

熱研資料 No.65

アマゾニアの農業開発

寺 田 慎 一

昭和 59 年 10 月

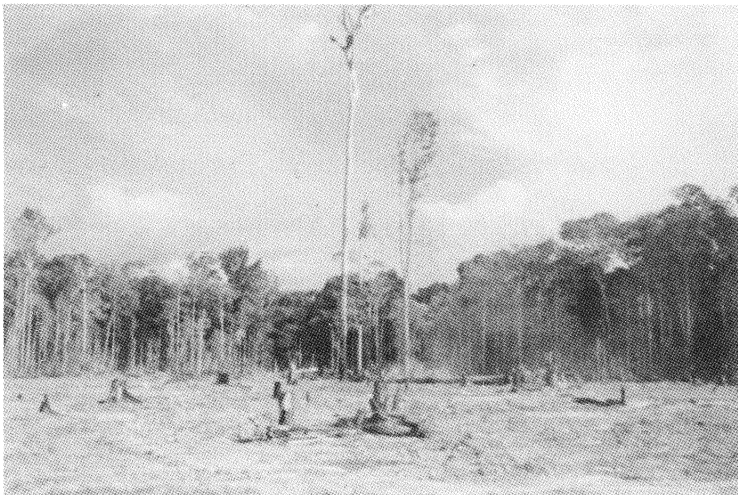


農 林 水 産 省
熱 帯 農 業 研 究 セ ン タ ー

所 長
中 川 昭一郎

編 集 委 員 長
林 健 一

編 集 委 員
昆 野 昭 晨
高 橋 達 兄
三 宅 正 紀
和 田 源 七
岩 文 男



← やま焼き後の整地作業

開畑初期の
トウモロコシ畑



この道路は
アマゾン横断
道路である



← 放牧中の牧草地

アマゾン横断道路沿線 Altomira 地域の農牧風景

目 次

はじめに

I. アマゾニアの自然	6
I-1. ベレンにおける気候と土壌	6
I-2. 高温湿潤気候に適應する作物と家畜	9
I-3. アマゾナス水系	10
I-4. 植 生	12
1. テーラ・ファイルメ赤道広葉林	12
2. ヤシ林	19
3. 浸水原野	21
II. 民族による農業開発の進め方	22
1. 先住民インディオの進め方	22
2. ポルトガル人の進め方	23
3. 欧州、日本等の移住者の進め方	24
III. 有機物の還元と畑地面被覆による地力増進試験	26
III-1. 敷草による地力増進に関する試験	26
III-2. 施用方法を異にした有機物と地力との関係試験	31
III-3. 有機物による地力増進に関する試験	36
1. 有機物施用量とカウピーの生育との関係試験	36
2. 有機物量の異なる土壌における化学肥料の濃度障害に関する試験	37
3. 茎葉有機物と化学肥料の作物生育におよぼす影響試験	38
III-4. 結 び	40
IV. 牧草地と自然草地の地力比較試験	41
1. 既設の牧草地と自然草地の地力比較試験	41
2. 新たに造成した自然草地とイネ科牧草地およびマメ科牧草地との地力比較試験	45
3. イネ科牧草栽培年数と地力増進との関係試験	48
4. 結 び	50
V. 作付方式改善による地力増進調査	50
VI. コシウの敷草栽培に関する試験	55
1. アマゾニアにおける栽培概要	55
2. 根系調査	57
3. 地温とコシウの生育との関係試験	65

4. コシヨウに対する敷草量に関する試験	68
5. コシヨウ植物と敷草作物の間作方式に関する試験	73
6. コシヨウ植物の敷草栽培の調査	76
7. コシヨウ敷草栽培に関する試験結果の要約	78
Ⅶ. 地力増進並にコシヨウ敷草栽培に関する試験結果の要約	78
Ⅷ. アマゾンニア農業開発計画の実施状況	79

アマゾニアの農業開発

寺 田 慎 一

はじめに

筆者は1965年から'78年までの10年余の間に3回にわたって正味6カ年余、作物専門家として国際協力事業団からブラジル国の北部地方にある農牧調査研究所、IPEAN (Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuario do Norte, 現在の EMBRAPA-CPATU の前身であってアマゾナス河口に近いベレン— Belém 市に在る、)に派遣され農牧開発の試験研究に協力した。1964年には軍事革命がおこりカステイロ・ブランコ軍事革命政権が誕生し、前政権の放漫財政と破局的なインフレーションを抑圧する経済政策を実行に移した。また新たに'66年にはアマゾン開発庁 (SUDAN) が設立されアマゾニアの農牧を中心に開発が推進されるようになった。このような事情からみて私の技術協力はこのアマゾニア開発計画推進に役立てるためのものである事が理解される。

ブラジルは連邦共和国であり、軍事政権といっても大統領は高等軍事大学の卒業生であり軍籍にあることが目立つだけで閣僚は大学教授、公団の理事長、民間からも採用されている。高等軍事大学 (Escola superior de Guerra) は1948年に設置され単に軍事学だけでなく人文学、社会経済学、自然科学等の分野についても教育している。歴代の軍政権は清く正しく文教、産業経済政策に熱心にとり組んでおり、国民の支持信頼は極めて厚い。

ブラジル国土は廣く世界5大国の5位にあり、851万km²、南米大陸の約半ばを占め日本の約23倍に相当する。しかも熱帯亜熱帯に位置し耐え難い暑さではなく気候的には恵まれている。峻しい山岳地帯は少く将来開発され得る未耕地は甚だ廣い。

ブラジルは人種の見本園であり、混血の国であるとよく聞かされる。16世紀初のポルトガル人 A. カブラルが大西洋岸の現在のバイヤ地方に到着した時は既に先住民インディオがいた。ここに両者の混血が急激に進んだ。その後間もなく開拓が進められアフリカ西海岸から多数の黒人が導入され甘蔗栽培、砂糖製造並にその後カフェ栽培に従事した。ここにおいても両者の混血が行われた。19世紀中葉になると黒人にかわって欧州、中近東、日本等から数多くの民族が農業労働者として移住した。このように多数の民族、多数の混血が仲よく居住しブラジル人としてかたく団結しているのは各人が善良な市民であり豊かな生活を築こうとする信念に統合されているからであろう。南米では最も安定した国家であると思われる。

アマゾニアはアナゾナス河の流域で熱帯降雨林に覆われている地域であり、アマゾン開発庁管下において行政区分からすると北部地方を主体としこれに中西部地方と東北部地方の夫々の北寄り地域が加えられている。

ブラジルは図1のように行政上5地方に区分されているがアマゾン地方を代表する北部地方は面積においては最も広く全国の42%を占めておるが人口密度は最も少く1.1人/㎢であり、1人当り国民総生産は東北部地方に次いで少い。サンパウロ州やリオ・デ・ジャネイロ州を含む東南部地方の1人当り国民総生産が597ドルに対しアマゾニアの北部地方は僅かに220ドルに過ぎない(表1)。

また農業開発の開始時期は東北部地方および東南部地方と同時であり早くから開拓されておるが4世紀を経過した今日においても特産と見られるコショウ、ジュート、マルバ(Malva, *Malva sylvestris*)、ゴム、水牛の外は見るべき生産は甚だ少い。また輸出作物の生産も少い。広い土地面積を持ちながら他の地域より開発の歩調はおそく各作物の生産は甚だ少い(表2、表3)。

《ブラジルの地域区分》

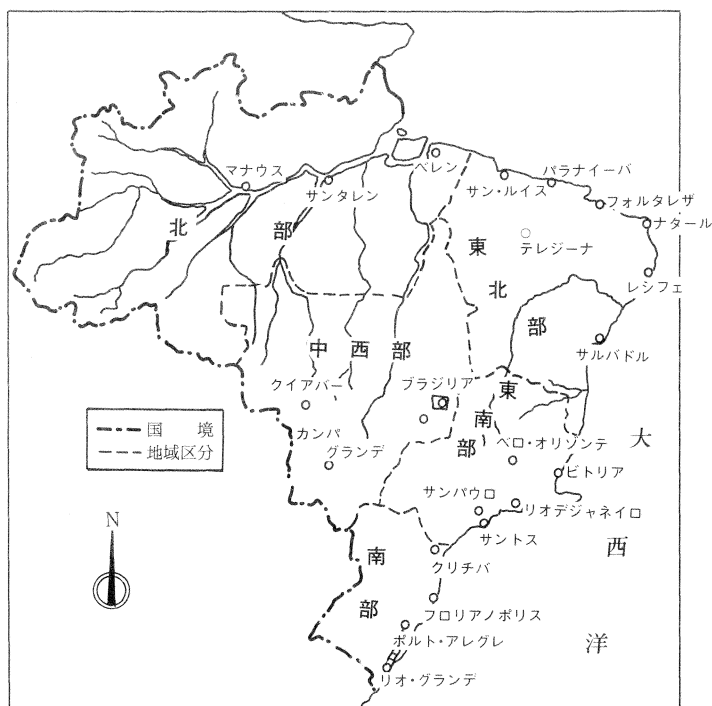


図1 ブラジル行政地域区分

表 1 地域別面積、人口、1人当り国民所得 *22*16*14

項目 地域区分	面 積 (%)		人 口 密度			1人当り国民総生産		主なる州
	1,000km ²	全国面積比	1974年 1,000人	%	km ² 当	1970年 米ドル	%	
北 部	3,581	42.1	4,100	3.9	1.11	220	54	アマゾナス、パラー
東 北 部	1,549	18.2	31,226	29.7	20.17	192	21	マラニオン、ペルナンブコ、 バイア
東 南 部	925	10.8	44,683	42.5	47.51	597	147	ミナスジェラエス、リオデ ジャネイロ、サンパウロ
南 部	578	6.8	18,925	18.0	31.44	397	98	パラナ、サンタカタリーナ
中 西 部	1,880	22.1	6,203	5.9	3.00	244	62	マツトグロッソ、ゴイアス
全 国	8,512	100.0	105,137	100.0	12.09	405	100	

表 2-1 北部地方における農産物の全国総生産との比較 (%) —1976*39

単位 1,000 t

種 類	北部地方生産	全国生産	北部の割合 %
落花生 (カラ付)	0	510	0.0
粳	269	9,758	2.8
じゃがいも	—	1,897	—
菜 豆	34	1,840	1.8
マンジヨカ	2,021	25,443	7.9
とうもろこし	122	17,751	0.7
大豆	—	11,227	—
小 麦	—	3,216	—
さつまいも	5	1,378	0.3
わ た	0	905	0.0
カカオ豆	2	232	1.1
コーヒー	4	752	0.5
甘 蔗	400	103,173	0.4
たばこ	2	299	0.8
ジュート	39	39	100.0
コシヨウ	28	30	93.4
ラミー	—	19	—
シーザル	—	166	—
マルバ	56	61	92.0
アボガード	20	559	3.5
パイナップル	6	346	1.9
バナナ	18	382	4.8
ラランジア (オレンジ)	136	35,841	0.4
タンジエリーナ	24	2,967	0.8
マンゴ	23	2,093	1.1
トマト	2	1,167	0.2
ココやし (Coco de Baia)	12	465	2.5
カジュ	50	6,208	0.8
ゴ ム (液体ラテックスを含む)	15	16	98.7
丸 太 (1,000m ³)	5,948	33,088	18.0
ま き ()	6,025	128,675	4.7

備 考 上記の外に次の種類があった。たまねぎ、そら豆、マモン、リンゴ、オリーブ、メロン、モモ、レモン、紅茶、抽出油、等。

表2-2 北部地方における家畜頭数とその全国比(1976) *39

単位 1,000

	北 部 地 方	ブラジル全国	比 率 %
牛 (頭)	2,248	107,349	2.1
水 牛 (〃)	144	329	43.8
馬 (〃)	141	5,157	2.9
ら ば (〃)	4	1,464	0.3
ろ ば (〃)	18	1,631	1.1
豚 (〃)	1,381	38,742	3.6
羊 (〃)	77	18,002	0.4
や ぎ (〃)	35	7,485	0.5
牛 乳 (ℓ)	53,472	8,256,942	0.6
鶏 (羽)	13,720	338,977	4.0
あ ひ る (〃)	553	4,367	12.2
七 面 鳥 (〃)	61	1,483	4.1
卵 (ダース)	28,571	920,504	3.1
は ち み つ (kg)	19	5,902	0.3
羊 毛 (〃)	—	30,591	—
ま ゆ (〃)	—	9,132	—

表3 1975~77年 主要農産物の輸出入 *39

品 目	輸 出 (1,000 t)			輸 入 (1,000 t)		
	1975	* 76	* 77	* 75	* 76	* 77
小 麦、小 麦 粉				2,083	3,752	2,900
米	3	76	373			
とうもろこし	1,148	1,372	1,356			
砂糖 (原糖)	1,731	1,167	2,070			
コ ー ヒ ー	804	849	494			
パ ナ ナ	147	92	98			
コ コ ア 豆	177	129	100			
牛肉・子牛肉	101	156	188	29	27	20
線 花	170	60	92			
た ば こ	98	101	86			

備考 1. * 暫定。

2. 上記輸出品目の外にサイザル麻、胡椒、植物油、豆粕、ワツクス(カルナウーパやし)、パラ栗、松製材、皮革類がある。

ブラジルが発見されて間も無く1533年にはアマゾニアの東部地方からブラジル東南部地方にかけて大地区統治制がとられ甘蔗栽培が開始されたがアマゾニアにおいては産地形成まで進展しなかった。1616年にはカトリック教徒がベレンに教会と砂糖製造工場を建設し、(IPEANの敷地内にある)インディオの宣撫教化につとめたが、甘蔗栽培は発展し得なかった。18世紀前期(1727年)にカフエがアマゾニアに導入されたが生産が思わしくないと見えて栽培はひろまることなく東南部地方に移動し、リオ・デ・ジャネイロ州において根をおろし次いでサンパウロ州に移動し

た。

19世紀中葉南北戦争前にドレイ制度存続を望んで北米南部の開拓者達はドレイや農具をたずさえてアマゾン中流サンタレン附近に移住し、甘蔗と棉の栽培を開始したが附近には市場が無く生産物は捌けず、その反対に日常生活必需品が余りにも高価であったことによって開発は成功しなかった。

19世紀後期にゴム景気が燃えあがったが、マレイシアの安い植栽ゴムに圧迫されて短斯間のうちに消え失せた。

以上のようにアマゾニアにおいては有望な作物が導入され栽培の機会は何度となく訪れたが経営面から見ると余りにも開畑に労役費がかかり収益が少く自国の他地域や国外との競争に立向うことが出来ず遂に産地形成は見られなかった。

短期作物を栽培するに当っては最初に原始林を伐採、焼拂って畑地を造成するが、アマゾニアの肥沃度の低い土壌はきびしい熱帯湿潤気候の影響を受けて作付けを重ねるにつれて生産は次第に低減し2～3作、或は2～3年栽培すると収穫は殆ど見積れなくなる。そして畑地は新に他の原始林に移る。原始林の開畑作業は重労働であり多額の労役費がかかる。この開畑が2～3年毎に繰返えされると営農は強く圧迫され開発意欲は停滞し勝ちとなる。北部地方において作物生産の少いのもまた開発のおくれているのも、この労力のかかる焼畑移動農法に起因していると思われる。アマゾニアの農業開発において労働力が余りかからず一度開いた畑地は永年にわたって作付けが経続され、豊かな収穫が続くような地力増進対策を編出することが最も重要な課題であると思われる。本報告はアマゾニアの自然を理解し、農業開発の経過を辿り、地力増進対策並に主要作物であるコショウ栽培に関する試験研究成績を取まとめたものである。

謝 辞

本報告は長年にわたり IPEAN —現在の EMBRAPA—CPATU (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária—Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Umido) において実施した試験研究成績である。IPEAN では場長をはじめ各科職員の懇切な協力を頂戴した。先づ前場長の J. Maria Conduru, Alfonso Wisniewski, Italo C. Falesi および現場長 Jose Furlan に心からの感謝をささげる。Milton Albuquerque には試験運営について、Fernand Albuquerque には植物病菌の同定に、Seção Botani と Seção Agrostragen の職員には野草や牧草の同定と其の特性について、Celio Francisco Melo, Emmanuel de Soueacus には土壌の理化学性の分析に夫々協力を煩わした。また筆者の勤務時期に等しく国際協力事業団から派遣された土壌および粘土鉱物の専門家、千葉守男、岩佐 安、北川靖夫、病理専門の馬淵信宏、果実加工の永田 巖の諸氏は夫々の専門分野において筆者の研究を支援してくれた。また国際協力事業団並にそのアマゾニア熱帯農業総合試験場の場長吉田貞吉、副場長栄田 剛ならびに線虫専門家として派遣された一戸 稔氏の助言援助を受けた。更に国際協力事業団の南米各地の支部並に大使館、総領事館の御世話を頂戴した、なお三井物産ベレン支部長平井英一氏は学術調査のため直営農場のコショウ

植物を提供された。

本報告が熱帯農業研究センターから出版になったのは元所長山田 登氏の配慮と所長中川昭一郎氏並に編集幹事の盡力によるものである。

以上の諸氏に対して深甚な感謝をささげるものである。

I. アマゾニアの自然

ブラジル国は北緯5°から南緯33°におよびその面積は851万km²、日本の約23倍に相当する。アマゾニアはブラジルの北部地方を中心とし行政区分にとらわれず凡そ熱帯降雨林に覆われている地域であって北部地方全域に中西部地方と東北部地方の夫々の北側の1部が加えられている。その面積は約505.7万km²、ブラジル全土の60%、日本の13倍余に相当する。国境は北にはギアナ (Guiana) ベネズエラ (Venezuela) に北西はコロンビア (Colômbia) に、西はペルー (Peru)、ボリビア (Bolivia) と相接し又南はブラジル高原を横切り東は大西洋に臨んでいる。緯度からみると北緯5°から南緯12°の間にあり大部分の地域の標高は余り高くない。

I-1. ベレンにおける気候と土壌

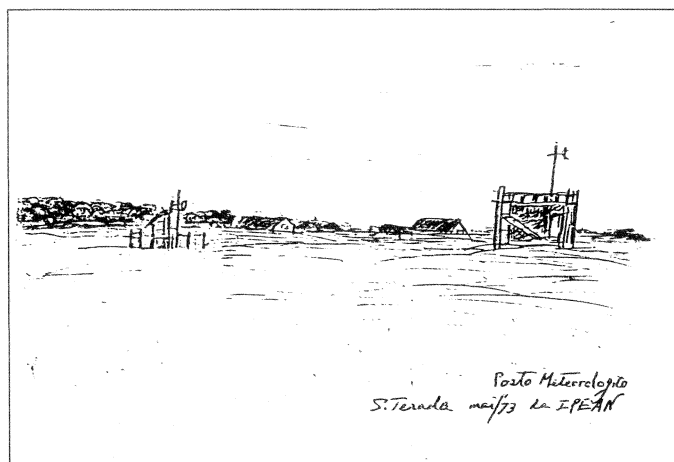
北川靖夫はアマゾニア全域にわたり気候、気候区分ならびに地形、地質、土壌について詳細な研究成績を取まとめている。^{*25} その中からここにベレンにおける気候と土壌をとりあげたのは筆者がこの地において地力増進試験を重要な試験課題として取りあげたことに対する理解とその試験成績の会釈を容易にし、その適正な應用を期待したからである。

アマゾニアにおいては地形上増水時に浸水するか否かは農耕や居住に深い関係があるので土地をきびしく区別している、前者をヴァゼア (Várzea)、後者をテラ・フイルメ (Terra firme) と呼んでいる、試験圃場は後者に属し雨季においても浸水することはない。熱帯高温下にあるアマゾニアの気候を降水量の分布によって雨季と乾季に分け更に乾季の乾燥程度によって3区分している、即ち乾季乾燥程度が軽く年中湿潤な Af、乾燥程度の少々強い Am、乾燥程度の著しく高い Aw に大別されている。試験圃場は Af 気候下にある。

表4のように雨季には月400mm前後の雨が、乾季においても100mmを越す雨があり年總量は3,000mmに近い。雨季には毎日1回20~30分のしゅう雨があり、過去における自記雨量計の記録を見ると稀ではあるが瞬間雨量は10分間に20mm、30分間に29mmなどが見られた。概して雨は強く降る。この雨の分布に應じて平均気温、平均最高気温は雨季に少々低く、乾季に高い。これと同様に日照時間や日射量は雨季に少く、乾季に多い。また草生下の地温においても雨季に低く乾季に高くなっている。

表4 IPEAN (ベレン市) における気象*3

項目	季節 月	雨 季						乾 季						合 計 平 均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
降 水 量 mm		318	407	436	382	265	165	161	116	120	105	90	197	2,762
平均最高気温 ℃		31.0	30.4	30.3	30.8	31.4	31.8	31.7	32.0	31.9	32.0	32.2	31.8	31.4
平均最低気温 ℃		22.6	22.7	22.8	23.0	22.9	22.5	22.2	22.1	22.0	22.0	22.1	22.4	22.4
平 均 気 温 ℃		25.6	25.5	25.4	25.7	26.0	26.0	25.9	26.0	26.0	26.2	26.5	26.3	25.9
日射量 cal/cm ² /日		381	362	350	352	371	391	432	466	459	428	412	402	395
日 照 時 間 時		157	112	102	132	196	240	268	267	235	247	221	213	199
関 係 湿 度 %		87	89	90	89	86	82	82	81	83	83	81	84	85
草地の地中温度2cm		33.5	31.2	30.0	30.8	30.6	31.7	32.3	32.4	33.7	32.3	31.8	31.2	31.8
(15時観測) 10cm		31.4	30.9	30.0	30.8	30.4	30.9	31.2	31.7	32.2	31.5	30.8	30.6	31.0
20cm		30.5	29.9	30.0	30.1	29.7	30.3	30.3	30.3	30.8	30.5	30.0	29.7	30.2
50cm		29.3	29.9	28.7	29.3	29.0	29.4	29.5	29.3	29.3	29.2	29.0	28.8	29.2
蒸 発 量 mm		125	104	115	121	134	130	125	134	130	134	136	134	1,522



農牧調査研究所の気象観測場

ベレンにおける気温と降水量の月平均と日変異を見ると表5のように1月における平均最高気温は30.8℃であるが32.6℃を示す日もまた27℃を示す日もある。また同月の総雨量は410mmであるが多い日には日量54mm、少ない日には0.0mmが2日もあった。気象要素の月内変異の巾は以上のようなのであるが作物栽培上から月平均数値は一應の目どとして利用し実際面では大きな変異の巾のあることを念頭に入れて対応策を構すべきである。

表5 ベレンにおける気温と降水量の月平均と日変異 1973*9

1. 気温 ℃

月別 \ 気候要素	平均最高気温			平均最低気温			平均気温		
	極高	極低	平均	極高	極低	平均	最高	最低	平均
1	32.6	27.0	30.8	22.8	21.5	22.6	27.3	24.3	26.0
2	32.4	27.5	30.7	23.5	21.0	22.6	26.7	24.2	25.8
3	32.6	27.4	30.3	24.2	21.8	23.1	26.7	24.7	26.0

2. 降水量 mm

月別	最高 / 日	最低	日数	総量
1	54.2	0.0	2	410.3
2	76.7	0.0	2	547.2
3	56.6	0.0	2	431.3

筆者が圃場試験を実施した IPEAN の土壌は中粘質、黄色ラトゾルであった。その特性を説明しておきたい。表6のようにアマゾンアの雨季と乾季の繰返しと高温多湿の気候下において生成された土壌であり、風化が極度に進み石灰、加里、苦土等の塩基類が溶脱して少く、土壌の酸性は強い。また珪酸も流亡して鉄、アルミナ、石英砂が残り相対的に富化している。以上のような気候下においては有機物の分解が速に行われ強い雨によって流亡し腐植含量は著しく少い。粘土鉱物はカオリン系が主体をなし塩基置換容量は少く塩基類を吸着保持する能力は弱い。これに加えて有機物が少いので肥沃度は低く、土壌の理化学的、土壌微生物的諸障害を緩和する能力に弱い。粘土分が少いので易耕性である。

表6 圃場土壌の分析成績（一部分）岩佐 安による*13

黄色ラトゾル中粒質 湿潤熱帯農牧調査研究所*パラ州ベルン市、再生林

土壌層位	断面cm	pH (水)	組成 %				P ₂ O ₅ mg / 100 g	置換塩基 ml / 100 g 風乾態			腐植 %	窒素 %
			粗砂	細砂	シルト	粘土		Ca	Mg	K		
A ₀	0 + 3	4.1	62	11	22	5	0.49	0.36	0.29	0.10	3.02	—
A ₁	0 - 16	4.2	41	20	26	13	0.43	0.04	0.05	0.04	1.68	0.073
A ₃	16 - 37	4.4	41	18	25	16	<0.11	0.02	0.03	0.03	1.02	0.059
B ₁	37 - 66	4.6	41	19	22	18	<0.11	0.02	0.03	0.03	0.73	0.025

*農牧調査研究所（IPEAN）の現在名称

I-2. 高温湿潤気候に適応する作物と家畜

一般にアマゾニアの高温多湿気候下に栽培されている作物は生長を始める最低温度、最も生長の盛んに行われる最適温度、生長が停止する最高温度の夫々において温帯作物より高くなっている。^{*32} 前野休明によれば熱帯牧草は温帯牧草と異ってその生育に比較的高い温度を要求し、また光合成の適温域は温帯イネ科牧草の15℃～20℃に対し熱帯牧草は30～40℃とかなり高く、最適照度は1.5～3.0万 Lux に対し熱帯イネ科牧草は5.0～6.0万 Lux と高くなっている。熱帯作物の多くは赤道を挟んで南北の低緯度の範囲内に分布しており、低温によって生育が阻止されるもの、降霜により枯死するもの等が見られる。

西山喜一によれば赤道直下においては昼間の時間は周年大差なく毎日12時間余であり、太陽の光熱から理論的に植物総生産量を算出するとアマゾニアの熱帯湿潤気候 (Af) においては約37 g / m² / 日であり温帯の28 g / m² / 日より遙かに高い。一方生体を維持するための呼吸による消耗量はアマゾニアにおいて約14 g / m² / 日で温帯の約8 g / m² / 日より格段に高い。従って純同化生産量にあっては温帯の約21 g / m² / 日に対しアマゾニアでは23 g / m² / 日で両者の差は左程大きくはない (表7)。

表7 緯度と昼間時数並に気候帯の植物生産 (西山喜一による)

	0 度	10度	20度	30度	40度
最も長い時の昼間時数	12.1	12.7	14.1	14.1	15.0
最も短い時の昼間時数	12.1	11.5	10.9	10.2	8.1

気候帯別にみた植物生産 (年平均乾物9 g / m² / 日)

	総同化量 A	呼吸による 消耗量 B	純同化量 A - B	B / A
湿 潤 熱 帯 (Af)	36.9	14.1	22.8	38%
半乾燥熱帯 (Aw)	38.4	14.5	23.9	38%
温 帯 C	28.4	7.7	20.7	27%

メガーズ (B.g.Meggers)^{*29} は高温多湿のアマゾニアにおいては土壌の無機栄養分の低さと相まって植物の体格は大きく葉や草は外見上こんもりとしているが、蛋白質含量の少ない植物を生み、種子形成に必要なだけの蛋白質量に達しないので栄養価は低く、多くの植物は無性生殖による増殖方式を進化させたと言っている。筆者は茎葉根量の多いイネ科牧草を選定するために多くの種類を調査したが大型牧草であるエレファント (Pennisetum purpureum)、インペリアル (C.Imperial, Tripsacum Luxum) 並に中型牧草のブラキアリア (Brachiaria decumbens)、マツト・グロッソ (Mato-grosso, Tripsacum dachtyloides) 等は種子の結実は見られなく増殖は専ら茎節や匍匐茎によるのであるがまたよく発根発芽する。マツト・グロッソの穂には多くの不稔

種子が形成され、まるまるとふとっているが内部は緑色で水々しく結局、種子は成熟しない。たゞコロニオン (C.colonião, Panicum maximum) だけは完全に結実する。このイネ科牧草は多くの農園の空地に自生し家畜の粗飼料となし播種によって改良牧野造成に利用されている。

高緯度の東北、秋田からハトムギの種子を取寄せたがベレンでは温度は高い上に日長は短く、あたかも短日処理を受けたように早期に生殖生長に移って草丈は1 m 程度で種子は成熟した。茎葉量は現地在来種の1/2程度に過ぎなかった。種実形成が行われない牧草のあることは日長関係の外に低温や乾燥など結実に移行する要因の作用が弱いためではなからうか。

アマゾニアの家畜の主なものには牛と馬とがある、こゝに飼育されている牛はインドの暑熱のもとで進化したインドの肩峰牛(コブ牛、Zebu)とその血筋を引いているものである。北欧の牛は暑さに負け木陰を求めて牧草地を歩き廻ることはない、これに反してコブ牛はこの暑さをものともせず元気で歩き廻り草をはんでいる。インドのコブ牛には多くの地方種があるが共通した形態は頭のうしろに大きいコブがある、特に牝牛のものが大きい。また喉元から前胸部にかけてダブダブした屏風のような胸垂が発達し更に皮膚全体が薄く、たるみがあり皮毛は短い。生理的には粗食に耐える^{*23}。この牛がアマゾニアにおいても強健であるのは広い胸垂と薄くダブついている皮膚全体から放熱して恒体温の上昇を抑制する機能を具備しているからである。IPEAN ではインドの地方種 Sindi を改良し乳肉兼用の系統を育成した。

もうひとつのうし科水牛属の牛が低手の牧場に飼育されている。IPEAN では東南アジア、インド、アフリカ等から色々な系統を取寄せて乳量の多い系統を育成している。この種の牛は専ら頭だけを水上に出し体躯全体を水に漬けてこの暑さを凌いでいる。馬属にも多くの地方種があるがアマゾニアにおいては乗馬として、また駄馬として盛んに利用されている。馬属には汗腺が発達して発汗によって体温を調節し恒常体温を保持している。

