

ボリヴィア，タリハ溪谷住民造林・浸食防止プロジェクト

—南米の土壤浸食の1 典型—

田 畑 卓 爾

1. タリハの光景

1978年，ボリヴィア国タリハ盆地に日本から化石の発掘に來た調査団の団長，高井博士は，タリハの光景をその報告書の冒頭にこう書き残している。

「タリハ盆地はボリヴィアの首都ラパスより南へおよそ1,000 kmのところにあり，その中心にブドウ酒の産地として，また風光明媚で知られる州都タリハ市（海拔1,950 m）がある。盆地は南北約70 km，東西約40 kmに広がり，東西2部分に分れている。裸出した岩山に囲まれ，盆地底にはアカシアを主体とする疎林の間にサボテン類が生える台地に深い雨裂が刻まれ，河系に沿う部分はとくに著しく浸食されて土柱の林立する壮絶な風景となっている。」と。

市内の公園やコロニア風の建物，市中を流れる乾季のGuadalquivir川，盆地を取巻く山並みなどを見ている限りでは風光明媚なのだが，一歩町を出てみ

るタリハ盆地の光景は激しい土壤浸食によりまさに壮絶としか言い様がない状況を呈する。タリハ市のすぐ街外れには深く切れ込んだ谷が迫っているし（写真1），5～6 kmほど離れた高台から見る光景は想像する火星の地表や月面を思わせる荒涼たる景色である。さらに山側に入ると道路脇にもおどろおどろしい浸食地が延々と続く



写真 1 街外れの谷

TABATA, Takuji : The Afforestation and Erosion Control Project in the Valley of Tarija, Bolivia

JICA タリハ溪谷住民造林・浸食防止プロジェクト派遣専門家

(写真 2)。

筆者は2年ほど前、今のプロジェクトの調査員としてこの地を訪れるまで迂闊にも南米にこのようにひどく砂漠化や土壌浸食の進んでいる地のあることを知らなかった。それまでも地球上でもっとも乾燥の厳しいと言われるアタカマ砂漠のことや、アマゾンなどの熱帯林の伐採が進み気候の変動

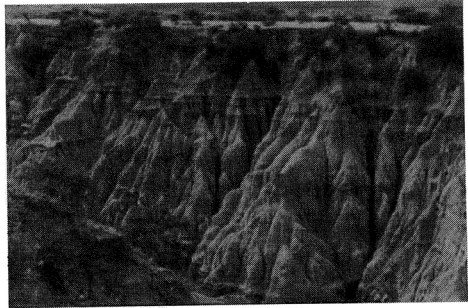


写真 2 道路沿いの谷の浸食状況

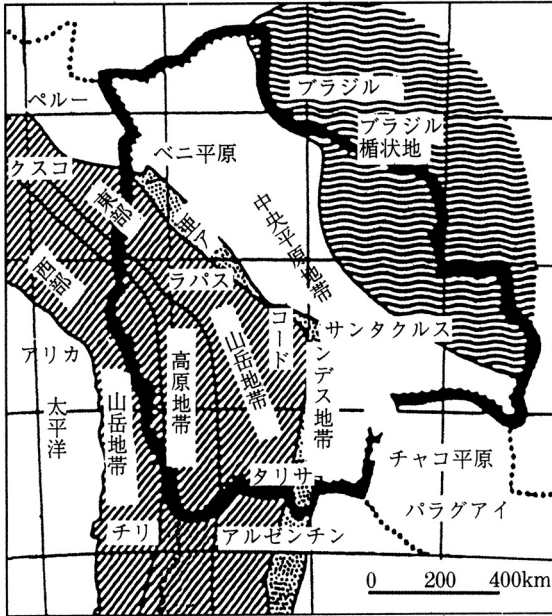
まで引き起こしかねないことは本で読んで知っていた。しかし未知の国ボリヴィアはアンデスの山懐にありコンドルが悠然と蒼空に舞い、緑豊かともではないいまでも漠然と砂漠化とは無縁の国というイメージを持っていたように思う。しかし現実には、現在ボリヴィアは国土の約40%が砂漠化の危険に曝され、なかでもその代表的な地域がこのタリハ県タリハ盆地だという。

