No. 1

ブラジル・サンパウロ州森林・環境保全研究計画
短期調査報告書及びアフターケア
調査団報告書

JICA LIBRARY
J1170517[5]

平成14年10月
(2002年10月)

国際協力事業団

自然森
JR
02-020

ブラジル・サンパウロ州森林・環境保全研究計画
短期調査報告書及びアフターケア
調査団報告書

平成14年10月
（2002年10月）

国際協力事業団

1170517[5]

序　　文

日本国政府は、ブラジル連邦共和国政府からの要請を受け、サンパウロ州森林院において、ブラジル・サンパウロ州森林・環境保全研究計画を平成５年２月から平成１０年１月まで５年間にわたり実施しました。

国際協力事業団は、協力終了後２年余り経た同計画の状況や協力効果の把握を行い、アフターケア協力の必要性及び可能性について協議することを目的として、平成１３年１０月から１２月まで２回にわたり短期調査員および調査団を派遣しサンパウロ州政府関係者と協議を行うとともに、現地調査や関連資料収集を行いました。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。

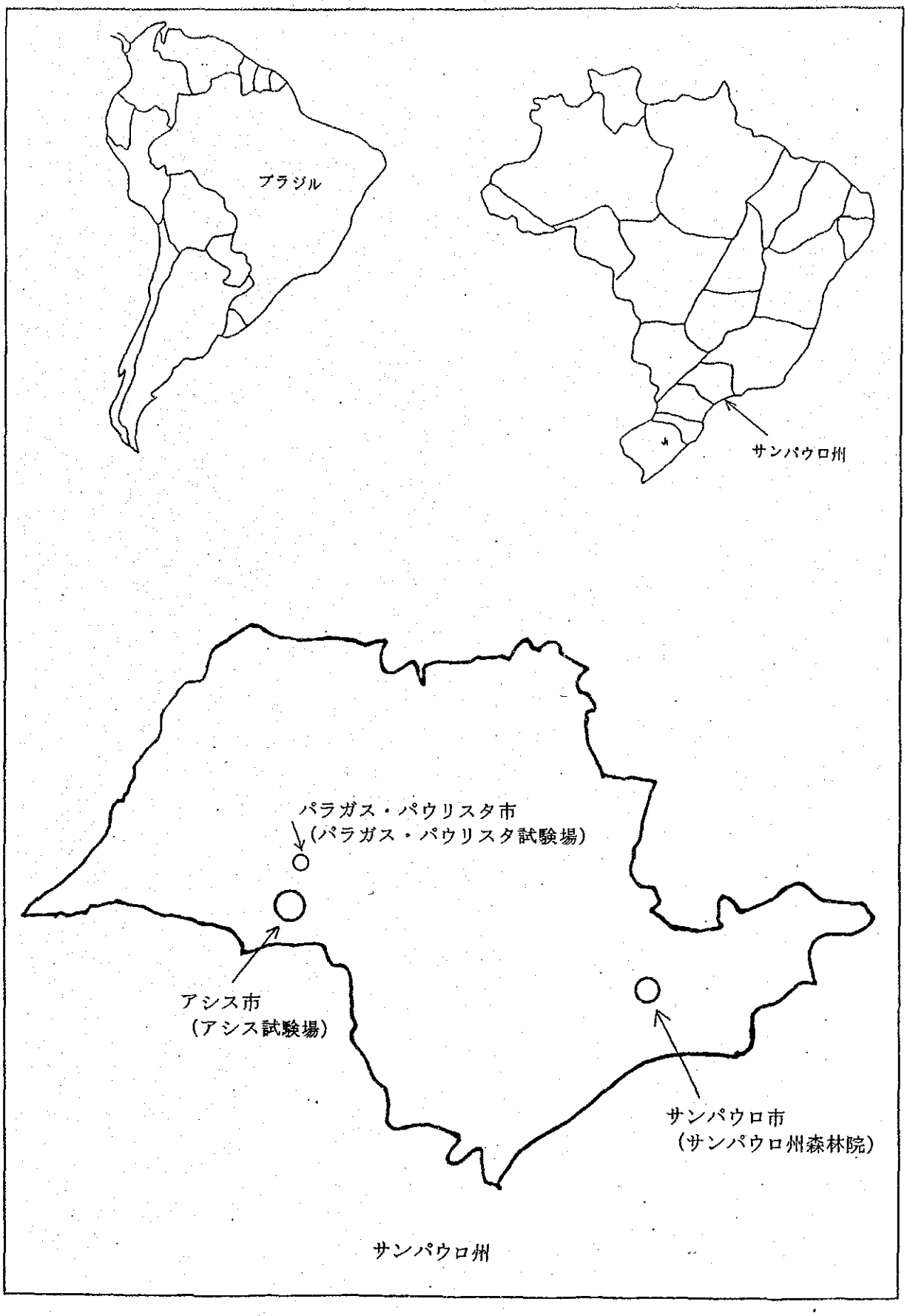
今回の調査結果が本アフターケア協力の実施の指針になるとともに、アフターケア協力の実施が今後の両国の友好・親善の一層の発展に寄与することを期待します。

終わりに本調査の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１４年７月

国際協力事業団
理事　鈴木信毅

プロジェクト位置図


ブラジル
サンパウロ州
パラガス・パウリスタ市
(パラガス・パウリスタ試験場)
アシス市
(アシス試験場)
サンパウロ市
(サンパウロ州森林院)
サンパウロ州

目　　次

序文
位置図

ブラジル・サンパウロ州森林・環境保全研究計画短期調査報告書

第１章　派遣概要 …… 1
第２章　これまでの経過 …… 3
　２－１　本フェーズ終了時の措置 …… 3
　２－２　短期調査までの経過 …… 4
第３章　調査結果 …… 7
　３－１　アフターケアで要請された研究課題 …… 7
　３－２　共通分野 …… 7
　３－３　侵食防止分野 …… 8
　３－４　森林回復分野 …… 15
　３－５　成果の普及に関する活動計画 …… 21
第４章　今後の問題 …… 23
　４－１　アフターケア実施までの問題点 …… 23
　４－２　アフターケア実施後に解決すべき問題点 …… 23
　資料：写真
　　サンパウロ州環境局の組織図
　　サンパウロ州森林院の組織及びプロジェクト関連部署の長
　　アシス試験地土地利用図
　　アグア・ダ・カショエラ流域の土地利用

ブラジル・サンパウロ州森林・環境保全研究計画アフターケア調査団報告書

Ⅰ　調査団派遣概要 …… 1
Ⅱ　侵食防止分野 …… 3
Ⅲ　森林回復分野 …… 7
Ⅳ　協力計画 …… 11
　資料：写真
　　ミニッツ

ブラジル・サンパウロ州森林・環境保全研究計画アフターケア

短期調査報告

第１章　派遣概要

１－１　調査の目的

サンパウロ州森林院から提出された「サンパウロ州森林・環境保全研究計画アフターケア」の要請書に基づき、要請内容の妥当性、実施の可能性、有効性などを調査し、協力内容を検討する。

