

## 第 13 章 環境に対する影響および補償





## 第13章 環境に対する影響および補償

	頁
13.1 総合評価 .....	13- 1
13.2 調査方法と発電計画の概要 .....	13- 2
13.2.1 緒言 .....	13- 2
13.2.2 調査方法 .....	13- 2
13.2.3 発電計画の概要 .....	13- 3
1) 所在地 .....	13- 3
2) 発電計画の概要 .....	13- 3
3) 送電計画 .....	13- 3
13.3 環境の現況 .....	13- 6
13.3.1 自然保護 .....	13- 6
13.3.2 自然景観 .....	13- 9
13.3.3 気象 .....	13-17
13.3.4 地形, 地質 .....	13-19
13.3.5 土壌 .....	13-26
13.3.6 植生 .....	13-33
13.3.7 動物 .....	13-49
13.3.8 水生生物 .....	13-54
13.3.9 水質 .....	13-55
13.3.10 騒音 .....	13-63
13.3.11 振動 .....	13-63
13.3.12 地域社会 .....	13-63
13.3.13 交通, 公共施設 .....	13-68
13.3.14 土地利用 .....	13-71
13.3.15 水系利用 .....	13-78
13.3.16 公衆衛生 .....	13-78

13.3.17 エネルギー	13-80
13.3.18 文化財, レクリエーション	13-80
13.4 環境保全対策並びに環境影響評価	13-82
13.4.1 運転開始後に関する事項	13-82
1) 自然保護	13-82
2) 自然景観	13-82
3) 地形	13-82
4) 植生	13-83
5) 動物	13-84
6) 水生生物	13-84
7) 水質	13-84
8) 騒音	13-93
9) 振動	13-93
10) 地域社会	13-94
11) 交通, 公共施設	13-95
12) 土地利用	13-96
13) 水系利用	13-96
14) 公衆衛生	13-96
15) 文化財, レクリエーション	13-97
13.4.2 工事中に関する事項	13-98
1) 自然保護	13-98
2) 地形	13-98
3) 植生	13-99
4) 動物	13-99
5) 水生生物	13-99
6) 水質	13-99
7) 騒音	13-100
8) 振動	13-100
9) 交通, 公共施設	13-100

10) 水系利用	13-101
11) 公衆衛生	13-101
13.5 モニタリング	13-102
13.5.1 運転開始後に関する事項	13-102
1) 生物	13-102
2) 水質	13-102
3) 底質	13-102
13.5.2 工事中に関する事項	13-103
1) 水質	13-103
2) 騒音・振動	13-103
13.6 補償	13-104
1) 土地の買収	13-104
2) 移転対象	13-104
3) 取得する土地の面積	13-105
4) 補償費用	13-105



## List of Figures

- Fig. 13-1 Location of Planned Power Station Site and Transmission Line Route
- Fig. 13-2 Wildland Unit Legally Established by the Government of Costa Rica
- Fig. 13-3 Present State of Designated Areas for Protection of Nature
- Fig. 13-4 Photographs of Natural Scenery (1)
- Fig. 13-5 Photographs of Natural Scenery (2)
- Fig. 13-6 Photographs of Natural Scenery (3)
- Fig. 13-7 Climatic Zones
- Fig. 13-8 Slope of Pirris River Basin (1)
- Fig. 13-9 Slope of Pirris River Basin (2)
- Fig. 13-10 Geological Map
- Fig. 13-11 Soil Map
- Fig. 13-12 Photographs of Divested Land via Satellite
- Fig. 13-13 Vegetation Map
- Fig. 13-14 Vegetation Map (Vicinity of Planned Area)
- Fig. 13-15 Stratification of the Forest
- Fig. 13-16 Location of Water Quality Examination
- Fig. 13-17 Traffic Route Map
- Fig. 13-18 Location of Public Facilities and Administration District Map
- Fig. 13-19 Satellite Photograph of Pirris River Basin
- Fig. 13-20 Land Utilization
- Fig. 13-21 Water System Utilization (Pirris River Basin)
- Fig. 13-22 Causes and Results of Eutrophication
- Fig. 13-23 Kinds of Coffee Waste Matter, their Weight Ratio and Effective Utilization
- Fig. 13-24 General Eutrophication Prevention Measures



## List of Tables

- Table 13-1 Main Facilities of Power Plant
- Table 13-2 Sensitivity against Soil Erosion
- Table 13-3 Results of Quadrat Method Survey (1)
- Table 13-4 Results of Quadrat Method Survey (2)
- Table 13-5 Results of Water Quality Measurement (1)
- Table 13-6 Results of Water Quality Measurement (2)
- Table 13-7 Results of Water Quality Measurement (3)
- Table 13-8 Population (District in the Pirris River Basin)
- Table 13-9 Livestock Number
- Table 13-10 Coffee Factories
- Table 13-11 Employed Persons by Industry Group
- Table 13-12 Land Utilization in Pirris River Basin
- Table 13-13 Energy Consumption and Sources for 1979
- Table 13-14 Loads of Water Quality Contamination Sources
- Table 13-15 Inflow Loads on Lakes and Marches and Situation of Eutrophication

## 第13章 環境に対する影響および補償

### 13.1 総合評価

ダム地点はCosta Ricaの首都San José市から南へ約30km、標高約1,090mに位置し、東方約10kmには人口約5,000人のSan Marcos町がある。発電所計画地点は、ダム地点から西に約10kmの標高325mの地点にある。計画地点には、自然公園、保護森林等の指定地域はない。ダムの建設により約1.10kmの貯水池がPirris川に出現するが、水没地域は畑、牧草地として利用されており、数軒の家屋を除いて移転の必要はない。また、水没面積が地域の畑、牧草地全体に占める割合はごく僅かであることから、地域の産業に与える影響はほとんどない。ダムから発電所までのPirris川は、深い溪谷を連続する滝となって流下しており、河川の利用は全く行われていない。従って、発電所計画は周辺地域の産業と拮抗することなく共存することが可能であり、その建設・運転を通じてCosta Rica国および地域の発展に大きく貢献するものと考えられる。

Costa Ricaでは、同国の主要産業であるコーヒーの加工工場から排出される有機物による河川汚濁が全国的な環境問題となっているが、Pirris川も例外ではない。水質調査および貯水池が水質に与える影響の予測結果によれば、有機物の排出規制を強化しない限り、貯水池の水質悪化は避けられないものと考えられる。従って上記規制に加え、貯水池に直接排出しないような対策を検討する必要がある。

貯水池下流において利水が行われていないこと、近傍の村落まで5 km程度離れていることなどを考慮すれば、水質悪化が直接社会問題となることは考えにくい。しかし、有害ガスによる発電施設の劣化、貯水池内の有害植物の異常発生などが起こる可能性があることから、貯水池の水質等のモニタリングを実施し、環境の変化を把握して行く必要がある。

コーヒーの加工工場から排出される有機物を有効利用する研究が、日本政府の技術協力により進められている。廃棄物から付加価値の高い生分解性プラスチックを製造する技術が、実用化の段階に近づきつつある。法律による廃棄物投棄の規制は今後も効果を期待できないが、廃棄物に付加価値を付け利益を産業に還元することにより、結果的に環境対策の効果を上げることが可能となろう。コーヒーを生産する中米、南米およびアフリカ諸国は全て同様の水質汚濁問題を抱えており、この新技術は世界的な環境改善に寄与するものと予想され、今後のわが国の開発援助の重要項目として注目すべきものである。

## 13.2 調査方法と発電計画の概要

### 13.2.1 緒言

近年、世界的に高まっている環境保護意識は、水力発電所を含むすべてのエネルギー開発が環境に十分な配慮を行い、開発地域の自然、社会環境と共存可能なものとして計画されることを求めている。従来、開発可能性調査（F/S）は技術的および経済的な側面を可能性評価の主要基準としてきたが、最近では環境を加えた3つの側面を主要評価基準とする考えが急速に広まっている。

環境影響評価は、可能な限り計画の初期段階において十分な調査を実施し、その成果は開発計画に反映されなければならない。一旦決定された発電施設計画は、環境影響を緩和する必要が判明しても、後からこれを大幅に変更することは極めて難しい。また、環境保護対策を講じるためには予想外の費用が必要となる場合があり、経済性評価においても慎重に扱う必要がある。

本調査においては、以上の観点を念頭に資料収集、現地調査および影響の評価を行い、技術および経済調査担当に有用な情報を早期に与え、開発計画可能性評価（F/S）の全ての側面が早期に十分配慮されたものとなるよう心掛けた。

また、本調査は資料収集、現地調査等をCosta Rica電力公社（I.C.E.）の協力により実施した。

### 13.2.2 調査方法

環境影響評価は、第一に、世界銀行、国際協力事業団等のマニュアル、ガイドライン等を参考に、それらの要求を満足する「環境影響評価を行うべき対象項目」の特定を行った。

第二に、既存または新たに入手した資料から、環境の現況と計画地域の特殊性を把握し、「環境影響評価を行うべき対象項目」から環境上重要な事項、環境影響の大きいと考えられる項目を抽出し、その影響評価手法を詳細に検討した。

第三に、「環境影響評価を行うべき対象項目」について、その影響評価手法を踏まえ、重要度に応じた環境の現地調査計画を立案し、これ等を事前検討書として取りまとめた。現地調査の実施に際しては、事前検討書に基づきI.C.E.との調整を行った。なお、調査にはCosta Rica国の国立大学等の中立的な機関の協力を得て、調査、評価が公正なものとなるよう配慮した。

影響評価については、Costa Rica国の環境影響評価制度を勘案し、評価項目、評価内容等の調査結果が将来有効利用可能となるよう心掛けた。

### 13.2.3 発電計画の概要

発電所の立地により、環境に影響を及ぼす恐れのある行為を明確にしておく必要があることから、発電所の計画概要について記載した。

#### 1) 所在地

発電計画地点は、Costa Rica国の首都San Joséより南へ30kmの中部高原地帯に位置しており、周辺はSan José県Tarrazú郡に属している。ダム計画地点は、標高1,100 m付近のPirris川中流の比較的流れのゆるやかな地点にあり、発電計画地点は、ダムの下流約16km、直線距離で約10kmの標高約 300mの地点にある。

(Fig. 13-1)

#### 2) 発電計画の概要

本発電所は、約120mの高さを持つコンクリートアーチ重力ダムによる、ダム水路式発電方式であり、総落差 895mを利用して最大出力128MWの発電を行う。ダムの建設により約1.10km<sup>3</sup>の貯水池がPirris川に生まれる。発電所およびダムの計画諸元の概要は Table 13-1 のとおりである。

#### 3) 送電計画

送電線は、Pirris川右岸を経て北上し、Escazuに至る1条、2回線(230kV)を予定している。(Fig. 13-1)

Fig. 13-1 Location of Planned Power Station Site and Transmission Line Route

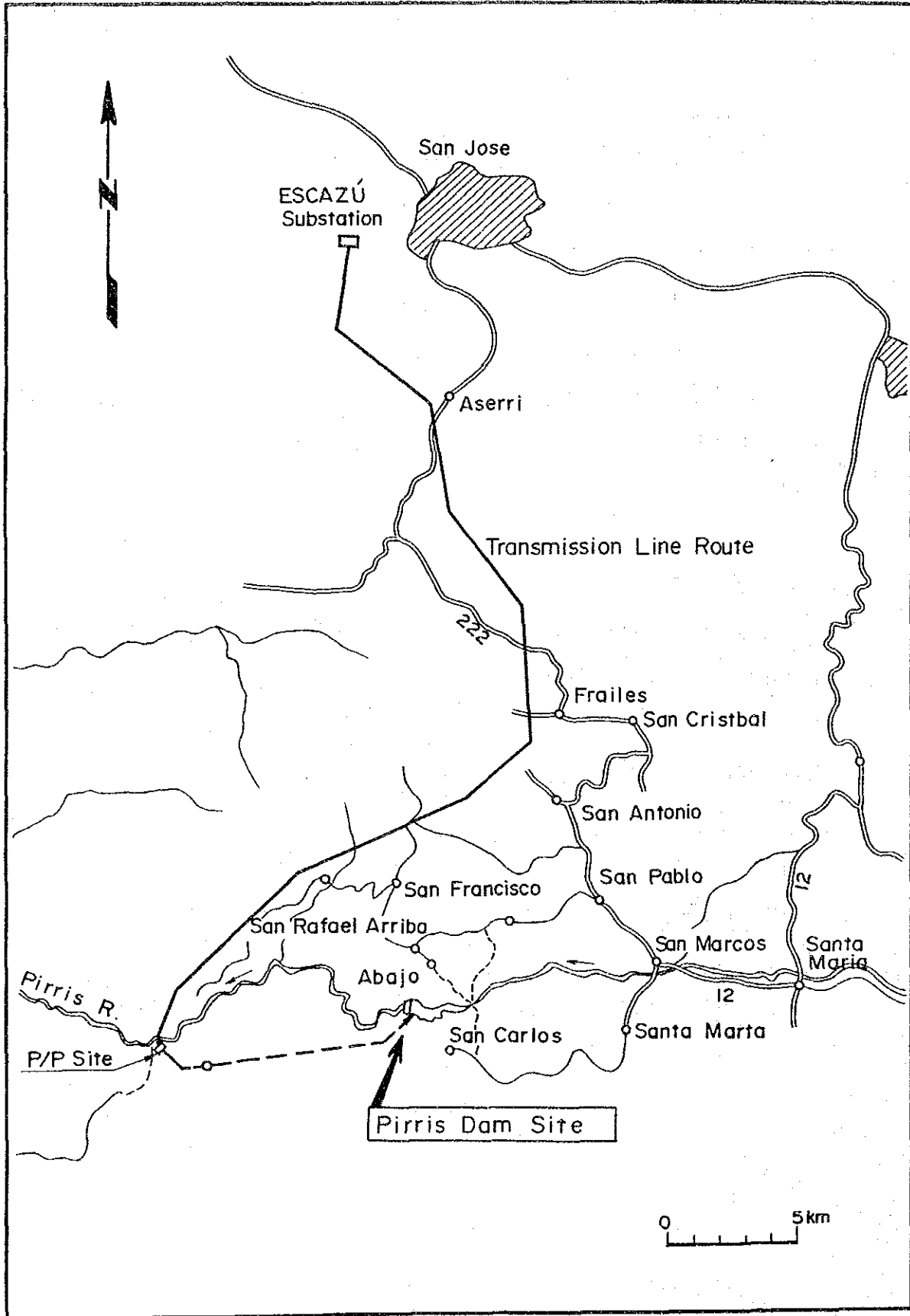


Table 13-1 Main Facilities of Power Plant

Item	Unit	Contents
Catchment Area	km <sup>2</sup>	250.8
Annual Inflow	10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	351.6
Design Flood Discharge	m <sup>3</sup> /s	1,670.0
Reservoir		
High Water Level	m	1,195.0
Low Water Level	m	1,149.0
Available Drawdown	m	46.0
Gross Storage Capacity	10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	37.5
Effective Storage Capacity	10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	30.6
Reservoir Surface Area	km <sup>2</sup>	1.1
Reservoir Length	km	4.5
Dam		
Dam Type	—	Concrete Arch Gravity
Height × Crest Length	m × m	120 × 225
Dam Volume	m <sup>3</sup>	390,000
Power Generation		
Power Generation Way	—	Dam and conduit Type
Installed Capacity	MW	128
Maximum Discharge	m <sup>3</sup> /s	18
Firm Discharge	m <sup>3</sup> /s	3.9
Rated Effective Head	m	830.7
Annual Energy	GWh	609.3

### 13.3 環境の現況

#### 13.3.1 自然保護

##### 1) Costa Ricaの自然保護

1950年以降急速に進んだ森林伐採のため、Costa Ricaはかつて国土の90パーセント以上が森林に覆われていたにもかかわらず、現在は森林が国土の30パーセント以下となってしまった。森林の伐採は木材の製造というよりは、耕作地の確保のために行われてきた。住民の強い土地所有願望と土地保有制度が森林破壊に拍車をかけて来たといえる。

僅かに残る森林（1977年現在、15,900km<sup>2</sup>）は、約3,990km<sup>2</sup>が国立公園に、約3,860km<sup>2</sup>が保護森林に、約2,790km<sup>2</sup>が原住民保護区に、約350km<sup>2</sup>が自然動物等保護区に指定されている\*（Fig. 13-2）。

指定を受けていない森林約5,000km<sup>2</sup>は、年間7,000haという高い伐採率により、その存在が脅威にさらされている。森林破壊は土壌侵食の原因となり、この国の主要産業である農業の生産性を減少させるとともに、水力発電、灌漑計画等の可能性を大きく損なうものと認識されている。

##### 2) 発電所周辺の自然保護

Pirris川流域には主として水資源の水質、水量の維持を目的とする水源保護区が4ヶ所、保護森林が1ヶ所、原住民保護区が2ヶ所指定されているが、これらは計画地点から離れたところにある（Fig. 13-3）。

Caralgres保護地区は農林牧畜省林野局が1985年に実施した、Parrita川流域管理計画の中で区域の拡張が提案されているが、時期、境界とも現在未定である。拡張案が現実すると、発電所、導水トンネルおよび送電線の一部が保護区に含まれることになるが、Caralgres保護区の設立主旨は、水資源の維持にあることから、発電所の開発計画を妨げるものとはならない。

---

\* Costa Rica, Country Environmental Profile, A Field Study  
United States Agency for International Development,  
Tropical Science Center, 1982.12

Fig. 13-2 Wildland Unit Legally Established by the Government of Costa Rica

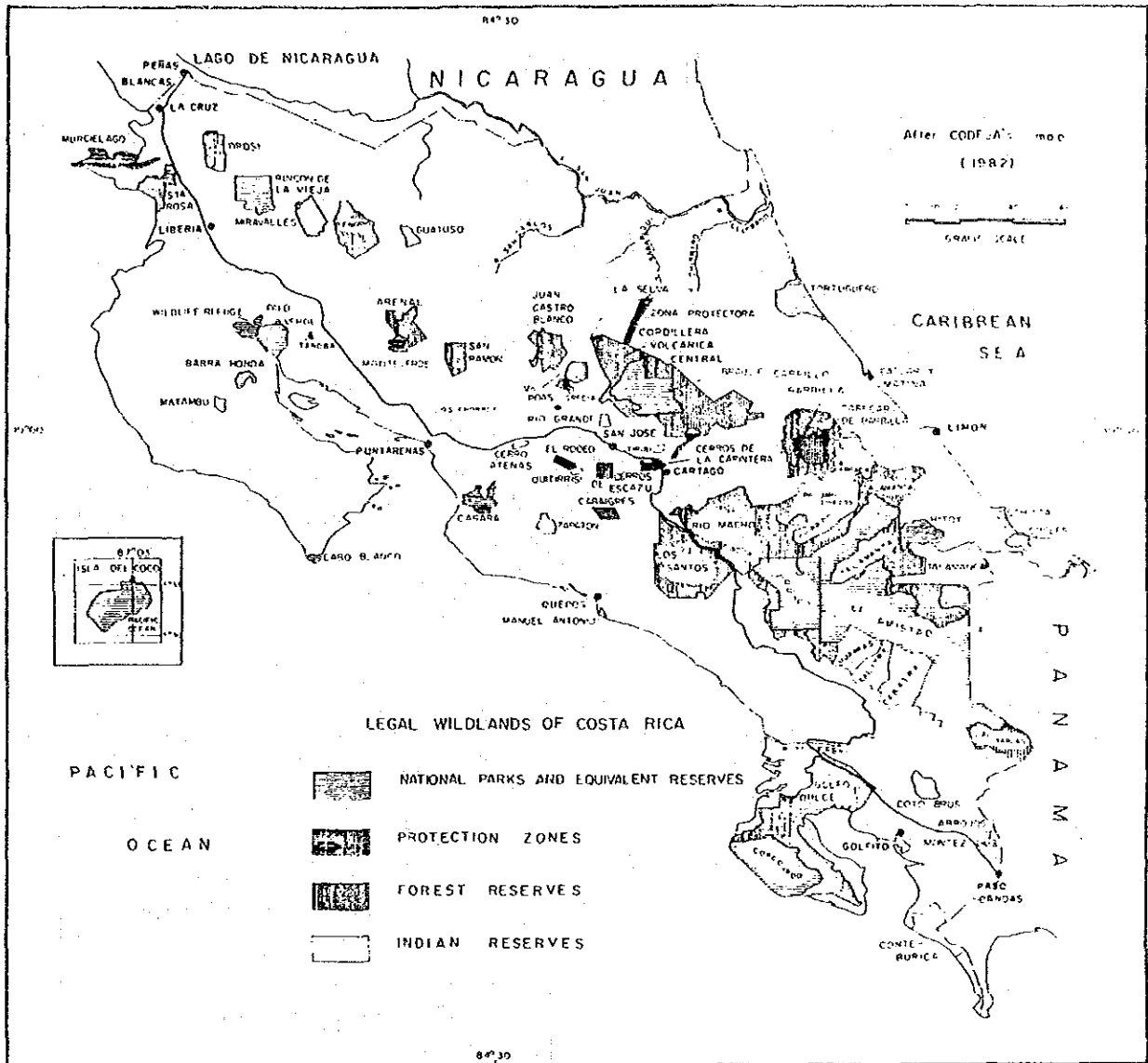
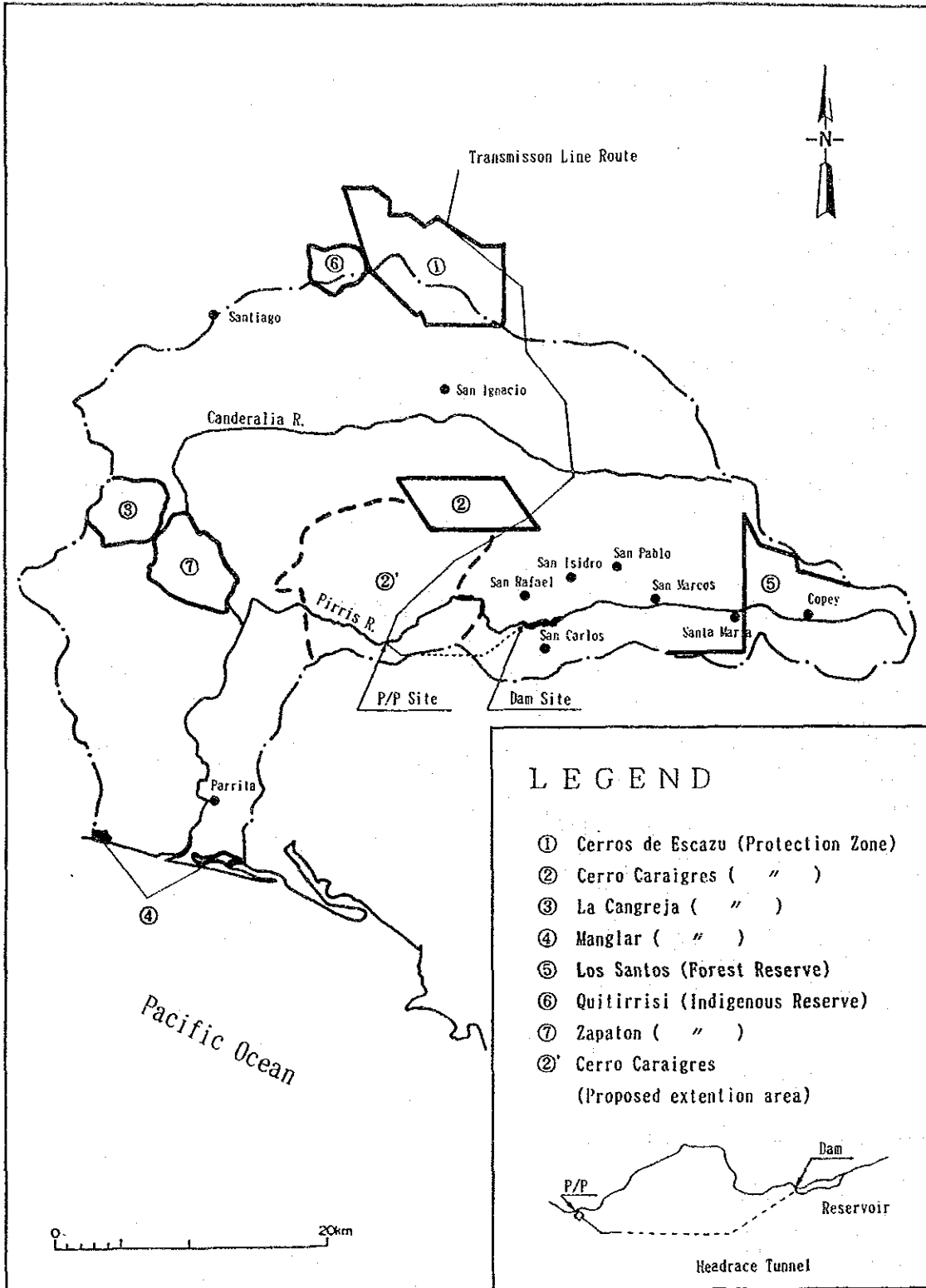




