

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

久 馬 一 剛*

Reddish-colored Soils in Southeast Asia---Their Distribution, Genesis and Classification

by

Kazutake KYUMA

Based on descriptions from soil survey literature, red-colored soils occurring in Southeast Asia were grouped into the following five great soil groups: 1. Dark Red and Reddish Brown Latosols (RBL), 2. Red Yellow Latosols (RYL), 3. Reddish Brown Lateritic Soils (RBLs), 4. Red Yellow Podzolic Soils (RYP), 5. Red Brown Earths (RBE). (Names and definitions are after Dudal and Moormann.) Their genetic conditions can be summarized as follows:

Climate	Dry			Humid		
Parent material	Acidic		Basic	Acidic		Basic
Time {	Recent	NCB*	RBE	(RYP)**	(RYL)**	RBLs
	Interm.	NCB*	RBE	RYP	(RYL)**	RBL
	Old		(RYL)***	RYP	RYL	RBL

* NCB: Non-Calcic Brown Soils

** Doubtful occurrence

*** Fossil formation

The following conclusions were tentatively drawn from considerations of genetic conditions:

(1) Genesis of upland soils in the humid tropics is characterized by a greater intensity and a greater speed of weathering as compared to that of upland soils in the humid temperate zone. On the other hand, fundamental soil-forming (horizon differentiating) processes are common to both climatic zones, i.e., podzolization and lessivage.

(2) Weathering on basic parent rocks produces sesquioxide-rich weathering crusts so rapidly that soil-forming processes are almost totally inhibited due to coating and cementation of kaolinic clay with sesquioxides. Thus, the resulting soil is of the latosol type.

(3) Weathering products of acidic rocks contain kaolin minerals, quartz and relatively small amounts of sesquioxides. Thus, lessivage and podzoli-

* 京都大学東南アジア研究センター

zation can proceed along with weathering. Soils formed in this condition morphologically resemble the red yellow podzolic soils described for the warm temperate zone.

(4) Morphology is not a sufficient criterion for classifying tropical soils. The degree of weathering in soil materials should also be taken into consideration. Thus, the red yellow podzolic soils, which have been described for the tropics, should be distinguished from those described for the warm temperate zone on the basis of soil-imprinted weathering features.

熱帯を特徴づける主要な景観要素の一つに、暗赤、赤褐色ないし赤黄など、多少とも赤味がかった色を呈する土壌があり、これらは従来、しばしば誤って、すべてラテライトないしラテライト性土壌と考えられてきた。しかし近年熱帯の土壌がくわしく研究されるようになるにつれて、赤色を呈する土壌（以後赤色土壌とよぶ）の中にも、かなり基本的な性格に差異のあるものの存在することが知られるようになってきた。

ここでは、東南アジア（一部南アジアを含む）にみられる赤色土壌について、主として文献の記述によりながら、その類別・分布などを概観し、その上で熱帯における赤色土壌の生成に関して考察を加え、今後の熱帯土壌研究のために資したい。

I 東南アジアにおける赤色土壌の類別

近年の東南アジアおよび南アジア諸国の土壌調査文献に記載されている赤色土壌には、かなり多数の異なった名称でよばれているものがあるが、これらを筆者ら¹⁾が先に行なった対比をもととして整理すれば、次の五つの大土壌群のいずれかに含められる。

1. 暗赤色および赤褐色ラトソル
2. 赤黄色ラトソル
3. 赤褐色ラテライト性土壌
4. 赤黄色ポドゾル性土壌
5. 赤褐色土

ただし、これらの大土壌群の内容規定は、Dudal & Moormann²⁾によって与えられたものに準ずる。

以下にはこれらの大土壌群のおのおのについて簡単に形態的、生成的特徴を記載する。

1. 暗赤色および赤褐色ラトソル

ラトソルは、もともと Kellogg³⁾によって提案された Suborder 段階での土壌分類名であり、それまでラテライト土壌などの名でよばれていた土壌に対する総称である。主要な特徴として次のようなものがあげられる。

- (1) 粘土のケイ酸・アルミナ比 ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) が小さい。
- (2) 粘土含量のわりに無機部分の塩基置換容量が小さい。
- (3) 一次鉱物含量が低い（非常に抵抗性のものを除く）。
- (4) 可溶性物質の含量が低い。
- (5) 粒団の安定性が比較的高い。
- (6) 赤色味が強い。
- (7) 物質の他からの添加によってできる集積層をもたない。
- (8) A_1 層上に厚い有機物層をもたない。
- (9) 粒経組成でシルトの相対含量が低い。

このうちでラトソル以外の土壌との比較で最も重要なのは，粘土，鉄などの流入にもとづく集積層を有しない点である。ただし，他の物質の風化，流亡などのために生ずる，鉄，アルミニウムなどの残留集積は排除しない。

