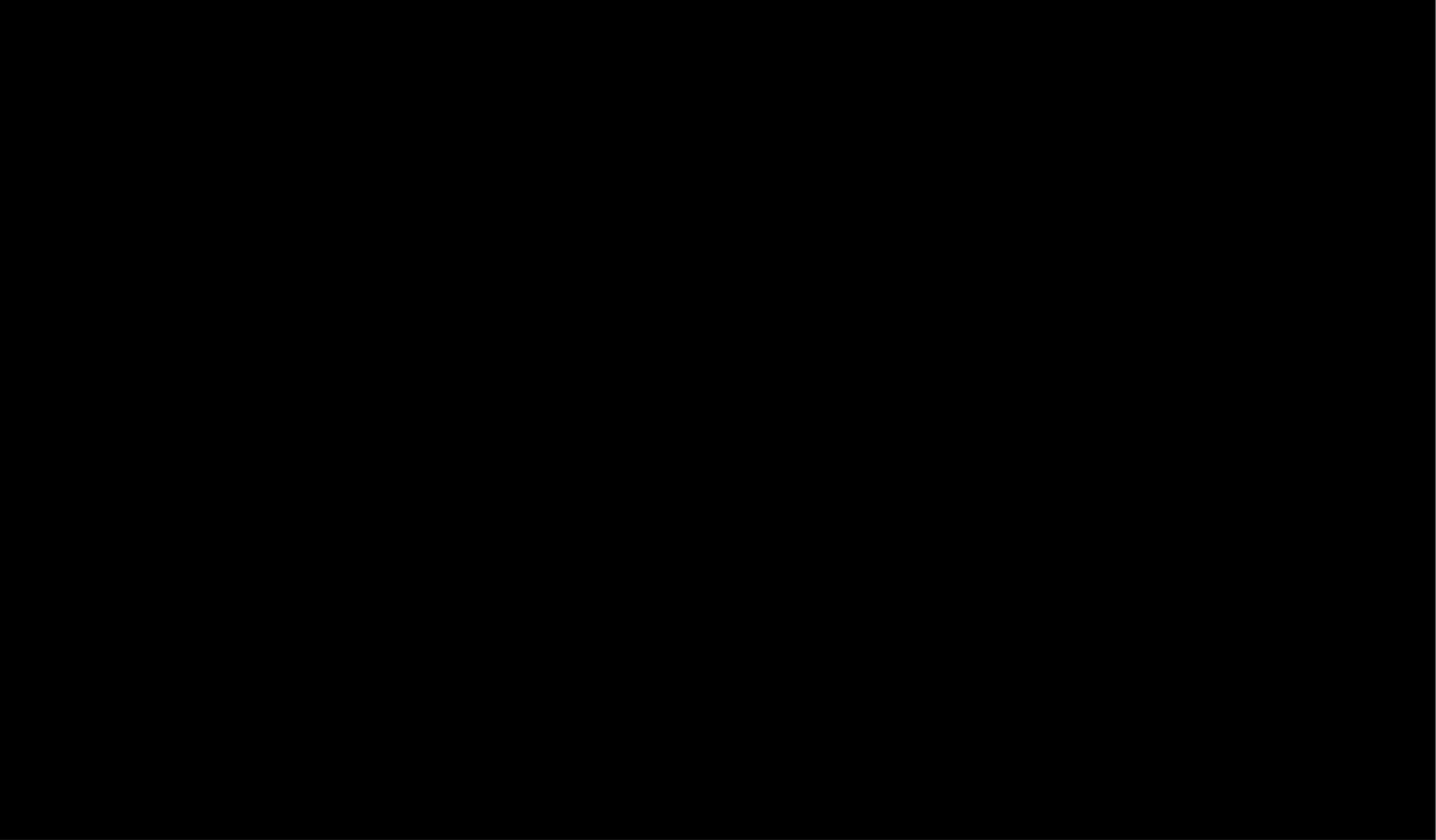


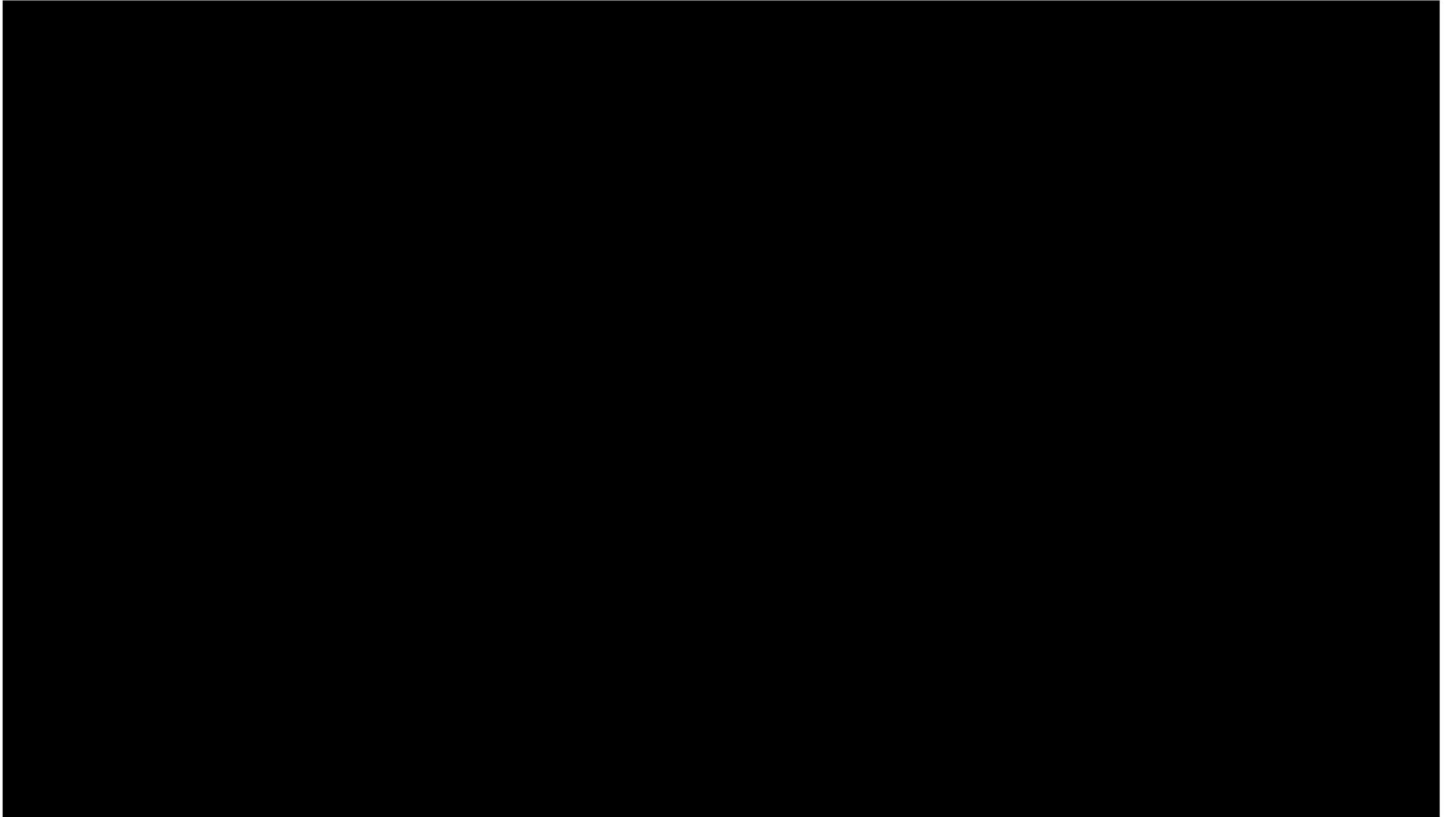
第9回 海外応用地質学調査団報告
(マレーシア、ネパール)

平成12年7月

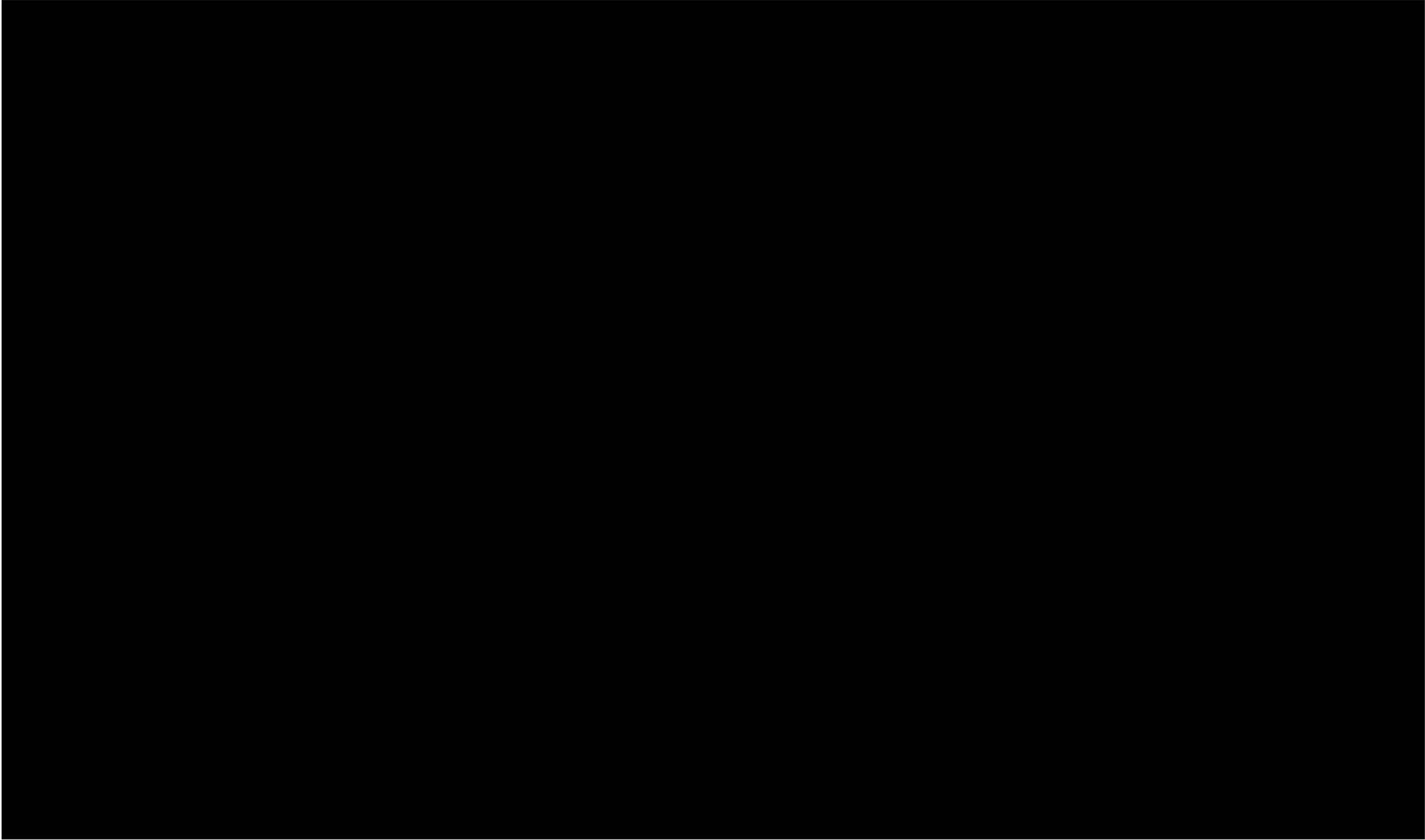
日本応用地質学会
海外応用地質学調査団



口絵1 カトマンズバレーの応用・環境地質図



口絵2 ネパール西中央部の地質図



口絵3 ネパールの衛星写真1



口絵4 ネパールの衛星写真2

目次

口絵1 カトマンズバレーの応用・環境地質図	I
口絵2 ネパール西中央部の地質図	II
口絵3 ネパールの衛星写真1	III
口絵4 ネパールの衛星写真2	IV
第9回海外応用地質学調査団に参加して(市川慧)	3
第9回海外応用地質学調査団団員名簿	4
1. ポストシンポジウム巡検を通じて(田中芳則)	9
2. イスラムから小乗仏教の世界へ(井上大榮)	10
3. アジアシンポジウムおよびネパールのシンポジウムに参加して(千木良雅弘)	11
4. ハイヒマラヤ地方への巡検	12
4.1 カトマンズからルクラへ 調べたことと見たことの違い(向山栄、杉山了一)	12
4.2 スリリングな飛行(永田秀尚)	20
4.3 ハイヒマラヤ中央結晶質岩体とヒマラヤ造山運動の記録(松浦努、平山一夫)	21
4.4 ハイヒマラヤの大規模崩壊地形(永田秀尚)	38
4.5 シャンボチェからカトマンズへ あの感激をもう一度(中里利行、太田保)	43
4.6 変動帯としてのネパールヒマラヤと日本列島の比較(佐野正人)	49
4.7 高山病になった訳ではない(赤井静夫)	58
5. ポストシンポジウムツアー	60
5.1 ネパール南部の地質と地すべり(飯島伸幸、藤田豪平)	60
5.2 タライ平原～シワリク丘陵～レッサーヒマラヤ(大谷晃)	75
5.3 ポストシンポジウムツアーでのハプニング(赤井静夫)	92
5.4 ネパールの電力事情と水力開発(小野寺収、仲村治朗)	96

5.5	洪水によって破壊したポカラの橋梁(阿部朋絵、笠博義)	109
5.6	ポカラの鍾乳洞とネパールの民謡(笠博義、阿部朋絵)	112
5.7	ネパールにおける道路の建設事情(平山一夫)	115
6.	IAEG シンポジウムの概要	118
6.1	喧騒のカトマンズとネパールの人々(太田保、小野寺収)	118
6.2	Bajaj を知っていますか?(大石博之)	121
6.3	開会式と基調講演(野崎保、大石博之)	122
6.4	活構造と地震活動(向山栄)	124
6.5	岩盤評価(笠博義)	129
6.6	地すべりによる自然災害 その1(大谷晃)	130
6.7	地すべりによる自然災害 その2(平山一夫)	133
6.8	応用地質 その1(大谷晃)	134
6.9	応用地質 その2(永田秀尚)	135
6.10	ポスターセッション(中里利行、松浦努)	136
6.11	シンポジウムでの興味ある報告(平井哲夫)	140
6.12	閉会式(大谷晃)	148
6.13	IAEG 評議委員会(井上大榮、杉山了一)	151
7.	アジア応用地質学シンポジウム	157
7.1	クアラルンプールにおける地すべり(仲村治朗)	157
7.2	第2回アジア応用地質学シンポジウムに参加して(大石博之、阿部朋絵)	166
7.3	ラムタコンダムにて(大内周、大田光彦)	173
8.	おわりに(中川康一)	178

第9回海外応用地質学調査団に参加して

市川慧(第9回海外応用地質学調査団団長、日本応用地質学会会長、(株)八千代エンジニアリング)

日本応用地質学会が企画している海外地質調査団の催しも既に9回を数えるに至った。この間、南アメリカとオセアニアを除く各地に足跡を残し、今回これにインド亜大陸(の端)が加わるようになった。これまで企画の任に当たってこられた国際委員会のメンバーの尽力に感謝すると共に、核となる国際会議への出席と学会独自の巡検が組み合わされた新しい海外視察の形が、さらに発展して行くことを希望している。

今回はこれまでと違って、核になる国際会議が二つ連続していたので、参加者の行動もさまざま、Kathmanduでの会議を中心にして、いわば前半組と後半組とに分かれた形になったが、それぞれがそれぞれの場で十分な成果を吸収して行くことができたと考えている。

今回の会議の場では、南アジアという発展途上にあつて、しかもその stage が異なる二つの国で、それぞれ自然災害に重点を置いた発表が多かった。論文のレベルは必ずしも粒が揃っているとは言いがたかったが、さまざまな制約の下で engineering geologist として苦労しているところが多く見受けられ、今後も我が国の geologist が連携して協力すべき分野が少なからずあることを実感した。

また、このシンポジウムの際に、フランスがネパールを援助して設置した地震観測網が、着手以来20年を経過した記念の行事が行われた。観測網やこれまで行われてきた研究自体は、失礼を顧みずにいうならばほど高度のものではなく、われわれならば常識的に知っていることであるが、基礎的なことを継続して実行と支援をして行くことがどれだけ大切であるかを痛感させられた。レベルの高いことを目指して、海外にフィールドをもって個人が努力するというこれまでの研究のあり方に対して、グループとしてレベルは低くとも基礎的なことから海外の国に底辺を広げる取り組みは、NGOを引き合いに出さなくとも、今後の検討に値する課題ではないかと思った。学会であるからレベルの高さを競うのは当然であろうし、実際に携わっても業績の域に達するには長年月を要するから、誰もがやれることではないが、連携と底辺の広さもまた応用分野の目指すべき一つの目標であろう。Congressの中味やPost congress tourについては担当の方々の説明があるので言及しないが、これまで私がネパールに対して抱いていた先入観というのは高山帯と氷河地形であり、話に聞いていた Great Himalaya と Lesser Himalaya を隔てる Main Central Thrust も Himalaya というからには当然高標高の所にあると思っていた。Tour を企画した裏方さんの手際はともかく、時にじっくりと腰を落ち着けて観察したかったこと、それにこの低地の tour が最後の High Himalaya 巡検に行ったメンバーにボディーブローとなったことだけは想像に難くない。会議に参加されたメンバー諸氏のご協力と、特に後半を見事に締めくくって下さった田中副会長、太田国際委員、加えて前半の国際会議を中心に完璧な補佐役に徹して下さった井上国際委員長に感謝する次第です。

第9回 IAEG CONGRESS 参加者名簿

		会社名 肩書	所在地	E-MAIL
1	市川 慧 (団 長) イカワ ケイ	八千代エンジニアリング (株) 常務取締役		
2	飯島 伸幸 イジマ ノブユキ	八千代エンジニアリング 仙台支店 主幹		
3	中川 康一 ナカガワ コウイチ	大阪市立大学理学部 教授		
4	井上 大榮 イノウエ ダイエイ	(財)電力中央研究 所 我孫子研究所 研究参事		
5	仲村 治朗 ナカムラ シロウ	中部電力(株)土木建 設部原子力土建 グループ 副長		
6	千木良 雅弘 チギラ マサヒロ	京都大学防災研究地 盤災害研究部門 教授		
7	小野寺 収 オノデラ オサム	北海道電力(株) 土木 部 主幹		
8	大内 周 オウチ マコト	九州電力(株) 土木部 水力開発課 副長		
9	阿部 朋恵 アベ トモエ	(株)大和地盤研究所 研究員		
10	杉山 了一 スギヤマ リョウイチ	電源開発(株) 建設部 地質グループ 課長代理		

	田中 芳則(副 団長)		
11	タナカヨシノリ	東洋大学工学部	
12	赤井 静夫 アカイ シズオ	(株)北信ボーリング 専務取締役	
13	永田 秀尚 ナガタ ヒデヒサ	(有)風水土 代表取締役	
14	平山 一夫 ヒラヤマ カズオ	(株)建設地盤 専務取締役	
15	松浦 努 マツウラ ツトム	(株)建設技術研究所 仙台支社技術第3部 地質担当	
16	中里 利行 ナカサト トシユキ	ジオテクノ中里技術士 事務所所長	
17	藤田 豪平 フジタ コウヘイ	北海道開発コンサルタント (株) 防災対策室 技師	
18	太田 保 オオタ タモツ	(株)復建技術コンサルタント 東京支店 支店長	
19	向山 栄 クウヤマ サカエ	国際航業(株) 技術セ ンター 研究室長	
20	平井 哲夫 ヒライ テツオ	(株)ダイヤコンサルタント 東 京事業部営業部 部長	
21	大谷 晃 オオタニ アキラ	(株)アイ・エヌ・エー 河 川技術部 課長補佐	
22	笠 博義 カサ ヒロヨシ	(株)間組 土木本部トシ ネル統括部 課長	

23	李 弘揆 リー ホンギョ	(株)富士総合研究所 地下空間研究室 主事研究員	
24	佐野 正人 サノ マサト	サンコーコンサルタント(株) 大阪支店技術部 部長代理	
25	野崎 保 ノサキ タモツ	(株)中部日本鉱業 研究所 技師長	
26	大石 博之 オオイシ ヒロユキ	西日本技術開発 地 盤耐震部 地質担当	
27	太田 光彦 オオタ ミツヒコ	大成建設(株) 九州支 店土木部 技術室長	
28	勢田 裕久 セイダ ヒロヒサ	朝日サンツアーズ(株) 海外旅行営業第6部 課長	

1. ポストシンポジウム巡検を通じて

田中 芳則(日本応用地質学会副会長、東洋大学)

シンポジウム終了翌日の10月1日から4日間にわたって挙行されたネパール地質学会主催のポストシンポジウム巡検には日本応用地質学会からは市川会長以下の25名が参加した。応用地質学会を経由しない参加者も加えると、日本からの参加者は総勢36名となり、実に全巡検参加者数84名のうち3分の1以上を占めるという大世帯となった。このために巡検に用意された3台のバスのうちの1台を我々日本人が占拠する結果となった。隣の席に外国人が来たらどう対処しようかという当初考えていた若干の懸念は不要となったものの、国際シンポジウムの後としては少し寂しく残念な気持ちを皆持ったのではないだろうか。

シンポジウム会場となったコンベンションセンターを8時に出発したバスはカトマンズの西の小さな峠を第一の視察ポイントとしたのを皮切りに盛りだくさんの巡検の開始となった。1日目はバイラワ泊り、2日目と3日目はポカラ泊り、4日目がカトマンズへの戻りという行程である。3日目のポカラでは悪天候のために予定が縮小されて思いがけずにフリーな時間が得られたものの、最初の2日間のために主催者が用意した視察ポイントは19カ所。実際には途中で日没のために2カ所がカットされて17カ所になったが、これらが走行距離約500kmの間にちりばめられていた。ポイント数、走行距離はそれほど驚くべき数字とは云えないかもしれないが、この行程が、ハイウェイと名がつく道路に対して我々が通常持つイメージからはほど遠く、急峻な山腹を危うく刻んでいつ崖上から岩が落ちてきても不思議ではないような、あるいは眼下を巡る峡谷がバスの窓から直接のぞき見えるような、曲がりくねった山岳道路であったことを考えると、相当な強行軍であったことを想像できるであろう。この巡検を計画した主催者の事前準備、下見にも相当の苦勞があったものと推察された。

巡検ルートに沿って、地質的には、カトマンズナップに乗ったプレカンブリアンの結晶片岩、プレカンブリアから古生代にわたる低変成の低ヒマラヤ堆積岩類、部分的にみられた中生代の Gondwana 堆積物、ヒマラヤの山麓堆積物である第三紀のシワリク層群などを観察し、さらにはカトマンズナップと低ヒマラヤ堆積岩間の主中央衝上断層(MCT)ならびに低ヒマラヤ堆積岩とシワリク層群間の主境界衝上断層(MBT)のサイトに立つことができた。まさに、インド亜大陸とユーラシアとの衝突の現場であり、参加者の興奮ボルテージは否応なく増したのであった。

また、応用地質、土木工学的面では、土石流や、大小さまざまな規模・形態の斜面崩壊、地すべりなどの斜面災害箇所、これらの土砂移動に伴う橋梁の破壊(ポカラにおいての例を含めて3カ所も)、カリガンダキ川の発電用取水ダムサイトなど、山岳地の特性や建設上の問題を顕著に意識させられることになった。このように今回の巡検は、純粋地質に興味を持つ人、応用的側面を対象とする人、土木技術関係者など、各分野にわたる参加者それぞれにとって興味をかき立てられる内容であり、この点において豊かであった。

本来の学術的な巡検内容に加えて、ルート沿いにかいま見えた土地の人の姿や生活も興味あるものであった。高地から熱帯的な低地へ、さらには山岳地へと移動していく毎に住民の肌の色、顔つき、体形などが異なり、また、カーズの影を落とすのか生活様式にも大きな差があった。ネパールについてのバイブルと呼ばれる「「ネパール」:トニー・ハーゲン著」が記すところの、まさにアジアの民族博覧会場に立ち会ったことになる。町を離れた山間部では、貧しい生活も目についた。それでもどこでも子供の数は多く、子供は子供なりに屈託がない。彼らの将来にどのような希望が生まれるのかという余計な心配さえ浮かんでくるのは個人的な感傷か。

あれやこれやの見聞と見解、重い石のサンプルも乗せて、夜遅くポカラに着いた日の翌日、セティ川にかかる橋梁損壊の現場をみて実質的な巡検は終了した。そして、朝方からの小雨が上がってゆったりとした時間が訪れたその午後、遅い雨季明けの予兆であるかのように天空の思いがけない高さにアンナプルナの頂がうっすらと姿を見せた。

2. イスラムから小乗仏教の世界へ

井上大榮(日本応用地質学会国際委員、(財)電力中央研究所)

応用地質学海外調査団は別名ワインの旅と陰口をたたかれています。ワインはどこの国へ行ってもあるというわけで、その土地の美味しいワインを厳選して味わう旅も大きな楽しみの一つであるらしい。この楽しみを知らない私はまことに残念である。アジアの国でのハウスワインはその国で醸造されているという話はそれほど知らない。確かにレストランではハウスワインはあるものの、ヨーロッパからの輸入物がほとんどである。この旅の最初の目的地はマレーシアのバンギで、ここはイスラムの世界である。学会のバンケットでも、いろいろな国から参加者がある中でも、アルコールが出ないという戒律の厳しい国である。しかしながら、公のところでも、レストランでは酒を飲むことが出来るということで、ソルトレークシテ一程は厳しく無く、一同一安心した様である。彼らがまず最初に覚えるのはローカルビアーのブランド名でここはタイガーである。いかにもアルコールが沢山入っているかのような強そうな名前をしている。ちなみにタイではシンハー、ネパールではサンミエールという名前を何よりも早く覚える。こんにちは、ありがとうを覚える前に酒の銘柄を覚えるところはさすが、中年の地質家の集まりというところか。

今回の調査団は若くは20代、最も熟練者で還暦を少し過ぎるというところか。応用地質学会は面白いところで年齢が高ければ高いほど元気が良いという、不思議な集団である。

バンギでは第2回アジア応用地質学シンポジウムが開催され、わが日本応用地質学会がそれを後援する形で会を盛り上げるといって大きな意義がある。そのため、わが国からは市川会長と中川教授がキーノートスピーカーとして招待され、好評を博した。わが国から出された論文の数もかなり多くなり、内容も学問的なものから応用地質にふさわしい難しいサイトでのケースヒストリーや活断層問題など多岐にわたり、少しづつアジア地域の応用地質学のリーダーシップをとれる形が作り上げられてきたと言っても良いのではないだろうか。日本からの参加者は出来るだけ論文発表をお願いし、発表しなくても参加者意識をもつために、OHPの作成、シンポジウムのあらましの報告書作成など分担をお願いした。

このシンポジウムはマレーシアのナショナルグループにより、大変良くオーガナイズされており、第一回と比較するとあらゆる内容が格段と国際シンポジウムといえるものに成っていた。大変残念であったのはこの後われわれが訪問したカトマンズで国際的な応用地質学シンポジウムが連続して開催されたことから、スタデーツアーの申し込みがあったものの、それをキャンセルして一同カトマンズに行かなければならなかったと、主催者から聞かされたことである。日本側としてもアジアシンポジウムと国際シンポジウムの両方を別々に行くということもたまらないので致し方ないというところであろう。

ここでアジア地域で参加している応用地質学のナショナルグループが一同に会して、今後のアジア地域の応用地質学の発展について議論できたことはこれまでにない画期的な出来事である。特にインドネシアのナショナルグループが第3回のアジア応用地質学シンポジウムの開催を引き受け、最も心配していたことがクリアされ、あの政情の悪いインドネシアが無理しても開催をするという意気込みに感慨を覚えた。

さて、暑いマレーシアから標高が高く、ヒマラヤ山脈が見える涼しいネパールへというのがわが調査団全ての思惑であったに違いない。ネパールでの国際応用地質学会のシンポジウムやエクスカージョンは良く準備されていた。大学でも地質学の教授のポストが極端に少ないというネパールという国でこの様に国際大会が開かれるということは彼らにとっても大きな自信になるに違いない。開会式には王様と女王様が出席し、警備がものものしく、参加者よりも王様最優先で待たされるなどのハプニングがあったが、これも彼らの誠意の賜物である。エクスカージョンも朝7時半出発で夜の10時にホテルに戻るという強硬日程に加えて、大型バスで簡易舗装の山道をつつ間違えば全員ヒマラヤ山脈の麓に骨を埋めることになりそうなところを、熟練ドライバーに命を託しての旅であった。彼らがあれも見せたい、これも見せたいという熱心なところが有って、誰も不平を言うものがあられず和気藹々の楽しい旅であった。日本では見られないプレカンブリアンの古い地層やシワリク層とレーサーヒマラヤ層を境する日本の中央構造線に匹敵する断層露頭に案内され、皆満足のいく旅であった。

さて、この中の雨男、雨女は誰であったらうか。ネパールはそろそろ雨季が明けようとしている。しかし、一日にばらばらと雨が降ること数回、特にカトマンズ空港に到着し駐車場に行こうとした瞬間に土砂降りのスクールの洗礼を浴び、まさにこれが cats and dogs というものに遭遇した。カトマンズは発展途上で空は一時の四日市なみという感じで遠くヒマラヤの山並みは望むべくも無いことはカトマンズに降りた時のみんなの印象であろう。しかし、

巡検のポカラがあると誰もが思ったことである。ポカラに2日間滞在する中で、ヒマラヤ山脈の全景は声をかけられるお土産屋のポスターの中に真っ青な空、濃紺の湖、その中にくっきりと浮かぶアンナプルナ、マチャプチャリが見られるのみであった。最終日、団長、副団長が寺院にお参りにいったためか、少しだけ山並みが見えたのはやっぱり信心深い小乗仏教のネパールという国が願いをかなえてくれたのではないのだろうか。

3. アジアシンポジウムおよびネパールのシンポジウムに参加して

千木良雅弘(京都大学防災研究所)

私にとって今回が初めての IAEG アジアシンポジウムであった。そして、参加してみて今まで私(我々?)の目が欧米にばかり向いていたことに気がついた。参加者の数は多いとは言えなかったが、おもしろい研究発表もかなりあったし、日本と共通の問題点をかかえている国もかなりあった。ただ、従来は情報交換が少なかったのだと思う。これからは、近隣の国と協力して、世界に研究成果を発信してゆかなくては、と改めて思った旅行であった。

発表を聞いていて、アジアは確かに新興国であるが、すでにある程度の域に達していると思った。もう一步、であり、その中で日本の果たすべき役割は多いと思った。発表の中には先進国の既成の概念をあてはめただけの考察に終わったり、既成制の技術を適用することにどまっているものもかなりあったが、何のことはない。これはほんのちょっと前の日本の姿である。また、いずれの国でもわずかのリーダー達がかんばっているという印象を受けたが、日本は、すでにわずかのリーダーだけでなく、多くの研究者・技術者が活躍する時代になっている。すでに外国に追いつけという時代は確かに終わって、日本がリーダーシップをとる時代がやってきている。日本が今まで受けてきた恩恵を今度は近隣の国に与えるべきなのだ、遅ればせながら感じた。日本の応用地質学会で発表するような人が、外国での発表を恐れなくて、日本での学会と同じようなつもりでどんどん参加してくれると良いと思う。そして、多くの人がアジアから新しい研究と技術を発信してくれることを望みたい、というよりも、発信すべき時だと思う。かつての明治、大正、昭和初期の先人達の苦勞を思えば何でもないことであろう。日本人の研究姿勢、レベルは非常に高い。ただ、これが正当に評価されないことがあるだけのことなのだから、何も憶することはない。

日本はアジアの一員であるし、アジアのモンスーン地帯、あるいは変動帯には共通の応用地質的課題がたくさんある。たとえば、私は、今回マレーシアを訪れるまで、東南アジアの風化作用は赤色風化とラテライトに代表され、わが国のものとは全然異なると思っていたが、マレーシアの Raj の発表などを聞くと、日本と同様な点も多々あった。また、ネパールは高いヒマラヤに代表される国であり、日本とかなり異なると思っていたが、人の多く住んでいる地域は日本と良く似た地質や地形のところも多かった。

今回のネパールのシンポジウムでは、純粋地質学と応用地質学、そして発展途上国の関係をかいま見た。シンポジウムでは、ヒマラヤの持つ地質学的特異性のために多くの外国の研究者達がネパールを訪れ、そこでの科学的成果を持ちかえった結果も報告された。しかし、一方で、ネパールの直面している問題、たとえば、道路の建設・維持、斜面災害の防御などにどの程度の貢献があったか、については疑問もある。まさに純粋地質学と応用地質学との関係である。

アジアには多くの発展途上国がある。そして、日本の多くの応用地質技術者がODAなどを通じて、これらの国の開発に協力してきた。そろそろ、学会のレベルでも、このアジアシンポジウムあるいは関連するワークショップなどを通じて、近隣国際協力を推し進めてゆくべきだと感じた。そして、何よりも近隣に友人の輪が広がるのは、科学技術的に豊かになるだけでなく、心が豊かになるのだと思った。是非、第3回インドネシア、第4回のイランの大会が実り豊かなものになることを期待する。

4. ハイヒマラヤ地方への巡検

4.1 カトマンズからルクラへ 調べたことと見たことの違い

向山 栄(国際航業株)、杉山 了一(電源開発株)

(1) 行程

ポストシンポジウムツアーの翌日から、応用地質学会独自の企画である、ハイヒマラヤの地質見学を目的とした時巡検が4日間にわたって行われた。参加者は調査団員14名に添乗員2名、現地講師1名を加えた総勢17名である。

10月5日 カトマンズ→(飛行機)→ルクラ→(徒歩)→パグディン

10月6日 パグディン→(徒歩)→ナムチェバザール→(徒歩)→シャンボチェ

10月7日 シャンボチェ、ナムチェバザール周辺の巡検

10月8日 シャンボチェ→(ヘリコプター)→カトマンズ

このコースはいわゆるエヴェレスト街道として著名なトレッキングコースの一部であり、今回の最終目的地であるシャンボチェはエヴェレストの頂を路程の最初に目の当たりにできる場所として多くのトレッカーのあこがれの地となっている。本年は例年よりもモンスーンが長引き、これまでのカトマンズ～ポカラ滞在中はハイヒマラヤまですっきりと見渡せるような晴天には全く恵まれなかった。そのため参加者の誰もが、氷河に覆われた山々とその地質を見る最後のチャンスとばかりにこの小旅行に執念にも近い大きな期待をかけていた。一方、シャンボチェまでは徒歩で二日の道のりがあり、さらに現地は富士山の頂上よりも高い標高3,800mを越す高地であるため、高所での2泊の間は高山病の恐怖と戦うという、肉体的、精神的にもハードな行程であった。

(2) 調査概要

先のポストシンポジウムツアーでは、インド国境の標高100m程度の低地からポカラ、カトマンズ周辺の低ヒマラヤまでの地質のもとでのさまざまな応用地質の課題について見学した。引き続きこの小旅行の目的は、6,000mから8,000mを越す山々が連なるハイヒマラヤの核心部に歩いて接近し、低ヒマラヤの堆積岩の上に巨大な衝上断層で押し上がった片麻岩地帯の地質現象を見学することである。これによって東西に長いネパールを南北にほぼ横断し、インド亜大陸がユーラシア大陸に衝突したことによって形成されたと考えられている、地球上でも最も雄大な地質構造のひとつをひととおり目にするができるわけである。またこの地域では、ヒマラヤで近年最も注目される大規模災害である、氷河の縮小後退に伴う氷河湖の決壊についても、その爪痕を垣間見ることができる。

なお、この小旅行についてはヒマラヤの地質に関するさらに専門的な知識を得たいという希望が参加者の間で強かったため、カトマンズにて国立トリブバン大学のサンタ・マン博士に全行程への同行を依頼し、現地においての詳細な解説と講義を得ることとした。サンタ・マン博士はトリブバン大学でネパール中西部の変成岩類と地質構造発達史を研究し、フランスのグルノーブル大学留学の経験もある若手研究者で、現在はトリブバン大学トリ・チャンドラキャンパスの講師の地位にある。博士の解説は全て英語で行われたが、参加者の語学力を考慮した明快な説明は一行の興味を大いに満足するものであった。

(3) ハイヒマラヤ - エヴェレスト周辺、ソロクンブ地方の概要 -

1) 地形・地質

ヒマラヤ山脈は世界の大山脈の中で特異な河川系を持つことで知られている。すなわち大山脈でありながら分水嶺(界)をなしておらず、ヒマラヤを横断する河川がいくつもあることは、ヨーロッパアルプスやロッキー山脈などの河川系との際だった違いである。今回の小旅行の対象となったソロクンブ地方はカトマンズの東方約100kmに位置しており、ヒマラヤ山脈の背後から流れ出て山脈を横断し、インド平原へと流れ下るサブト・コシ(コシは川の意)川の支流ドゥドゥ・コシ川の上流域にあたる。しかしドゥドゥ・コシ川自体はヒマラヤ山脈の南面から流出

する河川である。その最上流はエヴェレストをはじめローツェ、マカルー、チョー・オユーなどの 8,000m 以上の山々が連なるクーンブヒマールと呼ばれる山域で、標高 5,000m 以上の地域には数々の巨大な氷河が分布している。氷河の融氷水は岩粉を含んで白濁しているが、「ドゥドゥ」もミルクのことであり、乳の流れる川ということになる。氷河時代の最盛期にはこれらの山岳氷河は標高 3,000m 付近まで前進していたと考えられている。

この地域は地質構造の上ではハイヒマラヤと呼ばれ、低ヒマラヤ堆積岩類と呼ばれるプレカンブリアの弱変成堆積岩層の上に、主中央衝上断層(MCT: Main Central Thrust)を境として高変成度の片麻岩類が押しつぶされている。この片麻岩は元々は Gondwana 大陸の基盤をなしていたものと考えられている。MCT は MCT ゾーンと呼ばれるかなりの幅を持った断層帯であり顕著な眼球片麻岩を伴うことで知られている。ハイヒマラヤの片麻岩類は北側の山脈の核心部に近づくにつれ粗粒・塊状になり、全体としてフェルシクな鉱物に富むようになって花崗岩質の岩相を示す部分が混在するようになる。すなわちミグマタイトである。またこの中にも巨大な「眼球」を持つ眼球片麻岩が分布している。さらに北側に向かうとこれらの岩石がペグマタイトの岩脈に貫かれることが頻繁になって、エヴェレスト近傍に至ると第三紀の花崗岩の貫入が見られるようになる。エヴェレストの山体そのものは黒雲母片岩の上に大理石などの弱変成の石灰岩類、さらに山頂部はオルドビス紀の化石を産出する石灰岩が重なっていて、これらはお互いに低角の断層で接している。最近、山頂部の石灰岩の下底の断層はヒマラヤ山脈が浸食を受けて現在の姿になる以前に北側のチベットに向かって滑り落ちた巨大な正断層であることが確認された。

2) 生活

ソロクーン地方は行政区分でいうと東ネパール州サガルマタ・ゾーンのソロクーン県で、ネパールの中でもいまだに自動車道路が通じていない辺境である。しかしネパール開国以後、エヴェレスト方面への登山隊やトレッカーが頻繁に訪れるようになり、現在ではネパール観光の中心地のひとつとなっている。この地域への現在の入り口であるルクラへは、以前はカトマンズからは車と徒歩で1週間を費やす長旅を強いられていたが、飛行場ができてからはカトマンズから定期航空便で1時間で結ばれ、さらにここからエヴェレストの山麓まで高度順応期間を含めても徒歩約1週間で到達できるようになった。このため今日では類似希な山岳展望を求めるトレッカーが世界中から季節を問わず訪れるようになり、一帯はサガルマタ国立公園に指定されてネパールの重要な観光資源として開発と保全が進められている。すなわち、通年定期航空便の確保、歩道の整備と維持管理、ガイドや荷物を運搬するポーターなどの雇用の確保、トレッカーの宿泊・休憩施設の整備、森林保護のための燃料持参等を含む諸規定の整備などである。しかし近年のトレッカーの急増は筆者の想像を超えたもので、欧米人を主とした老若男女(学校休みのシーズンではないので子供はみかけない)の列が途絶えることなく、延々とひたすらエヴェレスト山麓を目指して続いていく光景は異様である。沿道には新築のカラフルなロッジ、レストラン、茶店が並び立ち、それらに国際色豊かなトレッカー達がたむろしているのは日本の夏の北アルプスにも見られぬような風景である。トレッカーにガイド、ポーターと荷運びの家畜を加えたとちょっとした雑踏の様相すら呈しており、今後の自然景観の保全とのバランスのとれた観光開発が望まれる。

この地方の住民はヒマラヤ登山のガイドとして有名になったシェルパ族が主であるが、その他にタマン族、マガル族などの山岳民族なども住んでいるらしい。彼らは今でも狭い耕地にジャガイモやトウモロコシ、キャベツ、カリフラワーなどを植えて耕作し、ヤクや牛、その交配種であるゾブキョ(シェルパの言葉を聞くとデュッピーといっているように聞こえる)などの牧畜やチベットとの取引を行っている。しかし現在は、膨大なトレッカーの落とす現金収入(ロッジ宿泊、レストランでの食事休憩、荷物運搬など)が生計の主体となっているのではないかと思われる。耕作もトレッカーの食事に供するような作物も多く見受けられた。この地域の住民の生活様式も最近の10年ほどの間に大きく変わっているのではないかと考えられる。

今回我々をサポートしてくれたガイドのサーダー(シェルパ頭)はスペイン隊に同行して無酸素でエヴェレストの山頂を極めた強者であるが、彼にとってもガイドは手取り早い現金収入の道なのであろう。彼は世界最高峰のサミッターとして名をあげシェルパ頭の地位を得た後は、カトマンズにある旅行会社の専属ガイドとして首都に自宅を構え、現在は主に日本人などのトレッカーをガイドして生計を立てているのである。しかしガイドたちのプロ意識には相当なものが窺え、不注意者の筆者が写真を撮ろうと崖っぷちをうろろしたりすると、必ず手の届く範囲に寄り添ってガードしてくれていた。

3) 資料、地形図など

ハイヒマラヤに関する研究は、T.Hagen や A.Gansser の 1960 年代の古典的な研究以後、日本やドイツ、フランスなどの研究者が 1970 年代から 1980 年代にかけて集中的に行ってきた。もともとの岩石学的な変成作用の検討から始まった研究に加えて、地形学的な研究も盛んになり、ヒマラヤ山脈がなぜ山脈を形成しているかということについて現在も総合的に検討が進められている段階である。その先駆的な成果としてまとめられているのが、「上昇するヒマラヤ、木崎甲子郎編、築地書館(1988)」である。また、ハイヒマラヤを特徴づける氷河について一般の手に入りやすいものとしては「ヒマラヤ研究、原真・渡辺興亜編、山と溪谷社(1983)」「ヒマラヤの気候と氷河、安成哲三・藤井理行編、東京堂出版(1983)」などがある。さらにハイヒマラヤを含めたヒマラヤ全域の地質、動植物、水資源問題、自然災害、農業、民族などの最新の話題を含む概説書として、「ヒマラヤの自然史、酒井治孝編著、東海大学出版会(1997)」がある。今回はこれらの既存資料の知識をベースとしたうえで、サンタ・マン博士が用意されたリーフレット「Brief field observation on lithology of the Dudh Koshi River section between Lukla and Namche Bazaar, Eastern Nepal」を資料として巡検を行った。この資料には 1989 年以降の研究成果も参照されている。

最近のトレッキングブームでヒマラヤ山麓地域のガイドマップの類はたくさん刊行されており、この地域に限っても数種類の地図が入手できる。値段は定価で 500~850 ルピー程度である。これらを手入するには、カトマンズ市内ではタメル街にまとまってある書店やダルバール広場周辺の土産物店を回ってみるのが便利であるが、ホテルやトレッキング道沿いのロッジなどにもたくさん置いてある。スケールは 12 万 5 千分の 1、10 万分の 1、7 万 5 千分の 1 などが多く、トレッキング目的であれば地形表現の精度は実用上問題ない。地形の規模が大きいのでむしろやや小縮尺の方が概観がつかみやすいかもしれない。また今回の調査地域は 5 万分の 1 の地形図も整備されている。北側の「クーンブヒマール図幅」は初版が 1965 年で、ドイツの技術援助により 1930 年代の写真測量と 1950~1960 年代の現地調査に基づいて作成されたものであるが、1999 年版は 1995 年の東ネパール地形図作成プロジェクトの資料により全面的に改定を行ったとあり、等高線による地形表現はまずまずである。ただし等高線の間隔が 40m なのでのんびりとした地形を想像してしまうが、山岳地の実際の急斜面をこれ以下の間隔で表現するのは困難である。また地名表記法の原典として示されているペーター・アウフシュナイダーの名は山岳関係者には懐かしいが、地名自体もその読み方も他の地図や資料とやや異なるので少しわかりにくいのが難点である。調査地南部の「ソロ/ヒンクー図幅」は、1974 年初版で 1987 年に 2 回目の部分的改訂が行われているものの等高線の地形表現にはかなり甘いところがある。また歩道や橋の位置などが現在とは違う箇所があり(水害などでたびたび変わるため)、この点についてはトレッキング専用のできるだけ新しい版の地図のほうが信頼できる。これらの地図に加えて、エヴェレスト近傍についてのみではあるが、1988 年にナショナルジオグラフィック誌の付録として作成された 5 万分の 1 地形図が単独でも手に入る。これは正確かつヨーロッパ的な美しい地形表現がなされたもので、愛好者も多い著名な地図である。上記の地図類は日本国内よりもカトマンズの方が量も種類も豊富に出回っていて、しかも安価である。

なおネパールでは 1992 年頃からフィンランドの経済的協力によって全国の 5 万分の 1 地形図の整備を進めている。国土の東半分はすでに完了し、地図の販売もしている。西半分は現在整備中であるが 2000 年頃には完了する予定である。また、カトマンズ周辺やテライ平原の一部については 2 万 5 千分の 1 地形図の整備も進めており、これらもカトマンズ市内の地図専門店で購入できる。

(4) 見学地の概要

1) カトマンズからルクラへ

カトマンズからルクラへは定期航空便が 2 社により運航されているが、シーズン中はトレッカーの予約で大変混雑する。今回の調査ではレンビニ航空のチャーター便を使用した。1 便では間に合わずピストン輸送による 2 便に分けてルクラ入りをするようになった。カトマンズは当日の朝から比較的良好に晴れて、前半戦を終了して帰国の途につく市川団長を初めとする方々の羨望のまなざしに見送られて午前 7 時 20 分にホテルを出発した。

トリバン空港の国内線ロビーは、そろそろモンスーン終了を当て込んで増えだしたトレッカーたちで混雑しており、ネパール各地に向けて小型機、中型機が頻りに離陸していく。こうなると時間どおりにことが進まないのはすでに慣れたものであるが、田中隊長以下 5 名の先発隊が第 1 便で離陸したのは午前 8 時 50 分と予定より 20 分

遅れであった。空港の喫茶室でサンタ・マン博士と今回の巡検コースの概要について懇談しながら第1便の帰着を待つこと1時間30分、予定より1時間遅れで第2便が離陸したのは午前10時30分である。我々のほかにアメリカ人のツーリストが4名同乗する。優雅な衣装の客室乗務員がキャンディーと耳栓用の綿を配る。

カトマンズを飛び立った20人乗りツインオッター機はほぼ真東に進路を取り、ルクラへと向かう。カトマンズ盆地の表層は湖沼堆積物からなっているが、その平坦な地形がよくわかる。盆地の郊外は稲作を中心とした農地と煉瓦づくりの家々からなる集落が点在する田園風景が広がっている。古都バクタプルの上空を通過し、高度を次第に上げて行くが、残念ながら雲がわき上がりハイヒマラヤの峰々は望むことができない。まだモンスーンは終了していないようである。スン・コシ川の上空を通過すると下界も全く雲に覆われてしまったが、左手前方の雲の切れ間に岩と雪の尖峰が見えた。ガウリサンカール峰(7145m)である。さらに東方に見えるはずのエヴェレスト方面の山々は雲の中らしい。

しかしまもなく何も見えない雲中の飛行となり、やがて次第に高度が下がって4000m位になったかと思うと眼下の雲間に峡谷が覗けるようになった。ジュンベシ・コーラ川かベニ・コーラ川あたりのようである。谷底は人馬(ここではヤクか牛か?)が通過できないため急峻な斜面を縫う歩道が集落をつないでいるが、斜面には新しい崩壊地が目立ち、その末端は土石流となって本川に流入している。無惨に土砂に覆われている棚田も少なくない。やがて峠(タキシンド・ラ)をすれすれに越すとドウドウ・コシ川の峡谷に入り込み、左旋回して北上するとルクラの上空に到達した。

今まで本でしか知らなかったルクラ飛行場を目の当たりにするとやはり強い印象を受ける。井戸の底の航空母艦に着艦すると言えどいぶげさであるが、急峻な谷の側壁にへばりついた僅かな段丘面、しかも傾斜した最大傾斜方向に、山に向かって着陸するのである。滑走路の真上から螺旋状に急旋回して高度を下げる間に1機、2機と先着便が離陸していく。そして前面に立ちはだかる急崖に向かって、タッチ&ゴーによるやりなおしが全く許されない進入が始まり、やがて軽快にバウンドしながら着地すると、アメリカ人のツーリストたちは「滑走路がグラベルだ!」と大はしゃぎである。鉄道がほとんどなく道路事情の必ずしもよくないネパールでは、国内の航空路線はよく発達しているというべきで、山間のかなりの僻地にも定期便が運行している。パイロットは相当な腕利きなのであろう。ガイドブックにそう書かれていようが、ここはやはり拍手喝采の場面である。

先発隊と合流し、シェルパコーヒーハウスという茶店で休憩する。ここでサンタ・マン博士からあらためて調査地域の地質概要について説明を受けた。詳細は露頭を前にしての報告の項に譲るが、大陸の衝突、主中央衝上断層(MCT)の活動、チベットとの境界の正断層の活動によってハイヒマラヤの岩石が階層的に変成作用を受けたこと、したがって通常とは逆の変成度や岩石の年代の若返り、花崗岩化作用などがみられることについての解説であった。

ガイド、荷運びのポーターを加えてチームの編成が整ったところでエヴェレストに向けて出発である。ここから先は我々はサーブ、田中隊長はバラ・サーブである。サーダー(シェルパ頭)のデンディはかなり日本語を話す。天気はあいにくの小雨となってきた。

2)ルクラ(EL.2,827m)からパグディン(EL.2,652m)へ

時刻は12時すぎ、茶店でのサンタ・マン博士の概要説明を聴き終えて、いよいよエベレスト山麓へ3泊4日の徒歩による巡検旅行の始まりである。総勢17名の一行をサポートするのは、ガイド3名、シェフ1名、キッチンボーイ1名、ポーター4名の総勢9名である。各自の荷物のうち宿泊地であるパグディンまで不要な荷物や途中の食料、さらに酸素ボンベ等を担いだポーター達が一足先に目的地へと向かう。

パグディンまでの旅程は約7km、標高差は途中アップダウンを繰り返しながら全体としてルクラより約200m下ることとなり、初日の足慣らしとしてはちょうどいい。

出発して5分程でルクラの集落は途絶え、眼前にはドウドウ・コシが深く削り込んだ谷地形がはっきり見えてきてルクラが大きな段丘面であることが良く判る。道は段丘面を後にゆるやかにドウドウ・コシの河床近くへと下っていく。河床近くまで標高を下げた後は、ドウドウ・コシ左岸の道を段丘面と河床との比高分の上り下りを繰り返しながら上流へ向かっていく。途中欧米人のトレッカー達が次々と足早に我々を追い越していく。彼らはなぜそんなに急ぐのだろうか?

ルクラを出発して約1時間半後、パグディンへ至る半分ほどの集落でやや遅い昼食をとる。昼食は先行したシェフが我々の到着に合わせ準備してくれていたもので、ホテル(といっても民家のような造り)の厨房(といってもかまどがあるだけ)を借りて調理したものである。メニューはチーズ味の無発酵パンにカリフラワー・にんじん・ポテトのガーリック炒めである。シンプルなメニューであるがパンは焼きたて野菜も新鮮で山でとる食事はとても美味しく食が進む。昼食に1時間ほど要した後、本日の宿泊地パグディンへ向け出発した。

途中、露頭や石垣に使われている石をサンプルとしてサンタ・マン博士による解説が随所で行われた。それによれば今回のルートは主中央衝上断層(MCT)の北側のThe Higher Himalayan Crystalline zoneに位置し、堆積岩起源の準片麻岩・花崗岩起源の正片麻岩や粗粒な長石の斑状結晶で特徴づけられる眼球片麻岩などが分布し、一部にはペグマタイトなどの花崗岩質の貫入が見られることなどの説明があった。

昼食を取った場所からさらにドゥドゥ・コシの上流に向かって歩くこと約2時間でパグディンに到着した。宿泊先はKARAPATAR RODGE & RESTAURANT 地上2階地下1階の建物で街道に面したガラス張りのサンルームのような造りの建物が食堂だ。気温は10℃程度か?それほど寒くない。ルクラから降り続いた雨はだんだん強くなっている。一行の中で体調を崩している人はいない。後は雨がやむことを祈るばかり。8時ごろには自家発電の電気が止まった。明日に備えて早めに寝ることとする。

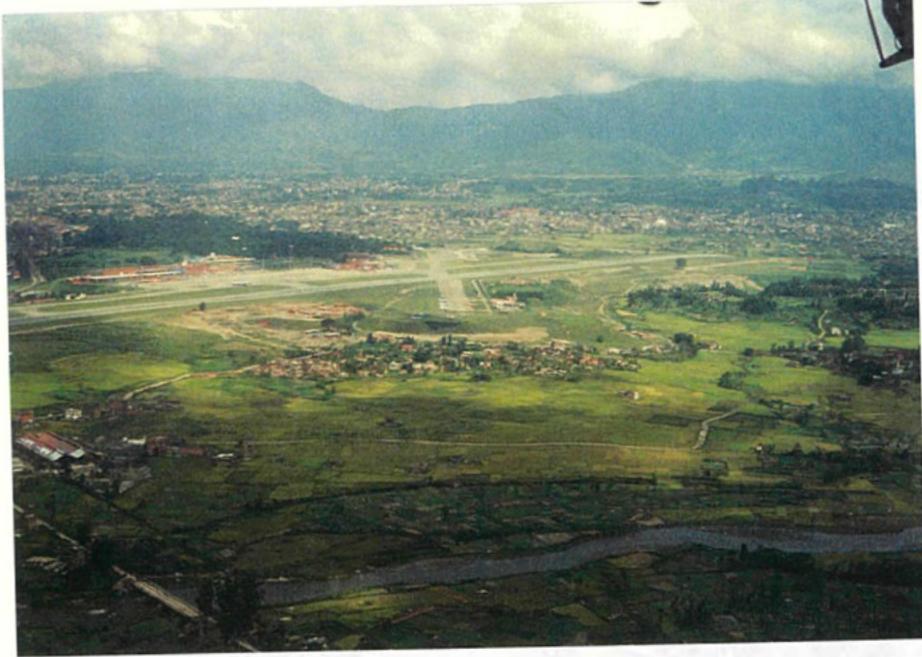


写真1：

トリバン国際空港を離陸して一路ルクラへ向かう。空港のある平坦地の地下には、半固結状の砂層シルト層からなる鮮新～更新統上部の Gokarna 層が分布している。

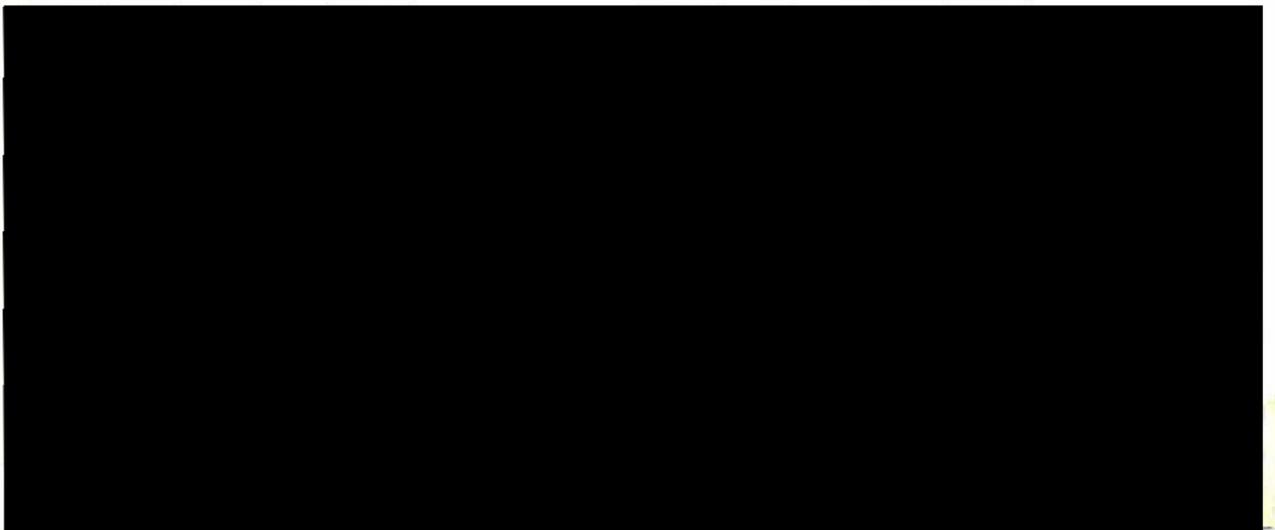
手前に見える Manohana Khola 川は、市街地を流れる他の河川と同様に汚染がひどく、カトマンズ盆地環境地質図には、「肌に直接接触するのはさけるべし」と記載されている。



写真2：

タキシンド・ラを越えると眼下に崩壊地の目立つ峡谷が望めるようになった。地形図との照合がうまくできないが、Deku Khola 川沿いの Phuleli 集落付近のようである。

画面下の左岸側では斜面全体が河床まで押し出しているように見える。



5万分の1地形図「ソロ／ヒンケー図幅(1987)」の一部。グリッドの間隔は1kmで等高線の間隔は40m。Tragsindo La (タキシンド・ラ) から Phuleli を経由する道はいわゆるエヴェレスト街道の一部で、ルクラに飛行場ができる前はこれを歩くしかなかった。



写真3：
谷間の中空に浮いたような
ルクラの飛行場。林道のような
ものが滑走路。航法管制装置は
吹き流しだけか？



写真4：
ルクラ飛行場の脇にあるレス
トハウス。トレkkerはここで
身支度を整え、ガイドやポーター
は荷造りをする。動物はヤクと
牛の交配種で、実におとなしく
優しい目をして、感動的なくら
い忠実な働き者。



写真5：
ルクラをあとにナムチェバ
ザールに向かう。このあたり
まではまだいくらかの平地が
あり、耕作が行われている。

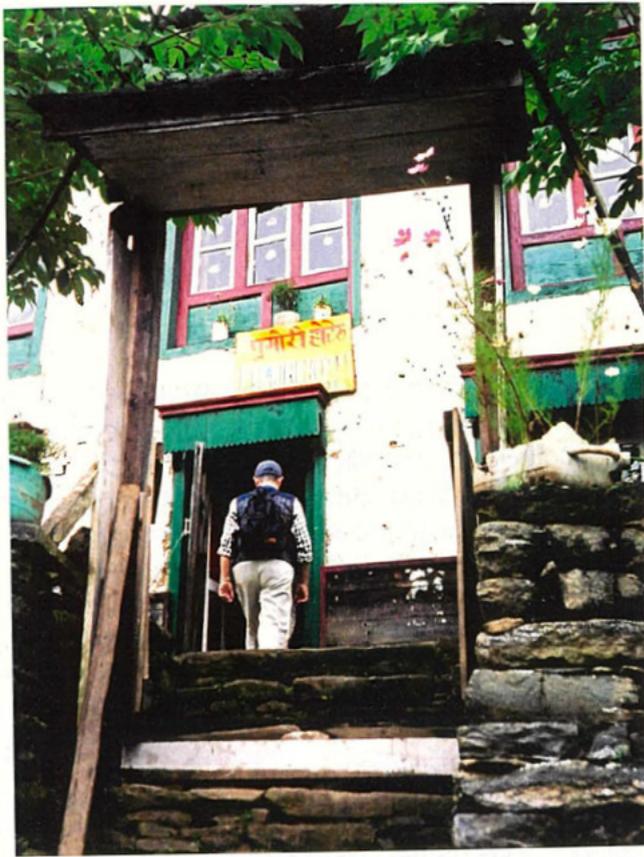
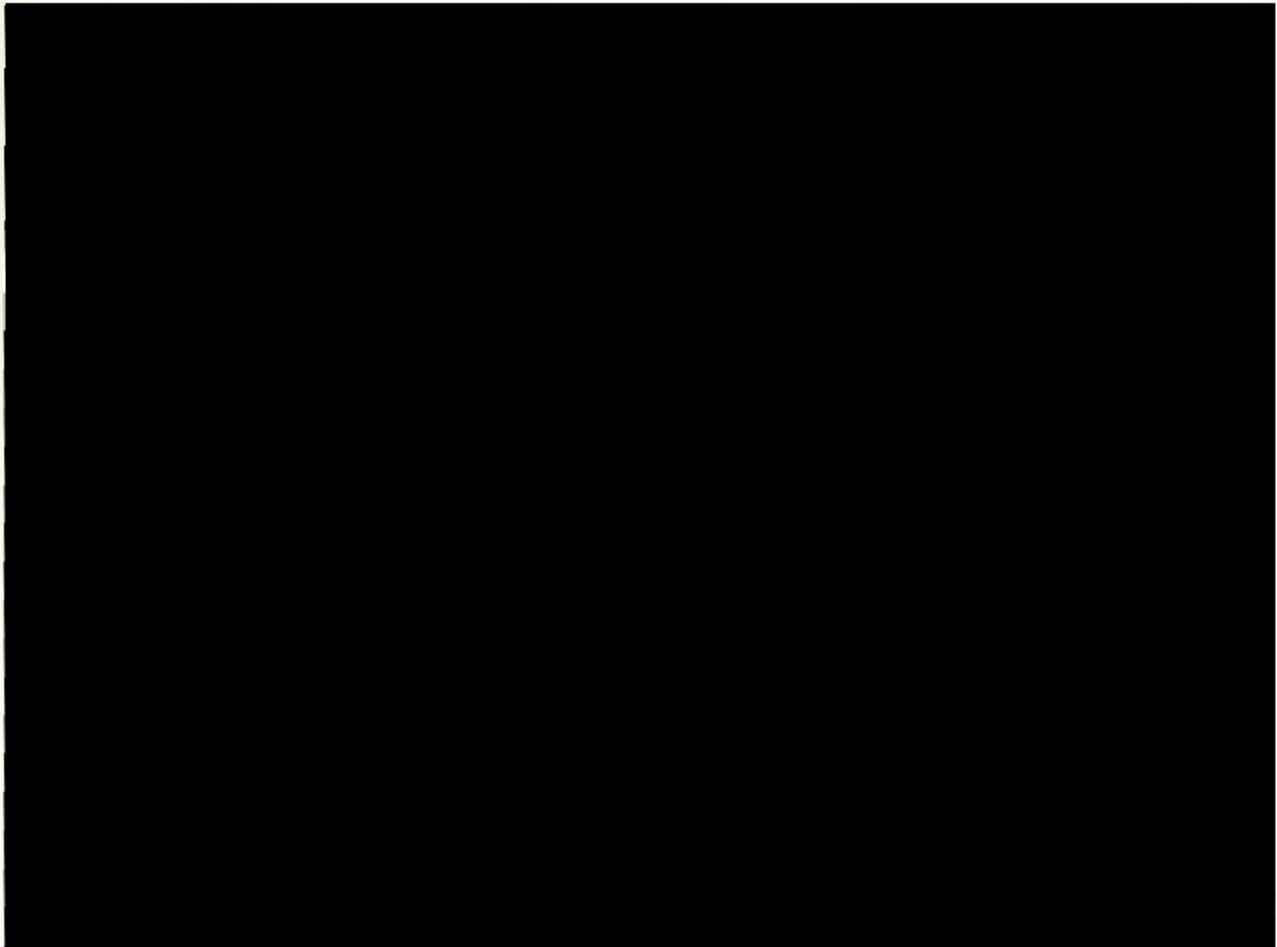


