ネパール東部における埋没腐植土層の形成と森林破壊

宮 本 真 二*

Buried Humic Soil Layers and Deforestation in Eastern Nepal

Shinji MIYAMOTO*

I. はじめに

ネパール・ヒマラヤの森林破壊問題は、1950年代にサガルマータ地域が開放されて以来、トレッカーや、人口の増加に起因することが指摘されてきた（たとえば、稲村・古川，1995；渡辺・菅原，1998）。しかしこの森林破壊の原因は、ここ数十年の人為的インパクトの増加に全ては求められない。なぜなら、最近の埋没土層（埋没腐植土層）¹⁾の各種分析や測定による研究によって、森林破壊は1950年代以前から生じていたことが明らかにされつつあるからである。たとえば、Caine *et al.* (1982) はクンブー地域の中心地であるナムチェバザール付近の埋没土層の¹⁴C年代測定を行ない、その原因を森林火災に求めている。また長岡ほか（1990）は、クンブー地域のドーレに分布する埋没土層中の木片の¹⁴C年代測定から、この木炭片は16世紀のシェルパ族のチベットからの民族移動（Oppitz, 1974）に関連した火入れなどによる森林破壊の可能性を指摘した。その後、岩田（1994）は、クンブー地域と東南チベットのポテチュー谷で埋没腐植土層やそれに含まれる木炭片の¹⁴C年代測定を行ない、クンブー地域の埋没土層の形成時代はシェルパ族の移動の時期を示しており、従来の16世紀よりやや古かったことを指摘している。また著者らは、チベットのポテチュー谷やクンブー地域のみならず、ソル地

域で埋没腐植土層の有機物や、それに含まれる木炭片の¹⁴C年代測定、微化石分析を行ない、過去の人為的環境改変を明らかにしてきた（Iwata *et al.*, 1996；岩田・宮本，1996，1997）。

この埋没腐植土層は、ヒマラヤ・チベット山塊東部のみで検出されたわけではない。Saijo（1993）は、中央ネパールのカトマンズの東30 kmのジクコーラの埋没土層の観察と、その中に含まれていた木炭片の年代測定を行ない、森林火災の原因は火入れを伴う焼畑農耕であると推定している。また、カトマンズ北西のシルバリでは、埋没腐植土層の¹⁴C年代測定と花粉分析から約500年前のカトマンズ盆地周辺はすでに耕地化していたことを指摘した（宮本ほか，1995；Iwata *et al.*, 1996；岩田・宮本，1996，1997）。

このように埋没腐植土層は、過去の人為的インパクトによる環境改変の痕跡を指標しているものと考えられる。

本研究では、ネパール東部のソル地域を対象地域に設定し、今回新たに得た埋没腐植土層の¹⁴C年代測定値と花粉分析結果から、埋没腐植土層の形成と森林破壊について若干の考察を行なったので報告する。

II. 対象地域の概観

東ネパールのソロクンブ郡の南半をソル（Solu）と呼び、その北西よりの中心地はジュン

* 滋賀県立琵琶湖博物館研究部応用地域研究系（地学研究室）

* Laboratory of Geology, Applied Research Section, Lake Biwa Museum

The Solu Area, Eastern Nepal

×2 Surveyed localities

図 1 研究対象地域.

地点 6 は Iwata *et al.* (1996) から引用した.

Fig. 1 Studied area in Nepal.

Loc. 6 was cited from Iwata *et al.* (1996).

