ヒマラヤにおける環境利用の歴史的変遷 History of deforestation in the Himalayas

岩田修二・宮本真二 東京都立大学理学部地理学教室 〒192-03八王子市南大沢

Shuji IWATA and Shinji MIYAMOTO Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, Minami-Ohsawa, Hachioji, Tokyo 192-03, Japan

ABSTRACT Dated charcoal and humic materials in soil, both which are evidence of forest fire and vegetation changes, as well as micro fossils such as pollen and opal phytolith (plant opal) in soil indicate occurrence of past deforestation in the Himalayan region. Timing and causes of the deforestation were discussed. Severe damage was inflicted between the late 10th and first half of the 20th century in Sirubari, central Nepal. Human impact such as population growth and cultural change due to the prosperity in the Kathmandu Valley and the active cultural exchanges between Nepal and India may have accelerated an environmental change during the 14-15th centuries. The deforestation during this period in central Nepal may have been caused by forest burning for shifting cultivation. The evidence of deforestation in the Khumbu area was resulted from the immigration of Sherpas from Tibet in the middle of 16th centuries. Intensive outbreaks of fire during the period between the late 8th and 12th centuries have been reported in the Potechu valley, eastern part of the Nyainqentanglha Mountains, southeastern Tibet, as well as relatively intense fire in the Solu-Khumbu area. The earlier dates (the 8th century) of the deforestation of the period correspond to the timing of territorial and ethnic expansion of Tibet in the 7th to 9th centuries. In this period forest fire occurred frequently, but the results of pollen analysis at Phaplu in the Solu area indicate that nearly natural forest was maintained in a large part of the area at around the 9th or 10th century. This means that the forest could have recovered after the fire had ceased at least up to the late 10th century. Evidence of forest fire over the millennia was reported in Junbesi and Namche, the Solu-Khumbu area and the Potechu valley, southeastern Tibet. Temporary deforestation caused by hunting and grazing is evident of having started at several thousand years ago. Human activities in the eastern Himalayas and southeastern Tibet may have extended perhaps nearly 10,000 years earlier. In conclusion, temporary hunting and grazing started several thousand years ago in the Himalayan area, but intensive agricultural land use and severe damage occurred between the late 10th and first half of the 20th century.

Key Words: forest fire / buried humic soil layer / micro fossils / human impact / the Solu-Khumbu area / southeastern Tibet (森林火災 / 埋没腐植土層 / 微化石分析 / 人為的影響 / ソルクンプ地域 / 東南チベット)

熱帯高地は過去数千年間にわたってたゆみない人類の努力によって生活の場になってきた。その結果、熱帯高地には多くの人びとが住むようになった。ヒマラヤ山脈の内、少なくとも東ヒマラヤは熱帯高地である（たとえば Troll, 1968）。そこでも、古くから人類の生活が営まれてきた。そのために人類は自然の森林を耕地に変え生活の場にしてきた。現在のネパールの山地帯では森林面積は40%にすぎない（春田, 1988）。つまり、ヒマラヤにおける環境利用の歴史とは、森林を破壊して牧場・耕地にしてきた歴史であるといえよう。ヒマラヤでの人為的植生変化が2000年前から加速されてきたことは花粉分析によっても明らかにされているが（Yasuda & Tabata, 1988）、とくに最近（20世紀後半）の人口増加によって森林破壊は非常に激しくなったという意

見が多い (たとえば Eckholm, 1975; 渡辺, 1984)。しかしながら, 最近の研究では, 森林破壊のこのようなシナリオはかならずしも支持されていない。たとえば, ネパールでは住民からの聴きとり, 歴史記録, 地形図や空中写真などから, 森林破壊が激しかったのは 100 年ぐらい前であったらしい (Mahat *et al.*, 1986a, 1986b; Ives & Messerli, 1989)。しかし, 上記のような情報が得られない数 100 年より古い森林破壊については, ほとんどわかっていない。

地面の下に埋もれている木炭片・花粉・植物珪酸体や埋没土壌層 (埋没腐植土) は, 局所的にはあるが, 過去のその場所のさまざまな情報を与えてくれる (岩田, 1994)。Caine *et al.* (1982) は東ネパール, クンプのナムチェバザールで, Saijo (1993) は中央ネパールで土壌や土壌中の木炭から過去の環境を推定した。筆者たちもヒマラヤ山脈とチベット高原で, 各種堆積物や土壌の調査をおこない, 過去の人為的環境改変を明らかにしてきた (岩田, 1994; 宮本ほか, 1995; 岩田, 1995; Iwata *et al.*, 1996)。

この論文では, 東南チベットと東ネパールと中央ネパールにおいて, 森林破壊などの古環境変化を示すと考えられる土壌や堆積物中の木炭片・花粉・植物珪酸体・埋没腐植土層の示す環境とその年代値から, それら地域の植生変化, とくに推定される人為的森林破壊の時代をあきらかにし, その原因を論じる。東南チベットと東ネパール, クンプ地域については岩田 (1994, 1995) ですでに報告したが, この論文では, あらたに暦年補正をした年代値をもちいて議論した。

研究 方 法

研究材料の意義

まずはじめに, この論文で用いる土壌・堆積物中の古環境指標について, 森林破壊の復原がどのように可能であるかを, 従来の知見をもとに簡単にのべる。

埋没木炭片: 土壌や堆積物中に含まれる木炭片は, あきらかに, 森林や草原の火災の証拠である。湿潤な地域では, 自然のままでは森林・草原の火災は発生頻度がきわめて低いと考えられている。たとえば日本では, 現在, 発生する森林火災のほとんどが人為的な原因であり, 乾燥した北アメリカ西部ですら, 山火事の原因のうち自然発火 (落雷による) によるものは 27-30% にすぎない (阪口, 1987)。したがって, 土壌中の木炭片の大部分は, 過去に人為による森林火災が発生したことを意味すると考えてよい。さらに, 木炭片 (炭化材) の組織から樹種があきらかにできる場合もある。