写真6：
街道沿いにはトレッカー向けのロッジが立ち並ぶ。昼食をとった「プモリハウス」も石造りのシェルパ族の建物だが外装はカラフルだ。



12万5千分の1のトレッキングマップ「クーンブ」の一部。このようなマップは何種類も出ていて、道筋のロッジなどにもたくさん置いてある。細かい地形を読みとるのはつらいが、ガイドブックと思えば便利だ。

4.2 スリリングな飛行

永田 秀尚(有)風水土

(1) はじめに

10月5日よいよ、今回の最大の見せ場となるエベレストへの出発の日である。早起きはこの4日間のエクスカッションで慣れたので、大して苦ではない。7時20分にはホテルの玄関で市川会長ほかの帰国組に見送られながら出発となった。この時間だと市内の渋滞も始まっておらず、30分で空港に到着。国内線のターミナルは今どき日本ではないような雑然としたところである。ロイヤル・ネパールのほかにネコン・エア、ブッダ・エア、ルンビニ・エアといった国内航空会社のデスクがあるが、電光掲示板などはなく放送もないので、一人で来たら訳がわからないだろう。サリー姿のグランドホステス(とくにブッダ・エアの)がきりりとしたインド系の美人で、某氏(複数)が一生懸命カメラに収めようとしていたが、なにせ暗いのでうまくいったかどうか。結果はその後も聞いていない。ここで、今回の地質のガイドをお願いしたサンタ・マン(Dr. Santa Man Rai)さんと落ち合う。彼はインド系(コーカソイド)ではなく、谷村新司似の懐かしいモンゴロイドの顔立ちである。フランスの大学で変成岩岩石学を学び、学位を取得したとのことである。日本に来たかったが、留学生枠が一杯で果たせず、フランスに留学したという話をあとから聞いた。

われわれが乗るルンビニ・エアの飛行機は定員16名とのことで一度に全員を運べない。そこで田中先生をはじめとする5名が先発隊として予定通り8時30分に飛び立った。私を含む後発隊は9時20分の便であったが、なぜか1時間ほど遅延とのことで、2階のカフェテリアに移動して時間をつぶす。

話題はサンタ・マンさんを中心に、これから見る地質のことや彼自身のこと、ネパールのことなどが中心となった。彼は顔立ちからわかるように、ネパール東部の出身とのことである。確認を取っていないが、ファースト・ネームのRAIは少数民族ライ族¹⁾を示しているのだろう。シェルパ族のファースト・ネームが多くSHERPAであるのと同じだろう。日本では姓を見て出身地や階層を言い当てるのは難しくなってきた(阿部や太田が多分東日本だというくらいはわかる。はっきりしているのは安室とか具志堅とかいった沖縄の姓である。あるいは武者小路といえばお公家さんであることはわかる。永田はわからないでしょう)が、ネパールではファースト・ネームによって民族やカーストがわかる。サンタ・マンさんによればミドル・ネーム(彼の場合のMan)にも意味があるということだ(詳しくは覚えていない)。

サンタ・マンさんからフィールドガイドと論文のコピーを頂いた。フィールドガイドの末尾に付けられた地質図は、なんと北大の先輩で現在札幌にある野外科学術の社長をされている石田隆雄さんの手になるものであった²⁾。かつて学んだ北大ではヒマラヤをはじめ、日本における高温タイプの変成岩のフィールドである日高山脈や阿武隈の研究が身近にいたために、私にとっては岩石・鉱物ともに、他の参加者の皆さんよりは比較的親近感があったのだが、なおいっそう親しみが湧いてきた。フィールドガイドと彼の説明によれば、ヒマラヤでは3つのステージの変成作用が区別されている。³⁾最も古いEu-Himalaya 変成作用。プレカンブリアンで、ヒマラヤ片麻岩が形成された。³⁾New Himalaya 変成作用。約2,500万年前。主中央衝上断層(Main Central Thrust=MCT)に沿う変成作用で、逆転した温度構造が形成された。³⁾後退変成作用。南チベットデタッチメント断層系(South Tibetan Detachment System=STDS)にともなうもの。

10時30分に飛行機は出発した。われわれのほかにもUSA、オハイオかどっかから来たグループが乗り込んでいる。夕食と一緒にいかがなどと太田さんが美女に誘われている。私は運良く左窓側の席を確保。さてお天気の具合は。

脚注

- 1) スンコシ本流の北、リクコーラとアルン川の間に住する民族(文化人類学事典による)。標高1000~2000mの山岳地帯であり、今回訪れたクーンブ谷の南側になる。
- 2) Ishida T., 1968, Jour. Geol. Soc. Jap.
- 3) 在田・雁沢, 1997, 地学雑誌によれば、熱イベントはプレカンブリアンから古生代にかけて4つ、

白亜紀および第三紀に認められる。大陸衝突に関連する第三紀ヒマラヤ変動は50～40MaのEo-Himalaya期と約20Ma以降のNeo-Himalaya期に分けられるようである。ここでいう2), 3)の変成作用はいずれも後者に属する。地域によるがSTDSの活動は23～13Maには終了していたという報告があり、ここでの3)の後退変成作用がSTDSに関連するものかどうかは検討の余地があるように思われる。

4.3 ハイヒマラヤ中央結晶質岩体とヒマラヤ造山運動の記録

松浦 努((株)建設技術研究所)、平山 一夫((株)建設地盤)



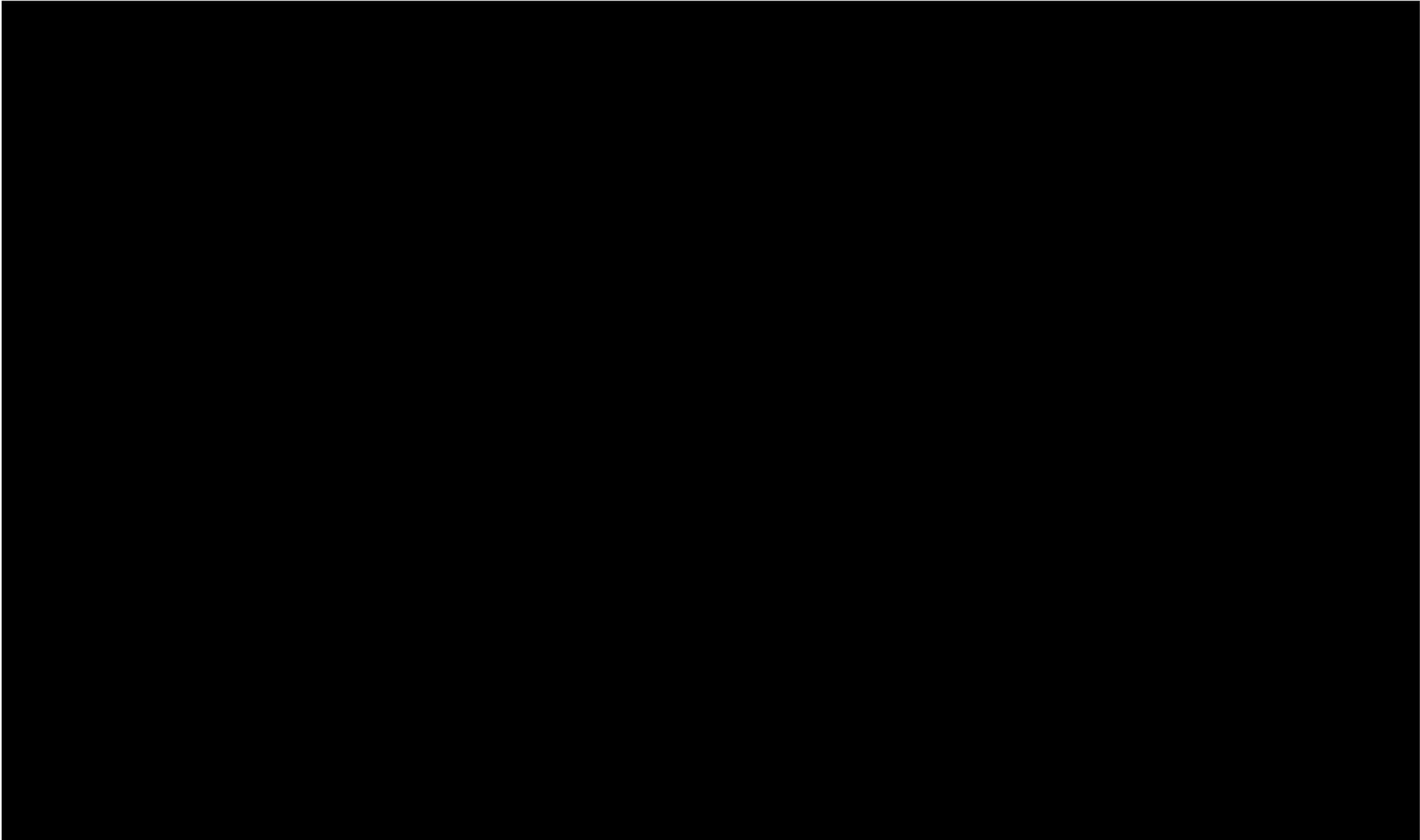
早朝のハイヒマラヤ(シャンボチェから望む)

(1)はじめに

1)ヒマラヤの風土

ヒマラヤ山脈は氷河と雪に覆われているため、日本より北にあると思われがちだが、実は北緯 27° ～35° に位置し、日本でいうと沖縄から屋久島の間にあたる。そのためヒマラヤ山脈の大部分は、亜熱帯から温帯の気候下にあり、標高約 1300mの首都カトマンズの年平均気温は 18.6°Cである。

ヒマラヤ山脈は、世界の屋根ともいわれるくらい大きな地形的な高まりである。そのためヒマラヤ山脈にぶつかったモンスーン(南西からの季節風)はたくさんの雨をもたらし、年間降水量 4000mmにも達する湿潤な南・東南アジアの気候を司っている。逆にヒマラヤ山脈の北側は年間降水量 500mm以下の乾燥した気候となっている。このような大きな地形の高まりは気候だけでなく、植生、農業、文化などを二分する地理的な境界となっている。



ネパール中東部のランドサット画像

ネパールの位置図

しかし、このような大きなヒマラヤ山脈が、河川の分水嶺となっておらず、北方のチベットから流れ出る河川もヒマラヤ山脈を深く削り込みながら流下してくることは驚くに値する。これはヒマラヤ山脈の隆起速度より、河川の浸食速度が上回ったことが原因である。それにしてもヒマラヤ山脈で起こっている“隆起”と“侵食”との自然の力比べは壮大である。

大河として世界的に名高い“揚子江”、“黄河”、“メコン河”、“ガンジス河”、“インダス河”などはすべてヒマラヤ・チベットを源流としている。アジア文明の発祥の地はこのような大河の傍らにあることを思えば、ヒマラヤ山脈は遠い昔からアジアの人々や自然を潤し続け、生命の源となってきたともいえるのではないだろうか。

2)交通

日本からネパールへは、ロイヤルネパール航空の直行便が利用できる。この便は関西空港から上海経由でカトマンズに入るものである。所要時間約9時間である。乗り継ぎで行くならバンコクや香港を利用することが多いようである。

調査で訪れたソル・クーンブ地方は、カトマンズから東北東へ約120kmの深い山間部にあり、世界最高峰“エベレスト”をはじめ“ローツェ”、“アマ・ダブラム”など、トレッカーにとって憧れの山々を間近で眺望できるため、ヒマラヤで最も人気の高い場所である。カトマンズからソル・クーンブ地方へ行くには、飛行機やヘリコプターを利用できる。天候が良ければ毎日運行しており、いつでも手軽にここを訪れることができる。いったんソル・クーンブ地方に入ると“自分の足で歩く”ほかに移動手段はない。しかし荷物はポーターが持ってくれるし、道案内もシェルパがやってくれるので安心である。今回道案内をやってくれたシェルパはエベレストに無酸素登頂した経験のある強者で、しかも英語や日本語が話せる頼もしい人であった。

注①)私のような無粋な人間にとっては、飛行機やヘリコプターを使ってできるだけ高いところまでいき、歩く距離を短くしたくなる。しかし、高山病を予防するには、低いところから徐々に標高を上げ、体を慣らしていくことが大切である。今回の工程でも、高度順応のため標高約2800mから歩き出し、ほぼ同標高の場所で一泊している。



ルクラ空港のトレッキングルート入り口付近

2) 工程

ハイ・ヒマラヤの調査工程を次に示す。本報告文では、最も過酷な工程となった10月6日の行動を記録するものである。

- 第一日目:10月5日 カトマンズ(飛行機)→ルクラ12:00(トレッキング)→パグディン PM16:30
- 第二日目:10月6日 パグディン AM7:00(トレッキング)→シャンボチェ PM17:00
- 第三日目:10月7日 シャンボチェ, ナムチェ・バザール周辺の巡検 AM9:10~PM16:25
- 第四日目:10月8日 シャンボチェ(ヘリコプター)→カトマンズ

注②)もしも、飛行機やヘリコプターが悪天候のため欠航となるとどうなるか。歩いてカトマンズに戻るのとは不可能である。時間に余裕を持った工程にすることが大切である。

(2) はじめてのトレッキング

10月6日朝6時起床、残念ながら今日も曇っている。時折小雨もばらついているようだ。念願の“ヒマラヤの山々”をいつになったら拝めるのだろうか。昨日はルクラ(Lukra 標高約2800m)空港から4時間半かけてここパクディン(Phakding 標高2610m)まで歩いてきた。今日はずっと長い距離を歩かねばならない。しかも、昨日よりきつい登りがあるらしい。非常に不安である。ネパールにくる前に減量を誓ったが、逆に太ってしまった。なんという根性なしだろうか、今さら悔やんでももう遅い。不安を胸に朝7時出発。

出発地のパクディンは標高2610mである。ここから10kmは川沿いのなだらかな山道を歩き続ける。昨日の疲れは残ってないようだ。非常に快調だ。足取りも軽い、なんだか行けそうな気になってきた。しかし、足元は切り立った崖だし、不安定で危うい吊り橋をいくつも渡らなければならない。足を踏み外したら氷河が溶け出して濁流となったDudh Koshi(ミルクの川の意味)川に飲み込まれる。間違いなく一巻の終わりである。



Dudh Koshi(ミルクの川の意味)川沿いのルートを歩くトレッカー

昼ごろにモンジョ(Monjo)に着き昼食をとる。ローカルな食事である。疲れていてメニューは覚えていない。ただ腹一杯食べた。食欲はあるようだ。まだまだ大丈夫、再び歩き始める。

ほどなくジョルサレ(Jorsale)に着いた。ここからがきつい登りの始まりである。ここが標高3000m位だから、後400m高さを稼げば有名なナムチェ・バザール(Namche Bazar 標高3440m)である。とりあえずそこを目標にして登ることにする。予想通りきついアップ・ダウンの連続である。アップはともかく、せっきく登ったのに下るのがなんとももったいない。だれが道路計画したのだろうか。トレッカーの気持ちがかかっている、と心の中で叫ぶが、口に出して叫ぶほど体力がない。情けない。日本で買って来たストック(登山用の杖)が役に立った。体重オーバーのハンディをなんとかカバーしたようである。荷物をたくさん積んだヤクや大きい荷物籠を頭で担いだポーターの一行と何度もすれ違い、何度も追い抜かれた。その際少しの間、道の脇で休憩できる。欧米人のトレッカーにも追い抜かれた。どうして欧米人はこんなに体力があるのだろうか、いつも驚かされる。



Jorsale からのきつい登りの始まり

坂の上に Well Come Namche Bazar の看板が見えてきた。しかし着いたと思ったのが間違いだった。その看板から休憩のできるレスト・ハウスまではさらに長い階段をいくつも上らなくてはならなかった。自分は一度気が抜けてしまったら、気力を復活させることが非常に困難な性格であるとわかった。貴重な体験である。それにしても紛らわしい看板である。ここは標高3400mを超えている。空気が非常に薄い。基礎体力がないのに、追い討ちをかけて疲れが増してくる。すれ違い際にトレッカーが「ナマステ（‘こんにちは’のネパール語）」と声を掛けてくる。返事ができないくらい疲れている。恥ずかしながら「声を掛けてくれるな」と願いながら登る。本当に早く休憩したい。

やっとレスト・ハウスに着いた。みんな妙に口数が少ない。シェルパ兼コック長がネパール製のインスタント・ラーメンを作ってくれた。世界一おいしいインスタント・ラーメンであった。



昼食後のひとときの休憩

ここから最終目標地のシャンボチェ(Syangboche 標高 3820m)まで標高差 400m弱、ここまでくればもう行くしかない。再びモチベーションを高めて、いざ出発。しかし、いきなり今まで以上に急な上り坂が続く。空気が薄いせいか思うように歩けない。シェルパやポーターは駆けるように登っている。同じ人間でないことを痛感する。こちらはマイペースで行くことにする。海外で生きていくためには土地の人達との違いを正しく謙虚に受け入れ、無理をしないことだ。勉強になった。

遠くに今日宿泊するシャンボチェ・パノラマ・ホテルが見えてきた。先程の経験から気を抜かないことにして歩きつづけた。少し学習能力が身に着いたようだ。ポツポツ ポツポツ一歩づつ進んだ。だんだん近づいてくるのが分かった。夕方 5 時近く、やっとホテルに到着した。みんなで「Congratulation!」と無事を祝福し合った。山仲間とはこういうものなのだろうと感激する。その日は興奮覚めやらぬ内に早々と床に就いた。明日天気になーれ。



絶壁のトレッキングルート

(すべり落ちて途切れたルートを簡易な木の橋で繋いでいる)

(3) ハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体とヒマラヤ造山運動の記録

1) ヒマラヤ山脈の地形・地質

ヒマラヤ山脈は東西延長 2400km の弧状山脈で、ほぼ日本列島と同じ長さである。また、プレート間の衝突により形成された山脈であるという点で、日本列島と同様である。日本列島が大陸プレートと海洋プレートの衝突により形成された“弧状列島”であるのに対し、ヒマラヤ山脈は陸上で大陸プレートが大陸プレートの下に潜り込むことでつくられた“陸弧”である。

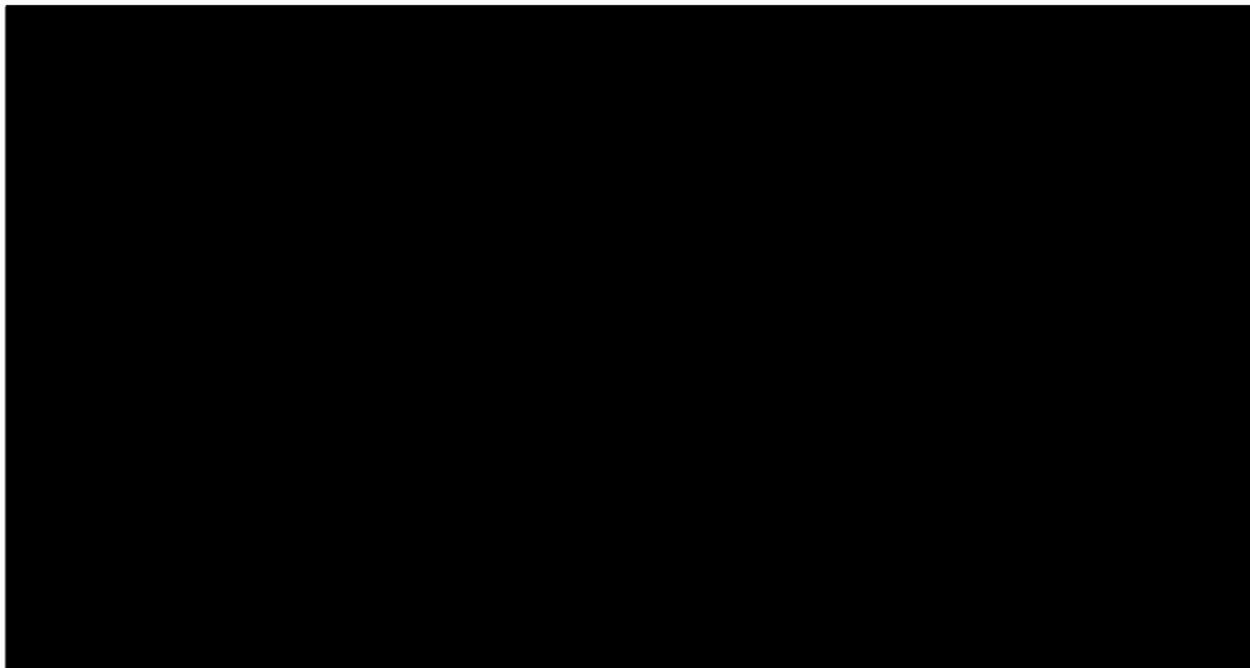
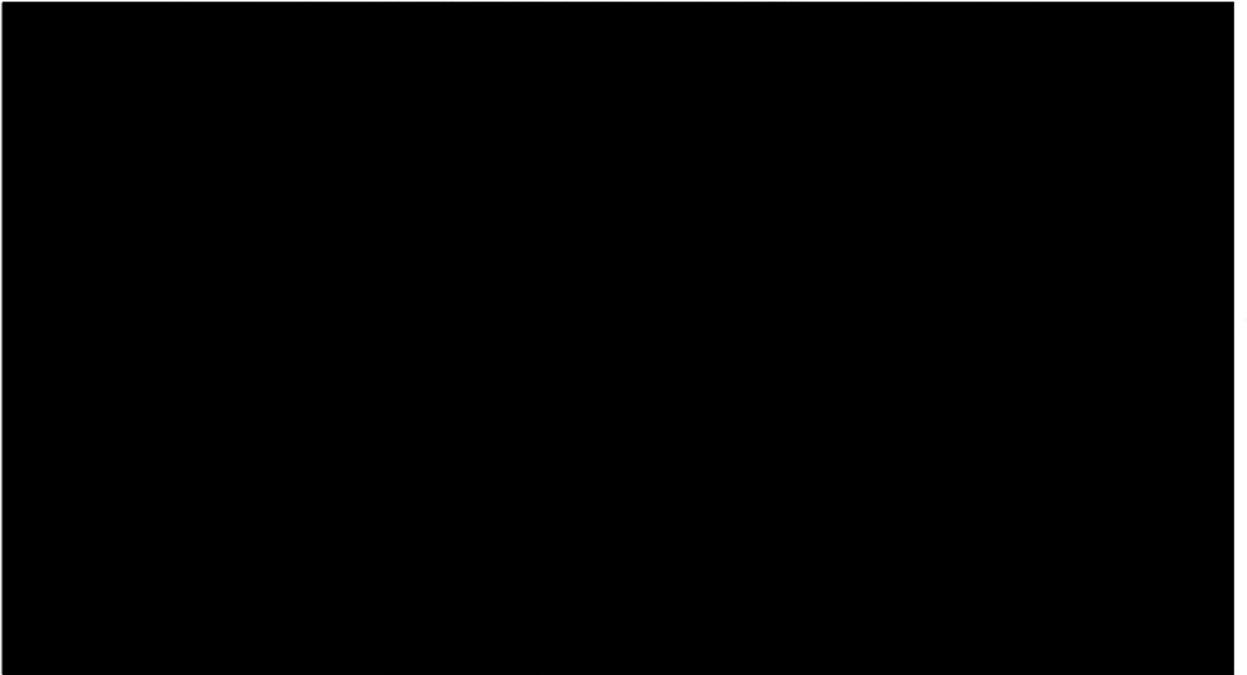


図 3.1.1 ヒマラヤ山脈の大地形(Mercier *et al.*,1987)

ガンジス平原からヒマラヤ・チベットへ向かって行くと、HFT (Himalayan Frontal Thrust) という活発な活断層を境に、シワリークヒルと呼ばれる丘陵地が現れる。標高が 150~1200m ほどあり、丘陵地というより山地といった印象である。シワリークヒルはヒマラヤの隆起が本格的に開始した約 1600 万年以降に堆積した河成堆積物からなっている。シワリークヒルの北縁も MBT (Main Boundary Thrust) という活発な活断層である。

シワリークヒルの背後はマハーバーラト山脈(標高 2000~3000m)とミッドランド(標高 1000~2000m)があり、合わせてレッサー・ヒマラヤと呼ばれている。レッサー・ヒマラヤは、主にインド盾状地の北方延長で、先カンブリア界と Gondwana の地層からなっている。レッサー・ヒマラヤの北縁は MCT (Main Central Thrust) である。これは現在活動を停止した衝上断層である。

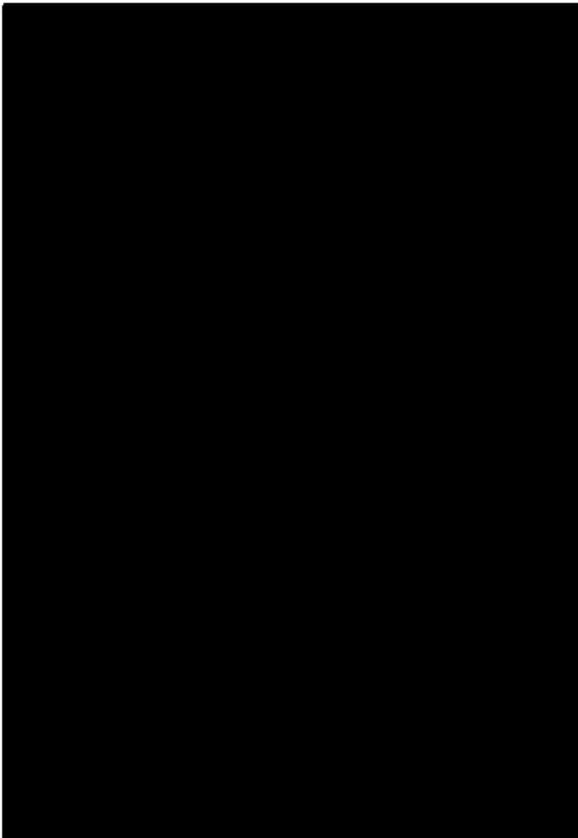
レッサー・ヒマラヤの背後には、ハイ・ヒマラヤがそびえている。普通ヒマラヤといえばこの地帯を指していることが多い。ハイ・ヒマラヤには標高 8000m 超級の孤高が 8 座もあり、まさに世界最大規模の大山脈である。



(ア) インド亜大陸とユーラシア大陸の衝突
ヒマラヤ山脈は、ゴンドワナ大陸から分離したインド亜大陸が、今から 5000 万年前にユーラシア大陸に衝突したことがきっかけで隆起を開始した。衝突したインド亜大陸はユーラシア大陸の下に潜りはじめ、このとき最初にできた沈み込み域がインダス—ツアンポー縫合帯である。約 3000 万年前インダス—ツアンポー縫合帯は完全に活動を停止し、沈み込み域はMCTへ位置を変えた。さらに、400 万年前にはMBT沿いに、現在ではHFT沿いというように、インド亜大陸は時代とともにより南方へ沈み込み位置を変えている。

インド亜大陸は先カンブリア系を基盤として、古生代後期から中生代初頭のゴンドワナ堆積物がこれを覆っている。また、インド亜大陸とユーラシア大陸の間にはテチス海と呼ばれる広大な海が存在し、陸棚から深海扇状地群(コンチネンタルライズ)にかけては厚いテチス堆積物を堆積させていた。

はじめはテチス海の海洋プレートやテチス堆積物は、アジア大陸の縁辺に沈み込んでいた。しかし、両大陸が衝突した約 5000 万年前



ヒマラヤ山脈の成立ち

から、テチス堆積物は激しく褶曲しながら大陸縁辺に付加していくことになる。現在このテチス堆積物はエベレスト山頂のイエローバンドやチョモランマ層などハイ・ヒマラヤの山頂部を南限として、北方のトランス・ヒマラヤ、チベット高原全域に分布している。

(イ)ハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体と中央主衝上断層(MCT)

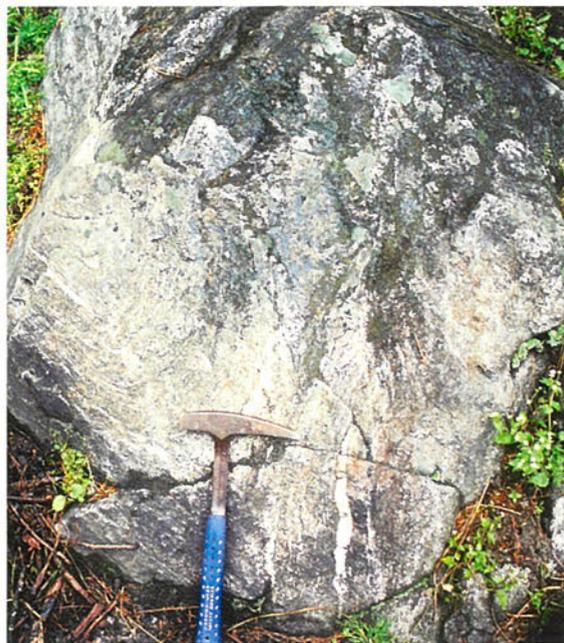
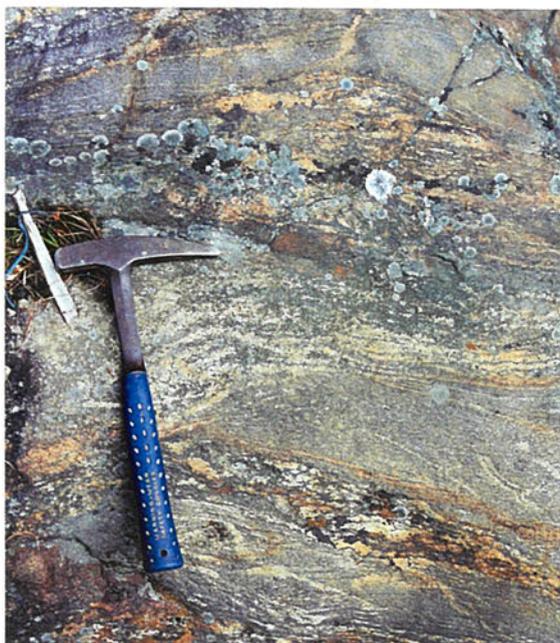
今回トレッキングを行ったソル・クーンブ地方のルクラからシャンボチェまでのエベレスト街道は、ハイ・ヒマラヤの麓で標高約 2600~3800mの地域にある。街道沿いは国立公園内であり、露頭には経文が刻み込まれていることが多いため、ハンマーを使えない場所が多かったものの、良く見ると様々な種類の片麻岩類からなっていることが分かった。これらの片麻岩類はハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体(Higher Himalayan Crystalline Zone)と呼ばれているものである。

本章では、ハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体とはどのようなもので、どのようにしてできたのか、今回現地調査に同行していただいたネパール国立トリブバン大学サンタ・マン・レイ博士にご教授いただいた内容をもとに、少し私の蛇足を加えて以下に述べることとする。

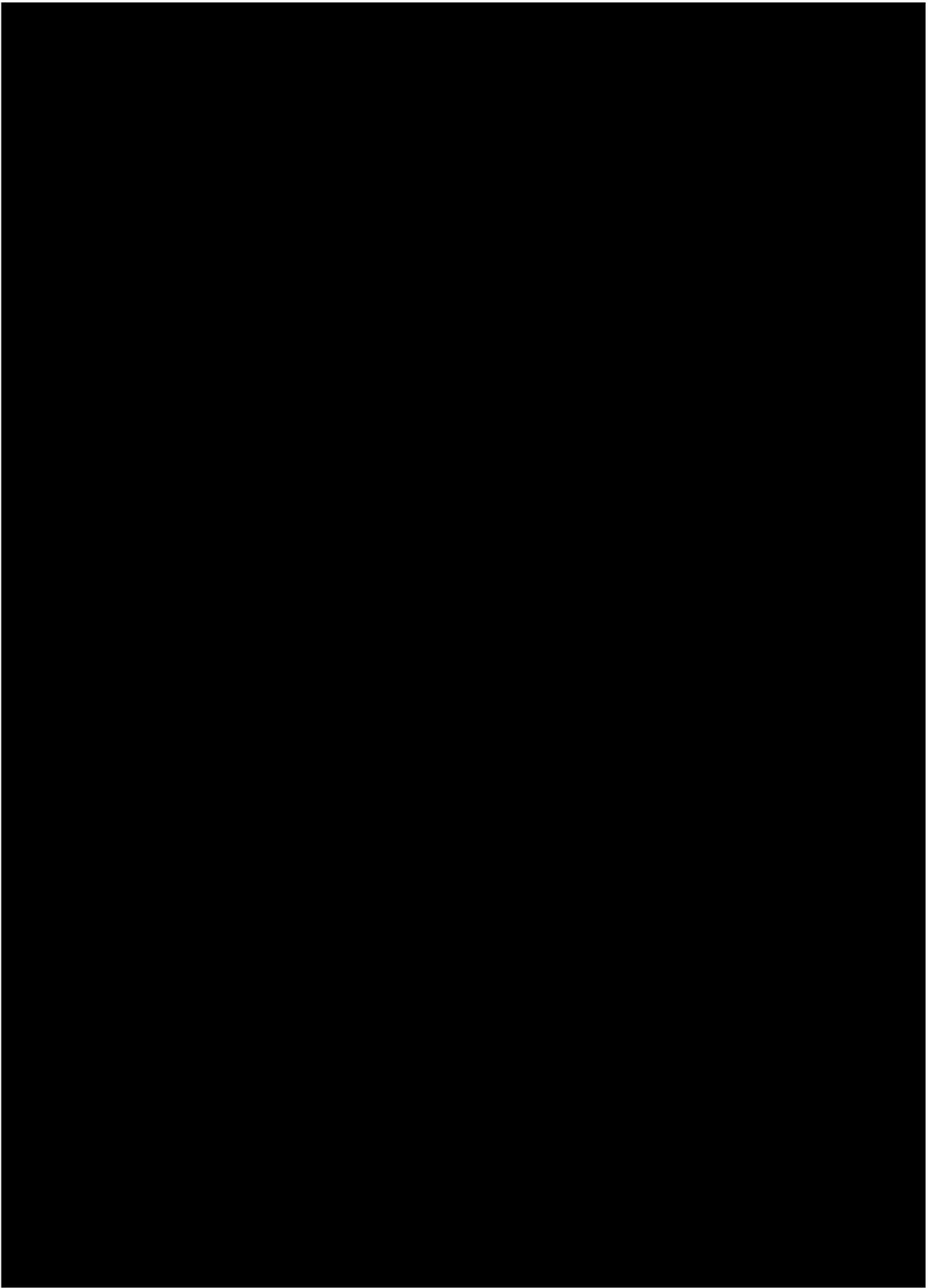
① MCT の形成と広域変成作用

「沈み込みの位置がインダス・ツアンポー縫合帯から MCT に移動したことこそ、ヒマラヤ山脈が現在の姿になるための最も重要なイベントであった。」とサンタ・マン・レイ博士が繰り返し強調していた。

博士の説明によると、大陸の衝突から 2000 万年が経過した後、インド亜大陸の内部が折れ、MCT に沈み込み域が移動した。これにより MCT に沿うインド亜大陸は急激に約 40km (12kb の圧力に相当)の深さまで沈みこみ、最高で 750℃の温度条件下におかれることとなった。このような環境下ではインド亜大陸を構成していた岩石は広域変成作用を受け、図 3.3.2 に示すようなレッサー・ヒマラヤからハイ・ヒマラヤまでのいわゆる Barrovian Region (変成度の低い方から緑泥石帯→黒雲母帯→ザクロ石帯→藍晶石帯→珪線石帯に至る一組の鉱物帯をつくる地域)をつくった。



ハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体(片麻岩類)



ソル・クーンブ地方の地質図と調査ルート

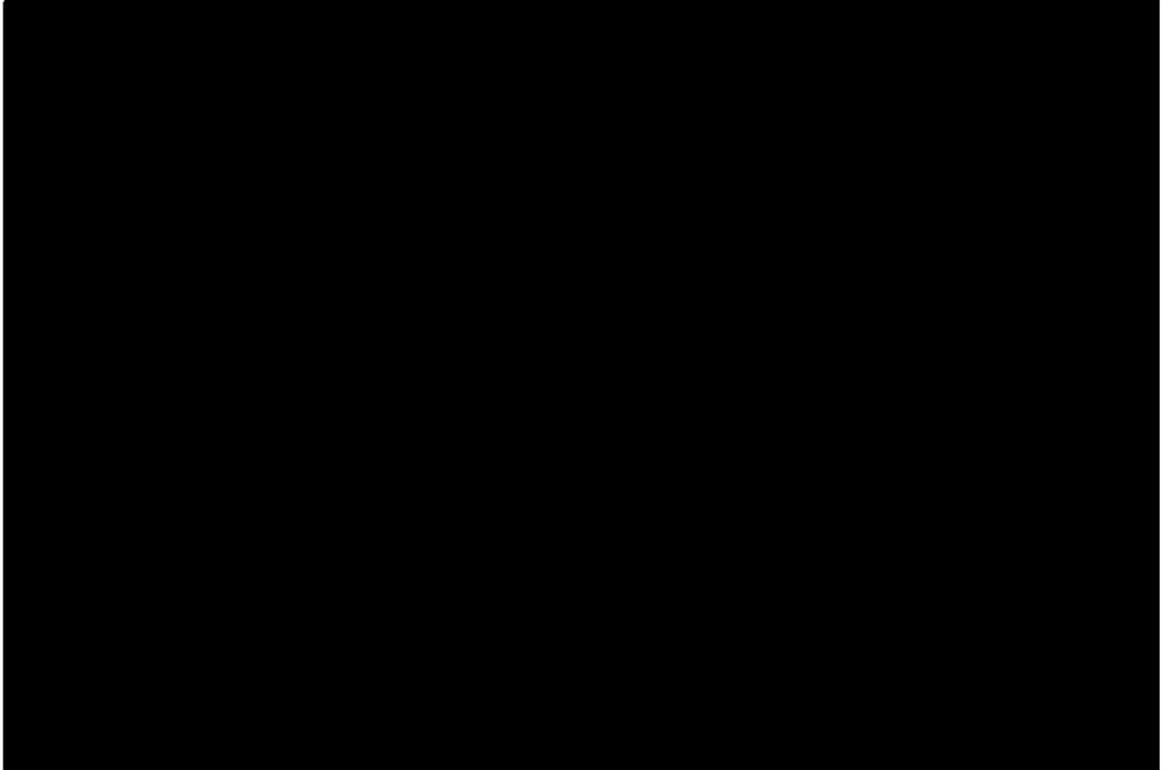


図 3.3.2 ヒマラヤ山脈の変成岩帯(原図はサンタ・マン・レイ博士のスケッチ)

2500 万年～1600 万年前になると、いったん沈み込んだインド亜大陸は変成作用を受けた後、もともとついていた浮力のために上昇をはじめた。上昇してきたハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体は、MCT に沿ってレッサー・ヒマラヤ堆積物を覆って南方へ 100～180km 水平移動し、巨大なナップ郡をつくった。カトマンズはこの変成岩ナップの上にある。

さらに博士は、MCT に沿う沈み込みがヒマラヤ山脈の地質構造を司った核心的な構造運動である証拠として、次のことを強調していた。

レッサー・ヒマラヤ帯やハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体の変成岩類の鉱物組成を詳しく調べていくと、MCT に近づくほど変成度が高く、遠ざかるほど変成度が低くなっていることが分かった。通常、変成岩は深度が増すほど変成度も高くなるものであるが、ヒマラヤ山脈では深度とは無関係に MCT を中心に Barrovian Zone をつくっている。つまり、ヒマラヤ山脈の広域変成作用の主因が、MCT に沿うインド亜大陸の沈み込みにあるという証拠である。



ハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体褶曲構造
(calcic gneiss がダクタイルな変形を受けている)



片麻岩を貫くペグマタイト脈
(STDF の正断層運動の原因となった花崗岩の併入と同時代のものと思われる)

参考のために、同様の調査が先行しているアンナプルナヒマラヤ地域における研究結果を示す。ここでもやはり、MCTに近づくほど変成度が高く、遠ざかるほど変成度が低くなる Barrovian Region をつくっているこ

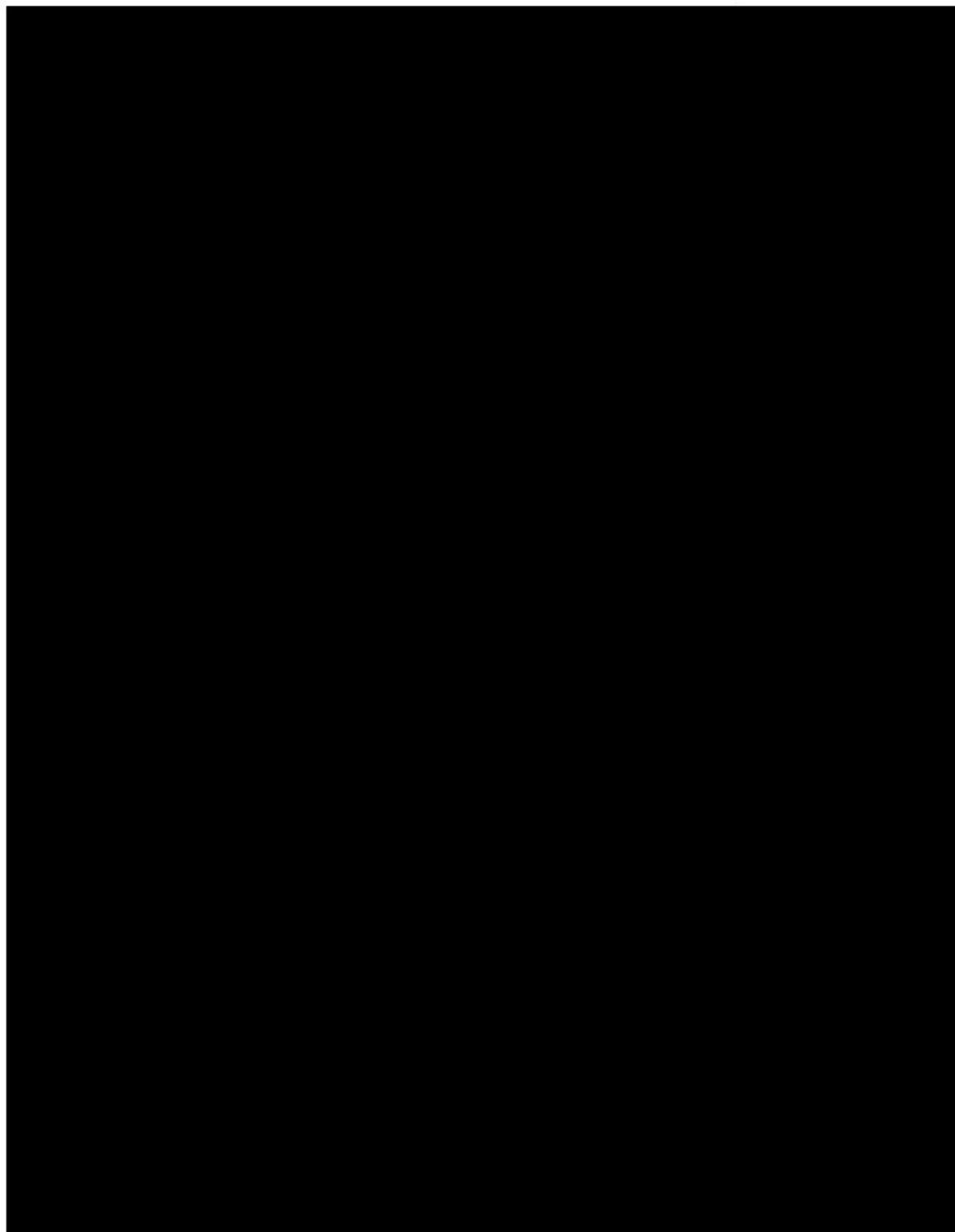


Fig. 1. A) Simplified geologic map of the Himalaya showing the major tectonostratigraphic divisions. Modified from Gansser (1964), Le Fort (1975), Barnicoat and Treloar (1989), Parrish and Hodges (1996). B) Geological sketch map of the central Nepal Himalaya. A-A' is the approximate location of the cross section shown in Fig. 1 C. C) Cross section through the Annapurna Himalaya showing the sequence of mineral zones across the Main Central Thrust and South Tibetan Detachment System. Solid lines show the extent of metamorphic mineral zones.

とがわかる。

② STDF の形成と降温期変成作用

また博士は、ヒマラヤ山脈の変成岩類にはもう一つ面白い過去の構造運動の記録が残っている、と説明していた。

ヒマラヤ山脈の広域変成作用の末期である 2500 万年～1500 万年前には、変成岩の一部が再融解し花崗岩脈となりハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体やテチス堆積物中に貫入している。シャンボチェから眺めた山々の山肌にも、花崗岩の貫入脈がはっきりと観察できた。調査中によくみられた変成岩を貫入するペグマタイト脈は、この花崗岩と同一起源のものではないかと思われる。

2200 万年～1900 万年前にかけてヒマラヤ山脈では正断層運動が起こったが、この原因は花崗岩の併入により流動化した石灰岩の上を、自重に耐え切れなくなった厚さ 10km にも及ぶ巨大な岩塊が北側に滑り落ちていったものである。この正断層は STDF (South Tibetan Detachment Fault) と呼ばれている。エベレストのイエローバンドの上面がまさに STDF のすべり面である。

STDF による厚さ 10km 分の上載荷重の除荷によって、晶出する変成鉱物にドラスティックな変化が生じた。STDF による正断層運動が起きる前には 7kbar-700°C の P-T 条件下で高変成度鉱物であるザクロ石が晶出していた。しかし STDF による上載荷重の除荷により P-T 条件が 4kbar-400°C に急低下し、晶出する鉱物も低変成度鉱物である緑泥石となった。ハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体の一部はこのような環境の変化を経験し、鉱物組成にその記録を残している。今回幸運にも、ザクロ石の縁を緑泥石が取り囲むように晶出している降温期変成作用 (retrograde metamorphism) を受けた片麻岩の岩片を採取できた。変成作用の途中で STDF の運動が起こった証拠である。



石材を使ってヒマラヤの地史を語るサンタ・マン・レイ博士

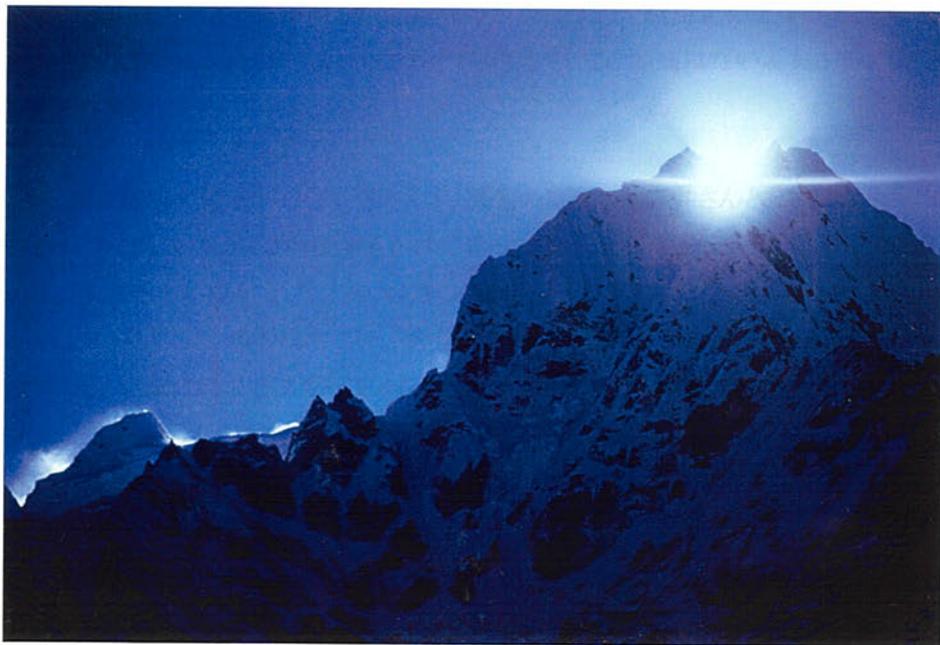
(イ)おわりに

ハイ・ヒマラヤ中央結晶質岩体の片麻岩の中に、①インド亜大陸とユーラシア大陸の衝突、②MCT の形成と広域変成作用、③STDF の形成と降温期変成作用というように、ヒマラヤ山脈の造山運動の歴史がこんなにもはっきりと記録されているとは夢にも思わなかった。そしてこの壮大なヒマラヤ山脈造山史の一コマを垣間見ることができて、一地質技術者として大変幸福なことだったと思う。

世界中の地質研究者がヒマラヤを訪れ、ヒマラヤから何かを学び、母国の地質学の発展に役立てている。そう考えると、ヒマラヤは地質学を通して世界を結びつける場所であり、だからヒマラヤは地質研究者を引付けて止まないのだろうと思う。

また今回の調査旅行では、単に地形・地質の知識だけではなく、高地にすむ人々の生活・文化・思想など非常に多くの知見に触れることができ、大変有意義なことであり、全く幸運なことであった。

最後に、この IAEG ネパール大会の調査団を組織して頂いた日本応用地質学会の関係者様、前半のシンポジウムやポストシンポジウムツアーをともに過ごした方々、後半の山歩きの間中体を気遣い励ましてくれたハイ・ヒマラヤ調査団メンバーの方々、それら全員に対して心から感謝の意を送る。



ハイヒマラヤから昇る朝日

4.4 ハイヒマラヤの大規模崩壊地形

永田秀尚((有)風水士)

(1) シャンボチェの朝

昨夜はどうということがなかったが、寝てから頭痛がひどくなる。2,3時間に一回その大波が襲ってきて眠りを妨げる。隣のベッドの赤井さんもとときどき恐ろしいほど荒い息をする。深呼吸を繰り返してまたうとうとする。朝になって尋ねてみるとほとんどの人が同じような症状になっており、一度は“25”(これは酸素ボンベを置いてある勢田さんの部屋の呼び出し番号)を押そうと思ったとのこと。起きぬけの脈拍数が90を越えている(図-1)。軽い運動をずっと続けているのと同じだから、体には結構な負担だろう。この症状を改善してやろうと思い、朝の散歩に出かける。空港近くまでトコトコと下り、それからホテル北西の丘を目指して登り返す。40mコンターの地形図ではうまく表現されていないが、畝状にいくつもあるこの丘の列は、かつてあった氷河のエンドモレーンにほぼ間違いないだろう¹⁾。丘の外側は傾斜が急で縦の植生が密に、内側は緩傾斜で縦の植生は疎らである。丘の間は湿地化しているところもある(写真-1)。全体に数mから、10mを越える大きさの岩塊が散在している。

丘の上まで来ると北側の視界が開け、うっすらとチョモランマが見える。ようやくやってきた好天だ。欧米人のカップルがかなり長焦点の望遠レンズを山に向けて陣取っている。足元にはクムジュンの家並みが見える。その上の山、クーンビラ(Khumbi Yul Lha,これは金比羅山だ。地元の人々の神の山)の山麓には、ネオグラシエーションの時のプロテラスランパートと思われる小丘がある(写真-2)。

丘の上で一息ついてから、ホテルまで30mくらいの下りにかかる。途中でホテルエベレストビューに泊まっているという60歳くらいの日本人ご夫妻に会う。やはり高度障害は夜にあらわれたそう。一昨日は今日と同じくらいの好天だったが、昨日は天気が悪くて帰りのヘリが飛ばず、一晩足止めを食ったとのことであった。ホテルのすぐ上の丘には皆さんがほぼ勢揃いしてカメラを構えている。頭痛はだいぶおさまってきた。

(2) 巡検

9時に出発。高度障害の症状がひどい笠さんと、風邪の悪化した赤井さんを残してナムチェ・バザールに下る。昨日はハアハアいいながら1時間半もかけて登ってきた道を、半分の時間で降りてしまう。すれ違う人も多い。クムジュンにある小学校(これはかのエドモンド・ヒラリーが建てたとのこと)へ通学する子供ともすれ違う。毎日400mも上り下りするというのはすごい。登りよりは少し余裕のある目で見ると、この道、かなりオーバーユースだ。土壌の著しい流亡にまでは至っていないが、多くのトレースが植生を分断している(写真-3)。もともとは裸足かゴム草履で地元の人がわずかに歩いていたところを、多くのトレッカーがビブラムソールで(最近では杖まで使って)ドタドタと踏みこむのだから、その影響は大きいだろう。早急な対策が必要だと思われる。このような後天的な影響の前に、古くからの土地利用として、人とヤクなどの動物とによる踏圧は、傾斜50度を超えるような急斜面にも小階段状地形を作り出している(写真-3)。森林限界に近いところでのこのような状態はどう考えたらよいのだろうか。

タンボチェ・カラパタル方面へ向かう道に沿って巡検をする。この道はシャンボチェの台地の下の急斜面につけられたもので、山ひだに沿って若干の上り下りがある程度の楽なルートである。幅も2mくらいある。張り

出した尾根の部分に来ると、谷の奥にローツェが見える。谷沿いには視界が開けているが、すぐ上のシャンボチェの台地にはガスが降りてきている。ヘリの音も聞こえないが、あのご夫婦は無事下山できたろうか²⁾。標高で3,800mくらいまでは岩盤が見える。道に沿って見ることはできたのは、眼球状片麻岩(Augengneiss)とミグマタイトである。Santa Manさんはこの眼球状片麻岩³⁾を、古い花崗岩が変わってできたもので、厚さ600~700mくらいある、と説明した。ここで観察した眼球状片麻岩は昨日見た転石よりもやや貧相で、「眼球」の発達が悪い。斜長石の斑状結晶は大きくても1cm程度でその頻度も小さい。Plagioclase porphyroblast gneissで十分いいと思うのだが。このあたりのSanta Manさんの説明は、昨日からの繰り返しが多くなる。日本でもあまり見られない岩石を、エンジニアリングジオロジストが見ているのだから仕方がないという面はある。しかし「わからなくてもいいや」という後ろ向きの考え方にはならないでほしいし、モデルではなく目の前にある「モノ」をみてきちんと学びたいものだ。

来た道を引き返してナムチェに戻る。このころには皆、高山病の症状はほぼ軽くなっているようである。しかしどうしたわけか、私自身はちょっとしんどい。足が上がらない。

出発前から、地形図を見て確かめてみたいことがあった。クーンピラの南麓に位置するシャンボチェ、ナムチェの緩斜面は大規模崩壊地形ではないか、という点である。この考えを向山さんに話したら、「私もそうではないかと思っていますよ」とのことで、二人してそいつをつきとめようじゃないか、という話がまとまっていた。シャンボチェの台地については、すでに書いたように、どうも氷河地形ということらしい。ところがナムチェの緩斜面についてはどうもよくわからない。

ナムチェの街を出たところから今帰ってきた道沿いには、弱く成層した雲母質の細粒砂層が最小数mの厚さで堆積しているのが観察できる。ところどころに20~30cmから最大1m程度の角礫が点在している(写真-4)。このような堆積物は、氷河の近辺で結氷する湖のものではないだろうか。この層を上流へ道沿いに追っていくと、小さな尾根のところで斜交層理のはっきりした砂層へと漸移し、これが角礫層にアバットするところが見られる(写真-5)。このような非固結層はこれより上流にはない。この不整合の位置は、ちょうど軍のhead quarterのある小丘の背後というところである。この小丘が何でできているかはあまりはっきりわからないが、遠望するところ巨礫の塊が厚さ数10mにわたって散在する。「ティライト」の確認位置は標高3,500mで、この小丘の頂よりやや高いように見える。小丘はシャンボチェのものより一段低い位置のモレーンであり、「ティライト」はその背面の湖の堆積物ではないだろうか。モレーンの本体はドゥード・コシによってほとんど削剥されてしまったと考えればよい。一方、「小丘は崩壊の堆積物で、これによってせき止められた河流の堆積物の一部を観察している」、という考え方もできないではない。いずれにしる分布位置の相対的な高度差がうまく説明できないようでもある。向山さんは「小丘の部分がすべり落ちたのかもしれないね」というコメントをくれた。ほかにもいろいろ考えられるかもしれないが、材料がないのでここまで。堆積物中に有機物がないかと思って探してみたのだが。

ナムチェ・バザールでの昼食後は土産物屋などをまわってしばらく過ごす。誰が置いていったものやら、門田⁴⁾の錆びついたピッケルなんぞも並んでいる。ヤクの鈴の音が気に入っていたので一つ買う。絵はがきを出そうと藤田さんと郵便局を探すがなかなか見つからない。どうもかなり坂の上のようだ。彼は元気に、いろいろ聞き回りながら見つけたようだ。私はばてて坂の途中であきらめた。

帰り道は、北西のポーテ・コシ沿いに遠回りするコースをとる。街はずれのゴンパ(僧院)の外壁にあるマニ車

を回しながら登ってゆくと、不思議と疲れなくて高さがかせげる。マニ石がたくさんある場所を過ぎてしばらく行くと、ボータ・コシの上流にある発電所からの送電線をくぐる。地図によれば発電所はこの上流4km のところだ。機材を運ぶだけで大変だったろう。

モレーンの巨礫の間をくぐりながら高度を上げてゆく。見上げるクーンビラの南西稜にはシーティング節理の発達が見事だ(写真-6)。「大規模崩壊」について考えていたときに、ナムチェ南西の山塊にも尾根を横断する凹地が地形図から読みとれる箇所があるのに気がついた。今、ボータ・コシを挟んで対岸から該当する山を見ても、どうもそれらしき現象ははっきりしない。ただ、ルクラから歩いてくると、それまで部分的にしかはっきりしなかった水平に近い節理面が、モンジョのあたりから目立つように感じる。これは高さ(現河床からの比高)を稼いだということなのだろうか。それとも氷河の荷重が抜けたことが関係するのだろうか。

シャンボチェの台地の縁、空港の付近まで来るとガスの中である。笠さんと赤井さんは体調が回復したようで、トレーニングに下ってくる。ホテル到着は4時。明日は晴れるだろうか。

脚注

- 1) Fushimi(1978, 雪氷)の Fig.10 から判断すればこのモレーンは彼のガート期またはペリチェ期のものに相当しそうである。前者は3,630B.C.以前、後者は2,640±170yBP 以前とのことであるが、年代は不確実である(白岩, 1993, 地形)。
- 2) 帰国の時に同じ機に乗り合わせ、無事この日に下山されたことを知った。
- 3) 眼球状片麻岩は、日本では飛騨帯などに出現する。地質調査所の高橋浩さんによれば、現在、眼球状片麻岩は花崗岩起源のマイロナイトと解釈されるのが一般的だということである。
- 4) 札幌の鍛冶屋。仙台の山内と並んで日本の2大ピッケル鍛冶として知られた。

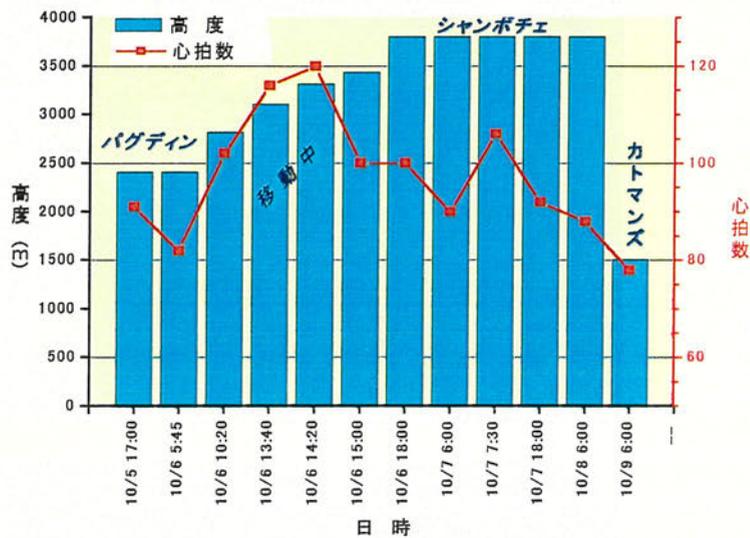


図-1 永田の心拍数変化



写真-1 モレーンと思われる
畝状の尾根列とその間の湿地
(ホテルの上部)



写真-2 クムジュンの集落と背後に
そびえるクーンピラ。谷の出口にあ
る丘はプロテラスランパートか。



写真-3 シャンボチエからナムチェバザールへの道。縦横に踏み跡が付いている。



写真-4 氷河性堆積物？
下位（右側）は角礫を多く含む砂。上位（左側）は細砂で弱く成層し、時に角礫を含む。下位の角礫層にアバットする。ナムチェバザールからカラパタルへのトレッキングルート。

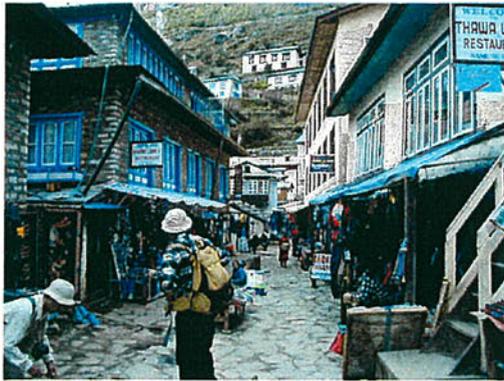


写真-5 ナムチェバザール市街の土産物屋（兼古登山用品屋）。後ろ姿はサンタ・マン氏



写真-6 クーンピラ西稜に見られる、シーティングと考えられる節理。手前はモレーンの径20mを越える巨大岩塊。

4.5 シャンポチェからカトマンズへ あの感激をもう一度

中里利行（ジオテクノ中里技術士事務所）、太田 保（柵復建技術コンサルタント）

(1)朝早く起きて

10月8日は早朝から快晴無風。団員14名がすべて晴れ男でもない限り望めないような天気です。ヘリは、1時間後にはカトマンズ空港に無事着陸。

前日から徴候がありましたがよくぞ晴れたものです。計画段階でもこのシャンポチェからの脱出が最も懸念されていた点で多くのエベレスト通の諸先輩には落ちるの、大揺れだのと脅かされ企画した私としてはいつも心に引っかかっていた。ヘリコプターも万一を考え2機にし、ロシア製から日本製に変更して万全な分乗体制で望みました。早朝の気流が安定している時をと言うことで夜明け前からの満天の星空から明るくなるにつれて、変化するクーンブヒマラヤ北端のエベレスト山群の大パノラマおまけに朝食中にタムセルク峰(双耳峰)の間からのご来光を満喫し、ヘリコプターの到着を元の滑走路まで降りて待ちます。8:00から待ち8:30分に1機が到着、その後5分ほどでもう1機も南から進入到着、時間に少しゆるやかなこの国の感覚としては信じられないようなタイミングの良さで2機がそろったではありませんか。早々に前日決めたとおりのメンバーで乗り込みました。狭い機内に荷物も突っ込みヘッドホーンをつけての出発です。快適です。乗ってから気づいたのですが進行方向に向かって右側が他のヒマラヤ山群を見るにはベストシートでした。乗ってから気づいた左側の人はかわいそうでしたがそれも致し方ないことでした。乗る寸前までは「まず飛べ、揺れるな」で景色の事など眼中になかったのが実感でしたのですから。右側にはプモ・リ、チョーオユー、メルシェ、ガウリサンカールなどの7000m級の山々が勢揃いでした。

諸先輩に見せてやりたいほどの快晴無風でおまけに山々と柵田を眼下にみでのスカイクルーズまで楽しみ1時間でなにごとにもなかったように到着しました。ヘリコプターに乗れないと何日か滞在するか足とバスを乗り継いで帰る訳でたっぷり4日はかかるのですから雲泥の差です。カトマンズ空港に着いたとたん私は胸をなで下ろし、これで今回の第9回の海外応用地質学会調査団もメインイベントも幕を下ろしました。取りこし苦労に終わったわけで忠告してくれた諸先輩には悪いことをしたような優越感に浸ることも出来たわけで苦労はすればするほど喜びも大きいことが判ったわけです。

