

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

LIBRARY  
703  
61.8  
SDS



ブラジル連邦共和国

# イタジャイ河流域治水計画調査

マスタープランスタディ

主報告書

JICA LIBRARY



1065350[9]

1988年1月

国際協力事業団

|                   |      |
|-------------------|------|
| 国際協力事業団           |      |
| 受入<br>月日 '88.5.16 | 208  |
| 登録<br>No. 17594   | 61.8 |
|                   | SDS  |

## 序 文

日本国政府は、ブラジル連邦共和国の要請に基づき、同国のイタジャイ河流域治水計画に関するマスタープラン調査を行う事を決定し、その実施を国際協力事業団に委託した。当事業団は、昭和61年4月から9月および昭和62年2月から8月にかけて、日本工営株式会社 大沼茂夫氏を団長とし、同コンサルタントとパシフィックコンサルタンツのメンバーによって構成される調査団を派遣した。

調査団は、ブラジル連邦共和国の関係各位と調査についての討議を行い、サンタカタリナ州、イタジャイ河流域全体に対する現地調査を実施した。同調査団は、帰国後本調査で得られた結果と資料に基づいて問題点の解析および計画検討を行い、ここにイタジャイ河流域治水計画に関する本報告書を作成した。

本報告書がイタジャイ河流域の治水事業に資すると共に同国サンタカタリナ州の社会的、経済的發展に寄与し、ひいては同国と日本の友好親善をより一層深めることに貢献できれば幸いである。

おわりに、本調査に際し多大のご協力を頂いたブラジル連邦共和国政府関連機関の関係各位に対し深く感謝の意を表するものである。

昭和63年1月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔



## イタジャイ河流域治水計画調査団

### 伝 達 状

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔 殿

ブラジル連邦共和国イタジャイ河流域治水計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書は1986年4月24日国際協力事業団とブラジル側工事保全局(DNOS)との間でとりかわされた合意書に基づいて実施されたイタジャイ河流域治水計画についての調査結果を提示したものであります。

本調査は、Part I、マスタープランスタディとPart II、Blumenau - Gaaspar 区間河川改修計画に対するフィージビリティスタディとから構成されております。

報告書には、流域治水上の問題点、これに対処すべき対応策、流域全体の治水計画のマスタープランおよび本調査において実施したBlumenau - Gaaspar 区間河川改修計画に対するフィージビリティスタディの調査結果が示されています。

報告書は、各々主報告書および附属報告書に分冊されております。主報告書には治水計画とその背景、状況、条件を含めて記述してあります。附属報告書には計画策定に用いた条件、方法論等の詳細を記述いたしました。さらに、フィージビリティスタディに関しては資料集も併せて作成しましたので、ここに提出いたします。

本報告書を提出するにあたり全調査期間に亘り多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、在ブラジル日本国大使館及び領事館の諸賢ならびにブラジル政府諸機関の関係各位に対し心から感謝の意を表するものであります。

本調査の成果が、イタジャイ河流域の今後の社会開発及び経済発展と福祉向上のために資するならばこれに優る光栄はないと考える次第であります。

昭和 63 年 1 月

調査団長

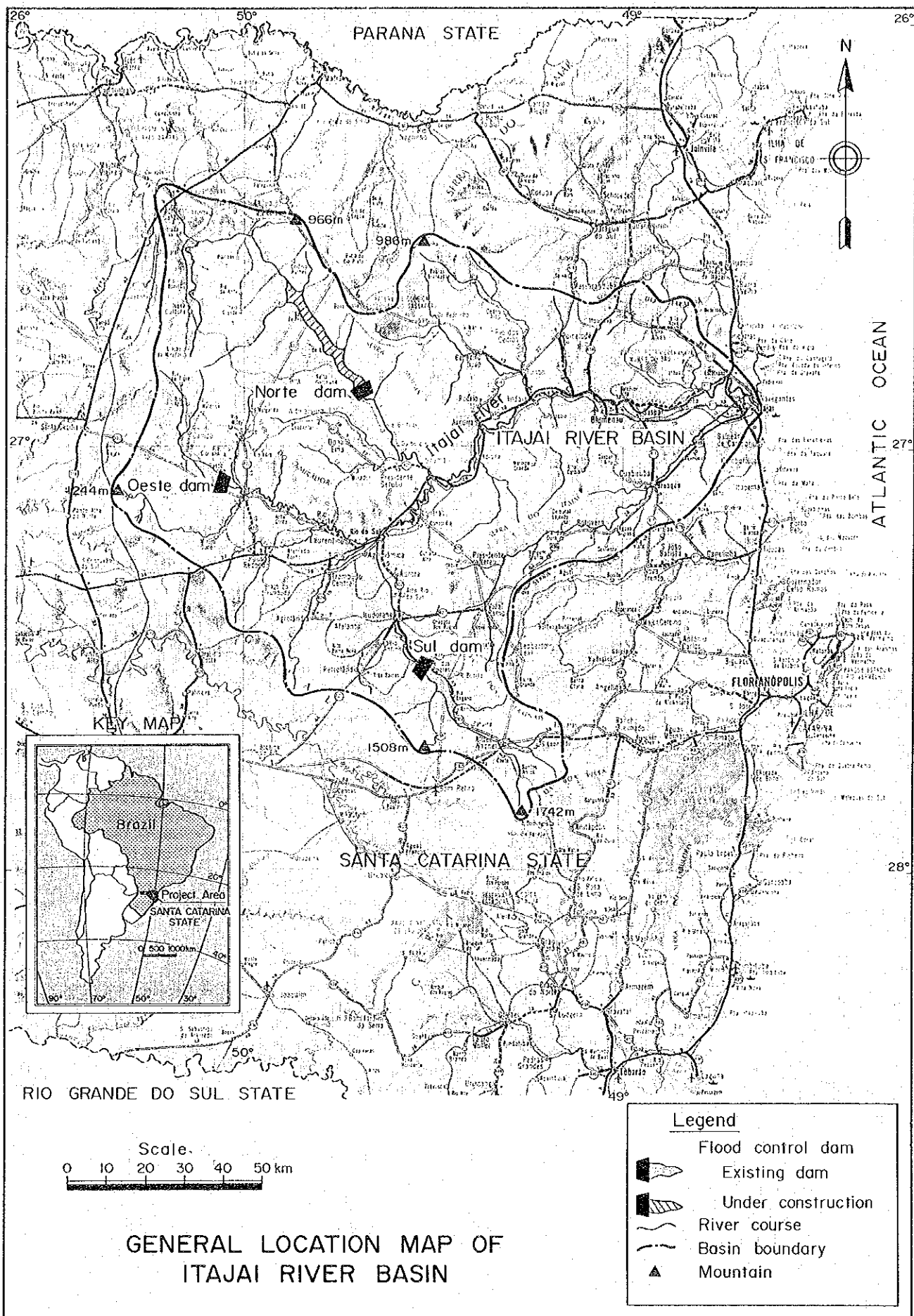
大沼 茂夫



略 号

|           |                                                                     |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|
| JICA      | : Japan International Cooperation Agency                            |
| ACARESC   | : Associacao de Credito e Assistencia Rural de Santa Catarina       |
| CASAN     | : Companhia Catarinense de Aguas e Saneamento                       |
| CEDEC     | : Coordenacao Estadual de Defesa Civil                              |
| CELESC    | : Centrais Eletricas de Santa Catarina                              |
| CEPA      | : Instituto de Planejamento e Economia Agricola de Santa Catarina   |
| CIDASC    | : Companhia Integrada de Desenvolvimento Agricola de Santa Catarina |
| DNAEE     | : Departamento Nacional de Agua e Energia Eletrica                  |
| DNER      | : Departamento Nacional de Estradas de Rodagem                      |
| DER       | : Departamento de Estradas de Rodagem                               |
| DNOS      | : Departamento Nacional de Obras de Saneamento                      |
| EMATER    | : Empresa de Assistencia Tecnica e Extensao Rural                   |
| EMBRAPA   | : Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria                       |
| EMATER    | : Empresa de Assistencia Tecnica                                    |
| EMPASC    | : Empresa de Pesquisa Agropecuaria ria de Santa Catarina            |
| FATMA     | : Fundacao de Amparo a Tecnologia e Meio Ambiente                   |
| FGV       | : Fundacao Getulio Vargas                                           |
| GAPLAN    | : Gabinete de Planejamento e Coordenacao Geral                      |
| IBDF      | : Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal                 |
| IBGE      | : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica                   |
| IBRD      | : Internatinal Bank for Reconstruction and Development              |
| ITAG      | : Instituto Tecnico de Administracao e Gerencia                     |
| MA        | : Ministerio da Agricultura                                         |
| MDUMA     | : Ministerio do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente              |
| PORTOBRAS | : Empresa Brasileira de Portos                                      |
| SAMAE     | : Servico Autonomo Municipal de Agua e Esgoto                       |
| SUDEPE    | : Superintendencia do Desenvolvimento da Pesca                      |







