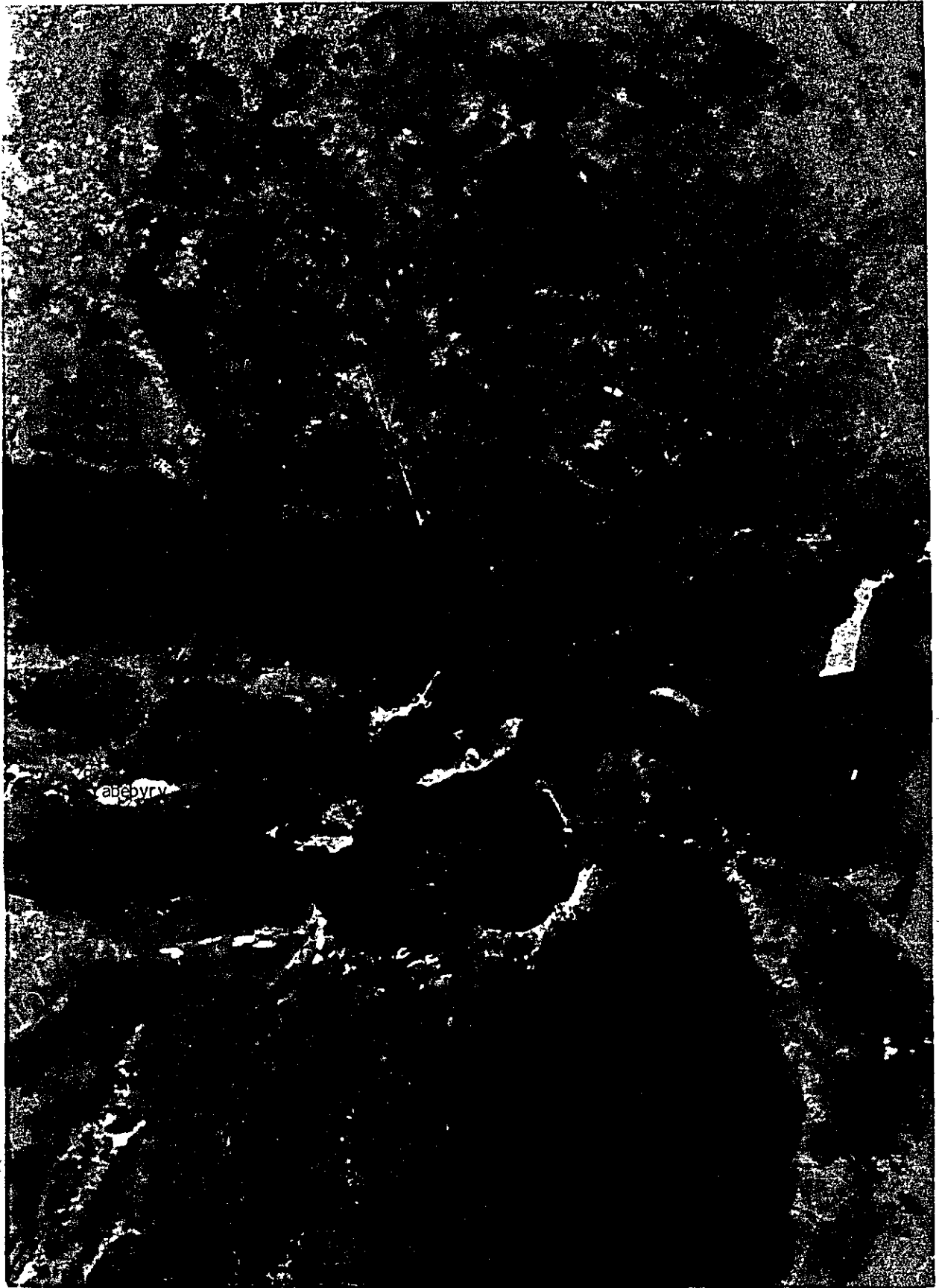


パラグアイ国
ヤシレタダム隣接地域農業総合開発計画
予察図作成調査報告書

昭和59年3月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 6. 21	708
登録No: 10426	80.7
	AFT



ヤシレタダム隣接地域 LANDSAT フォールスカラー画像



序 文

パラグアイ共和国は、アルゼンチン共和国と共同で両国国境河川であるパラナ河のヤシレタ島で水力発電所建設事業を実施している。その結果パラグアイ共和国は、両国の協定により水力発電所完成時に莫大な量の水を利用することが可能とされている。

このような背景から、同国政府はヤシレタ島に隣接する地域においてこの水を活用した農業開発を行うべく、その計画策定に必要な技術協力を我国に要請してきた。

国際協力事業団は本要請に基づき、ヤシレタダム隣接地域農業総合開発計画に係るマスタープラン策定のために昭和 57 年 11 月から実施調査を開始し、現在継続中である。

本報告書は、マスタープラン策定調査の一環として、国際航業株式会社今村遼平氏を総括に、昭和 57 年度、58 年度の兩年度にわたって実施されたランドサット・データを利用した予察図作成調査の結果を取りまとめたものである。本調査結果がヤシレタダム隣接地域農業総合開発計画の推進に寄与することを願うものである。

最後に、本調査の実施に際しご支援とご協力を賜ったパラグアイ共和国政府、ヤシレタ公団、在パラグアイ国日本大使館、外務省、農林水産省、北海道開発庁の関係者並びに作業監理委員の各位に対し深甚なる謝意を表する次第である。

昭和 59 年 3 月

国際協力事業団
総裁 有田 圭輔



要 旨

本調査は、LANDSATフォールスカラー(アナログ、デジタル)画像の判読や地形図読図・計測、既往資料及び現地調査により、パラグアイ国ヤシレタダム隣接地域農業総合開発計画策定のための基礎資料となる各種予察図の作成と土地分級を目的として実施したものである。計画対象地域は、ダム隣接地域のうち、標高約90m以下の約20万haの土地であり、現在は、ほとんどが低湿地よりなる地域であるが、地形および気象条件に恵まれ、排水改良を行うだけで農用地として十分に活用できると思われる。この地域の農業総合開発計画を策定していくための基礎資料として、土地被覆変化状況、湛水変化状況、地形分類、標高区分、斜面方位、傾斜区分、起伏量、土地利用現況、植生分布、農業形態区分、土壌分類、表層地質区分などの各種予察図を作成し、その結果を基に土地分級を行った。

- (1) 調査地域の土地被覆変化は、マクロにながめると1972年頃より大きな変化は見受けられない。わずかにアジョラスとヤシレタ島を結ぶ橋、アジョラスの北西部に位置する飛行場及びアクセス道路が加わった程度である。
- (2) 調査地域には多雨期、乾燥期を通じて湛水している所が、数ヶ所ある。また、降水量の多い年には調査地域の低湿地のほとんどの地域が湛水する。
- (3) 調査地域の地形は、丘陵地、緩傾斜地(麓斜面、沖積錐、緩扇状地)、低湿地、微高地(自然堤防、砂州・砂堆)などに大別される。
- (4) 調査地域の標高は55m~120m ぐらいまでであり、70m~80mの地域が約80%の面積を占め、その大半は後背湿地の地域に相当している。
- (5) 斜面方位は、北の方向を主軸とした8方位で表示した。調査地域は全体的に南~西向きの斜面が卓越している。
- (6) 傾斜は、1°未満、1°~3°、3°~5°、5°~8°、8°以上の5区分とし、調査地域の大半が1°未満の平坦な地域である。
- (7) 起伏量は、5m未満、5~10mと5m毎の6区分とし、調査地域の大半が5m未満の起伏量で占められ、丘陵地では10~15m程度である。
- (8) 土地利用は自然林、人工林、乾性草地、湿性草地、人工草地、水田、畑、湿地、河川・池、その他の10項目に区分したが、大半は湿性草地、湿地によって占められている。
- (9) 調査地域の樹林は、丘陵地林、微高地林、台地林(自然堤防上の樹林)、河畔林(高)、河畔林(低)に大別できる。河畔林はアティングイ川沿いにまとまって分布する他、パラナ川、ジャベビリ川沿いに分布する。微高地林は、低湿地内に分布する微高地上に、小面積のものがかなり多く散在する。台地林はパラナ川沿いの自然堤防上に、丘陵地林は北部丘陵地に広域に分布している。
- (10) 調査地域の農業形態は主に粗放牧野として利用されており、わずかに、水田・畑の耕作地が分布する程度である。

(11) 調査地域の土壌は、FAOの分類基準に従い、フルヴィソル、グライソル、レゴソル、プラノソル、アクリソルの5分類に大別した。さらに化学分析結果および現地調査により、グライソル、レゴソル、プラノソルについては、細粒・粗粒グライソル、細粒・粗粒レゴソル、腐植質プラノソル・プラノソルに細分し、合計8区分とした。

丘陵地にはアクリソル、低湿地にはプラノソル、グライソル、河辺低地にはフルヴィソル、自然堤防・微高地および丘陵地の縁辺部にはレゴソルが分布する。調査地域の大半はプラノソルによって占められている。

(12) 調査地域の表層地質は、低地では沖積堆積物、麓層堆積物の砂、シルト、粘土が分布する。北部丘陵地は砂岩、東部丘陵地は泥質砂岩の基盤岩から成り、アジョラスとジャベビリ川の間分布する微高地の基盤も砂岩から成る。

(13) 土地分級は、

- 1) 土地の生産性(土壌の生産性、地形条件からの土地生産性)
- 2) 土地の安全性(湛水危険度、冠水危険度)
- 3) 土地の開発面(抜排根)
- 4) 自然立地的な土地利用可能性分級

の4側面から見た分級評価を行った。

分級結果によると、水田適地は調査地域の東側中央部付近から北西部丘陵地に向かう線の北側に分布し、西部中央部は排水改良を行うことにより適地になるものと思われる。この両者の面積は調査地域の大半を占めている。畑地適地は丘陵地縁辺部、丘陵地とパラナ川、アティンガイ川、ジャベビリ川沿いの自然堤防上に分布し、面積的には調査地域の1/3程度である。

調査スタッフ

今村 遼 平

赤 沢 義 次

三 宅 修 平

瀬戸島 政 博

金 沢 誠

荒 川 仁

総 括

土地評価、植生、土地利用

土壌、地形、地質

リモートセンシング、土地分級

写真判読、リモートセンシング

土地分級処理

目 次

ヤシレタダム隣接地域 LANDSAT フォールスカラー画像

要 旨

第1章 調査概要	1
1-1 調査目的	1
1-2 調査地域の概要	1
1-3 調査方法および内容	2
1-4 使用資料	9
第2章 予察図の作成内容と結果	14
2-1 概 要	14
2-2 LANDSAT 画像解析	14
2-3 地形分類	47
2-4 標高区分	51
2-5 斜面方位	55
2-6 傾斜区分	59
2-7 起伏量	63
2-8 土地利用	67
2-9 相観植生	73
2-10 農業形態	78
2-11 土 壤	81
2-12 表層地質	90
第3章 土地分級	93
3-1 土地分級の方法	93
3-2 土地の生産性分級	97
3-3 土地の安全性分級	111
3-4 土地の開発面（抜群根）の難易性分級	117
3-5 自然立地的側面からの土地利用可能性分級	121

参 考 文 献

- 卷末資料
1. LANDSAT データ解析
 2. 土壤調査表

第1章 調査概要

1-1 調査目的

本調査は、ヤシレタ (Yacyreta) ダム隣接地域における農業総合開発計画マスタープラン策定の一環として、各種予察図作成および土地分級を目的として2ケ年にわたって実施したものである。

1-2 調査地域の概要

調査地域は、首都アスンシオン (Asuncion) から南東へ約 300 km のサンコスメ (San Cosme) とジャベビリ (Yabebyry) 川の間で、パラナ (Parana) 川に沿った約 20 万 ha の範囲である (図-1)。

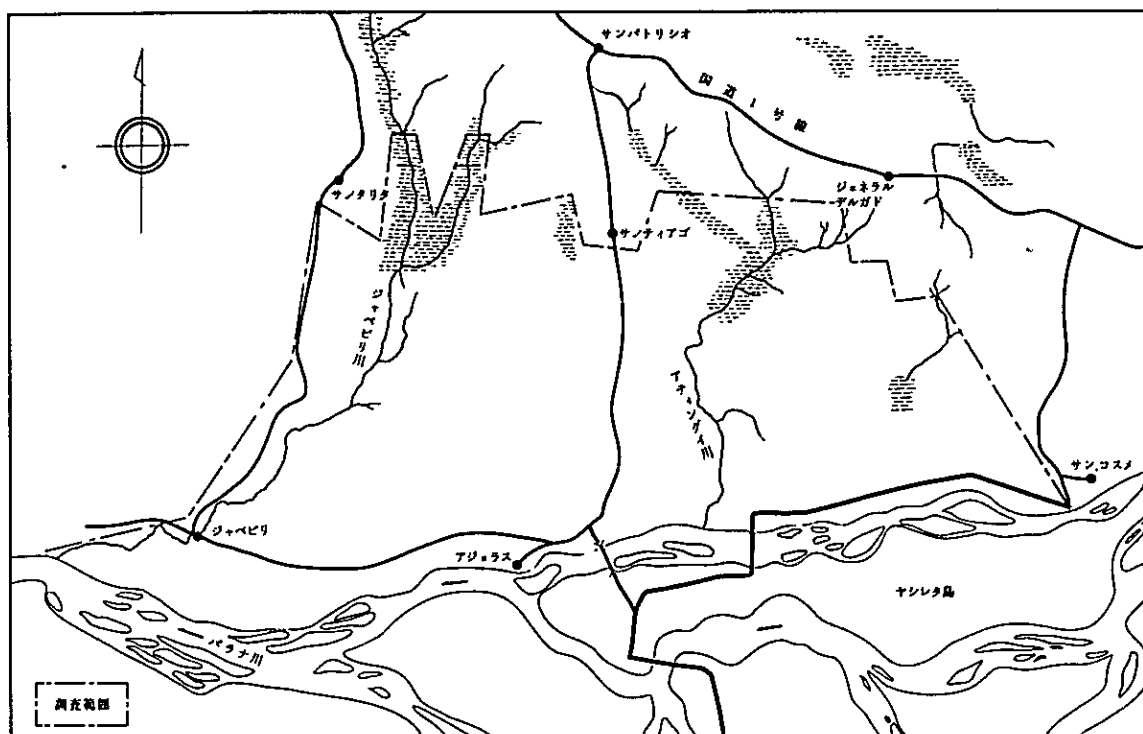


図-1 調査地域図

この地域は、パラナ川右岸に広がる湿原地帯の東南部に位置し、東側はサンコスメの市街が立地する丘陵地の裾野で境され、西側はジャベビリとサンタリタ (Santa Rito) を結ぶ道路、南側はパラナ川で区切られている。調査地域から東側に約 70 km の地点にはエンカルナシオン (Encarnacion) (パラグアイ (Paraguay) 第 3 位の大都市)、周辺にはアジョラス (Ayolas)、サンコスメ、サンチャゴ (Santiago) などの小都市が位置する。

交通は国道 1 号線が調査地域の北側を東西に走り、これと直交するようにヤシレタダム工食用道路が完成し、交通面の立地条件は恵まれている。

気候は、パラグアイ国でも最多雨地帯に属し、ヤシレタ地区の 1971～80 年までの気象資料によると、年平均降雨量は約 1,515 mm である。とくに 1～4 月頃には最小降雨量を示すことが多い。また、気温の変化は激しく、夏の最高気温は 40℃ 以上に達し、冬の最低気温は 0℃ 以下に

* Data of Meterological Department, Ministry of National Defence

低下する場合がある。

地形は、東側のサンコスメの位置する丘陵地の裾野を除けば、南西方向に緩斜した平坦な地形からなり、低地は大湿地帯である。土壤は、パラナ川沿いには砂質土、丘陵地側には粘質土、湿地には両者の中間的な土壤が分布している。

現在の土地利用は、大半が粗放牧野で占められ、一部では稲作も行われている。牧野は湿性地の地域に立地している場合が多く、生産性は低い。

1-3 調査方法および内容

本調査業務の具体的な内容は、図-2に示すとおりである。

1-3-1 第1年次調査

第1年次調査は、第2年次調査で行われる現地調査のための基礎資料づくりを主体とした国内作業からなり、自然条件を把握するために、LANDSATのフォーンスカラー画像の判読や、地形図の読図・計測等により、下記の予察図を作成した。

- ① 50万分の1 土地被覆変化状況図
- ② " 湛水変化状況図
- ③ 5万分の1 標高区分図
- ④ " 斜面方位図
- ⑤ " 傾斜区分図
- ⑥ " 起伏量図
- ⑦ " 土地利用図
- ⑧ " 相観植生図
- ⑨ " 農業形態区分図
- ⑩ " 地形分類図
- ⑪ " 土壤図
- ⑫ " 表層地質図

(1) 50万分の1 土地被覆変化状況図、湛水変化状況図の作成

50万分の1フォーンスカラー画像を判読することによって、各時期ごとの土地被覆の概況や湛水状況などを識別し、オーバーレイ図上に図示した。これらの各図を季節的あるいは時期的に比較し、調査地域を含む広範な地域を対象とした土地被覆の変化や、湛水変化状況等を把握した。

(2) 5万分の1 標高区分図、斜面方位図、傾斜区分図、起伏量図の作成

上記各図は、500m平方(図上で1cm×1cm)メッシュにより表現した。標高区分図は、調査地域内の地形状況を把握する目的で作成したもので、10mごとの単位で区分表示した。

2

2

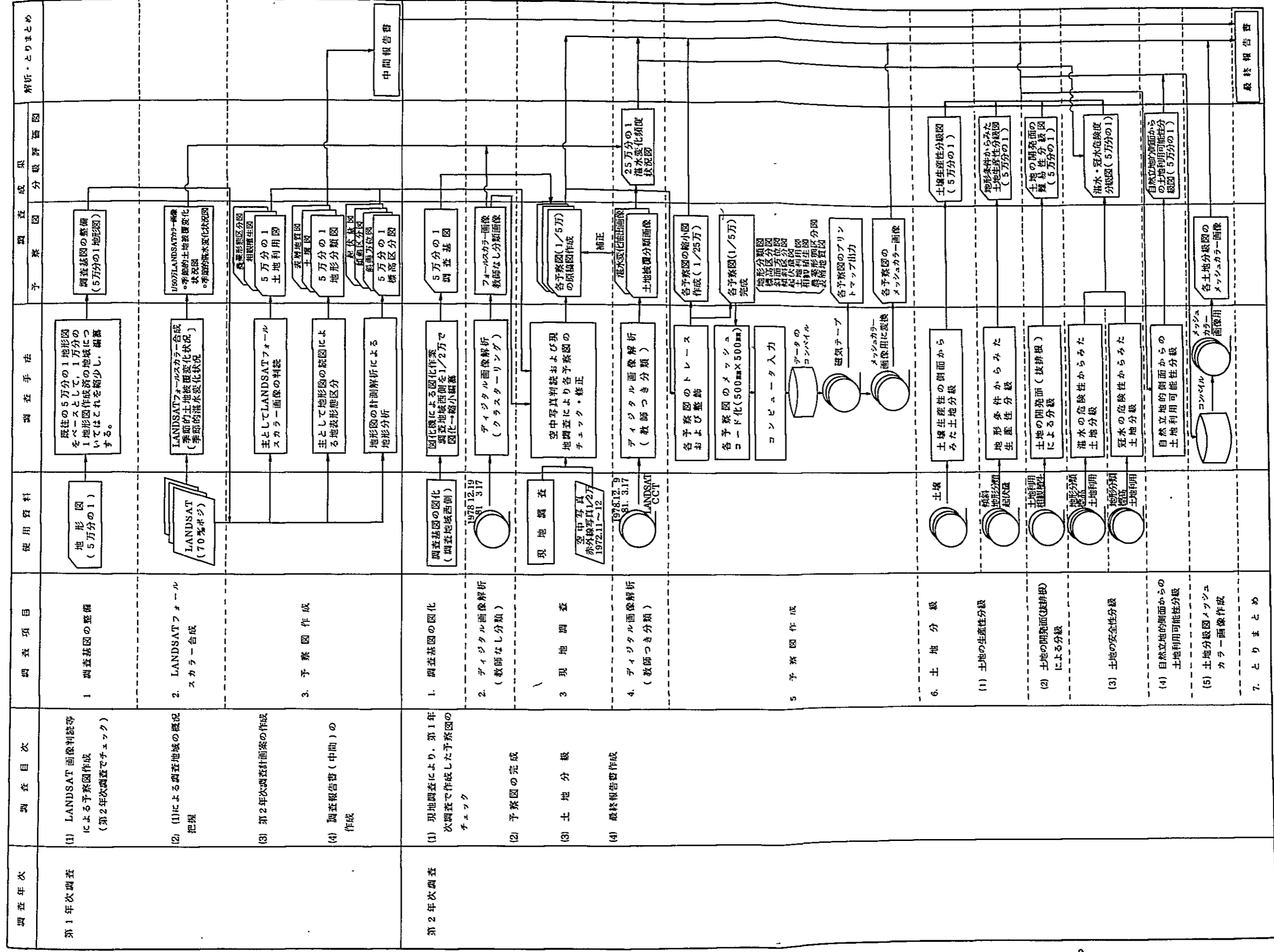


図-2 予察図作成および土地分級業務の方法と内容

斜面方位図は、日照量の推算等に欠かせない重要な主題図であり、8方位を基準として解析した。

傾斜区分図は、地形の特徴を示す重要な要素であるとともに、人間の生産活動を制約する要素でもある。各メッシュ内の等高線の数から算定した。

起伏量図は、地形の特徴を把握する重要な要素で、開発の難易性などの評価に用いられ、各メッシュ内の最高点と最低点との高度差から求めた。

(3) 5万分の1 土地利用図の作成

土地利用図は、土地分級などの際に最も重要な情報となる。

樹林、自然草地、農耕地、裸地、湿地、河川・湖沼、その他のカテゴリーに区分した。

(4) 5万分の1 地形分類図の作成

地形分類は、土地を評価し分級する道具（指標）として、最も重要な要素である。地形的な情報は基本的には、地表形態と傾斜に関する情報から成立っており、農用地の適地選定でも、耕作や耕作機の導入の可能などの点で、直接的な評価の基礎となる。