暗赤色および赤褐色ラトソルは，ラトソルの中心概念に近いものであって，均一な深い断面をもち，カオリン鉱物よりなる粘土の含量は高いが，酸化鉄・アルミナによって安定な構造を作っており，透水性はよい。土壌反応，塩基飽和度は比較的高い場合もある。

2. 赤黄色ラトソル

上述のラトソルとしての要求をみたすが，暗赤色および赤褐色ラトソルと比較すれば，粘土含量，構造の安定度，塩基飽和度などいずれも低く，色も赤色味が弱い。これらの特徴は，母岩の性格が多少とも継承されたものとして理解できる。

これら二つのラトソルは，最近の FAO/UNESCO⁴⁾ の世界土壌図における フェラルソル (Ferralsol)，アメリカの分類⁵⁾ における オキシソル (Oxisol) の中に含まれる。

3. 赤褐色ラテライト性土壌

この群の土壌は，A 層における A_1 と A_2 の分化がない点を除けば，次に述べる赤黄色ポドゾル性土壌と類似している。ただし後者が珪酸質な母材上に発達するのに対し，赤褐色ラテライト性土壌は，多少とも塩基に富む母材上に発達する。もともとアメリカ東南部において記載されたもので，1938年⁶⁾，1949年⁷⁾ のアメリカの分類においては，黄褐色ラテライト性土壌などとともに，暖温帯から熱帯の森林地帯に分布する成帯性土壌とされている。

FAO/UNESCO の世界土壌図凡例で新しく提案されている Nitosol は，この群の土壌に対比される。アメリカの分類では，次に述べる赤黄色ポドゾル性土壌とともに Ultisol の中に含まれるものが主体をなすが，塩基飽和度の高いものでは Alfisol に入るものがある。

4. 赤黄色ポドゾル性土壌

この土壌群は、もともとアメリカ合衆国東南部を type locality として定義されたものであり、Thorp & Smith⁷⁾によれば「よく発達した、排水良好な酸性の土壌群であって、有機質のうすい A₀ 層と、有機、無機質の A₁ 層の下に、淡色の漂白された A₂ 層をもち、さらにその下には赤色、赤黄色ないし黄色の、より粘土質な B 層を有する。母材はいずれも多少とも珪酸質である」とされている。この中で他の土壌との比較で重要な点は、強い洗脱をうけた漂白層 (A₂) の存在と、粘土集積 B 層の存在であり、それぞれ赤褐色ラテライト性土壌およびラトソルとの分別特徴となる。FAO/UNESCO 世界土壌図の凡例では Acrisol, アメリカの分類では Ultisol の主体をなす。しかし熱帯の赤黄色ポドゾル性土壌あるいはそれと近縁の土壌（たとえば、古い河岸段丘堆積物上にみられる灰色ポドゾル性土壌）の中には、置換容量は低いが、塩基飽和度が比較的高く、FAO/UNESCO 方式の Luvisol, アメリカ分類方式の Alfisol に含まれるものもある。

5. 赤褐色土

この土壌群は冬期温暖・湿潤で、夏期高温・乾燥の地中海沿岸地方において最初に記載された赤褐色地中海性土壌 (Red-Brown Mediterranean Soil) の南アジアにおける変種と考えられるもので、顕著な乾季をもつ湿潤ないし亜湿潤気候下で、苦土鉄鋳物含量の高い母材上に生成する。土壌断面における特徴としては、B 層における暗赤色ないし赤褐色の土色と、粘土の集積があげられる。また塩基飽和度が高く、易風化性鋳物もかなり残っている。

FAO/UNESCO の新しい凡例では Luvisol, アメリカの分類では Alfisol の中に入るものが主体をなすと考えられる。

以上五つの土壌群をソ連方式の分類における土壌型と対比することは、たとえばポドゾル化の概念のちがい、ソ連の分類における気候帯区分の重視などのために、はなはだ困難である。ゲラシモフ 監修の “Physico-Geographic Atlas of the World”⁸⁾ によってみれば、東南アジアの赤色土壌地帯は、

- (1) 常時湿潤な熱帯林下の赤黄色ラテライト性土壌
- (2) 季節的に湿潤な熱帯林および高茎草本サバンナの赤色ラテライト性土壌
- (3) 乾燥サバンナの赤褐色土

のいずれかに入る。ただし上に述べてきた五つの土壌群のうちのどれも、(1)(2)(3) とは厳密に対応していない。

II 東南アジアにおける赤色土壌の分布

上に類別された五つの土壌群の各々について，東南アジア諸国における分布と，生成条件を記述する。

1. 暗赤色および赤褐色ラトソル

この群の土壌は，北ベトナム⁹⁾，南ベトナム¹⁰⁾，カンボジア¹¹⁾，タイ¹²⁾，マレーシア（マラヤ¹³⁾，サバ¹⁴⁾，サラワク¹⁵⁾）インドネシア¹⁶⁾などに，小面積ずつではあるがかなり広く分布する。

