

沖縄の主要な森林土壌の生成と分類について

黒 鳥 忠⁽¹⁾・河 田 弘⁽²⁾・故小 島 俊 郎⁽³⁾

Tadashi KUROTORI, Hiroshi KAWADA and the late Toshiro KOJIMA :
On the Genesis and Classification of Forest Soils in Okinawa

要 旨：この報文は沖縄の土壌、地形、地質、地史などについての今までの諸研究者の成果を総合し、さらに筆者らの新しい知見を加えて、同地域に分布する主要な森林土壌の生成と分類について、総括的な論議を行ったものである。

同地域に出現する主要な森林土壌の中で、赤色土亜群は洪積堆積物、古生層、安山岩質母材に由来するものに細分し、それぞれの特徴を論じた。古土壌とされているこの亜群の生成時期を洪積世中期の糸木名段丘形成直後の陸化期に相当する温暖期〔絶対年代 $(0.38 \pm 0.03) \times 100$ 万年付近〕とし、もし、その後にもこの土壌の生成があったとしても、修飾的なものであらうと推定した。さらに、赤色土亜群の生成の生物-気候的条件を中国大陸および台湾の赤色土亜群と比較検討を行った。

黄色土亜群および赤色系黄色土亜群の生成過程と黄色土亜群の生成の気候および生物的条件を、赤色土亜群と同様に比較検討した。

表層グライ灰白化赤・黄色土の生成に関する今までの諸研究者の作業仮説を論議し、それぞれに残された問題点を明らかにしたが、結論を得るには至らなかった。

暗赤色土群は各亜群ごとに、石灰岩および石灰質・非石灰質混合母材に由来するものに細分し、各グループの特徴を明らかにした。また、赤色土亜群と同様の手法を用いてこの土壌の生成を検討し、一部は赤色土と同様の時期に生成されたが、大部分は古赤色土の二次的な堆積による影響の下に、特殊な母材（主として石灰岩）から供給される豊富な塩基によって特徴づけられるものとした。

1. は じ め に

長年にわたって沖縄の森林土壌の調査研究に従事していた筆者らの一人 故小島俊郎の残した沖縄の森林土壌に関する調査結果は、先に黒鳥および河田によって整理され、未完の研究資料²⁴⁾としてとりまとめられた。同資料には沖縄の主要な森林土壌の性質、立地条件、分布、植生および土壌の生産力と主要造林樹種との関係などが含まれている。

最近発表された林野土壌分類 (1975)⁵⁶⁾ は湿潤亜熱帯の沖縄の森林土壌も包含する意図をもって完成されたものであったが、この資料のとりまとめに当たって同分類体系は沖縄の森林土壌を完全に包含し得ないことが明らかにされたために、黒鳥および河田は赤色系黄色土亜群および内地および沖縄の土壌について提案されていたレンデナ様土¹⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾を新たに土壌群として設定して、暫定的に体系化を行った。

この資料²⁴⁾では沖縄の主要な森林土壌の生成と分類に関する部分を切り離して、故人の残したデータについて検討した結果を中心にとりまとめられた。この点は生成と分類に関する部分が草稿では未だ十分に解析されていなかったこと、遺稿の編集に当たって文献の探索と入手に意外に手間取ったこと、それらを参考にした主要な土壌の生成に関する見解の調整に日時を要したことによるものであった。

今回の報告に当たって、赤色土亜群および暗赤色土群の分類をそれぞれ以下に述べる (2-1) および (6-1)

1980年12月24日受理

土じょう-37 For. Soil-37

(1) 元 浅川実験林 (現 福井県立短大)

(2) 土じょう部

(3) 元 関西支場

のように修正した。この点は遺稿の編集の際にも多くの論議が集中した問題点であったが、当時はもしこの点について修正を行うとこれに関連する他の部分—例えば各土壌の分布など—の修正が困難と判断されたこと、およびこの点は見解の相違—主観的な判定基準の相違—によるものとして、故人の見解を尊重することにして見送った部分であった。しかし、その後筆者らの一人河田も現地を調査する機会を得たが、やはり今回の修正と同じ意見に到達した。その他今回の報告の内容は断片的に残されていた故小島の見解とは異なる部分もあるが、これらの部分は黒鳥および河田の見解によって記述した。

今回のとりまとめによって、沖縄の主要な土壌の生成と分類は多少の進展を見たといえるが、なお依然として作業仮説の域を脱しない部分も少なくない。さらに、新しい問題点を提起したために、今後の新しい見地に立った調査研究の必要性を認める結果に導かれた部分も見られる。

いずれにもせよ、今回の論議は沖縄の森林土壌の生成および分類に関する現在までの段階の整理と、今後に残された問題点を明らかにすることを意図したものであるが、同時に以前の故小島の資料の補足と総括を兼ねたものである。

このささやかな論議が、今後の沖縄を含めたわが国の湿潤亜熱帯地域 of 森林土壌の研究の一助ともなれば、筆者らにとっては望外のよろこびである。

2. 赤色土亜群

2-1. 赤色土亜群の分類について

先に発表した故小島の資料²⁴⁾では、黒鳥および小島⁸²⁾によって以前に赤色土(国頭マージ)として分類された土壌の中で、石垣島、西表島、久米島などの高位段丘に出現する安山岩質母材に由来し、下層が濁った赤色を呈する土壌を故小島の遺稿にしたがって暗赤色土群に修正した。しかし、これらの土壌の下層土の赤色の色調は連続的に幅の広い変化を示し、一部は暗赤色土群に含まれる色調、すなわち、10 R, 2.5 YR, 5 YR 3~4/4~6(赤~赤褐、にぶい赤褐、暗赤褐~暗赤色)を呈するものも見られたが、大部分は赤色土亜群と暗赤色土群の中間の色調、すなわち、2.5~5 YR 4/8(赤褐色)を呈していた²⁴⁾。

前回の故小島の遺稿²⁴⁾のとりまとめの際に、この土壌の分類上の位置づけについて多くの論議が行われた。筆者らの一人黒鳥は、この土壌の大部分を占める下層土が赤色土亜群と暗赤色土群の中間の色調を示す土壌は、その出現する地形面(高位段丘)から見て当然赤色土生成作用の下で生成された土壌であって、その母材の影響を反映して、標準的な赤色土よりも多少の色調の濁りが見られ、置換性塩基の含有率および飽和度がやや高くても、赤色土亜群に含めるべきであろうとの見解を示した。以前に黒鳥および小島⁸²⁾は、“赤色土亜群が集中的に出現する地形面は国頭礫層および相当層(石垣島の名蔵礫層、安山岩質の礫を含む)である”と指摘していたことからすれば当然の見解であろう。しかし、故小島の遺稿ではこの土壌は暗赤色土群に修正されていたが、その理由は明示されていなかった。黒鳥および河田は遺稿のとりまとめに当って、これらの土壌を赤色土亜群にもどすことは、他に関連する多くの部分の修正を伴うために極めて困難と判断して、見送らざるを得なかった。しかし、その後河田も現地を調査した結果、この土壌の分類については大筋において黒鳥と同様の見解に達した。なお、この土壌の分布域は国土調査 1/12.5万土地分類図(沖縄県)の土壌図⁶⁵⁾では赤色土亜群として区分されている。

この問題に関連して、その後黒鳥⁸⁰⁾は土壌亜群と土壌型との間に土壌属を設けることを提案し、この土壌を赤色土亜群に含め、安山岩質属[R(An)]として、他の母材に由来する赤色土亜群に属する土壌と区

分する新しい分類（試案）を提案している。

土壌属の区分は、過去の土壌生成と現在の土壌生成が複合的に働いている場合や、特殊な母材の影響が強く働いて土壌の性質を特徴づけている場合などに用いられる補助的な単位である。

沖縄の土壌は古くからの伝承による極めて合理的に行われていたと考えられる農耕地の土壌分類⁶⁾に見られるように、一般に母材の影響を極めて強く反映しているといえるが、森林土壌の場合も同様である。したがって、同じ土壌亜群に属する土壌でも母材の相違によって著しい性質の相違が見られる場合が少なくない。そのために、土壌属を設けることは沖縄の森林土壌の分類に対しては極めて効果的と思われる。

現在の林野土壌分類（1975）⁵⁶⁾では、母材の影響による土壌の区分は土壌型および亜型より低次の区分とし、とくにカテゴリーを設定していない。故小島の資料²⁴⁾では一部の土壌亜群は試料数が少なく、その段階では沖縄の森林土壌の分類に土壌属を導入することは時期尚早と判断されたので、この問題は今後の検討に残すことになった。

しかし、上述の高位段丘上の安山岩質母材に由来し、下層土が赤色土亜群と暗赤色土群の中間の濁った赤色を呈する土壌は赤色土亜群に含めることが妥当と思われるので、今回この点を改めて提案することにした。

以上の結果、赤色土亜群を亜群と土壌型ないし亜型との間に、母材の相違によって次のような3土壌属を設けて細区分することにした。それに伴って、沖縄の赤色土亜群は次のように新たに位置づけられる。

赤色土亜群

1) 洪積世の国頭礫層に由来する赤色土属……(d) をつけて示す。R(d)

P 42-43^{*1)} [R(d)a], P 42-33, P 42-34 および P 44-12 [R(d)b]

2) 古世界の砂岩および千枚岩（粘板岩）に由来する赤色土属……(p) をつけて示す。R(p)

P 44-1 [R(p)c]

3) 安山岩質母材（石垣島の名蔵礫層および西表島、久米島の第三紀および第四紀の安山岩類など）に由来する赤色土属……(An) をつけて示す。R(An)。

P 42-52 [R(An)c], P 42-64 [R(An)d(d)]^{*2)}, P 44-22 [R(An)d]

これらの各母材別に細分された土壌の諸性質は、故小島の資料²⁴⁾ではそれぞれの試料数が少なく、1) および 2) は乾性～弱乾性の土壌、3) は弱乾性～適潤性の土壌に属するものに限られていたために、土壌の諸性質は地形に基づく水分環境（土壌型）の相違の影響も考慮しなければならないので十分な論議は難しいが、3) の安山岩質母材に由来するものは、1) の国頭礫層を母材とするものと比べると、全般的に pH が高く、C/N 比が小さく、置換性塩基の飽和度が高く、林木の成長から見た生産力も高い点に相違が見られる。2) の古生界の母材に由来するものは、1) および 3) の中間ないし、むしろ 3) に近い傾向を示す。

2-2. 赤色土亜群に関する今までの研究の概要 (1)一本土の赤色土亜群について

沖縄の赤色土亜群と生成過程の面で密接な関連性を有すると考えられる本土の赤色土亜群（赤色土）の研究は、関（1934）⁶⁹⁾にはじまり、以後川村（1952）¹⁸⁾、鴨下（1958, 1959）^{11), 12)}、菅野（1961）¹⁴⁾らによ

*1) 故小島の資料²⁴⁾の試料名（土壌断面番号）。以下同様。

*2) この土壌は林野土壌断面図集（3）⁵⁹⁾に断面 12 dDRb(d)〔安山岩を母材とする適潤性非塩基系暗赤色土（偏乾亜型）〕として示されている。

て進められた。これらの諸研究では、いずれも本土の赤色土は現在の生物-気候の条件下で生成された成帯性を有する土壌と考えられていた。

その後大政、黒島および木立 (1957, 1963)¹⁹⁾⁸⁴⁾⁸⁴⁾によって、本土の赤色土は更新世の温暖期 (間氷期) に高温な気候の影響を受けて、ラテライト化作用によって生成された古土壌 (Relic soil) であることが明らかにされた。これに引き続いて、松井 (1963, 1964)⁸⁶⁾⁸⁷⁾、松井および加藤 (1962, 1965)⁸⁸⁾⁸⁹⁾も同様の見解を示し、現在では本土の赤色土を古土壌とする見解が確立された。

本土の赤色土の生成時期については、現在次のような 2 つの見解が示されているが、未だ定説を見るに至っていない。上述の大政、黒島および木立は、本土における赤色土の出現は主として高位段丘およびこれより高い位置の安定地形面に出現し、中位段丘以下にはほとんど認められないこと、およびこれらの高位段丘面に認められる大部分のものは赤色風化物の二次的堆積物であるとの見解に基づいて、赤色土の生成は更新世のグンツ-ミンデル間氷期に生成されたものとした。

一方これに対して、上述の松井、松井および加藤らは、赤色土の生成時期は少なくとも 2 回あるとし、高位段丘の形成後の中位段丘の堆積前ないし堆積中に生成されたものとして、ミンデル-リスおよびリス-ウルム間氷期とした。

2-3. 赤色土亜群に関する今までの研究の概要 (2) 沖縄の赤色土亜群について

沖縄において古来から伝承されてきた土壌分類は、平野⁹⁾によれば泥灰岩 (Marl) に由来する灰色の土壌をジャーガル、赤色を帯びる土壌を マージと総称し、さらに マージを国頭マージと島尻マージに区分し、その他の土壌も加えてかなり細かい区分が行われていたという。国頭マージは沖縄本島の中部以北に分布し、上層は退色した赤褐色を呈するが、下層は赤色を呈する土壌で、古生層を基底として粘板岩および砂岩を混えるものと、サンゴ礁石灰岩または古生層の上部を覆う国頭礫層と称する赤色土層とがある。前者の古生層を母材とする土壌は中性ないし微酸性を呈するが、後者の国頭礫層に由来するものは強酸性であるという。

故小島の資料³⁴⁾で赤色土亜群とした土壌は、大部分が古来の分類の国頭礫層に由来する国頭マージに相当する。上述の平野による古生層を基底として粘板岩および砂岩を混え、中性ないし微酸性を呈としている国頭マージは、恐らく中川⁵⁰⁾が指摘した琉球層群の中で、石灰岩片を多く含む堆積層部が露呈した場合にほぼ相当し、後述 (6-1) の暗赤色土群の石灰質・非石灰質混合母材に由来する土壌属の一部に相当するものように思われる (林野土壌層断面図集 (3)⁵⁰⁾の断面 13 参照)。

また、サンゴ礁石灰岩の上部を国頭礫層が覆う例は、サンゴ礁石灰岩の堆積面とそれより高位の地形面との境界付近にだけ出現するもので、後述 (6-1) の赤色土と暗赤色土の混合土壌に相当する。この両者は一般に出現規模は大きくはないが、土壌の性質は様々の程度に特色が見られる。

鴨下ら (1933)¹⁸⁾は沖縄の農耕地の土壌分類の中で、国頭礫層に由来する赤色土 (沖縄の古来の分類の国頭マージの主要な部分を占めるもの) は、当時の本土における赤色土に対する見解と同様に、現在の生物-気候の条件下に生成された成帯性の土壌としている。

半沢 (1935) (中川⁵⁰⁾から引用) は国頭礫層の定義を、"段丘を表覆する礫層で lateritic soil と円礫より成るもの" とし、赤色土が段丘地形と密接な関係のもとに広く分布することを古くから認めている。

近年になって、中川 (1967)⁴⁸⁾は沖縄の北に位置する奄美群島の徳之島における段丘の最上位面の糸木名層および上位面の木之香層、およびこれらに対比される沖永良部島の下城層および新城層では、赤色土

層が厚く形成されているが、これらの島々のこれより下位面の亀津層および[※]類利覚層以下の各層では赤色土層が認められないことから、この地域の赤色土は古土壌であるとしている。

竹原（1961）^{60）}の西表島における黄・赤色土壌の中で、埴質赤色土壌および砂質赤色土壌としているものも恐らく赤色土亜群に相当するものと思われる。また、彼^{63）}の沖縄における洪積礫層を母材とする赤色土および古生層粘板岩の風化土壌も同様に赤色土亜群に相当する土壌と思われる。

黒島および小島（1969）^{82）}は、沖縄の主要な島々における赤色土亜群の出現は特定の地形面、すなわち、国頭礫層および相当層（石垣島の名蔵礫層）などの堆積によって代表される洪積世に形成された数段の段丘面—高位段丘—に限られること、主要な島々における赤色土亜群の出現する最高海拔高および出現する海拔高の範囲が島ごとに異なり、以下（2-4）に述べるように沖縄本島に比べると南方に位置する島では最高海拔高も低く、海拔高の範囲も狭くなることを指摘した。彼らはこれらの結果に基づいて、沖縄の赤色土亜群は現在の生物—気候の条件下で生成されたものとは考えられず、また、現在の気候条件がかなり異なるにもかかわらず、沖縄と本土の赤色土の出現型がほとんど同じであることから、沖縄の赤色土亜群も本土の場合と同様に先時代の生成になる古土壌であるとした。

2-4. 沖縄における赤色土亜群の出現様式の特徴

黒島および小島^{82）}は沖縄の主要な島々における赤色土亜群の出現様式が次のような特徴を有することを明らかにした。すなわち、

1) いずれの島においても、山地帯ではその出現はまれで、かなり安定した山頂緩斜面に黄色土に覆われて、埋没土的な様相で出現するに過ぎない。

2) 特定の地形面、すなわち、国頭礫層および相当層（石垣島の名蔵礫層）などの堆積によって代表される洪積世に形成された高位段丘に相当する数段の段丘上に広く見られる。

3) 主として出現する段丘上の赤色土の出現海拔高は島ごとに異なる。宮古島については赤色土亜群の出現が極めて少ないために論じ難いが、Table 1 に示すように、段丘上の赤色土亜群の出現する最高海拔高および出現海拔高の範囲は、南方に位置する石垣島および西表島では順次低く、かつ狭くなる。

黒島^{82）}は沖縄本島北部の地形について、海岸から山地に向かってかなり整然とした定高性の階段地形が海拔高約 300～320m 付近まで見られ、高い位置にある地形面にも部分的に礫層が見られること、すなわち、国頭礫層^{*}）を広義に解釈すれば地質図に示されている以上に広範囲に残存していることを指摘し、また、

Table 1. 沖縄の主要な島々における赤色土の分布する海拔
The range of altitude of the red soil distribution in main
islands of Okinawa (after KURATORI and KOJIMA^{82）})

主 要 な 島 々	Main islands	海 抜 高	Altitude (m)
沖 縄 本 島 北 部	Northern part of Okinawa-jima	90 ～ 300	
石 垣 島	Ishigaki-jima	60 ～ 140	
西 表 島	Iriomote-jima	50 ～ 100	

*) 中川^{50）}によれば、国頭礫層の名称は半沢（1925）が琉球石灰岩の下位の礫層と段丘を表覆するものと与えたが、後に（1935）段丘を表覆する礫層で、一般に“lateritic soil”と円礫よりなるものに改められた。国頭礫層は出現する段丘構成層最上部の礫層部と赤色風化土を指し、各段丘ごとに区分される地層にそれぞれ属すべきものであるという。このような定義にしたがえば、国頭礫層の出現は二次的な堆積を除けば、赤色土亜群の出現する高位段丘面に限られることになる。