調査地域を、丘陵地、緩傾斜地（麓斜面、沖積錐、緩扇状地）、低湿地、微高地（自然堤防、砂州、砂堆）などの地形単元に区分した。

(5) 5万分の1 推定土壌図の作成

土壌図は、土地分級の直接的な要素として重要な位置を占めており、耕地としての適合・適性作物種、耕転性、耕地の用・排水の必要性……などを知るうえで欠かせない情報である。

FAOの土壌分類タイプに従って、調査地域の土壌を、①フルヴィソル、②グライソル、③レゴソル、④ブラノソル、⑤アクリソルに大別した。

(6) 5万分の1 表層地質図の作成

地質構造や構成に関する情報それ自体が、土地評価に直接必要になることも多い。また、現在の地形や土壌……などは表層構成物である地質条件によって支配されている。したがって、表層地質情報は、土地評価のうえで大切な指標となる。

調査地域の表層地質は、低湿地では沖積堆積物、扇状地堆積物、麓堆積物に、丘陵地の基盤は泥質砂岩、砂岩、玄武岩などに区分した。

1-3-2 第2年次調査（最終年次調査）

第2年次調査は、第1年次調査結果の補足・チェックと、予察図に基づく自然立地的な側面からの土地分級を行い、農業総合開発のマスタープラン策定のための基礎資料の提供を目的として実施した。

(A) 国内準備

- ① LANDSAT CCTデータによるデジタル画像解析（とくにクラスターリング）により、湛水域や、土地被覆状況を明らかにした。

② 空中写真(1972年撮影の赤外線空中写真)判読により、第1年次調査結果の事前チェック

(B) 現地調査

現地調査では、土壌・地形・表層地質などの土地条件調査を専門とする技術者と、土地利用・植生などの土地被覆調査を専門とする技術者のそれぞれ1名ずつからなる調査員を組織し、土地利用や植生・土壌等の実態を把握した。

(C) 国内整理

現地調査結果の整理およびLANDSAT CCTデータによる教師つき分類、空中写真再判読などにより、予察図を完成した。さらに、予察図をメッシュ情報に変換し、コンピュータ・アナライズ・システムにより、各種分級図を作成した。

なお、調査の実施にあたっては、現地事情を十分に考慮し、LANDSATや空中写真をフルに活用して、効率的な調査を進め、土地分級では、コンピュータによる評価システムを使用し、客観的な分級を行った。また、分級結果は、経験豊富な技術者が現地調査結果などを十分に考慮し、分級の妥当性をチェックした。すなわち、コンピュータと人間の判断とを組合せた分級評価方式をとることによって、現地に適合した評価ができるように心がけた。

具体的には、以下のとおりである。

A. 予察図の作成

(1) LANDSAT CCTデータによるデジタル画像解析

1978年12月19日と1981年3月17日の2時期のLANDSAT CCTを使用し、各々のデジタル画像解析を現地調査の前と後に実施した。

現地調査以前に実施したものがいわゆる「教師なし分類」、調査後のものが「教師つき分類」である。

教師なし分類は、現地調査以前あるいは何らかの事情で現地調査が実施できない場合に採用される分類手法である。一方、教師つき分類は、現地調査結果を用いることにより、ある未知のデータが確率統計的にいずれのクラスに属するかを判定する分類手法である。以上の解析の結果、土地被覆分類画像を作成した。

(2) 土地被覆変化および湛水変化の把握

第1年次調査で作成した50万分の1土地被覆変化状況図、湛水変化状況図とLANDSAT CCTのデジタル画像解析結果から、調査地域の土地被覆と湛水域の変化を把握した。

(3) 5万分の1 標高区分図、斜面方位図、傾斜区分図、起伏量図の作成

これらの図面は、第1年次調査で500m四方のメッシュで作成した。第2年次調査では、調査地域の西側半分が新規に図化作業を実施しており、この成果をふまえて、同地域について新めて地形計測を行ない、上記図面を作成した。

(4) 5万分の1 土地利用図の作成

第1年次で作成した予察図をもとに、縮尺2万分の1赤外線航空写真の判読およびLANDSATデジタル画像解析結果を参考にして、現地調査し、より精度の高い土地利用図を作成した。土地利用図では、天然林、人工林、乾性草地、湿性草地、人工草地、水田、畑、湿地、河川・池、その他（住宅地、飛行場、墓地）などのカテゴリーに分類した。

(5) 5万分の1 地形分類図の作成

第1年次で作成した地形分類図をもとに、空中写真判読、現地調査、土壌試掘調査などを実施して、最終の地形分類図を作成した。

丘陵地、丘陵地上の浅い谷、麓斜面、沖積灘、谷底平野、緩扇状地、自然堤防、後背湿地、微高地（高）、微高地（低）、旧河道、河辺低地、砂州・砂堆、河川・湖沼などのカテゴリーに分類した。

(6) 5万分の1 土壌図の作成

第1年次で作成した推定土壌図（地形分類図、表層地質図、土地利用等の情報より推定したもの）を現地調査によりチェックし、空中写真判読によって修正し、5万分の1土壌図を作成した。

土壌分類は、FAO/UNESCOの分類体系に準じて分類し、さらに表層土の土性の違いによって細分した。分類カテゴリーは、フルヴィソル、粗粒グライソル、細粒グライソル、粗粒レゴソル、細粒レゴソル、腐植質ブラノソル、ブラノソル、アクリソル、などである。

(7) 5万分の1 表層地質図の作成

第2年次調査では、第1年次で作成した表層地質図を土壌の現地調査時にチェックし、地形分類図および既往資料により修正して、5万分の1表層地質図を作成した。

分類カテゴリーは、次のとおりである。

① 沖積堆積物

- 1) 砂・シルト（砂質）
- 2) 砂・シルト（泥質）
- 3) 砂・シルト・粘土
- 4) シルト・粘土

② 麓斜面堆積物

- 5) シルト・粘土

③ 基盤岩類

- 6) 泥質砂岩
- 7) 砂岩
- 8) 玄武岩

B. 土地分級解析

土地分級解析は、各種の土地条件を把握するため一定基準により土地を分級するもので、農業開発計画に欠かせない。

土地分級は、土地の生産性、土地の安全性、土地開発面（抜排根）の難易性、自然立地的な土地利用の可能性の4側面から行った。

(1) 土地の生産性からの分級

土地の生産性を、①土壤生産性と②営農上問題となる地形条件からみた耕耘の難易性の両面から分級した。土壤生産性の分級にあたっては、表土の因子、土壤の化学成分などの調査結果を参考に、水田、畑に利用する場合の土壤の適否を区分した。耕耘の難易性は、水田、畑など土地改良を前提とした場合の施工や耕耘の難易性を、地形的な側面から区分した。

(2) 土地の安全性からの分級

とくに、湛水・冠水などによる土地基盤のもつ潜在的な危険度を把握し、分級した。

(3) 土地開発面（抜排根）の難易性からの分級

土地の開発面からの分級を行う場合、(1)の地形条件からみた施工あるいは耕耘の難易性に加えて、とくに現存の樹林分布からみた抜排根による土地開発面の難易性を検討した。

(4) 自然立地的な面からの土地利用可能性分級

土地の生産性、土地の安全性、土地開発面の難易性からの分級結果を勘案し、総合的な自然立地的側面から、土地利用の可能性を分級した。

1-4 使用資料

1-4-1 使用したLANDSATデータ

LANDSATデータの一般的な説明は、巻末資料に示すとおりである。調査地域をカバーするLANDSATシーン(LANDSAT1~3号の場合)は、図-3のカバージマップのようにPATH241, ROW79の1シーンである。ただし、LANDSAT4号ではPATH225, ROW79のシーンとなる。

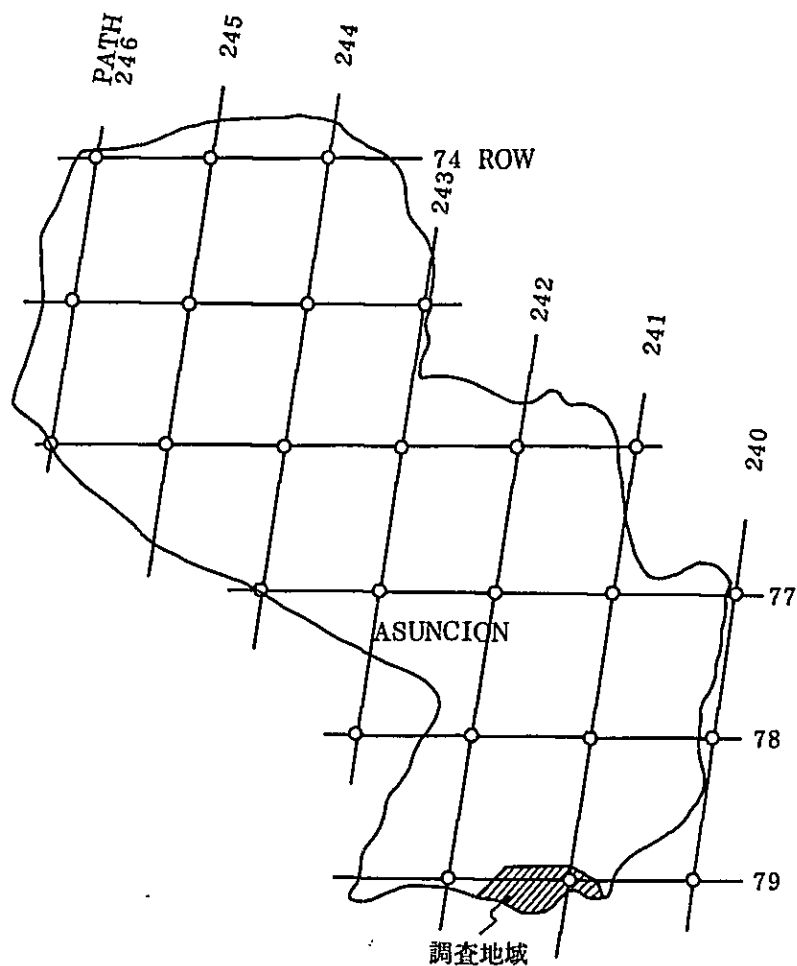


図-3 パラグアイ国LANDSATシーン・カバージマップ
(LANDSAT1~3号の場合)

このうち、曇量の画質を十分に検討したりえて表-1の各シーンを使用した。

表-1 使用したLANDSATシーン

PATH	ROW	観測年月日	LANDSAT の 種 類	使用データの種類
241	79	1976年 2月 9日	1 号	フォールスカラー(1/50万)
241	79	1976年 7月20日	1 号	フォールスカラー(1/50万)
241	79	1978年 8月15日	3 号	フォールスカラー(1/50万)
241	79	1978年12月19日	3 号	フォールスカラー(1/50万) CCT
241	79	1979年 9月 6日	2 号	フォールスカラー(1/50万)
241	79	1981年 3月17日	3 号	フォールスカラー(1/50万) CCT
225	79	1983年 4月10日	4 号	フォールスカラー(1/50万)
225	79	1983年 4月26日	4 号	フォールスカラー(1/50万)

第1年次調査では上記データのうち、1983年以前のフォールスカラー(1/50万)画像を使い、第2年次調査では1983年4月10日と26日のフォールスカラー画像と1978年12月19日、1981年3月17日のCCTを使用した。これらのデータは、ブラジル受信局(ブラジル国クイアバ宇宙局で1974年より受信運用開始)より入手した。

使用したCCTは、1983年以前のフォールスカラー画像のうちから、多雨期を代表する画像と寡雨期を代表する画像をそれぞれ1シーンずつ選定した。前者が1978年12月19日、後者が1981年3月17日のものである。

1-4-2 使用した空中写真

現地調査では、ヤシレタ公団撮影(1972年11~12月)の2万分の1赤外線空中写真を使用した。図-4には使用した空中写真の標定図を、表-2にはコース別の写真枚数を示す。

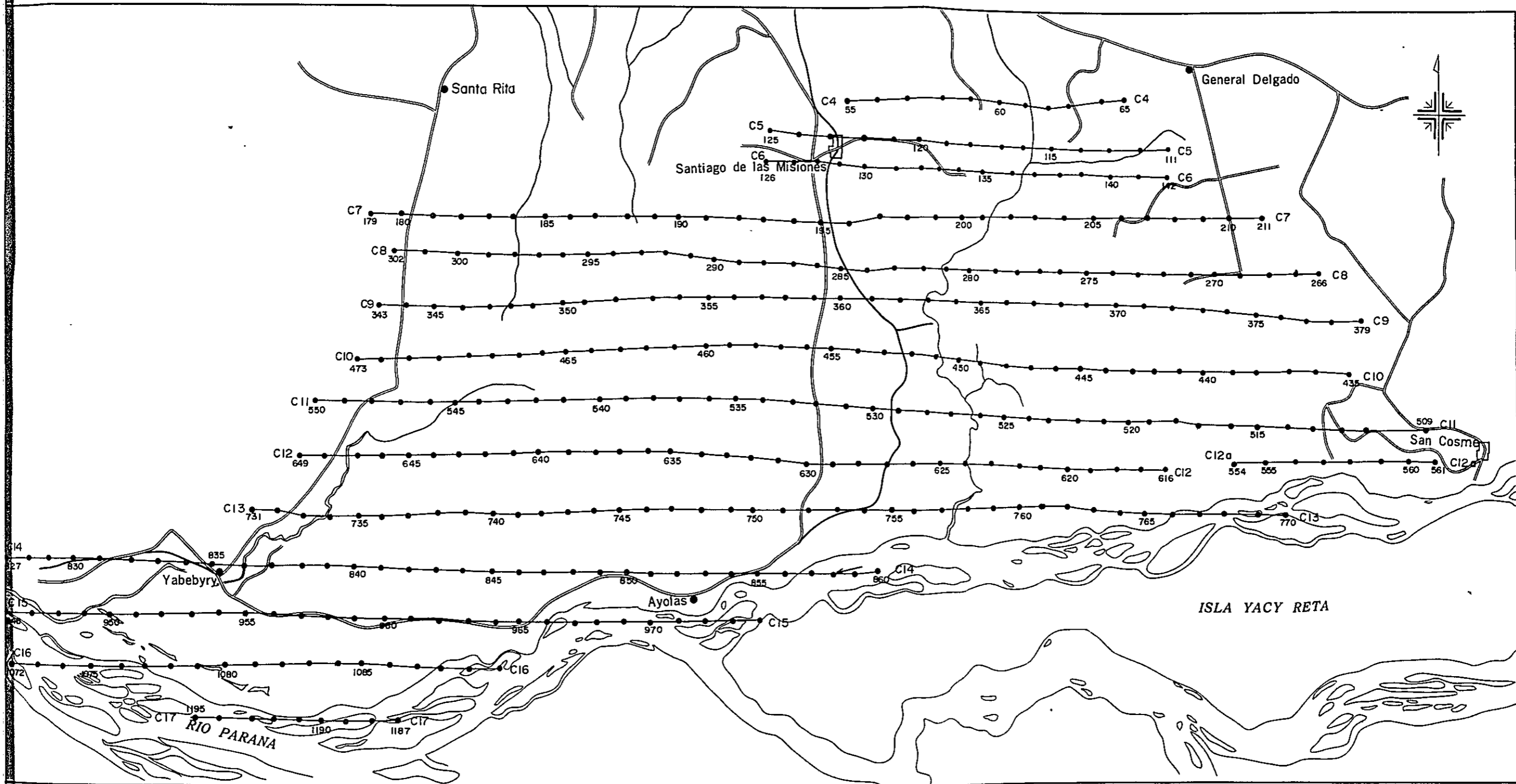


图-4 空中写真標定图

表-2 使用した空中写真のコース別写真枚数

コースNo	写真 No	写真枚数
C 4	55 ~ 65	11
C 5	111 ~ 125	15
C 6	126 ~ 142	17
C 7	179 ~ 211	33
C 8	266 ~ 302	37
C 9	343 ~ 379	37
C10	435 ~ 473	39
C11	509 ~ 550	42
C12 a	554 ~ 561	8
C12	616 ~ 649	34
C13	731 ~ 770	40
C14	826 ~ 860	35
C15	945 ~ 974	30
C16	1070 ~ 1090	21
C17	1187 ~ 1195	9
		計 408 枚

第2章 予察図の作成内容と結果

2-1 概 要

予察図類は、ヤシレタダム隣接地域農業総合開発計画の策定のための基礎資料となるものである。このため計画の重要性と緊急性を十分に勘案し、合理的な開発計画を策定するのに十分に利用できるよう配慮した。

これらの予察図は、(1)調査地域の自然環境や地域特性を把握するとともに、(2)この予察図を利用して、自然立地的側面から土地分級・評価するために作成した(表-3)。予察図は、5万分の1の縮尺で10図葉作成し、別冊の図面集に示すとともに、その概念図(25万分の1)を調査報告書に挿入した。

2-2 LANDSAT画像解析

調査地域のような低湿地では、基本的に水が生態系を支配していると考えられる。水に最も敏感に反応するのが植物であり、多時期のLANDSATデータを解析することによってマクロな視点から植物被覆状況をとらえることができる。これによって、地域の特性、水環境、農業形態などが把握できる。このような考えのもとに、本調査業務では、各種予察図の作成にLANDSATデータを積極的に利用し、LANDSAT画像の解析結果は、以下のような調査に反映させた。

- (1) 調査地域の土地被覆状況の把握と、土地利用図・相観植生図・土壌図作成のための基礎資料。
- (2) 調査地域の土地被覆変化状況の把握。
- (3) 調査地域の湛水および冠水分布範囲の把握。

2-2-1 土地被覆分類とその変化状況

LANDSATデータによる土地被覆分類は、空中写真判読のように肌目・色調・形態といった人間の直感的な判読やこれまでの経験と知識に基づく分析・解釈などの思考的な判断ではなく、あくまでも地表面の反射や放射の特性に基づく土地被覆情報であり、厳密な意味では空中写真判読から作成される土地利用図と同じものは作成できない。ただ、調査地域のように、ほとんど未利用地の低湿原地帯では、LANDSATデータによる土地被覆分類は、空中写真判読による土地利用区分とほぼ近似した結果となる。このため、LANDSATデータから土地被覆分類画像を作成し、調査地域の土地被覆状況を把握するとともに、土地利用図、相観植生図、土壌図作成のうえでの基礎資料としても利用した。

