

中部パラグアイ森林造成計画土壤調査報告書

4-5

8.5

100

中部パラグアイ森林造成計画 土壤調査報告書

JICA LIBRARY
J 1126142 (7)

国際協力事業団
平成元年5月

FDD
JR

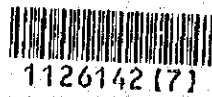
JICA
708
803
FDD
LIBRARY



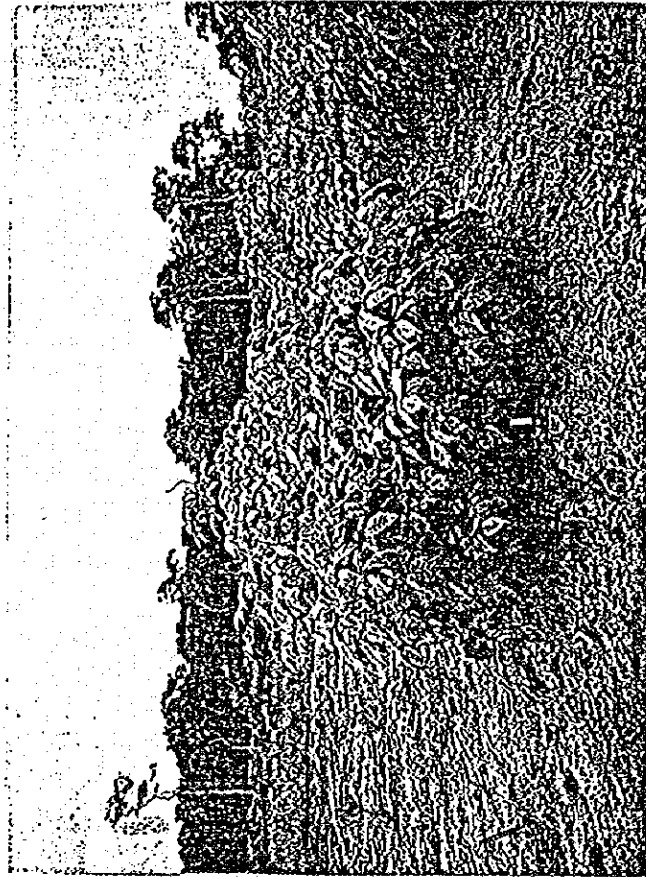
造林予定地と森林



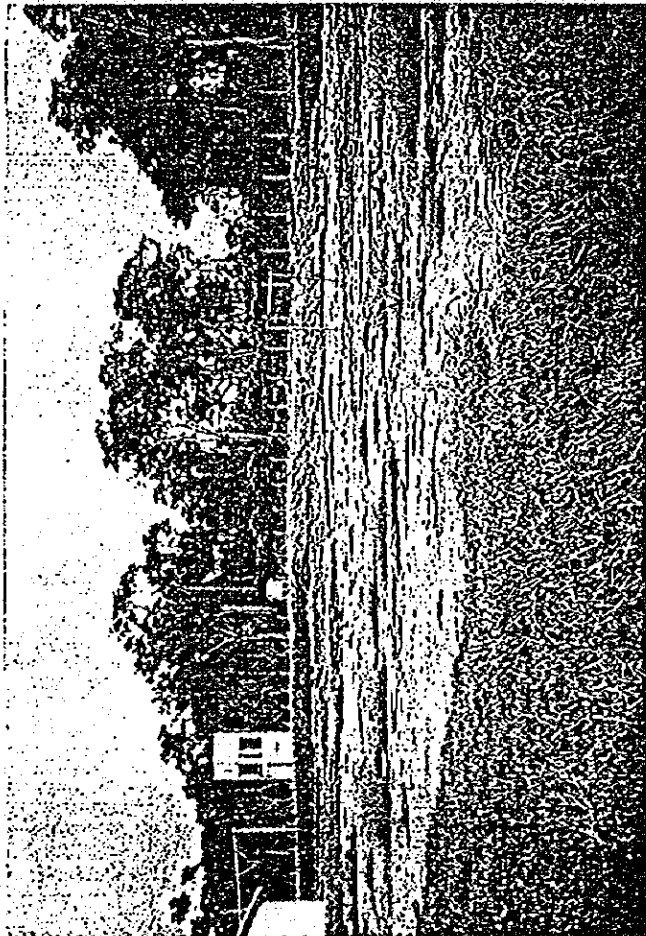
カビバリ地区の林相



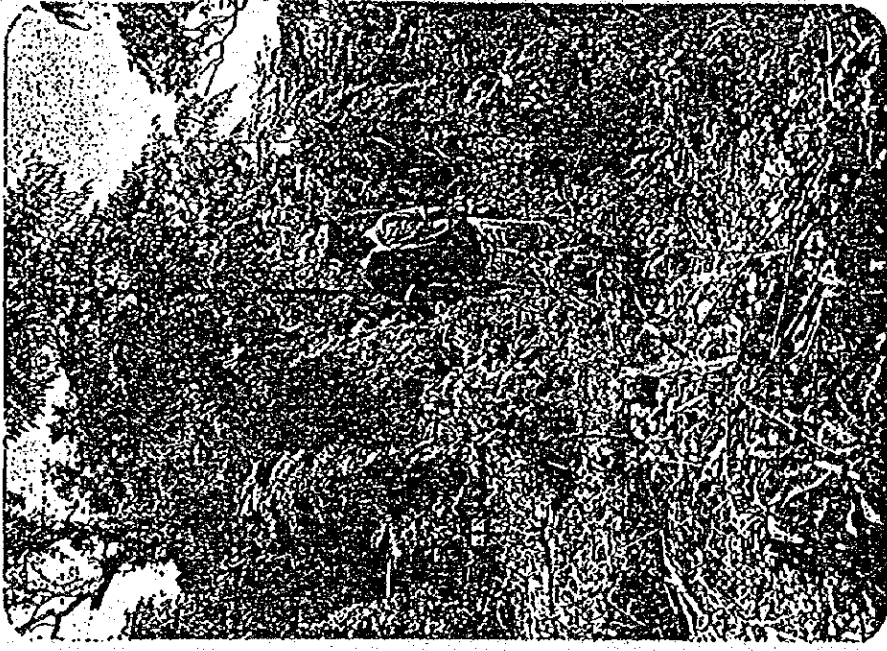
1126142 (7)



タバコ苗の畑



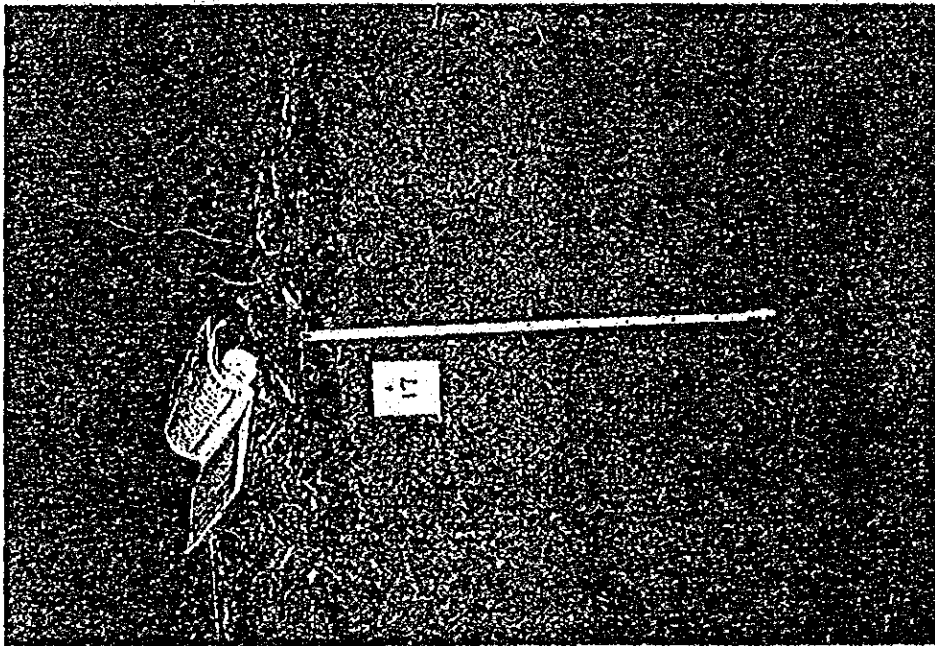
タバコ畑の内部



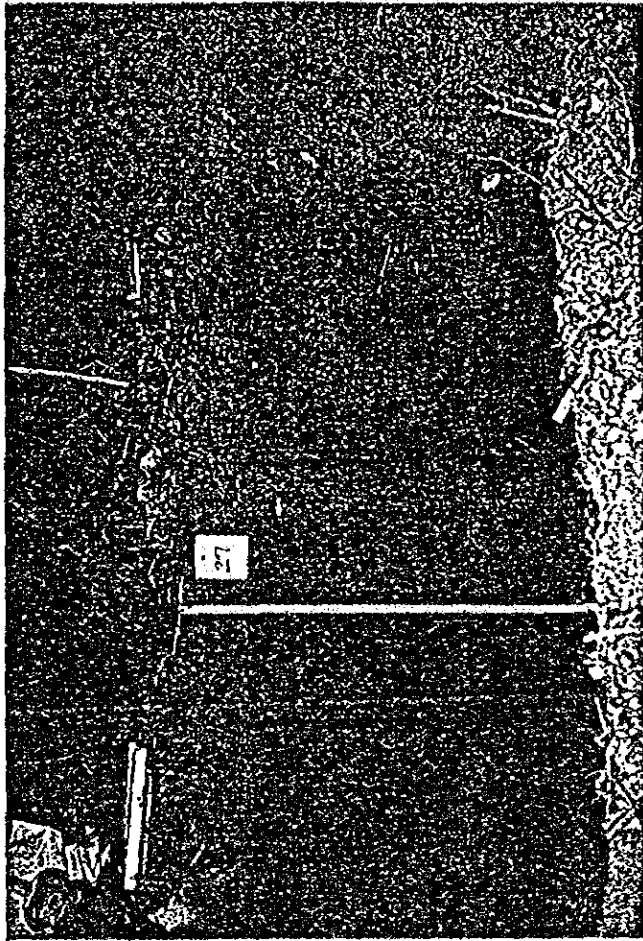
バライソ・ヒガンテの生育状況
(I型土壌)



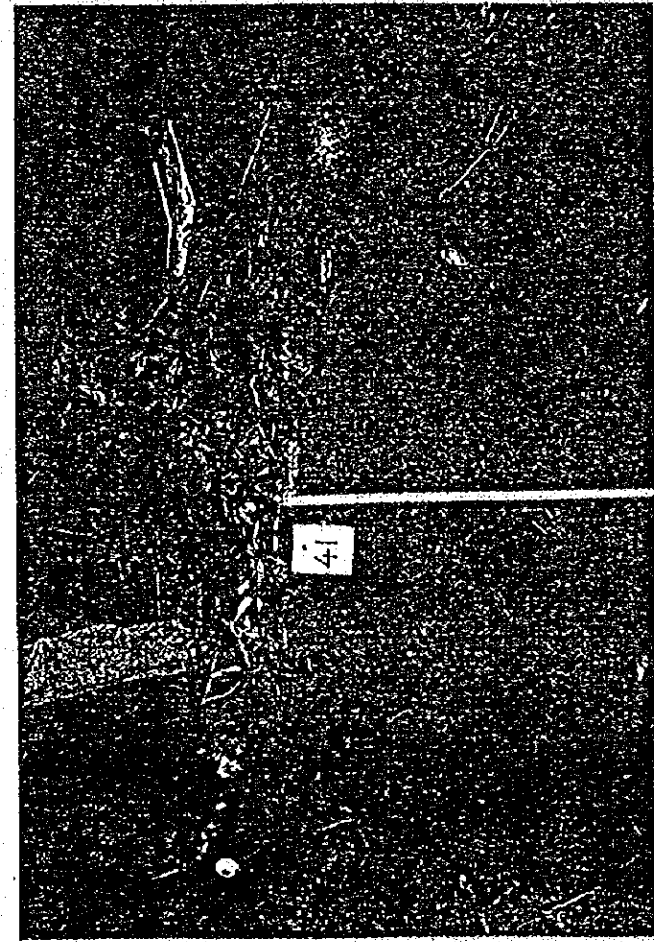
カヒバリ地区の玄武岩転石



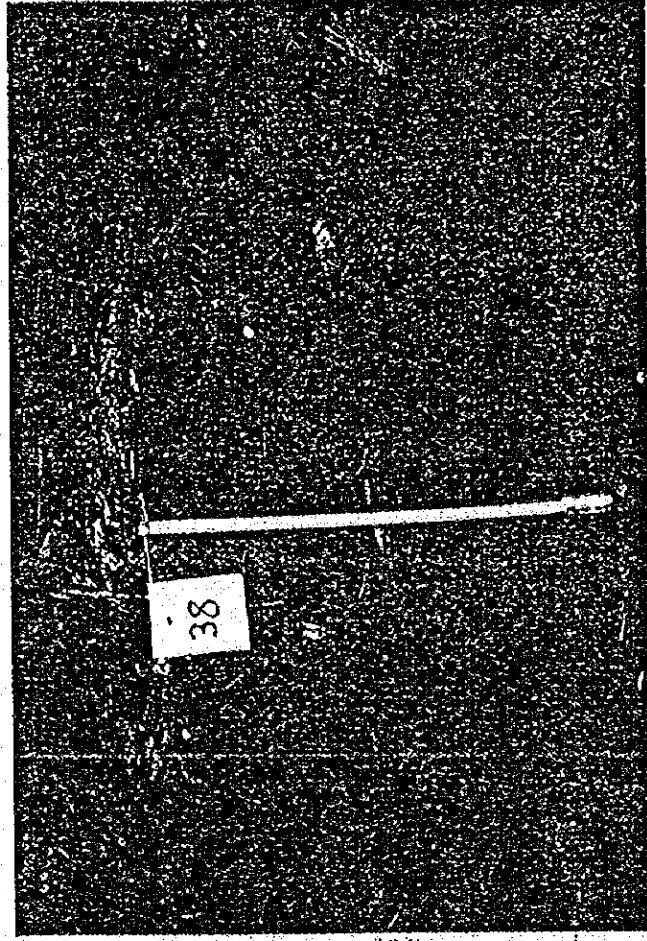
I型の土壌断面



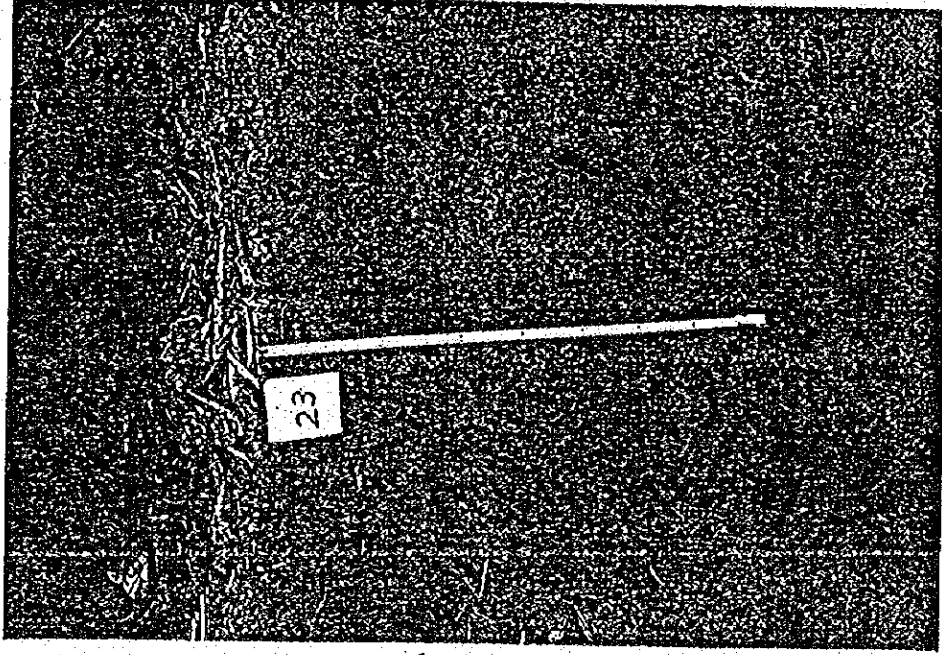
II型の土壌断面



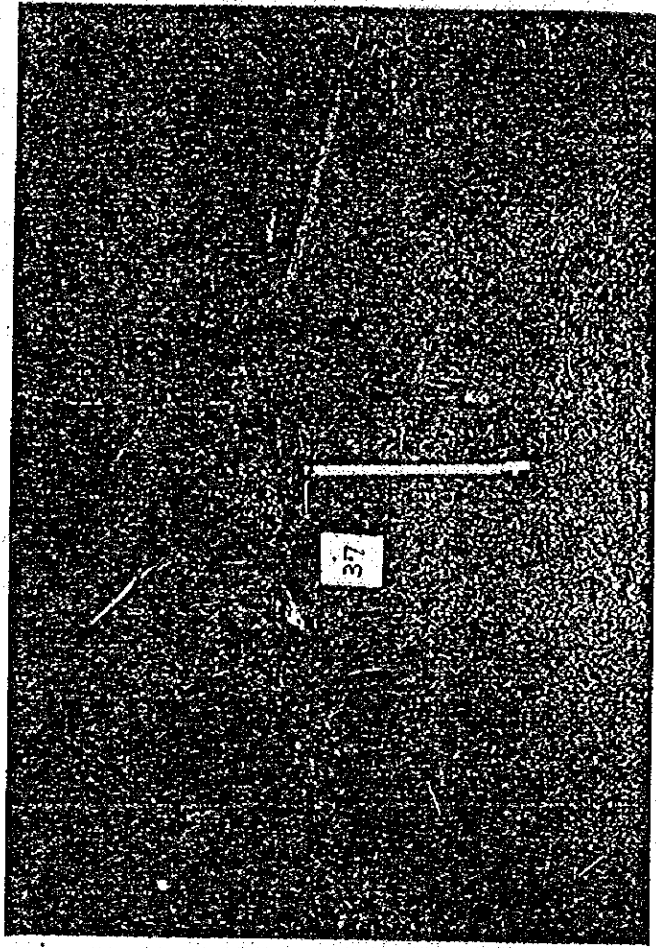
Ⅲ型の土壌断面



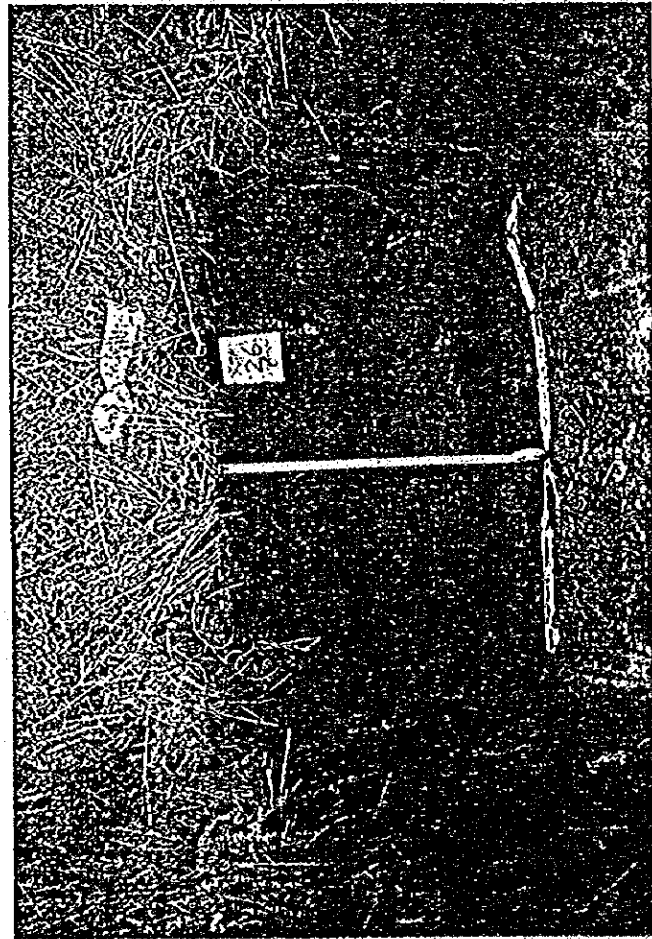
Ⅳ型の土壌断面



V型の土壌断面



VII型の土壌断面



VI型の土壌断面

中部パラグアイ森林造成計画 土壤調査

報 告 書

ま え が き

パラグアイ国、中部パラグアイ森林造成計画は、昭和62年（1987年）6月25日にはRecord of Discussion（R/D）が締結され、砂質土壤における造林技術の開発改良と、それらの技術移転、技術普及を図るための人材養成を目的として実施されている。

この報告書は、プロジェクト・サイトの約2,000haの森林、造林予定の森林及び既造林地を対象に行った、土壤調査の結果をとりまとめたものであり、今後における造林地の設定及び土壤に適した樹種の選定等を行うための基礎資料となるものである。

平成元年5月

目 次

まえがき	
要 約	1
1. 調査の目的	7
2. 調査地区の概要	7
1) 位置	7
2) 気象	7
3) 地質	10
4) 地形	10
5) 植生	10
3. 土壌調査	10
1) 調査箇所の選定	10
2) 調査方法	11
(1) 試坑調査（土壌断面調査）	11
(2) 試穿調査（土壌境界調査）	11
3) 土壌断面調査成績	11
4. 土壌の理化学的分析	22
1) 分析項目と分析方法	22
2) 土壌の理化学的分析成績	25
5. 土壌分類	27
6. 土壌図の作成	28
7. 各土壌型の概説	28
1) 土壌型の特徴と土壌生成	28
2) 土壌型の分布	33
8. 土壌型と適応樹種に関する考察	34
参考文献	35

（付属資料：土壌調査方法等）

要 約

1. 調査の目的

中部パラグアイ・カビバリ地区の樹木の成長量等におよぼす土壌の影響及び土壌型に適応した造林樹種選定の検討を可能にし、さらに今後、造林地を設定する際の基礎資料を得るため、土壌調査を行った。

2. 土壌調査行程

別紙（業務日誌）の通り。

3. 調査地区の概要

1) 位置

調査対象地は、サンペドロ県の南東部のカビバリ地区に所在し、ほぼ南緯 24°45'、西経56°06'に位置している。首都アスンシオンから北東方約 250Km隔っている。

2) 気象

カビバリ地区の気象はグアイラ県ビジャリカの気象と類似しているといわれる。それによれば、年平均気温は22.0℃、最高気温38.6℃、最低気温-2.4℃で年平均最高気温と最低気温との較差は11.3℃である。

年降水量は1,659mmであり、このうち、6、7及び8月の3か月以外は、いずれの月も100mm以上の降水量がある。

3) 地質

カビバリ地区は、ほとんど全部が中生代三畳紀のミシオネス砂岩である。本地区の北西部の石切り場には、局部的に玄武岩の転石が露出しているのが見られる。

4) 地形

標高は最低220m、最高375mで、緩傾斜面をもつ台地となっている。本地区の中東部及び中西部には谷川があり、その縁辺部の谷斜面は急傾斜地となっている。

5) 植生

亜熱帯広葉樹の天然林で、ラバチヨ、ベチレビ、セドロなどの有用樹のほか、多くの自然生の広葉樹がある。谷川に沿ったところにはタクアラ竹が密生している。そのほかツル植物（木本）や灌木、草本類がある。

4. 土壌調査

1) 土壌断面調査箇所を選定

1:5,000 地形図を基図とし、土壌母材は、一様に砂岩の風化物であるので、主として

地形が異なる箇所を調査した。調査対象面積は約2,000haであり、地区内にほぼ均等に調査箇所（地点）が配置されるようにする目安として、地形図に16cm×16cm（1区画＝64ha）の方眼を画き、その交点付近の地形を考慮して試坑調査地点の選定を行った。

2) 調査方法

(1) 試坑調査（土壌断面調査）

調査地点で試坑を行い、土壌断面調査票に土色、土性（粒径組成）、構造などの項目について断面を観察して記入し、層位区分を行い、層位別に理化学分析用の土壌試料を採取した。

(2) 試穿調査（土壌境界調査）

試坑調査によって、断面の形態特徴に基づいて区分し、区分した土壌型毎にそれらの分布範囲の境界を明らかにするため、検土杖（ボーリングステッキ）を用いて調査を行った。

3) 土壌断面調査成績

45箇所の試坑調査成績を断面柱状図で示した。

5. 土壌の理化学的分析

土壌分析用試料（108点）について、①土壌の粒径組成、②三相分布、③pH、④EC、⑤土壌有機物、⑥全窒素、⑦可給態りん、⑧りん酸吸収係数、⑨CEC、⑩置換性塩基、⑪微量要素の11項目について分析（依頼）を行った。