これらの平坦面は地盤の上昇に伴う地形の回春によって側面から剝削されて、高位のものは段丘の形態が失われていることも多く、現在平坦面および国頭礫層が比較的良く保存されているのは、中川の指摘と同様に海拔高 200m 以下の地域に多いこと、さらに、これらの地形面では赤色土、赤色系黄色土および表層グライ化赤・黄色土の各亜群に属する土壌が主として分布することを指摘している。

花井⁹⁾は沖縄本島北部の塩谷—平良を結ぶ地峡部以北の国頭小地形区が一つの地塊として、洪積世中～後期にかけて著しい地塊運動を示したことを認め、地域によって地塊運動に差があったことを指摘している。この点は上述のように黒鳥が指摘した赤色土の分布が地域によって出現標高に差があるとしていることを裏付ける一例といえよう。

沖縄本島の海岸段丘の高位面のものについては、主として海拔高約 200m 付近までのものについて論じられているが、海拔高約 200～300 m の定高性の階段地形については、上述の黒鳥以外には報告されていない。これらの定高性の階段地形が上述の花井の指摘する間欠的な地盤の隆起運動に伴って生成されたも

Table 2. 琉球列島および本土の太平洋岸
Mutual relations of the terraces of Ryukyu Islands
Japanese Islands (Briefly summarized by the authors)

Author	中 川		
氷 期 Glacial stage	本土の太平洋沿岸地域 Pacific coastal region of the main parts of the Japanese Islands		
後 氷 期 Postglacial stage	海岸平野の出現と Plain I の僅かな開析 Emergence of the coastal plain and slight dissection of the Plain I	Plain I	新しい堆積 Recent deposits
	Plain I の堆積 Deposition of the Plain I		
ウルム氷期 Würm glacial stage	海底段丘の形成 Formation of the submarine terraces	Plain II	立川段丘 Tachikawa terrace 武蔵野段丘 Musashino terrace
	Plain II の堆積と開析 Deposition and dissection of the Plain II		
リス-ウルム間氷期 R/W Interglacial stage	Plain III の解析 Dissection of the Plain III	Plain III	下末吉段丘 Shimosue-yoshi terrace
	Plain III の堆積 Deposition of the Plain III		
リス氷期 Riss glacial stage	Plain IV の堆積と開析 Deposition and dissection of the Plain IV	Plain IV	多摩段丘 Tama terrace
ミンデル-リス間氷期 M/R Interglacial stage	Plain V の解析 Dissection of the Plain V	Plain V	九重段丘 Kunohe terrace
	Plain V の堆積 Deposition of the Plain V		
ミンデル氷期 Mindel glacial stage	注) ~~~ 古砂丘形成期		
ギュンツ-ミンデル間氷期 G/M Interglacial stage			
ギュンツ氷期 Günz glacial stage			

のか、あるいはさらに高位の海岸段丘か、そのいずれに相当するかは、後述の赤色土亜群の生成時期を検討する場合に極めて重要な問題であるが、なお今後の検討に待たなければならない。

前島³⁵⁾らは国土調査 1/5 万名護図幅の地形について、砂礫台地を、1) Gt I, 海拔高 80~210 m 以上の面、2) Gt II, 海拔高 40~80 m, 石灰岩台地の上位のものに対比される、3) Gt III, 海拔高 25~45 m, 石灰岩台地の低位のものに対比される、の 3 地形面に区分している。小島ら²⁵⁾の同名名護図幅の土壌調査では、赤色土亜群 (為又統および呉我山統) の分布は主として Gt I 面に集中している。

2-5. 沖縄の赤色土亜群の生成時期

前述(2-2)のように、沖縄の赤色土亜群は黒島および小島³⁹⁾によって、奄美諸島の赤色土 (赤色土亜群) は中川⁴⁰⁾によって、それぞれ古土壌であることが指摘されているが、これらの赤色土亜群の生成時期について未だ明らかにされていない。この問題について、赤色土亜群の出現する各段丘の層序学的な対比とそれぞれの生成時期の面から考察を試みることにしたい。

地域の段丘の対比 (筆者調整) and the Pacific region of the main parts of the

NAKAGAWA ⁴⁷⁾⁻⁵⁰⁾					武 永 TAKENAGA ⁶⁴⁾	堀 HORI ⁷⁾
Tokuno-shima	Okinawa-jima		Ishigaki-jima	Iriomote-jima	Central part of Okinawa-jima	
	Northern part	Southern part				
新しい堆積 Recent deposits					III b (0~6m) III a (7~10m)	低位段丘 Lower terraces (III 6m)
低位段丘 Lower terraces	III の外縁部の幅せまい階段状段丘 Narrow terraces at the margin of the Plain III					中位段丘 Middle terraces II b (15m)
亀津段丘 Kametsu terrace	30~80mの段丘 Terraces, 30~80 m in altitude		20~70mの段丘 Terraces at 20~70m	20~70mの段丘 Terraces at 20~70m	II b (15~50m) II a (35~70m)	同上, Ibid. (II a, 35 and 45m)
木之香段丘 Kinoko terrace	Narrow terraces at the margin of the Plain V		未 発 達 Undeveloped		I b (50~80m) I a (70~80m)	高位段丘 Upper terraces (I, 100m)
糸木名段丘 Itokina terrace	山地縁部の平坦面, 160~250m Plateaus at the margin of mountainous region, 160~250m	那覇石灰岩 200m以下 Naha limestone, less than 200m		200~400mの定高性階段地形 Stepped surfaces in accordance of levels at 200~400m		

沖縄を含む琉球列島の地形、地質および海水準の変化については中川^{48)~50)}の研究、沖縄本島中部の海岸段丘におけるサンゴ礁地形については武永⁶⁴⁾および堀⁷⁾の研究が行われている。

中川は奄美群島の地形、地質および海水準変化を研究し、主要な島の地形(段丘)を区分し、これらの段丘面は徳之島、沖永良部島および沖縄本島で良く残されていることを明らかにした。彼は徳之島を基準として、各島々の各段丘の相互の対比を行うとともに、広く琉球列島の島々および本土の段丘との対比を行っている。これらの結果は要約して Table 2 に示した。

中川はこれらの研究⁴⁸⁾⁴⁹⁾において、

1) 徳之島の糸木名および木之香段丘では、表層部(10~30cm)は黄褐色土壌が形成されているが、基盤および礫層は風化が著しく、赤色土層が厚く形成されている。これに対して、亀津段丘以下では赤色土層を伴わない。

2) 糸木名および木之香段丘に見られる赤色土は古土壌である。

3) 奄美諸島の他の島々の糸木名、木之香および亀津段丘にそれぞれ相当する各段丘における赤色土の存否については、沖永良部島の下城、新城および瀬利覚段丘では徳之島と同様の事実を認めているが、与論島および喜界島の各段丘については赤色土の存否についてふれていない。

4) これらの段丘を本土の段丘と対比して、糸木名面を九戸^{くじう}面に、亀津面を下末吉面に相当するとしている。

5) 琉球列島の第四紀における海進~海水準上昇は、各段丘の発達状況からみて、糸木名層堆積期、亀津層堆積期および離水海岸平坦面形成期の3回がもっとも顕著であるとしている。

6) これらの各段丘の生成年代については論じていないが、小西らの Th²³⁰ および Pa²³¹ 成長法による喜界島の糸木名層および亀津層の各相当層についての結果では、それぞれの生成年代は50万年以上および6万余年であること、沖縄本島の亀津相当層は KIGOSHI の C¹⁴ 法では >34,000 yr. B. P. であることを紹介している。

中川がこれよりも以前に行った本土の太平洋岸地域の海水準変化と第四紀編年についての研究⁴⁷⁾では、海岸平野およびこれに連なる海岸平野面をⅠとし、順次古期の面へⅤ面に区分して、各地方ごとの段丘の対比と生成年代について詳細な論議を行っているが、Ⅰ~Ⅴ面についての生成時期のまとめを前述の Table 2 に併せて示しておいた。これらの結果は沖縄の赤色土亜群の生成時期についても有力な示唆を与えるものといえる。

彼の結果では、

1) Ⅲ面は上述の本土の下末吉段丘、徳之島の亀津段丘および沖縄の主要な島々の中位段丘に相当するものと考えられる。本土のⅢ面は海岸平野およびこれに連なる面で、海成部分は極めて緩傾斜の平坦面で、広く発達する。Ⅲ面はリス氷期中期の海水準最低期からリス-ウルム間氷期中期の海水準最大期までの期間に堆積し、その後同間氷期末にかけて海水準の低下に伴って陸化および開析が行われたと推定される。

2) Ⅳ面は本土では後背山麓から丘陵面にかけて発達し、Ⅲ面より急傾斜で狭い。含有化石群の指示気候はⅢ面より寒冷である。この面はリス氷期の前半の低海水準期間の停滞期ないし小上昇期に堆積と陸化および開析が行われたと推定される。上述の木之香段丘は同様に面は急傾斜で、幅はすこぶる狭く、階段状をなしている。沖縄の主要な島々の相当段丘については明らかにされていない。

3) V面は本土の九戸段丘、徳之島の糸木名段丘および沖縄の主要な島々の高位段丘の高位部に相当すると考えられる。本土のV面は海成面を含み、極めて緩傾斜で、Ⅲ面と類似した性格を有する。この面の堆積時期はミンデル氷期の海水準最低期からミンデル-リス間氷期の海水準最大期、陸化・開析はミンデル-リス間氷期の海退期と推定される、などとしている。

武永⁶⁴⁾は沖縄本島中部のサンゴ礁地形について、段丘の区分と上述の中川の区分した段丘との対比を行っているが、これらの結果は上述の Table 2 に併せて示した。

彼は石灰岩の厚さは高位段丘群では40~50mに達することもあるが、最も厚いが、低位段丘群では40~50mに達することもあるが、多くは砂礫質であるとしている。また、低位段丘の最高面にサンゴの造礁性の高い面が見られるが、多くの地域で40m前後に大きな拡がりを示し、以後造礁性は次第に衰えて、段丘堆積物は砂礫質となる。これらの砂礫質の堆積物を母材として、リス-ウルム間氷期の極大期前後から古砂丘の形成が一部で始まっているという。彼は沖縄中部では古砂丘の形成期を亀津段丘相当のⅡa~Ⅱb面の段丘の形成期と推定していることと、リス-ウルム間氷期の海水準の極大を40mと見なしていることは、亀津段丘およびこれに相当するⅡaおよびⅡb面の形成期をリス-ウルム間氷期としているように思われる。

堀⁷⁾は沖縄本島中部の海岸段丘を、高度、連続性、赤色土壌（赤色土亜群）およびサンゴ礁石灰岩などの段丘堆積物の有無、層相および開析の程度などから、上述の Table 2 に併せて示したように区分している。彼はサンゴ礁石灰岩は中位段丘のⅡa面までは見られるが、Ⅱb面以下では見られないという。この点は上述の武永⁶⁴⁾の結果ともほぼ一致する。また、彼は区分した各段丘について、上述の中川の各段丘との対比を行っていないが、彼のⅡa面は海拔高、発達規模などから見てほぼ亀津段丘に相当するものと判断される。

これらの諸研究者の結果を総合すると、沖縄の主要な島々の高位段丘の高位部、すなわち、糸木名相当段丘の生成時期はミンデル-リス間氷期、中位段丘の主要部、すなわち、亀津段丘の形成時期はリス-ウルム間氷期ということになる。この場合に、これらの諸研究者は各段丘の形成期を判定した鍵として用いた下末吉段丘の形成期をリス-ウルム間氷期とする見解をとっている。しかし、この下末吉段丘の形成期の判定についての国内の諸研究者の見解は必ずしも一致していない。すなわち、貝塚および成瀬¹⁰⁾は中川らと同様の見解を示しているが、湊および井尻⁴⁴⁾は下末吉層はリス氷期とし、上述の諸研究者より一時代古いとする見解を示している。もし、湊および井尻の見解にしたがえば、沖縄の高位段丘高位部はギュンツ-ミンデル間氷期に、中位段丘の主要部はミンデル-リス間氷期にそれぞれ生成されたことになる。

また、各氷期、間氷期と絶対年代との関係も上述の場合と同様に、資料によってかなりの相違が見られる。このように専門家の間に見解の相違が見られることは、その成果を利用する立場にある筆者らにとってはまことに都合が悪いことといわざるを得ない。

このような背景のもとに、前述の赤色土の分布、出現様式の特徴などから赤色土の生成時期について考察を試みると、次のようにいくつかの場合が想定される。

作業仮説 1) 亀津相当段丘構成地層の堆積期の生成とする考え方

この考え方は、まず最初に考えられるもっとも普通のケースであろう。この場合には、その時期に乾陸化していたすべての土地が赤色土化の洗礼を受けたはずであるから、氷期の堆積層と見なされる木之香相当層を含めて、高位段丘および丘陵頂部緩斜面などの古い安定地形面に広く赤色土亜群が見られる現実と

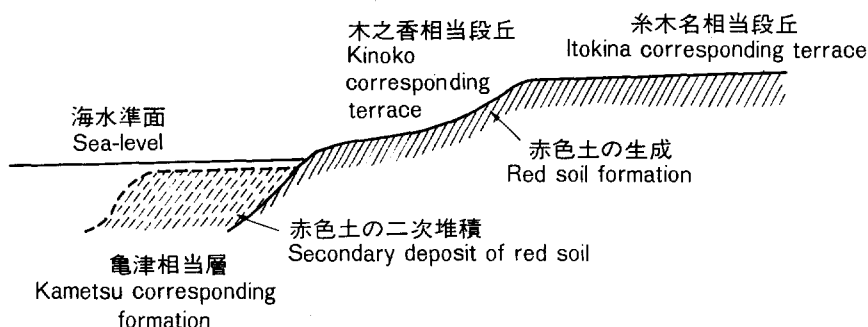


Fig. 1 赤色土の生成時期 (1) — [作業仮説 1 — (1)]
Forming epoch of the Red Soils (1) — [Hypothesis 1 — (1)].

はおおまかに見てよく適合するように見える (Fig. 1 参照)。しかし、この場合には次のような疑問点が少なくとも 2 つあるように思われる。

その一つは、現地形の開析の度合から見て、生成された赤色土が高位の地形面から大量に侵蝕されて後期の地層に二次的に堆積することが当然予想されるのに、この二次的堆積の影響を強く受けたはずの亀津および相当段丘には、その影響が予想よりも弱い点である。その程度は着眼の相違もあろうが、前述の中川⁴⁶⁾は亀津段丘相当層に赤色土が認められないとし、それをもって赤色土の古期生成の決め手としている。筆者らは中川とは多少異なり、亀津段丘堆積層上部には相当程度の二次的流入の影響があって、後述 (6) の暗赤色土の性状に関与していると考えてはいるが、その規模、すなわち、その影響が表層部に局限されている点に疑念を抱いている。

第二の疑問点は、後述 (4) の赤色系黄色土にしばしば認められる断面形態の特徴である。すなわち、この土壌は赤色土がもっとも広く分布する高位段丘の安定地形面 (中川の糸木名相当段丘面) を中心に出現するが、表層部の黄色土層と下層の赤色土層の境界部に円礫層を伴う場合がしばしば認められ、しかも、この礫層および黄色土層中に含まれる礫は下層の赤色土層中の礫に比べて風化程度が著しく低く、明らかに新しい土層の被覆があったことを示唆する特徴を示している点である。

この現象を解析すると次の 2 つの場合が想定される。

a) 海水準面の変化を考えない場合

糸木名面に黄色土層 (その母材層) が堆積するためには、この面自体がかなり低地的要素を強く持っていないなければならないが、亀津期に赤色土が生成された後に、同一海水準面下で乾陸化した地形面が再び低地的要素を持ち得る可能性はほとんど有り得ない (Fig. 1 参照)。なぜならば、糸木名面の水流による開析はその陸化時に始まり、木之香面の形成時 (亀津層の堆積の始まった頃) にはかなり谷形が発達していたものと見られるので、地形発達過程から見ても、この面に新しい土砂の堆積が広く見られる可能性は考えられない。

したがって、次の b) の場合を想定しなければならない。

b) 亀津期の赤色土生成以後に海水準面上昇があった場合

この場合の海水準面上昇の規模は Fig. 2 のように想定される。

この水面上昇は当然気候の温暖化を指標するはずであるし、また、亀津層の後期または以後の新しい地

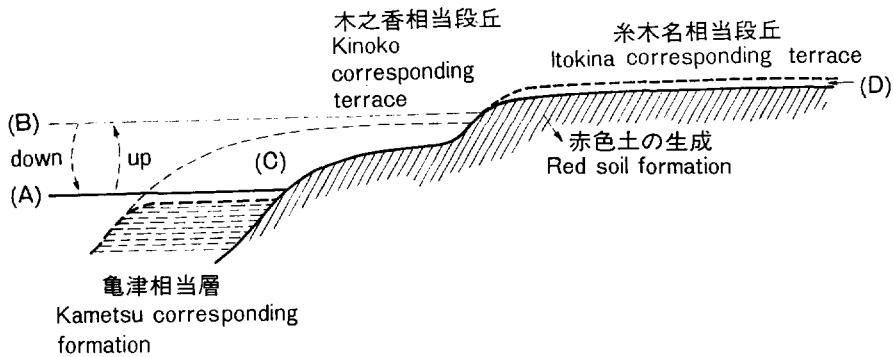
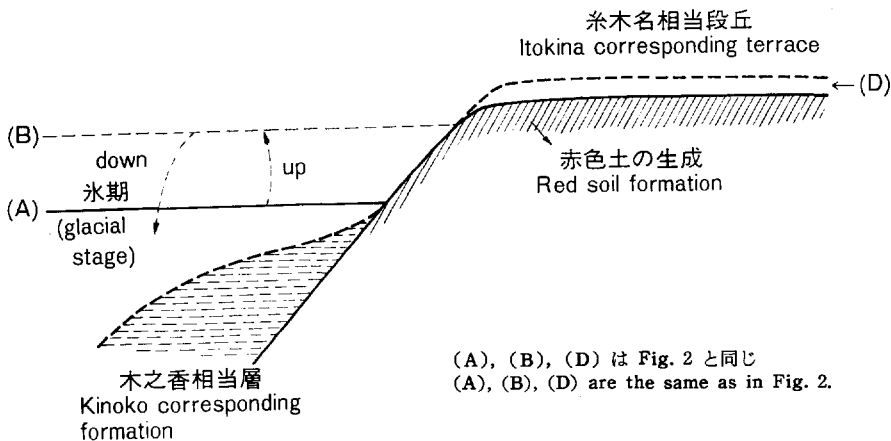


Fig. 2 赤色土の生成時期 (2)―[作業仮説 1―(2)]

Forming epoch of the Red Soils (2)―[Hypothesis 1―(2)].