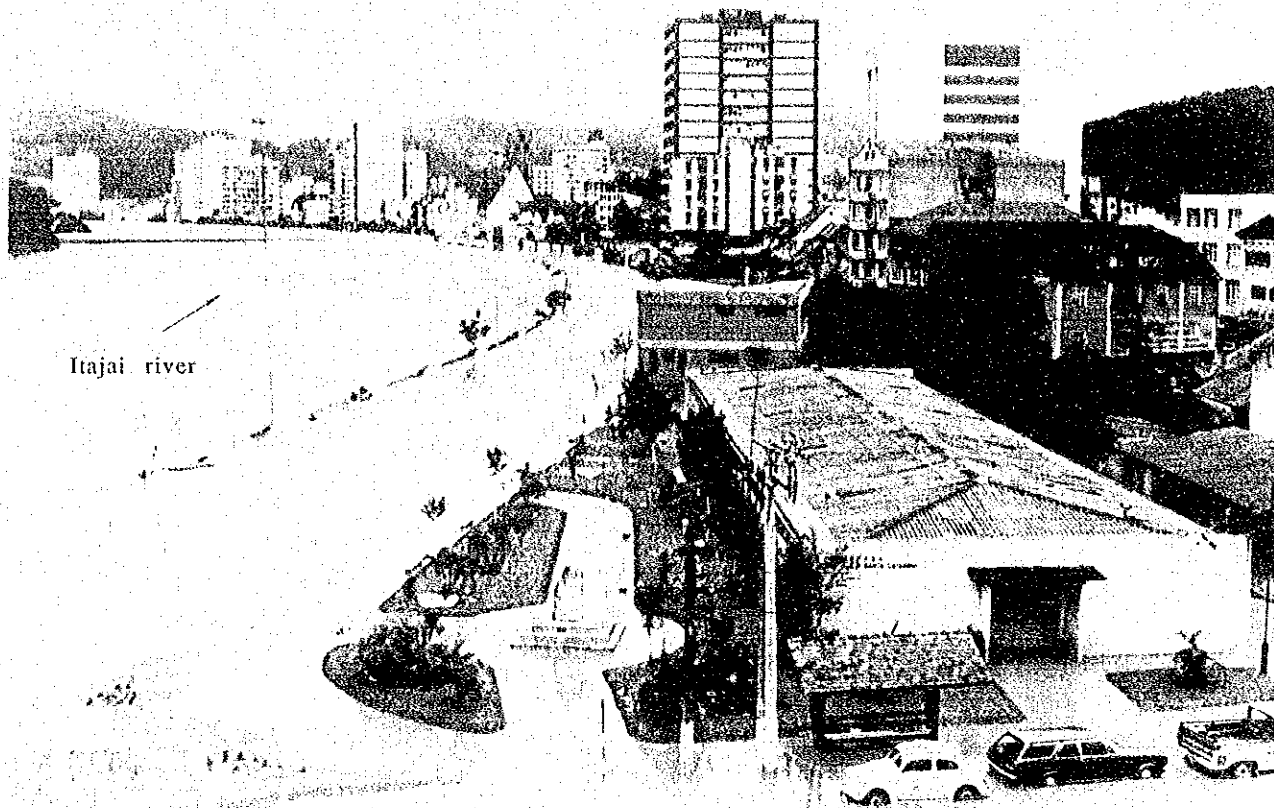


Blumenau city during 1983 flood



Blumenau city during 1983 flood

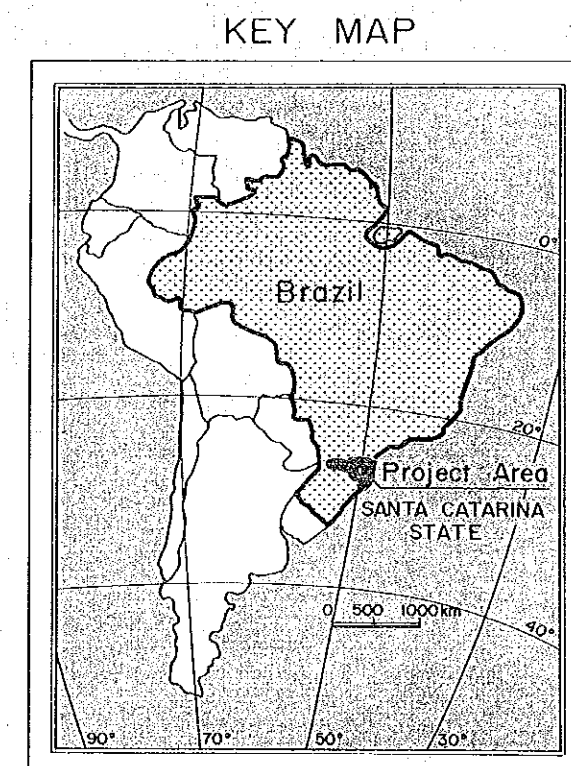
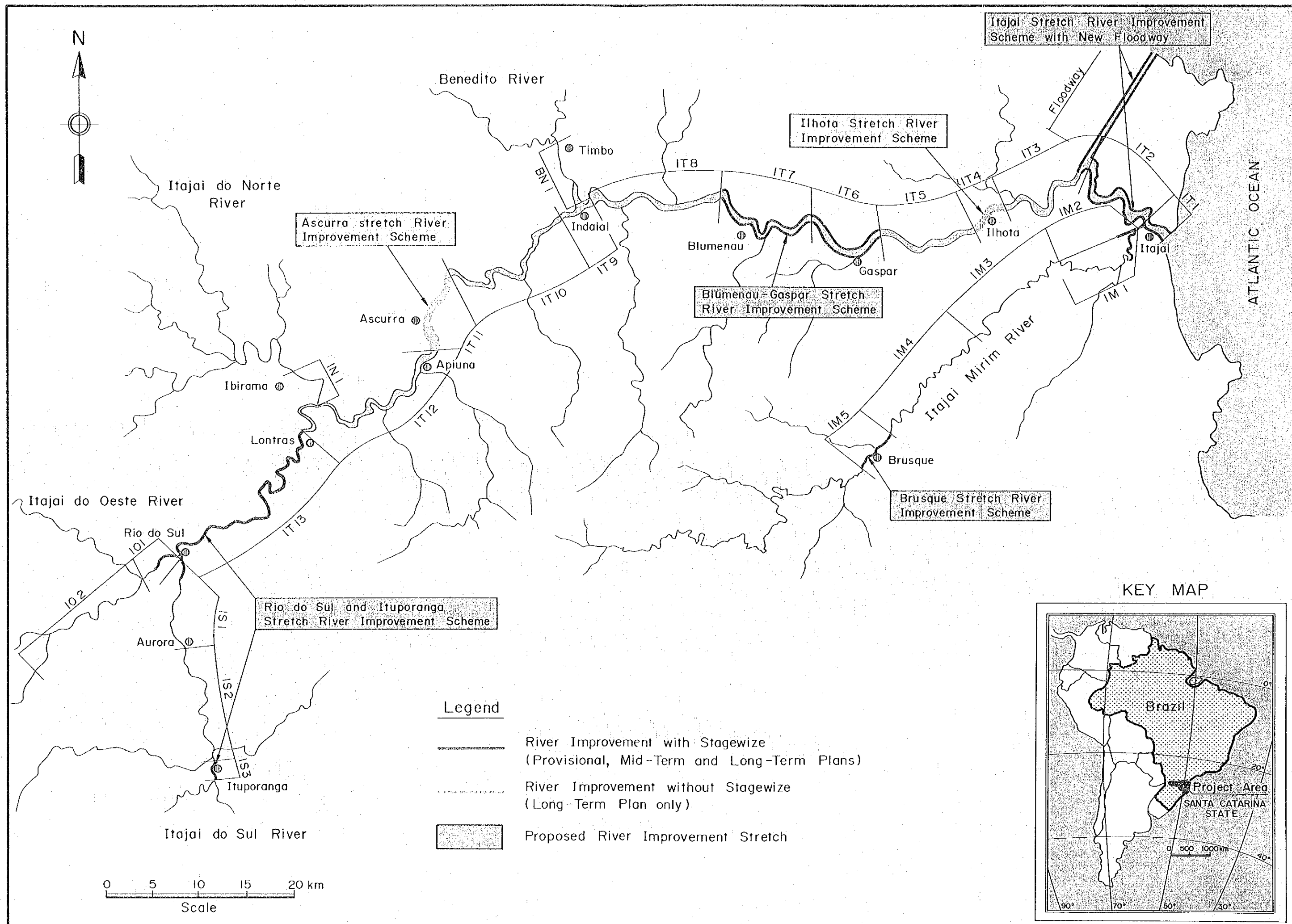




Blumenau city during 1983 flood



Blumenau city during 1983 flood





## 要 約



## マスタープランスタディ

### 主報告書・要約

1. この報告書は、1986年4月24日 DNOS および JICA 間で合意された調査実施計画書に基づいて実施されたイタジャイ河流域治水計画調査についての最終報告書である。
2. この報告書は主報告書および附属報告より成り、イタジャイ河流域治水計画調査についての検討結果が記載されている。報告書には流域内治水計画上の問題点、これに対処するための各種治水方法の検討、流域内治水計画のマスタープラン策定結果およびフィージビリティ調査に対する対象地区の選定などが述べられている。

#### 地形測量

3. 治水計画に必要な地形資料(流域内地形図、航空写真、河川縦横断面図等)を収集し、内容を吟味した。吟味の結果は、以下の通りである。
  - (1) 以下の資料は、治水計画検討に対し使用可能と考えられる。
    - (i) 1/50,000、1/100,000 地形図
    - (ii) 1/25,000 航空写真
    - (iii) 河川横断面図 (Barra - Blumenau, Salto Pilao - Rio do Sul, Itajai - Brusque)
  - (2) 1/2,000 - 1/10,000 の都市部の地形図を検討したが、Blumenau および Brusque 市部以外は座標基準がなく参考用としての使用にとどめた。
  - (3) 河川横断面図は前述の如く限られた区間のみの資料であるため、今回の治水計画策定上必要な区間に対し追加測量を実施した。追加測量区間は 129 km で 57 断面の河川横断面測量を実施した。

#### 水文解析

4. 治水計画策定のため、水文解析においては現在建設中の Norte ダムを含め既設の洪水調節ダムの最適操作方法の検討、さらにこれに基づく確率洪水流量の算定を行った。計画洪

水波形および設計洪水流量の算定は、貯留関数法により流出解析モデルを作成し、確率降雨から確率洪水流量を推定した。

流出解析モデルの作成に当っては、1972年 Oeste ダム および 1975年 Sul ダム 完成後の主要洪水のうち、時間雨量、日雨量および洪水流量波形が観測されている 1978年 12月、1980年 12月および 1983年 7月ならびに 1984年 8月に発生した 4 洪水を対象として、試行錯誤法によりモデルの定数を設定した。以下に上記 4 洪水の主要観測所における洪水ピーク流量を示す。

| 観測所名            | 洪水ピーク流量 (m <sup>3</sup> /秒) |           |          |          |
|-----------------|-----------------------------|-----------|----------|----------|
|                 | 1987年 12月                   | 1980年 12月 | 1983年 7月 | 1984年 8月 |
| Rio do Sul Novo | 720                         | 680       | 1,970    | 1,860    |
| Ibirama         | 1,010                       | 2,500     | 2,480    | 2,070    |
| Timbo           | 560                         | 690       | 760      | 860      |
| Apiuna          | 2,300                       | 3,690     | 4,310    | 4,320    |
| Indaial         | 2,900                       | 3,500     | 4,740    | 5,030    |
| Brusque         | 550                         | 320       | 540      | -        |

洪水調節ダム最適操作方法の検討においては、次の 5 方法を適用した。

- (1) 既設放水管を全閉塞する現行方法
- (2) Blumenau における流量が 1,000 m<sup>3</sup>/sec を超える場合に既設の放水管を閉塞
- (3) 既設の放水管全開
- (4) Sul ダム における放水管増設
- (5) 余水吐ゲートの設置

上記のうち、操作方法 (4) および (5) による洪水調節効果は、Blumenau 市においては 200 m<sup>3</sup>/秒 以下で、これにかかる費用から考えて効果的でないと考えられる。他の 4 方法のうち現行操作方法を適用した場合、1978年、1980年および1984年の洪水に対して最も効果的であることが判明した。また、1983年型の洪水に対しては、既設放水管を常時全開とした方法 (3) が最も効果的であった。

現行方法が1983年を除く洪水に対して効果的である理由は、1983年を除く洪水が継続時間も 4日以下と短く、また洪水量も1983年に比べると小さいため、ダムの貯留効果が大き

い事によるものと思われる。この解析においては、過去の豪雨記録から判断し通常起こり得る洪水は前記の洪水パターンを有し、1983年型洪水は大規模洪水のパターンとしては希であると考えられる。このため現行操作方法を既設ダムに対して適用する事を推奨する。

現行操作方法を適用した場合の Blumenau 市における確率洪水流量は、以下の通りである。

| 確率年 | 確率洪水流量 (m <sup>3</sup> /秒) |       |
|-----|----------------------------|-------|
|     | ダムなし                       | ダムあり  |
| 2   | 3,300                      | 2,300 |
| 5   | 4,100                      | 2,800 |
| 10  | 4,700                      | 3,200 |
| 25  | 5,400                      | 3,800 |
| 50  | 6,200                      | 4,900 |
| 80  | 6,600                      | 5,200 |
| 100 | 7,000                      | 5,500 |

上記より判断して、本解析において対象とした1978年、1980年、1983年および1984年洪水の確率規模は、ダム調節なしの条件のもとで以下のように推定された。

| 対象洪水     | 洪水流量 (m <sup>3</sup> /秒) | 確率規模    |
|----------|--------------------------|---------|
| 1987年12月 | 2,920                    | 約2年     |
| 1980年12月 | 4,310                    | 5 - 10年 |
| 1983年7月  | 5,930                    | 約50年    |
| 1984年8月  | 5,730                    | 約50年    |

さらに、マスタープラン策定上の計画規模を検討するため、Blumenau 市部における過去153年間の洪水記録より既応最大洪水流量の確率評価を行った。その結果同市部における過去最大洪水流量 6,100 m<sup>3</sup>/秒 (1880年9月23日の水位記録 16.8m および不等流計算に基づく水位流量曲線から推定) は、治水ダム無しの条件のもとで約50年確率規模と推定される。

#### 土質・地質調査

5. 治水計画に必要な地質資料を得るために、資料(Itajai河中下流部地質図、河道改良工事に伴う地質調査報告書1/50,000地形図、航空写真等)の収集およびその検討、さらに現地踏査を行い、流域内地質概要を検討すると共に治水計画に想定される治水施設および工事に對する以下の地質的考察を行った。

- (1) 築堤予定地点の基礎地盤安定および盛土材料検討
- (2) 河道拡幅に伴う切土斜面の安定検討
- (3) 放水路、トンネル放水路ルート上の地質
- (4) ダム建設可能地点の基礎地盤および築堤材料の検討
- (5) 既設ダムの洪水吐ゲート設置に対する基礎地盤の検討

治水計画における治水施設の設計は、上記の地質的な考察を反映して実施された。

#### 地域経済

6. 1980年国勢調査時のItajai河流域内人口は、約67万人で、Santa Catarina州の18%に当たる。1970年以後の人口増加率は2.08%であった。流域内人口の64%(42.8万人)は、Itajai河本川および支川沿いの都市域に住んでいる。流域内の人口2万人以上の都市は次の7都市となっている：Blumenau(15.5万人)、Itajai(8.7万人)、Brusque(4.1万人)、Rio do Sul(3.6万人)、Indaial(2.9万人)、Gaspar(2.6万人)、Ibirama(2.4万人)。

Itajai河流域内の将来人口は、IBGEの人口予測を参考に推定すると、1990年で82.2万人、2000年で96.3万人、2020年で122.6万人となり、1980-2000年間の増加率は1.8%、2000-2020年間は1.2%となる事が予測される。流域内の都市人口は、流域内人口の86%に達し、主要都市の人口分布は次の様になると推定される。

