

ブラジル国

クバトン地域海岸山脈  
災害防止復旧計画調査

最終報告書

要約

国際協力事業団

社調二  
90-139

ブラジル国  
クバトン地域海岸山脈災害防止復旧計画調査

最終報告書  
要約

平成3年1月

国際

316  
LIBRARY



ブラジル国

クバトン地域海岸山脈  
災害防止復旧計画調査

最終報告書

要約

JICA LIBRARY



1108777(2)

国際協力事業団

国際協力事業団

25943

## 序 文

日本国政府は、ブラジル連邦共和国政府の要請に基づき、同国のクバトン地域海岸山脈災害防止・復旧計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1989年11月から1990年9月までの間、二回にわたり、日本工営株式会社大石 道夫 氏を団長とし、同社及び日本建設コンサルタント株式会社から構成される調査団を現地に派遣した。

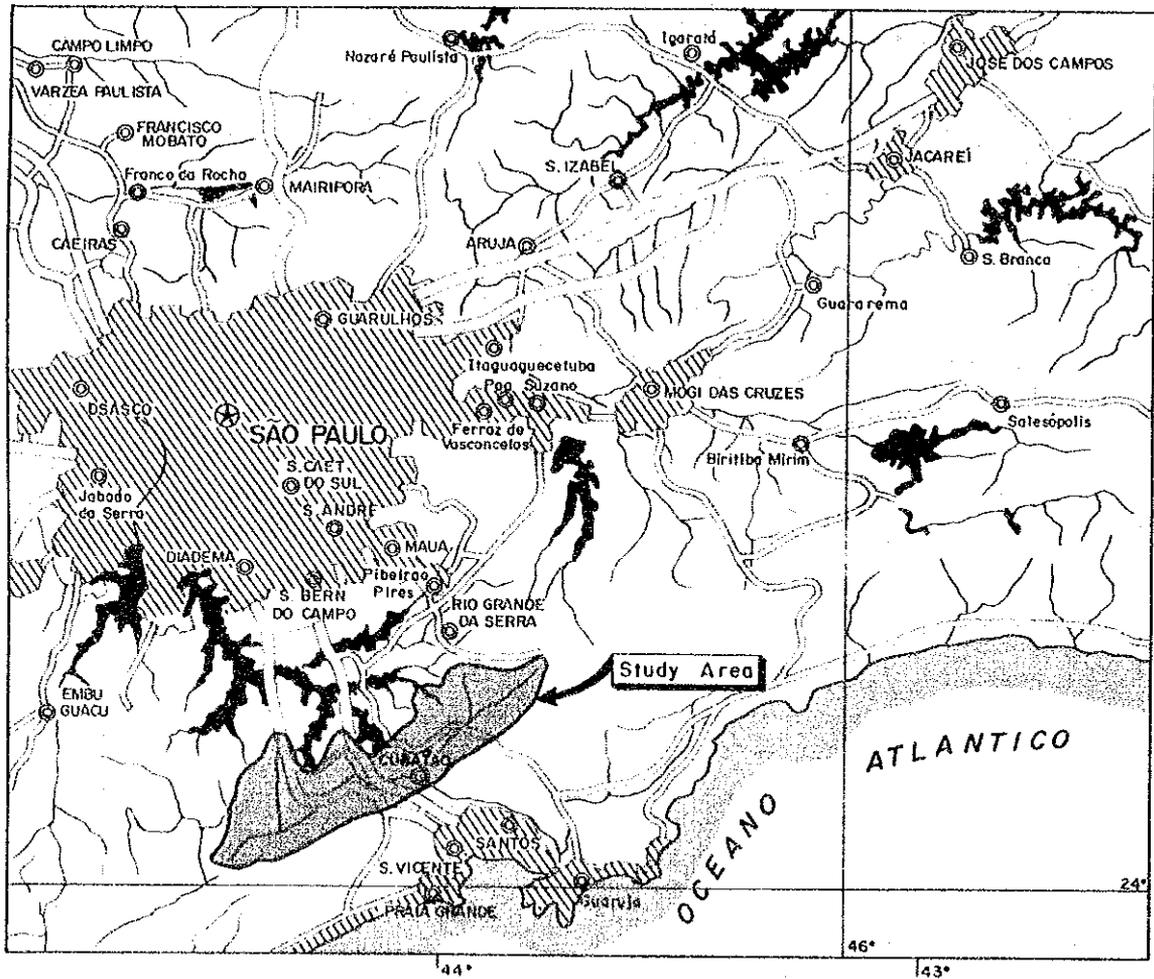
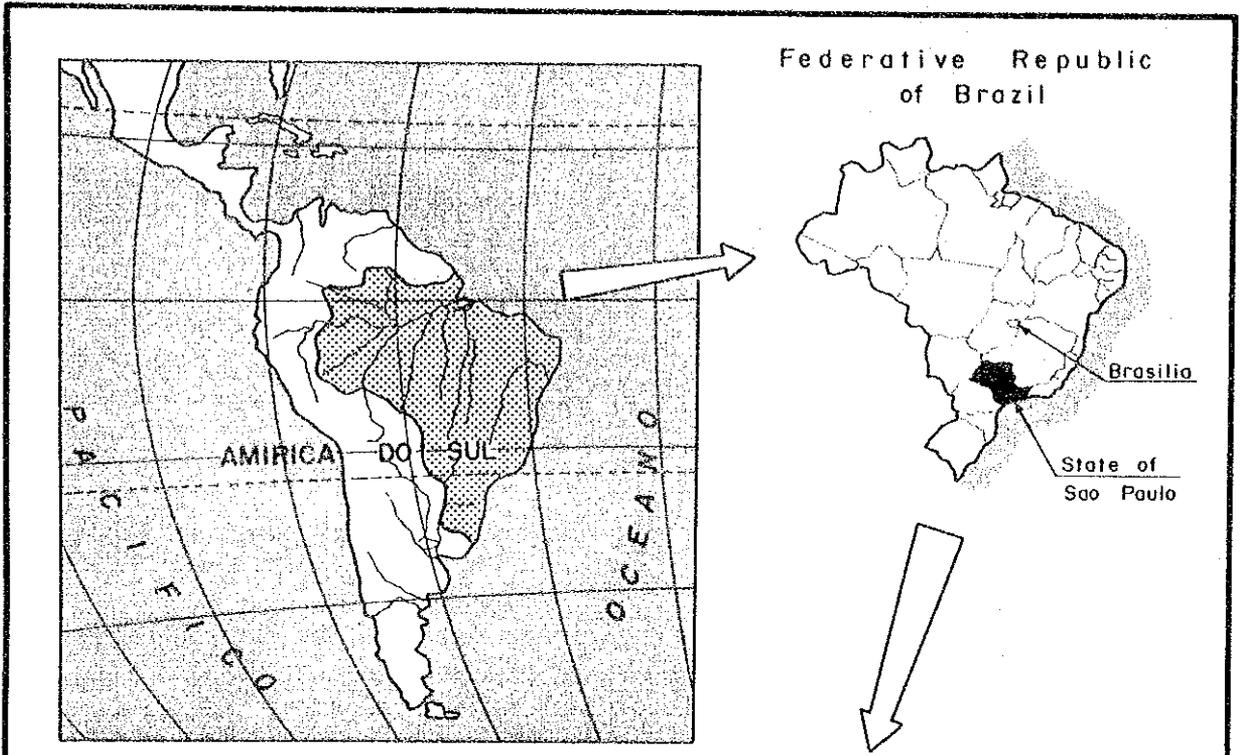
調査団は、ブラジル国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1991年1月

国際協力事業団  
総裁 柳谷 謙介



調査位置図



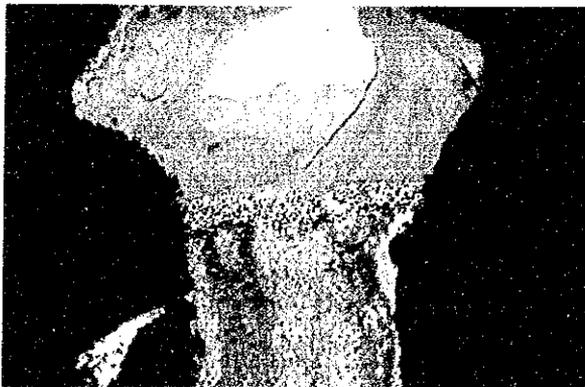
クバトン工業地帯及びクバトン市街地全景



工場から排出される汚染ガス。日中は海から山地斜面に向かって風が吹く。  
ペトロプラス（左側）、ウルトラフェルティル、コベプラス（右側）



多数の斜面崩壊が1985年1月22日～25日にモジ川上流部で発生した。右側の  
写真にみられる様に大部分の高木は1985年迄に大気汚染で枯死していた。



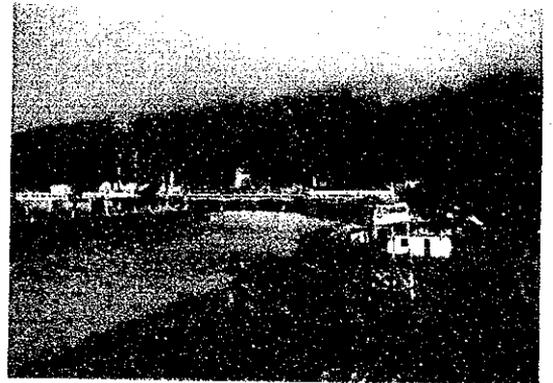
モジ川上流に建設されたリップラップ・クロスダム。  
上流に土砂が堆積している。



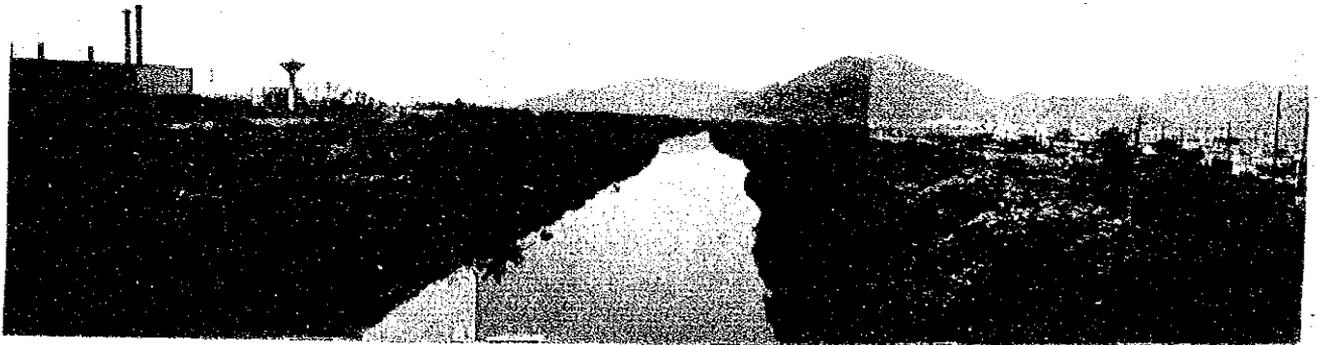
ウルトラフェルティルの上流に建設された  
ギャビオンダム（3基）。



クバトン川とペレケ川の合流地点。1971に発生した洪水後に右岸の堤防が建設された。



クバトン川の下流域。工場や住居が両側に発達している。



モジ川の下流域。ここでは河川改修計画が優先プロジェクトとして提案された。



モニタリング地点。  
(種子空中散布 3ヶ月後)



ミコニア科の若木。種子空中散布後  
10ヶ月後で50cmまで成育した。

# 目 次

	頁
第1章 背 景 .....	1
第2章 目 的 .....	1
第3章 現 況 .....	1
3.1 社 会 経 済 .....	1
3.2 災 害 被 害 .....	2
3.3 災害対策構造物 .....	3
3.4 非施設の対策 .....	3
3.5 地 形 ・ 地 質 .....	3
3.6 河 川 の 現 況 .....	3
3.7 気 象 及 び 水 文 .....	4
3.8 堆 積 .....	5
3.9 土 砂 流 出 .....	5
3.10 植 生 及 び 土 壤 .....	6
3.11 環 境 .....	6
第4章 マスタープランの策定 .....	7
4.1 土砂流出対策計画 .....	7
4.2 洪水対策計画 .....	8
4.3 植生回復計画 .....	10
4.4 施設の策定 .....	10
4.5 実施プログラム .....	11
4.6 プロジェクトの妥当性 .....	11
第5章 優先プロジェクトの選定 .....	14
5.1 土砂災害対策 .....	14
5.2 洪水災害対策 .....	14
5.3 植 生 回 復 .....	15
第6章 優先プロジェクトのフィージビリティ調査 .....	16
6.1 基本設計と工事数量 .....	16
6.2 施 工 計 画 .....	17
6.3 工 事 費 積 算 .....	17
6.4 プロジェクトの経済評価 .....	18
6.5 環 境 影 響 評 価 .....	20
6.6 プロジェクトの妥当性 .....	20
第7章 提 言 .....	21

— 付 表 —

表-1	人口及び労働力	T-1
表-2	国内総生産高	T-2
表-3	各確率流出量の推定	T-3
表-4	過去の主要斜面崩壊	T-4
表-5	砂防ダム諸元表	T-5
表-6	マスタープラン建設費(市場価格)	T-6
表-7	土砂災害対策工事数量(優先プロジェクト)	T-7
表-8	洪水災害対策工事数量(優先プロジェクト)	T-8
表-9	優先プロジェクト建設費(市場価格)	T-9

— 付 図 —

図-1	土地利用図(1990)	F-1
図-2	過去の大規模土砂災害図	F-2
図-3	洪水氾らん想定図	F-3
図-4	災害対策構造物	F-4
図-5	調査地の地質平面図	F-5
図-6	調査地の地質断面図	F-6
図-7	河川縦断図	F-7
図-8	雨量観測所と観測期間	F-8
図-9	流域分割図	F-9
図-10	過去の斜面崩壊分布図(1962-1989年)	F-10
図-11	主要斜面崩壊分布図	F-11
図-12	植生図	F-12
図-13	クバトン地域植生回復計画	F-13
図-14	工業生産高とSO <sub>2</sub> /SO <sub>3</sub> の年変化	F-14
図-15	大気汚染マップ	F-15
図-16	マスタープラン計画概念図	F-16
図-17	土砂災害対策小流域	F-17
図-18	土砂災害対策施設配置図	F-18
図-19	洪水災害対策地域	F-19
図-20	洪水災害対策比較案	F-20
図-21	洪水災害対策の概念図	F-21
図-22	植栽対象地域	F-22

図-23	実施スケジュール（土砂災害対策、洪水災害対策）	F-23
図-24	実施スケジュール（植生回復計画）	F-24
図-25	優先プロジェクト概念図	F-25
図-26	砂防ダムの基本設計図（1/9）～（9/9）	F-26
図-27	流路工と床固工の基本設計図（1/6）～（6/6）	F-35
図-28	河川平面線形基本設計（1/4）～（4/4）	F-41
図-29	河川縦断面線形基本設計	F-45



## 第1章 背 景

調査地域では1970年代中頃から斜面崩壊が頻発し、工場施設や道路、住民に多大な被害を及ぼしている。この斜面崩壊は工場からの排気ガスによる植生悪化が原因のひとつと考えられ、雨期の集中豪雨が引きがねとなっている。特に、1985年1月の災害は過去において最大のもので、海岸山脈の付け根に発達している工業地帯に重大な被害をおよぼした。

一方、モジ川やクバトン川の下流域では洪水被害が生じており、特に、モジ川では毎年のように被害が報告されている。

このような状況下において、サンパウロ州政府は“クバトン地区海岸山脈復旧特別委員会”を1985年6月に設置し、種々の災害対策を実施している。

このような災害に対処することを目的に、ブラジル国政府は、1988年10月に、技術援助を日本国政府に要請し、これを受けてJICAは1989年11月から1990年3月、1990年6月から1990年9月の2回にわたり本格調査団をブラジル国サンパウロ州へ派遣した。

## 第2章 目 的

クバトン工業地帯及びクバトン地域を土砂災害、洪水災害から守ることを目的に次の業務を実施した。

- 1) マスタープランの策定（目標年次西暦2000年）と優先プロジェクトの選定
- 2) 選定された優先プロジェクトについてフィージビリティ調査
- 3) ブラジル側カウンターパートへの技術移転

## 第3章 現 況

### 3.1 社会経済

#### (1) 人口及び労働力

ブラジル国の総人口は1980年に119.0百万人、人口密度14.0人/km<sup>2</sup>で、1990年には総人口150.4百万人、人口密度は17.6人/km<sup>2</sup>になると予想される。一方、労働人口は1987年に59.5百万人で、年平均増加率は4.68%と推定される。サンパウロ州の1980年の総人口は25.0百万人、人口密度100.9人/km<sup>2</sup>で、1987年は31.1百万人及び125.4人/km<sup>2</sup>と推定される。クバトン市の1980年の総人口及び人口密度は79,162人、345.6人/km<sup>2</sup>で、1990年には105,547人、713.1人/km<sup>2</sup>に増加すると推定される。クバトン市の労働人口は1980年で31,576人、1990年ではおおよそ42,100人になると想定される。詳細は表-1に示した。

## (2) 経済活動

1988年の国内総生産高（GNP）は91,952百万Cr\$（279.5 billion US\$）である。GNPはインフレの影響で最近の20年間で天文学的に上昇しているが、1980年の価格レベルで比較すると、1980年は12,402百万Cr\$、1985年に13,111百万Cr\$、1988年に14,613百万Cr\$となっており、1980-1988年間の実質年平均成長率は2.07%である。1988年の国民一人当りの生産高は、36.7百万Cr\$（1,935US\$）で、実質的には、1980年と比べてほとんど変化していない。

サンパウロ州の総生産高（GRDP）は、1970年に64千Cr\$、1975年に341千Cr\$、1980年に4,605千Cr\$を示した。1980年の国民一人当りの生産高は国全体と比べると1.76倍程度高い。GDP、GRDPの詳細は表-2に示す通りである。

調査地域の経済活動は、クバトン市の大工業地帯に代表されるように産業部門が主である。この工業地帯は国内では最大級のもので、1950年代より生産が開始されており、主生産物は、石油、石油化学製品、製鉄、化学製品、肥料等である。

## (3) 土地利用

調査地域の総面積は252km<sup>2</sup>で、現状の土地利用は次の通りである。1) 市街地及び居住地：5.0 km<sup>2</sup> (2.0%)、2) 工業用地：22.9 km<sup>2</sup> (9.1%)、3) 草地：18.3 km<sup>2</sup> (7.2%)、4) 森林：205.8 km<sup>2</sup> (81.7%)。図-1に土地利用図を示す。

## (4) 社会資本

調査地域には、4つの主要幹線道路（SP-150、アンシェッタ、SP-160、イミグランテ）があり、州政府の管理下にある。1988年現在、クバトン市街の全戸に水供給が行われているが、下水道は全体の1%しか完備していない。電力供給は全体の75%程度である。

## 3.2 災害被害

### (1) 土砂流出被害

過去の災害記録を整理した結果、規模の大きい斜面崩壊が、雨季に海岸山脈の急斜面で5-10年毎に発生していることが分かった。1960年以後は6回の大規模な土砂流出が発生しており（1962、1971、1976、1980、1985、1988）、特に1985年1月の土砂災害は最も大きいものであった。この土砂流出は工場内の設備や機械の破壊、在庫品の損失、及び一時的な操業停止を生じ、直接的な被害だけでも17.2百万Cr\$に及んだと報告されている（図-2）。

## (2) 洪水被害

過去に発生した大規模な洪水（1968、1971、1973、1976、1979、1983、1985、1988）の内、最も大規模で被害の大きかったのは、1971年2月のものであった。この洪水で、クバトン市街地域はクバトン川及びベレケ川からあふれ出た洪水により浸水し、特に低地部では、海水侵入とあいまって被害を大きくした。この洪水被害は1973年の時価で18.5百万Cr\$と推定され、クバトン川流域で13.2百万Cr\$、モジ川流域で5.3百万Cr\$と推定されている（図-3）。

## 3.3 災害対策構造物

調査地域には、土砂災害対策として、石積ダムやキャピオンダムが工場敷地内に設置されている。洪水対策としては堤防が市街区域に構築されている（図-4）。

## 3.4 非施設の対策

調査地域における主要な非施設の対策は、災害危険区域の住民の移転、シビルディフェンスプラン、大気汚染コントロール、植生回復等でサンパウロ州政府の指導のもとで実施されている。シビルディフェンスプランの目的は、1) 災害から住民を守ること、2) 住民に重大な影響を与える工場内での災害の原因を取り除くことである。