それらの分析成績は一覧表で示した。また、分析項目毎に概説した。

6. 土壌型分類

カビバリ地区森林地の土壌調査を実施し、土壌の断面形態及び層位別に理化学性を調べ、それらの特徴に基づいて、土壌型に分類（区分）した。土壌型名、区分基準を示すと下記のようなものである。

土壌型名 区分基準（断面の特徴）

正常アカリ川	I	橙，全層粗粒質
	II	暗赤，全層粗粒質
	III	暗赤，上層粗粒質，下層細粒質
	IV	暗赤，全層細粒質
	V	黄褐，全層粗粒質
ケライ的アカリ川	VI	暗灰，全層粗粒質
	VII	灰黄橙，上層粗粒質，下層細粒質

7. 土壌図の作成

カビバリ地区の土壌を7型に区分し、それらを1:5,000の地形図に画き、土壌図を作成した。

8. 各土壌型の概説

1) 土壌型の特徴と土壌生成

各土壌型の断面形態及び理化学性の特徴とそれらの土壌生成について考察した。また、各型の断面形態の例を記した。

2) 土壌型の分布

土壌型毎に分布の状況と分布面積について記述した。分布面積が大きい順に記せば次のようである。

II型 > III型 > I型 > V型 > IV型 > VI型 > VII型

9. 土壌型と適応樹種に関する考察

VI型では、樹木は生育し得ない。また、VII型及びV型ともに土壌が過湿で、樹木の生育は不良である。そのほかのI、II、III、IV型の土壌は、いずれも樹木の生育に好適し、土壌養分の供給力やそれらの土壌型が分布している地形からみれば、IV型 > III型 > II型 > I型の順に樹木の良好な生育が期待されると考えられる。

現在、造林はI型の土壌で行われ、針葉樹のエリオツテマツ、チーダマツ及びカリビアマツなどが植えられており、その生育はいずれも良好である。また、パライソ・ヒガンテもI型の土壌に植栽され、順調に生育している。これらのことから判断すれば、上記のマツやパライソは、本地区の土壌に適応する樹種であると思われる。ユーカリ類については、今後とも種々の品種について適応試験を実施してみる必要があるが、恐らく適応する樹種であると思われる。

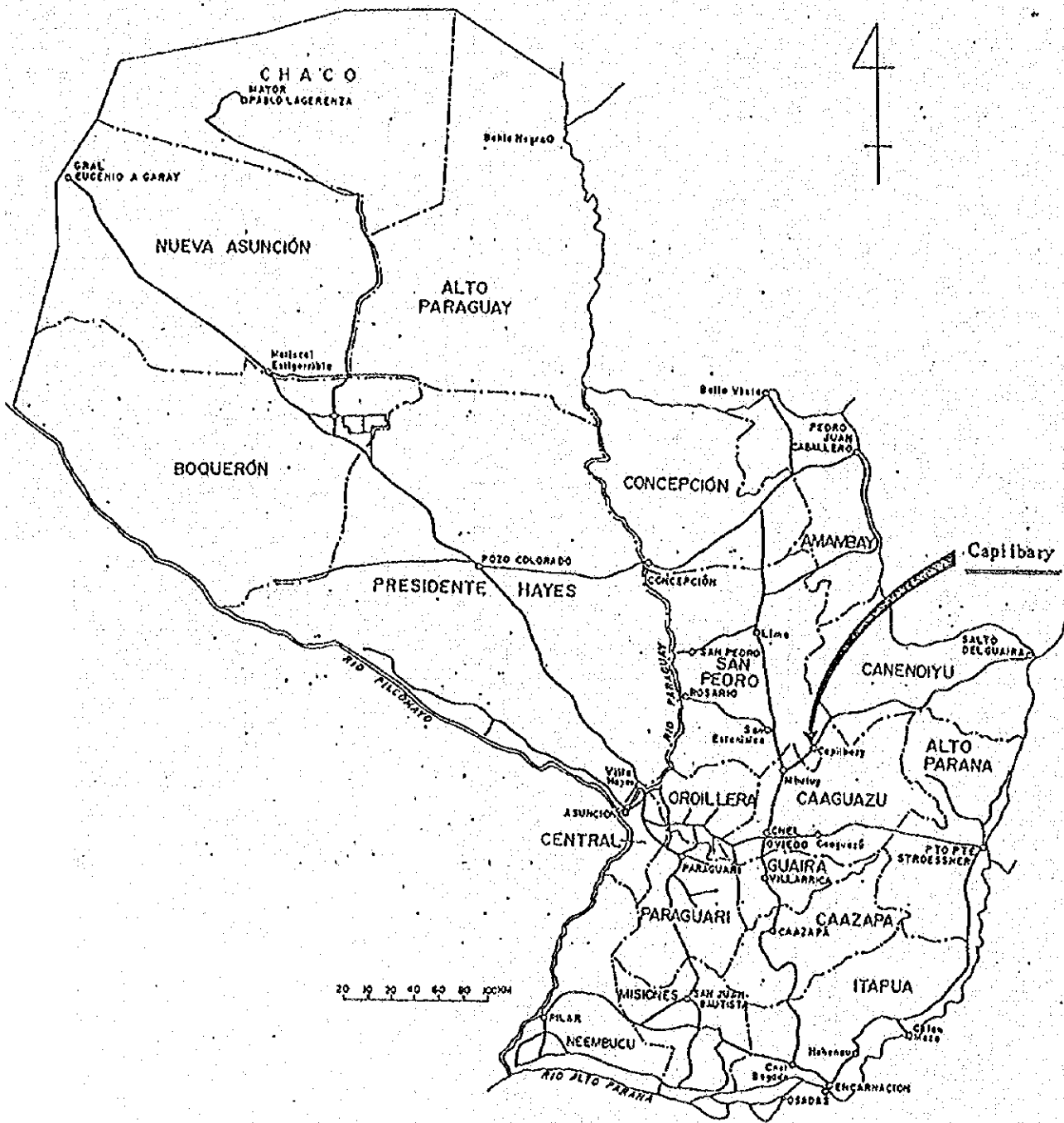
本地区の森林には、ラバチヨ、ベテレビ、セドロなどの有用樹が存在している。このことは、これらの樹種が本地区の気象や土壌に適していると考えられる。そこで、これらの樹種についてI型のみならず他の土壌型にも植栽を実施することが望まれる。

行程表

月・日	曜日	内 容
4/1	土	中部バラグアイ森林造成計画土壌調査のため成田空港から出発(19:00, RG835便)
2	日	バラグアイ国アスンシオン空港到着(13:00, RG902便)、同市内のホテル宿泊
3	月	JICAバラグアイ事務所、バラグアイ国林野庁長官、農牧省及び日本大使館表敬訪問
4	火	プロジェクト・サイトのカビバリに向けて出発。途中、土壌分析依頼先の国立農業試験所(IAN)訪問
5	水	プロジェクト地区内森林の一部を視察、午後から土壌調査開始、2ヶ所試坑調査
6	木	土壌調査：午前3ヶ所、午後2ヶ所の試坑調査実施
7	金	// :午前2ヶ所試坑調査、午後アスンシオンに向け出発、土壌分析試料運搬
8	土	休日、調査資料整理
9	日	//
10	月	カビバリに向け出発、途中、国立農業研究所(IAN)に立ち寄り、土壌分析について打合せ
11	火	土壌調査：午前1ヶ所、午後3ヶ所の試坑調査実施、試穿調査(境界調査)実施
12	水	// :午前2ヶ所、午後3ヶ所の //
13	木	// :午前2ヶ所、午後2ヶ所の //
14	金	// :午前3ヶ所の試坑調査実施、午後アスンシオンに向け出発、分析試料運搬
15	土	休日、調査資料整理
16	日	//
17	月	アスンシオン大学土壌学研究室訪問、実験室等の視察後、カビバリに向け出発
18	火	土壌調査：2ヶ所の試坑調査実施、試穿調査(境界調査)実施
19	水	// :3ヶ所の //
20	木	// :午前2ヶ所、午後2ヶ所の //
21	金	// :午前2ヶ所の試坑調査実施、午後アスンシオンに向け出発、分析試料運搬
22	土	休日、調査資料整理
23	日	//

行程表（続き）

月・日	曜日	内 容
4/24	月	プロジェクトチームの打合せ会議
25	火	土壌調査：2ヶ所の試坑調査実施、試穿調査（境界調査）実施
26	水	〃：3ヶ所の 〃
27	木	〃：午前2ヶ所、午後2ヶ所の試坑調査実施、谷川の水などのPH測定
28	金	〃：午前1ヶ所の試坑調査実施、試穿調査（境界調査）実施
29	土	休日、調査資料整理
30	日	〃
5/1	月	休日（バラグアイ国大統領選挙）、調査資料整理
2	火	林野庁長官、農牧省（技術官房局長）及びJICAバラグアイ事務所を訪問し、調査概要報告
3	水	CEDEF0等を訪問するため、アスンシオン出発（吉村調整員同行）、エンカルナシオン到着
4	木	CEDEF0、CR1A（地域農業研究所）訪問、視察及びJICAイン加パシオン支所表敬訪問
5	金	エンカルナシオン領事館表敬訪問、アスンシオン帰着後、日本大使館訪問概要報告
6	土	休日、調査資料整理
7	日	〃
8	月	アスンシオン空港出発
9	火	↓
10	水	成田空港着(13:30)、帰国



調査対象地の位置

1. 調査の目的

プロジェクト・サイト内の約2,000haを対象に土壌調査を行い、土壌の断面形態及び理化学的特徴に基づき土壌型に区分して、それらの分布状態を土壌図に示すことにある。

これらによって樹木の成長量等に及ぼす土壌の影響及び各土壌型に適した樹種選定の検討を可能にし、さらに今後、造林地を設定する際の基礎資料とすることにある。

2. 調査地区の概要

1) 位置

調査対象地（調査対象地の位置図参照）は、サン・ペドロ（San Pedro）県の南東部のカビバリ（Capiibary）地区に所在し、ほぼ南緯 $24^{\circ}45'$ 、西経 $56^{\circ}06'$ に位置している。

カビバリ地区は、首都アスンシオン（Asunción）からコロネル・オビエド（Colonel Oviedo）、プトウイ（Mbutuy）を経由して、ブラジル国との国境の町サルトス・デル・グアイラ（Saltos del Guaira）に向う国道10号線の東部に位置し、アスンシオンから約250kmの距離にある。アスンシオンからプトウイまでは舗装道路であるが、プトウイからカビバリに向う国道10号線は未舗装である。

2) 気象

カビバリ地区に最も近い気象測候所はカビバリの北西約40kmにあるサン・エスタニスラオ（San Estanislao）測候所である。

1974年半ばから不定期的に観測を行っており、年間を通じての観測データは1978年のみである。これを第1表に示す。

サン・エスタニスラオ測候所の気象観測値は、グアイラ（Guaira）県のビジャリカ（Villarica）の気象観測値に近似し、これはカビバリ地区の気象にも近似していると推量されている。ビジャリカ測候所の1961～1970年の観測値を第2表に示した。

これによれば、年平均気温 22.2°C 、最高気温 38.6°C 、最低気温 -2.4°C で年平均最高気温と最低気温との較差は 11.3°C である。

年降水量は1,659.3mmであり、このうち、6、7及び8月の3か月以外は、いずれの月も100mm以上の降水量がある。また、降雨日数は月に、6～9日間で月による差はほとんどなく、降雨量が少ない月は日降雨量も少ない。風向は各月ともに北東と南からの風が卓越しており、年平均では、北東風21%、南風28%で、両者で約50%を占めている。なお、無風は年間20%となっている。

第1表 SAN ESTANISLAOの気象

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均気温	27.0	26.9	26.5	20.0	17.3	18.0	20.5	17.0	20.4	23.9	24.8	26.5
平均最高气温	33.2	34.3	34.4	30.2	26.7	25.9	27.4	24.2	27.0	30.9	30.9	33.2
平均最低气温	20.6	20.5	20.4	12.1	11.0	12.1	16.3	12.4	15.4	18.6	19.6	20.1
最高气温	38.6	37.8	39.0	35.2	33.6	31.0	33.0	32.0	34.4	38.0	36.2	37.0
最低气温	14.4	15.2	15.0	4.6	2.8	-1.2	1.1	-2.0	7.0	10.0	13.0	15.0
降雨量	43.0	76.0	73.0	15.0	35.0	66.4	86.7	64.2	181.3	193.2	132.6	183.4
降雨日数	30.7	78.3	55.8	313.9	173.9	1.1	42.8	125.4	133.6	222.4	208.4	238.5
日最大降雨量	4.0	5.0	6.0	22.0	3.0	5.0	6.0	3.0	9.0	8.0	8.0	16.0
関係湿度	78.0	75.0	76.0	70.0	72.0	73.0	76.0	69.0	74.0	70.0	73.0	71.0

第2表 VILLARRICAの気象 (1961-1970)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
26.8	26.3	24.3	22.1	19.5	17.2	17.2	18.8	20.3	22.7	24.8	26.6	平均気温 度
32.0	31.6	30.0	27.5	25.2	23.0	23.0	24.8	25.7	28.0	29.9	21.8	平均最高気温 度
20.3	20.6	19.1	16.3	13.9	12.0	11.9	13.1	14.8	16.5	18.1	19.9	平均最低気温 度
37.9	37.2	36.8	34.4	31.5	31.3	31.2	34.5	35.5	35.5	37.3	38.6	最高気温 度
12.5	11.0	7.6	4.9	1.0	-0.5	-1.7	-2.4	2.0	7.0	6.8	8.4	最低気温 度
200.5	169.5	181.8	140.2	113.0	98.7	56.5	84.4	133.5	172.0	143.3	165.9	降雨量 mm 年間
9.0	9.0	8.0	6.0	6.0	7.0	6.0	7.0	9.0	9.0	7.0	9.0	降雨日数 mm 年間
69.0	72.0	74.0	76.0	76.0	76.0	72.0	68.0	70.0	68.0	66.0	65.0	関係湿度 % 年間

3) 地質

調査地区は、ほとんど大部分が中生代三畳紀のミシオネス (Misiones) 砂岩²⁾である。ミシオネス砂岩はミシオネス地域では、均質な赤色砂岩から成り、また、赤色粘土あるいは頁岩を伴うこともあるようであるが、本地区にはこれらの岩石は見出されていない。しかし、プロジェクト・サイトの北西方の一部にある石切場 (調査番号3付近) には、局部的に大きな転石となって存在する玄武岩 (火山岩) の露出が見られる。これは基盤をなす砂岩に貫入 (intrusion) して生成したものである。また、その近くにある土取場 (調査番号1) の地表下約2mのところからは石英の小円礫が多数存在している。これは恐らく礫岩が風化し、円礫が分離したものと考えられる。

前述のように、プロジェクト・サイトの大部分は砂岩から成り、それが土壌の主要母材となっている。

4) 地形

プロジェクト・サイトの地形は中東部及び中西部の谷川の縁辺において、急傾斜となっているほかは概して、緩傾斜の波状地形となっている。標高は最低220m、最高375m位であって、中南西部が高くなっている。プロジェクト事務所の所在地の標高は250~255mである。

5) 植生

カビバリ地区内の森林は、亜熱帯性の広葉樹天然林である。この天然林のうち、ラパチヨ (Lapacho : *Tabebuia* sp.)、ペテレビ (Peterevy : *Cordia trichotoma*)、セドロ (Cedoro : *Cedrela* sp.) のほか、ケブラチヨ、ウビラプタ、グアタンブ、ガランブ、ラウレルなどの有用樹種がある。そのほか、バビア・グアスウ、ウロンデ・ウーラ、カンチャクザ、タヒアグアスウなど及び熱帯、亜熱帯地域に多いツル植物 (木本) が多発生し、広葉樹にからみついている。また、ノイバラ類などの灌木や細長いタケ類やシダ類、ニセバショウ (バナナの野生種)、野生パイナップルなどが生育している。

竹類のうち、タクアラ (Takuara : *Guadua Kunth*, Gramineae Bambuseae) は、谷川に沿った比較的湿っている砂地に特徴的に密生している。なお、造林地などの周辺部にはタバコグサが多発生している。ヤシ類はほとんど見受けられない。

地区内の造林地には、現在、広葉樹のパライソ (Paraiso : *Melia* sp.) や針葉樹のエリオッチマツ (*Pinus elliottii*)、チーダマツ (*Pinus taeda*) 及びカリビアマツ (*Pinus caribaea*) が植林されている。

3. 土壌調査

プロジェクト・サイトのカビバリ地区約2,000haの森林地土壌調査を行い、土壌断面形態調査と土壌の層位別、理化学的性質を調べ、それらの性状の特徴に基づいて土壌型に類別し、土壌図 (1:5,000) を作成した。

1) 土壌断面調査箇所の選定

1:5,000の地形図を基図とし、調査地点が調査対象地区内にほぼ均等に配置されるような目安を得るため、地図上に16cm×16cmの方眼（1区画=64ha）を画き、その交点付近の地形面を考慮して、調査箇所（試坑調査地点）の選定を行った。

このようにして、本地区の土壌断面調査を実施した箇所数は計45となった。

2) 調査方法

(1) 試坑調査（土壌断面調査）

調査箇所に縦、横及び深さそれぞれ約1mの坑を掘り、土壌断面調査を行った。先ず断面の土色及び土性（粒径組成）層序、土壌構造などの特徴によって、層位に区分して、A、B1、B2などの層位名称を付し、それらの層位について、層位別に土色、土性、腐植含量、礫の種類と含量、構造、斑紋・結核、ち密度（硬度計使用）、粘着性、可塑性、乾漘の程度及び根の分布状態などを調査し、土壌調査票に記入した。約1m以下の下層は検土杖（Boring stick）を用いて、深さ約1.8mまで同様の調査を行った。

