

ブラジル連邦共和国
「セラード環境モニタリング調査」
平成11年度現地作業監理調査報告書

平成12年6月

JICA LIBRARY



J1160869[2]

国際協力事業団

JICA
703
807
AFC
IBRARY

農 調 投
J R
00 - 43

ブラジル連邦共和国
「セラード環境モニタリング調査」
平成 11 年度現地作業監理調査報告書

平成 12 年 6 月

国際協力事業団



1160869 [2]

序 文

1973年の世界的穀物不作を契機として、我が国では、穀物、特に大豆の供給先の多角化の必要性が高まりました。他方、ブラジルにおいても穀物増産の気運が高まり、農耕不適地とされてきたブラジル中央部に広がるセラード地域の農業開発が強く望まれました。我が国は、このセラード地域の開発に官民あい携えて協力することとし、1974年のブラジル政府との共同声明に基づいて、1979年9月から日伯セラード農業開発協力事業（プロデセール）を開始するに至りました。これまでにJICAは、3次にわたる試験的事業に対し総額150億円以上にのぼる融資を行ってきました。

第1期試験的事業は、1979年から1983年までセラード南部のミナスジェライス州で、第2期試験的事業は、1985年から1991年まで中部地区のマットグロッソ州及びバイア州で実施され、現在、第3期試験的事業が、セラード北部地域のトカンチンス州及びマラニョン州において、1995年から2001年3月までの予定で実施されています。この間、セラード地域の中・南部に大規模に農業が展開され、また、OECD（海外経済協力基金）からの有償資金による、いわゆる本格事業も実施されました。

この結果、セラード地帯に大規模な農業地帯が創設され、耕地面積では1,000万ha、生産についてはブラジルの全生産量の中で、大豆46%、トウモロコシ26%を占めるに至っています。また、この地域の大豆を中心にブラジル国内での搾油業が発展しました。さらに、その粕を使っての養鶏・養豚の興隆が見られました。またそのための飼料穀物生産が拡大する等、大豆を中心とした安定的な一大農業地域の形成が見られ、この事業は、世界的に高い評価を受けるに至っています。なお、ブラジルから我が国への大豆輸出量は、過去20年間で10倍に増加しています。

一方、環境保全の観点から、このような農業開発がセラードの環境に及ぼす影響に関する調査の必要性の認識が高まり、将来の環境保全に寄与することを目的として、試験事業地を対象とした「セラード環境モニタリング調査」が開始されました。第1期及び第2期事業地において1992年度から開始されたモニタリング調査は、第3期事業地においても引き続き実施されました。当初、昨年度末で終了する予定だった第3期事業は1年間延長されましたが、環境モニタリング調査は、これまでの調査でデータも蓄積されてきていることから、ブラジル側に調査の継続を要請して、我が国からの協力としては終了しました。

当事業団は、昨年度の調査結果の評価及び第Ⅲ期事業のモニタリング全般のまとめと報告書の作成について、調査を実施したCAMPO社に助言・指導を行うため、平成12年4月8日から4月23日まで、農林水産省経済局国際協力計画課の須藤高良協力企画官を団長として本調査団を派遣し、その結果を取りまとめました。

最後に、本調査にご協力いただいた関係各位に心より感謝申し上げる次第です。

平成12年6月

国際協力事業団
理事 後藤 洋



図1 サン・パウロ大学ブランドン教授は、ジェライス・デ・バルサス事業地におけるアリの調査を説明する。缶詰罠を餌とした誘因トラップを地表面に設置し、1時間後に回収した。長さ190mのラインを大豆畑と保留地との境界線に平行して50m間隔で、大豆畑に2本、境界線に1本、保留地に4本、計7本設定した。線上10mごとにトラップを、1ラインあたり計20のトラップを設置した。

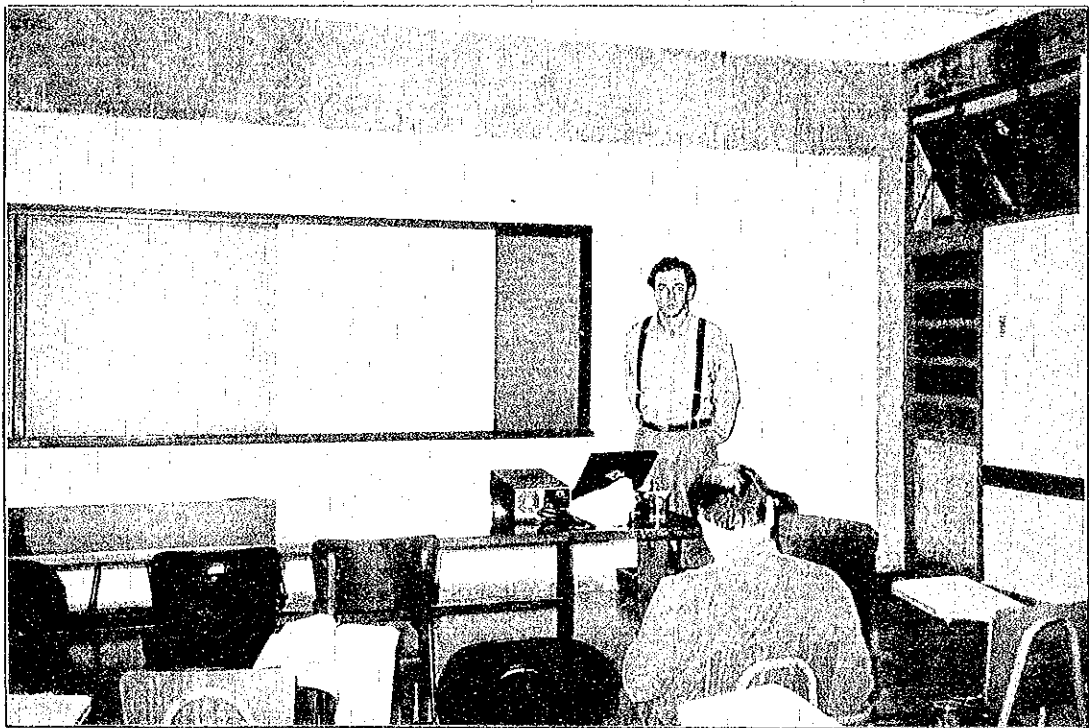


図2 ロンドリナ州立大学のエフライム教授は、ジェライス・デ・バルサス事業地で行った植生のエッジ効果の調査を説明する。衛星画像を用いてスペクトル分析により植生変化を解析したところ、セラードの植生はモザイク状に分布しておりエッジ効果はみられなかった。



図3 ロンドリナ州立大学のエフライム教授は、この装置を使ってエッジとセラードにおける土壌温度及び土壌湿度を測定し、データを分析中である。光、空中温度と湿度については、エッジとセラードに差はみられなかった。