## 3.5 地形・地質

調査地域は地形的に、1) 台地、2) 山地、3) 低地に区分出来る。調査地域の地質は、主として、プレカンブリアン紀のミグマタイト、片岩及び貫入花崗岩よりなる。ミグマタイトは、堅硬、塊状であるが節理が発達しており、30°以上の急傾斜を形成している。片岩の分布域は緩斜面を形成し、片理構造が認められるとともに風化が深部まで進んでおり、表層部はラテライト化している。一般に、これらの岩盤の走向はNE-S E、傾斜は60-80°NWで、走向と同じ方向の断層が多数認められる（図-5、6）。

クバトン及びモジ川の合流付近から河口にかけて完新世の細砂や有機物を含んだ軟弱な粘土が分布している。

## 3.6 河川の現況

### (1) 流域及び水系

調査地の主要河川はクバトン川（A = 183km<sup>2</sup>）及びモジ川（A = 64km<sup>2</sup>）である。主要な支川は、クバトン川流域ではベレケ川及びピローエス川で、モジ川ではピアサゲイラ、インディオ及びオンサ川である。クバトン川は全長39kmで調査地の北西部に位置する標高700mの台地から流れており、モジ川は全長18kmで調査地の北東部の標高800mの台地が源である。河川の縦断図は図-7に示す通りである。

## (2) 河川の流下能力

現況の河川の流下能力を不等流計算で推定した。クバトン川の中・下流域での平均的な流下能力は 800-1000m<sup>3</sup>/sでアンシェッタ橋より上流では 500m<sup>3</sup>/s以下である。ベレケ川の流下能力は RFPISA橋より上流で 500m<sup>3</sup>/s、下流で 200m<sup>3</sup>/s以下である。一方、モジ川の流下能力は 300m<sup>3</sup>/s以下と推定される。

## 3.7 気象及び水文

### (1) 気 象

気象観測地点と観測期間を図-8に示す。本調査地域の年平均降雨量は山地斜面(EL.500m)で約 3,400mm、低地で 2,700mmである。年降雨量の約75%が夏季に集中している。クバトン市での平均気温は、夏季で約25℃、冬季で20℃で、平均相対湿度は74%前後である。

### (2) 降雨量解析

月平均雨量は山地斜面で 400-460mm、平地部で 320-340mmで、夜間に雨が多い。降雨の平均継続時間は、約50時間で34-63時間の幅を示している。最近発生した8ヶの主要洪水時の記録では、全降雨量の90%が2日間に集中していた。

流域全体及び各地点での確率平均降水量はガンベル法で求めた。結果は下表に示す通りである。

(単位: mm)

確率年 (年)	流域平均降雨量(2日)		地点降雨量(2日)	
	クバトン川	モジ川	E 3 - 153R (クバトン)	E 3 - 038R (モジ)
2	205.7	182.3	233.1	191.5
5	281.2	249.9	311.4	262.7
10	331.2	294.6	363.3	309.9
25	394.2	351.1	428.9	369.4
50	441.3	393.0	477.5	413.6
100	487.8	434.7	525.7	457.5

### (3) 流出量解析

確率流出量は設計ハイトグラフを使って貯留関数法で求めた。図-9に流域分割図を示した。ハイトグラフはクバトン川では1971年の2月のものを、モジ川では1985年2月の洪水時のものを用いた。詳細は表-3に示した。

#### (4) 洪水氾らん解析

洪水氾らん解析は開水路ポンドモデルを用い、各確率規模別の氾らん地域、氾らん水深を求めた。この解析によれば、クバトン川では5年ないしそれ以上の確率で、モジ川では毎年洪水浸水が生じていることになる。

### 3.8 堆 積

河道の堆積流下能力を三種類の式で検討したが、ブラウン式による値がこの地域に最も適合することが分かった。

### 3.9 土砂流出

土砂流出は斜面崩壊と河道不安定堆積土砂の流出が原因で生じる。この内、土砂流出の主要因となる斜面崩壊は急斜面で発生し、個々の崩壊規模は小規模である。過去30年間（1962-1989年）に発生した主要斜面崩壊解析結果、斜面崩壊分布図、及び過去に発生した主要な崩壊分布図を表-4、図-10、図-11にそれぞれ示す。これによれば、斜面崩壊はモジ川流域に集中していることが分かる。これらの斜面崩壊の一ヶ所当りの平均面積は2,420m<sup>2</sup>、平均厚さは0.7m、平均崩壊量は1,700m<sup>3</sup>である。斜面崩壊は斜面の傾斜、斜面形状、植生状況に支配されているが、降雨が直接の引き金となる。解析結果によれば斜面傾斜20°以下の斜面では斜面崩壊は生じないが、30°以上の斜面では容易に崩壊が起きることが分かった。一方、大気汚染による植生悪化は1970年後半より認められ、モジ川流域の約80%が1977年迄に、95%以上が1985年迄に大気汚染のため植生の悪化を受けていることが明らかになった。

一方、雨と斜面崩壊発生との関係は、サンパウロ政府の特別委員会の調査で明らかにされており、継続雨量と時間雨量強度が斜面崩壊発生の可否を表す指標となっている。今回の解析で、斜面崩壊面積は下表に示すように6時間雨量で推定できることが分かった。

地 域 区 分	推 定 式	相 関 係 数
A (斜面崩壊の最も激しい地域)	$Y = 0.46 (X - 63.3)$	0.940
B ( " 激しい地域)	$Y = 0.30 (X - 80.6)$	0.944
C ( " のあまり激しくない地域)	$Y = 0.21 (X - 80.3)$	0.971

注) X : 1 km<sup>2</sup>当りの全斜面崩壊面積 (10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>)

Y : 6時間雨量 (mm)

土質力学的見地からは、すべり面付近の土が降雨の浸透により見かけの粘着力を失うこと、かつ降雨時間とともに飽和ゾーンが拡大しすべり力を増すことが崩壊の原因といえる。

### 3.10 植生及び土壌

調査地域の植生は高木層、中木層、低木層よりなり、チボチン科の垂高木層からなるカボエイラで広く被われている。土壌はラドセル、ポドゾリック、ソイル等からなっている。

CETESBの作成した植生変遷図（1962-1985）によれば（図-12）、植生状況は大気汚染の影響を受けて 1970年代後半より悪化していることが分かる。現在CETESB、IBtは図-13に示す植生回復基本計画に従って植生回復事業を実施している。

### 3.11 環 境

#### (1) 大気汚染

調査地域は工業地帯から排出される大気汚染物により汚染され、1980年代前半には、クバトン地域全域が非常に重大な大気汚染に直面していた。しかし、1984年以後は、主要な大気汚染物質についての規制が実施され、大気汚染はかなり改良されてきている。

1984年当初の大気汚染物質の放出量は557トン/日で、これが1989年には約66%の187トン/日に減少している。図-14に過去30年間の工業生産高とSO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub>の年変化を示す。

#### (2) 植生に影響を与えるガス

調査地域には、種々の有害なガスが認められるが、この内、硫化ガス（SO<sub>x</sub>）、フッカ水素（HF）、オゾン、アンモニア、硝酸ガス（NO<sub>x</sub>）が植生悪化につながると考えられる。図-15に大気汚染の激しい地域を示した。

## 第4章 マスタープランの策定

マスタープランの計画概念図を図-16に示す。土砂災害対策、洪水対策、植生回復のマスタープランは以下の通りである。

### 4.1 土砂災害対策計画

#### (1) 計画に当たっての前提条件

土砂災害対策のマスタープラン策定は、サンパウロ州の植生回復事業の成果にかかわらず目標年次の西暦2000年迄に完全に植生が現況にもどるのは難しいという考え方に基づいて行った。計画に当たっては以下の点を考慮した。

- 斜面崩壊発生の可能性、過去の災害記録、守るべき対象物の重要度を考慮して、12の砂防小流域をプロテクション地域として選定した（図-17）。
- 計画規模は、守るべき施設の重要性、自然災害の不確定性、日本の基準等を考慮して、1/100 とした。

#### (2) 災害対策計画案

マスタープランでは、下表に示す32個の砂防ダム、11個の流路工（総延長5740m）を提案した（表-5、図-18）。

砂防小流域	砂 防 ダ ム		流 路 工
	数 量	有効高さ (m)	(m)
1	1	10	860
2	3	7, 10, 10	560
3	2	10, 10	530
4	2	8, 10	600
5	2	10, 5	450
6	3	10, 10, 10	700
7	6	10, 10, 10, 10, 10, 10	350
8	2	7, 10	420
9	3	10, 10, 10	150
10	2	8, 10	—
11	3	10, 10, 10	560
12	3	9, 10, 10	560
Total	32	—	5,740

## 4.2 洪水災害対策計画

### (1) 計画に当たっての前提条件

洪水災害対策のマスタープラン策定は以下に示す前提条件に従って実施した。

—— 防御すべき地域として、以下に示す市街区域及び工場地帯を選定した（図-19）。

クバトン川 (RFFSA bridge-Sabesp weir)

ペレケ川 (Road bridge at river mouth mouth-Ultrafertit weir)

ピアサゲェイラ川 (Confluence with the Moji river-Spillway of Copebras estate)

インディオ川 (Confluence with the Moji river-RFFSA bridge)

—— 計画規模は守るべき地域の重要度、及びサンパウロ州での適用基準を考慮してクバトン川、モジ川の本川部は1/50、その他は1/25とした。

### (2) 災害対策計画案

図-20に示す比較案の中から、クバトン川流域ではC-2(2)案を、モジ川流域ではM-2案をコスト比較の結果選定した。C-2(2)案は、放水路トンネル(2基×600m)と河川改修案(全長6.7km)からなり、M-2案は河川改修案(全長9.5km)から成っている(図-21)。工事種目及び数量を下表に示す。

項 目	数 量
<u>クバトン川流域</u>	
1) 放水路トンネル	
- 開水路	600 m
- トンネル	600 m × 2 lanes
2) 河川改修案	
- 延長	
クバトン	6.0 km
ペレケ	0.7 km
- 掘削量	511,000 m <sup>3</sup>
- 盛立て量	157,000 m <sup>3</sup>
- 護岸工	6,700 m <sup>3</sup>

モ ジ 川 流 域

1) 河川改修案(モジ川)

- 延長	4.5 km
- 掘削量	1,200,000 m <sup>3</sup>
- 盛立て量	200,000 m <sup>3</sup>
- 護岸工	6,300 m <sup>3</sup>

2) 河川改修案(ピアサゲェイラ川、インディオ川)

- 延長	
ピアサゲェイラ川	3.7 km
インディオ川	1.3 km
- 掘削量	260,000 m <sup>3</sup>
- 盛立て量	59,000 m <sup>3</sup>
- 護岸工	18,500 m <sup>3</sup>

---

#### 4.3 植生回復計画

##### (1) 計画に当たっての前提条件

現在サンパウロ州政府で実施している植生復旧計画は、2つの段階からなっている。第1段階は植栽と種子の空中散布、第2段階は有良品種の植栽である。CETESBが1990年2月に実施したモニタリング調査では、第1段階の調査は十分な成果を収めつつあることが報告されている。したがって、本調査で目途としている2000年迄の植生回復計画としては、サンパウロ州政府が立案している計画の第2段階の調査をこれにあてる。第2段階での植栽地としてCETESB、IBtにより図-22に示す20箇所の地域が選定されている。

##### (2) 植生回復計画

推定された地域毎に約1000本の苗木を植林する。作業項目は下表に示す通りである。

項 目	数 量
優良品種（公害に強い）の選定	—
苗木の育成	24,000 本
道路補修布設	35 km
測 量	80,000 m <sup>2</sup>
植 栽 工	20,000 本
維 持	20,000 本
そ の 他	—

#### 4.4 非施設対策

非施設対策（予警報システム、避難システム他）は施設対策と組み合わせることにより非常に有効な効果をもたらす。日本の経験からすれば、クバトン地域で現在実施されている非施設対策に対して以下の点が提言される。

- 災害マップの作成及び配布
- 現状の危険度判定システム及び情報伝達システムの簡素化
- 現存する観測所の迅速かつ正確な運営

#### 4.5 実施プログラム

##### (1) 実施スケジュール

マスタープランにおける土砂災害対策、洪水災害対策の実施スケジュールは、建設期間及び現地の事情を考慮して決定した(図-23)。プロジェクトの全工程は10年間で、前半部の5年間(1991-1995)と後半部の5年間(1996-2000)の2つのステージに分けた。植生回復計画の実施スケジュールは図-24に示した。

##### (2) 建設コスト

マスタープランで策定した施設の建設費を1990年6月下旬の市場価格に基づいて算定した(表-6)。結果の概要は下表の通りである。

(US\$ million)

項 目	市 場 価 格			
	直接工事費	間接工事費	合 計	
土砂災害対策計画	45.9	29.1	75.0	
洪水災害対策計画	クバトン川	25.5	17.7	43.2
	モジ川	13.9	8.8	22.7
植生回復計画	1.7	0.3	2.0	
合 計	87.0	55.9	142.9	

#### 4.6 プロジェクトの妥当性

##### (1) エコノミック・コスト

プロジェクトの妥当性を評価するために、エコノミック・コストの算定を行った。結果は下表の通りである。

(US\$ million)

項 目	土砂災害対策	洪 水 災 害 対 策	
		クバトン川	モジ川
直接工事費	41.1	23.3	12.7
間接工事費	補償費	0.06	0.08
	政府監理費	2.1	1.2
	設計・施工管理費	4.1	2.3
	予備費	7.1	4.0
合 計	54.4	30.9	16.9

(2) 便 益

プロジェクトが実施されれば、災害が施設に与えると考えられる被害や損失が減少する。この減少をプロジェクトとしての経済的な便益として推定した。各確率年毎の土砂流出や洪水に対応した被害は以下の様に推定される。

土 砂 災 害

(US\$ million)

砂 防 小流域	確 率 年 毎 の 被 害 額				
	5	25	50	100	年平均
1	—	—	—	—	—
2	0.4	6.0	7.0	7.7	0.8
3	0.3	4.6	8.1	8.1	0.6
4	0.3	0.5	0.6	0.7	0.2
5	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
6	0.2	0.3	0.3	0.8	0.1
7	1.9	3.6	4.6	6.3	0.8
8	0.5	0.6	0.6	0.6	0.1
9	0.1	0.6	0.8	1.3	0.1
10	0.1	0.6	1.4	1.9	0.1
11	1.4	2.2	2.7	3.1	0.5
12	0.9	2.4	9.5	12.7	0.6

Note: 1US\$ = 60Cr\$

洪 水 災 害

(US\$ million)

流 域	確 率 年 毎 の 被 害 額						
	2	5	10	25	50	100	年平均
Cubatão	1.1	1.8	2.5	4.3	6.6	7.8	1.2
Moji	0.9	1.4	2.1	2.4	2.8	3.1	0.9

Note: 1US\$ = 60Cr\$

### (3) 経済評価

プロジェクトの評価を、経済的内部収益率（エコノミック・コストと便益より算定）を用いて実施した。結果は次頁の表に示す通りである。

項 目	土砂災害対策	洪水災害対策	
		クバトン川	モジ川
EIRR (%)	11.2	5.4	8.3

### (4) プロジェクトの妥当性

上述した経済評価結果によれば、土砂災害対策のマスタープランは11.2%の高いEIRRを示す。その上、社会に及ぼす影響を考慮すれば妥当性の高いプロジェクトといえる。

洪水災害対策のマスタープランの内、モジ川の洪水災害対策は、モジ川及びその支川からの洪水で工場地域が毎年浸水しており、この流域の今後の土地利用計画をあわせて考慮すれば、将来的に災害被害は増大していく可能性が大である。上述した状況や経済的評価より、モジ川流域の洪水対策計画は土砂災害対策同様、高い妥当性を示す。

植生回復計画のマスタープランは中、長期的観点からすれば、土砂災害、洪水災害を防ぐ効果的な土砂抑制対策となり、妥当性の高いプロジェクトである。

## 第5章 優先プロジェクトの選定

優先プロジェクトはマスタープランで策定した計画案の中から選定した。概要は以下のとおりである。

### 5.1 土砂災害対策

有毒ガスや有害な液体の流出の可能性、及びプロジェクトの経済評価結果より、優先プロジェクトとして次表に示す砂防ダム9ヶ所、流路工6ヶ所を選定した（図-25）。選定した施設はおおよそ1/25の計画規模に対応する施設となっている。選定結果を次頁の表に示す。

項 目	砂 防 小 流 域											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
選定基準（Ⅰ）		+	+				+	+				
選定基準（Ⅱ） EIRR（%）		12.7	14.7	2.4	1.8	2.1	17.0	9.1	3.9	11.8	11.9	12.9
優 先 プロジェクト		*	*				*	*		*	*	*

注) + 選定基準（Ⅰ）：災害時に有毒ガスや液体の流出の可能性が大きい小流域  
\* 選定された優先プロジェクト小流域

### 5.2 洪水災害対策

モジ川本川及び支川下流部（全長4.5km）の河川改修案をプライオリティープロジェクトとして選定した（図-25）。選定理由は経済的評価が高いこと、及び毎年洪水被害を受けているという理由である。施設の規模は1/10程度とする。

### 5.3 植生回復計画

優先プロジェクトとして、マスタープランの中で示した1991-1995年に実施予定の植栽工事を選定する。作業数量は下表に示す通りである。

項	目	数	量
	優良品種（公害に強い）の選定	—	
	苗木の育成	24,000	本
	道路補修布設	35	km
	測量	80,000	m <sup>2</sup>
	植栽工	20,000	本
	維持	20,000	本
	その他	—	

## 第6章 優先プロジェクトのフィージビリティ調査

### 6.1 基本設計と工事数量

#### (1) 土砂災害対策

土砂災害対策施設の基本設計は日本の設計基準に準拠して実施した。砂防ダムの設計は、実測 1/500地形図、流路工及び床固工の設計は航測 1/5,000地形図で行った。図-26に砂防ダムの基本設計図を、図-27に流路工と床固工の基本設計図を示した。工事数量は表-7に示すが、その概要は以下の通りである。

砂防ダム No.	砂防ダム		流路工	床固工	
	高さ (m)	容積 (m <sup>3</sup> )	延長 (m)	数量	容積 (m <sup>3</sup> )
2-1	13	22,000	530	4	1,200
3-1	14	9,800	490	1	200
7-1	12	3,600	250	5	1,000
7-3	14	3,800	—	—	—
7-4	12	2,000	—	—	—
8-1	11	3,700	440	4	400
10-1	9	1,100	—	—	—
11-1	14	7,300	410	11	1,100
12-1	13	4,900	750	9	900
合計	—	58,200	2,870	34	4,800

#### (2) 洪水災害対策

洪水対策の基本設計は日本の設計基準に準拠して実施した。設計に使用したのは航測 1/5,000 の地形面である。図-28に河川平面線形基本設計図を、図-29に河川縦断面線形基本設計図を示した。工事数量は表-8に示すが、その概要は以下に示す通りである。

項目	構造物の種類	数量
堤防		265,000 m'
掘削		334,000 m'
浚渫		141,000 m'
護岸工	メンソンリー	9,800 m'
カルバート		1.5m x 1.5m (6箇所) 2.0m x 2.5m (1箇所)
取水堰	コンクリート	
パラペット壁	コンクリート	
道路橋		40.8 m
鉄道橋		130.5 m

## 6.2 施工計画

プロジェクトはプロジェクト規模、建設費、工事の遂行性を考えて以下に示す4つのパッケージに分割する。工事に当たっては、ブラジルの工事業者及び外国の工事業者の参加を考える。

パッケージA	土砂災害	砂防小流域	2、3
パッケージB	"	"	7、8
パッケージC	"	"	10、11、12
パッケージD	洪水対策	(モジ川)	

## 6.3 工事費積算

工事費の積算を1990年6月下旬の市場価格に基づいて行った(表-9)。概要は、下表に示すとおりである。

項目	(US\$ million)					
	土砂災害対策			洪水災害対策		
	外貨	内貨	合計	モジ川 外貨	内貨	合計
準備工	1.0	1.2	2.2	0.2	0.1	0.3
建設費	7.0	7.9	14.9	4.0	3.1	7.1
補償費		0.1	0.1		0.2	0.2
政府監理費		0.9	0.9		0.4	0.4
設計・施工監理費	1.4	0.3	1.7	0.6	0.1	0.7
予備費	1.4	1.5	2.9	0.7	0.6	1.3
価値変動費	1.4	1.6	3.0	0.8	0.6	1.4
合計	12.2	13.5	25.7	6.3	5.1	11.4