- | | |
|--------------------------|--|
| A: 赤色土生成当時の海水準面 | Sea-level at the red soil formation. |
| B: 糸木名段丘を低湿化させる海水準面 (予想) | Presumed sea-level for swamping the Itokina terrace. |
| C: 新しい地層の堆積 (予想) | Presumed deposition of a new stratum. |
| D: 黄色土層の堆積 (母材) | Deposition of the yellow soils (parent material). |



(A), (B), (D) は Fig. 2 と同じ
(A), (B), (D) are the same as in Fig. 2.

Fig. 3 赤色土の生成時期 (3)―[作業仮説 (2)]

Forming epoch of the Red Soils (3)―[Hypothesis―(2)].

層の堆積が極めて大きくなり、Fig. 2 のように木之香層の欠落または新期の層による埋没が予想される。しかし、このような現象は上述の各研究者ならびに黒鳥の調査結果では認められていない。

以上の結果の考察からは、赤色土の生成を亀津相当段丘の構成地層の堆積期とする仮説を受け入れることは難しい。赤色土の生成も、赤色系黄色土の表層の黄色土層の形成も、すでにその以前の時期に行われていたと考えられる。

作業仮説 2) 糸木名相当段丘形成期の生成とする考え方

この考え方がとり上げられる根拠としては洪積世中期ないし後期を通じてこの時期に最大規模の海水準面上昇を見たと考えられること、また、中川⁴⁸⁾はこの糸木名期の持続期間がかなり長く、武永⁶⁴⁾は造礁

性サンゴの形成もかなりの規模であったことを指摘していることなど、この時期の中に顕著な温暖期の存在が示唆されていることがあげられる。

この考え方に基づいて上述の(1)で述べた問題を中心に赤色土の生成の可能性について考えてみると、赤色風化物の主な二次堆積については、中川が氷期の堆積とした木之香段丘の赤色土がこれに当たると、また、糸木名相当段丘面を中心にした黄色土層の被覆についても、赤色土生成後の小規模な水面上昇を組み入れることによって、大きな無理もなく解釈され、上述の作業仮説 1) の場合よりも全体的に問題点が軽減されるように思われる (Fig. 3 参照)。

作業仮説 3) 糸木名期と亀津期の 2 回の生成とする考え方

前述の(2-2)のように、松井⁸⁶⁾⁸⁷⁾および松井および加藤⁸⁸⁾⁸⁹⁾は本土の赤色土の生成に関して、ミンデル-リス間氷期とリス-ウルム間氷期の 2 回の生成としている。筆者らの一人黒鳥は本土の赤色土の研究⁸⁴⁾⁸⁴⁾において、このような見解を肯定する資料を得ていないので、両氏の見解に対してただちに肯定も否定もすることはできない。しかし、本土と一衣帯水の地域である沖縄の赤色土の生成を考えるうに、両氏の見解も一応あてはめてみる必要があると考えられる。彼らはこの研究において生成時期を判定する際に、その基準となる下末吉期を中川と同様にリス-ウルム間氷期とする立場をとっているため、これを沖縄にあてはめてみると、沖縄の赤色土の生成時期は亀津期 (リス-ウルム間氷期) と糸木名期 (ミンデル-リス間氷期) となる。偶然のことかもしれないが、この見解が上述の作業仮説 1) および作業仮説 2) の 2 つの想定をともに肯定した結果となっていることは興味深く思われる。しかし、この場合にも上述の作業仮説 1) で述べたような問題点が必ずしも解消することができないように思われる。

次に赤色土の生成条件に関連性を有する問題として、わが国における洪積世中期から後期にかけての各温暖期 (間氷期) の気候条件について、今までの資料に基づいて検討してみると、およそ次のとおりである。

まず、ミンデル-リス間氷期およびリス-ウルム間氷期については、ほとんどの資料⁴⁾⁸⁾⁴⁸⁾が相対的に温暖としながらも、現在の気候とあまり変らないとしている。

一方、わが国の第四系を中心とした地層の中で、介在する動植物の遺体や地層の化学的性質から古気候と海進、海退の関係が比較的系統的に調べられているものに大阪層群がある。この大阪層群の中で、本論に関係がありそうに思われる地層に第 8 海成粘土層がある。この地層にはアデク、ヒイラギモチ、コウチニッケイ、コナンキンハゼなどの亜熱帯要素が多く見られるほか、その直下からは熱帯系のマチカネワニが発見されて、顕著な温暖気候を指標する鍵層とされている。

この第 8 粘土層の時代判定も、前述の下末吉期の場合と同様に、同じ著書⁹⁾⁴⁴⁾でも用いている資料によって、洪積世前期末とするもの⁴⁸⁾、洪積世中期初め (ギュンツ-ミンデル間氷期) とするもの⁹⁾⁴³⁾、また、ミンデル-リス間氷期とするもの⁸⁾などがあって、はなはだまちまちである。ただし、これらの諸資料⁹⁾⁴⁸⁾の中で、第 8 海成粘土層の絶対年代を $(0.38 \pm 0.03) \times 100$ 万年としているものがあるが、これを前述の中川⁴⁹⁾によって紹介された小西らの喜界島の糸木名相当層の 50 万年以上および亀津相当層の 6 万年余、KIGOSHI の沖縄本島の亀津相当層の 3.4 万年以上などの絶対年代と比べると、糸木名相当層より多少新しいが、亀津相当層よりはるかに古いことが注目される。

以上の諸点から、沖縄の赤色土の生成期の詳細については、なお今後の地史学の発展と土壌学的な検討を待つほかはないと思われるが、現段階では筆者らは糸木名相当層堆積直後の陸化期の絶対年代 $(0.38 \pm$

0.03)×100 万年付近, すなわち, 上述の 2) がもっとも有力であると考えている。また, 作業仮説 3) で述べた 2 回の生成についても今後検討を加える余地があるとは考えるが, もし, このような場合があったとしても, 上述の高位段丘に広く見られる赤色系黄色土の問題や, 古気候の資料などからは, 亀津期の生成は修飾的なもので支配的ではないと考えている。

2-6 赤色土亜群の生成条件

松井および加藤³⁸⁾は本土の赤色土亜群に関連して, 中華民国共和国の東海岸の成帯性土壌としての赤色土の分布と気候および森林植生の関係から, 本土の赤色土亜群を生成した当時の古期の自然環境を Table 3 に示したように推定し, したがってわが国における成帯性赤色土は奄美大島以南に分布するものと予想した。

一方, 中国大陸の東海岸における土壌の地理的分布に関する菅野¹⁵⁾の総説によれば, 赤色土は常緑広葉樹林から成る中部亜熱帯に黄色土とともに分布し, モンスーン林下の南部亜熱帯にはラテライト性土が分布するという。これらの地域における生物-気候的条件は Table 3 に示すとおりである。

一方, 故小島の資料²⁴⁾による沖縄の生物-気候的条件 (Table 3 参照) は, 沖縄は中国大陸の土壌-生物気候帯の中部~南部亜熱帯にまたがって位置するが, ラテライト性土の分布する中国の南部亜熱帯よりさらに温暖湿潤な気候下にあるといえる。

しかし, これらの松井・加藤および菅野の赤色土の生成環境に関する推論は中国大陸の東縁部の赤色土について自ら生成論的な調査研究を行うことなく, 今までの資料に準拠し, また, 沖縄をはじめ, わが国の亜熱帯地域の赤色土についてもなんらの検討を加えることなく行われたものであるから, このような食い違いをもたらしたことは当然といえる。さらに, 沖縄の赤色土が古土壌であると判定された現状では, 赤色土の生成環境を考える上で, 資料的価値は乏しいといえよう。

さらに, ユーラシア大陸の東縁部の地域の成帯性の赤色土の分布に関連して, 次のような台湾における

Table 3. 本土の赤色土生成当時 (予想), 沖縄および中国東海岸の
生物-気候条件 (松井・加藤³⁸⁾, 故小島²⁴⁾および菅野¹⁵⁾)
Bio-climatic conditions of the age of relic red soil formation
in the main parts of the Japanese Islands (presumed), Okinawa and the eastern coastal region of China (after MATSUI & KATO³⁸⁾, the late KOJIMA²⁴⁾ and KANNO¹⁵⁾)

地 域 Region	年平均気温 Annual mean temperature (°C)	年 降 水 量 Annual precipitation (mm)	日積算温度 Daily accumulative temperature (>10°C)	植 生 Vegetation	土 壌 Soils distributed	位 置 Location (Latitude)
本土の古赤色土生成当時 At the age of relic red soil formation in the main parts of the Japanese Islands ³⁸⁾	about 20	1,500~3,000	> 5,000	Evergreen hardwood forest	Relic red soils	—
沖 縄 Okinawa ²⁴⁾	20.8~24.5	2,000~2,500	> 8,000	Ibid.	Relic red soils, Yellow soils	24~27°N
中国の中部亜熱帯 Central subtropical zone of China ¹⁵⁾	18~22	> 1,000 (2,000)	5,000~5,500 (6,500)	Ibid.	Red soils, Yellow soils	25~27°N
中国の南部亜熱帯 South subtropical zone of China ¹⁵⁾	22(24)	> 1,200	6,500~7,500 (8,000)	Monsoon forest	Lateritic soil	23~25°N

赤色土についての結果はすこぶる興味あるものといえる。すなわち、筆者らの一人黒鳥が野津⁵⁸⁾とともに 1971 年に中華民国の森林土壌調査の指導に際して、台湾全島を踏査した結果によると、台湾における赤色土亜群の出現は古期の段丘面に集中し、一部のものがそれよりもさらに高位置の老年期的な地形面に残存し、さらに、これらの赤色土亜群ははげしい地塊運動の影響を受けて、その出現する標高が地域によって異なるなどの特徴をそなえているほか、新規の段丘面および照葉樹林などに覆われた丘陵地などには赤色土亜群は出現せず、沖縄と同様の黄色土亜群によって占められていることを明らかにして、台湾の赤色土亜群も沖縄の場合と同様に古土壌であるとの見解を示している。

以上のように、わが国の本土の赤色土亜群だけでなく、湿潤亜熱帯地域の一部である沖縄および台湾の赤色土亜群も古土壌であると判定されたことは、古土壌としての赤色土の生成条件はもとより、成帯土壌としての赤色土亜群の存否を含めた赤色土亜群全体の生成を考える上に、大きな問題を投げかけたものとして注目に価するものといえよう。

3. 黄色土亜群

3-1 本土の黄色土亜群に関する今までの研究の概要

わが国の本土の黄色土に関する研究は、古くは MIKAILOVSKAIA⁴⁹⁾ が世界土壌図の作成の際に、本土の南部および西南部の土壌を赤色土および黄色土としたのが最初である。しかし、この報告は概念的なもので、その後永くわが国の研究者の関心を集めるに至らなかった。その後森林土壌では前述の大致、黒鳥および木立^{19) 84) 54)}の本土の赤色土の研究に伴って、それ以後黄色土の研究が進められている。現在ではその出現様式に見られる特徴などから、本土の黄色土亜群は赤色土亜群と同様の古土壌と考えられている。すなわち、林野土壌分類 (1975)⁶⁶⁾ および農業土壌の分類⁶⁸⁾ における黄色土の定義はいずれも大きな相違は見られず、いずれも更新世の温暖期に生成された古土壌であるとの見解を示している。

3-2 沖縄の黄色土亜群に関する今までの研究の概要

竹原は西表島の土壌調査において、赤黄色土壌の中の砂質黄色土壌および急斜地黄色土壌（乾性、適潤性および湿性）⁶⁰⁾、および沖縄本島の森林下の第三紀層砂岩の風化土壌、砂岩起源洪積層の風化土壌⁶²⁾ など黄色土亜群に相当すると思われる土壌の分布、性状について報告している。

その後黒鳥および小島⁸²⁾は、沖縄では黄色土亜群は山地帯に広く出現し、山地帯を代表する土壌であるとし、さらに、以下に述べるように現生物-気候の条件下に生成したものとして、本土の黄色土とは完全に生成時期が異なるという見解を示している。

3-3 沖縄における黄色土亜群の出現様式の特徴と生成時期

黒鳥および小島⁸²⁾は、沖縄の黄色土亜群は各島々の山地部の斜面上の若い土壌から、緩斜面上の熟成土壌に至るまで支配的に分布するほか、赤色系黄色土亜群²⁴⁾（赤-黄色土⁸²⁾）の表層部（2 m を超える場合もある）を含めると、非石灰質母材地域のほぼ全域にわたって出現することを認め、また、黄色土亜群の各土壌型の出現と地形との関係は、本土の褐色森林土群の場合と同様であることを明らかにした²⁴⁾。

このように、沖縄地域の黄色土亜群は赤色土亜群や本土の黄色土亜群とは異なり、その出現が特定の地形面に限られることがないこと、また、その母材は石灰岩以外の各種の岩石に由来し、特定の母材に限定されないこと、さらに、長石質岩石を母材とする土壌の分布域内で、母材が深層風化して白色を呈する土壌が見られる所では、未熟土から成熟段階に進みつつあると判断される土壌断面では、例外なしに順次黄

色土の形態的な特徴が明りょうになりつつあること、などの諸点から、彼ら³²⁾は沖縄の黄色土亜群は現在の生物-気候の条件下で生成されている土壌であると判定した。

しかし、筆者らは今回のとりまとめに当って沖縄の資料を再検討した結果、沖縄の黄色土の生成時期に関して次のように修正すべきであるとの見解を持つに至った。すなわち、沖縄の黄色土は赤色土生成期（糸木名相当段丘形成期、2-5 参照）以後の地質時代に生成された古い土壌と、現在の生物-気候の条件下で生成されている若い土壌と2つあるという見解である。その根拠は前述（2-5）の赤色土の生成時期に関する作業仮説（2）（糸木名相当段丘形成期における赤色土の生成）において、前述の Fig. 3 に示したように、糸木名面の古赤色土を覆う黄色土層（母材層）の堆積は古赤色土の生成以後の小規模な海水準面上昇期に行われたが、その土壌化（黄色土生成）は気候の冷涼化に伴う海水準面の下降期、すなわち、沖縄では木之香段丘形成時から行われ始めたと考えるべきであろう。

したがって、結論としては、沖縄の黄色土は主として山地帯の傾斜面上に現われる現在の生物-気候の条件下で生成されつつある若い土壌と、一部の高位段丘に古赤色土を覆って出現する古い生成起源を有する土壌とに大別されることになる。

恐らく古土壌である本土の黄色土も沖縄の古い起源をもつ土壌である黄色土と同じ時期に生成したものと推定されるが、その後の気候条件の変化に伴って、現在の本土の生物-気候の条件下では黄色土の生成は行われていないと考えるべきであろう。

3-4 黄色土亜群の生成条件

上述（3-3）のように、現在の生物-気候の条件下で生成されつつある山地帯の傾斜面における沖縄の黄色土亜群は、わが国の西南部の褐色森林土亜群の南に位置する成帯性の土壌と考えられる。前述（2-5）のように、黒鳥および野津³³⁾によれば、同様の黄色土亜群の出現はさらに南の台湾にまで広く分布するといえる。本土の九州本島では成帯性の黄色土亜群の出現は認められていないが、沖縄を除く南西諸島の島々の森林土壌の調査が未だ十分に行われていないので、沖縄と同様の成帯性の黄色土亜群の分布の北限は今後の調査の進展に待たなければならない。

菅野¹⁵⁾による中華人民共和国の土壌の地理的分布の総説によれば、中国における黄色土の分布域とされている中部亜熱帯と沖縄の土壌の生物-気候的条件に著しい相違が見られることは前述（2-5, Table 3）のとおりである。

したがって、成帯性の黄色土の生成条件については、この土壌の分布域とその諸性質についての今後の調査研究に待たなければならないと思われる。

4. 赤色系黄色土亜群

この土壌亜群は故小島の資料²⁴⁾の編集に当って、編者らが以前の黒鳥および小島³²⁾の赤-黄色土群の名称を改めて、新しい土壌亜群として提案したものである。

この土壌亜群は古土壌である赤色土を基盤として、その上部を赤色土生成期以後の堆積物を母材として、古期に生成された黄色土が被覆したもので、古赤色土と古黄色土の複合的な土壌であるが、後者の方がこの土壌の主要な部分を占めると考えられる（3-3 参照）。

この土壌亜群では、表層の黄色土層と下層の赤色土層の間にチャートの主とする小円礫層を挟み、また、この礫層および黄色土層中の礫が比較的新鮮なのに対して、下層の赤色土層の礫が著しく腐朽してい

るために、黄色土層と赤色土層は不整合的な関係を示し、両者は明らかに異質の堆積物であると見なされる場合が多かった。このような形態を示す土壌は主として高位段丘上の安定面に出現し、また、一部は山地帯の尾根の緩斜面にも出現していた。

このような形態を有する土壌の多いことは、筆者の上述のこの土壌の生成に対する見解を裏付けるものといえる。

しかし、一方において、この亜群に属する土壌の中には、野外における肉眼的な観察では黄色土層と赤色土層の間にこのような不整合的な関係が認められない場合も少なくなかった。また、前述(2)の赤色土亜群の表層土は赤色味が淡く、黄色味を帯びていることが多い²⁴⁾。これらの事実を相互に関連させて、赤色土亜群の表層土では、現在の生物-気候の条件下で行われている黄色土の生成作用によって赤色土層の退色が行われつつあるとし、上述の黄色土層と赤色土層の間に不整合的な関係の見られない場合は、赤色土層の退色によるとする作業仮説も見られる。これに対して、これらの土壌の母材鑑定、土性などの資料を欠く現段階では、筆者らは後者の見解を必ずしも否定し得ないように思われる。

いずれにせよ、この土壌亜群の表層の黄色土層の生成については、上述のような2つの形態を有する土壌の出現関係についての精査に基づいて、物理、化学および鉱物学的な検討を加えて、今後の解明を必要とする重要な研究課題といえよう。

5. 表層グライ系赤・黄色土亜群

5-1 表層グライ系赤・黄色土亜群の生成および分類についての問題点の概要

この土壌亜群は黒島および小島⁶²⁾の灰白化赤・黄色土(フェイチシャ)の細区分の灰白化赤・黄色土(強度、中度および弱度)および過湿灰白化赤・黄色土を、林野土壌分類(1975)⁶⁶⁾の設定に際して、赤・黄色土群の1亜群としたものである。

