古 土 壤 学 の 動 向 と 課 題*

松 井 健**

On the Problems of the Paleopedology (Review)

Takeshi MATSUI**

欧米諸国（中国もふくめて）では、土壤学者と地質・地形・考古学者等の密接な協力により、古土壤——とくにレス中に埋没するもの——の研究がかなり以前から進んでいて、古土壤は Stratigraphic marker (Thorp: 1949) としてだけでなく、古気候の指標として第四紀研究上重要な位置を占めている。たとえばヨーロッパの第四紀学の代表的学術誌である“Eiszeitalter und Gegenwart”誌には、ほとんど毎号のように古土壤の論文がのっているし、INQUA の Circular などをみれば、古土壤学が、気候、地質、地形、動物、植物学などと対等の位置を占めていることが分るだろう。

ところが日本では古土壤学の研究はひじょうに立おくれている。戦後になって新潟県の赤色土壤をはじめて古土壤と判定した大政・黒鳥・木立 (1955) の先駆的業績と、北海道樽岸遺跡の旧石器を包含する粘土層を、トッタベツ I, II 亜氷期間の風化生成物とみなした湊 (1956) の指摘とによって、ようやく日本でも古土壤に注意がむけられるようになった。その後大政・黒鳥・木立の本邦赤色土の古土壤学的研究はいっそう発展したが（黒鳥・大政: 1963, 木立・大政: 1963), これと独立に筆者はまず青森県下北半島で古赤色風化殻に由来する Polygenetic soil の存在を確認し (松井: 1961), ついで西南日本をふくめた本邦各地の赤色土壤の産状を調査した結果、その大半が古土壤であるという見通しを得た (松井・加藤: 1962)。これらの古赤色土の研究がきっかけとなり、北海道 (重粘地グループ: 1962, 北川ほか: 1963), 東北 (Wako: 1963a, 1963b), 北九州 (松井: 1963, Sato & Sakaguchi: 1962/63) 等の古赤色土にかんする資料が追加集積された。1963年9月には日本第四紀学会とペドロジスト懇談会の共催で第1回古土壤学シンポジウムが開かれ、これを契機に古土壤研究グループが誕生した。こうして日本の古土壤研究は、少数の先達たちの手から多くの第四紀研究者の共通のテーマへと発達した。この時期に諸外国に

* 資源科学研究所業績 第1113。

** 資源科学研究所: Research Inst. for Natural Resources.
(1964. 5.30受付)

における古土壌研究の歴史と現状について展望し、日本における古土壌学の研究のありかたについて考察してみるのも無駄ではあるまい。本稿は1963年2月3日、日本第四紀学会年會で行った講演「気候変化に関連した古土壌学的諸問題」と、1963年9月28日、上記の第1回古土壌学シンポジウムで行った講演「諸外国における古土壌研究の綜説的紹介」の内容を中心とし、その後の資料を加味してとりまとめた、いわば綜説的な問題提起である。

I 古土壌の研究史 Dokuchaiev により、独立の自然科学としての生成学的近代土壌学が確立されたのは19世紀末であるが、それ以前から欧米ではレス中の埋没土について、第四紀地質学者の注意がむけられていた。Thorp, et al (1951) によれば、アメリカではすでに1866年、Worthev が Illinois till 上部の埋没土層が上位のレスとはっきり区別されることを最切に発見し、Laverett (1898) はこの風化帯を Sangamon と命名した。Laverett は後に Kansas till と Illinois till の間の風化帯、および Iowa till と Shelbyville till の間の風化帯をそれぞれ Yarmouth, Peoria と命名した。それらの埋没土(化石土壌)は間氷期の Stratigraphic marker とみなされ、その名称は今日でもアメリカの洪積世間氷期の一般名として広く用いられていることは周知のとおりである。

いっぽう Polinov(1927)によれば、1926年ソ連の Krokos はウクライナのレス中の3枚の埋没土を層位学的方法と土壌学的方法により、Günz, Mindel, Riss, Würm 各氷期間の間氷期に対比し、最初の2間氷期は現在よりも湿潤な気候であったと推定した。この種のレス中の埋没土(化石土壌)は、後述するように、現在ドイツ、オーストリアの第四紀研究者により詳細に研究されている。また、とくにドイツの Kubiëna 一派による土壌微形態学のテクニクのこの種化石土壌への適用は、多くの貴重な知見をもたらした。

(Kubiëna : 1956b, 1959, Dalrymple : 1958).

埋没していないレリック土壌にかんしては、Dokuchaiev の後継者であり、その学説の普及者として著名な Glinka (1931) は、外コーカサス地方のいわゆる Two-staged soil について研究し、土層上部は現在の生物-気候条件を反映してポドゾル化しているが、下位の赤色物質はラテライト性の古風化殻で、第三紀(実さいは第四紀初期?)における亜熱帯気候のレリックとみなした。その見解は30年代まで支配的であったが、その後 Polinov らは、この赤色風化殻は地質学的生成物ではあるが、その上に発達した土壌は現在でも赤色土生成の方向に進んでおり、すべてをレリックとみるべきではないとして Glinka の説に反対した (Ivanova et al : 1957).

オーストラリアでは1930年代から、土壌の生成年代を地史と結びつけたユニークな研究が進められ、後に Stephens (1958) はこの方法を Phenology of the soil と規定した。後述するように現在でもこの傾向は、オーストラリアの土壌学の主流の位置を占めており、土壌生成をとくに乾燥・湿潤の気候変化や侵食・堆積サイクルと結びつけて、地史的観点から考察する学風が支配しているのは興味ぶかい。

Ⅱ 古土壤にかんする用語 古土壤学の文献にみられる用語については多少の混乱がある。関 (1931) は、「埋没土は必ずしも化石土 (Fossilboden) ではなく、化石土とは一地方において、今まで連続してきた同一気候の流行以前に生成した土壤が、著しい変化なしに残存するものをいい、埋没したものと地表に露出したものがある」と定義しているが、この定義は国際的通念とかなりくいちがっている。Glinka (1931) 以来、ヨーロッパの文献では、Fossilboden という用語は、ほとんど例外なしに埋没した古土壤に対して用いられており、地表に露出した古土壤には、Relictboden という用語が一般に用いられている。Nikiforoff (1943) や Thorp (1949) もそのように規定している。そこで筆者の理解した範囲内で、古土壤にかんする用語を整理してみた (主として Kubiěna : 1959, Bryan & Albritton : 1943, Thorp : 1949等による)。

古土壤 (Paleosol, Ancient soil) : 地質時代にできた土壤。現在の自然環境下にできた土壤 (Modern soil, Recent soil) に対応する語。埋没している場合も地表に露出している場合もある。関のいう化石土壤とは古土壤の意味。

埋没土 (Buried soil) : 新しい堆積物 (飛砂, 火山灰, 氾濫土砂, 山崩・地送り, 氷河堆積物, 溶岩流等) に埋没した土壤。古土壤とは限らない。

再露出土壤 (Exhumed soil, Excavated soil) : 埋没土の被覆物が削剥されて地表に再露出した土壤。これも古土壤とは限らない。

化石土壤 (Fossil soil) : 一般に新しい被覆層下に埋没し、地表の自然環境から遮断され、したがって土壤生成作用が中絶し、生物の化石のように地層中に保存された古土壤をさすが、ときに古土壤一般をさすこともある。

レリック土壤 (Relict soil, Relic soil) : 地表に露出し、生圏内にとどまっていながら、生成時の特長を残している古土壤。現在までつづいている地表の自然環境とは異った条件下で生成した古土壤が地表に残存するもの。

多元土壤 (Polygenetic soil, Complex soil, Two-staged soil) : 異った自然環境 (土壤生成因子) の影響を重複してうけた土壤、いいかえれば、気候・植生変化の影響が同一の土壤断面内に重複して反映している土壤。レリック土壤の大半はこれにぞくしている。Stebutt (1930) はこのように、ある土壤型が別の土壤型に転化することを、土壤変成作用 (Bodenmetamorphose) とよんでいる。

単元土壤 (Monogenetic soil) : 同一の自然環境下でできた土壤。Recent soil および埋没した古土壤 (化石土壤) の大半はこれにぞくする。化石土壤を被覆する堆積物の上に、古土壤と無関係に新しい土壤型ができることを Stebutt (1930) は土壤附加作用 (Bodenepigenese) とよんでいる。

複合土壤 (Composite soil) : 二つ以上の母材にわたって土壤断面が発達しているもの。多元土壤の場合もある。火山灰や沖積層を母材とするものに多い。

III 古土壌学の目的

1 Stratigraphic marker : tuff や火山灰, 泥炭などと同様に, 古土壌を層位学的な鍵層として対比に役立たせる立場で, 主として氷河堆積物中の埋没土について, 層位学者と土壌学者の協力によって研究されている. 研究の進んでいるアメリカ, ヨーロッパなどの例について後述する. 日本では関東ローム層のような火山灰層中の埋没土(暗色帯)が同様に利用されている(戸谷・貝塚: 1956). またさいきんでは, 地形面の新旧とその上のレリック土壌の色(風化のていど)とのあいだの関係が地形面の対比に利用されている.(門村: 1961).

