

ブータンと、その地質調査のこぼれ話など

茂木 睦¹⁾

チベットが中国に、シッキム王国がインドにそれぞれ併合されて、ただひとつ残されている密教王国のブータンであるが、年間5,000人程度の観光客しか受け入れていない小国のわりには、案内書や紹介記事がかなり多い。

一般的な情報はそれらの図書にゆずることとして、1996年に出版された1994年の統計年報で公表された数字などを、まず紹介しておきたい。

人口は58万2,000人

1970年代に国連に加盟したとき、ヨーロッパ人のコンサルタントのすすめで、100万人という推定人口を提出し、以後人口増加率を乗じてきたため、一部の図書では150万人と書かれているが、1994年のセンサスの結果、前記の数字が確定された。

平均余命は男は65.9歳で、女は66.1歳である。

動物性蛋白質の摂取量が、アジアでもトップクラスに多いこともあづかかってか、この平均余命は近隣諸国の中では最高である。私の家の大家は毎年10



写真1 農家の庭で干し肉を作っているところ。右手前は内蔵。奥はだしをとるための砕いた骨を干している。

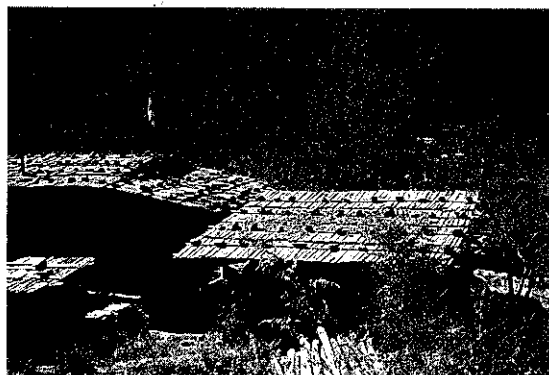


写真2 伝統的な屋根の民家。秋には屋根にトウガラシを一杯にひろげて干している。

月から11月にかけて、牛肉とヤクの生肉（高級品である）70kgを乾燥肉にしていた。この乾燥肉を冬季2・3ヵ月の間に家族4人で消費し、そのほかにも毎日トウガラシと野菜のチーズ煮をたべているから、蛋白質摂取量は相当なものである。

なお、主要な都市近傍では冬でも野菜が育っているのに、野菜も乾燥して貯蔵している。肉だけでなく野菜まで乾燥しているのは、先祖がチベットに暮らしていた頃の文化の名残りであろうか。さらに一般の家には家財道具はほとんどないことや、夏の家と冬の家を持っていて、標高差2,000mほどの垂直方向の移動生活をしているのも遊牧生活のこの名残かもしれない。

鎖国はしていないが入国にはネック

まず、エージェントを通して日程を申告してヴィザをとらないと航空券を買えない。

普通の観光ヴィザならば5人以上のグループで、ひとり1日200ドルを払って宿泊・食事・乗り物・ガ

1) 前ブータン地質調査所派遣JICA専門家：
〒157-0062 東京都世田谷区南烏山2-7-11-306

キーワード：ブータン、概要、地質調査、資源地質



写真3 誇り高い自給農民は他人のために汗を流して金を稼ぐのを好まない。だからトレッキング・クルーはライセンスを持ったガイドにコック、キッチンボーイのほか馬6頭をつれた馬方がつく。クルーは3,400m地点でもブルーシートの屋根の下に寝ていた。

イドがブータン持ちという旅行になる。グループの人数が一人減るごとに費用が10ドル増えるので一人旅は240ドル/日となる。テントに泊まるトレッキングも同じ値段であるが、トレッキングの食事はかなりうまい。

ブータン政府との共同研究ならば、招待ヴィザと呼ばれているグラティスヴィザをもらえるので、1日50ドル程度の実費だけで済むが、後述するように共同研究の立ち上げは難しい。アメリカの地質家グループなどは、1日200ドルの観光ヴィザで入国し、主要道路沿い(これ以外は立ち入りできない)に花崗岩の調査をしていたが、これも2002年からは、あらゆる調査団はブータン政府の関係部局と研究の目的や内容を打ち合わせて了承をとらないと観光ヴィザも発行しないことになったので、実質的には研究者の自由な立ち入りは不可能である。