ベシ (Junbesi, 海拔 2,650 m) である (図 1: 岩田・宮本, 1996)。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族の最初の居住地であると考えられている (月原, 1992)。

ジュンベシ谷は南北方向に走る谷であり, 南方に高い山塊がないためモンスーンの雨雲は谷に沿って進入してくる (土屋, 1996)。土屋 (1996) によると, ジュンベシ谷の原植生は, 2,400–2,550 m には *Quercus lineata* に *Quercus semecarpifolia*, *Tsuga dumosa* を交える林, 2,550–2,900 m には

Quercus semecarpifolia と *Tsuga dumosa* 林, 2,900–3,800 m が *Abies spectabilis* 林, 3,800–4,600 m が高山植生となっている。だが, 山地斜面の一部ではヤクやゾムの放牧が行なわれたり, 谷底や緩斜面では耕作地が広がっている。

III. 方 法

1) 試料採取

土壌・堆積物の観察や土壌硬度の測定, 年代測定用試料 (腐植土・木炭片), そして花粉分析用試料の採取は, 道路・小経沿いの壁面の露頭で行なった。各調査地点 (Loc. 1~5) は, 図 1 に示した²⁾。

各調査地点では堆積相の記載の後, 約 5~10 cm 間隔で, 堆積層ごとに花粉分析用試料の採取と土壌硬度の測定を行なった。埋没腐植土層では, 花粉分析に供する上下 2 サンプルを採取した。また, 埋没腐植土層の年代測定用試料は 4 cm 幅で採取し, 実験室内で腐植土層と木炭片に分け, 低温 (4℃) で保管した。

2) 年代測定

埋没腐植土中の有機物の ¹⁴C 年代を測定した。まず腐植質土壌試料から, 細根・土壤生物・礫などを取り除き, つづいて塩酸を用いた化学的前処理を施して酸不溶性腐植を抽出した (山中, 1983)。この前処理は他の土壌有機物画分より若い年代を与えるフルボ酸 (筒木, 1989) を除去するためである。抽出した酸不溶性腐植は, 主に腐植酸とヒューミンからなると考えられる (山中, 1983)。この前処理を終えた試料は (財) 九州環境管理協会に委託し, 液体シンチレーション法によって行なわれた。

なお, ¹⁴C の半減期は Libby の 5,568 年で算出し, 1 標準偏差で表示した。今回は暦補正年代でなく, ¹⁴C 年代で報告する。

3) 花粉分析

4℃ で保管していた堆積物試料は, 電子天秤で数回秤量し, 湿潤重量を求めた。つづいて 105℃ で数日間放置した後, 数回秤量し, 試料の重量が安定値を示した後, 再び数回秤量し, 乾燥重量を測定した。各乾燥試料の 7 g を花粉分析に供した。

堆積物中からの花粉・孢子化石の抽出は、KOH-ZnCl₂-アセトリシス処理法を適用した³⁾。検鏡は、ニコン・エクリプス E800 (Nikon Eclipse E800) を使用し、通常は 400 倍 (plan apo 40, 0.95) と 600 倍 (plan apo 60, 0.95) で、必要に応じて 1,000 倍 (plan apo 100, 1.40) を使用した。同定は、部分的な計数による歪みをなくするために、22/22 mm のカバーガラス下全面に検出された花粉・孢子化石の全てにおいて行なった。また、堆積過程などにおいて破損したものと考えられる花粉・孢子化石は全て未同定とし、局所的な植生を反映するとされる (安田, 1993) 総出現花粉・孢子を基数としたダイアグラムで表示した。

IV. 結 果

1) 埋没腐植土層・木炭片の層序と年代

ジュンベシ谷では埋没腐植土層を介在した 1 m を以上の厚い土壌層が認められ、今回は海拔 3,000 m を超える山地斜面でも木炭片を含む埋没腐植土層が観察できた (写真 1)。図 2 には、各調査地点の土壌断面を示す。

各地点では、埋没腐植土層の上位にある褐色～暗褐色の小礫を含んだシルト質の砂が共通してみられた。地点 3 を除いて、現地表面の堆積腐植層 (A₀ 層) の発達は悪く、10 cm 以下の層厚であった。埋没腐植土層は、現地表面下で約 50 cm の深さでみられるが、地点 3 と地点 4 では約 1 m の深さからも観察できた。この埋没腐植土層は暗褐色を呈し、層厚は約 10～30 cm であった。地点 5 (写真 2) の土壌硬度は約 15～22 mm の中で変化するが、埋没腐植土層は、その上下の土壌層より低い値を示した (図 3)。

