

ヒマラヤ地域、高所山岳地域の自然災害問題

宮本真二

滋賀県立琵琶湖博物館研究部環境史研究領域

ヒマラヤ地域の高所において深刻な問題となっている自然災害として、氷河湖の決壊洪水と、地滑りや斜面崩壊を対象に、その問題点を整理した。氷河湖の決壊洪水は、ネパールやブータンで幾度か発生し、多大な人的被害を及ぼしている。また、地滑りや斜面崩壊は高所ヒマラヤ地域全域において共通する深刻な問題となっている。両者ともその要因に地球温暖化や、森林資源の減少が指摘されており、人為によって引き起こされた可能性がある。

高所の自然災害

地球環境問題が世界的な課題として認識されるなか、高所においても様々な環境問題が顕在化し、自然科学のみならず、人文・社会科学からもその対応が検討されるようになってきた¹⁾。そのなかで、ヒマラヤの高所山岳地域では、氷河湖の決壊洪水と、森林改変に起因すると考えられる地すべりや斜面崩壊の多発といった災害が生活世界を脅かす深刻な問題となり、国際的な関心を集めている。

したがって、本報告では、高所ヒマラヤ地域に共通する自然災害として、上記の二つの問題について整理する。ここでは、国際機関による調査が進展しているネパールやブータンの情報を中心にまとめる。

氷河湖の決壊洪水

ヒマラヤ地域に展開する氷河の一部には、先端(舌端)部分に氷河湖を持つものがある。この氷河湖は不安定なモレーンで堰き止められており、決壊時には大規模な洪水を起こす(図1)。これはネパールのみならず、インド、ブータン²⁾、チベットでも大問題となっている氷河決壊洪水(Glacier Lake Outburst Flood; GLOF)である^{3,4)}。

とくに決壊時のネパールでは、電源開発がヒマラヤ奥地に展開するようになり、被害が大規模化しているという。さらにブータンでは、1994年10月の氷河決壊洪水によって、21人の住民が死亡している²⁾。また、氷河湖決壊洪水は、伝説によると17世紀前半には頻繁に発生したらしいが、それ以後の約300年間は被害を及ぼすような洪水はなかった⁵⁾。しかし1950年以後は1960

年、1968年、1994年と氷河湖決壊洪水が発生し⁶⁾、17世紀前半に建造されたプナカのゾン(Dzong: 国府と国分寺をあわせた機能をもつ城塞僧院)が、1960年に324年ぶりにはじめて被害をうけている⁵⁾。

上昇帯のヒマラヤにおいて活発な侵食作用によって多量の岩屑が生産され、それが氷河に供給された結果、モレーンという氷河末端堆積物が形成される⁴⁾。その他の形成要因には、ブータンの氷河湖を調査した岩田²⁾によると、氷河表面の融解による池や湖、さらには、氷河のない氷河地形の流域にある湖が氷河湖の範疇に入るといふ。そのなかで、GOLFの可能性のある氷河湖は前者の2つに要因をもつ氷河湖である。現在ネパール、ヒマラヤに確認されるモレーンは、16世紀から20世紀の汎地球的な寒冷期である小氷期の氷河前進期に形成され、氷河後退期に氷河の融解水と雨水によって氷河湖が形成された⁴⁾。また、ヒマラヤ山脈の氷河湖自体は1970年代から急速に拡大してきたことが指摘されている⁷⁾。

おもに、この不安定なモレーンで堰止められた氷河湖は、わずかなきっかけで決壊し、多量な湖水が短期間に流出し、川の水位が5~10メートルも上昇した例がある³⁾。GLOFは下流の水力発電所、村落、さらには川道の斜面崩壊ももたらす。ネパールでは、1960年代~2000年までに15回も発生し、その頻度は増加しているという⁴⁾。

最近では、衛星画像などを用いて氷河湖ごとに危険度も含めた現状調査がネパールとブータンでは進められているが⁸⁾、抜本的な対策は行われていないのが現状である。

森林破壊・土地荒廃と斜面崩壊・地滑り

20世紀初頭までのネパール南部は豊かな森林で覆われていたが、隣国インドでの木材需要の拡大などによって、鎖国政策の終了以降の1950年代から大規模な森林伐採が始まった。1964年に約640万haであった自然森林面積は、約20年後の1985年には550万haまでに減少した⁹⁾。

