

# 第 15 回海外応用地質学調査団

## 報告書

### ネパール

#### 第 11 回 IAEG アジア地域会議

2018 年 5 月

一般社団法人 日本応用地質学会

## 目 次

### 巻頭写真(1~15)

1. 調査団概要(長谷川修一, 伊藤久敏)	1
2. アジアシンポジウムの歴史(茶石貴夫)	4
3. 第11回 IAEG アジア地域会議(ARC-11)	20
3.1 概要	20
3.2 1日目(上田広和・杉山直也)	22
3.3 2日目(佐々木靖人)	25
3.4 3日目(武田和久)	32
4. 巡検 EX-1(古谷尊彦、伊藤健二)	41
5. ネパールの応用地質	54
5.1 ネパールの応用地質(長谷川修一)	63
5.2 ヒマラヤの地質概観(茶石貴夫)	69
6. 巡検 EX-5	72
6.1 カトマンズからポカラ(高見智之)	72
6.2 巡検初日(小松原琢)	90
6.3 ネパール紀行(宮崎精介)	93
6.4 え、ポカラに温泉(栢木智明)	96
7. ヒマラヤ(向山 栄、木下博久)	100
8. ミニトレッキングとポカラ(杉山直也)	112
9. 特別寄稿	118
9.1 番外編アンナプルナ南方トレッキング(西村貢一)	117
9.2 巡検 EX-5 サブリーダー(PRADHAN OM)	127
10. 今後の展望(茶石貴夫)	128
巻末資料 調査団の足跡(田中姿郎)	





日本山妙法寺(World Peace Pagoda)にて調査団一行(長谷川団長は先に帰国)  
左：アンナプルナ I,8091m 中央：マチャブチャレ,6993m 右：アンナプルナ II,7937m



フェワ湖とアンナプルナ II を望む,左：アンナプルナIV,7525m 右：ラムジュン・ヒマール,6986m



朝日に輝くアンナプルナⅡ,7937m ポカラのホテル屋上にて



同 アンナプルナⅣ,7525m



朝日に輝くアンナプルナ・サウス,7219m(左)とアンナプルナ I ,8091m(右)



アンナプルナ I



Fish Tail と呼ばれるマチャプチャレ,6993m



フェワ湖のボート乗船ではしゃぐ団員



ヒマラヤを見ながらの湖面で気分は最高



ポカラ北東方 Armala 地点で露頭観察と河床礫を採集



古期湖沼堆積物のシルト質細砂層の前で説明するランジャン





ポカラ、Ramghat の Seti 川がつくる峡谷



峡谷を構成する石灰質のポカラ礫層、氷河湖の決壊による堆積物と考えられている



Excursion 5, Galchhi の Higher Himalayan の片麻岩, ハンマーを持参しなくて後悔?



説明中のランジャン先生



サンプル採取中の  
宮崎さん



Excursion 5, Adamghat で高位段丘堆積物を調査中

Riverside Spring  
Resort にてランチ後



Gorkha の町  
標高が 700mを超える巨大地  
すべり地にある、水が貴重



Excursion 1, Changunarayan Hill



Bhaktapur, Dattatreya 広場



ランチ, Bhaktapur のレストランにて



案内係の Tribhuvan 大学の学生と, Swayambhunath(スワヤンブナート)寺院にて



パシュパテネート寺院

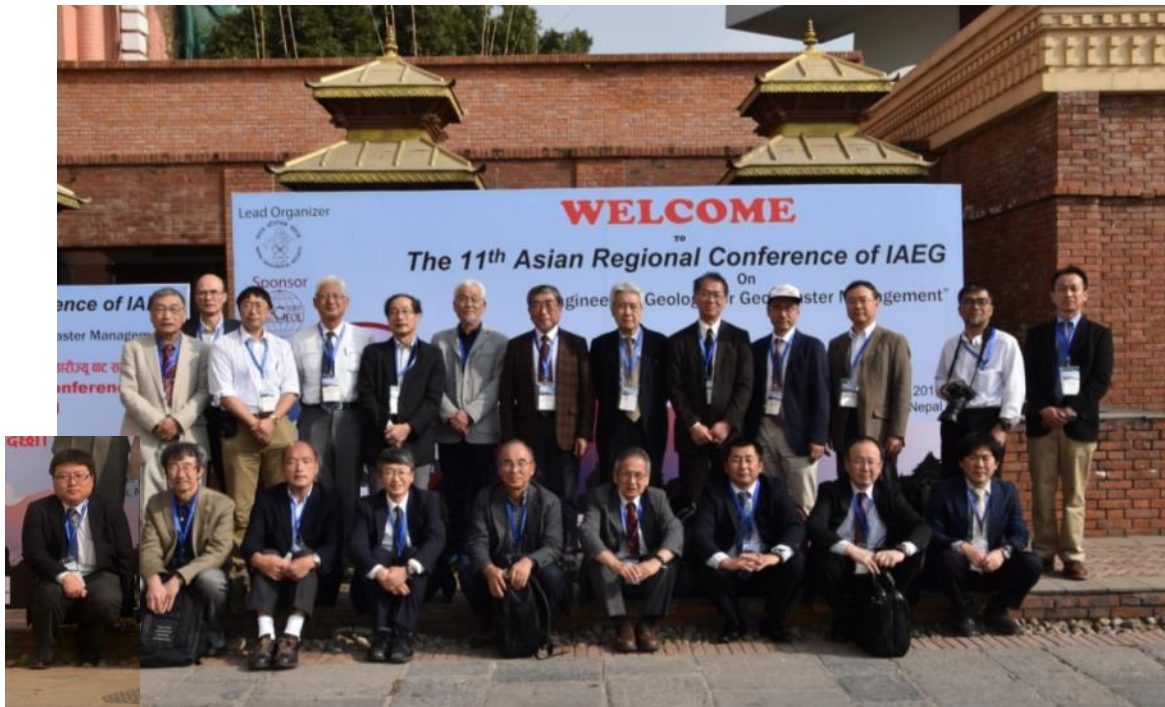


Swayambhunath(スワヤンブナート)寺院



千木良 Japan NG 代表を囲む会





ARC-11 の会場にて



開会式 右端は大統領



Trivbhvan 大学のランジャン先生



長谷川先生の紹介



スコット・バーンズ IAEG 会長



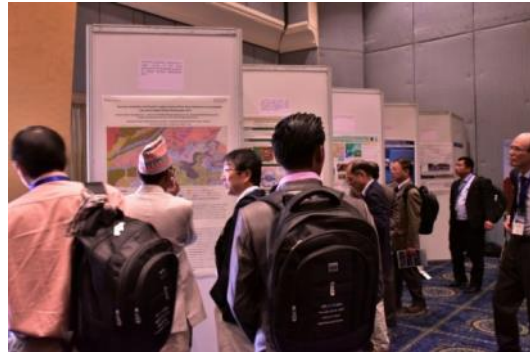
長谷川先生の講演



基調講演後の千木良先生



佐々木団員の発表



ポスターセッション



野外パーティー





巡検 EX-5 サランコット(Sarangkot)の丘：標高 1120mにて



巡検 EX-5 Site5-3 Aadamghat の巨大な岩塊を含む段丘礫層の前で

## 1. 調査団概要

長谷川修一，伊藤久敏

日本応用地質学会は，2017年11月にネパールで開催された第11回IAEGアジア地域会議の開催に合わせて第15回海外応用地質学調査団を派遣した．調査団の概略行程を表-1.1に，参加者一覧を表-1.2に示す．

第11回IAEGアジア地域会議（アジアシンポジウム），略称ARC-11は，IAEG(国際応用地質学会；International Association for Engineering Geology and the Environment)の後援のもと2017年11月28～30日にネパールの首都カトマンズで開催された．アジアシンポジウムの創設と歴史，今後の展望等については，第2章にまとめられている．また，この会議に合わせ，毎年開催されるIAEG総会が開催された．

日本応用地質学会はネパール地質学会から，International Partnerとして会議への協力と学会員の多数の参加を要請されたことから第15回海外調査団を編成することになった．そして，調査団はARC-11の地質巡検の一つとして学会員向けに企画された巡検EX-5に参加することを主題として企画された．この巡検EX-5は，後述のように日本，台湾等の参加者の混成であり，長谷川がリーダーとしてヒマラヤミッドランドの地すべり地形やゴルカ地震の震源地等をめぐり地質災害等に関して説明を行った．調査団は，幸い会員諸氏の協力を得て20名のメンバーで結成することができ，大きなトラブルもなく予定通りの行程を終えた．概ね天候にもめぐまれて，ポカラではアンナプルナ山群の威容を望むことができた．

ARC-11には調査団員を含めて日本から50人近い参加者があり大変盛況であったが，日本からの若手の参加が少なく，平均年齢が高いことが今後の課題であることを再認識した．なお，次回2019年のARC-12の開催地は韓国の済州島と決まっている．

本報告書では，第3章にARC-11の内容，第4章にカトマンズと周辺の歴史遺産，第5章にネパールの地質，そして第6章から8章に巡検EX-5，ヒマラヤ，ポカラでのミニトレッキング等を執筆担当者それぞれが自由にまとめている．また，9章に特別寄稿として巡検EX-5のサブリーダー等をお願いしたPRADHAN OM氏と、巡検の後に一人で探検を続けられた西村貢一氏に執筆をお願いした．

調査団の派遣にあたり，国際委員会としては，前国際委員長の茶石副会長が中心となり，旅行会社の選定・交渉等を行った．また，茶石副会長には，「第15回海外応用地質学調査団(第11回IAEGアジア地域会議：ネパール)参加資料」を作成し，参加者に事前に配布して頂いた．また，山下久美子委員が調査団員の募集・団員への連絡等を担当した．今回の調査団派遣にあたり，ARC-11のCo-ConvenerであるRanjan Kumar Dahal氏（ネパールのTribhuvan University）には，調査団長との事前の下見や現地での説明，現地の説明資料の作成等で大変お世話になった．ここで，改めて感謝の意を表します．

表-1.1 第15回海外応用地質学調査団の概略行程(標準)

日程	行程等	宿泊	摘要
11月 25日(土)	羽田空港 集合		
11月 26日(日)	羽田発 00:20 TG661 バンコック着 5:25 バンコック発 10:30 TG319 カトマンズ着 12:45	機内  KTM	千木良・茶石・伊藤(久) (25日に先行出国) IAEG 総会出席 9:AM~
11月 27日(月)	巡検 EX-1 8:AM-18:30PM 千木良 JNG 代表を囲んだ調査団会食	KTM	C 班ネパール入国 WUNJALA RESTAURANT
11月 28日(火)	ARC-11 IAEG Ceremony Welcome Reception 18:30~	KTM	
11月 29日(水)	ARC-11	KTM	
11月 30日(木)	ARC-11 Closing 18:PM	KTM	
12月 1日(金)	巡検 EX-5 7:30AM-20:00PM カトマンズからポカラへ(バス) Site5-1~5-9	ポカラ	案内者 長谷川修一 PRADHAN OM
12月 2日(土)	巡検 EX-5 7:30AM-16:00PM Site5-10~5-16 巡検 EX-5 終了	ポカラ	PM 長谷川団長帰国
12月 3日(日)	World Peace Pagoda Trekking 8:30AM-12:30PM ポカラ発 15:20 U4 610 便 カトマンズ着 15:40	KTM	
12月 4日(月)	カトマンズ発 13:55 TG320 バンコック着 18:30 バンコック発 23:15 TG683	機内	
12月 5日(火)	羽田着 6:25 着後解散		

旅行会社として、以前の調査団派遣時にも対応して頂いた、有限会社ジオプランニング(立澤富朗氏)にお世話になった。航空券・宿泊先・ビザ・現地係員の手配等、すべてに行き届いた配慮を感じた。なお、旅程や費用に関する案内(会告)は応用地質第58巻第2号(2017年6月)、および第3号(2017年8月)に掲載した。

表-1.2 第15回海外応用地質学調査団 参加者

班	調査団	名前	所属	巡検等			日本 出国日	日本応用地質学会
				EX-1 参加	EX-5 参加	Trek ing	11月	
A		茶石 貴夫	㈱開発設計コンサルタント	○	○	○	25	副会長
	幹事	伊藤 久敏	電力中央研究所	○	○	○	25	理事・国際委員長
B		小松原 琢	産業技術総合研究所	○	○	○	26	理事
		古谷 尊彦	株式会社日さく東日本支社	○	○	○	26	
		伊藤 健二	株式会社日さく東日本支社	○	○	○	26	
		伊藤 博信	西日本高速道路 エンジニアリング四国(株)	○	○	○	26	
		西村 貢一	ジオサン技術士事務所	○	○	○	26	
		高見 智之	国際航業株式会社東北支社	○	○	○	26	理事・東北支部長
		向山 栄	国際航業株式会社	○	○	○	26	理事・編集委員長
	B班引率	武田 和久	ハイテック株式会社	○	○	○	26	
	報告書編集	杉山 直也	㈱開発設計コンサルタント	○	○	○	26	
		木下 博久	復建調査設計(株)四国支社	○	○	○	26	
		田中 姿郎	電力中央研究所	○	○	○	26	
		清水 公二	㈱ニュージェック	○	○	○	26	常務理事・総務委員長
	C		宮崎 精介	㈱九州地質コンサルタント	—	○	○	27
		栢木 智明	LCC	—	○	○	27	
		佐々木 靖人	土木研究所	—	○	○	27	土木地質研究部会長
D	EX-5サブL	PRADHAN OM	応用地質株式会社	—	○	○	26	
	団長	長谷川 修一	香川大学	—	○	—	26	前会長
		木方 建造	川崎地質株式会社	—	○	—	24	副会長
		千木良 雅弘	京都大学	—	—	—	25	JNG代表 顧問(元会長)
		大塚 康範	元応用地質株式会社	—	—	—	26	顧問(元副会長)
		計		14	20	18		

## 2. アジアシンポジウムの歴史

茶石 貴夫

### はじめに

日本応用地質学会(JSEG)では、国際応用地質学会(IAEG)を中心とした国際活動を活発化することに取り組んでいる。2015年9月に第10回IAEGアジア地域会議(アジアシンポジウム)を京都で開催し、これを契機にアジア地域の国際活動が活発になってきた。そして、今回第11回IAEGアジア地域会議がカトマンズで開催された。本章は、日本応用地質学会の学会誌2017年8月号で、IAEGアジア地域会議(アジアシンポジウム)の歴史についてまとめたものをベースにしている。本文では本シンポジウムの創設者である井上元会長に執筆していただいたほか、各回の参加者の方々の貴重な回想文となっている。これらの回想文を中心にしてアジアシンポジウムの意義を感じ取っていただければ幸いである。

### 2.1 井上元会長の回想

IAEGの本部がフランスにあって、その活動の主体がヨーロッパにあった頃、当時、国際委員長であった井上大栄元会長がアジア地域の存在感を高める意図からアジアシンポジウムを創設された。以下は井上元会長による当時の回想である。

2015年に京都で、区切りである第10回のアジアシンポジウムが開催され、感慨深いものがあった。そこで、このシンポジウムを創設に当たった経緯を振り返ってみたい。

私が電中研に入所した時、田中治雄さんが理事でおられて、IAEGのアジア地域の Vice President として評議委員会に出席し、海外の応用地質の情報を持ち帰って、私が翻訳をさせられた。時が経って、私が初めて海外の応用地質学会で発表したのは、1987年の北京のローカルシンポジウムであった。その後IAEGの評議委員会にはリスボン(1994)、北京(1996)、アテネ(1997)と出席した。

当時の国際委員会は、IAEG本部との対応を主としていた。特に1992年に京都で行われたIGCの時に、IAEGのセッションが開催されたが、国際委員会がセッション運営も含めて活躍した。その他に宇田進一氏を中心として、海外調査団と称して、地質の名勝を巡り歩いていた。そこで、日本応用地質学会はアジアの応用地質学の発展に大きな寄与をしていることから、リーダーシップをとって、アジア地域各国が集まるシンポジウムを開けないかとの声が上がって来た。アテネのIAEG総会で、新しい議題として『アジア地域のシンポジウムをIAEG共催にしてもらえないか』と提案した結果、それではアジアのみならず、それぞれの都市でシンポジウムを開催しているものを、地域シンポジウムの冠をつけて行ったらどうかと、逆に提案を受けて、実施する運びとなった。

当時は今の時代とは伝達システムが全く違って、すべて手紙であった。急遽決まったために、国外にはアナウンスが出来なくて、中国、台湾、韓国に招待講演を依頼し、国内には講演を募ることになった。シンポジウムタイトルも形容詞がつかなくて、単に『Dam

Geology』として、シンポジウム1日、スタダーツアー1日で開催することになった。詳しくは、第1回の回想に書かれているが、海外からの一般参加がなかったので、留学生を動員して雰囲気のをそれらしくしたのを覚えている。

東京の後は、2.2の開催概要にあるように概ね2年ごとにアジア諸国で開催され、次第に国際会議として規模も大きくなり、今回で第11回を迎えたことは非常に喜ばしいことである。その間に、経済発展に伴い中国やインドが台頭してきたが、自然災害に関する研究や対応を含めてJSEGが培う日本の応用地質学はまだ非常に質の高いものがある。英語での発信という壁があるものの、アジア地域における存在感を示していくために積極的に参画する必要があると考えられる。



図-2.1 アジアシンポジウム開催地

## 2.2 これまでの開催概要

これまでに開催されたアジアシンポジウムの開催地等を表-2.1にまとめた。第1回のシンポジウムは1997年に東京で開催され、2年ごとにアジア各地で開催していくことが提案された。この当時の背景については井上大榮元会長(当時は国際委員長)が回想文の冒頭に書かれている。

これに刺激されて、1999年の第2回は、IAEGアジア地域副会長であったマレーシアのIbrahim Komooの主導でクアラルンプールで開催された。ここで、2001年の第3回は活動がさほど活発でないとされたインドネシアで開催されることになり、JSEGからも比較

の多くの参加があった。第 4 回は、当初はトルコが候補になっていたが、前回開催から 3 年が経過した 2004 年に中国の成都工科大学との共催で香港で開催された。第 4 回には、東北支部のメンバーを中心に参加され、当時 IAEG アジア地域副会長であった大島洋志元会長がパネルディスカッションに加わっている。その翌年の第 5 回の開催地はネパールになったが、運悪く 2005 年 2 月に国王が緊急事態令を出すという政変が起こり、情報連絡が途絶えたが、どうやら 200 名くらい参加して開催されたい。

2006 年に IAEG アジア地域副会長になった中国の Faquan Wu が韓国の学会と調整し、第 6 回は 2007 年にソウルで開催された。この回から名称がアジア地域会議に変わり、IAEG 役員などの参加も増えてきた。また、日本から多くの発表と参加があり、井上元会長が日本の活断層に関して基調講演を行った。

第 7 回は 2009 年に中国の成都で開催された。これは大規模建設と地質工学的諸問題に関する国際シンポジウムにアジア地域会議をくっ付けたかたちであるが、その前年に四川大地震が起き、それに関係する発表も多かった。また、あとの回想文に詳しく書かれているが、大島元会長が長大山岳トンネルの計画と建設に係わる基調講演を行い、注目を集めた。なお、本会議に合わせて初めて IAEG 総会が開催された。

次回第 8 回の開催地をどこにするかを、成都で議論した結果インドが候補に挙がり、無理やり地下空間技術の会議にくっつけるかたちで 2011 年の 1 月に開催された。他国からの参加がほとんどなく、その原因のひとつとしてビザの発給が手間取ったためと言われている。現在でもインドの国際会議に参加するためにはビザ取得は大きな難関である。

このあたりでアジア各国を一巡し、次の 9 回を日本でどうかという打診が当時のアジア地域副会長の中国の Runqie Huang から 2012 年の初めにあった。しかし、時間的に準備が厳しいということで第 10 回なら、という返答がなされた。これを受けて、第 9 回は北京で IAEG 総会とともに 2013 年に開催された。北京オリンピック会場の近くの会場で、演出も非常に派手なうえに登録費が高いのには驚いた。日本からの参加は極めて少なかった。

そして遂に第 10 回を日本で開催する準備を始めた。2015 年 9 月末に京都大学宇治キャンパスで行われる研究発表会に続いて同じ会場で開催することに決まり、関西支部の全面的な支援を受けることになった。最も大きな課題は、国際会議の開催がほとんど初めてのことであり、いろんな準備や対応が手探り状態であったことである。また、その 1 ヶ月後にニューデリーで IAEG 後援会議と総会が開催されることが決まっていることもあって、国外から参加者が集まるかどうか不安であったため、出来得る限りの広報や密な連絡を行った。私のパソコンのメール送受信は 1 万回以上に達した。国際会議の開催に対応した経験があれば、その数分の一で済んだと思われる。

幸い、海外からも国内からも 100 人を超える方々が参加し、巡検も含めて印象深く成功裏に終えることができ、翌月の IAEG 総会で開催報告を行った。多くの寄付をいただいた方々、会場の準備や運営、投稿論文の編集や査読、ビザ取得のための書類の準備、巡検の準備等に携わった方々、とりわけ会場運営を仕切っていただいた関西支部と京都大学防災研の

方々にこの場を借りて再度感謝申し上げる。

京都での会議の間に IAEG アジア地域ミーティングが開催され、日本、中国、台湾、韓国、インドネシア、ベトナム、インド、ネパール、UAE のメンバーが顔を合わせることができた。そして、今後のアジアシンポジウムの開催についてネパールとマレーシアが第 11 回を希望し、韓国からは第 12 回を開催してもよいとの発言があった。台湾は、当時は中国との関係が難しかったが、その後 IAEG 台北グループとなり十分に力はあると思われる。第 11 回については翌月のニューデリーの IAEG 総会で上記 2 国がプレゼンをして決めることになった。総会では、会長の Scott Burns から出席者の投票で決めるのかと聞かれ、「本来はアジア地域の国で決めるべきだが出席国が少ないのでしかたがない」となり、投票の結果ネパールに決まった。そして早くも、第 12 回は韓国が 2019 年に学会創立 30 周年となることと合わせて、チェジュ島で開催することが決まっている。また、その後についても数カ国が積極的に開催を希望している。

表-2.1 これまでのアジアシンポジウムの概要と回想執筆者

回	年	開催国 開催地	主なテーマ	参加人数 (日本)
1	1997 11.14	日本 東京	ダム地質	約 50
2	1999 9.23-25	マレーシア クアラルンプール	調査、都市防災、環境地質、資源利用 など	約 100 (約 15)
3	2001 9.3-5	インドネシア ジョグジャカルタ	熱帯地域の開発と天然資源の管理	約 200 (約 15)
4	2004 5.2-4	香港	山岳地域の持続的開発と応用地質	47 (12)
5	2005 9.28-30?	ネパール カトマンズ	社会資本の発達と防災のための応用 地質	209?
6	2007 10.16-17	韓国 ソウル	災害地質	197 (43)
7	2009 9.9-11	中国 成都	大規模建設における地質工学的問題	約 200 (12)
8	2011 1.17-19	インド バンガロール	土木と鉱山における地下空間技術	約 200
9	2013 9.24-25	中国 北京	国際的に見た応用地質	約 220 (4)
10	2015 9.26-27	日本 京都	自然災害と応用地質	210 (115)
11	2017 11.28-30	ネパール カトマンズ	防災に係る応用地質	約 400 (47)
12	2019	韓国(予定) 済州島	安全な社会と環境への応用地質の役 割	—



## 2.3 各回の参加者の回想

### (1) 第1回(1997年, 平成9年)

1997年11月14日に東京, お茶の水で会議を行い翌15日にfieldツアーを行った。メインテーマはダム地質で中国, 韓国, 台湾から3人の海外招待講演と国内から10件の発表があった。参加人数は50人程度であったと思われる。

私が国際委員になってシンポジウムの準備に加わった頃, 招待者への連絡や発表者の依頼等を行っていた。当初タイ国からも招待を予定していたが, この年にタイのバーツ暴落に始まる通貨危機が勃発し, 公務員であった招待者は国外に出ることが禁止されてしまった。まだ電子メールが普及しておらずFAXが主な連絡手段であった。

14日の朝に3人の海外招待者の宿泊先であった秋葉原のワシントンホテルに不安を覚えながら迎えに行ったが, 無事に集合できてほっとした。14日のシンポジウムは海外招待者を含め6人の招待講演があった。中国のChen Deji氏は三峡ダムの調査について, 韓国のWon Young Kim氏はカルスト地域のダム計画における漏水問題について, 台湾のLai, Tien-Chang氏は台湾におけるダム地質についてそれぞれ講演された。国際委員は積極的に質問するように井上委員長から言われていたので, 国際委員は率先して質問を行った。なにせ, 応用地質学会が日本で開催する初めての国際会議なので, 日本の講演者にちょっと複雑な質問があると, ”もういいですね”と言って日本語で説明が始まったりした。

翌15日は小雨のなか, 日本人5人の総勢8人で建設中の葛野川揚水発電所の見学に参加し, 東京電力の方々に丁寧に案内していただいた。巡検は私の担当であったが, 何も下勉強していなかったので東京電力の方の説明を適当にしゃべっていたが, 途中からは直接説明させていただき助かった。写真-2.1はただ1枚残っているコンクリート打設がほぼ終了した下池ダム堤頂上での記念撮影である。



写真-2.1 第1回会議  
のFieldツアー

左3人目から岡田, Won Yong Kim;韓国, 茶石, Chen Deji;中国, 田原, 井上, 神尾, Lai TienChang;台湾

(2) 第2回(1999年, 平成11年)

第2回はマレーシアのクアラルンプールで開催され, 一気に国際会議らしくなった. 故市川慧元会長と中川康一現名誉会員が招待講演を行ったほか, 当時国際委員長であった井上元会長や千木良元会長も参加している.

(3) 第3回(2001年, 平成13年)

第3回はインドネシアのジョグジャカルタで開催された. 前年の海外調査団は南米に行ったが, 2001年はこのシンポジウムに参加後にどこか見ようということで, 調査団を募集したところ10数人が集まった. 帰りはバリ島に寄って帰国したが, 帰宅したとき, まさにニューヨークの貿易センタービルに旅客機が突っ込んで燃えている映像がTVに流れていて驚いたことを覚えている.

第3回の回想は東北支部の今野隆彦会員にお願いした.

ジャカルタの空港で乗り継ぎして約400km東のインドネシアの古都ジョグジャカルタに到着した. 途中, 機上からの眺めで, ジャワ島の中央に続く火山地形を見て, なんとなく東北地方に似た地形だなーと思ったことであった. ジョグジャカルタは, ジョグジャと呼ばれることがあり, 首都ジャカルタよりやや高地で, 湿度が少なく過ごしやすいところといわれている. 朝早くイスラムのお祈りの呼びかけのアザーンに起こされ, ホテルの窓から外を見ると, 赤茶色の瓦屋根と白い壁の家が密集しているのが目に入った. なお, このホテルは, 2006年5月のジャワ島中部地震で倒壊したそうである.

ASEGの会場は, 立派な会議室と快適な中庭があるHyatt Regencyホテルであった. 海外での研究発表会での発表は初めてであり, 当時はパワーポイントがまだ普及しておらず, OHP(オーバーヘッドプロジェクタ)または, スライド画像を使った発表であった. 受付で登録しようとする, 日本語で話しかけられた. この人物は, 主催者のEdi Prasetyo Utomo氏であった. 氏は早稲田大学で学位を取得したそうで, 日本語が堪能であり, 我々に大変親切に接してくれた. 日本語で話しかけられたおかげでリラックスでき, 登録もスムーズに終了した.

東北支部から参加したのは, 元支部長の太田氏と私であった. 二人ともOHPを使用している発表で, お互い発表者と補助の関係で, OHPの操作を分担して発表した. 片手にマイク, もう一方の手に指し棒を持って説明するため, 両手がふさがり, 準備した発表原稿も開けないありさまで, 発表は大変だった. 説明しているうちに, マイクとポインターを間違え, 口にポインターを当ててしゃべったりした. 何とか時間内に発表を終わらせると, 次は質疑応答の時間である. 相手の言っている英語が聞き取れず, 意味がよくわからないこともあり, 質疑応答がうまくみ合わない. チェアマンが質問内容をわかりやすく説明するが, こちらは夢中で, 質問者とお互い疲れ痛み分けの状態での質疑終了となった. 国内の研究発表会のように, ほとんど質疑がないということはなく, 必ず質問が出る. これは発表者への礼儀ということで, 質問もまず発表者へ謝意を表して, 自分の研究の紹介を行った後で, 肝心の質問に行くパターンであり, 最初から質問で言っていることをすべて理解しようと

すると本題に達する前にギブアップの状態になる。このような体験は経験してみなければわからないが、何事も経験が大事ということであろう。

会議後は日本のコンサルタント会社の支援で企画した、ジョグジャのほぼ真北にある標高 2,930mのメラピ火山 (Gunung Merapi) の火山砂防の現場の巡検に参加した。メラピ火山はジャワ島でも最も活発な火山の一つで、当時も噴煙を上げていた。火山砂防は火砕流堆積物の流下を防止する砂防ダム群で、相当なでこぼこ道をバスで登って行った。途中、砂防ダムに堆砂している火砕流堆積物を採取している人々を何度も見た。公式には禁じら



れているらしいが、住宅を建築する際のコンクリート骨材に良いらしく、違法採掘が後を絶たないそうである (今でもそうかはわからないが 2001 年当時はこのようであった)。

ジョグジャの思い出で強烈なのは、ホテルの部屋で通常はその匂いのために食べることを禁じられているドリアンパーティーを開いたことである。確かにホテルのフロア全体にその臭いが漂い、食べるのは勇気があるがたいへんおいしく甘い果物であった。ASEG 終了後、バリ島で観光して帰った。リゾートホテルで、プライベートビーチは映画「南太平洋」の一コマを思い出させてくれるようだった。

### 写真-2.2 第3回シンポジウム メラピ火山山麓にて 今野, 神尾氏

#### (4) 第4回(2004年, 平成16年)

シンポジウムは2年ごとに開催しようということであったが、第4回は1年遅れで香港での開催となった。8月下旬にイタリアで開催される IGC 大会に合わせて調査団を出すということで特に計画しなかったところ、東北支部が主体の調査団ということで参加された。以下は、その中心となった当時国際委員であった太田保会員の回想である。

今回は香港ということもあり、夫人同伴の方が多かった。夫人同伴ということもあり、仙台からは第一観光の女性添乗員をつけて行き、またまた大名旅行で豪華ホテルの一つであるシャングリラホテルに宿泊した。さすが有名ホテルだけにウエルカムフルーツ付きで部屋も豪華で御夫人には高い評価であった。私は時計が壊れていたので「故障改善」と張り紙をして置いたら直っていた。さすが漢字の国で、看板は読めないが何の店かは漢字で理解できた。着いた夜は治安の心配が無いので、ホテル周辺の湾岸を若い時を思い出してデートしたりして夜を堪能した仲間が多かった。次の日から2日間はシンポジウムで、まずは香港大学に行ったが、開催会場の施設を探すのが大変であった。現地ガイドの男性がいろいろな人に聞いてやっと探し当てたというものであった。前回のジョグジャカルタと

は違い、全て手作りの会場設定で、主催する香港大学の教授夫妻と学生のボランティアが準備を行っていた。日本からも5人程度が発表し、当社からも1名発表した。発表会場も大学の階段教室があてられ、大学の講義を聞いている感覚であった。この香港大学は土地の少ない香港だけに山腹に這うように建設されており、校門からは階段の連続であった。内容的にはほとんど覚えていないが、昼は学生食堂より少しランクの上のレストランで合同昼食会であった。夜の歓迎会があったかどうかは忘れたが、主催者の教授夫妻が一生懸命にやっているとの印象が強かった。まさに内助の功であった。この日の女性陣はマカオに行きショッピングを楽しんだようでホテルについてもご満悦であった。

今回のシンポジウムは夫人同伴という事もあり、2日目の午後からはせっかく来たのだからと香港市内の視察に重点を置き、市内の施設や夜の香港の夜景などを楽しみ、ショッピングを重視した。治安的にも問題が無いので自由行動とし、夜は四川料理、北京ダックも堪能したが日本の喜劇俳優に似たガイドの意のままにされた行動であった。

今回の旅行では桂林の船の旅も大きな目的であった。この桂林までは香港から飛行機で行き、1泊して石灰岩からなる奇岩が兩岸に連続する墨絵の世界を堪能した。日本で狹鼻溪などの船の旅と違い大きな河川を大きな船で遡る旅で情緒は無かった。団員は地質屋であるため、あれが不整合、これは断層などと地質的な解釈に酔い、奇岩の名前などは興味があまり無かった。食事は後部の炊事場で川の水を使って行っていた。どんなすばらしい景色でも長時間見ると飽きてしまい、天候のせいで水墨画の世界ではなかったのがテレビの映像で見るとの感激が高まらなかったのが残念であった。宿泊地のそばの河畔で住民が朝早くから社交ダンスや太極拳などに興じており、このおおらかさに中国の大きさと歴史を感じた。ここの桂林博物館にも行ったが、ここで集められていた展示物の一部が売りに出されており、流暢な日本語で係員が売り込みに盛んであった。かなり高額な掛け軸を購入した団員もいたが今日本で人気の「お宝拝見」で鑑定した方が良いという話も出た。いずれにしろ、今回は同伴の奥様奉公の旅であったがこれも良い経験であった。



写真-2.3 第4回シンポジウム

東北支部からの参加者、後列左から小菅、佐藤、太田氏、前列左から奈倉、今野、中里氏ほか

#### (5) 第6回(2007年、平成19年)

第6回はソウル大学の Hyeong-Dong Park 教授が中心となって企画し、約200人の参加者があり綿密かつ盛大に開催された。日本からは多くの参加を約束していたこともあり、40人を超える参加があった。

ただ、残念なことにシンポジウム後に論文集が刊行されることになっていたが実行されず、発表が実績になる日本の学生にとって困った事態にもなった。回想は東北支部からグループで参加した橋本修一会員(元支部長)。

仙台から仁川までわずか2時間半と、沖縄より近く、仙台とほぼ同緯度という近場感もあってか、東北支部からは老若10名が参加した。

7件の基調講演のうち、IAEG本部からはCulshaw編集委員長の講演もあり、また、バンケットにはFred Baynes会長も参加して祝辞を述べるなど、IAEGの中でアジアの存在感もかなり高まっていると感じた。

地震関連セッションでは、東北支部として2003年から社会貢献活動として取り組んだ地震防災の状況を発表した。これは2006年IAEGノッチング大会で太田支部長が発表し損ねていたものを引き継ぐ形で橋本がプレゼンしたものである。ただ、このセッションは全84編中3編のみと低調であったが、千木良先生からありがたく質問を頂戴した。

投宿したソウル市内ホテルからソウル大学構内の会場までは、地下鉄・バスを乗り継いで1時間余りと多少距離があった。通勤ラッシュ時間帯の移動になるので、大変かなと心配

していたが、むしろ「年寄に見える人」ほど幸運であった。スキンヘッドとグレイヘアーのいずれかの条件を満たした人は、どんなに混んでいても席を譲られ、さすが儒教の国だと感心したものである。

大会の運営は資金潤沢の様がうかがえた。当時ソウル市内は建設ラッシュであり、大手建設会社などが大会のスポンサーに名を連ねており、なるほどと納得した。会場での昼食、ウェルカムパーティ付はもちろん、2日目のバンケットは着座式でイタリアンのフルコース、しかもBGMにナマの弦楽四重奏、食後は韓国の伝統音楽、さらにパンソリ(太鼓に合わせて唄い手の歌とコミカルな語り、観客も合わせて一体感が増す韓国の一人オペラ)で2時間に及ぶおもてなしに、参加者一同、眼・耳・舌も大満足で気力体力を増進させた。



写真-2.4 パンソリの熱演

一泊二日のポストツアー行程も相当充実していた。市内地下鉄工事現場、アジア最大級の貯水量を誇る昭陽江(Soyangang)ダム及び発電所、大規模道路トンネル工事の切端をじっくりとみることができた。発電用の水圧管路が分厚いコンクリートで覆われており、これ



写真-2.5 分厚いコンクリート装甲の水圧管路

は北朝鮮国境に近いので、爆撃にも耐えられるようにしているとのことであった。隣国との不安定な関係がライフライン構築物の設計にも影響するものかと、認識を新たにしたものである。しかし、管路直下にある発電所建屋本体の屋根や壁はごく普通の設計のように見え、ちぐはぐな光景だなと感じた。



写真-2.6 崇礼門にて東北支部 10 名と井上、茶石、八木氏

ツアーの最後は、当時流行っていた韓流ドラマのロケ地、南怡島（ナミソム）にも足を延ばした。韓国内の政治情勢も比較的安定しており、したがって対日感情も見た目は穏やかであったためか、日本から大勢の団体観光客（ほぼ年配女子中心）が訪れていた。

シンポ最終日の晚餐前に韓国の国宝第一号の崇礼門（通称・南大門）を訪れた。不幸にも同門は翌年 2 月に放火で消失してしまった。この集合写真は貴重な一枚になった。

#### (6) 第 7 回(2009 年, 平成 21 年)

中国での初めての開催になり、アジア地域会議と IAEG 総会を一度に開催しては、との Wu 副会長の提案により、IAEG 役員等も参加する盛大な会議になった。

以下は向山栄会員(現理事)による回想である。

第 7 回となるアジアシンポジウムは中国の成都市で開催された。会場となった成都理工大学は、地質工学の分野では中国を代表する大学の一つとなっている。市街地の北西に位置するキャンパスは、テニスコートや体育館、実験棟などが配置され、学生達も日本の大学と同じような雰囲気を出している。腹が減っては戦ができぬと、意気込んで望んだランチは、日本のレストランではまず目にする事のない、実に多様な料理の皿が並ぶバイキング形式で、講演が迫ることも忘れて全種食べ尽くしたいと思うほど、一気に中国四川省に来たという感が高まった。

大島洋志元会長の特別招待講演は、「日本における長大山岳トンネルの計画と建設におけ

る地質工学的問題」と題し、明治時代から今日までの代表的事例（丹那トンネル・青函トンネル・関越トンネル・飛騨トンネルなど）の紹介と得られた教訓などを主題とするものだったが、1970年代に中国で技術指導を行ったトンネルの紹介が始まると、会場の雰囲気が一気に高揚したのが、聴いている私たちの背中を貫くように感じられたことには驚いた。中国の技術者は、PPTに交えた中国語の熟語にうなずき、ルート選定の教訓として「孫子の兵法」が出てきたときは、どよめきが起こった。終了後には発表者を取り囲んで熱心に意見交換を求める姿が印象的で、国際会議ならではの発表の雰囲気を味わうことができた。私自身の発表は、慣れぬ英語で大変冷や汗のかきどおしであったが、ここが肝という部分に反応してくれたのにはホッとしたし、資料を求める方々もおられて、準備した甲斐があったと思った。また何よりも、シンポジウムの終了後に、成都工科大学が編集に関わっている国際学術誌への投稿を求められ、大急ぎで講演論文集に毛の生えたような論文を投稿したのだが、それが今でも世界の研究者が公式に引用する文献となっている。私にとって、このアジアシンポジウムが、日本産の応用地質技術の一つを世界に紹介するきっかけを与えてくれたことは、大変ありがたいことであった。