１－２　調査活動内容

① プロジェクト本フェーズ終了後から現在までの活動状況および成果の公表に付いて調査する。
② アフターケア要請課題の対象施設、試験林分の現状を調査する。
③ サンパウロ州森林院の実施体制（予算、人員、カウンターパートの配置及び施設整備状況）について調査する。
④ その他必要事項を検討する。

１－３　団員構成

森林回復分野　斉藤　昌宏（森林総合研究所森林植生研究領域長）
侵食防止分野　落合　博貴（森林総合研究所水土保全研究領域治山研究室長）

１－４　調査日程

平成13年10月2日（火）ー10月13日（土）　12日間

10月 2日（火）成田発19:05（JAL048）
3日（水）サンパウロ着（6:35）。サンパウロ事務所打合せ。総領事館、州環境局表敬。
4日（木）森林院表敬及び要請内容確認、サンパウロ現地調査。
5日（金）アシスに移動。アシス地区現地調査。
6日（土）パラガス地区現地調査。
7日（日）アシス地区現地調査。
8日（月）植生分野はアシス地区、侵食分野はパラガス地区の現地調査。
9日（火）アシス試験地事務所にて補足調査。サンパウロに移動。
10日（水）森林院にて調査結果の報告、要請内容の確認。
11日（木）サンパウロ事務所報告。総領事館報告。
12日（金）サンパウロ発00:55（JAL063）。
13日（土）成田着（17:05）。帰国。

１－５　主要面談者

・サンパウロ州環境局

Paulo Ferreira	副長官
Ana Lucia Segamarchi	特別プロジェクト担当

Ana Paula Fava	プロジェクト・アドバイサー

・サンパウロ州森林院

Luis Alberto Bucci	総裁
Valdir de Cicco	プロジェクト・マネージャー
Jose Antonio de Freitas	試験地部長
Guenji Yamazoe	研究員
Alceu Jonas Faria	研究員
Marco Aurelio Nalon	研究員

・アシス試験地

Jose Carlos Molina Max	アシス試験場統括場長
Osmar Vilas Boas	研究員
Eliane Akiko Honda	研究員
Wilson Aparecido Contieri	技術者
Edison Adriano Berto	技術者

・パラガス・パウリスタ試験地

Helder Henrique de Faria	パラガス・パウリスタ試験地主任
Alberto Francisco	パラガス・パウリスタ農科大学実修生

・サンパウロ総領事館

池田　敏雄	首席領事
花田　耕介	副領事（技術協力担当）

・JICAサンパウロ事務所

小松　雹玄	所長
松本　明博	次長（技術協力担当）
馬場　豊	所員
黒田　真	所員
村上　ヴィセンテ	所員

・通訳

イソダ　ユタカ

第２章　これまでの経過

２－１　本フェーズの終了時の措置

「サンパウロ州森林・環境保全研究計画」は平成５（1993）年1月1日より平成10（1998）年1月31日まで、５年間にわたり実施された。プロジェクトの目標は「サンパウロ州のセラード地域の荒廃地における植生回復と侵食防止に関する研究能力を向上すること。これにより環境保全に資すること。」であり、研究内容は大きく２つの分野に分かれていた。

本フェーズにおける研究分野及び研究項目

ａ．侵食防止の研究

ａ－１　侵食地の実態および機構の解明

ａ－２　森林の侵食防止効果の解明

ａ－３　侵食防止法の開発

ｂ．森林回復の研究

ｂ－１　森林造成法の開発

ｂ－２　環境保全効果の検討

これら研究項目のなかで多数の研究課題が計画・実施された。終了時評価において、大半の課題が基礎的で重要な成果を上げ、サンパウロ州の環境保全に大きな貢献をするものと評価された。

また、森林院がプロジェクト本フェーズの成果を発展させ、侵食防止および森林回復分野の研究を自立・定着させるには、継続した研究が必要であることが指摘されている。

このため、両国政府は、この研究活動計画の進捗状況のモニタリングによって、活動計画の実施に日本の協力が必要と認められる場合は、ブラジルの要請に基づく、アフターケアなどの協力実施を検討することが要望された。

〈侵食防止分野〉

本フェーズにおいて、①侵食地の実態把握と侵食メカニズムの解明、②森林の侵食防止効果の解明、③侵食防止法の開発のため多数の研究項目が実施された。

①の項目はほぼ目標通り達成されたが、いずれの項目も研究の基盤となる施設の規模が大きく、その整備に多くの時間を費やしたため、②③においてはプロジェクト期間中に施設を用いた観測は開始されたものの、データを蓄積し解析するために充分な時間が無いままプロジェクトが終了した。

また、③において予定された侵食防止工事は、本フェーズ終了後、森林院側により完成されたものの、工事後の観測は実施できなかった。

終了時評価においては、サンパウロ州森林院における侵食防止分野の研究の基盤を築き研究能力を大幅に向上させプロジェクトの目標はほぼ達成されたと評価された。さらに、本フェーズで残された項目については、森林院側の自助努力により観測が継続されることを条件に将来のアフターケア実施の可能性を残した。

〈森林回復分野〉

本フェーズにおいて森林植生の回復を図り、植生の回復が環境に及ぼす効果を評価するために多くの研究項目を実施した。しかし、プロジェクト期間が５年と短く、また、プロジェクトの前半は苗畑の造成など基本的なインフラの整備に時間を費やした。このため、苗畑での技術的な研究項目は終了したが、植栽後の活着および成長に関するデータが必要な多くの研究項目では、データは１年間しか収集できなかった。これはやむを得ないことであったが、植栽当初における、活着と成長の状態を評価することでプロジェクト活動の最終評価を受けた。

プロジェクト終了後にも植栽後の成長に関する計測を継続し、データが集積された時期にアフターケア実施を検討し、日本・ブラジル双方の研究者が共同でデータを解析し、成果をとりまとめることとなっていた。

２－２　短期調査までの経過

短期調査の結果で示すように、森林院ではプロジェクト本フェーズ終了後も残された多くの研究課題において測定を継続していた。また、本フェーズにおいて得られた結果をもとに論文、学会発表を行い、さらに各種のセミナー、第三国研修などの機会を利用して、研究成果の普及を行っている。