2 過去の自然環境(気候・植生等)の復元: 単に Stratigraphic marker としてだけでなく, 古土壌は土壌学的方法で詳細に研究することによってその土壌型を同定し, それに対応する現世の土壌型との比較地理学的対比によって, 古土壌の指示する自然環境を近似的に復元することができる. つまり古土壌は動植物化石と同様に, ないしはしばしこれを補足して過去の気候・植生変化の有効な指標になる(Kubišna: 1959). Glinka (1931) は, 「動植物は気候が変化してもあるていど適応できるが, 風化過程は気候変化に適応できないので, 古土壌学的結論のほうが動植物化石による推論よりも信頼度が高い」と, 古気候の指標としての古土壌の有効性を端的に表現している. ただし, Nikiforffo (1943), Gerassimov & Grazovskaia (1960) らが指摘しているように, 古土壌は完全に保存されていることは珍らしく, その成分や特性は埋没後にあるていど変化をうけているという困難さがつきまとう. したがって現土壌に対して用いられている土壌型同定のための一般的分析方法は, そのままの形では適用しにくい. そのためにはなるべく変化しにくい指標, たとえば酸化鉄の沈澱や, 粘土の流動, 沈積状況, 土壌構造などが重視され, 粘土鉱物組成や, 土壌薄片の顕微鏡観察による微形態学的研究方法(Kubišna: 1938, 1956d)が重視されている. Dalrymple (1958) はこの方法をヨーロッパ各地の考古学的遺跡の古土壌研究に適用し, 遺跡の立地条件の究明に寄与して, Archaeopedology (Nikiforoff: 1943) の道を開いた.

3 現在の土壌の生成におよぼす時間因子の解析: Dokuchaiev によって提起された5つの土壌生成因子の中, 時間因子については一般にあまりつっこんだ検討が行われていない. ある人びとはこれを成熟度 Maturity の同義語とみているが, Dokuchaiev の学説を継承し発展させているソ連ネオ・ドクチャーエフ学派を代表する Gerassinov (1956) によれば, 土壌生成因子としての時間とは, 土壌をもふくめた全自然体を支配する根本的な存在条件で, 「不断の発展」と同義語である. この因子の意義を高く評価し発展させたのは Williams (1935) の単一土壌生成論である. この学説には多くの事実上の誤りや科学的なミこじつけがあり, いわゆる「個人崇拜」時代のファナシチックな風潮の下で不当に過大評価された点を批判しながらも (Gerassinov: 1962), 彼はこの学説の積極的意義を認

め、つぎのような命題をのべている。

「土壤は地表の起伏や気候変化にともなうたえず変化する。具体的な土壤の性質の中には、しばしば過去の土壤生成過程のなごりが見出される。このような変化は地上のいろいろなところでたえず行われている地域的な現象である。このような変化の上に、それと次元を異にする土壤圏 Pedosphereの一般的進化発展が、地質学的な時間の尺度で進行し、かんたんな土壤型は消滅し、より複雑な土壤型(種)が生成する」。さらに Gerassimov & Ivanova (1958) は、「この土壤圏の進化の問題は、地史や全生物界の進化の問題と関連しており、ある土壤型の生成・進化は、その土壤型をふくむ自然景観の史的形成的問題に相当する」とのべ、このような土壤変化の歴史的側面が、高次の土壤統合 Soil systematics の単位になる可能性について示唆している。このように自然地理学的景観の進化を再構成するうえで、古土壤の役割はきわめて大きい (Nikiforoff : 1943)。

このような観点からの古土壤の研究は、主としてレリック土壤を対象にしている。Kubišna (1948)は、微形態学的方法によってこの種の研究をつみ重ね、後述するように土壤進化の系統樹を設定し、それに基いた独特な土壤分類案を提案している。

また、前記のオーストラリア学派による Soil phenology, K-Cycle 等にかんする一連の研究は、後述するように地史的な環境変化が現在の土壤の生成、分布に及ぼす影響について詳細に解析しており、きわめて興味深い。このように現土壤の生成分布を具体的に第四紀地史と結びつけて研究することにより、Dokuchaiev の時間因子の役割を掘下げてゆくという側面こそ、筆者ら土壤研究者が古土壤を研究する場合の終局の目標であることはいうまでもない。

IV 化石土壤(埋没土)研究の動向

1 アメリカ: アメリカでは氷河堆積物中の埋没土の研究がかなり進んでおり、その成果は Thorp (1949), Thorp et al (1951), Frye (1951) らによって、ほぼつぎのように要約されている。

第1表に示したように、北米中部の氷河堆積物 (till) 地域にも、周氷河堆積物 (レス) 地域にも埋没土が分布しており、それらは間氷期ないし亜間氷期の安定期 (=土壤生成期) を指示している。氷期の開始とともに侵食と河谷形成が進行し、その中・後期には埋積と降灰作用が行われ、つぎの間氷期にはふたたび地表は安定化し、その地域の生物-気候条件に照応した土壤型を生成する。各間氷期を指示する埋没土の特性はつぎのように要約される。

A. Afton 埋没土: 1916年 Kay により Nebraska で記載され、gumbotil と命名された。gumbo はアフリカ語でオクラの実の粘っこいサヤを意味し、これから転じてアメリカの農民のあいだで、ブラウをかけにくい sticky clayey soil をさす俗称として用いられている。俗称 gumbo soil には沖積、湖成、風成堆積物に由来したものが多く、glacial

第1表 USA 中部における埋没土の層準 (Thorp et al : 1951より作成)

	周水河堆積物	埋没土(共通)	水河堆積物
Wisconsin 氷期	Bignell loess	現土壤(微弱な埋没土) Brady soil	Mankato till
			Cary till
Sangamon 間氷期	Peoria loess	Sangamon soil	Tezewell till
			Iowa till
Illinois 氷期	Loveland loess-silt-sand	Yarmouth soil	Illinois till
Yarmouth 間氷期	Sappa silt-clay-sand		
Kansas 氷期	Grand Island sand-gravel	Afton soil	Kansas till
Afton 間氷期	Fullerton silt-clay		
Nebraska 氷期	Holdrege sand-gravel		Nebraska till

till に由来したものはその一部にすぎないが、現在アメリカの第四紀学の文献で gumbo-til または gumbo soil と記載されているものは、glacial till に由来した埋没土に限定されている。典型的な gumbo soil は、灰色で斑紋のある粘土質な下層土をもち、地下水面の高いことをしめしている。また泥炭質の親水性植物遺体をふくみ、生成時に排水不良だったことをしめしている。gumbo soil の大半は起伏の少ない古い地形面遺物の上のっている。Afton 埋没土は地下深所にあり、非水河地域では分布が明らかではないが、アメリカ南部の赤色土壤の一部は、その起源がこの時期までさかのぼるとみられている。

B Yarmouth 埋没土：平坦な排水不良地には、Afton 埋没土に似た gumbo soil があるが、排水良好地では帯赤色のB層をもつ成帯性土壤になっていて、一見 Sangamon 埋没土と識別しにくい。アメリカ南部の赤色ポドゾル性土の大半の生成時期はこのへんま

でさかのぼるとみられており、多くのものは地表に露出し、レリック土壤ないし多元土壤とみなされるが、テネシー州の一部では赤色ポドゾル性土が Loveland loess (Illinois 氷期の堆積物) におおわれているところがある。このような産状は日本の赤色土の場合とよく似ており興味深い。

C Sangamon埋没土：アメリカの埋没土中もっとも分布が広い。カンサス、ネブラスカ州以西では暗色のA層が発達し、B層は赤褐色、粘土質で、草本植生下の産物であることをしめしている（赤色プレイリー土ないし赤色チェルジョーム土）。アイオワ、ミズーリ州以東では、深くまで溶脱された淡色のポドゾル化A層と赤褐色のB層が認められ、湿潤気候と森林植生を指示している（褐色ポドゾル性土ないし赤黄色ポドゾル性土）。

D Brady 埋没土：Wisconsin 氷期中の亜間氷期を指示している。一般にかなりよく発達したチェルノジョーム状土壤であるが、あるものは下層土に斑紋が認められ、湿草地土ないしはアメリカでいう腐植質グライ土 Humic gley soil（ヨーロッパの Pseudogley）にぞくしている。

Bignell loess 中には暗色帯が何枚か認められ、レスの堆積休止期を指示し、レス分布地域を外れると地表の現土壤に移化する。

2 ヨーロッパその他：ヨーロッパでは主にドイツ、オーストリア一帯のレス中の埋没土について多くの研究が行われている。その大部分は R/w 間氷期および Würm 氷期中の亜間氷期を指示するもので、それより古い埋没土についてはあまり報告されていない。

A 間氷期土壤：オーストリアでは R/W 間氷期が Krems 土壤生成期とよばれているぐらい、この地域には R/W 埋没土が広く分布しており、風化殻は亜間氷期埋没土より厚く、3 m 以上に達している。この中もっとも古いものは、厚い赤褐色～レンガ色の B 層をもち、現在の地中海気候に類似した温暖気候と森林植生とを指示しているとみられている (Brandtner : 1954, Kraus : 1961)。南バヴァリア地方の R/W 埋没土は疑似グライ土ないし褐色森林土で、後者は現在の褐色森林土よりも B 層の色調が赤く、当時の夏の乾燥ていどが大きかったことを示している (Brunnacker : 1954, 1956)。Paas (1960) はドイツの化石土壤について、その産状だけではなく、理化学性、粘土鉱物、微形態等についても詳細に研究しているが、Riss 氷期中の Drenthe/Warthe 温暖期に相当する化石土壤は Braunlehm 状黄赤色土壤であり、また高位段丘および中位段丘上位面上のレリック土壤は、何回もの間氷期の風化作用をうけたため明赤黄色の厚い風化殻が発達し、粘土含量も 19% に達するが、Drenthe/Warthe 温暖期の産物である中位段丘下位面のレリック土壤は、それにくらべて風化殻の発達が弱いことを指摘している。