表-3 予察図の作成内容と調査目的

予察図	調査目的	分類項目	分級・評価との関連性				
			土地生産性的側面		自然災害的側面		土地開発面の難易性
			土壌生産性	地形条件などの生産性	洪水の危険性	冠水の危険性	
地形分類	(1) 土地評価を行ううえで最も重要な要素の1つ (2) 耕耘の難易性評価 (3) 洪水・冠水危険度の評価 (4) 表層地質、土壌などの情報の指標	(1) 丘陵地 (2) 丘陵地の浅い谷 (3) 麓斜面 (4) 沖積錐 (5) 谷底平野 (6) 緩傾斜地 (7) 自然堤防 (8) 後背湿地	(9) 後背湿地内の微高地(高位) (10) 後背湿地内の微高地(低位) (11) 旧河道 (12) 河辺低地 (13) 砂州・砂堆	◎	◎	◎	
標高区分	(1) 耕耘の難易性評価 (2) 洪水・冠水危険度の評価 (3) 地形の概況把握	(1) 500mメッシュに区分 (2) 10m単位で表示		○	◎	◎	
斜面方位	(1) 土地生産性評価の基礎資料 (2) 営農計画策定の基礎資料	(1) 500mメッシュに区分 (2) 8方位で表示		○	○		
傾斜区分	(1) 地形の概況把握 (2) 耕耘の難易性評価	(1) 500mメッシュに区分 (2) 3°単位で表示		◎			
起伏量	(1) 地形の概況把握 (2) 耕耘の難易性評価	(1) 500mメッシュに区分 (2) 5m単位で表示		◎			
土地利用現況	(1) 土地利用の現況把握 (2) 相観植生、農業形態などの情報の指標 (3) 気象・土壌タイプ・土壌含水状況・水文条件を示す指標 (4) 自然立地的な土地利用可能性評価 (5) 将来の土地利用計画の基礎資料	(1) 樹林(自然林、人工林) (2) 自然草地(乾性草地、湿性草地) (3) 人工草地 (4) 湿地 (5) 水田 (6) 畑地 (7) その他		○	○	○	
相観植生	(1) 各林相の概況 (2) 土地の開発の難易性分級 (3) 自然立地的な土地利用可能性評価 (4) 将来の土地利用計画	(1) 丘陵地林 (2) 微高地林 (3) 台地林 (4) 河畔林(高木) (5) 河畔林(低木)	(6) 乾性草地 (7) 湿性草地 (8) 水田 (9) 畑 (10) その他		○	○	
農業形態区分	(1) 土地管理の概況 (2) 自然立地的な土地利用可能性評価の参考資料 (3) 社会・経済的調査の評価指標 (4) 土壌生産性の分級評価の参考資料	(1) 人工草地 (2) 自然草地 (3) 水田 (4) 畑地 (5) 河川・池 (6) その他		○			
土壌区分	(1) 土壌分布の概況 (2) 作物との関連性把握(化学分析データ) (3) 土壌生産性の分級評価 (4) 自然立地的な土地利用可能性評価 (5) 将来の土地利用計画、営農計画の基礎資料	(1) フルヴィソル (2) 粗粒グライソル (3) 細粒グライソル (4) 粗粒レゴソル (5) 細粒レゴソル (6) 腐植質ブラノソル (7) ブラノソル (8) アクリソル		◎	○		
表層地質区分	(1) 土壌図作成の参考資料 (2) 自然災害的側面の分級評価の基礎資料 (3) 用・排水、道路建設計画の基礎資料	(1) 沖積堆積物 ①砂・シルト(砂質) ②砂・シルト(泥質) ③砂・シルト・粘土 ④シルト・粘土 (2) 麓層堆積物(シルト・粘土) (3) 基盤岩類(泥質砂岩、砂岩、玄武岩)			○	○	

◎直接関連する ○間接的に関与 ○参考資料

第1年次調査では、1976年2月9日、7月20日と1978年8月15日、12月19日の2時期のLANDSATシーンをを使い、それぞれ50万分の1フォールスカラー合成画像と植物指標の1つとされるBAND7/BAND5の比演算画像を作成し、主として季節的な土地被覆変化状況を把握した。

第2年次調査では、1978年12月19日と1981年3月17日のCCTを使用し、デジタル画像解析によって土地被覆分類を行い、両結果を比較照合して経年変化状況を把握した。図9～10に土地被覆分類画像を示す。

(1) 季節的な土地被覆変化状況(1976年の場合)

2月9日の多雨期のデータと、7月20日の寡雨期のデータを使って、各々の時期の土地被覆状況図を作成した(図-5)。

多雨期では、ジャベピリやアジョラスの北側に位置する低湿地では、それによると広範囲にわたって湛水地域が出現している。また湿原は、サンコスメの北西地点を境にして、西側に広範囲に分布する様子がわかる。

寡雨期では、ジャベピリやアジョラスの北側にみられた湛水地域がかなりの規模で消失するとともに、湿原の消失も顕著である。とくに多雨期には、サンコスメの北西付近にあった湿原が、広範囲にわたって後退している様子がわかる。サンコスメの北東側の丘陵地には、畑地を主体とする緑地系が広範囲に分布するようになる。

2時期の土地被覆状況を比較すると、ジャベピリやアジョラスの北側の湿原では、両時期ともに完全に湛水地域となっているところもあるが、ほとんどの地域は、多雨期に湛水し乾燥期には湿原となるか、両時期とも湿原となっている地域と考えられる。また、サンコスメの北側や、北東側の丘陵地では、両時期にわたって緑地系が出現している様子がわかる。

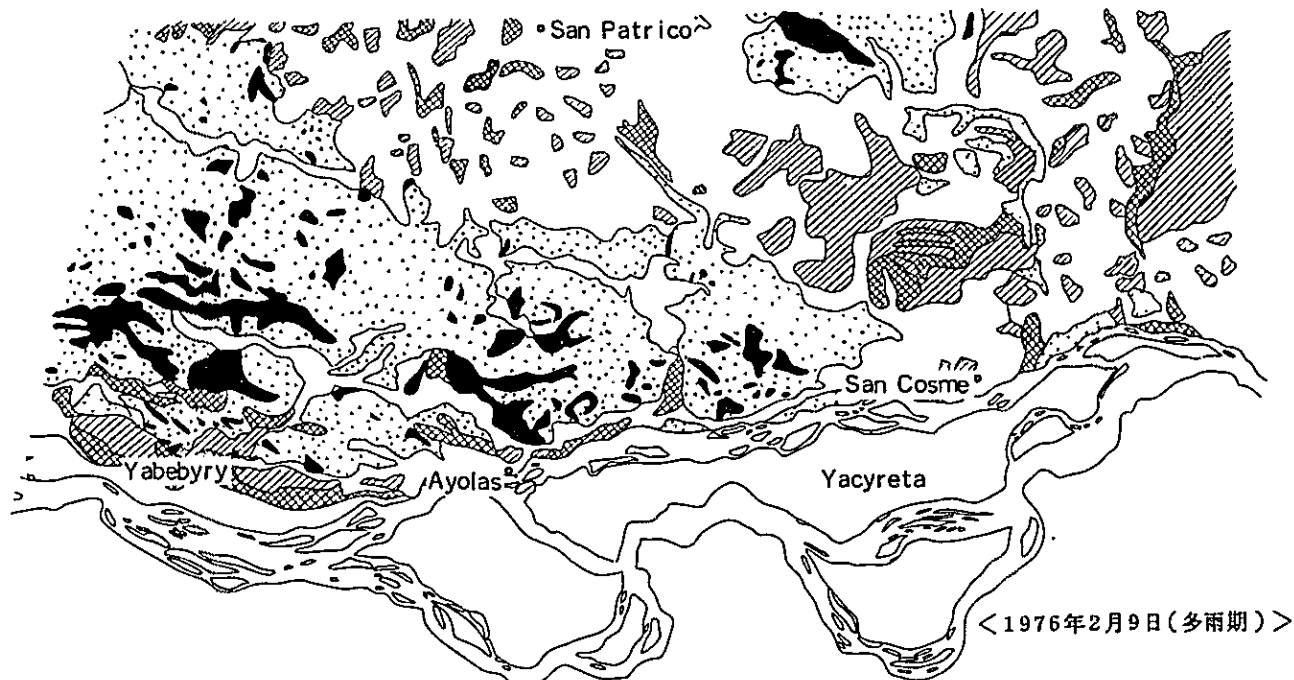
(2) 季節的な土地被覆変化状況(1978年の場合)

12月19日の多雨期のデータと、8月15日の寡雨期のデータを使用して、各々の時期の土地被覆状況図を作成した(図-6)。





多雨期には、アジョラスの北側やサンパトリシオ(San patricio)の東側などに、広範囲に湛水地域が出現している。さらに、サンイグナシオ(San Ignacio)の南側には、上記地域より大規模な湛水地域が出現している。ジャベピリの北側には、小規模な湛水地域が認められるだけである。

寡雨期では、パラナ川沿いに緑地系が帯状に連続的に分布するようになる。サンイグナシオの南側に出現していた大規模な湛水地域はほとんど消失し、完全に湛水する地域は、アジョラスの北側やジャベピリの北側の湿地内に点在するのみとなる。

2時期の土地被覆状況を比較すると、アジョラスやジャベピリの北側の湿原内には、両時期にわたって、完全に湛水する地域が常に出現していること、その湿原内では、多雨期に完全湛水し寡雨期に湿原化する地域と、両時期を通じて湿原を形成している地域とがあることがわかる。また、サンコスメの北～北東側に連なる丘陵地では、両時期にわたって



凡 例

	顕著な湛水地域		画像上で明瞭に識別できる農耕地
	湿原		画像上で明瞭に識別できる樹林

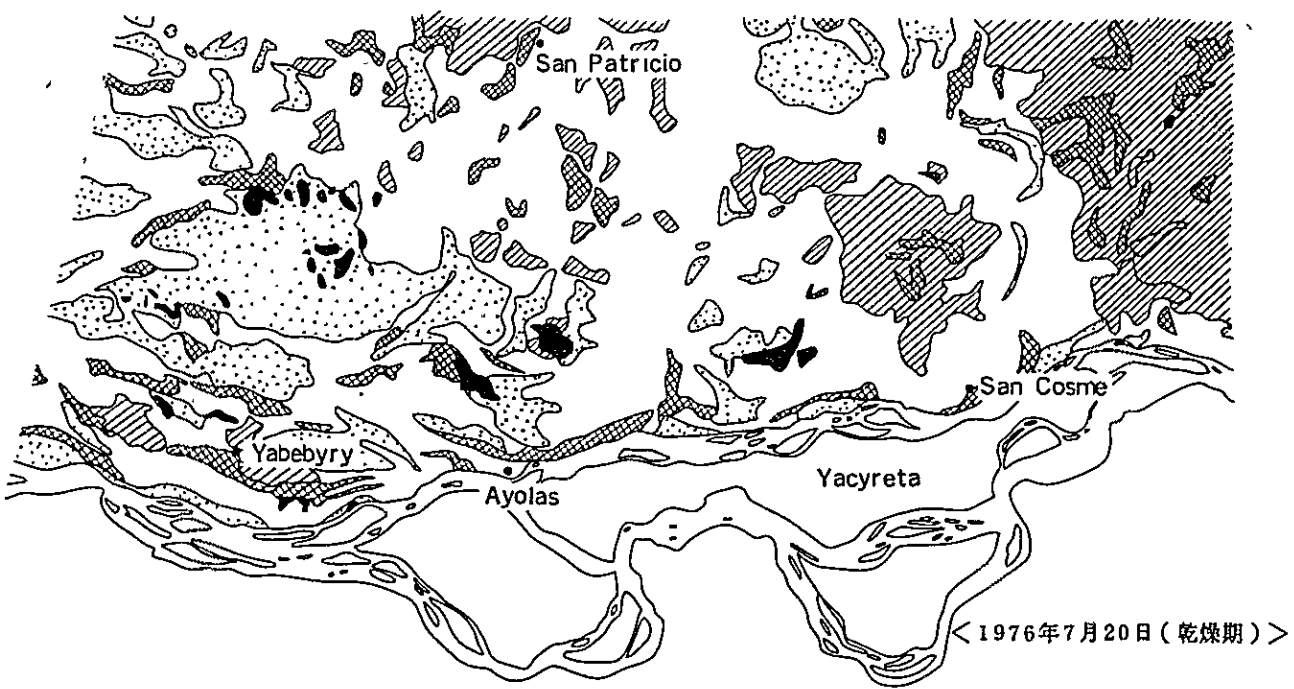
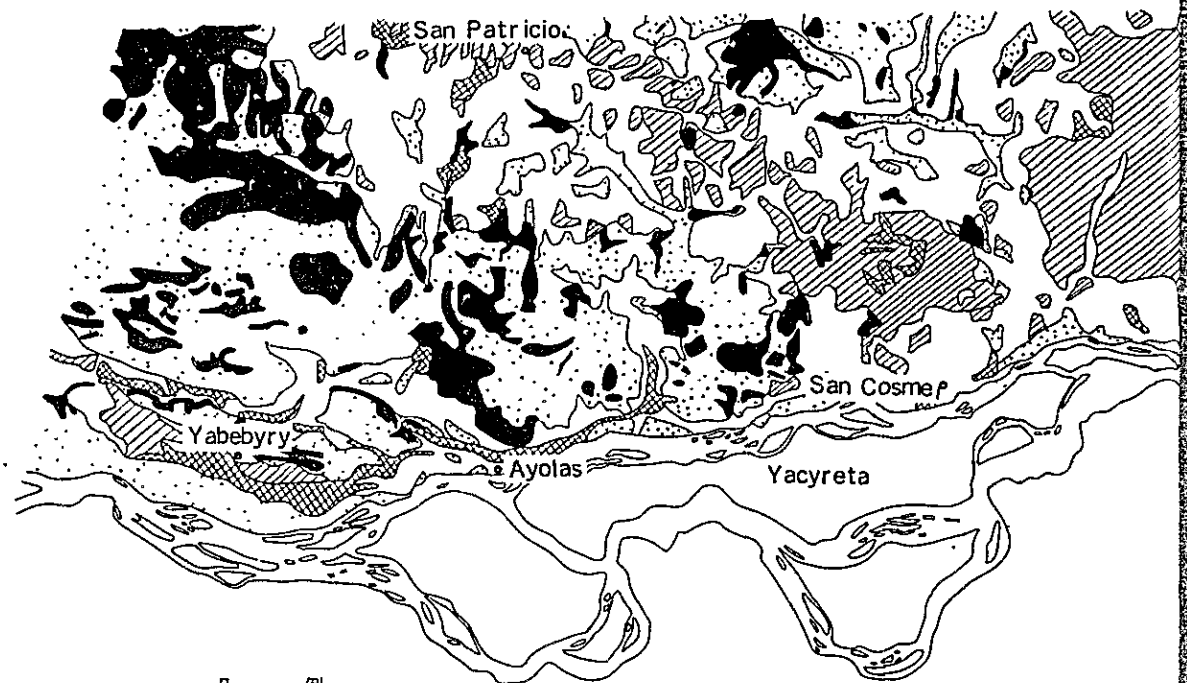
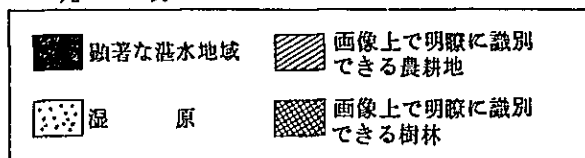


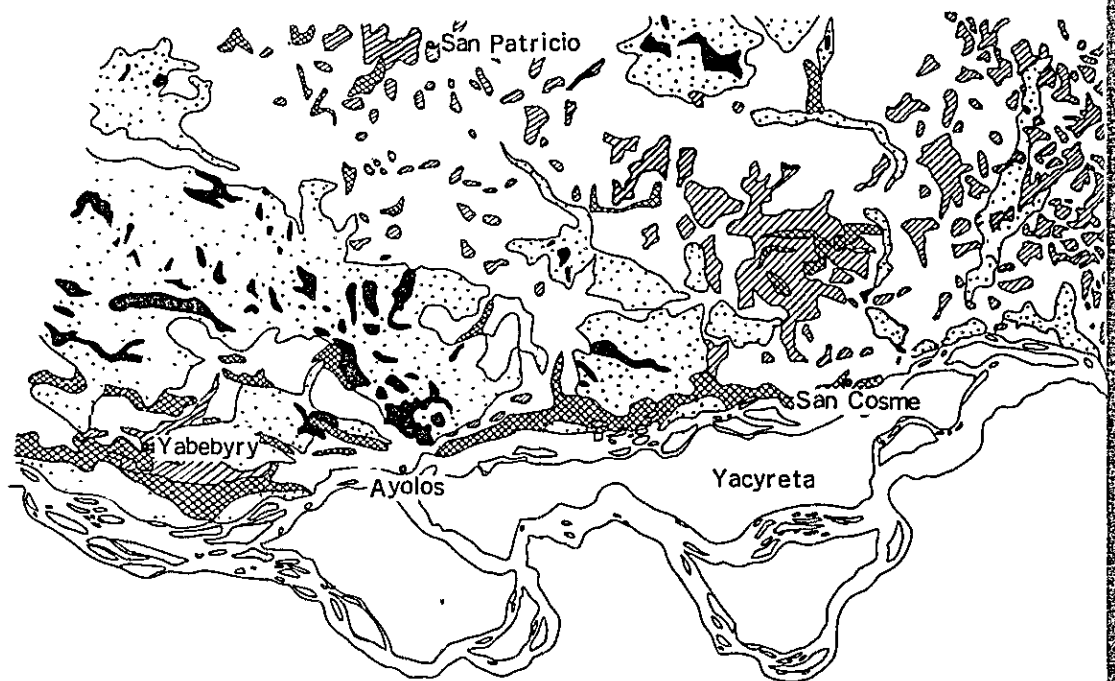
図-5 土地被覆状況図-1 (50万分の1)



凡 例



< 1978年12月19日(多雨期) >



< 1978年8月15日(乾燥期) >

図-6 土地被覆状況図-2 (50万分の1)

緑地系（とくに農耕地と推定される）が常に出現している様子が見られる。

以上のように、2時期の多雨期と寡雨期の土地被覆変化状況の解析を通じて、次の点が明らかになった。

- ① 多雨期・寡雨期の変化をマクロにながめてみると、ほぼ同様の土地被覆変化が認められる。
- ② すなわち、アジョラスやジャベビリの北側の湿原には、両時期を通じて、常に湛水している地域がある（図-7～8）。

(3) 土地被覆分類と経年変化状況

今回使用したLANDSAT フォールスカラー画像のうちから、多雨期と寡雨期の代表的なもの（多雨期として1978年12月19日、寡雨期として1981年3月17日のデータを選定）のCCTを使い、デジタル画像解析を実施した。この結果が図9～10の土地被覆分類画像である。

土地被覆のデジタル画像解析は、図-11に示すフローチャートに従って実施した。現地調査前に教師なし分類を行い、その結果を現地調査時の基礎資料とした。現地調査後には、調査結果に基づく教師つき分類を実施し、最終の土地被覆分類画像を作成した。

なお、LANDSATデータのデジタル画像解析の解説は巻末資料にある。

① 土地被覆分類結果

土地被覆の分類項目と判別効率を、表-4に示す。

1) 1978年12月19日（多雨期）のシーンでの分類結果

- 乾性草地以外のカテゴリーは、70%以上の精度で分類できた。
- 調査地域内の樹林分布は極めて少なく、パラナ川沿いの自然堤防上や後背湿地内に帯状あるいは塊状に認められる程度である。
- 湿性草地は、多雨期に湛水する地域であり、調査地域のほとんどがこのカテゴリーに相当する。
- 乾性草地は、丘陵地や自然堤防、後背湿地内の微高地に分布しており、湿性草地について広面積を占めるカテゴリーである。
- 畑地に、丈や成育密度の粗な乾性草地との区分が不明瞭であり、両方を総合して1つのカテゴリーとした。調査地域外の丘陵地内に分布する。
- 裸地は、収穫後の畑地や植被の薄い草地との区分が判然とせず、これらを総合して1つのカテゴリーとした。調査地域内には、大規模なものは認められず、ヤシレタ島に認められた。