会議の空き時間には、市内から車をチャーターして、成都郊外の広漢市にある三星堆博物館も見学した。博物館は広大な史跡公園の一角にあり、日本語を話すガイドもいた。館内には、約5000年前～3000年前の古蜀期の石器、金器、青銅器などが陳列され、その特異な眼と耳を持つ青銅製マスクや巨大な立人像、精妙な仕上げを持つ切石材などは、今日では我が国でも知られるようになってきた。しかし当時は基本的な発掘調査が終了して間もない頃であり、必ずしもアクセスも良くない状況ながら建設された巨大な史跡公園に、国際観光資源開発に向けた中国の並々ならぬ意気込みを感じた。三星堆の遺跡は、黄河流域と同時期あるいはそれ以前に長江流域に発達した古代文明を示すものとして注目されており、「中国4000年の歴史」と数十年前に教わった知識が、一気に1000年も過去に遡ったことにも感動を覚えた。



ポストシンポジウムツアーでは、2008年5月12日に発生した四川大地震の激震地を訪れた。その行程の概要については、当時の学会記事に簡単に紹介されているので省略するが、成都市内から「映秀鎮－紫坪壩ダム－都江堰」、「彭州市－白鹿鎮」、「綿陽－安昌鎮－北川」を、高速道路を使用してバスで往復する3日間の旅であった。

写真－2.7 四川大地震で壊滅的な被害を受けた北川市街地を見学する一行

震央直近の映秀には地表地震断層が出現し、市街地が大きな被害を受けていた。倒壊し

た中学校は、行方不明者を残したまま震災遺構として保存されており、参加者一同で献花をした。一方、震央から約 12 km に位置する紫坪壩ダム（コンクリート遮水壁型ロックフィルダム）では、湖岸斜面に崩壊が多数発生していたが、堤体には大きな損傷は見られなかったことは印象に残った。また、壊滅的な被害を受けた北川の市街地が、居住地としては放棄され、1 年も経たずに全く別の場所に新たに建設中の町に、生き残った市民の移住が進んでいたことには、国家体制の違いとともに驚きを感じた。

世界遺産となっている都江堰は、チベット高原から流れ出す岷江が龍門山脈を抜けて四川盆地に出た扇状地の扇頂部に設けられた古代の水利・灌漑施設で、原型は紀元前 3 世紀半ばに築造されたが、現役として機能している。1936 年の地震で一部は損壊したが、その



後改修されたらしい。このたびの汶川地震でも、周囲の斜面に設けられた寺院類は損壊したが、水利施設は健在であった。岩盤を開削した分水路の建設が紀元前にも行われ、広大な成都地域の農業生産に寄与してきたということを目のあたりにしたことは、応用地質技術者の歴史的役割について改めて考える良い機会になった。

写真-2.8 成都市内にて（左より、茶石、向山、林、笹田氏）

#### (7) 第 9 回 (2013 年, 平成 25 年)

前述のとおり、第 10 回を日本で開催することにしたため、北京で総会とともに開催されることになった。この頃になると、4 年ごとの IAEG 大会の間の 3 年間の総会をヨーロッパ、北アメリカ、アジアで順次開催するようになってきた。回想は佐々木靖人会員による。

##### シンポジウム参加の経緯

第 9 回会議は 2013 年 9 月 24-25 日に北京で開催された。しかし前年の 2012 年は尖閣諸島の問題が勃発し日中関係が極めて冷え込んだ時期であったため、日本からの参加者は極めて少なく、千木良会長、大塚副会長、茶石国際委員会副委員長（いずれも当時）および佐々木の 4 名だけであった。私があえて参加した理由は不純で、当時私の職場に中国地質大学（武漢校）の徐光黎教授が外国人研究員として在席していたので、一緒に会議に参加後、中国地質大学で私が日本の道路斜面防災に関する招待講演を行い、その後三峡ダムを見学する（これが主目的？）ためであった。

##### シンポジウム

会場は北京国際会議場で、北京オリンピックの鳥の巣と称された陸上競技場の近くであった。会議では IAEG の役員会と総会に出席した役員や歴代会長等をはじめ、主として欧



米の学会幹部が多く招待されていた。中国の力をアピールする意味合いがあり、高い登録料（後の京都会議の2倍近い）はこの招待予算にも回っているのだろうと感じた。

しかし著名な方が多く、千木良会長も含め36名もの基調講演・招待講演が行われたことは良い点であった。たとえば著名なアルバータ大の D. M. Cruden 教授による斜面評価用語の説明等があった。また、招待者の一人で地すべりを専門とする米国ポートランド大の Scott Burns 教授（現 IAEG 会長、写真-9）には、たまたま当方の発表に質問していただいたため、その後、以前から疑問に思っていた米国の地質技術者の状況や Highway Geology Symposium のことを伺うことが出来た。教授とはその後2014年のIAEG トリノ大会でお会いした際にも覚えていただいていたので、2018年にサンフランシスコで行われるIAEG大会にも是非参加しお会いしたいと考えている。



写真-2.9 Scott Burns 教授（中央）、徐光黎教授（左）と佐々木氏（右）



写真-2.10 京劇の歌唱

1日目の会議後の歓迎会では二胡の演奏や京劇の変面ショーや歌唱（写真-10）が行われ、さらに日本メンバーで居酒屋での2次会を楽しんだ。酒を持つ店の娘さんの写真によると、飲んだ紹興酒は古越龍山（8年）だったようである。



写真-2.11 千木良元会長による第10回会議の案内

（当時の当学会執行部の写真を説明中）

2日目には発表のほか、千木良元会長より総会でプレゼンし IAEG の後援が決まった、2015年に京都で行われる次のアジアシンポジウムの案内もあった。当時の日本側学会執行部の写真が大写真になったのが印象的であった。

(8) 第10回(2015年,平成27年)

第10回の準備運営については既述のとおりであり,当初期待した人数を上回る参加者が内外から集まった.ここでは,国際委員である山田大介会員と山下久美子会員が当日の印象に残ったことを回想した.

12カ国から210名と多くの方が参加されたことに加え,第1回シンポジウム以来の日本での開催ということもあり,会議の円滑な運営はもちろん,はるばる日本まで足を運んでくれた参加者にとって思い出に残るよう,日本流の「おもてなし」を検討しシンポジウム内に組み込まれた.

計画当初は,バッグほどの国際会議でも配られるので準備していなかったが,関西支部の北田奈緒子会員のアイデアから,日本風で受付時に渡す論文集などを持ち運びしやすい風呂敷バッグを準備し参加者に配布した.柄が選べることもあり,人気のものは早々になくなってしまうほど好評であった.

オープニングセレモニーで行われたサヌカイト演奏は,長谷川元会長の提案で実現した.打楽器演奏者の服部恵さんが演奏された.長さの違うサヌカイトの石片を並べて木琴のように叩いて音を出すもので,大変やさしく心地よい響きを奏でるサヌカイトに,参加者も静かに聞き入っていた.後に知ったことだが,1964年の東京オリンピックの開会式開始を告げたのも,サヌカイトの音色だったそうである.

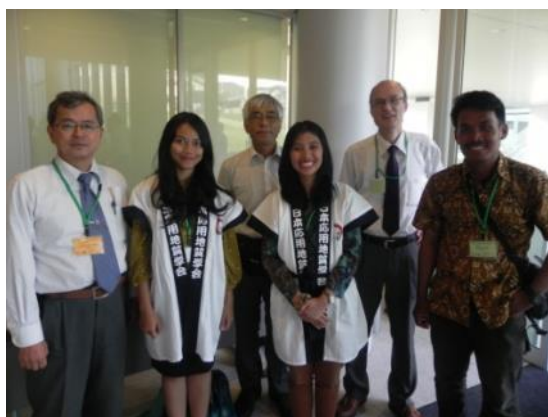


写真-2.12 法被姿のインドネシアの学生

左から千木良, 坂口, 茶石

ウェルカムパーティーでは樽酒の鏡開きを行い,枡を配布して振舞われた.樽の周りには多くの参加者が集まり,枡を片手に談笑していた.また,会の中盤では和太鼓の演奏が披露された.威勢のいい掛け声,迫力のある太鼓の音に最初は驚いていた参加者もいたが,しばらくすると手拍子をしながら演奏を盛り上げてくれた.翌月のIAEG総会に参加した中国人から,和太鼓の音は中国人には非常によかったと言っていた.

これも関西支部のアイデアで写真のような法被を40着準備し研究発表会でも使用した.会議に携わるスタッフは,法被を着用しサポート対応を行なった.見慣れない衣装に興味を持ち話しかけてくる参加者も多く,自分も着たい,持って帰りたいと希望する方にはプレゼントすることになった.クロージング後にインドネシアの学生が,法被を着用したまま笑顔で会場を後にする姿が印象的であった.



**写真-2.13 樽酒を楽しむ海外参加者**  
左端はロシアの Prof. Nazarova



**写真-2.14 中国人に人気の和太鼓**

その他、直前に連絡があったインドネシアの学生による伝統マスクダンスのパフォーマンスも披露され、思いがけず華やかな雰囲気が演出された。



**写真-2.15 思いがけない飛び入り**  
井上、茶石、Prof. Gyo-Cheol Jeong (韓国)



**写真-2.16 巡検後の楽しい懇親会**

翌日は東大寺を訪れたのち、オレンジ色に輝く大きな満月を車窓に見ながら帰路につき、京都駅で別れを惜しんだ。

会議の翌日から1泊2日の行程で、巡検が行われた。リーダーとして千木良元会長が2011年の深層崩壊の調査を、土木研究所の佐々木会員が天ヶ瀬ダムの再開発の案内を、それぞれ担当した。宿泊先の橿原のホテルでは懇親会を行い、中国や台湾の参加者が日本のご飯の銘柄をよく知っていて日本酒の燗酒を絶賛していたのが印象に残った。とても打ち解けた楽しい巡検であった。

## 2.4 シンポジウムの意義

ニューデリーの IAEG 総会で京都での開催を報告したところ、アジアシンポジウムが 10 回も続くことの活気に IAEG 会長の Scott Burns が驚いていた。シンポジウムが発足した 1997 年当時の JSEG の体制は IAEG の副会長も務められた小島圭二会長と、井上大榮国際委員長であり、IAEG の副会長が中国の Wang Sijing という布陣で、日本がリーダーシップをとってアジア地域の交流を深め、IAEG における存在感を高めようということからシンポジウムが東京で始まった。

途中の第 5 回ネパールで危機的になったと思ったが、第 6 回のソウルには日本からも大挙して参加し大いに盛り上げ、第 10 回の京都では Birth Place の面目も果たすことができた。この勢いは今回のネパールでの ARC-11 にも続き、ネパール国外から 200 人以上が参加するという大会議になった。ネパールにおける応用地質学に従事、あるいは学ぶ研究者や技術者にとっては、その社会的な役割や存在意義を示す大きな機会になったものと思われる。次に 2019 年韓国済州島で開催される第 12 回においても、韓国応用地質学会(KSEG)の躍進と若手が奮起する機会になるものと考えている。アジアに刺激されてヨーロッパでも始まったヨーロッパ地域会議は、2004 年にベルギーで始まり 2008 年にマドリッドで開催されたが、その後はこの名目では開催されていない。アジアではほぼ 2 年ごとに開催されていることは非常に立派なことと言える。

今回の ARC-11 には日本から 50 人程度と多くの参加者があり、日本応用地質学会からは調査団を派遣するなどの活発な活動があったが、残念ながら若手の参加が非常に少なく活力が乏しかった。アジアシンポジウムは、日本から比較的近距离の開催地で開催され、気軽に発表でき、かつ、海外の研究者や技術者の話題を聞いて交流し視野を広げることができる絶好の場である。韓国済州島やその後のシンポジウムに多くの若手が参加し、学会の活力が上向くとともにアジアにおける日本の存在が高まることを期待してやまない。

### 3. 第 11 回 IAEG アジア地域会議 (ARC-11)

上田広和\*, 杉山直也, 佐々木靖人, 武田和久

\* (株)ニュージェック (特別参加)

#### 3.1 概要

- ・開催日：11月28日～30日，プレツアー27日，ポストツアー12月1日～3日
- ・テーマ：Engineering Geology for Geo-disaster Management(地質災害マネジメントのための応用地質学)
- ・参加人数等

会議前の登録で，海外からの参加者が218名，ネパールから89名の合計307名，これにネパールの学生が特別参加で加わり，開会式には約450名が参加した．日本からは中国に次いで多い約50名の参加者があり，開会式において共同コンビーナーのランジャン・クマール・ダハル准教授(トリブバン大学)から謝辞が述べられるとともに，会議の開催に尽力された日本応用地質学会前会長の長谷川修一教授の功績が紹介された．

#### ・開会式等

もと王室専用であった豪壮なホテル(Hotel Yak and Yeti)の会場で，初日の開会式にはものしい警備のもと，ネパール連邦民主共和国のバタライ大統領が来賓として参列し，国歌斉唱が行われた．今回のARC-11はネパール地質学会最大の行事であり，ネパールでのこの会議の扱われ方の大きさがうかがわれた．インフラの整備や防災事業に向けて，国をあげて地質技術者を養成するという政策があるものと思われた．しかし，会議を運営する上での資金事情は厳しいようであった．

発表会場は毎日盛況であり，ホテルの中庭でビュッフェスタイルのランチが提供されるなど，晴天にも恵まれ，和やかな雰囲気で開催が行われた．ただ，閉会式はネパール地質学会や実行委員会の責任者から同じような謝意の挨拶が約1時間半延々と続き，正直閉口した．

#### ・講演と発表

プログラムでは，基調講演が13(受賞記念講演を含む)，口頭発表が153(セッション数25)，ポスター発表が69と非常に多かった．3日間，3会場に分かれて発表されたが午前中は基調講演だけのため，ポスターだけの時間帯は設定されなかった．

初日の28日には，2016年にIAEGのHans Cloose Medal賞を受賞したトルコのResat Ulusay教授の記念講演に続いて，Scott Burns IAEG会長による環太平洋域の自然災害，千木良雅弘日本応用地質学会元会長による地すべり崩壊前の重力変形に関する基調講演が行われた．2日目は5人の基調講演があり，ネパールとインドの研究者からヒマラヤの地質研究や地震災害，ゴルカ地震後の復旧，また，イタリアのFausto Guzzetti博士から降雨による地すべり予測の講演があった．

3日目は4人の基調講演があり，長谷川修一教授がヒマラヤと四国山地の共通性に基づいた変動帯の応用地質，島根大学の汪発武教授によるせき止め湖の決壊予測，ほかトレンチ

による活断層調査や衛星データによる地表変動観測の講演がなされた。

全体的に地すべりに関する話題が多く、また、2015年にネパールで発生したゴルカ地震に関する話題も多かった。展示ブースには日本から、(株)応用地質、ICGdR、KUMONOS、アーススキャンニング協会が出展を行った。2020年に第36回IGCを開催するインドからの出展もあった。

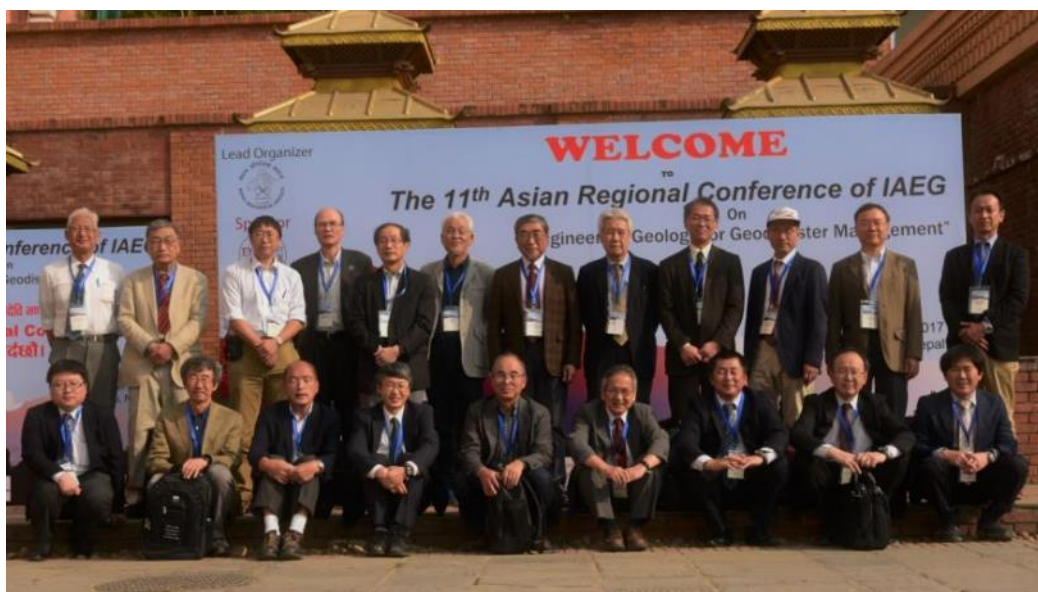


写真-3.1 11月30日 ARC-11会場前にて

## 3.2 第11回 IAEG アジア地域会議 (ARC11) 1日目

上田 広和・杉山直也

### 3.2.1 Keynote Presentation Session-1(上田 広和)

#### (1) Hans Cloos 賞記念講演 (演者: Resat Ulusay 教授)

Hacettepe 大学 (トルコ, アンカラ) で地質工学分野において教鞭を取る Resat Ulusay 教授が, Hans Cloos 賞を受賞した研究のひとつであるカッパドキア地域の歴史的建造物と応用地質学的特性について 1 時間の講演を行った. (英語題目: Geo-engineering aspects on the structural stability and protection of historical man-made rock structures: An overview of Cappadocia Region (Turkey) in the UNESCO's World Heritage List)

カッパドキアは, トルコ中央部のアナトリア高原に位置する歴史的な地域であり, “妖精の煙突” と呼ばれる軟質な凝灰岩をくり抜いた岩窟建築群が世界遺産に登録されている. 歴史遺産でありながら, 現在でも居住地に使われている世界的にも稀な “地下都市” であるが, 軟岩であるが故に浸食を受け易く, 支柱の先細りによる支持力不足, 壁面末端部の洗掘による落石, バックリングなど地質工学面での課題がある. これに加え世界遺産登録後は, 景観保護が優先事項になっているため, 景観と安全を両立させなければならないという工学上, 大変対応の難しい構造物群である.

Resat Ulusay 教授はカッパドキアにおける地質工学研究の第一人者である. 長年に渡って岩窟壁面の含水比および強度変化, 浸食速度のモニタリングを行い, 有限差分法解析で岩盤変位や応力分布を詳細にシミュレーションするなど, 極めて学際的に研究を進めておられる点が印象的であった. 氏は本講演以外でも, 一般公演で泥炭の地盤支持力に関する調査・解析についても講演しており, 氏の専門知識の広さと研究に対するバイタリティには特筆すべきものがあつた.

#### (2) 応用地質と地質工学技術者の国際的役割 (演者: Scott Burns 教授)

Scott Burns 教授は Portland 州立大学の教授で, 現 IAEG 会長を務めている. 専門は地すべり等の地盤災害で, 基調講演ではオレゴン州を事例にして, 都市域で起こり得る地盤災害と地質技術者が果たすべき役割について講演された.

オレゴン州はアメリカ北西の太平洋に面した州であり, 東はロッキー山脈が南北に縦断し, 人口は西海岸地域に集中する. プレート沈み込み帯で特徴付けられる環太平洋地域に属するため, 地震災害とは無縁ではない. またロッキー山脈を源流とするコロンビア川は, 州都であるポートランドが位置する肥沃な沖積平野を形成した一方で, 洪水や液状化の危険をはらんでいる.

氏は, 環太平洋地域に共通した自然災害を, 他国との事例を交えながら紹介し, 地質技術者が果たすべき役割として, 専門分野の研鑽以外に, 行政 (発注者) とのリスクコミュニケーションや経済復興 (Business Resilience) といった面でも地質技術者が果たすべき

役割を説いた。プレゼンテーションは、写真や図を一つ一つ掲載するシンプルなスライド構成で、ネイティブ特有の早口な英語である一方、説明は極めて明快で、ネイティブスピーカーでなくとも内容が自然に頭に残る講演であった。講演内容もさることながら、氏の熟練されたプレゼンテーション技術に学ぶべき点は非常に大きかったと思う。

### (3) 豪雨や地震に破滅的地すべりが誘発される重力性斜面変形 (演者：千木良教授)

近年、日本でも深層崩壊がテレビで紹介されるようになり、初生的な地形からの地すべりが斜面災害の一形態として認知されてきている。本講演では、千木良教授が国内外で携わった深層崩壊の現場を紹介すると共に、重力性の変形が生じている地形および地質的特徴、崩壊に至るメカニズムを丁寧に説明された。

重力性変形が進行している斜面の地形的特徴は、二重山稜で特徴付けられる直線状の陥没地形と連続する小崖であり、これらは断層破砕帯 (Crash Zone) を反映する地形的特徴である。また、地すべり体内には重力によって畳み込まれた小褶曲と多数の断裂の発達が見られることが多々ある。地すべりの段階が初期変状であることから、滑動の見極めが非常に難しいが、近年のレーザープロファイラによる航空測量によって、重力性斜面変形の徴候は高い精度で捉えられてきている。

本講演は、深層崩壊地の事前予測を目的とした内容であったが、調査・観測方法や対策方法に関する質問が寄せられた。このような質問があること自体、地すべり災害を、原因から対策までを包括的に考える欧米地質技術者と、分業体制が確立している日本人技術者との意識の違いを感じた。

### 3.2.2 Technical Session・Welcome reception (杉山 直也)

1日目午後のテクニカルセッションは3会場に分かれ、合計50の口頭発表が行われた。セッションは地すべりおよび地すべり機構、持続可能な開発と都市計画、アジアのジオハザード、落石の危険とその軽減等であった。またポスターセッションでは37の投稿があった(ただしすべては掲示されていなかったが…)。

筆者は地すべりおよび地すべり機構のセッションを中心に聴講した。残念ながら日本からの参加者の発表はなかったが全体に若い講演者が多かったように感じた。

午後は welcome reception が開催され、懇親を深めた。





写真-3.2(1) welcome receptionの様子1



写真-3.2(2) welcome receptionの様子2

### 3.3 第11回 IAEG アジア地域会議 (ARC11) 2日目

佐々木靖人

#### 3.3.1 キーノートセッション

2日目の午前中は2つのキーノートセッションがあり、合わせて5名の基調講演があった。最初のセッションはIAEG会長のDr. Scott Burnsが座長となった。最初の基調講演はIAEGインドグループの元会長であるDr. Gopal Dhawan (写真-3.3)による、ヒマラヤにおける水力発電の地質状況とその管理に関する発表であった。約15地域の主要プロジェクトが地図上に示され、その地質的な問題として、旧河道の存在、ダム基礎の破碎帯の問題、切土斜面の問題、空洞の問題、トンネルでの地下水流入問題、浅い土被りでの陥没、高い地圧、高い地温、ガス等があるということが説明された。これらに対してプロジェクト事業費の約2%を用いて調査を行い、リスクアセスメントとミチゲーションを実施しているという。いくつかのケーススタディが示され、そのうちのひとつとして示されたKishanganga水力発電プロジェクトではTBMによるトンネルの現場において、スクイーミング・高い地圧・高い地温・破碎帯・地下水の流入等が予想される地域であるが急峻な地域であることから、LIDARやエアボーン型物理探査等や、コントロールボーリング等の先端技術も活用して調査を行うとともに、リスクマネジメントの手法(写真-3.4)を活用して調査量などの検討がなされたことが紹介された。

次にIAEGの事務局長である中国のDr. Faquan Wu (写真-3.5)からは、岩盤の不連続面の幾何学的特性などの地質要素の統計的データに基づいた岩盤力学モデルであるSMRM

(Statistic-Mechanical Rock Mass)とそのトンネル等の実務への応用についての紹介があった。



写真-3.3 Dr. Gopal Dhawan

RISK MANAGEMENT- MINIMIZING THE "UNKNOWN- UNKNOWN"			
Gummer and Obermoser, introduced the concept of "unknown unknowns (k-ks). Modified by Palmeri (2012)			
K-Ks	Context of Hydropower	What to Do	How to Do
Known-Known	General Geology, overburden, expected rock types, ground water	The problems lie in the detail, i.e. adequate site investigations at the planning stage	Should be dealt with a good design
Known-Unknown	Actual Distribution of Rock Masses alignment, extent of fault areas, sudden water inflows etc.	Availability of adequate resources and designed contractual flexibility	Should be mitigated by appropriate contractual
Unknown-Unknown	Unanticipated extensive fault area, large karst cavity with water and debris filling, mud like soil within hard rock	The importance of investigations during construction (Probe Drilling, TSP, Gas detection etc.)	Minimized by imbibing investigation in construction phase.
Investigation converts unknown-unknowns to known-unknowns or known-knows.			

写真-3.4 リスクの考え方の例示(発表スライドより)



写真-3.5 Dr. Faquan Wu

その後ティーブレークをはさみ、座長が香川大学の長谷川教授となり、次のセッションの基調講演となった。ここではまずイタリアの Dr. Fausto Guzzetti (写真-3.6) より、降雨時の地すべりや崩壊を予測して早期警報を発するための取り組みについて紹介された。1996年から2014年までの2309の災害事例及び52の重大災害事例における降雨時間と累積降雨量の関係などを活用して予測する手法や実際の予測事例などの取り組みの例(写真-3.7)が紹介された。

次にインド地質調査所の Dr. Prabhas Pande (写真-3.8) より北西ヒマラヤの地震テクトニクスと地震災害ポテンシャルについての発表があった。

また地元カトマンズのトリプバン大学 Dr. Tara Nidhi Bhattari (写真-3.9) より、2015年のネパールのゴルカ地震において被災された集落・居住地域の転居と建設において採用された地質工学的な安全性確認手法についての紹介があった。地震後に設立された National Reconstruction Authority (NRA)のもとでネパール地質鉱山局、水災害管理局、土壌保全及び流域管理局等が協力して集落の安全性評価に関する調査のガイドラインを作成した。そして分担して調査にあたり、集落をその安全性により三つのカテゴリーに区分した結果、現在までに調査された730集落のうち213集落が何らかの防災対策を必要とし、190集落がより安全な地域への転居が必要とされたという。さらに200集落は調査中であるとのことであった。また、このようなプロジェクトには国際的な支援がなされているとのことであった。残念ながら時間の関係からかガイドラインの詳しい部分が紹介されなかったが、日本の斜面点検評価技術も活用できるように思われた。



写真-3.6 Dr. Fausto Guzzetti

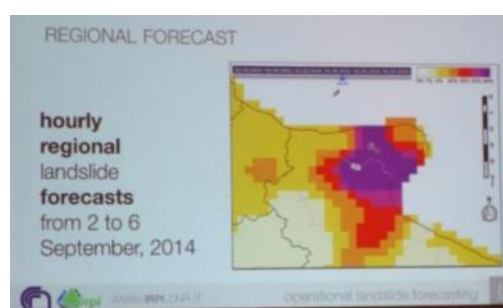


写真-3.7 ランドスライドの予測例  
(発表スライドより)



写真-3.8 Dr. Prabhas Pande



写真-3.9 Dr. Tara Nidhi

このセッションの最後には、2020年3月2～8日にインドのデリーで行われる第36回万国地質学会議（IGC）の開催国であるインドから会議の紹介が行われた（写真-3.10）。

### 3.3.2 テクニカルセッション

午後のテクニカルセッションは一般発表者によるセッションで合計39の口頭発表が行われた。セッションはランドスライドのモニタリングと早期警報システム、ランドスライドのメカニズム、地質工学と地質災害の管理、ランドスライドの危険度評価、ランドスライド災害と減災等であった。

このうち日本からの参加者の発表としては、地質工学と地質災害の管理のセッションでは日本応用地質学会前副会長の大塚氏（写真-3.11）より幌延地下研究施設での岩盤特性の調査技術、とくにウルトラソニックスキャナーによる孔壁イメージとボアホールスキャナーや針貫入強度等の比較についての紹介、ランドスライドのメカニズムのセッションでは日本応用地質学会前中部支部長の

小嶋氏より中央日本における深い重力性斜面変形（Deep-seated Gravitational Slope Deformations）についての紹介、ランドスライド災害と減災のセッションでは九州大学の池見氏より北部九州の山地流域での堆積物の分布を明らかにするための地形学的・地化学的手法の紹介や国土舘大学の橋本氏よりジャッキでの透水性パイプの挿入による地下水位低下工法による液状化対策の紹介、ランドスライドの危険度評価のセッションでは構研エンジニアリングの太田氏によるトンネル掘削における岩盤すべりのケーススタディの紹介等があった。

### 3.3.3 ポスターセッション

ポスターセッションでは、合計30あまりのポスター発表が実施された。日



写真-3.10 インドの担当者による第36回IGC（2020年インド デリー）の紹介



写真-3.11 大塚氏の発表状況

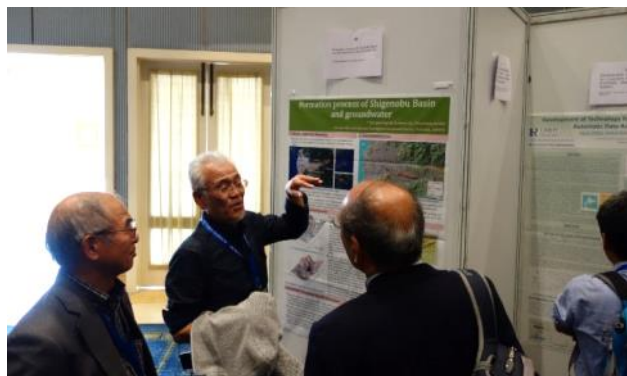


写真-3.12 ポスター発表の状況（栢木氏・宮崎氏の発表状況）

本からは栢木（かやき）氏・宮崎氏（写真-3.12）より重信盆地の地質形成過程と地下水挙動メカニズムについての紹介,司代（しだい）氏・木方氏（写真-3.13）より高レベル放射性廃棄物の管理のための地下深部の自動データ取得と長期モニタリングシステムについての紹介,宇津木氏（写真-3.13）より地質情報 CIM の構築と建設現場での活用の紹介,西村氏等よりカトマンズ盆地水資源関係の紹介等があった。

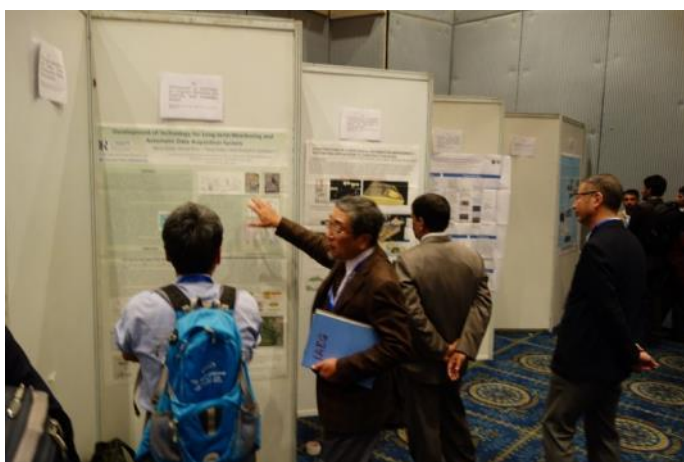


写真-3.13 ポスター発表の状況（手前中央は司代氏, 右奥は宇津木氏の発表状況）

### 3.3.4 特別講演

夕方には特別講演として,国際応用地質学会誌 (Bulletin of Engineering Geology and the Environment) の編集委員長である英国地質調査所 OB の Dr. Martin Culshaw (写真-3.14) による,「科学論文を如何に書くか?」の講演が行われた。この講演は,上記学会誌への投稿が増加しているがその多くがリジェクトされるため,質の向上のために同氏が繰り返し実施しているものであり,著者も以前,イタリアの IAEG で拝聴したことがある。論文を投稿しようとする者には大変参考になるものであった。まず書き始めの心構えとして,何か書けるもの・好きなところからどんどん書き始め後で直せば良いこと,同僚など誰かに向けて15-20分ですぐ書くことなど,論文の執筆に消極的になりすぎないことが強調された。また,論文の構成とその望ましいボリューム割合,具体的な書き方などが論文の章ごとに丁寧に説



写真-3.14 Dr. Martin Culshaw

明された。最後に最も重要なアドバイスとして,KISS (Keep It Short and Simple) が提示さ

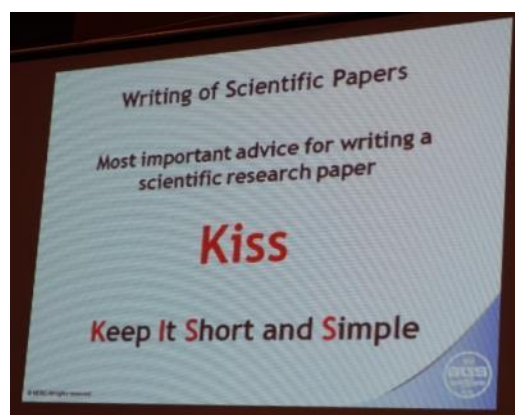


写真-3.15 論文執筆において最も重要なアドバイス（発表スライドより）

れ講義が終了した（写真－3.15）。

氏の科学論文と投稿者への愛情が感じられ印象に残る講義であった。なお、筆者は後日のエクスカージョンのバスの中で氏と隣り合わせになったので、今回の素晴らしいレクチャーのお礼と、自分が以前も同様のレクチャーを拝聴したことを話すと、氏は大変恐縮しており、その姿にも愛情ある人柄を感じた。写真－3.16はその際のもので学会2日目ものではないが、筆者がお誘いして日本の応用地質学会編集長の向山氏と国際応用地質学会編集長である Culshaw 氏の2ショットを実現させていただいた（筆者もちょうっかり参加したが）。なお、IAEG 総会報告によると Culshaw 氏は今年いっぱい編集長を引退し、昨年 Hans Cloos メダルを受賞したトルコの Ulsay 氏が編集委員長になるとのことである。



写真－3.16 国際応用地質学会の Culshaw 氏（中央）と日本応用地質学会編集長の向山氏（左）（右は筆者、巡検時）

### 3.3.5 招待講演

Culshaw 氏の講演と同時間だったので筆者は聴講できていないが、招待講演としてネパール地質鉱山局副局長の Dr. Soma Nath Sapkota によるヒマラヤの地震跡を LIDAR 等で調査した事例の紹介、また元 IAEG 会長である Dr. Ricardo Oliveira によるポルトガルの Arrabida ジオパークの紹介、Dr. Prem Bahadur Thapa によるネパールのランドスライドの特徴とそのハザード評価についての紹介があった。

### 3.3.6 その他（番外編）

以下は番外編として筆者が学会2日目に行ったことについて示す。学会会場には様々な組織や民間企業の展示ブースもあり盛況であった。その中の一つでは、筆者が開発した土層強度検査棒の展示も行われていた。このため開発者として飛び入りでブースの訪問者に多少の解説を実施した。Scott Burns 会長にも日本応用地質学会のチラシと土層強度検査棒のチラシをセットで手渡すなど「営業」した。また、筆者の所属する土木研究所に交流研究員として日本工営



写真－3.17 展示ブースの状況

(株) から派遣されてきている法水氏も 1 日目に土層強度検査棒に関するポスター発表を終えていたのでその解説に加わった (写真-3.17)。展示ブースはポスター会場と一緒にあったので訪問者が多く、すぐに購入したいという人もいるなど、はじめての海外営業は成功の印象だったが、その後実際に購入申し込みがあったのかは定かでない。

展示ブースではネパール地質学会のブースもあり、一部学会誌も販売していたが、残念ながらネパールの地質図を置いていなかったことから、空き時間を利用して学会会場から徒歩 15 分ほどのところにある地質鉱山局 (写真-3.18) へ地質図を入手しに行った。しかし、今回の学会にほとんど出払っているため地質図の販売担当者は不在とのことであった。そこで他の方に伺うと別室に連れて行っていただいた。その部屋では男性の窓口らしき方がいたので必要な地質図の枚数などを御願いとすると別の方が探しに行き、しばらく待つて無事入手することが出来た。しかしその部屋を出て振り返ると、その部屋の入口には Director General との表札が付いていた。そういえば、窓口の方が「学会で日本から来たのですか。ラジェ○○○を知っていますか？」(○○○は聞き取れず) と言っていたのを思い出した。それはおそらく Mr. Rajendra Prasad Khanal 地質鉱山局長のことであったのだろう。私たちは図々しくも地質鉱山局長室に上がり込み地質図を購入したのであった。

しかしながら、写真-3.19 に購入した 100 万分の一ネパール地質図(1994)を示すが、その地質図は在庫処分であったのか、ものによってはかなり痛んでおり、また後日町の小さな書店で販売されていたほぼ同縮尺の折りたたみ式の「観光用地質図」(490 ルピー) よりもやや古いものであっただけでなく 550 ルピーと若干高めであった。しかし逆に感心したのは、小さな書店でも観光用地質図というものが存在していたことである。日本では、ジオパークが多少流行しつつあるものの、「ジオパーク地質図」もほとんど見当たらず、「観光用地質図」などどこにも販売していないことを考えると、日本が観光立国としてまだまだ発展途上であり、また、地質が日本人に縁遠い存在であることをあらためて実感させられた。「観光用地質図」や「ジオパーク地質図」を書店で販売できるくらいに関係学会で連携して活動しなければ、と考えさせられた。



写真-3.18(1) 地質鉱山局の入口の看板 (1959 年設立のようである。左は購入した地質図を持つ同行の法水氏)



写真-3.18(2) 地質鉱山局長室の入口の表札

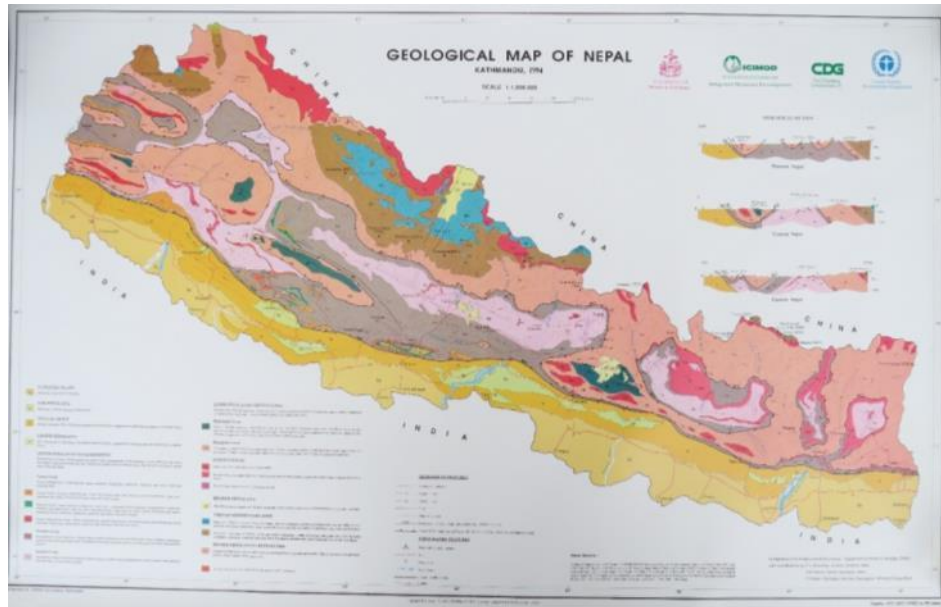


写真-3.19 地質鉱山局長室で購入した 1/100 万 ネパール地質図

(Compiled by K.M Amatya and B.M. Jnawali, Department of Mines and geology (DMG), 1994)

2 日目の夜は学会公式のイベントはなかったので、筆者は長谷川先生や大塚氏、巡検案内を担当するプラダン オム氏（ネパール出身で日本に留学し応用地質（株）に所属）等数名で会場近くのカラオケスナックでネパール料理とネパールビール等を楽しんだ。面白いのは、カラオケスナックといっても店の専属歌手の男女 2 名だけが歌っている方式であったことである。旅行中、ネパールは色々な民族・宗教が渾然一体となって仲良く暮らしている国であると感心したが、これも日本の文化がネパール式に融合した姿の一つであると感じて面白かった。おそらく歌いたいと言えば歌えるのであろうが、なかなか上手い専属歌手の歌を聴くのもネパール情緒があり、地質図が古かったことも明日が自分の発表であることもしばし忘れて楽しんだ。



### 3.4 第11回 IAEG アジア地域会議 (ARC11) 3日目

武田 和久

ARC11 最終日の第3日目も、前日までと同様に温暖な朝から会議が始まった。同日は、前述のように基調講演が4件、テクニカルセッションが4会場11テーマ67件、そして翌日の5月1日から実施される巡検案内、および最後に閉会式が行われ会議が終了した。

#### 3.4.1 キーノートセッション

キーノートセッションでは、活断層調査、地すべり誘発ダム(いわゆるせき止め湖)、広域地質やリモートセンシングなど、今回の会議のテーマに沿う4名からの発表があった。

1人目は、USA カリフォルニア州でアースコンサルタンツインターナショナル社を営んでいるエルドン・ガス:Eldon Gath 社長(現IAEG USA 代表)で、パナマ運河の拡張工事に伴う計画地点周辺に分布する活断層調査について、詳細な調査方法とその結果に関する報告があった。(写真-3.20)中央アメリカの太平洋と大西洋を繋ぐパナマ運河は、航行する船舶の増大や大型化に合わせて、拡張工事が計画され、当初建設時には殆ど配慮されなかった運河周辺に分布する活断層の存在とその性状などに関し詳細な調査が行われ、過去の活動などが明らかにされた。

パナマ運河周辺においては、写真-3.21 の



写真-3.20 Mr. Eldon Gath, パナマ運河における活断層調査



写真-3.21 パナマ運河と活断層分布  
(写真右下が太平洋, 左上方向が大西洋)



写真-3.22 スリット状に側溝を配置したトレンチ

ように Gatun, Limon および Pedro Miguel の 3 活断層が分布し, 地表地質踏査やトレンチ, 詳細スケッチと有機物片の試料採取, 年代測定結果などを総括的に解析された, その結果例えば, Limon 断層では右横ずれで走向方向に年間 3 mm の変位が認められる. 報告では**写真-3.22**に示すようなトレンチの掘削状況が示され, 3-D 調査としてトレンチの長手方向から垂直に溝掘りをして, 三次元的な広がりを確認している状況が示され興味深い調査法であった. 発表は具体的な調査内容と結果に触れ, 分かり易い講演であった.

