

## 第6章 総合考察および結論

### 6-1 隆起サンゴ礁段丘上の土壤発達過程と土壤の諸性質の変化

表 6-1 に本論文の第3章から第5章までに述べた喜界島および南大東島の隆起サンゴ礁段丘上の土壤の諸性質の一覧を示した。これに基づいて土壤発達過程に伴う諸性質の変化は、以下のようにまとめられる。

#### ① 遊離炭酸塩含量

初生レンジナ様土(No.1)の Ah1 および Ah2 層が、それぞれ、133.5 および 219.7g kg<sup>-1</sup> と非常に高い。褐色レンジナ様土(No.3)の Bw 層やテラフスカ様土(No.4)の A, BC 層で遊離炭酸塩が存在する場合があるが、その他はいずれも 10g kg<sup>-1</sup> 未満で遊離炭酸塩は、極少量含まれるかもしくは含まれない。このことから、初生レンジナ様土(No.1)からレンジナ様土(No.2)に発達段階が進む際に脱炭酸塩作用が顕著に進行し、遊離炭酸塩の大部分は溶解・溶脱する。

#### ② 粘土含量

粘土含量は、初生レンジナ様土(No.1)、レンジナ様土(No.2)、そして褐色レンジナ様土(No.3)の順に、次第に増加する傾向を示すが、テラフスカ様土(No.4)以降はほぼ一定となる。粘土含量の土壤断面分布は、初生レンジナ様土(No.1)とレンジナ様土(No.2)を除くと、下位層で粘土含量が増える傾向がある。これらのうち、テラフスカ様土(No.4)以降、すなわちテラロッサ様土(No.5)、テラロッサ様土と赤黄色土の中間型(No.6)、赤色土(No.7)および黄色土(No.8)の6断面では、粘土含量の断面分布がA層よりも8%以上高い粘土含量を示し、かつ、これら4つの断面では現場で粘土集積層(Bt層)の構造面に粘土皮膜(clay cutan)が観察されていることから“粘土の機械的移動(illimerization)”が生じている。

#### ③ pH(H<sub>2</sub>O)および pH(KCl)

pH(H<sub>2</sub>O)は、初生レンジナ様土(No.1)で 7.9 の微アルカリ性、レンジナ様土(No.2)、褐色レンジナ様土(No.3)、テラフスカ様土(No.4)では 7.0 以上の値でほぼ等しく、微アルカリ性を呈した。テラロッサ様土(No.5)、テラロッサ様土と赤黄色土の中間型(No.6)では低下して、テラロッサ様土(No.5)の BC2 層を除くと、7.0 以下の値となり、特に Bt 層では 5.7 以下の弱酸性を呈した。南大東島

の赤色土 (No.7) では、A 層で 7.6 の微アルカリ性、Bt2g 層で 4.3 の酸性、Bt3g 層で再び 6.2 の微酸性を呈し、層位ごとに著しく変化を示した。黄色土 (No.8) では A 層で 6.5 の微酸性、Bt1 層で急激に低下し 4.7 となり、最下層まで 4.6 の酸性を呈し、赤色土 (No.7) よりも土壌の反応は酸性であるといえる。喜界島、南大東島の土壌を時系列的にみると、土壌の発達段階に伴い、土壌 pH は低下している。pH(KCl)は、各断面ごとに pH(H<sub>2</sub>O)と同様の傾向を示した。

#### ④ 陽イオン交換容量 (CEC)

陽イオン交換容量 (CEC) は、初生レンジナ様土 (No.1) で比較的高いが、喜界島の土壌では発達段階に対応した一定の傾向は認められなかった。しかし、南大東島の土壌では、明らかに低下しており、これは後述の喜界島の土壌と南大東島の土壌との粘土鉱物組成の相違に起因する (⑦ 粘土鉱物組成参照)。

#### ⑤ 塩基飽和度

塩基飽和度は、喜界島では土壌の発達段階に伴い、塩基溶脱作用によって、その低下が明らかとなった。しかし、南大東島の赤色土 (No.7) および黄色土 (No.8) の一部の層位では、なお 100%以上を示し、サンゴ石灰岩が局所的に含まれる場合、塩基飽和度もやや高くなる傾向にある。

#### ⑥ 遊離酸化鉄の存在形態

喜界島の土壌では、発達段階に伴って遊離酸化鉄の結晶化指数が徐々に高くなり、活性度が低くなる。南大東島の赤色土 (No.7) および黄色土 (No.8) は、遊離酸化鉄の結晶化指数が 0.77~0.85 を示し、喜界島のテラロッサ様土と赤黄色土の中間型 (No.6) のそれよりはるかに高く、中国南部の赤紅壤 (ラテライト性赤色土) に遊離酸化鉄の形態において類似している。

#### ⑦ 粘土鉱物組成

初生レンジナ様土 (No.1) では、他の土壌と比べてクロライトの割合が非常に高い。レンジナ様土 (No.2) からテラロッサ様土と赤黄色土の中間型 (No.6) に至るまで、次第にバーミキュライトとイライト/バーミキュライト不規則混層鉱物が減少し、代わりにカオリナイトが増加する。ただし、イライトとクロライトには、一定の関係が見られなかった。喜界島のテラロッサ様土と赤黄色土の中間型 (No.6)

では、カオリナイトがやや優勢であるが、イライト、イライト/バーミキュライト不規則混層鉱物、バーミキュライトも同程度に含み、さらに少量のクロライトを伴う。また、ギブサイト含量は4%であり、南大東島の幕上の赤色土 (No.7) および黄色土 (No.8) と比べるとはるかに少ない。南大東島の赤色土 (No.7) は、主としてカオリナイトおよびイライトからなり、ギブサイト、ゲータイト、石英を副成分として含有する。黄色土 (No.8) は、赤色土 (No.7) と同様な粘土鉱物組成を示したが、カオリナイトを多く含む点で赤色土 (No.7) と異なる。

#### ⑧ 有機態炭素、全窒素および C/N 比

小坂・井碕法により定量した有機態炭素量は、初生レンジナ様土 (No.1) で非常に高く、レンジナ様土 (No.2) 以降、土壌の発達段階に対応した一定の傾向は認められなかった。全窒素量も全炭素量と同様の変化を示した。C/N 比は、第 1 層で 10~15、第 2 層で 5~10 に低下し、下層で窒素が炭素に比べて相対的に富化していることを示しているが、土壌の発達段階に対応した一定の傾向は認められない。

