

氷河地形学に関する最近の話題

岩田修二（東京都立大学名誉教授）

学生時代から、日本アルプス、ヒマラヤ・チベット、南極などで氷河や氷河地形の研究を続けてきた。その成果を『氷河地形学』（東京大学出版会，2011）にまとめた。この機会に、この本の内容をネタにして、氷河研究と氷河地形学との関係、さらに氷河や氷河地形・地質を用いた環境復元の話や、最近、注目されている氷河災害などについてお話しする。

0) 氷河研究のきっかけ

1969 年の 1 月から 3 月にかけて南米パタゴニア南氷原をチリ側からアルゼンチン側に横断踏査した。氷河踏査が終了する目前、ウブサラ氷河の末端近くで、もっと長く氷河の上に居たくなった。そのとき、氷河の研究をしようと心にきめた。学部 3 年生の時である。大学院生のとき（1973 年）、雪氷・気象・地質・地形の大学院生を中心としたヒマラヤの氷河研究プロジェクトが始まり、それ以来、氷河や氷河地形を研究している。

1) 氷河形態と氷河地形学

世界全体の氷河の理解のためには、氷河目録の重要性を認め、網羅的な氷河モニタリングを継続することが重要である。しかし、氷河地形学は氷河の形態を対象としなかったため、氷河そのものは研究対象にしなかった。氷河地形学は、氷河がつくった氷河底の地形（つまり氷河消滅後の地形）だけを対象とした。岩石や風化物などからなる地形を対象とし、雪氷形態を対象から排除したのである。しかし、固体地球表面の形態の研究が地形学である。固体地球表面である氷河を排除する必然はない。地形学が氷河そのものを扱ってこなかったから、規模・入れ子構造・流域などについての整理が必要であった。ただし、氷河の形態分類にはすでに多くの蓄積があるから、本書ではそれらを継承した分類案を提示した。

2) 流動と氷河形態・侵食

19 世紀からの懸案であった氷河流動メカニズムが明らかになったとして雪氷学（glaciology）が氷河地質・地形学から独立したのは 1947 年である。このとき、氷河学者が明らかにした氷河流動メカニズムは氷河内部変形（塑性変形）であり、これが氷河研究の中心課題になった。塑性変形によって氷河は形を変

えるというのが常識になった。しかし、氷河表層での弾性変形+破断による変形（流動）に関しては、いまだにほとんど触れられていない。

氷河の塑性変形は、氷体内部での変形であるから氷河侵食や堆積による地形形成には貢献しない。氷河底面での氷のすべりが観測的・実験的に確かめられたのは 1960 年代であり、氷河基底の未固結堆積物が氷河と共に動き氷河流動の一翼を担っていることがわかったのは 1970 年代後半である。氷河底での侵食・堆積メカニズムの実証的研究は、氷河底での研究の難しさのために遅々として進まない。

3) 氷河での岩屑と水の挙動

〔岩屑〕氷河地形形成の核心は岩屑の挙動の理解である。氷河表面では岩屑が氷河の表面変化を制御する。氷河底では礫の量・挙動が侵食を制御する。さらに、氷河中・底の岩屑量と底面すべりの状況が氷河堆積地形を決める。氷河表面岩屑の本格的な研究はクンプヒマール（ネパール）での 1978 年の調査が始まりである。しかし、現在でも多くの雪氷学者にとって岩屑は氷河中の邪魔者にすぎない。

〔水〕氷河中の水の挙動は 1970 年代から盛んに研究されるようになり、氷河水文学は、現在では、氷河研究の中の最重要の分野である。ところが、氷河堆積地形（モレーンなど）の形成メカニズムにおける流水の作用の重要性を理解することは遅れた。地形学者はアルプスでのモレーン堆積物の観察からモレーンは氷河水からの直接の堆積（重力性堆積のみ）によると考えた。その堆積物はティル（無層理・無淘汰の乱雑堆積物 diamicton）と呼ばれ、氷河堆積作用の確実な証拠とされた。1980 年代にはカラコラム=ハイウエーの開通に伴ってインダス川上流のパスー附近での集中的な氷河地形調査がイギリスの氷河地形学者によっておこなわれ、モレーンを構成する堆積物のかなりの部分が、流水が関与した成層堆積物であることを明らかにした。その後、アジア高地の山岳氷河のモレーンの構成物質には流水堆積物や土石流堆積物が多く含まれることが知られるようになった。

4) 氷河変動による地球環境変遷研究の進展

氷河地形や氷河堆積物によって過去の氷河変動を復元する氷河末端位置変動の研究は、19 世紀中頃からどんどん進展し、地球環境変動を解明する重要なツールと考えられてきた。しかし、氷河変動は気候（気温）変動と同じではない。

1990 年代初頭にグリーンランドの氷床コアからグリーンランドの詳細な気温変動が復元され、2000 年代に入ると南極の氷床コアから 80 万年前までの大

気成分（CO₂, CH₄）変動が復元できるようになった。過去の地球環境変動の研究方法は、氷河変動研究から氷床コア解析に移りかわったように見える。ただし、深い氷床コアはグリーンランドと南極からしか得られないので、復元できる環境の地域的広がりには限定される。世界各地に多くの氷河地形が残されている LGM（Last Glacial Maximum）以降の時代には、氷河地形を利用した氷河変動復元がローカルな環境変動を復元するのにまだ有効であろう。

5) 氷河と災害

2007 年頃から急に、ヒマラヤ山脈での氷河後退の結果としての氷河湖決壊洪水の危険がマスコミでさかんに報道されるようになった。ネパール=クンブ地方のイムジャ湖にはいくつものテレビ取材班や大学・民間の調査隊が訪れた。それらの隊の多くは、住民に対する災害危険の説明会を開いたり、住民へのインタビュー調査をおこなったりした。

それを受けるように日本政府も氷河湖決壊洪水による災害を軽減するための海外援助研究を計画した。いろいろ経緯があって、日本政府の援助はネパールではなく、ブータンで実施されることになり、岩田を含むグループが 2009 年 4 月から 2012 年 3 月まで、この援助計画に携わった。このプロジェクトは予定どおり終了し、ブータン側からも日本側からも高い評価をえた。氷河湖をリストアップし、危険度評価をおこない、ハザードマップを作成し、被害低減策を提案した。このプロジェクトでは、その成果をブータン側に引き渡すだけでなく、その調査・研究の全過程をブータンの研究者・技術者への研修プログラムとした。つまり、今回まとめた成果と同じものを、今後、彼等だけで達成できるようにしたのである。必要な機器や資料も用意し、研修はブータンと日本で室内と現地の両方でおこない。最後には得られた結果を首都と地方で何回もの講演会を開いて地元民に説明した。

これに対して、最近ネパールから戻った研究者に聞いたところでは、イムジャ湖周辺の住民は、数年前のマスコミや研究者の警告以後、何の改善も安全対策も取られて居らず、自分たちはいたずらに心配させられただけだとして、最近では、マスコミや研究者の活動を拒んでいるという。

防災研究を住民に役立てるとはどういうことか？ 熟慮しなければならない。