

# インド・マラバル海岸カナラ地方の地形と表層物質

貞 方 昇\*

## I. はじめに

アラビア海に面し、西ガーツ山地の前縁部として南北に細長く連なるマラバル海岸地域にさ、ラテライト<sup>1)</sup>に覆われた台地や段丘、またインゼルベルクなど熱帯気候下の興味ある地形が数多くみられる。

筆者は、1982年9月にマラバル海岸地域のうち、これまで地形に関する調査報告がほとんどないカナラ地方を踏査する機会<sup>2)</sup>を得た。インド政府の国防上の理由から、空中写真はもとより、大縮尺地形図の入手も困難な中で、の点的な調査であったが、ここでは、その後の等高線複写とそれに基く作業 (Sadakata, 1984) や、衛星写真の判読などを通して得られた情報と合わせ、カナラ地方における各種地形を、ラテライトを中心とする表層物質と関連づけて整理し、本地域の地形発達について若干の考察を行ないたい。

## II. 地域概観とマラバル海岸地域に関する既往の研究

調査を行ったのは北緯12°50′から13°15′にかけての地域であり、細長いマラバル海岸地域のほぼ中央部に位置する。東縁を限る西ガーツ山地は、クドゥレムク Kudremukh 山 (標高1,892 m) をはじめ、標高1,000 m 以上の一連の山列からなり、比高700~800 m に及ぶ急斜面を海岸地域に向けている。海岸地域の地形は、全体としてはアラビア海に向かって緩く傾くものの、所々に屹立するインゼルベルグが地形的なアクセントをつけるとともに、ネトラワティ Netravathi 川、グループル Gurpur 川、ムルキ Murki 川など樹枝状の水糸を持つ河川による開析もかなり進んでいる (写真1)。

調査地域は熱帯モンスーン気候区に属するが、



写真1 カナラ地方の一般的地形景観

ナラビ村よりマンガロール方向を見る。近景に小起伏丘陵頂面、中景にインゼルベルグ群。右手の山はコダニ・カル Kodani kal 山 (標高346 m)。遠景にラテライトを載せる台地。

地域南西隅に位置するマンガロール (Mangalore) 市の年平均気温は27.1℃ (30年平均) であり、年降水量は3,479 mm (30年平均) に及ぶ。ただし、北東モンスーンの卓越する1~3月にかけては、ほとんど降水をみない。西ガーツ山地に近づくほど降水量は大きくなり、山麓部では年間5,000 mm を越える。

こうした気候条件は、鉄・アルミナ質土壌の生成に適し、Govindarajan and Datta Biswas (1968) の包括的なインド土壌図の記載では、本地域のほぼ全体がいわゆるラテライト土壌<sup>3)</sup>地域とされている。しかしながら、ラテライト皮殻を含めて完全なラテライト断面を形成するに至った場所は比較的少なく、インド半島のラテライト分布をまとめた Seuffert (1973) は、マラバル海岸に見られる下位ラテライトの分布が沿岸地域に偏って存在することを指摘している。

Satyanarayana and Thomas (1961) は、マラバル地方の台地上を覆うラテライトについて模式断面を示したが、それによると表土下にあるラテライトの硬化皮殻を、その組織形態から砕けやすいまた鈎滓状 crumble on slag-like ラテライト

\*北海道教育大学函館分校

層、蜂の巣状また細胞状 honey-combed or cellular の層、そして蠕虫状 vermicular の層の三層に細分し、さらにその下に軟いラテライト層、すなわち斑紋粘土層が発達するとした。

マラバル海岸地域のこうしたラテライトを載せる各種地形は、ゴア周辺については Sriram and Prasad (1979) により、またケララについては Shinha Roy (1979) や Sanbandam and Prasad (1981) によって、幾つかの地形面に分けられ、いずれも多輪廻的な地形発達が論じられている。

また、Seuffert (1978) は、マラバル海岸地域の台地をはじめとする平坦面と、河谷の形成について気候地形学的な考察を行ない、平坦面が、亜乾

燥から乾燥した時期に形成され、河谷の形成が亜湿潤期から湿潤期になされたと解釈している。彼によれば、現在はここ数千年間続いている湿潤な時期で、線状侵食が卓越しているという。

