

ネパール、クンプヒマールの イムジャ氷河湖の発達過程

渡辺 悌二 (北海道大学環境科学研究科)

1. はじめに

ネパールでは、近年、山岳住民や外国人トレッカーの数が急増し、さらにODAによる水力発電の開発が進行している。氷河湖の決壊時には、下流でしばしば大きな災害が生じるが、人間活動がより活発になってきたヒマラヤでは、氷河湖決壊がひきおこす社会的な影響が、大きな問題となっている(Ives, 1986)。

氷河湖の決壊に伴う排水時の最大流量の推定は、多くの研究者によって試みられており、一般に過小評価される傾向にあることがわかっている。このことはヒマラヤにもあてはまると考えられるが、推定値が比較的大きく算出されるCosta (1988)の式を用いて、クンプヒマールで1977年および1985年に発生した氷河湖決壊の際の最大流量を計算してみると、計算された流量は、下流での実測値の20-28%にすぎないことがわかる(表1)。

クンプ地方のイムジャ氷河の表面にある湖は、1970年代後半からすでに危険であるといわれてきた(Ives, 1986; Zimmermann *et al.*, 1986; Hammond, 1988)。しかし、この湖に関しては、Hammond (1988)が写真を用いて発達史の一部の復元を試みたほかは、データがほとんどなかった。表1に

は、1977、85年の決壊時の最大流量の計算と同じ方法でおこなった、イムジャ氷河湖の決壊時の予想最大流量が示されている。湖の水深が不明であるため、表1には、水深が5-50 mの時の湖水量を示し、それぞれの時の最大流量の計算値を示した。水深が10 m以上で、推定流量は、1977、85年の決壊時の計算値をうわまわる。過去2つの氷河湖決壊は、下流部に大きな災害をあたえており(Fushimi *et al.*, 1985; Vuichard and Zimmermann, 1987)、イムジャ氷河湖

表1 過去に発生した氷河湖決壊時の最大流量(Q)とイムジャ氷河湖からのQの推定(推定は、Costa, 1988の式による)

面積 (m ²)	湖水量 (m ³)	平均水深 (m)	Q (m ³ /sec)		標高 (m)
			推定	実測	
1977年決壊 (Mingbo): 複数の湖が決壊					
10 ³ -10 ⁴	4.9x10 ⁶	Max>15	312	1,100	5,160
1985年決壊 (Dig Tsho)					
5x10 ⁵	5x10 ⁶	10-18	317	1,600	4,400
イムジャ氷河湖					
5.4x10 ⁵	2.7x10 ⁶	5	213		
	5.4x10 ⁶	10	333		
	8.4x10 ⁶	15	441	N/A	5,050
	1.6x10 ⁷	30	666		
	2.7x10 ⁷	50	931		

が決壊すれば、災害が発生する可能性は、ひじょうに大きい。そこで、今後の湖決壊防止のための基礎的なデータを提供する意味で、イムジャ氷河湖の発達史と湖の現状を明らかにした。

2. 手法

過去に撮影された写真および地形図を用いて、イムジャ氷河湖の発達過程の復元を試みた。使用した写真および地形図は、氷河調査隊が撮影した地上写真(1971, 1973年)および斜め空中写真(1975, 1978年)、F. Müllerおよび白旗史郎が撮影した地上写真(1956および1980年)、スイスの撮影による空中写真(1984年)、および1955年発行の地形図である。また、1989年には、氷河湖前面のデッドアイスの表面形態の現地観察、測量をおこなった。

3. 結果

判読した写真のなかで、とくに湖の形が著しく変化した年について、湖の形を模式的に示した(図1)。1950年代には、小さな池がいくつか認められるが(図1A)、1971, 73年の地上写真によっても、池は、やはり、大きくは成長していなかったと考えられる。しかし、1975年の写真からは、かなりの大きさに成長していたことがわかる(図1B)。1978年には、中央の半島がかなり縮小し(図1C)、1980年の写真では、半島が完全に消失し、1984年の湖とはほぼ同じ大きさにまで成長していた(図1D)。これらの一連の発達史から、イムジャ氷河湖は、とくに、1970年代に急速に成長したと考えられる。

湖の拡大がもっとも急速に進行した1970代のなかで、写真の状態のよい1973年から1984年までの11年間の氷の融解速度を推定してみた。1973年の写真から、デブリに覆われた氷の頂部の標高が、ラテラルモレーンのリッジ