犬はよく口をあけ舌を出して、鶏も口を開いたり羽根をたてゝ肌を露出するようにして夫々体温の上昇を防いでいる。熱帯アマゾニアは周年暑い。体温調節の機能を保持する家畜が飼育されている。

I-3. アマゾナス水系

アマゾニアはアマゾナス河流域の地であり、この水系はアマゾニアの風土と住民の生活とに深い関係がある。この大河をリオ・アマゾナス (Rio Amazonas) と呼ぶ。アマゾナス本流はブラジルの西側ペルー領内にあるアンデス山脈から発して東流し大西洋に注ぐ全長5,570km、ブラジル国土内でも3,200kmもある。河巾はペルーとの国境において2.8km、中流マナウスでは6.0kmもある。雨季になると中流沿岸地帯の洪水は沖積層をはじめ第3紀層の低手にも拡大し大海の観がある。原始林は乾季減水時においても両岸の水際まで迫っており原始林の根元を洗うように満々と流れている、流量は正に世界一である。奥地の支流の上中流においては乾季になると減水して所々に急流 (滝、Catarata と呼ぶ) が出現し船の運航が途絶する。雨季になると増水し何時の間にか急流は消失して豊かな水流に変る。この時期になると運航が容易となり上流奥地との物資

交換が盛んになる。奥地の動植物および鉱産物を取得するために地主は労働者を集めて管内に住まわせ一切の日常生活物資を前貸し採集労働者の採集物と交換する。この制度をアビアド (Aviado、仲買人制) と云っている。地主の事務所は人々の集り易い川の二またになっている所に設けられ、都会から自分の船で衣食雑貨を選び店を開き、労働者の採集物を評価して物々交換をする。この制度は19世紀後期アマゾン奥地の天然ゴム採集に湧いたときから発達したものであろう。奥地の道路が未だに不充分であるので今日でも尚盛んに行われている。本流では常時大きな貨客船、観光船が往来し、支流やまたその支流には中型貨物船や奥地住民の足である丸木舟 (カノア Canoa) が行き来している。アマゾナスは重要な交通網となっている。雨季乾季の水位の差は大きく、マナウス港では浮棧橋を設置し水位の変動に関係なく常時浮棧橋のプラットホームに接岸出来るようにしている。また河水面と高台地帯 (テラ・フィルメ) とを結ぶ坂道沿いには高い梯子をとりつけた高床家屋が並んでいる。

アマゾナス河は一見するとやや褐色であるが中には澄みきった支流もある。本支流の水質はそれぞれの流域の地形、地質、鉱物組成、植生の相異によるもので農林漁業とも深い関係がある。IAN (Instituto Agronomico do Norte, IPEAN の前身) の Herald Sioli^{*37} はアマゾナス河の本支流の水色、透明度、酸度、塩基、泥 (シルト)、有機物等の含量を調査しこれに基いて表8のように3区分している。

表8 理化学性による河川の分類

区 分	特 性	河 名
肥えた河	泥の河 (Muddy, White)	R. Madeira, R. Amazonas
やせた河	清い河 (Clear, Transparent)	R. Tapajos
	褐色の河 (Brown), 黒い河 (Black)	R. Negro, R. Cururu

Lima R.R.^{*28} は IPEAN の敷地内を流れている比較的清い大きなガマ河 (R. Guama) の沈澱物を測定して年間 8 t / ha の推積があると見積った。雨季の3月と4月の各月2回の固形物の種類を調査しシルト (Iimo) が最も多く50~60%、粘土が20~27%、細砂13~14%、有機物2.5%となっている。沖積土壌が重粘であること、肥沃度が高いこと、有機物含量の少ないこと等はこの成績からも理解される。また河川にシルト、粘土の多いのは地域によって表層侵食が起きていることを物語るものである。又雨季3~4月の水温調査によると25.2~25.4℃と記録されている。熱帯は河の水まで温かい。テラ・フィルメの巨大な森林の中の流れや、ヴァルゼアの沼澤には脊椎動物であるペイシュボーイ (Peixe-boi, Cowfish) が水中で草をはみ、また蛇類もわに類も多い、水も空気も温かく石炭紀の太古を偲ばせる。静かな湖水のような水域には2 mもある大魚ピラルクー (Pirarucu) がおり地方人はモリを打込んで生け捕りにし塩蔵して奥地に移出している。このような静かな水辺にはアマゾニア特産植物オオオニバス (Victoria regia) の群落が紅色の花を浮している。本流にはクジラ属イルカ科の淡水イルカが水上にとびあがることもある。アマゾ

ナス河はまるで海のように見えることがある。

I - 4. 植生

Ducke, A. と Black, G. A. はアマゾニアの植生型を次のように区分している。(第2図)

a. テーラファイルメ赤道広葉林

(Floresta equatorial Latifoliada com predominancia de Terra firme)

b. ヴァゼア赤道広葉林

(Floresta equatorial Latifoliada com predominancia de Várzeas e Igapós)

c. やし林 (Cocais)

d. 原野とセラード (Campos e Cerrados)

e. 浸水原野 (Campos inundáveis)

f. 沿海植生 (Vegetação Litoranea)

g. 遷移植生 (Vegetação transição)

テーラ・ファイルメ赤道広葉林とヴァゼア赤道広葉林は Koppen の熱帯雨林気候下にある植生でありアマゾニア植生の大部分を占めている。特にテーラ・ファイルメ森林はとびぬけて広い。テーラ・ファイルメ赤道広葉林は筆者のとりあげた試験課題と関連が極めて深いのでこの構造と生態を説明したい。それに加えてアマゾニアの代表的景観であるやし林と浸水原野を紹介する。

1 テーラ・ファイルメ赤道広葉林

(1) テーラ・ファイルメ赤道広葉林の構成と生態

アマゾニアの赤道広葉林は混淆林であって多くの樹種からなっており、ha 当り60~90種にも達していると云われている。バレンのゲルデイ博物館 (Museu Goeldi) において見られる熱帯樹木には樹皮が薄くすべすべしたもの、根は一般に浅いようであるが倒れないように板根や支柱根を持ったもの、カカオのように幹に直接花、果実を着ける幹生花樹木もある。一般に幹は真直ぐに伸びている、その外空中窒素を固定するマメ科植物、特殊な芳香を発する樹種も多い。多くの種類のヤシ植物も見られた。一般に森林の垂直的樹種構成を見ると複雑な成層構造となっており最上層には30m前後の高さに球形の樹冠が押し合って高木層を形成している。各樹種は思いっきり枝葉を拡げ炭酸同化作用を営んでいる。地域によってはこの高木層の上位に球状の樹冠を突出しており、高さは50mにも達し最も高い。空からこの樹海を見ると花時には色とりどりのパラソルが敷詰められているようであった。高木層の下層には亜高木層が発達し地面には陰植物が生えている。竹内正幸がアマゾン、ジャングル^{*1}にあげている樹種から主なものを選定すると表9のようである。

高木樹種の最も高いのはブラジルナッツとして知られているサガリバナ科の *Bertholletia excelsa* があり50mにも伸びる、トウダイグサ科のパラゴムノキ、センダン科のマホガニなど重要な樹木もこれに入る。熱帯樹木の根は一般に浅いようであり集団によって倒れるのを防いでいるが中には根元に屏風を立てたように4枚もの巾広い板を発達させて支えとしている板根樹種も見

られる。林内には、一般にツル植物、着生植物が多い。季節が来ると幹のふたまたのところにランの花が咲く。

表9 アマゾンジャングルの主な植物—竹中正幸、朝日百科、朝日新聞社12
(科名は筆者が記入した)

	科 名	主 な 種 名
〈高木〉		
サガリバナ	(Lecythidac.)	ブラジルナッツ Bertholletia excelsa
トウダイグサ	(Euphorbiac.)	ハラゴムノキ Hevea brasiliensis
カンラン	(Burserac.)	ブルセラ
センダン	(Meliac.)	マホガニー Swietenia mahogani
クワ	(Morac.)	
クスノキ	(Laurac.)	
ヤマモガシ	(Proteac.)	
ウルシ	(Anacardiac.)	
ニクヅク	(Myristicac.)	
ホルトノキ	(Elaeocarpac.)	
マメ	(Legumin.)	
〈板根植物〉		
クワ	(Morac.)	プロシウム
アカテツ	(Sapotac.)	ルクマ
バラ	(Rosac.)	クエビア
アマ	(Linac.)	パンタネア
マメ	(Legumin.)	
〈ツル植物〉		
サトイモ	(Arac.)	ヘトロクシス
マメ	(Legumin.)	ハカマカズラ Banhinia japonica
ピアモドキ	(Dilleniace.)	ドリオカルプス
キョウチクトウ	(Apocynac.)	
ブドウ	(Vitidac.)	
〈着生植物〉		
ラン	(Orchidac.)	
サトイモ	(Arac.)	
パイナップル	(Bromeliac.)	
〈下生え植物〉		
ヤシ	(Palm.)	
コケシノブ	(Hymenophyltac.)	
ワラビ	(Polypodiace.)	
フサシダ		
マメ	(Legumin.)	Timbo (Derris)
トケイソウ	(Passiflorac.)	
クズウコン	(Mazantac.)	
カキツリグサ	(Cyperac.)	
パイナップル	(Bromeliac.)	
サトイモ	(Arac.)	
〈特殊なもの〉		
ストリキニーネノキ	(Strychnac.)	
ムクロジ	(Sapindac.)	グワラナー Paullinia cupana

この熱帯広葉林はきびしい自然条件に適応しようと幾度となく遷移を繰返し漸く現在の安定した極相に到達した。この適応の姿を探究することこそアマゾニアの農業生産を安定拡大するための指針となるものである。これまで述べて来たようにアマゾニアの気候は甚だきびしいものがある、土壌は概して肥沃度が低く、有機物に欠けている、それにもかゝらずこの熱帯降雨林は健全に生育をつづけ安定している。この森林の生態を農作物圃場に移し換えるならば農作物はこの森林のように安定増収するであろう。筆者のアマゾニアにおける技術協力の研究課題は森林地において営まれている生態の場を農作物試験圃場に移し換える方策にほかならないと考えている。アマゾニアにおける試験研究は森林の生態研究と共に進められて来たとも云える。

(2) テーラ・フィルメ赤道広葉林をとりまく環境

アマゾニアのベレンに住んで間も無くパラ (pará) 州アカラ (Acara) 郡の森林を視察する機会を得た。ベレンから150kmも南にある郡長の所有のものであった。この森林は幾年も経た古い再生林であるように見られた。やまー森林の中を歩き廻っているうちに雷雨に出会った。天空は厚く重なっている樹冠にさえぎられて見えないが森林の一方が急に暗くなり雷鳴がきこえて来た、間もなく高木層に打ちつける雨音が伝わって来るが一向に雨滴は落ちて来ない。上層の高木層の天蓋は多量の雨水を収集保持し、しばらくして漸く大木の幹を伝わって水筋がさがって来る。相前後して大きな雨滴が葉先から下方の葉先に伝わり地表を覆っている草むらに落ちる。雨簾が樹冠を直撃すると雨滴は霧化し樹冠に受け留められおだやかに地上に落ちる雨滴は地中に滲透してしまう、雨が止んだとみえて林内は明るくなった、それでも雨滴の落下は続いていた、地表の草むらは雨に濡れて光っていたが地表を走るような水の流れは全く見られなかった。このひと雨の量は知る由もないが僅か20分位の雷雨では土壌表層侵食は見られなかった。雨がやんでも林内に直射日光がさすことなく、湿度は急に高くなり汗を拭いながら歩き廻った。途中一服すると案内者は高木にぶらさがっている蔓植物をテルサアダ (Tersada、巾広い短剣) で1 m位に切りおとし植物導管から流れ出る樹液をすゝめてくれた。森林の中は極めて静かで鳥の声さへきこえて来ない。

表10 森林内外における気象

測定項目 (13時)	森林内	裸地
気温℃ 晴天	30.2	32.8
雨天	29.5	32.0
蒸発量cc 晴天	7.8	33.4
裸地との比率 %	23	100
照度 Lux 晴天	1,500	70,000
	2,000	80,000

ベレンのIPEANの敷地内に15年生位の単一広葉の植林地がある。樹冠は茂っているがたまには日光が差込む程度の林相である。林内と林外無被覆裸地との2-3気象要素を比較してみると表10のように晴天の裸地では32.8℃、森林内では30.2℃であって約2.5℃も低い。雨天の場合は晴天日より低くなっており、裸地で32.0℃、森内は29.5℃を示し晴天日と同様に約2.5℃程度

低くなっている。晴天日の照度は裸地で7.0万 Lux、稀に8.0万 Lux を示すが林内では0.15～0.20万 Lux で光は著しくさえぎられている。これがため林内地表に羊歯類が敷詰められている。林内の蒸発量は裸地の23%程度であり湿度は高い。土壤水分を観察すると林内は思いの外豊富であった。樹冠からの蒸散量は樹冠が茂っているので莫大な量になっており土壤水分は裸地よりも少ないものであらうと想像していたが、照りつけられてかたくなっている裸地の含有水分よりむしろ多くなっているように感じた。裸地にしておくとも地表がやけて水分は吸収られてしまうようだ。林内では地表に落ちた雨滴は全量で徐々ではあるが地中に滲込み、また林内土壤は有機質にも恵れ土壤の構造が改善されて、水持ちがよくなっているのに対し、裸地では雨水は地表を走り土壤に滲込む量が少なくなっていることにも困ると考えられる。

一般にアマゾニアの森林には一時に落葉してしまう樹木もあるがその数は甚だしい。多くの樹木は乾季雨季にかぎらず常時落葉をつづけている。IPEAN の植林地においても常時落葉はつづき、林内の小径には新しい黄色の落葉が散らばっている、表面の1枚をはがしてみるとその下には黒ずんだ風化落葉が重なっている。林内の高温多湿のもとでは土壤微生物は落葉に集り増殖し落葉有機物を腐植化し無機化しこれに含まれていた栄養分は直に樹木根群に吸収利用される。この落葉一分解無機化—樹木による吸収の栄養循環が速かに効率的に廻転する。林内の自然環境が適良であり且つこの栄養循環が効率的であることが森林を巨大にしている理由である。

(3) 赤道広葉林（混淆林）は均衡のとれた栄養素を還元する

混淆林は至る処多くの樹種からなっているので全体から見ると根系の分布は最も浅い根の層から最も深い根の層までの広い範囲に分布し各層から万遍なく養分が吸収されている、これらの養分は各樹種の生長に利用され、やがて落葉枝、枯死根となって周囲の各樹種に均等に分配される。各樹種には自身が吸収し得なかった肥料成分までも含めた完全肥料が配給されることになる。肥料成分の施与吸収から見ると単純林は短期作物の連作に等しくとかく肥料成分の均衡を欠き易い。混淆林は生理機能から見ると多くの作物の混作に等しく肥料成分は有無相通じ合い各作物の吸収肥料成分は夫々均衡がとられている。

また混淆林には表9のように多くの種類のマメ科樹種が混っている。銘木の Pau roza, Coração de Negro、種子が赤と黒に色どられ首飾りにされる巨木のテント (Tento, Tenta carolina)、野のくだものとも云うべき Ingá および Tamarindoなどはマメ科植物である。これらの林木は直接間接に隣り近所に根粒窒素を分配する。

(4) 混淆林には揮発性物質を含み病虫害の対抗性植物が混在してその被害から逃避している。

混淆林中には植物体から発散される揮発性物質によって病虫害を殺す林木、草本が混在する。このような物質を B.P. トウキンおよび神山恵三^{*40}はフィトンチッド (Phyton Cide 植物が持て他を殺すもの) と呼んだ。アマゾニアにおいても特殊な臭香を発する樹種が多く、輸出を待っている板材が波止場に積まれて強い臭いを発している。先住民が毒矢につかった草本植物や魚を毒殺するチンボの木 (Timbo、樹皮に毒物が含まれている) またカンボジアで茎葉を鋤込んで生産をあげたエウパトリウム^{*27} (Eupatolium odoratum、多年生草本) も自生している。各植物には

夫々特定の病害虫をかゝっているので混淆林であること自体が病害虫の密度をまばらにしている。その上このような揮発性植物が混在すれば一層病害虫の被害からのがれることが出来る。

(5) 赤道広葉林の経年数による地力の増進

アマゾンにおいて農耕開発を実施するに当たって最初に原始林、再生林、自然草地の何れかを伐採し焼拂って耕地を造成するが上記の各地目は耕地を肥やすために休閑しているもので自然草地は最も休閑経年が短く、再生林から原始林に移るにつれて次第に長くなっている。千葉守男はIPEANにおいて自然草地、再生林、原始林の夫々の土壌上層における有機物量（炭素含量と全窒素量）を測定している。^{*6}それによると炭素含有量は自然草地が最も少く1.2%、再生林1.6%、原始林が最も多く3.0%を示している即ち休閑年数がたつにつれて次第に土壌有機物量が増加し地力が次第に増進する。全窒素量においても同様の傾向が見られた。曾って中欧において3圃式農耕を行いその中の1区を休閑し自然草地となし消極的ながらも有機物量の増加による地力増進を企てたのに似ている。

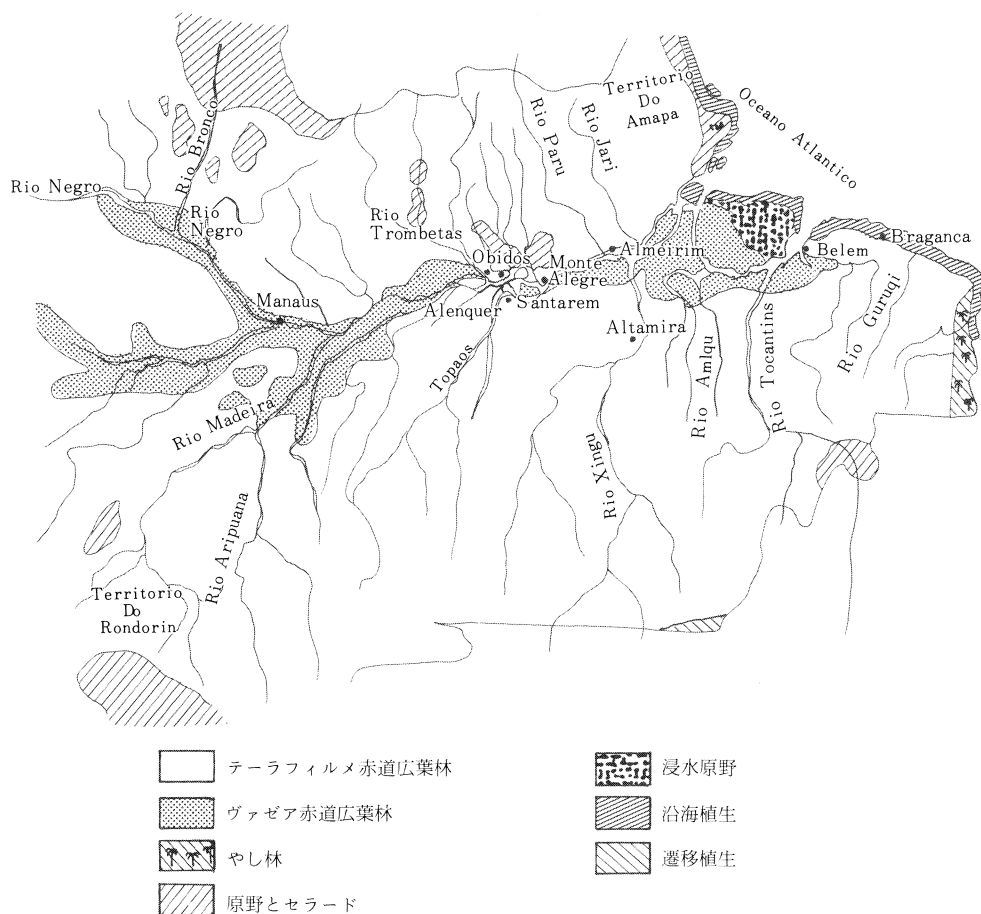


図2 植生区分図

(6) 赤道広葉林のアマゾニア農牧開発への教示：

a. みだりに森林を伐採しないこと。

アマゾニア全域が広葉雨林に覆われていることによってきれいな空気・酸素の供給、きびしい気候の緩和、地下水の蓄積保持、地力の維持増進に夫々貢献して来た。政府は原始林の保存すべき地域を画定しており、また各農場において保持すべき林地面積を50%にすることを決定している。農牧開発をいそぐあまりこの規定を破るようでは将来の砂漠化につながるおそれがある。

b. 畑地は常時作物の立毛によって被覆すること：

林木の樹冠が茂っており地表を覆っているためにきびしい気候の影響を緩和している。作物栽培に当っては真先に木本作物、多年生草本作物、改良牧草を選び牧草地とし、また短期作物栽培に当っては環境の許す限り輪作による多毛作化を図ると共に混作を活用し、夫々の立毛によって出来るだけ長期間にわたって畑地面を被覆すること。作物の特性、植付方式によっては間作や敷草を応用する。

c. 有機物の還元につとめること：

林地は常に自身の造成した有機物の1部を還元しているために地力を維持増進している。作物の残滓、牧草地の根群、採草地や周囲の野草、家畜の糞尿等の有機物の還元努めること。

d. 病害虫の対抗植物を間作すること：

混淆林であることに因って病害虫発生頻度をおさえている。まして病害虫の発生をおさえる対抗植物が混植されると一層その加害から守られる。特に木本作物に対し対抗作物の混植は実施し易くその効果もあがるものであろう。

(7) 林木の利用

IPEAN^{*26}においてはアマゾニアの優良材を表11のように取まとめている。家具用材にはマサランドーバ(Maçaranduba)やセイドロ(Cedro cedrela)等多数にのぼっている。

日本の企業、永大産業は1970年代からアマゾナス河口に近いベレン市に進出し合板張柁工業をおこした。材料はフレイジョ(Freijo)であり以前はプロペラや調度品に広く利用されて来たものである。合板の売れ行きは順調である。今後の材料不足に備えて現在ビローラ(virola kurinaと virola venosa)を植林している。

パルプ工業においては多量にある森林の雑木は利用出来ないため新に植林し品質を揃へ、多量の材積を用意するのが常道である。

北米の海運業の大富豪が1967年にアマゾナス下流域にあるジャリ川(R.jari - 図2参照)に沿って16,000km²(岩手県面積15,278km²)を買収し山手にジメリーナ(Gmelina, Gmelia arborea, Verbenaceae, キバナヨウラク、くまつら科、東南アジアの樹木でモンスン気候に適す)を植

表11 アマゾニアの主要木材樹木*26

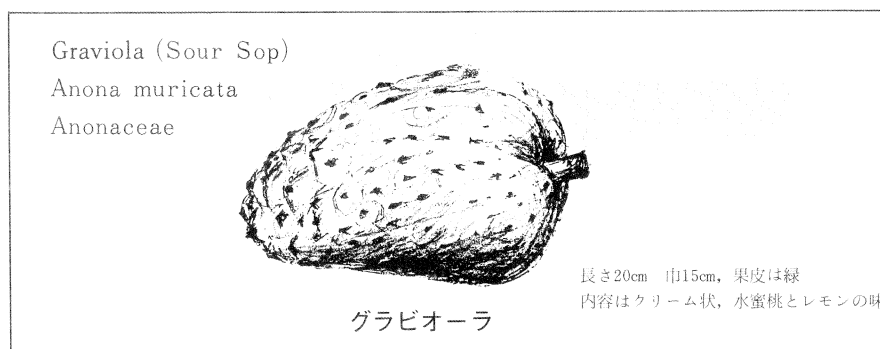
地 方 名	植 物 種 名	科 名	比 重
Coracao de Negro	Cassia sp.	Legumin.	1.21
Pau roxa	Pelogyne sp.	Legumin.	0.86~1.00
Muirá piranga	Brostium sp.	Morac.	1.00~1.06
Masaranduba	Manilkaria sp.	Sapotac.	1.14
Pau d'arco	Tabebuia sp.	Bivroriac	1.10
Castanha sapucaia	Lecythis sp.	Lecythidac.	1.02
Maparajuba	Manilkara sp.	Sapotac.	1.05
Mucuca	Licania heteromorfa	Rosac.	1.00
Feijo	Cordia golldiana	Borriginac.	0.65
Carapanauba	Aspidosperma nitidum	Apocynac.	0.83
Andiroba	Carapa guianensis	Meliac.	0.70
Cedro	Cedrela sp.	Meliac.	0.55
Pau amarelo	Euxylophora paraensis	Rutac.	0.82
Piquia	Caryocar villosum	Caryocarac.	0.82
Qauruba cedro	Vochysia inundata	Vochysiac.	0.95

林し1980年頃パルプ工場を汽船の型にしつらえて日本からアフリカ南端を經由しジャリ川にとりつけた。このジャリプロジェクトは技術的には成功したが、1982年になるとブラジル官民軍が一体となって、ブラジルの未来をかけた最後の未開地を外国人に渡すな、と云う民族主義的意図からの敵意にさらされ、このプロジェクトを放棄せざるを得なくなった。(産経新聞、1982年1月)。因にジャリには富豪の出資による鉄道、道路、空港、電気、住宅、学校、病院を備えた人口1万8千人の近代的都市が建設されていた。

この赤道広葉林には大木の果樹やナッツ類が混在しているのも特徴である。中南米の原産のものを拾ってみると表12のようである。^{*31 *45}大古からインディオは貴重な栄養源として利用して来たもので、果物として品質はすぐれ美味しいものが多い。冷凍快速輸送が発達して来た現在、果樹栽培は輸出産業として盛んになりそうであるがその前に巨木の果樹をわい性化して栽培管理を改善する要がある。

表12 南米原産のナッツ類と果樹類*31*45

ブラジル名	英、和名	学 名	科 名	用 途
(ナッツ類)				
Castanha do Pará	バラグリ	Bertholletia excelsa	Lecitidac.	種実をナッツとして利用
Sapucaia	サプカイア	Lecythis usitata	ク	ク
Caju	カジュ	Anacardium occidentale	Anacardiaceae	ク
(くだもの)				
Abacate	アボカード	Persea americana	Laurac.	くだものとして
Abacaxi	パイナップル	Ananas comosus	Bromeliac.	ク
Açaí	アサイ	Euterpe oleracea	Palmar.	飲料として
Biribá	ビリバー	Annona reticulata	Anonac.	くだもの、ジュースとして
Cacao	カカオ	Theobroma cacao	sterculiac.	ク
Cupuaçu	クプアス	Theobroma grandiflorum	sterculiac.	ク
Goiaba	ゴヤーバ	Psidium guajava	Myrtac.	ゼリーとして
Mamão	パパヤ	Carica papaya	Caricac.	くだものとして
Maracujá	マラクジャ	Passiflora edulis	Passiflorac.	ジュースとして
Pupunha	ププニヤ	Guilielma gasipaes	Palmar.	間食用
Sapota	サポータ	Achras sapota	Sapotac.	くだものとして
Sorva	ソルバ	Couma utilis	Apocynac.	ク



2. ヤ シ 林

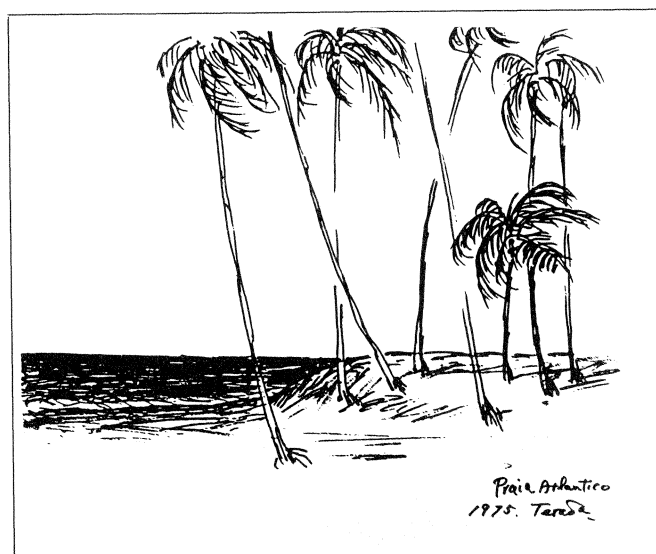
やし科には多くの種類が含まれている^{*4}。一般的な形態は幹は真直ぐにのび葉痕があり、樹頂には羽状の長い葉が集まっている、花序は葉の集合している傍に房状に着生している。幹が太く頑丈な姿をしているミリチーやし (Miriti) や幹は細くやさしい姿をしているアサイ (Açaí) やしなど樹形、姿の異なっていて種類が多い。そして葉、幹、種実はそれぞれ貴重な用途をもっている。アマゾンだけでなく大西洋沿岸にも美しいやし林が見られる。南国ブラジルの風土を色どっている。Ducke が第2図のようにアマゾンの南東の一角に特にやし林を設定しているのはこの地域に特殊なやしが集約的に自生しているためであろう。この地域はサバナ気候の Aw に属しサバナになっていてババス (Babaçu, *Oribignya martiana*) やし林が形成されている。この種実からは食料油のみならず石けん用の油脂もしぼられる、また種実殻からは品質のよい活性炭が製造される。この地域について東南はブラジル東北部地方となるがこゝには2～3種のやし栽培

されている。

カルナウーバやし (Carnaúba, *Copernicia carifera*) 一羽状の葉をきりおとし、天日乾燥すると水分が蒸散して固形のパラフィン粉末が採集される。ピアサーバやし (Piaçaba) 一羽状の葉の葉柄から粗剛な繊維束を分離して水洗用のタワシや床洗いの箒をつくる。

コゝやし (côco, *Cocos nucifera*) 一核果からココの水と胚乳が得られる。海岸伝いに自生しているココやしの景観はまた格別である。アマゾンアおよび東北部地方における用途別にやし植物を分類すると表13のようである。