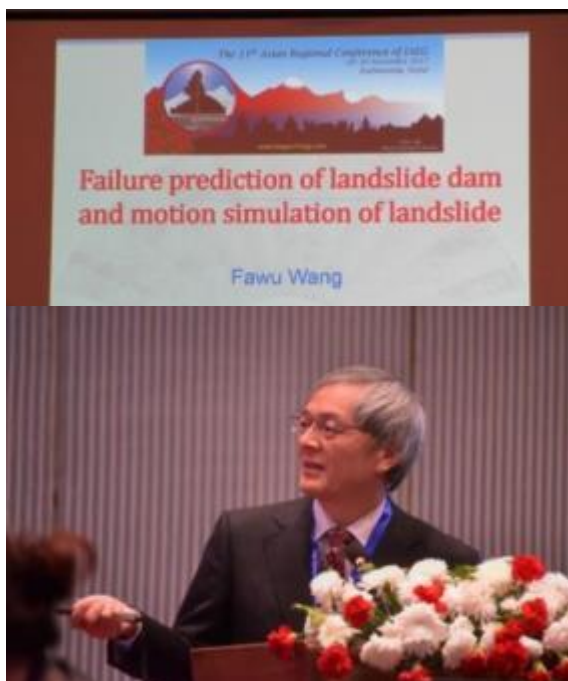
質疑応答では, 地表面の GPS 変位測定に関し 5 点継続モニタリングされていること, トレンチ調査に関し各断層はそれぞれ 2~4 週間, 全体で 7 年の調査期間であったことなどが報告された. また, どの程度の地震の再来が予測されるかについて, マグニチュード 7 程度が想定され, パナマ運河庁の地震評価委員会に報告されているとのことであった.

2 人目は島根大学総合理工学研究科大学院の汪癸武教授: Dr. Fawu Wang で(以下汪教授), で, 地すべりに起因する天然ダムの崩壊と地すべりの挙動予測に関する講演が行われた.

(**写真-3.23**)

汪教授の講演は, 地すべりで形成された天然ダムの決壊時期予測と地すべりの挙動予測について, 減災の観点からはこの「予測」が最も重要な点であることを強調された. まず地すべりで形成される天然ダムについては, その決壊時期の予測において重要な点は,**写真-3.24**に示される頂部越流, パイピング, および堤体すべりの 3 大決壊要因があり, このうちパイピングは決壊規模やその発生が突発的であることから, 最も注意が必要な要因であると報告された. これらの実際の事例について, 日本国内や海外の天然ダムにおける水平, 鉛直の 3 成分の常時微動連続測点観測(Microtremor Chain Survey)やボーリングなどを行い解析された結果が報告された.

これらの結果を解析し地下水調査, 現地におけるモデルテスト, 流出水の濁りの確認結果などによって, 地すべりで形成された天然ダムの決壊予測が行われた. 一方地すべりの挙動予測については,



**写真-3.23** 汪教授, 地すべりダムの崩壊予測ほか



**写真-3.24** 天然ダムの 3 大決壊要因のまとめ

2つの予測モデルを用いて、地すべりの時系列予測を行い高い信頼性が確認されているとの報告があった。

質疑応答では、天然ダムの現地測定には1 km/日程度が可能なことなどの質問があった。

3人目は今回のARC11の日本応用地質学会の調査団長であり、香川大学工学部の長谷川修一教授で、変動帯における応用地質と題して、ヒマラヤと四国山地の地形・地質の背景を説明され、それらを基にした応用地質学的な特性と適用に関する報告をされた。(写真-3.25)

長谷川教授は、ネパールはユーラシアプレートの南部に位置しインドプレートとの衝突帯にあり、一方でユーラシアプレート東部に位置し海洋プレートが沈み込む日本の四国山地と比較し、地理的な離隔とは対照的に、地質的内背景が近似していることを報告された。すなわち、両地帯とも山脈の形成に中新世の花崗岩の進入が関係しており、他の岩石に比較して密度の小さい花崗岩が山体中で平衡状態を保つため地下深部から上昇することにより山体形成が行われること。(写真-3.26) また、これらの活動は温泉作用や熱水変質作用として、断層粘土や粘土脈などからなる不連続面の形成を促進させ、これによって深層崩壊の引き金になっていると判断されることが報告された。

ヒマラヤも四国についてもその近傍に活動性の高い断層が分布しており、これらの活動によって常に大規模地震の脅威にさらされており、その活動によって山体は平準化する方向にある。最終的に、カトマンズ盆地の大規模な平坦面が形成され、そこには1000m以上の厚い堆積物が分布し、その層厚が厚いことと多孔質な堆積物

の分布によって、盆地内での地震動は軽減され震災による被害が少ないこともあると考えられると報告された。上記のような地形・地質学的な特徴に関し、四国における高速道路やトンネル建設によって得られた経験や教訓が、四国と同様な地質背景にあるネパール国でのイン



写真-3.25 長谷川教授, 変動帯の応用地質学

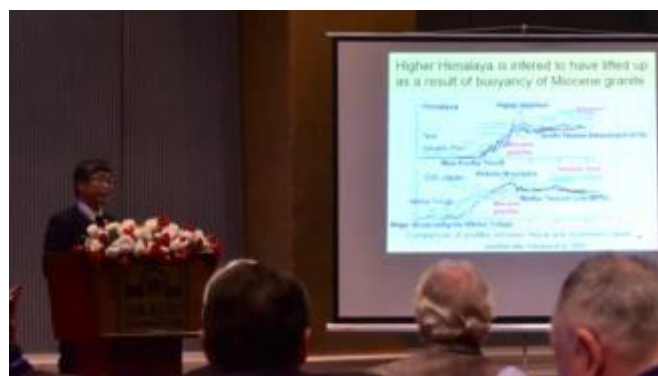


写真-3.26 ヒマラヤと四国の地形比較

フラ整備に大きな貢献が期待できるとまとめられた。

4人目はイタリアの斜面防災に関する国立研究所に所属する、ワソウスキ博士:Dr.Janus Wasowskiによる、斜面不安定化に至る小崩壊の把握と長期的な斜面挙動観測を可能にする高精度衛星レーダー(High Resolution Radar Satellite), ならびに合成開口レーダー(Multi-Temporal Interferometry:MTI)の有効性に関する最新技術紹介と観測事例である。(写真-3.27)

ワソウスキ博士は、始めにリモートセンシング技術の全体像を紹介し、次に2つの観測事例を紹介された。ひとつはイタリアアペニン山脈の頂部に位置する市街地が深く大規模な地すべりに脅かされた事例であり、他のひとつは欧州中央部に位置する石炭鉱山における長さ2.7km、深さは数十メートルに及ぶ大規模地すべりである。

これらは何れも、高精度衛星レーダーや合成開口レーダーによる観測・解析、ならびに現地踏査や孔内傾斜計の観測結果などによって、動きの予兆が捉えられた。この成果が得られた要因は、欧州宇宙利用機関(European Space Authority:ESA)が公開しているデータ利用が可能であったことによるものである。

質疑応答では、ネパールのような高標高部に存在する氷河の位置や高さの測量はどうしたらよいのか?という質問があり、課題の多いところで長期的に地表、すなわち氷河や氷の表面を観測していく必要があるとの回答であった。



写真-3.27  
Dr. Janus Wasowskiによる講演

### 3.4.2 テクニカルセッション

基調講演に引き続いて一般発表者によるテクニカルセッションが行われ、11セッション合計67の口頭発表が行われた。発表テーマは、地震や地すべりによる斜面変形や斜面管理、リスクマネジメントなど多岐の発表があった。このうち応用地質学会の調査団を中心とした発表を報告する。

地震を誘因とした斜面変形のセッションでは佐々木氏が、2016年の熊本地震を例に地震による斜面変形に対する各種構造物の斜面変形対応方針を発表された。(写真-3.28) その発表は大規模地震に向け、地形により斜面勾配を基に4区分、また地質および応用地質特性を基に7区分を行い、これらを総合的に勘案した斜面変形予測をして、構造物の設計に反映させる提案があった。



写真-3.28 佐々木氏の発表状況

地すべり災害と予察に関するセッションでは木下氏が、西日本地域における4箇所の災

害を対象に、小流域における谷密度と降雨量の関係について報告された。(写真-3.29) 報告では、34例からなる地すべりや土石流について、その谷密度と降雨量と災害の関係を発表された。

降雨に誘発された地すべりに関するセッションでは小松原氏が、日本国内に分布する断層に関連した地震誘発地すべりについて降雨と融雪量の関係を報告された。(写真-3.30) 土石流の規模と降雨量との関係では、双方に良い相関が認められ、さらに積雪が深い場合には、大規模地すべりとなる傾向があることが報告された。

新技術に関するセッションでは山岸氏が、GISと周辺新技術を用いた地すべりマップの作成の報告をされた。(写真-3.31) 発表では始めにグーグルアースやその他DEM, GIS, Chibouzu(CBZ)などの紹介がなされ、国内の事例として6地点で発生した浅層地すべりについて、地すべり頻度・規模と斜面勾配の相関から、発生した地すべりの斜面勾配は25~30°に集中しており、基盤の地質との関連は認められず、地すべりを構成する物質は風化した細粒堆積物や降下火山灰であることが確認された。

テクニカルセッションについては、メインの2階大会議場のほか同フロア、半地下部分の会議室、3階の4会場が利用されたこと、また各セッションの発表時間の遅延や発表キャンセルもあり、プログラムに沿って各発表を聴講することが難しかった。



写真-3.29 木下氏の発表状況



写真-3.30 小松原氏の発表状況



写真-3.31 山岸氏の発表状況

### 3.4.3 巡検案内セッション

第3日の夕刻からは、翌日に出発するEX-2~5までの4巡検に関する報告があった。

このうち、EX-4はカトマンズからアルニコ道路を経て北東方向の中国国境までを地すべり、洪水や斜面保護工などについて観察するルートである。一方、巡検2, 3, 5はカトマンズから西方約150kmのポカラ市方向に向かうもので、高圧変成岩の観察、ゴルカ地震の震央周辺、道路周辺の斜面保護工、大規模地すべりや土石流跡地などの観察ルートである。EX-2と5は3日間の行程で2は学会参加者一般向け、5は日本応用地質学会向けに企画さ

れたものである。EX-3 は 2 日間の行程でゴルカ地震を中心に巡検が行われた。

このような背景から、EX-2, 3, 5 の巡検案内はランジャン准教授が一括して報告された。

#### 3.4.4 閉会式

閉会式は発表などを行っていた 2 階の大会議場で引き続き行われ、発表の遅延、閉会式用正面看板の準備、主賓の到着待ちなどから、開始が予定より 30 分以上遅れてのスタートとなった。

内容は、会議の活動総括、IAEG 会長挨拶、優秀学生の表彰、ARC12 の案内、感謝状授与、主賓挨拶、主催者からの感謝の言葉、閉会宣言など盛りだくさんであった。閉会式で印象に残ったものを以下に記した。

IAEG のスコット・バーンズ:Dr.Scott Burns 会長の挨拶では、歴史ある素晴らしい会議場であったこと、また野外中庭におけるビュッフェスタイルの昼食や歓迎レセプション、450 人以上の多くの参加者が一堂に会しての会議、とくにネパール国では地質専攻の学生が多く、とても多くの若い地質技術者が会議に参加したこと、会議の主催者の努力により世界中から著名な研究者による基調講演、多くの口頭ならびにポスター発表などを賞賛された。とくに開催時期について、ARC11 開催時期には雨降りが続く母国オレゴン州とは比べものにならないほど、気持ちの良いものであったと述べられた。バーンズ会長はコンビナーの際には発表者の家族紹介やコメント、あるいは若い技術者の発表時には、講演終了後にその個人に直接話しかけて助言をされる姿が印象に残った。さらに、閉会式スピーチでは、会議途中は何度も若い方と写真を撮ったが撮り残しがあるといけないので、会議の最後に若い方達と一緒に写真撮影を許してもらえますか？など、会長の人となりうかがえる心温まる挨拶であった。

次回のアジア地域会議 ARC12 は、韓国の済州島(Jeju Island)で 2019 年 9 月に開催されることとなっており、IAEG 韓国のボ・アン・ジョン Bo-An Jang 代表より会議参加への案内があった。済州島は、20 万年前からの活動で形成された火山島で、UNESCO から世界遺産、世界ジオパーク、生物圏保護区の指定を受けており、その自然の魅力などについて空撮映像などを用いて紹介がなされた。また、会議期間中は 1 階の参加登録ブースの傍に



写真-3.32 バーンズ会長の挨拶



写真-3.33 学生と会長の写真撮影

写真-3.34 に示す ARC12 紹介コーナーを設け、開催パンフレットや記念品の荷物タグなどを配布して、勧誘に努力をされていた。

上記の会長挨拶と ARC12 の紹介は何れも数分のものであり、ポイントを得た内容、また濟州島の綺麗な映像などは聴取者に次回参加を促す良いスピーチであったと感じた。一方で、既に記されているが閉会式の多くのスピーチが同じ内容、しかも準備された文書を延々と読み進むものが多く、結果として閉会式終了予定 18:00 に比して 19:30 近くまで時間を要した。前日の夕刻に講演を受けた Dr.Culshaw 編集委員長による、科学者の論文作成の要点、「KISS『Keep It Short and Simple』の大事さ」を改めて思い起こし、自戒しなければと念じた夜となった。



写真-3.34 ARC12 紹介ブース

### 3.4.5 その他（番外編）

#### 1) カレーライス

会議期間中の昼食は中庭に用意された広いテーブルにふんだんなサラダ、肉や白飯、スパゲッティ、とくに複数のカレーは美味しく飽きもこない食事に助かりました。

会議終了後に羽田の国際線出発ロビーに出向くことがあり、出発階の上のフロアに写真の看板を見つけました。そこには「ネパールの 5 つ星ホテル『Yak&Yeti』のシェフ直伝！超特大ナン又はライスが選べる特製チキンカレー。スパイスが香るほどよい辛さとコクのあるチキンのうまみをお楽しみください」と記載され一番の人気商品と売り出していました。ちょうど軽い食事でもと思っていたところだったので、直ぐにこれを注文しカトマンズの味を思い出しました。ただ、やはりホテル会場の中庭での気持ちの良い陽気と雰囲気ですべてのものと同じとはいきませんでした。



写真-3.35 Yak&Yeti 直伝カレー

以上ご存知の方もおられるかと思いますが、いつまで提供されているかわかりませんが、機会があれば寄られてみてはいかがでしょうか？

#### 2) シンズリ道路計画

カトマンズに到着初日、夕刻のアンナプルナホテルのロビーソファで清水公二さんと歓談する時間があり、その日はご友人と会食とか、お話をしているうちにそのお相手は

猪狩哲夫さんとのこと、驚きました。猪狩さんとは学会の研究企画委員会で、またその後ベトナムのダイニン水力発電所のダム工区建設現場で、ご一緒することがありました。しかし、2006年に小職が国内の業務に異動となり、建設途中で現場を離れてから、もう12年以上お会いすることがありませんでした。

結局、ARC11の会議や巡検が続いた後、帰国前日にお話しする機会を得ました。猪狩さんは上記ベトナムの現場以降、複数の海外建設現場を経て8年前にネパールに着任、2015年のゴルカ地震直前まで、日本のODAによるシンズリ道路の建設に従事され、現在もカトマンズ駐在中とのことでした。これは、道路建設はゴルカ地震の前年には概成し、次の現場への準備を始めていたところに大規模地震が発生、道路建設で使用し移動準備をしていた重機類を復興に利用することになり、異動のタイミングが狂ってしまったとのこと、様々なところに影響、人生何が起きるか難しいものだなと感じた。

ご担当されたシンズリ道路は、カトマンズの東方30kmに位置するドリケルを起点とする総延長160kmの幹線道路で、東西に伸びる標高1500mを越えるマハバラット山脈を通過してインドとを結ぶ道路となっている。衆知のようにネパールは中国とインドに挟まれた内陸国であり、シンズリ道路は物資、とくに港のあるインドのコルカタとカトマンズを結ぶ、生命線ともいえる重要な道路となっている。ただ延長160km間にトンネルはゼロで、橋梁も僅か15基と国内では想像もつかない計画である。日本国内首都圏の地図を眺めると、横浜市の外れあたりから丹沢山のヘアピンカーブを作りながら上がり同様に山梨方向に下って、諏訪湖付近まで届く全区間にトンネル

が無く、かつ橋梁も僅かであるということになる。EX-5に参加し前日まで同様な道路延長を、カトマンズからポカラまで行き悪路を揺られたことを考えると、建設工事が難航されたのだろうと想像された。このシンズリ道路の記録をJICAの亀井温子氏がまとめられており、その著書「未来をひらく道—ネパール・シンズリ道路40年の歴史をたどる—」佐伯印刷(株)2016年3月を頂戴した。

この本には、計画から設計、建設に至る詳細が記されており、工事で遭遇した地すべりや土石流、その他設計変更など技術的な課題のほかに、政治的な理由やストライキなどによる工事中断のことなどが詳細に記されていて、ネパールをさらに理解することと

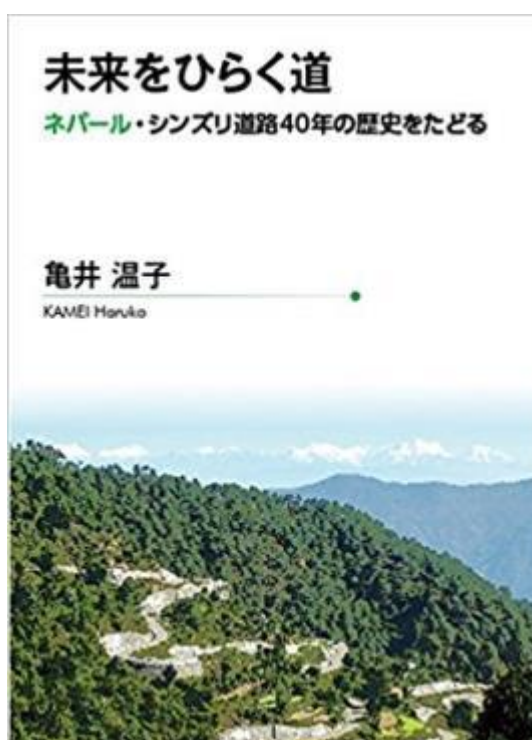


写真-3.36 シンズリ道路に関する著書



なった。また、海外におけるコンサルタント業務や建設工事、相手国との交流、とくに信頼関係を築きながら、同じ目標に向かって協同作業を行うことの大事さを教えてくれることとなり、ご担当した皆さんに改めて敬意を表することとなった。

**写真-3.36** に著書の表紙を示した、興味のある方は、ご一読を進める次第です。

### 3) ネパールで販売されている地質技術書

ARC11 帰国後に、過去にネパールで水力発電所建設をご担当された土木職にお会いする機会があり、その方と地質関係の話をしていたところ、こんな本があるけどご存知かな？との質問を受けた。著書名は「A Geology for Civil Engineers」Blyth & Freitas 著、The English Language Book Society 発行という著書で、地質学全般、原位置調査と室内試験、および応用の3編からなり、応用編の中には地質図作成、地質と地下水、地質と斜面変動、ダムと貯水池、掘削、建設材料などが詳しく述べられている。残念ことに英国の技術者を対象としているので、地質やその他の基本情報は英国のものとなっている。

上記ネパールに詳しい土木職の方の経験によると、インドを経由して英文の公刊本が入ってきており、英国の出版物が多く販売されているし、安価で手に入るとのことであった。なるほど街中で地形図はもとより地質図まで容易に購入できるし、山岳関係の著書なども多く目についたことが理解できた。これには、地質を学ぶ学生が多いということも関連しているかもしれないと想像され、次に行く機会があれば、「ヒマラヤのトレッキングとともに本屋さん巡り」をしても面白いかなと感じました。

- ◆ 本節で添付した写真については、西村貢一氏と杉山直也氏よりご提供頂いたものを使用しました。最後になりましたが、お礼を申し上げます。

#### 4. 巡検 EX-1

古谷尊彦, 伊藤健二

2017年11月27日のPre-conference tour EX-1(市内見学)を皮切りに始まるIAEGへ参加を決め、羽田空港 26日00:20TG661便 バンコック経由 ネパールのカトマンズへの旅が始まった。参加に当たってリーダーからPre-conference tour EX-1の案内ないしはエッセイで良いから原稿をお願いしますと仰せつかった。バンコック空港での乗り継ぎに大分時間の余裕があったが、街中に出るのには少し時間が少なく、空港内のショッピングモールを散策することにした。

定時にバンコック空港を発ち、カトマンドウ空港に向かった。タイの広々とした平野の上空を突っ切り、やがて眼下に山々が見え始め、遙か彼方に幽かに雲かとおぼしき純白の峰々が見え、快晴の空を真横に、しかし鋸の歯のような起伏で切り裂き、佇立した山々の連なったヒマラヤの連山が姿を現した。慌ててコンパクトカメラを取り出しシャッターを切った。しかし如何にも具合が悪く、航空機の二重窓に反射し、良い写真が撮れない。そこで記念にと思い、急遽フィールドノートにスケッチすることにした。その一枚が図-4.1の挿絵である。

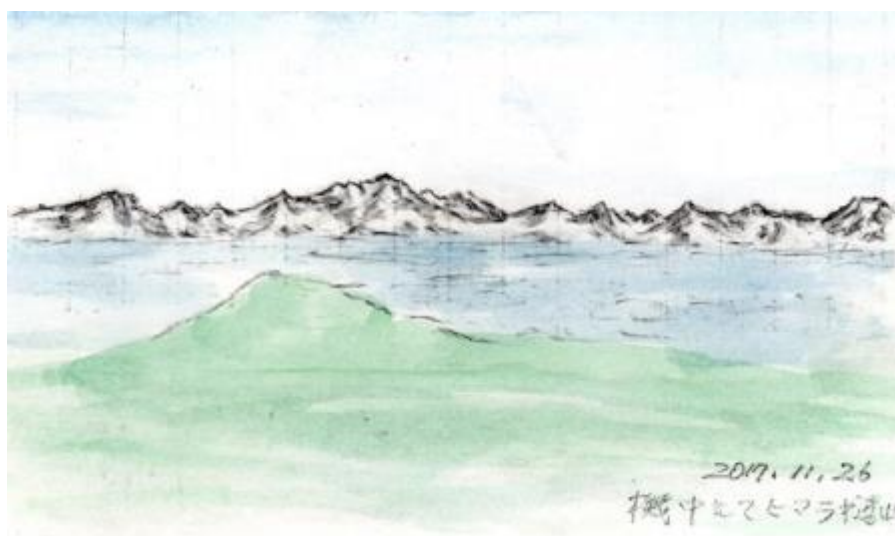


図-4.1 バンコック空港からカトマンズ空港間の機中で見たヒマラヤ山系のスケッチ

定刻にカトマンドウ国際空港に着き、宿泊予定のアンナプルナホテルに着いたのがほぼ15時であった。この間バスで街中を移動中、バイク・自動車の犇めくように通過する様、未舗装の道路から巻き上がる砂埃、電柱に補修電線の乱雑な束のぶら下がり、防塵の為のマスク姿の娘さん達などに遭遇し、2005年に訪問した時、こんな情景のなかった事を思い起こし、この国の隔世の感のある変化の速さを、先ずもって思い知った。愕然とした思いがあったので、市内散策をと思ったが、夜行便での旅程で疲れていたため、明日からの行

動に支障のないように、ホテルでゆったりすることにした。

明けて 27 日市内見学の巡検に出発した。巡検に参加を決めていた時には、気軽な市内の名所見物と思っていたが、資料を渡されて、初めて全くの本格的な巡検である事を知った (図-4.2)。予めこの国の事を勉強して参加すればよかったのに、と先ず後悔の念を抱くことになってしまった。この巡検で得られた多くの情報をお伝え出来れば良いのだが、巡検資料には自然・文化・歴史などと、大変多岐にわたる内容がコンパクトに詰められていて、浅学の私達には十分咀嚼してお伝え出来ないことが分かった。しかし資料を基にして、分かる範囲で見学した主な内容や感想を紹介できればと、努力してみた。

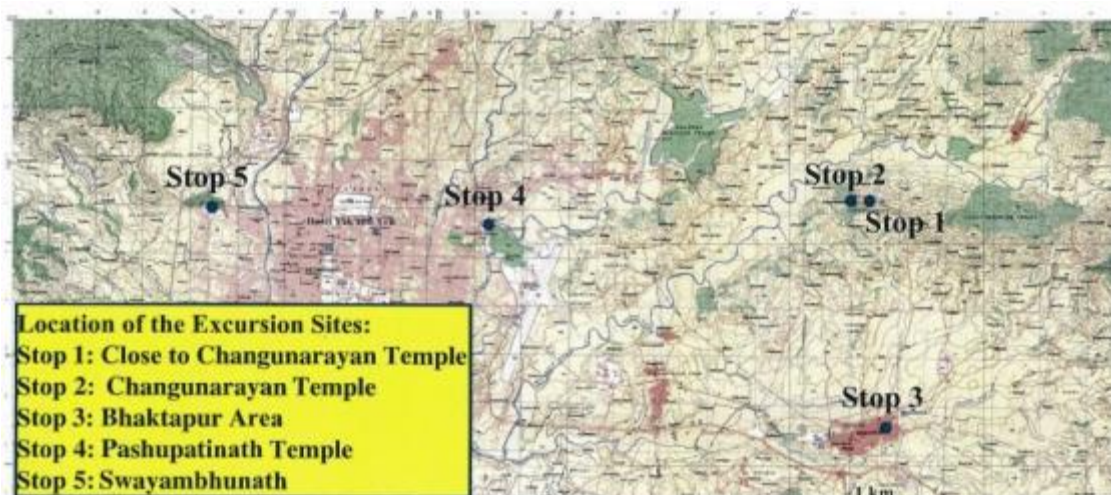


図-4.2 カトマンズ盆地における見学地の位置 (ARC - 11 : Ex - 1 28-30 Nov. 2017 資料より)

この巡検の背景をなすカトマンズの河谷は Main Himalaya Thrust (MHT) で移動してきたピギーバック型の盆地と理解されている。この地帯は年間 20mm/year の速度でインドプレートがチベット地塊の下に沈み込み、閉塞された地帯を構成し、この北端で弾性エネルギーの蓄積があるとされている。この閉塞帯の北端で、2015 年 4 月 25 日にゴルカ地震が発生し、断層活動による断裂で中央ネパール山脈が南へ 7 m に達する移動があり、カトマンドウ河谷は 1 m の隆起があったとされている。微小地震の記録は Higher Himalaya の南の前縁部で深部に潜り込んでいく形で示されているという。カトマンズ河谷はこのネパールヒマラヤの激しい微小地震帯の南約 70~80 km にある (図-4.3, 4.4)。

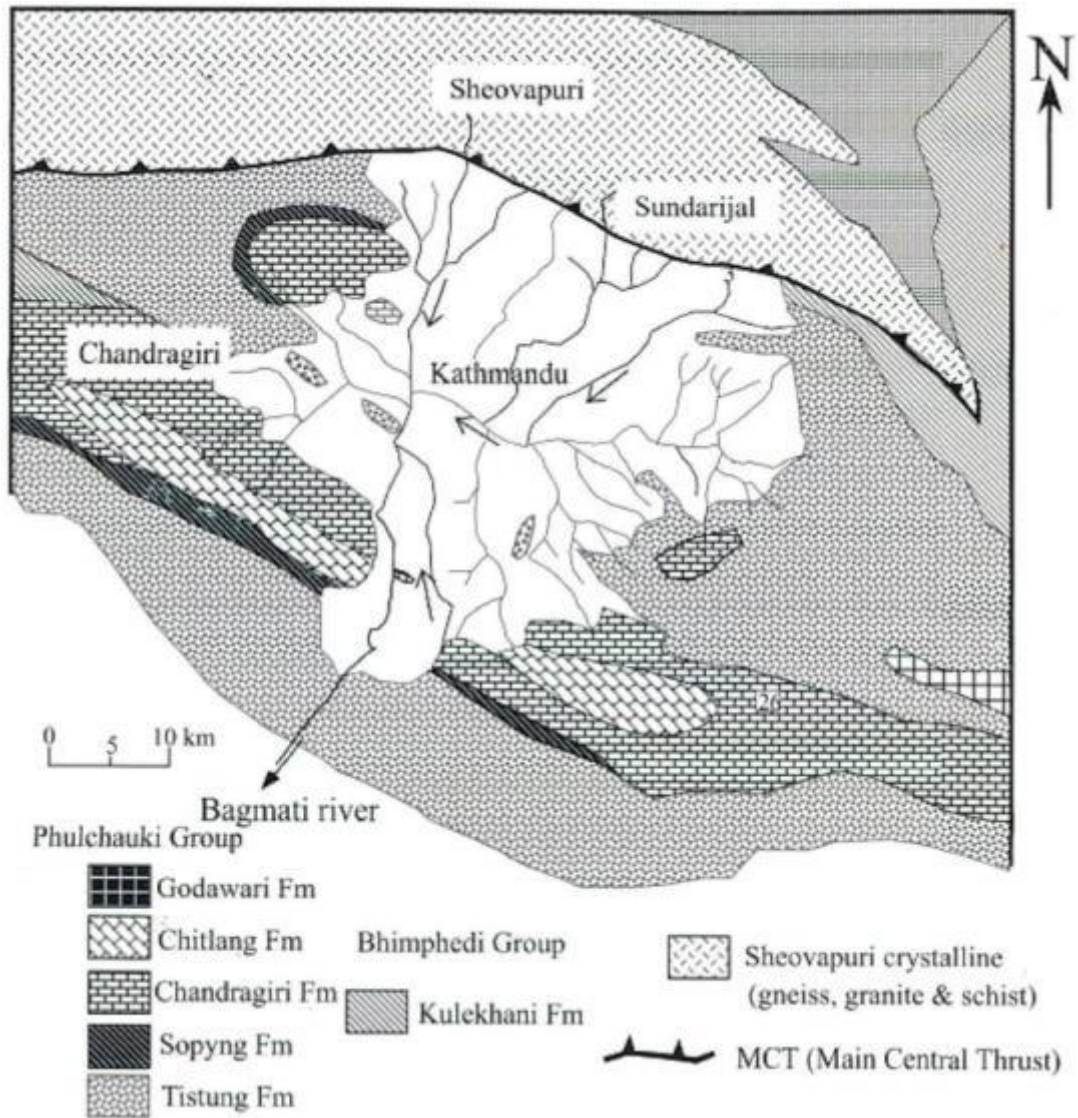


図-4.3 カトマンズ河谷の地質の概要 (ARC-11:EX-1 28-30 Nov. 2017 資料より)

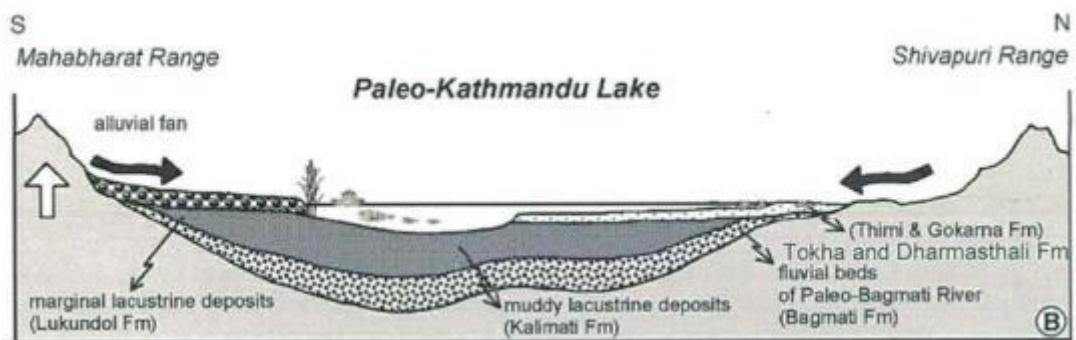


図-4.4 カトマンズ河谷の模式的地質横断面 (ARC-11:EX-1 28-30 Nov. 2017 資料より)

盆地底は古い湖の堆積物から構成され、盆地に流入する各河川を合わせて盆地南部で平野部に流出する Bagmati 川流域によって開析され、数段の湖成段丘が発達している。これらの段丘面は以下の様に分類されている。盆地の中北部で Kallimati(1275～1290m)、Patan(1300～1320m)、Thimi(1330～1340m)、Gokarna(1350～1390m)、の地形面に分類され、盆地南部では Sunakothe(1330～1380m)、Boregaon(1395～1430m)、Chapagaon(1435～1485m)、Pyangaon(1495～1520m)、Itaiti(1540～1610m)に区分されている (図-4.5)。



図-4.5 カトマンズ盆地の DEM データが示す様々な段丘面の分布 (ARC-11 : EX-1 28-30 Nov. 2017 資料より)

一方、このカトマンズの河谷で見られた地殻活動に基づく断裂の事変は先史時代から発生していたに違いなく、液状化による記録は盆地の各所に厚さ 600 m に達する fluvio-lacustrine の堆積物に残されていることが分かってきている (図-4.4)。現況では低地帯を形成するカトマンズの河谷低地で液状化しやすく、より高い位置にある段丘面では液状化の割合は少ないと考えられている。しかし、カトマンズの河谷の人口は近年集中が見られ、統計によると 1930 年に 262,233 人が 2014 年には 2,517,023 人となっているとい

う。これもごく最近 10 年の急速な都市化による。この様な背景があるので、人々の生活に関わるヒマラヤの地質に関する理解は、この国の持続的発展のために極めて重要な課題となっている。こうした地形・地質的背景のもとに、この巡検はこの国の自然、過去にさかのぼって栄えて発展した痕跡として残された文化遺産、現代社会の民度・民情の理解に供する内容が含まれ、極めて濃い内容である。

主な見学地は ①Changunarayan 丘陵からのカトマンズ盆地の地形の遠望とヒンドゥ教寺院、②Bhaktapur 市の旧街区；世界遺産となっている王宮・寺院・古い町並みなど、またゴルカ地震の被災の痕跡など、③Pashupatinath の寺院施設、④Swayambhumath 仏教寺院の施設と、この丘陵からのカトマンズ盆地の景観の遠望が準備されていた。

朝 7 時半に主会場のヤクヤティホテルを出発して、街中に出ると、自動車・バイク・人々の波、活力に満ちたと言うべきか、また、パンク状態の町と見るべきか複雑な思いが脳裏を過ぎった。排ガス、未舗装の道路から舞い上がる砂埃、郊外に近づくに従って道端、特にバス停近くで野菜・果物・また衣服などを商って開店している露店の風景が見られる。我が国の高度成長期の環境汚染に塗れた時代を彷彿とする町の情景として目に映った。2005 年に訪れた時の街並みの古い記憶が蘇ったが、町は一変して定かではなかった。