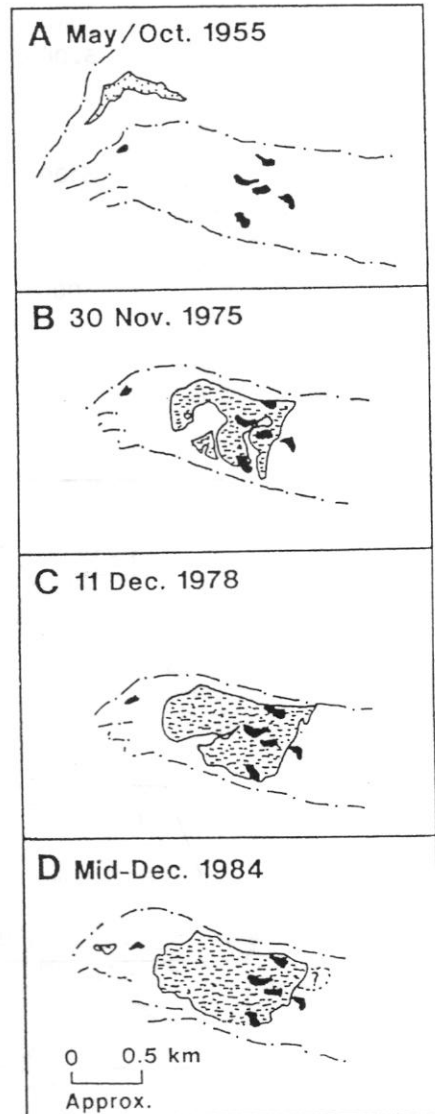


図1 イムジャ氷河湖の発達過程
黒ベタは、1955年の池の位置を示す。
アミをかけた部分が、それぞれの
年の写真から描いた湖のおよその
位置。

の標高とそれほどはかわらなかつたことがわかる。これに対して、1984年の空中写真から作られたナショナルジオグラフィック誌の地形図を用いて作成した断面図(図2)から、1984年には湖面とラテラルモレーンのリッジの比高が最高70 mに達していたことがわかる。したがって、もし、1984年当時の氷河湖の水深が40 mであったと仮定すると、この11年間に、この付近では、少なくとも

