- (1988) : Ten-year trends in sulphate, nitrate and hydrogen deposition in central Ontario. *Atmospheric Environment*, **22**, 901-905.
- ERIKSSON, E. (1952a) : Composition of atmospheric precipitation. 1. Nitrogen compounds. *Tellus*, **4**, 215-232.
- (1952b) : Composition of atmospheric precipitation. 2. Sulfur, chloride, iodine compounds, Bibliography. *Tellus*, **4**, 280-303.
- FISHER, D. W., GAMBELL, A. W., LIKENS, G. E. and BORMANN, F. H. (1968) : Atmospheric contributions to water quality of streams in the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Water Resour. Res.*, **4**, 1115-1126.
- GALLOWAY, J. N. and WHELPDALE, D. M. (1980) : An atmospheric sulfur budget for eastern North America. *Atmospheric Environment*, **14**, 409-417.
- JEFFRIES, D. S., COX, C. M. and DILLON, P. J. (1979) : Depression of pH in lakes and streams in central Ontario during snowmelt. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **36**, 640-646.
- JOHANNESSEN, M. and HENRIKSEN, A. (1978) : Chemistry of snow meltwater : changes in concentration during melting. *Water Resour. Res.*, **14**, 615-619.
- JONES, H. G. and DEBIOIS, C. (1987) : Chemical dynamics of N-containing ionic species in a boreal forest snowcover during the spring melt period. *Hydrol. Preces.*, **1**, 271-282.
- MINNS, C. K. (1981) : Acid rain : a preliminary estimate of the risk to Ontario's inland fisheries. *Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences* No. 1622, Ontario, 36p.
- OUELLET, M. and JONES, H. G. (1983) : Paleolimnological evidence for the long-range atmospheric transport of acidic pollutants and heavy metals into the Province of Quebec, eastern Canada. *Can. J. Earth. Sci.*, **20**, 23-36.
- OVERREIN, L. N., SEIP, H. M. and TOLLAN, A. (1981) : Acid precipitation-effects on forest and fish. *Reclamo*, Oslo, 175p.
- PAPINEAU, M. (1987) : Effects of acid precipitation on a boreal forest ecosystem : ion budgets and changes in water chemistry for the Laflamme Lake Watershed. *Environment Canada*, Quebec, 108p.
- PARROTT, H. C. and SCOTT, W. S. (1980) : The case against the rain. *Ontario Ministry of the Environment*, Ontario, 24p.
- PAULIN, G. (1982) : Quebec and the phenomenon of acid precipitation -a review. *Quebec Ministry of the Environment*, Quebec, 33p.
- SUZUKI, K. (1982) : Chemical changes of snowcover by melting. *Jap. J. Limnol.*, **43**, 102-112.

東北タイの地形・土壌形成に関わる環境変遷史の研究

田 村 俊 和*

Environmental Historical Study of Landform Development and Soil Formation in Northeast Thailand

Toshikazu TAMURA*

I. は し が き

東北タイは、しばしばコラート高原と呼ばれるが、実際には、海拔数百～千数百mの山地に囲ま

れて、海拔120～250m 程度の緩やかな波状の起伏が続く所が広い。年降水量は、ごく一部を除いて1,100～1,800mm の間にあるが、乾燥月が年間6か月内外に達し、タイ国内では最も乾燥した地

* 東北大学理学部地理学教室 Inst. Geography, Tohoku University

域として知られている。この地域の農業開発を妨げる自然的要因として強く指摘されているのが、塩類土壌、ラテライト～礫質土壌、および砂質土壌である。これら“問題土壌”が、変遷する環境の中で地形発達と密接に結びついて形成されてきた過程を解明することが、本研究の目的である。

現地調査は1988年12月に、東北タイ中央部をほぼ西から東に流れるチー川流域を中心に、Pichai Wichaidit, Paiboon Pramojanee (ともにタイ国農業・協同省土地開発局) および宮城豊彦 (東北学院大) の各氏と共に行なった。このほか Montri Liengsakul, Poonya Paosritongkum (ともに土地開発局), Paitoon Ponsana, 八田貞夫, 三浦憲蔵 (いずれも東北タイ農業開発研究センター), および天野洋司 (農林水産省農業環境技術研究所) の諸氏の絶大な協力を得た。

II. 従来の知見

地質構造からみると、東北タイは、ジュラ紀の初めに生じた堆積盆地が、おそらく古第三紀頃に二つに分化した後消滅したもので、その盆地堆積層の最上部を成すマハサラカム層中に岩塩層が挟まれている。盆地を分化させた変動はその後も継続し、起伏が若干増大したと考えられる。現在の地形は、基本的には、その構造起伏が削剝される過程で形成されてきたものとみてよい。