なお、観光シーズンは3・4・5月と9・10・11月の6ヵ月で、それ以外の6ヵ月は費用は1日あたり40ドル割り引かれる。乾季は10月から4月なので地質調査は12月から2月がおすすめである。

飛行場は2,200mの長さ

離陸したとたん山を避けて旋回するので、米国の大使の専用機は着陸できなかった。ブータン航空の小型4発ジェット機の定員は60名程度でバンコクとカトマンズから週3便しかない。



写真4 最も一般的な石器は石棒である。みじん切りのタマネギ、トマト、トウガラシをつぶして、塩と自家製チーズを混ぜてエゼという辛いサラダを作る。

ブータンの為政者のものの考え方

ブータン政府には研究を本務とする組織が全くないことから判るように、世の中に判らないことがあるのは当たり前であって、どうしてそれを判らせる必要があるのか、というのが基本的な立場らしい。だから共同研究しようという申し込みは、なぜ研究する必要があるのか、それがブータンにどう役立つかが明らかでない限り、たいてい無視される。

この考え方の中にはすべてを白日の下に引っ張り出して理解しようとするヨーロッパ文明の立場、つまり光の届く限りがフロンティアで、暗黒をなくすためにフロンティアを押し広げてきた人たちの“判っていないから調査する”という立場に対して、光も影も受け入れて、なぜ暗闇があってはいけないのかとするブータン側の考え方がみられる。

これを評価すれば、特別にフロンティアを探して進歩を計らなくてもいいじゃないか、ということで、世界で唯一の暗闇を暗闇として受け入れる文明、ヨーロッパ文明に対抗するカウンターカルチャーの一例、または典型がみとめられるとも言えるかもしれない。

滅亡しそうな部族の文化を詳しく調査し、記録してスミソニアンなどの博物館で保存してきた文化人類学が、滅亡についての処方箋を出さなくて滅亡を傍観していたと非難されるのと同じレベルで、ブータンにくる各国の調査団が踏み絵を突きつけられている。

博物学の立場から見れば、珍しい生態系とか博

物誌的な調査をした人たちは、植物園をつくるなどして、成果を調査される側に還元できないのか、ということになろう。

調査される側が、虫ピンで止められた昆虫のように珍しいモノとして観察されただけでは、調査者はヨーロッパ文明の先棒をかついでいる解剖者の立場にすぎないであろう。

というようなわけで、観光以外の目的での入国はかなりむずかしいが、著者が在動中は日本の地球科学関係の研究者には、半日程度の講演をお願いするということでグラティスヴィザを著者が手配して発行してもらっていた。家族と友達は業務にさえ優先する国なので、友達になれば信じられないほど融通のきく国でもある。

ほかに、島根県三隅町のように、町が手漉きの紙工場をブータンに作って技術指導をしてきたところでは、三隅町から訪ねてくる紙漉きの関係者たちには、ブータン政府の通産省からグラティスヴィザが発行されているとも聞いた。

専門家としてなにをやってきたか

かつて地質学の文明に対する寄与は、資源・安全・環境の3分野であると書いたことがある(茂木, 1979)が、ブータン地質調査所の業務も、当初は地下資源調査が重要視されてきた。しかし、近年のブータンにおいては頻発する地すべりでインドとの交通が途絶し、物資供給不足、物価高騰などの問題が、自給自足生活をはなれた都市住民の生活をおびやかしている。これにより資源調査とともに地すべりなど防災地質調査が重要となり、安全な道路線形や水力開発地点の選定などが、地質家に要請されるようになった。

途上国の常として地質家に求められる能力は、野外調査からコンピューターによるシミュレーションまで多岐に涉っている。ここでは私の調査がブータンに何を残したか、alternative technologyの例として二つだけのべる。

ブータンの主要輸出品の一つの合金鉄工場の裏山が崩れて、大量の土砂が工場裏の小川を流れ下り、小川の土手のコンクリートの護岸が破られて、溶融したフェロシリコンをながして固める工場の床