おもにこれらの要因は、人口増加にともなう農地の拡大と、商業的乱伐と森林保護政策の欠如に起因するとされている⁹⁾。また、現在のネパールの山地帯では森林面積は40%にすぎない¹⁰⁾と指摘されている。このことは、20世紀後半の木材需要の増大や人口増加によって森林破壊が非常に激しくなったという意見が多い¹¹⁾ことは上記のとおりである。

しかしながら、最近の研究では必ずしもこのことは支持されていない。それは、埋没腐植土層の各種分析によって、この森林破壊は歴史的に進行してきたことが明らかになってきたからである¹²⁻¹⁵⁾。つまり、近年の人口増大などによる森林破壊の進行がその要因として強調されてきたが、民族移動などによる土地開発といった歴史的な展開のなかで森林資源の減少が展開してきたことが明らかになりつつある。また、ネパールのみならず、インド北東部でも同様の現象が確認され始めており¹⁶⁾、ヒマラヤ地域共通の森林改変は、時期差を伴いつつも、20世紀から突如始まったのではなく、歴史的に進展してきたことが明らかにされつつある。

さらに、インド北東部のヒマラヤ地域では、焼畑農耕（写真1）による森林破壊と土壌浸食の問題が指摘されている¹⁷⁾。とくに、山岳地域が大半を占めるアルナチャル・プラデシュ（Arunachal Pradesh）州における約9万haの焼畑面積の降雨による土壌流出は約380万tと積算され¹⁸⁾、集中的な土地利用と平均2500mmを超える季節的に集中する降雨¹⁹⁾によって問題が顕在化している。

著者らが、2007年7月に調査したアルナチャル・プラデシュ州のタワン（Tawan）地域でも、雨季の集中的な降雨による大小様々な斜面崩壊が発生し（写真2）、交通路が遮断されていた。この現象はタワン地区のみならず、2005年から調査を行っている雨季のアルナチャル・プラデシュ州内の山岳地域に共通して確認される自然災害となっ

ている。

また、ブータンの斜面崩壊は、変成岩地帯では南北系の断層周辺に顕著で、レッサーヒマラヤ地域ではMCTの付近とその下位の低変成堆積岩類の地域に崩壊が多い。とくにシワリクを欠いて低変成堆積岩類がMBTをへだてて、インド平原に直接する地区で斜面崩壊が顕著であると報告されている⁵⁾。

他には、中央および北東部のヒマラヤ地域では、震度5以上の地震の発生度が4ヶ月から1年に一度の頻度で発生しており、地震によって引き起こされる地すべりや斜面崩壊などの突発的な災害も深刻な問題となっている²⁰⁾。

歴史的に進行してきたことが明らかになりつつある森林資源の減少であるが、それに起因するとされる地すべりや斜面崩壊の多発は、より一層高所における深刻な問題として顕在化しつつある。

災害と人為

これまで、ヒマラヤの高所山岳地域で共通した問題となっている自然災害として、氷河湖の決壊洪水と、地滑り・斜面崩壊について概観してきた。氷河湖の決壊洪水の発生要因は明確には明らかではないが、近年の温暖化がその要因として指摘されている。さらにもう一方の、地滑り・斜面崩壊に関しては土壌流出をもたらすような過度の森林伐採や、土地利用が主な要因として考えられている。このように、両者が結果として人命などを奪う突発的な災害であるが、両者には人為的な要因の可能性が指摘される。

両者の災害発生頻度は、減少することなく増加の一途をたどっている。同じモンスーン地帯にあり、災害の多発地帯である日本から貢献できることを考えたい。

付記

本研究の研究経費として、科研費（若手B）「自然環境の変遷と人間活動の対応関係の解明」（研究代表者・宮本真二）、同基盤A「ブラマプトラ川流域地域における農業生態系と開発—持続的発展の可能性—」（研究代表者・安藤和雄）、総合地球環境学研究所プロジェクト研究「人間の生老病死と高所環境—3大「高地文明」における医学生

