

No. 09

サンパウロ州森林・環境保全研究計画 長期調査員報告書

1992年6月

国際協力事業団

林開発

JR

92-11

サンパウロ州森林・環境保全研究計画長期調査員報告書

1992年6月

1038

1038

JICA LIBRARY



1099623(9)

22784

サンパウロ州森林・環境保全研究計画

長期調査員報告書

1992年6月

国際協力事業団

国際協力事業団

22384

序 文

日本国政府は、ブラジル連邦共和国政府からの技術協力の要請に基づき、同国のサンパウロ州森林・環境保全研究計画にかかわる事前調査を、平成3年11月18日から12月5日に行いました。

この調査結果を受け、国際協力事業団は、平成4年3月30日から5月8日まで、森林総合研究所森林環境部防災科防災研究室長 真島征夫氏ら3名の長期調査員を派遣しました。調査員はブラジル側実施機関関係者と協力内容について協議を行うとともに、計画実施予定地の調査や関連資料収集等を行いました。そして帰国後、国内作業を経て、調査結果を本報告書に取りまとめました。

この報告書が、本計画の推進に役立つとともに、今後この計画が実現し、両国の友好・親善の一層の発展に寄与することを期待いたします。

終わりに本長期調査実施にご協力とご支援をいただいた関係者の皆様に対し、心から感謝の意を表します。

平成4年6月

国際協力事業団
理事 田口俊郎



写真-1 アシス試験地内のセラード植生



写真-2 アシス試験地内のセラドン植生



写真-3 アシス試験地付近の溪畔林



写真-4 上からラトソル、泥炭を含む層、ポドゾルの順に堆積している土壌断面（アグア・ダ・カショエイラ源流部のダムサイト）

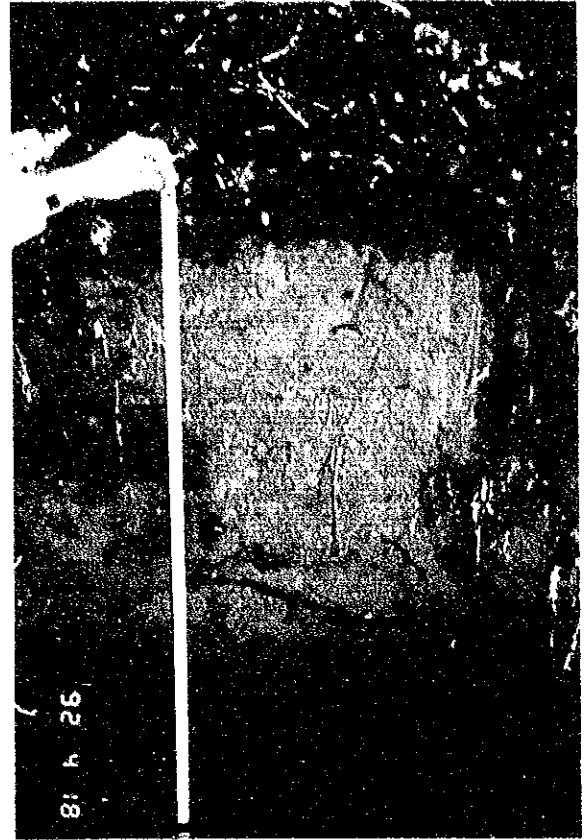


写真-5 マリリア試験地付近の溪畔林二次林の土壌断面



写真-6 プラスチックバッグによる育苗（アシス試験地）

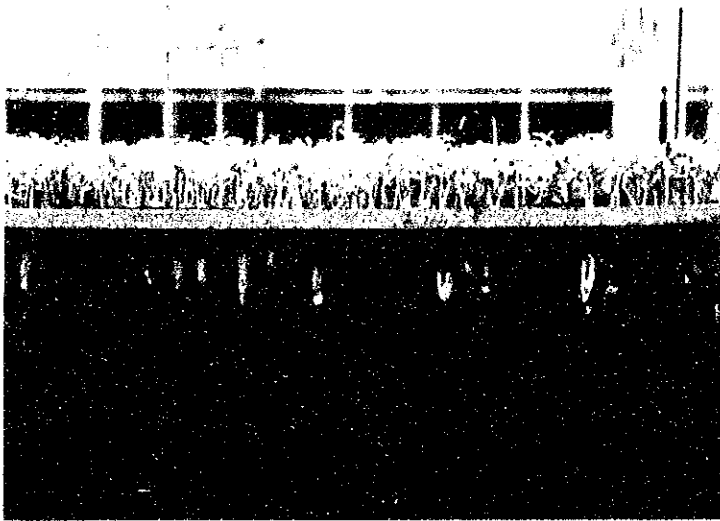


写真-7 小型チューベットによる
ユーカリの育苗
(チャンピオン社)



写真-8 アグア・ダ・カショエ
イラ中流部
流路の側まで森林が成
立している



写真-9 アシス試験地内の植栽
予定地
最近まで利用されてい
た牧草地



写真-10 アシス試験地内の植栽予定地
ユーカリ林の伐採跡地



写真-11 サトウキビ畑における土壌の表面
侵食とリル状の侵食



写真-12 サトウキビ畑に発生したガリー状
侵食



写真-13 ポソルカと呼ばれる侵食の形態

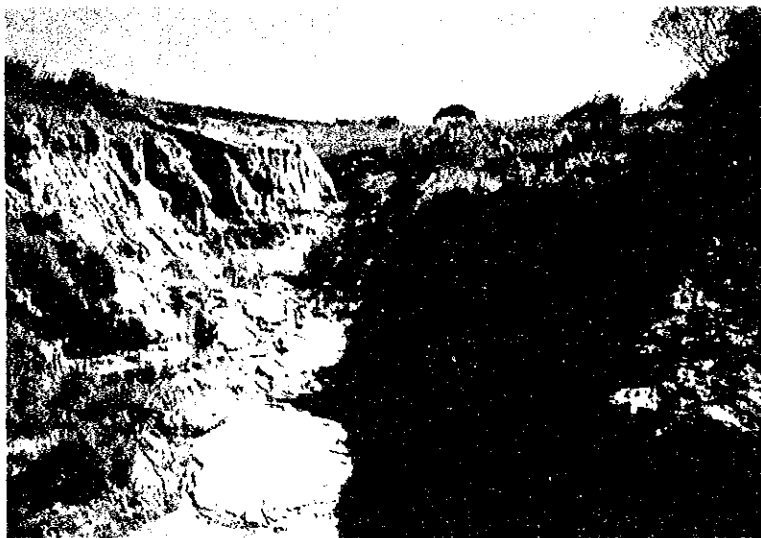


写真-14 アグア・ダ・カショエ
イラ最上流部における
荒廃溪流の状況



写真-15 アグア・ダ・カショエ
イラ最上流部にみられ
る蛇行・偏流に起因し
た側方侵食による土砂
生産

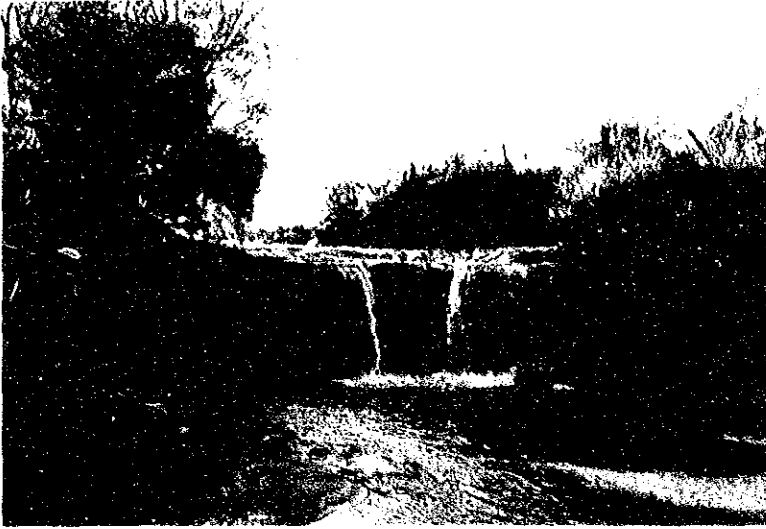


写真-16 アグア・ダ・カショエ
イラの所々にみられる
滝



写真-17 アグア・ダ・カショエ
イラ中流流送部の状況



写真-18 アグア・ダ・カショエ
イラ下流部の土砂の体
積状況

目 次

要 約	1
第1章 協力計画の概要	4
1. 協力要請の背景と長期調査の目的	4
2. 調査の概要	4
3. 計画全体にかかわる調査	5
(1) プロジェクトの役割	5
(2) プロジェクト・サイト	5
(3) 派遣専門家	6
(4) ローカル・コスト負担	6
(5) 供与機材	7
(6) プロジェクトの組織	7
(7) 私有地の使用許可	7
(8) カウンターパートの雇用	8
(9) 社会科学的な面からの研究	8
第2章 侵食防止の研究	9
1. 侵食防止の研究の必要性と意義	9
2. 侵食防止に関する研究の内容	9
第3章 森林回復の研究	11
1. 森林植生の現状と森林回復の必要性	11
2. 森林回復に関する研究の内容	12
(1) サンパウロ州森林院から要請された研究項目	12
(2) 各研究項目の詳細、特色、問題点など	12
第4章 研究計画案	20
a. 侵食防止の研究	20
(1) 侵食地の実態及び機構の解明	20
(2) 森林の侵食防止効果の解明	21
(3) 侵食防止法の開発	23

b. 森林回復の研究	24
(1) 森林造成法の開発	24
(2) 環境保全効果の検討	25
資料編	27

要 約

森林の減少とそれに伴った土壌侵食の進行は、サンパウロ州のみならずブラジル全土また周辺各国においても深刻化しており、早急な対策が求められている。本計画では土壌侵食と森林に関する基礎的な研究を行うとともに、日本からの技術を導入し実証的な研究を行うことで今後の土壌侵食防止対策に用いる技術を開発し、教育普及に用いるためその成果を利用できる形に協力活動内容を取りまとめた。

<研究課題>

長期調査員は現地調査の結果に基づき、プロジェクトの内容を次のとおり取りまとめた。研究課題は大きく分けて侵食防止と森林回復の2分野である。

a. 侵食防止の研究

- (1) 侵食地の実態及び機構の解明
 - ① 侵食地の実態調査
 - ② 侵食発生機構の解明
- (2) 森林の侵食防止効果の解明
 - ① 土地利用別流出水土量の比較プロット試験
 - ② 荒廃流域における流出水土量の流域試験
- (3) 侵食防止法の開発
 - ① 治山工法の開発
 - ② 保護樹帯の配置
 - ③ 侵食防止対策の効果調査

b. 森林回復の研究

- (1) 森林造成法の開発
 - ① 郷土樹種の苗木育成技術
 - ② 残存植生の研究
 - ③ 立地条件の検討
- (2) 環境保全効果の検討
 - ① 保護樹帯、試験林の造成
 - ② 各種森林内の環境比較研究

<プロジェクト・サイト>

プロジェクト・サイトはアシス試験場及びその管轄下のパラガス・パウリスタ試験地とア

グア・ダ・カショエイラ川流域が中心となる。また参考とするための調査対象地域としては同じくアシスの管轄であるマリリア、カエテトゥス等があげられる。

また一部の研究試験は、サンパウロ市内の森林院本部にある研究施設を用いて行うことになろう。

<長期派遣専門家>

専門家の分野は侵食機構、侵食防止、造林・生態が考えられ、またこの他に調整員を派遣し、計4名とする。リーダーは内1名が兼任する。専門家の任地はアシスになる。

<ローカル・コスト負担>

本プロジェクトでは5年間で250ha以上の植栽が計画されている。植栽樹種が多岐に亘り、川岸の不整形地での作業が大きな部分を占める。また治山工事を行うことが植栽の前提であり、通常の造林に比べて経費がかさむ。治山工事の規模は派遣専門家による調査の結果を待たなくては確定できない。

ブラジルは経済的に困難な状況にあり、必要な経費の全額を負担することは困難だと考えられる。研究内容を基礎研究だけに留らず、応用的なものにするためには日本側のローカルコスト負担が望まれ、費目としては造林推進対策費が適当である。

<供与機材>

各研究に必要と考えられる機材のカテゴリーは以下である。

- a. 実験室で用いる研究、分析、データ処理用機器
- b. 現場で用いる観測用機器
- c. 土木施工用機器
- d. 種子の採種、苗畑作業、造林、育林等に用いる機器
- e. 事務用機器
- f. 研究成果の発表に用いる機器

<プロジェクト実施体制>

プロジェクトの最高機関として合同委員会を設置するが、その他に日常的問題処理にあたるための月例会議、及び研究の進行状況を各研究グループ間で確認するための会議を、少なくとも3か月に一度開くことが望ましい。

パラガス・パウリスタの私有地の使用に関しては地権者の口頭の了解は取りつけているとのことであるが、現在サンパウロ州政府内で契約の法的な検討が進められている。

カウンターパートの一部は新規に採用することとされているが、選挙の前後には公務員の

採用試験を行うことが法的に禁止されており、今回もサンパウロ市長選挙が予定されていることから、早急に正式な採用を行うことは困難であり、州政府内で対応を検討している。

将来の普及を念頭に置くと、土壌保全林の造成が農家経営に及ぼす影響を調べ、林地と農牧地との共用共存等を図っていく必要性が考えられる。技術の普及を図っていくためには、農家側の視点から技術を受け入れるための条件等を考えるべきであり、社会科学的なアプローチが不可欠である。しかし今はこういった研究をどの程度行う必要があるかは明らかでなく、プロジェクトが始まってから必要な対応を行うことが望まれる。

第1章 協力計画の概要

1. 協力要請の背景と長期調査の目的

ブラジル共和国連邦サンパウロ州では、主として農業開発に伴う森林の破壊、減少が急激に進み、また、その農用地の粗放な管理に伴う土壌侵食等の土地保全問題と、水質汚濁、水資源の枯渇等や、逆に、洪水被害の頻発等の水保全問題が同時的に生起して大きな社会問題となっている。ブラジル政府は森林消失に起因する土壌侵食を防止するために、日本政府に対し、侵食の発生やそのプロセス等の研究と、その防止対策に関する研究の技術援助を要請してきた。

これに対しJICAは1991年11月～12月に事前調査団を派遣し、侵食防止の研究、森林回復の研究という2本の柱からなる研究計画の協力内容で、ブラジル側と大筋で合意した。今回の長期調査は事前調査団の報告に基づいて、研究計画の具体的な内容（研究項目、研究手法、研究サイト、必要な資機材等）と、両国の取るべき措置等について、現地調査を含めて協議し、協力計画の基本線を双方でとりまとめるために行われた。

調査は1992年3月30日～5月8日に行われ（詳細は資料-1調査日程を参照）、以下の3名が長期調査員として派遣された。

担当分野	氏名	所属及び現職
侵食機構	真島 征夫	森林総合研究所森林環境部防災科防災研究室長
造林・生態	齊藤 昌宏	森林総合研究所森林環境部群落生態研究室長
協力計画	野田 直人	JICA林業技術協力投融資課特別嘱託

2. 調査の概要

長期調査員は現地調査の結果に基づき、サンパウロ州森林院側から提出のあたりサーチ・プロポーザル（事前調査団報告書を参照）に対案の形で調査員の案を示し、両者による現地調査と合議を経てプロジェクトの内容を取りまとめた。研究課題は大きく分けて土壌侵食と森林回復の2分野で、それぞれの基礎的な調査・研究と、両者の組み合わせを含んだ応用研究が考えられている。各研究分野の詳細は、本報告書の第2章「侵食防止の研究」、第3章「森林回復の研究」及び第4章「研究計画案」にとりまとめた。

研究内容がある程度固まった段階で、サンパウロ州環境局及び森林院の担当者、JICA現地事務所職員らと、ローカルコスト負担を含む、両国政府に対し要請する内容の検討を行った。また調査終了時には英文で作成したプロジェクトのアウトライン（資料-2）を用いてABCに対し、環境局及び森林院と合同で報告を行った。

3. 計画全体にかかわる調査

以下にプロジェクト全体にかかわる調査の結果を報告する。

(1) プロジェクトの役割

森林の減少とそれに伴った土壌侵食の進行は、サンパウロ州のみならずブラジル全土また周辺各国においても深刻化しており、早急な対策が求められている。本計画では土壌侵食と森林に関する基礎的な研究を行うとともに、日本からの技術を導入し実証的な研究を行うことで、今後の土壌侵食防止対策に用いる技術を開発する。

ブラジル側（特にアシスの現場）では教育普及までをプロジェクトの活動としたいむねの希望を持っているが、基礎的な知識も不足している現状では、普及できる技術が確立されるまでに協力期間いっぱいまでかかることが予想される。また普及にかかわるインプット等プロジェクトの規模の拡大を考えると、普及活動への直接の関与は困難である。また一方、研究のみを行うだけではその後の普及へのつながりが不明確となり、最も重要な研究成果を生かすことがブラジル側任せとなってしまう。以上を考えるとプロジェクトが担う役割を、教育普及に用いる技術を研究、開発、整理し、利用できる形にとりまとめる事とするのが適当と考えられる。また同じ意味でプロジェクトが行う治山工事の過程や、植林前後の対象地の様子等を、ビデオ等を用いて記録しておくことが望まれる。

