

滞 在 記

2016 年度ネパールヒマラヤ氷河観測

森 本 直 矢¹, 砂子宗次朗²

1. はじめに

2016年5-6月にかけて、ネパールヒマラヤ・トランバウ氷河の観測を行った。本観測は、科学研究費助成金事業「アジア高山域における大型氷河の動態把握と変動メカニズムの解明」(代表者: 藤田耕史准教授)のプロジェクトの一環である。トランバウ氷河で観測が行われたのは2010年以来、6年振りである。当初は2015年10-11月に観測を行う予定であったが、2015年4月に発生したゴルカ地震により延期となった。同氷河の観測は今後数年にわたり続く予定である。

観測メンバーは、名古屋大学からプロジェクトリーダーの藤田耕史さんと砂子宗次朗さんの2名(以後、名大チーム)、北海道大学からは杉山慎さんと森本直矢の2名(以後、北大チーム)、現地のカトマンズ大学から Mukesh Rai さんの1名、合計5名である。この他に、料理、ガイドおよび荷物の運搬してくれたシェルパ4名とポーター約20名が加わった大所帯で観測を行った。ここで4名のシェルパも紹介する。シェルパ頭のドミ、ガイドのニマ、コックのゴパール、キッチンボーイのサンタである。

2. 氷河までの道程 カトマンズ～ゴンガール

名大チームに遅れること3日、北大チームは日本からインド・デリーを経てネパールの首都カトマンズに到着した。トリブバン国際空港から宿泊地のホテルまで、ネパールという国を目にしながら車で向かった。聞いていた通り、地震による建物の大きな損失は少なく、住民はごく普通の生活を送っているように見受けられた。しかし、至るところには災害の爪痕が残っており、重機を使わず人力による復興作業が進んでいた。一方、絶え

間なく鳴り渡るクラクションの音と信号がない道路に文化の違いを感じざるを得なかった。

到着後は観測に向けての準備を行った。藤田さんと杉山さんは国際総合山岳開発センター (International Centre for Integrated Mountain Development: ICIMOD) の訪問と日本円からネパールルピーへの換金、砂子さんと私はキャンプ中の食料とその他物資の調達を行った。買い物はタメル地区と呼ばれる、日本の商店街に近い場所で行った。店はシステム化されていないので、野菜を買うのに1日、調味料や乾物を買うのに1日と非常に時間がかかった。

観測準備を進める最中、ネパール文化を堪能した。何よりもネパールは物価が安く、モモ(いわゆる餃子)やラッシーをそれぞれ100円程度で味わうことができる。また、タメル地区には多くのトレッキンググッズを扱う店が立ち並んでおり、多くが3000円を超えない値段となっている。その多くは贗作であるが、一度の観測であれば十分な機能を持っている。空いた時間に多くの店を見て回り、私は買い物を楽しんだ。

3. 氷河までの道程 ゴンガール～氷河

5月5日、カトマンズ大の Mukesh と合流し、ヒマラヤへ向かってカトマンズを出発した。チャーターしたバスに総勢約30名が乗り込み、途中休憩を挟んで片道約9時間の道程を進んだ。このときの休憩時に、私は初めてネパールの代表的な料理、ダルバートを食した。ダルバートとはご飯(インディカ米)、ダル(豆のスープ)、タルカリ(野菜の炒め物)を混ぜて食べる料理であり、ここにアチャール(漬物)やチキンがつくことがある。ダルバートの嬉しいところはおかわりができることで、「プギョ(もういい)！」というまで延々と盛り続けてくれる。ネパール人の食事はほ

¹ 北海道大学大学院環境科学院・低温科学研究所

² 名古屋大学大学院環境学研究科



図 1 トランバウ氷河 C2 での集合写真.

はダルバートであり、宗教的に問題がない人でも肉や魚はあまり食べないようだ。後に私は毎日肉を食べているといったら大層驚かれ、改めて文化の違いを知ることとなった。

ゴンガールからは徒歩で、シミガオン→ドンガン→ベディン→ナと村を転々としながら進んでいった。測器類や個人の大型荷物はシェルパとポーターが運んでくれるため、我々は比較的身軽であった。一日の移動距離は最長で 7km 程度であったにもかかわらず、移動距離以上に疲れを感じて己の体力の無さを嘆いた。朝 7 時半か 8 時に出発し、遅くとも昼過ぎには到着するため、半日仕事という日が続いた。高標高での行動をほとんど経験したことのない私にとってはゆっくり順化でき、天気も午前は晴れで午後には雨が降る日が続いたため、ほどよい行程であった。