アサイやしは種子表面の果皮と果肉を摺りとって飲料としている。Buriti も同様果肉を利用し飲料としたり食用に利用したり酒をつくったりする。



大西洋の岸のココフヤシ

表13 ブラジル北部地方および東北部地方のやし植物とその用途

(Amazonia Brasileiroによる) *4

用 途	種 類 (ブ ラ ジ ル 名)
飲 料	Açaí(<i>Euterpa oleracea</i>), Buriti (<i>Mauritia vinifera</i>), Bacaba (<i>Oenocarpus disticus</i>), Tucumã (<i>Astrocaryum tucuma</i>)
石 鹼 原 料 油	Andiroba, Ucuuba, Babaçu
油 脂	Dendê (<i>Elaeis guineensis</i>)
食 料	Côco(<i>Cocos nucifera</i>), Inaja (<i>Maximiliana regia</i>), Maraja, Pupunha- (<i>Guilielma gasipaes</i>), Tucumã, (<i>Astrocaryum tucuma</i>), Açaí.
ろう、ワックス	carunauba
家 屋、建 築 其 の 他	Bucu, Paxiuba(<i>Iriartea exorrhiza</i>), Miriti (<i>Mauritia flexuosa</i>) Jupati, Piaçaba

石けん用の油をとるやし類には2～3種があり果肉から油をしぼり出す。アンジローバ (Andiroba)、ウクウーバ (Ucuuba) がこれにはいる。高級油脂を採集するものにデンド (Dendé) やしがある。アフリカ西海岸の原産とされ近年油脂原料として大面積の企業栽培が行われている。栽培面積は次第に増加している。

最近品種改良に成功して主幹は短く、核果の含油率の高い系統が育成された。

ププーニャ (Pupunha) の果実は良質の澱粉から出来ており塩うですると栗の味がする。

ブスー (Bucu) やし、パキシウーバやし (Paxiuba) 等は屋根葺きに、また家屋内の間仕切りに、壁がわりに夫々広く利用されている。屋根下の垂木にまた床張りには細く且つ真直ぐなアサイやし (Acai) が用いられる。このやしの新芽は竹の子のように食用 (サラダ) にも供され、かん、びん詰にもなっている。ジュパティ (Jupati) やしは小鳥の籠の竹細工に利用される。総じてやし類は日常生活になくてはならない貴重な用途をもっている。

3. 浸水原野

代表的な浸水原野はアマゾナスの河口附近に形成された沖積層のマラジョー島 (Marajo) である。筆者は乾季のはじめ IPEAN に隣接している農科大学の土壤調査班に招かれてこの島最大のサント・アンドレ (Santo André) 地区にある3,000 ha 以上もある名門 José Ferreira Teixeira 牧場に3泊し牧場を見学した。

この牧場主は農科大学の学生であり不断はベレンの街に住み、知人やお役人を迎える時はこの牧場に帰って来てもてなしをする。今回の調査もこれと同様招待旅行であった。

旅行は乾季であったので牧場は牧草や野草に覆われていた。雨季になるとアマゾナス河の水位が上って浸水する。浸水が高くなると野草を投与し、牛は水に浮ぶ野草を求めて歩きまわる。更に増水すると自然の高台に移す。このようにして浸水から牛を守るのである。

この牧場専用の船着場から坂道を登り最も高いと見られる台地には木造建築の大きな館があった。二階の大広間からは広大な緑の平原が眺められた。マラジョー島は日本の九州位の広さがあるが、今眺める広大な牧場もこの島からすればほんの一角に過ぎない。

放牧の牛は赤牛の雑種が多く見られたが、インドの瘤牛ゼブーや水牛も飼われていた。アマゾニアにおいては1頭当りの所要牧草面積は非常に広く、次のようにマラジョー島では2 ha、中流の低手沖積地では0.5 ha、セラードでは6～10 ha となっている。マラジョー島は比較的に能率が高い方である。因にブラジル南東部地方の改良牧野では1頭当り0.25～0.30 ha と云われている。

この牧場の館の裏手には果樹園がありアノーナ類のグラビオーラ (Graviola)、ビリパー (Biri-bá) やアバカシー (Abacaxi、パイナップル) など、またケーキ類や、牛肉、牛乳は豊富であった。お腹満つれば乗馬をたのしみ、野鳥狩りをした。富豪の生活の一端を垣間みた。牧場内のきれいな沼らしいところに野生稻を見つけた。葉はやわらかく、栄養に富んでいるように見られた。私

は稲属はすべてアジア南部の原産とばかりに思っていたので大きなおどろきであった。旅行を終えて直に IPEAN の腊葉室を調べると数種の野生稲が保管されていた。メガーズ (B. G. Meggers)^{*29} はポルトガル人がアマゾニアに上陸する以前先住民インディオは野生稲の粃を収穫しパンを焼いたり、良質の酒をつくっていた事を記載している。

牧場主に大小の排水溝を堀り土壌改良すること、また優良なイネ科牧草を植付けて牧野を改良することをすゝめてこの牧場を離れた。

Ⅱ. 民族による農業開発の進め方

アマゾニアの農業開発を歴史的にみると最初は先住民インディオであり次いで征服者のポルトガル人、それに続いて欧州や日本からの移住者となっている。そして来住する民族によってアマゾニアの風土に対応すべき農耕技術や農耕の進め方に大きな相異が見られた。

1. 先住民インディオの進め方

メガーズ (B. G. Meggers)^{*29} は現在アマゾニア奥地に生き残っているインディオの実生活の調査や16世紀初めポルトガル人のアマゾニア征服当時の記録を調査して、テラ・フィルムに居住するインディオとバーゼアに住むインディオの社会生活状況や農耕の進め方について詳細に報告している。

両種族は共に狩猟、漁撈、農耕を営んでおるが、両者の自然環境・社会生活、農耕の進め方においては大きな相異が見られた。

a. 集落、村落の形成

テラ・フィルムの多くの種族は夫々親族5～6戸が川のほとりに散在して、或る種族は広場の周りに数戸が居住して夫々集落を形成する。集落の結合協力は強いが他の集落との関係は薄い。また集落の集りである村の形成は概して少ない。社会生活の単位はこの集落であって各集落の縄張り地域は広く地域拡張の争いはなかった。バーゼアの住人は年1回4～5ヶ月間の洪水があり土地の生産は全々無くなるが退水後の植物生産は豊かであり、川の幸も豊富であり且つ洪水に備えて食糧の貯蔵方法を会得していた。住民は川岸に沿って高床家屋を建て集落形成を通り越して村を形成していた。村長の権限は強く社会の単位は村であった。村と村との距離も近く相接する場合も見られた。

b. 農耕地の移動

テラ・フィルムにおいては森林を拓いて作物を植付け2～3年もすると野草や木の芽が茂りまた生産がガタ落ちになるので隣接の森林に移動し焼き拓いて作付する。一度作付けた畑に作付けが帰ってくるのは相当の年月を要するので耕地は新しい森林に次々移動することになる。森林は広大なので2～3年毎の移動に事欠くことはないが集落からの距離が遠くなるのでつい集落の移転となる。2～3年毎の畑地の移転、凡そ10年おきの集落の移動は労力的にも容易なことで

はなかった。

バーゼアにあっては毎年きまって洪水がやって来て周辺の畑地は水に漬るが小高いところに建てた高床家屋は浸水の心配はなく、乾季になると豊穰な生産が期待され、その上洪水期間に備えて食糧を貯蔵していたので周年の食生活に不安なく村に定住をつづけた。

c. 農耕方式と農耕の進め方

テラ・フィルム住人の場合はやま伐り、やま焼き、整地は部落男子の共同作業であり、畑地が各戸に分配されると栽培管理は各戸の婦女子の仕事であった。進んだ集落においては表土をかき集めて多数の直径1 m位の盛土をつくりその中心部に主食のマングョカ、ヤムイモを植付け小山の周りや低いところにはサツマイモ、トウモロコシ、インゲン、時には棉、タバコ、ヒョータンを混播した。盛土には野草の茎葉が集められ土地は豊かになる。

マングョカ芋は必要な量だけを抜取りそのあとには直ぐ新に茎をさして出来るだけ裸地をつくらないように心がけた。その他の作物も成熟したものから少量宛収穫しそのあと地は隣株の伸長によって裸地をつくらないようにした。住人の生産する農作物の不作、とり過ぎによる鳥獣類密度の低減は最も大なる心配ごとであった。そのため食扶持を調節するために所定期間性的タブーを習慣づけたり避妊や間引まで行っている。表土を集めて小山をつくったり、収穫あと地は裸地にならないように、更に開畑面積を最少限にとどめたりしたことは地力増進対策の現れであり、動物獲物を制限することは森林生態系の均衡保持への対策であった。

このような対策を実施しても定住の生活は成立し得なかった。

2. ポルトガル人の農耕の進め方

1500年にポルトガル人カブラル (Pedro Cabral) がブラジルを発見するや多くの若者を遠征させて金銀財宝、香辛料等を探求させた、インディオ達を案内者とし、生活必需品の運搬者として大きな探検隊を組織した。食料の運搬は容易なことではなかったので主要な地点に食糧基地を設け食肉の生産を開始した。もともと財宝の掠奪を意図していたので森林を伐採し焼畑して作物をつくるにしても畑地がやせ衰えようが全く無関心であり地力掠奪の栽培をつづけた。この食糧基地は現在の市町村の前身となった。

1530年代になるとアマゾナス河口のベレン附近から南部地方のサンタカタリーナ州のフロリアノポリス (Florianópolis) までの東海岸に沿って約15地区の統治地域 (カピタニア, Capitania) を設置し本国から派遣された有能な士を領主に任命し甘蔗栽培と領内に侵入する他国の植民者の防衛とを義務づけた。甘蔗栽培の労力は専らアフリカ西海岸の黒人ドレイであった。黒人ドレイは甘蔗栽培の経験者でありよく働いた。成功した領主はその利益を個人的な浪費につかい生産費の軽減や生産をあげる方策には力を注がなかった。まして地力培養には無関心で生産があがるまで土地を酷使した。そして単作大企業栽培の遠因をつくった。この甘蔗栽培もキューバ (Cuba) などの生産性の高い他国との競争に負けてしまう。

地主と農業労働者との契約を見ると地主は一定の地積を決めて分益契約を結び森林を伐り焼拂って所定の作物を植える。2～3年すると生産があがらなくなると牧草をつけさせて契約は終

了する。小作人は前の地主か或は新しい地主と新たに契約を結び新しく仕事にとりかゝり、地主は新牧草地に家畜を放牧し地主自ら養畜を実施する。この牧草地も年数の経過を共に雑木の密林となる。そしてこの密林の放牧を放棄して新しい牧草地の養畜にとりかかる。即ち作物栽培は分益労働者の管理に、生育の悪い牧草地の養畜は地主の管理に夫々相分離し農牧複合管理は見られない。地力の培養、地力の増進は養畜によってなしとげられる面は甚だ大きい、ブラジルにおいて地力増進対策がおくれたのはこの古い時代の農牧分離に原因の一端があるのではないだろうか。アマゾンにおいては筆者の調査では現在でも作物栽培と養鶏以外の養畜とは全く相分離して経営されている。

筆者がこゝにとりあげたのはポルトガルの植民者は農業生産技術の中核をなす地力増進対策を軽視してうっそうたる森林を無計画に伐り拓いて来たことである。多くの報告に見られるようにポルトガル人はもともと作物を育てる民族ではなく育っている木の実をもぎとっていく民族である。これがポルトガル人の農耕の進め方である。

3 欧州、日本等からの移住者の農耕の進め方

1727年ブラジルの陸軍将校によって佛領ギアナからカフェ (Café) の種子と若干の若枝がアマゾンアのベレンにもたらされた。こゝでは試作はされたが栽培は定着せず間もなく東海岸の東北部地方を素通りして東南部地方のリオ、デ、ジャネイロ (Rio de Janeiro) 州に至って漸く根をおろし栽培面積を拡大した。

然し栽培技術の進歩していない当時としてはやむを得ない事ではあったが地力培養に無関心であり急速に土壌侵食をうけ、地力は消耗減退した。そのため産地は西側地方に移動した。サンパウロ (São Paulo) 州は標高は高く気候はよく、肥沃な、テラ、ローシャ (Terra roxa) 土壌に沿うて増殖は続いた。19世紀終期には約260万俵 (1 俵60kg) を生産するに至った。^{*36} ドレイ禁止令は1888年に出されたがこれを事前に察知したポルトガルの或る農園主は1847年黒人ドレイにかわる労働力としてドイツ人を試験的にコロノ移民 (契約労働、分益労働) として欧州から移住させた。これにつづいて本国のポルトガル、イタリア、スペイン、ドイツ、少しおくれで1908年日本から夫々表14のように多数の移住が見られた。各国からの移住者は母国の農耕文化、農作物等をブラジルに持込み農業生産の拡大に貢献した。

表14-1 国籍別ブラジル移住者数—INCRA *16

(1,000人)

国名	1822～1960	1961～1967	1961～1970	計
ポルトガル	1,698.2	55.0	7.6	1,760.8
イタリア	1,606.1	7.8	1.6	1,615.4
スペイン	684.4	19.4	1.9	705.7
ドイツ	255.3	3.8	1.8	260.9
日本	226.8	16.3	1.5	244.6
その他	898.1	35.7	11.7	945.5
合計	5,369.0	137.9	26.0	5,532.9

表14-2 日本人の年次別ブラジル移住者数（1908～1971年）INCRA*16

1908～`12	`13～`17	`18～`22	`23～`27	`28～`32	`33～`37	`38～`42
4,746	14,926	11,699	27,389	59,203	68,898	6,754
1943～`47	`48～`52	`53～`57	`58～`62	`63～`67	`68～`71	合 計
7	405	20,157	31,536	6,177	1,980	248,872

コロノ時代は専ら農場労働者として働きながら風土や社会生活にも慣れ、企業を始める資金づくりの期間でもあった。幸運なことに20世紀初期に世界的な経済恐慌が起きカフエの大地主が土地を手離すようになった。移住者はこのときとばかり地主の売出す地味の劣る土地を買求め独立農になると土地を大切にし地力を培養し各自の持っている栽培技術や営農技術を発揮してブラジル農業の発展充実に寄与するのである。労働移住が始まる頃欧州では既に三圃式耕作法がとりあげられ、畑の地力を養うために休閑地を設け、或は休閑地にマメ科牧草を導入して積極的に地力を養う耕作法がとられていた。また日本においても新しい畑作物を採用し肥培管理の技術が向上し始めていた。移住者は母国で経験した技術を互に分ち合い助け合ってこの新天地に応用した。これが契機となってブラジルの農業、アマゾニアの農業がよみがえるようになった。

日系移住者は当初サンパウロ州を中心とした東南部地方に集中していたが1929年から熱帯アマゾニアにも移住進出しアマゾニア入植の端緒をつくった。この地域においても新作物を導入し数多くの特産物をつくり出した。日系移住者がブラジル農業に貢献した1例として1964～65年におけるブラジル全国の農産物中日系農家の生産物の占める割合を表15に示した。

表15 ブラジル農産物と日系農家生産の比

(1964～65年度ブラジル農業技術研究会推計)

品 目	ブラジル全生産量 単位1,000	日系農家生産比 %
ト マ ト	533.3 (t)	58
じゃ が い も	1,663.8 ㍻	41
そ の 他 の 野 菜	—	80
鶏 卵	649,816.0 (打)	44
茶	6.2 (t)	92
ま め 類	1.5 ㍻	80
こ し よ う	8.6 ㍻	82
ラ ミ ー	1.5 ㍻	92
は っ か 油	2.0 ㍻	50
バ ナ ナ	338,206.0 (房)	6
コ ー ヒ ー	2,084.0 (t)	9
こ め	1,770.3 ㍻	4
だ い ず	304.9 ㍻	6
と う も ろ こ し	9,408.0 ㍻	2
落 花 生	1,469.6 ㍻	21
綿 花	1,770.3 ㍻	14

トマトを始めとして野菜類、お茶、ラミーは殆ど日系人によって生産されている。またコショウも然りであるがこれは大部分はアマゾニアの日系人によって生産されているものである。この表にはあらわれていないがアマゾナス河の沖積地のジュート (juta *Corchorus capsularis*) は総生産は約7万t (1961年) にのぼりブラジル国の使用する麻袋全量を生産自給するまでに至った。現在ジュートの栽培は日系移住者からブラジル系農家に移っている。このように日系移住者の生産への寄与は極めて大きい。

Ⅲ 有機物の還元と畑地面被覆による地力増進試験

こゝに云う地力とは農作物をとりまく大気、土壌、並に土壌微生物相等の生態系構成要素の作物を育てる能力であると解釈し、自然に具わっている環境もまた栽培管理によって改善された環境をも含めるものとした。

先に述べたように原始林は作物の安定増収を図るために多くの環境造成を提示してくれた、その中から最も重要であり効果の出易い環境造成から逐次試験することとした。

原始林は自身の樹冠によって地面を被覆し、土壌侵食を防止し、地温をさげまた雨季乾季の土壌水分を調節し且つ落葉枝や枯死根の還元により土壌微生物の増殖均衡を図り、微生物遺体による肥沃化、有機物の分解とその吸収の栄養循環が効率的に行われている。原始林自身がこの環境を造成しているが人為的にはこれになぞらえて最初に敷草栽培をとりあげた。そして次第に巾広く、深く地力増進の試験を進めることとした。

Ⅲ-1. 敷草による地力増進に関する試験^{*42*43}

1965～66年、アマゾニアにおいて入手し易い2～3の敷草並に被覆材料を供試しその種類と供試量の土壌環境に及ぶ影響を調査した。約半年も被覆をつづけると各材料は相当に風化分解したので各試験区にカウピーを播種しその生育状態を調査した。

(1) 試験方法：

供試被覆（敷草）材料

- a. MG イネ科植物マットグロッソ (*Mato grosso*, *Tripsacum dachtyloides*) の茎葉
- b. PU. マメ科のプエラリア (*Pueraria*, *Pueraria phaseoloides*) の茎葉
- c. CA. モミガラ (*Casca de arroz*)
- d. CC. コゝやしの果皮の粉碎物 (*Casca de Coco*)
- e. SC. 無被覆

被覆量：

各材料の風乾 2 kg/m² と 4 kg/m²

供試作物：

カウピー (Cowpea, *vigna sinensis*) 早生品種 40日、(quarenta dias)

試験圃場は幾度となく栽培試験を繰返したもので当時は休閑地となっており草本や灌木が生育していた。土壌は表6のように砂質であって肥沃ではないように見られた。

試験区・各試験区は4 m²とし2区制とした。乾季後期10月に各試験区に所定量の被覆材料を均等に撒布被覆した。翌年の雨季後期4月まで約半年間、被覆材料の土壌環境に及す影響を調査した。その時期には被覆材料の茎葉類では相当に風化が進み被覆当所その厚さが7～8 cmもあったものが1.5 cm前後となり性状はボロボロの乾燥堆肥のようになった。モミガラのような材料は雨毎に一部流されたのでその都度集めては元のように被覆した。4月になって各区一様に被覆材料を除去き、カウピーを40×30 cmの間隔で各播穴に4粒宛播種し直に被覆材料を元のように均等に敷詰めた。而してカウピーの生育状態を調査した。

(2) 試験結果と考察

a. 地温をさげる

1日における時間的地温の分布を見るために4時間毎に地中5 cm地温を観測した(表16)。大方最高は12～16時に、最低は4時にあらわれる。12時地温においては同一材料の場合は被覆量の多い区は少い区よりも低く、4 kg/m²被覆の場合、裸地区は最も高く39.5℃、次いでモミガラ類の32.0℃、最も低いのは茎葉敷草(MG, PU) 区の30.0～31.5℃、特にMG 区の30.0℃は最も低い。即ち被覆することによって地温上昇は抑制され、その効果は特にイネ科牧草茎葉において著しい。被覆量の少い2 kg/m²の場合でも裸地区39.7℃に対しMG 区は31.0℃を示しその抑制効果は大きい。最も地温の低くなる4時地温は裸地区の24.0℃に対し4 kg/m²被覆においてモミガラ類の25℃～26℃、茎葉類の27℃～28℃を示し、放熱時における被覆は地温の低下を抑制しその効果は茎葉類のMG 区とPU 区が著しい。

5月から12月までの乾季期間に毎週1回宛12時における地中5 cm地温を測定し各月の平均を求めた。第16表の2項のように裸地区の37.0℃に対しMG の2 kg/m²区および4 kg/m²区は夫々31.4℃と30.5℃、また同期間内の最高地温は裸地区で42.5℃～42.7℃に対しMG 区は夫々33.2℃～31.7℃であった。MG の地温上昇を抑制する作用は極めて高い。

熱帯作物と見られるレモン、オレンジ、グレープフルーツ等は地温30～35℃以上になると根系の水分吸収が減退する、また根の発育適温はトウモロコシの24～28℃、トマトは16～32℃であると報告されている。^{*22} 気温とカフェ植物の生育との関係については気温が20～26℃の場合に根部も地上部も共に最も生育がよく、これ以上気温が高くなると甚しく生育が低減する。^{*5}

地温の最高は大方15時頃になるので筆者が測定した12時地温は最高地温より低くなっていることを念頭に入れてアマゾニアの地温と作物の生育との関係を吟味すると多くの作物の根部の生育は高温障害を受けているように考えられる。

MG、およびPU の風乾茎葉は敷草してからの経過日数が長くなると次第に風化分解が進み地温抑制能力が減退するように見られた。表16—3項に見るように地温抑制能力は、被覆区地温/裸地地温の比の値が100%より小さい程その能力は高いことを示す。裸地地温の相等しい日時(34

～36℃)において敷草処理を始めてからの経過日数に従って同比の値を調査した結果は表16-3項に見るように敷草を開始した10月における同比の値は MG の 2 kg/m²区および 4 kg/m²区は夫々85%と84%を示しておるが約7ヶ月を経過した4月の数値は夫々91%、90%を示すようになり地温抑制能力の低減が見られた。

また地温抑制能力の低減と同時に土壤環境要因例へば土壤水分の調節作用にも同様に作用するものと考えられる。従って敷草による土壤環境の適正化を維持継続するためには敷草処置は半年毎に年2回行う必要がある。具体的には第1回は6月頃から始まる乾季対策(高地温、蒸発の抑制、栄養の消耗)に、第2回は12月から始まる雨季対策(過剰雨量の一時的吸着、土壤水分の調整、土壌表層侵食と土壤のしまり防止)に夫々備える必要がある。

表16 材料の異なる被覆による地中5cm地温(℃)

被覆量 材料		2 kg/m ²					4 kg/m ²				
		MG	CA	CC	PU	SC	MG	CA	CC	PU	SC
1. 4時間毎の地温											
時.	4	26.0	24.7	24.2	27.2	24.0	27.0	26.2	24.5	28.0	24.0
	8	27.5	27.5	27.2	29.0	28.0	27.5	28.0	27.2	29.0	28.0
	12	31.0	33.0	34.2	31.5	39.7	30.0	32.0	31.7	31.5	39.5
	16	30.0	33.0	33.5	32.0	38.0	30.0	32.2	32.5	31.2	37.5
	20	26.2	26.5	26.5	28.0	27.0	26.5	38.0	27.2	27.7	26.2
	24	27.0	26.2	25.0	27.5	25.5	26.5	27.5	26.0	28.2	25.5
	平均	28.1	28.5	28.4	29.2	30.4	27.9	29.0	28.2	29.3	30.1
	最高、最低の差	5.0	8.3	10.0	4.8	15.7	3.5	6.0	8.0	3.8	15.5
2. 5月から12月までの7時地温と12時地温											
	7時平均地温	27.4	27.5	27.3	28.5	28.0	27.8	27.9	27.0	28.9	27.9
	7時最低地温	27.0	27.0	26.2	28.0	27.0	27.5	27.5	26.5	28.2	26.7
	12時平均地温	31.4	33.6	34.4	32.6	37.1	30.5	32.8	32.6	31.5	37.0
	12時最高地温	33.2	35.0	36.5	34.7	42.5	31.7	34.2	34.7	32.7	42.7
3. 敷草地温/裸地地温の比の値の経日的変化 %											
	10月	85	91	94	88	100	84	88	90	87	100
	4月	91	97	97	90	100	90	97	94	94	100
	5月	92	97	98	97	100	89	93	95	92	100

備考 MG—Mato-grosso の茎葉、CA—もみから、CC—Coconut の殻粉、
Pu—Pueraria の茎葉、SC—無被覆

b. 土壤水分の調節

地表から地中3cmまでの土壌を円筒形採土器を以て採土し重量法によって土壤水分を測定した。土壤水分を降雨後の経過日数に従って追跡してみたのが表17である。

雨がやんでから余り時間の経過しない時は表17の1および4項のように裸地区より被覆区の方が少ない傾向にあることが見られる。これは森林の場合と同様被覆材料によっていったん雨水が吸着され、その後余剰水が土壌に滲透するのに反し裸地区では降雨後直に水分を受け入れるためと考えられる。然し降雨がやんでから短い時間でも、長い時間経過した場合でも一般的には裸地に

表17 被覆材料の量、質と土壌水分との関係 (%)

測定日	量 材料	2 kg/m ²					4 kg/m ²					説明
		MG	CA	CC	PU	SC	MG	CA	CC	PU	SC	
1. 10月14日		10.2	11.9	14.4	13.0	11.3	10.5	9.5	10.8	12.8	11.9	雨がやんで3時間後
〃 30〃		8.3	6.3	4.6	7.3	0.7	7.3	6.5	7.7	8.0	1.3	ひきつづき殆ど雨はない
11月1日		5.2	3.0	2.7	6.2	2.1	6.6	5.6	6.2	6.9	1.3	〃
2. 〃 6〃		8.8	10.0	12.1	11.5	8.5	9.4	8.4	7.3	8.5	8.6	雨がやんで12時間後
〃 7〃		8.5	8.5	7.8	8.4	3.4	9.3	8.5	6.9	8.5	2.7	ひきつづき雨はない
3. 〃 27〃		6.8	3.3	2.3	4.4	1.1	7.5	5.9	4.8	6.5	1.5	数日間雨はない
〃 28〃		6.3	3.8	2.2	5.0	1.3	8.3	3.9	2.6	6.7	1.2	ひきつづき雨はない
4. 〃 29〃		10.9	10.6	12.8	12.8	13.8	12.0	10.4	12.7	10.8	13.8	大雨がやんでから12時間後

表18 有機物被覆と野草発生量との関係 (乾重 g/m²)

調査日	量 材料	2 kg/m ²					4 kg/m ²				
		MG	CA	CC	PU	SC	MG	CA	CC	PU	SC
11月10日		0	9	12	3	14	0	3	5	0	17
12月10日		6	34	27	1	68	0	3	8	0	49
計		6	43	39	4	82	0	6	13	0	66
被覆/裸地 の値 (%)		7	52	48	5	100	0	10	20	0	100

少く被覆区の方が遙に多くなっている。特に茎葉による被覆においてきわだって多くなっている。3項のように降雨後数日経過した時点における裸地では1.5%に過ぎないのに CA、CC の両区では2～4% MG 区では6～8%、PU 区では5～7%を示し茎葉類は概して長期間にわたって水分を保持している。更にイネ科牧草の方がマメ科牧草よりも水分保持力は強く、調整する能力も高いとも云える。

c. 野草の発生をおさえる

被覆処理後約3週間毎に宿根野草を除き新に発芽生育した野草風乾重量を調査した。表18に見るように野草量は各区とも被覆材料の多い区の方が少く、また茎葉被覆区の MG 区と PU 区が CA 区と CC 区よりも少なかった。MG 区と PU 区は 2 kg/m² の場合は裸地区に対し数%に過ぎず、4 kg/m² の場合は共に皆無であった。敷草は野草の発生を抑制し除草の手間が省かれるし土壤養分の保持にも役立つ。

d. 土壤侵食を防止する

本試験において被覆処理後約6ヶ月を経過しカウピーを播種するため被覆材料の層を取除いた、各試験区間の地表面を見ると各被覆区は裸地区地面より一段と高くなっていた。被覆区地面が高く裸地区が低いのは前者においては土壤侵食が軽く、また降雨による土壤のしまり方が軽い、これに対し裸地区にあっては表層侵食がおこりまた土壤のしまりが強く行われた結果である。

全試験区の中、裸地区とこれを取巻く被覆区との地面の高低を測定しこの数値を土壤表層侵食の程度とした。この数値の大きい程被覆区の侵食が少ないものと見なした。表19に見るように両

隣の被覆区の1つにCC被覆区が存在していると裸地区との差が0.4~0.7cmであって小さく、被覆区の侵食の大きいことを示している。これに対し両側にPU区およびMG区の茎葉被覆区がある場合は被覆区と裸地区との差が大きく共に1.1cmを示し被覆区の侵食程度が極めて少いことを示している。茎葉による敷草はモミガラのような粉状の被覆材料より遙に土壌表層侵食を防止していることが判然とした。

表19 裸地区における土壌侵食

被覆 2 kg/m ²		被覆 4 kg/m ²	
土壌侵食程度cm	裸地区をとりまく被覆区	土壌侵食程度cm	裸地区をとりまく被覆区
0.4	PU、CC	0.7	CC、MG
1.1	PU、MG	1.1	PU、MG

e. 生育状態

被覆材料の種類とその供試量によるカウピーの生育状態を調べてみよう。その成績は表20のようである。

先に述べたように被覆材料がボロボロに風化したので各区の被覆材料を夫々取出し各区の土壌を軽く耕起してカウピーを播種し幼植物が出揃ってから被覆材料を再び元のように敷きつめた。その後作物の生育状態を調査した。

(a)発芽率。各植穴に4粒の種子を蒔きその発芽率を調査した。敷草量の少ない場合(2 kg/m²)はその多い場合(4 kg/m²)より甚しく劣った。また何れの被覆区も裸地区より遙に高くなっている。また茎葉の被覆即ち敷草はモミガラのような被覆材料の場合よりも遙かに高く特に4 kg/m²の場合は裸地区の10%に対し80~90%を示した。茎葉被覆は上述したように土壌環境を改善し且亦有機物の還元と風化分解によって土壌の理化学性と土壌微生物相が改善されたこと即ち作物を育てる土壌の能力—地力が高められたことに因るものであろう。