以上に基づき当プロジェクトのロジカル・フレーム・ワークを試案として作成した（資料-3）。

(2) プロジェクト・サイト

プロジェクト・サイトはアシス試験場及びその管轄下のパラガス・パウリスタ試験地とアグア・ダ・カショエイラ川流域が中心となる。また参考とするための調査対象地域としては同じくアシスの管轄であるマリリア、カエテトゥス等があげられる。

また一部の研究試験は、サンパウロ市内の森林院本部にある研究施設を用いて行うことになる。

各サイトで必要な施設は以下のとおり。

- | | |
|---------------|-----------|
| a. アシス試験場 | プロジェクト事務所 |
| | ラボラトリー |
| | 宿泊施設 |
| | 苗畑 |
| | 倉庫 |
| b. パラガス・パウリスタ | 現地事務所 |
| | 倉庫 |
| c. サンパウロ | 連絡事務所 |
| | ラボラトリー |

(3) 派遣専門家

専門家の分野としては侵食機構、侵食防止、造林・生態が考えられ、内1名がチーフアドバイザー（またはチームリーダー）を兼任する。またこの他に調整員を派遣し、計4名とするのが適正であろう。森林院が研究機関であり、カウンターパート予定者の中に博士号取得者を始め、修士号を持つものも多くいることから、専門家も修士以上を持っていることが望まれている。また調整員はポルトガル語か、少なくともスペイン語を話せることが条件となろう。

業務の大部分がアシス周辺に集中し、専門家の人数も限られていることから任地は全員アシスとすべきである。しかし住居に関してはアシス市内に日本語や英語での教育ができる機関がないことを考えると、サンパウロ等派遣専門家の任意の場所に置くこととなろう。この件に関してはアシス以外に住居を持つ専門家の宿泊場所を確保するため、アシス試験場内の宿舎の整備を森林院側に要請し、合意を得た。

また予想される短期専門家の分野に関しても次に示す案をまとめ提示した。

- a. 侵食形態分析
- b. 森林水文学
- c. 堆積
- d. 気象
- e. 水質
- f. 侵食防止工事（設計・施工）
- g. 侵食防止工事（評価）
- h. 森林生態（植物社会学）
- i. 森林土壌
- j. 森林環境
- k. エコシステム・エコロジー

(4) ローカルコスト負担

本プロジェクトでは5年間で250ha以上の植栽が計画されている（第3章参照）。植栽樹種は多岐（50樹種以上）に亙り、川岸の不整形地での作業が大きな部分を占めることになる。また河川侵食が激しい地域では治山工事を行うことが植栽の前提であり、通常の経済林造成に比べて規模のわりに経費がかさむことが予想される。治山工事の規模、内容はプロジェクトが開始されてから専門家による調査の結果を待たなくては確定できない。またこの他にプロジェクト開始後の早い時期に量水堰堤を3基ほど作るようになっており（第2章参照）、土木工事が必要な最初の2年程度はまとまった資金の手当てが不可欠である。この後は育苗や造林にかかる直接の経費のみとなり、必要なローカル・コストの額は漸減するであろう。

ブラジル政府は経済的に困難な状況にあり、サンパウロ州政府も必要な経費の全額を負担することは困難だと考えられる。プロジェクトの研究内容を基礎研究だけに留らず、実証的なものにするためには日本側のローカルコスト負担が望まれ、このための費目としては造林推進対策費が適当である。

環境局、森林院は日本側へのローカルコスト負担要請の可否を検討するため、ブラジルに環境局補佐官、森林院総裁、技術部長、広報部長らを派遣し、ABCとの協議を持つに至った。協議結果は日本側に対し知らされていないが、R/D案を検討していく過程で明らかになると思われる。

(5) 供与機材

供与機材に関しては、森林院が準備したプロポーザル中に細かく要請が書かれている。しかし、各研究セッションがばらばらに車輛やコンピューターを挙げており、調査員は、機材は各研究セッションではなくプロジェクトに配備されること、また正式要請はプロジェクト開始後に連邦政府を通してなされること、プロジェクト実施期間中は毎年要請が可能なこと等を説明した。

各研究に必要と考えられる機材は第4章中で報告するが、考えられる機材のカテゴリーは以下である。

- a. 実験室で用いる研究、分析、データ処理用機器
- b. 現場で用いる観測用機器
- c. 土木施工用機器
- d. 種子の採種、苗畑作業、造林、育林等に用いる機器
- e. 事務用機器
- f. 研究成果の発表に用いる機器

(6) プロジェクトの組織

プロジェクトの最高機関として合同委員会を設置するが、その他に日常的な問題処理にあたるための月例会議、及び研究の進行状況を各研究グループ間で確認するための会議を、少なくとも3か月に一度開くことが望ましい。

(7) 私有地の使用許可

パラガス・パウリスタの私有地の使用に関しては地権者の口頭の了解は取りつけているとのことであるが、現在サンパウロ州政府内で契約の法的な検討が進められている。

サンパウロ州政府内においては環境法の整備作業を行っており、この中で連邦の既存の森林法（森林保護に関して記述があるが強制力はなく、破壊された森林の回復には触れられていない）を補完する形で、森林保護に関する内容も盛り込まれる見込みである。他州の環境法では土地所有者に森林回復を義務づけている例もあるとのことであるが、サンパウロ州の環境法の内容は未だ公表されていない。

しかしながらこの法律の内容によっては、パラガス・パウリスタの土地所有者も一定の義務を負うことが考えられ、現在作業を進めている契約にも影響が及ぶ可能性もある。

(8) カウンターパートの雇用

森林院の説明によるとカウンターパートの一部（特に土木的な侵食防止の分野）は新規に採用することとされているが、選挙の前後には公務員の採用試験を行うことが法的に禁止されており、今回もサンパウロ市長選挙が予定されていることから、早急に正式な採用を行うことは困難であり、州政府内で対応を検討している。

(9) 社会科学的な面からの研究

現在予定されている研究内容は、自然科学的（物理的、生態的）なアプローチに限られているが、将来の普及を念頭に置くと、対象が私有の農地であることもあり、土壤保全林の造成が農家経営に及ぼす影響を調べ、林地と農牧地との共用共存等を図っていく必要性が考えられる。技術の普及を図っていくためには、農家側の視点から技術を受け入れるための条件等を考えるべきであり、社会科学的なアプローチが不可欠である。

森林院には今までこういった社会経済・文化面からの研究の実績が無く、従って日本に対する要請にも含まれていない。また必要性を認識しているものもごく一部のカウンターパートに限られている。しかしながら今の段階ではこういった研究をどの程度行う必要があるかは明らかでなく、プロジェクトが始まってから内部で検討を行い、必要な対応を行うことが望まれる。

第2章 侵食防止の研究

1. 侵食防止の研究の必要性和意義

サンパウロ州では農用地開発とその粗放な取扱いによって、森林面積が減少し、土壌侵食も激しく、環境保全面からも大きな問題となっている。かつて州の大部分を覆っていた森林は、現在わずかに全面積の6%をкаろうじて確保しているに過ぎず、また侵食土砂量も毎年1億9千万トンが流失しているといわれている。このため現存の森林の保護に加え、新たな森林の造成・回復によって侵食を防止することが緊急の課題となっている。なお、こうした問題はサンパウロ州に限らず他州でも同様であり、周辺国でも生起している重要な課題である。

先の事前調査結果により、今回の研究プロジェクトの研究展開地は、サンパウロ森林院のアシス試験地周辺地がメインサイト候補地として選定されており、ここを中心にした研究計画の具体的内容等について協議を行った。なお、アシス地区は元来セラドンやセラードと呼ばれる植生が分布していたが、各種の農業や牧畜の粗放、過度の土地利用で表土の流亡や溪流・河川の侵食等の荒廃が進み、それらに起因して河床が上昇して洪水被害も頻発しており、水利用上も水質、水量確保が懸念されている。森林院の試験地やその周辺地は、その周辺の都市、町村住民の貴重な上水道水源地域となっており、水質汚濁、土砂の流入、水量の不安定化等は深刻な問題となっている。

制定されている連邦政府森林法によれば、全土地所有者は一定の面積の森林を確保すべきことや溪岸にも一定幅の森林を残置することが義務づけられているが、現状は実行されていないのが普通である。

このため、荒廃地域における土壌侵食の実態とその発生メカニズム、プロセスの把握、こうした侵食に対する森林の防止効果の解明とそれら森林植生の回復技術の開発等、森林再生による土壌保全の研究とその実証的成果が期待されており、日本側のこれまでの研究実績や技術実績のブラジルへの早期移転が強く求められており、その成果の応用はブラジル国内に留まらず、周辺諸国でも高く評価されうるものになろう。

2. 侵食防止に関する研究の内容

森林回復による侵食防止の研究の進め方としては、その基礎となる基盤的な研究とそれらの結果に基づく応用的あるいは実証的な研究分野に分けられる。今回のプロジェクトの研究計画の2本の柱となっている「侵食防止の研究」も「森林回復の研究」も双方とも、こうした研究組立になる。

侵食防止の研究分野においては、まず現地における侵食の実態を把握整理することから始

め、そのメカニズムやプロセスを解明し、そうした侵食荒廃地流域における流出水量や水質の状態、侵食土砂の動態把握や森林の侵食に対する効果、機能を明らかにするという、研究計画で比較的初期に取り組むべき課題が基礎的・基盤的研究分野となろう。

また、応用・実証研究としては森林の侵食防止効果やその有効性を解明するための土地利用別の流出水土量の比較プロット試験や侵食荒廃流域における山腹、溪間の治山工事の適応試験や侵食防止林帯の配置、またそれらの施工・配置による流出水土量、水質等の変化の把握等の研究が該当し、これらの研究は前段の基盤的研究の成果を利用、転用する研究分野となり、比較的後半スタートの課題に属し、研究の出口や成果の発表展示的意味も含んだ項目・内容といえよう。そして、研究展開地も研究分野に応じてそれぞれ場所を異にし、基礎的分野は主にサンパウロ州森林院本部内施設やアシス試験地を、応用・実証研究分野の展開地は、アシス試験地から約40km離れたパラガス・パウリスタ試験地分場のあるアグア・ダ・カショエイラ川侵食荒廃流域を選定し、研究を進めることとした。

研究計画は事前調査時の討議を踏まえ、カウンターパート機関となるサンパウロ州森林院からのプロポーザルにある課題を取り込んで、日本側で作成した研究計画案に基づいて、アシス試験地内やパラガス・パウリスタ分場周辺の試験サイト候補地選出のための踏査やアグア・ダ・カショエイラ川の上流から下流まで数回踏査し、荒廃の現況を理解し、研究用施設の設置位置の検討や必要な治山工種・工法を想定し、それらをもとに研究内容について討議を行った。研究課題とその内容等については 第4章 研究計画案 a. 侵食防止の研究 に記載する。

第3章 森林回復の研究

1. 森林植生の現状と森林回復の必要性

ブラジル、特にサンパウロ州では森林の消失速度が大きく、100年前にはサンパウロ州の森林被覆率は90%を越えていたが、最近の調査では6%程になってしまっている。残された森林は主として大西洋岸に南北に走るセラ・ド・マール（海岸山脈）に存在し、マタ・アトランチカと呼ばれ、熱帯雨林、熱帯季節林およびそれらの二次林で構成されている。マタ・アトランチカは、現在、保全のための研究、活動が盛んに行われている。セラ・ド・マールに続く内陸部では傾斜の急な部分が多いため（資料-10）、低地、緩傾斜地は耕地、牧場に利用されているが、急傾斜地では常緑広葉樹二次林が比較的多く残されており、ユーカリなど造林地の割合も大きく、大規模な荒廃地は少ない。

一方、面積的にサンパウロ州の大部分を占める波状丘陵地は平均年降雨量約1,300mm（資料-11）、年平均気温21℃前後（資料-12）と温暖ながらやや乾燥した気候となっている。残存する植生の大部分は、セラドン（常緑樹と落葉樹が混生し、中高木が優占した閉鎖林）、セラード（常緑樹と落葉性が混生し、低木あるいは灌木が優占する未閉鎖林）、カンポ（部分的に低灌木が散生する草原）に区分され、G. Bitenの分類（資料-13）に従えば、乾燥系列に入る。ただし、残存する森林は面積が小さく、人為の影響が大きいため、これらの林分がどこまで自然状態を保っているかはよくわかっていない。波状丘陵地形となっている内陸部は地形的な制約が少ないことから、大規模な牧場、サトウキビ畑などが広がり、森林は川に沿って細い帯状に残るか部分的に小面積が残るのみである。このような過度の土地利用が現在問題となっている土壌侵食を引き起こし、森林の減少と小気候の変化、河川の水質と水量の変化をもたらしたものと推定される。土壌侵食の激しい地域では、川沿いに残された溪畔林は広大な農牧地から移動して来る土砂が川に流入しないための最後の防御線となっているが、このような役割を担うべき森林も存在しない河川が多くある。

川に沿って残存する森林はマタ・シリアル（溪畔林）と呼ばれ、上述の森林植生とは種組成が異なるとされている。マタ・シリアルは立地条件の違いから狭義のマタ・シリアルと溪谷林（gallery forest）に区分されている。前者はいわゆる溪畔林（riparian forest）で川岸の傾斜が緩いところに成立し、種組成は川から離れるにしたがって暫変する。後者はセラード地帯の内部を流れる川に沿って分布し、川岸も急峻であるため周囲の植生とは画然と区別されることになる。典型的なセラード地域であるモジグァス付近の溪畔林植生では、最も出現頻度の高い種はSebastiana klotschiana, Cyclolobium vecchiiの2種であり、さらにAlchornea triplinervia, Guarea trichilioides, Genipa americana, Duguetia lanceolataの頻度も高いとされる（P. E. Gibbs and H. F. L. Filho, 1978, 1980）。

これはすべての植生について言えることであるが、残存する森林面積が小さく、分布が局在すること、残されている森林の大部分は程度の差はあっても人為の影響が加わっていることなどから原生状態を正確に推定することは困難である。また、ブラジルにおける植物社会学は日本および欧米のそれとは方法論的に異なっており、植生の概観を比較するには適していても精密な種組成の分析および群落間の比較、区分には至っていないのが現状と思われる。相観を主として作成されたサンパウロ州の潜在自然植生図を資料-14に示す。

2. 森林回復に関する研究の内容

(1) サンパウロ州森林院から要請された研究項目

1991年11月から12月にかけて派遣された事前調査団とC/P機関であるサンパウロ州森林院との間で協議がなされた結果として、森林院側から次のような協力要請が提出された。ここでは森林生態・造林の分野に限ってタイトルを示す。また、今回の長期調査の際に明らかとなった課題間の隙間を埋めるため、新たに提出された課題を含んでいる。

- a. サンパウロ州マリリア、アシスおよびプレジデンチ・プルデンチ管理地域における主要な残存植生の植物社会学的構造および種組成
- b. 外来種および郷土種の現存する林分での養分循環
- c. サンパウロ州アシス地域における土壌学研究
- d. 劣化地域回復のための苗木生産プログラム
- e. 植被の回復
- f. 溪畔林の再構成
- g. 種子生産のプログラム

(2) 各研究項目の詳細、特色、問題点など

現地調査、課題提案者との協議などによって明らかとなった研究項目の詳細、特色、問題点および調整方針などを研究項目ごとに次に記す。

- a. サンパウロ州マリリア、アシスおよびプレジデンチ・プルデンチ管理地域における主要な残存植生の植物社会学的構造および種組成

郷土樹種を用いて森林回復を行うには、その特性を調査する必要がある。また、実際の森林の構造および種組成なども把握して、自然の状態に近い樹種の組合せを考えねばならないであろう。このためにはプロジェクト・サイト周辺に存在する森林の植生調査が不可欠である。

プロジェクト予定地のアシスおよびパラグァス・パウリスタ周辺には自然植生としてセラード、セラドン、溪畔林およびそれらの二次林が存在する(写真-1、2)。これらのうち、アシス試験地内にあるセラード、セラドンはまとまった面積があり調査対象地として利用可能である。これまでに行われた植物社会学的調査によれば、Copaifera

langsdorffii, Machaerium acutifolium var. muticum, Ocotea corymbosa, Vochysia tucanorum, Sweetia elegans, Tapirina guianensis, Pera obovata および Anadenanthera falcata などが主要種として挙げられている (G. Durigan et alii, 1987)。