Fig. 13-3 Present State of Designated Areas for Protection of Nature



Sources: Plan de manejo de la cuenca del Río Parrita, MAG, 1985

### 13.3.2 自然景観

Pirris川流域は開発が進んでいることから、自然景観は主として地形および土地の利用形態によって区分することができる (Fig. 13-4)。

#### 1) 上流部

ダム地点から水源部までの平均河川勾配は50分の1程度であり、比較的緩やかな地形が続いている。ダム地点から水源部まで約30kmのうち、人間の手の入らない森林となっているのは、上流側約5kmのみである。二次林を主体とする森林は保護林に指定されている (Photo(1))。

ダム地点から上流側25kmまでの区間はコーヒー等の果樹園として利用されている。また、この区間のうち標高1,500mを中心として、San Marcos、Santa Maria、San Pablo等の町があり、約10,000人の住民が主として農業を営んでいる。

貯水池地点の川床付近は同様に畑として利用されており、コーヒー、トウモロコシ等が栽培されているが、山腹は勾配が急で表土が薄いことから牧草地となっている。森林は川岸、沢筋および山頂付近に僅かに存在する (Photo(2), (3))。

#### 2) ダム地点から発電所地点

ダム地点から発電所地点までの平均河川勾配は15分の1以上であり、非常に急峻な地形となっている。Pirris川は一部では連続する滝となって流れ落ち、複数の支流が滝となって流れ込んでいる。ダム地点近傍の両岸は非常に急峻な斜面であり、いたる所で岩盤が露出し、ブッシュに覆われた荒廃地となっている (Photo(4))。

Pirris川の右岸は左岸に較べ比較的森林が保存されており、発電所地点に近い標高1,000m以上の地域には自然林が残されている。発電所地点は河岸段丘の地形を呈し、牧草地として利用されている (Photo(5))。

#### 3) 発電所地点から河口部

発電所地点から河口部にかけての平均河川勾配は100分の1以下であり、牧草地、畑として利用されている。河口部では灌漑農業が営まれている (Photo(6))。



Fig. 13-4 Photographs of Natural Scenery (1)



Photo (1) Scenery around Water Source

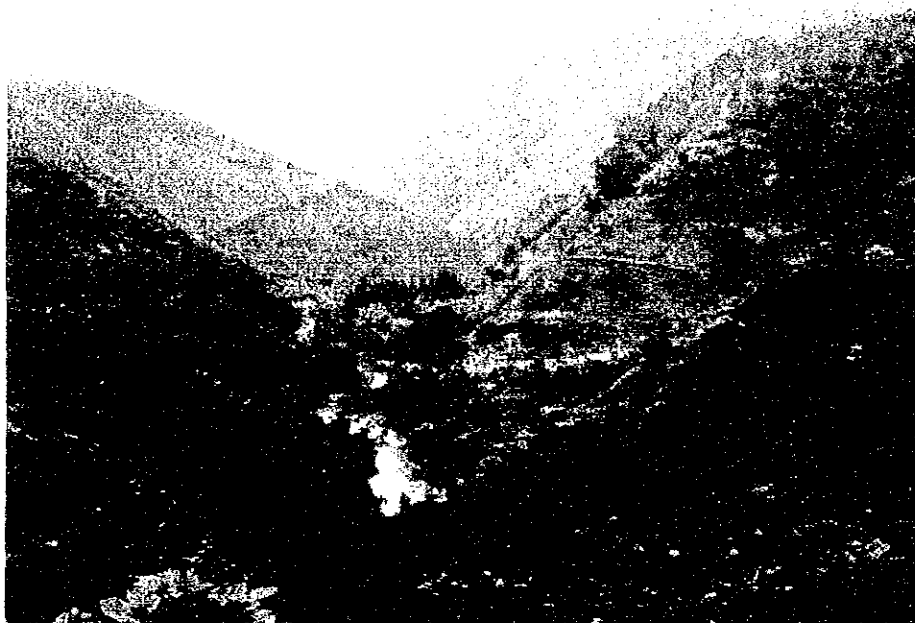


Photo (2) Scenery around the Reservoir



Fig.13-5 Photographs of Natural Scenery (2)



Photo (3) Scenery around the Reservoir (on the Right Bank)



Photo (4) Scenery of the Dam Site



Fig. 13-6 Photographs of Natural Scenery (3)



Photo (5) Scenery of the Power Station Site



Photo (6) Scenery around the River-Mouth





### 13.3.3 気 象

Costa Ricaは雨季と乾季が存在する熱帯気候に属し、降水量は中央高原を境として大西洋側および太平洋側南部の地域に多く、中央高原および太平洋岸北部は少ない。Pirris川流域の気候帯は「Pirris川の流域分析 (Analysis de la cuenca del Rio Pirris, 1981)」によれば、以下の3種に分類される。

#### (1) 温暖多雨気候 (Temperate Wet Clime)

冬季は乾燥する。夏季の月間最多雨量は、少なくとも冬季の月間最小雨量の10倍になる。月間平均気温は18℃以下であるが3℃以下にはならず、月間最高気温は、22℃ぐらいで暑くなる。計画地点はこの気候に属する。

#### (2) 熱帯雨緑林気候 (Tropical Rain Green Forest Clime)

冬季は非常に乾燥し(月に60mm以下の降雨)、秋に多雨となる。月間最低気温は18℃くらいで、月間の最低気温と最高気温の差は5℃以内である。

#### (3) 熱帯雨林気候 (Tropical Rain Forest Clime)

乾季は短く、全雨量は熱帯性の森林の発達を促す程度存在する。月間最小雨量は60mm以下、月間最低気温は18℃以上、特に北部の秋で最も多雨となる。

地域差が存在するが、一般的に1月～3月が乾季(1、2月が最も乾燥)、5月から10月が雨季(5、9、10月が特に多雨)である。降水量は、流域南部の分水嶺に多く、多いところでは年平均で約5,000mm以上の降雨を記録する。San Marcos観測所の年間降雨量変化をみると、乾季・雨季の差が著しく特に9、10月には月別平均として最大380mmとなっている。これは雨季の太平洋側からの貿易風と流域を構成する山岳斜面とが原因でもたらされる地形性降雨によるものであるが、流域内で洪水を引き起こす原因は大西洋側からのハリケーンによる非地形性降雨である。

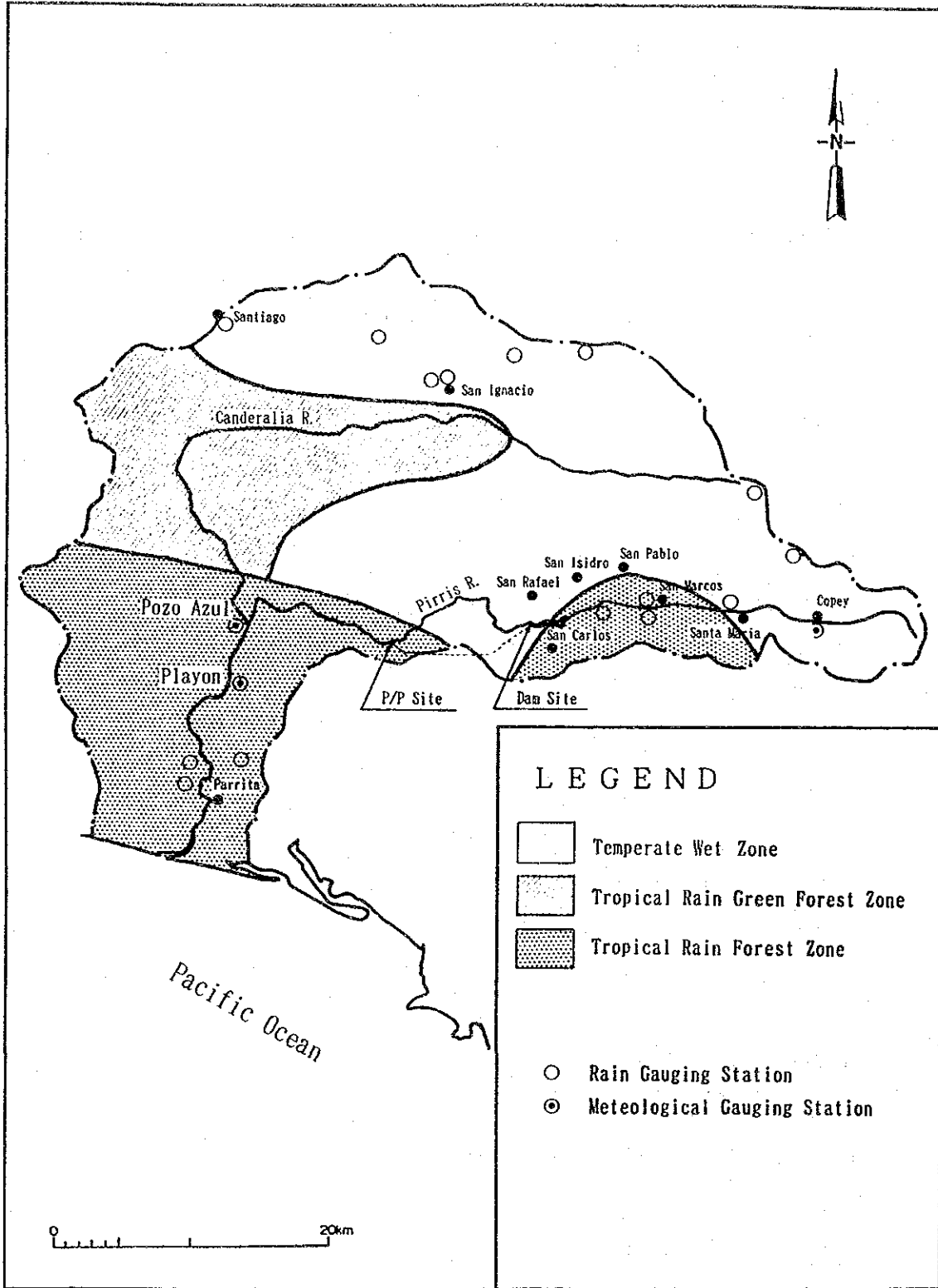
Poso Azul観測所での年間蒸発量の平均値は1,500mm、月間値では3月に最高値180mm、11月で最低値155mmを記録する。Rodrigues, L. E. (1983)が、Turcの式に基づいて実蒸発散量を求めたところによると、Poso Azulで年間1,642mm, San Ignacio de Acostaで1,378mm, Puriscalで1,137mmとなった。

発電所計画地点周辺の気温は年間平均気温が20℃前後と快適な気温であり、1日の気温変化も少ない。

---

\* Plan de manejo de la cuenca del Rio Parrita  
Ministerio de Agricultura y Ganaderia Direccion General Forestal  
Conservacion de Recursos Naturales 1985.5

Fig. 13-7 Climatic Zones



Sources: Análisis de la cuenca del Río Pirris, Universidad Costa Rica, 1981

### 13.3.4 地形、地質

#### 1) 地形

Pirris川流域の地形はその大部分が山地であるということに特徴がある。

Candelaria川を含む流域全体で見た場合、海拔レベルからの高さによる面積分布は以下のとおりであり、海拔 600m以上の面積が全体の約70パーセントを占める。\*

沖積平野（海拔 100m以下）	120 km <sup>2</sup>	8.9 %
海拔 600m以下	316 km <sup>2</sup>	23.3 %
600 ~ 1,000m	236 km <sup>2</sup>	17.4 %
1,000 ~ 1,600m	310 km <sup>2</sup>	22.9 %
1,600 ~ 2,400m	337 km <sup>2</sup>	24.9 %
2,400 m以上	35 km <sup>2</sup>	2.6 %
	1,354 km <sup>2</sup>	100.0 %

Pirris川流域の地形勾配を、縮尺5万分の1の地形図の等高線間隔に基づいて分類すると Fig.13-8 のとおりである。流域は地形勾配によって3種類に大きく分けられる。1番目は貯水池の上流部、即ち、Copey、San MarcosおよびChontaの地域である。この地域は60パーセント以下の勾配が全体の95パーセントを占め、15パーセント以下の勾配を持つ比較的平坦な土地も5から10パーセント含まれている。2番目は貯水池からダムおよび発電所を経て、Pirris川がCandelaria川と合流する地点の近傍にいたる約30kmの区間である。この地域は非常に勾配が急であり、15パーセント以下の勾配はほとんど存在しない。また、80パーセント以上の勾配も10パーセント程度存在する。3番目はPirris川がCandelaria川と合流するあたりから河口部にかけての地域であり、合流点の近傍では勾配は45パーセント以下が90パーセントとなり、さらに下流ではほぼ100パーセントが15パーセント以下となる。

Fig.13-9 はPirris川流域の地形の斜面勾配を示している。赤く塗られた区域は斜勾配が60パーセント以上の急斜面を示している。計画地点は急斜面が非常に多い。

計画地点周辺の南北6km、東西17kmの計102 km<sup>2</sup>の地形について、縮尺2万5千分の1の空中写真から判読を行った結果によれば、調査地域の地形は中央部を境としてを境として東西に大別できる。

\* Plan de manejo de la cuenca del Rio Parrita  
Conservacion de Recursos Naturales 1985.5

東側ではPirris川および主な支流に沿って急な斜面勾配が見られるが、これら以外の地域では全般的に斜面勾配が緩い。特にPirris川の左岸地区は主稜およびそこから派生する稜線付近には緩斜面が分布し、表層すべりを中心とする小規模な地すべりが多く分布する。

西側地区はDota (2,116m) を主峰とする急峻な山地からなり、山腹斜面、溪床とも急勾配をなす。一般に、山腹斜面の規模は大きく、斜面上にはガリーや谷線が密に発達しており、谷頭部の多くは崩壊地や崩壊跡地になっている。西側地区では地すべり地や広い崖錐地形はPirris川沿いの斜面に集中して分布している。また、Romecarbarloから下流ではPirris川に沿って段丘地形が発達している。

Pirris川沿いやDota山の東側の植生が貧弱な斜面には、崩壊地および崩壊跡地が多く分布する。それらの大部分は表層風化部の崩壊であり、深度は比較的浅く小規模である。

## 2) 地質

計画地域に分布する地質は、新生代第三紀始新世のプリト層、漸新統～中新統のテラバ層および第四期の地層から構成される。また、この他に火山岩類、深成岩類などが見られる (Fig. 13-10)。

貯水池地点の基盤は大部分がテラバ層からなり、その上を段丘堆積物、崖錐堆積物、地すべり堆積物および河床堆積物などの未固結堆積物が分布している。地すべりと崩壊地は貯水池より高い斜面に幾つかあるが、何れも小規模である。

ダム地点の地質はturbidite (テラバ層) またはdolerite (オフィライト) からなる。turbidite は堆積時の級化作用がよく残り、粒度の分級が明瞭である。この岩石は河床部で新鮮堅硬であるが、山腹の高位部ほど風化して軟質である。doleriteも河床部で新鮮堅硬であるが、右尾根の表層部では風化して軟質である。発電所地点は広い段丘平坦地に位置する。この地点は基盤のオフィライトの上を段丘堆積物が厚く覆っている。また、地すべり地形が標高700m付近に存在する。

Fig. 13-8 Slope of Pirris River Basin (1)

Administrative Sectors		classes of slope (%)						total
		0-15	15-30	30-45	45-60	60-80	80-	
Copey	①	7.8	23.5	38.0	25.3	5.4	***	100.0
San Marcos	②	10.7	30.7	36.0	19.6	2.2	0.8	100.0
Chonta	③	4.5	16.5	43.2	33.6	1.3	1.2	100.0
San Carlos I	④	***	1.4	52.9	26.0	11.7	8.0	100.0
San Carlos II	⑤	***	13.1	40.7	22.0	24.2	***	100.0
Tiquires	⑥	0.3	6.3	34.1	25.1	18.2	16.0	100.0
Bijagual I	⑦	26.0	26.0	38.0	8.0	2.0	***	100.0
Parrita	⑧	99.8	0.2	***	***	***	***	100.0

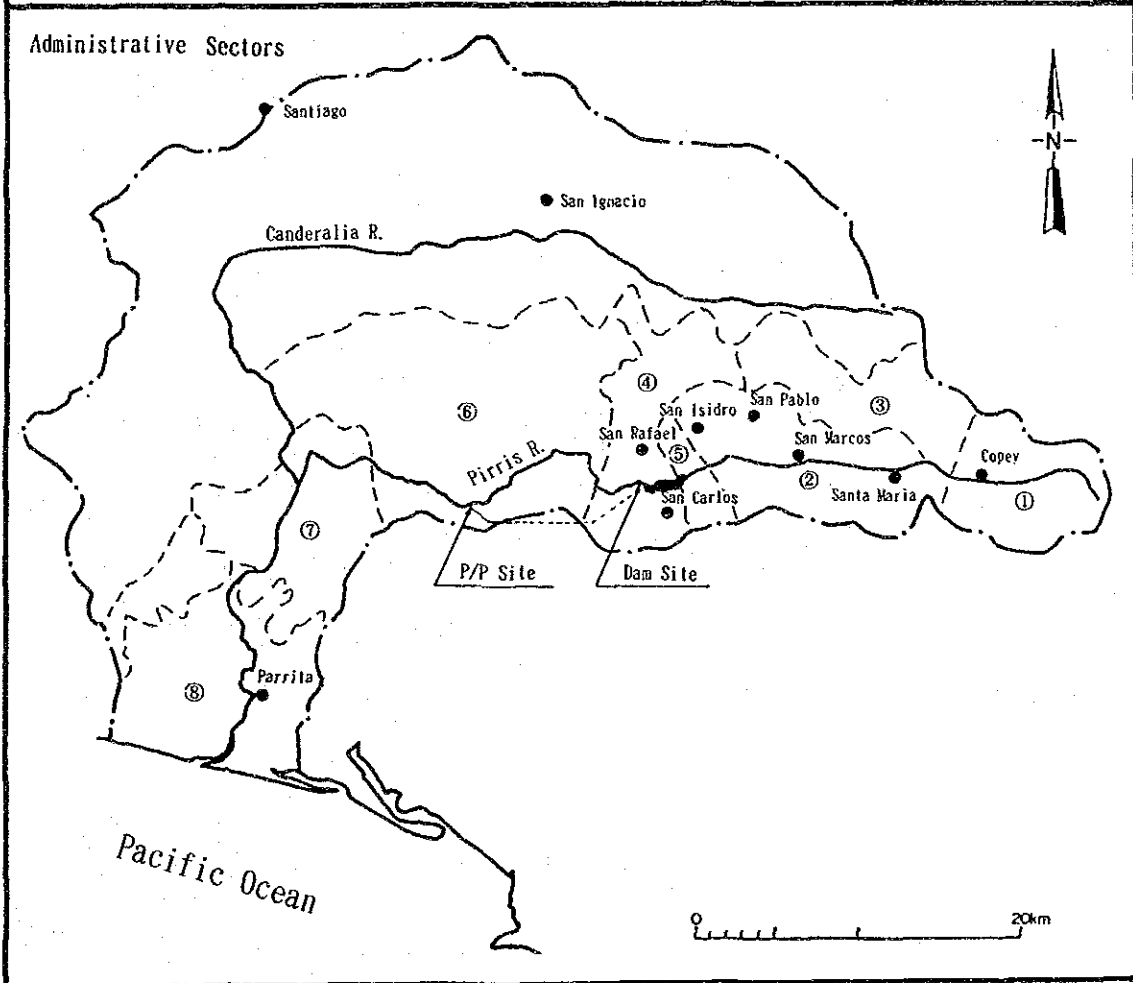
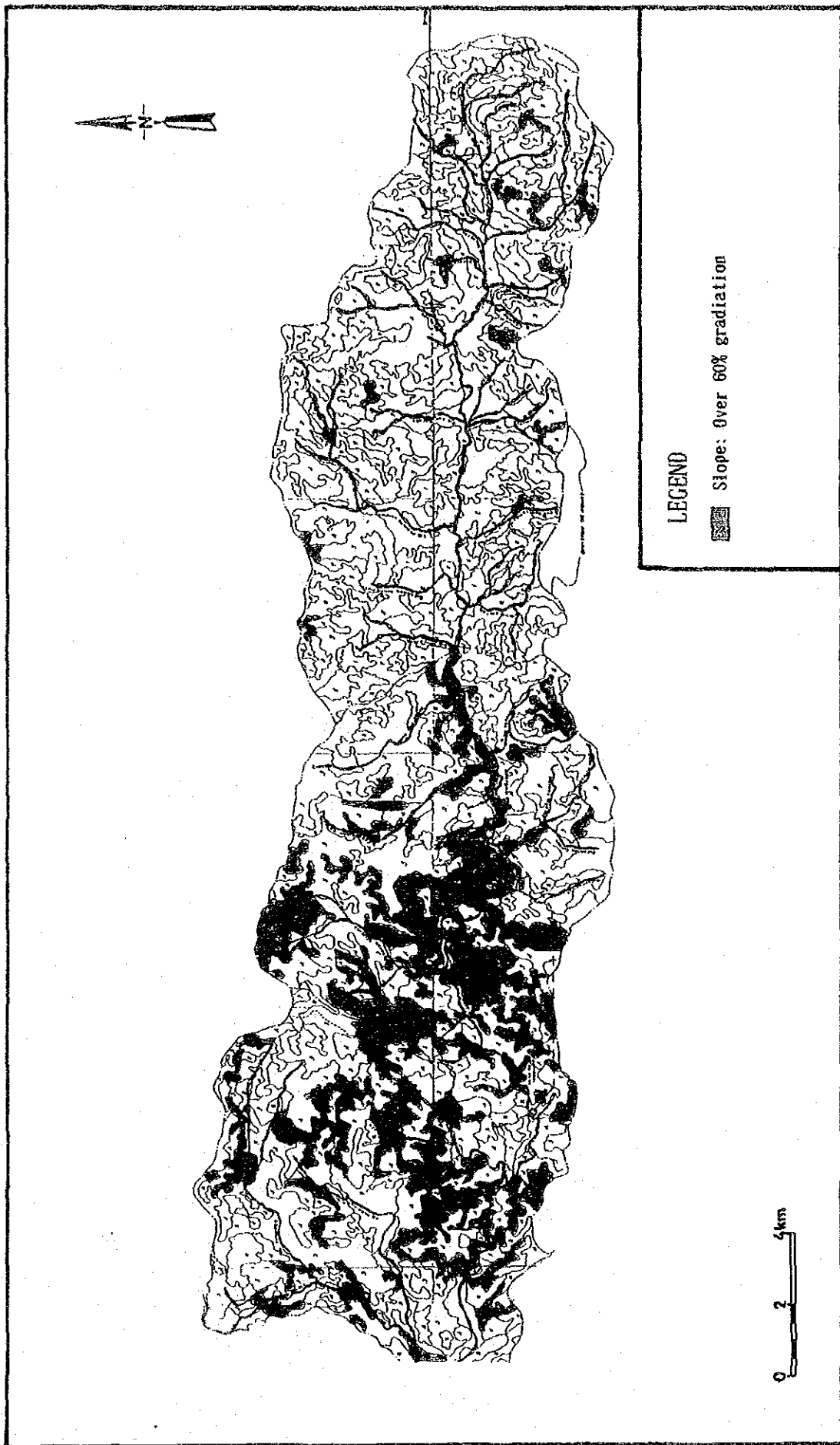