7. 1980年におけるSanta Catarina州の州内総生産(GRDP)は名目4,000億クルゼイロで、これはブラジル国の総生産(GDP)の3.59%(人口比は3.04%)を占める。1人当りGRDPは、11万クルゼイロ(US\$ 2,555)で、全国平均の1.23倍に当たる。GRDPのセクター別内訳は次の通りである：第1次産業 640億クルゼイロ(16.0%)；第2次産業 1,510億クルゼイロ(37.9%)；第3次産業 1,850億クルゼイロ(46.1%)。

| 都市名        | 1980年(実績) | 2000年   | 2020年   |
|------------|-----------|---------|---------|
| Blumenau   | 15.5 万人   | 29.8 万人 | 42.7 万人 |
| Itajai     | 8.7       | 14.2    | 19.4    |
| Brusque    | 4.1       | 5.7     | 7.1     |
| Rio do Sul | 3.6       | 5.8     | 7.8     |
| Indaial    | 2.9       | 4.2     | 5.4     |
| Gaspar     | 2.6       | 4.1     | 5.5     |
| Ibirama    | 2.4       | 2.9     | 3.4     |

州内総生産 (GRDP) およびセクター 別粗付加価値は、国家開発計画、国連の経済予測、過去の経緯等を参照して、次のように予測された。

(単位：10<sup>9</sup> クルザード 1986年3月価格)

| 項 目        | 1980年(実績) | 2000年  | 2020年  |
|------------|-----------|--------|--------|
| GDP        | 4,302     | 11,208 | 24,601 |
| GRDP       | 154       | 449    | 984    |
| - 農 業      | 25        | 72     | 157    |
| - 工 業      | 58        | 170    | 373    |
| - 商業・サービス業 | 71        | 207    | 454    |

注) /1: 総合物価指数 (386) およびデノミネーションにより換算。

8. 1980年流域内第1次産業(農業)の総生産額は、133億クルゼイロで、Santa Catarina 州の13.8%を占める。この内訳は次の通りである：農業80.2億クルゼイロ(60.1%)；畜産業29.2億クルゼイロ(21.9%)；漁業10.8億クルゼイロ(8.1%)；林業7.5億クルゼイロ(5.6%)；農産加工業(チーズや砂糖など)5.7億クルゼイロ(4.3%)。主な農作物は、生産額順に、タバコ、玉ネギ、トウモロコシ、米、キャッサバ、豆類、サトウキビである。また主な畜産物は、鶏、豚、牛、牛乳、玉子である。

9. 第2次産業(工業)の総生産額の87%は、製造業により占められている。流域内の製造業の総生産額は、1,160億クルゼイロで、主な業種は次の通りである：繊維業427億クルゼイロ(37%)；衣類・製靴業207億クルゼイロ(18%)；食料品加工業87億クルゼイロ(8%)；

木材業 52 億クルセイロ (5%)。製造業の立地する主要都市は、Blumenau (67%)、Brusque (13%)、Gaspar (8%) である。

10. 第 3 次産業 (商業・サービス業) は、小規模企業が多く、広く流域全体に分布しているが、次の都市には比較的集中している。: Blumenau (商業の域内販売額 651 億クルセイロの 25% および サービス業 62 億クルセイロの 42% を占める); Itajai (同 31% および 17%); Rio do Sul (同 6% および 6%)。

11. 流域 15,221 km<sup>2</sup> のうち 1980 年時点における各土地利用区分ごとの面積は次の通りである: 農耕地 3,050 km<sup>2</sup> (20.0%); 牧草地 2,930 km<sup>2</sup> (19.30%); 森林 3,068 km<sup>2</sup> (20.2%); 市街化区域 151 km<sup>2</sup> (1.0%) で、その他は、未利用地、農業不適地および用途不明の地区で、6,022 km<sup>2</sup> (39.5%) となっている。

洪水多発地区は 289 km<sup>2</sup> あり、流域の 19% を占める。そのうち耕作地は 85.4 km<sup>2</sup> あり、全耕作地の 2.8% に当たる。また洪水多発地区には、全流域の 39.3% に当たる 26.4 万人が住んでいる。1980 年時点での Itajai 河流域および洪水多発地区内の土地利用は、以下の通りである。

| 利用項目     | 流域全体      |       | 洪水多発地区 |       | 構成比<br>(%) |
|----------|-----------|-------|--------|-------|------------|
|          | (ha)      | (%)   | (ha)   | (%)   |            |
| 稲 作      | 30,512    | 2.0   | 2,275  | 7.9   | 7.5        |
| サトウキビ    | 4,123     | 0.3   | 3,718  | 12.8  | 90.2       |
| 他の農作物    | 270,316   | 17.8  | 2,543  | 8.8   | 0.9        |
| 牧草地      | 293,022   | 19.3  | 7,255  | 25.1  | 2.4        |
| 市街地      | 15,150    | 1.0   | 5,829  | 20.1  | 38.4       |
| 森林およびその他 | 908,977   | 59.6  | 7,308  | 25.3  | 1.7        |
| 合 計      | 1,522,100 | 100.0 | 28,918 | 100.0 | 1.9        |

流域に係わる開発計画や土地利用計画がこれまで作成されていないため、将来の土地利用については、全国経済開発計画や過去の開発傾向を参照して、今後の開発動向を把握するにとどめる。工業化促進政策に伴い人口の都市集中化が加速され、2020 年時点ではの流域内人口の 86% が都市域 (少なくとも 200 km<sup>2</sup>、流域の 1.3%) に住むと予測される。都市人口の多くは洪水多発地区内に位置する大都市に吸収され、そのための新市街地は既成市街地の後背

地に展開されると予測される。また、農業促進政策に伴う技術革新および農地改革による農業生産性の向上と共に、農地の新規開発も未利用地や未確認地等に展開されると考えられる。洪水多発地区内の農地は高度に利用されるであろうが、農地としての土地利用は継続するものと考えられる。

#### 治水経済調査

12. Itajai 河流域は長い洪水の歴史をもっているが、その中でも大規模な洪水が近年 1983年、1984年と引き続いて発生している。このため洪水発生状況および洪水被害状況調査をこの2つの洪水を対象として実施した。

13. 1983年および1984年両洪水による Itajai 河および支川の洪水氾濫による浸水は 20 自治区に及んだ。Itajai 河本川での浸水面積は1983年時が1984年時よりも大きく、一方 Itajai Mirim 川ではその逆となっている。両洪水による浸水面積は 270 km<sup>2</sup> にも及び、これは Itajai 河全流域面積の約 2% に当る。浸水深 1m 以上の浸水期間は約 1週間で、下流域の一部の地区では最大 2週間にも及んだ。

14. 1983年および1984年両洪水による被害額は Santa Catarina 州全体で各々 7,150 億クルゼイロ、3,230 億クルゼイロにも及んだ。特に 1983年洪水による被害額は、Santa Catarina 州の総生産高の 16% にも及ぶものであった。各自治体における洪水被害額のうち Blumenau 市での被害が最大であった。

15. 想定洪水被害額算定方法およびその結果は、以下の通りである。

(1) 想定洪水氾濫域内での資産価値および1978年、1980年、1983年、1984年型洪水氾濫モデルに基づく浸水面積、浸水深、浸水期間の分析を行うため、想定洪水氾濫域内を 1 単位 25ha のメッシュに分割した。

(2) 調査対象地区での想定洪水被害額の結果を要約すると、以下の通りである。

(i) Itajai 河本川およびその支川沿いの区域別年平均洪水被害額を比較すると Gaspar 市から Rio do Sul 市までの区間では、1983年型洪水がもたらす被害額が最も多

く、Itajai 市、Itajai Mirim 川沿いおよびその他支川流域では、1984 年型洪水被害額が顕著である。

- (ii) 直接被害額の内分けを見ると、建物およびその資産が被る洪水被害額が全被害額の約 80% と最も多く、農作物および家畜への被害額は 1% 以下で水稻を除いて、他作物に関しては殆ど無い。インフラ関連の被害額は直接被害額の約 25% とみなされる。

### 治水計画

16. 流域内の河状特性、河道の流下能力、河川構造物、既設治水施設および DNOS により実施中の河川改修計画および工事等に対しその現況調査を実施した。結果は次の通りである。

- (1) Itajai 河はその河床勾配の特異性より Lontras より上流部の 1/2,000 の河床勾配をもつ上流部、Lontras - Blumenau 間の 1/400 - 1/700 の河床勾配の中流部および Blumenau - 河口間の 1/10,000 - 1/12,000 の河床勾配の下流部に大別されるが、これらの区間における河状についての調査を実施した。
- (2) Itajai 河およびその支流河道の流下能力を約 1 km 間隔の河道横断図をもとに、Itajai 河河口 - Blumenau 間、Lontras - Rio do Sul 間は不等流計算、その他の急流河道部では等流計算により算定した。結果は以下の通りである。

| 河道区間                 | 流下能力 (m <sup>3</sup> /秒) |
|----------------------|--------------------------|
| Itajai 市             | 1,000                    |
| Ilhota 市             | 2,200                    |
| Gaspar 市             | 3,000                    |
| Ilhota - Blumenau 区間 | 2,000 - 4,000            |
| Blumenau 市           | 3,000                    |
| Indaial 市            | 6,400                    |
| Ascurra 市            | 2,800                    |
| Rio do Sul 市         | 1,000                    |
| Itajai Mirim 川最下流部   | 400 - 500                |

(3) 既設河川構造物および関連構造物に関する現況調査を実施した。河川構造物としては Blumenau 市部河道右岸側約 1.2 km の護岸工、Itajai Mirim 川沿いの Brusque 市内橋梁部 200m 区間の護岸工のみであり、堤防は建設されていない。関連構造物として橋梁、上工水用ポンプ場、水力発電所、フェリー発着所、港湾施設等が設置されている。Itajai 河本川では橋梁 19ヶ所、ポンプ場 6ヶ所、Blumenau 市直上流の水力発電所、Itajai 河河口部附近のフェリー発着所、港湾施設があげられる。また支流部での主な関連構造物として、Itajai Mirim 川での 18ヶ所の橋梁、2ヶ所のポンプ場、Benedito 川での水力発電所があげられる。

(4) 既設 Sul および Oeste ダムならびに建設中の Norte ダムの現況調査を行った。その結果上記 3 ダム地点に洪水吐ゲートを設置する事は技術的に可能と思われる事、ダム底部の放水管の追加設置は Sul ダムに対し可能と考えられる事、また現在使用されている貯水池面積 - 貯水位 - 貯水量の相関性は、ほぼ妥当である事が判明した。

(5) Sul および Oeste ダムは各々 1975年、1972年に建設されたが、1983年および 1984年洪水時には以前として下流部での洪水氾濫が発生した。このため、既設ダムによる洪水調節効果を補足するため、Gaspar - Blumenau、Lontras - Rio do Sul、Brusque - Itajai 区間で河川改修工事が DNOS により実施されている。現在までの工事实績は、Blumenau - Gaspar 区間3ヶ所での河道拡幅による掘削土工量 130 万 m<sup>3</sup>、Brusque - Itajai 区間の掘削土工量 46 万 m<sup>3</sup>となっている。

17. Itajai 河流域内の河状特性、河道状況および洪水氾濫状況、DNOS により実施されている治水計画および流域内の地域経済などを勘案し、流域内の治水基本構想を以下の如く検討した。

(1) Itajai 河流域内での洪水氾濫は、本川沿いおよび支流の広大な地域に及んでおり、これらの氾濫地域全てに対し治水対策を実施することは、経済的效果および財政上の観点より非現実的と考えられる。このため治水計画策定に当っては、施設の方策および非施設の方策を適用し、洪水被害を現実的な程度まで軽減することを検討するものとする。このうち施設の方策は、経済的效果、民生安定、社会的緊急要請度等を考慮して適用す

るものとする。非施設の方策は施設の方策を補足し、さらに施設の方策が適用されない地区での洪水被害を抑えるために行うものとし、これに対する提言を行うものとする。次の段階で実施されるべきフィージビリティスタディは、施設の方策に対し実施するものとする。

- (2) 以下に述べる施設の方策を流域内治水基本構想として検討するものとする。

- ✓ 河道拡幅、河床浚渫、築堤もしくは河道掘削土砂による盛立て等を含む河川改修
  - Itajai 河下流部での放水路
  - 既設3ダムによる有効な洪水調節および流域内で考えられ得る治水ダムによる洪水調節

