

# 中央ネパール, タコーラ地域における中新統-更新統の堆積環境の変遷

島田誠明<sup>1</sup>, 吉田孝紀<sup>1</sup>, ギャワリ・バブラム<sup>2</sup>

<sup>1</sup>信州大学理学部理学科地球学コース, <sup>2</sup>ポカラ大学ルンビニエンジニアリング・マネジメント・サイエンスカレッジ

Sedimentary environments change of the Miocene to Pleistocene in the Thakkhola region, central Nepal

Shimada, M.<sup>1</sup>, Yoshida, K.<sup>1</sup>, & Gyawali, B.R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science, Shinshu University & <sup>2</sup>Pokhara University, Lumbini Engineering Management and Science College, Nepal

**Abstract:** The Thakkhola area in Nepal, one of the grabens north-south direction on the boundary between the Himalayas and the Tibetan Plateau, is filled by Miocene to Pleistocene deposits. The Thakkhola Formation in the study area is divided into twelve lithofacies based on grain size, sedimentary structure, and fossil assemblages, and into eight facies association based on the combination of lithofacies. The sedimentation of the Thakkhola Formation can be interpreted as follows, gravel-bed braided river deposits, gravel-sand meandering river deposits, gravel-bed braided river deposits with siltstones, gravel-sand braided river deposits, and sand braided river deposits. Paleosols are found mainly on floodplains, lakes, bars, and levees. Some paleosol horizons with well-developed soil horizons and illuvial clay indicate a warm climate, while paleosols with rhizolith of CaCO<sub>3</sub> deposited around the roots suggest an environment of repeated intermittent rain and arid periods.

キーワード: 堆積相解析, 古土壌, チベット高原, 中央ネパール

Keywords: Facies analysis, Paleosols, Tibetan Plateau, Central Nepal

## 1. はじめに

ヒマラヤ山脈とチベット高原の境界には南北に走る地溝が分布する。この内の一つである Thakkhola 地域は周囲の山脈により南西モンスーン風が遮られて雨陰となることで乾燥し、現在はステップ気候に区分される (Ramchandra et al., 2015)。この地域には新第三系から第四系の扇状地性・河川性・湖沼性の陸成層が分布する (Adhikari, 2009)。この地域の乾燥化はヒマラヤ山脈の形成と関係している。そのため、この地域は新生代後期のヒマラヤ山脈の隆起過程を理解する上で最も重要な地域の一つといえる (Yoshida et al., 1984)。

本研究では、Ghiling 周辺に分布する上部中新

統-更新統の Thakkhola 層を対象に堆積、古土壌学的検討を行い、堆積環境の変遷の追跡を試みた (図-1)。

## 2. 地質概説

中央ネパール北部、ムスタン郡を南北に走るタコーラムスタン地溝は古生代と中生代~新生代のテチス堆積物に囲まれ、厚さ 870m 以上の中新統から鮮新・更新統によって埋積されている。Thakkhola 地域は主に中部中新統の Tetang 層と、その上位に不整合関係で接する上部中新統-更新統の Thakkhola 層が分布する。Garziona et al. (2000) と Yoshida et al. (1984) の古地磁気層序学的検討によれば、Tetang 層の堆積年代は 9.6-

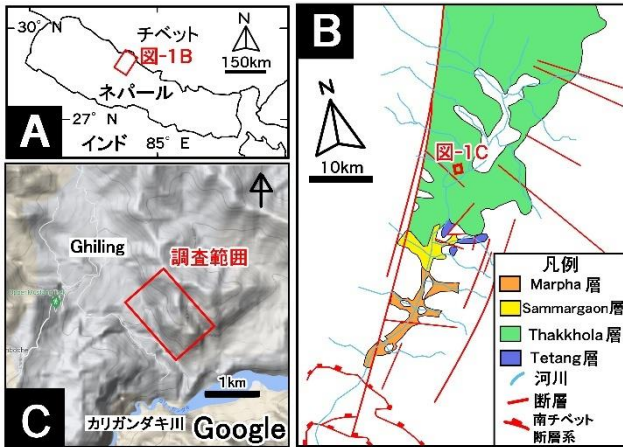


図-1 (A)ネパールの地図。赤枠は B の範囲を示す。  
 (B)Thakkhola 地域に分布する中新世から更新世の堆積物。赤枠は C の範囲を示す。Adhikari (2009) を参考に作成。(C)Ghiling の地形図。赤枠は調査範囲を示す。Google より作成。