Fig. 13-9 Slope of Pirris River Basin (2)



Sources: Plan de manejo de la cuenca del Rio Parrita, MAG, 1985







### 13.3.5 土 壤

#### 1) 土 壤

Costa Ricaの経済基盤である農業を支えているものは土壌である。しかし、土壌に関する資料は非常に少ない。Fig. 13-11 はVasques(1979) が、アメリカ農務省のSoil Taxonomy に基づきCosta Ricaの土壌分布を示したものの一部である。計画地点周辺の土壌は「急峻地形における残積土」に相当し、変質堆積土壌母材上に、 $Fe_2O_3$  (赤鉄鉱) に富んだ集積層準を持つ固結岩屑土タイプであり、Humults, UstultsおよびTropeptsから構成される。

この土壌はCosta Ricaの山間部で最も一般的に見られるものであり、国土の約26パーセント、山間部の土壌の約60パーセントを占めている。

#### 2) 土 壤 侵 食

Table 13-2 は太平洋岸の流域について、Fig. 13-11 の区分に基づき土壌侵食の可能性を示したものである。Vasques(1979) および Tosi(1969, 1972)の研究によると、Pirris川の流域の大部分が所属するこれらの土壌 (C-2, D-2)は侵食の危険が非常に高いとされている。

Pirris川流域はコーヒー畑および牧草地としてその大部分が利用されている。この地域では、コーヒー果樹を栽培する場合、除草作業のし易さから樹木を斜面と垂直に並べて植えることが多く、また、除草作業はかなり乱暴で、雑草を表土ごと削り落としている。

きつい斜面で開発された牧草地は一連の侵食過程の決定要素となっている。急斜面の牧草地は、牛の体重で段々畑のように踏み固められ、土壌がもともと薄いことから、表層地すべりを起こすとともに、雨季には露出した地面から土壌が流出している。さらに、流域の土壌侵食の原因となっているものに道路がある。風化が進み固結度の弱い土壌に加え、急斜面に無理やり作られた未舗装の道路は、斜面の崩壊を繰り返し、雨季には降雨で土壌が流失している。また、道路の補修はブルドーザでただ単に土砂を削り落とすだけであり、大量の土砂が排出されるとともに、山側斜面の勾配をさらにきつくし、斜面崩壊の危険性を増加される悪循環に陥っている。

### ③ 荒廃地の分布

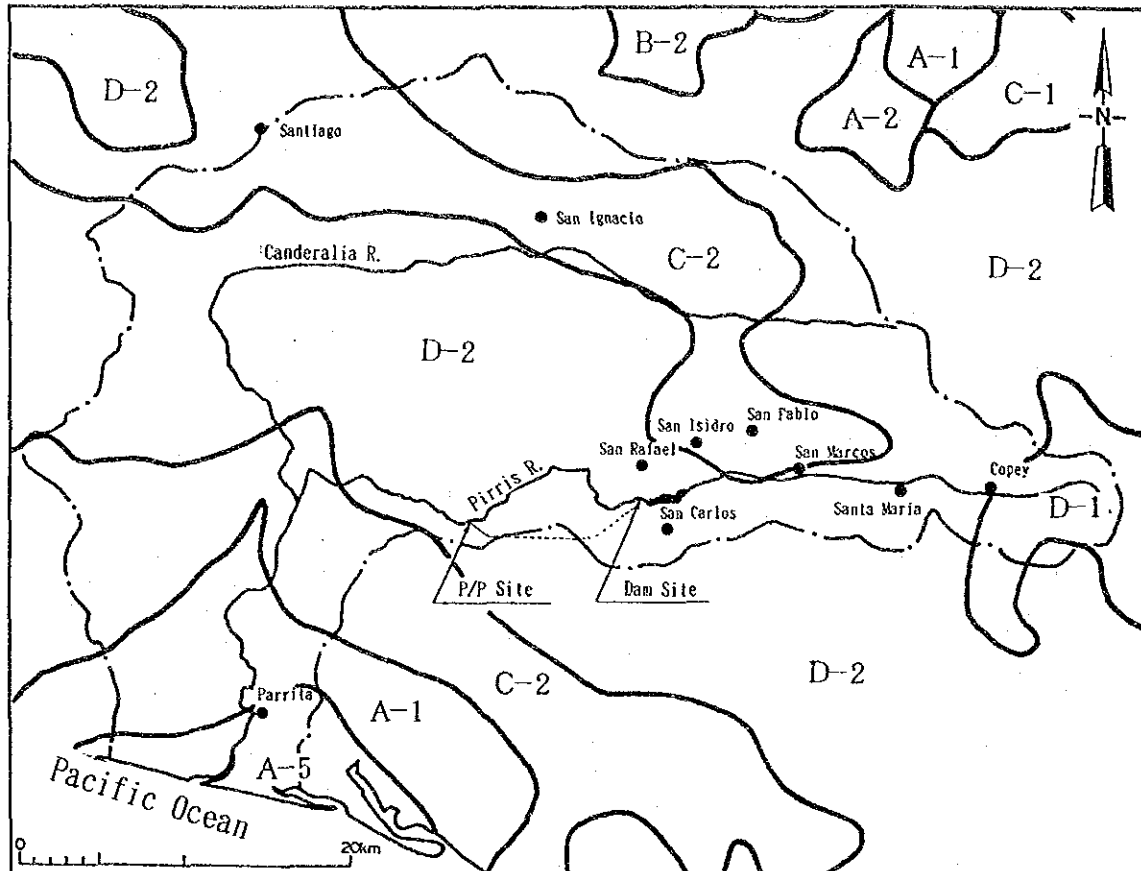
Fig. 13-12 は1987年2月に撮影された計画地点周辺のランドサット衛星写真である。30m角のドットで構成される画面は、衛星画像処理ソフト「LODIA」で周波数帯ごとに、任意の処理を行ったものである。

Photo(1)は、地形が明確になるような処理を行ったものである。画面中央にPirris川の流れが明確に読み取れる。白く写るものは雲である。

Photo(2)は荒廃地または牧草地の分布を示すもので、画面内の典型的な荒廃地（白い四角で囲まれた範囲であり、現地調査に基づき設定した）を参照点とし、これと同様の反射特性を持つ地域を赤色で表示した。参照点は13.3.2章自然景観写真Photo(4)に示されるPirris川右岸の斜面であり、急斜面で極度の荒廃地である。緑色は森林を、白色は雲を、また、黒色は雲または山の影を示している。

荒廃地または牧草地は全体的にPirris川右岸の斜面に広く分布している。発電所計画地展周辺は、Pirris川の右岸、左岸とも荒廃地または牧草地となっている。

Fig. 13-11 Soil Map



SOIL LEGEND AND SYMBOLOGY

SOILS ON FLAT RELIEF	A-1	Well drained alluvial soils (Udolls, Ustolls, Trocepts)	SOILS ON UNDECULATING RELIEF	B-2	Volcanic ash derived soils, on gently undulating terrain (Andepts)
	A-2	Moderately drained alluvial soils (Trocepts, Aquepts)		B-3	Volcanic tuff derived soils, on almost flat to gently undulating terrain (Trocepts)
	A-3	Poorly drained alluvial soils (Aquepts)		B-4	Coluvia-alluvial soils, on gently undulating terrain (Humolls, Trocepts)
	A-4	Very poorly drained alluvial soils (Aquepts)		B-5	Soils developed over ancient eroded terraces, on gently undulating terrain (Humolls, Udolls)
	A-5	Marshy soils (Aquepts)		SOILS ON UNDECULATING TO HILLY RELIEF	C-1
	A-6	Excessively drained alluvial soils (Psammentis)	C-2		Residual soils, on hilly relief (Trocepts, Ustolls)
	A-7	Soils of fluvio-lacustrine origin, with very heavy textures (Usterts, Uderts)	SOILS ON STEEPLY DISSECTED TO MOUNTAINOUS RELIEF		D-1
	A-8	Organic soils, poorly drained (Seprials, Hamisols)		D-2	Residual soils, on steeply dissected relief (Udolls, Ustolls, Trocepts)
B-1	Coluvia-alluvial soils, on slightly undulating terrain (Trocepts)	D-3		Deeply eroded and/or very shallow soils, on mountainous relief (Orthents)	

Sources: Costa Rica, Environmental Profile, A Field Study, USAID. 1982

Table 13-2 Sensitivity against Soil Erosion \*

Category Area	①		②		③		④	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
A : 1-8	5,281	91.4	410	7.1	81	1.4	6	0.1
B : 1-5	667	24.4	1,798	65.7	231	8.4	41	1.5
C : 1-2	1,535	17.3	3,282	37.0	3,348	37.7	708	8.0
D : 1-3	3,697	38.0	2,549	26.2	2,660	27.4	813	8.4
Total	11,180	41.2	8,039	29.7	6,320	23.3	1,568	5.8

Category:

- ① No significant erosion from running water (wind erosion possible in some case)
- ② Light to moderate erosion: symptoms of sheet and rill erosion visible, gullies absent or scarce
- ③ Severe erosion: abundant small gullies and deep tracks in pastured land, small landslips and occasional gullies, B-horizon exposed
- ④ Soil nearly destroyed or deeply truncated with exposure of subsoil in many places, abundant deep gullies, landslips, and occasional massive landslides

\* Costa Rica, Country Environmental Profile, A Field Study  
 United States Agency for International Development,  
 Tropical Science Center, 1982.12



Fig. 13-12 Photographs of Divested Land via Satellite

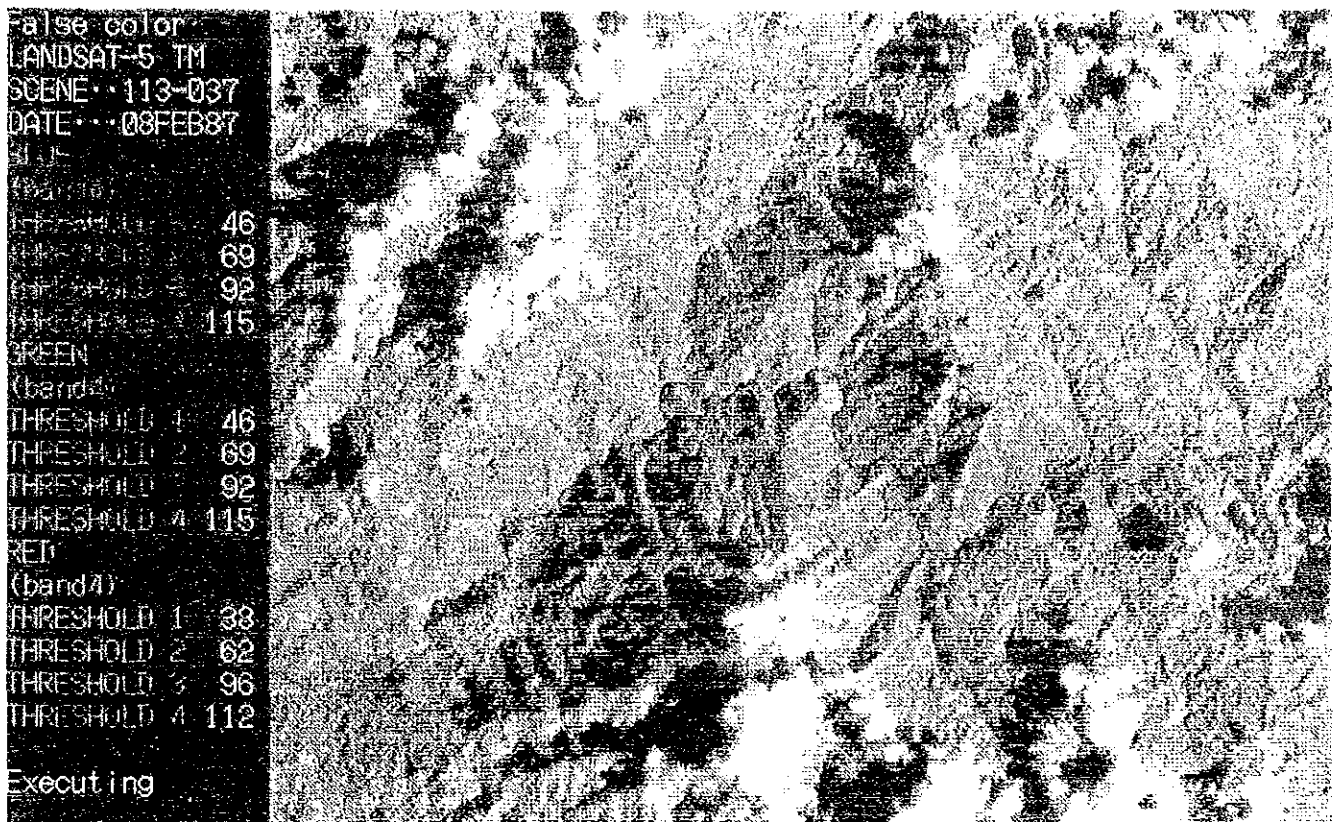


Photo (1) Picture Processing to Show its Topography Clearly

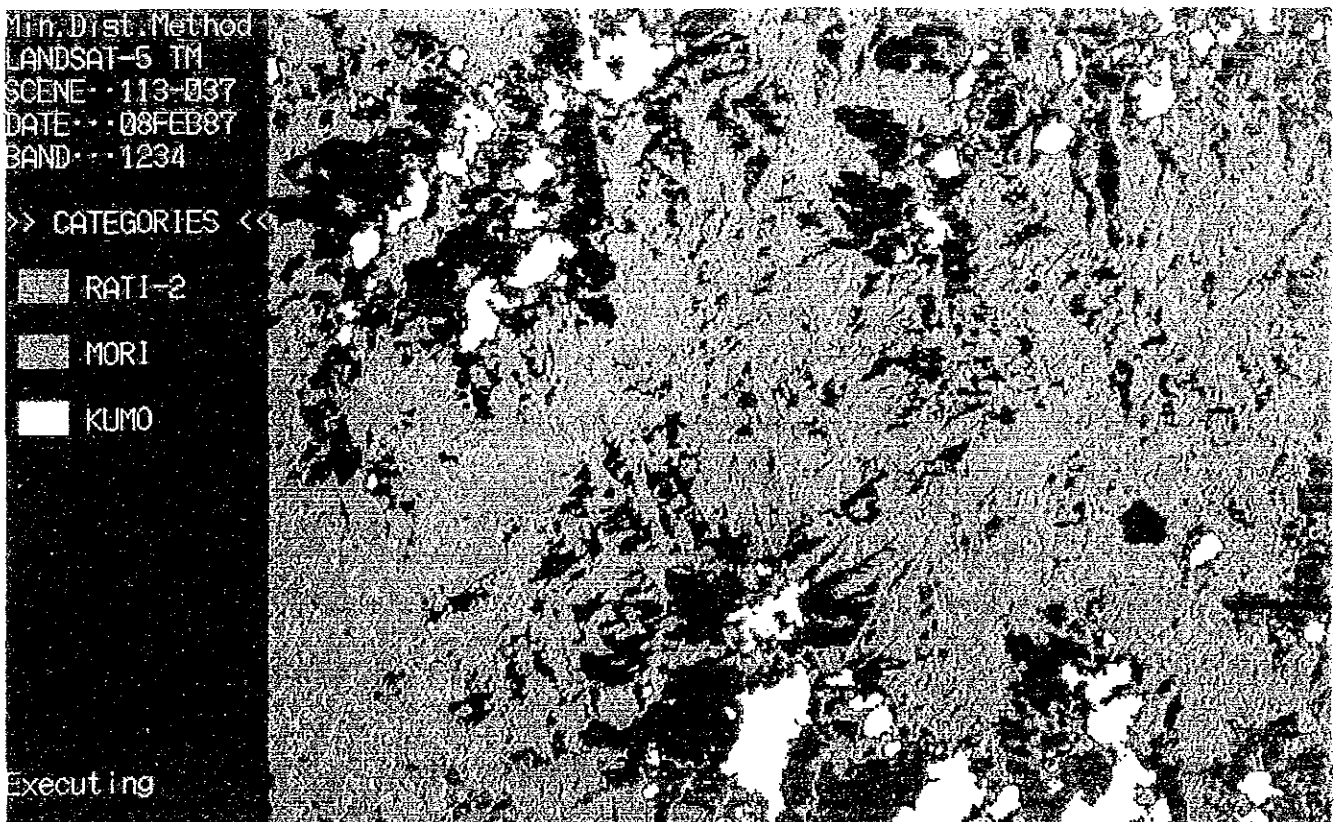


Photo (2) Picture Processing to Show Devastated Land Clearly

The figure was created by processing satellite picture data purchased from BOSAT company in the United States by satellite picture processing software (LODIA).





### 13.3.6 植 生

#### 1) Pirris川流域の植生分類概要

Costa Rica生態地図(Tosi, 1968)によれば、Pirris川流域の植生は標高に基づき以下の4層に分類される (Fig. 13-13)。

1. 低 地 - 熱帯地域 (Region tropical-piso basal)
2. 亜山地 - 熱帯地域 (Region tropical-piso premontano)
3. 下部山地 - 熱帯地域 (Region tropical-piso montano bajo)
4. 上部山地 - 熱帯地域 (Region tropical-piso montano)

ただし、開発の進んだ現在、自然植生の残る地域は少ない。

#### (1) 低地 - 熱帯地域 (Tropical Area)

Pirris川の沖積平野、及び隣接した丘陵地における熱帯湿地林 (Tropical Moist Forest, bh-T) に代表される地域である。また、Fig. 13-13に見られるとおり Pirris川がCandelaria川と合流する以前の地域、太平洋の影響を直接受ける、最高でも海拔約 500mの山岳地帯に、熱帯湿潤林 (Tropical Wet Forest, bmh-T) が存在する。熱帯湿潤林に見られる固有種には、Allen(1956年)によれば以下のものがある。

<i>Anacardium excelsum</i>	<i>Cynometra hemitaphylla</i>
<i>Brosimum</i> spp.	<i>Dacryodes ephylica</i>
<i>Carapa quianensis</i>	<i>Dipterodendron</i>
<i>Cedrela odorata</i>	<i>costarricensis</i>
<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Huberodendron allenii</i>
<i>Chimnarrhis latifolia</i>	<i>Basyloxylon excelsum</i>
<i>Chrysophyllum</i> spp.	<i>Terminalia</i> spp.
<i>Virola</i> spp.	<i>Caryocar costarricense</i>

