

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700949

研究課題名(和文)ネパール・ヒマラヤの氷河縮小と地域社会への影響評価

研究課題名(英文)Glacier shrinkage and its impact statement on regional community in the Nepal Himalayas

研究代表者

朝日 克彦 (ASAHI, Katsuhiko)

信州大学・学術研究院理学系・助教

研究者番号：70602150

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：ネパール東部，エベレスト山域を対象に，9ヶ所の小型氷河の1970年以降の末端変動を明らかにした。この結果，いずれの氷河についても前回，2004年以降，氷河の末端後退が継続していた。小型氷河の1つは2004年から2012年までの間に消滅していた。氷河末端の後退速度は概ね10m以下/年のオーダーであり，1つの例外事例を除けばその後退速度の傾向も鈍化傾向にあり，世界的に指摘されるような「氷河後退が加速している」に単純にはあてはまらない。また融氷河水の利水は，山間部では飲用・灌漑用ともに利用しておらず，湧き水や天水に依存していた。したがって，水資源の観点からは氷河融解のインパクトは限定的といえる。

研究成果の概要(英文)：This study addresses the result of field measurements of nine glacier termini conducted in 2012-2014, and it elucidates terminus change since 1970s. One glacier has been completely disappeared by 2012. Other glaciers were all retreated in the past period. Referring to the ground survey data up to 2004, the result shows that constant recession of all the measured glaciers during the past 40 years. The retreating rates are generally single-digit metric range per year, and the result shows that these glaciers are not retreating faster than other part of the world. And also it cannot be assumed that the acceleration of glacier recession but the constant recession. Plenty of water supplied by rainfall in downstream. Glacier melt water is not provided for irrigation. Generally, life in downstream doesn't rely on glacier. Thus, careful description and delineation in field is essential when considers global issues.

研究分野：地理学

キーワード：ヒマラヤ ネパール 氷河 氷河末端変動 気候変動 水資源

1. 研究開始当初の背景

山岳氷河の変化は、地球温暖化を象徴する目に見える事象としてクローズアップされている。アジアモンスーン地域の氷河は「夏季涵養型」とよばれ、わずかな夏季気温の上昇によっても氷河の消耗が増大するほか、降雪が降雨に変わり、降雪減少によるアルベド低下が消耗量をさらに増大させるという、三重の効果で氷河が縮小する。氷河末端変動のモニタリングのため、ネパール・ヒマラヤでは1970年から小型氷河を対象とした定点測量を9ヶ所の氷河でおおむね8年ごとに行っている。申請者が2004年に観測した8ヶ所すべての氷河が後退していた。World Glacier Monitoring Serviceによれば写真資料も併せ持つ長期の定点観測氷河は世界でもわずかに100ほどしかなく、アジアでは上述の定点が唯一の事例である。これら氷河の定点測量から既に再測周期に至っている。測量基点の中には亡失したものもあり、世界にも稀有なモニタリング定点の9ヶ所を維持し、次代へ継承させねばならない。

一方で、こうした科学的な視点とは別にヒマラヤの氷河が注目されている。すなわち「地球温暖化による氷河融解によって、近い将来ヒマラヤから氷河が消滅する。涵養源であるヒマラヤの氷河消滅により13億人の人口を支える水資源が枯渇する」という言説である。しかしながら、ヒマラヤ南斜面は年降水量2000mを越える多雨地である。批判的検討を行うためには、融氷河水の利水状況に関する村落レベルでの事実記載が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、現地でのフィールド観測により氷河の動態を明らかにし、氷河縮小が地域社会に及ぼす影響を考察する。ネパール東部、エベレスト山城(クンプ・ヒマール)において、

(1) 研究期間内に定点観測氷河の再測を行い、2004年以降の過去8~10年間の末端変動を明らかにする。併せて、世界にも稀有な完璧に同じ位置、同じアングルでの氷河の写真撮影を行い、氷河の変化を視覚的に明らかにする。

(2) 人文地理学・自然地理学の両手法により、融氷河水の利水状況に関する村落社会調査を実施。気候変動下におけるヒマラヤの氷河縮小が地域社会に及ぼす影響の有無を、氷河の縮小状況と融氷河水の利水の観点から総合的に考察する。

ヒマラヤではごく一部の氷河の観測事例が報告されているにすぎないにもかかわらず、あたかもすべての氷河が急速に融解し、きわめて近い将来にヒマラヤから氷河が解け去るかの様な論考がしばしばなされている。開発途上地域へのステレオタイプが地球環境問題においても発露しているといえ、実証が求められる。本研究は氷河のフィールド観測と村落調査を平行して行う。2つの事象は個