より典型的なセラード植生と思われるモジミリムのそれ (D. V. T. Filho et alii, 1984) と比較すると、ここに示された主要樹種はほとんど共通する。量的な比較はできないが (これは今後の問題であろう)、アシス地域のセラード植生を調査した結果は各地のセラードに共通する事柄であると考えてよいであろう。同報告中示されていた群落断面図を資料-15、16に掲げる。資料-15は群落高が比較的大きい部分での階層構造を示し、資料-16は群落高が小さく林冠の閉鎖度もより小さい。同じ場所において採取された土壌の化学分析が行われているが、その結果については土壌関係の部分で示す。

溪畔林は各所に散在するが、いずれも面積は小さい。川の大きさ、溪岸の形状、土壌条件などが場所によってかなり異なること、人為影響の程度も様々であることから、最初に行う調査地の選定が重要になる。アグア・ダ・カショエイラ流域は人為の影響が大きいため、調査プロットはアグア・ド・セルポ流域を中心に選ぶことになる (写真-3)。この流域には比較的原始状態が保たれていると思われる林分も存在する。また、マリリアには面積は広くないが林齢の高い二次林が存在するため、これも対象範囲に含める必要がある。

プレジデンチ・プルデンチの対象地域はサンパウロ州の最も西側にあり、資料-14の中でモロ・ド・ジャボ永久保全地域として示されているところがそれである。内陸部の自然植生が最もよく保たれており、保全面積も大きい。ここではサンパウロ森林院の研究者を中心として植物社会学その他の研究が始められており、成果の一部は報告されている。しかし、プロジェクトの中心となるアシスから400km以上離れており、今回の調査でも訪れる機会は作れなかった。

森林院側との話合いで、プレジデンチ・プルデンチはアシスとの距離が大きすぎるため、プロジェクトに組み込むことは困難であることが了承された。かわりに、マリリア試験地の近くにあるカエテトゥス保存林 (資料-14参照) を調査対象としてとり入れることにした。ここは約2,000haの熱帯季節林が保存されており、1978年から森林院が生態系および動物の保全を目的に管理している。周辺部では人為の影響が認められるが、大部分は比較的保存状態のよい森林である。カエテトゥス生態系試験地の区域図を資料-17に付した。

前述のように残存する森林が断片的で、分布も偏っているため、この地域の本来の植生が如何なるものであるかが明らかになっていない現状では、最終的にどの様な森林に誘導することがプロジェクトのゴールとなるのかははっきりしない。このため、カエテトゥスのような保存状態のよい森林とアシス周辺の森林を比較して、どちらも立地条件に

制約されたクライマックスであるのか、それともセラード、セラドンは遷移の途中相に過ぎないのかを理解しておく必要がある。また、カエテトゥス保存林では、よりクライマックスに近い溪畔林も多く含まれているため、それらとアグア・ド・セルボの溪畔林を比較する必要もある。

これらの地域を対象とした植物社会学調査の上で問題となるのは種の同定である。ブラジルあるいはサンパウロ州を対象としたまとまった植物図鑑は存在しない。このため、同定の際には植物分類関係の文献に当たる必要がある。幸いサンパウロ州森林院にはこの種の文献が揃っており（ラテン語、ポルトガル語がほとんどだが）、標本も樹木については完備している。また、この分野の主要なC/Pとなる森林院側の植物、生態関係の研究者は経験が豊富であるから、彼らにまかせることになる。同定の困難な草本種についてはサンパウロ市内にある植物園の研究者に同定を依頼することも考えられる。

従来ブラジルで採用されてきた植物社会学的調査の方法はそれぞれの植生の概観を把握するには都合がよいが、構成種の量的な把握を行ったり、種組成の量的比較を行うには不向きであるため、日本あるいは欧米で用いられている方法を採用し、さらに調査プロットごとに簡易な形ではあるが土壌と地形の記載を行う必要がある。これによって、量を含めた種組成にもとづいた各植生間の関係および立地との関係が明らかになり、森林回復のための植栽に利用する樹種の選定に必要な基礎資料が整えられることになる。植生調査の際には、種ごとに花や実をつけているかなどの植物季節学的な記載も行い、各樹種の結実習性などの資料を作成する必要がある。これは苗木生産の際に種子採取の目安とする。

アグア・ダ・カショエイラ流域では植生調査とともに植生図の作成を行う。流域の大部分は牧場、農耕地で占められているため細かい調査は森林の残存する部分を中心となる。得られた植生図は土壌の分布と比較して立地評価に利用されるとともに、侵食機構、侵食危険度の判定などに利用される。

これらの植物社会学研究は研究計画案のb-(1)-②「残存植生の研究」に位置づけた。プロジェクト各分野の基礎資料となるため、前半までには大部分の調査を終えておく必要がある。

b. 外来種および郷土種の現存する林分での養分循環

当初の計画では表題のとおり、2、3の林分で養分循環を測定することとなっていたが、プロジェクト全体との位置づけから次のように膨らませた。

- 1) 侵食分野で水分動態および侵食量の継続測定をするため植生別の固定プロットを作る。これらの測定結果は植生の量と関係が深いと推定されるので、固定プロットと類似した場所で植物現存量の調査を行う。得られたデータは養分循環を測定する際の基礎資料ともなる。

2) 植栽した試験林とともに「残存植生の研究」で得られた成果から、代表的な林分数箇所を対照地として選定し、リターフォール量、土壤中の養分、リターバッグによる分解速度などの測定を行い、林分毎に養分循環の特性を解析する。

3) 上記林分において林内気象を観測し、森林の発達と林内環境の変化を解析する。

ブラジルではこれまで現存量、養分循環などの研究はほとんど行われていないため、日本側専門家の指導が重要であるとともに次項の土壌学研究と共通した機器整備が必要である。前者は調査時に集中的に、後者は少数であっても継続的にといった違いはあるが、現存量調査、養分循環測定ともかなりの人手が必要である。

本研究は「各種森林内の環境比較研究」としてb-(2)-②に位置づけた。

c. サンパウロ州アシス地域における土壌学研究

アグア・ダ・カショエイラ流域を調査した際には、赤褐色のラトソル、白色のポドソル、黒灰色の泥炭を含んだ土壌およびこれらの基岩、堆積土などが表層土壌として観察された(写真-4)。森林院とパラガス・パウリスタにある農業・畜産大学(ESAPP)などで行っているカショエイラ流域の研究プロジェクトでラトソル土およびポドソル土を分析した結果では、微粒状砂質土で、pHが低く、貧栄養という特性が示されている。また、両者ともに粘性が乏しいため降雨の際に流亡しやすい傾向が窺える。このほかラトソル土ではアルミニウム含量の大きいことが特徴となっている(未発表資料)。同プロジェクト報告書中の土壌分布図を資料-18に示す。

アシス試験地における土壌調査例は2つあり、1つは前述したセラード植生2箇所の土壌分析(G. durigan et alii, 1987)で、他はPinus ellioti, P. patula, P. taedaの3種のマツ林およびセラード植生において、主として土壌を化学分析結果から比較した報告(M. I. M. S. Lopes, M. A. O. Garrido e F. A. P. Mello)である。アグア・ダ・カショエイラ流域の調査例と比較してpHが高くなっており、より酸性が弱くなっている。また、炭素含量は3種のマツ林よりセラードの土壌の方が少ないという結果が示されている。

一般的にみて、裸地よりは草本植生、それよりは森林植生というように地上部の植物現存量が大きいほど土壌の発達が良く、有機物含量も大きい傾向が認められる(写真-5)。この地域でも同様であるが、その程度についてはきちんとした把握がされていない。特に植栽予定地を中心に土壌の物理・化学的性質を調査し、植栽の際の立地(土壌条件)を解明しておく必要がある。アグア・ダ・カショエイラ流域においては、前記植生調査と並行して、土壌調査および土壌図の作成を行う。それらの調査結果は植生図との対比によって、植生と土壌の関係、またそれらと侵食機構の関係および侵食危険度を解析する資料となろう。

従来から分析用の機器が不備であり、研究者層も薄いため、森林院では土壌関係の研究は他研究機関と共同プロジェクトを組み、土壌の分析は相応の研究機関に任せる傾向

があった。このことから、この分野の研究は機器の整備とともに日本側専門家の派遣が必須となる。ここで利用する分析用機器は前項の「養分循環の研究」においても利用されるものが多いので、種類、型式に伴う精度の問題などとともに、研究内容に沿った専門家の判断が必要である。

土壌に関する研究も、森林回復研究の重要な基礎資料を与え、さらに侵食分野にも共通する資料であるため、b-(1)-③に「立地条件の検討」として位置づけた。「残存植生の研究」と同様、プロジェクトの前半に大部分の調査を終了しておく必要がある。

d. 劣化地域回復のための苗木生産プログラム

本プロジェクトの中核をなす森林回復のために使用する苗木生産にかかわる研究として、b-(1)-①「郷土樹種の苗木育成技術」に位置づけた。当初の計画では植栽面積が明らかではなかったためもあり、年産100万本の生産プログラムが計画されていた。今回の調査によって、プロジェクトの目的、規模から植栽面積が合計260ha前後となることが明らかとなったため、苗木育成プログラムも年産20万本規模に修正された。セラード、セラドン、二次林、溪畔林などから約50種の樹木を選択し、苗木生産を行う。樹種によって種子の大小、播種密度の大小などがあるため、面積的には20万本規模の苗畑を造成しても生産本数としてはより少なくなる。また、苗木を育成する樹種も多岐にわたり、成長特性も異なることが予想されるため、実際の生産本数は年15万本前後になると考えられる。

郷土樹種の育苗・植栽に関してはブラジル全体をみてもほとんど例がないため、選定される50種についてもほとんどが発芽特性、初期成長特性がわかっていないと考えてよい。このため、植物社会学の調査と並行して、当初はまとまった量の種子が得られた樹種についての発芽試験、種子保存試験、試験的な播種生育試験などを行っていく必要がある。

アシス試験地では従来から、造林樹種（マツ類およびユーカリ類）あるいは造園用樹種の育苗が行われているが、その規模は小さい。本プロジェクト用に新たに苗畑を造成する必要がある。また苗木はすべて、最終的にプラスチックバッグで育苗する方法が採られているが、本プロジェクトでは樹種の特徴に合わせて、チュベット（プラスチック・チューブ）、ベア・ルートなどの苗木を生産する技術も検討する必要がある（写真6、7）。

e. 植被の回復

主要な残存植生の研究の部分で述べたように、この地域ではセラード、セラドン、二次林、溪畔林などが見られる。本プロジェクトの主題は郷土樹種によって構成される森林を如何に造成するか、技術的な問題点を解決するために研究が行われる。当然、これら残存植生を構成する樹種を植栽し、後々で育成、管理に手間がかからない林分を造成

するとともに、より自然に近い林分を回復することになる。また、植栽樹種の選定に当たっては遷移の途中相でなく、より早く、クライマックスに近い林分に誘導する方法を検討するとともに、普及を考えると利用可能な樹種の混植も考える必要がある。

今回の調査の結果、植栽試験を行う場所とその面積は次の4箇所に絞られた。

- 1) 最も面積が大きい箇所はアグア・ダ・カショエイラ流域の流路に沿った部分で、約125haが見込まれる。平均的には流路の片側50m、両側合わせて100m幅の植栽地が带状に予定される。カショエイラ流域を踏査した結果、中流域は川に沿った形で森林が残存している部分が多いため、これらを利用することになり、実際の植栽面積は小さくならう(写真-8)。

上流部は森林がなく、流域のほとんどが農耕地となっているため侵食および土砂の移動が激しい(写真-14)。ここでは所有者の了解を取り付けて、50m以上の幅で森林を造成しないと効果が小さいと思われる。

下流域は実際の流路よりも川幅が大きくなっており、搬送された土砂が堆積している部分が多いため、それらを固定するための植栽が必要である(写真-18)。

問題点としては、民有地であることから所有者の了解なしには何もできないことである。本プロジェクトの意義をよく理解した上での土地所有者の協力が必須となる。植栽時期については、侵食分野の機構研究および溪岸改良工事などが終わった段階で行うことになる。ただし、工事を行わない地域、工事が先に終わった部分などは順次植栽計画に組み込むことにする。いづれにしろ、本流域での植栽はa-(3)と密接に関係するため、侵食防止分野の研究者と十分な連携を取る必要がある。

- 2) ユーカリ林の伐採跡地約100ha。ここはアシス試験地内にあり、十数年前にユーカリを伐採したまま放置された状態の場所である。高木層には伐り残されたユーカリが点在し、低木層は切株から萌芽したユーカリと侵入してきた広葉樹が混生した藪となっている(写真-9)。隣接した二次林はセラドンに類似した組成および構造となっており残存および萌芽したユーカリを除けば、ここも同様の二次林になったものと思われる。

ここは現在生育している樹木を利用し、皆伐整理した状態からある程度の本数を残した段階まで、数段階の残存木密度を調整し、セラドンおよび二次林樹種の樹下植栽試験を行う。

- 3) 牧草地は最近アシス試験地の一部となった場所であり、面積約30haでつい最近まで牧場として利用されていた(写真-10)。南側の試験地境界に近い部分は侵食分野の固定プロットが作られるが面積は1~2haほどであり、ほとんど大部分は試験林の造成に利用可能である。ここでは樹種の組合せと植栽密度の試験を設定することになる。

1970年から10年間だが、アシス試験地内で郷土樹種の植栽試験が行われている (M. A. O. Garrido e F. Poggiani, 1980)。使われた 5 樹種の現地名と学名を示すと、angico-do-cerrado (*Anadenanthera falcata*), aroeira (*Astronium urundeuva*), cambara (*Goch-natia polymorpha*), ipe-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), saguaragi (*Culubrina rufa*) であり、それぞれ 2×2 m の格子状に 48 本を植栽するとともに、5 種を同様の配置で混植した区画も作られた。資料-19 に示した気候ダイヤグラムでわかるようにアシス地域では 3 月から 9 月まで乾期があり、さらに土壤の貧栄養がこれらの樹種の成長に影響を及ぼしていると考えられる。5 樹種および混植試験区の林分平均樹高成長の経過を資料-20 に示す。樹種によって異なるが、成長のよい angico の場合で 10m、平均的には 7 m 前後と見てよからう。

4) アグア・ド・セルボの溪畔地。アグア・ド・セルボの流路に沿った部分で上述の牧草地に隣接する。約 10ha の面積が見込まれ、溪畔地であるため、主として溪畔林の構成種を植栽する試験が行われる。一部には発達の悪い溪畔林的な二次林が成立しているので、これらの林相改良施業も行うことになる。

溪畔林樹種の植栽試験はマリリア試験地で十数年前に行われているが、その試験地の最近の生育状況は測定されていない。プロジェクトの一環として測定しておく必要がある。また最近では数年前から小規模な植栽実験がアシス試験地内とアグア・ド・セルボ流域で行われている。これらの実験のうちから、植栽方法の 1 例を示した図 (G. Durigan e J. C. B. Nogueira, 1990) および初期成長の測定結果 (G. Durigan, 1990) を資料-21 および資料-22 に示す。プロジェクトにおいてもこれらの成果を取り込んだ形で、樹種の選定および植栽方法の検討を行うことになる。

アシス試験地内の試験林造成予定地の位置を資料-6 に示す。

森林院側の研究者とともに植栽予定地 4 箇所を視察し、論議した結果、資料-23 に示す樹種が植栽樹種として挙げられた。数は少ないが、当面はこれらの樹種を中心に苗木の育成および植栽を行うことになろう。当然、残存植生の研究、苗木造成の研究などの成果を見ながら樹種を増加させる必要がある。

本研究は次項の「溪畔林の再構成」を加えた上で、b-(2)-①「試験林の造成」に位置づけた。単なる試験林の造成ではなく、造成された試験林を利用し、立地条件、植栽密度などと各樹種の成長の関係、森林の発達と下層植生、階層構造の関係などが研究される。

f. 溪畔林の再構成

本研究の主旨は、植被の回復と同様であり、溪畔林が対象になるという違いのみである。前述のように溪畔林の植栽実験は先行しているが、種組成、立地条件などをきちんと把握しておくことが必要であり、その後の成長経過、林内環境の継続測定の必要性に

についても同様である。ゆえに、この研究項目は独立させるよりも、主要部分を前記「植被の回復」に含めながらも、プロジェクト全体に組み込む方が効率的であると判断された。

g. 種子生産のプログラム

苗木生産の前段階として、郷土樹種の種子供給源を確保しなければならない。一般的には種子採取林の育成を行うのが常道だが、本プロジェクトの5年間では時間的に無理がある。そこで、種子供給源は残存植生の研究で行われる種組成調査の結果から母樹を選定することとし、種子が大量に採取できた場合には苗木生産の研究部分で保存技術を開発し、安定供給を図ることとした。具体的には研究項目をたてないが、b-(1)-①「苗木育成技術」の一部に含め、植物社会学の研究成果と結び付けて樹種毎に結実習性、種子特性、発芽習性、苗畑での初期成長などがまとめられよう。