木炭片は主に埋没腐植土層中に含まれていたが、地点 3 のように埋没腐植土層より上部の小礫を含んだシルト質粘土にも密集層が認められた。

表 1 には今回埋没腐植土層の土壌有機物から新たに得た 5 つの ¹⁴C 年代を示す。最も新しい年代値は、地点 1 の 810±60 y BP で、次に地点 2 と 4 の 1,180±70 y BP, 1,180±60 y BP, そして地点 5 の 2,610±90 y BP であった。最も古い年代値は、地点 3 の 3,690±120 であった。

2) 花粉分析

本研究では、今回地点 5 で採取した埋没腐植土層の 2 サンプルについて報告する (図 3)。

全体的に花粉・孢子化石の保存は良好ではなかった。総花粉・孢子に対する総樹木花粉 (AP) の出現率は、下部の深度 60 cm では 55 % を示し、上部の深度 52 cm では 37 % へと減少する。その中で最も高い出現率を示すコナラ属 (*Quercus*) の出現率は、下部から上部にかけて 40 % から 26 % へと減少する。また低率ながら、ヤナギ属 (*Salix*) とハンノキ属 (*Alnus*) も下部から上部にかけて、それぞれ 4 % から 3 % へ、4 % から 2 % へと減少している。総草本花粉 (NAP) は、下部では 3 % を示し、上部では 7 % に増加する。その中では、セリ科 (Umbelliferae) が下部から上部にかけて 1 % から 4 % へと増加する。孢子 (Spore) は、下部の 41 % から上部の 56 % へと増加する。

V. 考 察

1) 木炭片と埋没腐植土層の形成原因

ソル地域のジュンベシ谷では、埋没腐植土層中だけでなく、現地表面下の比較的浅い褐色土層中のいろいろな層準で木炭片が検出されていることから、火災が多くの場所で発生していたことが報告されている (岩田・宮本, 1997)。今回の調査地点 3 でも埋没腐植土層以外で木炭片の密集層が認められたことから、ジュンベシ谷の各地域で森林火災が発生したとする指摘 (岩田・宮本, 1997) に調和的である。

岩田 (1994) は東南チベットのポテチュー谷において、各地点の埋没土層の年代測定値から、谷の下流から上流に向かうにつれて年代が新しくなる傾向を認め、森林破壊は谷の下流から始まったことを示唆している。だが、今回ソル地域の各地点で得た埋没腐植土層の年代をめぐっては、必ずしもポテチュー谷の年代測定値の傾向とは一致しない。つまり、ソル地域では海拔 3,380 m の地点 1 では約 810 年前の年代値が得られたが、その下流域の地点 3 (2,980 m) や地点 5 (2,920 m) では、Iwata *et al.* (1996) や岩田・宮本 (1997)

←写真 1 ネパール東部，ソル地域，地点 1（海拔 3,380 m）の埋没腐植土層。
人物が示している暗褐色の埋没腐植土層中には木炭片が多数含まれていた。（撮影：宮本真二）

↓ 図 2 ネパール東部，ソル地域の土壌断面とその ^{14}C 年代。

Fig. 2 Columnar sections of soil layers and radiocarbon dates ^{14}C y BP, around the Solu area, Eastern Nepal.

←写真 2 ネパール東部、ソル地域のパンカルマ村付近に分布する埋没腐植土層（暗色）。
本報告で花粉分析を行なった地点（地点 5，海拔 2,920 m）。（撮影：宮本真二）。

↓ 図 3 ネパール東部、ソル地域のパンカルマ村付近（地点 5）から採取した埋没腐植土層の花粉ダイアグラム。

Fig. 3 Pollen diagram of samples taken from buried humic soil layers near Pangkarma village, Solu area, Eastern Nepal.