(2)夢にまで見たエベレスト

この脱出劇はこの辺にして我々14人が味わった大パノラマの経過についてお話しします。前日の早朝も雲が出ましたが、巡検中には、雲の間にチラリホラリとエベレストも少し見えかくれました。仮性高山病のため頭痛や寝不足になり感激も今一でした。しかし、前日のナムチェバザールまでの地質巡検の効果もあり、高山病の症状もほとんどの人が治りすっきりした気分で朝5時からの満天星空ショーから日の出までを満喫しました。

真っ暗な空にマイナス1~2等級の特に明るい星が2つ、天文に詳しい中里氏の説明では東の空のタムセルク峰(6623m)の上方は明けの明星の金星、南西方のルンデンヒマール西のパチャルモ(6273m)の上方のオレンジ色の星は木星だそうです。だんだんと明るくなり紺色の空が水色に変化してとても印象に残りました。ちょっと残念だったのは私が期待したほどの星の数ではなかった点でこれは時間の関係かもしれない。前夜寝るときにはガスがかかり全くこのような快晴が期待できる状況ではなかったのですから。ああ、ここまで

で「エベレストのチラリズム」かと思って寝た次第ですから。

少し明るくなるにつれ、鋭峰のアマダブラム[母の首飾り]を右手に、中央にヒマラヤヒダをもつローツェからヌプツェの連山と、その奥のピラミダルに天空を目指して立つエベレストも白い雪煙を上げた姿がはっきりしてきます。時間の経過を何回にも分けて写真にしてみました。現像してみて判ったことですが、最もよく見えた7時頃には有名なエベレストのイエローバンドも見え双眼鏡の倍率を最大にして見ました。感激しました。

2泊したこのホテルの名前もマウテンビューホテルですがその名に恥じないサイトでした。日本人の経営するエベレストビューホテルより眺望が良かったのではないかと思います。朝食はホテルの配慮で2階の展望ルームでの食事でタムセルク峰からさす朝の陽光とパノラマを見ながらの朝食、全くお金に代えられない贅沢ができました。

ホテルの出発にあたりホテルの支配人からまたこの地を訪れますようにとの意味を込めて絹のネッカチーフを首にかけてもらいお別れです。なかなか良いものです。

(3)あの感激をもう一度

もっともっと感激したはずなのですが1ヶ月も過ぎると、どんどん忘れるものです。特にこのところの健忘症の気が出ているといっそう顕著です。4日ぶりのカトマンズもすっかり乾期となり日差しも空の青さも出かける時とは雲泥の差があり心地よい気候となっていました。これなら過ごしやすい。カトマンズにいながらあまりおみやげを買う時間がなかったため空港の帰りにニューロードという旧王朝跡に続く通りにあるヒマラヤ茶の専門店で購入しましたが日本円3000円程度で物価の安さを満喫しました。

ホテルでは午後いっぱいごろごろしていました。夕方ホテルの窓からはランタン・リルン(7245m)からつづくランタン・ヒマールの山々が赤く染まって見えました。

夕食はネパールの踊りを見ながら会食出来る店で食事でした。この店は有名らしく観光客の外人がほとんどで地元の強烈に強い焼酎(チャン、どぶろく)を手品師のように注いでくれるのが名物のようです。小さな杯で4杯のみましたら次の日は二日酔い状態になりました。ヘリコプターによる脱出からの緊張から解放されたためでしょうか。美酒でした。この酒は会社ののんべーに飲ませたく探しましたがどこにも売っていません。どうしてなのでしょう。

まーこんな事で長かった午前5時からの10月8日も終わりました。

シャンボチエの丘から望む山々(パノラマ)

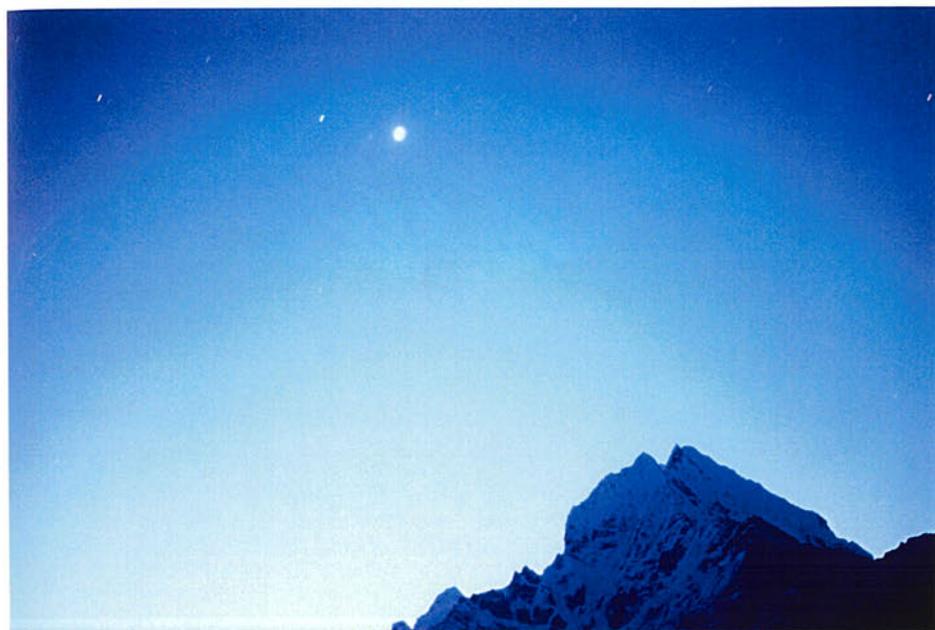


写真1

シャンボチエ東方にドワード・コーシ川の水流を挟んでそびえるタムセルク峰(6623m)の上にひとときわ輝く明けの明星(金星)。このあと、この双耳峰より御来光が昇る。金星の下の峰はカンテガ(6779m)。両者は1963年6月、同年11月イギリス隊が初登頂した。



写真2

シャンボチエ西方のパチャルモ(中央 6273m)と、三角錐状のテンイライタオ(6943m)の上。朝の濃紺蒼穹にうかぶ木星。



写真3

シャンボチエよりボーテコーシ川を挟んで鋭角にそびえて連なるルンデンヒマール(6035～6700m)の山々の上に輝く木星。淡い朝の陽光がさしかけている。

1999年10月8日早朝の山々とヘリによる脱出

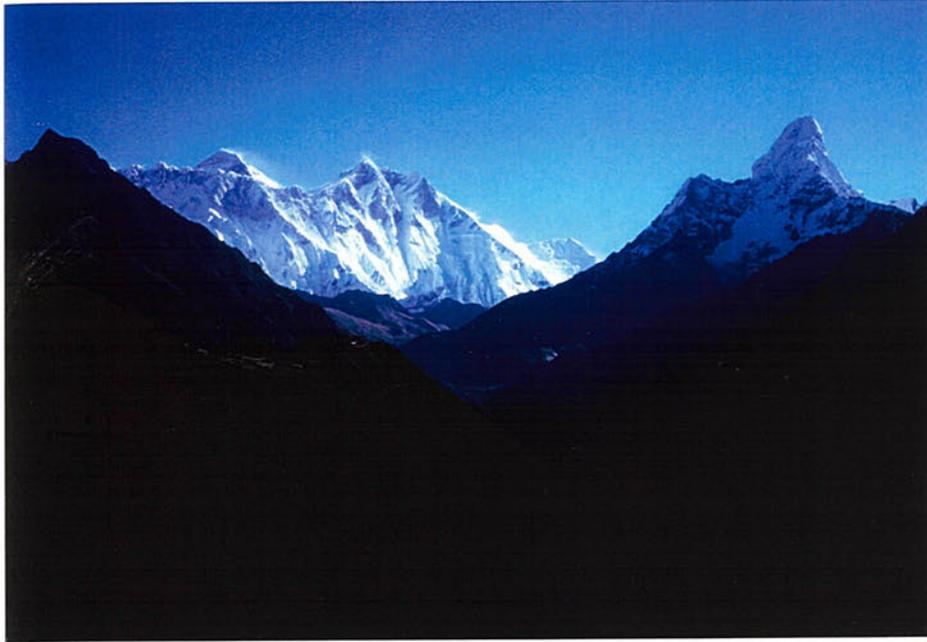


写真4

シャンボチエより北方を望む。右手鋭峰がアマ・ダブラム(6856m),中央はローツェ(8511m),奥に雪煙をなびかせるエベレスト〔サガルマータ,チョモランマ〕(8850m)をみる。左手奥にはヌプツェ(7879m)がある。朝の陽光とともに「神々の座」が輝く。「地は天へのあこがれ」。



写真5(望遠)

陽光をあびて輝く右手ヌプツェと、左手エベレスト峰。左側に傾斜するイエローバンドが望見できる。中央ローツェ～ヌプツェ連山の背面がサウスコル(7986m)。



写真6

シャンボチエの旧空港より「脱出」する第1陣(太田組)。ヘリは日本「川崎製」。後方は、クンピラ(5761m)に続く尾根である。晴天に恵まれて飛び立つ。



写真7

ヘリから見下ろすナムチエバザール(3440m)。広い谷に広げた市場の町である。家畜(ヤク)除けの石垣に囲まれた畑地が広がっている。



写真8

晴天の中のヘリからみる。右手メルンツェ(7181m)とガウリサンカール(7146m)などの7000m級の山々が遠望されるすばらしいスカイクルーズであった。

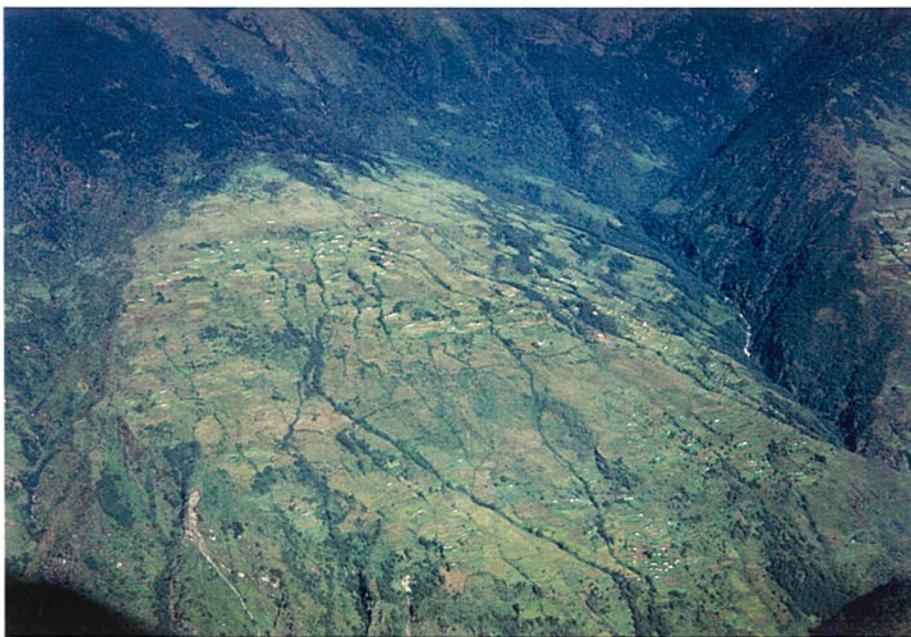


写真9

ヘリからみる棚田。ボーテコシ川沿いの広い台地状尾根部に広がる標高差700mの棚田。まさに「耕して天に至る」風景である。

4.6 変動帯としてのネパールヒマラヤと日本列島の比較

佐野正人(サンコーコンサルタント株)

(1) はじめに

応用地質学会国際学会シンポジウムが、今回ネパールで開催されるので参加しないかとの話が私にまわってきたのは確か7月頃だったと思う。国際学会シンポジウムだから英語の講演を聴かなければならないのかと一瞬引きかけたが、場所が世界の尾根ヒマラヤであり、正にプレートの衝突現場であるネパールに行ける魅力が打ち勝って、その誘いを受けることにした。実際にこの話が出るまでにも、ヒマラヤに興味は持っていたため、地形・地質あるいはネパールに対する知識が多少はあるものと自分では思っていたが、いざ出発前に資料を集めたり整理してみると、如何に底が浅くまた知識がいい加減なものであるか思い知らされることになった。そこで、この機会を利用して、私なりにネパールヒマラヤの地形、地質あるいは地震活動などの情報を整理し、以前から興味を持っていた変動帯としてのネパールヒマラヤと日本列島の比較を試みることにした。したがって、私の報告では、まずシンポジウムの感想を簡単に述べ、次に主題の“変動帯としてのネパールヒマラヤと日本列島の比較”を取り上げさせていただいた。

(2) シンポジウム(第3日 SESSION-XXII, Hall-B)

セッション XXII では、おもに GLOF (Glacier Lake Outburst Flood; 氷河湖の決壊による洪水) 問題が取り上げられた。これは、山岳氷河のない日本の学会ではお目にかかれないネパールならではのテーマであり、さすが国際的な学会だと実感させられた。山岳氷河は、一定の気候下では降雪などによる涵養量と融氷・蒸発などによる減少量がバランスし、氷河の末端部は定位置を占めている。しかし、近年は融氷量の増加傾向が著しく、氷河湖の水量が増加するとともにダムアップしていた堆石中の氷が融け出し、湖を堰き止めていた堆石のダムが一気に決壊し、下流域に多大な被害を与えるケースが出はじめてきた。これが GLOF 問題である。

氷河湖決壊の危険箇所については、空中写真による氷河や氷河湖の消長の把握、地中レーダや電気探査などによるダムアップしていた堆石の地下状況を把握することなどが行なわれてきている。また具体的に氷河湖の水を排水する対策が実施されはじめているが、成果をあげること(決壊の危険性を取り除くこと)はなかなか難しいようである。GLOF 問題の解決の困難さは、最も基本的な原因が気候の温暖化というグローバルな問題にある。地球の温暖化にともなう世界的な気候の変化は、地球規模でバランスがくずれ様々な問題を引き起こすと予想されているが、この原因を即刻取り除くことは困難とみられる。したがって、今後も今まで以上に、氷河湖の監視、決壊の危険性の察知、安全対策を講じる必要性がでてくると予想される。また、対象地域の数、予想される災害(崩壊)規模からみて、国際的な協力なくしては解決できない問題ではないかと懸念される。

このセッションに参加して、GLOF 問題は、道路をはじめとするインフラの整備、緊急を要するといわれる首都カトマンズの水資源の確保などとともに、山岳地域ネパールでは最も重要な課題のひとつにはいるのでは、との印象を受けた。

(3) 変動帯としてのネパールヒマラヤと日本列島の比較

ネパールヒマラヤは、インドプレートが北方のユーラシアプレートにもぐり込む形で衝突している場所である。これに対し、日本列島も太平洋プレートあるいはフィリピン海プレートなどの海洋プレートがユーラシアプレートにもぐり込む場所にあたっており、ともに“プレートの衝突現場”である点が共通している。しかし、ネパールヒ

マラヤが大陸プレート同士の衝突であるのに対し、日本列島は海洋プレートと大陸プレート間の衝突である点が異なっている。そこで、この機会を利用して、両者の共通点と相違点について、主に地殻変動の観点から取り上げてみた。

1) 地形断面の形状からみた両地域の比較

図1(a)は、南海トラフ(フィリピン海プレートが沈み込んでいる場所)から四国、中国地方にかけての地形断面、同図(b)は、ヒンドスタン平原(インドプレートが沈み込んでいる場所)からヒマラヤ、チベット高原にかけての地形断面である。以下に、それぞれの地域の特徴を簡単にまとめる。また、図2に示した空中から俯瞰した両地域の地形起伏も合わせてみていただければ、対応関係がより一層理解しやすいと思われる。

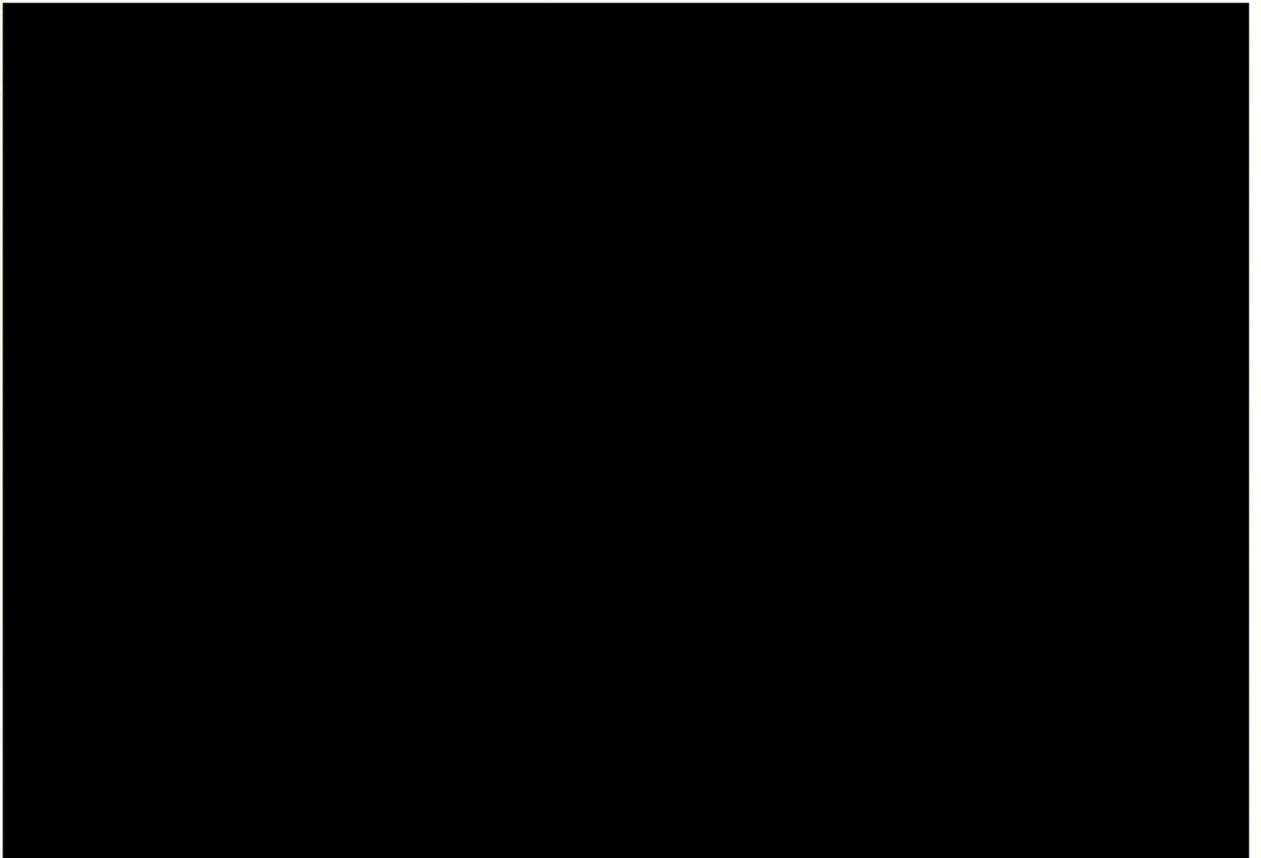
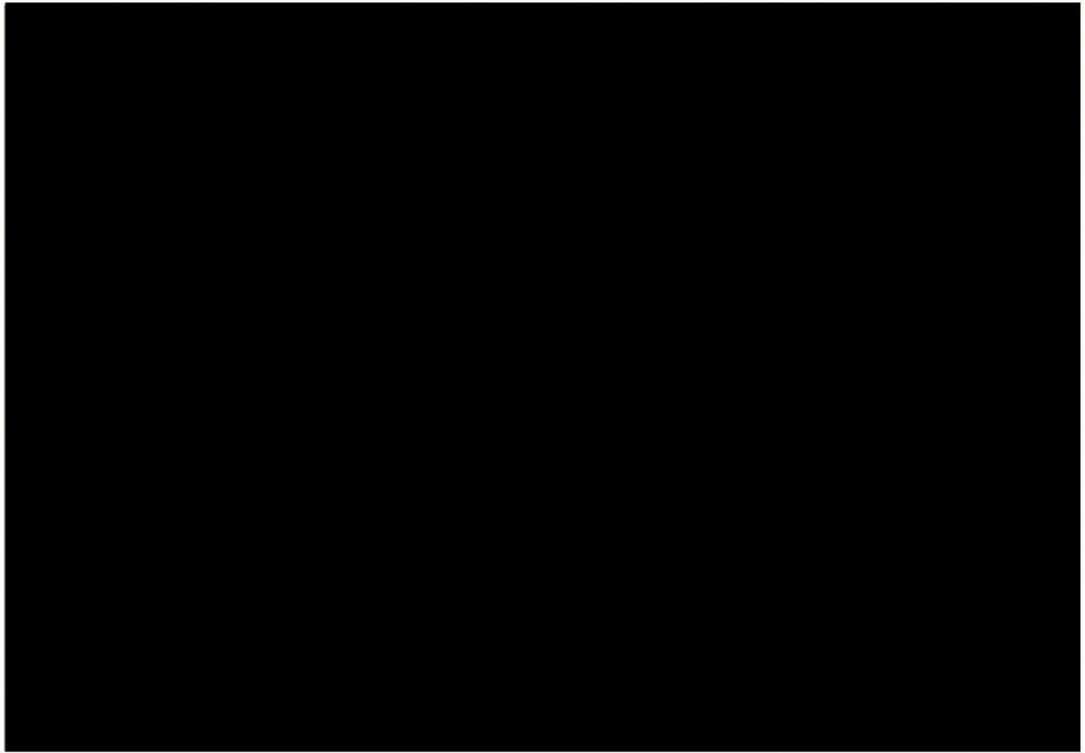


図2 空から見たネパールヒマラヤと日本列島中央部

(a) ヒンドスタン平原（タライ平野）上空から，シワリク・低ヒマラヤ，高ヒマラヤ，チベット高原。NHK 地球大紀行3（日本放送出版協会，1987）より引用

(b) 南海トラフから日本列島中央部。海上保安庁水路部提供

(ネパールヒマラヤ地域)

南から順に、標高0mのヒンドスタン平原(タライ平野)、標高数 100~1000m級のシワリクヒル、標高 2000~4000m級のレッサーヒマラヤ(低ヒマラヤ)、標高 6000~8000m級のハイヒマラヤ(高ヒマラヤ)、標高 5000m級のトランスヒマラヤ、チベット高原となっている。

当地域では、海拔高度0mから水平距離約 150kmの位置に 8000m級の山がそびえていることになる。また、レッサーヒマラヤ地域には、ポカラやカトマンズなど標高 1000m前後の盆地が点在している。

(日本列島)

四国山地は標高約 2000m、中国山地は 1000m級と、ヒマラヤ地域に比べると山岳地域の標高は低い。しかし、海底下 4000~5000mの南海トラフの底からみると、四国山地や紀伊山地との高度差は 6000~7000mとなり、ヒンドスタン平原からみたヒマラヤ級の山地とみなすことができ、良く似た断面形となる。また、大陸斜面中には室戸海盆のようにヒマラヤのポカラ盆地に似た盆地地形が存在する。

2) 地質構造からみた両地域

ネパールヒマラヤ地域では、インドプレート側が北のユーラシアプレートにもぐり込むことにより、ユーラシア大陸側の大陸地殻に、両大陸間にあった海洋地殻や海底に堆積した地層、インド亜大陸を構成していた地層が、低角度の衝上断層などにより順次付加するとともに、第三紀には花崗岩の大規模な貫入を受け、現在みられるようなパイルナップ構造が形成された図3(a)。

ヒマラヤ地域には多くの衝上断層が発達するが、そのうち大きな地質境界をなし、ヒマラヤ全地域に及ぶ断層は、北からMCT(主中央衝上断層)、MBF(主境界断層、MBT;主境界衝上断層とも呼ばれる)、HFF(ヒマラヤ前縁断層、HFT;ヒマラヤ前縁衝上断層とも呼ばれる)である。ポストシノジウムツアーのさい MCT の露頭を見学したが、現在地表でみられる MCT は変成岩の帯であって、通常我々が断層破砕帯として認識するような粘土化した脆弱なものではない。明らかに地下深所で形成されたものを見ていると実感した。これに対し、タンセンの南方で見学した MBT は黒々として生々しい断層破砕帯であった。

一方、日本列島(西南日本)の断面をみると、基本的にはヒマラヤに類似したパイルナップ構造を示す(図3(b))が、地層の大半が、古生代末以降の海洋プレートに堆積した海洋性の堆積物がプレートの移動に伴って順次付加されたものであり、大陸地殻の残片がほとんど見当たらない点が、ヒマラヤと大きく異なっている点であろう。

3) 地震活動

図4は、世界の地震分布を示したものである。この図によると、インド亜大陸ではほとんど地震が発生していないのに対し、ヒマラヤ付近を境に北側のチベットからロシア国境付近にまで地震活動の活発な地域が広がっている。世界の他の地震帯がベルト状に比較的狭い範囲に集中しているのに比べると特異なパターンといえる。しかし地震の発生密度からみると、ネパールヒマラヤ地域は日本など環太平洋地域に比べるとかなり低いといえる。

るとかなり低いといえる。



図3 ネパールヒマラヤと西南日本の地質断面

(a) ヒマラヤ山脈地質断面 鄧ほか (1984)

(b) 西南日本の地質断面 (室戸岬付近をとる横断面) 平朝彦による

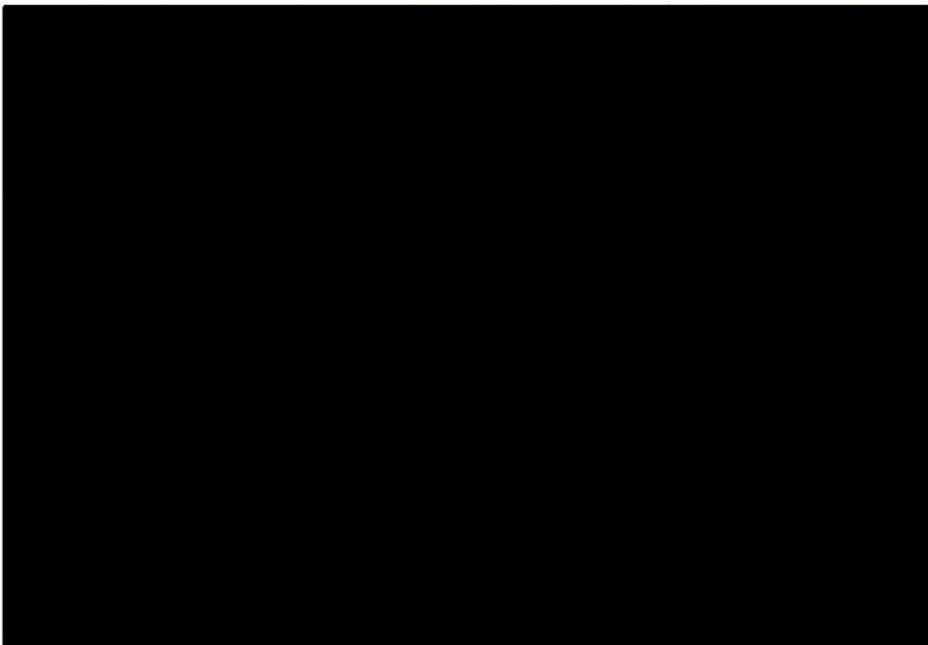


図4 世界の地震 地震・火山の事典 (勝又護編, 1993) による

ネパール周辺の地震の震央位置は、低ヒマラヤ北部から高ヒマラヤの地下に帯状に集中しているのが特徴である。これは、後ほど述べる活断層の分布(HFF や MBF に沿う位置)とは大きくかけ離れている。震源の深さは10~30kmに集中している(Ministry of Industry Dept. of Mines & Geology, 1999)。

発震機構は、場所により異なる傾向が見られ、MBF(MBT)から MCT にかけての地域では逆断層型、高ヒマラヤ付近では横ずれ断層型、トランスヒマラヤからチベット高原では正断層型が卓越する傾向がみられる。

一方、ネパールヒマラヤ地域を襲った大地震について。

ネパール周辺も含めたヒマラヤ地域では、19世紀末以降幾つかの大地震が発生しているが、日本列島周辺に比べると少ない。また、これらの大地震にもなって活断層沿いに明瞭な変位が生じたとの報告もされていない。1905年西ヒマラヤを襲ったカングラ地震(マグニチュード8級)や、1934年のビハールーネパール大地震(マグニチュード8.4)のさいにも、地震断層は地表に達しなかったとされる。しかし、水準点の改測結果からは、HFF(HFT)とMBF(MBT)に挟まれた地域が相対的に隆起したと報告されている。

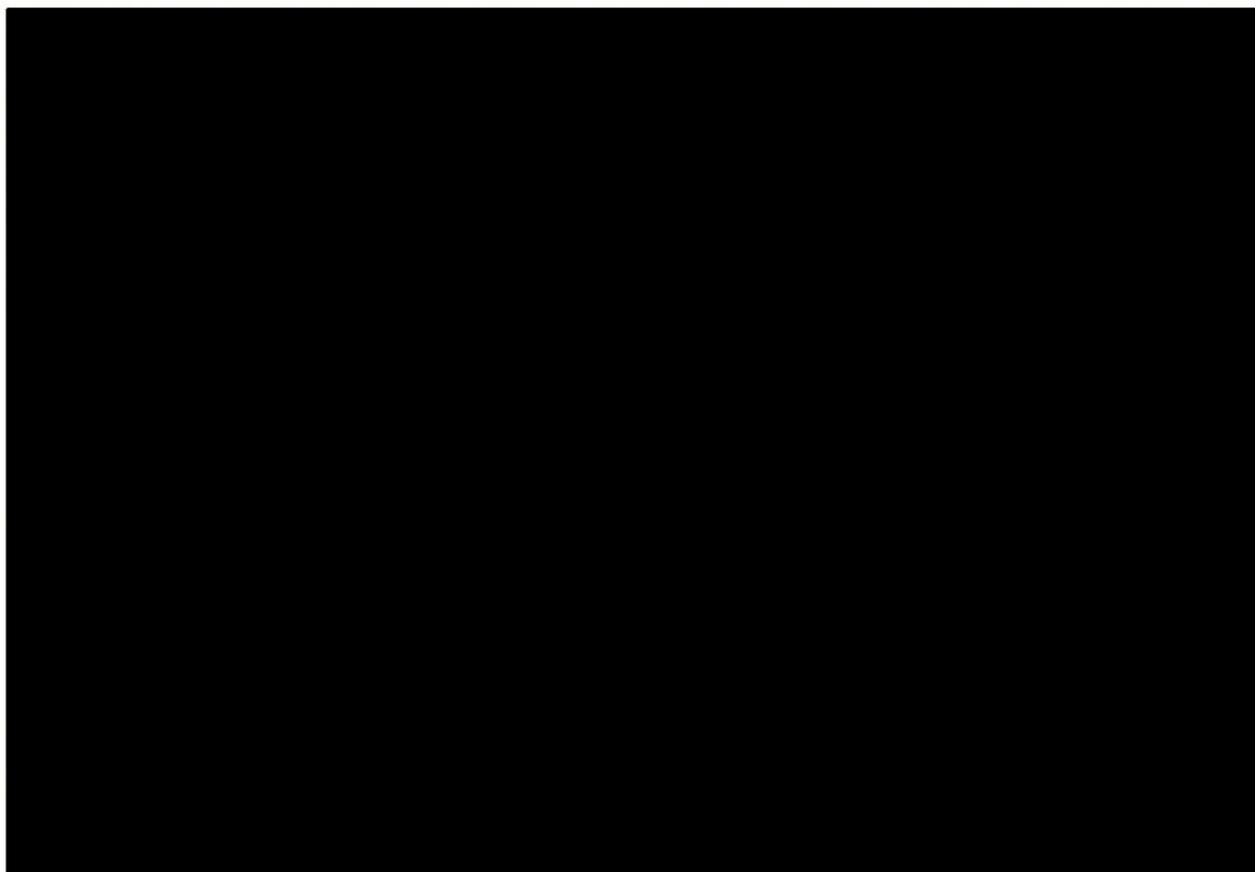


図5 ネパールヒマラヤと周辺地域の微小地震震央分布(D.M.G.,Nepal- D.A.S.E.,Franc1979-1999の20年間の観測結果に基づく)

4) 活断層

ネパールヒマラヤの活断層については、中田(1984, 1988 など)による詳しい報告がある。これらの文献によると、ネパールヒマラヤの活断層は、MBF (MBT), HFF (HFT) 沿いに集中していることがわかる(図6)。その他は、低ヒマラヤ地域のバリカッド断層とダウラギリ南方からジユムラ北方を MCT 沿いに延びる断層、カトマンズ盆地周辺に認められる程度であり、日本の内陸地域に比べると、活断層密度は低いといえる。活断層の変位に着目すると、最も南方に位置する HFF (HFT) 沿いの活断層は北側(ヒマラヤ側)が隆起する動きを示すが、その他は、いずれもヒマラヤ側が落ち込むセンスの動きをしている。

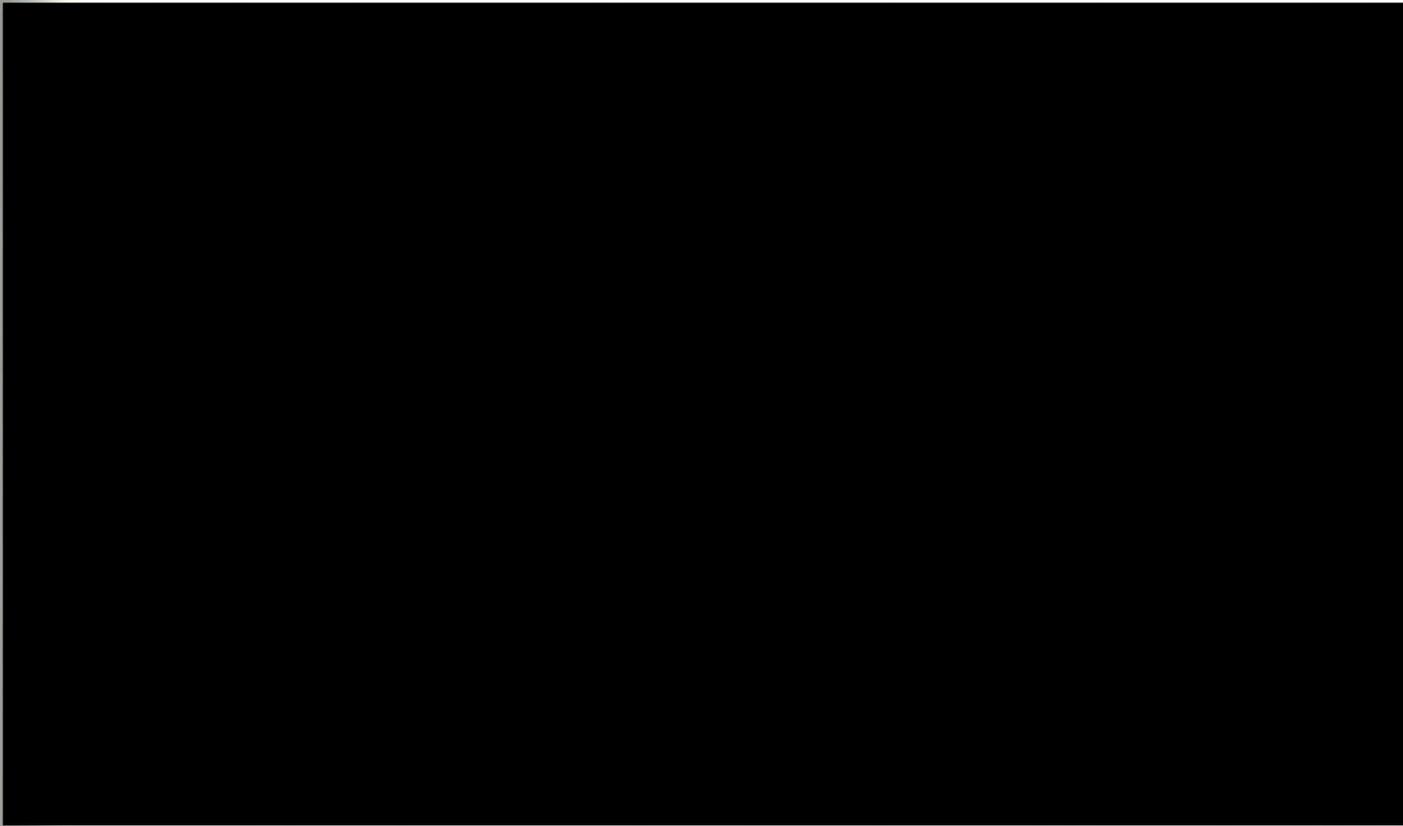


図6 ネパールヒマラヤの活断層(中田, 1988)

主に空中写真判読による

ヒマラヤ山地に対応する西南日本の外帯山地(四国山地や紀伊山地)でも活断層密度は低いですが、その背後に位置する西南日本内帯における活断層(逆断層, 横ずれ断層型が卓越)密度は高い(図7)。一方, ヒマラヤ北方からチベット地域の活断層は, 南北性の正断層が卓越し横ずれタイプの断層と混在するパターンを示す。これは発震機構とも整合し, 南側から押されたチベットのブロックが東西に伸張していることを表しており, 日本列島とはかなり異なった応力配置を示すことがわかる。

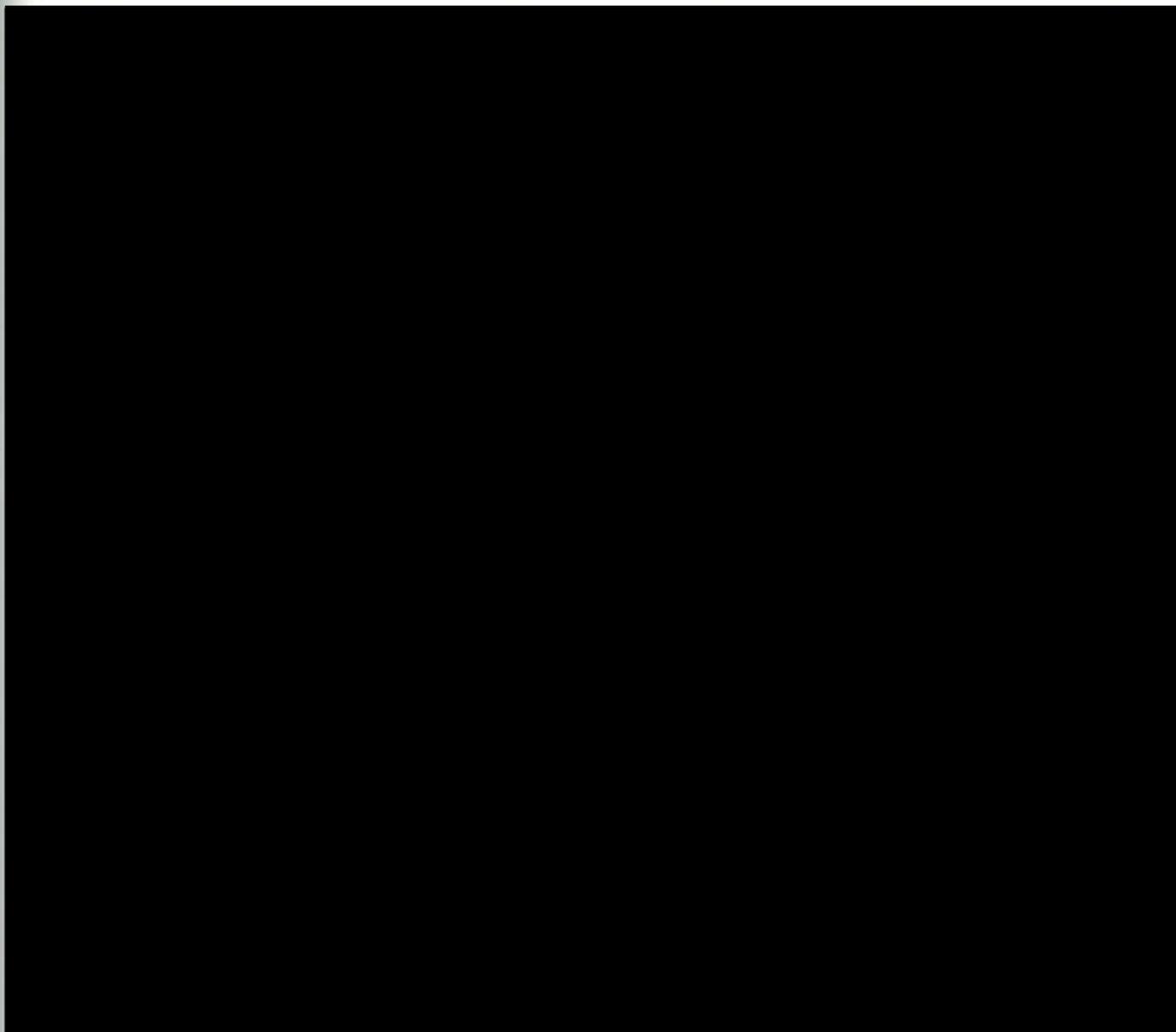


図7 南海トラフから日本列島中央部の活断層分布図(活断層研究会, 1991)

5) ヒマラヤと日本の現在の変動

インドプレートがユーラシアプレートにぶつかる速度(すなわち地殻の短縮速度)は、南北に 50m/1000 年(5 cm/年)程度とみられている。これに対し、ヒマラヤやチベットの隆起速度(活断層の変位は入っていない)は、1~2mm/年といわれている(岩田, 1988)。

一方の西南日本(外帯山地)の隆起速度も 1~2mm/年程度であり(壇原, 1971), 両地域の最近の隆起速度は極めて良く似ているように思われる。このことについては、藤田(1992)も“アルプス・ヒマラヤからの発想”の中で述べている(図8)。

MCT は、ヒマラヤの急激な高度変換部にあっており、ヒマラヤの急激な隆起を MCT とする考えもあるが、活断層の動きに着目した場合は、活断層分布や地震分布からみて MBF(MBT)あるいは HFF(HFT)が最も活動的とみられる(中田, 1984 など)。しかし、現在判明している活断層の運動は、全体としてヒマラヤ側が沈降する方向である。測地的な観測結果では、ヒマラヤ周辺の隆起を支持しているため、活断層の動きと整合しない点が注目される。

一方、西南日本外帯山地も活断層とは無関係に隆起しているように見え、山地の隆起と活断層による変位との関連性についてはよくわかっていない。おそらく測地的に観測されている非地震時の山地の隆起は、ゆっくりとした地殻の塑性変形(厳密には塑性変形というのが正しいのかわからないが)の表われではないかと思われる。活断層の変位速度を求める場合、断層を挟んだ山地高度や基準面(あるいは鍵層)の高度差から算出されることが多いが、断層に近接している場合ならともかく、それ以外の場合は要注意であることを改めて考えさせられた。

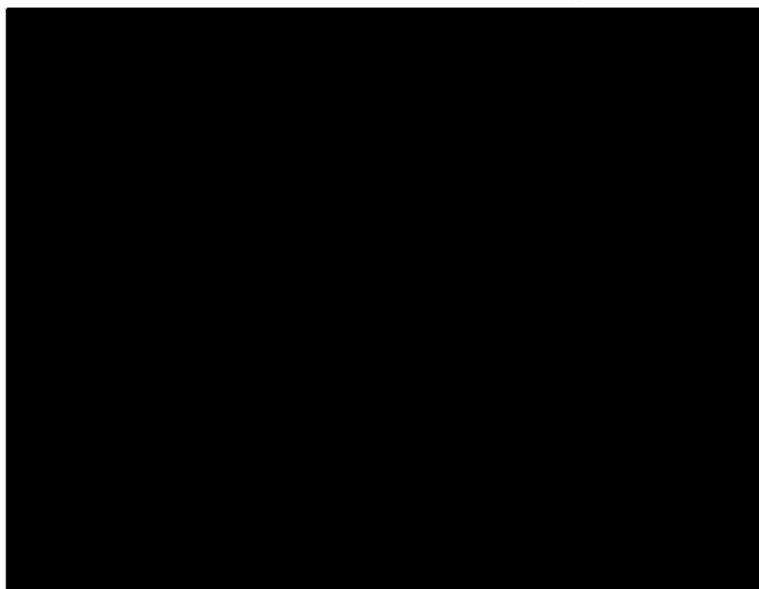


図8 アルプス・ヒマラヤ・日本の成長曲線 藤田(1992)

(4)おわりに

ネパールヒマラヤに関する情報は、少し集めただけでも予想以上に多く、また読んで理解するのに時間もかかった。時間の制限もあり、全体をまとめさらに色々と考察するところまでには至らなかったが、これまでランダムかつ不正確であった知識を、自分なりに一応整理できたように思う。

今回ネパールヒマラヤと日本列島を比較検討してみて、両者は、地質構造や大地形からみて極めて似ていると感じた。また、最近の山地の隆起速度も同じようである。しかし、地震活動、活断層についての特性は、かなり異なったものといえるのではないか。また、今回は取り上げなかったが、地殻の厚さや火山活動の有無など他にも異なっており、相違点多々あるようにも思える。

本報告をまとめるにあたり、参考とした資料の解釈の仕方が間違っていたり、新しい知識が増えたため古くなってしまった資料を取り込んでいる可能性もある。お気づきの点があればご指摘いただければ幸いです。

4.7 高山病になった訳では無い

赤井静夫(北信ボーリング)

(1)体調が最悪で高山病と診断される

9月27日～30日の国際会議は主都カトマンズで行われた。カトマンズは整備不良車両の洪水(車検制度が存在しない!)である。すさまじい排気ガスを撒き散らし、至る所で渋滞している。タクシー及びバスに乗ってもエアコンはついておらず、気温が高いので窓は全開、渋滞でノロノロ運転、窓からは風は入らないが排気ガスは入ってくるという最悪の状態である。国際会議の4日間、早朝とか昼休み等の暇を見つけてはカトマンズの市内を歩き回っていたら、喉をやられてしまった。

10月1日～4日のポストシンポジウムツアーはマイクロバスでネパール南部の熱い地域の見学である。元々エアコン使用のバスなので窓は開かない構造であるのにエアコンの噴出し口からは熱風が出る。唯一の救いは天井にある3つの空気取り入れ口であるが、渋滞でノロノロ運転になると、そこからも風が入らないので、マイクロバスはスチーム“バス”に変身する。喉は痛い、暑さで体力は消耗する。見学の説明は全て英語なので神経は磨り減るで風邪の症状へと進行する。

10月5日にエベレスト周辺の巡検へと出発する時点では気力のみ状態となっていた。何とかルクラ～パグゼンへと徒歩ではたどり着いたが、頭は痛い、喉は痛い、寒気はする、食欲はないと完全に病人状態になってしまう。

パグゼンは2,650mであるが、10月6日はナムチェ(標高3,440m)を通り、シャンボチェ(標高3,760m)までの移動であるから高山病の世界である。標高3,776mの富士山には学生時代の山小屋のアルバイトを含めて20回程度登っているので、高山病の症状は良くわかっている(体調不良の時に2回高山病になった)。シャンボチェに至る道筋の中間のナムチェ付近までは、まだ気力で何とかだったが、ナムチェからは完全にへろへろ状態となり、こう様にしてシャンボチェの宿に到着した。

まわりの人は皆口を揃えて「お前は高山病だ」と言い、酸素吸入をしるとかうるさい、酸素吸入をしても症状は改善されない。翌日の巡検はパスして風邪薬を飲んで寝ていると、突然にガモーバックに入れと起こされた。ガモーバックとは、人間を密封したバックの中に入れて、バック内の気圧を人工的に上昇させて、一時的に標高の低い所に降りた状態にする装置である。高山病にかかった場合は、標高で数100m下がって、再び上がってくると症状が改善されると言われている。ガモーバックは、この作業をバック内で行う装置である。

熱がある上に、寝ぼけ眼の状態です突然に密封状態のガモバックの中に有無を言わずに入れさせられた。バック内は手入れが非常に悪く、異様な臭いに満ちており、わずか 10cm 角のプラスチックの窓が外界を確認出来る唯一の状態に押し込められ、ポンプで圧力をかけられた。外では圧力をどのくらいにするか、時間はどのくらいにするか等と議論しているが、話の具合を聞いていると、外にいる人間はガモバックの扱いに熟練しているとはとても思えない状況である。圧力を上げすぎたら、どうなるのだろうか？バックの中に入れられたまま忘れられないだろうか？あまりにも長時間は行っていたら酸素不足で窒息状態になるのでは？とバックの中ではパニック状態なのに、外では呑気におしゃべりをしている。ガモバックの中の 30 分は数時間の様に感じた。バックに入る前の血中酸素濃度と、その後の血中酸素濃度が改善されたとのことで高山病であるとの最終診断が下された。指先にセンサーを当てて計るだけの機械で正確に血中酸素濃度が測定出来るのであろうか。症状は全く改善されなかった。

翌日にカトマンズに下りても症状は改善されず、日本に帰って 3 日間寝こんで、やっとのことでカトマンズの排気ガスから開放された次第である。

(2)パグデン～ナムチェ～シャンボジェの地質概要

西北西～東南東方向に延びるエベレスト山塊(標高7千～8千m級)の南西山麓(標高千～3千m級)には広くハイヒマラヤ結晶片岩類が分布する。ハイヒマラヤ結晶片岩類の分布域の中に長軸を西北西～東南東に有するフットボール状に周囲を MCT(Main Central Thrust) に囲まれてプレカンブリアン時代の Nawkot 層群、Kuncha 層群の堆積岩起源の変成岩およびプレカンブリアン時代～古生代の眼球片麻岩や花崗岩などの火成岩が背斜構造の上部を切断された状態(フェンスター、窓)で分布する。

パグデン～ナムチェ～シャンボジェの間は殆ど Kuncha 層群の堆積岩起源の変成岩地帯であり、変化に乏しい。転石で眼球片麻岩の見栄えのする石が見られる他は日本国内で一般的に見られる変成岩である。

(3)地すべり地形

見学ルートが谷間を通る(エベレスト街道と呼ばれ、世界各地から観光客が訪れ、全地球的な言語が飛び交う)ので Pudha Koshi 川の兩岸の山裾部の地形しか観察出来ないが、中小規模の岩盤地すべり地形は各所に存在する。

シャンボチェ付近の緩斜面と背後の馬蹄形を呈する急崖は巨大岩盤地すべりではないかと思うが、十分な観察は出来なかった。シャンボチェから周囲のヒマラヤの峰々を見まわすと、氷河地形が主体であるが、数は少ないが巨大岩盤地すべり地形は確実に存在する。その典型例を次の写真に示す。写真中央上部に主滑落崖があり、その上部に馬蹄形状の段差が見え、主滑落崖の下方には岩屑からなる緩斜面が存在する。



シャンボジェより西方を見る

5. ポストシンポジウムツアー

5.1 ネパール南部の地質と地すべり

飯島伸幸(八千代エンジニアリング(株)) 藤田豪平(北海道開発コンサルタント)

ネパールの首都カトマンズにて行われたシンポジウムの翌日から4日間の工程で行われた、ネパール地質学会主催のポストシンポジウムツアーの初日(10月1日(ポストシンポジウムツアー1日目))の様相を伝える報告である。

3日間、眉間にしわを寄せて半分程度も判らない英語の説明と、あとはOHPおよびスライドで内容を補填していた私にとって、これから4日間、野外で行われる巡検は待ちに待った楽しいものであるはずであった。しかし、ネパール地質学会の方々があたてくださった行程は、興味深かつ過酷なものであった。

行程

ポストシンポジウムツアー初日の行程は、カトマンズからマグリン、バラツプを経由してバイラワに至る行程である。標高1300m程度のカトマンズ盆地から、途中標高1,000m以上の山岳地帯を抜け、標高100m程度のインド国境近くの低地へ至る行程であり、その間には、プレカンブリアの結晶片岩、プレカンブリアから古生代にかけての低ヒマラヤ堆積岩類およびヒマラヤ山麓の新第三紀のシリワク層群を見学し、カトマンズナップと低ヒマラヤ堆積岩類を境する主中央衝上断層(MCT)および低ヒマラヤ堆積岩類とシリワク層群の間の主境界衝上断層(MBT)をまたぎ、“ガリバー”になったような気分になる行程であった。

カトマンズから1日目の宿泊地点であるバイラワまでは、旅行ガイドによると一般的なツアーでは飛行機および長距離バスが運行されている。飛行機は、ロイヤルネパールエアライン、ブッダエア、ルンビニエアーウェルズの3社が就航しているようで、カトマンズーバイラワ間の料金は3社とも72USドルだそうである。また、ヘリコプターによるチャーターフライトも便利でよいとされているが、民間のヘリコプターは1時間1,000USドルかかるそうである。一方、長距離バスはカトマンズーバイラワ間約250Kmで、所要時間は約8時間、毎日運行されているが、旅行ガイドには特に値段は示されていなかった。ちなみに、旅行ガイドには「バスの移動のトラブルは、到着時間の遅れが最も多い。バスそのものが古く、エンジントラブルやタイヤのパンクなどもあり、午後の明るいうちに着く予定が夜になってしまった、などは当たり前ぐらいの気持ちを持っていないと、ネパールのバス旅はできない」と書いてある。ネパールに巡検に来ている私たちは、夕方、明るいうちに宿について温泉に入って、6時から宴会などということを考えてはいけぬのである……。

さて、1日目の行程であるが、カトマンズを出発し西へ向い、カトマンズ西方のムグリンから南下し、ナラヤンガルから再び西方へ移動し、ブツワラから再び南下してバイラワに至るルートである。これらの道路は、いずれも主要幹線であり、現地ではハイウェイと呼ばれているらしいが、日本の高速道路とかなり違っており、一般道と違いはない。その間には、スポット1～8の8つの見学箇所が用意されていたが、スポット8については日没のためキャンセルされた。

(2) ルート沿いの地形・地質

ルート沿いの地形は、カトマンズ盆地の縁のスポット1からスポット7を過ぎたナラヤンガルまではほぼ1,000m以上の山岳地帯からなる。ハイウェイは概ね川沿いの急斜面を通っており、道路脇の斜面崩壊、滝が多く見受けられた。また、トンネルがないために道路は曲がりくねったところが多い。人家は集落を形成しているところもあるが、一軒だけがぽつりと尾根の頂上に立っているところも多い。尾根沿いの斜面は急斜面であるが、千枚田や小さい畑がびっしり並んでいた。ナラヤンガルからブツワラ、バイラワへ至る区間は一部で急な地形をしているところもあるが、概ね丘陵および平坦な地形からなっており、川幅も広く、バイラワ付近の標高は100m程度である。地質は、カトマンズ盆地を抜け丘陵地帯へ出るまでは低ヒマラヤ堆積岩類の分布域と

なっている。その間にはMCT(Main Central Thrust;主中央衝上断層)およびMBT(Main Boundary Thrust;主境界衝上断層)が通っている。ナラヤンガルから南は、新生代新第三紀中新世および鮮新世～更新世のモラッセ堆積物からなるシワリク層群および第四紀沖積世の堆積物(河成)が分布する。

(3)カトマンズームグリーン-ナラヤンガル-ブツワラー-バイラワ

7:15、日本からの参加者の大半が宿泊していた「ホテルクラウンプラザ」をバスで出発した。シンポジウムの開催されたコンベンションセンターにて他の2台と合流した。これから、A、BおよびC号車の3台で総勢84名の巡検が始まる。私たちのバスはA号車であり、ドイツ製のベンツのバスである。ただし、バスの後部はエアコンもなく、窓も開かない。天井に着いている手動の換気口が唯一の車内温度の調整システムである。

カトマンズ盆地の西側の縁を、一気に駆け上がりスポット-1に到着する。スポット-1は、カトマンズ盆地と西側のレッサーヒマラヤの境界部に位置するピークである。カトマンズ盆地 (VALLEY) は鮮新統～更新統の湖沼性堆積物により構成されているが、基盤岩はプレカンブリアン～デボン紀に形成された結晶質石灰岩、千枚岩などからなる。

スポット-1からスポット-2へは、バスは急な下り坂のつづら折りの道を下る。ドイツ製のバスでもきちんとブレーキが利くのかどうか不安になる。

9:20、スポット-2に到着する。スポット-2はスポット-1から標高で500m下った所に位置している。

ここでは、基盤岩の地すべりとバイオエンジニアリングによる斜面保護の状況を観察した。基盤岩は、レッサーヒマラヤの石灰質砂岩、頁岩および千枚岩からなり、高さ30mほどの地すべり(表層崩壊)を起こしている。そこから、数十m離れた斜面にはバイオエンジニアリングと呼ばれる植生による斜面保護が行われている。「バイオエンジニアリング」とは、斜面表層部に植生を植え、さらに小段による整形、擁壁、表面排水等を行い、不安定化および浸食から斜面を守るために行われるものである。ここでの観察は9:45まで行われた。

スポット-3では洪水により流された橋の残骸(川岸の橋脚)を見た。ここはアグラ川(AgraKhola)とマヘッシュ川(Mahesh Khola;Kholaは川の意味)の合流点にあたる。1999年7月19～21日にかけてこの付近にたくさんの雨が降り、上流側ではたくさんの地すべりが発生した。それらの崩積土が土石流となりアグラ川を流れ下り、3本の橋を押し流すとともに、6m以上の厚さの段丘堆積物となって貯まったそうである。ただし、これらの土石流により供給された巨礫は、ビル建設のためにカトマンズへと運ばれており、巨礫はだいぶ少なくなっているとのことである。川での採石および選別は写真に示すように大勢の人手により行われていた。

スポット-3の見学時間は、10:15～10:45頃までであった。バスはさらに西方のスポット-4に向かう。この間に気づいたことは、それまではレンガ造りの平たい屋根のうちが多かったが、日本風の三角屋根の家が目立ってきた。

スポット-4には11:20頃到着した。ここでは、ハイヒマラヤと底ヒマラヤ堆積岩を分ける主要構造線である主中央衝上断層(Main Central Thrust;MCT)を観察した。MTCは、マハバラ衝上断層(Mahabhar at Thrust)と呼ばれる。MCTは、強いせん断とマイロナイト化により特徴づけられている。ここでは1～5mmのガーネットの含まれる結晶片岩が見られるということで、みんなでそれを探した。この道路沿いには何件かの露天が出ていた。露天では野菜とも果物とも判断つきにくいものも売られていた。

スポット-4の観察を11:45頃に終え、スポット-5への移動の途中で20分ほどTEA BREAKがあった。また、この間に自動車渋滞にあった。ネパールの主要幹線だけあり、交通量が多いのかと思ったが、実はトラックの車輛火災による渋滞だった。ネパールで走っているトラックは、「TATA」というインドのメーカーのものが多かった。普通の乗用車は、日本製のものが多いが、時々ベンツも見かけた。日本製のものは、何代か前のカローラやサニーが多い。ネパールでは車検があるのかどうか判らないが、これらの車がちゃんと整備されているのかどうか疑わしい。私もカトマンズでベンツのタクシーに乗ったが、スピードメーターは動いていなかった。

13:05頃スポット-5に到着した。ここではジョギマラ(Jogi Mara)岩盤すべりを観察した。これは道路沿いの岩盤すべりであり、その規模は高さ190m、幅150mである。この岩盤すべりは2台のバスを乗客とともにトリシュリ川まで押し運んだそうである。おそらく岩盤すべりというよりも一瞬にして起こる岩盤崩壊であったものと考えられる。基盤岩は、結晶質の石灰岩を数枚挟在するベニガット粘板岩(Benighat Slate; Benighatとはこの付近の地名である)からなり、これは流れ盤の節理が卓越しており、これに沿って岩塊がブロック状に滑ったものと考えられる。

この岩すべりの対策としては、道路を川側へ寄せ地すべりから遠ざけること、そしてこれ以上地すべりに人工的な手を加えないことだと現地で配られた資料には記述してある。この手の斜面災害が日本の主要幹線道路で起これば、道路のシフトだけでなく、対策工が講じられるのであろうが、地すべりより上部の斜面が高く、傾斜が急峻であるため、かなりの規模の対策工になるものと思われる。

スポット-5の観察は13:30頃まで続いた。さて、昼の1時も過ぎればどうしてもおなかはずく。そこで用意されていたのは、「マナカマナビレッジリゾート」での豪華な昼食であった。ここは名前の通りリゾートな感じのするきれいな所である。建物の中にレストラン風の所もあったが、そこは先に着いた外人グループ(日本人から見た外国人)に占拠されていたので、我々は風通しの良い、オープンカフェ風の野外レストランで昼食をとった。なお、昼食時間は13:45~14:45までの1時間であった。

スポット-5まではハイウェイを西方に移動したが、そこからしばらく行ったムグリンの街から南下して、スポット-6へ向かった。このルートでは北から低ヒマラヤのナワカトコンプレックス、主境界衝上断層(Main Boundary Thrust; MBT)およびシリク層群が分布しており、ルートはこれらを輪切りにするようになっている。

スポット-6は、低ヒマラヤのナワカトコンプレックス分布域に当たる。ここは、向斜軸の底部(closure)に位置しており、粘板岩および石灰岩は北側では南に傾斜し、次にほとんど水平となり、南へ行くほど穏やかに北側傾斜へと漸進して行く。スポット-6では、地層はほぼ水平な走向・傾斜を示していた。1日目の残りのスポットは、スポット-7および8の2箇所であるが、これからバイラワまでの移動距離は約150km、スポット-6までの移動距離よりも長い。スポット-6の観察終了時点ですでに15:30になっていた。スポット-6からスポット-7までバスで30分ほどの移動時間だが、昼食後であったため、この間にバスの車窓から外を見た記憶はほとんどない。

スポット-7はMBTにほど近い灰色ドロマイトの分布地点を観察した。ここには球状ストロマイティックドロマイトとよばれる同心円状に成長するドロマイトを観察した。半円ないしは円形をしているが、新鮮岩ではやや見にくいものの、若干風化した所では露頭の表面に分布しているのがよくわかった。この球状ストロマイティックドロマイトは、低ヒマラヤの鍵層であり、プレカンブリア紀上部の指標化石とのことである。16:10頃、スポット-7を出発した。

スポット-7から程なく南下するとMBTを通過した。すると地形は、これまでの山地から丘陵地(シリク丘陵)にかわり、全体的に広々と開放的になる。また、川幅も広くなり、平坦な田んぼや畑も見受けられる。

スポット-7から8への移動途中に再び渋滞に巻き込まれた。我々のバスが渡る順番になって分かったが、川を渡る道路が幅50m程度、川の濁流となっている。これを順番に渡るために道路が渋滞していたのである。橋というよりも堰堤が道路になっているようである。私たちの乗ったバスもおそろおそろ濁流の中へ入って行く。するとその時、どこの国にも無謀な人はいる。果敢にも対岸から自転車で渡ってくる人がいたが、彼は程なく濁流に吞まれ下流へ流されていった。なかなか濁流から浮かび上がってこない彼であったが、間もなく何とか水面に出てくると、警官ともう一人の若者により無事救出された。橋の手前には「洪水の間は渡らないこと」と英語とネパール語でかかれた看板が掛けてあったが、おそらく写真に示す程度では洪水とは呼ばれないのかもしれない。

ともあれ、無事に川を渡りきった私たち一行にアクシデントが発生した。A、B、C、三台のバスのうちB号車に故障が発生したのである。その間、バスのほぼ全員が外へ出て時間潰しをした。やはりネパールのバス旅に故障はつきものなのか。A号車から部品を借りてB号車は、動きだし、私たちはスポット-8へ向かった。しかし、

すでに日は落ち、進むほどに真っ暗になって行く。そんな状況でも私たちのバスの運転手は、前に立ちふさがる先行車をごぼう抜きにして行く。そんなこんなで、スポットー8は日没のため観察はキャンセルされた。しかし、TEA BREAKの時間は用意されていた。さらに車で移動し、21:00宿泊地点であるバイラワのホテルにやっと到着した。今夜の宿はホテルイエティ。暗いためにホテルの回りがどうなっているのか分からない。