その当時すでに灰白化赤・黄色土(強度)[gRYb₁]に相当する土壌が、強度にポドゾル化を受けた赤色土(亜熱帯性ポドゾル)⁶²⁾⁶⁸⁾として発表されていたために、灰白化という名称はポドゾル化作用による溶脱層を連想させる恐れが大きい、この場合には単に“灰白化を呈する(bleached)土層を有する”という意味で使用されたものである。

この土壌亜群は林野土壌分類体系(1975)⁶⁶⁾では表層グライ化赤・黄色土および表層グライ灰白化赤・黄色土の2つのグループに区分されている。この分類は、この両グループの土壌は赤・黄色土群に属する土壌で、近縁関係にあって、いずれも表層グライ化作用が主要な生成要因となっているとの見解に基づいたものである。この点について、当時の論議の過程においてなお残された問題点は同分類体系に付記されている。

この亜群の中の表層グライ化赤・黄色土グループは、故小島の資料²⁴⁾に示された出現地形、断面形態、理化学的性質および植生などから、強い表層グライ化作用を受けて生成された赤・黄色土群に属する土壌と考えることに対して、とくに問題はないと思われる。

一方、これに対して、表層グライ灰白化赤・黄色土グループは、灰白化土層を有する点で特異性を有する。灰白化土層の成因については今までにいくつかの仮説が提起されているが、いずれも未だ定説とされるに至っていない。この問題の解明は現在まだ暫定的分類の段階にあるこの亜群の分類体系を確立するための緊急の研究課題といえる。

5-2 表層グライ系赤・黄色土亜群の出現地域および地形

この土壌亜群は沖縄本島の中・北部の赤色土亜群の分布する洪積堆積物（いわゆる国頭礫層）を母材とする段丘および丘陵緩斜面に出現する。その他石垣島や西表島などで灰白化の微弱な土壌が僅かな面積で認められているが、この分布は極めて極限されている。このように、この土壌亜群の出現が地域的に特異性が見られることは、すこぶる興味ある事実であるとともに、きわめて重要な問題点といえる。

表層グライ化赤・黄色土グループは、この土壌亜群の出現地域内の平坦ないし微凹地形の排水条件の比較的不良な場所に小面積出現するのに対して、表層グライ灰白化赤・黄色土グループは主としてその周辺部の緩傾斜地形に出現する点に相違が見られる。

5-3 表層グライ灰白化赤・黄色土グループの灰白化土層の生成についての今までの見解

表層グライ灰白化赤・黄色土グループの成因—とくに灰白化土層の成因—について、今までに提起されている見解は次のとおりである。

竹原 (1965)⁶²⁾ はこの土壌が強酸性を呈し、置換性塩基に乏しく、 B_1 および B_2 層における粘土および粘土の鉄含有率が A_2 層より著しく大きいこと、これらの各層位の珪ばん比などから、この土壌を強度にポドゾル化作用を受けた土壌と考えて、Red-yellow podzolic soil³⁾ に属するものとして、亜熱帯性ポドゾルと命名した。

その後黒島および小島 (1969)³²⁾ は、この土壌の灰白化土層の下に鉄および腐植の集積が認められないこと、 A_0 層の発達も本土のポドゾル化土壌に比べると少なく、また、灰白化土層の形成規模に対して不均合に小さいこと、などの諸点から、灰白化土層の生成の要因をポドゾル化作用とすることに強い疑念をいだき、表層グライ化作用あるいはレシバージュ作用の想定の下に詳細な現地調査による検討を進めた。その結果、沖縄地方のような強雨地帯では、比較的砂質の土壌で粘土の機械的な移動（レシバージュ作用）が起りやすいと考えられるにもかかわらず、この土壌が特定の地域の埴質な土壌に限って出現すること、さらに、この土壌の出現地域の中で微地形の差によって、断面形態が極めて類似し、しかも灰白化土層に代って青灰色の土層を有する極めて湿性の形態を示す土壌（表層グライ化赤・黄色土）およびグライ土壌がカテナ的な関係のもとに出現することを発見するに至って、表層グライ化作用に注目する姿勢を強めた。さらに彼らは沖縄本島各地の表層グライ化赤・黄色土と表層グライ灰白化土壌について、 α - α dip-yriril を用いて二価鉄の反応を調べた結果、両土壌とも中度ないし強度の反応を示し、とくに表層部ほど反応が強く現われることを確認し、また、表層グライ化赤・黄色土の青灰色土層は脱水（乾燥）すると灰白色を呈することなどを明らかにした。彼らはこれらの諸点から、この両グループの土壌はいずれも表層グライ土壌の一種であるとの見解をもつに至った。

その結果、彼らは表層グライ灰白化赤・黄色土は、先史時代からの激しい風化による粘土生成の著しい進行と、地史的な堆積による堅密な理學性および平坦地形などによって内部排水の不良な土層を形成し、微地形の影響による一時的な滞水によって腐植を含む A 層では表層還元作用を生じ、その結果鉄は二価鉄となって易溶性となり、同時に粘土は分散しやすくなって、その結果微地形の影響による傾斜に沿った中間流の移動に伴って、粘土および鉄は側方へ移動することなどが十分に考えられるとした。

以上の黒島および小島の見解にしたがえば、この両グループの土壌は KUBIENA²⁶⁾ および MÜCKENHAUSEN⁴⁶⁾ のプソイドグライあるいは表層グライ化土壌の一種と見なすのが適切であろうと思われる。

これに対して、有光 (1974)²⁾ は表層グライ灰白化赤・黄色土壌 (gRYb1) の各土層の水湿状態の変化

を 1 年間にわたって テンションライシメーターを用いて観測した結果、 A_2 および B_1 層の水湿状態は本土の湿性ポドゾル化土壤ほど湿潤（過湿）ではなく、一時的に過湿になっても持続することはほとんどないことを明らかにした。これらの結果から、彼はこの土壤の A_1 および A_2 層（灰白化土層）の生成は単なる過湿状態による還元とは考えられないこと、堅密な灰白化土層の形成は表層グライ化作用に先行したと考えられること、表層グライ化作用が認められるとしても、灰白化土層の形成規模を考えると、その主な成因と考えることは困難であること、水分動態、土性および理学的性質などから見て、表層グライ化作用によって B_2 層まで粘土の分散・移動が行われたとは考え難いとの見解を示した。

これらの結果から、彼は灰白化土層はなんらかのメカニズムで粘土フラクションが失われた後に、石英に富む微砂および細砂によって発現される色調であるとし、さらに、 B_1 層とその近傍で土層の僅かな収縮と膨潤がくり返され、収縮時に A 層の微砂および粘土に富む土壤物質が割目を埋め、膨潤時に圧縮されて Pan 層化することによって、 B_1 層の微砂質の不透水層が形成されたものとしている。

また、西田および小島（1976, 1977）^{61) 62)} は、この土壤の遊離鉄の形態は、 B_1 層では酸性シュウ酸塩溶液可溶の非晶質の鉄は極めて少なく、大部分が dithionite-クエン酸溶液可溶の結晶質の鉄で占められ、遊離鉄の活性度が著しく小さいことを明らかにした。この結果は、河田および西田¹⁷⁾による本土のポドゾル化土壤の遊離鉄の形態とは明りょうな相違を示しており、沖縄の表層グライ灰白化赤・黄色土が現在の生物-気候の条件下で鉄の溶脱および集積が行われていないことをほぼ立証したものと考えられる。すなわち、この結果は、現在ポドゾル化作用が行われていると判定して、亜熱帯ポドゾルと命名した竹原⁶²⁾の考え方を否定したものといえる。

三上ら（1977）⁴⁵⁾ はこの土壤の断面および微細形態、および理化学的性質から、この土壤の生成には相対的初期（恐らく地質学的過去）におけるレシパージュ作用がもっとも大きく寄与したが、レシパージュは表層土の淡色化に寄与したとしても、それだけでは灰白化土層の形成は困難で、途中からポドゾル化作用が加わり、さらに、レシパージュに伴う不透水層の形成によって、表層グライ化作用も加わった黄色土^{*}であるとしている。しかし、彼らの仮説は過去のレシパージュ作用は別として、ポドゾル化作用については推論の根拠が示されていないし、ポドゾル化および表層グライ化作用は地形、母材の影響によって相違が見られるとしながらも具体的になんらふれられていない。

佐伯（1979）⁶⁷⁾ は南西諸島の奄美大島の山頂緩斜面（松長山、海拔高 320 m）に、これらの土壤に類似

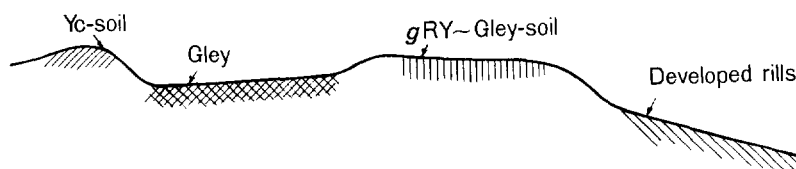


Fig. 4 奄美大島湯湾岳山頂平坦面の縦断図（模式図）
Vertical section of the summit plane of Mt. Yuwan,
Amami-oshima (Schematic presentation).

*) 筆者らはこの土壤は出現地形、断面形態、その他の諸性質から見て、赤色系黄色土および赤色土亜群の系列に属する土壤と考えている。この土壤を黄色土の系列と考えることには賛意を表し難い。

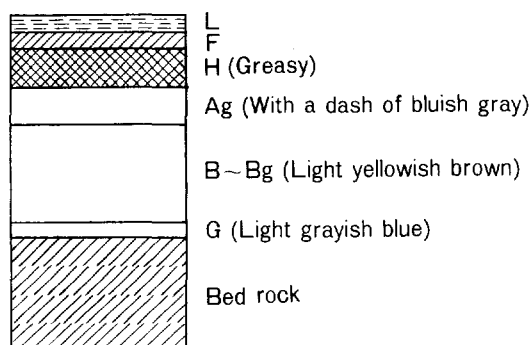


Fig. 5 *gRY*~*G* 型土壌の断面（模式図）（Fig. 4 参照）
Profile of *gRY*~*G* soil (Schematic presentation) (see Fig. 4).

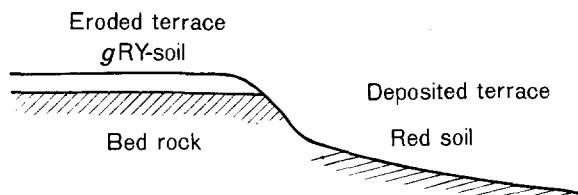


Fig. 6 奄美大島湯湾岳山頂付近のせまい緩斜な枝尾根の縦断面図（模式図）
Vertical section of the gently sloped narrow branch ridge
in the vicinity of summit of Mt. Yuwan, Amami-ōshima
(Schematic presentation).

した形態を示す土壌を認め、表層グライ灰白化赤・黄色土（*gYRb1*）とした。彼はこの土壌の成因については上述の三上らと同様の見解を示している。

しかし、この土壌については、筆者らの一人黒鳥⁸⁰⁾はその後奄美大島のこの種の土壌を調査し、次のような調査結果から佐伯⁸⁷⁾とは異なる見解を示した。まず、湯湾岳頂部付近のように幅の広い山頂緩斜面のものは Fig. 4 に示すように、微地形によって凸部には弱乾性黄色土（*Yc*）、微凹部には明りょうなグライ（*G*）、平坦な山頂部には表層グライ系土壌（*gYR*）がカテナ的な関係のもとに出現している。ここの表層グライ系土壌は土層が浅く、greasy な *H* 層の下には帯青灰色の *Ag* 層、淡黄褐色の *B*~*Bg* 層が見られるほか、その下部の基盤層の直上部には淡灰青色の *G* 層が見られる極めて特色のある形態を示し、表層グライ灰白化赤・黄色土というよりは、表層グライ化赤・黄色土とグライとの複合型ともいべき極めて過湿な土壌と判定される（Fig. 5 参照）。また、この土壌のところでは地表に浅い樹枝状の凹部が密に発達し、しばしば地表流（*A₀* 層と *Ag* 層との境界を中心とした）を生ずることが推定されるほか、この土壌の出現するところの下方、傾斜面との変移点付近にはリルが明りょうに発達し、その付近では *A* 層下部または *B* 層と基盤層との境界付近に湧水孔（溢水孔）を有する断面が見られる。これらのことから、この種の土壌のところではしばしば土層の上部、ときに土層全体に滞水し、過剰な水は土層や基盤の傾斜に沿ってゆるやかに移動し、傾斜の変移点付近で地表に溢水し、地表流となって流去するものと判定されるとしている。

また、もう一つの出現型のものは、主稜線から派生する幅のせまい緩斜尾根上を占めるもので、その側面は開析されて急斜面を形成するが、尾根線方向は傾斜が緩く、詳細に見ると Fig. 6 に示すように階段状地形の名残りとどめている。佐伯⁸⁷⁾の報告例はこの地形面上のものである。この調査地点の断面形態はほぼ彼⁸⁷⁾の記載に示されているが、土層は浅く、基盤までの深さは約 50cm で、彼⁸⁷⁾の B₃ 層下部から基盤層上部にかけて灰色～灰青色の還元層が形成されており、上述の湯湾岳頂部付近の表層グライとグライの複合した土壌 (gRY~G-soil) と判定したものと酷似した特徴をそなえている。

この還元層の存在は彼⁸⁷⁾の報告では記載されていないが、その特徴の一端は彼の報文中に B₃ 層の dithionite 可溶鉄の量が真上の B₂ 層よりも低下していることが示されていることで十分うかがい知ることができる。

これらのことから、佐伯⁸⁷⁾が奄美大島で表層グライ灰白化赤・黄色土 (gRYb) とした土壌は、表層グライ系赤・黄色土亜群に含まれるか、あるいは極めて類縁関係の深い土壌ではあるとしても、表層グライ灰白化赤・黄色土と判定することは適切ではないという見解を示している。

さらに、後者の尾根では Fig. 6 に示すように、僅かな位置の相違で表層グライ化が全く認められない赤色土が厚い土層を形成して出現することに注目し、この一見単調に見える尾根地形が位置によって形成履歴が異なること、すなわち、表層グライ系土壌の出現するところは高位段背部の侵蝕面または侵蝕段丘、赤色土のところは堆積段丘に相当することが推定されるとし、表層グライ系赤・黄色土亜群の生成の解明に有力な手がかりを示す現象であることを指摘している。

5-4 灰白化土層の成因の解明について今後に残された問題点

前述 (5-3) のように、表層グライ灰白化赤・黄色土の灰白化土層の成因についてはいくつかの仮説が提案されているが、未だ定説を見るに至らない。これらの仮説では以下に述べるような解明されていない問題点が残されているように思われる。

灰白化土層の成因として当然予想される作業仮説は

- 1) ポドゾル化作用
- 2) 表層グライ化作用
- 3) レシバージュ作用

が主なものであろう。もちろん、さらにこれらの複合作用も想定される。

5-4-1 ポドゾル化作用説

ポドゾル化作用をこの土壌の灰白化土層の主な成因とする説は、前述 (5-3) のように断面形態および遊離鉄の形態から見て、現生物-気候の条件下で行われているとする説は肯定し難い。もし、古い地史的な時代の寒冷な気候の影響によってポドゾル化が進行したとすれば、沖縄の他の地域の赤色土亜群にも強弱の程度の相違はあるにしてもその影響が見られるはずである。しかし、この土壌の分布が沖縄本島の中心・北部に限定されていることは、この土壌の成因をポドゾル化作用で説明することは困難と思われる。

5-4-2 表層グライ化作用説

前述 (5-3) のように、この土壌の二価鉄の反応およびその他の事実は表層グライ化作用を裏付ける有力な資料といえる。さらに、この土壌では降雨後に土層の上部に滞水現象が認められるること、この土壌の出現地形、不良な理學性、亜熱帯の気候条件を考慮すれば降雨時には過湿な条件となって、強い表層還元作用を受けることは当然予想される。

しかし、この土壌では powdery な H 層が形成されていること、有光²¹⁾の水湿状態の測定結果から見ても、長期間湿潤な水湿状態にあるとは考え難い。

以上の諸点を総合すると、この土壌は降雨時には一時的に過湿な条件におかれて表層グライ化作用を受けるとしても、その外の時期には比較的乾性の水分環境下にあると考えるのが、もっとも妥当な見解ではないかと思われる。

地形的に近縁関係にある台地の中央に近い平坦地や微凹地では、周辺部からの地表水および中間流の移動によって滞水し、過湿となる期間が長期におよび、激しい表層グライ化作用を受けて表層グライ化赤・黄色土を生ずる。これに対して、台地および丘陵地の周辺の緩斜面にある表層グライ灰白化赤・黄色土では、下層土の透水性が不良なために、降雨時に一時的に滞水した水は主に中間流として、傾斜に沿って極めて緩やかに移動する。この場合に表層グライ化作用を生じ、生成した易溶性の二価鉄および分散しやすくなった粘土が、傾斜に沿って中間流とともに流去することは十分に予想される。故小島の資料²⁴⁾では、この土壌の A₁ および A_{2-g} 層では斑鉄が認められず、B₁ 層で僅かに認められることがあるとして、表層グライ化赤・黄色土とは著しい相違が見られるとしている点は、このような考え方からすれば説明し得るであろう。

しかし、この場合も中間流による粘土および二価鉄を含む物質の移動については、モデル実験ないし現地における測定などの十分な裏付けを要するものと思われる。

5-4-3 レシパージュ作用説

レシパージュをこの土壌の主な成因とする説については、この土壌の粘土含有率が表層土では少なく、下層土ほど順次増大していることから当然予想される。菅野¹⁴⁾は本土の赤黄色土の土性が、下層ほど細粒であることを認め、その原因は現在および過去におけるレシパージュ（Illimerization）と表面流去水による A 層からの微細粒子の損失によるもので、ポドゾル化作用によるものではないとしている。また、小林および品川^{30)・33)}も沖縄を含む琉球列島の各島々の各種の土壌^{*)}について同様の事実を認め、その原因としては上述の菅野と同様の見解を示している。その外沖縄の各島々の農業土壌についても、大部分の土壌統は A 層より B 層の方が粘土の含有率が高く、B 層における粘土の移動集積を示しているという¹⁾⁴⁰⁾⁶⁶⁾。以上の諸点は琉球列島の各土壌は、それぞれ程度の相違はあるにしても、レシパージュ作用を受けていることを示すものと思われる。

上述のように三上ら⁴⁵⁾は、この土壌の生成にもっとも深く関与するとしたレシパージュ作用の進行に関係する要因として、乾湿の変動の大きい（乾き切る季節を含む）古期の気候条件を想定している。しかし、現実にこの土壌亜群と同様の生成過程を経た多くの赤色土亜群および赤色系黄色土亜群や、現在の生物-気候の条件下で生成されたと考えられる黄色土亜群も含めた大部分の土壌が、上述のようにかなりの程度レシパージュ作用が行われていると考えられるにもかかわらず、表層グライ灰白化赤・黄色土グループの分布が極限されている理由は、今までの調査結果では母材、地形の差によって具体的に説明することは極めて困難と思われる。