理・生態・文化適応一」(研究代表者・奥宮清人)の一部を使用した。

参考文献

- 1) 山本紀夫・稲村哲也編『ヒマラヤの環境誌』八坂書房, 2000, 366p.
- 2) 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, 2(1), 2007, 1-24.
- 3) 山田知充「ヒマラヤの氷河湖決壊洪水」酒井治孝編『ヒマラヤの自然誌』東海大学出版, 1997, 73-76.
- 4) 山田和充「ネパールの氷河湖決壊洪水」雪氷62, 2000, 137-147.
- 5) 茂木 陸「ブータンの地形と地質構造—今までに分かったこと—」地学雑誌 110, 2001, 449-453.
- 6) National Environmental Commission: Bhutan's country report on natural disaster reduction. 1993, 19p.
- 7) Yamada, T. Glacier lake and its outburst flood in the Nepal Himalayas. *Monograph No. 1*, Tokyo: Data center for Glacier research, Japanese Society of Snow and Ice, 1998
- 8) Bajracharya, S. R. , Mool, P. K. and Shrestha, B. R.: Impact of himalayan glaciers and global lakes: Case study on GOLF and associated hazards in Nepal and Bhutan. ICIMOD and UNEP/ROAP, 2007, 119p.
- 9) ウプレティ, B.N.・酒井治孝「ヒマラヤの砂漠化? 森林破壊の末路」酒井治孝編『ヒマラヤの自然誌』東海大学出版, 1997, 102-106.
- 10) 春田俊郎「ネパールの統計 14」日本ネパール協会会報 90, 1988, 9.
- 11) 渡辺 桂「ネパール—森林破壊と表土流出—」世界 459, 1984, 76-79.
- 12) Iwata, S. Miyamoto, S. and Kariya, Y.: Deforestation in Eastern and Central Nepal. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University* 31, 1996, 119-130.
- 13) 岩田修二・宮本真二「ヒマラヤにおける環境利用の歴史の変遷」TROPICS (日本熱帯生態学会誌) 5, 1996, 243-262.
- 14) 宮本真二「ネパール東部における埋没腐植土層の形成と森林破壊」地学雑誌 107, 1998, 535-541.
- 15) 宮本真二・岩田修二「自然環境の変遷—ジュンベシ谷の二万年」山本紀夫・稲村哲也編『ヒマラヤの環境誌』八坂書房, 2000, 235-255.
- 16) 宮本真二・安藤和雄「アッサム・ヒマラヤにおける土地開発過程—インド, アルナチャール・プラデーシュ州の事例—」歴史地理学会第50回大会講演要旨集, 2007.
- 17) Husain, Z. ed.: Environmental degradation and conservation in north east India. Omsons Publications. 1996, 218p.
- 18) Darlong, V. T. and Prasad, N. L. N. S.: Soil erosion in the Northeast: past, present and future, Husain, Z. ed. ,Environmental degradation and conservation in north east India. Omsons Publications, 1996, 63-71.
- 19) Gopalakrishnan, R.: Arunachal Pradesh land and people. Omsons Publications, 1994, 133p.
- 20) Bandyopadhyay, C.: Disaster preparedness for natural hazards current status in India. ICIMOD, 2007, 63p.



写真1 インド北東部、アルナチャル・プラデシュ州、ロアー・スバンスリ県（Lower Subansiri）県付近の谷頭部に展開する水田。水田を囲む斜面では焼畑が行われている。



写真2 インド北東部、アルナチャル・プラデシュ州、タワン地域で観察された斜面崩壊（2007年7月23日撮影）



図1 ブータンヒマラヤ主脈の南北氷河と氷河湖（東西47×南北32kmの範囲の撮影。Terra衛星ASTER画像2002年6月4日）

Summary

Himalayas Area, the Issue of Natural Disaster of the High Place Mountains Area

Shinji Miyamoto

Cultural History and Geo-Science Research Group, Science Research Department, Lake Biwa Museum

As the natural disaster that became the serious problem in the high place of the Himalayas area, I reviewed the problems for the Glacier Lake Outburst Flood (GLOF) and a landslide and slope collapse. The GLOF occurs several times in Nepal and Bhutan and gives the great human damage. In addition, a landslide and the slope collapse become the serious problem to be common in a whole high place Himalayas area. Global warming and the decrease of the forest resource are pointed out in the factor with both, and there is a possibility that it was caused by human impact.