11Ma であり、Thakkhola 層の堆積は古くとも 2-8Ma まで継続したとされる。

### 3. 研究手法

本研究では Ghiling 周辺に分布する露頭を対象に厚さ約 400m の柱状図を作成し、岩相記載と堆積相解析を行った。

古土壌記載は、生物擾乱、土壌層位、土色、土壌構造に注目し、2 地点で特徴的な古土壌プロファイルを見出した。

### 4. 結果

#### (1) 堆積組相

調査地域に分布する堆積物を粒度、堆積構造、化石の産状から、塊状礫岩 (Gmm)、逆級化が特徴的な礫岩 (Gmg)、斜交した礫岩 (Gc)、平行葉理砂岩 (Sh)、トラフ型斜交層理砂岩 (St)、斜交層理砂岩 (Sc)、塊状砂岩 (Sm)、薄い礫層を伴う砂岩 (Sg)、わずかに葉理のあるシルト岩 (Fl)、塊状シルト岩 (Fm)、貝化石を含むシルト岩 (Fcf)、炭質泥岩 (C) の 12 の岩相を識別した。更にそれらの岩相分類の組み合わせから 8 つの堆積組相に分けた (図-2)。

#### 堆積組相 A

砂岩層に乏しく、細粒砂の基質支持で、塊状で不淘汰な弱く級化する厚い礫岩 (Gmm) によって

特徴づけられる。一部不鮮明な級化構造やインブリケーションを示す。この礫岩層は厚さ 0.5-2.0m であり、癒着して 5.0m に達する。レンズ状に挟まれる砂岩は粗粒で礫を含み、斜交層理砂岩 (Sc) に分類される。癒着した塊状で弱い級化を示す礫岩は、混濁流や土石流堆積物であると考えられ、重力流による礫が優勢な網状河川の堆積物と解釈される。

#### 堆積組相 B

シルト岩層をほとんど挟まず、薄いレンズ状の斜交層理砂岩と、基質支持の逆級化した厚い礫岩 (Gmg) によって特徴づけられる。これら逆級化する礫岩層の厚さは 0.3-1.5m であり、成層して厚さ 5.0m に達する。薄いレンズ状、くさび型をなす砂岩は、チャンネル充填堆積物の可能性があり、礫が優勢な網状河川の堆積物と解釈される。

#### 堆積組相 C

斜交層理をなす礫岩と、細粒から粗粒の薄い砂岩が積層した砂岩層が見られる。上部では細粒なシルト岩の薄い層 (Fm) が保存されることがあり、上方細粒化を示す。平行葉理砂岩や砂岩に挟まれる薄い泥岩 (Fm) は、バーや自然堤防の特徴である。下部の薄い礫岩 (Gc) と上部の平行・斜交葉理砂岩 (Sh, Sc) 及びシルト岩 (Fm) が上方細粒化を示し、シルト岩は放棄チャンネルとして氾濫原によく見られる。この堆積組相は礫から砂が優勢な蛇行河川の堆積物と解釈される。

#### 堆積組相 D

砂岩層の割合に乏しく、基質支持で斜交層理をなす厚い礫岩と、その上位のシルト岩で特徴づけられる。これらの礫岩層はレンズ状の砂岩 (Sc) を挟む。厚い礫岩と内部のレンズ状の砂岩は網状河川と判断される。

#### 堆積組相 E

シルト岩の割合に乏しく、細粒から極粗粒の厚い砂岩、細粒な堆積物に挟まる薄い粗粒な堆積物と礫岩によって特徴づけられる。砂岩の厚さは 5m 以上となる。上方細粒化と粗粒化の両方が見られる。厚いシルト岩などの氾濫原や後背湿地を示す堆積物が少なく、礫から砂が優勢な網状河川の堆積物と解釈される。