宿に着いた時点で、かなり疲労がたまっていた。部屋へ行き21:30に食事となった。ホテルはこれまで泊まっていたカトマンズのホテルと違い、部屋にテレビも冷蔵庫も着いていない。おまけにエアコンも動かない。明日も、朝は早い。また、明日も今日と同じ様な行程になるのかと先行き不安になったが、とりあえず暖かいお湯だけは出たので、シャワーを浴びて床についた。

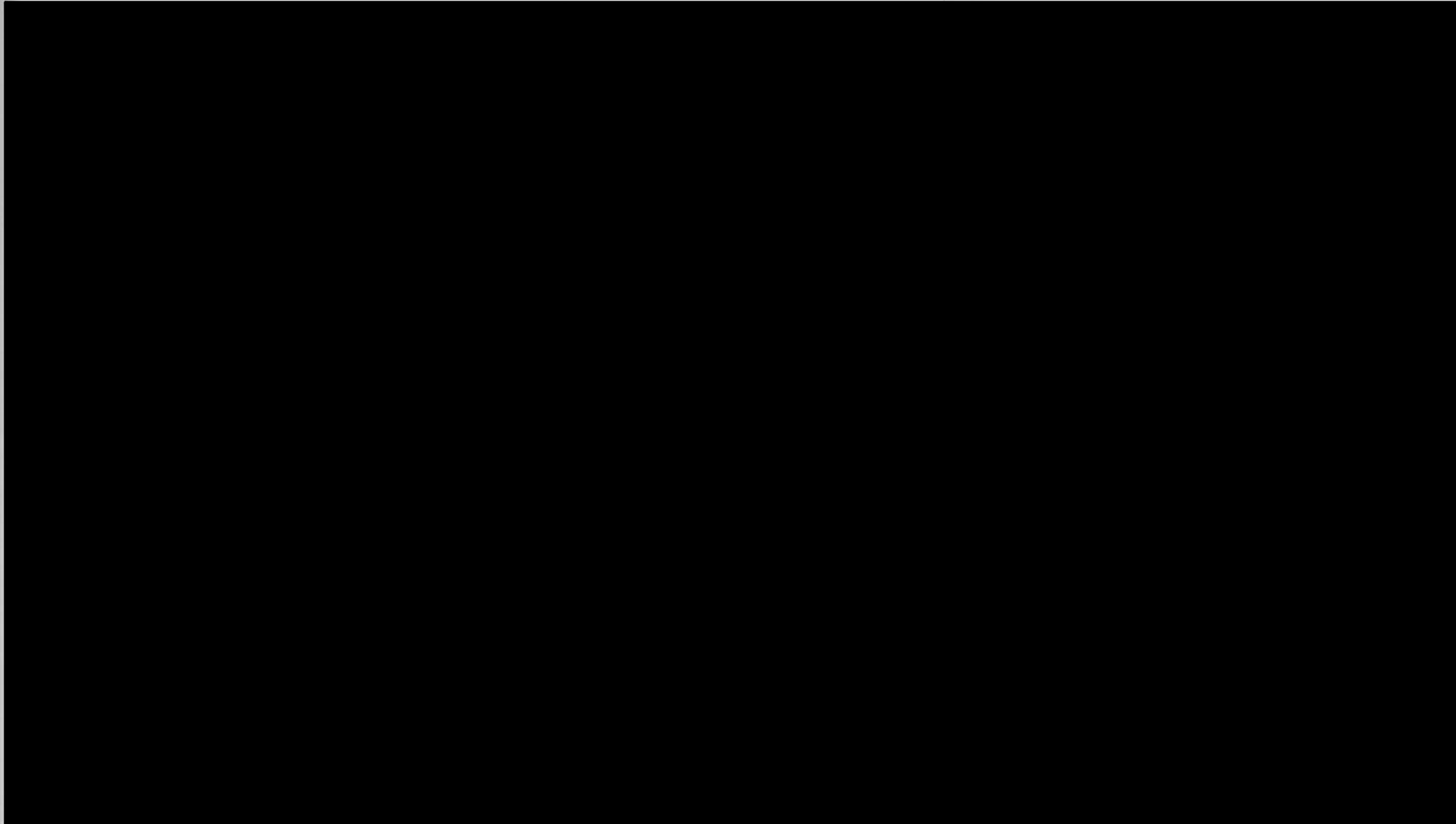


図-1 ポストシンポジウムツアールート沿いのスポット位置と地質図

図-2~6はいずれも「Field Excursion in Western Nepal」
Nepal Geological Society (1999)より引用

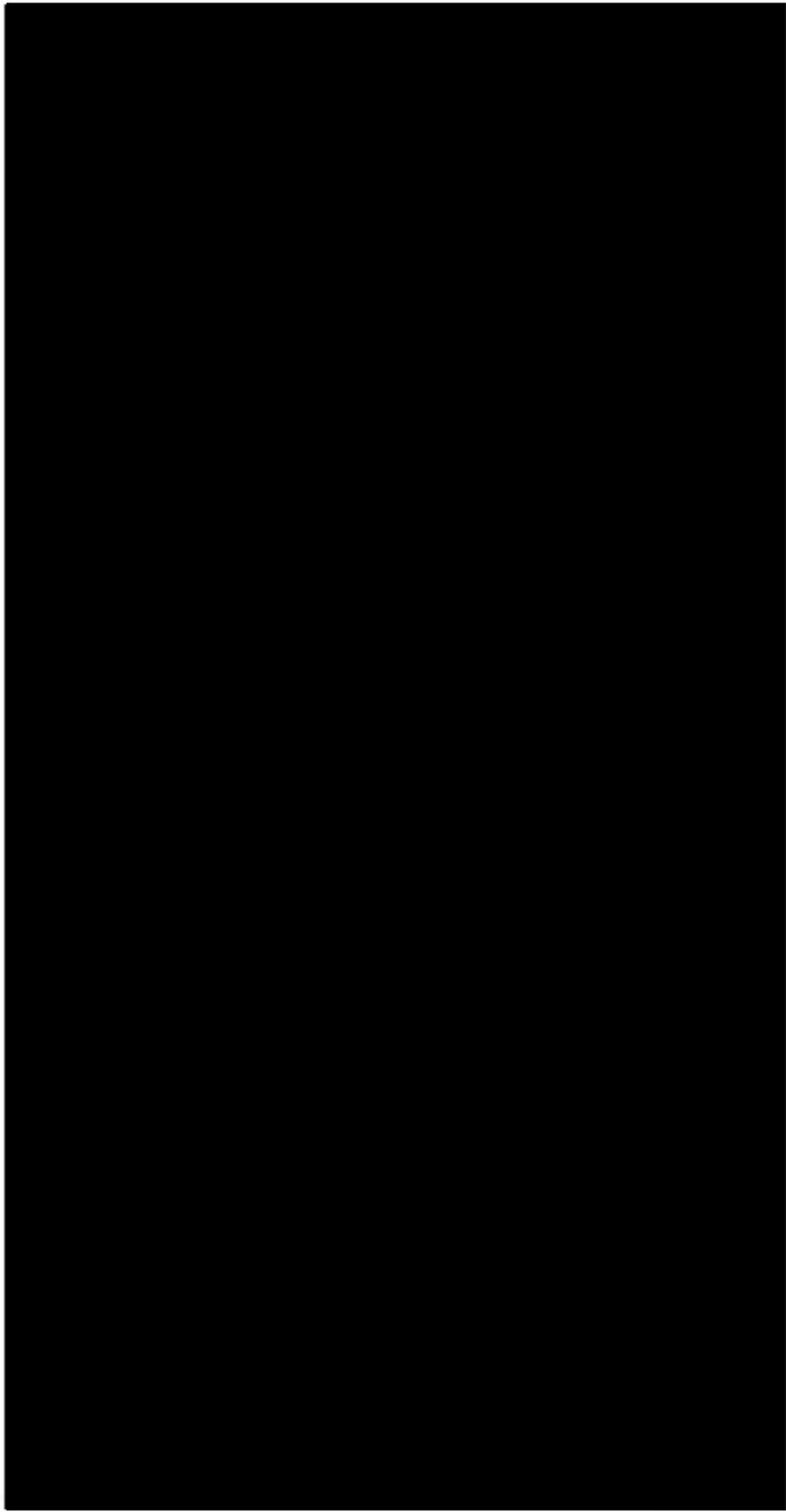


図-2 カトマンズ付近の地質(スポット-1,2)

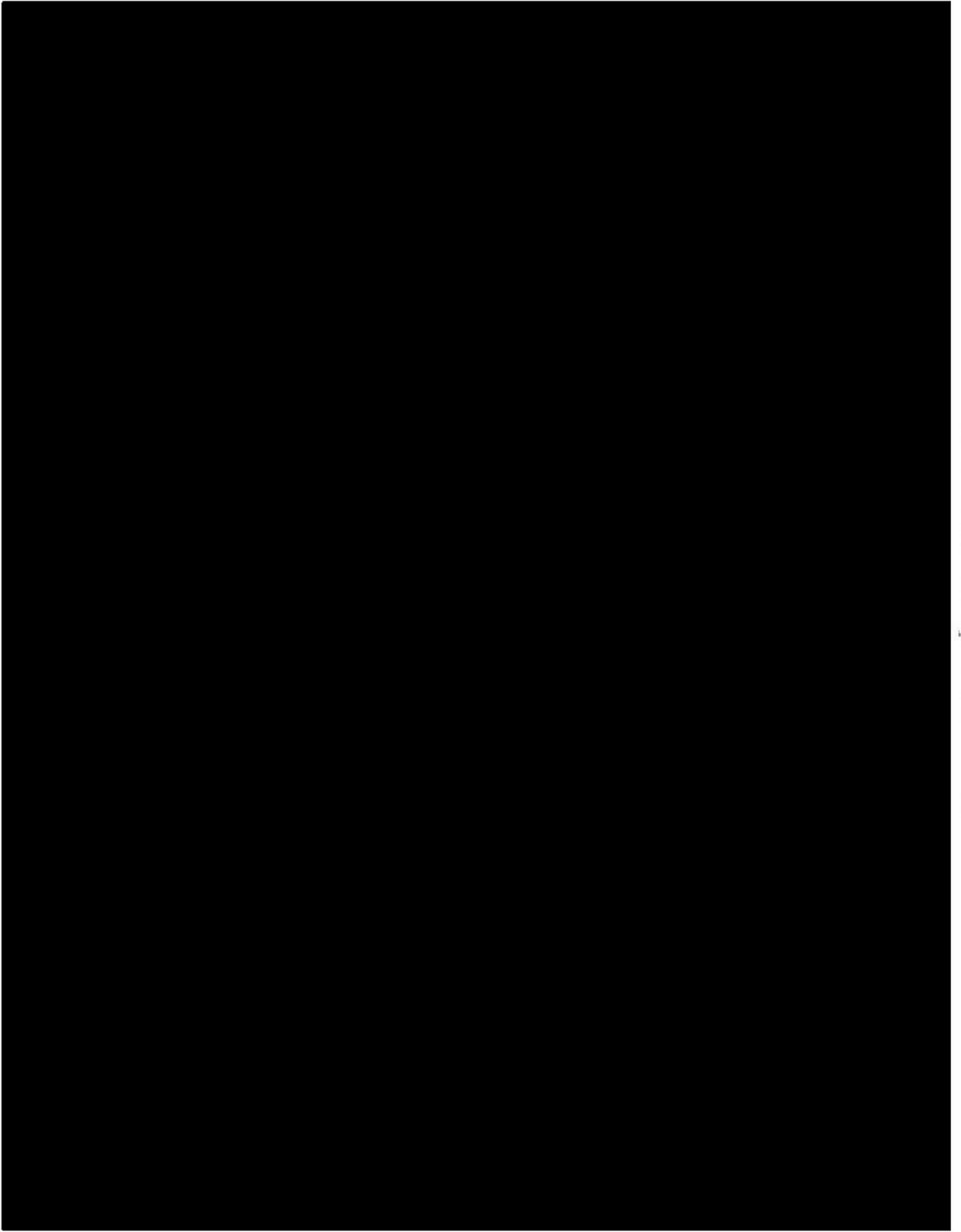


図-3 スポット-4,5,6,6,7付近の地質

The geological engineering sketch map of the Jogimara rockslide, the Prithvi Highway,
Central Nepal

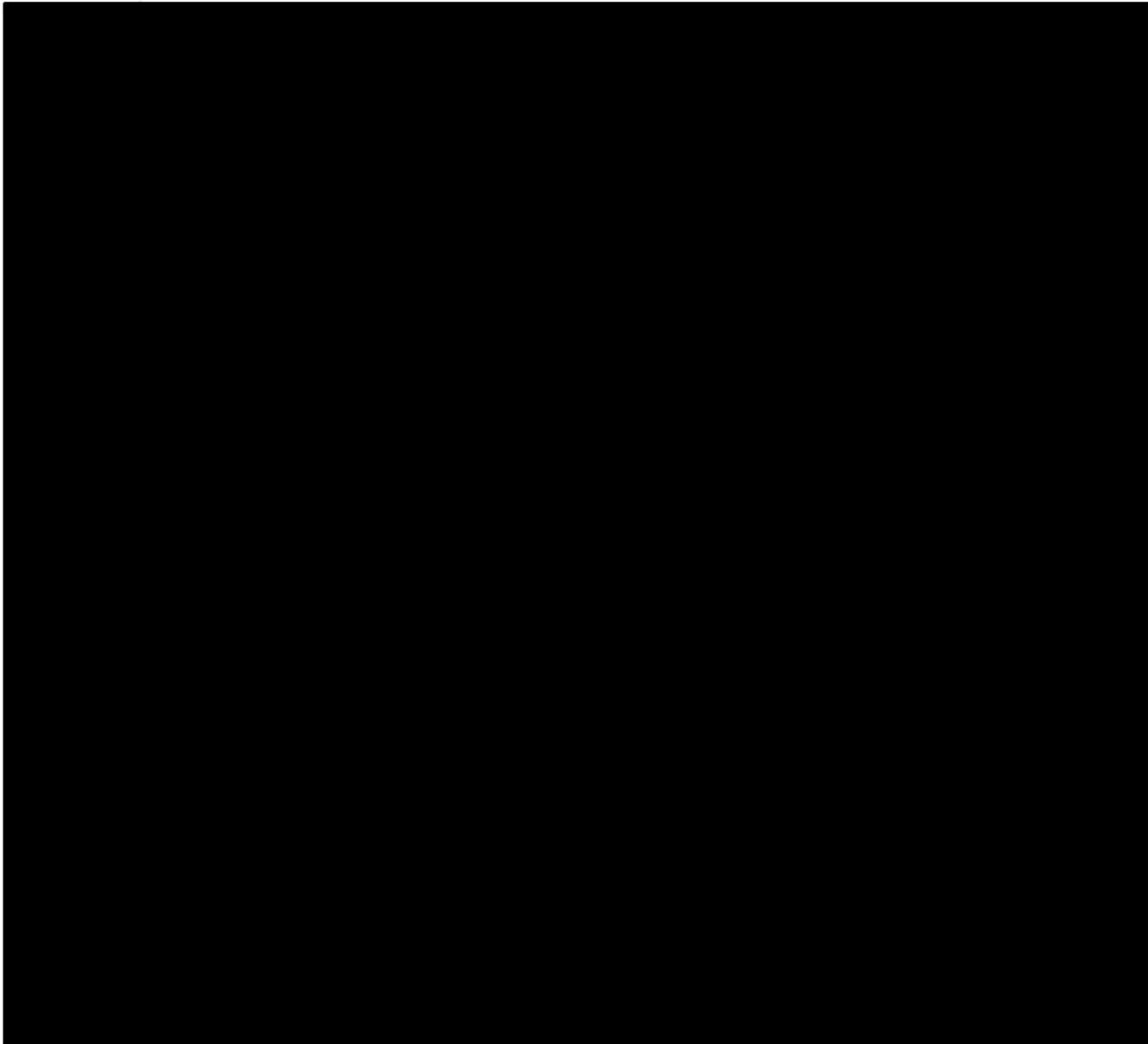


図-4 スポット-5 岩盤すべりのスケッチ





写真-4 写真-3に近接する地すべり地



写真-5 同上地点近接

高角度の割れ目および片理面が発達した石灰質の千枚岩



写真-6 スポット-3

洪水により流された橋の跡、写真右に橋の橋脚が見える



写真-7 スポット-3付近

河原に建てられた住居、彼らが人力により石を割り、選別したものが
カトマンズのビル建設のために使用される

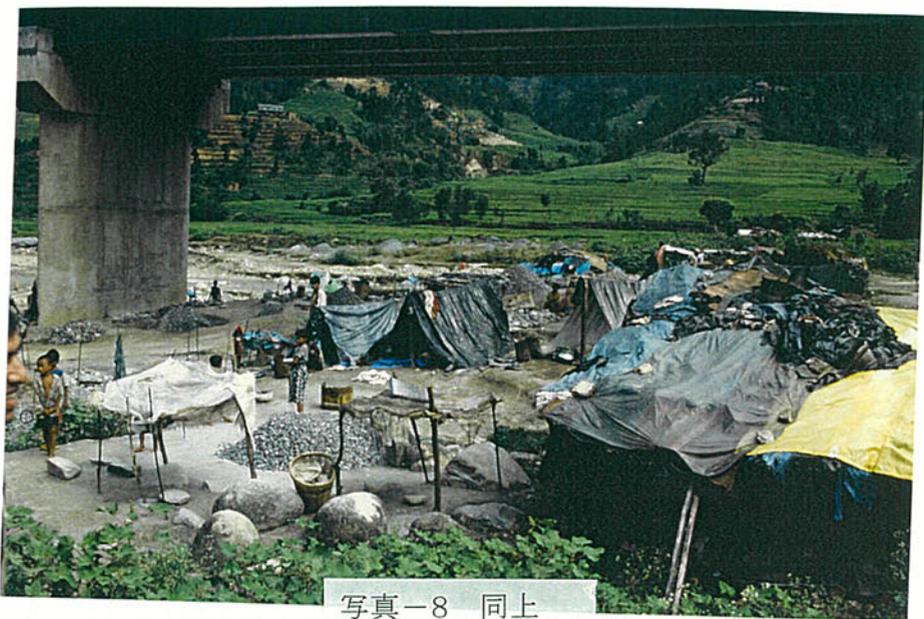


写真-8 同上

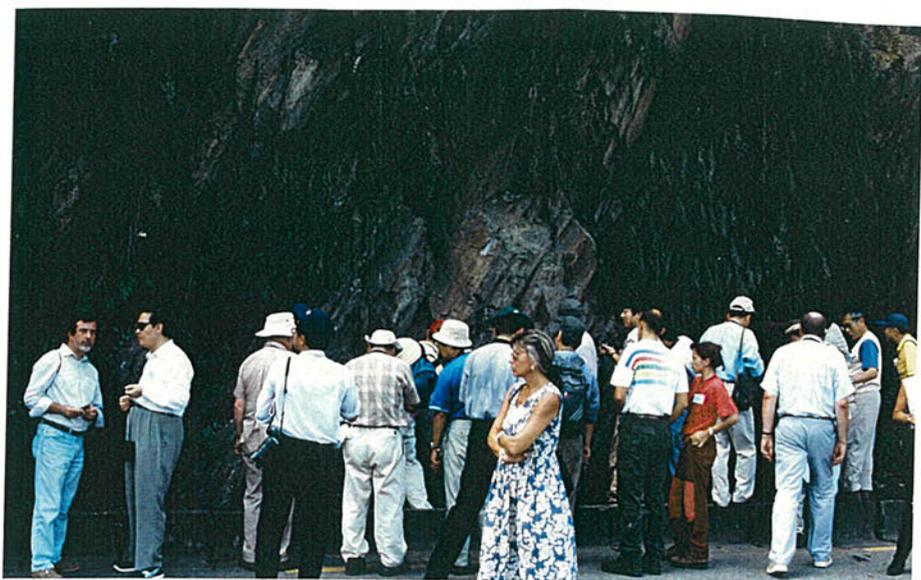


写真-9 スポット-4

高ヒマラヤと低ヒマラヤを分ける主中央衝上断層 (MCT) 付近

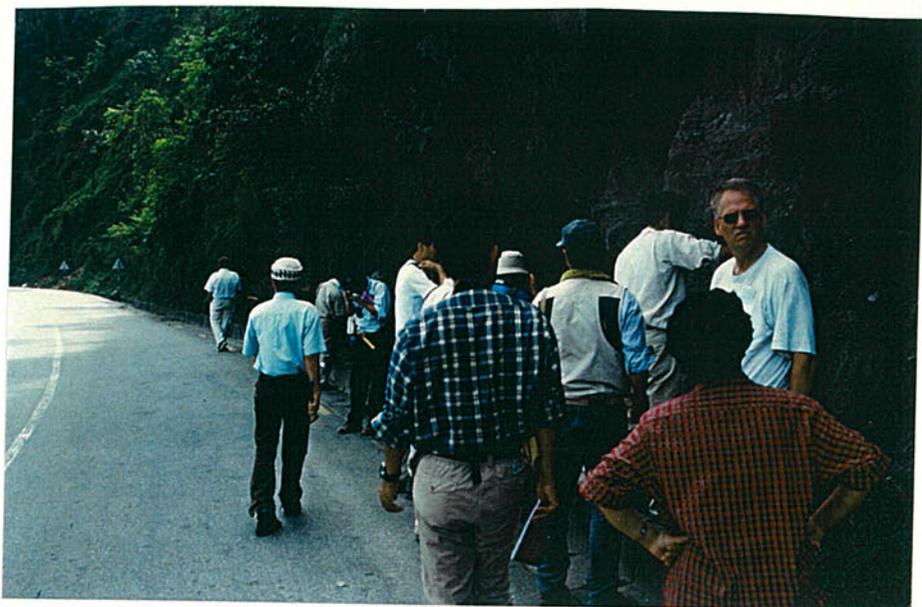


写真-10 結晶片岩中のガーネットを探す面々



写真-11 道路沿いに並ぶ露天



写真-12 スポット-4~5への移動途中に遭遇した車両火災 燃えたトラック

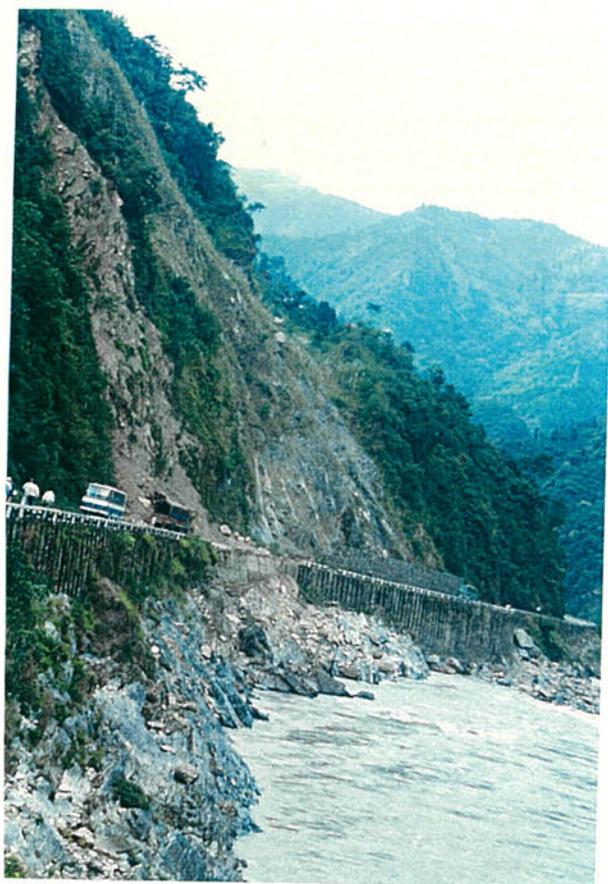


写真-13
スポット-5

JogiMara岩盤すべり 高さ190m、幅150m

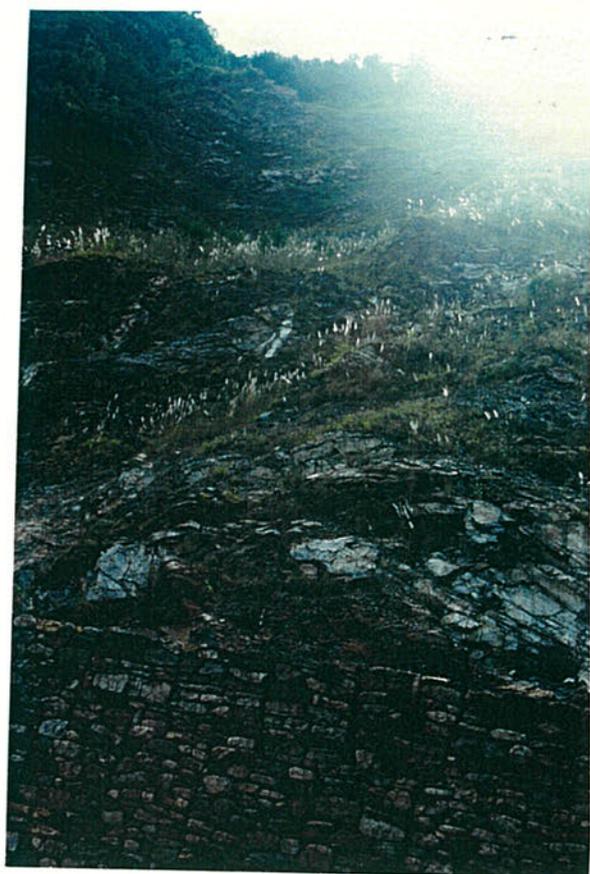


写真-14 近接



写真-15 マナカマナビレッジリゾートでの昼食

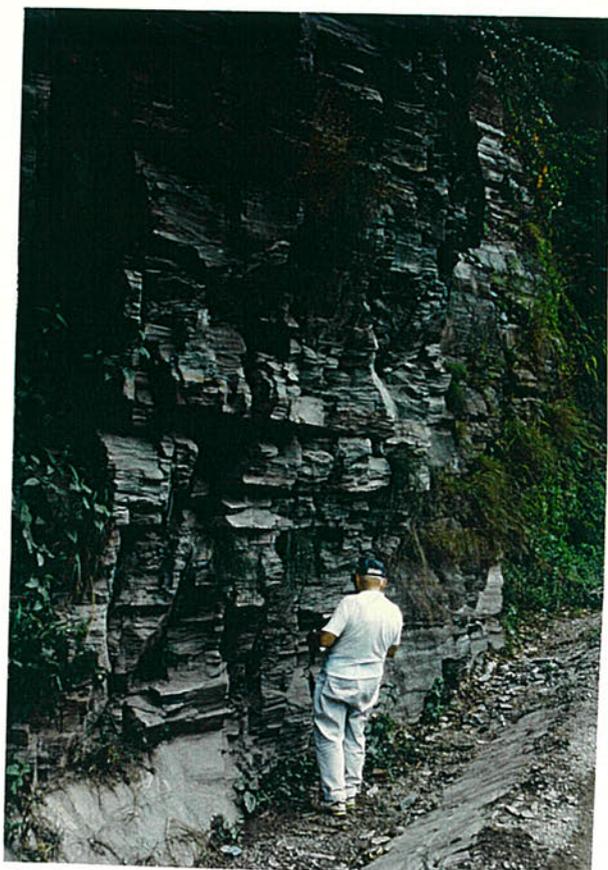


写真-16



写真-17

スポット-6
低ヒマラヤナワカトコンプレックス、地層の走向・傾斜はほぼ水平



写真-18 スポット-7を見学する参加者

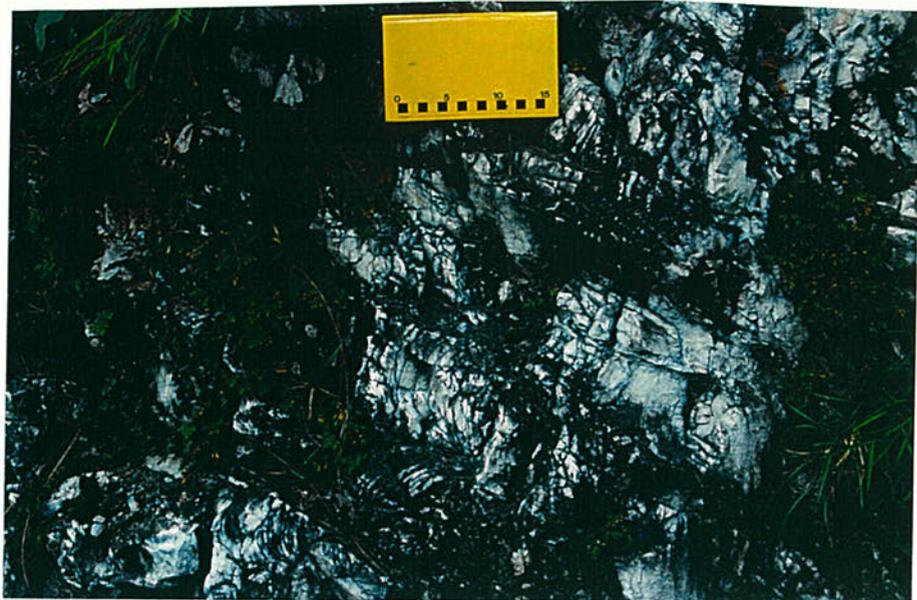


写真-19 球状ストロマトライティックドロマイト



写真-20 MBT(主境界衝上断層)を通過するとシワリク層群が分布する
地域となり、写真のように地形が緩くなり、開けてくる

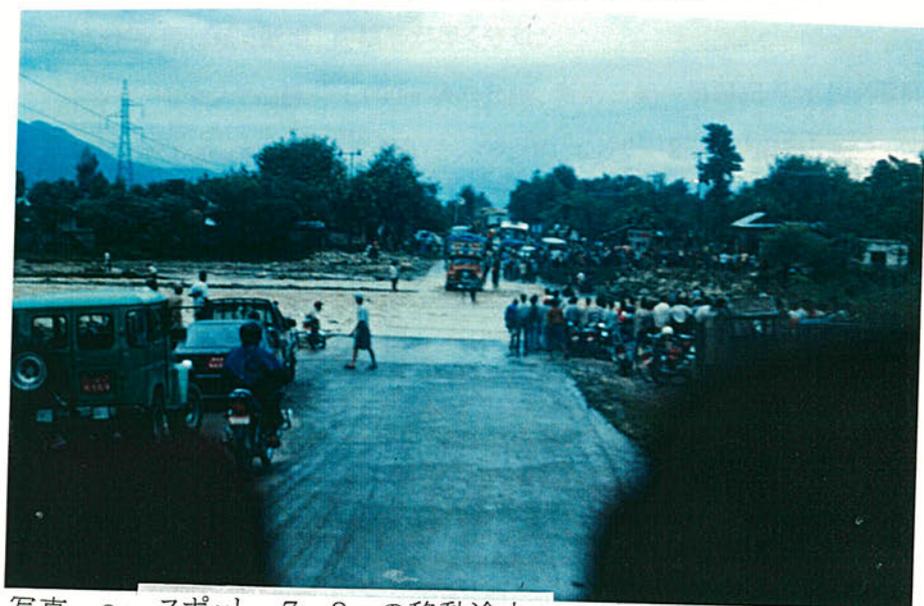


写真-21 スポット-7~8への移動途中
濁流の川をバスで渡る

5.2 タライ平原～シワリク丘陵～レッサーヒマラヤへ

大谷 晃((株)アイ・エヌ・エー)

ポストシンポジウムツアー2日目についての報告である。2日目のツアーには、カリガンダキA発電所の見学も含まれているが、これについては、別稿で、仲村氏、小野寺氏が“ネパールの水力発電所の建設”として報告している。

(1) ルートおよび交通手段

2日目の予定は、インドとの国境付近のバイラワを出発し、シワリク丘陵を越えて、MBTを通過し、タンセンに至り、さらにレッサーヒマラヤの山地を越えて、ポカラ盆地に至るルートである。目的地のポカラは、アンナプルナなどがそびえるハイヒマラヤの麓に位置する美しい町である。本日の行程は、バイラワからポカラまでの約200kmである。地図を見ると、1日目の行程の約半分ぐらいに見える。しかし、険しい山地を越えていくために、道路は曲がりくねって、峠を越えるため、直線距離と比べて、実際の走行距離は長いのであった。

カトマンズからバイラワ、ポカラに行くには、飛行機あるいはバスによる移動方法がある。途中の町、タンセンにもカトマンズからバスの便がある。以下では、カトマンズのホテルに置いてあった“TRAVELLERS' NEPAL”による交通手段である。カトマンズからバイラワ間は、飛行機で25分、1日5～6往復(曜日による変動がある)、料金は片道72～85\$ (航空会社により変動がある)。バスでは、284kmの行程で10時間、料金は158Rs(ネパールルピー、1Rsは約2円)。カトマンズからポカラ間は、飛行機で25分、1日20～21往復(曜日による変動がある)、料金は61～75\$ (航空会社により変動がある)。バスでは、200kmの行程で8時間、料金は夜間113Rs、昼間98Rs。カトマンズからタンセン間は、バスのみであり、302kmの行程で12時間、料金は夜間170Rs、昼間130Rs。国内線に使用されている飛行機は、14人乗り程度のセスナ機である。航空会社としては、Royal Nepal Airline、Buddhaairなどがある。今回のルートであるバイラワ～タンセン～ポカラ間についても、“TRAVELLERS' NEPAL”(外国人観光客向けのためか?)には記載されていなかったが、ローカルなバスのルートはあるようである。

このルートを行こうとするのであれば、マイクロバスあるいはジープをチャーターして、できれば現地の運転手、ガイドを付けて行くのが望ましいでしょう(道が狭く、急峻で、トラック等の交通量が多いため、慣れていないと運転が困難。また、暗くなっても、街路灯のようなものは一切ないため、暗闇をひたすら走る事となる。)

(2) ルートの地形・地質・気候の概要

ルートは、タライ平原(テライ平原とも呼ばれる)～シワリク丘陵～レッサーヒマラヤを越えてポカラ盆地に至るコースである。インド亜大陸からヒマラヤへと横断するルートである。各地形区分の特徴は、以下のとおりである。タライ平原　インド平原に続く低地、沖積層が厚く分布。

シワリク丘陵　レッサーヒマラヤ前縁の1,000m級の丘陵、新第三紀～第四紀のシワリク層群が分布。

レッサーヒマラヤ……………2,000m級の山地が主体(ミッドランド)、レッサーヒマラヤ南縁には3,000m級のマハラバート山地、主にプレカンブリア紀のレッサーヒマラヤ堆積物が分布。

各地形区分の境界には、それぞれ以下に示すWNW-ENE方向の主要断層が存在している(図-2, 3参照)。

ヒマラヤ前縁衝上断層(HFT) …… タライ平原とシワリク丘陵の境界、新第三紀～第四紀のシワリク層群が沖積層に乗り上げる。主境界衝上断層(MBT) シワリク丘陵とレッサーヒマラヤの境界、プレカンブリア紀のレッサーヒマラヤ堆積物が新第三紀～第四紀のシワリク層群に乗り上げる。

各地質帯は、一般的にWNW-ENEの方向に帯状に分布する構造を示している。上述したとおり、各断層を介して、古い地質帯が新しい地質帯に乗り上げる構造を示している。シワリク丘陵を構成するシワリク層群は、

新第三紀中新世～第四紀更新世の堆積物であり、ヒマラヤが上昇したときに削剥された堆積物がたまったモラッセ堆積物といわれている。ルートで観察されたシワリク層群は、下～中部の層準であり、砂岩、泥岩を主体としているが、上部では、砂礫の分布が卓越するとのことである。レッサーヒマラヤを構成するレッサーヒマラヤ堆積物は、低変成の堆積岩であり、主に千枚岩、石灰岩、ドロマイトなどにより構成されている。化石は少ないが、ストロマトライトの化石を産している。コースにおいても千枚岩、ドロマイトを見かけることが多かった。ストロマトライトの化石の産出地点は、1日目同様コースにおいてみることができた。

カリガンダキ A 水力発電所のダムサイトはドロマイト、導水路トンネルは千枚岩を主体としていた。

なお、ルートでは見るができなかったが、タンセンの町付近には、ゴンドワナ堆積物が複向斜構造を形成して分布している。ゴンドワナ堆積物は、プレカンブリア紀の堆積物を不整合に覆う、石炭紀～白亜紀の堆積物であり、主に陸成の礫岩、砂岩、頁岩、炭層が発達しており、ゴンドワナ植物群と呼ばれる植物化石を産する。このゴンドワナ植物群が、オーストラリア、南アフリカ、南アメリカなどにも共通してみられることから、大陸移動説の重要な地質学的資料とされている。

河川の形態も地質構造に大きく影響されている。河川が南北方向を流れる場合には、山地を横切る方向となるため、横谷となり、河川勾配が急となるが、東西方向を流れる場合には、縦谷となり、河川勾配はなだらかとなる。

気候については、亜熱帯に属しており、低地のタライ平原には、ゾウ、サイ、トラなどが生息していたような未開の地であり、マラリアが猛威を振るい、人が住めるような場所ではなかった。現在では開拓が進み、コメ、小麦、熱帯の果物、野菜類の産地となっており、ネパールの穀倉地帯となっている。現在でも、かつてのタライ平原はチトワナショナルパークでのサファリツアーで見ることができる。レッサーヒマラヤは、気候的には日本で言う沖縄に似ている。水田、畑が山(2,000m 級)の上まで開墾されている。野菜は日本とほぼ同じ種類が栽培されており、これに加えてバナナ、パパイヤなども栽培されている。このコースによって、私たちの大部分が“高い山の国”というネパールに抱いているイメージをは見事に裏切られてしまった。10月初めというのに、気温は 30℃を越え、非常に暑いのである。また、私たちが乗った A 号車は、メルセデスベンツ製でかつては冷房が効いていたようであるが、窓が明かないまま、冷房装置はなくなっており、扇風機もほとんど動かない“hot steam bus”だったのである。

(3) バイラワ～タンセン～ポカラへ

7:30 にバイラワのホテルイエティを出発した。前夜の到着が 21:00 であり、夕食も 22:00 と遅かったため、また、ホテルがカトマンズのホテルと比べて質素であったため、疲れが出ているようであった。バイラワを出発して、しばらくはタライ平原の中を北へ進む。このあたりは、インド国境に近いこともあり、かなりインド的な感じがする風景である。釈迦の生誕地であるルンビニはバイラワの近くに位置している。タライ平原は、湿地であり、大部分が水田(インディカ米)として利用されているようであった。バス内において、1968 年より井戸を掘って、被圧地下水を採取しているとの説明があった。日本に帰ってから資料(ヒマラヤの自然誌)を読むと、この地域の深井戸灌漑のことが紹介されていた。ただし、年々取水量が増加するため、河川や雨水による涵養では追いつかず、水位が低下する傾向にあるとのことであった。シンポジウムの会場でも、水資源に関する本が売られていた。タライ平原に住む人にとって、地下水は重要な問題であることを感じた。

8:10 にブトワル(Butwal)の町に到着した。ここで通行料の徴収がある。ネパールでは、道路の維持補修のため、このように各地区で通行料を徴収しているとのことである。ここで、Tea Break となった。路上でバナナを売っている風景が見られた。ブトワルの町の背後の山地は、シワリク丘陵と呼ばれており、新第三紀中新世～第四紀更新世のシワリク層群(砂岩、泥岩)が分布している。バス車中より、地すべりが多いとの説明があった。

8:30 に stop9 に到着した。

stop9 は、Tinau 河右岸における地すべり地である。ここでは、下部シワリク層群の砂岩、泥岩互層が分布し

橋が 5,000,000 ルピーの費用で建設されたが、1978 年 9 月 10 日 12:00 に地すべりが発生した。数分後に、橋は破壊されてしまった。モンスーン期の終わりごろであったため、河は増水していなかったため、被害は増水期に比べると小さくてすんだようである。この地すべりは、古い地すべり地の一部が、道路建設のための掘削により、滑動したものである。この地すべりについては、シンポジウム会場で売られていた“LANDSLIDES AND EROSION IN NEPAL”に紹介されていた。ツアー案内書の写真は、この本のものを使用しているようであった。なお、本には橋が破壊された直後の写真も掲載されていた。

8:50 に stop9 を出発し、すぐに stop10 に到着した。stop10 は、stop9 の上流にあたり、Siddha BaBa Temple があり、景勝地となっている。道路には物売りが多い。Tinau 河の兩岸には、中部シワク層群の急崖が露頭している。シワク層群は、緑灰色、赤紫色の“塩・コショウ状”の砂岩と暗灰色の泥岩が互層している。砂岩は、中新世の岩石としてはかなり硬質な感じである。地層の走向は、ほぼ河川に直交方向であり、上流側に約 30° で傾斜している。Tinau 河の右岸において、地層の層理面沿いに上流側に傾斜する地すべりが明瞭に認められる。この地すべりは、層理面のほか、2 方向の節理によっても規制されている。また、この地すべりの下流に発電所が建設されている。

9:10 に stop10 を出発した。Tinau 河の上流に向かってバスは進んだ。、すぐに stop10 に到着した。stop10 上流約 1km において発電所の取水堰をバスの車中より見ることができた。Tinau 河沿いの斜面は、急傾斜で地すべりが多いようである。9:40 に stop11 に到着した。Spot11 は、MBT(Main Boundary Thrust)の破砕帯が観察できるポイントである。ここでは、下流側にシワク層群の砂岩、泥岩が分布し、上流側(北側)にレッサーヒマラヤ堆積物を構成するドロマイトが分布している。ドロマイトの南縁には、レッサーヒマラヤ堆積物に属する黒色の破砕帯が見られる。現地において、MBT 破砕帯の幅は 10 数mとの説明を受ける。

この spot11 において、Tinau 河は、やや西へ屈曲している。また、現地において破砕帯の東方延長には、鞍部が存在しているのが確認された。MBT のような大断層となると、ジャストポイントはどこにあるのかというのをつかむのは難しいと感じた。ただ、現地では、シワク層群と近接して、レッサーヒマラヤ堆積物の露頭があり、シワク層群近傍には、破砕帯が存在していることから、このあたりを通過しているんだという実感はあった。地形にも現れているようであった。午前中いっぱいぐらいの時間を使って見せてくれるともう少し良かったと思った。1日目の MCT、MBT の Spot では断層という感じが全くしなかったのと比べると、地球的スケールのもの(インド亜大陸とユーラシア大陸が衝突している現場?)を観察しているのだという気になった。MBT 付近のレッサーヒマラヤ堆積物のドロマイトは緩傾斜を示し、MBT から北方に進むに従い、層理面は鉛直に近くなるという説明が現地であった。Spot11 の東方延長には、屈曲したドロマイトの露頭が認められたが、破砕帯周辺は地すべりが多いため、移動岩塊の可能性が高く、屈曲した構造が存在するのかどうかは良くわからなかった。

10:10 に stop11 を出発し、Tinau 河を上流に向かった。バス車中からは、ドロマイトの露頭が続いているのを見ることができた。stop12 には、10:20 に到着した。spot12 はマハラバート山地における典型的なドロマイトの崖である。マハラバート山地は、MBT に沿って 5mm/y の速度(案内書ではこの速度で紹介されている、日本における A 級活断層の変位速度と同じオーダー)で上昇しているため、山地を横切る河川(横谷)が幅広い谷を形成することができずに、切り立った峡谷を形成するようである。地層は急傾斜したドロマイトに軟質な粘板岩を挟在している。このような層理面をすべり面とした古い landslide dam が存在している。

10:30 に spot12 を出発して、さらに Tinau 河の上流に向かった。バスの車中からは、ドロマイトと粘板岩の互層の露頭が続いているのが確認された。雨が激しいため、spot13 はバス車中より観察を行った。Spot13 には下部ゴンドワナ(石炭紀～二疊紀のゴンドワナ堆積物)に属する粘板岩が分布している。この粘板岩が、下流の中新世—更新世のシワク層群の砂岩、頁岩の供給源となっている。この粘板岩をすべり面とした landslide dam が Tinau 河左岸においてバス車中より観察された。地すべり堆積物が緩傾斜で堆積しており、河川の幅を狭めているのを見ることができた。

11:00 に spot14 に到着した。spot14 は、Palpa District の穀倉地帯である。、美しい田が、東西方向の谷(縦谷の方向)に沿って広がっている。この谷は、向斜の中央に位置している。(2)項で説明したように、タンセン周辺には、ゴンドワナ堆積物が分布している(spot12 も含まれる)。案内書によると、この向斜沿いの谷の中央に、古い湖が形成されていた。これは、急傾斜の分布を示す段丘により示されていると説明されている。また、

spot14からは、美しいタンセン(Tansen)の町を見ることができた。

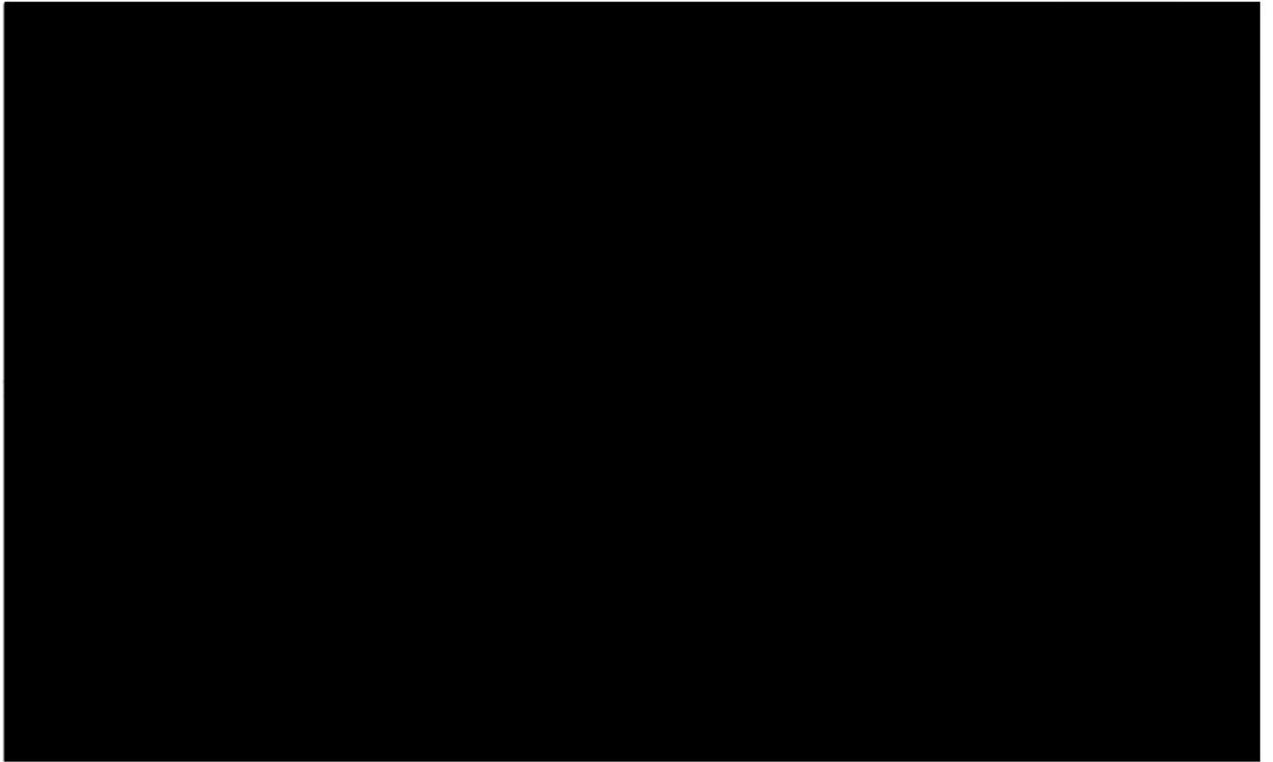
11:05にspot14を出発して、12:10にspot15に到着した。spot15は、カリガンダキ河が北から東へ流路を変える地点となっている。カリガンダキ河の左岸には比高60~70m(案内書では、“about”100mとなっている)の古い段丘面が認められた。この付近は、レッサーヒマラヤ堆積物である粘板岩が露頭している。粘板岩は、著しい褶曲を示しているが、大局的には、地層の走向はほぼ南北で、東へ50度程度で傾斜している。spot15でlunch timeとなった。lunchは、パイラワのホテル イエティから持ってきたlunch boxであった。中は、フライドライス、チキンから揚げ、ゆで卵2個、ジュースなどであったが、暑さのため食欲が進まないことと、食中毒の恐れ?から、近くに集まってきた現地の子供にあげている人も多く見られた。

lunch time 終了後、バスで出発し、13:00にspot16に到着した。spot16は、ドロマイト中にストロマトライトの化石が見られる地点である。案内書では、ストロマトライトの化石は、レッサーヒマラヤ堆積物のドロマイトには普遍的に含まれているものの、spot16の化石は特に大きい化石であると紹介されている(1日目のspot7とは比較にならないほど大きく、化石は一部しか採取することができない)。Spot16の現地では、ドロマイトの走向は道路に対してほぼ平行で、約30度で傾斜する受け盤である。このドロマイトに直径数10cm~1m程度のストロマトライト化石が多数含有されている。この大きなストロマトライト化石を前にして、ネパールの人はちょっと得意げなようであった(帰国した後に、神奈川県生命の星科学館で、ネパール山のストロマトライト化石が展示しており、世界的に有名なものだと知りました)。Spot16のストロマトライト化石は、キャベツ構造が良く観察できる。露頭では、キャベツ構造が下に向かって成長しているように見える。地学事典によると、“ストロマトライトは、シアノバクテリア(らん藻)などの光合成に伴う分泌物が形成した、一定の形態上の特徴をもった炭酸塩岩類のことをいう。”と記述されており、ストロマトライトは、光合成を繰り返して上方に成長している。したがって、ストロマトライト化石により地層の上下判定できることになり、ストロマトライト化石のキャベツ構造が膨らむ方向が地層の上位と判定できる。したがって、Spot16の地層は、ストロマトライトのキャベツ構造は、下に向かって膨らんでいるため、逆転していると判定できる。

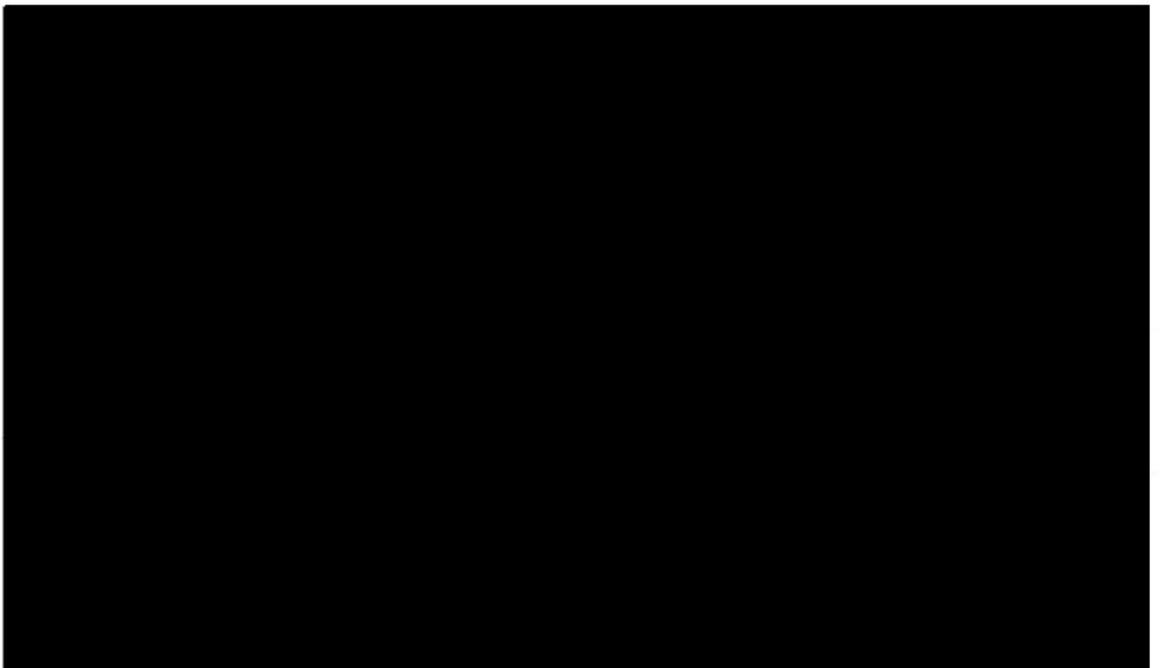
ここまでは、ほぼ予定どおりの行程であった。このあと、カリガンダキA発電所(詳細は、次章の仲村氏・小野寺氏の報告)の見学を行った。河川沿いに道がないため、向こう側に見える発電所に行くため、約1時間の山道を往復して、約1時間の見学を行った。工事はイタリアの建設会社が行っており、宿泊施設がきれいに造られているのが印象的であった。日本においても、工事の現場をきれいにする傾向が約10年ほど前から見られるようになってきているが、ヨーロッパのように是非そこに住んでみたいというような施設はあまり造れていないような感じがする。

カリガンダキA発電所を発電所を16:35に出発した。途中、小さな町で19:00頃、20分くらいTea Breakをした(このあたりは、疲れのためか記憶が怪しくなっている)。ここを出発するとき、あと2時間でポカラにつくと案内者からアナウンスがあった。バスの中には、やや重苦しい雰囲気の流れた。その時、案内者が“Let's sing a Nepali song”と言ってバスの中を明るくしようとして、ネパールの民謡を何曲か歌ってくれた。その疲れた頭の中でも一番親しみやすかったのが、“Resham Firiri”であった(歌詞は、笠氏・阿部氏の報告“ポカラの鍾乳洞とネパールの民謡”を見てください)。この歌は、どうも代表的なネパールの民謡のようであった。翌日のレセプションでもカトマンズでも耳にすることができた。

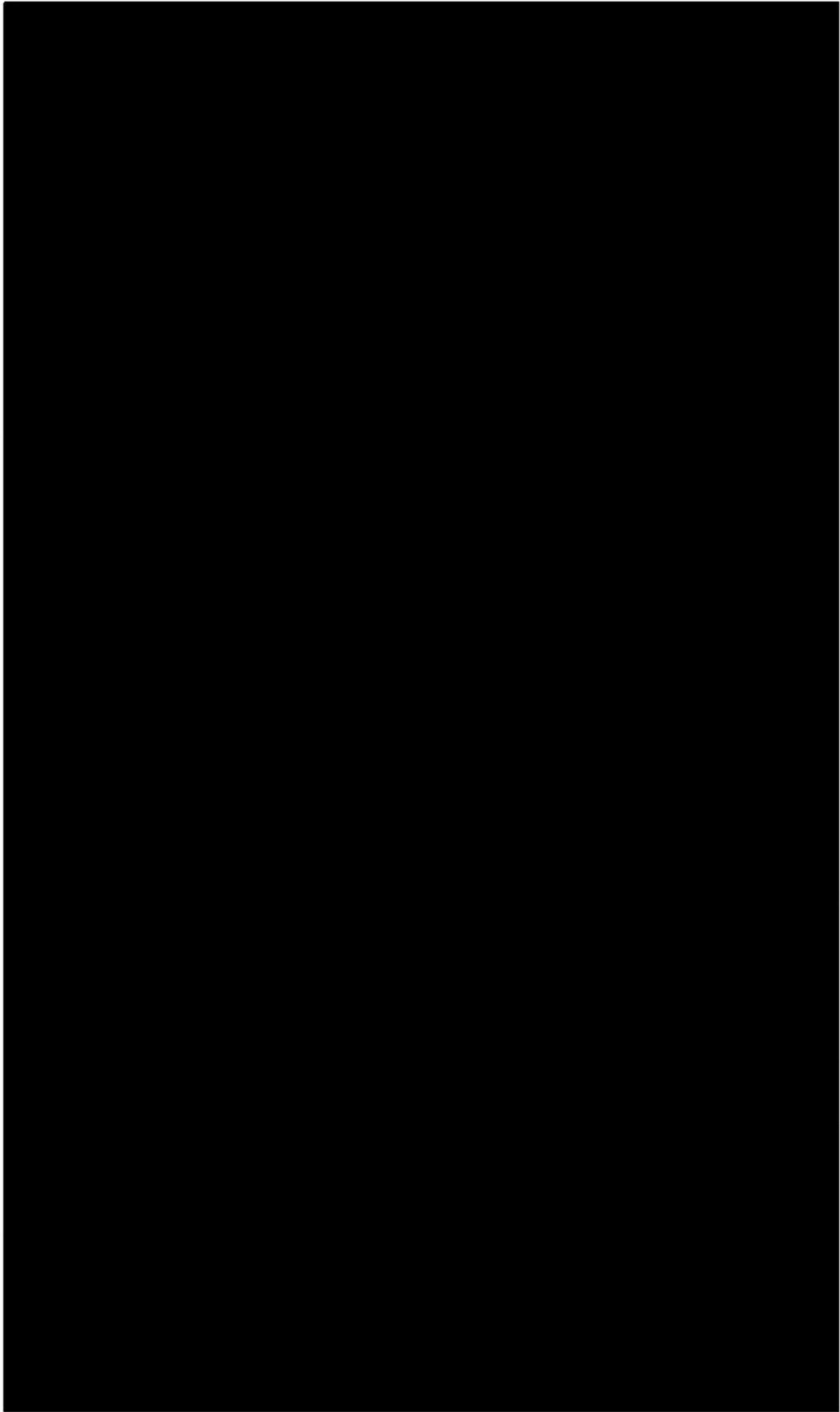
バスは暗闇の中を走っていたので、夜空にはMilky Wayが広がっているようであった(私の席からはよく見えなかった)。この後、バスの中で寝てしまったので、気がつくとポカラのドラコバンホテルの前であった。時刻は22:30分であった。しかも、私たちのホテルの分まで予約していないとのことであった。昨日の夜もそうであった。非常にネパールの気分を味わうこととなった。とりあえず、夕食ということになった。このとき、先に到着した欧米系の人に“What happened?”と聞かれた。彼らの乗っていたバス(C号車;1番性能のよいバス)は、1時間前に到着したとのことであった。いろいろ考えてみると、C号車はTea Breakを取らないで走りつづけたようなのであった。夕食の後、私たちは今晚泊まるホテルCentral Inに23:00頃到着した。パイラワのホテルに比べるとかなりよい感じがした。明日も7:30出発である。ただし、明日はお昼までの予定であるので、少し気が楽になった。



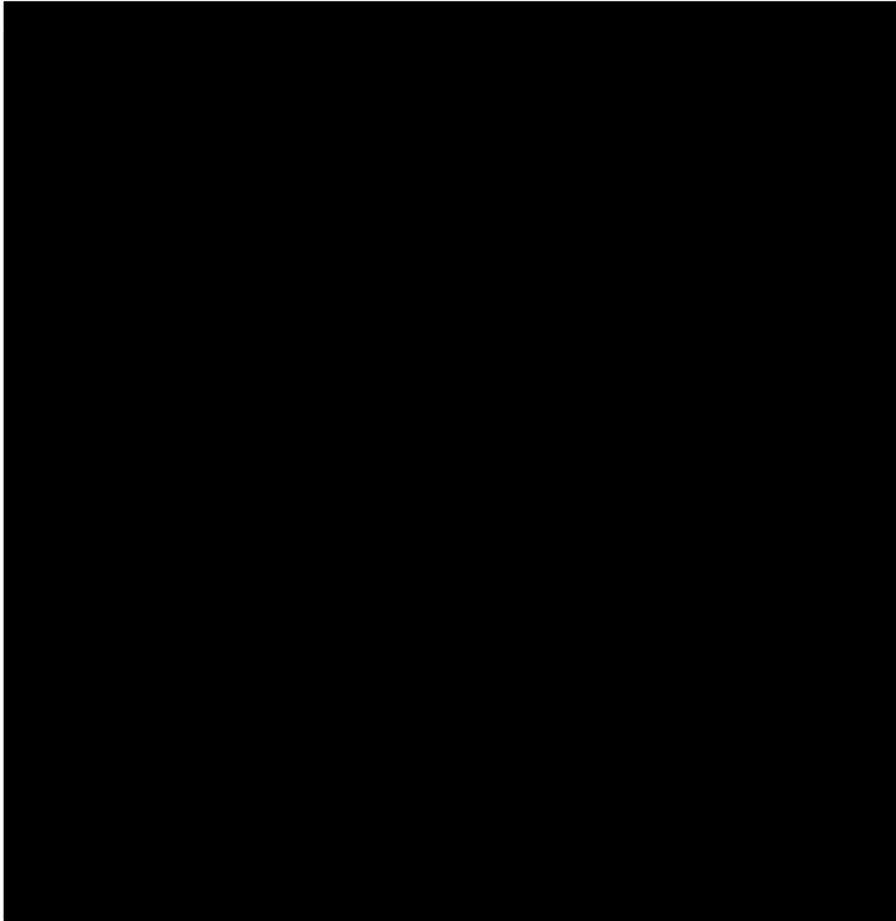
ヒマラヤの地形と主要断層
(酒井 治孝, ヒマラヤの自然誌(1997)による)



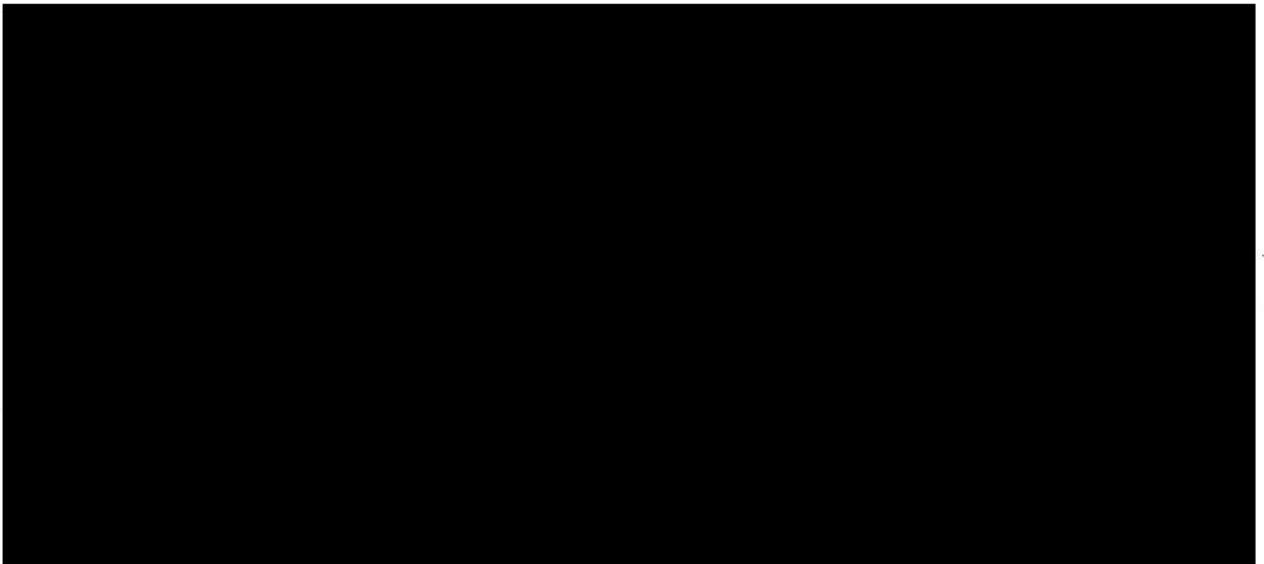
ヒマラヤの南北地形断面図
(木崎 甲子郎 編, 上昇するヒマラヤ(1988)による)



ネパールヒマラヤの地質構造概略
(酒井 治孝, ヒマラヤの自然誌(1997)による)



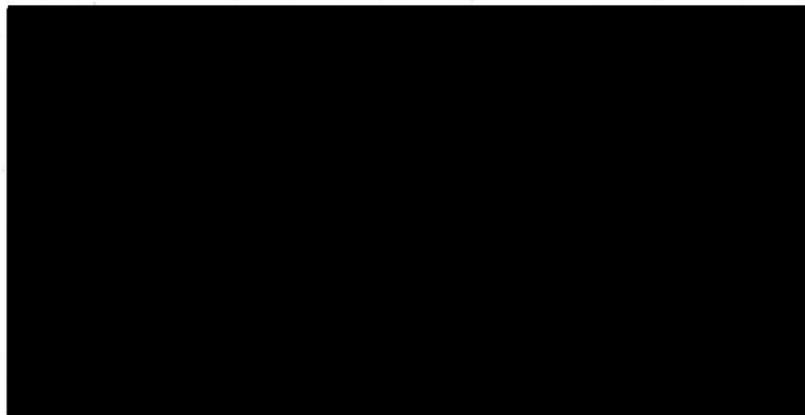
カリガンダキ河の位置図
(木崎 甲子郎 編, 上昇するヒマラヤ(1988)による)