現地調査、各課題提案者との議論の結果を踏まえて、最終的に研究計画案b. に示すような研究計画を作成した。

第4章 研究計画案

() 内に記した名前は、サンパウロ州森林院で現在予定されているカウンターパート名を示し、課題担当責任者でもある。

a. 侵食防止の研究

(1) 侵食地の実態及び機構の解明

アシス地区周辺を中心とした土壌侵食の実態を調査し、土壌侵食に至るプロセスやそのメカニズムを明らかにする。

① 侵食地の実態調査

アシス周辺地及び広くサンパウロ州における斜面崩壊やボソルカ、ガリー、リル侵食及び土壌の表面侵食等の各種の侵食荒廃の形態やその分布、規模等を空中写真や現地調査により把握し、それに関連する地形、地質、土壌タイプ、地被状態及び降雨条件等の素因、誘因を調査・解析し、土壌侵食の発生機構の基礎因子を抽出・整理する。

(ISABEL FERNANDES DE AGUIAR MATTOS)

② 侵食発生機構の解明

①により侵食形態を整理し、侵食発生機構の要因分析を行うとともに、現地土壌の物理性や耐侵食性の試験等を行ったり、現地及び室内の散水実験等を実施して流出水、流出土砂等の流出動態の特性を把握して、アシス周辺地等における土壌侵食の発生メカニズムとそのプロセスを解明する。

(MARCIO ROSSI)

パラガス・パウリスタのアグア・ダ・カショエイラ川流域にみられる侵食荒廃の形態は、大きく分けると2つのタイプに分けられる。その1つは農用地開発とその粗放な取扱いによる土壌侵食に伴う土砂生産のタイプである。最上流部におけるサトウキビ畑の開発地等に見られるが、現在は以前と違って等高線植え付けとその何段かごとのテラスバンクの配置など、雨水の集中とそれに伴う侵食の激化防止等、かなり改良されているが、まだかなりの部分でシート・エロージョン・タイプのものやリルの形成やガリーへの移行前兆のような形の溝状侵食形態による侵食土砂の生産が惹起されている(写真-11、12)。

もう1つは溪流での侵食土砂の生産タイプのものである。当地ではボソルカと呼んでいるが、緩傾斜の凹地が突然馬蹄形に沈降崩壊してその土塊が流失し、そこに湧水による流水路が形成され、源頭1次水路のネットワークの一端を形成する(写真-13)。そして農用裸地化等によって表流水の増加、集中化が起こって、それらが流入した流路で

は、水食作用は溪流侵食を横方向や縦方向に拡大促進し、侵食土砂の生産を一層拡大増加させる。このような流路が上流から連続するとともに、また緩傾斜流路のため蛇行偏流して水衝部の側方侵食を助長して、河床、溪岸からの侵食土砂量の生産増大の悪条件を高めている（写真-14、15参照）。

以上のような侵食の実態とそのメカニズム及びプロセスを明らかにすることが、この研究の課題である。なお、これらの研究の遂行上必要とされ、要望された供与機材の中で比較的高額と思われる主なものを挙げると次のようになる。（以下同じ）

研究用要望供与機材：リモートセンシング画像解析装置、データ解析装置（コンピュータ）、原子吸光分光光度計等

また、必要な施設として日本側から、給排水設備付き実験室、実験準備室、解析室等のラボの建設を森林院側に要望した。

(2) 森林の侵食防止効果の解明

アシス周辺地区の森林地を含む主な土地利用種別の放牧草地、農用地（サトウキビ、コーヒー、豆、米、他）等において、土壤侵食量等を比較観測し、土地利用種別の土壤保全機能の差異を把握し、森林のもつ土壤保全効果に果たす有効性を明らかにする。

① 土地利用別流出土量の比較プロット試験

アシス試験地及びその周辺地において、各土地利用形態に準じた地被条件の異なる試験プロットを設けて気象観測を行うとともに、地表流出水量、中間流出水量、流出土砂量等を測定するとともに土壤水分計を設置して土中水の移動動態を調査して、地被条件の相違に伴う水収支、土砂移動の差異の実態と森林の効果を比較解明する。

(MARCO AURBLIO NALON)

アシス試験地において各プロットができるだけ隣接し、ほぼ同一条件となるようなところを選定条件に、試験地内をくまなく探して、近年まで私有地（放牧草地約30ha）であったところの緩斜面（傾斜角約10°）の下部を利用して（資料-6参照）、そこに縦30m×横20mの面積を隔障板（周りからの雨水や土砂の流入を防ぐ目的で設置）で囲ったプロットを設け、その下端にトレンチを掘って、上部斜面から流下する流出水量や土砂量を計るとともに、中間流出水もトレンチ土壤断面から分別集水して同様に計量する。また、土壤水分計を斜面上・中・下部の各部に、土層深、上・中・下層の3地点に設置して土中水の動態を計測する。なお、プロットは土地利用種別に森林区3区（人工林のマツ、ユーカリ、2次天然林のセラドン-放牧草地のとなりの同等の条件の残存林地に設定予定-）、プロット上部3分の2耕起裸地・下部3分の1森林帯残置プロット1区（下部の森林帯で流下土砂や流下水の阻止幅を測定・検証）、放牧草地区1区、侵食放牧草地区1区、農用地想定耕起裸地区1区計7区を設けて比較計測する。

② 荒廃流域における流出水土量の流域試験

パラガス・パウリスタ試験地の侵食荒廃地が存在するアグア・ダ・カショエイラ川流域において、幾つかの土地利用形態（地被条件）が異なる支流及び本流上流部に量水施設を設けて、流出水量、水質や流出土砂量等を計測して、荒廃地への森林造成や治山工事の施工前の状況を把握し、その後の同流域における各種の荒廃復旧処理事業中や処理後の測定を継続して変化を解析し、侵食防止のための森林造成や簡易治山工事の効果を検証する。

(VALDIR DE CICCIO, FRANCISCO CARLOS SORIANO ARCOVA, SEBASTIAO FONSECA CBSAR)

アグア・ダ・カショエイラ川流域（資料-7）は、前述のように平坦な丘陵地で流域界のはっきりしない、ブラジル内陸部の特徴的な流域状態を示している。主流長が約10km、標高差約170mで、ほぼ長辺約9km×短辺約4kmの長方形を程する流域を形成していて、この流域下端にパラガス・パウリスタ分場の管理する森林地ゾーンがある。流域は各種の農用地利用が図られているが、その粗放な取扱いによって侵食荒廃流域の様相を程している。水源源頭部は現在森林樹木のないサトウキビ畑が広がり、前述のように農地表面層と溪流の双方のエロージョンで侵食土砂が生産されていて、侵食防止上極めて要注意のエリアといえ、かつ研究上も重要な対象地域である。川は名前のとおり上流部下端部から中流部にかけて多数の滝が形成されており、これによって河川傾斜の比高を稼いでいることが踏査で判明した。主流沿いに本流域の土砂移動について考察すると、上流部では農地及び溪流における侵食土砂の生産域となっており、中流部では滝や流路の兩岸に露岩が出現し狭窄部を形成して、上流部の生産土砂の流送部を担っている。そして兩岸には2次林ではあるがネイティブな広葉樹の林帯が出現していて、溪岸の崩壊等による土砂生産を防止している。下流部は傾斜も急に緩くなり、流路幅も広がって流送土砂の堆積部となって、結果として河床を上昇させ、これまで渡河橋の掛け替え、豪雨時の洪水被害を生起してきたことが想像に難くない（写真-16~18）。以上から本研究課題の対象地としてのアグア・ダ・カショエイラ流域の状況が理解されるが、この研究課題では目的にあった恒常的な観測業務によるデータの蓄積が必要であり、本荒廃流域の典型的な地点、流域でのデータとこれに対して侵食防止に効果のある森林流域におけるデータ収集が是非とも望まれることから、それらの流域、サイトを踏査により検討し、1つは資料-7のように最上流部のサトウキビ畑流域の溪流侵食の激しいところで、ここでは侵食防止のための山腹工事、溪間工事の施工や侵食防止林の造成の、ともにそれら前後の変化を比較検出することを目的にする。2つ目は左支流で現在はサトウキビ畑となっている流域で、農用地利用に伴う流出水土量、水質の動態を検討する。また3つ目は本流が堆砂域になるところに合流する右支流で、放牧地を放置した結果、森林が回復してきている流域である。

この流域は前2流域との対象流域としての性格を持つ。最上流部の荒廃流域の量水観測施設設置地点の適地については調査結果から、溪床、両岸が露岩地で、その下流に滝のある測水適地と思われるサイトを選定し、簡単な縦・横断測量を行って、量水断面設計の資料を得た。また、当地近傍の日雨量資料をアシス試験地関係者から得て、確率日雨量の計算に用い、地形図からの地形解析データを援用して、確率流量を試算した。その結果を用いて参考までに量水断面の粗設計を行ってみた。それら関連資料は資料8、9として添付した。

研究用要望供与機材：気象観測ステーション4基分、自動流量観測装置3基、自動水質観測装置3基、イオンクロマトグラフ、土壤水分観測装置7プロット分、データ解析装置

研究用要望施設：測水施設の建設3流域分、比較プロット建設7プロット分以上のほか、前研究項目同様、日本側からは森林院側に実験室、観測用器機保管・調整室、データ解析室等のラボの建設を要望した。

(3) 侵食防止法の開発

現地の荒廃状況に応じた保護樹帯の配置や各種の簡易な治山工事の施工を行って、適切な侵食防止法を開発整備する。また、これらの樹林帯の配置や簡易な治山工事の施工による荒廃流域の復旧効果を明らかにする。

① 治山工法の開発

侵食荒廃地流域のアグア・ダ・カシヨエイラ川流域は土壌侵食や溪流侵食により荒廃している。これらの復旧には森林の回復・再生技術の導入が期待されるが、それらの補助手段、基礎工事としてのほかに、侵食土砂の生産・流出の防止対策としても簡易な人為工作物の導入が不可欠である。現地の自然環境、景観等に適合した、入手簡単な資材を利活用した簡易治山工法を考案・開発し、現地に適応試験する。

〔*森林院では関連研究の実績がなく、したがって現在担当候補者がいない〕

② 保護樹帯の配置

試験対象流域のアグア・ダ・カシヨエイラ川流域や他の荒廃地において、侵食防止及び侵食土砂の流出防止のために、保護樹帯を配置する。森林回復の研究部門の研究成果による適応樹種及び造成方法、育林管理技術の成果をふまえ、侵食防止や土砂流出防止に必要な林帯の配置位置とその配置規模を算定する。

〔*侵食防止の研究グループ全員〕

③ 侵食防止対策の効果調査

荒廃したアグア・ダ・カシヨエイラ川流域に侵食防止樹林や荒廃復旧のための各種簡易治山工事が施工されるが、その効果を流出水量やその形態及び流出水の水質、流出土砂量、浮遊土砂量、堆積土砂量や溪床・溪岸の安定性等の指標により効果を検出

する。また、植栽林・自然侵入林の成長、構造、構成種の変化や荒廃地土層の土壌化の程度、養分含量等の変化等生態学的あるいは立地環境の変化によっても効果の判定が可能となる。

〔* 侵食防止の研究グループ全員〕

本3課題は実際の侵食荒廃流域のアグア・ダ・カショエイラ川流域を舞台に、アシス試験地等で得られた基礎的・基盤的研究の成果の応用と検証研究を実施し、併せて出口として、その成果の普及的意味を考慮した展示的性格も期待される課題である。

侵食荒廃流域の復旧には①の課題の成果が期待され、こうした技術の導入なくして侵食防止対策はないとまで森林院関係者の認識は高まっており、普及的意味でも重要視される。導入する森林の長期安定性を期待する意味からも課題①、②の研究技術の移転は重要と思われる。

最上流部の侵食土砂生産地域では、特に溪流でのボソルカ等や溪岸崩壊、溪床洗堀（縦横侵食）によって生産される量が圧倒的と判断されることから、法面工（柵工、積工、筋工、水路工、……………等含む）、護岸工、水制工、流路工等や溪床を安定させかつ、溪岸の安定にも寄与する床固工等が現地の状況、人手資材を考慮して開発施工されよう。そうした整形・安定された斜面や溪流沿いに森林回復グループの研究成果や前項の課題の試験結果等を生かして侵食防止林帯が配置されるという研究計画になろう。なお、森林樹木のほとんど残っていない上に重要な水源の源頭部を占める最上流部では、その森林帯の配置規模は大きくする必要があり、同様に森林樹木の少ない下流部も林帯幅は広めとなろう。

③では前述のように導入した各種の侵食防止工事や森林帯の造成の効果を定量的に検証しようとするものである。そして、それらの定量的成果は、森林回復による侵食防止対策が環境保全面からも有効な対策として認知され、普及面でも評価を受ける根拠となり、また農業従事者には農地保全の例示としての森林回復の重要性と林農複合経営・管理の有益性も理解され、一般市民の啓蒙教育にも説得力ある根拠を与えるものとなろう。

研究用要望供与機材：治山工事用土木機械（パワーショベル etc.）、クラッシャー、
苗木運搬用トラック等

なお、この研究課題に関して日本側からは、森林院の研究担当カウンターパート及び研究補助員の採用配置について強く要望した。

侵食防止の研究の全体的な課題間の関係をまとめたのが資料-4の研究フローである。

b. 森林回復の研究

(1) 森林造成法の開発

環境保全のための試験林を造成するとともに、適応樹種、植栽方法、管理法の検討を

通じ、立地条件に応じた森林回復技術を開発する。

① 郷土樹種の苗木育成技術

各種の森林回復技術を試験するため、セラード、セラドン、溪畔林および二次林などから約50樹種を選択し、苗畑で育苗することによってそれらの樹種の発芽特性および初期成長特性を把握する。また、それぞれの樹種の苗木育成技術を開発する。本プロジェクトでは全体として約250haの植栽を計画している。このためには、年間約20万本の苗木を生産する態勢が必要である。

[O. V. Boas, M. A. O. Garrido, G. Durigan]

機器など：苗畑およびスプリンクラーなどの付帯設備、小型トラクタ、プラスチックバッグなどの消耗品類、種子発芽試験器

② 残存植生の研究

アグア・ダ・カショエイラ流域においては植生調査（毎木調査を含む）を行い、植生の分類と図化を行う。植生図は、次に述べるb-(1)-③立地条件の検討で作成される土壤図と共に、この流域の侵食機構解明に利用される。また、アシス地域を中心にさまざまな群落を対象として植物社会学的な調査を行い、主要な樹種の立地特性、結実習性を明らかにする。これらのデータは保護樹帯、試験林の造成に適する樹種の選択のための基礎資料となる。

[J. B. Baitello, G. A. D. C. Franco]

機器など：双眼実体顕微鏡（撮影装置付き）、植物標本庫、乾燥空気供給装置、位置測定器

③ 立地条件の検討

アグア・ダ・カショエイラ流域において土壌の物理的、化学的性質の分析を行い、主要土壌の分類と分布を把握する。作成された土壤図はB-(2)-①で行われる保護樹帯、試験林造成の際に利用されるとともに侵食機構および侵食危険度の判定の基礎資料ともなる。また、植物社会学の調査によって抽出された典型的な森林群落においても土壌調査を行い、森林群落と土壌の関係を明らかにする。

[M. Rossi, M. A. Nalon]

機器など：化学天秤、電子天秤、原子吸光分光光度計、ドラフトチャンバー、多容量pF測定装置、比色計、超音波分散機、ドライオープン

(2) 環境保全効果の検討

環境保全効果の高い森林に誘導するため、造成された各種の試験林および天然林において林分構造と林内環境を測定し、各環境要因および植生の回復度を比較検討する。

① 保護樹帯、試験林の造成

アグア・ダ・カショエイラ流域において、侵食を防止し、水質を高めるために保護

樹帯を造成する。植栽面積は約125haで、中流部には比較的森林が残っているためこれを利用し、土壤流失が起こっている上流部、および土砂の堆積している下流部で森林造成面積を広く取ることになる。

アシス試験地内で立地条件、前歴の異なる3サイトにおいて郷土樹種を中心とした森林の造成を行う。植栽および林分改良の対象地は十数年前にユーカリを伐採し放置してある伐採跡地100ha、最近まで牧場として利用されていた場所30ha、溪畔地10haの3箇所である。

(M. A. O. Garrido, L. M. A. G. Garrido, G. Durigan)

機器など：トラクター（各種アタッチを含む）、4WDトラック、ファイア・タワー、
人夫賃

② 各種森林内の環境比較研究

b-(2)-①によって造成された植林地を中心に養分循環、種組成と構造、土壤肥沃度、林内微気象などの継続測定を行い、植物社会学の調査結果によって選定された典型的な林分と比較して、森林の回復度を評価する手法を開発する。

(A. C. Filho, G. A. D. C. Franco)

機器など：化学天秤、電子天秤、原子吸光分光光度計、ドラフトチャンバー、比色計、
ドライオープン（これらは立地条件の検討と共通する）。
気象観測装置（アシス試験地、カエテツス保護林に各1）、林内気象観測
装置（データロガー含む）×10組