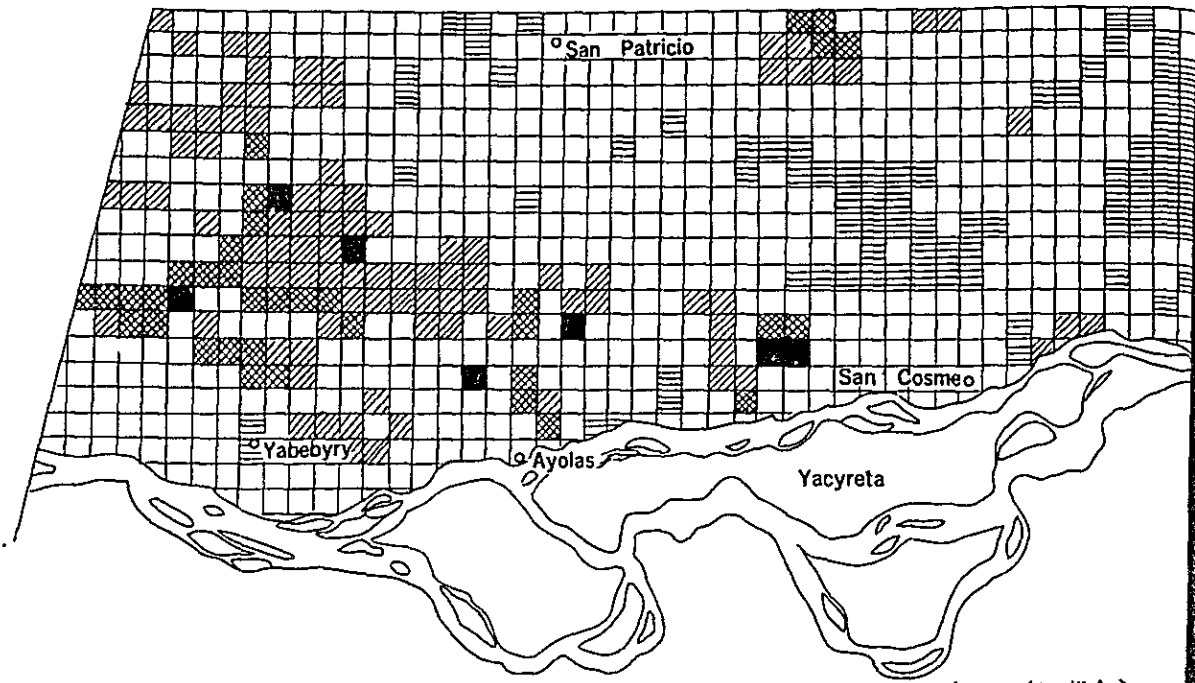


図-7 土地被覆変化図

(1976年の場合)

凡 例

〔多雨期〕	〔乾燥期〕	〔表現〕
湛水地域	冠水地域	■
湛水地域	湿原	▨
湿原	湿原	▧
緑地系	緑地系	▨

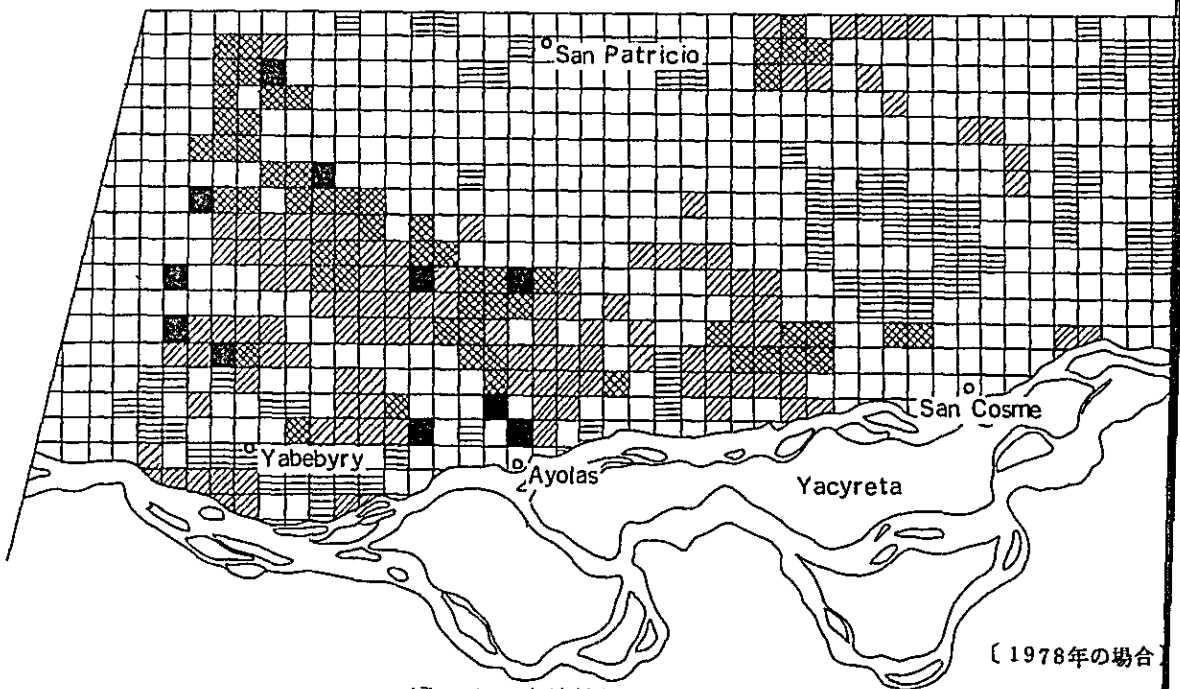











図-8 土地被覆変化図

(1978年の場合)

1978.12.19 データ

凡 例	
	樹 林
	湿 性 草 地
	乾 性 草 地
	湿 地
	畑 地 (乾性草地を含む)
	裸 地 (収獲後の畑地を含む)
	河 川
	湖 沼
	そ の 他

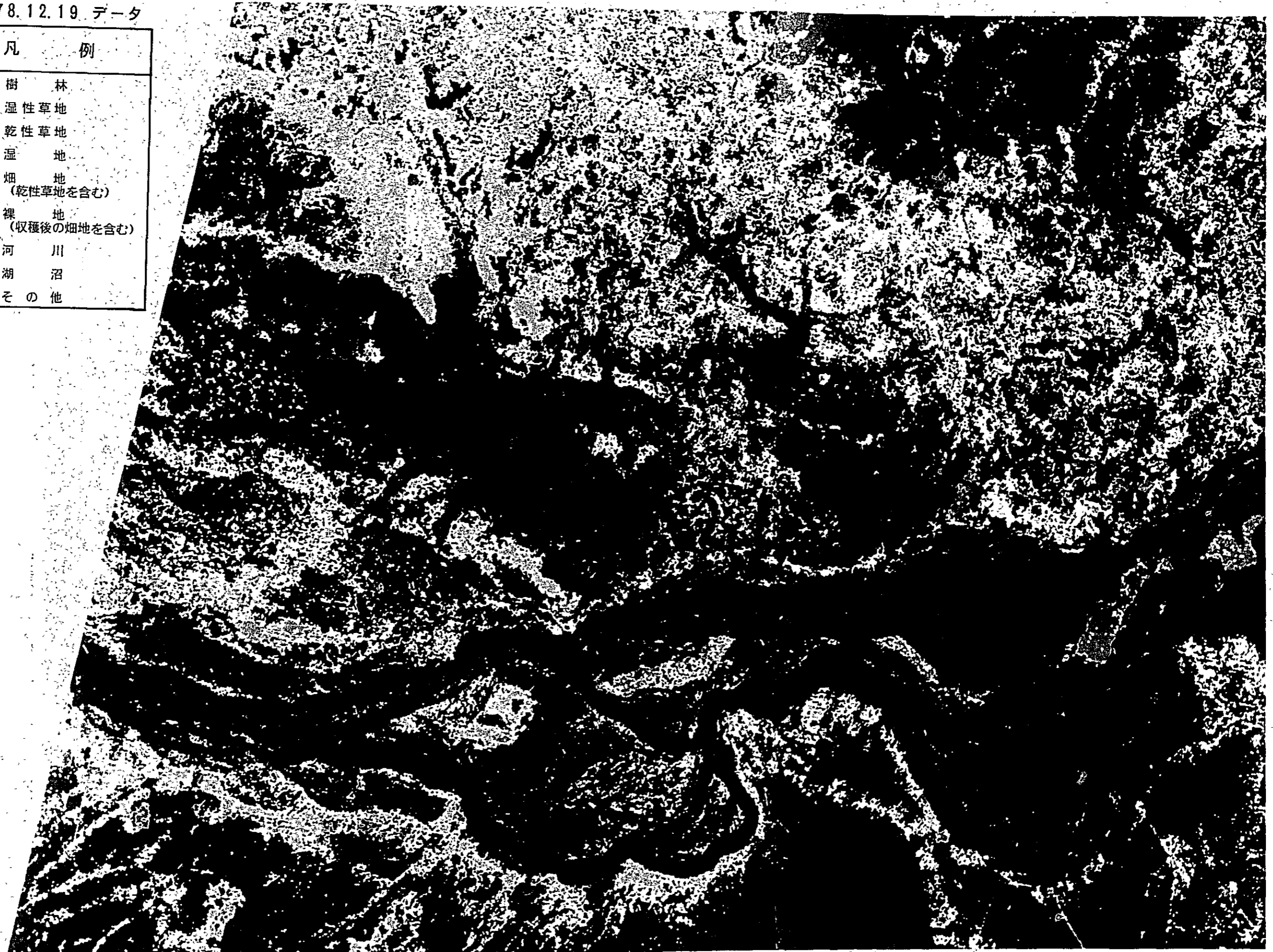











図-9 土地被覆分類画像

(1978年12月19日)

1981.3.17 データ

凡 例	
	樹 林
	湿 性 草 地
	乾 性 草 地
	湿 地
	畑 地 (乾性草地を含む)
	裸 地 (収穫後の畑地を含む)
	河 川
	湖 沼
	そ の 他

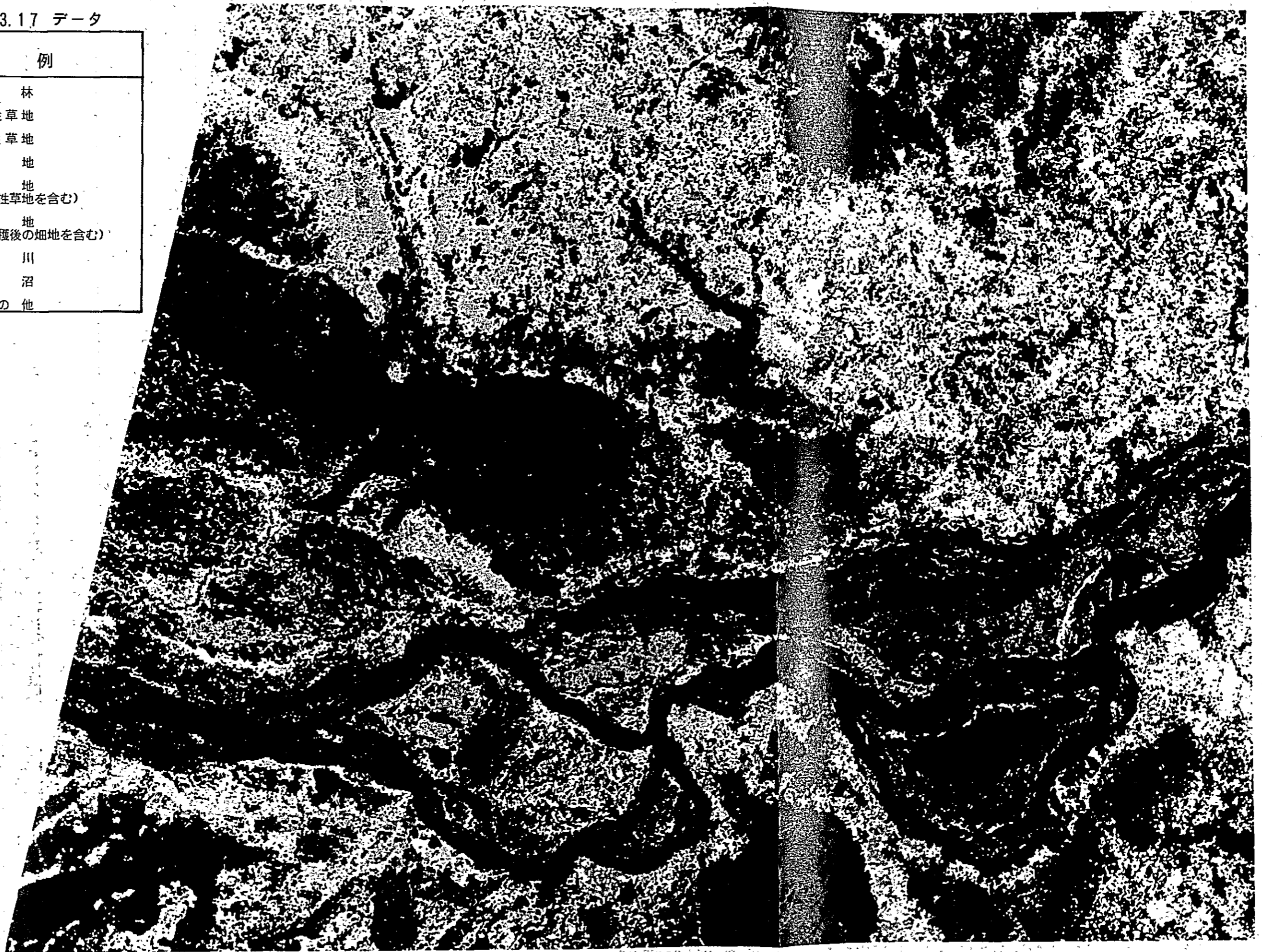


図-10 土地被覆分類画像

(1981年3月17日)

LANDSATデータ

1978.12.19 1981. 3.17

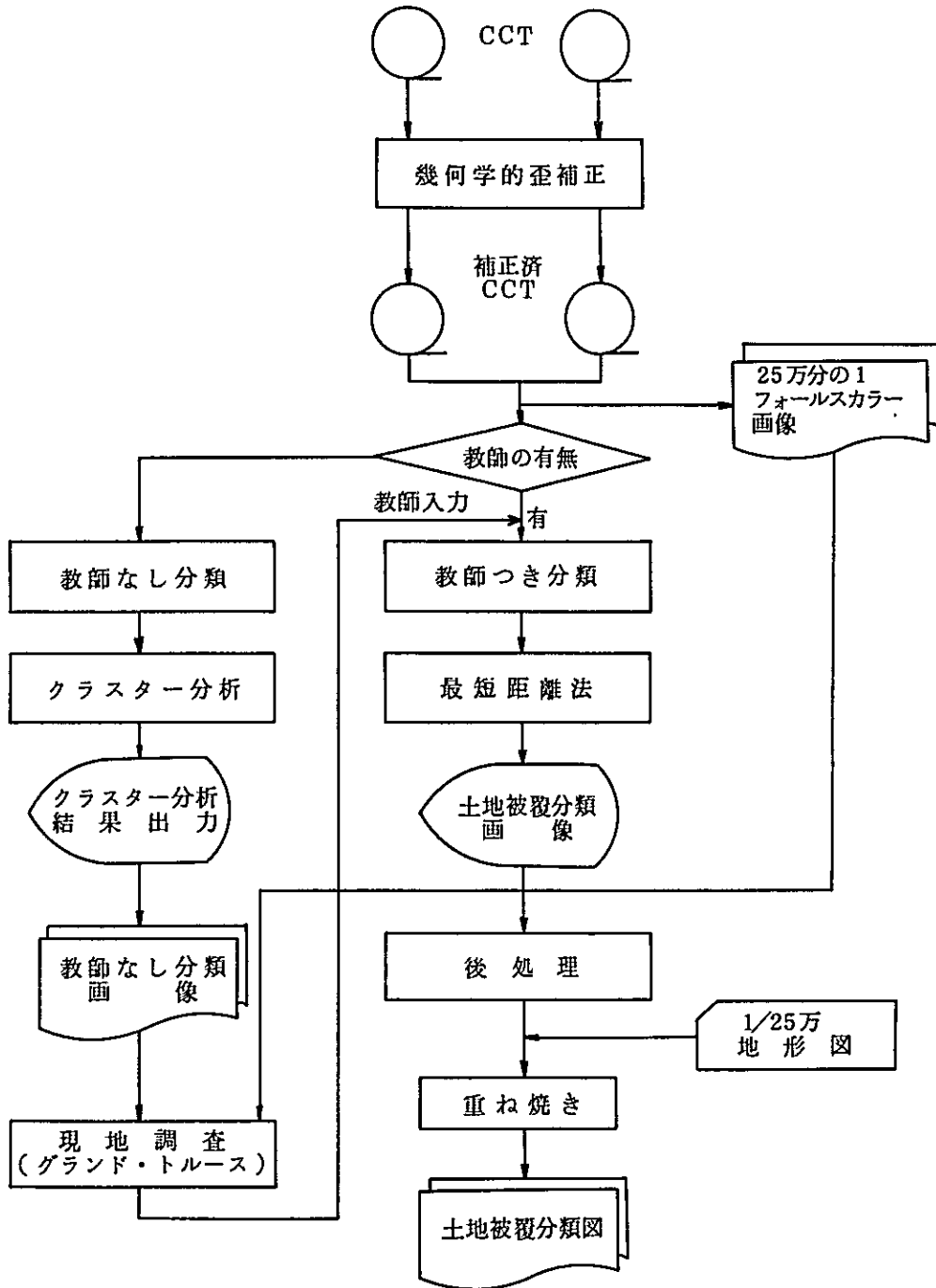


図-11 土地被覆分類の流れ

表-4 分類項目と判別効率

(A) 1978年12月19日(多雨期)データ

(単位%)

出力カテゴリ 入力カテゴリ	樹林	湿性草地	乾性草地	湿地	畑地 (乾性草地を含む)	裸地 (収穫後の畑含む)	河川	湖沼	その他
樹林	97	3							
湿性草地		91	9						
乾性草地	2	20	64		12	1			1
湿地		7		93					
畑地 (乾性草地含む)					78	8			14
裸地 (収穫後の畑含む)		13	6			79			2
河川							100		
湖沼		1					9	90	
その他	3	3	11		8	5			70

(B) 1981年3月17日(寡雨期)データ

(単位%)

出力カテゴリ 入力カテゴリ	樹林	湿性草地	乾性草地	湿地	畑地 (乾性草地を含む)	裸地 (収穫後の畑含む)	河川	湖沼	その他
樹林	94		6						
湿性草地	3	82	6	9					
乾性草地		6	88						6
湿地		7		87				6	
畑地 (乾性草地含む)			16		64	10			10
裸地 (収穫後の畑含む)					3	97			
河川							100		
湖沼				2				98	
その他	3		6		11	12			68

2) 1981年3月17日(寡雨期)のシーンでの分類結果

- 畑地とその他のカテゴリー以外は,80%以上の精度で分類できた。
- 樹林は, パラナ川沿いの自然堤防や丘陵地末端部,後背湿地内の微高地などに带状あるいは塊状に分布する程度で,極めて少ない。
- 湿性草地は, パラナ川沿いの河辺低地やその後背の自然堤防と調査地域北端の丘陵地との間に広範囲に分布する。
- 乾性草地は, パラナ川, アティングイ川(Atinguy), ジャベビリ川などの自然堤防地域や後背湿地内の微高地, 調査地域北端の丘陵地などに広く分布する。
- 畑地は, 寡雨期のデータであったため, 裸地や乾性草地との分類が判然とせず, 分類精度は他のカテゴリーに比べて低い。
ほとんどが調査地域外の丘陵地に分布している。
- 裸地は, 寡雨期データのため, ジャベビリの東側の自然堤防地域に認められる程度である(この地域は, 多雨期では畑地・乾性草地のカテゴリーに分類されていた)。

② 経年変化状況

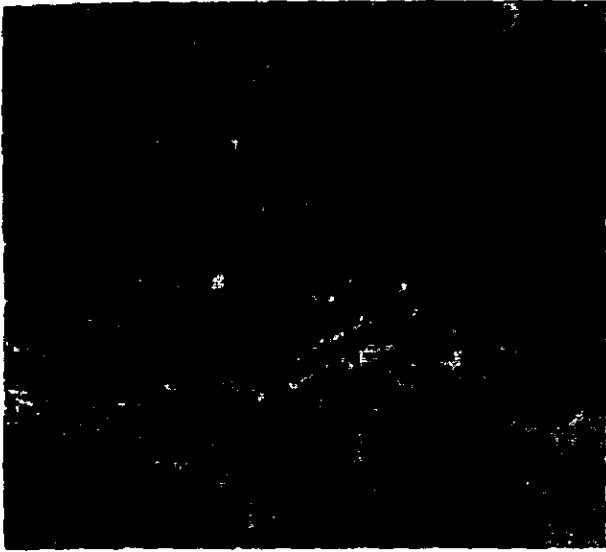
前記2時期の土地被覆分類結果を, 各分類カテゴリーごとに比較したものが, 図-12の経年変化状況画像である。