埋没腐植土層: 植生が豊富な場所では, 土壌層の最上部 (地表) には腐植にとむ黒色ないし褐色の土壌 A 層が形成される。地表面が新しい堆積物 (土壌母材) におおわれると, 表面の土壌 A 層は, 埋没して, 腐植にとむ埋没土層 (以後埋没腐植土層とよぶ) として土壌断面で観察される。埋没腐植土層の存在はその地域の過去の環境変化, とくに植生の状態を解明するためのよい手がかりになる。

埋没腐植土層が形成されるかどうかは, 堆積物=母材による被覆 (これは地形的変化を意味する) と土壌生成=有機物の生成 (これは植生の変化を意味する) とのバランスで決まる。細かい議論は岩田 (1994) で論じたが, 簡単にのべると次のようになる。

埋没腐植土層を生じさせる地形的変化とは, 河川の氾濫や, 崩壊, 氷河進出などのような急速な堆積作用の発生や, レス, 降下火山灰, 飛砂などの堆積速度の増加などとともに, 地殻変動・気候変化などによる長期の地形形成作用の発生・加速である。地形形成作用の加速には人間活動

図1. ヒマラヤ・チベット山塊とこの報告であつかう調査地。A: 東ヒマラヤ・ソロクンブ地域, B: 東南チベット・ボテチュー谷, LH: ラサ (拉薩)。

の影響も重要である。

植生の変化, いいかえれば植生の繁茂とその後の植生の衰退 (土壤生成作用の加速と低下) としては, 次のような場合が挙げられる。レスや火山灰などが連続的に堆積している環境では, これらの堆積速度が一定でも, 気候変化などによってある時期に植物の繁茂 (植物遺体生産量の増加) がおこれば, 土壤生成作用が加速され, その後減速すれば埋没腐植土層が形成される。植生変化をもたらす要因としては, 気候変化のほかに, 人間活動による植生の変化, とくに森林破壊とその後の草地化・耕地化がある。

いっぽう, 埋没腐植土層の腐植そのものも古環境推定のよい指標になる。土壌A層に多くみられる黒色の腐植は, 一般的に言って, イネ科を中心とする草原植生下で生成される。たとえばわが国のクロボク土は, ススキ草原で形成されたと考えられている。これに対して, 森林植生のもとで形成される腐植は褐色で黒みが弱い (田村ほか, 1993)。また高山や極地の寒冷な環境においては, 雪田植物群落や湿地性の植物群落では黒色の腐植が形成され, 乾性の草本群落では褐色の腐植が形成されることが知られている。このように, 腐植から直接, 植生のタイプを知ることができる場合もある。

腐植土中の有機物や木炭は放射性炭素 (^{14}C) 年代測定のよい材料になり, それらが形成された時代を知ることができる。最近では年輪を用いた年代補正が可能になり暦年との比較がより正確にできるようになった。

花粉化石: 土壌や堆積物中に長く保存される花粉が, 過去の植生を復原するときのよい指標になることはよく知られている。湖底堆積物などから得られた花粉は, 広い空間的範囲の長時間の古植生変化を示すことが多いが, 土壌中, とくに埋没腐植土層中の花粉は, 比較的狭い範囲の, 限られた時間範囲の植生を示すと考えられる。このことは, 後者はローカルな古環境復原に向いて

いるとも言えよう。

植物珪酸体：植物の細胞内に非晶質含水珪酸 ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) が充填したものであり、植物が枯れた後も微化石（プラントオパール）となって土壤中に半永久的に残る。したがって古環境復原の有効な指標として利用されている。とくにイネ科や栽培植物の同定に有効である（日本第四紀学会, 1993）。

調査地域

野外観察と試料の採取は東南チベット・ポテチュー谷、東ネパール・クンプ地方、ソル地方、中央ネパール・シルバリ村でおこなった（図1）。

ポテチュー谷：ポテチュー谷は、西藏自治区ポミ（波密）県に属し、ニンチェンタングラ山脈の南面にある。ヤルツァンボ河の「大屈曲点」の真北に位置し、ヤルツァンボ水系の支流パロンツァンボに北西から流入する支流で、源頭にゼプ（則普）氷河をもつ氷食谷である（写真A）。調査は1989年秋おこなった。この谷は、まわりを氷河に覆われた6000 m級の山に取り囲まれ、谷底は標高2000-3500 mである。東南方向の河谷から侵入した湿った気流が多くの降水をもたらすので、谷沿いには密度の高い森林が分布し、およそ3000 m以下はコナラ属 *Quercus* やマツ属 *Pinus* の混交林、3000 m以上から4000 mの森林限界まではトウヒ属 *Picea* やモミ属 *Abies* のみごとな針葉樹林になっている。谷底の平地はよく耕作された畑や牧草地になっており集落が点在する。この地域の住民はチベット人であると自ら称し、チベット語を話し、チベット仏教を信じている。集落は広いU字谷底にあり、集落のまわりではハダカオオムギ（チンコウ）などの穀物栽培とヤク *Bos grunniens* あるいはヤクと牛との交配種の飼育が行われている。

クンプ地域：東部ネパール、ソロクンプ郡 Solukhumbu district のドウド Dudh コシの上流域は、クンプ地域と呼ばれている。この地域は、世界最高峰サガルマータ=チョモランマの南面山麓の標高3500 - 5000 mの高山地域である。この地域の森林限界は3700 - 4200 mで、森林限界以下は針葉樹（モミ属 *Abies*、ビャクシン属 *Juniperus*）と高木性のシャクナゲ類 *Rhododendron* の混交林となっている。この地域にはヒマラヤ登山で有名になったシェルパ族が住んでおり、集落の周りでの農耕とヤクの放牧をおこなっている。人為的な植生の破壊が著しく、とくに南向き斜面や集落のまわりでは低木林や草地になっている部分が広い。森林限界以上にはハイマツ型のビャクシン属低木林や多種類のシャクナゲ・ツツジ類の低木林が草本群落の中にパッチ状に分布している（写真B）。5000 m以上になるとクッション植生やスゲ属 *Carex* や *Kobresia* のマット状植生だけになる。シェルパ族は16世紀前半ごろチベット高原からヒマラヤ山脈を越えて移住してきたといわれている（Oppitz, 1968, 1974; Ortner, 1989）。調査は1974年、1976年、1978年におこなった。