- (3) 洪水被害人口の密度および洪水被害額の大きさ等を指標として、施設の方策を適用して洪水より防御すべき地区を選定した。その結果、Blumenau、Gaspar、Ilhota、Itajai、Ascurra、Rio do Sul、Lontas、Ituporanga および Brusque の各都市河道部が防御すべき地区として選定された。これら都市河道部に対し、前述の施設の方策の組み合わせによる治水案が検討された。

- (4) 施設の方策による治水案、特に Blumenau 市河道部での治水案を勧告し流域内治水計画を次の3段階で策定する事とした。

- 長期治水案

Itajai 河の治水に対する安全度を上げ、沿岸住民の長期民生安定を図るため長期案を設定し、計画高水流量として Blumenau 市河道部での河川改修後の最大流下能力および過去最大の1983年洪水等を考慮して50年確率洪水流量をあてる事とする。

- 中期治水案

長期治水案をより早く達成するために段階的治水方法を考え中期治水案を設定し、計画高水流量として25年確率洪水流量をあてる事とする。

- 暫定治水案

早期に治水計画を実現し、社会的緊急要請に対応すべく暫定治水案を設定する。計画高水流量として防御すべき河道部の現況流下能力、工事量および補償物件等を考慮して、10年確率洪水流量をあてる事とする。

18. 長期、中期および暫定治水案の3段階における治水計画は、以下のように策定された。

(1) 暫定治水案

暫定治水案は放水路案を含む河川改修方式により策定するものとして、各防御すべき地区の河道部に対し次の治水案を計画した。

(i) Blumenau 市部

- Blumenau - Gaspar 区間 (18 km) および Blumenau 市部上流河道部 (6.5 km) の河道拡幅を主体とした河川改修
- Blumenau 市部左岸部の一部拡幅
- 河道の粗度係数を低減させるための Blumenau 市部河岸の整形および法面保護
- Blumenau 市部右岸低地部 600 m 区間に対する高さ 1.5 m のコンクリートパラペットウォールの建設
- Blumenau 市内を流下する支流の氾濫防止のための支流沿岸低地部への築堤および強制排水のためのポンプ場設置

(ii) Itajai 市部

- Itajai 市上流部の Itajai 河より Picarras 市部大西洋岸まで延長約 10 km、幅 180 m の可動堰の建設
- Itajai 河の洪水流を放水路に流下させるための Itajai 河の放水路合流直下流地点での可動堰の建設
- Itajai Mirim 川最下流部既設捷水路の拡幅および築堤

(iii) その他の都市部

- Gaspar 河道部に対し延長 1.3 km、幅 80 m の分水路の建設

- Rio do Sul - Lontras、Ascurra、Ituporanga および Brusque 市部河道に対し、河道拡幅を主体にした河川改修
- Ilhota 市河道部に対し河道拡幅を主体にした河川改修および支流 Luis Alves 川合流点より上流 8 km 区間の河床浚渫

以上の治水案に対する工事費および計画による便益を求め、これを基に経済評価を行った。これによると Ilhota および Ascurra 市部河道以外での河川改修計画では EIRR (内部経済収益率) は 8% 以上あり、特に Blumenau - Gaspar 区間で最も高い値となっている。

## (2) 中期治水案

中期治水案は、暫定案と同様に河川改修方式により策定するものとし、次の治水案を計画した。

### (i) Blumenau 市部

Blumenau - Gaspar 区間および Blumenau 市上流河道部 6.5 km 区間の河道拡幅

### (ii) Itajai 市部

放水路および Itajai Mirim 川下流部捷水路の拡幅

### (iii) Gaspar 市部

分水路の拡幅

### (iv) Rio do Sul - Lontras 間、Ascurra、Ilhota および Brusque 市部での河道拡幅

以上の治水案に対する工事費、便益を基に経済評価を行った。これによると Ilhota、Ascurra 区間以外の河道での改修計画では、全て EIRR は 8% 以上あり、暫定治水案に比べその値も Blumenau - Gaspar 区間以外は高い値となっている。

## (3) 長期治水案

長期治水案は河川改修と治水ダムの組み合わせ方式との 2 つのケースについて検討した。

### (i) 河川改修方式による治水案として次の案が計画された。

- Blumenau - Gaspar 区 間、Blumenau 市 上 流 部 6.5 km 区 間、Rio do Sul - Lontras 区 間、Ascurra、Ituporanga、Ilhota および Brusque 市 部 河 道 の 河 道 拡 幅
- Gaspar 市 部 の 分 水 路、Itajai 河 下 流 部 の 放 水 路、Itajai Mirim 川 下 流 部 捷 水 路 の 拡 幅

以上の治水案に対する工事費、便益を基に経済評価を行った。これによると中期治水案と同様 Ilhota および Ascurra 市部河道を除く河道での改修案では、EIRR 値は 8% 以上となっている。

- (ii) 河川改修と治水ダムの組み合わせ方式による Itajai 河沿岸主要都市部に対する治水案として以下の2つの代替案が考えられた。代替案-1は河川改修と Ascurra ダムの組み合わせによる治水案で、代替案-2は河川改修と Trombudo ダムの組み合わせによる治水案である。Benedito ダムによる治水効果は極めて小さいので、この治水ダム案は計画より除かれている。代替案-1 および代替案-2と河川改修方式のみによる治水案の費用比較を見ると、河川改修方式による治水案が他の代替案に比べ経済的に有利となっている。

一方、Itajai Mirim 川沿いの Brusque 市部および Itajai 市部の治水案として、河川改修と Mirim ダムの組み合わせによる治水案が考えられる。この組み合わせ案と河川改修のみによる治水案の費用比較を見ると、河川改修のみによる治水案が経済的に有利となっている。

以上の検討結果より河川改修と治水ダムの組み合わせによる治水案は計画より除かれている。

- (4) これまでに得られた治水計画策定結果に基づき、今後実施の価値があると考えられる治水プロジェクトを以下に列記した。

| プロジェクト名                                    | 暫定案         | 中期案         | 長期案         |
|--------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 計画規模                                       | 10年         | 25年         | 50年         |
| 河川改修                                       |             |             |             |
| - Blumenau - Gaspar 区間                     | 24.5 km (E) | 24.5 km (E) | 24.5 km (E) |
| - 放水路および Itajai Mirim 川最下流部                | 14.5 km     | 14.5 km (E) | 14.5 km (E) |
| - Rio do Sul - Lontres 区間および Ituporanga 市部 | 17.4 km (E) | 17.4 km (E) | 17.4 km (E) |
| - Brusque 市部                               | 9.0 km (E)  | 9.0 km (E)  | 9.0 km (E)  |
| - Ilhota 市部                                | -           | -           | 3.7 km (E)  |
| - Ascurra 市部                               | -           | -           | 4.0 km (E)  |

(注) (E)は河道拡幅を示す。

これらプロジェクトに対する経済評価の結果、社会的緊急要請度および補償物件の状況等を勘案し、施設の方策による治水プロジェクトの実施計画を図-34に示す如く作成した。治水プロジェクトに対する各治水段階での建設費は、次の通りである。

(単位：106クルザード 1986年3月価格)

|                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| 暫定案段階                                      |       |
| 河川改修方式                                     |       |
| - Blumenau - Gaspar 区間                     | 469   |
| - 放水路および Itajai Minim 川最下流部                | 726   |
| - Rio do Sul - Lontres 区間および Ituporanga 市部 | 880   |
| - Brusque 市部                               | 107   |
| 小計                                         | 2,182 |
| 中期案段階                                      |       |
| 河川改修方式                                     |       |
| - Blumenau - Gaspar 区間                     | 268   |
| - 放水路および Itajai Minim 川最下流部                | 108   |
| - Rio do Sul - Lontres 区間および Ituporanga 市部 | 377   |
| - Brusque 市部                               | 13    |
| 小計                                         | 766   |
| 長期案段階                                      |       |
| 河川改修方式                                     |       |
| - Blumenau - Gaspar 区間                     | 427   |
| - 放水路および Itajai Minim 川最下流部                | 191   |
| - Rio do Sul - Lontres 区間および Ituporanga 市部 | 284   |
| - Brusque 市部                               | 22    |
| - Ilhota 市部                                | 246   |
| - Ascurra 市部                               | 97    |
| 小計                                         | 1,266 |
| 総計                                         | 4,214 |

## 19. 非施設の方策に対する提言

### (1) 洪水氾濫地区管理

この方策は施設の方策が適用されない地区での農業活動を調整する事により農業に対する洪水被害を最小限に抑えることを意図するものである。洪水被害調査によれば、農作物のうち米および畑作物に対する洪水被害が極めて大きいことが判明している。ここで施設の方策が適用されない河道区分より稲作および畑作地を将来とも持つ地区を選定すると以下のようなになる。

| 区 分  | 河 道             |
|------|-----------------|
| IT 5 | Ilhota 市上流部     |
| IO 2 | Rio do Sul 市上流部 |
| IM 1 | Itajai 市上流部     |
| IM 2 | Itajai 市上流部     |
| IM 3 | Itajai 市上流部     |
| IM 4 | Itajai市上流部      |

これら選定された地区に対し、米作および畑作に対する適合性を検討するため、暫定治水案が終了した状況を想定し、2年および5年確率洪水が発生した場合の氾濫地区を算定した。算定した氾濫地区において、2年確率洪水において0～0.5 mの浸水深、5年確率洪水に対し0～1.0 mの浸水深をもつ土地区分-1と、土地区分-1以上の浸水深をもつ土地区分-2に区分けした。区分けされたそれぞれの地区は図-35に示されている。この区分図および土地利用図より次のことが提案される。

- (i) 土地区分-1での現況の土地利用状況を見ると、主に畑作、サトウキビおよび牧草地となっている。この地区における農業に対する洪水被害を軽減するには、洪水被害の大きな畑作に対する対策が必要である。このために、洪水に弱い野菜類をトウモロコシ・麦類等の洪水に比較的強い穀類へ転換することが望ましい。
- (ii) 土地区分-2では、現在主として稲作が行われている。これはこの地区が水量に恵まれた平坦部に位置し、さらに水稻が他の作物に比べ洪水被害を受けにくいこと

によるものである。土地区分-2は土地区分-1に比べ洪水被害ポテンシャルが高いが、上記条件により現況の稲作を他の作物に転換することは困難である。従って、洪水被害が発生した場合における政府の救済策の確立を考える必要がある。

(2) 建物の構造変更および新規家屋建造に対する規制

前者は洪水多発地区での建物および家屋の構造を常習氾濫に対応できるよう、床上方式または盛土による基礎崇上げ方式を適用することにより、洪水被害を軽減することを意図するものである。後者は洪水多発地区での新規家屋建造を規制することにより、将来起こり得る洪水被害をなくすことを意図している。前者の方策は家屋が比較的疎らで冠水深が浅い地区に対し有効であり、後者は浸水深が深く浸水頻度が高い地区への適用が考えられる。これらの方策を適用する地区を治水計画で施設の方策が適用されない河道区分より選定した。選定された河道区分は、次の通りである。

| 区 分   | 河 道             |
|-------|-----------------|
| IT 3  | Itajai 市上流部     |
| IT 4  | Ilhota 市        |
| IT 5  | Ilhota 市上流部     |
| IT 12 | Ascurra 市上流部    |
| IO 2  | Rio do Sul 市上流部 |
| IM 1  | Itajai 市上流部     |
| IM 2  | Itajai 市上流部     |
| IM 3  | Itajai 市上流部     |
| IM 4  | Itajai市上流部      |

これら選定された河道区分に対し暫定治水案が終了した状況を想定し、前項と同様 2 つの土地区分に区分けした。これら区分けした土地区分に対し浸水深を考慮し、土地区分-1内での建物に対しその構造変更を行い、また土地区分-2内での新規家屋建造に対する規制を実施すると共に、土地区分-2に家屋がある場合は建物の構造変更を図ることが提案される。

### (3) 河川沿岸地区の土地利用の規制

この方策は、河川沿岸地区での土地利用を規制することにより、河岸の浸食・法面崩壊等による家屋・人命に対する災害を防ぐことを意図するものである。現在河岸に関しては土地利用に対する法令があり、Itajai 河流域内の場合、河口-Blumenau 区間では河岸より 33 m 幅、Blumenau より上流では 15 m 幅での土地利用を規制することが定められているが、実際には河岸際まで家屋の建設が進んでいる。Itajai 河沿岸では上記のような野放し状態の土地利用にも拘わらず、今までのところ家屋・人命に対する災害は発生していないが、Blumenau 市に流入する支流では既に災害が発生している。将来河川沿岸での家屋の増加が予測されるが、河岸沿いの家屋・人命に対する災害を防止するためには、現存する法令による土地利用規制の強化、特に Ituporanga、Blumenau、Gaspar、Ihota 市部河道、Itajai do Oeste 川と Itajai do Sul 川合流部、Itajai Mirim 川最下流部および Blumenau 市部に流入する支流部での土地利用規制の強化が提案される。