森林回復の研究の全体的な課題間の関係をまとめたのが資料-5の研究フローである。

資 料 編

- 1-① 調査日程
 - ② 主要面会者リスト
 - ③ 収集資料リスト
- 2 プロジェクトのアウトライン
- 3 ログフレーム案
- 4 侵食防止の研究に関するフロー
- 5 森林回復の研究に関するフロー
- 6 アシス試験場における試験地の配置
- 7 アグア・ダ・カショエイラ川流域図
- 8 最上流部流域における量水施設の設計
- 9 同設計例
- 10 海岸から内陸への地形のプロフィールとそれに伴う降水量の変化
- 11 サンパウロ州の年降水量分布
- 12 " 年平均気温分布
- 13 " 主要な植生型とそれらの関係
- 14 " 潜在自然植生図
- 15 セラード植生の断面図A
- 16 " B
- 17 カエテトゥス保存林の区域図
- 18 アグア・ダ・カショエイラ流域の土壌分布図
- 19 アシス試験地の気候ダイヤグラム
- 20 " における郷土樹種の植栽試験結果
- 21 溪畔林回復試験の植栽配置例
- 22 " で使用された樹種とその初期成長
- 23 溪畔地および牧草地の植栽に利用可能な種

資料-1

① 調査日程

1992年

- 3月30日(月) 斉藤日本出発。
- 31日(火) Sao Paulo着。JICA、森林院と日程の打ち合せ。
- 4月1日(水) Congressに出席。「森林の3つの役割と郷土樹種の重要性」のテーマで発表を行う。
- 2日(木) Congressに出席。郷土樹種に関する情報収集。
- 3日(金) Congressに出席。Mogi Guacuに移動。
- 4日(土) セラード植生、ユーカリの育苗施設を見学。Sao Pauloに戻る。
- 5日(日) サンパウロ植物園見学。
- 6日(月) 森林院と視察内容の打ち合せ。
- 7日(火) Assisに移動。
- 8日(水) AssisおよびParaguacu Paulistaのプロジェクトサイト予定地を視察。
- 9日(木) Sao Pauloに戻る。真島、野田、日本を出発。
- 10日(金) 真島Sao Paulo着。打ち合せ。野田Brasiliaへ。
- 11日(土) 真島、斉藤、Cubataoの煙害地を見学。
- 12日(日) 野田Sao Paulo着。打ち合せ。
- 13日(月) JICA、領事館、森林院表敬訪問。
- 14日(火) 森林院にてプロジェクトC/P予定者と研究内容の討議。
- 15日(水) Assisに移動。
- 16日(木) Agua da Cachoeiraの上流部を踏査。
- 17日(金) Caetetusu保存林、Marilia試験地を視察。
- 18日(土) Assis試験地内のサイト調査。
- 19日(日) チーム打ち合せ。
- 20日(月) Agua da Cachoeiraの中下流部を踏査。
- 21日(火) C/PとAgua da Cachoeiraで現地討議。野田Sao Pauloへ移動。
- 22日(水) 真島、斉藤C/PとAssis試験地で現地討議。野田Sao Pauloで森林院と打ち合せ。
- 23日(木) C/Pと現地討議(斉藤: Assis, 真島: Agua da Cachoeira)。
野田、金子(Brasilia事務所)、斉藤(Sao Paulo事務所)両氏を案内してAssis着。
- 24日(金) C/Pと現地討議(斉藤: Assis, 真島: Agua da Cachoeira)。
Sao Pauloへ戻る。野田Sao Paulo環境局と打ち合せ。

- 25日(土) 資料整理。
- 26日(日) チーム打ち合せ。
- 27日(月) 森林院にて討議資料の作製。
- 28日(火) 森林院と研究内容の討議。
- 29日(水) 森林院と研究内容の討議。
- 30日(木) J I C A、領事館に結果報告。
- 5月1日(金) Cunha試験地に移動、視察。
- 2日(土) Cunha試験地を視察。Sao Pauloに戻る。
- 3日(日) 資料整理。
- 4日(月) Brasiliaに移動。J I C A事務所と打ち合せ。
- 5日(火) A B C、J I C A、大使館に結果報告。
- 6日(水) セラード農牧研究センター訪問。Sao Pauloからブラジル出国。
- 7日(木) 機中。
- 8日(金) 帰国。

② 主要面会者リスト

ブラジル協力事業団 (A B C)

Mr. Vinholes (補佐官)

Mr. Ricardo Pinto Ribeiro (補佐官)

サンパウロ州環境局

Ms. Ana Lucia Segamarchi (技術補佐官)

Ms. Marcia Jungmann Cardoso (技術顧問)

サンパウロ州森林院

Mr. Jose Luiz Timoni (総裁)

Mr. Joao Batista Baitello (研究部長)

Mr. Guenji Yamazoe (科学技術広報部長)

Mr. Sebastiao Fonseca Cesar

Mr. Marco Aurelio Nalon

Ms. Isabel Fernandes de Aguiar Mattos

Mr. Marcio Rossi

Mr. Valdir de Cicco

Mr. Marco Antonio de Oliveira Garrido (アシス試験地主任)

Mr. Geraldo A. D. Conia Franco

Mr. Alceu Jonas Faria

Mr. Francisco Carlos Soriano Arcova

Ms. Elvira Neues Domingues

Mr. Osny Fadeu de Aguiar

Ms. Giselda Durigan (アシス)

Mr. Alcebides Custadie Filho

Mr. O. V. Boas

在ブラジル日本大使館

笹口健参事官

小平均二等書記官

徳永幸久二等書記官

JICAブラジル事務所

斉藤正次所長

金子健二職員

本郷 豊職員

サンパウロ日本総領事館

石垣泰司総領事

三輪徳子副領事

JICAサンパウロ事務所

堀口進一所長

斉藤良夫農業情報室長

佐々木弘一職員

③ 収集資料リスト

1. Principios de manejo e de conservacao do solo
2. Manual de morfologia e classificacao de solos
3. Metodos de conservacao do solo
4. Hidrologia ambiental
5. Hidrologia basica
6. Manejo dos solos
7. Sertum palmarum Brasiliensium
8. Mata Atlantica
9. The book of bamboo
10. Iconografia das Gesneriaceas do Brasil
11. Amazonia, seus solos e outros recursos naturais

12. Glossario ilustrado de botanica
13. Conheça o Pantanal
14. Arvores e madeiras utis do Brasil
15. Guia Brasil de turismo ecologico
16. A flora da Amazonia
17. Neotropical rainforest mammals
18. Solos dos cerrados
19. La flora Iberica
20. Ambientes Brasileiros
21. Frutas e ervas que curam
22. Moderno atlas geografico
23. Palmeiras do Brasil
24. Ornitologia Brasileira Vol. 1, 2
25. Pantanal, Brazilian wildlife

OUTLINE OF
THE FOREST AND ENVIRONMENT CONSERVATION RESEARCH PROJECT
FORESTRY INSTITUTE OF THE STATE OF SAO PAULO
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

This document was prepared as the result of the joint survey and discussions conducted by the short term experts dispatched by JICA and the researchers concerned of the Forestry Institute of the State of Sao Paulo. Both parties will report and recommend the contents of this paper to their respective Governments.

1. Objectives

The Forest and Environment Conservation Research Project (the Project) will contribute, through its research activities, to the conservation of the environment; rehabilitation of the natural forest vegetation and the prevention of the soil erosion and muddy water in the areas degraded by agricultural and/or pastoral use.

The knowledge gained and techniques developed and/or improved will be published and employed in the extension programs of the State of Sao Paulo or the Forestry Institute (the Institute). These techniques are also expected to be introduced in the areas, which have similar problems and conditions to the ones in the Project's sites, in Brazil and possibly in other countries.

2. Activities

The activities of the Project are basic and practical research works on soil erosion control and restoration of forest vegetation in eroded or degraded areas. These two main subjects can be divided into many research topics, however, coordination between them should be always kept and the results should be integrated to realize the objectives mentioned above.

2.1 Soil Erosion Control

Followings are the research topics on the soil erosion:

2.1.1 Actual Condition and Erosion Mechanism

Mechanism and process of soil erosion will be clarified through the investigation of the actual situation in the Assis District.

(1) Soil Erosion and Physical Condition

Various types of soil erosion (landslide, vocoroca, rill, gully, surface sheet erosion, etc.) found in the Assis District and the main physical factors (topography, geography, soil types, rainfall, etc.) will be studied by the analysis of aerial-photographs and field survey, to clarify the relation between possible causes and effects.

(2) Soil Erosion Mechanism

The mechanism and the process of soil erosion will be ana-

lyzed by the field and/or laboratory (in both Assis and Sao Paulo) experiments using the artificial rainfall apparatus, in addition to the studies to be carried out in (1) above.

2.1.2 Effect of the Forests as Soil Erosion Control Measures

The quantity of soil and water runoff from each type of land use, which are commonly found in the region (forest, pasture land, cultivation, etc. and their combination), will be compared to evaluate the effectiveness of the forests against the soil erosion.

(1) Plot Experiment

Experimental plots (each of them has a 20m X 30m in size) will be set in each type of land use. In each plot, water runoff and soil loss (sedimentation) will be measured to compare the difference between forest land and other land use types. Seven plots (pine forest, eucalyptus forest, serrado, cultivation land, pasture land, overgrazed pasture land and combination of cultivation and forest) will be located possibly within the Experimental Station of Assis. A meteorological station should be located near the plots.

(2) Experiment in the Watershed

Runoff, water quality and sedimentation will be observed throughout the research period, possibly at three weirs (water courses equipped with current-meters, water-level-meters, etc.) to be made, to observe the changes expected by the establishment of soil conservation measures (both physical measures and forests) along the stream of Agua da Cachoeira and its branches in Paraguacu Paulista. Data will be analyzed in relation with rainfall observed by the pluviometers to be deployed in the area.

2.1.3 Development of Soil Conservation Measures

Appropriate soil erosion control measures and adequate site selection system of the soil conservation forests will be developed. Effect of these techniques introduced in the devastated basin of Agua da Cachoeira will be monitored.

(1) Introduction of Physical Measures

The watershed of Agua da Cachoeira has been seriously eroded and it seems that the introduction of the physical soil control measures is essential before the restoration of Forests. Some techniques being used in Japan, such as the revetment works with wood-blocks, will be introduced. The techniques will be tested and modified to suit to the natural condition in the region. As much materials which are locally available (i.e. eucalyptus logs) as possible should be used.

(2) Soil Erosion Control Forests

Soil erosion control forests will be established along the stream of Agua da Cachoeira (refers to 2.2) to prevent erosion, soil runoff, sedimentation, etc. with the combination of the physical measures mentioned above. This study will clarify the adequate scale, composition and layout of forest as one of soil conservation measures.

(3) Monitoring of the Measures

The soil conservation measures mentioned above will be monitored and evaluated with the physical indicators such as changes in runoff, water quality, sedimentation, stability of riverbanks, etc. It is also possible to evaluate them with the ecological and environmental factors such as tree growth, invasion of natural vegetation, changes of structure and species, formation of forest soil, change of nutrients content, etc.

2.2 Restoration of Forest Vegetation

In severely eroded areas (i.e. upper part of the basin of Agua da Cachoeira), application of the physical measures mentioned in 2.1.3 (1) will be the prerequisite for the restoration of the vegetation. Therefore, this work will begin with the inventory of existing forests and planting in less degraded areas (i.e. pasture land in the Assis Station) and once soil is fixed, reforestation will be shifted into the heavily eroded areas.

Followings are the research topics on the restoration of the natural forest vegetation:

2.2.1 Development of Reforestation Techniques

The forest restoration techniques on various site conditions will be developed through the study on the suitable species, planting and tending method, etc., and the experimental plantation will be established for the conservation of environment.

(1) Development of Nursery Techniques for the Indigenous Species

The characteristics on growth and tolerance of the main natural tree species in the District of Assis (starting from the riparian forest along Agua do Cervo) will be studied and appropriate nursery techniques will be developed. Production of about 200,000 seedlings of 50 indigenous species (still to be selected) a year is expected.

(2) Phytosociological Analysis of the Existing Forests

Various types of the forests (riparian, serrado, secondary and artificial forests) will be phytosociologically studied in relation with their surrounding conditions (soil types, climate, topography, etc.), to get necessary information on the species to be used for environmental reforestation. The study will cover the forests in Assis, Agua da Cachoeira, Agua do Cervo, and Marilia and Kaetetus if necessary.

(3) Study on Micro-Environment in the Plantation Sites

In the reforestation area, not only structural changes but also topographical, pedological and hydrological information will be collected in the plantation sites for the site classification.

2.2.2 Evaluation of the Forests in Environmental Conservation

The structure and microclimate in reforestation areas and natural forests will be compared to evaluate the environmental factors and the speed of the vegetation recovery.

(1) Study on the Process of Vegetation Recovery

Degree of the vegetation recovery will be monitored, through the establishment of the soil erosion control forests (particularly riparian forests along Agua do Cervo and Agua da Cachoeira, about 10ha and 125 ha respectively) and other types of environmental conservation forests (30 ha in the current pasture land and 100 ha in the abandoned eucalyptus forest, both in Assis). Growth of trees, changes of floor vegetation and of micro-climate in the forests are the indicators to be observed.

(2) Study on the Nutrients Cycles in the Forests

The characteristics of the nutrient cycles will be studied and compared between various types of forests. Potential nutrients to indicate the vegetation recovery would be found.

3. Project Structure

3.1 Personnel

3.1.1 Brazilian Side

The Environment Secretary of the State of Sao Paulo will have overall responsibility for the implementation of the Project.

The General Director of the Institute will be responsible for both administrative and managerial aspects of the Project.

The Directors of the Research Division and the Technical and scientific Communication Service will be responsible for the issues on the research works and the management respectively.

The Head of the Experimental Station of Assis will have managerial responsibility in Assis.

Researchers nominated by the Institute will conduct the studies mentioned in 2. above as the counterpart personnel to the Japanese experts.

Necessary number of technicians, secretaries, and other administrative and field staff will be assigned to the Project.

3.1.2 Japanese Side

The Chief Adviser will provide necessary recommendations and advice on technical and administrative matters.

The Liaison Officer will assist the Chief Adviser and perform the managerial and administrative coordination between both sides.

Experts in the following fields will provide the necessary technical advice to the Brazilian researchers and conduct the studies with them:

- (1) Long Term Experts
Erosion Mechanism

Erosion Control
Silviculture/Forest Ecology

One of the experts above will concurrently act as the Chief Adviser.

(2) Short Term Experts

Erosion Types Analysis
Forest Hydrology
Sedimentation
Meteorology
Water Quality
Erosion Control Works (Planning and Application)
Erosion Control Works (Monitoring and Evaluation)
Forest Ecology (Phytosociology)
Forest Pedology
Forest Environment
Ecosystem Ecology

3.2 Project Organization

To the smooth conduct of the Project, following meeting will be held:

3.2.1 Joint Committee Meeting

This meeting is to be held at least annually to formulate the details of the Project activities and submit them to the two Governments for approval.

Members of the Committee will be determined and agreed upon by the two Governments in the Record of Discussions.

3.2.2 Monthly Meeting

To discuss the administrative matters and realtime problems, it is recommended to hold a meeting monthly. Members would be the General Director, Directors concerned, Head of the Station and other counterpart personnel nominated from Brazilian side and, the Chief Advisor, Liaison Officer and other long term experts from Japanese side.

3.2.3 Meetings to discuss the Progress of the Studies

In the Project, the studies mentioned in 2. will be conducted concurrently by the different research groups, and therefore, it will be very important to be kept informed of the progress of each other. For this purpose, it is recommended to have a meeting to show the progress and to exchange views at least every three month.

4. Facilities

The Institute will construct or provide following facilities until the initiation of the Project:

(1) Facilities in Sao Paulo

Project Liaison Office
Laboratory

- (2) Facilities in Assis
 - Project Office
 - Storage
 - Laboratory
 - Nursery
 - Dormitories for the experts and visitors
- (3) Facilities in Paraguacu Paulista
 - Project Office
 - Storage

Research equipments and materials to be used in these facilities are included in 5. below.

Water, electricity, communication system and other basic items will be prepared by the Institute.

5. Procurement of Equipment, Machinery and Materials

The Government of Japan will procure the equipment, machinery and materials to be used for:

- (1) experiments, analysis and data processing in laboratories,
- (2) observation and measurement of various factors in the fields,
- (3) application of the physical soil erosion control measures,
- (4) seedlings production, planting and tending,
- (5) office works, and
- (6) presentation of the progress and results of the studies.

6. Training of Counterpart Personnel in Japan

The Government of Japan will invite two or three Brazilian counterpart personnel every year to the technical training programs to be conducted in Japan by JICA. Candidates for the program will be nominated by the Project.