ドンガンまでの宿泊はロッジであったが、ベディンとナでは地震の影響もあり、テントでの寝泊りが始まった。村に滞在している間はロッジにある食料でコックが料理を作ってくれる。ネパールの食事は、朝はチベッタンブレッドやチャパティなどのパン類、昼夜はダルバートである。したがって、ここまではパンとダルバートで生活してきたが、量が食べられる上に宿泊地ごとで味付けも変わっていたので食事で困ることはなかったのは幸いである。

5 月 10 日、いよいよ観測が始まった。この日は 2010 年の観測で氷河湖の流出口に設置した自動気象観測装置 (automatic weather station : AWS) の回収と新しい AWS の設置、そして全地球測位

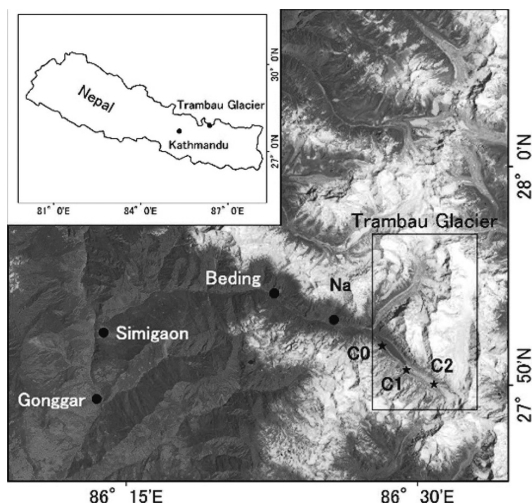


図 2 ロールワリン谷の村々とキャンプ地。丸は村、星はキャンプ地を示す。

システム (global positioning system : GPS) 測位による氷河外の地形の標高測定を行った。2 つの GPS を用いる干渉測位によって、その測定精度を数 cm まで小さくすることが可能である。以後、ベディンへ帰るまでの移動中はほぼ常に GPS 測位を行った。ようやく始まるんだという期待と緊張感の下、我々はナ村を出発した。しかし、AWS 設置地点に行くと、測器を動かすためのソーラーパネルが盗まれていた。それに加え、ロガーとパソコンの接続もうまくいかず、帰国後に再度データの抽出を行うことにしたので、現地でもどこまでデータが取れているかわからなかった。無念の気持ちを抱えつつ、新しい AWS の設置作業を進めた。

翌日の午前中は GPS 測位と高度順化を行い、午後は完全休養。そして 5 月 12 日、氷河へ向けてナを出発した。ここからはキャンプ生活が始まる。氷河までは氷河湖横の C0 で一日宿泊し、氷河上のキャンプ地 C1 へと進む行程である。わくわくしながら歩を進めていたが、途中から体調の変化を感じた。キャンプ地で休めば治るだろうと思っていたがその気配は無かったため、先生方に相談した。高山病が疑われ、薬の服用もした。回復するためにナまで戻る道もあったが、連絡手段がないこと、ここまで来て氷河へ上がらずに帰ることは考えられないことから、私は先へ進むこと



図 3 トランバウ氷河のデブリ被覆域。撮影は藤田さん。



図 4 C1 付近で行った観測の様子。

を決めた。

4. 氷河観測：デブリ被覆域にて

5月13日、氷河へ辿り着くべくC0を出発した。高山病のための薬を再度服用したが悔しいことに体調は完全には回復しなかった。しかし、氷河に上がることなく帰るわけにはいかないという強い思いから、ほうほうの体で氷河上のキャンプ地C1に到着した。私はとにかく回復するために丸一日身体を休めた。昼食後、食べ物にあたった可能性を考慮して抗生物質を服用した私は引き続き身体を休め、藤田さんは新AWSの設置地点を偵察、杉山さん、砂子さん、Mukeshは翌日の観測に備え、ステークと観測地点候補を探した。この日は終日雨の降らない初めての日であり、夜の星空の美しさは筆舌に尽くしがたかった。こうして氷河上での生活1日目が終了した。

ここでトランバウ氷河について記す。この氷河は面積が76.5km²、標高帯が4500–6850mに及ぶ。現在、標高約5000mで岩壁により2つの領域が完全に分断されている。下流側がデブリ被覆域、上流側が裸水域および涵養域となっている。また、末端にはネパールヒマラヤ最大の氷河湖であるツォ・ロルパ氷河湖を持つ。最深部は120mに達し、氷河湖決壊洪水が発生すると8900万m³の流出があると考えられている。