写真－4.1 Changunarayan 丘陵へ向かう途中の景観—棚田の広がり

1 時間ばかりして、丘陵地帯に近づくと、斜面に乾季の棚田の景観が広がり、何故かほっとした（写真－4.1）。棚田の一部は裏作利用の麦畑が散見される。時折湧水を引き込んだ水道施設が見られ、山腹を九十九折に上がる途次に桜に似た花木が見られ、後に確認したところ、パイユウと呼び桜の一種だと言う。11 月末なのに桜とは改めて気候の違いを実感した。暫くして目的地の丘陵頂に着いた。一望千里、カトマンズ盆地の景観が見渡せるは

ずであったが、生憎の乾季の埃っぽい乾いた大気と盆地底特有の汚染された大気の淀みによって霞み、残念ながら Bagmati 川流域の求心的パターン<sup>1)</sup>の形状、盆地を囲む山並み、湖成堆積物からなる段丘面の配列など、鮮明に見ることは叶わなかった(写真-4.2)。また、これらの地形や構成する地質の熱心な説明があったが、残念ながら普段使わない乏しい語学力のせいで、十分な理解とはいたらなかった。



写真-4.2 Changunarayan 丘陵からカトマンズ盆地の景観

次いでヒンドウ教の Changunarayan 寺院を参拝した。境内の建物の一部に破壊が見られ、ゴルカ地震の影響が垣間見えた。境内に祭られたヒンドウの神々の塑像は素晴らしい彫塑と感じたが、この国の住民の 90%を占めるヒンドウ教の精神世界の神髄の理解には、宗教観に乏しい私たちにはなかなか理解できなかった。

巡検の常であるが、行動予定より遅れ気味に 11 時ごろ次の見学地 Bhaktapur 市に移動した。この町はカトマンズ市の東約 14 kmに位置する。多民族国家ネパールの民族の一つネワール族の王朝が築いた Bhaktapur 王国の首都で、インドとチベットを結ぶ交易の要衝地として栄えた都である。12 世紀のこの町<sup>2)</sup>の原形が見られ、4 世紀のものもあると言われるが、初めての訪問では何処がそれに相当するか定かではなかった。古色蒼然としたレンガ造りの建物群、路地のような狭い道に並ぶ商店街などが印象的で、何となく伝わってくる町の雰囲気はヒンドウ教の影響に根差していると感じた(写真-4.3, 4.4)。

この古い町並みの中に、しばしば角材の支棒を施した建物が見られ、よく見ると崩れかかった壁、片づけられた建物跡が観察され、ゴルカ地震の被災の痕跡を確認することが出来た。



写真-4.3 Bhaktapur の古い市街地の一部



写真-4.4 修復中の寺院

この被災に通じるこの町の地形地質的背景の概略は次のようであった。地形面は Thimi 段丘に属し、地質は湖成平野、三角州の前面などの堆積環境で成立した地層からなり、時折粗砂を含む細砂・シルト・粘土などから成り立っていると言う。また、当時のものかど



うかは不明だが、割と古く感じられるインフラとして地表下2 m位まで掘り込まれた水場がしばしば街中に見られ、地下水はわずかに滲み出るような状態で、これから類推すると、地下水面はあまり高くないようである（写真-4.5, 4.6）。たまたま道端にあった掘り抜き井戸の水位は目測で5mを超える深さの様に見えた。いずれにしてもこの町の地下水位はあまり高くないようである。町の地盤が細砂・シルトなど液状化を起こしやすい物質から構成されているにもかかわらず、古色蒼然とした建物群からなるこの町の被災状況が壊滅的でなかったのは地形が段丘であり、地下水位があまり高くなかった自然的背景と長年の地下水利用に起因して低下したと考えられる水位に基づいていると感じた。



写真-4.5 水場の施設



写真-4.6 街中の水場の施設

昼時になったので、昼食会場に向かう。ホテルの屋上に設えた会場でネパール風の食事をとった(写真-4.7)。この屋上から見られた町の風景の中で際だって目に付いたのは、各家庭の屋上に大きな給水用のタンクが設置されている事であった(写真-4.8)。町の水事情の一端を垣間見た瞬間である。日本国内では特殊例を除き、先ず見られない光景であり、水の大切さを改めて思い起こさせられた。昼食後、ぶらぶらと町並みを見学しながら次の見学地へ移動するためバスの停車している駐車場に向かう。



写真-4.7 ネパール風の食事



写真-4.8 屋上に設置された給水タンク

15時30分過ぎに次の見学地 Pashupatinath 地域に着いた。ここは丘陵を流れて Bagmati 川が峡谷をなし、丘陵地から平地の流れに変わる部分に当たる。ここに世界的に知られるヒンドウ教の信仰の場として知られる Lord Shiva の神殿がある。この日もヒンドウの教えに従って、Bagmati 川の右岸で行われている火葬の情景が見られた（写真-4.9）。多くの鮮やかな彩の花々に飾られた死者の肉体は、やがてその上に積み上げられた薪に火が点けられ、肉体は灰となって Bagmati 川に投じられ自然に帰る。この儀式は、ヒンドウの哲理に従えば、肉体は5つの神に捧げられる要素—空気・水・火・大地・そして天空からなり、火葬によってこれらの要素からなる死者の肉体は再び自然に帰され、また新しい生へ再生されると言う。この地を訪れたことは、信仰心に乏しい私たちにとってはなかなか理解し難いネパールの人々の精神世界の一端に触れた一場面であった。この見学が終わって最終目的地の Swayambhunath 地域に向かった。



写真-4.9 Pashupatinath の寺院施設と火葬の様子

Swayambhunath 地域の見学目的は寺院と丘陵頂から見るカトマンズ盆地の景観、そして日没の情景で思い出を作ると言うもてなしの心であった様に感じた。ところで、この寺はこれまでの寺院とは異なり、仏教(チベット仏教=ラマ教)寺院であった(写真-4.10)。ネパールの仏教徒は7%くらいと言われ、少ない割にはこの寺の規模は広い境域を持った大きな寺院であった。この寺で先ず歓迎を受けたのは、日本の寺では先ず見ることの無いサルの大群であった。また寺の特徴は日本の寺院には無いラマ教特有なマニ車の存在であった。



写真-4.10 Swayambhumath 寺院

この巡検の最後を飾るはずの日没の風景は乾季の空気の不鮮明さと雲が懸かったことでいまいちであった。しかし眼下に広がったカトマンズ市の町の情景は帰国後の今でも鮮明に蘇り、思い出せ、懐かしく、良い思い出の一コマとなった (写真-4.11)。



写真-4.11 Swayambhumath の丘陵からカトマンズ市街を望む

終わりに、この巡検はゴルカ地震の痕跡とネパールの誇る世界遺産に登録された文化遺産を通して、この国の社会、民度、民情など、また世界に誇るヒマラヤに付随した自然の理解を深める目的で企画されており、大変有意義であった。企画されたネパールの地質学

会に感謝したい。しかし反省の弁として、参加した私たちの普段の不勉強の所為で、ネパールの人々の奥深い精神世界やこの国の自然・文化・歴史に関する余りにも乏しい知識で、不十分な理解しか出来なかった。改めてこの国の発展に必要な地学的知識や技術で寄与できるのは何か？ 改めてこの国の自然は基より、文化・社会に関する深い知識・見識を持つ必要性を考えさせられる機会になった。

## 5. ネパールの地質

長谷川修一，茶石貴夫

### 5.1 ネパールの応用地質

長谷川修一

#### 5.1.1 はじめに

ネパール連邦民主共和国（以下ネパール）は、2008年に王制が廃止された連邦民主共和国で、東、西、南の三方をインドに、北方を中国チベット自治区に接する東西方向に細長い内陸国である<sup>1)</sup>。2011年の人口調査では2650万人と集計されているが、IMFによると2016年10月時点の人口は約2900万人と推計されている。

ネパールは、インド・アールリア系の民族とチベット・ミャンマー系民族からなる多民族・多言語国家で、公用語のネパール語以外に約90の異なる言語や地域語を持つ100以上の民族が一応平和に暮らしている。また、民族とカーストが複雑に関係し、宗教もヒンドゥー教（元国教）、仏教、アニミズム等が混在している。ネパールは、人類が平和共存するうねりでモデルとなる国であろう。

2015年4月25日にネパール中部で発生したゴルカ地震（Mw7.8）では、ネパール国内だけで約9000人が亡くなり、50万人が家を失い、数十万の建物が被害を受けた。また、この地震によって震源域のカトマンズ盆地にある世界文化遺産の建造物が倒壊するなど、主要な外貨獲得産業である観光業が大打撃を受けた。地震後3年経過したが、経済力に乏しく、政治的な混乱もあり、復旧、復興はあまり進んでいない。

ネパールは、南側のインド亜大陸が北側のユーラシア大陸に衝突し、その下に沈みこんで形成されたヒマラヤ山脈の中央部に位置している。ネパールはヨーロッパのアルプス山脈と同じ衝突帯に位置するが、地震などの地質災害や建設工事に係る地質工学的課題は、アルプスよりむしろ沈み込み帯に位置する日本との共通点の方が多い。

ここでは、応用地質学的視点からみたネパールの魅力を紹介する。

#### 5.1.2 ネパールの地形

ネパールの地形は、地質構造帯とほぼ調和的な東西方向の地形列からなり、北からチベット高原、トランス・ヒマラヤ、高(大)ヒマヤラ、ヒマラヤ前縁、ミッドランド、マハバーラト山脈、デュン盆地、シワリク丘陵及びテライ平原に大別される<sup>2)</sup>（**図-5.1**）。

高(大)ヒマラヤは標高6000m以上の山岳地からなる世界の屋根である。ここでは、氷河による侵食作用によって岩肌が露出した長大斜面が形成されている。トランス・ヒマラヤ及びヒマラヤ前縁は、高(大)ヒマラヤの前山を形成する大起伏山地で、長大な斜面が形成されている。

ミッドランドは、北側のヒマラヤ前縁とマハバーラト山脈の標高3000m級の山脈の間の地帯で、山間盆地が点在するヒマラヤにおけるオアシスのような地帯である。ミッドラン

ドでは、大規模な地すべりによって形成された緩斜面と地すべり堰き止め湖跡の段丘や盆地に耕地と居住地が集中している。

首都のカトマンズがあるカトマンズ盆地は、周囲を山地で囲まれた高ヒマラヤから堆積物が供給されない盆地で、厚い湖成堆積物から構成されている<sup>3)</sup>。ここでは住宅の建材に湖成粘土を焼成した煉瓦を利用している。一方、ヒマラヤのトレッキング<sup>4)</sup>の拠点であるポカラ盆地は、アンナプルナ山塊から供給された氷河湖決壊洪水堆積物がセティ川の溪谷を埋め立てて形成された盆地で、後氷期以降の河川侵食によって段丘となっている所もある。ここでは、住宅の建材に河床や段丘を構成する変成岩礫や基盤岩から採石した石材を使用している。

マハバーラト山脈には、急峻な長大斜面が発達し、大規模な地すべりによって形成された緩斜面に耕地と人家が集中している。これに対して、シワリク丘陵は標高 1000m 級の山地で、軟岩が不安定な急斜面を形成しているため、山地斜面は耕地や居住地としてあまり利用されていない。

テライ平原は、第四紀の厚い未固結堆積物からなる平野で、亜熱帯の気候・植生・景観が特徴である。耕地と居住地は平坦なデュン盆地とテライ平原に集中し、ネパールの農業と人口を支えている。

### 5.1.3 ネパールの気候

ネパールには南北約 200km の間に、標高約 70m のテライ平原の亜熱帯から標高 8000m を超える高ヒマラヤの極地までの高度差に起因する気候区がある (図-5.2)。また、降雨は 6 月から 9 月のモンスーン期に集中し、毎年のように豪雨による洪水や土砂災害によって大きな被害が発生している<sup>2)</sup>。モンスーンによる降雨はヒマラヤ山脈の南側に集中し、豊富な降雨によって稲作が営まれているが、ヒマラヤ山脈の北側のチベットは乾燥気候となっている。ちなみに、首都カトマンズの年間平均降水量は、その南にそびえるマハバーラト山脈の陰になるので約 1400mm と東京並みであるが、アンナプルナ山塊のお膝もとのポカラでは約 4000mm に達し、アンナプルナ山塊の北側のジョムソンでは約 250mm と著しく少ない。ネパールのトレッキングは 10 月にモンスーンが終わって、天候が安定する (晴天が続く) 11 月がベストシーズンである。

### 5.1.4 ネパールの地質と地質構造

ネパールの地質は、北からチベット・テーチス帯、高ヒマヤラ帯、低ヒマラヤ帯、シワリク帯、テライ帯に大別される<sup>2)</sup> (図-5.3)。

高(大)ヒマラヤは、テーチス海に堆積した白亜紀の堆積岩および変成岩類それに貫入する中新世花崗岩類からなる。

低(小)ヒマラヤは、変成岩、古生代と中生代の堆積岩および古生代の花崗岩類から構成されている。なお、ミッドランドの高(大)及び低(小)ヒマラヤ帯の岩盤は、風化が岩盤



の深部まで進行し、赤色風化殻が形成されている。

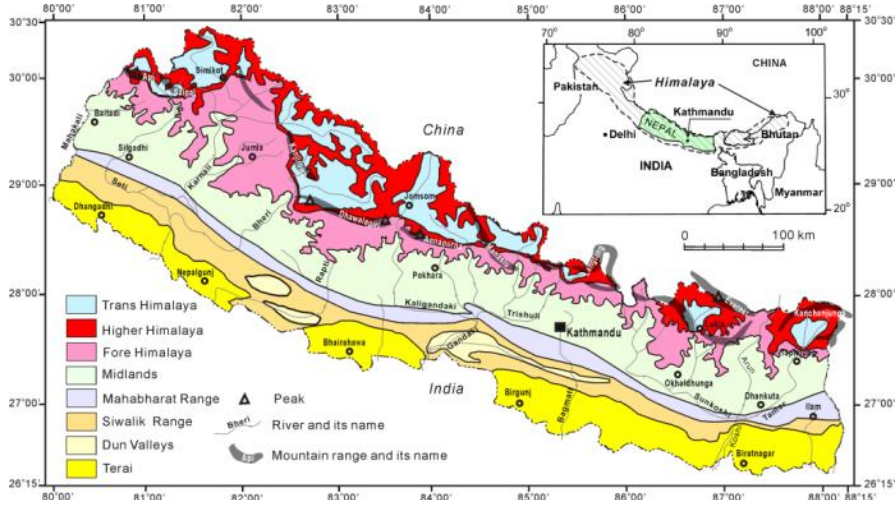


図-5.1 ネパールの地形区分 (Ranjan Kumar Dahal 原図)

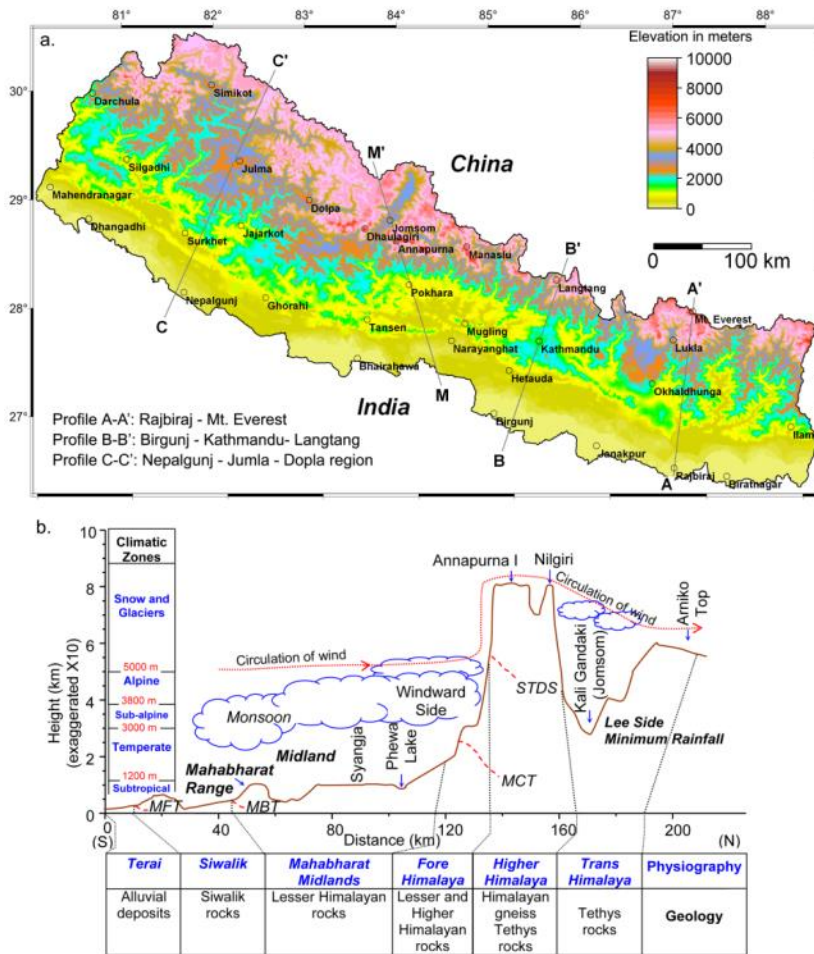


図-5.2 a. ネパールの高度分布と b. 模式南北断面 (Ranjan Kumar Dahal 原図)

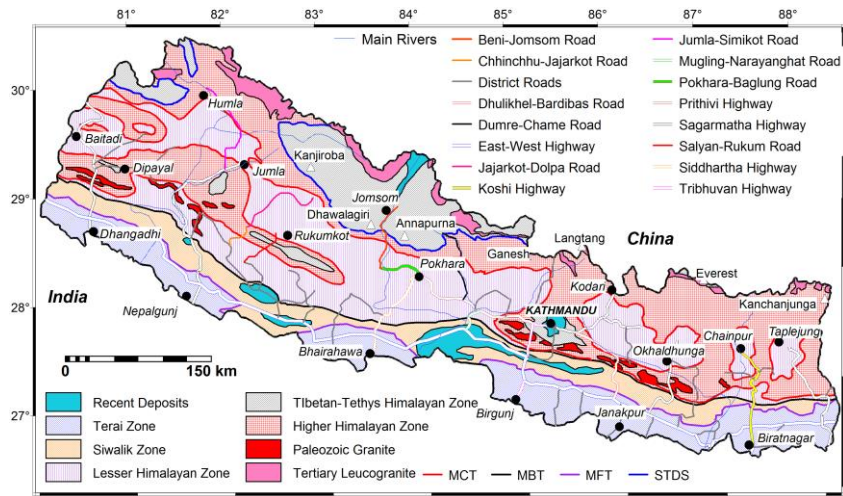


図-5.3 ネパールの地質区分と主要道路 (Ranjan Kumar Dahal 原図)

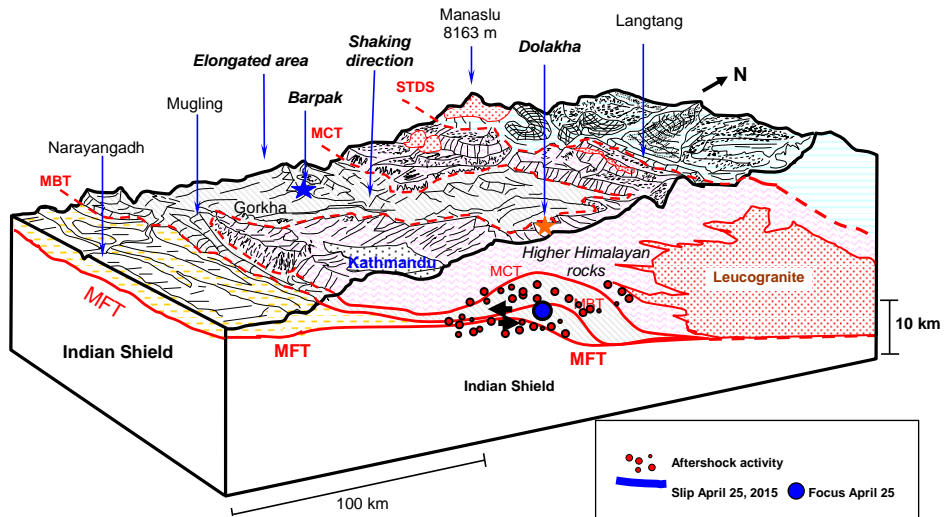


図-5.4 2015年ゴルカ地震の余震分布 (Ranjan Kumar Dahal 原図)



図-5.5 2015年ゴルカ地震では、斜面崩壊は高ヒマラヤに集中し、震源地のミッドランドではほとんど発生しなかった。

外ヒマラヤ (Sub-Himalaya)はシワリク (Siwalik) 帯とも呼ばれ、ヒマラヤ前縁に堆積した新第三紀の堆積岩からなる。テライ平原は、第四紀の厚い未固結堆積物からなる平野で、亜熱帯の気候・植生によって南アジアの景観を呈している。

前述の地質帯の境界には、大断層が東西に走っている。高ヒマラヤと低ヒマラヤの境界は、プレート衝突によって形成されたとされる主中央衝上断層 (MCT: Main Central Thrust) である。MCT に沿って認定された活断層は西ネパールに限られ、低角衝上断層によって高ヒマラヤを成長させた MCT は役割を終えているようである<sup>5)</sup>。

低ヒマラヤと外ヒマラヤ (シワリク) の境界は、主境界衝上断層 (MBT: Main Boundary Thrust) で、MBT に沿っては顕著な活断層活動が連続的に認められ、シワリク山地の背後で低ヒマラヤは急崖をもってそそり立っている<sup>5)</sup>。

シワリク山地とタライ平原 (ガンジス平野) との地形境界を形成しているのがヒマラヤ前縁衝上断層 (MFT: Main Frontal Thrust) である。この断層に沿って活断層帯が形成され、沈み込み帯のメガスラストの地表地震断層に対応している。

#### 5.1.5 ヒマラヤ山脈の形成過程

ヒマラヤ山脈の形成は、約 5000 万年前にインド亜大陸がアジア大陸へ衝突を開始したことに始まる<sup>6)</sup>。その当時は、インド亜大陸がインダス・ツァンポー縫合帯でアジア大陸の下に沈み込んでいたが、約 3000 万年前に沈み込みが現在の MCT に移動した。その結果、2500-1500 万年前に優白色花崗岩の貫入と同時に沈み込んだインド亜大陸が急上昇し (ヒマラヤの急激な上昇)、2200-1900 万年前にテーチス海に堆積した地層が北へ滑り落ちたと推定されている (STDS の活動)<sup>6)</sup>。なお、カトマンズ盆地には低角度ないし南に傾斜する MCT 上盤側の高ヒマラヤの変成岩類等が分布する。この南傾斜の MCT はヒマラヤ山脈の隆起に伴う重力滑動による根無しのすべり面で、本来の MCT とは区別すべきかもしれない。優白色花崗岩の貫入後、沈み込みは 1500 万年前以降に MBT に移動して、マハバーラト山脈を隆起させた。現在、沈み込みのメガスラストの地表地震断層は MFT に移動し、シワリク丘陵を隆起させている。

なお、2015 年ゴルカ地震では、震源域のミッドランドで隆起し、背後の高ヒマラヤは沈降した<sup>7)</sup>。これは高ヒマラヤの隆起は、プレートの沈み込みによるメガスラストではない可能性を示している。

#### 5.1.6 応用地質学的視点から見たネパールと日本の類似性

ヒマラヤ山脈は衝突で形成された山脈なのに対して、日本列島は沈み込み帯の島弧である。このようにネパールと日本とは、プレートテクトニクスとしては異なる環境にあるにもかかわらず、ネパールと日本の地形・地質および景観には類似した点も多い<sup>8)</sup>。

##### (1) 巨大地震の脅威

日本列島は、沈む込む太平洋プレート及びフィリピン海プレートによって沈み込み帯の

巨大地震と内陸の活断層による直下型地震の脅威にさらされている。また、ヒマラヤもインド亜大陸プレートとユーラシアプレートの衝突帯にあたり、ネパールでは約 100 年間隔で M8 クラスの沈み込み帯の巨大地震に襲われてきた<sup>9)</sup>。なお、活断層による直下型地震も想定されるが、大規模な地すべり地形が形成されているため、変動地形によって確認されている活断層は限定的である。

2015 年 4 月にネパール中部で発生したゴルカ地震 (Mw7.8) は、プレート境界沿いの巨大地震であったが、震源断層面が MFT に達しなかったため、マハバーラト山脈、シワリク丘陵及びテライ平原における被害は軽微で、被害はミッドランド以北に集中した<sup>10)</sup>。また、乾季の終わりの 4 月末に大地震が発生したため、河道を閉塞するような大規模な地すべりやヒマラヤ津波にたとえられる氷河湖決壊洪水が発生しなかった。それでも、ネパールでは地震によって約 9000 人が亡くなり、50 万人が家を失い、数十万の建物が被害を受けた。

この地震で特筆すべきことは、カトマンズ盆地では、厚い湖成堆積物が短周期成分を減衰させ、周期約 6 秒の長周期地震動が卓越し、観測された最大加速度も 200gal に達しなかったことである<sup>10)</sup>。このため、世界遺産に指定されている仏塔等の長周期の建造物には大きな被害が発生したが、耐震性の低い RC 建造物が倒壊を免れ、首都カトマンズの機能が保たれた。また、乾期の時期と地下水の汲み上げによって地下水位が低下していたことも、液状化被害の発生を少なくしたと思われる<sup>10)</sup>。

斜面崩壊は震源断層直上のミッドランドでは少なく、震源断層から離れたヒマラヤ前縁と高ヒマラヤで多発した (図-5.5)。これは、ミッドランドを構成する山地斜面が古期地すべり起源の緩みの著しい岩盤から構成されているため、短周期成分の強振動が減衰したためと推定されている<sup>11)</sup>。カトマンズ盆地における建物被害が甚大にならなかったのは、長周期地震動は、地すべり起源の厚い緩み岩盤と厚い湖成堆積層による 2 重のクッションによって短周期の強振動が減衰したと推定される。

## (2) 高い山に中新世の花崗岩

ネパールと西南日本は地形配置および地質構造が類似している<sup>8)</sup>。また西南日本外帯と高ヒマラヤの高まりには、中新世の花崗岩類が分布している<sup>12)</sup>。すなわち、西南日本外帯では、赤石山脈 (南アルプス) の駒ヶ岳 (2967m)、紀伊半島の大峰山 (1915m)、四国では石鎚山 (1982m)、九州では宮之浦岳 (1935m) のように、地域の最高峰付近には中期中新世の花崗岩体もしくは火砕岩が分布している。

一方、高ヒマラヤにおいてもエベレスト (8850m)、マナスル (8125m) のように山体には中新世の年代を示す優白色花崗岩が貫入している (図-5.3, 5.4)。この花崗岩類は、主として堆積岩起源の地殻物質が部分もしくは全溶解して形成されたと考えられている<sup>13)</sup>。

西南日本外帯の山地とヒマラヤ山脈の高ヒマラヤは、沈み込み帯における巨大地震の際には沈降しているので、外帯山地と高ヒマラヤの隆起には、相対的に密度の小さい中新世花崗岩の浮力が関係している可能性が高い<sup>12) 14)</sup>。また、仏像構造線などの大断層が第四紀における活動が認められないのは、断層面を貫いた外帯花崗岩が杭になっている可能性が

指摘されている<sup>14)</sup>。同様に MCT が活動性を失い、MBT ヘシフトしたのも MCT を貫いた優白色花崗岩の杭効果の結果と推定される。

なお、西南日本における外帯花崗岩は、2500-1500 万年前の日本海拡大直後に形成された。それにしても、2500-1500 万年前に優白色花崗岩の貫入に伴うヒマラヤの隆起が日本海の拡大時期と一致しているのは偶然だろうか。大変興味深い。

### (3) 非火山地帯における熱い温泉

西南日本外帯とネパールには第四紀の火山は分布していないが、中期中新世の花崗岩体と密接に関係した温泉が分布している。

西南日本外帯には、紀伊半島の湯の峰温泉（泉温 90℃）等のように、第四紀の火山帯でないにもかかわらず通常の地温勾配よりはるかに温度の高い温泉がある<sup>15)</sup>。西南日本外帯の温泉の周辺には、大峰酸性岩類のような中期中新世花崗岩が分布していることが多いので、このような非火山地帯の温泉は中期中新世花崗岩体が関係していると推定される<sup>16)</sup>。また、紀伊半島南部の温泉の熱源には、スラブ起源の高温流体の寄与が推定されている<sup>17)</sup>。

一方、ヒマラヤにも数多くの温泉が知られ、その最高温度は 71℃である<sup>18)</sup>。これらの温泉は、地下深部に浸透した天水が花崗岩貫入マグマの潜熱によって加熱され、MCT や MBT 等の大断層帯に沿って湧出する、いわゆる構造規制型温泉であると解釈される<sup>18)</sup>。

### (4) 非火山地帯の熱水変質の重要性

西南日本外帯には第四紀の火山がなく、また新第三紀の火成岩体の分布もわずかなため、熱水変質作用による岩盤劣化が見逃されてきたが、その地質工学上の重要性が認識されるようになった。例えば、四国の中央構造線沿いでは中期中新世火成活動に伴う熱水変質が、地すべりの素因<sup>19)</sup> や掘削岩盤の膨張<sup>20) 21)</sup> の原因となっている。同様の熱水変質作用は、中央構造線付近だけでなく、地質帯を問わず西南日本外帯に広く存在する可能性が高く、地すべりや深層崩壊の素因として注目される。

ネパールにおいて、低ヒマラヤ帯の大規模地すべりのすべり面粘土が、中新世優白色花崗岩の貫入後の熱水変質によって形成されたと推定されている<sup>22)</sup>。ネパールにおいても、熱水変質起源の粘土帯・粘土脈は地すべりの素因として、またトンネル掘削時の地山の押し出しの原因として今後注目されるであろう。

## 5.1.7 おわりに

ヒマラヤ山脈は、北緯 30° 付近を中心に東北東から西南西方向に約 2400km にわたって 8000m 級の峰々が連なる地球上最大の高まりで、厚さ約 12km の対流圏最大の障壁となつて、偏西風等に大きな影響を与え、南西アジアの乾燥気候と東南アジアのモンスーン気候を形成した<sup>6)</sup>。東南アジアのモンスーン地帯の多くは亜熱帯から温暖帯の位置する稲作地帯で、納豆などの発酵食品とお茶の文化がある。このように考えると、日本の食文化はヒマラヤ山脈の形成の副産物ではないだろうか。またヒマラヤの急速な隆起と日本海形成の同時性の意味とその地質工学的評価は応用地質学の第一級の課題かもしれない。

## 参考文献

- 1) 在日ネパール国大使館ホームページ  
<http://www.nepalembassyjapan.org/japanes>  
(2017年3月22日閲覧)
- 2) Dahal R.K., Hasegawa, S. (2008) : Representative rainfall thresholds for landslides in the Nepal Himalaya, *Geomorphology*, Vol. 100, pp.429-443.
- 3) 酒井治孝 (2005) : ヒマラヤ山脈とチベット高原の上昇プロセス : モンスーンシステムの誕生と変動という視点から, *地質学雑誌*, Vol. 111, No.11, pp.701-716.
- 4) Upreti B. N. and Yoshida M. (2005) : GUIDBOOK for HIMALAYAN TREKKERS, Department of geology, Tri-Chandra Campus, Tribhuvan University, 165p.
- 5) 中田高 (1997) : ヒマラヤの隆起と活断層, 貝塚爽平編「世界の地形」, 東京大学出版会, pp.29-38.
- 6) 酒井治孝 (1997) : 地球環境変化とヒマラヤ・チベット山塊の役割 モンスーン気候はいつ始まったのか? その地質学的証拠, *地学雑誌* Vol.106, No.2, pp.131-144.
- 7) 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター (2015) : 「だいち2号」によるネパール地震の観測結果について (4), (2017年3月22日閲覧)  
[http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS-2/img\\_up/jdis\\_pal2\\_npl-eq\\_20150502.htm](http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS-2/img_up/jdis_pal2_npl-eq_20150502.htm)
- 8) 吉川宏一・大野博之・稲垣秀輝・平田夏実(2003):オムニスケープジオロジー—ネパールと四国の比較—, *応用地質*, Vol. 44, No.1, 14-24.
- 9) 吉田勝・B.N.ウプレティ(2006) : 中部ヒマラヤ巨大地震とカトマンズの危機, *地学教育と科学運動*, No. 53, 41-51.
- 10) 檜垣大助・長谷川修一・八木浩司・若井明彦 (2015) : ゴルカ地震によるネパールでの地盤災害緊急調査報告. *日本地すべり学会誌*, Vol.52, No.4, 43-46.
- 11) 長谷川修一・野々村敦子・Ranjan Kumar Dahal・Manita Timilsina (2016) : 2015年ネパール・ゴルカ地震震源域のミッドランドではなぜ斜面崩壊が少なかったのか?, 文部科学省科学研究費補助金(特別研究促進費)「2015年ネパール地震と地震被害に関する総合調査」報告書, pp.45-61.
- 12) 長谷川修一・矢田部龍一・Netra P.Bhandary・中島淳子・高橋治郎・北川隆司 (2004) : ネパールにおける斜面災害の地質的背景—四国との類似性—, *地盤災害・地盤環境問題論文集*, No.4, pp.81-86.
- 13) 石原舜三(1985) : チベット—ヒマラヤ衝突帯の花崗岩類, *地質ニュース*, No. 374, pp.6-17. 14) 長谷川修一 (2009) : 14Ma 花崗岩体と西南日本外帯のネオテクトニクス, *電力土木*, No. 341, pp.3-8.
- 14) 長谷川修一 (2009) : 14Ma 花崗岩体と西南日本外帯のネオテクトニクス, *電力土木*, No. 341, pp.3-8.
- 15) 金原啓二 (1991) : インド・ユーラシアプレート衝突(ヒマラヤ地域)の地熱・温泉資源, *地質ニュース*, No. 446, p.18-32.
- 16) 巽 好幸 (2014) : 和食はなぜ美味しい——日本列島の贈りもの, 岩波書店, 181p.
- 17) 花室孝広・梅田浩司・高島勲・根岸義光 (2008) : 紀伊半島南部, 本宮および十津川地域の温泉周辺の熱水活動史, *岩石鉱物科学*, Vol. 37, pp.27-38.

- 18) 金原啓二 (1991) : インド・ユーラシアプレート衝突 (ヒマラヤ地域) の地熱・温泉資源, 地質ニュース, No. 446, p.18-32. 金原啓二 (1991) : 日本温泉・鉱泉分布及び一覧, 地質調査所, pp.394.
- 19) 田村栄治・長谷川修一・渡辺弘樹・宮田和幸・矢田部龍一・内田純二 (2007) : 中央構造線沿いの熱水変質に起因する地すべり, 地すべり, Vol. 44, No.4, pp.222-236.
- 20) 田村 栄治・浄内 明・松崎 伸一・長谷川 修一 (2007) : 結晶片岩中のスメクタイト含有破碎帯の膨潤特性と隆起メカニズム, 応用地質, Vol.48, No.2, pp.80-89.
- 21) 吉田幸信・安藤幹也・赤木渉・菅原大介・田村栄治・長谷川修一・鈴木昌次・中川浩二(2006) : トネールの地山挙動を予測する和泉層群の岩盤特性区分, 応用地質, Vol.47, No.2, pp.877-876. 22) Hasegawa S., Dahal R.K., Yamanaka M., Bhandary N.P., Yatabe R., Inagaki H. (2009); Cause of large-scale landslides in Lesser Himalaya of central Nepal, Environ Geol, Vol.57, pp.1423-1434.
- 23) 稲垣秀輝・Bhandary N. P., 矢田部龍一・長谷川修一 (2007) : ネパール最重要道路のハザードマップとリスク管理, 日本地すべり学会, Vol. 43, No. 6, 38-45.

## 5.2 ヒマラヤの地質概観

茶石 貴夫

### 5.2.1 アンモナイトの化石はどこから来たか

地質家が喜ぶネパールのお土産と言えばアンモナイトの化石が知られている。今回の訪問でチャンスがあれば手に入れたと思っていたが、最近ではネパール国外への持ち出しが禁止されていると聞いて少し残念に思っていた。しかし、出発前に巡検の下見に行かれた長谷川団長から、ポカラの土産物屋に売っていたとの情報があり、是非とも手にしたいという期待感も抱きながらネパールに出かけた。少年の頃から化石収集が好きで、淡路島南部の和泉層群や北海道の蝦夷層群から多くのアンモナイトの化石を採集し、文献を調べて個人的に研究していた時期もあった。

ヒマラヤ産のアンモナイトについては専門的に調べたことはなく、高地に分布する地層に海棲のアンモナイト化石を含むことが、インド亜大陸の衝突によるヒマラヤ山脈の形成を示す証拠として知られている程度の知識しかなかった。

今回、ネパールを訪れてみると、行く先々の土産物屋の店頭にごろごろと並べて売っているのには少々驚いた。質の見極めと価格感に慣れてきたところを見計らって、これというものを購入した。もっと大きいものがないかポカラでじっくりと物色したが、以外に見つからなかった。ネパール産のアンモナイトは取引不可なので日本で購入することは難しいが、価格的には日本での相場観の1/5くらいと思われる。今回、写真に示す化石を収集した。一番小さいのはずっと以前にお土産でいただいたものである。



写真-5.1 入手したアンモナイトの化石

Blanfordiceras wallichi, Spiti 頁岩層産, ジュラ紀中後期



ネパール地質学会の資料から後述するように、Spiti 頁岩層はアンナプルナ地塊の北方の高標高域に分布し、強い構造変形を受けた Tethys Himalaya 堆積層の一部をなしている。なぜ国外持ち出し禁止になったのかよく考えていなかったが、ネパール地質学会の文献に宗教との関連記事があったので以下に示す。

.....

