The long-range forecast

ヒマラヤが解けている

Nature Vol.438(275-276)/17 November 2005

NASA

「世界の屋根」であるヒマラヤ山脈が解け始めている。気温の上昇で山脈周辺の氷河が解け、数百万の人々の生活を脅かす。David Cyranoski が報告する。

いくつもの国にまたがる巨大なヒマラヤ山脈は、たくさんの少数民族の故郷である。その山脈沿いの地域に住む人々が、ある1つの問題を共有していることに気づきつつある。自分たちの生活が、環境の変化に脅かされているというのだ。

ネパールでは気温の上昇により、氷河湖の水位があふれ出すところにまで高まっている。チベットの山脈地帯では、放牧者たちが徐々に荒廃していく土地で家畜になんとかエサを食べさせている。近年、地元の人々は、問題の多くの原因は地球温暖化にあると主張し始めた。そして、収集が進むデータをみると、彼らの主張は正しいようにも思われる。

世界自然保護基金（WWF）中国支部のLifeng Liは「地元の人々は、気候変動についてそれほど知っているわけで

はない。しかし、自分たちに影響を及ぼしつつある変化が存在することはよくわかっている」と話す。

ヒマラヤ山脈に由来する水には、何十億という数の人々が依存している。この山脈は世界で最も高い14峰を擁し、この地域の雪の堆積から流れ出る水は、複数の大河に流れ込んでいる。

水文学のモデルによると、気候変動が地域に及ぼす作用は広範囲にわたる¹。さらに2005年に発表されたレポートでは、氷河が消え、水の供給量が減少するといった厳しい現状が報告されている^{2,3}。将来は、洪水、干ばつ、土地の浸食、生物多様性の減少、降雨や毎年のモンスーンの変化などが起こる可能性がある。このため、科学者たちと環境保護団体は、この地域の監視を続けつつ、住民が環境の変化に順応

するのを援助するにはどのようなことが必要かをたずねてまわっている。

牛も橋も発電所も

こうした取り組みで支援を受けることになりそうなのが、ネパールのシェルパ族の山岳ガイドやチベットで牛を放牧する者たちだ。気候変動は、彼らの生活にすぐにも大きな影響を与える可能性がある。1985年、ネパールのゴート村に住む高僧Nawa Jigtarは、大きな物音を聞いてあわてて外へ飛び出した。そして、飼っている牛たちが大水で運ばれていくのを見送るしかなかったという。「もし、大水が夜に襲ってきいたら、だれも生き延びることはできなかっただろう」。最近制作されたドキュメンタリー「Meltdown in Nepal」の中で、JigtarはWWFにこう話していた。

研究者たちは気候変動がヒマラヤ山脈周辺に与える影響を調べている。チベットの家畜放牧者から聞き取り調査を行ったり（上）、氷河を測定したりしている（右ページ）。

この洪水は、氷河湖の1つであるディグ・チョーが決壊して起こった。洪水で、新しい水力発電所のほか、12か所を超える橋が押し流された。ネパールでは少なくとも20の氷河湖が決壊の恐れがあり、ブータンでもさらにいくつかの湖がそのような状態にあることが、経済協力開発機構（OECD）などによる調査でわかっている⁴。こうした湖は氷河の雪解け水で自然にできるものだが、気候変動により氷河がかつてない速さで後退し、余った水が湖にあふれこんでいる。OECDの気候変動担当者のShardul Agrawalaは「水と下流の集落の間にあるのは、壊れやすいモレーン（氷河が後退して残った岩や小石がたい積してできた自然のダム）だけだ」と説明する。この自然のダムは、地震、地すべり、斜面の不安定性などによって崩壊する恐れがある。

事態はさらに悪化しそうだ。2005年3月、WWFのチームは、ヒマラヤ山脈の氷河がどれほどの速度で解けているか、さらにそれがインドや中国、ネパールの水供給に及ぼす影響について報告した²。ネパールの気温は、過去数十年間にわたって着実に上昇しており、気候変動モデルの予測では、2050年までにさらに1.2℃、2100年までに総計で3℃上昇するという。その結果、氷河湖はその数も大きさも増大しつつある。

中国甘粛省蘭州にある寒区旱区環境与工程研究所（CAREERI）の雪氷学者 Ninglian Wang は「ほとんどの氷河が後退しており、氷河湖はより多くの水を保持しなければならなくなっている」と話す。ネパールの氷河は、10年間あたり30～60メートルの速度で小さくなっている⁴。

中国科学院青藏高原研究所（北京）のTandong Yao 所長が集めたデータによると、ヒマラヤ山脈のチベット側では、1950年から1980年までに氷河の50%が後退した。そして、この数字は1980年代には90%に、1990年代には95%にまで進んだ²。中国で解けた氷河から流れ出る水量は現在、黄河の年間流量にほぼ匹敵する。

気候資源の専門家であるサウサンプトン大学（英国）のNigel Arnell は「解けつつある氷河は、気候変動を示す最も説得力のある証拠の1つだ」という。しかし、チベットにおける土地の荒廃の原因などを示すデータとなると、明確な話を描くのはむずかしくなる。

2005年夏、環境保護団体「グリーンピース」がスポンサーとなり、CAREERIの研究チームが黄河源流域で縮小している氷河と湖を調査した³。黄河の源はチベット高原で、数多い中国人の重要な水資源だ。研究グループの調査で、この地