### (4) 洪水予警報システム

この方策は洪水警報を事前に知ることにより、計画高水位以上の洪水が発生した場合においても、施設の方策によって防御されるべき地区での洪水被害を軽減させると共に、施設の方策が適用されない地区での人命および家畜に対する洪水被害を軽減させることを意図するものである。現状の流域内の洪水予警報システムは DNAEE により計画・実施されているが、1984年システムの運用開始後大規模な洪水が発生していないため、このシステムによる予警報効果は未知である。

流域内で今回の治水計画との整合性のとれた洪水予警報システムを策定するためには、現状のシステムに対し以下の事項に対する改善が望まれる。

- 降雨・水位記録の伝達方式として、無線方式よりテレメータ方式への改善を図る事。
- 多雨地帯である Itajai do Norte、Itajai do Sul および Benedito 川流域内山間部での降雨・洪水位データを収集する事。

- Blumenau 市内の内水問題に対処すべく支流域での降雨・洪水位データを収集する事。

以上の状況を勘案し、現状システムに図-36に示すテレメータ観測所を設置することが提案される。

#### (5) 流域保全と植林

Itajai 河流域内の森林は治水および土壌保全に対し重要な役割を果たしているが、1980年のIBGEによる統計調査によれば、流域内の森林伐採が現在進んでいるように見受けられる。大規模な森林伐採が進んだ場合、流出係数が増大する事により洪水が多発する事が考えられ、また傾斜地での伐採が進んだ場合、法面崩落および土砂流出の発生が予測される。現在流域内では小規模の森林伐採が個々に進んでいるものと思われるが、これら伐採地区の位置およびその面積等を示す資料は皆無である。土地利用調査および現地踏査の結果によれば、Itajai do Norte 川流域の平坦部での森林伐採がこれまで行われてきており、さらに現在 Itajai do Norte 川左岸の山間部および Itajai 河と Itajai Mirim 川間の山間部等で森林伐採が進んでいる模様である。これらの山間部のうち、一部は急峻な地形をなしており地滑りに対し極めて脆い地区とされているため、これらの地区での伐採は法律により禁止されているが、伐採は依然として続いている模様である。以上のような状況に鑑み、森林保全管理者である IBDF に対し以下の方策をとることが提案される。

- 森林伐採の進行を規制するための森林保全の強化
- 丘陵部および山間部の未利用地ならびに既伐採地区に対する植林の促進、このための住民への啓蒙運動

以上の方策の推進の前提として、まず地形・地質・植生等を含む流域内での森林伐採の現況調査を他の機関の協力を得て早急に進めることが提案される。

#### 20. フィージビリティスタディに対する対象地区を、以下の事項を勘案して選定した。

- 経済評価状況
- 社会的緊急要請度
- 治水プロジェクト遂行に対する補償物件の程度
- 治水プロジェクト実施に伴う下流地区への影響
- 治水プロジェクト施工上の難易度

以上の事項を勘案し、暫定案に対する Blumenau - Gaspar 区間の河川改修および Blumenau 市内水処理を含む治水計画を、フィージビリティスタディの対象プロジェクトとして選定するものとする。



イタジャイ河流域治水計画調査  
マスタープラン調査  
最終報告書

目 次

序 文  
伝 達 状  
略 号  
要 約  
目 次  
附 表  
附 図

|                           | 頁 |
|---------------------------|---|
| I. 序 文 .....              | 1 |
| 1.1 序 論 .....             | 1 |
| 1.2 治水計画調査 .....          | 2 |
| 1.3 報告書 .....             | 2 |
| 1.4 謝 辞 .....             | 2 |
| II. 調査対象地区の概要 .....       | 3 |
| 2.1 Itajai 河流域 .....      | 3 |
| 2.2 流域の自然状況 .....         | 3 |
| 2.2.1 気象・水文 .....         | 3 |
| 2.2.2 地形・地質 .....         | 4 |
| 2.3 土地利用 .....            | 5 |
| 2.3.1 現況土地利用 .....        | 5 |
| 2.3.2 洪水多発地区の現況土地利用 ..... | 6 |
| 2.3.3 土地利用計画 .....        | 7 |
| 2.4 社会・経済 .....           | 8 |
| 2.4.1 序 論 .....           | 8 |

|       |                       |    |
|-------|-----------------------|----|
| 2.4.2 | 人 口 .....             | 8  |
| 2.4.3 | 州内総生産 .....           | 10 |
| 2.4.4 | 農 業 .....             | 11 |
| 2.4.5 | 工業 および商業 .....        | 12 |
| 2.4.6 | 交通施設 .....            | 14 |
| 2.5   | 洪水および洪水被害 .....       | 15 |
| 2.5.1 | 河川現況と河道特性 .....       | 15 |
| 2.5.2 | 既往洪水および降雨特性 .....     | 16 |
| 2.5.3 | 高水解析 .....            | 17 |
| 2.5.4 | 洪水被害額の算定 .....        | 20 |
| 2.6   | 治水施設 .....            | 21 |
| 2.6.1 | 既設ダムおよびその治水効果 .....   | 21 |
| 2.6.2 | 河川改修計画および工事 .....     | 22 |
| 2.7   | 河川構造物および河川関連構造物 ..... | 23 |
| 2.8   | 洪水予警報システム .....       | 24 |
| Ⅲ.    | 治水基本構想 .....          | 25 |
| 3.1   | 序 論 .....             | 25 |
| 3.2   | 施設の方策 .....           | 25 |
| 3.3   | 施設の方策による治水方法 .....    | 27 |
| 3.3.1 | Blumenau 市部 .....     | 27 |
| 3.3.2 | Itajai 市部 .....       | 28 |
| 3.3.3 | その他都市部 .....          | 28 |
| 3.4   | 計画規模 .....            | 29 |
| 3.5   | 施設の方策適用地区の選定 .....    | 30 |
| 3.6   | 非施設の方策 .....          | 30 |

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| IV. 暫定治水案の策定 .....                        | 31 |
| 4.1 序 論 .....                             | 31 |
| 4.2 洪水防御地区の選定 .....                       | 31 |
| 4.3 暫定治水案の策定 .....                        | 32 |
| 4.3.1 施設計画 .....                          | 32 |
| 4.3.2 経済評価 .....                          | 35 |
| V. 中期治水案の策定 .....                         | 36 |
| 5.1 序 論 .....                             | 36 |
| 5.2 流量配分図 .....                           | 36 |
| 5.3 中期治水案の策定 .....                        | 36 |
| 5.3.1 施設計画 .....                          | 36 |
| 5.3.2 経済評価 .....                          | 37 |
| VI. 長期治水案の策定 .....                        | 38 |
| 6.1 序 論 .....                             | 38 |
| 6.2 河川改修方式による治水案 .....                    | 38 |
| 6.2.1 施設計画 .....                          | 38 |
| 6.2.2 経済評価 .....                          | 39 |
| 6.3 河川改修と治水ダムの組み合わせによる治水案 .....           | 39 |
| 6.3.1 Itajai 河本川沿岸洪水防御地区に対する治水案 .....     | 39 |
| 6.3.2 Itajai Mirim 川沿岸洪水防御地区に対する治水案 ..... | 39 |
| VII. 治水プロジェクト実施計画 .....                   | 41 |
| 7.1 治水プロジェクトの策定 .....                     | 41 |
| 7.2 治水プロジェクトの概要 .....                     | 41 |
| 7.3 実施計画 .....                            | 43 |
| 7.4 建設費 .....                             | 44 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| VIII. 非施設の方策に対する提言 .....      | 45 |
| 8.1 序 論 .....                 | 45 |
| 8.2 非施設の方策に対する提言 .....        | 45 |
| IX. フィージビリティスタディ対象地区の選定 ..... | 51 |
| 作業監理委員、調査団、カウンターパート名簿 .....   | 53 |

| 附 表                                       | 頁  |
|-------------------------------------------|----|
| 1. 1983 年および 1984 年洪水時浸水面積 .....          | 55 |
| 2. Blumenau 市における洪水位記録 .....              | 56 |
| 3. 流域平均年最大 4 日および 7 日雨量 .....             | 57 |
| 4. 確率雨量および引き伸ばし倍率 .....                   | 58 |
| 5. 流域貯留関数 .....                           | 59 |
| 6. 河道貯留関数 .....                           | 60 |
| 7. 既設ダム有/無の場合の確率洪水ピーク流量 (1/2 ~ 2/2) ..... | 61 |
| 8. 施設の方策適用地区の選定 .....                     | 63 |
| 9. 建設費 .....                              | 64 |
| 10. 経済評価 .....                            | 65 |
| 11. 長期治水案に対する建設費比較 .....                  | 66 |
| 12. 設置が提案されるテレメータ観測所一覧表 .....             | 66 |

| 附 図                                       | 頁  |
|-------------------------------------------|----|
| 1. Itajai 河流域概要図 .....                    | 67 |
| 2. Itajai 河流域地質図 .....                    | 68 |
| 3. 想定洪水氾濫域内現況土地利用図 (1/2 ~ 2/2) .....      | 69 |
| 4. Itajai 河本川および支川河道縦断図 .....             | 71 |
| 5. Itajai 河河道特性 .....                     | 72 |
| 6. 主要支川河道特性 .....                         | 73 |
| 7. 流域平均時間雨量分布 .....                       | 74 |
| 8. 実測値および計算値の洪水波形 (1/8 ~ 8/8) .....       | 75 |
| 9. 流域系統図 .....                            | 83 |
| 10. 流域平均年最大 4 日雨量頻度曲線 .....               | 84 |
| 11. 降雨量および洪水量関係図 .....                    | 85 |
| 12. 貯水池操作方法検討結果 (1/8 ~ 8/8) .....         | 86 |
| 13. Blumenau 市部確率洪水流量波形 (1/4 ~ 4/4) ..... | 94 |

|     |                                                                       |     |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 14. | 既設ダム有/無の場合の流量配分図 (1/2 ~ 2/2)                                          | 98  |
| 15. | Blumenau 市流量記録に基づく頻度曲線                                                | 100 |
| 16. | 既設河川関連構造物位置図 (1/3 ~ 3/3)                                              | 101 |
| 17. | 既設洪水予警報システム系統図                                                        | 104 |
| 18. | 施設の方策適用地区選定のための河道分割図                                                  | 105 |
| 19. | 暫定治水案・計画高水流量配分図 (確率年 1/10)                                            | 106 |
| 20. | 計画河道縦断面図 (1/4 ~ 4/4)                                                  | 107 |
| 21. | Itajai 河最下流部および Itajai Mirim 川計画河道平面図                                 | 111 |
| 22. | 放水路ルート                                                                | 112 |
| 23. | Ilhota 市部計画河道平面図                                                      | 113 |
| 24. | Blumenau - Gaspar 市区間計画河道平面図                                          | 114 |
| 25. | Ascurra 市部計画河道平面図                                                     | 115 |
| 26. | Rio do Sul - Lontras 市区間計画河道平面図                                       | 116 |
| 27. | Ituporanga 市部計画河道平面図                                                  | 117 |
| 28. | Brusque 市部計画河道平面図                                                     | 118 |
| 29. | 計画河道標準横断面図 (1/4 ~ 4/4)                                                | 119 |
| 30. | 中期治水案・計画高水流量配分図 (確率年 1/25)                                            | 123 |
| 31. | 長期治水案・計画高水流量配分図<br>(河川改修方式、確率年 1/50)                                  | 124 |
| 32. | 長期治水案・計画高水流量配分図<br>(河川改修および Ascurra ダムの組み合わせ方式、確率年 1/50)              | 125 |
| 33. | 長期治水案・計画高水流量配分図<br>(河川改修および Trombudo (A) および (B) ダムの組み合わせ方式、確率年 1/50) | 126 |
| 34. | 治水プロジェクト実施計画                                                          | 127 |
| 35. | 浸水深による土地区分図                                                           | 128 |
| 36. | 設置が提案されるテレメータ観測所位置図                                                   | 129 |

## I. 序 文

### 1.1 序 論

Itajai 河本川およびその支流沿岸地区は、たび重なる洪水による被害にさらされて来ている。特に Itajai 河沿いの Blumenau および Itajai 市、Itajai Mirim 川沿いの Brusque 市は大洪水により甚大な被害を被っている。