写真5 ブータンには多くの種類の橋があるが、長い橋はこのような構造が多い。山梨県の猿橋と同じ構造である(青年海外協力隊、小池 徹氏撮影)。

が土砂でおおわれるということが、何回も繰り返された。砂袋を大量に積み上げてはすぐ破られるので工場の移転も検討された。

調査したところ、その小川の流域全体が破碎された千枚岩で、今後も崩壊が続くと考えられたので、破壊されにくいフレキシブルな構造として斜面崩壊の発生地点近くから下流の数ヶ所に蛇籠を積み上げた。次の大雨で土砂は完全に蛇籠ダムを埋めつくしたが蛇籠は変形したものの土砂流出はなく、工場は何の被害もなかった。蛇籠の積み上げ方には工夫があったが、地元の材料と技術で完全に被害をとめたと言わざるを得ない。

日本の援助でつくった小規模水力発電所の導水管がクリープ性の破碎帯地すべりを横切っており、建設中にも30cmほど動いたが、何とかつないでブータン側に引き渡された。

その後、ほぼ3年ごとに導水管が破損して1年かけて修理し、2年運転してまた破損するという状態がつづいた。幅が100mをこえる破碎帯なのでブータンの予算ではコンクリートで固めることはできない。そこで竹を地表に敷き詰めて、その上にポリエチレンの導水管を通し、両側の安定している地点にポストを造ってワイヤーで導水管を引っ張った。

これで地盤が動いても導水管は地表に敷いた竹の上をすべるので破壊されず、発電所が停まることはないと考えた。

あとからの報告では設計どおりに建設されて問題なく動いているとのことであった。

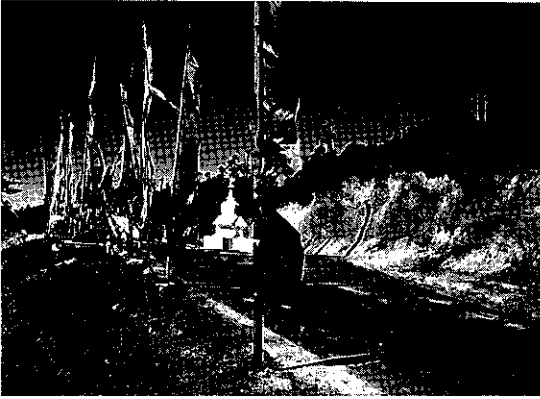


写真6 ヨトン・ラ(3,546m)には経文を書いた旗を立ててあり、チョルテンと呼ばれる佛塔がある。峠は異国との境である。植生はモミを主とする針葉樹林とヤクに食われて低い草丈の玉山竹。



写真7 峠からおりると照葉樹林で各所にみごとな棚田が見られる。写真はチラン県のチャン・チュウ(川)左岸の棚田。

これらのほかに地質調査関係の施策として、5万分の1地質図幅調査のほか、図幅単位のgeohazards mappingを開始し、調査は毎年継続されている。

また、JICAの機材供与と家内の指導でカード検索ができる図書館を立ち上げ、さらに採集した化石や美しい鉱物などをならべてミニ博物館もはじめた。コンピューターが上級の役人から払い下げられるまではカードで検索するが、それでも大進歩である。

受け入れ側のモチベーションの問題

ブータンには大学がないので、地質家は留学帰りであり、おもにインドで学んでいる。インドの大学では教官の指導が、過度に行き届いており学生は与えられた本の指示された部分を読んで、指示されたようにレポートを書けば良いという“spoon-feed”方式が修士課程まで続き、地質学は実習がなく黒板で“理論地質学”を学ぶとのことである。

そのためか、新卒には一部の例外をのぞいて野外調査の能力は期待薄であり、地質調査のポイントを現場で教えても理解されないこともあった。インド以外の国に留学した学生は、地質調査の実習を経験しているので指導しやすい。

途上国の常として大学卒は新人とはいえ、えらばれた公務員である。したがって、テント生活をしていても9時にならないと調査には出ないし、よほどのことがない限り15時頃にはテントに帰って昼食をとり、あとは休息である。出張先では人夫として親戚を雇い、仕事は予算消化のために時間をかけ