5-4-4 ま と め

以上のように、この土壌の成因は上述の各要因、あるいはその相互作用を考慮しても十分な説明は難し

*) 小林らの報告では各土壌の分類上の位置は示されていないが、母材、断面形態から見ると、表層グライ系赤黄色土亜群およびレンデナ様土群以外の主要な土壌が含まれているものと思われる。また、森林下の土壌は西表島²⁰⁾の場合は丘陵ないし山地の緩斜～平坦面の土壌である。

い。いずれにもせよ、黒鳥らを除く他の研究者によるこの土壌の生成のメカニズムを解明するための研究の対象が、沖縄本島の名護市久志の南明治山の沖縄県林業試験場の試験林に偏しているように思われる。もちろん、この土壌に関する研究が緒についた現段階ではやむを得ないとしても、今後は出現地形の面で近縁関係にある表層グライ化赤・黄色土および周辺の赤色土亜群も含めた一連の土壌について、詳細なデーターの収集と、さらに調査地域の拡大によるそれぞれの地域についての相互の比較検討を待たなければならぬと思われる。

6. 暗赤色土群

6-1 暗赤色土群の分類について

林野土壌分類 (1975)⁸⁶⁾ では、暗赤色土群に含まれる土壌は石灰岩、蛇紋岩、超塩基性岩などを母材とし、赤色土よりも明度、彩度ともに低い濁った赤褐色～暗赤褐色の B 層を有し、一般に塩基飽和度が高く、しかも下層ほど塩基飽和度が高くなる性質を有するものを基幹とし、これに塩基性母材に由来し、塩基飽和度はあまり高くないが上述の断面形態の特徴をそなえたもの、および火山の熱水風化作用を受けた赤色の母材から生成された土壌などが包含されるとしている。

この分類では、暫定的に包含されている火山性の暗赤色土を除いて、大部分の塩基類に富む母材に由来するこの種の土壌の生成条件についてはなんら明確に示されていない。このことは、沖縄のように富塩基性の母材と非塩基性の母材とが種々の程度に混合し、また、赤色風化の影響を直接あるいは間接に受けて生成されたと考えられる土壌が複雑に入り混じって広く分布する地域における各種土壌の位置づけを行うに当って、困難な問題を生ずる原因となった。

当初黒鳥および小島⁸⁸⁾は、暗赤色土の分類基準が明文化されていなかったせいもあって、これらの一連の土壌については沖縄の古来の分類にほぼ準拠して暫定的な区分を行うにとどめた。その後林野土壌分類 (1975)⁸⁶⁾ の構想がほぼ固まった段階で、故小島の資料の編集の際にこれらの一連の土壌について母材、断面形態、化学的性質などの特徴を新しい分類の基準に照合して整理することを試みた。その結果レンデナ様土群として新たに区分された一部のものを除く大部分の石灰質母材に由来する土壌、大部分が赤色土亜群と暗赤色土群の中間的な形態を示す安山岩質岩石を母材とする土壌、および主として高位段丘と中位段丘の境界部付近に出現する赤色土と暗赤色土が混合して生成されたと考えられる土壌（黒鳥および小島⁸⁹⁾ の石灰質・非石灰質混合母材土壌）などを暗赤色土群に包含した。

一方、その間に筆者らの一人黒鳥⁸⁰⁾は、高位段丘あるいはそれよりも高位置にある安山岩質岩石に由来する土壌が赤色風化作用を受けて生成されたことを重視し、母材による特性は従属的であるとの見解からこれらの土壌を赤色土亜群に含め、母材による特性の発現を土壌属（亜群と土壌型の間の区分）の新設によって位置づけを行うことを提案した。その後筆者らの一人河田も現地を調査する機会を得て、黒鳥と同様の見解に到達し、今回の報告ではこの種の安山岩質土壌を前述 (2-1) のように赤色土亜群に含めるように改めた。

その結果今回の報告で暗赤色土群に含めた土壌は、後述 (7) のレンデナ様土群を除く石灰岩母材に由来する大部分の土壌、石灰岩と非石灰質岩石（砂岩、粘板岩、結晶片岩などの古期の岩石、時に塩基性安山岩など）との混合母材に由来する土壌、および暗赤色土と赤色土が混合して生成した土壌などである。この暗赤色土と赤色土の混合土壌を暗赤色土群に含めることは、厳密に言えば異論をはさむ余地がある

う。しかし、この地域の石灰質母材に由来すると考えられる土壌も後述（6-3）のようにいろいろな程度に他母材の混入が認められること、および古赤色土の二次的な流入の影響を受けて生成されたと判定されるために、この両種の土壌の間に生成履歴に相違があるとしても、生成因子の面では共通性が高く、また、性状も極めて近いために現時点では暗赤色土群に含めて取り扱うのが妥当であろうと考えられる。ただし、この暗赤色土と赤色土の混合土壌は、そのほとんどのものが土層中に基盤岩石礫（角礫または亜角礫）を多量に含み、石灰質・非石灰質混合母材に由来するものと類似した形態を示すために、分類上は石灰質・非石灰質混合母材土壌に含めて取り扱うことにした。

筆者らは暗赤色土群の分類に当って、基本的にはこの土壌群は特殊母材の影響によって特徴づけられていること、したがって母材による土壌属の設定は当然必要であろうと考えている。さらに、後述（6-3）のように、沖縄の暗赤色土群は石灰岩と他母材との混合母材（赤色土の二次的な堆積物を含む）に由来しており、塩基系（*eDR*）および非塩基系（*dDR*）の暗赤色土亜群の相違は、同一環境諸条件の下において、他母材の混入の程度の差によってもたらされたものと考えている。

他母材の中で、安山岩はかなりの塩基を含むが、石灰岩、蛇紋岩、斑れい岩などの超塩基性岩のグループには含まれないので、非石灰質母材と考えるべきであろう。これらの非石灰質母材について見ると、

- 1) 安山岩は非石灰質母材の中では比較的 **Ca** および **Mg** に富む。
- 2) 古生界の岩石の中では、沖縄の結晶片岩類は安山岩と同様に **Mg** に富む母材であるが、砂岩類は塩基に乏しい。第三紀層の砂岩も同様である（西表島の一部に見られる貝殻化石を多量に含むものは例外的に **Ca** に富む）。

- 3) 花こう岩および流紋岩質岩石（主として石垣島）なども塩基に乏しい。

これらの暗赤色土群は、それぞれ塩基系および非塩基系亜群に区分されたが、それぞれの亜群に属する土壌は母材ごとに置換性塩基の状態にかなりの相違が見られたので、前述（2-1）の赤色土亜群の場合と同様に、母材の区分による土壌属を設定して、次のように区分した。

暗赤色土群 DR

I 塩基系暗赤色土亜群……*eDR*

- 1) 石灰岩に由来する塩基系暗赤色土属……(*ls*) をつけて示す。*eDR*(*ls*)。

主として石灰岩（琉球石灰岩および古生界石灰岩）に由来する。置換性 **Ca** が著しく多く、**Mg** は少ない。P 43-7*1), P 43-32 および P 42-19 [*eDR*(*ls*)_v(*d*)]。

- 2) 石灰質および非石灰質の混合母材に由来する塩基系暗赤色土属……(*ls* + *An*), (*ls* + *Si*) など、混合母材を構成する主な岩種名をつけて示す。

主として石灰岩と古生界岩石（結晶片岩）、安山岩質岩石などの混合母材から成る。置換性 **Ca** と **Mg** の飽和度の間にとくに著しい相違は見られない。P 42-47 [*eDR*_v(*ls* + *An*)]*2), P 42-65 [*eDR*(*ls* + *Si*)_v]。

II 非塩基系暗赤色土亜群……*dDR*

- 1) 石灰岩に由来する非塩基系暗赤色土属……(*ls*) をつけて示す。*dDR*(*ls*)。

*1) 故小島の資料²⁴⁾に記載されている断面番号。以下同様。

*2) P 42-47 は野外観察の結果に基づいて、故小島の資料²⁴⁾では安山岩質母材の土壌として扱われたが、その出現位置が高位段丘のものより低く、地形面も丘陵斜面下部の崩積面であることから他母材の混入の可能性が高く、また、その化学的性質から混合母材は石灰岩質岩石が主要なものであると判定されたので、上述のように位置づけを変更した。

琉球石灰岩（サンゴ礁石灰岩）に由来する。置換性 $\text{Ca} + \text{Mg}$ 飽和度は低く（50% 以下）、 Ca および Mg の飽和度は $e\text{DR}(\text{ls})$ はど著しい相違は見られないし、 Mg の方が大きい場合も見られる。この点はサンゴ礁石灰岩にはその造礁時に流入した異母材をかなり混入している場合も見られるので、これらの影響によるものかもしれない。P 42-85, P 43-30 [$d\text{DR}(\text{ls})v(d)$]。

2) 石灰質および非石灰質の混合母材に由来する非塩基系暗赤色土属……($\text{ls} + \text{An}$), ($\text{ls} + \text{p}$), ($\text{ls} + \text{d}$) など、混合母材を構成する主な岩種名をつけて示す。

主として、石灰岩と安山岩質岩石、古生界の岩石（砂岩、粘板岩など）、洪積層などの混合母材から成る。置換性 $\text{Ca} + \text{Mg}$ の飽和度は低い（50% 以下）が、 Ca と Mg の飽和度はとくに著しい相違は見られず、 Mg の方が大きい場合もしばしば見られる。P 43-6 [$d\text{DR}(\text{ls} + \text{d})c$]、P 42-11 [$d\text{DR}(\text{ls} + \text{d} + \text{p})v$]。

これらの母材別に区分された各土壌属の諸性質は、故小島の資料²⁴⁾では点数も少なく、十分な討議は難しいが、およそ次のとおりである。

1) $e\text{DR}(\text{ls})$ は、A 層はよく発達し、腐植の含有率は高い。pH は全層位を通じて 6.5~7.7 で、ほぼ中性に近い。置換性 $\text{Ca} + \text{Mg}$ 飽和度は著しく高く、 Ca が大部分を占める。

2) $e\text{DR}(\text{ls} + \text{An})$ は形態的には $e\text{DR}(\text{ls})$ と類似しているが、腐植の含有率はかなり低い。pH は全層位 6.2~6.5 で微酸性を呈し、置換性 $\text{Ca} + \text{Mg}$ 飽和度は多少低く、 Mg の占める割合がかなり高い。 $e\text{DR}(\text{ls} + \text{Si})$ は形態的には $e\text{DR}(\text{ls})$ とほぼ同様で、腐植の含有率は高い。A 層の pH は 6.35~6.65 を示し、比較的高く、微酸性を呈し、また、 $\text{Ca} + \text{Mg}$ 飽和度は高く、 Ca が主要な地位を占めるが、下層では pH および置換性 $\text{Ca} + \text{Mg}$ 飽和度が低下し、 Mg が優占する。

3) $d\text{DR}(\text{ls})$ は A 層の発達は一般に悪く、腐植の含有率は低い。pH は全層位 6.0 以下で、置換性 $\text{Ca} + \text{Mg}$ 飽和度は低い。通常は Ca が主であるが、時に Mg の占める割合が Ca に比べてかなり高い場合も見られる。

4) $d\text{DR}(\text{ls} + \text{d})$ および $d\text{DR}(\text{ls} + \text{d} + \text{p})$ では、腐植の含有率は一般に低い。後者の A 層には石灰岩の影響が強く示されているが²⁴⁾、それ以外は pH 5.0 以下で、酸性はかなり強い。この点は母材の洪積層の影響によるものであろう。石灰岩と安山岩質母材ないし古生層岩石の混合母材に由来するものについては、資料が不足のために言及し難い。

6-2 沖縄の暗赤色土群に関する今までの研究の概要

竹原⁶⁰⁾は西表島で石灰質暗赤色土壌の中の暗赤色岩石土（浅土）、埴質暗赤色土壌、砂質暗赤色土壌を区分しているが、その中の一部は暗赤色土群に含まれると推定される^{*)}。また、彼⁶¹⁾の沖縄の石灰岩風化土壌および古生層石灰岩風化土壌は暗赤色土群に相当する。

黒島⁶⁰⁾は沖縄の暗赤色土群は大部分が石灰型（石灰岩由来）のもので、暗色の A 層の発達した型（黒土マージ）と、A 層の発達の悪い型（赤土マージ）の 2 つの型によって代表され、前者は塩基（ Ca ）の飽和度が著しく高く、微アルカリ性を呈するが、後者は飽和度が高いものから低いものまでかなりの幅を示し、弱酸性を呈するものが多いことを指摘している。この場合の黒土マージは以前の黒島および小島⁶²⁾のレンダナ様土、赤土マージはテラロッサ様土と同じである。彼らのテラロッサ様土は上述の諸性質から

*) 母材、下層土の色調から見ると、林野土壌分類（1975）⁵⁶⁾の暗赤色土群に入れ難いものも少なくない。

見て、鴨下ら³³⁾の沖縄の農耕地の土壌分類における洪積世隆起サンゴ礁に由来するテラロッサ様土^{*)}と同じものと考えられる。上述の暗赤色土群の細分では、レンヂナ様土は *eDR(1s)* 属に、テラロッサ様土は *dDR(1s)* 属に相当する。

6-3 暗赤色土群の生成条件およびその時期について

暗赤色土群の生成については、前述（6-1）のように富塩基性母材に由来するという条件以外の生成条件および時期などについては未だ解明されていない。しかし、林野土壌分類（1975）³⁶⁾の論議に示されているように、“本土の暗赤色土群の主要なもの（火山性の暗赤色土群を除く）は、赤色土亜群の分布域に出現する場合が多く、赤色土亜群と同様の古期の温暖期における赤色風化の影響を受けて生成された土壌”とする見解もある。

沖縄における暗赤色土群については、その出現様式の特徴から、前述（2-4、2-5）の赤色土亜群の場合と同様に、生成条件や生成時期などの論議が可能のように思われる。黒鳥および小島³²⁾は沖縄における琉球石灰岩に由来する土壌（暗赤色土群およびレンヂナ様土群）は、同一地域の赤色土亜群の分布する段丘より低位の段丘に出現することを指摘している。その後、発表された国土調査の沖縄県土地分類図（1/12.5万）の土壌図³⁵⁾および地形図⁴¹⁾を対比すると、古生界の石灰岩から成る山地または丘陵地に小面積出現する暗赤色土群以外の琉球石灰岩に由来する沖縄の暗赤色土群の大部分の分布は、台地の高位に相当する面（海拔高100～200m）には少なく、主として中位に相当する面（海拔高40～100m）に見られ、低位に相当する面（海拔高30m以下）には少ない。これらの点は石灰岩台地自体の分布状況が同様の傾向を示していることに負うものである。

これらの石灰岩台地を前述（2-5）の中川^{43)・50)}の各段丘面と対比すると、海拔高から見て、高位面は糸木名および木之香段丘相当面に、中位段丘は亀津段丘相当面に、低位面は低位段丘相当面にそれぞれ相当すると思われる。

一方、沖縄の暗赤色土群および赤色土亜群の遊離鉄の形態⁵¹⁾は、本土の暗赤色土群および赤色土亜群⁴⁷⁾と極めて類似した特徴を示している。これらの暗赤色土群の遊離鉄の形態は古土壌である沖縄および本土の赤色土亜群と極めて近似的であるが、同時に、現在の生物-気候の条件下で生成されと考えられる沖縄の山岳地域の黄色土亜群および本土の褐色森林土亜群とはかなりの相違を示している。これらの諸点は、沖縄の暗赤色土群も本土のものも同様に古い生成履歴を有する土壌であることを推定させるものである。

しかし、沖縄の暗赤色土群の大部分を占める琉球石灰岩に由来するものは、上述のように、その大半が亀津相当段丘（中位段丘）に位置することは明らかである。これに対して、沖縄の古赤色土の生成は前述（2-5）のように少なくとも亀津段丘形成（陸化）以前の古い時代に行われたと判定されるので、高位段丘上にある一部の暗赤色土を除くと、大部分の暗赤色土が赤色土と同じ環境条件下で生成された可能性は全くないと考えられる。

したがって、暗赤色土群の遊離鉄の形態が赤色土亜群の場合と近似した性質を有するに至った要因としてまず考えられることは、上位地形面からの古赤色土の二次的な堆積である。この二次的に流入堆積した

*) 鴨下ら³³⁾はテラロッサ様土を岩石土壌型に属するものとし、この中の古生界の石灰岩に由来するテラロッサ様土を、古来からの伝承による土壌分類の国頭マージに対比させ、一方では洪積世の隆起サンゴ礁に由来するテラロッサ様土は島尻マージに対比させている。

また、平野⁴⁾も同様に古生界の石灰岩に由来するテラロッサ様土を国頭マージに対比させている。

古赤色土は、段丘形成後多孔質の石灰岩体付近のものは溶出した多量の石灰分の影響を強く受けて、また、砂礫および石灰岩片と混合したものはその混合歩合に見合った影響を受けて、それぞれ富石灰型(*eDR*)および貧石灰型(*dDR*)の暗赤色土などへ変ぼうして行ったものと考えられる。このことは、暗赤色土群の分布する地形面より上位の地形面に広く赤色土亜群が分布することや、また、現在でも豪雨のたびにリーフの内湾側が陸上から侵蝕された赤色土の流入によって真赤に染められていることから見ても、この中位段丘面に赤色土の二次的堆積がほとんどなかったとは考えられないからである。事実、沖縄地方の暗赤色土群は野外形態の上で異母材の混入や、土層の発達の様相が赤色土の流入を中心とした堆積むらと考えられる現象などもしばしば認められるほか、突出した石灰岩体上において、残積土的な形態が強く見られる土壌でも、例えば P 43-7〔林野土壌層断面図集 (3)⁶³⁾ の P 10〕に示されているように、明らかに異母材の混入が認められることなどから十分にうかがえることである。

また、先に黒鳥および小島⁶²⁾が石灰質・非石灰質混合母材として区分した土壌の大部分は、上述の主として暗赤色土群によって占められている中位段丘と、赤色土亜群によって占められている高位段丘との境に出現するものである。この土壌はこれらの両地形面が形成された以後に、主として地汙り、崩壊などの陸成的な要因のもとで、両種の土壌および母材などが混合して生成したもので、上述の暗赤色土群とは生成履歴が少し異なるものと考えられる。