例えば、侵食防止分野では、プロジェクト本フェーズ終了後から2000年までに、研究レポートを２編公表、学会・セミナーなどで４回の口頭発表を行っている。

森林回復分野では、プロジェクト本フェーズ終了後から2000年までに研究論文２編、研究レポートなどを１編公表し、学会・セミナーなどで18回の口頭発表を行い、プロジェクトの成果を普及している。

また、渓畔林が土壌侵食防止に果たす役割の重要性、渓畔林の造成技術に関する啓発・普及パンフレットを作成し、成果の普及に努力している。

パラガス・パウリスタの流域試験地において、試験林造成のために渓流沿いに借用した私有地については借用が継続されている。一部の私有地は所有者が変更になったため、試験植栽地において一時的に放牧が行われたりしたが、現在はおおむね良好に推移している。

一方、森林院の予算は本フェーズ開始時の1993年には1200万R$/年であったが、2001年では170万R$/年となっており、この間にR$（レアル）のUS$換算率が1：1から2.7：1となったことを考慮しなくても、財政的に苦しい状況にあることが窺われる。試験地においては車両の燃料費、保守整備費などが不十分な状況が見られた。このため、試験地の維持および測定の継続は行っているが、集積されたデータの解析には手が着けられていない状況である。また、測定機器の故障・盗難などにより撤退を余儀なくされた研究課題も散見される。

サンパウロ州環境局が2000年に提出したアフター・ア案に基づき、サンパウロ日本国総領事館が在外公館評価を行った。期間は2001年2月12日から2月15日である。

評価として、

１）プロジェクト本フェーズ終了後も研究活動は引き続き維持され、学術論文お

よび出版物などにより成果が公表されている。また、ホームページ、市民への環境教育、第三国研修などの手段を通じて成果が普及されている。

2）プロジェクトサイトは、しばしば大学生の研究・実習に利用されるとともに農家・技術者に対する環境回復技術の説明にも活用されている。

3）供与機材・施設に関しては一部に故障や破損はあるものの、おおむね良好な状態で維持管理されている。

提言として、

1）プロジェクトで実施した土壌侵食や植林が環境に与える影響のメカニズム解明には長期の継続観測が必要であり、今後とも研究が継続され、その成果の普及が推進されることが望まれる。プロジェクトの成果は第三国研修を通じ、110名の外国技術者に移転されている。森林院では新たな第三国研修を計画中である。

2）本フェーズで導入された各種観測機器はメンテナンスが必要であり、今後はコスト・パフォーマンスを十分検討した上で、ブラジル国内でメンテナンス可能な機器と交換することが望ましい。

3）土壌侵食防止研究に関しては、更に効率的な研究推進のために試験地の人員の増強が望まれる。このため、森林院自体の研究体制整備とともに、関連する分野の他研究機関、普及機関との連携の拡大も考慮されるべきである。

とされている。

また、短期調査実施の前にJICA本部より質問票が出されている。

主な質問に対する森林院の回答は、

1）本フェーズで造成された渓畔林のみならず、アシス試験地内に造成された試験林もアフターケアの要請対象となっていること、

2）研究の維持・継続にはこれらの試験林の維持管理が必要となっているが最近の森林院の予算ではそれが困難になっていること、

3）森林被覆率を評価するために航空写真の撮影が必要だが、森林院では予算が確保できないこと、

4）成果の普及とは論文や学会での発表と同時に、プロジェクト実施中に取得した技術や経験をブラジル各地に伝えること、

5）パラガス・パウリスタの流域試験において、A流域では本フェーズで行っていたすべての測定項目の再開、B流域では降雨、渇水などのイベント時に簡易測定を行い、A流域の測定結果と比較することを計画していること、

6）侵食分野のカウンターパートとして、Eliana Akiko HondaおよびEdison Adoriano Berto, パラガス・パウリスタ大学の実習生1名、計3名を予定していること、

となっている。

第３章　調査結果

３－１　アフターケアで要請された研究課題

今回立ち上げるプロジェクトは「サンパウロ州森林・環境保全研究計画（1993.2.1ー1998.1.31）」のアフターケアであり、本フェーズ終了時に測定を継続するべき研究課題が定められている（ブラジル連邦共和国サンパウロ州森林・環境保全研究計画終了時評価報告書、p.80ー86）。このため、この要件を満たしている研究課題をアフターケアの活動内容として取り上げるべきものと考えた。

また、短期調査の対処方針として、次の項目が示されている。

１）第１フェーズの内容をふまえたものであること
２）第１フェーズおよび終了後の成果で何を補完すべきか
３）上記の成果を達成するためには、何を行うべきか
４）具体的な指標の検討
５）専門家の投入について、活動内容を踏まえて、活動分野、人数、派遣期間が妥当となるよう検討する
６）ローカルコストについて日本側の負担を明確にする。

これらの方針をもとに、侵食防止分野及び森林回復分野、さらに両分野の共通／統合活動としての成果の普及に関する短期調査を行った。以下に分野ごとの調査結果を、要請された研究課題の順に述べる。

３－２　共通分野

・航空写真によるアグア・ダ・カショエラ流域とアシス試験地の森林環境変化の把握(Refazer o levantamento aerofotogrametrico da Bacia da Agua da Cachoeira e Estacao Experimental de Assis)

アフターケア要請書において提案のあった航空写真撮影について検討した。本フェーズにおいて1994年アシス地区およびアグア・ダ・カショエラ地区の航空写真が撮影されており、それとの比較により植栽試験の成果を評価するとともにアグア・ダ・カショエラ流域の最新の土地利用状況を把握する目的で本提案がなされた。

しかし、定期的に航空写真の撮影が行われている我が国と異なり、広大な国土をもつブラジルにおいてはその都度撮影を外注する必要があり、そのための予算額はかなり大きなものとならざるを得ない。本フェーズと異なり、規模の限定されたアフターケアにおいてこうした予算規模の大きい調査を実施するためには、充分な必要性が認められなければならないが、調査した範囲では具体的な研究計画上の必要性は必ずしも高いとは認められなかった。

したがって、本研究課題の優先度は他の課題より低いものと判断された。また、土地利用状況・植栽範囲の把握であれば、代替の手段としてＧＰＳによる現地測量などの手段も可能と思われる。

3-3　侵食防止分野（Mecanismo de erosao）

3-3-1 土地利用別侵食プロット試験　(Parcelas de amostragem de uso de solo)

a.地表流および流出土砂採取システムによる土地利用別の水土砂流出試験
(Sistema de medicao do escoamento superficial e coleta de sedimentos)

半乾燥地特有の雨期における局地的な豪雨により発生する地表流とそれに伴う侵食土砂量の変化を観測するため、米国農務省によるＵＳＬＥの規格である斜面長約22m、幅約16mのプロットを設けて土地利用の違いによる地表流の量、侵食土砂量を小規模の堰を設け、コンピュータ制御（ノートパソコン）により流出水量の変化をトリガーとする自動採水と自動計測を行っている。