(US\$ million)

項	目	市 場 価 格		
		直接工事費	間接工事費	合 計
土砂災害対策計画		17.0	8.7	25.7
砂防小流域	2	6.0	3.0	9.0
"	3	2.7	1.3	4.0
"	7	2.7	1.4	4.1
"	8	1.1	0.8	1.9
"	10	0.3	0.1	0.4
"	11	2.2	1.1	3.3
"	12	2.0	1.0	3.0
洪水災害対策計画 (モジ川)		7.4	4.0	11.4
植生回復計画		1.1	0.2	1.3
合 計		25.5	12.9	38.4

## 6.4 プロジェクトの経済評価

## (1) エコノミックコスト

プロジェクトの妥当性を評価するためにエコノミックコストの算定を行った。算定結果は下表の通りである。

(US\$ million)

項	目	エ コ ノ ミ ッ ク コ ス ト		
		直接工事費	間接工事費	合 計
土砂災害対策計画		15.1	4.9	20.0
砂防小流域	2	5.4	1.7	7.1
"	3	2.3	0.8	3.1
"	7	2.4	0.8	3.2
"	8	1.1	0.3	1.4
"	10	0.2	0.1	0.3
"	11	1.9	0.6	2.5
"	12	1.8	0.6	2.4
洪水災害対策計画		6.8	2.2	9.0
合 計		21.9	7.1	29.0

(2) 便 益

プロジェクトが実施されれば、災害が施設に与えると考えられる被害や損失が減少する。この減少をプロジェクトとしての経済的な便益として推定した。各確率年毎の土砂流出や洪水に対応した被害は以下の様に推定される。

		土 砂 災 害				
		(US\$ million)				
砂 防 小流域	確 率 年 毎 の 被 害 額					
	5	25	50	100	年平均	
2	1.2	6.0	7.0	7.7	0.7	
3	0.3	4.6	6.2	8.1	0.4	
7	1.9	3.6	4.6	6.3	0.6	
8	0.7	0.8	1.1	1.4	0.2	
10	0.1	0.6	1.4	1.9	0.1	
11	1.4	2.2	2.7	3.1	0.4	
12	1.0	3.0	8.6	11.4	0.4	

注) 年平均被害は1/25確率を対象に算出した。

		洪 水 災 害						
		(US\$ million)						
		確 率 年 毎 の 被 害 額						
		2	5	10	25	50	100	年平均
モジ川		0.9	1.5	2.0	2.1	2.4	2.5	1.0

(3) 経済評価

プロジェクトの評価を、経済的内部収益率を用いて実施した。結果は下表の通りである。

項 目	E I R R (%)
土砂災害対策	
2	13.3
3	17.8
7	23.5
8	16.8
10	30.1
11	21.2
12	22.3
全 体	18.2
洪水災害対策	11.1

## 6.5 環境影響評価

優先プロジェクトに対する環境影響評価をサンパウロ州のガイドラインに添って行った結果、環境に及ぼす影響は建設段階に限定されることが分った。優先プロジェクトの建設期間は短期的で、かつ、沈砂池等の効果的な対策を施せば、環境に与える影響はほとんど問題とならないと判断できる。

## 6.6 プロジェクトの妥当性

砂防小流域全体でのEIRRは18.2%を示し、その内でNo.7、10、11、12の砂防小流域は20%以上という極めて高いEIRRを示す。一方モジ川の河川改修工事も11.1%と高いEIRRとなる。前述したように、砂防工事、洪水対策工事とも高い経済性を示すことより、プロジェクトとしての妥当性は高いといえる。その上、当プロジェクトが社会的に注目されている事実を考慮すれば、極めて妥当性の高いプロジェクトである。

## 第7章 提 言

- 1) 土砂災害対策、洪水対策の優先プロジェクトは、社会的要請、技術的側面及び経済的側面より妥当性の高いプロジェクトであり、早急に事業を実施することを提言する。
- 2) 植生回復対策は、工場や住民を土砂や洪水災害から守るために重要であるということ はよく知られており、今後も植生と大気汚染の関係、種子の空中散布についてのモニタリングを継続して実施し、基礎的データを蓄積する必要がある。自然災害の不確実性、発生時期や発生場所の予測の難しさを考えると、現在実施中のシビルディフェンスプランや植生回復事業は非常に重要である。
- 3) 優先プロジェクト地点の地質状況が複雑であるので、詳細設計及び建設段階では、基礎的地耐力、切土斜面の安定性、盛土材料に関する追加地質調査の実施を進言する。
- 4) マスタープランで提案されているクバトン川の放水路計画の内、出口部開水路区間は、マングローブの繁殖する湿地となっており、この地域の環境に与える影響が懸念される。この工事を実施するに当たっては、事前に環境影響評価を実施する必要がある。

# 付 表

表-1 人口及び労働力

Item	Population				Average Annual Growth Rate (%)			
	1980	1970	1980	1990(87)	'60-'70	'70-'80	'80-'90(87)	
<b>(1) BRAZIL</b>								
1. Population	70,070,457	93,139,037	119,002,706	150,367,841	2.89	2.48	2.37	
2. Male	35,055,457	46,331,343	59,123,361	74,992,111	2.83	2.47	2.41	
3. Female	35,015,000	46,807,694	59,879,345	75,375,730	2.95	2.49	2.33	
4. Urban	31,303,034	52,084,984	80,436,409	112,743,732	5.22	4.44	3.43	
5. Rural	38,767,423	41,054,053	38,566,297	37,624,109	0.57	-0.63	-0.25	
6. Economically Active	48,740,564	55,683,745	87,677,224	(104,311,844)	3.03	2.93	2.51	
7. Labor Force	22,750,100	29,557,224	43,235,712	(59,542,958)	2.65	3.88	4.68	
8. Labor Force Participation(%)	46.7	45.0	49.3	57.1	-0.37	0.92	2.12	
<b>(2) Sao Paulo</b>								
1. Population	12,809,231	17,771,948	25,040,772	(31,124,350)	3.23	3.49	3.16	
2. Male	6,480,421	8,931,360	12,519,890	(15,416,621)	3.26	3.49	3.02	
3. Female	6,328,810	8,840,588	12,520,882	(15,707,729)	3.40	3.54	3.29	
4. Urban	8,019,743	14,276,239	22,196,378	(28,202,067)	5.94	4.51	3.48	
5. Rural	4,789,488	3,495,709	2,844,334	(2,922,283)	-3.20	-2.08	0.27	
6. Economically Active	9,308,538	13,334,701	19,327,707	(24,231,757)	3.66	3.78	3.28	
7. Labor Force	4,517,600	6,372,842	10,411,726	(14,249,629)	3.50	5.03	4.53	
8. Labor Force Participation(%)	48.5	47.8	53.9	58.8	-0.15	1.21	1.25	
<b>(3) Cubatao</b>								
1. Population	25,166	51,009	79,162	105,547	7.32	4.49	2.92	
2. Male	-	27,342	43,208	58,950	-	4.68	3.16	
3. Female	-	23,667	35,954	46,597	-	4.27	2.63	
4. Urban	-	37,255	78,569	105,547	-	7.75	3.00	
5. Rural	-	13,754	592	0	-	-35.94	-	
6. Economically Active	-	35,598	59,177	(76,571)	-	5.21	3.75	
7. Labor Force	-	15,822	31,575	-	-	7.15	-	
8. Labor Force Participation(%)	-	44.5	53.4	-	-	1.86	-	

Source : Anuario Estatístico do Brasil 1989; IBGE  
Estatísticas Históricas do Brasil 1988; IBGE  
Anuario Estatístico do Estado de São Paulo 1988; IBGE  
Boletim Informativo de Cubatao; P.H.C  
Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Economico

Remark : \*1 Quoted in 1990 are projected population.  
\*2 Figures in parentheses are projected data in 1987.  
\*3 Economically active population is defined as persons aged 10 years and over.  
\*4 (7)/(6)

表-2 国内總生産高

Year	Gross domestic Product				Gross Domestic Product per Capita			
	Current Price (Cr\$ 1,000)	Constant Price at 1980(Cr\$1,000)	Annual Growth Rate (%)	Current Price (US\$ million)	Current Price (Cr\$)	Constant Price at 1980(Cr\$)	Annual Growth Rate (%)	Current Price (US\$)
1970	194	5,419	-	34,034	0.002	0.057	-	355.18
1971	258	6,037	11.3	39,529	0.003	0.061	8.7	402.43
1972	347	6,754	11.9	45,704	0.003	0.067	9.3	454.21
1973	512	7,698	14.0	55,329	0.005	0.074	11.3	536.91
1974	745	8,326	8.2	66,403	0.007	0.079	5.7	629.32
1975	1,050	8,756	5.2	76,219	0.01	0.081	2.7	705.52
1976	1,634	9,654	10.3	88,896	0.01	0.087	7.6	803.78
1977	2,493	10,130	4.9	99,342	0.02	0.089	2.5	877.53
1978	3,617	10,634	5.0	112,205	0.03	0.092	2.5	968.46
1979	5,961	11,352	6.8	133,338	0.05	0.096	4.3	1,124.71
1980	12,402	12,402	9.2	165,264	0.10	0.102	6.8	1,362.60
1981	24,654	11,859	-4.4	174,334	0.20	0.096	-6.6	1,405.15
1982	51,025	11,989	0.7	186,311	0.40	0.094	-1.6	1,468.35
1983	118,927	11,531	-3.4	185,737	0.92	0.089	-5.6	1,431.32
1984	393,647	12,111	5.0	203,505	2.97	0.091	2.8	1,534.05
1985	1,413,312	13,111	8.3	228,137	10.43	0.097	6.0	1,682.87
1986	3,708,949	14,089	7.5	250,123	26.78	0.102	5.3	1,806.03
1987	11,899,911	14,611	3.6	268,663	84.13	0.103	1.5	1,899.32
1988	91,952,490	14,613	0.0	279,492	636.67	0.101	-2.0	1,935.16
1989*	1,366,421,000	15,139	3.6	303,452	9,270.00	0.103	1.5	2,058.64

Source: Anuario Estatístico do Brasil, 1989 : IBGE  
Relatorio, 1989: Banco Central do Brasil

Remarks: \* Provisional estimate by IBGE

表一3 各確率流出量の推定

PRESENT CHANNEL CONDITION						IMPROVED CONDITION OF EXISTING CHANNEL					
Return Period (Year)	2	5	10	25	100	Return Period (Year)	2	5	10	25	100
CUBATAD RIVER SYSTEM (Feb.24.1971 Flood Type, 2DAY-Rainfall=301.6mm)											
Probable Rainfall (mm)	206	282	331	394	441	488	206	282	331	394	441
Scale factor	0.683	0.934	1.100	1.309	1.465	1.617	0.683	0.934	1.100	1.309	1.465
of total rainfall											
Probable Discharges at Major Points (m <sup>3</sup> /s)											
-River Mouth (29)	916	1301	1555	1876	2121	2366	920	1346	1617	1970	2242
-After Pereque (28)	915	1302	1552	1877	2128	2376	915	1326	1569	1933	2467
-Pereque River (27)	212	321	382	460	519	581	209	324	395	488	558
-Before Pereque (20)	724	1033	1231	1489	1690	1890	724	1058	1270	1549	1767
- (19)	748	1056	1258	1530	1743	1956	751	1069	1278	1556	1774
-Anchieta Bridge(17)	586	878	1070	1330	1534	1739	589	891	1090	1356	1565
-Imigrantes Brg.(14)	537	828	1022	1289	1498	1708	537	827	1022	1279	1482
-After Piloes (10)	570	868	1062	1320	1521	1725	570	868	1062	1320	1521
-Piloes River (9)	173	282	356	455	532	609	173	282	356	455	609
-Before Piloes (4)	397	586	706	865	1018	1172	397	586	706	865	1018
HOJI RIVER (Jan.22.1985 Flood Type, 2DAY-Rainfall=286.5mm)											
Probable Rainfall (mm)	182	250	295	351	393	435	182	250	295	351	435
Scale factor	0.639	0.873	1.030	1.229	1.375	1.568	0.639	0.873	1.030	1.229	1.568
of total rainfall											
Probable Discharges at Major Points (m <sup>3</sup> /s)											
-River Mouth (49)	243	367	453	568	652	714	213	345	438	551	658
-After Piaccag. (48)	278	429	536	683	806	866	273	443	578	759	897
-Piaccaguera R. (44)	79	128	168	227	274	292	79	128	168	227	274
-Before Piaccag. (41)	234	365	461	585	675	737	228	378	503	676	810
-After Indio R. (38)	240	376	489	644	762	819	231	377	487	632	740
-Indio River (34)	28	44	58	79	95	101	28	44	58	79	95
-Before Indio (33)	220	346	451	595	706	759	216	359	466	609	716
-Intake Weir (30)	240	421	570	788	965	1040	240	421	570	788	965

表一4 過去の主要斜面崩壊

Area: Unit (10E-2 Km2)

Division Name	1962			1971			1976			1980			1985			1988			1962-1989		
	Nos.	Area	Nos.	Area	Nos.	Area	Nos.	Area	Nos.	Area	Nos.	Area	Nos.	Area	Nos.	Area	Nos.	Area	Nos.	Area	
MOJI RIVER BASIN																					
MR-1	3	0.98	100 (1)	34.07	77 (6)	21.25	45 (9)	12.21	302 (29)	61.05	26 (2)	5.13	664	161.7							
MR-2	7	1.1	7 (1)	3.79	43 (3)	12.82	16 (4)	3.42	57 (9)	12.45	10 (2)	1.75	155	39.34							
MR-3	2	0.49	13 (0)	2.67	88 (1)	19.9	31 (7)	10.5	136 (10)	27.23	40 (10)	5.86	342	73.06							
MR-4	0	0	0	0	2 (0)	0.73	0	0	0	0	0	0	2	0.73							
MR-5	0	0	0	0	0	0	0	0	8 (0)	1.22	0	0	18	1.22							
ML-1	9	2.56	38 (0)	16.85	7 (1)	18.8	10 (8)	8.42	118 (16)	35.29	12 (8)	2.56	252	109.74							
Sub-Total	21	5.13	158 (2)	57.38	217 (11)	73.5	102 (28)	34.55	621 (64)	137.24	88 (22)	15.30	1453	385.79							
CUBATAO RIVER BASIN																					
CR-1	4	0.2	20 (0)	3.33	16 (3)	2.92	0	0	1 (0)	0.73	0	0	43	5.86							
CR-2	0	0	12 (0)	1.88	10 (0)	1.88	2 (0)	1.56	1 (0)	0.73	2 (0)	1.59	26	3.79							
CR-3	0	0	0	0	0	0	0	0	4 (0)	2.13	0	0	4	2.56							
CL-1	1	0.1	4 (0)	0.38	0	0	8 (0)	1.46	3 (0)	0.79	2 (0)	1.59	21	2.81							
CL-2	3	0.2	1 (0)	0.1	1 (0)	0.16	5 (0)	1.04	6 (0)	2.13	11 (1)	3.79	32	8.18							
CL-3	5	0.33	3 (0)	0.31	2 (0)	0.16	4 (0)	3.25	16 (1)	3.05	21 (1)	4.5	64	8.01							
CL-4	0	0	0	0	0	0	0	0	3 (0)	1.59	24 (0)	3.3	45	8.15							
CL-5	0	0	0	0	0	0	2 (0)	1.71	26 (0)	3.42	14 (1)	1.71	68	11.63							
CL-6	0	0	4 (0)	1.47	1 (0)	0.73	1 (0)	1.22	44 (1)	7.2	14 (1)	2.32	114	23.05							
CL-7	6	1.59	16 (0)	5.74	55 (1)	15.26	63 (10)	13.8	172 (15)	34.19	39 (4)	5.37	446	96.23							
CL-8	0	0	0	0	0	0	0	0	6 (0)	1.10	0	0	8	1.47							
Sub-Total	19	2.42	60 (0)	13.21	86 (4)	21.11	85 (10)	24.04	282 (17)	55.96	127 (8)	24.17	871	171.74							
Total	40	7.55	218 (2)	70.59	303 (15)	94.61	187 (38)	58.59	903 (81)	193.2	215 (30)	39.47	2304	557.53							

Note: ( ) Shows number of slope failures that occurred again at the same places compared with previous aerial photographs interpretation results.

表-5 砂防ダム諸元表

(Unit: m<sup>3</sup>)

Sub-basin No.	Sediment Run-off		Existence Structural Measures			Proposed Structural Measures (Sabodan)						Total		
	Discharge		1st	2nd	3rd	Total	Run-off Discharge	1st	2nd	3rd	4th		5th	6th
1	155,500		(H=8) 24,800	(H=10) 138,200	(H=10) 44,200	207,200	0	(H=10)* 7,400						7,400
2	159,400		(H=4) 70,000				159,400	(H=7) 124,800	(H=10)* 16,200	(H=10)* 19,300				180,300
3	109,400		(H=4) 82,000				109,400	(H=10) 85,800	(H=10)* 28,500					114,300
4	158,700						158,700	(H=8) 120,000	(H=10)* 45,000					185,000
5	38,700						38,700	(H=10) 38,100	(H=5)* 2,300					40,400
6	80,100						80,100	(H=10) 36,700	(H=10) 41,600	(H=10)* 2,400				80,700
7	185,600						185,600	(H=10) 44,600	(H=10) 20,300	(H=10) 35,700	(H=10) 49,500	(H=10)* 8,500	(H=10)* 8,600	187,200
8	15,200						15,200	(H=7) 12,000	(H=10)* 3,500					15,600
9	27,700						27,700	(H=10) 21,800	(H=10)* 3,600	(H=10)* 3,300				28,700
10	37,700						37,700	(H=8) 34,000	(H=10)* 4,000					38,000
11	26,100						26,100	(H=10) 20,000	(H=10) 6,800	(H=10)* 2,000				28,000
12	46,800						46,800	(H=9) 37,800	(H=10) 5,500	(H=10)* 4,500				47,800

Note ; \* : means control amount

表-6 マスタープラン建設費(市場価格)

Unit : 1,000 US\$

Item	Sediment Disaster Prevention Works				Flood Disaster Prevention Works				(Sediment+Flood) Disaster Prevention Works								
	Cubatao		Koji		Cubatao + Koji		TOTAL		TOTAL		TOTAL						
	P/C	L/C	TOTAL	P/C	L/C	TOTAL	P/C	L/C	TOTAL	P/C	L/C	TOTAL					
I Preparatory Work (5-15% of II)	2,879	3,102	5,980	695	520	1,215	378	283	661	1,073	803	1,876	3,952	3,904	7,856		
II Construction Cost	19,191	20,678	39,869	13,898	10,394	24,293	7,563	5,658	13,221	21,462	16,052	37,514	40,653	36,730	77,383		
III Compensation Cost		188	188		180	180		248	248		428	428		616	616		
IV Administration Cost (5% of I + II)		2,292	2,292		1,275	1,275		694	694		1,989	1,989		4,262	4,262		
V Engineering Service (10% of I + II)		3,668	4,585		2,041	2,551		1,111	1,388		3,151	788		3,939	6,819	1,705	8,524
VI Physical Contingency (15% of I+II+III+IV+V)		3,861	4,077	7,937	2,495	1,932	4,427	1,358	1,074	2,432	3,853	3,006	6,859	7,714	7,083	14,796	
VII Price Contingency (P/C 3%, L/C 3%)		5,901	7,289	14,190	5,242	4,058	9,300	2,299	1,801	4,100	7,541	5,859	13,400	14,442	13,148	27,590	
Total	36,499	38,543	75,042	24,372	18,859	43,241	12,708	10,036	22,744	37,000	28,905	65,985	73,579	67,448	141,027		

表-7 土砂災害対策工事数量 (優先プロジェクト)