この結果, 次のことが明らかになった。

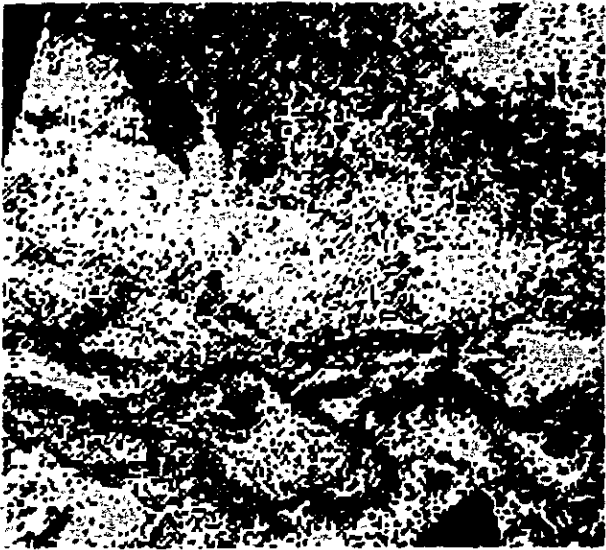
- 樹林は, 若干の誤判別はあるにしても1978年に比較して, 1981年には減少していることがわかる。とくにサンコスメの北側～北東部の丘陵地では, この傾向が顕著である。また, 調査地域の後背湿地内の樹林も若干減少している。
- 湿性草地は, 多雨期と寡雨期とによって若干分布面積が異っているが, 全体的にみればほぼ同様の分布傾向を示している。
- 乾性草地は, 両時期ともほとんど同様の分布傾向を示している。
- 湿地は, とくに湛水が著しい地域を分類したものであるが, 両時期ともアジョラスの北東部に大規模な湿地の分布が認められる。
- 畑地および乾性草地を含むカテゴリーでは, 誤判別もかなりあるが, 全般的な傾向として, 寡雨期では, 多雨期に湿性草地であったところが, 乾性草地(たぶん, 本来の乾性草地に比べて, 植被の薄いものと推定される)に変化していることがわかる。畑地の判別は難しく, 畑地だけの経年変化状況はほとんどわからない。

2-2-2 湛水変化状況

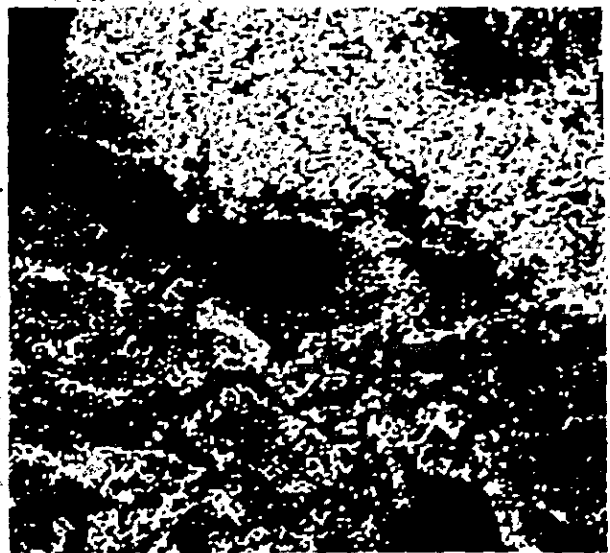
本計画プロジェクトのように, 低湿地内にかんがい排水を計画することによって湿原を農用地に変えていく場合, その計画策定範囲を決めるうえで大きな問題となってくるのは, 降雨あ



(a) 樹林



(b) 湿性草地



(c) 乾性草地

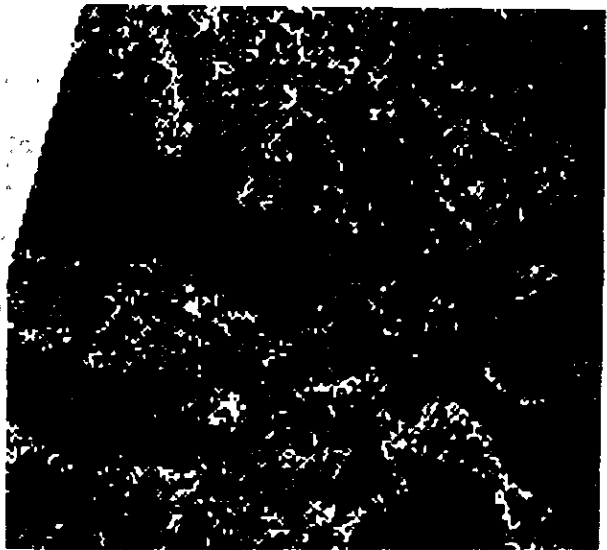
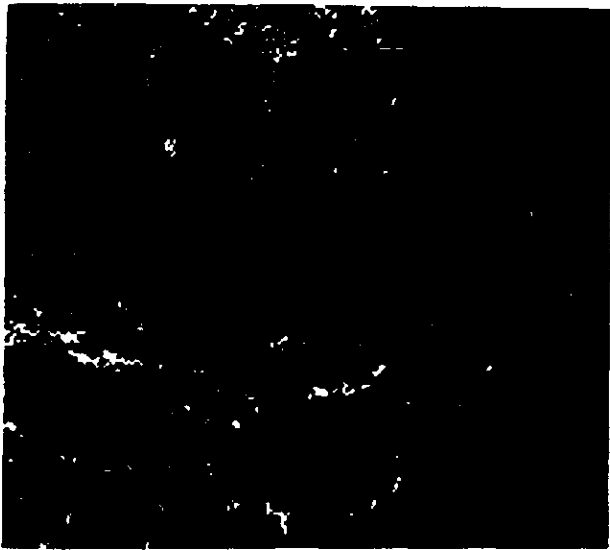
1978年12月19日データ
(多雨期)

図-12(1) 土地被覆分類カテゴリーごとの
経年変化状況画像

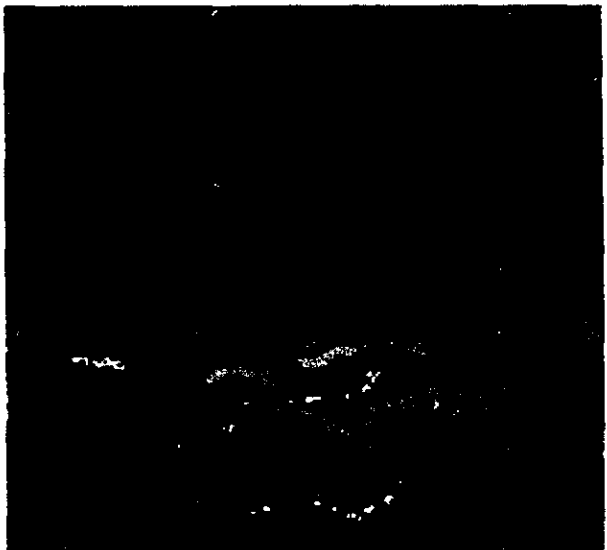
1981年3月17日データ
(寡雨期)



(d) 湿地



(e) 畑地(乾性草地を含む)



(f) 裸地(収穫後の畑地を含む)

1978年12月19日 データ
(多雨期)

1981年3月17日 データ
(寡雨期)

るいは洪水などによる湿原内の湛水分布範囲、その湛水深と河川沿いの冠水状況の把握である。湛水深は、リモートセンシング手法では把握が困難であるが、湛水分布範囲は、LANDSATのような定期的なデータを利用してマクロにゾーニングできる。

本調査では、第1年次調査で多時期の50万分の1フォールスカラー画像から、調査地域を含めた広範な地域の湛水変化状況を明らかにした。第2年次調査では、1978年12月と1981年3月のそれぞれのCCTを使い、デジタル画像解析によって、より正確に湛水変化状況を把握した。また、冠水変化状況については、1983年4月以降のLANDSATデータとこれ以前のものを比較することによって、とくにパラナ川沿いの洪水による冠水状況を把握した（調査地域一帯は、1983年春季に大洪水に見舞われている）。

(1) マクロにみた湛水変化状況

ここでは、50万分の1フォールスカラー画像から、湛水状況を便宜上、

- ① 顕著な湛水地域（近赤外線吸収特性によって、フォールスカラー画像で黒く映る地域）。
- ② 湛水地域（湛水しているが、わずかながら植生の生育が認められる地域で、フォールスカラー画像上で淡黒色ないし暗赤色に映る地域）。

に区分した。

図-13は、1976～83年までのうち、7時期のLANDSAT画像から湛水地域を抽出したものである。1976年と78年の多雨期と寡雨期の画像を比較し、季節的な湛水変化状況を把握した。

① 季節的な湛水変化状況

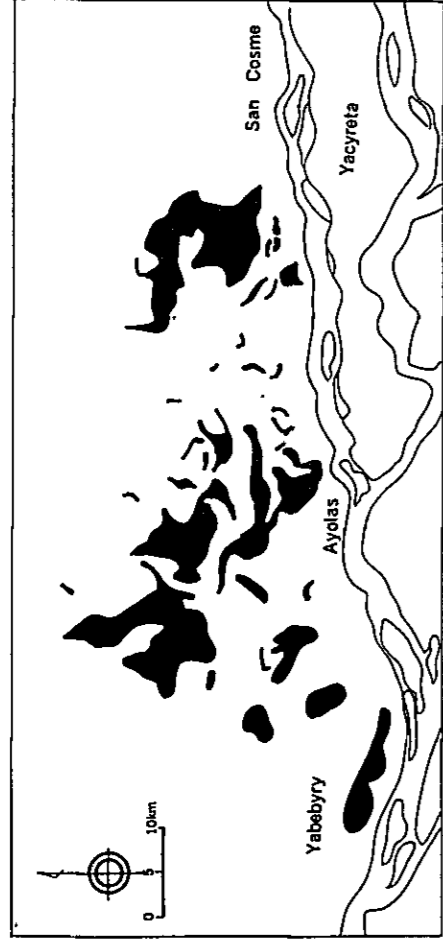
1976年の場合は、多雨期のデータ（2月9日）では、アジョラスあるいはジャベビリの北側に位置する低湿地帯やサンコスメの西側地域には、広く湛水域が出現している。一方、寡雨期のデータ（7月20日）では、アジョラスの北側とサンコスメ西側にわずかに点在する程度となる。

1978年の場合は、多雨期のデータ（12月19日）では、アジョラスの北側やサンコスメの西側には、大規模な湛水域が出現している。寡雨期のデータ（8月15日）では大規模な湛水域は縮小して、アジョラスの北側とサンコスメの西側の大小2つの湛水域に分化し、両地域の間は完全に離水している。

以上の結果、次の点が明らかになった。

- ・多雨期には、アジョラスの北側やジャベビリの北側に分布する湿原では、常に湛水状態にある。
- ・寡雨期でも前記の地域では、湛水状態にある。

1976年 2月9日



1976年 2月9日



1978年 12月19日

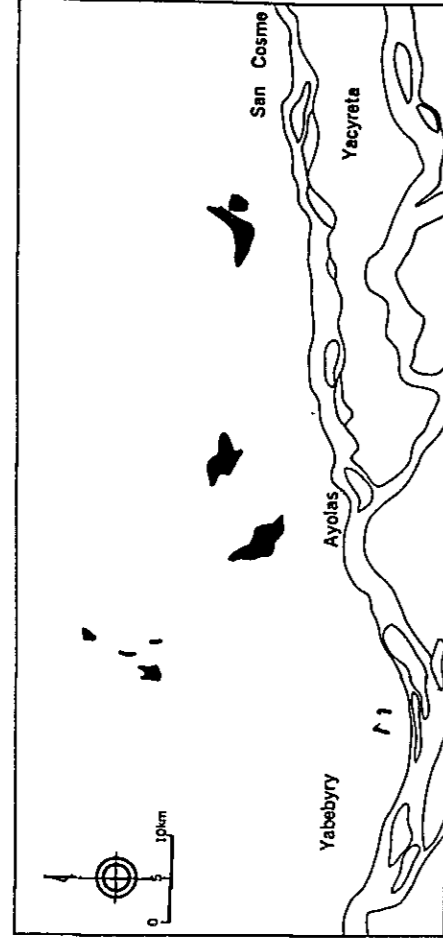


1979年 9月6日



1983年 4月26日

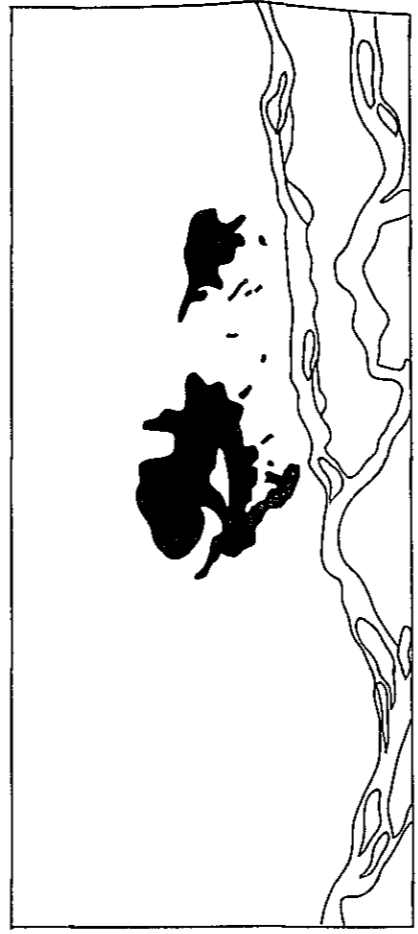
1976年 7月20日



1976年 7月20日



1978年 8月15日



1981年 3月17日

(LANDSAT 画像判読で顕著な湛水域のみを表示)

図-13 経時的な湛水変化状況図

LANDSATの補正済CCT

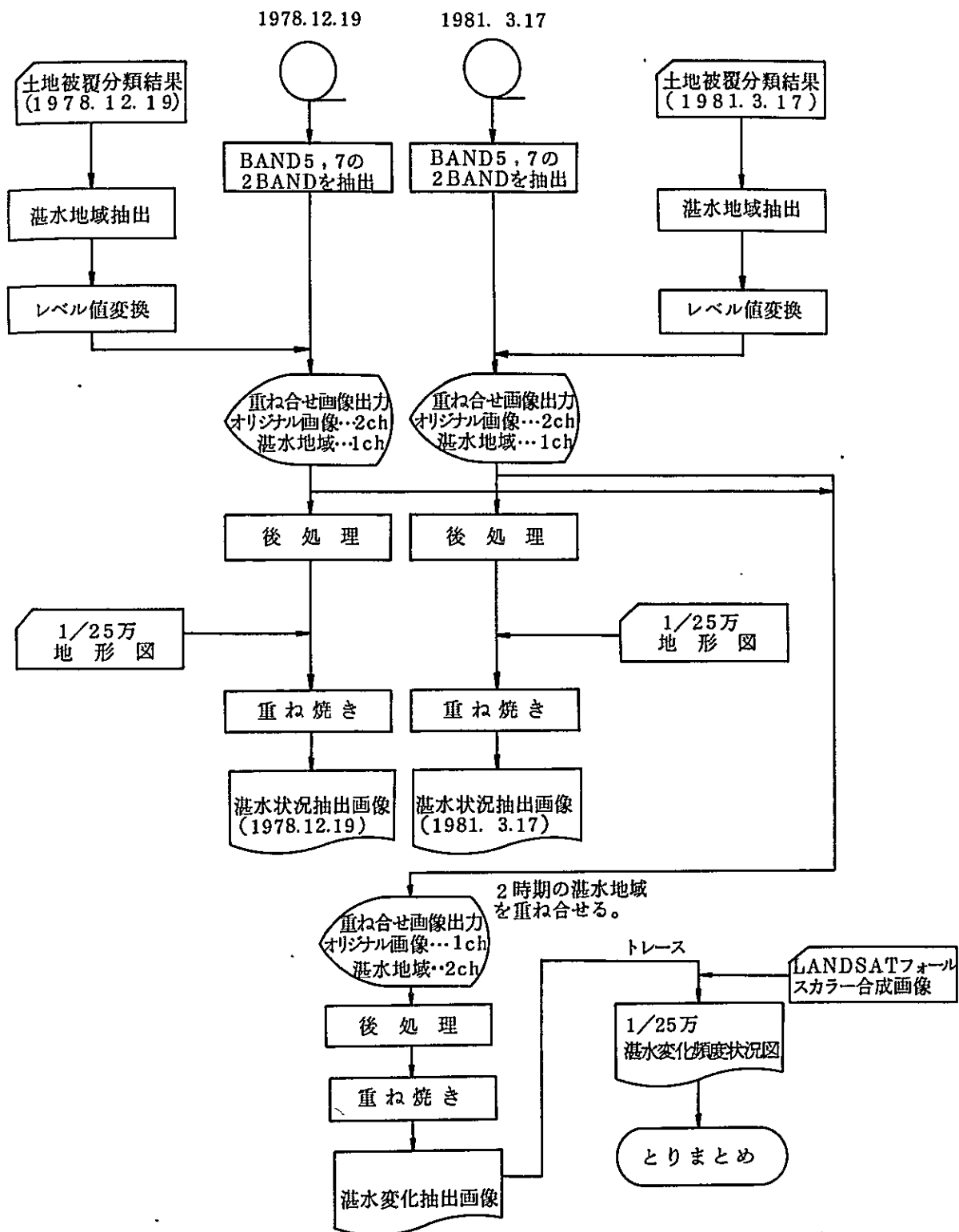


図-15 デジタル画像解析による
湛水変化抽出の流れ

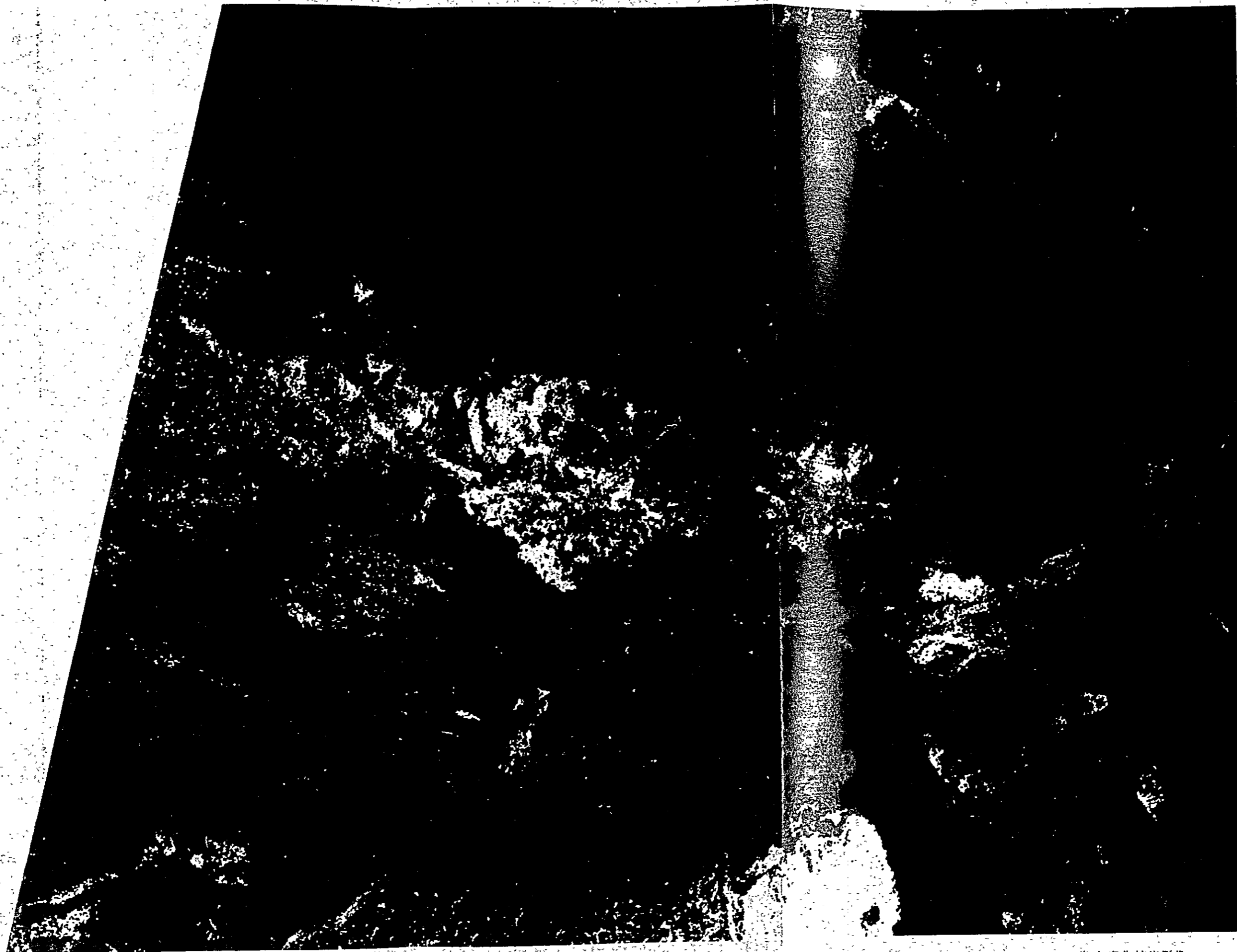


图-14 潜水变化抽出画像

② 経時的な湛水変化状況

1976年2月～83年4月までのLANDSATデータから判読した湛水域の分布図から次の点が明らかになった。

- ・どの時期の場合でも、ジャベビリの東側、アジョラスの北側、サンコスメの西側には湛水域が出現している。
- ・ジャベビリ川とアティングイ川の間の後背湿地にみられる湛水域は、ジャベビリのすぐ東側に分布するものと、ジャベビリ川源流部～アティングイ川にいたる大規模な分布をするものとに区分される。