表 1 ネパール東部、ソル地域の埋没腐植土層の ^{14}C 年代。

Table 1 Radiocarbon ages from buried humic soil layers from Solu area, Eastern Nepal.

Locality	Altitude (m)	Depth (cm)	Material dated*	^{14}C age ($\pm 1\sigma$ BP)	Laboratory number**	Remarks
1	3,380	38- 42	Humus	810 $\pm$ 60	KEEA-310	
2	3,030	24- 28	Humus	1,180 $\pm$ 70	KEEA-309	
3	2,980	108-112	Humus	3,690 $\pm$ 120	KEEA-106	
4	2,940	80- 84	Humus	1,180 $\pm$ 60	KEEA-308	
5	2,920	58- 62	Humus	2,610 $\pm$ 90	KEEA-105	
6	2,500	50- 83	Charcoal	1,172 $\pm$ 66	I-18087	Iwata <i>et al.</i> , 1996
6	2,500	50- 83	Humus	1,087 $\pm$ 140	KEEA-68	Iwata <i>et al.</i> , 1996

*Chemical pre-treatment: boiling with 1N HCl for 60 min.

**KEEA, Kyushu Environmental Evaluation Association, Fukuoka/I, Teledyne, New Jersey.

で報告されている地点6のファプルーの埋没腐植土およびそれに含まれていた木炭片の年代測定値よりも古い年代値が示された。その原因として、ジュンベシ谷での森林火災が各時代、各地域で断続的に発生していた可能性がある。土屋（1996）が述べたように、モンスーンの雨雲が谷に沿って進入してくるというジュンベシ谷の環境を考えれば、自然の状態で発生する森林火災は少なく、森林火災の原因は人為に求められる可能性が高いと考える。

2) 花粉分析からみた森林破壊過程

今回報告する地点5（2,920 m）の埋没腐植土中の有機物は、約2,600年前という年代値が得られた。この年代測定層準は花粉分析の下部サンプルに相当する。埋没腐植土層中のわずか2サンプルであるが、花粉・胞子化石の組成変化は明確にあらわれた。とくに、全体的にみると樹木花粉の出現率が上部で大きく減少していることから、コナラ属を主体とする植生から、森林が減少したことが推定される。岩田・宮本（1996）やIwata *et al.*（1996）で報告されたファプルー（2,500 m）の埋没腐植土層中の出現率と同様の傾向を示している。さらに、今回得た結果からは、埋没腐植土層の形成過程においても明確な植生変化があったことが示唆される。この植生変化の原因は、埋没腐植土層中に木炭片が数多く含まれており、人為による火入れを伴った森林破壊であると推定さ

れる。この植生変化の時間幅は、今回の年代測定値だけでは説明できない。しかし、長岡ほか（1990）がクンブー地域のドーレで行なった木炭片の年代測定値の評価をめぐって指摘した、埋没腐植土層の形成年代幅の問題に関係するのかもしれない。

VI. おわりに

今回新たに得た東ネパール東部、ソル地域のジュンベシ谷に分布する埋没腐植土の ^{14}C 年代測定および花粉分析結果をもとに考察した結論を以下にまとめる。

1) ジュンベシ谷では森林火災が各地で発生し、その原因は人為によるものと考えられる。

2) この人為による森林破壊は、16世紀のシェルパ族のチベットからの移住以前から始まっており、約3,700年前までさかのぼる。

今後は埋没腐植土層の成因・形成年代幅を明らかにするため、埋没腐植土層中の詳細な微化石分析や年代測定を行なうことが必要である。さらに、西城（1996）が指摘した、埋没土壌の形成と気候変動の関係についても再考する必要がある。