#### ⑨ 腐植酸の型および存在形態

抽出溶媒として 0.5% NaOH を用いた場合、腐植酸の型は、土壌間で差異がほとんど認められなかった。0.1M ピロリン酸ナトリウム溶液では、抽出割合が 0.5% NaOH の場合より低下するものの、PQ は増大し、その腐植酸の型は土壌の発達段階に伴い、P 型から B~A 型となり、B 型を経て Rp~P 型に至る変化を示した。土壌腐植の存在形態は、土壌発達段階の初期では、豊富なカルシウムとかなり高い割合で結合しているが、土壌発達に伴うカルシウムの溶脱・遊離のため、一部は鉄と錯体を形成して存在するようになることも明らかとなった。

以上のように隆起サンゴ礁段丘上では、土壌発達に伴う諸性質の変化が明らかに認められるが、これらの諸性質の変化は、いったいどのような基礎的土壌生成作用が引き起こしているのだろうか。そこで図 6-1 に隆起サンゴ礁段丘上の土壌発達における主要な基礎的土壌生成作用をまとめてみた。まず、土壌発達の初期段階、つまり、初生レンジナ様土 (No.1) からレンジナ様土 (No.2) に至る際に脱炭酸塩作用が急速に進み、土壌中から遊離炭酸塩が溶解・溶脱していく。初生レンジナ様土

(No.1)は遊離炭酸塩を豊富に含むため、その腐植は微生物による分解を受けにくく、腐植含量は多いが、その腐植酸の腐植化度はそれほど高くなく、次の段階のレンジナ様土 (No.2) で腐植酸の腐植化度は最高となる。従って、初生レンジナ様土 (No.1) からレンジナ様土 (No.2) の段階まで腐植集積作用が卓越する。褐色レンジナ様土 (No.3) 以降は、遊離炭酸塩がほぼ完全に溶脱してしまうため、腐植の分解が進み、腐植含量の低下とともにその腐植酸の腐植化度も低下し、フルボ酸が主体となってくる。次いで塩基溶脱作用により、塩基飽和度がテラフスカ様土 (No.4) の段階から徐々に低下し、腐植の分解と相伴って表層で粘土が分散し易くなり、粘土の機械的移動が生じる。その結果、テラフスカ様土 (No.4) 以降はいずれの断面においても粘土集積層が形成されている。また、粘土化作用によって、粘土含量も増加し、その粘土鉱物組成はパーミキュライトとパーミキュライト/イライト不規則混層鉱物が減少し、代わりにカオリナイトが増加し、ラテライト性赤色土に達すると、1.4nm 鉱物が完全に失われる。テラフスカ様土 (No.4) の土色は褐色を示すが(褐色化作用)、遊離酸化鉄の結晶化が進み、ヘマタイト含量が高くなると赤色を帯びるようになり(赤色化作用)、テラロッサ様土 (No.5)、テラロッサ様土と赤黄色土の中間型 (No.6) を経て、最終的には赤色土 (No.7) に至る。

## 6-2 隆起サンゴ礁段丘上の土壌発達と生成年代推定

ところで6-1に述べた隆起サンゴ礁段丘上の土壌発達段階を異にする土壌の諸性質の変化、言い換えれば、対応する土壌型の生成年代として、どれくらい必要なのだろうか。Konishi et al. (1974) は、喜界島の礁石灰岩中のサンゴ化石の放射性年代測定にもとづいて、喜界島が過去 13 万年間に 1.5m/1,000 年という平均速度で継続的に隆起してきたことを明らかにし、図 6-2 に示したような海面変動曲線を提案している。今、1.5m/1,000 年の等速な隆起を仮定すると、この平均隆起速度を示す直線と海面変動曲線から、サンゴ礁が最終的に離水してからの期間、つまり、土壌生成期間の近似値が求められることになる。例えば、図 6-2 において更新世段丘Ⅰ面(標高 224~190m)は、12.5~12 万年前に離水し、その土壌生成期間は 12.5~12 万年ということになる。更新世段丘Ⅱ面(標高 190~110m)に分布している土壌のうち、標高 125~110m に分布する土壌は、9.5~9 万年前頃、一旦離水した

後、8 万年前頃沈水して侵食され、標高 163～125m に分布する土壌は、10～9.5 万年前に離水し、その土壌生成期間は 10～9.5 万年となる。更新世段丘Ⅲ面（標高 110～50m）に分布している土壌のうち、標高 75～50m に分布する土壌は、7～6.5 万年前頃、一旦離水した後、5.5 万年前沈水して侵食され、標高 110～75m に分布する土壌は、8～7 万年前に離水し、その土壌生成期間は 8～7 万年となる。更新世段丘Ⅳ面（標高 50～35m）に分布している土壌は、5.5～5 万年前に離水し、その土壌生成期間は 5.5～5 万年、更新世段丘Ⅴ面（標高 35～20m）に分布している土壌は、4～3.5 万年前に離水し、その土壌生成期間は 4～3.5 万年となる。また、完新世段丘（標高 15m 以下）については、太田ら（1978）によると、サンゴ化石の  $^{14}\text{C}$  年代測定によって得られた年代資料の中で最も若い年代が段丘面の離水期を示すとして、Ⅰ面で 6,000y.B.P., Ⅱ面で 3,500～3,900y.B.P.（北西海岸で 3,900y.B.P., 南東海岸で 3,700y.B.P., 西端海岸で 3,500y.B.P.と場所により年代がやや異なるため）、Ⅲ面で 3,000y.B.P., Ⅳ面で 1,500y.B.P.と報告し、これらの年代を土壌生成開始時期と考えた。

このようにして平均隆起速度直線と海面変動曲線を利用して喜界島の各土壌の生成期間を推定した結果を表 6-2 に示した。なお、表 6-2 中のサンゴ化石の年代は、サンゴ礁が形成された年代を表し、各土壌の推定生成年代は、サンゴ礁が最終的に離水した時期を表すため、サンゴ化石の年代に比べて、各土壌の推定生成年代は、やや若い年代となっている。