#### Tethys Himalaya の聖地

Muktinath は、標高 5416m の Thorung La の西方山麓のカリガンダキ(Kali Gandaki)川の左岸側の標高 3800m に位置している。聖人達の活動が以下に示すようないくつかの地質現象との結びつきを生んでいる。Muktinath は、二つの Thorungse ピークの間に Thorung La スラスト構造を構成する Spiti 結晶片岩の狭い分布域の中央に位置している。

1. ヒンズー教で神聖なもの(シバ神のへそとペニス)とされる黄鉄鉱化したアンモナイトの殻とベレムナイトの化石が多量にある。
2. 燃える岩または燃える水となる、岩盤の割れ目からのメタンガスの噴出が存在する。
3. メタンガスの噴出を連想するたくさんの湧水が存在する。湧水は 108 の噴水口を持つ導管に引かれ、仏教とヒンズー教で神聖な数字である 108 の泉となっている。

このようなことから、これらの場所は古くから人々が熱心に通う場所になった。8 世紀に Tantric 仏教を開きチベットに広めた Padmasambhava によって寺院が建立された。そこはポカラから徒歩で 5 日間のところに位置し、国王が恒例の巡礼を行う場所になった。最近では神殿の近くにヘリポートも建設されている。ポカラから Muktinath には自動車道が整備され、現在ではバスで 1 日で着くことができる。ポカラ空港から Jomsom 空港までは約 20 分の飛行であり、巡礼者や旅行者が Mustang や Muktinath 地域を容易に訪れることができるようになっている。

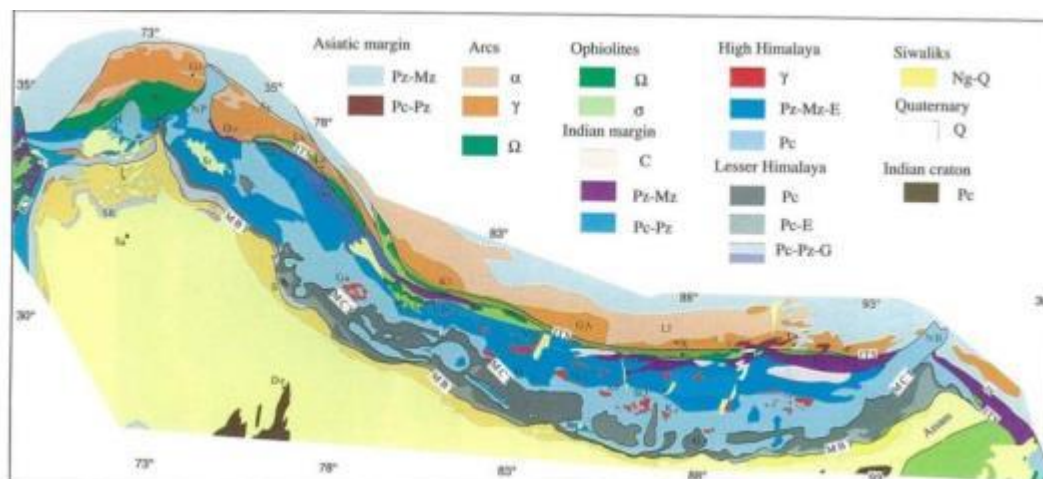
.....

アンモナイトを含む中後期ジュラ紀の Spiti 頁岩層は強い褶曲構造変形を受けているようであるが、入手した限りでは化石の殻はほとんど変形していない。アフリカ東部で Spiti 頁岩が堆積した後、インド亜大陸がユーラシア大陸に衝突し激しく褶曲するまでの約 1 億年の間に、アンモナイトの殻を核にしたノジュールが十分に成長したものと考えられる。また、アンモナイトとベレムナイトのみが神聖物とされたためかも知れないが、イノセラムスなどの二枚貝や甲殻類の化石が店頭にほとんど並べられていない。地質的な理由として、後の文献の説明にあるように、Spiti 頁岩層がアスファルト質で非常に酸素が乏しい環境で堆積したとされていることから、浮遊性の殻を持つアンモナイト類だけが周辺域から集まって化石化したことが考えられる。

ガイドブックによると、土産物屋では偽物に注意とされている。ざっと見たところ、そのようなものは少なかったが、アンモナイトでは縫合線(殻と内部の部屋との繋ぎ目)に見られる複雑な模様)が確認できれば間違いがない。

## 5.2.2 ヒマラヤの変成岩と堆積岩

以下はネパール地質学会のガイドブック(The Himalaya-Tibet Collision)から、ヒマラヤを構成する上部先カンブリア紀から始新世までの変成岩層 Higher Himalaya Crystallines と Tethys Himalaya 堆積層に関する部分を抜き出してみた。



K:カトマンズ A:アンナプルナ SQ:エヴェレスト MBT: Main Boundary Thrust MCT: Main Central Thrust

図-5.6 ヒマラヤの地質概観

### (1) Higher Himalaya Crystallines (図-5.6 の High Himalaya の PC)

Higher Himalaya は MCT(Main Central Thrust)に沿って帯状に連続し、それ以前に形成されたユニットに重なっている。MCT は実際には比較的厚みのある(しばしば 1km 以上)著しくせん断されたゾーンである。その定義は研究者によって様々で、Lesser Himalaya のナップの基底にあるスラスト(Munsiari thrust)とする人もいる。しかし、ここでは MCT は Vaikrita thrust に一致すると定義し、Higher Himalayan 片麻岩の基底をなす最高度のせん断帯と考える。そこは、常ではないが、しばしばカヤナイトの含有と一致している。

Higher Himalaya Crystallines は、先カンブリア紀上部からカンブリア紀の岩石が、アンフィボライトからグラニュライト相の条件下(0.8~1.5GPa, 650~800°C)で変成した、厚さが 15km 以上あるスラブである。Tibetan スラブ、または一般に Higher Himalaya Crystallines (HCC)と呼ばれる。その foliation は北傾斜で、スラブの下部では顕著な伸長リニエーションが発達し、それに並行な折り畳み褶曲が普通に見られる。

ネパール中央域では、HHC は以下の 3 層に区分される。

- ・最下部層は石英-長石質片麻岩や雲母片麻岩の互層からなり、厚さは 2~10km
- ・中部層は硅岩や大理石を伴う石灰質片麻岩で、厚さは 3500m
- ・上部層は眼球片麻岩で、厚さ 300m

HHC の上部の変成度は上位に向かって低くなり、急に堆積岩層の基底に変化する。ここでの変成度帯の境界は STDS (North Himalayan Fault) に密接に関係している。

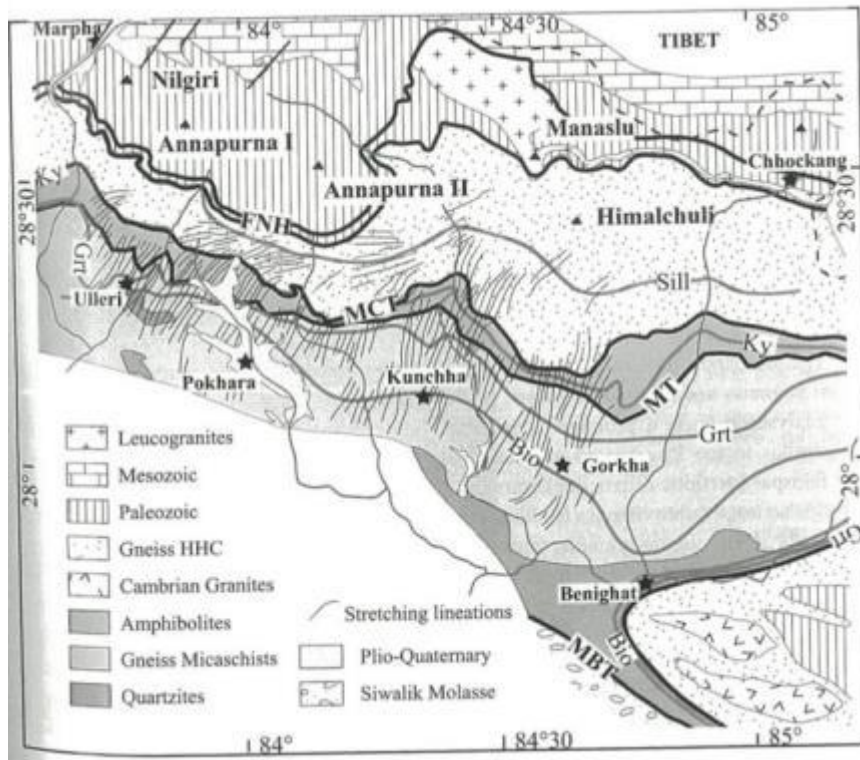


図-5.7 アンナプルナ山脈のヒマラヤ変成帯

MT: Munsiri Thrust, NHF: North Himalayan Fault=STDS  
 Bio: 黒雲母帯 Ky: カヤナイト帯 Grt: ザクロ石帯 Sill: 珪線石帯



写真-5.2 巡検中に採取した変成岩

左: ザクロ石を含む雲母に富む結晶片岩, 高圧下で非常に強いせん断を受けている。  
 ポカラの Seti 川支流, Lesser Himalayan の変成岩  
 右: 巡検 EX-5 Site5-2 で採集した黒雲母-ザクロ石片麻岩, プレカンブリア紀

(2) Tethys Himalaya 堆積層(図-5.6の High Himalaya の PZ-Mz-E)

HHC は、先カンブリア紀上部から始新世中期に形成された、Tethys Himalaya と呼ばれる厚さ 10km にも及ぶ一連の堆積層へと続いている。それらの地層はいくつかの高峰を形成している(エヴェレストとアンナプルナの頂上はオルドビス紀の石灰岩)。基底部では、各変成岩帯が重なり北に傾斜するせん断帯をなしている。HHC の最上部であるこの帯では、せん断は北側で強く正断層の動きをなす。このせん断帯は、North Himalayan 断層(NHF) または FNH, North Himalayan 境界, あるいは STDS として知られている。通常は 2 本のせん断帯が見られ、1 本は HHC 片麻岩との接触部の伸長シアで、2 本目は堆積層下部の高所に位置している。

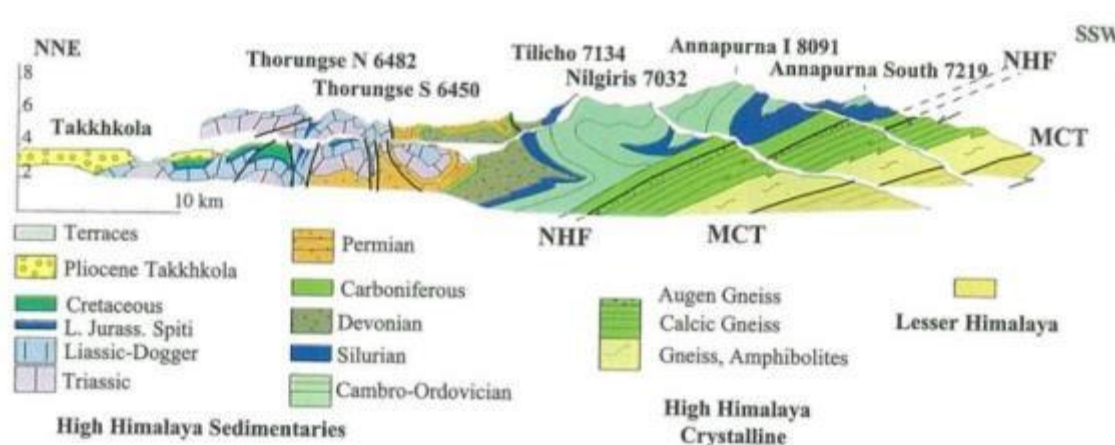


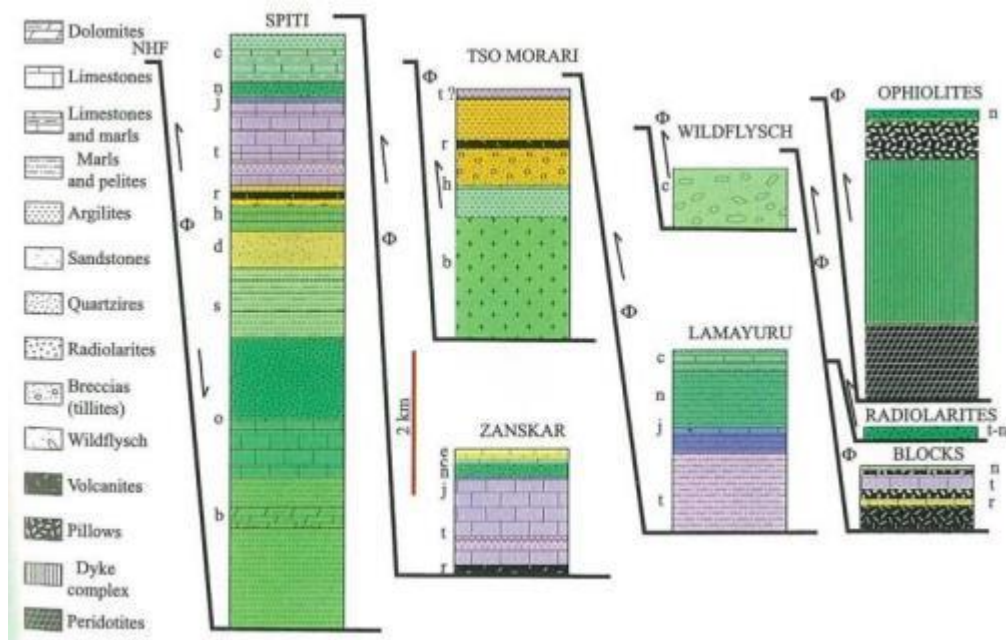
図-5.8 アンナプルナ地域における Tethys Himalaya 堆積層の構造

Tethys Himalaya 堆積層は化石に富み、高標高で近づき難いにもかかわらずインド地質調査所の先駆的地質家によって 19 世紀半ばから研究されてきた。その後、多くの偽造新種化石の発見が報じられ混乱を招いている。それらのデータ(300 近い)は除く必要があるが、信頼できるものだけでも多量にある。

Tethys Himalaya 堆積層はいくつかのグループに分けられる。

基底層群は、様々な地層名(Haimanta, Martoli, Phe, Tanawal など)が付けられ、最上部は石灰岩やドロマイト(オレンジ色の特徴的なドロマイトを含む)に覆われた厚い硅岩層からなっている。これらの地層にはカンブリア紀のフォーナが集まっていることから、先カンブリア紀の終わり頃からカンブリア紀を代表している。ネパール中央域では、アンナプルナやダウラガリの頂部をつくる上部石灰岩層のみが見られる。

2 番目の古生階の層群は部分的な不整合で古期岩類に乗っている。礫岩で始まり、オルドビス紀の硅岩、シルル紀の炭酸塩岩、デボン紀の硅岩、下部石炭紀の砂岩と石膏を伴う石灰岩、黒色頁岩が特徴の上部石炭紀層へと続いている。この層群は大陸性で、デボン紀の河川堆積物や風成層を頻繁に伴うことが特徴である。



b:カンブリア紀 c:新期白亜紀 d:デボン紀 e:始新世 h:石炭紀 j:ジュラ紀 n:古期白亜紀 o:オルドビス紀 r:二畳紀 s:シルル紀 t:三畳紀 Φ:スラスト

図-5.9 Tethys Himalaya 堆積層の層序概観

3番目の層群は2番目の層群に不整合で重なる。カシミールでは厚さ2000mに達し、主要なデコルマを形成する二畳紀の黒色頁岩層へと続いている。

三畳紀層は、沈降していく大陸上に堆積した多少砂質な炭酸塩岩と化石に富むマールで特徴づけられる。上部三畳紀層は厚い炭酸塩岩が特徴である。その上位は中期ジュラ紀(Callovian)のSpiti頁岩層に続いている。この地層はアスファルト質頁岩からなり、ヒンズー教徒や仏教徒が神聖な産物とみなす多量の黄鉄鉱質の含化石ノジュール(アンモナイトやベレムナイト)を伴っている。これらの堆積物は、モザンビーク海峡の形成によって分離したインド-マダガスカルに広がっていた非常に酸素の乏しい環境で堆積した特徴がある。

また、これらの頁岩層はデコルマを形成している。そして、下部白亜紀のマングローブ土壌や暴風雨時の堆積物を伴う硅岩や砂岩層で覆われている。

後期白亜紀層は構造的に様々に分離されている。最下部は石灰岩層と石灰質片岩層で構成される。最上部には深海性を示すまだら色の石灰質片岩が見られる。最上部白亜紀から始新世の地層は、エヴェレスト北方域や北部Sikkim地域にのみ残存している。これらの地域は距離が離れているが酷似した地層からなり、最上部白亜紀の硅岩層と暁新世から始新世の石灰岩層から構成されている。大陸上の碎屑岩や炭酸塩岩の堆積物からなり、この層群の最上部には大陸性と海性の両方の環境が見られる。

以上のようなTethys Himalaya堆積層は褶曲し、二畳紀の頁岩層や三畳紀中期の石灰岩・マール互層、あるいは白亜紀層の最上部で引きはがされた覆瓦状構造をなしている。褶曲やスラストは南あるいは北に傾き、中期始新世に受けた変形による二次褶曲や押し被せ構造が見られる。

## 6. 巡検 EX-5

高見智之, 小松原琢, 宮崎精介, 清水公二, 栢木智明

長谷川修一団長以下の調査団 20 名全員は, ポストツアー EX-5 ; Japan Society of Engineering Geology (JSEG) special excursion(日本応用地質学会特別見学会ーゴルカ地震震源地, ポカラ盆地とカトマンズーポカラ間の地質災害)に参加した. この巡検のリーダーは長谷川修一団長が, サブリーダーは OM PRADHAN (応用地質株式会社) が勤め, 日本人 20 名, 台湾人 13 名, フランス人 2 名, スイス人 1 名, 計 36 名の参加があった.

EX-5 では, ヒマラヤ山脈南側の地形と地質の観察, ヒマラヤ山脈を遠望することができた. この見学会は, ヒマラヤ山脈ミッドランドの地形と応用地質的特性の観察, ゴルカ地震の被害と地質の関係等を主題とし, 長谷川団長が下見までされて計画された充実した内容であった. 長谷川団長は所用のため一足先に帰国されたが, その後はネパール人のプラダン オム氏が引率した.

カトマンズからポカラへの往路は悪路をバスで長時間揺られたのと, 乾季のため乾燥とほこりで体調を崩す方も出たが無事に全行程を終えることができた. 長谷川団長の説明によって, どの山を見ても地すべりで形成されたとまず考えるようになった. ポカラでは, サランコットの丘, 朝夕は宿泊ホテルの屋上, 最終日の日本山妙法寺からのアンナプルナ山群の眺望を楽しんだ. また, ポカラからの帰路の空からはヒマラヤ山脈の連続パノラマを見ることができた.

### 見学会の目的

この見学会のねらいは, 以下のとおりである.

- ・ヒマラヤ山脈ミッドランドの地形と応用地質的特性の観察
- ・ミッドランドにおける 2015 年ゴルカ地震の被害と, ミッドランドにおける地震による斜面災害が少ない理由の検討
- ・カトマンズ盆地の建物に対するゴルカ地震の影響の考察
- ・アンナプルナ山塊前面のポカラ盆地の地形と地質工学的特性の観察
- ・ポカラ盆地における自然災害, 美しい景色と自然災害の関係
- ・ミッドランドの起源を考える, 土地利用だけでなくヒマラヤの発展
- ・ジオパーク構想に基づくネパールの継続的な発展

### 見学地点の概要

#### ① 12月1日(金)

Prithivi 街道を経てカトマンズからポカラへ(バスでの移動), カトマンズからポカラへの国道沿いの斜面災害と対策及びゴルカ地震の震源地を以下の行程で見学した.

8:00 Yak & Yeti ホテル出発

10:30-11:30 Galchi (Stop1)

- ・ Main Central Thrust(MCT)沿いの高度変成岩
- ・ 雲母片岩の層面すべりとトップリング
- ・ Trisuli 川と河岸段丘の地形
- ・ 1993 年に災害を起こした土石流堆積物
- ・ 溪谷にかかりつり橋

11:30-12:00 Aadamghot (Stop2)

- ・ Trisuli 川の段丘堆積物
- ・ 北方の山腹に広がる地すべり
- ・ 南方の山腹の地すべり地形

13:30-14:30 Riverside Spring Resor (Stop3: Lunch)

- ・ Trisuli 川の段丘と河床堆積物, 泉の湧水

15:00-15:20 地すべりダム(Stop4)

- ・ ゴルカ地震後に起きた地すべり
- ・ 大規模地すべりの擾乱した圭岩
- ・ 更新世の地すべりせき止め湖に由来する上流域の段丘

16:10-16:20 ゴルカ(Gorkha)の 3km 手前の分水嶺 (Stop5)

- ・ 巨大な地すべりの上に立地するゴルカの町を遠望

16:40-17:00 ゴルカ市内 (Stop6)

- ・ ゴルカ地震の震源域
- ・ ゴルカの町の建物の軽微な被害
- ・ 地すべり緩斜面中に発生した地すべりによる地割れ

20:00 ポカラの湖畔のホテルに到着

② 12月2日(土) ポカラ盆地周辺

8:00 ホテル出発

8:30-9:40 Site5-10 サランコット(Sarangkhot, Stop7)

- ・ アンナプルナ山脈の地形, Seti 川の段丘 (「応用地質」平成 29 年 4 月号表紙)
- ・ 間氷期のアンナプルナ氷河後退期に起きた巨大氷河湖の決壊洪水
- ・ 同上で形成された土石流堆積物
- ・ サランコットの地すべり地形

10:20-11:20 Armala (Stop8)

- ・ Kali Khola 谷の堰止湖起源の地形
- ・ 巨大氷河湖の決壊による古期堆積物
- ・ 湖成堆積物中のシルト質粘土の産状と性質
- ・ シンクホールの分布とメカニズム, 段丘面上 sink hole の形成過程

12:00-12:30 Site5-12 Bamghat (Stop9)

- ・ Seti 川と河岸段丘の地形

- ・ポカラ礫層の産状と性質，氷河湖決壊洪水堆積物か？

- ・Seti 川の氾濫による地形の変化

13:00–14:00 フェワ(Phewa)湖畔 (Stop10, 昼食)

14:10 ポカラ空港で長谷川団長が途中下車し，空路カトマンズに向かう

14:30–15:00 デヴィズフォール(Patale Chhango, Stop11)

- ・Pardi Khol 峡谷とデヴィズフォールの地形

- ・ポカラ礫層

15:00–15:30 Gupteshwar Mahadev Cave (Stop12)

- ・グプテシュワール洞窟

- ・グプテシュワール洞窟とデヴィズフォールの地下水の行方

- ・Siva(シバ神)の像は石筍か

16:00 湖畔に到着，巡検 EX-5 終了



## 6.1 カトマンズからポカラ

高見智之

<巡検第一日目の行程>

Prithivi 街道を経てカトマンドゥからポカラへ(バスでの移動), カトマンドゥからポカラへの国道沿いの地形地質, 斜面災害と対策及びゴルカ地震の震源地に近いゴルカの町を視察した.

### 5-1 地点 Thankot(バスから観察)

・カトマンドゥ盆地の西端, Thankot の地形と地質, Naubise –Thankot 道路トンネル計画

### 5-2 地点 Galchi(Stop1)

- ・ Main Central Thrust(MCT)沿いの高度変成岩, 雲母片岩の層面すべりとトップリング
- ・ Trishuli 川と河岸段丘の地形

### 5-3 地点 Adamghot(Stop2), Trishuli 川の段丘堆積物, 周辺の地すべり

### 5-4 地点 Krishnabhir(バスから観察)

- ・ 2000 年 8 月の降雨で起きた地すべり

### 5-5 Riverside Spring Resort(Stop3Lunch)

- ・ Trishuli 川の段丘と河床堆積物

### 5-6 Ruwa Khola check-dam site(バスから観察)

- ・ Trishuli 川の段丘と河床堆積物

### 5-7 地すべりダム(Stop4)

- ・ ゴルカ地震後に起きた地すべり

### 5-8 ゴルカ (Gorkha) の 3km 手前の分水嶺(Stop5)

### 5-9 ゴルカ(Stop6), ゴルカ地震の震源域, ゴルカの町の軽微な被害

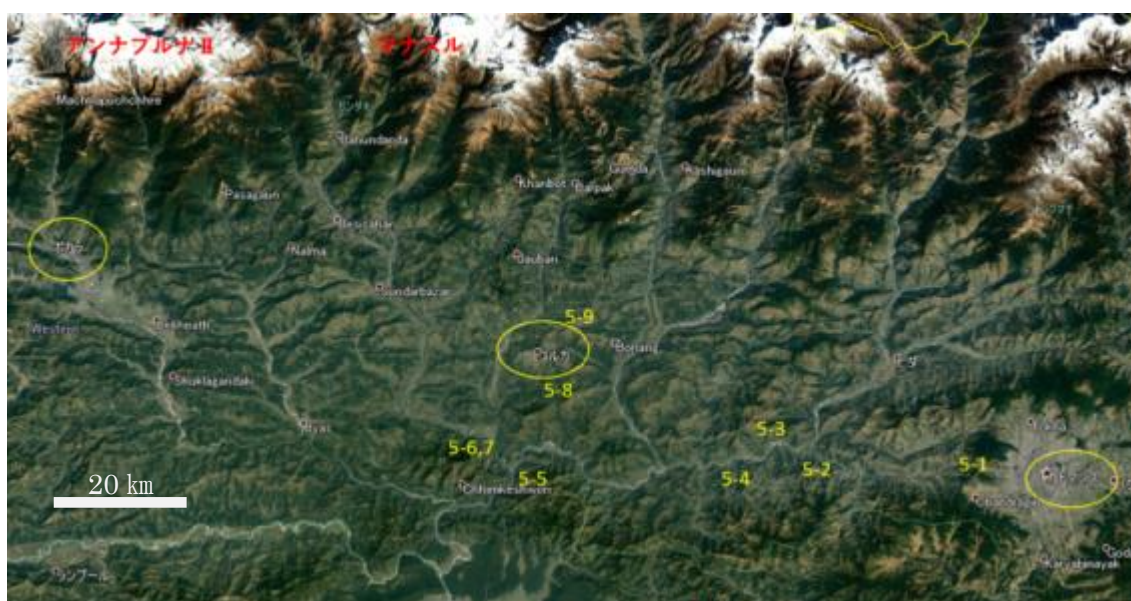
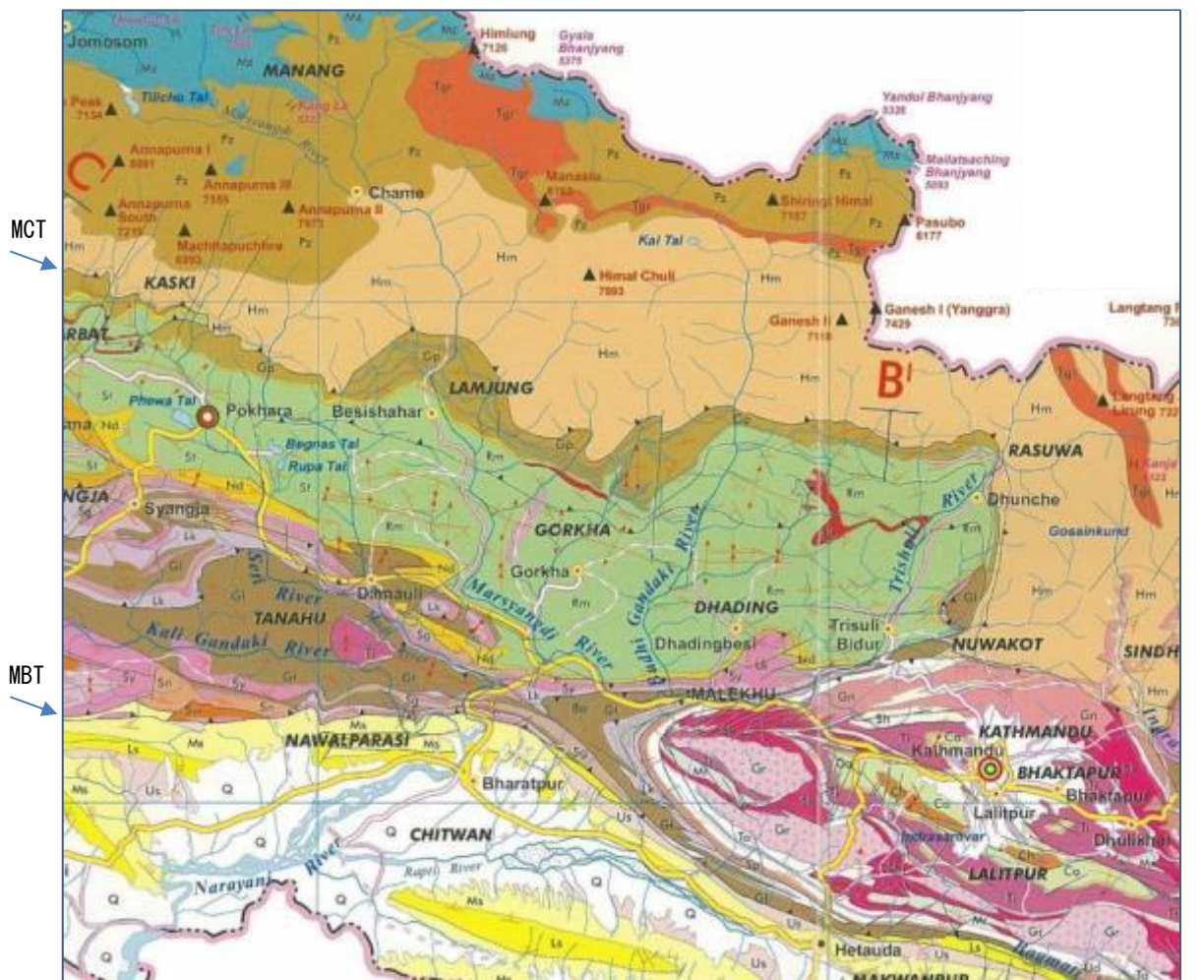
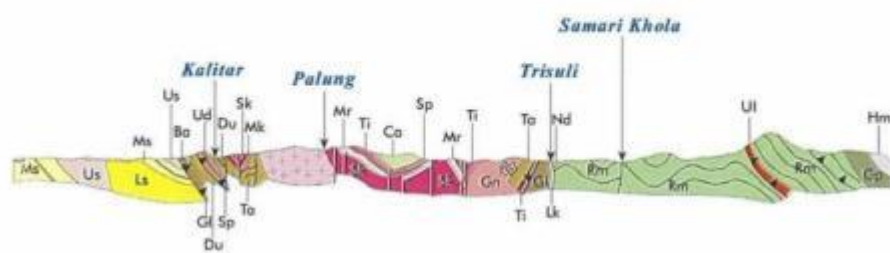


図-6.1 Ex-5 第一日目の巡検箇所 (Google map に加筆)



Section Along B - B'

MCT  
MBT



Section Along C - C'

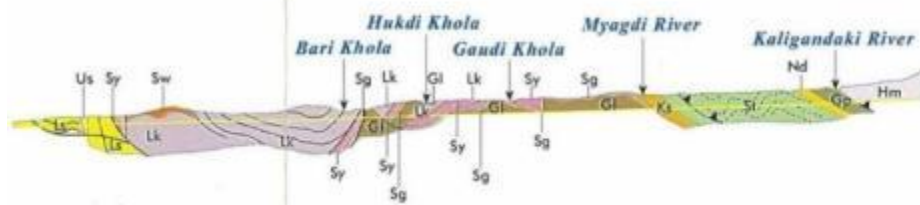


図-6.2 カトマンドゥーポカラ付近の地質平面図断面図  
(Geological Map of Nepal より抜粋、引用)

### 6.1.1 カトマンドゥ郊外の車窓から

会場のホテル前をやや遅れて出発，立派な巡検案内書を配られ，長谷川ツアーリーダーから概要の説明を受ける．カトマンズの朝の渋滞と雑踏を見つつ，ようやく郊外の風景が広がる．道路わきの切土にはカトマンズ盆地堆積物と思われる扇状地性の礫層が見え，やがて強風化した基盤岩の切土が見えた．



Yak and Yeti Hotel に集合



長谷川ツアーリーダーによる車内の説明



カトマンドゥ郊外の扇状地性礫層



強風化した基盤岩とのり面保護工

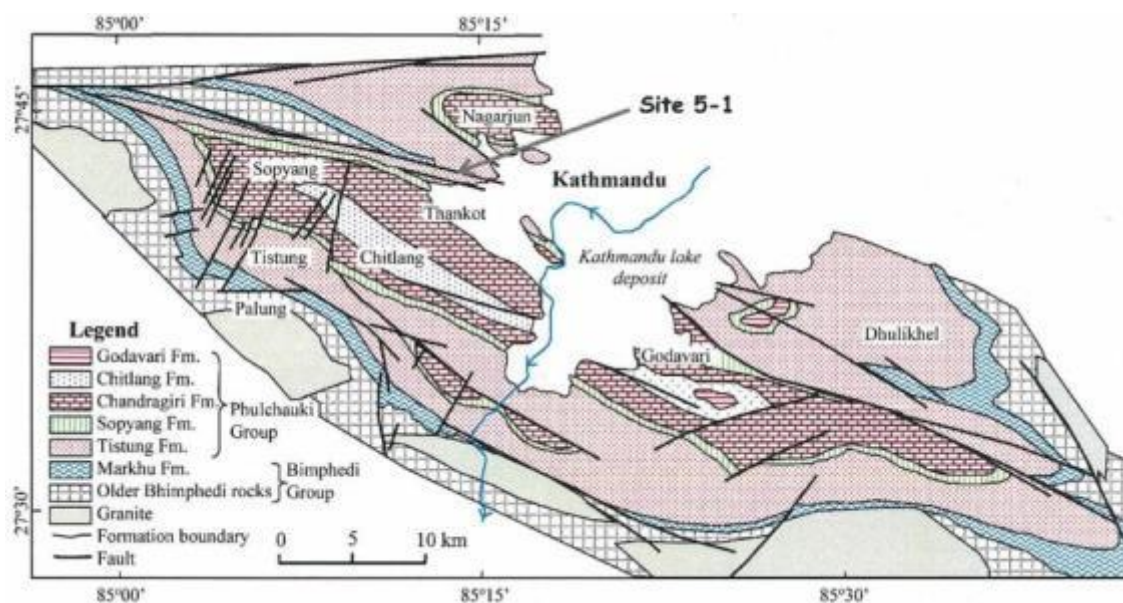


図-6.3 カトマンドゥ周辺の地質図 (Excursion Guidebook-5 より引用)

### 6.1.2 峠越えの現道と道路改良工事

構造盆地とも言えるカトマンズ盆地は標高約 1300m にあり，そこから西に向かって標高約 800m のポカラに向かう．カトマンズ盆地西縁の丘陵を越えると Trishuli 川流域の低地まで一気に下る．この道路はハイウェイと呼ばれているが，舗装はされているものの線形はよろしくない．この区間の線形改良を目的として，2450m のトンネルが建設中だ．施工は安藤ハザマだそうだ．その他の区間も施工中だが，中国企業が資金面を含めて支援しているらしい．

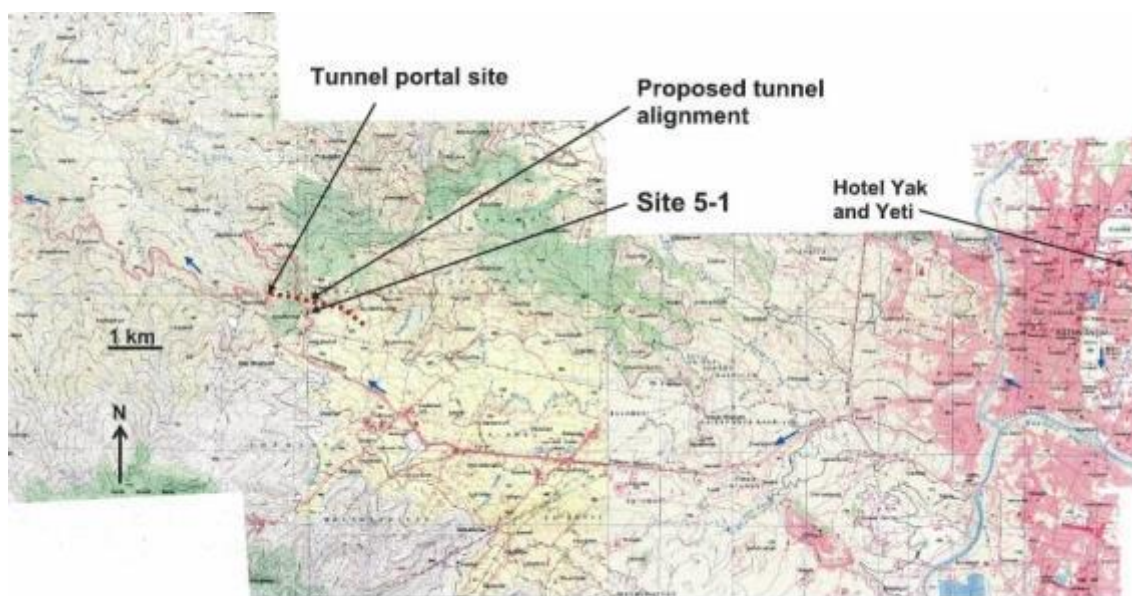
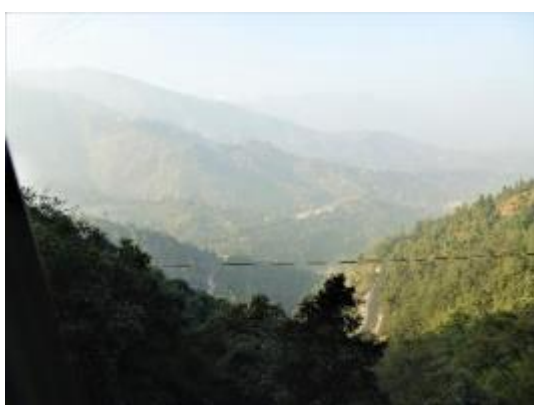


Figure 14. Location of sites in topographical map

図-6.4 カトマンドゥ西部の地形図 (Excursion Guidebook-5 より引用)



Nagdhunga 峠を越えて Trishuli 川流域へ。車窓から道路下方に現道が見える。



ヘアピンカーブでは大型車がすれ違うたびに徐行して渋滞気味

写真-6.1 峠越えの現道及び周辺の様子

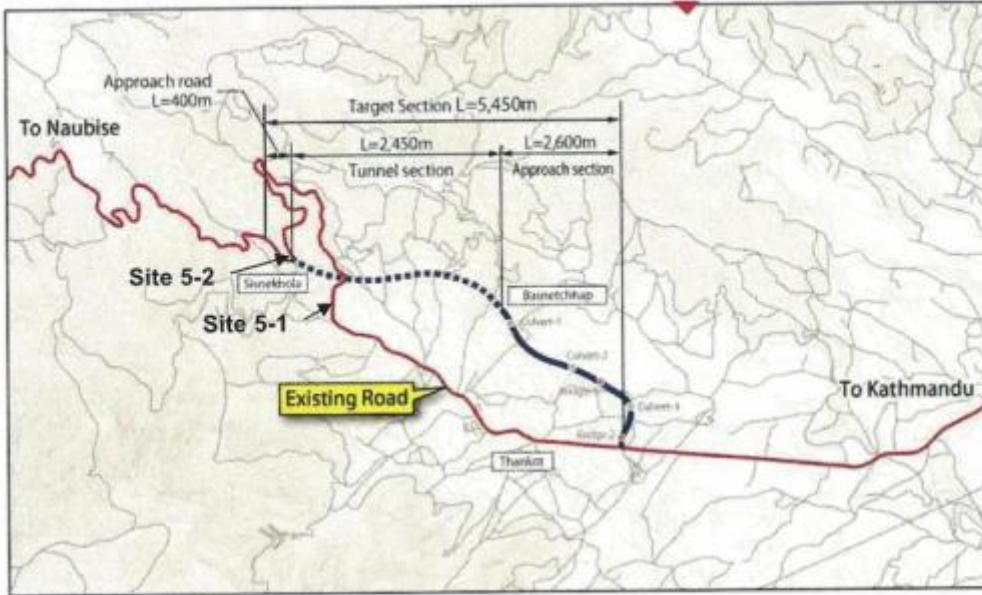


Figure 11, Location of tunnel portal, alignment and Site 5-1 and Site 5-2 (JICA, 2015)