### III. 地形と表層物質についての記載

本地域の地形は大きく分けて、インゼルベルグ、台地、小起伏丘陵、低地の4種から構成されている(図1)。以下、それぞれの地形の分布と表層物質の性状について記述する。

#### 1. インゼルベルグ

大小80余カ所を数える本地域のインゼルベルグは、ほとんどが花崗片麻岩地域に分布する。多

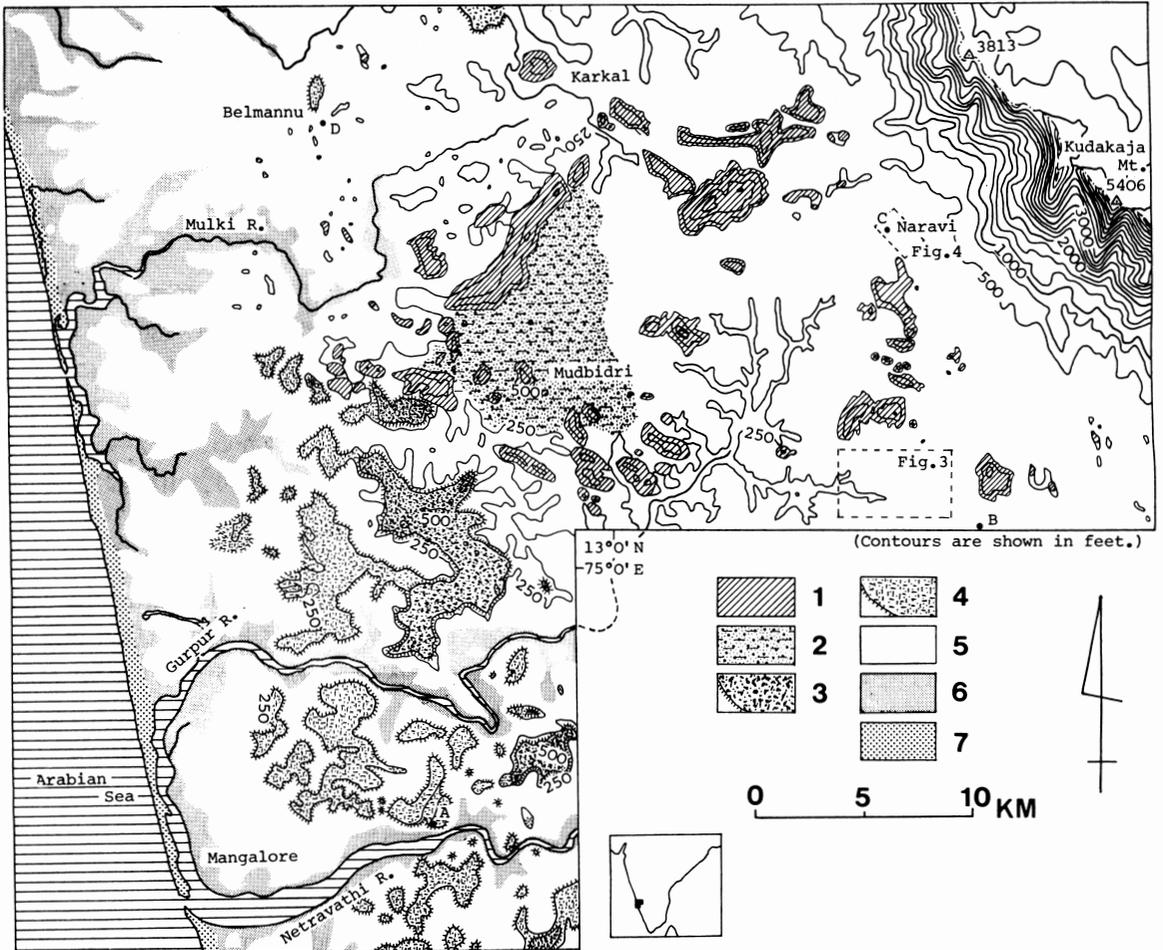


図1 カナラ地方の地形学図

等高線は250 ft (76 m) 間隔で表示。図中の符号A~Dは露頭位置。点線区画は図3、図4の表示範囲。

- 凡例：1. インゼルベルグ 2. ムドゥビドリ台地 3. ラテライト台地 (上位)、  
4. ラテライト台地 (下位) 5. 小起伏丘陵および西ガーツ山地斜面  
6. 低地 (沖積地) 7. 低地 (砂州および砂丘)