生成条件としては，気候および母材がもっとも決定的な影響を及ぼし，湿潤熱帯気候下で塩基性岩石の風化物上にほぼ限定された分布を示す。地形条件としては排水のいいことが必須である。

母岩となるのは玄武岩が多いが，安山岩，角閃岩・輝岩や塩基性の火山灰の場合も知られている。気候もインドネシアでは 2,500 ～ 7,000 mm の降水量をもつ低標高地域とあるが，南ベトナムでは 700 mm 以下の低降水量地域を除くあらゆる気候条件下で生成するとされている。Dudal & Moormann²⁾ は年降水量 1,000 ～ 3,000 mm，年平均温度 22°C 以上，乾期の長さ 4 カ月以下という一応の目安を与えている。しかし後にも述べるように，ラトソルのあるものは，現在と異なる条件下で生成された可能性があり，必ずしも現気候条件との対応を求めえない場合があると思われる。

2. 赤黄色ラトソル

この群に属する土壌の分布面積は大きくないが，北ベトナム，南ベトナム，タイ，マラヤ，セイロン¹⁷⁾などで記載されている。

この土壌群の分布地域の現気候は，雨量 600 mm から 3,000 mm，乾期もほとんどない場合から東北タイやセイロン北西部などのようにきわめて顕著な，半年に及ぶ乾期のある場合まで変異は大きい。母材としては玄武岩のような塩基性岩だけでなく，セイロン，マラヤ，タイの場合のように古い段丘堆積物（しかも苦土鉄鋳物含量は低い——マラヤ）上に発達するものも多い。一般に排水のいい地形条件下で生成されるが，比較的排水の悪いところでは黄色味の強い土壌となる。

Moormann²⁾ は，このグループの土壌が，東南アジアのモンスーン地帯（乾一雨期の区別の明瞭なところ）ではもっとも古い河成および海成段丘上に限って出現することから，この地帯における赤黄色ラトソルの生成を現気候下のものでないと推論している。この例として東北タイのものや，セイロン西北部のものがあげられる。

Moormann はまた，乾期が不明瞭であるか，あるいは全くない東南アジア地域では，赤黄色

ラトソルのうちの黄色のメンバーは、recent の段丘上にまで分布することがあるとしている。

以上のほかに、南ベトナムでは Earthy Red Latosol, Compact Brown Latosol がわけられているが、これらはそれぞれ、暗褐色ラトソル、赤黄色ラトソルに近縁である。またマラヤでは Pale Yellow Ferralsol がわけられているが、その古沖積層上の生成などからは、赤黄色ラトソルに近縁のものと考えられる。

3. 赤褐色ラテライト性土壌

この土壌群に属するものは、タイ、マラヤ、サラワク、セイロンなどで記載されている。しかし従来赤褐色ラテライト性土壌は、ラトソルあるいは赤黄色ポドゾル性土壌ほど明確に定義されておらず、上記以外の地域で類似の土壌が生成されている場合にも、他の土壌に含められてきている可能性がある（たとえば、Dudal & Moormann²⁹ はこれを赤黄色ポドゾル性土壌に含めて考えていた）。

生成条件としてもっとも決定的な影響を及ぼすのは母材であり、ほとんどの場合、中性ないし塩基性の岩石の風化物上に生成されている。気候条件はあまり限定的でないが、乾期の明瞭なところでの分布は少ない。しかしこれも地形条件と交絡しており、湿潤気候下（たとえばセイロンの Intermediate Zone やサラワク）では丘陵状の不安定地形のところでみられるのに対し、タイの中央部のようなより乾期の明瞭なところでは、より安定な波状ないし緩丘陵状の地形にも現われる。

分布は母岩の産状に支配されて、小さな点状ないし帯状の地域を占める場合が多く、赤黄色ポドゾル性土壌と密接な地理的関連をもって出現する。

赤褐色ラテライト性土壌は、上述した生成のための地形条件から考えると、比較的若い土壌ということができる。そしてこのことはこの群の土壌中に固結された鉄コンクリーションなどが存在しないこと（サラワクの例）と関連づけられよう。

4. 赤黄色ポドゾル性土壌

この群に属する土壌の分布は、ここでとりあげた5土壌群中でもっとも広く、東南アジアの湿潤地域の非塩基性母材上でのドミナントな土壌であることが知られている。たとえば、南ベトナムの全面積の半ば以上が赤黄色ポドゾル性土壌とその近縁の土壌で占められており、タイ、マラヤ、ジャワ（非火山灰地帯）、セイロン（Wet Zone）などでも広く分布している。

東南アジアの赤黄色ポドゾル性土壌は、母材的には酸性ないし中性の母材上に形成される。その多くは残積性であるが、しばしば古い河岸段丘堆積物上に、またごくまれには新期の沖積母材上にもみられるとされている（たとえば、マラヤ¹³⁾で Subrecent alluvium、サラワク¹⁵⁾では recent alluvial sediments 上に生成するとの記述がある）。気候条件としては、年雨量