(2) よりミクロにみた湛水変化状況

1978年12月19日(多雨期)と1981年3月17日(寡雨期)のCCTを使い、デジタル画像解析により湛水変化抽出画像を作成した。その結果を図-14に示す。

この抽出画像は、図-15に示すフローチャートに従って作成した。

図-14に示す画像は、1978年12月19日と81年3月17の湛水地域をオリジナル画像(青色で示す)に重ね合わせたものである。このうち、「水色」で示す範囲が1978年12月19日のデータより解析した湛水地域で、「桃色」で示す範囲が1981年3月17日のデータより解析した湛水地域である。「白色」の範囲が両時期とも湛水状況にあった地域を示す。この結果、以下のようにまとめられる。

- ① 調査地域で両時期とも湛水していた地域は、アジョラスの北西側、アジョラスの北側、ジャベビリ川左岸側などにみられる。
- ② ①の地域で、アジョラス北側に出現している湛水地域は、とくに大規模なものである。
- ③ アジョラスの北西側に出現している湛水地域は、小規模なものではあるが、1978年12月19日のデータでは、相当広範囲に湛水地域が出現している。降雨の多い場合には、ほぼこの範囲まで湛水地域が広がるものと推定される。
- ④ ジャベビリ川左岸側に出現している湛水地域は、1978年、81年の場合ともそれほど大きな変動はない。

以上のように、LANDSATのデジタル画像解析結果を地形図などに整合するように処理して、異時期の湛水地域を抽出することによって、よりミクロな視点から調査地域内の湛水変化状況が把握できた。

(3) 湛水変化頻度状況

図-16は、1976～81年のうち、7時期のLANDSAT画像の判読および解析により、それぞれの湛水地域が明らかにされたものを重ね合せ、湛水変化頻度状況をまとめたものである。図中に表示してある記号は、7時期のLANDSAT画像のうち、何時期が湛水地域で

あったかを示すものである。

- ① 6～7時期とも湛水地域であったところは、アジョラスの北西、アジョラスの北側（2ヶ所）、ジャベビリ川左岸側などに認められる。このような地域は、常時湛水している地域と考えられる。
- ② 5時期が湛水地域であったところは、ほぼ①の地域の周辺に分布し、季節によって完全に湛水してしまう地域と考えられる。
- ③ 4時期が湛水地域であったところは、ジャベビリからサンタリタ（Santa Rita）を結ぶ道路やサンチャゴへ向うアクセス道路の周辺に沿って分布する傾向がある。

(4) マクロにみた冠水状況

図-17は、平水時のパラナ川の流域と1983年の大洪水時におけるパラナ川の増水状況とを比較したものである（前掲、図-16には冠水範囲を表示した）。

- ① パラナ川は、サンコスメから上流では、冠水地域はほとんど認められない。
- ② サンコスメからアジョラスの間は、冠水地域も多く、とくに顕著なものはヤシレタ島で、ちょうど島中央部で冠水のために2つの島に分離されているようすがわかる。
- ③ アジョラスの下流では、とくに冠水地域が広範囲になり、パラナ川にあった中州の外縁に分布する樹林が認められる程度である。
- ④ 冠水地域と地形分類図を比較すると、河辺低地や砂州・砂堆などの地域では完全に冠水しているが、自然堤防では冠水がおよんでいない。

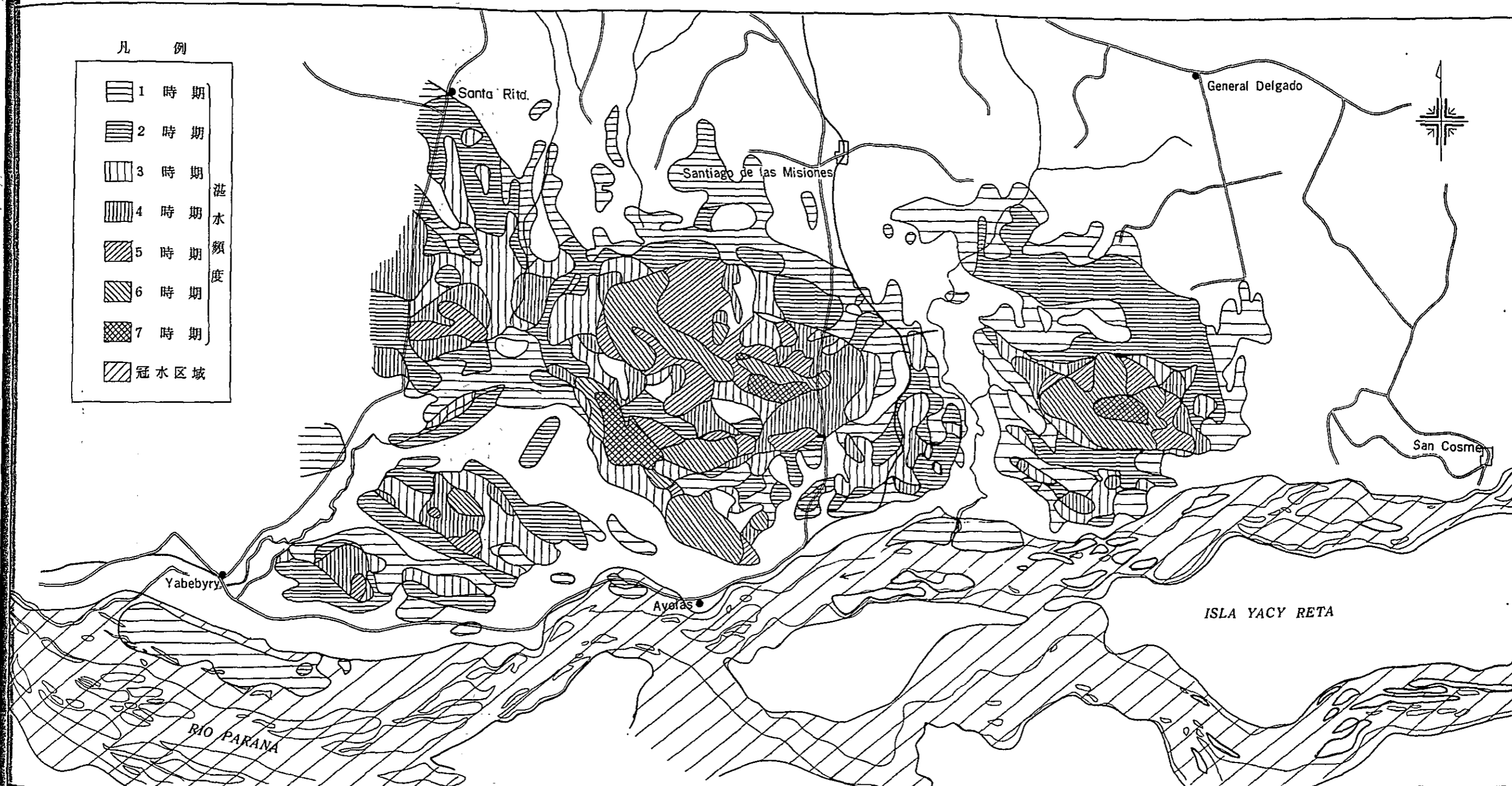


图-16 洪水变化频率状况图



1976. 2. 9



1979. 09. 16



1983. 4. 26

図-17 パラナ川の流況比較

2-3 地形分類

地形分類は、土壤図や表層地質図などを作成するための基本情報であり、加えて土地分級を行ううえで最も重要な要素の1つでもある。本年は第1年次調査で作成した地形分類図(5万分の1)を空中写真判読と現地調査により確認・修正した(図-18)。

調査地域の地形を概観するとパラナ川は西南西方向へ、ゆるやかに蛇行し、ヤシレタ島、タラベラ(Talavera)島などの中州を形成している。パラナ川は、調査地域の東端に位置するサンコスメ付近で狭窄部となり、この付近を頂点として右岸側に氾濫による広大な低湿地を形成している。この低湿地の北部は、砂岩、玄武岩を基盤とするなだらかな丘陵地となっている。調査地域におけるパラナ川から丘陵地までの幅は25km余りにわたっている。

今回作成した地形分類図では、上述の低湿地と丘陵地を形状および成因をもとに細分し、以下のようにまとめた。

(1) 丘陵地

丘陵地は調査地域の北部と東部に分布する標高約90m以上の地域がこれに相当する。開析が進んでいるためなだらかな地形を示し、集落や畑地などに利用されている。丘陵地の基盤は砂岩・玄武岩・泥質砂岩などによって構成され、風化が著しく進んでいる。

(2) 丘陵地上の浅い谷

これは丘陵地内でとくに顕著な凹地形を示す地域を区分したもので、湿地となっている場合が多く、ところどころ池もみられる。分布はきわめて狭く、調査地域北東部の丘陵地にわずかにみられる程度である。

(3) 麓斜面

丘陵地縁辺部の斜面の下方に匍行・雨洗などにより生じた堆積地形を麓斜面として区分した。表層は比較的細粒の風化土などで形成され、これと河川氾濫による堆積物質とが指交(inter-finger)している区域までを、麓斜面とした。調査地域では北東部丘陵地沿いに比較的まとまって分布する。

(4) 沖積錐

麓斜面と同様、丘陵地縁辺部の斜面のうち、やや急な扇状地形のところ、比較的新しいと思われるものを沖積錐とした。北東部の丘陵地縁辺にわずかに見られるのみである。

(5) 谷底平野

丘陵地を刻む河川の沖積作用が及ぶ平坦地であり、調査地域の北部から北西部にかけてみられる。比較的泥質な堆積物よりなる。次に述べる緩扇状地と同様の成因により形成されたものであるが、その違いは、谷底平野の場合その両側を丘陵地により規制されている点である。

(6) 緩扇状地

谷底平野に連続し、上流からの土砂堆積が及んでいる地域を緩扇状地とした。泥質な堆積物よりなり、地下水位も高い。

(7) 自然堤防

自然堤防は、パラナ川沿いに大規模なものが認められ、ほぼ連続して分布する。また、アティンガイ川、ジャベビリ川沿いにも細長く分布する。後述する河辺低地との比較差は明瞭であるが、後背湿地との比高差はさほど明瞭ではない。自然堤防は砂質堆積物よりなり、畑地、集落等の利用がみられる。

(8) 後背湿地

自然堤防などの微高地の背後にできる湿地性の平坦地を後背湿地とした。このうち、調査地域西側のほぼ中央部は常時湛水している模様で、ほとんどが未利用地となっている。ただ、丘陵地に近いところでは水田や放牧地として利用されている。

(9) 後背湿地内の微高地（高位）

後背湿地内に浮島状に微高地が認められる。このうち、周辺との比高差が数mを越え、自然堤防よりも明らかに上位にくる微高地を高位の微高地として区分した。調査地域では、北部に突き出した微高地と、ジャベビリ川両岸に部分的に分布する。表層は自然堤防と同様きわめて砂質である。

(10) 後背湿地内の微高地（低位）

前述のものより比高差の小さい微高地である。自然堤防よりの後背湿地内に複雑な形状で出現する。これは現在の自然堤防の背後に続く砂質堆積物地域で無数の小河川が乱流し、侵食および再堆積をくり返した結果、特異な形でとり残されたものと推定される。全般に砂質であるが、とくに湿地からの比高が高くなるほど粗粒になる傾向にある。

(11) 旧河道

かつての河道のうち、その形状が顕著に残っている比較的新しいものに限り旧河道とした。また、現在の河道沿いの河辺低地（後述）のように河川増水時に容易に冠水し、その形状も変化しやすいものは旧河道から除外した。旧河道は、コラテェイ (Cor tei) 付近の自然堤防間に見られる程度である。

(12) 河辺低地

河辺低地は河川沿いに帯状に分布する低地で、河川の増水により容易に冠水する地域である。植生の生育も貧弱で、低湿な地域である。砂泥質の堆積物よりなり、未利用地となっている。

(13) 砂州・砂堆

前述の河辺低地にみられる微高地であるが、自然堤防より低位にくるものを砂州・砂堆とした。河成または風成により形づくられたもので、この地域は比高がさまざまであり；全般に樹木等が定着し、安定化しつつあるが、比高からみる限りでは水害の危険性をはらんでいる。河辺低地に比べて砂質である。

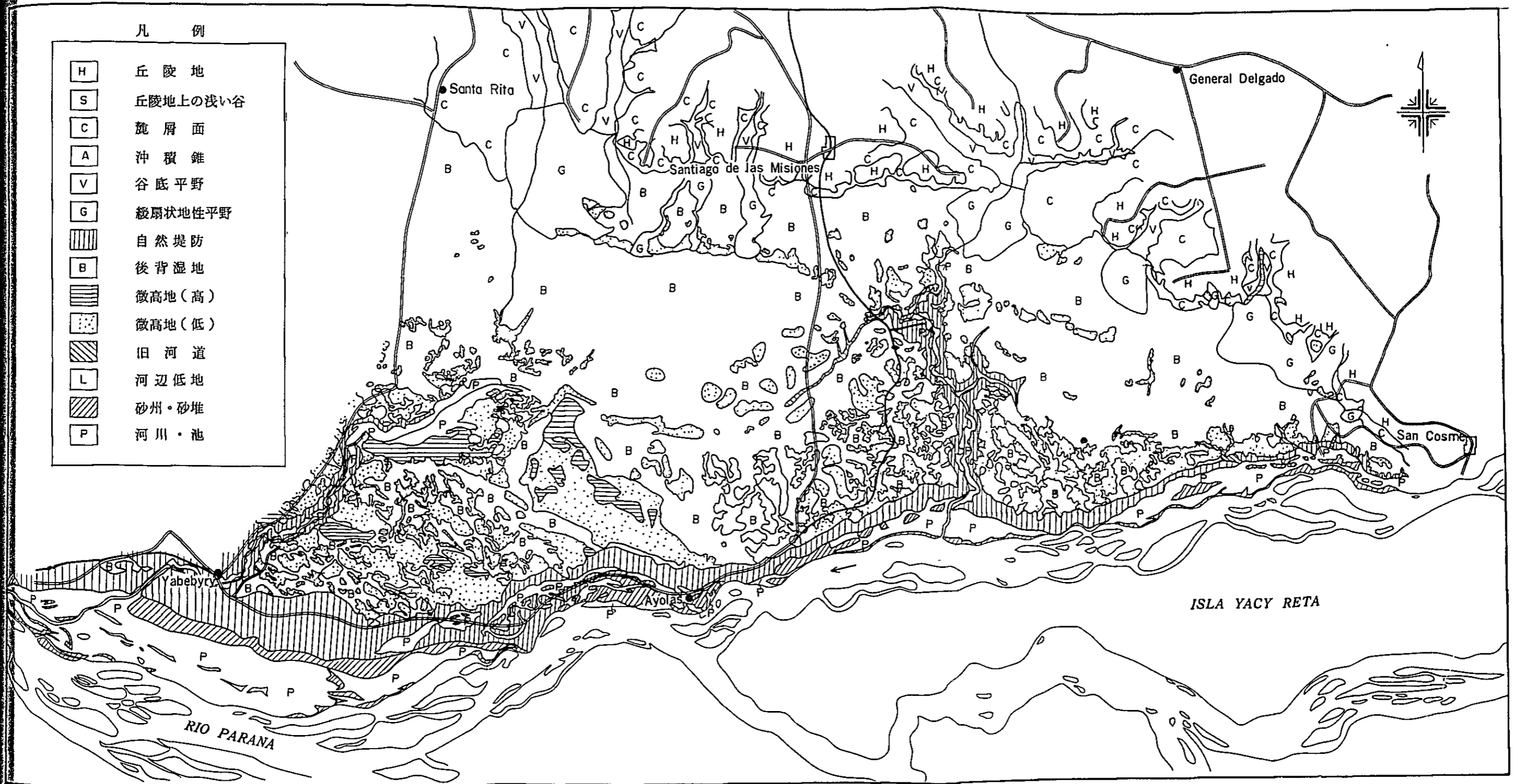


図-18 地形分類図

2-4 標高区分

標高区分図は、調査地域の地形概況の把握と、土地生産性の側面からの評価（とくに耕耘の難易性）、湛水・冠水の危険性評価などの基礎資料として利用するもので、以下の要領により作成した。

- (1) メッシュ法により表現する。メッシュの大きさは500m四方とし、メッシュ内の最高標高値を代表値とする。
- (2) 5万分の1の編纂図を基図とした。
- (3) 標高区分は、次のようにまとめた。
 - ① 50 ~ 60 m
 - ② 60 ~ 70
 - ③ 70 ~ 80
 - ④ 80 ~ 90
 - ⑤ 90 ~ 100
 - ⑥ 100 ~ 110
 - ⑦ 110 ~ 120
 - ⑧ 120 ~ 130

標高区分結果は別冊の図面集に示すとともに、簡略化して図-19に表わした。この結果次のことが明らかとなった。

- (1) 50~60mの標高ランク域は、ジャベビリ川がパラナ川に合流する付近の低湿地帯やパラナ川沿いの河辺低地などに分布する。
- (2) 60~70mの標高ランク域は、パラナ川沿いの河辺低地やジャベビリ川沿いの低地などに分布する。
- (3) 70~80mは最も広域な分布を示す標高ランク域で、大半が低位の後背湿地である。
- (4) 80~90mの標高ランク域は、丘陵地末端に位置し、調査地域が東部から北東部~北西部にかけてみられる。アジョラス北西部の微高地やパラナ川沿いの自然堤防も、この標高ランクに相当する。
- (5) 100m以上の地域は、ほとんどが丘陵地で(4)と同様、東部から北東部~北西部にかけて分布する。