このような暗赤色土群の生成に関連して、中川⁴⁸⁾は奄美群島の徳之島の糸木名段丘の石灰岩部に濃紅色の石灰岩土壌の出現が多いことを認め、また、武永⁶⁴⁾は与論島のサンゴ礁地形の中で、海拔高 6 m の beech 上に赤色土の存在を認めて、赤色土の存在を理由にして、この地形面は最終氷期以前のものと推定している。筆者らは上述の考え方から、この土壌のうち前者は赤色土生成作用を受けた暗赤色土、後者は赤色土の二次堆積物を母材にした暗赤色土と推定している。一方、別の考え方は、亀津相当段丘形成後今日までの間に、その間の間氷期などの影響も含めて、長い期間を経て徐々に鉄の結晶化が進行したとする考え方も、一応の想定としては考えられるかもしれない。しかし、この場合には、前述 (4) の一般の暗赤色土よりも古い生成履歴を有する高位段丘上にかなり広く分布する赤色系黄色土の黄色土層の部分が、一般の黄色土亜群と同様に遊離鉄の結晶度が赤色土亜群や暗赤色土群よりも低いことの説明ができないなどの諸点から見て、現時点では採用し難い。

7. レンヂナ様土群

沖縄におけるレンヂナ様土は、鴨下ら¹⁸⁾が農耕地の土壌調査の際に岩石土壌型として、第三紀層泥灰岩に由来する土壌(方言クチャ)および第三紀層石灰質砂岩(方言ニービ)に由来する土壌を総称してレンヂナ様土としたのが最初である。彼らによれば、前者は沖縄古来の分類によるジャーガル、後者はウジマに相当するという。いずれも微塩基性で、形態的には A-C 層型の土壌である。しかし、平野⁶¹⁾によれば、ウジマは砂岩の風化土壌で、赤褐色を帯びた強酸性の土壌であるという。この点は鴨下らのウジマに対する見解とは必ずしも一致していない。

沖縄の森林土壌については、黒鳥および小島⁶²⁾は石灰岩風化土壌(島尻マージ)の細区分の中で、腐植の多い暗赤褐土壌(I)および(II)(黒土マージおよび黒土マージ黒)^{*)}に対してレンヂナ様土の名称を

*) 黒土マージは島尻マージの一種で、上層は褐色を帯びるが、下層は赤色の土壌である⁶¹⁾。黒土マージ黒は黒土マージの中で表層がとくに黒色味の強い土壌である。

与えた。

本来レンヂナはヨーロッパにおける石灰岩や泥灰岩などの石灰質母材に由来する A-C 層型の土壌³⁶⁾⁴⁶⁾である。したがって、沖縄における大部分が暗赤色土群に属する暗赤褐の B 層を形成する土壌に対してレンヂナ様土の名称を与えたことは、暫定的な区分としても適切とはいえない。

したがって、黒島および河田は故小島の資料²⁴⁾のとりまとめに当って、レンヂナ様土を石灰岩風化土壌の中で B 層を欠く A-C 層型土壌および黄～黄褐色のやや未熟な B 層を有する微酸性～微塩基性の石灰質土壌に限定して、新しい土壌群とした。

本土においては、熊田²⁷⁾²⁸⁾が豊橋市近郊で、河田¹⁶⁾が伊吹山頂で石灰岩に由来する A-C 層型の中性～微塩基性の土壌を認めて、レンヂナ様土として区分している。

沖縄の森林下に見られるレンヂナ様土群は、山地帯の古生界の石灰岩の地域にも出現するが、その分布は極めて少ない。大部分は琉球石灰岩に被覆された段丘上の塩基系暗赤色土群の分布域内に点状に小面積出現する。

レンヂナ様土群の生成過程は、上述の出現型および断面形態、諸性質²⁴⁾などから見て、石灰岩台地を覆っていた琉球石灰岩に由来する暗赤色土群の中で、微凸地形に位置するものがなんらかの理由によって削剥されて失われ、その後に裸出した基盤の石灰岩を母材として新たに土壌生成が行われたものか、あるいは上述 (6-3) のように、高位面から赤色土亜群の石灰岩への流入によって暗赤色土群の生成が行われた際に、地形的にやや凸部に位置するために、その影響を受けなかったものと推定される。また、特殊例に属すると思われるが、故小島の資料²⁴⁾で示した P 42-69 (R_{NE} 型土壌) および P 42-43 (R_{NE} 土壌) は円礫を含み、石灰質母材の水積による二次的な堆積物に由来する土壌なども見られる。

これらのレンヂナ様土群の生成は、いずれにしても、上述の暗赤色土群と同時代ないしさらに新しい時代に行われたものと考えられる。

これらのレンヂナ様土は、いずれもミミズの生息が多く見られ、A 層の表層部には団塊状のこれらの虫糞が多く見られるが、その他の形態的な特徴などから KUBIENA²⁶⁾の mull rendzina に対比されるものと思われる。

8. お わ り に

この報告はさきに発表された故小島俊郎の沖縄の森林土壌に関する資料²⁴⁾を引き継いで、生成と分類に関する論議をとりまとめたものである。主な内容は次のとおりである。

1) 赤色土亜群の分類については、高位段丘またはそれよりも高位置の安山岩質母材に由来し、下層が濁った赤色を呈する土壌は、前回の資料では暗赤色土群に含めていたが、今回は赤色土亜群に含めて、赤色土亜群および暗赤色土群の分類を修正した。

2) 赤色土亜群、および暗赤色土群の塩基系および非塩基系亜群については、亜群と土壌型との間に新たに土壌属を設けて、母材の相違による区分を提案した。

3) 赤色土亜群の生成時期について、地質地形および地史の文献と赤色土の出現様式に基づいて考証し、糸木名相当段丘形成直後の温暖期（絶対年代 $(0.38 \pm 0.03) \times 100$ 万年）付近とし、もし、亀津相当段丘形成期にあったとしても修飾的なものであろうと推論した。

4) 赤色土亜群および黄色土亜群の生成条件を比較地理学的な資料から検討した。

5) 沖縄の黄色土亜群の生成について、以前の黒鳥および小島²⁸⁾の見解を修正し、一部の高位段丘上に見られる赤色土を覆って出現する木之香段丘形成時から生成が始められた古土壤である黄色土（赤色系黄色土の表層の黄色土層）と、山地帯に広く見られる現在の生物-気候の条件下に生成されたものと2種類あると考えられる点を論証した。

6) 赤色系黄色土層の生成について、未解決の問題点の提示を行った。

7) 表層グライ灰白化赤・黄色土の成因（灰白化土層の成因）に関する今までの作業仮説を比較検討し、それぞれの今後に残された問題点を提示した。

8) 暗赤色土群の生成について、赤色土亜群と同様の方法で検討し、一部は赤色土亜群と同じ上述の温暖期に生成されたが、大部分は古赤色土の二次的堆積の影響のもとに、特殊な母材（主として石灰岩）から溶出される豊富な塩基の供給によって特徴づけられたものとした。

9) レンヂナ様土群は、石灰岩に由来する暗赤色土が剝剥された後に、裸出した基岩を母材として土壤生成作用が行われたか、あるいは地形的に凸部に位置するために、古赤色土の二次的堆積の影響を受けなかったもので、暗赤色土群と同時代、あるいはさらに新しい時代に生成されたものと推定した。

引用文献

- 1) 阿部和雄・福士定雄：沖縄離島の農耕地の土壤調査と分類，農技研報告，B，24，p. 367～424，(1973)
- 2) 有光一登 (ARIMITSU, K.)：森林土壤の水分動態に関する研究，京大農学部学位論文 (Thesis of Kyoto University)，(1974)，(in Japanese)
- 3) BALDWIN, M., KELLOG, C. E. and THORP, J. : Soil classification. U. S. Dept. Agr. 38 Year book, p. 979～1001, (1938)
- 4) 藤本治義・柴田秀賢監修：地質学ハンドブック，朝倉書店，(1973)
- 5) 花井重次：沖縄島の地形の問題点について，辻村太郎先生古希記念論文集，p. 159～173，古今書院，(1961)
- 6) 平野 修：沖縄の土壤型について，日土肥誌，12，p. 577～586，(1938)
- 7) 堀 信行 (HORI, N.)：沖縄本島中部の海岸段丘（講要），地理科学 10，p. 39～40，(1968)，(in Japanese)
- 8) 市川浩一郎・佐藤 正・松本達郎・浅野 清・高井冬二・鎮西清隆・土 隆一・渡辺武男：地史学（下巻），p. 605～609，朝倉書店，(1978)
- 9) 井尻正二：大氷河時代，pp. 227，東海大学出版会，(1979)
- 10) 貝塚夾平・成瀬 洋：関東ロームと関東平野の第四紀地史，科学 28，p. 128～134，(1958)
- 11) KAMOSHITA, Y. : Soils in Japan with general map of soil type in Japan (1 : 800,000). Natl. Inst. Agr. Sci. Miscellaneous Publ., B, No. 5, pp. 56, (1958)
- 12) ————— : Soils in Japan. Soil and Plant Food, 5, p. 84～94, (1959)
- 13) 鴨下 寛・横井時次・兼松四郎：沖縄県土性調査報告，第1編沖縄本島之部，p. 1～23，農業改良局〔原著 (1933)，琉球政府復刊 (1952)〕
- 14) 菅野一郎：日本の主要土壤型の生成・分類学的研究 第2編赤黄色土，九州農試彙報 7(2)，p. 187～306，(1961)
- 15) ————— : 黄褐色（森林）土の特徴と分類問題（1）—中国の黄褐色森林土 ペドロジスト 14，p. 40～50，(1970)
- 16) 河田 弘 (KAWADA, H.)：森林土壤の腐植に関する研究 第3報黒色土壤，退色型黒色土壤，赤色土，黄色土およびレンヂナ様土の腐植の形態 (Studies on the humus form of forest soil. 3, Humus

- form of the black soil, degraded black soil, red soil, yellow soil and rendzina-like soil), 林試研報 (Bull. Gov. For. Exp. Stat.), 278, 51~74, (1975)
- 17) 河田 弘・西田豊昭 (KAWADA, H. and NISHIDA, T.): 森林土壌の遊離酸化物について (Free sesquioxides in representative forest soils), 同上 (Ibid.), 275, p. 1~22, (1975)
 - 18) 川村一水: 世界および日本の土壌概説 土壌肥料新説, p. 1~10, 養賢堂, (1952)
 - 19) 木立正嗣・大政正隆 (KIDACHI, M. and OHMASA, M.): 赤色土壌の研究 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 (Studies of red soil in Japan. 3, Geological and mineralogical study on the formation of red soils in Japan), 林野土調報 (Forest soils of Japan), 14, p. 1~126, (1963)
 - 20) 小林 嵩: 琉球諸島西表島土壌に関する研究, 鹿児島大農学部学術報告, 10, p. 108~164, (1961)
 - 21) ———・品川昭夫: 南西諸島の土壌に関する研究 1, 琉球列島の土壌について, 同上, 16, p. 11~55, (1966)
 - 22) ———・———: 同上 2, 奄美大島および徳之島の土壌の一般理化学的性質について, 同上, 17, p. 43~72, (1966)
 - 23) ———・———・市来征勝: 同上 3, 沖永良部島, 与論島, 喜界島の土壌の一般理化学性について, 同上, 18, p. 93~131, (1968)
 - 24) 故小島俊郎 (The late KOJIMA, T.): 沖縄の森林土壌—土壌の分類, 性質, 立地条件, 分布および植生 (Forest soil in Okinawa—Their classification, properties, site conditions, distribution and vegetations) 林試研報 (Bull. For. and For. Prod. Res. Inst.), 309, 117~157, (1980), (in Japanese)
 - 25) 小島俊郎・吉岡二郎・脇 孝介・佐伯岩雄: 土地分類基本調査 (1/5万), 名護 土じょう (森林土じょう), p. 1~44, 国土庁, (1974)
 - 26) KUBIENA, W. L.: The soils of Europe. pp. 317, Murby (London), (1953)
 - 27) 熊田恭一 (KUMADA, K.): 豊橋近郊の石灰岩に由来する土壌における腐植化過程 (The composition of humus in the soils derived from the limestone near Toyohashi City), 日土肥誌 (J. Sci. Soil and Man., Japan), 34, 57~62, (1963)
 - 28) ———・太田信婦: 同上 第2報, 同上, 36, 57~62, (1965)
 - 29) 黒鳥 忠: 沖縄の森林土壌を調査して 森林立地 XI(1), p. 20~27, (1969)
 - 30) ———: 琉球列島の森林土壌とその特性, 日林九州支部研究論集, 31, p. 16~20, (1978)
 - 31) ———: 未発表
 - 32) ———・小島俊郎 (KURATORI, T. and KOJIMA, T.): 沖縄の森林土壌概説 (General remarks of forest soils in Ryukyu Islands), 日林誌 (J. Jap. For.), 51, p. 227~230, (1969)
 - 33) ———・野津 衛: 未発表
 - 34) ———・大政正隆 (KURATORI, T. and OHMASA, M.): 赤色土壌に関する研究 II, 九州地方の赤色土とこれに伴う黒色土壌について (Studies of red soil in Japan. 2, Red soils and their accompanying black soils in Kyushu), 林野土調報 (Forest soils in Japan), 13, 1~88, (1963)
 - 35) 前島孝夫: 土地分類基本調査 (1/5万), 名護 地形, p. 1~44, 国土庁, (1974)
 - 36) 松井 健 (MATSUI, T.): 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関する古土壌学的研究 第1報 (A preliminary report on modes of occurrences and palaeopedology of red soils around Chikugo Plain—Palaeopedological studies on the pedogenesis of red soils in southwest Japan 1), 資源研彙報 (Miscellaneous Rep. of Res. Inst. for Nat. Resources), 60, 1~12, (1963)
 - 37) ——— (———): 下北半島の土壌地理学的研究 (Soil geography of Shimokita Peninsula, north end of Honshu Japan), pp. 135, 青森県 (Aomori Pref.), (1964)

- 38) 松井 健・加藤芳朗 (MATSUI, T. and KATO, Y.): 日本の赤色土壌の生成時期, 生成環境に関する二, 三の考察 (Notes on palaeopedology of red soils in Japan), 第四紀研究 (Quat. Research), 2, p. 169~179, (1962)
- 39) ———— (————— and —————): 中国・四国地方 および その周辺における赤色土の産状と生成時期—西南日本の赤色土の生成に関する古土壌学的研究 第2報 (Preliminary reports on modes of occurrence and palaeopedology of red soils in Chugoku and Shikoku Districts including their neighbouring Area.—Palaeopedological studies of red soils in southwest Japan. II), 資源研集報 (Miscellaneous Rep. Res. Inst. for Nat. Resources), 64, p. 31~48, (1965)
- 40) 松坂泰明・音羽道三・山田 裕・浜崎忠雄: 沖縄本島, 久米島の土壌分類について 農技研報, B, 22, p. 305~404, (1971)
- 41) 目崎茂和: 1/12.5万土地分類図 (沖縄県), 地形図, 国土庁, (1977)
- 42) MIKAILOVSKAIA, O. N.: On the soils of Japan. Contribution to the knowledge of the soils of Japan. Acad. Sci. U. S. S. R. 1, p. 9~30, (1930) (文献 58) から引用
- 43) 湊 正雄: 日本列島の歴史 (新地学教育講座 8), pp. 178, 東海大学出版会, (1979)
- 44) ————・井尻正二: 日本列島 (第三版), pp. 209, 岩波新書, 岩波書店, (1976)
- 45) 三土正則・山田 裕・加藤好武 (MITSUCHI, M., YAMADA, Y. and KATO, Y.): 沖縄本島に分布するフェイチシャ (灰白化赤黄色土) の生成について (Genesis of bleached Red-Yellow Soils (Fei-chisha) in the Okinawa Island), ペドロジスト (Pedologist), 21(2), p. 11~22, (1977)
- 46) MÜCKENHAUSEN, E.: Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland (土壌生成, 性質と分類, 伊東正夫他訳), pp. 364, 博友社, (1973)
- 47) 中川久夫 (NAKAGAWA, H.): 本邦太平洋沿岸地方における海水準変化と第四紀編年 (Pleistocene eustasy and glacial chronology along the Pacific coastal region of Japan), 東北大地質古生物研邦報 (Contribution Inst. Geol. Paleontology Tohoku Univ.), 54, p. 1~64, (1961)
- 48) ———— (—————): 奄美群島 徳之島・沖永良部島・与論島・喜界島の地質 (1) [Geology of Tokunoshima, Okierabujima, Yoronoto and Kikaijima, Amami Gunto (1)], 同上 (Ibid.), 63, p. 1~39, (1967)
- 49) ———— (—————): 同 上 [Ibid. (2)], 同 上 [Ibid. (2)], 68, p. 1~7, (1969)
- 50) ———— (—————): 琉球列島における第四紀海水準変化 (Quaternary sea-level changes in the Ryukyu Islands), 地団研専報 (Monograph No. 13, The Assoc. Geol. Collaboration in Japan), 13, 日本の第四系, p. 429~435, (1969)
- 51) 西田豊昭・小島俊郎 (NISHIDA, T. and KOJIMA, T.): 沖縄地区における赤色土, 黄色土, 赤一黄色土, 表層グライ系赤・黄色土および暗赤色土の遊離酸化物の形態 (On the form of free iron oxide in the red, yellow, red-yellow, surface gleyed red and yellow, and dark red soils in Okinawa), 林試研報 (Bull. Gov. For. Exp. Stat.), 285, p. 29~42, (1976)
- 52) ———— (—————): 沖縄における表層グライ系赤・黄色土の粒径組成, 遊離酸化物および化学的組成について, 日林誌, 59, p. 24~27, (1977)
- 53) 農技研化学部土壌3科: 土壌統の設定基準および土壌統一覧表 (第2次案), pp. 67, (1977)
- 54) 大政正隆・黒鳥 忠・木立正嗣 (OHMASA, M., KURATORI, T. and KIDACHI, M.): 赤色土の研究, 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 (Studies on red soils in Japan. 1, Red soils of Niigata Prefecture), 林野土調報 (Forest Soils of Japan), 8, p. 1~23, (1957)
- 55) 林業試験場: 林野土壌層断面図集 (3), pp. 38, 日本林業技術協会, (1978)
- 56) 林業試験場土壌部 (Forest Soil Division): 林野土壌の分類 (1975) [Classification of forest soils of Japan (1975)], 林試研報 (Bull. Gov. For. Exp. Stat.), 280, p. 1~28, (1976)

- 57) 佐伯岩雄：奄美大島の表層グライ系赤・黄色土について，日林誌，61，p. 119～126，（1979）
- 58) 関 豊太郎：国際土壌学会に発表せる日本土壌帯図について，日土肥誌，4，p. 68～77，（1930）
- 59) ————：本邦西部および南部の赤色土壌について，同上，8，p. 55～56，（1934）
- 60) 竹原秀雄：西表島第二次農業調査報告，地質および土壌，p. 17～34，総理府特別地域連絡局，（1961）
- 61) ————：南西諸島の亜熱帯性森林土壌，（1）石灰質母材に由来する土壌について，日林誌，46，p. 384～388，（1964）
- 62) ————：同上，（2）非石灰質母材の赤・黄色土について，同上，47，p. 1～8，（1965）
- 63) ————・黒島 忠：図説日本の森林土壌，pp. 137，全国林業改良普及協会，（1967）
- 64) 武永健一郎（TAKENAGA, K.）：琉球列島中部のサンゴ礁地形，地理学評論，43(2)，p. 95～96，（1970）（in Japanese）
- 65) 津波古充清・大城喜信・国吉 清・亀谷 茂：1/12.5万土地分類図（沖縄県），土壌図，国土庁，（1977）
- 66) 山田 裕・本村 悟・松坂泰明・加藤好武：石垣島，宮古島および与那国島の農耕地の土壌調査と分類，農技研報，B，24，p. 264～365，（1972）

On the Genesis and Classification of Forest Soils in Okinawa

Tadashi KUROTORI⁽¹⁾, Hiroshi KAWADA⁽²⁾ and the late Toshiro KOJIMA⁽³⁾

Summary

1. Introduction

The study of forest soils in Okinawa was begun by KUROTORI in 1967 and 1968. It was handed on to the late KOJIMA in 1968. He devoted himself to it for many years. It was an unfortunate matter that his study was discontinued by his sudden death in 1976. A part of his data was fragmentarily reported but a greater part of them and his unfinished manuscripts were left unpublished. They were edited by KUROTORI and KAWADA and appeared as a research note in the Bulletin⁽⁴⁾.