この様なたび重なる洪水に対処すべく、DNOS は 1972 年、1975 年にそれぞれ Oeste および Sul 治水ダムを建設しており、さらに現在 Norte 治水ダムを建設中である。しかし、ダム建設後も Itajai 河沿岸の主要都市は、1983 年、1984 年の洪水時の氾濫により甚大なる被害が発生している。これら治水ダムによる洪水調節効果を補足するために、DNOS は Itajai 河本川および Itajai Mirim 川での河川改修工事を計画・実施している。これらの治水施設により河川沿岸地区では洪水被害がかなり軽減しうるものと思われる。しかし、現在進行中の治水工事および既設ダムによる治水効果を考慮したより有効な治水計画を策定する為には、流域の上下流域に対し整合性のとれた治水計画のマスタープランを策定することが必要である。

以上の様な状況に鑑み、ブラジル連邦政府は日本政府に対しイタジャイ河流域治水計画に対するマスタープラン実施調査についての技術協力を要請して来た。この要請に対し日本政府は治水調査の作業範囲を決定するためのミッションをブラジルに派遣した。治水調査に対する作業範囲は、1985 年 12 月 DNOS および JICA 間で協議され合意に達した。この合意書で決定した調査の目的は、以下の通りである。

- (1) Itajai 河流域の治水対策の基本構想を勘案した洪水被害多発地域となっている中下流域についての治水計画のマスタープランの策定。
- (2) マスタープランにおいて特に社会的に緊急を要する地域の治水計画についてのフィージビリティスタディの実施。

## 1.2 治水計画調査

Itajai 河流域に対する治水計画調査は、1986 年 4 月より 22 ヶ月間に亘り実施する事が計画された。調査作業開始1ヶ月後の 1986 年 4 月末に調査実施計画書が作成され DNOS 側に提出された。この調査実施計画書に基づいて作業が進められ 1986 年 9 月に作業進捗状況報告書(1)が作成提出された。

1987 年 1 月に 1986 年 4 月より 10 ヶ月間に実施された流域治水計画のマスタープランの調査検討結果についての中間報告書が作成された。同報告書には、治水計画のマスタープラン調査の結果およびフィージビリティスタディに対する対象地区の選定等が述べられている。この報告書は DNOS 側よりのコメントに基づき修正され、最終報告書として 1988 年 1 月 DNOS 側に提出された。

## 1.3 報告書

Itajai 河流域治水計画調査に対する最終報告書は Part I 、マスタープランスタディと Part II 、 Blumenau - Gaspar 区間河川改修計画に対するフィージビリティスタディに対する報告書より構成されている。このマスタープラン調査報告書は、主報告書および 6 項目より成る付属報告書より構成されている。主報告書は各作業分野で検討された結果の要約が記載されており、附属報告書はそれぞれの作業分野での調査・検討結果の詳細が述べられている。

## 1.4 謝 辞

今回の現地調査実施にあたり調査団に対して示された関係各位よりの絶大なる協力に対し深く感謝の意を表すると共に、この調査における協力機関である DNOS よりの数知れぬ支援に対しても深く感謝する次第である。

また、さらに調査当該地区の県庁および市町村の関係官庁よりの協力に対しても深く謝辞を述べる次第である。

## II. 調査対象地区の概要

### 2.1 Itajai河流域

Itajai河流域は約15,220 km<sup>2</sup>の流域面積を有し、ブラジル国南部 Santa Catarina 州のほぼ中心に位置している。流域は南緯26°21'より27°20'、西経48°40'より50°20'分に位置し、南北に約150 km、東西に155 kmの広がりをもつ。北部において Iguacu河流域に、南部では Uruguai河流域に接し、東部は Itajai 市部で大西洋に接している。

Itajai 河は流域の南西部の標高約1,800 mの山岳部にその源を発し、その地区で Itajai do Oeste 川と呼ばれている。Itajai do Oeste 川はその後 Itajai do Sul 川と名を変えて北部に流下し Rio do Sul 市附近で Itajai do Oeste 川と合流する。合流後 Itajai do Sul 川は Itajai 河と名を変えて北西方向に流下する。さらに Itajai 河は約10 km 区間流下した後、Ibirama 市附近で Itajai do Norte 川と合流、その後 Ascurra 市部を北東方向に流下し Indaial 市部を通過後、その方向を東方に変えて流域内で最大の都市 Blumenau 市まで約10 km 区間の急流部を流下する。Blumenau 市部のV字形に蛇行した河道を通過後、幾多の小支流を集め、緩流河道部を流下し、Itajai 市部附近で Itajai Mirim 川と合流した後、大西洋に注ぐ。Itajai 河の総延長は約250 kmで、これはブラジル国内では中規模河川に相当する。Itajai河流域概要図は、図-1に示される。

### 2.2 流域の自然状況

#### 2.2.1 気象・水文

Itajai河流域での年平均気温は最下流部 Itajai 市で19.7°C、Blumenau 市で20.1°Cである。一方山間部 Ituporanga 市で18.4°Cである。また流域内での最低気温は Ituporanga 市の7月における13.8°Cであり、最高気温は Timbo 市の1月における25.5°Cとなっている。

1976年より1985年間の流域内での年平均降雨量は1,630 mmで、地域的には Benedito および Itajai do Sul 川上流山間部での1,800 mmから Itajai 河本川沿いでの1,500 mmとなっている。

流域内平均蒸発散量は約 800 mm と見積られており、これは日蒸発散量 2.2 mm/日 に相当する。月最大蒸発散量は Itajai 市および Timbo 市の 104 mm で、これは日蒸発散量 3.3 mm/日 に相当する。

年平均相対湿度は Itajai 市での 85.7 % (流域内での最高値) および Indaial 市での 77 % (流域内での最低値) となっており 6 月より 8 月間の月平均相対湿度は他の月よりの高い値となっている。

1976 - 1985 年間の月平均流量は Ituporanga で 50.9 m<sup>3</sup>/秒、Rio do Sul で 135.1 m<sup>3</sup>/秒、Indaial で 286.3 m<sup>3</sup>/秒、Brusque で 31.5 m<sup>3</sup>/秒となっている。7 月より 12 月までの月平均流量は年平均流量よりも多いものとなっており、この事より雨期は 7 月より 12 月の期間、乾期は 1 月より 6 月までと考えられる。雨期における月平均流量は乾期中の約 1.2 倍である。

#### 2.2.2 地形・地質

Itajai 河流域は北部を Mar 山脈、Jaraqua 山脈および Moema 山脈、西部を Geral 山脈、南部を Tijucas 山脈によって区分されている。Mar 山脈は流域の中心をほぼ北北東より南南西に横断している。Itajai 河は Subida - Lontras 市区間で Mar 山脈を横切っており、また Indaial 市附近で Pomerode 山脈、Blumenau 市附近で Selke 山脈を横切っている。さらに Blumenau 市より下流部で平坦な沖積平野を流下している。Itajai 河河口部附近で合流する Itajai Mirim 川は、Itajai 山脈により本川より区分されている。

Itajai 河流域の地質は主として新生代の未固結堆積物、古生代および先カンブリアン紀の岩類の 3 種で構成されている。

新生代の未固結堆積物は Itajai 河本川、Itajai Mirim 川および Luiz Alves 川の下流部に 30 m 以上の厚さで広く分布し、沖積平野を構成している。また中・上流部では Itajai 河本川および支流の河道沿いの狭い範囲に最大約 10 m の厚さで分布している。

先カンブリアン紀の岩類はグラニュライト、ミグマタイト、変成火山岩、変生堆積岩および貫入岩類からなり、Mar 山脈から東側の下流部一帯に分布している。

古生代の岩類は堆石岩類で Mar 山脈と Geral 山脈の間に分布している。

Itajai 河流域の地質図は、図 - 2 に示される。

## 2.3 土地利用

### 2.3.1 現況土地利用

流域の土地利用現況図が現存しないため、IBGEの1:50,000の地形図(1966年の航空写真により製作)に基づいて土地利用図を作成した。さらに、1979年に撮影された1:45,000の赤外線写真が存在する部分については、これにより補正した。市街地部分は、行政上の指定によらず、これらの情報により線引きを行った。

現況土地利用状況は、以下の通りである。

| 用途         | 面積 (ha)   | 構成比 (%) |
|------------|-----------|---------|
| 耕作地        | 304,951   | 20.0    |
| 牧草地        | 293,022   | 19.3    |
| 森林         | 306,800   | 20.2    |
| 未利用地       | 61,366    | 4.0     |
| 開発不適地(荒地等) | 111,618   | 7.3     |
| 用途不明       | 429,193   | 28.2    |
| 市街地        | 15,150    | 1.0     |
| 計          | 1,522,100 | 100.0   |

農業用地(耕作地、牧草地、森林)は、流域全体15,221 km<sup>2</sup>のうち59.4%の904,733 haを占めている。用途不明のなかにも農業用に利用されている部分もあると考えられるが、今のところ確かな情報はない。市街地は、流域全体のわずか1%の15,150 haを占めるにすぎない。

流域の主な農作物は、米、トウモロコシ、キャッサバ、豆類、玉ネギ、サトウキビおよびタバコであり、1984年現在の作付け面積は、以下の通りである。

| 主な作物   | 1984年作付け面積 (ha) | 構成比 (%) |
|--------|-----------------|---------|
| 稲作     | 27,000          | 12.6    |
| トウモロコシ | 67,000          | 31.4    |
| キャッサバ  | 22,500          | 10.5    |
| 玉ネギ    | 8,900           | 4.2     |
| 豆類     | 49,000          | 22.9    |
| サトウキビ  | 4,200           | 2.0     |
| タバコ    | 35,000          | 16.4    |
| 計      | 213,600         | 100.0   |

稲作は河川沿いの平坦地 27,000 ha で耕作されている。トウモロコシとキャッサバは、流域全体の丘陵地に各々 67,000 ha と 22,500 ha の地域で栽培されている。玉ネギは Itajai do Sul 川流域の丘陵地 8,900 ha で、また豆類は Itajai 河本川の上・中流域の丘陵地 49,000 ha で栽培されている。タバコは、Itajai 河本川の上・中流域の丘陵地に広く分布している。

### 2.3.2 洪水多発地区の現況土地利用

Itajai 河本川の中・下流域は、流下能力不足のため洪水が起こり易い。洪水多発地区としては、Itajai 河本川および Itajai Mirim 川の中・下流沿いの平坦地を始めとし、Itajai do Sul 川、Itajai do Norte 川、Itajai do Oeste 川および Benedito 川の下流域に広がっており、その総面積は約 289 km<sup>2</sup> となっている。この面積は、流域の 1.9% に相当し、流域内農業用地の 3.2% を占める。またこの洪水多発地区内には 26.4 万人の人が住み、これは流域全人口の 39.3% にあたる。これらの内訳は、以下の通りである。

| 項目             | 流域全体      | 洪水多発地区  | 構成比 (%) |
|----------------|-----------|---------|---------|
| 人口             | 670,958   | 264,000 | 39.3    |
| 面積 (ha: 1980年) |           |         |         |
| - 稲作           | 30,512    | 2,275   | 90.2    |
| - 砂糖黍          | 4,123     | 3,718   | 90.2    |
| - 他の農用地        | 270,316   | 2,543   | 0.1     |
| - 牧草地          | 293,022   | 7,255   | 2.5     |
| - 市街地          | 15,150    | 5,819   | 38.4    |
| - その他          | 908,977   | 7,308   | 0.1     |
| 計              | 1,522,100 | 28,918  | 1.9     |

洪水多発地区内には、Itajai 河本川、Itajai do Oeste 川および Itajai Mirim 川の中・下流域に広がる 2,275 ha の水田用地があり、これは流域全体の水田面積の 7.5% を占める。米作は、流域の重要作物の 1 つで且つ稲の植え付けの初期は特に洪水に痛めつけられ易いので、水田に係わる洪水防御は他の作物より一層重要性が高いと言える。

洪水多発地区内のサトウキビ用地は、Itajai 河本川の平坦地 3,718 ha で栽培されており、これは流域全体のサトウキビ用地の 90.2% にもあたるので、サトウキビはほとんど当該地で生産されていると言える。しかし、サトウキビそのものは洪水に対し比較的強いようである。

洪水多発地区内での市街地面積は 5,819 ha を占めており、これは流域全体よりみると 1.9 % に過ぎないが、流域全体の市街地面積よりみるとその 38.4 % にあたる。この比率は、ほぼ人口構成比 (39.3 %) に等しい。