別の現象ではなく有機的に関連している。本研究での2つの目的は個別の研究ではなく、徹底したフィールドワークによる事実記載による実証研究である。またステレオタイプな言説に対する批判的検討がミッションとして通底する、文理融合の新しい地域研究の実践でもある。

3. 研究の方法

本研究にかかる方法は以下の2つに大別される。

(1) 氷河末端測量に関するフィールド調査

クンプ地方において末端位置測量用基点が設置されている9ヶ所すべての氷河について、トータルステーションを用いて再測する。測量用基点から氷河末端までの位置座標を計測し、氷河末端部の平均的な後退距離を算定する。また1970年代以降継続する定点写真も撮影し、氷河変動の実態を実測数値のみならず視覚的にも明らかにする。この観測では2004年以降の10年弱の末端変動を明らかにするが、1970年以降の観測結果を援用して、概ね10年ごとの過去40年間の末端変動の累積、および氷河末端変動速度の変化の傾向を明らかにする。このように、昨今の氷河変動研究でもっぱら用いられている衛星画像解析では分からない、時系列の変化を明らかにできる。

(2) 農業的土地利用・融氷河水の利水状況に関する村落社会調査

季節居住集落を含む村落での農地・灌漑設備の現況調査を行い、併せて融氷河水の利水状況を化学的な定量分析も援用し明らかにする。これにより、一般論として語られているような、将来における氷河縮小にともなう水資源の危機が想起されるのか、フィールドベースに実証、検証する。

4. 研究成果

(1) 氷河末端変動

観測対象の小型氷河は9箇所、ネパール東部のエベレスト山城(クンプ・ヒマール)に位置する。いずれも表面が岩屑に覆われない裸氷の氷河である。面積は2.57km²(ED580)、1.18km²(EB060)、0.99km²(CB480)のほかは0.5km²以下の小型氷河であり、1つは0.03km²(ED010)と極端に小さい。氷河の末端高度は5000~5540mにある(面積、高度は1992年)。2014年までに測量した9箇所の氷河は2004年以降、氷河末端位置が後退していた。とりわけED010氷河(コンマ・ティクペ氷河)は2004年以降2012年までの8年間に消滅していた。1970年代に一部の氷河で末端位置が不規則に変化していた事例があるが、それ以外では継続して氷河末端位置が後退している。例えばEB050氷河では1976-2012年の過去36年間で162.0m末端位置が後退した(図1)。定点写真(図2)を示す。観測期間36年間

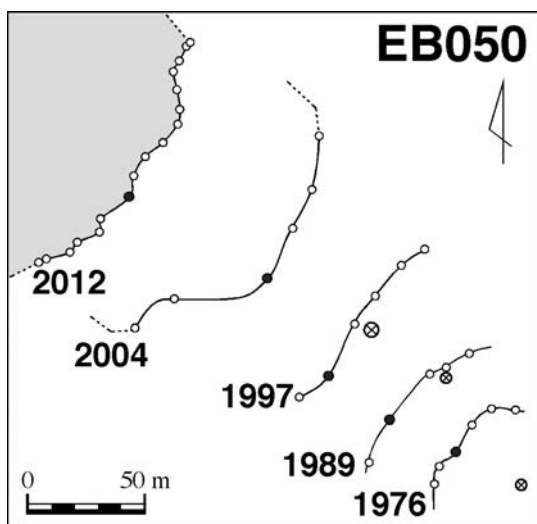


図1 EB050 氷河末端後退の観測図
丸印は測点を表す。

では末端位置は継続して後退している。また定点写真において氷河背後の山に着目すると氷厚も年々薄くなっている様子が分かる。この氷河に特異な現象ではなく、いずれの氷河でも同様の結果となった。AX000 氷河は過去10年間で34m, AX010 氷河は同期間で307m, DX080 氷河は過去8年間で46m, EB050 氷河は同期間で54m, EB060 氷河は27m, ED020 氷河は25m, ED580 氷河は57m, それぞれ後退していた。なお観測を実施したCB480 氷河は氷河の後退は視認したものの、氷河末端に氷河湖が形成され氷河末端への接近が不可能であったことから再測は実施できなかった。

この様に、クンプヒマールの小型氷河は一貫して後退が継続していることが確認された。

(2) 氷河末端後退速度

氷河末端の後退速度は、末端付近の平均後退距離を観測期間の年次で割って求める。これを1970年代以降の各観測年次での速度ごとに比較して、氷河の後退傾向、すなわち後退が加速しているのか否かを求める。