表20 敷草とカウピーの生育

項 目	量 材料	2 kg/m ²					4 kg/m ²				
		MG	CA	CC	PU	SC	MG	CA	CC	PU	SC
1. 発芽歩合	%	64	24	21	77	13	82	60	22	91	9
2. 罹病率	%	44	63	64	23	85	33	59	56	26	87
3. 茎長 (収穫期)	cm	14	11	19	12	10	16	15	15	17	8
4. 開花期 (月、日)		5.31	6.16	6.16	6.1	6.23	5.23	6.2	6.13	5.29	—
5. 総植物生産重	g/10m ²	2.77	55	129	158	10	514	444	240	510	2
6. 精種実重	g/10m ²	195	37	94	97	6	371	335	178	382	0

(b) 罹病率並に開花期の早晚

発芽前後から幼植物時代にかけて Ashy stem blight が発生し未発芽種子の多くはこれに罹病した。又発芽した個体についてはこの病斑のあるものを罹病個体とし両者を合せて各区の罹病率を求めた。同表 2 項に見るように裸地区においては85～87%の罹病率を示し、CA 区 CC 区は60～65%、茎葉被覆区は格段に少く30～40%にとどまった。被覆量の多い場合は一層少くなっている。敷草により土壌の理化学性がよくなり有用微生物が増殖して植物体が健全に生育したためと思われる。

各区の開花期を調査したところ 2 kg/m²区に属する裸地区においては 6 月23日漸く開花し、4 kg/m²区に属する裸地区は開花しないで終わった、被覆区ではいずれもその量の多い区が一層早く開花しており 4 kg/m²被覆の場合 CA、CC 両区は 6 月上中旬に、茎葉被覆区では 5 月下旬に夫々開花している。被覆によって特に茎葉被覆によって土壌の理化学性が一層よくなり生育が促進したのであろう（同表 4 項）。

(c) 植物体の生育量

カウピーの莢が成熟するとその都度収獲し最後に植物体を掘取り根群も含めて植物総体風乾重量を調査した。またその中から成熟した精選種実重を分けて測定した。同表 5、6 項のように植物総重量においては各区とも被覆 2 kg/m²区より 4 kg/m²区の方が著しく高い。後者の裸地区は 2 g/10m²、CA、CC の両区は240～440 g/10m²、茎葉被覆区は共に510 g/10m²を示している。精選種実重の生産は総植物体重に並行している。

Ⅲ-2. 施用方式を異にした有機物と地力との関係試験^{*43*46}

本試験においては同一重量のイネ科茎葉有機物を供用し焼畑耕作の場合のように草灰として還元する方式と有機物を直接利用する敷草還元と鋤込還元の 3 方式の地力に及ぶ影響を検討したものである。

焼畑方式においては焼土効果と草木灰の還元効果とが出現するであろうが有機物および窒素の還元は皆無である。

本試験は草木灰と有機物との利用効果の比較、あるいは、焼畑方式と有機物施用方式との比較試験でもある。

(1) 試験方法

試験圃場は長い間試験を繰返し供用されて来たもので、目下 2 年程前から休閑地となっている低木原野である。

供試作物は前試験と同様カウピーの40日品種である。試験区は草本イネ科牧草のマット・グロソー (Motto-grosso, *Tripsacum dactyloides*) の風乾茎葉 4 kg/m²を基準とし次のような還元方式を設けた。

- a 敷草・試験区全面に均等に敷草する。
- b 鋤込・試験区の地下15cmに全面鋤込む。(表層15cmまでの土を取除き所定の牧草を敷詰め

充分灌水した後表土を被覆する)

- c 草灰・所定量の牧草を焼いて得られた草灰 450 g/m^2 を全面撒布す。(播種2日前に草灰を表面に撒布し深さ 10 cm の土壌とよく混合した)

- d 無施与(標準)

試験区面積と区制: 1 m^2 の4区制。

播種間隔: $25\times 25\text{ cm}$ 、各植穴に5粒宛播種、間引いて1本立とする。

施肥: 各区一様に播種の1週間前炭酸石灰 200 g/m^2 を施用し表土と混合した。

供試作物のカウピーは1期作が終ると2期作を、これが終ると3期作を行った。即ち1期作の播種は1966年5月3日(雨季末期)第2作は7月26日、第3作は10月3日で共に乾季期間に行った。

(2) 試験結果と考察

i. 作物をとりまく自然環境

a 草灰区の土壌酸性の消長

草灰区は表21 1項のように草灰 450 g/m^2 の外に炭酸石灰 200 g/m^2 が施与されているため塩基類が多く含まれているので第1期作の当初は自ら pH は無石灰加用無処理区の5.8よりもまた石灰加用無処理区の7.6よりも更に石灰加用有機物施与区の7.5よりも一段と高く7.9を示している。然し約2ヶ月経過した第1作終期頃から pH 値は減少し始め第2作時になると石灰無加用無処理区の5.5よりは高くなっているが石灰加用有機物施与区の7.0と相等しい pH 値に低下している。即ち草灰区は約3ヶ月経過すると施与された草灰量は殆ど消失してしまうようにも受けとめられる。

この試験は Af 気候の乾季に行われているが乾季と云えども毎週1回程度の降雨があるのでこのような pH 値の減少が見られたものであろう。本格的な雨季にあつては尚一層 pH 値の低下が見られるものと思われる。

現実には乾季のうちにやま焼きをして草木灰が畑地面に残され整地の際に土壌と混合されるが間もなく雨季になるとイネ、トウモロコシの短期作物の播種、多年生作物のコシウの植付が始まる。この雨季の多量の降雨に出合うので草木灰の消耗流失は本試験の場合より一層すみやかに行われているのではないと思われる。ましてアマゾニアの粘土鉱物は塩基類の吸着保持力の弱いカオリンであることを付け加へておきたい。

井磧 昭^{*20}はコショー園土壌物理性調査に関連してトメアス、ブレウ (Breu) 地区における原生林やま焼きあと地の木灰量を調査している、最少は 2.7 kg/m^2 、最高は 4.3 kg/m^2 、調査4地点の平均は 3.2 kg/m^2 、現地においては本試験の草灰量より莫大な木灰量が還元されているがその流亡消耗量もおびただしいものと推定される。

b. 畦間蒸発量

ガラス製秤量皿に一定量の水を入れ作物の生育している畦間における1昼夜の蒸発量を測定した。この蒸発量は作物茎葉の繁茂程度を表示するものである。地力が適良である程作物の生育はよく茎葉がよく茂り蒸発量は少なくなる。生育が劣る程茎葉の被覆が薄くなって蒸発量は多くな

る。表21-2項の数値は第3作の乾季の測定のもので作付けが繰返えされ地力が減退し、生育の衰えた時期の数値である。草灰区は無処理区と相等しく35cc、有機物施用区は32-33ccを示し草灰区の生育は有機物施用区の生育より劣っていることを示した。

c. 畦間地中5cm地温

作物の生育している畦間の地下5cm地温を調査した。この要素も作物の生育状態を表示する指標と考えられる。表21-3項のように第1作時における無処理区は生育不振で茎葉繁茂が少いため地温は38.5-39.0℃で試験区中最も高く、次いで草灰区の32.5℃、最も低いのは有機物施与の2区であり就中敷草区は30.0℃にも達しない。第2作および第3作においても各試験区の地温順位は第1作時の場合と同様であるが作付けを継続するにつれて作物の生育は次第に低下するために試験区間の較差は次第に少くなり無処理区の数値に近くなる。地温の消長を通して作物の生育を推定するに草灰施与の効果は余り期待出来ないこと、また有機物施与の効果は極めて大きいとその効果の持続期間は左程長くはないことがわかる。

d. 土 壤 水 分

土壌を円筒採土器を以て地表から3cmまでを抜きとり重量法を以て土壌水分を求めた。第1作時の2回の観測成績を見ると表21-4項のように無処理区は最も少く草灰区は少々多く、有機物施与区が最も多くなっている。つまり生育が良く地上部がよく繁茂している区程土壌水分が多い。例えば第1作の6月中旬においては無処理区は2.8-3.1%、草灰区3.7%次いで有機物施与区の5.3-7.7%で最も多い。又第2作の8月末の測定においても大体第1作の場合と同様の傾向が見られた。温帯における常識からすれば茎葉の茂る植物体からの蒸散量は莫大でありこれを取巻く土壌水分はむしろ少いであろうと考えられるが、アマゾニアの実態ではその反対で生育のよい程土壌水分は多い傾向が見られる。いかに焼けつく裸地からの蒸発量の多いものかが想像される。

有機物施与区において生育が良く且つ土壌水分が比較的多くなっていることは還元した有機物が土壌構造の改善に役立ち團粒の中に水分を安全に保ち続けているものであろう。

e. 根粒の発育

各播穴に5粒宛播種し2回にわたって間引した幼植物体について根粒形或個体の割合と1植物体当りの根粒乾燥重とを調査した。

表21-5項、6項の如く第1作においては石灰加用の有無や有機物施与の有無による根粒発達の差異は判然としなが第3作に於いては根粒形成個体の割合並に個体当りの根粒重は共に無処理区において最も少く、草灰区、有機物施与区の順に次第に多くなっている即ち、草灰区よりも有機物施与区の方が根粒の発達が優れている。一般に土壌有機物の多い状態では有用土壌微生物特に細菌の発達がよく、有機物の少い場合は有害微生物特に糸状菌の発達が多くなる傾向にあると云われている。

有機物の施与は作物をとりまく自然環境が改善され窒素固定の根粒細菌が発達したものであろう。

表21 施用方法を異にした有機物の土壌環境に及す影響

試験区		石 灰 加 用				石灰無加用
項目, 作期	調査月日	敷 草	鋤 込	草 灰	無 処 理	無 処 理
1. pH(H ₂ O)						
第1作	5.1 ; 5.15	7.5	7.5	7.9	7.6	5.8
	6.15 ; 7.12	7.3	7.4	7.6	7.4	5.6
第2作	8.4 ;	6.9	7.0	7.0	6.9	5.5
第3作	10.7 ;	6.8	6.5	7.0	7.0	5.5
	12.11 ;	6.4	6.1	6.6	6.6	5.5
2. 蒸発量－畦間 (cc)						
第3作	10.26	33	32	35	35	35
	11.7	31	31	32	32	34
3. 地温－地中5 cm (℃)						
第1作	6.15	28.9	30.3	32.5	38.5	38.8
第2作	8.31	30.3	30.3	31.0	31.3	31.8
第3作	10.16 ; 10.21	35.4	36.7	37.3	37.2	38.0
4. 土壌水分 (%)						
第1作	6.15	7.7	5.3	3.7	2.8	3.1
〃	6.22	4.6	2.2	1.0	0.3	0.4
第2作	8.31	3.7	0.8	1.4	1.6	1.2
5. 根粒保持個体の割合 (%)						
第1作	6.6	91	58	79	47	70
第3作	10.18	73	40	25	18	18
6. 1個体当り根粒乾重量 (mg)						
第1作	6.6	7.1	0.7	4.1	0.4	1.3
第3作	10.18	+++	+++	+	+	+
7. 罹病株割合 (%)						
第1作	6.6	2	20	37	41	50
第3作	10.18	1	0	1	10	28

播種期 第1作—5月3日、第2作—7月26日、第3作—10月3日

f. 罹病株割合

第1作においては *Sclerotium rolfsii* により第3作においては *Macrophomina phaseoli* によって夫々侵された、これらの罹病歩合は表21-7項のように無処理区が最も多く40～50%、草灰区は37%、有機物施与区 2～20%で著しく少く特に敷草区は2%で殆ど無病に近い。敷草区は作物をとりまく自然的環境が適良であり微生物相においても均衡が保たれ有害微生物に片寄らなかったことに因ると見られる。

ii. 作物の生育状況と収量

無処理区、草灰区および有機物施与区は上記のような相異なる環境下に生育した結果表22のような生育と生産量を示した。

a. 生育状況(収穫時における茎長、総植物体重)

無処理区に対比して草灰区はかなり優れた生育を示した、有機物施与区は前者とは比較にならない程優れた生育を示した。期作が進むにつれて各区とも生育は次第に低減するがその程度は

無処理区が最も甚しく、草灰区、有機物施与区の順に次第にゆるやかである。同表4項に見られるように総植物体重の各期作の割合を見ると有機物施与区は第2作によると20～28%に、草灰区は13～15%にまた無処理区は13%に夫々低減している。草灰の効果は有機物に比較して低いくでなくその効果は長続きしない。

種実生産量は上記の生育量と相一致し第1作においては無処理区 8 g/m²に対し草灰区89 g/m²、有機物施与区160 g/m²～180 g/m²となり特に鋤込区は最も優れて180 g/m²を示している。また期作を重ねるにつれて収量は次第に低減し、第2作になると無処理区は僅か1 g/m²、草灰区は14 g/m²、有機物施与区は30～50 g/m²に減少する。有機物施与区の中では鋤込区が51 g/m²を示し敷草区の33 g/m²より低減は少い。

鋤込区の生育収量が敷草区より高かったのは敷草区の被覆効果は植物体自身による被覆と敷草被覆とが重なり鋤込区の植物体だけの被覆より確に高く現われている。然し鋤込区の生育は最も良く植物体による被覆効果も最も高く実質的には敷草区と大差はなかった。一方有機物の肥料的効果は鋤込区の方が地中に鋤込まれているために敷草より格段と高くあらわれたのであろう。

表22 施用方法を異にする有機物と生育収量

項 目、 期 作		石 灰 加 用					石 灰
		敷 草	鋤 込	草 灰	無 処 理	無 加 用	
1. 収穫時の茎長cm							
第1期作		28	23	20	14	13	
2 〃		18	19	14	10	9	
3 〃		12	13	10	9	7	
2. 総植物体生産風乾重量 g/m ²							
第1期作		345	389	188	34	34	
2 〃		75	105	39	11	7	
3 〃		25	39	16	14	10	
3. 精種実重量 g/m ²							
第1期作		162	181	89	8	8	
2 〃		33	51	14	1	1	
3 〃		1	11	2	1	1	
4. 第1期作総生産量に対する各期作の割合 %							
第1期作		100	100	100	100	100	
2 〃		20	28	15	13	13	
3 〃		4	6	2	13	13	
5. T/Rの値—地上部/地下部の値 %							
第1期作		17	19	15	7	5	
2 〃		18	15	9	8	6	
3 〃		6	10	5	5	3	

b. 根部の生理機能

根部の機能の良否を判定するものさしとして根重量に対する地上部の比の値即ちT/R比を用いた。この数値が大きい程作物をとりまく地力が優れており根部の生理活動が能率的で地上部はより大きく育つものである。第5項に見るように第1作の場合は有機物還元のない無処理区が最

も小さく5～7%、草灰区は15%を示しているが有機物施用区になると17～19%と増大する。作付を重ねるにつれて地力は次第に減退しT/R比の値も次第に減少し、第2作になると無処理区は6～8%、草灰区は9%、有機物施用区は15～18%に減少している。第3作になると各試験区の数値は更に少くなる。地力が高いと根部の機能は能率的になり地上部の生育が増大する。草灰よりも有機物の方が一層地力を培養している。

アマゾンにおいては草灰の効果は思いの外少いように見られた。むしろ有機物施用の効果の大きいことを確認しこの実施に専念すべきものと考えた。

iii. 補 足 試 験

石灰加用草灰区と草灰単用区との生育調査。

前項の試験において一般に行われている草灰単用区を設けなかった。草灰単用区の生育を知ろうとして新に草灰単用区と既設の石灰加用草灰区とを設け両区の生育の相異を見ることにした。この試験結果は表23のようにPH値においては草灰区は石灰加用草灰区よりかなり低くなっているが生育状況は殆ど大差のないことが判明した、従って本試験に供試したカウピーの場合は先に設定した石灰加用草灰区の生育と草灰区の生育とは凡そ相等しいことが分った、即ちさきに得られた石灰加用草灰区の成績は草灰単用区の成績とみて差し支えないものと認められる。供試作物は異なるが同じマメ科の大豆は土壌反応に対する適応性は比較的広い作物であると誌されている。

表23 石灰加用と無加用の草灰色の生育

項目	調査月日	試験区	
		石灰無施用草灰	石灰加用草灰
1. pH(H ₂ O)	7. 12	6.5	7.5
	8. 20	6.5	7.7
	12. 11	5.9	6.6
2. 茎 長cm	8. 14	21	21
3. 開花始 月 日		7.31	7.30
4. 罹病率 %		15	15
5. 総植物生産風乾重 g/m ²		123	120
6. 精種実重 g/m ²		66	64

備 考 播種期 6月24日、収穫期 8月28日

Ⅲ－3. 有機物による地力増進に関する試験*⁴⁶

1. 有機物施用量とカウピーの生育との関係試験

(1) 試 験 方 法

有機物含量の少ない自然草地土壌を採土し、無底のビニール・フィルムを側面に張りめぐらした50×50cm、深さ30cmの框に詰め、次のような野草、イネ科 *Homolepis aturensis* を3～5cmに切断した茎葉を供試土壌とよく混合した。

框の容積は75ℓ、供試土壌量は128kgであった。供試有機物量は重量割合とし次のような試験

区を設けた。

a－無施与標準区、b－1％区、c－2％区、d－4％区。

播種間隔は25×17cmの6穴/框、各植穴に4粒宛播種、供試作物はカウピー、試験実施は1973年。

(2) 試験結果と考察

第1回及び第2回試験は生育初期に蟻の食害を受け第3回試験において漸く正常の生育を得た。生育状況は表24のようである。

発芽率：各播種期において同様の傾向を示し有機物量の多い区程高い。

罹病率：有機物の増加と共に減少する。

生育と生育の促進：有機物量の多い区程生育は促進し、開花日は早くなる。その上植物総体重は次第に増大する、而して種実を養育するはたらきは一層強化され、莢重/総植物体重の比の値は次第に増大する。

表24 有機物量とカウピーの生育

項 目	有機物量 調査日	0 %	1 %	2 %	4 %
第1試験 播種	7/25				
発芽率 %		25	66	79	79
第2試験 播種	8/15				
発芽率 %	8/22	25	50	96	96
罹病率 %	8/28	100	8	0	0
第3試験 播種	9/17				
発芽率 %	9/20	67	89	83	97
罹病率 %	9/25	63	0	0	0
開花日 月日		11/26	11/7	10/31	11/2
風乾莢重 g/框		0.0	1.0	8.5	11.0
植物総風乾重 g/框		2.0	10.5	18.5	20.0
莢重/総植物重 %		0.0	1.0	5.0	6.0

2. 有機物量の異なる土壌における化学肥料の濃度障害に関する試験

(1) 試験方法

本試験は室内実験で素焼ポットを供用した、有機物量の多少を設定するために牧草地土壌を有機物の多い土壌とし、自然草地土壌を少い土壌として夫々供試した。

牧草地土壌には $m^2 \times 30cm$ 当り風乾1.35kg (生5.4kg)、自然草地土壌には同じく風乾0.99kg (生3.9kg)の根量が夫々含まれている。その上牧草地土壌は自然草地土壌に比較して孔隙率は高くアンモニア態窒素を多く含まれている(表29、表32)。これら両様の各土壌を直径約30cm、容積5ℓの素焼ポットに底部には2.5ℓの砂土を、上部2.5ℓには供試土壌を夫々次のように化成肥料とよく混合して詰めた。化成肥料はN－18%、 P_2O_5 －23%、 K_2O －18%の組成であり供試量を次

のように区分した。

a—無施肥 b—2 g/ℓ c—5 g/ℓ d—10 g/ℓ、

播種粒数は各区1鉢とし25粒、間引いて3本立とする予定であった。

供試栽培作物はカウピーの„40日”品種。

表25 土壤有機物の多少と化学肥料による生育の差異

項 目	試験区	調査月日	土 壤	無 肥	2 g/ℓ	5 g/ℓ	10 g/ℓ
発 芽 歩 合%		7/18	牧 草 地	92	92	64	12
			自然草地	92	40	8	0
罹 病 歩 合%		7/26	牧 草 地	0	0	0	100
			自然草地	0	80	100	
開 花 始 (月 日)			牧 草 地	9/4	8/21	8/24	9/15
			自然草地	9/4	8/21	—	—
総 植 物 体 重			牧 草 地	14.3	21.3	17.9	9.0
(風 乾 g)			自然草地	13.1	18.4	5.3	—
種 実 重			牧 草 地	3.8	5.8	3.8	—
(風 乾 g)			自然草地	3.0	6.0	0	—
供 試 個 体 数			牧 草 地	3	3	3	1
			自然草地	3	2	1	—

(2) 試験結果と考察

試験結果は表25のようであった。

a. 発芽障害と罹病率：発芽障害は牧草地土壌においては、5 g/ℓ区から出始めたのに反し自然草地土壌においては1段階少量の2 g/ℓ区から現われその程度は高い。幼植物に *Rhizoctonia* によるような病気が発生したが牧草地土壌では10 g/ℓ区において始めて全株罹病しているが自然草地土壌では2 g/ℓの少量区から発生しており、しかも罹病率は高い。

b. 作物の生育遅延：開花始の時期を見ると両土壌とも化学肥料の増加と共に遅延しておる。牧草地土壌では10 g/ℓ区まで開花しているが自然草地土壌においては5 g/ℓ区から10 g/ℓ区までは開花し得なかった、それ程生育に支障が現われた。

c. 総植物生産重と種実重：両者とも大方同様の傾向を辿り牧草地土壌は自然草地土壌より生産は高い。そして少量の化学肥料施与(2 g/ℓ区)の効果は確実に認められるが化学肥料量を増すと次第に減収となる。特に自然草地土壌において著しい。

3. 茎葉有機物と化学肥料の作物(カウピー)の生育におよぼす影響試験

施肥成分量を相等しくして茎葉有機物、化学肥料の各単施およびこれらの組合せの地力に及ぶ影響を比較検討しようとするものである。

(1) 試験方法

試験区の施肥量：

各試験区の施肥基準量は同一にし茎葉有機物、化学肥料の各単施と両者の組合せを設けた。基

準施肥量はイネ科牧草 *Brachiaria decumbens* の茎葉であり第1回試験では乾燥茎葉480 g/m²、第2回試験では同茎葉310 g/m²とした。茎葉有機物の施肥成分量は表26のブラキアリアの茎葉有機物成分率により、また化学肥料は尿素 (N-45%)、溶燐 (P₂O₅-19%、CaO-30%、MgO-18%) 塩加 (K₂O 60%) を供用し夫々の成分率から算定し各区等量の基準施肥量に整えた。

各試験区面積は2 m²とし3区制をとった。供試作物はカウピーであり、栽植巨離は50×25cm、各播穴に5粒宛播種し後間引いて1本立とした。第1回試験は1975年6月(乾季初期)、第2回試験は同年9月(乾季中期)に夫々播種した。

(2) 試験結果と考察

カウピーの生育は表27のようであった。

a. 発芽歩合：不発芽種子を見ると地中であって白い種子根は伸びて健全な姿をしていながら死んでいたもの、また罹病して枯死していたものが見られた、前者は化学肥料の濃度障害に後者はこの障害によって活力を失ったのを加害した糸状菌に因るものと観察した。発芽歩合は第2回試験において有機物施与割合の多い施肥区において少々高くなっている事は有機物の理化学的並に土壤微生物的障害を緩和する緩衝作用の強いことに負うていると考えられる。

表26 自然草地及び *Brachiaria* 牧草地における優位植物の化学成分 (%)、
IPEAN, Areolina de Oliveira Matos による

牧 草 \ 成 分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
<i>Brachiaria</i>					
茎葉部	0.72	0.43	4.24	0.27	0.42
根部	0.52	0.28	2.63	0.13	0.12
<i>Paspalum maritimum</i>					
茎葉部	0.68	0.24	3.98	0.39	0.25
根部	0.69	0.24	3.08	0.10	0.12

表27 有機物と化学肥料の施与とカウピーの生育

肥料の組合せ 項目・試験順	化学肥料 100%	有機物 100%	化学肥料25% 有機物 75%	化学肥料75% 有機物 25%	標準 無施与
1. 発芽歩合 %					
第1回試験	17	78	53	27	82
第2回試験	78	84	92	70	80
2. 植物総体重 風乾 g/m ²					
第1回試験	368	328	419	415	290
第2回試験	118	115	130	150	57
対標準区の割合 %					
	127	121	144	143	100
	207	202	228	263	100
3. 種実重、風乾 g/m ²					
第1回試験	158	147	188	192	133
第2回試験	63	62	79	82	21
対標準区の割合 %					
第1回試験	119	111	141	144	100
第2回試験	300	295	376	390	100

b. 作物の生育量と種実重：第2項及び第3項を見るように有機物又は化学肥料各単用の効果は明かに認められているが両者間にはほとんど差異は認められない。

而して有機物および化学肥料の単用よりも両者の組合せ施与の方が著しく生産を高めている、即ち植物総体重においても種実重においても無肥区を標準とすれば化学肥料単用および有機物単用はいずれも120%程度を示したに過ぎないが化学肥料と有機物の併用区はいずれも140%程度の数値を示している。茎葉有機物は土壌的にもまた土壌微生物相に対しても適良な条件をつくるからであろう。またアマゾニアのラトゾルは有機物に乏しく、粘土鉱物はカオリン系であるので以上のような有機物施用効果が高くあらわれたのであろう。

Ⅲ-4. 結 び

有機物施与の作物生育上の効果は風乾茎葉有機物が極めて高かった。有機物の還元は土壌の理化学性の改善、土壌微生物相の増殖とその均衡保持によって作物を健全に育てた。更に化学肥料施与による濃度障害を抑制するだけでなく、むしろ化学肥料の効果を増進した。

有機物還元方法は作物自身の茎葉が地面を被覆する作物に対しては鋤込みが、また作物の植付け方式や作物の形態上作物自身による地面被覆程度が少く、畑地に裸地を広く残す作物に対しては敷草が夫々適應對策であり、いずれも土壌侵食、高地温、土壌水分の過不足等の土壌環境の悪

化抑制に大きく役立っている。茎葉有機物の効果の高いのに反して草灰(木灰)の生育上の効果は著しく少い。焼畑開こん時の木灰に余り期待することなく、ひとたび焼畑開拓した畑地には初めから茎葉有機物を以って地力増進を図るよう努むべきである。

Ⅳ. 牧草地と自然草地の地力比較試験^{*46*47}

ポルトガル人による農耕開発の原型は原始林を焼拂い作物を栽培し、地力培養を行なわないで生産が低減すると畑地を放棄して自然草地、再生林となし地中有機物の増加を図りつつ地力の回復を持つ、即ち原始林—作物—自然草地—再生林の植生輪換を繰返す。

近年 IPEAN では優良イネ科牧草を開発し栽培初期から茎葉の生育量は多く、茎葉は軟かくその上根系のひげ根は密に発達して根量の多いブラキアリア (*Brachiaria decumbens*) を育成した。^{*21}このような牧草を利用するならば即ち改良牧草—作物—牧草の輪換を実施するならば短期間のうちに地力は回復し生産性は増大するものと考えられる。

本試験においては改良牧草の地力増進の実態を調査しその利用方法を考究しようとするものである。

1. 既設（3年生）の改良牧草地と自然草地の地力比較試験

改良イネ科牧草あと地の地力と自然草あと地の地力とを比較するものである。

(1) 試験方法

自然草地と牧草地の各々が共に相等しく3ヶ年経過した圃場を供試した。

各地目において茎葉を刈取り圃場外に移した後、動力耕耘機を以って軽く耕起して無処理区と施肥区を設け夫々カウピーを播種し生育状況を調査した。両地目において地上部を圃場外に持出したのは両地目のあと地の地力を中心に調査しようとして企てたからである。

施肥区には化成肥料 ($N-18\%$ 、 $P_2O_5-23\%$ 、 $K_2O-18\%$) 55.5 g/m^2 と炭酸石灰 100 g/m^2 を、無肥料区 (標準区) には炭酸石灰 200 g/m^2 を夫々施与した。カウピーの播種間隔は $50\times 25\text{ cm}$ 、1穴4粒蒔き、間引いて2本立とした。1区面積は 4 m^2 、3区制。カウピーの第1作が終ると引き続き第2作を作付け第3作まで栽培した。化学肥料及び炭酸石灰は夫々の試験区の第1作の基肥として1回だけ施与した。

(2) 試験成績と考察

a. 自然草地と牧草地の草種

表28のように自然草地の草種はイネ科草本が多くその主体は *Paspalum maritimum*、地方名ゼンジブレ (*Gengibre*) である。また改良牧草地はブラキアリア (*Brachiaria decumbens*) が主体となっている。

2草種の茎葉および根部の主要化学成分は表26のように茎葉部においてはブラキアリアの方が著しく優れておるが根部においては両者間に大差は見られない。

表28 自然草地と牧草地の植物構成 (風乾 g/m²) 植物科 IPEAN による

種	類	風乾物重	%
1. 自然草地			
* Paspalum maritimum	Gramin	714 g	52
Homolepas aturensis	Gramin	305	23
Borreia vertisilata	Rubiaceae	130	10
Borreria eatifolia	Rubiaceae	160	11
その他		47	100
2. 牧草地			
Brachiaria decumbens を主体とする			
Cynodon dactylon (Capim burro) Gramin.			
* Paspalum maritimum	Gramin.		
Schranksia leptocarpa Legumin.			
Ipomea asarifolia (Salsa) Convolvulac.			
等が僅かに混生			

備考 * 地方名、Gengibre

b. 自然草地と牧草地における地上部と根部の生育重量

地上部と根部の風乾重/m²を見ると表29のように地上部においては自然草地は1.29kg/m² (生重量5.14kg/m²) 牧草地は0.89kg/m² (生重量3.55kg/m²) であり牧草地は自然草地の70%に相当し少量であるが牧草地の地表には下葉の腐植がかなり堆積していた。また表32に見るように牧草地上層にアンモニア態窒素が多量に含まれている事から推考して牧草地の地上部は自然草地よりも多量であるとしても決して誤りではない。

c. 作物の生育状況と生育生産重

両種目のあと地に栽培慣行に従い '73年と '74年の乾季に夫々第1作と第2作、並に第3作と第4作を夫々栽培した。

表29 自然草地と牧草地との地上部と地下部の重量

項目 地中深さ		自然草地 (g/m ²)			牧草地 (g/m ²)		
		風乾重	割合%	生重	風乾	割合%	生重
地上部		1,286		5,144	887		3,546
地下部	0-10cm	959	97	3,836	1,054	78	4,216
	10-20 "	22	2	88	233	17	932
	20-30 "	13	1	52	65	5	260
	小計	991	100	3,964	1,352	100	5,408
総計		2,277		9,108	2,239		8,956