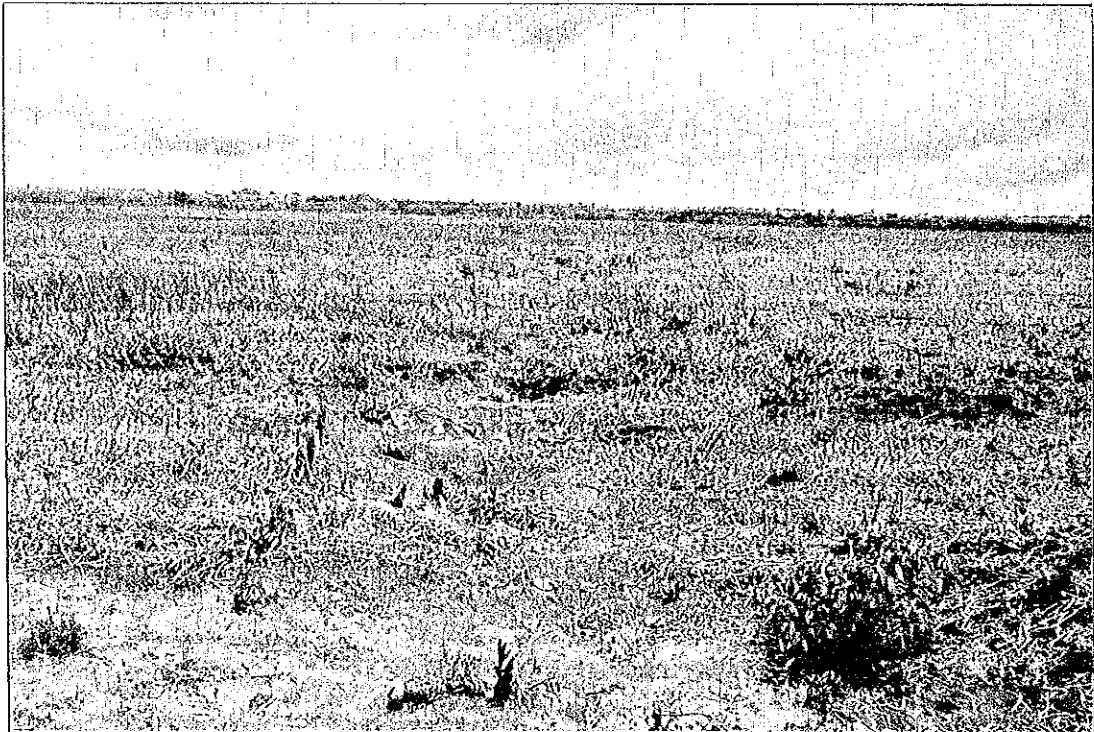


図4 土壌浸食防止のための等高線畦の作り方や管理が適切でないと、土壌浸食は発生する。ジェライス・デ・バルサス事業地にて。



図5 ペドロ・アフォンソ事業地ロット 17 番の土壌浸食調査区。砂質土壌のため土壌浸食が激しかったが、不耕起栽培によって土壌浸食がくい止められた。調査基点にはコンクリートの杭が埋めてあり、そのまわりに4本の杭で柵がしてある。

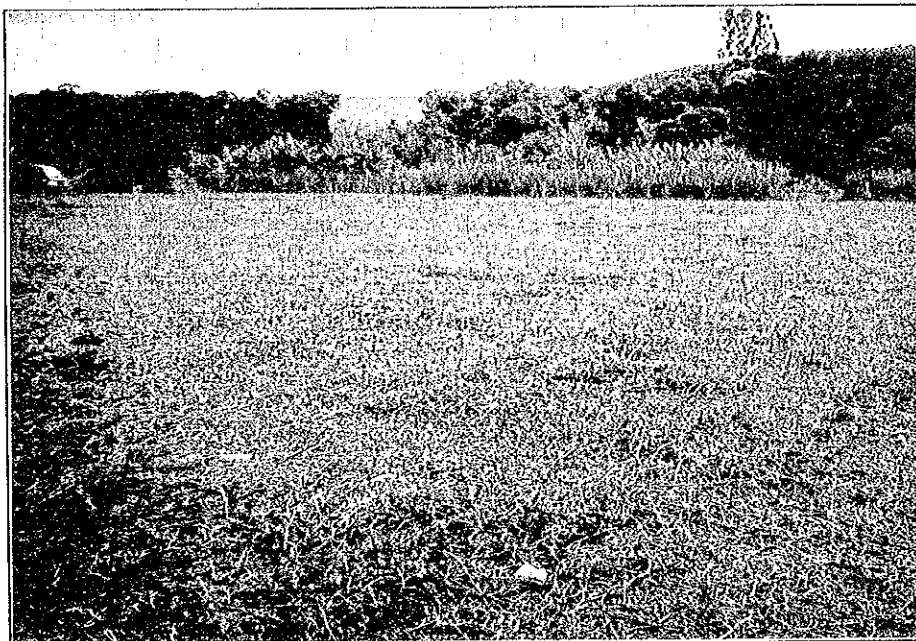


図6 イライ・デ・ミナス事業地ロット 15 番土壌浸食調査区。手前中央に、調査基点になるコンクリートの杭が埋めてあるのが見える。この事業地では不耕起栽培がほぼ 100%実施されており、土壌浸食の問題はほぼ解決された。



図7 イライ・デ・ミナス事業地ロッテ 15 番に設置されたウベルランディア連邦大学の土壌浸食調査区。作物で被覆されたプロットと被覆されていないプロットから流出する土砂を集めて土壌浸食を測定する方法である。最大の欠点は、隔離されたプロットなので、実際の機械化された耕作状況とは条件が異なる。

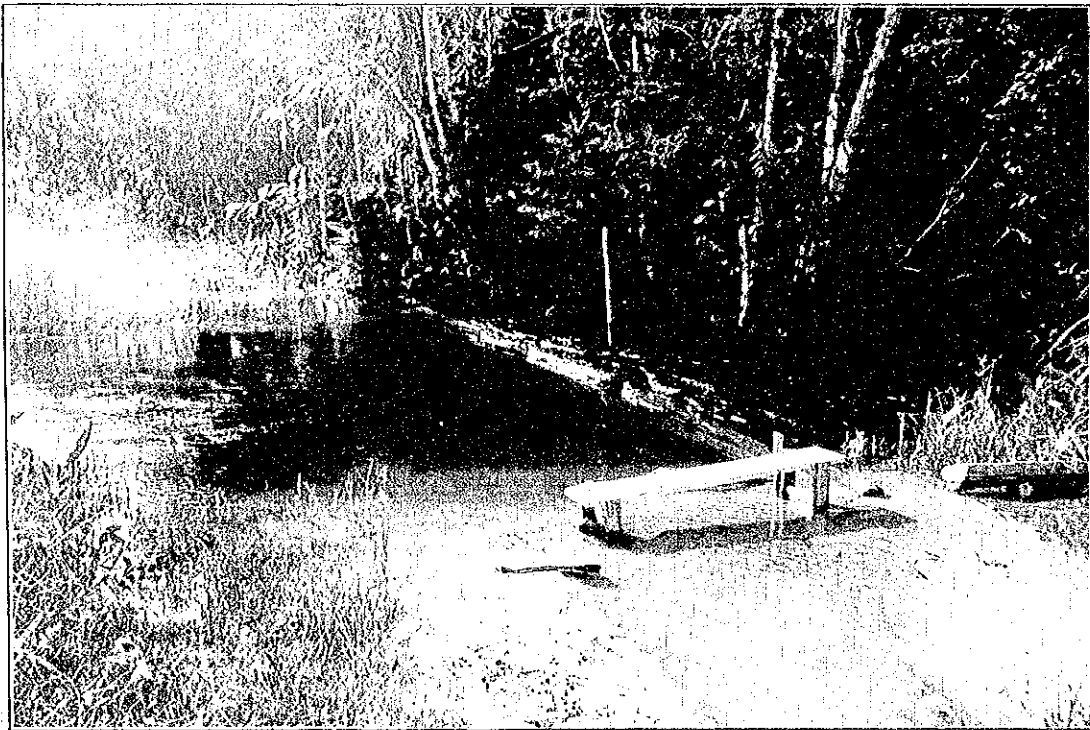


図8 ジェライス・デ・バルサス事業地水量測定水サンプリング地点MA 5。26 基のピヴォが設置されたが、水量に問題はない。保留地特に回廊林が多いためか水質に特に問題はない。