くは凸型の斜面を持つドーム状の独立山体で、急斜面には岩盤が露出する。

不規則なインゼルベルグの分布の中で、大面積のものは、グルプール川とムルキ川ほか北部諸河川との分水界付近に多い。その最大のものはムジマライ Mujimalai 山であり、周囲との比高が250 mに及ぶほか、頂部には前輪廻の小起状面が認められる。またムドゥビドリ Mudbidri 北西には比高70~100 mの稜線を連ねる列状のインゼルベルグも見られる。

## 2. 台地

調査地域南西部の広い範囲には、ラテライト皮殻に覆われた大小数多くの台地が分布する。これらの台地は、ネトラワティ川、グルプール川の水系による開析が進んでいるものの、急斜面によって囲まれたテーブル状の平坦面<sup>4)</sup>をよく保持している。台地面高度は標高76 m (250 ft) から153 m (500 ft) まで比較的に変化に富むが、大きくは、緩やかな波状起伏を持つ標高107~153 m (350~500 ft) の上位面と、同76~92 m (250~300 ft) に頂面を揃えてきわめて平坦な下位面の二つの面に分けられる。

上位面はグルプール川下流右岸のグルプール

Gurpur 付近に広い。この面を取り巻く急崖での観察によると、地表直下から非常に堅硬な10 m近い厚さのラテライト皮殻が発達し、ほぼ全体が、ピソライト物質で充填された鉱滓状の層相を示している。

また、マンガロール東方のアルクラ Arkura 付近で典型的に見られる下位面(写真2)の断面(図2 A)をみると、ほぼ黒色を示す地表下の堅いラテライト皮殻の厚さは約6 mであり、その層相は



