

ブータン王国マンデ・チュ流域における氷河湖の現状

八千代エンジニアリング株式会社
○竹島秀大、矢部義夫、南部尚昭、飯島伸幸
ブータン国経済省地質鉱山局 K.S.Ghalley

1. はじめに

ブータン王国（以下、ブータン）は、ヒマラヤ山脈東部に位置する国土面積約 3 万 8,000 km²、総人口約 67 万人¹⁾の小国である。国土の多くは急峻なヒマラヤの山岳地帯である。

近年ブータンやネパールでは、氷河湖決壊洪水（Glacial Lake Outburst Flood, 以下 GLOF）がしばしば発生し、下流での被害が報告されている。ブータン政府でも GLOF 対策の重要性を認識し、一部の湖で排水対策を実施するなどの対策を講じているが、未着手地点も多く、今後の実態調査および対策の実施が求められている。

弊社はこのような状況を踏まえ、ブータン国政府協力のもと 2008 年 10 月～11 月に現地調査を実施し、氷河湖調査による GLOF 発生危険度評価、中下流域調査による現況把握等を行ったので、その結果を報告する。

2. 調査対象

国際総合山岳開発センター（ICIMOD）が 2001 年に作成した氷河湖台帳²⁾によれば、ブータン国内には氷河湖が 2,674 あり、決壊が懸念される湖は 24 あるとされている。これら 24 の氷河湖は、5 つの河川（モチュ、ポチュ、マンデチュ、チャムカチュ、クリチュ。チュは川の意）の上流域に位置している（図-1 参照）。

今回の調査では、実態把握が求められている流域の一つであるマンデチュ流域を調査対象流域とした。マンデチュ流域で決壊が懸念される氷河湖は 7 湖あり、このうち最大面積である氷河湖（上記台帳の番号に基づき以下では 106 氷河湖とよぶ）を調査した。

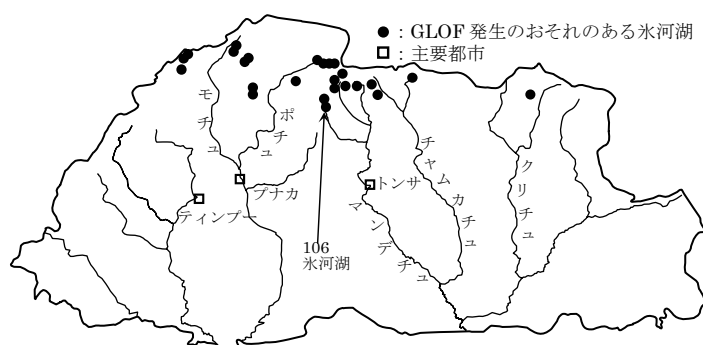


図-1 ブータンの河川と GLOF 発生のおそれのある氷河湖

3. 調査内容と結果

3.1 106 氷河湖

106 氷河湖は東経 90° 16'57"、北緯 27° 53'20"、標高約 5,070m に位置し、長さ約 2,000m、幅約 700m の大きさを持つ湖である。モレーン（氷河の侵食作用により氷河の前方や側方に堆積した土砂）が末端及び側方部を取り囲むようにして湖水を堰き止めており（写真-1 参照）、背後には氷河が控えている。

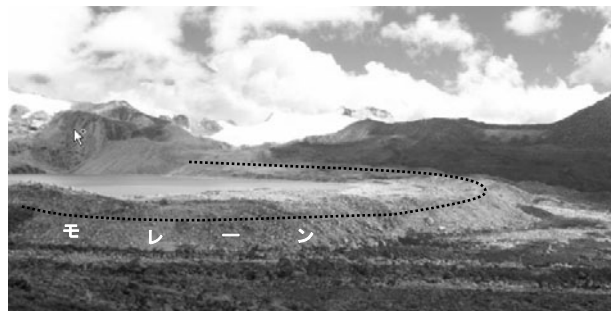


写真-1 106 氷河湖末端付近のモレーン
※モレーンは湖を取り囲むようにして位置している

岩田（2007）³⁾は、GLOF 発生危険度の大きな氷河湖の条件について、①貯えられた大量の水の存在、②氷河なだれ・分離などによる急激な水位上昇・大波の発生の可能性、③モレーンの脆弱化の 3 つを挙げている。

106 氷河湖は、マンデチュ流域で GLOF 発生危険性のある氷河湖の中で最も規模が大きい。また、背後の氷河（高さ約 400m）は、基岩にはりつくような状態で分布し（写真-2 参照）、クレバス（割れ目）・斜面崩壊なども確認されたため、氷河分離や氷河なだれが発生する可能性があると考えられる。さらに、モレーンは不等沈下・水のしみ出し等（写真-3 参照）が確認されたため、内部のアイスコアの融解が進行している可能性がある。