いっぽう Schönhals (1951) によれば、ライン川流域の R/W 埋没土は、a) 石灰質チェルノジョーム土（弱く退化）、b) 脱石灰チェルノジョーム土、c) ポドゾル化チェルノジョーム土の 3 グループに分けられ、ほぼ現在と大差ない気温の下で、乾燥から湿潤に

気候が変化し、草原に森林が侵入したことを示すと考えている。

ソ連では前述のように、1920年代からレス中の3枚の埋没土の存在が注目され、それぞれ3つの間氷期に対比されていたが、さいきん Bulavin (1959) は、アゾフ海岸のレス中の化石腐植層はたがい平行なので、レスの堆積の一次的休止期をしめす生成物と考え、間氷期の埋没大陸表面とする多氷期説に反対し、単一氷期説 Monoglacial concept を支持している。黒海沿岸の赤色土については、現在それが赤色土生成の方向に進んでいるかどうかについて、既述のように Glinka と Polinov の論争があったが、それが古赤色風化殻に由来しているという点については両者の見解は一致しており、さいきんでもカフカズの山地（現在は典型的な山岳褐色森林土の分布地域）の各地で、第四紀初頭の溶岩および火山噴出物下に埋没した化石土壌について報告されている。その1例について Akimuev (1962) は、土壌分析結果をもとに亜熱帯黄色土と同定し、現在は温帯山岳地域にぞくする同地域が、当時は湿潤亜熱帯気候下にあったとのべている。

中国では、黄土の下に埋没している周口店紅土は、Paterson (1941) により Mindel/Riss 間氷期に対比され、また南京ふきんに分布する下蜀系中の黄土性褐色粘土は、Riss/Würm 間氷期に対比されている。熊毅 (1951) はこれらの粘土鉱物組成を同定し、周口店紅土はイライトを主、少量のカオリナイトをともない、華南の網斑紅壤（間氷期の湿熱気候の生成物）にくらべると風化のていどがひくく、乾熱気候の産物とみなした。また下蜀粘土も周口店紅土とほぼ同様な粘土鉱物組成をもっているが、これをふくむ下蜀系は宋達泉 (1950) により古土壌学的に研究され、下層は褐赤ないし褐黄の壤質粘土で温暖湿潤気候の産物、中層は石灰質結核をふくむ淡褐黄色の砂質壤土で、乾燥、やや寒冷な気候下の産物、上層は現代気候下の産物——黄褐色土 Cinnamon soils (馬溶之・文振旺：1958) とされている。

B Würm 氷期中の亜間氷期土壌：オーストリアやドイツでは、 W_I/W_{II} に相当する Göttweig 風化期、 W_{II}/W_{III} に相当する Paudorf 土壌生成期が知られている。オーストリアでは、前者はチェルノジョーム状の黒色土壌をのせた赤褐色ローム化層位で識別され、後者は発達のわるい草原土壌であり (Brandtner : 1954)、ドイツの Kärlich ではどちらも褐色森林土である (Mückenhausen : 1959)。南バヴァリア地方の南部では W_I レス中に多数の斑鉄や鉄結核が発達し、グライ化作用の跡をしめし、 W_I/W_{II} の時期にはツンドラ湿潤土を生成している (Brunnacker : 1954)。Schönhals (1951) によれば、ドイツの Würm 氷期中の亜間氷期化石土壌にはつぎの5つのグループがある。

a) Ca 質のあまりローム化していない未熟土、 b) Ca にとぼしく、深くまでローム化した土壌（発達のわるい褐色森林土） c) Ca をふくまず、もっと深く（1 m）までローム化した土壌（褐色森林土） d) ボドゾル化土壌、 e) グライ様土壌

つまり、亜間氷期の気候は間氷期にくらべ寒冷湿潤であったということが、埋没土の比

較からよく示されている。このことは Paas (1961) の研究結果からも明らかで、亜間氷期土壤は褐色森林土、ペラ褐色土¹⁾ないし湿潤土と判定された。

Fränze (1960) は、北部イタリーのレス中の埋没土をしらべ、下位のもは褐色レンベ土 Sol brun lessivé¹⁾、上位のもはレンベ土 Sol lessivé¹⁾であったと報告している。

中国の黄土中にも亜間氷期を指示すると思われる埋没腐植層が認められ、その一部はチェルノジョーム土や栗色土に同定されている (Thorpe: 1936)。

日本の洪積世風化火山灰層 (いわゆる“ローム”層) は、レスと類似な風成層であるが、立川ローム層中にとくに明瞭に認められる暗色帯を、前述のように戸谷・貝塚 (1956) はレス中の化石土壤と同様に降灰休止期の産物とした。黒部 (1963) はそれから腐植酸を抽出し、土壤化学的な方法でその性状や組成を詳細に検討した結果、暗色帯 (埋没土) 中の腐植酸は現在の地表の火山灰性クロボク土中のそれとよく似ていて、芳香族環状骨格をもち重縮合度が高く、チェルノジョーム土の腐植酸に似ているが、上下の褐色火山灰層中の腐植酸は重縮合度が低く、脂肪族側鎖にとみ、ポドゾル土の腐植酸に似ており、両者は明瞭に区別できることを明らかにした。火山灰層とレスとを同様に扱うことはできないが、上記の事実は、立川ローム層中の埋没土が Würm 氷期中の亜間氷期に生成した化石土壤で、その土壤学的特性からみて、現在の生物一気候条件に類似した環境の産物である可能性を示唆している。

V レリック土壤 Glinka (1931) はレリック土壤につぎの2種類を区別している。1つは全土壤生成過程を通じて、生成因子 (とくに気候、植生) の変化がおこらなかったもので、インドのラテライトはその例で第三紀から現在まで同じ条件下におかれてきたとしている。他は同一断面内に生成因子の変化に対応した変化のみられる多元土壤で、その上位は現在の生成条件に、下位は過去の生成条件に対応している。この例として、前述のような外コーカサス黒海沿岸の赤色土について、詳細な分析データをもとに論証している。また彼によれば、ソ連極東の Maritime 地方にも玄武岩質溶岩に由来する古赤色土があり、その上部ではところによりポドゾル化作用が進行している。さらに、現在アムール地方に生存しているブドウ、コルクガン *Phellodendron amurense*、トラ、シカ的一种 (*Cervus Dybowskii*) 等の亜熱帯性生物は、正にこの古赤色土生成時期のレリックであろうとのべている。

いっぽう、ラテライトの化学的研究の道を開いた著明な Harrasowitz (1926) は、ボヘミアの第三紀の古い侵食面上のラテライト性土壤は、第三紀の雨季・乾季の別のはっきりした熱帯気候の産物であるとのべている。ハンガリー Tokay の地方の赤色土壤は、中新世に噴出した流紋岩とその凝灰岩が、現在の地中海気候に似た、当時の温暖な気候条件下で風化・生成したものと考えられ、ところによりレス層下に埋没している (d' Sigmond: 1938)

このようにラテライトが第三紀中新世ないし鮮新世の熱帯性サバナ気候下に生成したレリック土壌であるという見解は、現在世界の土壌学者のあいだでかなり強く支持されている。とくにオーストラリアでは、第三紀準平原遺物の上に残存するその産状について詳細な研究が行われ (Prescott : 1931, Bryan : 1939, Whitehaus : 1940, Mulcahy : 1960), その生成時期が鮮新世前期と後期の2回に分けられること、洪積世の侵食作用により斜面では古いラテライト性土の下層土が露出し、斜面下にはその剝削物が再堆積していることなどが明らかにされている。

アジアでは Mohr & van Baren (1954) の労作に代表されるインドネシアのラテライト性土壌は著名だが、ジャワの10mに達するきわめて厚いラテライト性土は第三紀以前の母岩の上にだけ発達し、地質時代の風化生成物とされている。Buchanan (1807) によつてはじめてラテライトが見出された本場のインドでも、Pendleton (1947) は、Deccan 玄武岩に由来するラテライトについて、現在の半乾性気候以前の、第三紀の湿潤熱帯性気候下に生成したラテライト性土壌のB層が、侵食を免がれて残存したものとみている。中国南部にも第三系の侵食面上にラテライト性古赤色土が分布しており、ラテライト特有の網状斑が発達している (Thorp : 1936)。江西省のラテライト性赤色土も地質時代の産物で、現在広く分布する赤色土はその再堆積物とみられている (朱顯謨 : 1948)。

アフリカでも、ナイジェリアその他西アフリカ地方で、第三紀末から洪積世初頭にかけてできた準平原とラテライト遺物 (ironstone sheet) との密接な関係が記載されている (Vine : 1949)。また、ウガンダでは、地形発達史からみて、ラテライトをふくむ古風化殻の形成はアフリカ面 (第三紀末) 以前とされている (Ollier : 1959)。