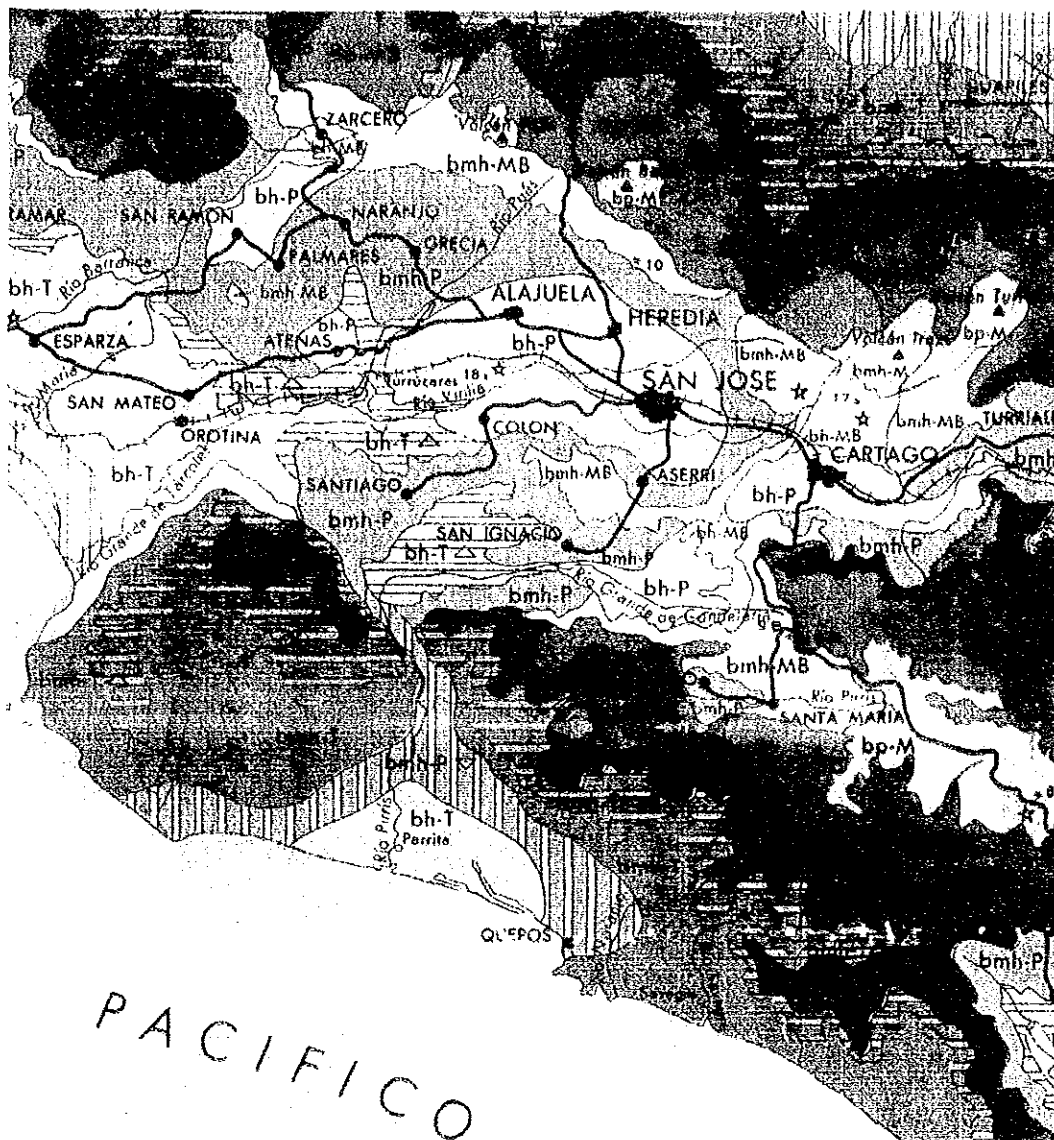
さらに、Goodland(1969年)は流域の傾斜地森林の主要な構成種として、*Pachira aquatica*, *Prioria copaifera*, *Anacardium excelsum*をあげている。なお、発電所計画地点は上記の植生帯に属する。

#### (2) 亜山地 - 熱帯地域 (Tropical Premontane Area)

この流域における亜山地 - 熱帯地域は、亜山地熱帯多雨林 (Tropical Premontane Rain Forest, bp-P) と亜山地熱帯湿潤林 (Tropical Premontane Wet Forest, bmh-P) により代表されている。



Fig. 13-13 Vegetation Map



CLAVE PARA LAS ZONAS DE VIDA

<b>REGION TROPICAL - PISO BASAL</b>			
	Bosque seco tropical Tropical dry forest		Bosque húmedo tropical Tropical moist forest
	Bosque seco tropical transición a húmedo Tropical dry forest, moist province transition		Bosque húmedo tropical transición a perhúmedo Tropical moist forest, perhumid province transition
	Bosque húmedo tropical, transición a premontano Tropical moist forest, premontane belt transition		Bosque muy húmedo tropical Tropical wet forest
	Bosque muy húmedo tropical transición a premontano Tropical wet forest, premontane belt transition		Bosque húmedo premontano Premontane moist forest
	<b>REGION TROPICAL - PISO PREMONTANO</b>		Bosque muy húmedo premontano, transición a basal Premontane moist forest, basal belt transition
			<b>REGION TROPICAL - PISO MONTANO BAJO</b>
			Bosque húmedo montano bajo Lower montane moist forest
			Bosque muy húmedo montano bajo Lower montane wet forest
			<b>REGION TROPICAL - PISO MONTANO</b>
			Bosque muy húmedo montano Montane wet forest
			<b>REGION TROPICAL - PISO SUBALPINO</b>
			Páramo aluvial subalpino Subalpine rain paramo



① 亜山地熱帯多雨林

亜山地熱帯多雨林は、海拔 800m以上でかつ4,000mm 以上の年平均降水量を有する、Pirris川中流両岸に見られ、Pirris川とCandelaria川の分水嶺、太平洋の影響を直接受ける地域を占めている。さらに流域の西部、Plataño と Agua Buena を結んだ線に小面積を有する。この種の森林で、最も普通に見られる樹種は次のようなものである。ダム計画地点は上記の植生帯に属する。

<i>Sideroxylon uniloculare</i>	<i>Conostegia</i> spp.
<i>Pachira aquatica</i>	<i>Quercus quqlielmitrelesi</i>
<i>Cedrela adorata</i>	<i>Ulmus mexicana</i>
<i>Ocotea</i> spp.	<i>Hieronyma</i> spp.
<i>Miconia</i> spp.	<i>Ficus tondizii</i>

② 亜山地熱帯湿潤林

亜山地熱帯湿潤林は、主として、San Marcosの周囲、海拔 800m～ 1,500mまでのPirris川流域高地に見られる。Pirris川の流に沿い、Parrita川の沖積平野にいたるまでに、亜山地熱帯湿潤林から熱帯湿潤林への変化がみられ、Candelaria川とPirris川合流点の一大扇状地をParrita河岸まで被っている。この植生固有のタイプは、隙間なく着生生物に覆われた、種々の大樹の混合から成っている。その主なものを以下に示す。

<i>Dicymopanax morototoni</i>	<i>Ocotea</i> spp.
<i>Vochisia hondurensis</i>	<i>Hirtella americana</i>
<i>Vochisia ferruginea</i>	<i>Turpinia occidentalis</i>
<i>Cornutia</i> spp.	<i>Roupala montana</i>
<i>Miconia</i> spp.	<i>Ficus</i> spp.
<i>Virola</i> spp.	<i>Rhus</i> spp.
<i>Oreamunnea pterocarpa</i>	<i>Casearia</i> spp.
<i>Cordia alliadora</i>	<i>Cedrela adorata</i>
<i>Nectandra</i> spp.	

また、代表的な科としては、Lauraceas, Melastomaceasがあげられる。

(3) 下部山地-熱帯地域 (Tropical Lower Montane Area)

流域の下部山地は、下部山地熱帯多雨林 (Trpical Lower Montane Rain Forest, bp-MB)および、下部山地熱帯湿潤林(Tropical Lower Montane Wet Forest, bmh-MB)により構成されている。

① 下部山地熱帯多雨林

下部山地熱帯多雨林は、海拔 1,500m 程度の流域中低地、Mata de Caña, Esperanza, San Carlos などの集落の周辺に見られる。この辺りの土地は、Copey (標高 1,850m) など山間の村落を除き、風雨にさらされた山腹をもつ峻険な地形を呈している。このタイプの森林によく見られる種類はつぎのとおりである。

<i>Quercus copeyensis</i>	<i>Preziera condicans</i>
<i>Quercus eugenifolia</i>	<i>Viburnum</i> spp.
<i>Quercus brenesii</i>	<i>Prunus</i> spp.
<i>Cornus disciflora</i>	<i>Rhamnus capraefolia</i>
<i>Alnus acuminata</i>	<i>Ulmus mexicana</i>
<i>Mangnolia poasana</i>	<i>Weinmannia</i> spp.
<i>Cleyera theoides</i>	

② 下部山地熱帯湿潤林

下部山地熱帯湿潤林については、植物種は前述のものに極めて類似しているが、カシ、トキワガシ (*Quercus* spp.) がより多い。

(4) 上部山地 - 熱帯地域 (Tropical Montane Area)

この地域は、上部山地熱帯多雨林(bp-M)により代表され、この森林が Alto catarina, Páramo Vuelutas、および、Sabana Vueltas などの集落周辺、海拔 2,500m の Pirris 川源流近くを覆っている。この地域の固有の森林は着生生物に覆われた大樹の混合からなっている。この中でよく見られる種は以下のとおりである。

<i>Didymopanax morototoni</i>	<i>Hirtella americana</i>
<i>Vochisia hobdurensis</i>	<i>Turpinia occidentalis</i>
<i>Cornutia</i> spp.	<i>Roupala montano</i>
<i>Miconia</i> spp.	<i>Ficus</i> spp.
<i>Oreamnunnea pterocarpa</i>	<i>Rhus</i> spp.
<i>Cordia alliodora</i>	<i>Casearia</i> spp.
<i>Nectandra</i> spp.	<i>Cedrela odorata</i>
<i>Ocoaitea</i> spp.	

最も代表的な科は Lauraceas と Melastomaceas である。

## 2) 計画地点周辺の植生

発電所計画地点は、熱帯雨緑林帯に属しているが、集落や牧場、コーヒー農園等の開発のために、大規模な環境変化が生じ、生物相が貧弱となっている。

計画地点周辺で直接改変を受ける地域にあっては、森林がほとんど存在しない。ダム計画地点上流は樹園地（コーヒー農園）が圧倒的で、発電所計画地付近では放牧地が多い（Fig.13-14）。森林は減水区間の左岸に多く見受けられる。代表的な植生は牧草及びそれに付随する草本類、農地及び川岸に生育するわずかの樹木及び草本類である。

### (1) ダム計画地点周辺

#### ① 牧草、その他の草本類

ここで観察された植物は以下に示すものである。雑草の茂みは川辺と、コーヒーが栽培されていない地域に目立っている。最多の科は、Compositae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Gramineae, Cyperaceae(*Cyperus rotundus*)であり、牧草として *Zacate estrella*(*Cynodon nlemfuensis*), *Jungi-brillo*(*Paspalum notatum*), *Jaragua*(*Hyparrhenia rufa*) が観察された。

#### ② コーヒー以外の作物

コーヒー以外の作物として以下のものが観察された。

Family	Species
Gramineae	<i>Saccharum</i> sp.
Leguminosae	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Gramineae	<i>Zea mays</i>
Myrtaceae	<i>Eucaliptus</i> sp.
Musaceae	<i>Musa sapientum</i>
Cupresaceae	<i>Cupressus lucitanica</i>

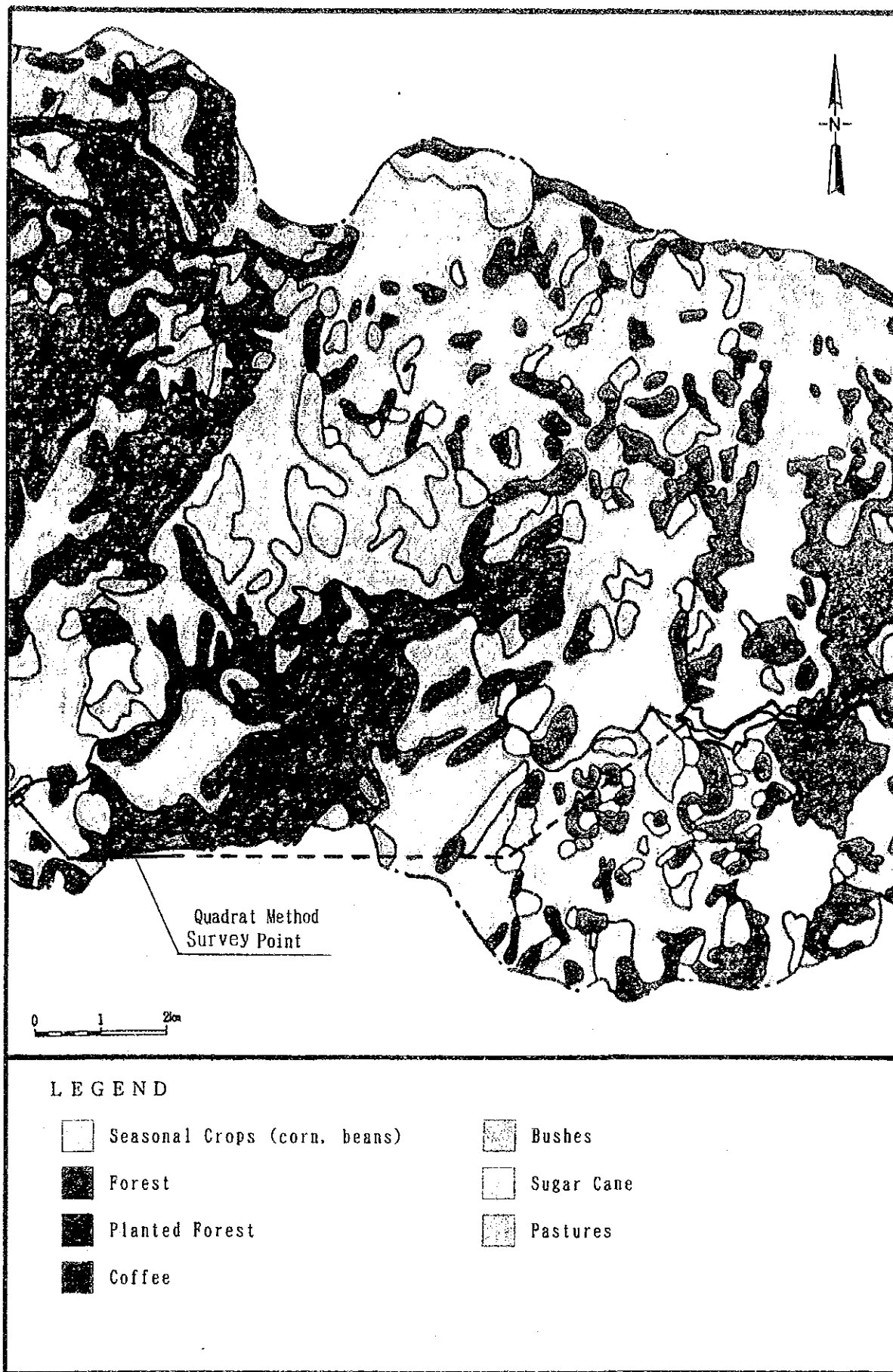
#### ③ その他の観察種

上記のほか、作物栽培地の近傍や河川の岸辺に、次の種類が小さな群落として観察された。





Fig. 13-14 Vegetation Map (Vicinity of Planned Area)



Source: Plan de manejo de la cuenca del Rio Parrita  
 13 - 41 Ministerio de Agricultura y Ganaderia 1985.5



Family	Species
Gramineae	<i>Bambusa</i> sp.
Gramineae	<i>Coix lacrima jobi</i>
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Musaceae	<i>Musa sapientum</i>
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>
Costaceae	<i>Costus</i> sp.
Leguminosae	<i>Inga</i> sp.
Leguminosae	<i>Mimosa pudica</i>
Leguminosae	<i>Cajanus</i> sp.
Leguminosae	<i>Erithrina</i> sp.
Pinaceae	<i>Pinus</i> sp.
Myrtaceae	<i>Psidium guajaba</i>
Eupobiaceae	<i>Recinus communis</i>
Anacardiaceae	<i>Manguifera indica</i>
Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i>
Rutaceae	<i>Citrus limonium</i>
Umbelliferae (Apiaceae)	<i>Cariandrum sativum</i>
Meliaceae	<i>Cedrela</i> sp.
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>
Geraniaceae	<i>Geranium</i> sp.
Elaeocarpaceae	<i>Muntingia</i> sp.
Elaeocarpaceae	<i>Solanea</i> sp.
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>
Maraceae	<i>Cecropia</i> sp.
Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> sp.
Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosa</i>
Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i> L.
Begoniaceae	<i>Begonia</i> sp.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.
Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp.
Cannaceae	<i>Canna</i> sp.

## (2) 発電所計画地点周辺の植生

発電所計画地点周辺については、その左岸に森林が比較的良く残されており、また、工事用道路の新設、導水管の敷設が予定されているため、概況調査に加え森林において方形区を設定し調査を行った。

### ① 概況

ダムから発電所までの地域は環境の変化に富んでおり、川の上流や、Quebradas las Delicias, Quebradas Quebradillasその他の支流周辺では伐採や山火事跡に二次林が、同様に自然林が混在している。

森林の変化と放牧、耕作の継続によりこの地域の植物相は、量、多様性ともに貧弱である。低木林また山腹、溪谷のわきには次のような科が存在する。

Compositae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Graminae

- a. 栽培種 : 多年生、準多年生、季節的（混作の場合）のものは以下のものである。

Family	Species
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>
Gramineae	<i>Saccharum</i> sp.
Musaceae	<i>Musa</i> sp.

- b. その他の種 : 森林や草原内で小群落をつくっており、以下のものが観察された。

Family	Species
Araceae	<i>Xanthosoma</i> sp.
Bombacaceae	<i>Ochroma</i> sp.
Leguminosae	<i>Inga</i> sp.
Sterculiaceae	<i>Guazuma</i> sp.
Leguminosae	<i>Mucuna</i> sp.
Anacardiaceae	<i>Anacardium exclsum</i>
Anacardiaceae	<i>Manguifera indica</i>
Elaeocarpaceae	<i>Muntingia</i> sp.
Euphorbiaceae	<i>Recinus communis</i>
Liliaceae	<i>Yucca elephantipes</i>
Costaceae	<i>Costus</i> sp.
Leguminosae	<i>Mimosa pudica</i>
Myrtaceae	<i>Psidium guajaba</i>
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>
Cupresaceae	<i>Cupressus</i> sp.
Moraceae	<i>Cecropia</i> sp.
Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i>
Piperaceae	<i>Photomorphe</i> sp.
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>
Bombacaceae	<i>Bombacopsis</i> sp.
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp.
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> sp.
Polygonaceae	<i>Iriplalis americanus</i>

水生植物については、大量の緑藻（Cianofitas）が観察された。水底において、また土手の岩石、転石に付着が見られた。

## ② 方形区調査

Fig. 13-14 に示す地点（標高500m）に 400㎡の方形区を設定し、出現種名およびそれぞれの胸高直径、樹高、材積を、また現場の階層構造についても調査した。

a. 出現種

方形区に出現した種とその樹高をTable 13-3 に示す。

b. 材積

一部の樹木について材積を計算した結果をTable 13-4 に示す。

計算にあたってはオーバーニュの式を用いた。

$$V = 0.55 * D.B.H. * H$$

ただし V = 材積

D.B.H. = 胸高直径 ( H = 1.37 m )

H = 樹高

c. 階層構造

調査地点の森林は前述のCosta Rica生態地図における区分ではbmh-T に属する。

Fig.13-5に調査地点における森林の階層構造を示すが、基本的に、高木層、低木層、草本層、着生生物層の4階層に分けられる。

Table 13- 3 Results of Quadrat Method Survey(1)

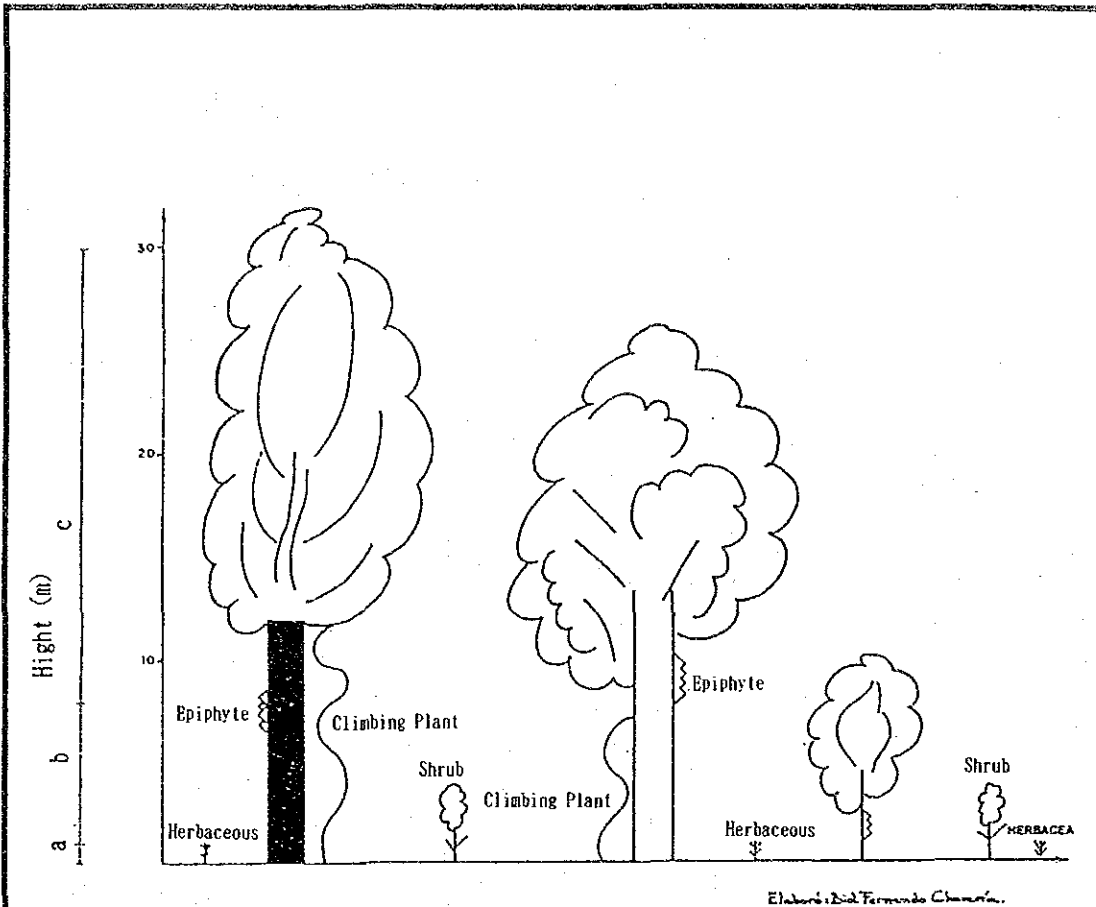
TYPE	FAMILY	HIGHT(m)	SPECIES	COMMON NAME
Arbor	Guttiferaceae	5-12	<i>Vismia macrophylla</i>	Achiotillo
Bush	Solanaceae	1-3	<i>Solanun</i> sp.	Berenjena
Arbor	Leguminosae	4-6	<i>Cassia fruticosa</i>	Sen de Palillos
Arbor	Tiliaceae	7-10	<i>Luehea speciosa</i>	Guacimo macho
Bush	Palmae	1.5.4	<i>Chanaedorea costaricana oerst.</i>	Pacaya
Bush	Tiliaceae	1.5-3	<i>Triumietta Lappula</i>	Mozote de aba
Arbor	Meliaceae	10-25	<i>Cedrela mexicana</i>	Cedro Amargo
Climbing Plant	Araceae	---	<i>Philodendron Hoffmannii</i>	Hoja Hombre
Climbing Plant	Passifloraceae	---	<i>Passiflora apetala Killip</i>	Calzoncillo
Herbaceous	Begoniaceae	0.5-1	<i>Begonia</i> sp.	Begonia
Bush	Piperaceae	1-2	<i>Pothomorphe</i> sp.	Anisillo
Epiphyte	Araceae		<i>Pothos</i> sp.	Epifita
Herbaceous	Heliconiaceae	0.5-1	<i>Heliconia</i> sp	Platanillo
Bush	Piperaceae	1-3	<i>Piper</i> sp.	Cordonicillo
Arbor	Anacardiaceae	10-25	<i>Spondias Monbin</i>	Jobo
Arbor	Burseraceae	5-25	<i>Bursera simaruba</i>	Indio Pelado
Bush	Urticaceae	1-3	<i>Urera elate</i>	Ortiga
Bush	Cecropiaceae	7	<i>Cecropia</i> sp.	Guarumo
Arbor	Phapilionaceae	10-25	<i>Piatymiscium pinnatum</i>	Cristobal
Arbor	Rutaceae	10-15	<i>Zanthoxylum insulare</i>	Lagartillo
Arbor	Bombacaceae	10-15	<i>Bombacapsis quinatun</i>	Pochote
Arbor	Anacardiaceae	15-25	<i>Astronium graveolens</i>	Ran-Ron
Arbor	Papilionaceae	8-15	<i>Gluicidie sepium</i>	Madero Negro
Arbor	Boraginaceae	10-25	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel
Arbor	Mimosaceae	5	<i>Stryphodendron excelsum</i>	Vainillo
Arbor	Meliaceae	10-25	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba
Arbor	Myrtaceae	5-10	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba
Arbor	Anacardiaceae	15-25	<i>Anacardium excelsum</i>	Espavé
Arbor	Monraceae	15-25	<i>Ficus</i> sp.	Higuerón
Arbor	Mimosaceae	5-10	<i>Acacia hindsii</i>	Cornezuelo
Arbor	Caesalpinaceae	15-25	<i>Hymenaea courbaril</i>	Guapinol
Arbor	Bignoniaceae	15-20	<i>Tabebuia chysantha</i>	Amarillón
Arbor	Mimosaceae	15-30	<i>Pithecolobium saman</i>	Cenízaro
Arbor	Bignoniaceae	15-40	<i>Tabebuia guayacan</i>	Guayacán
Arbor	Moraceae	15-30	<i>Brosimum costaricanum</i>	Ojoche
Arbor	Bombacaceae	+10-25	<i>Ocrhoma lagopus</i>	Balsa