- ①離水後 1,500 年までは土壌生成はほとんど進まず、岩石地の状態が続く。
- ②約 3,000 年で(A)/R 断面を示すリソゾル（固結岩屑土）が生成し始める。
- ③ 3,500～3,900 年で Ah 層中に多量のサンゴ石灰岩礫を含む Ah/R 断面を示す初生レンジナ様土（No.1）が生成し、遊離炭酸塩を多量に含んでいる。
- ④ 8,000～35,000 年の生成期間の土壌は、縄文海進期の海面上昇によって侵食され失われてしまったものと推定される。
- ⑤ 3.5～4 万年前で脱炭酸塩作用が進行し、遊離炭酸塩の大部分は溶解・溶脱すると同時に腐植集積作用が進み、Ah/C/R 断面を示すレンジナ様土（No.2）が生成する。
- ⑥ 5～5.5 万年前では、粘土化作用が進み、Ah/Bw/C 断面を示す褐色レンジナ様土

(No.3) が生成する。

⑦ 7～8 万年では、遊離炭酸塩が溶脱によってほぼ完全に失われ、腐植の分解と粘土の移動集積が進行し、A/Bt/C 断面を示すテラフスカ様土 (No.4) が生成する。

⑧ 9.5～10 万年では、吸着複合体にわずかの塩基未飽和がみられるようになるとともに、赤色化作用が進んでテラロッサ様土 (No.5) が生成する。

⑨ 12～12.5 万年では交換性陽イオンの溶脱がかなり進行するが、塩基飽和度はなお 35 % より大きく、テラロッサ様土と赤黄色土 (No.6) の中間的な段階にある。

したがって、南西諸島において、隆起サンゴ礁段丘上に赤黄色土が生成するためには、12.5 万年以上の時間が必要であることが強く示唆される。

南大東島の土壌の生成年代に関しては、喜界島と同じ方法は適用できず、現段階では明らかではない。しかし、本論文で示し、漆原 (1987) によっても示唆されたように、喜界島において地形面の年代とともに遊離酸化鉄の結晶化指数は次第に増大し、活性度は低下することから、遊離酸化鉄の結晶化指数と活性度より、土壌の年代が概算できるのではないかと考えた。なお、Makino (1983) は、電子スピン共鳴 (ESR) 法により、南大東島のサンゴ化石の年代を測定し、最も年代の経過した礁縁部は 55 万年～120 万年、比較的若い礁縁部でも 25 万年という値を提示しているが、これらは土壌の年代を表しているわけではない。

そこで、喜界島の各土壌の生成期間と遊離酸化鉄の結晶化指数との関係を直線回帰 (図 6-3 上) と曲線回帰 (図 6-3 下) を比較してみたところ、どちらも高い相関関係があることが明らかとなった。この相関関係を外挿して年齢不詳の南大東島の赤色土 (No.7) および黄色土 (No.8) の生成期間を推定したところ、直線回帰 ( $r=0.817$ ) では 15.5～18.2 万年、曲線回帰 ( $r=0.926$ ) では 34.2～55.4 万年という値が得られた。この両者を比較した場合、相関係数の高さと Makino (1983) の結果を考慮すると、曲線回帰で得られた 34.2～55.4 万年という値が妥当であると考えた。また、曲線回帰では遊離酸化鉄の結晶化指数が 1 になるのは 116.7 万年であることも示している。

以上、喜界島および南大東島では、サンゴ礁が離水した時を 0 年として、約 3,000 年でリソゾル、3,500～3,900 年で初生レンジナ様土 (No.1) , 3.5～4 万年でレン

ジナ様土 (No.2) , 5~5.5 万年で褐色レンジナ様土 (No.3) , 7~8 万年でテラフスカ様土 (No.4) , 9.5~10 万年でテラロッサ様土 (No.5) , 12~12.5 万年でテラロッサ様土と赤黄色土の中間型 (No.6) , 34~55 万年で赤色土 (No.7) および黄色土 (No.8) という推定生成年代を得た。

### 6-3 隆起サンゴ礁段丘上の土壌の分類と国際的対比

これまで述べてきた喜界島および南大東島の隆起サンゴ礁段丘上の土壌分類名は、日本の統一的土壌分類体系（ペドロジスト懇談会土壌分類・命名委員会，1986）に従ったものである。なお，初生レンジナ様土（Initial Rendzina-like soil）および褐色レンジナ様土（Brown Rendzina-like soil）は，暫定的に用いたものであり未決定のものである。世界の総陸地面積に比べれば，隆起サンゴ礁はわずかであり，特殊な地域かもしれない。しかし，これまでに得られた知見を同様な土壌と自然環境をもった他の地域に対しても活用するためには，国際分類を適用し相互に比較する必要がある。そこで，表 6-3 に世界土壌図のための土壌図示単位 (FAO/Unesco, 1990) および USDA-Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1994) による分類を示した。

FAO/Unesco (1990) によれば，初生レンジナ様土 (No.1) およびレンジナ様土 (No.2) は，腐植集積により暗色化し塩基溶脱が弱いため，塩基飽和度が 50 % 以上を示す mollic A 層 (Ah1, Ah2 および A3 層が相当) が，サンゴ石灰岩 (R 層または C 層) の上に直接のる土層の薄い土壌であるため，Rendzic Leptosols, 褐色レンジナ様土 (No.3) は，Mollic A 層とサンゴ石灰岩との間に集積層の特徴を持たない風化変質した cambic B 層 (Bw 層) が存在するため，Mollic Leptosol, テラフスカ様土 (No.4) は，粘土の機械的移動により生じた argic B 層 (Bt 層) を持ち，argic B 層の粘土 1kg 当たりの CEC が 24cmol(+)以上，かつ，塩基飽和度が 50% 以上であることから，Haplic Luvisol, テラロッサ様土 (No.5) は，テラフスカ様土 (No.4) と同様で，かつ，argic B 層の色相が 7.5YR より赤いため，Chromic Luvisol, テラロッサ様土と赤黄色土の中間型 (No.6) および赤色土 (No.7) は，argic B 層の粘土 1kg 当たりの CEC が 24cmol(+)未満，かつ，塩基飽和度が 50%以上であることから，Haplic Lixisols, 黄色土 (No.8) は，argic B 層の粘土 1kg 当たりの CEC