この地域の地形発達に関する従来の知見は、いずれも、土壌調査の中で土壌母材の成因を解釈する必要上提示されてきたものである。たとえば PENDLETON (1943ほか) は、谷底や氾濫原以外に発達する土壌を、基岩風化物を母材とする年代を経た残積土と考え、それが立地する地形をすべて削剝面とみなした。これに対して MOORMAN ら (1964ほか) は、土壌タイプの違いの多くを母材の堆積年代の相違で説明する中で、山地斜面を除くほとんどの地形を、河成段丘 (3段に大別) と考えた。MOORMAN らによる土壌調査結果は、現在に続く土壌分類の基礎となっているが、その地形発達に関する解釈にはいろいろと無理があることが、後に調査が進むにつれて明らかになってきた。その矛盾を解決する一案として、MICHAEL (1981) は、土地開発局の土壌調査スタッフ

との議論を通して、河間地の大半の土壌は、ごく近接した所から基岩風化物などが、水流によりあるいは斜面に沿って、移動・堆積したもの (local alluvio-colluvium) を母材とするという考えをうち出した。

筆者は、1986年に国際協力事業団の短期専門家として現地調査を行ない、次のような事実を認めた (TAMURA, 1986)。

1) 東北タイにみられる地形の大半は、基本的に削剝成のものである。

2) しかし、MOORMAN が高位段丘としたものの一部は、明らかに河成礫層の堆積面に起源をもつ地形である。

3) それより低位には、局地的な斜面堆積物 (上部に細粒匍行(?) 堆積物、下部に亜角礫質堆積物) や薄い風成堆積物などが基岩風化層を覆って断続し、河成堆積物としては、現氾濫原構成層と一連のものしかない。

4) “高位段丘” 礫層あるいはそれより新しい角礫質斜面堆積物などの上部に、層状、礫状あるいは粒状のラテライトが形成されていることが多い。そのラテライトの上部に、時にテクタイトが含まれている。粒状ラテライトは粘土質基岩風化層の上面に形成されていることもある。

5) マハサラカム北方のチー川沿岸で氾濫原堆積物の比較的上部にある腐植質粘土層は、19,280 ± 820 / - 740 y. B. P. (TH-1287) という C-14 年代を示す。それとの層位関係は未確認だが、隣接地点で氾濫原堆積物と斜面堆積物および風成堆積物とが指交している。上記3) や5) に関連して LÖFFLER ら (1984, 1988) は、チー川の南を並走するムン川の中流域で、> 4 万 ~ 2 万 y. B. P. の有機物に富む湿地ないし氾濫堆積物を広く覆う、有機物を欠く砂質堆積物を根拠に、最終氷期最盛期頃この地域一帯は、塩水の流入が増大し、一部では風成作用も活発化するような、かなり乾燥した環境にあったと考えている。また彼らは、電気探査記録から、有機物に富む堆積物がかつての河谷を100m 以上もの厚さで埋めていると判断し、後期更新世以前の河谷埋積期と、それに先立つ下刻期を認めている。

III. 今回明らかになった事実

現河谷底から数十mの比高をもつ丘頂面を作る河成礫層（上記2）の礫層は、チー川がその源流域をもつペチャブン山地を離れたばかりの地点から、ムン川、さらにメコン川に合流する地点の近くまで断続的に、しかし広い範囲で認められる。メコン川合流点付近の古生層砂岩・頁岩分布域の斜面には薄い礫層（ストーン・ライン）があり、また、ナコン・ラチャシーマ南方などでは礫質砂岩の岩塊（の風化したもの）がみられ、いずれも亜円礫から成りながらごく近距離を移動した堆積物（MICHAELのlocal alluvio-colluvium）とみなせるが、上記の河成礫層は、これとは層相や産状を全く異にするもので、明らかに遠距離を流水によって運搬されてきたものである。

その河成礫層の上位には赤色のロームが堆積していることが多いが、その大半は、礫層にひき続いて堆積した氾濫堆積物ではなく、それに起源をもつにせよ、かなり後に斜面に沿って、あるいは局地的な水流や風の作用で、移動・堆積したものと考えられる。なぜならば、上記4)のように、礫層上部（赤色ローム層より下位）にはしばしばラテライトが形成され、そこには時にテクタイトが挟まれているからである。

コンケン周辺を中心に、河成礫層上部や角礫質斜面堆積物上部のラテライトから採取したテクタイト5点について、フィッション・トラック年代測定を行なったところ、概測値ながら、いずれも60万年～70万年という年代が得られた（立教大学鈴木正男氏測定）。これは、東南アジアのテクタイトについて既に報告されている年代値と矛盾しない。また、これに上記4)の事実も考えあわせると、東北タイ一带のラテライトのうちには、その形成が中期更新世初頭に遡るものが少なくないことがわかる。