Table 13- 4 Results of Quadrat Method Survey(2)

Species	Diameter(cm)							TOTAL (m <sup>2</sup> )
	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	100-109	
<i>Cordia alliodora</i>			0.71	0.99				1.70
<i>Bursera simarba</i>					1.00			1.00
<i>Anacardium excelsum</i>				1.94				1.94
<i>Tabebuia guayacan</i>	0.11							0.11
<i>Tabebuia chysantha</i>		0.37						0.37
<i>Pithecolobium saman</i>		0.42				2.18		2.60
<i>Brosimum costaricanus</i>		0.23						0.23
<i>Ficus sp.</i>							6.41	6.41
<b>TOTAL</b>	<b>0.11</b>	<b>1.02</b>	<b>0.71</b>	<b>2.93</b>	<b>1.00</b>	<b>2.18</b>	<b>6.41</b>	<b>14.35</b>










Fig. 13-15 Stratification of the Forest



- a: Herbaceous Layer
- b: Shrub Layer
- c: Arbor Layer

Elaboré por Fernando Chaves

Type	
 <p>Arbor (~40m) : <i>Pithecolobium saman</i>, <i>Tabebuia guayacan</i>, <i>Brosimum costaricanum</i>.</p>	<p>Herbaceous  <i>Begonia</i> sp <i>Heliconia</i> sp</p>
 <p>Arbor (~25m) : <i>C. mexicana</i>, <i>C. alliodora</i>, <i>S. monbin</i>, <i>B. simarauba</i>, <i>P. pinnatum</i>, <i>A. graveolens</i>, <i>S. macrophylla</i>, <i>A. excelsum</i>, <i>Ficus</i>, <i>H. courbaril</i>, <i>T. chrysantha</i>, <i>O. laeopus</i>, <i>V. macrophylla</i>, <i>Z. insulare</i>, <i>B. quinatum</i>, <i>G. sepium</i></p>	<p>Climbing Plant  <i>P. hoffmannii</i> <i>P. apstala</i></p>
 <p>Arbor (~10m) : <i>C. fistula</i>, <i>L. speciosa</i>, <i>Cecrop</i> sp, <i>S. excelsum</i>, <i>P. guajava</i>, <i>A. hindsii</i></p>	<p>Epiphyte:  <i>Phorax</i> sp</p>
 <p>Shrub (~4m) : <i>Solanum</i> sp, <i>Ch. costaricane</i>, <i>T. lappula</i>, <i>Photomorpha</i>, <i>Piper</i> sp, <i>U. etata</i></p>	

### 13.3.7 動物

かつて国土の90%が森林に被われていたというCosta Ricaは、動物相も豊富であった。Pirris川流域もその例外でなく、例えば鳥類では独特のものとして、ミドリオオハシ、ヒワなどが生息している。また、ケツァル鳥もいるが、標高の高いところのみに生息し、その数は極めて少ない。さらに、樹木の種類に応じ、多種のフウキンドリとキツツキの仲間がいる。コーヒー園にはウズラの群れなどが見られる。哺乳類では、リス、フクロネズミ、イタチ、ジャガランディー、ヤマネコ、げっ歯類、ハナグマ、バク等が生息しているとされている。

ただし、上記の動物は、人間の存在に加え、森林が提供していた食物やすみかが不足したため、かろうじて見られる程度である。

#### 1) ダム計画地点

現在、ダム計画地点周辺においては植物相が貧弱であることから動物相も極めて貧弱なものとなっている。現地では以下のものが確認されている。

#### (1) 昆虫類

昆虫類では以下のものが確認された。

Order	Suborder
Orthoptera	Saltatoria
Odonata	Anisoptera
	Apocrita
	Rhopalocera
Diptera	Nematocera
Diptera	Cyclorrhapha

この他に水生昆虫の、Ephemeroptera (カゲロウ目)、Odonata (トンボ目) や Diptera (双翅目) の蛹の生息が確認された。

#### (2) 両生類

*Bufus marinus* (ヒキガエル) が確認された。

#### (3) は虫類

イグアナ類の*Basiliscus sp.*、*Anolis sp.*の生息が確認されている。

#### (4) 鳥類

鳥類では、ハチドリ的一种、ガン・カモ類的一种、ヒワ的一种、ハト的一种の4種が確認されている。

(5) 哺乳類

哺乳類では、ネズミ (*Rattus sp.*) が一種確認されたのみである。

2) 発電所計画地点

(1) 第1回調査結果

I. C. E. が1990年に行った調査による結果は以下のとおりである。

① 昆虫

昆虫は動物の中では量、種ともに多く認められた。代表的なものは以下に示す。

Order	Suborder
Odonata	Zygoptera
	Anisoptera
Orthoptera	Saltatoria
Himenoptera	Apocrita(Apoidea)
	Apocrito(Formicidae)
	Apocrita(Vespidae)
Lepidoptera	Rhopalocera
Diptera	Cyclorrhapha
	(Muscudae)
Cursores	Blattaria

② 両生類

*Bafus marinus* (ヒキガエル) の幼生が観察された。

③ は虫類

Lacertididaeに属するものが観察された。

④ 鳥類

以下のものが観察された。

Family	Species
Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>
Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i>
Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>
Cathartidae	<i>Caragyps atratus</i>
Hirundinidae	<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>

(2) 追加調査結果

I. C. E. が1991年に行った追加調査による結果は以下のとおりである。

① 昆虫類

以下の種類が確認された。

FAMILY	SCIENTIFIC NAME
Sphingidae	<i>Agrius cingulatus</i>
Sphingidae	<i>Ampliterus gannascus</i>
Formicidae	<i>Eciton homatum</i>
Formicidae	<i>Atta Atta</i>
Romaleidae	<i>Tropilacris cristata</i>
Acrididae	<i>Abracris flavolineata</i>
Papilionidae	<i>Papilio anchisiades idaeus</i>
Nymphalidae	<i>Memphis</i> sp.
Nymphalidae	<i>Marpesia</i> sp.
Donidae	<i>Donaus</i> sp.
Apidae	<i>Bombus ephippiatus</i>
Apidae	<i>Apis mellifera</i>
Apidae	<i>Melipona</i> sp.
Apidae	<i>Trigona</i> sp.
Cicindelidae	<i>Pseudoxychila tarsalis</i>
Libellulidae	<i>Pantala flavescens</i>

② 両生類

以下の種類が確認された。

FAMILY	SCIENTIFIC NAME
Bufo	<i>Bufo marinus</i>
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus pentadactylus</i>
Dendrobatidae	<i>Dendrobates auratus</i>
Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus</i> sp.

③ は虫類

以下の種類が確認された。

FAMILY	SCIENTIFIC NAME
Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>
Iguanidae	<i>Anolis</i> sp.
Iguanidae	<i>Basiliscus basiliscus</i>
Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>
Colubridae	<i>Ninia maculata</i>
Viperidae	<i>Crotalus durissus</i>
Colubridae	<i>Spilotes pullatus</i>
Colubridae	<i>Imantodes cenchoa</i>
Colubridae	<i>Drymarchon coarais</i>
Viperidae	<i>Bothriechis schlegelii</i>
Viperidae	<i>Bothrops asper</i>
Elapidae	<i>Micrurus migrocinctus</i>
Boidae	<i>Boa constrictor</i>
Viperidae	<i>Bothriechis nasutus</i>

④ 鳥 類

以下の種類が確認された。

FAMILY	SCIENTIFIC NAME
Thraupidae	<i>Ramphocelus passerinii</i>
Icteridae	<i>Cacicus urpygialis</i>
Thraupidae	<i>Chlorophonia callophrys</i>
Pipridae	<i>Chiroxiphia linearis</i>
Accipitridae	<i>Elanus caeruleus</i>
Accipitridae	<i>Leucopternis albicollis</i>
Ramphastidae	<i>Ramphastos sulfuratus</i>
Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>
Emberizidae	<i>Cyanocompsa cyanoides</i>
Emberizidae	<i>Tiaris olivace</i>
Emberizidae	<i>Sporophila torqueola</i>
Emberizidae	<i>Volatinia jacarina</i>
Turdidae	<i>Myadestes melanops</i>
Fringillidae	<i>Carduelis psaltria</i>
Cracidae	<i>Crax rubra</i>
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>
Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>
Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>
Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>
Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>
Columbidae	<i>Columbina passerina</i>
Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>
Tyrannidae	<i>Coryphocorax albivittatus</i>
Tyrannidae	<i>Megarhynchus pitangua</i>
Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>
Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>
Turdidae	<i>Turdus grayi</i>
Columbidae	<i>Luptoilita rufaxilla</i>
Picidae	<i>Melanerpes hoffmannii</i>
Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>
Icteridae	<i>Psarocolius wagleri</i>
Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>
Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>
Emberizidae	<i>Pheucticus ludovicianus</i>
Pipridae	<i>Schiffornis turdinus</i>
Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>
Tyrannidae	<i>Tyrannus savana</i>
Tityridae	<i>Pachyramphus polychopterus</i>
Tyrannidae	<i>Camptostoma imberbe</i>

⑤ 哺乳類

以下の種類が確認された。

FAMILY	SCIENTIFIC NAME
Cebidae	<i>Cebus capucinus imitador</i>
Felidae	<i>Felis wiedi</i>
Dasyproctidae	<i>Agouti paca</i>
Dasyproctidae	<i>Cabassous centralis</i>
Dasyproctidae	<i>Dasyproctus novemcinctus</i>
Procyonidae	<i>Potos flavus</i>
Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>
Phyllostomidae	<i>Artibeus lituratus</i>
Tayassuidae	<i>Tayassu tajacu</i>
Sciuridae	<i>Sciurus variegatoides</i>
Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i>
Procyonidae	<i>Nasua narica</i>
Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>
Mustelidae	<i>Conepatus semistriatus</i>
Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>
Heteromyidae	<i>Heteromys desmarestianus</i>
Heteromyidae	<i>Liomys saluini</i>
Echimyidae	<i>Proeschymis semispinosus</i>
Cricetidae	<i>Sigmodon hispidus</i>
Cricetidae	<i>Zygodontomys brevicauda</i>
Cricetidae	<i>Oryzomys ophrastus</i>
Cricetidae	<i>Oryzomys concolor</i>
Cricetidae	<i>Tylomys watsoni</i>
Cricetidae	<i>Rheomys hartmanni</i>
Cricetidae	<i>Oryzomys palustris</i>
Cricetidae	<i>Oryzomys caliginosus</i>
Cricetidae	<i>Oryzomys alfaroi</i>

⑥ その他

甲殻類、ムカデ類のうち以下のものが確認された。

・甲殻類

FAMILY	SCIENTIFIC NAME
Palaemonidae	<i>Macrobrachium americanum</i>
Atyidae	<i>Atya sp.</i>
Pseudothelphusidae	<i>Ptychophalla tristani</i>
Pseudothelphusidae	<i>Potamocarcinus magnus</i>

・ムカデ類

FAMILY	SCIENTIFIC NAME
Scolopendridae	<i>Scolopendra gigantea</i>

### 13.3.8 水生生物

#### 1) ダム計画地点周辺

##### (1) 魚類

Oluminas類の *Poecilia gillii* が確認されている。

##### (2) 水生昆虫

Ephemeroptera, Odonatos及び双翅目のさなぎがみられた。

#### 2) 発電所計画地点周辺

##### (1) 魚類

魚類相は貧弱である。以下の種類が確認された。

FAMILY	SCIENTIFIC NAME
Poeciliidae	<i>Poecilia gillii</i>
Mugilidae	<i>Agonostomus monticola</i>
Characidae	<i>Brycon behreae</i>
Characidae	<i>Astianax fasciatus</i>

##### (2) 水生昆虫

周辺の水生昆虫の種類は非常に少ないが、大量のMoluscos (腹足類) が観察された。

### 13.3.9 水 質

#### 1) Costa Ricaの水質環境問題

数百のコーヒー加工工場から排出される廃棄物が全国的な河川汚濁を引き起こしている。Costa Ricaでは、水質汚濁の原因物質の約70パーセントがコーヒーの廃棄物であり、1日当たり排出される廃棄物は約300トンに達する。河川流量が減少する乾季と収穫時期が重なることが、河川汚濁を一層深刻にしている。

#### 2) Pirris川流域の概況

Pirris川はSan José県Cartago県の境界に位置するVueltas山(標高3,156m)を水源に持つ。ダム計画地点はVueltas山の西30kmの標高約1,080mの地点にあり、発電所はダム計画地点の西10km、標高約300mの地点に計画されている。Pirris川は発電所計画地点の西約10kmで流路を直角に南に転じ、北方から流入するCandelaria川と合流した後約20km先で太平洋に注いでいる。

森林は水源部と山の上部に、また、Pirris川およびその支流の川岸の僅かな部分にのみ存在しており、流域の大部分は既に伐採されている。僅かに残る森林も伐採が続けられその存在が危ぶまれている。表土は比較的薄く、ラテライト質の土壌が各所で露出し、これが雨季になると降雨により表土ともに河川に流入している。

ダム計画地点の周辺は放牧地、コーヒー果樹園として利用されている。貯水池の集水域には九つの集落があり約19,000人が居住し、約16,000頭の牛および3,000頭の豚が飼育されている。また5つのコーヒー加工工場が操業し、年間約62,000トンのコーヒー果実を加工している。コーヒー果樹園では、年間約2,000トンの窒素、リン肥料が使用されている。

ダムから発電所地点までの地形は急峻で、兩岸の山腹は切り立ち、支流の多くは滝となってPirris川に流れ込んでいる。兩岸は放牧地または荒廃地であり、山の上部には森林が残されている。

ダム計画地点の流量は1964年から1989年の記録によれば、月平均最大流量が57.7 m<sup>3</sup>/sec、月平均最小流量が0.5 m<sup>3</sup>/secであり、年間平均流量は11.1 m<sup>3</sup>/secである。

#### 3) 水質の現況

河川流量の減少とコーヒー収穫時期が重なる1月から4月にかけて、河川水質は最



悪となる。ダムおよび発電所計画地点では、真っ黒な汚泥が厚く堆積し、不快で刺すような臭気が漂っている。水は黒色になり、表面には泡が塊となって流れている。通常の溪流性の水性生物はほとんど見られず、イトミミズ、巻き貝等の汚濁水に住む生物が繁殖している。また、疾病を媒介する蚊や蠅などの害虫の大量発生も見られる。

#### (1) 水質測定

Pirris川の水質調査は、1980年から1988年の8年間にわたりICEが、Dota, Tabacales およびBijagualの3地点で毎月1回水質調査を実施した。また、フィジビリティー調査の一環として、1990年10月から1991年の1年間、ICEがPirris川の本、支流の5地点で毎月1回水質調査を実施した。

水源部では上下水道公団が1975から1984年にかけて水質分析を実施している。これらの測定位置をFig. 13-6に、測定結果をTable 13-5~7に示す。

#### (2) 水質分析結果

① 水質の物理的特徴をみると以下のとおりである。

- ・水素イオン濃度 (pH) は7から8の範囲にあり、ややアルカリ性に傾いている。観測値は季節によって1程度変動する。また、3点のうち2地点で8年平均の標準偏差が1以上となっている。これは河川流量の少ない時期に溶存物質の影響が現れたためと考えられる。
- ・電気伝導度は8年平均で $106\mu\text{s}/\text{cm}$ ~ $135\mu\text{s}/\text{cm}$ の範囲である。電気伝導度は季節変化が大きく、流動少ない乾季には、最大値200を越す場合がある。
- ・無機溶解性物質の含有量は世界の河川水の平均値と同程度である。SiO<sub>2</sub>濃度が20mg/lと世界の平均的レベル13.1mg/lよりやや高いが、これはこの火山地帯の特性と考えられる。
- ・溶存酸素量 (DO) は6 mg/l~8 mg/lと比較的高い値を示しているが、これは河川が急流で流れによる瀑気が行われ、水面から酸素が多く供給されるためと推定される。

② 水質の化学的特徴をみると以下のとおりである。

- 水質の富栄養化を示す指標である窒素、リンについてみると、硝酸態窒素は0.13mg/l～5 mg/lの範囲にあり、平均で2.4 mg/lである。また、磷酸態リンは3.2 mg/l～15.7mg/lの範囲にあり、平均は8.2 mg/lである。日本の平均的な河川では硝酸態窒素が0.1 mg/lのオーダーであり、磷酸態リンはこれよりひと桁小さい0.01mg/lのオーダーである。それに較べるとPirris川の窒素、リンの濃度は極めて高い。
- 有機物汚濁の指標となる生物的酸素要求量（BOD）は、2 mg/l～160mg/lの範囲にあり、平均は46.7mg/lである。また、化学的酸素要求量（COD）は、約30mg/l～65mg/lの範囲にある。これらは極めて高い値であり、Pirris川は極度の汚染状況にあるといえる。通常、河川の源流でBODは2 mg/l以下である。BODは5 mg/lを越えると魚類の存在に適さなくなり、10mg/l以下では異臭が漂うようになる。

③ 水質のその他の特徴は以下のとおりである。

- 大腸菌群数は動物のし尿による水の汚染を知る指標となる。日本では通常の浄水処理に対応した「水道2級」では、1000MPN/100ml、また、高度な浄水処理に対応した「水道3級」では、2,500MPN/100ml～5,000MPN/100mlを水道原水の安全限界としている。

Copeyでは、最大24,000MPN/100ml、最小13MPN/100ml、平均2,700MPN/100mlであり、高度処理を行えば水道原水として使用できる。下流のSanta Mariaでは、最大240,000MPN/100ml、最小95MPN/100ml、平均30,500MPN/100mlと非常に高い値となっている。

Fig. 13-16 Location of Water Quality Examination

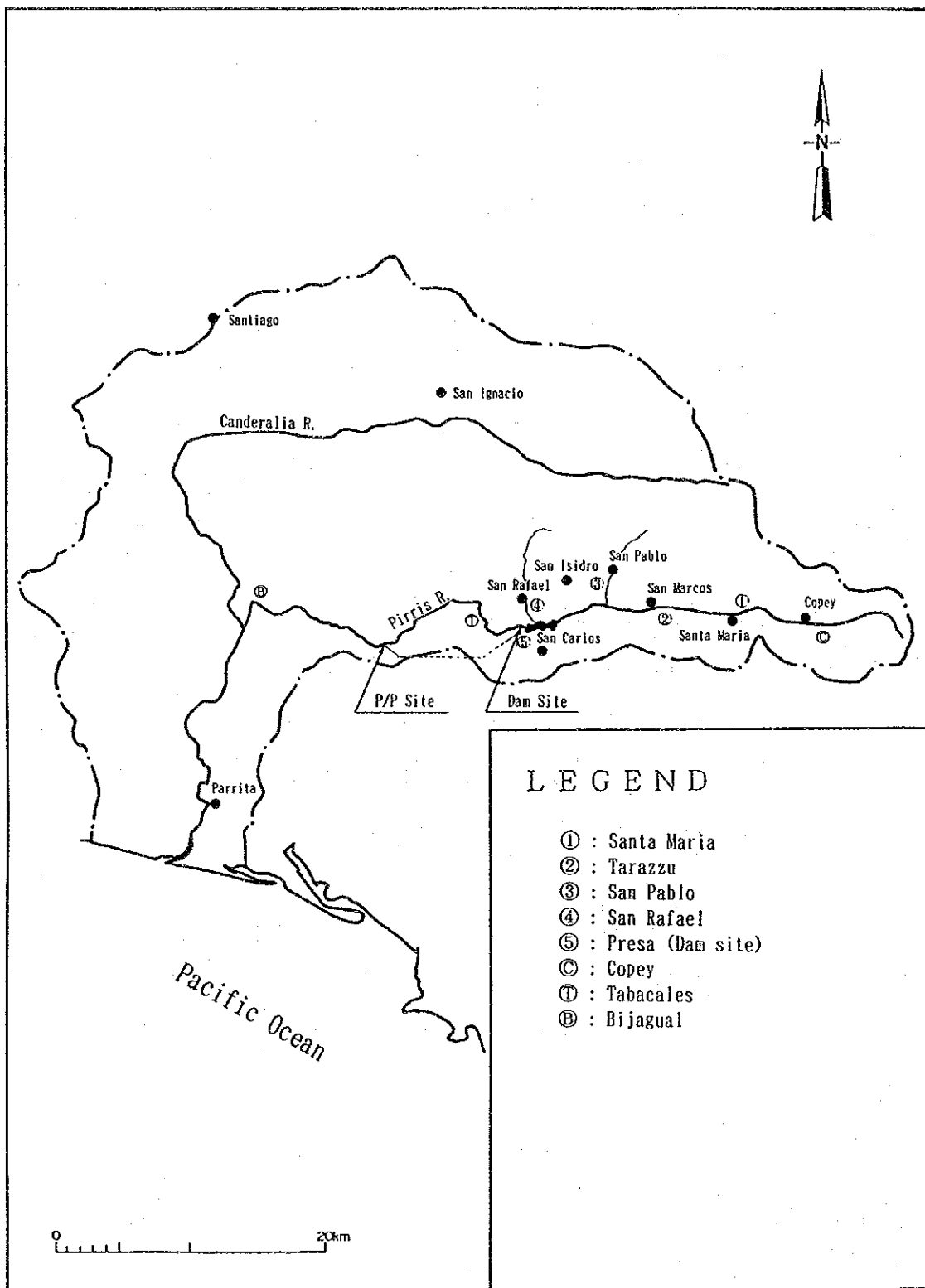


Table 13-5 Results of Water Quality Measurement(1)