表30 生育状況

項目 期作	播種期(日・月・年)	収穫期	生育状況
第1作	3/ 6/ '73	19/9	降雨分布良好、発芽整一、生育順調
2 "	22/10/ '73	3/1	発芽良、開花期以降降雨日数多く、無肥区、施肥区共に登熟不良、牧草地施肥区蔓化
3 "	28/ 6/ '74	2/9	発芽良好、微量元素欠乏症あらわる。開花し得ない株多し、特に自然草地において多し
4 "	21/10/ '74	30/12	発芽良、生育中期以降降雨多く登熟不良

生育状況は表30のように第2作はしばしば降雨に出会い登熟不良、牧草地施肥区は蔓化した。また第4作も降雨によって登熟不良となった。第3作になると微量元素欠乏症状が現われ開花し得ない株が多く見られた。

d. 自然草あと地と牧草あと地とのカウピーの生育重量

表31-1項、2項のように両地目における各試験区の総風乾植物体重を見ると一様に第1作が最も生育はよく無肥において自然草地990 g/10m²、牧草地2,910 g/10m²を示し、期作が進むにつれて次第に低減するが、低減の程度は牧草あと地において緩慢であり自然草あと地において急である(第3項)。また両地目とも無肥区よりも施肥区の方が急激に低減している。又注目すべきは各期作とも自然草あと地より牧草あと地の方が常に著しく生育は良い。種実の生産においても總植物体重と同様の傾向が見られる。

施肥の効果を施肥/無肥の比によって見ると自然草地の方が極めて高く無肥に対し施肥は487%を示し牧草あと地の場合の204%より著しく高い(第5項)。

両地目とも作付を重ねるにつれて微量元素欠乏徴候が次第に強くあらわれてくる。そして第3作になると開花結実し得ない株が多くなり特に自然草あと地において多いことを観察した(表30 1項)これと同時に表31-7項の種実重/総植物体重の比の値も作付けを重ねるにつれて次第に減少している。即ち植物体の種実を登熟する能力は期作を重ねるにつれて次第に減少し、地力もまた植物体の生理活動も次第に低減することに因ると考えられる。

開花始めを見ると8項のように両地目とも無肥区より施肥区の方が早く、また無肥区の初期作では牧草あと地が早く開花しているが後期作になると両者の差が無くなることも両地目の地力の消長に因るものであろう。6項のように第3作付け前の土壌有機物含有量(灼熱減量%)を両地目について見ると自然草あと地の無肥区と施肥区は夫々2.8%と2.7%、牧草あと地では夫々4.5%と4.2%となっており、僅かな数値ではあるが無肥区より施肥区の方が何も少くなっている。このことは化学肥料施与によって有機物の分解と作物による吸収が盛んに行われたことに因るものであろう。

作付を重ねて第3作にもなると地力は衰え植物体に活力がなくなり両地目の植物体の根は殆ど大差なくフザリウム菌に侵されていた(9項)。

以上に述べたように改良牧草あと地におけるカウピーの生育は自然草あと地のそれよりも格段に優れ且つ作付けを重ねるにつれての生産の低減程度が緩やかなことは3ヶ年にわたって改良牧

表31 自然草地と牧草地におけるカウピーの生育

項目 期作	試験区	自 然 草 地			牧 草 地		
		無 肥	施 肥	平 均	無 肥	施 肥	平 均
1. 総風乾生産量 g/10m ²							
第1作		986	4,799	2,893	2,906	5,917	4,412
2々		763	2,443	1,603	2,406	3,432	2,953
3々		371	275	294	455	830	643
2. 種実重量 g/10m ²							
第1作		393	2,299	1,346	1,420	2,803	2,112
2々		276	1,049	663	915	1,433	1,174
3々		93	75	84	133	288	211
3. 総風乾重の刈1期作比率 %							
第1作		100	100	100	100	100	100
2々		77	51	55	85	58	67
3々		32	6	10	16	14	15
4. 総風乾生産重の牧草地/自然草地 %							
		100	100	100	295	123	153
		〃	〃	〃	323	140	184
		〃	〃	〃	145	301	219
5. 総風乾生産重の施肥/無肥の比 %							
第1作		100	487		100	204	
2々		100	320		100	139	
3々		100	88		100	182	
6. 灼熱減量 %							
第3作栽培前		2.8	2.7		4.5	4.2	
7. 種実重/総生産重 %							
第1作		40	48	46	49	47	48
2々		36	43	41	37	42	40
3々		30	27	29	29	35	33
8. 開花始 (日・月)							
第1作		17/8	9/8	13/8	16/8	9/8	13/8
2々		29/11	26/11	28/11	27/11	27/11	27/11
3々		10/8	11/8	11/8	14/8	11/8	12/8
9. 罹病率 Fusarium solani f. phaseoli による							
第3作		92	92	92	76	90	83

草は自然草よりも密に地面を被覆して地力をきびしい気候の影響から守り更にまた根群は深く密に多量に発達し地力を一層高めたことに因と考えられる。

私と勤務時期を同じくした岩佐 安は本試験圃場の理化学的調査を実施した、その成績は表32のように牧草地は各層において孔隙率は高く、固相率は少く、アンモニア態窒素は多く理化学性は自然草地より遙かに優れている。

秋田県農試^{*58}においてオーチャードとレッド・クローバ混播の牧草あと地と新開畑地に夫々レタスを植付けその収量を見たとところ牧草転換畑は新開畑より遙に増収している。また「日本の地力」によると牧草あと地は有機物の集積が著しく団粒構造の発達と植物養分の漸増が見られ最終的には地力の増強に結びつく^{*33}と述べている。

表32 牧草地と自然草地における土壌の理化学性
岩佐 安-1973年 (IPEAN) による

項目 地目 層位	深 さ cm		孔隙率%		固相率%		アンモニア態窒素mg/100g	
	牧草地	自然草地	牧	自	牧	自	牧	自
A 11	0-6	0-5	51.3	55.0	48.8	45.1	6.25	1.72
〃 12	6-15	5-17	45.6	39.6	54.4	60.5	1.07	0.46
〃 13	15-20	17-25	40.3	39.4	39.8	60.6	0.83	0.37
〃 3	20-40	25-37	41.4	39.6	58.6	60.4	0.51	0.35
B 1	40-87	37-53	45.5	43.4	54.5	56.6	0.97	0.23

2. 新に造成した自然草地とイネ科牧草地およびマメ科牧草地との地力比較試験

新に造成した自然草地とイネ科牧草地およびマメ科牧草地の地力を地上部持出しの場合と地上部持込みの場合とにおいて比較しようとするものである。

(1) 試験方法

試験圃場：IPEAN から提供された3年前から休閑地として放置されていた自然草地（前述のように主体植物は *Capim Gengibre* である）において地上部を刈取り外に持出し耕起整地してイネ科牧草としてブラキアリア（*Brachiaria decumbens*）を、マメ科牧草としてプエラリア（*Pueraria phaseoloides*）を夫々植付けた。自然草地は地上部を刈取り外に持出してから後自然状態下に放置した（5月31日）。Br（*Brachiaria* の略字、以下同様）区は50×50cmの間隔に根分けして植付け（6月5日）、Pu（*Pueraria*）区は50×50cmに播種した（6月12日）。

牧草植付けに当り炭酸石灰200g/m²（5月23日）、化成肥料（N-18%、P₂O₅-23%、K₂O-18%）55.5g/m²を施与した（5月22日）。

試験区：各牧草を1ケ年栽培しその地上部を刈取り全量を持出した持出し区と刈取った地上部の1部（最終回の刈取り分）を試験区に持込んだ持込区を設けた。

試験区面積は4m²の3区制とした。供試作物はカウピー。

(2) 試験結果と考察

a. 各牧草区の1ケ年の地上部生産量と各試験区の持込量：各区の1ケ年間の茎葉生産量は表33のようにBr区が最も多く86kg/10m²、次いでPu区の48kg/10m²、最も少いのは自然草地区の29kg/10m²であった。

而して持込区に鋤込んだ草量はBr区とPu区は夫々最終回の刈取り分18kg/10m²と12kg/10m²、また自然草地区には茎葉生産が著しく少なかったので1ケ年分の刈取り全量29kg/10m²を鋤込んだ。3試験区中では自然草地区が最も多く鋤込まれ、次いでBr区、最も少いのはPu区である。

表33 各草種の1ヶ年の茎葉生産量と持込区の鋤込量

草種	刈取量 生kg/10m ²				鋤込量 生kg/10m ²
	(8/10月) 第1回	(12/2月) 2回	(31/5月) 3回	計	
Br.	34	34	18	86	18
Pu.	17	21	12	48	12
自然草			29	29	29

b. 各区の生育と生産量：

持出し区および持込(鋤込)区の各区にはカウピーを栽培し作付けを継続して第3作まで供試した、その生育状態並にその生産重量を調査した。

各試験区の生育状況は表34のように大体順調であった。また各試験区の生育状況は表35のようである。

表34 持出し及び鋤込区のカウピーの生育状況

項目 期作	播種期(月・日・年)	収穫期(月・日)	生育状況
第1作	6. 27. '74	9. 2	生育順調
2々	10. 21. 々	12. 30	生育中後期多雨、登熟不良
3々	6. 9. '75	8. 21	生育順調、蟻の被害僅かにあった。

最初に地上部持出し区における Br あと地と自然草あと地のカウピーの生産を比較してみよう。

カウピーの第1作総風乾植物体重は Br あと地の方が868 g/10m²であって自然草あと地の800 g/10m²より多く、また第2作および第3作においても Br 区は多くなっている。種実生産重量においても同様の傾向が見られる。

また期作が進むにつれて生育重量は次第に低減するがその程度は Br 区の方が自然草区より緩やかである。このことは土壤有機物量(表35-8項の灼熱減量)が Br 区において多く植物体を育てる能力が自然草地より遙かに優れているためであろう。また植物体の生育が適正であるために総植物体重に占める種実重の割合(第5項)は Br 区において高くなっている。即ち改良イネ科牧草は自然草より地力増進能力が高いと云える。次に地上部持出し区と地上部持込み区における茎葉有機物量は当然ながら後者の方が多量であり、その区のカウピーの第1作総風乾重量は Br 区の持込区は2,261 g/10m²であって地上部持出し区の868 g/10m²の2.6倍の生産をあげた。第2作においても持出し区約490 g/10m²、持込区1,200 g/10m²を示し持込区は約2.5倍増産している。自然草地においても第1作の持出し区は800 g/10m²、持込区1,613 g/10m²にして持込区は持出し区の2倍生産している。これは持込区において鋤込まれた茎葉有機物量が増加し地力が増強されたことに因るものである。

地上部持出し区においても、地上部持込区においても Br 区は常に自然草地区より生産の高い

ことは地力を高めるために畑地を休閑して自然草地とするよりも積極的に改良牧草を植付け牧草地とする方が一層地力が増進される、また茎葉持込みによっても一層地力が増進されることを示している。当初地上部持出し区にも亦地上部持込み区にもマメ科牧草として *Stylozanthes* と *Pueraria* の両区を設けたが刈取時に根元近くを刈取ったために茎葉が再生しなかったので試験を中止した。ただ持込み区の Pu 区が正常に生育したので持込区内のイネ科牧草 Br 区および自然草区との総植物生産量の比較を行うことが出来た。地上部持込みによって Br のあと地のカウピーの総植物体重は第1作の2,261 g/10m²、Pu 区は2,366 g/10m²であって後者がむしろ多くなっている。第2作になると Br 区は1,202 g/10m²に、Pu 区は685 g/10m²に、また第3作になると Br 区は468 g/10m²に、Pu 区は215 g/10m²に夫々減少し第2作以降になると Pu 区は急激に減少している(表35-1項)。作付けを重ねるにつれて生産は次第に低減するが Pu 区の低減程度は Br 区に比較して余りにも急降下である。持込茎葉量は表33のように著しく少ないにもかかわらず第1作の総植物生産量は自然草地区よりも更に Br 区よりも勝っているが第2作以降は他の両区よりも著しく低減している。このことはマメ科 Pu. の植物体の構成は繊維質が少く、蛋白質が多く、軟く、植物体全量が速やかに分解されて第1作のカウピーに吸収されてしまったことに因るものと考えられる。標高は高く亜熱帯気候のサンパウロ州北部のグアイラ (Guaira) においては有機物源として専らマメ科牧草のムクナ (*Mucuna preta*) を採用し鋤込みによって土壌構造を改善し大豆作の旱害を防いでいた。^{*15} 鋤込み有機物としてイネ科、マメ科いずれがより効果的であるかはその地域の気候を勘案して決定すべきであるが、アマゾンにおいては一時的生産増をもたらす蛋白質素よりも長期の地力増強をもたらすイネ科牧草の腐植を求める。

表35 牧草地と自然草地、地上部持出しと地上部鋤込みとの地力比較

項 目、期 作	試験区	地上部持出し		地上部持込み		
		Br.	自然草地	Br.	Pu.	自然草地
1. 総風乾生産重 (g/10m ²)						
第1作		868	800	2,201	2,366	1,613
2々		489	500	1,202	685	548
3々		618	405	468	275	308
平 均		658	568	1,310	1,109	823
2. 種実重 (g/10m ²)						
第1作		460	415	878	733	495
2々		223	214	514	235	185
3々		240	130	138	55	73
平 均		308	253	510	341	252
3. 総風乾生産重の対第1作比率 (%)						
第1作		100	100	100	100	100
2々		56	63	53	29	34
3々		71	51	21	12	19
4. 種実重の対第1作比率 (%)						
第1作		100	100	100	100	100
2々		48	52	59	32	37
3々		52	31	16	8	15
5. 種実重の対総風乾生産重比 (%)						
第1作		53	52	39	31	31
2々		46	43	43	34	34
3々		39	32	29	20	24
6. 総風乾重の対自然草地の比 (%)						
第1作		109	100	140	147	100
2々		98	100	219	125	100
3々		153	100	152	89	100
7. 種実重の対自然草地の比 (%)						
第4作		111	100	177	148	100
2々		104	100	278	127	100
3々		185	100	189	75	100
8. 灼熱減量 (%)						
第2作前 (10月/74)		3.69	3.12	4.50	4.42	4.32
第3作前 (2月/75)		3.54	2.99	3.45	3.53	3.52

3. イネ科改良牧草栽培年数と地力増進との関係試験*46

本試験においては改良イネ科牧草の栽培年数とそのあと地の地力との関係を調査するものである。

(1) 試験方法

本報告の試験Ⅳ－1は草地造成後3ヶ年経過したあと地の地力を、同じく試験Ⅳ－2は1ヶ年栽培したあと地の地力を夫々取扱ったものである。今回新に造成後2ヶ年経過したあと地の地力を加えて草地栽培年数と地力との関係を検討することとした。

(2) 試験結果と考察

先づ以上の3試験における関係試験結果を表36のように取纏めた。

a. 栽培年数による各草地における地上部と地下部の生育重量

1年生草地における地上部の生育重量はBr牧草の方が自然草より遙に生育がよく約2倍の生産重を示した。3年生の草地においても既に説明したように牧草地の方が自然草地より多量である。また地下部においても同様である(1, 2項)。

表36 草生栽培年数とそのあと地におけるカウピーの生産重量

項目	栽培年数 期作	草種	1 年		2 年		3 年	
			Br.	自然率	Br.	自然率	Br.	自然率
1. 草地における地上部刈取重 (生kg/m ²)								
			5.2	2.6			*3.5	5.1
2. 根重 生kg/m ²							5.4	4.0
3. 草生あと地のカウピー総植物体重 風乾 g/m ²								
	第1作		87	80	121	99	291	99
	2ノ		49	50			241	76
	3ノ		62	41			46	37
4. 同上の対第1作比 %								
	第1作		100	100			100	100
	2ノ		56	63			85	77
	3ノ		71	51			16	32
5. 草生あと地のカウピー種実重 g/m ²								
	第1作		46	42	47	35	142	39
	2ノ		22	21			92	28
	3ノ		24	13			13	9
6. 同上の対第1作比 %								
	第1作		100	100			100	100
	2ノ		48	52			64	70
	3ノ		52	31			9	24
7. 草生あと地におけるカウピーの種実重/総植物体重 %								
	第1作		53	52	39	35	49	40
	2ノ		46	42			38	36
	3ノ		39	32			29	25

* 地上部3.5kg/m²の外に下葉の腐植堆積量が多かったこと、土壌分析の結果、アンモニア態窒素が自然草地より多量に含まれていたことから、茎葉量は自然草地を上廻る数量が見込まれる。

b. 各草地の刈取りあと地のカウピーの生産重量

各栽培年数あと地の第1作植物総体重量はBr 1年区において87g/m²、2年区は121g/m²、3年区は291g/m²のように栽培年数が長くなるにつれて次第に増加しているが自然草あと地においては年数を重ねても地力増進傾向は明らかでない。また各年数の生産重は常に自然草あと地よりもBr.あと地が断然優れている。また各栽培年次において作付が進むにつれて次第に生産重は低減するがBr.牧草あと地の低減度合は緩かであり自然草あと地において急げきである。種実重

量においても同様の傾向が見られる。このことは Br 牧草を 3 年も、栽培しつづけると高生産をあげ得る地力の回復を意味する。生産の低くなった畑地は放棄することなく直に Br 牧草を植付けるのは賢明な策である。一方 3～5 項のように地力の回復した Br 3 年あと地におけるカウピーの生産量は作付けを重ねるにつれて次第に低減し第 3 作になると激減する。土地肥沃度の消耗から見るとカウピーの 2 作は一般短期作物の 1 作に相当すると見る方が安全である。畑地の肥沃度によって異なるが表 38 のように改良牧草地と短期作物圃との 4 圃式 1 年輪作あるいは、3 圃式 2 年輪作を実施すると生産性は著しく向上する。

4. 結 び

改良イネ科牧草 (*Brachiaria* sp.) は自然草地とは比較にならない程茎葉根の生育はよく畑地面を密に被覆し、その根群のひげ根は深く密に発達し年を重ねるにつれて次第に地力は向上する。生産の衰えた畑地においては改良イネ科牧草を 3 ケ年も栽培すると営農が成立つ程の地力に回復する。この事は生産の衰えた作物圃場は 3 ケ年も栽培して地力を回復した牧草あと地に移し、生産があがらなくなった作物圃は改良牧草地とするよう輪換を繰り返すならば自然草地や再生林地を利用する焼畑移動農法よりも遙かに生産性は向上する。また作物圃場の地力を維持するために、採草地から茎葉有機物を持ち込み還元を続けることによって地力の増進維持が達成される。

牧草あと地の利用においても、茎葉持込み利用においても改良イネ科牧草の方がマメ科牧草 (*Pueraria* sp.) より著しく有効であった。

V. 作付方式の改善による地力増進調査^{*48}

作付方式については未だ対策は確立していないので筆者の考え方を述べてみることにする。

地力の増進は作物の選定、作付方式の改善、土壌管理の改良等によっても達成され得と考えられる。

(1) アマゾンにおける主要栽培作物

IPEAN 刊行の作物栽培要覧に記載されている作物や最近新に栽培されるようになった作物をその生育期間によって区分すると次のようである。^{*55}

- a. 短期作物：1 年生作物であり大部分は雨季の初期 (12 月～2 月) に播種して乾季の初め (5 月～6 月) に収穫する。イネ、トウモロコシ、菜豆、カウピー、マンジョカ (一般にはイネ、トウモロコシのあと作として作られ耐乾性が強く掘取りまでの生育期間は長く 6 ヶ月から 18 ヶ月以上にも及んでいる、*Manihot esculenta*, *Mandioca*)。ラッカセイ、タバコ、マルバ (丘のジュートとも呼ばれ *Malvá sylvestris*, *Malva*)、ジュート (*Corchorus capsulais*, *juta*)、棉、そ菜類等である。
- b. 多年生草本作物：多くの牧草類—中牧草の *Brachiaria* spp. *Colonião* (*Panicum maximum*)、長牧草の *Capim elefante* (*Pennisetum purpureum*, *Napier grass*), *C. Guatemala* (*C. Imperial* とも言う *Tripsacum luxum*)、*Pueraria* (被覆作物 マメ科)、野生ラッカセイ (*Arachis pros-*

trata)、甘蔗、マラツクジア (*Passiflora edulis*, Maracujá ジュース加工用) 等である。

c. 多年生木本作物：建築用また家具用樹木、パルプ用樹木、ゴムノキ (*Hevea brasiliensis*)、パラグリ (*Bartholleta excelsa*)、デンデヤシ (アブラヤシ *Elaeis guineensis*, Dendé)、果樹としては柑橘類、アノナ属 (*Anona*)、マモン (*Carica papaya*、Mamão)、アボガード (*Persea americana*, Avocado)、クプアス (*Theobroma grandiflorum*、Cupuaçu)、バナナ (*Musa sapientum*、Banana) 等またガラナ (*Paullinia cupana*、Guarana)、カカオ (*Theobroma cacao*、Cacao)、コシヨー (*Piper nigrum*、Pimenta)、クマル (*Coumarona odorata*、香料木 Cumaru)、カフェ (*Coffea arabica*、Café) 等がある。

以上のように短期作物の種類は少く、多年生草本作物と木本作物が意外に多い。そして短期作物と果樹の1部は規模の小さい自給農家によって、また多年生草本作物と木本作物は大規模企業農家によって栽培されている。

試験研究が進むにつれて多くの耐乾性作物が導入されるであろう、Af 地域や Am 地域では乾燥や不良環境に耐えるキビ (*Panicum miliaceum*、Millet)、ソルガム (*Sorghum bicolor*)、ハトムギ (*Coix lachryma-jobi*) 等の飼料作物、落花生の野生種 (*Arachis* sp)、フェジョン・ガンズー (*Cajanus cajan*、キマメ) 等の鋤込作物が導入されるであろう。また Aw 地域には、花田毅^{*18}の報告に見られる東北部地方の耐乾性の強いヒマ、パルマ (サボテンの *opuntia* 属 Palma 飼料作物)、ピニオン (トウダイグサ科 *Jatropha* 属、油料作物 Pinhão) 等が導入されるであろう。

(2) 作付方式改善による地力増進

a. 作物の選定

アマゾンにおいて地力増進を推進するためには作物を以って畑地面を被覆し同時に植物性有機物を畑地に還元することである。最初にとりあげることは地面被覆度の強い作物を選定することである。甘蔗やラミーは生育中その茎葉は密に地面を被覆しており収穫に当たっては自体の有機物から甚だ少い有機物が持去られるのみで、残余の大部分の作物残滓は刈株の上に還元することが出来る。また牧草地の牧草は常に地面を被覆し多量の根群は牧草地内に還元されている。これらは地力培養の作物であると見られる。このような多年生草本作物や果樹、ゴムノキ、カフェ、コシヨウ等の多年生木本作物を優先的に採用することは賢明な対策である。

b. 輪作

短期作物を採用する場合はつとめて気候に適応し得る多数の作物を採用し、輪作し周年作物自身による地面被覆を強化する。輪作作物の中に鋤込み作物をとり入れると地力は一段と高まる。サンパウロ州北部の畑作地帯のガイラ (Guaira) ではムクナ・ブレータ *Mucuna preta* (*Stizolobium deeringiana*) を鋤込作物とし、またバタタイス (Batatais) においては大豆、落花生を組入れて夫々表37のような輪作を行っていた。

これらの地方では鋤込作物や作物残滓の鋤込みによって地力を増進し大豆の早ばつ害を防いでいた。^{*48}

c. 間 混 作

カフェやデンデヤシが大きくなり、自体による畑地面被覆が可能になるまでは裸地が広く残されている。その間裸地にはイネを間作し土壌侵食をくい止め、主体作物の被覆が充分になるとイネにかわってマメ科の被覆作物 *Pueraria* に取換える。アマゾンニアにおいて少数農家はコショウ植物に敷草作物として *C.Santo* を間作し、この茎葉を刈取ってコショウ畑全面に敷草している。

d. 作目の異なる大区画圃場間の輪換

イネ科牧草ブラキアリア (*Brachiaria* sp.) を植付けた牧草地は作付年数を重ねるにつれて土壌表層侵食を防止し、根系が次第に発達して3ヶ年以上経過するとそのあと地の地力は見違える程回復する。一方短期作物圃は一般的な作物であるトウモロコシ、イネ、マンジョカ、カウピー、菜豆など1年1～2作を2～3年継続栽培すると地力は激減して畑地は放棄され休閑地とする。その休閑地に作付けが戻ってくるのは最初にやまを拓いた開畑初期程短く、作付けを重ねるにつれて長年を要する。古くから開けたブラガンサ (Bragança) 地方の調査では休閑期間の平均は凡そ10年余であった、土地利用度は低い上に耕地移転の都度のやま焼きの労働量は大きく、労働生産性は極めて低い。このような焼畑移動方式をとるよりも牧草地の1部と作物圃との輪換を行う方が生産性は増大する。具体的には表38のように3ヶ年作付けした牧草地と凡そ1～2年栽培した短期作物圃との輪換を毎年繰返すよう計画を実施する。この輪換方式は地力の低下した畑地に採草地から茎葉有機物を年々持込み鋤込む方式と相等しい効果をもたらすものである。

またサンパウロ州においてアメリカ松、ユーカリの植林管理を見ると育苗に約7ヶ月かゝり、植林後7ヶ年すると第1回間伐、14年すると第2回間伐、21年すると皆伐して1植林過程を終了している。この植林あと地に短期作物圃、コショウ園、牧草地のいずれかを移すよう林地と作物圃との輪換を行うことも地力維持増進上重要である。

アマゾンニアにおいては化学肥料は甚だ高価である。奥地にあつてはその輸送費も馬鹿にはならない。また土壌的にみて化学肥料の施与は濃度障害をおこし易い、特に化学肥料の窒素は作物を軟弱に育て諸障害におかされ易くなる。

牧草地や林地の有機物を活用することは理化学的にも土壌微生物や小動物の活動からみても適切な対策である。ウィルアムスは戦後の肥料資源の乏しい時にイネ科やマメ科の牧草茎葉根の利用を盛んにすゝめた。^{*52} サンパウロ州北部の畑作地帯グアイラ (Guaira) やバタタイス (Batatais) において実施されている例は表37のようである。

表37-1 栽培条件と作物収量 (kg/ha) Kage, H.—Guaira^{*15}

試験回数	種 別	第 1 作	第 2 作	
			作 物	収 量
7	Terra roxa の 草 地	とうもろこし+ムクナ	棉	1,240
		棉	棉	950
10	砂 地	ム ク ナ	棉	1,224
		棉	棉	919
10	Nematoda 汚 染 地	ム ク ナ	棉	1,773
		棉	棉	978

表37-2 作物と牧草地との輪換（3圃式2年輪作）Batatais の L.Zappenrolli による^{*48}

年 次	圃 場 区 分		
	1	2	3
第1年	大豆+とうもろこし	牧 草 地	牧 草 地
2年	落 花 生	牧 草 地	牧 草 地
3年	牧 草 地	大豆+とうもろこし	牧 草 地
4年	牧 草 地	落 花 生	牧 草 地
5年	牧 草 地	牧 草 地	大豆+とうもろこし
6年	牧 草 地	牧 草 地	落 花 生

有機物の還元によって土壌の理化学性が改善されると従来栽培がむづかしいと思われた作物も栽培可能となる。

直射日光に弱い木本作物には庇陰を怠ってはならない。カカオ苗を定植する場合は予めマンジョカ或はバナナをカカオ定植予定畦内に植付けている。カカオ栽培の中心地東北部地方では樹林地内に条植えし庇陰木の枝張り具合を見て適当に枝打ちして庇陰度を調節している。アマゾン^{*30}アではバナナを庇陰木としている。長戸^{*30}公によればインドネシアのカフェ園では Lamtors (Leucaena glauca) が効果をあげている。この樹種は繁殖容易、窒素固定量は多く、無刺であり、剪定容易である。

コショウはネコブセンチュウの被害を受け易い。このセンチュウの密度を下げる対抗作物のラッカセイ、ラッカセイ野生種、フェジョン・ガンズー (Cajanus cajan 木マメ) 等の間混作試験を行ってみる必要がある。

カンボディア (Cambodia) ではセンチュウ忌避作物であるキク科のユーパトリウム (Eupatorium odoratum) が効果をあげている。^{*27} ゴムノキは巨大な混淆林内に生育している間は無病健在であるが大面積単一栽培に移すとパラゴムノキ葉枯病 (Dothidella ulei) に罹病する。^{*54} 混作は植物の社会共同体であり、相互扶助、相互防衛の作用を持っている。IPEAN においては最近巨大樹

木としてゴムノキ、パラグリノキ (*Bertholletia excelsa*)、低木作物としてガラナ (*Paullinia cupana*) カカオ、コショウを、多年生草本植物として被覆作物、フェラリア (*Pueraria phaseoloides*) 等を組合せた植物社会集団 (*Consociacão*) について生態学的研究を開始している。生態の異なる多種類の作物集団によって地力を増進しようと試みたものであろう。

表38-1 3圃式2年輪作

圃場 年次	1	2	3
第1年	畑 作	牧 草	牧 草
2 年	畑 作	牧 草	牧 草
3 年	牧 草	畑 作	牧 草
4 年	牧 草	畑 作	牧 草
5 年	牧 草	牧 草	畑 作
6 年	牧 草	牧 草	畑 作

表38-2 4圃式1年輪作

圃場 年次	1	2	3	4
第1年	畑 作	牧 草	牧 草	牧 草
2 年	牧 草	畑 作	牧 草	牧 草
3 年	牧 草	牧 草	畑 作	牧 草
4 年	牧 草	牧 草	牧 草	畑 作