また、土壌の理化学的分析及び実容積（三相分布）測定用の土壌試料を同種の土壌と想定された土壌を除き、それぞれの調査土壌の主要な層位から採取した。

そのほか、土壌断面調査に付随して、調査地点において、地質、地形、傾斜、土壌浸食の程度、排水状態、林木の生育状態などの調査を行った。

(2) 試穿調査（土壌境界調査）

土壌断面調査によって、その形態的特徴から類別した各土壌型の分布範囲を確定するため、検土杖を用いて各土壌型の境界調査を行った。

3) 土壌断面調査成績

プロジェクト・サイト約2,000haの森林地（一部の造林地を含む）を対象に45箇所の試坑を行い、土壌の断面調査を実施した。

これらの成績の要点を、下記の凡例によって深さ1mまでの土壌断面柱状図として示すと次の如くである。

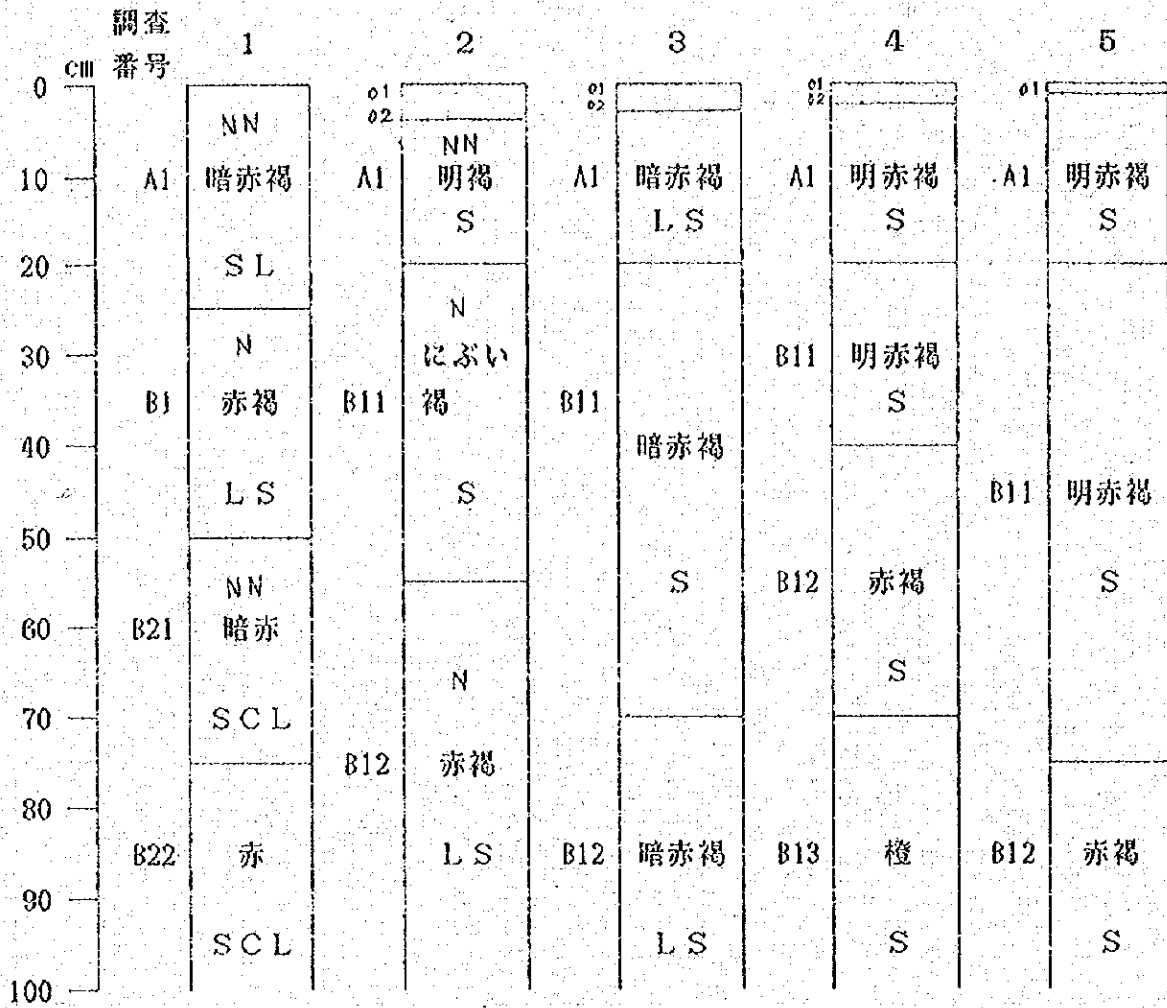
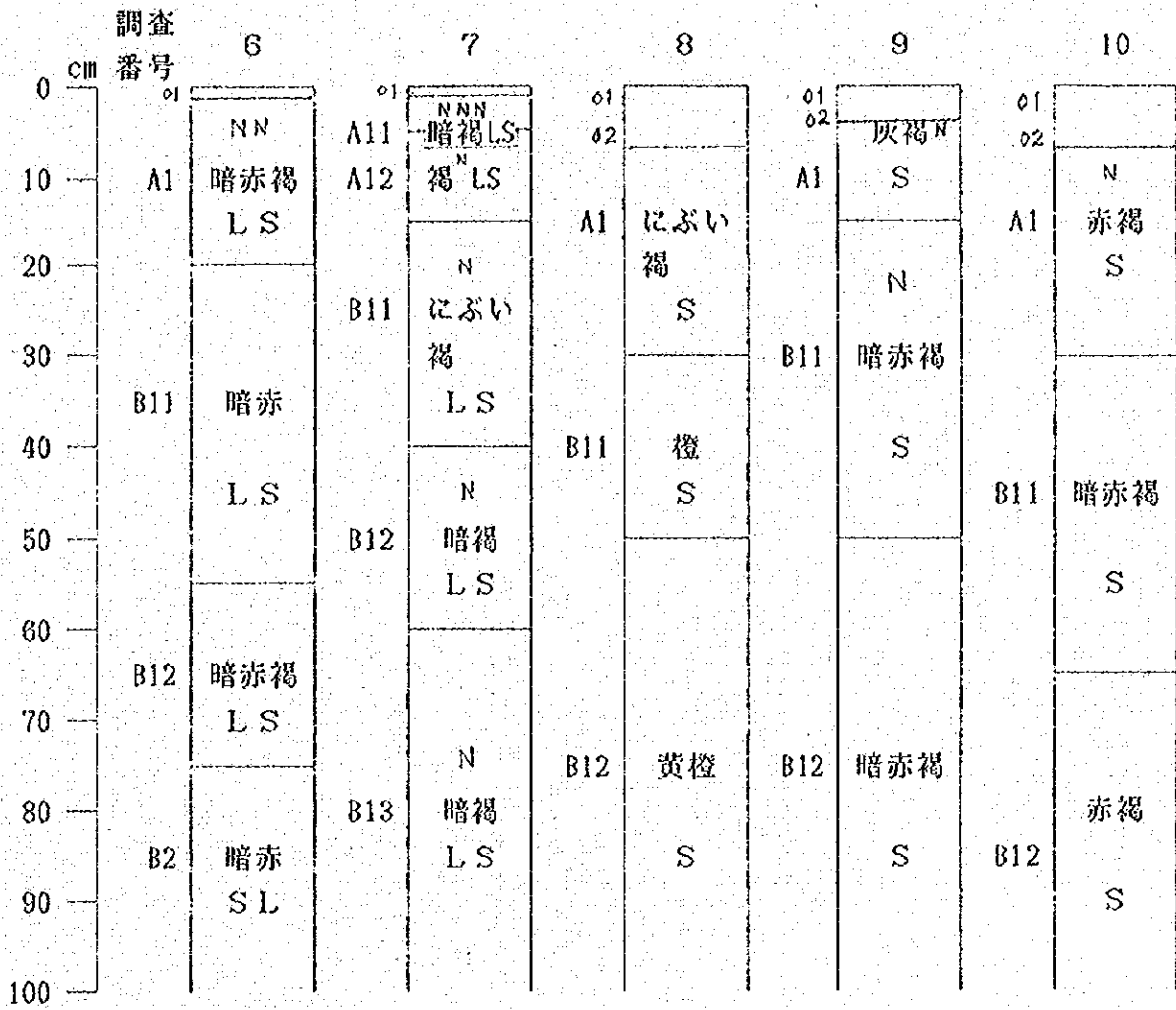
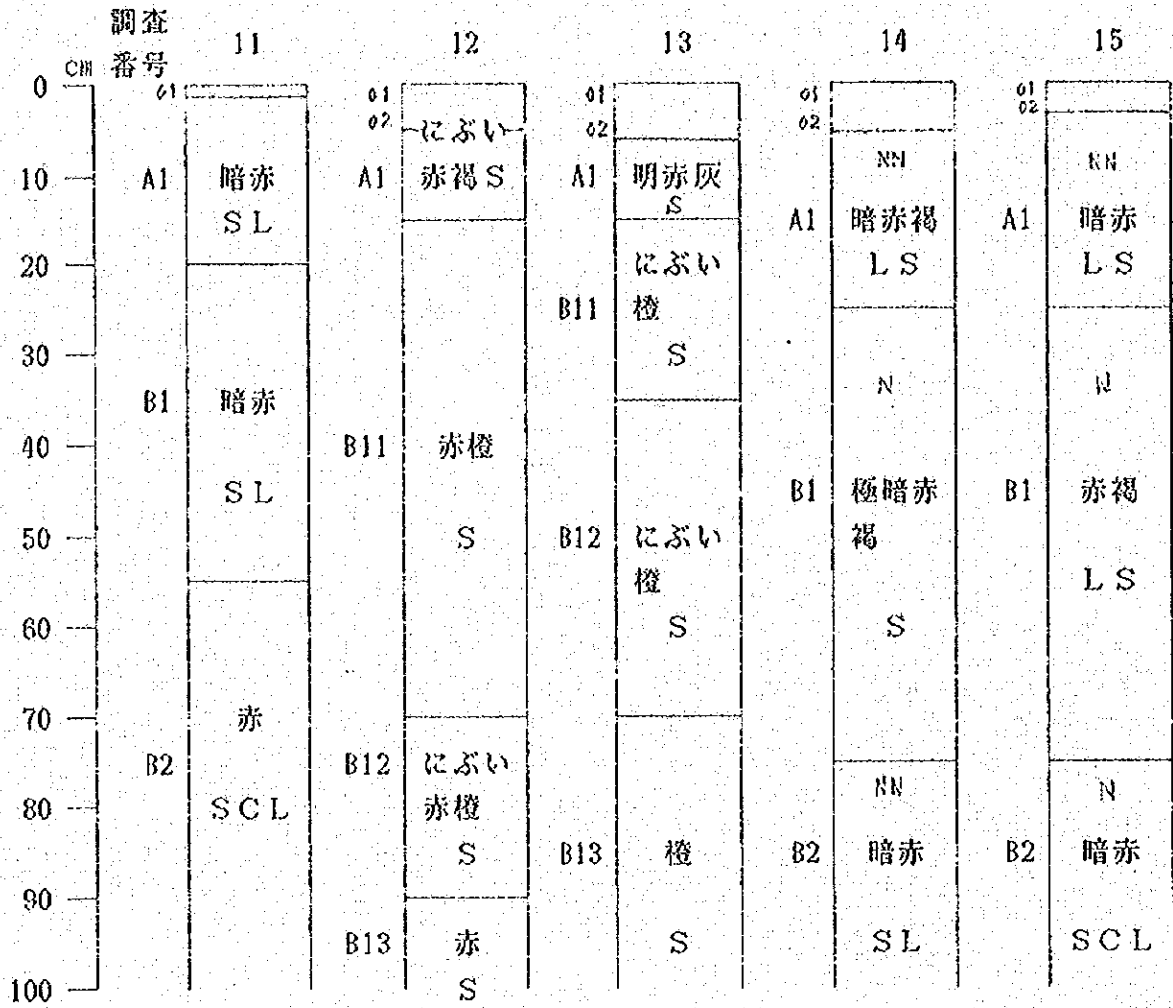
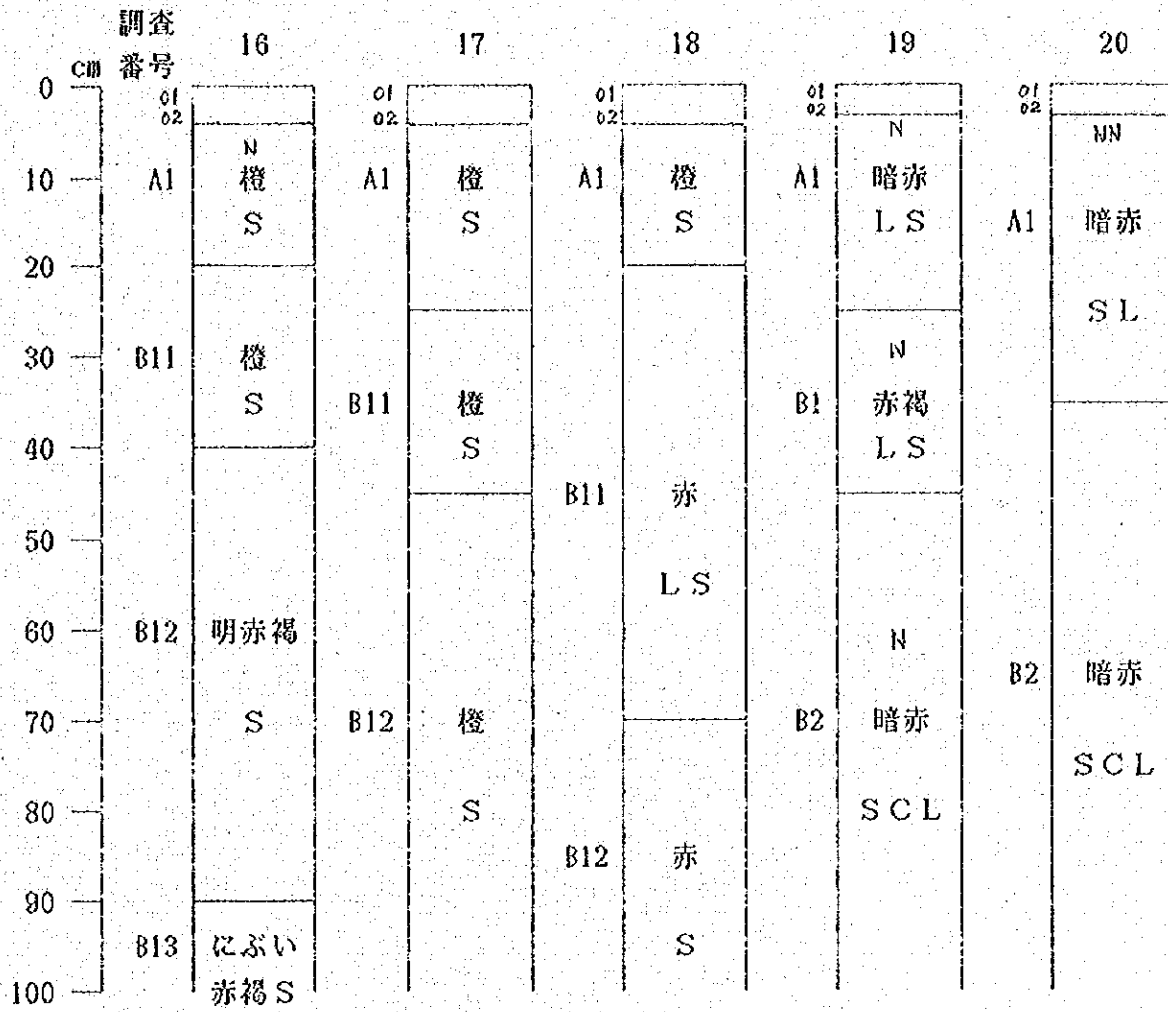
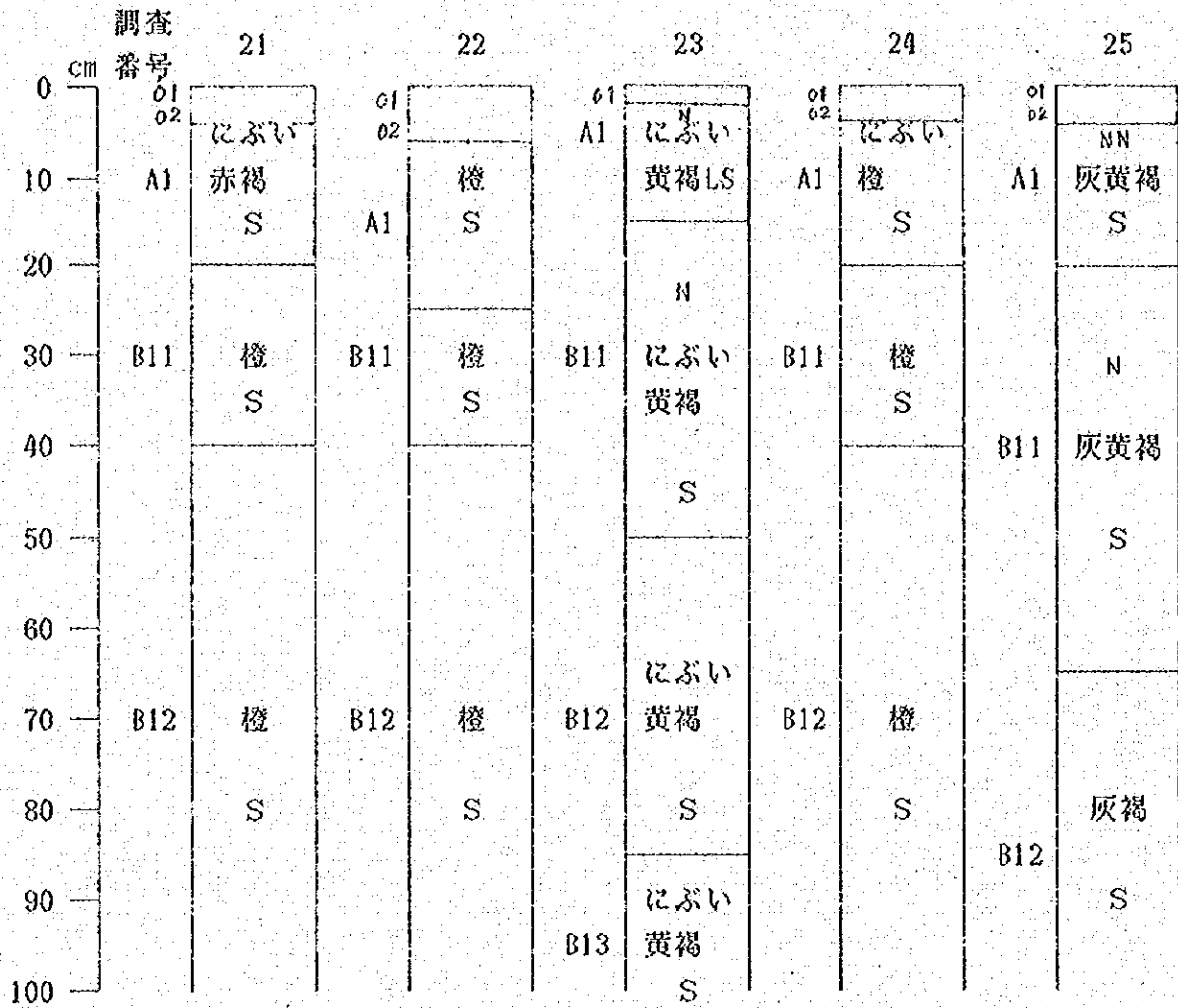


图1 土壤断面柱状图

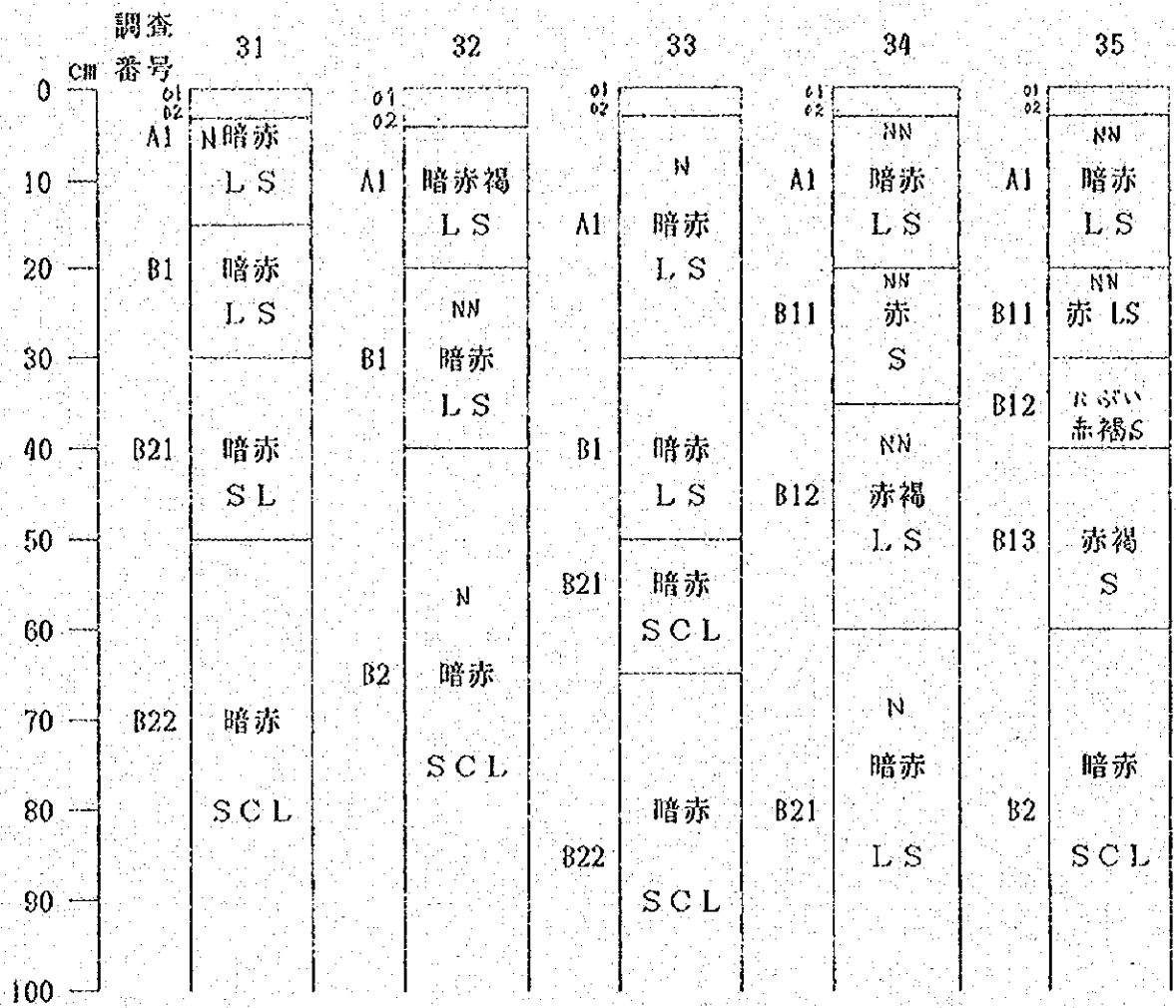


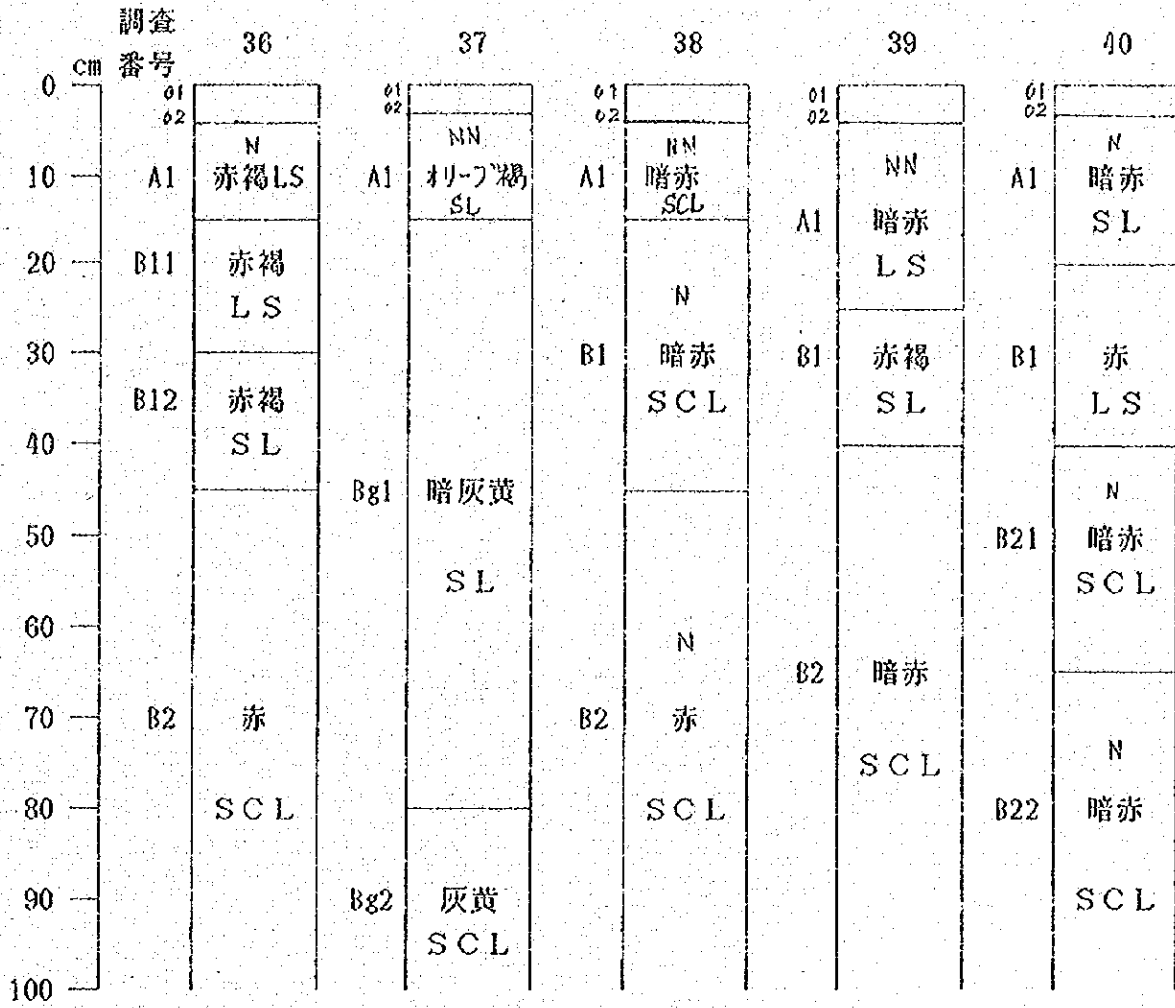






調査 番号	26	27	28	29	30
0					
10	A11 N 暗灰 S	⁰¹ ₀₂ A1 N 暗赤 S	⁰¹ ₀₂ A1 N 暗赤 S	⁰¹ ₀₂ A1 N 暗赤 LS	⁰¹ ₀₂ A1 N 暗赤 S
20	A12 N 暗灰 S			B1 N 暗赤 LS	
30	Cg1 灰黄褐 S	B11 暗赤 S	B1 暗赤 S		B1 赤 S
40					
50				B21 N 暗赤 SL	
60	^{60cm} にぶい	B12 暗赤 LS			B21 暗赤 LS
70	Cg2 黄橙		B2 暗赤		
80	S	B2 暗赤 LS	LS	B22 暗赤	B22 暗赤
90				SCL	LS
100					





土壤断面柱状図 凡例

- a. 層界（層位の厚さ）：≡
- b. 層位名：O1・・・肉眼で認め得る植物や動物の残渣の原形を留めている有機物層
 O2・・・肉眼では認められない植物や動物の残渣から成る有機物層で、原生林には普通に存在する。
 A1・・・腐植が混合している最上層の無機質土層で、下層よりも暗色を呈している。上部からA11, A12と呼称する。
 B1・・・珪酸塩粘土、三二酸化または腐植のいずれか、あるいは複合的に集積している土層で、A層とB層との間にある転移層。この層を欠くこともある。上部からB11, B12, B13と呼称する。
 B2・・・上記の物質の最大の集積層。これらの集積物質は、上層から移動したか、またはその場で生成したものである。塊状あるいは角塊状構造または両構造が最もよく発達している。上部からB21, B22と呼称する。
 Bg・・・土壤物質の集積があり、かつグライ化作用をうけて、灰ないし灰黄色を呈している土層。斑鉄を含むことが多い。上部からBg1, Bg2と呼称する。
 Cg・・・Cは風化度が低い土壤の母材となる層で、Cgはグライ化作用をうけ、灰ないし灰黄褐色を呈しているC層である。上部からCg1, Cg2と呼称する。
- c. 土色：標準土色帖による色名で表示した。
- d. 粒徑組成名（土性）：アメリカ農務局（USDA）法、注¹による。粒徑組成名は下記のように略記号で示した。

粒徑組成名	略記号	訳 語	
Sand*	S	砂土	
Loamy Sand*	LS	壤質砂土	粗粒質
Sandy Loam*	SL	砂質壤土	
Loam	L	壤土	
Silt Loam	SiL	シルト質壤土	中粒質
Silt	Si	シルト	
Sandy Clay Loam*	SCL	砂質埴壤土	
Clay Loam	CL	埴壤土	細粒質
Silty Clay Loam	SiCL	シルト質埴壤土	
Sandy Clay	SC	砂質埴土	
Clay	C	埴土	微粒質
Silty Clay	SiC	シルト質埴土	

（備考）本調査地区の土壤の粒徑組成名で該当するものは、*印を付したもののみであった。

	含量範囲	記号
e. 腐植（有機物）：	なし（0.0-0.9%）	（表示しない）
	あり（1.0-1.9%）	N
	含む（2.0-4.9%）	NN
	富む（5.0-9.9%）	NNN

注）USDA法は粒径組成（Particle Size Distribution）の区分方法（図2参照）であって、FAO/UNESCO法は土壌分類の方式である。

4. 土壌の理化学的分析

カビバリ地区内森林地において土壌断面調査を行った箇所から層位別に土壌を採取し、理化学的分析を行った。分析の試料数は、108点になった。そのほか実容積（三相分布）測定用の試料数は152となった。