写真2 マンガロール近傍のアルクラ村のラテライトを載せる台地

ラテライト皮殻からなるブロックが、斜面を崩落している。左手河川はネトラワティ川(下流方向を見る)。

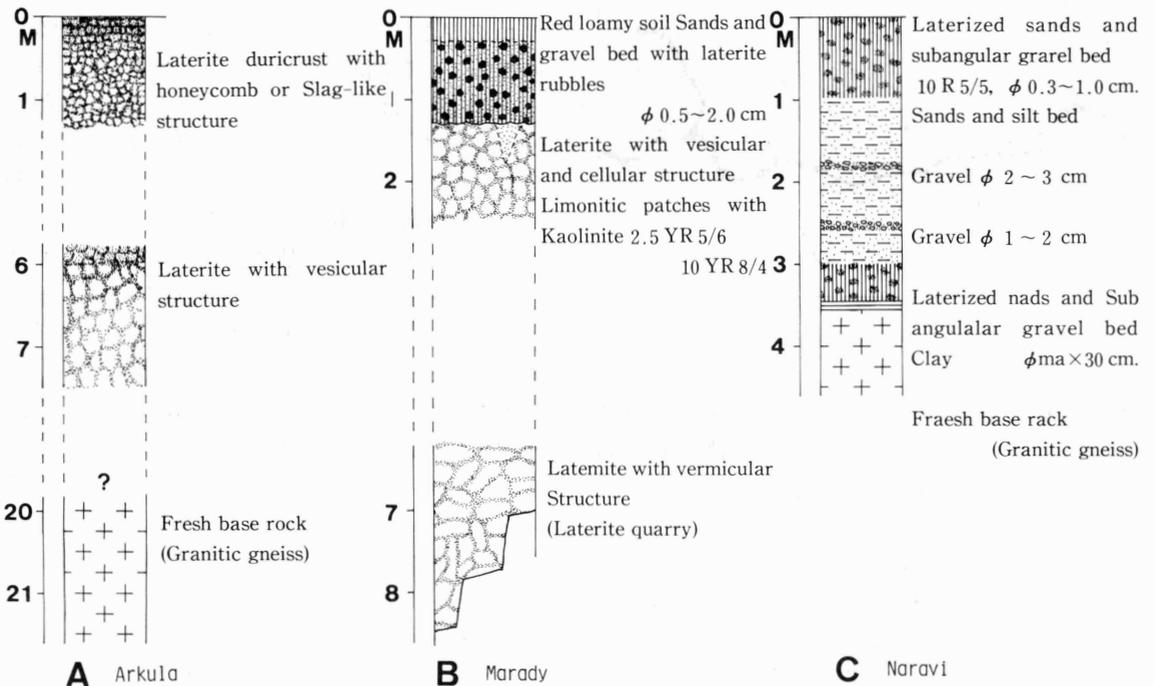


図2 露頭断面図 地点A~Cの位置は図1に記入。

蜂の巣状で部分的に鉾滓状の構造を呈している。さらにこの下には10 mを越え、ハンマーで壊せる程度の硬さの細胞状構造を持つラテライトが発達する。その下位に、数mの厚さの半風化岩を挟んで均質な花崗片麻岩からなる基盤が存在する。ただし、ラテライト下位のカオリナイト層は不明瞭である。

一方、ラテライト皮殻に覆われていない所として、ムドゥビドリー帯のマルパドゥ *Malpad* と呼ばれる広い台地がある。この台地は標高137~153 m (450~500 ft) に頂面を揃える波浪状の小起伏面であり、北西側を山列状のインゼルベルグによって限られている。緩斜面の下部には鉄・アルミナ質土壌が見られるものの、ラテライト皮殻を持つ断面は見られない。また、台地頂部には花崗片麻岩からなる岩床が裸出している。

### 3. 小起伏丘陵

インゼルベルグ、台地群を除く広い範囲には、定高性の頂面を持ち、谷との比高が数十mと小起伏の無数の円頂丘からなる丘陵地域がひろがる。円頂丘群は、グループル川上流のアランボディ Arambodi 付近で最も密に分布するが(図3)、こ

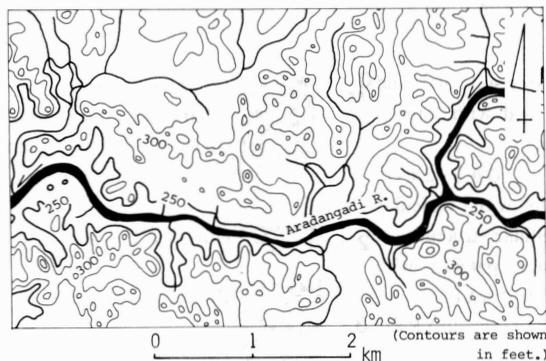


図3 小起伏丘陵地域地形図

こでは樹枝状に入り組んだ河系の間に、直径200~300 m、比高30~50 m程度の凸型斜面を持つ丘が、一定の波長を持って連なる。

円頂丘斜面の一般的な断面は、ペグマタイト岩脈を挟む半風化花崗岩質基盤の上に、ラテライト亜角礫からなる1 m以上の厚さの礫層が覆うというものである。所によっては丘陵頂部にラテライト断面を見ることがある。アランボディに近いマラディ Malady 村のラテライト採掘場での観察

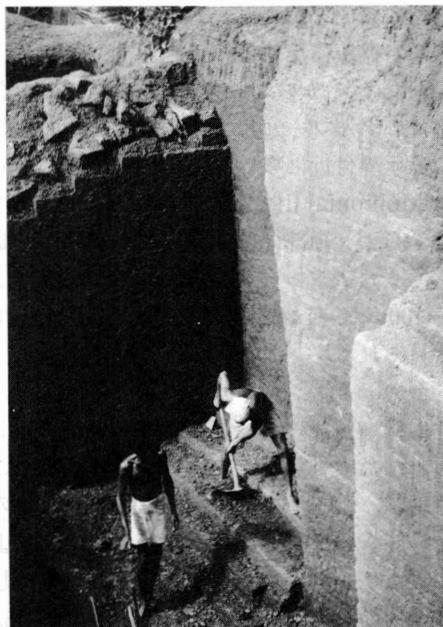


写真3 マラディ村のラテライト採掘場  
蠕虫状構造を示すラテライトが切り出されている。時間とともに硬化するので、建築材料として広い用途がある。

(図2 B, 写真3)によると、ここは円頂丘頂部近くの緩い斜面上にあり、表層30 cmがローム質赤色土からなる。その下には赤褐色で直径が0.5~2.0 cmのラテライト亜角礫からなる礫層が、1 mの厚さで存在する。この礫層下面は明瞭な不連続をなして下位のラテライトと接する。ラテライトの厚さは8 m以上あり、上部は小胞状 vesicular ないし細胞状で、赤褐色の鉄質物質の割合が多いが、深くなるとともに蠕虫状構造に推移し、鉄質物質の骨組の間に充填される茶色ないし桃色系のカオリナイト質物質が多くなる。これより以下は未見であるが、石工の話によれば、直下に脆く白い粘土、すなわちカオリナイト層が存在するという。