ソル地域：東ネパールのソロクンプ郡の南半をソル Solu と呼び、その北西よりの中心地はジュンベシ Junbesi である。ソル地域はチベットからヒマラヤを越えてやってきたシェルパの最初の居住地であると考えられている（月原, 1992）。ジュンベシ地域は高ヒマラヤ帯の南部に属しており、高い尾根と深い谷に占められている。ジュンベシ（海拔2650 m）は、この地域の中心地で3500 m以上の高い尾根に取り囲まれている。マツ属、モミ属、ツガ属などの針葉樹や *Quercus semecarpifolia* などから構成される美しい森林が斜面を覆っているが、谷底はオオムギ・ジャガイモなどの畑に、斜面の一部はヤク類の放牧地になっている（写真C）。

ジュンベシの8 km南東にあるファプルー Phaplu; Phaphlu は飛行場がある小さな町で、緩斜面の中腹にある。この地域は中間山地帯 Middle Mountain Zone に属しており、緩斜面はほと

写 真

- A. 東南チベット、ポテチュー谷の森林。森林限界の上にはカールが見える。(1989 年 10 月 岩田撮影)
- B. クンブ地域ペリチェ付近の高山帯の植生 (4430 m)。 (1995 年 岩田撮影)
- C. ソル地域、ジュンベシ付近の山腹斜面の針葉樹林と耕地。左側が上流。(1994 年 10 月 岩田撮影)
- D. 中央ネパール、シルバリ。(1994 年 岩田 撮影)

んど耕作地になっているが、急な谷壁斜面や、尾根頂部には部分的に森林が残されている。この植生はジュンベシ地域と同じ植生帯に属している。住民のほとんどはシェルパである。ソル地域での調査は、1994 年と 1995 年におこなった。

中央ネパール シルバリ Sirubari：ネパールの中間山地帯の、カトマンズの北西 20 km にある小さなムラである。ヌワコット Nuwakot 郡に属している。この地域は古くから開け人口密度が大きいので、棚田がかなりの急斜面にまでひろがっていてイネが栽培されている。沢からの水がひきにくい場所はシコクビエとトウモロコシの畑になっている。調査地点はシルバリの近くの海

図 2. 東南チベット、ポテチュー谷の氷河拡大範囲と埋没土壌サンプリング地点（上）と埋没土壌の断面と ^{14}C 年代値（yr. BP）（未補正）（下）。1～6の地点は上に示してある。A：土壌表面の腐植土層，B：埋没腐植土層，C：木炭片，D：レス・砂，E：褐色砂・シルトその他，F：テイル（Till）・砂礫。

抜1210mである。この地点は亜熱帯モンスーン林と下部照葉樹林との境界近くの高い側に位置し、周囲にはクリガシ属 *Castanopsis* などからなる常緑広葉樹林の小さな林が散在している（写真D）。調査は1994年秋におこなった。

野外調査

土壌・堆積物の観察や、年代測定試料（腐植土・木炭片など）・花粉分析用試料の採取は、道路・小径ぞいや棚田・段だん畑の壁面の露頭と、掘削した調査用試孔でおこなった。それぞれの調査地点は図1に示した。調査の時期は、調査地域の項でのべた。

室内分析

年代測定：土壌・堆積物中から採取した腐植土中の有機物と木炭の ^{14}C 年代を測定した。腐植質土壌試料からは、まず細根・土壌生物・礫などを取り除いた。一部の試料では現成の有機物を除去するために希塩酸で1時間煮沸し、残滓を試料として用いた。 ^{14}C 年代の試料・測定ラボ・測定結果は表1に示した。測定値についてはパソコンのソフト CalibETH を用いて暦年補正をおこなった。未補正値は ^{14}C 年BPと表記し、補正値はcal年BPと表記する。なおBP

表1. ネパール・チベットの土壌の年代測定値。

Table 1. Radiocarbon ages from soils in Nepal and Tibet.

Laboratory		Material	Uncalibrated (¹⁴ C yr BP)	Calibrated age ^b		Source
Locality	number ^a			(yr BP)	Calendar yr	
Potechu Valley						
1-1	NUTA-1679	Charcoal	130±70	144±87	1806±87 AD	Iwata, 1994
-2	NUTA-1672	Charcoal	950±120	861±114	1089±114 AD	Iwata, 1994
2	HR-568	Humus	1570+300 - 290	1502±317	448±317 AD	Iwata, 1994
3	HR-570	Humus	1100±160	1012±158	938±158 AD	Iwata, 1994
4	HR-569	Charcoal	720+210 - 200	688±186	1262±186 AD	Iwata, 1994
5	HR-567	Humus	2010±120	1966±155	15±155 BC	Iwata, 1994
6	NUTA-1777	Humus	5520±130	6313±150	4313±150 BC	Iwata, 1994
Khumbu						
1	GAK-6645	Humus	490±90	495±91	1455±91 AD	Iwata, 1994
	GAK-6646	Charcoal	1180±100	1093±103	857±103 AD	Iwata, 1994
2-1			290±90	307±133	1643±133 AD	Fushimi, 1983
		Charcoal	8050±160	8907±236	6957±236 BC	Fushimi, 1983
2-2			4670±70	5395±116	3445±111 BC	Caine <i>et al.</i> 1982
3		Peat	2350±295	2375±354	425±354 BC	Kuhle, 1986
4-1			2050±105	2016±137	66±137 AD	Kuhle, 1986
4-2		Peat	2400±140	2457±184	507±184 BC	Kuhle, 1986
4-3			4165±150	4673±207	2723±207 BC	Kuhle, 1986
4-4		Charcoal	630±120	604±93	1346±93 AD	Nagaoka, 1990
Junbesi						
1-1	KEEA-63	Charcoal	900±100	817±59	1133±59 AD	Iwata <i>et al.</i> 1996
-2	KEEA-64	Charcoal	4790±400	5436±496	3486±496 BC	Iwata <i>et al.</i> 1996
2	KEEA-65	Humus	1160±100	1076±105	874±105 AD	Iwata <i>et al.</i> 1996
3	I-18086	Charcoal	8874±82	9804±82	7854±82 BC	Iwata <i>et al.</i> 1996
4	KEEA-66	Humus	750±100	697±91	1253±91 AD	Iwata <i>et al.</i> 1996
5	KEEA-67	Humus	2730±100	2843±132	893±132 BC	Iwata <i>et al.</i> 1996
6	I-18085	Charcoal	6507±97	7357±88	5404±88 BC	Iwata <i>et al.</i> 1996
—	Beta-82721	Charcoal	3640±50	3969±84	2019±84 BC	new data
Phaplu						
7-1	I-18087	Charcoal	1172±66	1084±79	866±79 AD	Iwata <i>et al.</i> 1996
-2	KEEA-68	Humus	1080±140	993±145	957±145 AD	Iwata <i>et al.</i> 1996
Sirubari						
1	KEEA-69	Humus	530±200	494±191	1456±191 AD	Iwata <i>et al.</i> 1996
2			550±90	556±74	1394±74 AD	Saijo, 1993