2. ボリヴィアの地形・地質とタリハ盆地の位置

タリハ盆地を紹介するには、まず日本の約3倍の面積を有し、地形や地質、気候等で多くの変化に富んでいるボリヴィア全土の概略についての紹介が必要であろう。以下に、その中で大きな位置を占めるアンデス山脈（ボリヴィアの南西側約2/5の面積を占め、その中にタリハ盆地もある）を中心に簡単に紹介したい。

ボリヴィアは通常、地形的に以下の4地帯に大別されるが、それぞれの地帯は地質条件を反映している（図1）。

(1) **アンデス地帯** (Los altos andes) 有名な Gondwana 大陸から南米大陸がアフリカと分れて移動を始めたのは今から約2億年前、という気の遠くなるような昔のことであったようだ。最近の研究によればこの西進する南米大陸の乗っているプレートと太平洋側から東進するナスカプレートが激突し、ナスカプレートが1歩譲って南米プレートの下に潜り込み、そのため激突した地点に大きな溝（ペルー～チリ海溝、深さ約6,000～8,000 m）を残した。と同時に南米大陸もその西端が押し上げられ、全長7,200 km に及ぶ長大なアンデス山脈の原型が出来たと考えられている。南米大陸とナスカプレートの衝突は現在までも続いており、アンデス山脈はその影響による幾度かの隆起運動やブラジル楕



(竹田原図, 一部改変)

図1 ボリヴィアの地形的分帯

ゆるアルティプラノと呼ばれる高原を形成している。北端にラパス、チチカカ湖を有し南部は殆ど塩で覆われた砂漠状の不毛地帯である。ボリヴィアの人口の約40%が住み伝統的農牧業を営んでいる。

東部山岳地帯 (Cordillera Oriental) アンデス地帯の東側で厚さ6,000mに及ぶ古生代の岩類を主とし南部ではその古期岩類を白亜系が不整合に覆っている。この地帯には多くの鉱山がある。また中央南部にはバリエス (Valles) と呼ばれる緩やかな丘や広い谷が続き、谷沿いに山間盆地が幾つかあり気候も温暖で農産地帯を形成している。このボリヴィア領の南端にタリハ盆地がある。

(2) **亜アンデス地帯 (La Faja subandina)** アンデス地帯の東側に高度1,000~2,500mの褶曲山脈帯がある。この地帯は一般に古生代の岩類と第三系からなりサンタクルス付近で幅が非常に狭くなっている。この地帯にはボリヴィアの石油・天然ガスの生産地があり、県の一部が同地帯に掛るタリハもそれらを産する。

(3) **中央平原地帯 (Las bajas llanuras en el centro)** 亜アンデス地帯の東

状地の影響(後述)でほぼその中央部分にあたるボリヴィア領内付近では複雑な地形になっており、以下の3地帯に分れる。

西部山岳地帯 (Cordillera Occidental) ボリヴィアの西端に位置し、一般に火山帯に属し活火山も多く、高度は6,500mに達する。

高原地帯 (Altiplano) 平均高度は約4,000mで中世代から新世代にかけての碎屑岩類が10,000m以上も堆積し、いわ

側に接し主として第四系が発達する。北部のベニ (Beni) 平原は熱帯性の森林で覆われ沼沢も多いが、南部のチャコ (Chaco) 平原では刺のある草本類や低木類が生育する。中間にあるサンタクルス付近では大規模な農業も行われている。

