

# ブータン・ヒマラヤにおける氷河湖の面積拡大速度に関する研究

B201062 白井佑毅, B201059 嶋田幸太 指導教員 内藤望講師

キーワード：氷河湖, 氷河湖決壊洪水, ブータン・ヒマラヤ, 人工衛星画像

## 1. 研究目的

近年の地球温暖化に伴って、世界各地の氷河が融解、縮小している。特にヒマラヤ山脈では、氷河の融解水が堰き止められてできる「氷河湖」の拡大が注目を集めている。氷河湖が拡大した末に決壊すると、大規模な洪水が発生し、下流域に大きな被害を及ぼすことがある。このような洪水を氷河湖決壊洪水（GLOF）と呼ぶが、その被害を予防あるいは最小限にするためには氷河湖の形成、拡大機構の解明が必要である。そこで本卒業研究では、人工衛星画像の解析により、氷河湖面積の拡大速度を算出することを目的とした。

ヒマラヤにおける幾つかの氷河湖については、既に面積拡大速度が研究、報告されているが、その多くが 1950 年代頃に出現したと推測されている。このことは、1950 年代前後という時期に、ヒマラヤの氷河縮小や氷河湖拡大にとって何か重要な気候変化が起こっていたことを示しているのかも知れないが、未だ情報が乏しく、推測の域を出ていない。本卒業研究による結果は、この推測が果たして妥当なものかどうかを検証するデータともなりうる。

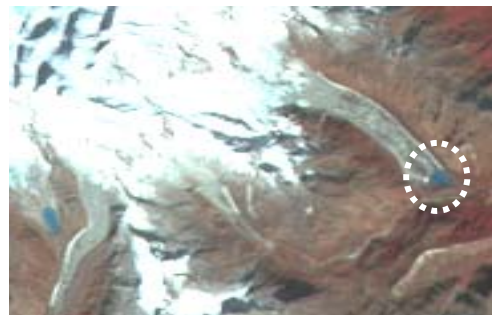
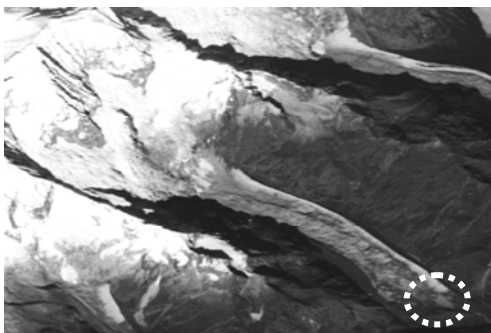
## 2. 研究方法

### 2.1 研究対象

ブータン王国北西部、北緯  $28^{\circ} 4' 05''$ 、東経  $89^{\circ} 35' 00''$  に位置するシンチェ氷河湖 (Shinchhe Tsho) を対象とする。ブータンでは、1994 年 10 月にルゲ氷河湖 (Lugge Tsho) から発生した氷河湖決壊洪水によって 21 名の犠牲者が出て以来、社会的な関心が高まっているものの、未だわずかな氷河湖についてのみしか、具体的な研究が実施されていない。ブータンにおいて決壊洪水の潜在的危険がある氷河湖として合計 24 湖がリストアップされているが、今回対象とするシンチェ氷河湖はその一つであるにもかかわらず、具体的な拡大速度に関して全く研究されていない。従って、今回の結果は貴重なデータといえる。

### 2.2 使用する人工衛星画像

氷河湖面積の拡大を調べるには、過去と最近の面積を定量的かつ精度良く求めなければならないことから、人工衛星画像の解析が最も適した解析手法となる。今回、解析に使用した人工



© CNES, 1993, SPOT IMAGE Distribution

図 1. 左：CORONA 衛星画像（1962 年 11 月 24 日）、右：SPOT 衛星画像（1993 年 12 月 3 日）。氷河は左上から右下方向に流れており、その末端付近の白点円の中にシンチェ氷河湖がある。