てやるというような、途上国の役人によく見られるような悪弊がブータンでも散見されるようになってしまった。

交通事情 東と西と水系と峠

ブータンの中心となっている各県は、国の中央を東西に走る国道、通称“ラテラル・ハイウェイ”によって結ばれている。各県の中心都市はそれぞれ異なる河川沿いにあり、各河川の流域を境する分水嶺は標高3,000mを超えることが多いため、ひとつの県から次の県にゆくには、3,000mをこえる峠をこえることにもなる。

数字でみると、東西国道の最も西はインド軍が中国を警戒して駐留している町、標高2,200mのハで、そこから3,740mのチェレ・ラ(ラは峠)を越えて、2,200mのパロ町と2,350mの首都ティンブーを経て3,100mのドチェ・ラを越え、1,200mのウォンディポダン町、3,300mのペレ・ラ、2,250mのトンサ町、3,546mのヨトン・ラ、2,600mのプムタン町、最高の峠3,779mのトムシン・ラを過ぎて、600mのクリチュウを橋で渡り、1,500mのモンガル町、さらに2,250mのコレ・ラをへて、最東端の1,080mのタシガン町に達するというようにアップダウンが激しい。したがって首都のティンブーから東部の中心都市タシガンまでは直線距離は約200kmであるが、きわめて悪い道路事情もあって自動車で3日かかり、この道路事情が時には経済開発や政治的安定のさまたげとなっているようにみえる。



写真8 チェレ・ラ(峠)の北部、標高3,950mに立つ筆者。足許には高山植物の花が咲いている。谷底の村は標高2,200mのハ(Ha)の町はずれで、鉛垂鉛の鉱山地である。後ろの山は石灰石・ドロマイトで怪神が棲むという。

国道から離れたら歩くしかない。田舎では距離は歩く日数で表すのが普通である。

これらの峠についてみると、最も西のチェレ・ラでは表土が浅く岩盤の露出も見られ4月から10月までたくさんの高山植物のお花畑が見られるが、ほかの峠は厚い風化帯と鬱蒼とした針葉樹林である。

また、ブータンの河川断面形をみても、急流部を挟んだ上流と下流の標高差は、西で大きく東では小さい(Motegi, 1998)。これらはヒマラヤの隆起が西から東へと及んだものと解される。

なお、水系について一番目立つこととしては、ネパール東部のアルン川からブータン東部のクリチュウまでの約400kmの間には先行河川がなく、すべての川がヒマラヤ山脈の南側だけを流れてきていることであろう。

一般的に理解されているように、ヒマラヤの隆起が西から始まったのなら、西から東への変化は



写真9 お花畑で咲いていたウスユキソウ。

時間軸に対応しているはずである。そう考えて良ければ、ヒマラヤ2,500kmの隆起が約5,000万年に相当しており、東のブラマプトラ屈曲点をゼロとして比例計算すれば、クリチュウまでが約1,000万年であり、アルンまでが約1,800万年となる。

乱暴な議論かもしれないが、アルンとクリチュウの400kmの距離は、“中部中新世の800万年はヒマラヤの隆起が急激だった”ということを示すかもしれない。

資源地質のまとめ

金属鉱物

金属鉱物資源の分布はレッサーヒマラヤに限られており、ブータンではBuxa層群の最上部の石灰岩・ドロマイトの中に層準規制型の鉛・亜鉛を主とする鉱床があるが、東隣のアッサムではBondila層群最上部の石灰岩質のChelliepan層の中、西隣のシッキム・ダージリンではBuxa層群の中(Gan-gopadhyay and Sibsadhan Ray, 1978)にもそれぞれ層準規制型の鉛・亜鉛を主とする鉱床があり、ネパールでは主中央衝上断層(MCT)の直下に同様な鉛・亜鉛鉱床がある。

ブータンで探鉱された鉛・亜鉛鉱床はwollastoniteなどのスカルン鉱物をともなうこともあるが、同一の層準を追跡すると同種の鉱床が胚胎しているほか、硫化鉱物が層理面に平行に並んでいるなど、明らかに層準規制型の鉱化作用である。品位は鉛・亜鉛合計で約10%で、鉱量は約300万トンであるが大部分は酸化鉱である。なお生成温度に関係する閃亜鉛鉱の色はアメ色から黒色まで多様であるが変化の規則性は調査していない。