これらの採取土壌の理化学的分析はパラグアイ国の国立農業研究所（IAN）土壌肥料研究室に依頼した。

1) 分析項目と分析方法

土壌の理化学的分析は物理性分析と化学性分析に分け、それぞれの分析項目と分析方法について述べれば次の如くである。

(1) 物理性分析

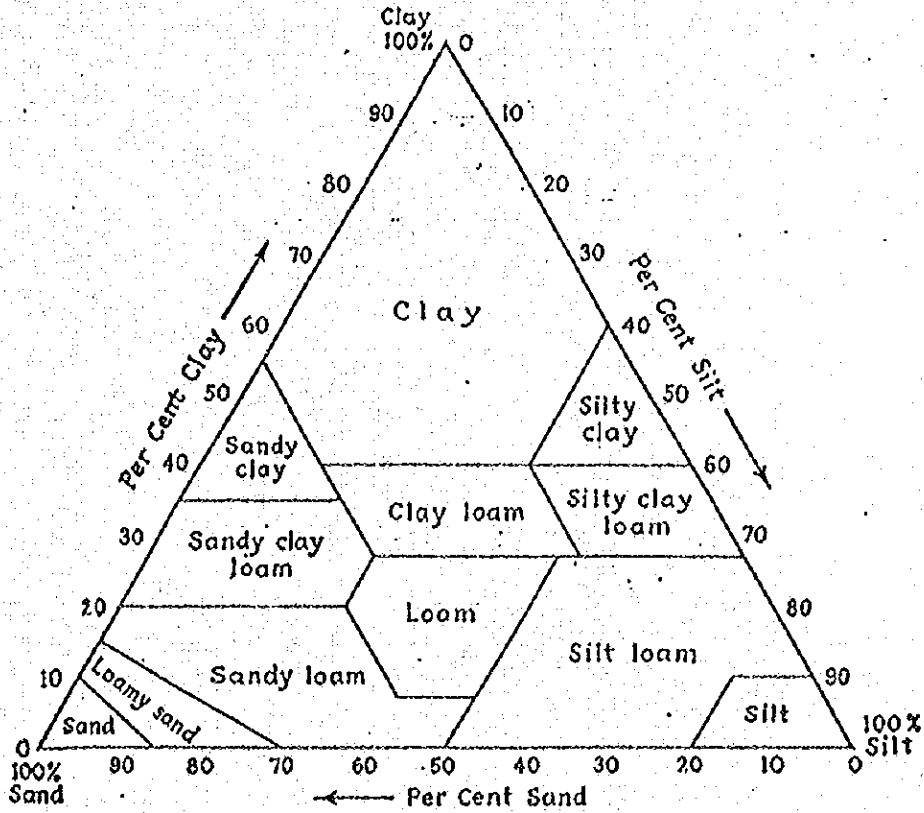
①粒径組成分析（機械分析）……土壌を風乾したあと、直径2mmの円孔ふるいで礫を分別し、ふるいを通じた細土の一定量に過酸化水素を加えて有機物を酸化、分解して除き、これに少量の苛性ソーダを加えて、粒子を水中に分散させ、その懸濁液中に比重計を入れて、懸濁液の比重を測り、それから懸濁液中の粒子の量を算出する比重計法（Boyucos法）によって、アメリカ農務局法（USDA法）のclay, silt, sandの各粒径区分を行った。USDA法によるclay, silt, sandの各粒子の直径範囲及びsandの大きさ別、粒子名を国際法と対比して表3に示す。

次に粒径組成名を決定するには、図2に示す三角図表にclayとsiltまたはclayとsandそれぞれの粒径組成（%）をプロットすることによって知られる。

表3 土壤粒子の名称と粒徑

国際(土壌学会)法		USDA法		
粒子名	直径(mm)	粒子名	直径(mm)	
粗砂	coarse sand	2.0~0.2	very coarse sand	2.0~1.0
		coarse sand	1.0~0.5	
細砂	fine sand	0.2~0.02	medium sand	0.5~0.25
		fine sand	0.25~0.10	
微砂	silt	0.02~0.002	very fine sand	0.10~0.05
粘土	clay	<0.002	silt	0.05~0.002
		clay	<0.002	

図2 粒徑組成分布三角図表USDA法



②三相分布……土壌は固体部分（固相）、液体部分（液相）及び気体部分（気相）の三部分（三相）から構成される。これら三相の現地土壌における分布状態をそれぞれの容積比で示したのが三相分布である。

三相分布の測定には、先ず100ml容の試料円筒を用い、断面の層位から土壌を採取し、円筒から液体（水分）が蒸発しないよう密閉した。次に実験室において105℃に調節した乾燥器中に入れ、十分に乾燥したあと固体部分の重量を測定する。液体部分（比重を1.0とする）は初めに測定しておいた土壌の全重から乾燥後の固体部分の重量を差し引いた減量から算出し、固相は、固体部分の真比重を2.65として、固体部分の重量を真比重2.65で除して算出した。気相は100mlの全容積から固相+液相を差し引くことによって算出した。

（2）化学分析

①土壌pH……採取した土壌約10gに25ml（土壌量の約2.5倍量）の蒸留水または1規定の塩化加里（N-KCl）液を加え、よく攪拌した後、それぞれガラス電極を用いて測定した。

②EC（電気伝導度）……土壌の塩類濃度を電気伝導度法で測定する。すなわち、乾土当り10gの風乾土に蒸留水50ml加えて振とうした後、ECメーター（電気伝導度計）を用いて測定する。

測定値は、マイクロモ（ $\mu\text{mho}/\text{cm}$ ）またはその1,000倍のミリモ（ mmho/cm ）で表示した。

③土壌有機物（腐植）……Tyurin法に準じた比色法（変法）で有機炭素量を測定し、有機炭素量に1.724倍して腐植量を算出した。すなわち、採取土壌を風乾し、その細土を粉砕して0.5mmの円孔ふるいを全通させた試料一定量（例えば0.5g）にクロム酸・硫酸混液10mlを加え、加熱板上で加熱し、反応後残っているクロム酸量をフェニールアンスラニール酸を指示薬とする比色法で測定し、有機炭素量を算出した。

④全窒素（Total Nitrogen）……ケルダール法によった。すなわち、土を粉砕して0.5mmの円孔ふるいをすべて通過させた試料の一定量（例えば乾土当り1g相当量）を秤取して、これをケルダール分解フラスコに入れる。これに硫酸カリウムと硫酸銅を重量比9:1の割合で混合して調整した分解促進剤約3gを加えた後、濃硫酸10mlを加え、初めは弱火で徐々に加熱し、ついで強熱して有機物を分解する。冷却後、蒸留水を徐々に加えて内容物を溶解希釈し、蒸留装置に装着する。窒素（アンモニア態窒素）を蒸留してこれを標準硫酸液または4%ほう酸液中に回収し、滴定法によって窒素量を算出した。

⑤可給態りん（P）……土壌に0.5M（モル）重炭酸ナトリウム（0.5M-NaHCO₃）抽出液に0.01N（規定）になるようにEDTA、さらに少量のSuperfloc127を加えた後、オルセン（Olsen）法（オルセン改良法）によって、りんを定量した。

⑥りん酸吸収係数……簡易検定器を用いて測定した。すなわち、土壌5gを抽出用管にとり、pH7の2.5%りん酸アンモニウム液5mlを加え、振とう後、ろ過し、ろ液を希釈してこれにブレイ(Bray)法のりん酸発色試薬液を加え、りん酸を比色法で測定し、土壌に吸収されたりん酸量を知る。りん酸吸収係数は土壌100gに吸収されたりん酸のミリグラム数で表わす。

⑦CEC（塩基置換容量）……簡易検定器を用いた簡便法によって測定した。すなわち、pH7の1N-酢酸アンモニウム液で浸出し、土壌塩基をアンモニウムで置換させる。余分のア

アンモニウムを80%のアルコールで洗浄した後、1N-塩化カリウム液で、土壤に吸着しているアンモニウムをカリウムで置換し、置換浸出のアンモニウムを比色法で定量する。

CECは乾土100g当りのミリグラム当量 (m.e./100g) で表示する。

⑤置換性カルシウム、マグネシウム、アルミニウム、カリウム……置換性塩基のカルシウム、マグネシウム及びアルミニウムについては、土壤風乾細土を1N-KClで浸出し、カリウムについては、オルセン改良法(⑤参照)で浸出し、これらの塩基を原子吸光光度法で測定した。

⑥微量要素の銅、鉄、マンガン、亜鉛……土壤(風乾細土)を1N-KClで浸出し、浸出液について、原子吸光光度法でそれぞれの微量要素の測定を行った。

2) 土壤の理化学的分析成績

カビバリ地区の森林地の土壤調査を行い、採取土壤について、上述1)の分析法によって理化学的性質を調べた。それらを一括して巻末の表に示した。

次に分析項目別に本地区の土壤の理化学的性質について概説する。

1) 物理性

① 粒径組成

大部分の土壤はSand(砂土)、Loamy sand(壤質砂土)の粗粒質土であり、Sandy loam(砂質壤土)は、比較的少ない。下層または全層が細粒質の土壤の粒径組成名はSandy clay loamであった。本地区の土壤ではこれらのほかの粒径組成名をもつものは見られなかった。このように全体的に砂質であるのは、土壤の母材が石英粒を多量に含む砂岩であることに起因していると考えられる。

② 三相分布

固相は、大部分の土壤が50-58%であった。特に低い値を示したのは調査番号7のA1層の22.7%であった。この土壤の有機物含量は7.5%で著しく高い。一方、最も固相率が高かったのは調査番号3のB12層の60.7%であった。本土壤は有機物含量が特に低い(0.1%)Loamy sandである。

液相は、大部分の土壤では11-24%であったが、調査番号12, 13, 18のA1層及び14のB1層で約3-4%で、いずれも粒径組成はSandであった。反対に液相率が特に高かったのは調査番号26のA12, Cg1層で、それぞれ39, 32%であった。この土壤は水が飽和状態にあるSandである。気相は大部分が22-33%であったが、調査番号5, 10, 13, 14, 18, 27, 40のA1層, 32のB1層では気相率が高く、42-47%であり、特に調査番号13のA1層では51%であった。

2) 化学性

③ pH(H₂O)及びpH(KCl)

大部分の土壤はpH(H₂O) 5.0-5.6であるが、調査番号5, 7, 23, 25, 26, 37, 40, 45の土壤ではpH(H₂O) 4.0-4.9の頗る強い酸性を示した。これらのうち、26はA11, A12層が暗灰色でCg1層が灰黄褐色を呈するグライ的アクリソルであり、23, 25は、灰黄褐色を呈する多湿な粗粒質土壤である。一方、pH(H₂O) 6.0以上の土壤は、調査番号1, 2, 10,

14, 15, 19, 20であった。これらのうち、特に1及び10の土壌では、pH (H₂O) 7.3-7.7の中性ないし微アルカリ性であった。

pH (KCl) は1N (規定) の塩化カリウム液を土壌に加え、その浸出液のpHを測定したものであり、水浸出液のpHに比べて通常低い値を示す。従って、pH (H₂O) の測定値が低い土壌では、pH (KCl) 測定値も低く、反対にpH (H₂O) 測定値が高い土壌では、pH (KCl) の測定値も高くなっている。

④EC

調査番号1のA1, B1層, 7のA11層, 26のA11, A12層, 27のA1層, 29のA1層, 32のA1, B1, B2層, 34のA1, B11, B12, B21層, 及び35のA1層のEC値は1.1-1.8mmho/cmで比較的高かったが、その他の土壌はすべて0.8-9.7μmho/cmの低い値を示した。EC値が比較的高い土壌は、概して置換性カルシウム、マグネシウムの含量が高い傾向が認められる。

⑤土壌有機物 (腐植)

有機物含量は、調査土壌 (38箇所土壌分析) のいずれにおいても、A1層が最も高く、0.5-7.5%であり、その平均は、1.75%であった。B1及びB2層の有機物含量は、いずれの土壌においても低く、0.1-2.0%であった。

⑥全窒素

有機物含量と同様に、いずれの土壌もA1層で含量が高く、0.028-0.364%であった。B1, B2層では含量が低く、0.014-0.098%であった。

⑦可給態りん

有機物含量が高いA1層の可給態りん含量は、1-25ppmであった。特に高い値を示した調査番号7及び10のそれぞれ20, 25ppmを除けば、A1層の平均は1.4ppmであった。B1, B2層の含量も概して低く、調査番号10のB1層で5ppm, B2層で6ppmであったのを除けば、1-4ppmであった。

⑧りん酸吸収係数

調査分析土壌のうち、A1層についてのみ分析を行った。本地区の土壌のりん酸吸収係数は、800-1,950であって、砂質土壌としては高い値を示している。

⑨CEC

調査と理化学的分析を行った土壌38箇所の土壌を通じて、A1層におけるCECは、特に低い値を示した調査番号4及び5を除けば、1.0-10.5m.e.であり、平均4.55m.e.であった。また、いずれの土壌においてもB1, B2層のCECはA1層に比べて低い値を示した。本地区の土壌は概して有機物含量が低く、かつ粘土含量も低い砂質土壌であるため、CECは著しく低いものと判断される。A1層のCECが平均値よりも高い値を示した土壌は、概して、腐植含量あるいは粘土含量が比較的高かった。

⑩置換性カルシウム、マグネシウム、アルミニウム、カリウム

置換性塩基の含量は、概して、置換性カルシウムが最も高く、ついで置換性マグネシウムであった。置換性アルミニウムとカリウムは前二者に比べ、概して、低かった。しかし、灰黄褐、灰黄及び暗灰色を呈する土壌においては、置換性アルミニウムの含量が特異的に高かった。

各土壌について層位別にみれば、置換性カルシウム、マグネシウム及びカリウムは、一部の土壌 (調査番号11, 15, 19, 32) を除けば、A1層の含量が下層のB1, B2層に比べて

明らかに高かった。このことは、森林の樹木がこれらの塩基を下層から吸収して、これを樹木の落葉などとして表層に供給していることによると考えられる。

④微量要素，銅，鉄，マンガン，亜鉛

測定した微量要素のうち，その含量は，鉄が最も高く，ついでマンガンあるいは銅であって，その順位は土壤によって異なった。亜鉛の含量は前三者に比べて概して低いものが多かった。層位別にみれば，置換性塩基などと異なって必ずしもA1層の含量がB1，B2層に比べて高くはない。

5. 土壤型分類

カビバリ地区森林地（造成地を含む）の土壤調査を実施し，土壤の断面形態及び層位別に理化学性を調べ，それらの特徴に基づいて，土壤型に分類（区分）した。

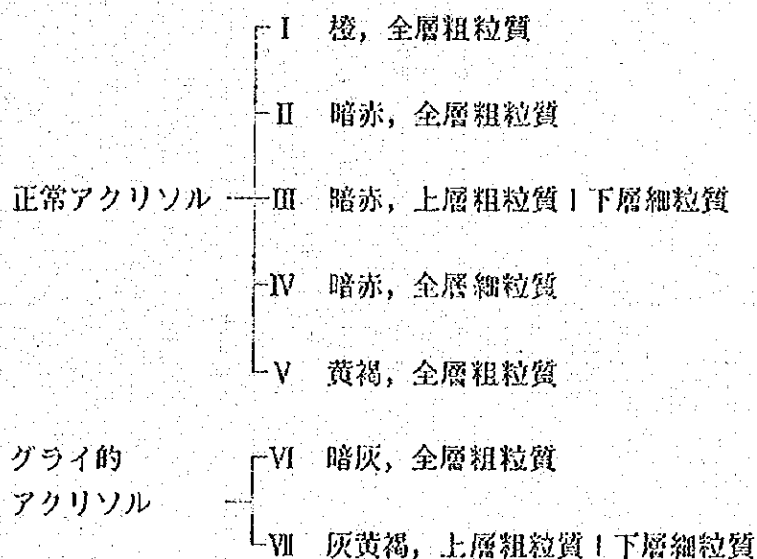
F A O/U N E S C Oの土壤分類⁸⁾によれば，本地区一帯の土壤はアクリソル（Acrisol）に分類されている。アクリソルは断面の形態及び理化学的特徴によって，Orthic（正常），Ferric（鉄質），Humic（腐植質），Plinthic（プリンサイト質）及びGleyic（グライ的）Acrisolに類別されている。

本地区の土壤は，大部分がOrthic Acrisolであるが，窪地で，水が停滞する場所に存在する土壤は，グライ化してその土色が暗灰ないし灰黄色を呈し，うすい黄赤色の鉄の斑紋を含んでいるものがあつた。その分布は小面積であるが，これらをGleyic Acrisolとして類別した。

次にOrthic Acrisol（正常アクリソル）とGleyic Acrisol（グライ的アクリソル）に二大別し，それぞれの土壤を土色と粒径組成（土性）の相異によって合計7種類の土壤型に細分した。

このようにして区別した土壤型の型名及び区分基準を示すと下記のようなのである。

土壤型名 区分基準（断面の特徴）



上記の土色のうち、橙には明褐も含め、暗赤には赤褐、暗赤褐、赤も含めた。
粒径組成のうち、粗粒質にはSLも含めた。

6. 土壌図の作成

土壌の断面形態及び理化学的特徴によって土壌型に区分し、各型の分布範囲を調べ、それぞれの土壌の境界を設定した。これを1:5,000の地形図に画き、土壌図を作成した。
なお、土壌図には試坑箇所と調査番号を記入した。

7. 各土壌型の概説

1) 土壌型の特徴と土壌生成

I型 -- 本土壌型は橙あるいは明赤褐色を呈し、全層が粘着性、可塑性がほとんどないかあっても極めて弱いSandまたはLoamy sandで、ち密度が低く碎易である。全層を通じて土壌構造の発達は弱度である。土壌有機物及び全窒素含量はA1層、B1層ともに著しく低かった。CECも低くA1層で乾土100g当り1-2 m.e.程度であり、B1層では1 m.e.位である。pH(H₂O)は5.0-5.5の強酸性である。

調査番号	17
母材	砂岩の風化物
地形	台地緩斜面
標高	265m
植生	亜熱帯広葉樹

01, 02: 厚さ4cm, 広葉樹の腐葉。

A1: 0-24cm, にぶい橙(5YR5.5/4) S(砂土), 澁なし, 発達弱度の細粒状及び小亜角塊状構造, 碎易, ち密度0, 半乾, 細, 小根密, 層界平坦明瞭, pH5.6。

B1: 24-65cm, 橙(5YR6/6), S(砂土), 澁なし, 発達中乃至弱度の細粒状及び小亜角塊状構造, 碎易, ち密度3, 湿, 細, 小根含む, 層界平坦やや明瞭, pH5.5。

B12: 65-150cm+, 橙(5YR6/8), S(砂土), 澁なし, 発達中乃至弱度の細粒状及び小亜角塊状構造, 碎易, ち密度5, 湿, 細, 小根疎。

II型 -- 本土壌型の断面の特徴は、暗赤ないし赤褐を呈し、全層が粗粒質である。I型に比べて、全層が明らかに赤く、細粒状及び小亜角塊構造がより一層発達し、また、ち密度も高くなっている。A1, B1及びB2を通じて土壌有機物の含量は約1.0-2.5%であり、CECは約1.0-6.2 m.e./100gであって、I型に比べていずれも高い値を示すものが多い。pH(H₂O)は

5.0-5.5 の強酸性であるものと、7.0 内外の中性を示すものがあつた。

この型は、I型よりも標高が高い(280-360mm) 台地の緩斜面に存在し、I型と同様により高い台地上の砂岩風化物が崩積的に堆積したものである。土壤を構成する砂粒子は、砂岩の風化によって生成した石英であつて、これらは酸化鉄によってコーティングされている。II型の土壤はI型の土壤よりも構造が発達している事実に基づけば、I型に比べて土壤化がより一層進んでいると考えられる。

本型の断面形態の1例を示すと下記のようなものである。なお、II型の土壤断面の写真を示した。

調査番号	27
母材	砂岩の風化堆積物
地形	台地上緩斜面
標高	280m
植生	亜熱帯広葉樹

01, 02: 厚さ2cm, 広葉樹の腐葉。

A1: 0-24cm, 暗赤(10R3/6), Sand, 腐植あり, 澁なし, 発達中度の細粒状及び小亜角塊状構造, 碎易, ち密度5, pH(H₂O)5.5, 細, 小根密, 層界平坦明瞭。

B1: 24-44cm, 暗赤(10R4/6), Sand, 澁なし, 発達度中の細粒状及び小亜角塊状構造, 碎易, ち密度7, pH(H₂O)5.2, 層界平坦やや明瞭。

B12: 44-76cm, 暗赤(7.5YR3/6), Loamy Sand, 澁なし, 発達度中の細粒状及び小亜角塊状構造, 碎易, ち密度7, pH(H₂O)5.1, 細小根あり, 層界平坦明瞭。

B2: 76-180cm+, 暗赤(7.5YR3/6), Loamy Sand, 澁なし, 発達度中の細粒状及び小亜角塊状構造, 碎易, ち密度10, 植物根ほとんどなし。

III型 — この型の特徴は、全層が暗赤ないし赤褐色を呈し、上層(地表下約50cm)が粗粒質で、下層が細粒質であることにある。下層(B2層)は、小、中亜角塊状構造が比較的よく発達(発達度中)し、堅硬な土層となっている。

土壤有機物の含量は、A1層で約1.0-2.0%, B1及びB2層では0.5-1.0%位である。

C.E.CはA1層で乾土100g当り、2-7 m.e.である。B1, B2層におけるC.E.Cは比較的高く、7-16m.e.であるものが多く、特に細粒質のB2層のC.E.Cが高い。pH(H₂O)は、5.0-6.6位の範囲にある。

この型は標高300-375mのこの地区では比較的高い台地の緩斜面上に分布し、土壤の浸食はほとんど受けていない残積土であると考えられる。しかし、上層の粗粒質の土壤は、より高い台地から崩積的に堆積し、その場で風化と土壤化が進む一方、上層中の粘土の一部が下層に移行して生成したものである。

次に断面形態の一例を示すと次のようである。また、III型の土壤断面の写真を示した。

調査番号 41

母材 砂岩の風化物

地形 台地緩傾斜面

標高 320m

植生 亜熱帯広葉樹

01,02: 厚さ 3cm, 広葉樹の腐葉

A1: 0-26cm, 暗赤褐2.5YR3/6, Loamy sand, 礫なし, 発達度中の細粒状及び小亜角塊状構造, 碎易, ち密度14, pH(H₂O)5.8, 細小根密, 層界平坦明瞭。

B1: 26-64cm, 暗赤(10R3/6), Loamy sand, 礫なし, 発達度中の細粒状及び小半角塊状構造, 碎易, ち密度11, pH(H₂O)5.1, 細, 小根含む, 層界平坦明瞭。

B2: 64cm+, 赤(10R4/6), Sandy clay loam, 礫なし, 発達度中の小, 中亜角塊状構造, 堅硬, ち密度25, pH(H₂O)5.1, 中根あり, 細, 小根ほとんどなし。

IV型……全層が暗赤色ないし赤色の細粒質土壌である。全層を通じて土壌構造が発達し, やや堅硬であって, ち密度が比較的高く15内外である。pH(H₂O) はA1層で5.8, B1, B2層では, それぞれ5.3, 5.0 である。土壌有機物の含量は全層を通じて約 1-2%である。全層の粘土含量が比較的高いため, CEC も比較的高く, 乾土 100 g 当り約 8-12m.e. である。また, 置換性カルシウムの含量も比較的高く, 約10-13m.e./100 g であった。

この型の土壌は標高約 340-360m に分布し, 台地の微傾斜面にある砂岩の風化物を母材とする残積土であって, その上層土が削剝される以前には, 上層から粘土が移動、集積したものと考察される。土壌浸食はほとんど認められず, また周囲のより高い台地から石英砂の供給を受けることもほとんどないと判断される。

断面形態の例を次に示す。また, IV型の土壌断面の写真を示した。

調査番号 38

母材 砂岩の風化物

地形 台地上の微傾斜面

標高 340m

植生 亜熱帯広葉樹

01,02 厚さ 4cm, 広葉樹の腐葉。

A1: 0-14cm, 暗赤(10R3/4), 腐植を含むSandy clay loam, 礫なし, 発達度中の小中亜角塊状構造, 発達度弱の細粒状構造, やや堅硬, ち密度15, pH(H₂O)5.8, 細小根密, 層界平坦明瞭。

B1: 14-45cm, 暗赤(10R3/4), Sandy clay loam, 腐植あり, 礫なし, 発達度中の細粒状及び小亜角塊状構造, やや堅硬, ち密度17, pH(H₂O)5.3, 細, 小根含む, 層界平坦明瞭。

B2: 45-130cm+, 赤(10R4/6), Sandy clay loam, 腐植あり, 礫なし, 発達度中の小, 中角

塊状構造，発達度弱の細粒状構造，やや堅硬，ち密度15， $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 5.0，植物根はほとんどなし。

V型……断面の特徴は，全層が灰黄褐，灰褐ないしにぶい黄褐色の粗粒質土壤である。A1, B1層ともに水分が多く湿っており，特に下層(B12層)は多湿である。A1層では小亜角塊状構造となっているが，B13層では無構造である。土壤有機物の含量はA1層では約2%，B11層では約1.0-1.5%である。CECはA1層が乾土100g当り約4m.e.，B11層が約2-4m.e.である。 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は4.5位で頗る強酸性である。