が 24cmol(+)未満、かつ、塩基飽和度が 50%未満であることから、Haplic Acrisol にそれぞれ各土壌は分類された。

一方、Soil Taxonomy (1994) では、初生レンジナ様土 (No.1) およびレンジナ様土 (No.2) は、厚さ 50cm 未満の mollic 表層を持ち、argillic 層または calcic 層を持たず、無機質土壌表層から 50cm 以内に lithic 接触を有するため、Lithic Rendolls、褐色レンジナ様土 (No.3) は、厚さ 50cm 未満の mollic 表層を持ち、argillic 層または calcic 層を持たず、さらに cambic 層を持つため、Eutropeptic Rendoll、テラフスカ様土 (No.4)、テラロッサ様土 (No.5) およびテラロッサ様土と赤黄色土の中間型 (No.6) は、いずれも argillic 層をもち、カチオン総量に対する塩基飽和度が 35%以上であることから、Typic Hapludalfs、赤色土 (No.7) は、argillic 層をもち、カチオン総量に対する塩基飽和度が 35%以上、かつ、argillic 層の色相が 2.5YR より赤いことから、Typic Rhodudalf、黄色土 (No.8) は、粘土 1kg 当たりの CEC が 16cmol(+)以下、かつ、ECEC が 12cmol(+)以下である CEC の低い粘土が集積した kandic 層をもち、カチオン総量に対する塩基飽和度が 35%未満であることから、Typic Kandudult に各土壌は分類された。

以上のように、FAO/Unesco (1990) および Soil Taxonomy (1994) に基づく国際分類の結果、喜界島および南大東島の隆起サンゴ礁段丘上では、Inceptisols に相当する土壌は生成していないが、Mollisols, Alfisols, Ultisols に相当する土壌が生成していることが明らかとなった。では、具体的にこれらの土壌の分類名を用いて、特に生成時間に注目して国際的対比を試みることにする。

Merritts et al. (1991) は、石灰岩由来ではないが、カリフォルニア北部の隆起海岸段丘上の土壌の発達過程とその生成速度を調べ隆起年代の若い順に Mollisols (3,900~29,000 年)、Inceptisols (40,000~124,000 年)、Alfisols (250,000 年) という時間の経過とともに変化する段階的な土壌発達過程を報告しているが、これは非石灰岩由来であり、あまり参考とならない。しかしながら、石灰岩上の土壌に関して、その生成年代を明らかにしている研究例は、調べた範囲内では見当たらないので長期間に渡り生成したと考えられる石灰岩由来の土壌の分類名と対比することにする。Scholten and Andriess (1986) は、ジャマイカの第三紀石灰岩上の土



壤について、その土壌生成は、粘土や鉄の下方への移動集積、深さに伴う有機物含量の減少および粘土集積層（Bt 層）の形成によって特徴づけられ、土壌型としては FAO/Unesco（1974）では、Humic Acrisol と Eutric Nitosols に相当し、Soil Taxonomy（1975）では、Orthoxic Palehumult と Ultic Tropudalf に相当すると報告している。Sevink and Verstraten（1979a, 1979b, 1979c）は、南リンブルク（オランダ）の年代の異なる石灰岩上の土壌（完新世、第三紀後期）について理化学性と微細形態を調べ、完新世の土壌 2 断面のうち、レスの混入がない場合は Inceptisols に、レスに覆われた場合には強度の生物的攪乱および粘土とシルトの集積が生じ、 Alfisols が生成されるとした。

このように、本研究で明らかとなった隆起サンゴ礁上の良く発達した土壌は、世界の石灰岩質土壌の分類とほぼ対応していると言える。なお、土壌生成期間は、Merritts et al（1991）の研究と母材が異なるため、一概に比較することは困難だが、喜界島では Mollisols（3,900~50,000 年）、Alfisols（70,000~125,000 年）のように若干、生成速度が速くなる。これは、亜熱帯湿潤気候と地中海性気候という気候条件の差ではないだろうか。いずれにしても、今後別の方法、例えば、古地磁気層序法や放射性同位体元素を用いるような方法を利用した絶対年代の決定に関する研究が望まれる。

## 6-4 結論

喜界島および南大東島の隆起サンゴ礁段丘上での土壌発達過程とその生成速度が明らかとなった。それを土壌断面の模式図とともにまとめて図 6-4 に示した。

以上のような生成因子のもとで、隆起サンゴ礁段丘上の土壌発達過程は、土壌発達の初期段階、つまり、初生レンジナ様土（No.1）からレンジナ様土（No.2）に至る際に脱炭酸塩作用が急速に進み、土壌中から遊離炭酸塩が溶解・溶脱する。初生レンジナ様土（No.1）は遊離炭酸塩を豊富に含むため、その腐植は微生物による分解を受けにくく、腐植含量は多いが、その腐植酸の腐植化度はそれほど高くなく、次の段階のレンジナ様土（No.2）で腐植酸の腐植化度は最高となる。従って、初生レンジナ様土（No.1）からレンジナ様土（No.2）の段階まで腐植集積作用が卓越する。褐色レンジナ様土（No.3）以降は、遊離炭酸塩がほぼ完全に溶脱してしまうた

め、腐植の分解が進み、腐植含量の低下とともにその腐植酸の腐植化度も低下し、フルボ酸が主体となってくる。次いで塩基溶脱作用により、塩基飽和度がテラフスカ様土 (No.4) の段階から徐々に低下し、腐植の分解と相伴って表層で粘土が分散し易くなり、粘土の機械的移動が生じる。その結果、テラフスカ様土 (No.4) 以降はいずれの断面においても粘土集積層が形成されている。また、粘土化作用によって、粘土含量も増加し、その粘土鉱物組成はバーミキュライトとバーミキュライト/イライト不規則混層鉱物が減少し、代わりにカオリナイトが増加し、赤色土 (No.7) に達すると、1.4nm 鉱物が完全に失われる。テラフスカ様土 (No.4) の土色は褐色を示すが（褐色化作用）、遊離酸化鉄の結晶化が進み、ヘマタイト含量が高くなると赤色を帯びるようになり（赤色化作用）、テラロッサ様土 (No.5)、テラロッサ様土と赤黄色土の中間型 (No.6) を経て、最終的には赤色土 (No.7) に至る。なお、南大東島の赤色土 (No.7) および黄色土 (No.8) は、遊離酸化鉄の結晶化指数の高さとカオリナイトに富み、1.4nm 鉱物を含まない粘土鉱物組成から中国南部にみられるようなラテライト性赤色土に類似した土壌であり、隆起サンゴ礁段丘上では最終的にラテライト性赤黄色土に達することが強く示唆された。