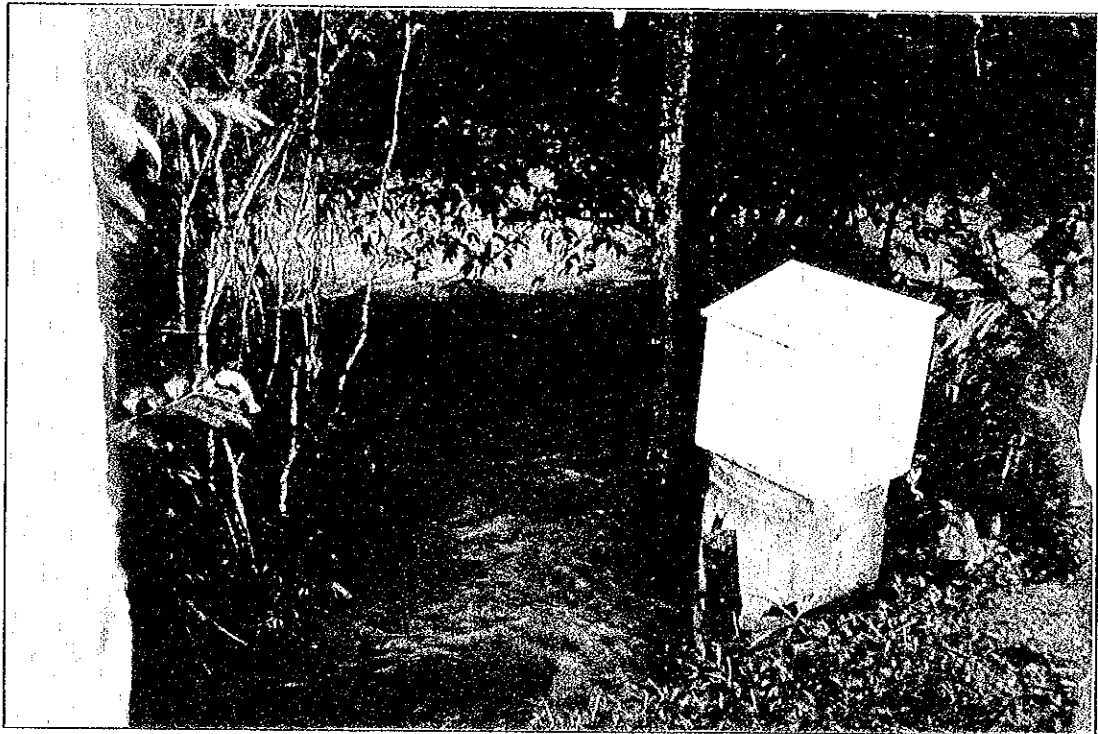


図9 ペドロ・アフォンソ事業地水量測定水サンプリング地点PA5。白い木箱の中には水位計があり、ラジアド川の水位の変化を記録している。事業地にはピヴォが2基設置されたのみである。建設が予定されている残り39基のピヴォの水を確保するためにも水位変化の記録を継続しなければならない。

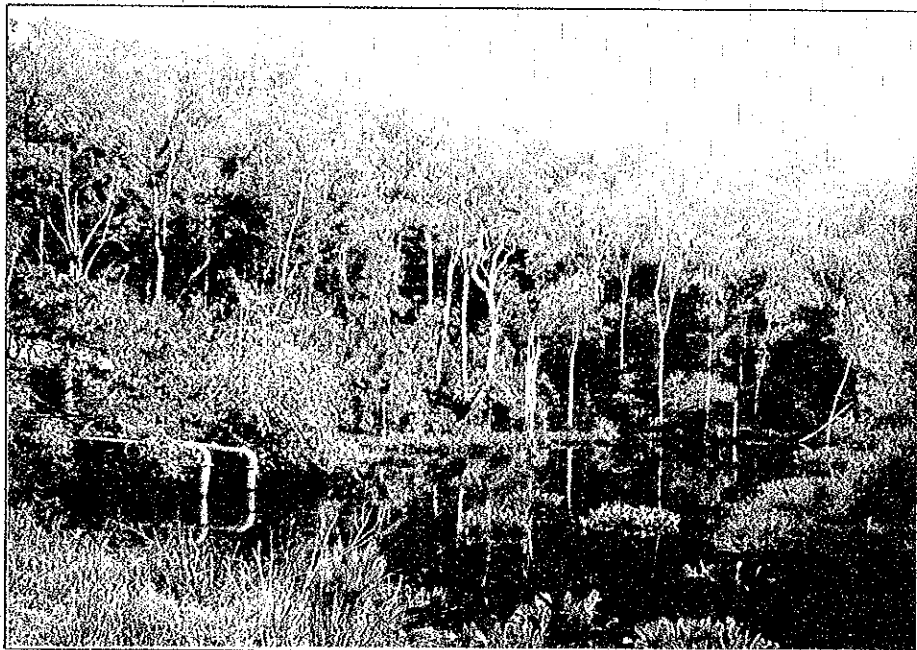


図10 イライ・デ・ミナス事業地は、設置されてから20年以上になる。よい水質が維持されている一つの理由は回廊林や湿地が保存されていて水の浄化に役立っているからである。水量測定水サンプリング地点IM5の上流のダム。



図 11 ジェライス・デ・パルサス事業地ロッテ 16 番保留地にある植生と昆虫の調査区。乾期に発生する野火は調査を困難にしている。野火が発生しても、セラードの植生は雨期になると芽をふき著しい回復をみせる。

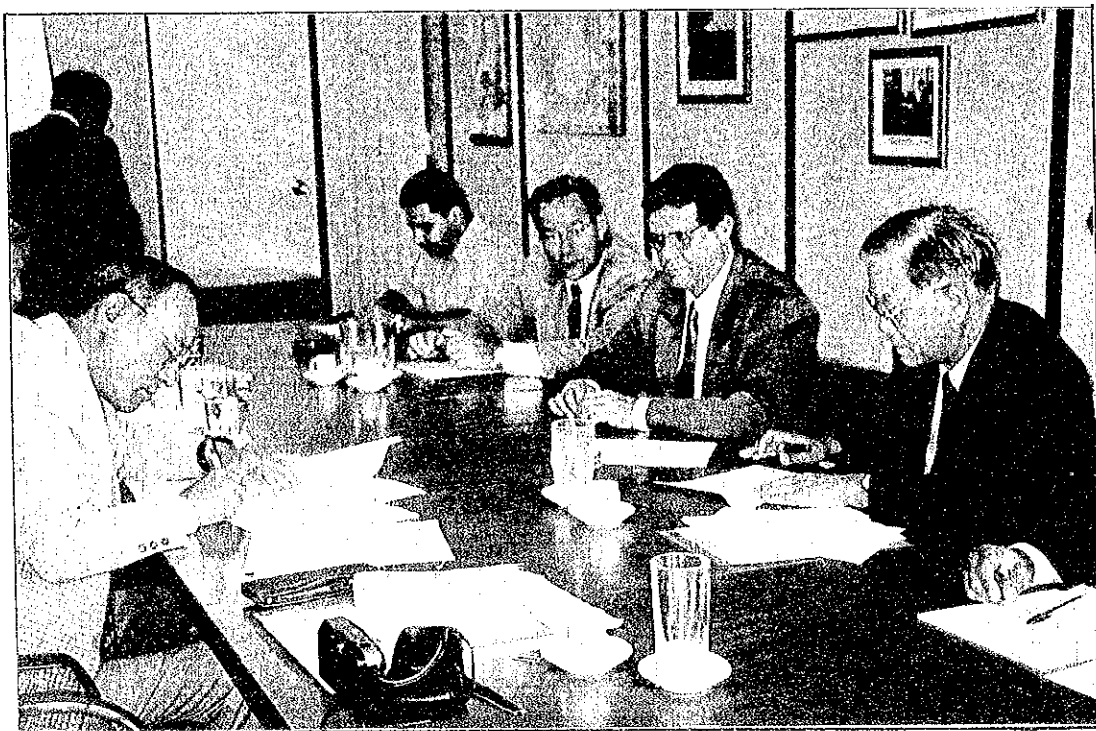


図 12 調査団とカンボ社は次の点で合意しメモランダムにサインした：(1) 調査結果の評価、(2) 調査結果のとりまとめ方、(3) 今後の調査のあり方、(4) 環境保全の観点から留意すべき事項及び総括報告書と出版物。

目 次

序 文	写真		
第1章	調査団の概要	.....	1
1-1	調査団の派遣目的	.....	1
1-2	調査団の構成	.....	2
1-3	調査日程	.....	2
1-4	主要面談者	.....	5
1-5	本年度の調査結果について	.....	6
1-6	まとめ	.....	9
第2章	第3期事業地のモニタリング調査	.....	11
2-1	土壌浸食	.....	11
2-2	水質・水量	.....	12
2-3	植生	.....	14
2-4	昆虫	.....	18
第3章	総 括	.....	22
3-1	土壌浸食	.....	22
3-2	水質・水量	.....	22
3-3	植生	.....	23
3-4	昆虫	.....	23
付属資料			
1.	作業監理調査団とCAMPO社との間で合意したメモランダム	.....	29
2.	マラニョン州バルサス地区事業地図〔バルサス地区の事業概要〕	.....	39
3.	トカンチンス州ペドロ・アフォンソ地区事業地図	.....	53