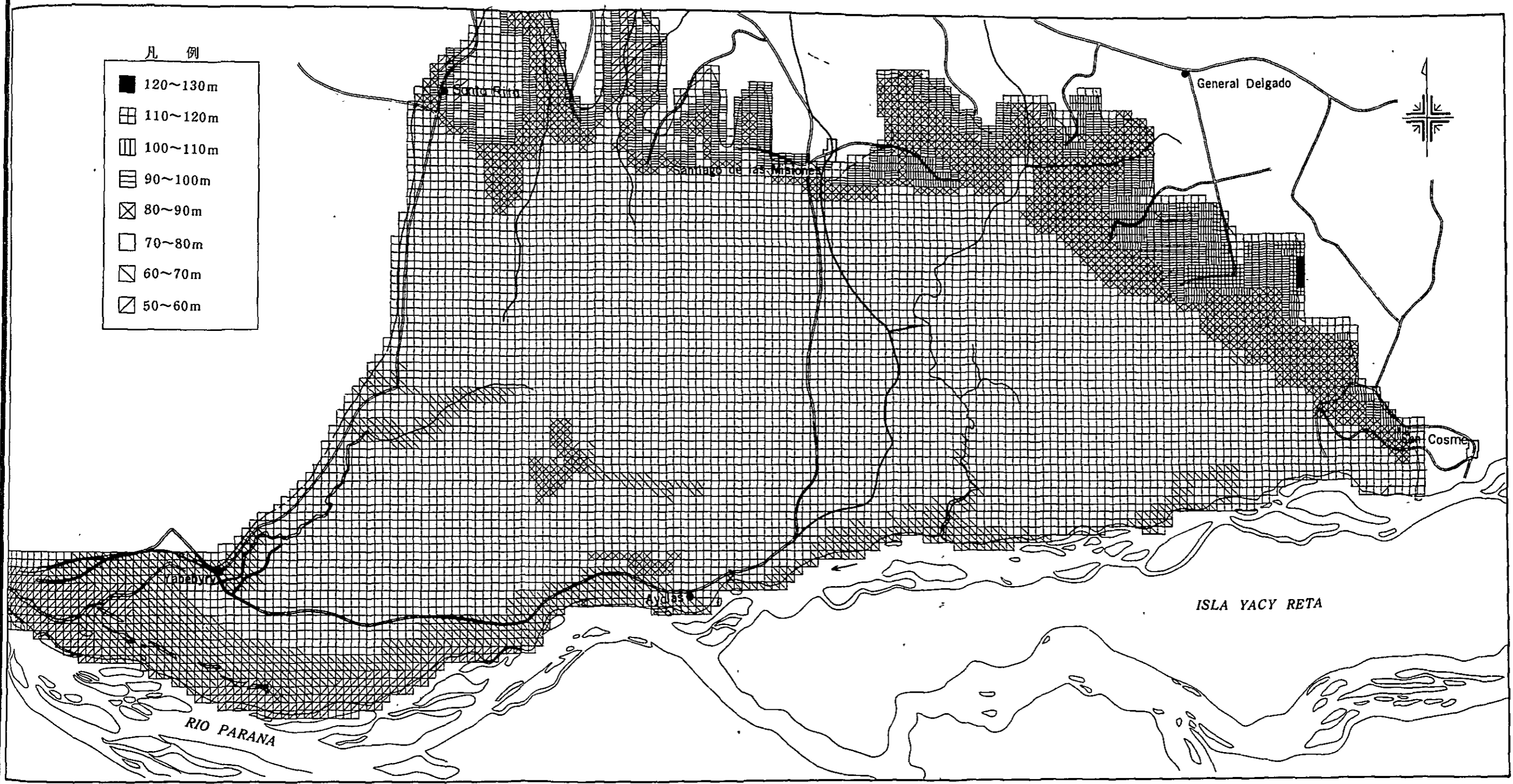


图-19 标高区分图

2-5 斜面方位

斜面方位図は、土地生産性評価や営農計画策定のための基礎資料とするために、次の要領に従って作成した。

- (1) メッシュの単元は500mメッシュとした。
- (2) 斜面の向きは、5万分の1基図をもとに作成した。
- (3) 斜面の向きは、北の方向を軸とした8方位と、平坦な場合を含めて9区分で表示した。その結果は、別冊図面集(5万分の1)に示すとともに、簡略化して図-20に表わした。

(1) 南向きの斜面

南向きの斜面は、パラナ川に接する自然堤防地域、丘陵地においても後背湿地との境界付近に多い。

(2) 西向き斜面

西向き斜面は、丘陵地に多く分布し、東向き斜面より相対的に多い傾向がある。

(3) 東向き斜面

東向き斜面は、丘陵地や後背湿地内の微高地などに分布する。

(4) 南西向き斜面

南西向き斜面は、サンコスメから北西に伸びる丘陵地の南西側やパラナ川に接する自然堤防地域などに多く分布する。

(5) 北向き斜面

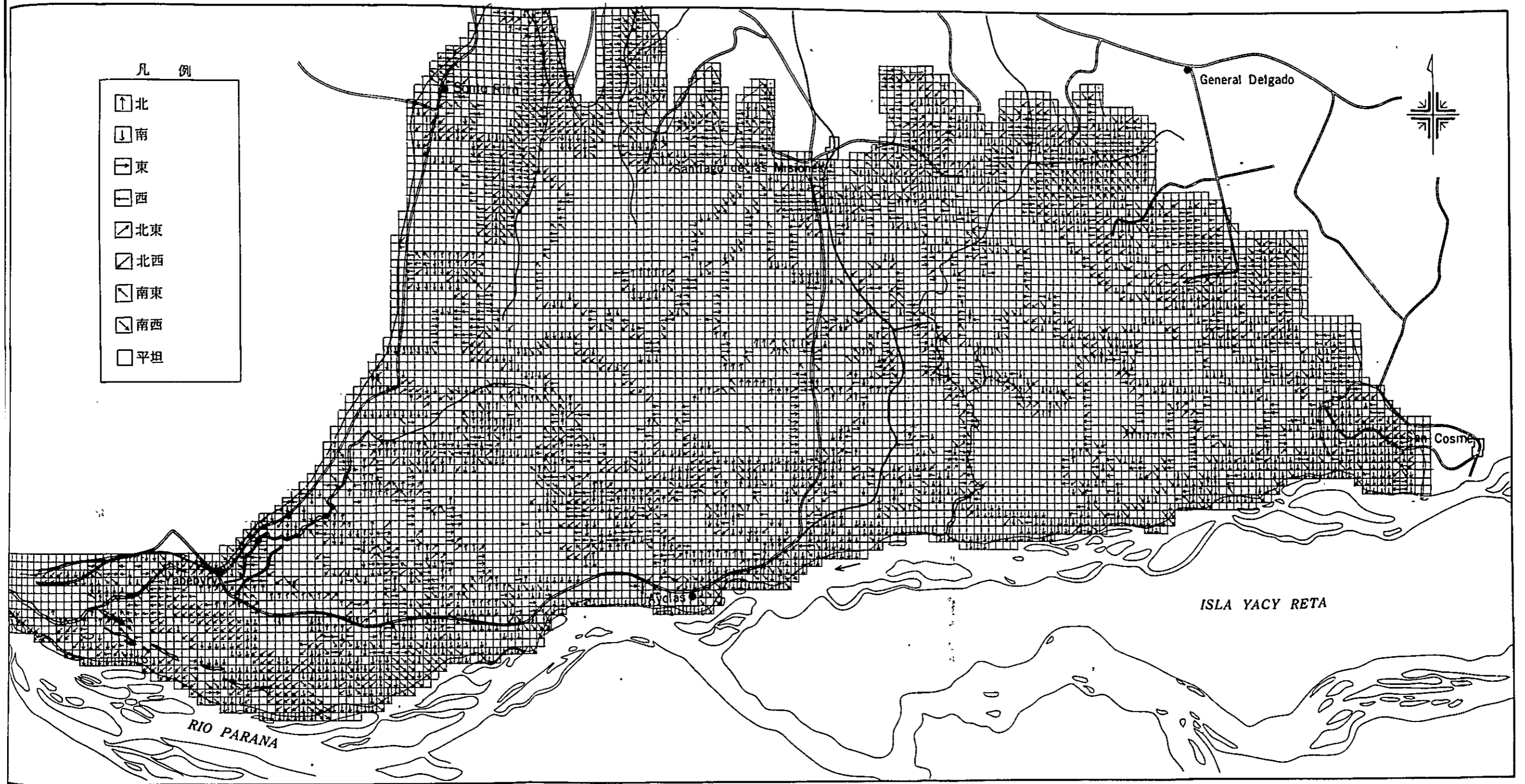
北向き斜面は、きわめて少なく、パラナ川に接する自然堤防地域や後背湿地内の微高地などにわずかに分布する程度である。

(6) 平坦地

調査地域の大半を占める平坦面は、パラナ川と北～北東に位置する丘陵地との間に広く分布している。

(7) その他の斜面

前記の斜面以外の向きの斜面は、サンコスメから北西に伸びる丘陵地、およびジャベビリ川、アティンガイ川上流部の微高地に分布するが、いずれも散在する程度である。



- 凡 例
- ↑ 北
 - ↓ 南
 - 東
 - ← 西
 - ↗ 北東
 - ↖ 北西
 - ↘ 南東
 - ↙ 南西
 - 平坦

0 5 10 15Km
1 : 250,000

圖-20 斜面方位圖

2-6 傾斜区分

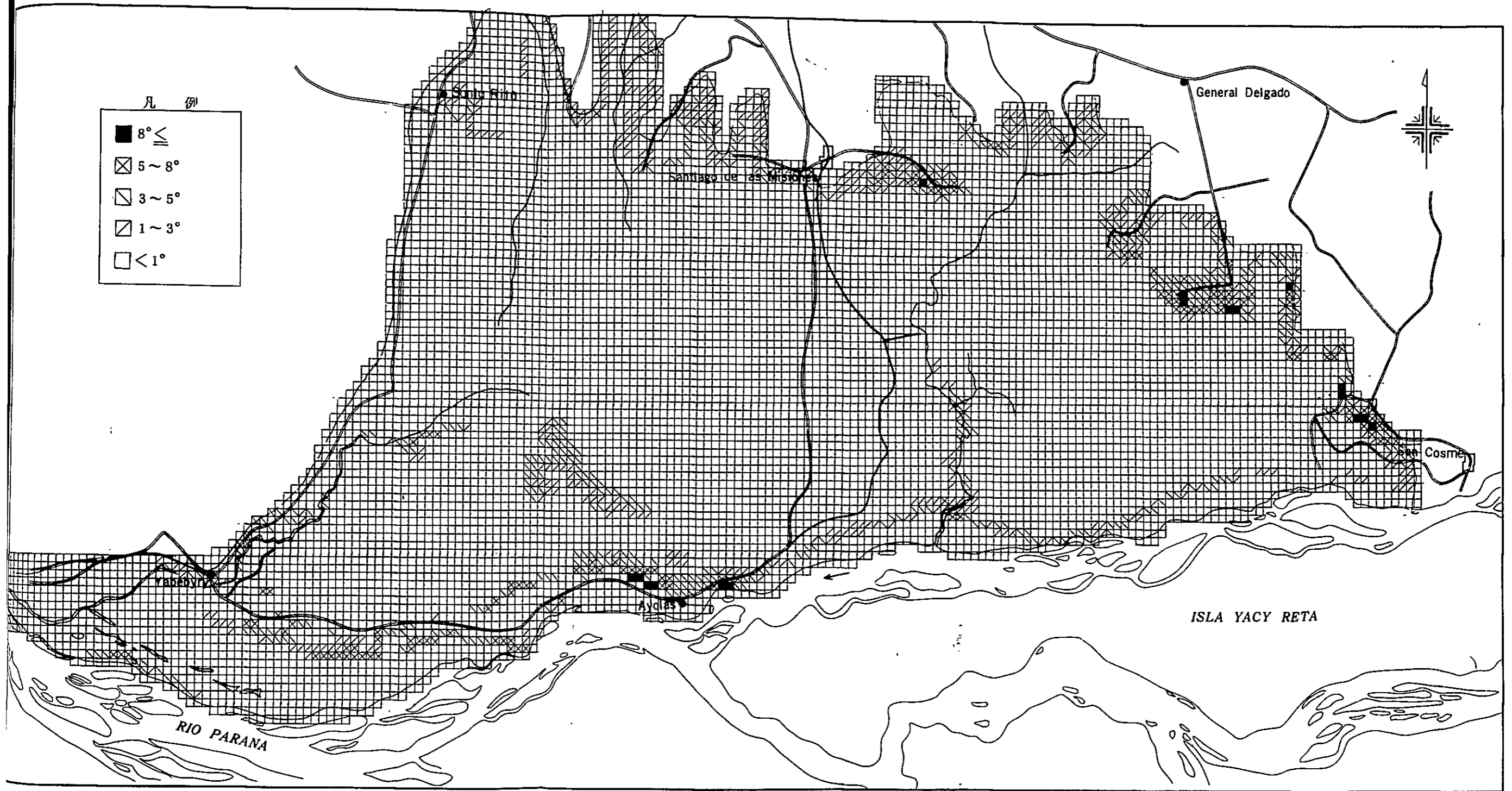
傾斜は、地形の特徴を示す要素があると同時に、農耕地としての耕耘の難易性など土地生産性評価のための基礎資料となる。

傾斜区分図は次の要領で作成した。

- (1) メッシュ法により表現し、標高区分と同一単元(メッシュ)で測定した。
- (2) メッシュ内の最大傾斜地を代表地とした。
- (3) 傾斜の区分は以下の5ランクとした。
 - ① 1°未満
 - ② 1～3°
 - ③ 3～5°
 - ④ 5～8°
 - ⑤ 8°以上

調査結果は別冊図面集(5万分の1)に示すとともに、簡略化したものを図-21に表わした。その結果、次の点が明らかになった。

- (1) 調査地域内、丘陵地以外の地域は大半が1°以下の傾斜である。
- (2) 1～3°の傾斜地域は、パラナ川沿いの微高地に分布する。
- (3) 3～5°の傾斜地域は、丘陵地末端やパラナ川沿いの自然堤防地域などに広く分布する。
- (4) 5°以上の傾斜地域は、パラナ川沿いの自然堤防地域のうち、アジョラス周辺やその北西の後背湿地内の微高地、および調査地域北東の丘陵地などに限って分布し、散在する傾向が強い。



0 5 10 15Km

1 : 250,000

图-21 倾斜区分图

2-7 起伏量

起伏量は、調査地域の地形概況の把握と、土地生産性の側面からの評価（とくに耕耘の難易性）などの基礎資料として利用した。基本的には次の事項に留意し作業を進めた。

- (1) メッシュ法により表現し、標高区分と同一単元（メッシュ）で測定した。
- (2) メッシュ内の等高線の間隔により判定した。
- (3) 起伏量の区分は、次の6ランクとした。
 - ① 5 m未満
 - ② 5～10 m
 - ③ 10～15 m
 - ④ 15～20 m
 - ⑤ 20～25 m
 - ⑥ 25 m以上

調査結果は、別冊図面集（5万分の1）に示すとともに概念図として簡略化し、図-22に表わした。その結果、次の点が明らかとなった。

- (1) 調査地域の大半が5 m未満のランクとなり、パラナ川と調査地域北端の丘陵地にはさまれた地域に分布する。
- (2) 5～10 mの地域は、10～15 mの地域の周辺およびパラナ川沿いの自然堤防やジャベピリ川沿いの微高地などに分布する。
- (3) 10～15 mの地域は、丘陵地の大半を占めている。
- (4) 15 m以上の地域は、パラナ川沿いの自然堤防地域のアジョラス周辺やアジョラス北西の後背湿地内の微高地、調査地域北東の丘陵地などに分布する。

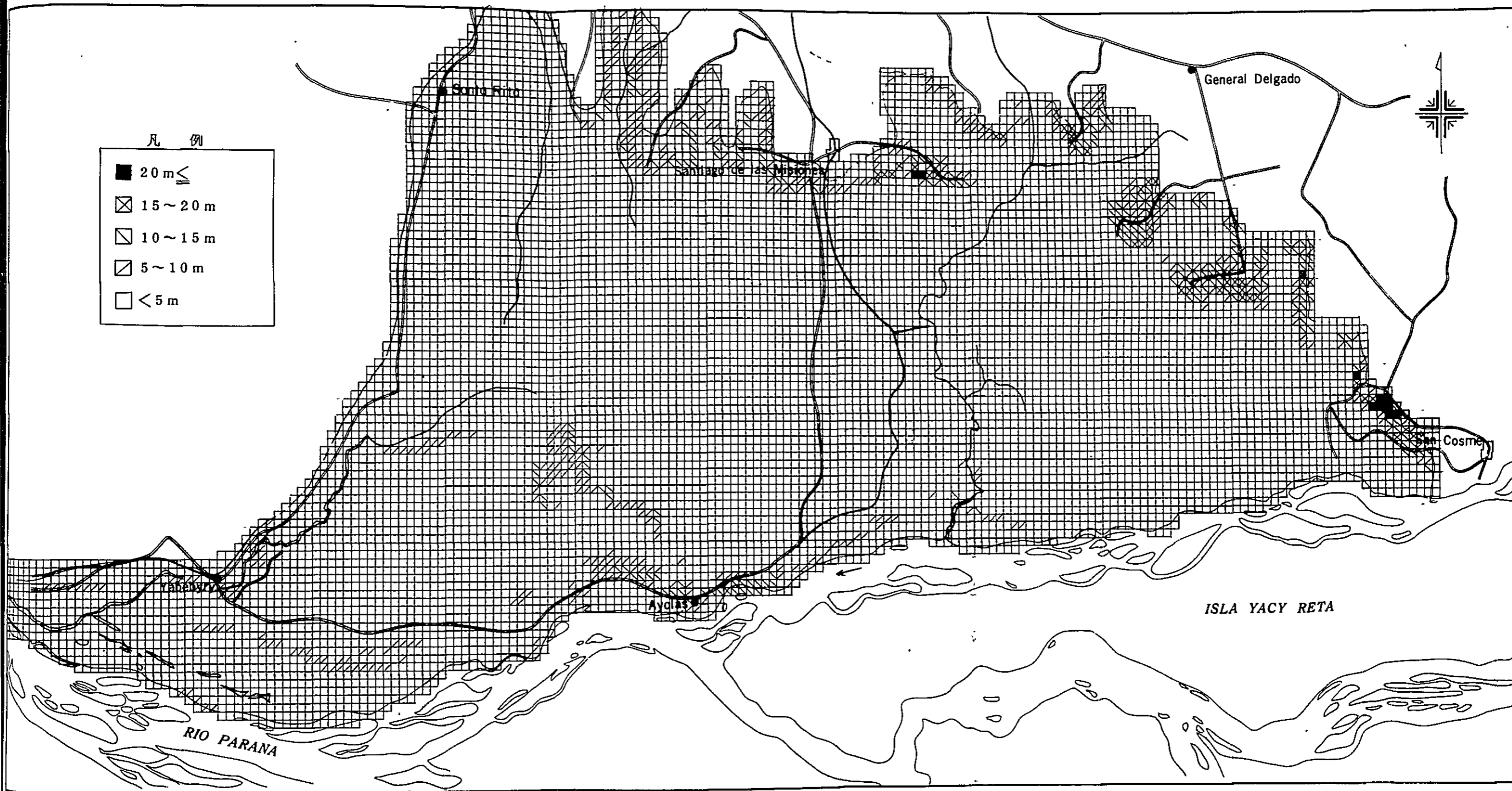


图-22 起伏量图

2-8 土地利用

土地利用図は、土地がどのように利用されているかを示す地図であり、単に地目別の分布状況を知るだけでなく、土地分級を考えるうえで最も基本的な情報となる。

第1年次調査では、LANDSAT フォールスカラー画像と既往資料等から現地調査用の土地利用図（5万分の1）を作成した。第2年次調査は、LANDSAT デジタル画像解析と空中写真判読および現地調査から、上記土地利用をチェック・修正し、別冊に示す土地利用図（5万分の1）を作成した。簡略化して図-23に示す。

(1) 樹林（自然林・人工林）

調査地域の樹林は現地調査の結果、自然林と人工林とに大別される。樹林分布面積のほぼ99%近くが自然林で、残りが人工林である。人工林は、アティングイ川上流部の河川沿いに1ヶ所まとまった分布をする程度である。

樹林は、LANDSAT フォールスカラー画像上では、季節に関係なく鮮明な「赤色」として発色しており、さらに詳細なデジタル画像解析からみると、その分布がよりはっきりした（図-9～10参照）。また、赤外線空中写真上では、全体に白ないし灰白色の階調を示し、湿原地域のように水が赤外線を吸収して黒い色調を示しているところと容易に区分できる。

樹林は、丘陵地・低地内の微高地・河川沿いあるいは河川沿いの自然堤防上などに分布する。代表的なものとして、

- ① アジョラス北西部の微高地にまとまって分布するもの。
- ② アジョラスの西側に帯状に分布するもの。
- ③ ジャベビリ川の源流部付近に分布するもの。
- ④ アジョラスからサンコスメ間のパラナ川右岸に帯状分布するもの。
- ⑤ アティングイの両岸に帯状に分布するもの。
- ⑥ サンコスメの北東部に位置する丘陵地上に塊状に分布するもの。

などが挙げられる。⑤の樹林地は、低湿地よりわずかに比高の高い自然堤防や後背湿地内の微高地などに立地し、乾燥気味の土地に立地する樹林である。⑥は、丘陵地上の乾燥土壤に立地する台地林である。

(2) 自然草地

自然草地は、①微高地や丘陵地上に分布する乾性草地と、②低湿地に分布する湿性草地とに大別される。LANDSATのデジタル画像解析からも両者の区分は比較的容易で、近赤外線に対する反射特性を指標に区分される。また、空中写真では立地条件のちがい（たとえば丘陵地と低湿地の地形の差）、赤外線の吸収のちがいなどから、両者を区分できる。