以上のような事例からみて、ラテライトという用語は Buchanan が用いたような地質学的風化生成物 (石材として稼行される固結物質) に限定し、ラテライト性土壌という語は、ラテライトを下層にもつ土壌に限定すべきだという Stephens (1961b) の提案は根拠がある。ただしラテライトの生成過程の研究には、土壌学的方法が必要であり、Mohr & van Baren (1954) は、ラテライト化作用を、脱珪酸、脱塩基作用と含水 R_2O_3 の集積をもたらす風化作用を、しめす術語として用いることを提案している。

また、以上の事例からみると、地質学的生成物としてのラテライトの生成時期は、新第三紀の熱帯性気候下とされている。しかしラテライト性赤色土にかんしては、地質時代に形成された古土壌のレリックと、現在でも生成されているものとがあるとみられており、前者の中には、上述のヨーロッパ各地や華南のほか、プエルトリコ (Kaye : 1951)、西カナリー (Kubiěna : 1956a)、スペイン (Kubiěna : 1954) 等の事例が報告されている。プエルトリコの赤色土は洪積世温暖期、西カナリー、スペインの Rotlehm, Braunlehm は鮮新世に生成したレリック土壌とされている。

さいきん問題になっている日本の古赤色土の多くはレリック土壌であり、その生成時期

については種々の見解があるが、筆者らはその大半が洪積世温暖期の生成物で、R/W 間氷期に生成されたものが多く、その他、それ以前の間氷期、および Würm 氷期中の亜間氷期に生成されたものもあるとみている（松井・加藤（1962））。ただしこの生成時期推定のキメ手となるのは、古赤色土をおおう火山灰、礫層などの被覆物の存在で、その場合には当然古赤色土は化石土壤（埋没土）として保存されているわけである。被覆物が削剥された再露出土壤か、または最初からこれを欠くレリック土壤の場合には、その分布する地形面の時代や、母材との関係だけがその生成時期推定の目安となるわけで、化石土壤の場合とくらべその信頼度が劣る。黒島・大政（1963）、木立・大政（1963）は、日本の古赤色土の生成時期を Günz/Mindel 間氷期と推定しているが、その根拠として化石土壤（埋没土）のような Stratigraphic marker を用いておらず、その分布する地形面の古地理的復元に基づき、それを各地域における地史にかんする既往の業績と結びつけて、時代を判定している。また洪積層上の古赤色土の大半を赤色風化殻の再堆積物とみているために、当然その供給源である *in situ* の古赤色土の生成時代は、その堆積層の形成する地形面の時期より一時代古くなる。筆者らの観察結果では、洪積層上の古赤色土の大半は *in situ* な風化生成物であり、再堆積現象はいたるところでみられるが、それはその地形面上で古赤色土が生成してから表層微地質現象とみている。そして、その地形面上の赤色土生成は、その面の陸化後、その侵食期（＝それより低位の地形面構成層の堆積期）に相当するとみている。この2点が、日本の古赤色土の生成時期にかんする筆者らと黒島・木立・大政らとの意見のちがいをもたらしているものと思われる。

いっぽう郷原・新堀・鈴木・野村・小森（1964）は、さいきん北九州の第四紀地史にかんする総括を公表し、下末吉海進相当層や阿蘇火山噴山物のテフクロノロジー等を鍵に、関東地方の標準層序との対比を試みている。それによれば、北九州の赤色土の生成時期は多摩ローム層堆積末期と下末吉ローム層堆積期の2回あり、高位段丘上のクサリ礫は前後2回の風化の累積により厚く発達したとされている。赤色風化の時期が少くとも2回あったことは筆者もすでに指摘しており（松井：1963）、高位段丘上の赤色土は中位段丘形成時期（＝下末吉層堆積期）に生成し、その後首藤（1962）の島郷亜期J₂に相当する時期の赤色土生成を認めているが、それらの時期は郷原らの見解とズレている。筆者の野外調査の精度はきわめて粗いうえ、踏査範囲も限られているので、郷原らの結論に対する層位学的論議はさしひかえるが、洪積世火山灰（ローム）の降灰を氷期と結びつけている最近の通念（Kanto Loam Research Group：1961）を正しいとすれば、郷原らの結論は氷期に赤色土生成がおこなわれたことになる。これは古赤色土の生成を過去の湿潤亜熱帯気候下の風化産物とみる Glinka 以来の土壤学者の見解と根本から対立する結果になるので、赤色土の生成機構について合理的な説明が必要となろう。あるいは逆に洪積世火山灰の降灰を氷期と結びつけることの可否が再検討されなければならないのかも知れない。いずれにせよ、

日本の赤色土の生成時期にかんする最終的な結論は、第四紀地史が全国的規模で正確に編まれる日まで待たねばなるまい。また、赤色土の生成機構についても、もっと立入った解析が必要で、古生物学的資料からの古気候推定との矛盾を解決してゆく必要がある。クサリ礫の問題については後にふれる。

Ⅵ 多元土壌と土壌の進化 研究史の項で紹介したように、多元土壌 Polygenetic soil の研究は、Glinka (1931) によって創始された。彼の扱った外コーカサス黒海沿岸や、ソ連領極東の赤色土壌は、既述のように地質時代の温暖期に生成した古赤色土のレリックとみなされ、それを裏づけるような化石土壌としての産状も報告されているが (Akimuev : 1962)、これらの断面上位には、現在の生物-気候的条件を反映してポドゾル化作用やステップ下での腐植蓄積作用が進行し、多元土壌になっていることが明らかにされた。さいきんでも、西グルジアでこのような古赤色風化殻上にポドゾル化作用が進行し、さらに針葉樹林から広葉樹林へと植生が変化するにつれて、腐植の蓄積と Ca の供給が行われ、ポドゾル化層位の形態的特徴を陰蔽した例が報告されている (Gamkrelidze : 1957)。

レリック土壌の歴史的变化から出発して、土壌進化の問題と意識的にとりくんでいるのは、Kubiěna によって代表されるドイツ学派の土壌学者たちである。Kubiěna (1959) によれば、in situ に生成した古土壌およびその再堆積物 Bodensediment はつぎのような発展段階を経過する。

a 土壌の回春 Restitution : 過去の風化・土壌化遺物 Bodenrest が再堆積して生圏にもどされ、植物被におおわれると、in situ な土壌が生成される。たとえば石灰岩にかこまれた Rotlehm や Braunlehm にしても、重鉱物を同定するとその母材は石灰岩ではなく、玄武岩や片麻岩だったりする場合がある。こうしてできた現土壌は生圏外の Bodenrest とは本質的に区別される。

d 土壌の変成 Transformation : 既述の Stebutt (1930) の Bodenmetamorphose とほぼ同義の概念で、古土壌が新しい環境条件下におかれ、別な土壌に変化すること、つまり多元土壌の生成を意味している。新しい土壌中に形成された指標とともに一次的な古土壌の指標が共存し、両者は土壌薄片の顕微鏡観察 Micromorphology によりもっとも明瞭に識別できる。この変化は in situ の土壌でも、その再堆積物 Bodensediment でも明瞭に認められる。

c 土壌の続成 Diagenese : 生圏から離脱した土壌の化石化、固結化過程を意味する。一般にこの過程によって、もとの土壌の組織 Gefüge は破壊されるよりむしろ保存される。とくに石灰化、珪酸化等により石化 Petrifikation されつつある場合には、この保護作用は顕著で、化学的深層風化 Zersetzung から保護される。したがって Diagenese のいろいろな段階にある古土壌やその Bodensediment の微形態学的比較研究は、地質時代の土壌生成物から、過去の地理学的景観を復元する場合の有力な手段になる。

Kubiěnaによれば、このような観点と方法により洪積世の古土壌を統一的な土壌分類体系の中にくみ入れることが可能であり、それによって洪積世地史に貢献し得るだけでなく、現土壌の分類体系を地史的に根拠づけることができる。ヨーロッパにおけるレスに由来した現土壌と化石土壌（埋没土）の統一的体系化（Kubiěna：1956b）はその具体的な試みに他ならない。また彼はこの観点から、先第四紀の土壌の進化過程についてつぎのように考察している（Kubiěna：1948, 1959）。