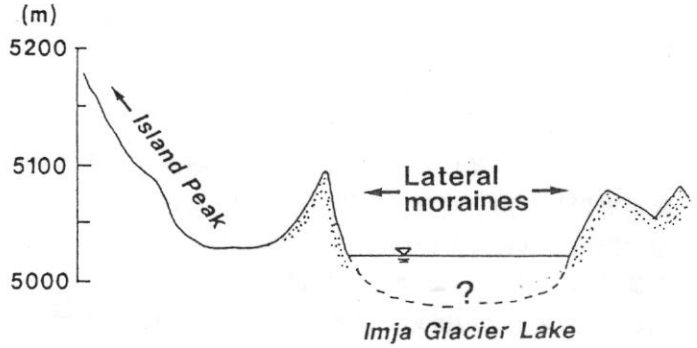


図2 イムジャ氷河湖を横切る断面

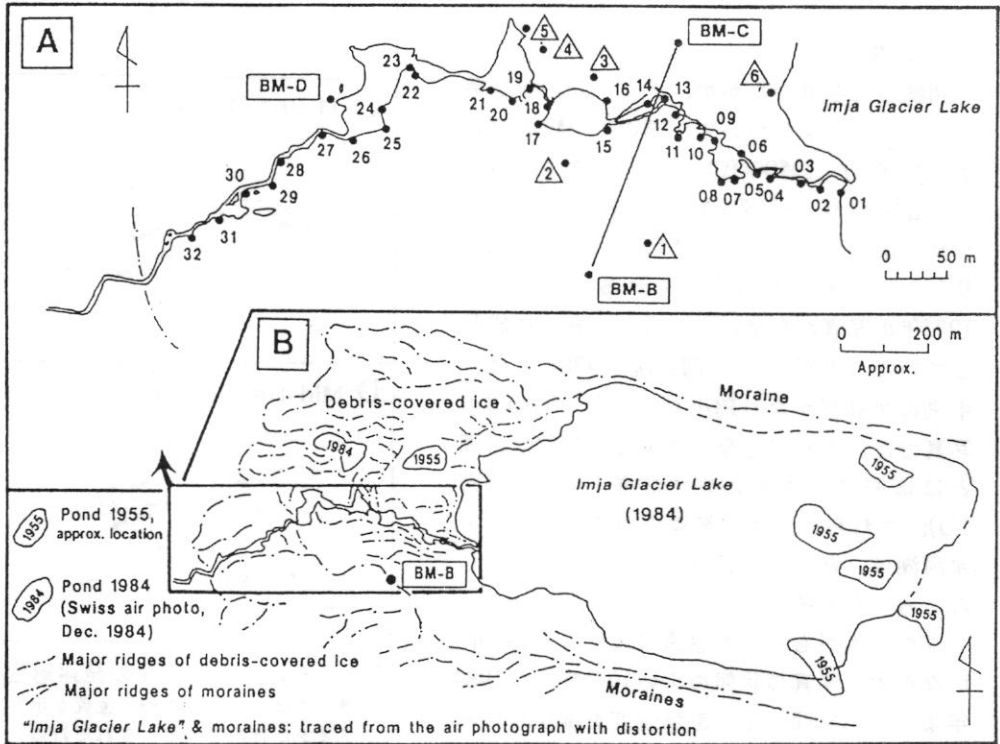


図3 イムジャ氷河湖前面のデッドアイスと湖からの流路
BM-B~D: 測量起点, 01~32および三角マーク付きの1~5: 測量地点

年間10 mずつ氷が融解していったことになる。

4. 現在のイムジャ氷河湖の特徴と湖決壊の防止のための基礎研究

以上のように、イムジャ氷河湖は1970年代に急速に拡大したことが明らかになったが、災害防止のためには、現在、この湖が拡大を続けているのかどうかを明らかにする必要がある。そこで、1989年に、予備的な現地調査をおこなった。

図3に、1989年におこなったデッドアイスの測量結果を示した。デッドアイスの表面には流路が認められるが、氷河湖の前面に、デブリに覆われたデッドアイスや流路があることは、今まで、記載すらされていなかった。断面測量の結果、この流路沿いで、デッドアイスの表面高がとくに低下していることがわかった(図4)。したがって、このままデッドアイスの融解が進行すれば、湖が下流方向に拡大すると考えられ、デッドアイスの今後の低下速度を推定するために、デッドアイス上に測量基点を設けた。

また、湖の南北をふちどるラテラルモレーン(図3)からは、多量のロックフォールが観察された。これらのラテラルモレーンはアイスコアである可能性が高く、ロックフォールが進行することによって、湖水をさささえているラテラルモレーンの強度が急速に低下していることも予想される。

上述のように、イムジャ氷河湖の水深が10 mあれば、1977, 85年の湖決壊時の最大流量をうわまわる(表1)洪水が発生し得るので、今後、湖前面のデッドアイスの融解速度やラテラルモレーンからのロックフォールの量を見積る必要がある。ヒマラヤの自然景観をできるだけ残しながら湖決壊を制御するためには、大規模な工学的処置を優先させるのではなく、氷河水文学的ならびに地形学的な基礎研究をおこなうことの重要性を強調すべきであろう。

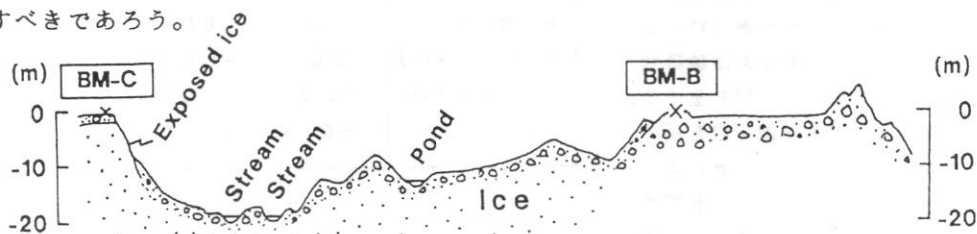


図4 イムジャ氷河湖前面のデッドアイスの断面形
位置は、図3 Aに示されている。

文 献

- Buchroithner, M.F., Jentsch, G. and Wanivenhaus, B. (1982): *Rock Mechanics*, 15, 181-97.
Costa, J.E. (1988): *Flood Geomorphology*, 439-63.
Fushimi, H., Ikegami, K., Higuchi, K. and Shankar, K. (1985): *IAHS Publ.*, 149, 125-30.
Hammond, J.E. (1988): Master Thesis, Univ. of Colorado, 89pp.
Ives, J.D. (1986): *ICIMOD Occasional Paper*, 5, 42pp.
Vuichard, D. and Zimmermann, M. (1987): *Mountain Research and Development*, 7, 91-110.
Zimmermann, M., Bichsel, M. and Kienholz, H. (1986): *Mountain Research and Development*, 6, 29-40