規模の大きな施設のため場所の選択、資材の調達、商用電源(220V)の確保に時間を要したが、1996年に侵食を伴う草地プロット(Osvaldo Venci地区)が、順次裸地・広葉樹植栽・サトウキビの３プロット、1997年に松林、セラードのプロットが建設され順次観測が開始された。

【プロジェクト終了後の状況】

①牧草地

表面侵食によるリルが発生した過放牧の牧草地において1996-2000年の間、観測が実施され流出水・土砂、降雨が測定された。施設としては最も早く観測が開始された。そのため施設の一部が損傷している。唯一民地内にあるが保安上の問題はこれまで発生していない。現在は侵食が復旧しており、土砂流出量に変化があると思われる。

②裸地

人工的に裸地化したプロットにおいて1996-2000年の間、観測が実施され流出水・土砂、降雨が測定された。2000年4月、観測小屋に設置した計測制御用コンピュータの盗難が発生し、観測装置が撤去されている。

③サトウキビ

本地域の代表的な土地利用形態であるサトウキビが植栽され水・土砂の流出が1996-2000年の間測定されている。植生分野のカウンターパートによりサトウキビの現存量が測定された。隣接する裸地プロットの盗難以降観測は停止している。

④広葉樹植栽地

現地のセラードに見られる広葉樹をプロットに植栽し、植生の成長による水・土砂流出を1997-2000年の間観測している。隣接する裸地プロットの盗難以降観測は停止している。

⑤松林

1997-1998年の間観測行われたが降雨時の表面流の発生は計測されてい

ない。他のプロットの制御用ノートパソコンの故障のため、本プロットのものを移設した。

⑥セラード

1997年のみ観測行われたが降雨時の表面流の発生は計測されていない。他のプロットの制御用ノートパソコンが故障したため、本プロットのパソコンを移設した。

計測制御のためノートパソコンを利用し地表流の発生をトリガーに採水を行うというプロジェクト開始時においては最新のシステムを導入し、観測期間中地表流の発生の無かった松林、セラードを除く４プロットにおいては地表流の発生にともなう侵食土砂の発生が観測されている。各イベント毎の水流出量、採水による浮遊土砂量・強熱減量の実験室における測定、測定データの整理はカウンターパートにより適切に処理されている。また、プロット毎に観測されたイベントの数は異なるが、代表的なイベントについては降雨強度と発生地表流に伴う浮遊土砂濃度の間のヒステリシスループが土地利用によって異なる傾向が見られ、半乾燥地における侵食土砂量に関する非常に貴重なデータとなりうると考えられる。このデータはブラジル国内の学会で発表され、一定の学術的な評価を得るとともに、大学及び公的研究機関の研究者が多数見学している。

【問題点】

① 施設が広範囲に分布しているため、必ずしも同一の降雨による水・土砂流出が計測されていない。アシス試験地の技術者による定期的な保守を行いつつも、コンピュータ制御による自動観測の持つ脆弱性のためすべての降雨に対するイベントが観測されていない。

② 測小屋は高温・多湿で落雷も多い厳しい環境であるため、本プロジェクト当時から機器の故障がしばしば起こっていたが、プロジェクト終了後は特に制御用ノートパソコンの故障により観測できるプロットの数が次第に減る状況であった。

③ 制御用ノートパソコンは日本独自の方式であるが、既に生産されておらず、またIBM標準のパソコンとの互換性がないためアフターケアにおいて本項目の観測を行うためには制御用パソコンの更新またはパソコンの不要な測定器の整備が必要である。

なお、観測機器の盗難に対処するため、森林院は警報装置設置費用の予算化、試験地対岸からの視界に対する遮蔽のための樹林の植栽を予定している。

【今後の見通し】

本プロット侵食試験は土地利用別の土砂流出量をもとめるだけでなく、降

雨に伴う表面流の発生、雨滴の打撃による侵食などの土壌侵食の発生過程を実際の斜面で観測できるため、今後の観測の継続により半乾燥地に特有の土壌侵食メカニズムの解明に貢献することも可能である。

しかし、現行の６プロットのうち⑤松林と⑥セラードについては、降雨時の水及び土砂の流出が観測されず、今後もこの観測を続ける必要性は乏しいと判断された。

②③④の隣接した３プロットについては、基本となる裸地プロットを含み他の土地利用形態（たとえば大豆畑）での水土砂流出に対し森林院側が意欲を示しており試験地側のサポートも期待できることから観測の継続は可能と判断された。

また、①の牧草地については、②③④のプロットから離れたところにあり、しかも民有地内にあるため状況を現地において検討した結果、周辺の保安状態が良いこと、当初見られた土壌侵食が回復してきており、これに関する水土砂流出の変化が期待されること、また、現地周辺の民地を、地元パラナパネマ川流域に６カ所の発電所をもつ電力会社(CESP)が買い上げ州政府への寄付を計画しており地元周辺の期待も大きいと判断されることから、アフターケアでの観測は可能と思われる。

【課題担当者】Eliane Akiko Honda, Edson Adriano Berto

b. 土壌水分観測による地表流発生過程の解明(Sistema de monitoramento da agua do solo)

土壌侵食の原因である表面流の発生は地表面の透水性に支配されるが、その透水性は土壌水分状態により左右されることがわかっている。特に、半乾燥地においては土壌が乾燥状態にある時間が長く、降雨初期には透水係数が飽和状態よりさらに小さい透水性を示すことが予想されるため、土地利用別プロット試験においては水と土砂の流出観測とともに土の深さ別の土壌水分量観測が行われてきた。

【プロジェクト終了後の状況】

プロットにおける水と土砂の流出観測にあわせて６プロットにおいて観測が継続され、データの蓄積がなされている。降雨時の土地利用別土壌水分の応答がグラフ化され、学会において発表されている。

【問題点】

土地利用毎の水分応答の違いはわかっているが、表面流発生との関わりについての分析が行われておらず、貴重なデータが充分生かせていない状況であり、この部分に対する指導の必要性が感じられた。

【今後の見通し】

水と土砂流出観測が行われるプロットについては今後の観測を継続する意

義が認められるが、その他の森林プロット等については継続の必要性は低いと思われる。ただし、森林における降雨時の応答についてのカウンターパート側の興味が認められることから、アフターケアにおける機器の更新の必要性は認められないものの、例えば現有の観測機器の転用によるカウンターパート側の自主的な観測は可能と思われた。

【課題担当者】Eliane Akiko Honda, Edson Adriano Berto

3-3-2 総合気象観測 (Posto meteorologico : Paraguacu Paulista & Assis)