^a Radiocarbon laboratory abbreviations: NUTA, Dating and Materials Research Center, Nagoya University/HR, Department of Geography, Hiroshima University/GAK, Gakushuin University/KEEA, Kyushu Kankyo Kanri Kyokai, Fukuoka/I, Teledyne, New Jersey/Beta, Beta Analytic, Miami.

^b Determined from dendrocalibrated data using CalibETH 1.5b; Sources of calibration: Kromer and Becker (1993), Pearson *et al.* (1993), and Stuiver and Becker (1993).

図3. 東ネパール・クンブ地域の埋没土壌層のサンプリング地点(上)と埋没土壌の断面と¹⁴C年代値(yr. BP) (未補正)(下)。1: ペリチェ (4420 m), 2₁: ナムチェバザール (3500 m) (伏見, 1983 の年代値を長岡ほか, 1990 の柱状図に載せた), 2₂: ナムチェバザール (Caine *et al.*, 1982), 3: マチエルモ (Kuhle, 1986), 4₁: ドーレ (4410 m) (Kuhle, 1986), 4₂: ドーレ (4400 m) (Kuhle, 1986), 4₃: ドーレ (4230 m) (Kuhle, 1986), 4₄: ドーレ (4100 m) (長岡ほか, 1990)。A: 腐植, B: 木炭・炭化木片, C: レス・砂, D: 泥炭, E: 褐色砂・シルトその他, F: テイル (Till)・砂礫。

(before physics)とは1950年を基準とした年代である。

花粉分析: 花粉分析はファプルーとシルバリの腐植土層から採取した3つのサンプルでおこなった。腐植土の試料(4 gr)を10% KOH - 70% ZnCl₂ - アセトリシス法で処理した。得られた試料をスライドガラスにグリセリンで封入した。それぞれのスライドガラス上に検出された花粉・胞子のすべてをカウントし、総出現花粉・胞子を基数としてダイアグラムで表示した。

植物珪酸体：植物珪酸体の分析は、ソル地域とシルバリの5地点の8サンプルについておこなった。抽出・定量・同定は古環境研究所に依頼した。

結 果

埋没腐植土層・木炭片の層位と年代

場所ごとに観察した埋没腐植土層と木炭片の層位、状況、それらから測定されて得られた年代値をのべる。

ポテチュー谷：ゼブ氷河末端から下流の谷沿いの多くの地点で黒色の埋没腐植土層を観察することができた。道路のカッティングなど観察できた多くの場所で腐植土層の中に木炭片が含まれていた。そのうち、6つの地点で、埋没土壌中の有機物または木炭の年代測定をおこなった(図2)。これらの年代試料の性質・測定結果およびくわしい観察内容は岩田(1994)でのべた。

現在のゼブ氷河の末端が森林帯の中に突っ込んでいることから推定されるように、この谷では、氷河後退を追いかけけるようにして森林が分布範囲を広げ、完新世のこの谷は自然のままの状態であれば、ほぼ完全に森林に覆われていたと考えられる。測定された腐植土・木炭の年代は144 cal 年 BPから6313 cal年BPである。これらの年代には、つぎのような二つの傾向がある。1) 谷の下流から上流に向かうにつれて時代が新しくなる。2) 688 cal 年 BP・861 cal 年 BP・1012 cal 年 BP という比較的短い時期に集中した年代値が得られている。

クンプ地域：この地域でも埋没腐植土層や土壌中の木炭片が観察できた。それらのなかから、ペリチェ Periche の北東側の標高 4450 m にあるペリチェ期(Iwata, 1976)の側方モレーンをおおう埋没腐植土層とその中に含まれていた炭化木片の年代を測定した(図3-1)。埋没土層に含まれている炭化木片には直径 5 cm を越える太さのものも含まれていた。腐植土中の有機物の年

図4. 東ネパール、ソル地域、ジュンベシ周辺の土壌柱状図と土色。放射性炭素年代(補正值BPと ^{14}C yrBP括弧内)、場所は図9に示した。

写真 E. 東ネパール, ソル地域。ファプルーの土壌断面(地点番号7)の埋没土壌層(暗色)と背後の植生。(1994年10月 岩田撮影)

代(495 cal 年 BP)と炭化木片の年代(1093 cal 年 BP)に600年近くの差があることから、この付近では当時、火災の後かなり長期間、密度の高い植生が存在していたと考えられる。

ソル地域: ジェンベシ地域では多くの場所で1mをこえるような厚い土壌層を観察できた。図4に示した柱状図は典型的な土壌断面を示したものである。年代試料はこれらの断面から採取された。多くの場所で褐色(7.5YR4/6; 10YR4/6)の厚いシルトまじり砂(ローム)が斜面全体を覆っている。ラミナや成層構造はほとんど認められずマッシブであるが、小～細礫が含まれることが多い。粒径と層相から、この褐色土層は風成堆積物起源(おそらくレス)であろう。クンプのナムチェバザール付近で観察される(たとえば Caine *et al.*, 1982) 風成砂と同じようなものであろう。現在の地表面のA層の発達はいへん悪い。埋没腐植土層は、いくつかの地点で観察できた。それらは、地表面から10-40cmの深さにあり、厚さ10-20cmの暗褐色のものであった。

木炭片は埋没腐植土層の中にも存在したが、褐色土層中にもいろいろな層準で観察できた。地点1, 3, 4, 6のような深い断面では、単一の断面の中でも木炭は深さ20-30cmごとにくつかりの層準に集中しているのが観察された。