5月14日、体調が回復した私は観測に参加した。この日から16日までC1付近での観測が続く。今回の観測は、今後もトランバウ氷河で続く

観測の基本調査であった。氷河の表面質量収支の観測のために、氷河を縦断するように末端から涵養域上流までステークを設置した。また、ステークの位置をGPSによって測定することで、氷河表面流動速度を測定する。その他、気温、デブリ内のいくつかの深度における地温、熱伝導率、含水率の測定に加え、タイムラプスカメラ、雨量計、GPSを設置し、長期間の観測を開始した。熱伝導率や含水率などの測定は、現地データと衛星データのギャップを明らかにし、衛星データから氷河の質量収支を求めるための手法を改善することが目的である。

私は主にGPS測位に注力した。できる限り氷河上全体を歩き、表面標高を測定することが目的の一つであった。デブリ被覆域の長さは縦断方向に5km程度、横断方向に1km程度である。標高が高いとは言え、観測期間中に十分測定できると考えていた。しかし実際は、大小様々な岩屑、巨大な氷河上湖や氷壁によって進路が限られて歩行が大変困難であった。また高さ数mの小山が至ることに存在し、可能な限りそれらの標高を測定する必要があり、思うように観測範囲を広げることができなかった。私は改めてどれだけ大きなものを相手にしているのかを実感した。

17日はC1からC2への移動日であった。杉山さん、藤田さんは兩岸からGPS測位をしながらC2へ向かい、砂子さん、Mukesh、私の3人組はGPS測位に加え、表面アルベドの測定を行いつつ、氷河中央に沿ってC2へ向かった。直線距離



図 5 GPR のモニタを確認する砂子さん。



図 6 氷河上流側の様子。

は 3km 程度であり、平坦地であれば 1 時間もかからない距離である。上流へ進むと氷壁の数が多く、サイズも大きくなっており、より険しい道となった。また、天気の影響を受けてアルベドの観測がスムーズに行えず、より時間がかかってしまった。5 時間後に C2 へ到着したときには足がフラフラであった。午後にはヒマラヤに入っはじめての降雪が辺りを白くした。気温は -4°C 、寒い夜であった。

翌朝はテントが雪に埋もれていたが、空は幸いにも晴れていた。氷河表面も雪に覆われていたがすぐに融けてしまった。この日はステークの設置のみに終わったが、その翌日はテストも兼ねて地中レーダー (ground penetrating radar : GPR) を用いた氷河の氷厚の測定を行った。雪上で GPR を使用する場合はソリに乗せて引っ張ればいいので大変楽である。しかし、デブリ被覆域ではそうはいかない。表面は岩、起伏は激しく、表面ぎりぎりを GPR の向きをまっすぐにして、その方向にゆっくりとまっすぐ歩かなければならない。モニタを砂子さんが管理し、私と Mukesh が 2 人で GPR を運ぶ。観測は困難を極めた。連日の疲労で呼吸が合わないうえに、観測をしながらでは歩行が困難な場面に度々出くわした。そして、この苦勞の報酬たるデブリ、氷の厚さのシグナルがよく見えないとあり、心身ともに疲労が蓄積する。何とか氷河の横断に成功したところで、GPS のバッテリーが切れていたことが発覚。GPR 単体では位置情報が得られないため、測定点を明らか

にするために GPS による観測点の把握が必須である。野外調査での基本である電源の管理を怠ったためであり、別れた後の名大チームの観測で仕事を増やす結果となった。今回の失敗は私にとって大きな教訓となった。

5. 氷河観測を終えて

5 月 20 日、北大チームと Mukesh は氷河観測を終えて名大チームと別れた。帰路は我々 3 人とガイドのニマ、ポーター 3 人であった。帰りは観測を終えたことの安心感と下りであることから、身体はとても軽かった。宿泊地にも早くついてしまう日が多いため、そんな日は Mukesh やニマから彼ら自身のことやネパールの文化について教えてもらった。Mukesh の地元で開かれる祭りのこと、また若年層の人口が減っていることなどを知り、ネパールをより身近に感じる事ができた。

カトマンズ到着後は ICIMOD を訪問し、近年の氷河研究について議論を行った。私の研究内容についてのディスカッションまではできなかったが、数値標高モデルを使って表面標高の変化を測定していることを話せたことは、英語が不得意な私にとっては大きな進歩であっただろう。そしてこの日は Mukesh との最後の日でもあった。中華料理屋で最後の晩餐を楽しんだ。彼は今後も研究者として活動を続け、海外で活躍したいのだという。

翌日はニマと JP さんとの最後の日であった。別れ際、彼らからは黄色の布を首に掛けてもらっ

た。後に調べたところ、これは「カタ」と呼ばれ、歓迎や別れのときに送るそうだ。

初めての長期間の野外観測であったため、事前の準備や不慣れな生活など大変な部分も確かにあった。しかし、大学院に入学する前から行きたいと強く願っていた氷河観測に同行することができ、自分の目で氷河を見て、そこで得たデータを解析する経験は得難いものである。