第1章 調査団の概要

1-1 調査団の派遣目的

「ブラジル・セラード環境モニタリング調査」は、セラード農業開発協力試験事業の事業地を対象に農業開発がセラードの環境に及ぼす影響について調査し、将来の環境保全に寄与することを主要な目的として、第1期・第2期事業地を対象に1992年度から5年間の計画で開始され、93年度には定点観測による本格的な調査（土壌浸食、水質・水量、昆虫）を開始した。また、95年度からは「植生」も調査項目に加えて調査が実施され、96年度に終了している。

第3期事業地においても、同事業の開始に合わせて、94年度から同様の調査を実施し、各調査項目についてデータは蓄積されてきており、99年度をもって終了した。

このような背景の下、今回の調査団は最終年度の作業監理調査で、下記の調査項目を主要な派遣目的として、2000年4月8日から23日までブラジルへ派遣された。

(1) 99年度の調査結果の評価・指導等

- ①土壌浸食、水質・水量、昆虫、植生の調査項目の調査結果を分析し、評価を行う。
- ②上記①の結果を踏まえ、調査手法等につきCAMPO社に対し指導・助言を行う。

(2) 第3期事業地の環境モニタリング（94～99年度）のまとめ、報告書の作成

- ①環境モニタリング（94～99年度）の各項目の調査結果、調査対象・手法、評価の総括的なまとめを行う。
- ②上記①に基づき、環境モニタリング全般に関して、CAMPO社に対して早期の成果品刊行にあたっての取りまとめのための助言・指導を行う。

(3) 成果品の有効な利用法についての協議

CAMPO社の取りまとめの作業につき、外部への公表も考慮した報告書とするよう指導するとともに、成果品の有効な利用法についてCAMPO社と協議する。

(4) 環境モニタリングの継続

関係機関に対し、本調査終了後のブラジル政府による環境モニタリング調査の継続を要請する。

(5) 99年度の補足的委託調査

- ①「植生」の「エッジ効果」（開墾が隣接するセラード植生に及ぼす影響）をロンドリナ大学

に委託しており、その情報収集と意見交換を行う。

- ②地上性昆虫のアリは種多様性が高く環境選択の種特異性が強いことから、環境指標生物として有効な分類群として考えられ、サンパウロ州立大学に「アリを生物指標とした農業開発に伴う保留地への影響評価」を委託しており、その情報収集と意見交換を行う。

(6) 第1期事業地（コロマンデル及びイライ・デ・ミナス）の現地調査

1-2 調査団の構成

須藤 高良	総括 農林水産省経済局国際協力計画課協力企画官
古畑 哲	土壌浸食／水質・水量 日本土壌協会土壌部部长
根本 正之	植生 東京農業大学地域環境科学部造園科学科教授
松村 雄	昆虫 農林水産省農業環境技術研究所環境生物部 昆虫分類研究室元室長
吉井 和弘	計画管理 国際協力事業団国際協力総合研修所国際協力専門員

1-3 調査日程

(1) 4月8日（土）

19：05 東京発（JL 048）

18：25 ニューヨーク着

(2) 4月9日（日）

19：30 ニューヨーク発（RG 817）機中泊

(3) 4月10日(月)

6:01 サンパウロ着
9:12 サンパウロ発 (J J 817)
10:02 クリチバ着
12:36 クリチバ発 (S L 119)
13:17 ロンドリナ着
午後 ロンドリナ州立大学訪問

(4) 4月11日(火)

7:20 ロンドリナ発 (T R 014)
8:45 サンパウロ着
サンパウロ大学訪問
18:00 サンパウロ発 (K K 532)
19:23 ブラジリア着

(5) 4月12日(水)

9:00 J I C A事務所との打合せ
10:00 大使館表敬
11:00 CAMPO 社表敬及び協議
14:00 CAMPO 社及びC P A C (セラード農牧業研究センター) との協議

(6) 4月13日(木)

8:00 ブラジリア発 (チャーター機)
10:20 ジェライス・デ・バルサス着
午前～午後 ジェライス・デ・バルサス事業地調査

(7) 4月14日(金)

8:00 ジェライス・デ・バルサス発 (チャーター機)
8:40 ペドロ・アフォンソ着
午前～午後 ペドロ・アフォンソ事業地調査

(8) 4月15日(土)

10:00 ペドロ・アフォンソ発(チャーター機)

12:20 ブラジリア着

(9) 4月16日(日)

10:00 団内打ち合わせ

(10) 4月17日(月)

9:00 CAMPO社との協議

14:00 CPAC訪問

(11) 4月18日(火)

8:00 CAMPO社との協議及びメモランダム署名

15:00 JICA事務所報告

16:30 大使館報告

19:30 調査団主催夕食会(於湖水)

(12) 4月19日(水)

9:00 農務省報告

11:00 ブラジリア発(陸路)

15:00 コロマンデル事業地着

コロマンデル事業地調査

18:00 コロマンデル発(陸路)

18:30 モンチ・カルメロ着

(13) 4月20日(木)

8:00 モンチ・カルメロ発(陸路)

8:30 イライ・デ・ミナス着

イライ・デ・ミナス事業地調査

11:00 イライ・デ・ミナス発(陸路)

18:00 ブラジリア着

(14) 4月21日(金)

19:20 ブラジリア発 (R G 267)

20:45 サンパウロ着

(15) 4月22日(土)

0:05 サンパウロ発 (J L 047) 機中泊

(16) 4月23日(日)

12:55 東京着

1-4 主要面談者

ヒカルド・ヴィレラ・ジ・ソウザ	農務省次官補佐
ロベルト・プロエンサ・パサリニョ	農務省地方支援農協局野菜生産監査及び振興課課長
カルロス・エンヒケ・ジ・カルヴァリョ	同課 PRODECER 支配人
カルロス・マギノ・ホシャ	セラード農牧研究所所長
エドワルド・デウガド・アサジ	同研究所技術部長
ジョゼ・フェリベ・ヒベイロ	同研究所植生研究員
アマビリオ・アイレス・ジ・カマルゴ	同研究所昆虫研究員
ポベルト・カルロス・ブランドン	サンパウロ大学動物学教授
クリスチナ・ヤマモト	同大学動物学博士課程
マルシオ・アルメイダ	ロンドリナ州立大学副学長
ジョゼ・カルロス・ヴィエラ	同大学農学部部長
エフライム・ホドリゲス	同大学農学部造園生態学教授
ジョエウ・レアンドロ・ケイロガ	同大学造園生態学博士課程
エミリアノ・ペレイラ・ボテリョ	日伯農業開発株式会社社長
筒井 茂樹	同社副社長
秋本 満義	同社財務部長
アウヴァロ・ルイス・オリオリ	同社技術部長
クニヨシ・ヤスナガ	同社役員補佐
マルセロ・デ・メロ	同社役員補佐
アントニオ・ジョアン・ジ・オリヴェイラ	同社補助員
ホムロ・モリノ	同社バルサス事務所所長
アレックス・ピニエイロ	同社バルサス事務所所員

マリオ・イノウエ	同社バルサス事務所所員
ヴィルシリオ・アマラウ	同社ペドロ・アフォンソ事務所所長
マルコズ・ジ・ハモス	同社ペドロ・アフォンソ事務所所員
三輪 昭	在ブラジル日本国大使館公使
高川 定義	同大使館参事官
横山 洋	同大使館二等書記官
清水 純一	JICA 専門家
蓮見 明	JICA ブラジル事務所所長
伊藤 高	同事務所次長
藤島 誠	同事務所次長
吉田 憲	同事務所所員
ジュリオ・イノウエ	同事務所所員
ヒサシ タナベ	通訳

1-5 本年度の調査結果について

(1) 作業監理調査団と CAMPO 社との間で合意したメモランダム

バルサス及びペドロアフォンソ地区の調査実施及び CAMPO 社との協議の結果、4月18日署名を行った。(別紙参考)

(2) 各調査項目(土壌浸食、水質・水量、昆虫、植生)の調査は、計画どおり実施されており、CAMPO 社の技術担当者は、日本での研修及び我が国専門家の指導等によりその手法はほぼ修得されている。今後、CAMPO 社によりモニタリング調査は続ける方針である。

(3) 調査の継続

本セラード環境モニタリング調査は世界的にみても貴重なデータを提供するものであり(未開の原野の開発前——造成中——造成後のプロセス調査)、今後の環境の変化をモニタリングしていくことは、行政上、地域の環境問題への対応上必要なものである。これまで実施してきた各4つの調査項目について、次の理由からも継続することが望ましいとの各専門家の観点からも、今後とも調査の継続が必要であると思料する。