#### 堆積組相 F

礫岩、砂岩、シルト岩からなり、全体的に上方細粒化する。現地の観察で露頭の状態が悪く、構造が不明瞭なものを堆積組相 F とした。そのため

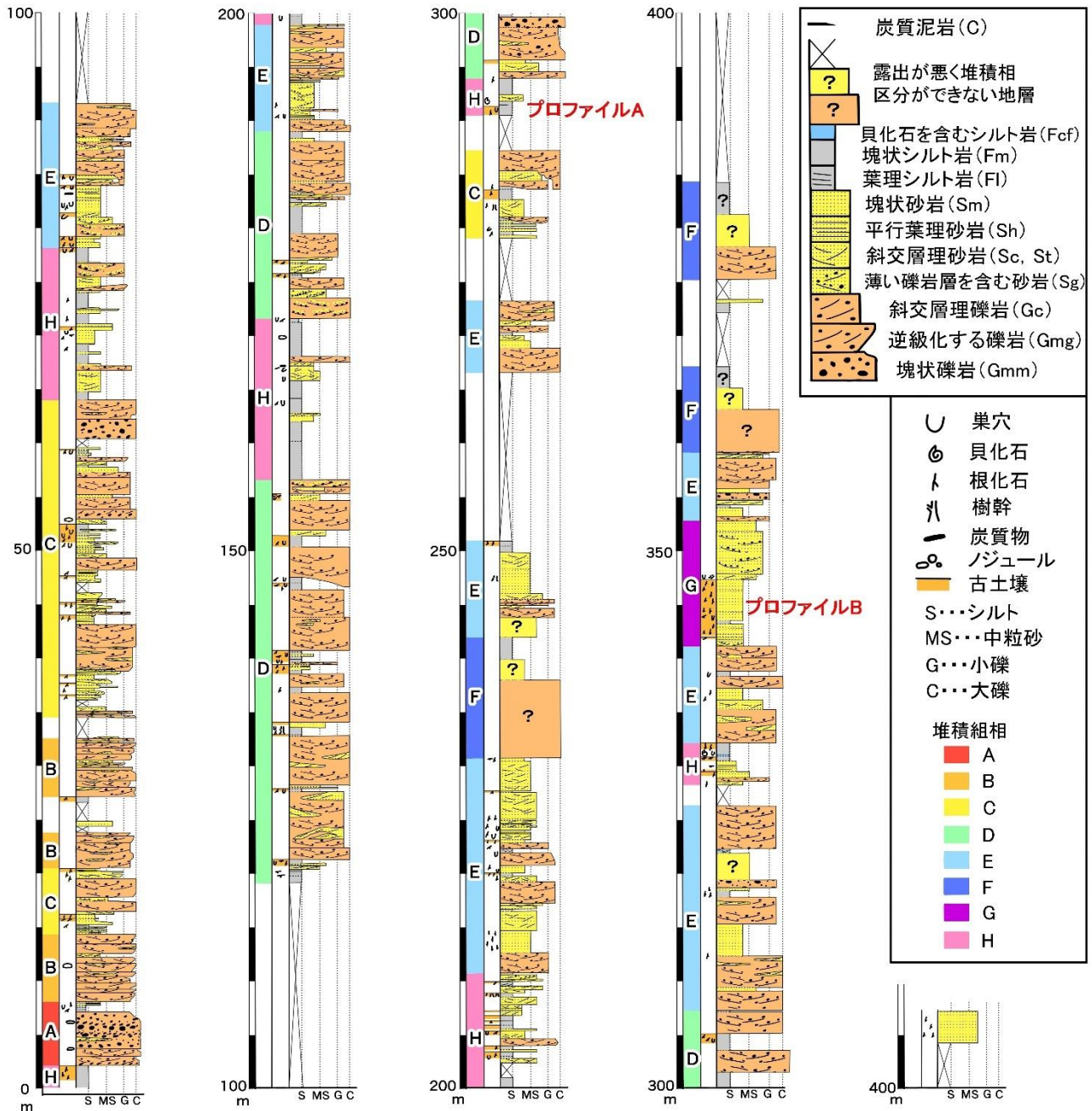


図-2 地質柱状図及び堆積組相

堆積環境の推定は困難である。

### 堆積組相 G

細粒から極粗粒の 11m に達する非常に厚い砂岩と上方粗粒化によって特徴づけられる。細粒砂岩層は 6m に達し、下部は Sc, Sh からなり、それより上位は未成熟な土壌化を受けた厚い砂岩 (Sc) が発達する。シルト岩に乏しく、上方粗粒化が認められないことから砂が優勢な網状河川の堆積物と解釈される。

### 堆積組相 H

厚いシルト岩と、その間の薄い極細粒砂岩から

礫岩によって特徴づけられる。シルト岩には貝化石を含む地層 (Fcf) や薄い炭質物が豊富な地層 (C) が認められ、生物擾乱構造も多い。シルト岩中に挟まれる薄い粗粒な堆積物はクレバースプレー堆積物と解釈される。生物擾乱を受けたシルト岩は、氾濫原や湖沼環境での堆積を示す。

### (2) 古土壌記載

今回の調査では、主に氾濫原や湖沼、バーや自然堤防において古土壌が認められた。なお土壌層位については、有機物が集積した暗灰色の土層で



ある A 層, A 層の下位に発達する粘土が集積した B 層, B 層内部でより粘土が集積した Bt 層, 初生的な堆積構造を残す C 層に分類した。

柱状図の 290m で作成したプロファイル A では堆積組相 H (氾濫原) を母材とした古土壤が認められる (図-3A)。土層分化はプロファイル下部で明瞭で, 野外観察にて A 層 (層厚 15cm), Bt 層 (層厚 15cm), B 層 (層厚 35cm) の発達が認識された。根化石の直径は最大 5mm で, 古土壤表面から地下に伸び, 長さ 60cm に及ぶ。また古土壤の上位には巻き貝や二枚貝の貝化石を産する。土層分化が明瞭で, 集積粘土が認められることから, 温暖な気候で形成された古土壤といえる。