(文：森本直矢)

6. 氷河観測：裸氷域にて

「ドンッ!」、突然の地鳴りのような音に振り返ると、谷を挟んだ向かいの壁上部で大きな雪崩が発生していた。急いで胸に取り付けてあったカメラの動画スイッチをまさぐるが、視線はみるみる膨れていく雪煙にくぎ付けであった。隣では藤田さんが手際よく動画を取りながら実況をしている。調査も後半に差し掛かった5月末のことである。

トランバウ氷河は、厳密には涵養域から表面がクリーンな消耗域までの上流部と、末端にある氷河湖“ツォ・ロールパ”へ続く岩屑に覆われた下流部（デブリ域）の2つの氷河に分かれている。調査後半の主な目的は、涵養域上部からクリーンタイプの消耗域にかけてステーク網を設置することと、GPRを用いて氷の厚さを測定することであった。当初、上流でのキャンプ地は標高約5300mに設営したキャンプ3に加え、氷河平衡線高度付近と涵養域の2カ所、計3カ所が計画されていた。しかし、天候不順によるスケジュールの変更や、シェルパ達との相談の結果、直前にキャンプ3から上にはキャンプを設営しないことに決まった。キャンプ3から涵養域の上部6000m付近までは、片道約10km、比高約700m程度である。実際に上部の観測を行ったのはわずか2日間であったが、なかなか濃密な調査となった。

観測初日は、シェルパとキッチンボーイを含めた4人でキャンプ地付近から約5600m地点に計4本のステークを設置した。氷河上を伝って真っ直ぐに上を目指せば楽なのだが、断崖が複数ありすんなりとは進めない。一度氷河上を離れて右岸・左岸沿いを進むと再度氷河上に乗るのが難しく、予想以上に時間が掛かってしまっていた。氷

河上ではステークを設置するチームと、氷厚を測るチームの2つのチームに分かれて仕事を行っており、私は主にGPRで氷厚を測るチームであった。抱っこひもで固定したモニタをチェックしながら、2m近くあるアンテナをシェルパと引きずる作業は意外にもしんどいのだが、測った氷厚が（一応）すぐに確認できるのは興味深かった。氷厚測定のためにシェルパの1人と氷河を横断していた時、突然足元の氷が抜けて、2人して腰まで水に浸かってしまったことがある。急いで川から上がり、近くの岩の上に避難したが、心身共にヒヤッとした瞬間であった。

一日休憩を挟んだ観測2日目は、シェルパとコック、ポーターを含めた6人で朝5:30に出発、5700-6000m付近に残りのステークを3本設置した。朝食のフライドライスの食べ過ぎで最初は苦しかったが、初日にキャンプから調査中の我々までチヤを運ぼうと試みたポーターが、（残念ながらチヤは届かなかったが）右岸側のモレーンから氷河上に乗る良いルートを発見していたため、初日より大幅に短い時間で上ることができた。

困ったのはキャンプまでの下りである。昼過ぎ頃からガスが湧きはじめた涵養域では、下山前から雪が降り始めており、視界がとても悪くなっていた。GPS測位を行うために、藤田さんは一人で左岸へ、私はシェルパの1人と右岸よりを歩き、残りのポーターらは中央からキャンプまで下山をしていたのだが、視界が悪くお互い全く確認できない状況である。ミディウムモレーン沿いによって行く途中で、中央を歩いていたポーター達と合流するのだが、右岸のモレーンまでのルートが分からずにフラフラと下れるところを進んで行った。そのうちステークのGPS測位を終えた藤田さんと合流し、ハンディGPSの力を借りて何とかキャンプ地までたどり着くことができたのが18:30であった。13時間も活動していれば疲労困憊もうなずける。

涵養域までの観測が終わった後は、下流部のデブリ域に設置した気温計などのデータ回収を行いながら2日でナまで下山した。途中に通るツォ・ロールパの流出口の水位が、往路に比べて明らかに高くなっていたのは、モンスーンが始まったからだろうか？ 今回の調査は観測を始めるための“準

備”的な要素が強かったが、来るポストモンスーンの調査でどのようなデータが得られるのか楽しみである。

(文：砂子宗次朗)

謝 辞

今回の観測の機会を与えてくださった藤田耕史准教授には深く御礼申し上げます。また、観測にかかわる指導を頂きました杉山慎 准教授、トレッキング会社 (Guides for all seasons trek) の皆さまにも大変お世話になりました。重ねて御礼申し上げます。

(2016 年 10 月 12 日受付)