衛星画像は、1962年11月24日にCORONA衛星によって撮影された画像と、1993年12月3日にSPOT衛星によって撮影された画像である。CORONA衛星画像の空間分解能は約2m、SPOT衛星画像の空間分解能は10~20mであり、いずれも氷河湖を判読してその輪郭を同定するのに充分といえる。CORONA衛星とは、1960~1970年代における米国の軍事偵察衛星であり、白黒画像ではあるが、当時としては最高の分解能をもつ画像データを提供している。これら両衛星画像のシンチェ氷河湖周辺のスナップを図1に示す。

### 2.3 研究手順

インド測量局によって作成された5万分の1地形図をもとにして、各衛星画像の幾何補正を実施した。その後、氷河湖の輪郭をトレースし、5万分の1地形図のスケールを基準にしてその面積を求めた。そして、新旧2枚の画像における氷河湖面積から算出される拡大速度を、ブータンおよびネパールのヒマラヤ山域で既に調べられている他の氷河湖の拡大速度と比較し、その差異に関して考察した。

## 3 結果と考察

CORONA、SPOT両衛星画像におけるシンチェ氷河湖の面積は、1962年(CORONA)には0.0349km<sup>2</sup>、1993年(SPOT)には0.0536km<sup>2</sup>であった。つまり、この31年間におけるシンチェ氷河湖の面積拡大速度は0.0006km<sup>2</sup>/年であることがわかった。この拡大速度は、ブータンおよびネパール国内で調べられている他の6つの氷河湖における拡大速度が0.01~0.03km<sup>2</sup>/年であることに比べれば、かなり低い拡大速度である。他の6つの氷河湖は、ヒマラヤの中でもGLOFの危険がかなり差し迫った大型の氷河湖であるのだが、シンチェ氷河湖の場合はそれらよりは拡大する速度が格段に遅く、GLOFの危険度もそれだけ低いと考えられるであろう。ただし氷河湖が拡大していることは事実なので、今後、拡大速度が急に速くならないか注意していく必要はあるだろう。

今回の研究で31年の間にシンチェ氷河湖の氷河湖面積は約1.5倍に拡大している事が分かったが、この原因としては、やはり近年の温暖化による可能性が高い。温暖化すれば降る雪が雨に変わる割合が増え、まず氷河に積もる雪が減る。本来、気温に敏感な雪氷は温暖な程よく融ける。同時に、新雪が減るため日射を反射しにくくなり、氷河の融解がさらに進む。すると融けた部分に含まれていた汚れが氷河表面に溜まるので、なおさら日射の吸収が増えて融解を促進する。このようにしてヒマラヤの氷河は温暖化に対してきわめて敏感に融解・縮小し、その結果として氷河湖を拡大させるのである。今回の研究での結果では今すぐGLOF災害が起こるとは、言い切れないが、今世紀の気温上昇の予測は、1.4~5.8℃と、20世紀の気温上昇を大きく上回っており、このままいけば、さらに氷河が急速に縮小し、氷河湖が拡大して氷河湖の貯水量も増大する可能性が高い。GLOFの対策としては、危険な氷河湖に対して、流出口を掘り下げて水位を下げてやれば、水圧が減り、危険度は低くはなるが、コストの問題もあり、すべての氷河湖についてすぐに工事を行うのは困難な状況である。またヒマラヤに源流を持つ河川は多い。GLOFに対する地域的な対策を早急に行うとともに、地球温暖化に対するグローバルな対策がなければ解決しない問題であると考えられる。

## 4 今後の課題

今回の結果は、ヒマラヤの氷河湖の具体的な拡大速度を示す、数少ない貴重な情報であるが、ヒマラヤ全域での傾向を調べるためには、まだまだ情報が少なすぎる。また氷河湖の拡大速度と気候変化との関係も不明な部分が多いことから、今後さらに対象とする氷河湖を増やして解析していく必要がある。