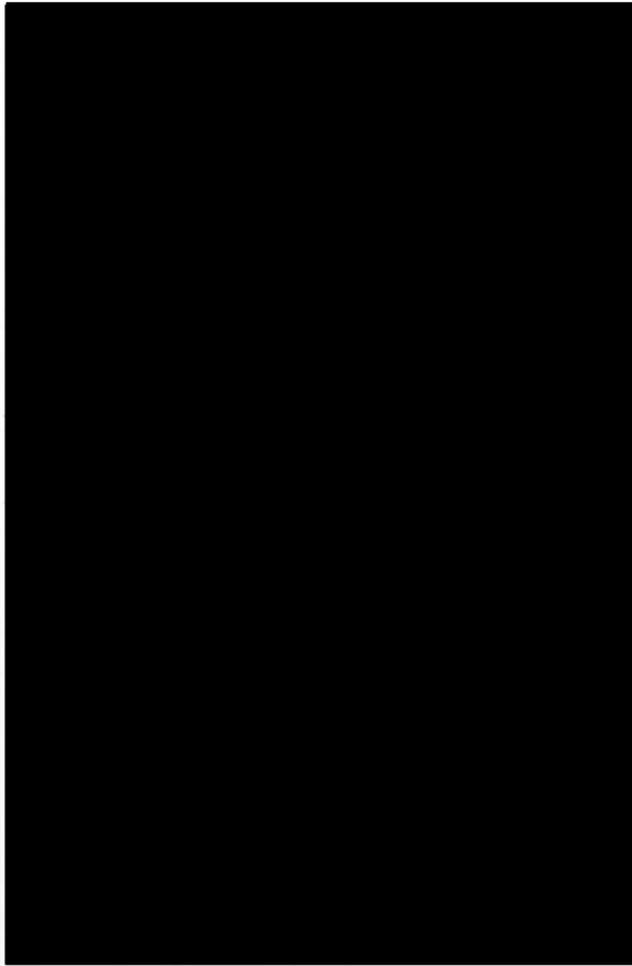
カリガンダキ河の河道形状
(木崎 甲子郎 編, 上昇するヒマラヤ(1988)による)



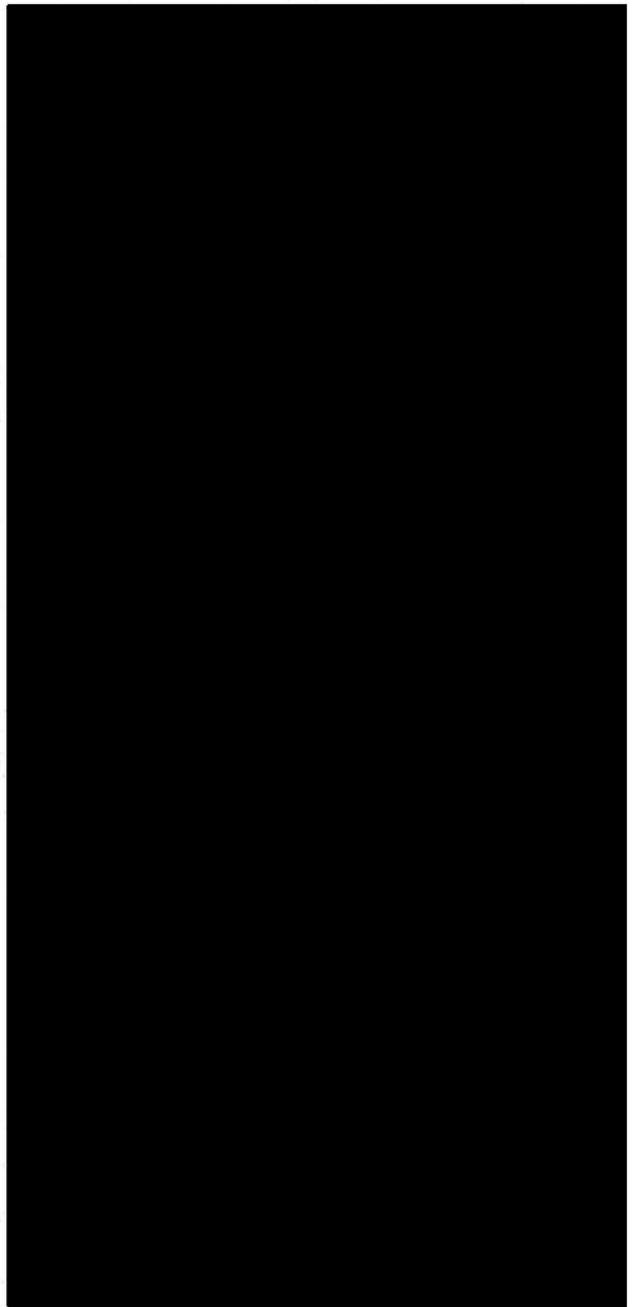
ネパール・ヒマラヤにおける気候・植生・栽培作物の垂直変化
(酒井 治孝, ヒマラヤの自然誌(1997)による)



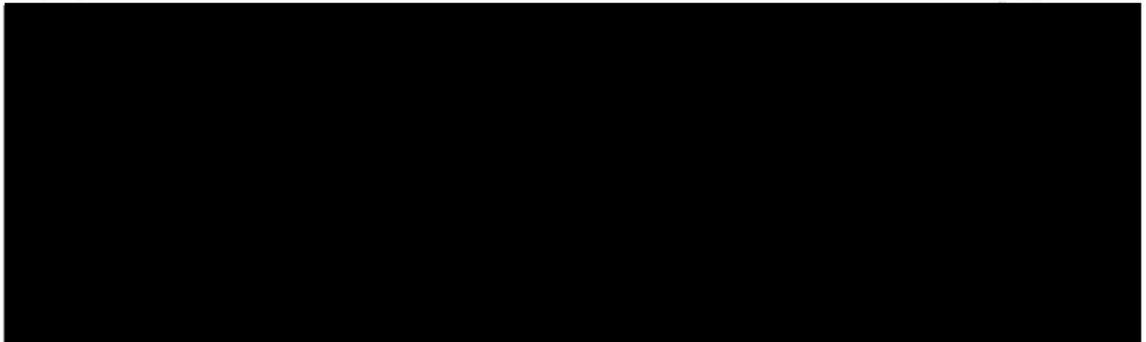
ストロマイト化石のドーム構造が下方を向いているスケッチ(ツアー案内書による)



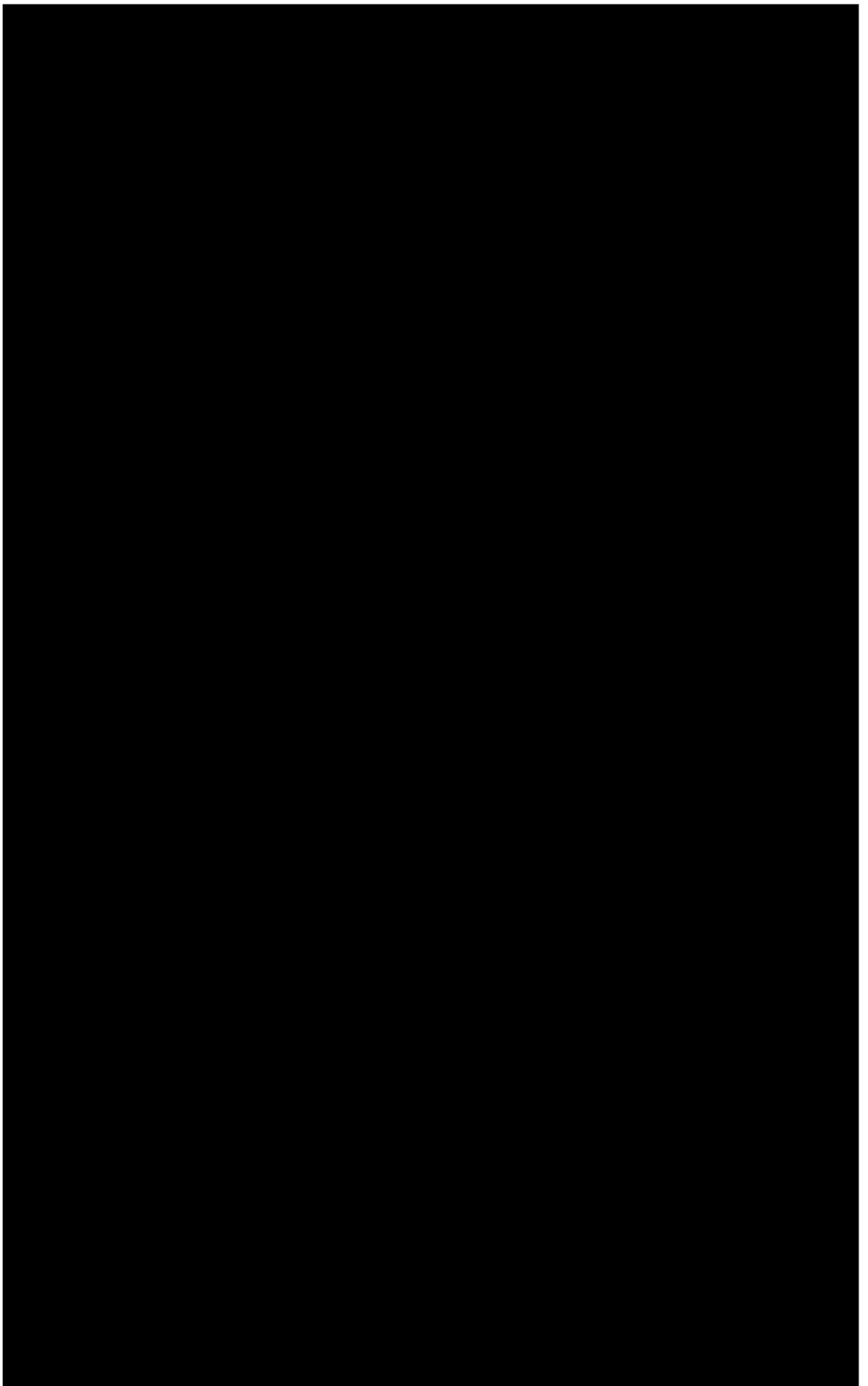
ゴンドワナ堆積物の分布と古流向
(木崎 甲子郎 編, 上昇するヒマラヤ(1988)による)



タンセンにおけるゴンドワナ堆積物の柱状図
(木崎 甲子郎 編, 上昇するヒマラヤ(1988)による)



MBT からタンセンにかけての地質断面図
(木崎 甲子郎 編, 上昇するヒマラヤ(1988)による)



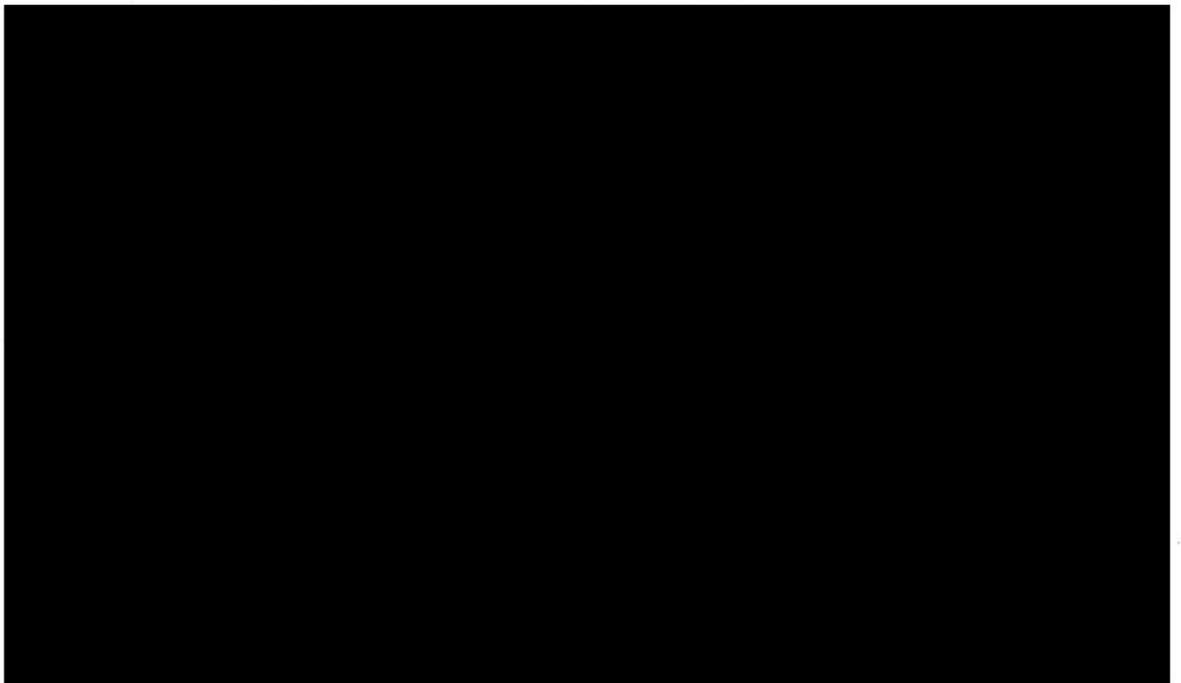
Spot 位置図(1:1,000,000 GEOLOGICAL MAP OF NEPAL に転載)



MBT 周辺の地質断面図(ツアー案内書による)



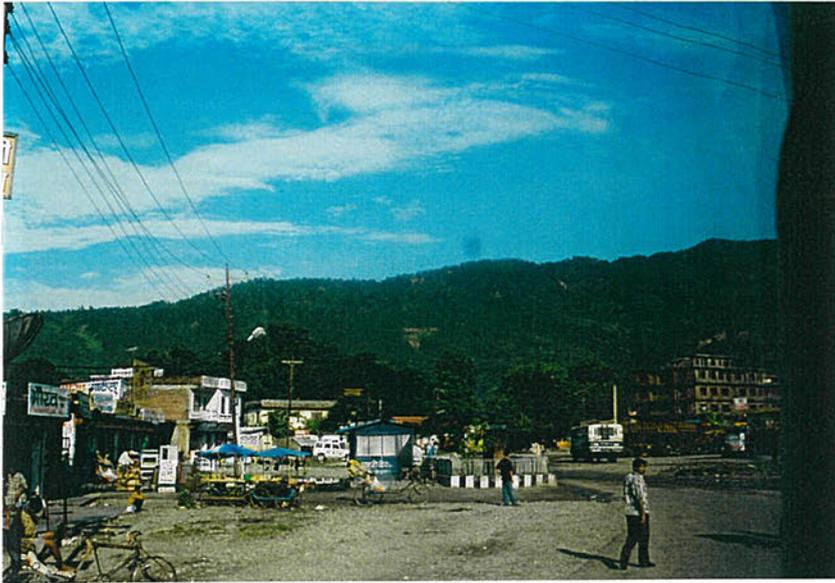
Butwal Landslide の断面図(ツアー案内書による)



Butwal Landslide により破壊された橋 1978 年 9 月 10 日
(LANDSLAIDES AND SOIL ERROSION IN NEPAL による)



Butwal の街
バナナを売っている



Butwal の街の後方にシワリク
丘陵が見える



Stop 9
Butwal Landslide を対岸より望
む



Stop 10
地すべりの上部を望む
層理面沿いに滑っている



Stop 10
地すべりのすべり面付近を望む



Stop 10
河床部のシワリク層群の砂岩と
岩互層



Stop 11
MBT 破碎帯付近を南側より望む
急崖はレッサーヒマラヤ堆積物の
ドロマイト



Stop 11
MBT 破碎帯付近を東側より望む
レッサーヒマラヤ堆積物が破碎
されている



Stop 11
MBT 破碎帯南側に分布するシ
ワリク層群(砂岩、礫岩)



Stop 12 を上流側から望む
地層は急傾斜している



Stop 14
タンセンの町と水田
東西方向の谷(縦谷)は緩やかである



Stop 16
ストロマイトの化石を含むドロ
マイト
下方に膨らんでいる

5.3 ポストシンポジウムツアーでのハプニング

赤井静夫(北信ボーリング)

(1)今日の工程

ポストシンポジウムツアー2日目はネパール中南部バイラワのホテルをマイクロバス3台で出発し、そこから北東方約120kmのネパール中央部の高原都市ボカラまでの山岳地帯の移動であり、見学地点数はスポット9～19の11地点と3日間のエクスカージョンの中で最もハードな旅である。

(2)色んな事が起こるネパール旅行

前日は3つのハプニングがあった。

① ハプニングその1

カトマンズ盆地を西に抜けて急坂を下って行くと道路脇で煙が上がっている。近づいて行くと登り方向に向けたトラックが炎上中であり、既に骨組み状態である。この国道を通るトラックは荷物満載(明らかに積載オーバー)で悲痛な唸り声(殆どがインド製であり、エンジン性能が高くないのか?)を上げて上って来る。オーバーヒートに伴う車両火災であろう。

② ハプニングその2

さらに下って行くと、人だかりがしている。道路下約50mを見るとトラックが落下している。どうもウインチでトラックを引き上げ様としている様である。あのようなポンコツトラックでも引き上げる価値がこの国ではある様だ。

③ハプニングその3

流水幅約30m、水深約50cmの国道の渡河地点(なんと橋が無い!)で我々の目の前で自転車に乗って渡ろうとした男(水深50mの急流を自転車に乗ったまま渡る神経がわからない)が自転車もろとも下流の数10mまで流された。渡河地点は落差工の天端を通る様になっているので、直下流は水深1～2m程度となっており、しばらく男の姿が見えなかったが、1～2分後に元気に浮かび上がって来た。男が流されると同時に、たまたま河岸に居た警察官が制服のまま飛び込み、瞬く間に救出した。主都カトマンズの警察官は常に数人がたむろしていて、ろくに仕事をしない印象であったが、この警察官の機敏な仕事振りには感心した。

④ 出発前の風景

さて、本日はどのようなハプニングが待ち受けているのか、不安と期待とで複雑な気持ちである。快晴のバイラワのホテル前の小川に小魚が群れていたのので、日本より持参した竿を出してチャレンジすると、たちまち地元民が黒山の人だかりとなり(皆さん暇なのですね)、なんとしても一匹位は釣り上げなければならない状況に陥ったが、口が小さい草食魚ばかりであり、ルアー釣りである為、無釣果であった。餌釣りに変更してギャラリーの期待に答えるべきであったかとも思ったが、ルアー釣り師のプライドが許さなかった。

(3)見学ルートの地質概要

見学ルートの基盤地質は南西側から Siwalic 層群、北傾斜の MBT(Main Boundary Thrust)を境に北東側に Nawakot 層群が分布し、Nawakot 層群の上位に向斜状に Tansen 層群が分布する。Nawakot 層群の北東側には Nawakot 層群の下位の Kuncha 層群が分布する。各地層の体積時代および層相をいかに示す。

①Siwalic 層群

中期中新世～鮮新世・更新世のモラッセ(浅海～陸成層に至る種々の環境で形成された厚い堆積物であり、

礫岩や砂岩等の粗粒な堆積物に富み、岩相や層厚の側方への変化が著しい堆積物)からなる。

③ Nawakot 層群

先カンブリア時代～下部古生代の主に浅海堆積物からなり、下部は千枚岩・砂岩・珪岩・石灰質砂岩等の碎屑岩を主体とし、上部はストロマトライト質石灰岩・黒色粘板岩を主体とする。

③ Tansen 層群

古生代二疊紀・石炭紀～中期中新世の碎屑岩からなり、下位から tn1, tn2, tn3 の3層に区分されている。tn1 は古生代二疊紀～石炭紀の氷河成～河成の堆積物を主体とし、一部で氷海成の堆積物からなり、ダイアミクタイト(粘土から巨礫や巨大な岩塊までを含む、塊状無層理の碎屑性堆積岩)・頁岩・粘板岩・砂岩・シルト岩から構成される。tn2 は上部ジュラ紀～白亜紀に堆積し、下部は河成堆積物(礫岩・砂岩・シルト岩・粘板岩)からなり、上部は主に河成堆積物(砂岩・珪岩・頁岩)、一部で海成堆積物から構成される。tn3 は始新世～中期中新世に堆積し、下部は海成の頁岩・石灰岩からなり、上部は河成の砂岩・頁岩からなる。

④ Kuncha 層群

先カンブリア時代に堆積し、主に片岩・千枚岩・砂岩からなる。

(5) 見学のエッセンス

本日の見学ポイント11点の中で興味深かったのは、以下の4地点である。

① スポット9

Tinau Khola 川に1978年に建設された、鉄筋コンクリート橋が、完成してまもなく、右岸側に存在した地すべりの移動により破壊された。Siwalic 層群下部層(中期中新世)の砂岩・泥岩中に発生した受け盤地すべりであり、地すべりの素因はスポット9近くのスポット10で明らかとなる。そこでは Siwalic 層群の緑灰色・赤紫色を呈する砂岩と暗灰色を呈する泥岩との互層が露出し、3方向の連続性が良好な節理が存在する。これらの割れ目が地すべりの素因となっているものと推定される。

Siwalic 層群は新第三紀の堆積岩であるが、日本の新第三紀層と比べると固結度がかなり高く、古第三紀層位の固結度と見えた。堆積層厚が膨大であることが原因しているのか？

川幅が最も狭い地点に架橋した為、地すべりの影響を受けたものと見え、架橋地点選定に問題があると判断される。

② スポット11

Siwalic 層群(中期中新世～鮮新・更新世)と Nawakot 層群(先カンブリア時代～下部古生代)を境する MBT(Main Boundary Thrust) の露頭(Tinau Khola 川左岸)である。砂岩および頁岩からなる Siwalic 層群とドロマイトからなる Nawakot 層群とが MBT を境に接している。付近全体に破碎されており、どこが主断層であるかは、判然とせず、一見すると迫りに乏しい露頭であるが、地質学的には重要な露頭であろう。付近には岩盤地すべりが数多く存在し、地質構造的に乱されている地域の特徴を現している。

③ スポット12・13

Nawakot 層群のドロマイト及び粘板岩が分布する。この地域は 5mm/年で上昇しているとのことであり、川は激しく侵入している。岩盤地すべり地形が各所に見とめられ、地質構造的に乱された地域で、なおかつ川の下方侵食が激しい地域の特徴を表わしている。

④ スポット16

Nawakoto 層群のドロマイト中にドーム状のストロマトライトが存在する。ストロマトライトは「オーストラリアのハ

メリンプール湾における現世ストロマトライトの形態形成について」(伊津野郡平、地質ニュース No.492,1995)に詳しく記載されている。層構造を有する石という意味であり、藍色細菌(シアノバクテリア)が付着し、藍色細菌が分泌する粘液で海中を漂っている浮遊物を捕らえて固めていく。潮の干満等の影響により、浮遊物の堆積が層構造を作ると言われている。下図に示したような内部構造を有しており、この構造を見ることにより地層の上下が判定出来るとの事である。

スポット16で貴重なストロマトライトのサンプルを採取して気を良くしてスポット17のKali Gandakiダムの建設現場へと山道を登っていくと前日は他のバスであったが、本日は我々のバスが動かなくなった。バスが古いこともあって、極めてメカニカルな構造であり、ドライバーが約1時間かけて修理してしまった。最近の車は電子化されているので、このような山の中での修理は不可能であろう。

(6) 本日の見学の成果

私が日本応用地質学会のネパールツアーに参加した目的はポストシンポジウムエクスカージョンとその後の日本応用地質学会主催の巡検に参加したかったからである。ネパールに一度は行って見たかったこともあるが、日本の各地を見ると、数多くの岩盤地すべり地形が存在し、大陸の安定地塊はともかくとして、変動帯では日本と同じように岩盤地すべり地形が存在するのかをこの目で確かめたかったことが第一である。第二にはヒマラヤの山塊(被覆層の無い、植生が殆ど無い、ロッキーマウンテン)をこの目で見ると共に、この様な所にも岩盤地すべり地形が存在するかを見たかったからである。

第一の目的は見事に達成された。地形的なスケールも日本と似た状況の所に数多くの岩盤地すべり地形が存在し、変動帯における岩盤地すべりの存在傾向は日本と同様であると判断した。

また、このポストシンポジウムエクスカージョン二日目の一週間後にヒマラヤの山塊を目前に見て、その神々しさに思わず目頭が熱くなってしまった。実にヒマラヤ山塊にも数は少ないが巨大な岩盤地すべり地形が存在したのである。

カトマンズ市街地の交通渋滞。
排気ガスが紫色に漂っている
のが見えますか？



Spot 16、Naukot層群のドロ
マイト中のストラトマライト。
同心円状の構造が見えますか？



Pokhara の街で遂に見た、コ
ブラのスネークショウ！まさ
かネパールで見られるとは。
感激してチップを100 ルピー
約200 円) あげると喜んで観
客に見せびらかしていた。100
ルピーは大人の1日の日当に
相当するので間もなく店じま
いしてしまった。



5.4 ネパールの電力事情と水力開発

小野寺 収(㈱北海道電力)、仲村 治朗(㈱中部電力)

(1) ネパールの電力事情

ネパールは、国土面積約14万 km²(日本の40%弱の広さ)、人口約2100万人(大きくインド・ヨーロッパ語系の民族チベット・ビルマ語系の民族から成る)の多民族国家である。主体は農業を中心とした自給自足の経済であるため、GNP はアジアの中でも最低レベルの状況であるが、水資源と観光資源に恵まれた国家である。

ネパールの電気事業は水資源省が管轄しているが、実質の電力の運営は水資源省の下部機関であるネパール電力庁が担当している。発電設備については、総人口の割合に比べてかなり少なく、約30万キロワット(1998年)であり、そのうちの大半が水力発電(約84%)であり、それ以外をディーゼル発電とインドからの購入電力により賄われている。ネパールには、大きく4つの水系があり、各水系の平均年間流量は豊富であり、中国の黄河に匹敵する水量を有している。また、各水系別の包蔵水力は、全体では約83百万キロワット、経済的開発可能水力でも約42百万キロワット、現在開発されている水力発電設備は包蔵水力の1%にも満たない状況である。

現地のネパール人技術者に、「豊富な水資源を生かして、今後も大規模な水力開発を進めることができたらやましい。」と話かけてみたところ、「確かに水力発電の計画はあるが、資金面が大きな問題である。国内には大きな産業がなく、また、大国インドに輸出できれば良いが、インドとの交渉が金額的に折り合わず(買ったたかれる)、なかなかプロジェクトとして成立しないのが現状である。」との返事が帰ってきた。

今回の野外巡検では、現在建設中のカリガンダキ水力発電所(14.4万キロワット)と稼働中では国内最大の発電所であるマルシャンディ水力発電所(6.9万キロワット)を見学する機会に恵まれた。

(2) カリガンダキ“A”水力発電プロジェクト

1) はじめに

ポストシンポジウムツアー2日目も、1日中山道をバスで揺られる強行軍となった。今回のツアー最大の見所ともいえるカリ・ガンダキ発電所建設サイトは、バイラワからポカラまでのハイウェイ(直線距離にして約100km)のほぼ中間に位置する、ラムディガットという集落からさらに枝道を1時間ほど入った所にある。ハイウェイとはいっても片や見上げるような崖、片や身のすくむような千尋の谷という、山肌にへばりつくように造られた山道である。落石と転落の危険を感じながらのスリリングなドライブとツアーバスのエンジントラブルの後、やっとたどり着いたカリ・ガンダキ発電所建設サイトは、距離では測ることの出来ない正しく秘境であった。

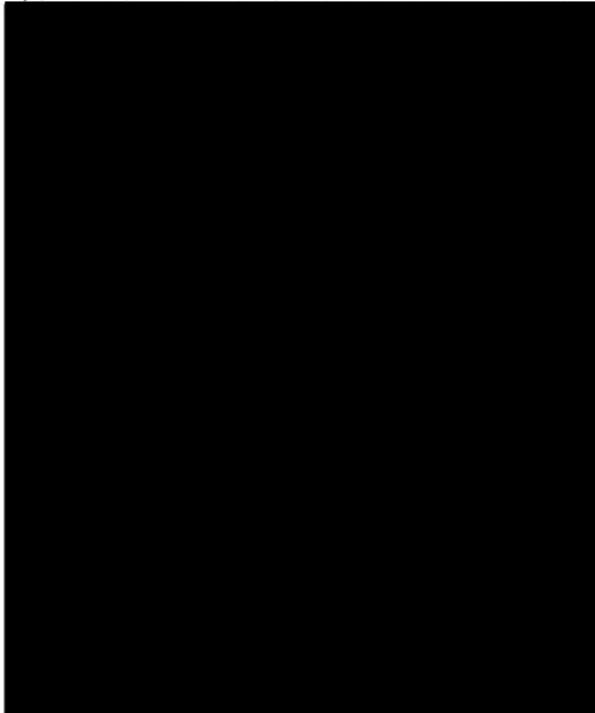
2) 計画概要

カリ・ガンダキ“A”プロジェクトは、ネパール電力局が2000年末までの完成を目指して建設中の水力発電所である。建設地点はカトマンズの西約200kmのネパール中部に位置し、ヒマラヤ山脈に源を發し南下するカリ・ガンダキ(黒い大河の意味)川が、大きなU字を描いて東へと流れを変える湾曲部を利用した、調整池式・ダム水路式の発電計画である。

最大出力は144MWで、完成するとネパール最大の発電所となる。建設費は453百万米ドルと見積られており、資金の約70%がアジア開発銀行と日本の海外経済協力基金(OECF)からの援助であり、残りをネパール電力局が負担している。

発電計画の諸元を表-1に示す。

表-1 カリ・ガンダキA発電計画の諸元



3) 計画地点の地質

計画地点は、ヒマラヤ造山運動の構造特徴であるMBTとMCTに挟まれた、いわゆるレッサーヒマラヤに位置する。当地点の地質は、先カンブリア紀～古生代初期の Belbas 粘板岩、Syangja 層、Darsing ドロマイトおよび Andhi Khola 粘板岩で構成されている。ダム周辺の構造物は Darsing ドロマイトを基礎とし、一方地下構造物と発電所は主に千枚岩から成る Andhi Khola 粘板岩中に位置している。

Andhi Khola 粘板岩とされている地層は岩種のバリエーションが広く、導水路と発電所周辺では千枚岩、ドロマイト、粘板岩が分布している。

導水路経過地は、EW走向の断層に沿って流れる北のアンディ川と南のカリ・ガンダキ川に挟まれた尾根にはほぼ沿っており、地表からの最大かぶりは500mである。ドロマイトと千枚岩の境界に断層が認められる以外には、掘削予定範囲に著しい断層は確認されていない。建設に直接影響を与える大きな地すべりも認められていないが、特に雨期には小規模な地表すべりや岩盤崩落が日常的に発生するので注意が必要である。

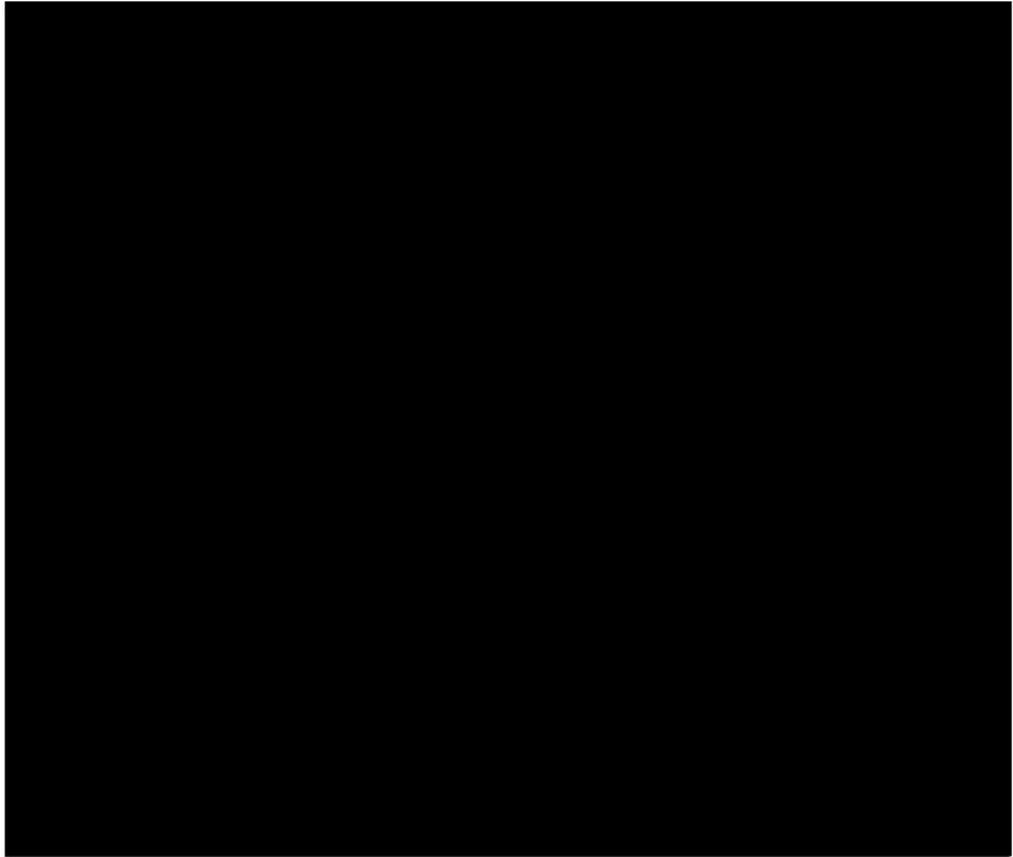
4) 工事の概要

土木工事は、イタリアのインプレジエロ社が施工し、コンサルティングは、アメリカのモリソン・クヌードセン・センテニアル社他が受注している。

主要設備の諸元を表-2に示す。

表-2 主要設備の諸元





工事区域は、ダム側と発電所側に二分され、導水路にほぼ沿って尾根を走る工事用道路(大半は既設道路を改良)によって連絡しており、工事事務所と宿舎はダム側に、骨材採取地および骨材プラントは発電所側にある。

ダムは、転流工法を半川締切りとし、コンクリート打設はタワークレーンによるバケット打設である。ダムがありながら、取水口に接続して幅80m長さ220mにも及ぶ巨大な沈砂池が設けられており、川の色が示すとおり土砂流入量の多さが想像できる。

導水路の掘削工法は、ロードヘッダーによる機械掘削と発破工法の併用である。工事に伴う環境保護対策としては、魚類保護のための孵化場の設置と乾季の維持放流、植林の実施などが計画されている他、ネパールらしいものとして森林保護のため、地元の燃料木の使用制限と灯油の供給が行われている。

5) 所感

カリ・ガンダキ発電所の建設現場を見た印象として、ネパールの水力開発においては、次の2点が特徴となっていると感じた。

- ①まずは資材運搬路の確保の難しさである。急峻な地形のためもあってか道路事情が悪く林道を舗装した様な道路でも幹線道路であり、国土の大半には車の走れる道路がない。しかも骨材・セメント以外の資材は全て国外から運搬する必要がある。これは開発途上国に共通する課題ではあろうが、ネパールは約80,000MWと豊富な包蔵水力に恵まれながら、経済的に開発可能なエリアが自ずと制約を受けているものと思われる。
- ②次に流入土砂の問題である。ネパール滞在中見た川は、カリ・ガンダキ川に限らずどの川も白濁、黄濁あるいは黒濁していた。ネパールには澄んだ川はほとんどないのではないかと。これは地質・地形に起因して、河川の流入土砂量が非常に多いことを物語っている。ネパールでは堆砂が多いため大規模なダムは開発が難しく、流入土砂を排砂可能な規模のダムと大規模な沈砂池の組み合わせで、土砂対策を行っているようである。地形・流量に恵まれ大規模ダムのサイトには事欠かないだけに、実にもったいない話である。

(3) マルシャンディ水力発電所

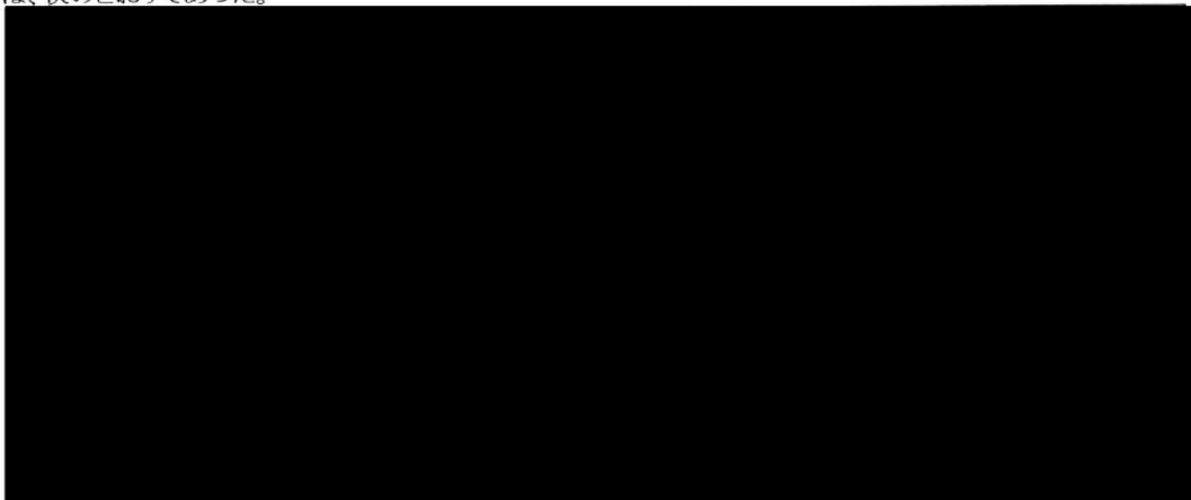
1) はじめに

マルシャンディ川は、ネパール中部のアンナプルナ連峰やマナスルなどを源流とし、セティ川・カリガンダキ川などと合流してネパール三大河川の一つであるナラヤニ川となり、さらにインドに入ってガンジス川に流れ込む河川である。ポストツアー最終日4日目、ポカラから幹線道路を通してカトマンズへ戻る中間点であり、ムグリンの手前に位置する地点に、マルシャンディ川に建設されて現在運転中のマルシャンディ水力発電所を見学した。この水力発電所は幹線道路のすぐ近傍にあり、ネパールの秘境に建設されているカリガンダキ水力発電所と比べると、立ち寄り易い場所にある。また、この地点には、マルシャンディ川に流れ込む支流があり、上流から大量の土石流が流れてきており、ハイウェイを塞ぐような形で土砂が堆積していた。

2) マルシャンディ水力発電所の概要

マルシャンディ水力発電所は、1989年に完成した、現在ネパール国内最大の発電所であり、発電容量が69MWである。ドイツが資金調達から詳細設計、入札までの技術協力を行った。総工事費は、2.2億ドル(132kVの送電線108kmを含む)であり、ドイツと世界銀行が主な資金提供元で、残りは、サウジアラビア・クウェート・アジア銀行の融資とネパール政府資金である。

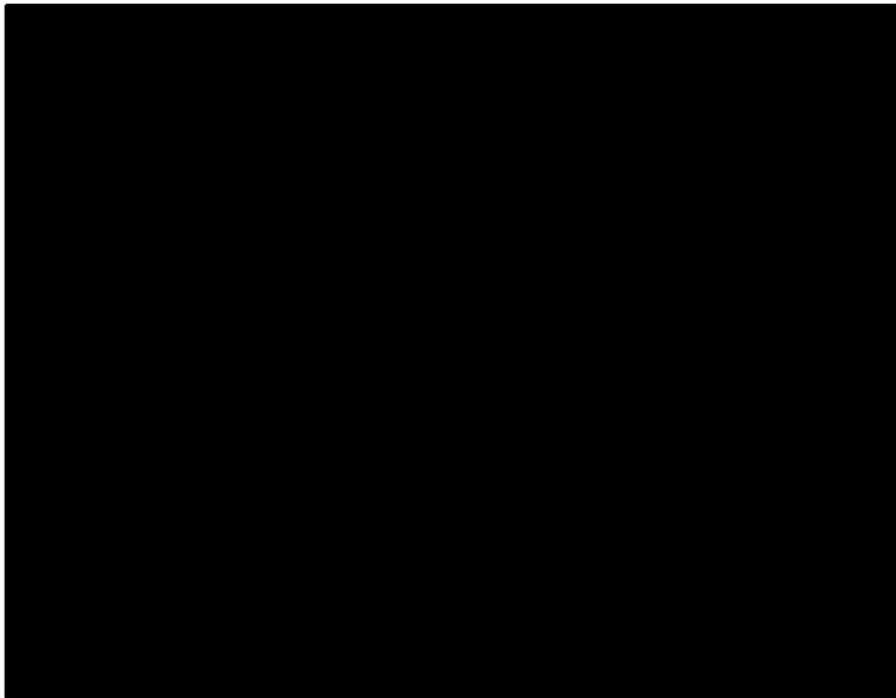
国内最大の発電所のためなのか、軍隊が警備しており、「安全のため写真撮影は禁止」であった。詳細説明もなく、写真撮影もできなかったため、ダム基礎岩盤の地質など詳細は確認できなかったが、発電設備の概要は、次のとおりであった。



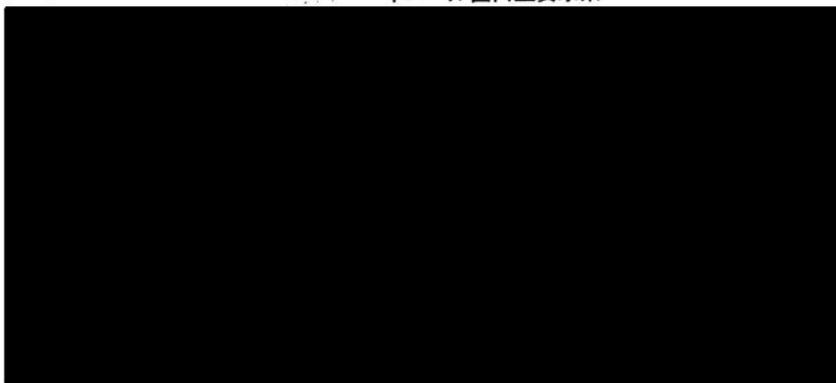
河川流量が発電最大使用水量以上であれば、基本的に24時間、フル運転を行なっている。

コンクリートダムの天端と取水口から導水路付近を歩いて見学することができたが、このマルシャンディ川も白濁しており、かなりの流入土砂があることがわかる。このため、大きな沈砂池を備え、洪水時には、水路に土砂を引き込まないように貯水池の水位を下げて、運転している。堆砂状況は音波測深器を用いて測定し、多いときには週3回程度の排砂作業を実施し、良好な状態で維持管理を行っている。現在ネパール国内最大の発電所であり、発電容量が69MWである。国内最大の発電所のためなのか、軍隊が警備しており、「安全のため写真撮影は禁止」であった。配布資料もなく、写真撮影もできなかったため、ダム基礎岩盤の地質など詳細は確認できなかったが、発電設備の概要は、次のとおりであった。コンクリートダムの天端と取水口から導水路付近を歩いて見学することができたが、このマルシャンディ川も白濁しており、かなりの流入土砂があることがわかる。

また、発電所についても、幹線道路を7km程行った道路脇にあり、バスからみることができた。



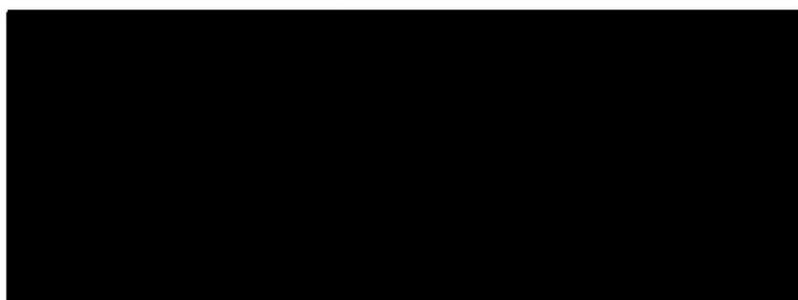
ネパール国内主要水系



ネパール主要河川の概要

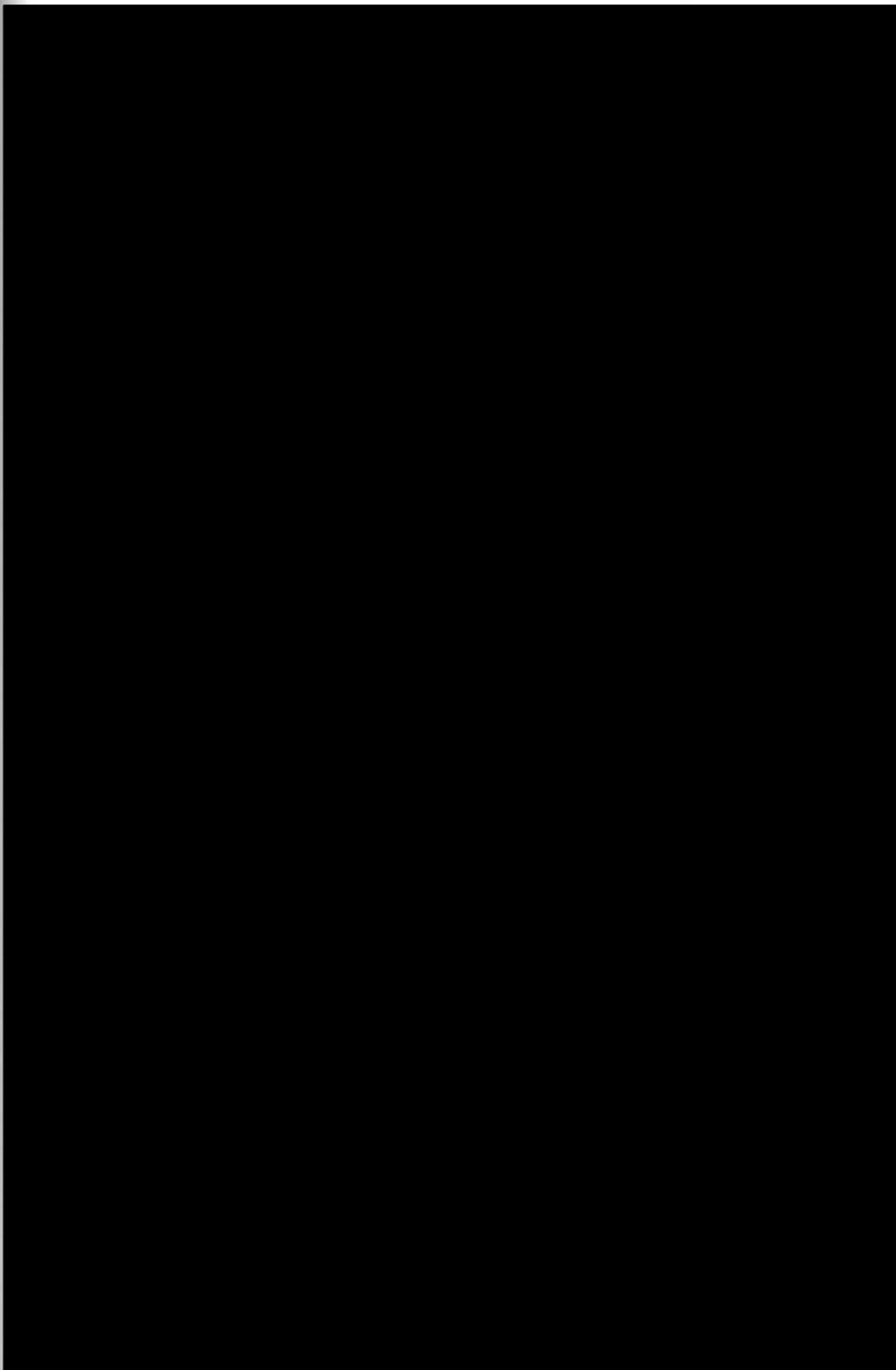


水系別包蔵水力



出典：「Water Resources Development」

NEA 電力系統図



PROJECT LAYOUT PLAN



POWER PLANT ARRANGEMENT
PROFILE



NEA (ネパール電力庁) 中央電力系統内の負荷曲線の例 [1998年10月29日]



写真1 「カリガンダキ水力建設所
事務所前での概要説明」
ネパールの秘境とも言える山中
を強行軍のツアーバスに揺られ、
遂に、カリガンダキ水力建設所に
到着する。事務所前にて、建設概
要の説明が行われた。

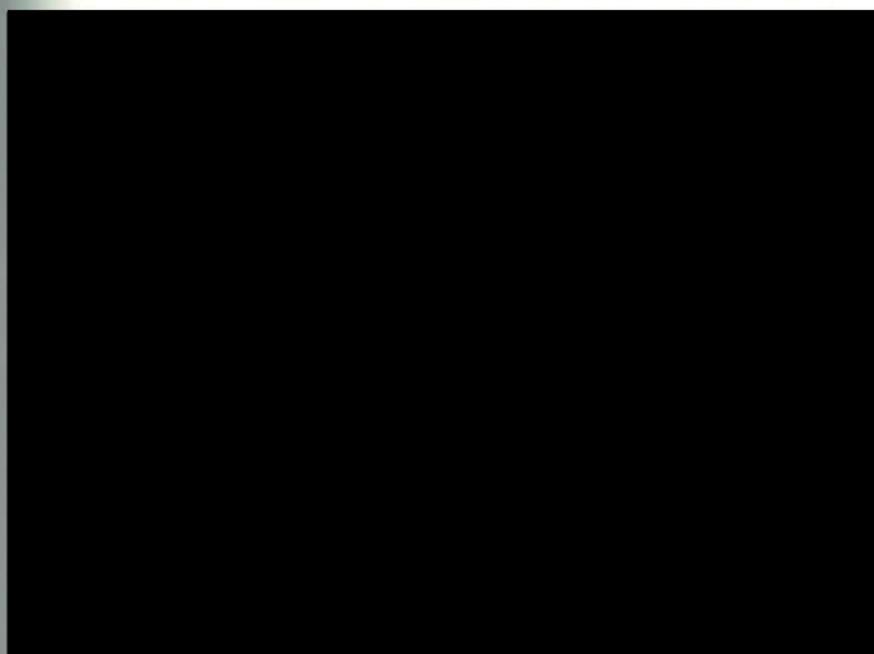


写真2 「カリガンダキプロジェク
ト配置平面図」

カリガンダキプロジェクトは、
ネパール電力局が2000年末まで
の完成を目指して建設中の水力発
電所である。ヒマラヤ山脈を源流
として南下するカリガンダキ川が
大きなU字を描いて東へと流れを
変える湾曲部を利用した調整池式
・ダム水路式の発電計画である。

図面左上にダム・取水口があり、
約6 kmの導水路トンネルを通して、
図面右上の発電所を設ける。



写真3 「カリガンダキ川上流部と
建設中のダム・取水口」

カリガンダキ川は、「黒い大河」
という意味の川であり、流入土砂
を多く含んで黒濁した河川である。

発電所の最大出力は144MWで
あり、完成するとネパール最大の
発電所となる。



写真4 「建設中のコンクリート重力式ダム」

ダムは堤高 46m、堤頂長 105m、洪水吐を 4 門持つコンクリート重力式ダムである。コンクリート打設は、タワークレーンによるバケット打設である。



写真5 「取水口とダム地質」

ダム左岸側に取水口が構築されている。最大使用水量は毎秒 133 トンである。

ダム地質は、ドロマイトを基礎岩盤とし、地下構造物と発電所では、主に千枚岩から成る粘板岩から成る。

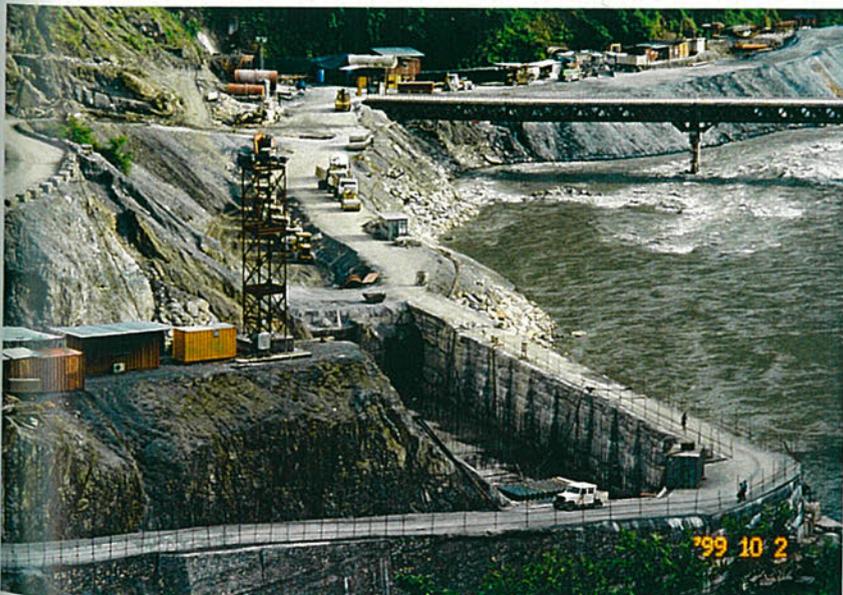


写真6 「大きな沈砂池とダム下流」

取水口から導水路トンネルまでの間には、大きな沈砂池を設けている。沈砂池は、幅 80m、長さ 220m あり、川の色が示す通り土砂流入量の多さが想像される。

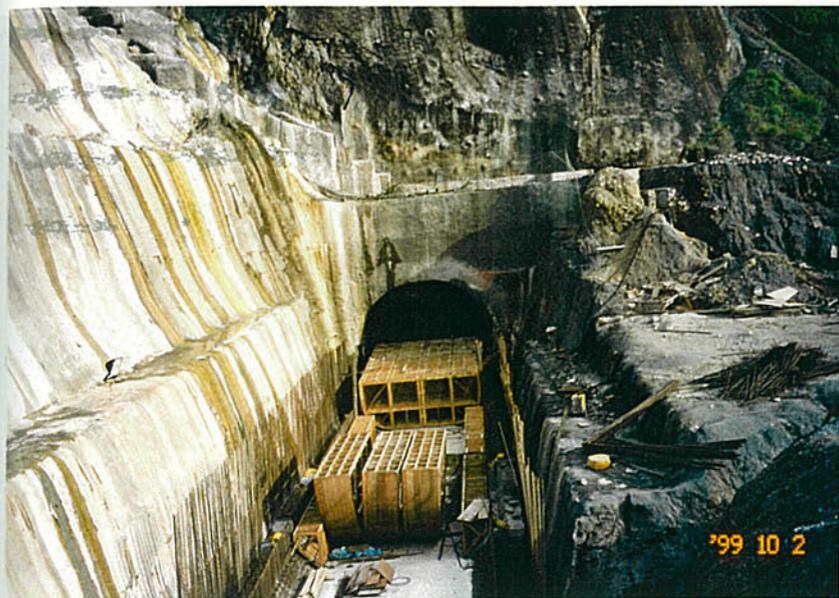


写真7「導水路トンネル坑口部」
導水路トンネルは、延長5910m、内径7.4mである。掘削工法は、ロードヘッダーによる機械掘削と発破掘削の併用である。



写真8「発電所遠景とカリガンダキ川下流部」

約6kmの導水路を抜けた所に発電所が建設されている。発電所は地上式であり、縦型フランシス型の水車が3台設置される。

発電所からは、132kVの送電線を通して、ネパール中部地域に送られる。



写真9 「マルシャンディ水力発電所ダム付近の土石流堆積物」

マルシャンディ川は、ネパール中部のアンナブルナ連峰やマナスル等を源流とするナラヤニ川水系の河川であり、インドに入ってガンジス川に流れ込む。

発電所のダム・取水口（写真奥）のある地点には、マルシャンディ川に流れ込む支流があり、上流から大量の土石が流れてきており、幹線国道を塞ぐように堆積していた。



写真10 「マルシャンディ川とマルシャンディ発電所」

マルシャンディ川も白濁しており、かなりの流入土砂があることがわかる。ダム・取水口には大きな沈砂池が設けられている。

発電所は、取水口から約7kmの導水路トンネルを通して、半地下式の発電所がある。発電容量は69MWであり、現在ネパール国内では最大の発電所である。

5.5 洪水によって破壊したポカラの橋梁 (Spot22)

阿部朋恵(株大和地質研究所)、笠博義(株ハザマ)

(1) 橋梁破壊の経緯

この橋梁(Seri Kola 橋)はポカラの Seri Khola(Khola はネパール語で川の意)に、1991年に中国によって架けられたものであるが、完成した直後、1991年9月2日に橋の西側で橋から52m離れた場所にクラックが認められた。この橋は Prithivi 高速道路の一部で基幹道路をなす重要な位置にある。このクラックが発見されてから、最初の一週間に調査が行われた。9月3日と4日には、既に地すべりやトッピングが発生した。橋の右岸側で、50m上流から120m下流までクラックが入った。また、橋の右岸側へ52m離れたところでもクラックが認められた。橋が東側に動き、舗装道路を持ち上げ、それに引き続いて、地すべりやトッピングが順次起こった。その結果3~5mのクラックが発生して、1991年の9月5日に西側に新しい流路が発生した。その結果、西側の20mぐらいの地層が約3m沈下して、橋が6度傾いた。この当時、橋の左岸には兆候が現れていなかった。その後も同様な現象がじわじわ進行していたようであり、1996年には、今度は左岸側に崩壊が発生し、ついに橋梁が破壊した。

(2) 橋梁基礎の地質

この地域には Gachok 層、Pokhara 層及び表面を覆うレキ層により構成されている。Gachok 層はこの地域を構成する地層である。きわめて硬質で、石灰質なセメントを含有することと、表面に石灰層を持つことを特徴としている。この地層は角レキ~亜円レキからなり、マトリックスは石灰質シルトである。級化及び、層理構造もあまり認められない。

(3) 崩壊のメカニズム

この川は雨が多い時が年間に数回あり、上流側600mの場所で測定すると、川の水位が15~20m上昇する。1991年9月1日の場合は、一晩で10~15m上昇した。この崩壊のメカニズムは、川からの水及び地下水によって、土壌が飽和したためと推定されている。堆積物が、水で完全に飽和した時に、間隙水圧及びパイピングによってこの崩壊のメカニズムを説明している。ボーリング結果によれば、この地すべりが発生しているのは Gachok 層の上部層であり、ボーリング試料からシルト・粘土分を採取して一軸圧縮強度試験等の試験を行った結果から $\phi = 37^\circ$ と算出された。この値及び地表に発生しているクラックの発生位置と河床からのすべり面の角度がほぼ一致することからもこの値は妥当であると説明している。

(4) 所感

1991年の崩壊は右岸側で発生したが、今回の調査では左岸側で大きなクラックが発生し、このクラックは、川側に傾斜している。これらは1996年の左岸側の崩壊に大きく起因しているものと思われる。橋を設計した時には川幅の一番狭く線形構造の良いところを選んだようであるが、このようなことは推定できなかったのだろうか(推定できたとしても、橋の長さを長くすれば、経済的な負担が大きくなる)。今後、修理を重ねても、さらに同じことが起こるのではないだろうか。

応用地質学的な視点として、橋の基礎および周囲を構成している Gachok 層上部層は石灰質である。このことはこの後に訪問した鍾乳洞が同様の地層に形成されていることから明らかである。そのため、河川が物理的に下方浸食すると共に、化学的に溶解しながらさらに、侵食の速度を加速している。この化学的な侵食は後背地の基盤岩である、石灰岩に起因するものと推定される。この後に訪問した鍾乳洞でも石灰岩のそれではなくこの Gachok 層が分布する堆積盆のへりにあるもので、溶解が簡単に起きるようである。そのため、河川の切り込みが急速に下方に進展し、その結果大きな応力開放面が形成され、周囲の岩盤が側方に押し出されたものである。この災害の主因としては浸食の速度がきわめて速いという地質原因によるものと考えられるが、誘引としては一時の大量の降雨によって、間隙水圧が上昇することによって、地すべりを発生させ、橋梁の基礎岩盤を破壊したものである。

わが国においてはこれ程の急速な侵食はないものの、凝灰岩や溶結凝灰岩などの地域ではこの様な現象に留意するひとつの教訓である。



写真1

橋より、河床の崩壊堆積物の状況。

下方侵食が急激である。



写真2

左岸上流側。

遠方に事故後構築した仮橋が見える。
滑落崖と傾斜した地形が認められる。



写真3

左岸上流側のクラック。完全に開口、間に堆積物が落ち込んでいる



写真4
同上
拡大写真



写真5
仮橋より修理後の橋（左岸）を望む。
現在、修理され、供用さ^れている。

5.6 ポカラの鍾乳洞とネパールの民謡

笠博義(株ハザマ)阿部朋絵(株大和地質研究所)

10/1~10/4 にネパール地質学会の主催で行われたポストシンポジウムツアーの最後の夜に宿泊先のポカラにおいて懇親会が行われた。当日は、午前中に洪水によって崩壊した橋梁について見学・説明を受けた後、観光地になっている Davi's Fall を見学後、半日の自由時間となった。この時間は、ツアー参加者が各自、レンタル自転車やタクシーなどで観光地ポカラの東の間の休息を楽しんだ。夕食前には宿泊先のホテルにおいて、スライド上映会が行われ、その後参加者間の交流を深めるため(ハードなツアーの慰労の意味もあったのかも知れないが)の懇親会が行われた。以下に、ポストシンポジウムツアー報告の番外編としてこれらについて簡単に報告する。

(1) Davi's Fall (Patale Chango)

Davi's Fall はポカラ市街の南方にある滝である。この滝が通常の滝と異なっているところは、落差 100m を越える大きな滝が、天然の地下空洞内に落ちていくところを、見学者は滝の上から見下ろすということである。この滝は Phewa Tal (湖) のダム放水路にあり、川幅自体は数m程度であるが、極めて豊富な水量が一気に地底に吸い込まれている光景は圧巻である。実際には上から見下ろす角度と飛び散る飛沫とによって、水が落ちていく様子は見えないのであるが、その音と地響き、そして沸き立つような水しぶきに圧倒される。

この地域は地質的には、石灰質のポカラ層に覆われており、まさにカルスト地域のように鍾乳洞中を河川が流れ、この「地下河川」は数 km 先で地表河川に合流しているとのことである。こうした鍾乳洞は、ここから道を隔ててすぐの地点に存在する Gupteshwor Mahadev Temple Cave でも見られる。この Cave は、地下 25~30 m 程度の洞窟であり、中に寺院が設置されている(宗教建造物であるため洞内の写真撮影は禁止であった)。この洞窟内で見られる地層は砂礫を含むシルト質の堆積物が中心であり、石灰質を多量に含んでいるものと考えられる。この洞窟は、一般見学者が見ることができる範囲からさらに奥に連続しているようであるが、標高からいっても、Davi's Fall の鍾乳洞とは異なるものと思われる。また、洞内には極めて小規模な鍾乳石が見られることから、この洞窟自体の形成がかなり新しいものであると考えられる。

ところで、何故この地点で滝が生じたかは、現地を上から見ただけでは不明であるが、①この付近に鍾乳洞が存在すること、②地表水路の延長方向に水のない凹地(旧河道と考えられる)が連続していることと、③落差 100m を越えるような滝ができたことを考えると、当初より何らかの地質的な不連続面に沿って生じた地下空洞がこの地点の地下に存在し、ある時期に地表を流れていた河川の底が抜けるように崩落し、一気に流路が下方に変化したことが推定される。

なお、この滝の名である Davi とは、新婚旅行に来ていて、この滝で水浴びをしている時に、ダムからの放流水によって流されて、命を落としたスイス人の Mrs. Davi の名に因んだものである。現地にはこのことを解説した案内板が立っている。