Unit : m3

Dam No.	Item	Dam	Channel	Groundsill	Total
2-1	V	22,000	( 530 m )	1,200	23,200
	Ve	35,200	70,800	15,700	121,700
3-1	V	9,800	( 490 m )	200	10,200
	Ve	8,500	31,200	100	39,800
7-1	V	3,600	( 250 m )	1,000	4,600
	Ve	10,300	39,400	10,500	60,200
7-3	V	3,800	( 0 m )	-	3,800
	Ve	2,400	-	-	2,400
7-4	V	2,000	( 0 m )	-	2,000
	Ve	1,200	-	-	1,200
Sub-total	V	9,400	( 250 m )	1,000	10,400
	Ve	13,900	39,400	10,500	63,800
8-1	V	3,700	( 440 m )	400	4,100
	Ve	6,400	23,200	4,000	33,600
10-1	V	1,100	( 0 m )	-	1,100
	Ve	600	-	-	600
11-1	V	7,300	( 410 m )	1,100	8,400
	Ve	4,400	12,300	15,700	32,400
12-1	V	4,900	( 750 m )	900	5,800
	Ve	3,900	64,000	19,000	86,900
Total	V	58,200	( 2,870 m )	4,800	63,000
	Ve	72,900	240,900	65,000	378,800

Note : V ; volume of structure

Ve ; excavation volume

表-8 洪水災害対策工事数量 (優先プロジェクト)

Item	Unit	Quantity
(1) Dike (L=9.3km)		
1) Gravel metalling	m3	6,600
2) Excavation	m3	329,000
3) Dredging	m3	141,000
4) Embankment	m3	255,000
5) Sod Facing	m2	111,600
(2) Revetment (L=1.45km)		
1) Wet stone masonry	m2	9,800
2) Concrete block	m3	170
3) Berm concrete	m3	120
4) Gabion	m3	2,900
(3) Culvert (6 Sites)		
1) Excavation	m3	2,300
2) Concrete	m3	550
3) Reinforcement bar	ton	30
4) Form	m2	960
5) RC pile	m	136
6) Gate	ton	8
(4) Intake Weir (1 Site)		
1) Excavation	m3	2,000
2) Concrete	m3	270
3) Wet stone masonry	m2	460
4) Concrete block	m3	840
(5) Parapet wall (1 Site)		
1) Excavation	m3	680
2) Concrete	m3	310
3) Reinforcement bar	ton	25
4) Form	m2	870
(6) Road Bridge (1 Site)		
1) Embankment	m3	5,100
2) Super structure (Steel)	ton	74
3) Sub structure (Concrete)	m3	350
4) Steel pile	m	450
(7) Railway Bridge (1 Site)		
1) Embankment	m3	5,240
2) Ballast	m3	550
3) Super structure (Steel)	ton	270
4) Sub structure (Concrete)	m3	440
5) Steel pile	m	620

表-9 優先プロジェクト建設費 (市場価格)

Unit : 1,000 US\$

Item	Sediment Disaster Prevention Works			Flood Disaster Prevention Works (Sediment+Flood) Disaster Prevention Works			Moji River		
	F/C	L/C	TOTAL	F/C	L/C	TOTAL	F/C	L/C	TOTAL
I Preparatory Work (5-15% of II)	1,039	1,177	2,216	198	156	354	1,237	1,333	2,570
II Construction Cost	6,926	7,846	14,772	3,959	3,125	7,084	10,885	10,971	21,856
III Compensation Cost		62	62		180	180		242	242
IV Administration Cost (5% of I + II)		849	849		372	372		1,221	1,221
V Engineering Service (10% of I + II)	1,359	340	1,699	595	149	744	1,954	489	2,443
VI Physical Contingency (15% of I+II+III+IV+V)	1,399	1,541	2,940	713	597	1,310	2,111	2,138	4,250
VII Price Contingency (F/C 3%, L/C 3%)	1,490	1,642	3,133	760	637	1,396	2,250	2,279	4,529
Total	12,213	13,457	25,670	6,224	5,216	11,440	18,437	18,673	37,111

付 図

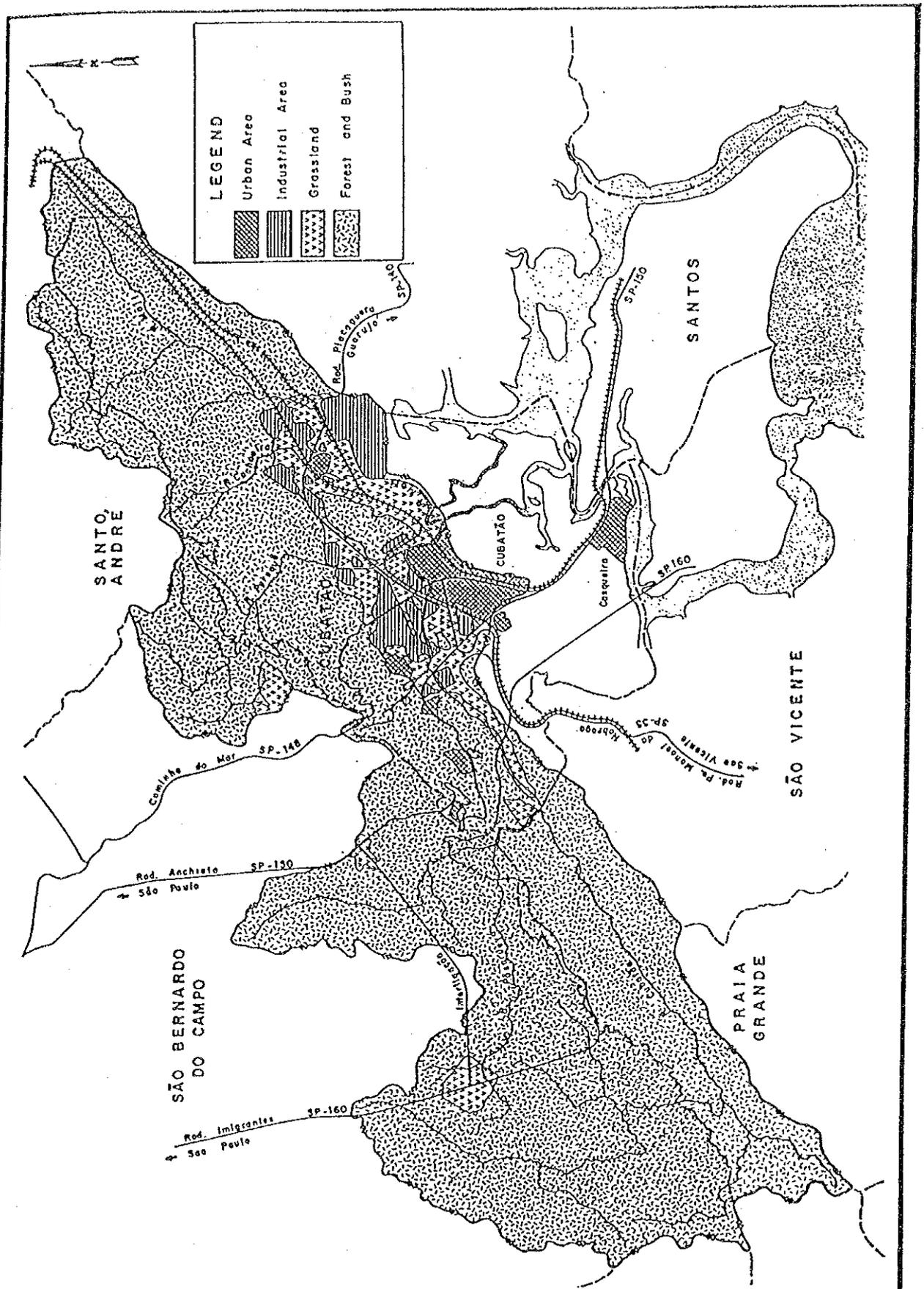


图-1  
土地利用图(1990)

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

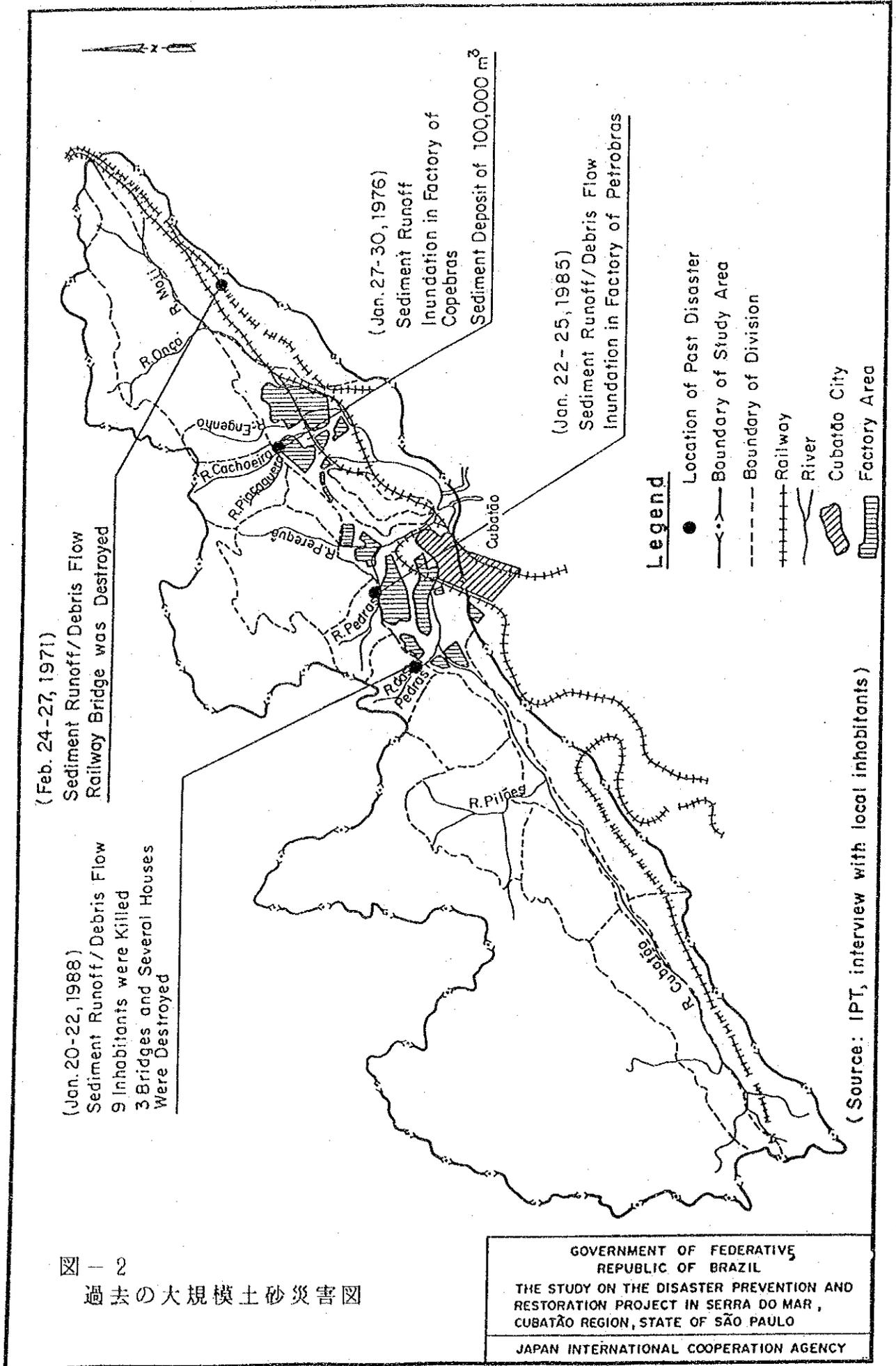
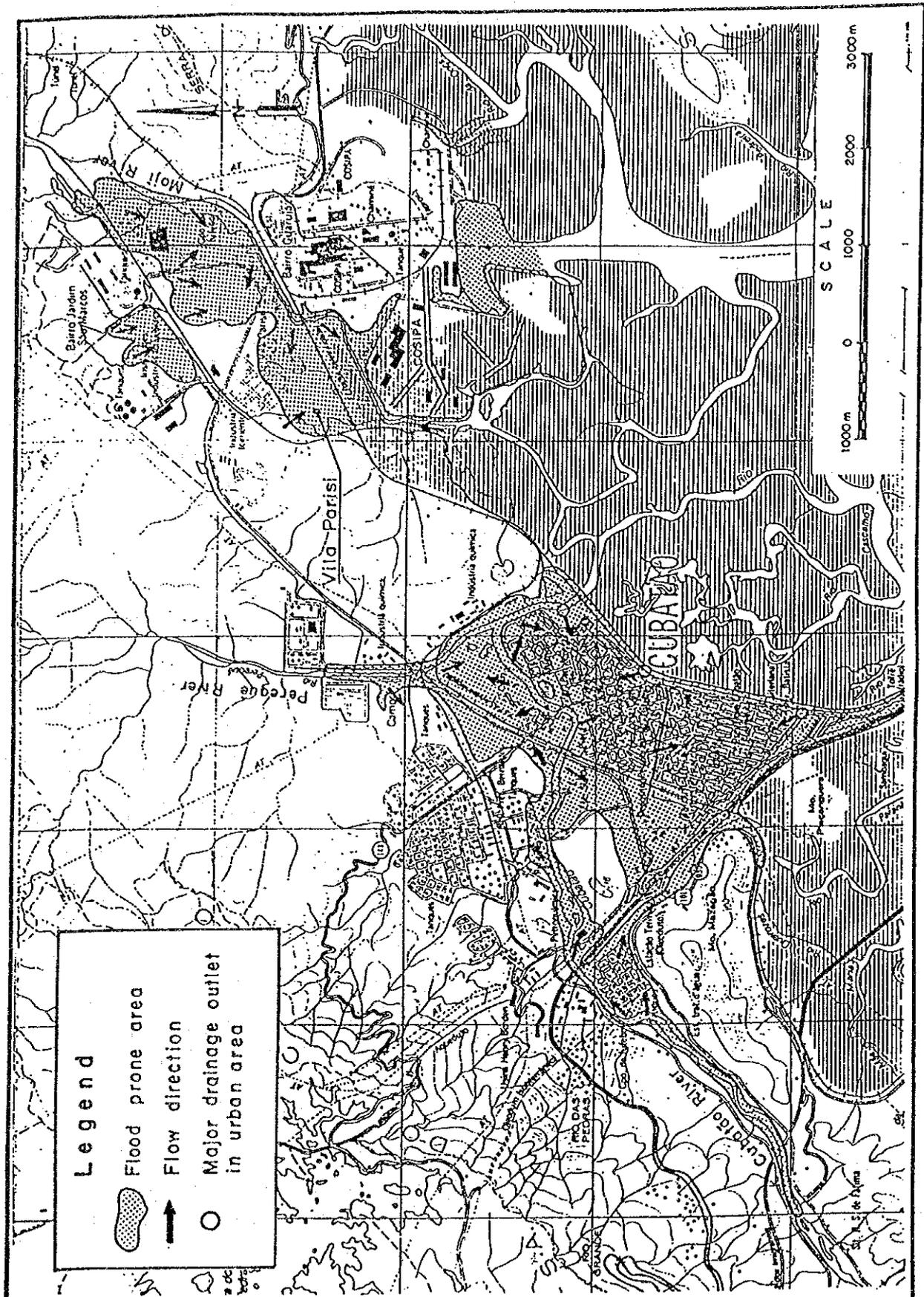


図 - 2

過去の大規模土砂災害図

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



**Legend**

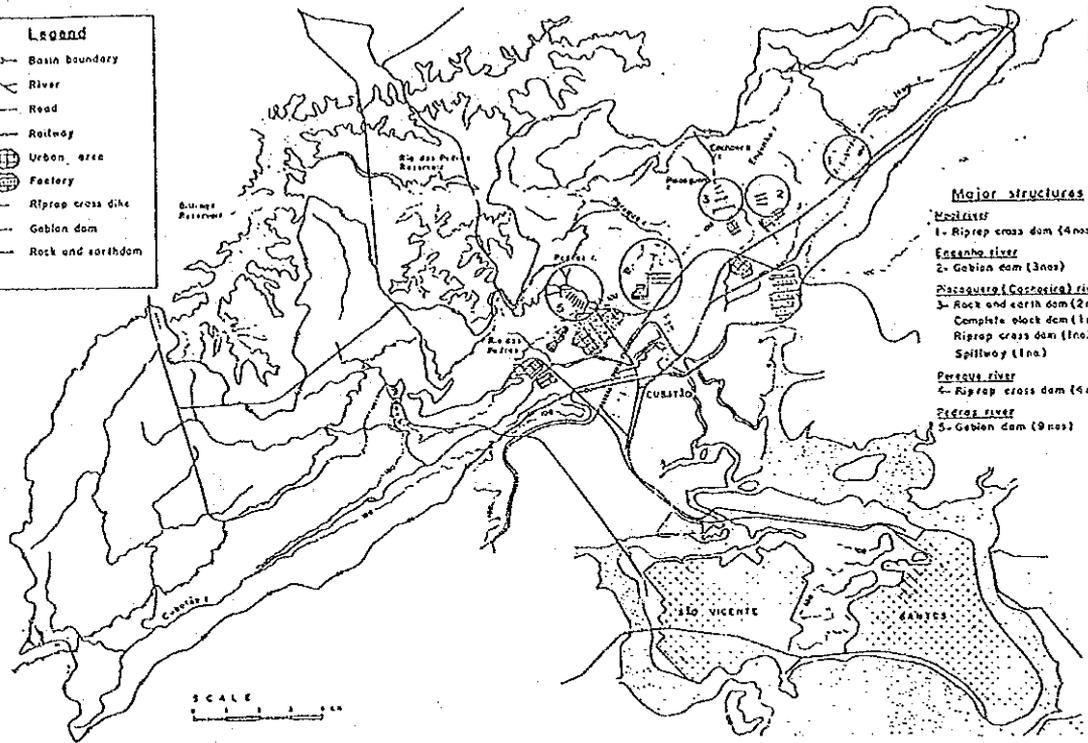
-  Flood prone area
-  Flow direction
-  Major drainage outlet in urban area

図-3  
洪水氾らん想定図

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

## Sediment Runoff Control

- Legend**
- Basin boundary
  - River
  - Road
  - Railway
  - Urban area
  - Factory
  - Riprap cross dike
  - Gabion dam
  - Rock and earth dam

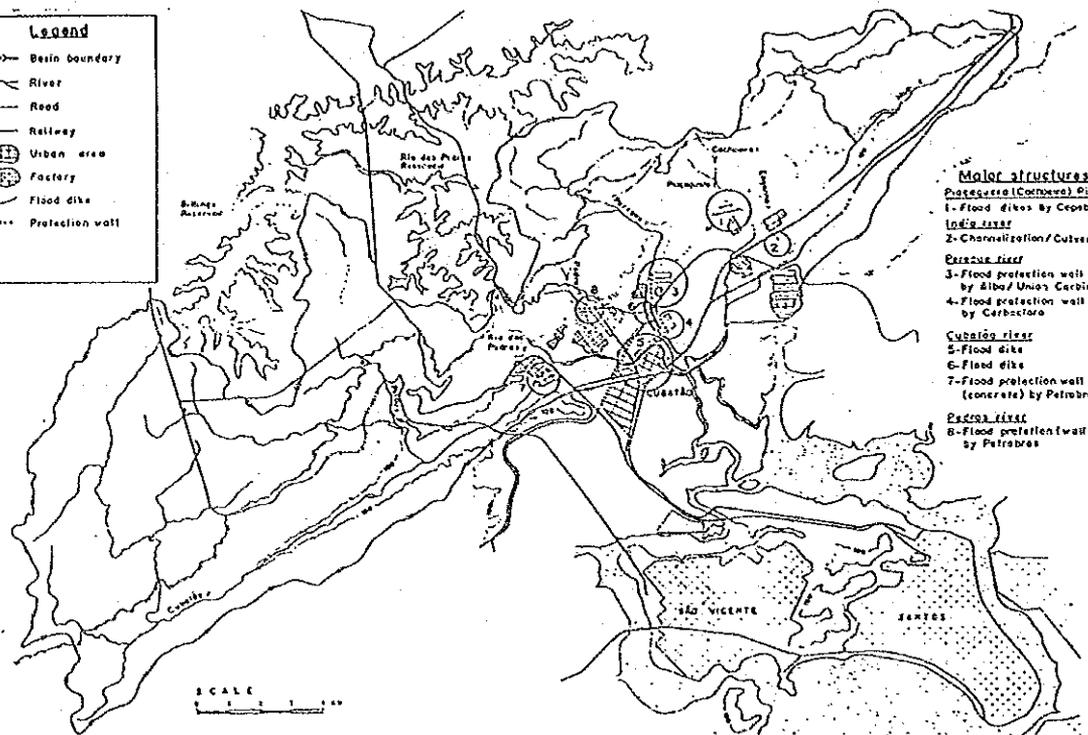


**Major structures**

- Paraíba do Sul river**  
 1- Riprap cross dam (4 nos.)  
**Engano river**  
 2- Gabion dam (3 nos.)  
**Passatung (Cococara) river**  
 3- Rock and earth dam (2 nos.)  
 Complete block dam (1 no.)  
 Riprap cross dam (1 no.)  
 Spillway (1 no.)  
**Pereira river**  
 4- Riprap cross dam (4 nos.)  
**Pedra river**  
 5- Gabion dam (9 nos.)