さらに、上述の土壌発達過程に対応する隆起サンゴ礁段丘上の土壌生成速度に関して、喜界島では海面変動曲線と隆起速度を組み合わせる方法により推定した。また、南大東島の土壌については、遊離酸化鉄の結晶化指数と喜界島の土壌生成期間との間に高い相関関係が認められ、南大東島の結晶化指数を外挿することにより、南大東島の土壌の生成期間を推定した。その結果、喜界島および南大東島では、サンゴ礁が離水した時を 0 年として、約 3,000 年でリソゾル、3,500~3,900 年で初生レンジナ様土 (Rendzic Leptosol, Lithic Rendoll)、3.5~4 万年でレンジナ様土 (Rendzic Leptosol, Lithic Rendoll)、5~5.5 万年で褐色レンジナ様土 (Mollic Leptosol, Eutropeptic Rendoll)、7~8 万年でテラフスカ様土 (Haplic Luvisol, Typic Hapludalf)、9.5~10 万年でテラロッサ様土 (Chromic Luvisol, Typic Hapludalf)、12~12.5 万年でテラロッサ様土と赤黄色土の中間型 (Haplic Lixisol, Typic Hapludalf)、34~55 万年で赤色土 (Haplic Lixisol, Typic Rhodudalf)、黄色土 (Haplic Acrisol, Typic Kandudult) という推定生成年代を得た。つまり、

南西諸島の隆起サンゴ礁段丘上で赤黄色土が生成されるためには、少なくとも 12.5 万年以上、さらに発達段階の進んだラテライト性赤黄色土の場合は、34～55 万年という非常に長い生成期間が必要であると結論される。

Table 6-1 Some properties of the soils on the raised coral reef terraces of Kikai and Minami-Daito Islands.

		Kikai Island						Minami-Daito Island		
	Genetic soil type (No.)	Initial Rendzina-like soil (No.1)	Rendzina-like soil (No.2)	Brown Rendzina-like soil (No.3)	Terra fusca-like soil (No.4)	Terra rossa-like soil (No.5)	Terra rossa-like/Red-Yellow soil (No.6)	Red soil (No.7)	Yellow soil (No.8)	
(1)Physical properties	CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	134~220	2~7	5~13	1~132	1~4	1~3	0~9	1~11	
	Silt/Clay ratio	0.54~0.72	0.40~1.06	0.17~0.35	0.15~0.82	0.15~0.51	0.08~0.34	0.01~0.53	0.01~0.33	
	Clay content	31%~22%	42%~54%	66%~75%	47%~75%	57%~77%	67%~86%	64%~89%	74%~89%	
(2)Chemical properties	Cutane/illimerization	absent	absent	absent	present	present	present	present	present	
	pH(H <sub>2</sub> O)	7.9~7.9	7.4~7.6	7.5~7.6	7.1~8.2	5.5~7.5	5.4~7.0	4.3~7.6	4.6~6.5	
	pH(KCl)	6.4~7.0	6.7~7.1	6.6~6.8	6.2~7.5	4.0~6.7	4.0~6.8	3.9~7.3	3.9~5.5	
	Ex.acidity(Y <sub>1</sub> )	0~2	Tr.*	Tr.	0~1	1~2	0~2	1~18	1~19	
	CEC (cmol(+)kg <sup>-1</sup> )	23~39	13~24	14~19	26~35	17~36	8~30	8~20	7~15	
(3)Forms of Fe and Al oxides, and minerals composition	Base Satur.(%)	184~246	114~229	222~285	95~235	60~92	66~81	85~194	39~101	
	Fe	Feh(?)	Feh(?)	Feh(?)	Feh(?)	Feh(?)	Hm, Gt	Hm, Gt	Gt	
	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>t</sub> **	0.32~0.36	0.18~0.19	0.15~0.16	0.10~0.17	0.08~0.26	0.09~0.18	0.01~0.07	0.01~0.05	
(4)Soil organic matter	(Fe <sub>o</sub> -Fe <sub>t</sub> )/Fe <sub>t</sub> **	0.29~0.35	0.47~0.49	0.51~0.56	0.52~0.59	0.48~0.62	0.54~0.64	0.77~0.81	0.78~0.85	
	Al	Gb(?)	Gb(?)	Gb(?)	Gb(?)	Gb(?)	Gb 3~4%	Gb 6~8%	Gb 7~10%	
	Clay minerals***	Al <sub>o</sub> ≫Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> =Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> =Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> <Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> <Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> <Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> ≪Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> ≪Al <sub>d</sub>	
	Org-C (g kg <sup>-1</sup> )	129~84	32~21	49~19	48~14	50~10	45~7	40~6	30~5	
(4)Soil organic matter	T-N (g kg <sup>-1</sup> )	12~8	3~2	4~2	4~1	4~1	3~1	4~1	3~1	
	C/N ratio	11	11	10~11	10~13	9~16	9~14	5~11	5~11	
	Humic acid type	Rp/P	Rp/B-(A)	Rp/B	Rp/Rp	Rp/Rp	Rp/Rp-P	Rp/Rp-P	Rp/Rp-P	

—; arrow shows the change of clay contents from surface soil to subsoil

\*; Tr.=trace amount

\*\*\*; Fe<sub>o</sub>/Fe<sub>t</sub>=activity ratio, (Fe<sub>o</sub>-Fe<sub>t</sub>)/Fe<sub>t</sub>=crystallinity ratio

Fe<sub>o</sub>, Al<sub>o</sub>=iron and aluminum extracted with acid ammonium oxalate, Fe<sub>t</sub>, Al<sub>t</sub>=iron and aluminum extracted with dithionite-citrate, Fe<sub>e</sub>=total iron

\*\*\*; K1=kaolinite, It=illite, Vt=vermiculite, Ch=chlorite, Gt=goethite, Hm=hematite, Gb=glabbsite, Feh=ferrhydrite

Table 6-2 Soil development on raised coral reef terraces and the rate of soil formation.