7. Other Matters

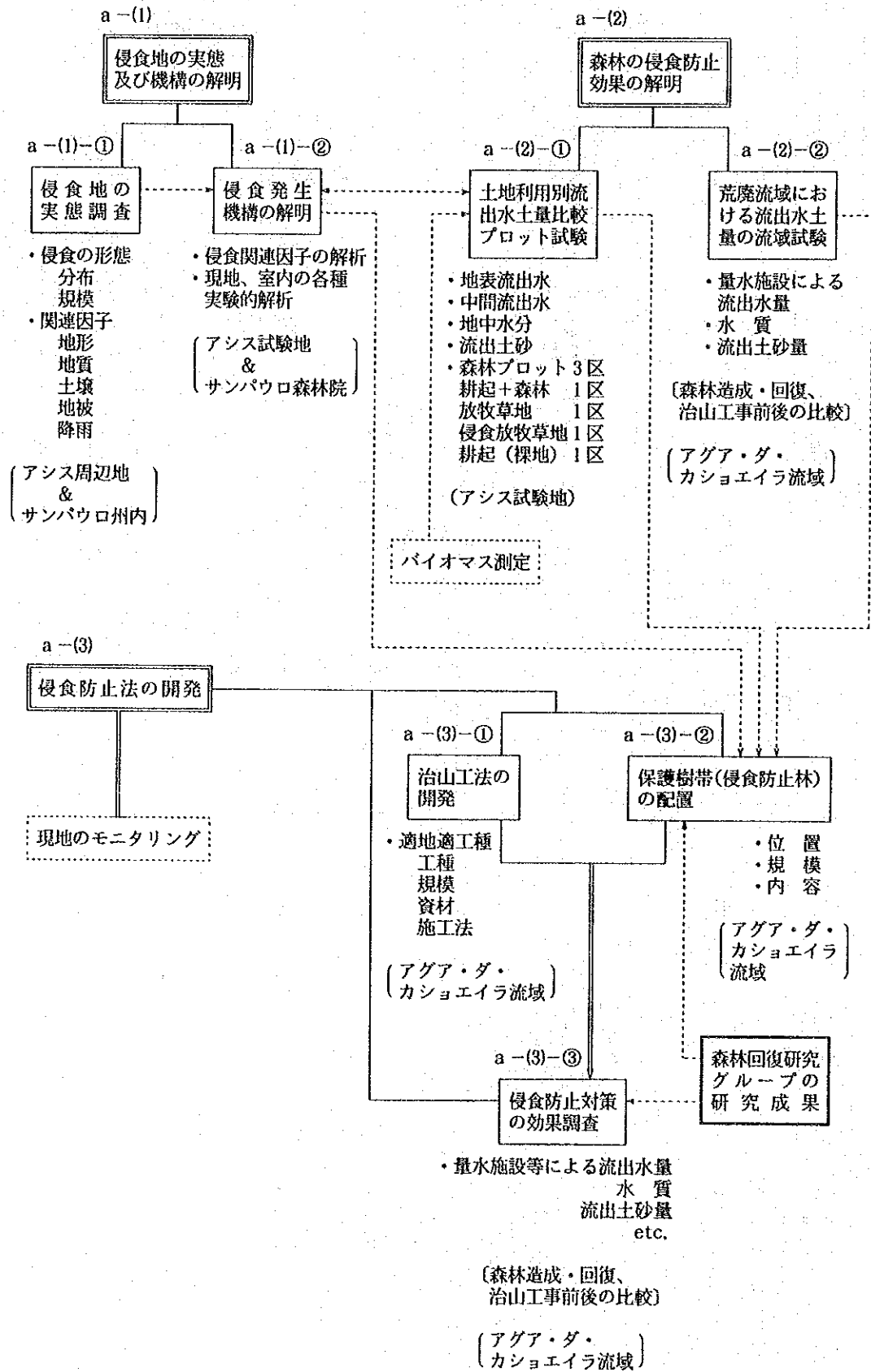
(1) The Institute should ensure that the results of the studies will be widely applied through the extension activities of the State of Sao Paulo, since the Project will deal with the development of techniques through research works and it is not responsible for the extension.

(2) The Institute should maintain the works and the forests established by the Project after the end of the cooperation period, even if they are no longer used for the research purpose.

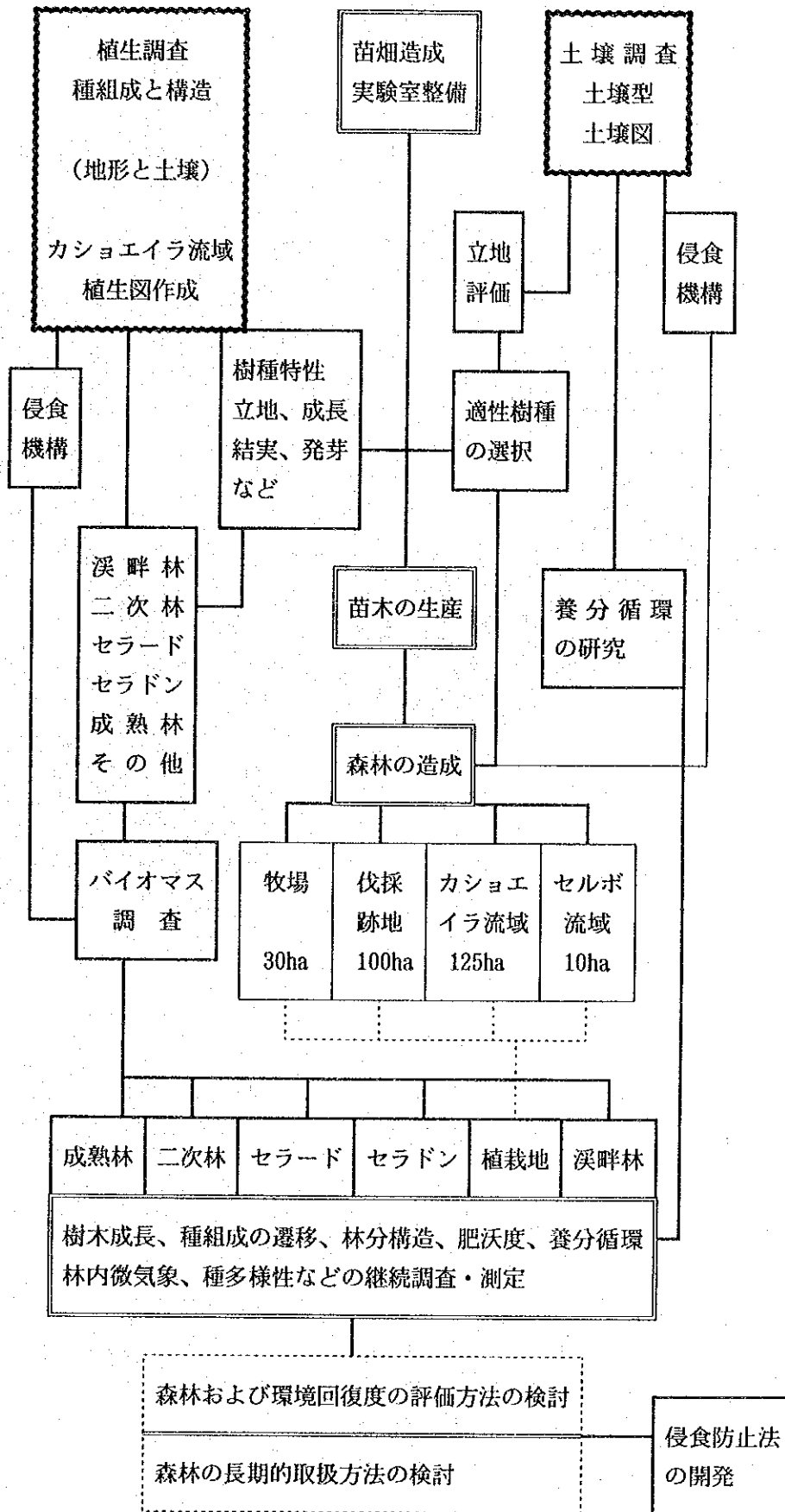
(3) Agreement of the landowners in Paraguacu Paulista should be indicated to the Japanese side before the dispatch of the R/D mission.

プロジェクトの概要 (Narrative Summary)	指標 (Verifiable Indicators)	指標測定方法 (Means of Verification)	重要な外部条件 (Important Assumptions)
<p><u>調査目標 (Overall Goal)</u></p> <p>ブラジルにおいて農牧開発に伴う森林・環境の破壊を食い止める。 荒廃地での天然林植生の回復を図る。</p>	<p>森林面積の増加 土壌流失の減少・河川水位の安定</p>	<p>航空写真の撮影またはリモートセンシングによる検証 水文学的調査</p>	<p>環境保全への資金・人的投入が継続的に行われる</p>
<p><u>プロジェクトの目標 (Project Purpose)</u></p> <p>対象地域において森林による土壌保全、適切な治山工法、天然林植生の回復等に関する基礎資料を整備し、適正技術を確認する。それにより上記目標に資する。</p>	<p>事業レベルでの技術の有効性の実証</p>	<p>ブラジル制機関により将来実施されるべき環境保全事業の中での有効性検証</p>	<p>開発に必ず保護樹林帯等の環境保全のための対応が伴う (法律、制度などの整備) 荒廃地の回復事業が順調に実施される プロジェクトで開発された技術が確実に事業実施に利用される</p>
<p><u>プロジェクトの成果 (Results/Outputs)</u></p> <p>土壌侵食の要因とその原因・機構が解明される 荒廃地での天然林植生回復技術が開発される 適切な治山工法が開発される その他の研究成果 普及へつながらる形に研究成果がまとめられる 森林従の技術力、研究能力が向上する</p>	<p>試験レベルでの技術・理論の有効性の証明 専門家・カウンタートによる研究テーマに関する論文 技術マニュアル、広報用資料等 森林従の研究技術レベルの向上</p>	<p>プロジェクトまたは森林従の論文集、出版物 試験地内での実証 各種論文集、学会発表等</p>	<p>研究体制が維持または向上される</p>
<p><u>プロジェクトの活動 (Activities)</u></p> <p>土壌侵食機構の研究 天然林植生回復の研究 治山工法の研究 その他関連分野の研究 研究に係る技術の移転 研究の結果の公表 (論文・マニュアル化等)</p>	<p><u>投入 (Inputs)</u></p> <p>日本側投入 専門家の派遣 機材の供与 ローカルコストの一部負担 (必要な場合) カウンタートパート研修の実施</p>	<p>ブラジル側投入 研究に必要な土地・施設 カウンタートパート及び必要なスタッフ 研究必要経費</p>	<p>研究に必要な人材・資機材・資金等の投入が滞りなく行われる</p>

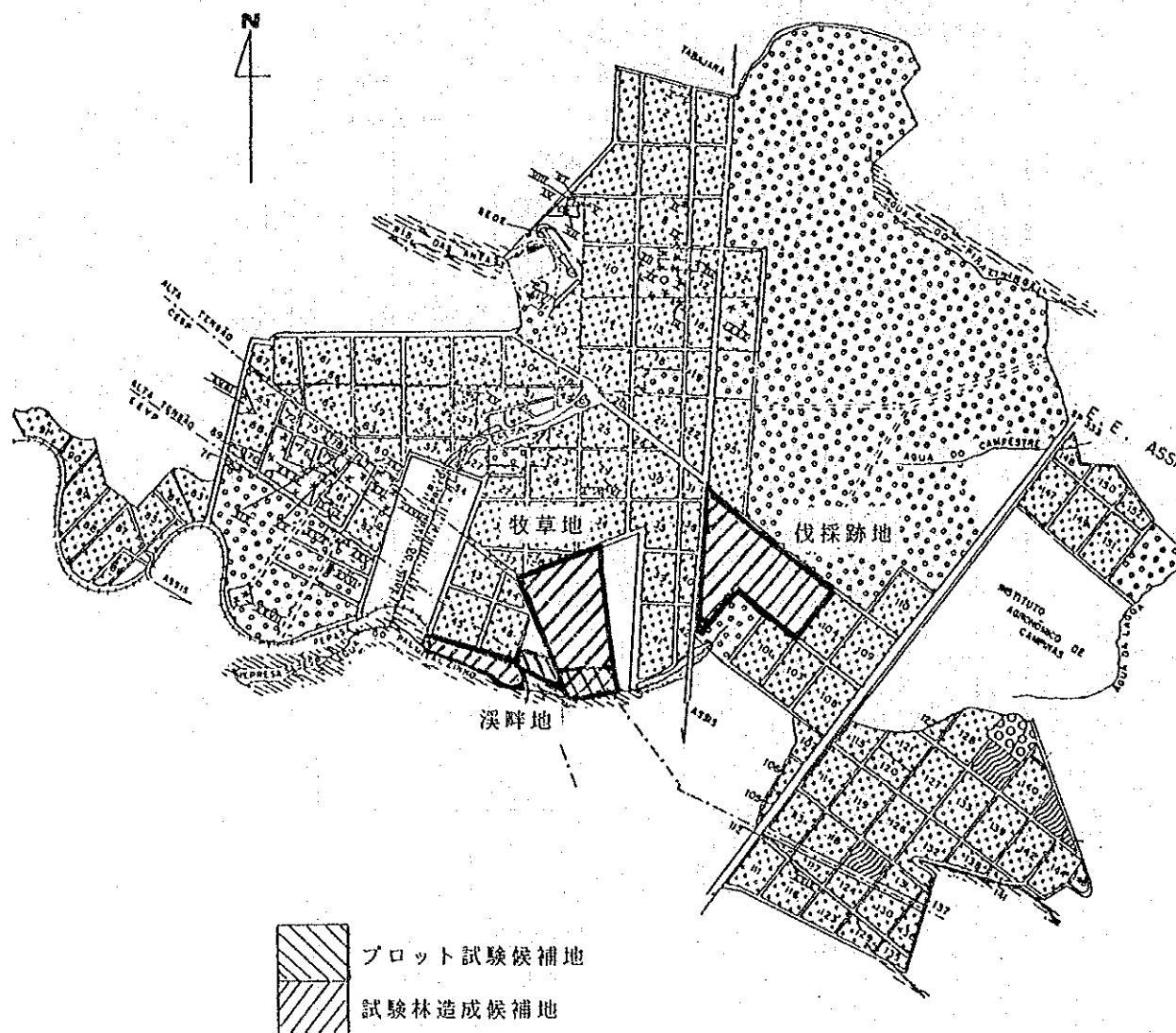
資料-4 侵食防止の研究に関するフロー



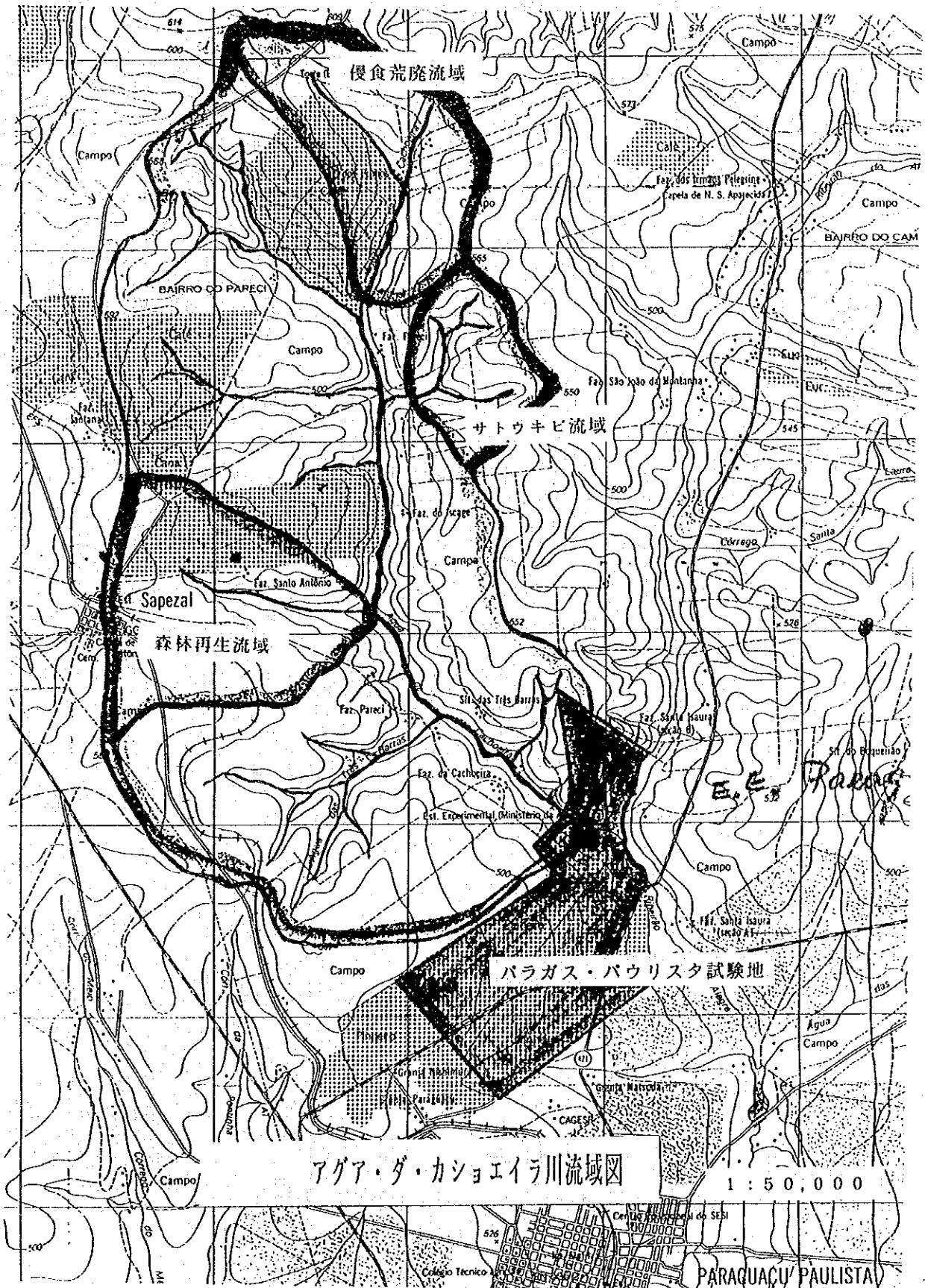
資料-5 森林回復の研究に関するフロー



資料-6 アシス試験場における試験地の配置



資料-7 アグア・ダ・カショエイラ川流域図



資料 - 8

最上流部流域における量水施設の設計

1. 年最大日雨量 (mm)