洪水多発地区内 (1983 年および 1984 年の大洪水で浸水した地区) の土地利用現況を見る為、より詳しいメッシュ地図を作成した。表 - 1 にみられるように、この地区内の土地利用現況は水田とサトウキビが中・下流域に広がっており、その他の耕作地は、地区内全体に分散している。また、図 - 3 に示される現況土地利用図からその様子を見ることができる。

### 2.3.3 土地利用計画

政府は、1985 年 3 月の民政移管後、国家開発計画を発表したが、州政府や市当局は開発計画ないし土地利用計画については未だに何も公表していない。従って、本調査における開発計画では、国の開発計画を参照しながらも、これまでの開発傾向が続くものとして作成する事とする。

工業化政策は国家計画の最優先課題とされている。従って、工業セクター、特に製造業部門は、サービス業と共に以前に増して優遇されると考えられる。そのため、人口の都市集中は必至であり、既存都市周辺は工業化とそのための住宅で開発が活発になると考えられる。

2020 年には、2 万人以上の人口を有し、その 8 割以上が都市人口という市は次の 9 市と予測される : Itajai、Navegantes、Blumenau、Brusque、Gaspar、Indaial、Pomerode、Timbo および Rio do Sul。このうち、Itajai、Blumenau、Gaspar、Pomerode、Timbo および Rio do Sul の 6 都市は、都市域の範囲が 1980 年末のままと仮定すると、都市人口密度は 60 人 / ha を超えることとなる。60 人 / ha (日本の人口集中地区 (DID) の 1 つの目安) を限度と考えると、この 6 都市の推定人口 79.4 万人は、既成市街地を越えて周辺地域を蚕食し、6 都市の市街化面積は 13,200 ha に拡大することになる。その結果、流域内の市街化地域は、20,200 ha となり、1980 年の 1.6 倍になると予測される。

工業化政策が上記のように人口の都市集中を促進し、周辺地区への市街地の拡大がすすむとしても、洪水多発地区内に存在する既成市街地の領域内には拡張の余地がないため、拡大の方向は当然その後背地と考えられる。このため、新市街地となる地域は、洪水の危機にさらされることはないと考えられる。

国家開発計画は、国の農業生産を増産させるための開墾を促進しており、併せて農業の近代化のための農地改革を発表している。流域内の農村は過疎化傾向にあるが、機械化によって農業用地すなわち耕作地や牧草地は増加し、その結果 1980 年現在での未利用地の開墾もすすむと考えられる。さらに肥料や育成技術の改善等農業技術そのものの革新や農地改革により単位当たり生産量は一層上昇すると考えられる。洪水多発地区内の農業も同様の発展を遂げると考えられる。こうした農業用地内に工業の進出は考えられない、というのも工業は社会資本が整っていて、市場や労働力の大きい市街化地域に進出した方が有利だからである。従って、洪水多発地区内の農業用地は、その生産力は改善されながらも、利用形態はそのまま維持されるものと考えられる。

森林伐採は将来なお一層厳格に制限されることになるので、自然林は現状のままで推移すると考えられる。一方、植林は生態系の保護や雨水の流出防御のために一層推進されるであろう。このため、流域内の自然林や植林による森林地域は増大するものと考えられる。

## 2.4 社会・経済

### 2.4.1 序論

Itajai 河流域は、Santa Catarina 州の北東部に位置し、次の 5 つの micro-region にまたがっている：Litoral de Itajai、Colonial de Blumenau、Colonial do Itajai do Norte、Colonial do Alto Itajai、Colonial Serrana Catarinense、Campos de Lages および Planalto de Canoinhas。流域面積は 15,221 km<sup>2</sup> あり、州面積の 15.9% を占める。また Itajai 河流域は 46 市よりなり、その内訳は次の通りである：Litoral de Itajai micro-region には 4 市あり、その面積は 668 km<sup>2</sup>；Colonial de Blumenau に 16 市、5,380 km<sup>2</sup>；Colonial do Itajai do Norte に 4 市、1,670 km<sup>2</sup>；Colonial do Alto Itajai に 16 市、4,466 km<sup>2</sup>；Colonial Serrana Catarinense に 1 市、840 km<sup>2</sup>、Campos de Lages に 2 市、310 km<sup>2</sup>、および Planalto de Canoinhas に 3 市、1,887 km<sup>2</sup>。

### 2.4.2 人口

Itajai 河流域には、1980 年の国勢調査時点で 668,582 人居住し、その成長率は 70 年代で平均年率 2.08% であった。この増加率は、国全体の 2.48% および州全体の 2.26% に比べると幾分小さくなっている。流域人口は、州人口 3,627,933 人 (1980 年) の 18.5% に当たるが、

1970年の18.8%に比べると幾分小さくなっている。1980年に2万人以上の人口を持つ市は次の7市であった：Blumenau、Itajai、Brusque、Rio do Sul、Indaial、Gaspar および Ibirama。

流域の都市人口は1980年で426,996人で、全人口の63.9%に当たり、これは州の都市人口比率59.4%よりは大きい、国の67.6%より小さい。流域の人口密度は44人/km<sup>2</sup>で州の38人/km<sup>2</sup>よりは大きい。流域内で人口密度100人/km<sup>2</sup>以上の人口過密となる市はBlumenau以外では次の5市であった：Itajai (284人/km<sup>2</sup>)、Navegantes (170人/km<sup>2</sup>)、Timbo (111人/km<sup>2</sup>)、Brusque (103人/km<sup>2</sup>)、およびRio do Sul (205人/km<sup>2</sup>)。これらの市のうち、Navegantes以外は、工業活動の盛んな都市である。

流域内の労働人口は、1980年で28.5万人であった。農業部門(第1次産業)に7.3万人が従事し、これは全労働人口の25.6%に当たるが、70年代は平均年率1.13%の割合で減少してきた。一方、国および州の農業就業人口は各12,661,017人、418,249人で全人口の29.3%、30.8%を占める。ここでも70年代には年率0.33%、0.77%の割合で農業人口は減少していたけれども、農業離れはItajai河流域の方がより早くすすんでいる。

工業部門(第2次産業)は最大の労働人口を吸収しており、1980年で113,318人、全労働人口の39.8%を占め、ここ10年間に平均年率9.12%で増加してきた。この増加率は州全体の9.43%とはほぼ同じではあるが、国全体の7.36%より大きい。従って、流域は州全体と同じ早さで工業化が進行してきたことになる。サービス業(第3次産業)は94,040人の労働力を擁し、これは全労働力人口の33.0%に当たる。これは州の34.7%に近い値であり、従って、流域と州とは同じような産業構造であるということができよう。

流域の将来人口は、1990年に82.2万人、2000年に96.3万人、2020年には122.6万人と予想される。従って人口増加率は、1980-2000年間で平均年率1.8%、2000-2020年間で1.2%となる。2020年には全人口の86%が都市人口となり、1980年に20,000人都市であった次の7市は、2000年および2020年には、次のように増加すると予想される。

| 市名         | 1980   | 2000   | 2020   |
|------------|--------|--------|--------|
| Blumenau   | 15.5万人 | 29.8万人 | 42.7万人 |
| Itajai     | 8.7    | 14.2   | 19.4   |
| Brusque    | 4.1    | 5.7    | 7.1    |
| Rio do Sul | 3.6    | 5.8    | 7.8    |
| Indaial    | 2.9    | 4.2    | 5.4    |
| Gaspar     | 2.6    | 4.1    | 5.5    |
| Ibirama    | 2.4    | 2.9    | 3.4    |

#### 2.4.3 州内総生産

1984年の国内総生産(GDP)は3,869,670億クルゼイロ(US\$2,110億)であり、名目成長率は、対前年比222%であった。1人当たりGDPは294.6万クルゼイロ(US\$1,607)で名目上対前年比214%増であった。実質成長率はGDPが4.5%、1人当たりGDPが2.4%であったが、マイナス成長であった前年に比べ徐々ではあるが国の経済は回復しているようにみえる。

1984年のSanta Catarina州の州内総生産(GRDP)は148,550億クルゼイロ(US\$81億)で対前年比233%の名目成長率であり、これは国全体の3.84%を占めている。1人当たりGRDPは376.8万クルゼイロ(US\$2,059)で、名目成長率217%であった。1人当たり総生産の差は、州の方が国のそれより実額で82.2万クルゼイロ大きく、これは1.23倍に当たる。ここ数年、この差は拡大する方向にある。

GRDPおよび1人当たりGRDPの実質成長率は各々4.0%、2.1%であった。1977年から1983年の間は、州経済の方が国よりも速く成長してきたが、1983年以降はその差の拡大傾向は幾分鈍化している。

70年代の州経済は急成長を遂げた。これは、工業部門の急速な成長によるところが大きい。事実、1970年の工業部門のGRDPへの寄与率は29.4%であったものが、1980年には37.9%となった。Santa Catarina州では製造業が特に大きく寄与してきた。農業部門の成長率は低く、GRDPに占める割合は減少した。サービス業はGRDPの成長率と同じ比率で成長したので、その構成比はほとんど変わらなかった。

1984年以降のGDPの成長予測は、「第1次国家開発計画」や「クルザード計画」および国連の長期経済予測などを参照し、2000年までは年6%で、それ以後は4%で成長するもの

と仮定した。GDPに占めるGRDPの割合は、これまでの成長経緯をみて、それ以後は一定とした。さらに各経済セクター別の構成比を、現状のままとすると、2020年までの総生産は次のように推定される。

(単位：10<sup>9</sup>クルザード 1986年3月価格)

| 項目         | 1980 <sup>△</sup> | 2000   | 2020   |
|------------|-------------------|--------|--------|
| GDP        | 4,302             | 11,228 | 24,601 |
| GRDP       | 154               | 449    | 984    |
| - 農業       | 25                | 72     | 157    |
| - 工業       | 58                | 170    | 373    |
| - 商業・サービス業 | 71                | 207    | 454    |

(注) △：総合物価指数(386)およびデノミネーションにより換算

#### 2.4.4 農業

農業セクターは次の5業種に分類される：農業、畜産業、漁業、林業および農産物加工業。1980年の総生産額は、133.4億クルセイロであり、各業種別の生産額は、以下の通りであった：農業は80.23億クルセイロで総生産額の60%を占める；畜産業は29.17億クルセイロで22%；漁業は10.77億クルセイロで8%；林業は7.51億クルセイロで6%；農産物加工業は5.71億クルセイロで4%。流域内の総生産額は州内全体(965.69億クルセイロ)の14%に当たる。

流域の主な農産物は、米、トウモロコシ、キャッサバ、豆類、玉ネギ、サトウキビおよびタバコであり、各々の耕作地については2.3.1節“現況土地利用”を参照されたい。流域内のほとんどの水田は重力式灌漑で肥料を用いている事から、単位当たり収穫量は4.2t/haで州平均の3.3t/haを上回っている。1984年の米の収穫量は114,000tで、これは州全体の25%に当たる。トウモロコシの生産量は167,000tで、飼料として消費されている。キャッサバは341,000tであった。流域は州内でも主要な玉ネギ生産地であり、1984年には85,000tの生産がありこれは州全体の76%に当たる。豆類の生産量は44,000tであった。流域内のサトウキビは排水や施肥が良く管理され、1984年は240,000tが生産され、単位当たり収穫量は57t/haとなり、州平均の48t/haを上回っている。タバコの生産量は58,000tで、州の

生産量の38%を占めた。1980年流域内の全農作物の生産額は、802.2億クルゼイロで州の生産額の18%に当たる。

流域の主な畜産品と1980年の生産量は次の通りであった：牛 58,000頭；豚 226,000頭；鶏 7,575,000羽；馬 2,000頭；羊 3,000頭；およびヤギ 1,000頭。酪農品は牛乳 66,000kl、羊毛 11t、玉子 760万ダース、蜂蜜品 100tであった。1980年における畜産業の生産額は291.7億クルゼイロで州の生産額(396.19億クルゼイロ)の7%に当たる。

Itajai河の河口にはItajaiとNavegantesの2つの漁港がある。流域内の漁業はこの2漁港で行なわれており、1980年の収穫高は魚類が80,000t、甲殻類(エビ、カニ等)が1,300tおよび軟体動物類(貝、タコ、イカ等)が4,200tであった。この収穫量は州全体(118,000t)の70%以上に当たる。1980年の漁業の生産額は107.7億クルゼイロで、州全体(214.3億クルゼイロ)の約50%を占める。