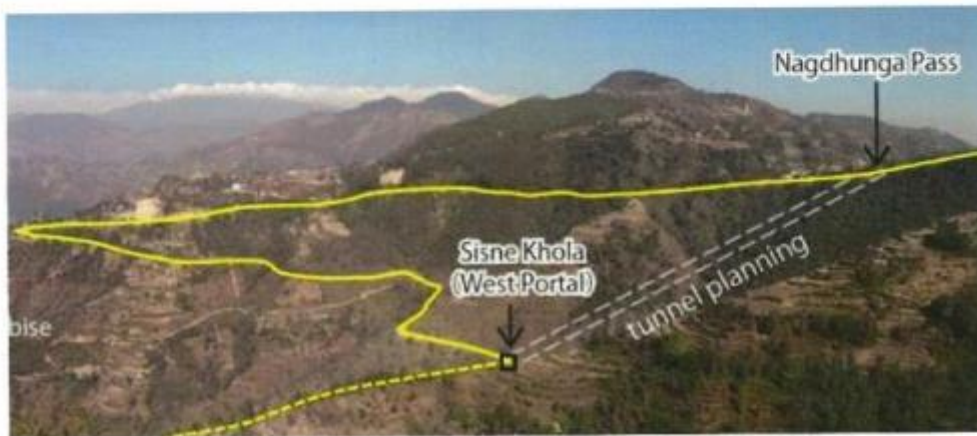


Figure 12, Tunnel portal and alignment of Tunnel (JICA, 2015)

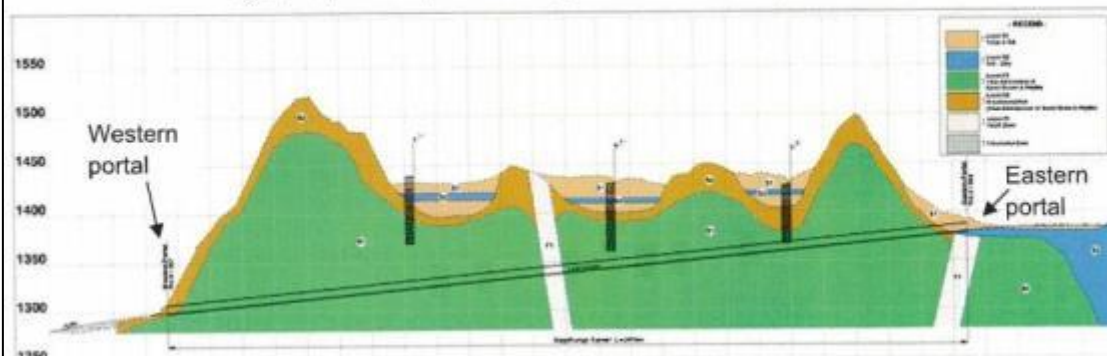


Figure 13, Tunnel alignment and geological setting, (JICA, 2015)

図-6.5 トンネルによる道路改良計画 (施工中) (Excursion Guidebook-5 より引用)

### 6.1.3 雲母片岩のトップリング変形と土石流の痕跡

Trishuli 川と Mahesh Khola の合流点に到着。やっとバスを降りての巡検である。MCT (Main Central Thrust) に近く (対岸の山麓付近)、ハイヒマラヤに属する地質が分布する。バスから降りて目に飛び込んだのが、斜面下部で急傾斜、上部で緩傾斜となるトップリングの露頭であった。ここぞとばかりに、ハンマーを持参した参加者は片麻岩をたたき始める。

川幅の広い Trishuri 川には長い吊り橋がかかり、対岸には段丘地形が広がる。右岸には嵌入蛇行の旧流路が段丘化し、そこに道路が通過し集落が形成されている。

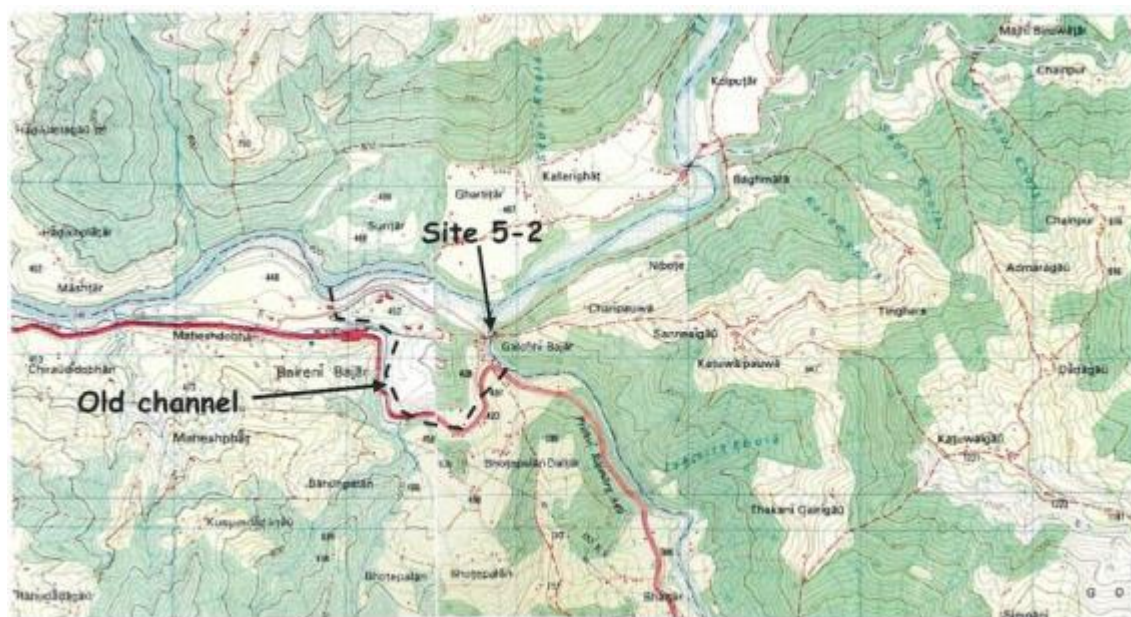


Figure 16, Topographical map of the Galchhi area .

図-6.6 Galchhi 周辺の地形図 (Excursion Guidebook-5 より引用)



写真-6.2 トップリングによって変形したと考えられる片麻岩露頭



写真-6.3 片麻岩の流れ盤斜面と片麻岩片理面の接写（雲母の結晶が目立つ）



写真-6.4 ハンマーをふるう宮崎さんと片麻岩の片理に直行する断面（鉛色の結晶はガーネットか）

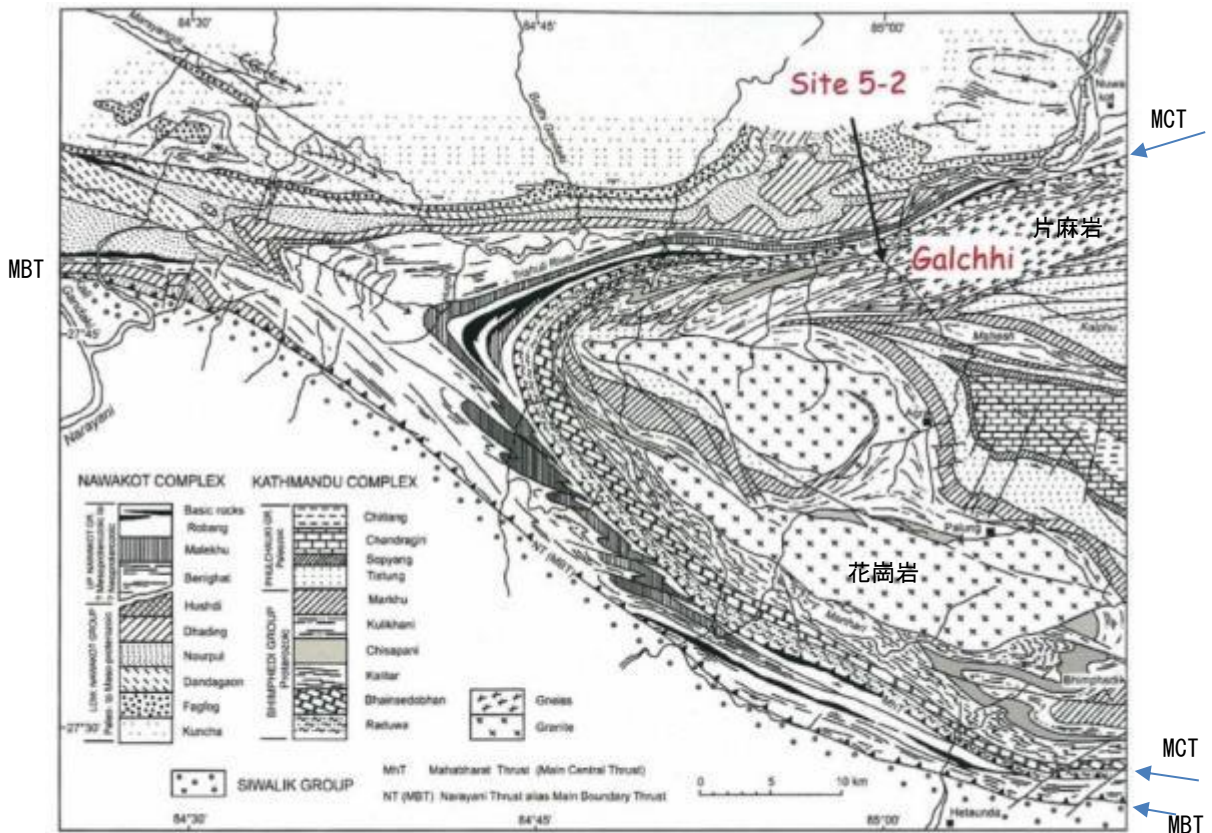


Figure 17, Geological map of the Galchhi area (Dhital, 2015). Site 5-2 location is near to the Main Central Thrust (MCT) or locally named as Mahabharat Thrust (MhT).

図-6.7 Galchhi 周辺の地質図 (Excursion Guidebook-5 より引用加筆) (しゅゆるナップ構造)



Trishuli 川と Mahesh Khola (手前) の合流点。Trishuli 川には段丘地形が発達する。川幅は広く人道の長い吊り橋がかかる。手前の河床の巨礫群や堆積土砂は 1993 年の洪水によってもたらされたもの。



Trishuli 川にかかる吊り橋のスタート地点 (休憩所兼展望台) で説明を受ける参加者。長谷川さんとランジャンさんの説明。

Trishuli 川にかかる吊り橋は人がすれ違える程度の幅。



合流点付近の段丘地形、土石流堆積物、トッピング変形した片麻岩



行き交う車は相当年季が入っている。



集落の共同の水道設備。

写真-6.5 Site5-2 の様子



#### 6.1.4 土石流堆積物を含む段丘堆積物

Trishuri 川左岸の段丘面上の土取場で対岸の地形と段丘堆積物を観察した。河床付近に断層が伏在するようであるが基盤岩露頭観察はできなかった。段丘堆積物は数m大の巨大な岩塊を含み、氷河湖の決壊によってもたらされた堆積物と考えられている。礫種は優白質花崗岩が多くみられた。

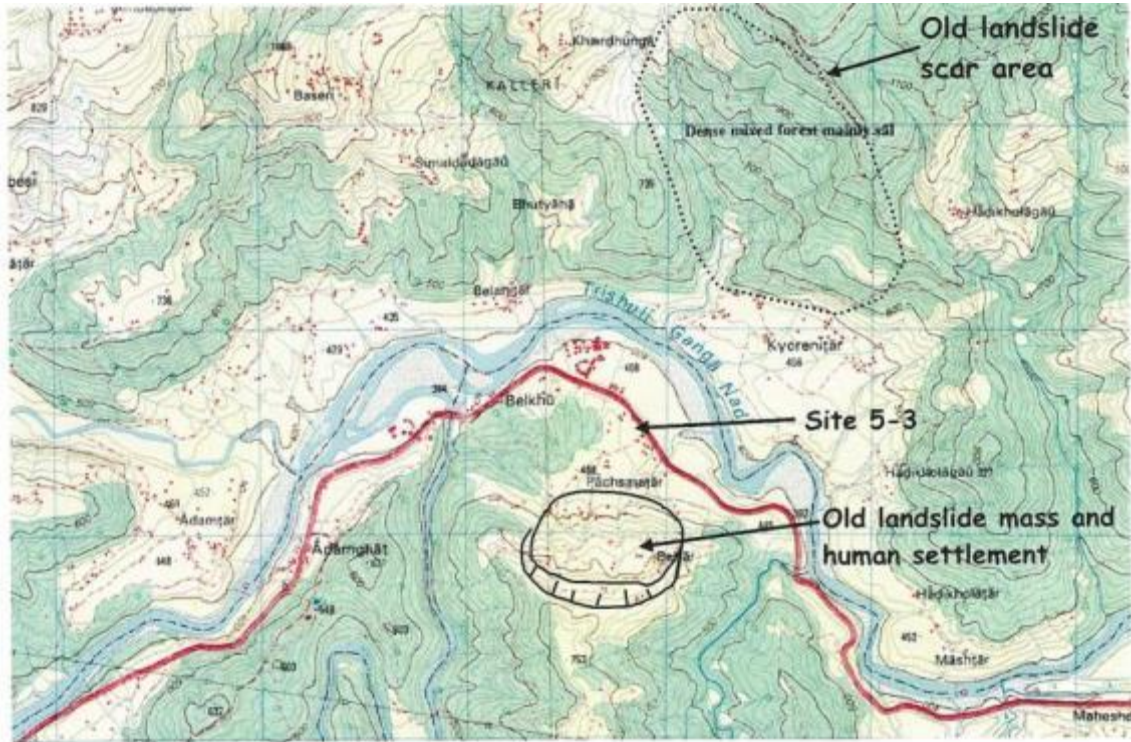


Figure 19, Topographical map for Site 5-3.

図-6.8 Trishuri 川左岸の Aadamghat 周辺の地形図 (Excursion Guidebook-5 より引用)

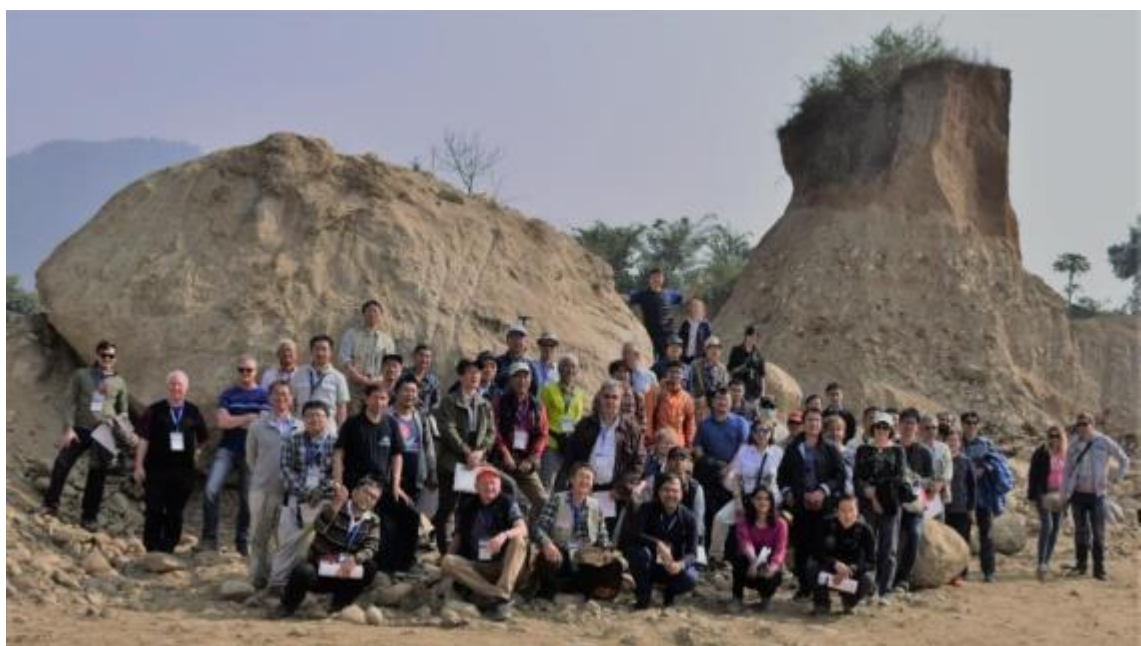


写真-6.6 巨大な岩塊を含む段丘堆積物の露頭までの集合写真 (Ex-2 チームと合同)



Trishuri 川左岸の段丘堆積物が露出する土取場。礫径が大きく礫支持の部分と、礫径が小さく基質支持の部分が互層状に分布する。上部は砂層。



Trishuri 川右岸の崩壊地群と遠望する参加者。双眼鏡で観察する清水氏。ネパール地質図を見ると、流れ盤で頁岩が挟在する石灰岩ドロマイト (Lk)、石灰質クォーツァイト頁岩互層 (Sy) が分布するらしい。露岩する崖は地すべりの滑落崖のようで、地形図からも等高線がたるんでいるように見える。

**写真-6.7 Site5-3の様子**

### 6.1.5 ランチタイム (Riverside Spring Resort)

Trishuri 川左岸の段丘の縁にあるリゾートでランチタイム。湧水が多らしく、ししおどしのある休憩所や、プールがあるところで、ネパール料理をバイキング（?!）で食した。



写真-6.8 ランチ会場の様子

### 6.1.6 2003年に豪雨による土石流で被災した発電所 (Ruwa Khola check-dam site)

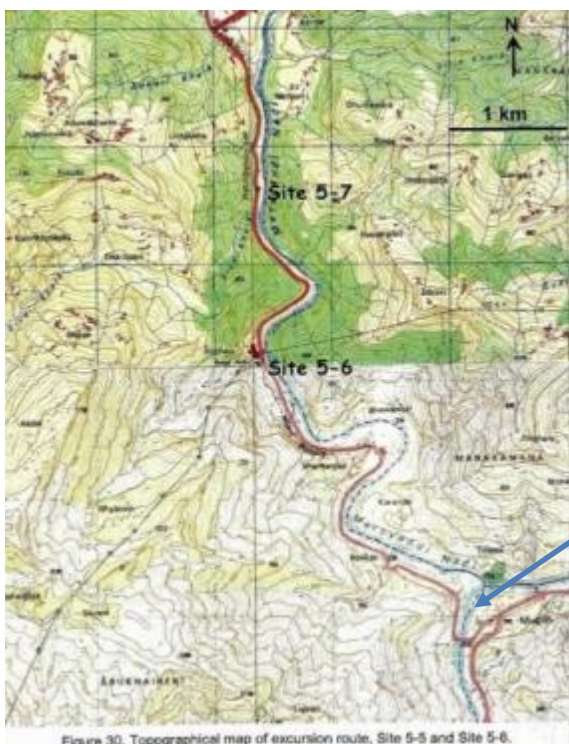
支川上流域で多数のランドスライドが発生してランドスライドダムが生じ、1~1.5時間のうちにそれらが決壊して下流側に土石流となって襲った。水力発電所が被災し、カトマンズーポカラ間の幹線道路の橋を押し流した。約1か月の停電で大きな経済損失が出た。復旧対策工事は、日本政府の援助によって進められた。(バス車窓から観察)



発電所建屋



砂防ダム工による復旧対策。溪床にも植生が復旧して、災害の面影はない。



発電所周辺の地形図

(Excursion Guidebook-5 より引用)



Trishuri 川本流を渡る。東西方向の地質構造を切って南に流れる河川は、V字谷を形成し両岸は急斜面が続く。斜面崩壊が多く発生していて河床に崩壊土砂が堆積する。道路は復旧工事中か。河床勾配も急なようで流れは速そうだ。これより Marsyandi Nadi 川流域に入る。

図-6.9 発電所周辺の地形図と周辺状況

### 6.1.7 地震で崩壊したのり面の不安定岩盤

Marsyandi Nadi 川を上流に走り，ゴルカ地震で生じた道路斜面崩壊個所を観察した．レッサーヒマラヤの砂質千枚岩の分布地で，北西に緩く傾斜する層理面が発達し，この斜面では受け盤となる．層理面に直交する縦方向の節理面が発達し，これに沿って崩壊が発生したようである．崩壊土砂は撤去されフトンカゴ工で落石対策され交通開放されているが，斜面は非常に不安定である．地形図からは上方斜面全体の重力変形が想定される．

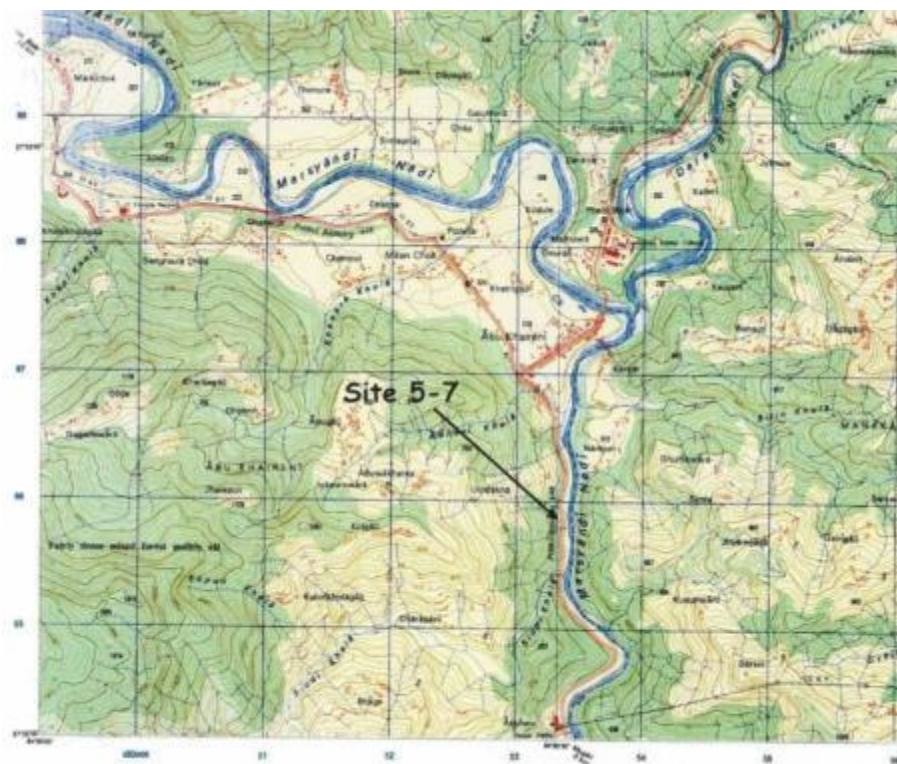


Figure 36. Topographical map of paleo-lake damming area, Site 5-7.

図-6.10 道路崩壊斜面周辺の地形図 (Excursion Guidebook-5 より引用)

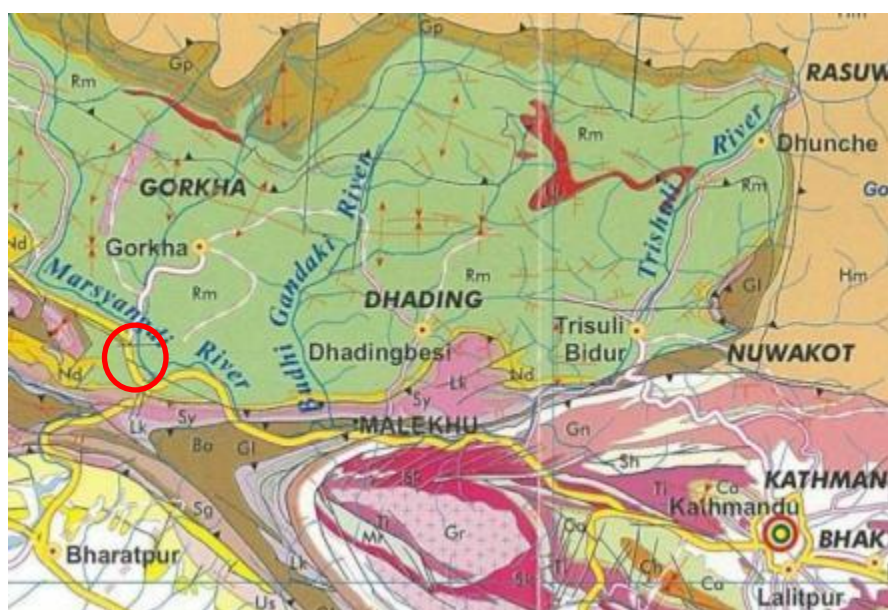


図-6.11 カトマンズ・ゴルカ周辺の地質図 (Geological Map of Nepal より抜粋引用加筆)



道路斜面崩壊箇所。崩壊面に節理面が露出し、頭部や側方に不安定岩盤が残る。



トップリング変形、座屈変形が進み、岩盤内の空洞が見える。



フトンカゴ工により対策されているが、崩壊面には不安定な岩塊が点在して落石の危険。真下で観察するのは非常に危険であるため、急いで移動。



頭部のオーバーハング部。直交する縦亀裂が発達して不安定。暗灰色の層は剪断を強く受けた泥質部とみられ、層面すべりまたはデタッチメント断層の可能性がある。



谷側斜面も急崖をなし、斜面に平行な高角度亀裂が発達して座屈変形や微小すべりが生じている。



落石危険の交通標識と緊張した面持ちで通過する参加者。

**写真-6.9 Site5-7の様子**

### 6.1.8 ゴルカの町の地形と地質と地震被害

Marsyandi Nadi 川の支川の Daudi Nadi 川流域に入り、ゴルカに向かう。ゴルカへは南側の尾根沿いにある道路を通過して大きく迂回するように走る。ゴルカの町は標高約 1100m の台地上の南向き緩斜面にあり、河川沿いを離れてぐんぐん上って行く。



Marsyandi Nadi 川を渡り、支川の Daudi Nadi 川流域にあるゴルカに向かう。この辺りは東流していて谷幅が広く、河床堆積物は巨礫が多い。



Marsyandi Nadi 川を渡った平地にあった国連の災害救援物資の倉庫。人影はなかった。

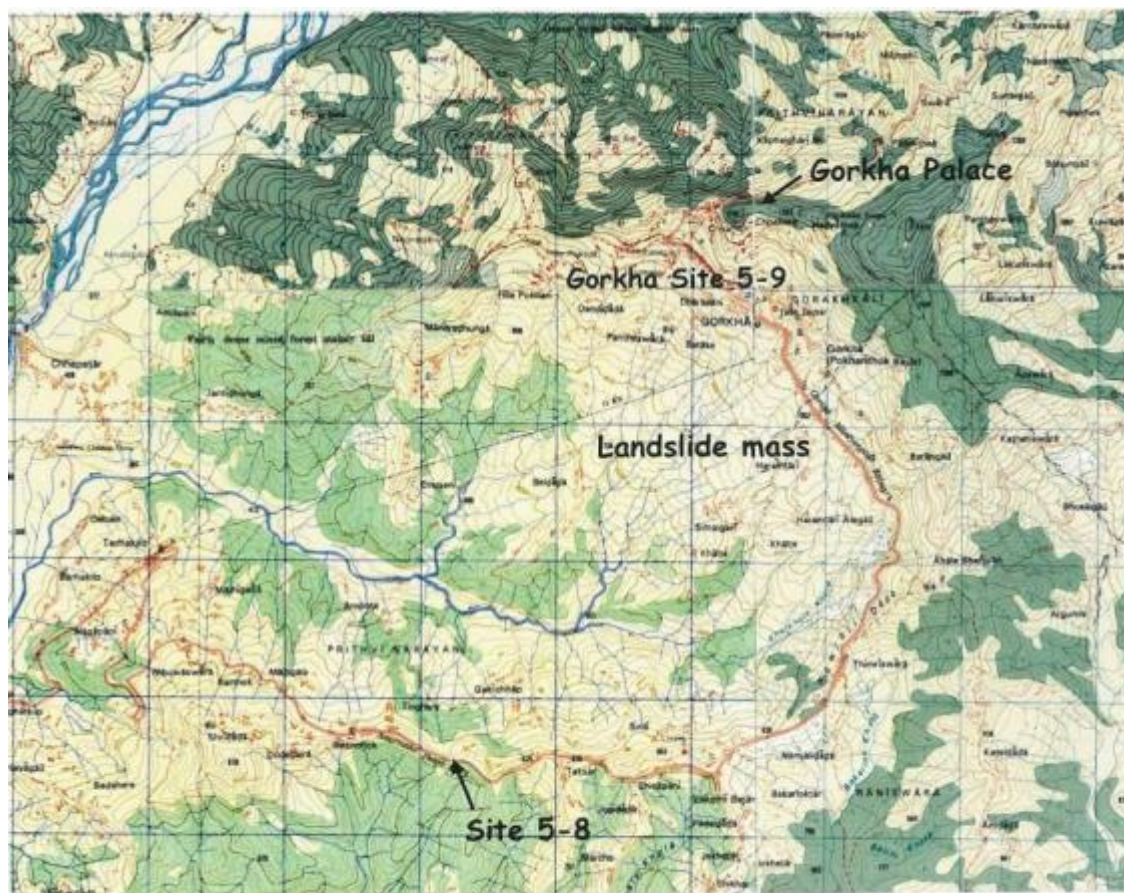


Figure 37. Topographical setting of the Gorkha Landslide mass

図-6.12 ゴルカ周辺の地形図 (Excursion Guidebook-5 より引用)

ゴルカの南を東西に延びる尾根沿いの道路を走る。道路脇には地震で破壊された建物が点在している。急斜面の頂部にあり、地形効果による強震動で破壊されたのかもしれない。被災した建物のまゝで商店を開き、たくましく生活している。



被災した建物。柱と梁は鉄筋コンクリートのようであるが、かなり細いようだ。



店だった建物が被災したのか、沿道でミカンやバナナを売る果物屋、スナック菓子やジュースを売る売店が並ぶ。



南側の尾根からゴルカの町を遠望する。緩傾斜の平滑な斜面上にあり背後には滑落崖を想定させる山地斜面がある。しかし、平滑斜面は dip slope の可能性も残る。



ゴルカの町の下方の斜面は棚田か段々畑の農地となっていて、比較的浅い地すべりを想起させる。

**写真-6.10(1) ゴルカ周辺の様子**





地震で被災したのか、建築中の建物。柱と床はコンクリートで、壁はレンガ積みか。型枠を竹のつかえ棒で支えている。



斜面上に中層住宅があるが、被災したようには見えない。



ゴルカの町の中心部。大地震の形跡は見られなかった。



ゴルカの町から北方の山を望む。ゴルカは平坦なように見えたが、開析谷が入りガリー状の流路がいくつも見られた。



ゴルカの町の道路わきの店。カラフルな衣装や、ミカン、リンゴなどの果物がたくさん並ぶ。佐々木さんはミカンを買った。



ゴルカの町はずれに見られた切土のり面。強風化して土砂状の地盤。

### 写真-6.10(2) ゴルカ周辺の様子

### 6.1.9 ゴルカからポカラへ

ゴルカの町を 16 時 20 分頃出発，ポカラまで約 100km をひたすら走る．日が暮れ，ポカラには 20 時 30 分ごろ疲れ果ててようやく到着．ホテルで部屋割りを受けてそれぞれ部屋に入ったが，いくつかの部屋がツインルームではなく，ダブルだったようで騒ぎが始まった．再度部屋割りをして，ダブルだった人たちが別の部屋の鍵を受けとり，ようやく夕食へ．ところが，夕食後に部屋に帰って鍵を開けると別の人がすでに寝ていた！・・・．またもホテル側が調整し，結局，隣のホテルに部屋をとって一件落着．



「1 m のピザ」！があるので注文したら，1 m の板にピザが 3 枚・・・

夜も元気な木方さん、木下さん。

薄着でピザを待つ田中さん、杉山さん。

**写真-6.11 ポカラのイタリア料理店にて**



### 10. 走り続けたバス

決して豪華なバスではなかったが，町を走る車の中では立派なほうである．事故もなく故障もなく走り切ったバス，そして運転手さんに感謝！



**写真-6.12 乗車したバス**

## 6.2 巡検初日

小松原琢

私事で恐縮ですが、24年前の学生時代にカトマンズ～ポカラ間を1人旅したことがあります。その時と比較しつつ、12月1日の巡検、カトマンズ・プリテェイブハイウェイ(Prithive Highway)・ゴルカ経由・ポカラの巡検の1日を回想してみます。

四半世紀近い間で変わったことといえば、①カトマンズ市街が大きく拡大したこと、②車と人が増えたこと、③ネパール第一の主要道であるプリテェイブハイウェイがほぼ全面舗装され2車線の区間が増えたこと、④カトマンズの中心街で暮らしていた野良牛がいなくなったこと、⑤町の大気汚染がひどくなったこと、⑥サリーを着た女性がめっきり減ったこと、など多々あります。プリテェイブハイウェイは日本の基準からみれば田舎道といった感じですが、それでも昔と比較すれば格段と快適な旅ができるようになりました。

本日の第1ストップ地点・ガルチ(Galchhi)の周辺では、ネパール有数の大河・トリスリ(Trishuli)川を渡る鋼製のつり橋が数km間隔で新設されており、バイクも渡っておりました(写真-6.13)。このストップではトリスリ川の支流・マヘシュコーラ(Mahesh Khola)からトリスリ川本流に流れ込んだ1993年の土石流跡とトリスリ川の立派な河岸段丘(写真)を見学。合流点付近には石積みの堤防が築かれていました。かつて、このあたりは国道沿いで落石が頻発し、しばしば道路が塞がれていたはず。今では所々に擁壁が築かれていましたが、それでも道路状態は悪く、たびたび補修しているとのことでした。

次のストップ2・アダムガート(Aadamghat)では、トリスリ川兩岸の巨大地すべり地形とトリスリ川本流の河岸段丘堆積物を観察。地すべり地形は地元の人々の証言によれば1934年のビハールネパール(Bihar-Nepal)地震後に拡大したとのこと。トリスリ川の河岸段丘堆積物は、6000～7000m級の山からなるランタン連峰(最高峰はランタンリルン7225m)に発する川だけあって多種多様な礫で構成されています。なかでも巨大な円礫(写真-6.14)にはびっくり。長谷川先生から説明いただきましたが、この河岸段丘は氷河決壊に伴って流下したと考えられる基質支持の円礫層からなる厚い土石流堆積物と、それを覆う掃流性の礫層、および赤色のフラッドローム層によって形成された典型的な堆積段丘です。いつの日か、この段丘の形成年代や土石流の多発期が明らかになることを願います。ぜひ、ネパールの学生さんに頑張ってもらいたいとおっしゃる長谷川先生の意見に共感。

昼食はクリンタル(Kurintar)の河岸段丘上にあるRiverside Spring Resortで。ここでネパールにも多数の温泉があるという長谷川先生のお話を改めて実感。この瀟洒なリゾートは、四半世紀前には多分なかったもの。(ただし、ネパール人やインド人の旅行者に混じって定期バスを利用した旅だったので、行程中にこのような場所があったとしても知らずに通り過ぎていたかもしれません。)

昼食のあと、今日の巡検のハイライトともいえるゴルカ(Gorkha)に向けて出発。ゴルカはご存知のように2015年のゴルカ地震の震央に近い、地すべり地形上の町です(写真-

6. 15). しかし、ゴルカ周辺のミッドランド(Midland)では、大きな地震地すべりは発生しておらず、またゴルカの町もそれほど深刻なダメージを受けなかったとのこと。私は長谷川先生の論文(長谷川ほか, 2016 ; 長谷川, 2017)に記されている「地すべり起源の緩みの著しい岩盤から構成されているため、短周期成分の強震動が減衰した」という解釈に、これまで何となく違和感を持っておりました。しかし現地を訪れてみて、「確かにそうした現象は起こりうるのだな」と考えるようになりました。振り返ってみれば、2004年新潟県中越地震の際にも震央近くの旧山古志村や旧川口町の地すべり地でも思いのほか家屋倒壊は少なかったように感じました。先入観を持たずに現地調査することの大切さを改めて感じました。

夕方ゴルカの町を出発。相変わらずバスは大揺れに揺れながら走っていきましたが、疲れのためか、いつの間にか快い眠りに入ってしまった。今日の終着点、ポカラのホテルに着いたのは夜8時を回ったころ。心の底から楽しむことができた1日でした。今は、またいつの日かネパールを再訪してみたいと思っております。

巡検を案内してくださった長谷川先生とランジャン先生に厚く感謝申し上げます。また巡検に参加された各位に御礼申し上げます。

#### 文献

長谷川修一・野々村敦子・Ranjan Kumar Dahal・Manita Timilsina (2016) : 2015年ネパール・ゴルカ地震震源域のミッドランドではなぜ斜面崩壊が少なかったのか?。文部省科学研究費補助金(特別研究促進費)「2015年ネパール地震と地震被害に関する総合報告」報告書。pp.45-61.

長谷川修一(2017) : 国際応用地質学会第11回アジア地域会議(ARC-11)が開催されるネパールの応用地質。応用地質, Vol.58, No.2, pp.121-125.