(1) スライドショー

なかなか明けない雨季の雲の間から、夕刻になってわずかに顔を見せたアンナプルナ山群も夜の帳の中で見えなくなる頃、ツアー参加者が懇親会会場のホテルに集合した。ここでは、懇親会に先立って、今回のポストシンポジウムツアーの総括がスライドを用いて行われた。内容は、カトマンズ盆地の地質構造に始まり、ツアーで訪れた MCT、MBT などの構造線(衝上断層)などに関する説明および、ポカラ周辺の地質的な特徴と応用地質上の問題点を示すものとして、この日見学したばかりの橋の崩壊現場についての解説であった。

特にポカラの橋梁の崩壊メカニズムについては、現地の状況の写真や崩壊メカニズムを模式化した図などを用いて、詳しい説明がなされたが、これについては、既に述べているので詳細はここでは割愛する。いずれにせよ、ポカラ周辺の特異な河川地形とそれに伴う土砂災害は、アンナプルナ山郡からの大量の土砂供給と

雨季を通じての豊富な降水量および氷河湖の決壊による大洪水が関連していることは間違いのないことであり、現在の日本では見られない形の地形発達が、今まさに進行しているものと考えられる。

(2) 懇親会

懇親会はホテルの庭園で行われ、思い思いに配置された椅子やプールサイドに参加者が腰を下ろし、ネパール料理をつまみながらビールを飲むといった、肩の凝らない形式であった。2, 3の挨拶の後、会場ではネパールの民族衣装に身を包んだ若い男女による民族舞踊が始まり、時に懐かしく、時にユーモラスな踊りを見ながらの楽しい一時を過ごすことができた。この懇親会で特筆すべきことは、ネパール歌謡「Resham Firiri」の合唱と参加者も加わっての大きな踊りの輪である。この歌はネパールで最もポピュラーな民謡だそうで、覚えやすいメロディーと繰り返しの多い歌詞のせいか、誰でもすぐに口ずさめるものである。実は、我々は前日までの長時間のバスツアーの移動時間に、我々がバスのネパール地質学会のガイド氏にこの歌を教わっていたのである。

現地の踊り手さんにしてみれば、遙か彼方から来た日本人の集団が、突然自分たちの地元の歌と一緒に歌い出したのであるから、驚くと同時に嬉しく思ったのではないだろうか、合唱が終わった後に、すぐに踊りの輪に何人かが引き込まれ、ついには日本からの参加者のほとんどを含む大きな踊りの輪ができていた。ハードなツアーの中での和やかな一時であった。

以下に、この歌の歌詞と我々調査団の名ガイドであったプーナム氏による日本語訳を示す。

Resham Firiri

Resham Firiri Resham Firiri

Udera Zauki Dandama

Bhanjyan Resham Firiri

Ek Nale Banduk

Dui Nale Banduk

Mirgalai Takeko

Mirgalai Maile

Takeko Hoina

Mayale Dakeko

Resham Firiri

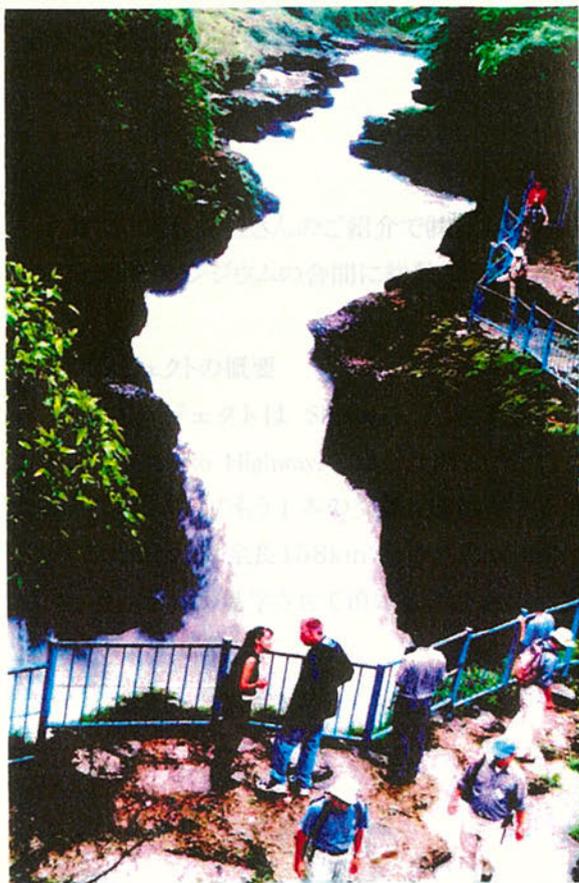
もしも私が絹のように軽かったなら、

山の向こうのあなたのところまで飛んで行けるのに。

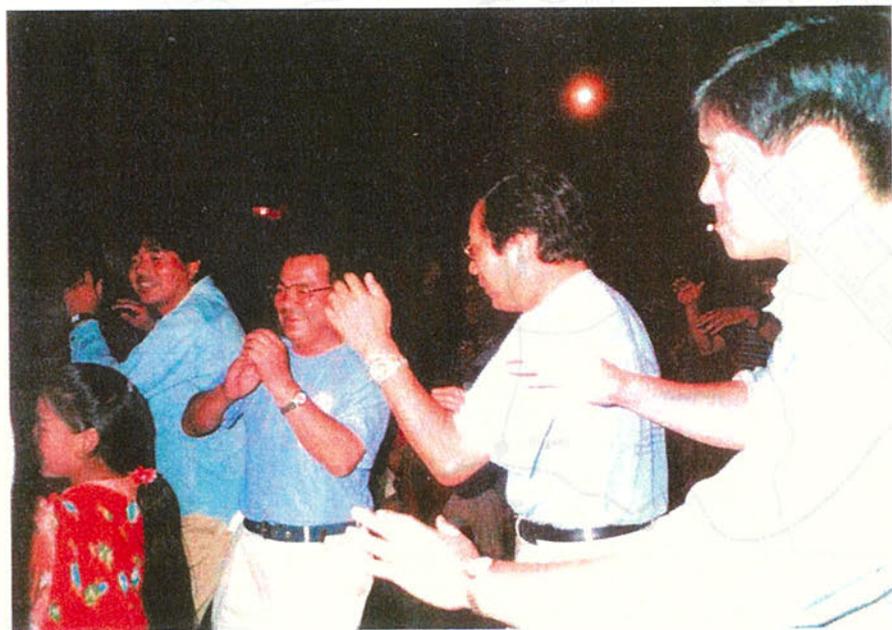
私は、今、鉄砲で鹿を狙っています。

でも、本当はあなたの心にねらいを付けているんです。

山の向こうへ飛んでいけるのに。



Devi's Fall 写真奥から手前に流れる溪谷が地中の空洞へと流れ落ちていく。



懇親会での一コマ。中央は市川団長。

5.6 ネパールの道路建設の現場見学

平山一夫(株)建設地盤

平山一夫(株)建設地盤

(1)はじめに

9月29日(水)に笠さんのご紹介で(株)ハザマの施工している道路建設の現場を見学させていただく機会を得ましたので、シンジウムの間際に総勢11名で出かけました。以下にその概要と感想を述べます。

(2)プロジェクトの概要

このプロジェクトは Sindhuli 道路建設プロジェクトと呼ばれ Bardibas(East-West Highway) と Dhulikhel(Arniko Highway)を結ぶ計画で(図-1 参照)、これが完成するとこの地域の経済効果と同じにカトマンズからインドへのもう1本の交通路を確保することになります。

このプロジェクトは全長158kmで、4区間に分割されており、SectionI(37km)は1998年2月に既に完了しており、今回私達が見学させて頂いたのはSectionIV(50km)のうちのすでに工事の終了したDhulikhelから最初に約10kmの区間です。

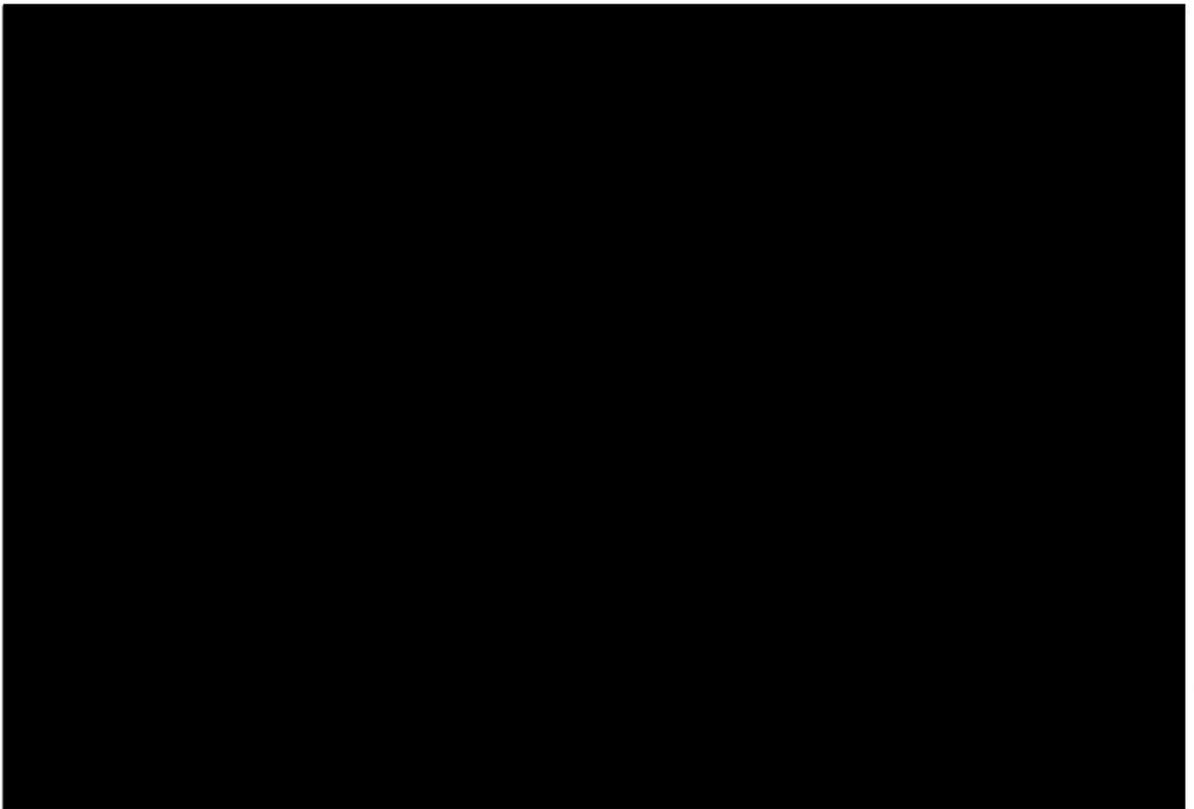


図-1 道路プロジェクトの概要

(3) 道路設計の概要

今回建設予定区間は 35km で幅員 5.5m の簡易舗装とする(うち 20km 区間は既存の幅員 2.5m 道路を拡幅する)

最高縦断勾配は9%で、下層路盤 15cm、クラッシャーラン 15cm、アスファルト 2cm。

切土は最高3段とし、切土高 5m 毎に 1.2m 幅の小段を設ける。のり面保護工は芝張りつけ工(写真 2 参照)。所々にのり面下部に練石積み擁壁が見られた。

盛土勾配は 1:1.5(写真参照)

(4) 地質・地形条件

当区間は、標高 700 から 1700m ですが、最低温度は 4℃とのことですので、凍結、凍上は無いと思われま

す。当地域の平均年降雨量は 1500~2000mm ですが、(ちなみに東京は約 1400mm)、ネパールではこれが 6~9 月のモンスーン季に集中しており、ここでも月当たり 400~350mm、一日当たり 100mm の降雨量となるようです。こうした集中豪雨によりネパール各地では大規模な斜面崩壊が至る所に見られますが、写真の程度ののり面崩壊は幸いと言うべきかもしれません。

地質的には、「ヒマラヤの自然誌」によれば、レッサーヒマラヤの変成岩ナップと言うことになっていますが、若干の露頭で見た限りでは風化の進んだ片岩から主に構成されているものと思われま

(5) 感想

ネパールについての最初の山地見学でしたので、まず驚いたのは写真に示す様に山頂部まで棚田などにより農地開拓されており、集落が見られます。写真の様に森林が残っているのは珍しく、これは保護林かもしれません。従って、この道路建設は生活道路として有効だろうと思います。

道路は地形なりに切土、盛土の土工だけでうねうねと計画されており、トンネル、橋などの構造物は見られません。ネパール全体でみれば極一部の道路では橋は見られますが、トンネルは今回一つも見られませんでした。現在の日本の道路設計はトンネル、橋をふんだんに用いてより直線的な設計を目指しているのと大きな違いです。

土量バランスはどうしても切土の方が大きくなり、遊休地はほとんど無く、土捨場に苦勞しているとのことです。

セメントや鉄筋などの建設資材に乏しいネパールでは、のり面保護工は植生工とならざるを得ず、芝張り付け工を実施しているようです。しかし、山羊が放牧されているネパールでは、植生が十分に發育する前に山羊に食べられてしまい困っているとのことです。山羊などの家畜に食べられない、かつ成長の早いのり面保護工に適した植生の開発が望まれていると思いました。

最後に、カトマンズのホテルから現場までの車の手配、現場案内、さらに昼食まで御馳走していただいた吸山所長以下(株)ハザマの皆様がこの場を借りて暑くお礼申し上げます。

追記:Dhulikel は山頂部にあり、カトマンズの汚れた空気と違い空気もさわやかで、しゃれたリゾートホテルもいくつかあり、お薦めの場所です。カトマンズから約 30 km で車で約 1 時間です。今回は雨季の最後でヒマラヤの峰々は見ることが出来ませんでした。ヒマラヤの眺望も最高ようです。



道路建設の現場



のり面保護工は芝張りつけ工



盛土勾配は 1:1.5

6. 国際応用地質学シンポジウム

6.1 喧騒のカトマンズとネパールの人々

太田 保((株)復建技術コンサルタント、小野寺 収(北海道電力(株))

今回のシンポジウムの舞台となったカトマンズには、市川団長を始めマレーシアのアジア会議に参加した8名と、添乗員の勢田さんを含め日本から直行した18名の総勢26名が、9月26日集合する予定であった。しかし、予期せぬ機材トラブルによりマレーシア組の到着が1日遅れたため、カトマンズでの調査団の初日は、18名でのスタートとなった。

日本からの直行組は26日の19時カトマンズに到着し、そぼ降る雨の中空港を後にホテルへ向かった。今年のネパールは雨期明けが遅れ気味で、朝晩は雨がちとのこと。マレーシア組の無事到着と、ヒマラヤの白い山並が顔を見せてくれることを祈って、まずはホテルで安着祝いを行った。ちなみに翌日到着したマレーシア組も、空港でどしゃ降りのスコールの洗礼を受けた。だれが雨男なのだろう？

一夜明けた9月27日。カウンスル・ミーティングに参加するため一足先に会議場に向かった田中教授と杉山さんを除く16名は、15時のシンポジウム参加登録までの時間を思い思いに過ごすこととなった。ホテルでのんびり過ごし、疲れを癒した人。カトマンズの雑踏を12kmも徘徊し、いち早く現地に馴染んだ人。動物的な感(地質屋の第六感?)で地図屋を探し出し、ネパール各地の地質図を入手した人。現地ガイドを雇い、観光地巡りに余念のない人等々。カトマンズは言わずと知れたネパール王国の首都で、周囲を2000m級の山々に囲まれた約30km四方のカトマンズ盆地の中心都市として、ネワール族が古くから拓いた街である。標高は約1400mで、ネパールの人口2100万人のうち150万人がカトマンズ盆地に住む。

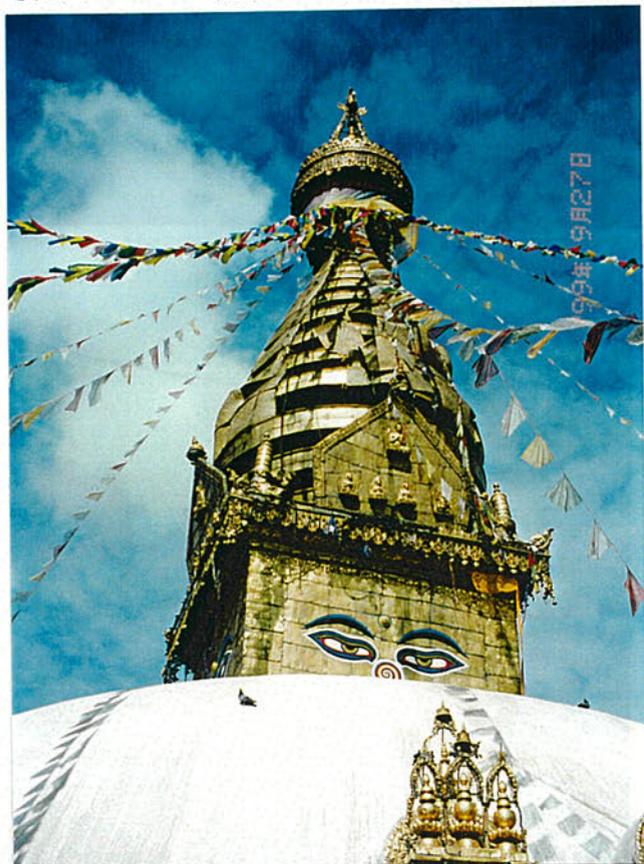
それにしても、カトマンズの街の何と刺激的なことか。一言で表わせば、雑踏と喧騒と臭いと埃と祈りの街とといったところか。街中の小路にいたるまで、人と車とバイクと自転車があふれ、場合によっては牛や山羊も入乱れている。信号も車線も横断歩道もない道路を、追越し放題、甲高いクラクションを鳴らし放題で、排気ガスもうもうのオンボロ車が駆け抜ける。その間を華麗な身のこなしと度胸ですり抜け、道路を渡る人また人。道端にはそこかしこに生ゴミが散乱し、腐臭と香辛料の匂いが微妙に混じった空気が満ち満ちている。とにかく生のエネルギーと生活の臭いがたっぷりの街である。

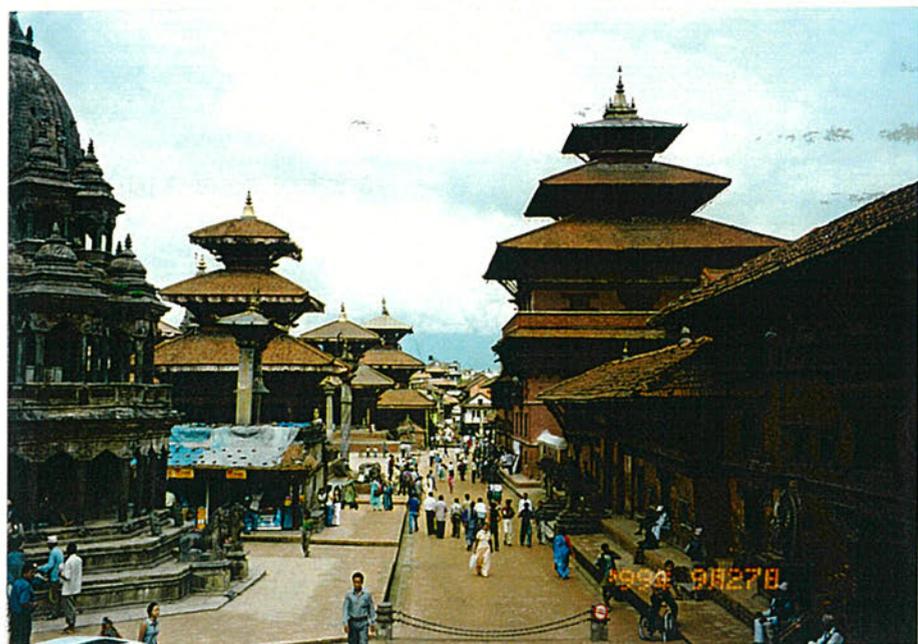
カトマンズは寺院の多さにも驚かされる。壁や窓に見事な木彫を施した階層建築寺院や、お椀を伏せたような台座の上に仏陀の目を大きく描いた尖塔が乗った大仏塔など、ネパール独特の様式の寺院が町中にちりばめられ、観光地となっている。これらの多くは、17世紀頃インドとチベットとの交易で栄えたマッラ王朝時代の遺産ということだが、今でも敬謙な信者の参拝が絶えず、古いものが生活の中に見事に溶け込んでいる。ネパールではヒンドゥー教徒が9割、仏教徒が1割だそうだが、カトマンズでは1ヶ所に両方のお寺が建っていたり、ヒンドゥー寺院にお釈迦様を祭っていたりで、2つの宗教が渾然としている。正月に神社へ行き、仏教で葬式を挙げる日本と、どこか似ていなくもない。

宗教が多様なように人種もまた多様で、ネパールには36の民族が住んでいると言われている。カトマンズでも色黒で彫りの深いインド系の顔や日本人とそっくりのチベット・アジア系の顔など、実に色んな人々が暮らしている。街角では、色鮮やかなサリーをまとった息を飲むような美人に出会うかと思えば、日本の田舎にいるような妙に懐かしい感じの爺さんや漬垂れ小僧が裸足で歩いていたりする。

外貨収入といえば、海外からの援助か、観光しかない貧しい農業国である。観光地では、必ずしつこい物

売りや個人ガイドに付きまといられることになるが、人柄は穏やかで人懐っこい。町中に放し飼いの動物達(牛、山羊、犬、鶏、アヒル等々)まで穏やかでのんびりしている。道端で昼寝している犬をまたいでも、振り向きもしないほどである。ちなみにネパールでは猫は嫌われている動物で、殆ど見かけなかった。子供達が縄跳びや凧上げで遊んでいる姿やカトマンズ郊外の水田風景は、日本のそれとほとんど変わらない。歴史も生活レベルも大きく異なる日本とネパールだが、アジアに共通する文化の源流というものを感じて、不思議と親しみの持てるワンダーランド。それがカトマンズの魅力である。





6.2 Bajajを知っていますか

西日本技術開発(株) 大石博之

“ベスパ”、というイタリア製スクーターがあります。あの名画「ローマの休日」でも大活躍、60～70年代にはロンドンのモッズ族の象徴として名を馳せたベスパは、その優雅なスタイルが世界中の若者に今も愛されつづけています。

そんなベスパは、アジア地域においても台湾・インド等でライセンス生産が行われています。今回のネパールでは、インド製ベスパ(Bajajという名前で売られています)を数多く町中で見かけました。いずれのベスパも貫禄十分、つまりはぼろぼろなのですが、カトマンズの町の喧燥を掻き分けて走る姿は逞しさに溢れ、人々の活気そのものという感じです。日本では“おしゃれな嗜好品”という趣のあるベスパですが、カトマンズでは日々の暮らしを人々と共に力強く生きていました。



6.3 開会式と基調講演(9月28日 午前)

野崎保(野崎技術士事務所)、西日本技術開発(株)大石博之

(1)はじめに

1999年9月28日~30日の3日間、ネパール・カトマンズのBirendra International Convention CentreにおいてNepal Geological Societyの主催による「International Symposium on Engineering Geology, Hydrogeology, and Natural Disasters with Emphasis on Asia」が開催された。講演数は全体で299件におよび、この内応用地質に関するものが114件、水理地質に関するものが50件、自然災害に関するものが135件であった。会議初日は午前9時よりネパール地質学会のR.P.Bashyal博士を議長として下記の3氏による基調講演があった。基調講演のあとは予定よりやや遅れて11時半頃よりビレンドラ国王夫妻をお迎えして開会式が催された。開会式に当たってはネパール地質学会会長・Wang Sijing IAEG会長・ネパール国担当大臣などの歓迎挨拶があった。また、ネパール地質学会の功労者表彰があり、我が国の木崎甲子郎元琉球大学教授が表彰され記念品の授与があった。

(2)基調講演

全体の講演に先立ち、3件の基調講演が行われた。

1) Prof. Paolo T. Cruz (Brazil): Lessons learnt from design and construction of Brazilian dams

ブラジルにおけるダム建設の例が、各種ダムタイプ毎に示された。ここで紹介されたダムはアースダム、ロックフィルダムが主であったが、日本で多くみられるセンターコア型のロックフィルダムは全く紹介されず、CFRD等の表面遮水型や非常に複雑なゾーニングを持つものが主流を占めていたことが印象的だった。

また、実例としてスライドで示されたダムのうち、幾つかのものではアース or ロックフィルの堤体上にコンクリート構造物である洪水吐が乗せられた形で建設されていたが、日本国内では到底考えられない設計であろう。いずれのダムも非常に規模が大きい(ダム高 200m級はあたりまえ)のにも驚かされた。(後日談:帰国後、南米のコンクリート表面遮水型ロックフィルダム(CFRD)の事例を収集する機会に恵まれた。一連の文献を読む中で、降雨量が非常に多い南米地域においては土質材料の盛り立て工事が困難を極めることを特記したものに幾つかあった。IAEGで紹介されていた大規模ダムにセンターコアが採用されておらず、CFRD等が多くみられたことの一因は南米ならではの気候風土によるものであった。)(大石)

Cruz教授の講演は標記のタイトルのように、ブラジルにおけるダムの設計・施工に関するものであった。ブラジルのダムは大部分がサンパウロ地域にあるが、各ダムサイトはそれぞれに地形・地質条件や気候条件も異なっていることから、ダムタイプにもいろいろなものが採用されている。という話であったが、実際にはほとんどがフィルタイプダムの事例であった。また、特に最近の新しい設計法に関するような話でなく、かなり古い資料に基づいたものではないかという印象を受けた。話の内容は、テルツアーギーの設計によるアースダムのパーティカルドレーン・風化残積土を利用したロックフィルダム・峡谷部に適したダムタイプ・表面遮水型ロックフィルダム・基盤岩中にカットオフを設けたロックフィルダムなどの事例の紹介であった。(野崎)

2) Prof. Wang Sijing (China): Engineering geotechnical study of rock slopes and reinforcement

斜面工学に関する新しい提案として、斜面の岩盤状況をJ (JOINT)・L (LAMINATED)・C (CATACLASTIC)の3項目で評価し、分類する方法を紹介していた。各項目毎の等級分けについては、目視

状況のインデックスが模式的な図で示され、非常にわかりやすく、実地の工事に即した提案であると感じられた。当シンポジウムに先立ってマレーシアで行われた IAEG アジアシンポジウムでも、各国から独自の岩盤分類法が幾つか提案されていたが、いずれも適用範囲に一長一短があり、今後体系的なとりまとめを行うことが学会の重要な役割の一つであろう。(大石)

Wang 教授の講演は、前半は岩盤斜面の大規模掘削に伴うのり面の安定問題であった。このような斜面安定問題については、応力開放・発破による影響・斜面勾配・地下水条件・風化作用の変化などを考慮する必要がある。岩盤斜面の安定に影響する最も重要なものは岩盤の構造に支配される岩盤の質である。すなわち、斜面の変形や崩壊のメカニズムは本質的に岩盤の構造と斜面形状の関係によって決まってくるものである。そして、具体的に節理(割れ目)・葉理・透水層としての挟在層・破碎帯・岩の強度等を指標とした岩盤の評価法についての話があった。

ついで、現在施工中の三峡ダムの地質状況・掘削に伴う応力開放や岩盤変位・ロックボルトやアンカーによる岩盤補強・地下水排除などに関する紹介もあった。(野崎)

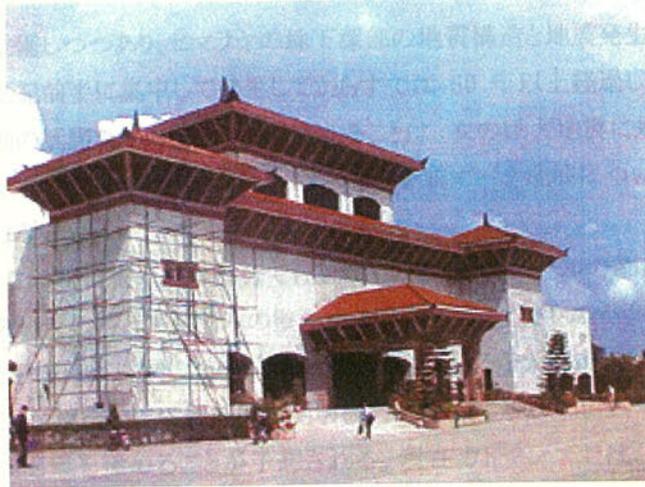
3) Mr. B.B. Deoja (Nepal): Mountain roads development in Nepal : Engineering concerns

ネパールの山岳道路建設の歴史と現状を紹介。道路法面等で発生した地すべり等の災害例も多く提示されたが、いずれも地すべりの危険が十分に予測できたと考えられる地点で生じたもので、起こるべくして起きている災害という印象を受けた。とはいえ、災害に対して十分な対策工を施すことは、ネパールの国情から考えて困難であると考えられ、今後は災害発生危険地域を明示した地図の作成と整備、それに沿った道路計画の策定が重要と考えられる。(大石)

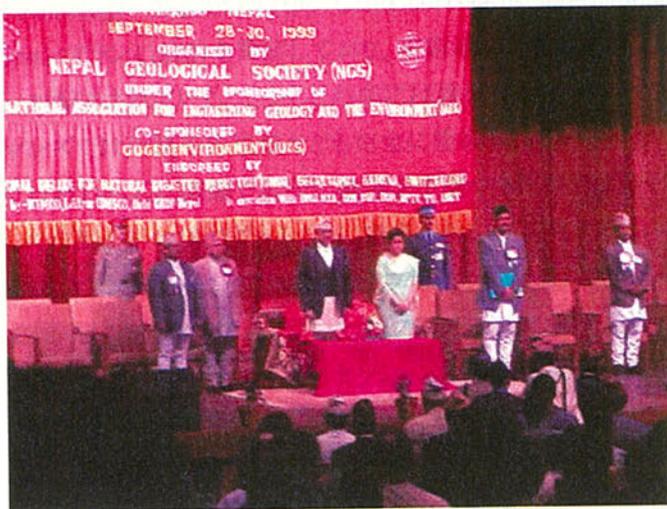
Deoja氏はネパールにおける道路建設の問題について講演された。ネパールの道路は、ほとんどが山岳道路であり、これまでの道路建設は1950~1980年代にわたって、日本を始め9カ国におよぶ外国からの技術援助によって開発されたものである。しかし、国の西部地域についてはまだまだ大半が自動車道路のない区域で占められている。また、道路網の発達していないネパールの道路建設は、単に土木・地質的な問題以外にあらゆるインフラストラクチャーを含め、総合的な観点に立つ必要がある。すなわち、社会的・経済的・環境上の問題などがあり、技術的には植生工を主体とするような斜面安定対策に頼らざるを得ないといった現状にも配慮する必要がある。このために道路のカット量は可能な限り減らす努力をしており、不安定斜面の末端部をカットするとか、ガリー侵食を助長する事のないような努力をしているのが現状である。というような内容の講演であった。(野崎)

(3)感想

今回のシンポジウムでは、基調講演も含めてケーススタディの紹介を主たる内容とした報告が目についた。いずれも重要なデータであることに間違いはないが、体系的な取り纏めが行われていない点が惜まれる。特に、Prof. Wang Sijingの基調講演で提案されたような新しい岩盤分類法は、個々の事例を集積した上での研究・検討を行えば、国際的な岩盤分類基準の策定につながる可能性が考えられる。今後国際学会の果たすべき役割として、IAEG等学会内での取り組みが必要と感じられた。基調講演終了後、シンポジウム会場にネパール国王・女王が訪れ、ネパール地質学会の特別表彰式に参加した。当シンポジウムがネパールにとって大きな意味を持つイベントであることを象徴する出来事であった。



会場となった Birendra 国際コンベンションセンター。



学会の表彰式に参加中のネパール国王と女王(写真中央)。

6.4 活構造と地震活動(9月29日 午前) 向山 栄(国際航業株式会社)

(1) 概要

ネパールにおいて土砂災害に次いで重要な自然災害は地震による災害である。ヒマラヤ山系では過去 100 年間に M8.4 を越える地震が 4 回発生している。1934 年にネパール東部で発生したビハールーネパール地震ではカトマンズなどでも多くの建物が倒壊し、死者 1 万人以上という被害がでている。このことは当時の建物の状況や人口分布などを考慮すると深刻に受け止めなければならない。折しも今年に入ってからトルコ西部の大地震や会議開催 10 日前に発生した台湾の大地震という事件があつて、このセッションもかなり注目を集めるのではないかと期待したが、それらの情報はまだ豊富ではなかったためか地震防災というよりも地震学、地質構造に重点を置いた議論が会場では多かった。

キーノートスピーチでも述べられたように、ネパールではフランスの援助などにより地震観測のネットワークを

整備しつつあり、ヒマラヤの地下深部の地質構造と地震発生機構の解明に努力を傾けている。巨大地震が今世紀前半に集中して発生してからすでに 50 年以上経過していることや、ネパール西部には明らかに地震活動の低調な seismicity-gap があることは、次の巨大地震に対する警戒を強める根拠となっている。しかし巨大地震の発生機構には諸論があって、警戒すべき地域について必ずしも実用的な予測が行われているわけではない。

この報告書の他の部分でも触れているが、ネパールの都市では一般住宅などの多層階建築物は鉄筋コンクリートの柱と煉瓦積みの壁の組み合わせからなるものが多い。これはトルコで倒壊の著しかった建物の構造と基本的には同じである。またカトマンズのような大都市では急速な都市化に伴って建物が密集する地区も多く、大地震時には壊滅的な倒壊被害が発生するのではないかとと思われる。道路の未整備と相まって応急対策は困難を極めることが予想される。現在カトマンズでは、NEST - Nepal(National Society for Earthquake Technology - Nepal)が米国の GHI(GeoHazards International)の協力によって地震災害リスクマネジメントアクションプラン(1999)を策定しており、市街地における地震災害シナリオとこれらの啓発用パンフレットやポスターが配布されている。しかしこの中には建物倒壊やその死者数の予測などの詳細は表記されていない。カトマンズでは戸籍や住民票なども完全に整備されていないし、建物の耐震性を急速に向上させることも経済的にはたいへんに困難であろう。被害を予測するだけでは全く無力であり、とりあえず起こってしまった災害に対して市民がその場でできることに重点をおいて啓発するという考え方があるようだ。しかしこれはハイテク社会においても重要なことではないかとプランの発表者に問いかけると、「その通りである。実は米国のある大都市でも同じようなアクションプランを示している。」との答えが返ってきた。

以下では「地震活動と災害」セッションでの個別発表の内容を話題ごとにまとめて示す。

(2) 一般講演の概要

1) ネオテクトニクスの研究

ヒマラヤ山脈が高度を減じ、インド平原に接する部分は Main Himalayan Thrust (MHT) と呼ばれる衝上断層の先端部となっており、現在のヒマラヤでは地形の変形が最も活動的な場所と考えられている。ここでは隆起しつつあるヒマラヤ前縁のシワリク丘陵を下刻する河川にみられる段丘面に注目し、その高度分布や傾斜の変化から地形の変形量を求める試みが行われている。今回の発表では、大地震の空白域であるネパール西部についての研究報告があった。まずこれまで未知であったカルナリー川流域について、衝上断層による地形の短縮量の調査事例が紹介された。次に、29 箇所に展開した GPS の観測点の 1995 年～1998 年にわたる観測結果より、地殻短縮軸の広域的分布からみて現在進行形の地殻の短縮はハイマラヤ地域が主であることがわかったが、これは地殻下部の弾塑性的変形が原因と考えられること、また前縁部分は歪みが集積しており、巨大地震により一気に変形するという考えが示された。

2) 物理探査による地下深部構造の研究

ヒマラヤ山脈の地下構造については、1980 年代にカトマンズ盆地の周辺から展開され始めた地震観測ネットワークを使った微小地震の観測により、3層構造のモデルが初期に考えられている。1981 年には中部ネパールを横断する反射法による断面が描かれたが、1994 年からネパールのほぼ全土の弾性波速度構造が把

握できるようになった。最近の研究ではP波の最大速度は 8.48 km/s とこれまでの結果よりもかなり速いことが報告されている。

また、MT法電磁探査による 1996 年の地下構造調査では、地殻の電気伝導度と地質構造の関係が検討された。電気伝導度の高い部分のひとつはヒマラヤ山脈前縁のモラッセ的な堆積物に対応しておりインド亜大陸の基盤やプレカンブリアン堆積岩類からなる低ヒマラヤの山地部分の低い電気伝導度と対照的である。さらに MHT(Main Himalayan Thrust)がハイヒマラヤの下部で地下深部に向かって傾斜する部分も高い電気伝導度を示しており、これは微小地震が頻発していることも併せて、沈み込むインド亜大陸の地殻の変成作用に伴う流体(水)に起因するものと解釈している。したがって電気伝導度を観測することによって地震の予知も期待できるとしている。以上の研究はいずれもネパールとフランスの研究者の協力の下に実施されたものである。

さらに上記のモデルに基づいてラドン・エマネーションの計測を組み合わせることで地殻の歪みの蓄積を定量化しようとする試みについてフランスの研究者から紹介された。これはアルプスでのダム湖のトンネル内での計測事例と実験室での岩石サンプルの変形試験結果とを比較したものであったが、現在のところ研究途上の段階である。

3) ネパールにおける地震活動の研究

地震観測結果からみるヒマラヤ山脈の近辺の地震活動の特徴としては、ネパール西部が大地震の空白域になっていることと、ハイヒマラヤの地下で地震活動が活発な傾向にあることがある。また、チベット高原の南部では南北性の地溝帯に沿って小規模な地震が発生している。これらはヒマラヤ衝上断層帯のセグメント構造に関連していると考えられている。またひとつのセグメントは 250~400 kmの長さがあり、M8クラスの地震の活動間隔は 130~260 年程度あるのではないかと考えられている。

古地震の証拠を地質学的に発見しようという試みもいくつかなされている。カトマンズ盆地の表層を構成する湖沼性堆積物の中には特徴的な変形のみられる構造が認められる。これらは地震動による液状化・流動化などの結果生じたと考えられ、seismite(地震岩) と研究者の間では呼ばれている。盆地内では少なくとも8層準にこうした seismite が認められ、これらは8回の地震イベントを示すものと考えられている。年代測定の結果、平均的な活動間隔は約 660 年であったが、これは歴史的な大地震の間隔よりも長い。この解釈としては地震活動の性格が変化したか、あるいは地震活動が地層の変形に全て記録されたわけではないことが考えられる。また最近発見された液状化のみられる地層の分布から見積もった地震の規模は、これまでに知られる歴史的な大地震を上回るものであることも報告された。

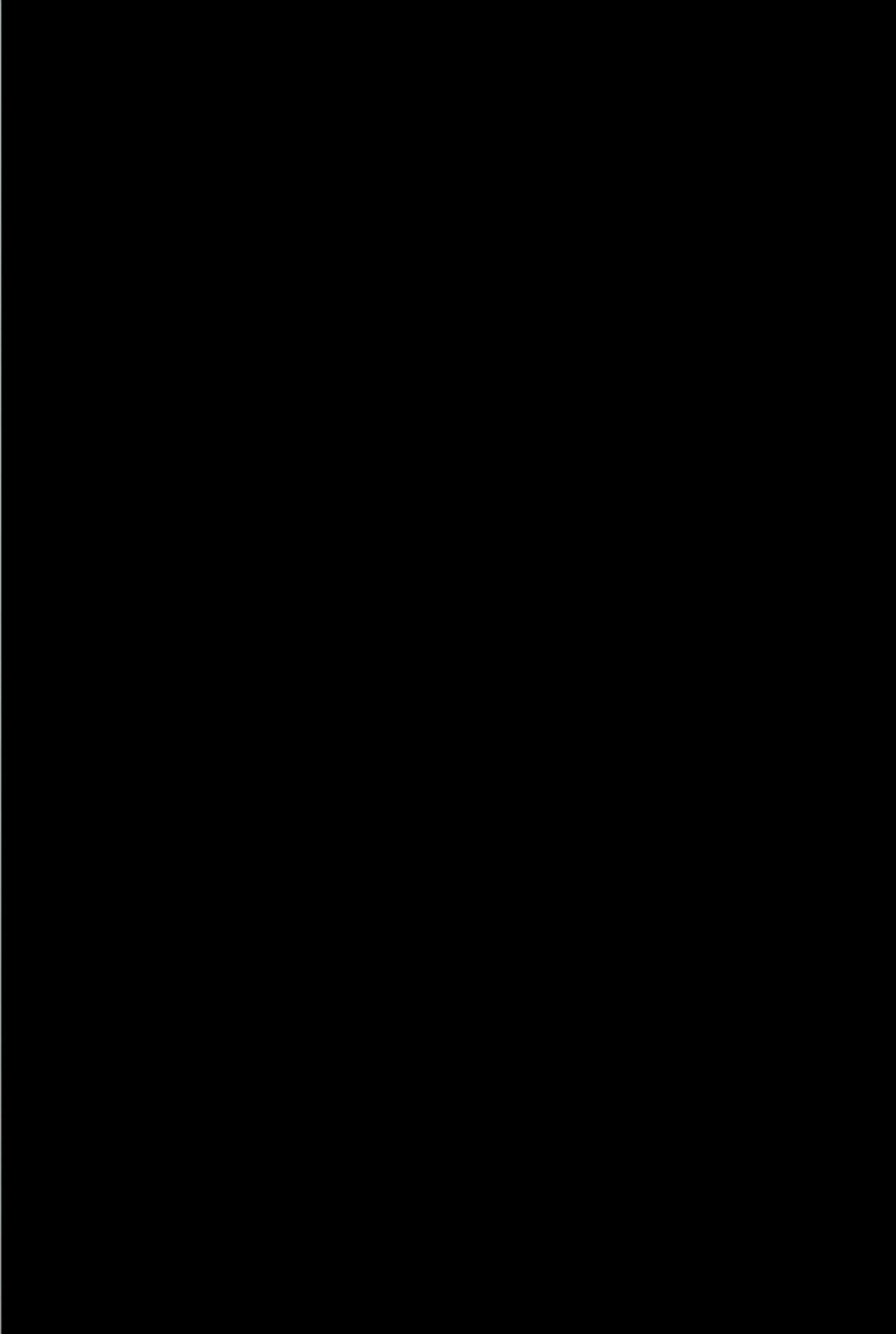


図 1 :

ネパールヒマラヤにおける小規模地震の震央。断面図には浅い場所で発生したM2以上の地震の発生頻度が示されている。これらの観測結果は20年にわたるネパールとフランスとの協力によって得られたものである。図はシンポジウム会場で配布されたポスターより転載。

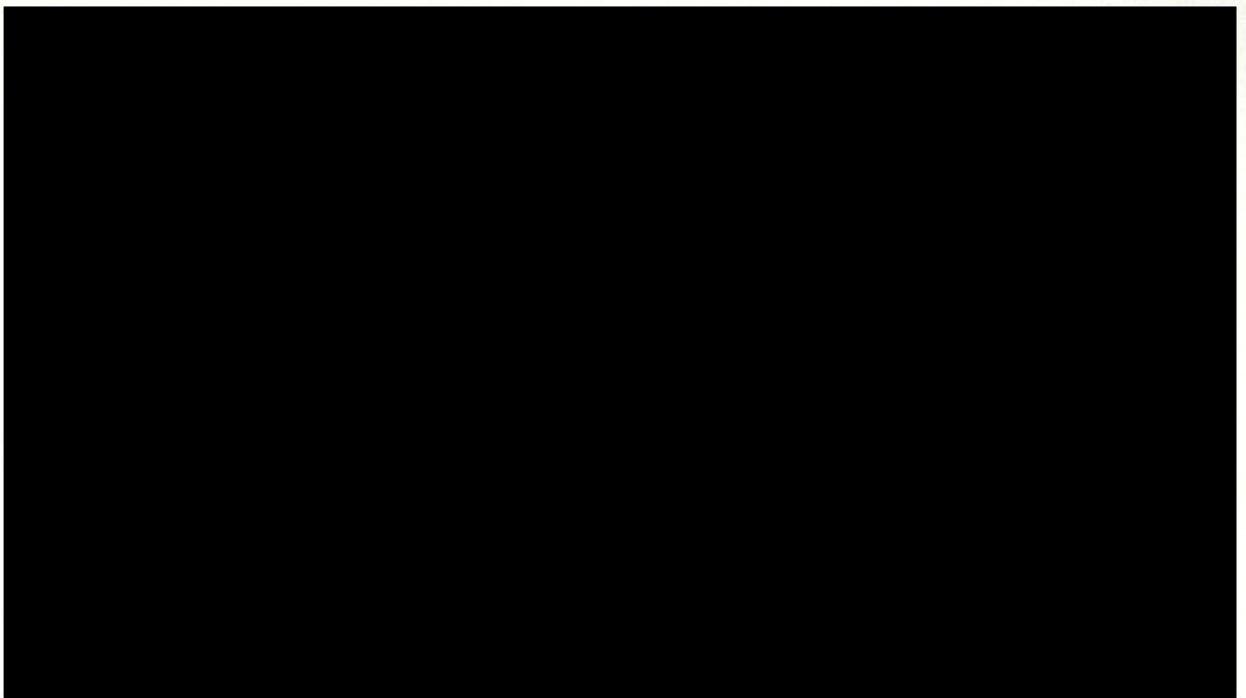


図 2 :

過去約 100 年間にネパール周辺で発生した巨大地震 ($M > 8$) の震源域の分布。ネパール西部は空白域になっていると考えられている。図はシンポジウム会場で配布されたポスターより転載。

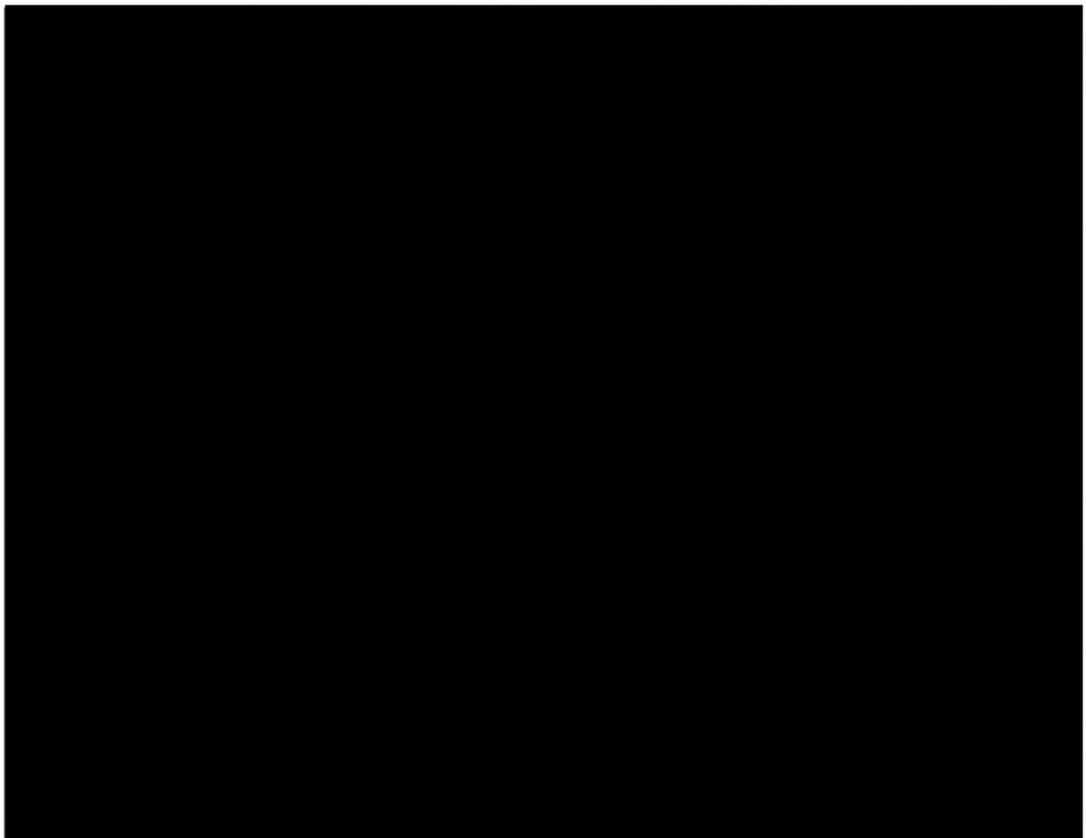


図 3 :

カトマンズ盆地の液状化危険度マップ (Earthquake Risk Management Action Plan , National Society for Earthquake Technology - Nepal より転載)。カトマンズ盆地内には固結度の低い湖沼性堆積物が分布しており、地震による液状化の被害が懸念されている。

6.5 岩盤評価について(9月28日午後)

笠博義(株)ハザマ

本シンポジウムは10/28~30までの3日間行われたが、初日の午前中はKeynote Paperの講演および開会式等のセレモニーであり、午後からが一般の論文発表であった。発表は「Engineering Geology」、「Hydrogeology」、「Natural Disasters」3つの会場に分かれて行われ、ここでは10/28のEngineering Geologyについて報告する。「Engineering Geology」の会場では、調査関連技術、地下掘削、斜面安定、建設材料、土壌侵食、環境関連などの論文発表があり、10/28はこのうち「Geotechnique」および「Underground excavations」に関する12編の論文が発表された(投稿は15編であった)。

個々の発表論文の内容については、特に説明を加えることはしないが、発表内容は実際の建設プロジェクトに関連したものと、ある程度汎用的な技術に関するものとに大別される。実際のプロジェクトに関わるものでは、ロックフィルダムの漏水経路の推定とその止水(スリランカ)、山岳道路の斜面安定解析(ネパール)、ダム設計における岩盤分類(ルーマニア)、地下発電所建設に伴う支保効果の計測と逆解析による変形予測(タイ)、岩盤分類の発電用トンネルの支保設計への応用(ネパール)、地下発電所建設における岩盤分類の設計への適用(タイ)など、設計や施工時に検討が必要となった地質的な問題点とその対応策が紹介された。

対象となったプロジェクトはダムやトンネル・地下空洞が目立ち、場所としてはアジア各国が多いことなどが一つの特色であろう。また、岩盤分類を支保設計などに適用することによって、合理的な設計を目指した研究が多いのも一つの特徴で、RMRやQシステムといった、広く世界中で知られている指標に加えて、日本の電発式の分類などを用いた事例の紹介もあった。この岩盤分類については、午前中に行われた招待講演の中でも、Dr. Wang Sijingによって中国における岩盤分類が紹介されており、各国共通の研究課題であることが感じられた。日本においても、道路公団試験研究所や建設省土木研究所で新しいトンネル切羽の評価点に関する研究や提案を行っており、工学的な性質を効率よく反映できる岩盤分類手法の提案が国際的にも望まれていることが伺われる。こうした岩盤分類では、大きく「岩質:岩石の種類・成因」、「亀裂」、「強度・変形」の3要素の組み合わせによって、岩盤の工学的特性または対応すべき評価するという共通の方向性が見られるが、岩質や亀裂の指標の取扱にそれぞれの指標の特徴があるように感じられた。

一方、これ以外の発表では、遺跡保存へのグラウトの導入と超音波探査によるクラック調査(ギリシャ)、電磁探査の都市域地盤調査への応用(日本)、火成岩・深成岩の風化の度合いの工学的な分類法(香港)、泥岩の物理的な特徴と化学的特徴の関連性(イラン)に関する発表があった。これらの研究についても、計測が一般に困難である状況下の岩盤(地盤)の工学的な性質について、他の指標から類推する方法や、探査技術などを用いて効率よく把握することが大きな目的となっており、前述の一連の岩盤分類に関する研究が目指すものと深く関連しているということが可能だろう。

なお、以上の研究事例とはやや対象が異なるが、ヒマラヤ山脈中の湖の成因に関する研究報告があった。この研究は氷河湖の成因と山地における地すべりとの関連性について現地調査結果をもとに議論したもので、むしろ「Natural Disasters」のセッションにも関連の深いものであったと考えられる。ただし、ネパールにおける氷河湖の問題はさまざまな形で水力発電や山岳道路の建設にも関連しており、純粋に地質学的な課題以外にも地質工学的な問題としても重要であると考えられる。

論文発表全体の印象としては、OHP等もわかりやすいものが多く、質疑応答も活発であった反面、このセッ

ションに限らず、当日になつての発表キャンセルが目立ち、予定より30分以上も早くセッションが終了するなど、やや残念な面もあった。

6.6 地すべりによる自然災害(9月28日午後、9月30日午後) その1

大谷 晃((株)アイ・エヌ・エー)

(1)9月28日午後の報告

講演は、15件予定されていたが、講演のキャンセルが多く、実際の講演は11件であった。講演の内容は、地すべり(日本の分類では崩壊に入るものまで含めている)8件、氷河の災害1件、リモートセンシング1件、流出解析1件であった。氷河の災害は、Valla氏によるもので、フランスアルプスの氷河崩壊、すべり、氷河湖の流出による災害および氷河災害によるリスクを報告したものであり、ユニークな報告であった。

地すべり8件の内容は、ヨーロッパとアジアの比較1件、ヒマラヤの地すべり2件、マレーシアの地すべり1件、イタリアの地すべり3件、イランの地すべり1件であった。ヒマラヤの地すべりの報告のうち、Scheidegger A.E.氏による報告は、地すべりの成因についてであった。成因について、tectonic jointによるものと河川浸食によるものに大別していた。Volek H.R.氏によるネパール西部のカリガンダキ河の地すべりについての報告であった。千枚岩斜面の地すべりについて、スライドを使用して報告していた。地すべりの成因については、地すべりが複合したモデル(多重すべり?)を提唱していた。講演だけでこのモデルは理解しがたかったが、ポストシンポジウムツアーでカリガンダキ河周辺の地形をバスの車窓から観察して、納得することができた。イタリアからの「地すべりん」お報告は3件と多かった。このうち1件は、Mantovani F.氏によるドロマイトの地すべり(イタリアに特有)についての報告であった。ドロマイトにより構成された山(かなり突出した形状を示している)の地すべり災害、地すべりモデルおよびハザードマップについての報告であった。この報告については、会場でのポスターセッションでも掲示されていた。また、Guadagno F.M.氏による講演は、地すべりが自然災害によるものか、トラック道路建設による人災なのかについての検証がなされていた。マレーシアの地すべりについては、Koomo I.氏により報告があった。宅地造成による災害であり、地質を考慮しない開発によるものであった。

全体としては、フランス、イタリアは、我が国と比較しても、研究は進んでおり、リスクについての議論が中心となっていた。ヒマラヤについては、現地条件の厳しさ、物資、電力の不足なども加わって、これからの課題であるような感じを受けた。ヒマラヤのように急峻な山地で隆起を続けている地域(日本の中央山岳地帯とはスケールが異なる)における斜面変動の問題は、今後、応用地質学の重要な課題となるように思われる。ポストシンポジウムツアーの車中から見える山地を見ると、斜面を切ったら、どこで安定するのだろうかという印象を受けた。

マレーシアの地すべり災害については、応用地質学的な見地からの開発の規制が行われていないようであった。イランの地すべり、パキスタンの流出解析については、研究はこれからという感じであった。

(2)9月30日午後」の報告

講演は、10件予定されていたが、講演のキャンセルあるいは予定変更が多く、実際の講演は3件であった。

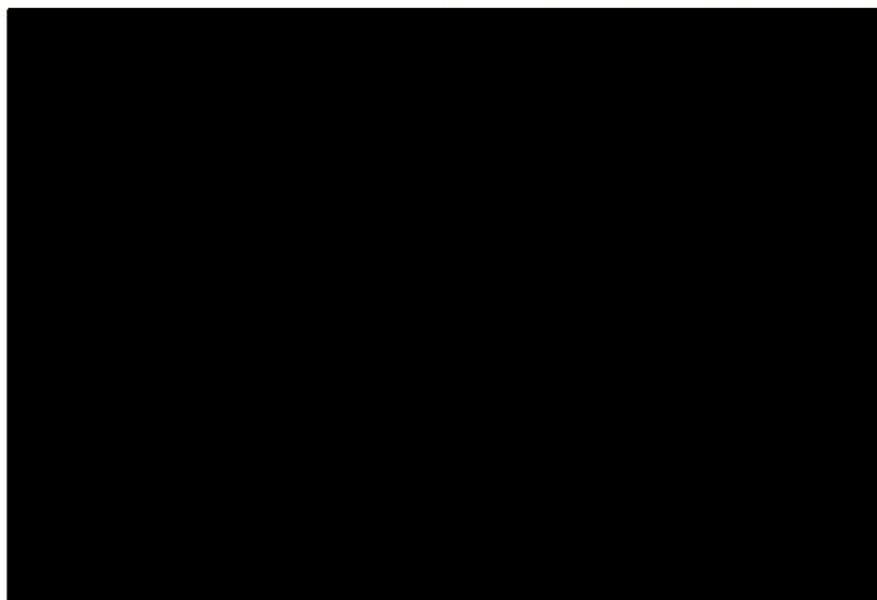
1 件目は、日本の事例報告であり、佐賀大学の岩尾 雄四郎教授による報告であった。佐賀県矢筈岳の麓において、1997年7月10日深夜に起こった土石流(21名の犠牲者を出した)について、成因について地質学および水理地質学的に研究を行ったものであった。土石流が生じた斜面は、輝石安山岩質の自破碎溶岩により構成されており、この自破碎溶岩には、垂直の鏡肌を伴う連続性に乏しい断層が数条認められている。この断層が地山内において、地下水の流れを遮断して、地山内の水圧を増加させ、結果として土石流を起こす原因となっているという報告があった。2 件目は、Arambepola M.N.S.I 氏によるスリランカ中央丘陵の地すべりについての報告であった。地すべりについてリスクを算出し、被害予想を行ったものであった。3 件目は、Kabir H.M.氏によるバングラデシュの自然災害の報告であった。国土の大半が低地を占めるバングラデシュの地質環境(ヒマラヤを源流とするブラマプトラ川の堆積による)についての説明があり、洪水、堆積作用、土壌浸食についての報告であった。

バングラデシュ特有の現象としては、以下の事例が報告されていた。排水性の悪い低地では、年間降雨量 4,000mm の 80% が降る 6 月から 10 月のモンスーン期には、水面下 6m に没する箇所がある。河川の堤防が、増水した河川の流速によるもののほかに、河川を通行するモーターボートの波浪により浸食されることがある。また、モンスーン期には、風による波浪により、土壌が侵食されることがある。

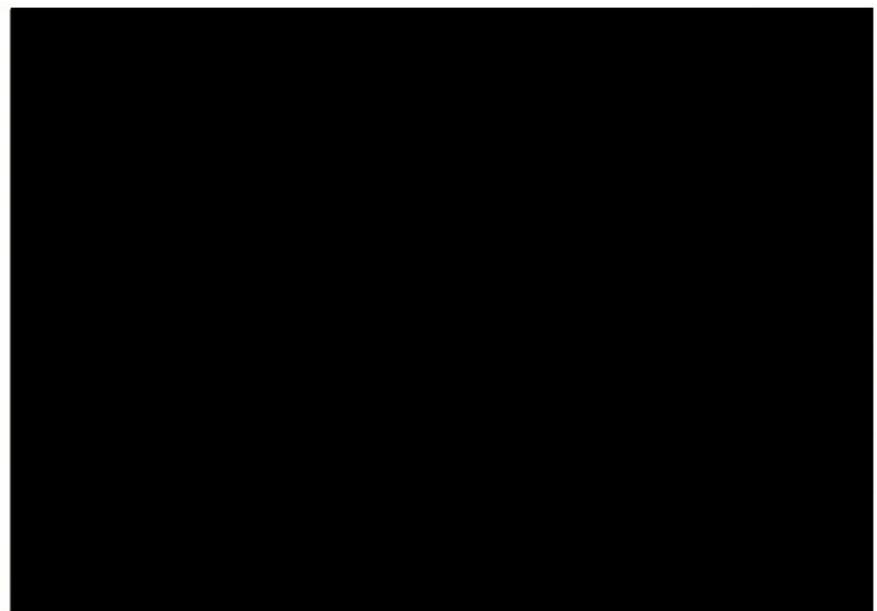
スリランカ、バングラデシュの報告については、研究はこれからという感じであった。特にバングラデシュについては、ネパールと対照的に、国土の大半が低地であり、低地ならではの災害を受けているようであった。応用地質学的な課題は多く残されているようであった。



“ Environmental geological map of the Kathmandu Valley” について講演を行う Jnawali B.M.氏



会場内に展示されていた “ Environmental geological map of the Kathmandu Valley”



会場内に展示されていた “ Environmental geological map of the Pokhara Valley”

6.7地すべりによる自然災害 その2

平山一夫(株建設地盤)

地すべりについて、4つの発表と6つのポスターセッションの説明がなされたが、ここでは4つの発表の概要を述べる。

Slide problems and mitigation measures around Gantok in Sikim (Larsen J.O., Grimstad E., Bhasin . et.al.)

Sikim(シッキム)地方は東部ヒマラヤに位置し、ネパールとブータンに挟まれたインド領である。4～9月の雨期には600mm/月の降雨量となり大規模な地すべりが発生し、村落及び主要道路に重大な災害を与えている。キーポイントは気象パラメーターと間隙圧の増大との関係を見つけ得ることであり、材料試験結果によるパラメーターは斜面の安定性の評価に役立つだろう。集中豪雨が地すべりの主要な原因であるので、地表及び地表下の流量規制が地すべりの防止の鍵であり、また行政による村落の立地規制(building control)が必要とされる。

多くの大規模な地すべりの実例がスライドにより説明された。

A technical guideline on landslide mitigation works in Nepal(Saraf A.K.)

ネパールの起伏の著しい山地形と若いヒマラヤ山地の脆弱な地質は不断の土壌浸食を引き起こし、モンスーン降雨と地震動が原因となっており、これらは重大な地すべり問題を引き起こしている。地すべりの種々のタイプをコントロールする適切な技術の開発はネパールの地すべり災害の減少のために死活的となっている。この技術指針は地すべり防止の計画と実行の基礎的考え方を提供するものであるとして、教科書的内容が説明された。

Mountain hazards in the Kanchanjunga area, eastern Nepal (Watanabe T., Nakamura N. and Khanal N.)

多数の地すべりがネパール東端部 Kanchanjunga 地域で観察される。これらの地すべりは2つのタイプに分けられる、下流及び中流域のものは地質に規制されている。一方いくつかの地すべりは最上流の側方モレーン(lateral moraines)の上に分布している。ここではこのモレーン上の地すべりについて述べる。側方モレーン上の地すべりは航空写真と5万分の1の地形図より7つのサイトで発見された。それらのうち6つのサイトは南東から南西向斜面に存在する。

これらのうちで、Kanchanjunga 氷河の側方モレーンに発達した地すべりが現地調査された。この谷は非対称が特徴である。北向斜面は若干の崖錐及び岩屑流堆積物が良く発達しており、側方モレーンが氷河に沿って存在する。モレーンの地すべりは南向側だけに観察される。地すべりの発生は急速な氷河の消失に関係しているかもしれない。モレーンは氷が溶けている。従って、急速な氷河の消失は唯一の原因ではないかもしれない。永久凍土の融解が地すべりを引き起こすもう一つの可能性である。Nupuch 谷では実施されているが、この地域では永久凍土に関する研究はまだなされていない。地すべりの発生と永久凍土あるいは氷の融解との間の関係は他の可能性と共に調査されるべきである。

Sliding of an old toppled block in Chor Khola landslide area, Siwalik Hills, Mid-Western Nepal (Tamrakar N.K. Yokota S and Osaka O.)