COPEY		1981.3 ~ 1988.10		
	Unit	MAX	MIN	AVE
Temperature	°C	22.5	14.5	18.3 ± 1.79
pH	—	8.20	6.62	7.33 ± 1.250
Conductivity	μS/cm	150	62	106 ± 18.7
Alkalinity	mg/l	85.7	25.1	53.7 ± 9.43
Cl	mg/l	3.8	1.0	1.8 ± 0.68
SO <sub>4</sub>	mg/l	22.7	ND	11.9 ± 6.10
SiO <sub>2</sub>	mg/l	48.0	11.8	21.7 ± 5.29
Na	mg/l	23.5	1.5	4.6 ± 3.28
K	mg/l	8.1	0.1	1.6 ± 1.44
Ca	mg/l	24.5	5.9	13.9 ± 3.25
Mg	mg/l	5.9	1.0	3.1 ± 0.75
CaCO <sub>3</sub>	mg/l	75.6	25.1	49.4 ± 8.89

TABACALES		1981.1 ~ 1988.10		
	Unit	MAX	MIN	AVE
Temperature	°C	22.0	16.5	19.0 ± 1.26
pH	—	9.15	6.31	7.31 ± 1.164
Conductivity	μS/cm	220	68	114 ± 28.3
Alkalinity	mg/l	87.6	17.3	57.9 ± 12.62
Cl	mg/l	4.4	0.2	2.1 ± 0.80
SO <sub>4</sub>	mg/l	31.1	ND	9.8 ± 5.89
SiO <sub>2</sub>	mg/l	28.4	11.0	20.3 ± 3.37
Na	mg/l	10.2	1.5	4.6 ± 1.56
K	mg/l	14.1	0.5	2.1 ± 2.73
Ca	mg/l	20.8	2.8	15.6 ± 3.29
Mg	mg/l	5.1	1.1	2.7 ± 0.58
CaCO <sub>3</sub>	mg/l	69.1	18.5	50.8 ± 9.58

BIJAGUAL		1983.9 ~ 1988.10		
	Unit	MAX	MIN	AVE
Temperature	°C	26	22	24.4 ± 1.42
pH	—	9.30	6.99	7.99 ± 0.52
Conductivity	μS/cm	180	90	135 ± 22.1
Alkalinity	mg/l	128.8	47.6	82.5 ± 14.8
Cl	mg/l	6.9	0.6	3.0 ± 1.28
SO <sub>4</sub>	mg/l	19.8	ND	5.8 ± 4.60
SiO <sub>2</sub>	mg/l	50.0	7.0	23.7 ± 6.60
Na	mg/l	11.0	2.0	5.1 ± 1.82
K	mg/l	4.8	0.2	1.2 ± 0.81
Ca	mg/l	31.8	7.4	19.6 ± 4.49
Mg	mg/l	6.7	1.5	4.1 ± 0.86
CaCO <sub>3</sub>	mg/l	89.6	21.2	65.5 ± 12.58

Table 13-6 Results of Water Quality Measurement(2)

Station 1 (Santa Maria) 1990.10~1991.9													
Item	Unit	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Temperature	°C	17.9	18.5	19.3	17.8	14.4	21.7	19.6	16.7				
pH	-	7.37	7.22	8.02	7.1	7.7	8.0	7.77	7.72				
Conductivity	μs/cm	78.0	104.1	103.8	117.3	125.0	131.9	145.5	127.7				
Dissolved Oxygen	mg/l	6.8	7.0	7.4	5.7	8.6	8.1	8.3	7.3				
Alkalinity	mgCaCO <sub>3</sub> /l	-	76.73	80.36	85.0	91.3	83.9	98.0	94.12				
Sedimentation Volume	ml/l	35	0.0	ND	ND	ND	0.0	ND	ND				
Dissolved Solid	mg/l	111.0	88.0	88.0	94.0	112.0	125.0	99.0	68.0				
Hardness	mgCaCO <sub>3</sub> /l	32.6	37.6	40.85	47.8	50.8	52.7	59.5	54.5				
Ca	mg/l	14.68	8.6	8.4	9.8	15.9	15.4	16.1	15.43				
Mg	mg/l	7.4	2.8	2.7	3.15	4.1	4.1	4.5	3.46				
SiO <sub>2</sub>	mg/l	78.86	20.0	25.0	19.4	18.4	21.3	18.4	17.74				
Cl	mg/l	5.04	4.3	3.7	4.35	2.5	7.6	19.6	14.7				
NO <sub>3</sub>	mg/l	3.0	2.3	<2	2.0	0.6	-	-	-				
Fe	mg/l	26.5	0.5	ND	0.10	0.8	0.7	0.2	1.01				
PO <sub>4</sub>	mg/l	-	8.28	6.4	5.04	3.2	2.5	1.9	2.78				
SO <sub>4</sub>	mg/l	-	-	-	14.0	-	-	-	-				
BOD <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	44.0	20.0	-	12.0	44.0	12.0	60.0	25.0				
COD	mg O <sub>2</sub> /l	-	-	-	64.7	-	-	249.9	61.20				

Station 2 ( Tarazzu ) 1990.10~1991.9													
Item	Unit	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Temperature	°C	19.4	19.4	20.4	19.6	15.0	22.7	21.8	18.4				
pH	-	6.74	7.14	7.87	6.2	7.4	7.4	7.39	7.6				
Conductivity	μs/cm	85.8	101.5	101.1	132.4	130.0	132.7	139.3	125.3				
Dissolved Oxygen	mg/l	6.2	7.1	6.2	4.8	8.2	6.8	7.4	8.6				
Alkalinity	mgCaCO <sub>3</sub> /l	-	72.58	85.55	93.0	97.0	83.9	86.0	101.3				
Sedimentation Volume	ml/l	0.9	0.0	ND	5.0	2.5	0.05	ND	ND				
Dissolved Solid	mg/l	297.0	89.0	87.0	157.0	105.0	84.0	99.0	85.0				
Hardness	mgCaCO <sub>3</sub> /l	30.1	37.6	38.0	47.3	49.8	49.8	57.0	59.5				
Ca	mg/l	8.27	8.3	8.40	10.7	15.8	14.7	15.0	15.33				
Mg	mg/l	3.5	2.6	2.6	3.14	4.0	49.8	4.2	3.29				
SiO <sub>2</sub>	mg/l	80.14	21.9	26.0	21.7	21.1	22.4	18.4	19.16				
Cl	mg/l	7.6	5.5	3.7	6.96	5.0	8.8	14.7	14.7				
NO <sub>3</sub>	mg/l	4.8	2.5	<2	2.0	0.1	-	-	-				
Fe	mg/l	7.94	0.5	ND	0.10	0.5	0.8	0.6	1.22				
PO <sub>4</sub>	mg/l	-	11.44	8.2	9.0	5.3	2.5	3.9	2.71				
SO <sub>4</sub>	mg/l	-	-	-	14.6	-	-	-	-				
BOD <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	84.0	2.0	-	76.0	55.0	14.0	42.0	19.0				
COD	mg O <sub>2</sub> /l	-	-	-	56.7	-	-	459.1	84.26				

Station 3 ( San Pablo ) 1990.10~1991.9													
Item	Unit	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Temperature	°C	19.3	19.3	20.3	19.3	14.8	19.8	20.1	19.2				
pH	-	6.21	6.16	7.28	6.4	5.8	7.1	7.2	6.73				
Conductivity	μS/cm	49.7	57.3	7.87	81.4	97.0	85.6	86.0	75.5				
Dissolved Oxygen	mg/l	6.0	8.4	5.8	5.0	9.7	6.4	7.6	8.7				
Alkalinity	mgCaCO <sub>3</sub> /l	19.7	22.81	31.6	31.0	47.1	34.8	39.0	24.8				
Sedimentation Volume	ml/l	0.05	0.0	ND	3.5	0.3	0.1	ND	0.3				
Dissolved Solid	mg/l	56.0	50.0	58.0	130.0	183.0	86.0	56.0	63.0				
Hardness	mgCaCO <sub>3</sub> /l	12.5	17.5	19.9	26.6	25.9	25.9	29.7	29.7				
Ca	mg/l	2.86	3.4	3.6	5.7	9.4	7.9	8.2	8.0				
Mg	mg/l	0.9	0.9	0.97	1.27	1.6	1.5	1.5	1.10				
SiO <sub>2</sub>	mg/l	17.66	13.5	17.1	15.0	14.7	13.4	12.5	11.7				
Cl	mg/l	10.1	5.3	7.4	7.83	10.1	11.4	17.2	14.7				
NO <sub>3</sub>	mg/l	5.0	2.8	<2	2.0	0.7	-	-	-				
Fe	mg/l	0.5	0.3	ND	0.8	4.3	1.5	0.7	1.42				
PO <sub>4</sub>	mg/l	-	7.28	4.8	13.95	15.7	4.7	1.5	1.54				
SO <sub>4</sub>	mg/l	-	-	-	11.8	-	-	-	-				
BOD <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	60.0	12.0	-	78.0	160.0	37.0	78.0	17.0				
COD	mg O <sub>2</sub> /l	-	-	-	27.9	-	-	287.6	110.41				

Station 4 ( San Rafael ) 1990.10 ~1991.9													
Item	Unit	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Temperature	°C	19.3	17.3	21.7	19.3	21.2	23.4	22.2	19.3				
pH	-	8.06	7.90	7.89	7.8	8.2	8.2	8.38	8.22				
Conductivity	μS/cm	167.2	182.3	110.8	178.0	227.0	254.0	235.0	197.5				
Dissolved Oxygen	mg/l	5.5	7.1	6.3	5.3	7.6	7.3	8.2	9.9				
Alkalinity	mgCaCO <sub>3</sub> /l	159.7	167.28	184.0	206.0	223.1	235.3	247.0	194.4				
Sedimentation Volume	ml/l	0.05	0.0	ND	3.0	0.5	0.1	ND	0.1				
Dissolved Solid	mg/l	139.0	131.0	106.0	167.0	166.0	215.0	145.0	126.0				
Hardness	mgCaCO <sub>3</sub> /l	82.7	85.2	87.4	99.6	103.5	115.0	113.9	109.0				
Ca	mg/l	17.4	19.8	23.3	26.2	39.3	42.5	33.3	32.05				
Mg	mg/l	2.6	2.4	2.8	3.04	3.9	3.8	3.8	3.08				
SiO <sub>2</sub>	mg/l	26.64	20.3	28.0	25.2	22.2	23.6	20.7	20.38				
Cl	mg/l	7.6	5.0	5.6	5.22	5.0	11.4	14.7	14.7				
NO <sub>3</sub>	mg/l	3.0	2.7	<2	2.0	-	-	-	-				
Fe	mg/l	1.62	0.2	ND	0.14	0.5	2.2	0.2	1.16				
PO <sub>4</sub>	mg/l	-	9.78	8.2	8.9	6.2	9.4	1.7	2.78				
SO <sub>4</sub>	mg/l	-	-	-	4.9	-	-	-	-				
BOD <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	68.0	8.0	-	30.0	59.0	69.0	40.0	15.0				
COD	mg O <sub>2</sub> /l	-	-	-	43.5	-	-	284.7	98.80				

Station 5 ( Presa ) 1990.10~1991.9													
Item	Unit	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
Temperature	°C	20.0	17.7	19.1	18.8	20.0	21.6	22.9	19.7				
pH	-	7.38	7.43	7.57	7.60	7.80	8.0	8.68	7.73				
Conductivity	µs/cm	106.8	106.4	106.8	134.1	150.0	161.0	169.8	134.0				
Dissolved Oxygen	mg/l	7.7	8.1	5.8	5.9	8.0	7.8	7.7	8.9				
Alkalinity	mgCaCO <sub>3</sub> /l	75.7	93.32	90.73	147.0	126.9	128.9	123.0	111.4				
Sedimentation Volume	ml/l	0.1	0.0	ND	1.0	1.2	0.2	ND	0.2				
Dissolved Solid	mg/l	140.0	102.0	105.0	12.8	113.0	113.0	108.0	113.0				
Hardness	mgCaCO <sub>3</sub> /l	40.1	47.6	45.6	55.7	60.3	63.2	69.3	59.5				
Ca	mg/l	8.62	10.5	10.4	12.8	20.0	20.4	20.4	17.0				
Mg	mg/l	2.5	2.5	2.5	2.97	3.8	3.7	4.0	2.76				
SiO <sub>2</sub>	mg/l	26.9	21.4	26.3	26.1	20.7	23.1	17.7	18.17				
Cl	mg/l	10.1	6.1	3.7	6.1	7.6	8.8	14.7	14.7				
NO <sub>3</sub>	mg/l	4.6	3.4	<2	2.0	2.3	-	-	-				
Fe	mg/l	1.62	0.4	ND	0.14	1.7	1.0	0.7	2.63				
PO <sub>4</sub>	mg/l	-	10.69	7.8	9.10	5.3	2.9	1.7	2.71				
SO <sub>4</sub>	mg/l	-	-	-	6.10	-	-	-	-				
BOD <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	84.0	2.0	-	34.0	62.0	26.0	32.0	29.0				
COD	mg O <sub>2</sub> /l	-	-	-	29.2	-	-	328.3	104.60				

Table 13-7 Results of Water Quality Measurement(3)

(1975~1984, MPL/100ml)

		Total Coliform	Fecal Coliform
COPEY DE DOTA	MAX.	24,000	24,000
	MIN.	13	13
	AVE.	2,703 ± 3,690.1	1,214 ± 2,574.4
SANTA MARIA	MAX.	240,000	110,000
	MIN.	95	33
	AVE.	30,554 ± 62,090.4	15,402 ± 27,364.5

### 13.3.10 騒音

発電所計画地点周辺には、人為的な騒音発生施設はない。

### 13.3.11 振動

発電所計画地点周辺には、人為的な振動発生施設はない。

### 13.3.12 地域社会

#### 1) Costa Ricaをとりまく情勢\*

Costa Ricaは、内戦、政権交代の著しい周辺諸国に比較して、政情の安定した国であり、教育の普及していることでも知られている。一方、外貨獲得を目指した経済対策を反映して、近年、代表的な輸出用換金作物であるコーヒーの作付けが増えるとともに、アメリカ合衆国を主たる輸出先とする肉牛の飼育が急激に増加している。この結果、かつて国土の90パーセントを覆っていたと言われる森林は、今や東西の海岸地方に30パーセント程度を残すに過ぎない。また、これらの牧場は僅か200余りの牧場主によって経営されており、Costa Ricaの土地所有形態上の大きな特色となっている。

#### 2) 自然保護、環境保全への対応\*

Costa Ricaは動植物の種類の豊富なことで世界屈指であり、北米を上回る785種の鳥類、少なくとも1,000種のランを含む8,000種以上の植物が記録されている。歴史的な焼畑農業、薪炭採取のための樹木の伐採、そして牧場の拡大が、残り少ない森林の減少に拍車をかけ、これらの動植物の存在を危うくしている。牧畜の中心であるGuanacaste県などでは、雨が不足すると干ばつ、降り過ぎると洪水という典型的な森林破壊による災害が増えている。政府も熱帯林の保護や植林推進のキャンペーンを始めている。

---

\* 地球破壊7つの現場から 石 弘之 朝日選書 1990. 7



### 3) 計画の位置

ダム計画地点はSan José県Tarrazú郡San Carlos地区に属し、首都San José市の南約30kmの標高1,090 mに位置し、上流約10kmにはSan Marcos市がある。発電所計画地点はダム計画地点から西に約10kmの標高325 m地点にある。ダム計画地点より上流は、コーヒー農園、牧場を中心とした比較的なだらかな地形を有しており、集落が発達しているが、ダム計画地点より発電所計画地点までは、急峻な地形となっており、人家はほとんど見られない。また、Pirris川下流域のParrita川周辺では、灌漑農業が営まれ工場用油脂の採取を目的としてヤシが大規模の栽培されている。

### 4) 人口

Costa Rica国では人口の大部分が首都San Joséのある中央高原（国土の6パーセントに相当）に居住している。

この国はスペイン人の入植前から原住民（Indigenous）が生活しており、27,000人の人口があったといわれる。その後はヨーロッパから持ち込まれた病気などによって激減し、混血も進んだため現在では1,000人に過ぎない。このため12ヶ所の原住民保護区が設定されている。

一方で白人系の人口は増え続け、入植後2世紀を経て倍増した。近年、人口増加率は減少傾向に転じたものの、20世紀後半では3パーセントを上回っていた。1990年現在でCosta Ricaの人口は約300万人である。

発電所計画地点周辺の人口は、1984年の国勢調査結果によれば、Table13-8 に示すとおりである。これを人口の多い順に示すと以下のとおりである。

San Marcos	5,381人
Santa Maria	3,324人
Sabanillas	3,006人

また、人口密度の高い順に示すと、

San Marcos	127.6人/km <sup>2</sup>
San Pablo	81.9人/km <sup>2</sup>
San Isidro	60.9人/km <sup>2</sup>

人口構成はSan Marcosの場合次のようになっている。

20才未満 50 %

20～50才 39 %

50才以上 11 %

1973～1984年における人口増加率をみるとSan Marcosで16.6パーセント、Santa Mariaで12.9パーセントと増加傾向にある。また、平均的な家族は1軒当たり約5名である。

Table 13-8 Population ( District in the Pirris River Basin )

Province	Canton	District	Total			Urban			Rural		
			Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female
San José	Tarrazú	San Marcos	5,381	2,728	2,653	980	488	492	4,401	2,240	2,161
		San Lorenzo	2,391	1,300	1,091	-	-	-	2,391	1,300	1,091
		San Carlos	1,073	554	519	-	-	-	1,073	554	519
	Aserrí	La Legua	1,446	748	698	-	-	-	1,446	748	698
	Acosta	Cangurejal	1,924	1,020	904	-	-	-	1,924	1,020	904
		Sabanillas	3,006	1,639	1,367	-	-	-	3,006	1,639	1,367
	Dota	Santa María	3,324	1,684	1,640	862	445	417	2,462	1,239	1,223
		Jardín	368	195	173	-	-	-	368	195	173
		Copey	1,242	663	579	-	-	-	1,242	663	579
	León Cortés	San Pablo	2,532	1,311	1,221	845	423	422	1,687	888	799
		Llano Bonito	1,497	770	727	-	-	-	1,497	770	727
		San Isidro	1,138	597	541	-	-	-	1,138	597	541
	Puntarenas	Parrita	Parrita	9,774	5,157	4,617	1,965	971	994	7,809	4,186

(P.H.Pirris. Banco de datos ambientales Cuadro 2 ICE 1990)

## (2) 産 業

発電所計画地点周辺の主要な産業は、牧畜とコーヒー栽培である。牧畜は主に牛と豚が飼育されている。牛は約16,000頭が約1,400軒の農家で飼育され、これらはそれぞれSan Jose県の約6パーセント、約14パーセントに相当する。1軒当たりの飼育頭数は10頭から20頭程度であり、50頭を越える規模の農家はDotaを除き非常に少ない。

また、地域的にはDotaに約半数の牛がいる (Table 13-9)。

Table 13-9 Livestock Number

Name of Area		Cattle	Plg
Tarrazu: 523 operations 4,594 head	San Marcos	1,401	370
	San Lorenzo	2,155	467
	San Carlos	1,038	304
Leon Cortes: 429 operations 3,397 head	San Pablo	790	179
	San Andres	327	216
	Llano Bonito	1,140	418
	San Isidro	708	215
	Santa Cruz	432	203
Dota: 414 operations 7,493 head	Santa Maria	3,612	629
	Jardin	1,246	19
	Copey	2,635	13
Total		15,484	3,033

Agricultural and livestock census, 1984 Costa Rica

農業の主要作物はコーヒーであり、その他に甘蔗、フリホール豆、タマネギ、バナナ等が見られる。コーヒーはアラブ、カトウラおよびカトアイ種などがムセサス (芭蕉科の植物)、ブカレ樹などを日除けに使用して栽培されている。コーヒー豆は生産者から共同組合が直接買い取り、自前の精製工場で加工して出荷している。精製工場はダム地点上流で5ヵ所が操業している。それらの位置および概要を Fig. 13-18 Table 13-10 に示す。産業別に従事者を見ると、農業等の第1次産業従事者が労働人口の9割以上を占めている (Table 13-11)。

Table 13-10 Coffee Factories

Name of Factory	Average Process Volume (ton/yr)	Working Period
Leon Cortes		
① Coope Llano Bonito	3,380	Oct-Mar
② Coope Leco	22,100	Nov-Feb
San Marcos:		
③ La Meseta	13,000	Nov-Feb
④ Coope Tarrazu	16,900	Dec-Mar
Santa Maria:		
⑤ Coope Dota	6,500	Nov-Mar
Total	61,880	

Table 13-11 Employed persons by Industry Group

Province	Canton	District	Total	Agriculture, hunting, forestry	Mining	Manufacturing	Electricity, gas, water	Construction	Sale, hotel	Transport, warehousing, communication	Finance, insurance, real estate	Service	Establishment not adequately described
San José	Tarrazú	San Marcos	1,841	1,048	1	116	15	88	168	13	28	263	71
		San Lorenzo	884	758	-	16	2	22	25	1	-	49	11
		San Carlos	324	306	-	-	-	-	4	3	1	-	9
Acosta	Aserrí	La Legua	367	325	-	2	-	3	6	2	-	21	8
		Cangrejal	613	554	-	7	-	5	6	-	-	15	26
		Sabanillas	997	948	-	-	-	-	8	7	1	1	22
Dota	León Cortés	Santa María	1,113	703	-	30	3	43	53	2	16	243	20
		Jardín	131	117	-	-	1	3	4	-	-	3	3
		Copey	454	399	-	3	6	3	11	7	1	22	2
Puntarenas	Parrita	San Pablo	865	571	-	21	-	58	48	9	4	135	19
		Llano Bonito	475	442	-	2	-	-	5	1	-	22	3
		San Isidro	418	382	-	6	-	2	4	-	-	16	8
		Parrita	2,971	1,986	-	165	15	132	220	13	12	269	159

(P. H. Pirris. Banco de datos ambientales Cuadro 7 ICE 1980)