(4) **ブラジル楯状地** (Las colinas del Escudo Brasileiro) 東北部に位置するゆるい起伏の丘陵地帯で高度は一般に 700 m 以下であり先カンブリア系という極めて古い岩類からなっている。アンデス山脈は赤道側から北西～南東方向に連なっているが、この楯状地が張出している影響でボリヴィア領に入る辺りから南北方向に転ずる。この 17°S 付近の方向転換点はアリカーエルポー構造線と呼ばれこれを境に山脈は北部と南部で上昇隆起運動の差が生じ地質条件が異なる。

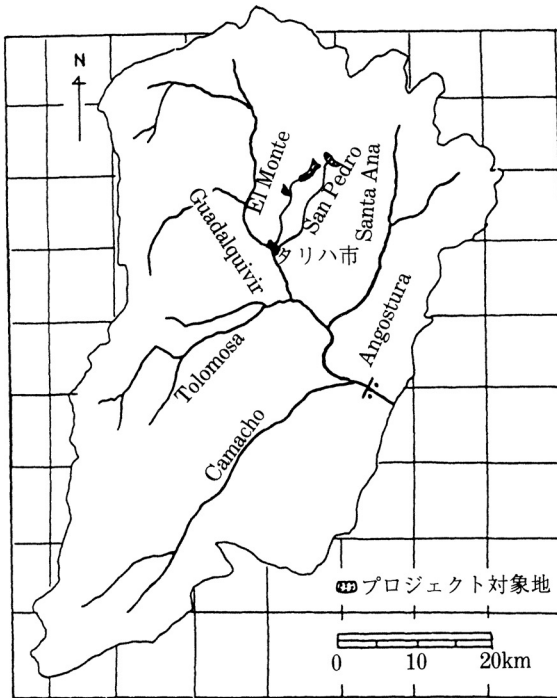
3. タリハ盆地の生立ち及び概況

タリハ盆地は、アルゼンチン、パラグアイと接するタリハ県 (ボ国の南端, 9 県中最小県, 国土の約 3%) の西側に位置し, 21°13'S~22°04'S, 64°24'W~65°03'W の間に挟まれた標高 2,000 m 内外の山間盆地である。西側には 4,000 m 級の, 東側には 3,000 m 級の急峻な山系が連なる。水系は北から南に流れる Guadalquivir 川と南から北に流れる Camacho 川が本流で, その両河川に多くの支流が流れ込む。これらの川は盆地を出て最後は La Plata 河に合流する。面積は約 334,000 ha, うち低地帯は約 113,000 ha, 高地帯は約 221,000 ha である (図 2)。

盆地内はオールドビス～デボン系の大きく褶曲・傾動した基盤の上に洪積世中期・末期のものと推定されているタリハ層群が不整合に乗っている。この不整合の見られる露頭は市内の切り通しなどでも見ることができる。全層厚は 170 m 以上と考えられ 3 層に分れている。上部層は灰白色シルト・中粒砂・凝灰岩などの互層で層厚 30 m, 中部層は青灰色シルト・中粒乃至粗粒砂・凝灰岩などの互層で層厚 40 m, 下部層は礫・赤色粗粒砂・凝灰岩などの互層で層厚 100 m 以上と推定されている。

余談になるがタリハは 19 世紀頃から哺乳類の化石の産地として有名で上部・中部層から多くの化石が発掘されている。最近も街外れのある家で増築しようとして裏庭を掘っていたところ象の化石が現れた (写真 3)。この象は胴長・短足の現在は絶滅した種で、日本から研究者が来て発掘に当たっている。

タリハ層の堆積は古生層からなる山間盆地の淡水湖から始まったと考えられ



(基礎調査報告書より、一部改変)

図 2 タリハ盆地の河川及びプロジェクト対象地

ている。土地の人はかつては盆地全体が湖で、ある日突然 Angostura と呼ばれる天の岩戸のような割れ目ができ、そこから湖水が流れ出し現在の盆地が形成されたと信じており、ドラマチックで面白いのだが実際には水深の深い大きな湖が存在した事実は無いようである。気候変動に伴って湖面の縮小拡大、上昇下降が頻繁に起こったと考えられ、また山地全体が隆起して断層運動も伴い水路が形成され浸食が進行したようだ。