木炭片と土壌有機物から7つの ^{14}C 年代が得られた。比較的若い年代は697 cal 年 BP と1076 cal 年 BP のあいだに集中する。もっとも古い年代9804 cal 年 BP は地点3の土壌柱状の底近くから得られたが、この年代と最近の年代の間にはおよそ2000年-2500年間隔で年代値が得られている。

ファプルーでは、町はずれの飛行場の北東の道沿いの法面の露頭で観察・採取をおこなった。断面には暗色(5YR2/2)の埋没腐植土層があり、それを覆って褐色(7.5YR4/6)の淘汰のやや悪

図 5. 東ネパール・ソル地域。ファブラーの土壌柱状図と土色。放射性炭素年代（補正值 BP と ¹⁴C yrBP 括弧内）。

い水つき礫まじりシルト質砂層がある（図 5）。背後は傾斜 20 - 30° の凹形斜面でマツ林と低木林におおわれている（写真 E）。表層のシルト質砂層は、その層相からみて、背後の斜面が崩壊したあと、そこから洗いだされた物質であると考えられる。埋没腐植土層に含まれた木炭と有機物の年代はそれぞれ 1084 cal 年 BP, 993 cal 年 BP であった。

シルバリ：中央ネパールの中間山地では、侵食が激しいため斜面上では土壌の発達がかわめてわるい。基盤岩が露出していたり、薄い未成熟土が基盤を覆っているだけの場所が多い。逆に尾根の平坦面上や段丘面上では厚い赤褐色土 (5YR4/8) が発達している。この地域で埋没腐植土層が観察できたのは一か所だけ、シルバリ上部からチェトラリバザール Chatrali Bazar の間の棚状水田の壁の部分であった。畦の表面から 130 cm の高さの断面の下部 25 cm が、木炭片を含む腐植に富む黒褐色 (10YR2/2) のシルト質砂で、そこから試料を採取した。その上部は暗褐色 (10YR3/2) の耕土からなる（図 6）。下部層の全有機物（腐植と木炭）の年代値は 494 cal 年 BP であった。

花粉分析

花粉分析の結果から描かれた花粉ダイアグラムを図 7 と図 8 に示す。花粉化石と胞子は 3 つの試料全部で 30 の分類群が得られた。すべてが樹木花粉を含んでいる。コナラ属とクリガシ属の花粉が多いが、モミ属、ツガ属、マツ属、カバノキ属花粉は数パーセント以下であり、ハン

図 6. 中央ネパール・シルバリの土壌柱状図と土色。放射性炭素年代（補正值 BP と ^{14}C yr BP 括弧内）。

図 7. 東ネパール・ソリ地域ファブラーから採取した土壌中の花粉と胞子のダイアグラム。

図 8. 中央ネパール・シルバリから採取した土壌中の花粉と胞子のダイアグラム。

ノキ属花粉はかなり多い。

ファブルー：花粉分析の試料は、埋没腐植土層（70 cm 深：下層とよぶ）とそれを覆うシルト質砂層（30 cm 深：上層とよぶ）から得られたものである。総花粉・胞子に対する総 AP（樹木花粉）の割合は、下層の 60% から上層の 25% へと減少する。コナラ属とクリガシ属の花粉の割合は、下層から上層へ、それぞれ 16% から 6% へ、35% から 6% へと減少する。総 NAP（草本花粉）は、イネ科は 10% から 12% へ、ヨモギ属は 1% 以下から 4% へと下層から上層へやや増加する。対照的に総胞子は 27% から 55% へと大きく増加する。下層から上層へのこのような大きな花粉構成の変化は、植生が大きく変化したことを示している。森林が減少して草原が増加したのはあきらかである。イネ科とヨモギ属の花粉と胞子の増加は耕作地の拡大をしめしている。

シルバリ：花粉分析をおこなったのは一層だけである。総 AP（樹木花粉）の割合はファブルーの上層の花粉構成とほとんど同じである。しかし、総 NAP（草本花粉）の割合はファブルーのそれより少なく、そのぶん総胞子の割合がおおいのが特徴である。主要な花粉コナラ属、クリガシ属、イネ科、カヤツリグサ科の花粉の割合は、それぞれ 6%、9%、6%、2% であった。全胞子の割合は 75% に達する。樹木花粉の総量が少ないことは森林がほとんどない状態を示し、逆に胞子の割合が多いのは耕作地が大きな部分を占めていたことを示す。

植物珪酸体

植物珪酸体の分析結果を図 9 に示す。図には、検出密度（試料 1gr 中の植物珪酸体個数）と、おもな分類群についての推定生産量（単位面積・層厚 1 cm あたりの植物体生産量: kg/m²・cm）をしめた。ジュンベシ地域のパンカルマ村の地点 6（図 5）の北側の山腹斜面（標高 3220 m）の褐色シルト質砂から採取した試料（試料番号 1021021）と、ソルン村近くの地点 4（図 5）近くの埋没腐植土層で採取した試料は、ともにイネ科植物起源珪酸体を多数含んでおり、当時イ

図 9. 東ネパール・ソル地域の植物珪酸体の分析結果。分析は杉山真二氏による。

ネ科草本が生育していたことがあきらかである。ファブルー飛行場横の埋没腐植土層を挟む上下の層の時代にもイネ科草本が生育していたことはあきらかである。しかしながら、深度 70 cm の埋没腐植土層からは、ほとんど植物珪酸体が検出されなかった。花粉分析の結果からもあきらかなように常緑広葉樹を中心とする密な森林が生育していたのであろう。シルバリ近くの黒褐色礫まじり砂・シルト層（写真 E）からは、イネ、ヨシ属、ススキ属型の珪酸体が検出された。当時、シルバリ付近ではイネが栽培されており、ヨシ属の湿原やススキ類の草原も分布していた。ブナ科などの樹木起源珪酸体も検出されたが、これは施肥などの目的で周辺部から持ち込まれたものかもしれない。