1,500 mm 以上で顕著な乾期のないところに多くみられる。セイロンの場合¹⁷⁾、低地では 2,000 mm 以上の降雨と、年平均気温 27°C 以上、高地（＞600 m）では年降水量 1,625 mm で、年平均気温約 13°C 以上が出現範囲とされている。極端な場合を除けば地形条件はあまり限定的でない。

赤色土壌とはいえないが、Dudal & Moormann²⁾ によって提案されている灰色ポドゾル性土壌は、赤黄色ポドゾル性土壌と生成的に近縁である。ただ後者との差異を生ずる原因となっているのは、母材がつねに粗～中粒の珪酸質堆積物であるという点であり、従来の調査では、分布範囲は主として大陸部東南アジアの古い河成段丘上に限られている。

5. 赤 褐 色 土

この土壌群の分布は、主として母材と気候条件により規定される。セイロンの Dry Zone ではもっともドミナントな土壌として広い面積を占めるが、この地域の主たる降雨期が11月～3月の北東モンスーン期であり、夏期高温の条件下で乾燥が起こる点で、夏雨地帯よりもさらに乾燥的と考えられる。中央ビルマ¹⁸⁾、タイ、カンボジア、南ベトナムなど南西モンスーンの影響下にある地域では、乾燥の程度が比較的弱く、母材の限定がより強くはたらくためか、分布は小面積に限られている。

母材条件は上述のように気候条件と交絡しており、セイロン Dry Zone の場合には、赤褐色土は中性ないし塩基性の各種の変成岩や石灰岩の上に生成し、酸性岩地帯における非石灰質褐色土* と相隣りあった分布を示す。しかし年降水量が増え、あるいは乾期がより不明瞭になると、赤褐色土の母岩となるのはより塩基性のものに限られてくる。

このようにみてくると、赤褐色土の分布は東南アジアよりも、むしろ亜湿潤ないし半乾燥気候下の南アジアに広いことが予想される。事実インドのデカン半島内陸部に分布の広い Red loams や Red Sandy Soils のかなりの部分はこの土壌群と対比されよう。¹⁹⁾

Ⅲ 赤色土壌の生成についての考察

東南アジアにおける上記5種の赤色土壌の生成条件を総括してみると、気候条件として、乾雨期の交替の明瞭な、年雨量の比較的少ない条件下で優先的に出現するのは赤褐色土のみであり、他はいずれも乾期が不明瞭であるか、あるいは乾期があっても年降水量のかなり多い条件下で生成される。なかでもラトソルはもっとも湿潤高温の条件下に生成され、赤褐色ラテライト性土壌や赤黄色ポドゾル性土壌は、温度条件のより広い範囲に適應している。

母材的にみても、もっとも塩基性の母材に限定して出現するのが暗赤色および赤褐色ラ

* 東南アジアでは南ベトナム、タイ、インドネシアなどで記載されている。強く乾燥する気候条件下で酸性岩風化物を母材として生成する。粘土集積B層が黄褐色を呈する点を除けば赤褐色土とよく似ている。

トソルであり、赤黄色ラトソル、赤褐色ラテライト性土壌、赤褐色土などは、主として中性ないし塩基性の母材上に発達する。赤黄色ポドゾル性土壌は、もっとも酸性（珪酸質）の母材上にみられ、分布が広い。これと近縁な灰色ポドゾル性土壌は、粗粒の珪酸質母材上に生成される。

地形条件はいずれも排水のいいところに限られるが、とくに赤褐色ラテライト性土壌は丘陵状の不安定な地形条件下に特異的に出現する。すなわち赤褐色ラテライト性土壌は、湿潤熱帯の低標高地帯では、安定地形における成熟土壌としてはみられず、常に生成年代の若い土壌としてのみ存在するものと考えられる。したがって母材および気候条件の同じところで、より安定な地形条件下で長時間の風化および土壌生成をうけた場合には、母材の性質に応じて一方ではラトソルへ、他方では赤黄色ポドゾル性土壌へと分化してゆく可能性が高い。

生成年代という観点からは、赤褐色土も比較的若いと思われる。Moormann & Panabokke¹⁷⁾によれば、セイロン Dry Zone の赤褐色土では、しばしば Bt 層が 2～3 の垂層位に分けられ、下部は古い残積性母材に由来するが、上部はより新しい崩積性母材の上に発達したと考えられる場合が認められる。それにもかかわらず、これらの生成年代を異にする Bt 層は本質的な性格を異にしていない。すなわち、現在の赤褐色土生成条件は、かなり古くから存在していたと考えられる。しかし一方で、同じく現在の Dry Zone に、高位段丘上に限って赤黄色ラトソルの存在が知られ、また各地にラテライトの碎塊が散見されるなどの事実がある。これらのラトソルやラテライトが湿潤気候下の産物であることを考えると、この地域の古気候が現在とはかなり異なっていたであろうことがうかがわれると同時に、今の赤褐色土が、断面下部の残積性母材上の生成物をも含めて、気候変化後の比較的新しい時期の産物であることが明らかとなる。

