

タイ国サケラート地区の森林土壌*

—適地適木を目標にした土壌区分の試み—

吉 岡 二 郎

I はじめに

タイ国では不適正な焼畑耕作等の土地利用により森林面積が急激に減少し、草原状の無立木地が増加した。森林資源の保続、水・土保全上極めて重大な問題であることから、タイ政府は荒廃林地の復旧造林に関し我が国に技術協力を要請し、1981年から造林研究訓練技術計画が発足した。この計画では、育苗、造林一般、林業機械に関する技術研究のほか、植栽樹種の適地判定技術と土壌分類の確立が重要課題にあげられている。筆者は1982～1983年に2度にわたりサケラート地区の主として草生地の土壌調査を行う機会を得た。適地適木の観点から土壌区分を行い、調査技術を現地に定着させる目的で約1,100 haの造林予定地を調査し、土壌図を作成した。ここで紹介するサケラートの森林土壌は、主として土壌断面の形態調査によって識別され、土壌図作成の単位に用いられた土壌型である。しかし短期間の調査のため区分した土壌の理化学的分析は行っておらず、各土壌の学問的、土壌分類学的位置付け及び土壌の呼称等については、さらに多くの調査、実験及び論議が必要であることを特に指摘しておきたい。

この調査は、筆者のほか JICA 森林土壌長期専門家・大脇 昭氏、タイ国側森林土壌担当者 Mr. Vikan Ampanurak, 同 Miss Wilawan Tantiraphan によって行なわれ



図-1 位置図

YOSHIOKA, Jiro: Trial Classification of Forest Soil for Afforestation at Sakaerat in Thailand

農林水産省林業試験場関西支場

* 1983, 1984 年, JICA へ提出した 2 編の帰国報告書を要約したものである。

た。調査に当って、日タイ両国の関係機関及び各位に大変お世話になった。心から厚くお礼を申しあげる。

II 調査地の概況

調査地サケラートは、タイ東北部に広がるコラート高原南部の中央高地と呼ばれる地域、北緯 14°30'、東経 101°55' 付近で、バンコック市の北東方向約 300 km にある。基岩は中生界に属する砂岩が主である。南西方向に急斜面をもつケスタ地形が広い範囲にわたって形成され北東方向にゆるやかに起伏する緩傾斜の丘陵性山地が続いている。調査地内には 3 段のテラス状平坦面があり、テラスの先端部は急傾斜して下段のテラスに連なり、海拔約 670 m の高地から次第に高度を減じ谷底部は約 250 m になる。農耕に適さなかったと思われる石礫地や急斜地の一部に Dry Dipterocarp や Evergreen の広葉樹が単木または疎林で残されているほかは、草高約 1.5 m の Yaka (アランアラン)、同 3.5 m 内外の Yaapong (ワセオバナ: ヨシ類) が全域に密生している。この地域に分布する土壌は、FAO-Unesco 世界土壌図 (1/500 万) によれば Ferric Acrisols が優占し、またタイ国の Department of Land Development の調査報告書¹⁾によれば赤黄色ポドソル性土壌が優占している。

III 土壌の特徴と区分

調査地区内約 50 か所の土壌断面調査の結果を見る限り、この地区の土壌は赤黄色味が強く、表層部は黄色味、下層部は赤色味が卓越し、土壌有機物は全般に乏しいことが最も大きな特徴である。ここで試みた土壌区分では、各土壌断面の形態的特徴と、その土壌が分布する地形上の位置及び植生の状態を土壌細分の条件として作業を進めた。その結果、3 土壌群 2 亜群、8 土壌型に類別し、表-1 のとおり仮の名称を与えた。土壌及び植生の分布と地形の関係を図-2 に模式図で示した。また区分したそれぞれの土壌の特徴は次に述べるとおりである。