### 13.3.13 交通, 公共施設

#### 1) 交通

計画地点周辺に存在する公共交通機関はバスおよびタクシーのみである。首都 San Jose から国道 222 号線を利用して, ダム上流の San Pablo, San Marcos, Santa Maria, Copey および San Carlos にバスの便がある。また, Pirris 川の河口の町 Parrita にも San Jose から港町 Caldera を経てバスの便がある。

道路は San Jose から San Marcos の周辺まで舗装されているが, Santa Maria から上流, San Marcos から下流は未舗装である。San Marcos からダム地点を経て発電所地点に至る道路は, 全て幅員が狭く勾配が急で小型の四輪駆動車でなければ通行できない。雨季には通行不能となる所が多数ある。道路状態はかなり悪く, 乾季でも土砂崩れで通行不能になる場合がある。擁壁, 側溝, 法面保護等は一切見当たらない。河口の町 Parrita から発電所地点に至る道路の状態も同様である。

San Carlos と San Isidro の間の水没予定地域に Pirris 川を横断する吊り橋がある。また, 発電所地点にはコンクリート製の伏せ越しがあるが, 乾季のみ通行可能である。

発電所の建設, 運転に当たっては, 道路の新設, 改良が必要である。発電機等の資材運搬のため, Parrita から発電所地点までの道路は拡幅, 路盤補強, 法面保護の改良が行われる。ダム建設のため San Pablo からダム地点までの道路は改良および新設が行われる。同様に, 導水路トンネル建設のため, Santa Marta および発電所地点から道路の改良, 新設が行われる (Fig. 13-17)。

#### 2) 公共施設

計画地点周辺の公共施設およびその位置は Fig. 13-18 に示すとおりである。

Fig. 13-17 Traffic Route Map

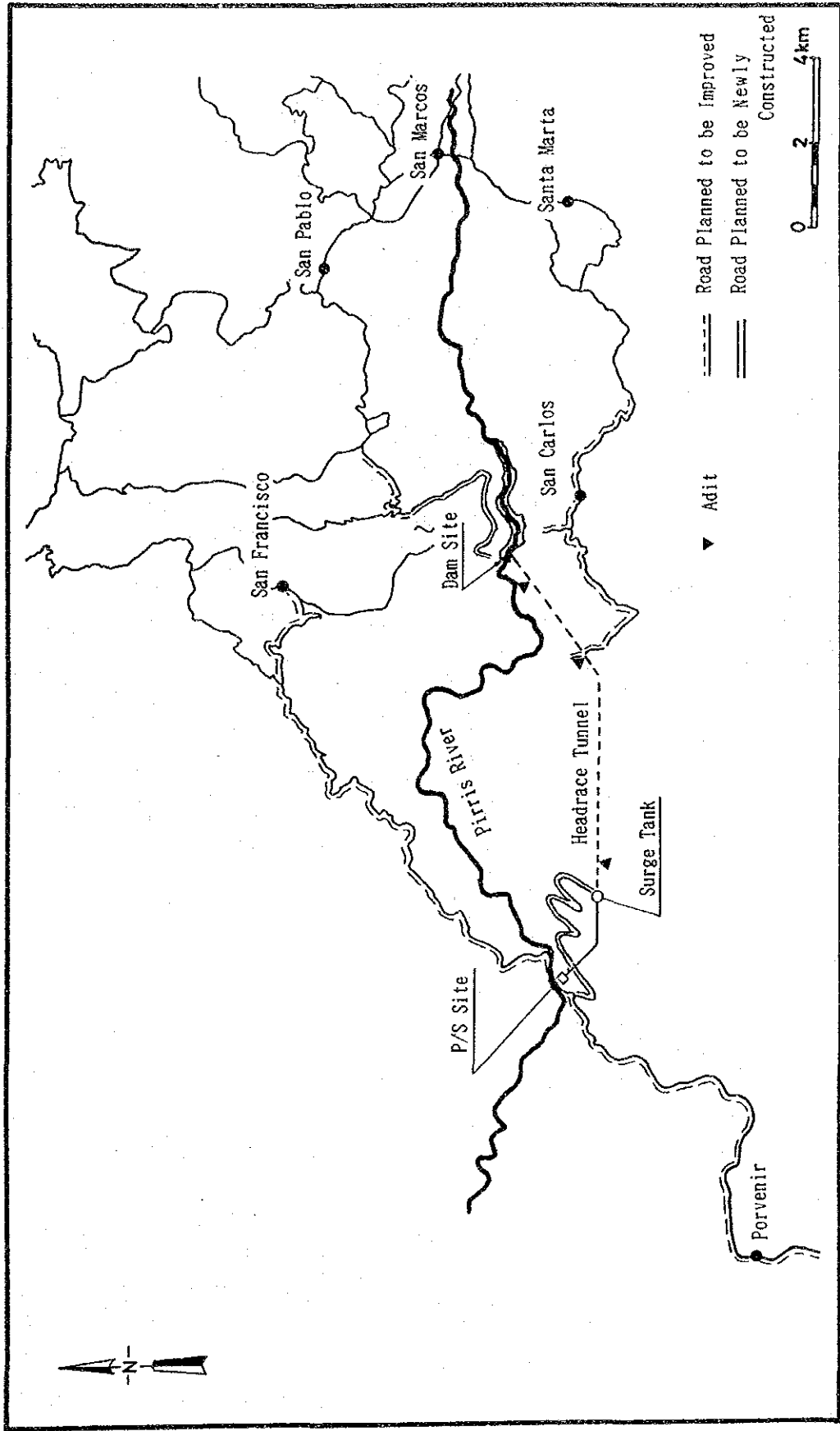
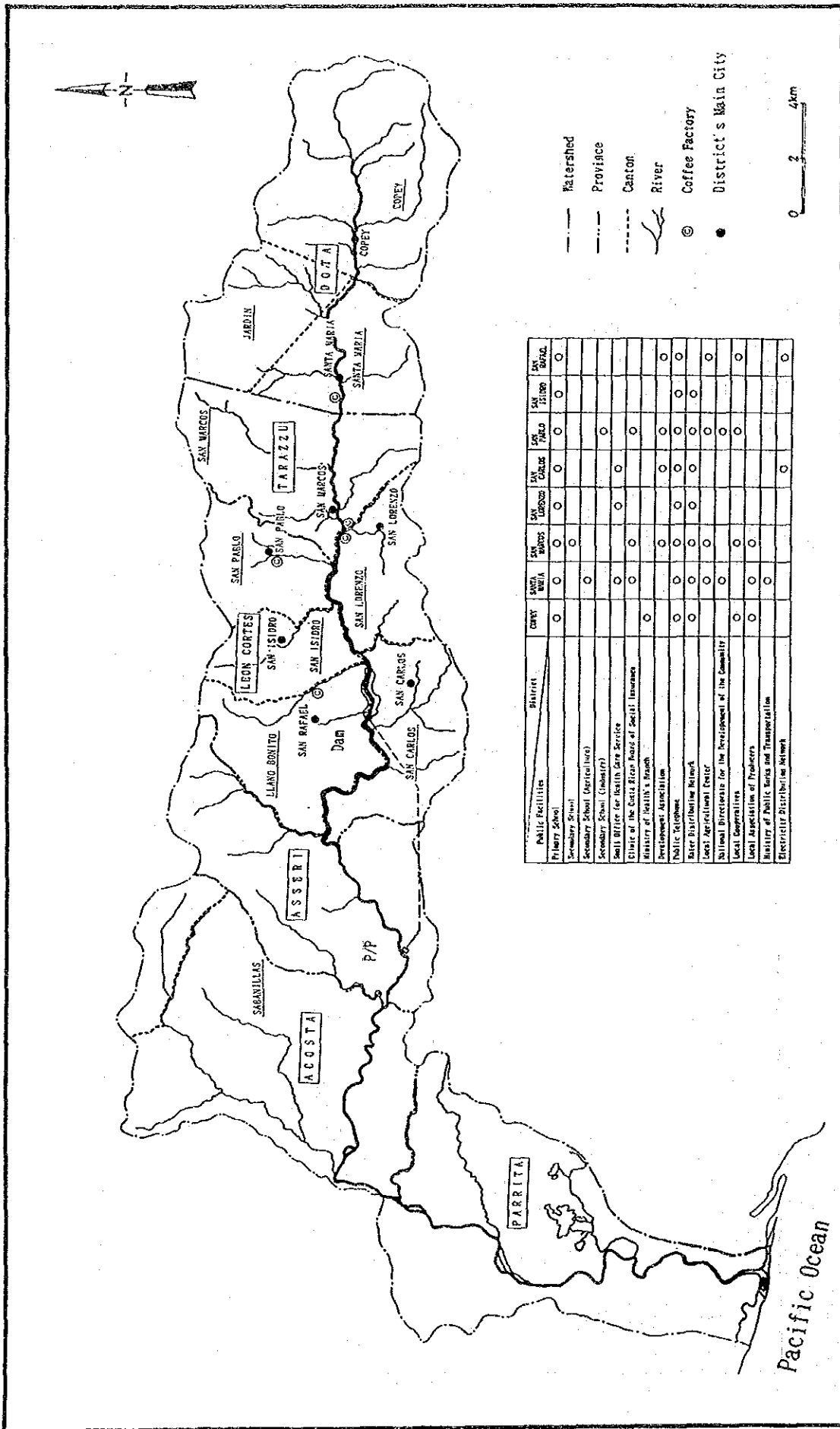


Fig. 13-18 Location of Public Facilities and Administration District Map



### 13.3.14 土地利用

Pirris川流域は農業および牧畜が主な産業であることから、土地利用状況は土地の勾配、土壌（厚さ、侵食の感受性、肥沃度、礫の混入、排水、侵食の状況）および気象（降水量、乾燥月数、気温等）により大きく変化している。また、森林は源流に近いLos Santos保護林のみが自然の姿を保っており、その他の地域では相変わらず伐採が続いている。自然林は河川およびその支流沿い、山地の頂上付近に僅かに残るのみである。Fig. 13-19 は1986年2月に撮影されたPirris川流域のランドサット衛星写真である。赤色は色が濃いほど植生の活性度が大きいことを示している。青色は都市部のようにほとんど植物のない状態を示している。画面上にはCosta Ricaの首都San Joseの一部が見える。画面下がPirris (Parrita) 川の河口部である。Pirris川流域は全体として植生の活性度が低く、開発の進んだ地域といえる。

画面右側の中央部がPirris川の水源地に当たる。この地域は保護林であり、赤色が濃く植物の活性度が大きいことがわかる。Pirris川を下流に進むと、青色で示されるCopey, Santa Maria, San Marcosの3つの町が並んでいる。Copeyの北側にある多数の牧場は薄い赤色の部分に相当している。

Copey からダム地点までの周辺に広がるコーヒー畑は、森林より少し薄く牧場より若干濃い赤色の地域として示されている。San Marcosから発電所地点までの地域は薄い赤色で示される牧場または荒廃地となっている。この区間は左岸に較べ右岸の荒廃が著しい。

発電所地点からPirris川とCandelaria川の合流点までは、比較的植物の活性度の大きい地域が続く。また、Pirris川の河口の沖積平野では、灌漑による大規模なアフリカヤシの栽培が行われているのが読み取れる。

Fig. 13-20 および Table 13-12 は、農林牧畜省が行ったParrita (Pirris) 川流域開発計画に示されるPirris川流域の土地利用状況を示したものである。なお、Copey ではリンゴ、ミカン等の果樹園の開発、ニジマスの養殖等が最近進められている。





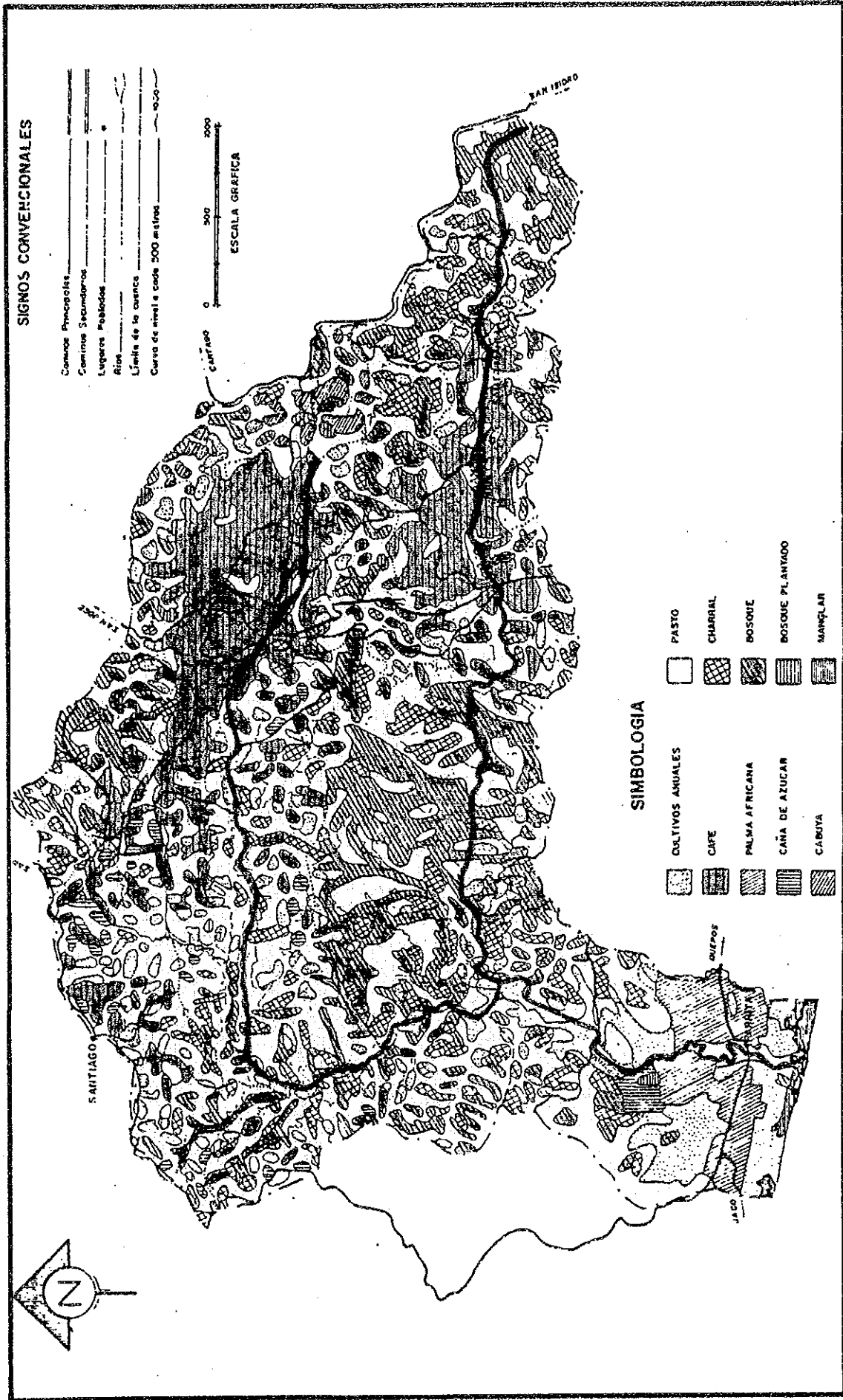


Fig.13-19 Satellite Photograph of Parris River Basin

This is a photograph which was purchased from EOSAT company (located in Lanham, Maryland) in the United States.



Fig. 13-20 Land Utilization



Source: Plan de manejo de la cuenca del Rio Parrita  
Ministerio de Agricultura y Ganaderia 1985.5



Table 13-12 Land Utilization in Pirris River Basin

Administrative Sectors	Annual Crops		Permanent Crops			Pastures	Forest	Planted Forest	Urban Area
	ha	%	Coffee	Sugar Cane	Others				
Copey ①	ha	6,147	***	***	***	2,583	657	2,698	39
	%	100	0	0	0	42.0	10.7	43.9	0.6
San Marcos ②	ha	7,858	3,697	***	***	2,806	214	775	8
	%	100	47.1	0	0	35.7	2.7	9.9	0.1
Chonta ③	ha	8,675	492	38	***	3,959	1,408	2,550	31
	%	100	5.7	0.4	0	45.6	16.2	29.4	0.4
San Carlos I ④	ha	5,577	1,141	11	***	3,188	427	549	***
	%	100	20.5	0.2	0	57.1	7.7	9.8	0
San Carlos II ⑤	ha	1,563	570	33	***	749	27	157	***
	%	100	36.4	2.1	0	48.1	1.8	10.0	0
Tiquires ⑥	ha	22,082	201	***	***	8,656	3,014	9,691	10
	%	100	0	0.9	0	39.2	13.6	43.9	0.1
Bijagual I ⑦	ha	7,030	***	5	***	3,723	912	1,047	17
	%	100	0	0.1	0	53.0	13.0	14.9	0.2
Parrita ⑧	ha	10,460	***	550	3,644	305	***	1,112	56
	%	100	0	5.2	34.8	2.9	0	10.6	0.5

\* See Fig. 13-8 about Administrative Sectors

Source: Plan de manejo de la cuenca del Rio Parrita  
 Ministerio de Agricultura y Ganaderia, Direccion General Forestal  
 Conservacion de Recursos Naturales 1985.5

### 13.3.15 水系利用

Pirris川およびその支流の利水状況をFig.13-21 に示す。Pirris川の貯水池地点から発電所地点の区間には、利水施設はない。貯水池地点から上流では、コーヒー加工工場がPirris川の水を最も多く利用している。発電所地点の下流には、Pirris川の河口付近に灌漑施設がある。

Pirris川では漁業は行われていない。また、漁業権の設定もなされていない。

### 13.3.16 公衆衛生\*

今世紀初頭、1才以下の乳児死亡率は25パーセントに上ったが、この状況は近年著しく改善され、1981年では出生1,000人当たり17.7人までになっている。乳児死亡の最大の原因は下痢であったが、衛生状態、教育の向上に伴い現在の主たる死亡原因は呼吸器系の病気になっている。

診療所の聞き取り調査によれば、Parrlita 川流域で頻度の高い病気は、子供の寄生虫病（下痢）、気管支および肺の病気、アルコール中毒等である。胃癌の患者が多く見受けられるが、これは山間僻地に住むストレスと特定の食物が関係していると推定されている。麻疹、結核、ポリオ、ジフテリア等の病気は予防接種の普及でコントロールされている。また、近隣諸国から時折マラリアが持ち込まれることがあるが、Costa Rica国内では既に根治されている。





### 13.3.17 エネルギー\*

Costa Rica国内の主要都市におけるエネルギー消費量とエネルギー源をTable 13-13に示す。1979年のデータであり若干古いですが、これらの比率は現在もほぼ同様と推定される。エネルギー源で見ると、電力の全エネルギー源を占める割合は、約20パーセントに過ぎず、薪が約40パーセント、石油が約30パーセントとなっている。エネルギー消費をみると、薪が民生消費全体の75パーセントを占めている。また、電力は大部分が家庭、商業および公共施設等の民生消費となっている。

1979年における全国的な電力消費の内訳は、民生用が45パーセント、産業用が33パーセント、商業が19パーセントおよびその他が3パーセントとなっている。

### 13.3.18 文化財、レクリエーション

発電所計画地点では、保護すべき考古学的または史学的に重要な文化財の調査は現在行われていない。

計画地点周辺のPirris川では、レクリエーション活動は全く行われていない。また周辺の地域でも観光、レクリエーション的な活動はなにも行われていない。

---

\* Costa Rica Country Environmental Profile A Field Study  
United States Agency for International Development  
Tropical Science Center, 1982. 12

Table 13-13 Energy Consumption and Sources for 1979.

SECTOR	TEP × 10 <sup>3</sup>	%
Residential, Commercial and Public	555	100.0
Firewood	416	75.0
Electricity	89	16.0
Kerosene, etc	20	3.6
Others	30	5.4
Transportation	463	100.0
Diesel & Gas oil	286	61.8
Gasoline	154	33.3
Kerosene	22	4.8
Electricity	1	0.2
Industry & Agriculture	385	100.0
Animal & Vegetable Combo	136	35.3
Heavy oils	124	32.2
Firewood	19	4.9
Others	106	27.5
Other Sectors	4	100.0
Electricity	4	100.0
<b>Total</b>	<b>1,407</b>	
<b>SOURCE</b>		
Petroleum Importation	404	32.8
Firewood Production	458	37.2
Hydroelectricity Production	229	18.6
Others/Animal & Vegetable	139	11.3
<b>TOTAL</b>	<b>1,230</b>	<b>100.0</b>
National Production	826	67.2

\* Tons Equivalent of Petroleum, 1 TEP = 7 barrels of petroleum,  
1 TEP = 10<sup>10</sup> Calories.