Terraces		Altitude (m.a.s.l.)	Age of coral ( $\times 10^4$ yBP)	Genetic soil type	Duration of soil formation ( $\times 10^4$ yBP)
Pleistocene	I	224~190	12.5	Terra rossa-like/ Red-Yellow soil	12.5~12.0
	II	190~110	10.0	Terra rossa-like soil	10.0~9.5
	III	110~50	8.0	Terra fusca-like soil	8.0~7.0
	IV	50~35	5.0~6.0	Brown Rendzina-like soil	5.5~5.0
	V	35~20	3.6~4.5	Rendzina-like soil	4.0~3.5
Holocene	I	15~10	0.60~0.68	( ? )	0.60
	II	7~5	0.35~0.52	Initial Rendzina-like soil	0.39~0.35
	III	5~3	0.30~0.35	Lithosol	0.30
	IV	2~1.5	0.15~0.20	Rock land	0.15

**Table 6-3 Classification of studied pedons according to Unified Soil Classification System of Japan (1st Approximation 1986) and the correlation to both FAO/Unesco(1990) and US-Soil Taxonomy(1994).**

<b>Profile No.</b>	<b>Japanese System (1986)</b>	<b>FAO/Unesco (1990)</b>	<b>Soil Taxonomy (1994)</b>
<b>Kikai Island</b>			
<b>No.1</b>	<b>Initial Rendzina-like soil</b>	<b>Rendzic Leptosol</b>	<b>Lithic Rendoll</b>
<b>No.2</b>	<b>Rendzina-like soil</b>	<b>Rendzic Leptosol</b>	<b>Lithic Rendoll</b>
<b>No.3</b>	<b>Brown Rendzina-like soil</b>	<b>Mollic Leptosol</b>	<b>Eutropeptic Rendoll</b>
<b>No.4</b>	<b>Terra fusca-like soil</b>	<b>Haplic Luvisol</b>	<b>Typic Hapludalf</b>
<b>No.5</b>	<b>Terra rossa-like soil</b>	<b>Chromic Luvisol</b>	<b>Typic Hapludalf</b>
<b>No.6</b>	<b>Terra rossa-like/ Red-Yellow soil</b>	<b>Haplic Lixisol</b>	<b>Typic Hapludalf</b>
<b>Minami-Daito Island</b>			
<b>No.7</b>	<b>Red soil</b>	<b>Haplic Lixisol</b>	<b>Typic Rhodudalf</b>
<b>No.8</b>	<b>Yellow soil</b>	<b>Haplic Acrisol</b>	<b>Typic Kandudult</b>

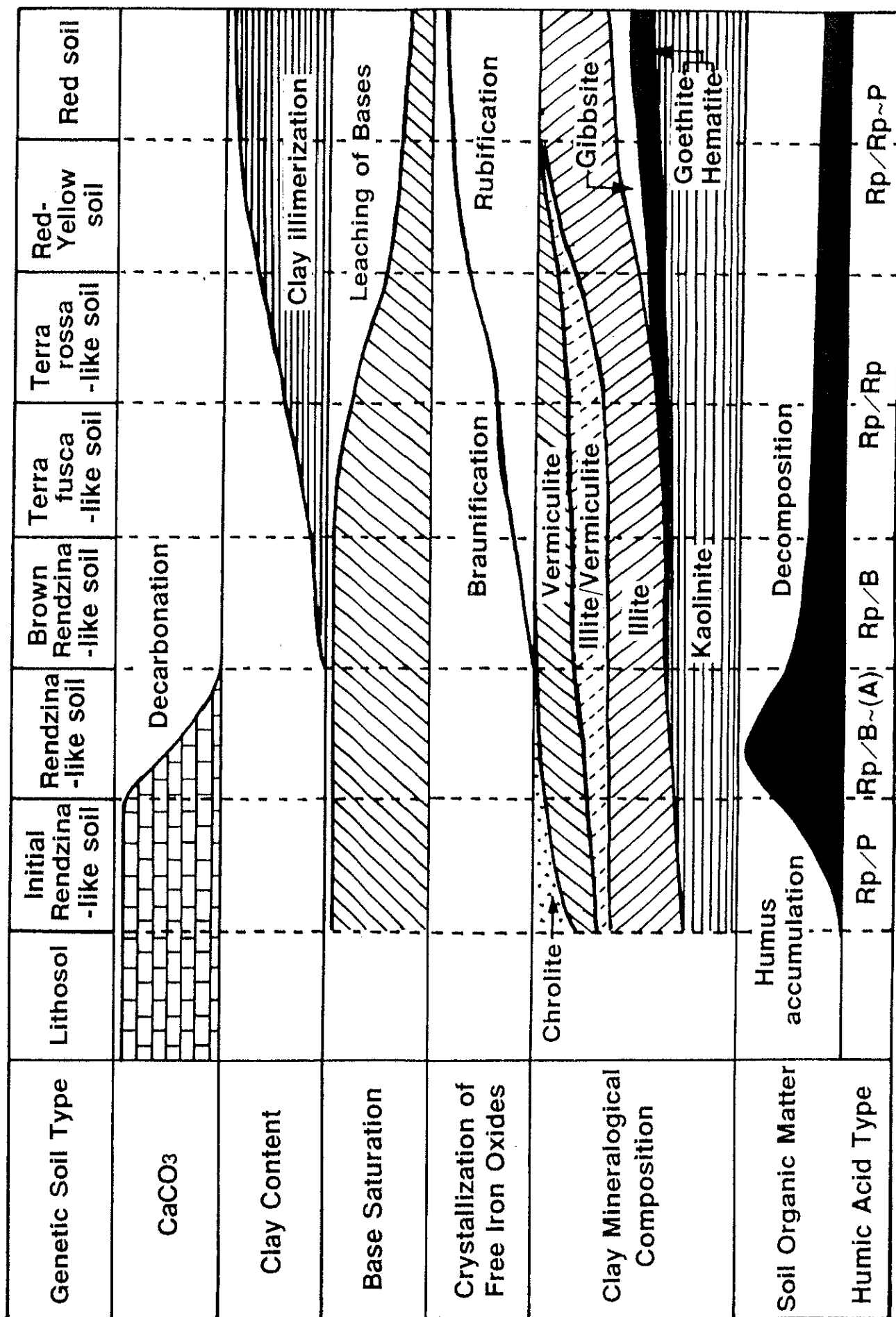


Fig.6-1 Elementary soil-forming processes on the raised coral reef terraces.

