

海 技 協
派 6.9 / 6.3.6

アマゾン地域における土壌肥料の 技術協力総合報告書

中南米技術協力計画専任
七巻号

1970年3月

海外技術協力事業団

RY

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 4. -6	703
登録No. 03026	82.6 EX

アマゾン地域における土壌肥料 の技術協力総合報告書

本報告書は中南米技術協力計画にもとずきブラジル国、パラ州、ベレン市北伯農牧畜調査研究所において行った調査研究報告で、一部はブラジル国の首都ブルジリヤで開かれた第11回ブラジル土壌科学々会、(XI, Congresso Brasileira de Ciancia do Solos) において発表したものであり帰国後必要な試料について行った分析結果などを加え技術協力総合報告書として取りまとめたもので次の諸項からなっている。

アマゾン地域に分布する主な土壌の理化学性と粘土鉱物について、

アマゾン地域における耕地化にもなり土壌の2、3の理化学性の変化。

アマゾン地域における Pimonta do Reino の生育と養分吸収に関する研究。

尚著者の渡伯については農林省農事試験場野本場長、農林省農業技術研究所化学部林前部長、現石沢部長、土壌二科宇野科長、土壌三科小山科長、渡嶋室長、海外技術協力事業団吉田海外部長、平林武尚氏には多大の御配慮を頂き本実験の一部は農業技術研究所有田技官の労を煩わした。

亦現地においては伊藤前総領事、高良前総領事、福田現総領事、加藤副領事、尊生事業団ベレン支部前沢地支部長、現水野支部長、I.P.E.A.N.前場長 Jose Maria P. Conduru、現場長 Alfonso wisniewski、同研究所の Virgilio F. Libonati, Italo C. Falesi, Geraldo de Assis Gaimaraes, Joaquim Braga Bastos, Emmanuel de Soueacruz, Fernade C. Albuquerque, Lucio Salgad Vieira の各氏、その他多くの方々の御協力御配慮を頂いたことに更めて感謝の意を表します。

JICA LIBRARY



1025512[C3]

目 次

アマゾン地域に分布する主な土壌の理化学性と 粘土鉱物について

I 緒 言	3
II アマゾン地域の自然概況	3
III アマゾン地域に分布する主な土壌	23
A 黄色ラトゾル	45
B 赤黄色ラトゾル	52
C 少腐植質赤黄色ラトゾル	59
D 腐植質赤黄色ラトゾル	61
E 地下水型ラトゾル	67
F 赤黄色ポドゾル	72
G 構造的テハホーシャ	79
H グルムゾル	83
IV 考 察	86
アマゾン地域における耕地化にともなう土壌理化学性 の変化	
I 耕地化による土壌理化学性の変化	91
II 焼畑に関する考察	100
アマゾン地域における Pimenta Do Reino の生育と 養分吸収に関する研究	
I 土壌反応と Pimenta Do Reino の生育に関する研究	105
II Pimenta Do Reino の養分吸収について	114

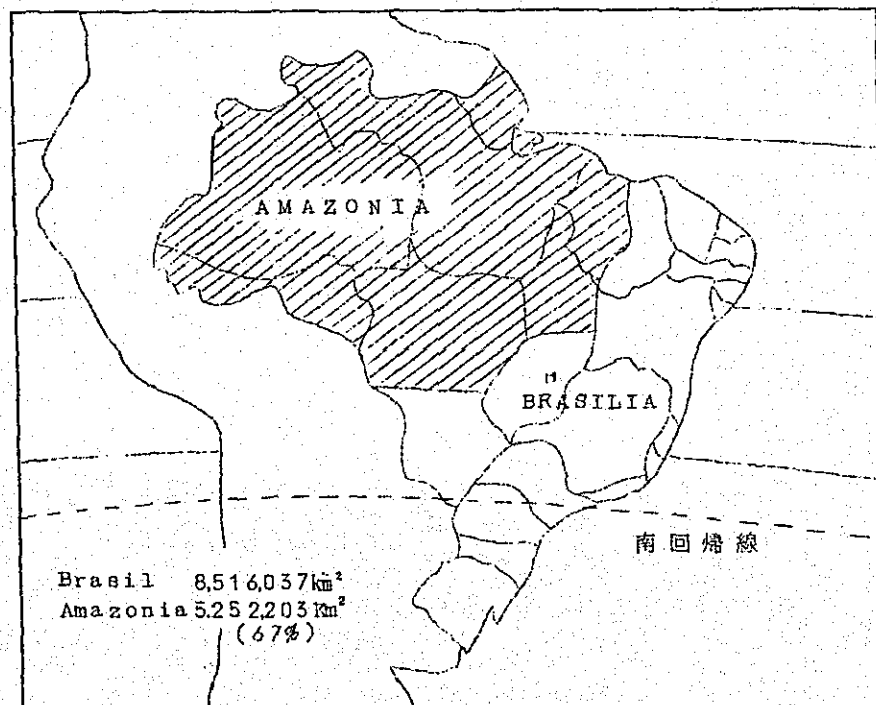
アマゾン地域に分布する主な土壌の理化学性と粘土鉱物について

I 緒 言

熱帯アマゾンに分布する土壌については農耕作の必要性、或は資源開発などの面から種々の研究がなされると共に、その環境要因である、気候、植生、地形、或は地質などについても色々な面からの調査研究が急速に行われつゝある。

今回は熱帯アマゾンに分布する主な数種の土壌についてその土壌生成過程を明らかにし、土壌生産力の維持増進のための基礎資料を得る目的で、それら土壌の理化学性、一次鉱物、生成粘土鉱物などについて検討した。

アマゾンの地域範囲については古くから種々論議され、Lucio Castro de Soares などのものがあるが、本研究では最近 Dr. Lúcio Salgado Vieira がその著書で示している別図のよ
うな区分にしたがった。



第 1 図 アマゾン地域概略図

II アマゾン地域の自然環境

土壌はその生成に関与する諸因子の綜合作用の所産であることは古くから知られてきたことである。

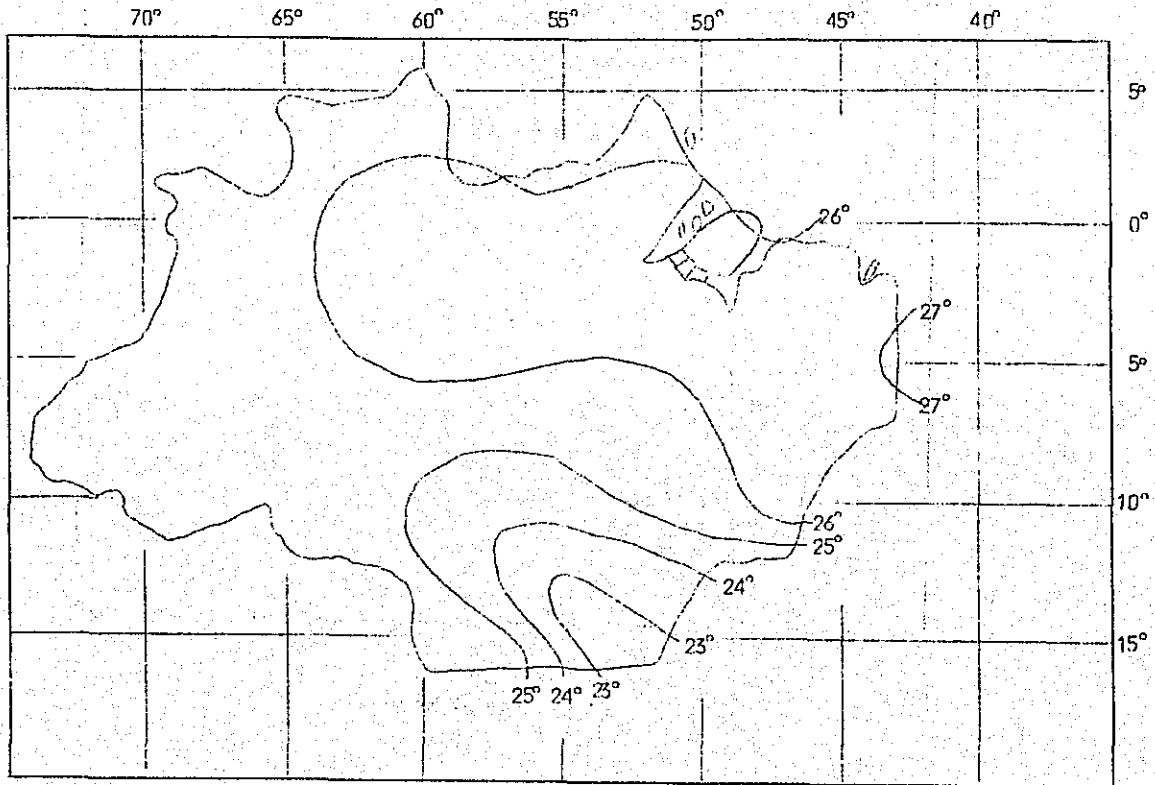
この土壌生成因子としては、母岩、気候、地形、植生、年代などの因子が考えられるが、実際にはこれら要因の個々の作用と云うよりはむしろ、これらのおかれている自然立地条件下における相互作用がより重要であり、これが解明が必要と考えられる。

1) 気 候

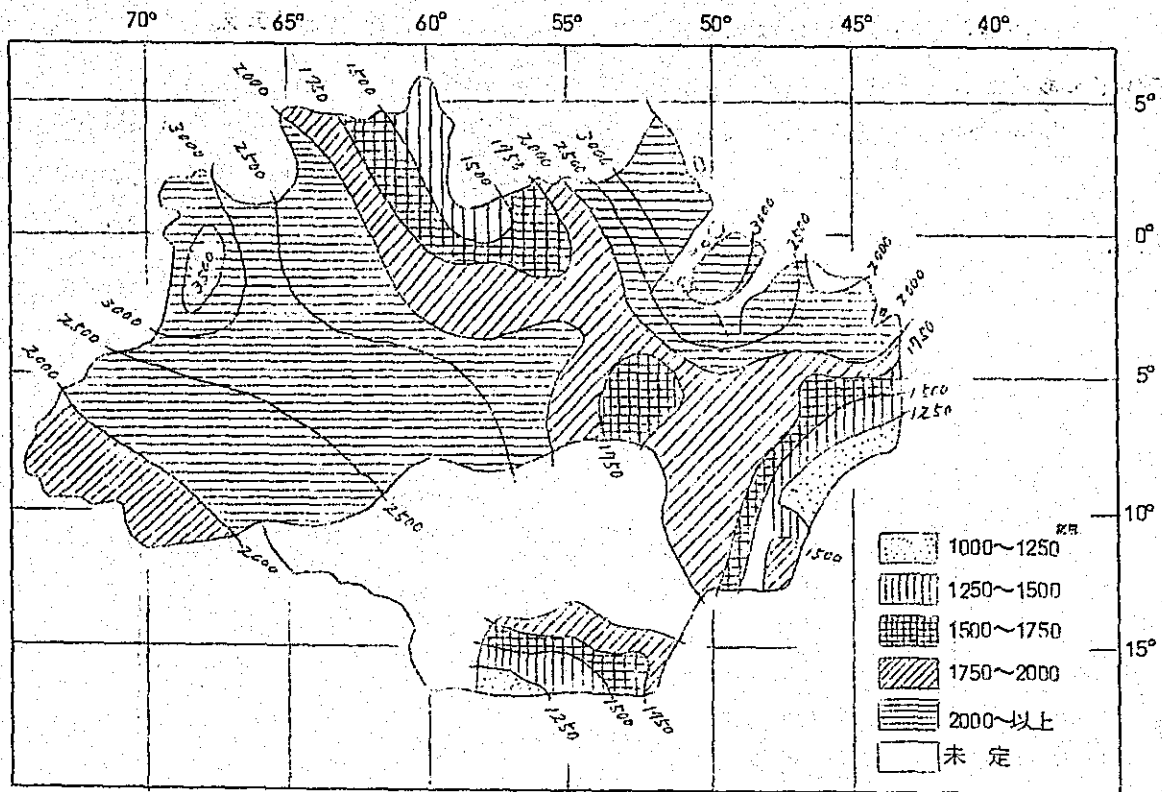
一般に土壤生成に関与する気候因子は、地形、或は植生などからみ合って土壤母材に働らくから気候要因のみによって生成土壤、その生成過程を推定することは当を得ていない。

気候要因の中、土壤生成に直接的影響を与えるものとしては降水量、気温、湿度、日照、蒸発量などがある。これらの気候要因と土壤型との関係を推定するために古くから色々の係数が試みられてきたが、それぞれ一長一短あり、この係数のみによって土壤生成過程を推定することは極めて難しいと考えられるが、このアマゾン地域については植物分布に対応するKöppenの分類が適用され気候区分されているのでこれらを中心にアマゾンの気候を述べることにする。

アマゾン地域の気候は一管にしていえば高温、多湿のしかも気温較差の少ない地域と要約されよう。このことについてアマゾン地域の年間等温曲線(第2図)、及び年間降雨量等値線図を示したのは次の図である(第3図)



第2図 アマゾンの等温度曲線



第3図 アマゾン地域の年間降雨量図

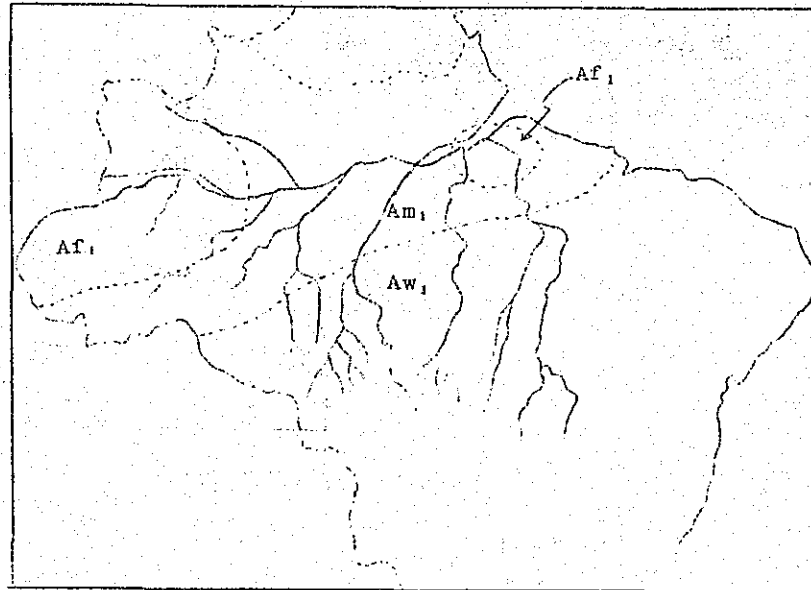
この図からアマゾン地域は $23^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$ の気温範囲にほとんどは抱括され、 27°C と云う高温地域はアマゾンでもマラニオン州西部の小域に見られるにすぎない。亦 23°C と云う低温地域はアマゾン南西に分布するのみで他のほとんどの地域は $24^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 附近にあるといえよう。また各月間の気温較差も乾期、雨期の存在により多少の違いはあるとしても最も暑い月と最も寒い月の平均気温の差は 2°C 以下と極めて少なく、常にほぼ一定の気温帯に含まれる。一方一日の気温較差は都市では少ないが、ベレン南部 125 軒に位置するトメアス移住地や、アマゾン中流モンテアレグレなどではその日較差が各月の較差に比べて大きく 5°C 近くある。

アマゾン地域はそれぞれ異ったより明瞭な、あるいは不明瞭な雨期および乾期をもっている。このため降雨量の年間分布は異なるが年間降雨量を見ると、最も雨量の多い地域で 3000mm 、最も少ない処で 1000mm の範囲にある。最多雨量地域はアマゾン東部ペルー国境附近と、マラジョー島の北、アマバ直轄領にかけての太平洋岸沿いに見られる。最も雨の少ない地域は中央ブラジル高地密りと、ギアナ国境に近いローライマ直轄領附近に見られ、他の地域はアンデス山脈とギアナ高地によってかこまれた気候壁によってさえぎられ、ほぼ海面と同じ低い水準をもった平野地域であり、降雨量はほぼ中程度である。

このようにアマゾン地域は年中同じような気温の多湿な気候下にあるが気温の日較差の大き

いこと、海洋から常時さわやかな風が吹き込んでくるので赤道直下とは云え非常にしのぎ易い気候下にあると云えよう。

さて Köppen の分類であるが、彼は種々の気候要因から植物界に対応する気候型を5つに分類している。この分類によるとアマゾン地域はすべてA型気候区に含まれる。このA型気候区は、最も気温の低い月でも18°C以上で、多量の降雨を有し、特徴ある熱帯降雨林に被われる地域である。



第4図 Köppenによるアマゾン地域の気候分類

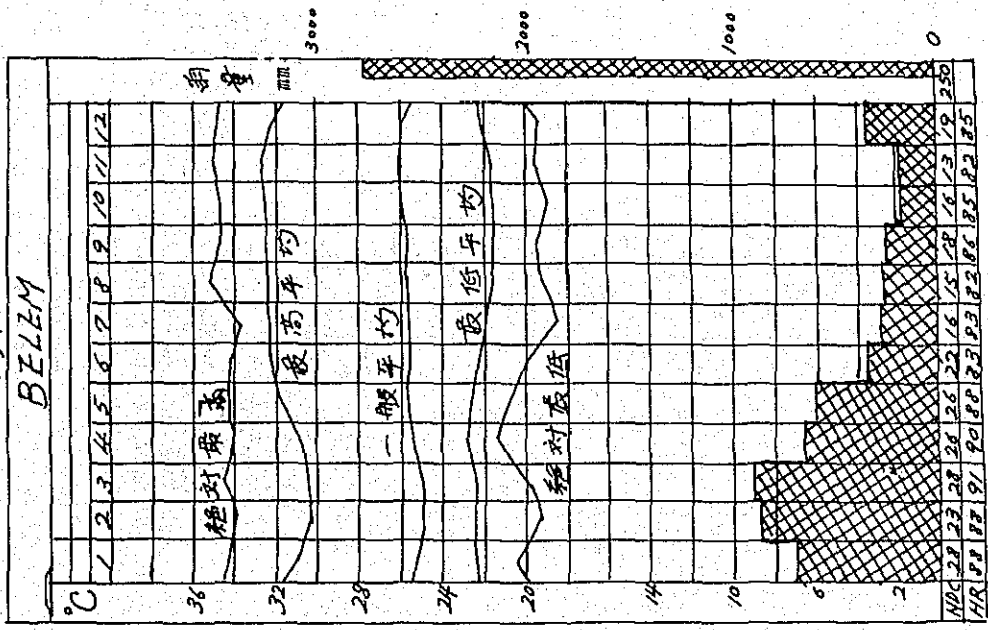
このA型気候区は更に次の三つの亜型に細分される。即ち年中多量の降雨があり明瞭な乾期をもたないAf型気候区と、植物の生育に影響する程の強い乾期をもつAw型気候区に分けられ、これらの中間に属するAm型気候区がある。

Af型気候区は明瞭な乾期をもたない、2,500~3,000mm以上の降雨量と80%以上の湿度を有し、1日の気温較差が5°C以下の気候区で、ペレンを中心とする約100km内外と、アマゾン上流ペルー国境近くでいづれも小面積見られる気候区である。この型に含まれるペレン近郊の月別の気候を示したのは第5、6図である。

Aw気候区は夏季に降雨を見、冬季は乾燥する明瞭な乾期を有し、乾期における月別の降雨量が60mm以下の月をもつ偏乾性気候区で、アマゾンでもポアピスタ、ポルトナショナルなど熱帯サバンナ地域が含まれる。(第7、8図)

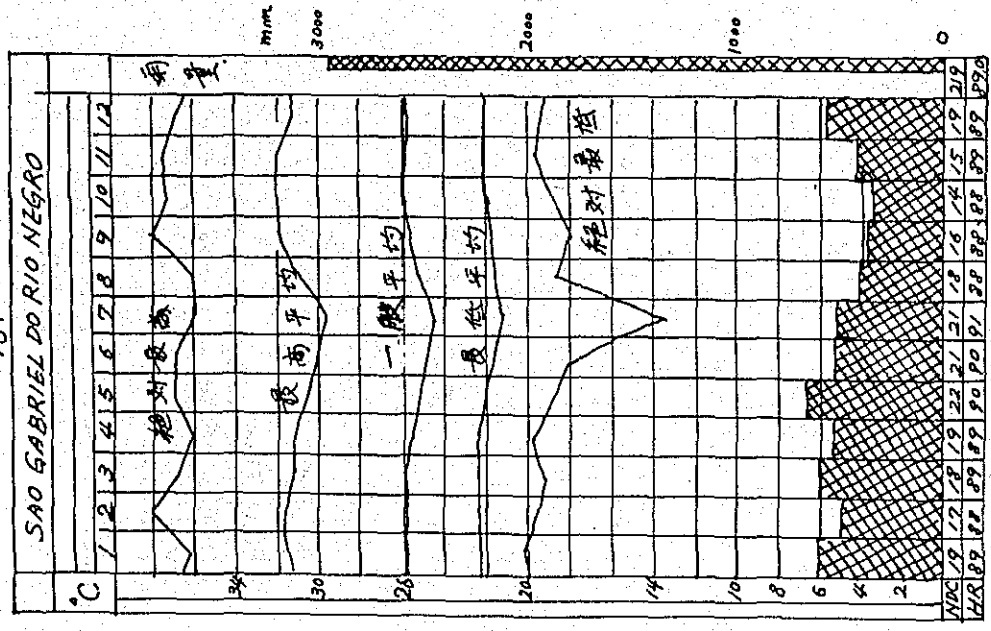
図に見られるように4月から11月迄は乾期で月降雨量は60mm以下か、年によっては全く降雨を見ない月があり、雨期に年降雨量の80%以上が集中して降る。この気候区に含まれるローライマ地域では貿易風がギアナ山系によってさえぎられ英領ギアナ側には多量の雨を降ら

Afi
BELEM



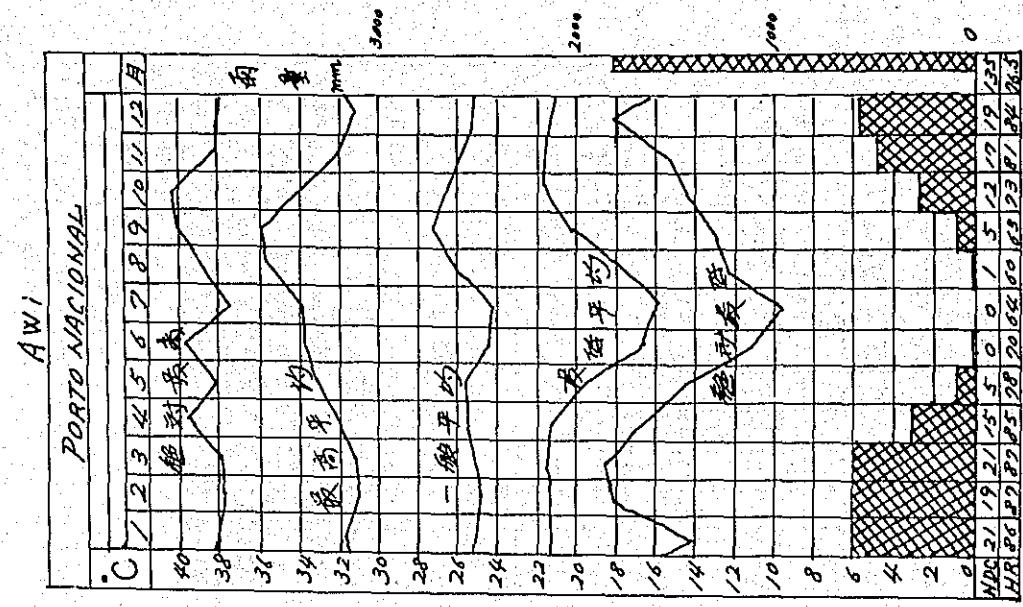
第5图 Belemにおける月別気温と雨量

Afi
SAO GABRIEL DO RIO NEGRO

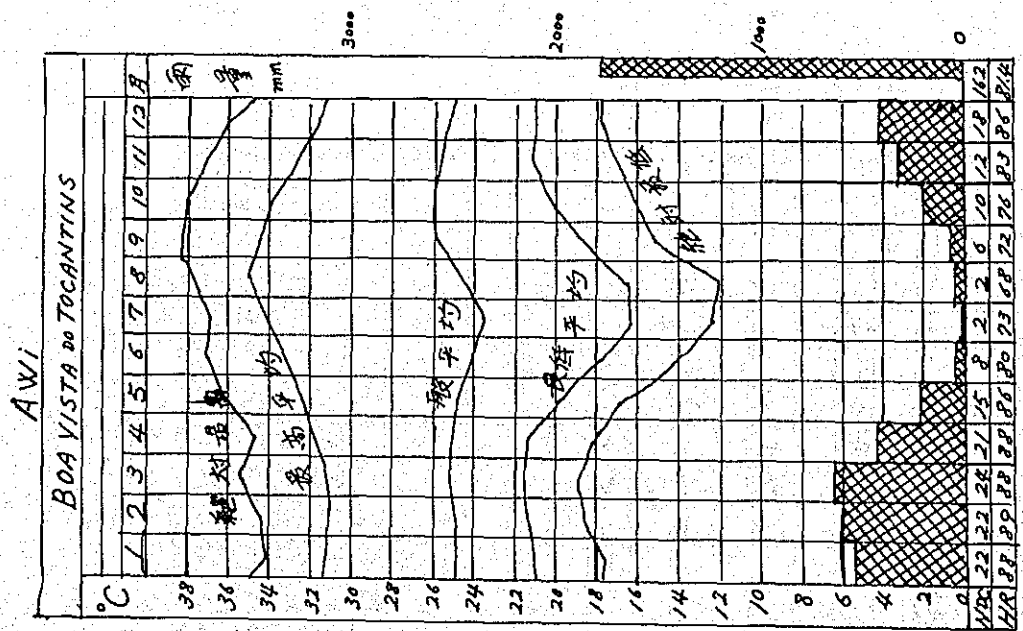


NDC = 降雪日数
HR = 均係温度

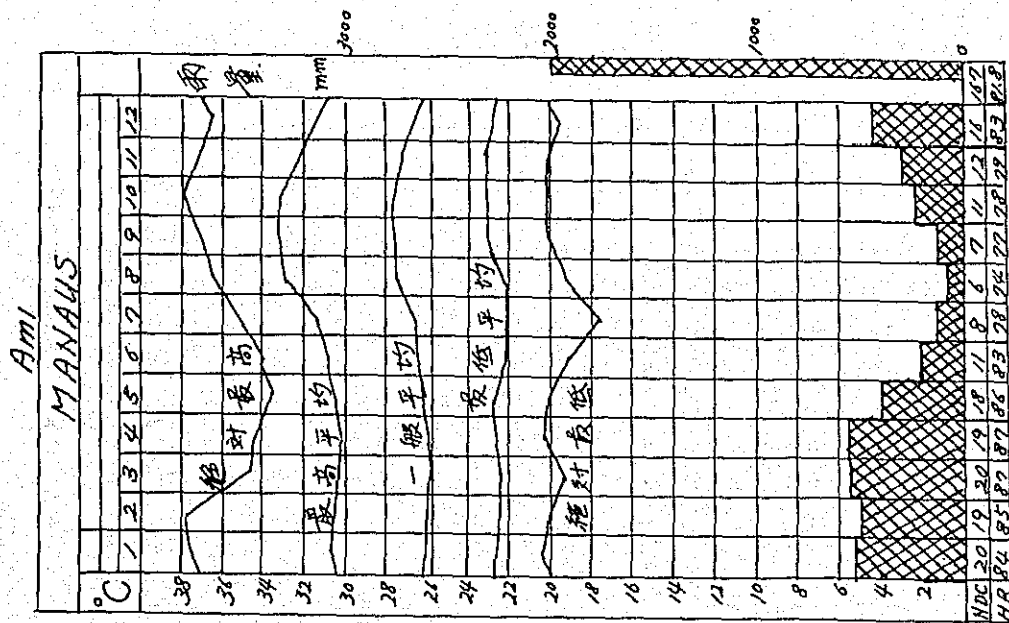
第6图 Sao Gabriel do Rio Negro
における月別気温と雨量



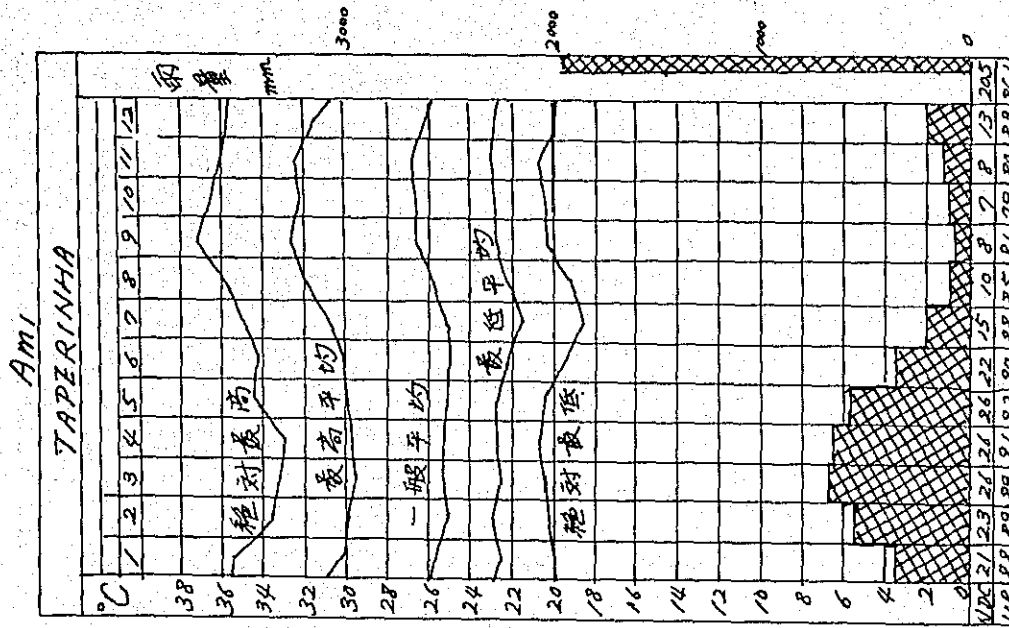
第 8 図 Porto Nacional における
月別気温と雨量



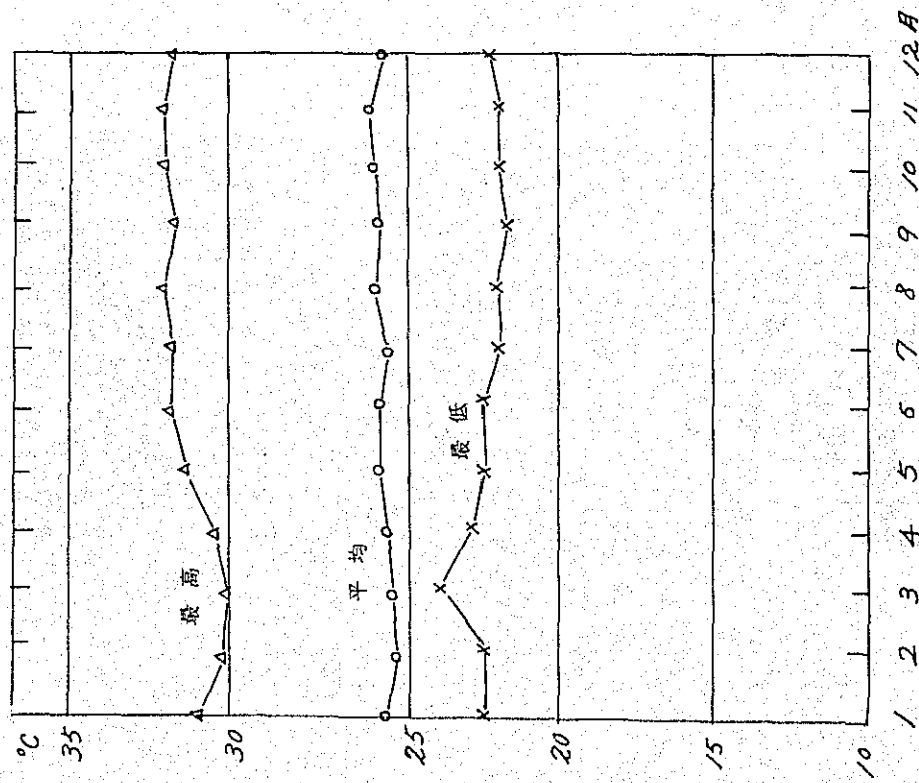
第 7 図 Boa Vista de Tocantins
における月別気温と雨量



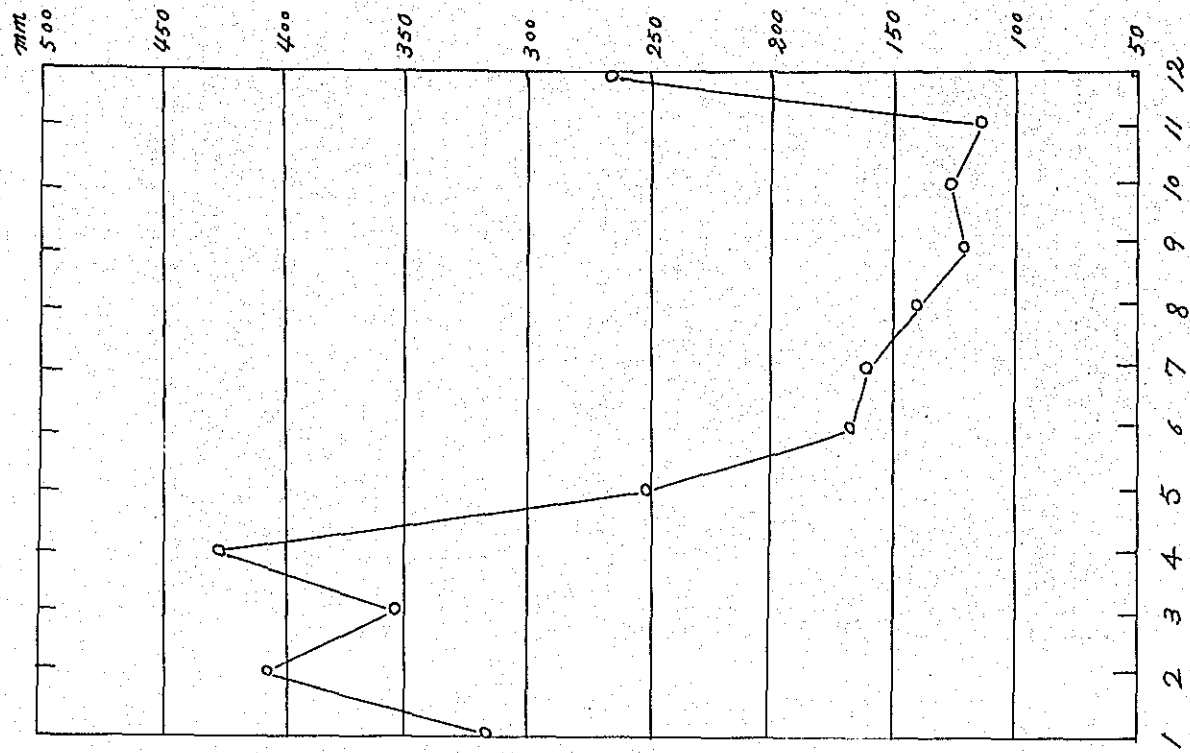
第9图 Manaus における月別気温と雨量



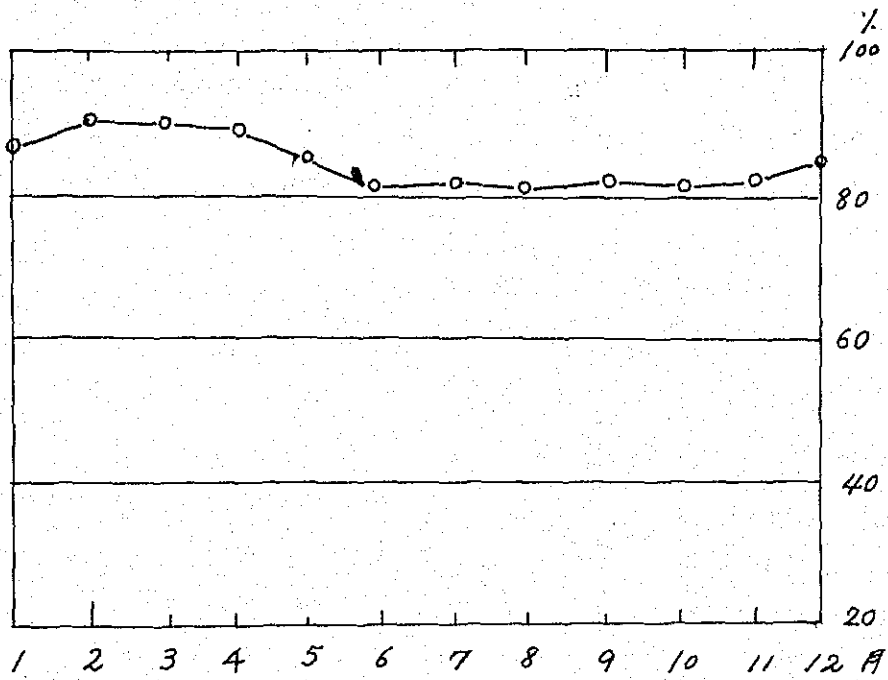
第10图 Taperinha における月別気温と雨量



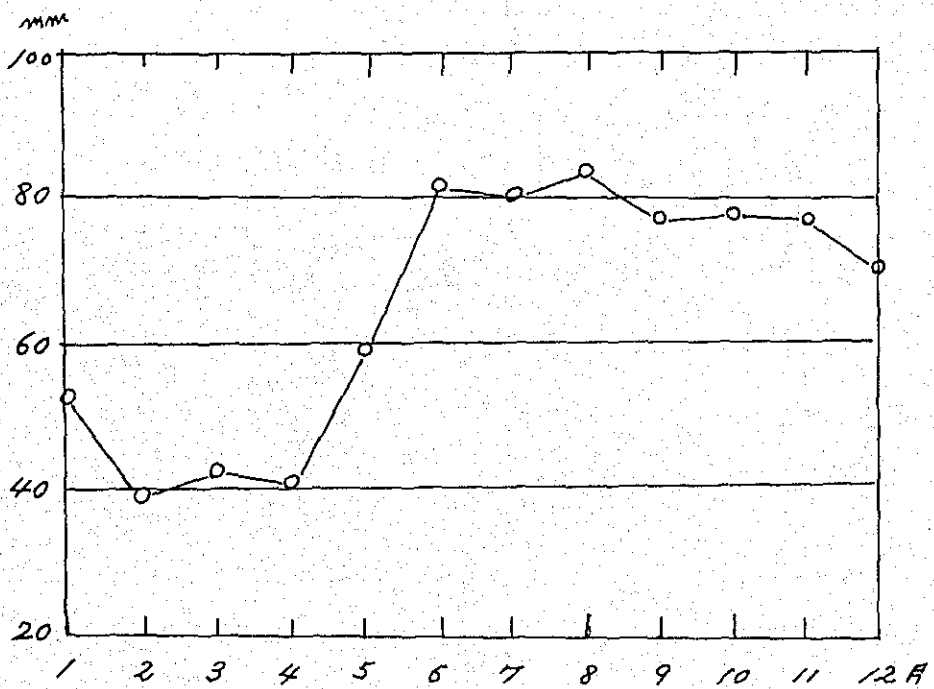
第11図 ペレリン附近の一般的な気温 (IPEAN)



第12図 ペレリン附近の一般的な雨量



第13図 ベレン附近の湿度 (IPEAN)



第14図 ベレン附近の蒸発量

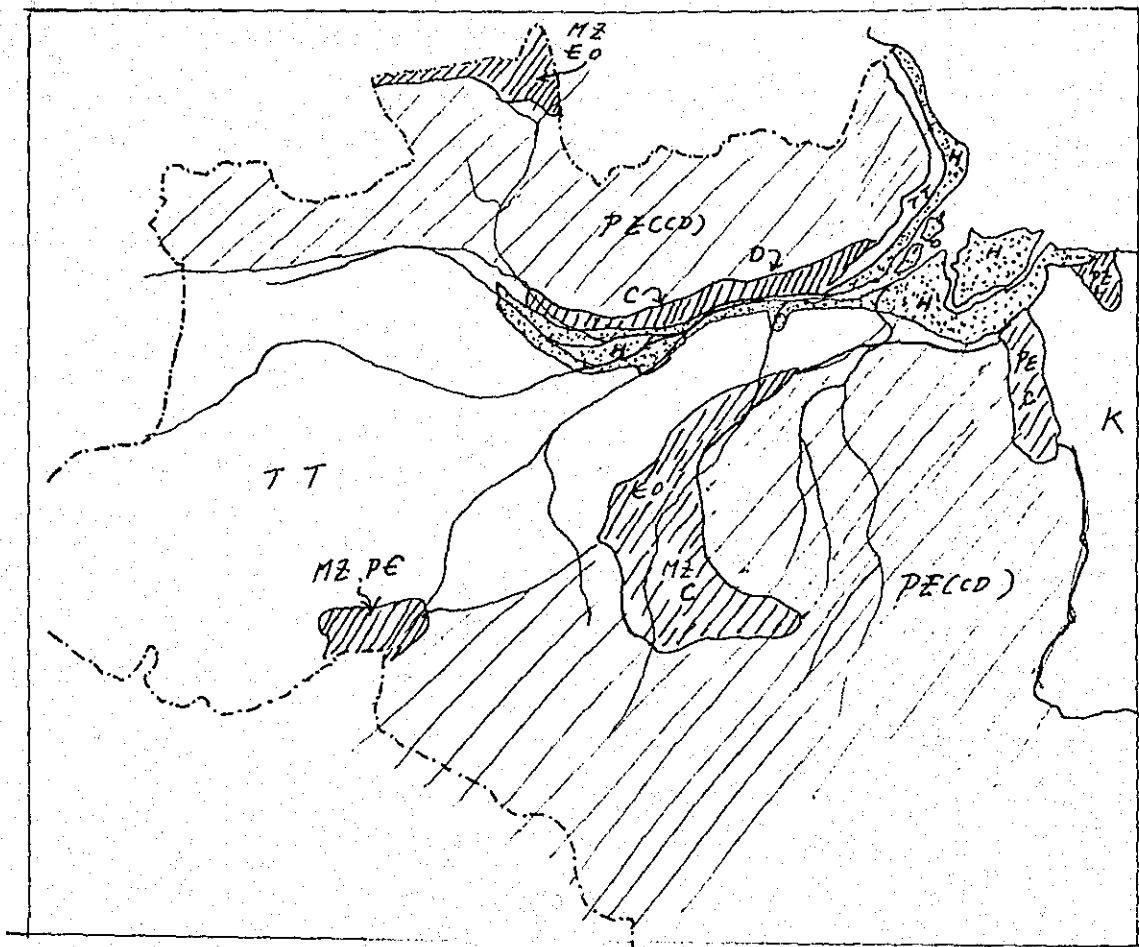
すがブラジル側には降雨は少なく年1,500mm内外であって、このためこの地域には大森林は育たない。この他アマゾン西部マラニオン州からセアラに続く一帯、ポルトベリヨ南西のゴヤス、マツグロンから中央ブラジルにかけての一帯、アマパ州の一部がこの気候区に含まれる。

A_m気候区はA_f型とA_w型気候区の間期の気候区で、やゝ短い乾期を有しているが熱帯森林の生育には障碍とならない十分な湿度を有するから大森林は生育する気候区である。この気候区は気温の上ではA_f型に、降雨量の面ではA_w型気候区に類似している。10月～12月頃から雨期が始まり6月頃から乾期が始まる。降雨量は2,000mm以上でアマゾン全域に分布する。この気候に属するマナオス、セナマドレイラの気候を示したのは次の図である。

(第9、10図)

このようなアマゾン地域の気候で共通することは大半がA_f、及びA_m型気候区で、雨期における集中的な降雨と、関係湿度が高く蒸発量の少ないことである。この環境が土壌中での水の運動を常に下降方向にとらせている。このA_f、A_m型気候の地域では土壌の脱水、酸化、更には高温の環境が風化、土壌化を早め、また土壌中の可溶性塩類の溶脱をうながし、土壌を酸性化させるものと考えられる。他方より乾期の明瞭なA_w気候区では雨期における多量の降雨は物質を下層に溶脱させるが、乾期における極度の乾燥は一部の移動物質を上方へ再移動させることも考えられる。しかし物質移動の中心としては下層への移動が主体をなしている。

以上アマゾン地域における土壌生成因子としての気候要因について考察してきたが、熱帯地方であることから地域はそのあり餘る程の光と熱、そして集中的な降雨、数ヶ月にわたる極度の乾燥は、それが強烈であればある程土壌への影響は大きいものと考えられる。



第15図 アマゾンの地質概略

MAPA GEOLOGICO DO BRASIL (1960)

- | | |
|----------------|----------------------|
| H: | HOLOCENO |
| T.T. | TERCIARIO |
| PE(CD) | PRE CAMBIANO |
| MZ | MESOZOICO INDIVISO |
| C ₁ | CARBONIFERO INFERIOR |
| D ₁ | DEVONIANO INFERIOR |
| EO | CAMBRO ORDOVICIANO |
| K | CRETACICO |

2) 地質、母材

アマゾン地域の地質は専ら資源開発の面から調査され、特に近時石油需要の急速な増大がこれらの調査に拍車をかけ、かなりの地域について解明されつゝある。

こゝではLouis de Loczy., Pedro do Moura., Lucio Salgado Vieira., 多田文男らの著書を中心にアマゾンの土壌母材としての地質を考察する。アマゾン地域は北にギアナ高地、南にブラジル中央高原を擁し、その間に広がる芒洋たる平原とからなっている。