調査地域北西部のベルマンヌ Belmannu でも、小起伏丘陵の頂面に位置する開放井戸断面において、厚さ9 m以上の蠕虫状構造を持ち、カオリナイト成分の多い軟いラテライトを見出すことができた。そして、ここでも頂部には1.5 mの厚さのラテライト亜角礫層が載っている。

### 4. 低地

低地は、さらに河岸段丘、沖積低地、砂州などに細分されるが、これらのうち、ラテライト断面

との関連で注目されるものに河岸段丘がある。本地域の河岸段丘の発達は、あまり良いとは言えないが、西ガーツ山麓の北西-南東方向の構造線に沿う谷や、グループ川下流河谷には数段の河岸段丘が観察される。

西ガーツ山麓のナラビ付近には、河床からの比高が3 m付近と10 m付近に明瞭な2段の河岸段丘が分布し(図4)、その上位段丘構成層にラテライト化された堆積物が見られる。しかし、ラテライト化の度合は層相によって相当異なり、厚さ2.5 mの砂礫層(図2 C)のうち、地表下1 mまでと、地表下3.1 mから3.4 mまでの間の礫部分が、マトリックスとともによくラテライト化され、その間のシルト質、粘土質部分はほとんどラテライト化を受けていない。また、斑紋粘土層やカオリナイト層は見られない。上位段丘の他地点でもほぼ同様であるが、河道近くの段丘先端部では皮殻の硬化が著しい。一方、下位段丘構成層はまったくラテライト化を受けていない。

#### IV. 地形面構成

1インチ：1マイル地形図を基にして、調査地域の地形断面を描いてみると(図5)、本地域の地形は、平坦面ないし小起伏面の連続性によって、大きく標高120~140 m面(I面)、同90~110 m面(II面)、同50~120 m(III面)、そして同20~40 m面(IV面)の4つの地形面からなるとみられる。

最高位のI面に相当するのは、ムドゥビドリ周辺の広い台地と、グループ川兩岸のラテライト断面を持つ台地群である。またII面は、マンガロー

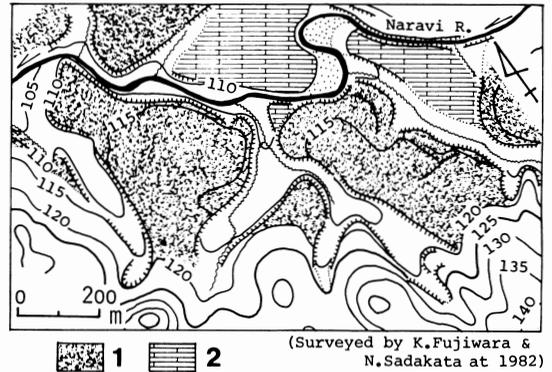


図4 ナラビ村の河岸段丘

黒丸印は図2 Cの露頭地点。

1. ラテライト化した礫層を持つ上位段丘
2. ラテライト化した層を持たない下位段丘

ル東方のネトラワティ川兩岸の、同じくラテライト断面を持つ台地群に相当する。ただし、いずれの面も、分布が調査地域の西半部に偏り、連続性に乏しい。

III面は、本地域の地形面の中では最も広い範囲に分布し、海岸部の標高50 mから西ガーツ山麓の標高120 m前後まで良い連続性を示す。ここは小起伏丘陵に分類した所にあたり、地形面は、それぞれの円頂丘頂面を連ねたものである。