【プロジェクト終了後の状況】

パラガス試験地においては、現時点まで各気象要素ともほぼ継続的に観測が行われ、現地からのデータの吸い上げ、データ処理が行われている。ただし、試験地に設置したデータ処理用の日本製パソコンの老朽化に伴うと思われるトラブルが発生しているものの、パラガス・パウリスタ在住の農科大学実習生により適切に対処されていた。

また、アシス試験地においては、パラガス試験地と同様な状況であるが、前期実習生の定期的な対処が難しいため、データ処理が多少滞っている状況が伺えた。

【問題点】

観測装置自体の老朽化は伺えず、センサーの定期的な保守・交換を行うことにより今後の継続観測は行えると判断された。ただし、データ処理用の日本製コンピュータは老朽化が著しく、IBM仕様のパソコンへの変更は必須であると思われる。特に、現地観測データの吸い上げに用いているメモリーカードが更新後のパソコンにおいても使用可能かどうかの調査が必要であろう。

【今後の見通し】

本観測は侵食分野だけでなく植生分野においても基礎的なデータとして今後も継続する意義は大きい。適切な保守・センサーの点検・交換を継続することが期待される。

【課題担当者】Eliane Akiko Honda, (Alberto Fransisco)

3-3-3 降雨量観測 (Pluviografos (Paraguacu Paulista))

【プロジェクト終了後の状況】

パラガス試験地のアグア・ダ・カショエラ流域においては、現時点まで各雨量計ともほぼ継続的に観測が行われ、現地からのデータの吸い上げ、データ処理が行われている。ただし、試験地のデータ処理用日本製パソコンの老朽化がみられるものの、パラガス・パウリスタ在住の農科大学実習生により適切に対処されていた。

流域に配置された８カ所の雨量計により、半乾燥地特有の局所的な降雨の分布の特徴がとらえられている。特に、1999年1月4日に流域内で比較的規模の大きい土砂流出が発生した際の特徴的な降雨分布が計測されており、これに関する学会発表がカウンターパートにより計画されている。

【問題点】

観測装置自体の老朽化は窺えず、定期的な保守・バッテリー交換を行うことにより今後の継続観測は行えると判断された。ただし、データ処理用の日本製コンピュータは老朽化が著しく、IBM仕様のパソコンへの変更は必須であると思われる。特に、現地観測データの吸い上げに用いているメモリーカードが更新後のパソコンにおいても使用可能かどうかの調査が必要であろう。また、２地点においては記録紙による観測が行われており、データ処理の負担が大きい。その他で自動観測を行っている測器も日本での製造は中止されているため、データ処理用パソコンの更新とともに測器の入れ替えについても検討する余地があると思われる。

【今後の見通し】

本観測は侵食分野だけでなく植生分野においても基礎的なデータとして今後も継続する意義は大きい。適切な保守・センサーの点検・交換が継続することが期待される。

【課題担当者】Eliane Akiko Honda, (Alberto Fransisco)

3-3-4 荒廃流域における流出水土量の流域試験 (Atividade nos vertedouros)

本試験は、荒廃流域における治山施工前・後の流出水土砂量を処理流域と無処理流域とで比較解析するため、アグア・ダ・カショエラ流域に処理流域である通称Ａ流域と無処理流域である通称Ｂ流域において水質観測と流出水土砂量の観測を実施計画した。

＜Ａ流域＞

a. 水質観測 (Monitoramento da qualidade da agua)

【プロジェクト終了後の状況】

本フェーズ中の1995-1996年、量水堰上流側の沈砂池に水質センサーを設置し、１年間の連続観測を行って、治山工事施工前の水質データを計測した。本フェーズ終了後は、治山工事の影響により沈砂池が満砂状態となったため、水質観測は中断したままとなっている。

【問題点】

観測の再開のためには現在満砂状態の沈砂池の排土が必要である。本観測システム自体は問題ないが、計測データを記録したメモリーカードの読み取

りシステムの日本製パソコンをIBM標準仕様のパソコンに更新可能かどうか検討する必要がある。

【今後の見通し】

10月10日現在、沈砂池の排土を森林院側で開始したとの申し出があった。排土が済めば水質のセンサーを設置して観測開始可能な状況である。

b. 流出水・土砂量観測システム

(Sistema de monitoramento da vazao e sedimentos transportados)

【プロジェクト終了後の状況】

本フェーズ中の1995-1996年、量水堰に水位計および採水装置を設置し、1年間の連続観測を行って、治山工事施工前の水土砂流出データを計測した。本フェーズ終了後は、治山工事の影響により観測室内の水槽が満砂状態となったため、本観測は中断したままとなっている。

【問題点】

治山工事施工に伴い流出した土砂を堆積させるため、量水堰の下流側に簡易な貯砂堰堤を築設したため、堆積土砂により水の落差が50cm程度しかない状態であり、量水の精度に支障がないかどうか検討する必要がある。

【今後の見通し】

治山工事施工後の評価を実施するため早急な観測再開が望まれるが、本流域における観測を担当していた農科大学実習生の確保が必要であり、森林院側の早急な対処が望まれる。

【課題担当者】Eliane Akiko Honda, (Alberto Fransisco)

＜B流域＞

a. 水質観測 (Monitoramento da qualidade da agua)

【プロジェクト終了後の状況】

水質用センサーは、本フェーズ終了直前に沈砂池に設置されたが、観測は本地区における保安体制が整わなかったため、測定装置の設置および観測開始には至らず、1999年1月の豪雨による上流からの土砂流出によりセンサーが破壊され、以降そのままの状態となっている。

【問題点】

B流域においては保安体制が確保出来ない状況が継続しており、再度センサーを設置できる状況にない。

【今後の見通し】

保安体制の確保が本流域で観測を開始するための条件となっているが、今後も改善の見通しが立っていない。携帯用の水質観測機器による臨時の観測で流域の状況を把握することは可能。

a. 流出水・土砂量観測システム　(Sistema de monitoramento da vazao e sedimentos transportados)

【プロジェクト終了後の状況】

本フェーズにおいて、量水堰自体の破損は修復されたものの、量水用水路と観測室を結ぶ連通管の破損がプロジェクト終了直前に発見され補修を行い試験的な観測は行ったが、プロジェクト終了後の本格的な観測開始には至っていない。その後、1999年1月の豪雨による上流からの土砂流出により保安用の柵が破壊されて以降そのままの状態となっている。保安要員駐在用の家屋は取り壊されていた。また、観測小屋の扉に取り付けた防護用の鉄柵が破壊されていた。堰堤の上流にあった渓岸沿いの急斜面は重機により平坦化され、流域の状況もプロジェクト終了後かなり変化しているものと思われた。