今回採取した埋没腐植土中の木炭片のAMS法による ^{14}C 年代も測定中であり、他の調査地点の花粉分析結果と合わせて、稿を改めて報告する。

謝 辞

本研究を進める上で、岩田修二先生（東京都立大学）、山本紀夫先生（国立民族学博物館）はじめ、国立民族学博物館・共同研究「ヒマラヤ高地における環境利用の民族学的研究」のメンバーの皆様には数多くの御教示をいただいた。記してあつくお礼申し上げます。なお、本研究の経費の一部として、（社）東京地学協会平成9年度研究・調査助成金（「ヒマラヤ山脈東部における埋没腐植層の形成と環境変化」申請者：宮本真二）のほかに、文部省科学研究費補助金（国際学術研究：「ネパール・ヒマラヤにおける草地・森林利用の動態に関する民族学的研究」研究代表者：山本紀夫、課題番号 06041126）、および滋賀県立琵琶湖博物館・総合研究（「東アジアの中の琵琶湖、その成立と人間生態系に関する総合研究」研究代表者：中島経夫）を使用した。記して感謝申し上げます。

注

- 1) 現在まで、腐植に富む古土壌は埋没土壌や埋没腐植土層と記載されていたが、本研究では埋没腐植土層に統一し、引用部分については原文に準じた。
- 2) 地点6の年代測定結果は、Iwata *et al.* (1996) から引用した。
- 3) 今回は報告しないが、抽出した花粉・孢子化石の封入は光学顕微鏡観察用にはグリセリン溶液で、また電子顕微鏡観察用にはカルノア液-酢酸イソアミル法で処理した。

文 献

- Caine, N., Ives, J.D., Kienholz, H. and Messerli, B. (1982): A buried podzol near Namche Bazar, Solu-Khumbu, Nepal. *Mountain Research and Development*, 2, 405-406.
- 稲村哲也・古川 彰 (1995): ネパール・ヒマラヤ・シェルバ族の環境利用—ジュンベシ=バサ谷におけるトランスヒューマンス—, *環境社会学研究*, 1, 185-193.
- 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, 45-62.
- Iwata, S. and Miyamoto, S. and Kaiya, Y. (1996): Deforestation in eastern and central Nepal. *Geogr. Repts. Tokyo Metropol. Univ.*, 31, 119-130.
- 岩田修二・宮本真二 (1996): ヒマラヤにおける環境利用の歴史の変遷, *TROPICS (熱帯研究)*, 5, 243-262.
- 岩田修二・宮本真二 (1997): ヒマラヤに生きる—各論3—ジュンベシ谷の二万年, *季刊民族学*, 79, 44-53.
- 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変化, *日本地理学会予稿集*, 48, 252-253.
- 長岡信治・前空英明・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, 62-70.
- Oppitz, M. (1974): Myth and Facts, Reconsidering some data concerning the clan history of the Sharpas, Kailash. *J. Himalayan Studies*, II, 121-131.
- Saijo, K. (1993): A ^{14}C date of buried charcoal fragments found in the middle mountains of Nepal. *Mountain Research and Development*, 13, 377-378.
- 西城 潔 (1996): ネパールヒマラヤ中部、カリガンダキ上流部にみられる完新世中期の埋没土壌, *日本地理学会予稿集*, 49, 236-237.
- 土屋和三 (1996): ネパール・ヒマラヤの植生と家畜飼育, *TROPICS (熱帯研究)*, 5, 227-242.
- 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—ソルヘンクンブとブータンの視察から—, *ヒマラヤ学誌*, 3, 62-72.
- 筒木 潔 (1989): 土壌有機物, *日本化学会編：土の化学* (季刊化学総説4), 学会出版センター, 81-95.
- 渡辺悌二・菅原百合 (1998): 国立公園の問題群 1—薪の消費と電化—ネパール・サガルマータ (エベレスト) 国立公園, *地理*, 43-3, 88-94.
- 山中英二 (1983): 飯豊山地の高山湿草地土の ^{14}C 年代とそれに関した二・三の問題, *第四紀研究*, 21, 315-321.
- 安田喜憲 (1993): 気候が文明を変える (岩波科学ライブラリー7), 岩波書店, 116p.