谷川に沿った谷斜面に分布し，ほとんどの場合，樹木が少なく，竹(タクアヲ)の密生林となっている。標高は200-270mである。本土壌型は，比較的標高が低いところに存在し，全層が粗粒質であることなどから判断すれば，I型やII型と同様に台地の高いところから石英質の砂岩風化物が崩積的に堆積し，谷川に沿った斜面で水の供給が多い多湿条件下で生成された土壤である。このような環境条件下で生成されたため，土壤中の酸化鉄は亜酸化鉄に還元される傾向となり，土色は赤から灰黄褐ないし灰褐に変化したものと推定される。

次に断面形態の一例を示す。また，V型の土壤断面(調査番号23)の写真を示した。

調査番号 25

母材 砂岩の風化物

地形 谷斜面

標高 245m

植生 亜熱帯生竹

01,02: 厚さ4cm, 竹の腐葉

A1: 0-16cm, 灰黄褐(10YR5/2), 腐植を含むSand, 礫なし, 発達度中の細粒状及び小亜角塊状構造, 碎易, ち密度4, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 4.5, 竹の地下茎及びひげ根密, 層界平坦明瞭。

B11: 16-65cm, 灰黄褐(10R6/2), 腐植を含むSand, 礫なし, 発達度中の細粒状及び小亜角塊状構造, 碎易, ち密度13, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 4.5, 竹の地下茎及びひげ根含む, 層界やや明瞭。

B12: 65-120cm, 灰褐(10YR5/1), Sand, 礫なし, 構造なし, やや堅硬, ち密度13, 潤, 湧水面95cm, 地下茎, 根ほとんどなし。層界平坦明瞭。

B13: 120cm+, 灰白(10YR7/1), Sand, 礫なし, 構造なし, 潤。

VI型……断面の特徴は，A11, A12層は暗灰色で，明黄褐(5YR3/6)あるいは明赤褐(5YR3/6)の雲状斑紋(斑鉄)を含み，Cg1, Cg2層は灰黄褐(10YR6/2)ないしにぶい黄橙(10YR7/2)を呈する全層粗粒質土壤である。

湧水面(60cm)が高く，全層とくにCg2層は潤で停滞水で飽和されている。土壤有機物は

A11, A12層ではそれぞれ1.7, 1.2%である。CECは乾土 100g 当り 4m.e.位である。pH (H₂O) は極めて低く, A11, A12, Cg1 層のそれは4.4-4.8 の極めて強い酸性であった。

この型は, 谷川に沿った窪地で周囲から水が集まってくる場所に分布している。窪地の標高は 240mである。樹木の生育はなく, 湿草地となっている。

この型も I, II及びV型の土壌と同様に, 砂岩の石英質風化物が周囲のより高い台地から崩積的に堆積し, 停滞水の影響を強く受けたグライ土である。

次に断面形態の例を示すと次のようである。また, VI型の土壌断面の写真を示した。

調査番号 26
母材 砂岩の風化物
地形 平坦凹地
標高 240m
植生 湿地性草本

A11: 0-16cm, 暗灰(10YR4/1), 腐植を含むSand, 礫なし, 構造なし, 碎易, 層の下部に明黄褐(5YR6/6)の雲状斑紋あり, ち密度10, pH(H₂O)4.5, 細根含む, 層界平坦やや明瞭。

A12: 16-31cm, 暗灰(10YR4/1), 腐植を含むSand, 礫なし, 構造なし, 碎易, 明赤褐(5YR5/6)の雲状斑紋を含む, ち密度11, pH(H₂O)4.3, 細根あり, 層界平坦明瞭。

Cg1: 30-45cm, 灰黄褐(10YR6/2), Sand, 礫なし, 構造なし, 碎易, 明赤褐(5YR5/6)の雲状斑紋あり, ち密度7, pH(H₂O)4.4, 植物根なし, 層界平坦明瞭。

Cg2: 45-100cm+, にぶい黄橙(10YR7/2), Sand, 礫なし, 構造なし, 斑紋なし, 湧水60cm, 潤。

VII型……この型の断面特徴は, オリーブ褐(2.5Y3/3) を呈するA1層の下層(B1g, B2g)はそれぞれ暗灰黄(2.5Y5/2), 灰黄(2.5Y6/2)を呈するグライ層である。Bg2層にはうすい黄赤(2.5YR6/6)の雲状斑紋を含んでいる。A1層及びBg1層は粗粒質であり, 下層のBg2層は細粒質になっている。土壌有機物の含量は, A1層で2.6%, Bg1層で約1%, CECは比較的高く, 乾土100g当り, A1層で8m.e., Bg1層では 6.5m.e.である。また, 置換性カルシウムも比較的含量が高く, 乾土100g当り, それぞれ約9m.e., 6m.e.であった。pH(H₂O) は低く, A1層で4.9, Bg1層では4.8の強酸性である。

本土壌は標高 314mの台地斜面の凹陥地に存在し, 周囲から水が集まってくる位置にある。III型と同様に上層の粗粒質部分は, 周辺のより高い台地から崩積的に砂岩の石英質風化物が堆積し, 下層の細粒質土壌は, その場所で生成した残積土であり, 上層から粘土の移行, 集積が認められる。現在, 凹地にあるため, 土壌浸食はない。III型の土壌は全層が暗赤ないし暗赤褐色を呈し, 酸化的な土層であるのに対し, 本型の土壌は, 水の影響を強く受けて土壌のグライ化が進行している。この点がIII型の土壌とは著しく異なっている。

次にこの型の断面形態の一例を示す。また, VII型の土壌断面の写真を示した。

調査番号 37

母材	砂岩の風化物
地形	台地上の凹地
標高	314m
植生	亜熱帯広葉樹

01,02: 厚さ3cm, 広葉樹の腐葉。

A1:0-15cm, オリーブ褐 (2.5Y3/3), 腐植を含むSandy loam, 礫なし, 発達度中の小亜角塊状構造, 発達度弱の細粒状構造, 砕易, ち密度12, pH (H₂O) 4.9, 細, 小根密, 層界平坦明瞭。

Bg1:15-80cm, 暗灰黄 (2.5Y5/2), Sandy loam, 礫なし, 発達度中の小, 中亜角塊状構造, やや堅硬, ち密度16, pH (H₂O) 4.8, 細, 小根含む, 層界平坦明瞭。

Bg2:80-130cm+, 灰黄 (2.5Y6/2), Sandy clay loam, 礫なし, 構造なし, やや堅硬, うすい黄赤 (2.5YR6/6) の雲状斑紋含む, ち密度12, 潤, 植物根なし。

2) 土壌型の分布

各土壌型の特徴と生成の項において, 各型の分布状態についてその一部を述べたが, ここでは分布の状況と分布面積を一括して述べる。

I型……カビバリ地区の北東部(プロジェクト事務所を含む北東部)の標高240-310mの台地の緩斜面上に広く分布している。

分布面積は, 約338ha(16.8%)で, II型及びIII型について広い面積を占めている。

II型……本地区の中央部を東西に貫くように帯状に広く, 標高210-360mの台地の緩斜面及びやや急な斜面上に分布している。本地区において最大の分布面積を占め, その面積は約1,065ha(53.1%)である。

III型……本地区の中央部でII型に囲まれて標高270-340mの台地の緩斜面上と本地区南部の標高310-375mの台地の緩斜面上に広く分布し, 極く一部は本地区北西部の標高320mの台地微傾斜面に小面積(3ha)分布している。この一部は, 現在, 土取場として利用されている。

分布面積はかなり広く, 約422ha(21.0%)であり,本地区ではII型について広い分布面積を占めている。

IV型……本地区南部の標高340-365mの台地上のほぼ平坦な地形面上にのみ分布している。その分布面積は約51.5ha(2.6%)である。

V型……本地区の北部を西から東に向かって流れる谷川沿いの標高235-270mの谷斜面にやや広く分布する。また,本地区の南部から北東部に流れる2条の谷川沿いの標高240-290mの谷斜面にも細長く分布している。これらの合計面積は約125ha(6.2%)である。

VI型……本地区の北部を西から東へ向って流れる谷川に沿った比較的低い（標高240m）平坦な湿地に分布している。分布面積は狭く、5ha(0.3%)である。

VII型……本地区東南部の標高314mの台地平坦面の凹地に僅かに分布している。その分布面積は0.5ha(0.03%)で甚だ少ない。

8. 土壌型と適応樹種に関する考察

湿地に存在するグライ的アクリソルで全層が粗粒質のVI型の土壌では、樹木は生育し得ない。暗きよ及び明きよ排水を行えば樹木の生育は可能となろう。また、台地平坦面の凹地に存在するグライ的アクリソルのVII型は、下層がグライ層であり、地形的に排水が困難である。しかし、分布面積は極めて狭いので、経済的な観点から、現状のままでも大きな問題ではないと思われる。現在、この型にも樹木は生育しているが、生育はやや不良である。

V型の土壌は谷川に沿った谷斜面に分布し、ここには樹木は少なく、ほとんど竹（タケアヲ）が密生している。竹林は土壌浸食防止には有効であると思われるが、土地の有効利用の観点からすれば、竹林を有用樹林に変換することは可能であろう。

前述のVI、VII及びV型の土壌型を除けば、I、II、III及びIV型の土壌は、いずれも全層が酸化型の土壌では、2-5) 植生の項で述べたように、ラバチヨ、ベテレビ、セドロなどの広葉有用樹が生育している。従って、これらの有用樹は、I、II、III及びIV型いずれの土壌型にも好適している樹種であると考えられる。パライソ・ヒガンテはI型土壌の造林地に植栽されている。その生育は良好であり、適応する広葉樹であると思われる。

現在、プロジェクト（森林造成計画）の造林実施地は事務所に近い場所にあり、I型の土壌である。ここでは、針葉樹のエリオツテマツ、チーダマツ及びカリビアマツなどが植えられている。いずれの樹種も生育良好である。これらの針葉樹は生育が比較的速いので、今後、この地区の有望な造林樹種になると思われる。この地区には、ユーカリ類も適応すると考えられる。ユーカリの品種は多数あるが、そのうち、ユーカリ、サ・リーグ・グラウンデ、セレテ・コルニス、ブラジリアナ、ルーニは有望のようであるが、今後の試験を待たなければならぬと思われる。

土壌条件のうち、土壌養分の供給力の点からみれば、IV型>III型>II型>I型の順になる。特にIV型とIII型は台地上のほぼ平坦な面にあるので、造林地の造成にも有利であろう。今後、I型に適応する樹種をIV、III及びII型の土壌にも拡大して造林を進めることが重要であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 国際協力事業団(1984): パラグアイ・カビバリ地区森林造成計画調査
中間報告書, P60.
- 2) Edwin B.Eckel (1959): Geology and Mineral Resources of Paraguay
A Reconnaissance, P65-101.
- 3) FAO/UNESCO (1971): Soil Map of World 1:5 000 000
Volume IV, South America.

土壤の理化学的分析成績

1) 物理性

調査 番号	層位	粒径組成			粒径組成名	三相分布		
		砂 %	シルト %	粘土 %		固相 %	液相 %	気相 %
1	1-1	75.78	5.78	18.44	SL	35.2	24.0	40.2
	1-2	86.00	13.56	6.44	LS	42.2	20.2	37.6
	1-3	70.90	6.00	23.10	SCL	42.2	22.2	35.6
2	2-1	93.36	1.54	5.10	S	50.8	13.7	35.5
	2-2	90.90	3.78	5.32	S	56.1	12.9	31.0
	2-3	85.12	7.78	7.10	LS	56.5	17.6	25.9
3	3-1	85.56	5.78	8.66	LS	45.7	14.0	41.3
	3-2	89.78	3.56	6.66	S	54.4	11.7	33.9
	3-3	85.34	3.78	10.88	LS	60.7	19.0	20.3
4	4-1	97.00	1.00	2.00	S	51.9	8.2	39.9
	4-2	95.67	1.89	2.44	S	54.8	8.5	36.8
	4-3	95.78	1.78	2.44	S	55.1	8.7	36.2
5	5-1	96.56	3.44	2.44	S	48.5	7.1	44.4
	5-2	95.56	1.00	3.44	S	57.0	9.0	34.0
	5-3	95.45	1.00	3.55	S	58.3	10.9	30.8
6	6-1	85.12	7.78	7.10	LS	48.0	19.0	33.0
	6-2	88.68	5.46	5.76	LS	56.8	14.2	29.0
	6-3	84.68	7.76	7.54	LS	57.7	18.5	23.8
	6-4	77.12	3.78	19.10	SL	—	—	—
7	7-1	85.10	7.78	7.12	LS	22.7	33.8	43.5
	7-2	91.34	5.56	3.10	S	55.1	15.1	28.8
	7-3	88.46	11.54	3.76	LS	55.7	12.9	31.8
8	8-1	92.46	3.78	3.76	S	54.0	6.6	39.4
	8-2	94.68	2.22	3.10	S	—	—	—

調査 番号	層位	粒径組成			粒径組成名	三相分布		
		砂 %	シルト %	粘土 %		固相 %	液相 %	気相 %
9	9-1	92.90	2.00	5.10	S	51.2	9.2	39.6
	9-2	90.68	4.22	5.10	S	56.0	7.8	36.2
10	10-1	89.56	3.22	4.66	S	48.8	6.5	44.7
	10-2	91.78	3.78	4.44	S	53.5	6.2	40.3
	10-3	91.78	2.90	5.32	S	57.8	5.9	36.3
11	11-1	79.78	5.56	14.66	SL	56.3	15.6	28.1
	11-2	77.34	6.00	16.66	SL	54.0	17.2	28.8
	11-3	65.56	3.78	30.66	SCL	50.5	34.1	18.1
12	12-1	92.90	3.56	3.54	S	50.6	3.9	45.5
	12-2	94.90	3.78	1.32	S	-	-	-
13	13-1	92.90	3.34	3.76	S	45.7	4.2	50.1
	13-2	94.68	1.78	3.54	S	53.6	4.8	41.6
14	14-1	84.90	7.56	7.54	LS	46.7	8.7	44.6
	14-2	89.12	6.60	4.88	S	55.7	3.1	41.2
	14-3	77.56	7.56	14.88	SL	-	-	-
15	15-1	85.12	8.00	6.88	LS	49.2	13.0	37.8
	15-2	87.34	5.78	6.88	LS	55.7	13.6	30.7
	15-3	71.34	5.78	22.88	SCL	-	-	-
16	16-1	95.34	1.78	2.88	S	47.7	4.8	47.5
	16-2	89.12	5.78	5.10	S	53.8	5.4	40.8
	16-3	93.12	4.00	2.88	S	-	-	-
17	17-1	90.90	4.00	5.10	S	53.8	5.4	40.8
	17-2	95.12	1.78	3.10	S	57.8	6.4	35.8

調査 番号	層位	粒徑組成			粒徑組成名	三相分布		
		砂 %	シルト %	粘土 %		固相 %	液相 %	気相 %
18	18-1	96.90	2.44	0.66	S	53.3	4.0	42.7
	18-2	93.34	2.00	4.66	S	55.5	7.1	37.4
19	19-1	87.12	6.00	6.88	LS	52.0	15.4	32.6
	19-2	85.12	8.22	6.66	LS	54.2	13.6	32.2
	19-3	67.12	2.22	30.66	SCL	—	—	—
20	20-1	71.34	14.00	14.66	SL	47.1	18.8	34.1
	20-2	64.90	6.22	28.88	SCL	53.3	29.3	17.4
23	23-1	85.12	10.00	4.88	LS	47.0	12.2	40.8
	23-2	89.34	6.00	4.66	S	54.2	12.6	33.2
25	25-1	89.56	5.78	4.66	S	50.5	19.3	30.2
	25-2	89.34	3.78	6.88	S	52.4	27.6	20.0
26	26-1	91.12	4.22	4.66	S	49.0	22.4	22.6
	26-2	91.34	3.78	4.88	S	54.0	38.6	7.4
	26-3	89.12	4.22	6.66	S	61.4	31.7	6.9
27	27-1	91.12	1.78	7.10	S	44.2	13.1	42.7
	27-2	89.12	3.78	7.10	S	53.0	12.5	34.6
	27-3	88.90	2.60	9.10	LS	51.4	13.8	34.8
29	29-1	84.90	8.00	7.10	LS	46.0	14.1	39.3
	29-2	85.78	8.00	6.22	LS	54.0	14.3	31.7
	29-3	77.78	8.00	14.22	SL	54.5	17.8	22.7
32	32-1	83.56	6.00	10.44	LS	48.6	16.9	34.5
	32-2	87.78	7.78	4.44	LS	48.1	10.2	41.7
	32-3	75.34	4.00	20.66	SCL	56.3	16.8	26.9

調査 番号	層位	粒徑組成				三相分布		
		砂 %	シルト %	粘土 %	粒徑組成名	固相 %	液相 %	気相 %
34	34-1	87.56	5.78	6.66	LS	49.5	13.5	37.0
	34-2	93.56	2.44	4.00	S	53.1	12.8	34.1
	34-3	87.56	6.44	6.00	LS	53.8	16.4	49.8
35	35-1	85.12	7.78	7.10	LS	-	-	-
	35-2	87.34	7.78	4.88	LS	-	-	-
	35-3	88.90	6.22	4.88	S	-	-	-
36	36-1	83.34	7.78	8.88	LS	47.7	17.4	34.9
	36-2	83.56	7.56	8.88	LS	52.3	17.9	29.8
	36-3	79.56	7.78	12.66	SL	55.2	20.3	24.5
37	37-1	77.56	11.78	10.66	SL	-	-	-
	37-2	73.78	9.78	16.44	SL	-	-	-
38	38-1	69.34	10.00	20.66	SCL	-	-	-
	38-2	63.34	10.22	26.44	SCL	-	-	-
	38-3	61.34	6.22	32.44	SCL	-	-	-
39	39-1	83.34	10.22	6.44	LS	48.1	15.7	36.2
	39-2	77.34	10.22	12.44	SL	51.3	15.9	32.8
	39-3	71.56	4.00	24.44	SCL	53.5	23.2	23.3
40	40-1	79.34	10.22	10.44	SL	40.1	13.1	46.8
	40-2	81.56	10.00	8.44	LS	48.2	10.9	40.9
	40-3	71.34	6.22	22.44	SCL	54.0	23.8	22.2
	40-4	63.56	4.00	32.44	SCL	-	-	-
41	41-1	84.00	8.00	8.00	LS	42.2	10.1	41.7
	41-2	80.00	8.00	12.00	LS	52.7	14.7	32.6
	41-3	74.00	4.00	22.00	SCL	48.7	18.9	32.4

調査 番号	層位	粒径組成			粒径組成名	三相分布		
		砂 %	シルト %	粘土 %		固相 %	液相 %	気相 %
42	42-1	90.00	4.00	6.00	S	45.9	8.2	45.9
	42-2	86.00	8.00	6.00	S	51.9	13.7	34.4
	42-3	88.00	6.00	6.00	S	52.7	12.1	35.2
	42-4	89.34	3.78	6.88	S	—	—	—
43	43-1	89.56	3.78	6.66	S	51.1	15.5	33.4
	43-2	89.34	3.78	6.88	S	53.7	9.8	37.5
	43-3	91.56	1.78	6.66	S	59.6	15.9	24.5
44	44-1	87.12	6.00	6.88	S	48.8	8.0	43.2
	44-2	89.34	6.00	6.66	S	54.9	17.9	37.2
	44-3	80.00	5.78	14.22	SL	—	—	—
45	45-1	84.00	6.00	10.00	LS	—	—	—
	45-2	84.00	5.78	10.22	LS	—	—	—
	45-3	80.00	6.00	14.00	SL	—	—	—
	45-4	77.78	4.00	18.22	SL	—	—	—

2) 化学性

调查 番号	层位	PH		EC μm/cm	有机质 Z	全氮素 Z	可给态 P	P 吸收 系数	CEC me/100g	阳离子				微量元素				
		H2O	N-XCl							Ca	Mg	Al	K	Cu	Fe	Mn	Zn	
							ppm		me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	1-1	7.7	6.3	1.5	3.2	0.222	10	1200	2.5	9.0	5.30	0.3	0.27	37.40	35.5	3.0	20.0	
	1-2	7.3	6.3	1.5	1.9	0.056	4	—	3.0	5.7	3.30	0.1	0.03	27.59	40.3	2.5	10.0	
	1-3	6.8	5.8	7.2	2.0	0.056	1	—	3.1	6.6	3.39	0.2	0.05	34.03	22.6	2.0	4.6	
2	2-1	6.4	5.5	3.6	2.4	0.056	1	1100	1.0	2.4	1.32	0.1	0.03	2.22	35.5	3.5	1.6	
	2-2	6.6	5.6	1.7	1.5	0.016	1	—	0.3	0.9	0.66	0.2	0.06	2.40	17.2	2.5	1.4	
	2-3	5.0	4.4	2.4	1.2	0.028	1	—	0.5	1.2	3.21	0.6	0.10	5.81	20.6	5.0	7.4	
3	3-1	5.6	3.1	3.9	1.6	0.056	1	1300	1.0	2.4	1.76	0.2	0.06	9.62	32.2	2.0	10.0	
	3-2	5.5	4.8	1.5	0.8	0.056	1	—	0.5	1.1	0.93	0.1	0.06	9.62	16.7	6.5	6.2	
	3-3	5.3	4.7	2.0	0.1	0.056	2	—	1.0	2.1	2.42	0.1	0.07	13.85	25.5	4.0	5.0	
4	4-1	5.5	4.8	2.5	0.6	0.028	1	1100	0.4	1.2	0.50	0.1	0.13	4.58	15.5	5.0	5.2	
	4-2	5.6	4.3	1.2	0.4	0.014	1	—	0.1	0.9	0.54	0.2	0.17	1.85	24.2	1.0	4.0	
	4-3	5.7	4.9	1.0	0.2	0.028	1	—	0.1	0.6	0.44	0.2	0.56	1.85	19.3	2.8	7.6	
5	5-1	5.6	4.1	3.9	1.1	0.056	2	1100	0.1	0.4	0.33	0.9	0.41	0.92	91.9	5.0	2.4	
	5-2	5.7	4.3	2.0	1.0	0.014	2	—	0.5	0.3	0.25	0.8	0.13	0.92	96.7	2.5	2.6	
	5-3	4.5	4.2	1.3	0.2	0.056	2	—	0.5	0.3	0.22	0.7	0.06	0.92	93.8	1.8	2.2	
6	6-1	5.6	5.4	4.8	2.4	0.224	2	1250	1.4	5.1	2.53	0.2	0.01	4.07	41.9	6.2	9.0	
	6-2	5.9	5.3	1.5	0.6	0.056	1	—	0.8	2.2	0.77	0.1	0.12	2.98	22.6	7.0	5.6	
	6-3	5.1	4.2	1.6	0.6	0.028	1	—	0.6	1.9	0.82	0.5	0.01	3.14	19.3	6.0	3.6	
	6-4	5.6	4.6	2.0	0.6	0.056	1	—	1.5	4.6	1.76	0.3	0.01	6.29	16.1	1.0	3.4	
7	7-1	4.0	3.0	1.2	(7.5)	0.364	20	900	11.0	4.5	2.53	0.2	0.15	3.20	80.6	12.0	4.6	
	7-2	4.4	2.7	2.7	1.9	0.070	4	—	3.5	2.3	0.77	0.5	0.05	1.85	114.3	2.0	4.8	
	7-3	4.3	3.6	3.0	1.7	0.056	4	—	2.1	0.9	0.66	1.0	0.05	1.85	120.9	2.5	4.6	
8	8-1	4.7	4.1	2.1	0.8	0.056	3	900	1.0	0.6	0.38	0.5	0.40	1.11	64.1	7.0	3.2	
	8-2	4.7	4.1	1.4	0.7	0.056	5	—	1.0	0.4	0.33	0.5	0.02	1.11	85.5	2.5	2.6	

