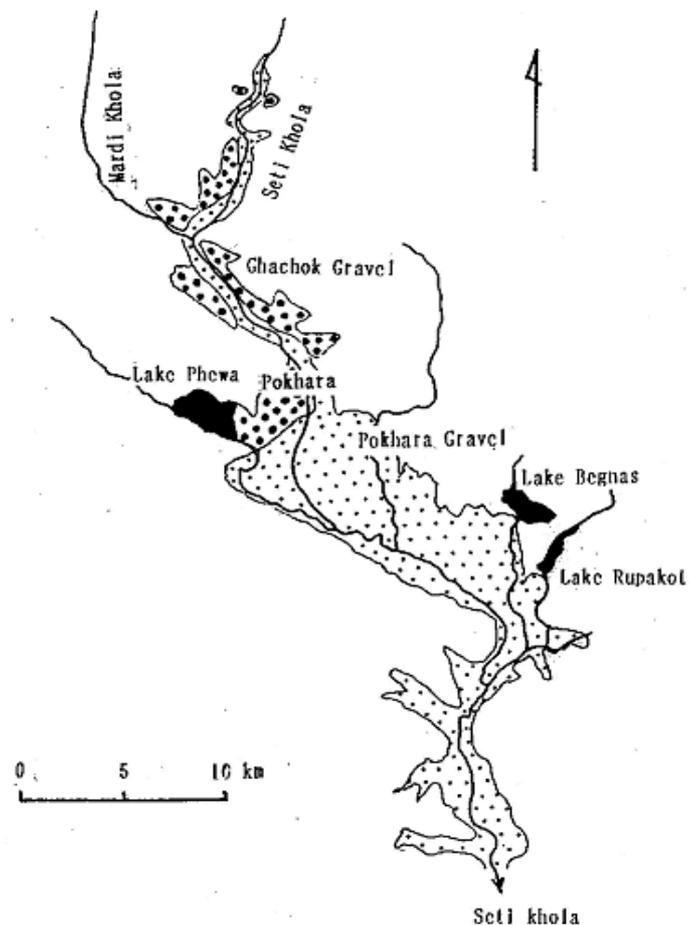


図-28 ポカラの土石流

いうものである。土石流原因説はやはり正しいようだ。さらに上流部の段丘についても興味深いものがあるが、ここでは省略する。

## ヒマラヤの上昇量

ヒマラヤの上昇に関する研究について紹介したところ、名古屋大学の目崎君が、河川の堆積量からその上流地域の浸蝕量を計算することにより上昇量を推計することができるということで、それを取りまとめたものが図-28である。

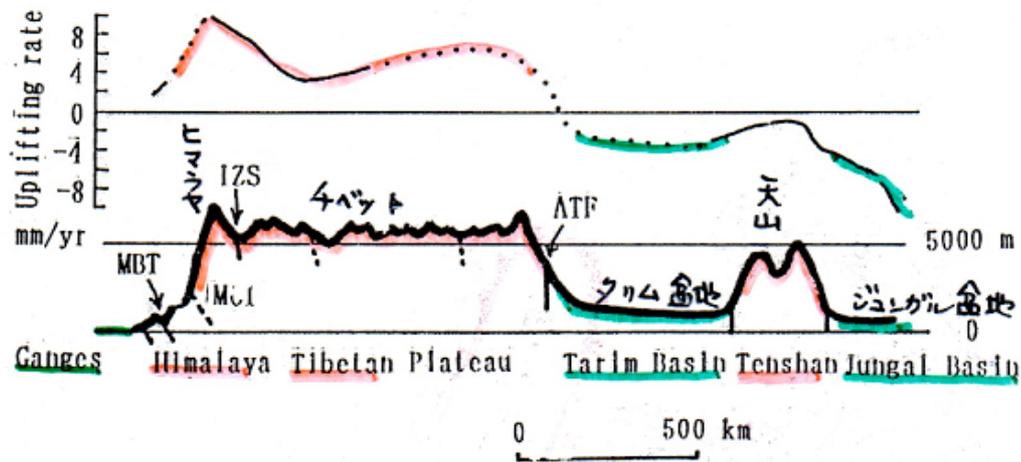


図-28 ヒマラヤの上昇比率

日本では、ダムの堆砂量から計算するらしいが、ヒマラヤにはあまりないのであちこちの河川で砂礫の大きさや量を観測して、それらをもとに計算したようだ。その結果1年あたり約1センチメートルの上昇量と推計した。