地すべりと岩屑流(debris flow) はネパールの山地では普通である。しかし、小規模な地すべりと斜面決壊は南の丘陵地域で頻りに発生してきた。Surai Khola 川流域はその一つである。この地域の斜面は中期中新世から早期更新世の Siwalik Group の軟らかい砂岩、泥岩から構成されている。そして、急傾斜の地層と物理的に弱い性質が斜面の不安定現象の主要な要素であろう。

Chor Khola 地すべり地域は Surai Khola 川と Chor Khola 川の合流地点の近くに位置し、そのような不安定斜面の一つでありトッピングブロックが顕著である。地層の傾斜の分布に基づいて、トッピングブロックの基底を判定することは可能であった。その基底の形状は複雑であり、北側と南側に傾斜している。このブロックの形状とトッピングから地すべりの過程は Chor Khola 川の切り込みと地層が傾くことに関連して発生した。また段丘表面と風化構造を解析することによりトッピングと地すべりの時期を判定することが可能になるかもしれない。トッピングの時期は後期更新世と推定され、おそらく古いトッピングしたブロックの地すべりは最近のことであろう。

Surai Khola の主要な河川沿いの急傾斜の地層、急斜面、弱い岩質、不利な構造を考えると、この地域の斜面は潜在的に危険であり、人工的な開削や築堤は地すべりを引き起こすだろう。

6.8 応用地質 その1

大谷 晃((株)アイ・エヌ・エー)

ホール A で行われたセッション XX I の講演のキャンセルは、1 件のみであり、9 件の講演があった。インド・ネパールに関する報告が 5 件、実験の解析手法が 2 件、応用地質に関する提言が 1 件、Ash disposal(灰の処理)に関するものが 1 件であった。インド・ネパールに関する報告は、河川による堆積作用、土壌浸食に関するものが多かった。このうち、Jnawali B.M.氏による報告は、“Environmental geological map of the Kathmandu Valley”に基づいて、カトマンズ盆地の地質、災害、地質汚染について報告したものであった。同地質図の作成目的として、自然災害、人間生活による河川汚染および資源開発という説明であった。

ネパール特有の問題としては、ヒンズー教寺院からの灰による河川水質の汚濁(ヒンズー教寺院では、葬儀の際に遺体を焼き、その灰を川に流す)が挙げられていた。また、ゴミも直接河川に投棄されている例も報告されていた。資源としては、河床の砂が利用されていた。ポストシンポジウムツアーにおいても、河床に堆積した礫を人がハンマーで砕いて骨材にする風景、砂を搬出する風景などが各地で見ることができた。

“Environmental geological map of the Kathmandu Valley”は、ほかの図とともに会場に展示されており、シンポ

ジウムの最終日には 600 ルピー(日本円で 1,200 円)程度の価格で販売されており、購入することができた。

Hamel J.V.氏は、21 世紀に向けての応用地質への提言として、“Stick with Basics”(基本に忠実であれ)を提唱されていた。目的の解決のためには、Field 調査が基本であると強調されており、多いに意義を感じる講演であった。

Michalski S.R.氏は Ash disposal(灰の処理)について報告していた。アメリカ合衆国ピッツバーグにおける石炭から生じる灰の利用について報告した後に、インド Jharia 炭田における灰による環境汚染の被害の報告があり、これからの灰の処理に関する提言がなされていた。

インド・ネパールに関しては、シンポジウムのみならず、カトマンズ市内、ポストシンポジウムツアーにおいても、応用地質学の面から社会に貢献できるようなことがたくさん残されているような印象を受けた。人間が生活していくことに精一杯であるために、地質汚染、災害などが生じているようであった。カトマンズ市内においては、人口が集中し、水資源の不足、ゴミなどの投棄による地質汚染など都市としての問題が生じている。山地においては、現金収入を得るため、あるいは水田を切り開くために、山に生えている木を切る。植林を行っても、ヤギの放牧により、苗木は食べられてしまう。そのため、山地の土砂が流出しやすくなる。…などの事象が起こっているようであった。

6.9 応用地質 その2 (9 月 30 日午前)

永田 秀尚((有)風水土)

(1) キーノートスピーチ

9/30 午前のセッションはキーノート (セッション 17) と応用地質学のセッションであった。最終日のキーノート (Keynote Papers) は次の 2 つであった。

Welby, C.W. (North Carolina State Univ., U.S.A.): Consider the geology in hydrogeology

Marinos, P.G. (National Technical Univ. Athens): From the geological to the rock-mass model: the role of engineering in rock engineering today

Welby 先生の講演はいかにもアメリカの老大家といった風情で、スライドや OHP を全く使わないものだった。それでもある程度理解できたのは話の内容が整然としていたことが第 1 の理由であろう。そしてネイティブ・スピーカーが早口でなくしゃべったことと、聞く側も 3 日目に入って多少は耳慣れてきたことにもよるのだろう。

内容は水理地質学の黎明から現在にいたるレビューである。ところどころに USA での例をまじえながらの一般論というところだろうか。帯水層の概念・水質を含めた地下水盆の管理といったこと

めには、地質学、なかんずくシーケンス層序学・構造地質学や地域地質学が理解の基礎となるべきだ、という話だった（と思う）。

かたやMarinos先生の方は、マルパッセダムの崩壊などの例をあげて教科書的にはじまったものの、話が進むにつれてアクセラがかかって来る。これはラテンの基質なんだろうか？ お話はフックの岩盤評価法についての説明を経て、最後はそれをメランジュのような複雑な岩体に適用するための修正提案（これが彼自身の仕事）へと至るものであった。

なお議長をつとめたDr. Hamelとは1986年のIAEG Congress以来13年ぶりの再会であった。

(2) 応用地質学（地質技術ほか：セッション18）

10編の発表（ただしキャンセルあり）があった。日本からも、今回メンバーの中川先生ほか3編がエントリーされている。内容は地すべりに関連した土や粘土の報告が3編、柔らかい粘土の性質・採取テクニックについてが3編である。このほかネパールをフィールドとした報告が3編あり、それぞれ、氷河湖の電気探査、カトマンズ盆地における河床低下、国内の主要道路であるプリティビハイウェイの災害についてのものであった。またマレーシア都市部における応用地質学の報告が1編あった。体調不良などもあって全部開けたわけではないが、興味深かったのはやはりネパールの報告である（日本のは知っているか、知らなければ後で聞けばいいやと思ってしまう）。氷河湖の調査はその崩壊による下流域での洪水（GLOF: Glacier Lake Outburst Flood）を防ぐためにも、この国では非常に重要な仕事であるが、電気探査はうまくいけば有効な方法だろう。もりあがった議論がうまく聞き取れなかったのが残念だ。直後に北大地球環境研の渡辺悌二さんに会ったが、かれらもこのあとカンチェンジュンガで同じような探査を試みるとのことだ。カトマンズ盆地における河床低下などは初めて聞いた話だし、ハイウェイ沿いの災害については「経済的問題でもある」とコメントしていたのが印象的であった。その実態は巡検で見ることになる。

6.10ポスターセッションおよび応用地質(9月29日)

中里 俊行(ジオテクノ中里技術士事務所)、松浦努(㈱建設技術研究所)

(1)ポスターセッション

9月29日午後より、A,B,Cホールの講演会場の中のロビーホールにおいてポスターセッションが開催された。また、これらのポスターについての概要説明がBホールにおいて1人10分程度の時間で行われた。展示されたポスターは、水理地質分野が5点、自然災害分野、とくに地すべり崩壊については18点であった。自然災害のポスターセッション(Landslides)の解説に参加したのは、座長・副座長を含めて全部で30名程度である。スライドやOHPなしで早口でしゃべりまくる人、スライドを使いこちらの理解が得られるように心がけている人など様々であり、プログラムに載っている22編のうち、解説に出席した発表者は10人のみであった。発表者がおらず、予定された時間よりも1時間も早く終了したが、発表時間と質疑応答の時間が超過しても、議論がつきな

いものが度々あった。ここで座長は、コメントや質疑応答は、ホールのポスターの前でどうぞということで、各発表は締めくくられた。座長はドイツの先生であり、それぞれのポスターがきれいで、簡潔で内容が分りやすく良かったと総括した。

発表の詳細は、特にここでは述べることはしないが、次の10編であった。

① 北部フォッサマグナ地域の地すべりの性格(Furuya.T他)② 群馬県カラス川流域Yudonosan・巨大地すべりのケーススタディ(Otsuka.T他)③ イタリア・Jerzu hillsideでの地すべり危険度区分(Ardau.F他)④ 日本における活動的な巨大地すべり(Takahama.N他)⑤ 異質な岩屑中に発生したA地すべりの研究とモデリング(Barisone.G,Germany)⑥ 日本のよく知られた地すべり地帯中に見出された薄い圧砕帯と横臥褶曲(Nozaki.T他)⑦ 地すべりに関する一般的な見方についての短報(Iwao.Y他)⑧ 北東ブータン・ヒマラヤ地域における応用地形学的方法によるハザードマップとリモートセンシングで指摘される氷河湖決壊(GLOF:Glacier Lake Outburst Floods)とリスクマネジメント(Leber.D,Austria)⑨ 中～東部ネパール・ヒマラヤ低地における地すべり分布と、特に地質・地形の関連について(Yagi.H他)⑩ ネパール・ヒマラヤにおける風景(地形)の変遷(Khanal.N.R,Nepal)

以上のように、発表者10名のうち6名が日本からであり、ネパールにいて英語で日本の地すべりの概要を聞いているようであった。日本の地形・地質特性による災害の発生がネパールと類似している点から、世界にむけて災害国との印象を与えた(?)かもしれないが、一方、ネパールにおいても、Yagi.Hのように、中～東部ネパール・ヒマラヤ低地帯の地すべり分布図をネパールの研究者と共同で図面(S=1/25,000～50,000)を作成し、カトマンズ東方の標高200～500mの低地域(Sunkoshi,Kimti Khola周辺)の地形・地質と地すべりの分布域(展示図面をみると、ほとんど地すべり地域であった)との関連を明らかにしており、今後のハザードマップとしての役割は大きいものと考えられる。

また、ネパールの東にSikkimをはさんで接するブータン王国でも、Chomolhari(7315m)を最高峰とする山岳地が展開しており、ネパールと同様に氷河のモレーンダムの決壊についての調査や災害予測研究が、ADC(Austrian Development Co-operation)と共同で行われており、地下水とice coresの融解が密接な関係にあつて、リモートセンシングによる応用地形学的手法と地震探査・電磁波探査などや地下水の水質等の解析から、GLOFSの予測が進められていることが紹介された。

ロビーでは、このあとそれぞれの発表者と参加者の議論や質疑が活発に行われていた。

(2)応用地質(9月29日)

ポスターセッションの概説を終了した後に、16:00から17:45までAホールにおいて「応用地質」についての論文発表があった。発表は、以下の5論文である。

① 死海沿いのSinkholeの起源と発達について(Wachs.D他,Israel)② γ 線探査および物理探査による地表面下カルスト構造の発見(中央ネパール,ポカラ谷を例として)(Gautam.P他)③ 開発と観光洞穴における技術的な問題について(Cigna.A,Italy)④ パキスタンにおける主要ダムの応用地質学的問題についての経験例(Ahmed.M,Pakistan)⑤ 新潟県沖積(Cenozoic)盆地東方縁部の新期造構運動について(後期更新世～完新世河岸段丘のケーススタディーから)(Choi.J.J,Takahama.T他)

これらの発表の内容の要旨を簡単に紹介する。

①は、人々の生活や経済的に大きな影響のある死海沿岸のSinkholeについて発表している。死海沿岸部では、この30年来の約23mの水位低下によって生じたSinkhole(陥没穴)について、空中写真判読により容易に判別されており、地質構造からは岩塩を層状に挟む縞状堆積物中にあり、この岩塩層がa断層等の断裂の発達、b断裂に水がしみ込む、c水による溶脱の過程を経て地下に空洞が生じて地表部の陥没に至るといことが推定されることや、これらのSinkholeについて約40mまで音波探査、重力探査によって検知できる例が示された。

②は、ネパール中央部ポカラ盆地にあるポカラ市街地東に位置するポカラ空港南側には、石灰岩質岩石が分布しており、地下には多くの空洞状の運河(カルスト)が点在している。 γ 線探査によれば高 γ 線部や電気探査による高比抵抗地帯の連続性および水質分析(とくに電気導率が高いこと)により効果的にその存在が把握できたことが紹介された。また、この岩石は ^{14}C 年代測定により7,000年前に堆積したことが判明している。

③は、イタリアのカルスト地形中の自然洞穴が、観光資源として活用されているが、洞窟内の環境破壊がエネルギーレベル(例えば照明設備などの配置の方法)や観光客の数によっており、応用地質学的な見方でこれらの変状を防止するために管理していくことが必要であることが述べられた。

④では、パキスタンの活構造はネパールに隣接しているので、地質特性はスラストゾーンで代表される。これに伴って、破砕帯が存在しており、大ダム築造に際してこの破砕帯の存在が応用地質学的に大きな問題点となっていることを指摘している。

⑤は、新潟平野縁部、とくに下田～栃尾地方の河岸段丘の分布と挟在される6つの指標テフラの詳細な対比から、現在までに至る新発田-小出構造線の活動が50～13万年前にあったことが述べられた。

このアジアシンポジウムに参加して一番印象として残ったことは、応用地質の技術的側面では、日本がやや先んじているかなと感じたことである。また、それぞれの国で、それぞれの地質的背景のもとに多様な大小の問題を抱えながら、皆一生懸命に真正面から取り組んでいるのだなと思い、感激を覚えたことである。

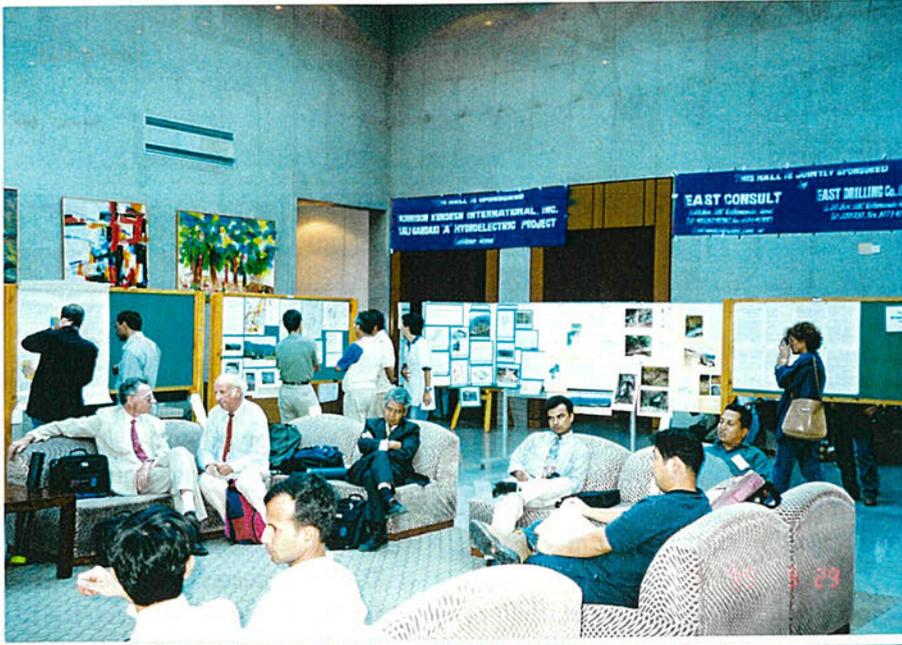


写真1

ポスターセッションはホールA～Cの間のロビーで展示された。

水理地質分野が5点,自然災害が18点であり、とくに地すべり崩壊が多かった。



写真2

山形大八木先生は、ネパールヒマラヤ地域の空中写真判読により1/2.5万の地形図に不安定面を抽出したハザードマップを展示している。

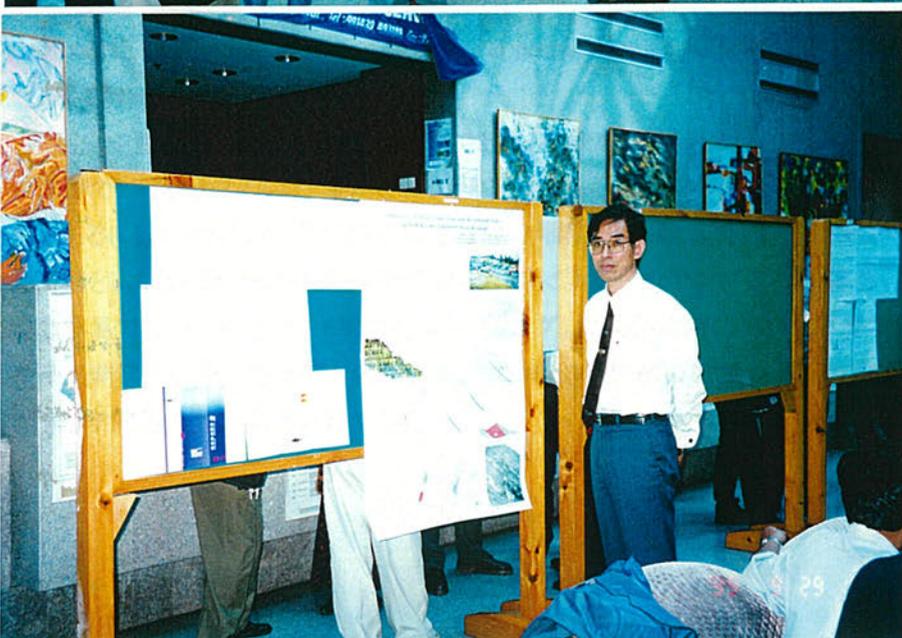


写真3

学会調査団参加者の中でも向山さん,野崎さんがポスターを展示した。

野崎さんは、道路切土斜面の応力解放による斜面の不安定化をテーマとしている。

6. 1 1 シンポジウムでの興味ある報告

平井哲夫(株ダイヤコンサルタント)

以下にシンポジウムを聞いていて興味深かった論文について、いくつかアブストラクトの翻訳を載せる。印象としては地下水関係や環境に関する話題が多かった。

Journal of Nepal Geological Society

ページ 表題 著者 冊子

41 Correlation between physical and mechanical properties of mudrock, G.R. Lashkaripour II

64 Purification of river water by river sediment Yoshinori Tanaka IX

101 Comprehensive model for managing water resources, environment, and economy in Baotou city, inner Mongolia, Xuehai He IX

105 Irrigation prospects of groundwater quality in central tract of Lalitpur region, Uttar Pradesh, India, A.L.Haldar and Pramentra Dev IX

111 Preliminary appraisal of hydrological investigation around Puri-Sadar block, Orissa, India, N.Rout and M.Das IX

114 Remote sensing and GIS technique-based studies for identification of recharge, discharge and intermediate zones in a part of Dhund watershed, Jaipur region, Western India, A.K.Sinha and Shyamanuj Dubey IX

117 Hydrogeology of carbonate rocks in Fariab tectonic valley in southern Iran, Nasrollah Kalantari and A.H. Farzad IX

118 Groundwater pollution of Zahedan City in Eastern Iran G.R. Lashkaripour IX

119 Groundwater resources management in the Bologna District, Northern Italy, C. Anzaloni, P. Forti, and F. Francavilla IX

127 Groundwater resources management in the Bologna District, Northern Italy, Deepak Raj Pant IX

131 Evaluation of the contamination of groundwater by nitrate due to intensive use of fertilisers: a case study from Kandy area in Sri Lanka, S.K. Gunatilake, J. Gunatilake, and Y. Iwao IX

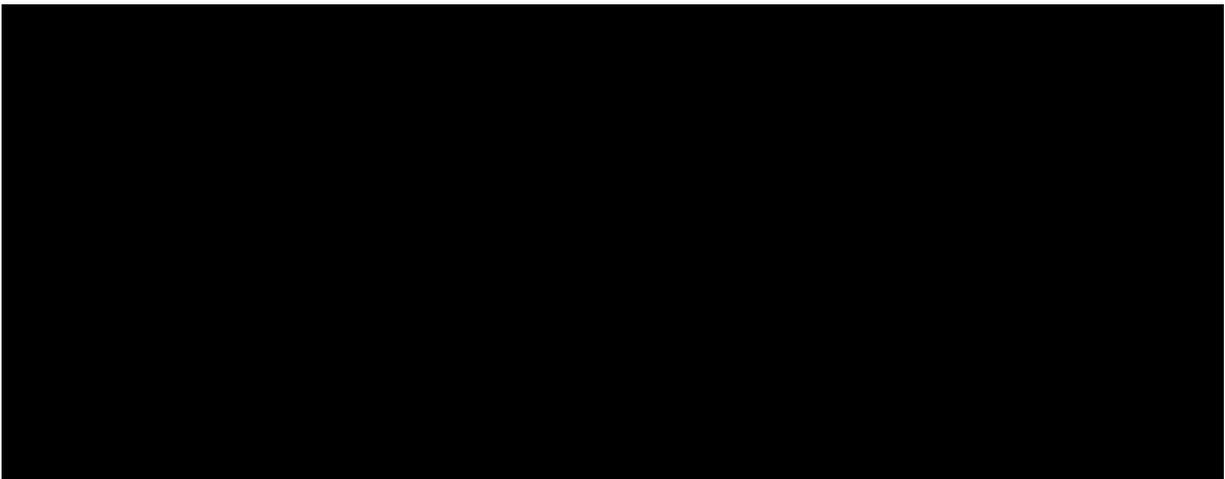
59 Determination of subsurface S-wave velocity structure in the Osaka Basin from drilling-core database, Dinesh Pathak, Yoshinori Iwasaki, and Koichi Nakagawa X IX

167 Inventory of glacier lakes in parts of eastern Himalayas with special reference to outburst flood phenomenon, Utpal Bhattacharya and Anasuya Bhattacharya X X II

P41

Correlation between physical and mechanical properties of mud rock(泥岩の物理的特性と力学特性の関係)

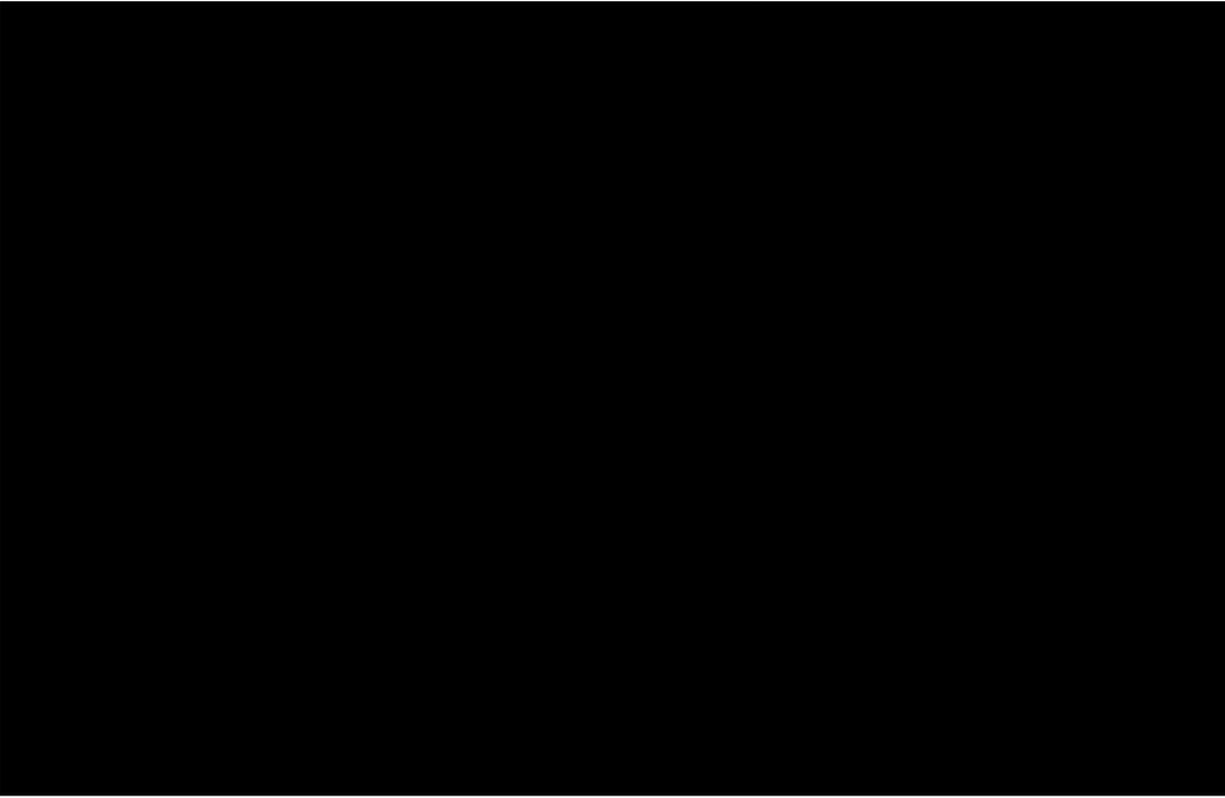
G.R. Lashkaripour



P59

Determination of subsurface S-wave velocity structure in the Osaka Basin from drilling-core database (大阪盆地のボーリングコアの地表のS波速度構造決定)

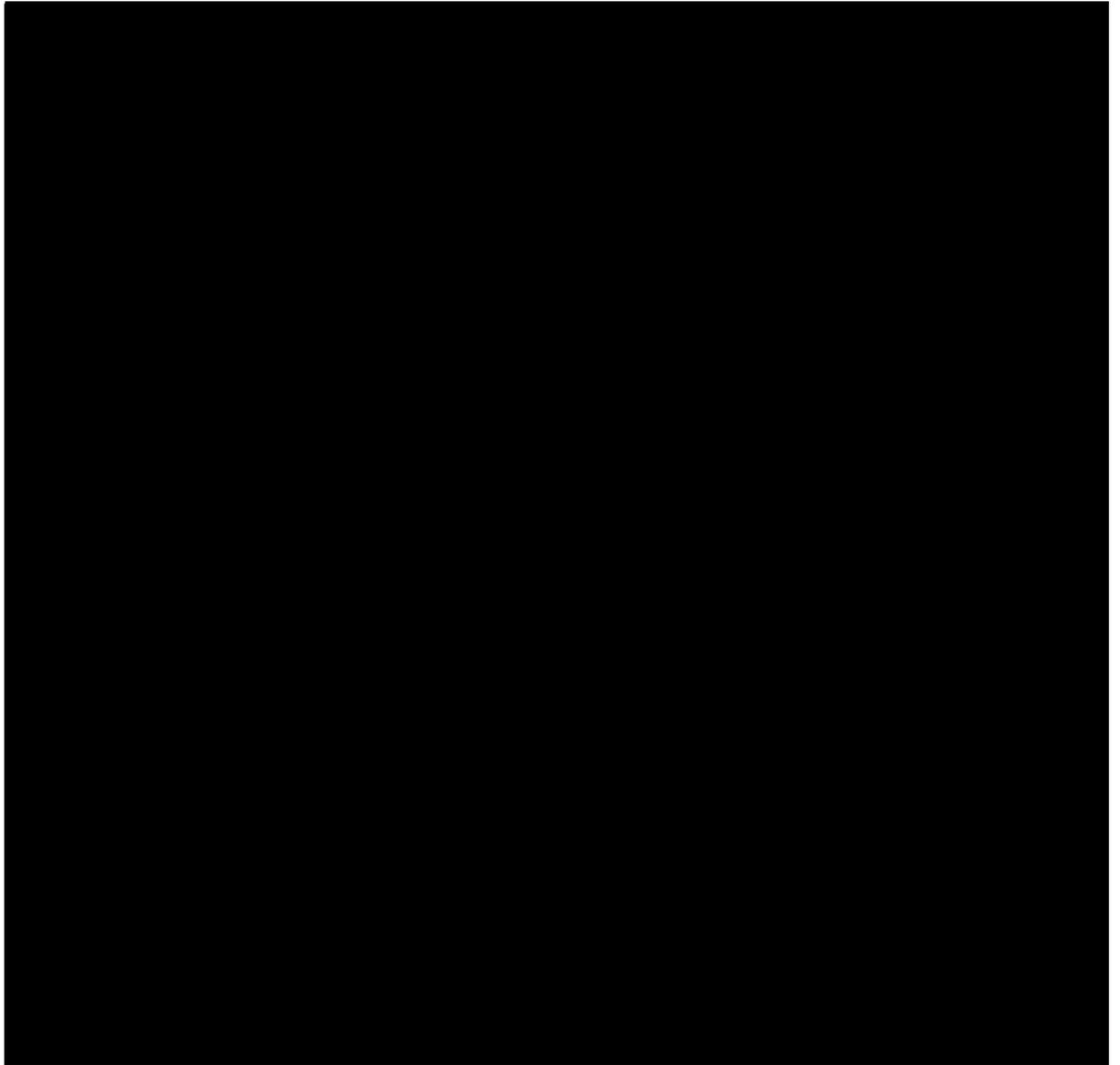
Dinesh Pathak, Yoshinori Iwasaki, and Koichi Nakagawa



P64

Purification of river water by river sediment (河床堆積物による河川水の浄化)

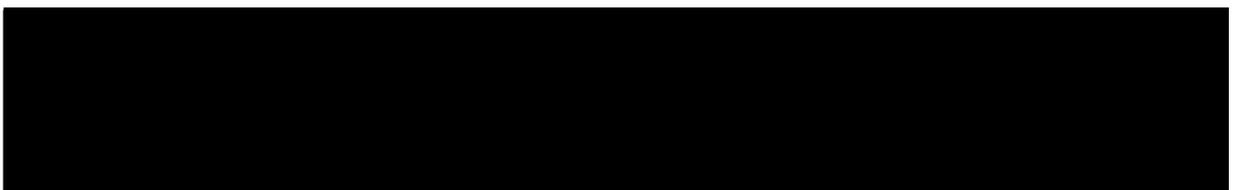
Yoshinori Tanaka



P101

Comprehensive model for managing water resources, environment, and economy in Baotou city, inner Mongolia (モンゴル内陸部の包頭市の水資源, 環境, 経済モデル)

Xuehai He

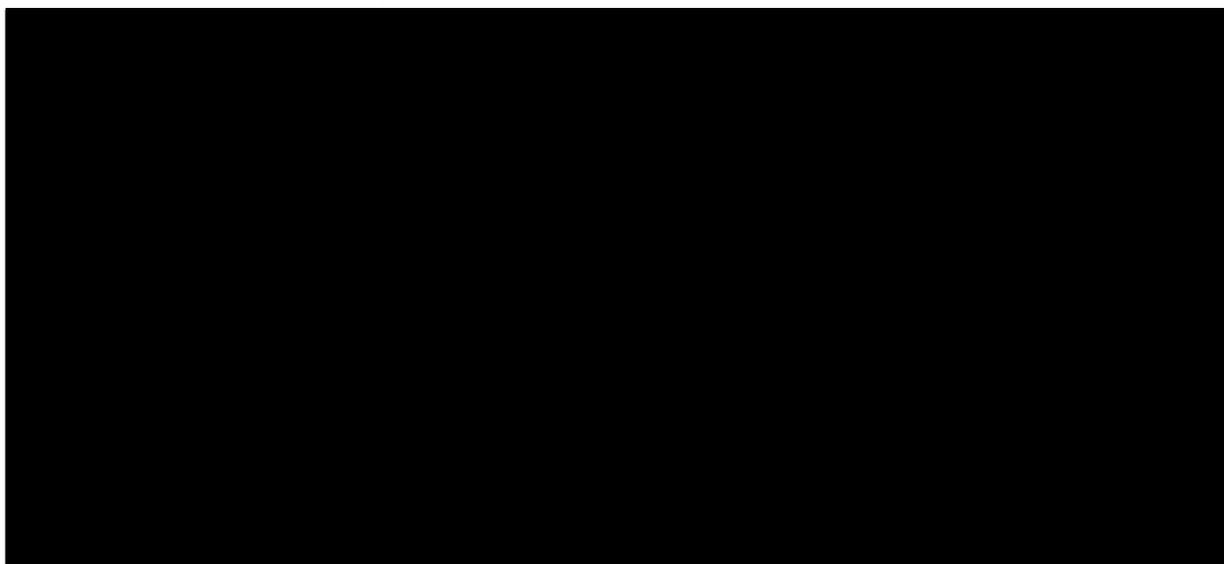




P105

Irrigation prospects of groundwater quality in central tract of Lalitpur region, Uttar Pradesh, India (インドのウタルプラデッシュにあるラリツプール地域の中心部における灌漑施設の地下水品質)

A.L.Haldar and Pramentra Dev

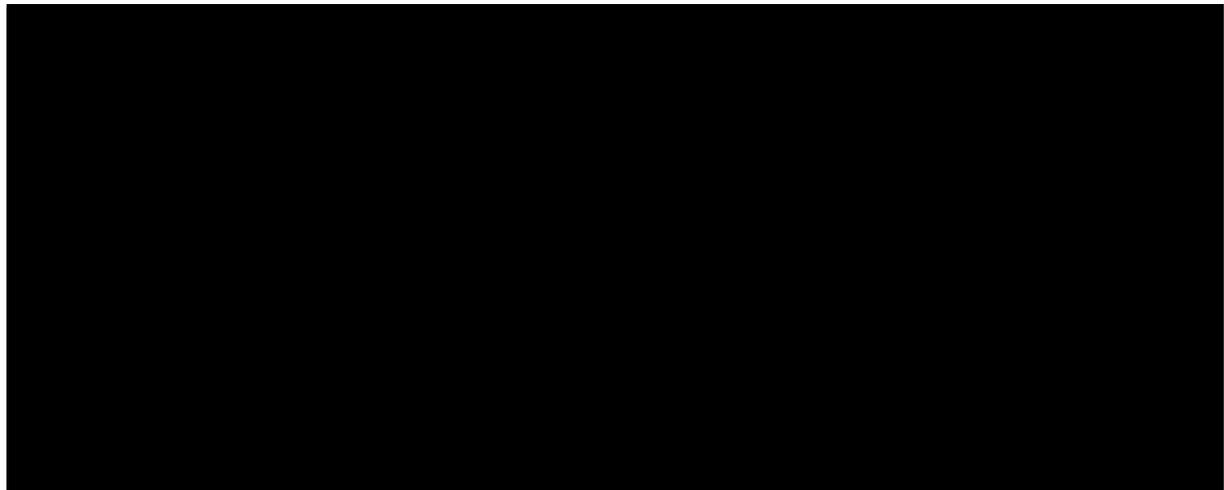


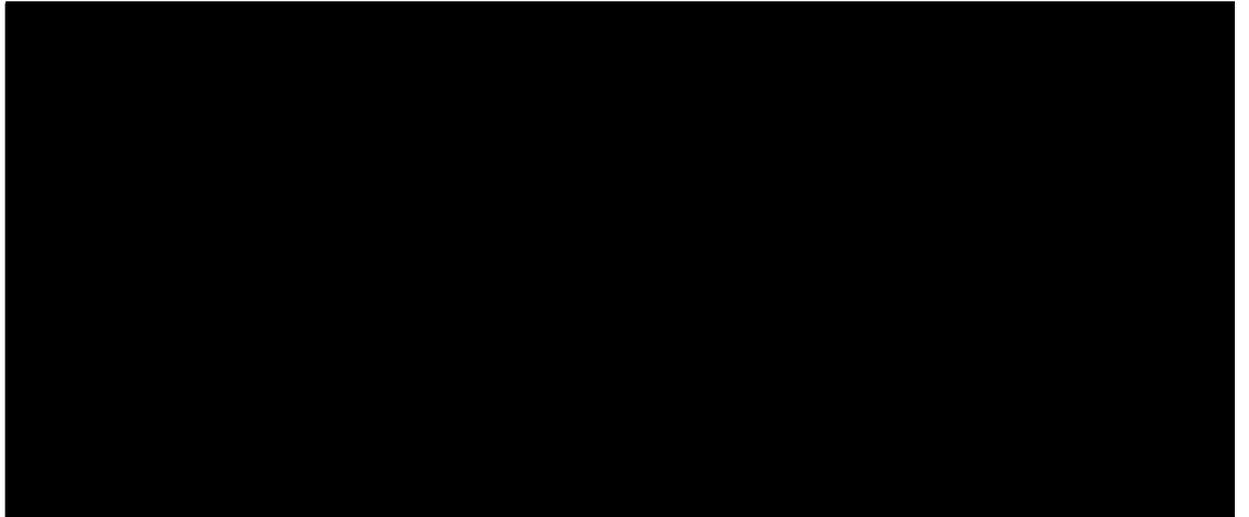
P111

Preliminary appraisal of hydrological investigation around Puri-Sadar block, Orissa, India

(インドオリッサ地方プリサダル付近の水文学的調査の推奨)

N.Rout and M.Das

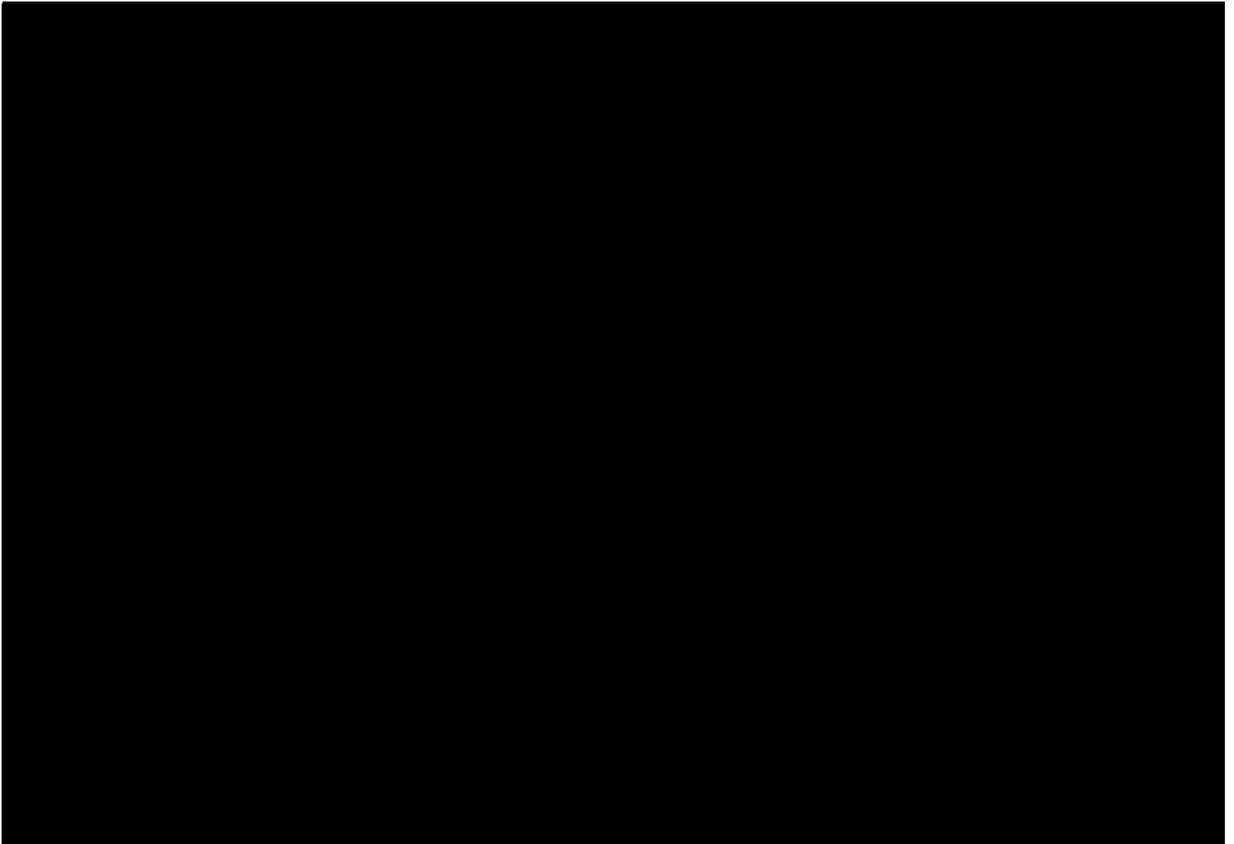




P114

Remote sensing and GIS technique-based studies for identification of recharge, discharge and intermediate zones in a part of Dhund watershed, Jaipur region, Western India (西インドジャイプールのズンド流域の一部の涵養、流出、その中間帯についてリモートセンシングとGISによる調査)

A.K.Sinha and Shyamanuj Dubey

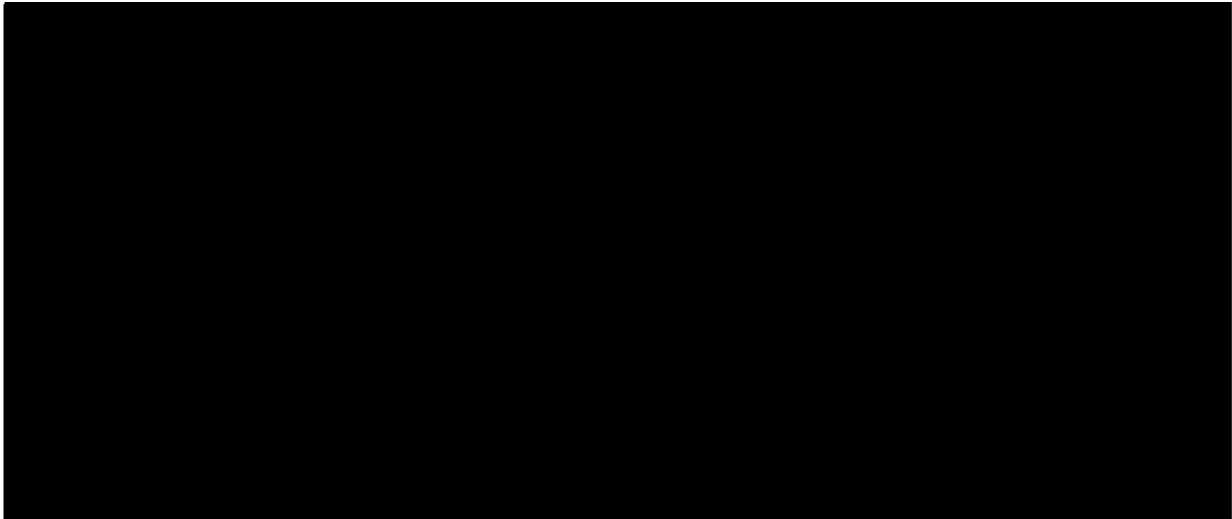




P117

Hydrogeology of carbonate rocks in Fariab tectonic valley in southern Iran (南部イランのファリアブ構造谷の炭酸塩岩の水理地質)

Nasrollah Kalantari and A.H. Farzad



P118

Groundwater pollution of Zahedan City in Eastern Iran (イラン東部のザヘダンの地下水汚染)

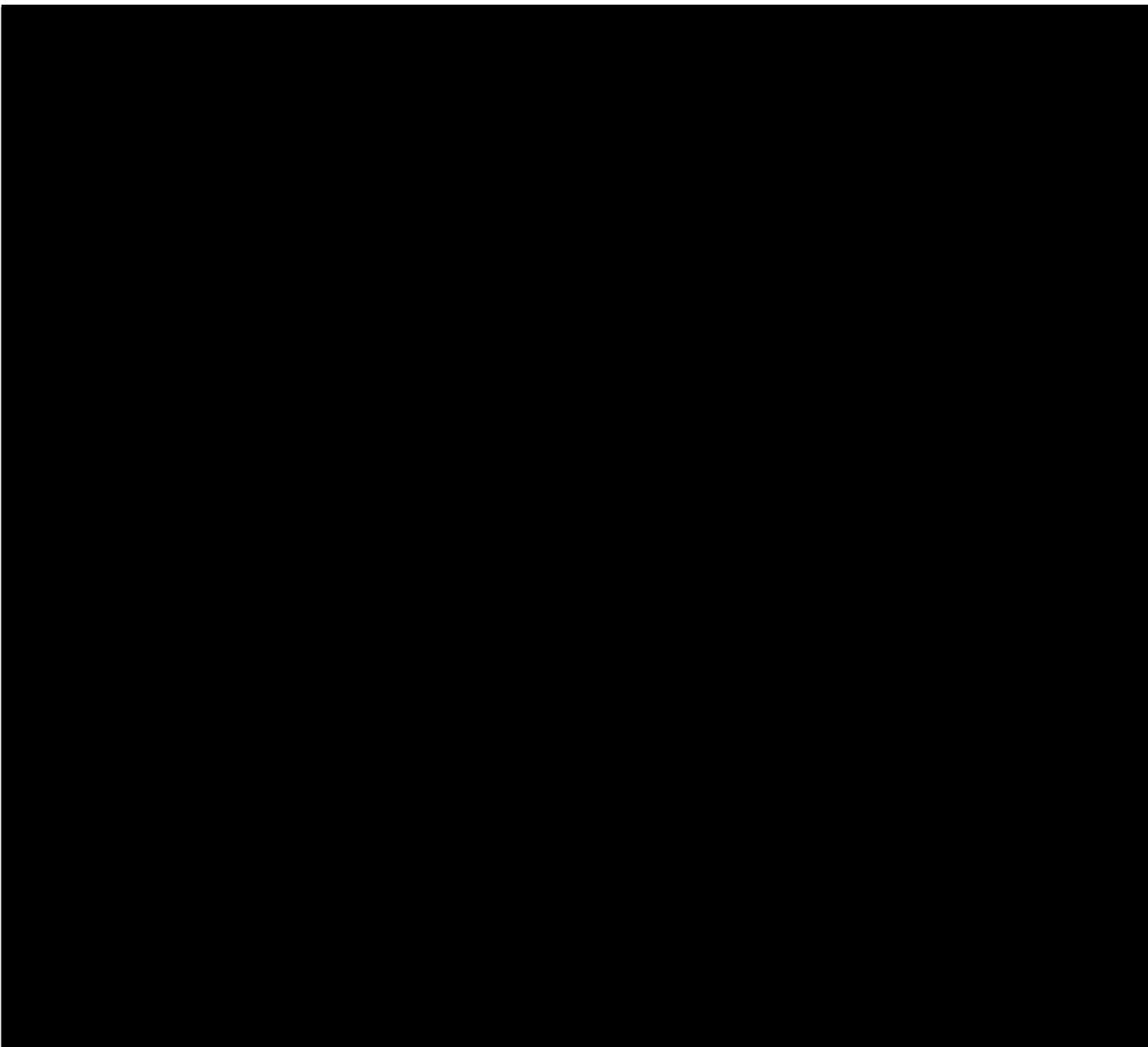
G.R. Lashkaripour



P119

Groundwater resources management in the Bologna District, Northern Italy (イタリア北部のボローニャ地方の地下水資源管理)

C. Anzalone, P. Forti, and F. Francavilla

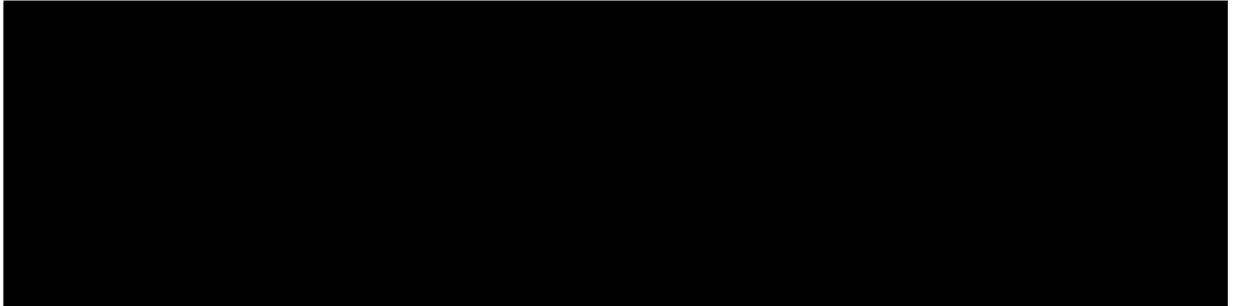


P127

Groundwater resources management in the Bologna District, Northern Italy (北部イタリアのボローニャ地方)

の地下水資源管理)

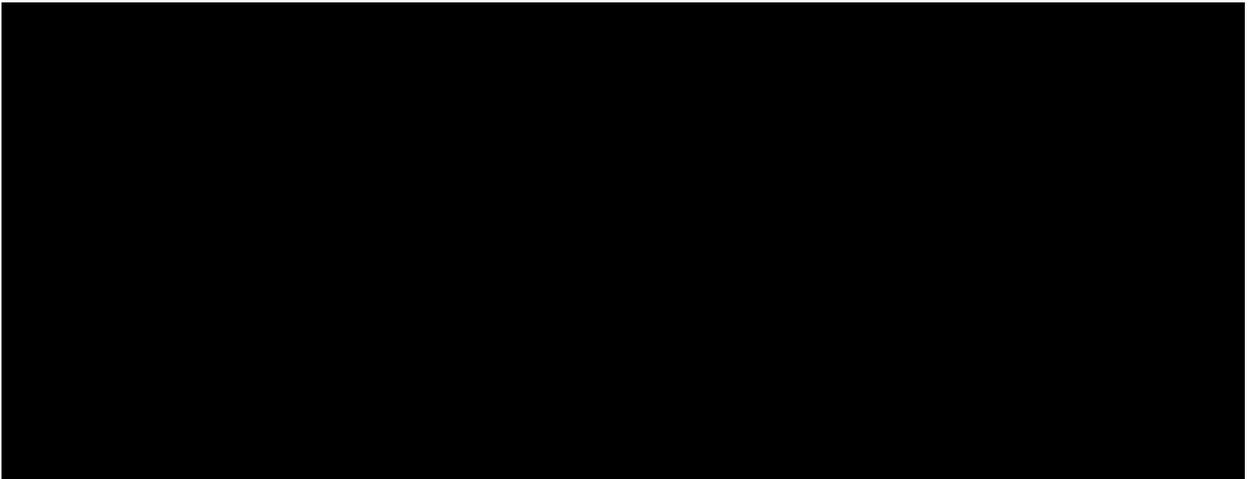
Deepak Raj Pant



P131

Evaluation of the contamination of groundwater by nitrate due to intensive use of fertilisers: a case study from Kandy area in Sri Lanka (スリランカのカンデイにおける肥料の多量の使用による窒素による地下水汚染の評価)

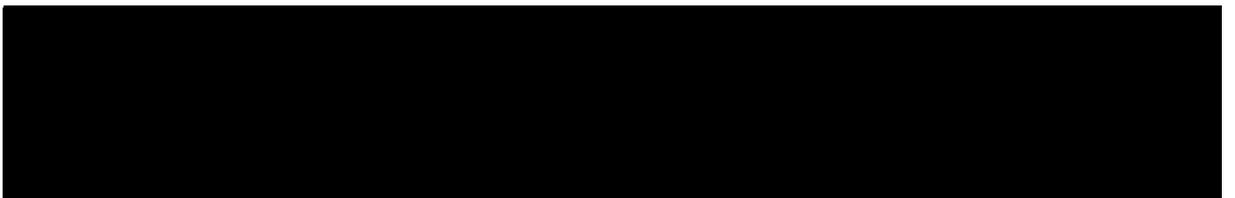
S.K. Gunatilake, J. Gunatilake, and Y. Iwao

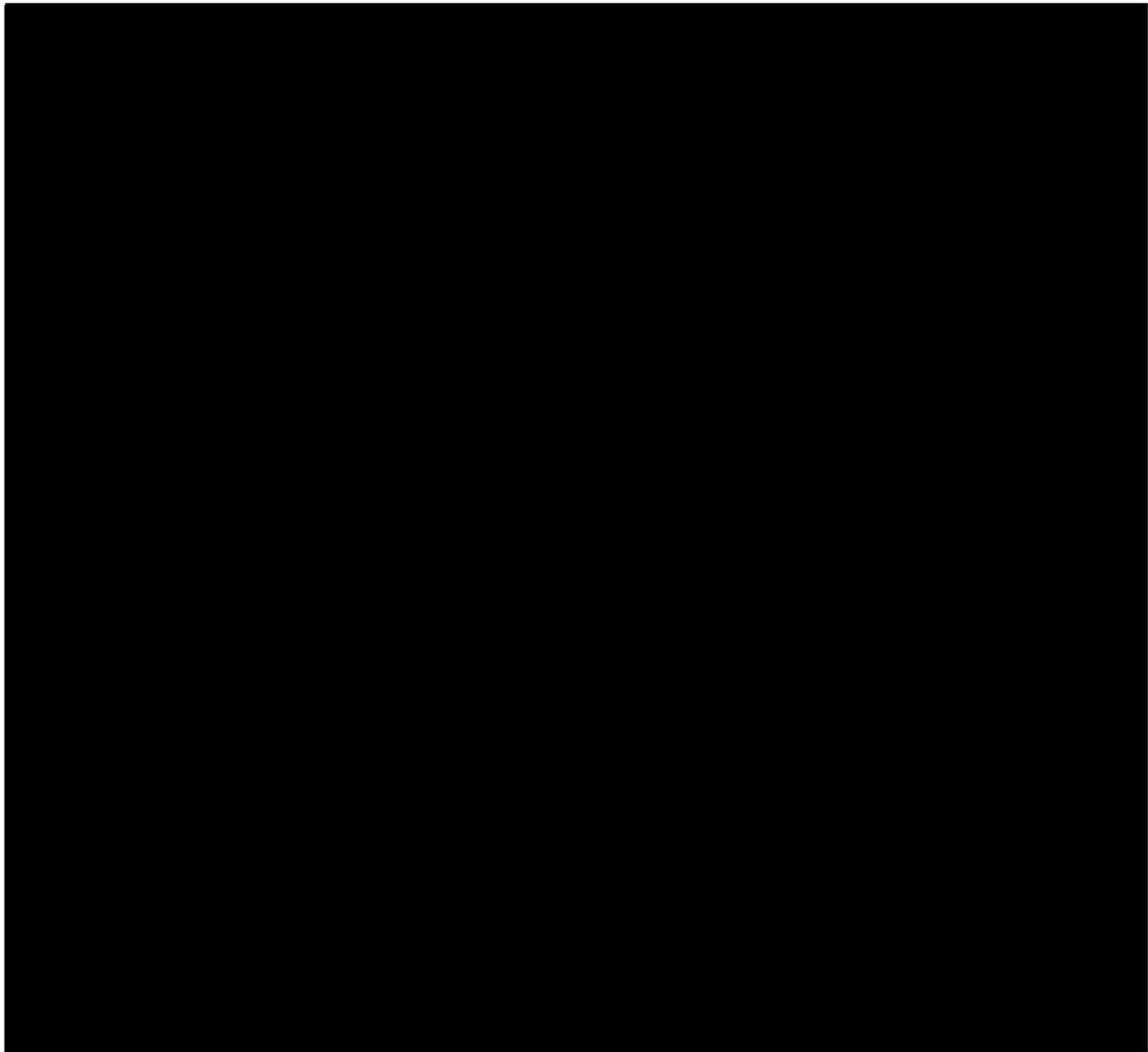


P167

Inventory of glacier lakes in parts of eastern Himalayas with special reference to outburst flood phenomenon (氷河決壊現象による東ヒマラヤの氷河の特徴)

Utpal Bhattacharya and Anasuya Bhattacharya





6. 12閉会式

大谷 晃((株)アイ・エヌ・エー)

16:30～ Concluding Session(ホール A)

予定より30分遅れて開始した。各国の代表による今回のシンポジウムの総括があった。講演を行ったのは、イギリス、インド、中国、アメリカ合衆国、イタリア、日本、バングラデシュ、パキスタンの国々であった。日本の代表として、市川慧日本応用地質学会会長(本調査団の団長を兼ねる)が講演を行った。主催国のネパールからは、地質鉱山省の大臣、ネパール地質学会会長、今回のシンポジウムの convener である Tribhuvan University の Upreti 教授が講演を行い、閉幕した。

以下は市川会長の挨拶の内容である

Ladies and gentlemen.

Dear IAEG Members and Fellow Geoscientists

I am Kei Ichikawa, the President of the Engineering Geological Society of Japan. On this occasion, on behalf of our Society, it is quite honor for me to have an opportunity to address at the closing session.

First of all, I would like to express to the Nepal Geological Society, the Nepal National Group of Engineering Geology, and all of the members in the organizing committee, well-organized this symposium.

I would like also give congratulations to this great success of the International Symposium Conference on Engineering Geology, Hydrology and Natural Disasters with Emphasis on Asia. And, I believe that all of the participants got new and amazing academic knowledge or viewpoints through interesting discussions beyond nationality at the foothill of world highest mountainous region.

Recently, enormously huge earthquake attacked to Turkey, Greece and Taiwan within a few months. And incredibly big Hurricane have struck at the southeastern part of United States. Humanity and economical damages by these disasters are innumerable. I offer a condolences to the damaged people from here.

Towards the coming 21st Century, I believe that the engineering geology will have more and more important role for a prevention of the natural disasters such as earthquake, landslides, volcanic eruptions etc., through the scientific approach.

Engineering geologists will also have to involve the various environmental problems, which may arise with the development of human activity.

Today, the economic activities are still weak in some parts of the world. Since, engineering geology has a close relationship among economic conditions. I think that in such time, we should put this field on a firm scientific and engineering basis in preparation for future development. And, for this purpose, the close partnership within the world of the engineering geologists would become more and more necessary.

I do hope and believe that many new relations have been born through this symposium.

Finally, I would like to pay my respect to the Nepal national group again for the well organization of this significant symposium.

We will meet again at Rio de Janeiro, 2000.

Thank you very much for your attention.

Sagaarmatha ko desh Nepal ma yahaharusanga, bhetna dauda khushi lagyo.

Yahaharuko maya, ra swagat ko lagi .

Bhitri man deki dhanyabad dina Chahanchu.

Dhanyabad Namaste.