考 察

木炭・腐植土の形成原因

まず各調査地域ごとに木炭や埋没腐植土層の形成原因・形成環境について検討する。

ポテチュー谷の埋没腐植土層の多くは有機質に富む黒色で（残念ながら土色帳による色の記載はおこなわなかった）、木炭片を多く含むのが特徴である。黒い腐植土はイネ科やスゲ類の草本が生育していたことを示す可能性がある。そして、木炭片が多いのは森林火災がおこったことを意味する。つまり、森林火災の後、しばらくは草原が広がっていたのであろう。まえに述べたように、埋没腐植土層と木炭の年代測定値は、谷の下流から上流に向かうにつれて時代が新しくなる。ポテチュー谷は、どんづまりに氷河がある行き止まりの谷である。このような場所で埋没土の年代が、谷の下流から上流に年代が新しくなることは、谷の下流から森林の破壊が始まったことを示唆し、谷の下流から居住が進むという一般的な居住域の拡大の進行と一致している。森林に覆われた湿潤な環境を考えると、自然の状態で発生する森林火災は少ない。このようなことから、この谷の森林火災の原因は人為の可能性が大きいと考えざるを得ない。

クンプ地域では 1980 年代に、気候変化や氷河変動の研究のため多くの埋没土壌や埋没木炭片

の年代測定値が報告されている（岩田, 1994 の図 9; Caine *et al.*, 1982; 伏見, 1983; Kuhle, 1986; Röthlisberger, 1986; 長岡ほか, 1990）。この地域の海拔 4500 m 前後から低い部分（高山低木帯）での多くの埋没木炭片の存在は、高山帯の低木群落が火災にみまわれたことを示している。ペリチェの埋没腐植土層から得られた炭化木片の年代は、腐植の年代より約 600 年古い。このことは、低木林の焼失後、現在（短い草本）より密な低木・草原植生の時代がしばらく続いたことを示すと考えられる。ナムチェバザール付近の埋没土壌や風成砂層にも多くの木炭片がふくまれている。Caine *et al.* (1982) は、この埋没土壌と木炭片が 5400 cal 年 BP ごろの森林火災と草原植生を示すと解釈している。

ソル地域のうちジュンベシ地域では、埋没腐植土層は地表面付近の比較的浅い部分で観察されるだけであるが、木炭片は褐色土層中のいろいろな層準に散在するのが観察できた。火災が多くの場所でくりかえしおこったことがわかる。その結果、イネ科の植生が生育する環境が生じたのであろう。ファプルーでの花粉分析の結果は、この地域のかかなりの部分が 9 世紀もしくは 10 世紀ごろまで自然のままに近い森林に覆われていたことを示している。つまり、少なくとも 10 世紀末までは、火災は発生したが消火後、森林は回復できたと考えることができる。

中央ネパールのシルバリでも、腐植に富む黒褐色シルト質砂層が木炭片を含むので火災が起こったことはあきらかである。しかし、花粉・植物珪酸体分析によると、その時にはすでに森林破壊は進み、イネの栽培や草地化が進んでいた。Saijo (1993) は、中央ネパール、ジクーコーラでの、おなじ時代の森林火災の原因を焼畑耕作の火入れによると推定している。

以上のことから調査した地域の森林破壊が森林火災をともなっていたことは間違いない。森林火災の原因が人為によるという確実な証拠はないが、これらが自然発火による火災であったと考えるのはかなり困難である。

森林破壊の時代と原因

森林火災の主原因が人為的なものであるとすると、過去の人為的な影響＝環境への圧力を推定するのはそれほど困難ではない。参考になる多くの歴史的事実をわれわれは知っている（図10）。このような観点から、考えられる森林破壊の原因を時代ごとに考察した。

得られているもっとも若い年代値、シルバリの 494 cal 年 BP (ca. AD 1450) は、ほぼおなじ年代値 (556 cal 年 BP = AD 1394) がカトマンズの東 30 km のジクーコーラの埋没腐植土層中の木炭片から得られている (Saijo, 1993)。このことから、中央ネパールでの森林破壊は 14 世紀から 15 世紀ごろにはすでに起こっていた。Saijo (1993) がのべているように、中央ネパールの 14 世紀から 15 世紀の森林火災の直接の原因は焼畑かもしれないが、その背景を歴史的にみると、この時期に起こった文化変容にともなう人口増加の影響があったかもしれない。マラ王朝の最盛期 (14 - 15 世紀) には、カトマンズ盆地のネワール文化の繁栄、ネパールとインドとの活発な文化的交流がおこっており (神原, 1977)、これらが中央ネパールの環境変化を加速させたのかもしれない。

ナムチェバザールの 307 cal 年 BP (AD 1643) (伏見, 1983)、ペリチェの 495 cal 年 BP (AD 1455)、ドーレでの 604 cal 年 BP (AD 1346) (長岡ほか, 1990) という埋没腐植・木炭の年代は、シェルバ族のチベットからの移住と関係していると考えられている (長岡ほか, 1990; 岩田, 1994)。歴史記録によると、この地域にチベットからシェルバ族が移住してきたのは AD 1553 とされている (Oppitz, 1968, 1974; Ortner, 1989)。上記の測定値は測定誤差を考慮すると移住の時期とは

図10. 表1に示した木炭・腐植土などの炭素同位体年代を時間軸上にならべて歴史的出来事と比較。4000年前を境に時間間隔が変化していることに注意。

は一致しているといえよう。シェルパ族が移住後に森林・低木林への火入れをおこない牧草地化・耕地化をおこなったのであろう。

ポテチュー谷のいくつかの埋没腐植土・木炭の年代が *ca.* AD 1090と *ca.* AD 1260 とのあいだに含まれる。この時期の少し前には、チベット高原でも温暖期で作物・牧草の生育が良好で人口が増え、その結果チベット高原にチベット民族の国家「吐蕃」が形成されたといわれている（青蔵考察隊, 1984, p. 24）。最盛期の吐蕃の版図は広大でチベット高原全体を含んでいた。吐蕃の拡大にともなって、この時期にはチベット高原の周辺地域にも開発がおよび、森林破壊が進んだにちがいない。ポテチュー谷のこの時期の森林破壊も吐蕃国の拡大にともなうチベット系文化の拡大（農地と牧場の拡大）を意味するのではないだろうか（岩田, 1995）。おそらく、森林に火を放ち、ヤクなどの家畜の放牧地として利用したのであろう。ソル地域で、地表に近い表層部の地層