写真10 入浴準備の親子。左下に浴槽が埋め込んである。右では焚き火で石が加熱されている。

鉄鉱床としては、ブータン東隣のアッサムでは Bondila 層群の中部の Tenga 層の中に、厚さ 2mm から 4mm の縞状を呈する鉄鉱層がある (Gopendra, 1997)。最近 (2000 年) になってブータン南西部の プンツォリンの東部で縞状鉄鉱層が発見された。これらの下位には緑色岩層があるが、その中の金の有無については調査されていない。

スカルンタイプの鉄鉱床も、チュカ水力発電所近くで 2001 年に発見されている。

銅の鉱化作用は シッキム・ダージリンに多金属の層準規制型鉄床 (Gangopadhyay and Sibsadhan, 1978) があるほか、ブータン南西部などでも知られているが、いずれも小規模な層準規制型鉄床か石英脈である。

タングステンは Scheelite として優白色花崗岩にともなっており、ブータンでは 1990 年代初頭に精力的に探鉱されたが低品位であった。このタイプの鉄床には Tourmaline や Beryl をともなうことが多い。

金は、ヒマラヤを越えてチベットから流れてくる クリ・チュウ (チュウは川をしめす) で、漂砂鉄床が探鉱されたが 1gr/t に満たない低品位であった。

ブータン中央南部の山麓近くには、カーボナタイトといわれるブータン最大の多金属鉄床地があるが、その付近にはブータンに立ち入って駐留を続ける大義名分を得たいインド軍が、中国が支援しているともいわれるアッサム独立義勇軍を、噂では故意に追いこんでいるいるため、現地調査はできない。

非金属鉄物

非金属鉄物については富樫 (1995) が詳しくのべているが、石膏・石灰岩・ドロマイト・屋根用のルー

フィングスレートなどが主なものである。

最近になってルビー、サファイア、ベリルなども発見されている。

温泉

ブータン人は南アジアでは珍しく熱い風呂が好きである。一般に冷鉱泉や湧き水を木の浴槽に引いて、その中に焚き火で赤熱した岩石を入れて 40℃ くらいの湯にして入浴する。だから温泉は珍重され、一般に小屋がけしてあって村人の利用に供されている。

このような温泉はブータン中央部のウオンディポダン県北部からプナカ方面に、ほぼ南北に延びている優白色花崗岩体にもなう温泉が 46℃ から 48℃ とやや高温であり、シリカは 50ppm 程度である。おそらく花崗岩が熱源であろうと考えられる。なお Na は 90ppm 程度であった。

この岩体は南北系のグラーベンによって南に張り出しているテチスと片麻岩との境界部に位置している。この地区の温泉のうち最も有名な温泉観光地のガサでは、温度は 42℃ で、シリカは 35ppm、Na は 1,700ppm であった。

南部山麓のグレフ地方にも主中央衝上断層 (MCT) にもなう温泉がある。シリカは 32ppm で Na が 71ppm という報告があるが温度のデータはない。

このほか、北部国境付近のテチスの中の温泉はガンサーの地質図 (Gansser, 1983) に記入されているが、温度や成分についてのデータはない。

文 献

- Gangopadhyay, P.K. and Sibsadhan Ray. (1978): Structure of Gorbathian Area, Darjeering District, West Bengal, with Special Reference to Rock Types and Lead-Zinc Occurrences. *Himalayan Geology*, 8, Pt. 1, 323-342.
- Gansser, A. (1983): *Geology of the Bhutan Himalaya*. Birkhauser Verlag, Basel. 181p.
- Gopendra Kumar (1997): *Geology of Arunachal Pradesh*. Geol. Society of India, Bangalore. 217p.
- 茂木 睦 (1979): 地学からの資源論. *地学雑誌*. 88, no.4. 246-259.
- Motegi, M. (1998): *Physiographic Study on Bhutan*. *Bhutan Geology*, No.1. p1-5. Geological Survey of Bhutan.
- 富樫幸雄 (1995): ブータンの工業用鉱物資源とその開発. *地質ニュース*, no.485, 29-40.

MOTEGI Mutsumi (2002): *Stories about Bhutan and Geology Related Environment*.

<受付: 2002年2月8日>