柱状図の 345m で作成したプロファイル B では堆積組相 G (バー堆積物) を母材とした古土壤が認められる (図-3B)。全体的に弱く土壌化しており, 所により B 層の発達が認識された。プロファイルの下部から 3m までは,  $\text{CaCO}_3$  が根の周りに析出したリゾリスが産出する (図-3C)。このリゾリスは層理に沿って密集して分布し, 長さ 30cm に達する。リゾリスは水はけの良い古土壤で発生する草本植物の証拠である (Retallack, 2001)。層理に沿って分布することから, 表土を広範囲に利用し, 定期的な雨や洪水で残った地下水を利用した可能性がある。このことから, この地域の当時の環境は間欠的降雨と乾燥が繰り返した環境が示唆される。

## 5. 考察

先行研究において, Adhikari (2009) により Thakkhola 層は岩石学的特徴に基づいて, 下部の礫岩・砂岩とシルト岩を伴う礫岩・細粒な堆積物・上部の礫岩層と砂岩層の 4 つのユニットに分割された。しかし全体的な堆積環境の変遷については議論がなされていない。

今回の調査において Thakkhola 層では, 扇状地, 網状河川, 蛇行河川, 湖沼, 氾濫原など様々な堆積環境を識別した。柱状図下部 0-35m では主に礫が優勢な網状河川の堆積物が占める (堆積組相 A, B)。柱状図 35-65m では主に礫と砂が優勢な蛇行河川の堆積物が占める (堆積組相 C)。柱状図 120m から 200m 付近では主にシルト岩を挟む礫が優勢な網状河川と氾濫原の堆積物が占める (堆積組相 D, H)。柱状図 200m からは礫と砂が優勢な網状河川の堆積物が高い割合で見られ (堆積組相 E),