写真-6.13 バイクも渡るトリスリ川にかかるつり橋



写真-6.14 トリスリ川の段丘堆積物中の巨大な円礫



写真-6.15 地すべり地形上に立地するゴルカの町を遠望する

### 6.3 ネパール紀行

宮崎精介

これまでにアルプス・ピレネーと旅をしてきたが、世界の屋根であるヒマラヤ抜きで造山帯を語ってきたことに対して、何か後ろめたい気持ちがくすぶり続けてきた。このような感情はヒマラヤ造山帯の特異性を実感することでしかぬぐい去れないと思われる。

ヒマラヤ山脈が斯くも高い山脈に成長し得たのは、大陸衝突のメカニズムを別にすれば、中軸に高温型といっても圧力もかなり上昇した片麻岩帯が高所まで分布していることにある。即ち、硬質で風化耐性に富む地質体が山脈の土台をなし、テチス海の堆積物を頂くことで、世界の屋根になり得たのである。

このような意味合いで、山脈の土台を構成する片麻岩を我が手で一度は抱いてみたいと願っていたが、その機会はなかなか訪れなかった。時は流れ、一昨年、長谷川会長(当時)からネパール巡検の話をお伺いした時、これだと思い参加することにした。

現地で片麻岩帯に遭遇するには別行動をとらざるを得ないが、今回は時間的余裕がなかったもので、片麻岩帯が持っている雰囲気だけでも味わっておき、後日に期待しようと思った。それは、片麻岩帯の基底を形作る MCT(Main Central Thrust)が宙を飛びクリップを形成している地域が観察ポイント(Site5-2)に指定されていたからである。不足分は、片麻岩帯から流れ下る河川が運搬してきた礫を観察することで、今回は良しとすることにした。

#### (1) Galchhi(Site5-2)

サイト周辺は MCT 直上に位置しており、渓谷に掛けられた橋の両側を行き来しながら、道路法面に露出する岩石を観察した。

採取した試料は、剪断作用を強く被ったのであろう、大きく成長した雲母類が片状構造をなしており、それ沿いに回転した数mm大の斑状変晶(柘榴石)が認められた(写真-6.16, 6.17)。柘榴石は片麻岩に含まれることが多いし、回転構造は結晶片岩などでよく見かける。岩石の名称として、結晶片岩・片麻岩のいずれが正なのか私には判断つかないが、MCT 直上といった地質構造的な位置からして、剪断作用を強く被った片麻岩としておくのが良いのかも知れない。

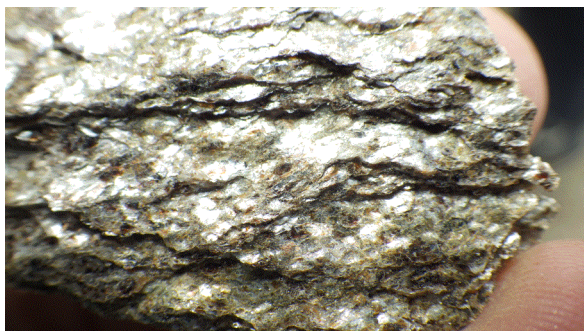


写真-6.16 剪断面沿いに成長した雲母類の結晶



写真-6.17 回転を伴う斑状変晶(柘榴石)

また、道路法面や周辺斜面を観察すると、浸食作用の激しい溪谷の河床上 20m 付近に位置するにも係わらず雲母類は風化していて、剪断面や節理面沿いに酸化や弛みが進行、流れ盤では分離面に沿ってブロック状に岩盤が剥離し崩壊していた(写真-6.18)。道路法面として見た場合、かなり不安定な状態にあると思われるが、法面对策は何ら施されていなかった。同様な現象は、走行した幹線国道沿いの MCT 下位の Quartzite 露頭でも散見された。午後になって観察した Site5-7 では、高角度剪断面沿いに弛みが進行し、岩盤が崩落していた(写真-6.19)。幹線国道であってもこのような有様で、今後のインフラ整備において改善されることを願うばかりである。



写真-6.18 橋梁脇の法面や斜面で剥離崩壊 写真-6.19 流れ盤をなす剪断面に沿って崩壊

## (2) Pokhara 近郊

Pokhara 近郊には、Annapurna の主脈を源とする河川が流れ下っており、市街地を貫流する Seti Nadi 沿いには河川が運搬してきた礫質堆積物が厚く分布している。

最初に向かった Site5-11 は、Seti Nadi の左支川にあたる Kali Khola 流域に位置する。この流域は狭く標高も 2,700m 以下と低いことから、片麻岩帯にかかっていないのであろう、河床礫は片岩が主体で片麻岩らしきものは認められなかった。

Site5-12 では、主脈から流れ下る Seti Nadi が運んできた礫質堆積物が厚く(写真-6.20)、土取り場跡の河原に転がっている礫を手当たりしだいに観察すると、多くの片麻岩と接することが出来た。礫の多くは柘榴石を含んでいた(写真-6.21)が、藍晶石(カイヤナイト)は普段観察することがなかったので、それらしき鉱物を見つけても藍晶石なのか判別できなかった。



写真-6.20 渓谷沿いに露出する礫質堆積物 写真-6.21 礫の表面に柘榴石が見てとれる

(3) 後ろ髪を引かれて

ピレネーでも片麻岩が露出しているが、その多くは渓谷沿いの斜面下部に顔を出す程度で、ヒマラヤのように新しい地質体を覆って大規模に衝上している様は認められなかった。

Site5-2 は、南への衝上岩体が本体から分断されたクリップ上に位置する(図-1)が、MCT直上にあたるため剪断作用を強く被っており、本来の片麻岩とは様子が異なっていた。

Site5-12 で正真正銘の片麻岩を観察できたが、如何せん礫を観察しただけで鉱物組成や岩石組織は理解できても、地質体を支配する構造までは知る術がなかった。

しかしながら、今回の巡検でヒマラヤの地帯構造の概要を垣間見ることができたし、ピレネーとの違いも実感できた。

ホテルの屋上から眺めた Annapurna の主脈は天空に高く聳え立ち、頂部はテチス海の堆積物らしい成層構造が見てとれた。このような雄大なパノラマを見上げていると、地元の方々が神と崇める様が納得できたし、思わず旅の安全を願って合掌してしまった。

翌々日、後ろ髪を引かれて Pokhara を後にしたが、神々の宿る主脈を機中から眺めながら、片麻岩帯を横断する日が廻ってくることを願うばかりであった。

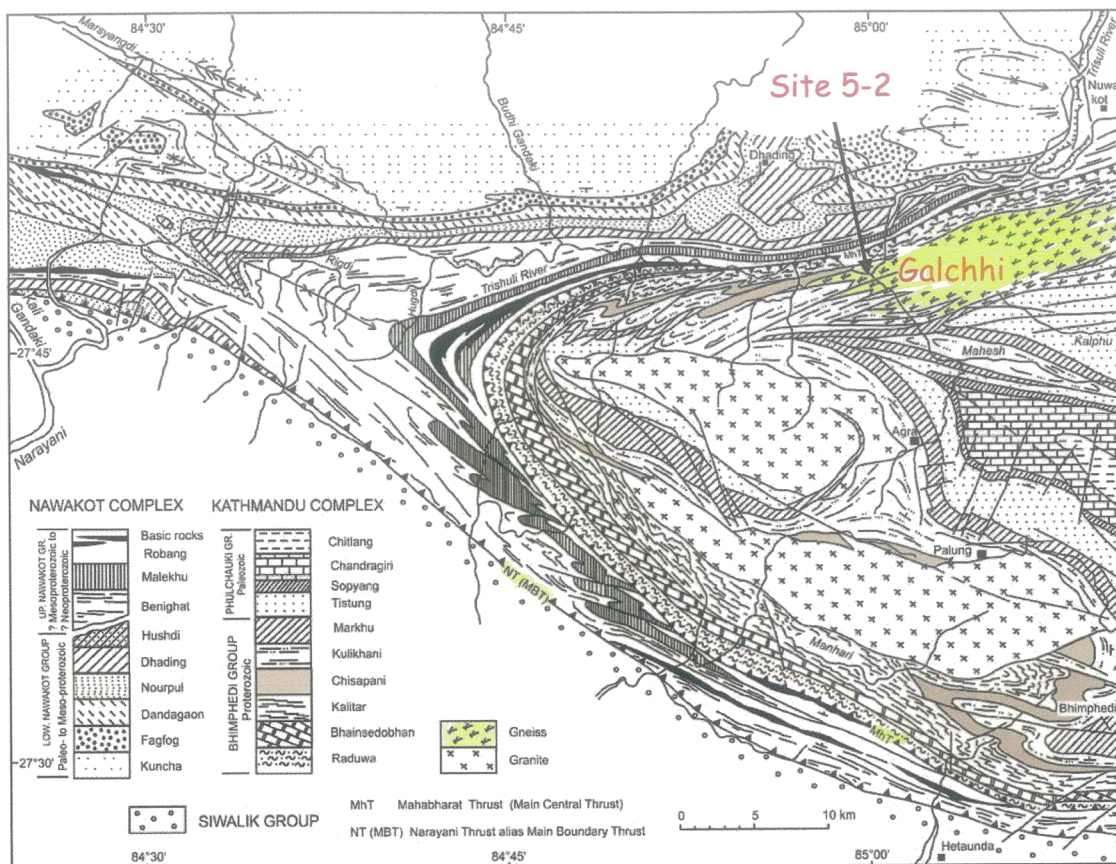


Figure 17, Geological map of the Galchhi area (Dhital, 2015). Site 5-2 location is near to the Main Central Thrust (MCT) or locally named as Mahabharat Thrust (MhT).

図-6.13 Galchhi 周辺の地質図 (Excurtion guidebook-5 より引用)



## 6.4 え！ポカラに温泉・・・？

栢木智明

巡検一日目ポカラに着いたのは、夜 8 時を回っていた。カトマンズからポカラまでの悪路をバスに揺られた長旅のせいとその日は早めに就寝した。そのせいもあり、翌朝はまだ暗いうちから目が覚め（年のせいかも？）、持参したコーヒーを片手にホテル部屋の窓越しに外の風景を眺めていると薄赤く染まり始めたアンナプルナ山群が目に飛び込んできた。同室の宮崎氏とともに多少興奮気味に屋上に上がり、夜明けのアンナプルナの写真を撮った時の記憶が蘇ってくる。この日は、朝からこのような幸運に恵まれた巡検二日目であった。



写真-6.22 夜明けのアンナプルナ

その日の始めは、標高約 1100m 付近のサランコット手前の展望所（Stop7）からの当日の巡検個所の眺望と Seti 川流域の氷河湖決壊による土石流堆積物の説明などがあったようであるが、アンナプルナ山系の素晴らしい眺めに心を奪われ、巡検本来の目的は上の空状態であった。

Stop5-11 でマイクを持って説明していた長谷川先生が、急に栢木さんこの湧水（写真-6.23）の特徴はなんですか？今朝から興奮気味で巡検説明など上の空であった私は、えええ・・・急に言われても EC メータも持参していない状況で何を期待しているのかなど思いつつ、湧水に手を入れたとき異常に暖かく感じたことを思い出し、浅層地下水にしては水温が高いですね、ちょっとヌメヌメしていますねなど取り留めない返答をした。そのあと団員の一人が水温を計測するとなんと 24℃もあり、これもしかして温泉・・・？。長谷川先生は、熱水起源の可能性も考えられることを話されていた。



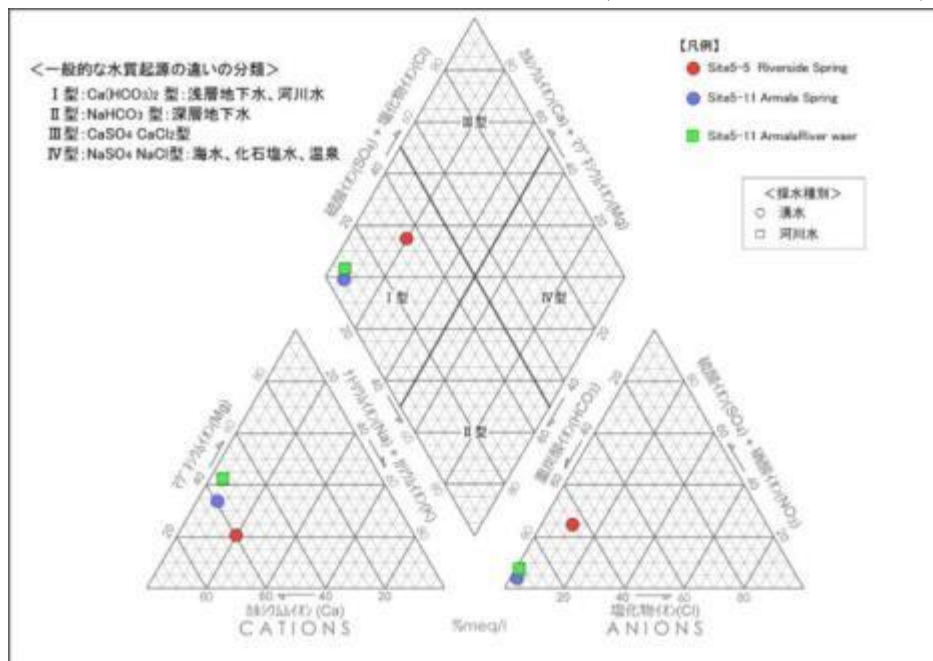
写真-6.23 Stop5-11 近くの湧水

Stop5-11 Seti 川支流 (Kali 川) の巡検場所は、当日の昼前で快晴に恵まれ汗ばむ陽気である。谷幅約 800m の過去の氷河湖決壊による土石流堆積物からなる低地が広がっている。低地面では、水田が分布し (写真-6.24)、既に稲刈りも終わり所々で脱穀の後始末が行われていた。巡検パンフレットでは、土石流堆積物の地質構成や洪水時に発生したシンクホールの解説があるが、既にシンクホールはなく、低地に刻まれた深さ約 2m 程度の浸食谷にこの湧水が認められ、本当に温泉なのか確認するために水質分析用に採水した。

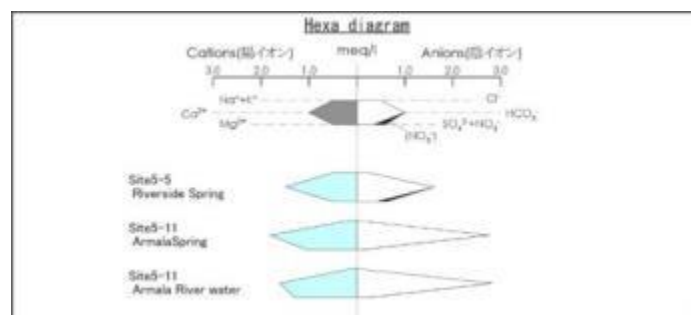


写真-6.24 Stop5-11 Kali 川流域に分布する水田

早速日本に帰って分析してみると何のことはない普通の浅層地下水ではないか (図一6.14). ちょっとがっかりしたが、なぜ水温がこんなに高いのか疑問に思い始めた。  
(トリリニヤダイアグラム)



(ヘキサダイアグラム)



図一6.14 水質分析結果

今回ネパールにきての最初の印象は、カトマンズ空港に到着して意外と温かいことと埃ポイのに驚いた。日本から見れば世界の屋根が広がる年中氷河が被さるヒマラヤのイメージや、標高 1400m の高地にあるカトマンズ、標高約 1000m のポカラなど、今回の 11 月末から 12 月初めは、日本のイメージではかなり寒い感覚である。この湧水もそもそも日本の感覚で水温を見ており、とりあえず気象データを整理してみることにした。

図-6.15 は、ポカラの過去 30 年間（1981～2010 年間の平均値）の平均気温と降水量を示した図である。地下水温を考慮するうえでキーポイントとなるポカラの年平均気温は、なんと 21.1℃ではないか、また 6 月～9 月間で 25～26℃であり、地下水特性を考えれば 12 月初めで地下水温 24℃でもおかしくない。また、年間の平均降水量は、なんと 3900mm/年もあり、大半が 6 月～9 月の雨季に集中している。堤防などのインフラが整備されていない現状を考えれば毎年何らかの洪水被害が垣間見れる。参考までにカトマンズの気象データも整理してみた。ポカラに比べ平均気温が 2℃程度低い 18.9℃、年降水量が半分以下の 1455mm/年、蒸発散量が平均気温の低下分少なくなり 951mm/年となっている。特に乾季の 10 月～4 月間降水量から蒸発散量を引いた収支では、マイナスとなり砂漠化している状況となっている。そのせいもあり、カトマンズ市内が、乾燥し埃っぽいイメージであったことが納得できる。

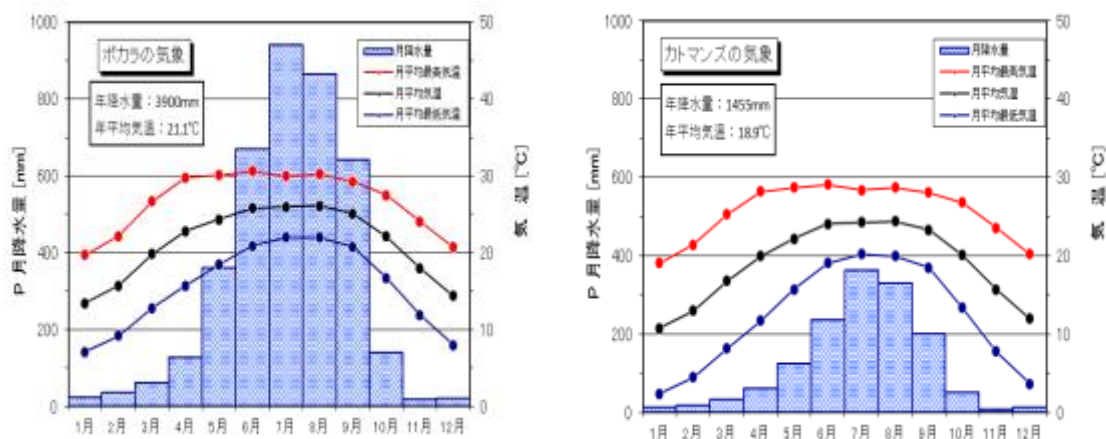


図-6.15 ポカラとカトマンズの気象

(カトマンズ)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
月平均最高気温	19.1	21.4	25.3	28.2	28.7	29.1	28.4	28.7	28.1	26.8	23.6	20.2	25.6
月平均最低気温	2.4	4.5	8.2	11.7	15.7	19.1	20.2	20.0	18.5	13.4	7.8	3.7	12.1
月平均気温	10.8	13.0	16.8	20.0	22.2	24.1	24.3	24.4	23.3	20.1	15.7	12.0	18.9
月降水量	14.4	18.7	34.2	61.0	123.6	236.3	363.4	330.8	199.8	51.2	8.3	13.2	1455
月可能蒸発散量	20.7	26.3	57.2	81.7	113.0	129.1	137.9	133.2	106.0	78.1	42.2	25.4	951
P-E	-6.3	-7.6	-23.0	-20.7	10.6	107.2	225.5	197.6	93.8	-26.9	-33.9	-12.2	504

(ポカラ)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
月平均最高気温	19.7	22.2	26.7	29.8	30.1	30.6	30.0	30.2	29.3	27.5	24.1	20.7	26.7
月平均最低気温	7.1	9.2	12.8	15.7	18.4	20.9	22.0	22.0	20.8	16.7	11.9	8.0	15.5
月平均気温	13.4	15.7	19.8	22.8	24.3	25.8	26.0	26.1	25.1	22.1	18.0	14.4	21.1
月降水量	23.1	34.6	60.0	127.6	359.2	669.0	940.3	866.3	640.8	139.7	17.8	21.7	3900
月可能蒸発散量	25.0	31.9	71.9	101.2	131.9	147.3	157.7	152.4	121.3	88.9	48.4	29.4	1107
P-E	-1.9	2.7	-11.9	26.4	227.3	521.7	782.6	713.9	519.5	50.8	-30.6	-7.7	2793

出典: *Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial*

## 7. ヒマラヤ

向山 栄, 木下博久

### (1) 応用地質学会の二度目のヒマラヤ

今回の調査団は、本学会として2度目のネパールへの派遣である。前回の調査団は、1999年にIAEG第2回アジア地域シンポジウムがクアラルンプルで開催された際、引き続いてカトマンズで行われたInternational Symposium on Engineering Geology, Hydrogeology, and Natural Disasters with Emphasis on Asiaに参加するために組織された。筆者(向山)にとっても18年ぶりのネパール訪問、ヒマラヤとの再会であった。

ヒマラヤ山脈は、あらゆる意味でネパールの自然と文化・産業と社会を特徴付けるものであり、訪れる外国人の最大の関心の的の一つと言って良いと思う。今回のアジア地域シンポジウムが、広く欧米からの参加者も集めて過去最大の規模となり盛会であったことは、ヒマラヤ無しには考えられない。会議のテーマもヒマラヤの山地災害に関するものがあり、2015年に発生したゴルカ地震も、ヒマラヤの地質構造に深く関連しているわけであるが、本項では、各会議での関連の話題やヒマラヤの地質に関しては他の章に譲り、1999年調査団から18年を経て見た現地状況やヒマラヤ関連情報の現状について触れることにする。

1999年の調査団では、まずポストシンポジウム見学旅行として、インド国境付近の標高100 m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、さまざまな応用地質の課題を抱える地域を、バスで移動しながら見学した。さらに、調査団独自の見学旅行として、カトマンズ東方のルクラまで空路移動し、そこから8000 mを越す山々が連なる高ヒマラヤの核心部に徒歩で接近した。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とともに、標高3800 mを越す地点から、最高峰チョモランマ(エベレスト)も望見することができた。2つの見学旅行で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に目にすることができたわけである。

今回の見学旅行EX-5は、低ヒマラヤ地域を対象とするものである。カトマンズからポカラへの移動経路は、1999年にポカラからの帰路に通過した道程とほぼ同じであるが、途中で2015年の地震の震央に近い山上都市(hill town)ゴルカに寄り道することができた。この見学の詳細は該当の章に記述されているので参照されたい。また、ポカラからカトマンズへの帰路には航空機の定期便を利用し、機上からヒマラヤ山脈の地形を観察することができた。1999年のポカラ滞在中には、ヒマラヤの山々を雲間に一瞬垣間見ることができただけだった。しかし今回は晴天に恵まれ、2日間にわたって様々な地点から氷河を頂く山々を望見することができた(写真-7.1)。さらに、ヒマラヤの地形を観察するという点に関しては、今回は日本からの渡航経路をバンコク経由とし、カトマンズへの便は往復とも日中のフライトだったので、高度1万メートルの機窓から雄大なヒマラヤ山脈を遠望する機会もあり、良い条件に恵まれた。



写真-7.1 ポカラ近郊フェワ湖南岸の山上からのアンナプルナ連峰  
画面左遠方にダウラギリ峰 (8167 m). (2017年12月3日)

## (2) ヒマラヤの展望

今回の調査団の日程は、現地の季節ではポストモンスーンの乾期にあたるが、前回1999年の9月27日～10月9日より約2ヶ月遅く、ヒマラヤの展望を最も得やすいといわれる時期である。そのおかげか、EX-5でポカラに滞在した期間中、観光ガイドブックが謳うとおりのヒマラヤの景観を楽しむことができた。しかし、ヒマラヤ山脈のパノラマを十分に展望できる日というのは、実はそんなに多くないらしい。

滋賀県立大学名誉教授で2017年6月までカトマンズ大学客員教授を務めた伏見碩二さんは、JICA シニア・ボランティアとしてポカラの国際山岳博物館学芸員を務めていた間、2009年3月から1年間の毎週1回、ポカラからアンナプルナ連峰が展望できた日を定点観測した。その結果は、雲の少ない早朝でも、アンナプルナ連峰を一望に見渡せる日は、年間10週程度であった。ポカラを訪れてアンナプルナ連峰が見渡せる確率を展望率とすれば、約20%程度になり、とくに展望が良いのは、雨期明けの10月中旬以降や、冬期でも風の強い日に限定される(伏見碩二, 2017)。したがって、今回ポカラに滞在した2日間とも、午後になってまで白銀の高峰が望みできたのは、かなり幸運だったのだろう。

ヒマラヤの展望については、さらに興味深い報告がある。前記と同じく伏見碩二さんの研究によれば、2017年3月から6月のプレモンスーン期間の50日間で、カトマンズ市内の大学宿舎から東方の7000 m 峰ガウリサンカールを、日の出時刻に見ることができた日は

7日間であった。展望率に換算して約 14%である。カトマンズ市内からヒマラヤの山々が見えるチャンスは1週間のうちわずか1日ほどとなる。春の後半になると雨期に近づくので雲が多くなるが、前半は主にスモッグが視程を妨げる要因であり、ネパール国内の森林火災や野焼き、車の排気ガスなどの他に、外国起源の大気汚染物質もその原因と考えられるということである。アラビア海からの水蒸気の侵入が少なく、インド・ヒマラヤ周辺の乾燥状態が続くと、雨や雪で大気中の汚れが落とされないため、スモッグが大気下層に滞るらしい。ネパールの国内外に起因するスモッグの影響は、ヒマラヤの展望を売り物にする観光国ネパールにとって悩ましい問題になっているという（伏見碩二, 2016）。

このようなスモッグの原因の一つとして最近注目されているものに、ABC (Atmospheric Brown Cloud) がある (Nakajima ほか, 2007 および Fuzzi & Bonasoni, 2013 など)。これは衛星画像で確認された広域的なスモッグで、インドや中国、インドネシアなど南アジアおよび東アジアに顕著に観察されたため、最初は Asian Brown Cloud と呼ばれた。しかしインドの研究者から、発生がアジアに限定されないというクレームがあり、国連環境プログラムの課題に挙げられた際に、語頭の A の由来を Atmospheric として改名したらしい。ABC は、煤、硫酸塩・硝酸塩エアロゾル、飛散灰などの汚染物質からなり、大都市だけでなく農村や山間地からも発生し、山火事などもその原因となる。インド・ネパール周辺では、ABC は特に乾期に多く観察され、インド洋北部からガンジス川低地一帯の海拔高度 3000 m 程度以下の空中に滞留する。今回、ネパールへの往復路やネパール国内の山間部で目にしたスモッグは、このような広域的な ABC だったのかもしれない (写真-7.2 ~7.4)。

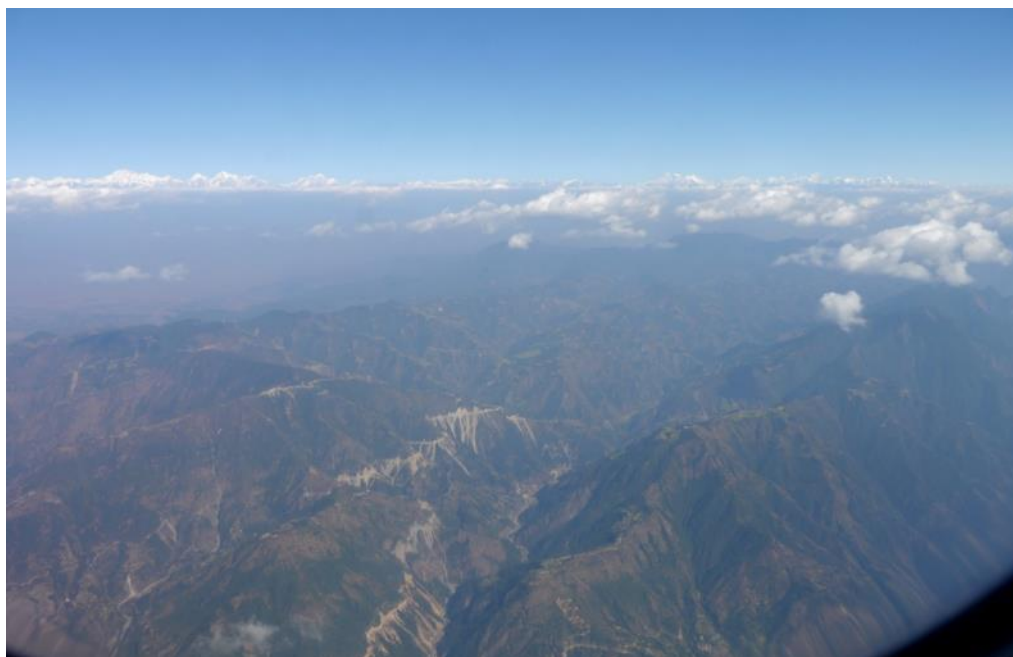
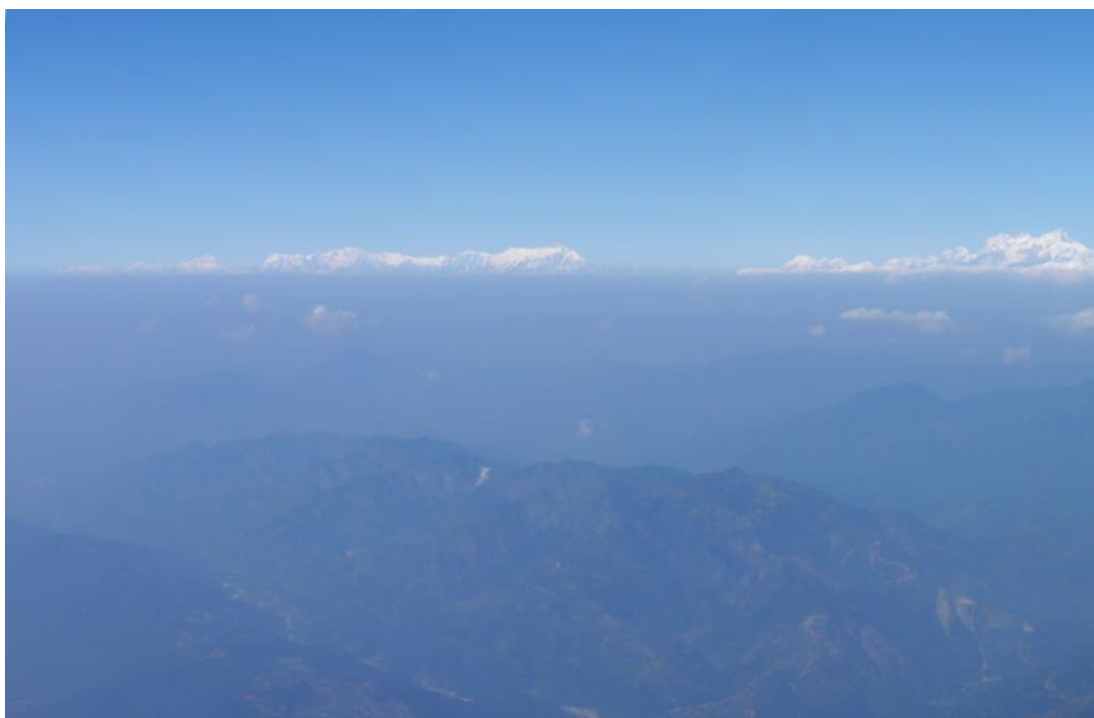


写真-7.2 バンコクからカトマンズへ機内から見たマハバーラト山脈と高ヒマラヤ

左奥にシシャパンマ峰。その手前にカトマンズ盆地が見える。スモッグの上限高度は約 3000 m. (2017 年 11 月 26 日)



**写真-7.3** マハバーラト山脈上空の機窓から見たスモッグに浮かぶ高ヒマラヤ

左からダウラギリ峰, アンナプルナ連峰, 右端は P29, マナスル, ヒマルチュリのいわゆるマナスル3山. (2017年11月26日)



**写真-7.4** カトマンズ盆地西方上空の高度約2800 mから, スモッグに沈む市街地と高ヒマラヤを望む

画面奥には, 左端にランタンリルン (7227 m), 中央やや左に中国領内のシシャバンマ (8027 m), 中央にジュガール・ヒマールの山々がかろうじて見える (2017年12月3日).



### (3) カトマンズ盆地のスモッグ

カトマンズは1999年でも自動車の排気ガスによる大気汚染が著しく、日中は息苦しく感じるほどだった。今回も多少新しい中古車両が増えた分の向上はあると思うが、オートバイを含む車両の絶対数量が増え、全体として大気汚染は悪化したように感じた。そういえば、1999年の訪問時には、カトマンズ市郊外の路上にはしばしば野良牛がのんびりとたむろしていたのだが、今回はほとんど目にすることがなかった。市街地からの生ゴミはかつて路上の牛たちの飼料になり、牛糞は家庭用燃料になっていたのだが、現在では生ゴミはビニール袋に入れられ焼却処分されてスモッグの一因となってしまう、大都市内にたくさんの野良牛が共存できる環境も失われたのかもしれない。写真-4はEX-5の帰路でのカトマンズへのフライトで撮影したカトマンズ盆地である。上空には白銀の7000~8000mの山々を望見することができるが、カトマンズ盆地上空の標高約3000mまでは、スモッグに覆われてしまっている。

### (4) ヒマラヤの地形図事情

前回1999年は既に電子メールは普及していたものの、インターネット上の情報量は、爆発的に拡大する前の段階であった。当時と比べると、現在のような画像情報や地図に関する電子的情報の充実は、まさに隔世の感がある。筆者は今回、インターネットに接続しなくてもPCやスマートフォンで閲覧できる位置情報付き地図を使ってみた。これは、建物形状が表現される程度の詳細さがあるオープンソースマップで、Maps me というアプリでダウンロードして使える。オフラインでも衛星測位情報を参照しながら地図上で現在位置の確認ができるため、カトマンズやポカラの市街地などではなかなか便利であった。

今回の訪問にあたり、ネパールにおける地図情報についてまとめてみたいと思っていたのだが、帰国直後に日本地図センターの月刊「地図中心」の12月号ネパール特集が刊行され、ネパールの地図事情と、地形図の入手法などをまとめた記事（島津弘，2017）が掲載されてしまったので、詳細はそちらに譲り、簡単に現状を記載しておくことにする。

現在ネパールでは、山岳地域は等高線間隔40mの縮尺1:50,000地形図、その他は等高線間隔20m（南部の低地は10m）の縮尺1:25,000地形図が整備されている。ネパールの地形図は、JICAの協力により1990年撮影の空中写真から作成された中南部のルンビニ地域の地形図が1993年に刊行された。それ以外の地域においては、フィンランド政府の協力による地形図が2001年までに刊行され、全土の中縮尺地形図が整備された。これらの一部は1999年当時も入手することができ、日本とほぼ同じような1:25,000地形図読図ができることに驚きを感じたが、今回の見学旅行案内書にもそれらが随所に用いられていた。図-7.1にポカラ周辺の1:25,000地形図の一部を示す。また、図-7.2にネパール全国の地形図のインデックスマップを示す。これらの地形図は、インドのPAHAR Mountains of Central Asia Digital Dataset のサイトで公開されており、各図幅のjpg画像がダウンロードできる。

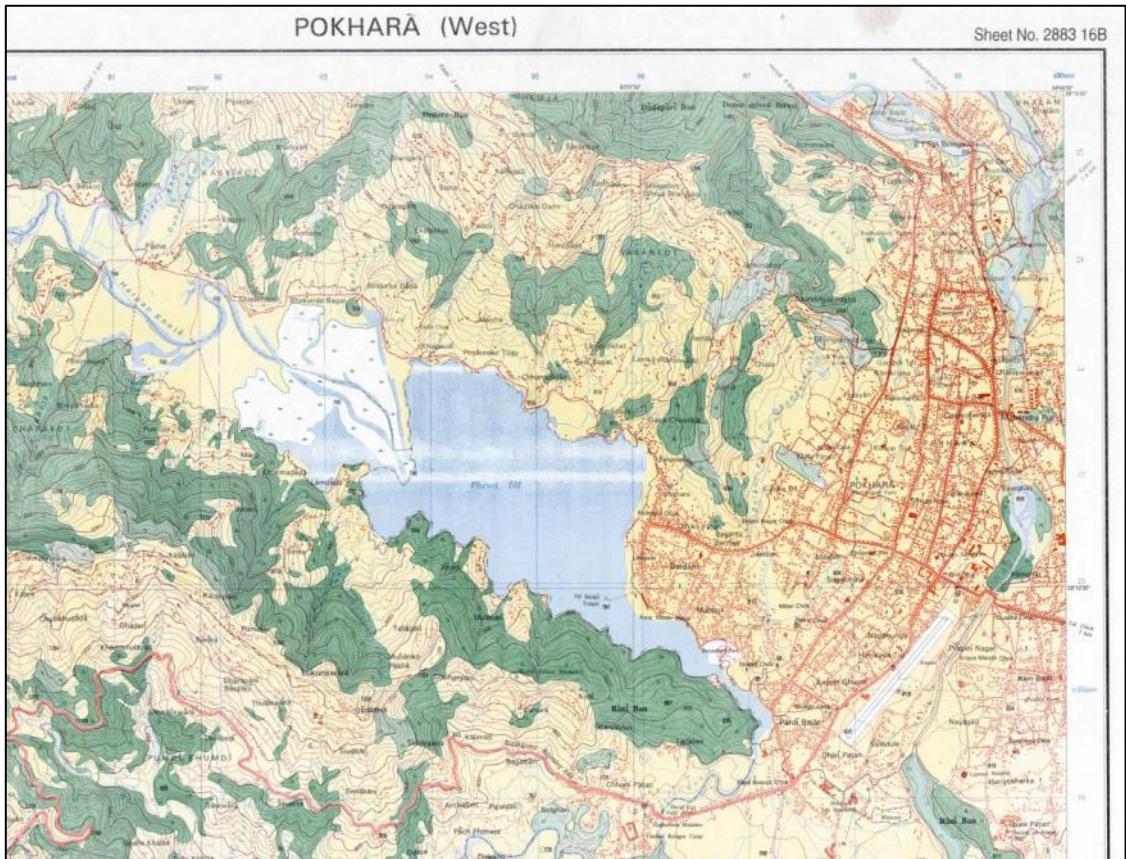


図-7.1 ポカラ周辺の 1:25,000 地形図 (部分) 図中の格子間隔は 1 km

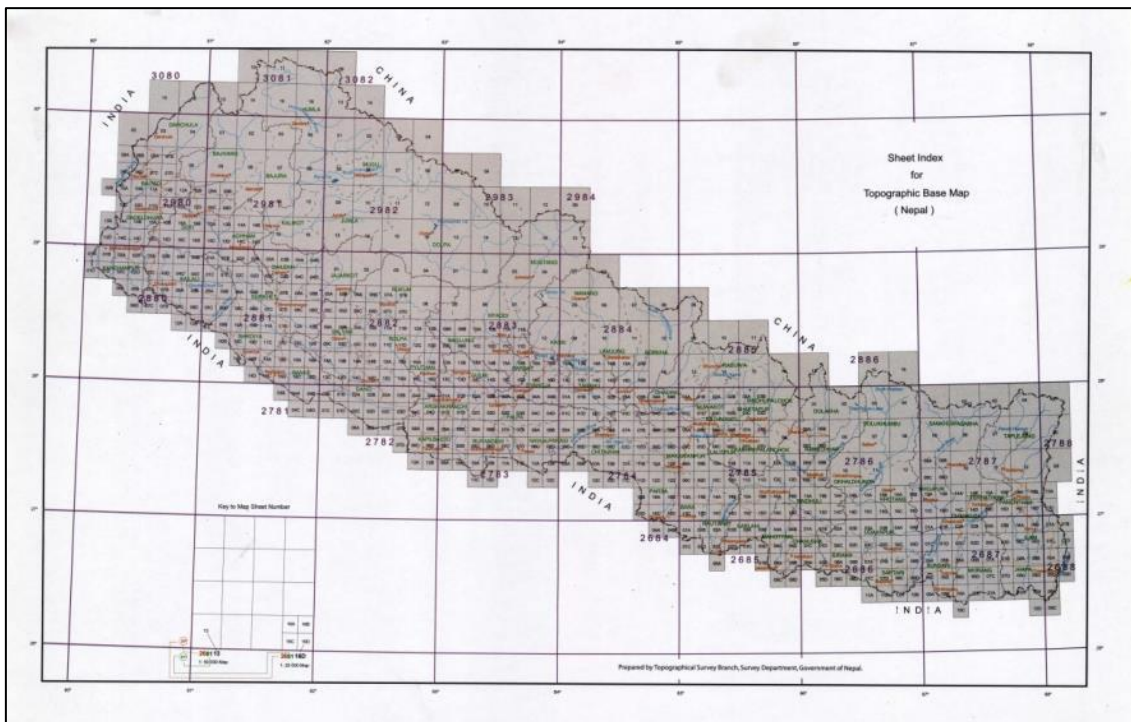


図-7.2 ネパール全土の縮尺 1:50,000 および 1:25,000 地形図のインデックスマップ

ネパールの地形図は、Himalayan Map House をはじめとしたいくつかのメーカーが刊行するトレッキングマップの基図になっている。トレッキングマップは、カトマンズ市内の書店や土産物店で廉価に販売されているが、その対象地域や種類は1999年に比較して非常に多様になった。品質も向上し、凡例から見る図中の記載項目にも工夫が感じられた。

筆者は、カトマンズの書店で縮尺 1:50,000 の Climbing Map 800 Series のひとつ、SHISHAPANGMA の Special New Edition を購入してみた。これは、世界第14位の8000 m 峰シシャパンマの登山用地形図で、1964年の中国隊による初登頂から50周年を記念して、2014年に刊行されたものである。シシャパンマ(8027 m または 8013 m) は完全に中国領内にある山なので、その場所はネパールの1:50,000 地形図では国境外の空白部となっている。しかし、この Climbing Map では中国領内の地域まで等高線図が描かれている。しかも国境直近のネパール側の数100 m の範囲にわたって、等高線がネパール製地形図とは微妙に異なっているのが興味深い。おそらく中国領内を描いた別の地形図を基図として、ネパール製地形図との接合をとって編集されたものだろう。

#### (5) 現地でこそわかるヒマラヤ

1999年の時点では、現在のように世界中の3次元地形を画像化して自由に画面で見るということはできなかった。そのためどこに行っても初めて目にするような地形にいちいち感動を覚えた。しかし現在は、あらゆる場所の解像度の高い画像を目にすることができ、地表に秘境は無くなったかのようにも思える。また、かなり詳細な世界中の地形計測データも入手できるので、画像と合わせて景観を観察し、計測し、数値解析することなら、コンピュータの前に座っていてもできる。現地へ行くということは、バーチャルな情報によって既視感のある場所を再確認しに行くだけなのだろうか？

**写真-7.5** は、カトマンズからバンコクに向かう定期便の機窓から撮影したヒマラヤ山脈である。飛行高度は約7000 m、左端のガウリサンカールまでの距離は約90 km、正面奥の黒っぽい三角錐チョモランマ(エベレスト)まで約140 km、右端遠方のカンチェンジュンガまでは約240 kmほどである。左端のガウリサンカールからカンチェンジュンガまでは、日本で言えば本州中央部の親不知から御前崎を南北に結ぶ距離、あるいは四国島内の中央構造線の距離に匹敵する。

この画像の中には、最高峰チョモランマ(エベレスト)を含み8000 m以上の高峰が5つ見えている。いわゆるビッグファイブという、ヒマラヤでも際だって高い峰々のうち、カラコルムにあるK2峰(8611 m)を除く4峰が見渡せる絶景だ。しかし、そのことだけなら地形データがあればわかるし、山容はあまたの画像によって既知のものである。現地に行かなくても、似たような情報を得たり景観を疑似体験したりすることが、今はできる。



**写真-7.5 カトマンズ東南東 Balting 上空の高度約 7000 m から遠望したヒマラヤ山脈**

左端からガウリサンカール (7146 m), 純白のメンルンツェ (7181 m), チョーオユー (8201 m), 右隣にギャチュンカン (7952 m), 中央奥に黒いチョモランマ (エベレスト: 8848 m), その右隣にローツェ (8516 m), 右に離れてマカルー (8463 m), 右端遠方にカンチェンジュンガ (8586 m). 手前は低ヒマラヤ帯の標高 2000~2500 m の山々. (2017 年 12 月 4 日)

しかし今回この光景を目にしてなるほどと感じたのは, この日に山脈の上に見られた巻雲や巻積雲などの上層雲である. 帽子のようなレンズ状の巻積雲が, 画面左からチョーオユー, チョモランマ (エベレスト) とローツェ, マカルー, そして右遠方のカンチェンジュンガと, 8000 m 峰の上空にだけ出現し, 見ている間中は消えることがなかった. 文献によれば, ヒマラヤ山脈の上昇が気象に与えた影響は大きく, モンスーン気候の開始, 岩石物質の風化や大気中の CO<sub>2</sub> の変化, 気候の寒冷化, チベット高原の積雪による太陽光の反射等に直接影響を与え, 植生の変化から人類の進化にまで影響を及ぼしているらしい (酒井治孝, 2005). ヒマラヤの 8000 m という圧倒的な高さで気象とが織りなすこのパノラマは, 「インターネットで閲覧できるヒマラヤ」からはまだ得られないものだ.