- ① セラードの土壌は土壌浸食を現在それほど受けていなくても年数の経過により土壌浸食を受けやすくなる性質があり、また、不耕起栽培は土壌浸食防止に効果的と見られるが、作物の種類、除草方法、作物生産力、経済性等の見地からその適用性について検討は、今

後のセラード農業開発の拡大が予想されることから重要であり、長期的な継続調査が必要

- ② 作物生産や生活に伴う河川水の利用状況がなお流動的であり、今後も水質の変動が続くと見られる。水質の汚染・汚濁の目安として必要最小限の項目としては、pH、EC、NO₃-P、COD、SS等であるがCAMPO社の土壌分析室はこれまでの研鑽による技術で十分対応可能であるので、引き続き水質調査を継続すること
- ③ 典型セラード植生においては、農地開発が木本植生に与える影響の評価は調査期間が5年間では短いことが判明。今後とも3～5年間隔で長期的にモニタリングを行うことが必要。また、湿性植物の草本類は、木本類に比して変化が早いので、でき得るならば年1回程度のモニタリング調査の継続が望ましい
- ④ 昆虫については、農地開発に伴う生物多様性への影響は長い時間の経過により現れるので、生物学的環境モニタリングは短期間では正確な影響評価ができないことから、少なくとも3～5年間隔で継続することが望ましい

このことに関しCAMPO社は、これまでの約20年間のセラード開発事業はブラジルの農業に多大の影響を与えたが、環境問題への配慮も必要であり、NGOへの対応（現在は、ひとりの騒ぎはない）等にも配慮が必要であると認識している。CAMPO社は引き続き資金を調達して調査を継続したい。4調査項目のうち、土壌浸食及び水質・水量については自助努力により調査の継続は可能である。しかし、昆虫及び植生についてはブラジル政府農務省及び日本（JICA）の協力（経費）を要望したい。特に農務省に対する要請のためにも、メモランダムに明記しておいてもらいたい旨の強い要望があった。

調査団としては、あくまでもCAMPO社等ブラジル側で調査継続されるものであると説明した。しかしながら、我が国のこれまでの協力（開発協力試験事業、モニタリング等）を実施してきた経緯もあり、今後においてCAMPO社等から協力要請が出されることは十分にあり得ること、セラード農業開発試験事業開始から終了まで、長期にわたるモニタリング調査は世界でもあまり例のない貴重な調査であること、CAMPO社がブラジル農務省に協力を要請する場合にも、メモランダムに「関係者間で別途協議する」旨、記述されていることが必要であるとの申し入れがあり、次のとおりメモランダムに記述した。

7. その他

- 3) 今後の調査は継続する方針であるが、その経費については関係者間で別途協議すること

ととする

農務省・パサリニョ振興課長の表敬（4月19日）において、環境モニタリングのブラジル側での調査継続を調査団が要請したところ、同課長は、「ブラジル東北伯において綿花生産をしており、その害虫に対するモニタリングを行っている。セラードの農業開発による環境モニタリングは重要であり、継続していきたい。」と回答した。

(4) 著作権及び成果の公表

CAMPO社から、データの公開を環境庁水資源局から要請されており、報告書を提出した早い段階で実施したく今後協議したいとの要望があった。

理由としては、環境庁水資源局はペドロ・アフォンソの水路の融資を出してくれる部署であるとのことであった。調査団としては、公表の際には生のデータをすべて出すのではなく慎重な対応が必要であると説明した。

著作権については、メモランダム7の2)に記述したとおり、本調査によるデータ等はすべてJICAにある。CAMPO社等がその公開を行う場合には、公開の時期、場所、公開内容等についてJICAに事前の承諾を得ることが必要であるとし、CAMPO社側は了解した。

(5) 環境保全とその啓蒙

メモランダム7の1)に記述。

〔CAMPO社は事業地及びその周辺の住民を対象に、農業開発における環境及び生物多様性の保全について、啓蒙教育に留意する。〕

農業開発事業地及びその周辺の住民を対象に、農業開発における環境及び生物多様性の保全の必要性を教育（啓蒙）する必要がある。持続的な農業の推進には環境に留意し（法定保留地の保持、人工的な火災の防止、環境モニタリング地域内の保持等）について、例えば、小学校の生徒に対し啓蒙していくことが重要であると調査団及びCAMPO社等で意見が一致した。

このことについて、農務省・パサリニョ課長は「このことは重要である。農務省、環境庁に対し、環境保全に対する啓蒙を小学校に取り入れるアイデアを上申したい」と述べるところがあった。

(6) CAMPO社からの要請（調査機材）

CAMPO社は、今後の調査継続を実施していくうえで下記の2点について協力支援を要請した。

①水量計のボール（ブラジルにはないため）

②光波器のGPS用強力バッテリー 2個(20時間耐電するバッテリー、1,200ドル/1個)

(7) 第1期事業地及び第3期事業地の調査結果

①第1期事業地(コロマンデル)

第3期の事業地と比べ条件は良い(標高1,000m、涼しく、雨量もある、市場に近い等)。今回上流の第1地点を調査したところ、96年以降あまり人が入らず、調査地点までの道がわからず、ポイントまでの到達に手間取った。

調査地点は湿地(腐葉土状)になっており、約1m弱の川になっており、この地点のすぐ上流はコーヒー園、大豆畑になっているにもかかわらず水は澄んでいる。第2から第4地点の状況も水は澄んでおり、魚がいる。特に第4地点は回廊林(政府が松の植林を奨励)、湿性植生が多く残存しているためか水は豊富に流れている。第5地点は生活用水の影響かやや汚れている。

20年近くの開発、営農ではあるが比較的良い状況にあると思われる。しかしながら、農業者は生活用水を使用しており衛生上の観点から、また、将来の環境問題の観点からも水質調査を継続していく必要があると思料する。なお、今後の農業開発にあたっては、水源地の近くは保留地を、特に広い幅のある回廊林を残す必要がある。

②第3期事業地

マラニョン州バルサス地区及びトカンチンス州ペドロ・アフォンソ地区。両地区の川はCOD(化学的酸素要求量・有機物)が増加している。また、SS(個体浮遊量)については、特にペドロ・アフォンソ地区(ラジェアード川)は源流部を除いて多く、濁っている(バルサス地区は比較的少ない)。これは、河川周辺の回廊林、湿性植物の分布等に起因するのとその関連性や開発による影響なのか生活等の人為的な要因なのかについても調査する必要がある。

現地調査した時期は雨期の終わりであるが、今年は特に雨が多かったとのことであるが、たまたま1時間に50mmの豪雨にみまわれ、その直後に、ペドロ・アフォンソの17番区を調査したところ、大豆等の不耕起栽培を実施した箇所であるが土壌浸食はみられなかった。今後における栽培が土壌浸食にどのように変化するかを見極めることも重要である。

1-6 まとめ

(1) 本調査は、プロデセル1、2事業地における農業開発が環境面に与える影響(調査は、水質・水量、土壌浸食、植生)を既存の手法によって定期的に観測し、基礎的データをそろえることを目的として92年度から始められ、94年度からは「昆虫」も調査項目に加え、99年度を

もって終了した。

これまでの8年間の調査は、CAMPO社及び日本側の専門家等により貴重なデータが収集され、第3期の調査結果についても現在取りまとめ作業に入っている。

この調査は既存開発事業地における将来の環境問題に備えるための調査であるが、CAMPO社ではこれまでに96年の「第8回熱帯サバンナ・セラード・シンポジウム」においてセラードの生態的保留地の植物について発表したり、セラード農業に関連したセミナーを開催してセラードの農業開発による植物相の環境影響について発表している。ブラジル政府においてもこのモニタリング調査を高く評価しており、ブラジル農務部等は、調査資料の公開を要望している。

(2) 日本側専門家の所見（今回の報告）によれば、各調査項目のデータの収集及び分析ではまだセラードの特性について解明できた訳ではなく、更に調査継続が望ましいと結論づけている。