【問題点】

本フェーズ中から問題となっていた量水堰の破損に起因する連通管等の観測室内の問題が最終的に解決したかどうか確認できなかった。保安用の柵は壊れたままであり、修理が必要な状況である。保安体制は依然整っておらず観測開始の見通しは立っていない。

【今後の見通し】

自動観測を再開するために必要な保安対策が立てられておらず、今後の観測開始の見通しもない。手持ちの機器による臨時の流量観測、採水による浮遊土砂の観測は可能。

【課題担当者】Eliane Akiko Honda, (Alberto Fransisco)

3-3-5　数学的モデル作成

以上の項目の最終的な出口として、流域からの水土砂流出を推定するための数学的モデルの構築とシミュレーション手法の適用が提案されている。

【プロジェクト終了後の状況】

本フェーズで技術協力した各種の観測・分析手法をもとに、流域からの流出水土砂量を推定するための数値シミュレーション手法を導入することにより、さらに研究レベルの向上をはかり、本手法の他流域への適用を可能にすることを希望している。

【問題点】

現在の森林院には数値解析の経験のある研究者はおらず、また、本課題の担当者も１名である。また、森林総研においては、本課題で必要な地表流を想定した数値解析手法は開発途上にあり、本課題の実施にあたっては内容、スケジュールについて充分検討する必要がある。

【今後の見通し】

本プロジェクトの成果を他地域に普及させるためには、代表的な土地利用の分布状況を反映させることができる汎用性のある数値シミュレーション手法がのぞましい。本課題は専ら森林総研の指導に期待せざるを得ず、本課題担当者をカウンターパート研修などの機会を利用して指導する、あるいは本項目に対して短期専門家を派遣するなどの方法をとることにより、課題の実施も可能であると思われる。

課題名について、課題名の「数学的モデル作成」は非常に限定された表現となっているため、例えば「水土砂流出解析」としたほうが将来の広範囲の可能性に対応できると思われた。

【課題担当者】Eliane Akiko Honda

3-4　森林回復分野

3-4-1　アシスに造成された試験プロット（em E.E.Assis）

アシスに造成された試験プロットは、長期専門家が在任時に作成した試験地台帳を元にして、適切に管理されている。また、年１回の測定は継続的に行われている。アフター・ケアで実施を要請されている研究項目の内容と継続調査の実施状況は次の通りである。

a. セラードにおける造林樹種試験Ｉ（Teste de especies para plantio em area de cerrado I）

草地に６樹種を植栽し、成長を測定している。

年１回の測定（樹高、樹冠直径、胸高直径）は継続されている。

2001年までのデータはエクセル・ファイルとしてコンピュータに入力され、整理されている。

b. 湿地における造林樹種試験（Teste de especies para plantio em area de encharcada）

湿地に広葉樹12種、マツ2種（合計5変種）を植栽し、活着および成長を比較している。中央部分は湧水が激しいためほとんどの樹種が枯死している。

現状では、マツ（5変種とも）が最も成長がよく、樹高約8m、胸高直径は15cm

前後となっている。これに次ぐのはGochnatia polymorphaで樹高4m、胸高直径は6cmとなっている。他の樹種はほとんど成長していないか、枯死している。結果は非常にはっきりしている。

2001年までのデータはエクセル・ファイルとしてコンピュータに入力され、整理されている。

c. セラードにおける天然更新の誘導試験（上層植生別）
(Regeneracao natural do cerrado sob diferentes tipos de floresta)

マツ（Pinus caribea）、ユーカリ（Eucalyptus saligna）とともにパイオニア６樹種を植栽し成長を比較している。

ユーカリとマツはかなり大きくなっている。その他の郷土樹種もそれなりに大きくなっている。保護樹帯ができているので、侵入し天然更新を行っている樹種の状態を調査する必要がある。天然更新した個体は50cm以上になったものを毎年測定している。

2001年までのデータはエクセル・ファイルとしてコンピュータに入力され、整理されている。

d. 渓畔林の天然更新誘導試験（上層植栽密度別）(Regeneracao natural da mata ciliar sob floresta plantada de Pinus em diferentes densidades)

沢沿いにマツ（*Pinus elliottii*）を植栽（植栽間隔は2x2m、3x2m、3x3mの３タイプ）し、成長を比較している。郷土樹種が天然更新する状況を調査・解析する。

年１回の測定（樹高、樹冠直径、胸高直径）は継続されている。天然更新し、50cm以上になった個体を毎年測定している。2001年までのデータはエクセル・ファイルとしてコンピュータに入力され、整理されている。

e. セラードにおける造林樹種試験II（*Teste de especies para plantio em area de* cerrado II）牧草地に14樹種を植栽し、活着率・成長を測定している。

アンジッコの成長がもっとも良く、樹高約6m、胸高直径10cm前後となっている。他の樹種もそれなりに成長しているため、比較解析すれば良い結果が得られるであろう。

年１回の測定（樹高、樹冠直径、胸高直径）は継続されている。天然更新し、50cm以上になった個体を毎年測定している。2001年までのデータはエクセル・ファイルとしてコンピュータに入力され、整理されている。

f. 水源地における経済性のある郷土樹種の成長試験（Estudo do crescimento de algumas especies de potencial economico na cabeceira do manancial de agua）

経済性のある10種の樹木を植栽し、成長を比較している。

年一回の測定（樹高、樹冠直径、胸高直径）は継続されている。

2001年までのデータはエクセル・ファイルとしてコンピュータに入力され、整

理されている。

【共通事項】

アシスに造成された試験地におけるデータ収集はおおむね良好に進められているものと判断された。収集されたデータの大部分はコンピュータに入力されている。

アフターケアの際にはこれらのデータを統計的に解析し、樹種、立地条件などの違いが成長に及ぼす影響を科学的に評価し、論文、普及パンフレットなどを作成する必要がある。

造林木の成長解析に関する短期専門家の派遣が必要である。

・建物・設備の状況：　育苗に関する施設は継続的に利用されている。ただし、アフターケアではこれらの施設を利用する研究項目はない。造成された試験プロットおよび収集されたデータは適切に管理されている。

アシス事務所にある最新のコンピュータはRAMが64MB、CPUはPentium164MHz、HDは2.0GBである。このため、容量の大きなパソコンと統計解析ソフトを供与する必要がある。また、樹高、直径などを測定する最新の機器を供与する必要がある。

・専門家受入体制：事務所内のオフィス、短専が利用する宿舎などは確保されている。カウンターパートは適切な配置が予定されており、調査・分析を行う体勢は整っている。ただし、電話およびファックスのラインは不調であり、E-mailなどの利用も難しい。整備が必要である。

・相手側予算措置：　後日連絡。

g. 異なる森林タイプ内の微気象観測　(Monitoramento do microclima de ambientes com diferentes coverturas vegetais)