## Flood Control

- Legend**
- Basin boundary
  - River
  - Road
  - Railway
  - Urban area
  - Factory
  - Flood dike
  - Protection wall



**Major structures**

- Passatung (Cococara) river**  
 1- Flood dikes by Copobras  
**Engano river**  
 2- Charcoalization/Culvert  
**Pereira river**  
 3- Flood protection wall by São Vicente  
 4- Flood protection wall by Carbacora  
**Cubatão river**  
 5- Flood dike  
 6- Flood dike  
 7- Flood protection wall (concrete) by Petróbras  
**Pedra river**  
 8- Flood protection wall by Petróbras

図-4  
災害対策構造物

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
 REPUBLIC OF BRAZIL  
 THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
 RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
 CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

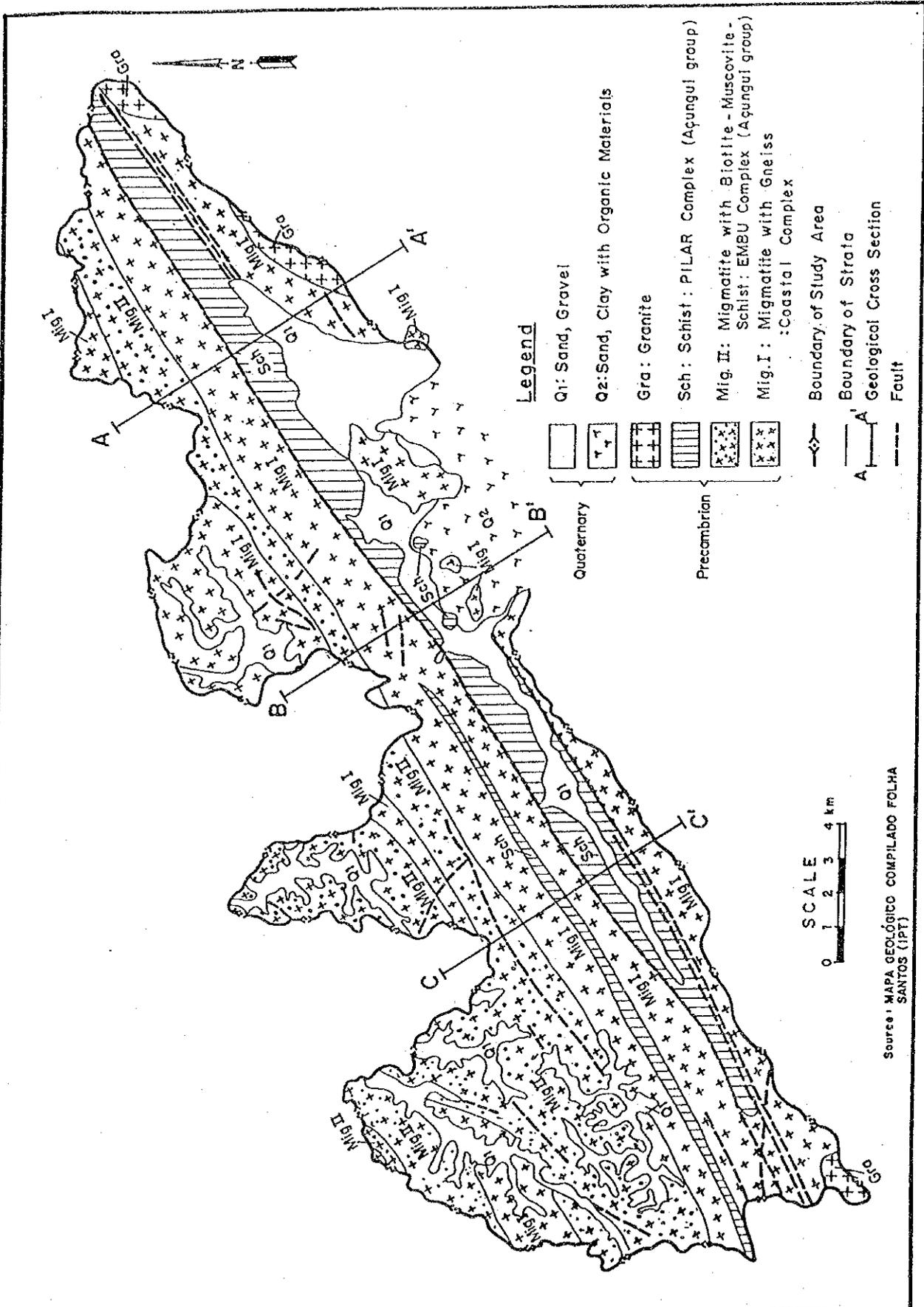
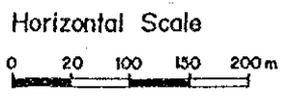
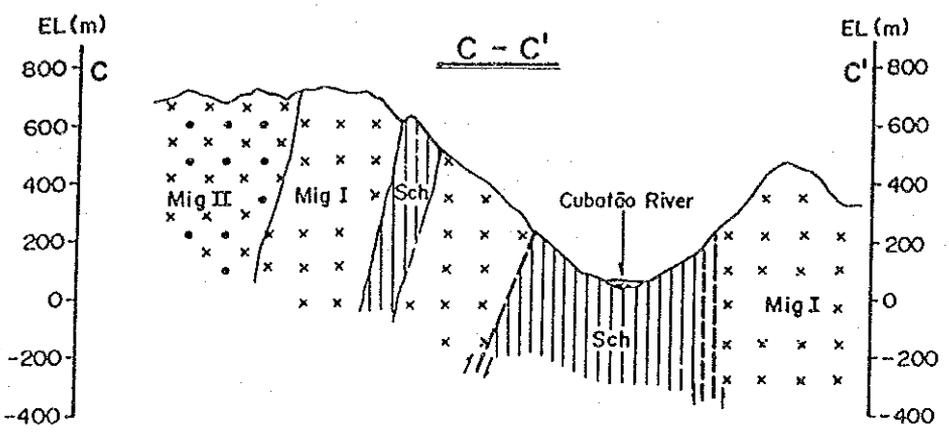
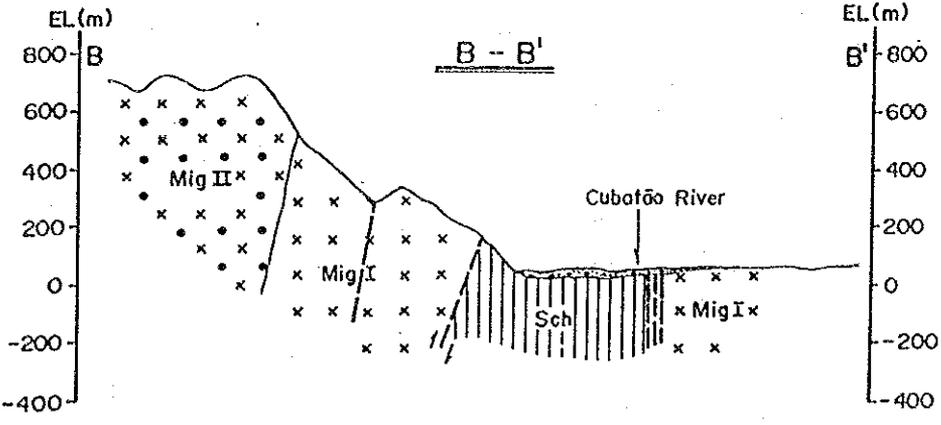
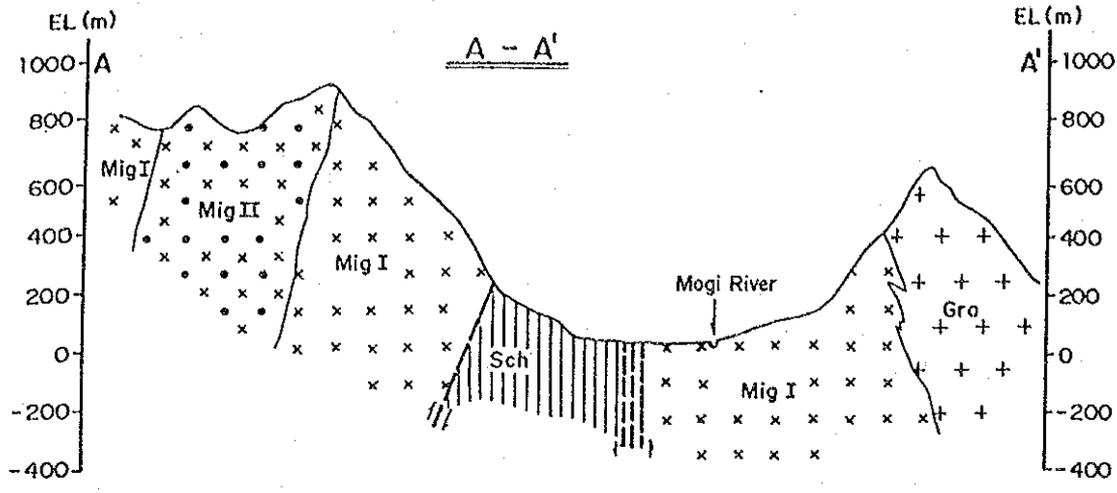


図 - 5  
調査地の地質平面図

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
 REPUBLIC OF BRAZIL  
 THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
 RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
 CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



Legend

- Quaternary
  - Q: Sand, Gravel, Clay
- Precambrian
  - Gra: Granite
  - Sch: Schist
  - Mig II: Migmatite with Biotite-Muscovite
  - Mig I: Migmatite with Gneiss
- Boundary of Strata
- - - Fault

図-6  
調査地の地質断面図

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

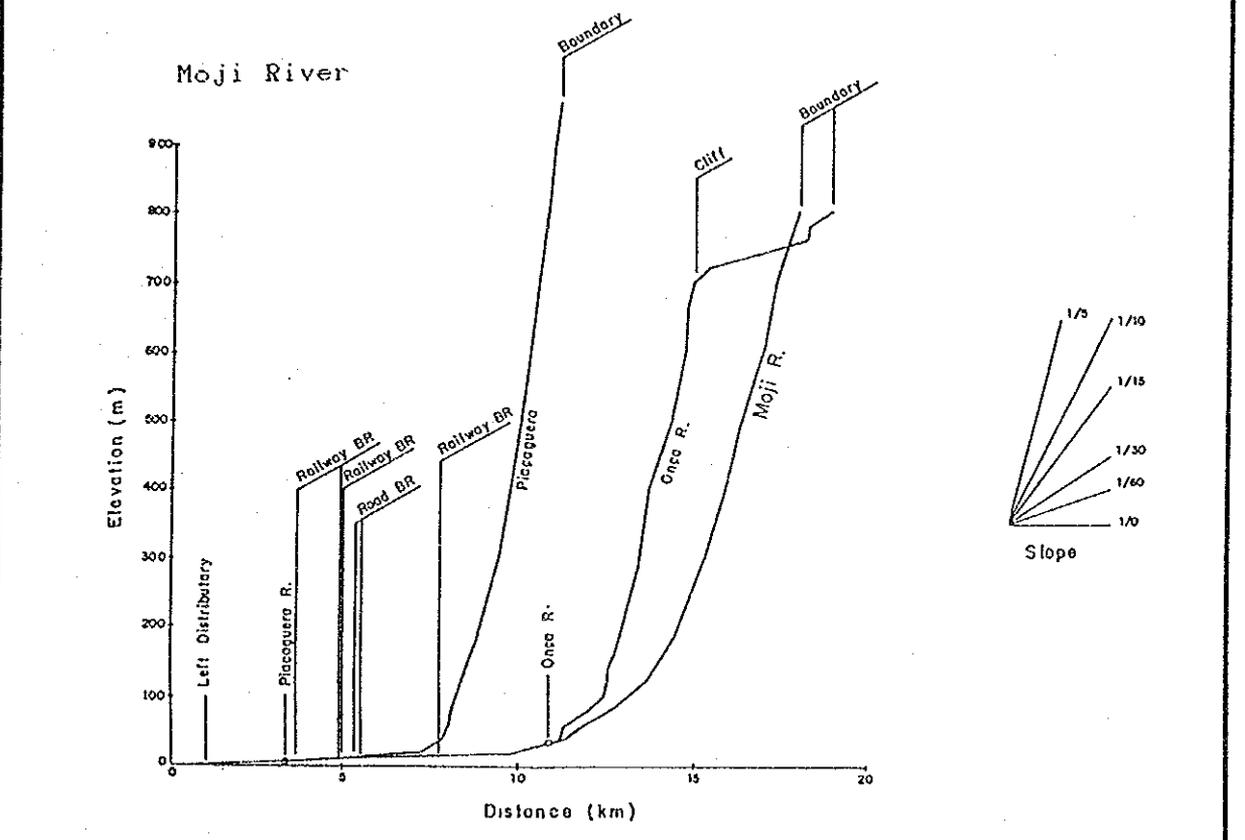
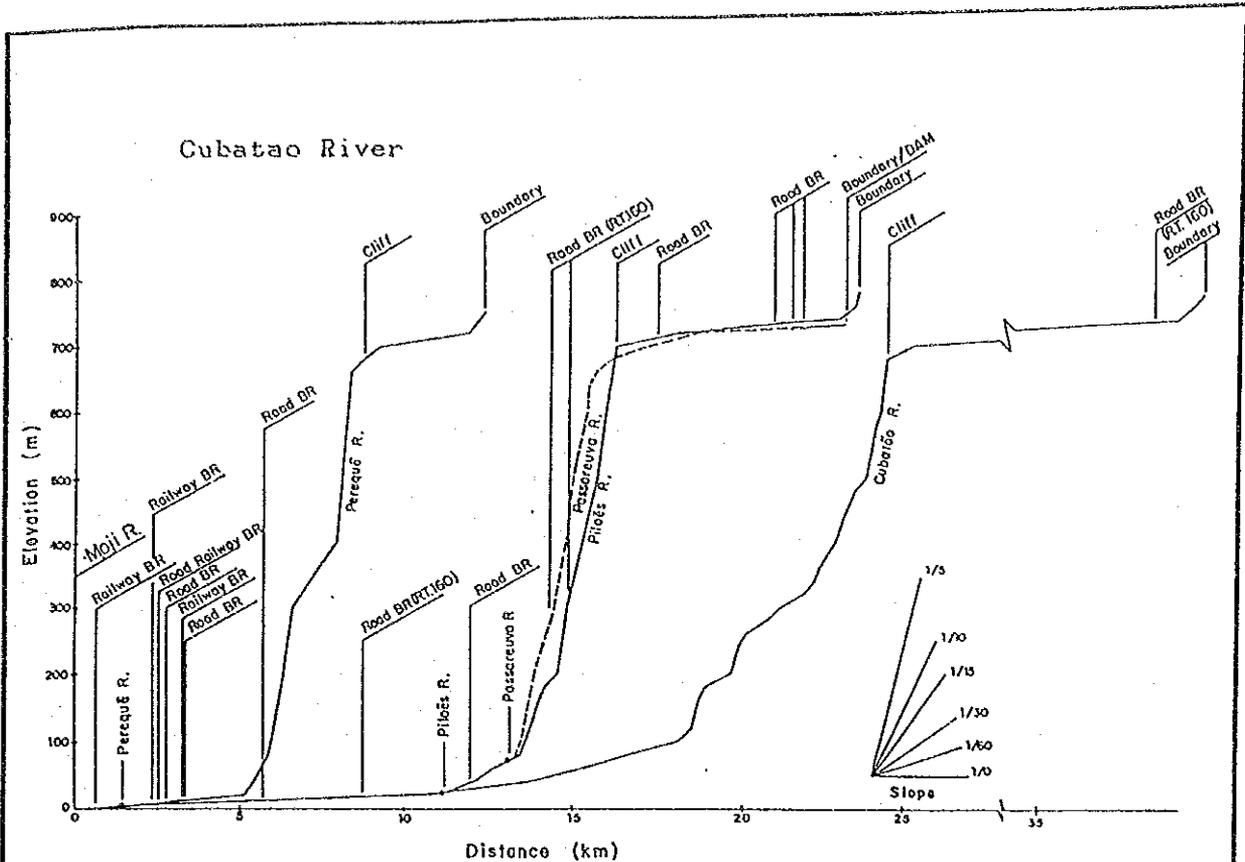
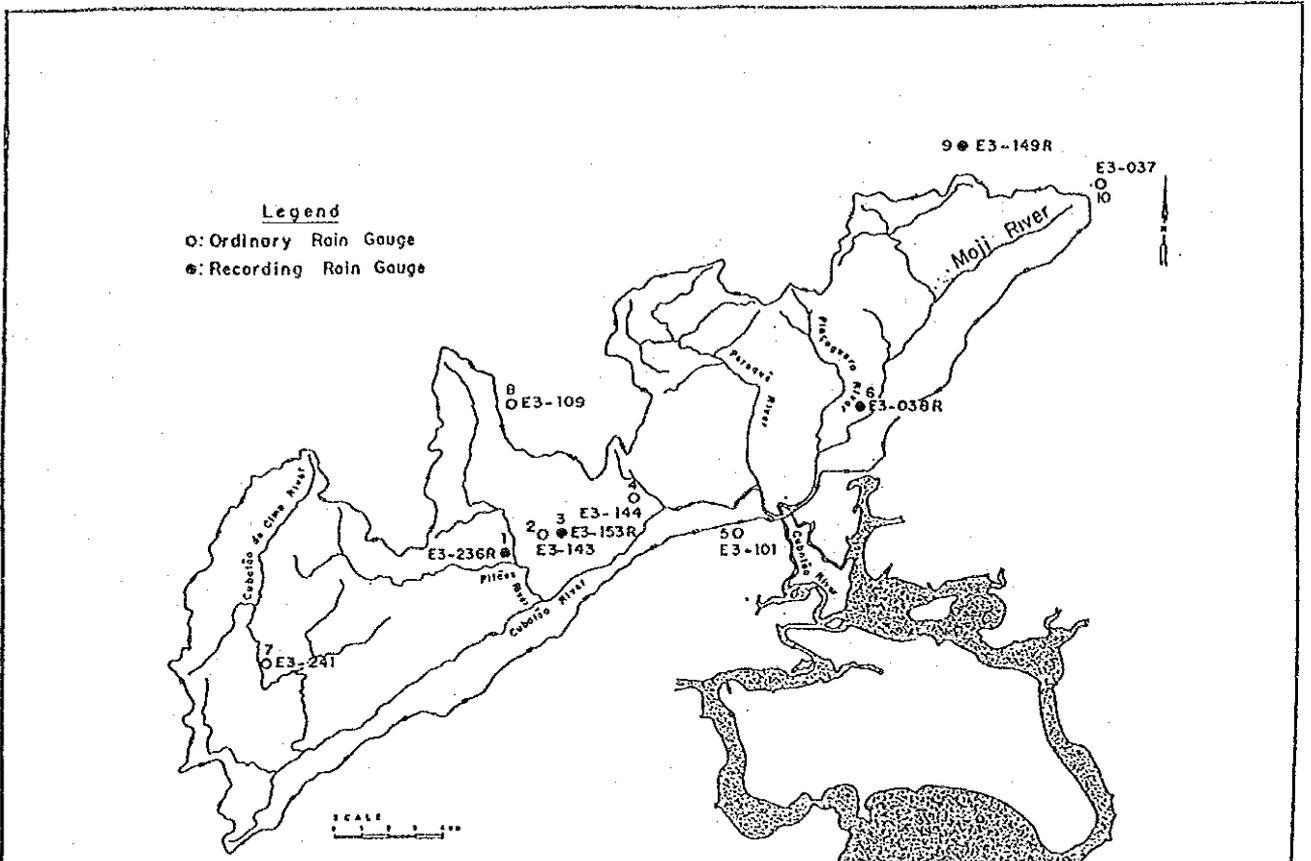
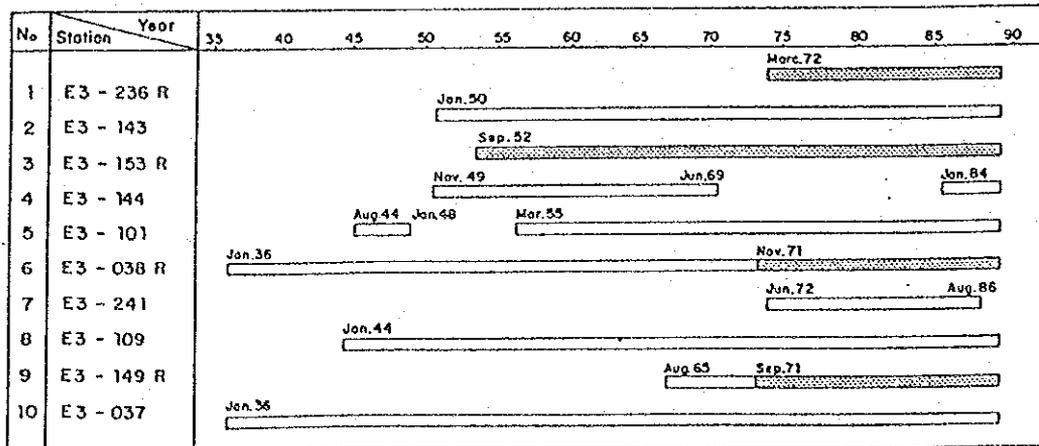