なお、本文中で使用されている土壌層位名は我が国の国有林野土壌調査法²⁾に準拠するものであり、A₁、A₂、B₁、B₂ のように表現される層位は単に層序を示すもので

表-1 地域内に出現した土壌

土壌群・土壌亜群	土 壌 型
赤黄色ポドゾル性土壌	乾性赤黄色ポドソル性土壌 弱乾性赤黄色ポドソル性土壌 適潤性赤黄色ポドソル性土壌
ラ テ ラ イ ト	ラテライト性土壌
表層グライ化赤黄色土 表層グライ系赤黄色土 表層グライ灰白化赤黄色土	表層グライ化赤黄色土壌 弱表層グライ化赤黄色土壌 表層グライ灰白化赤黄色土壌 弱表層グライ灰白化赤黄色土壌

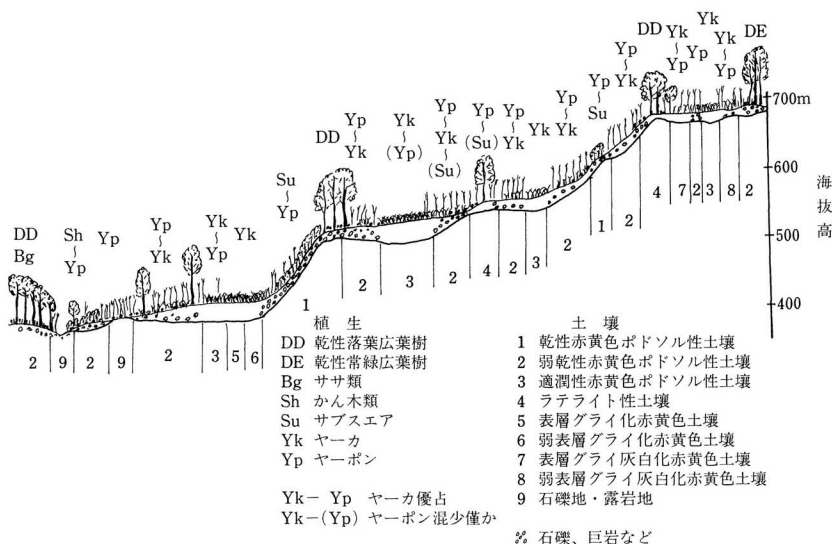


図-2 地形-土壌-植生の分布模式図

あって、溶脱や集積のような特別の意味は持っていない。

1. 赤黄色ポドゾル性土壌

この土壌は、強い洗脱をうけた漂白層と粘土集積層が存在し、母材は多少とも硅酸質であることが重要な分別特徴とされている⁹⁾。東南アジアに広く分布が認められているが、この地域の丘陵地で最も広く分布している土壌である。ここでは断面形態の特徴から次の3土壌型に細分した。

1) 乾性赤黄色ポドゾル性土壌

この土壌は、台地辺縁部の急斜面や尾根及び凸形の丘陵斜面の上部に出現する。土壌は浅く、40 cm 未満の深さに基岩またはこれに準ずる大形の岩石が出現し、地表にも比較的大形の岩石が露出している。A層は浅く5 cm 前後、土色の中心は7.5 YR 3/3~4/3 (暗褐色)で砂質壤土、細粒状構造が発達し、小形の堅果状構造を混じえることが多い。B層は5 YR 4/6~7.5 YR 6/8 (にぶい赤褐色~橙色)が中心で埴質壤土、中形の堅果状構造がよく発達する。土壌断面は、基本的にはA-B-C層によって構成されているが、時にはA層を欠くか、A層の発達が極めて弱いものがある。土壌の浅いことから侵食作用が考えられるが、土壌が浅くてもA層が発達している場合もあり、現況下で受食されたものか、あるいは森林の伐開-農耕の過程での受食かは即断できない。A層の酸度 (pH) は6.5, B層は6.8であり、かなり中性に近い酸性度を示している。植生は Subseua (多枝生の灌木)、先駆性の木本類, Yaanangkarog (エノコログサ sp.) 以外の植被はほとんど見られない。この土壌が分布する位置、土壌の深さからみて、乾季に入ってから最も早期に強度の乾燥の影響を受ける土壌と判断される。