4. 盆地の土壤浸食

土壤浸食の凄まじさはとても筆者のよく記述できるところではないが、数万 ha にわたる土壤浸食の大規模展示場のようなもので、いずれも本物からみればミニサイズとは言え黄土高原風あり、グランドキャニオン風あり、カップドキア風までありで、様々な種類の浸食がその程度も含めて一通り揃っている。



写真 3 マストドン の 1 種、美人は博物館職員

元来盆地が主に湖沼堆積物であり、更に地形、気候変動など浸食が起こりや

すい自然的要因が多かったとしても、人間の営みが浸食を進めてきたことも否めない。タリハ盆地の土壤浸食は17世紀からのアンデス山系東縁の鉱山開発に伴う森林伐採から始まったようだ。タリハは近くのポトシを始めとする鉱山への食料供給地として重要であったし坑木も供給していたと言われる。この間の森林の衰退をうかがわせる文書が残っている。18世紀から19世紀にかけてフランシスコ会派の神父が書き残したもので、1794年、Mingo 神父は「…カラマの裾野から溪谷を飾る Tipa (*Tipuana tipu*), Quebracho (*Aspidosperma quebracho-blanco*, *Schinopsis* spp.), Cedro (*Cedrela* spp.), Pino del Cerro (*Podocarpus parlatorei*), Nogal (*Juglans boliviana*), Ceibo (*Erythrina cristagalli*), Tarco (*Jacaranda* spp.), Sauce (*Salix* spp.), Molle (*Schinus molle*), Churqui (*Acacia caven*) の深い森が見えた」と記しているが、その約100年後、1884年に同じ会派のCorrado 神父は「…人間の強欲と家畜の食害によって、素晴らしい自然が少しずつ崩壊していった。今は乾いた土、深い崖、刺の茂み…わずかに自然の豊かさを見せるのは Churqui と Algarrodo (*Prosopis* spp.) と Molle である…」と記している。まあ我々から見ればこの破壊の元凶は強欲な自分達スペイン人ではないのか、と言いたいところだが。その後も家畜の過放牧、不適切な耕作(テラスなど造らない斜面なりの耕作)、薪炭材の濫伐などが重なり悪循環に陥っており、荒廃は益々進行しつつある。しかし貧しいこともあり(南米一の最貧国)改善は仲々難しいのが実情である。このような悪循環による荒廃の進行はボリヴィアのみならず、最近は中南米の各地で発生しており、大きな社会問題となっているようだ。

この盆地の荒廃の改善及び農民の生活向上を図るため1978年、政府はPERTT(タリハ県土地改良計画公社, Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tieras en el Departamento de Tarija)を創設しFAO, GTZ, EUなどの協力を得て事業を展開している(PERTTは現在、タリハ県に移管されプロジェクトのC/P機関となっている)。

PERTTが盆地の土壤浸食状況を調査した資料を表1に示す。空中写真から推定したもので、平地では既に80%近くが浸食を受けている。1980年代の資料と見られるので現在はもっと浸食が進んでいると思われる。また年間の浸食の速度は平坦地1,170 ha/年、山間部541 ha/年、農耕地100 ha/年としているが、これも現在はもっと進行速度が速まっていると思われる(農耕地については300~400 ha/年という資料もある)。

表 1 タリハ盆地の土壌浸食状況

区 分	面 積		浸食を受けている面積		浸食を受けていない面積	
	ha	%	ha	%	ha	%
平坦地	113,426	33.96	87,950	77.54	25,476	22.46
山間部	220,574	66.04	29,752	13.49	190,822	86.51
計	334,000	100.00	117,702	35.24	216,298	64.76