#### (6) ヒマラヤの山上都市の土地利用

現地へ行ってみないとわからないというものは少なくない. 地質や水の流れ, また気象条件や匂いなどリアルタイムに知ることは机上ではやはり難しいし, 微小な生物の生態も現地に行っこそわかる情報である. 今回興味を抱いたものに, ゴルカのような低ヒマラ

ヤの山地内に点在する山上都市がある（写真-7.6）。ネパールでは首都のカトマンズ自体、地形的には盆地内にあるものの、標高は約 1300 m と世界の国の首都のなかでも高地に位置している。ユーラシア大陸では、ブータンのティンプー、イエメンのサヌア、アフガニスタンのカブールに次いで、モンゴルのウランバートルと第 4 位、第 5 位を争う標高である。さらにネパール国内には、標高 1000 m 以上の山上の平坦地に築かれた小都市が各地にある。

これらの小都市は軍事・行政拠点として機能していたが、山上に築かれた理由は、谷沿いの急斜面における山地災害を避けるためもあるが、マラリア感染の危険を避けたためとも考えられている。マラリアを媒介する蚊は夜行性であり、低地や谷間で夜を過ごすと襲われる可能性が高い。そのため、昼間は谷間の耕作地で農作業を行い、夜は高地の集落に帰るといった文化的適応をしてきた地域もあるという（小林ほか、2002）。マラリア感染の危険地帯の高度限界は約 1200 m 付近と考えられており、ゴルカの集落はもう少し低い標高まで分布しているが、旧王宮等が位置する最上部は標高約 1200 m に位置する。

ネパールでは 1950～1960 年代にマラリア根絶計画が実施され、現在の感染事例は少ない。しかしゴルカのように、地形条件に対する文化的適応を示す土地利用の特徴は、現在も残っている。その事情は座して地形データや画像を操作するだけではわからないものである。



**写真-7.6 カトマンズからポカラへの定期便の機窓から見下ろした山上都市ゴルカ**

遠景は 7000 m 峰を連ねるガネッシュ・ヒマールの山々。この日は山間地でも標高 3000 m 以下の視界は良くなかった。（2017 年 12 月 3 日）

## 文献

- 伏見碩二 (2017) : 2017年ネパール通信 18 余話 5 ヒマラヤ展望率 2017年8月,  
[http://hyougaosaso.blogspot.jp/2017/08/blog-post\\_29.html](http://hyougaosaso.blogspot.jp/2017/08/blog-post_29.html), 2018年2月28日最終閲覧
- 伏見碩二 (2016) : 2016年ネパール通信 7 カトマンズからポカラヘースモッグの原因一,  
[http://glacierworld.net/travel/nepal-travel/nepal2016/nepal2016\\_07smog/](http://glacierworld.net/travel/nepal-travel/nepal2016/nepal2016_07smog/), 2018年2月28日最終  
閲覧
- Nakajima, T., Yoon, S. et.al. (2007) : Overview of the Atmospheric Brown Cloud East Asian  
Regional Experiment 2005 and study of the aerosol direct radiative forcing in east Asia, *Journal  
of Geophysical Research*, Vol. 112, D24S91, pp. 1-23.
- Fuzzi, S., Bonasoni, P. (2013) : The Atmospheric Brown Cloud in the Himalayas, Fate of Mountain  
Glaciers in the Anthropocene, Pontifical Academy of Sciences, Scripta Varia 118, pp. 1-14,  
<http://www.academyofsciences.va/content/dam/accademia/pdf/sv118/sv118-fuzzi-bonasoni.pdf>  
(2017年2月28日閲覧)
- 島津弘 (2017) : カトマンズでの地図体験, 地図中心, 543, pp. 21-23.
- 酒井治孝 (2005) : ヒマラヤ山脈とチベット高原の上昇プロセス — モンスーンシステムの誕生と変動と  
いう視点から —, 地質学雑誌, 第111巻, 第11号, pp. 701-716.
- 小林 茂, 濱野 真二郎, 鈴木 朗, 渡部 幹次, シャルマ サシ, アチャリア ゴーパル, 白川 卓 (2002) : ネ  
パール中間山地低部におけるマラリアに対する文化的・生物学的適応, 2002年度日本地理学会秋季  
学術大会 発表要旨集

(向山 栄)

先述の巡検 EX-5 の帰路, 12月3日のポカラカトマンズのフライトでは, ヒマラヤ山脈の展望を楽しんだ。フライトコースはヒマラヤ山脈南麓を東方に沿って進むため, 進行方向左側の機窓に大パノラマが続く。座席はツアーコンダクターまかせのため, 配布されたチケットを見ての一喜一憂の声があがる。「やったー, Aだ!」「あちゃーDだ!」「くそ一翼上かぁ」などなど。しかしそこは結束高き調査団, いざフライトとなると, 撮影のための座席交代, 譲り合いがあちこちで見られた。飛行機は定刻どおり 15:30 ポカラ空港を出発, 離陸後1回の旋回を経て雲上へ。そこには絵葉書のような光景が広がる。陽光は西日の状態で斜に射しているため, 山々は冠雪の輝きと岩壁のシルエット, 幾条もの山ひだが陰影一体となり, その神々しさを増している。地形観察, 空撮にとって, まさにゴールデンタイムである。最初に目に入るのは, アンナプルナ・ヒマールである。サランコットから仰ぎ見ていた山嶺を, 今度はほぼ同じ目線から眺める。アンナプルナの主峰群 (I~IV峰) に負けず劣らず, マチャプチュレ (6993 m) がサメの背びれのようなピークを天空に突き立てて存在感を示す。しばらくすると, マナスル (8163 m), ヒマルチュリ (7893 m) が現れる。マナスルは1956年に日本隊が初登頂を果たした山ということもあり, 一層の畏敬の念をもって眺める。機内は歓声とシャッター音が飛び交う。続いて, ガネッシュ・ヒ

マール、ランタン・ヒマールの山群が連なるが、勉強不足のため、個々のピークを同定できない。最後、着陸態勢に入るところ、東方に鎮座するエベレスト (8848 m)、ローツェ (8516 m)、マカルー (8463 m)、チョー・オユー (8201 m) といった世界の屋根が現れ、機内のシャッター音はピークに達した。そして機は一気に高度を下げる。ヒマラヤ山脈の絶景を堪能した余韻と、いよいよ旅も終わる寂しさが入り混じった気分になりつつ、飛行機は静かにカトマンズ空港に着陸した。

(余談)

カトマンズ空港からは、エベレストを周遊する約 1 時間のツアーフライトがある。調査団メンバーの何人かが参加しており、私も伊藤博信氏と二人で楽しむこととした。この日 (11/31) は午後にオーラル発表を控えていたが、早朝のフライトであり 11 時には帰着するとのことで参加を決めた。予約制で座席は窓側のみ、周回するので左右どちら側も展望が得られる。また、コクピットにも入れてくれる。時間を忘れ、夢中で、ただひたすらシャッターを切り続けた。SD カードが一杯になるころ着陸した。機外に出ると見覚えのない風景が。「はて、ここはどこだ？」と伊藤氏と顔を見合わせる。遠くの管制塔の下に「POKHARA Airport」の文字が見える。なんと、カトマンズ空港が濃霧のためポカラ空港に着陸したようだ。2 人とも撮影に夢中で、機内アナウンスに全く気付いていなかった。カトマンズへの復路便出発時刻は未定。まずい。発表時間に間に合うだろうか？ドキドキしながら伊藤氏とコーヒーをすすする。不安もピークに差し掛かった頃、出発のアナウンスが聞こえた。発表セッション開始 1 時間前に無事、会場に戻ることができた。結果、私たち 2 人は、ポカラカトマンズ間のヒマラヤ眺望を都合 3 回楽しんだことになる。行きのワクワク感と帰りのドキドキ感は、忘れ得ぬ思い出となった。「熱中しすぎると周りの音が聞こえなくなる」ようである。今後気を付けたい。

(木下博久)



写真-7.7 エベレスト（右端）に連なる世界の屋根



## 8. ミニトレッキングとポカラ

杉山直也

12月3日 ポカラ最終日にミニトレッキングを行った。ガイドのティップス氏と合流し、車2台に分かれて、トレッキング場所へ向かった。トレッキングの様子を写真でまとめました。私は、アンナプルナ山群の雄大さに見入ってただただ圧倒されていました。



写真-8.1 ガイドのティップス氏と出発前の参加者の様子



写真-8.2 入念な打ち合わせ（?!）



写真-8.3 いざ出発



写真-8.4 喫茶 PEACE of MIND にて

岐阜県出身のカズ氏の営むコーヒー店で盛り上がる一行。購入された厳選のコーヒー(豆)のお味はいかがでしたか？



写真-8.5 日本山妙法寺の門を抜けて山頂へ



写真-8.6 ラルフアテとポカラ



写真-8.7 ガイドの熱のこもった説明を聞き入る参加者



写真-8.8 アンナプルナ山群に見入る参加者



写真-8.9 日本山妙法寺にてヒマラヤ山脈（アンナプルナ山群）を背景に

## 9. 特別寄稿

### 9.1 番外編アンナプルナ南方トレッキング

西村 貢一

#### 9.1.1 はじめに

巡検の最終日の12月3日。ポカラでのミニトレッキング終了後、西村個人でアンナプルナ南方のトレッキングを行った。ダウラギリとアンナプルナの眺望がすばらしいプーンヒル(3,198m)を通るゴレパニ・ガンドルンのトレッキングルートを選んだ。トレッキングに必要な許可証やガイドは学会中カトマンズ市内で手配した。このルートは5日程度ツワーコースであるが、短い日程で地質や小水力等色々を見たいため個人旅行とした。そこで無理を聞いてくれるガイドを探し、3日半で歩き次の日1日かけてカトマンズに帰る行程を組んだ。ところが帰国前日の12月7日に選挙がありカトマンズが封鎖されることをポカラで知り、急遽もう1日短縮したハードな行程となった。行程は下記の通りである。

- 12月3日：14時ポカラ発。車で1時間ナヤプル(標高1050m)へ。途中建設中のダムサイトを見学しながら川沿いに徒歩3時間。ヒレ泊。【地図は最終ページ掲載】
- 12月4日：ヒレから本格トレッキング。途中稼働中のミニハイドロ、深層崩壊、地すべり地形を観察しながらプーンヒル(3198m)へ。露頭状況良くない。夕焼けの絶景を見てから暗い中ゴレパニに下る。ゴレパニ泊。
- 12月5日：朝焼けを堪能しながら尾根沿いルートでデオラリ峠へ。そこから天気もルートも下り坂。途中ミニハイドロを見学。溪流沿いは露頭条件良い。地すべり地形の上にあるグルン族の伝統的な村ガンドルン到着。勝手に村内散策。ガンドルン泊。
- 12月6日：早朝出発。モディ・コーラ川沿いに発達する地すべりを見ながらひたすら下る。河床で転石地質学。ナヤプル到着後タクシーでポカラへ。ポカラで11時のバスに飛び乗りカトマンズを目指す。途中渋滞もそれほどなく、20時無事到着。

12月7日：選挙のため全ての車・バイクが使用禁止。朝から静寂で空気の綺麗なカトマンズ市内でのんびり。車の全くいない信じられない光景の中市民と一緒に選挙会場近くまで行きそれから観光。写真は撮れませんでしたがい経験できました。

12月7日：出国。8日帰国。



写真-9.1 ゴレパニから望むダウラギリ(左 EL.8,167m)とニルギリ(右端)



西

北西



北

北東



北東

東



東

南東

写真-9.2 プーンヒル(EL.3,198m)からの望むパノラマ風景 西→北→東→南東



写真-9.3 朝焼けのアンナプルナ南壁 チベット・テーチス帯の低角度の地質構造がよく見



写真-9.4 ダウラギリ前衛の 5,000m 級の山々 チベット・テーチス帯で、北東に傾斜するテーチスの堆積岩からなる。その手前に見える 3,000m 級の山は高ヒマラヤ帯の変成岩。立っている場所は低ヒマラヤ帯で古生代の粘板岩からなる。



### 9.1.2 小水力発電

12月3日14時にガイドのサントスとポカラで落ち合い、タクシーでナヤプルへ。途中のバグルンハイウェイでは拡幅工事が盛んで、先日工事中に落石で死亡事故に会い潰れたブレーカーを観察(写真-9.5)。無茶な掘削をしているようである。道路工事では日本から技術移転された蛇籠がよく使われている(写真-9.6)。

ヤナプルからはアンナプルナを源にするモディ・コーラ川沿いに上るとアンナプルナ保護区の入り口ビレタンティに着く。そこでは **Middle Modi Hydroelectric Project(15MW)** が工事中であった(写真-9.7~9.12)。流れ込み式発電で堰堤は高さ 5m の重力式で半川締め切りで右岸側が施工中。ヘッドレストンネルはφ4.4m、長さ 2480m。落差は 72m で発電所は半地下。工事は活気がなく細々とやっているようであった。ネットで調べてみると、労働者の抗議、投資家の撤退、トンネルの白色粘土が問題でかなり遅れているようである。白色粘土が気になる場所である。ダムサイトを越え鉄橋を渡ると Annapurna Conservation Area Entry Permit のチェックポストがあり、ここからトレッキングとなる。モディ・コーラ川の右岸支川沿いに 2 時間歩きヒレに到着。ここまでは道路があり、ツワー客はここまで四輪駆動車で来るようである。遅くなったので初日はこの Indra Guest House(写真-9.13,9.14)で宿泊。ベッドの上で持参したシュラフで快適に睡眠。

翌朝近くにある **Tirkhedhunga Hydro Electric Plant**(写真-9.15~9.17)を見学。ここまでの道路はこの工事用道路を兼ねているようである。建築年代、出力等不明。発電所標高 1600m。水圧管路外径 25cm を 1 本、比高 100m 以上、発電機(KEL)1 台。取水堰堤未確認。送電系統から離れた地域電化に適したミニ水力ですが、ここから上の山村にも電気を供給している大事な発電所らしい。ここからは本格的なトレッキングコース。プーンヒルまで標高差約 1,700m を一気に登る。

次の日、下山時に見学した **Tadapani Hydro Electric Plant**(写真-9.18~9.22)を簡単に紹介。取水は標高 2,800m で堰堤を作らず取水口と沈砂池のみ(写真-9.18)。水路は開水路とφ30cm のプラスチックパイプ(写真-9.19)。水圧管路外径 20cm(写真-9.20)。発電所は標高 2400m で(写真-9.21)比高約 400m。発電機 1 台自国製(写真-9.22)。出力不明。アクセス道路は無く、最も近い道路まで距離 10km 以上、比高約 1,000m。比較的新しいミニ水力。コンクリートの堰堤がないので洪水時に壊れることがなく、住民により石を並べて簡単に取水調節ができるいいシステム。ほぼ全量取れるので乾季での大幅な出力低下はなさそうである。



写真-9.5 道路拡幅工事で潰れたブレーカー



写真-9.6 道路工事でよく使われている蛇籠



写真-9.7~9.12 Middle Modi Hydroelectric Project(15MW)  
モディ・コーラ川右岸側で施工中の流れ込み式水力発電.



写真-9.13 ヒレの Indra Guest House

写真-9.14 Indra Guest House の室内



9.15



9.16



9.17



9.18

写真-9.15~9.17 Tirkhedhunga Hydro Electric Plant 送電系統から離れた地域電化に適したミニ水力



9.19



9.20



9.21



9.22

写真-9.18~22 Tadapani Hydro Electric Plant 取水堰堤のない落差 400m の比較的新しいミニ水力. 全て自国製.

### 9.1.3 崩壊地

アンナプルナ南方で新しい崩壊地を Google Earth で探してみた。思ったよりも少なく目立つものは4ヶ所あり、そのうち2ヶ所確認できた。一つはマチャプチャレの南方リーバン周辺の長さ500m、幅150mの深層崩壊(写真-9.23)。Google Earthの撮影時期によると2016年12月11日以降に発生している。バグルンハイウエーの峠から辛うじて確認。

遠望のため詳細不明。もう一つはゴレパニに登る登山道の途中、バンタンティ直下。長さ約300m、幅約150mの凸型尾根斜面の深層崩壊(写真-9.24,9.25)。斜面傾斜は上部約40°、下部約50°。地質は低ヒマラヤ帯の粘板岩～泥質片岩とコーツアイトの互層で、山側に10～20°傾斜した受け盤構造を成す。Google Earthによると2014年12月9日以降の発生だが、周辺住民に聞き取りすると今年(2017年)の雨季に突然発生したそうである。目視によると深さが20～40m程度と深く崩落土石の量も多くダウランティ・コーラ川を塞いでいる。しかし越流した形跡もなく現状は伏流しているようである。

今回確認できなかった残りの2ヶ所は規模がもう少し大きいものの発生が2006年以前と2012年頃と古く、2015年ゴルカ地震時に発生したと思われるものは見当たらなかった。



写真-9.23 マチャプチャレの南方の深層崩壊



写真-9.24 バンタンティ直下の深層崩壊



写真-9.25 バンタンティ直下の深層崩壊 ダウランティ・コーラ川を閉塞している。

#### 9.1.4 地すべり地形

今回トレッキングしたアンナプルナ南方では、モディ・コーラ川沿いや支流のダウランティ・コーラ川沿いにおいて、長さが 1km 程度に達する規模の大きな地すべり地形が多く認められた。地質は低ヒマラヤ帯の粘板岩など異方性の強い岩盤で、構造は開いた褶曲はあるものの北北東に低角度で傾斜している場合が多い。地すべり地形は川の左右岸で等しく認められるため、流れ盤・受け盤等地質構造の影響は少ないものと考えられる。この地域では地すべりの緩斜面が集落や畑地に利用されている。その中から数例写真と地形図(オリジナルは S=1/50,000)で示す。

写真-9.26 はゴレパニに登る登山道下部ウレリから望むティルケドゥンガの地すべり地形。写真-9.27 は地すべり地であるランドルンから望む対岸のランドルンの地すべり地形。写真-9.28 はランドルンの地すべりブロック頂部付近の状況で、褐色に強風化し粘板岩が土壌化している。



写真-9.26 ティルケドゥンガの地すべり地形 (青矢印が撮影方向)

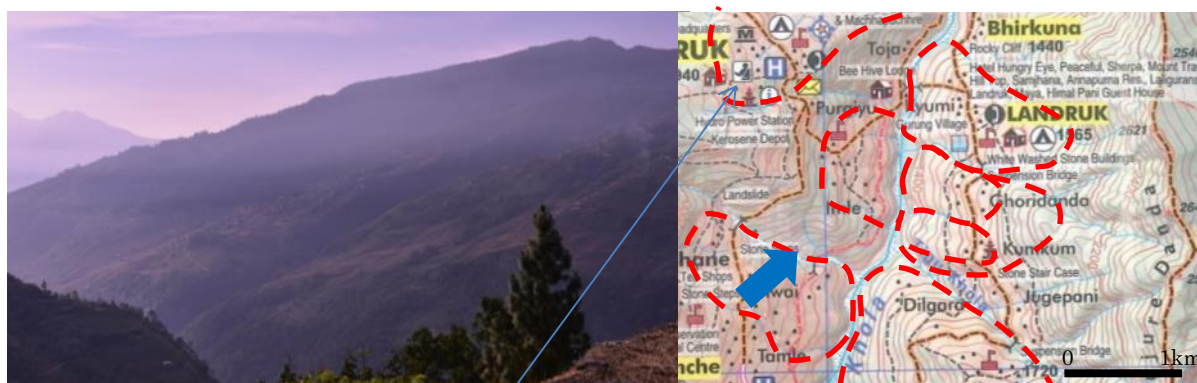


写真-9.27 ランドルンの地すべり地形 (青矢印が撮影方向)



写真-9.28 ガンドルン地すべり頂部付近の状況

ランドルンの村等調査した範囲では、地すべりブロックにおいて石垣の変状等新たな変異は認められなかった。明瞭な滑落崖やブロック末端の新しい崩壊も確認していない。現状では比較的安定しているものと考えられる。

### 9.1.5 地質

アンナプルナやダウラギリなどの 8000m 級 の山々はチベット・テーチス帯に属し、遠望からでも成層した砂岩・泥岩互層等の地質構造が良く見える(写真-9.1~9.4)。今回トレッキングしたアンナプルナ南方は低ヒマラヤ帯に属し、異方性が強く風化しやすい泥質片岩(写真-9.29)や硬質なコーツアイト(写真-9.30)、塊状な石灰岩(写真-9.31)等が分布している。チベット・テーチス帯と低ヒマラヤ帯の間に分布する高ヒマラヤ帯の岩石は今回確認できなかった。そのためアンナプルナから流下するモディ・コーラ川の河床で河床礫の観察を行った。そこでは高ヒマラヤ帯の眼球状片麻岩(写真-9.32)が多く認められた。また、新第三期の優白質花崗岩と思われる酸性岩(写真-9.33)や、主中央衝上断層帯のフィローナイト(?)と思われる圧砕岩(写真-9.34)を見ることができた。



写真-9.29 低ヒマラヤ帯の泥質片岩



写真-9.30 低ヒマラヤ帯のコーツアイト



写真-9.31 低ヒマラヤ帯の石灰岩



写真-9.32 高ヒマラヤ帯の眼球状片麻岩



写真-9.33 高ヒマラヤ帯の優白質花崗岩

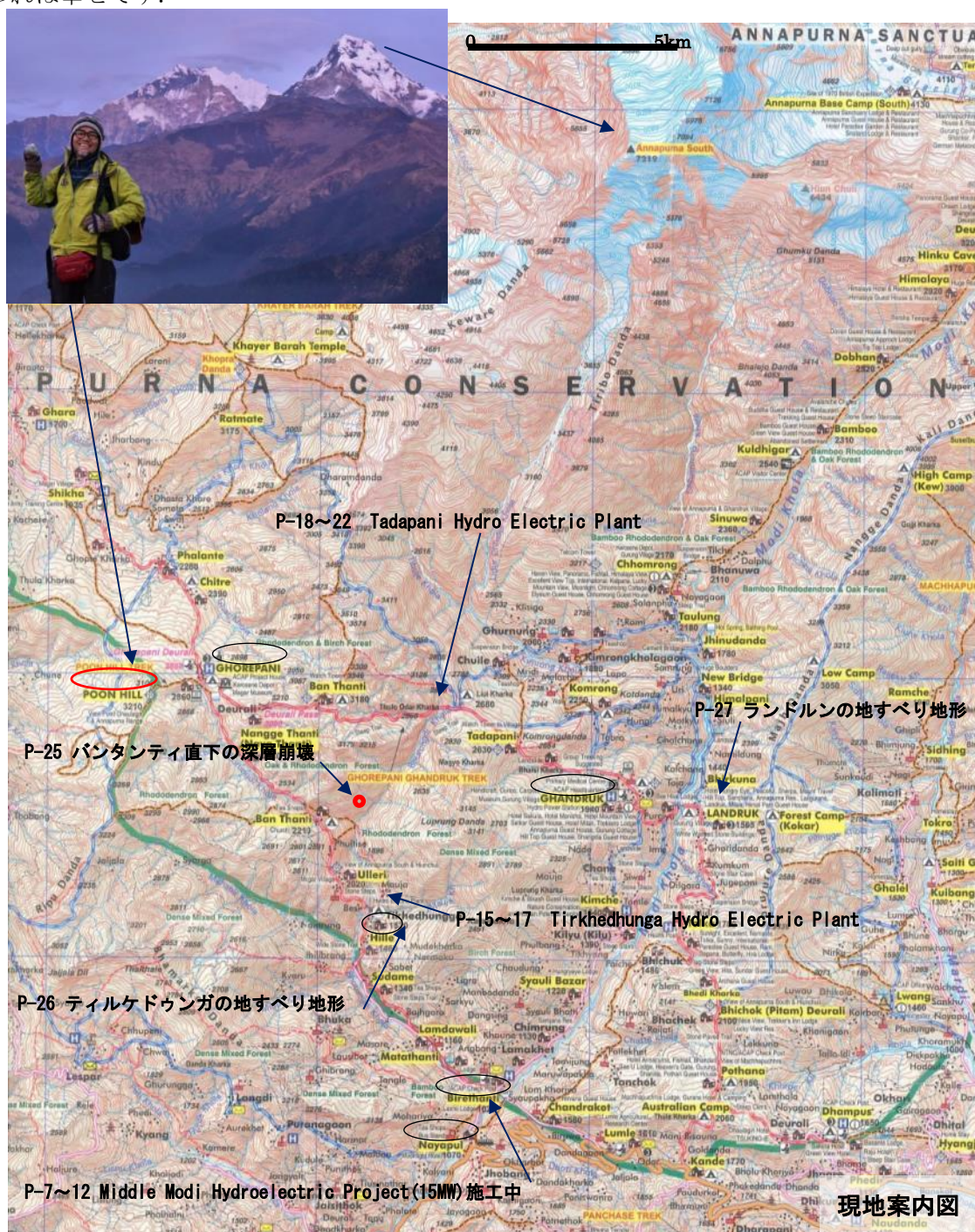


写真-9.34 高ヒマラヤ帯のフィローナイト(?)

### 9.1.6 おわりに

第 15 回海外応用地質学調査団に参加させて頂き、関係者各位に感謝致します。また巡検最終日からは団体から離れ個人でトレッキングを行い、行程等でご心配をおかけしました。アジアは放浪や調査・仕事でかなりウロウロしておりますが、ネパールは初めてで、気候・風土・人・地質かなり気に入りました。また来る機会があれば、低ヒマラヤ帯から高ヒマラヤ帯を越えチベット・テーチス帯まで連続してトレッキング調査を行い、化石採集まで行いたいと思います。

個人的趣味で行った本トレッキングについて、調査団報告書に乗せて頂く機会を頂き感謝しております。技術的内容の薄い拙いレポートですが、ヒマラヤの山々の雄大さ美しさが少しでも伝われば幸いです。



## 9.2 巡検 EX-5 サブリーダー

PRADHAN OM

IAEG 国際シンポジウム ARC-11 終了後に実施された日本応用質学会主催の特別巡検 (EX-5) のコースはネパール国の地形・テクトニクスを見学できる最適なコースであった。EX-5 ではカトマンズ盆地から、2015 年に発生したゴルカ地震の震源地近郊ゴルカ郡を経由し、ポカラ盆地までの約 230 キロメートルを踏査した。この間に地形地質や気候変動による様々な植生の変化を観察することができた。当初の予想より参加者は大幅に増えたため、バス 2 台に分乗しての移動となり、さらに経路が山間部であったため悪路が続きポカラ到着時間が遅れたが、非常にタイトなスケジュールのなか、予定していたすべてのスポットを見学できたのが良かった。ポカラでは巡検管理担当旅行社のミスで宿泊混乱や出発遅れなどのトラブルが生じたが、天気にも恵まれ、フェワ湖やヒマラヤの素晴らしい眺望を堪能できたので良かったと感じた。私にとっても香川大学・長谷川先生の説明および解釈はネパールの地質の理解を深める大きなチャンスとなった。海外応用地質学調査団に選んで頂き感謝申し上げます。



千木良さんを囲む会にて



## 10. 今後の展望

茶石貴夫

第15回海外応用地質学調査団は、当初は人数が集まるかどうか危惧されたが、いろんな方の努力のおかげで20人というにぎやかな旅になった。巡検については、長谷川修一団長が下見までされて準備された充実した内容で、比較的好天にもめぐまれて念願のヒマラヤの景色も堪能した。幸い道中で大きなトラブルもなく予定の行程を無事に終えることができた。また、参加者の方々の精力的な協力によってめでたく報告書もまとまった。

これまで行ってきた海外調査団の活動については、各回の参加者の回顧を中心にして学会誌第58巻第2号(2017年6月)にまとめており、第15回までの概要を表-10.1に転記した。学会誌に掲載されている第1回～第14回の調査団の回想では、参加者の方からみた海外調査団の主な感想として以下のようなことがあげられている。

- ① 国際会議に参加、交流し切磋琢磨できること。
- ② 日本では見られない地形や地質に接する貴重な体験ができる巡検と、現地の食文化に接する楽しさがあること。
- ③ 百聞は一見にしかず、構造物やダム事故跡など視野を広げる貴重な経験ができること。
- ④ 記憶に残る楽しい思い出と、人との縁を含め仕事や人生が豊かになると感じられること。

①と②と③の一部は、個人が国際会議に参加して発表し巡検に参加すれば経験できることである。ただし、既にそれが単独でできる経験と能力を身に付けた人でないと難しい。若い人にとっては調査団という形で会議や巡検に参加し、以後一人でも参加できるような経験を積むきっかけになると思われる。また、調査団募集という企画があってそれに応募すれば参加できるという手軽さもある。

③と④は調査団ならではのものである。大多数の方にとって何度も参加することは難しいので、会員の方々と海外で過ごす経験は非常に貴重なものになると思われる。今回の第15回調査団においても、長谷川団長の努力によって、台湾やヨーロッパの人たちを交え英語と日本語の解説による思い出に残る楽しい巡検を行うことができた。

若手の会員数は減少傾向で、企業等においても人員が限られることから日常の仕事に追われ、学会活動、ましてや海外調査団に10日以上も時間を割くことは難しいかもしれない。しかし、若いうちから貴重な体験を通じて人との縁を持つことや、海外の事象に触れることによって視野の広い人材を育成することは、仕事はもとより学会、社会においても非常に重要と考えられる。このような観点から、学会においても国際会議での発表や参加を特に若手会員に奨励・支援し、今後も調査団を組織する機会を再び増やしたいと考えている。

今回の調査団は、ネパールで開催された第 11 回 IAEG アジア地域会議(アジアシンポジウム)に参加し巡検を行うことを主目的とした。アジア各国は、地震、火山、地すべりや土砂災害と、おしなべて自然災害が非常に多い地域にあり、途上国にあってもこれらへの適切な備えと対応をするためには、応用地質学の役割が重要である。中国は、急激な国の発展のために諸外国の技術をベースに開発や建設のための応用地質学が主であったが、これからは防災にもより力が入るものと思われる。

第 2 章のアジアシンポジウムの歴史で述べたように、2019 年の開催国に決まった韓国をはじめアジア各国がこのシンポジウムの開催を希望してきている。日本応用地質学会の会員には、今後もこのシンポジウムに積極的に参加することで、アジア地域の国々がどのような研究や仕事をしているかを知るとともに日本での経験を伝え、また国々の文化に触れるなかで友人を作ってもらいたい。そして、そこで得た経験を次回の日本での開催に生かしていくことが望ましい。2018 年は学会の創立 60 周年であったが、その後の 70 周年(2028 年)くらいまでには次の順番が回ってくる可能性がある。回ってくるというよりも学会としての目標を持って取り組む必要があり、それまでに練習として小規模な国際版の開催をする必要があるようにも思われる。

いずれにせよ、応用地質学は開発プロジェクトだけでなく、自然災害に対する人々の安全や地域の活性にも寄与できる学問・技術である。災害が多いアジアの中にあって、日本は開発がひと段落し自身や人々の安全を守り自然を理解するという意識が強まりつつある。日本における応用地質学会の地域住民への啓発の取組や、研究成果をアジア地域にも伝える役割があるように思われる。国際会議とはいうものの、あまり臆することなく参加・発表し交流することができるアジアシンポジウムは、視野が広がる等非常に有益な場と思われ、今後は若手の学会員の積極的な参加とシニア層の後押しを期待したい。

次回、第 16 回の応用地質学海外調査団が計画・実行されることを期待して結びとしたい。

表-10.1 これまでの応用地質学海外調査団の概要

回	年	調査団の主な訪問地	代表者 幹事	参加 人数
1	1991	ヨーロッパのダム, フランスで 8 箇所 of ダム (含マルパッセダム), イタリアでヴァイオントダムを調査	岡本隆一 宇田進一	22
2	1992	ゴットランド島, スウェーデンの放射性廃棄物施設, オランダのデルタプロジェクト, ユーロトンネル	福竹養造 内館 彬	15
3	1993	モンペリエでシンポジウムに参加, ピレネー山脈の地質巡検, 6 箇所 of ダムとマルパッセダムを調査	北村 信 岡本隆一	26
4	1994	ポルトガルのリスボンで第 7 回 IAEG コングレスに参加, その後にケニアのリフトバレーを巡検	市川 慧 宇田進一	16
5	1995	イギリス・アイスランド, ウェールズの地質巡検, スコットランド巡検, アイスランド巡検	岡本隆一 宇田進一	24
6	1996	中華人民共和国 第 30 回万国地質学会議(IGC), タリム盆地や三峡ダムなど中国各地の IGC 巡検に参加	小島圭二 井上大榮	42 IGC
7	1997	ギリシャで IAEG シンポジウムに参加, アナトリア断層・カッパドキア班とスイスアルプス班で巡検	小島圭二 金山清一 近藤達敏	30
8	1998	第 8 回 IAEG コングレスに参加, セントヘレンズ火山, ティートンダム決壊跡, イエローストーン公園	市川 慧 井上大榮	23
9	1999	マレーシアでアジアシンポ, ネパールで国際応用地質会議と同巡検に参加, ヒマラヤをトレッキング	市川 慧 井上大榮	26
10	2000	ブラジル, ペルー, 第 31 回 IGC に参加, ブラジル(イタイプダム・イグアス滝)とペルー(アンデス)を巡検	吉田鎮男 井上大榮	17
11	2002	南アフリカ共和国で第 9 回 IAEG コングレスと巡検に参加後, キンバリーとケープタウン周辺を巡検	大島洋志 田中良則	12
12	2004	フィレンツェで第 32 回 IGC に参加, アオスタ溪谷からシャモニーを訪問, アルプスを巡検	大島洋志 太田 保	10
13	2006	イギリスのノッチンガムで第 10 回 IAEG コングレスに参加, 南部の世界遺産をめぐるながら地質巡検	井上大榮 茶石貴夫	10
—	2010	オークランドで第 11 回 IAEG コングレスに参加, ロトルア地熱地帯, ウェリントン周辺の活断層を巡検	東北支部 橋本修一	10
14	2014	トリノで第 12 回 IAEG コングレスに参加し, マルパッセダムとヴァイオントダムの事故跡を調査	長谷川修一 茶石貴夫	16
15	2017	カトマンズで第 11 回アジアシンポジウムに参加し, カトマンズからボカラへの巡検に参加	長谷川修一 伊藤久敏	20