図1のEB050 氷河では1976年以降4期間の結果が得られる。通算では過去36年間で162m後退。平均の後退速度は4.5m/年となる。そのほかの氷河でも平均の後退速度は2~4m/年である。面積が最も大きいED580 氷河では8.8m/年、AX010 氷河が突出して値が大きく、12.0m/年である。したがってこれら小型氷河の平均の後退速度は1mオーダー/年といて差し支えない。これらの結果をまとめたのが図3である。図は横軸が観測した年、縦軸は1目盛が100mの末端後退を意味する。実線が右下がりであれば氷河末端の後退を意味し、実線の傾きが急になれば後退速度が速まっていることを意味する。9ヶ所いずれの氷河も観測期間中、末端後退が継続していた。また後退速度の変化は、AX010 氷河でやや顕著に後退が加速しているほかは概ねコンスタントに後退が継続している。或い



図2 EB050 氷河の末端変動の様子
1976年、1989年の写真は氷河情報センター提供

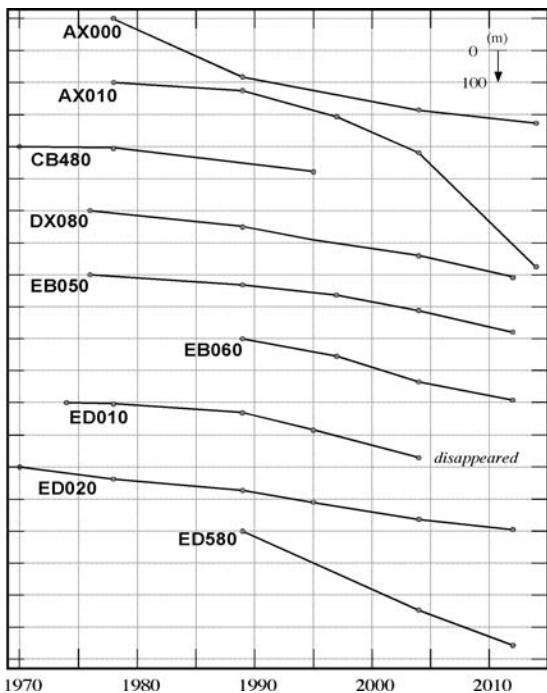


図3 エベレスト山域における9ヶ所の小型氷河の1970年以降の末端変動
丸印は末端位置の観測年次

は、今世紀に入ってから後退速度がやや鈍化している氷河もある。なお後退速度については、氷河近傍の地形の影響も受ける。例えば平坦な地形の場所と急峻な岩壁であれば、同等の氷河後退であっても、岩壁の氷河の方が後退量、後退速度ともにおおきくなってしまふ。この地形の影響も評価した。後退が加速したAX010氷河では末端付近の斜面傾斜はほぼ均一であり、地形の影響によって後退が加速した、ということはないようである。

(3) 氷河末端後退の要因

世界的に1840年をピークとする小氷期の氷河拡大から漸次気温上昇する気候状態に対応して氷河は縮小傾向にある。ネパールの場合、小氷期の氷河拡大は1900年頃まで継続し、それ以降後退を始めたと考えられる。エベレスト山域南方、AX010氷河の南、約25km地点のチアルサ(Chialsa; 標高2770m)がエベレスト広域圏において1967-1998年の気温観測データが存在する。このデータについて年平均気温、夏季最高気温・最低気温の変化をまとめると、夏季最低気温の上昇が最も大きく、10年で0.61°Cの割合で上昇している。上述のように夏季最低気温の上昇は降雪を効果的に降雨に代えうる。したがって、この夏季最低気温の上昇傾向が氷河の後退傾向に大きく寄与しているものと推察される。

(4) 氷河縮小に伴う水資源

大規模な灌漑のもと稲作が行われているのは標高1000m以下のタライ平野である。エベレスト山域を起源とする河川、スンコシ水系では水系内の氷河目録(朝日, 2001)があり、