から得られた多くの木炭と腐植も、*ca.* AD 860 と *ca.* AD 1250 の間の時期に集中している。これも吐蕃の拡大にともなう、クンプ地域・ソル地域へのチベットからのチベット系住民の移住の結果かもしれない。あるいはシェルパの移住そのものが知られている年代より古かったのかも知れない。シェルパの移住についてソルクンプ地方にはさまざまな形の伝承があり、800 年前（12 世紀）にシェルパがやってきたというものもある (Brower, 1991)。

ソル地域の褐色風成土の木炭片の年代値は数千年間にわたって断続的に山火事が起こっていたことを示し、それは 9800 年前 (*ca.* 7850 BC) までさかのぼる。Caine *et al.* (1982) は、ナムチェバザールの埋没土壌・木炭片が *ca.* 5400 BP ごろの森林火災と草原植生を示すと解釈している。シェルパ移住以前にはほとんど無人だったともいわれるソルクンプ地域で、このような古い時代に起こった森林火災の原因はなにであろうか。この地域の森林限界以上はシェルパ移住以前にもチベット仏教の修行僧の隠遁場所になっていたし (Ortner, 1989; Brower, 1991)、南側の低所に住むライ族やチベットに住む人びとの一時的・季節的な狩猟・放牧の場所にもなっていたらしい (Brower, 1991)。渡辺和之によると（私信）ネパールの中間山地に住むグルン族のヒツジ飼いの集団がジュンベシの背後の高山帯に放牧のため毎年やってきてかなりの期間滞在するという。グルンはライなどとともにもっとも古くからヒマラヤ南面に住んでいた民族であり、大昔からこの地域にやってきていた可能性がある。これらのために人為的な森林火災が発生した可能性は十分考えられよう。

ポテチュー谷の最下流の埋没腐植土からも、6313 BP という年代値が得られている。この谷にも、東部ヒマラヤ南面あるいは雲南省西部高地部の先住民たち、たとえば、ロツバ（珞巴）族・メンパ（門巴）族あるいはトールン（独龍）族・ヌー（怒）族などが訪れていたのではないだろうか。あるいは、この谷の住民はもともと住んでいたヒマラヤ南面からこの地域に移り住み、吐蕃の時代にチベット化（オオムギ栽培とヤクの導入）したのではないだろうか。

結 論

東南チベット・ポテチュー谷、東ヒマラヤ・クンプー地域とソル地域、中央ネパールでの野外調査にもとづいて、埋没腐植土層・木炭の成因、花粉分析から推定される人為的森林破壊について論じてきた。それにもとづいて、ヒマラヤ・東南チベットにおける環境利用の歴史の変遷をまとめてみる。

1) ヒマラヤ南面の先住民の活動：これらの地域では森林の破壊はおよそ 10,000 年前から始まったと考えられる。おそらくヒマラヤ南側の中間山地帯に住むライ族やグルン族の祖先たち、あるいは、東部ヒマラヤ南面あるいは雲南省西部高地部の先住民たちが一時的・季節的な狩猟・放牧の場所にしていた。狩猟・放牧のために一時的に森林を焼いたりすることもあったかもしれない。そのような状態は、おそらく数千年以上続いたにちがいない。

2) 吐蕃の時代のチベット化：中世の温暖期にはチベット高原でも温暖で作物・牧草の生育が良好で人口が増え、その結果「吐蕃」が形成された。吐蕃の拡大にともなう、チベット高原の周辺地域にも開発がおよび、森林破壊が進んだにちがいない。ポテチュー谷やソルクンプ地域でも、吐蕃国の拡大にともなうチベット系文化の拡大（オオムギ栽培とヤクの導入による農地と牧場の拡大）、おそらく、森林に火を放ち、ヤクなどの家畜の放牧地として利用したのであろう。チベット系住民の移住があったかもしれない。

3) シェルバ族の移住によるソルクンプの森林破壊: 16世紀半ば以前におこったシェルバ族が移住後に森林・低木林への火入れをおこない牧草地化・耕地化をおこなった。それまで集約的に利用されたことのなかったネパールの高山帯がこのとき以後チベット系民族によって利用されるようになり、それに押されるようにして中間山地帯の開発も進んだにちがいない。

4) 中央ネパールでの森林破壊は 14 世紀から 15 世紀ごろにはすでにかなり大規模になっていた可能性がある。

ここでは論じることはできなかったが、南西側からのアーリア系民族（パルバテヒンドゥ）の中間山地への移住がヒマラヤ地域の環境変化に大きな影響をあたえたであろう。古くは紀元前 1500 年前以前から起こり（石井 溥：談），本格化したのは 11 世紀以後（鹿野，1981）らしい。中間山地での土壌学的調査を進める必要がある。よりくわしい古環境の復原のためには，埋没土中の腐植の形態の分析（たとえば熊田，1981；日本第四紀学会，1993）や灰粒子の分析などが必要であろう。

謝 辞 野外調査に対する資金援助：1) ネパールヒマラヤ氷河学術調査（研究代表者：樋口敬二），2) 1989 年中日共同の青藏高原氷河調査（文部省科学研究補助金国際学術研究課題番号 01041043，研究代表者：樋口敬二），3) 1992-93 年中国雲南省における古環境調査（文部省科学研究補助金国際学術研究課題番号 04041017，研究代表者：牧田肇），4) ネパールヒマラヤの草地・森林利用の民族学的研究（文部省科学研究補助金国際学術研究課題番号 06041126，研究代表者：山本紀夫）を受けた。また，これらの調査隊のメンバーの方がたには現地でさまざまなご協力をいただいた。室内分析に対する資金援助：上記 4) および，5) 文部省科学研究補助金（重点領域研究課題番号 03230102，研究代表者：吉野正敏），6) 最終氷期の日本列島の乾燥化に関する第四紀学的研究（文部省科学研究補助金総合 A，研究代表者：平川一臣）を研究のまとめにあたって使用した。一部の年代試料の前処理を荻谷愛彦氏（学振特別研究員，東京都立大学大学院）にお願いした。さらに，古環境研究所杉山真二氏には分析についてお世話になった。あつくお礼もうしあげます。