Source: Costa Rica, Country Environmental Profile, A Field Study  
United States Agency for International Development,  
Tropical Science Center, 1982. 12

#### 13.4 環境保全対策並びに環境影響評価

発電所の設置が環境に与える影響を軽減するための対策を検討するとともにそれを踏まえた影響の評価を行った。

また、発電所の設置および環境対策の結果生じる副次的な利益についても記載した。

##### 13.4.1 運転開始後に関する事項

###### 1) 自然保護

計画地点近傍には、何れの保護区も存在しない。ダム地点の北方約6 kmにあるCarraigures保護地区の拡張計画が実現すると、発電所と水圧管路の一部がこれに含まれることになるが、Carraigures保護地区は水源保護を目的として設立されたものであり、発電所の計画を規制するものではない。また、開発の規模も小さいことから影響は小さい。

なお、送電線がCarraigures保護地区の東端部を約1 kmにわたって通過する計画となっているので、送電線の建設に当たっては、森林の伐採を極力少なくするとともに、土壌の流出などの防止を図る必要がある。

###### 2) 自然景観

Pirris川の渓谷に出現する約100mのダムと約1 km<sup>2</sup>の人工湖は、これまでの牧場と雑木林からなる単調な景色に大きな変化を与えるであろう。周囲の山々の作り出すパノラマに湖が溶け込み、新たに審美的な景観が生み出されるであろう。発電所、導水管路および送電線等は比較的小さな構造物であり、周囲の景観に与える影響はほとんどない。

ダムおよび貯水池が生み出す新しい景観は、観光資源として潜在的な価値を有している。

###### 3) 地形

発電所の設置に伴う地表の改変は規模が小さく、主としてコーヒー畑、放牧地で行われる。これらの地域は土壌流出が激しいことから、地表の改変、掘削面積を最少限とし、改変箇所は安定勾配で掘削、盛土を施工し、土壌流出の防止を図る必要がある。

#### 4) 植 生

貯水池により水没する地域は牧草地および耕作地として利用されており森林はないことから、貯水池が周辺の自然植生に与える影響はない。

コーヒー、灌木等の水没する樹林は、将来の環境上好ましくない影響、例えば、浮遊樹林によるゲート障害、樹林の腐敗による水質悪化、枯れ木による景観の悪化等を防ぐため、伐採することが望ましい。

貯水池内にホテイアオイのような浮遊植物が発生すると、湖水には栄養塩類が豊富に含まれていることから、大量発生の可能性がある。従って、浮遊植物は発見次第直ちに駆除する必要がある。浮遊植物は湖面を覆うと大量の水を蒸発散させ、更に枯れた後は湖底で腐敗し水質汚濁の原因となる恐れがある。

貯水池の周辺は、カチ貯水池と同様に水際から一定の幅で植林を行うなら、貯水池への土砂流入防止に効果が期待できるとともに、景観上も好ましい結果を生むと考えられる。

導水路トンネルの建設のため、道路の改良、新設が行われる。特に、発電所地点から調圧水槽までの区間は、大部分が二次林ではあるが自然植生も多く残る地域であることから、できる限り樹林の伐採を避けるとともに、緑化工事を行い自然の回復に努めるべきであろう。電源開発に伴って道路が整備されると、これを利用して周辺の樹木が無秩序に伐採されるようになり、環境破壊が一気に進む場合があるので、監視および規制を強化する必要がある。

ダムの下流から発電所までの約15kmの区間では、従来の河川流量が減少することになる。この区間は急峻な溪谷であり、周辺の植生は降水や地下水によって成立しているものと推定されることから、河川流量の変化が周辺の植生に与える影響は少ないものと考えられる。

## 5) 動物

計画地点周辺は大きな森林がなく植生が貧弱であることから、動物相も極めて貧弱である。貯水池はPirrlis川に沿って約1.10km<sup>2</sup>を水没させるが、この中に森林は含まれていない。貯水池は陸生動物の生息基盤のごく一部を消滅させる代わりに、年間を通じて水辺を提供することになる。湖岸は新たな生息環境となり得るが、斜面勾配、水位変動の大きさを考えると、動物の生息状況にそれほど大きな変化はないと思われる。

陸生動物の移動路については、貯水池が1.10km<sup>2</sup>と比較的小規模であること、導水路はすべて地下に埋設されること、送電線の線下の伐採もほとんど必要ないこと等から、これが分断される恐れはない。

## 6) 水生生物

現地調査及び聞き取り調査によれば、発電所計画地点周辺のPirrlis川は水生生物の生息種、個体数とも少ない。

河川水は非常に汚濁が進んでおり、水生生物の生息が難しくなっている。一般的に貯水池は静止水域となり、溪流性の水生生物が減少し止水域に適した水生生物が増加するものと考えられる。しかしながら上流から流入する汚濁物質による水質、底質の悪化は必至であり、上流の集水域において何らかの水質改善措置がとられない限り水生生物の生息環境の改善は望めないであろう。

これとは逆に、ダムから発電所の区間では水質汚濁源が貯水池で堰き止められ水質が向上することが予想されるが、河川の流量が減少することから水生生物が著しく増加する可能性は低いと考えられる。

発電所から下流では、年間を通じて一定の流量が維持されること、以前より汚濁物質の流入量が減少することから、水生生物が増加する可能性が高い。

## 7) 水質

### (1) 現況

計画地点におけるPirrlis川の水質は、コーヒー工場から投棄される有機物による汚染が進んでおり、一部の地域では悪臭が発生するほど水質が悪化している。また、上流のコーヒー畑から流出する肥料、牧場から排出される家畜の糞尿が水

質汚濁を増長させる原因となっている。

有機物による汚染の指標となるBODの値は約50ppmと極端に高く、この環境では一般的に有機物の分解のために酸素が消費され、魚類は生息できない。しかし、発電所計画地点では体長30cmのかなり大型の魚類の生息が確認されている。これは河川が急流で水面から多量の酸素が供給されるとともに、有機物が川床に堆積しないためと推定される。また、水質はコーヒーの収穫、加工時期と重なる乾季に最悪となり、雨季にかなり改善されるのが大きな特徴である。

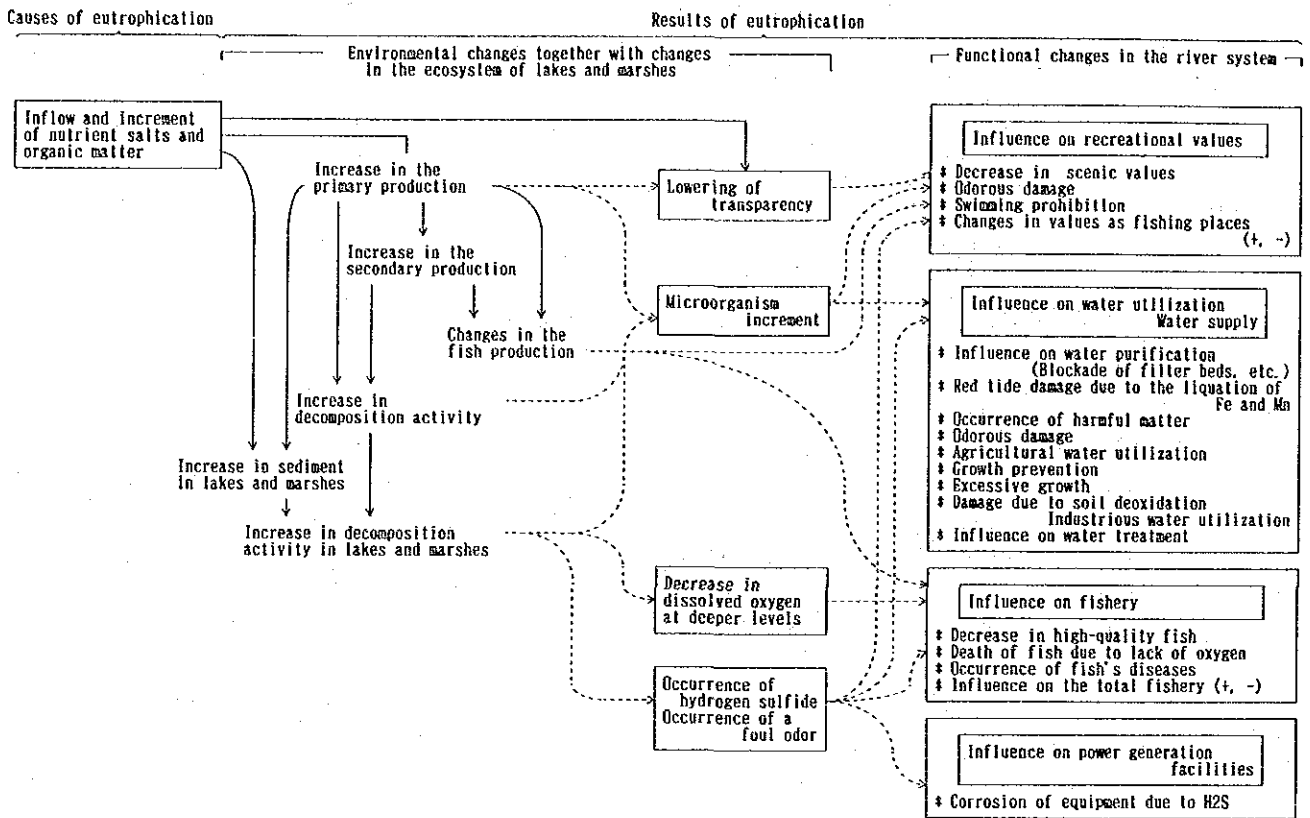
## (2) 貯水池の水質変化

ダム建設に伴う貯水池の出現は、これまでの浄化プロセスを大きく変えることは明らかである。貯水池の形状はすり鉢型で深く、水の年交換回数も10回程度とあまり多くない。計画地点は気温が年間を通じて一定であることから、季節的な水温差による貯水池内の鉛直方向の水流が起りにくい。また、ダムの取水口は湖底から約60mほど上部に設置されることから、取水口より下層の水は混合が起りにくい。

このような貯水池では、ダム近傍の湖底に有機物が堆積すると、有機物の腐敗にともなって下層の水は無酸素状態になる。さらに有機物は嫌気的狀態で分解を続け、還元作用によりメタン、アンモニア、硫化水素等の有害ガスが発生することが予想される。

コーヒーの有機物の分解に加え、上流からは肥料、家畜の糞尿による多量の栄養塩類（窒素、磷）が含まれた水が流入する。これらの栄養塩類は貯水池の富栄養化の原因となり、特定の有害プランクトンの大量発生などが起こると、悪臭、魚類のへい死の原因となる。Fig. 13-22 は貯水池の富栄養化について説明したものである。

Fig. 13-22 Causes and Results of Eutrophication



[Reference: Modification in Investigation Method of Eutrophication (Teruo Okinogai) ] P.126

(3) 貯水池の水質予測

栄養塩類の流入による富栄養化により、貯水池水質の悪化が予想されることから、ダム完成後の水質予測を行った。水質悪化の原因およびそれらの寄与率を検討した。

① 水質汚濁物質の発生源と発生量

栄養塩類の発生源はコーヒー加工工場、農耕地、生活排水およびその他の自然発生源が考えられる。

a. コーヒー加工工場

ダム上流の集水域 (Los Santos地区) の年間コーヒー豆生産量は約62,000トンである。コーヒー果実は18.5パーセント (11,500トン) がコーヒー豆、約20パーセントが水分であることから、年間約38,000トンの廃棄物がPirrls川に流入する可能性がある。

コーヒー果実の廃棄物は外皮を含む繊維質とコーヒー豆を取り巻く粘液に大別される。これらの重量比は繊維質が全重量の41パーセント、粘液が16パーセントである。コーヒー豆の製造過程で、粘液は豆の洗浄水と一緒に河川へ直接排水されている。繊維質は一旦野積みにされたあと大半が河川に不法投棄されている。ICEの分析結果によると、コーヒー果実の廃棄物に含まれる窒素は42mg/g、磷は3 mg/g、水分は892mg/gである。即ち、年間1,500トンの窒素、110トンの磷がダム湖に流入することになる。

#### b. 農耕地

コーヒー生産には多量の肥料が使用されている。周辺のコーヒー加工工場等からの聞き取り調査によれば、年に3回施肥が行われている。これは降雨による流失が大きく肥料の効果を維持するためには、数回にわたって肥料を与える必要があるためといえる。約5,600haのコーヒー畑に年間、窒素が約1,500トン、磷が約500トン、カリが約1,000トン、マグネシウムが約300トンそしてハウソが約50トン使用されている。肥料のうち窒素は通常約30パーセントが畑から流出すると言われており、土壌流失が激しいことなどを考えるとかなりの量の肥料が将来ダム湖に流入することになると推定される。

#### c. 牧場

計画地点周辺の主要な産業である牧畜では、1984年の統計によると、15,500頭の牛、3,050頭の豚が飼育されている。一般に、牛は1日当たり約300グラムの窒素、約50グラムの磷を、また、豚は1日当たり約40グラムの窒素、約25グラム磷を排出すると考えられている。家畜による年間の窒素排出量は約1,600トン、磷は95トンである。

#### d. 生活排水

計画地点周辺の人口は約19,000人である。人間一人当たりの窒素、磷の排出量はそれぞれ約12グラム、1.4グラムと考えられていることから、年間排出量は窒素が約84トン、磷が約10トンである。周辺村町ではくみ取り式の便所が一般的であり、汚物はタンクローリで流域外の処分場に投棄されている。



② 水質汚濁への寄与率

貯水池の水質悪化に対する各発生源の寄与率を推定し、Table 13-14 に示した。推定によれば、窒素は年間約 2,572トン、磷は年間約 131トンが貯水池に流入する勘定となる。寄与率を見ると、窒素はコーヒー廃棄物が62パーセントと最も多く、これに続いて家畜が21パーセント、肥料が18パーセントとなっている。磷はコーヒー廃棄物が87パーセントと圧倒的に多い。

Table 13-14 Loads of Water Quality Contamination Sources

Group		Flow Amount	Flow Factor	Load	Load Factor
Cattle (head)	N	300g/day・head	0.3	509t/year	20 %
	P	50g/day・head	0.02	5.7t/year	5 %
Pig (head)	N	40g/day・head	0.3	13t/year	0.5 %
	P	25g/day・head	0.02	0.6t/year	0.5 %
Cultivated Area N,P	N	1500t/year	0.3	450t/year	18 %
	P	500t/year	0.02	10t/year	8 %
Coffee Refinery	N		1.0	1,600t/year	61.5 %
	P		1.0	115t/year	86.5 %
Total	N			2,572 t/year	
	P			131 t/year	

③ 他の湖沼との比較

Table 13-15 は世界の湖沼について、窒素、磷の年間流入量、湖沼の規模および水質汚濁の状況を比較したものである。Pirris貯水池に流入する栄養塩類は日本の諏訪湖とほぼ同程度である。諏訪湖は標高 759mにある周囲を山に囲まれた湖である。周囲には7市町村、人口約18万人があり、工業排水、生活排水が流入し、底層に無酸素水が発生している強富栄養湖である。

Table 13-15 Inflow Loads on Lakes and Marches and Situation of Eutrophication

Name of Lake	T-N (g/m <sup>2</sup> ·y)	T-P (g/m <sup>2</sup> ·y)	Surface Area (km <sup>2</sup> )	Mean Depth (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Total Phosphorus loading (t/y)	Total Nitrogen loading (t/y)	Degree of Eutrophication
Central Europe	Pfaffikersee <sup>*1</sup>	0.82	3.31	18	59,580,000	48.66	4.50	High
	Greifensee <sup>*1</sup>	1.64	8.56	19	162,640,000	266.22	13.35	"
	Zürichsee <sup>*1</sup>	0.52	65.30	50	3,265,000,000	1710.86	86.20	"
	Hallwilersee <sup>*1</sup>	0.46	10.30	28	288,400,000	131.84	5.77	"
	Baldeggersee <sup>*1</sup>	0.61	0.05	34	178,500,000	108.67	9.19	"
	Lacke Ieman <sup>*1</sup>	0.06	0.00	581.40	155	90,117,000,000	5523.30	406.98
Boden-Obersee <sup>*1</sup>	0.21	0.04	476.00	100	47,600,000,000	9900.80	1937.32	"
North Europe	Lake Norrviken <sup>*2</sup>	—	2.70	5.3	14,300,000	—	—	High
North America	Lake Washington <sup>*1</sup>	0.95	87.60	33	2,890,800,000	2750.64	117.38	High
	Lake Sebasticook <sup>*1</sup>	1.12	17.35	6	104,100,000	116.24	3.64	Very High
	Lake Tahoe <sup>*1</sup>	0.08	4.97	3	14,910,000	1.14	0.20	Low
	Lake Mendota <sup>*1</sup>	0.26	39.40	12	472,800,000	122.14	6.86	High
	Lake Kasumigaura <sup>*3</sup>	4.70	0.68	171.00	4	684,000,000	3214.80	461.70
Japan	Lake Suwa <sup>*3</sup>	30.90	14.50	4.1	59,450,000	1837.15	131.95	Very High
	Lake Ohnuma <sup>*3</sup>	1.74	8.92	4.7	41,924,000	73.14	4.10	Very High
	Lake Teganuma <sup>*4</sup>	203.82	41.89	6.5	5,590,000	1139.35	234.15	Very High
	Lake Nojiri <sup>*5</sup>	0.25	0.0157	4.56	95,760,000	23.61	1.50	Low
	Costa Rica	Pirris	86.60	0.9	33	29,700,000	131	2572

Reference :

1. Japan Environment Pictorial Book
2. M. Sakamoto, "Countermeasures against the Eutrophication of Lakes and Marshes in Other Countries", Industrial Pollution, V.18, No.9, p.831-842(1982)
3. K. Sakata et al., "Eutrophication of Lake Ohnuma", Reported by Hokkaido Pollution Prevention Research Institute, No.13, p.55-65(1987)
4. S. Asama, "Ecology in Lake Teganuma", (1989)
5. M. Kawamura et al., "Water quality and nutrient salts load in Lake Nojiri", Lecture Note at the Water Contamination Study Society, V.19, p.151-152(1985)

#### ④ 水質予測

Pirris川の水質は現在でも窒素が 2.4 ppm, 燐が 8.2 ppmと高い値にある。湖が富栄養化する目安は窒素が 0.3 ppm, 燐が 0.015 ppmとされており, Pirris川の水質は現在でも非常に高い値にあり, 貯水池は富栄養化すると考えられる。

強富栄養湖である日本の諏訪湖と同じように, 表層で植物プランクトンが大量に発生し, 太陽光線をさえぎるとともに, 沈降したプランクトンの死骸の腐敗による酸素消費により, 底層に無酸素層が発達し, 有害ガスが発生するものと推定される。

また, 主要な栄養塩類の発生源であるコーヒーの廃棄物は, ほとんどが湖底に沈殿するものと考えられる。コーヒーの廃棄物はセリロース, リグニン等のパルプ質を多く含むが, これらは微生物によって短時間に分解されにくい物質である。更に, 廃棄物には微生物にとって有害な多価フェノールが含まれており, 生物の活性を阻害される。

従って, コーヒーの廃棄物は長期間にわたって湖底に沈殿し, 分解を続けていくものと推定される。完全に無機物に分解されるには, 多分, 数年の年月がかかることから, 湖底の腐敗物質は毎年増加して行くと考えられる。廃棄物に多量に含まれる窒素は, 嫌気性の環境で $\text{NH}_4\text{-OH}$ となって水質を悪化させると考えられる。この点に関しては今後詳しい調査が必要である。

#### ⑤ 水質汚濁防止対策

貯水池の水質は, 流域から多量の有機物, 栄養塩類が流入するため将来かなり悪化するものと推定される。しかし, 汚濁負荷率からみると, コーヒー廃棄物起源のものが窒素では62パーセント, 燐では87パーセントを占めていることから, コーヒー廃棄物の削減が水質汚濁防止対策上最も有効と考えられる (Fig. 13-23)。

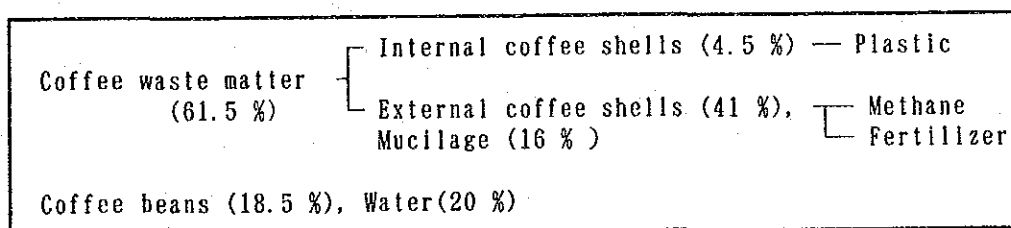
コーヒー廃棄物は流域内の5つのコーヒー加工工場から排出されている。廃棄物は河川へ投棄を禁じた法律があるにもかかわらず, 事実上野放しの状態にある。一部の工場では, 積極的に廃棄物を肥料, 燃料等に流用し排出量の削減に努めているが十分ではない。従って, 更に貯水池に直接排出しないような対策

を検討する必要がある。

産業廃棄物による環境汚染に対する関心は、Costa Rica国内でも高まっている。Costa Rica国立大学（Universidad Nacional）では、日本の通産省および国際協力事業団の援助を受け、コーヒー廃棄物からプラスチックを製造する技術を開発している。このプラスチックは土壌中で腐敗する生分解性があり、環境保護に適した特性を持つ付加価値の高い製品である。また、コーヒー廃棄物を肥料、燃料、飼料として有効利用する研究も進められているが、実用化には多額の研究開発費と技術を必要としている。

法律による廃棄物投棄の規制は今後も効果を期待できないが、廃棄物に付加価値を付け利益を加工業者に還元することにより、結果的に環境対策の効果を上げることが可能となると考えられ、今後の我国の開発援助の重要項目として注目すべきものである。コーヒーを生産する南米、中米およびアフリカ等の国はすべてコーヒー廃棄物による河川汚濁の問題を抱えていることから、この新技術は世界的な環境に貢献すると思われる。

Fig. 13-23 Kinds of Coffee Waste Matter,  
their weight Ratios and Effective Utilization 9



牧場、畑から流入する栄養塩類は、コーヒー廃棄物に較べて富栄養化に対する寄与率は少ないものの、総量ではかなりの重量になる。従って、富栄養化の進行を遅らせ長期間にわたって良質な水質を維持するためには、し尿処理施設の設置、土壌流出の防止等に努力を怠らないことが必要であろう。

しかし、これらの努力にかかわらず、高濃度の栄養塩の流入により富栄養化した場合の対策としては、湖内での栄養塩循環の阻止、栄養塩の除去の促進、底泥の除去や栄養塩の溶出の阻止等の方法が各国で研究、実施され大きな成果をあげている所もある。以下にその例をいくつか示す。

Sweden南部のBeckshae市南部にあるTrummen湖では1960年代には水質の悪化によ

り毎年のようにアオコが発生し、水草の異常繁茂、酸欠による魚類の大量死などが  
出ていた。しかし1970年に2年間、底泥を60cmの厚さで60haにわたって除去した。  
その後水質は改善されTNは1/5、TPは1/10に激減した。また、浚渫した有機汚  
泥は肥料として売られた。

この作戦は、世界でも初めての大規模な浚渫による富栄養化湖沼の回復作戦とし  
て注目をあび、計画、実行したチームはその後、Iran, Tunisia, Brazil,  
Jamaica, Zimbabwe等の多くの国で成功をおさめている。

日本でも、諏訪湖や手賀沼でも昭和50年代よりヘドロの浚渫を実施しているが、  
その効果は現状を維持するに留まっている。

SwitzerlandのLuzern近くの小さな湖、Boldic湖や、地形的な要因で深層水が  
無酸素化しているSemaback湖、Tirler湖等では強制ばっ気、強制混合によって湖中  
のリン濃度の低減や水質改善にかなり効果をあげている。

また、ばっ気、循環方式は日本のダム貯水池でも数年前から建設省直轄および水  
資源公団の管理する4つのダムにおいて方式の異なるばっ気／循環方式によるパイ  
ロット実験が実施され、成果が得られている。

このほかにも、リンの除去に凝集剤を用いる凝集沈殿法や、底泥からのアンモニ  
ア性窒素及びリン酸塩の溶出を減らすために、石灰や砂、フライアッシュ等で底泥  
表面を覆う方法や、水を抜いて底泥を乾燥させてから再び水をはると溶出が少なく  
なる事を利用する方法、水中の栄養塩を吸収し増殖した藻類や水草の除去等さまざ  
まな方法が試みられているが、根本的な解決にはいたっていない。

また、研究段階であるが、湖や貯水池のすぐ上流に比較的浅い（通常約3m）平均  
水対流時間2、3日のプレダムを設置し、藻類による栄養塩の取込と沈降による  
栄養塩除去の研究も実施されている。

このようにさまざまな富栄養化対策が実施されているが、結論として最も有効な  
方法は先に述べたように流入負荷の削減である。

湖沼の富栄養化を防止する一般的な方法をFig. 13-24に示す。