2) 弱乾性赤黄色ポドゾル性土壤

この土壤は、台地辺縁部の平坦～緩斜面、丘腹斜面の中～下部などの広い範囲に分布し、この地域を代表する土壤といえる。この土壤は1)の乾性土壤、3)の適潤性土壤(後述)との中間型と考えられ、断面形態や分布範囲も両者の中間的特徴を示している。土壤の深さは60 cm未満で、下層部には大形の岩石が多い。土壤断面はA-B-C層で構成されるが、時にA層の発達弱いものがある。A層は5～10 cmで深くはないが、しばしばA₁、A₂層に分化している。土色はA層が7.5 YR 3/3～4(暗褐色)、B層上部が7.5 YR 5/6(明褐色)、B層下部が5 YR 5/8(明赤褐色、時に2.5 YR 4/6～8・赤褐色)、C層は2.5 YR 5/6～8(明赤褐色)を中心とし、下層部に至るほど赤色味が強い。A、B層に堅果状構造がよく発達し、土性はA層が砂質、B層上部が砂質～微砂質、B層下部がやや埴質、C層はやや砂質であり、B層下部への粘土の集積が推測される。A層のpHは6.1、B層は5.3でやや低い値を示している。この土壤が分布する場所は1)の乾性土壤ほど顕著ではないが、表土流失の影響を受けやすく、B層相当部分が露出して、地表部から5 YRの赤色味を示す場合がある。植生は草高約3.5～4.5 mのYaapongが最優占し、程度に差はあるが最大40%位までYakaが混生する。木本類が混生することは稀であり、Yakaの混交が極めて少ない場合に限りSabseuaまたは先駆性木本類がわずかに混生している。

3) 適潤性赤黄色ポドゾル性土壤

台地内の緩斜面～平坦面、水系沿いの小規模の堆積面(段丘状)などに分布する。土壤は深く約60 cm以上で、100 cm以内にはほとんど石礫は認められない。A層は10～15 cmとやや深く、土色は7.5 YR 3/2～3/3(黒褐～暗褐色)が中心となり、腐植の浸透は割合によい。土壤構造はあまり発達せず弱度の塊状または堅果状構造がわずかに認められる程度である。A層は時にA₁、A₂に分化するが、A₂層はA-B層的性格が強く、いずれも砂質である。B層は50 cm以上の層厚があり、通常は2層(B₁、B₂層)に分化する。B₁層は弱い堅果状もしくは塊状構造がわずかに認められ、7.5 YR 5/6～8(明褐色)を中心にした色相を示している。B₂層はほとんど土壤構造は発達せず、堅密でmassiveな状態を示し、5 YR 5/8(明赤褐色)付近を中心的土色にした赤色味が強い土層である。平坦面の残積性土壤の場合は地表から100 cm以内にはほとんど石礫を含まないが、水系沿い等に見られる運積性の土壤では、B層中に小形の円礫または半角礫を多量に含むことがある。粘土移動については断面調査の段階ではあまり明瞭に識別できなかった。残積性の場合にB₁層以下が壤土～埴壤土になるケースが多く、A、B₁層は砂質～微砂質である。pHはA層が6.6、B層は6.0～6.1であった。また土壤の物理性の実験結果では、かなり堅密に堆積している土壤(山中式硬度指示で20～27)であり、素焼板法による細・粗孔隙の割合で細孔隙が優っている場合でも透水性はあまり劣っていない(真下式透水速度: 35～60 cc/分、透水量=210 mm～360 mm/時)。排水の良好さが赤黄色ポドゾル性土壤の特徴とされているが³⁾、極めて少数の実験値なので透水性と孔隙組成の詳しい解析はできなかった。植生はYakaが優占する。10%程度までYaapongが混生することも