(3) 結 び

作付方式の改善によっても地力維持増進が図られる。

アマゾンにおいては多年生木本作物および多年生草本作物を重点的に栽培し作物自身の繁茂によって地面被覆を強化する。もし被覆程度が不十分の場合には被覆作物の採用、敷草、或は短期作物の間作によってこれを補うように努める。その上作物残滓の活用、鋤込作物の導入を図り、作物の作付方式に応じて基肥としてまた敷草により或は採草地から持込みによって夫々有機物の還元につとめる。直射日光に弱い作物には庇陰栽培、有害線虫に対しては対抗植物の間混作を夫々実施する。

短期作物栽培においては気候の許す限り多毛作化し、輪作を合理化して長期にわたって作物自体による畑地面被覆に努める。また牧草地と短期作物圃との輪換を行い、植林地、多年生木本作物圃、牧草地、多年生草本作物圃等の相互長期の輪換を実施するように努めよう。

VI. コショウの敷草栽培に関する試験^{*46*48}

^{*55} 最近ブラジルにおけるコショウの生産は表39のように栽培面積において約1.7万 ha、生産量は約4.5万 tに達している。地域的にその生産量を見るとアマゾニアは生産地域であり就中アマゾナス下流地域のパラ (Pará) 州が中心となっている。最初にコショウがブラジルに導入された年代は判然としないが宣教師によるものと言われている。東北部地方ではカシューナツツ (Caju, *Anacardium occidentale*) の生木に絡ませて古くから栽培していた。また東南地方のエスピリット・サント州 (Espírito santo) ではイタリア系ブラジル人の集団が栽培している。アマゾニアのパラ州において栽培が拡大されたのは1933年南拓会社の臼井牧之助がシンガポール港から同社のアカラ植民地 (現在のトメアス移住地) に導入され日系移住者によって栽培面積を拡大して来た。この品種は入手先の地名をつけシンガポール種と呼んだ。アマゾニアの風土によく適応し且つ日系農家の集約的管理によって生産を伸ばした。ところが1956年頃からコショウ根腐病が発生し次第に枯死株が増加し1970年頃には猖獗を極め緑深く整然たるトメアスのコショウ園は全滅廃墟と化した。コショウ栽培は比較的有利な作物であったので、移住者は無病地帯を求めて奥地を開くようになった。この根腐病は今のところネコブセンチュウと *Fusarium solani* f. *piperi* との複合病とされている。コショウの種実には香辛料として肉料理には欠かせない調味料である。

表39 ブラジル国のコショウ生産 (1978年) ^{*55} 出所・IBGE

栽培地域 \ 項目	面積 1,000ha	収量 1,000t
パラ州	12.3	44.2
パライバ州	0.9	0.2
マツグロソ州	0.1	0.1
その他	3.6	0.9
計	16.9	45.4

輸出量35.1千 t (輸出額59.8百万ドル)

1. アマゾニアにおける栽培概要

本調査は1966年に行ったものである。

a. 品 種

アマゾニアを中心として栽培されている品種は前項で説明したようにシンガポール種である。学名は *Piper nigrum*, *Pimenta-do-reino* と呼んでいる。

b. 育苗と栽培の概要

2～3年生育した比較的若い亜主枝を5～6節つけて、長さ30cm程度に切断して苗木とし育苗床に挿木し1ヶ月前後経過すると、上位節から発芽し少しおくて地中の節から不定根が発生する。コショウ園では、2.5×2.5 m の距離間隔を以って支柱を立て植穴を掘って置き発根発芽し

た苗を植付ける。植穴の大きさは60(たて)×40(よこ)×40(ふかさ)cmの立方体であり、支柱は植穴の40cm側の中央に沿って外側にたてられる。支柱には腐りにくく且つ白蟻におかされないアカブ(Acapú, Vouacapona americana)とマサランドウバ(Masaranduba, Minusopos sp.)が供用され、地中50cm, 地上2.5mが一般的である。植穴の土は表土と底土に区別してその傍におき、最初に山焼き整地の際に集められた木灰、焼土、枝の屑を、その次に植穴の表土を投入しよく攪拌する。苗を植えて最後に植穴の底土を根元に盛上げて排水につとめる。定植は雨季の初め12月頃から開始され、おくれる場合は4月頃になることもある。要は6月頃から始まる乾季までに土壤乾燥に耐え得るような根群にしておくことである。

農業協同組合ではおそくも1月末までに定植を終るよう指導している。

c. 施肥

1年生に対しては尿素、粕肥料を2回に分けて施与し、2年目からは植穴に接して植穴と等しい施肥穴をつくり1つの施肥穴に1回宛施肥を行うこととし年1～2回(施肥穴を1～2ヶをつくる)施肥する。施肥は中耕除草の際の野草混りの表土、鶏糞、化学肥料などを投入攪拌し最後に施肥穴をつくった時の底土を根元まで掘る。施肥の時期は雨季の初めと終りの2回が一般的である。施肥回数が進むにつれて施肥穴が植穴周囲を取かこむと既に終わった施肥穴の外側に沿ってつくられて行く。旧施肥穴と新肥穴とが相接していることが大切である。施肥量はトメアス産業組合によると1株当たり平均、窒素120g 磷酸100g、加里120gとなっている。施肥量は個人的に大きな差がある。化学肥料の多用は生産を増大するが樹齢を短くすると言われている。

カスタニアル(Castanhal)の三井農場では表40のような施肥を行っている。

表40 三井物産直営農場における4年生1個株当たり施肥量(kg)(1966年調査)

	マモナ粕	熔燐	塩加	硫安
第1回	2.0	0.6	0.2	0.2
2ヶ	1.5	0.5	0.2	0.3
計	3.5	1.1	0.4	0.5

備考. 1. この外に除草時に得られる野草類が施与される。

2. マモナ粕はヒマ油のしぼり粕

d. 排水

排水は一般に普及しており、施肥の際に施肥穴の底土を根元に敷くようにしているので根元は自然に高くなり、コショウの条間は一段と低くなって来る。これは湿害には極めて弱いことに対処するためであろう。

敷草は以前には実施されたようであるが最近では少数の篤農家によってつけられているに過ぎない。

アマゾンアの栽培法の主軸をなすものは第1は根元に土を寄せて自然に排水を図っていること、第2は中耕除草を励行し野草混りの表土を施肥穴に投入し有機物を還元していること、第3

は極端に言うならば蛸つば式施肥法である。

2. 根系調査*42*44*46

1965年2月筆者は千葉守男と共に技術協力専門家として IPEAN に派遣された。その翌年三井物産の平井英一支店長が学術調査のためカスタンアル(Castanhal)にある直営農場のコショウ木を提供してくれた。われわれは早速、根系の調査と養分の吸収調査とを実施した。

コショウ園の株別に地上部を切断取除いた後第3図のように植物体の切口を中心に十文字に糸を張り、また各糸の切口より1mおよび1.5mの各点から直角に糸を張り植物体を中心として矩形のブロックを画定した。根元の周辺は盛土しているのでこの部分は地表上層とし、地表下は深さ10cm毎に各ブロックを逐次、平鋤あるいは移植鋤を以って少しずつ掘り起し、大きく長い根が現われると切断しないように深さ10cmの部分に標識をつけてその位置を記録し、形態を調べその下層に移動して順次調査を進めた。最後に根系の分布状況を明かにすると同時に根の標識の所を切断し各層毎の根量を仕分けした。洗浄乾燥して各ブロックの各層の分布量を求めた。

根系調査は1966年から'67年までの期間において、1年生から4年生までの個体について行った。本調査はコショウの栽培改善に役立てようとして進めたもので根系の発達過程に従って形態的にまた生態的に取まとめた。

(1) 苗 木

現在の慣行では5～6節を持っている20cm位の徒長枝茎を苗木としているが図4のものは例外でただ発芽発根状態を示すためのものである。種苗は2～3節を地上に出し床土に差し入れる。置床後20日位すると地上節から発芽するが主枝と2つの垂主枝を育てる。また地下にある各節の吸着根のかたまりの基部から不定根が伸びてくる。

(2) 1年生の根系

1年生の植物では地下各節から充実した新根が伸びて来る。中には発根しない節も見られる。多くの場合、上位節からは比較的細い根が、下位節からは少々太い根が夫々水平に近く伸びて来る。定植後1ケ年もすると上位節節から伸びた比較的細い根は多くの細い支根を出しながら横に伸長し養水分を吸収するようである。この根群を養分吸収根と假称する。下位の節、特に最下位節からは養分吸収根より太い根が斜め下方に伸長する。これを水分吸収根と假称する。この根は支根が少く一般に太く且つ縄状に撚曲している。その上多数のレンズ状の皮目が発達している。(図4～7)。根系が1～2年も経過するとこのように形態的に異なる2つの根群に発達し、また生理的機能においても判然と相異なる根群に分化する。1967年3～5月にかけて1年生2個体を調査したがこれらの植物は施肥されていなかった。

地上部の生育：主枝および垂主枝は支柱の高さを追越し約2.3mに伸び果房は所々の節に少数着生していた。地上部平均総乾重は3.3kgであった。

地下部の生育：養分吸収根を見ると根元には10～15cm高の盛土があり、この上層には水平に伸びている細い根が意外に多く最長のものは1.3mにも及んだ。地表から10cm下層までは根の基部

において直径 3 mm 程度の根が 60~70 cm も横に伸びているが、これは上層のもので大部分は植穴内に納まっている。次の 20 cm 下層では全部の根は植穴内に納まっていて白い新根の発生が目立った(図 5、図 9)。

水分吸収根は比較的太く、3 本発達していた、あるものは基部節から発生し横に伸びて植穴の壁につき当たると方向を変えて植穴壁に沿って下向し底面に達すると底面に沿って水平に伸び漸く植穴外に伸び出していた。全長約 80 cm もあった。その他のものは植穴の側壁を突破し得ず土壌のやわらかな植穴内に納まっていた。深く伸びる水分吸収根も養分吸収根と同じように通気性を好み、やわらかな土壌を望んでいるように見える。

根群総乾重は平均 619 g であって層位別割合は表 41 に見るように地表下 30 cm の層までに 99 % の根が分布している。

地上部対根部の重量比—T/R 比の値は 5 であった。即ち地上部重量は根重の 5 倍に相当する。

(3) 2 年生植物の根系

この調査は 1967 年 2 月(雨季)に行った。施肥は前年 2 回即ち植穴に接してその外側に前後合せて 2 つの施肥穴を掘り 1 株当たり合計ひま油粕 1.5 kg、溶燐 0.5 kg、硫酸 0.4 kg を施している。野草茎葉有機物施与は各回とも以前に集めた表土混りの野草と穴掘り時に掘りあげた表土とを混合している。

地上部の生育は 2.5 m の支柱全面を覆っている、果房はよく發育していた。地上部総乾物重は 9.25 kg。地表下浅く圃場全面に養分吸収根が伸びて隣株同士の根が相接している。植付け後 2 年もすると地表下全面に細根が発達していることになる。

養分吸収根群を見ると地表の盛土の中には多数の不定根が伸びている、10 cm 層では 1.2 m の長い根、20 cm 層では 1.0 m の長い根が夫々見られた。30 cm 層になると巾 40 cm の植穴内に限られており、地中深くなるにつれて次第に短くなっている。施肥穴においては箒状に分岐し多くの細根が発達しているものも見られた。これは施肥穴を掘るとき養分吸収根が切断されその切口の部分から多くの分岐根が発生したものと考えられる。この施肥穴内の硬度は 10~12 mm であって同位置の外側は 19~20 mm の数値を示し施肥穴内はやわらかく通気性に優れ養分は豊富で根の発達が良好である。中には下層から斜上方の施肥穴に伸びて来ているのも見られた。

水分吸収根は苗の底部節から根の基部において直径 7 mm 位の 3 本の根、および上位節から 1 本の根が夫々見られた。植穴内を横に 20 cm 程伸びてから下方深く植穴外に伸びているものにも出合った。本調査では 50 cm 層で打切った。根系総乾重量は 0.95 kg であり各層の分布割合は表 42 のように 30 cm 層までに 90 % が分布している。また T/R 比の値は 9.7 となり 1 年生植物より増大している。

(4) 4 年生植物根系

1966 年 8 月~11 月までの各月 1 個体宛計 4 個体を調査した。植穴は慣行より小さくまた深さも少しく浅かった。施肥穴は隣同志相接し合っていなかった。両穴同志の間に硬い土壁が残されると施肥穴への根の侵入が見られない場合もある。施肥量は 1 株当たりヒマ油粕 3.5 kg、溶燐 1.1 kg、

塩加0.4kg、硫安0.5kgであった。通常7月から9月までが果房の成熟期であり収穫期となっているので調査個体は大部分成熟期のものであった。11月調査のものは収穫後の個体であった。概して生育は良好で地上部総乾重は平均26.3kgであった。

養分吸収根においては地表上層には最長70cm、10cm層では1.5mにも伸びているものも見られた。多くは50～80cm程度である。またここにも下層からこの層に伸びて来ているものも見られた。そして隣の株の根と相交差していた。下層になるにつれて根張りが次第に短くなり根の分布も少なくなる。40層になると1mを越すものは見られなかった。施肥穴の深さは標準より少しく浅く30cm位であったが底部まではよく発達していた。また2年生の場合に見られた箒状に多く分岐した根も見られた。除草時に集められた長さ数cmの木の枝をコショウの根が貫通し枝の内容を吸収しつくして枝の樹皮が鞘状にコショウ根を包んでいたものも見られた。更にまた投入された雑草の塊りに多数の細根を伸しているものも見られた。また植物体を中軸に根系の放射線状の発達層位によって異り総体的には必ずしも規則正しく均等に発達していない。表43の各ブロックの分布量を見ても了解されるであろう。従って施肥穴の中には根が伸びて来ない無駄なものさえ見られた。

水分吸収根を見ると植穴の底部において分岐しある程度横に伸びてから下層の堅い層に伸びているもの、支柱に沿って下方に伸びるもの、下層において生きている樹木根に沿って伸びているもの等が見られた。10月の調査個体には全長4.4m、垂直の深さにおいては4.0mに達していた(図10)。先端は白く新鮮であり生長点の部位は水鳥のくちばしの様であった。図8と表43のように根部総乾重は平均2.2kg、40cm層までに凡そ90%が分布している。そして地上部/根部の比の値は高くなって12を示している。

11月中旬に調査した植物体は既に収穫は終了し養分吸収根や水分吸収根に新根が多数発生していた。

(5) 3年生の根系(粗放栽培下の根系)

1967年乾季初期の5月、三井農場近くのブラジル人のコショウ園において3年生1個体を調査した。この農場は一般と同様原始林を焼払い雑木の根を掘起し整地し簡単に平鋤(Enxada)で小さい植穴を掘り苗木を植えたもので、根元に盛土することなく、2年目になって初めて平鋤で2～3回掘上げて小さな施肥穴をつくり牛糞とその周囲を除草した時の有機物混りの表土を施与したに過ぎない。地上部は生育不振で3年生になるというのにコショウの茎葉は2.5mの支柱を覆うことが出来ず、茎葉に光沢も弾力も少なく葉色は黄緑であった。地上部総乾重は4.5kgであって三井農場の2年生の1/2に過ぎなかった。

養分吸収根を見ると全体に弾力がなく亦もろく、不定根の発達は少なかった。特に目立ったのは養分吸収根の1本が深さ25cmのところから横に80cmも伸びて施肥された牛糞のかたまりに蛸が足を伸ばしたように喰込んでいた。この牛糞のかたまりの中では細根が多く分岐していた。大部分の根は発達が悪く深さは30cm止りであった。

水分吸収根においては根の数も少く、或者は支柱に沿って深く伸びている。調査は深さ30cmで打切った。

根系総乾重は0.9kgであり地上部/地下部の値は5.4であり数値は小さく三井農場の一年生の数値を少しく上廻っているに過ぎない。

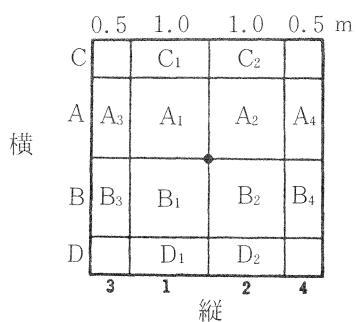


図3 根系の位置を示す地表面図

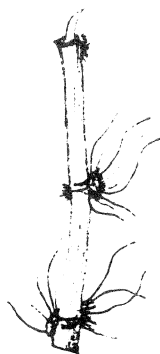


図4 発根，発芽時のコショウ苗



図6 水分吸収根と養分吸収根

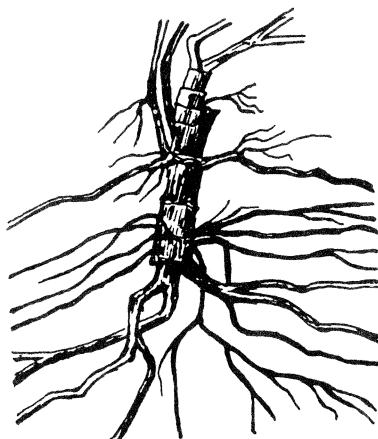


図5 1年生の根系



図7 水分吸収根の皮目

表41 1年生の根の分布（g）

深さ(cm)	縦 横	1	2	各層の計	%
+10	A	64	67		
	B	35	40	206	33
-10	A	95	112		
	B	92	21	320	52
-20	A	17	5		
	B	17	22	61	10
-30	A	8	6		
	B	8	6	28	5
-40	B		4	4	1
計		336	283	619	100

図3 参照

表42 2年生の根の分布（g）

深さ(cm)	縦 横	3	1	2	4	各層の計	%
+10	A		38	4			
	B		24	7		73	8
-10	C		3	3			
	A	5	223	110	2		
	B	3	69	26	3		
	D		12	10		469	49
-20	A		75	105			
	B		19	21		220	23
-30	A		31	47			
	B		5	19		102	11
-40	A		16	38			
	B			11		65	7
-50	A			5			
	B			16		21	2
合計		8	515	422	5	950	100

図3 参照

表43 4年生の根の分布 (g)

深さ(cm)	縦 横	3	1	2	4	各層の計	%
+10	C		18	4			
	A	12	27	25	2		
	B		8	188	13		
	D			1	1	299	14
-10	C		22	9			
	A	23	259	99	2		
	B	18	174	95			
	D		1	2		704	32
-20	C		8	4			
	A	7	107	66	1		
	B	5	221	72	1		
	D			1		493	22
-30	C		8	4			
	A	7	35	41	1		
	B	5	221	38	1		
	D			1		362	16
-40	A		26	29			
	B	5	86	50	1	197	9
-50	A			2			
	B		65	37		104	5
-60	B		32			32	1
-70	B		14			14	1
計		90	1,513	593	9	2,205	100

図3 参照

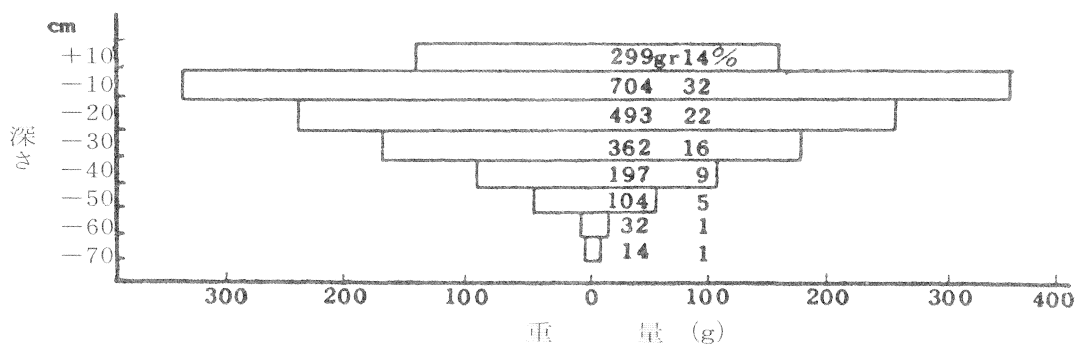


図8 4年生の地中10cm毎の根量の分布

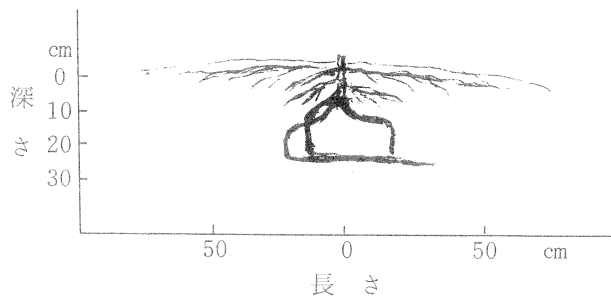


図9 1年生の根系

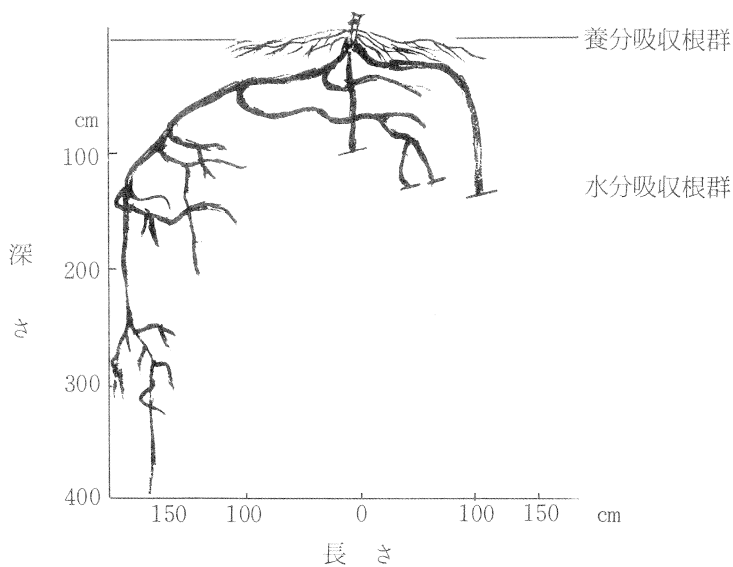


図10 4年生の根系

(6) 調査結果の要約

1. 根系の発達

a. 根系の機能分化

根系は苗の地下各節から発生した不定根に由来している。定植後発根すると間もなく形態的にも分布範囲においてもまた生理機能においても相異なる養分吸収根群と水分吸収根群とに分化する。前者は比較的細く多くの分岐根から成り浅根で地表に近いもの程長く、上層根量は多い。水養分を吸収するであろう。

後者は苗の基部節から多く発生し比較的太く撓曲し弾力がある、分岐根が少なく深根性であり4年生植物では地下4 mまで伸びていた。主として水分を吸収するようである。コショウ植物が乾燥に強いのはこの深根性にあるようだ。

b. 垂直的分布量

根系は上層根分布量は多い。

c. 根群は通気性を好む

養分吸収根は地表に近い程発育は良く、また植穴の膨軟な土壌によく発達する。水分吸収根は支柱や他の木の生根に沿うて、空隙を探しながら伸びている。また根の表面には多数の皮目 (Lenticle) が発達している。これらの事からコショウ植物は通気性を好むものと推察される。空気の少ない過湿や浸漬には極めて弱い。

d. 養分吸収根群の不均衡な放射状分布

養分吸収根は中軸から均等に放射線状に発達していない。そのためつぼのように掘りあげた施肥穴に根が伸びて来ない場合もある。

e. 養分吸収根の発根開始時期

果房の収穫は10月には終了する。11月中旬には既に新根が伸び始めていた。乾季終期の雨によって伸び出したようにも考えられるが収穫後は何時でも発根発芽し得るだけの体内栄養を整えておく必要がある。

f. 地上部の地下部に対する比の値 (T/R 比)

定植後経過年数がたつにつれて地上部/地下部の比の値は次第に増大する。根群の発達と共に根群の生理作用は加速度的に盛んになるようである、そのような土壌管理が必要である。

(2) 根群の発育から見た栽培上の問題点

根群の発育から見た栽培改善対策について述べてみたい。

a. 植穴に茎葉有機物を多く施すこと

現行のように植穴にやま焼き時の木灰や枝屑混りの表土を施与することは土壌養分を豊かにし、土壌をやわらげるので合理的であるが更に茎葉有機物を多く投入すると活着を速め根の発育は一層促進される。

b. 排水の実施

排水は広く普及しているので合理的であるが、トメアス地区を始め地方によって50cm位の下層にかたい層が分布している場合がある。このような畑地は定植をさけるか、あるいはこれを破って排水を図ることが大切である。

c. 施肥法の改善

現行の移動蛸つぼ式施肥法では切角掘あげた施肥穴に根が伸びて来ない場合も見られた。またこのような施肥法は円形全面施肥や輪状溝施肥に比べて著しく効率^{*32}が劣る。筆者は効果の大きい敷草に関連して全面施肥の方が有利であると考えているが假りに穴掘り施肥を是認したとしてもタコソボ式を改め輪状溝施肥に変えることを希望する。これであれば総ての根が肥料吸収にあずかれるし、また総ての根から養分が吸収されることによって総ての地上部に等しく配分される^{*32}。地元では輪状溝施肥に反対しているのは植穴と施肥穴掘りは請負い作業であるので単価決定がむずかしいからであると言っていた。

d. 施肥方式の改善

茎葉の敷草が半年もたつと土状になる。このとき敷草の補充を行う。第1回の補充は雨季対策として雨季前に、第2回は乾季対策として雨季終期に夫々実施する。施肥は敷草実施直前に、

施肥直後に敷草するようすすめたい。施肥時期は慣行通りでよいと思われた。

e. 窒素過剰になり易い

生育をよくし収量をあげようとして化学肥料の窒素をやり過ぎる傾向は強い。Campinas の試験場ではこれを強くいましめている。^{*8} 窒素過多は植物体を軟弱に育て病虫害のみならず理化学的障害を受け易い、つとめて茎葉有機物の施与を望む。

f. 畑全面敷草すること

コシヨウ苗を定植して2年もすると圃場全面上層は養分吸収根に覆われる。圃場を裸地しておくとも畑地は高温となり地力は衰えて生産が低減する。イネ科植物の茎葉有機物を敷草することによって健全な生育と安全多収が確保される。

3. 地温とコシヨウの生育との関係試験^{*46*49}

試験第Ⅲの敷草に関する試験に見るように敷草の作物生育に及ぶ効果は極めて高い。敷草の効果は敷草による地面被覆効果と敷草による有機物還元効果とが相組合わされている。今回は敷草有機物を無機質の発泡スチロール、Styrofoam packing にかえて有機物還元と無関係に被覆効果の大きな要因である地温と生育との関係について試験検討するものである。

(1) 試験方法

この試験は1975年、IPEAN の自然草地においてビニル・フィルムを以て囲んだ無底の50×50×30cmの立方体の框を地中に造成し掘上げた土壤にその1/4量の堆肥を混合して框に納めた。土壤は砂壤土で排水はよく、框の設置は相互に1 m間隔とし支柱は框のビニル壁に接して框外にたてた。

試験区：うどん状の乾いた白色の Styrofoam packing を試験框外まで広く敷詰めて次の3区を設け、1框1個体とし4区制をとった。

a. 裸地区：無処理区であり土壤水分を他の区と等しくするために約3 cm巾の隙間2条をあけたビニル・フィルムを以て地面を覆うた。

b. 5 cm高マルチ区・ Styrofoam packing を約5 cm高に敷詰めた。

c. 12cm高マルチ区・ Styrofoam packing を約12cm高に敷詰めその上に薄い板を井形状に重ねた。

(2) 試験成績と考察

a. 正午における地中5 cmと10cmの地温

先ず3試験区の地中5 cmと10cmの地温を試験期間6月から11月までの半年間測定した成績を表44のようにとりまとめた。この半年間は乾季に相当し地温は比較的高くなっている期間である。また地下5～10cmは根系が最も多く分布しているところでもある。

表44のように6月から11月までの半年間の正午平均地温においては地中5 cm地温は無処理区34.9℃に対し5 cmマルチ区30.7℃、12cmマルチ区28.9℃であって被覆量を増すにつれて次第に低

表44 試験期間中の地中5 cm、10cmの平均正午地温 (1975) -℃

月別	区別	無 処 理		5 cm マ ル チ		12 cm マ ル チ	
	深さcm	5	10	5	10	5	10
6 月		35.7	33.1	30.8	29.8	29.4	28.6
7 ヶ		34.7	31.7	30.5	29.2	28.3	28.0
8 ヶ		35.1	32.7	31.2	29.8	29.0	28.4
9 ヶ		35.5	32.9	30.9	30.0	29.5	28.9
10 ヶ		35.4	32.3	30.8	29.5	29.3	28.9
11 ヶ		33.4	30.2	29.7	28.8	27.9	27.6
平均		34.9	32.0	30.7	29.5	28.9	28.4

表45 試験期間6ヶ月における各試験区の月平均、最高月、最低月の平均地温

項目	区別	裸 地			5 cm マ ル チ			12cm マ ル チ		
	地温	平均	最高月	最低月	平均	最高月	最低月	平均	最高月	最低月
地中5 cm		34.9	35.7	33.4	30.7	31.2	29.7	28.9	29.5	27.9
10cm		32.0	33.1	30.2	29.5	30.0	28.8	28.4	28.9	27.6
裸地地温との差										
地中5cm		0	0	0	-4.2	-4.5	-3.7	-5.1	-6.2	-5.5
10cm		0	0	0	-2.5	-3.1	-1.4	-3.6	-4.2	-2.6

くなっている。地中10cm地温にあつては無処理区32.0℃、5 cm マルチ区29.5℃、12cm マルチ区28.4℃を示し各区とも地中深くなるにつれて地温は一層低くなる。また前者と同様被覆量を増すごとに一段と低くなっている。最高月の平均正午地温を見るに表44、表45のように地中5 cm地温は無処理区35.7℃に対し5 cm マルチ区31.2℃、12cm マルチ区29.5℃を示し、地中10cm地温においても無処理区33.1℃に対し5 cm マルチ区30.0℃、12cm マルチ区28.9℃を示し前者と同様被覆量を増す毎に低くなっている。