このように、106 氷河湖は岩田の指摘する条件を全て満たしており、GLOF 発生危険度は高いと考えられる。

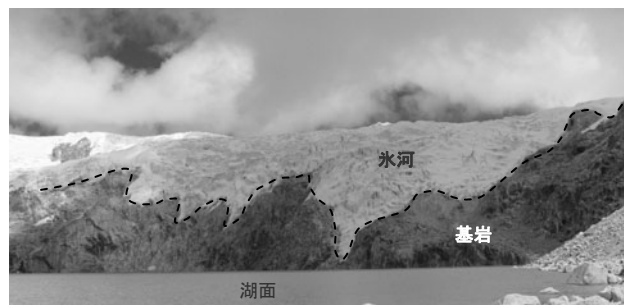


写真-2 106 氷河湖背後の状況
※氷河にある黒い筋の一部はクレバスである



写真-3 左岸モレーンからの水のしみ出し

※矢印横の紙は A4 サイズ

3.2 中・下流の状況

マンデチュ中・下流における調査範囲は、トンサ（マンデチュ流域の主要都市）周辺（ジョンタン集落～カマ集落）とした。

上記範囲では集落が 14 あり、基本的にはマンデチュからの比高が数十 m の斜面中腹に位置する（写真-4 参照）が、ジザム集落(小学校やヌビ郡の官庁機能が集中)のみ河床との比高が 2～10m と小さい。水田や畑等の耕作地は河床近傍の小規模な平坦地に広がっている。また、トンサ周辺にはこの付近唯一の幹線道路である国道が通る橋梁や、観光スポットとなっている伝統的橋梁がマンデチュに架かっている。



写真-4 マンデチュ流域最上流集落 ジョンタン

3.3 想定される被害

1994 年のポチュ流域における GLOF では大量の流水・土砂・流木等が下流へ流下し、浸水、建物・耕作地・橋梁の損傷・流失等の被害をもたらした³⁾。

マンデチュ流域で GLOF が発生した場合に想定される主な災害は次のようにまとめられる。

- ・ 人家等の流失：多くの集落は河床から離れた高い場所に位置するため流失の可能性は低い。ただし、ジザム集落は河床付近に立地するため、GLOF 発生時には大きな被害が想定される。
- ・ 水田等の流失：水田・畑は河床付近に広がっているため、GLOF 発生時に流失する可能性がある。
- ・ 橋梁被害：橋梁は GLOF 時に流木や土砂により閉塞し、損傷あるいは流失が想定される

3.4 対応策

以上を踏まえ、有効と考えられるハード対策・ソフト対策について考察する。

【ハード対策】

- ・ かさ上げ・移転対策

GLOF 時には河川流量が急激に増加すると予想され、ジザム村など河床比高が小さい地域では、土地のかさ上げや移転が有効な対策となりうる。

- ・ 砂防えん堤の設置

GLOF 発生時には流木や土砂の多量の流下が予想されるため、砂防えん堤によるそれらの捕捉が、橋梁や集落等への被害軽減に貢献できると考えられる。

- ・ 早期警報装置の設置

河床付近での農作業従事者の安全かつ速やかな避難や、河川関連施設の管理者への通報を目的としたサイレンや FM ラジオを利用した早期警報装置による GLOF 発生情報の提供が考えられる。

【ソフト対策】

- ・ 警戒避難体制の構築

コミュニティにおける災害管理能力が未成熟なため、警報装置の設置と連動して、コミュニティレベルでの災害管理計画の整備、住民への防災教育（減災のための普及啓蒙等）および避難訓練などのソフト対策を地域行政と住民が一帯となっていく体制づくりがきわめて重要と考える。

（謝辞）

今回の調査にあたっては、調査地・調査方法などについて立教大学観光学部岩田修二教授、名古屋大学大学院環境学研究科藤田耕史准教授から貴重な助言をいただきました。また、ブータン現地では、ブータン国経済省地質鉱山局(DGM)、エネルギー局(DoE)など様々な関連部局から現地調査支援をはじめご協力をいただきました。ここに謝意を表します。

（参考文献）

- 1)Office of Census Commissioner,Royal Government of Bhutan,Population&Housing Census of Bhutan,2007
- 2)K.Mool et al,Inventory of Glaciers,Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods Monitoring and Early Warning Systems in the Hindu Kush -Himalayan Region Bhutan,ICIMOD,2001
- 3)岩田修二、氷河湖決壊洪水の危機にさらされるブータン王国―緊急に必要な監視調査―、E-journal GEO,vol.2(1)1-24, 2007