あるが、他の植生を混じえないのが普通である。

2. ラテライト性土壤

調査地区でこの土壤の分布は狭い範囲に限られ、台地に接する凸形斜面の傾斜変換部上方の残積土に見られる。従来、ラテライト性土壤と呼ばれる土壤に対する明確な規定がなく、様々な形態をなす熱帯地域の赤色系の土壤に与えられた名称のようである。この地域のものは、明瞭な Plinthite や hard crust を有するタイプのものではなく、B層中に concretion や鉄質皮膜に覆われた小円礫を持つ赤色土である。A層～B層上部は前述の赤黄色ポドソル性土壤に類似している。B層下部～C層は 5 YR 5/8～2.5 YR 4/6～8 (明赤褐～赤褐色) の土色を示し、ポドソル性土壤の下層部より赤色味が強く、また小形の円礫または半角礫を多量に含有し礫層を形成することがある。これらの礫は鉄質の被膜に覆われ、表面が平滑で光沢の強いものがかなり多量に含まれている。被膜礫は稀塩酸液に浸漬すると初期は淡黄色、後に次第に赤褐色の塩酸溶液になる。被膜が取り去られた礫は極めてもろくなり指間で圧碎できるようになる。土性は全般に砂質で下層土でもポドソル性土壤ほど埴質にはならない。A層～B層上部には堅果状構造がある程度発達するが、B層下部～C層では単粒状となり構造は特に発達しない。土塊は比較のもろく砕け易い。植生は Yaapong, Yaka が混生するが、通常は Yaapong が優占し Yaka は最大 20% 程度である。

3. 表層グライ系赤黄色土

台地内の平坦～微凹状地、ゆるやかに起伏する幅広い尾根上など、雨季において排水が劣ると考えられる場所に分布し、還元作用を受けて帯黄灰色の土層や鉄斑紋を持つ土壤である。台地内と尾根上に分布する土壤とでは、土壤の深さ、グライ層の土色、斑紋の状態をはじめ、土壤断面形態に明らかに相違が認められる。ここでは、これらの土壤を2亜群に分け、それぞれを還元作用の程度によって細区分し土壤型とした。既存の調査資料¹⁾では類縁土壤と思われる Low Humic Gley Soil の分布を排水不良の窪地に認めている。

i 表層グライ化赤黄色土

この土壤は台地内の凹状地及びこれに接する微凹～平坦地に分布が認められ、凹状地中心部の土壤は灰色味が強く、その周辺の土壤では斑紋が多くなる傾向がある。土壤は深く 100 cm 以上あり、石礫は含まない。A層は腐植に富み灰色を帯びた黒褐色、Ag, Bg 層は共に帯黄灰色、C層は明るい赤褐色であり、粘土の含有量は下層に進むほど増加する傾向が認められる。還元作用の結果において、土壤が灰色味を増すか、または斑紋が形成されるかは、地形面に沿って形成される土壤の水分状態の相違によるものと推定されるが、乾季の調査であったため水分過剰などの状態は確認していない。ここでは、灰色味の強弱、斑紋の多少により次の土壤型に区分した。

1) 表層グライ化赤黄色土壌

強い還元作用を受けた土壤で、主として凹状地の中心部付近に分布する。調査時点(乾季に入って約1か月後)では、土壤の水湿状態は過湿ではなかったが、地表面の土壤の状況から、雨季にはある程度の湛水状態にあることが推測される。A層は腐植

に富み、7.5 YR 2~4/1~10 YR 3~4/2 の黒褐色を中心にするが、やや灰色味を帯びている。土壌構造はあまり発達せず壊れやすい板状構造がわずかにある。A₂g 層は 7.5 YR 5~6/3 (黄灰色~にぶい黄褐色) で massive 状態である。B₁g 層は明度を増し、にぶい褐色~橙色となる。A₂g 層以下には、7.5 YR 5/7~5 YR 4/8 の赤色味を有する斑鉄が見られる。植生は Yaka が単独で密生し、草高は 1.2~1.4 m である。

2) 弱表層グライ化赤黄色土壌

主として凹状地に接する平坦地に分布する弱い還元作用を受けた土壌で、土壌断面に灰色味はほとんどなく、斑鉄が多い表層グライである。A 層は 7.5 YR 6/6~10 YR 7/6 (明褐~黄褐色) で腐植の浸透はほとんどなく、弱い堅果状構造がわずかに認められる。B 層は 5 YR 5/8 (明赤褐色) を中心土色とし、massive 状態である。斑鉄は B₂g 層以下に強く現われる。表層部は下層部に比べてやや砂質であるが、ポドゾル性土壌ほど明瞭な差は認められない。植生は Yaka が単独で密生し、草高は約 1.5~1.7 m あり強度の表層グライ化土壌よりやや高い。

ii 表層グライ灰白化赤黄色土

尾根上または尾根状台地の平坦~緩斜面に分布する帯灰白~灰黄色の Ag または Bg 層をもつ表層グライである。灰白化層は 10 YR~2.5 Y の淡黄褐~灰黄褐色を中心的土色としている。土壌は浅く 50 cm 前後で、下層部に小形の円礫または半角礫を多量に含むことが多い。この土壌は分布する場所の地形から見て、表層グライ化土壌のような湛水状態が出現することは考え難い。雨季における地中水分の排水が悪く過湿状態を招いたもので、一過性の停滞水によって還元作用が進み灰白化したものと考えられる。