ここに注目すべきことは以上のように6月から11月の地温の高い乾季6ヶ月間の最高月の平均地温が無処理区と5 cm マルチ区の両区においては地中5 cm地温も10cm地温も共に30℃以上を示しているのに12cm マルチ区だけは格段に低く28.9℃～29.5℃を示していることである。

b. 生育状況

供試苗はやや繊細であり体内養分は不十分のように見られた、そのためか定植後伸長開始までに相当長い期間を要した。各区の生育状況を見ると表46のようであった。

a. 茎長：試験終了時の12月初めの茎長は裸地区は44cmで最も低く、マルチ量を増すにつれて増大し5 cm マルチ区53cm、12cm マルチ区になると際立って高くなり123cmとなった。

b. 地上部の生育：地上部の生育は前者と相並行しマルチ量の増大するにつれて地上部重が増大

表46 各マルチ区におけるコシヨウの生育

項 目 \ 区 別	無処理	5 cm マルチ	12cm マルチ
草 丈 cm	44.0	53.0	123.0
地 上 部 乾 重 g	16.5	50.3	129.3
地 下 部 乾 重 g	20.0	24.0	41.3
総 植 物 乾 重 g	36.5	74.3	170.6
最 長 根 の 長 さ cm	22.0	71.7	76.3
細 根 発 達 程 度	+	++	++++
地上部/地下部の比 %	82.5	210.0	313.0
枯 死 植 物 の 割 合 %	50.0	25.0	0.0

している。即ち裸地区—16 g、5 cm区—50 g、12cm区—129 gである。

c. 地下部の生育：根の伸長、細根の発達程度並に根部重量など根系の発達は裸地区20 g、5 cm区24 g、12cm区41 gを示し、12cm高の被覆区は格段に発達している。筆者は根群の生理活動の良否を示す指標として、地上部/地下部の比の値をとりあげているが現にマルチ量を多くすると同比の値は次第に増大し特に12cm高マルチ区になると著しく増大されている。即ち同比の数値は裸地区83%、5 cm高マルチ区は210%、12cm高マルチ区は格段に高く313%となっている。その上細根の形成発達は格段と旺盛である。

d. 枯死株の出現：試験期間の後期から枯死株が出始めた。裸地区においては総供試株の50%、5 cm高マルチ区においては25%が夫々枯死しているが12cm高マルチ区では枯死株は見られず全株が揃って健全に生育している。

以上の成績を検討すると裸地区も5 cm高マルチ区も共に生育不振であり12cm高マルチ区になって格段に生育が健全旺盛になったことは生育期間中の同区の最高月の地中5 cmおよび10cmの正午地温が共に30℃以下の低地温であったことに因るものであり、この低地温はコシヨウ生育の適地温の範囲内にあるものと推考される。

既述の試験Ⅲ—1は敷草による地力増進に関する試験であり牧草 Mato — grosso の風乾茎葉 2 kg/m²と 4 kg/m²を敷草することによってカウピーの生育を著しく健全にした、この場合敷草によって醸し出された地温は本試験における適地温に近い数値である。即ち生育上からみたコシヨウの適地温の範囲は牧草茎葉の敷草によって醸成され得ることが確められた。コシヨウ1植物体の占有面積は2.5×2.5m=6.25m²、植物体の投影面積は円筒状の植物体の直径を1.5mに見積ると約2 m²となり裸地面積は占有面積の約70%にも達する。そして2年生にもなるとこの裸地の全表層下には養分吸収根群が一面に分布するようになる。地温低減効果の高いことは充分理解出来る。

4. コシヨウに対する敷草量に関する試験

裸地面積の広いコシヨウ園においては、敷草は著しい効果をあげている。本項においては敷草作物の選定、敷草の必要量、その作付方法などについて調査、試験するものである。

(1) 敷草作物の選定

敷草材料の茎葉有機物をコシヨウ園外から持込む場合と、コシヨウ園内に栽培して敷草する場合が考えられる。園内栽培の場合はコシヨウ列間に間作することが最も能率的であるようだ。持込む場合は小規模経営の場合に、また間作敷草は大農場の場合に適していると思われる。コシヨウの草生栽培は後述するように、根の発達上からみて適しないようである。

敷草はブラジルでは Cobertura morta— 死物被覆と言っているように、被覆物とコシヨウの水養分吸収、競争は起り得ないのである。たゞ敷草後茎節から発根し、ついに除草しなければならなくなるのをおそれるのである。茎葉が粗剛であっても支障はなく生産量の多い種類を選定することである。

間作敷草の場合は生育中の敷草作物がコシヨウ条間に作付けられ、生育伸長するのであるから敷草作物はコシヨウ植物に支障をもたらさないことが必要である。また、作付ける場合でも、お互に競争が起らないように工夫しなければならない。草丈の高い大牧草であっても、また草丈が中位の中牧草であっても差支はないが、茎節から容易に発根し難いもの、また茎葉の匍匐性が弱くコシヨウにからみつからないもの、強度に刈り取っても比較的再生力の強いもの等を選ぶことである。

一般に、茎葉伸長が端正であると茎葉生産が劣るようであるが、生育の進度や刈取り時期を勘案して出来るだけ生育旺盛な多収種を選定すべきであろう。

IPEAN の牧草野草見本園において各種の草姿を観察し、その茎葉生産量、その生育特性を調査して適良種候補を表47のように選定した。バレン近郊において、一般に間作敷草に供せられている牧草は Capim Santo (*Andropogon* sp. 諸性質はレモングラス (*Lemongrass*, *Cymbopogon citratus*) によく似ている) であり、草姿は極めて端正であるが、茎葉量は少い。コシヨウ畦間の狭い場合に C.Santoにかわるものとして C.Gramaloteを選定した。エレファント (*C.Elefanto-pannisetum purpureum*) は茎葉生産量は極めて多いが敷草後茎節から発根し易いので除外した。またブラキアリア (*Brachiaria decumbens*) は茎葉の生産は多く良質であり優れているがウンカの類 cigarrinha の被害をうけることから IPEAN の奨励品種から除かれた。その代用品種として乾燥にも強い C.Kikuyu (キクユ、 *Brachiaria humidicola*) を推すことにした。然しこれはむしろ牧草地造成品種として利用し間作敷草用には C.Mato-grosso が最適であろうと思われた。この牧草は葉の生産量は甚だ多いが葉縁は鋸状をなし牛の口もとに傷をつけるのが欠点である。概して直立型で取扱い易い。持込敷草の場合にはグアテマラ (*C.Guatemala*) とコロニオン (*C.Colônia*) を選んだ。敷草牧草にマメ科の種類を除いたのは窒素成分は多く栄養的には優れておるが余りにも分解が速く地面被覆効果並に土壌理化学性改良効果が少いと判断したからである。

表47 適良敷草牧草の草型、生産量及び栽培所要面積

(牧草科、IPEAN の資料から)

種 類	形 態 特 性	生 産 重 t/ha	
		無 肥	施 肥
1. Gramalote Axonopus sp.	草型、稍低く直立、基部にある茎節から稍巾狭く、やわらかな多数の葉身が発生、C.Santoに似ているが生産量が多い。種子は結実しない。 草型は行儀がよいので狭い畦間植付に適す。	50—60 (266—222%)	100—120 (133—111%)
2. Imperial (Guatemala) Tripsacum luxum	草丈は高い、基部にある茎節から巾広い稍硬い葉身が多く発生する。 種子は形成しない。 生育旺盛、間作の場合は胡椒列より離して植付け、草丈の低い若いうちに刈取る。園外栽培に適す。	100—120 (133—111%)	200—250 (60—53%)
3. Colonião Panicum maximum	草丈稍高く多数の茎穂が発生す。各茎には上部まで多くの節があり、節より発根す。 葉は狭く、やわらかい。種子結実す、間作敷草する場合は茎穂の極く若く発根、発芽不能の間に刈取り敷草する。園外栽培に適す。	75—90 (177—148%)	150—180 (89—74%)
4. Mato-grosso Tripsacum dachtyloides	草丈型稍高く、茎節は基部に位置し多数の狭い、やわらかい葉身が発生する、種子は殆ど形成しない。茎節から発根の機会少く間作敷草用に最適。	75—90 (177—148%)	150—180 (84—74%)
5. Kikuyu Brachiaria humidicola	草型、草丈中位、稍ほふく性、茎節から発根す。多数の葉身が発生す。 B.decumbensに似て多収、且つCigar-rinha—ウンカ類に抵抗性あり、園外栽培に適す。乾季乾燥に強い。	60—70 (222—190%)	120—140 (111—95%)

備考 生産欄の()内数字はコショウ畑全面に年間生草16kg/m²を敷草する場合、コショウ畑面積を基準(100%)として敷草作物作付け所要面積割合を示したものである。

(2) 敷草茎葉所要量とその栽培面積

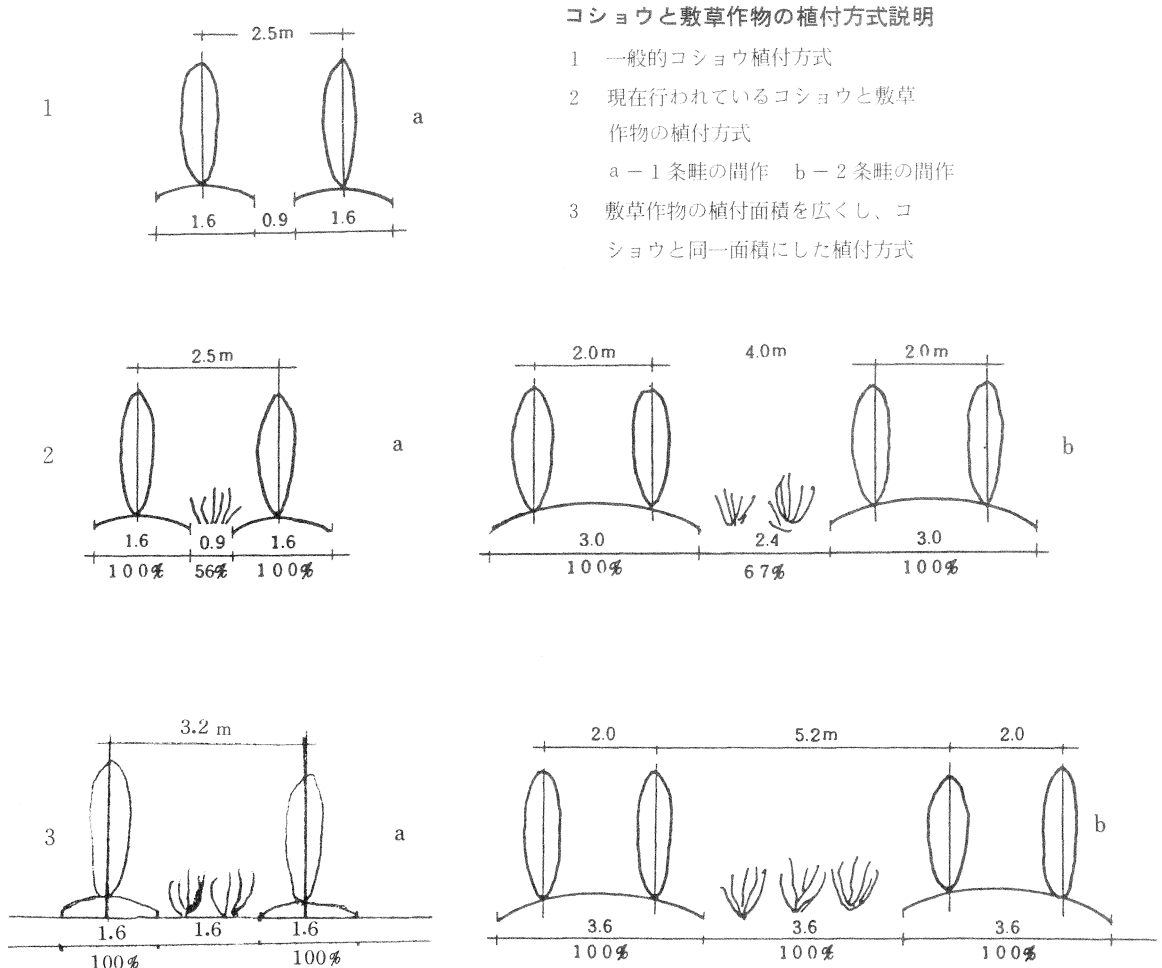
本項においてはコショウ敷草栽培に対しどの程度の敷草量とこれを確保するのにどの程度の栽培面積を要するかを検討するものである。先述したように試験Ⅲ—1においては、C.Mato-grossoの風乾茎葉2kg/m²と4kg/m²を以ってカウピー畑全面に敷草し、土壤環境並に生産量を調査した。その結果敷草量風乾2kg/m²においても4kg/m²には及ばないにしても相等しい効果のあることが判明した。また敷草する茎葉有機物の分解が極めて速く半年もするとポロポロの土粒状になり被覆効果が低下するので雨季対策と乾季対策の年2回敷草する要があることも判明した。この試験結果に基づき敷草所要量は風乾2kg/m²×2(回数)=4kg/m²、生草量においては16kg/m²(風乾歩留りを25%とした)即ちコショウ栽培実面積1ha当り160t/haを要すると算定した。

一方 C.Mato-grosso の生産量は表47のように粗放管理下においては80～90 t / ha、肥培管理下においては160 t / ha の生産は容易に得られる。即ち、必要量と生産量とが相等しく敷草作物の栽培所要面積はコショウの栽植面積と相等しいことになる。

アマゾンにおけるコショウの敷草栽培農場について敷草作物栽培面積を調査してみると第11図の1のように、2.5×2.5 m の方形植えにして、園外から持込み敷草している農園は充分な程の茎葉量を敷草して強健に育て高生産をあげている。またこの方形植えの間作に敷草作物を植付けている場合はその面積は甚しく少なくコショウ作付面積の56%に過ぎない(同図2-a)、またコショウ2条高畦の間作の場合(2-b)においても敷草作物作付面積割合は67%であって共に少く、その上茎葉生産の少い C.Santo を植付けていた。

図11 3-a および 3-b のように敷草作物の作付面積を拡大し更に肥培管理を充分に行い生産をあげてこれを敷草して強健無病のコショウに育て欲しい。

図11 コショウと敷草作物の植付方式



(3) 敷草茎葉量の肥料成分量とコシヨウの要求する成分量との比較試験*¹

本試験においては敷草茎葉の供給する化学的成分量とコシヨウが要求する成分量とを比較しようとするものである。

さきに述べた試験Ⅲ－1において Mato grosso の風乾 2 kg/m²のカウピー畑全面に敷草すると 4 kg/m²の場合にはおよばないが相当高く地力を増進し生育収量を高めた。そして地力を維持継続するために年2回敷草が必要であることも確めた。この敷草供給量/年の肥料成分量は次の a 項において計算することにする。一方試験Ⅵの2においては、コシヨウの根系調査を行った。このコシヨウ植物体を供試して各年次の肥料吸収量、即ち要求量を次の b 項において算出する。而して両者を比較し所定敷草量の肥料的効果を吟味することとした。

(a) 敷草施用量の肥料成分量

コシヨウ 1 株当たり占有面積は一般に 2.5×2.5 m=6.25 m²である。コシヨウ栽培実面積 1 m²につき年2回にわたってイネ科牧草ブラキアリア茎葉を敷草するとすれば、風乾の場合は 4 kg/m²、生の場合は 16 kg/m²、乾燥の場合は(歩当りを生茎葉の20%とした) 3.2 kg/m²を要する。コシヨウ 1 株当たりの乾燥敷草量は 3.2 kg/m²×6.25 m²=乾燥茎葉 20 kg/m²となる。この 1 株当たりのブラキアリア乾燥敷草量の肥料成分含有量は次の表48の分析表によって求められ、1 株当たり敷草による供給成分量は表49のように N-144 g、P₂O₅-86 g、K₂O-848 g となった。

表48 自然草地および牧草地における優位植物の化学成分 (%)

A.Oliveira Matas-IPEANによる

種類 \ 成分			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
牧草地	C.Brachiaria	茎葉	0.72	0.43	4.24	0.27	0.42
		根部	0.52	0.28	2.63	0.13	0.12
自然草地	C.Gingebre	茎葉	0.68	0.24	3.98	0.39	0.25
		根部	0.69	0.24	3.08	0.10	0.12

表49 コシヨウ1株当たりの乾燥敷草量20kgの化学成分量 (g)

成分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
茎葉乾20kg/株	144	86	848	54	84

(b) コシヨウ植物が正常に且つ健全に生長するに要する各年次の吸収利用した化学成分量：

即述した根系調査に供用した各年次のコシヨウ株について吸収した化学成分量を算出するために、次のような調査方法をとった。即ち根、茎、新梢部についてはその年の生体重と前年の生体重の差を以て1年間の成長量とし、これに各成分率を乗じて年間の吸収量を求めた。葉および子実はその年毎に夫々落葉あるいは収穫物として持出されるのでこれらの含有成分量はそのままその年の吸収成分量とした。このようにして求めた各生育年次(樹齢)の吸収成分量から無肥料栽培のもとで吸収した成分量即ち天然供給量を差引き施肥による吸収成分量を求め更に三要素の利

用率を N－50％、P－25％、K－45％として生育年次毎の1株当りの施肥必要量を表50のように算出した。

表50 各年次毎の施肥必要量（1株当り—g）千葉守男による。^{*7}

生育年次 \ 成分	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 利用率—窒素50％、磷酸25％、加里45％を茶の場合に準じて採用
石灰、苦土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。

一般に、コショウの若木、生産最盛期の株、老木等の生産量の平均は大体4年生木の生産量とみなされている。即ち相異なる樹齢のコショウ木の施肥量の平均は4年生の施肥量に等しいと見られている。

表49の1株当りの乾燥敷草量20kgの肥料成分量と表50の4年生木の施肥必要量とを比較するとCaOにおいて、供給量は吸収必要量よりやや少なくなっているがその他の要素は大体供給量の方が多くなっている。即ち敷草有機物の供給する肥料成分量は大体平均樹齢木の施肥必要成分量に相近似している。コショウ1株当り年間改良牧草の乾茎葉20kgの敷草は化学的成分量からみて、適量であるだけでなく、この有機物の還元による地力増進の効果を一層高めるものと思われる。参考まで世界コショウの中心地、サラワク（Sarawak）における施肥量を表51に表示した。筆者らの算出した施肥量と大筋において相一致している。なお、サラワクにおいては基肥として大量の焼土（1株当り17.4kg）を、また戦前は豆粕、野草堆肥、エビ魚粕の有機物を夫々利用していたようである。

表51 サラワクにおける施肥量（g/株）^{*56}

量 \ 成分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
g/株	147	16	129	39	13

サンパウロ州の農業指導書^{*8}のコショウの施肥の項には1株当り堆肥40立（litros）骨粉300g、塩加200gと記載されている。無機窒素の施用は慎重でなければならない。

コショウ施肥に当り乾茎葉4kg/m²の割合で全面敷草すれば凡そコショウ標準木に対する施肥必要量に等しくなる。もし化学肥料を施用するとすればコショウには茎葉有機物を利用し敷草作物には化学肥料を施与するよう留意して欲しい。

5. 競合を避けるコショウと敷草作物との間作方式に関する試験 *46

ベレン市近郊カスタンアル (Castanhal) の小林礼三郎が、中心となって図11 2-bのようにコショウ2条の高畦間の低手に C.Santo を条植し、これを刈取っては左右両隣りのコショウ畦列に敷草している。コショウ根群はこの高畦の範囲内に、また C.Santo は隣畦より30cmも低くなっていて、これより下層に根群が発達して、お互いに水養分吸収の競争をさせているように見える。これが事実とすれば敷草材料の取得が容易になり生産性は向上する。

本試験においてこの作付方式が水養分吸収の競合をさせて、両作物は共に順調に生育するかどうかを観察調査するものである。

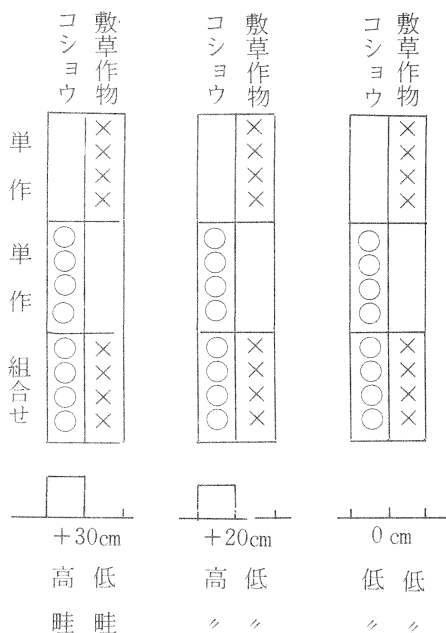
(1) 試験方法

IPEAN の試験圃場においてコショウ植付の畦高を次のように3段階とした。

- 水平植：コショウの畦高を間作作物の畦高と同位の水平植えとした。
- 20cm高畦：コショウ畦高を間作作物畦高より20cm高とした。
- 30cm高畦：コショウ畦高を間作作物畦高より30cm高とした。

供試作物：競合調査作物はコショウ、敷草間作作物はマツト、グロッシン (C.mato-grosso, Trip-sacum dachtyloides、イネ科牧草) を供試した。両作物は生育上の競合を観察し易いように図12のように各畦高試験区に両作物の各単作と両作物の組合せ栽培を設けた。その作付面積は各作物とも $1.0 \times 4.0 \text{ m} = 4.0 \text{ m}^2$ とし一般栽培より縮小した。

図12 高畦コショウ、低畦敷草作物作付様式図



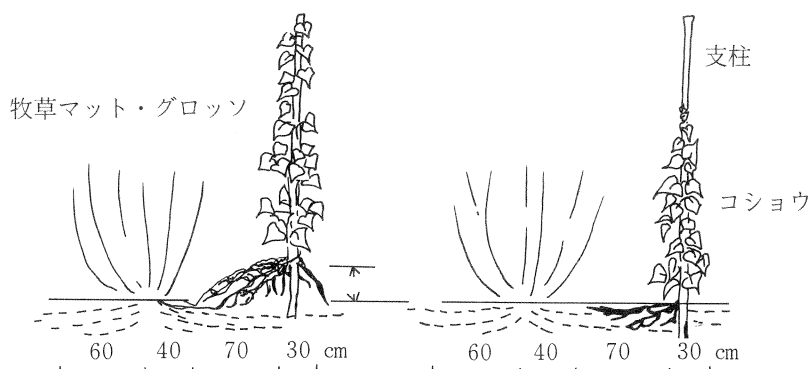


図13 コショウ高畦、敷草作物低畦とコショウ、敷草作物同一水準畦に於ける根系模図

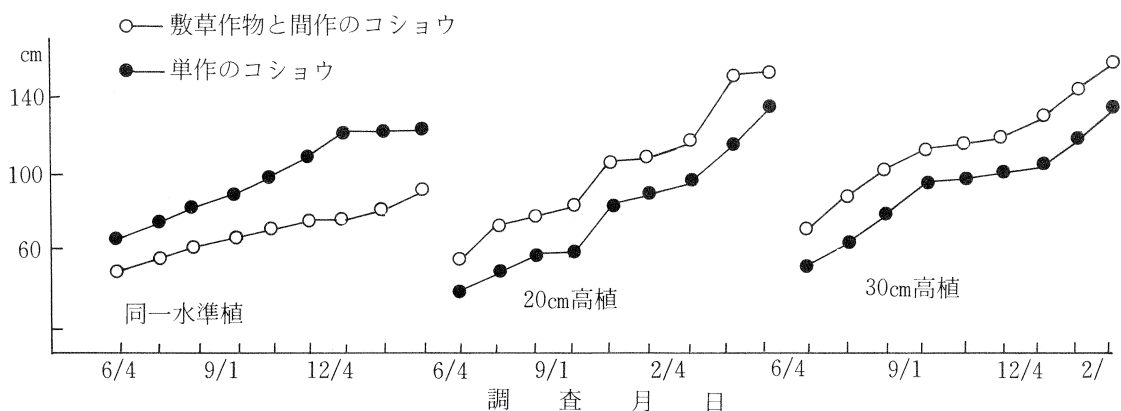


図14 コショウの畦高を異にした場合単作コショウと敷草作物と間作したコショウの草丈の生長

栽培管理：コショウの植付は1995年の1月、敷草作物の植付けはコショウ活養後の5月である。施肥はコショウのみに株当たり尿素5.5g、溶燐18.5g、塩加11.0gを5/25日、6/11日、10/23日の3回施肥した。

敷草作物は草丈1.5m程度に伸びると刈取ってコショウ畦全長に均等に敷草した。

(2) 試験結果と考察

各試験区における両作物の生育調査は両作物が活着してから間もなく行った。根系の分布調査はコショウ植付後15ヵ月目の76年5月4日に行い試験を終ることとした。調査結果を見ると、コショウにおいては20cm高畦と30cm高畦とは殆ど差は見られなかった。

a. 高畦コショウの根系：養分吸収根と水分吸収根との形態的相異は認められたが、両者を合せて観察すると根系伸長の深さは大体35cm、即ち高畦底面より少々深い層まで分布している。中には高畦斜面に沿って伸び隣接低畦の下を浅く走って敷草作物の根株に入り込んでいる(図13)

b. 低畦(水平植)コショウの根系：敷草作物とコショウとが同一水準に植付けられた場合のコ

ショウ根系の発達は高畦植えの場合に比べて一段と劣っている。即ち高畦の場合に比べて分岐根や細根が一段と少なかった。且つ根長は50cm以下で隣接の敷草作物畦内に伸びていなかった。

c. 高畦コショウ隣接の敷草作物の根系：敷草作物の根冠は浅く横に伸び高畦底辺を横切ってコショウ支柱線外30cmにも伸びている。

d. コショウと同一水準植えの敷草作物の根系：地下3～10cm下層を横に伸びコショウ根圏内を自由に横切りコショウ支柱線を乗り越えている。そしてコショウ根の伸長発達を押えているように見られた。(図13)。

コショウと敷草作物の地上部の生育状況は表52のようである。

a. コショウの生育：コショウの草丈を1ヵ月毎に調査した。表52並に図14に見るように、単作の場合は各畦高区とも略相等しい経過をたどっているが、敷草作物を間作した場合においては、同一水準植えの場合のみに劣っている。即ち同一水準植えの場合は敷草作物の根群の侵入によって生育が抑制され、高畦植えの場合はこの侵入がないのに因ると見られる。根系分布調査とよく一致している。間作作物の生育量はコショウと間作した水平植えの場合に総量12kgの生産を示し、高畦コショウと間作した場合の9kg前後よりかなり増大している。これは同一水準畦においては敷草作物がコショウ根圏をおかし、高畦コショウとの間作の場合はコショウが敷草作物根圏をおかしたことに因るようだ。

以上の成績からコショウを30cm程度の高畦に、敷草作物を低手に夫々植えることによってコショウの水養分吸収は敷草作物によって乱されることなく、敷草作物との間作は順調に育つものと思われる。本試験では極めて小さい試験区のもとに1年生程度の幼植物を供試した結果であるが、植物の樹齢が進んだ場合においても作物の根圏面積は広がっているので大方あてはまるものと思われる。

表52 高畦コショウと低畦敷草作物の単作と組合せ栽培における両作物の生育

コショウ畦高 作付方式 調査月日	水 平				20cm高畦				30cm高畦			
	単 作		間 作		単 作		間 作		単 作		間 作	
作物	敷作	コショウ	敷作	コショウ	敷作	コショウ	敷作	コショウ	敷作	コショウ	敷作	コショウ
4 / 6 / 75		75 ^{cm}		48 ^{cm}		39 ^{cm}		51 ^{cm}		44 ^{cm}		65 ^{cm}
14 / 7		80		54		45		70		60		86
31 / 7		85		59		54		75		75		96
1 / 9		92		62		58		78		93		110
21 / 10	2.5 ^{kg}	105	4.7 ^{kg}	67	2.5 ^{kg}	80	4.5 ^{kg}	103	2.1 ^{kg}	94	2.9 ^{kg}	112
12 / 11		108		68		87		103		94		112
4 / 12	2.1	123	3.4	68	1.9	90	3.0	110	2.0	94	2.3	121
21 / 1 / 76	2.6	123	4.2	73	2.6	115	3.8	145	2.4	112	4.2	139
4 / 3		123		84		132		147		130		159
計	7.2		12.3		7.0		11.3		6.5		9.4	

備 考 敷草作物は刈取り量 (kg)、コショウ草丈 (cm) を示す。

なお、またコショウのイネ科牧草との草生栽培が育たない理由が分って来た。

6. コショウの敷草栽培効果確認調査

コショウの敷草栽培についての試験は実施していなかったので地方の敷草栽培農園について調査することとした。然し当時はコショウ根腐病が猖獗を極めていたので敷草と根腐病の被害との関係を調査した事になった。

(1) コショウ植物の敷草に関する試験成績

F. C. Albuquerque と José M. R. Condurú^{*11} は1971年 IPEAN においてコショウ植物に対し牧草の草生被覆と牧草茎葉敷草との生育収量を無処理と比較している。それによると8年生コショウ1株当たり平均種実収量は無処理は2.7kg、草生被覆は1.8kg、敷草被覆は4.2kgとなり、敷草の生育収量におもぼす影響は極めてすぐれ、草生被覆はむしろ生育を阻害している。

一戸^{*17} 稔は1976年以来トメアスにある国際協力事業団、熱帯総合農業試験場においてコショウ植物に対しイネ科草本茎葉を畑全面に敷草しその生育収量を清耕無施与区と比較している。敷草材料にはチガヤ (*Imperata cylindrica*) とグアテマラ (*C. Guatemala - Tripsacum luxum*) を供試し、敷草量は夫々5cm、10cm、20cmの厚さにしている。その結果各区の生育量を見ると各敷草区は清耕裸地区に比し敷草の多い程生育は良くなっており。その要因は地温上昇を抑えたこと、土壤水分の減少を抑えたこと、肥料成分の増施等をあげている。更に同氏はコショウ植物を加害するネコブ線虫の対抗植物多数を見出し、これらの草生栽培は線虫密度を下げ、線虫勢力を抑える効果は充分期待出来るとしている^{*17*55}。