一方、中国の方でも同様な研究がなされており、図はこれを合体させたものである。するとチベット側の隆起量とも整合しており、ヒマラヤ主稜で最大値を示していて、タリム盆地などでは沈降していると推計している。

チベット台地の北縁に沿って旅したことがあるが、氷河により形成された大量の砂利層が広大な地域に分布していて驚嘆したものである。それらが長時間かけてタリム盆地へ向けて流下していくわけである。

タリム盆地は、中国にとって重要な石油資源の埋蔵地であり、砂漠の中で巨大なベンツの作業車が稼働しながら探査をしていたのが印象的だった。

おわりに

われわれの測量結果においても、HFT における激しい動きやカリガンダキ中流域での撓曲的な動きを観測できたし、他の様々な研究成果からみても、やはりヒマラヤは現在でも上昇しているとみるべきであろうと考えられる。ただし、上昇もあるが一方で浸蝕作用も激しく行われているので、その差が実質的な上昇値ということになる。

ヨーロッパアルプスでは5 mm/年、台湾では10 mm/年といわれているので、ヒマラヤで8 mm/年というのはほぼ妥当な値であろうと思われる。

GPS 技術の発達によってさらに精度の高い観測データを得られる日も遠くはないと思われるが、1970年代の調査の成果としては、先駆的なものであったと自負している。

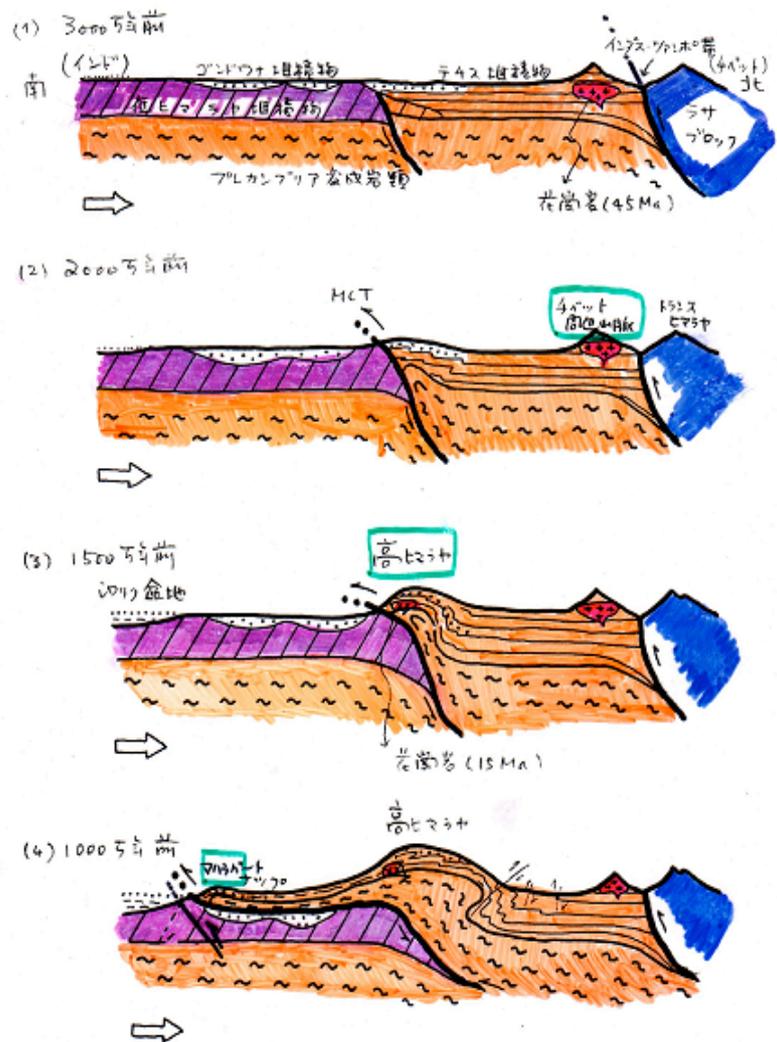


図-29 高ヒマラヤの隆起

## 木崎甲子郎（きざき・こうしろう）略歴

1924 年大分市生まれ、1951 年北海道大学理学部地質学鉱物学科卒業。在学中は北大山岳部に所属。北大理学部助手、助教授を経て、1968 年メルボルン大学気象学教室研究員、1972 年琉球大学理学部海洋学科教授、1990 年定年退職。1993 年ネパールトリブバン大学地質学教室客員教授（JICA 専門家）、琉球大学名誉教授、理学博士

調査歴：1959 年以来南極調査 5 回、1971 年チリーパタゴニア調査、1975 年以来ネパール調査 8 回、1999 年と 2000 年チベット調査、2005 年タクラマカン砂漠周辺調査。

主な受賞歴：日本地質学会奨励賞 1955 年、沖縄タイムス出版文化賞 1980 年、沖縄タイムス伊波普猷賞 1985 年

主な著作：「南極大陸の歴史を探る」（岩波新書）、「氷点下の一年」（朝日新聞社）、「氷河と岩と森の国 パタゴニア調査隊の記録」（共著 北大パタゴニア計画委員会）、「幻の内陸海—オーストラリア探検史話—」（山と溪谷社）、「南極航海記」（築地書館）、「琉球弧の地質誌」（沖縄タイムス）、「上昇するヒマラヤ」（編著 築地書館）、「ヒマラヤはどこから来たか：貝と岩が語る造山運動」（中公新書）など多数