その後 18:00 より 10 月 1 日からのポストシンポジウムツアーの説明がホール A で行われた。私たち日本からの調査団が参加するコース 1 は、ネパール西部のバイラワ、ポカラをめぐる 4 日間のツアーであり、参加人員も 90 人(バス 3 台)と最も多いようであった。主催者からは、1 日目、2 日目の目的地の到着が 19:30 と遅くなるため、時間を厳守するようとの注意があった。1 から 3 日目は、出発が 7:30 と朝早い時間となっていた。ネパールの人からは、このツアーは、very hard という感想を聞いていた。私たちは、ネパールの道路事情を知ら

ない(ほとんど舗装されていない、道が狭い、トンネルがない、山を越えるには峠道を越えていくなど)ため、なにが hard なのかはわからなかった。ポストシンポジウムツアーを通じて、地図やシンポジウムでは、窺い知ることのできなかつたネパールの道路事情を痛感することができたようである。ポストシンポジウムツアーを通じて、地図やシンポジウムでは、窺い知ることのできなかつたネパールの道路事情を痛感することができたようである。



閉会式で講演する市川団長



閉会式で講演する中国の王会長



閉会式で講演する ネパール地質鉱山省の大臣

6.13 IAEG 評議委員会

井上大榮(電力中央研究所)杉山了一(株電源開発)

1999. 9. 27 9:00-16:30,ネパール、カトマンズ、コンベンションホールにて

出席者 王思敬会長他約 40 名、21 ナショナルグループ,前半(田中副会長、杉山)、後半(市川 IAEG Japan 代表、井上国際委員長)、千木良教授(ISSMGE の石原会長代理)

1. Opening by the President

王思敬 IAEG 会長から以下の挨拶があった。

- (1) IAEG は現在70の国から7000人のメンバーを抱え、世界中の国が参加するようになった。
- (2) 20 世紀の最後の 10 年に IAEG は持続有る発展のために、国際協力、自然災害コントロール、環境保護に力を入れて来た。
- (3) これまでの会長の努力によって、機構改革、名前の変更、雑誌の発行など多大な努力が払われてきた。
- (4) 今回選ばれたメンバーは 2002 年まで、任期があり、応用地質学の科学的レベルへの発展、世界の応用地質学者の発展と成功への可能性を探る。

2.List of participants; verification of quorum

参加者の簡単な自己紹介と参加ナショナルグループ数の確認に引き続き、評議委員会の開会が宣言された。

3. Approval of the report of the council meeting in Vancouver(1998)

事務局から、昨年バンクーバーで行われた評議委員会の報告が口頭であり、拍手で承認された。主な項目は以下のとおり

1998-1999のアクションプラン、会員状況、各地域の副会長レポート、会費滞納の取り扱いなど

4.Report of activities by the Past President (1998), 1999 report of activities and 1999-2002 action plan by the President

マリノス前会長からこれまでの主な活動についての報告がされ、Wang Sijing 会長から 1999 年活動経過報告及び今後の予定が報告された。

ポルトガルの委員から news letter の発行を頻繁に行うように提案があった。

5.Report of activities by the past Secretary General (1998) 、Report activities by the Secretary General

(1999)

(1) バンクーバーの総会以降 2396 人も会員が増加し、会員の総数は 7600 人に達し、大部分が 65 のナショナルグループに属している。

(2) 雑誌が 3318 名に配布され 166 名増加したが、これは 1993 年と比較すると当時は 4279 名であり減少していると言わざるを得ない。Brian Hawkins, Roger Cojeon 両氏の努力によって雑誌が良くなってきているので会員の増加が期待される。

(3) 各ナショナルグループの会費の支払い状況とその取り扱いは以下のとおりで、3 年滞納している Bolivia, Costa Rica, Ghana, India, Israel, Morocco, Nigeria についてはバンクーバーで決定したとおり、dismiss した。また、Albania と Algeria は 3 年会費を滞納しているが、活動は行っており経済的に問題がある。Ecuador, 韓国, Tunisia, Venezuela は 1996 年から会費を滞納。Bulgaria, Hungary, Senegal は 5 年前に一回会費を払ったのみ。Mongolia と Iran はそれぞれ、1997 年 1998 年に入会したが、会費を納めていない。

(4) このたび雑誌は Springer Verlag から送付することにし、①各国ナショナルグループに送付するか、②個人に送付するかは選択が可能である。毎年始めにその選択を住所のリストと共にセクレタリーに送付すれば、その年の分はそれで行う。年の途中では変更できない。年の途中で新しい会員には対応できるが、退会については対応できない。58 巻については今年の 6 月と 7 月にその作業を終えている。来年のリストについては 2000 年の初めに提出してもらいたい。

ちなみにわが国は①にしてある。

(5) 今年のニュースレターは 1 月と 6 月に発行した。少し編集方針を変更して、内容を減らして、発行回数を増やしたいと思っている。執行委員会、評議委員会の内容、各コミッションの活動報告、IAEG 主催の行事などのみならず各ナショナルグループの活動も載せたいので協力を願いたい。今後は 3 月、6 月、11 月の年 3 回発行にしたい。

(6) インターネットのホームページは現在ギリシャにあるが、フランスに移す予定である。

(7) ポルトガルの委員から news letter の発行を頻繁に行うように提案があった。

6. Pierre Potherat より、以下の報告があり承認された。

(1) 1999 年度の決算見通しと 2000 年度の予算内容。

(2) 会費を EURO 建てした場合のフランス・フランとの関係について、フランス・フランの端数が繰り上げられ、微少の値上げとなる。

7. Vice President reports

Post President より、アメリカの会員数が増加したことについて特に歓迎の意が表された後に、Vice President から以下の報告があった。特記事項のみ記す。

(1) 北米(E.Gray)カナダの活動は相変わらず活発である。アメリカの会員が 211 人と増加していることについて、3つの関連する学会が IAEG を汎世界的に組織と認められるに到ったという経過があった。

(2) 北ヨーロッパ(Rengers)ヨーロッパは Coelho と Rengers が副会長としていたので、それぞれの国の手分けをした。ドイツは会員が 600 人を越え、活動が活発である。スイスは 25 周年を迎えた。ヨーロッパナショナルグループは 4 年に 1 回に行われるコンGRESSの間にヨーロッパの IAEG コンGRESSを開催するという機運が高まっている。

(3) 南ヨーロッパ(Coelho)ロシア、トルコ、フランス、クロアチア、アルバニア、リトアニア、ユーゴスラビア、ポルトガルなど国内でシンポジウムを開催している。また、今後さまざまなシンポジウムを計画している。

(4) 南アメリカ ブラジルでの活動は活発だがアルゼンチンの活動が低下しているので懸念している。南アメリカのグループのシンポジウムも計画中である。

(5) アジア(Komoo) アジアでは 4 つのナショナルグループしか連絡がつかなかった。

最大の話題は第 2 回アジア応用地質学シンポジウムを開催し、100 人以上の参加を得て 80 編以上の論文が提出された。そこでアジア小ミーティングを開催し、第 3 回、第 4 回のシンポジウムの開催をインドネシア、トルコと決定した。東南アジア地域(マレーシア、インドネシア、ベトナム、シンガポール)は人数が少ないことから東南アジアとしてこれまで登録されてきたが、時代の趨勢でこのナショナルグループとして登録するとの話が出ている。中国は会員 76 名、若手のシンポジウム、年配の応用地質学会の設立など。韓国は 10 名、インドは 10 名、インドネシアは 24 名、イランは 60 名、日本は 221 名で学会誌、斜面地質、応用地質図面集などの発行、シンポジウムの開催など活動的である。マレーシアは 21 名、モンゴルは 3 名、ネパールは 2 名、パキスタン、シンガポールは不明。

(6) オーストラリア(Bruce Rissolla)オーストラリア 240 名、ニュージーランド 144 名の会員でシンポジウムなど活発な活動を行っていること、来年 Geo Eng 2000 をメルボルンで開催することなどを報告。

8.Commission: Reports by the chairman, organization of commissions work aims and deadlines (publications, symposiums)

以下の委員会から報告がされた。

(1) ユネスコからの出版の推奨 Stone in the world シリーズを国毎に募集している。ブラジルとネパールのシリーズが既に発行されており、他の国も続くことを期待している。

(2) Waste Disposal

(3) Landslide and rock mass movement

(4) Aggregate

(5) Protection of Ancient Monument

(6) 新しい委員会として軟岩についての委員会 (South American soft rock and indurated soils) が承認された。具体的な内容については、次回のシンポジウムで詳しく説明する。

9. IAEG Bulletin; report by the Editorial-in-chief

編集委員長の Brian Hawkins 氏より

(1) 57 巻は発行し、58 巻の準備中であるが雑誌の発行が遅れていること。

(2) 論文は多く出されているが、編集幹事で英文の修正が大変なこと。

(3) Springer から出すようになったこと。

(4) 台湾の地震やコミッションレポートについて書いてもらいたいこと

などが述べられた。

それに対して、Brian Hawkins 氏が編集をやるようになって、雑誌が良くなって来て、他の雑誌と遜色が無いことなどの賞賛の言葉が述べられた。

10. IAEG means of communication :newsletters: bulletin: IAEG web site :presentation booklet
:membership directory

11. IAEG relations with the IUGS and other associations (AEG, ISRM, ISSMGE, IAH)

ISSMGE の石原会長の代理として京都大学防災研究所の千木良教授からこの評議委員会の成功を折ることと来年メルボルンで開催される Geo Eng. 2000 を IAEG 他と協力して成功させたい旨述べられた。

12. Report on the IAEG 8th International Congress (Vancouver 1998)

カナダ応用地質学会が 5000 ドルを供出し、経済的には大成功であったこと。55 国から出席があり、8 のキーノートを含め、オーラル、ポスターなどの優れた発表があったことを前会長のマリノスが報告した。

13. 16th IGC in Rio de Janeiro (Brazil) 2000

2000 年の 8 月 6 日から 17 日にかけてリオデジャネイロで開催される表記万国地質学会議は 2nd サーキュラーが発行されるなど着々と準備が進んでいる。アブストラクトの締め切りが 10 月 1 日となっているので、各国に連絡してもらいたい。応用地質についてはブラジルのナショナルグループが責任を持つことになっており、当初は応用地質については 3 つのテーマであったが 2nd サーキュラーの時点ではさまざまな他の分野もカバーし、6 つに増加している。執行委員会、評議委員会、ゼネラルアセンブリ、発表などの準備をしてもらいたい。

14. Geo Eng. 2000 Melbourne

2000年11月19-24日にメルボルンで行われる旨、オーストラリアナショナルグループからオーストラリアのスライドと共に紹介があった。

15. IAEG 9th International Congress, Durban, 2002

表記会議及びシンポジウムを2002年9月16日-20日に南アフリカのダーバンで行う旨アナウンスがあった。すでに政府から8万ドルの寄付をとりつけたとの報告と共に、1st circular が配布された。早期の登録費が520ドル、期限が迫ると725ドルとのアナウンスがあった。詳しくは<http://home.geoscience.org.za/saieg/2002.htm>参照とのことであった。

16. Other forthcoming events organized and/or sponsored by the IAEG

以下は IAEG co-sponsored

1999.11.8-12, Bangkok, Thailand, Civil and Environment Engineering Conference -new frontiers and challengers, AIT's 40th anniversary

2000.6.26-30, Cardiff, United Kingdom, 8th international Symposium on Landslides

2000.8.5-17, Rio de Janeiro, Brazil, 31st International Geological Congress

2000.9.10-12, Hannover, Germany, Engineering Geology and Environmental Planning

2000.11.19-24, Melbourne, Australia, Geo Eng. 2000

2001.6.30-8.2, Ekaterinburg, Russia, EngGeol City, 2001, International Symposium on Engineering Geology and the Environment

2001.8.6. -10, Helsinki, Finland, International Conference Aggregate 2001 - Environment and Economy

2001.8.2-27, Beijing, P.R.China, First International Conference on sustainable development in karst regions

2002.9.16-20, Durban South Africa, 9th IAEG Congress

2003.9, Istanbul, Turkey, Industrial Minerals and Building Stones

2004, Praga, Czechoslovakia, 9th International Symposium on Landslide

開催年不明 Lima, Peru, Debris flow Conference

2006. United Kingdom, 10th IAEG Congress

17. 2000 Hans Cloos Medal and Richard-Walter prize

Professor Vincenzo Cotecchia, nominated by Italy

Professor Paul Marinos, nominated by China and Greece

Dr. Robert L. Schuste, nominated by USA

Mr. David Stapledon nominated by Australia

の4氏が候補として上げられ、今後規約に基づいて決定される。

Richard-warner prize については応募が無かったので再公募する予定である。

18. Amendments to statutes and by law

(1) 名誉会員の規定を設けたい

(2) 会長の選挙は会長就任の2年前に実施し、前、現、次期会長の3人で運営していきたい。

今後、執行委員の中で上記を詰め、各ナショナルグループに意見を聞いて、出来れば次回のブラジルで決めたい

19. National groups: activities: payment of fees; re-integrated groups; new groups

特に名指しでインドの活動が低下しているとの指摘があった。かつてはアジアの応用地質学はインドがリードしていたが、会員数も減少し、今回の代表も送り出されていないことから、とりあえずシンポジウムに来席しているインドの人に出てもらっているが、どうしたことかと指摘がされたが、背景が良くつかめない。

20. Miscellaneous

各コミッションの web site がばらばらで出来るだけ同じ場所にならないかとの発言があった。

21. Date and place of next meetings of the executive council and committee

次回ブラジルでは2000年8月6日(日曜日)午後2時から IGC の開会式があるため、執行委員会は4日(金曜日)、評議委員会は5日(土曜日)ということで決定された。

7. アジア応用地質学シンポジウム

7.1 クアラルンプールにおける地すべり (アジアシンポ、テクニカル・ツアー)

仲村治朗(榊中部電力)

(1) はじめに

1) マレーシアの紹介

マレーシアは、国土総面積が約33万km²(日本の約90%の広さ)、人口が約2000万人(1995年、うち、マレー系44%、中国系31%、インド系8%、その他)の多民族国家である。首都クアラルンプールは、約百年前から錫鉱山の町として栄え始め、現在人口約100万人、写真1、2に示すように、緑の中にイスラム教寺院(モスク)とペトロナス・ツインタワー(高さ453mで現在世界一)をはじめとする高層ビルが混在するエキゾチックな近代都市となっている。その他に、全長1900kmのマレー鉄道、近代的なスパン国際空港(クアラルンプール郊外)などの社会資本の意欲的な整備が行われており、また、マラッカ海峡に浮かぶ国際的なリゾート地ペナン島などがあり、若くエネルギー豊かな国である。

国教はイスラム教であり、宿泊したホテルでも早朝から礼拝している姿を見ることができた。お酒は飲まない習慣であり、シンポジウムのバンケットでもアルコール類は出なかった。また、豚肉は食べないため、「サテー」と呼ばれるマレー風焼き鳥などが代表的なマレー料理である。公用語は、マレー語であるが、英語もかなり学校で力を入れて教育しており、シンポジウムの中でも発音は多少訛っていても、英語でやり取りしている姿を見ていると、日常生活からかなり英語を使っている印象をうけた。

2) マレーシアのエネルギー

マレーシアは、天然ガス・原油・錫・ゴムなどの豊富な天然資源を持っており、最近10年間でも実質GDP成長率が8%以上という高い経済成長を見せている。エネルギー政策としては、表1に示すように、国内エネルギー資源の開発によりエネルギーの多様化(天然ガス、石油、石炭、水力)を進めて石油への偏重から脱することで、エネルギーの安定供給、主要な外貨収入源である石油資源の延命と環境への悪影響の低減を図っている。

電気事業については、表2に示すように、マレー半島ではテナガ・ナショナル社(国家電力庁が1990年に民営化、さらに1997年に送・配電、発電、コンサルタント・プロジェクト技術管理の3部門に再編成)、ボルネオ島ではサバ電力庁・サワリク電力供給公社(今後民営化の予定)がそれぞれ運営している。マレーシア経済の着実な成長に伴い、10%前後の高い増加率で最大電力需要(1996年には735万kW)が伸びている。一方、表3に示すように、テナガ・ナショナル社の発電設備は、1996年では762万kWであり、「脱石油、国内エネルギー資源の活用」という政策により、天然ガス主体の電源構成となっている(図1、表4参照)。また、設備予備率の急速な低下のため、独立系発電事業者(IPP)による発電形態が導入され、1996年では342万kW(天然ガス火力)を占めるまでに至っている。

(2) クアラルンプールにおける地すべりの概要

シンポジウムのテクニカル・ツアーとして、9月24日(金)の午後、クアラルンプール郊外の地すべり地点を巡検した。クアラルンプールは、この15年間に急激な近代化を遂げており、郊外の丘陵地帯にも高級住宅・高層マンシ

ョンが次々に建設されてきた。その中には、丘陵地帯の沢地形を埋め立てて造成した所に高層マンションの基礎地盤や背後斜面が、豪雨の際に地すべりを起こして建物が崩壊しており、このような地すべり跡を3箇所見学した。いずれの地すべり跡には水みちができており、急激な建設ブームと不十分な地下水処理対策などの原因により発生した地すべりと考えられ、避けることができた災害であったと言える。

今回巡検した「Bukit Antarabangsa」と呼ばれる幅の狭い丘陵は、図2に示すように、クアラルンプールの北東部に位置し、長さは2km、最大標高は229mである。基盤の地質は、荒い組織と斑岩を少し含む花崗岩から成るが、雨期・熱帯気候における広範囲な化学的風化のために、残留土の層厚が30mにおよぶ地域がある。花崗岩の残留土は、多量の水を含むと急速に安定を失うことになる。1966年と1997年に撮影された航空写真を調べてみると、この丘陵には地すべりを起こしやすいことがわかる。マレーシアのような気候条件においては、雨期の期間に多くの地すべりが予想されるわけである。

(3)12階建て高級マンション”Highland Towers”A棟の地すべり事例

地すべり地点1は、1985年以前に地すべりが起こっており、1985年に撮影された航空写真で見ると、地すべりの範囲はおおよそ幅80m、長さ130mである。この地すべりが発生した時には付近に構造物が無く、重大な被害が無かったために、この地すべりに関する調査記録は何も残っていない。しかしながら、現地の地形を観察すると地すべり地帯であることが予想される。もし、地すべり地点1に関して、適切な調査結果が残されていれば、この地域で建設計画を立案する際に、地すべりに対して配慮したであろう。図3に示すように、この地すべり地点1のすぐ近傍において、マレーシア史上最悪の悲劇を生んだ地すべり地点2が位置するのである。現地では、写真3に示すように、すでに樹木が生い茂り、地すべり跡を確認することはできなかった。

地すべり地点2における地すべりは、1993年12月11日に発生した。この地すべりはマレーシア史上最も重要な地すべりとなり、12階建て高級マンション”Highland Tower”A棟に住む48人の命を奪うことになった。90m×120mの範囲で約4万 m³ の土砂が崩壊した。この惨禍の結果、国家レベルで丘陵地帯でのすべての開発を見直すことになった。

地すべりの発生機構については幾つかの考え方があがるが、この地すべりに因って基礎の破壊をもたらし、マンションの崩壊の引き金となったのである。

図4に示すように、滑り土塊は鉛直方向に1mから3m落ちており、高さ7m の擁壁とその背後にあった粘性土から成る土砂が崩壊した。この地すべりの引き金は「水」であり、不適切・不十分な排水設備が指摘されている。写真4に示すように、地すべり地点2も、地すべり地点1同様に樹木によって地すべりの痕跡を見ることができないが、沢から水が流れているのは確認できた。

なお、残ったマンション B 棟・C 棟の住人は、安全が確保できないことから退去しており、廃墟となって建物だけが今残っている。

(4)高層マンション”Anthenaem Tower”敷地の地すべり事例

地すべり地点3は図5に示す様に地すべり地点2の北に位置し、今年1999年の5月15日に地すべりが起こっている。地すべり地点3は、高層マンション“Athenaeum Tower”のごく近傍で発生しており、敷地の遊び場や塀に影響を与えている。写真5に示すように、塀の支柱にクラックが入っており、そこに変位計が設置され、計測が行われている。写真6で見ると、この地すべりは、長さ140m、幅30m程度の規模であり、5年以上前にも地すべりを起こしたと推定されるが、やはり何も記録が残されていないようだ。

崩壊した土砂は、建設時の掘削残土が約7.5m盛り土されたものであり、その下の元地盤の地層は、厚さが12.5mから25.5mと異なる風化花崗岩(サプロライト)である。この盛り土と元地盤との境界が滑り面となったとされている。この事例では、もともと掘削残土を地すべり地帯である丘陵斜面に盛り土することに無理があり、また、雨水の排水設備も不十分だったことが地すべりの原因と考えられる。計画・建設時点において、地すべりに対する考慮がまったく無かったと言える。

(5)高層マンション Wangsa Height 付近の地すべり事例

地すべり地点4は、地すべり地点3の北に位置し、地すべりを起こした時期も地すべり地点3とまったく同じ日であり、雨期の最中のことである。写真8・9に示すように、地すべりの規模は、長さ130m、幅110mである。地すべり地点3と同様に、丘陵の天端を整地し、その際の掘削残土を盛り土した地点であり、その厚さは10mにも及ぶ。滑り面は、やはり盛り土と元地盤との境界付近と推定されている。崩壊土砂は、住宅地に向かう道路を塞ぐとともに、溜池を分断する結果となり、市民生活に多くの影響を与えることとなった。

この事例も前例と同様に、掘削残土の処理があまりに杜撰であり、まさに「人災」と呼ぶべき事例である。

(6)まとめ

今回報告した地すべりは、マレーシアにおける都市災害の典型であり、急速な都市開発に対する負の面を警鐘している。今回の地すべりのような都市災害を最小限にするには、科学的調査により発生現象を完全に把握するとともに、地盤災害の危険を制御・低減するために多方面での責任ある取り組みが必要である。

表1 国内エネルギー生産量の推移

A large black rectangular redaction box covering the content of Table 1.

表2 電気事業者の比較

A large black rectangular redaction box covering the content of Table 2.

表3 半島マレーシアの発電設備容量の推移

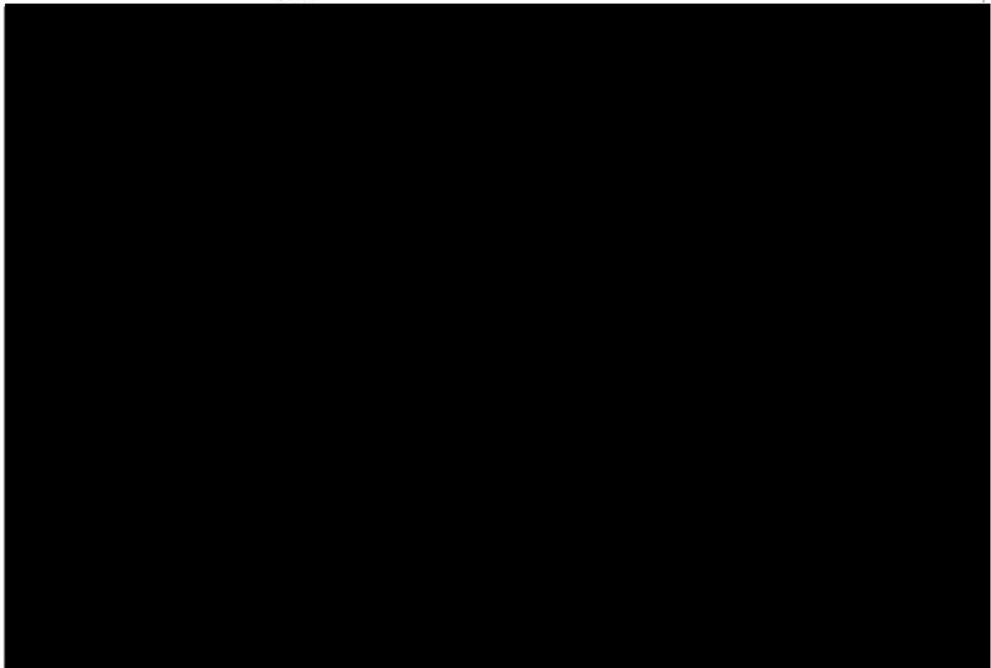
A large black rectangular redaction box covering the content of Table 3.

表4 TNBの主要発電所(1996年8月)

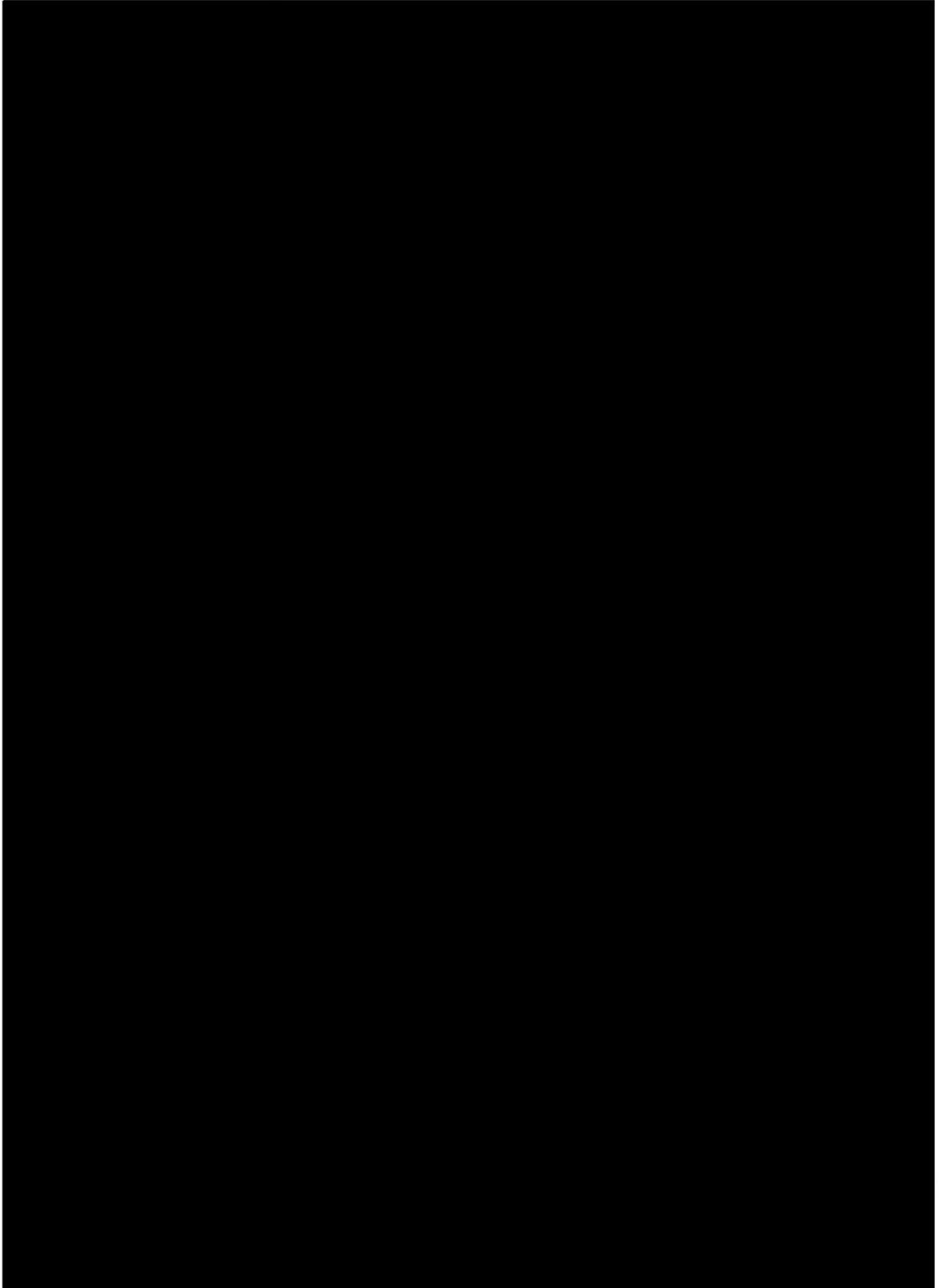
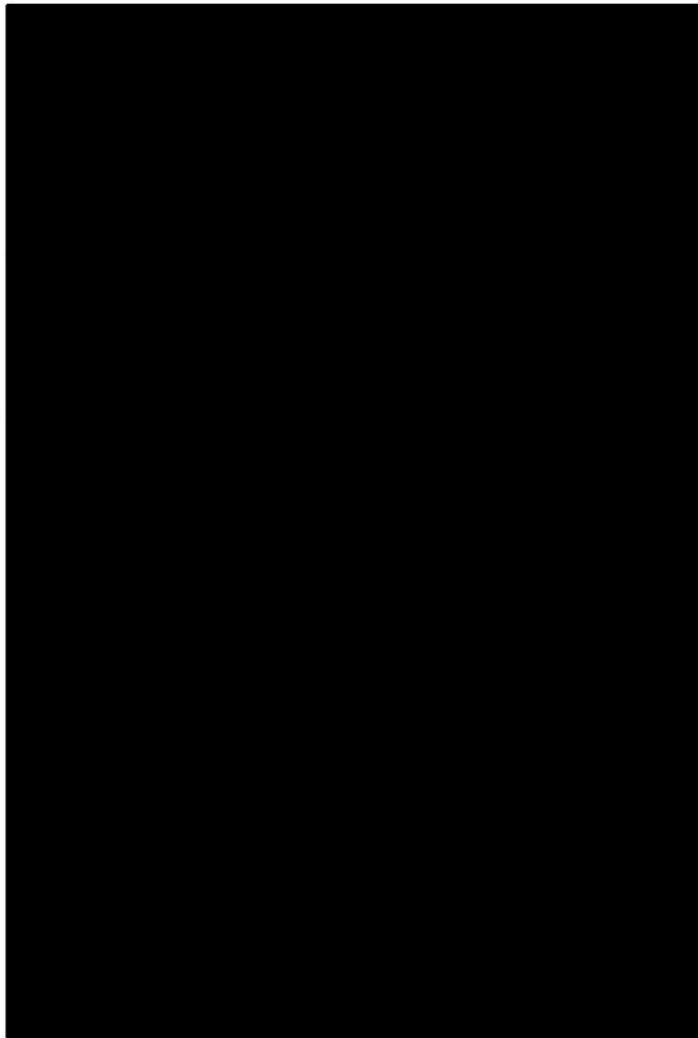
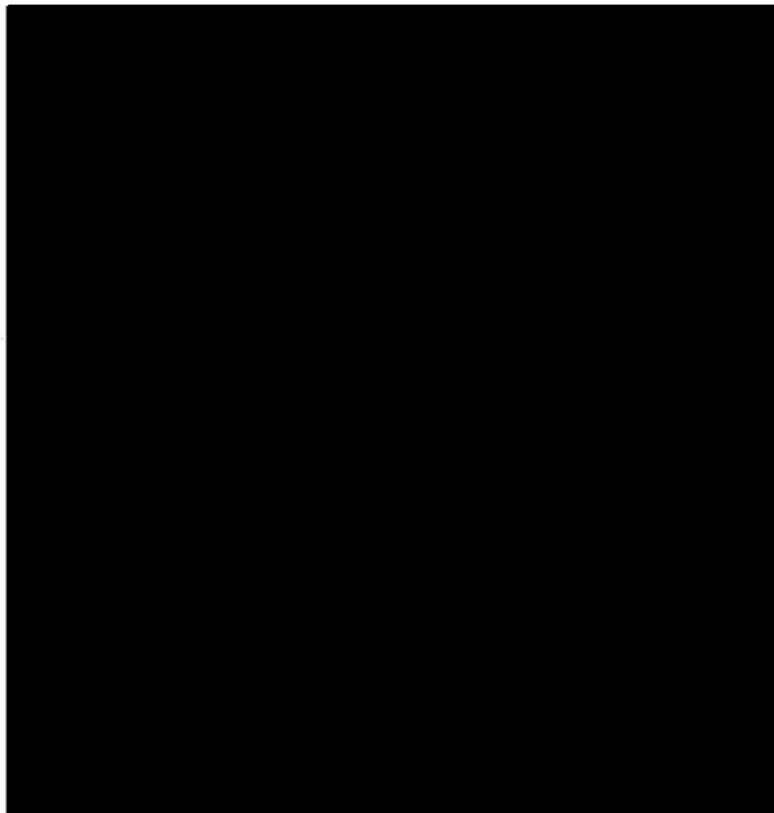


図1 半島マレーシアの主要発電所

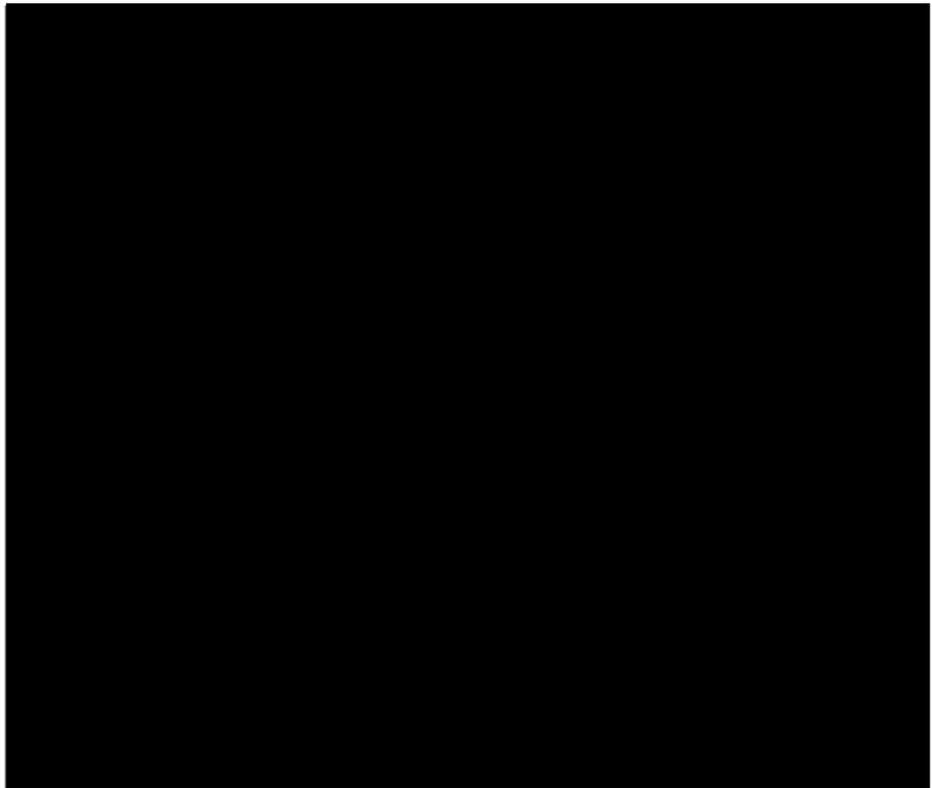




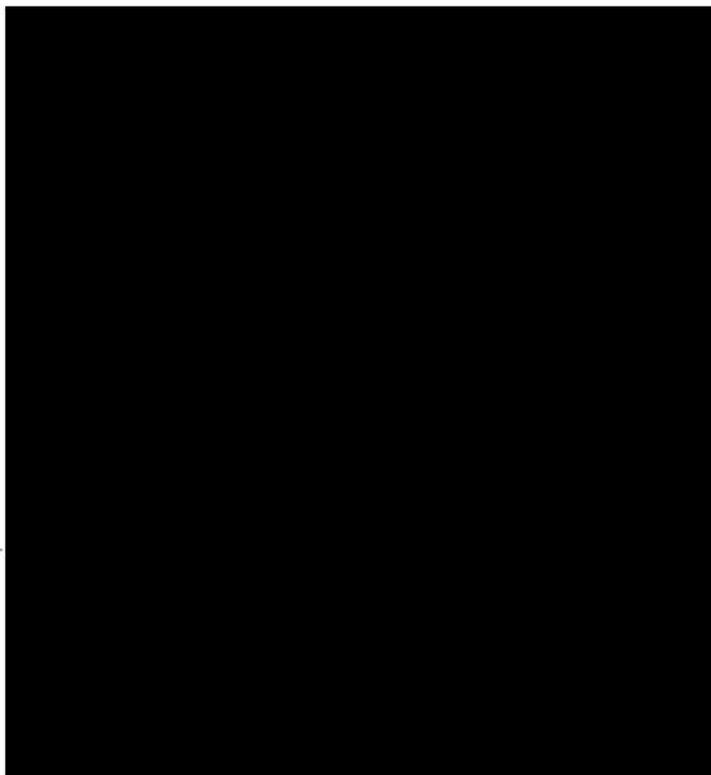
☒ 2. : Landslide localities at Bukit Antarabangsa



☒ 3. :
Geological structure in the environs of Landslide 1 and Landslide 2
(mapped by JPKM, 1994)



☒ 4 : Engineering geological map of Landslide 2 which toppled Block A of Highland Tower Condominium



☒ 5 : Locations of Landslide 3 and Landslide 4 on the western flanks of Bukit Antarabangsa



写真1「マレーシア近代化の象徴
ペトロナス・ツインタワー」
マレーシアの首都クアラルンプールは、現在人口約100万人。緑の中にイスラム教寺院（モスク）と高層ビルが混在するエキゾチックな近代都市である。この近代化の象徴とも言えるべきペトロナス・ツインタワーは、高さ453mで現在世界一のつばの高層ビルである。



写真2「クアラルンプール市内の街並み」

クアラルンプールは、この15年程で急速に高層ビルが立ち並ぶようになった。中には、資金融資が中断し、タワークレーンを設置したまま、建設工事が中断している高層ビルも見ることができる。



写真3「地滑り地点1 1985年以前に起こった地滑り跡」

1985年前に地滑りが発生し、1985年に撮影された航空写真では、地滑り跡が確認された。今は樹木が生い茂り地滑り跡は確認できない。しかし、当時の調査記録が何も残っていなかったために、近傍に建物を計画する際に、地滑りに関して何も対策が為されていなかったことが、大惨事を招いた。



写真4「地滑り地点2 高級マンションの背後斜面の地滑り跡」
1993年12月に、12階建て高級マンション”Highland Towers”A棟の背後斜面が大規模に地滑りを起こし、建物も崩壊、48名の死者を出す大惨事が発生した。今では、樹木が生い茂っており、左側には廃墟となったB棟が残っている。

この地点は、地滑り地点1の近傍であり、過去の地滑り記録を元に背後斜面の補強・地下水対策を施していれば、大惨事を防ぐことができたのではないかと推測される。



写真5「地滑り地点3 高台マンション敷地地盤の沈下・変状」
地滑り地点3の極近傍に建っている高層マンションの敷地地盤が、沈下・変状を起こし、塀にも亀裂が発生している。



写真6「地滑り地点3 塀の亀裂と取り付けられた変位計」
地滑りの進行に伴い、周辺地盤が沈下を起こし、塀にも亀裂が発生。沈下の状況を見守るために、塀の支柱に変位計が取り付けられている。



写真7「地滑り地点3 高台マンションと地滑り地点を見上げる」
地滑り地点（ブルーシート部分）を下から見上げると、高台に建てられた高層マンションの足元で地滑りが発生しているのが分かる。なお、このマンションには現在でも大きなリスクをはらみながらも、住民が住んでいる。



写真8「地滑り地点4 同じく高層マンションと足元の地滑り」
地滑り地点4は、地滑り地点3の北に位置し、雨期の同時期に地滑りを起こした。この地点は、丘陵の天端を整地した掘削土砂を斜面に盛り土した場所であり、やはり、起こるべきして起こった「人災」と言える。



写真9「地滑り地点4 地滑り崩壊地の上から望む」
クアラルンプール郊外の丘陵地帯には高級住宅・高層マンションが次々に建設されてきた。しかし、丘陵地帯の沢地形を埋め立てて造成した所では、このような地滑りが各所で発生している。現在では、国家レベルで丘陵地帯での開発が見直されている。

7.2 第2回アジア応用地質学シンポジウムに参加して

大石博之(西日本技術開発(株))・阿部朋恵(榊大和地質研究所)

1999年9月23～25日にかけて、マレーシアのバンギにて第2回アジア応用地質学会シンポジウムが開催された。シンポジウムは基調講演8件、6つのテーマに分かれた講演が総数75件行われた。講演テーマは以下の通りである。

テーマ1: Site investigation for major projects and regional planning

テーマ2: Geohazard prevention in urban centers

テーマ3: Geological inputs for environmental planning

テーマ4: Sustainable utilization of earth resources

テーマ5: Foundation engineering in problematic terrain

テーマ6: Engineering geology in wet tropics

なお、テーマ1～6の各講演件数と国別講演件数は以下の通りである。

国名 \ テーマ	テーマ1	テーマ2	テーマ3	テーマ4	テーマ5	テーマ6	国別講演 件数合計
アルゼンチン			1				1
オーストラリア				2			2
中国	1	1	1		2	2	7
(香港)						1	1
インドネシア	2	1			1	1	5
イラン	7	2	1		1		11
イタリア		1					1
日本	3	6	4			2	15
マレーシア	10	3	6	2		4	25
ナイジェリア		1					1
パキスタン		1					1
ルーマニア			2				2
シンガポール						1	1
タイ					1		1

イギリス			1				1
テーマ別 講演件数合計	23	16	16	4	5	11	合計講演 件数 75 件

以上のように、講演数の内訳は、テーマ1が23件、テーマ2が16件、テーマ3が16件、テーマ4が4件、テーマ5が5件、テーマ6が11件であり、14カ国の方々により講演が行われた。中でも特筆すべきは、開催国のマレーシアから25件の講演があったが、それについて多い講演は日本からであった。ついで、イランが11件と活動が活発であることを示している。

第一回のアジア応用地質学シンポジウムを日本で開催した時は、ほとんど開催国の発表で、中国、韓国、台湾の講演があったのみであったが、マレーシア応用地質学会の努力でこの会がますます盛会になってきた。

また、24日にはStudy tourとして、Sunway Lagoon と Mine Resort City 見学と Land Slide 見学が行われた。

(1) 基調講演

基調講演では各国から最新のトピックが8件伝えられた。日本からも市川応用地質学会長による日本のダム技術の紹介と、中川応用地質学会関西支部長による阪神大震災の被害状況からみた地質学的問題点についての発表が行われた。

基調講演の中でも自然災害に関するもの(前述の中川先生の発表や、インドネシアの火山災害に関するもの)や環境問題と地質技術の関連に言及したものは、今後の応用地質学が社会から要求されるであろう重要課題を扱ったものといえ、興味深かった。また、ユネスコから、自然科学の教育施設である「Geopark」構想が発表された。実現の可能性については疑問も感じられたが、取り組みとしては興味深い。

(2) テーマ1

大規模プロジェクトと関連計画からの報告として、都市圏工事、高速道路建設、ダム建設等から各種の事例が発表された。

目に付く内容として、都市部の基盤中に存在している空洞(カルスト状の石灰岩中のもの)を物理探査(弾性波トモグラフィや地下レーダー、微重力計測等)で調査するものが5件発表されており、全てが当地マレーシアからの報告であった。その内の1件である「Cavity Detection: It's impact on the cost of ground treatment」(Jamaludin Othman, Malaysia)では、都市圏の基礎地盤を整備する上での空洞調査の重要性を改めて強調するものであったが、このような内容の講演がなされるということは、これまでのマレーシアの都市計画において地下の岩盤状況の詳細を知る作業が蔑ろにされてきたことの裏返しであると考えられる。首都クアラルンプール周辺の基盤岩はカルスト状の石灰岩類が主であり、地下の空洞部も多く存在することは想像に難くない。急激な経済成長で発展したマレーシアならではの話題として興味深かった。

(3) スタディ・ツアー

1) Sunway Lagoon と Mine Resort City 見学

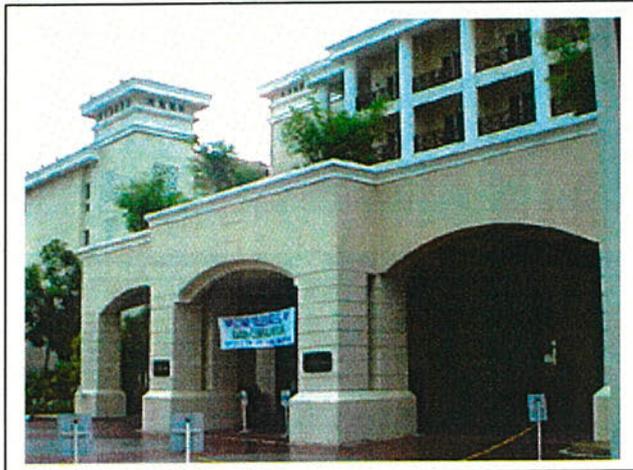
マレーシアは1900年代初期から1985年までの間、世界で最も大きな錫の産地であった。中でもクアラルンプール周辺は、主要な産地の一つとして知られている。この地域の錫鉱床は、石灰岩の基盤上に堆積した沖積層の中に漂砂鉱床として存在しており、それを露天掘りで掘削する方法がとられている。Sunway はクアラルンプールの南西約15kmにある町で、1950年代から1980年にかけて錫の採取が盛んに行われていた地区で

ある。Sunway Lagoon は露天掘りでの鉱床掘削後に発生した凹地を「水のテーマパーク」として再開発したもので、流水プールを含む遊園地とホテル、ショッピングセンターが隣接したリゾート施設である。Mine Resort CityはSunwayの東約10kmに位置しており、こちらも錫鉱山跡地がホテル、ゴルフ場、ショッピングセンターを伴ったリゾート施設として開発されている。

マレーシアの高度成長を支えた錫鉱山であるが、現在は閉山されているものも多い。クアラルンプール周辺等では、都市圏に隣接して露天掘りの凹地が多く残されることとなり、都市計画上の問題点として浮上しているものとみられる。今回の例にみるような観光資源への転換も一つの方法として有効であると考えられるが、いずれの施設もマレーシアの誇るべき錫鉱山の歴史を今に伝える内容は皆無に等しく、その点が非常に惜しまれる。

(4)所感

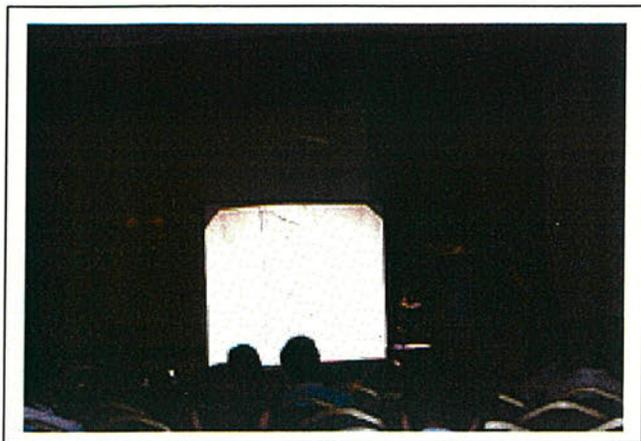
多くの講演を聞き、スタディ・ツアーに参加した上で強く感じたことは、日本の応用地質学は国際的なレベルの中でも高い位置にあるということである。今回行われた講演の中にもごく平易なレベルの事柄をケーススタディとして発表しているものも多くみられたが、それらは我々が通常取り組んでいる業務の中にも多く含まれている類のものである。言葉の壁、発注者に対する守秘義務の壁から難しい面があるのも事実であるが、可能な範囲で日本発の情報を国際舞台に発信していくことに自身も努めたい。また、今回のような国際シンポジウムで発表されるケーススタディの数々を集積し、取りまとめていく作業こそ、今後学会に求められる重要な役割となるはずである。各種岩盤分類の事例等は体系的にとりまとめることで国際的な基準となるような枠組みの策定できる可能性もある。学会内のワーキンググループ等で具体的な動きが生まれることに期待したい。



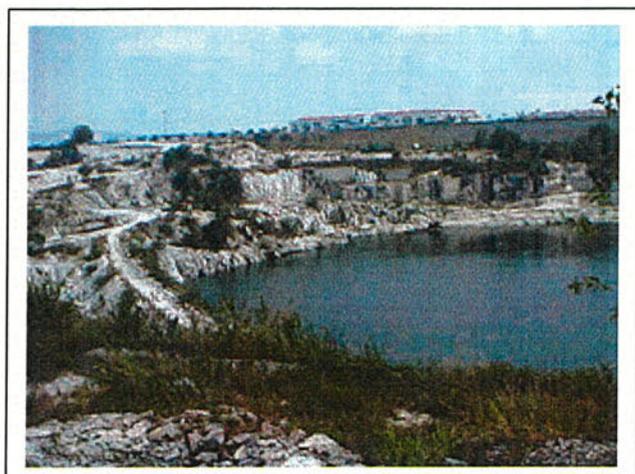
シンポジウム会場であるホテル Equatorial



オープニングセレモニー



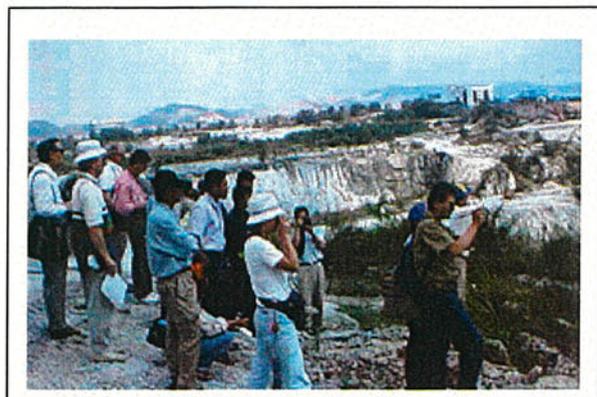
講演会場風景



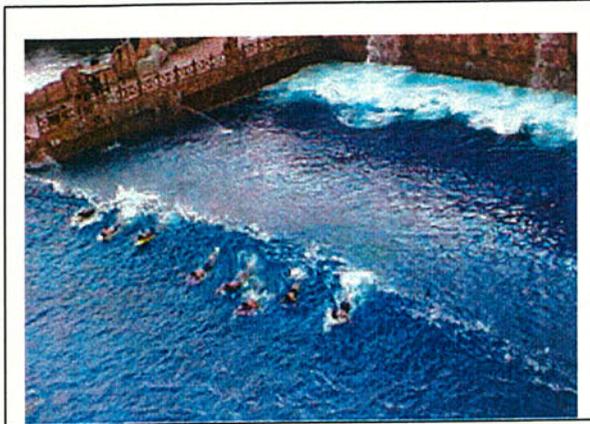
Sunway Lagoon

南側の2nd Quarry pit。

現在は採鉱を行っていないが、かつての姿を残した露天掘り鉱山跡。



2nd Quarry pit での見学風景



Sunway Lagoon 内遊園地の流水ブール



Sunway Lagoon 内のショッピングセンター



Mine Resort City に隣接して建つ高級ホテル



Mine Resort City の湖を渡るためのボート。湖は元々露天掘りの跡。

7.3 Lam Ta Khong プロジェクト(タイ国)見学記

大内 周(九州電力㈱), 太田 光彦(大成建設㈱)

(1) はじめに

我々両名は、当初、今回の海外応用地質学調査団の全行程に参加する予定であった。しかし、業務の都合によりバンギでの第2回アジア応用地質学シンポジウム終了後、クワラルンプールからバンコクを経由して帰国しなければならなくなった。せっかく「微笑みの国」を経由するのにトランジットだけで残念だと思っていたところ、バンコクから北東 200 km のコラートという所に、電源開発㈱が設計から施工管理を行なっているアスファルト全面表面遮水壁型調整池が施工中だという情報を得、当社が現在、宮崎県に施工中の小丸川揚水発電所上部調整池の参考にさせて頂こうということで、帰路途中に現地調査を行なうこととなった。このため、ネパールの国際応用地質学シンポジウムだけに参加された方々とは、結団式の時お顔を拝見しただけに留まってしまった。

(2) Lam Ta Khong プロジェクトの概要

Lam Ta Khong 揚水発電所工事地点は、バンコクから国道2号線(片側2~3車線で時速 100 km位で皆走っており、高速道路のようである)を車で 2 時間半程のメコン川水系ムン川支流ラムタコン川の中流部に位置する。国道2号線に沿う既設ラムタコン貯水池を下池とし、同貯水池右岸の丘陵部に新たに設ける掘込式調整池を上池として、これら間で得られる有効落差 360mを利用して最大出力 1,000 千 kW の揚水発電を行う計画である。

本プロジェクトはタイ国発電公社(EGAT)によるもので、実施設計や施工管理を電発

が、土木工事を VIANINI(伊)、DRAGADOS(スペイン)、NAWARAT(タイ)の3社JVが行なっている。調査時点での進捗は、土木工事で 90%を超えており、調査の主目的である上池の遮水壁の舗設は、最終段階を迎えていた。その他の構造物は、鉄管の据付を始めとし、主機の据付等を行なっている最中であった。

(3) 上部調整池

九州電力㈱では、現在、宮崎県の小丸川中流部に当社3番目の純揚水発電所である小丸川発電所を建設中であり、この上部調整池はアスファルト全面表面遮水壁型である。この遮水型式は、沼原調整池(1973, 電発)、八汐ダム(1993, 東電)や小規模な農業・上水用貯水池に採用されているが、小丸川は舗設面積が 30 万 m²と国内最大規模であることや、大規模な切土・盛土を舗設基盤としていることから、その設計基準の策定に取り組んでいる。国内に施工中の地点がない事から、今回、Lam Ta Khong 調整池を調査した。

1) 地質・設計

当地点の岩盤は中生代ジュラ紀の砂岩、シルト岩および粘土岩より構成されている。これらは層状をなし、北西方向に 10 度前後で緩やかに傾斜している。褶曲構造や明瞭な断層はなく、地質構造は安定している。本地点において地質上特に考慮が必要なのは、上池地点に分布する極めて軟質な粘土岩である。

調整池は掘込式であり、底盤部分は全て切土部である。形状は4箇所のコーナー部を持つ正方形であり、コーナー部の施工等を考慮し、たわみ特性の優れた表面アスファルト遮水壁型としている。上流面勾配 1:2.0、下流面勾配は 1:2.5 と緩くし、土捨場の一部と考え土工のバランスを計ると共に景観を考慮しており、堤体表面に客土と種子吹き付けを行っている。

2) 遮水壁

遮水壁の設計思想は電発が施工実績のある沼原調整池に沿ったものであり、その遮水壁の構造もこれを踏まえているものの、近年、世界的に標準となっている下部遮水層を省略した構造となっている。すなわち、調整池からの漏水は一切許容しないこととしており、その遮水壁構造は、①遮水を分担する上部遮水層(10 cm)、②調整池からの漏水を検知し排水する中間排水層(8 cm)、③舗設基盤としてのレベリング層(7 cm、透水係数が 10^{-4} 以下であるため下部遮水層としての機能も負担している)からなる。ただし、底面部は中間排水層が省略されている。これは、底面部において、仮に上部遮水層から漏水が生じたとしてもレベリング層が漏水を受けとめ、最終的にはトランジションに滲出させ、大規模な漏水を生じないとの考えによるものと思われる。斜面部において中間排水層を省略すれば、仮に上部遮水層から漏水が生じた場合、調整池側の水位が上下する部分では、透水係数の小さなレベリング層内に残留する水により背圧が生じ、これにより大規模な破損が生じるおそれと考えられる。これらの構造はコストや安全性をバランスさせた合理的な設計になっている。

3) 施 工

現地は、雨期(5月～10月)、乾期(11月～4月)が、はっきりしているが、気温については、通年暖かな気候である。現場での気温は42℃くらいまで上昇することがあり、舗設は朝8時位から日没まで実施しているとのことである。舗設を制限する条件は、降雨である。特に、東南アジア地域の特徴である、極めて短時間の内に天候を激変させ、降雨をもたらすスコールについては、施工を行う上で留意しなければならない。しかし、その遮水壁の構造からプリスタリングを生じにくいことから、舗設中止期間は短かったものと思われ、結果として舗設セット数が少ないにもかかわらず、工期が22ヶ月しかかかっていない。

(4) 雑 感

電力業界も今年3月の小売部分自由化がスタートするなど、本格的な競争の時代を迎えている。従来の国内だけでなく海外の電源開発にも積極的に取り組む必要がある。この先駆けとして電発がいろんな国で事業展開を行なっているが、ここでも箱島所長と笠さんが日本人2人で頑張っておられ、立派な発電所を作り上げていた。我々、数多くの電力土木技術者は、多くが国内仕様であるため、早急に意識・知識を変革し、狭い井戸を飛び出して荒波に向かう決意が求められている。

表-1 計画主要諸元

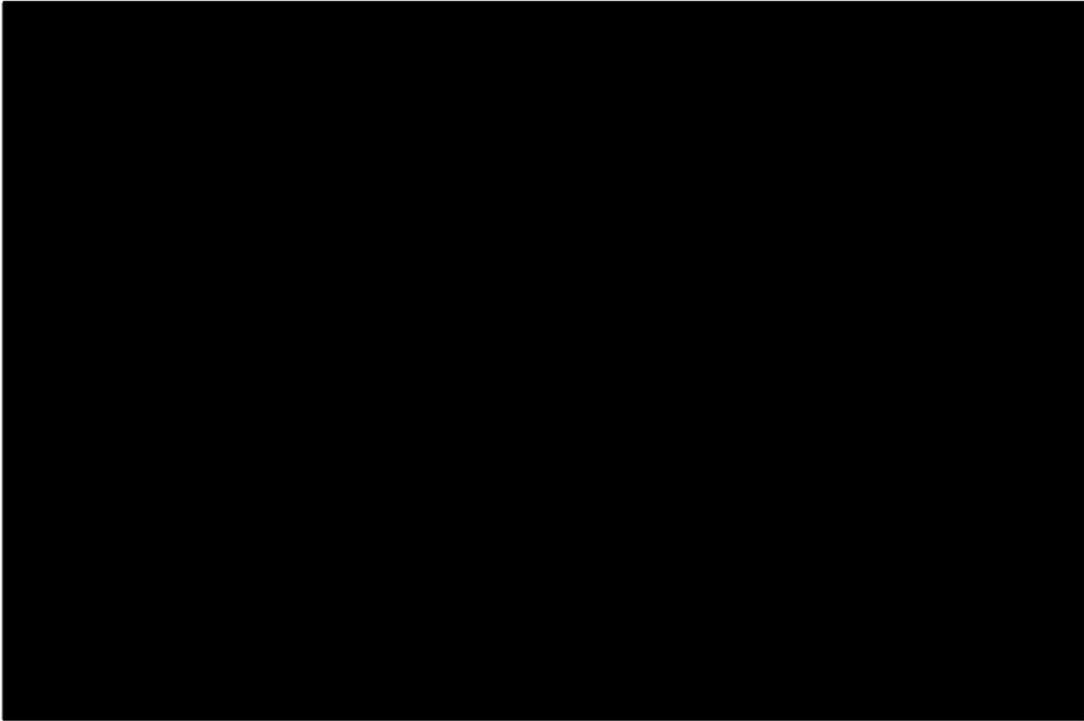
A large black rectangular redaction box covering the entire content of Table 1.

図-2 計画一般平面図

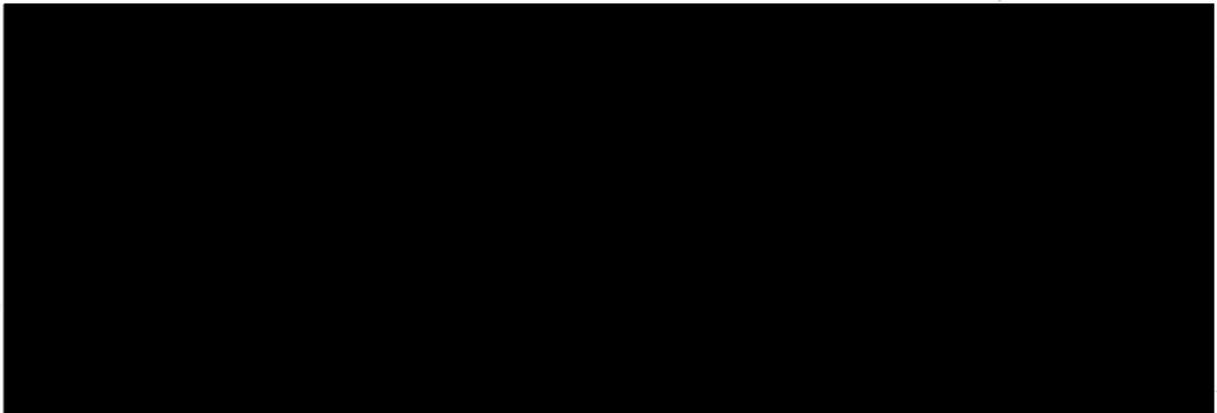


図-3 上部調整池盛土部標準断面図

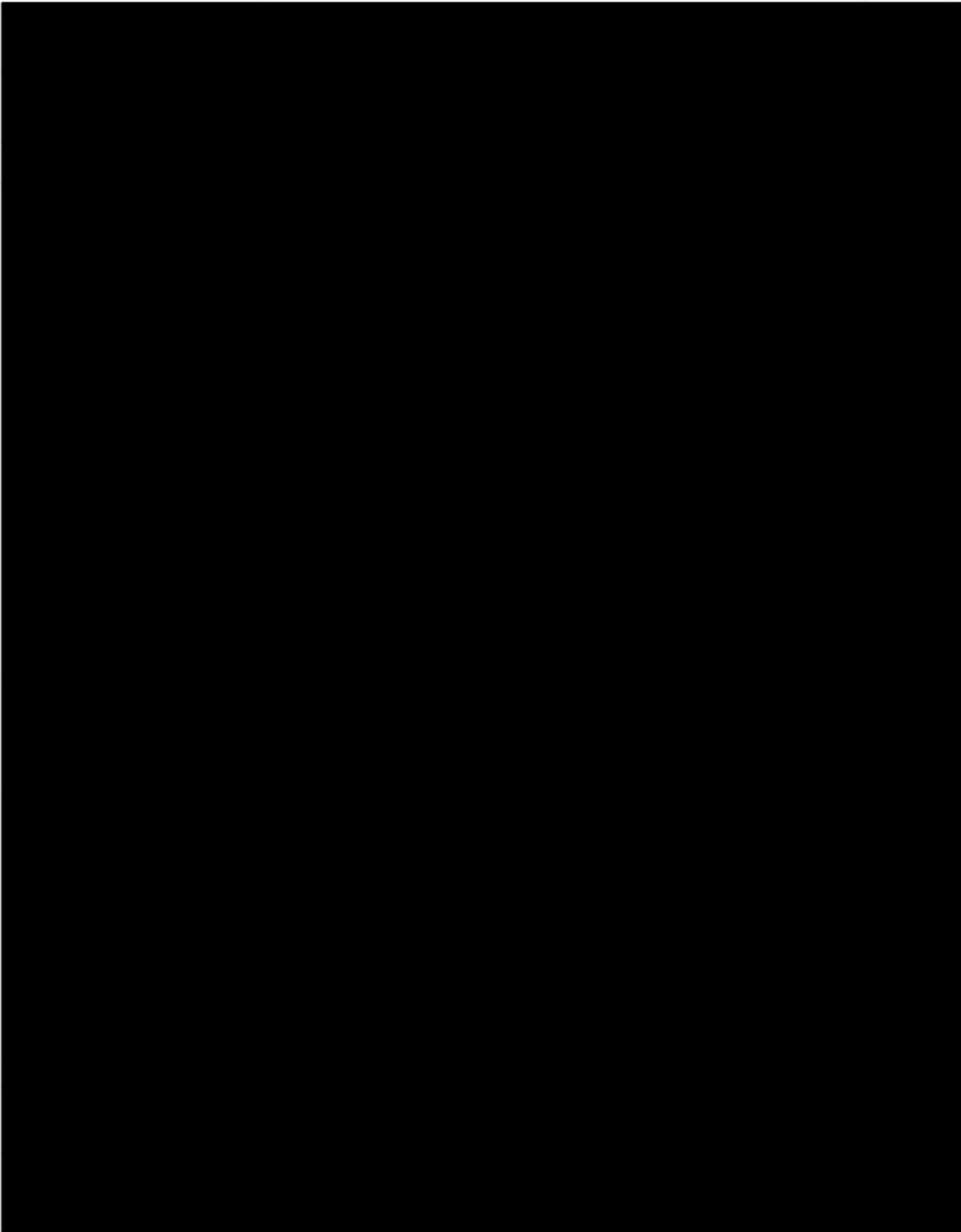


図-1 Lam Ta Khongプロジェクト位置図

写真-1
 斜面部舗装状況
 (右側は遮水層未舗装)



写真-2
 斜面部の遮水壁構造



写真-3
 舗装機械 (フィニッシャー;
 ABG-Titan325)



写真-4
 調整池近傍の
 アスファルトプラント

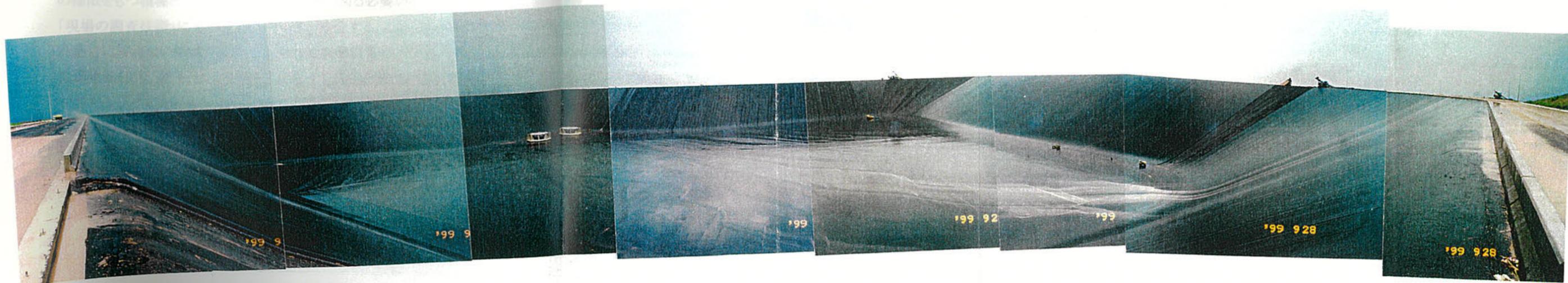
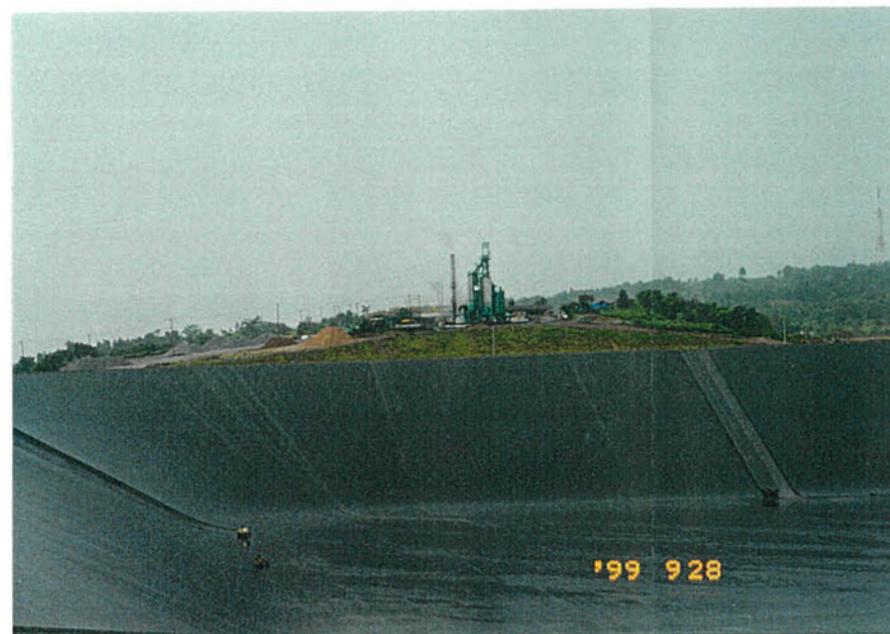


写真-5 上部調整池全景

8.おわりに

中川康一(大阪市立大学)

第2回アジア応用地質学シンポジウムのキーノートスピーカーとして、市川会長と共に日本応用地質学会の推薦を受けて、出席した。私は「Geological and geotechnical problems related to the earthquake hazard in mega cities」と言うタイトルで講演を行った。1995年に神戸地域を襲った地震は記憶の新しいところであり、それを教訓として、地表付近の沖積、洪積層の堆積地域における地質構造を含めた地盤の調査が重要で、これらは地質家のもっとも得意な分野であることを強調した。あいにく、到着後にパワーポイントが壊れ、2日間は部屋に閉じこもりきりで、準備をすることとなりマレーシアそのものを、満喫する時間がなかったものの、アジアを中心として多くの応用地質学の研究に触れたことは、非常に新鮮であった。

応用地質学の基礎理論はやはり地質学を基軸とした純粋地球科学に大きく依存しなければならないが、その地球科学が大きく衰退しようとしている今、社会との至近距離にあるという意味で、「応用地質学」分野こそが、それに果たす役割は計り知れないほど大きく、周囲から熱い目で期待されている。

応用地質学会の構成員の大部分がいわゆるジオコンサルティング・エンジニアであるが、彼らの研究環境は必ずしも良好とは言えず、むしろ劣悪といった感がある。周辺の他の分野に比べ、研究に没頭できる時間が極めて少ないことや、現場で得た新しいデータや業務の過程で得た新しい知見の公表に関しては施主からの制限が余りにも大きいと聞く。このような状況が若手技術者の研究意欲を大きく抑圧している可能性がある。平成不況が進む中、これらの改善の兆しは一切見えてこない。このような状況下では優秀な若い人材をこの分野に引き入れることも非常に難しくなっているのが現状である。

応用地質学分野を支えている「地質工学者」の不当なほどの地位の低さを挙げる必要がある。これは諸外国のジオロジストと比較すれば歴然としており、わが国の「応用地質学」の体系の未熟さを物語っている。我々の地位を高めるためになにを行わなければならないのかを考える。我々の立場は「大地・地球に関連して発生する、あるいは発生した問題の解決のために下された処方箋が正しいか否かを裁定できる人格をもつ」ものでありたい。これは俗に言う「大地のお医者さん」そのものを意味するもので、大地と関連した事故や犯罪から人間を未然に護る責任を有し、かけがえのない地球を健全な状態で子孫に引き渡す義務をもつ。

このような地球の裁定者としての地位の確立を可能にさせるためには、非常に高度な技術体系と高い技術者としての見識が必要となるであろう。

現在の斯業(大地に関わる事業)の支援者あるいは補助者(下請け)の受動的な立場から、推進または阻止の権限をもつ積極的な立場への大きな変換を図る必要があるが、これを実現するための背負って立つ基盤を「現場の調査技術」に求めることができると確信する。これこそが応用地質学の一つの範疇であり、他分野には絶対に譲れない領域である。これまでに自然災害として、片づけられたものの中には「調査不足」による人災が数多くあり、我々はこれを厳しく追及する責任を持つ。すなわち、大地のいかなる施工も「現場調査者」の判断および裁定を経由することを義務づける、回路設定の法的整備を訴えていく必要がある。この回路が有効に機能すれば、必然的に調査業務の需要が高まり、技術者の地位は飛躍的に向上することが期待される。「応用地質学」の真髄は現場の状況を正しく把握できる能力を持つ事である。