PERTT 資料（調査年不詳）より

5. プロジェクトサイトの状況

プロジェクトの対象地はボ国からの要請，JICA 事前調査団の調査等によりそれまで手の付けられていない El Monte, San Pedro の両流域と決められた。両流域は約 9,000 ha あるがその大まかな構成は奥地山岳地帯が約 3,000 ha，中流域の農村地帯が約 800 ha，放牧地が約 1,000 ha，下流域の荒廃地が約 4,200 ha というところである。下流域の荒廃地 4,200 ha はあまり浸食が進んでいるため既に農耕地は放棄され放牧がわずかに行われている状況なので最初からプロジェクト候補地から外し，中流，上流部に浸食の激しい個所，中位の個所，まだあまり浸食の進んでいない個所の 3 個所，約 250 ha（うち実際のモデル事業実行面積は約 190 ha）を選んだ。各個所には農牧を主とする 20～30 戸の部落がある。

タリハ盆地の気象は地域によってかなり異なるが両流域の気温，雨量等はおよそ表 2 のようである。夏雨型で乾季と雨季が明瞭にある半乾燥地であるが，降雨が雨季に集中すること及び 1 日の雨が比較的短時間に降ってしまうため土壌浸食（水食）には大きな営力となる。また地表植生が極めて貧弱なため表面浸食が著しく進行し，現在では既にリルさえも少なく深いガリから渓谷浸食に進んでいる（写真 4）。また保水機能も極めて低いため降雨数時間後には河川下流部には崩壊や洗掘による土砂を大量に含んだ泥流が氾濫する（写真 5, 6）。

浸食は谷頭浸食が著しいが，リルからガリというタイプよりも雨水が一寸した窪地から垂直方向に円筒形に浸食を起こし（底部が釣鐘型になる場合もある），それが地中のやや堅い層で水平方向に転じ，いわゆるトンネル型浸食（地中水浸食）となり，ついには上部が崩壊し大きなガリとなる浸食が非常に多く

表 2 エル・モンテ, サン・ペドロ両支流の気象

測候所名; EL TEJAR 'U'; 所在地; TARIJA 市 (21°33'S, 64°48'W, 標高 1,859 m)
観測期間; 1970~1998 年

月	月平均 気温℃	平均最高 気温℃	平均最低 気温℃	平均降霜 日数	月平均 雨量 mm	平均降雨 日数
1	21.0	27.3	14.6	0	135.8	15
2	20.4	26.8	14.0	0	109.8	13
3	20.2	26.7	13.5	0	87.5	11
4	18.5	26.1	10.8	0	23.5	5
5	15.7	25.6	5.9	2	3.9	1
6	13.7	24.8	2.7	8	1.1	0
7	13.6	24.7	2.5	9	1.1	0
8	15.2	25.6	4.8	4	3.0	1
9	16.9	26.2	7.6	1	5.7	3
10	19.3	27.5	11.1	0	33.7	6
11	20.2	27.4	13.1	0	79.0	10
12	21.0	27.2	14.4	0	129.8	14
年平均	18.0	26.4	9.6			
年合計				24	608.8	79

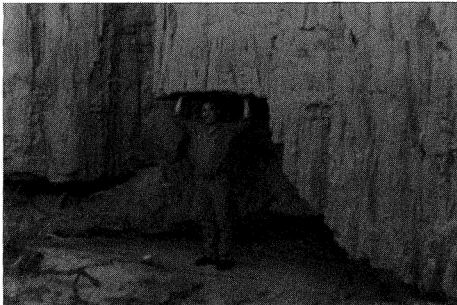


写真 4 El Monte 川の溪谷浸食

見られる。そのため谷頭も馬蹄形になり垂直に深く掘れている(写真7)。この馬蹄形も浸食の激しいところでは1個所ではなく梅の花びらのように連続して落ち込んでいるところもある。この円筒型の浸食をこちらでは筒型(Tubular)浸食と呼んでいるが、垂直、水平方向の浸食ともに非常に強力なためわずかに残っている