年	最大日雨量	年	最大日雨量	年	最大日雨量
1949	140.0	1963	76.0	1977	76.0
1950	105.0	64	51.5	78	148.0
51	56.0	65	94.0	79	128.0
52	92.0	66	105.0	1980	122.0
53	66.0	67	53.5	81	81.0
54	95.0	68	59.5	82	113.0
55	132.0	69	68.0	83	105.3
56	68.0	1970	71.5	84	90.7
57	54.0	71	90.0	85	82.0
58	86.0	72	121.0	86	168.3
59	61.5	73	75.0	87	89.0
1960	114.0	74	96.0	88	129.3
61	108.0	75	69.0	89	71.0
62	107.0	76	87.0	1990	86.3

2. 確率雨量の計算

ガンベル・チョー法による100年確率最大日雨量の計算

上記雨量資料から最大日雨量の平均値 \bar{P} と標準偏差 σ を求める。

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{N} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{N}}$$

度数係数Kを求める。

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \log_e \left(\log_e \frac{T}{T-1} \right) \right\}$$

ここに、 π : 円周率、 e : 自然対数の底、 T : 再現期間

次式でT年確率最大日雨量を求める。

$$P_T = \sigma \cdot K + \bar{P}$$

$$P_{100} = \sigma \cdot K_{100} + \bar{P} = 27.368 \times 3.137 + 93.312 = 179.17\text{mm}$$

3. 合理式による最大洪水流量の計算

$$Q_{\max} = 1/360 \cdot f \cdot r_{24} / 24 \cdot (24/Ta)^{2/3} \cdot A$$

$$Ta = L/W \quad W = 72 \cdot (H/L)^{0.6}$$

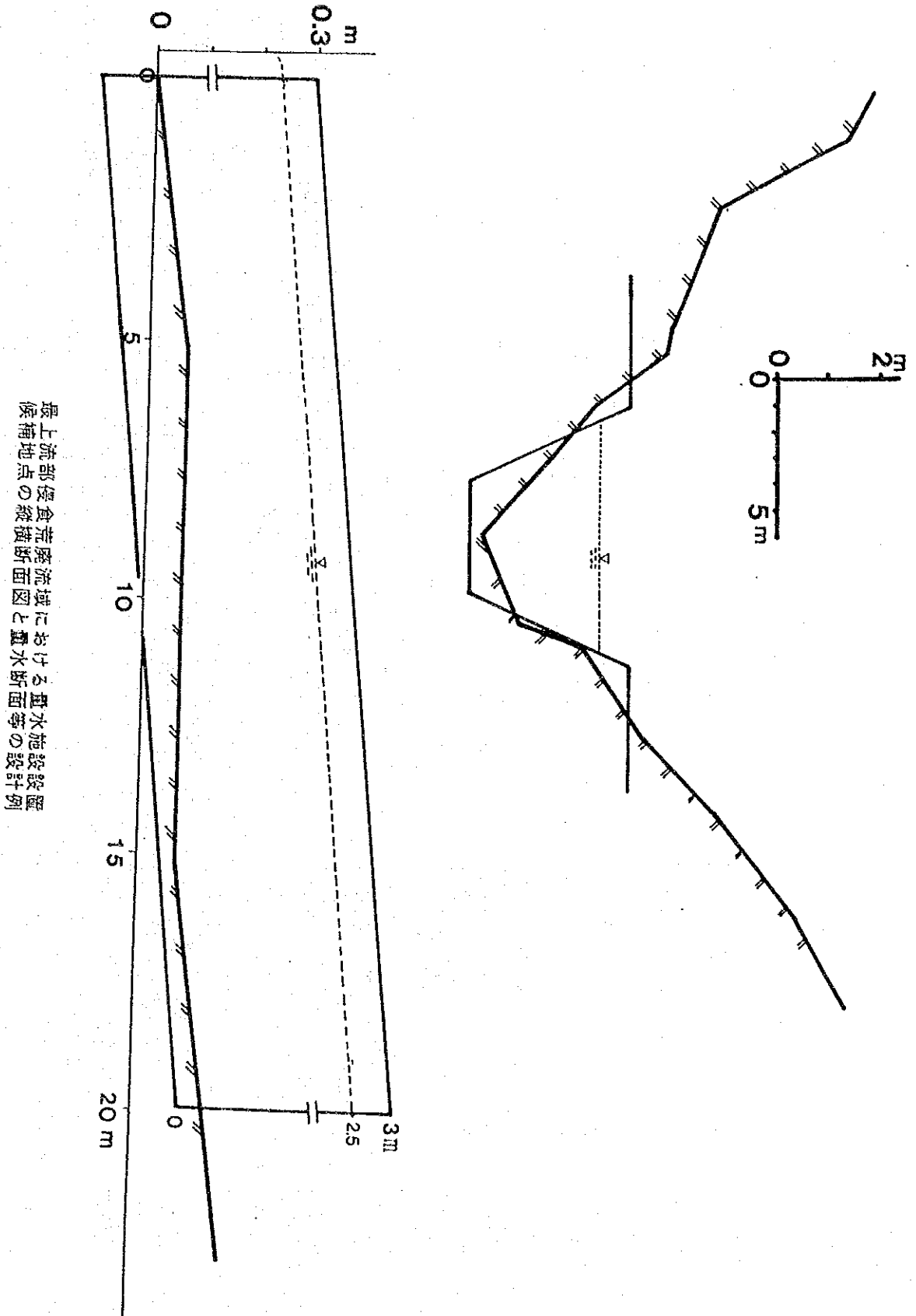
ここに、 Q_{\max} : 最大洪水流量 (m^3/s)、 f : 流出係数、 r_{24} : 最大日(24時間)雨量 (mm)
 A : 流域面積 (ha)、 H : 流路の比高 (km)、 L : 流路長 (km)

$f = 0.7$ 、 $r_{24} = 179.17\text{mm}$ 、 $A = 428\text{ha}$ 、 $L = 2.77\text{km}$ 、 $H = 0.07\text{km}$ を用いて計算すると

$$Q_{\max} = 105.62 \text{ m}^3/\text{s}$$

4. 量水堰の必要断面の計算

量水堰を流域面積の大きさや溪床勾配等を勘案して放水路方式とし、その放水路断面を逆台形型とし、その底面幅を量水堰設置候補地点の測量断面形を考慮して4.5mとする。また、放水路断面両側の法面勾配を1:1にして、この放水路勾配を0.01に設定することとし、コンクリートの粗度係数を0.015におき、 $Q_{\max} = 105.62 \text{ m}^3/\text{s}$ を流下するに必要な水深 h は、2.5mと計算される。したがって、余裕高を見込んで断面の高さを3mとした設計断面を示すと次のような図になる。



最上流部優食荒漠流域における壅水施設設置候補地点の縦横断面図と壅水断面等の設計例

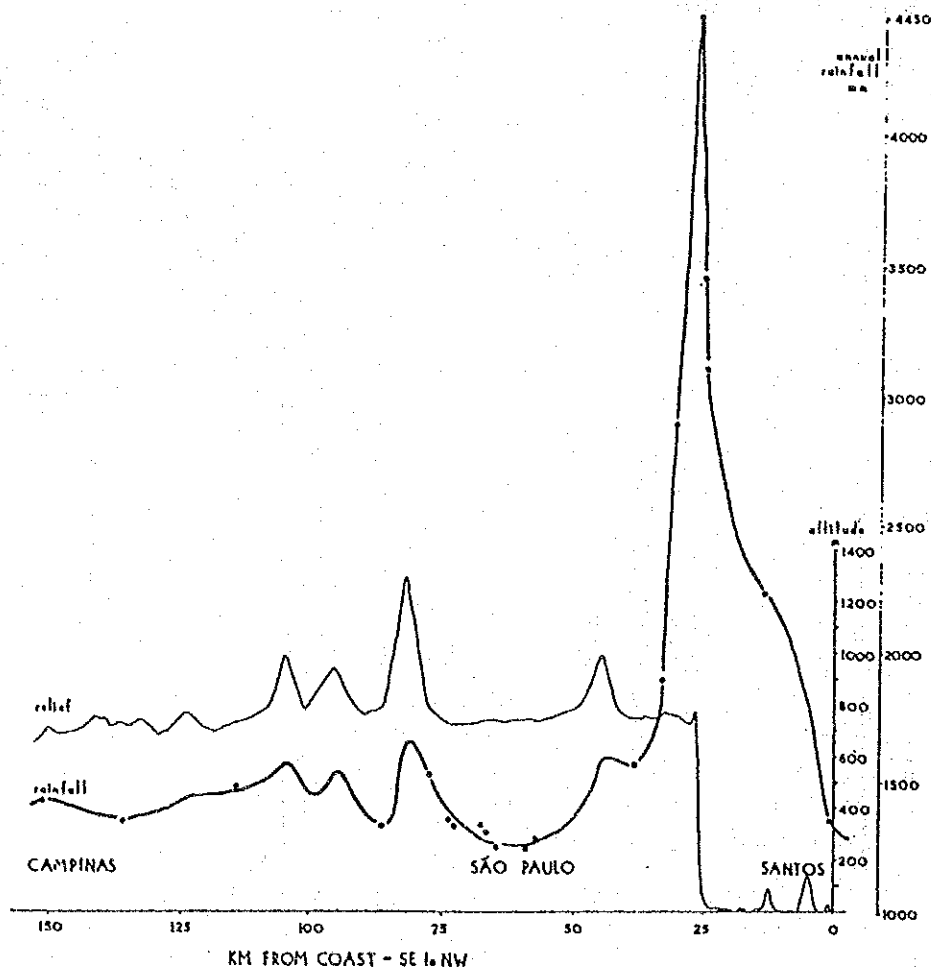


Fig. 4. Perfil ao longo da linha Santos-São Paulo-Campinas. O relevo é representado pela linha fina, em escala vertical exagerada 50 vezes. As chuvas são indicadas pela linha grossa; os valores usados são de estações meteorológicas situadas dentro de 19 km do perfil. Observe o aumento enorme e repentino das chuvas sobre a crista da Serra do Mar e a diminuição sobre a cidade de São Paulo.

Profile along the line Santos-São Paulo-Campinas. The relief, shown by the thin line, is exaggerated 50 times. The average annual rainfall is shown by the thick line. The points along the rainfall line are meteorological stations, all within 19 km of this profile. Note the tremendous sudden increase in rainfall at the seaward crest of the Serra do Mar, and the depression in rainfall in the basin of the city São Paulo.

サンパウロ市を中心とした、海岸から内陸への地形のプロフィールとそれに伴う降水量の変化 (G. Biten, 1970)

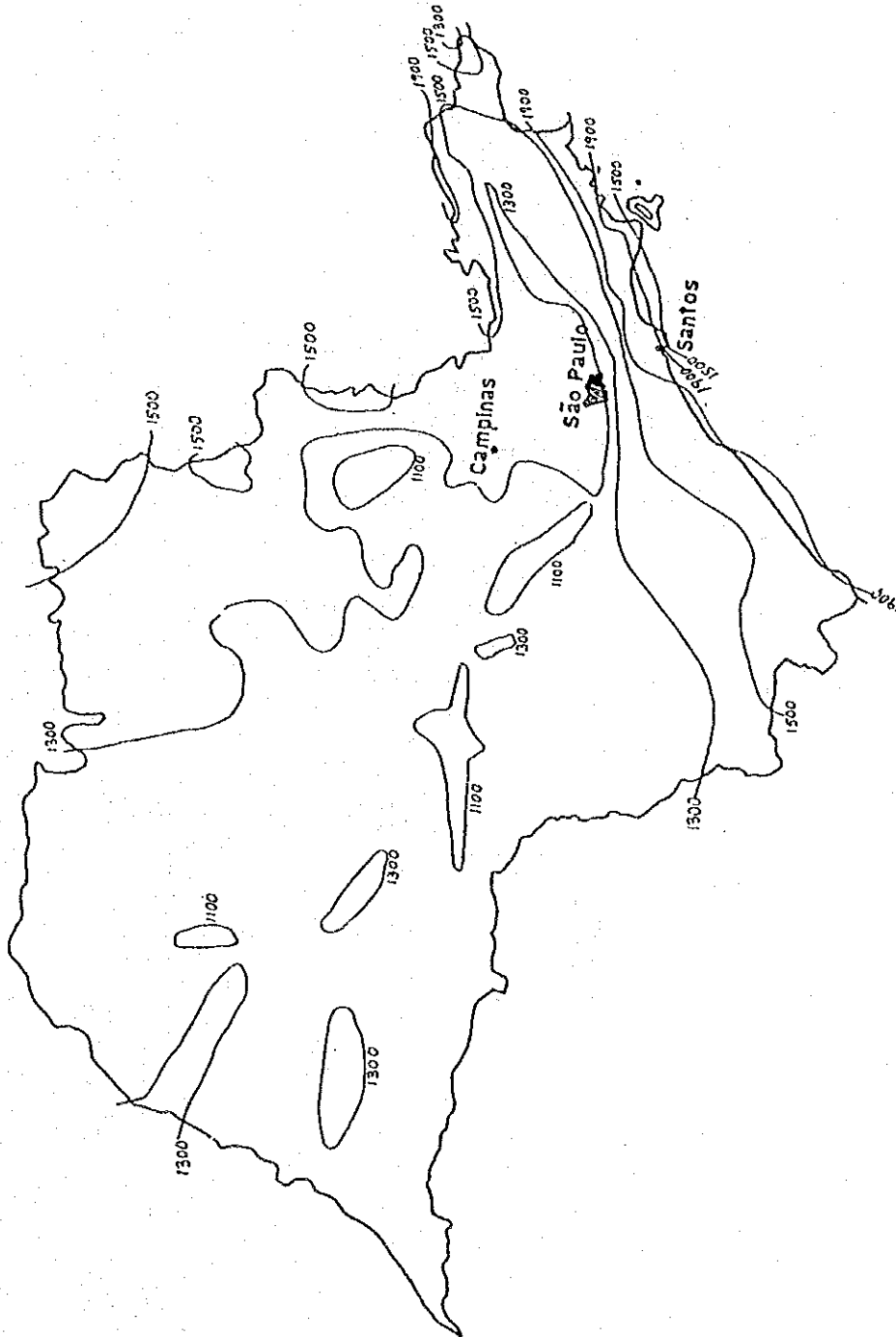


Fig. 3. Isoietas anuais do Estado de São Paulo. Observações de 124 estações meteorológicas funcionando 21 anos em média, e nenhuma, menos de 5 anos. A faixa representando a região com mais de 1900 mm de chuva inclui pequenas áreas atingindo quase 4500 mm.

Average annual rainfall in mm in the State of São Paulo. Taken from 124 stations, which have been recording for an average of 21 years and a minimum of 5 years. The belt of over 1900 mm rainfall includes small areas that reach almost 4500 mm.