調查 番号	点位	PH		EC μm/cm	溶解性 Z	全窒素 Z	可溶性 P ppm	P 吸收 係數	CEC me/100g	陽換性				微量要素			
		H2O	N-KCl							Ca	Mg	Al	K	Cu	Fe	Mn	Zn
9	9-1	5.0	4.4	2.8	1.2	0.084	2	1100	3.2	2.0	1.32	0.1	0.05	2.59	51.6	20.0	9.4
	9-2	5.4	4.5	1.2	1.1	0.196	1	—	1.6	1.2	0.55	0.2	0.02	2.59	25.8	8.0	4.6
10	10-1	7.5	6.8	2.3	1.4	0.028	2.5	1000	7.5	3.6	1.08	0.0	0.23	7.40	20.0	5.5	28.0
	10-2	7.6	6.7	3.3	0.5	0.028	5	—	2.2	1.6	0.76	0.0	0.18	7.03	12.8	4.1	5.8
	10-3	7.7	6.7	3.2	0.5	0.016	6	—	2.8	1.4	0.66	0.1	0.21	6.14	30.0	2.7	5.0
11	11-1	5.7	5.1	3.6	0.9	0.084	1	1100	7.0	2.6	0.60	0.0	0.14	19.26	36.6	33.3	8.2
	11-2	6.1	5.6	4.6	0.5	0.056	1	—	6.5	3.8	0.90	0.0	0.18	18.8	24.1	9.7	6.0
	11-3	6.6	5.9	5.8	0.6	0.028	2	—	10.0	4.4	1.44	0.2	0.34	17.4	35.7	2.7	1.6
12	12-1	4.7	4.0	2.4	0.8	0.042	1	1200	2.8	0.4	0.12	0.7	0.04	1.1	50.0	12.5	1.2
	12-2	5.2	4.3	3.1	0.2	0.028	1	—	1.8	0.4	0.12	0.5	0.04	1.1	36.6	4.7	1.2
13	13-1	4.9	4.2	2.5	0.5	0.028	1	1000	7.0	0.4	0.12	0.3	0.04	0.8	35.7	13.3	1.2
	13-2	5.0	4.4	1.5	0.4	0.042	2	—	0.8	0.3	0.06	0.3	0.07	0.7	20.0	11.1	1.6
14	14-1	6.5	6.5	6.4	2.0	0.168	2	1200	6.2	7.0	0.72	0.2	0.14	8.5	27.1	6.3	16.0
	14-2	6.9	6.2	3.0	1.2	0.042	1	—	2.0	1.6	0.74	0.1	0.05	10.0	14.3	4.2	4.4
	14-3	6.9	6.1	2.7	2.0	0.056	1	—	5.0	4.0	0.78	0.1	0.14	15.9	26.6	2.7	2.8
15	15-1	6.4	5.9	4.7	2.7	0.140	1	1000	5.2	4.2	0.72	0.0	0.23	2.96	26.6	13.8	10.0
	15-2	6.6	5.7	1.5	1.2	0.028	1	—	2.0	1.4	0.50	0.1	0.06	1.2	15.7	5.5	1.6
	15-3	6.3	5.4	3.3	1.2	0.076	2	—	6.5	4.4	1.50	0.3	0.35	0.8	21.9	2.7	1.2
16	16-1	5.4	4.7	2.9	1.5	0.056	3	1050	2.1	1.5	0.30	0.1	0.07	0.74	41.9	16.6	4.0
	16-2	5.1	4.4	1.6	0.6	0.042	1	—	1.3	0.5	0.12	0.4	0.01	0.74	35.7	6.9	1.2
	16-3	5.2	4.4	1.1	0.4	0.014	1	—	1.8	0.4	0.06	0.3	0.03	0.74	24.3	4.2	1.2
17	17-1	5.6	4.9	1.2	0.6	0.026	2	1200	2.0	0.5	0.12	0.1	0.03	0.74	31.4	6.9	2.0
	17-2	5.5	4.5	0.6	0.4	0.026	1	—	1.0	0.2	0.06	0.3	0.02	0.74	24.3	1.4	1.6

調查 番号	層位	PH		EC μm/cm	有機物 I	全窒素 Z	可給態 P	P ppm	P 係數	CEC me/100g	陽溶性				必要要素					
		H2O	N-KCl								Ca	Mg	K	Cu	Fe	Mn	Zn	Ca		Mg
																		me/100g	me/100g	
18	18-1	5.1	4.4	2.2	0.6	0.025	1	1100	—	1.0	0.7	0.1	0.3	0.05	0.74	45.7	6.7	2.0		
	18-2	4.7	4.1	3.3	0.6	0.036	2	—	—	1.0	0.5	0.1	0.6	6.02	0.74	57.1	1.4	1.6		
19	19-1	6.2	5.8	4.1	1.4	0.016	2	1100	—	3.2	3.2	0.5	0.1	0.12	2.20	21.4	0.7	11.2		
	19-2	6.6	5.8	2.1	0.9	0.025	1	—	—	2.0	1.8	0.4	0.0	0.13	2.60	14.3	5.5	2.8		
	19-3	6.4	5.5	2.8	0.9	0.036	2	—	—	8.0	4.4	1.0	0.1	0.31	5.50	37.1	5.5	1.6		
20	20-1	6.1	5.4	5.3	2.0	0.126	2	1400	—	7.8	5.6	1.3	0.1	0.22	3.70	32.9	19.4	5.2		
	20-2	6.5	5.5	2.6	0.8	0.070	2	—	—	4.0	5.2	1.7	0.1	0.14	4.40	38.6	4.2	1.6		
23	23-1	4.3	4.0	3.2	1.9	0.084	3	800	—	4.0	0.3	0.1	1.7	0.04	1.48	97.1	1.4	1.2		
	23-2	4.5	4.2	1.6	1.0	0.036	2	—	—	2.0	0.4	0.1	1.7	0.05	1.85	90.0	0.7	1.2		
25	25-1	4.5	4.1	3.1	2.0	0.126	4	1050	—	3.8	0.6	0.2	1.2	0.46	0.74	110.0	0.7	0.8		
	25-2	4.5	4.3	2.5	1.5	0.084	1	—	—	4.0	0.4	0.1	1.7	0.02	0.74	110.0	0.6	0.8		
26	26-1	4.5	4.0	1.4	1.7	0.084	3	1700	—	4.3	0.3	0.1	2.3	0.05	1.20	100.0	0.0	0.8		
	26-2	4.4	4.3	3.5	1.2	0.042	1	—	—	4.1	0.3	0.1	1.8	0.01	0.80	107.1	0.0	0.4		
	26-3	4.8	4.4	4.5	0.6	0.014	1	—	—	2.5	0.3	0.1	1.0	0.01	0.80	107.1	0.0	0.4		
27	27-1	5.5	4.5	3.5	1.2	0.084	2	1800	—	0.8	1.2	0.3	0.6	0.04	1.40	41.4	15.3	0.4		
	27-2	5.2	4.2	8.5	0.6	0.042	2	—	—	1.0	0.6	0.2	0.9	0.01	1.20	41.4	11.1	0.4		
	27-3	5.1	4.3	1.8	0.6	0.028	1	—	—	2.0	0.6	0.6	0.6	0.02	1.60	12.9	8.3	0.0		
29	29-1	5.4	5.2	9.4	1.2	0.042	3	1750	—	4.0	3.2	0.5	0.0	0.06	1.60	22.9	3.9	4.6		
	29-2	5.7	5.3	9.7	0.6	0.042	1	—	—	2.0	1.6	1.0	0.1	0.05	1.60	18.6	2.3	1.6		
	29-3	5.2	4.5	1.1	0.6	0.028	1	—	—	3.0	1.7	0.5	0.1	0.01	2.80	22.9	6.9	0.4		
32	32-1	5.0	4.4	1.6	0.6	0.098	2	1800	—	2.8	1.7	1.3	0.2	0.05	2.40	22.9	15.3	1.6		
	32-2	5.8	5.5	1.1	2.2	0.036	1	—	—	9.0	4.6	1.1	0.1	0.21	2.40	30.0	6.9	6.6		
	32-3	5.2	4.5	1.3	1.6	0.070	1	—	—	5.0	2.6	0.8	0.2	0.10	3.20	37.1	6.9	0.4		

調查 番号	层位	PH		EC μS/cm	有機炭 Z	全窒素 X	可给態 P ppm	P 吸収 係数	CEC me/100g	鹽溶性					微量要素			
		H2O	N-KCl							Ca me/100g	Mg me/100g	Na me/100g	K me/100g	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	
																		Ca me/100g
34	34-1	5.1	4.5	13	2.2	0.070	1	1750	3.5	2.03	0.80	0.1	0.09	1.2	20.0	16.0	2.1	
	34-2	5.0	4.5	1.1	2.9	0.042	2	-	1.8	1.16	0.30	0.1	0.01	1.6	21.4	16.6	2.9	
	34-3	5.0	4.5	1.4	2.5	0.028	3	-	3.0	1.16	0.30	0.3	0.03	2.0	17.1	12.5	1.3	
35	35-1	5.1	4.7	1.9	3.3	0.112	1	1800	4.5	2.61	0.70	0.1	0.15	1.6	38.6	8.3	3.8	
	35-2	5.0	4.4	5.3	2.0	0.056	2	-	2.0	1.45	0.30	0.0	0.02	1.2	25.7	11.1	0.8	
	35-3	5.2	4.7	9.4	0.8	0.042	1	-	1.2	1.16	0.20	0.0	0.07	1.2	14.3	6.3	0.4	
36	36-1	5.0	4.7	7.8	1.4	0.224	3	1600	4.5	2.03	1.00	0.3	0.07	2.0	57.1	6.9	0.6	
	36-2	4.8	4.1	7.4	0.4	0.084	1	-	3.2	0.57	0.30	1.6	0.04	2.0	42.9	12.5	1.6	
	36-3	5.0	4.1	1.9	0.5	0.084	3	-	6.0	1.74	0.70	0.8	0.03	2.4	42.9	9.7	0.8	
37	37-1	4.9	4.0	6.0	2.6	0.280	3	1950	8.0	2.96	1.62	2.7	0.14	3.4	11.1	0.0	3.0	
	37-2	4.8	4.0	2.5	0.9	0.084	1	-	6.5	6.44	1.53	3.6	0.01	3.0	11.1	1.4	2.4	
38	38-1	5.8	5.5	9.7	1.7	0.194	1	1900	8.0	13.44	2.36	0.2	0.49	3.0	45.8	3.4	7.6	
	38-2	5.3	4.9	4.4	1.2	0.084	2	-	12.3	10.36	2.07	0.1	0.32	4.6	40.2	2.7	7.6	
	38-3	5.8	4.3	4.2	1.0	0.084	1	-	9.7	9.52	1.71	0.8	0.30	4.4	42.3	3.4	7.4	
39	39-1	5.7	5.5	6.7	2.1	0.112	2	1550	8.0	3.08	1.08	0.0	0.56	1.5	18.0	2.1	6.0	
	39-2	6.2	5.5	4.5	0.8	0.028	1	-	7.2	1.68	0.56	0.1	0.58	2.3	12.5	1.4	2.6	
	39-3	5.1	4.3	3.5	0.5	0.084	1	-	9.0	4.52	1.76	0.3	0.31	3.4	38.2	2.7	2.4	
40	40-1	5.9	5.7	8.4	1.6	0.302	1	1780	10.5	5.85	0.99	0.1	0.28	2.3	30.5	4.1	7.2	
	40-2	6.0	5.6	4.5	0.6	0.056	2	-	6.9	2.24	0.45	0.1	0.18	1.7	11.1	2.7	2.6	
	40-3	6.0	5.3	4.4	1.0	0.084	1	-	9.9	3.64	1.26	0.1	0.12	3.8	11.8	1.4	2.4	
	40-4	4.7	4.2	2.6	1.1	0.084	1	-	10.4	1.68	0.90	1.8	0.24	3.0	20.8	2.1	2.4	
41	41-1	5.8	5.4	5.6	0.8	0.084	2	1700	6.9	1.68	0.81	0.0	0.36	1.1	18.7	4.6	3.6	
	41-2	5.1	4.3	3.7	0.6	0.056	2	-	6.9	0.84	0.72	0.3	0.27	1.9	27.2	8.3	2.8	
	41-3	5.1	4.5	3.9	1.2	0.084	1	-	15.5	2.80	1.02	0.3	0.42	2.3	22.0	3.4	2.2	

調查 番号	位置	PH		EC μmhos/cm	有機物 I	全窒素 I	可給態 P ppm	P 吸収 mg	CEC me/100g	置換性					微量要素			
		H2O	N-KCl							Ca me/100g	Mg me/100g	Al me/100g	K me/100g	Co ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	
42	42-1	5.9	5.6	4.6	3.5	0.054	2	1600	7.0	2.24	0.45	0.1	0.24	1.1	23.6	2.7	2.4	
	42-2	5.4	4.7	2.9	2.4	0.056	2	-	6.5	1.12	0.36	0.1	0.14	1.5	38.8	2.7	2.0	
	42-3	4.6	4.3	3.1	0.9	0.056	2	-	6.1	0.56	0.18	0.7	0.14	1.5	27.7	6.9	2.0	
	42-4	4.4	4.2	2.7	0.5	0.056	1	-	6.5	0.56	0.13	1.4	0.14	1.7	11.6	8.3	2.0	
43	43-1	5.2	4.2	3.6	1.0	0.084	1	1600	5.5	0.56	0.13	1.3	0.20	1.1	93.0	6.9	1.6	
	43-2	5.1	4.1	2.1	0.8	0.084	2	-	7.8	0.56	0.09	1.3	0.12	1.1	104.9	2.1	1.6	
	43-3	5.1	4.2	2.3	0.9	0.056	1	-	8.0	0.56	0.09	1.2	0.13	1.1	73.1	2.1	1.6	
44	44-1	6.0	5.6	3.1	2.4	0.084	1	1740	7.8	1.40	0.45	0.1	0.32	1.1	20.6	2.1	2.4	
	44-2	5.5	4.6	2.6	1.1	0.084	2	-	7.0	0.84	0.22	0.0	0.25	1.5	20.6	4.6	2.0	
	44-3	5.0	4.2	4.6	0.5	0.054	1	-	8.1	1.12	0.49	0.9	0.17	2.6	16.0	5.5	2.0	
45	45-1	5.0	4.5	4.7	1.9	0.140	1	1700	9.0	1.65	0.63	0.2	0.45	1.9	41.6	8.3	2.0	
	45-2	4.8	4.3	2.8	2.4	0.084	1	-	8.0	1.12	0.36	0.5	0.09	1.9	26.3	6.9	2.0	
	45-3	5.1	4.4	2.8	1.6	0.056	2	-	6.0	1.26	0.54	0.4	0.06	2.3	20.8	3.4	1.6	
	45-4	4.7	4.2	3.8	1.2	0.084	2	-	8.0	1.12	0.49	0.8	0.10	2.7	26.4	2.7	2.0	

付属資料 土壤調査の方法

1. 土壤調査の方法
2. 土壤断面の作成
 2. 1. 調査地点の選定
 2. 2. 土壤断面の作り方
 2. 3. 土壤断面・周辺景観の写真撮影
3. 土壤断面の記載
 3. 1. 土壤層位と層理の区分
 3. 2. 層界, 深さ, 層厚
 3. 3. 土色
 3. 4. 土性
 3. 5. 石礫
 3. 6. 斑紋, 結核
 3. 7. 堆積腐植層
 3. 8. 腐植含量
 3. 9. 土壤構造
 3. 10. 孔隙性
 3. 11. キュータン
 3. 12. 水分状況
 3. 13. コンシステンス
 3. 14. 菌糸束及び菌糸層

1. 土壌調査の方法

今後、パラグアイ国において、土地の高度利用と農牧林地の開発と生産力の向上において、その基礎的な資料を得るため、土壌調査を行う必要が生じ、その際、土壌調査の方法について解説することは、これに従事しようとする人々にとって大いに参考になると思料される。野外において実際に土壌を調べる方法について、今回カウンターパートに対して行った技術移転内容をもととして、調査マニュアルを作成することとした。以下にペドロジスト懇談会編、土壌調査ハンドブックを主な参考書として、パラグアイにおいて必要と思われる事項を取り上げて記述する。

2. 土壌断面の作成

野外において実際に土壌を調べるに当たり、まず調査の目的に沿うように調査地点を選定し、そこに試坑を掘り、ついで土壌の性質や特徴を調べるため、垂直な断面いわゆる土壌断面を作成する。

2.1 調査地点の選定

調査地点の選定は、土壌調査を開始する際において基本的に重要な作業である。一般に、土壌調査の目的は、ある一定の調査区域内に、いかなる性質の土壌がいかなる分布をしているかを調べることであるから、できるだけ調査の精度をあげ、しかも調査を効率的に進めるためにも、調査地点の選定に際しては十分な吟味が必要である。

調査地点を選定する方法は、大きく分けて次の2通りの方法がある。

一つは、土壌の生成やその分布と関係の深い調査地の地形・地質および植生などを参考にして、現地において調査地点を決定する方法である。したがって、地形・地質ならびに植生などが似たような状態のところでは、一般に同じような所のほぼ中央部で、植生や地表面の状態が正常でかく乱や盛土などによって土層が乱されていない所を選べば、その周辺の土壌に類似したものが得られる。また、それらに変化する所では土壌の種類も一般に変化するので、そのような所では、ある土壌から別の土壌、または別種の土壌への遷移型の土壌が得られる。

もう一つの方法は、地形図上に、調査目的と調査密度を考慮して何cmかの方眼を画きその交点またはその付近における地形、地質及び土地利用の状況を参考として、空中写真（縮尺の大きいもの）を利用し、あらかじめ室内作業などで調査地点を決定する方法である。例えば、1:50,000地形図の1cmは500mに相当し、この方眼内の面積は25haとなる。

どちらの方法によるかは、調査の目的や対象地区の地質、地形や土地利用状況、土壌の性質などによって異なるが、山地や丘陵地などの自然状態の土壌を調査する場合には前者が、また、畑地や水田などの人為の加わった土壌を調査する場合には後者の方法が、一般に用いられているようである。

また、地域内の切り通しや崖などの土壌断面がある場合には、それらを綿密に観察しておくことは、調査地域における地質や地形及び土壌との対応関係の概要を把握に役立つ場合が多い。

さらに試坑を掘る前に、土壌断面のあらましを知りたいときや、土壌が遷移する部分の状態を知り境界設定を行うときなどには、検土杖を用いて土壌を簡易に調べることが大切である。これはかなりの深さまで土壌の概略がわかるので、澱含量が高いなどで検土杖が入り難い土壌以外の所では普通に行われる方法で、試坑調査に対し、試穿調査（土壌境界調査）といわれる。

2.2 土壌断面の作り方

土壌調査地点（箇所）が決定したならば、調査用の試坑を掘る。この場合、傾斜が緩い所や平坦な所ではスコップを利用するのが便利である。

また掘る際には、土壌の硬軟、粘着性や石礫の割れ砕けかた及び、根の分布状態などに注意して、それらの概略を把握しておくこと、あとの土壌断面の調査の際大変参考となる。

続いて試坑内に土壌を観察するための垂直な断面（これを土壌断面という）を設定する。

一般に傾斜地のような所では、通常斜面の上方で斜面の方向に直角な面を土壌断面とすることになっているが、平坦な所では、土壌の観察や写真撮影に都合がよいように、日光がむらなく当たるような面を土壌断面とすると便利ことが多い。

土壌断面の大きさは目的によって異なるが、土壌調査用の標準断面としては、一般に幅1m、深さ1~1.5m位が必要である。したがって試坑の大きさも、幅1m、深さ1~1.5m、そして長さ1.5~2m位が必要となるが、それより浅い所に基岩がある所では、試坑の深さは基岩までとなる。そして、土壌断面の反対側に階段を作るようにすると、作業に便利である。

掘り出した土は試坑の両側に積み上げておき、土壌断面の表層部の自然の状態を乱すことがないように土壌断面の観察を行う側には置かないようにする。また、畑地や水田などにおける調査の場合には、元の状態に埋め戻せるように、作土（表層土）と心土（下層土）とを、それぞれ別々に積み上げておくことも大切である。

坑掘り作業が終わったら、土壌調査用のコテやナイフなどを用いて、調査しようとする断面内のスコップの跡を土壌刺すように削ったり、植物の根などを切るなどして断面の調査を行う。この作業は、一般に表層から初めて順次下層に進めていくのがよい。

まず、01,02層などの有機物堆積層が形成されている場合には、これを上から片手で軽く押えてナイフなどで切り揃える。その下位の土壌層においては、コテなどで大きな凹凸を土を刺すようにして、削り整える。その際、石礫はできるだけ断面内に残すようにし、また、植物根は断面から5~10mm程度離して切り揃えると、あとの調査や写真撮影などの際に便利である。

2.3 土壌断面・周辺景観の写真撮影

土壌断面の調整が終わったら、次にスケールを断面の左側に立てかけ、また調査地名および、調査番号などを記入した紙札を右上に置いて写真撮影を行う。スケールの目盛は、そのままでは一般に写真で判読するには難しいので、エナメルか赤インクなどで10cmおきに色をつけておくと便利である。

写真撮影に際しては、被写体によっては土壌断面に直射日光が当たっていると、色が飛んだり陰陽のコントラストが極端になったりしやすいので、半透明のビニールシートなどで直射日光をさえぎると、良い結果が得られることが多い。また、逆にうっぺいした林内などの光量が十分でない所では、ストロボを必要とする場合もある。

いずれにしても、自然の土壌の色はなかなか写真に再現し難いものであるから、シャッタースピードや絞りを変えて何枚か撮影しておく方が無難である。

土壌断面の撮影が終わったら、続いて調査地点周辺の地形や植生の景観を写しておくことも大切である。

次に土壌断面の観察を行う。まず層位の区分を行うことが必要である。区分した層位には層位名をつけ、各層位の層界、層の厚さなどを土壌調査票に記入する。これについては次項3及び3.1を参照されたい。

3. 土壌断面の記載

スコップなどで試坑を掘り始めた段階で、すでに深さによって堅さがちがったり、スコップの先にねばりつく土やさらさらした土、ずっしりと重い土やふわっとした軽い土など、手ごたえがちがうのに気がつく。また、掘りあげた土塊がくずれる大きさや形などが深さによって異なることなども観察される。こうして試坑を作りながら、土壌の性質が移り変わる境界がいくつぐらいあるか、その境界の深さがどの位であるか、あらかじめ見当をつけておく。

試坑ができあがったら、調査する土壌断面を移植ごてで土を剝すようにけずり、土色、粒径組成（土性）、有機物（腐植）含量、礫の含量、構造、組織及び斑紋、結核の有無などを観察によって、形態的性状が異なるいくつかの層位（次項3.1参照）に区分し、その境目に線を引き、地表からの深さをスケールで測定し、土壌断面調査票に記入する。

このようにして区分したそれぞれの層について、下記の順にしたがって各種の性質を判定し調査票に記入する。

3.1 土壌層位と層理の区分

土壌断面は、色・かたさ・手ざわり・根の分布などの性質のちがった、地表面にほぼ平行ないくつかの層の積み重なりからなっている。これらの層のうち、土壌生成作用によって形成されたものを土壌層位（単に層位ともいう）とよび、これに対して、砂礫層のような地質学的堆積作用によるものを層理とよんで区別する。また、森林土壌などにみられる地表に堆積した動植物遺体からなる層は、堆積腐植層（有機物質ともいう）とよばれ、土壌層位に含められる。層序すなわち土壌層位の配列は、土壌断

面を特徴づける最も基本的な性質なので、野外で十分に観察して記載することが大切である。

3.1.1 主層位と亜層位

一般に、土壤断面は上から順にA層、B層、C層といった3つの主層位 (master horizon) から成りたっている。C層は土壤の無機質材料 (母材) であり、A層は母材に動植物の影響が加わった結果生成した、腐植によって黒く着色された表土層を示し、B層はC層とA層の中間に存在し、珪酸塩粘土、三二酸化物または腐植のいずれか、あるいは複合的に集積している層位を示すものである。ただし、B層が発達しないでA、C断面のみの場合もある。

しかし、実際にはA、B、C各主層位の特徴や性質は変化に富んでいるので、これを区別するために主層位を表わすA、B、Cに数字を添えて、いくつかの亜層位 (subhorizon) に細分する。

Ao層 [O] : 泥炭・黒泥以外の、地表に堆積した落葉・落枝あるいは草本植物の遺体からなる堆積腐植層。Oは有機質 (Organic) の略。分解程度により、つぎのように細分される。

O1 : 未分解の落葉層。肉眼で植物の組織が認められる程度に分解した腐葉層。

O2 : 植物の組織が判別できないくらいに分解が進んだ腐植層。

A層 : 一般に腐植の集積した、表層に形成される無機質層位。暗色を呈し、粒状構造が発達している場合が多い。

(A) [Ai] : 肉眼で認められる腐植を欠いているが、生物の活動が行われた土壤生成が始まっている表層。iは初期段階 (initial stage) の略。

A1 [Ah] : 表層に形成された、腐植を含む無機質層位。hは腐植 (humus) の略。

さらに細分される時は、A11 [Ah1]、A12 [Ah2] のように記す。

A2 [Ae, E] : 粘土、鉄あるいはアルミニウムが洗脱され、砂・シルト大の石英などの風化されにくい鉱物が残留富化した淡灰色の層位。ポドゾル土などの漂白層。eまたはEは洗脱 (eluviation) の略。