① 乾性草地（微高地・丘陵地性草地）

これは、調査地域の北側および東側の丘陵地やサンコスメからサンチャゴへ連続して分布する微高地、アティングイ川とジャベビリ川間に広がる湿地帯にまとまって分布する微

高地上、パラナ川沿いの自然堤防上などに広範に分布している。

(2) 湿性草地（低地性草地）

これは、調査地域全体にわたって分布する低湿地内に立地する湿性の草地であり、調査地域の約50%の面積を占めている。赤外線空中写真では、やや灰色に近い階調を示しており、湿地（写真上で黒色の階調を示す）と区分できる。

(3) 湿 地

挺水植生などの繁茂地域を一括して湿地とした。過湿な水分環境にあるため、LANDSAT フォールスカラー合成画像では、近赤外線吸収特性により黒味をおびた階調を示す。赤外線空中写真でも同様で、黒く特徴のある階調を示す。多時期のLANDSAT画像を比較すると、季節によって湿地の範囲が変動していることが分る（図-5～8，図-12参照）。今回、湿地として示した分布範囲は、1972年11月の赤外線空中写真の撮影時の状態である。この時期の湿地は、アティングイ川の周辺やジャベピリ川東部一帯に、かなり広域に分布していることがわかる。

(4) 人工草地

これは、空中写真判読や現地調査によって、はじめて分布が確認されるもので、LANDSATデータからは、自然草地と区分できない。空中写真判読では、とくに肌目（きめ）が細く一様な階調を示し、区画が明瞭に映っているような明らかに人工の手が加えられた形跡が判別できるもののみを人工草地として、自然草地と区分した。調査地域の北部丘陵地に代表的なものがみられる。

(5) 水 田

調査地域の水田利用は、牧草に主目的がおかれ、良い牧草を生育させるために水田として3年ごとの転換利用がはかられ、これによって土地の肥沃化をはかっているようである。したがって、空中写真上の形態や色調などからは、草地との区分ができないが、現地調査によってその分布を確認した。北部・東部丘陵地に接する低地やパラナ川、アティングイ川沿いにわずかに分布する程度である。

(6) 畑

調査地域の畑は大規模なものはなく、小規模なものばかりである。丘陵地、自然堤防上などやや乾燥気味の砂質土壤に作付している場合が多い。

(7) そ の 他

住宅地・飛行場・墓地・裸地などを一括して、その他に含めた。

以上の結果からみて、調査地域の現況土地利用は、地形的条件にほとんど規制されていることがわかる。すなわち、図-24に示すように、地形分類と土地利用がきわめてよく整合している。



図-23 土地利用図

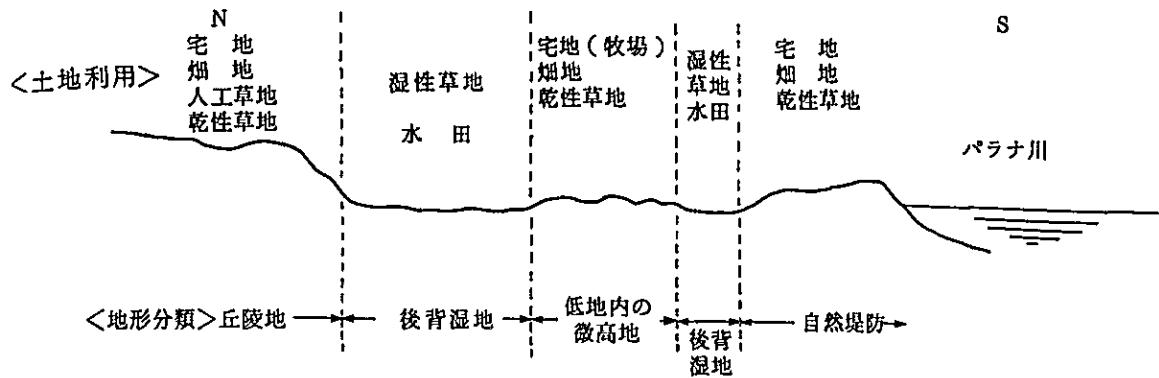


図-24地形分類と土地利用現況との対応

表-5は、調査地域の地形分類と土地利用現況の対応を分類項目ごとにクロス集計したものである。

表-5 地形分類と土地利用現況結果とのクロス集計表

(調査地域全体を対象とする場合の集計表)

地形	土地利用										合計
	自然林	人工林	乾性草地	湿性草地	人草地	水田	畑	湿地	河川・池	その他	
丘陵地	1600 (0.6%)	0 (0.0%)	1350 (0.7%)	400 (0.2%)	800 (0.4%)	0 (0.0%)	1125 (0.6%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	5275 (2.6%)
丘陵地上の狭い谷	25 (0.0%)	0 (0.0%)	50 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	75 (0.0%)
農斜面	2600 (1.3%)	0 (0.0%)	6025 (3.0%)	5525 (2.8%)	525 (0.3%)	125 (0.1%)	100 (0.0%)	50 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	14950 (7.5%)
沖積堆	25 (0.0%)	0 (0.0%)	75 (0.0%)	50 (0.0%)	75 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	225 (0.1%)
谷底平野	200 (0.1%)	0 (0.0%)	2550 (1.3%)	3425 (1.7%)	200 (0.1%)	175 (0.1%)	0 (0.0%)	125 (0.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	6675 (3.3%)
扇状地性平野	25 (0.0%)	0 (0.0%)	750 (0.4%)	10350 (5.2%)	0 (0.0%)	375 (0.2%)	0 (0.0%)	25 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	11525 (5.6%)
自然堤防	5525 (2.6%)	0 (0.0%)	6850 (3.4%)	1000 (0.5%)	0 (0.0%)	875 (0.4%)	1925 (1.0%)	950 (0.5%)	0 (0.0%)	100 (0.0%)	17225 (8.6%)
後背湿地	400 (0.2%)	0 (0.0%)	4775 (2.4%)	62175 (31.0%)	0 (0.0%)	4125 (2.1%)	75 (0.0%)	24350 (12.2%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	95900 (47.9%)
微高地(高)	1300 (0.6%)	0 (0.0%)	950 (0.5%)	175 (0.1%)	25 (0.0%)	0 (0.0%)	75 (0.0%)	250 (0.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2175 (1.4%)
微高地(低)	2550 (1.3%)	0 (0.0%)	10900 (5.4%)	4750 (2.4%)	0 (0.0%)	375 (0.2%)	100 (0.0%)	3925 (2.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	22600 (11.3%)
旧河道	0 (0.0%)	0 (0.0%)	125 (0.1%)	50 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	100 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	275 (0.1%)
河辺低地	650 (0.3%)	0 (0.0%)	700 (0.3%)	6875 (3.4%)	0 (0.0%)	700 (0.3%)	0 (0.0%)	9200 (4.6%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	18125 (9.0%)
砂州・砂堆	1550 (0.7%)	0 (0.0%)	400 (0.2%)	2125 (1.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	50 (0.0%)	500 (0.2%)	0 (0.0%)	25 (0.0%)	4450 (2.2%)
河川・池	100 (0.0%)	0 (0.0%)	25 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	25 (0.0%)	0 (0.0%)	75 (0.0%)	75 (0.0%)	0 (0.0%)	300 (0.1%)
合計	16350 (8.2%)	0 (0.0%)	35525 (17.7%)	96900 (48.4%)	1625 (0.8%)	6775 (3.4%)	3450 (1.7%)	39550 (19.7%)	75 (0.0%)	125 (0.1%)	200375 (100.0%)

両者の対応は以下のようにまとめられる。

- ① 丘陵地は、畑・乾性草地・人工草地などに利用され、調査地域のうちでは、最も高度な土地利用がなされている。
- ② 低地内の微高地は、面積的に小さく、後背湿地などに近接することもあるが、わずかに住宅地や畑として利用されているにすぎない。
- ③ 自然堤防は、丘陵地について土地利用が進んでいる地域で、住宅地・集落・畑などに利用されている。
- ④ 後背湿地は、降雨時にほとんど湛水するため、未利用地となり、自然放牧地として利用されている。丘陵地に隣接する後背湿地の一部は、水田として利用されている。

2-9 相観植生

前記の土地利用図（5万分の1）に基づき、LANDSATのデジタル画像解析結果や空中写真判読、現地調査などから、樹木立地の形態に主眼をおいて植生区分を行った。その結果は別冊（5万分の1 相観植生図）と図-25に示す。

(1) 森 林

パラグアイ国の林相のうち、高木林にかぎってみると、高地や排水のよいところに立地する。高木林内には大別して、①砂岩を母材とする明るい色の砂質土壌と、②玄武岩を母材とする暗赤色のテラ・ロシア土壌の2タイプがあり、表-6に示すような特徴がある。

表-6 土壌別森林の特徴

砂質土壌の森林	テラロシア土壌の森林
1. 主な樹種の平均樹高は低い。	1. 主な樹種の平均樹高は高い。
2. haあたりの全本数は少ない。	2. haあたりの全本数は多い。
3. 利用材質が少ない。	3. 利用材質が多い。
4. 全平均材積は少ない。	4. 全平均材積は多い。

調査地域の北端に広がる丘陵地には、砂岩と玄武岩の両者が分布しており、上記の2タイプの土壌型に影響された高木林が認められるが、ほとんどが伐採による残存林のため、上表ほどの差はみられない。一方、低湿地には、平均樹高が15mを越える樹林は少なく、ほとんどが低木林からなる。

調査地域の樹林分布は、

- ① 丘陵地に分布する丘陵地林
- ② 低湿地内の微高地上に立地する微高地林
- ③ 自然堤防や河川沿いのわずかな微高地に立地する台地林と河畔林

に分けられる。これらはすべて、周辺に比べて高所で排水のよい土壌のうえに立地している。現地調査では、これらの分布地域のうち、代表的なものについて、10m四方の方形区による立木調査を実施した（図-26）。

(2) 丘陵地林

これは、丘陵地に分布する乾性の樹木群であり、胸高直径と立木本数との関係（図-26(A））からみると、胸高直径の小さいものから最大胸高直径約80cmまでで、本数が平均的に分布し、ヘクタール当りの立木本数は約1,700本である。樹高は25~30mの高木林が多い。

この分布は、調査地域の北部から東部にかけての丘陵地に分布し、とくにサンタリタ周辺の緩傾斜地などにまとまって分布する。

(3) 微高地林

後背湿地内の微高地に立地するものを微高地林として、河畔林と区分した。図-26(B,C)に示す

ように、丘陵地林のそれに比べて、胸高直径の小さく立木本数が多いのが特徴である。ヘクタール当りの立木本数は2,000～3,000本である。樹高は15～20mの高木林が多い。微高地林は、後背低地内（すなわち北～東部の丘陵地とパラナ川沿いの自然堤防によって境される広大な範囲）に点在し、面積的には非常に小さな樹林ではあるが、広大な低湿地の唯一の美観をかたちづくっているものである。

(4) 台地林

ここで台地林としたものは、パラナ川沿いの大きな自然堤防上に立地するものやアジョラス北西部の微高地上に大規模に分布する樹林で、後述の河畔林と林相が異なるものである。図-26(D,E)に示すように、前述の丘陵地林、微高地林に比べて、胸高直径が小さく（概ね10cm程度）で、立木本数が非常に多いのが特徴である。ヘクタール当りの立木本数は約4,500本、樹高は15～25mで、総樹林面積の半分近くを占めている。

(5) 河畔林

河畔林は、樹高によって高木林と低木林とに区分した。

① 河畔林（高木）

この樹林は、アティンガイ、ジャベビリ、パラナ川などの主要河川沿いのわずかな微高地に立地し、樹高が6～15mぐらいのものである。

アティンガイ川沿いに分布するものは、まとまってかなりの樹木面積を占めているが、ジャベビリ川、パラナ川沿いのものは、わずかに分布する程度である。

② 河畔林（低木）

河畔林のうち、樹高が5～6mのものを低木林として区分した。この樹林は、アティンガイ川の最も水際に近いところにわずかに分布する程度であるが、立木本数が極めて多く、林内への立入りが困難なほどの密生林となっている。

(6) 乾性草地

ここで乾性草地としたものは、丘陵地・自然堤防・微高地などに立地する自然草地や人工草地である。

(7) 湿性草地

後背湿地内に分布する湿性草地で、分布面積は調査地域の70～80%におよぶ。

(8) 水田

水田は、調査地域北部や東部の丘陵地に隣接する低地やパラナ川、アティンガイ川沿いにわずかに分布する。

(9) 畑

丘陵地、自然堤防や微高地などに分布し、集落周辺にわずかに作付している程度である。

(10) その他

住宅地、集落、飛行場、墓地、裸地を一括した。



図-25 相観植生図

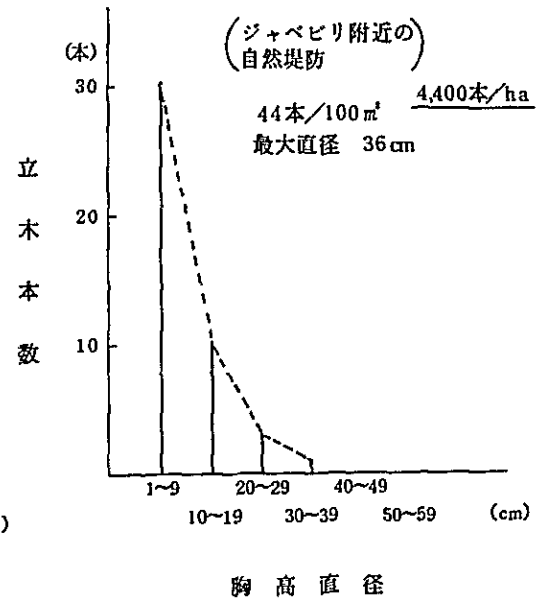
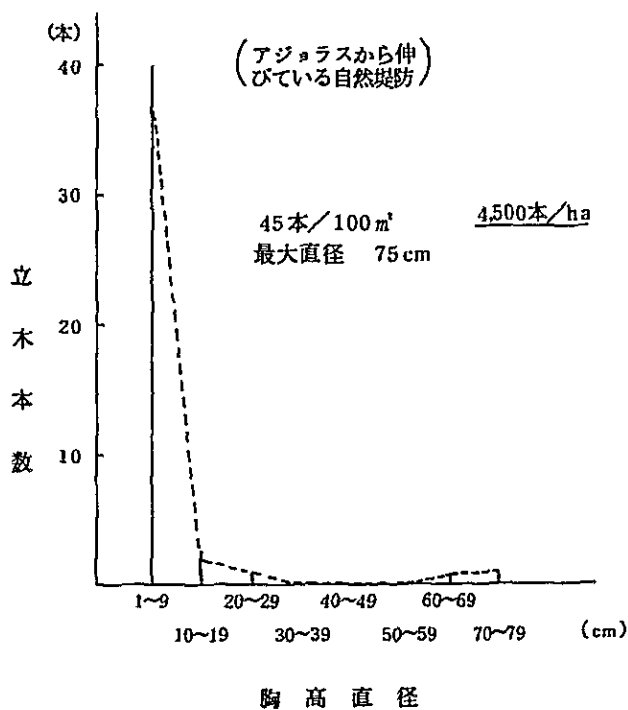
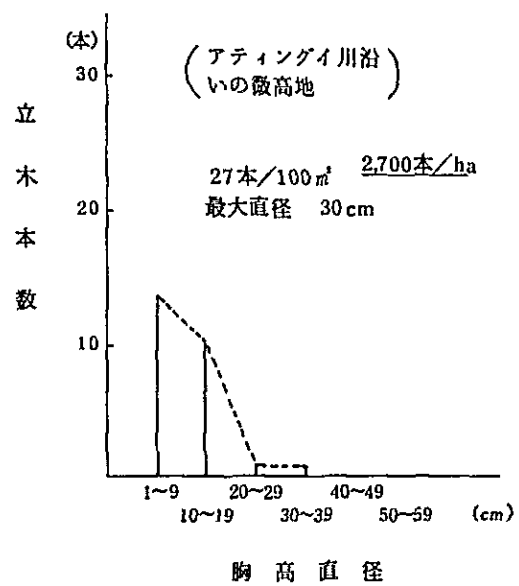
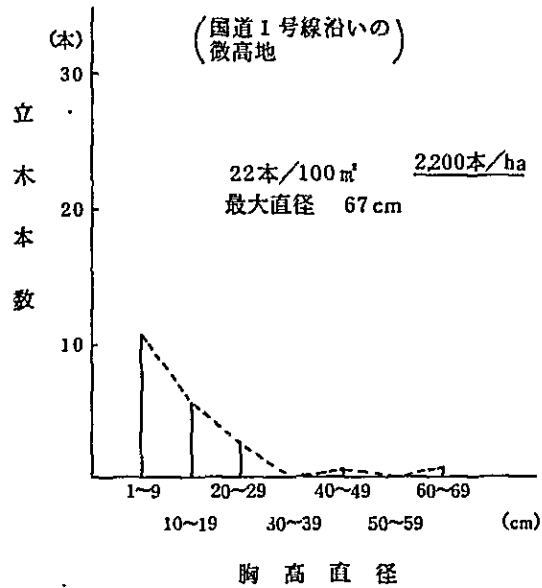
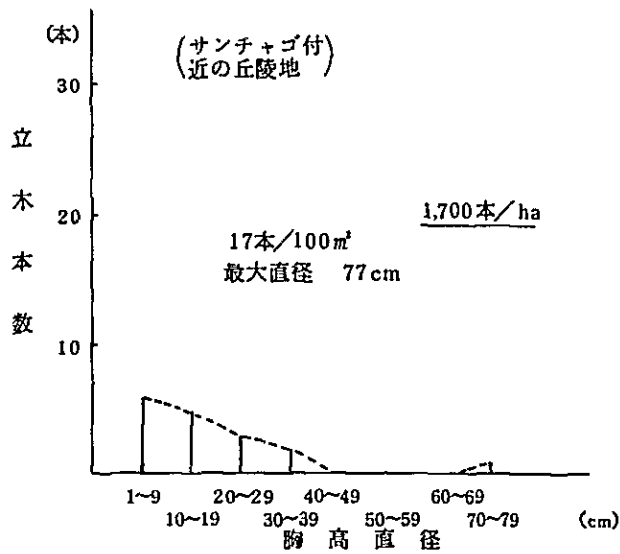


図-26 立地別胸高直径と立木本数との関係

2-10 農業形態

調査地域には、4000ha以上の土地を所有する規模の大きな農場が全体の約99%の土地を占め、なかでもとくに大規模なのがポルフ農場である。

調査地域内での栽培作物は、とうもろこしが最も多く、次いで綿・水稻・大豆・小麦・マンジョカの順に栽培されている。とうもろこし・綿・マンジョカは丘陵地やパラナ川沿いの自然堤防上の砂地に栽培されている。水稻は調査地域の大部分がパラナ川の沖積低地という地形的立地条件に恵まれていることから、丘陵地周辺の低地やパラナ川沿いの低地などで栽培されている。人工草地は丘陵地に、自然草地は後背湿地などにみられる。

以上のような農業形態の状況を踏まえ、次のような分類項目より農業形態区分図を作成した。5万分の1農業形態区分図は別冊に示すとおりであり、その概念図を図-27に示す。また、分類項目ごとの面積率は表-7のとおりである。

表-7 分類項目ごとの面積率

農業形態	面積%	人工草地	自然草地	水田	畑	河川・池	その他	合計
	面積(ha)	1,625	172,000	6,875	3,275	100	16,500	200,375
	%	0.8%	85.8%	3.4%	1.6%	0.0%	8.2%	100.0%

(1) 人工草地(改良牧野)

人工草地は空中写真上で、きめ(肌目)が細かく、一様な階調を示し、とくに区画の明瞭な草地を人工草地とした。調査地域の北部、東部丘陵地に分布し、面積的にはわずかである。

(2) 自然草地

自然草地は調査地域の大部分の面積を占める後背湿地に分布し、自然放牧地として利用されている。また、農業形態区分図では、現在未利用地で樹林地以外の地域を全て自然草地として表示した。

(3) 水田

水田は丘陵地周縁の低地やパラナ川沿いの東部の低地などに分布し、とくにポルフ農場では独自のかんがい排水路を設け、水田と草地との転換利用をはかっている。

また、草地との転換利用のため、過去に耕作された水田跡地が丘陵地に接する低地に多くみられる。

(4) 畑

畑は収益を目的とした耕作地は少なく、自給を目的としたとうもろこしやマンジョカの栽培が丘陵地やパラナ川沿いの自然堤防や微高地上などで行われている。

(5) 河川・池

(6) その他 住宅地・飛行場・墓地・樹林地を一括してその他に含めた。



図-27 農業形態