IV面は、海岸近くのみ見られる地形面で、ここも小起伏丘陵地域の一部を成す。具体的には海岸に向かって尾根状に延びる凸型斜面からなる丘陵の頂面を連ねた地形面である。

以上にあげた地形面のほか、河岸段丘面、現成沖積面が存在する。

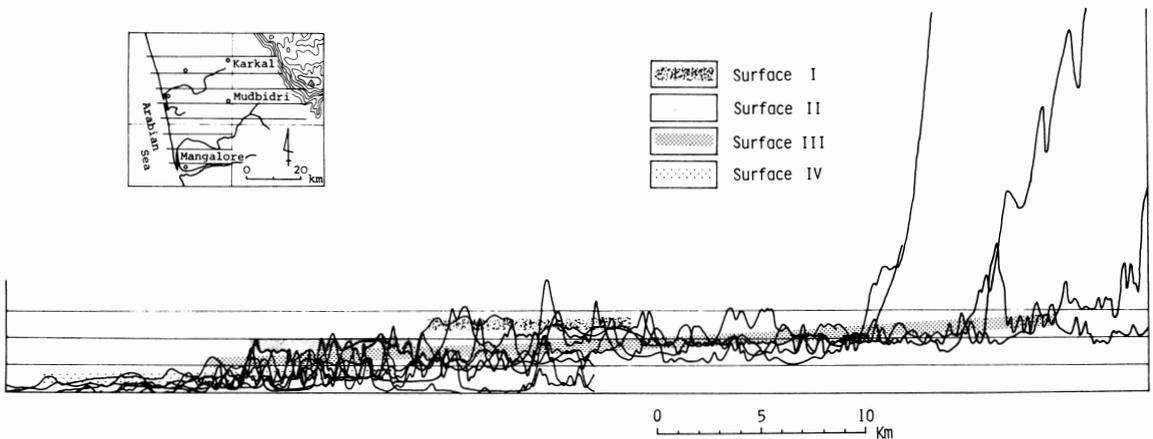


図5 カナラ地方の地形投影断面と地形面

## V. 地形発達に関する考察

本地域の諸地形を、ラテライト断面との関連で整理すると、①地形面のI面とII面を構成する台地群は、ムドゥビドリ台地など一部を除いて、その表層に堅く、厚いラテライト皮殻を持つこと、②地形面のIII面とIV面を構成する小起伏丘陵地は、堅いラテライト皮殻を欠いて、その代りにラテライト礫層を載せていること、そして③上位の河岸段丘は所により、ラテライト化された礫層を持つこと、などの関係を見出すことができる。

今少し、これらについて詳しくみると、まず、I面、II面の台地群は、両者の高度差が30m前後あるものの、ラテライト皮殻の性質は互いによく似ている。すなわち、ラテライト皮殻は多くの場合、細胞状また蜂の巣状構造を持ち、所によってはグループ付近の台地のようになり、きわめて硬化した鉍滓状の皮殻の厚さは6m以上に達するものもある。Satyanarayana and Thomas (1961)もマンガロール近くの井戸で鉍滓状構造を持つ厚さ3m以上の硬い皮殻を観察しているが、いずれの場合にせよ、これらのラテライト断面は十分に発達したものであり、その形成とともにこれらの台地面の成立はかなり古いものと思われる。

次に、III面、IV面を構成する小起伏丘陵の表層に共通して見られる厚さ1~2mのラテライト亜角礫層は、いずれも下位の比較的軟いラテライト皮殻断面や、花崗岩風化層とは不連続の関係にある。このことは、これらの亜角礫が、ラテライト皮殻に由来し、斜面侵食とともに移動し、堆積した麓屑堆積物であることを示していよう。また、この地域のラテライト断面は、蠕虫状ないし細胞状構造で、鉄質殻で組み立てられた空隙にはカオリナイト質物質が多い。こうした特徴は、完全なラテライト断面の下半部を示していると考えられる。従って、小起伏丘陵地では、ラテライト断面の上部ないしすべてが既に削剝されてしまったとみなすことができよう。

すなわち、III面、IV面の地域は、かつて広く平坦な侵食面を形成し、表面に厚いラテライト皮殻も発達していたが、その後の削剝により、皮殻の多くは失われ、緩やかな凸型斜面上には麓屑堆積物であるラテライト礫層が被覆するようになった

と考えられる。

最後にあげた上位河岸段丘については、礫層が特に良くラテライト化されていることに特徴があるが、これは礫層中において地下水がとりわけ移動しやすかったことと関係するものであり、面形成自体はきわめて新しいとみられる。