A3 [AB] : A層とB層の漸移層で、A層の性質が優越するもの。

AC : A層とC層の漸移層で、A層の性質が優越するもの。

B層 : A層とC層の中間に位置し、母材の風化により生成された遊離鉄により、赤褐～褐～黄褐色を呈する風化層あるいはA層から洗脱された物質の集積層。構造が発達していることが多い。

B1 [BA] : A層とB層の漸移層でB層の性質が優越するもので、いくつかの層に区分されるときには、B11, B12あるいはB13とする。

B2 [BV, BW] : 粘土化が進み、遊離鉄によって着色されているが、集積の認められないB層位。colour-B層ともいう。vまたはwは風化 (Verwitterung, weathering) の略。いくつかの層に区分される場合はB12, B22などとする。

B2t [Bt] : 粘土の集積層で、textural-B層ともいう。構造単位の表面に粘土皮膜が認められる。tは粘土 (Ton) の略。

B2ir [Bs] : 遊離鉄やアルミナの集積層。irは鉄 (iron)、sは三二酸化物

(sesquioxide) の略。

B2hr [Bah] : 三二酸化物 (遊離鉄やアルミナ) および腐植の集積したB層。

B3 [BC, CB] : B2層とC層の漸移層。BCはB2層の性質が優越する時, CBはC層の性質が優越する時に用いられる。

C層: 土壌がそれから生成した母材の層。風化作用を受けてもろくなっているが, まだ母岩の組織を残している。土壌化はほとんど進行していないで無構造である。いくつかの層に区分されるときは, 上から順にC1, C2, ……のように細分する。

CA: A層とC層の漸移層で, C層の性質が優越するもの。

Bg, Cg: B層あるいはC層でグライ化作用を受けて色相が10Yより青緑色を呈するか, または鉄の斑紋を含んでいる層。gはgley (灰色) の略。

G層: 嫌氣的条件下で強還元を示し, 色相が10Yより青または緑色で, ジピリジル反応が即時鮮明なグライ層。Gはグライ (Gley) の略。

Go: 斑紋のある酸化的グライ層。oは酸化 (oxidation) の略。一般に毛管水帯を含めた地下水流動域と一致する。

Gr: 斑紋のない強還元グライ層。rは還元 (reduction) の略。

R層: 土壌の母材を供給した固結母岩。Rは岩石 (Rock) の略。

D層: 土壌断面の途中に挟まれた, 著しく異質な, 土壌化を受けていない層理または, その上にある土壌自身とは成因的に関係のない下層にある物質。後者の場合にはII Cのように表記されることもある。

T層 [H層]: 泥炭あるいは黒泥の層。Tは泥炭 (Torf), Hはヒストソル (Histosols) の略。泥炭をH (P), 黒泥をH (M) として区別したり, 泥炭の種類を区別する場合に

Hn [LP] (低位泥炭, nはNiedermoortorfの略)

Hü [TP] (中間泥炭, üはÜbergangsmoortorfの略)

Hh [HP] (高位泥炭, hはHochmoortorfの略)

などが用いられる。

注) 黒ボクグライ土では, 色が青くなくてもジピリジル反応が即時鮮明であればグライ層とみなされる。また, 干拓地土壌では逆に色が青くてもジピリジル反応が±程度にとどまる場合があるが, グライ層とみなされる。

3.1.2 補助記号

層位の特徴をさらに記述するために, つぎのような小文字を主層位の記号のあとに補助記号として添える。() 内は別の表記法を示す。

b: 埋没層位。buriedの略

cn [c]: 結核・瘤塊の集積。concretionの略。

f [z]: 凍結層。frozenの略。

g: 斑紋の存在。gleyの略。

ca [k]: 炭酸塩の集積。carbonateの略。

m: 膠結, 硬化。cementationの略。

sa: (n): ナトリウムの集積層。saltまたはnatriumの略。

p: 作土層。plowingの略。

si (q): SiO₂の集積。silicaまたはquartzの略。

x: フラジ盤, 乾燥すると硬くなるが, 湿ると再び軟らかくなる盤層。

cs (y): 石こうの集積。calcium, sulphate, gypsumの略。

ir: 斑鉄の集積。

mn: マンガン斑, 結核の集積。

3.1.3 岩石的不連続

断面中に母材の不連続がある場合には, 層位記号の前に, 上部からローマ数字をつけて, I A1 / I B2 / II B2 / III Cgのように表記する。通常Iは省略される。最近のFAO (1977) やUSDA (1981) の改訂案では, ローマ数字をアラビア数字に変更し, 1 A1 / 2 B1 / 2 B2 / 3 Cgのように表記することが提案されている。

3.2 層界, 深さ, 層厚

3.2.1 層界

層界すなわち土壌層位間の境界は, 明瞭な場合も漠然としている場合もあり, また境界の形状も平坦なものから複雑な形のものまである。境界が明瞭な場合には, そこを境界として土壌の物理性や化学性が急激に変化していることを示す。

層界の明瞭度は, 次の層までの移り変わる距離 (層界の幅) によって, つぎの4段階に区分される。

明瞭度	層界の幅	記号
画然	1 cm以内	———— (太い実線)
明瞭	1 - 3 cm	———— (実線)
判然	3 - 5 cm (太い点線)
渐变	5 cm以上 (点線)

層界の幅が10 cm以上におよぶようなときには, 一つの層位として独立させた方がよい場合が多い。

形 状	層界の幅	記 号
平 坦	ほとんど平面	-----
波 状	凹凸の深さが幅より小	~~~~~
不規則	凹凸の深さが幅より大	几几几几几
不連続	層位が不連続	-X-X-

層界の記載は上記の明瞭度と形状を組み合わせて、平坦漸変（---）、波状（~~~~）
糾然などのように記載する。

3.2.2 深さおよび層厚

各層位の断面内での位置や範囲を明らかにするため、それぞれの深さや厚さを記載する。

層位の深さを測る場合には、A₀層の直下すなわち無機質層位の最上部を基準にして、そこから測った各層位の上限と下限の最小値と最大値を並記し、30/35~45/50cmのように表わす。A₀層の場合は、基準より上方へ向かって測定し、O₁層：5/4~2/1cm、O₂層：2/1~0cmのように表示する。最小値と最大値を並記せず、平均値を用いてO₁層：2~4cm、B₁層：33~38cmのように表わす場合も多い。

層厚は、層位の厚さの最小値と最大値をもって12~20cmのように表わす。

3.3 土 色

土色は、土壌の最も重要な形態的特徴の一つであり、化学性、物理性、生物的性質と密接に関係しており、土壌を同定するため有効かつ重要な特徴である。

土色の判定は、マンセル表色系に準じた新版標準土色帖（農林省農林水産技術会議監修1967）を用いて行う。土色は、

色相（Hue）：色調（赤、黄、青など）、

明度（Value）：色の明暗、

彩度（Chroma）：彩色の強さ、あざやかさ、

の三属性で表示される。土色帖には、各色相ごとに、垂直方向に明度、水平方向に彩度の各段階に相当する色片がはってある。色片をはったページの左側ページに、その色片に相当する土色名が示されている。

3.3.1 土色の判定

1) 土色を調べようとする層位の中で、最も代表的な色調の部分から適当な大きさの土塊をとり、その表面を指で軽く押してから、台紙の上へのせる。土色が暗いとき

は黒い台紙を、明るいときは白い台紙を用いる。土色名を汚さないように注意して、土壌を色片に近づけて判断してもよい。

2) 台紙上の土壌の色に最も近い色相のページをさがし、そのページに台紙をのせて移動させながら、土壌の色と一致する色片をさがす。この場合、強烈な直射日光や林内の薄暗いところは避け、できるだけ明るい日陰で行うことが望ましい。

3) 土壌の色と一致する色片が決まったら、色相、明度/彩度(土色名)の順に並べ、5YR4/6(赤褐)のように記載する。土壌の色が色片の色と一致せず中間的な場合、たとえば色相が2.5Yと5Yの中間ならば、3.75Y、明度が3と4の中間ならば3.5、彩度が2と3の中間ならば2.5とし、3.75Y3.5/2.5のように小数を用いて記載する。

4) 斑紋、結核、粘土被膜などがある層位では、土壌の基質(マトリックス)の色と斑紋、結核、粘土被膜などの色を分けて判定し、斑紋、結核、粘土被膜の色はそれぞれの欄に記載しておく。

5) 彩度が1より小さい場合は付録の無彩色片を左側にならべて比較する。

6) 砂質の土壌の場合には雑色を呈していることが多い。しかし、砂粒それ自体の色はそれほど重要ではなく、むしろ砂粒を被膜している色に注意しなければならない。砂丘未熟土のような場合は、砂の色であることを明記しておいたほうがよい。

7) 土色とくに明度は、水分によって変化するので、土色判定時の水分状態(後述)を同時に記載する必要がある。とくに土壌が乾いている場合には、全体に白っぽくなっていて土壌の特徴的な色が表れていないので、このような場合には土壌を水で湿らせ、水膜が土壌表面から消失した後に湿土の色を判定し、乾土と湿土の色を併記する。また夕方は光線の具合いで赤色味が強く判定されやすいから注意する。

8) 色片は土壌が付着してよごれやすいので、調査終了後必ず、水で湿らせた清潔な布で軽くふきとっておくこと。ただし、シンナーなどの溶剤を用いてはならない。

3.3.2 土色と特徴土層の関係

土色と特徴土層の関係を示した。

A. 土壌統の設定基準(農技研土壌第3科 1977)

土 層	色 相	明 度	彩 度	備 考
全層多腐植層	---	2未満	2未満	腐植含量 \geq 10% 層 厚 > 50cm
表層多腐植層	---	2未満	2未満	腐植含量 \geq 10% 層 厚 25~50cm
全層腐植層	---	2/2,	3/1	腐植含量 5~10% 層 厚 > 50cm

表層腐植層	---	2/2,	3/1	腐植含量 5~10% 層 厚 25~50cm
赤	10R~5YR	3以上	6以上	
赤 褐	10R~5YR	3以上	3以上6未満	ただし明度4以下, 彩度4以下を除く。
暗 赤	10R~5YR	4以上	4以下	
黄	7.5YR~7.5Y	3以上	6以上	ただし明度4以下, 彩度6は黄褐とする。
黄 褐	7.5YR~7.5Y	3以上	3以上6未満	
灰 褐	10R~10YR	3以上	3未満	
灰	2.5Y~7.5Y, N	3以上	3未満	
青 灰	10Yまたはそれよりも青			
黒~黒褐	---	3未満	---	

B. 林野土壌の分類 (林試土じょう部 1976)

土 層	色 相	明 度	彩 度	備 考
黒色土A層	---	2以下	2以下	厚さ約30cm以上、 容積重小、保水力大、 火山灰母材で あることが多い。
淡黒色土A層	---	2より大	2より大	
暗赤色土B層	10R~5YR	3~4	4~6	
赤色土B層	5YR4/6より赤みが強い。			
黄色土B層	10YR6/6あるいはこれより黄色みが強い。			

赤色系褐色森 5YR5/6より赤みが弱く, 7.5YR5/8より赤みが強い。
林土B層

黄色系褐色森 10YR6/6より黄色みが弱く, 7.5YR6/8より黄色みが強い。
林土B層

*規定されていないが, 通常このように考えられている。

3.4 土性

3.4.1 粒径区分

土壌を構成する鉱物質の粒子は, 粒径によってつぎのように区分される。
粒径区分法には国際法やアメリカ農務局法などがある。

国際(土壌学会)法		U S D A 法		
粒子名	直径 (mm)	粒子名	直径 (mm)	
粗 砂	coarse sand	very coarse sand	2.0-1.0	
		coarse sand	1.0-0.5	
		medium sand	0.5-0.25	
細 砂	fine sand	fine sand	0.25-0.10	
		very fine sand	0.10-0.05	
シルト(微砂)	silt	0.02-0.002	silt	0.05-0.002
粘 土	clay	< 0.002	clay	< 0.002

国際法とU S D A法の粒径区分を比較すると, 最も大きく異なるのはシルトの区分であって, 前者が粒径0.02-0.002mmであるのに対し, 後者では0.05-0.002mmであることである。また粗砂及び細砂の区分において, U S D A法では, それぞれ2.0-0.25mm, 0.25-0.05mmとしてる点も異なっている。

3.4.2 土性区分(粒径組成区分)

土性は細土(2mm以下)の鉱質部分を構成している粗砂, 細砂, シルト, 粘土の粒径組成のことであり, 砂, シルト, 粘土の重量%のちがいによって土性クラスに区分される。わが国では, 国際法に砂土(S)の部分を付け加えた土性区分が一般的に用いら

れている。それを示すと次のようである。

土性区分

粘土 含量	土性区分	略号	粘 土 (%)	シルト (%)	砂 (%)
	砂 土 (Sand)	S	0~5	0~15	85~100
15 % 以 下	壤質砂土 (Loamy Sand)	LS	0~15	0~15	85~95
	砂壤土 (Sand Loam)	SL	0~15	0~35	65~85
	壤 土 (Loam)	L	0~15	20~45	40~65
	シルト質壤土 (Silt Loam)	SiL	0~15	45~100	0~55
15	砂質埴壤土 (Sand Clay Loam)	SCL	15~25	0~20	55~85
25	埴 壤 土 (Clay Loam)	CL	15~25	20~45	30~65
%	シルト質埴土 (Stilty Clay Loam)	SiCL	15~25	45~85	0~40
25	砂質埴土 (Standy Clay)	SC	25~45	0~20	55~75
45	軽 埴 土 (Light Clay)	LiC	25~45	0~45	10~55
%	シルト質埴土 (Stilty Clay)	SiC	25~45	45~75	0~30
45以 %上	重 埴 土 (Heavy Clay)	HC	45~100	0~55	0~55

* 壤質砂土および砂壤土は、粗砂および細砂の含量により次のように細分される。

- 壤質粗砂土 (LCoS) : 細粒40%以下, 粗粒45%以上
- 壤質細砂土 (LFS) : 細粒40%以下, 粗粒45%以上
- 粗砂壤土 (CoSL) : 細粒40%以下, 粗粒45%以上
- 細砂壤土 (FSL) : 細粒40%以下, 粗粒45%以上

アメリカ農務局（USDA）法による土性区分については、本報告書の図2を参照されたい。

3.4.3 野外土性の判定

正確な土性の決定は、もちろん実験室における粒径分析の結果をまたねばならないが、土性は、土壌断面の層位間の比較、風化の程度、粘土の機械的移動、異種間母材の判定などの重要な目安となるので、現場で手ざわりや肉眼的観察によって、おおよその判定（野外土性という）を行なうことが必要である。

野外土性を判定するには、各層位から採取した小土塊に、可塑性が最大になるように適量の水を加えたのち、親指と人差指の間でこねて、砂の感触の程度、粘り具合、またどの程度まで細く長くのばせるかなどを調べ、つぎの表に示した目安に従って判定する。

野外土性判定の目安

判 定 法	土性名と略号
ほとんど砂ばかりで、ねばり気を全く感じない。	砂土（S）
砂の感じが強く、ねばり気はわずかしかない。	砂壤土（SL）
ある程度砂を感じ、ねばり気もある。砂と粘土が同じぐらいに感じられる。	壤土（L）
砂はあまり感じないが、サラサラした小麦粉のような感触がある。	シルト質壤土 （SIL）
わずかに砂を感じるが、かなりねばる。	埴壤土（CL）
ほとんど砂を感じないで、よくねばる。	重埴土（HC）

土性の判定にはかなり熟練を要するが、粒径分析によって土性が明らかにされている数種類の標準試料を携行し、これを参考にすればよい結果が得られる。またいくつかの班に分かれて土壌調査をする場合には、個人差をできるだけ少なくするためにあらかじめ標準試料を用いて手合わせをしておくのがよい。

注） 日本土壌協会編：土壌練習用土壌標本（富士平工業K.K.）がある。

3.4.4 土性区分の概括

土壤の粒径組成をもっと大まかに概括する必要がある場合には、土性区分をつぎのように大きく類別する。

微粒質：HC, LIC, SiC, SC

細粒質：SiCL, CL, SCL

中粒質：SiL, L, FSL, CoSL

粗粒質：LS, S

3.5 石 礫

土壤に含まれる直径2mm以上の鉱物質粒子は石礫として、直径2mm以下の細土と区別して調査する。石礫の調査においては、岩質、風化の程度、大きさ、形状、含量を記載する。

3.5.1 岩 質

土壤中に含まれる石礫は多少とも風化変質しているので、岩石ハンマーで砕いて新鮮な面を露出させ、ルーペで構成鉱物を観察して岩石の種類を判定する。岩質の判定には岩石学的素養が必要なので、日頃、岩石標本などに接して訓練しておくことが大切である。判定が困難なときはサンプルを持ち帰り、専門家に判定してもらって、できるだけ正確に記録するように心掛けるべきである。

3.5.2 風化の程度

石礫の風化程度は、つぎの4段階に区分する。

未風化：もとの岩石の堅硬度と色を保つもの。

半風化：多少風化変質しているがなお堅硬度を保つもの。

風 化：手でかろうじて圧砕できる程度まで風化変質しているもの。

腐 朽：スコップで容易にけずれる程度に風化変質し、石礫の形態だけ残しているもの。いわゆる「くさり礫」。

3.5.3 石礫の大きさによる区分

石礫の大きさの区分基準は、土壤学で用いられるものと地質学で用いられるものとは異なっているので、目的に応じて使い分けなければならない（次表）。調査報告書などには、どの区分基準によるものか明記しておく必要がある。

石礫の大きさによる区分

土壤学的区分		地質学的区分 (WENTWORTH 1922)	
名 称	大きさ（長径）	名 称	大きさ（粒径）

巨岩	30cm以上	巨礫	256mm以上
巨礫	30~20cm		
大礫	20~10cm	大礫	256~64mm以上
中礫	10~5cm		
小礫	5~1cm	中礫	64~4mm
細礫	1~0.2cm	細礫	4~2mm

3.5.4 石礫の形状

石礫の形状は、円磨度によってつぎの4種類に区分する。

角礫：稜が鋭くとがっているもの。

亜角礫：稜が摩滅して丸味をおびているもの。

亜円礫：稜がほとんどなくなっているもの。

円礫：球形に近いもの。

3.5.5 石礫の含量

石礫の含量は、土壤断面の各層位について石礫の占める面積割合で、つぎのように区分する。

ありまたはなし：<5%

含む：5~10%

富む：10~20%

すこぶる富む：20~50%

礫土：>50%

面積割合の判定には、標準土色帖についている面積割合推定用のチャート（新版標準土色帖図1）を利用するのが便利である。

石礫についての記載は、岩質、風化程度、大きさ、形状、含量の順に、例えば、花崗岩質風化中亜角礫富む、あるいは、はんれい岩質腐朽大円礫および風化中亜円礫すこぶる富むなどのように記載する。

3.6 斑紋・結核

土壤中である成分がある部位に濃縮し、または除去されて、土色が周りの基質から区別されるものを斑紋という。またある成分が濃縮かつ硬化したものを結核という。これらは土壤生成環境の指示者として重要である。

斑紋・結核は土壤中で新たに生成したものであり、いろいろな風化段階の礫や土器の

破片、炭化木片などは周りの土や色や硬さが違ってても、斑紋・結核とはいわない。際
の記載は前項(3.5)に従い、人工遺物や炭化木片などは注記する。

3.6.1 形態観察

鮮明度、色、形状、大きさ、硬さを除く各項目を、結核は鮮明度を除く各項目を観
察、記載する。

①鮮明度：基質の色とのコントラストでどのくらい際立っているかによって、次の三
段階に分ける。

不鮮明：色相、彩度、明度ともに基質のそれに近く、注意して観察すること
により見分けられる。

鮮明：色相で1~2段階、明度・彩度で数段階基質から離れている。

非常に鮮明：色相、彩度、明度とも基質から数段階隔って非常に目につく。

②量：断面割合でつぎの4段階に分ける。

あり：断面積の 2~5%

含む： // 5~10%

富む： // 10~20%

すこぶる富む： // 20%以上

断面割合は標準土色帖についている面積割合の図を参照して判定し、「富む
(15%)」のようにパーセントも付記するのが望ましい。

③色：標準土色帖により判定する。

④形状：日本では水田土壌調査の豊富な経験から鉄・マンガンの酸化沈積物に由来す
る斑紋の観察は諸外国に比べて詳しく、形状も糸根状、管状、膜状、点状、雲状のよ
うに分けて記載される。

糸根状：イネの根の跡などに沿った条線状のもの。

管状：根の孔に沿ってできる点は糸根状と同じであるが、肉厚のパイプ状のもの。

外縁部の輪郭が不鮮明なものをとくにうん(晕)管状とよぶことがある。

膜状：割れ目または構造体表面を被覆する薄膜状のもの。

点状：基質中に斑点状に析出。ほとんどが黒色のマンガン斑。

雲状：基質中にみられる輪郭不鮮明な不定形斑状のもの。ほとんどがオレンジ色の
斑鉄。

そのほかは慣用される呼び方はないので適宜形状を記載する。

⑤大きさ：点状斑や結核の場合、直径(または長径、短径)を記載する。糸根状、
管状斑は内径を記載する。

⑥硬さ：結核のうち人差指と親指の爪先でつぶれるものを「軟結核」と呼んで区別す
る。

3.6.2 斑状の種類

1) 色模様

孔隙や構造間隙を水が満たして、その付近の鉄やマンガンが還元溶脱されると、孔
隙・構造間隙に沿った部分が灰色になる。これを灰色の斑紋(灰色斑)という。灰色

の部分が拡がっていくと、地色だった褐色の部分が所々に斑状に残る。こんどは褐色の方が斑紋とみなされる。

ただどちらが基質あるいは斑紋といえない場合もある。その例として、赤黄色土の網状斑とかトラ斑と呼ばれる、赤-黄または赤-白のモザイクがある。このような場合は二つ（時には三つあるいはそれ以上）の色を土色の欄に列記し、おのおのの割合とそれがどんな模様をしているかを記載する。

2) 塩類

世界の半乾燥～乾燥気候下では、土壤中に炭酸カルシウムおよび硫酸カルシウムの二次析出物が多い。硫酸カルシウムは土層中に均一に析出することが多いが、炭酸カルシウムは局在化して析出し、いろいろの形の白色の斑紋をつくる。たとえば基質中に眼玉大の球状析出物として、また孔隙に沿って糸根状に、構造表面に皮膜状に析出する。量が少ない時は、構造面を覆いつくさず枝分かれしたすじ状（擬菌糸状またはフィラメント状）に析出することがある。炭酸カルシウムは塩酸を加えると発泡する。

3.6.3 結核の種類

特定の物質の濃縮が進み、ある場合にはそれに乾燥履歴が加わると、斑紋は硬化することがある。これを結核という。

わが国にほとんどみられないものとして、湿潤熱帯の土壤に多く産する鉄質の結核がある。鉄石、ピソライト、散弾状結核などと呼ばれる。また、乾燥～半乾燥気候下では炭酸カルシウムの結核が多いレス小僧、眼玉などと俗称される硬化物がそれである。

以上を総合して、斑紋・結核の記載はたとえば次のようになる。

鮮明な糸根状斑鉄（5YR4/4）富む（15%）

非常に鮮明な点状マンガン軟結核（10 YR1.7/1）あり（2%）

3.7 堆積腐植層

一般に森林や草原の土壤の表面は、落葉や落枝あるいは草本遺体、ならびにそれらの分解生成物などからなる層状堆積物によって覆われている。それらは通常堆積腐植層と呼ばれ、その厚さ（一般に土壤表面から上に向かって測る）、色調、形態、水湿状態、菌根、菌糸束および根のはり具合などについて調査が行われる。

森林土壤調査では、それらの堆積腐植層は分解の程度を反映した形態的な相違に基づいて、次のように区分されている。

L層（O 1層）：最表層に位置し、殆んど未分解の落葉・落枝などからなる層

F層（O 2層）：土壤動物や微生物による分解作用により植物遺体の原形は失われているが、肉眼で元の組織が認められる程度に分解したのからなる層

H層（O 3層）：さらに分解が進み、肉眼では基の組織が認められない位にまで分解した有機物層

一般に日本の森林土壌において、温度や水分環境が好適であり、土壌動物や微生物による有機物の分解作用が活発なところでは、F層やH層があまり発達せず、落葉・落枝が粗に堆積した貧弱なL層と、浸透した腐植と無機物がよく混合して暗褐色になった厚いA層が発達する。このような有機物の集積の形態をもつものは、ムル (Mull) と呼ばれる。このような土壌では一般に理化学性が良好で、生産力も高いのが普通である。