斜面堆積物あるいは局地的な水流による、ローム質ないし砂質でしばしば角礫をともしなう堆積物は、きわめて広範囲に、しかし一つ一つはきわめて小規模に分布する。その移動・堆積した時代は、前期更新世（テクタイト以前）からごく最近（土器を含むもの）までいろいろある。特徴的な

堆積期の検出はまだできていない。

本流の現氾濫原を構成する河成堆積物が分布するのは、河道を中心とするきわめて狭い範囲に限られ、そこを離れると、一見一連の低地のようにみえても、基岩風化層（しばしばその上面にラテライトが形成されている）が露出するか、あるいはそれがきわめて薄い小支流堆積物に覆われていることが多い。しかし河道沿いには、現氾濫堆積物の下位に、明らかに風化の程度を異にする堆積物が、2層認められる。これら2層の旧氾濫堆積物は、互いに不整合で、もちろん基岩のマハサラカム層を不整合に覆う。

現氾濫原堆積物中の埋没腐植土層や旧氾濫堆積物のうち上位のもの、および局地的な水流によると思われる堆積物から、いくつかのC-14年代測定試料を採取し、東北大学理学部地理学教室で現在計測中である。

IV. 暫定的な環境変遷史

上述のように、未解決の問題やまもなく判明することの期待される事実などが少なくないが、現時点で組み立てられる、この地域の地形・土壌形成に深く関与した環境変遷史の概略は、次のようなものになる。

1) 前期更新世（あるいは一部新第三紀に入るかも知れない）には、川の掃流力が後の時代（現在も含む）よりかなり大きく、礫を大量に運搬できる状態にあった。これは当時流量と河床勾配のどちらかまたは両方が大きかったためと考えられ、多雨な気候や活発な地殻変動が推定される。後者は、コラート層群の堆積盆を縮小・分化させた運動の継続ともみられる。

2) 河成礫層堆積面を相対的に高位置にもたらしうような、谷の下刻がそれに続く。起伏を増大させるような地殻変動がなお継続していたことがうかがわれる。

3) 前期更新世の遅くとも後半には、ゆっくりした削剝と共に礫層や基岩の深層風化が進行するような、おそらく湿潤で地殻変動の穏やかな環境に移行した。

4) 前期更新世末に角礫質の斜面堆積物が形成された。乾季と雨季との差の大きな気候の下でウ

オッシュが頻発するようになったことが想定される。その直後にテクタイトが降下し、またラテライトの形成が盛んになった。河成堆積物であれ斜面堆積物であれ、礫層は集積した水酸化鉄の酸化・硬化に適した場を提供したと思われる。

5) 中・後期更新世には、斜面に沿うウオッシュやクリープおよび側方浸透流、あるいは局地的な河流により、さらには一部風の作用も加わって、細粒物質を中心とする移動・堆積が進んだ。もちろん一部では礫の移動も行われた。それぞれの作用が気候変化に伴って消長を繰り返したと思われるが、十分な編年はまだできない。この間、本流河谷では下刻と埋積が2～3回繰り返したが、これには地殻変動の影響も考えられよう。

6) 更新世末以後、本流の河谷では、氾濫は毎年発生しているが、あまり顕著な下刻・埋積は生じていないようである。河間地表層での細粒物質は、人為の影響も受け、一部で削剝・再移動させられている。

いわゆる問題土壌のうち、塩類土壌は基岩のマハサラカム層に素因をもち、上記2) や5) などの過程で低地でも基岩が浅所に位置するようになったため、地中水の鉛直および側方への移動も関与して形成されてきたもの；ラテライト～礫質土壌は上記4) で形成されたラテライト層が5)・6) の過程を経て再露出するに至ったもの；また砂質土壌は主に5) の産物で、6) のためにとくに深刻な影響を受けているものとみられる。

文 献

- LÖFFLER, E. and KUBINOK, J. (1988): Soil salinization in North-east Thailand. *Erdkunde*, **42**, 89-100.
- , THOMPSON, W. P., and LIENGSAKUL, M. (1984): Quaternary geomorphological development of the lower Mun river basin, Northeast Thailand. *Catena*, **11**, 321-330.
- MICHAEL, P. (1981): Landforms, surface sediments and associated soil units in Nakhon Ratchasima Province, Thailand. *Tech. Bull.*, **31**, Soil Survey Division, Land Development Department, 16p.
- MOORMAN, F. R., MONTRAKUN, S., and PANICHAPONG, S. (1964): *Soils of Northeast Thailand*. Land Development Department, 32p.
- PENDLETON, R. L. (1943): Land use in Northeastern Thailand. *Geogr. Rev.*, **33**, 15-41.
- and MONTRAKUN, S. (1960): The soils of Thailand. *Proc. 9th Pacific Sci. Congr.*, **18**, 12-32.
- TAMURA, T. (1986): Geomorphological development of Northeast Thailand with reference to problem soil formation. *Report of JICA Short Term Expert*, **6**, Agricultural Development Research Center, 11p.