Okinawa is located in the humid subtropical zone and the forest soils in this region are quite different from those in the main parts of the Japanese islands. KUROTORI and KOJIMA proposed a temporary classifying system for the forest soils in Okinawa at the early stage of their study. Recently, the Forest Soil Division of the Institute proposed a new classifying system (1975) for the forest soils in Japan, including Okinawa⁽⁵⁾.

The late KOJIMA reformed the taxonomic position of the soils in his data by the newly proposed system. However, the editors arrived at the following opinion that the newly proposed classifying system was still unsatisfactory and incomplete for the forest soils in Okinawa at the end of the examination of KOJIMA's data. They supplemented the Reddish Yellow Soils (soil subgroup) and the Rendzina-like Soils (soil group) to the newly classifying system. Furthermore, the authors were of the opinion that a more detailed classification of the Red Soils (soil subgroup) and the Eutric and Dystric Dark Red Soils (soil subgroup) than that of the newly proposed system would be necessary, but it has not been included in his note⁽⁴⁾. Though a detailed discussion on the genesis of the soils was also necessary, it was not included in his note⁽⁴⁾ because of the lack of references on hand.

This paper deals with a discussion of the genesis and the classification of the forest soils in Okinawa to answer these remaining problems.

2. Soil subgroup : The Red Soils

2-1. The newly proposed classification of the Red Soils in Okinawa.

The authors proposed to set the "soil family" between the soil subgroup and soil type as a new intermediate classifying unit. Soil family is used as an auxiliary unit as needed and it is set in the following cases : The soil is characterized by the marked effect of its specific parent material or by the complex soil formation in current and past ages, etc.

Generally speaking, it would be possible to say that the soils in Okinawa strongly reflect the effects of their parent materials and that the distinguished differences of properties among

Received December 24, 1980

(1) Former Asakawa Branch Station (Fukui Pref. College)

(2) Soil Division

(3) Former Kansai Branch Station

soils belonging to the same soil type and coming from different parent materials are recognized. So the setting of the soil family would be efficient for the classification of the forest soils in this region.

The newly proposed classifying system of Red Soils (soil subgroup) is as follows :

They are subdivided into the following three families.

1) R(d).....The red soils from diluvium.

They are the most common and widely distributed. They are the representative red soils.

2) R(p).....The red soils from palaeozoic sandstone and phyllite (slate), etc.

Their distribution is rather limited. Their chemical properties and productivity in terms of forest stands are intermediate between those of the R(d) and R(An), or rather nearer to those of the latter.

3) R(An).....The red soils from andestic materials, i. e. the Nagura Gravel Bed in Ishigaki-jima and the tertiary and quaternary andesites in Iriomote-jima and Kume-jima.

Their distribution is rather limited. They are characterized by their dull red hue of the B horizon in a wide range. The hue of a greater part of the R(An) soils is 2.5 and 5 YR 4/8 (reddish brown) according to the Munsell color chart and it is the intermediate hue between that of the representative Red Soils, R(d), and the Dark Red Soils (see 6) and its successive changes reached to 2.5 and 5 YR 3~4/4~6 (red~reddish brown, dull reddish brown, dark reddish brown~dark red) which is the range of the hue of the Dark Red Soils. They are lower in C/N ratio and higher in pH value and rates of exchangeable base saturation in comparison with those of the representative Red Soils. Though their hue of the B horizon and chemical properties are rather similar to those of the Dystric Dark Red Soils (soil subgroup), the authors attached an importance to the difference of their geomorphic surfaces (see 2-2 and 6) and free iron form which suggested the effect of the relic lateritic weathering similar to that of the Red Soils.

2-2. The genesis of the Red Soils.

The Red Soils in the main parts of Japanese islands had been believed to be one of the zonal soils for a long time until the recent works by OHMASA, KUROTORI and KIDACHI (1957, 1963)^{19) 84) 84)} and a little while later by MATSUI and KATO (1962~65)^{86) ~89)}. They proved that the Red Soils in the main parts of the Japanese islands were the relic soils formed at the warm epoch (interglacial stage) in the Diluvial Epoch. Nowadays their theory is generally accepted. However, opinions concerning the exact epoch of the genesis are still divergent. The former researchers presumed that it was the Günz-Mindel Interglacial Stage, but the latter presumed the Mindel-Riss and Riss-Würm Interglacial Stages.

KUROTORI and KOJIMA (1969)⁸²⁾ confirmed that the Red Soils in Okinawa were the relic soils similar to those in the main parts of the Japanese islands. Their opinion was based on the following facts :

1) The Red Soils distribution was very rare in the mountainous region and it was limited to certain geomorphic surfaces, i. e. the upper terraces covered with the Kunigami Gravel Bed and the corresponding terraces (those covered with the Nagura Gravel Bed in Ishigaki-jima) which were formed in the Diluvial Epoch.

2) The highest altitudes and the ranges of altitude where the Red Soils were distributed were different in the main islands of Okinawa and they successively decreased and became narrower from the northern to the southern islands in the order of Okinawa-jima, Ishigaki-jima and Iriomote-jima (see Table 1).

3) Their geomorphic surfaces, parent materials, morphological features and properties were quite similar to those of the Red Soils in the main parts of the Japanese islands.

The geomorphic and geological studies of the terraces in Okinawa described hereunder would be efficient to solve the problems about the genesis of the Red Soils in this region.

NAKAGAWA (1967, 1969)^{48)~50)} pointed out the following facts in his geological studies of Amami-gunto, the group of islands to the north of Okinawa :

1) The stratification of the soil horizon of the upper terraces, the Itokina and Kinoko Terraces, were different from those of the middle, the Kametsu Terrace, and lower terraces. In the former, the red soils with a deeply weathered gravel layer and bed rock were thickly developed under the yellowish brown colored surface horizon (10~30 cm in depth). But in the latter the red soil was not detected.

2) The red soils on the Itokina and Kinoko Terraces were the relic soils.

3) A similar relation of the occurrence of the red soils and the terraces was also recognized on other islands.

4) He cited the absolute ages of the Itokina and Kametsu corresponding Formations in Kikai-jima dated by the Th^{230} and Pa^{231} method were more than 50×10^4 yr. B. P. and over 6×10^4 yr. B. P., respectively, and that of the Kametsu corresponding Formation in Okinawa-jima dated by the C^{14} method was more than 3.4×10^4 yr. B. P.

NAKAGAWA (1961)⁴⁷⁾ divided the depositional plains distributed along the Pacific Coast of the main parts of the Japanese islands into a coastal plain and four terraced plains, which were termed, from the younger to older, 1~V plains and he confirmed their mutual relations and the glacial chronology by the Pleistocene eustasy. He (1969)⁵⁰⁾ also expanded the subject to the Ryukyu islands. The mutual relations of the terraces in the Ryukyu islands to the main parts of the Japanese islands and their glacial chronology were briefly summarized in Table 2.

NAKAGAWA presumed that the Plain III which includes the Kametsu Terrace was formed at the Riss-Würm Interglacial Stage.

The division of the marine terraces in the central region of Okinawa-jima and their mutual relations to those in above-mentioned Amami-gunto after TAKENAGA (1970)⁶⁴⁾ were also summarized in Table 2. The authors are of the opinion that his data suggested that the IIa and IIb Terraces which corresponded to the Kametsu Terrace and the Plain III after NAKAGAWA would be formed at the Riss-Würm Interglacial Stage by their grade of coralline reef development, etc.

HORI (1968)⁷⁾ also divided the marine terraces in the same region as expressed in Table 2.

Summarizing the above-mentioned geomorphic and geological studies, the opinions of all researchers well agreed that the Kametsu and corresponding Terraces were formed at the Riss-Würm Interglacial Stage. Since all of their opinions are based on that the Shimosueyoshi Terrace in the main parts of the Japanese islands corresponds to the Kametsu Terrace and the Shimosueyoshi Terrace would be formed at the Riss-Würm Interglacial Stage, it would be very reasonable that Kametsu Terrace would be formed at the Riss-Würm Interglacial Stage. However, there is still a controversy among the geologists and geomorphologists about the forming epoch of the Shimosueyoshi Terrace, being either at the Riss-Würm or at the Mindel-Riss Interglacial Stage.

The authors examined the hypotheses on the epoch of the formation of the Red Soils in Okinawa and the results obtained were described hereunder :

Hypothesis 1. The stage of the deposition of the Kametsu and corresponding Terraces.

This hypothesis seemed to be reasonable at first sight. Taking a broad view of the matter, the wide distribution of the Red Soils on the upper terraces and old stable geomorphic surfaces, such as the gentle slopes on the hill tops, suggested that all of the terrestrial parts, including the Kinoko and corresponding Terraces which were presumed to be formed in the glacial stage, were expected to have received the baptism of the lateritization, the forming process of the Red Soils. However, the following two points at least are questionable :

1) Considering the current state of dessection of the upper terraces, it would be natural that the very abundant red soils were lost by erosion and they should be secondarily deposited into the middle terraces, the Kametsu and corresponding Terraces. Though the inflow of the red soils into the middle terraces would affect the genesis of the Dark Red Soils (see 6), their effects would be limited only to the upper part of the soil stratum and it would be disproportional to the scale of erosion. Furthermore, the red soils were scarcely recognized on the middle terraces.

2) The second question is the morphological features of the Reddish Yellow Soils (see 4). They appeared on the stable geomorphic surfaces of the upper terraces, the Itokina and corresponding Terraces, where the Red Soils were most widely distributed. The Reddish Yellow Soils frequently intercalated with the thin pebble layer between their surface yellow and the next red soil horizons.

The fact that the gravels in the yellow soil horizon and the pebbles were fresh in comparison with those deeply weathered gravels in the red soil horizon indicated the later deposition of yellow soil on the red soil. The following two cases may be presumed to explain the yellow soil deposition :

Presumption (a)——The case without the elevation of sea-level.

Though it was necessary to presume that the Itokina Surface must be a low land for the deposition of the yellow soils by running water, it was nearly impossible that the geomorphic surfaces under arid circumstances where the red soils were formed changed to low land after the epoch of red soil formation, the Kametsu Epoch, without the elevation of sea-level (see Fig. 1). As it was presumed that the dessection of the Itokina Surface started at the epoch of its emergence upon the sea-level and the valley formation developed at the epoch of the Kinoko Terrace formation, i. e. the early stage of deposition of the Kametsu Formation, so it is nearly impossible that the new deposition of soil in a wide range occurred on this surface from the viewpoint of the land development.

Presumption (b)——The case with the elevation of sea-level after the epoch of the red soil formation at the Kametsu Epoch.

The scale of the elevation of sea-level in this case would be presumed as expressed in Fig. 2. As this elevation of sea-level meant a warming of the climate, so only the deposition of parent materials of the yellow soil proceeded in this epoch and the yellow soil formation was presumed in the subsequent epoch when the sea-level lowered. If this was true, the remarkable deposition of the later Kametsu Formation occurred or a new stratum was formed and the breakage or burying of the Kinoko Formation took place. But these phenomena were never detected.

Summarizing the above-mentioned considerations, it is very difficult to accept hypothesis 1. So it is reasonable to presume that the formation of the red soils and the deposition of the surface yellow soils of the Reddish Yellow Soils had occurred at the former epoch. In the

authors' opinion, if the red soil formation occurred in this stage, it would be only supplementary.

2) Hypothesis 2. The stage of the formation of the Itokina and corresponding Terraces.

The bases of this hypothesis are as follows :

The highest elevation of sea-level in the Pleistocene occurred in this stage. The development of the upper terraces and coralline reef limestones suggested also that this stage would be under remarkably warm climatic conditions. The secondary deposition of the red soils eroded from the Itokina and corresponding Terraces described in hypothesis 1 is well explained with the emergence of the red soils on the Kinoko and corresponding Terraces which were formed in the subsequent glacial stage. The occurrence of the Reddish Yellow Soils on the Itokina and corresponding Terraces would be also explained by the small scaled fluctuations of sea-level in the subsequent stages (see Fig. 3).

The palaeoclimate of the Pleistocene which closely related to the red soil formation is presumed as follows :

Almost all of the geological references stated that the palaeoclimate of the Mindel-Riss and Riss-Würm Interglacial Stages were supposed to be rather warmer but close to the current climate.

On the other side, the information of the palaeoclimate from the data of the Osaka Group in the main parts of the Japanese islands is also efficient. The Ma 8, the eighth marine deposit of the Osaka Group, is well known as the key bed which indicates the warm climatic condition. It intercalates several subtropical hardwoods and its just lower stratum yields *Tomistoma machikanense* (tropical crocodile sp.). Though the presumption of its age is still divergent going into the end of the older Diluvial Epoch, Günz-Mindel or Mindel-Riss Interglacial Stages, its absolute age was dated $(0.38 \pm 0.03) \times 10^6$ yr. B. P. It is a little younger than the age of the Itokina Formation, 50×10^4 yr. B. P., and much older than that of the Kametsu Formation, 6×10^4 yr. B. P. or more than 3.4×10^4 yr. B. P., as above-mentioned.

Summarizing the above-mentioned facts, the authors were of the opinion that it would be most reasonably presumed that the epoch of the red soil formation was that of the formation of the Itokina and corresponding Terraces just after their deposition. Furthermore, if there were two formations of the red soils at the Itokina and Kametsu Epochs, the latter would be supplementary.

2-3. The environmental factors of the genesis of the Red Soils.

A hypothesis that the zonal red soils would be distributed south of Amami-oshima in the Ryukyu islands was proposed at the early stage of the studies of the relic red soils in Japan. It was based on the presumption of the palaeoenvironmental factors of the relic red soils (see Table 3).

On the other side, a review of the geographical distribution of soils at the east coast of China stated that the red soils were distributed in the central subtropical zone with the yellow soils and the lateritic soils in the south subtropical zone. The environmental conditions of the regions and Okinawa are stated in Table 3.

It is very interesting that though Okinawa is warmer and more humid than the central and south subtropical zones of China, the distribution of the zonal red soils is not recognized.

Furthermore, the forest soil distribution in Formosa surveyed by KUROTORI and NOZU (unpublished) is very interesting and their outline is as follows :

The occurrence of the red soils is concentrated at the relic upper terraces and a part of them occurs on the upper older geomorphic surfaces. Their altitudes fluctuated by the effects

of the violent block movement of stratum. The younger terraces and younger geomorphic surfaces of hill covered with the evergreen hardwood forests were occupied by the yellow soils and not by the red soils.

Summarizing the above-mentioned facts, it is very interesting that not only the Red Soils in the main parts of the Japanese islands but also those in Okinawa and Formosa in the humid and warm subtropical zone are the relic red soils. Moreover, on the other side, it raised a new question on the genesis and distribution of the relic and zonal red soils.

3. Soil subgroup : The Yellow Soils

The Yellow Soils in the main parts of the Japanese islands are interpreted to be the relic soil which formed in the warm epoch (interglacial stage) in the Pleistocene from the diluvial deposits.

KUROTORI and KOJIMA²²⁾ were of the opinion that the Yellow Soils in Okinawa were formed the current bio-climatic conditions. This was based on the following facts :

The Yellow Soils in Okinawa were of a wide variety from the young soil on the steep mountain slopes to the mature soil on the gentle hillsides. Including the yellow soil which overlaid the surface of the Reddish Yellow Soils (see 4), it was widely distributed over the regions from various non-calcareous parent materials in wide varieties except limestone. Its unrestricted parent material and geomorphic surface were quite different from those of the Red and Yellow Soils in the main parts of the Japanese islands and the Red Soils in Okinawa. Its morphological characteristics successively intensified from immature to mature soils. The relation between its soil type and topography was quite similar to that the Brown Forest Soils in the main parts of the Japanese islands.

However, the authors' opinion on the forming epoch of the Yellow Soil in Okinawa should be reformed in relation to the forming epoch of the Red Soils (2-2) and it is as follows :

It was divided into two epochs, i. e. the relic warm epoch after the formation of the Red Soils and the current epoch.

As stated in the above-mentioned hypothesis 2 on the forming epoch of the Red Soils (see 2-2), the parent materials of the yellow soils which overlaid the relic red soils of the Reddish Yellow Soils on the upper terraces, the Itokina and corresponding Terraces, were deposited at the stage of the small scaled elevation of sea-level after the red soil formation. The relic yellow soil formation was proceeded following the subsequent lowering stage of the sea-level.

The yellow soils formed under the current bio-climatic conditions are widely distributed in the mountainous region and they are the representative Yellow Soils in Okinawa.

The authors are of the opinion that the Yellow Soils in the mountainous region of Okinawa belonged to the zonal soil which is located to the south of the Brown Forest Soils in the southwest of the main parts of the Japanese islands.

The emergence of the zonal yellow soils in Kyushu is not yet recognized. The north boundary of the zonal yellow soils is not confirmed because the detailed forest soil survey of the islands of the Nansei-shoto except Okinawa is yet incomplete.