この広大な平原は最も新らしい第四紀層からなるヴアルジャと、第三紀層からなるテラフィルメと呼ばれる地域とからなり、地域の両辺は北側のギアナ高地と南側のブラジル中央高原とからなっている。ギアナ高地、中央ブラジル高地は古い結晶質の岩石で構成されている。

アマゾン平野は古生代には太平洋に向って漏斗状に開いた巨大な湾をなしていたが、石炭紀に海が後退し中生代にはこの湾は陸地化し、川は恐らく水源を太西洋近くに発して発達しながら現在のアマゾン上流地域に厚い沖積地を形成しながら太平洋にそゝいでいた。そして中新世の終りにアンデス山脈の隆起運動が始まり、太平洋にそゝいでいた川はその出口を喪さがれ、アマゾン平野は滞水して淡水の湖となったが洪積世に水はその出口を東に見出して太西洋にそゝぐようになりかっの湖水は再び台地化し湖底堆積物である砂や粘土の堆積面の広々と拡がった所謂テラフィルメと呼ばれる現在の堆積平野を形成した。このためアマゾン平野は古くは海成堆積、新らしくは湖成堆積物からなっている。

アマゾンの地質はLouis de Loczy は次のように分けて考察することが適當であると述べている即ち、

第1表 アマゾン地溝上、中、下部地域の地質

沖積世	新らしい沈積物、ヴアルジャー、台地、泥、砂等
第四紀	Depositos recentes "várzea" terraços, lama, areia etc.
洪積世	テラフィルメ、古い台地(大陸沖積)
第三紀 後期	バレイラ累層(Formação barreiras)露出した砂岩、粘土質岩(大陸淡水) アルテルトシャウン累層(Formação altar do chao) 砂岩と粘土 (大陸湖成)
第三紀 前期	赤色殼(Folhelho vermelho)、マラジョー Graben(海成、半かん半淡) ボーリングによる
	不整合(Discordancia)
白亜紀 後期	マラジョー Graben 硬砂岩、殼(Folhelhos)、微砂、(半かん、半淡、海成) イタウジャリ累層(Formação itaujari)、モンテ地方の砂岩とれき岩

	(Conglomerados) 淡水陸成 Sucunduri 累層 多少のチャート、れき岩砂岩 (陸、淡水) ボーリングによる
	不整合
ジュラ紀及び 三疊紀	溶岩、玄武岩、閃緑岩、塩基性火成岩の貫入と流出
	不整合
石炭紀後期 (Pensilvaniano)	Eyaporitos 累層 (Novo Olinda 系) 砂岩 (海成) 塩、硬石膏 Itaituba 累層 暗色の化石を含む石灰岩 Monte alegre 累層 砂岩、少量のれき岩 (海成、三角洲)
	不整合
デボン紀後期	Erore 累層と砂岩 (海成)
デボン紀中期	Chrua 累層 黒色粘板岩、砂岩の貫入、局部的に厩青質 (海成)
デボン紀前期	Maccuru 累層 黒色粘板岩の貫入した、微顆粒、白色砂岩 (化石含) 海成
	不整合
シルリヤ紀 (ゴットラント紀)	Trombetas 累層 少量の砂岩と黒色粘板岩、殻 (化石有、海成)
	不整合
オールドビス紀 及 カプリア紀	Acari 累層 白雲石、固岩した Red Beds. (ボーリングによる) Uatuma 累層 石英と緻密な Arcosico 砂岩 (玄武岩質)
	不整合
前カンブリア紀	基盤、変成岩、雲斑岩 (Porfirod) 花崗岩、斑岩類

- アマゾン地溝上、中、下部地域
(Fossa Amazonica superior, media, E inferior)
パラ州、アマゾナス州などを含む
- ブラジル西部、アマゾン高原地域
(Area do Alto Amazonas no Brasil Ocidental)
アクレ、アマゾナス州の一部
- ボリビヤ北東アマゾン高原地域
(Area do Alto Amazonas no Nordeste da Bolivia) Caupolicán, Beni
川地方
- ペルー東部アマゾナス高地方
(Area do Alto Amazonas no Peru Oriental) Montana 地方
- エクアドルのアマゾナス高地方
(Area do Alto Amazonas no Ecuador)

6. コロンビア南東アマゾナス高地方

(Area do Alto Amazonas no sudeste da Colombia)

以上のように分割して考察すると、アマゾン地域は第一の“アマゾン地溝上、中、下部地域”にその殆んどが含まれる。

アマゾン地溝下部地域とはモンテアレグレよりアマゾン河口に到る最も低い地域を指している。アマゾン地溝中部とは西はマナオスから東はタバジョース河口に到る、アマゾン河及びその小支流の森林に被われた平地を含む。アマゾン地溝上部はマナオス西部からペルー、コロンビア国境に到る地域をさしている。

アマゾン地域を包括するアマゾン地溝上、中、下部地域の一連の地質構造は前述の表によって説明されている(表1)

これによるとアマゾン地溝の基盤は前カンブリア紀の結晶質の岩石からなり、その上を海成、湖成堆積物によって被覆されている。

結晶質の岩石は北にギアナの Escudo、南に Escudo brasileiro、において露出し、岩石は雲母岩、花崗岩、粒状閃緑岩、などによって構成されている。

オルドビス紀及び前カンブリア紀の岩石は典型的な玄武岩質で、恐らく前カンブリア紀に変成岩上に最初の海進によって生成されたものではないかと考えられている。

ウアトマン累層は細粒の有色粘板岩からなり、タバジョース、トカンチンス附近に見られる。デボン紀後期のメアクル累層は緩かな不整合をもってシルリヤ紀の上ののっている。

ローライマ地域は白亜紀のものとして推定され、輝緑岩の貫入によって影響され、多くは硬砂岩、粘板岩、礫岩などで構成されている。

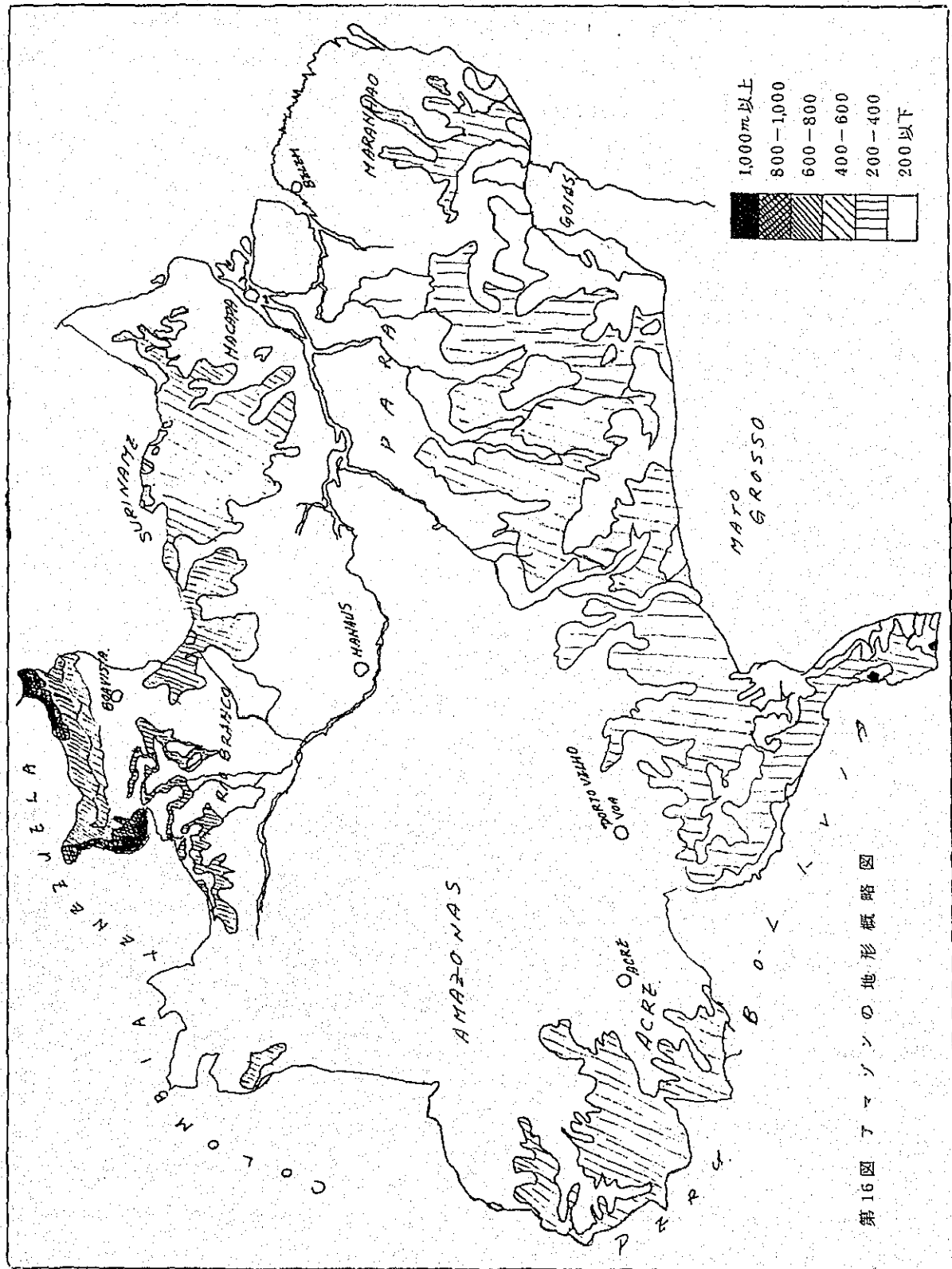
以上アマゾン地域の地質についてその概略を述べたが、実際に土壌生成に関与する表層地質は大きくはアマゾン平野部の新生代の地層と、ギアナ高地とアマゾン中央高地につながる結晶質の岩石を基盤とする古生層地域とで、土壌もこれらの地質を反映し肥沃度を異にしている。

3) 地 形

アマゾンの広大な地域は東西に流れ大西洋にそぐアマゾン河を中軸として、それにそぐ大小の支流などによって形成される浸水低地、湖沼などからなる地域と第三紀層或はこれより若い堆積層からなる緩やかな平野地域とからなっている。またアマゾン大河をはさむように南北に広がる中、古生層の結晶質の岩石からなる準平原とからなっている。この準平原は北面をトゥムクウムク山脈に、南西はマッドグロン内部につながる自然平野をなし、ブラジル中央高地へとつらなっている。

アマゾンの地形はアンデス山脈の隆起に關係してこの広大な地域は極めて平坦にして単調で、アマゾン河口から3000軒の内陸でもその高度は65米内外にすぎない。

しかしこれも仔細に観察するとその表層は低い段丘や階段状に配列された緩かな波状の地形



第16図アマゾンの地形概略図

からなっている。これを大きく、1.中央低地、2.ギアナ及びブラジル高地に区分している。

1) 中央低地、アマゾンの最も広い地域である。この地形はその生成にも関係し、海、湖成堆積の沈没堆積物からなり、地形的に起伏に乏しい地域である。

このアマゾン低地も完全に浸水する地域(ヴァルジャー)とこれに続くやゝ高い水準の浸水しないTeracos(テラファイルメとヴァルジャーの中間の高さ)があり、更にやゝ高い水準の不浸水平地、所謂Tecosがある。更にこれに続いて階段的に比較的排水の良いテラファイルメが位置する。

アマゾンにおける最も低い浸水平地は雨期における浸水地域でアマゾン河の最大河床の限界によって構成され、広大な面積を占めほぼ海の水準に近く、その地域の広大さ、大小の河川網の発達に世界最大のものであろう。

先にも述べたように地域の傾斜は極めて緩く、それを流れる河川も緩慢な流れによって流域を侵蝕し或は再堆積を繰返し乍ら"イガボ"、湖沼などをともない、所謂ヴァルジャー地域を形成している。

こゝでアマゾンにおけるヴァルジャー研究の権威であるDr. Rubens Rodrigues Lima、の著書からヴァルジャーの地形を多少考察を加え紹介する。

氏によるとヴァルジャーとは河川によって浸水する森林地域を呼び、この地形も更に高ヴァルジャーと低ヴァルジャーとに分けられる。亦これら河川の氾濫到達域外に位置する土地はテラファイルメと呼ばれる台地である。ヴァルジャーは更に森林の生育しない常時滞水している処を"イガボ"と呼んでいる。これらの地形的關係を見ると河川から内陸部に突き進むと先づ最初の地形は高ヴァルジャーがある。次いで低ヴァルジャー、イガボ、-テラファイルメと云った連続を示している。

高ヴァルジャーはほぼ満潮時に冠水するが、冠水時間は極めて短時間で最少降雨の月には完全に乾燥する地域であり、農耕作可能地域である。この地形に続いて低ヴァルジャーが位置する。この低ヴァルジャーはより浸水時間の長い地域であるが乾期にはほとんど乾燥する。この分布面積は広く、而も河川の堆積物からなるため、土壌物理性は重粘で悪いが極めて肥沃な地域である。

これに続いて位置するイガボは河川の侵入、テラファイルメからの滲透水などによって常時滞水する地域で、有機物の不完全分解による有機酸などの影響から停滞水も土壌も強い酸性を示している。これに続いて更に標高の高いテラファイルメの台地が位置する。この地域は標高20~30米の広大な地域で極めて単調な地形からなっている。

亦テラファイルメより稍低いがヴァルジャーよりやゝ高水準に(0~15米)の位置するTecosがある、これはアマゾン河口のマラジョー島、ブラガンサ浴線の一部に見られる地形である。また浸水平地でもアマバ州沿岸に分布するものとアマゾン大河のものとは趣を異にして

いる。

ギアナ高地はブラジル北部ギアナ国境沿いに分布する地域で地質的な差などからやや起伏に富む円味を帯びた地形からなり、高度は一般に南側の中央ブラジル高地より高い。亦この地域を流れる河川は地質などの影響から、川の最大、最小河床の差は少なくヴァルジャーの発達は見られず河岸は一般に切りたっている。

この北側の地形に対応して南側にブラジル高地がある。北側より高度はやや低くタバジョース川に沿ったサンマノエル附近でも180米内外である。この平原連綿はマツグロソ、ゴヤス州などの中央高地に続き、広大な草原となっている。

アマゾン地域は以上のような地形から構成されているが本実験に用いた土壌はほとんどテラファイルメに分布しているものである。地形は他の植生、気候などからみあって土壌生成に関与し、より微地形的な差が排水、土壌侵蝕などを通して間接的に植生、土壌生成作用に影響しているものと考えられる。

4) 植 生

アマゾン地域の植生は常緑熱帯降雨林 (Evergreen tropical rainforest) によって被われている。アマゾン森林は別名 "Hileia" の名によって呼ばれるが、これは Humboldt と Bonpland によって南米赤道地域の森林植生に対して与えられた語であるが、この語は他の研究者によってコンゴ、インド、インドシナなどの森林にも適用されている。この Hileia はブラジル 3500000 平方メートルを被い、森林学的にはラテックス生産のゴム類 (Hevea) の生育立地と一致している。この植生の他に椰子類、マングからなる地域、更に植生の貧弱なカンボセハーダ (Campocerrada)、カンピナス (Campinas) 及びカアチンガなどの地域が見られる。

常緑熱帯降雨林は年間降雨量 2000 ~ 3000 mm 以上の高温地域に分布する赤道森林で非常に多様な樹種、幾重にも重り合った樹冠、40 ~ 50 m もの樹高、また多くの寄生植物を混えた森林によって構成されている。

森林植生も前述の地形分類と対応し、ヴァルジャー森林、イガボ森林、テラファイルメ森林に分けられる。

テラファイルメ森林は高樹高植物であるカスタニエーラ (*Bertholletia excelsa*)、カウショ (*Castilleja arlhio*) などによって特徴づけられる。

このテラファイルメ森林も Dr. Paulo F. Sousa によると次のように細分される、即ち

A) ブラガンサ鉄道森林

これはアカプー (*Vouacapua americana*)、パウアマレーロ (*Eucalyptus paraensis*)、パウサント (*Zolernia paraensis*)、マサランドーバ (*Mimusops* sp.)、ジャラーナ (*Chytroma* sp.)、マタマタ (*Eschweilera* sp.) などの植物を主とする地域である。

B) パラ州東部の一般森林

東はグルビー川を境に、西はトカンチンス川とバラ州附近に到る森林地域である。

C) バラ州南部の一般林

タバジョーヌ川とトカンチンス川にはさまれた地域のカスタニエーラ (*Bertholletia excelsa*) とカウーンヨ (*Castellisarlho*) などの優勢な地域である。

D) 以上の森林にカンボなどをともなう森林、更にアマゾン河下流北方の高地林、アマゾン上流のテラフィルメ森林などに分けている。

テラフィルメ森林の中で高樹高の植物としてはムイラビニマ (*Broeium quianensis*)、アカブー (*Vouacapoua americana*)、タタジューバ (*Bagassa guianensis*)、ロウロ (*Ocotea* sp)、イタウーバ、アマレーラ (*Silvia itauba*)、マカウーバ (*Platiniscus durei*)、マルバ (*Simauba amara*)、アンジローバ (*Carapa guianensis*)、サブカイヤ (*Lecythis paraensis*)、などからなり樹高の高い樹種を主体にし、樹種が極めて豊富なことがテラフィルメ森林の特徴である。ヴァルジャ森林は時期的に冠水する地域に分布する森林で、概してテラフィルメ森林より樹高は低く、樹種は極めて変化に富んでいる。

この森林の特徴的な植物はゴム (*Hevea brasiliensis*) である。これはアマゾン下流からアクレ直轄領に至る大河の右岸地域に多く分布する。このゴム、或はパウムラート (*Colyco-phyllum spruceanum*) は40米内外でヴァルジャ森林中では樹高の高い種である。低樹高のものにはサビウン、ウロラ、コルデイア、インガ、レエエディア、トリブラリス、セクロピア、カンア、アルメリヤなどからなり更に低樹高のものとしてはルピアセアエ、ソロナセアエ、ミルタセアエ、椰子類、寄生植物などからなり、概してヴァルジャ森林はテラフィルメ森林より樹種において劣る。またアマゾン高地は低地より樹種は豊富である。一般にスマウーマ (*Eiba pentandra*)、カスタニヤ (*Bertholletia excelsa*) などの生育するテラフィルメの土壌は肥沃であると云われる。

イガボ森林はテラフィルメ森林に続く森林で *Colaphyllum brasiliensis*, *Maerolobium acacieforium*, *Nectandra amazonum*, *Piranhia trifoliolata*, *Triplaris surinamensis*, *Bombax aquaticum* などからなるが樹高は低い。

この他に浸水、潮水の影響する地域にはマンゲ林が分布する。マンゲ林はその純林からなるところと、マンガス (*Rhizophora mangle*)、シリウーバ (*Avicenia* sp) などの混合林からなる処とある。樹高は2m位と低く、広い処は1Km位の中に分布する。

また小面積であるが禾本科植物、雑草、灌木からなるカンボセハーダ、カンボスがある。カンボセハーダは一般にサバンナと呼ばれるものでリシエイラス (*Curatella americana*)、ムリシス、又はムルミス (*Byrsonia spicata*, *B. Verbascifolia*) 等から構成されている。この他に特殊植生地域としてカンボスリンボス、カアチンガなどが局部的に見られるにすぎない。またアマゾン地域の植生について、Dr. Pedro de Moura は、地形との対比から、浸水

平地林、デーラフイルメ森林、カンボの3種に区分した。更に氏は浸水平地林を海成沖積地森林、河成沖積地森林、ヴァルジャ森林の3型を設けた。海成沖積地森林はマンゲ (*Rhizophora racemosa*) シリウーバ (*Avitennia hitida*) を主とし、河成沖積地ではインバウーバ (*Cecropia paraensis*)、タジー (*Triplaris surinamensis*)、ムングーバ、(*Bombax munguba*)、椰子類の植生からなる。ヴァルジャー森林、即ち侵水平地林はアマゾン森林中で最も活気のある森林である。また Dr. Ducke と Dr. G. A. Black はアマゾン地域を植物型の上から次の5種に分類している。

- A. 大西洋区、大西洋岸沿いの海水の影響のある地域の植物型で、西はジャリ川、シングー川から東はマラニオン州のトリアス川に到る半鹹、半淡水下の土壌地域からなり、植生もマンゲの優占する地域で、マンゲヴェルメーリヨ、(*Rhizophora* sp)、マンゲブランコ (*Laguncularia racemosa*)、及びマンゲセリバ、シリウーバ、メリチー (*Mauritia fleuouosa*)、アサイ (*Euterpeolaceae*)、ジュパチー (*Raphia taedigera*)、ウブス (*Manicaria saccifera*)、アトウリア (*Machoeium lunalum*)、テニンガ (*Montrichardia arbarescens*) などの植生からなっている。
- B. 北東区、アマゾナスとエセキボ間の大西洋岸帯と西方はロンベタにわたる地域でカポンエス、カンボセハーダなどの混在によって特徴づけられる植物区である。
- C. 南東区、マラニオン州トリアス北西岸イタペルー流域などを含み、椰子科のババース (*Orbygnia martiana*)、カルナウーバ (*Copernicia cerifera*)、椰子叢林 (*Zonas dos socais*)、の混在する概して湿潤な地域の植物型である。
- D. 北区、豆科の *Casalpinioide* が見られる、ネグロ川溪谷の全域、西はジャブラー附近迄広がる植物区である。
- E. 南区、タバジョース川、マデイラ川 (南限以外)、ブルス溪谷及びテフエー川に沿った一帯の植物樹種の極めて豊富な植物区である。

以上アマゾンの植物相について概観してきたが、アマゾンのほとんどは Humberto がアマゾンヒレーと呼んだ常緑熱帯降雨林によってそのほとんどは占められている。

これら植生の繁茂はあり餘る光と熱、そして多量の降雨は高温多湿の環境を作り、植生の旺盛な繁茂は強烈な太陽光線の透過をさまたげるから森林下の土壌は常に湿潤状態にあり殊更に植物の生育を助長し、地球上で最も著るしく繁茂した森林を形成する。

この高温にして湿潤な気候は年 ha 当り 100~200 ton、やゝ明瞭な乾期のある地方で ha 当り 50 ton にも達する有機物を生産すると云われている。このような莫大な量の有機物の供給にかゝらず土壌中の腐植集積は極めて少ない。このように土壌に還元される有機物は速かに分解されて再び植物体に吸収利用される。この土壌-植物-土壌の一連の循環過程が極めて速かなことがこゝアマゾン地域の立地土壌の大きな特徴のように考えられる。

5) 年 代

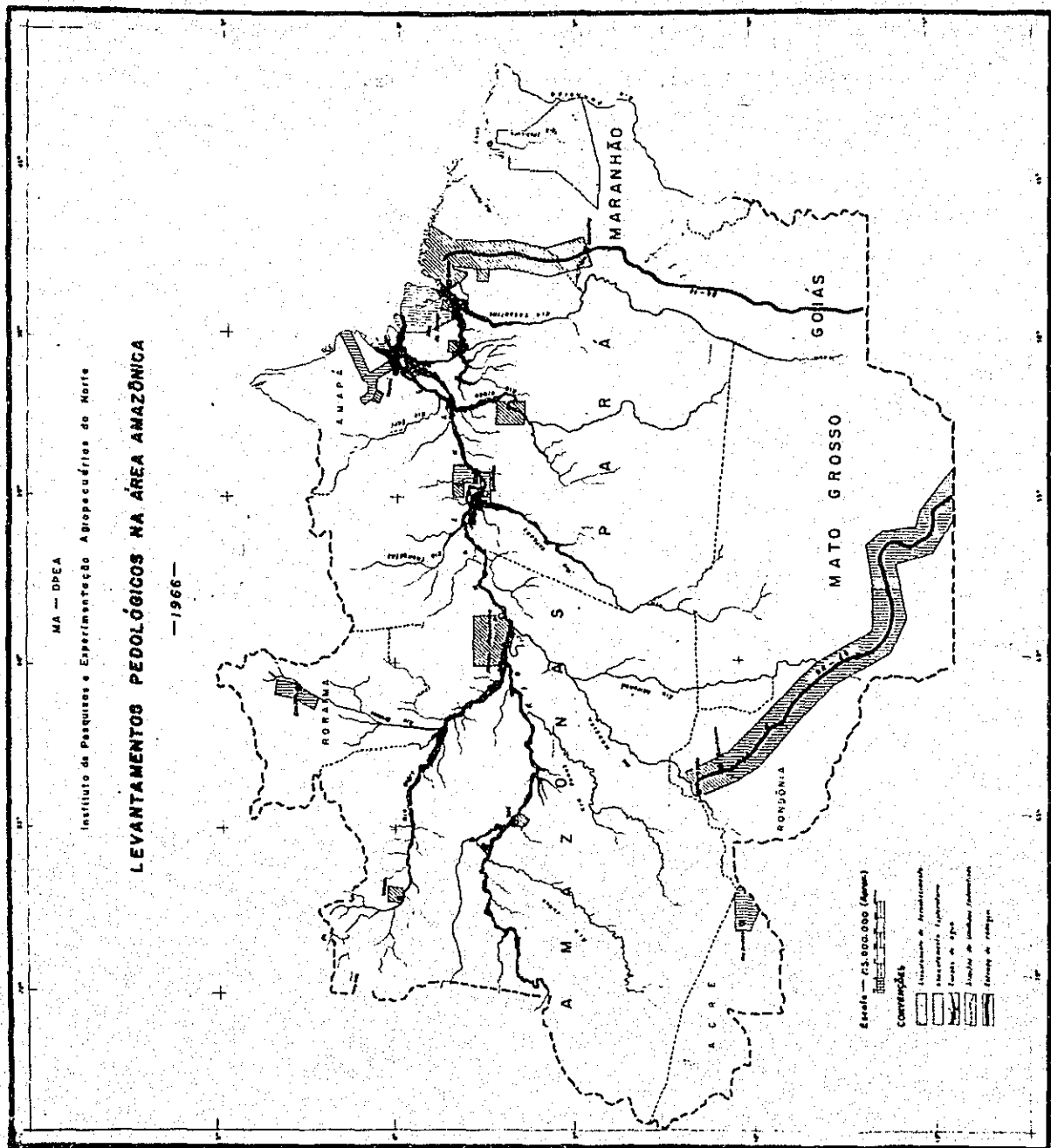
こゝに云う年代とは土壤に作用した風化作用、或は土壤生成作用の時間を意味し、こゝアマゾン地方のような高温にして多雨、乾、雨期の存在はその母岩或は土壤への作用は温帯地方のそれに比べて極めて強烈であり温帯の数倍、或は数十倍もの作用時間に相当するものと考えられる。

この実験に用ひた土壤は比較的新らしい第三紀層を母材としており年代的な土壤生成要因としての影響は少ないものと考えられる。

III アマゾン地方に分布する主な土壤

アマゾン地域に分布する土壤については、その地域の広大なこと、原始林におゝわれていること、調査人員が少数であることなどが障碍となって、これら地域の調査を遅くらせている。

現在迄調査された地域は図に見られるようにアマゾン全域の数多にも達しない面積である。このような制約から地域に分布する土壤の全貌を把握することは極めて難かしいが、IPEANにおける調査などから、ラトゾル土壤、ポドゾル土壤、テハホージャ、グルモソル、レゴゾルと沖積土壤からなるものと考えられる。



第18図 アマゾンの既土壤調査地域

1) 供試試料ならびに実験法

本実験に用いた土壌は、アマゾン地方に分布し、而もほとんどの典型的と考えられる下記13種の土壌の各層位別試料を用いた。

第2表 供 試 土 壌

1. Latosol amarelo, Textura leve.
(黄色ラトゾル、土性砂質)
2. Latosol amarelo, Textura media.
(黄色ラトゾル、土性、中)
3. Latosol amarelo textura muito pesado
(黄色ラトゾル、土性 重粘質)
4. Latosol vermelho amarelo
(赤黄色ラトゾル)
5. Laterita hidromorfica truncada
(地下水型ラトゾル)
6. Laterita hidromorfica arenosa
(砂質の地下水型ラトゾル)
7. Laterita hidromorfica imperfeitamente drenada
(排水不良地下水型ラトゾル)
8. Laterita hidromorfica normal
(一般的な地下水型ラトゾル)
9. Latosol vermelho amarelo, pouco húmico antropogênico,
(Terra mulata、少腐植質赤黄色ラトゾル)
10. Latosol vermelho amarelo, Húmico antropogênico,
(Terra preta do índio、腐植質赤黄色ラトゾル)
11. Grumosol
(グルモソル)
12. Terra roxa estruturada
(構 造 性 テ ハ ー ホ ー ジャ)
13. Podzólico vermelho amarelo
(赤黄色ポドゾル)

供試土壤の断面形態

Perfil: 1

Classificação: Latosol Amarelo, textura leve

Localização: Estrada Manaus-Itacoatiara (Amazonas), km 70, lado direito da estrada e a 60m da margem.

Vegetação: Mata primária, porte médio sub-bosque ralo e muita vegetação de "seedling".

Topografia: Plana no local e ondulada no geral

Altitude: Aproximadamente 15m acima da nível do igarapé

Drenagem: Boa

Material de origem: Sedimentos do Terciário-plioceno.

Camada O₁ - 9 - 7 cm constituída de fôlhas não decompostas

" O₂ - 7 - 0 cm constituída por raízes, material moio decomposto e areia.

A₁₁ - 0 - 5 cm bruno acinzentado muito escuro (10 XR 3/2); areia barrenta muito fraca, pequena e subangular; muito friável a solto; não plástico e não pegajoso; poucos canais; raízes finas e abundantes; plana e gradual.

A₁₂ - 5 - 38 cm bruno amarelo escuro (10 YR 4/4); areia barrenta muito fraca, pequena a subangular; muito friável a solto; não plástico e não pegajoso; muitas raízes; muitos pores; ondulada e gradual.

B₁ - 38 - 70 cm bruno acinzentado escuro (10 YR 4/2); barro arenosa leve; muito friável a solto; não plástico e pegajoso; raízes comuns; plana e gradual.

B₂₁ - 70 - 105 cm bruno amarelado (10 YR 5/5); barro arenosa; muito pouco coerente, maciça porosa que se desfaz em fraca; pequena a média, blocos subangulares; muito friável, não plástico e não pegajoso? poucas raízes; poros comuns e finos; plana e difusa.

B₂₂ - 105 - 130 cm bruno muito pálido (10 YR 7/4); barro arenosa; muito pouco coerente; maciça que se desfaz em muito fraca; pequena, média, subangular; muito friável, não plástica e não pegajosa; poucas raízes; poros comuns e finos plana e difusa.

B₃₁ - 23 - 280 cm amarelo (10 YR 7/6); barro arenosa pesada, pouco coerente que se desfaz em muito fraca, pequena, subangular, muito friável; não plástica e não pega; muito poucas raízes; poros comuns e finos.

Perfil - 2

Classificação: Latosol Amarelo, textura média.

Localização: km 7, Estrada Manaus-Itacoatiara (Amazonas), lado esquerdo, a 50 m da margem da estrada.

Vegetação: Plantio de cacau, sorva, cumarú, marí, bacaba, tucumã.

Drenagem: No local e no perfil é boa.

Relêvo: Ligeiramente ondulado.

Época do ano: Outubro - verão.

Época geológica: Terciário plioceno.

- A_p - 0 - 33 cm Bruno escuro (10 YR 3/3); areia barrenta; fraca, pequena granular, que se rompe em grãos simples; friável, não plástica e pegajosa; raízes finas, médias e muitas; poros e canais muitos; plana e difusa.
- A₃ - 35 - 58 cm Bruno amarelo escuro (10 YR 4/4); areia barrenta; fraca, pequena, granular e subangular que se rompe em grãos simples; ligeiramente duro, friável, não plástica e não pegajosa; raízes finas e comuns; poros e canais muitos; plana e difusa.
- B₁ - 58 - 87 cm Bruno amarelado escuro (10 YR 4/4); (mais amarelo que o A₃); barro arenosa; fraca, pequena, subangular que se rompe em grãos simples; ligeiramente duro, friável, não plástico e não pegajoso; raízes finas poucas; poros e canais muitos; plana e difusa.
- B₂₁ - 87 - 120 cm Amarelo brunado (10 YR 6/8); barro argila arenosa, fraca, pequena, subangular que se rompe em grãos simples; firme, não plástico e não pegajoso; raízes finas e poucas; poros e canais muitos; plana e difusa.
- B₂₂ - 120 - 150 cm Amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8); barro argila arenosa; fraca, pequena, subangular que se rompe em grãos simples; friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; raízes finas e raras; poros e canais muitos.

Perfil 3

Classificação: Latosol Amarelo, textura muito pesada

Localização: Estrada Mandus - Itacoatiara (Amazonas) km 29 -
Seringal Gilberto Mestrinho

Vegetação: Capoeira fina derrubada em 1960 e queimada

Relêvo: No local é plano, ondulado.

Drenagem: Boa

Época: Outubro

Material geológico: Sedimentos do plicedno

A_p - 0 - 8 cm Bruno (10 YR 5/3); argila pesada moderada; pequena subangular; firme, plástico, pegajoso; raízes finas e muitas; poros e canais muitos; plana e difusa.

A₃ - 8 - 30 cm amarelo (10 YR 8/8); argila pesada moderada, pequena subangular; firme, plástico, pegajoso; raízes finas e comuns, poros e canais muitos; plana e difusa.

B₂₁ - 30 - 70 cm amarelo (10 YR 8/8); argila pesada; moderada, pequena a média, subangular; firme, plástico e pegajoso; raízes finas e raras; poros e canais muitos; plana e difusa.

B₂₂ - 70 - 115 cm amarelo (10 YR 7/6); argila pesada; moderada, a estrutura é mais maciça porosa que se desfaz em grãos simples; firme e plástico e pegajoso; raízes finas e raras; poros e canais muitos; plana e difusa.

B₃ - 115 - 150 cm +; amarelo (10 YR 7/8); argila pesada; maciça porosa que se desfaz em moderada; pequena a média subangular; firme, plástico e pegajoso.

Perfil 4

Classificação: Latosol, Vermelho Amarelo
Localização: ERT- Belterra - Genipapo a 6,5 km (Baixo Amazonas)
Vegetação: Capoeira fina
Relôvo: Plano
Drenagem: Boa

Material originário: Sedimentos do Terciário

Altitude: 155 m acima do nível do mar

- A_p - 0 - 5 cm barro acinzentado muito escuro (10 YR 3/2); argila, leve, moderada pequena, subangular e angular; ligeiramente duro, friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes finas muitas; poros e canais muitos; atividade de organismos; presença de fragmentos de carvão; plana e gradual; pH 5,5.
- A₃ - 5 - 27 cm bruno (10 YR 5/3); argila; leve moderada, pequena, subangular e duro, ligeiramente firme, plástico e ligeiramente pegajoso; raízes finas muitas; poros e canais muitos ondulada e clara.
- B₁ - 27 - 45 cm amarelo avermelhado (7.5 YR 6/6. 6/8); argila moderada, pequena a média, subangular; duro, firme, plástico e pegajoso; raízes poucas e finas; poros e canais muitos; plana e difusa.
- B₂₁ - 45 - 93 cm amarelo avermelhado (7.5 YR 6/8); argila pelada; maciça compacta, rompendo-se em moderada, pequena a média, subangular; poros e canais muitos, raízes finas raras; plana e difusa; pontuações de material orgânico escuro em alguns lugares de antigas raízes.
- B₂₂ - 93 - 150 cm +; amarelo avermelhado (7.5 YR 7/7); argila pesada; maciça compacta rompendo-se em moderada; pequena a média subangular; duro, firme, plástico e pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas quase ausentes. Horizonte muito compacto quando seco.

Perfil 5

Classificação: Laterita Hidromórfica
Localização: Estado do Maranhão - km 24 Estrada Itapecurú Var-
gem grande MA-23 lado direito, município de Itape-
curú Mearim.
Vegetação: Campo cerrado
Relêvo: Plano com ondulações suaves
Material originário: Sedimentos do Cretáceo

- A_p - 0 - 8 cm bruno escuro (10 YR 3/3); barro argiloso; con-
creções pisolíticas 80%; raízes finas comuns; pla-
na e difusa.
- A₂ - 8 - 23 cm bruno amarelado (10 YR 5/4); concreções pisolí-
ticas 80%; raízes finas comuns; plana e difusa.
- B₁ - 23 - 60 cm amarelo (10 YR 7/6) com mosqueados comuns, pe-
quenos e distintos vermelhos (2.5 YR 4/8) abundân-
cia de concreções lateríticas; ondulada e clara.
- B₂ - 60 - 100 cm cinza claro (10 YR 7/1) com mosqueados comuns,
médios e proeminentes; vermelho escuro (2.5 YR
3/6)? argila forte, grande colunar (quando sêco),
poros muito finos e poucos; raízes finas raras;
plana e difusa.
- B₃ - 100 - 130 cm cinza claro (10 YR 7/1) com mosqueados forte,
grandes e proeminentes; argila forte, grande, co-
lunar (sêco), maciça (quando molhada).
- C - 130 - 160 cm bruno amarelado (10 YR 3/6) e bruno forte (7.5
YR 5/6) argila; fragmentos de muscovita; compacto.

Perfil 6

Classificação: Laterita Hidromórfica, fase arenosa
Localização: Estrada
Vegetação: Bahacú
Relêvo: Plano a ligeiramente ondulado
Drenagem: Impedida, devido a compactação a 1.20m
Formação geológica: Cretáceo
Material originário: Sedimentos do Cretáceo
Época do ano: Dezembro de 1964

A₁ - 0 - 8 cm cinza escuro (10 YR 3/1); areia solta, sem estrutura, não plástico não pegajoso; raízes finas comuns, ondulada e clara.

A₂ - 8 - 116 cm cinza leve (10 YR 7/2); areia (lavada), sem estrutura, horizonte quando seco apresentando ligeiramente duro, raízes médias de babaçú bem distribuídas; ondulada e clara.

B_n - 116 - 150 cm +; cinza brunado claro (10 YR 6/12)-(fundo), vermelho amarelado (5 YR 5/8), comuns, médio proeminentes, barro arenoso pesado.

Perfil 7

Classificação: Laterita Hidromórfica, inperfeitamente drenada

Localização: BR-29 à 500 m do rio Jamary, em São Pedro, à 30m da margem direita. T.F. Rondônia

Vegetação: Área desmatada, ocupada com pastagem ocorrendo também palmeiras e ingá.

Relêvo: Plano

- A_p - 0 - 5 cm cinzento escuro (10 YR 4/1, úmido); mascarado com a cor bruno pálido (10 YR 6/3) úmido com uma camada escurecida de matéria orgânica; argila leve com sensação sedosa, devida à matéria orgânica; moderada pequena subangular; firme, plástico e pegajoso; poros poucos e canais comuns; raízes finas muitas; transição plana e clara; pH 4.5.
- A₂ - 5 - 36 cm bruno amarelado claro (2.5 YR 6/4, úmido); com mosqueado comum pequeno e distinto bruno forte (7.5 YR 5/6, úmido); argila; moderada média a pequena, subangular; cerosidade comum e fraca; firme plástico e pegajoso; poros comuns e canais muitos; raízes finas comuns; transição ondulada e clara; pH 4.5.
- B₁.p₁ - 36 - 65 cm amarelo pálido (2.5 Y 7/4, úmido); com printhite muito médio e distinto vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido); argila; fraca, pequena a média, subangular rompendo-se em grãos simples; cerosidade abundante e forte; friável, plástico e pegajoso; poros e canais comuns; transição plana e clara; pH 4.5.
- B₂₁p₁ - 65 - 94 cm bruno avormelhado claro (5 YR 6/3, úmido); com plinthite muito; médio à grande e proeminente de cor vermelha (2.5 YR 4/8, úmido); argila; moderada média a pequena subangular; cerosidade abundante e forte; firme, plástico e pegajoso; poros e canais poucos, raízes finas poucas a comuns; transição plana e gradual.

B_{22p1}- 94 - 130 cm bruno avermelhado claro (2.5 YR 6/4, úmido):
com plinthite muito, grande e proeminente verme-
lho amarelado (2.5 YR 4/8), e amarelo oliváceo
(2.5 Y 6/6, úmido); argila; moderada, média a ps-
quena, subangular; cerosidade abundante e forte;
firme, plástico e pegajoso; poros poucos e canais
comuns; raízes finas poucas; pH 4.5.

Perfil 8

Classificação: Laterita Hidromórfica, imperfeitamente drenada.

Localização: BR-29 km 60 a 20 m da margem esquerda da rodovia
(Pôrto velho - T.F. Rondônia).

Vegetação: Capoeira de imbaúba, jurubeba e lacre.

Relêvo: No local plano

Drenagem: Imperfeitamente drenado

Material originário: Sedimentos do terciário

- A₁ - 0 - 6 cm, cinza escuro (10 YR 4/1, úmido); argila arenosa; moderada, pequena a média subangular; firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas comuns e médias; transição plana e clara; pH 4.5.
- A₂ - 6 - 29 cm, cinza claro (2.5 YR 7/2, úmido); com mosqueado pouco e fraco de cor branca (2.5 Y 8/2); argila moderada média a pequena subangular; corosidade comum o fraca; firme, plástico e ligeiramente pegajoso; poros e canais comuns; raízes médias e finas comuns; transição plana e difusa; pH 4.5.
- B₂₁ - 29 - 50 cm, cinza claro (2.5 Y 7/2, úmido) argila moderada poquena a módia subangular e pequena granular; cerosidade comum e pouca; firme, plástico e ligeiramente pegajoso; poros comuns e canais muitos; raízes finas poucas; transição plana e gradual; pH 4.5.
- B₂₂ - 50 - 93 cm, cinza claro (10 YR 7/2, úmido); com mosqueado pouco e distinto, de cor amarelo (2.5 Y 7/8); argila; moderada, pequena a média, subangular e pequena granular; firme, plástico e ligeiramente pegajoso; poros e canais comuns; raízes finas e médias poucas; transição plana e clara; pH 4.5.
- B₃P1 - 93 - 130 cm +; cinza clara (5 Y 7/2, úmido); com plinthite comum e distinto de cor amarelo (2.5 Y 7/8) comum e proeminente de cor vermelho amarelado (5 YR 5/8); argila; forte; pepuena e média subangular e pequena granular muito firme, plástico e ligeiramente pegajoso; canais poucos; raízes finas raras; pH 4.5.

Perfil 9

Classificação: Latosol Vermelho Amarelo (Terra Mulata).

Localização: ERT - Belterra (Baixo Amazonas) - Quadra 37 entre as estradas 2 e 4.

Vegetação: Capoeira e plantação de seringueiras

Relêvo: Chapada do Baixo Amazonas.

Drenagem: Boa

Material originário: Sedimentos do terciário

Altitude: 150m acima do nível do mar

O₁ - 2 cm, formado de folhas sôcas.

O₂ - 2 cm, material vegetal decomposto.

A₁₁ - 0 - 10 cm, prêto (5 YR 2/1); argila leve; moderada, pequena, subangular e angular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas muitas; plana e difusa, capacidade 17 mm.

A₁₂ - 10 - 23 cm, bruno escuro avermelhado (5 YR 2/2); argila leve fraca a moderada, pequena, subangular e angular em grãos simples; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas comuns; atividade de organismos; plana e difusa; capacidade 23mm.

A₃/B₁ - 23 - 44 cm, bruno escuro avermelhado (5 YR 3/3); argila; fraca, pequena, subangular rompendo-se em grãos simples; muito duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; poros e canais comuns a muitos; raízes finas e médias; poucas a comuns; plana e difusa; capacidade 25 mm.

B₁ - 44 - 70 cm, bruno avermelhado (5 YR 4/4); argila fraca, pequena subangular, rompendo-se em grãos simples; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas poucas, médias e grandes raras; plana e difusa; capacidade 28 mm.

B₂₁ - 70 - 100 cm, bruno avermelhado (5 YR 4/4); argila; fraca e moderada, pequena subangular e angular em grãos simples; duro, friável, plástico e pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas poucas; plana e difusa; atividade de organismos pela presença de Krotovinas; compacidade 29 mm.

B₂₂ - 100 - 150 cm, vermelho amarelado (5 YR 4/8); argila, fraca a moderada, pequena subangular e angular, rompendo-se em grãos simples; (duro), friável, plástico e pegajoso; poros e canais muitos; raízes fracas poucas, médias e grandes; raras atividades biológicas denunciadas pelas Krotovinas; compacidade 28 mm.

Perfil 10

Classificação: Latosol Vermelho Amarelo Húmico (T. P. do Índio).
Localização: C, B, A Campo do D.P.A. - Município de Santarém (Pa)
Vegetação: Fruteiras (abacate, cacau, etc).
Relêvo: Plano
Drenagem: Boa
Material originário: Sedimentos do terciário.
Altitude: 180 m do nível do mar.

- M₁ - 0 - 16 cm, preto (5 YR 2/1); argila leve; fraca, pequena subangular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas muitas; médias poucas; ondulada e clara, ocorrência de fragmentos de cerâmica; pH 6.5.
- A₃ - 16 - 34 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/2); argila leve; moderada, pequena a média subangular; duro friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas comuns; ondulada e gradual.
- B₁ - 34 - 61 cm, cinza avermelhado escuro (5 YR 4/2); com muita mistura de M.O descida do A, argila leve; moderada, média subangular; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas raras; plana e difusa.
- B₂₁ - 61 - 95 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/6); argila; moderada, pequena a média, subangular rompendo-se em grãos simples; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas raras; plana e difusa; ocorrência de pequenas áreas de M.O descida do A.
- B₂₂ - 95 - 143 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/8); argila; maciça porosa rompendo-se em moderada pequena e média, subangular rompendo-se em grãos simples; ligeiramente duro, muito friável; plástico e pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas quase ausentes; pH 6.0. Há ocorrência de grandes Krotovinas no horizonte B₂₁ e B₂₂ envolvidas por terra dêsse horizonte.