すなわち、Gyttia, Dy, Sapropel のような水面下の腐植質堆積物も、生物の作用が主導的位置をしめる生圏の土壌生成作用の産物として、近代土壌学における土壌の定義にふくまれる。陸上生物の存在しなかったカンブリア紀にも、すでにこれらの水面下の土壌型は存在していた。デボン紀中葉に *Psilophyte* 植物が繁栄するようになってはじめて半水面下の泥炭が生成し、石炭紀には陸上裸子植物の繁栄にともなって陸成の泥炭が発達し、その Diagenese 生成物が今日石炭という特殊な古土壌として残存している。しかし現在の陸成土壌に特有な、Moder, Mull 等の形態をしめす腐植形成は、今まで古生代にはまだ確認されていない。古生代の陸成土壌は、水蒸気の多い原始大気の影響下で強力な化学的変化をうけたとしても、A層の発達のみられぬ原始土壌 Rohboden であった。陸成土壌に特有な Moder, Mull 等の腐植形態の発生は中生代に入ってからと推定されるが、現在のチェルノジョームにみられるような Mull 土壌や、中欧の eutroph Braunerde にみられるような腐植形態をもった典型的な陸成土壌の発生は、被子植物の発展にともなって、おそらく白堊紀にはじまり、第三紀に本質的に発展し、第三紀から洪積世にかけて陸成土壌の水平的、垂直的成帯性が形成された。以上のような土壌の進化にかんする地史的考察結果をもとに、Kubiěnaは生物進化における系統発生と個体発生の関係を土壌にも適用し、土壌分類の系統樹を提示している。すなわち、水面下土壌（Gyttia, Dy, Sapropel 等）→半水面下および半水面上土壌（泥炭土、塩類土壌、グライ土壌、沖積土等）→陸成土壌（ポドゾル土、褐色森林土、チェルノジョーム土等）の系統発生の順位にしたがって、非陸成、陸成の2土壌綱を設定し、つぎに各土壌型を土壌の発生系列にしたがって配列している。この分類方式は現在ドイツ、フランス、イギリス等、ヨーロッパ諸国に普及している。さいきん、ドイツ土壌学会土壌分類委員会の分類案をとりまとめた Mückenhausen (1962) の解説書では、明らかにこの土壌進化の思想が反映されており、白堊紀以降の古気候、植生変化、地形発達史がかなり詳しく解説され、レリック土壌や多元土壌が現土壌の分類体系中に位置づけられている。たとえば Graulehmは白堊紀から第三紀にかけて、熱帯ないし亜熱帯性気候下で生成した古土壌、Rotlehm, Roterdeは第三紀の湿潤熱帯性気候下で、またBraunlehm, Terra fuscaは第三紀および洪積世間氷期の湿潤温帯気候下で生成した古土壌のレリックとされている。またWürm 氷期の周氷河地域で生成した Kryoturbater Boden, Eiskeilboden 等の極地性構造土も一種のレリック土壌としてこの体系中にふく

まれている。それだけでなく、Mückennhausenは、これら以外のいわゆる現土壤についても、その主要生成時期を Würm 氷期以後の後氷期の気候・植生変化と結びつけ、意欲的な時間因子の解析を試みている。たとえば、チェルノジョーム土の生成を後氷期の温暖期 (Boreal および Atlantic 期とし、その退化の時期を Subboreal と Subatlantic 期の湿潤寒冷期に求めている。しかし褐色森林土、疑似グライ土、Parabraunerde などの生成時期は現在より以前というだけで確認されず、おそらく単一時期ではなく、何回かの生成時期があったとみている。

土壤の進化にかんする別の見解は、アメリカの土壤型の生成時期について、Carter & Pendleton (1956) によっても示されている。彼らは土壤にみられる帯赤色の色調は大部分気候とは無関係に、風化をうけた時間によると考えた。南部の赤黄色ポドゾル性土は、Thorpe (1951) によつて指摘されたように洪積世 (Pre-Yarmouth) に生成したレリック土壤、灰褐色ポドゾル性土はこれより新らしく Pre-Mankato, Post-Kansan, 帯赤色プレイリー土も現在より温暖な気候下にそれぞれ生成したレリック土壤とみなし、北部のポドゾル性土壤は最終氷期の氷河後退後 (Post-Mankato) にできたもっとも若い土壤と考えた。この考えの基礎には、世界の湿潤地域には、熱帯から高緯度地域にかけて、ポドゾル化作用という単一の土壤生成過程しかなく、ラテライト化作用とよばれているものは、B層の発達強度の著しいポドゾル化作用にすぎないという、かなり大膽な思想が横たわっているが、このように、化学一元論で土壤の生成・分布を説明するのはかなり問題があろう。

いっぽう、大陸の乾燥ないし半乾半湿気候下では、気候変化、とくに雨量の変化が侵食・堆積現象の周期的変化をひきおこし、直接間接に土壤の変化に影響を与えている。

Bryan & Albritton (1943) は、アメリカ Texas 西部の湿潤地帯と半乾地帯の境界部の第四系上に発達した多元土壤の例を報告している。それによれば、このような気候帯の境界部では、土壤断面内に後氷期の気候 (湿度) 変化が記録されており、乾燥時期には石灰質皮殻 Caliche の集積が、湿潤時期にはその溶解と粘土、鉄化合物の富化が認められ、それらから読みとられる過去の乾燥、湿潤時期は、それぞれ地層の侵食 (開析と風食)、堆積時期に対応している。

さいごに、既述のオーストラリア学派によるかなりユニークな土壤進化の研究方法についてふれておきたい。その基本的な概念は、Butler (1959) によって提唱された侵食・堆積の周期性にかんする K サイクルである、つまり気候の乾燥期は、侵食・堆積がはげしく作用して新しい面 (土壤面 Groundsurface) ができる不安定期 Ku で、それに続く湿潤期は侵食・堆積が弱まり、新しい土壤面に土壤断面が形成される安定期 Ks となり、両者が 1 組になって (K サイクル)、周期的にくりかえすという考えかたである。各サイクルは現在からさかのぼる K₀, K₁, K₂……と名づけられる。土壤が気候の指示に役立つのは、現

大在のKサイクルのものが、生成後のKサイクルで埋没された化石土壌の場合（いずれも単元土壌）で、これ以外の場合はいくつかのKサイクルにわたる気候の影響が重複した多元土壌になる。Walker (1962a, b) はこの概念を New South-Wales の三つの Soil layer に適用し、いちばん若いK₁サイクルの産物がプレイリー土、K₂サイクルのそれが灰褐色土、K₃サイクルのそれが赤・黄色ポドゾル性土とみなした。各サイクルの不安定期 K_{1u} K_{2u}, K_{3u} には、それぞれ河岸段丘が形成されており、各段丘堆積物の基底部から得られた木片の¹⁴C測定により、それぞれ390, 3,700, 29,000年B. P. の値が得られている。したがって K₃ サイクルの産物である赤・黄色ポドゾル性土は Würm 氷期中の亜間氷期中に生成され、より新しい K₂, K₁ サイクルでできた土壌は後氷期の産物とみなされる。また Jessup (1960) はオーストラリア南東部乾燥地域の埋没土をこの立場で研究した。さらに Jessup (1961) は、同地域の第三紀から第四紀にわたる気候変化を、こういった立場から土壌・地形的に解析した。すなわち、この地域の土壌はすべて古土壌であって、第三紀の Pluvial な時期にラテライト性土壌ができ、その後の半乾燥期の侵食でその断面の一部は削剥された。その後乾燥期に風積物が堆積し、その後の Pluvial 期にその上に土壌生成が行われ、同様な周期的変化により、土壌の生成と破壊・埋没がくりかえされた。このように気候の乾燥化と侵食・堆積が結びつくのは、加藤 (1961) が指摘しているように、オーストラリアのような安定した大陸内部の特性で、このまま地盤運動のはげしい、過湿な日本にあてはめることはできないが、方法論的には教えられるところがすくなくない。

Hutton & Stephens (1956) は Norfolk 島の土壌の生成・分布を地史的に説明したが、Stephens (1958) は、さらに Prescott (1931) 以来のオーストラリア学派の地史的土壌研究方法の成果を一般化し、この方法を既述のように Phenology of the soils と名づけた。すなわち、既存の一切の資料を整理し、とくに第三紀末以来の地形発達史と結びつけて土壌の年代を検討した結果、ラテライトの生成は主に鮮新世に行われたことが分った。したがって現在みとめられる Lateritic Podzolic soils, Krasnozems soils 等は、その侵食残存物を母材として鮮新世末から洪積世にわたって形成されたものである。オーストラリアのその他の土壌型、たとえば石灰質砂丘土壌、テラロサ、ポドゾル、ソロネット等も、その半は洪積世の気候変化とそれに関連する乾燥期の砂丘や風成層の形成、湿潤期の溶脱の進行や沼沢の形成等に起因して生成されたもので、現世になってはじめて生成したものは、沖積土、低位泥炭土、湿草地土、砂丘土壌等、ごく限られている。以上の観点は現土壌にかんする生成・分類の基礎になっている (Stephens : 1961a)。

日本の「赤色土」が多元土壌であるという見解は、Kamoshita (1958) によって予測された。彼は日本の赤色土が過去の温暖期に生成したラテライト性土壌の残存物の上に、その後の気候・植生の影響が加わってできたものと考えたが、それを証明する層位学的、古土壌学的データは何も示していない。筆者は下北半島の古赤色土（レリック土壌）について

て、形態的、理化学的、鉱物学的分析の結果、この土壤は多元土壤であることを始めて確認した。すなわち、まず、第三紀層の角礫凝灰岩の深層風化（または広義の熱水変成）産物であるモンモリロナイト質母岩が、洪積世温暖期（おそらく R/W 間氷期）に、カオリン鉱物生成と、脱珪酸、 R_2O_3 風化を内容とする広義のアリット風化をうけて赤色土を生成した。つぎにその侵食残存物とその上に降灰、混合した火山灰物質とを母材にして、現在の温帯広葉樹林下で、シアリット風化と腐植蓄積作用によって特徴づけられる褐色森林土に移行しつつあることを証明した（松井：1961, 1964a）。つぎに本特集号別項で佐々木・北川・松野らが報告しているように、北海道オホーツク沿岸の緩斜面や高位段丘上の古赤色土も、下北半島の例と同様に、古赤色風化殻に由来する褐色森林土であることが明らかにされた。同様な例は北朝鮮でも認められ、古赤色風化殻の上に発達した褐色森林土について報告されている（Kim, Su-san: 1960）。さらに筆者は、従来現在の生物一気候条件下で生成した成帯性赤色土とされていた西南日本の赤色土壤も、前述のようにレリク土壤であるうえに、その表層は明らかに褪色しており、弱度のポドゾル化作用やその他の土壤生成作用をうけ、赤色土と土壤型の段階で区別される他の土壤（黄褐色森林土）に移行しているとみて、その理化学性等の変化を検討中である（松井：1964b）。