次に、マラバル海岸地域の地形面については、近年、幾つかの研究がなされている。ラテライト断面を持つ低位の地形面についてみると、ゴア Goa では Sriram and Prasad (1979) によって、広い範囲に互り、海へ向って緩斜する標高200m面が指摘され、ケララ中央部では Sambandam and Prasad (1981) によって標高165~230mと同50~150mの面が、そして南部ケララでは Karunakaran and Sinha Roy (1979) によって標高150~200mおよび同165~230m、同50~150mの面が識別されている。

本地域における地形面高度と、以上の地形面を比較すると、海岸近くで比較的高い標高を持つ本地域のI面およびII面が Sambandam and Prasad (1981) の165~230m面や Karunakaran and Sinha Roy の150~200m面に対比され、III面が Sambandam らの50~150m面、また Karunakaran らの60~100m面に、そしてIV面が Sambandam らの5~50m、Karunakaran らの20~50m面に対比されるとみられる。

他のいずれの地域でも、高位のI、II面に相当する面は小面積の台地からなる一方、III面に相当する面が広い面積を占めている。とくに本地域に近いケララ中央部では、III面に当る50~150m面は広い平頂丘としてよく保存されている。ただし、本地域ではこの面は既述のように、大部分が円頂丘頂面を連ねる地形面として認められるのが特徴である。これは、恐らく本地域ではグループ川やネトラワティ川のような大きな河川によって地形面が、かなり開析されたためと思われる。

Demangeot (1975) は、本地域に程近いケララ州クティプラム Kuttipuram で、75mの標高を持つラテライト台地を調査し、中新統上部のワルカリ Warkalli 層によって構成されるこの台地は、海成面ではなく、大陸性の平坦化された面とみなし、さらにこの面を東海岸のポンディチェリー Pondicherry のラテライト台地の形成と同じ時

代、すなわち、鮮新世後期に形成され、ラテライト化された面であると考えた。

絶対年代を示す証拠は得られていないが、Demangeot (1975) の調べた台地面が、高度からみて本地域のⅢ面に相当することを手懸りに、一応、本地域のⅢ面およびそれより高位にあるⅠ面、Ⅱ面の形成期を鮮新世ないしそれ以前としておきたい。よく発達した厚いラテライトが形成されるためには、長く安定した、乾期を挟む高温湿潤の状態が必要であり、第四紀の激しい気候変化と海面変動が生じる以前の鮮新世に比定することは十分に可能と考えられる。

Ⅲ面が、小起伏丘陵の頂面を連ねる地形面で、現在ではラテライトの被覆が少ないのは、第四紀になってから、ネトラワティ川など比較的に大きな河川の侵食作用が急速に及んだためであろう。さらに低位のⅣ面や河岸段丘は、第四紀の気候変化や海面変動の中で形成されたものであり、暖候期に礫質部など条件のよく整った部分では、ラテライト化が進行したとみられる。Chatterjee (1961) は、マラバル海岸において標高 100 m 以下に 5 段の海岸段丘を認めたが、本地域のⅣ面や数段の河岸段丘は、それらと対応関係を持つとみられる。

また、鮮新世ないしそれ以前の形成としたⅠからⅢ面の段化は、海面変動と関係するよりも、第三紀初め以来続いてきたとされる (Vaidyanadhan, 1967) 西ガーツ山地の傾動に伴う海岸部の隆起と関係したものとみたい。

## VI. まとめ

マラバル海岸地域カナラ地方の地形を、ラテライトを中心とする表層物質との関連で調査した結果、次のような事柄が明らかになった。

1. 本地域の地形は、大きく分けてインゼルベルグ、台地、小起伏丘陵、低地の 4 種からなる。このうち、台地にはよく発達したラテライト断面が、小起伏丘陵にはラテライト礫層に覆われた不完全なラテライト断面が、そして低地の上位段丘にはラテライト化を受けた礫層が見られる。

2. 地形面構成からみると、台地群が標高 120~140 m と同 90~110 m 面の 2 つの地形面 (Ⅰ面、Ⅱ面) を、小起伏丘陵地域が標高 50~120

m と同 20~40 m に頂面を連ねる 2 つの地形面 (Ⅲ面、Ⅳ面) を形造っている。この他、数段の堆積性河岸段丘面も認められる。これらのうち、Ⅲ面が最も広い面積を占め、他は地域的に偏った分布を示す。