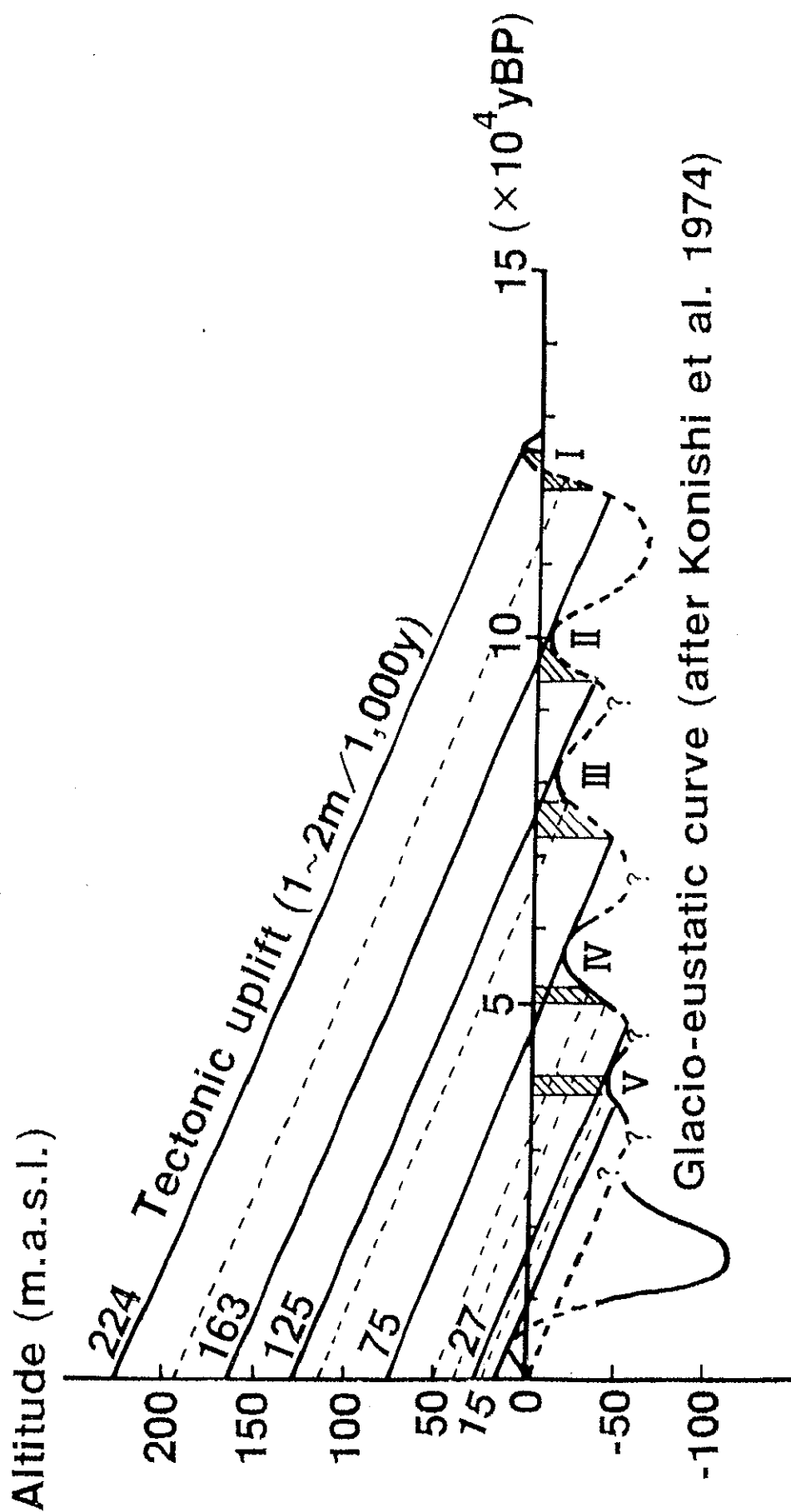


Fig.6-2 Estimation of pedogenetic rate from tectonic uplift and eustatic curve.