図 - 7  
河川縦断面図

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



AVAILABILITY OF RAINFALL RECORDS

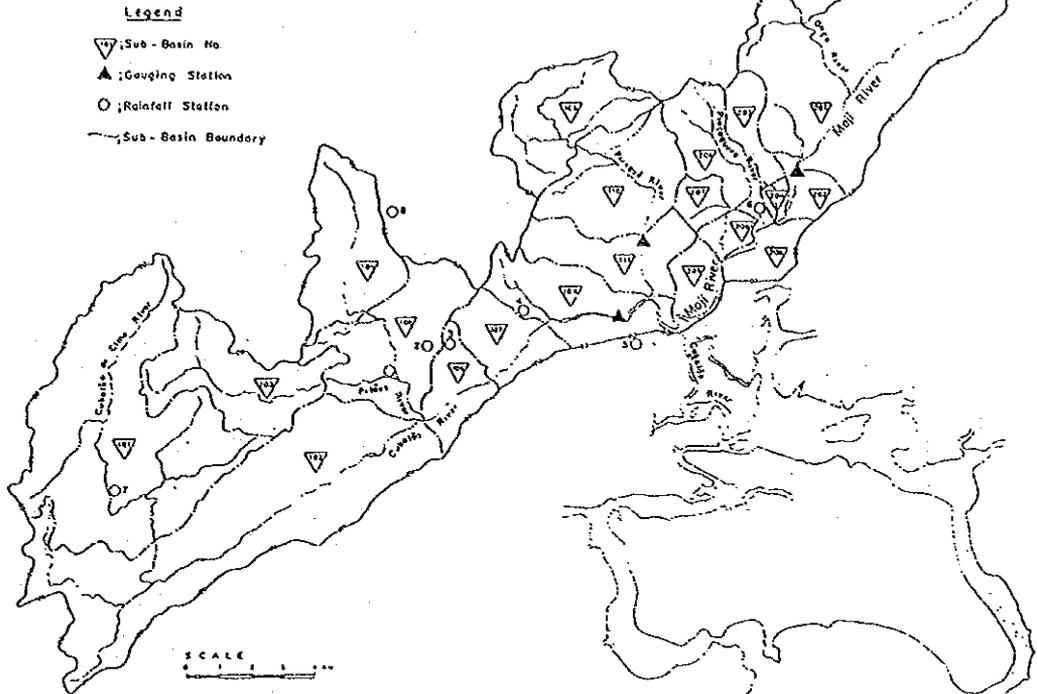


— Ordinary Rain Gauge  
 ■ Recording Rain Gauge

図 - 8  
 雨量観測所と観測期間

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
 REPUBLIC OF BRAZIL  
 THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
 RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
 CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

DIVISION OF RIVER BASIN FOR ESTIMATION OF FLOOD RUNOFF



FLOOD RUNOFF ESTIMATION MODEL DIAGRAM

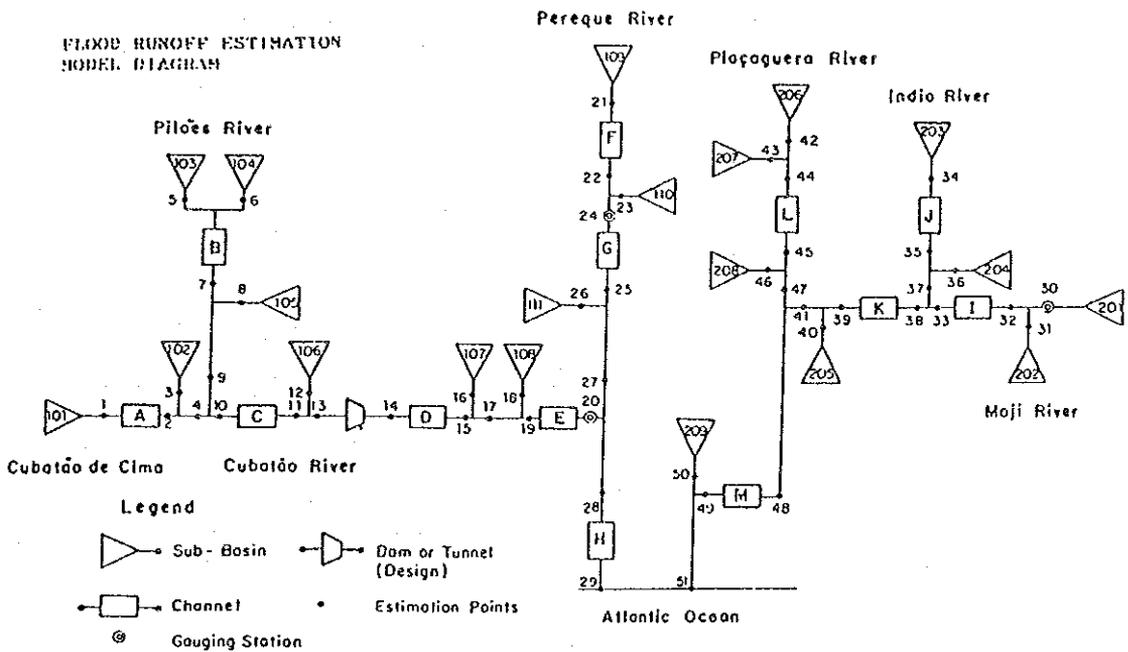
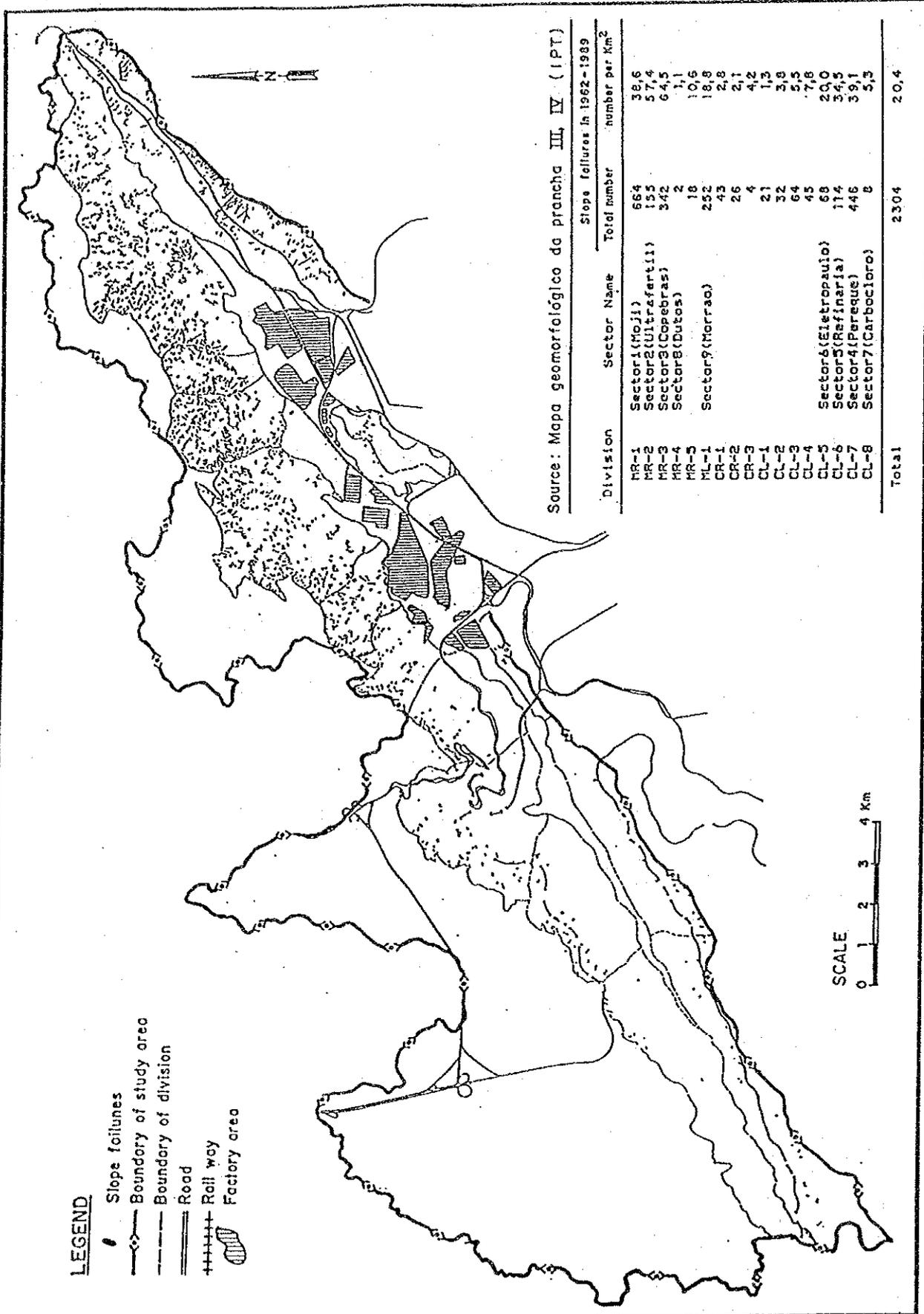


图-9  
流域分割图

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



**LEGEND**

- Slope failines
- Boundary of study area
- Boundary of division
- Road
- Rail way
- Factory area

Source: Mapa geomorfológico da prancha III, IV (IPT)

Division	Sector Name	Slope failures in 1962-1989	
		Total number	number per Km <sup>2</sup>
MR-1	Sector1(Moju)	664	38,6
MR-2	Sector2(Uiterafertii)	155	57,4
MR-3	Sector3(Copebras)	342	64,5
MR-4	Sector4(Dutos)	2	1,1
MR-5		18	10,6
ML-1	Sector9(Morrao)	252	18,3
CR-1		43	2,8
CR-2		26	2,1
CR-3		4	4,2
CL-1		21	1,5
CL-2		32	3,9
CL-3		64	5,5
CL-4		45	7,8
CL-5	Sector6(Eletropaulo)	68	20,0
CL-6	Sector5(Refinaria)	114	34,5
CL-7	Sector4(Pereque)	446	39,1
CL-8	Sector7(Carbocloro)	8	5,3
<b>Total</b>		<b>2304</b>	<b>20,4</b>

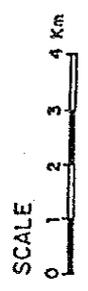


図-10 過去の斜面崩壊分布図 (1962-1989年)

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

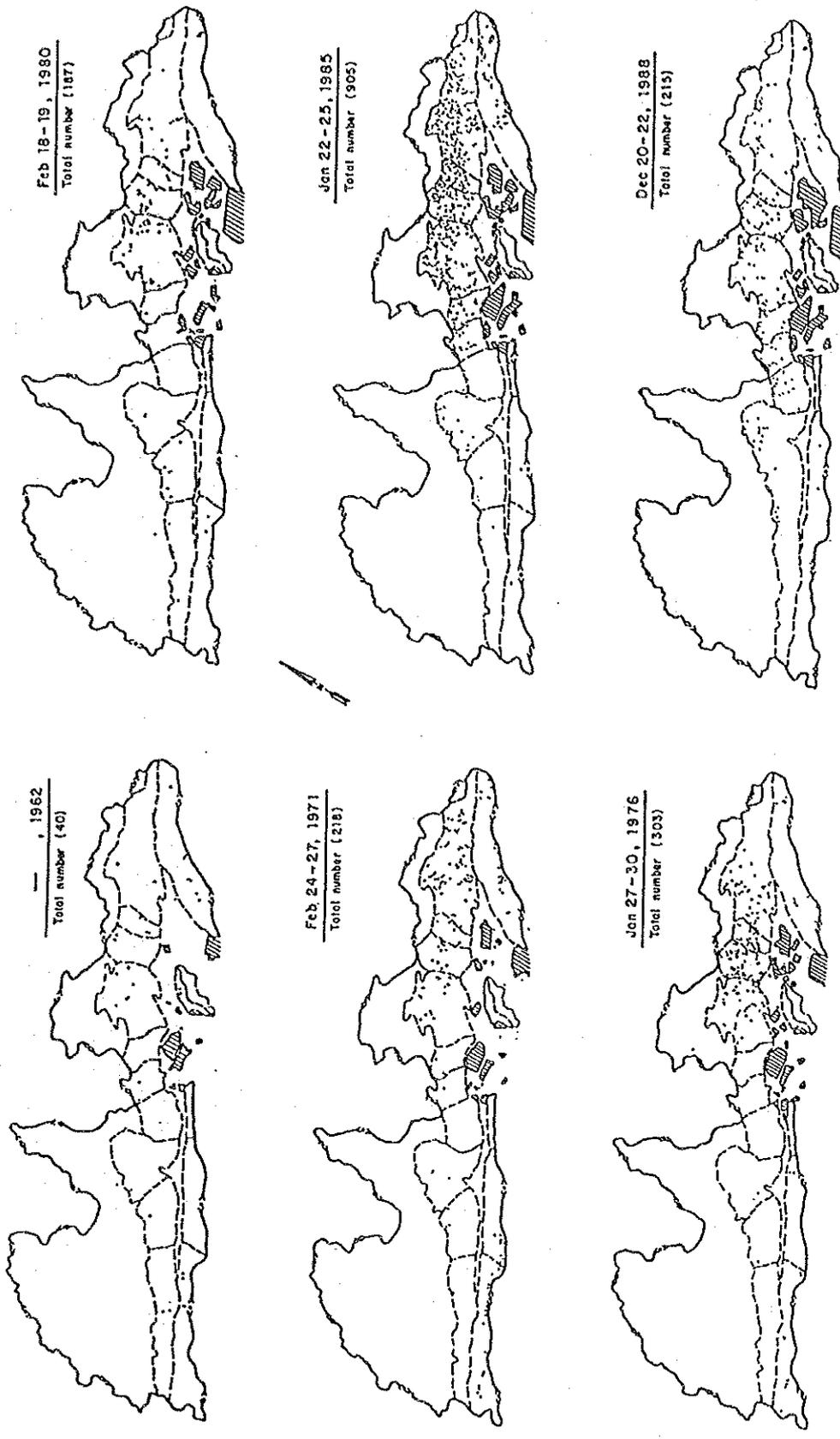


图-11  
主要斜面崩塌分布图

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

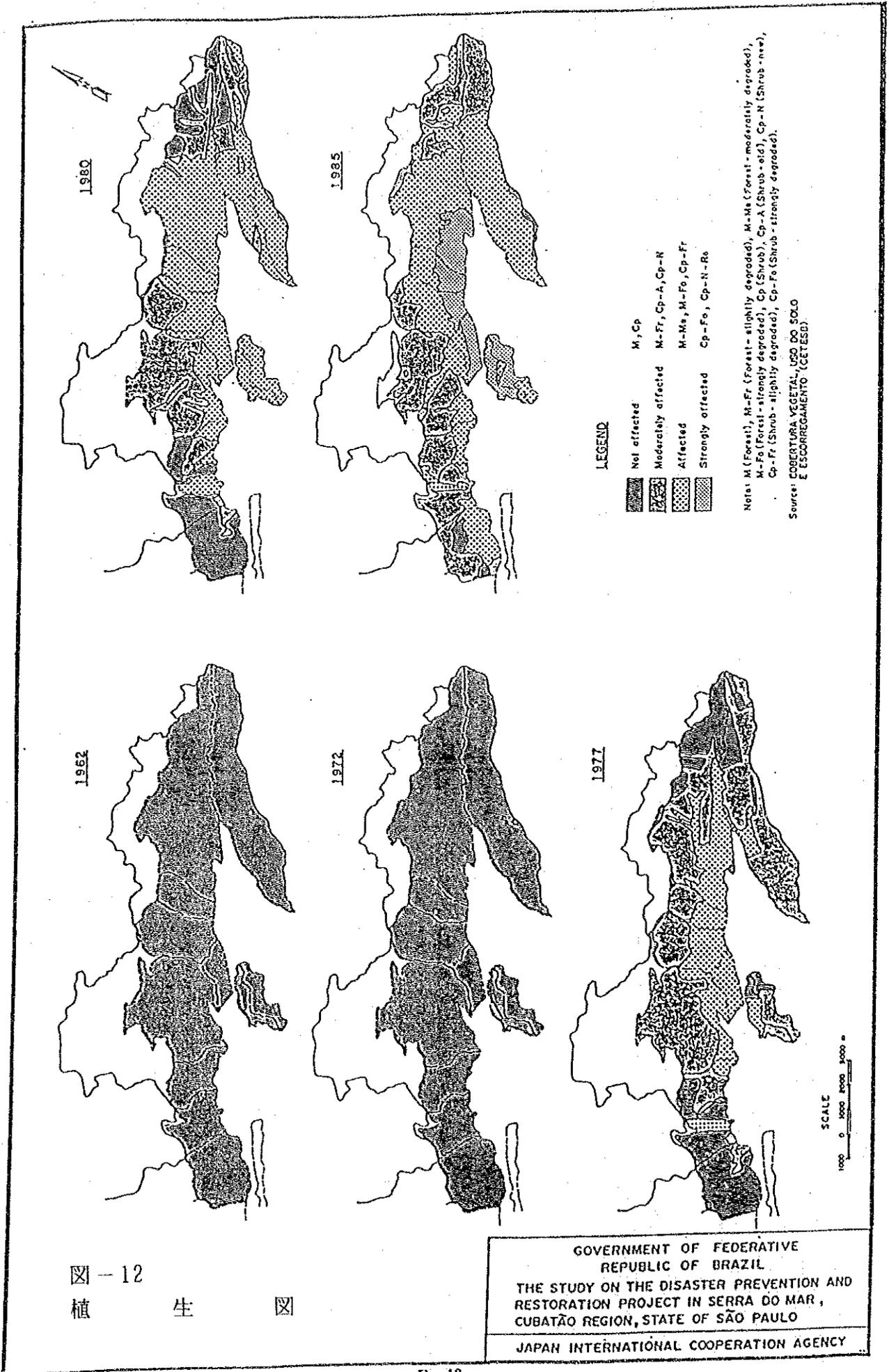


图-12  
植 生 图

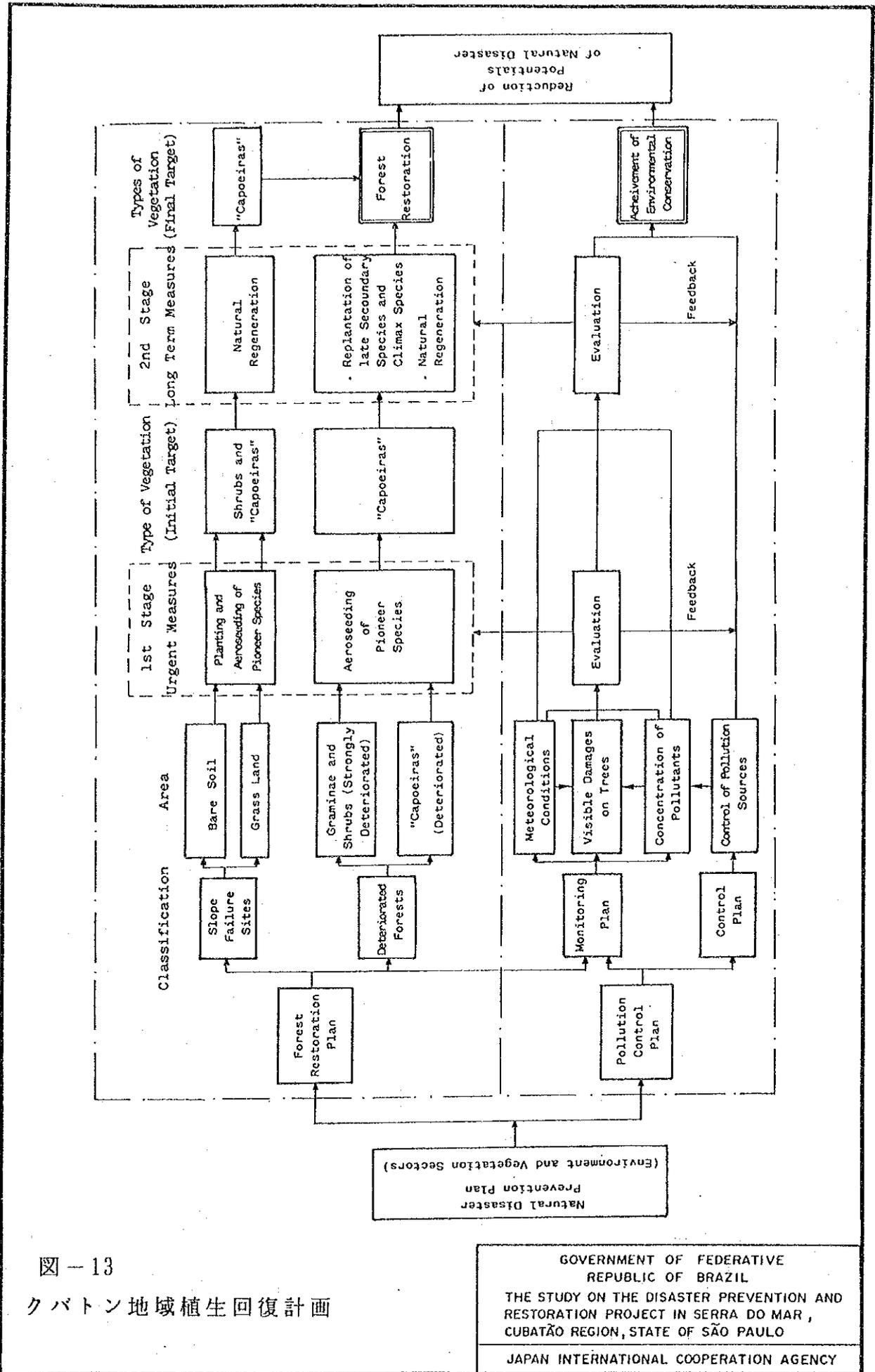


図-13

クバトン地域植生回復計画

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
 REPUBLIC OF BRAZIL  
 THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
 RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
 CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