# 北大山岳館第3回講演会 講演集

非売品

発行 北大山岳館運営委員会

平成23年9月1日

編集責任 石田隆雄

印刷・製本 北大山岳館 <sup>あ</sup>と が き

ヒマラヤは、多くの登山者の憧れの的である。1960年代に入り日本ではヒマラヤ遠征隊が盛んに派遣されるようになった。北大も1962年に初のヒマラヤ遠征を果たし、チャムラン峰の登頂に成功した。続いて1963年の西ネパール学術調査隊、1965年の中央ネパール地質・氷河調査隊と登山を目的とせず、学術調査を主目的とした遠征隊であった。その流れを汲むヒマラヤ研究グループは、地質学、雪氷学、気象学、動・植物学、人類学など幅広い分野にわたり現在まで脈々と継続されている。

今回の講演会の主題である「ヒマラヤは上昇しているか？」は、1980年、1982年、1983年の3次にわたる木崎先生を隊長とする「ネパールヒマラヤ地殻変動」調査隊の研究テーマであり、その調査研究成果を中心として、ヒマラヤ造山運動の地質学な歴史と現在の上昇運動に関する学問的知見を解りやすく解説していただいた。

木崎先生は、既に研究生生活を引退して久しいことから、同じ研究分野で師弟関係にある北大総合博物館研究員である在田一則先生にコーディネーターとして最近のヒマラヤ地質研究の動向や参加者からの質問に対する補足説明などをお願いした。

当北大山岳館の講演会としては、対象がヒマラヤとはいえ登山に直接関係しない学術的なテーマであることから、参加者が少ないかもしれないとの危惧があったが、予想以上に多数の参加を得て有意義な講演会となったことを、準備にたずさわった一員として喜びに堪えないところである。

本書は、先生から提供していただいたOHP画像、山田知己が撮影したビデオ画像と音声により石田が取りまとめたものであり、理解の未熟さによる文章の不具合があれば、偏に編集者の責任である。また編集の都合上、一部の話題を前後させた部分もあることをおことわりしておく。





## 北大山岳館

〒060-0018 札幌市北区北 18 条西 13 丁目 北大サークル会館内

☎716-2111(内線 5138) 携帯 090-6870-5120

E-Mail:sangakukan@aach.ees.hokudai.ac.jp

URL:<http://aach.ees.hokudai.ac.jp/sangakukan/>