Perfil 11

Classificação: Grumosol

Vegetação: Gramíneas, palmeiras e urucurí.

Localização: Estrada de Santa Helena, município de Monte Alegre, direção N.E km 4.

Relêvo: Fundo de vale inclinado; o macro relêvo é montanhoso imperfeitamente drenado.

Drenagem: Imperfeitamente drenado.

Material originário: Calcáreo.

Altitude: 45 m do nível do mar.

A₁₁ - 0 - 4 cm prêto (10 YR 2/1); argila; forte, pequena a média angular (em gramas); duro, plástico e pegajoso; raízes finas e muitas; fendilhamentos; poros médios e finos, comuns; plana e difusa; pH 6,2.

A₁₂ - 4 - 16 cm, prêto (10 YR 2/1); argila; moderada e forte, pequena e média, subangular, duro, plástico e pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas muitas; plana e difusa; pH 6,3.

A₃ - 16 - 43 cm, prêto (10 YR 2/1); argila; maciça, rompendo-se em pequena e média, prismas e colunas; plástico e pegajoso, pegajoso, presença abundante de chumbinhos de caça, raízes comuns e finas; poros finos e poucos; presença de material laterítico proeminente de torrões fortes; plana e difusa; pH 5,8.

A₃₂ - 43 - 67 cm, bruno asinzentado muito escuro (2.5 Y 3/2); argila maciça compacta, formando paralelepípedos; muito duro e muito firme, plástico e pegajoso; cerosidade e ocorrência notável de Slickensides, presença de concreções de chumbinhos de caça, muitas raízes finas e comuns; poucos poros, ocorrência de folhêlhos elíticos transportados ondulada e clara; pH 6,5,

C₁Ca- 67 - 90 cm, bruno acinzentado escuro, bruno oliva (2.5 YR 4/2)(2.5 Y 4/4); massivo, compacto; duro, muito firme, ligeiramente plástico, não pegajoso; abundância de concreções de cálcio endurecidas; Slickensides; poros e canais muitos; raízes finas e poucas; plana e difusa; pH 8,0.

C₂Ca- 90 - 120 cm, bruno claro (2.5 Y 5/6); aspecto de ração balanceada; ocorrência de concreções de Ca endurecidas; pH 8.5.

Observações: - Fendilamentos vão até o horizonte A. Observam-se fendilamentos na superfície do solo e gilgais pe-

Perfil 13

Classificação: Solonetz
Localização: Campo Agrícola - município de Alenquer (Pa)
Vegetação: Gramíneas e capoeira fina
Relêvo: Ligeiramente inclinado

Drenagem: Imperfeita

Material originário: Sedimentos do terciário

- Presença no perfil de folhêlo. Na parte inferior do perfil presença em grande quantidade de uns cristais esbranquiçados e manchas de acúmulo de CO_3Ca .
- A_p - 0 - 3 cm, bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2); argila; moderada, pequena, subangular; firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; poros de difícil diferenciação por ser o horizonte muito raso; raízes finas e muitas. O mosqueamento é no lugar de penetração das raízes; gradual e ondulado.
- A₂ - 3 - 20 cm, cinzento (10 YR 4/1); com mosqueados pequenos, forte e proeminente 4/6; argila pesada, massiva que se desfaz em moderada forte, média, subangular; muito duro, firme; plástico e pegajoso; poros e canais comuns; raízes finas e poucas; plana e difusa.
- B₂₁ - 20 - 40 cm, bruno acinzentado (10 YR 4/2); com tendência à formação de prisma; muito duro, firme, plástico, pegajoso; muitos chumbinhos de caça e concreções lateríticas, blocos de quartzo ralado; poros e canais poucos; raízes finas raras; plana e difusa.
- B₂₂ - 40 - 63 cm, bruno acinzentado (2.5 Y 5/2); com mosqueados pequenos, fraco, pouco abundante; amarelo brunado (10 YR 6/8); argila pesada; forte, grande, prismática e colunar; a consistência é massiva; muito duro, firme, plástico e pegajoso; cerosidade fraca e comum; Slickensides fracos; poros e canais poucos; raízes finas poucas; ondulada e gradual.

- B₂₃ - 63 - 73 cm, cinza brunado claro (2.5 Y 6/2); com mosqueados pequenos, pouco abundantes, fraco; amarelo brunado (10 YR 6/8) e pouco abundantes, pequeno e distinto; bruno forte (7.5 YR 5/6); argila; massiva, muito firme, muito duro, plástico e pegajoso; presença de um folhêlo argiloso em decomposição; presença de manchas de Mn; ondulada e clara.
- C₁ - 73 - 113 cm, cinza brunado claro (2.5 Y 6/2); com mosqueados muito grandes, distintos; bruno acinzentado (10 YR 5/8); argila pesada; massiva, firme, plástico e pegajoso; cerosidade de fraca a moderada e Slickensides incipientes; transição difusa e plana; pontuações brancas de carbonato de cálcio.
- C_{20a} - 113 - 150 cm, oliva claro (5 Y 6/2); com mosqueados abundantes, grandes e proeminentes, castanho forte (7.5 YR 5/8); e comuns, pequenos, fracos; cinzento claro (2.5 Y 7/2); argila pesada; presença de blocos (concreções) de CaCO₃; friável e muitos cristais esbranquiçados, massiva, firme; plástico e pegajoso.

Perfil 14

Classificação: Terra Roxa Estruturada

Localização: km 9 Castanhalzinho - município de Alenquer (Pa)

Vegetação: Castanhal

Drenagem: Bem drenado

Relêvo: Ligeiramente ondulado

Material originário: Rocha básica.

- A_p - 0 - 5 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4); barro argiloso; moderada, forte, pequena, média, subangular e granular; friável, macio; raízes finas, muitas, grossas e médias poucas; transição plana e gradual.
- A₃ - 5 - 34 cm, bruno avermelhado (2.5 YR 4/6); argila; moderada, pequena, média, subangular; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; poros e canais poucos; raízes finas, comuns; transição plana e difusa.
- D₁ - 34 - 66 cm, vermelho amarelo (5 YR 4/6); argila; moderada; pequena, média e grande, subangular; densidade incipiente; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas poucas, grossas poucas; transição plana e difusa.
- B₂₁ - 66 - 100 cm, vermelho (2.5 YR 4/6); argila; moderada, pequena, média, subangular; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas, muito poucas; transição difusa.
- B₂₂ - 100 - 150 cm, vermelho (2.5 YR 4/8) argila; moderada, pequena, média, subangular; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas, muito poucas.

Perfil 15

- Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico
- Localização: km 14 Canaã, Estrada Bacabel-Cachucha (Maranhão).
- Relêve: Ondulado
- Vegetação: Atualmente pomar de manga, oítrus, banana, no geral babacú.
- Drenagem: No inverno e lençol freático fica a 2m da superfície.
- A_p - 0 - 6 cm, cinza avermelhado escuro (5 YR 4/2); barro arenoso pesado; fraca, pequena e média, subangular que se rompe em grãos simples; ligeiramente duro, friável, não plástico, não pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas poucas; plana e difusa.
- A₂ - 6 - 21 cm, bruno avermelhado (5 YR 4/4); barro arenoso; moderada, média subangular que se rompe em grãos simples; ligeiramente duro, friável, não plástico, não pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas poucas; plana e difusa.
- B₁ - 21 - 31 cm, bruno avermelhado (2,5 YR 4/4); barro argilo arenoso, moderada, média, subangular e pequena granular; duro, firme, ligeiramente plástico, não pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas muito poucas; plana e difusa.
- B₂ - 31 - 82 cm, vermelho (2,5 YR 4/8); argila leve; moderada; médias e pequenas, subangulares; cerosidade moderada fragmentos muito pequenos de muscovita; duro, friável, firme, plástico, ligeiramente pegajoso; poros e canais muitos; raízes finas poucas; plana e difusa.
- B₃ - 82 - 100 cm, vermelho (2,5 YR 4/6); com poucos, pequenas e fracos mosqueados, amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8); argila arenosa fina (sedosa); moderada, pequena a média, subangular; cerosidade incipiente; duro, firme, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso plana e difusa.
- C - 109 - 150 cm, vermelho escuro (10 YR 3/6), com mosqueados amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8); vermelho escuro (10 R 3/6, côr amassada); argila limosa leve, (sedosa); duro, friável, não plástico, não pegajoso; ocorrência de Krotovinas cilíndricas.

土壤は風乾篩別后吾が国に於て行われている常法によって分析したが、粒径組成はアンモニアにより分散しピベット法によった。

pH は土壤と浸出液の比を 1 : 1 の割合で測定し、0.05N.HCl 可溶成分は風乾細土に 0.05N HCl を添加常温で一晩放置后濾液について、石灰、苦土、加里を測定した。

重液分離は Aguilira and Jackson 法によって脱鉄后 Thoulet 液 (比重 2.85) を用ひて分離定量した。

2) 実験の結果

A. 黄色ラトゾル (Latosol amarelo)

1) 形態的特性

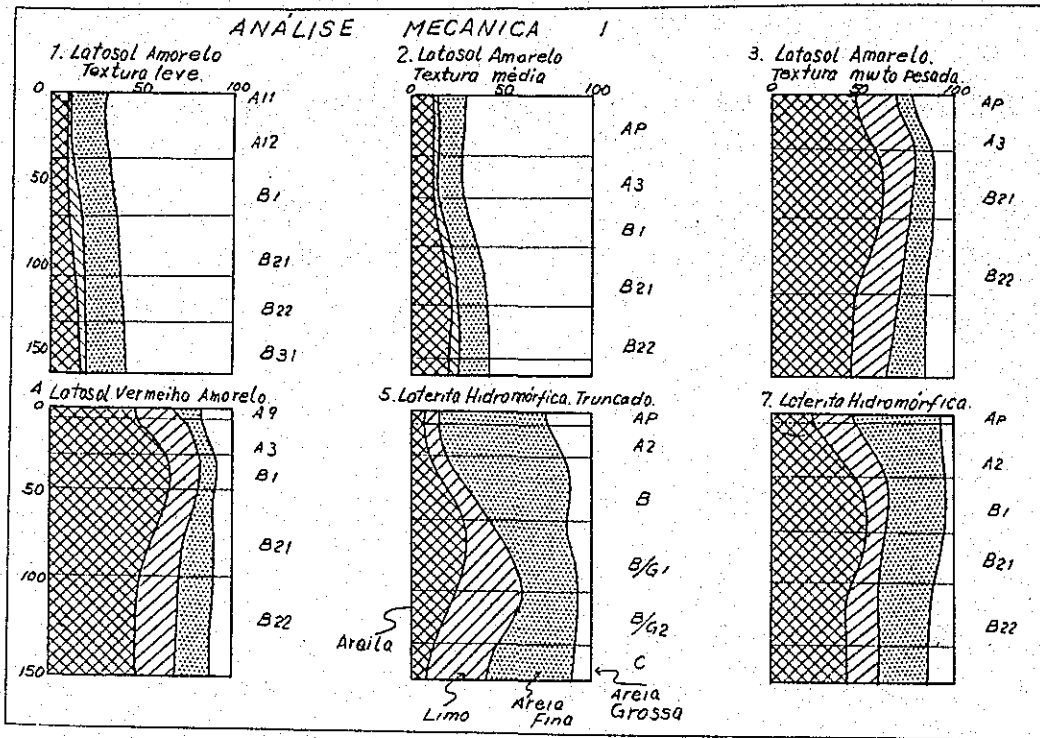
この土壤は熱帯地方で脱珪酸作用の進んだ鉄、アルミニウムに富む土壤で、極めて広範囲に分布する。土壤は下層 (B 層) の土色と、有機物含量によって細分され、ここに供試した土壤は黄色のラトゾルで、これは更に土性によって次のように細分される。

ラトゾル土壤の細分

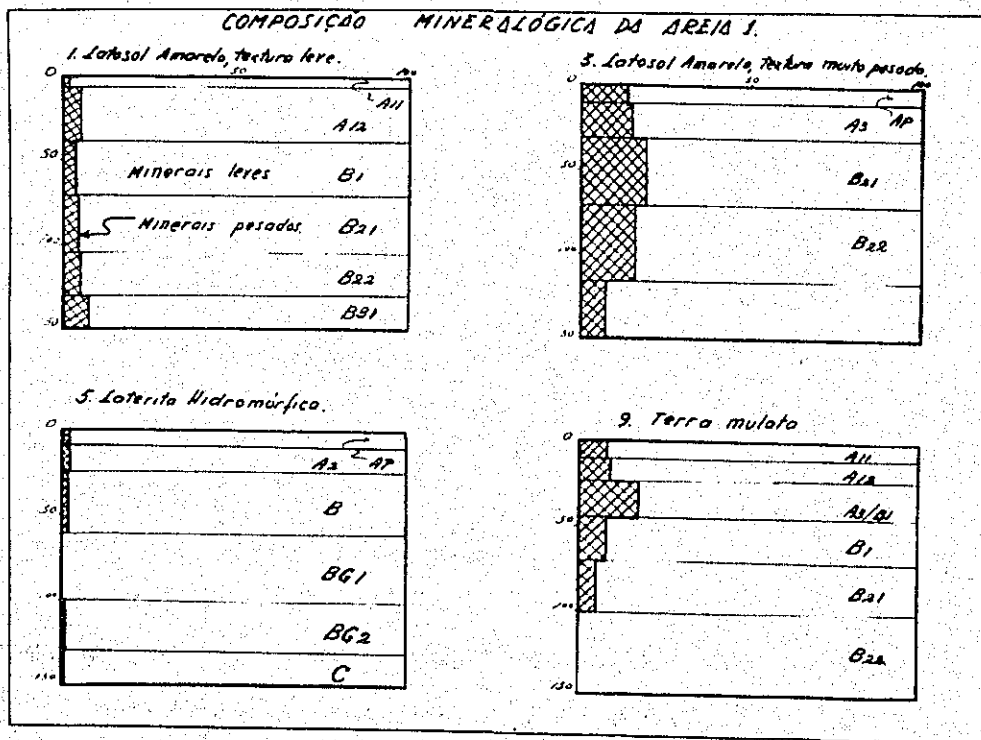
重粘土質	(Texturamuito pesada)
粘土質	(Textura pesada)
中粒質	(Textura media)
砂質	(Textura leve)

今回の実験には黄色ラトゾルの重粘土質、中粒質、砂質の三種のものを供試料とした。黄色ラトゾルは IPEAN によるブラガンサ地域の調査報告によると次のように規定している。即ち、A、B、C の層序をもち A 層は平均深度 34 cm、A₁ と A₃ に或は Ap 層に細分され、土色は 7.5 YR、10 YR を示し、土性は区々であるが概して砂質のものが多し。顆粒状構造で可塑性、粘着性共に弱く、層界は漸移的である。B 層は 56 ~ 160 cm の巾を有し B₁、B₂、B₃ に分れるが時に B₁₁、B₁₂、或は B₂₁、B₂₂ に分れる。土色は 7.5 YR_{5/8}、10 YR_{5/8}、5/6、7/6、を示す。構造は角塊 ~ 半角塊状構造からなる。C 層は 10 YR_{6/8} ~ 5/8、2.5 YR_{6/8} を示し、可成り深い。

この土壤は地形的にはテラフィイルメ上に分布し、植生は良く繁茂した熱帯降雨林によって被われ、粘土含量において変化に富み、マナオス近郊、BR 14 号国道沿いに分布するものは粘土含量の高い土壤が分布し、ベレン近郊アマゾン南西ポルトベリョから BR 29 国道にはやゝ粘土含量の低い土壤が分布する。



註 ARGILA = 粒土
 LIMO = 微砂
 AREIA FINA = 細砂
 AREIA GROSSA = 粗砂



2) 粒径組成、重鉍物含量

このラトゾル土壌の分布する地域は Köppen の Am 気候区に属し、マナオスにおける年降雨量は 2,000 mm、一般平均気温は 26 ~ 28 °C の間にあり、12 月から 5 月にかけて雨量が多く、8 月には極めて雨量少なく 50 mm にも満たない。このような気候環境を反映して 3 種の黄色ラトゾルでは砂質のラトゾル程粘土部分の下層への移動が見られ、粘土含量の高いラトゾルでは粘土の移動はやく、浅く 40 ~ 60 cm 付近で止まっている。概して土性の粗い、Textura leve, Textura media では微砂部分は極めて少ない。而し粘土含量の高い Textura muito pesado, では可成りの微砂が見られ、細砂、粗砂の割合が相対的に少ない。これは透水の良否が、風化溶脱に影響しているためではないかと考えられる。

土壌中の一次鉍物は母岩の特性、風化作用或は土壌生成過程を推定し、生成粘土鉍物の生成変化過程の解明に極めて重要であり、前述の方法から細砂中の重鉍物と軽鉍物とを測定したが、細砂中の重鉍物含量は両土壌共に極めて少ない。只粘土含量の高い Textura muito pesado, では各層共わずかに重鉍物含量は高く、B₂₁ 層では特に多い。このように粘土含量の高いことが土壌中の水の滲透、移動を緩慢にするから土層内での一次鉍物の風化を遅くさせる結果、他の粗い土性の土壌より重鉍物含量が多いのではないかと考えられる。尙この重鉍物中には磁性鉍物は少なかった。

3) 土壌の化学性

この実験に用いた黄色ラトゾル土壌はこのおかれている環境を反映して溶脱の進んだ酸性土壌であるが、土性の粗い Textura leve, では水浸液、塩化加里浸出の両 pH 共に三者のラトゾル土壌中で最も酸性は弱い。亦この土壌では水浸液と塩化加里浸出の pH の差は大きく、而も表層附近の酸性が強く、溶脱作用の進行がうかがわれる。

この土壌の Textura media もほぼ同じような傾向にあるが、非常に特徴的なのは第一層における水浸液と塩化加里浸出の pH の逆転、即ち水浸液の pH が塩化加里浸出のそれより酸性を示すことである。これは下層土でも両者の pH の一致することが見られる。この現象は土性の重い Textura muito pesado の Ap, B₂₁ 層においても見られる。これはアメリカの土壌分類の七次試案に示された Acrox に相当し、この現象は、土壌粒子が正味の陽荷電をもつか、或は電氣的に中性なオキシック層を持つオキシゾルで電氣的に中性或は陽荷電をもつためと云われる。母材が超塩基性で熱帯地方、キューバ、ブラジルなどに見られると云われる。

次に稀酸に溶出するアルミニウムを測定した結果では酸性の弱かった黄色ラトゾルの Textura leve でその含量が最も低く、下層に向って減少する。粘土含量の高い Textura muito pesada では 3 種の黄色ラトゾル中で最も稀酸可溶のアルミニウムは多かった。

同様に稀酸で溶出する石灰、苦土、加里を測定した結果ではほぼ前述の粒径組成、反応の

第3表 土壌の化学性 (1)

土 壤 名	層 名	深 さ cm	pH		0.05N-HCl可溶成分me/g				C %	N %
			H ₂ O	N-KCl	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺		
Latosol amarelo textura leve										
	A11	0- 5	4.3	3.7	0.77	0.10	0.01	0	0.80	0.07
	A12	5- 38	4.9	4.0	0.68	0.10	0.03	0.05	0.50	0.04
	B 1	38- 70	5.1	4.2	0.68	"	"	0.06	0.53	0.03
	B21	70-105	5.0	4.1	0.48	"	"	0.04	0.30	0.02
	B22	105-130	5.2	4.2	0.24	"	"	0.07	0.23	0.01
	B31	130-180	4.7	4.2	0.20	0.05	"	0.06	0.18	0.02
Latosol amarelo textura media										
	Ap	0- 35	4.1	4.2	1.31	0.35	0.30	0.09	0.60	0.07
	A 3	35- 58	4.7	4.5	0.91	0.30	0.25	0.06	0.55	0.03
	B 1	58- 87	4.6	"	0.81	0.33	"	0.05	0.41	0.03
	B21	87-120	4.8	4.6	0.50	0.30	"	0.07	0.24	0.01
	B22	120-150	4.5	4.5	0.30	0.30	0.35	0.05	0.12	0.01
Latosol amarelo textura muito pesada										
	Ap	0- 8	3.9	4.0	2.39	0.25	0.20	0.23	2.42	0.21
	A 3	8- 30	4.5	4.2	1.30	0.15	"	0.10	0.95	0.09
	B21	30- 70	4.8	4.3	1.09	"	0.10	0.07	0.72	0.07
	B22	70-115	4.3	4.1	"	"	0.15	0.06	0.42	0.06
	B31	115-050	4.7	4.4	"	"	0.18	0.09	0.34	0.04
Latosol vermelho amarelo										
	Ap	0- 5	5.4	4.7	0.21	0.28	2.25	0.22	3.20	0.35
	A 3	5- 27	4.6	3.9	1.26	1.18	0.21	0.04	1.14	0.13
	B 1	27- 45	4.5	3.8	0.95	1.03	0.82	0.03	0.74	0.08
	B21	45- 93	4.8	4.0	0.83	0.51	0.27	0.02	0.50	0.06
	B22	93-150	4.9	4.1	0.62	0.78	0.41	0.04	0.37	0.04
Latosol vermelho amarelo pouco humico antropogenico(Terra mulata)										
	A11	0- 10	4.0	3.8	5.85	1.41	1.01	0.24	7.05	0.70
	A12	10- 23	4.4	4.0	3.43	0.95	0.39	0.08	4.53	0.40
	A ₃ /B ₁	23- 44	4.5	4.1	2.80	0.11	0.11	0.03	2.53	0.15
	B 1	44- 70	4.4	4.2	2.35	0.10	0.21	0.02	1.77	0.11
	B21	70-100	4.8	4.0	2.00	"	0.10	"	1.35	0.10
	B22	100-150	4.6	4.1	1.47	"	0.05	"	0.70	0.06

変化に見られたと同じような傾向で、酸性の弱かった砂質の黄色ラトゾルで石灰、苦土含量は極めて少なく、粘土質のラトゾル程、石灰、苦土含量は高い傾向を示した。

稀酸可溶の加里含量は砂質のラトゾルでは表層に少なく、下層へとわずかに増加する。これは砂質の透水性の佳良がこれら加里の下層への移動を速かにしているものと考えられる。而しより重粘なラトゾルでは表層にも加里が多く植物体などから蓄加される加里成分が多く、重粘な土壌ではその滲透移動を抑制しているためと考えられる。加里は既して石灰、苦土などより移動し易い成分であることなどが影響しているものであろう。

次に細土中の硅酸、礬土、鉄を測定した。この結果粘土含量に比例してこれらの成分は変化する。即ち砂質の *Textura leve* から粘土質の *Textura muito pesada* へと硅酸、鉄、礬土含量が多くなる。

層間では余り明らかな傾向は見られないが、砂質のラトゾルではわずかに下層でアルミニウムが多くなる傾向を示す。

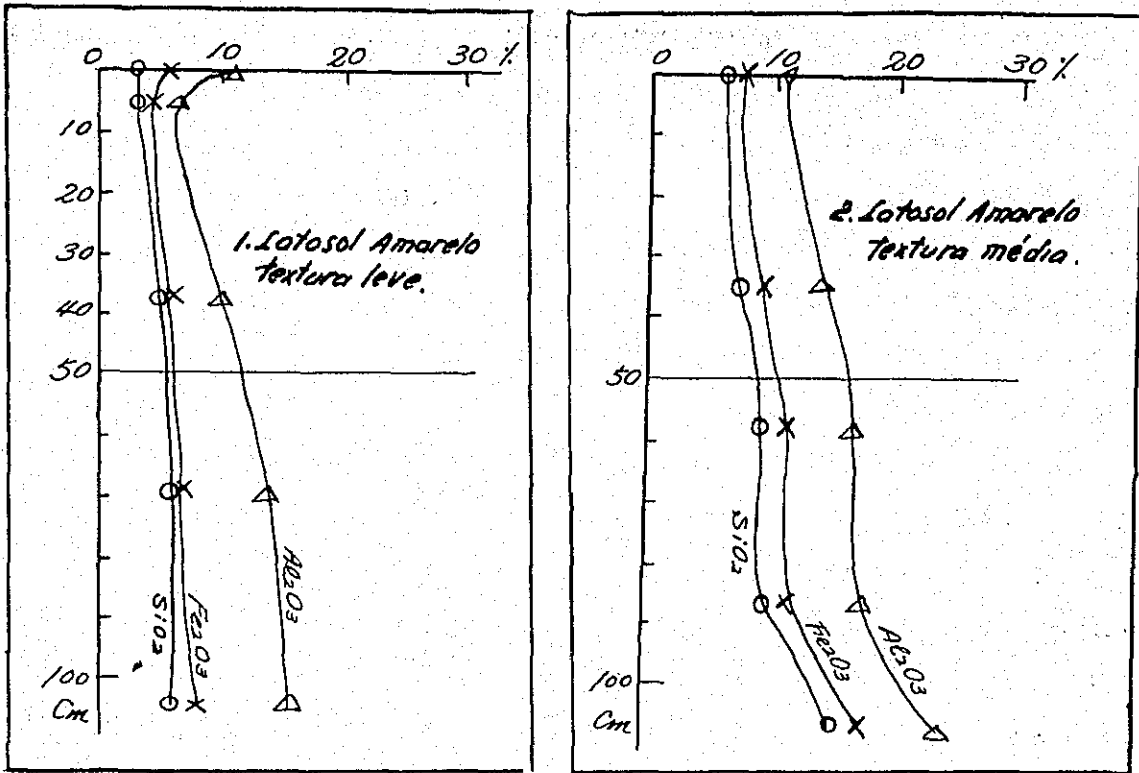
黄色ラトゾルの *Textura media* ではこれら成分の下層への移動が見られ、わずかに 5.0 ~ 6.0 cm 付近で多くなる。粘土含量の高い黄色ラトゾルでは硅酸は勿論、鉄、礬土含量は他のラトゾルに比べて極めて高い。このことは他のラトゾルに比べ溶脱、移動は餘り進んでいないことを意味するものであろう。

次にこの土壌の A、B 層について磷酸吸収量を検討した。

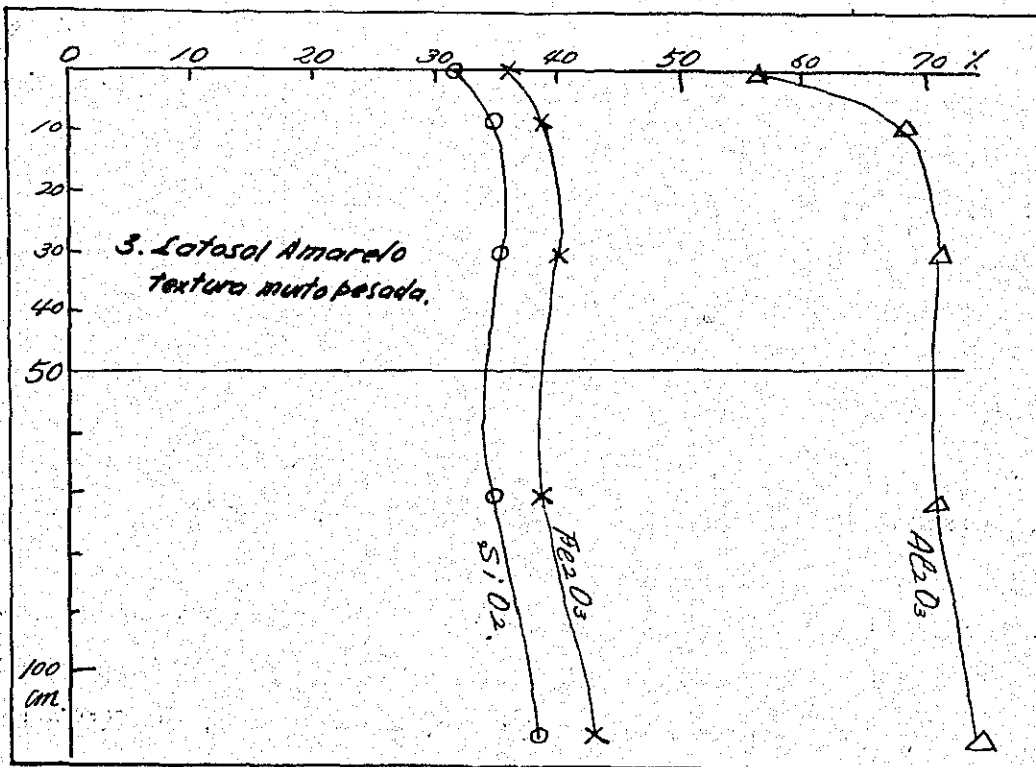
土壌の磷酸の吸収は一般に加えた磷酸塩が一層不溶性に変化することを意味し、吸収は、a) 土壌中の活性の石灰、鉄、礬土等と化学的に不溶性化合物を作る吸収、b) アニオン置換により OH^- 、 SiO_3^- イオンを置換して膠質の表面による吸着、c) 微生物体内に吸収されて一時的に不溶性になる場合、などが考えられる。こゝでも当然純化学的な鉄、礬土などと結合して、不溶性化するものが中心と考えられる。この結果 3 種の黄色ラトゾル土壌では吸収力はあまり強くなかった。即ち A、層で約 1.30 ~ 2.90、B、層で 2.80 ~ 5.80 を示した、このことは前述の稀酸溶出のアルミニウムとの間では明らかな関係は見られない、而し黄色ラトゾルの *Textura muito pesada* の B 層では可溶アルミニウムも多く、吸収力も概して高い値を示した。

アマゾン地方のような高温、多湿な環境下では硅酸を溶脱し、鉄、アルミニウムを富化するから当然磷酸の吸収力は強いように考えられがちであるが、この実験では極めて弱く、アルミニウムの存在形態などが異なるためではないかと考えられる。

一般に磷酸の吸収力は土壌の反応によって影響され、吸収力は pH 3.5 ~ 5.5 の強い酸性で最も強く、吸収力の弱いのは硅酸質の土壌では pH 6.3、礬土質の土壌では pH 7.0 ~ 7.5 であると云われ、磷酸の結合は酸性条件下では磷酸鉄、磷酸礬土となり、弱酸及び中性附近では石灰との結合が多く、これよりアルカリ性になると難溶性の *Carbonato apatite* の形



第21圖 土壤の化学組成



第22圖 土壤の化学組成

第4表 土壤の磷酸吸収力

Catosol amarelo, Textura leve		
A 1 1	0 - 5	130
B 2 1	70 - 105	320
Latosol amarelo, Textura media		
A p	0 - 35	190
B 2 1	87 - 120	280
Latosol amarelo, textura muito pesada		
A p	0 - 8	200
B 2 1	30 - 70	588
Latosol vermelho amarelo		
A p	0 - 5	436
B 2 1	45 - 93	288
Latosol vermelho amarelo, Pouco humico antropogenico (Terra mulata)		
A 1 1	0 - 10	924
A 1 2	10 - 23	752
Latosol vermelho amarelo humico antropogenico (Terra preta do indio)		
A 1	0 - 16	338
B 2 1	61 - 95	294
Laterita hidromorfica truncada		
A p	0 - 8	98
B	23 - 60	320
Laterita hidromorfica arenosa		
A 1	0 - 8	418
B	116 - 150	160
Laterita hibromorica, Imperfeitamente Drenada		
A p	0 - 5	370
B 2 1	65 - 94	320
Grumusol		
A 1 1	0 - 4	0
A 3 2 / C	43 - 67	294
Terra roxa estruturada		
A p	0 - 5	222
B 2 1	66 - 100	350
Podzolicó vermelho amarelo		
A p	0 - 6	92

となる。

このように磷酸の吸収はその反応の変化に強く影響されるので、黄色ラトゾルの *Textura media* について磷酸吸収型を測定した、この結果、反応を変えてもこの種ラトゾル土壌では吸収力はほとんど変化しなかった。

同様に土壌の緩衝能を測定した結果、黄色ラトゾル *Textura media* の A 層では酸性側で弱く、B 層では酸性側、アルカリ側共に弱い。概して弱酸では Fe^{++} が、pH 4.1 以下では Al^{+++} が pH 3.0 以下では Fe^{+++} が溶出し始めるから礬土質の土壌では酸性側での緩衝能は強いといわれる。

4) 粘土の理化学性

土壌中での粘土鉱物の生成過程には次の 2 つのサイクルがあると云われる。一つはより初期的な土壌生成過程、或は風化過程で母材の岩石学的な組成、その堆積と風化環境に影響される粘土の生成過程で、所謂粘土鉱物の地質学的生成過程である。他の一つは現在の土壌生成過程で土壌断面内での粘土鉱物の生成、変化、消滅の過程である。

アマゾン地域においても当然母材の影響は勿論、熱帯と云う気候環境が強烈であればある程、生成粘土鉱物も極めて特異なものと考えられる。

この意味から 2 μ 以下の粘土部分を分離して各層位別に塩基置換容量を測定した。

この結果 3 種の黄色ラトゾル共に 1.0 me 内外といづれも極めて低く、粘土含量によって細分されているが、生成粘土鉱物としては 1 : 1 型を主としており、層間の変化は見られなかった。

この土壌粘土の X 線回折を行ったのは第 27~29 図であるが、極めて単純なカオリン系の粘土鉱物を主とするピークからなり、各層の間でも回折線には差は見られなかった。

この結果アマゾン地域に分布する黄色ラトゾル土壌では生成粘土鉱物としては塩基置換容量の低いカオリン系粘土鉱物を生成していることが明らかであり、粘土含量によって細分されている黄色ラトゾル土壌の生成粘土鉱物は質的には変らないものと考えられる。

この黄色ラトゾルの中 *Textura media* の粘土の化学分析を行った結果、粘土の硅酸は 4.0 %、と可成り高い値を示し、礬土は当然ながら非常に多く、而も層間の変化は少ない。鉄含量は 1.0 % 以下を示した。これらから硅礬比を求めるとほぼ 1.5 ~ 1.6 の間にあり極めて低い値を示し、脱硅酸作用の進行がうかがわれる。

B. 赤黄色ラトゾル (Latosol vermelho amarelo)

この土壌はほぼ黄色ラトゾルに類似しているが、土色がより赤色の強い 7.5YR ~ 5YR の土壌である。

分布は比較的広く、ブラガンサ、ブラガンサからモンテネグロにわたる一帯、カバネマからサンミゲルに通ずる道路沿い、リミテー河及びグワスー河を境にした小地域、マラニオン州へ

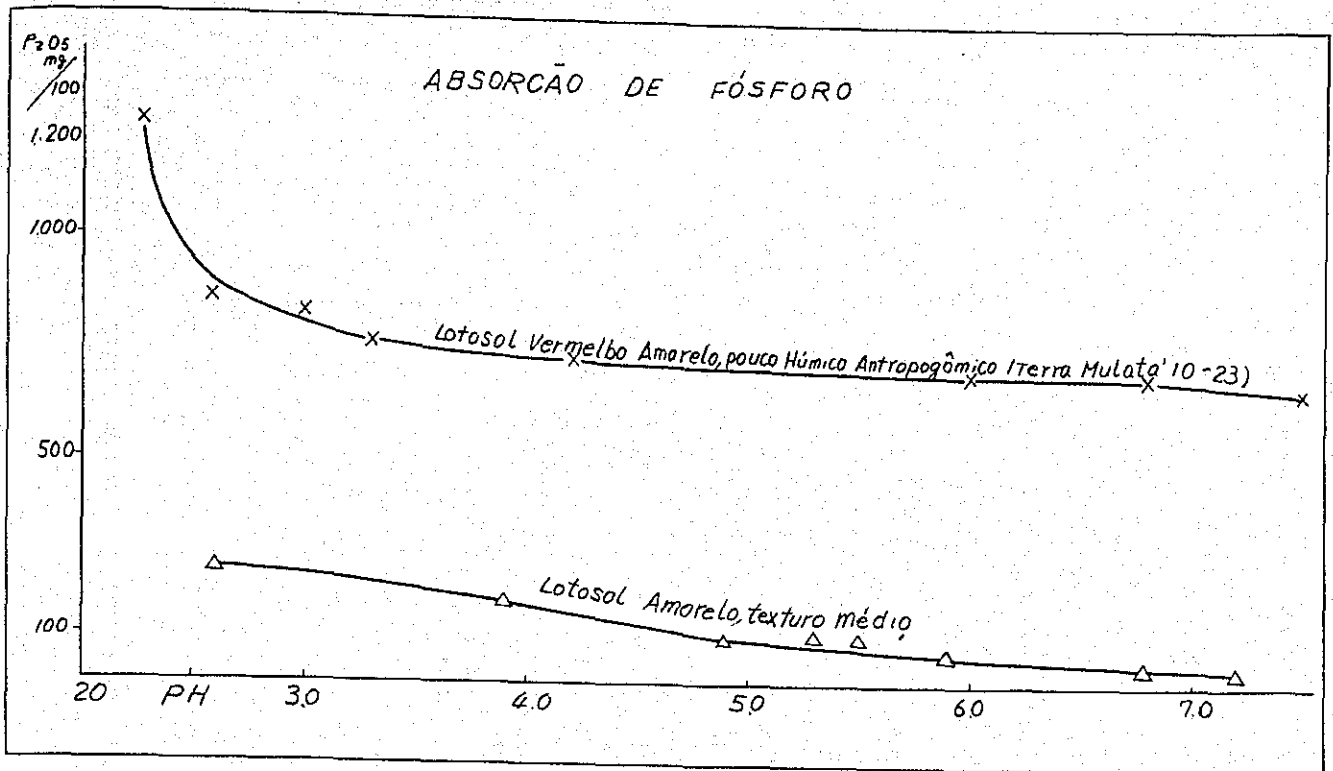


図23 土壤の磷酸吸収型

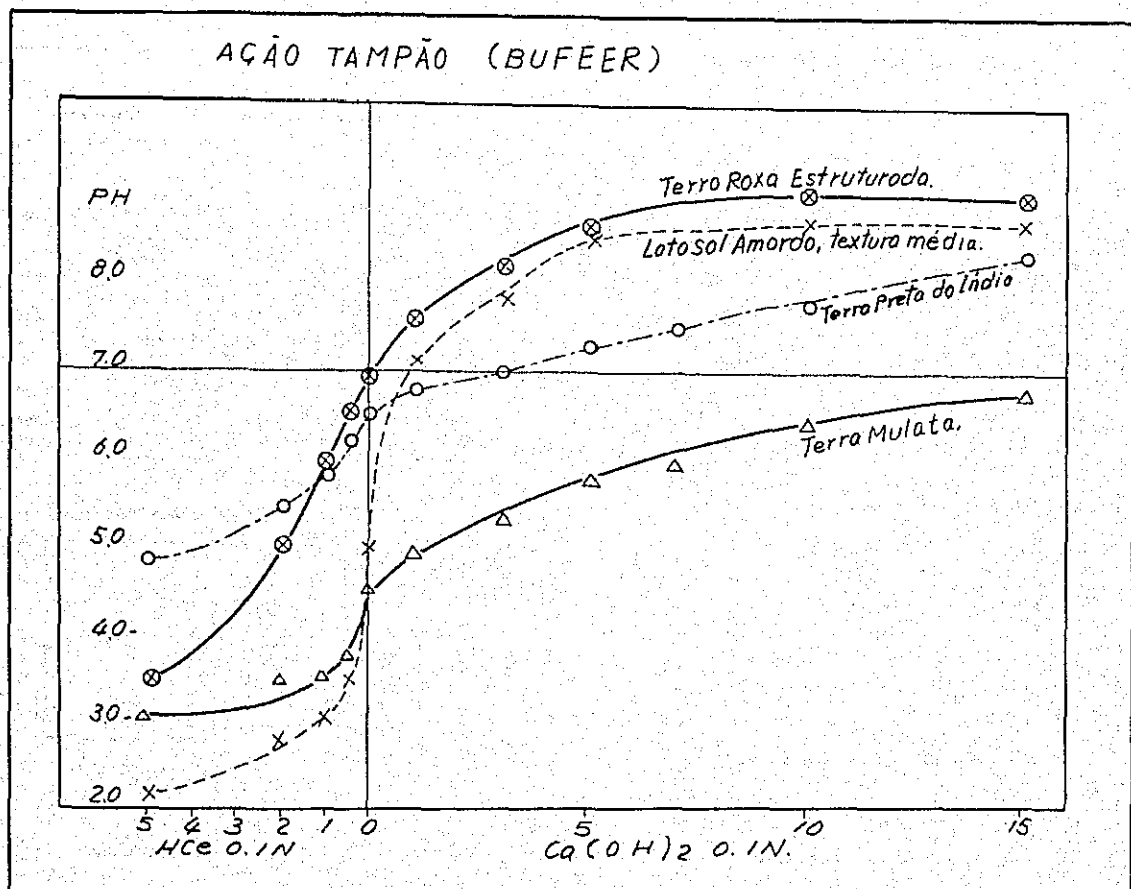
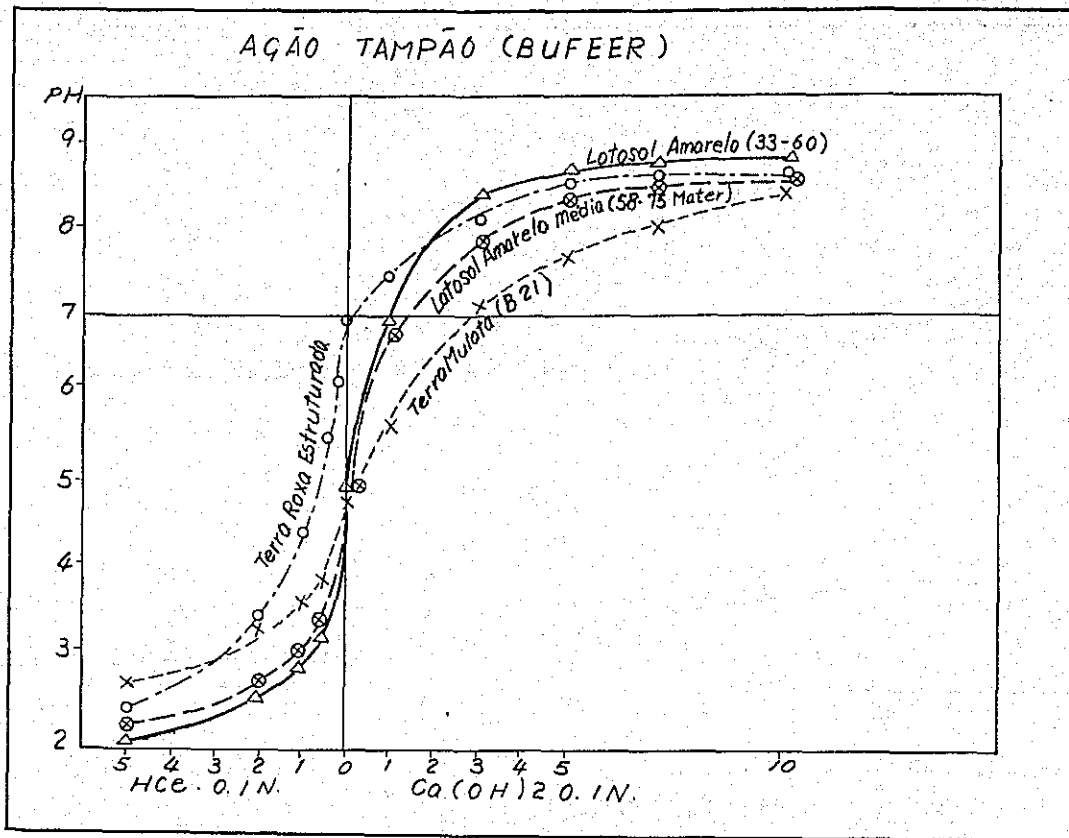
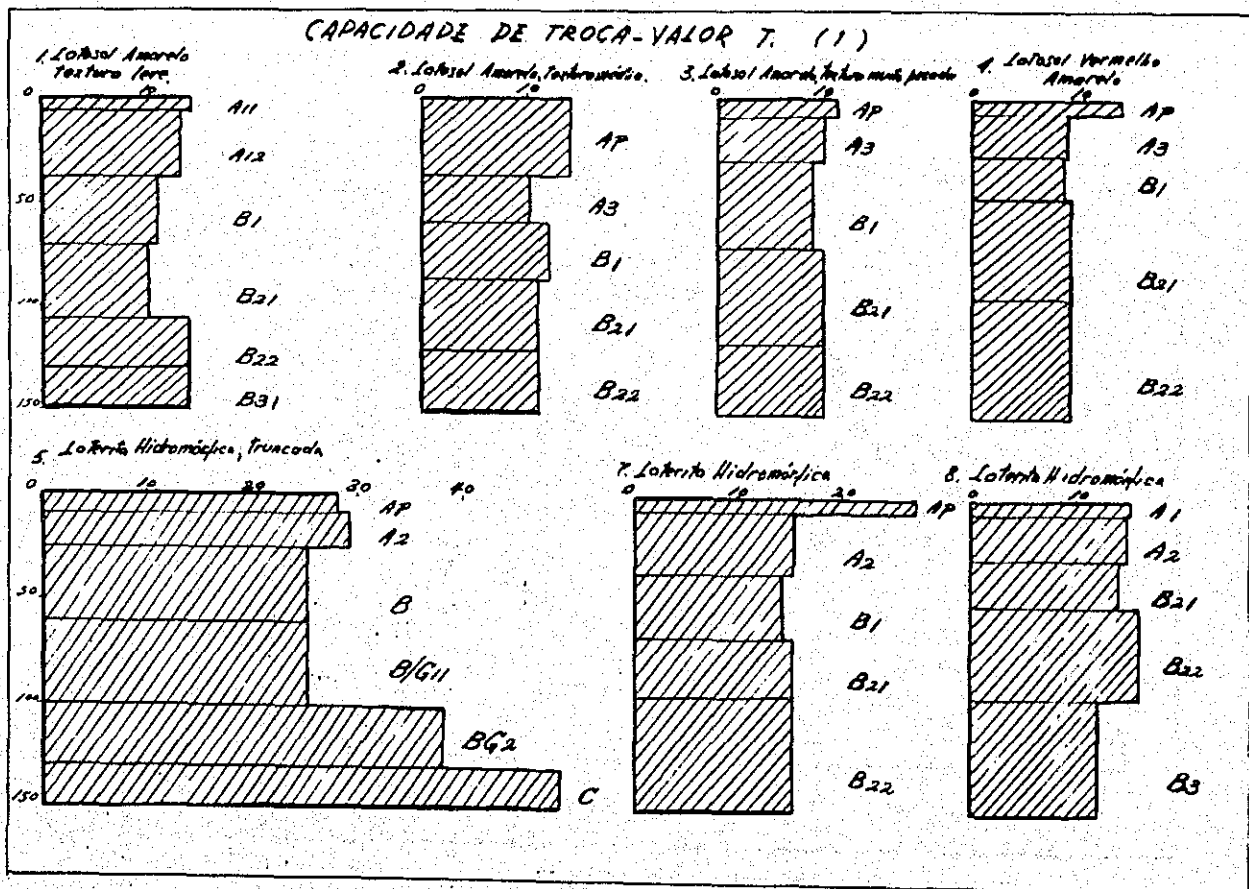