森林の存在がどのように環境に影響を与えるかを評価するため、５タイプの植生内において微気候を測定している。

プロジェクト本フェーズの最後の年に観測サイトが造成されたため、プロジェクト終了後にも継続観測が必要とされていた。

共通する観測項目は以下の通り。

気温：1.5m、1cm、湿度：1.5m、地温：0cm、-15cm、-30cm、土壌水分：0cm、-30cm

残念ながら、キャリブレーションは設定当初に行われたのみで、途中では行われていない。特に湿度と土壌水分センサー（３年目から不調）はキャリブレーションまたはセンサーの交換が必要である。

○ アシス（Assis）

・セラード(cerrado)：　土壌水分（0cm、-30cm）、湿度のセンサーが不調。他のデータは継続的に収集されている。

・植林地（plantio）：　土壌水分（0cm、-30cm）、湿度のセンサーが不調。他のデータは継続的に収集されていたが、2001年8月にロガーが故障した。以後のデータは無い。10月8日の設定変更により、ロガーは回復し、データ収集が再開された。

○パラガス・パウリスタ（Paraguacu Paulista）

・渓畔林（mata ciliar）：土壌水分（0cm、-30cm）のセンサーが不調。他のデータは継続的に収集されている。湿度のデータは100%を越える場合があるので、センサーのキャリブレーションが必要。補助バッテリーの設置が必要。

○カエテトウス（Caetetus）

・天然林（Floresta semidicidual）：土壌水分（0cm、-30cm）のセンサーが不調。太陽電池の位置を高くする必要がある。データは9時から17時までの間収集されている。湿度のデータはキャリブレーションが必要。

・牧場（pastagem）：日射量、アルベード、雨量も測定している。土壌水分（0cm、-30cm）のセンサーが不調。他のデータは継続的に収集されている。

【共通事項】

この研究課題を継続する意義としては、特に変化が大きく、森林造成の必要性を示すデータを取得するべき植林地の測定が可能であるか否かが大きいものと考える。残念ながら、植林地として設定した試験林の活着・成長は不成績で、現在のところ成林していない。測定を継続するには多くの測定器、バッテリーなどを更新する必要がある。本データの一部は環境局のセミナーなどで利用されている。しかし、これまでに収集されたデータがどこまで使えるかは解析されていない。プロジェクト終了時（1998年）から蓄積されているデータを用いて、本来の目的である「５種の異なる植生で微気候がどのように違うのか」を比較し、レポートをまとめる必要がある。

・建物・設備の状況、専門家受入体制：アシス、パラガス・パウリスタ、カエテトゥスの項目に記述した。

・相手側予算措置：後日連絡。

・研究担当者：Alceu Jonas Faria,　Wilson Aparecido Contieri,　Edison Adriano Berto。

h. エロージョン分野のプロット試験地に植栽した樹木の活着率、成長のモニタリング（Monitoramento da sobrevivencia e crescimento das arvores na parcela de amostragem de uso do solo reflorestada）

植栽された樹木は高さ3m、直径数cmになっている。植栽初期の侵食量に関する

データはあるので、アフターケア期間中に成長した樹木と侵入した下層植生の現状を測定し、水および土砂の出方を測定し比較することによって植栽による侵食防止効果を示すことができる。

98年以後に１回の測定が行われている。

サトウキビ畑を想定したプロット試験地も、毎年肥料を与え、これまでに２回土壌の肥沃度、pH、サトウキビの収穫量などを測定している。

【共通事項】

侵食分野ではアフターケアの際にこのプロット試験を再開する予定となっている。植生分野としても植栽した樹木の大きさ、下層植生の状況などを調査して、侵食分野の測定結果と比較が可能となるように協力する必要がある。

植栽木の大きさはカウンターパートのみでも測定が可能だが、下層植生の状況を測定するには短専派遣が必要と思われる。

・建物・設備の状況、専門家受入体制：アシスの項目に記述。

・相手側予算措置：後日連絡

・研究担当者：Giselda Durigan,　Eliane Akiko Honda、Wilson A. Contieri

3-4-2　パラガス・パウリスタに造成された試験地（em Paraguacu Paulista）

人手不足のため、植栽木の保育管理はあまり行われていない。データは2000年まで継続的に収集されている試験地もあるため、それらの試験地の継続調査と結果のとりまとめをアフターケアの研究内容とする。主として渓畔林の造成に関するマニュアルを作成するために、成果をとりまとめる。

a. 10種を用いた渓畔林のエンリッチメント試験（Plantio de enriquemento com 10 especies I）

2001年まで年１回の測定（個体毎の樹高、樹冠高、樹冠直径）を継続している。農業大学の学生が簡単な解析を行い発表した。

b. 違う組み合わせによる郷土樹種７種の混植試験（Plantio misto de essencias nativas testando diferentes combinacoes de 7 especies）

99年まで３回の測定データがある。99年に放牧された牛が侵入し、被害を受けたため、以後の測定は行っていない。

c. 二つの異齢苗（４種）の混植試験（Plantio misto de 4 especies com diferentes combinacoesm mudas de duas idades）

96年に植栽された。下刈りなどの手入れはされていないとのことだが、まあまあの成長をしている。大きい個体は樹高5m、平均的には樹高2m程度になっている。去年まで年１回のデータは収集されている。2001年は測定されていない。

d. 郷土樹種の植栽間隔試験（Plantio misto de essencias nativas testando diferentes espacamentos）

去年まで年１回の測定（個体毎の樹高、樹冠高、樹冠直径）によるデータは収集されている。2001年は測定されていない。

e. タツー、ボソロカ・ノバおよびボソロカ・ヴェリャの固定プロットにおける郷土樹種の生存率、成長のモニタリング（Monitoramento da sobrevivencia e crescimento de essencias nativas nas parcelas fixas do braco do Tatu, Vocoroca Nova e Vocoroca Velha)

継続された測定データはない。写真により現在の状況を示したいとのことであったが、科学的なデータにはならない。

f. A、B流域に植栽した郷土樹種の生存率、成長のモニタリング（Monitoramento da sobrevivencia e crescimento de essencias nativas nas Bacias A e B)

継続された測定データはないが、A流域に植栽された樹木の現状に関するデータは侵食分野の測定結果と対比させるために必要である。B流域では現在まで植栽されていない。

航空写真により現在の状況を示したいとのことであったが、科学的なデータにはならない。植栽した樹木の大きさ、下層植生の状況などを測定し、数値データとして示す必要がある。

g. 有用樹種（ｱﾝｼﾞｯｺ・ﾍﾞﾙﾒｰﾘｮ）とパイオニア樹種（ｶﾋﾟｼﾝｷﾞ）との混植試験（Plantio deuma especie nativa com comercial (Anadenanthera macrocarpa) consorciada com uma pioneira(Croton floribundus))