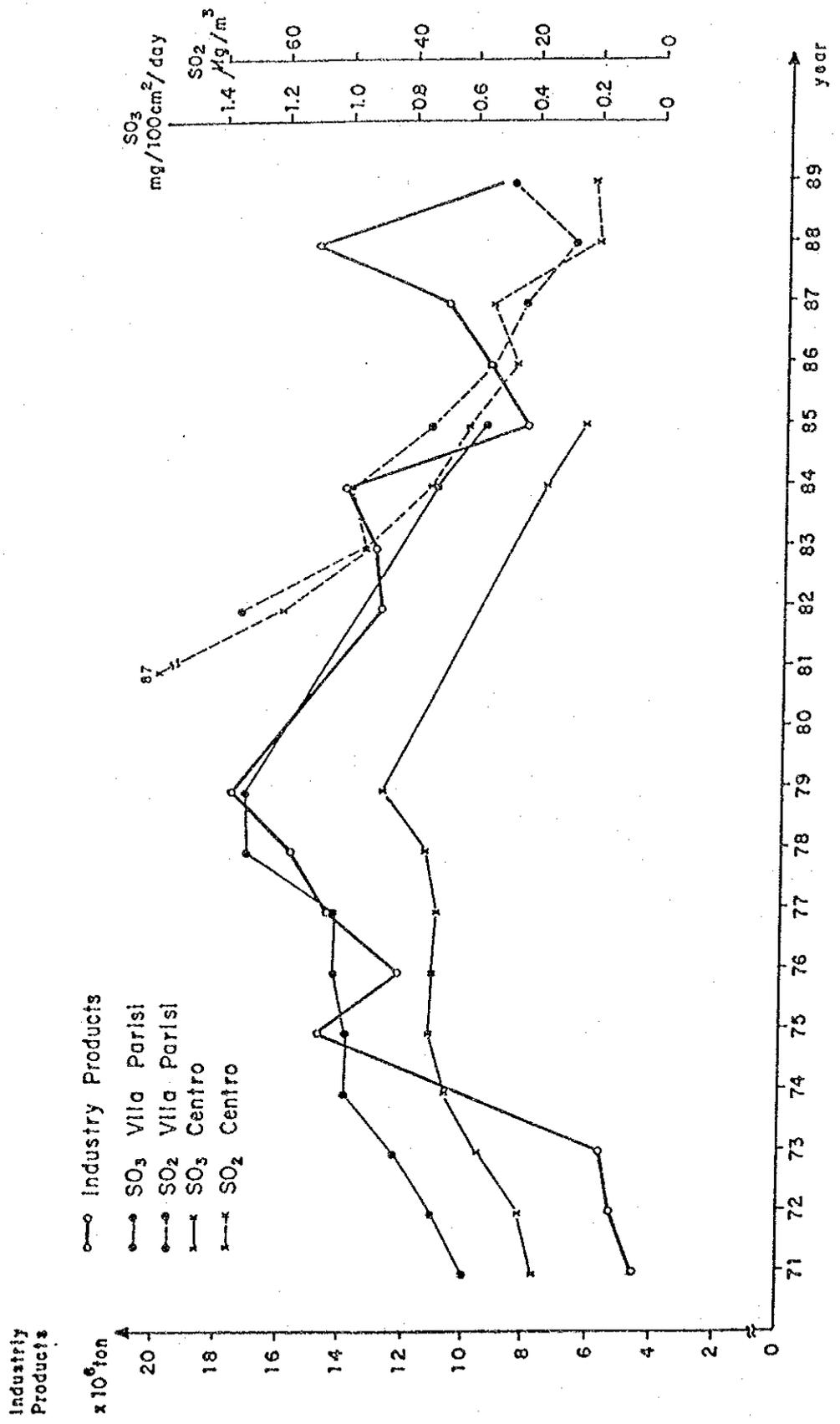


図-14  
工業生産高とSO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub>の年変化

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

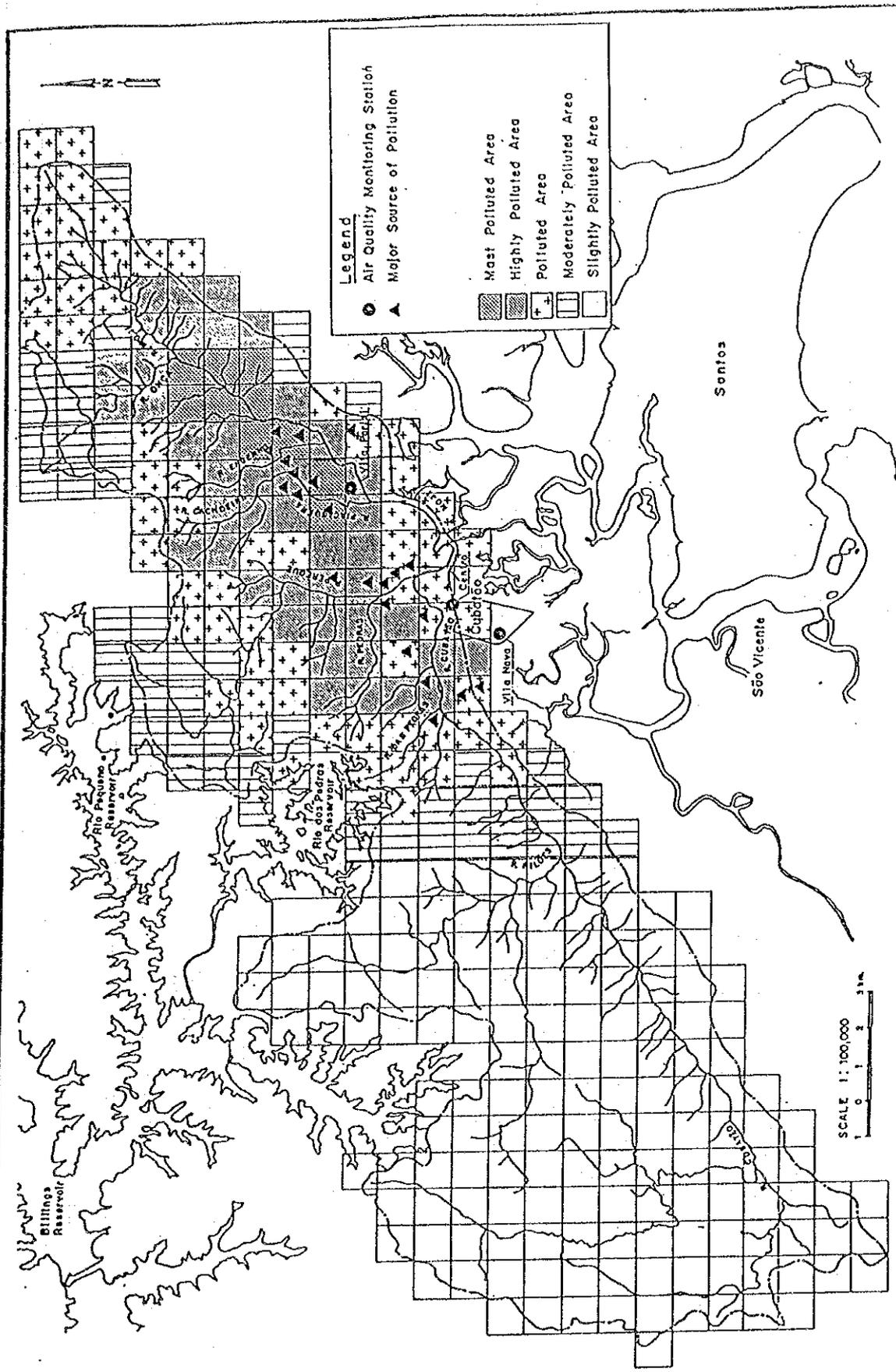


Fig. DISTRIBUTION OF THE POLLUTION INTENSITY IN THE STUDY AREA

Source: JICA Study Team

図-15  
大気汚染マップ

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

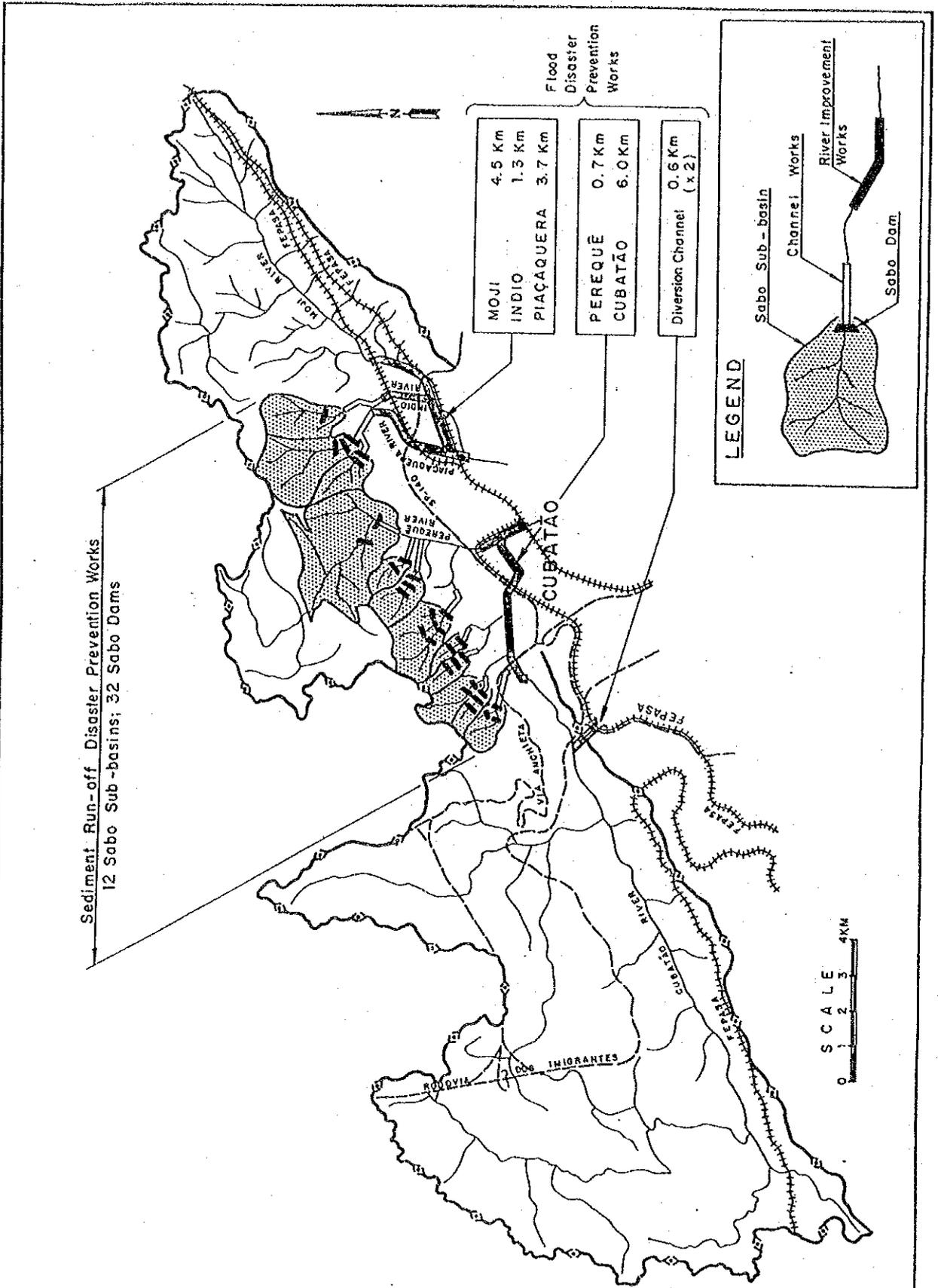
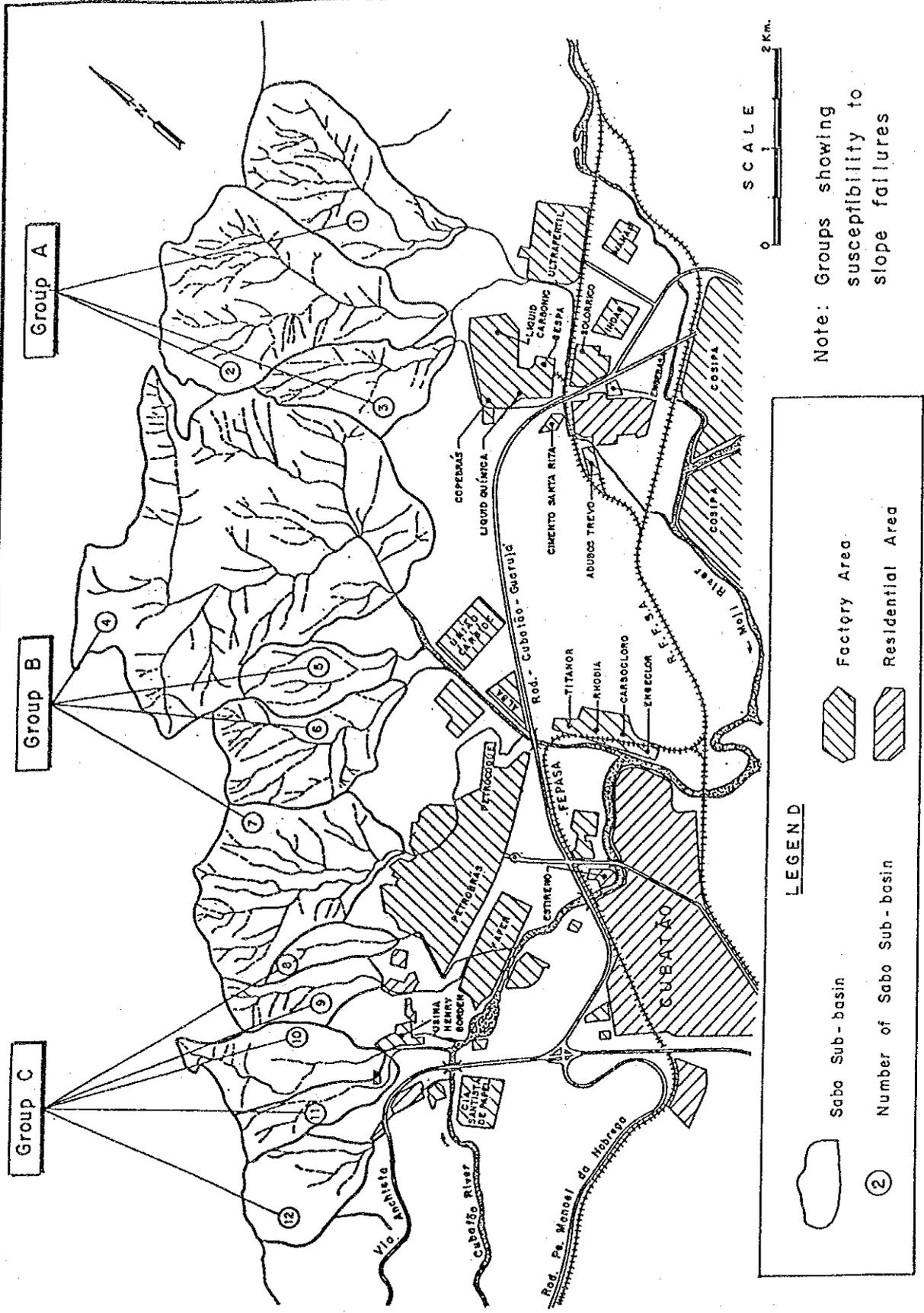