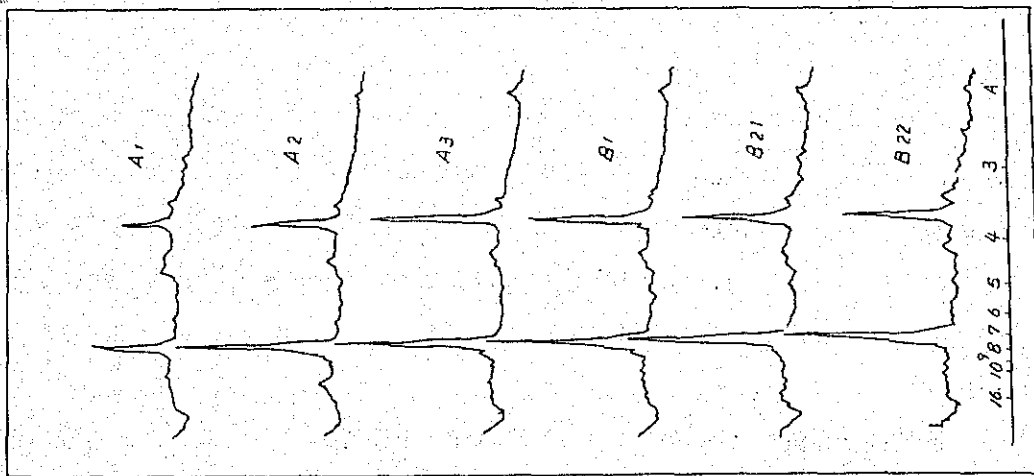
図24 土壤の緩衝能



第25図 土壤の緩衝能

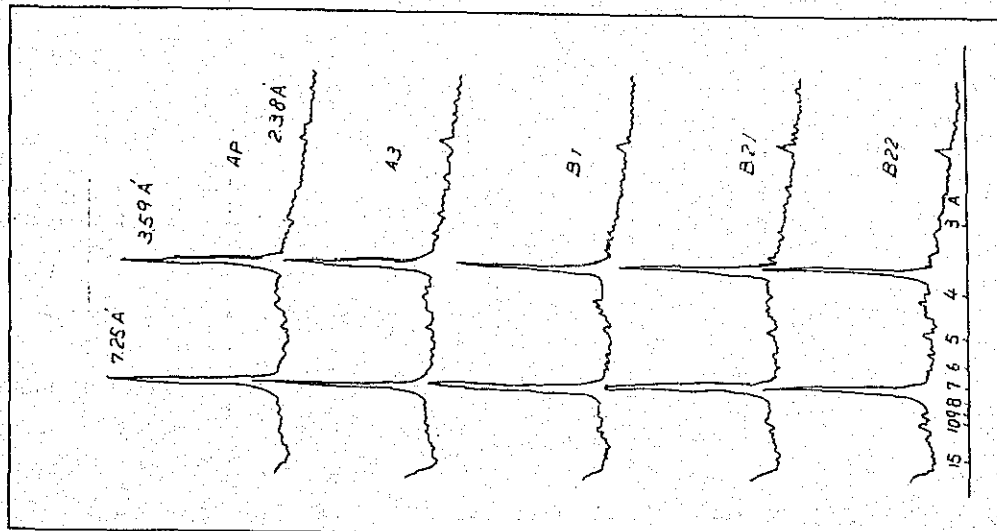


第26図 粘土部分の塩基置換容量(1)



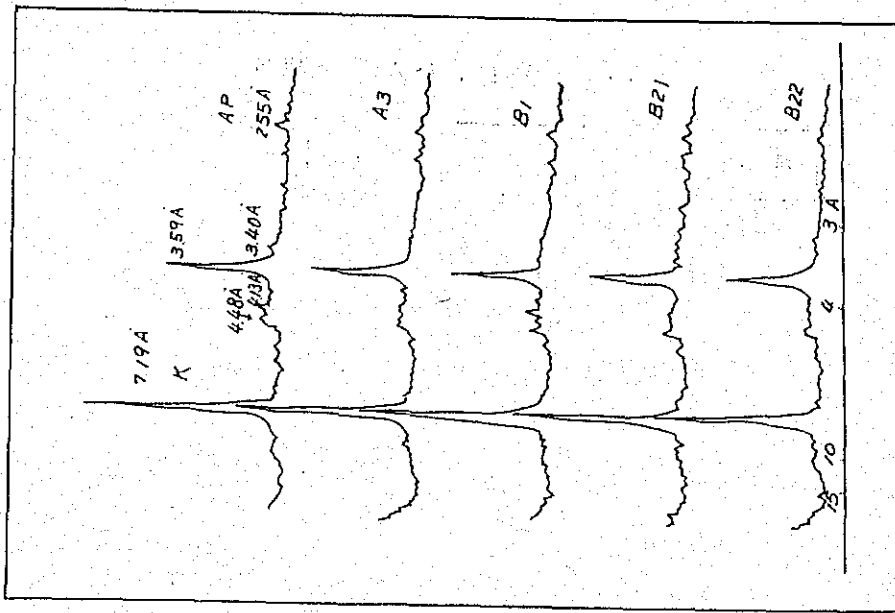
1 Latosol Amarelo textura leve

为27图 X 线图折图



2 Latosol Amarelo textura média

为28图 X 线图折图



3 Latosol Amarelo textura muito pesada

为29图 X 线图折图

第5表 粘土部分の化学組成

土 壤 名	層 名	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	K ₂ O%
Latosol amarelo textura media							
	Ap	37.40	41.80	6.20	1.51	1.40	0.007
	A 3	37.50	43.98	7.02	1.44	1.31	0.007
	B 1	39.10	39.50	4.02	1.67	1.57	0.005
	B21	39.10	40.10	6.20	1.65	1.50	0.007
	B22	39.70	41.38	6.62	1.62	1.47	0.007
Terra roxa estruturada							
	Ap	34.69	24.64	17.36	2.38	1.68	0.011
	A 3	37.67	28.58	19.42	2.23	1.56	0.012
	B 1	35.40	28.22	17.78	2.12	1.50	0.011
	B21	37.82	29.06	16.94	2.20	1.61	0.010
	B22	33.88	21.16	19.84	2.71	1.71	0.010
Grumusol							
	A11	40.07	19.54	14.46	3.47	2.36	0.009
	A12	40.32	22.36	13.64	3.05	2.20	0.009
	A31	40.80	23.10	14.06	3.00	2.16	0.009
	A32/C	39.20	18.54	14.40	3.58	2.39	0.008
	C 1	39.70	19.12	14.88	3.52	2.35	0.017

ドレーラ、アマバ直轄領の一部、サンタレン近郊、ペラテラなどで平地、或は波状地に分布する。おもに第三紀層を母材としていて黄色ラトゾルより肥沃であるといわれる。この土壌も土性は区々であり、粘土含量によって細分されている。

1) 形態的特性

ここに供試した赤黄色土はバイショアマゾナスのペラテラのもを供試した。形態的にはA、B、C層の層序を示し、A層は約20cm内外でA₃Apに分れAp層は10YR₃/2、の角塊、半角塊状のやゝ腐植含量の高い土層からなる。A₃層は10YR₅/3の角塊状構造からなっている。B層はB₁、B₂₁、B₂₂に分れ夫々7.5YR₆/6、6/8、7/7の土色で発達した角塊状構造からなり、層界は漸移的で土層は深い。

2) 粒径組成

ここに供試した赤黄色ラトゾルは粘土含量の高い土壌である。この土壌の粒径組成を示したのは第19図である。

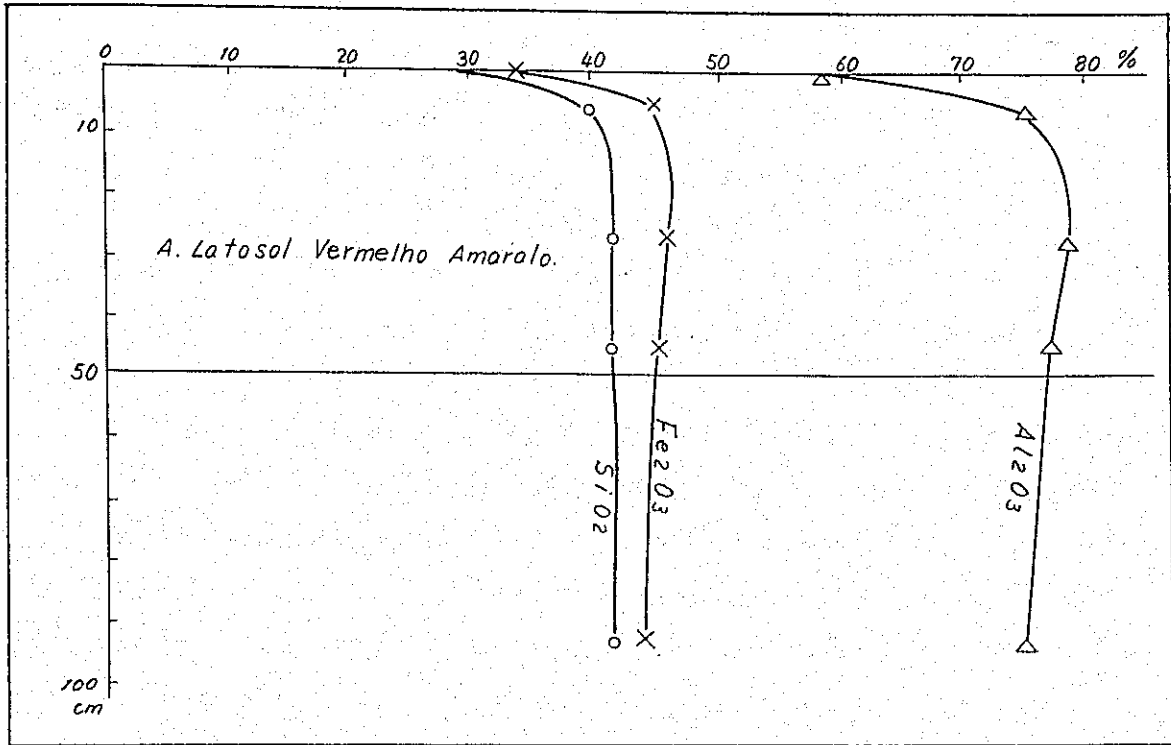
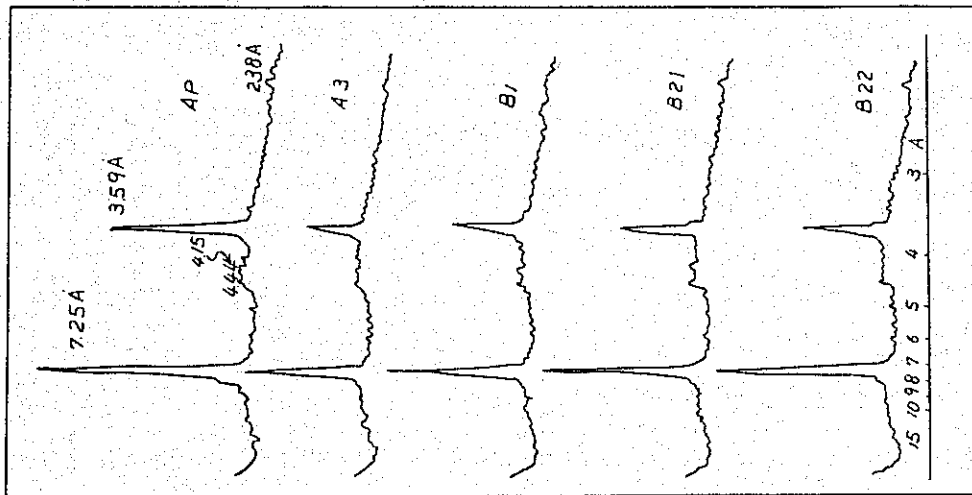


表30 土壤の化学組成



4. Latosol Vermelho Amarelo

表31 X線回折図

これに見られるように A₃~B₁層附近に粘土粒子の集積が見られる。この分布する地域はやゝ乾期の明瞭な地域であるが雨期における集中的な降雨が粘土粒子の移動を助長しているものと考えられる。

3) 土壌の化学性

供試土壌は再生林下のものであるが樹木は極めて良く繁茂している関係もあり、表層の炭素含量は3%内外を示し概して高く、下層へと逐次減少する。この炭素は前述の黄色ラトゾルより高く、また窒素含量も高い。土壌反応は水浸液で4.5~5.5、塩化加里浸出で2.8~4.7の間に分布している。表層を除いて塩化加里、水浸液の両pH共、前の砂質の黄色ラトゾルより酸性はやゝ強い。この表層の酸性の弱いのはかつて耕作される際の原始林の伐採、焼畑、耕作などが影響しているためと考えられる。

稀酸(0.05N-HCl)に溶出するアルミニウムは前項の黄色ラトゾルの *Textura muito pesada* より低い、*Textura leve*, *Textura media* と似た値を示すが、酸性の強い第2、第3層ではアルミ含量は高かった。

稀酸可溶の石灰、苦土、加里の中、石灰、苦土は前述の黄色ラトゾルより高く、表層では石灰含量は非常に高い、これは恐らく先に述べた焼畑など耕作の影響であろう。塩基類の移動は明らかでなかった。

次に土壌の珪酸、礬土、鉄を測定したのは第30図に示す如く、この結果からこの赤黄色ラトゾルは前述の黄色ラトゾルより珪酸、鉄、礬土共に高く、層間の変化では第2、第3層附近でわずかに多く、表層からの移動によるのではないかと考えられる。

赤黄色ラトゾルの土色はこれら鉄含量の上での差或はその脱水度などが影響しているためであろう。

磷酸吸収力はAp層で稀酸可溶のアルミニウムの少ないのに比べ吸収力は高く、これは前述の、有機物含量などが影響しているものと考えられ、B層では黄色ラトゾルなどと変らなかった。

4) 粘土の理化学性

粘土部分について塩基置換容量を測定したがAp層では13me内外とわずかに高いが他の下層は10me内外と前述の黄色ラトゾルの粘土のそれと変らない。

この結果赤黄色ラトゾルの生成粘土鉱物も塩基置換容量の上からは黄色ラトゾルの粘土と変らない1:1型のカオリン系粘土鉱物を主体としているものと考えられる。X線回析の結果これと符合し、7.25Å、3.59Åのピークを主とするカオリン系粘土からなっていた。

C. 少腐植質赤黄色ラトゾル (Latosol vermelho amarelo pouco humico antropogenico)

前項の赤黄色ラトゾルで腐植含量のやゝ高い土壤で腐植により汚染されているため別名を Terra mulata と呼ばれ、赤黄色ラトゾルなどに隣接して小面積分布する。

1) 形態的特性

ここに供試した土壤はバイショアマゾナスのベルテラのゴム園で採取した土壤である。

この地方は Köpen の Am 型気候区に含まれ、第三紀層を母材とする、テラフィルメの台地上から採取した土壤である。

古く原始林伐採後、植穴を掘りゴムを植林した地域である。

土壤断面形態を見ると表層 2 cm 内外は未分解の有機物堆積層からなり、その下部は更に分解の進んだ層からなっている。

この A 層は約 4.0 cm 内外の層厚で A₁₁、A₁₂ 層と B 層への漸移層と考えられる A₃/B₁ 層とからなり、黒褐色 (5YR 2/1) の腐植に富む層からなっている。角塊～半角塊状構造で A₃/B₁ 層はやゝ明るく、暗赤褐色 (5YR 3/3) の半角塊状構造である。

B 層は B₁、B₂₁、B₂₂ に分れ 5YR 4/4～5YR 4/8 の土色を示し、角塊、小半角塊状構造からなり土層は極めて深い。

2) 粒径組成と重鉍物含量

この土壤の粒径組成を示したのは第 32 図で粘土含量はやゝ多い土壤である。層間の変化では表層からのわずかな移動が見られ約 7.0 cm 附近にその集積の傾向が見られる。これはゴム植付時の原始林の伐採、などゴム生育初期の裸地での放置などが殊更に粘土粒子の移動を促しているのではないかと考えられる。

細砂中の重鉍物含量は他のこの種の土壤よりやゝ多い傾向が見られる。層間においては A₁₁、A₁₂ 層において磁性鉍物が見られるが、他はあまり特殊な変化は見られない。

3) 土壤の化学性

この土壤は他の赤黄色ラトゾルに比べ炭素含量の高いことが特性で A₁₁ 層では 7%、A₁₂ 層でも 4% 内外と極めて高い値を有する。

亦稀酸可溶のアルミニウムは A₁₁ 層で 5 me、その下層でも 1 me とその含量は高く、土壤反応もこの実験に供試した土壤中で最もアルミニウム含量は高い。

ANALISE MECÂNICA 2.

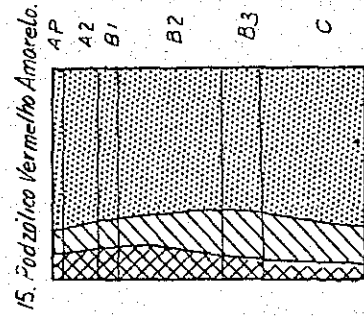
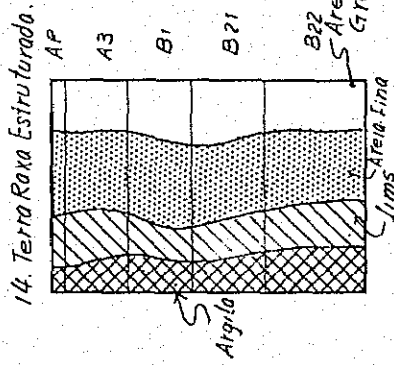
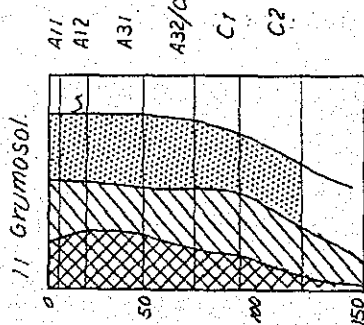
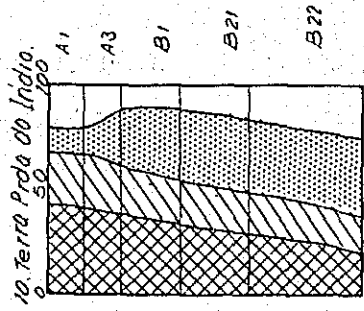
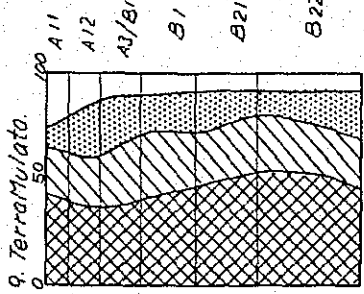
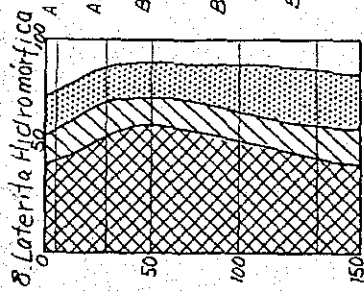


表32図 土壤の粒全組成

このように酸性アルミニウムの多い特性が当然、石灰、苦土、加里含量を少なくしており、この土壤の肥沃度を極めて低くしている。土壤の硅酸礬土、鉄含量を示したのは第33図の如くて大きな変化は見られないが赤黄色ラトゾルの中ではやゝ鉄含量は高い。赤土層間の変化は少ない。これら鉄、礬土、硅酸含量の上からは同種の赤黄色ラトゾル中では、比較的ラテライト化の遅くれているもののように考えられる。

この土壤は先に述べた稀酸可溶アルミニウムの多い酸性土壤であることなどから当然磷酸吸収力を強くしている。即ち本実験に用いた試料中吸収力は最も強くA11層で924、A12層で752を示した。更にこの土壤のA12層について磷酸吸収型を測定した結果は第23図の如くて、この土壤では反応を変化させることによって磷酸の吸収力は増加する。この反応の変化に伴う吸収力の増大は先の黄色ラトゾルには見られなかった変化である。

アルカリを添加して添加磷酸液のpHを変化させるとpH 3.5附近で急激に増大しpH 2.3附近では1.2:0.0以上の極めて強い吸収力を示した。これは先に述べた稀酸可溶のアルミニウムの多いことから、このアルミニウムの量的、質的な差によるものと考えられ、これは他の吸収力の弱いラトゾル土壤との対比から更に検討される必要がある。

この土壤の緩衝能を示したのは第25図の如くて腐植含量の高いことなどからA11層では酸性側、及びアルカリ性側共に極めて強く、土壤改良の方策をたてる上には、他のラトゾル土壤と別途扱われる必要がある。またその下部B21層ではアルカリ側における緩衝能は特に強く、これが土壤改良、耕作などの面でやゝ抜いづらい土壤のように考えられる。

4) 粘土の理化学性

以上のようなアマゾン地域に分布する土壤の中では、極めて特異の存在にあるこの土壤についてその生成粘土について検討した、即ち 2μ 以下の粘土部分について塩基置換容量を測定した。この結果A11層ではやゝ高く、他の下層土はいずれも 10me 内外と極めて低く1:1型粘土鉱物存在が推定された。亦A11層で塩基置換容量の高いのは末分解の有機物などが影響しているためではないかと考えられる。(第34図)

更にこの粘土のX線回析を行ったが、各層共ほとんどカオリン系粘土鉱物からなるピークだけで先の塩基置換容量の上でわずかに高い値を示した。A11層もX線回析の上では差が見られなかった。このことからここに供試した赤黄色ラトゾルではいずれも極めて単純なカオリン粘土鉱物を主としているものと考えられる。(35図)

D. 腐植質赤黄色ラトゾル (Latosol Vermelho Amarelo Humico Antropogenico, 俗名 Terra Preta Do Indio,)

この土壤は形態的にはLatosol Vermelho Amareloと同種であるが腐植含量の高いことと、土層中に先住民族であるインディオの土器の破片の存在することである。この土壤は肥沃度の高いことなどから、この生成について多くの論議のたゝかわされた土壤である。

Dr. Italo Claudio Falesiによるとこの土壌は、アマゾン中流であるタバジョース川右岸、テラフィルメの台地上、アマゾン河口のマラジョー島の一部などに分布し、概して川などに沿つた見晴しの良い台地の縁部に局地的に分布する。一般に第三紀層を母材とするものが多く、これらの分布する地域の土壌は極めて肥沃であり、カスターニエーラなどが見られ植生は極めて良い地域である。

1) 形態的特性

この実験に用いた土壌はバイシヤアマゾナスのサンタレンの台地上から採取したものである。

この土壌の前項の少腐植質赤黄色土壌との違いは土層中に土器破片の存在と肥沃なことである。A層はA1とA3に分れ約3-4cmの厚さを持ち5YR 2/1~3/2のやや暗色の土色からなっている。構造は小、中、の角塊状の構造からなり孔隙に富み排水のよい層からなっている。亦この土壌の特性である土器破片がA層に混在している。

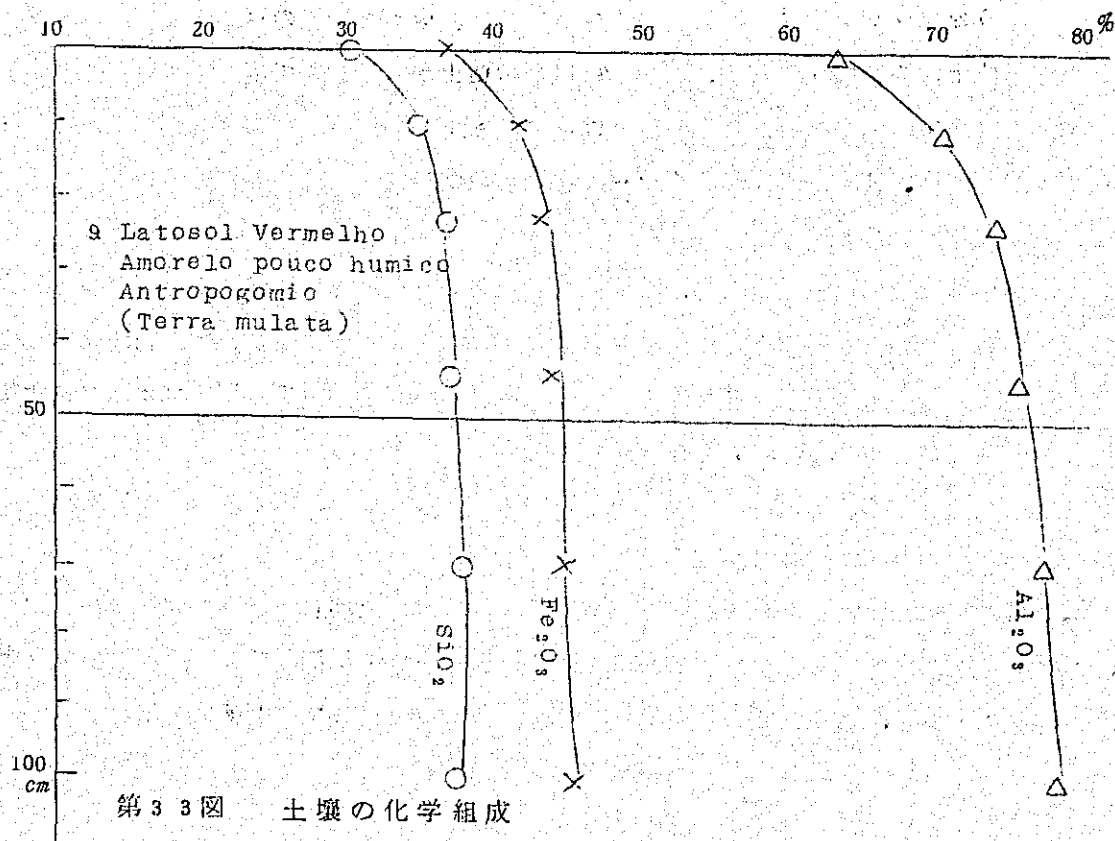
B層はB1, B2.1, B2.2に分れ、土層は深く、5YR 2/2の土色を示し、半角塊状構造からなっている。亦この層はA層の攪乱によつてA層が混在している。B2.1層は5YR 5/6の半角塊状構造で、更に下層はより明るい5YR 5/8の土色を示している。

2) 粒径組成と重鉍物含量

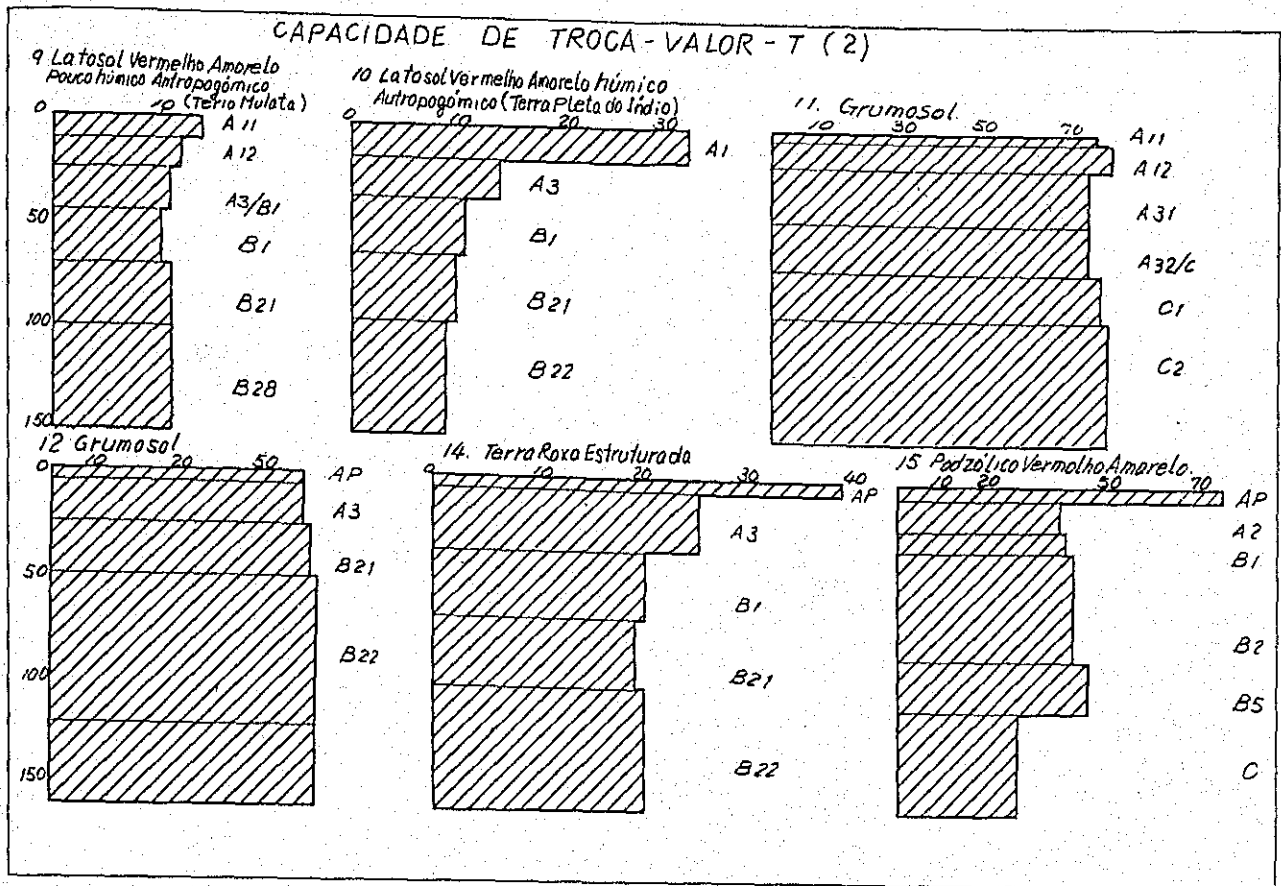
粒径組成の上からは概して砂質の土性からなり、層間の粘土の移動は見られない。細砂中重鉍物含量は極めて少なく、而も層間の変化は少ない。

3) 土壌の化学性

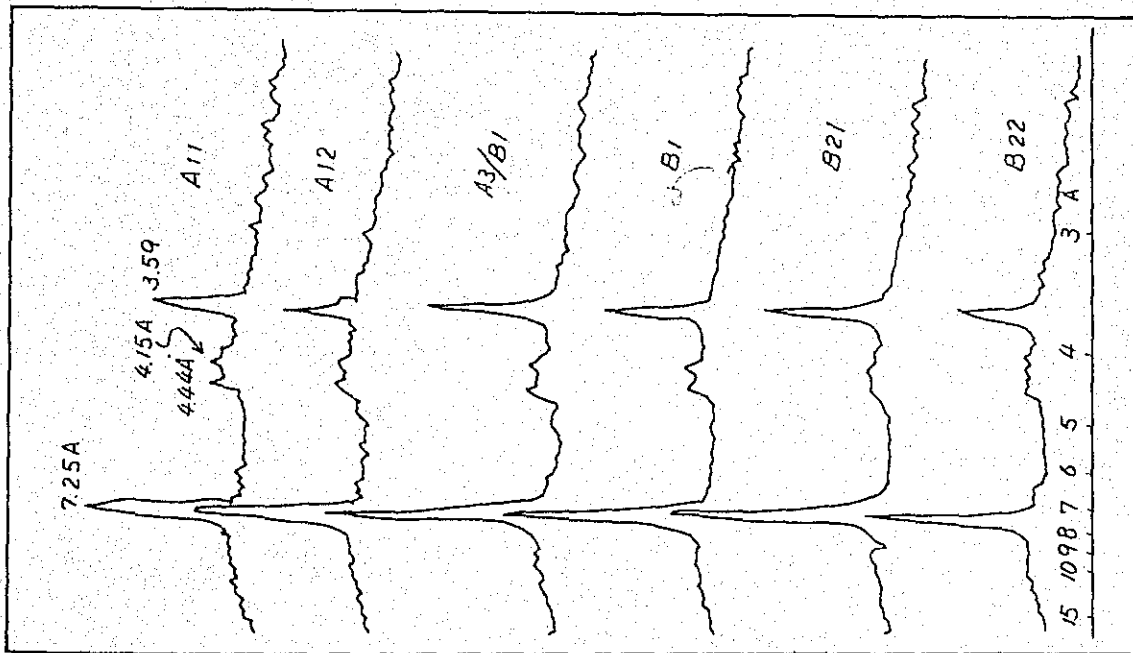
この土壌はアマゾン地方に分布する土壌の中では炭素含量の高い土壌であるがここに供試



第33図 土壌の化学組成



为34图 粘土部分の塩基置換容量(2)



9 Latosol Vermelho Amarelo Pouco Húmico Antropo

为35图 X線回折図

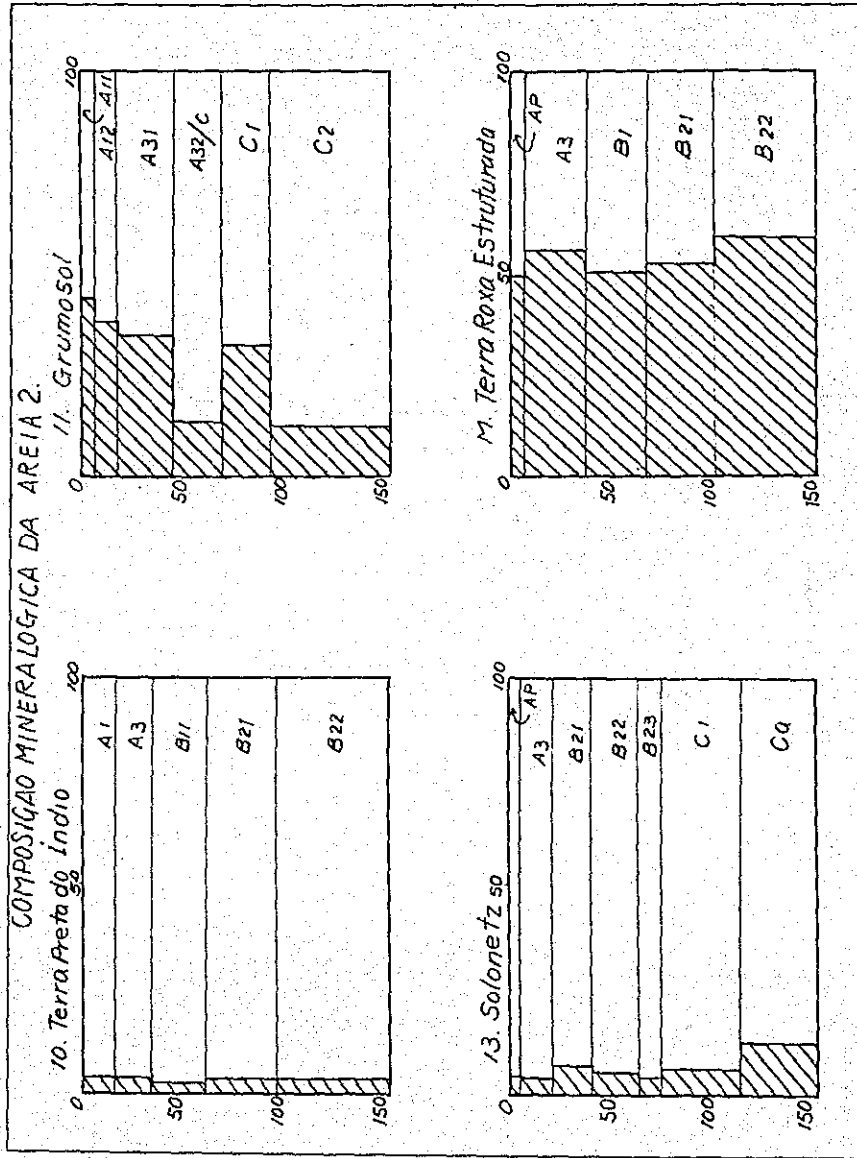


表36 土壤の重鋳物含量

した土壌はやゝ低い。しかしA1層で5%、A3層でも1%以上と高い値を示す。この土壌の反応は前項に述べたと同種の腐植層を持つ少腐植質赤黄色ラトゾルに比べて酸性は弱い。稀酸に溶出するアルミニウムは酸性の弱いこともあり今迄述べた赤黄色ラトゾル、少腐植質赤黄色ラトゾルなどに比べ極めて少ない。これを同じように腐植層をもつ前述の少腐植質赤黄色ラトゾルと比べると両者は反応、稀酸可溶のアルミニウム含量の上で顕著な差が見られ、これが腐植の結合の形も異っているものと考えられる。この土壌は酸性の弱いこともあり石灰、苦土、加里、含量は高く、特に表層で高く、下層へと減少する。

第6表 土壌の化学性(2)

土 壤 名	層 名	深 さ	pH		0.05N-HCl可溶成分 me/g				C %	N %
			H ₂ O	N-KCl	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺		
Latosol Vermelho Amarelo Humico Antropogenico (Terra Preta Do Indio)										
	A1	0 - 16	64	55	011	3727	1614	015	556	046
	A3	16 - 34	59	53	021	921	092	003	120	009
	B1	34 - 61	60	51	021	533	092	002	073	006
	B21	61 - 95	60	53	020	317	061	002	039	004
	B22	95 - 143	58	54	020	210	061	003	028	004
Laterita Hidromorfica Truncada										
	AP	0 - 8	53	40	043	138	097	011	107	004
	A2	8 - 23	53	40	053	1070	148	012	064	005
	B	23 - 60	53	38	121	105	357	029	013	002
	B1/G1	60 - 100	56	36	078	064	635	031	013	002
	B1/G2	100 - 130	60	40	022	095	605	030	008	001
	C	130 -	56	42	001	084	676	020	005	001
Laterita Hidromorfica Arenosa										
	A1	0 - 8	56	47	010	349	394	019	155	003
	A2	8 - 116	60	45	001	045	035	004	009	001
	Bh 1	116 - 150	51	37	065	061	061	029	021	002
Laterita Hidromorfica Imperfeitamente Drenada										
	AP	0 - 5	46	38	240	124	093	032	196	021
	A2	5 - 36	46	43	131	022	018	008	064	008
	B1	36 - 65	49	44	121	021	015	010	046	009
	B21	65 - 94	49	43	121	020	020	010	030	006
	B21PL	94 - 130	49	43	154	010	013	011	013	003
Laterita Hidromorfica Normal										
	A1	0 - 6	48	43	088	284	178	044	215	022
	A2	6 - 29	40	39	242	015	018	009	078	008
	B21	29 - 50	44	40	180	015	008	006	050	006
	B22	50 - 93	46	40	175	005	005	004	027	004
	B3	93 - 130	41	40	153	010	010	004	022	004

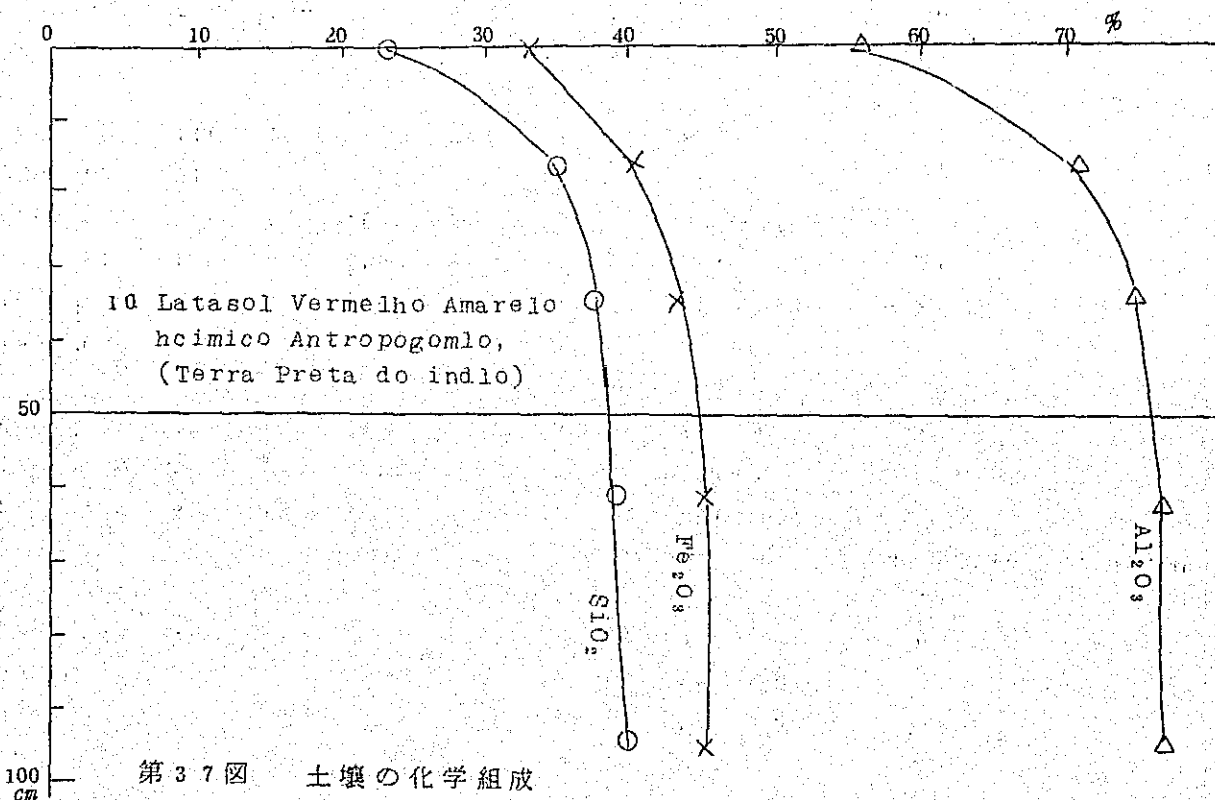
細土中の硅酸、礬土、鉄含量を測定した結果では、硅酸はこの種の赤黄色ラトゾルに比べA1層では少ないが下層へと逐次多くなる傾向を示し、鉄、礬土ではあまり特徴ある変化は見られなかつた。

磷酸吸収力を測定した結果では同じように腐植層をもつ少腐植赤黄色ラトゾルより非常に弱い。

緩衝能はA層では酸性側で塩基含量の高いこともあり、少腐植質赤黄色土より強い傾向を示した。

4) 粘土の理化学性

このように腐植層を有する赤黄色ラトゾルで前項の酸性の強い土壌では生成粘土鉱物はいづれも1:1型の粘土鉱物であったがこのような塩基含量の高い赤黄色ラトゾルではどのような粘土鉱物を生成しているかを検討した。先づ粘土の塩基置換容量であるがA1層では高い値を示すがA3層から下の層では逐次少なくなり、10 me内外と他の赤黄色ラトゾルとほとんど変わらない結果を示した。



塩基置換容量の上からはA1層では2:1型の粘土鉱物が推定されるが、これは恐らく未分解の有機物などの関係しているのではないかと考えられるが、更に次のX線回析の上から考察する。下層は前項の酸性の強い赤黄色ラトゾルと同様1:1型粘土鉱物の存在が推定された。(第38図)

X線回析の結果では、前述の赤黄色ラトゾル、少腐植質赤黄色ラトゾルなどと同様に7.25Å 3.59Åを主体とするカオリン系粘土鉱物を主とする極めて単純な粘土鉱物からなっていた。また先の塩基置換容量で極めて高い値を示したA1層ではX線回析の上からは1:1型粘土鉱物の回析ピークのみで2:1型粘土鉱物によるピークは見られず先に述べたように塩基置換容量の高いのは恐らく未分解有機物によるものであろう。

更に粘土の示差熱分析(DTA)を行ったのは第39図でこの結果も塩基置換容量、X線回析の結果と同様カオリン系粘土を主体としている。唯前述の塩基置換容量の高かったA1層では350°C附近の微弱な吸熱ピークと更に930°C附近の顕著な発熱のピークが見られ、800°C附近に巾広い発熱のピークが見られる。これは低温で分解しない有機物によるピークと考えられ、これが塩基置換容量に影響しているように考えられるが、いつれこの土壌の生成過程と共に検討される必要がある。

E. 地下水型ラトゾル(Laterita Hidromorfida)

1) 形態的特性

一般にこの土壌は排水の悪い平地、或は1年の或時期に湛水したり湧水したりするような地域に分布する。アマゾンでは、ブラガンサ、Maracassume川沿い、BR14国道、マラニオン州のインベラトリス、ロンドニヤ、マラジョー島などに散在し、アマゾンでは比較的分布面積は広い。気候的にはAf型は勿論、Am、Aw型にも分布する。多くは第四紀層、第三紀層の地質母材からなり、地上植生は概して良くない処が多い。