Though it is said that the zonal yellow soils are widely distributed in the central subtropical region of the east coastal region of China, the bio-climatic conditions are quite different from those of Okinawa as above-mentioned (see Table 3 in 2-3). So the decision concerning the bio-climatic condition for the genesis of the zonal yellow soils is left for a future study.

4. Soil subgroup : The Reddish Yellow Soils

The Reddish Yellow Soils was one of the subgroups of the Red and Yellow Soil Group. It was newly proposed at the editing of the data of the late KOJIMA²⁴⁾.

The soils which were overlaid with yellow soil in divergent thicknesses on the red soil frequently appeared on the upper terraces and the gentle slopes of the hilly and mountainous regions where the Red or Yellow Soils were distributed.

They were divided into the following three subgroups by the thickness of their surface yellow soil :

- 1) The soils with thin yellow soil less than about 30 cm in thickness were grouped into the Red Soils.
- 2) The soils with very thick yellow soil, more than 1 m in thickness, were grouped into the Yellow Soils.
- 3) The rest in which the surface yellow soil was in the range of thickness from more than 30 cm to less than 1 m were grouped into the Reddish Yellow Soils.

The authors are of the opinion that the Reddish Yellow Soils is a complex soil which consists of the relic red and yellow soils. The forming epochs of both relic soils were discussed in the forming epoch of the Red Soils (see 2-2).

A greater part of the Reddish Yellow Soils were characterized with the following difference between the surface yellow and the next red soil horizons :

A thin layer of small pebbles which mainly consisted of chart was intercalated between the yellow and red soil horizons. The gravels in the yellow soil and pebbles were fresh, but the gravels in the red soil were deeply rotted. These facts support the above-mentioned authors' opinion of the genesis of the Reddish Yellow Soils.

However, the Reddish Yellow Soils which lacked such a difference under field observation also often appeared. The other hypothesis that the upper yellow soil would be yielded by the fading of the red soil which was affected by the current bio-climatic agencies similar to those of the yellow soils formed in the current epoch may be possible. On the other side, the fainter red hue which tinged with a yellowish tint in the uppermost horizon of almost all of the Red Soils in comparison with that of their lower horizon seemed to support this hypothesis.

The authors could not necessarily dismiss this hypothesis. Further detailed studies in the future on the parent materials, texture, etc. of the latter type of the Reddish Yellow Soils are necessary for the solution of this question.

5. Soil subgroup : The Surface Gleyed Red and Yellow Soils

5-1. Outline of the problems on the genesis and classification of the Surface Gleyed Red and Yellow Soils.

The Surface Gleyed Red and Yellow Soils are divided into two groups, i. e. the Surface Gleyed Red and Yellow Soils (gRY-soil) and the Bleached Red and Yellow Soils (gRYb-soil).

The opinion that the former group is the red and yellow soils formed by the strong surface gleyization is satisfactorily supported by its topography, morphological features, physical and chemical properties and vegetation. There is no divergent opinion on their genesis.

On the opposite side, the latter group is the red and yellow soils with the bleached horizon which is very unique. Though divergent hypotheses on the genesis of the bleached horizon have been proposed, all of them are yet unsatisfactory as an established theory. The clarifica-

tion of the genesis of the bleached horizon is the urgent problem for the establishment of a solid classifying system for this group.

5-2. The distribution and topography of the Surface Gleyed Red and Yellow Soils.

Almost all of the Surface Gleyed Red and Yellow Soils are distributed on the upper terraces and the gentle slopes of the hills from quaternary deposit (the Kunigami Gravel Bed) in the central and north parts of Okinawa-jima. The distribution of the slightly bleached Surface Gleyed Red and Yellow Soils in a small area was also recognized in Ishigaki-jima and Iriomote-jima but it was strictly limited.

It is very important and interesting that the distribution of this subgroup is restricted to a certain territory. The topographies of both the groups of this soil were divergent as follows :

The Surface Gleyed Red and Yellow Soil group appeared on the ill-drained flat or rather concaved plots on the upper terraces and very gentle slopes of the hill tops but the Bleached Red and Yellow Soil group appeared on their marginal plots.

5-3. Previous hypotheses on the genesis of the bleached horizon of the Bleached Red and Yellow soil group—a brief review.

Several hypotheses on the genesis of the bleached horizon of the Bleached Red and Yellow Soil group have been proposed. In spite of the hot arguments on this problem, a definite conclusion has not yet been reached. A brief review is described hereunder.

1) At the time of the first discovery of this group (1965), the bleached horizon (A_2) was supposed to be formed by the strong podzolization and it was classified into the subtropical podzol. It was based on the following facts that its clay content and the iron content of the clay increased and the SiO_2/Al_2O_3 ratio decreased in the B_1 and B_2 horizons in comparison with those of the A_2 horizon.

However, some doubts were proposed later to this hypothesis because of the lack of the humus and iron accumulation in the next lower horizon of the bleached horizon, the smaller development of the A_0 layer in comparison with those of the podzols in the main parts of the Japanese islands and its discorporation to the grade of the development of the bleached horizon.

Furthermore, the marked difference of the free iron form of the B horizon in comparison with that of the podzols in the main parts of the Japanese islands, i. e. a less acidic oxalate soluble iron content and a very low free iron activity grade, were confirmed. They were the negative data for the current podzolization.

Considering these later results, the authors were of the opinion that, though the podzolization in the geological epoch was not necessarily negative, that in the current epoch seemed to be negative. The authors were of the opinion that if the podzolization occurred by the effects of the very cold climatic conditions in the geological epoch, i. e. the glacial stage after the red soil formation, no wonder that its effects, even divergent in grade, must be widely recognized on the Red Soils in Okinawa. However, no indication of clear evidence of the podzolized horizon on the Red Soils in Okinawa except this group was negative for this presumption.

2) KURATORI and KOJIMA (1969)⁸²⁾ confirmed the following facts :

The strong or medium α - α dipyridil reactions for the ferrous iron were recognized on the Bleached Red and Yellow Soils in all districts in their wide survey without any exception and the reaction was more positive in the upper horizon than in the lower one.

Furthermore, considering the field observation of the stagnation of water in the upper

horizon after precipitation, the impermeability of the lower horizon and the topography of this group and the warm subtropical climatic conditions, the occurrence of the surface gleyzation would be reasonably presumed.

From these results, they were of the opinion that both the groups belonged to the surface gley soil. They also proposed that the bleached horizon was yielded by the surface gleyzation and the detailed mechanism was as follows :

The advanced progress of clay formation by the violent weathering of the parent material and the clay deposition since the geological epoch and the topographical effect, i. e. the flatness, yielded the ill-drained horizon. Consequently the reductive condition in the humus rich A horizon would be yielded by the temporary stagnation of water under these circumstances. As the dead water yielded, the iron of the soil was reduced from the ferric form to the soluble ferrous form and the clay became dispersable. It was reasonable to presume that such clay and iron moved by the gradual transverse movement of the soil water along the gentle slope.

The loss of iron and clay yielded the grayish white (bleached) horizon of the Bleached Red and Yellow Soils.

The negative data against the surface gleyzation hypothesis were proposed from the moisture regime measurement of this soil by ARIMITSU (1974)²⁾.

From the results of the annual field measurement of the moisture regime of the Bleached Red and Yellow Soils (gRYb-1), ARIMITSU confirmed that the moisture regime of the A₂ (bleached) and B₁ horizons of this soil was not so wet as that of the wet podzol in the main parts of the Japanese islands and even if it temporarily reached the overwet moisture regime, it never remained for a long time.

The powdery H layer also seemed to express the arid moisture regime of this soil. The morphological features of this soil in which the iron mottlings were lacking in the A₁ and A_{2-g} horizons and scanty in the B₁ horizon were in marked contrast to those of the Surface Gleyed Red and Yellow Soils in which abundant iron mottlings were detected in the A₂ and B₁ horizons²⁾. The authors were of the opinion that it suggested the removal of reduced iron by the transverse movement of the soil water in the bleached horizon of the Bleached Red and Yellow Soils. Consequently the arid moisture regime of this soil is not necessarily negative for the surface gleyzation hypothesis.

3) ARIMITSU (1974)²⁾ was of the negative opinion for the surface gleyzation hypothesis on the basis of his moisture regime measurement as above-mentioned and he proposed the following hypothesis on the genesis of this soil :

It was very difficult to interpret that the A₁ and A₂ (bleached) horizons were formed by only the reduction due to the overwet moisture regime. Considering the grade of the development of the bleached horizon, the formation of the very compact bleached horizon seemed to be preceded by the surface gleyzation. Even though, if the surface gleyzation occurred, it would not be the main forming agency. Considering its moisture regime, texture and physical properties, it was very difficult to interpret that the dispersion and movement of the clay reached to the B₂ horizon.

He proposed the following hypothesis on the mechanism of the formation of the bleached horizon based on the above-mentioned considerations :

The grayish white hue of the bleached horizon appeared due to the silt and fine sand which were rich in quartz after the loss of clay by some mechanisms. The slight swelling and shrinking of the soil horizon were repeated at the B₁ horizon and its vicinity, and the

materials rich in silt and clay of the A horizon filled the cracks from the shrinking and they formed the pan by the compression at the swelling. Thus the silty horizon was formed in the B₁ horizon.

4) The hypothesis proposed by MITSUCHI et al. (1977)^{4b)} was as follows :

The lessivage at the early stage of the formation of this soil, presumably in the geological epoch, would be most efficient for its genesis and the podzolization and surface gleyzation by the impermeable horizon which were yielded by the lessivage would be the supplementary agencies. As the lessivage was popularly recognized on almost all soils, including the Red Soils, in Okinawa by the other soil researchers, so the authors had a doubt as to why no indication of the evidence of the bleached horizon on the Red Soils was recognized except for this group of soil.

Summarizing the above-mentioned facts, the genesis of the Bleached Red and Yellow Soils has not yet been elucidated. The authors strongly hope for the development of the study of this problem in the future.

6. Soil group : The Dark Red Soils

6-1. Brief description of the classification of the Dark Red Soils.

The Dark Red Soils is a newly proposed soil group in the classification of forest soil (1975) by the Soil Division of the Institute. This soil group is divided into three subgroups, i. e. Eutric, Dystric and Volcanogenous Dark Red Soils by their base saturation and genesis.

Eutric and Dystric Dark Red Soils are from limestone, serpentine, ultrabasic and basic rocks, etc. Their hue of the B horizon is a dull reddish brown~dark reddish brown which is lower in chroma and value in comparison with those of the Red Soils. The rate of base saturation (exchangeable Ca plus Mg) of the Eutric Dark Red Soils is high; it gets higher in the lower horizons and it reached to more than 50% in the B horizon. That of the Dystric Dark Red Soils is less than 50% in the B horizon. The volcanogenous Dark Red Soils are formed by the hydrothermal process of the volcanic activities.

The soils which were from the mixture of base-rich and non-basic parent materials in different ratios and presumed to be directly or indirectly affected by the lateritic weathering activities are widely distributed in Okinawa.

The fact that the genesis of the Eutric and Dystric Dark Red Soils from the base-rich parent materials is not yet clarified yields very difficult problems for the taxonomic classification of the soils in Okinawa.

The morphological features and chemical properties of the soils belonging to the Eutric and Dystric subgroups were affected by their parent materials and they were rather widely divergent. Consequently, the authors set the "soil family" in the same way as the subdivision of the Red Soils as above-mentioned in 2-1.

The newly proposed classifying system of the Eutric and Dystric Dark Red Soils is as follows :

Soil group : Dark Red Soils

Soil subgroup : Eutric Dark Red Soils

- 1) eDR(Is).....The Eutric Dark Red Soils from limestone.
- 2) eDR(Is+An), eDR(Is+Si), etc.....The Eutric Dark Red Soils from mixed parent materials with limestone and non-calcareous rocks, e. g. andestic rocks, palaeozoic schists, etc.

Soil subgroup : Dystric Dark Red Soils

1) $dDR(1s)$The Dystric Dark Red Soils from limestone.

2) $dDR(1s+An)$, $dDR(1s+p)$, $dDR(1s+d)$, etc.....The Dystric Dark Red Soils from parent materials mixed with limestone and non-calcareous rocks, e. g. andestic rocks, palaeozoic rocks, diluvial deposits, etc.

Their detailed data were not yet sufficient but features from the data on hand are briefly summarized as follows :

1) $eDR(1s)$The A horizon is well developed and rich in humus. The pH values of the A and B horizons are nearly neutral, 6.7~7.7, the Ca + Mg saturation of the A and B horizons are extremely high and Ca is very dominant.

2) $eDR(1s+An)$The A horizon is well developed but poor in humus content. The pH value is 6.2~6.5 and the Ca + Mg saturation is rather lower than that of $eDR(1s)$ and its relatively high ratio of Mg to Ca is characteristic.

$eDR(1s+Si)$The development of the A horizon and its humus content are similar to those of $eDR(1s)$. The pH values of the A horizon are slightly acidic, 6.35~6.65. The Ca + Mg saturation of the A horizon is high and Ca is dominant but it gets lower in the lower horizon and Mg becomes more dominant than Ca.

3) $dDR(1s)$The development of the A horizon is generally poor. The pH values of the A and B horizons are less than 6.0. The Ca + Mg saturations are lower than those of the eDR subgroup and the ratio of Ca to Mg is high in the A horizon but frequently low in the B horizon.

4) $dDR(1s+d)$ and $dDR(1s+d+p)$The development of the A horizon and humus content are generally poor. The pH values were low and less than 5.0 except for that of the A horizon of the latter.

The data of $dDR(1s+An)$ and $dDR(1s+p)$ were not on hand.

6-2. The genesis of the Dark Red Soils in Okinawa.

KUROTORI and KOJIMA³²⁾ pointed out that the soils from Ryukyu limestone (the Dark Red Soils and the Rendzina-like Soils (see 7)) were mainly distributed on the terraces which were lower than those where the Red Soils were distributed. Later, the land classification map of Okinawa Prefecture (1 : 125,000), including the geomorphic, surface geological and soil maps, expressed the following facts :

A greater part of the Dark Red Soils from Ryukyu limestone was distributed on the middle limestone terraces (40~100 m in altitude) and a small portion of them on the upper terraces (100~200 m in altitude) and lower limestone terraces (less than 30 m in altitude). This distribution of the Dark Red Soils is quite similar to the distribution of the Ryukyu limestone. Furthermore, the Dark Red Soils were also detected in a small area in the mountainous and hilly region from palaeozoic limestone.

The upper, middle and lower limestone terraces correspond to the Itokina and Kinoko, Kametsu and lower Terraces after NAKAGAWA as above-mentioned in 2-2, respectively, from the view point of their altitudes.

On the other side, the free iron forms of the Dark Red Soils in Okinawa were quite similar to those of the Red Soils in the same region and the main parts of the Japanese island which were the relic soils but they were quite different from those of the Yellow Soils in Okinawa and the Brown Forest Soils in the main parts of the Japanese islands which were formed under the current bio-climatic conditions¹⁷⁾⁵¹⁾.

These facts suggested the hypothesis that the Dark Red Soils in Okinawa formed in the same geological epoch to that of the Red Soils.

A little of the Dark Red Soils in Okinawa was distributed on the upper terraces but a greater part of it on the middle terraces (Kametsu and corresponding Terraces). On the other side, the distribution of the Red Soils were mainly restricted to the upper terraces as above-mentioned in 2-2. Such a difference of the geomorphic surface of both the soils seemed to be quite negative for the possibility that they formed in the same geological epoch.

The authors were of the opinion that the puzzle of the similarity of the free iron forms of both the soils would be interpreted by the secondary deposition of the relic red soils from the upper geomorphic faces (upper terraces) into the middle limestone terraces (middle terraces). At that time the red soils which had inflowed were affected by the calcium eluted from the limestone in different grades. Some of them which were near the porous coralline limestone bed were strongly calcified and the rest which were mixed with sand, gravel and fragments of limestone were proportionally affected by the ratio of the fragments of limestone. Consequently they were converted into the Ca-rich (*e*DR) or Ca-poor (*d*DR) Dark Red Soils.

This hypothesis was supported by the following observations :

The above-mentioned relation of the geomorphic surfaces of both the soils and the strong red coloration of sea water by the eroded red soils by heavy rains of the present time would support the possibility of the secondary deposition of the eroded red soils from the upper terraces into the middle limestone terraces. The Dark Red Soils which expressed the unevenness of the pattern of the horizon development induced by the inflow of the red soils were often detected. The mixing of the extraneous parent material in the dark red soils which seemed to be the residual soil was often observed.

Though the other hypothesis that the above-mentioned features of the free iron form of the Dark Red Soils, i. e. its high content of the dithionite soluble iron and very low free iron activity grade, were induced during the very long ages since the epoch of the Kametsu Terrace formation to the present time, may be presumable, but the authors were of the opinion that it would be almost negative because similar features were not yet detected on the surface yellow soil of the Reddish Yellow Soils in Okinawa.

7. Soil group : Rendzina-like Soils

The name of the Rendzina-like Soils was given to some divergent soils from various parent materials in Okinawa by the previous researchers and consequently it has been rather confused.

KUROTORI and KAWADA set the Rendzina-like Soils as a newly proposed soil group at the edition of the data and unfinished manuscripts of the late KOJIMA²⁴⁾.

The name of this soil group was given to the slightly acidic~slightly basic soils from limestone without B horizon (A-C soil) or with yellow~yellowish brown immature B horizon.

Their dark colored A horizon was well developed and rich in humus. The concept of this soil is the same as that by KUMADA²⁷⁾²⁸⁾ and KAWADA¹⁶⁾ on soils in the main parts of the Japanese islands.

A greater part of the Rendzina-like Soils was dotted on the rather convex plots of the coralline limestone terraces where the Eutric Dark Red Soils were widely distributed, and the rest was detected in the region from palaeozoic limestone.

The morphological features, chemical properties and forms of humus of their A horizon

which was affected by their parent materials were quite similar to those of the Eutric Dark Red Soils. However, the lack of the dark red colored B horizon characterized their morphological features. This could be interpreted by the following cases :

At the formation of the Dark Red Soils by the secondary deposition of the red soils from the upper terraces into the middle coralline limestone terraces, the rather convex plots would not be affected or the deposited red soils were eroded out and the limestone bed was exposed.

The living of many earthworms in the A horizon and the abundance of their pellets at the uppermost part of the A horizon also characterized this soil group.

Moreover, the fluvial Rendzina-like Soils from the calcareous parent materials with abundant pebbles were also detected but they were rather rare cases.

The forming epoch of the Rendzina-like Soils is presumed to be the same or a later epoch that of the Dark Red Soils.

The authors were of the opinion that a greater part of the Rendzina-like Soils in Okinawa would correspond to the mull Rendzina after KUBIENA²⁶⁾ from the viewpoint of their morphological features.