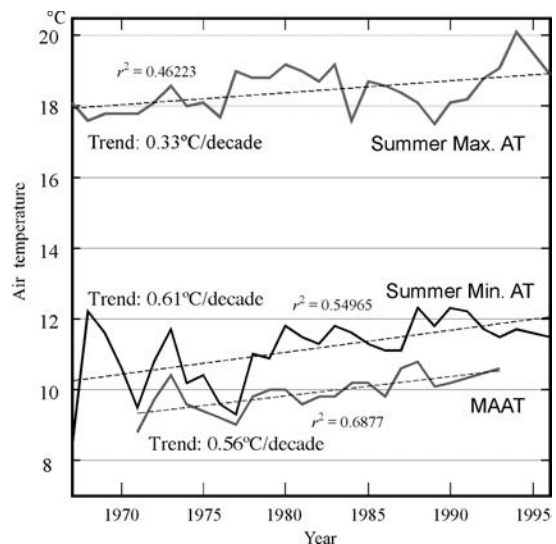


図4 エベレスト山域南方、チアルサにおける1967年以降の気温変動

正確な氷河面積を算出できる。コシ川がネパールからインドへ越流するコシ水門における集水域面積は27533 km²あり、この集水域において氷河の総面積は1380.5 km²である。氷河の占める割合は5%となる。このスンコシ川は確かに源流の一部は氷河起源ではある。しかし、河川支流のほとんどは氷河起源ではない。単純に面積比で算出すれば、コシ水門における氷河起源水の割合は5%であり、降水の地理的特性を踏まえればその割合はさらに少なくなる。

あたかも氷河融解水が水資源として活用され、氷河の後退、消滅によって枯渇するかのような言説が流布しているが、このように、そもそも水資源としての利用は例外事例に限られ、利用実態はほとんどないといえる。また、温暖化によって降雪が減少することだけが取り上げられているが、減る雪は降雨に代わり、降水量として見た時には変化はない。そのうえ氷河融解水の流量ピークとモンスーン降水による河川流量ピークはその時期が一致する。したがって、仮に氷河が消滅したとしても河川流出量やその時期に大きな変化は生じにくいと考えられる。

(5) 研究の成果

- ①ネパール・ヒマラヤの小型氷河は現在後退傾向にある。後退速度は世界の氷河の中で特に速いものではなく、また後退が加速しているともいえない。
- ②氷河末端測量によって、40年継続した末端観測を維持、持続させることができた。併せて定点写真を撮影し、その変化を視覚的にも確認した。この様な末端変動の継続観測、定点写真撮影が行われている氷河は世界で100ほどであり、アジアでは唯一の事例である。貴重な科学資産を継承させることができた。
- ③融氷河水は懸濁物質を多く含み、農業用の灌漑には例外事例を除いて利用されていない

い。また大規模な灌漑による農業用の利水においては、その河川水は氷河起源ではないか含まれていても僅かである。したがって、「ヒマラヤの氷河は世界のどこよりも急速に後退しており、近い将来ヒマラヤから氷河が消滅する。またアジア 14 億の人口がヒマラヤの氷河を起原とする河川水を水資源としており、水資源不足が懸念される」という言説は科学的根拠が乏しい。

<引用文献>

- ① 朝日克彦, ネパール・ヒマラヤ東部の氷河目録と最近の氷河変動, 雪氷, 63 巻, 2001, 159-169

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 朝日克彦, ネパールヒマラヤの氷河変動: 水資源は枯渇するのか, 『氷河変動の地域性に関する地理的検討』報告書 北海道大学低温科学研究所, 12-17, 2014. 査読無
<http://hdl.handle.net/2115/56260>

[学会発表] (計 6 件)

- ① Asahi, K., Changes in frontal positions of small glaciers in Sagarmatha area, eastern Nepal, International Glaciological Society Symposium on Glaciology in High-Mountain Asia, 2015.3.2, Kathmandu, Nepal
② Asahi, K., Field observation of small glacier recession in Khumbu Himal, eastern Nepal, Asia Oceania Geoscience Society 11th Annual Meeting, 2014.7.29, Sapporo
③ 朝日克彦, 氷河が縮小すると水資源は枯渇するのか: ネパールのフィールドから, シンポジウム「地球温暖化をめぐる世界の氷河: アサジ・ユーラシアの氷河」, 2014.2.15, 信州大学, 松本市
④ 朝日克彦, 地球温暖化をめぐる『ヒマラヤの図式』, 2013 年日本地理学会春季学術大会, 2013.3.30, 立正大学, 熊谷市
⑤ 朝日克彦, ネパール, エベレスト山域における小型氷河の末端後退, 雪氷研究大会 2013, 2013.9.18, 北見工業大学, 北見市
⑥ Asahi, K., Glacier change in Nepal Himalaya: myth and reality, International symposium on 'Changing Mountain Environments in Asia', 2012.10.8, Kathmandu, Nepal

[図書] (計 1 件)

- ① 椎野若菜, 福井幸太郎, 沢野林太郎, 鈴木和歌奈, 後藤和子, 小林誠, 朝日克彦, 安田

章人, 目代邦康, 山口欧志, FENICS 100 万人のフィールドワーカーシリーズ第 6 巻『マスメディアとの交話』, 古今書院, 2015, 印刷中 (採録決定済)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

朝日 克彦 (ASAHI, Katsuhiko)

信州大学・学術研究院理学系・助教

研究者番号: 70602150