道沿いのアンジッコは樹高約8m、カピシンギは樹高4ー5mに成長している。ただし、個体の植栽位置による成長差は大きい。特に道沿いの個体は成長が大きい。成長解析には注意が必要。

2000年まで年１回の成長測定が行われている。測定項目は個体毎の樹高、樹冠高、樹冠直径。2001年は人手不足のため測定されていない。

h. 有用樹種（ｲﾍﾟ・ﾛｰｼｮ）とパイオニア樹種（ｶﾋﾟｼﾝｷﾞ）との混植試験（Plantio deuma especie nativa com comercial (Tabebuia avellanedae) consorciada com uma pioneira(Croton floribundus))

2000年まで年１回の成長測定が行われている。測定項目は個体毎の樹高、樹冠高、樹冠直径。2001年は人手不足のため測定されていない。

i. 有用樹種（ｱﾛｴｲﾗ）とパイオニア樹種（ｶﾋﾟｼﾝｷﾞ）との混植試験（Plantio deuma especie nativa com comercial (Astronium urundeuba) consorciada com uma pioneira(Croton floribundus))

2000年まで年１回の成長測定が行われている。測定項目は個体毎の樹高、樹冠高、樹冠直径。2001年は人手不足のため測定されていない。

【共通事項】

パラガス・パウリスタの植栽地におけるデータ収集はおおむね良好に進められているものと判断された。収集されたデータの大部分はコンピュータに入力されている。

アフターケアの際にはこれらのデータを統計的に解析し、樹種、立地条件などの違いが成長に及ぼす影響を科学的に評価する必要がある。このため、容量の大きなパソコンと統計解析ソフトを供与する必要がある。また、造林木の成長解析に関する短期専門家の派遣が必要である。

・研究担当者： Helder H. Faria, Silvio dos Santos
・建物・設備の状況：プロジェクト終了時と同じ状況である。
・相手側予算措置： 後日連絡。
・専門家受入状況： 協力体制はできているが、担当研究者が２名であり、野外調査の際には補助者が必要となる可能性もある。

3-4-3 カエテトゥスにおける試験プロット (Caetetus)

a. 天然林を構成する６樹種の年間直径成長のモニタリング (Monitoramento do incremento anual em diametro de sete especies nativas em floresta primaria)

カエテトゥスにはまとまった面積を持つ天然林が保存されている。この天然林の種構成、年成長量、立地条件、林内環境などに関する情報は、環境林、多様性の高い森林を造成する際に重要である。本フェーズの際に種構成、林分構造などの調査を行い、試験プロット内に生育する７樹種各10個体にデンドロメーターを設置した。成熟した天然林を構成する個体がどの程度の成長を示すか、５年間の測定データを用いて解析する。

99年まで月１回、2000年から１回の測定は継続されている。

【共通事項】

デンドロメータは劣化しているため新たなものに入れ替える必要がある。解析結果によっては、さらに数年間の成長を追跡する可能性もある。

・建物・設備の状況：プロジェクト終了時と同じ状況である。宿泊施設は整っている。短期専門家はアシスに本拠を置き、短期集中型の調査を行うことになろう。
・相手側予算措置： 後日連絡。
・専門家受入状況： 問題となる点はない。
・研究担当者： Giselda Durigan

3-5 成果の普及に関する活動計画

研究プロジェクトにおいては研究成果をとりまとめるとともに、それらの成果を普及する必要がある。森林院では研究成果を論文として公表するとともに、普

及書、普及パンフレットなどの出版、印刷を計画している。森林院の予算ではパンフレット程度のものを印刷することは可能だが、ページ数の多い普及書を出版することは難しいと思われる。プロジェクトの成果を普及・宣伝するための出版物なので、プロジェクト実施期間中に刊行可能なものはプロジェクト予算で出版を援助する必要があろう。

このほか、プロジェクト終了時に公開セミナーを行うことも重要である。類似の研究を行っているEMBRAPA（ブラジル農牧公社）、INPA（連邦アマゾン研究所）および大学の研究者などの参加が望ましい。あるいは逆に、一般市民向けのシンポジウムを行うことも考えられる。

次の３項目を中心にして、本アフターケアの評価を受けることになろう。

１．論文および資料による成果の発表
２．セミナーあるいはシンポジゥムによる成果の発表および普及
３．普及書およびパンフレットによる成果の普及

【共通事項】

・カウンターパート：　要請書にある研究担当者全員を予定。
・建物・設備の現状：シンポジゥムを行うのであれば会場の借り上げが必要。
・相手側予算措置：　後日連絡。
・専門家受入体制：　特に必要なし。
・その他：　この件に関しては、アフターケアの中間時点で進行状況をチェックし、詳細を決める方が良いであろう。

森林院側から短専の派遣期間が１－２ヶ月では短すぎる。論文、レポートなどの共著をどうするかなどの指摘・質問があった。派遣期間に関しては、短専の都合にもよるが長くても２ヶ月程度となろう。短専が効率よく仕事ができるように協力して欲しい旨の要望をした。論文・報告の発表に関しては森林院側の研究者が筆頭著者となることが望ましく、報告を書くための解析などにはできるだけ協力することを伝えた。

第４章　今後の問題

残された問題点について、解決すべき時期をアフターケア実施前及び実施中に分け、列記する。

４－１　アフターケア実施までの問題点

ローカルコスト負担：　この件については、森林院から明確な説明が行われなかった。調査結果の最終打合せ会議において、至急資料を作成し、JICAサンパウロ事務所を通じてJICA本部に提出するように依頼した。

カウンターパートの配置：　侵食防止分野、特にパラガス・パウリスタの流域試験を担当するカウンターパートの配置についても森林院側で検討している段階であるが、具体的な案は示されなかった。これについてもアフターケア開始までに対処するように要望した。

４－２　アフターケア実施後に解決すべき問題点

効率的な機材の導入：　アフターケア実施期間が２年間であるため、開始早々に多くの必要な機材を導入・設置し、測定が再開できるように整備する必要がある。

短期専門家の派遣：　派遣される短専が効率的な活動を行い、効果的な技術協力が行えるように、活動内容と派遣時期をさらに詰める必要がある。具体的には必要機材の供与時期、森林院側のデータ整理、カウンターパート配置などの体勢整備に関わってくる。

成果の普及に関する活動の内容：　成果の普及は重要な課題であり、アフターケアで実施することが必要である。ただし、普及活動はアフターケアで得られた成果を中心に行うため、現時点で活動内容を論じるのは時期が早いと判断された。スタート時には大枠だけを取り決め、どのような成果が得られるかの見通しが立つ中間時点で詳細を決めるべきであろう。