Ⅶ 深層風化について

いわゆる深層風化の問題について、古土壤学的角度から追求した例は意外に少ない。

さいきん Fitzpatrick (1963) は、スコットランド各地の固結岩の深層風化とその生成時期について報告している。その典型的な例では、花崗岩が40フィートの深さまで、スコップで掘れるくらい軟化し、造岩鉱物は粘土鉱物からなる仮晶に変化している。斜面ではこの厚い風化殻の上部は、mass movement をしめし、アーチ状の流動構造が認められ、周氷河的条件下での凍結融解作用の結果と判定される。その上には角礫にとんだ氷河成 till が被覆しており、till 上部には第2回目の mass movement の跡が認められる。したがって深層風化の形成は氷期以前と推定される。Buchan には鮮新世のフリント質礫層があるが、フリント以外の、一般に深層風化をしめす岩種の礫は風化されていることからみると、深層風化は鮮新世以前と考えられるふしもある。彼が欧米各地の例を検討した結論として、一般に深層風化は洪積世の氷河作用をうけた地域外でよく発達し、その時期は第三紀末から洪積世はじめ (pre-glacial) とみなされ、その大半は sub-aerial な風化生成物で、熱水作用の証拠の認められる例はごくまれであった。

熱帯地方では深層風化の規模はもっと大きくなる。Berry & Ruxton の研究した香港やスーダンの花崗岩の風化の例では、風化殻の厚さはときに300フィートにもおよんでいる。風化殻は下位から順に、Ⅳ帯：風化基岩、Ⅲ帯：風化石核にとむ部分、Ⅱ帯：基岩の構造をのこす淡色の砂、Ⅰ帯：無構造な赤褐色の砂質粘土、最上部は赤味が強く、カオリンにとむ、の4帯に区分され、その上に移動層 migratory layer がのり、土壤は一般にこの移

動層を母材としている。深層風化のはじまりは新鮮世後半以後とみられている。

日本の固結岩の深層風化はとくに花崗岩で著しく、ときに地表下 100m にも達し、その風化生成物であるアルコズ質の淡色粗砂は俗に「真砂」とよばれている。この厚い風化殻は土木工事などではひじょうに問題になっているが、そのまとまった生成学的研究はほとんどみられない。さいきん柏木 (1963) は、稲田地域、三河高原、吉備高原、西条盆地などを対象に花崗岩の風化を研究し、地形解析と黒雲母の風化を手がかりに、風化殻を第 2 風化帯 (比較的ちみつで、黒雲母が残存した部分) と第 1 風化帯 (粗しょうで、黒雲母が 14Å 鉱物に変化した部分) に分帯している。この深層風化帯は隆起準平原の高所に厚く残っており、しばしば洪積層におおわれ、その場合には基底礫岩中の花崗岩礫が比較的新鮮なことからみて、その生成時期は洪積層堆積前と推定された。

日本各地の高位段丘を構成するクサリ礫は、さいきん第四系の層位学的研究や段丘の対比と関連して注目されているが、その成因や生成時期についてはよく分っていない。郷原ら (1964) は、前記のようにこれを 2 回の赤色土生成による累積風化産物とみている。筆者は、高位段丘上の古赤色土を生成する 1 輪廻前の一種の深層風化産物で、その生成には気温だけでなく、地下水位の変動による酸化・還元過程が寄与しているとみているが、これは二、三の野外観察からの推論にすぎない。この問題の科学的解決は日本における古土壌学の重要な課題の一つといえよう。

Ⅷ 古土壌学の方法と課題

以上のような内外の研究動向を基礎に、日本の古土壌学を発展させるためにはどのような課題があり、それらはどのような方法の体系中に位置づけられるべきであろうか。そのためには、Kubišna (1959) によって提起された古土壌学の体系化のためのつぎの 4 条件²⁾が参考になろう。

1) 独立の科学部門として、また地質学や古生物学の補助科学としての古土壌学の発展と体系化のためには、現代土壌学における土壌の概念が理解されることが不可欠の条件である。その概念とは Dokuchaiev (1879) によって確立された、「土壌とは独立した生きた自然体であり、生物、岩石、気候、起伏および人間の営力という自然景観構成要素の相互作用の産物で、環境の変化にともなって別な土壌に変化する」という土壌観である。

2) 古土壌学は土壌体系学 Bodensystematik のいっそうの体系化に基づいてのみ発展することができる。この場合の土壌体系学とはいうまでもなく、1) の土壌観から出発した生成学的土壌分類にもとづいたものである。

3) 古土壌学の体系化のためには、土壌および岩石薄片の詳細な顕微鏡観察による土壌組織学の方法がもっとも強力な武器になる。

4) 古土壌学の体系化は生成学的な土壌研究、つまりいろいろな気候区にぞくする既知の環境条件下での現在の土壌生成過程の研究を十分に実施し、その経験を古土壌の研究に

応用できるように十分に訓練された古土壤専門の地質学者によって行われなければならない。

第2表 古土壤学の方法の体系化試案（松井）

	研究段階	研究手段	得られる情報
野外調査	1 分布・産状調査	土壤形態学, 層位学, 地形学, テフクロノロジー, ^{14}C 法その他による年代測定	生成時期, 土壤生成因子, 生成過程にかんするマクロのデータ
	2. 風化と生成学的特性の理化学的研究	下記の方法による	風化過程の特性と土壤生成学的特性
	a. 粒径組成	機械分析	母材の異同, 物理的風化のていど, 粘土の移動・集積
解析的方	b. 一次鉱物組成	細砂の偏光顕微鏡による同定と計数	母岩の判定, 母材の異同, 風化過程
	c. 粘土鉱物組成	X線回折, 熱分析, 電子顕微鏡, 赤外吸収スペクトルなどによる総合判定	化学的風化の型と土壤生成過程での変質
	d. 化学組成	原土と粘土分の完全分析, 遊離酸化物の定量	無機成分の分解・合成と移動・集積
	e. 腐植の質と量	C, N, C/N, 腐植組成(フミン酸/フルボ酸, 無機物との結合)の定量と腐植の構造特性の可視部, 赤外部吸収曲線, X線, 元素分析等による解析	有機物の添加・変化・分解合成, 炭化・無機化, 有機無機複合体の形成
	f. 塩基状況	pH, 置換酸度, カチオン置換容量, 塩基飽和度の定量	塩基の移動・集積と生物学的循環
法的	3. 土壤組織の微形態学的研究	定方位土壤薄片の偏光・反射顕微鏡による観察	有機物の構造型 (Mull, Moderなど), 地中動物と植物の遺体・遺跡の同定, 土壤構造 (集合体の微細形態), 粘土の分散・凝集, 移動・沈積, 水酸化鉄の酸化・還元と沈積状況
	4. 土壤型の同定 (古土壤と現土) (壤について)	1～3から得た情報をもとに, 生成学的土壤分類法による	土壤生成過程と生成環境
	5 生成環境——自然景観型の復元	現土壤とその生成環境にかんする資料の比較地理学的適用	古土壤生成時の生物—気候条件その他の自然環境
	6. 地史学的総合	5から得た情報を, 層位学, 地形発達史, 古生物学, 考古学等からの情報と照合	地史学上の資料 (古気候, 古景観等)
	7 土壤の生成・分布におよぼす時間因子の研究 (土壤進化の研究)	5, 6の結果にもとづき, 現土壤の生成・分布および分類体系の地史的再検討	土壤生成・分類・地理学上の理論的基礎資料; 土壤の生成・分布の歴史的法則性

筆者は Kubiěna のあげたこの 4 条件に全面的に賛成であり、このことを前提にして、第 2 表にしめしたような古土壤学の方法の体系を提案したい。

日本における古土壤学の現状は、卒直にいて筆者をふくめ、その大半が第 2 表の 1. の分布・産状調査の段階にとどまっていることは否定できない。もちろん、中には粘土鉱物組成や理化学的分析データをしめした報告もあるが、4~7 の目的をめざして意識的に分析項目を組み、そのデータから生成学的な情報を読みとろうとしている論文はまだきわめて少ない。3. の土壤微形態学的解析方法(Kubiěna : 1938, Altemüller u. Frese (Ed.) : 1962) は完全な Solum の保存されている場合の少ない古土壤に対してはきわめて有効と考えられる。古土壤生成時に形成された特有の組織は、それが他の土壤型に変化した後までもあるていど保存され、そればかりでなく、削剥、再堆積された Bodensediment にさえ、原位置で生成した特徴的な組織が残存しているといわれる(Kubiěna : 1959)。したがって、この微形態学的研究方法の採用は、日本の古土壤学発展のための緊急課題であるといっても過言ではあるまい。