以上のような赤色土壌生成条件に関する考慮を大胆に概括してみると次表のようになろう。この表で NCB は非石灰質褐色土、RBE は赤褐色土、RYP は赤黄色ポドゾル性土壌、RBLs は赤褐色ラテライト性土壌、RYL は赤黄色ラトソル、RBL は暗赤色および赤褐色ラトソルの略である。

気 候		乾		湿	
母	材	酸 性	中～塩基性	酸 性	中～塩基性
時 間	新 期	NCB	RBE	(RYP)	(RYL) RBLs
	中 期	NCB	RBE	RYP	(RYL) RBL
	古 期	(RYL)		RYP	RYL RBL

上表で赤黄色ラトソル (RYL) については、母材の性質の変異が大きいので、酸性と中～塩基性との中間においた。また括弧を付したものは化石的なものであるか、きわめてまれにしかみ

られないと思われるものである。^{*} 年代区分は新期は沖積層，中期は洪積層上部，古期は洪積層中～下部の地層の堆積後の年代にはほぼ相当するものとしてよいであろう。残積性の暗赤色および赤褐色ラトソルの年代は明示しがたいが，その風化殻の深さやコンクリーションなどの生成物から判断すれば，少なくとも中期よりも古いと思われる。

この表は，同じく湿潤熱帯の気候条件下でも，母材の性格によって，ラトソルと赤黄色ポドゾル性土壌が，ともに成熟した土壌として，隣合せに生成される可能性のあることを示している。事実，土壌図をみれば，このような例は枚挙にいとまがない。

いまこのラトソル，とくに母材的に対照の顕著な暗赤色および赤褐色ラトソルと，赤黄色ポドゾル性土壌について，生成的に少しく立ち入った考察を加えてみよう。

Gerasimov and Glazovskaya²⁰⁾ によれば，基本的土壌生成過程として，次の3群10作用があげられている。

1. 土壌物質の無機成分の変化を主とするもの
 - (1) 一次的（初成）土壌生成作用
 - (2) 土壌物質の粘土化作用（アルミノ珪酸塩化作用，シアリット化作用）
 - (3) 土壌物質のラテライト化作用（アルミナ化作用，アリット化作用）
2. 土壌物質の有機成分の変化を主とするもの
 - (4) 腐植集積作用
 - (5) 泥炭集積作用
3. 無機および有機土壌生成物の変化と移動を主とするもの
 - (6) 土壌の塩類化作用（ソロンチャク化作用）
 - (7) 土壌の脱塩化作用，ソロネッツ化過程とソロチ化作用
 - (8) グライ化作用と鉍化作用
 - (9) 溶脱作用（レンヴェージュ）または偽ポドゾル化作用
 - (10) ポドゾル化作用（ポドゾル生成過程）

これらのうち，1. の土壌物質の無機成分の変化を主とするものは，その過程で物理的，化学的要因のみならず生物的要因が関与するとしても，基本的には風化作用としてとらえることができる。赤色土壌の生成にもっとも顕著にみられるラテライト化作用は，この意味における風化作用にほかならない。しかも高温多湿な気候条件下で，一次鉍物のみならず多くの二次（粘土）鉍物まで不安定化し，結果的に鉄・アルミニウム酸化物の相対的集積を来すがごと

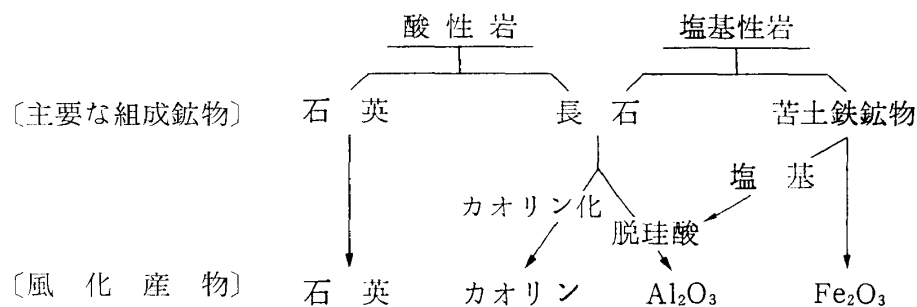
^{*} 新期の堆積母材上に，赤黄色ポドゾル性土壌や赤黄色ラトソルが生成されているという記述がある（参考文献 12, 13, 14 参照）が，これは母材としての堆積物そのものの風化を，土壌生成の結果と見誤った可能性が大きい。