域では植生が毎年3～10%減少していることがわかった。もし、気温が現在の速度で上昇し続ければ、利用できる水量は今後50～100年で20～40%減り、小麦、米、トウモロコシを含む農業の総生産高は2030～2050年までに10%減少すると研究チームは予測している。

荒れる土地

しかし、土地使用に関する問題、とくに過度の放牧の問題が事態を複雑にしている。地元の人々は、土地の荒廃の責任の一部は自分たちにもあるという考えを受けつけない傾向がある。たとえば、揚子江の源近くに暮らすチベットの家畜放牧者たちはWWFの研究者に聞かれた際、放牧地の量と質が荒廃したのは気候変動のせいだとかたくなに主張した。彼らは、ネズミなどの動物による病気の蔓延が増えたのも気候変動のせいだとした。中国科学院のメンバーが加わってまとめられた続報レポート²の主な結論の1つは、過度の放牧が生態系を破壊したという考えの誤りを正すことだった。

しかし多くの科学者たちは、過度の放牧が植生の減少の重大な原因だと考えている。問題は、ではどれほどがその原因に依存するのかということだ。この問題は、気候変動によって起こった変化を見積もろうとする場合に直面するむずかしさを示している。専門家たちは、この地域のデータの大部分は不確かな調査によるものであるとして、この種の証拠に頼りすぎることがないように戒めている。英国気象庁の上級特別研究員Martin Parryは、「この地域の研究は厳密ではないことが多い」と指摘する。さらに彼は「もし、気候の変動量を見積もることができたら、今日の農業への影響を調べることはできるだろう。しかし、将来の農業はまた別の話だ。社会的、経済的、政治的な変化を考慮に入れる必要がある」と話す。

地元政府は時折、気候変動の影響をやわらげようとする施策を行ってきた。中国政府は2005年2月、揚子江と黄河の源流地域の保護計画に75億元（約

1100 億円) の予算を配分した。「政府は土地荒廃の問題を解決するため、チベットの家畜放牧者の多くをよそに移す計画を考えているようだ」と Li は話す。しかし、そのような方法は財政的にも、文化的影響という点からもあまりに犠牲が大きいだろう、と彼は主張する。そして、「人々を移動させるよりも、土地の生産性を向上できないか考えてみるべきだ」と話す。たとえば、よりたくましい種類の草を植えることや、灌漑を改善するといった方法が考えられる。

枯れる井戸

氷河湖の脅威への対処については、その費用を用意できるとすれば、もう少し簡単な話となる。オランダは 300 万ドル(約 3 億 6000 万円) を費やし、ネパールの最も危険な氷河湖の 1 つであるツォ・ロールパの排水事業を 1998 年から行った。しかし、「この対策で水位は 3 メートル下がったが、猶予は一時的にすぎない。湖はすぐに雪解け水でいっぱいになりそうだ」と Agrawala はいう。

ネパールの状況を調査した OECD の新しい報告書は、地域の集落が直面している危険に対処するためには、洪水の早期警報システムなどの手段が必要だと提案している⁴。また、大きな発電所を 1 つだけ作っても、1985 年に起こった洪水のように 1 回の湖の決壊で押し流されてしまう恐れがある。より小さな水力発電所を複数の川に分散して建設すべきだ、と報告書は提案している。

こうした解決法は、多面的な問題に対するひとつのアプローチにすぎない。地域の政策立案者は、地球温暖化にどう対応するか考える一方で、社会的、経済的な問題にもうまく対処しなければならない。「気候変動に関しては、さまざまな懸念が取りざたされている。しかし、どうすればそこに国の政策立案者の目を向けさせ、対策に取り組んでもらえるのだろう」と Agrawala は嘆く。

国連気候変動枠組み条約の締約国会議が、カナダのモントリオールで 2005 年 11 月に行われた。この会議で話し合

J. NOVIS/GREENPEACE

われた「適応基金」が、ヒマラヤ山脈の問題に対する 1 つの対応策となるかもしれない。このしくみは、干ばつが起こりやすい国や山岳地の生態系を抱える国など、地理的に気候変動による影響が大きい発展途上国へ、資金や保険、技術を供与するものだ。

中国がこれからどのような援助を受けるかはわからないが、ここでは今後起こりうる事態の一端がすでに現れつつあるといえるのかもしれない。揚子江の源流に近いクラマ依市では最近、井戸が枯れ、小さな川が完全に消えた。気候学者が正しければ、こうした水不

足はヒマラヤ山脈周辺で今後起き始めることの前兆なのだろうか。 ■

David Cyranoski は、ネイチャーのアジア・パシフィック担当記者。

1. Barnett, T. P., Adam, J. C. & Lettenmaier, D. P. *Nature* **438**, 303-309 (2005).
2. WWF Nepal Program An Overview of Glaciers, Glacier Retreat, and Subsequent Impacts in Nepal, India and China (WWF, 2005); available at http://www.panda.org/downloads/climate_change/himalayaglacierrreport2005.pdf.
3. Ding, Y., Liu, S., Xie, C., Zhang, Y. & Wang, J. *Yellow River at Risk: An Assessment of the Impacts of Climate Change on the Yellow River Source Region* (Greenpeace, 2005); available at http://activism.greenpeace.org/yellowriver/yrs-english_web.pdf.
4. Agrawala, S. (ed.) *Bridge Over Troubled Waters: Linking Climate Change and Development* (OECD, Paris, 2005).