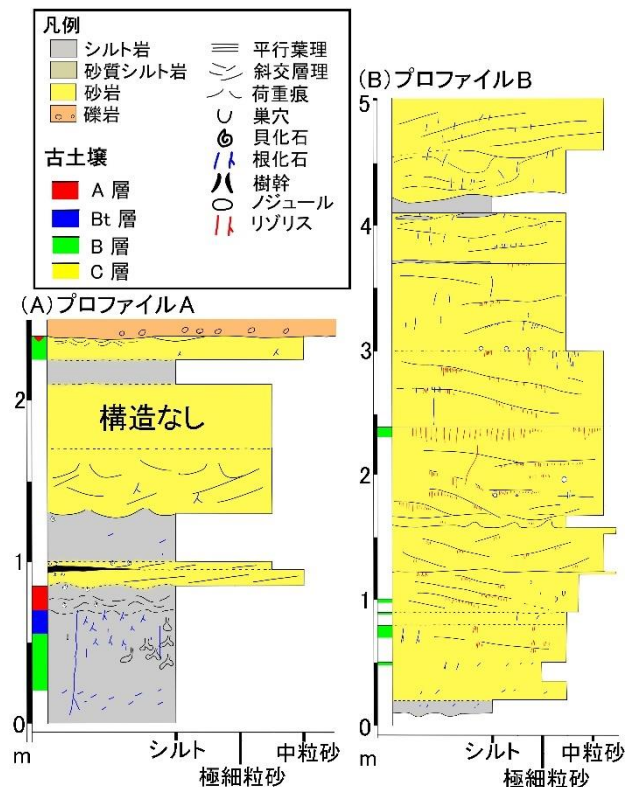


図-3 (A)柱状図 290m 地点で作成した古土壤プロファイル A. (B)柱状図 345m 地点で作成した古土壤プロファイル B. (C)根の周りにカルシウムが析出したリゾリス。

厚い砂岩層が認められた (堆積組相 G)。このように, Thakkhola 層の下部から上部にかけて礫岩が減少し, 細粒な堆積物が増加する傾向は先行研究 (Adhikari, 2009) と一致する。また柱状図で読み取れた堆積組相より, 礫が優勢な網状河川から, 礫から砂が優勢な網状河川へと変化した一連の堆積環境の変遷が読み取れた。

## 6. まとめ

Thakkhola 層の堆積相解析により、8 つの堆積組相が識別される。これらの分布状況より、Thakkhola 層が示す堆積環境は大まかに礫が優勢な網状河川、礫と砂が優勢な蛇行河川、氾濫原境を伴う礫が優勢な網状河川、礫と砂が優勢な網状河川へと環境が変化したことが示唆される。

氾濫原やバー堆積物において認められた古土壌からは、温暖な気候や降雨と乾燥が繰り返した環境が示唆される。

### 【引用文献】

- 1) Adhikari, R. B., 2009, Sedimentology and Basin analysis of the Thakkhola-Mustang graben, central Nepal. Ph.D. Thesis, University of Vienne, Austria, 200 p.
- 2) Garziona, C.N., Dettman, D.L., Quade, J., DeCelles, P.G., and Butler, R.F., 2000, High times on the Tibetan plateau: Paleoelevation of the Thakkhola graben, Nepal, *Geology*, v. 28, pp. 339–342.
- 3) Ramchandra, K., Rocky T., Juha A., and Saraju K.B., 2016, New climatic classification of Nepal, *Theoretical and Applied Climatology*, v. 125, pp. 799-808.
- 4) Retallack, G.J., 2001, *Soils of the past —an introduction to paleopedology—*. Blackwell Sci. Publ., Oxford, 404 p.
- 5) Yoshida, M., Igarashi, Y., Arita, K., Hayashi, D., and Sharma, T., 1984, Magnetostratigraphy and pollen analytic studies of the Takmar series, Nepal Himalayas, *Journal of Nepal Geological Society*, v. 4, pp. 101-120 (Special Issue).

(原稿受付 2024.3.6)