き、もっとも強烈な地表風化作用であるといえる。

これに対して、2. および 3. の土壤生成物の変化と移動を主とする作用は、主として植生の影響下で起こる土壤層位の分化過程を内容とするものであって、狭義の土壤生成作用と考えることができよう。湿潤高温の熱帯気候下で、かつ排水のいい地形条件においては、これらのうち溶脱作用とポドゾル化作用のみが問題となる。溶脱作用 (lessivage) については、その物理化学的本質が明らかになっていないが、未分解の粘土の溶脱過程に、有機物がなんらかの解膠剤的效果をもつことを示唆する若干の実験結果がある。^{21,22)} 一方ポドゾル化作用については、粘土粒子の分解と、その結果生ずる酸化鉄・アルミナの移動過程に、有機物が大きい役割を果たしていることは、広く承認されている事実である。

湿潤熱帯条件下の土壤の生成に以上のような作用が主として働いているとすれば、断面形態の特徴や化学的性質などから、ラトソルにおいてはラテライト化作用—風化作用が卓越しており、赤黄色ポドゾル性土壤においては、風化作用と同時に、溶脱作用とポドゾル化作用—狭義の土壤生成 (層位分化) 作用が働いていることは明らかである。そして両土壤間のこのような差異を惹起している主たる原因は、母材の性格の差異に求められねばなるまい。

いま酸性岩と塩基性岩の風化過程と風化産物を図式化してとらえると次のようになるう。



すなわち石英とアルカリ長石類を主たる組成鉱物とする酸性岩は、風化の最終産物として石英とカオリン鉱物を主とし、三二酸化物を従とする混合物を与えるのに対し、苦土鉄鉱物と、よりカルシウムに富む斜長石類を主たる組成鉱物とする塩基性岩では、風化に際してまず易風化性の苦土鉄鉱物の分解が起こり、酸化鉄やアルミナが遊離される。この際同時に遊離される塩基類は媒地に高い反応を与え、長石類の風化に際して脱珪酸を促進することが考えられる。その結果最終的には、三二酸化物に富み、カオリン鉱物を主たる組成鉱物とする粘土質の風化産物がえられる。このように塩基性岩の風化に際して急速に最終段階の三二酸化物に至る変化が起こることは、たとえば新鮮な輝緑岩の風化に際して、表面の風化部位で、すでに長石が完全にギブサイトに変化した偽晶が存在するという例²³⁾などからもうかがわれる。

ところで、このような風化産物 (母材) に対して、生物や有機物の作用と水の浸透が働く場

合、酸性岩由来の母材の場合には、三二酸化物による被覆や固結が少ないために粘土の分散性は高く、溶脱作用を可能にするし、また有機物の三二酸化物に対する量比は高く、キレーションや保護作用による三二酸化物の可動化の結果、ポドゾル化が起こるであろう（ポドゾル化における有機物と三二酸化物の間の量比の関係については久馬²⁴⁾ 参照）。かくて酸性岩風化物を母材として生成される土壌は赤黄色ポドゾル性土壌的な特徴を有するに至ると思われる。

他方、三二酸化物に富む塩基性岩由来の母材の場合には、三二酸化物によりカオリン鉱物の分散性が低められると同時に、有機物の三二酸化物に対する相対的量比も低くなるために、粘土、三二酸化物とも洗脱をうけにくく、生成される土壌は、溶脱作用、ポドゾル化作用ともに微弱なラトソルの形態をもつに至るであろうことが予想される。もっともこの場合にも、表層の浅い部分でいくらかの層位分化が起こることは考えうるが、原生林を焼きはらって耕地化したようなところでは、熱帯の激しい降雨のために表層の侵蝕が起こり、もともとの断面形態が保存されていない場合も少なくないと思われる。

以上は湿潤熱帯気候下の土壌生成を論じたのであるが、比較的乾燥の強い気候条件下での赤褐色土の生成に際しては、塩基性母材の上でも風化作用（ラテライト化作用）の進行はラトソルの場合ほど急激でない。従って、生成される粘土自体がモンモリロナイトのような表面活性の高いものを含んでいる。²⁵⁾ また三二酸化物による被覆や固結の程度も、ラトソルにおけるほど強くはない。これらのことが赤褐色土における溶脱作用を可能にしていると考えられる。

赤褐色土は、現気候条件下ではいちおう安定な生成物と考えられるが、気候がより湿潤となるような場合には、母材の性格に応じ、ラトソルあるいは赤黄色ポドゾル性土壌の方向へ遷移することが予想される。事実、セイロン Dry Zone の場合、さきにも述べたように、高位段丘上の赤黄色ラトソルや、準平原面上のラテライト遺物の存在は、現在の赤褐色土の分布域が、かつては湿潤熱帯気候下にあった可能性を示唆しているものと考えられる。