Churqui その他の根系が縦横に張っているところでも簡単に貫孔、浸食されてしまう。あまり浸食が激しいので分散性土(日本には無い土壤で水に非常に浸食されやすい)の存在が心配されたが今のところ確認はされていない(写真8)。

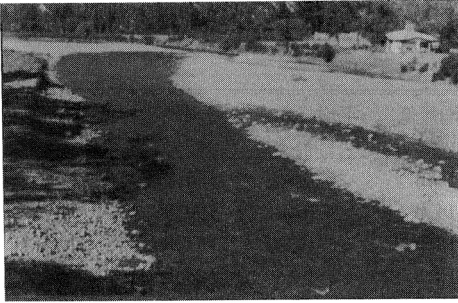


写真 5 乾季の Guadalquivir 川

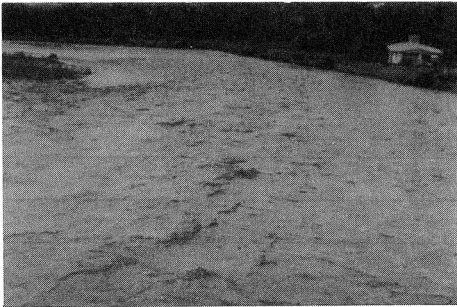


写真 6 雨季の同上川，同地点，降雨数時間後

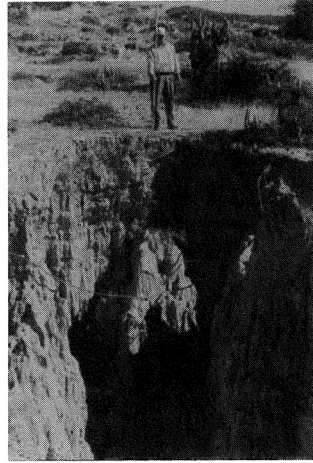


写真 7 馬蹄形の谷頭

6. 何をやるのか

プロジェクトは98年10月から4人のメンバーで開始されたが、200年以上も掛けて壊した極め付きの土壤浸食地で5年やそこらで一体何をすれば良いのか、また出来るのか、まさに「…どうすりゃいいの…」というのが本音である。強いて言えば、ここで何かやろうとすれば、少し大げさかも知れないが現代の愚公たらざるを得ないのだ。もっとも愚公は「山を移さん」としたが、当地では山は黙っていても「移ろう」ので山を止めなければならないのである

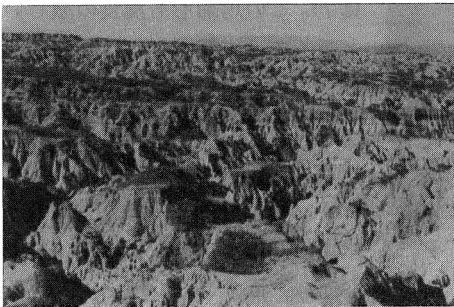


写真 8 チャキの丘からの昼間の展望

が。

プロジェクトの第1の主題は浸食を止められないまでもまず何とかそれを軽減することである。そのために砂防と灌漑貯水兼用のアースダムを造り谷頭に

は石積みダムや浸透溝を造るほか、テラスを切って浸食を弱める。また家畜を締め出すフェンスを張り植生の回復を図り、在来種を中心に造林し緑化を図るなど色々考えている。しかし、たまたま今年2月、40年ぶりという雨で既設ダムが2基決壊（写真9）したので、現在は「壊れにくいダム」の造成に主力を注ぐことにし、構造の改善、材料の選択、施工管理及び試験（堤体の締固め）の徹底などダム造成の改良・開発にまず取り組むことにしている。砂防ダムも日本ならコンクリートダムが殆どでアースダムなど考えもしないだろうが、当地では経費の嵩むものは全てダメなので、経験の無い分野にも踏み込まねばならず仲々容易ではない。