(3) したがって、今後のセラード環境モニタリング調査に関しては、次の事項について提案したい。

- ① 3～5年ごとの調査継続の予算措置を講じ、調査の継続を行う。その際には、JICAはブラジル政府及びCAMPO社等と検討をする必要がある。
- ② CAMPO社が99年度までの調査を取りまとめたあと、JICAはセラード調査の関係者と協調してダイジェスト版の発行等により資料の公開を行う。

第2章 第3期事業地のモニタリング調査

2-1 土壌浸食

(1) 調査結果の評価

1999年度の調査は計画どおり実施され、1999年度と1998年度の等高線比較図がカラーで表示され見やすい図が作成されている。さらに土壌浸食の部分を斜線などで示すとより見やすくなると思う。CAMPO社の担当者は土壌浸食の測定技術をはば習得したとみなされる。

(2) 調査結果の取りまとめ方

1) 等高線比較図から土壌浸食の状況を判読すると、バルサス地区32番区では高度差0m線より上部及び-0.9~-1m線の部分の等高線が乱れており、これは土壌浸食防止用の畦が設置された影響とみられる。したがって両方の畦の部分はずし、両畦に挟まれた区画を土壌浸食量計測の対象として取り扱ったほうが良い。

2) ベドロ・アフォンソ地区17番区は前年度までの計測結果では土壌浸食がかなり起こっており、リルエロージョン（雨裂浸食）も観察されていたが、本年度の測定結果では浸食量が非常に少なかった。この点について担当者に問い合わせたところ、本年度現地圃場では浸食防止を意図してパールミレットと大豆の不耕起栽培を実施したとのことであった。

たまたま現地調査の際に、1時間足らずの短時間に約50mmの豪雨に遭遇した。道路の各所でたちまち水溜まりを生じ、分乗した車の1台がぬかるみにはまり立ち往生し、また、農地では表面流去水が激しく流出し、それに伴い土壌浸食が発生しているところも見られた。降雨が止んでまもなく、17番区に立ち寄ったが、圃場面には水溜まりがなく、土壌浸食も見られなかった。土壌浸食を受けやすい砂質土からなる圃場において、土壌浸食防止対策が顕著な効果をあげていることをまさにこの目で確かめた訳である。これらは有意義な成果であり、昨年度までの結果と対比して取りまとめ、早急に学会などへの発表を行うことが望まれる。

3) 調査区画のなかには、土壌浸食の箇所もあれば、土壌堆積の箇所もある。それも同一の等高線のところでも土壌浸食と土壌堆積が混在している。報告書には土壌浸食/堆積のヒストグラムが高度差ごとに示されているが、浸食量と堆積量の差引量で書かれているので、同一の等高線における土壌浸食と土壌堆積の混在の状況が分からない。差引量とともに浸食量、堆積量を同一ヒストグラムに表示したほうが実態をより良く表示できると考えられる。

(3) 今後の調査のあり方

セラードの赤黄色土壌はもともと団粒構造がよく発達し、通気性、透水性が良好な土壌である。しかし、大型トラクターなどによる土壌の圧密によって団粒構造が破壊され、その結果、透水性が不良になるとあいまって、土壌粒子が分散しやすくなる。いったん破壊された土壌団粒を復元させることは現場の圃場では極めて困難である。こうしたことから、現在、土壌浸食がそれほど起こっていない圃場でも、年数が経て耕作を重ねていくと、土壌浸食を受けやすくなるとみられる。したがって、土壌浸食の調査を実施している圃場において、今後、土壌浸食の程度がどのように変化するのを見極めることが重要であり、長期的な継続調査が望まれる。

(4) 今後の問題点

- 1) 不耕起栽培は土壌浸食防止に効果的であることが確認されたが、作物の種類、除草方法、作物生産性、労力、経済性などの総合的見地から、その適用性についての検討が必要である。
- 2) 土壌浸食防止のためにかまぼこ状の畦が等高線に沿って設置されているが、斜面の下部において畦の一部が決壊し、土壌浸食を生じているケースがバルサス地区の現地調査の際に見られた。地表面流去水が畦の内側に集中した箇所が決壊が起こっていることから、この箇所には素掘りの穴を設けて侵透水として排水させる方法が有効と考えられる。

2-2 水質・水量

(1) 調査結果の評価

1999年度の調査は計画どおり実施された。CAMPO社の担当者は水量の測定技術についてはほぼ習得したとみなされる。

(2) 調査結果の取りまとめ方

- 1) 第3期の事業地区では、農地造成以前、造成中、及び造成直後の各ステージにおいて、水質・水量のデータが収集されている。こうしたデータが得られているところは世界的に見ても極めて少ないと思われ、貴重な情報を提供することができる。ステージごとの水質・水量の特徴を解析する必要がある。
- 2) 水質の汚染・汚濁に特に関係する項目としてはpH、電気伝導度（EC又はCOND）、NO₃-P、COD、SSがあげられる。我が国においては、生活環境にかかわる環境基準——河川のB

類型（水道3級：前処理を伴う高度の浄水操作を行うもの）では、pH6.5～8.5、COD 3 ppm以下、SSは25ppm以下、生活環境にかかわる環境基準——天然湖沼及び貯水量1,000万m³以上の人工湖を対象とする——のA類型（水道2・3級：沈殿濾過等による通常の浄水操作又は前処理を伴う高度の浄水操作を行うもの）ではpH6.5～8.5、COD 3 ppm以下、SS 5 mg/l以下とされている。

ここではpH4.99以下、NO₃は1 ppm以上、CONDは10 μs/cm以上、CODは3 ppm以上、SSは5 mg/l以上を一応の基準として、96年度から99年12月までの期間の変動をみたところ、変動の大きかった項目はCODとSSであった。CODは両地区とも1998年度以降増加している。

このことは有機物による汚染を示しており、その原因が農地開発の影響によるのか、あるいは他の人為的な要因によるのか確かめることが農業と環境保全の調和を図るうえで重要である。また、SSはペドロ・アフォンソ地区では源流部を除いて多く、一方、バルサス地区では少ない。これは河川周辺の回廊林、湿性植生の分布と配置との影響が大きいと推定されるので、その関連性について検討する必要がある。そのほか土壌改良資材や肥料の成分と関係するイオンの動向についても見解を明らかにすることが重要である。

- 3) 水量に関して、バルサス地区では、10年間の渇水流量のデータからテンメード川の渇水期における流量が3.6 m³/sと推定されていたので、開発前の約束として渇水期に事業地内で使用可能な流量はその1/2の1.8 m³/sであり、残り1/2流量を下流へ放水することとされた。当初の計画では下流にダムが建設され、セントラルピポットが全部で41基設置される予定であった。しかし諸般の情勢の変化から、ダム建設が中止となり、またピポットも26基にとどまっている。こうした計画の縮小もあって、テンメード川の最下流部に位置するMA-5及びMA-6地点において、毎月1回測定している水量は現在までのデータによると、渇水期でも、2.2 m³/s以上となっており、約束が完璧に守られている。しかし、将来、ピポットの増設が計画される場合も予想されるので、1/2流量を保証するにはどれくらいの数まで可能であるのかを、これまで実測で得られたデータを基に詰める必要がある。

ペドロ・アフォンソ地区では年によって気候の変動が大きく、地区内を流れるラジェアード川の流量も雨季と乾季では大きく異なっている。セントラルピポットは全部で41基設置される予定で、そのうちラジェアード川からは39基の灌漑水を取水する計画が立てられている。最下流部に位置するPA-5地点の流量は、最近2年9か月の実測によれば、雨季には16.9 m³/sと多いが、渇水期には1.6 m³/sと極端に低下している。39基が渇水期に稼働すれば、約2 m³/sの流量が必要と聞いているが、そうであれば灌漑水の供給が全部に行き渡らなくなる。このような微妙な問題が存在するので、データを解析してピポットの

稼働に支障のないような配置計画を再検討する必要があると考えられる。

(3) 今後の調査のあり方

- 1) 両事業地区においては、生産や生活に伴う河川水の利用状況がなお流動的である。当然ながら水質の変動もしばらく続くと考えられる。水質の汚染・汚濁に特に関係する項目である pH、COND、NO₃、P、COD、SS の分析は、CAMPO 社の土壌分析室においても現在の技術水準で分析することが十分可能であり、少なくとも数年間はモニタリングを続けていくことが、行政や地域などに対応するうえで必要と考えられる。
- 2) 両事業地区とも灌漑施設はまだ整備途上にある。整備の進行に伴って今後河川の水量が現在より減少することは間違いないとみられる。灌漑が当初予定されていたセントラルピボットの設置数どおり実施されたとしたら、用水量の不足が懸念されるところである。したがって灌漑の実施計画の万全を期するために、モニタリングを更に継続して行いデータの蓄積を図る必要がある。