Ⅳ 熱帯土壌の生成と分類における問題点

以上の論議においては、東南アジアにみられる赤色を呈する土壌を、Dudal & Moormann による内容規定にもとづいて五つの大土壌群にわけ、その各々について生成条件や機構の問題を扱ってきた。これらの五つの大土壌群のうち、赤黄色ポドゾル性土壌と赤褐色ラテライト性土壌は、暖温帯気候下のアメリカ東南部を type locality として記載されているものと、形態的には区別できない。

東南アジアにおいては、赤褐色ラテライト性土壌は不安定地形上の未成熟土壌として存在するにすぎないが、赤黄色ポドゾル性土壌とされているものの分布はきわめて広く、ラトソルとともに湿潤熱帯における成熟土壌の一つと考えうる。このように一つの土壌群が二つ以上の気

候帯にまたがって、広く分布地域をもつ安定な成熟土壌であるという事例はほとんどなく、そのことはまた土壌の成帯性の概念とも相容れない。もとより土壌の成帯性の概念そのものが、気候と植生を重視する地理学的概念であって、土壌学的には問題があるが、それにしても、形態学的にとらえた場合の赤黄色ポドゾル性土壌の分布は、熱帯から温帯にまで及んでおり、一土壌群としては広きにすぎるといわざるをえない。

従来土壌学においては、しばしば土壌生成作用と風化作用とを区別する必要があると説かれながら、実際にはその区別をすることは困難であり、土壌の分類にあたっては、もっぱら形態的特徴が重視されてきている。いま、風化作用をその場における無機成分の変化過程としてとらえ、土壌生成作用を狭義に層位分化過程として理解するならば、従来の温帯と寒帯を対象とした土壌学では、風化作用そのものが温和であって、土壌生成作用に伴う無機成分の変化のほうが速度も強度も大きいという場合が少なくなく（たとえばポドゾルの場合）、この両作用を区別することは困難であるばかりでなく、重要性も低かった。

しかし、前節でも述べたように、熱帯においてはラトソルのごとく、風化作用の速度と強度が圧倒的に大きく、これが狭義の土壌生成作用の発達を規制するような場合まであり、一般に風化作用を重視する必要が生ずる。赤黄色ポドゾル性土壌の場合にも、熱帯においては風化が強度に進んでおり、十分に発達した断面では、ほとんどいつでも固結された鉄コンクリーションやノジュールが存在する。これに反して温帯のものでは、たとえば世界でももっとも古い土壌の一つといわれるアメリカ東南部ピードモント地域の赤黄色ポドゾル性土壌においてすら、このような特徴は普通にはみられない（ただし Carnegie, Tifton など、二、三の土壌統では鉄コンクリーションの存在することが知られている）。

このようにみてくると、ソビエト式分類¹⁹⁾において、熱帯の赤黄色ポドゾル性土壌地帯をほとんど「常時湿潤な熱帯林下の赤黄色ラテライト性土壌」に属せしめ、中国東南部やアメリカ東南部の赤黄色ポドゾル性土壌地帯を「湿潤亜熱帯林の黄色土および赤色土」として区別している点に合理性を認めうる。Gerasimov & Glazovskaya²⁰⁾ は、これら両者が土壌生成的には類似していることを認めながらも、前者でラテライト化作用（風化作用）がいちじるしく発達している点と、生物学的循環のテンポと強度が熱帯の土壌においてより早くより強いという点の違いを重視している。ただこれら両土壌型の区分は、気候帯区分を機械的に土壌区分の上に重ねるのではなく、土壌中にとづけられる風化の強度的特徴（たとえば、形態的には鉄コンクリーションの発達程度、実験室的には粘土の組成、ケイ酸・バン土比など）を分別基準として行なわれるべきであろう。この意味で、新しいアメリカの分類における oxic horizon の概念の採用は、正しい方向を指示していると考えられる。

V 要約と結論

東南アジアでみられる赤色土壌の類別・分布・生成条件などに関する該地域各国の文献・資料を整理し，そこからえられた知識をもととして，各種土壌群の生成過程について考察を加えた。ここで仮説的に定立したのは次の諸点である。

(1) 湿潤熱帯における土壌生成を特徴づけるのは，風化の速度と強度の大きさであり，層位分化過程は温帯におけるそれと本質的な差がなく，溶脱作用とポドゾル化作用が主たるものである。

(2) 易風化性の塩基性母岩においては，風化の速度・強度ともきわめて大きく，極端な言い方をすれば，風化作用が完全に層位分化作用に先行する。しかも風化産物は三二酸化物に富むために層位分化作用に抵抗し，土壌は最終的にはラトソルの形態をうる。

(3) 酸性岩においては，風化作用は速度・強度とも比較的小さく，風化作用と層位分化作用は同時的に進行する。しかも風化産物中の三二酸化物含量は，層位分化をうけつけない程には高くなく，土壌は最終的には赤黄色ポドゾル性土壌的な形態をとる。