1) 表層グライ灰白化赤黄色土

この土壌は比較的地表に近い部分に強い還元作用を受けた Ag 層または Bg 層をもち、灰白化層は完全な層状を示している。Ag 層はやや腐植に富み 7.5 YR 4/2~3 (褐灰~灰褐色) の土色を示し、弱い堅果状や粒状構造がわずかに認められる。Bg 層以下は massive 状態で構造はなく、Bg は 10 YR~2.5 Y の黄褐色、C 層は 5 YR 5/8 付近の明赤褐色を示している。残積性で表層部はやや砂質、Bg 層は微砂~埴質壤土、C 層は埴土である。C 層は時に多量の小礫を含み、礫には鉄被膜があることが多い。灰白化層内に斑鉄が認められる場合もある。植生は Yaka, Yaapong が混生するが Yaka が優占する傾向があり、灰白化の程度が強い場所では両者共に草高が低くなる。

2) 弱表層グライ灰白化赤黄色土壌

この土壌は 1) の表層グライ灰白化土壌より還元作用が弱く、灰白化部は斑状または雲状となり、土色は黄褐色味が増している。Ag または Bg 層内に斑鉄が多い。A 層はやや腐植に富み、粒状構造がやや発達しているが、土層は浅く砂質である。Bg 層は埴質、C 層は埴質で小形の礫を多量に含むことが多く、礫は鉄被膜に覆われているものも多い。植生は Yaapong が優占し、強灰白化土壌よりも密度、草高ともに高

い。

IV ま と め

現在、タイ国では早生樹種を中心に大規模の造林計画が推進されている。各地で樹種選択、森林施業を重点に多くの試験地が設けられているが、適地判定技術の確立、林業的な立地区分を目標にした具体的な取り組みは行われていないようである。今後、合理的な造林を実行するために、生長量と立地因子との関係の調査を行い林業的な立地区分を早急に実施することが必要であろう。現在タイ国の土壌は農業に関係が深いと思われる平坦～緩斜地について、USDA 方式による調査が完了し、1/10 万の土壌図が公表されている。しかし、主として山地に相当する傾斜地は、「急傾斜地土壌」として未区分の状態である。合理的土地利用上からもタイ全土の山地について、統一基準による土壌調査が望まれる。

今回、サケラート地区で行った土壌調査では、造林樹種の適地判定に視点を置き、調査技術の定着を図り、土壌区分法を検討した。森林土壌の分類について統一基準が不明確の現状では、今回の調査のように限られた範囲の調査事例を直ちに全土的分類体系に関連させるのは困難である。しかし、今回区分を試みた土壌型は、土壌分類上は極めて低いレベルにおける区分に相当するため、土壌の性状について細部にわたり調査されている。このレベルにおける調査を適確に行っておけば、仮に高いレベルの土壌分類に変更があったとしても、あまり影響されず十分に対応できると思われるので、当面は克明な資料の蓄積が大切である。

また、今回の調査結果から、土壌の分類上の位置付け及び地力維持（生産力）にかかわる問題について若干ふれておきたい。

調査対象地約 1,000 ha の大部分は 7～8 年前に農耕が中止され草原状になった場所であり、土壌調査報告書¹⁾では赤黄色ポドゾル性土壌が広く分布することを認めている。筆者らも判断する明確な資料を持たぬままポドゾル性土壌として調査した。この土壌は 5～20 cm の A 層（暗褐色～黄褐色、全炭素量 2% 未満）を有し、A 層の酸度は pH 6.0～6.8 を示している。この土壌中の有機物が、森林→農耕地→草原という過程のどの段階で蓄積されたものであるか、または短期間で消滅する有機物であるかを土壌生成及び地力の立場から検討しておく必要がある。表層土壌の pH が若干高いが土壌水分の蒸発による塩基の濃縮または易分解性有機物からの塩基の供給に関連があるかどうか調べておくべきであろう。