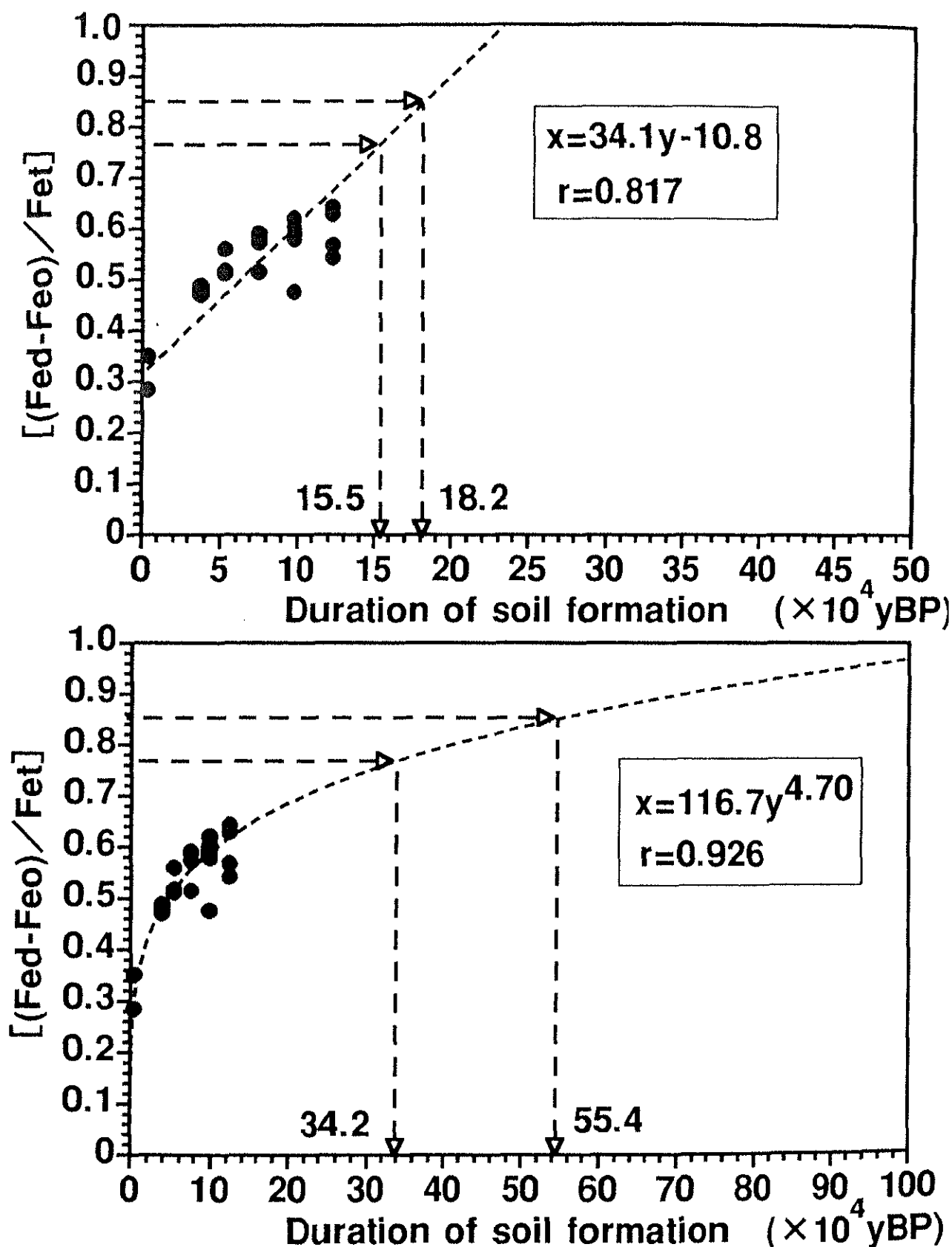


Fig.6-3 Relationship between crystallinity ratio of free iron oxides and duration of soil formation on the raised coral reef terraces.

● : Samples from Kikai Island,  $\rightarrow$  : those from Minami-Daito Island

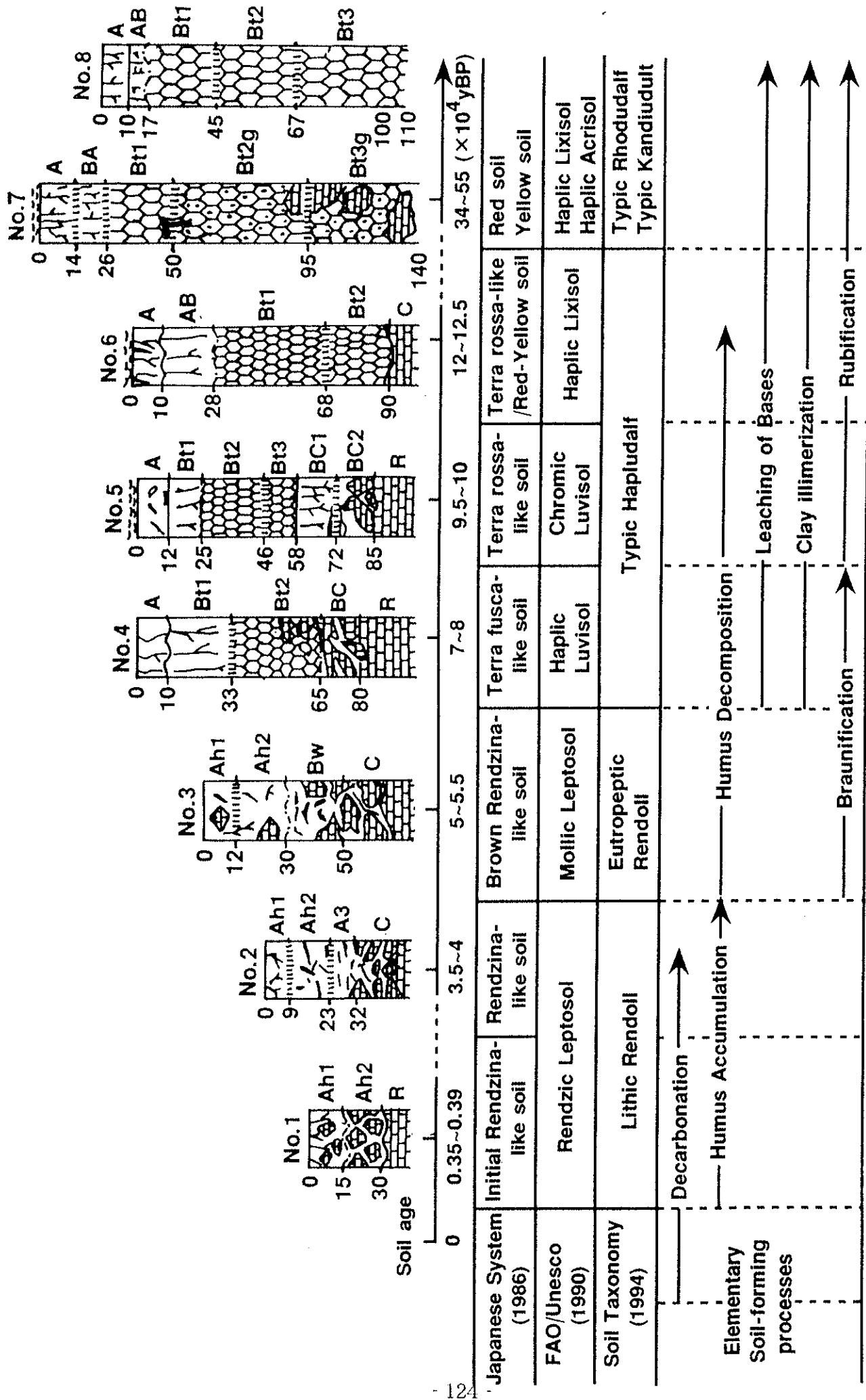


Fig.6-4 Soil development and rates on the raised coral reef terrace in Kikai and Minami-Daito Islands.