(4) しかし，熱帯における土壌の生成を特徴づけるのが風化作用であることを考慮すれば，上記の酸性岩風化物上の成熟土壌を，暖温帯域の赤黄色ポドゾル性土壌と同一の土壌群として分類することは当をえていない。すなわち，熱帯土壌の分類には，形態的特徴のみならず，風化の強度的特徴をも重視するべきである。

参 考 文 献

- 1) Kyuma K. & K. Kawaguchi. 1966. "Major Soils of Southeast Asia and the Classification of Soils under Rice Cultivation (Paddy Soils)," *Tonan Ajia Kenkyu*, Vol. 4, No. 2, pp. 100-122.
- 2) Dudal, R. & F.R. Moormann. 1964, "Major Soils of South-east Asia," *Jour. Trop. Geography*, Vol. 18, pp. 54-80.
- 3) Kellogg, C. 1950. "Tropical Soils," *Trans. 4th Int. Congr. Soil Sci.*, Vol. 1, pp. 266-276.
- 4) FAO/UNESCO. 1968. *Definitions of Soil Units for the Soil Map of the World*. World Soil Resources Reports No. 33. Rome.
- 5) United States Department of Agriculture. 1960. *Soil Classification; A Comprehensive System, 7th Approximation*. Washington, D.C.
- 6) Baldwin, M. *et al.* 1938. "Soil Classification," In *Soils and Men*. U.S.D.A., Year Book, pp. 948-978.
- 7) Thorp, J. & G. D. Smith. 1949. "Higher Categories of Soil Classification; Order, Sub-order, and Great Soil Groups," *Soil Sci.*, Vol. 67, pp. 117-126.
- 8) Academy of Science, U.S.S.R. 1964. *Physico-Geographic Atlas of the World*. Moscow. (in Russian)

- 9) Fridland, V. M. 1961. *Nature of North Vietnam*. Moscow: Academy of Science. (in Russian)
- 10) Moormann, F. R. 1961. *The Soils of the Republic of Vietnam*. Saigon: Ministry of Agriculture.
- 11) Crocker, C. D. 1962. *Exploratory Survey of the Soils of Cambodia* (mimeographed). Phnom Penh: Royal Cambodian Government Soil Commission and USAID Joint Publication.
- 12) Santhad Rojanasoonthon & F. R. Moormann. 1966. *Final Report on the Great Soil Group Survey of Seven Selected Areas in Thailand* (mimeographed). Soil Survey Report No. 48. Bangkok: Ministry of National Development.
- 13) Leamy, M. L. 1966. *Soil Classification in Malaya*. In Proc. 2nd Malaysian Soil Conference (mimeographed). Kuala Lumpur: Ministry of Agriculture & Co-operatives. pp. 79-85.
- 14) Thomas, P. & A. W. Allen. 1966. *Provisional Soil Map of Sabah*. In Proc. 2nd Malaysian Soil Conference (mimeographed). Kuala Lumpur: Ministry of Agriculture & Co-operatives. pp. 13-32.
- 15) Soil Survey Staff of Sarawak Dept. of Agric. 1966. *A Classification of Sarawak Soils*. In Proc. 2nd Malaysian Soil Conference (mimeographed). Kuala Lumpur: Ministry of Agriculture & Co-operatives. pp. 33-78.
- 16) Dudal, R. & M. Soepraptohardjo. 1957. "Soil Classification in Indonesia," *Contributions of the General Agricultural Experiment Station*. Bogor, No. 148.
- 17) Moormann, F. R. & C. R. Panabokke. 1961. "Soils of Ceylon," *Tropical Agriculturist*, Vol. 117, No. 1, pp. 1-73.
- 18) Karmanov, I. I. 1966. "Alteration of Tropical Soils under Cultivation," *Pochvovedenie*, No. 1, pp. 36-48. (in Russian)
- 19) FAO/UNESCO. 1965. *Meeting on Soil Correlation and Soil Resources Appraisal in India*. World Soil Resources Reports No. 26. Rome.
- 20) Gerasimov, I. P. & M. A. Glazovskaya. 1960. *Basis of Soil Science and Soil Geography*. Moscow: State Publisher of Geographic Literature. (in Russian)
- 21) Thorp, J. *et al.* 1957. "Experiments in Soil Genesis—The Role of Leaching," *Soil Sci. Soc. Amer., Proc.*, Vol. 21, pp. 99-102.
- 22) Bloomfield, C. 1956. "The Deflocculation of kaolinite by Aqueous Leaf Extracts: The Role of Certain Constituents of the Extracts," *Trans. 6th Int. Congr. Soil Sci.*, Vol. B, pp. 27-32.
- 23) Alexander, L. T. & J. G. Cady. 1962. *Genesis and Hardening of Laterite in Soils*. U.S. D.A. Tech. Bul. No. 1282. Washington, D.C.
- 24) 久馬一剛 1966. 「土壌生成過程における有機物の役割」『ペドロジスト』10巻2号, pp. 109-114.
- 25) 川口桂三郎ほか, 未発表データ