さらに草原への植林では、物質循環が質・量的に大幅に変る可能性があり、地力維持上の問題として土壌への影響を調べる必要がある。サケラート地区の草原では、1.2～1.5 m の Yaka（アランアラン）、3.5 m 位の Yaapong（ヨシ類）が密生し、乾季に枯死した地上部は、約 5 か月間の雨季に消失している。草原に植林し森林が閉鎖する過程で草量は次第に減少し早生樹種では約 8 年位で草本類は消滅している。一方では、樹幹への物質の蓄積が始まるので、草原及び林分形成過程における物質循環系の相違と土壌への影響は是非とも調査しておくべきであろう。

以上、現地調査にもとづいてサケラート地区の土壌を紹介したが、失なわれた緑の回復の研究と造林事業の発展を熱望するものである。

【参考文献】 1) F. Bos and Vichit Thundan: No. 73 Detailed Soil Survey of the North-Eastern Portion of ASRCT Sakerat Experiment Station, Land Development Department, Thailand (1967) 2) 林野庁・林業試験場: 国有林林野土壌調査方法書 (1955) 3) Thorp, J. & G.D. Smith: Higher Categories of Soil Classification; Order Sub-order, and Great Soil Groups, Soil Sci., Vol. 67, 117~126. 久馬一剛: 東南アジアにおける赤色土壌の類別, 分布および生成について, 東南アジア研究, 7巻2号, 166, 1969. より引用)

【抄 録】

◎熱帯の植物病害と病原菌の目録 (5) インドネシア

① ジャワの寄生藻類および菌類 (RACIBORSKI, M.: Parasitischen Algen und Pilz Javas. Theil I ~ III. Staatsdruckerei, Batavia, 39 pp., 46 pp., 49 pp., 1900)

② インドネシアの銹菌 (BOEDIJN, K. B.: The Uredinales of Indonesia. Nova Hedwigia 1: 463~496, 1959)

③ インドネシアの *Cercospora* 属菌 (BOEDIJN, K.B.: The genus *Cercospora* in Indonesia. Nova Hedwigia 3: 411~437, 1962)

④ インドネシア 重要作物 病害目録 (TRI HARSO, KASELAN, J. and CHRISTANTI: List of diseases of important economic crop plants already reported in Indonesia. Bull. Fak. Pertanian, Univ. Gadjah Mada. 14, 60 pp., 1975)

これらのうち最も古い①には44属56種の樹木上に, 47属63種の菌類が記載されている。②はインドネシアにおける銹菌類の総目録で, 23属53種の銹菌が記録され, それらの宿主は46属97種を算える。③は同じ著者によるインドネシアの不完全菌類 *Cercospora* 属菌の総目録で, 33種 (うち新種7を含む) が29属41種の樹木上に採録, 記載されている。

④には多くの農作物の中に41種の果樹, 特用樹, 林木が含まれ, それらに324種類の菌類病, 9種類の細菌病, 10種類の線虫病, 7種類のウイルス病, 8種類の藻類病のほか生理病が2種類記録されている。主な病害として, ならたけ病, 根こぶ線虫病, 疫病, 微粒菌核病, 苗立枯病などの土壌病害が, アルビシア, アカシア, イピル・イビル, チークなど林木の他, キナノキ, コーヒーノキ, シナモン, チョウジ, アブラギリ, カカオノキなどの特用樹や柑橘, リンゴ, ドリアンなどの果樹類に広く記録されている。また枝幹の病害としてボトリオディプロディア胴枯病, こうやく病, 赤衣病を始め各種材質腐朽病が同様に多くの林木, 特用樹, 果樹類に発生している。

以上のうち①は復刻版が西ドイツの Cramer 社から出ていて (約5,000円) 入手可能である。②, ③は学術雑誌の論文, ④はジョクジャカルタ (Yogyakarta) のガジャマダ大学発行の印刷物で, 申込みば分譲される。 (小林享夫)