サンパウロ州の年降水量分布 (G. Eiten, 1970)

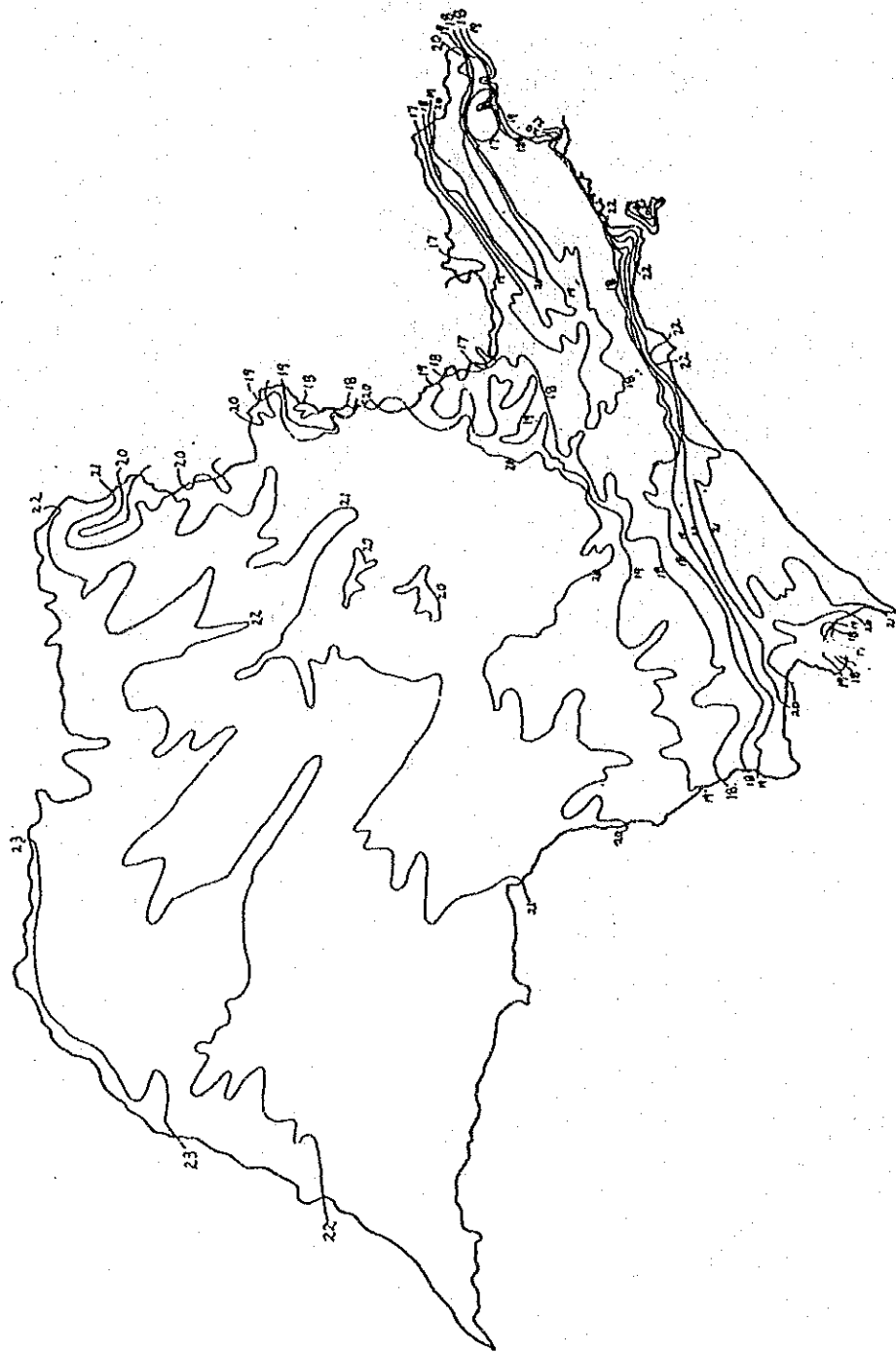
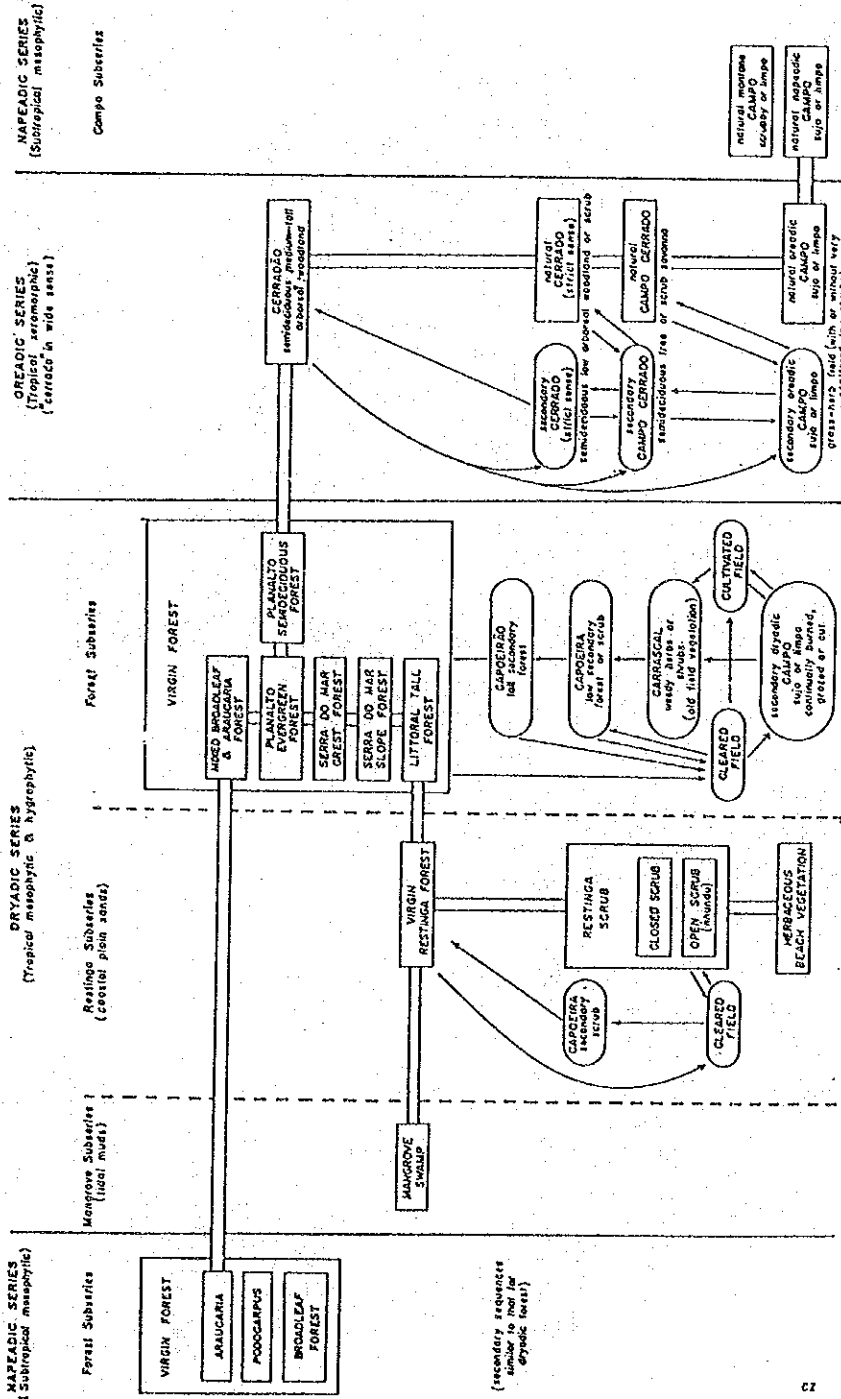


Fig. 2. Isoletas anuais do Estado de São Paulo. Observações de 52 estações meteorológicas funcionando 24 anos em média, e nenhuma, menos de 4 anos.

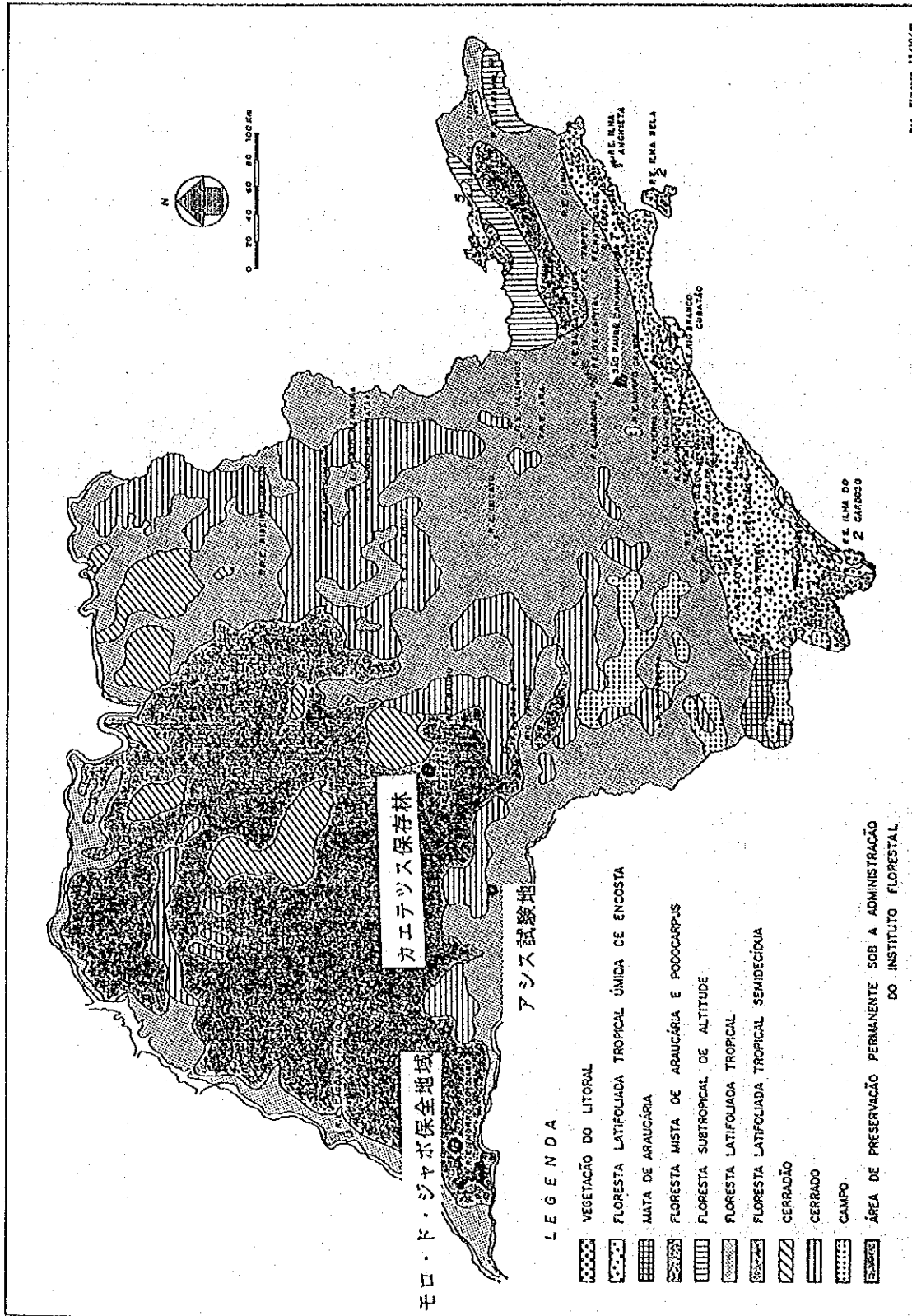
Average annual temperatures in °C in the State of São Paulo. Taken from 82 stations, which have been recording for an average of 24 years and a minimum of 4 years.

サンパウロ州の年平均気温分布 (G. Eiten, 1970)



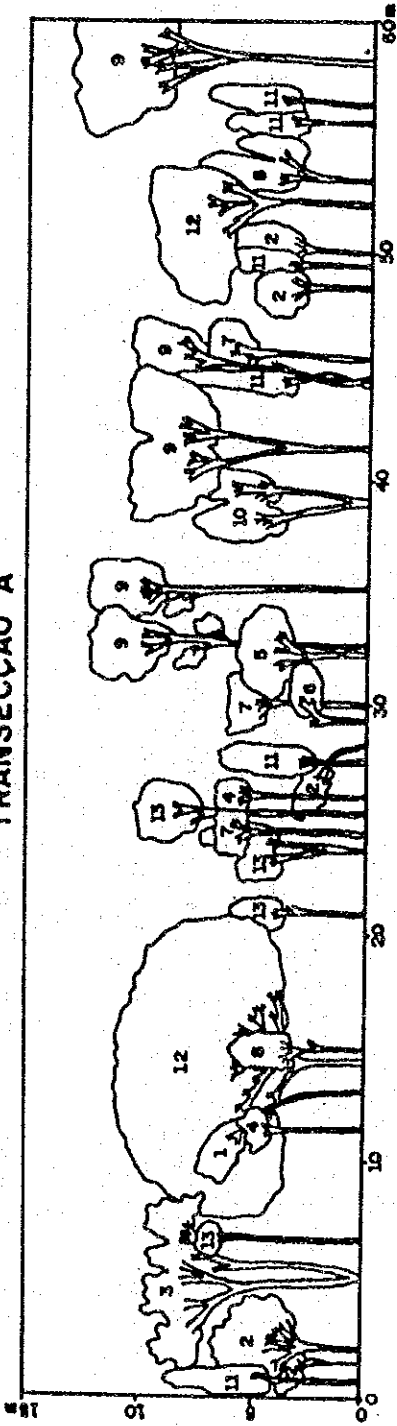
Primary vegetation types are in rectangles, secondary types in ovals. Wide bars connect primary vegetation types which show transitions. Arrows show direction of degradation (directed downwards) or recuperation (directed upwards). It has been necessary to put the two subseries of the Na-peadic series with which they show transitions.

サンパウロ州の主要な植生型とそれらの関係 (G. Eiten, 1970)



サンパウロ州の潜在自然植生図 (C.T. Carvalho, 1980)

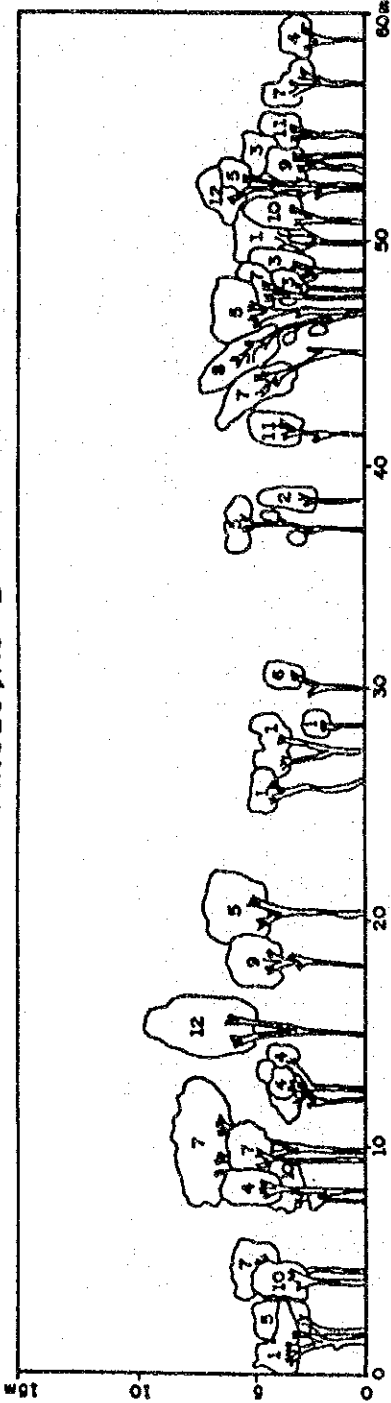
TRANSECÇÃO A



1. Amendoim - *Platypodium elegans* Vog.
2. Cambui - *Myrcia* sp
3. Candeia - *Gochatia polymorpha* (Less.) Cabrera
4. Canelinha - *Ocotea corymbosa* (Meissn) Mez
5. Capitão - *Terminalia brasiliensis* L.
6. Carvãozinho - *Qualea cordata* Spreng.
7. Cinzeiro - *Vochysia tucanorum* Mart.
8. Não identificada
9. Óleo de copaíba - *Copaifera langsdorffii* Desf.
10. Peito de pombo - *Tapirira guianensis* Aublet.
11. Peroba do campo - *Sweetia elegans* Benth.
12. Pororoca - *Pera obovata* Bail.
13. Sapuvão - *Machaerium acutifolium* var. *muticum* Benth.

DAP = 10,8 cm \bar{H} = 7,3 m

TRANSECÇÃO B



1. Angico - *Anadenanthera falcata* (Benth) Brenan
2. Não identificada
3. Canelinha - *Ocotea corymbosa* (Meissn) Mez.
4. Carvãozinho - *Qualea cordata* Spreng.
5. Cinzeiro - *Vochysia tucanorum* Martt.
6. Coité - *Vochysia* sp
7. Óleo de copaiba - *Copaifera langsdorffii* Desf.
8. Peito de pombo - *Tapirira guianensis* Aublet
9. Pequi - *Caryocar brasiliense* Camb.
10. Peroba do campo - *Sweetia elegans* Benth.
11. Sapuvão - *Machaerium acutifolium* var. *muticum* Benth
12. Sucupira roxa - *Bowdichia virgilioides* H.B.K.

DAP = 8,9 cm H = 5,4 m

セラード植生の断面図B (G. Durigan et alii, 1987)