ここに供試した土壌はマラニオン州のもの2種、ホンドニヤBR 29号国道沿いに分布する2ヶ所の計4種を供試した。

この土壌は発達したA、B、C層からなって層界は概して明瞭である。

全般的に腐植に乏しく、2、3酸化物に富み、プリンタイプ(Plinthite)、斑紋(Mosqueados)、が多く見られる。A層はAp、A2或はA1、A2層に分れ、A層の厚さは30cmから深いものは100cmにも達する。A層は10YR 4/1~25YR 6/4、10YR 3/1~25YR 6/4、10YR 3/1~10YR 7/2、25YR 7/2などのやや暗色の土色からなっている。B層は25YR 7/2~6/2~7/4、5Y 7/2、10YR 7/6、5YR 6/3などの土色で層中に25Y 7/8などの斑紋を有し、土性は変化に富み、半角塊状構造のものが多い。

2) 粒径組成、重鉍物含量

この種土壤の中3種について粒径組成を示したのは第19、32図の如くて、地下水型ラトゾル *Truncada*、地下水型ラトゾル *Imperfeitamente Drenada*、地下水型ラトゾル *Normal* の順に粘土含量多く、粘土の増加にともない細砂部分の割合が減少する。層間の粘土部分の移動は地下水型ラトゾルの *Truncada* で砂質土性のこともあって粘土はやゝ深い層に移動し、微砂部分はこの粘土の集積層より更に深い層にある。このことは、上層からの移動というよりはむしろ下層から上層への移動によるのではないかと考えられるが、更に検討しなければならない。

他の2種の地下水型ラトゾルではいずれも40~50cm附近に粘土の多い処が見られる。これらの地下水型ラトゾルの中粘土移動の特殊な地下水型ラトゾルの *Truncada* の重鉍物含量を測定した結果、重鉍物含量の上では大きい変化は見られず、各層共極めて少なかった。

3) 土壤の化学性

全般的にこの種の土壤では炭素含量は少なくほとんど1~2%と低く、地下水型ラトゾルの *Imperfeitamente Drenada* などではやゝ深い層迄、腐植の浸潤が見られる。

土壤反応では地下水型ラトゾル *Truncada* では塩化加里浸出と水浸出 pH の差は大きく置換性の水素イオンの多いことを意味し層の間では変化は少ない。

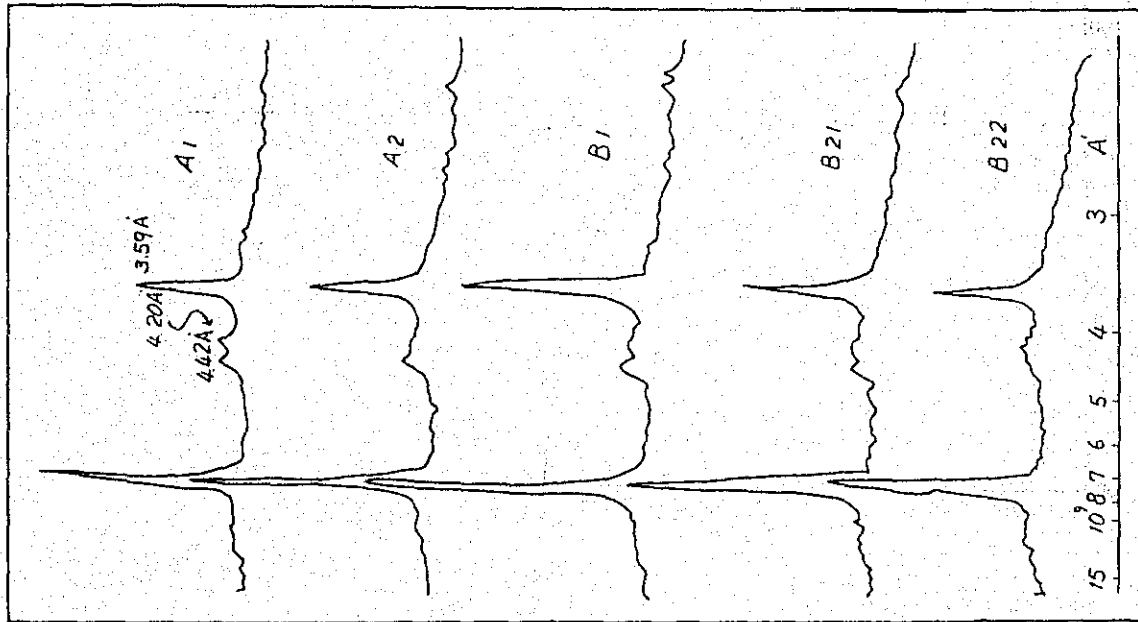
地下水型ラトゾルの *Imperfeitamente Drenada*、及び *Normal* では塩化加里と水浸液の pH は近接し概して下層へと酸性は弱くなる傾向にある。先に粒径組成の上で特殊な傾向の見られた地下水型ラトゾルの *Truncada* では pH の上でも特異の傾向が見られ、母材、堆積様式などの差が関係しているのではないかと考えられる。稀酸可溶 (0.05N-HCl) のアルミニウムを測定した結果では *Laterita Hidromorfica Truncada* では第1、2層では少ないが第3層で顕著な増加が見られる。*Laterita Hidromorfica Arenosa* では第1層から下層に向って増加の傾向を示し、先に述べた反応の変化と同じような傾向にある。*Laterita Hidromorfica Imperfeitamente Drenada* では第1層に多く逐次下層へと減少し、最下層で再び増加する。*Laterita Hidromorfica Normal* では第2層にアルミニウムが多く、先の反応の変化と符合する傾向にある。

稀酸可溶の石灰は区々であるが概して表層に高く、下層へと減少する。

苦土は *Laterita Hidromorfica Truncada* で最も多く、B/G1層を境に下層へと急増し、異質の堆積が考えられる。このことは加里含量においても見られることから苦土、加里を構成成分とする鉍物類を主体とする岩石などの堆積からなっていて上層と下層の堆積母材が異なるのではないかと考えられる。

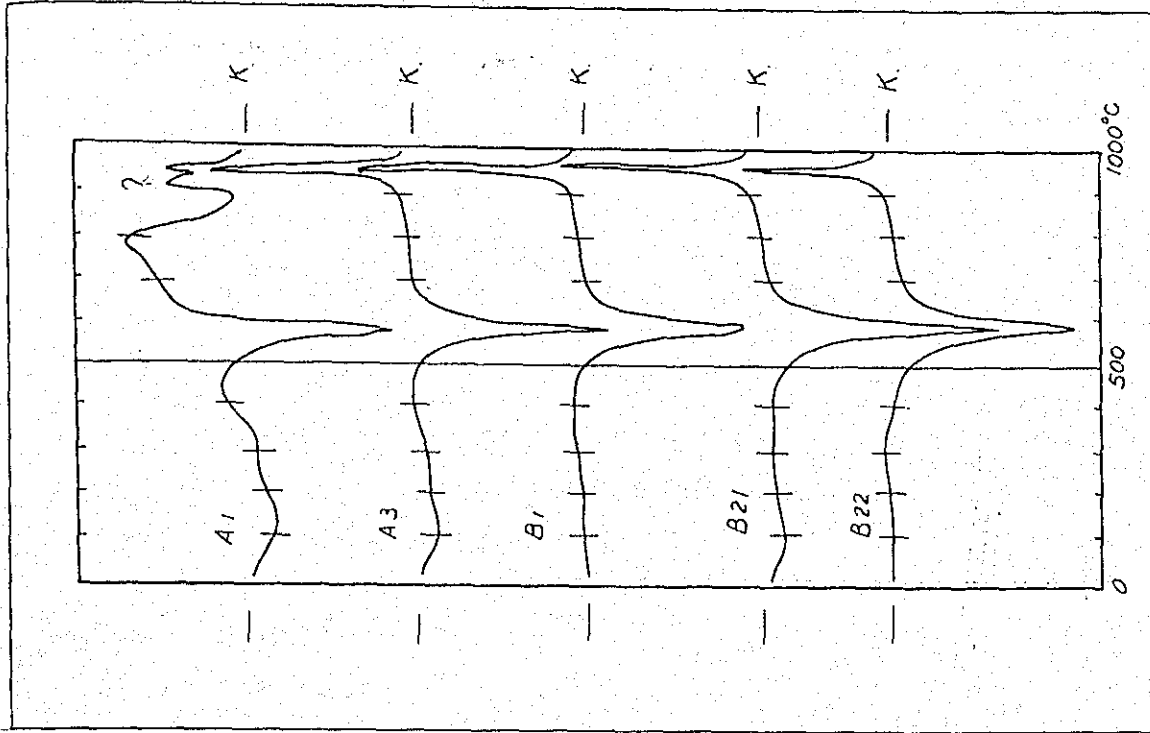
土壤中の硅酸、礬土、鉄は砂質の *Laterita Hidromorfica Arenosa* では含量最も少なく、わずかであるが下層で増加の傾向を示す。

Laterita Hidromorfica Imperfeitamente Drenada では硅酸は第1層では少な



10. Latosol Vermelho Amarelo Húmido Antropofenico.

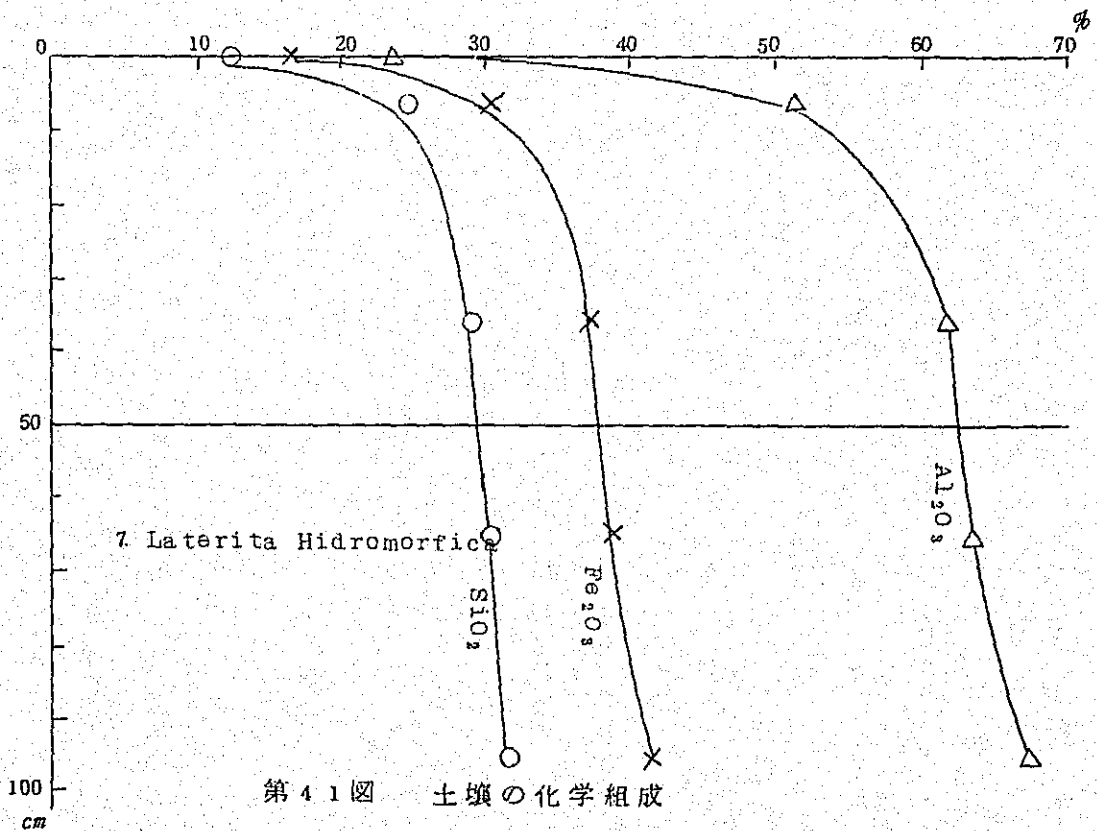
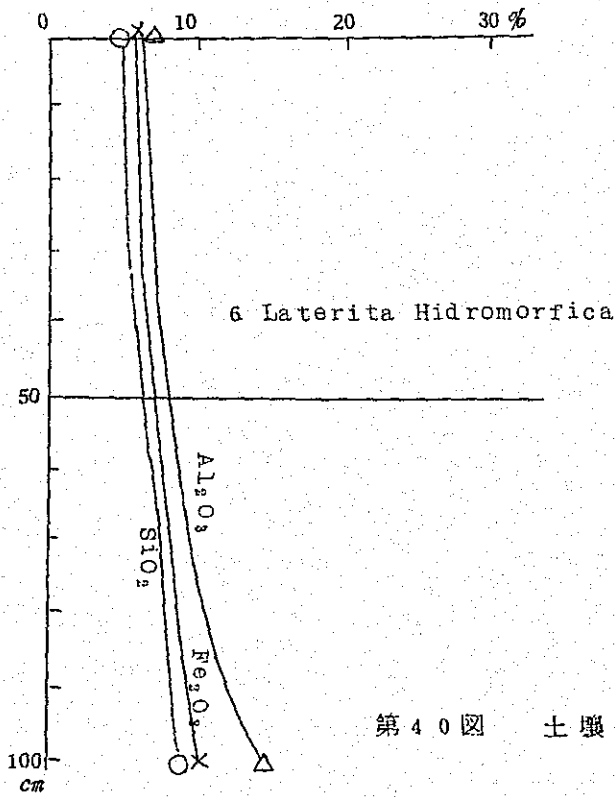
为38图 X 線面折图



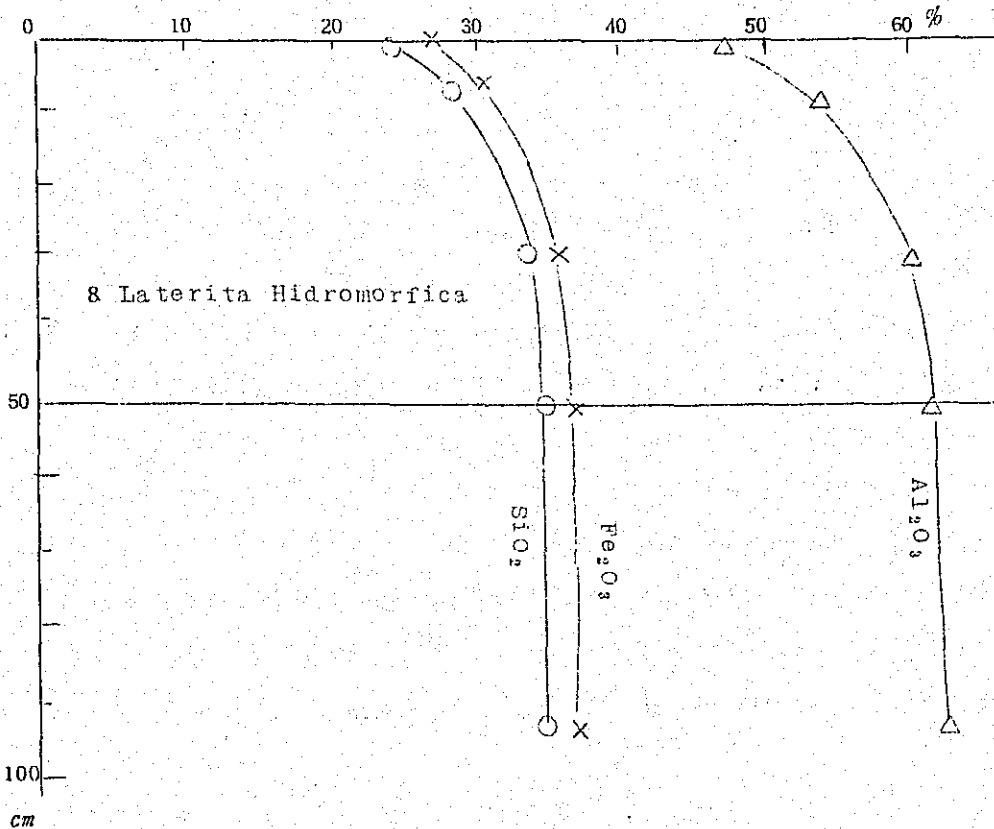
10. Latosol Vermelho Amarelo Húmido Autropogénico

为39图 D. T. A

いがこれ以下の層では鉄、礬土共に高い。Laterita Hidromorficaでは、この種の地下水型ラトゾル中最も多く、鉄は少なく、概して溶脱、ラテライト化作用のやゝ弱い土壌のように考えられる。



母材の堆積の異なると考えられる Laterita Hidromorfica Truncada では硅酸、礬土、においても堆積の相違する傾向がうかがわれる。



第 4 2 図 土壌の化学組成

磷酸吸収力は他のラトゾルと同様に極めて弱い値を示した。このように礬土の多い土壌で磷酸吸収力の弱い原因については、横井によれば、アルミニウムの老化、即ちアルミニウムの活性度の低下などが影響しているのではないかと云われるが更に検討する必要がある。緩衝能は Laterita Hidromorfica Normal でわずかに強く、他はあまり変化はなかった。

4) 粘土の理化学性

アマゾン地域のような気候条件下で地下水の影響の強い土壌での生成粘土鉱物について検討した結果母材の堆積の異なると考えられる Laterita Hidromorfica Truncada では粘土の塩基置換容量は Ap 層から Bq1 層にかけて 2.5 me 内外、それ以下の Bq2、C 層では 4.0 me 以上と極めて高い値を示し、生成粘土鉱物の上でも同様に母材の差が伺われる。他の地下水型ラトゾルでは第 1 層でやや高いが下層はいづれも 1.5 me 内外と低く 1:1 型粘土鉱物の存在が推定された。

X線回折でも塩基置換容量の結果とほぼ同様の結果を示し、カオリン系の粘土鉱物を主としているが一部母材堆積様式の異なる Laterita Hidromorfica Truncada では Ap、A2、B 層ではイライトのピークが表層から下層に多くなり、B₁ 層ではモンモリロナイトのピークが下層から上層に向って弱くなる傾向が見られ、上部のイライトの見られる層と、下部のモンモリロナイトを主とする2つの層に分けられ、前述の種々の化学性の結果と相俟って母材の堆積様式の差が生成粘土鉱物にも影響していることがうかがえる。

F. 赤黄色ポドゾル (Podzolic Vermelho Amarelo)

ブラジルにおける赤黄色ポドゾル土壌の規定は、サンボロ州の土壌調査報告書によると次のようになっている。

この土壌は排水の良い、酸性反応を示す A₀ 層と多少有機物を含む鉄質土壌からなり、A₁ 層、漂白された A₂ 層、赤、黄、或は赤黄色の土色からなり粘土質の B 層からなると云われる。ブラジルの Podzolic Vermelho Amarelo はオーストラリアの Red Podzolic Soil、Yellow Podzolic Soil に、亦 Thorp の Red And Yellow podzolic soil に、ベルギー領コンゴにおける Red yellow podzolic Soil、Red podzolic Soil などがこれに対比されると云われる。亦日本土壌との対比では菅野の Red yellow Soil について氏は溶脱層の明瞭でない理由から Podzol に分けられるべきでないと言っているがこの土壌はラトゾル化への中間段階にあるように考えられると、サンボロ州の土壌調査報告書には述べている。

概して地下水型のポドゾル土壌では、形態的に確然と規定されるがこの種のポドゾル土壌では極めてその範囲を拡げているものと考えられる。

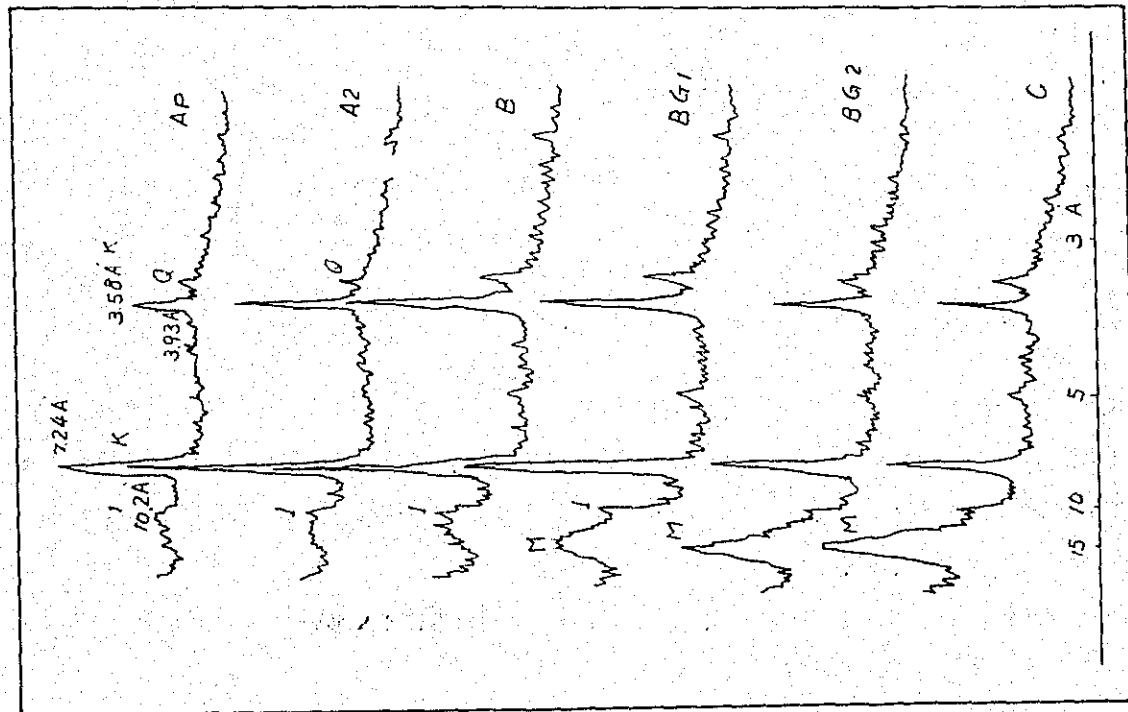
1) 形態的特性

この実験に供試したのはマラニオン州で採取したもので波状地形の処のものである。A 層は約 2.1 cm で A_B A₂ 層に分けられ、A_p 層は 5 YR 4/2 の褐灰色の土色で半再塊状構造を示している。A₂ 層は 5 YR 4/4 (赤褐色) の半角塊状構造である。

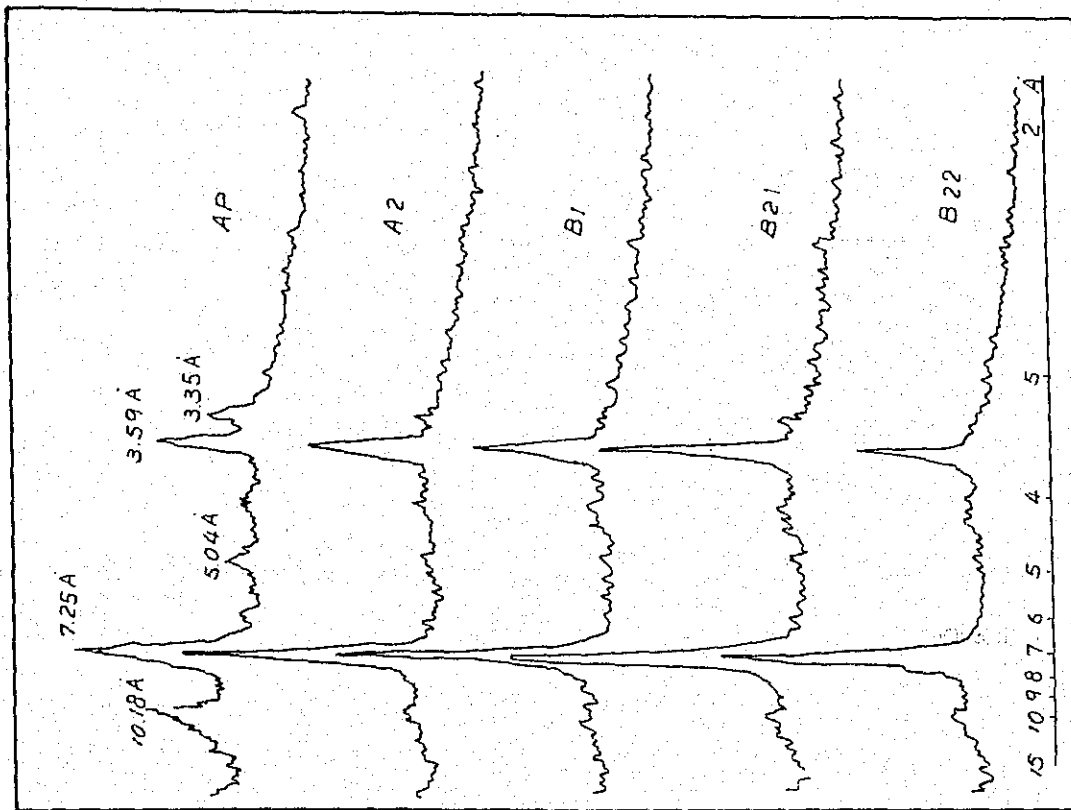
B₁ 層は 2.5 YR 4/4 (暗赤褐) の半角塊、顆粒状の構造を示す。B₂ 層は更に明るい赤褐色の土色で角塊状構造からなる。C 層は 1.0 YR 3/6 と 7.5 YR 6/8、1.0 R 3/6 の斑紋を混じた層からなっている。

2) 粒径組成、重鉄物含量

土壌は概して粘土含量少なく、細砂部分の占める割合が多く、粗砂部分は極めて少ない粒径組成からなっている。層間の粒子の移動は明らかでないが、只母材的な差によるためか B₃ 層附近から微砂部分が多くなっている。細砂の一次鉄物組成では極めて重鉄物含量少なく、しかも B₃ 層、C 層ではほとんど含まれず母材的な堆積様式の差などが影響しているのではないかと考えられる。(第45図)



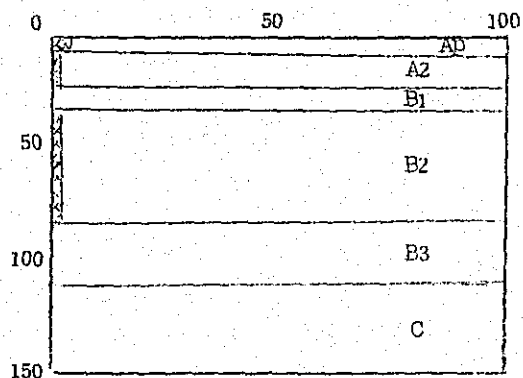
5 *Laterita Hidromórfica truncada.*
 第43圖 X線曲折圖



7. *Laterita Hidromórfica Imperfeamente drenada.*
 第44圖 X線田折圖

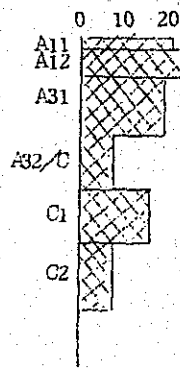
Composicao Mineralogica da Areia 3

15 Podsolico Vermelho Amarelo



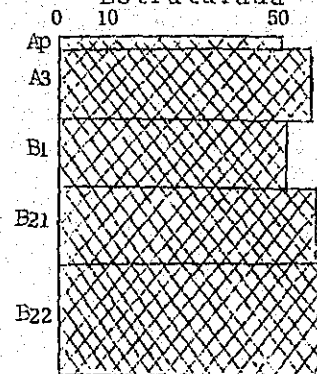
(重鉍物含量)

11 Grumosol



IMANTACAO

14 Terra Roxa Estruturada



9 Terra Mulata

A11	±
A12	±
A3/B1	o
B1	o
B21	o
B22	o

10 Terra Preta do Indio

A1	±
A3	±
B1	±
B21	o
B22	o

13 Solonets

Ap	±
A3	±
B21	+
B22	+
B23	o
C1	o

第45図 土壤中の重鉍物含量、磁性鉍物含量

3) 土壤の化学性

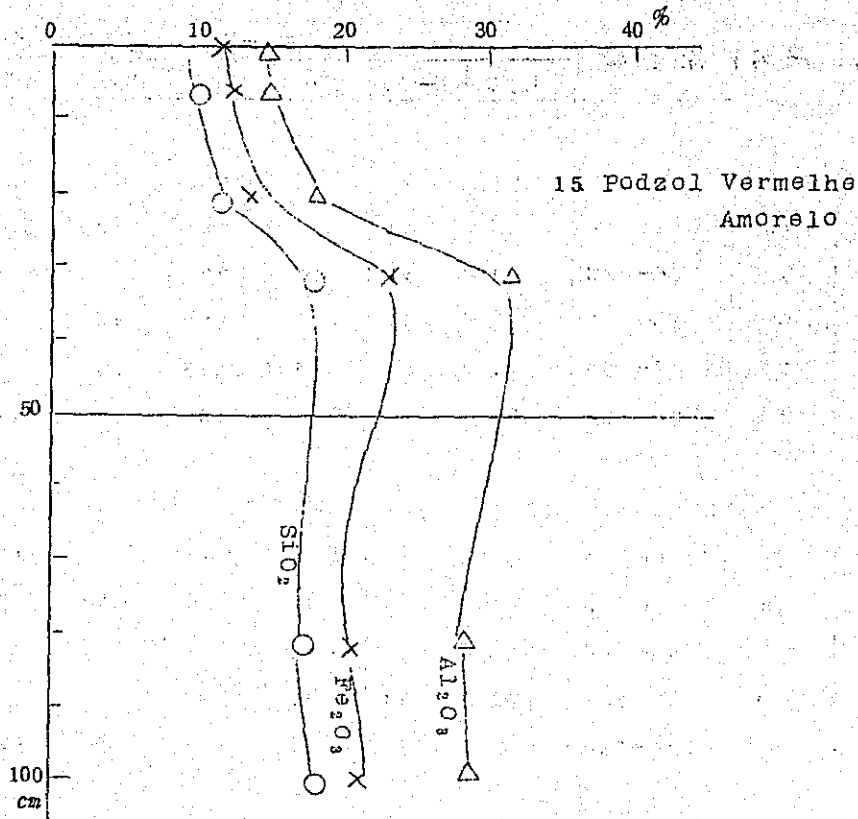
土壤の pH は Ap 層から B2 層附近迄は塩化加里浸出、水浸液共に酸性は弱い。B3、C 層では強い酸性が見られ、上、下層の不連続が見られる。この傾向は稀酸可溶のアルミニウムにおいても下部の B3、C 層では極めて多く溶出する。

石灰も同様に下部 2 層はやゝ多く、苦土含量は B2 層附近にやゝ多い。これは先にも述べたように下部 2 層は異質の母材によっているためであろう。

土壤の硅酸、礬土、鉄含量は概して少なく、層間では B2 附近から硅酸、礬土が多くなる傾向を示しているが、而もその各々の間でも僅かな移動が見られる。(第46図)

第7表 土壤の化学性(3)

土 壤 名	層名	深 さ cm	pH		0.05N-HCl 可溶成分 me/g				C %	N %
			H ₂ O	N-KCl	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺		
Grumusol										
	A11	0- 4	6.3	5.9	0.11	2639	552	0.25	2.15	0.32
	A12	4- 16	6.3	5.4	0.99	2568	522	0.13	1.88	0.30
	A31	16- 43	6.4	5.1	0.11	2230	475	0.06	1.03	0.17
	A32/C	43- 67	6.7	5.1	0.11	2283	485	0.05	0.43	0.05
	C1 Ca	67- 90	7.7	6.4	0.01	5136	753	0.03	0.30	0.03
	C2 Ca	90-120	7.9	6.3	0.01	5136	503	0.04	0.10	0.03
Terra Roxa Estruturada										
	Ap	0- 5	6.7	6.0	0.01	880	619	1.71	1.06	0.60
	A3	5- 35	6.6	5.6	0.01	605	071	0.98	1.04	0.09
	B1	35- 66	6.9	5.5	0.22	258	196	0.86	1.03	0.05
	B21	66-100	6.4	5.4	0.01	207	197	0.83	1.03	0.03
	B22	100-150	5.9	5.2	0.11	239	229	0.86	1.04	0.03
Podzolic Vermelho Amarelo										
	Ap	0- 6	6.3	5.2	0.10	194	087			
	A2	6- 21	6.2	4.9	0.01	158	109			
	B1	21- 31	6.5	4.9	0.01	184	105			
	B2	31- 82	6.2	4.4	0.10	352	176			
	B3	82-109	5.1	3.6	2.19	272	099			
	C	109-150	5.0	3.4	6.67	397	063			



第 46 図 土壤の化学組成

この化学分析の上からはポドゾ化作用の影響は明らかでない。磷酸吸収力は極めて弱い値を示した。

4) 粘土の理化学性

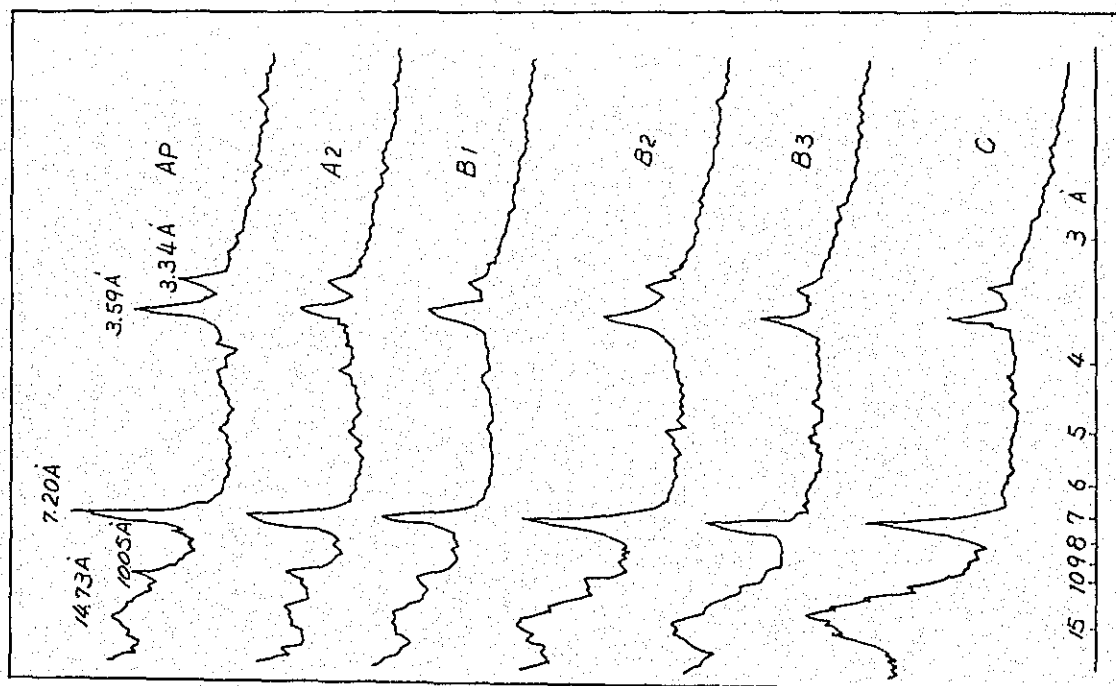
粘土部分の塩基置換容量を測定したのは第34図に示す如くで Ap 層では 70 me 内外と極めて高く 2 : 1 型粘土鉱物の存在が推定される。A2、A3 層ではやゝ高いが C 層では減少している。

この結果上部 5 層では母材的な差、土壤化作用の時間的な差などが可成影響しており、C 層における低い原因は地下水などの影響から層中に黄褐色その他の斑紋などが見られることから、生成粘土鉱物として変っているのではないかと考えられるが更に検討されなければならない。

次にこの粘土の X 線回析を行ったがその結果 7.20 Å、3.59 Å の 1 : 1 型粘土鉱物を主とし、更に 14.73 Å のピークが C 層から Ap 層へと強くなる傾向を示している。これは恐らく 14.73 Å のパーミキユライトと考えられる鉱物の層間のアルミニウムが溶脱し、面間距離を縮小することなど影響しているのではないかと考えられるが更に検討する予定である。

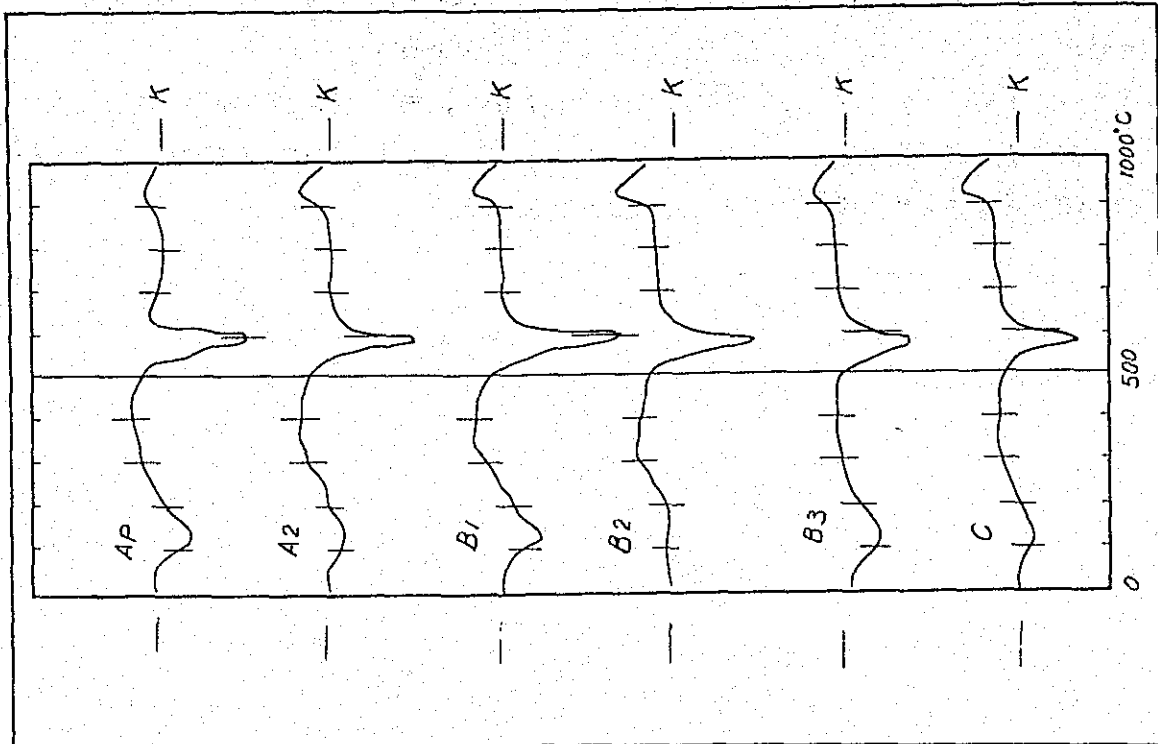
この結果より供試した土壌の生成粘土鉱物としてはカオリン系粘土鉱物であり、母材的な差などからパーミキュライトを混在しているものであろう。

亦この粘土についてD、T、Aを行ったのは次の図で、先のX線回折の結果と符合しカオリン系の粘土鉱物を主としている。只極めて微弱であるが350°C附近に吸熱に似た回折線のみだれが見られるがこれは更に検討する必要がある。



15. Podsolico Vermelho Amarelo.

表 47 図 X 線 回 折 図



15. Podsol Vermelho Amarelo.

表 48 図 D. T. A.