図-16

マスタープラン計画概念図

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



Note: Groups showing to susceptibility to slope failures

LEGEND

Sabo Sub-basin

Number of Sabo Sub-basin

Factory Area

Residential Area

图 - 17

土砂災害対策小流域

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

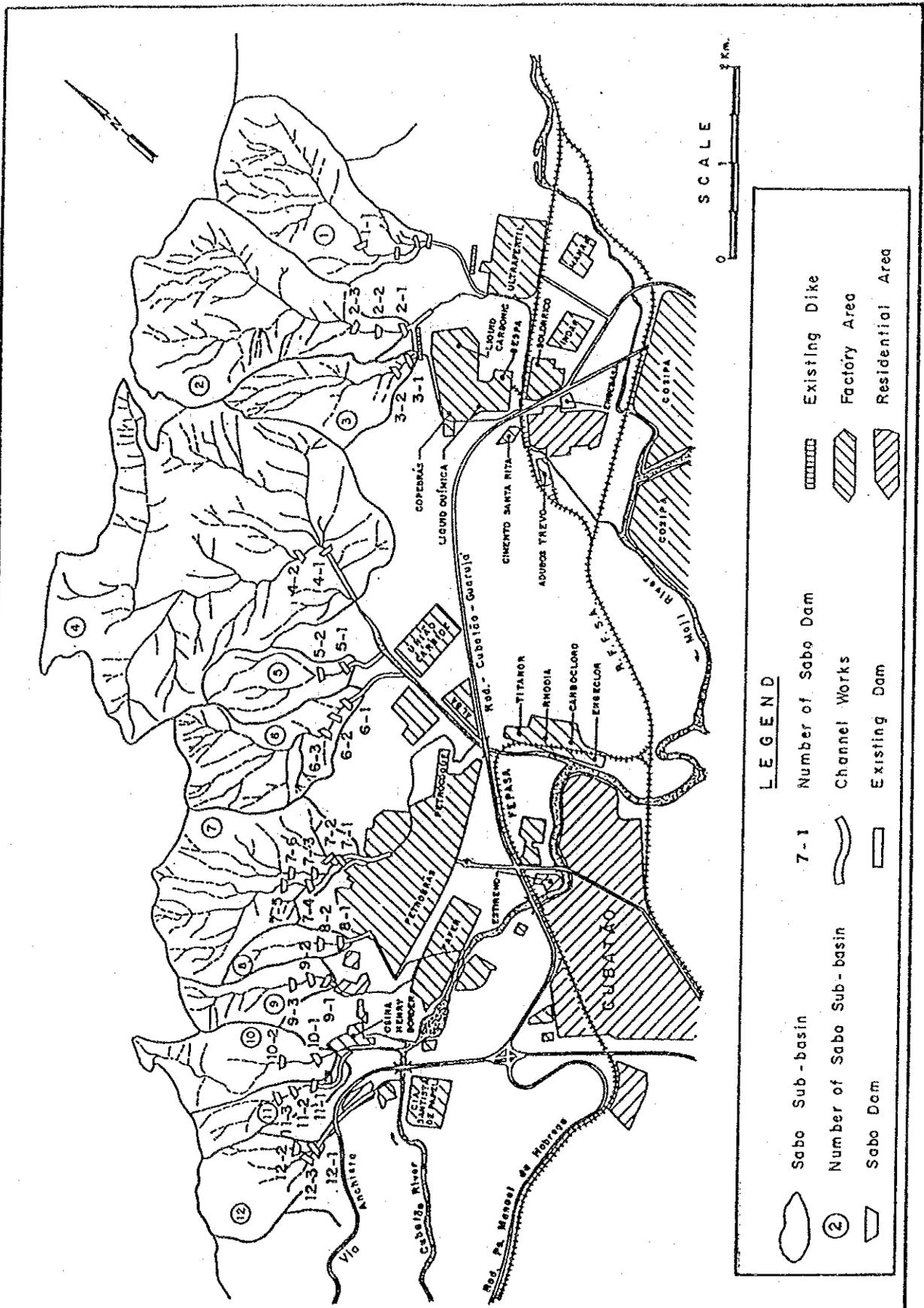


图-18  
土砂災害対策施設配置図

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL

THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO

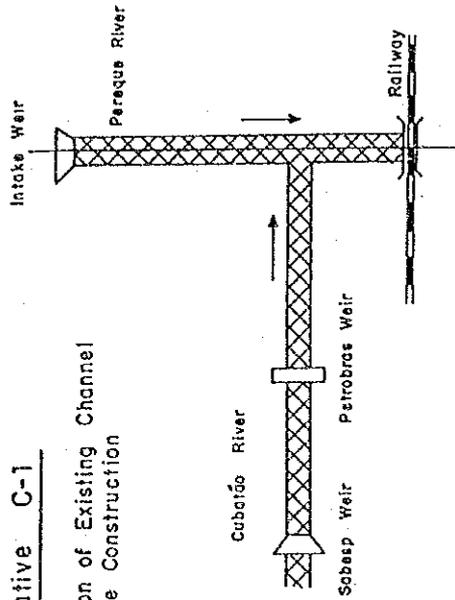
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



### Cubatão River System

#### Alternative C-1

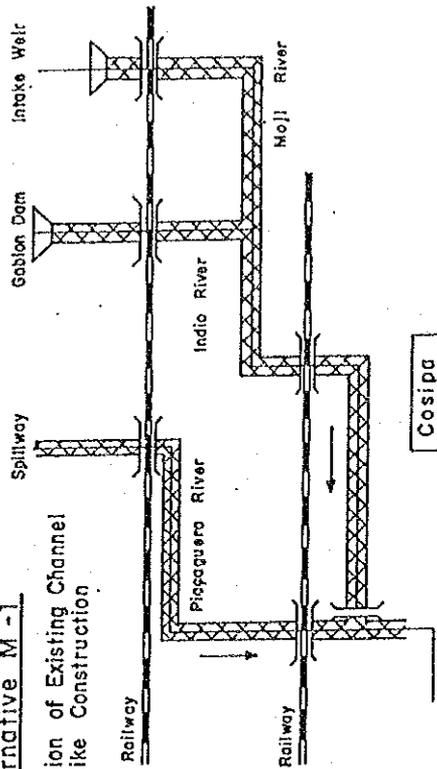
Excavation of Existing Channel and Dike Construction



### Moji River System

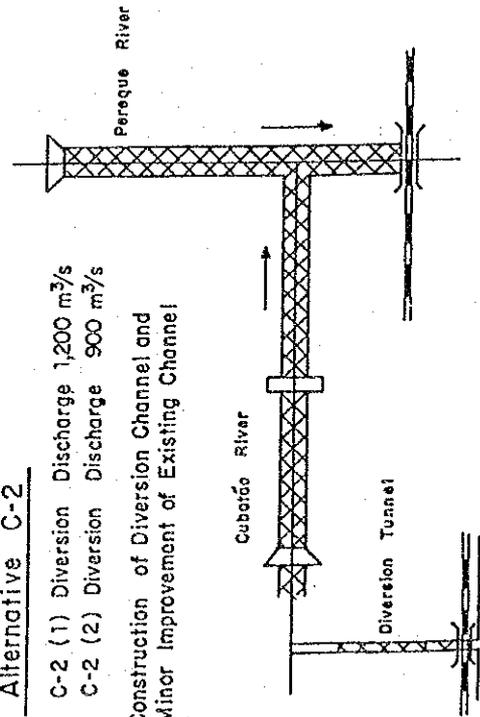
#### Alternative M-1

Excavation of Existing Channel and Dike Construction



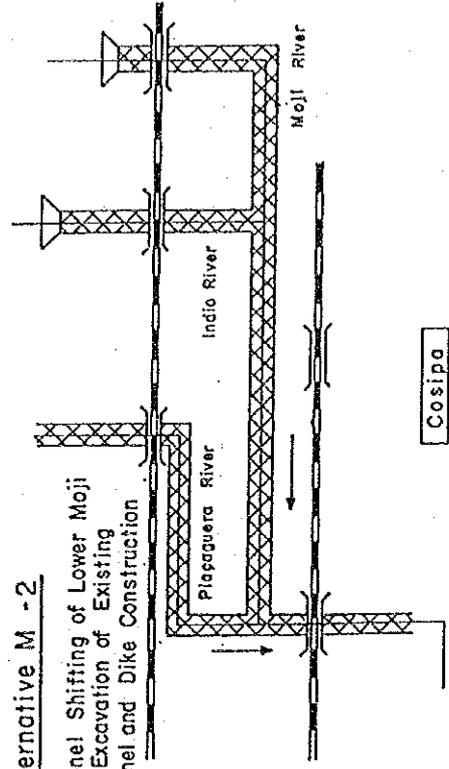
#### Alternative C-2

C-2 (1) Diversion Discharge 1,200 m<sup>3</sup>/s  
 C-2 (2) Diversion Discharge 900 m<sup>3</sup>/s  
 Construction of Diversion Channel and  
 Minor Improvement of Existing Channel



#### Alternative M-2

Channel Shifting of Lower Moji and Excavation of Existing Channel and Dike Construction



Note:  Stretched to be Improved

图 - 20

洪水災害対策比較案

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
 REPUBLIC OF BRAZIL  
 THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
 RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
 CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

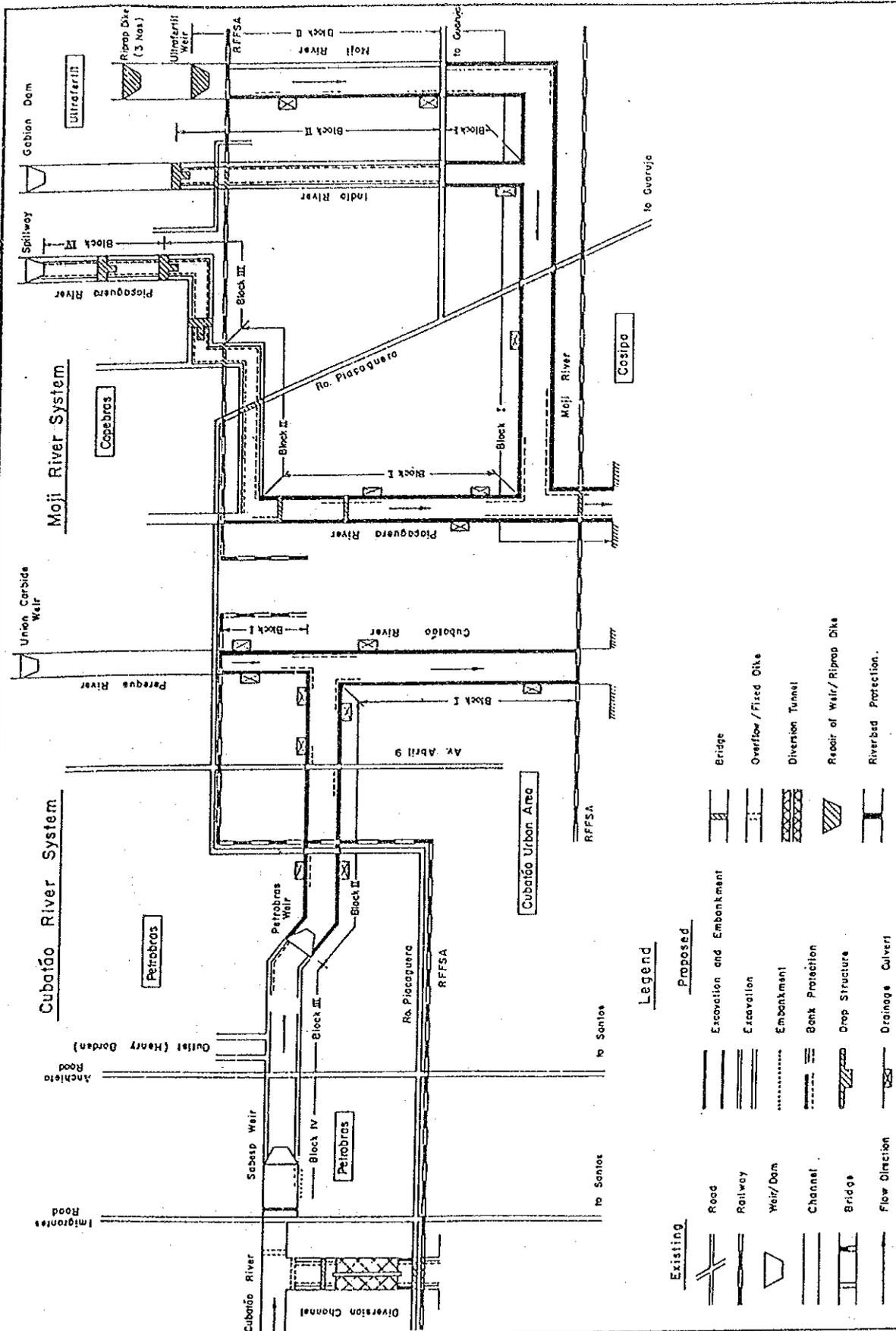


図-21

洪水災害対策の概念図

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL

THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

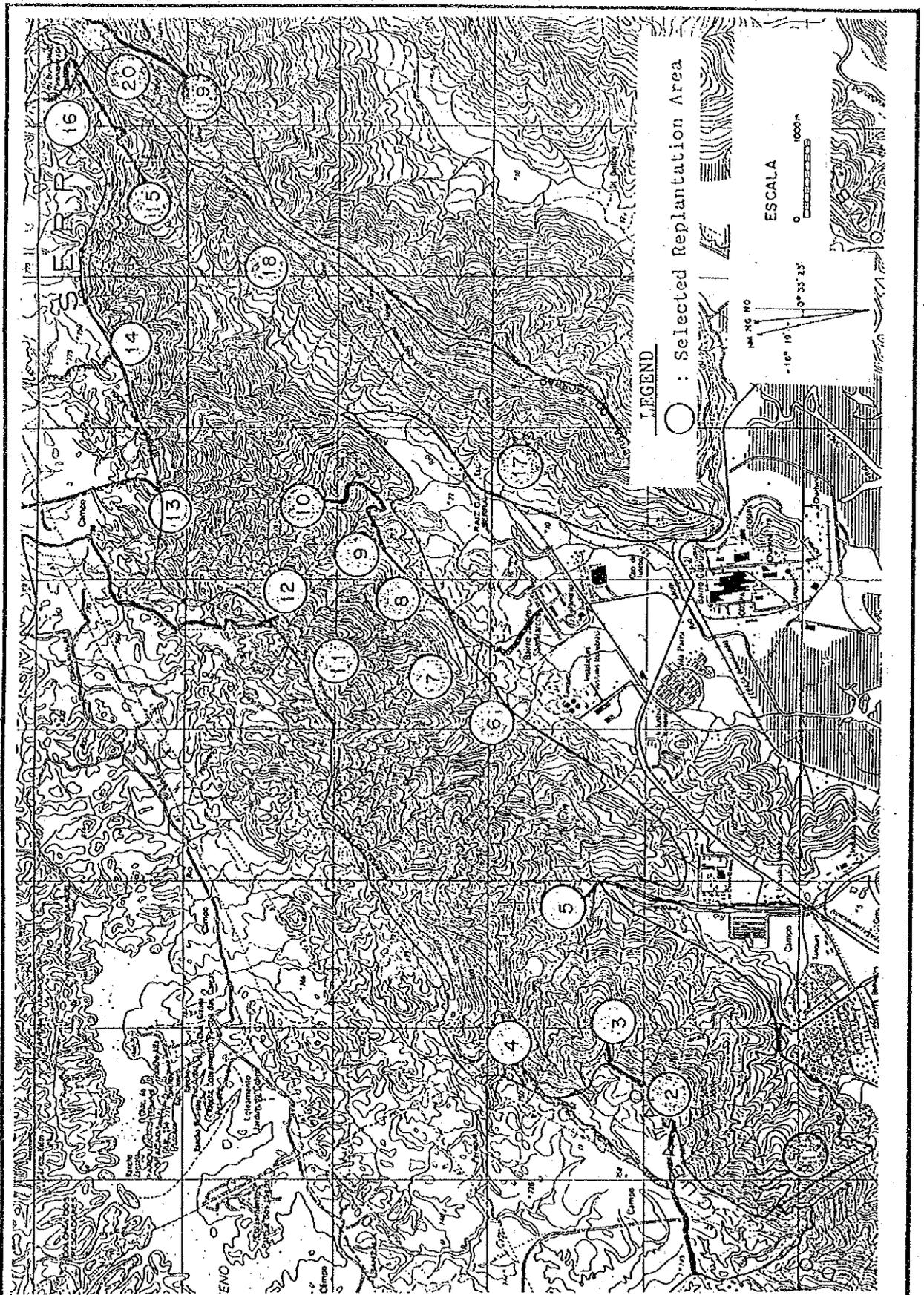


图-22

植栽对象地域

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

	1st Year	2nd Year	3rd Year	4th Year	5th Year	6th Year	7th Year	8th Year	9th Year	10th Year
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1. STAGE-I (Priority Project)	F/S I/P Appraisal E/N	D/D	Contract Tendering	Construction						
2. STAGE-II				Review I/P Appraisal E/N	D/D	Contract Tendering			Construction	

F/S : Feasibility Study    E/N : Exchange of Note  
I/P : Implementation Program    D/D : Detailed Design

図 - 23  
実施スケジュール  
(土砂災害対策、洪水災害対策)

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

work items	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Selection of 20 wood areas	▨										
Selection of tree species	▨										
Seedlings production		▨	▨	▨							
Service road restoration			▨	▨							
Topographic works			▨	▨							
Planting works			▨	▨							
Maintenance works			▨	▨							
Management works	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Monitoring in field			▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Monitoring by aerophotos						▨				▨	

図-24

実施スケジュール (植生回復計画)

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO

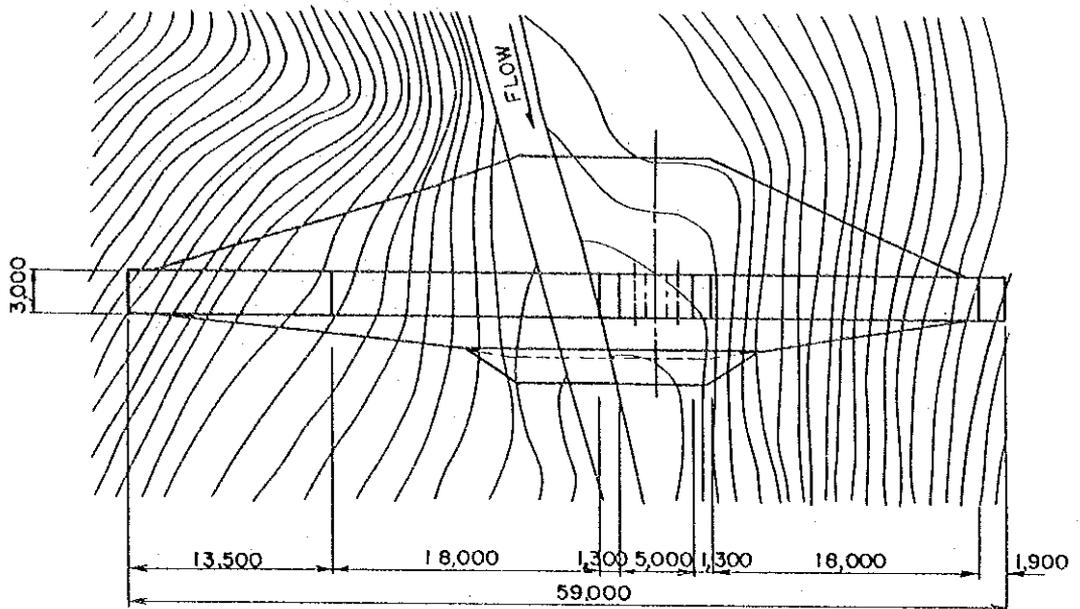
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



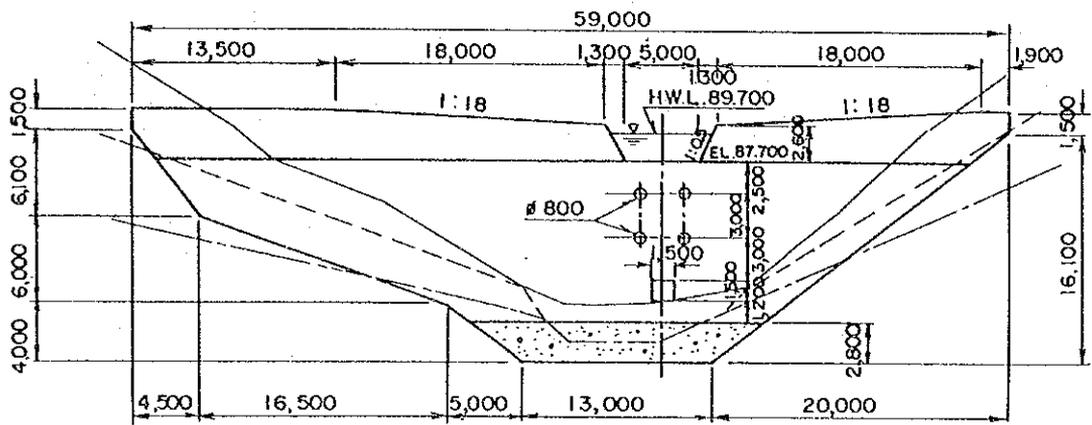




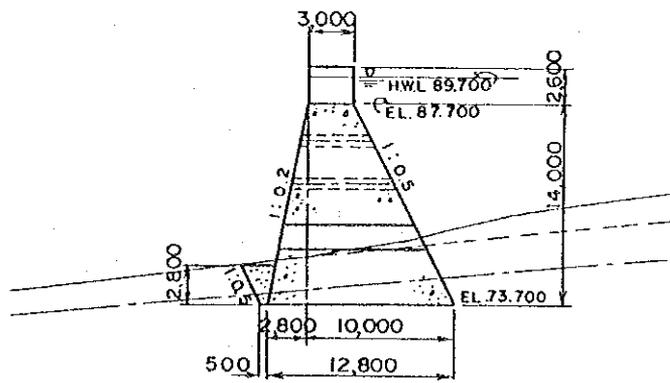




PLAN SCALE A



FRONT VIEW SCALE A



STANDARD CROSS SECTION SCALE A

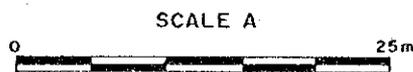


図 - 26  
砂防ダムの基本設計図 ( 4 / 9 )

GOVERNMENT OF FEDERATIVE  
REPUBLIC OF BRAZIL  
THE STUDY ON THE DISASTER PREVENTION AND  
RESTORATION PROJECT IN SERRA DO MAR,  
CUBATÃO REGION, STATE OF SÃO PAULO  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY