

ネパールイムジャ湖・ドドコシにおける氷河湖決壊洪水対策の検討

○弘前大学 檜垣大助, NPO 法人雪氷ネットワーク 山田知充,
(独) 国際協力機構 石渡幹夫, 丸尾祐治, 服部修

1. はじめに

近年、地球温暖化に伴う氷河湖決壊洪水 (GLOF) への防災が、ヒマラヤにおける水・土砂防災上大きな課題となっている。2008 年には (独) 国際協力機構によりネパールにおける GLOF 対策への協力の可能性について調査が行われた。ここでは、その結果をもとに同国におけるこれまでの GLOF への対策と、現地調査を行ったネパール東部エベレスト山域にあるイムジャ湖と下流のドドコシ川での防災対策について述べる。

2. ネパールにおけるこれまでの GLOF 対策

ネパールでは、最近 45 年間で 14 回 GLOF 発生が記録されている (山田, 2000)。1981 年チベットからネパールに流入した GLOF, 1985 年エベレスト山域に近い Dig Tscho 氷河湖で発生した GLOF を契機に、ネパール政府水文気象局 (DHM)、国際山岳総合開発センター (ICIMOD) が中心となって、氷河湖と GLOF の実態調査や監視、氷河・氷河湖データベースそして危険な氷河のリストアップ (Mool, et al., 2001) がなされた。それらの結果、決壊危険性のきわめて高い Tscho Rolpa 氷河湖は、1950 年代初頭に発生、急速に拡大し 1998 年には 7,600m³ の貯水量の湖に拡大したことがわかった (図-1)。湖は下流側斜面の高さが 150m の細長いエンドモレーンにせき止められ、踏査と電気探査の結果から内部に化石氷体が融け残っていると考えられるため、きわめて不安定な状態にある。

Tscho Rolpa 氷河湖では、下流で発電所建設がなされたこともあり、決壊リスク軽減のために湖水位を 3m 低下させる排水路掘削工事が、1998-2002 年にオランダの援助により DHM によって実施された。2008 年 5 月時点で水路は問題無く機能していたが、湖に接する支谷氷河やモレーンの崩落の危険性が高いため決壊の危険は依然大きい状態にある。施工会社への聞き取りから、この工事では、4600m という高標高であり、1) 6 か月という短い施工可能期間の過半が雨季であり空路による掘削機材等の運搬に大きな支障をきたした、2) 工事では高地住民による作業が不可欠であるが、時期的にトレッキング等への一時雇用が多く、作業員確保が困難であった、といった課題が指摘された。また、これに先立って実施されたサイフォンによる試験的な水位低下は、低酸素・渇水期の凍結などで成功しなかった。なお、人力による水路掘削・湖水位低下工事はブータンで事例がある。

Tscho Rolpa の下流域では、1998 年にソーラーシステムによる氷河湖直下流での河川水位観測とその情報伝達による警報システムが設置され、また、DHM とカナダのコンサルタントによって、冊子配布による住民のための GLOF 防災教育も行われた。しかし、5 年程度作動後機器盗難のために現在システムは機能していない

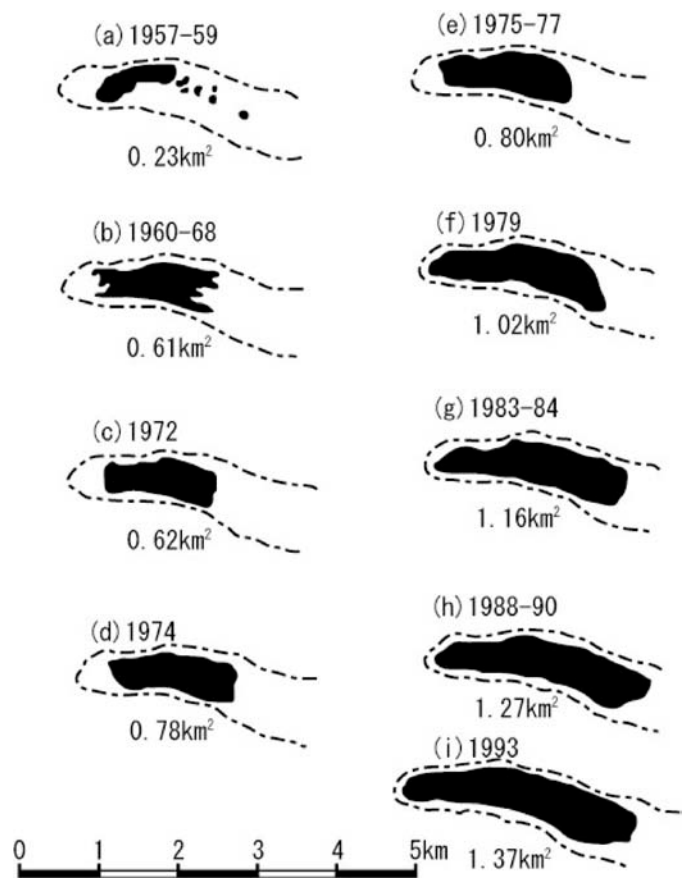


図-1 Tscho Rolpa 氷河湖の拡大過程(山田, 2000)