(2) アマゾンにおける敷草栽培の調査

a. 敷草材料をコショウ畑外から持込んでいる場合

コショウ植付間隔は一般に図11-1 aのように2.5×2.5mである。中には稀ではあるが2.0×2.0mも見られた。

敷草材料は主としてコロニオン (*Capim Colonião, Panicum maximum*)、インペリアル (*C. Imperial, Tripsacum maximum*) のイネ科牧草であった。これらの牧草はコショウ畑の外側や公道に沿っている空地に以前から植付けられていたものである。この茎葉を刈取り風乾し取扱い易くし、コショウ植付畑全面に敷草する。一般に小規模農家にとりあげられ農場管理は集約的であった。農場は整然としていた。敷草量は充分であり生育は健全無病であった。コショウ栽培はいたずらに栽培面積を拡大するよりも小面積集約栽培の方が有利であろうと思われた。

敷草栽培しても根腐病の被害をうけ敷草栽培に批判的な農家もある。筆者は最初の派遣 (1965~1968年) において敷草の効果^{*42}を認めトメアスの篤農青年に実施をすすめた。彼はその後敷草の効果^{*42}を体験し、よろこんでいたが第2回派遣時 (1973~1976年) において彼のコショウ園は全滅していた。彼はこの原因を敷草に結付けた。その時、案内者の言うには彼の農園はマルキータ地区の地勢上排水の悪いところであって最近の大雨による湿害であると説明してくれた。

コショウを健康に育て根腐病を回避する対策を持たず唯奥地は無病地帯であると信じて畑地を

探し歩く姿は哀れにさえ見られる。

アマゾナス中流のマナウス市の南、ベラ・ビスタ (Bela vista) 植民地で次のような敷草の効果を見た。第2回の派遣当時は根腐病が非常に発生し一般にコショウの寿命は10年位しかもたないと信じられていた。筆者が訪れた農家もこれを信じて多年継続して来た持込み敷草を中止し、コショウ木を果樹のマモンにきり換えるためにコショウ木の間にマモン苗を植付けていた。然し敷草を中止して既に2年も経過しているのに根腐病は発生しなかった。筆者がコショウ園を観察すると土壌はやわらかで通気がよく有機物は未だに豊富に残っており畑地は薄黒くさえ見えた。敷草を続けるようすすめた。経営収支の面から敷草栽培を見るならば結実の盛期になっているコショウ木の寿命が延びることによって見込まれる収益増を見ても有利さが分るであろう。

b. 敷草材料作物をコショウ木と間作している場合

コショウ植付間隔は図11-1のように 2.5×2.5 m、敷草作物の植付位置はコショウ植付列の1方向畦間、敷草作物はカピン・サント (Capim Santo) である。この牧草は分けつは少く茎節は基部にあるので刈取り茎葉から発根のおそれはなく、葉身は直立型で草姿の行儀は極めてよい。従ってコショウの生育に支障を与えることはない。この牧草を年2回程度刈取って直にコショウ畦全面に敷草している。敷草量は C. Santo の作付面積やその生育状況からみて甚だ少量であると見られるがそれにもかかわらず根腐病の発生徴候は見られなかった。園主は隣りまで根腐病が押寄せて来ていると言って心配顔であった。

コショウ2条高畦の間作に敷草作物 C. Santo を植付けている。敷草作物は20~30cmも高いコショウ高畦の底面に植付けられている。

図11-2-bのようにコショウ2条高畦の畦巾は3mに対し敷草作物の畦巾は2.4mであった。敷草作物の作付面積が狭い上にこの作物の茎葉生産量は元来少ないからだけでなく敷草しているコショウ畑の土壌は雨季の状態としては余りにもかたくしまっていたので敷草量は不足であると判断した。然しこの調査時期の1978年1月頃には根腐病は侵入していなかった。園主は根腐病は2~3年前既に隣りを襲っていたが敷草のお蔭でおそろしくはない。むしろ急激に比較的若い茎葉を枯らす胴枯病がおそろしいと言っていた。筆者は充分敷草することによって根腐病は防げるものと思っているし、羅病株が出現しても進行は防げると思っている。園主には敷草作物をとりかえることとその栽培面積の増加をすすめた。園主は多年の経験からこれに賛成し新設予定のコショウ園に応用したいと言ってくれた。この園主は近くの農家と相寄って敷草栽培を研究検討しているようであり、この部落には園主と等しい間作方式をとって敷草を実施している農家が2~3見受けられた。

c. 除草時の野草を敷草している例

アマゾナス中流地帯のモンテ・アレグレ植民地は石灰岩質の土壌であるとされ、比較的肥沃であり野草のよく生育する地域である。コショウ木の植付けは一般と同様 2.5×2.5 mであったが常に除草に追われている。農家は意識的にコショウ木の生育に支障を与えない程度に野草を伸してからエンシヤーダ (Enxada) を以て除草しその除草茎葉をコショウ畑に敷詰めていた。コショウ園

にはミミズの糞が多量に散らばっていた。モンテのミミズとして有名であるとも聞いた。この野草の敷草によって根腐れは発生しない。発生しても甚だ少なく蔓延の気配は見られなかった。

畑地面に敷草し且つ有機物を土壌に還元してコショウ木を健全に育てることによって根腐病は抑えられるように思われる。植物体が健全でさえあれば、いかに植物体の周囲に根腐病菌が取巻いても発病に至らないと思われる。元トメアス農協組合長 押切他男農園には曾って初めてトメアスに導入されたコショウから育苗配布を受けた既に40年にもなるであろうものが今も健康に生育している。この植物は作業室前に植付けられていて作業室から出る多量の有機物—コショウ果実脱粒作業の時に分離される果軸、果梗、葉屑、藁屑等が年々この植物の根元に棄られて来た、永年にわたって有機物の恩恵に預って来たものである。このコショウの主枝や亜主枝は既に側芽(ワキメ)からのものになっているであろうが長年生育を続けて来たものである。有機物の還元被覆によって地力は増進され多年にわたって健全に育った貴重な標本である。

7. 結 び

コショウ植物の根系は定植後間もなく地表近くを横に伸びる養分吸収根と地中深く伸びる水分吸収根とに分化する。2年目になると養分吸収根はコショウ畑上層全面に分布するようになる。裸地面積の広いコショウ園に改良イネ科牧草の風乾茎葉 2 kg/m^2 を雨季対策と乾季対策として年2回敷草すれば土壌侵食や地温上昇等の土壌環境の悪化を抑制し、有機物の還元と共に土壌の理化学性を改善し、土壌微生物相の増殖とその均衡を保持し、健全なコショウの生育を招来する。上記の敷草総量はコショウの栽培面積と相等しい面積によって確保される。また肥料的に見ると同敷草総量は標準樹令の施肥必要量に相等しい。コショウ植物を水準より30cm程度高い畦に、敷草作物を水準の低い畦に夫々間作栽培すると両作物間に水養分吸収競争はおこることなく独立的に順調に生育する。敷草作物を間作しその茎葉を敷草すれば持込み敷草より労働生産性は著しく向上する。

VII 地力増進並にコショウ敷草栽培に関する試験結果の要約

アマゾンにおいて農作物の安定増産を確保するためには生体の作物並に非生体茎葉有機物を以って夫々畑地面を被覆し、きびしい気候のもたらす土壌環境の悪化を抑制し、同時に有機物の畑地への還元によって土壌の理化学性の改善と土壌微生物相の均衡保持に努め、総合して地力の増進を図らなければならない。畑地面の被覆と有機物の還元はアマゾンにおける農業生産上の技術要諦である。

農耕地造成のため最初に巨大な原始林を伐採焼払うことは不可欠であるが畑地の生産が低減する度毎に重労働のやま焼きを繰返す焼畑移動農法は森林面積の激減、畑地の砂漠化を招くだけでなく家族中心の定着農業の成立を妨げる。やま焼き時に得られる木灰の農業生産上の効果は余り

にも少い。ひとたび拓いた畑地は最初から植物体の茎葉根有機物の還元による地力増進対策を実施して同一畑地を常時長期にわたって利用出来るよう不断の努力が要請される。この地力増進の労働を楽しみとすることを希望する。

多年生の木本作物および草本作物を優先的にとりあげ、短期作物栽培の場合は気候の許す範囲内において鋤込み作物をはじめ多くの作物を合理的な輪作のもとにとりあげ夫々作物自体による畑地地面被覆と茎葉根有機物の還元につとめるように工夫する。

多年生作物に間作や被覆作物を採用し、畑地面に広く裸地を残す作物に対しては敷草を、採草地から茎葉を持込み鋤込みを、改良イネ科牧草地と短期作物圃との輪換を、また農畜複合経営を夫々すすめるのは重労働の焼畑移動農法を解消し、安定多収な定着農の成功を期待するからである。

VIII アマゾニアの農牧開発計画と実施情況^{*14*16}

本項は現地聞き取り調査を主とし James 並に桑村の著書を引用した。

ブラジル国の中でも北部地方のアマゾニアは最も開発のおくれた地域である。1976年の岩佐報告^{*13}によると SUDAM 管轄下のアマゾニア全地域は507.7万km²、その70%は原始林、28%は低木地と草原地、2.3%は河川面積、0.1%は農耕地である。ここに農業開発の経過概要を拾ってみよう。

20世紀中期になると歴代の政府はアマゾニア開発の必要性を認めバルガス (G. D. Vargas) 大統領は1953年開発をすすめるためにアマゾン地域経済振興計画庁 (SPVEA, Superintendencia do Plano de Valorização Economica da Amazonia) を設立した。その後クビチェック (J. Kubitschek) 政権に続くグラール (J. B. M. Goulart) 政権時代には、この機関は政治家達の私腹を肥やす悪政醸成の場となり開発事業は遅々として進展しなかった。僅かにパラ (Pará) 州の首都ベレン (Belém) とブラジル国の首都ブラジリア (Brasilia) とを結ぶ2,170kmの国道を造成したに過ぎなかった。この国道は1956年に建設工事を始め1960年に開通した。これによってこの国道はブラジリアにも、またその南にある産業経済の中心地サンパウロ、リオ・デ・ジャネイロ (Rio de Janeiro) の東南部地方にも通ずるようになった。従来は東南部と北部地方とは長い航海によっていたが、数日の自動車で行けるようになった。然し自然路面では雨季の浸水、架橋の未完成もあって時には通行止めに出会ったり、数日を要したりした。1974年には全線舗装され雨季においても2昼夜程度で行けるようになった。今日この国道沿線には250万人が移り住み、500万頭以上の牛が放牧され、米、大豆、トウモロコシなど600万袋の穀物が生産されていると言われている。^{*14*16}

1966年には SPVEA を改組してアマゾン地域開発庁 (SUDAM, Superintendência do Desenvolvimento da Amazonica) を設立し尚一層開発を推進することとし、これまでの中心都市ベレンの外にアマゾナス中流のマナウス市並にその周辺諸州にも経済施策を講ずることとし、マナウ

スにマナウス自由貿易地帯管理庁 (SUFRAMA, Superintendência da Zona Franca de Manaus) を設けマナウス市を中心に他地域をも含めて産業組織基盤を整備し工業、農牧業の誘致を図ることとしている。自由貿易地帯内における企業の設立と操業に必要な機械設備、工業化のための原材料の輸入には無税扱いを認めている。

SUDAM の地域開発計画はその地域の広大さからまた産業経済部門の種別の多いことからその規模は実に壮大である。工業、農牧林業、地下資源等の開発促進、ならびにこれらの開発を推進するための電力、道路、河川港湾施設、通信網の整備拡充また住民の生活環境などの社会開発に取り組んでいる。早期の事業達成のため諸外国からの技術と資本の導入を待ち受けている。ここに農牧林開発に直接関連する主要な事業について述べておきたい。

(1) アマゾン横断道路 (Trans amazonica) の開通

a. 大西洋岸から西側のペルー (Peru) 国境までの5,600kmのアマゾニア横断道路である。大西洋岸にある東北部地方のペルナンブコ (Pernambuco) 州の首都レシフエ (Recife) とパライバ (Paraiíba) 州の首都ジョアン・ペソア (João Pessoa) を起点として西北に進み、パラ州のアルタミラ (Altamira) まで北上し次いで西南に方向を転じてロンドニア (Rondonia) 直轄領の首都ポルト・ベリヨ (Porto Velho) に至り更に西進してアクレ (Acre) 直轄領のシャピン (Chapin)、Japiim と書く、一ペルーとの国境にある一に達している。この国道は途中においてベルンから南下する縦断国道とマラバ市 (Maraba) において、またアマゾニアの中央部を縦走するサンタレンーブラジャリア (Santaren-Brasilia) 国道と、更に西寄りのマナウスーブラジャリア (Manaus-Brasilia) 縦断国道と夫々交差している。従ってこの横断国道はアマゾニアと東北部地方ならびに東南部地方とを結び付けており産業経済文化の交流の大動脈となっている。この国道は1970年に着工、完成は間近い (図15)。

(2) アマゾナス大江の北側横断国道の開設

この国道は北部周辺道路 (Perimetral Norte) と呼ばれ建設中である。アマゾナス大江の河口に近く北寄のマカパー (Macapa) —アマパー (Amapá) 直轄領の首都—を起点とし西北の仏領ギアナ、スリナム、ギアナ (Guiana Francesa, Suriname, Guiana) に寄り沿うように西進しロライマ (Roraima) 直轄領を経て西隣りのアマゾナス州を通りアクレ (Acre) 州のクルゼイロ (Cruseiro do Sul) に到って南側のアマゾン横断道路に連絡する。その延長は4,215kmの大道である。この道路はアマゾナス中流のオビードス (Obidos) やアマゾナス州境に近い地点から夫々北上する2条の国道と交差する。この北部周辺道路は未知未踏の樹海を新に伐開くもので極めて難工事とされている。^{*16*14} これらの国道がつくられるにつれてこれに連絡するように州道や郡市道が細かく建設されつつある。

(3) 農牧林業開発状況

南側横断道路の中心は現在のところパラ州のアルタミラ市である。ここには IPEAN の分場が設立され作物の栽植方式や主要作物の生産性の試験を実施していた。この地域の奨励作物は甘蕉、コショウ、カカオ、カフエ、稲、トウモロコシ、野菜・トマト、カンラン、バナナ等である。

肉牛の飼育もすすめられ印度のゼブーが放牧されていた。南部地方から移住して来た農家はバナナとカカオの間作組合せと稲作を中心にして、予想以上の成績をあげ今後の営農に希望を托していた。この地区は肥沃なテラ・ローシャ (Terra roxa) 土地地帯である。甘蔗栽培には奨励補助があり15 ha 以上栽培するとトラクター、トラックの長期低利の融資が設けられている。製糖工場は南米随一の近代設備を持ち月産1,500 t の生産能力があると説明された。最近是国家的要請によりガソリン混入用アルコール生産に変更されたとも伝えられた。

この南部横断道路沿線地域への入植は1971年に開始した。東北部地方の常習干ばつ地帯の貧農や南部地方の土地を持たない労働者を優先的に入植させている。1977年頃までに約3,200家族が入植した。また日系農家は19家族が入植している。入植者も多いが退耕者も多いことは植民地では珍らしいことではない。ベレン近郊からの入植者は日常生活や教育文化施設の不備に堪えかねて移転するものも見られた。その反対に東北部からの入植者は未だ経験したことの無い大金を手に入れたので郷里の者に誇示するために長期の旅に出たものもおった。

入植地は国道両側各10km巾は小型農家を対象とし間口500m、奥行き2,000mの100 ha が1区画 (Lote) となっている。両側10kmの奥地は牧場用地となっていて1区画は3,000 ha となっている。入植地はある年限営農を続けると無償払下げとなる。住宅は長期低利の年賦償却になっている。

入植者の居住形式並に社会構造は次のようである。

a. Agro-vila(村) 入植者の居住する家族は地区毎に1ヶ所に集め小さい村落をつくっており、最少限必要な施設一小学校、教会、雑貨店を経営し電化施設も考慮することとしている。農作業は通勤の形式をとっている。然し農家は通勤作業は能率が劣ると言って大方は農場内に住居を建てていた。1家族100 ha、50家族が1単位である。

b. Agro-polis(町) いくつかの Agro-vila を1つのブロックに集合した地域を指定して Agro-polis とし中心地に中学校、病院、農産物格納庫、農産加工場、市場、ホテル、政府機関等の公共施設を設け社会生活にこと欠くことの無いように計画されている。約20の村集合を1単位としている。このような施設が早く造成されると入植は本格的におちつき永住することになる。

c. Ruro-polis(市) 4地域の Agro-polis を画定して Ruro-polis を形成する。既設の市町を拡充して行政機関、教育衛生機関、銀行工場を新設拡充する。

地域格差および個人所得格差を縮小しようと取組んでいる政府はこの植民地の経済文化施設を徐々に建設することであろう。

国道や州道、町村道が造成されると待ち構えていたかのようにその沿線に農場が新設される。森林が伐られて何時の間にか集落が出来ているのに出会う。ベレントメアスの250kmの交通は道路が無かった時にはアカラ川を小蒸気船で1昼夜近くかかったのに今では車で半日足らずで行けるようになった。

見知らぬ沿道には新しく町が出来ていた。清涼飲料や地酒を飲ませる店、屋台の果物屋、トラックの修理場、台秤を具えた穀物取引所、州政府の医療診療所、歯科医の開業、町外れには土煉瓦

の小学校が国旗を掲揚し、丸太を積んだトラックは安宿に駐車していた。道路がいかに奥地開発に人を引寄せるものかと感嘆した。

開発のおくれた北部地方と開発の進んだ東南部地方が舗装国道によって短期間のうちに互に交通し得るようになると農畜産物だけでなく工業製品までも北への一方交通になり易い。筆者が2回目の技術協力派遣の1974年頃ベレンの市場に東南部地方の品質の優れたトマト、カンラン、白菜、ブロイラーの鶏肉、鶏卵等が安く市場に出始めた。中流のサンタレンにおいても同様なことがおきた。北部地方のそ菜栽培日系農家は営農が成立たないとひどく悩まされた。またこの時期はベレン、トメアスの移住地ではコショウ根腐病が大流行して廃園が多く出現し対策に苦慮していた時期でもあった。日系農家は技術を改めコショウあと地に優良作物を導入して東南部地方産品に対抗し、また新たに新品種の良質のマモン（パパイヤ）、また果汁用の新優良品質のマラクジャー（Maracuja、トケイソウ）を、また新にゴムノキ、ココアを栽培して東南部に対抗し、ことなきを得た。常に北部地方の移住者は東南部地方に対抗出来るよう技術の研究が要請される。品質の向上、生産費の軽減が最大の問題である。この事も根本は地力増進に求められる。広大なアマゾンにおいて道路網をはじめ下部構造が整備されるにつれてこの地方の住民の内国移住が活気を呈して来た。その上東北部および東南部の農業者の北部地方開発への関心がたかまって来ている。現在カフェ栽培の中心地パラナ州ではカフェの霜害、サビ病におかされているので気候的に安全なアマゾンに土地を求めていてアマゾン西部のアクレ州の私有地の80%は既に買収されてしまい新規拡張の余地は少なくなったと報ぜられている。この地域のカフェ栽培においては庇陰樹の導入によって安定増収することが確認されている。またカフェの国際的価格が高値を維持していることはその誘因でもある。サンパウロ州のカフェ栽培協同組合は40万 ha、1,000戸の移住計画を発表し、また南部地方のリオ・グランデ・ド・スール（Rio Grande do Sul）州からは大豆栽培移住がこの地に入植地を造成中であるとも聞いた。アマゾンは急速に活気付いて来たようである。

アマゾンにおいては森林を伐採焼き払ってから作物を栽培する。アマゾンの気候は森林に覆われている林地に対しては生態的障害を与えないが森林を伐り開いた後の畑地に対しては土壌理化学的、土壌微生物的な障害をもたらす急速に地力を消失する。地力増進の対策を採用し営農を合理化し、農畜林業の成功を祈ってやまない。IPEAN の試験研究事業、INCRA（Instituto Nacional de Colonização、内国柘植農業改革院）の普及事業の充実発展と農家の積極的な技術の採用消化を期してやまない。政府が計画しているように近い将来農畜林生産量のアマゾンの分け前は大幅に増大することであろう。

技術面において一言したい事はアマゾンは土地が広いために兎角畑地管理が粗放になり勝ちであるが地力を維持していくためにはきめ細かい集約的管理が要求される。政府は経済生活の地域格差、個人格差を是正するために人々に技術を賦与しようと教育振興に力を注いでいる。住民の政府への協力は極めて強い。必ずや開発計画は達成されるものと思われる。

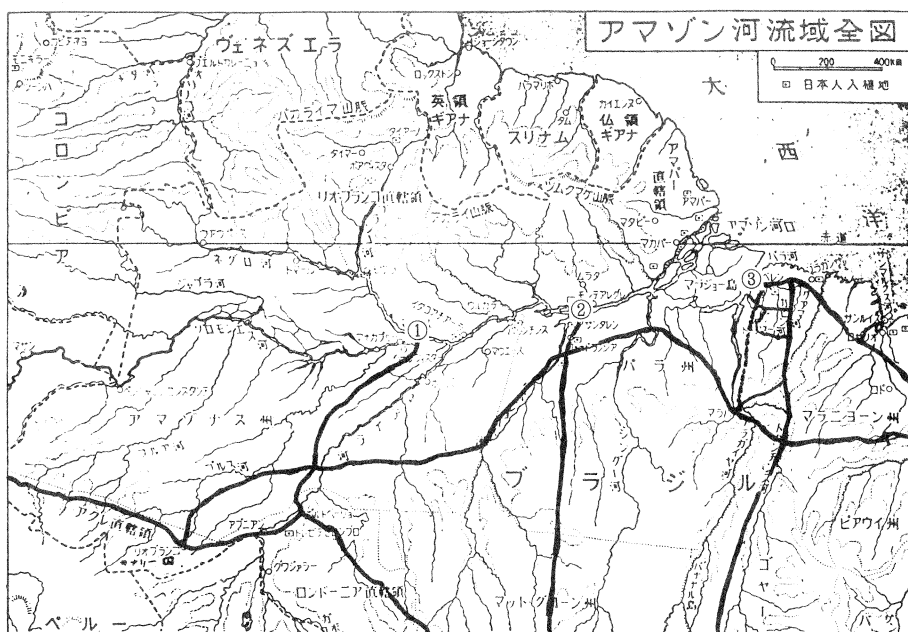


図15 アマゾン河流域全図

アマゾナス本流南地域における3縦断道路（東から西へ①、ベレン②、サンタレン③、マナウスの各々からブラジリアーサンパウロへ通ずる縦断国道）と大西洋岸のレシフェ、ジョーン・ペソアの各々からペルー国境に通ずる横断道路を示す。アマゾナス本流北側地域の横断道路は書かれていない。

参考文献

- 1) 朝日新聞社(1976) : 高温多雨の世界、世界の植物、12号、2843-2848
- 2) 青木茂一(1951) : 土壌と植生 養賢堂、85-87
- 3) Bastos, T.X.and Tatiana, D.A.S. (1971) : Anuario Agrometeorologico, IPEAN, vol.5, 1-45.
- 4) Bondar, G. (1964) : Palmeiras do Brasil, Instit.de Botanica, S.P.
- 5) Coaracy, M.F. () : Influencia da Temperatura no Crescimento do Cafeeiro. IBEC 16
- 6) 千葉守男(1970) : アマゾン地域における土壌肥料の技術協力総合報告書、海外技術協力事業団、海技協69-36、114-126
- 7) ———、寺田慎一(1976) : アマゾン地域における胡椒の養分吸収から決定した最適施肥量、熱帯農業 20(1) 14-21
- 8) Camargo, A.P. (1961) : Instruções Agrícolas para O Estado de S.P., Instituto Agromomico Campinas Bol. 45, 26
- 9) Bastos, T.X.and Tatiana, D.A.S. (1973) : Boletim Meteorologico, Seção de Climatologia Agricola, IPEAN. 2-14
- 10) Conduru, J.M.P. (1965) : Principais Cultura da Amazonia, IPEAN. 1-33
- 11) Fernando, C.A.and Conduru, J.M.P. (1971) : Cultura da Pimenta do Reino na Região Amazonica, IPEAN. 12-3, 1-7
- 12) Falesi, I.C. (1966) : O Estado Atual dos Conhecimento sobre os Solos da Amazonia, Brasil. IPEAN.
- 13) 岩佐 安(1976) アマゾニアにおける土壌及び粘土鉱物に関する技術協力総合報告書、国際協力事業団、資料 76、3-109
- 14) James, P.E. (1942)、山本正三訳 : ラテンアメリカⅢ、二宮書店、195-222.
- 15) Kage, C.H. (1976) : Adubação Verde, Guaira, S.P.
- 16) 桑原温章(1975) : ブラジル、時事通信社、106-185
- 17) 一戸 稔(1980) : コショウ病害とネコブセンチュウ、北日本病害虫研究会報 31号、1-6.
- 18) 花田毅一(1983) : ブラジル東北部における作物の生産、熱帯農業 27(1) 42-52.
- 19) 国際農林業協力協会(1982) : 熱帯草地と牧草、熱帯作物要覧 11. 6-55
- 20) 井磧 昭(1975) : アマゾン地域における胡椒園土壌の二、三の物理性について熱帯農業 18(4) 175-182
- 21) IPEAN (1966) : Capim Braquiaria Culturas da Amazonia, Serie 1, 1-6
- 22) 外務省経済局(1973) : ブラジル、日本国際問題研究所 3-198
- 23) 海外農業開発財団(1971) : 熱帯畜産と熱帯牛、海外農業セミナー 7-2. 8-38

- 24) ブラジル公論社 (1969) : ブラジル百科辞典 1.
- 25) 北川靖夫 (1983) : アマゾン地域の自然—気候及び土壌を中心として—、熱研資料No62
- 26) IAN () : Fornecido pela Secções de Horticultura e Silvicultura.
- 27) Litzenberger, S.C. and Ho Tong Lip (1961) : Utilizing Eupatorium odoratum L. to improve Crop yield in Cambodia, Agric. Jour. 53, 322—324
- 28) Lima, R.R. (1956) : Agricultura nas Várzeas de Estuario do Amazonas, Bol. Téc. 33, IAN., 1—9.
- 29) Meggers, B.J., 大貫良夫訳 (1971) : アマゾニア、社会思想社、7—252.
- 30) 長戸 公 (1967) : コーヒー、熱帯農業 11 (1) 54.
- 31) 永田 巖 (1980) : ブラジル、アマゾンの果実、国際協力事業団、派2,802, 7—157.
- 32) 野口弥吉 (1963) : 農学大事典、養賢堂 179—180, 1220—1223
- 33) 小倉武一、大内 力 (1976) : 日本の地力、御茶の水書房 61—158
- 34) 最上 章 (1976) : 熱帯畑作のための土壌保全、熱帯農業 17 (2) 96—97.
- 35) Schmidt, J.C.J. (1947) : O Clima da Amazônia (Summary) IBGE, 1—7
- 36) 国連ラテン・アメリカ経済委員会、食糧農業機関、富岡倍雄訳 (1960) : ブラジルのコーヒー、農林水産業生産性向上会議。13—27
- 37) Sioli, P.H. () : Alguns Resultados e Problemas da Limnologia Amazonica, Bol. Tec, IAN 1—8
- 38) SUDAM (1968) : Catálogo das Madeiras da Amazônia Belém.
- 39) Secretaria de Planejamento do Presidencia da Republica (1978) : Anuario Estatistico do Brasil, vol. 2, 364—393
- 40) トーキン、B.P. 神山恵三 (1980) : フィトンチッド、講談社。88—148
- 41) トメアス文化協会 (1975) : トメアス植民地案内。1—28
- 42) 寺田慎一 (1970) : アマゾニア地域総合報告書、海外技術協力事業団資料、派69—38
52—55
- 43) 寺田慎一 (1971) : Amazonia 地域における有機物施用方法の土壌環境ならびに作物の生育収量におよぼす影響、熱帯農業15 (1) 11—19
- 44) ——、千葉守男 (1971) : Amazonia 地域における胡椒の根系からみた栽培上の問題、熱帯農業15 (1) 20—26
- 45) 寺田慎一 (1972) : Amazonia Belém 市におけるくだものとそ菜、熱帯農業16 (1) 8—12
- 46) —— (1976) : 中南米技術協力計画に基づくブラジル国における技術協力報告書、国際協力事業団。3—48
- 47) —— (1942) : 中南米の農業事情、熱帯農業20 (4) 246—250
- 48) —— (1978) ブラジル国における胡椒の敷草栽培及び農耕開発方式、国際協力事業団、派2 78 5, 4—17

- 49) —— (1980) : アマゾン地域における地温と胡椒の生育との関係、熱帯農業24 (3) 113-116
- 50) Wilhelmy H. 大野盛雄訳 (1949) : 南アメリカ原始林における植民、農林水産生産性向上会議。34-61
- 51) Willams C.N.and Joseph K.T. (1970) : Climate Soil and Crop Production in the humid Tropics Oxford University Press.
- 52) 農業科学研究所 (1953) : ウイルアムス科学的農業耕作、三一書房、123-138
- 53) 渡辺 巖 (1974) : 農業と土壤微生物、農山漁村文化協会。285-290
- 54) 渡辺竜雄 (1977) : 熱帯の果樹と作物の病害、養賢堂。114-135
- 55) 吉田貞吉 (1981) : アマゾン地域における農業の現状について、熱帯農業25 (1) 20-29
- 56) Waord, P.W.F. 平賀練吉訳 (1966) : さらわくにおける胡椒栽培。海外移住事業団ベレン支部 3-12
- 57) Ministério da Agricultura Departmente Nacional da Produção Mineral Devisção de Geologia e Mineralogia (1960) : Mapa Geologico do Brasil
- 58) 秋田県農業試験場 (1979) : 畑作に関する試験成績、試験場報告 14
- 59) Duck, A.and Black, G.A. (1954) : Notos sobre a Fitogeografia da Amazonia Brasileira Bol.Tecn. IAN. 29 1-8