G. テハホーシヤ (Terra Roxa)

この土壌はブラジルで最も肥沃な土壌である。この土壌は何故テハホーシヤと呼ばれるようになったか明らかでないが、日光々線を或特定の角度からこの土壌に照射すると土色は紫色を呈するためではないかと考えられている。

この土壌はA、B層の土色と、B層における構造の発達程度などから構造性テハホーシヤ (Terra Roxa Estrutrada)、とよりラトゾルに近い特性をもつ真性テハホーシヤ (Terra Roxa Legitima) に分けられ、更にこれら二者の混合からなる混合型テハホーシヤ (Terra Roxa Mixturaba) の3種がある。

Terra Roxa EstrutradaのB層は非常に発達した半角塊状の構造と豊富な塩基をもっている。この土壌に対応する土壌としてはハワイ、パラグアイ、エチオピア、ケニヤ、ベルギー領コンゴなどにも存在し、北アメリカ南部に分布するReddish Brown Lateritic Soilも良く似た特性の土壌であるといわれる。

アマゾン地域でも局地的に塩基性岩を母材とする地域に分布する。アマゾン中流のアルタミラ、アレンケール、 Rondônia のBR 29 国道沿い、ホードランジャ、ローライマ直轄領などに分布し、アマゾン地域だけでも現在知られている面積は約23000 Km² であると云われる。

分布地域はカッペンのAmからAf、Awのほとんどの気候区に中広く分布し、植生も区々であるがこの種の土壌からなる処の植生は極めて良い。

1) 形態的特性

本実験に供試した土壌はアレンケールで採取したTerra Roxa Estrutradaである。

一般にカスタニヤドバラーなどの植生下の土壌は肥沃であると云われ、この地域の植生も極めて良く、カスタニヤドバラーなどが混在している。

土壌母材は塩基性岩からなり発達した半角塊の構造と、大、小の孔隙に富み、土壌物理性は極めて良い土層からなっている。

A層は約34cmでAp、A3層に分れ、層界は漸移的で土層は極めて深い。Ap層は5YR 3/4、A3層は2.5 YR 4/6の土色からなっている。

B層はB1、B21、B22、は5 YR 4/6、2.5 YR 4/6、2.5 YR 4/8の土色で中、小の半角塊状の構造からなっている。

このような発達した構造、大小の孔隙は土壌の物理性を極めて良くしている。

2) 粒径組成と重鉍物含量

粒径組成を分析した結果土性はやゝ粗い。粒径組成はB1層附近にわずかに粘土が多い程度で層間の変化は少ない。これは発達した構造、多数の孔隙が却って粘土の移動を抑制しているものではないかと考えられる。(第32図)

土壌中の細砂中の重鉍物含量は第36図に示すように、こゝに供試した土壌の中で最も高く細

砂中で50%以上の値を示し層間での変化は少ない。

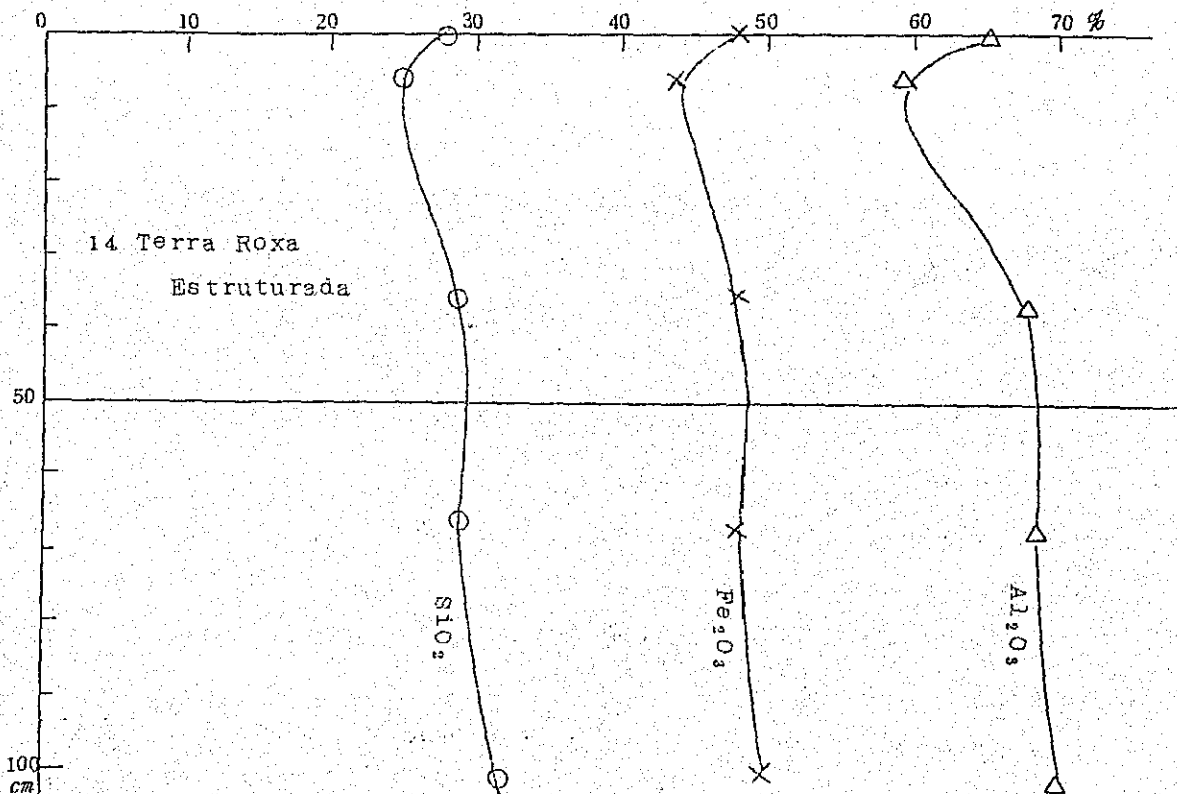
亦この重鉱物中磁性鉱物を分離した結果第45図に見られるようにそのほとんどは磁性鉱物、即ち磁鉄鉱、チタン鉄鉱からなっている。これはこの種の塩基性岩で本来磁性鉱物の多いことなどが殊更に風化に対する抵抗性の強い鉱物を残留、濃縮させているものと考えられる。

3) 土壌の化学性

土壌の化学分析結果は7表に示す如くで、炭素含量は1%内外と少ないが、しかし極めて少ない量であるが深い土層迄腐植が滲潤している。これは土壌表面に富化される有機物が速かに分解されてこの土壌の特性である発達した構造の間隙、亀裂、多数の孔隙に沿って、滲透するためと考えられる。

窒素は表層で高く下層へと逐次減少する。土壌の酸性は極めて弱いが、しかしAp層から下層へとわずかに酸性化する。

稀酸に溶出する石灰、苦土は極めて多く、Ap層から下層へと逐次減少するが、わずかにB₂₂層附近で多くなる。このようにこの土壌は母材的な差から塩基含量の高いこと、土壌の物理性の佳良がこの土壌を肥沃なものとしているものと考えられる。



第49図 土壌の化学組成

土壤中の硅酸、鉄、礫土含量は塩基性岩を母材とする関係から硅酸含量は低く、鉄、礫土はやゝ高い傾向にある。

硅酸はA層で高く、下層では減少している。この表層の高い原因は風化に対する抵抗性の強い石英などの残留濃縮、植物体からの富化など色々考えられるが明らかでない、概して礫土含量は高く層間の変化は少ない。

燐酸吸収力は酸性の弱いこともあり比較的弱い。

緩衝能はA層ではアルカリ側で最も弱く、酸性側では腐植質赤黄色ラトゾルに次いで強く、B層では他の土壌とあまり変らなかった。

4) 粘土の理化学性

粘土部分の塩基置換容量を測定したのは第34図の如くである。この結果A層は極めて高いが下層はいづれも20 me 内外を示し、前項に述べた黄色ラトゾル、赤黄色ラトゾルなどより僅かに高いのみで典型的2:1型粘土鉱物の値よりやゝ低い傾向を示す。これについては次のX線回折、D・T・Aなどと一併に考察する。A層の塩基置換容量の高いのは前述の細土中の硅酸の多いこと、塩基含量の高いことなど影響しているためではないかと考えられるが更に検討する予定である。

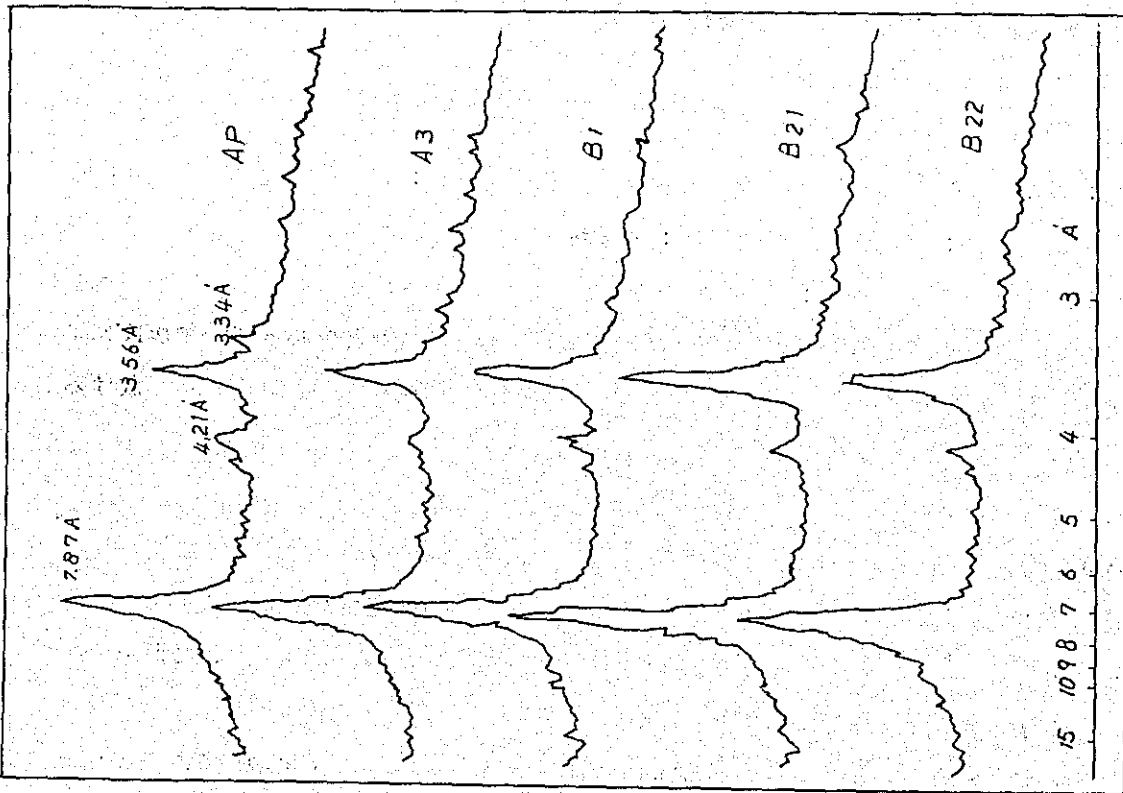
X線回折を行った結果は次の図で、粘土の塩基置換容量の高いA層ではX線回折の上からは2:1型粘土鉱物の存在は見られなかった。亦下層の1:1型粘土鉱物の塩基置換容量より高い層でも2:1型というよりは1:1型粘土鉱物である7.37 Å、3.56 Åの回折線を主とし、いづれの層でも2:1型の粘土鉱物の回折線は見られなかった。しかしX線回折のピークはいづれもやゝ巾広いこと、先の塩基置換容量の高い値と相俟って、須藤氏によると、2種以上の粘土鉱物が軸の方向に不規則に重り合い広義の不規則混合層を形成するようなときに、このような変化が見られるといわれる。

さらにこれらの土壌粘土のD・T・Aを試みたのは次の図である。

この結果はX線回折の結果と符合するが、唯塩基置換容量の高いA層ではX線回折では明らかでなかったがD・T・Aではモンモリロナイトの存在が推定される。亦700℃附近の顕著な発熱のピークはやゝ難分解性の有機物によるのではないかと考えられ、これらの要因の総合が塩基置換容量を高めているものと考えられる。

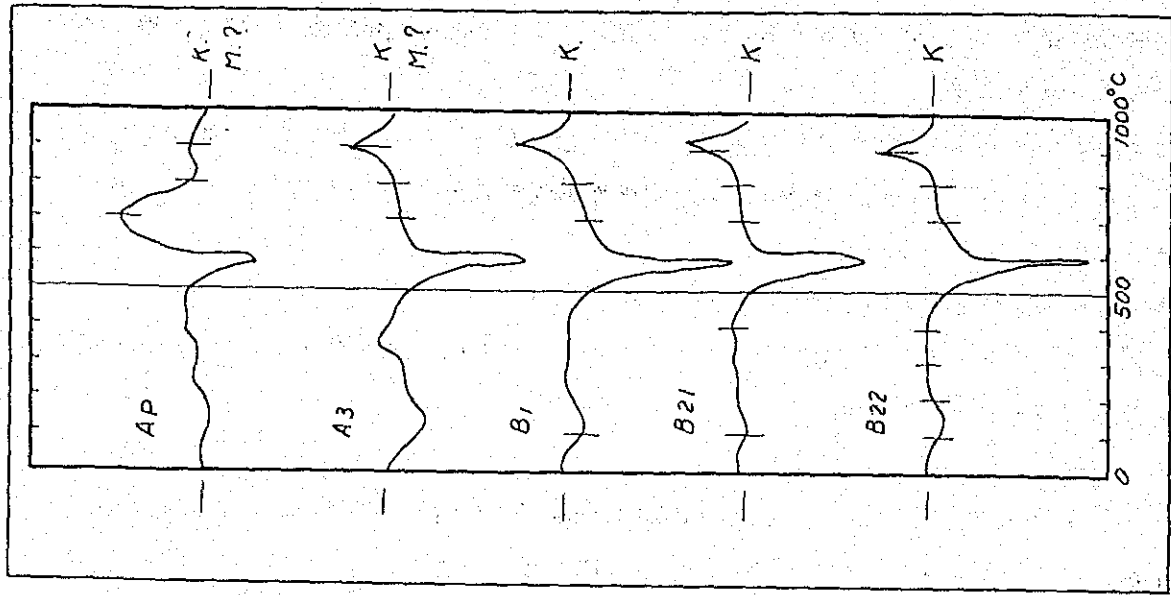
これら粘土の数種の実験からここに供試したTerra Roxa Estruturadaでは主要粘土鉱物としてはカオリン系粘土鉱物からなり、A層では多少の2:1型粘土鉱物の混在が考えられる。粘土の化学分析結果は5表に示す如くである。この結果硅酸含量は他の土壌粘土に比べて低く、各層位別の粘土の変化は明らかでない。

鉄含量は極めて高い値を示しているがこれは脱鉄処理を行っていないことなどから遊離態のゲータイト、レピドクロサイト、ヘマタイト、ブラウンゲルなどにもとづく鉄が多く、真



14. Terra Roxa Estruturada.

沖50圖 X線回折圖



14. Terra Roxa Estruturada.

沖51圖 D. T. A.

の結晶格子内のもは少ないものと考えられる。

この粘土の化学分析結果から硅礬比を求めた結果、2.1 ~ 2.7の値を示しやゝ高い傾向にあり、粘土の化学組成の上からもカオリン系粘土鉱物を主とするように考えられるが、やゝ高いように考えられる。

H. グルモソル (Grumosol)

土壌は石灰岩を母材とし、多量の有機物と粘土含量の極めて高い土壌で、マラニオンのインペラトリス、アマゾン中流モンテアレグレ、 Rondônia などに局部的に分布している。この実験に供試したのはモンテアレグレに分布するものである。

1) 形態的特性

気候的には Am 型の地域が多く、こゝに供試したものは、やゝ小高い丘に分布するもので、放牧に利用されている関係から禾本科の牧草生育下の土壌である。

A 層は約 6.7 cm で A₁₁、A₁₂、A₃、A₃₂ に分れる。これら A 層は有機物含量極めて高く、10 Y R 2/1 の黒色から 2.5 Y R 3/2 (黒褐色) の土色を示している。粘土含量の高いことから中角塊状構造で下層は半角塊、小、中の角柱状 (Prismas)、柱状 (Colunas) 構造で、C 層は構造見られず暗黄褐色の土色で、わずかに灰白色の石灰の固りが見られる。

2) 粒径組成と重鉱物含量

アンモニヤを用いて分散させた関係から十分に分散せず粘土含量はやゝ低い値を示しているものと考えられる。しかし傾向としてはわずかながら下層の C 層へと粘土含量は減少する。

細砂の重鉱物含量は概して高く、こゝに供試した土壌の中では Terra Roxa に次いで重鉱物含量は高い。層間の変化は区々で一定の傾向は見られない。(第 3.6 図)

重鉱物中磁性鉱物は可成の部分を含み重鉱物含量と同様 Terra Roxa に次いで多い値を示す。(第 4.5 図)

3) 土壌の化学性

炭素、窒素含量はいつでも A 層から母材である C 層へと連続的に減少している。

反応は 7 表に見られるように水浸液の pH は表層から下層に向って逐次アルカリ性に傾く。塩化加里浸出の pH はやゝみだれがあるが、C 層では水浸液と同様に酸性は弱くなっている。

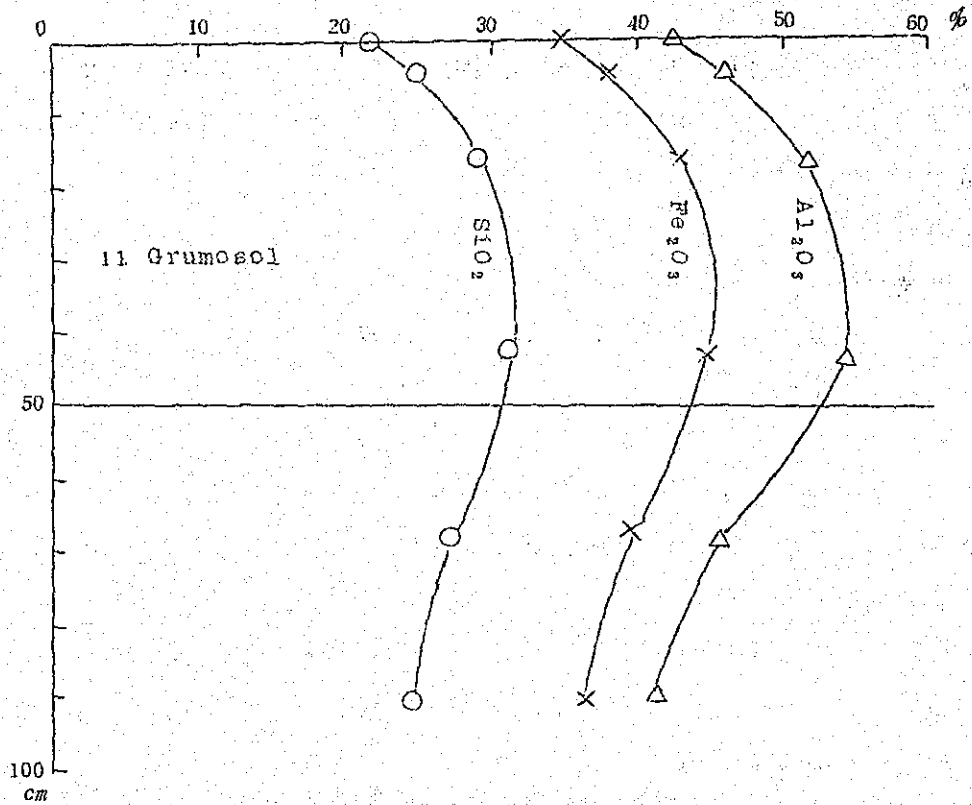
稀酸可溶の塩基は当然母材的な影響から極めて高く、しかも A₃₁、A₃₂/C 層でこれらの移動が見られる。

細土の硅酸、礬土、鉄を分析した結果は第 5.2 図の如くである。

石灰岩を母材とする関係から当然硅酸含量は低く、層間では A₁₁ 層 A₁₂ 層 附近で少なく、下層の A₃₁、A₃₂/C 層 附近で高い。これは先の粘土の移動の明らかでないことから上層からの移動というよりは A₁₁、A₁₂ 層の硅酸の他への流亡によるためではないかと考えられる。

磷酸吸収力は A₁₁ 層ではほとんど吸収されないが A₃₂/C 層ではわずかに吸収される。こ

れは酸性が弱く、稀酸可溶のアルミニウムなどの少ないことから当然のように考えられる。緩衝能は石灰含量の高いこともあり、酸性側の緩衝能は強く、アルカリ側では他の土壌とあまり変らない。



第5.2図 土壌の化学組成

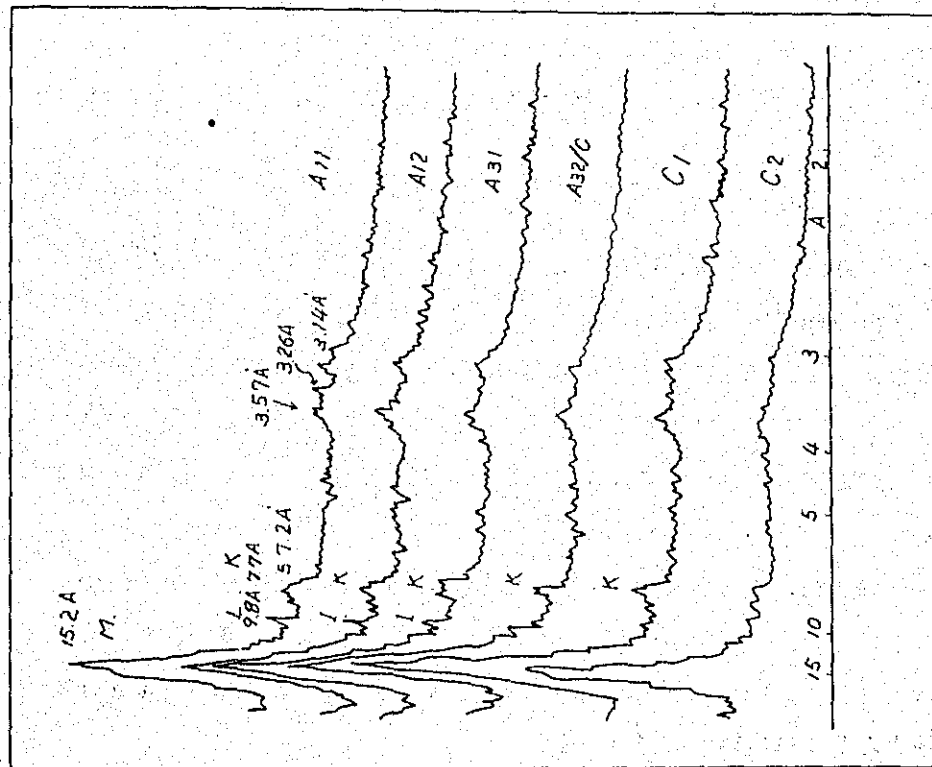
4) 粘土の理化学性

前述の方法によって粘土部分の塩基置換容量を測定した。この結果超塩基性岩である石灰岩を母材とする土壌の生成粘土ではその値は極めて高い。層間では多少の増減が見られるが2:1型粘土鉱物の優勢な存在が推定される。(第3.4図)

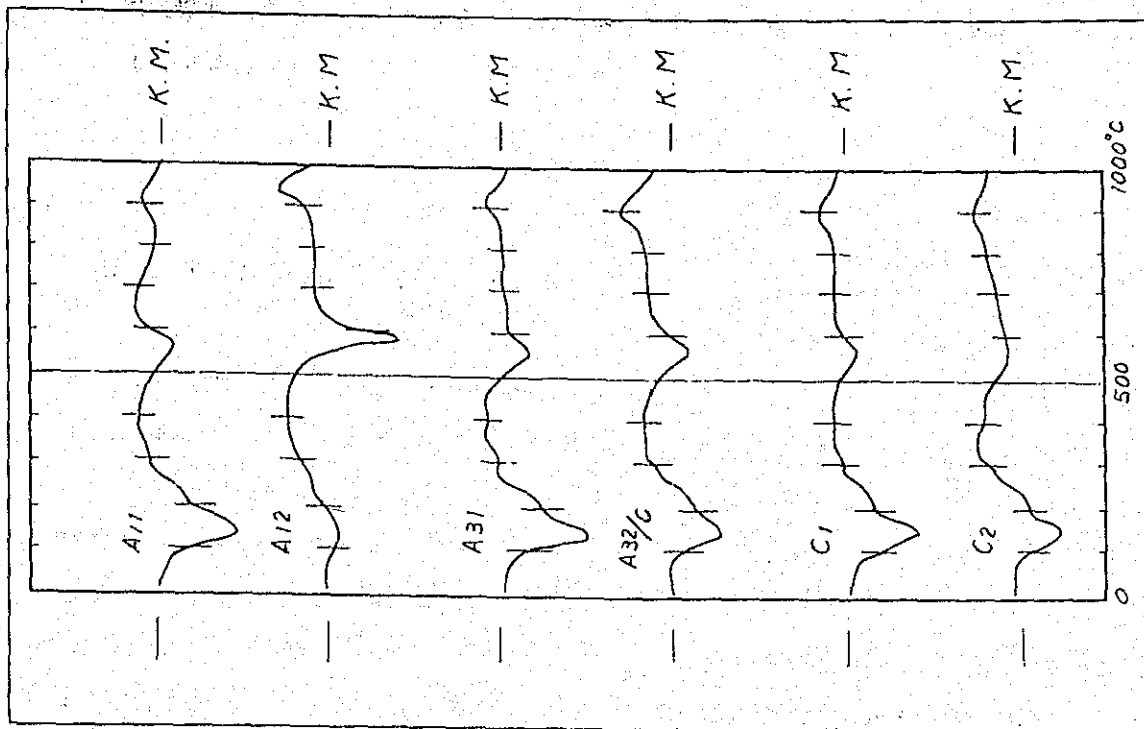
X線回折においても1.52Åの強いモンモリロナイトのピークが見られ、更に9.8Åのイライトのピークが見られるが、このピークは母材であるC層の粘土には見られないがA.32/C層附近から逐次表層へとピークの強度を増す傾向を示している。(第5.3図)

D.T.A.を行ったのは第5.4図で、この結果からもX線回折と同様、モンモリロナイトと一部カオリン系粘土鉱物の存在が推定された。

以上のことからアマゾン地域のような環境下で、超塩基性岩を母材とする土壌での生成粘土鉱物としては2:1型粘土鉱物が主体をなすものと考えられる。



11. Grumosol (1)
 第53圖 X線面折圖



11. Grumosol.
 第54圖 D.T.A.

次に粘土の化学分析を行ったが、珪酸含量は比較的高いが礫土含量は少なく、珪礫比は3.0~3.5と Terra Roxa などより高い値を示す。珪鉄礫比は2前後を示した。(第5表)

IV 考 察

アマゾン地域に分布する主要土壌の特性を検討するため、主要土壌の典型的と思われる土壌、13地点を選び種々検討した。

即ちアマゾン地方ではその土壌生成要因としての気候は極めて強烈であるにかゝらず、母材が超塩基性或は塩基性岩からなるグルモソル、テーハホーシヤではラテライト化作用の進行は比較的弱く、非常に特徴的土壌を生成している。

他方アマゾン地域で最も分布の広い第三紀層を母材とする地域では熱帯アマゾンの強い気候要因を反映してラテライト化作用の進んだラトゾル土壌を生成し、土壌中の鉄含量、鉄の形態などから黄色、赤黄色のラトゾル土壌を形成している。亦このラトゾル土壌は地形或は年代、その土壌のおかれている環境からラテライトの結核(Laterita Concricionalio)を形成している。

また一方地下水の影響の強い地域では砂質の漂白層の厚い Podzolic Hidromorfica が、或は土層化の未発達な Regosol が分布し、いずれも肥沃度は低い。

赤黄色ラトゾルはその生因、有機物含量などから酸性で塩基含量の少ない Latosol Vermelho Amarelo Pouco Humico Antropogenico と同様に有機物を有するが、酸性の弱い、より肥沃で土層中に先住民の土器破片を混ざる Latosol Vermelho Amarelo Humico Antropogenico などが分布している。

アマゾン地域に分布しているこれらの土壌は母材、気候、地形などの影響から極めて溶脱の進んだ塩基含量の低い酸性の所謂脱珪酸作用の進んだラトゾル土壌を主としている。この土壌は一部の試料を除いて遊離吸収力は弱く、これはラトゾル化作用によって珪酸の流亡、鉄、礫土の濃縮、稀酸可溶のアルミニウムなどから、強い吸収力を示すものと考えられたが概して弱い傾向を示した。これは恐らく稀酸可溶のアルミニウムや、全アルミニウムなどの量よりも、より活性なアルミが少ないことによるのではないかと考えられる。

これらラトゾル土壌は強度の溶脱、母材の影響から一次鉱物中、重鉱物含量は極めて少ない。

より粘土含量の高い Latosol Amarelo Textura Muito Pesado ではやゝ高い。このように熱帯土壌における土壌の地力はこの一次鉱物に左右されるから、このように概して土壌養分給源鉱物の少ない土壌では地力としては低いものである。

塩基性岩を母材とする Terra Roxa, Grumosol, では溶脱の傾向も弱く、一次鉱物中重鉱物の占める割合が極めて高く、しかもその重鉱物中そのほとんどは磁性鉱物からなっていた。このような風化に対する抵抗性の概して強い鉱物でも熱帯のような強烈な風化要因が時日の経過と共に

土壌に種々の植物養分を供給するものと考えられる。

このような土壌から生成する粘土鉱物はラトゾル土壌では極めて単純なカオリン系粘土鉱物を主とし、塩基置換容量は10 me 内外と極めて低く、肥料の保持力は弱く、砂質のラトゾルでは勿論、雨期における集中的な降雨などによって施肥成分を速かに移動させる。特に森林の伐採、焼畑によって一時に多量の塩基などが土壌に還元された場合問題で、土壌との十分な混和、堆厩肥の併用などの考慮がなされる必要がある。

Terra Roxa では塩基置換容量は低々中程度の値を示し、Grumosol では極めて高い値を示した。この結果はX線回折、D・T・Aなどと低々符合する結果で黄色ラトゾル、赤黄色ラトゾル共に粘土鉱物は極めて単純なカオリン系の粘土鉱物を主としている。

グルモソルではモンモリロナイトを主にイライト、カオリン系粘土鉱物を混在していた。

Terra Roxa ではカオリン系粘土鉱物を主としているが、X線回折におけるピークの特異性、塩基置換容量のやゝ高いことなどから、これは2種以上の粘土鉱物がZ軸の方向に不規則に重なり合い、広義の不規則混合層を形成し、その結晶構造上の格子不整合がその原因しているものと考えられるが更に検討の予定である。しかしこの土壌の肥沃性は塩基置換容量は勿論、高い塩基含量、発達した構造、孔隙などがこの土壌の肥沃度を極めて高いものとしているように考えられる。

腐植に富む層をもつLatosol Vermelho Amarelo Pouco Humico Antropogenico, 或はLatosol Vermelho Amarelo Humico Antropogenico, Latelita Hidromorfica, ではその生成粘土鉱物はカオリン系の粘土鉱物を主体として、強いラテライト化作用を受けていると考えられる土壌でもギブサイトは見られなかった。

粘土の化学組成では硅礫比は黄色ラトゾルで最も低く、グルモソル、ターハホーシャの粘土ではやゝ高い値を示していた。

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for transparency and accountability, particularly in financial matters. This section also touches upon the legal implications of failing to maintain such records, which can lead to severe consequences for individuals and organizations alike.

2. The second part of the document delves into the specific requirements for record-keeping, including the types of documents that must be retained and the duration for which they should be kept. It provides a detailed overview of the various categories of records, such as financial statements, contracts, and correspondence, and outlines the best practices for organizing and storing these documents to ensure they are easily accessible when needed.

3. The third part of the document addresses the challenges associated with record-keeping, such as the volume of data generated and the risk of data loss or corruption. It offers practical solutions and strategies to overcome these challenges, including the use of secure digital storage systems and regular backups. Additionally, it discusses the importance of training staff on proper record-keeping procedures to ensure consistency and accuracy across the organization.

4. The fourth part of the document focuses on the role of record-keeping in legal proceedings and dispute resolution. It explains how well-maintained records can serve as crucial evidence in court and help to resolve disputes more efficiently. It also highlights the importance of ensuring that records are preserved in a format that is admissible in court, such as through the use of digital signatures and secure storage protocols.

5. The fifth and final part of the document provides a summary of the key points discussed and offers concluding remarks on the importance of record-keeping. It reiterates that maintaining accurate records is not just a legal obligation but also a best practice for any organization looking to operate with integrity and transparency. The document concludes by encouraging readers to take the necessary steps to implement and maintain a robust record-keeping system.

アマゾン地域における耕地化にともなう
土壌理化学性の変化

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
PHILOSOPHY DEPARTMENT
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607
TEL: 773-936-3700 FAX: 773-936-3701
WWW.CHICAGOEDU.EDU

アマゾン地域における耕地化にともなう土壌理化学性の変化

はしがき

アマゾン地方における原始林の伐採、焼畑耕作にともなう土壌の理化学性の変化を追跡して、アマゾン地域における土壌地力の維持と合理的な肥培管理法確立のための基礎資料を得る目的で同一母材からなっていると考えられる原始林下の土壌、再生林下の土壌、永年耕作後雑草地として放置されている土壌の3種を用いて主な理化学性について検討した。

またアマゾン地方における開墾、地力回復法の一つである焼畑についても、焼畑が土壌に及ぼす影響について土壌の化学性の面から検討を加えた。

I 耕地化による土壌理化学性の変化

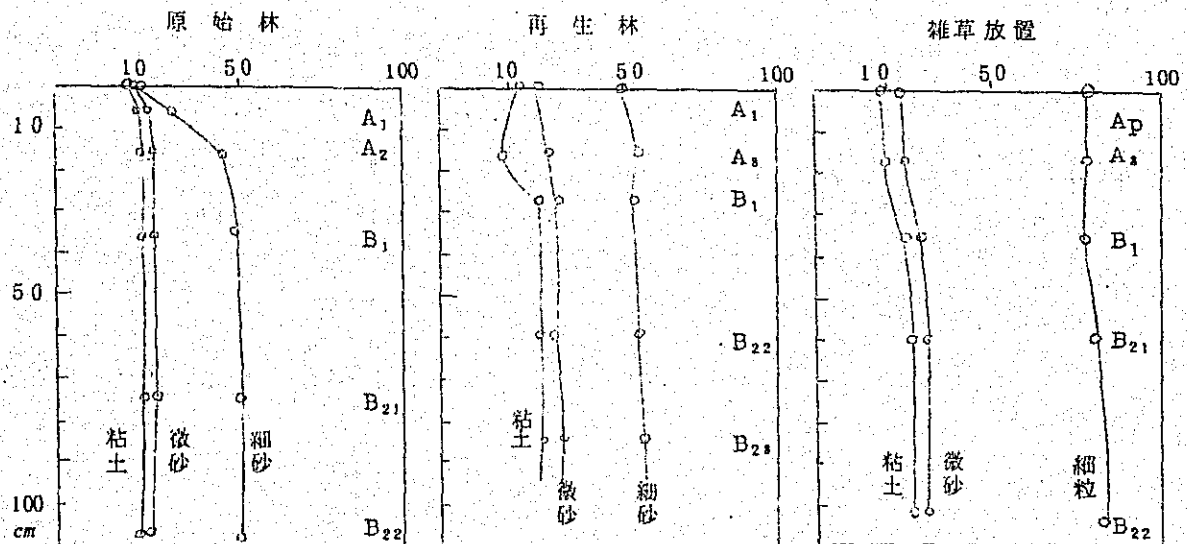
A 供試土壌実験法

この実験に用いた土壌は下図に示すような3種の黄色ラトゾルの粘土含量中 (Latosol Amarelo Texturamedia) の土壌を各層位毎に採取して用いた。

粒径組成はアンモニヤ分散によるピペット法で行ない、化学分析法は、石灰、苦土、加里は北伯農試において行っている0.05N-HCl可溶成分を、他は常法によって測定した。

B 結果と考察

a) 粒径組成の変化は1図に示すように原始林下の土壌では層間の粒径分布には大きな移動、変化は見られないが、一度原始林を伐採耕作したことのある再生林下の土壌ではA₁層、A₂層にわずかに粘土部分の移動がうかがわれる。



第1図 粒径組成

また、永年耕作後雑草地として放置されてきた雑草放置下の土壌では粘土部分は勿論のことと微砂部分もB₂層への移動が見られる。

このことから原始林下の土壌では、地表の被覆が、集中的な降雨にあっても地表面の直接の雨滴による衝撃を受けないから、粘土の移動は少ない。しかし一度これを伐採して耕作することによって表層の他への移動、流亡と共に粘土の下層への移動が見られる。

雑草放置下の土壌では概して土壌粒子の粗い部分は少なく、全般的に粒子の細粒化の傾向がうかがわれる。

b) 反応の変化

各層位別に反応の変化を見ると、水浸液のpHでは腐植の影響もあり、原始林下、再生林下の表層土壌でわずかに酸性が強いが下層土では原始林、再生林下の下層土よりも雑草放置下の下層土で酸性は強く、森林などの被覆が、やや塩基類の溶脱を抑制しているものと考えられる。

塩化加里浸出のpHもほぼ水浸液と似た傾向を示すが原始林下の土壌の酸性はやゝ弱く、塩基類の溶脱の弱いことを示している。このことは置換酸度(Y_1)の値にも見られ、pHと同じような傾向にある。

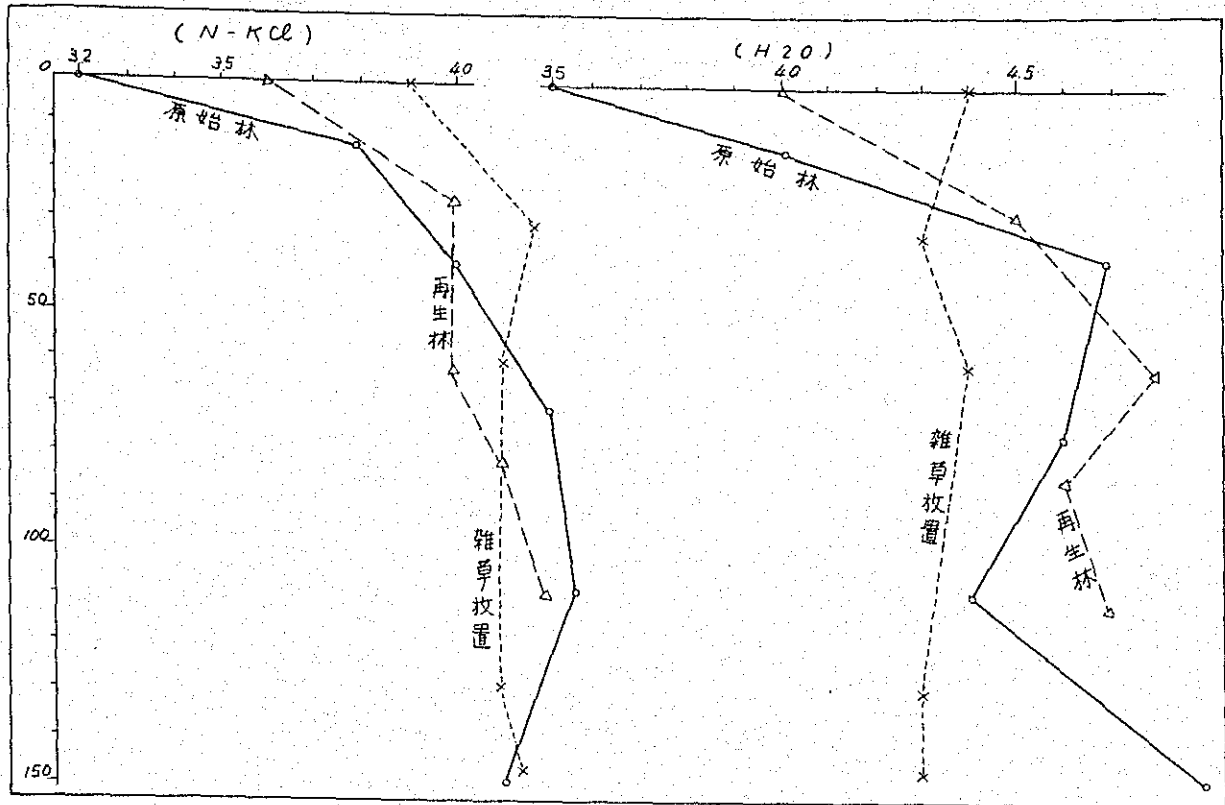
c) 炭素、全窒素含量の変化

原始林下の土壌は腐植層を細分して採取している関係から炭素含量は高い。

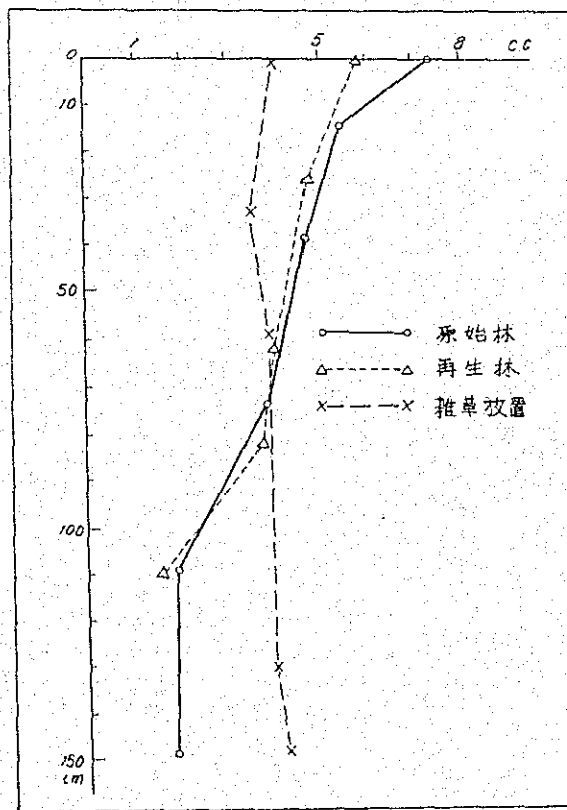
アマゾン地方のような熱帯地域では多量の雨と、高温の環境が森林の旺盛な繁茂を促し、多量の有機物を年々間断なく土壌表層に供給するが、それに比べて有機物の集積は少ない。これは原始林下のように巨木によって被われているところの土壌表層は、集中的な降雨時であっても土壌表層は雨滴にさらされない。即ち大粒の雨滴が土壌表層に達する時には、幾重にもかさなり合った樹冠によってさえぎられ、霖雨、霧雨などの型で地表に達する。この結果土壌の流亡、移動は少ない。しかし多量の降雨は徐々に滲透し、地表は常に一定の湿度を保ち、短い乾期でもほとんど乾燥しないから、森林の生育は助長されるが他方この適度の湿度、水分状態が、土壌微生物の活動を極めて活発にするから、還元量をしのぐ分解が行われる結果有機物の集積は少なく、腐植層を有する土壌は極めて少ない。

このような関係から炭素含量は少ないが、なかでも再生林、雑草放置下の土壌は逐次炭素含量が減少する。

全窒素含量は再生林下の土壌で最も高く、雑草放置下の土壌で最も少ない。層間の変化ではわずかに原始林下の下層土で最も高く、雑草放置下の下層土で最も少ない値を示し、炭素率では原始林下、雑草放置下の表土で高く、再生林下の炭素率は最も低かった。これは原始林下では地表に供給される有機物の量的問題、雑草放置下の土壌では禾本科の雑草と云った植物種の関係があるのではないかと考えられる。



ホ 2 図 PH の変化



ホ 3 図 置換酸度の変化

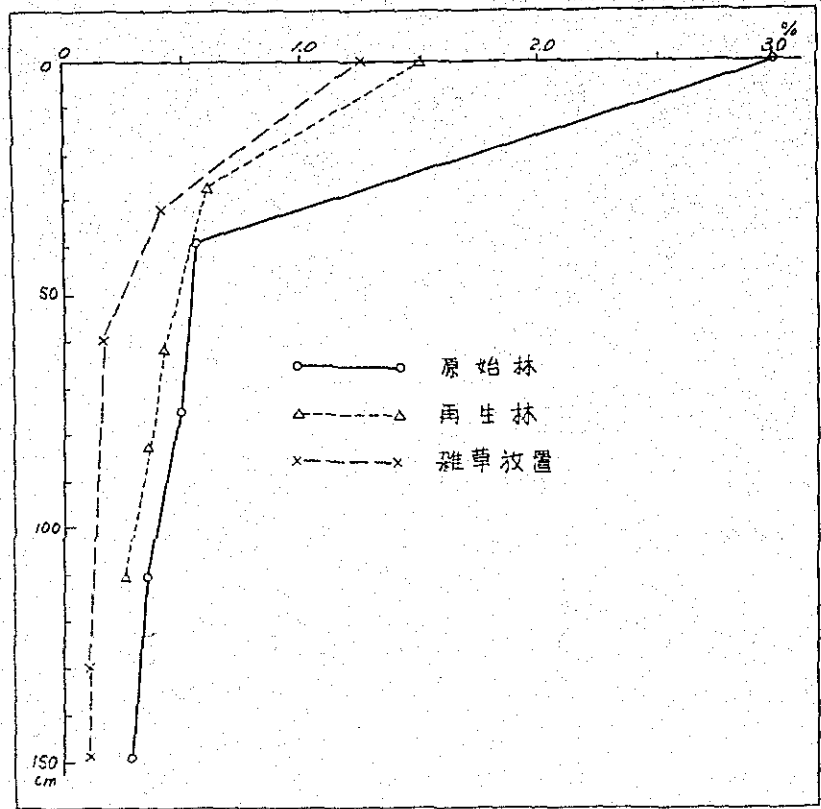


图 4 炭素含量的变化

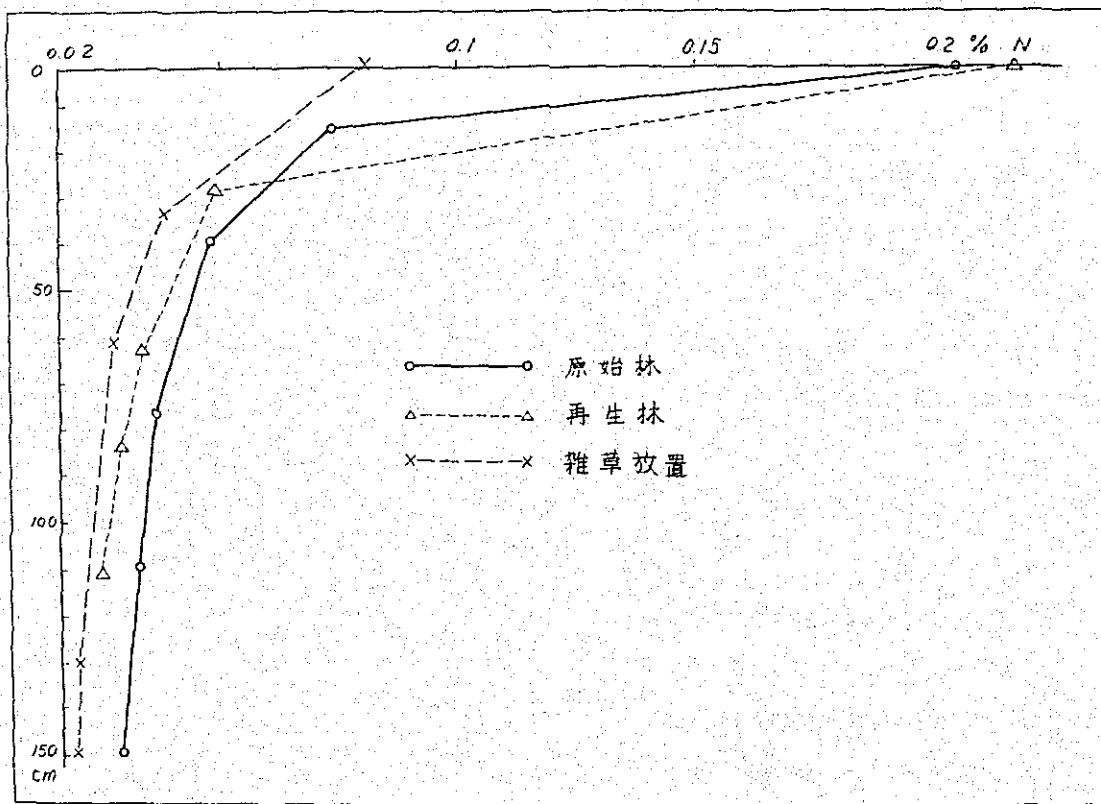
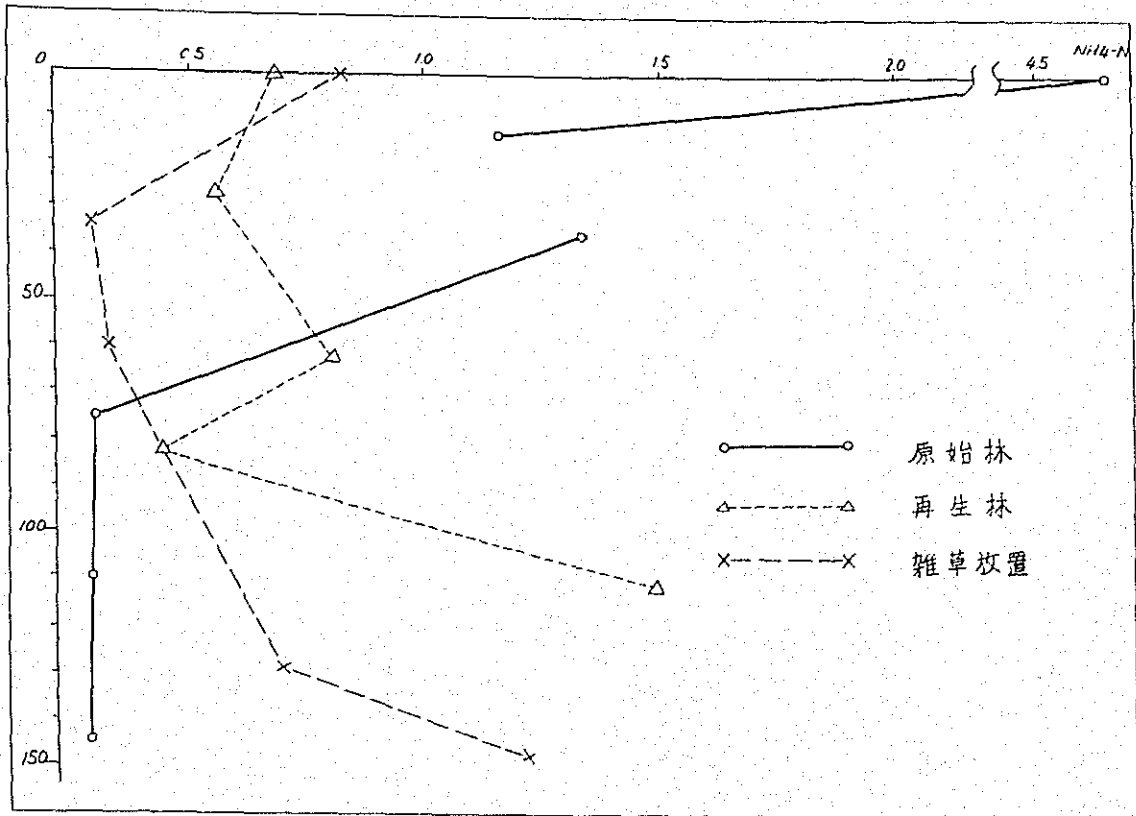
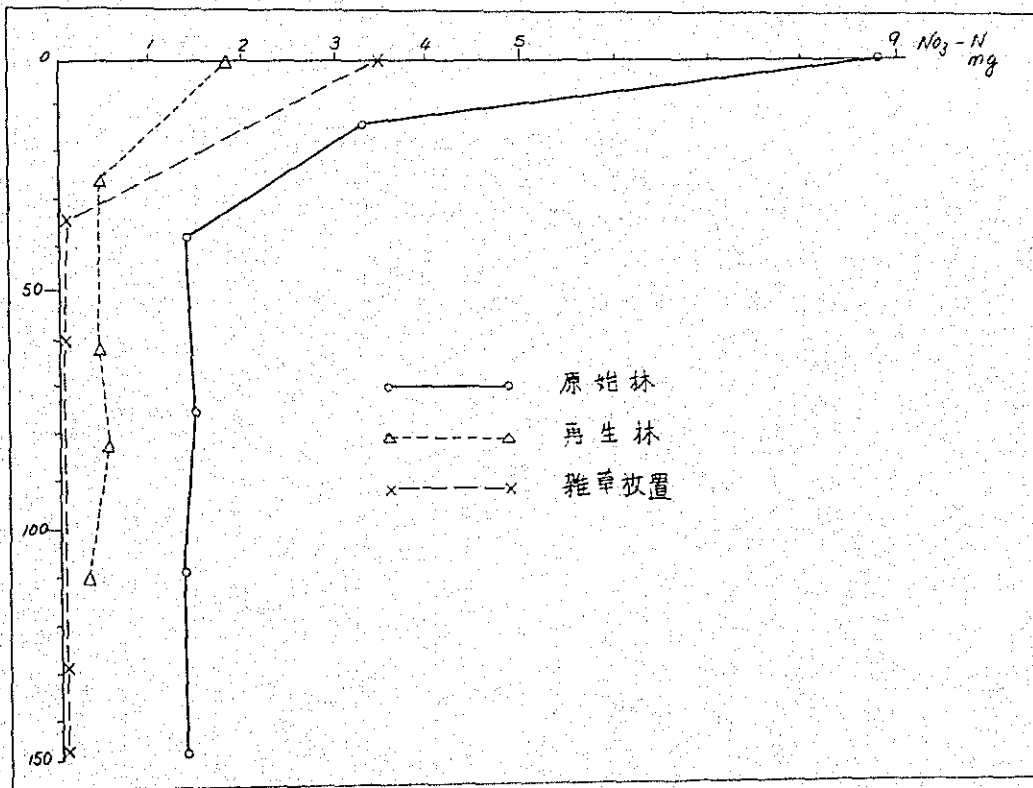