3. イムジャ湖・ドドコシ川における GLOF 対策

イムジャ湖は、主要なトレッキングルートでもあるエベレスト街道が並行するドドコシ川の上流、海拔約 5000m に位置する氷河湖で、Tscho Rolpa 氷河湖と同じ頃氷河上に誕生し 2002 年時点で 3,600 万 m³ の水量を持つ。2001-2002 年の調査 (図-2 Sakai, et al., 2007) に比べ、2008 年 5 月時点でエンドモレーンを含む化石氷体部分の自然排水路の池状部分は大幅に拡大して融解が進んでいることを示す (写真 1)。しかし、湖の両側にサイドモレーンが存在し、斜面崩壊や氷河崩落等の越波による氷河湖決壊の誘因は見当たらない。また、エンドモレーンの幅は 400m 以上ありその下流側斜面の比高も 30m 程度であることから GLOF 発生の危険性は Tscho Rolpa より低いとみなされる。

イムジャ湖からの GLOF 発生による洪水ハザードマップは試作的なものが ICIMOD により作られており (Bajracharya, 2007)、想定被害は家屋 60 軒、マイクロ水力発電所 2 か所、橋梁 2 か所となっている。ここでは、40m コンターの地形図からの DEM を作成し、決壊時の流量変動想定にはアメリカ気象サービスの NWS-BREACH モデルを用い、同上の NWS-Flood Wave モデルで水位を計算している。

ドドコシ川は下流で 1985 年発生の Dig Tscho GLOF の流れたボテコシ川に注ぎ、そこから下流では、流出したつり橋の付け替えがスイス等の援助で行われた。これらは、現河床からの高さ 10m 以上、谷幅より橋長を 20m 以上長くして GLOF 時の河岸侵食を考慮したものである。河川が氷食を受けて U 字谷をなす部分ではモレーンや段丘・崖錐堆積物が厚く堆積しており、河岸侵食が非常に起こりやすい。そして、森林限界以上では、31 年前に発生した GLOF による溪岸崩壊でまだ植生回復が見られない。このため、GLOF に備えた橋梁や河岸に近い街道の付け替えや家屋移転が GLOF 対策として重要となる。



写真-1 Imja 氷河湖（上が上流側）

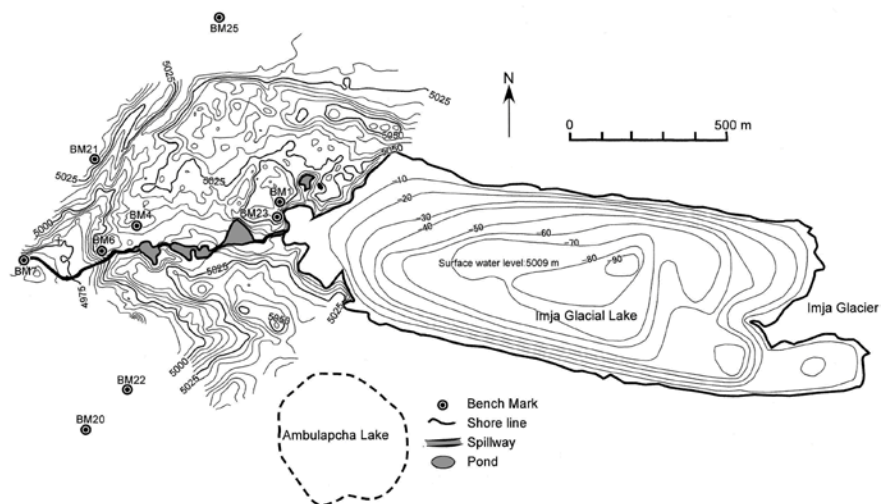


図-2 Imja 氷河湖の地形 (Sakai, et al.2007)

4. おわりに

既往の GLOF 対策や GLOF 発生箇所の調査からは、まず必要なのは氷河湖周辺の斜面・氷河崩落危険性やモレーンの形態・構造調査による GLOF 発生危険性の評価と考えられる。GLOF 流下危険区域では、洪水氾濫予測とともに、過去の GLOF 痕跡の調査から GLOF がどのような土砂移動形態で起こっているかの把握や、付随した河岸侵食・斜面崩壊危険性調査が必要で、これらを考慮したハザードマップが、予警報システム、施設の付け替えや土地利用変更を含む GLOF 防災対策工の検討に重要となろう。

文献

山田知充 (2000) ネパールの氷河湖決壊洪水, 雪氷 62-2. Mool, P. K., et al (2001) Inventory of glaciers, glacial lakes and glacial lake outburst floods, Nepal, ICIMOD and UNDP. Sakai, et al., (2007) Topographical survey of end moraine and dead ice area at Imja Glacial Lake in 2001, 2002, Bull. Glaciol. Res. 24. Bajracharya, S.R. (2007) Impact of climatic change on Himalayan glaciers and glacial lakes, ICIMOD and UNDP.