(4) 今後の問題点

灌漑水の水質は常に一定の基準を満たす必要があるが、そのためには回廊林や湿性植生による水質浄化機能を活用することが重要である。水質浄化機能を失うと灌漑水としての利用が困難になるので、事業地区内の回廊林や湿性植生の保全には格別留意することが重要である。

2-3 植生

(1) 調査結果の評価

セラード地域の自然植生を開墾して農耕地を造成したときに予想される、耕地に隣接した保留地の植生に及ぼす影響を評価するため、マラニョン州バルサス地区の保留地内に設定した継続調査地点で 1995 年より 1999 年まで植生動態がモニタリングされた。

この植生動態調査は毎年、雨季の始まる 11 月に主としてセラード農牧研究所の J. フィリップ・リベイロ博士をリーダーとする植生グループが担当した。

未開墾地の植生は法定保留地内の典型セラード植生 (Cerrado Tipico) と、テンメード川添いに発達した回廊林 (森林法の規定対象となる永続的保護地；法律第 7803 号) 及び湿性草原に大別されたが、その大半は前者の典型セラードであった。一方、後者の湿性植生域は面積的にはわずかでも、生物多様性に富み希少種がみられるうえ、農業生産活動の影響を強く受けることが予測された。そこで湿性草原も含むそれらの代表的と思われた 6 か所に観測地点を設け調査が行われた。ただし、今回のモニタリングには回廊林の植生調査は含まれていない。

1) エッジ効果

環境モニタリングの最終年度にあたる 1999 年度は吉井専門家からの強い要請によりロンドリナ大学のエフライム博士のグループも加わり、エッジ効果（開墾が隣接するセラード植生に及ぼす効果）をランドスケープ・エコロジーの手法で解析した。

そのため、今回はまずロンドリナを訪問、大学研究室においてエフライム博士に依頼した調査の結果について意見を交わした。博士が行ったGIS（地理情報システム：空間的な位置データを伴う情報を処理することのできるコンピューターシステム。位置データとして衛星データを使用した。）による解析の結果、典型セラードと想定された地域はいくつかの異なる植生タイプからなる植生モザイクであるため、フィリップ博士らの行ってきたライン法あるいはベルトトランセクト法ではエッジ効果を十分解析できないことが判明した。今後、エフライム博士は植生タイプ別の影響調査を行いたいとのことであった。

バルサス地区における J. フィリップ、ブルーノ・マシャード、マリヤ・ルシアらによる植生調査に関する 1999 年度のレポートは木本類と草本類に分けて報告された。

2) 木本植生

木本植生は、群落構成種の 1995 年からの年次変動と植物群落構造について考察がなされているが、1999 年 11 月の調査結果の解析はまだできていない。群落を構成する上位 10 種は常に総重要値（IVI）が 50% 以上を占めていたが、1998 年に 4 種の消滅が確認された。又、同年は枯死植物が著しく増大したが、それは木本植生のモニタリングを行っている典型セラード域の全域で大規模な火災が発生したためである。

1997 年までは耕作地に隣接するエリアで植生変化が起こりつつあったが、1998 年に発生した大火災により、耕作地より距離の離れた区画でも大きな変化がみられた。1996 年にも火災は発生しており、この時点で防火帯を設けたのであるがその役割はほとんど果たせなかった。火災発生後 1 年以上経過してから現地視察したが、大半の植生は回復しているものの、まだ炭化した枯死木が多くみられ、大火災が発生したことは十分認められた。幹の直径が 3 ~ 5 cm の個体に枯死木が多く発生、*Erythroxylum* と *Stryphnodendron* が最もダメージを受け、それらは樹皮の焼却により枯死した。

一方、*Vatairea* と *Eschweilera* は増加がみられたが、これは若木に火に対する耐性があるためと思われた。火とセラード植生は共進化してきたといわれるものの、1996 年と 1998 年の火災は人間の行為による失火であろうとのことであった。

すべての調査地で開墾直前（1995 年）より 1997 年にかけて自生種が新たに加わったため種多様性が増加したが、1998 年の大火によって元に戻ってしまった。希少種も火のダメージを受けたという。ところで枯死植生の密度は火災とは無関係に上昇しているという。また樹

冠被度は年変動が大きい、これは調査時期の気象条件の違いによるものであろうという。農業生産活動が木本植生に悪影響を示すものか否かについては、それが永年種で生活史のサイクルが長い植物であるため現段階では答えを出せないという。

木本調査の手法については、ほぼ習得されたとみなされるので、今後とも木本の個体調査を継続することが不可欠である。

3) 草本植生

法定保留地内の典型セラード (Cerrado Tipico) の2か所と湿性草原 (カンボ・ウミド) の4か所で1997年度より1999年度まで継続調査が行われた。1999年度の調査は2000年3月に行われたばかりであり、合計3回の調査結果に基づき植生変動の解析が行われる予定である。2000年8月までに提出することになっている小冊子の原稿としてまとめられることを期待している。

本年度のレポートによれば、典型セラードにおいて耕作地の隣接地点において初めてセラード特有のイネ科雑草である *Borreria* sp. と *Eleusine indica* が認められた。また、湿性草原においては人間活動に関係が深いといわれる *Sclerolobium* sp. の増加が地下水位の低下が予測される地点で観察された。

草本植生に関しては、1) 植物種の同定がまだ完全でないこと、2) 湿性草原においては調査地がぬかるんでいることから、ワク法による植生調査は非常に時間を要すること、また3) 湿地に踏み込んで調査することによる対象草本植生へのダメージが極めて大きいことなどから、植生調査やサンプリング技術の面で解決しなければならない点も多い。

(2) 調査結果の取りまとめ方

1) エッジ効果

典型セラードといわれる場所が異なる植生タイプのモザイクから成り立っているらしいことは、既に J. フィリップ博士らのグループも指摘している。すなわち、彼らの説明ではラトソル土壌においてはセラードデンソ (木本植生の密度が高い) で、ラトソルと結核型ラトソルが混在する場所はセラードハーロ (木本植生の密度が低い) がそれぞれ優占し、この事実は種数-面積曲線が階段状を呈することからも明らかであるという。したがって、エフライム博士によってその位置と広がりが見えれば、例えばセラードデンソとセラードハーロとは別々にエッジ効果を検討する必要がある。

2) 木本植生

モニタリングの当初より懸念していたとおり、失火による影響が大きく、特に1998年の

失火はロッテ 23 区において特徴的な植生のすべてを焼いてしまったという。したがって、①農業生産活動と失火頻度との関係及び、②農業生産活動と火災発生場所との関係を十分把握し、解析することで今後、人為による失火を極力抑える必要があるが、はたして 1995 年以前の火災に関する情報が得られるものか、失火をくい止められるものかなどいささか心許ないところである。

既に火災の影響を受けやすい種と受けにくい種に大別して、その概要が報告されているが、更に詳しい生態的特性の解明が待たれるところである。

3) 草本植生

過去 3 年間にわたる植生動態について、地下水位の低下によって増加した種と減少した種に分け、種類別にそれらの生態的特徴を明らかにすること。またその成果は小冊子に盛り込むことが望ましい。更に今後は湿性植生に兼ね備わっていると考えられる水質浄化機能についても明らかにする必要がある。

(3) 今後の調査のあり方

1) 木本植生

農耕地の造成が木本植生に与える影響の評価は、上述のように調査期間が 5 か年では短すぎる事が判明した。今後は毎年定期的に調査を継続することは難しいだろうが、せめて 3～5 年間隔で長期的なモニタリングを行えば貴重なデータが蓄積されることは間違いない。従来からの J. フィリップ博士らによる植物群落学的な手法と、エプライム博士らによるランドスケープ・エコロジー的手法の双方で長期モニタリングができれば理想的である。

上述したように、モニタリングのための調査地点近傍の農地から火災が発生しないよう、万全の策を立てること。万一、火災が発生した場合、その原因が人為的なものなのか、自然の火なのかなど詳細に調査する必要がある。