图 5 全窒素含量



カ6 図 アンモニア態窒素の変化



カ7 図 硝酸態窒素の変化

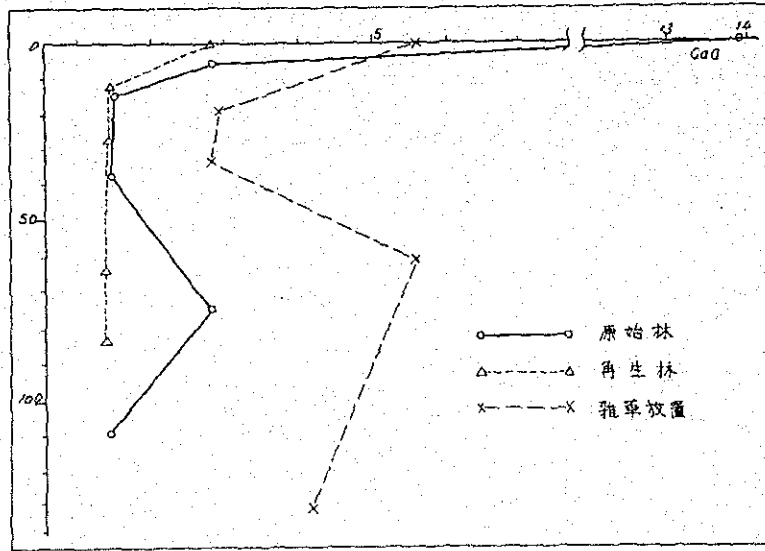


图8 0.05 N-HCl 可溶石灰

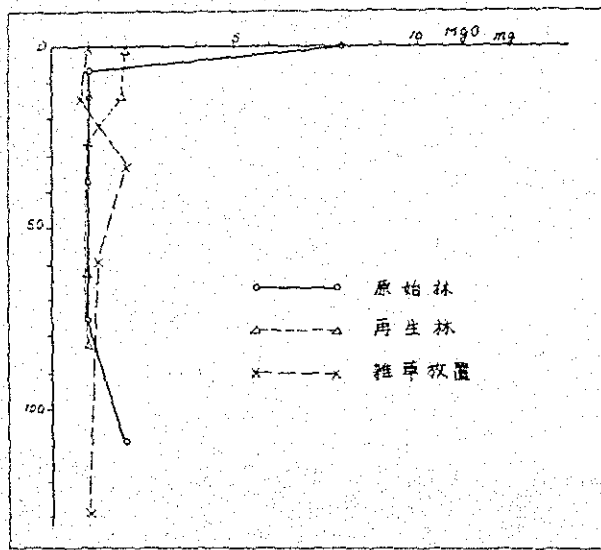


图9 0.05 N-HCl 可溶苦土

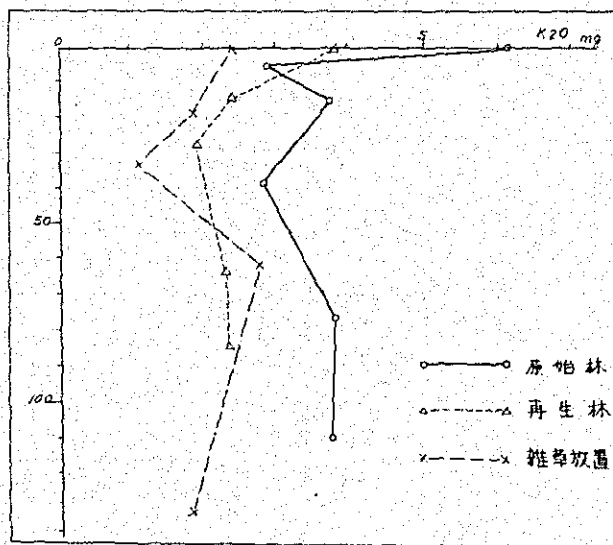
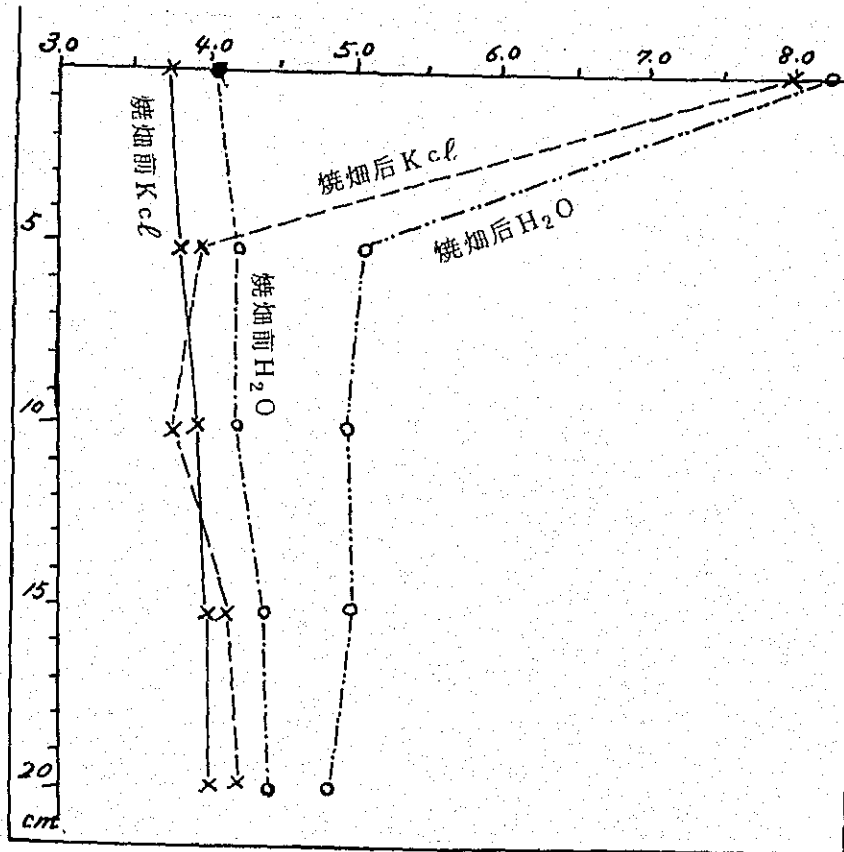
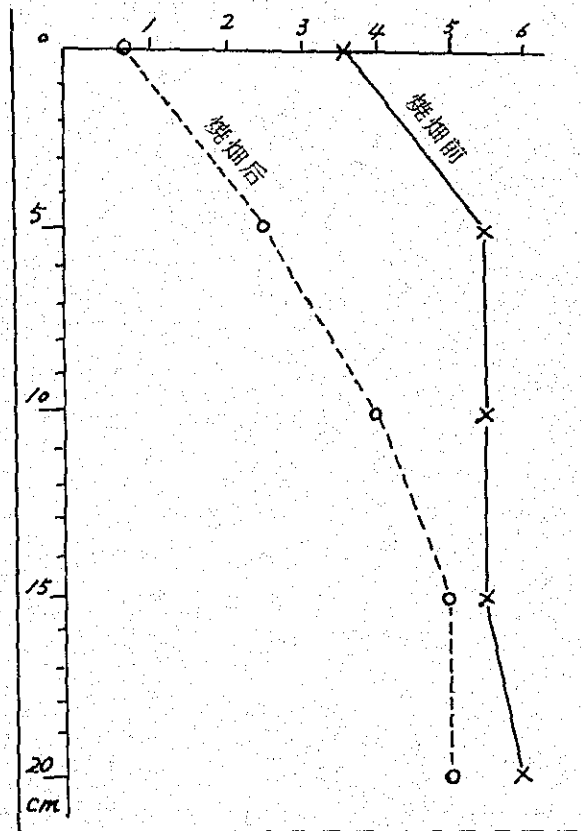


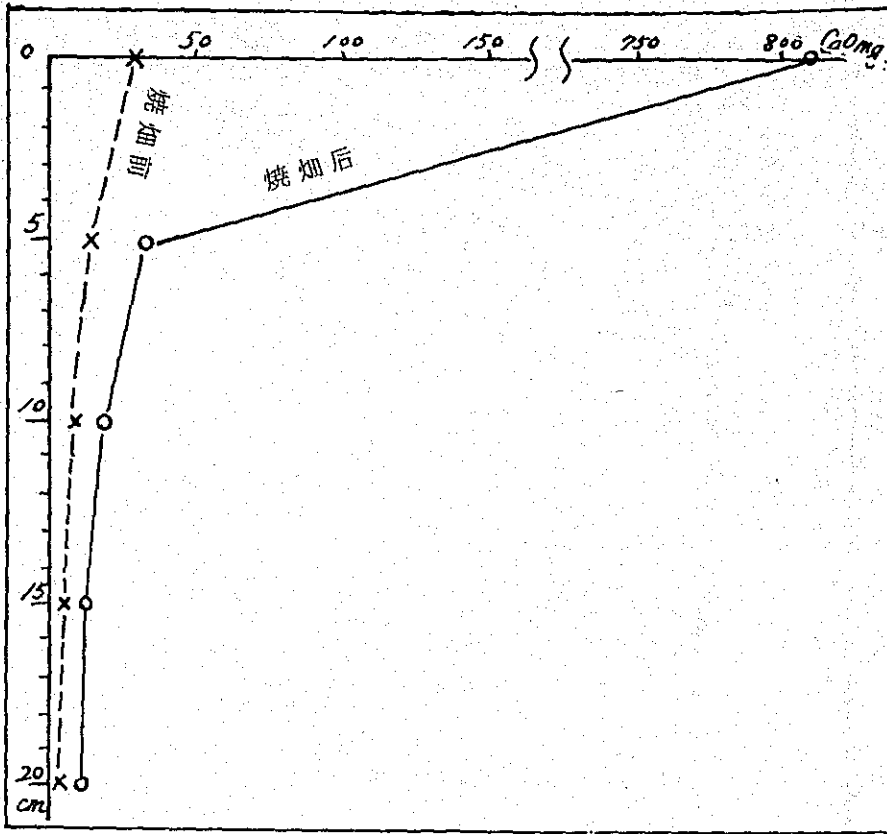
图10 0.05 N-HCl 可溶加里



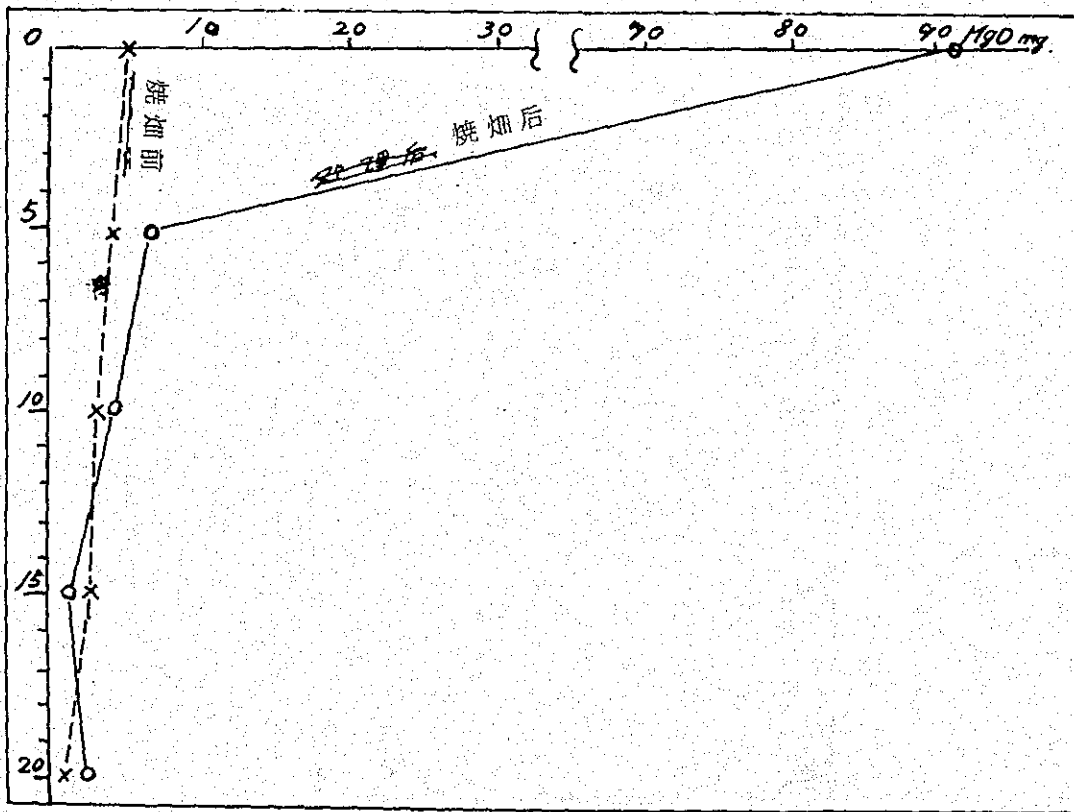
第 11 图 pH の変化 (原始林)



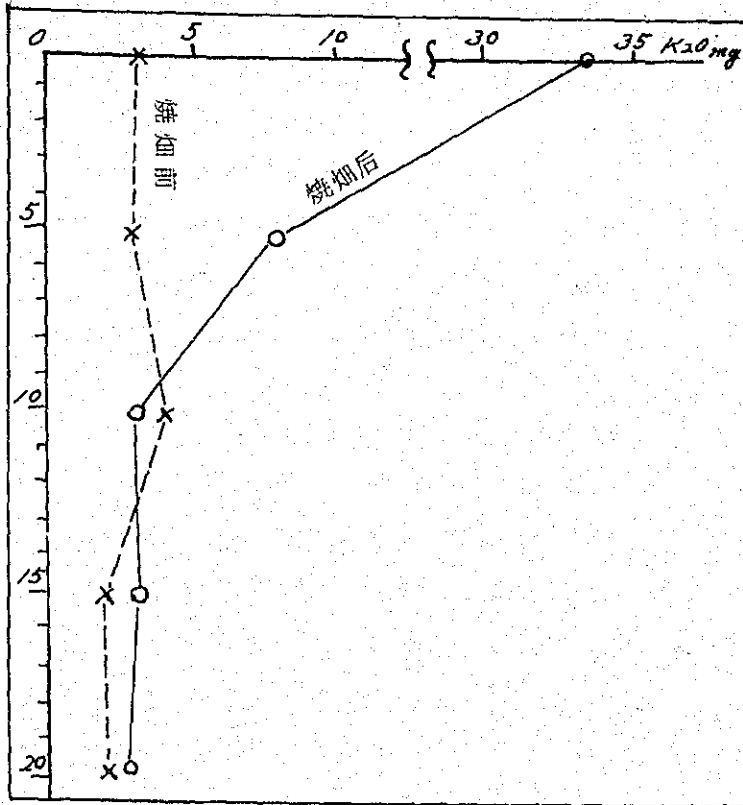
第 12 图 置換酸度 Y I の変化



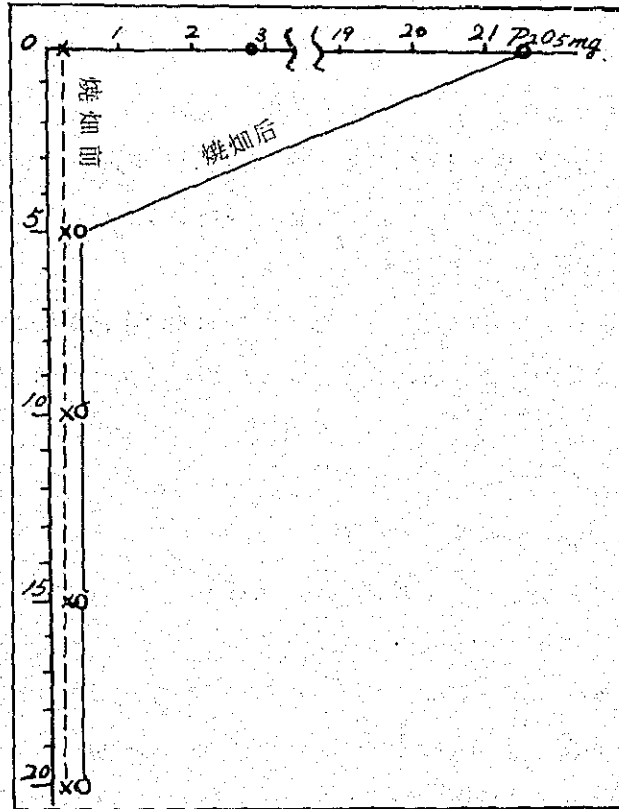
第13図 焼畑による石灰の変化(原始林)



第14図 焼畑による苦土の変化(原始林)



第15図 焼畑による加里の変化(原始林)



第16図 焼畑による磷酸の変化(原始林)

ついでアンモニア態と硝酸態の窒素を検討した。この結果アンモニア態窒素は原始林下の土壤表層で最も高く、再生林、雑草放置下の土壤で低い結果が見られた。下層土では再生林、雑草放置下の土壤でやゝ高く、これは微生物活動によるアンモニアの生成量の差は勿論、多量の降雨による地下への滲透があるためと考えられる。

次に硝酸態の窒素は原始林下の土壤に極めて多く、表層部は勿論、下層においても多い傾向を示す。再生林下の土壤では表層で少ないが下層にやゝ多く検出される。雑草放置下の土壤では表層ではほぼ両者の中間にあるが下層ではほとんどが検出されなかった。

稀酸に溶出する成分の中石灰は原始林下の土壤の表層で極めて高くこれは地上植生から富化されたものと考えられ、原始林、雑草放置下の土壤では50cmから下にわずかに石灰の集積が見られる。

加里は原始林、再生林下の土壤でやゝ高く、雑草放置下の土壤では少ない傾向を示していた。

II. 焼畑についての考察

アマゾン地域は赤道直下に位置するというだけでなく、極めて平坦な、しかも緑のジュウタンを敷きつめたような茫洋たる堆積平野からなっている点においても極めてけっしつした存在である。

この地方は赤道直下にありながら気温は24~27°Cの範囲にあり、年間の温度較差は少ないが、日較差は比較的大きく、この地方の生活をしのぎやすくしている。

雨量は年間2,000~3,000mmと極めて多く、この多量の降雨は平坦な地形と相俟ってアマゾン大河とこれに注ぐ大小の支流によって世界最大の河川網を形成している。これら河川からは多量の水が間断なく蒸発してアマゾン全域に送り込まれ、相対的に湿度の高い自然環境を作りだしている。またこの高温、多湿の環境が森林植生の旺盛な繁茂を促し、アマゾンHillciと呼ばれる熱帯降雨林を形成している。

このような処女森林の耕作をしようとするれば当然開墾の手段が問題となってくる。

アマゾン地域ではこの種の開墾は焼畑によって行われてきた。即ち乾期に原始林を伐採し、1~2ヶ月程乾かしてこれに周辺から一斉に火をつけて中心部に向って燃やし、燃え残りは一部に寄せ集め積み重ねて“寄せ焼き”を行って耕作する方法である。亦一部には乾期に森林を伐採し、一年間放置乾燥して山焼する処も見られる。

このような原始林の山焼による開墾方式は、有機物を燃やし耕作する方法であるため、熱帯が有機物の消耗の激しい処で有機物の補給こそすれ、燃やすことは最も遅くれた農業の如く考えられ、畚耨農法であるとか、原始農法と好ましからざる名で呼ばれ、種々論議されてきた問題である。果してこの焼畑による開墾がそのように遅くれた古典的な農法なのだろうか。その土地にはその土地に合った種々の習慣なり方式がある。こゝアマゾンの場合もそこに住む人々

がその親達から受けつぎ長年の貫い体験から築き上げられた農法がある。焼畑も決してその例外ではない。

私も 8ヶ年間のブラジルでの生活の間にその作業を観察し、また実際に森林を伐採して焼畑を行い、土壤に与える変化について簡単な実験を行ったのでその結果を述べてみたいと思う。

焼畑に影響するものとしては地上部の植生、樹種が考えられるので北伯農試構内の再生林(4~5年)、ベレン市から約70kmのカスタニヤの原始林下の第三紀層を母材とする黄色ラトゾル土壌を用いた。

試料は森林伐採直後と焼畑直後に採取して比較検討した。

焼畑によって殆んどの樹木は焼かれるが巨木は残り、地表には多量の灰が見られた。

焼畑によって土壤の反応はどのように変化するかを見たのは第11図である。焼畑後の反応の変化は当然波瀾植物からくる灰の量と、地表の加熱、有機物の灰化の程度によって影響され、焼畑によっていつでも反応が急激にアルカリ性に傾く、即ち水浸液の pH では pH 8.0 を示した。置換酸度 (Y_1) でも焼畑によって 1.0 以下に変化し、而も焼畑直後のわずかな降雨によって灰分の滲透によるためか第2層附近も酸性は弱まる結果を示した。

このような地表面への多量の灰分の富化が反応の急激な変化を促し、長期間強い酸性条件下で安定を保ってきた土壤成分がこのような土壤環境の急変によって不可給態成分の可給態化、また可給態成分の不可給態化が起るものと考えられる。可給態化成分としては窒素、磷酸があり不可給態化の懸念される成分として満俺、鉄成分があるが後者の不可給態化成分は大量要素でないこと、焼畑直後の耕作が長いこと、強いアルカリ性条件に土壤をおかないことなどから不可給態化成分はそう大きな問題ではないように考えられる。

このような反応の変化は当然その直接的な影響として石灰の富化がある。これを測定したのは第13図の如くて原始林下の焼畑前で 80 mg 内外の石灰が焼畑によって約 2.6 倍もの富化が見られる。これは先に述べたように地上植生からの富化は勿論、地表部の落葉、落枝などの灰化も可成り影響しているものであろう。

前述の反応の変化にも見られたように第2層でも 2.0 mg 近い富化が見られ、これは恐らく降雨による地表からの滲透によるものであろう。再生林下の土壤でもほぼ同じような傾向にあるが地上植物被の少ないことからその富化量は劣る結果を示した。

稀酸に溶出する苦土もほぼ石灰の変化と似た傾向を示し、第1層では焼畑によって約 2.0 倍もの富化が見られる。(第14図)

第15図は加里含量の変化について検討したものでこの結果、焼畑前に 2~3 mg と極めて少ない加里が焼畑した直後の土壤では 3.4 mg 内外と顕著な増加が見られ、第2層でもその影響が見られるがこれは石灰、苦土成分と同様、焼畑直後の降雨による地表からの滲透によるものと考えられ、比較的加里成分の移動の速なことがうわがわれる。

このような加里の富化も当然植物体の量、種類に影響され、再生林を焼いた灰中では約4%もの加里が検出され、これらが灰分として土壌に富化され影響しているものと考えられる。アマゾンのように植生の旺盛な地域では土壌成分のほとんどは、土壌-植物-土壌の間を早いテンポで循環しており、単に土壌だけの化学分析によって土壌の肥沃度を評価することは危険と考えられる。

第16図に示したのは稀酸によって溶出する磷酸含量を測定した結果である。この結果もほぼ他の成分と同様の傾向が見られ第1層で21 mg内外の磷酸が増加した。しかし富化は第1層のみに限られている。これは恐らく植物灰分としての富化と第1層上部の薄い層の加熱による変化と考えられ、これが磷酸の移動しにくい特性と相俟って第1層のみに富化が見られたものであろう。再生林下でも第1層で14 mgの富化が見られるが、原始林下のものよりは劣る結果を示した。

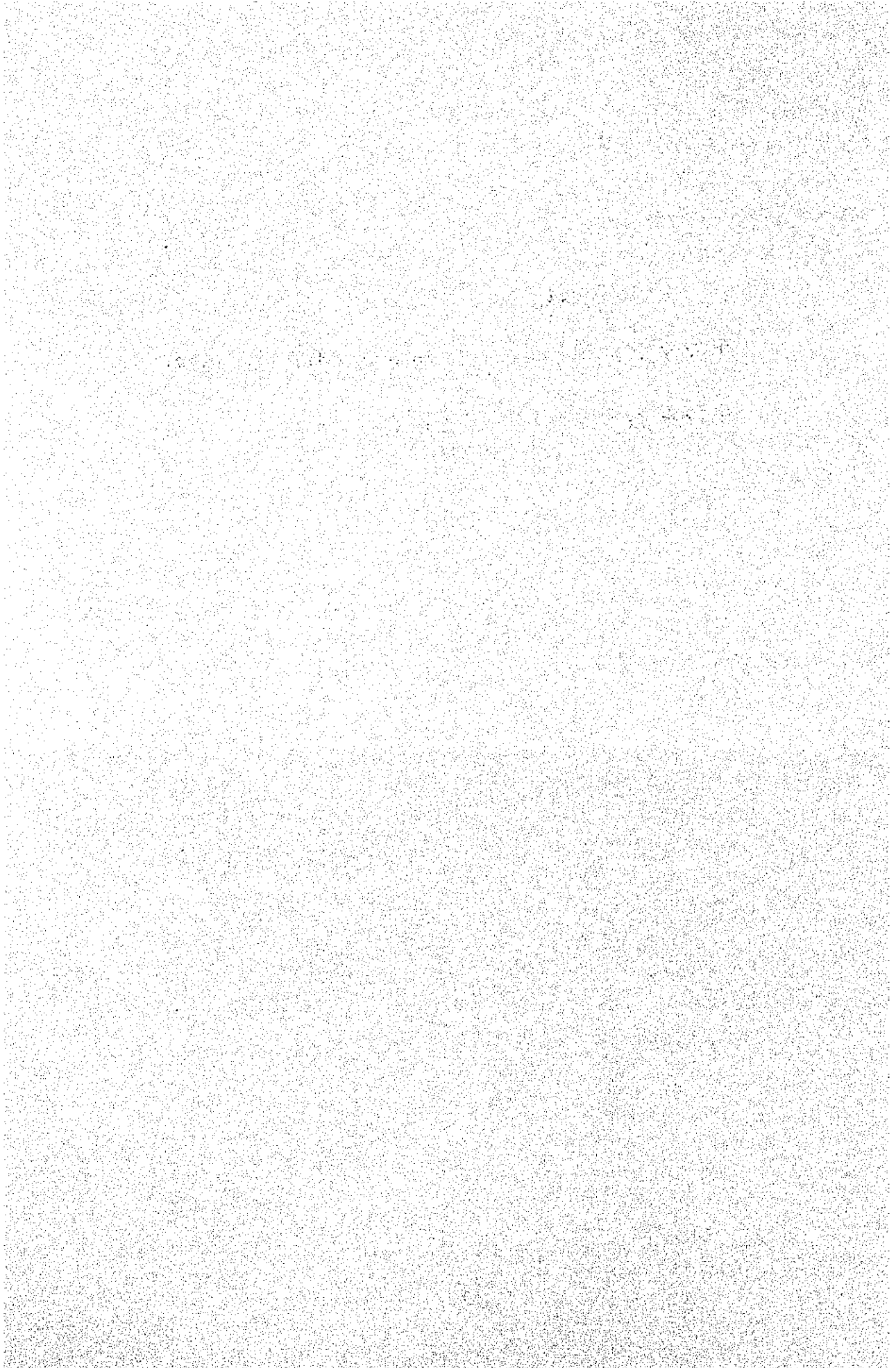
また焼畑の効果として窒素の問題がある。即ち焼畑による土壌反応の変換効果、乾土、焼土による微生物活動の更新による有機態窒素の無機化の効果であるがこれについては検討出来なかった。

以上の実験からアマゾンにおける開墾方法の一つとして慣習的に受けつがれてきた焼畑について検討した。これは宇佐見氏も述べているように多年の経験からその土地に合った簡単にして合理的農法のように考えられる。たゞ問題は焼畑後の土壌管理に問題が残されているのではないかと考えられる。即ち折角土壌に還元富化された成分を、有効適切に作物に利用させ、土壌からの流亡、移動をどう抑制し、土壌に保持させておくかと云うところに問題はあるように考えられる。

アマゾン地方は、一年中高温にして多湿な気候下にあり、森林の生育は極めて旺盛で、このことは樹木から土壌表面に還元される有機物量が多く、而も還元された有機物が速かに完全に分解されて再び植物体に吸収利用される新陳代謝の旺盛なことが熱帯アマゾンの立地土壌の特性のように考えられる。

この一連の土壌-植物-土壌の物質循環のサイクルが焼畑によって切断されたとき、土壌の肥料保持力の弱いことと相俟って折角土壌に還元された成分も速かに流亡するから、再び作物を組み入れた第2のサイクル、即ち、土壌-作物-土壌のサイクルを確立させ折角土壌に還元された植物養分を作物をして最高度に利用させるような耕作が必要であろう。

アマゾン地域における Pimenta Do Reino の
生育と養分吸収に関する研究



I 土壤反応と Pimenta Do Reino の生育に関する研究

1. 研究の目的

アマゾン地方における二次輸出作物の一つであるピメンタは強く溶脱されたラトゾル土壤に栽培されてきている。一般にこの土壤は塩基の少ない強い酸性土壤で、一次鉱物の中では重鉱物含量の少ない土壤で、粘土鉱物はカオリン系の粘土鉱物を主とする肥料保持力の弱い土壤である。

アマゾン地方におけるピメンタの栽培はその歴史の浅いこと、試験の難しい永年作物であることなどの制約から十分な検討がなされないまま、普遍的でない篤農技術や所謂慣行法によって栽培されてきた。

最近北伯農試などでピメンタの生育特性の解明などより合理的な栽培技術確立のための種々の研究がなされつつある。

著者も先に寺田氏とピメンタの根系分布について調査報告したが今回は土壤反応とピメンタの生育について試験を行った。

強度に溶脱された酸性土壤がピメンタにとって好適な土壤条件であるのか、強い酸性がピメンタの養分吸収阻害、根腐病発生などの間接要因などになっていないかなどを土壤反応を種々に変えて、ピメンタ幼植物を用いて約10ヶ月間栽培試験を行った。

2. 試験区及び試験の方法

試験は1.24×3.40 mの4.2 l³の無底コンクリートワクを用い黄色ラトゾル土壤の表層を各区共30 cmの深さに充填して試験を行った。

各試験区は20～30 cmの深さに堆肥を混和し、それぞれ所定量の炭酸石灰を同様に混和し各一週間後にpHを測定し、目的のpHに調節後、他の化学肥料を添加した。

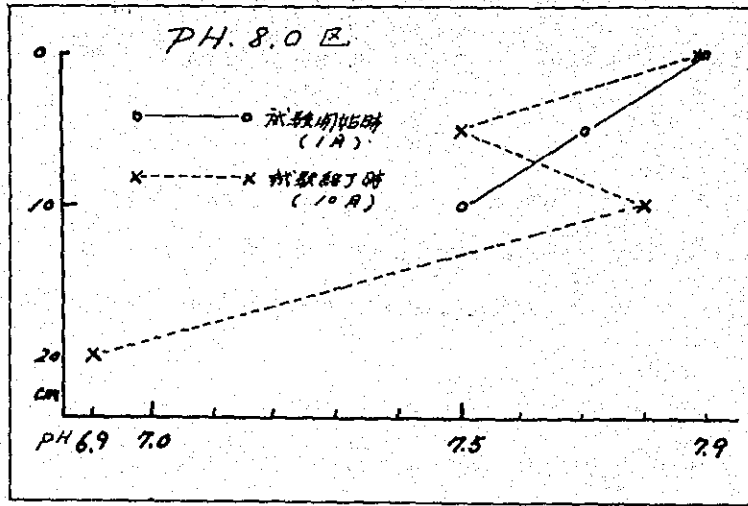
第1表 試験区及び炭カル量

試験区名	各区当施肥量(瓦)		ha 当り施肥量(トン)		
	炭カル	硫酸石灰	炭カル	硫酸石灰	堆肥
硫酸石灰区 ※(5.8)	-	1,585	-	3,821	14
pH 5.0区 ※(5.4)	922		2,190		14
pH 6.0区 ※(6.1)	2,106		5,014		14
pH 7.0区 ※(7.0)	4,250		11,340		14
pH 8.0区 ※(7.9)	8,438		20,000		14

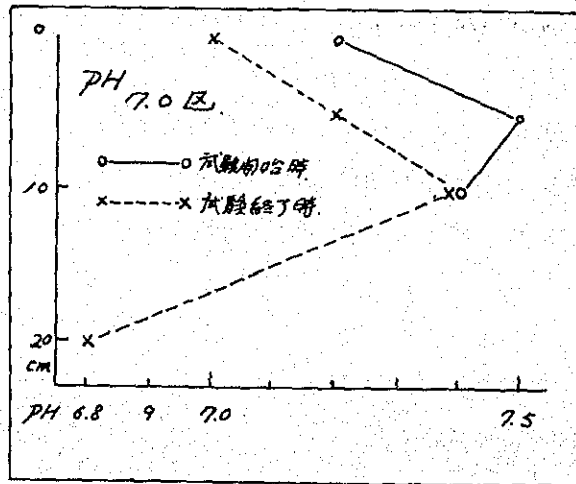
註 更に各区には次の施肥を行った。

硫酸 200g 過石 500g 塩加 200g 硫酸若土 50g 硫酸満掩 6g

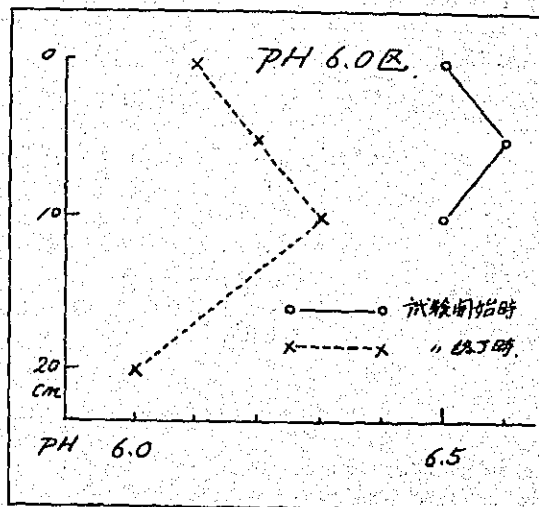
※ 各試験区の pH の測定値



第1図 pH 8.0 区の pH (H₂O) の変化



第1図 pH 7.0 区の pH (H₂O) の変化



第1図 pH 6.0 区の PH (H₂O) の変化

各試験区にはほぼ均一（平均重さ42g、長さ30cm）な苗木を2列に12個体を深さ20cm内外に植付け日除けを行った。

各試験区は10ヶ月後の10月3日に両端4個体を除き、8個体を調査対象とした。

3. 試験区土壌の反応と施肥成分の変化

各試験区毎のピメント植付から抜取りに到る間の土壌反応の変化を調べたのは第1図に示す如くである。

第2表 各区のpHの変化

区名	土層の深さ cm	H ₂ O			N-KCl		
		1月27日	3月4日	10月4日	1月27日	3月4日	10月4日
pH 8.0区	0-5	7.9	7.8	7.9	7.0	6.8	6.5
	5-10	7.7		7.5	6.9		6.7
	10-20	7.5	7.7	7.8	6.9	6.7	6.7
	20-30			6.9			6.2
pH 7.0区	0-5	7.2	7.1	7.0	6.5	6.2	6.0
	5-10	7.5		7.2	6.6		6.4
	10-20	7.4	7.7	7.4	6.6	6.6	6.3
	20-30			6.8			6.4
pH 6.0区	0-5	6.5	6.0	6.1	5.7	5.0	5.1
	5-10	6.6		6.2	5.5		5.2
	10-20	6.5	6.3	6.3	5.4	5.4	5.2
	20-30			6.0			4.9
堆肥無石灰区	0-5	5.0	5.3	5.2	4.3	4.2	4.3
	5-10	4.8		5.2	4.1		4.3
	10-20	4.8	5.4	5.1	4.0	4.3	4.4
	20-30			5.3			4.4
硫酸石灰区	0-5	5.7	6.0	5.8	5.4	4.8	4.9
	5-10	5.9		5.7	4.9		4.9
	10-20	5.8	5.9	5.8	5.0	4.8	4.8
	20-30			6.0			5.1

この結果、水浸液、塩化加里浸出のpH共に栽培日時の経過と共にわずかながら緩化性の傾向が見られ、特にpHの高い炭カル施用の多い区でその傾向は著るしかった。

一般に過剰の石灰などの多い土壌で、しかも塩基保持力の弱いような土壌では比較的酸性化の傾向は早いものと考えられる。

しかし各区はほぼ所定のpHに維持されたものと考えられる。

ピメント抜取調査直後の各試験区の第2層（5～10cm）の稀酸（0.05N-HCl）可溶の

石灰、苦土、磷酸、加里を測定したのは次の表である。

この結果当然のことながら石灰含量は炭カル施用量に比例して多く、炭カル 20,000 kg/ha 施用区では 500 mg と非常に高い値を示した。他は施用量の減少につれて土壤中の石灰は少なくなり、無石灰区では 10 mg に満たない。硫酸石灰区では 40 mg を含んでいた。

第3表 試験区土壌の化学分析成績(試験終了後)

試験区名	土層の深さcm	0.05N HCl 可溶 100g中mg			
		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
pH 8.0区	0-5	10.9	2.3	364	20
	5-10	12.4	2.3	481	20
	10-20	12.4	1.9	344	28
	20-30	12.4	2.8	170	24
pH 7.0区	0-5	3.2	1.9	165	4
	5-10	2.1	1.4	165	4
	10-20	1.8	1.9	174	6
	20-30	1.2	1.9	143	2
pH 6.0区	0-5	0.9	1.4	53	8
	5-10	1.4	1.9	70	6
	10-20	0.9	1.4	70	4
	20-30	0.5	1.9	64	6
堆肥無石灰区	0-5	0.9	1.9	14	4
	5-10	0.9	1.9	14	4
	10-20	0.5	1.9	17	4
	20-30	1.2	1.9	22	4
硫酸石灰区	0-50	0.7	1.4	42	6
	5-10	1.8	2.8	42	2
	10-20	0.7	1.4	45	4
	20-30	0.5	2.3	53	10

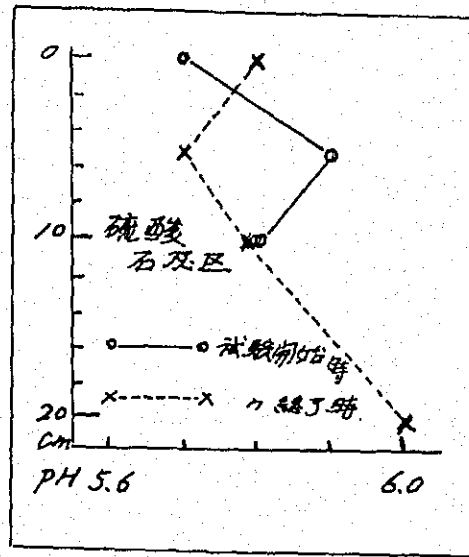
磷酸、苦土含量は炭カル施用の多い区で多く、炭カルからの混入或は炭カル施用による土壌中の磷酸の可溶化などが影響しているためと考えられる。

稀酸可溶の加里はいつれの区でも低い含量を示すが、一部で残存成分の影響が見られる。

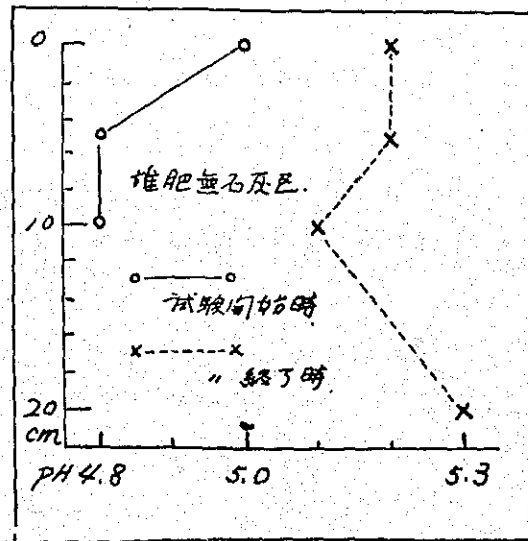
4. 生育調査結果

約10ヶ月間栽培後各区の調査対象3個体について茎の太さ、草丈、分枝数などを調査した。生育過程では pH 8.0区では生育途中の根腐れなどによる立枯れなどが見られた。

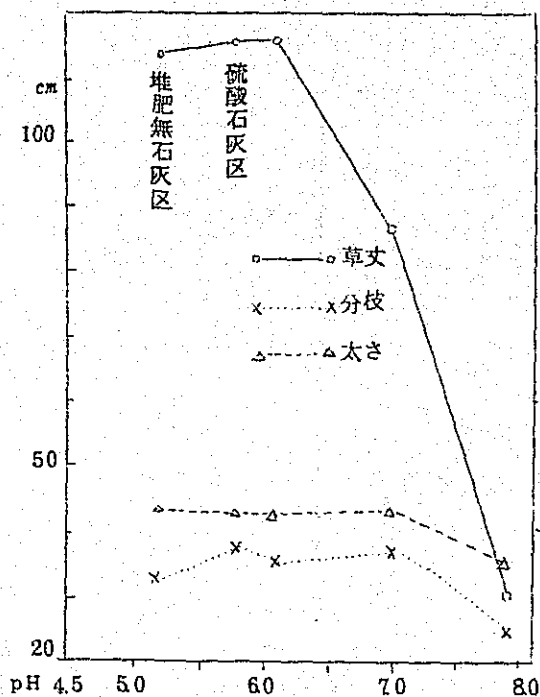
草丈では pH 6.0区の生育が最も優れ、次いで pH 7.0区の生育が良く、これらの pH より低くも亦高くも生育が劣る結果を示した。



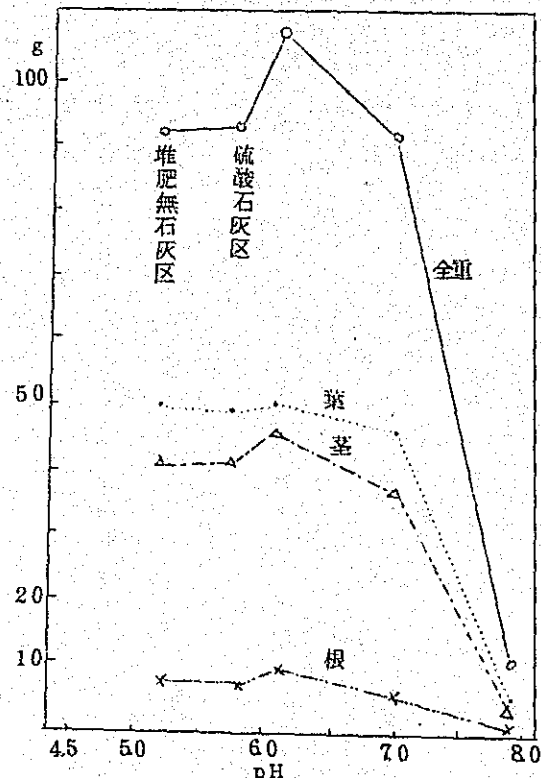
第1図 硫酸石灰区の pH (H₂O) の変化



第1図 堆肥無石灰区の pH (H₂O) の変化



第2図 各区の生育



第2図 各器官別の重量

只堆肥無石灰区、硫酸石灰区でも pH は 5.2 内外と低いにかかわらず生育は良かったがこれは土壤物理性、微量要素など pH 以外の影響が大きく働いているためであろう。

このように草丈に見られる傾向は他の器官別の生育においても見られた。

各器官別の重量では pH 6.0 区で根重、茎重、葉重共に最高の生育が見られた。

この pH を境に pH は低くもまた高くも生育量は劣り、特にアルカリ側での生育は極めて不良であった。

この実験からピメンタの生育培地としての土壤反応は可成り広く、概してアルカリ性条件下では種々の根系障害から生育が悪く、また酸性側では十分に堆肥のあるような条件下では、pH 5.2 内外でもほど順調な生育を示すものと考えられる。