3. ケララ北部の地形面との対比から推定して、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ面が鮮新世かそれ以前に形成され、第四紀になって以来、Ⅳ面および河岸段丘面が形成された。Ⅰ面、Ⅱ面に相当する地形は、典型的なラテライト皮殻を持つ台地として部分的ながら原面を保持してきた一方、Ⅲ面に相当する地形は、第四紀になって以来の削剝作用を受けたため、小起伏丘陵として残存する。

以上の三つの地形面の段化には、西ガーツ山地の傾動による地盤の上昇運動が関与し、さらにⅣ面と河岸段丘の形成には第四紀の気候変化、海面昇降も加わったものと思われる。

## 謝辞

現地調査の機会を与えて下さるとともに、御助言頂いた広島大学地理学教室藤原健蔵教授、現地で御協力頂いたマイソール大学地質学教室 T. V. Shivarudrappa 博士、および広島大学第三次南インド調査隊のメンバーの方々には深く謝意を表します。

## 注

- 1) ラテライトという用語を、本稿では土壌学的な意味において用いるのではなく、地質学的な時代を経て形成されるに至った鉄、アルミナ質硬化皮殻、斑紋粘土層、カオリナイト層からなる一連の地質断面全体に対する名称として用いることとする。
- 2) 筆者は 1982 年 8 月から 11 月にかけて実施された文部省海外科研による広島大学南インド調査隊 (代表藤原健蔵広島大学教授) に参加し、その自然環境に関する広域調査の一部として本調査を行った。
- 3) インド土壤図に記載されたラテライト土壤は、対比表によると、米合衆国農務省土壤分類体系第 7 次試案に基づく Plinthaquults, Plinthustults, Plinthudults そして Oxisols を含んでいる。
- 4) 現地名で *Padavu* ないし *Ulipadi* と呼ばれるこれらの台地は、多雨域にもかかわらず植被に乏しく、暗赤褐色の表土を裸出して特異な景観を作っている。

文 献

- Chatterjee, S. P. (1961) : Fluctuation of sea level around the coast of India during the Quarternary period. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 3*, pp.47–56.
- Demangeot, J. (1975) : Recherches geomorphologiques en Inde du Sud. *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.*, Vol. 19, pp.229–272.
- Govinda Rajan, S. V. and Datta Biswas, N. R. (1968) : Classification of Indian soils and their mapping. *International Geographical Congress India*, Vol. I, pp.374–376.
- Karunakaran, C. and Sinha Roy, S. (1981) : Laterite profile development linked with polycyclic geomorphic surfaces in South Kerala. *Laterisation Processes, Proceeding of the International Seminar on Lateritisation Processes*, Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi, pp.222–231.
- Sadakata, N. (1984) : Geomorphic surfaces and covering laterite materials on the West Coast Plain of Karnataka. In Fujiwara, K. (ed.) : *Geographical field research in South India 1982*. Department of Geography, University of Hiroshima, Hiroshima, pp.209–218.
- Sanbandam, S. T. and Prasad, K. N. (1981) : Laterites and erosional land surfaces in the central parts of Kerala state, India. *Laterisation Processes, Proceedings of the International Seminar on Lateritisation Processes*, Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi, pp. 246–253.
- Satyanarayana, K. V. S. and Thomas, P. K. (1961) : Studies on laterites and associated soils I. *Journal of Indian Society of Soil Science*, Vol. 9, pp.107–118.
- Seuffert, O. (1973) : Die Laterite am Westsaum Sud-Indiens als Klimazeugen. *Zeitschrift für Geomorphologie : Supplementband 17*, pp. 242–259.
- Seuffert, O. (1978) : Leitlinien der Morphogenese und Morphodynamik im Westsaum Indiens. *Zeitschrift für Geomorphologie : Supplementband 30*, pp.143–161.
- Sinha Roy, S. (1979) : Fluvial and landform morphology of the Karamana drainage basin, South Kerala, *Professional Paper Centre for Earth Science Studies*, 42p.
- Sriram, K. and Prasad, K. N. (1979) : Geomorphic evaluation of the lateritic terrain in Goa. *Abstract, The First International Seminar on Lateritisation Processes in Trivandrum*, pp.(4/4) 1–6.
- Vaidyanadhan, R. (1967) : An outline of the geomorphic history of India South of N. Latitude 18° (Abstract). *Proceeding of the Seminar on Geomorphological Studies in India (1965)*, *Sagar*, No.121, pp.121–130.