2) 草本植生

草本群落は木本群落と比較し、植生変動が著しい。セントラル・ピボなどによる灌漑水のくみ上げにより、更に地下水位の低下が予想されるので、今後も年 1 回程度のモニタリングを継続実施するのが望ましい。

(4) 環境保全の観点から留意すべき事項

灌漑水を周辺の小河川よりくみ上げる場合、その周辺に希少種を含む回廊林や湿性草原などの湿性植生が存在するか否か事前に十分調査する。存在する場合には希少種を含む湿性植生全

体の保全を考慮して灌漑施設を設計すること。

これまで人為によると推測される火災によって、植生が著しい影響を被ってきた。このような失火を抑えるためには、小学校教育の一環として幼少の頃より現地住民に対し環境教育を徹底することが肝腎である。

2-4 昆虫

(1) 調査結果の評価

1999年度の昆虫調査はガ及びアリについて計画どおり実施された。

ガについては、3月に調査を実施した旨の簡単な中間報告が提出された。4月時点で標本整理・同定作業の途中にあり、データ整理ができしだいCAMPOへ年次報告を提出することを約した。

ガは飛翔昆虫であり移動性が大きいので指標昆虫として選択したことが問題視され、調査委託者の研究能力や調査継続の是非について疑問視される論議が過去にあった。担当者が初期に委託者と接した印象も確かに心許なく、本人も当初は確たる問題意識がないままにプロジェクトにかかわったが調査を進めていく過程でしだいに環境モニタリングについて認識をもつようになったと述懐している。プロジェクトの目的に沿ったまとめ方の可能性について一抹の不安を抱いていたが、今回委託者と報告書の内容検討を通じて、その不安はかなり霧散したといえる。前年までの担当者の助言を内容によく取り入れ、生物統計の分析方法について同僚専門家に相談し、分析結果を昆虫研究者に示して意見を求めるなど改善工夫に努力が見られ、年々内容的にレベルアップが認められることを評価する。

アリは雌雄の翅アリが出現する交尾期以外の大半の期間を無翅で巣を中心に活動する地上性昆虫で、種多様性が高く環境選択の種特異性が強いので、環境指標生物として有効な分類群と考えられる。それゆえ、補足的に1999年度1シーズンに限り、サンパウロ州立大学カルロス・ブランダン教授に「アリを生物指標とした農業開発に伴う保留地への影響評価」の調査を委託した。

4月11日午後、調査団がブランダン教授をサンパウロ大学動物学博物館に訪ね、調査内容と進捗状況について説明を受けた。教授の指導の下許で大学院生2名が調査分担し、11月及び3月にバルサスで現地調査を行い、11月採集サンプルの整理・同定に基づくデータ入力中であった。まだ調査結果が示された段階ではないが、教授の豊富な研究実績と指導力から推して、その成果は十分期待できると判断した。

(2) 調査成果のまとめ方

バルサス事業区において1995年以来継続されたライトトラップによるガの採集調査で5年

間のデータが集積された。さらに、1998年以降は回廊林のMA-4、MA-5の両地点でもガの採集を行い、各地点における群構成の年次変動とその比較に基づき、農業開発が保留地の生物多様性に及ぼす影響評価を行う。

セラードの生物多様性に関する情報は乏しく、ブラジルでは最近ようやく本格的な研究が進められようとしている。それゆえ、今回の環境モニタリング調査で得られたガ相とアリ相のリストとその標本は、セラードの昆虫多様性に関する貴重な基礎情報としてそれ自身研究的価値があり、将来の昆虫調査に活用されよう。

ガの報告内容について指摘した留意点を以下に示す。

- ①種々の生物統計学的な分析を試みているが、数値が表す意味について説明が不十分であり、専門外の読者でも理解可能な平易な解説を付けるべきである。
- ②全体に量的分析に力を注いでいるが、質的分析は不十分なので重要種の質的变化に着目して記述を加える。
- ③多様度や類似度など様々な指数の算出を試みているが、そのうち最適なものだけ選択して示す。説明の付きにくいものは省略する。
- ④最優占種 *Anticarsia gemmatalis* はダイズの重要害虫なので、その変動分析を試みる価値がある。

総括報告書では、農地開発に伴う5年間の保留地におけるガ相の推移に基づいて多角的な分析を行い、影響評価をまとめる。特にインパクトのある内容について抽出し、分かりやすく解説する。

アリの調査では、アリを生物指標とした農地開発に伴う保留地への影響評価を行う。

(3) 今後のモニタリングのあり方

セラードの環境モニタリング調査に対するブラジル関係者の関心は高く、このプロジェクトの成果に期待が寄せられている。農地開発に伴う生物多様性への影響は短期では把握が難しく長期間にわたって効果が発現するので、長期にわたる観測の継続が望ましい。それゆえ、第3期事業の終了に伴って調査を中断するのは非常に残念なことであり、今後何らかの形で調査経費を確保し、少なくとも3～5年間隔で調査を継続することが望ましい。

(4) 今後の問題点

農地の薬剤散布にあたって害虫以外の生物への影響を考慮し、薬剤が保留地へ飛散しないよう極力留意すべきである。更に将来は、環境に影響のある化学的防除に替えて、環境にやさし

い生物的防除を採用するような方向へ進むべきであろう。

バルサス事業区の保留地では、この5年間に2度にわたり火災が発生し、植生及び昆虫の調査地がその被害を被った。火災の原因はいずれも人為的なものであった。セラードでは乾季の自然発火による火災がまれに発生する。しかし、人が入り込むと人為的な火災発生の頻度が増える。それゆえ、事業区では火の取り扱いに十分に注意して、保留地の人為的な火災発生を極力防止するよう心がけるべきである。また、自然環境保全と生物多様性保護に関して住民の協力を得るため、学校を通じて啓蒙し意識を向上させる努力が必要である。

(5) サンパウロ州立大学動物学博物館ブランダン教授訪問

サンパウロ州立大学ブランダン教授に、昆虫調査の一部として1999年度「アリを生物指標とした農地開発に伴う保留地への影響評価」の調査を委託した。調査団は4月11日午後、サンパウロ市イピランガ公園の一角にあるサンパウロ州立大学動物学博物館の研究室にブランダン教授を訪ね、2時間にわたり調査内容と進捗状況について教授から説明を受けた。

調査方法は、大保留地と小保留地の2地点に調査地を設定し、農地から保留地にかけて200mの平行線8本を引き、イワシ餌トラップを10m間隔で各地点計320個セットしてアリを採集する。採集サンプルはトラップ別に、アリの抽出→標本作製→同定→データ入力のと、分析し報告書を作成する。教授の指導の下に2名の大学院生がこの調査を担当し、1999年11月及び2000年3月（調査団訪問の15日前）にバルサス事業地で現地調査を行い、訪問当時は11月調査で採集されたサンプルの整理・同定・データ入力を進行中であった。まだ結果が示された段階ではないが、アリに関して豊富な研究実績をもち、現在8名の大学院生を指導して研究成果を上げているので、アリの調査に関して十分な成果を期待できると判断された。

(6) 現地視察

バルサス事業区では、1999年8月の乾季に保留地が大規模な火災に見舞われ、植生がかなり焼失したという。現地調査でロット16の調査定地点を視察したところ、立木の樹皮が黒く焼け焦げ地表面には黒い燃えかすが残り明確な火災の跡が認められ、一部に枯木も見られたが、大半の樹は若葉を再生していた。現場周辺の立木の樹幹に散見される茶褐色のボール状を呈したシロアリの巣は新しく、明らかに火災後に再生されたものである。ガの調査は2000年3月に予定どおり実施されたが、まだ結果が集計されないため火災のガ相に対する影響はまだ評価ができない。

1996年以来、バルサス事業地の農地生産と基地村落のインフラ整備が進み確実に発展する過程を年ごとに見る機会を得たことを喜び、将来に向けて事業がよりよく発展することを祈りたい。

コロマンデル及びイライ・デ・ミナスの第1期両事業区は今回の現地調査で初めて足を伸ばした。第3期事業地に比べて開墾の歴史が古く、生産量が安定して生活レベルが高いが、保留地の確保は十分でなく環境保全の配慮が必要のように見受けられた。