写真9 決壊した貯水ダム（'98年造成）

また住民の生活向上が極めて急務（砂防も結局そのために行うのであるが）なので砂防事業と平行してダムに水を貯め、テラスを切って畑を造成し灌漑を行うことにしている。幸い当地は気候が温暖なので灌漑を行えば良質の農作物、特に高価なブドウ栽培が期待出来るのである。その他アグロヤシルボの改良・開発も計画には入れているが5年程度のプロジェクト期間では成果は殆ど期待出来ないであろう。しかしこのプロジェクトは住民参加型で住民の人達、特に女性や子供達までが寒い冬でも、黒いか細い腕や脛を出して懸命に石を運んだり働くのを見ると我々も如何に難しくてもまた微力でも、何かしなければ、とってしまう。

筆者もあと100年も寿命が与えられれば少しは浸食の軽減が見られ、豊かな緑の盆地の再現を見られるかも知れないが、もう先が短いのでムリであろう。

現代の愚公を目指す後続者の出現を切に待望するものである。

【参考文献】 1) 高井冬二：タリハ盆地発掘哺乳類化石(1)、進化生物学研究所1980
2) 竹田英夫：南米アンデス地帯の地質と鉱床、地質調査所編地質ニュース217、1972
3) Ismael Montes de Oca：Geografia y Recursos Naturales de Bolivia 1997 4) 国際協力事業団：ボリヴィア荒廃農用地復旧造林基礎調査報告書1996 5) 国際協力事業団：ボリヴィア共和国 Tarija 溪谷住民造林・浸食防止計画長期調査員報告書1998
6) 国際協力事業団：ボリヴィア共和国における衛星データを用いた資源解析および環境解析1998 7) LIBERMANN, M. *et al.*：La Desertificación en Bolivia 1994 8)

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Bolivia: Mapa de Desertificación de Tierras 1996 9) Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Bolivia: Situación del Sector Forestal del Departamento de Tarija 1995 10) 国際大ダム会議フィルダム材料分科会: フィルダムの分散性土 1990 11) Tony MORRISON: THE ANDES (邦訳, 小堀 巖 監訳: 未踏の大自然/アンデス, タイム ライフ ブックス 1978) 12) FAO: Watershed management field manual, Gully control 1986 13) 八丁信正: 中南米における土壌浸食と保全対策, 国際農林業協力 20-5, 1997

図書紹介

◎熱帯雨林 岩波新書(新赤版) 624 湯本貴和著 カラー写真 4頁+x+205頁, 東京 1999 (価格 740円+税)

本書は、アフリカ、中南米、東南アジアなどの熱帯雨林を対象として長年にわたり研究に従事してきた著者が、さまざまな面から熱帯雨林の様相を語ったものである。

その特徴は、近年、世界各国でさかんになってきた「林冠生物学」の重要性と、東南アジアにおいてフタバガキ科樹種を中心として特異的に起こる一斉開花現象について、それぞれ1章を設けて言及している点であろう。全体は「林冠の世界へ」、「熱帯雨林とは何か」、「多様な植物の世界」、「種の多様性」、「多彩な生物間相互作用」、「一斉開花の謎」、「熱帯雨林と人間」の7章から成るが、どこから読み出しても面白い。著者は、「あとがき」において、これからの海外調査研究(とくに熱帯地域を対象とした)は、綿密な研究スケジュールに基づくメンバー編成や長期的な展望に立った野外研究施設の重要性を、実際に携った研究計画を例に引きながら強調しているが、紹介者もまったく同感である。

なお、本書と内容が重複する部分があるものの、NHK ライブラリー 81 の井上民二著「生命の宝庫・熱帯雨林」(日本放送出版協会, 1998, 価格 920円+税)も、引用文献の豊富さを含め、熱帯雨林を理解するうえで、おおいに役立つと思われる。(小久保 醇)