なお、van Wambeke (1962) は、中央アフリカのレリック土壤の生成時期の判定に、1) 土壤構造、2) シルト／粘土比、3) 易風化鉱物含有率、が有効だとのべている。すなわち、古土壤では無構造(カベ状)で、砕くと特定の構造面を示さないが、新しい土壤では多角形の土塊に割れ、構造面には粘土皮膜が沈着している。こういう点は 1. の野外調査のさい十分検討する必要がある。また、シルト／粘土比は、先洪積世の古土壤では < 0.15、洪積世の古土壤では 0.18~0.32、現土壤では 0.36~1.03 と、新しくなるほど増大している。つぎに細砂中の易風化鉱物は、先洪積世古土壤で 9~17%、洪積世古土壤で 13~21%、現土壤で 15~54% となっている。第 2 表の 2. の理化学的研究項目をすべて分析するのは、試料の保存度や時間、労力、設備、熟練度等の条件で不可能な場合が少なくないので、このような例を参考にし、キメ手になるような有効な項目を選び出す必要がある。もっとも外国でも第 2 表にしめしたような手順を追って行われた詳細な研究例はそれほど多いわけではない。筆者の気づいた範囲内では、前に引用した Paas (1961) のドイツのレス層中の化石土壤の研究は、1, 2, 3 のほとんどあらゆる方法を駆使して行われた数少ない模範的な例であり、Kubiěna (1956a, 1956b, 1954) の一連の研究は、どちらかといえば、微形態学的方法だけに偏りすぎているような印象をうける。

いずれにせよ、日本における古土壤学の偏らない発展のためには、ごく少数の土壤学者だけでなく、Kubiěna が指摘しているように、第 2 表 1~5 の方法を習得した地質学者や、地形学者と、地学的センスを身につけた多くの土壤学者の総合的な協力体制がどうしても必要である。古土壤の発展は第四紀地史学をゆたかにするだけでなく、日本における現土壤の生成・分類・地理学的研究の発展方向にも決定的な影響を与えるであろう。

- 註 1) ポドゾル化作用のような酸性粗腐植による粘土の破壊をとまわず、粘土の機械的移動だけにより、淡色・粗しょうなA層下部と褐色ちみつなB層上部が分化する土壤をドイツではパラ褐色土 *Parabraunerde*、フランスではレンベ土 *Sol lessivé* とよばれている。褐色レンベ土はこれと褐色森林土との中間的土壤型。
- 註 2) 以下の4条件の説明は、原著の表現そのままではなく、筆者の理解にしたがい、達意的に要約してある。

文 献

- Akimuev, B. B. (1962) : *Drevnem pochivoobrazovanii na trialetskom khrebte v. Gruzii. Pochvovedenie*. 1962, No. 1, 109—110.
- Altemüller, H. J. u. Frese, H. (Ed.) (1962) : *Arbeiten aus dem Gebiet der Mikromorphologie des Bodens*. SS 243, Weinheim/Bergstr.
- Berry, L. and Ruxton, B. P. (1959) : Notes on weathering zones and soils on granitic rocks in two tropical regions. *Jour. Soil Sci.*, **10**, 54—63.
- Brandtner, F. (1954) : Jungpleistozäner Löss und fossile Böden in Niederösterreich. *Eiszeitalter u. Gegenwart*. **4/5**, 49—82.
- Brunnacker, K. (1954) : Löss und diluviale Bodenbildungen in Südbayern. *Ditto*, **4/5**, 83—86.
- Brunnacker, F. (1956) : Regionale Bodendifferenzierungen während der Würmeiszeit. *Ditto*, **7**, 43—48.
- Bryan, W. H. (1938) : The red earth residuals and their significance in south-eastern Queensland. *Proc. Roy. Soc. Qd.*, **50**, 21—32 : Cited from Bryan and Albritton (1943).
- Bryan, K. and Aldritton, C. C. Jr. (1943) Soil phenomena as evidences of climatic changes. *Amer. Jour. Sci.*, **241**, 469—489.
- Bulavin, B. P. (1959) : *Iskopaemuie pochvui Azovskovo poberedgiya. Pochvovedenie*, 1959, No. 1, 126—129.
- Butler, B. E. (1959) : Periodic phenomena in landscapes as basis for soil studies. *C.S.I.R.O., Aust., Soil Publ.*, No. 10, pp 35.
- Carter, G. F. and Pendleton, R. C. (1956) : The humid soil : Process and time. *Geogr. Review*, **46**, 488—507.
- Chu Shien-Mu (朱顯謨) (1948) : 江西紅土之氣候問題. *中国土壤学会会誌*, **1**, 51—56.
- Dalrymple, J. B. (1958) : The application of soil micromorphology to fossil soils and other deposits from archaeological sites. *Jour. Soil Sci.*, **9**, 199—209.
- d'Sigmond, A. A. J. (1938) : *The principles of soil science*. pp 362, London.

- Fitzpatrick, E. A. (1963) : Deeply weathered rock in Scotland, its occurrence, age and contribution to the soils. *Jour. Soil Sci.*, **14**, 33—43.
- Fränze, O. (1960) : Interstadiale Bodenbildungen in oberitalienischen Würm-Lössen. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **11**, 196—205.
- Frye, J. C. (1951) : Soil forming intervals evidenced in the Kansas Pleistocene. *Soil Sci.*, **71**, 403—408.
- Gamkrelidze, L. V. (1957) : Pochvoobrazovanie na krasnotsvetnoi kore vuivetri-vaniya. *pochvovedenie*, 1957, No. 5, 48—53.
- Gerassimov, I. P. (1956) : Dokuchaevskoe uchenie of faktorakh pochvoobrazovaniya na sovremennom etape razvitiya. *Pochvovedenie*, 1956, No. 8, 1—11.
- Gerassimov, I. P. (1962) : Zadachi sovetskovo pochvovedeniya v svete novoi programui i reshenii XXII S'ezda KPSS. *Pochvovedenie*, 1962, No. 11, 1—16.
- Gerassimov, I. P. i Glazovskaya, M. A. (1960) : Osnovui pochvovedeniya i geografiya pochv. str. 490, Moskva : 菅野一郎・原田竹治ほか訳 (1963) 土壤地理学の基礎 (上) pp 411, 東京.
- Gerassimov, I. P. i Ivanova, E. N. (1958) : Three trends of studying general problems of soil classification and the interrelations between these trends. *Pochvovedenie*, 1958, No. 11, 1—18 : *Soils and Fertilizers*, **22**, 239—248 (1959).
- Glinka, K. D. (1931) : Treatise on soil science. Moskva-Lenigrad : Translated by Gourevitch, A. (1963) pp 674, IPST, Jerusalem.
- 郷原保真・新堀友行・鈴木康司・野村哲・小森長生 (1964) : 北九州の第四紀層に関する諸問題, 資源研集, No. 62, 83—108.
- Harassowitz, H. (1926) : Laterit. *Fortschr. Palaeont.*, **4**, 253—566 : Cited from Bryan and Albritton (1943).
- Hutton, J. T. and Stephens, C. G. (1956) : The paleopedology of Norfolk Island. *Jour. Soil Sci.*, **7**, 255—267.
- Ivanova, E. N., Lobova, E. V., Nogina, N. A. i Fridland, V. M. (1957) : Razvitie ucheniya o genezise pochv v sovetskom pochvovedenii. *Pochvovedenie*, 1957, No. 12, 1—19.
- Jessup, R. W. (1960) : Identification and significance of buried soils of Quaternary age in the south-eastern portion of the Australian arid zone. *Jour. Soil Sci.*, **11**, 197—207.
- Jessup, R. W. (1961) : A Tertiary-Quaternary pedological chronology of the south-eastern portion of the Australian arid zone. *Jour. Soil Sci.*, **12**, 199—213.

- 重粘地研究グループ(北川・松野・近堂・佐久間)(1962):オホーツク海沿岸地域に発達した古赤色土(風化殻)について. 第1報 分布と土壌断面形態. ペドロジスト, **6**, 58—74.
- 門村浩(1961):5万分の1土地分類基本調査「四日市」地形説明書. 1—43, 経済企画庁.
- Kamoshita, Y. (1958): Soils in Japan with general map of soil types in Japan (1:800,000). Natl. Inst. Agric. Sci., Misc. Publ., B No 5. pp 58.
- Kanto Loam Research Group (1961): The Kanto Loam and the Quaternary chronology of the Kanto district, Japan. Earth Science, No. 54, 32—39.
- 柏木日出治(1963):花崗岩風化の研究(予報). 広島大地学研究報告, No. 12, 320—342.
- 加藤芳朗(1961):オーストラリアにおける土壌母材の侵蝕・堆積サイクルにかんする研究. ペドロジスト, **5**, 56—59.
- Kaye, C. A. (1951): Some paleosols of Puerto Rico. Soil Sci., **71**, 329—336.
- 木立正嗣・大政正隆(1963):赤色土の研究Ⅲ 本邦赤色土の生成に関する地質学的ならびに鉱物学的研究. 林野土壌調査報告, No. 14, 1—126.
- Kim, Su-San (1960): 朝鮮の土壌生成因子と重要な成因の土壌型の分布の法則性について. 地理学論文集, 27—84, 平壤(朝鮮語): 朝鮮大学校地理学研究会誌(1963) ペドロジスト, **7**, 31—39, 106—117.
- 北川芳男・松野正・近堂祐弘・佐久間敏雄(1963):北海道に発達した古赤色土(風化殻). 北海道開発局土木試月報, No. 115, 1—10.
- Kraus, E. C. (1961): Die beiden interstadialen Würmböden in Südbayern. Eiszeitalter u. Gegenwart, **12**, 43—59.
- Kubiëna, W. L. (1938): Micropedology. pp 243, Iowa.
- Kubiëna, W. L. (1949): Entwicklungslehre des Bodens. SS 215, Wien.
- Kubiëna, W. L. (1954): Über Reliktböden in Spanien. Angewandte Pflanzensoziologie, **1**, 213—224.
- Kubiëna, W. L. (1956a): Materialien zur Geschichte der Bodenbildung auf den Westkanaren. 6^e Cong. Sci. Sol, **V**, 241—246.
- Kubiëna, W. L. (1956b): Zur Mikromorphologie, Systematik und Entwicklung der rezenten und fossilen Lössböden. Eiszeitalter u. Gegenwart, **7**, 102—112.
- Kubiëna, W. L. (1959) Prinzipien und Methodik der Paläopedologischen Forschung im Dienste der Stratigraphie. Z. Deutschen Geologischen Gesellschaft, **3**, 643—652.
- 黒部 隆(1963):立川ローム層の腐植に関する生成学的研究. 土肥誌, **34**, 181—184, 203—214.