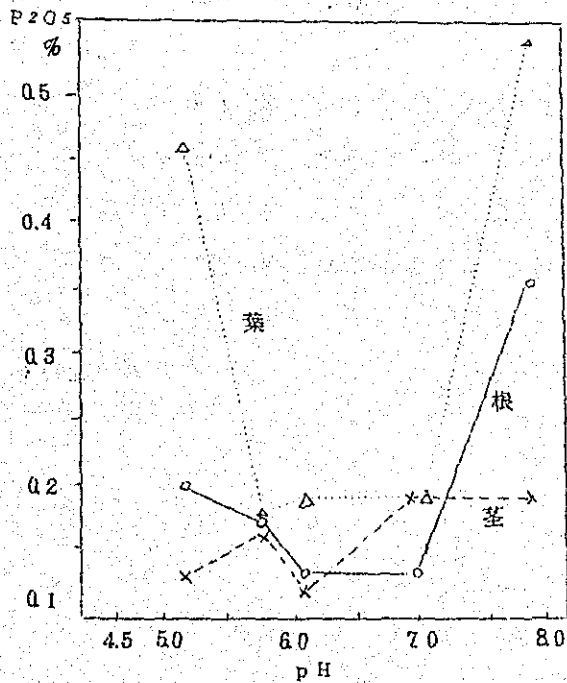
この試験から極度のアルカリ性反応のもとでピメンタの生育の劣ることは、ピメンタを新植しようとする場合、山焼後の灰を十分に土壤と混和しないまま植穴に用いると強いアルカリ性反応からピメンタは根系障害を起すことが懸念されるから、植穴には灰と土壤とを十分に混和して施用し植付けることが重要であろう。

5. 土壤反応と吸収成分の変化

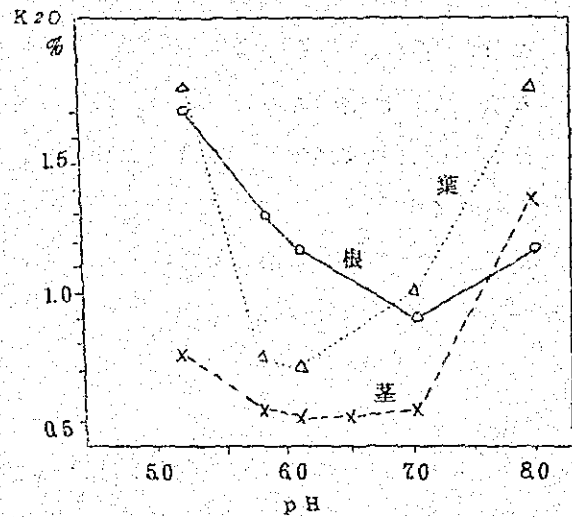
土壤反応とピメンタの生育との関係を検討すると共に、土壤反応がピメンタの養分吸収にどのような影響を与えているかについて検討した。

第4表 植物体の分析成績

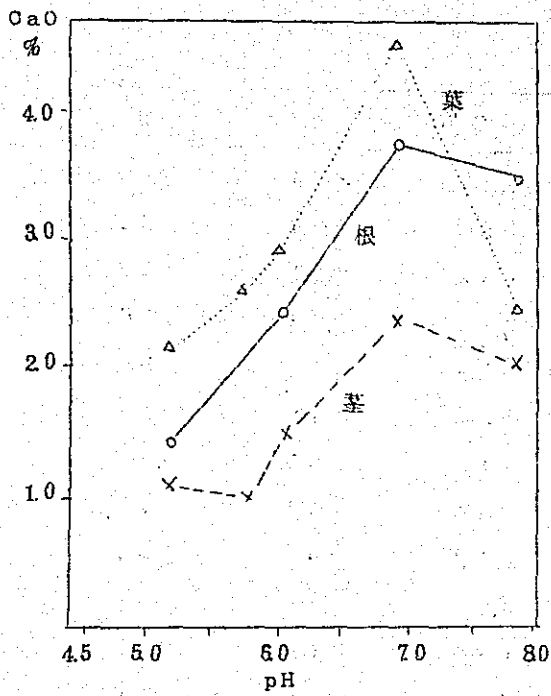
試験区名	部位	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %
pH 8.0区	根	—	0.36	1.20	3.36	0.80
	茎	—	0.19	1.40	1.96	0.32
	葉	—	0.55	1.84	2.41	0.52
pH 7.0区	根	2.10	0.13	0.92	3.69	0.56
	茎	2.14	0.19	0.58	2.41	0.56
	葉	2.87	0.19	1.04	4.48	0.56
pH 6.0区	根	2.56	0.13	1.19	2.35	0.52
	茎	1.51	0.12	0.54	1.51	0.16
	葉	2.31	0.19	0.72	2.91	0.64
堆肥無石灰区	根	1.51	0.20	1.72	1.40	0.48
	茎	1.05	0.13	0.80	1.06	0.32
	葉	1.26	0.46	1.84	2.18	0.56
硫酸石灰区	根	2.73	0.17	1.32	2.01	0.60
	茎	1.82	0.17	0.59	1.01	0.40
	葉	0.81	0.17	0.78	2.63	0.99



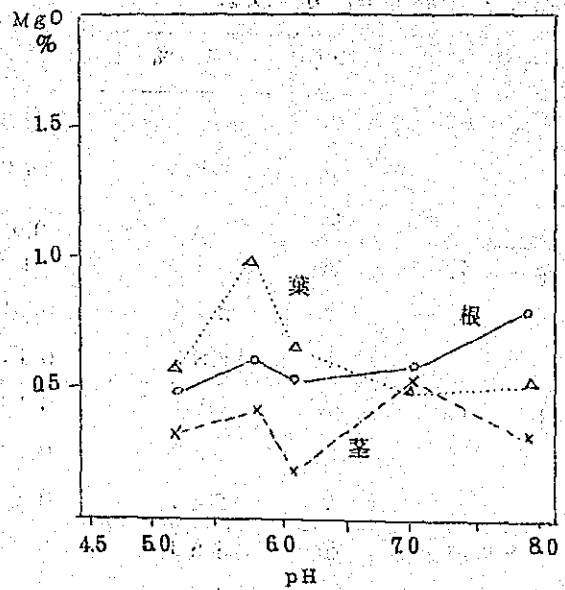
第3図 反応の変化と磷酸含量



第3図 反応の変化と加里含量



第3図 反応の変化と石灰含量



第3図 反応の変化と苦土含量

窒素成分は根部に多く、根部では反応の変化によってもあまり影響されない。しかし、他の茎、葉部では反応が上昇するにつれて吸収量はわずかに増加の傾向が見られた。

磷酸は各部では酸性から中性側へと吸収量は増加し、pH 7.0附近を境に増加量が衰える傾向を示す。これは恐らく酸性側では不可給態磷酸の吸収量の増加と、アルカリ側では石灰の大過剰による磷酸の不溶化と、根系障害などにもなう吸収量の低下と考えられる。

加里の吸収量は酸性側では根部で、アルカリ側では葉部中の加里含量は高かった。

石灰の吸収は葉部中の含量が最も高く、反応の上昇につれて吸収量が增大し、中性附近を頂点として吸収力は再び低下するがこれは石灰の大過剰による根系障害等が影響しているものと考えられる。

葉部における苦土は酸性側で吸収量多く逐次反応が上昇するにつれて吸収量の低下が見られたが他の器官では明らかでなかった。

6. 考 察

アマゾン地方におけるピメンタ栽培は極度に溶脱された強い酸性土壤に栽培されてきたが、この強い酸性立地条件がいたづらに多量の施肥を必要とし、また施肥成分の植物による吸収を阻害し、根腐れ、立枯れなどの間接要因となっていないかなどが懸念されたので土壌反応とピメンタの生育の関係について検討し、併せて反応の変化が養分の吸収に与える影響について試

験した。

各区毎の土壤反応、石灰量の変化は10ヶ月位の短期間ではあまり変化しないが只炭カル施用量の多い区でわずかに石灰の移動が見られた。

10ヶ月間の生育から炭カル5 ton/haを施用したpH 6.0区の生育が最も良く、このpHを境に酸性でも、アルカリ性でもやゝ生育は劣る結果が見られた。しかし堆肥のみを施用したpH 5.2の酸性条件でも良い生育が見られ、十分な堆肥が施用されるような条件下ではやゝ酸性でも十分な生育が得られるものと考えられる。

ビメンタの生育は極度の酸性土壤を除きpH 7.0以上のアルカリ性の生育に及ぼす影響は大きいように考えられる。これは根系障害、可給態養分の不可給態化によるものであろうが実際にビメンタを新植しようとする場合に燃燵後の灰を植穴に土壤と十分混和しないままに施用すると土壤はアルカリ性に傾き、この種のアルカリの害が懸念されるから、灰は土壤と十分混和して植穴に施用するような配慮が必要であろう。

この実験からビメンタの生育適地としてはpH 5.5~6.5附近が理想のように考えられる。土壤反応の変化にともなう吸収成分では石灰を除いて他の成分では明らかな傾向はつかめなかった。石灰はpHの上昇につれて吸収量も増加し、pH 7.0を境にアルカリ性になると吸収は衰へる。器官別では葉部中の含量が高く、落葉、その他により他に持出される量が比較的多く、これが土壤への補給が他の窒素、燐酸、加里成分と同様に考慮されることが必要であろう。

II Pimenta Do Reino の養分吸収について

1. まえがき

三井物産の好意で学術調査のため提供された全農場のピメンタについて根系調査を行う機会を得、その結果については第1報として寺田氏と共に既に報告した。

今回はその機会に同時に解体調査を実施した植物体について各器官別にその含有成分につき化学分析を行ったのでその結果を報告する。

ピメンタのように年々同一植物体から子実を収穫する永年作物にあつては、その養分吸収状況を適確に把握し、適切にして合理的な施肥法を確立することは極めて難かしいことであるが、この種の試験研究資料が極めて乏しいのでこの分析結果を基に種々の不備を顧みず敢てピメンタの養分吸収状況から施肥について推定した結果を併せて報告する。

2. 供試料

供試ピメンタの栽培土壌の断面形態は下表に示す如くで緩かな波状地形からなり、第三紀層を母材とする黄色ラトゾル土壌である。

第1表 ピメンタ栽培地土壌の形態

黄色ラトゾル、土性中 カスタニヤ、第三紀層母材、地形平坦 調査地点は1965年森林伐採、1966年ピメンタ植付		
層名	深さ	
A _p	0~6	10YR 3/3 (暗) SCL 腐植含、礫なし、微粒状構造、細根含、硬度16
A _s	6~16	10YR 4/3 (10YR 3/3混在) SCL 腐植有、礫なし、粒状構造、硬度19
B ₁	16~30	10YR 5/4、SCL 腐植、礫なし、細孔隙有、硬度21
B ₂₂	30~60	10YR 6/4、CL 腐植、礫なし、硬度21
B ₂₃	60~	10YR 6/8、CL、硬度20

A_p層(表層)、A_s層(表層下部)はわずかに腐植を含む砂質埴壤土(SCL)からなり、A_s層附近には植付時の耕起によるA_p層の混在が見られる。土層はやゝ膨軟で、雑草その他の植物根の侵入が多く見られる。B₁層(下層土)以下はやゝ緻密な黄褐色の砂質埴壤土、又

は植壤土からなっている。

土壌の化学分析結果を示すと次の表の如くで、A p 層附近に僅かに多くの石灰が検出されるが、その他は全層ほとんど差は見られない。

第2表 ビメンタ栽培地土壌の化学性

層名	深さ	pH		0.05N-HCl 可溶 mg/100g		
		H ₂ O	N-KCl	CaO	MgO	K ₂ O
A p	0-6	5.1	4.1	0.019	0.004	0.0014
A 3	6-16	5.0	4.0	0.009	0.003	0.0014
B 1	16-30	4.9	4.2	0.007	0.002	0.0010
B 2 2	30-60	5.1	4.3	0.011	0.002	0.0014
B 2 3	60-	5.3	4.3	0.009	0.003	0.0014

供試したビメンタは上記のごとく根系調査を行ったもので生育程度の異なる次の8個体である。

- 1年生ビメンタ 2個体
- 2年生 " 1 "
- 4年生 " 4 "
- 3年生 " 1 " (金肥無施用栽培)

供試ビメンタのこれまでの施肥管理は次のようである。

1年生ビメンタ、1966年に植付、植付時に焼畑後の灰、表土、雑草を植穴に鋤込み、金肥は施用していない。

2年生ビメンタ、1965年に植付、植付時に1年生と同様灰、表土、雑草を植穴に施用、2年目にマモナ粕、1,500g/本、熔燐500g/本、硫酸400g/本、塩加200g/本を施用。

4年生ビメンタ、1963年に植付、植付時は1年生と同様であるが、2年、3年目の施肥は不詳、4年目の66年にマモナ粕2,000g/本、熔燐600g/本、塩加200g/本、硫酸200g/本を施用、更に第2回目にマモナ粕1,500g/本、熔燐500g/本、塩加200g/本、硫酸300g/本を施用した。

3年生ビメンタ、1964年に焼畑後の灰、雑草、牛糞を施用したのみその後は施肥していない。

以上のような肥培管理をしたそれぞれの圃場から生育中庸のものについて根系調査を行い、そのそれぞれの個体につき解体調査を行った後、各器官毎に試料を採取、水洗、乾燥粉碎して化学分析に供した。

なお、新梢部とはその年度内に伸長したと考えられる木質化しない緑色の部分を新梢部とした。

3. 実験結果

(1) 各器官別の生体重の変化

本実験に供試したピメンタの生育年次別、各器官別の生体重を次に示した。

第3表 各器官別生育状況 g/本

樹 齢	採取月日	根重	茎重	新梢	葉重	子実重	地上部全重
1 年 生	67年3月	620	900	70	2,400	30	3,400
1 年 生	67. 5	600	900	50	2,200	50	3,200
2 年 生	67. 2	950	1,800	2,050	5,100	500	9,250
4 年 生	66. 8	1,676	5,200	5,600	7,500	8,000	26,300
"	66. 9	2,100	5,500	3,650	6,500	6,700	22,350
"	66. 10	1,966	8,800	7,400	7,600	4,600	28,400
"	66. 11	2,985	10,000	9,000	9,000	6,400	28,000
3年生無肥	67. 5	900	2,000	200	2,450	170	4,820

註※ これには子実はないが4年生ピメンタの平均値を用いた。

この結果1年生ピメンタでは地上部、地下部の割合は約5:1であるが、2年生あたりから茎部、葉部の量が多くなり、4年生のピメンタになると茎、新梢部分の繁茂が著るしく、地上部、地下部の割合は1.0:1以上となる。各器官とも生育年次に従いほぼ比例的に生長している。しかしながら作付後無施肥の3年生ピメンタでは地上部の生育が極度に悪く施肥した2年生ピメンタにも劣る結果を示している。

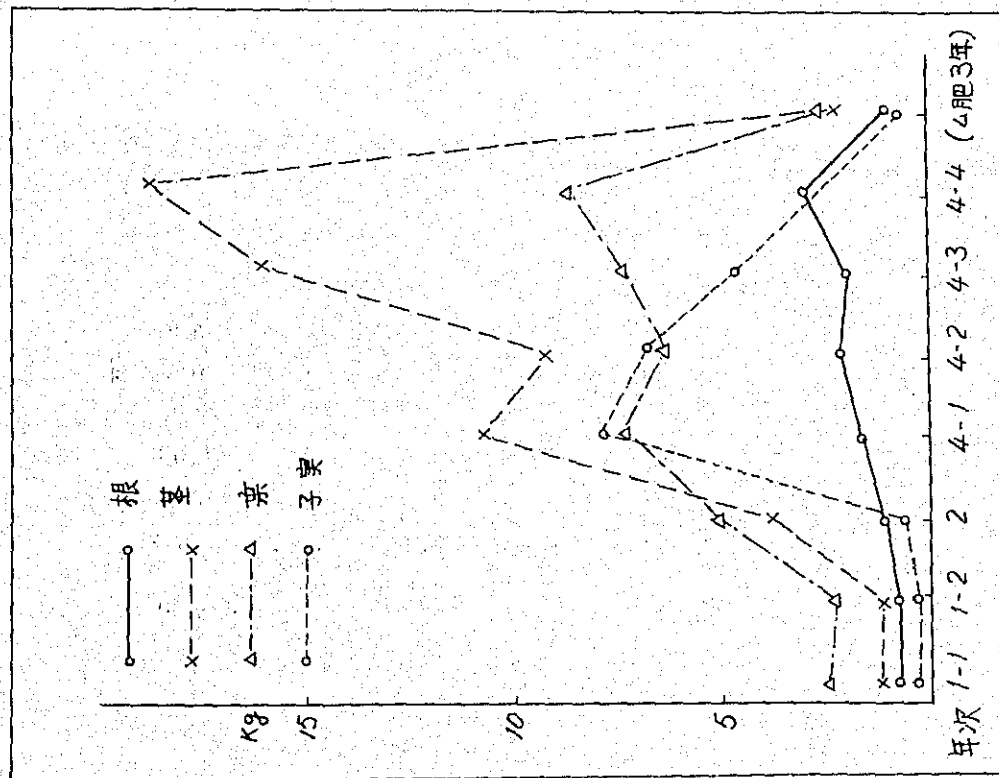
(2) 生育時期別の養分吸収量の変化

本来植物の生育時期別の養分吸収過程を検討するためには同一栽培条件下で、しかも同一栽培年次のピメンタを供試材料として行なうべきであるが、滞在研究期間、供試ピメンタ確保、実験能力などの制約から今回の実験には極めて限られた少数のピメンタしか供試出来なかつたことと、一方さきに述べたように各器官の生育量は生育年次にほぼ比例しているのので、一応生育年次の枠をはずし、試料を生育時期別に分け養分吸収を比較した。生育時を次の如く規定した。

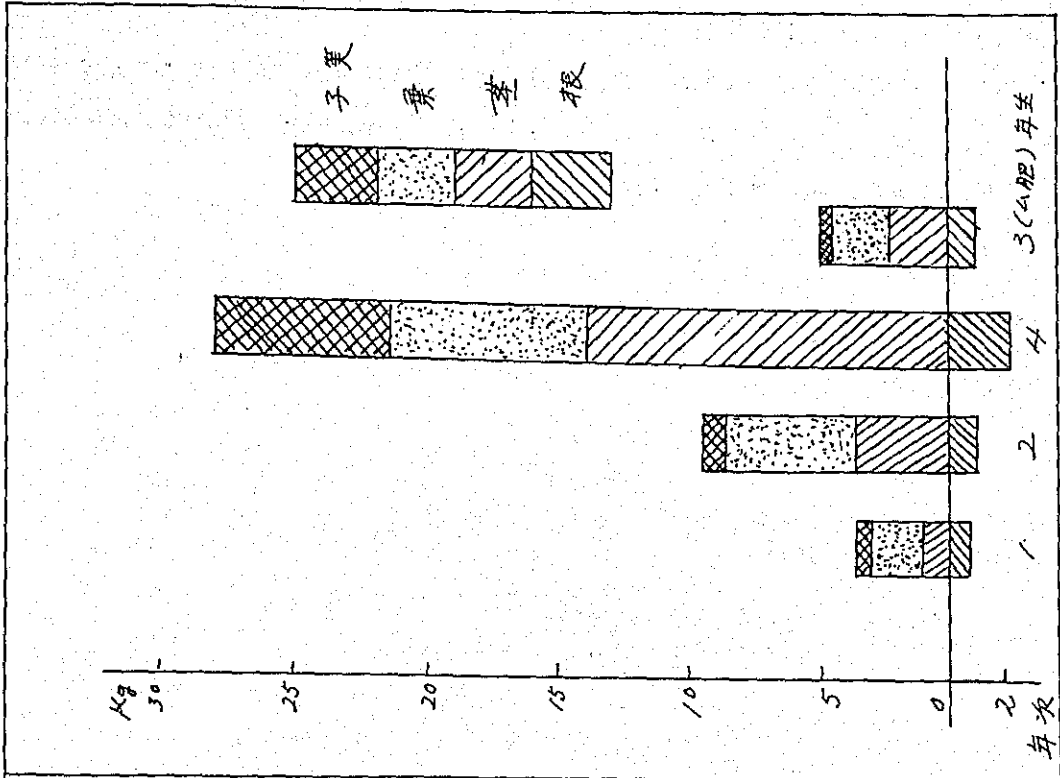
生育前期 12月、1、2、3、4月

生育中期 5月、6、7月

生育後期(成熟期) 8月、9月



第1图 采取时期别生育量



第2图 年次别生育量

休眠期 10月、11月

この分類に従って各器官別の成分量の変化を見ると根部では窒素、加里成分は生育前期に高く、生育中、後期へとわずかに含量の低下が見られる。磷酸、石灰、苦土は生育中期に高く、生育後期に減少し、休眠期に再び増加する。

第4表 各器官別の成分量

(%)

樹令	採取月	採取部位	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1年生	67.3	根	1.72	0.35	2.32	1.68	1.00
		茎	1.26	0.39	1.83	0.98	0.45
		新梢	1.09	0.44	1.90	1.12	0.60
		葉	1.58	0.41	1.83	1.54	0.85
		子実	2.03	0.60	2.04	1.12	0.60
"	67.5	根	1.26	0.41	1.43	1.81	1.05
		茎	1.40	0.39	0.52	0.39	0.43
		新梢	1.30	0.46	1.20	1.06	0.87
		葉	1.72	0.55	1.42	0.78	1.11
		子実	1.75	0.47	1.31	0.59	0.79
2年生	67.2	根	1.72	0.28	1.27	0.98	0.60
		茎	1.49	0.38	1.83	1.26	0.30
		新梢	1.28	0.44	1.90	1.40	0.40
		葉	2.19	0.46	2.19	1.54	0.60
		子実	2.59	0.63	1.27	0.98	0.60
3年生無肥	67.5	根	2.49	0.20	0.86	1.93	0.91
		茎	1.65	0.12	0.55	1.67	0.79
		新梢	2.03	0.18	0.63	1.42	0.57
		葉	2.35	0.22	0.63	2.55	1.20
		子実	3.33	0.38	0.63	0.50	0.53
4年生	63.8	根	1.04	0.34	1.69	0.56	0.50
		茎	1.68	0.44	0.94	1.61	0.63
		新梢	1.40	0.44	1.48	1.54	0.30
		葉	2.17	0.45	1.90	1.82	0.65
		子実	2.00	0.45	1.28	0.63	0.25
"	66.9	根	1.47	0.34	1.41	1.54	0.40
		茎	1.47	0.23	0.94	1.26	0.20
		新梢	1.51	0.39	0.75	1.54	0.55
		葉	1.60	0.43	1.41	2.24	0.50
		子実	1.20	0.40	0.49	0.63	0.35

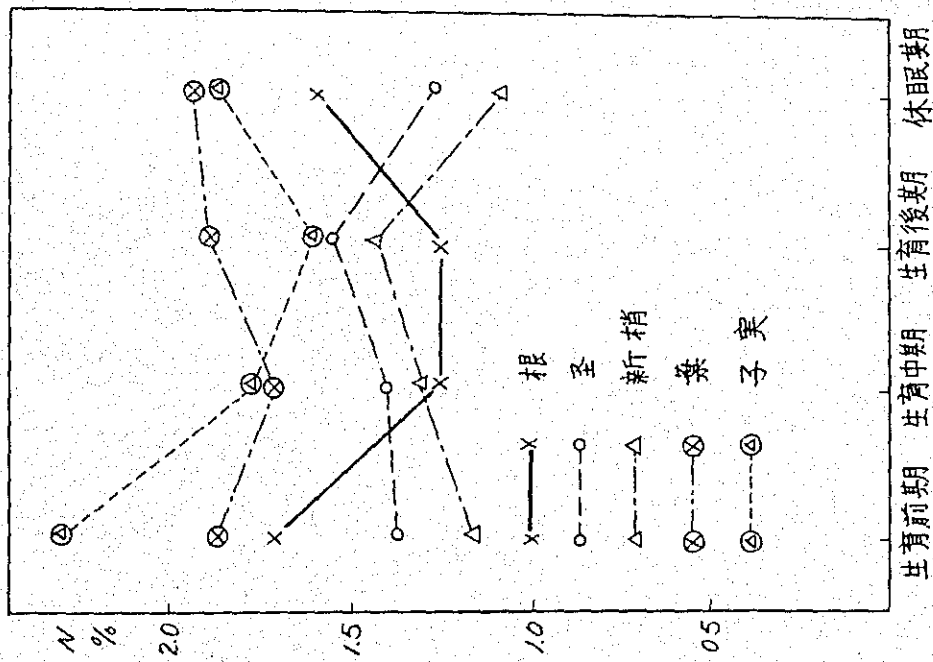


图 3-a 生育时期別の窒素

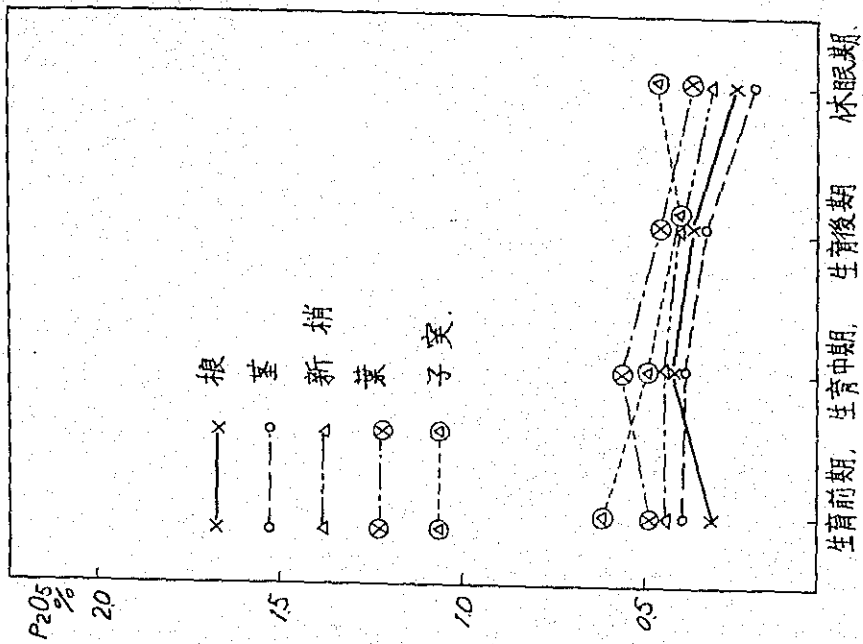
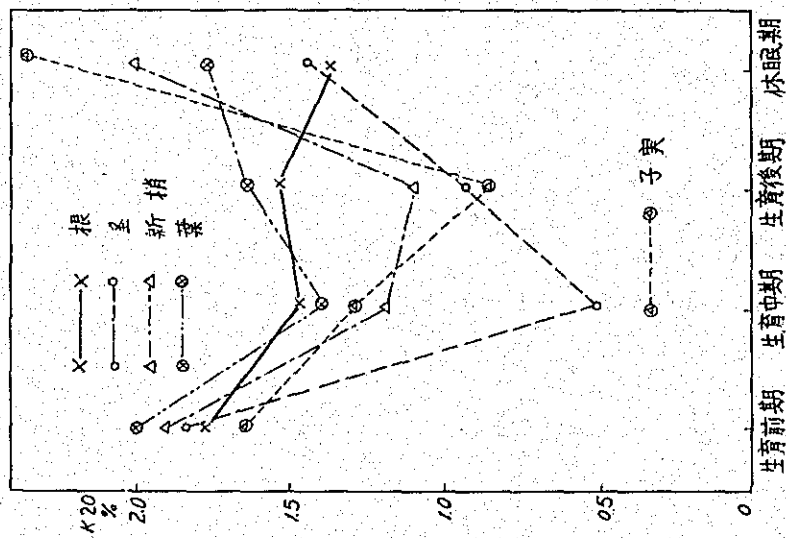
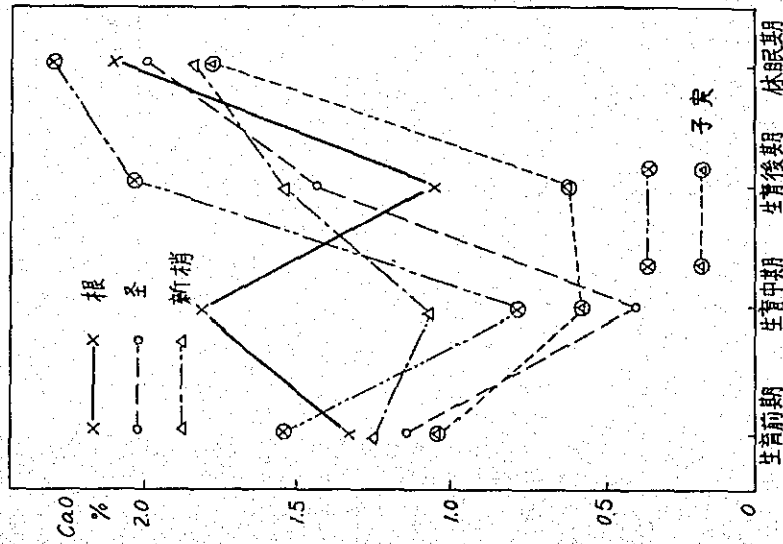


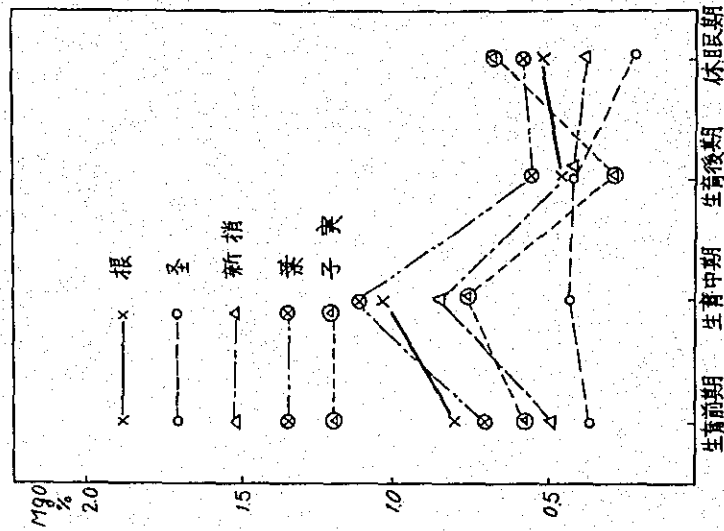
图 3-b 生育时期別の磷取



ホ3-C 図 生産時期よりの加量



ホ3-D 図 生産時期別の石灰含量



ホ3-E 図 生産時期別の苦土

樹 令	採取月	採取部位	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
4 年 生	66.10	根	1.73	0.20	1.41	2.45	0.65
		茎	1.31	0.19	1.69	2.10	0.20
		新 梢	1.07	0.32	2.23	2.03	0.35
		葉	2.20	0.42	1.69	2.50	0.70
		子 実	1.90	0.47	2.40	1.82	0.70
"	66.11	根	1.47	0.26	1.34	1.75	0.45
		茎	1.22	0.17	1.20	1.89	0.25
		新 梢	1.09	0.34	1.83	1.68	0.45
		葉	1.67	0.31	1.90	2.10	0.50
		子 実	—	—	—	—	—

茎部では加里、石灰は生育前期に含量高く、生育中期に最低を示し、生育後期、休眠期と再び吸収量は増加する。

新梢部分でもほとんども茎部に似た傾向を示し、石灰、加里は生育前期に多いが生育中期には低く、生育後期、休眠期と再び増加の傾向を示す。

葉部、子実部では窒素含量高く、生育時期の間では生育前期に窒素、加里、石灰が多く、生育中期に低く、生育後期に再び増加する。

次に各成分別の变化では磷酸は各器官共含量低く、各器官毎の变化は少ない。

加里は各器官共生育前期に高く、生育中、後期と減少し休眠期に再び増加する。

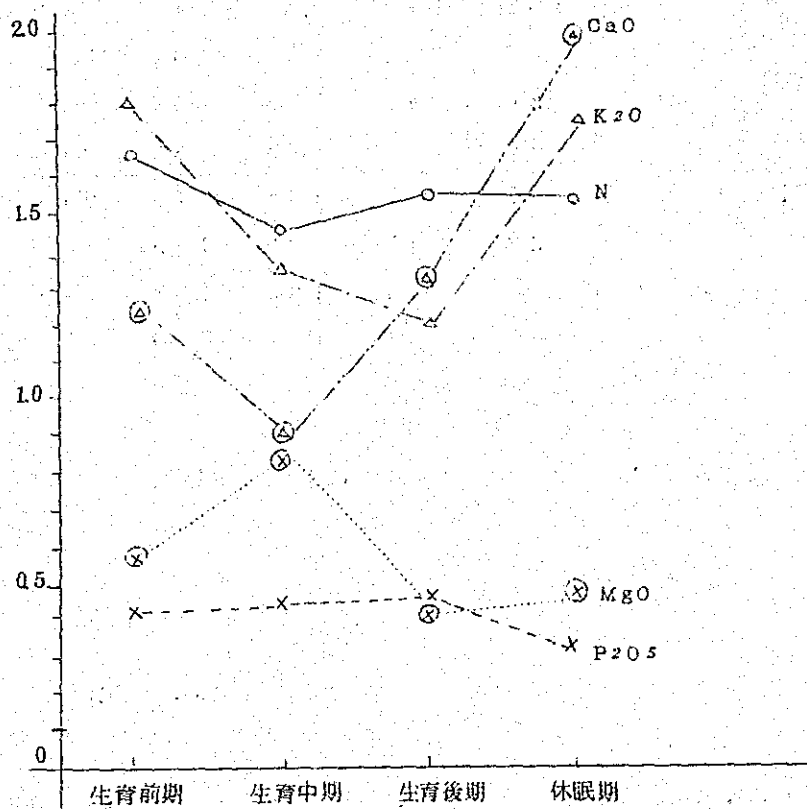
石灰は根部を除く他の器官で生育前、中期に少なく、生育後期、休眠期と増加し、休眠期の石灰含量は各器官共に極めて多い。苦土は磷酸に次いで各器官共少ない。

各年次全個体の成分量の平均値では次のようである。即ち、

- 1) 窒素は他の植物と同様吸収成分量は高く、生育前期はやや高く中期に減少し生育後期に再び増加するが概して変化は少ない。
- 2) 磷酸は各成分中吸収量の最も低い成分で、生育時期の間では休眠期にわずかに吸収量は低下するが窒素と同様生育時期間の变化は少ない。
- 3) 加里はその含量は高く生育中期、後期にやや低い。
- 4) 石灰は生育前期にやや高く、生育中期にわずかに低下し、生育後期から休眠期と吸収量は著るしく増加の傾向を示す。
- 5) 苦土は磷酸に次いで吸収量少なく、他の成分とは逆に生育中期で吸収量は高い。

各器官別の吸収成分の中、子実、葉部中の石灰、加里含量は成熟期にあたる生育後期においてその含量は高く、これは收穫物、或は落葉などとしてピメンタを通して土壤から取り去られる量の多いことを意味し、土壤-植物-土壤のサイクル以外に持去られる量が多いこと

になる。このことは収穫量の多いピメンタ程、この種肥料の施肥の必要なことを意味している。



第4図 生育時期別個体当成分量(平均)

(3) ピメンタの養分吸収量よりみた施肥量

次に各個体別に各成分の吸収全量をみると、ほとんどの各生育年次に比例して増加し、2年生ピメンタでは1年生ピメンタの約3倍、4年生では約7倍もの増加が見られた。しかし地上部の生育の悪い無肥料栽培3年生ピメンタでは2年生のピメンタにも劣る成分量を示した。

このような結果からピメンタの各生育年次毎の土壌からの養分吸収量を算出し、これをもとに施肥必要量を概算した。

一般に作物に対する施肥量を決定するためには各生育年次、生育時期別の各成分吸収量、気象、土壌特性などの総合結果から決定さるべきものであるが、前述のような種々の制約の下に限られた実験結果から一応の施肥量を概算したが、これは今後更に実地に検討され、修正される必要がある。

この実験では1年生、2年生、4年生のピメンタは供試出来たが3年生のピメンタは供試出来なかったため、3年生のピメンタについては得られた年次別の生育曲線から生体重を

第5表 生長に伴う加算量 (1株当りg)

樹令	部位	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO	
		各器官中の量g	生長による加算量	各器官中の量g	生長による加算量	各器官中の量g	生長による加算量	各器官中の量g	生長による加算量	各器官中の量g	生長による加算量
1 年生	根	2.19		0.74		3.69		3.41		1.99	
	茎	4.55		1.33		3.82		2.20		1.48	
	新梢	0.21		0.08		0.28		0.20		0.13	
	葉	1.252		3.64		12.30		8.80		7.44	
	子実	0.30		0.09		0.27		0.14		0.11	
2 年生	根	5.23	2.32	0.86	0.12	3.86	0.17	2.98	—	1.82	—
	茎	8.06	3.51	2.34	1.01	11.12	7.30	7.66	5.46	1.82	0.39
	新梢	7.87	7.66	2.74	2.66	11.69	11.41	8.61	8.41	2.46	2.33
	葉	36.86	36.86	7.84	7.84	36.86	36.86	34.52	34.52	10.10	10.10
	子実	5.18	5.18	1.27	1.27	2.54	2.54	1.96	1.96	1.20	1.20
生長による加算量			5.553		12.90		58.28		50.35		14.02
3 年生	根	7.79	2.56	1.44	0.58	6.75	2.79	6.30	3.32	2.73	0.91
	茎	24.80	16.74	5.47	3.13	25.82	14.70	25.31	17.65	5.30	3.48
	新梢	16.00	8.13	5.17	2.43	21.80	16.11	19.40	10.79	5.04	2.58
	葉	43.30	43.30	9.29	9.29	38.65	38.65	39.07	39.07	12.46	12.46
	子実	30.10	30.10	7.56	7.56	18.62	18.62	14.00	14.00	7.14	7.14
生長による加算量			100.83		22.99		84.87		84.83		26.57
4 年生	根	9.97	1.18	2.04	0.60	10.25	3.50	11.02	4.72	3.51	0.78
	茎	39.62	14.82	7.25	1.78	33.20	7.38	47.71	22.40	8.93	3.63
	新梢	24.24	8.24	7.12	1.95	30.21	8.14	32.52	13.12	7.89	2.85
	葉	48.21	48.21	10.34	10.34	37.10	37.10	54.52	54.52	14.64	14.64
	子実	44.46	44.46	11.70	11.70	36.14	36.14	26.52	26.52	11.18	11.18
生長による加算量			116.91		26.37		92.53		121.28		33.08

推量し、成分含有量は2年生と4年生ピメンタの平均値をもって3年生ピメンタの成分量と見做して計算した。

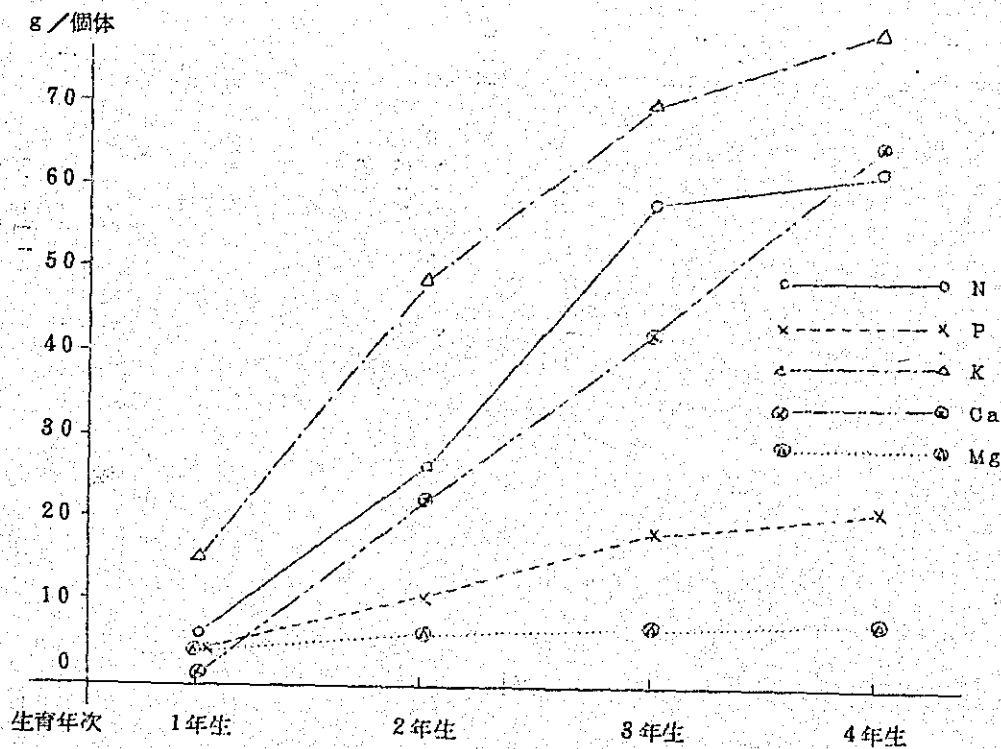
また各器官毎の含有成分量の中、根部、莖部、新梢部は1年間の生育にともなう成分の増加量と前年の成分量との差をもってその年に土壌からピメンタが吸収した量とした。

葉部は落葉として全部一年間に更新され、他に持出され、土壌に還元されないものとし、葉部中の全成分量は施肥必要量とした。また子実中の成分量は収穫物として他に持出されるから、葉部と同様全成分量を施肥必要量とした。しかし葉部、子実部の多少は土壌中に再び還元されるがこの量はここでは加味しなかった。

このようにして計算した吸収量から無肥料栽培のピメンタの吸収成分量、所謂天然供給量を差し引いて施肥により補給すべき量を算出し、更に肥料の利用率を乗じて施肥量を決定した。その際このような永年作物の天然供給量はそれぞれの生育年次のピメンタについて求められるべきであるが、こゝでは3年生無肥料栽培のピメンタしか供試出来なかったため、これから各年次毎の吸収量を算出した。

また各肥料の利用率もピメンタ栽培地土壌についてのものを用うべきであるが、それらの資料がないのでこゝでは茶に用いた利用率、窒素50%、リン酸25%、加里45%を用いた。

この結果まづ各年次の吸収成分量から天然供給量のみを差し引いた結果を図化したのは次の図である。



第5図 生育年次別吸収必要量

この結果初年度から施肥の必要度の高い成分はピメンタでは加里、窒素、苦土成分で特に加里成分は他の普通一般作物と異り、初年目から必要量が高く窒素成分を上廻る結果を示した。

他方初年目で必要量の低いのは石灰であるが、これは恐らく植付時の原始林の伐採、焼畑などによって土壌に補給される石灰量が可成り影響しているためと考えられる。

加里、窒素、石灰成分のいずれも生育年次の進むにつれて必要量は顕著に増大するが、加里、窒素成分はほぼ3年生ピメンタを境に必要量はやゝ少なくなる。唯石灰のみは生育年次の進むにつれて必要量は増加し、4年生ピメンタでも強い石灰の必要量を示す。

燐液は概して必要量は少ないが他の成分と同様、3年生のピメンタを境に要求量は低下する。この図からピメンタの施肥必要量を考えるとき、加里は植付当初から十分に補給し、その濃度を高く維持することが必要であり、窒素はこれに次いで高い濃度が必要であろう。

石灰は初年目には焼畑により富化されるもので十分のようであるが、地上植生の貧弱な再生林などを焼畑して新植する場合などには、初年目でも施肥の必要がある。またこの成分は生育年次の進む程常に要求量の強い成分であり、これが補給は考慮される必要がある。

次にこれらをもとにさきに述べた各成分の利用率を乗じて施肥量を各年次別に示したのは次の表である。

第6表 各年次毎の施肥必要量(1個体当りg)

生育年次	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO [※]	MgO [※]
1年生	12.9	18.7	36.2	1.4	4.7
2年生	54.8	41.9	111.3	23.6	6.1
3年生	117.3	77.4	161.3	44.7	7.5
4年生	129.3	86.1	169.3	67.8	7.6

註※ 石灰、苦土は利用率は不明のため、吸収成分全量から無肥料区の値を差引いた値である。

これは先に述べたように分析結果をもとに計算により求められた一応の施肥の目安であって、これは施肥法、土壌条件などによって異なるのは当然と考えられるが、3成分の施肥割合としてはこのようなものである。

4. むすび

以上数種のピメンタ植物体の化学分析から、ピメンタの養分吸収、施肥量について検討した。

この結果地上部と地下部の生育では当然のことながら地下部の生育量に応じた地上部の生育が見られるが概して地上部に比べて地下部の割合は少なく、これは蔓性植物としてのピメンタの特性のように考えられる。しかし地上部のより旺盛な生育と十分な生産を上げるためには、根圏領域を広くし、十分な根の伸長を図ると共に、余り早期の結実は根の生育を抑制するから前述の成木と考えられる3年生ピメンタあたりまでは子実の着生は極力さけて専ら根の伸長、育成に主力をおくことが必要のように考えられる。

施肥時期についても一応検討したが、熱帯植物の特性として、それを明確に規定し得なかったが、施肥成分の植物根による吸収利用は当然土壌溶液を介して行われるものであり、雨期始め或は雨期の終る前など、降雨時期を考慮して決められる必要がある。

ピメンタは加里の要求量の強い作物であると同時に、石灰についても収穫期にあたる生育後期のピメンタの子実、葉部中の石灰含量が高く、これは収穫物、或は落葉として他に持出される石灰量の多いことを意味しており、これが常に十分な施用を心掛けることが必要と考えられる。