引用文献

- Brower, B. 1991. *Sherpa of Khumbu: People, Livestock, and Landscape*, 202 pp. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Caine, N., Ives, J. D., Kienholz, H., & Messerli, B. 1982. A buried podzol near Namche Bazar, Solokhumbu, Nepal. *Mountain Research and Development* 2: 405-406.
- Eckholm, E.P. 1975. The deforestation of mountain environments. *Science* 189(4205): 764-770.
- 伏見碩二 1983. ヒマラヤの自然史. 原 真・渡辺興亜（編），ヒマラヤ研究，179-230，山と溪谷社，東京。
- 春田俊郎，1988. ネパールの統計(14). *日ネ協会会報*, No. 90: 9. 日本ネパール協会。
- Ives, J. D. & Messerli, B. 1989. *The Himalayan Dilemma: Reconciling Development and Conservation*, 295pp. Routledge, London.
- Iwata, S. 1976. Late Pleistocene and Holocene moraines in the Sagarmatah (Everest) region, Khumbu Himal. *Seppyo: Jour. Japanese Soc. Snow and Ice*, Special Issue 38: 109-114.
- 岩田修二，1994. ヒマラヤ・チベット山塊東南部における埋没土壌の形成環境と民族移動. *人文論叢*（三重大学），11号：45-62.
- 1995. チベット文明の拡大と森林破壊. 吉野正敏・安田喜憲（編），*歴史と気候：講座文明と環境* 6, 134-142, 朝倉書店，東京。
- Iwata, S., Miyamoto, S., & Kariya, Y. 1996. Deforestation in eastern and central Nepal. *Geographical*

- Reports of Tokyo Metropolitan University* **31** (in printing).
- 神原 達, 1977. 古代・中世のネパール. 川喜田二郎 (編), *朝日小事典ヒマラヤ*, 74-80. 朝日新聞社, 東京.
- 鹿野勝彦, 1981. 自然と歴史が織りなすヒマラヤ — 三つのチベット系民族の適応. *季刊民族学*, **17**: 50-64.
- Kromer, B. & Becker, B. 1993. German oak and pine ^{14}C calibration, 7200BC-9400BC. *Radiocarbon* **35**: 125-136.
- Kuhle, M. 1986. Former glacial stades in the mountain areas surrounding Tibet - in the Himalayas. In: JOSHI, S. C. (ed), *Nepal Himalaya - Geoecological Perspectives*, 437-473. Himalayan Research Group, Naini Tal, India.
- 熊田恭一, 1981. *土壌有機物の化学* 第2版, 304 pp. 学会出版センター, 東京.
- Mahat, T. B. S., Griffin, D. M., & Shepherd, K. R. 1986a. Human impact on some forests of the Middle Hills of Nepal. Part 1. Forestry in the context of the traditional resources of the state. *Mountain Research and Development* **6**: 223-232.
- 1986b. Human impact on some forests of the Middle Hills of Nepal. Part 2. Some major human impacts before 1950 on the forests of Sindhu Palchok and Kabhre Palanchok. *Mountain Research and Development* **6**: 325-334.
- 宮本真二・岩田修二・荻谷愛彦, 1995. ヒマラヤ山脈東部における埋没腐植層の形成と環境改変. *日本地理学会予稿集* **48**: 252-253.
- 長岡信治・前杵英明・田中良雄, 1990. クンブー・ヒマール, ゴジュンバ氷河周辺のモレーンとその編年. *地学雑誌* **99**: 270-278.
- Oppitz, M. 1968. Summary: Geschichte und Sozialordnung der Sherpa. *Khumbu Himal* **8**: 143-149. Universitätsverlag Wagner Ges. M. B. H., Innsbruck.
- 1974. Myths and facts: reconsidering some data concerning the clan history of the Sherpa. In: Furer-Haimendorf, C. von (ed.): *The Anthropology of Nepal*, 232-243. Aris and Phillips LTD., Warminster.
- Ortner, S.B. 1989. *High Religion: A Cultural and Political History of Sherpa Buddhism*, 238pp. Princeton Univ. Press.
- Pearson, G., Becker, B. & Qua, F. 1993. High-precision ^{14}C measurement of German and Irish oak to show the natural ^{14}C variations from 7890 to 5000 BC. *Radiocarbon* **35**: 93-104.
- 青蔵考察隊 [中国科学院青藏高原綜合科学考察隊] 1984. *西藏気候*, 300 pp+iv, 科学出版社, 北京.
- Röthlisberger, F. 1986. *1000 Jahre Gletschergeschichte der Erde*, 416 pp. Aarau: Verlag Sauerlander.
- Saijo, K. 1993. A ^{14}C data of buried charcoal fragments found in the middle mountains of Nepal. *Mountain Research and Development* **13**: 377-378.
- 阪口 豊, 1987. 黒ボク土文化. *科学* **57**: 352-361.
- 施 雅風・崔 之久・李 吉均, 1989. *中国東部第四紀冰川与環境問題*, 84-87. 科学出版社, 北京.
- Stuiver, M. & Becker, B. 1993. High-precision decadal calibration of radiocarbon time-scale, AD 1950-6000 BC. *Radiocarbon* **35**: 35-66.
- 田村憲司・永塚鎮男・大羽 裕, 1993. 黒ボク土の腐植の形態に及ぼす植生遷移の影響. *日本土壌肥科学雑誌* **64**: 177-182.
- Troll, C. 1968. The cordilleras of the Tropical Americas, aspects of climatic, phytogeographical and agrarian ecology. *Colloquium Geographicum* (Univ. Bonn) **9**: 15-56.
- 月原敏博, 1992. チベット人の歴史的移動・定着に関する若干の考察 — ソル〜クンブとプータ

ンの観察から一。ヒマラヤ学誌3号：62-72.

渡辺 桂, 1984. ネパールー森林破壊と表土流亡一。世界 459 (1984年2月)：76-79.

Yasuda, Y. & Tabata, H. 1988. Vegetation and climatic changes in Nepal Himalayas II. A preliminary study of the Holocene vegetational history in the Lake Rara National Park area, West Nepal. *Proc. Indian Natn. Sci. Acad.* 54 A: 538-549.