- 黒鳥 忠・大政正隆 (1963) : 赤色土壌の研究Ⅱ 九州地方の赤色土とこれにともなう黒色土壌について. 林野土壌調査報告, No. 13, 1—88.
- 馬溶之・文振旺 (1958) : 以農業發展為目的的土壌区劃の原則. 土壌学報, **6**, 157—177.
- 松井 健 (1961) : 下北半島の赤色土壌にかんする生成論的研究 (演旨). 日土肥臨時大会 (仙台) 演旨集, 15—16.
- (1963) : 筑後平野周辺の赤色土の産状と生成時期——西南日本の赤色土の生成にかんする古土壌学的研究, 第1報. 資源研彙, No. 60, 1—12.
- (1964a) : 下北半島の土壌地理学的研究. pp 135, 青森県.
- (1964b) : 日本の赤色土のいわゆる成帯性にかんする疑義と新土壌型 “黄褐色森林土” の提案. ペドロジスト, **8** (印刷中).
- ・加藤芳朗 (1962) : 日本の赤色土壌の生成時期・生成環境にかんする二, 三の考察. 第四紀研究, **2**, 161—179.
- 湊 正雄 (1956) : 樽岸石器群の層位学的研究. 樽岸発掘報告書, 市立函館図書館, 13—20.
- Mohr, E. C. J. and van Baren, F. A. (1954) : Tropical soils. pp 498, Hague and Bandung.
- Mückenhausen, E. (1958) : Bildungsbedingungen und Umlagerung der fossilen Böden der Eifer. Fortschr. Geol. Rheinld. n. Westf., **2**, 495—502.
- (1959) : Die stratigraphische Gliederung des Löss-komplexes von Kärlich im Neuwieder Becken. Ditto, **4**, 283—300.
- (1962) : Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Boden der Bundesrepublik Deutschland. SS 148, Frankfurt am Main.
- Mulcahy, M. J. (1960) : Laterites and lateritic soils in south-western Australia. Jour. Soil Sci., **11**, 205—225.
- Nikiforoff, C. C. (1943) : Introduction to paleopedology. Amer. Jour. Sci., **241**, 194—200.
- Ollier, C. D. (1959) : A two-cycle theory of tropical pedology. Jour. Soil Sci., **10**, 137—148.
- 大政正隆・黒鳥 忠・木立正嗣 (1957) : 赤色土壌の研究Ⅰ 新潟県に分布する赤色の森林土壌の分布・形態的性質および生成について. 林野土壌調査報告, No. 8, 1—33.
- Paas, W. (1961) : Rezente und fossile Böden auf niederrheinischen Terrassen und deren Deckschichten. Eiszeitalter u. Gegenwart, **12**, 165—230.
- Paterson, T. T. (1941) : Geology and early man. Nature, **146**, 12—15, 49—52.
- Pendleton, R. L. (1947) : Soils of India : for soil surveys in Gwalior State. Soil Sci., **63**, 421—435.

- Polinov, B. B. (1927) : Contributions of Russian scientists to paleopedology. Russian Pedological Investigations, Pt. VIII, Acad. Sci., USSR, pp 33. : Cited from Bryan and Albritton (1943).
- Prescott, J. A. (1931) : The soils of Australia in relation to vegetation and climate. C.S.I.R. Aust., Bull., No. 52, pp 82.
- Sato, T. and Sakaguchi, Y. (1962/63) : The Nyu industry and other Palaeolithic remains in Japan. Quartär, **14**, 115—131.
- Schönhals, E. (1951) : Über fossile Böden in nichtvereisten Gebiet. Eiszeitalter u. Gegenwart, **1**, 109—130.
- 関豊太郎 (1931) : 土壤の生成及び類型. 岩波講座地理学. pp 114, 東京.
- Stebutt, A. (1930) : Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde. Der Boden als dynamisches System. SS 518, Berlin.
- Stephens, C. G. (1958) : The phenology of Australian soils. Trans. Poyal Soc. South Australia, **81**, 1—12.
- Stephens, C. G. (1961a) : The soil landscape of Australia. C. S. I. R. O., Soil Publ., No. 18, pp 43.
- Stephens, C. G. (1961b) : Laterite at the type locality, Angadipuram, Kerala, India. Jour. Soil Sci., **12**, 214—217.
- Sun-I (熊毅) (1951) : 由更新統沉積物的膠体礫物分析試論第四紀氣候. 地質学報, **32**, 26—41.
- 首藤次男 (1962) : 九州の最新統の地史的研究 I—IV. 地質難, **68**, 269—281, 301—312, 481—486, 522—536.
- 宋達泉 (1950) 南京区下蜀系の古土壤学研究 1. 幾個代表剖面的性態知發育規律. 中国土壤学会会誌, **1**, 141—154.
- Thorp, J. (1936) : Geography of the soils of China. pp 552, Nanking : 伊藤隆吉ほか訳 (1940) 支那土壤地理学. pp 446, 東京.
- Thorp, J. (1949) : Interrelations of Pleistocene geology and soil science. Bull. Geol. Soc. Amer., **60**, 1517—1526.
- Thorp, J., Johnson, W. M. and Reed, E. C. (1951) : Some post-Pleistocene buried soils of Central United States. Jour. Soil Sci., **2**, 1—19.
- 戸谷洋・貝塚爽平 (1956) : 関東ローム層中の化石土壤. 地理評, **23**, 339—347.
- van Dijk, D. C. (1959) : Soil features in relation to erosional history in the vicinity of Canberra. C.S.I.R.O. Aust., Soil Publ., No. 13, pp 41.
- van Wambeke, A. R. (1962) : Criteria for classifying tropical soils by age. Jour.

- Soil Sci., **13**, 124—132.
- Vine, H. (1949) : Nigerian soils in relation to parent materials. Comm. Bur. Soil Sci. Tech. Commun., **46**, 22—29 : Cited from Mohr and van Baren (1954).
- Wako, T. (1963a) : Geomorphological surfaces in Koriyama Basin, Fukushima Pref. Sci. Rept. Tohoku Univ., 7th Ser. (Geogr.), No. 12, 71—83.
- Wako, T. (1963b) : Valley features along the Sarugaishi River. A note on block field, cryopediment, and relict soil in the Kitakami Mountainland. Ditto. No. 12, 53—69.
- Walker, P. H. (1962a) : Soil layers on hillslopes : A study at Nowra, N.S. W., Australia. Jour. Soil Sci., **13**, 167—177.
- Walker, P. H. (1962b) : Terrace chronology and soil formation on the South Coast of N.S. W. Ditto, **13**, 178—186.
- Whitehouse, T. W. (1940) : Studies in the late geological history of Queensland. I. The lateritic soils of Western Queensland. Univ. Queensl. Pap. Dept. Geol., 2 (N.S.), No. 1, 2—22 : Cited from Mohr and van Baren (1954).
- Williams, W. R. (1935) : Place of soil science in socialist reconstruction of agriculture. Proc. and Papers, 2nd Int. Congr. Soil Sci., Moscow, No. 7, 67—82.

あ と が き

本特集号は1963年9月、日本第四紀学会とペドロジスト懇談会の共催で、東京大学理学部2号館講堂で開かれた第1回古土壌シンポジウムで発表された講演を中心に編集された。同シンポジウムの講演の中、「日本における周氷河現象」(鈴木秀夫)は、著者の都合ですでに前号に掲載され、また「日本における古土壌」(黒鳥 忠)は、著者の都合で投稿されなかった。

それにしても、本特集号は、古土壌に関する論文だけを集録した、日本最初の出版物であり、長く文献的価値を残すであろう。筆者各位の御協力に厚く感謝するしだいである。

このシンポジウムを契機に組織された古土壌研究グループは、現在50名をこえ、目下連絡紙 No1 を編集集中で、本誌出版後まもなく発行される見通しである。関心をもたれる方は下記事務局あて御照会されたい(連絡費年額200円、連絡紙のバラ売りも考慮中)。

また別項予告のように、きたる9月26日、第2回古土壌シンポジウムを開催するはこび