しかし、地形的に乾燥し易いところや寒冷多湿なところでは、土壌動物や微生物による植物遺体の分解作用が活発でないため、L層とともにF層やH層も形成されることがある。このような形態の堆積腐植層はモル (Mor) と呼ばれる。そして乾燥し易い所のモルでは、褐色味の強いF層や黒色粉状のH層が発達するが、寒冷多湿な所のモルでは、黒色～黒褐色の脂肪状ないし糊状のH層が発達する傾向がある。いずれにしてもこのような土壌は強酸性で可給態養分に乏しく、またポドゾル化を受けている場合が多いので、生産力は低いのが普通である。

ムルとモルの中間的な形態を示す堆積腐植層はモダー (Moder) と呼ばれる。その酸性の度合いや可給態養分量は両者の中間であり、土壌の生産力も両者の中間を示す。

また、草原下の土壌では、主として根の枯死に由来する腐植によってできた暗褐色の厚いA層が発達するが、これは森林下のムルと区別してスウォード (Sward) (WILDE, 1958) と呼ばれることもある。

3.8 腐植含量 (土壌有機物含有量)

腐植とは、動植物遺体が土壌中で生物的作用によって分解されたのち、この分解生成物が重縮合して形成された暗色を呈する比較的安定な高分子化合物をいう。ただその厳密な分離はむずかしいので、操作上は、未分解の粗大な根や落葉枝の破片などを除いた土壌有機物全体を指すのがふつうである。

腐植含量は、土壌生成環境の指標であるばかりでなく、土壌の物理的、化学的、生物学的諸性質、ならびに土壌の肥沃性を大きく支配する要因として、土壌分類や生産力分級の基準に用いられ、野外における含量の判定、室内における定量が必須項目になっている。腐植含量の正確な測定は室内の分析によらなくてはならないが、野外では肉眼観察によっておおよその含量を判定する。野外判定は、腐植が黒味を呈することから、土色帖で判定した土の色を拠りどころにして「なし」、「あり」、「含む」、「富む」、「すこぶる富む」、「腐植土」の6段階に大別けする。前表に5区分の腐植含量と土色の目安を示す。

腐植含量区分と判定のめやす

区分	腐植含量	土色 (明度)
なし	1% 以下	明色 (7~8)
あり	1~2% 以下	やや明色 (5~6)
含む	2~5%	やや暗色 (4~5)
富む	5~10%	黒色 (2~3)

すこぶる富む	10~20%	いちじるしく黒色 (1~2)
腐植土	20%以上	軽しろうで真黒色 (2以下)

なお、火山灰土壌では、腐植含量の多少がとくに重視されるので、野外調査と室内分析の結果から次表のようなより細かな判定法が出されている。

火山灰土壌の腐植含量と土色

腐植含量	明度	彩度	土色	色相
12%以上	2以下	1	黒	
10%前後	2	2	黒~黒褐	7.5YR
8%前後	3	2~3	黒褐~暗褐	
5%前後	3	3~4	暗褐	10YR
3%前後	4	3~4	褐	
2%前後	4以上	5~6以上	褐	

野外で土色から腐植含量を判定する場合は、湿土の色による。土色は水分状態が変わり、風乾状態に近づくと急激に明るくなる。したがって露頭などで観察する場合は、乾いた露出面を削り、その内部の土色を観察する。また、乾燥する季節をもつ地域などの調査では、必要ならば湿らせて湿土の色に基づいて判定する。

腐植が土を暗色にする効果は、その重縮合の程度（腐植化度）、炭水化物・たんぱく質・脂肪などの暗色に寄与しない有機質（非腐植物質）の割合などで変わるので、先に表示したのはあくまで目安である。

以下に土色によって腐植含量を判定する際、留意すべき主要な点をあげる。

(1) 土色に差がない場合でも、腐植含量は一般に表層土で高く下層土で低い。したがって表から判定が2区分にまたがるときは、表層土は高い方の区分に、下層土は低い方の区分に判定する方が無難である。

(2) 黒ボクの混入した沖積低地の土壌は、黒味があっても割に腐植含量が高くないことが多い。そのほか腐植による着色効果は土壌の粒度で異なり、表面積の小さい砂質の土壌では、同一腐植含量でもより暗色に傾きやすい。このような土壌では、土色から判定される腐植区分より低目に見積った方がよい。

(3) 森林、とくに天然林の土壌は、腐植含量の高さほどには土色は黒くないのがふつうである。この場合は、表より判定される腐植含量区分より高目に見積った方が無難である。

(4) 未風化の火山砂、砂丘砂、河床の砂礫そのものが呈する色の場合は、当然腐植含量を推定する拠りどころにはできない。

3.9 土壤構造

一般に土層内では、砂や粘土などの土壤構成粒子がそれぞればらばらにつまっているのではなく、乾燥や湿潤による収縮や膨潤のくり返しや、植物の根および土壤動物などの作用によって、いろいろな大きさや形状をした集合体いわゆるパッドを形成していることが多い。これらは土壤構造と呼ばれ、土壤の生成環境をよく反映し、また生産力とも密接な関連があるため、土壤調査の際の重要な調査項目の一つとなっている。

土壤構造を調べるには、土層からやや大きめの土塊をとり出し、両手でそれを壊していきながら、生じた土塊をよく観察する。そしてそれらの中に、大きさや形および内部構造などの特徴が類似したグループが存在するならば、それらが土壤構造である。

土層からとり出した土塊を壊すのにかなり強い力を要し、かつ生じた土塊が不規則な大きさおよび形をしているものは、一般に土壤構造とはみなされない。

土壤構造は、一般に大きさ、形状、および内部の緻密度の相違などに基づいて、次のように区分される。

土壤構造（その1）

団粒状 (軟粒状, 屑粒状) (crumb)	膨軟で多孔質な数mm程度の小粒の構造で、指間で容易につぶれほとんど指に抵抗を感じないもの。 湿潤な土壤に発達する。
粒状 (granular)	比較的小型(2~5mm程度)の丸みのある堅くて緻密なもの。指間でつぶすとかなり抵抗を感じる。 乾き易い土壤に発達する。
塊状(堅果状) (angular blocky or nutty)	稜角およびつやのある面が比較的はっきりし、一般に大きさは1cm以上で内部は緻密。 乾湿がくり返される粘質な土壤によく発達する。
亜角塊状 (subangular blocky)	比較的丸みがあり、表面のつやは弱く、内部もそれほど緻密ではない比較的大型の構造(一般に2~5cm)。 乾湿に偏しない土壤の主として下層土に出現する。
板状 (platy)	水平二軸方向に発達した構造で、ほぼ水平に配列し、水平面が比較的明瞭なもの。 一般に溶脱を受けた土壤の表層部に発達する。
柱状 (columnar or	垂直軸の発達が水平方向の二軸より良好で、垂直に配列する。垂直面は明瞭で、稜角はかどばっている。柱

prismatic) 頭がまるい円柱状 (columnar)と、柱頭がまるくない角柱状 (prismatic)とがある。一般に乾燥と湿潤がくり返されるような所の、粘土含量の高い土壌の下層土に発達する。

また、以上のような土壌構造が発達していない土壌は、無構造とみなされる。これには次のように二つのバラエティが存在する。

土壌構造 (その2)

単粒状 (single grain) 砂丘の砂のように各粒子がばらばらで、互いにくっつき合っていないもの。

壁状 (massive) 土層全体が緊密に凝集し、一定の構造を認めることができないもの。常時湿潤な土壌の下層土に多く、通気透水性が一般に不良である。

またそれらの土壌構造は、土層内においては一般にいろいろな発達段階にあるのが普通である。そこでそれらの土壌構造の種類と共に、その発達の程度についても調査を行い、次のような三段階の基準に従って区分し記載する。

土壌構造の発達程度

強度 土層内できわめて明瞭に認められ、断面から取り出すと大部分は完全ベッドになり、非集合体はほとんど認められない。

中度 土層内ではあまりはっきりしないが、断面からとり出すと、かなり安定で明瞭なベッドと若干の壊れたベッドになり、非集合体はほとんど認められない。

弱度 辛うじて識別しうる程度の発達微弱なベッドが認められ、断面からとり出して砕くと、ベッドの大半は壊れ非集合体もかなりある。

また土壌構造には同一の層位内にいくつかのものが混じり合っていたり、またある構造が集合して二次的に他の構造を形成していたりすることもある。前者のような場合には、主たる構造と副次的な構造を、後者のような場合には、一時的な構造と二次的な構造とを、それぞれはっきり区別して記載する。

3.10 孔隙性

孔隙性 (porosity) は、土壌体内部にある空間の総称で、孔隙と亀裂に大別される。

孔隙 (pore) は、構造形成単位である集合体 (ベッド) の内部、あるいは無構造の場合には全土塊の内部に存在する空間であり、亀裂 (fissure) は集合体 (ベッド) 相互間に生じた空間である。

孔隙性は、土壌の通気性、透水性、根の伸長などと密接な関係をもつ重要な性質なので、野外調査では一般に土塊を割った面における肉眼で識別しうる範囲の孔隙や亀裂について、大きさ、量、形状、連続性、伸長方向などを調べる。孔隙が植物根の穴とか土壌動物の巣穴、あるいはガスの発生によるものであるとかが明らかかな場合には、そのむね記載しておく、その土壌の成因を考えると役に立つ。

3.10.1 大きさ

孔隙性の大きさによる区分

区分	孔隙 (短径) *	区分	亀裂 (幅) **
細	0.1~0.5mm	狭小	< 1mm
小	0.5~2mm	中幅	1~3mm
中	2~5mm	幅広	3~5mm
粗	> 5mm	極幅広	5~10mm

* Soil Taxonomy (1975) ** G.R. Clarke

3.10.2 量

孔隙量の区分

区分	10cm平方当り	2.5cm平方当り
あり	1~50個	1~3個
含む	51~200	4~14
富む	> 200	> 14

3.10.3 形状

小泡状：ほぼ球形または円形。

割れ目状：形は不規則。

管状 単管状：分岐していない。

樹管状：分岐している。

開放状：少なくとも一方は開いている。

閉鎖状：両端が閉鎖されている。

3.10.4 連続性

連続：個々の孔隙が層位内でつながっている。

不連続：個々の孔隙は層位内で局部的である。

3.10.5 方向性

とくに管状孔隙や亀裂の場合には、その伸長方向によって、垂直、水平、斜、方向性なしに区分する。またベッド内かベッド間も記す。

大きさ、形状、層のみに注目し「小管状孔隙富む」のように記載すればよい。とくに孔隙の性質を重視する場合には、例えば、「不連続で垂直性のベッド内閉鎖単管状細孔隙に富む」のように記載する。

3.11 キュータン(CUTAN)

キュータンは、ベッド(構造単位)の表面、亀裂や孔隙内にみられる被膜や光沢のある圧迫面などを意味する用語である。野外でキュータンを調べる際には、自然構造単位を割った横断面を10倍程度の倍率のルーペで観察する。

3.11.1 種類

一般につきのような4種類のキュータンが認められる。

- 1) 粘土キュータン(粘土被膜)：構造単位表面や亀裂・孔隙などの壁面に粘土が沈積してできた被膜で、構造単位表面は平滑で光沢があり、横断面で構造単位内部との境界が急変している。粘土キュータンの存在は、粘土の機械的移動(レシバージュ)の産物と考えられる。
- 2) 有機物キュータン：有機物の沈積した被膜で暗色を呈し、粘土キュータンや次に述べるストレスキュータンが示す、平滑で光沢のある外観を示さない。
- 3) 酸化物キュータン：鉄やマンガンなどの酸化物が沈積した被膜である。構造単位内部の色と異なっており、酸化鉄の多いキュータンは赤く、マンガンが主成分となっているものは黒い。水田土壌にみられる膜状斑や糸根状斑も一種の酸化物キュータンであるが、それらは斑鉄の項に記載する。
- 4) ストレスキュータン：乾いていた土壌が湿る時に、構造単位が互いに押し合っできる圧迫面で、平滑で光沢があるが、横断面で被覆物の厚さは認められない。ストレスキュータンでは、構造面をルーペで見たときに砂がみえる(砂がある場合)。スリックンサイドは、膨潤性粘土鉱物に富む土壌が乾燥と湿潤の季節的交代によって、膨張と収縮を反復する結果生じたストレスキュータンの一種で、平行なしまと細長くほみを持つ滑らかな面のことである。スリックンサイドの存在はヴァーティソルの特徴である。

3.11.2 形状

斑点状：構造面ないし孔隙に沿って小斑点状に散在する。

断片状：大部分のベッド面，孔隙面を被覆する。

連続：面を完全に被覆する。

3.11.3 厚さ

薄：被膜を通して，内部の細砂粒子がみえる。砂質土壤の場合には，砂粒間の粘土橋は弱い。顕微鏡で識別し得る程度の厚さ。

やや厚い：被膜を通してみえる細砂粒子の輪かく不明瞭。

厚：キュータンの表面は滑らかで，内部の細粒子は見えない。砂質土壤の場合には粘土橋は強い。

3.11.4 方向性

構造の方向性に注意しながら，キュータンの発達している方向を，水平，垂直，斜方向（角度）などを調べる。

記載は，「ベッド面の水平方向に斑点状のやや厚い粘土被膜」，「ベッド面の垂直方向に連続的な厚い有機物キュータン」などとする。

その土壤の分類基準としてキュータンがないことが必要条件である場合には，B層の記載に「キュータンなし」と記載しておく方がよい。

3.12 水分状況

3.12.1 乾 湿

現地において土壤がどんな水分状態にあるのかは，農林業的に重要であるばかりでなく，土壤生成学的にも重要な性質である。野外では，小土塊を手で握ったときの感触で次のように区分する。

乾：土塊を強く握っても手のひらに全然湿り気が残らないもの。

半湿：土塊を強く握ると手のひらに湿り気が残るもの。

湿：土塊を強く握ると手のひらがぬれるが，水滴は落ちない。親指と人差指の間で強く押すと水がにじみ出る。

多湿：土塊を手のひらで強く握ると水滴が落ちる。

過湿：土塊を手のひらにのせると自然に水滴が落ちるもの。

野外で判定した土壤の乾湿状態は，調査当日までの天候や季節によって左右されることが多いので，調査前の天候状態なども合わせて記載しておいた方がよい。また，土色や構造ならびにA₀層の状態など他の形態的特徴を加味して，年間を通じた乾湿状態の傾向を判定することも大切なことである。

3.12.2 湧水面

湧水面は，湧水の上昇がほぼ停止した位置までの深さを測り，相当する深さのところに記号「 $\sqrt{\text{68cm}}$ 」のように記す。数字は湧水面までの深さを表わす。一般に湧水があるときには，できるだけ速やかに断面の下部から調査，サンプリングを行い，調査終了時に湧水面の深さを測定する。湧水が一時的に停滞水位であるか，安定した地下水位であるか，または伏流水であるかの判定は困難であるが，聞き取り調査や資料など

で確かめられる場合にはそれを記載しておく。通常、斑紋の形成されている灰色の層の上端が地下水の毛管帯の上限であり、グライ層は、常時水で飽和されている層とみなされる。

3.12.3 排水状態の区分

水田以外の畑や林地の土壌では、次のように排水の良否が区分される。水田の場合には一般に減水深（1日当りの田面水の低下する深さをmm単位で表わしたもの）が用いられる。

排水阻害（impede drainage）：土壌自身の透過性不良または不透過性の基岩、盤層あるいは高い地下水面の存在によって水の垂直方向への浸透が阻害され、平坦地や凹地では水溜りを形成し、傾斜地では水の横流れを生じる。

排水きわめて不良（very poor drainage）：常時ではないが、かなりの長期間にわたって土壌は多湿であり、A層下部あるいはA層直下の層に、しばしば鉄やマンガンの斑紋がみられる。

排水不良（poor drainage）：水の移動はやや緩慢で、土壌は短期間であるが多湿になり、B層下部、C層に鉄やマンガンの斑紋が現われる。

排水良好（perfect or free drainage）：土壌から速くはないが容易に水が移動する一方、毛管孔隙には正常な植物生育にとって十分な水が保持される。断面内の水分含量はかなり均質で、鉄やマンガンの斑紋やグライ層はほとんど全く認められず、鉄化合物は完全に酸化状態にある。

排水良好（excessive drainage）：粗孔隙に富むため土壌からの水の移動が急速で、保水性が小さく干ばつを生じやすい。断面内に斑紋はない。リソソル、レゴソル、ランカーなどに多い。

3.13 コンシステンス

土壌の物理的な状態は、その含水量によって著しく変化する。コンシステンスとは、土壌成分の変化に応じた土壌の物理的な状態の変化をいっている。言いかえると、土壌の硬軟、粗密、可塑性、粘着性、砕易性などを意味している。

コンシステンスの判定は、一般に可塑性、粘着性、緊密度（堅さ、ち密度）を、また盤層の場合には、その粉碎の難易などを調べる。また、野外での試坑の際、スコップに伝わってくる土壌の硬軟、付着性、重さ、土塊を放り出したときの土壌の崩れ方などの感じや観察も記載しておくといよい。

野外で土壌が乾燥している場合は、携帯していた水を用いて濡らし、湿潤状態でコンシステンスを測定することが必要である。

3.13.1 可塑性

可塑性とは、力を加えていくと変形し、力を除いたときその変形を保持する能力を表わす。野外での判定は、土壌を親指と人差指の間でこねまわし、線状や細い棒状の形にできるかどうかによっている。

可塑性の強弱の区分は、土壤に十分な湿りを与え、親指と人差指との間でこねている間に水分が蒸発し、土が指に付着しないようになったときに棒状にこねのぼし、その状態を次の基準によって区分する。

可塑性の区分基準（農林省，1961）

区 分	基 準
な し	全然棒状に延ばせないもの
弱	辛うじて棒状になるが、すぐ切れてしまうもの。
中	直径2mm内外の棒状に延ばせて、こね直すのに力を要しないもの
強	直径1mm内外の棒状に延ばせて、こね直すのにやや力を要するもの。
極 強	長さ1cm以上の極めて細い糸状に延ばせて、こね直すのにかなりの力を要するもの。

3.13.2 粘着性

粘着性とは、土壤を親指と人差指の間で圧して引きはなすときの付着する性質をいっている。粘着性が最大になるまで水分を与え、親指と人差指との間の粘着性の強弱によって次のように区分する。

粘着性の区分基準（Soil Survery Staff, 1951）

区 分	基 準
な し	土壤がほとんど指に付着しない。
弱	土壤が一方の指に付着するが、他の指には付着しない。指をはなすとのびない。
中	両指頭に付着する。指をはなすと、多少伸びる傾向をもつ。
強	指頭に強く付着する。指をはなすと伸びてくる。

3.13.3 緊密度

緊密度は土層の堅さやち密度と呼ばれることがある。これを調べるにはいろいろな方法がある。

1) 硬度計(山中式硬度計) — 平滑に整えた土壌断面に対し、直角の方向に水平に保ちつつ押しこみ、その貫入の深さを数値mmで読む。同一の層位で場所をかえ数回測定し、最大頻度の数値mmを代表値として記載する。

硬度計による計測値mmと親指の貫入程度を次に示す。

硬度計の計測値と親指の貫入程度(竹迫による)

区分の基準	親指の貫入程度。
極 疎 計測値10mm以下	: ほとんど抵抗なく指が貫入する。
疎 // 11~18mm	11~15mm: やや抵抗はあるが貫入する。 15~18mm: 第1関節以上はかなりの抵抗があるが貫入する。
中 // 19~24mm	20mm以下: 第1関節まで貫入する。 20~24mm: かなりの抵抗があり、貫入せずはへこむ程度。
密 // 25~28mm	指あととはつくが貫入しない。
極密 // 29mm以上	指あともつかない。

2) 指による場合土壌断面(かべ面)を指で押して、面のへこみかたから緊密度を判定し、次のように区分する。

緊密度の区分(森林土壌研究会,1982)

区 分	基 準
すこぶるしょう	土粒が単独で分離して、ほとんど結合がないもの。

しょう	すきまが多く土粒の結合の弱いもので、土塊は力を加えると容易に崩れ、指が土層内にたやすく深くはいるもの。
軟	土粒は比較的密に結合しているが、指で押すとはつきりした深い指のあとが容易にできるもの。
堅	土粒が密に結合していて、断面を指で強く押しても、指のあとがわずかしか残らないもの。
すこぶる堅	土粒が非常に密に結合していて、断面を指で強く押しても指のあとが残らないもの。
固 結	土粒が極めて密に結合していてやっと移植コテを入れうるもの。

堅密度は土壌内の通気性や透水性のよし悪しと関連が深く、土壌内の植物根の分布や発達難易とも関係が深い。たとえば、水田土壌（湿土）の場合の硬度計の読みによる評価区分、すなわち硬度計の読みmmと植物根の土層への侵入の難易は、次のようになっている。

(土 性)	(根の侵入困難)
強粘～粘質	>20mm
壤 質	>15mm
砂 質	>10mm

根の侵入の困難さを示す読みmmは、土性によって異なっている。

3.13.4 乾・湿状態の堅さおよび碎易性

1) 乾燥状態の場合：乾燥状態では、剛性、脆弱性、圧力への最大抵抗性、そして粒状または稜角を示す破片へこわれるなどの傾向がみられる。また、破碎された土壌の再凝集性に欠ける特徴をしめしている。土塊を親指と人差指との間でくずし判定し区分する。その区分と基準は次のとおりである。

乾燥状態の堅さおよび碎易性の区分 (Soil Survey Staff, 1951)

区分	基 準
粗しょう	凝集性を示さない。

軟	土塊は極めて弱い粘着性ともろさを持つ、極めて弱い力で粉状や単粒状に壊れる。
わずかに固い	力に対してわずかな抵抗があるが、指間で簡単に壊れる。
固い	力に対して中位の抵抗がある。両手では簡単に壊せるが、指頭ではやっと壊せる状態である。
頗る固い	力に対して極めて抵抗がある。両手でも壊すことが困難な状態で、指頭で壊せない。
極端に固い	極端な抵抗があり、両手でも壊せない。

2) 湿状態の場合：野外での記載の正確さは、水分含有量の判定の正確さに規制される。野外ではわずかに湿っている土塊を手で壊して判定する。

湿状態の堅さおよび碎易性の区分 (Soil Survey Staff, 1951)

区 分	基 準
粗しょう	凝集性を示さない
極碎易	土塊はわずかな力で壊れるが、それを再びくっつけられる
碎易	土塊は指間で、多少の力で壊れるが、再びくっつけられる
堅硬	土塊は指間で、多少の力で壊れるが、明かな抵抗を感じる
頗る堅硬	土塊を壊すのに強い力を要し、指間でやっと壊すことができる
極端に堅硬	指間では壊すことができず、小片ずつ剝離できる程度

3.14 菌糸束および菌糸層

土壤中に生息する微生物には、細菌、放線菌、らん藻、変形菌、糸状菌、きのこおよび地衣類などがあり、それらは地表面に還元された落葉・落枝などの有機物を植物

に利用可能な無機質に変換する。いわゆる分解者として非常に重要な働きを果している。

しかし、それらの微生物は非常に微細であり、肉眼で形をとらえることができないこと、および微生物的性質についての表示法が確立されていないことなどから、一般の土壌調査においてはほとんど調査項目としてとりあげられるにいたっていない。わずかに外生菌根菌であるきのこ類が根と共生して形成する菌根やそれらが枯死して大きな塊や層となった菌糸層は、土壌断面内でも比較的容易に識別できるので、それらについて色、形状および分布状態などが一般に調査されるに過ぎない。

菌糸は根の細胞と直接につながる一方、土壌や有機物の中にも広がり、わずかな水分や養分を吸収することができるため、菌根の発達した植物は乾燥にたえ、養分の欠乏した状態にも適応して生きてゆくことが可能となるなど、外生菌根の発達は植物の栄養生理学上、重要であるといわれている。また、菌糸層は非常に水をはじく性質が強く、ひとたびこれが土壌中に形成されると、土壌はますます乾性化するので、菌糸層の発達の程度は、土壌の乾性化の程度を判定するための重要な指標の一つと考えられている。

n-5