1980年の流域の林産品は、次の通りである：自然林関係では、マテ茶 5,219t、薪 120万m<sup>3</sup>、木材 30.7万m<sup>3</sup>、キャベツヤシ 253t、また植林関係では薪 6,000m<sup>3</sup>、木材 1.9万m<sup>3</sup>、苗木 167.9万本であった。州全体と比較してみると、流域内では自然林からの生産が植林からの生産より多い傾向にある。1980年の林業産出額は自然林からは7.24億クルゼイロで、植林からは0.26億クルゼイロであり合計7.51億クルゼイロであった。この額は、州全体の生産額の11%に当たる。

農産品加工業の主な製品は、肉、チーズ、ラード、タバコ、クリームとキャッサバの関連製品である。これらの1980年の生産額は、5.71億クルゼイロで州の生産額33.12億クルゼイロの17%に当たる。

#### 2.4.5 工業および商業

Santa Catarina州の工業セクターは、国家経済の中でも重要な位置を占めており、各サブセクターの1980年の粗付加価値(GVA)は次の通りであった：鉱業、45億クルゼイロ即ち工業セクター合計の2.9%；製造業、1,319億クルゼイロ、86.9%；建設業、134億クルゼイロ、9.9%；および電力・ガス等、23億クルゼイロ、1.5%。製造業が全体の86.9%を占めているので、製造業が工業セクターを代表していると見ることができる。1980年の産業統計によれば、主な鉱工業(全生産額の65%を占める)は、次の4業種である：(1) 繊維業、

(2) 衣類、靴、編物等衣料品製造業、(3) 食料品製造業および (4) 木材業。流域内のこれら 4 業種は、流域内鉱工業生産額の各々 37%、18%、8% および 5% であった。また流域内のこれら 4 業種の生産額が、州全体の各 4 業種の生産額に占める割合は、各々 79%、60%、12% および 16% であった。流域では、1980 年に 1,162.4 億クルゼイロの鉱工業生産額をあげ、事業所数は 2,682 件 (州全体の 23.5%) で就業人口は 84,747 人 (州全体の 30.6%) であった。

Colonial do Blumenau micro-region は、州全体の中でも、事業所数、就業人口、生産額の点から最も重要な micro-region である。特に流域内では、事業所数で 60%、就業人口で 70%、生産額で 84.2% を占めている。この micro-region の中で工業生産上重要な市は、Blumenau 市 (micro-region 内生産額の 67%)、Brusque 市 (13%) および Gaspar 市 (8%) である。従って Blumenau 市は工業生産においては中心的な存在と言える。

Blumenau 市内の工業の主な業種は、繊維業 (Blumenau 市全体の生産額の 44.1%)、衣料品製造業 (28.3%) および食料品製造業 (2.7%) である。

Itajai、Timbo、Indaial、Ilhota、Rio do Sul および Ibirama も工業生産上重要な都市である。特に Itajai 市は、食料品製造、非金属製品製造業および製紙業が多く、生産高では、流域内において先の 3 市に次いで第 4 位の位置にいる。Itajai 市以外の都市でも生産額こそ大きくはないけれども、各々の micro-region 内では中心的存在となっている。

第 3 次産業は、多数の小規模企業から成りたっているのが特徴であり、1980 年の売上高は商業部門で 651 億クルゼイロ (州全体の 29.2%) およびサービス業部門で 62 億クルゼイロ (同 20.9%) であった。流域全体の売上高は、州全体の 20.8% を占める。同様に事業所数で 20.1%、就業人口で 21.8% を占めている。ちなみに 1980 年の州全体の売上高は、2,230 億クルゼイロで、GVA は 416.36 億クルゼイロであった。

Colonial do Blumenau micro-region は、第 3 次産業においても売上高、事業所数、就業人口の全てについて最も重要な位置を占めている。この micro-region は、州全体を通じて、商業活動では第 1 位にあり、サービス業の活動では第 3 位の位置にある。

第 3 次産業に限ってみると、この micro-region 中重要な位置を占めているのは Blumenau 市と Brusque 市であり、この 2 市で全売上高の 85.5% を占めている。工業セクターと同様に、Blumenau 市はサービス業においても流域中最も重要な役割になっており、1980 年の

売上高で 248.43 億クルゼイロを記録し、これは流域全売上高の 34.8% を占めている。また事業数においても 26.3%、就業人口においては 36.3% を占めている。

流域内のサービス業の活動において 2 番目に重要な市は Itajai 市である。Itajai 市では、1980 年に売上高で 273.6 億クルゼイロ、事業所数で 1,537、就業人口で 7,317 人を記録した。特に商業活動では、261.47 億クルゼイロの売上高をあげ、そのうち 61.8% の 191.13 億クルゼイロが卸売業によって達成されている。特に卸売活動では Blumenau 市よりも 55.71 億クルゼイロ多くなっている。卸売業の取扱い品目のうち特に目立つのは、燃料と機械油である。

3 番目に重要な市は Rio do Sul 市であり、1980 年には 53.71 億クルゼイロの売上高、738 の事業所数および 3,960 人の就業人口を記録した。Colonial do Alto Itajai micro-region では最も重要な位置にあり、周辺の Aurora、Agronomica、Laurentino、Rio do Oeste および Lontres の各都市にとって経済活動の指導的役割をになっている。

#### 2.4.6 交通施設

Itajai 河流域は、国の南北を結ぶ主要幹線国道 BR-101 号線と 116 号線の上に位置している。BR-101 号線は、海岸線沿いにあり河口付近で流域を東西に分けている。BR-116 号線は流域と州の西部地区とを分断し、ブラジル南部の主要都市である Porto Alegre と Curitiba とを結んでいる。流域内の鉄道は既に廃止されており、主要な交通手段としては、大量輸送機関よりもむしろ乗用車にたよる傾向にある。

Itajai 河沿いの国道 BR-470 号線は、先の 2 つの幹線を結びつけている。BR-470 号線は流域にある主要な都市を相互に結ぶ重要な役割をになうと共に、州の西部地区と流域とを結ぶ幹線ともなっている。

1985 年現在、流域の既存道路網は 14,604 km で、その内分けは国道 205 km、州道 926.7 km、市道 13,472 km となっている。このうち、4.2% の 610.4 km が舗装されており内訳は次の通りである：国道 205 km、州道 379 km、および市道 26 km である。その他は砂利道か土道で、そのうち 3,998 km は何らかの改良工事をほどこしてあるが、その他はそのままである。流域の道路密度は 0.959 km/km<sup>2</sup> であり、これは州全体の密度 0.923 km/km<sup>2</sup> よりやや高密度となっている。

## 2.5 洪水および洪水被害

### 2.5.1 河川現況と河道特性

Itajai 河は図-4に示す如くその特異な河床勾配により特徴づけられ、地勢、河性より上流部、中流部、下流部の3区分に大別される。即ち Lontras より上流部の緩流河道部、Lontras-Subida間の急流部および Subida-Blumenau 上流部間の超急流部よりなる中流部および Blumenau-河口部間の超緩流部からなる下流部と定義づけられる。

約 70 km 区間の上流部の河床勾配は  $1/2,000$  で、Oeste ダムは Itajai 河本川合流部より 78 km 上流の Itajai do Oeste 川に位置している。Itajai do Oeste 川の河床勾配は約  $1/4,000$  である。上流部区間の河幅は約 100 m、水深は 10 m 程度である。

中流部区間では河床勾配も大きく変化し、Salta Pilao-Subida 間 16 km 区間の  $1/60$  の河床勾配を持つ U 字形河道、Subida-Indaial 49 km 区間の  $1/700$  の河床勾配区間、および Indaial-Blumenau 上流部 15 km 区間の  $1/400$  の河床勾配区間に分けられる。

下流部区間では河床勾配は  $1/10,000 \sim 1/15,000$  と超緩流河川となる。Blumenau 市は、V 字形に蛇行した緩流河道部に位置している。この区間での河幅は約 140 m、水深は 20 m 程度である。Blumenau より下流部での河幅は 200~300 m で、水深は Gaspar で 15~20 m、Ilhota で 17 m、Itajai 上流部で 10 m となっている。

Itajai Mirim 川は流域北部の山間部にその源を発し Botuvera、Brusque 市を貫流し、北方に流下している。Brusque-Itajai 市間では河道はかなり蛇行していたが、15 年前にショートカット方式により河道はほぼ直線に改良されている。Itajai Mirim 川は Itajai 市の南西部で 2 河道に分割されている。そのうちの一方は大きく蛇行した河道で残り、一方は蛇行部を直線で結んだ捷水路となっている。この両河道が合流後、Itajai Mirim 川は Itajai 市の北方で Itajai 河に注いでいる。Itajai Mirim 川最下流部での河床勾配は約  $1/10,000$  である。河幅は Brusque-Itajai 間で約 50 m で、水深は 4~8 m 程度である。

Itajai 河本川およびその支流(合流部地点)の河幅、水深、河床勾配、流下能力は図-5に示されている。現河道における主要地点での流下能力は、次の通りである。

| 河 道 区 間               | 流下能力<br>( $\text{m}^3/\text{秒}$ ) |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ilhota - Blumenau 市区間 | 2,000 - 4,000                     |
| Ilhota 市下流区間          | 800 - 1,500                       |
| Blumenau 市部           | 3,000                             |
| Indaial 市部            | 6,000                             |
| Ascurra 市部            | 3,000 - 4,500                     |
| Rio do Sul 市部         | 1,000                             |
| Itajai Mirim 川最下流部    | 400 - 500                         |

## 2.5.2 既往洪水および降雨特性

Oeste および Sul ダム 建設後、1983 年 7 月および 1984 年 8 月に大規模な洪水が発生した。

1983 年 7 月の洪水時には、降雨は 7 月 5 日より降り始め 7 月 12 日までの 7 日間に亘り Itajai 河全流域において降り続いた。この時における最大時間降雨量は Benedito 川流域における Dr. Pedorinho での 22 mm/時 である。また 1 日、4 日および 7 日連続の流域平均降雨量はそれぞれ 65 mm、216 mm、324 mm と見積もられている。Itajai 河主要水位観測所地点での洪水ピーク流量は、Sul ダム地点での  $1,000 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Oeste ダム地点での  $1,500 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Rio do Sul 地点での  $2,000 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Ibirama 地点での  $2,500 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Apiuna 地点での  $4,400 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Indaial 地点での  $4,800 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Brusque 地点での  $540 \text{ m}^3/\text{秒}$  であった。

1984 年 8 月の洪水時には、降雨は 8 月 5 日より降り始め 8 月 8 日まで降り続いた。最大時間降雨量は Blumenau での 25 mm/時 である。1 日および 3 日連続流域平均降雨量は 110 mm、216 mm と見積もられている。この洪水時において集中豪雨が Itajai Mirim 川流域に発生しており、この時の降雨量は 150 mm/日に及んでいる。1984 年時の降雨パターンは 1983 年時のそれより降雨強度は強く、洪水波形はとがっており、洪水ピーク流量は 1983 年時のものより大きい。Itajai 河沿主要水位観測所地点での洪水ピーク流量は、Sul ダム 地点での  $2,500 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Oeste ダム 地点での  $1,200 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Rio do Sul 地点での  $1,800 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Ibirama 地点での  $400 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Apiuna 地点での  $4,400 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Timbo 地点での  $860 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Indaial 地点での  $5,100 \text{ m}^3/\text{秒}$  であった。

### 2.5.3 高水解析

#### (1) 序論

Itajai 河流域では 1983 年 1984 年に大規模な洪水が発生しており、このため DNOS ではこの両洪水に対する検討を行い、これを基に Blumenau および Rio do Sul 市部河道における河川改修計画を立案した。この計画中における計画高水流量は、Blumenau 市部において  $6,000 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Rio do Sul 市部において  $2,800 \text{ m}^3/\text{秒}$  となっている。

高水解析においては、河川改修、治水ダム、放水路等の洪水防禦施設の設計流量の算定およびそれらの洪水流に対する影響を評価するため、流出解析モデルを作成し、確率降雨を同モデルに入力することにより確率洪水流量の推定を行った。

本節では、使用した水文気象資料と解析結果の概要を述べる。尚、詳細については、付属報告書・ANNEX II、HYDROLOGY に記載されている。

#### (2) 洪水資料

Itajai 河流域においては、時間流量波形資料等の洪水に関する詳細資料は限られているため、計画高水流量は、降雨-流出モデルにより算定するものとし、確率降雨を使用してその評価を行った。さらに、降雨の地域分布および時間分布の違いによる確率洪水流量の相違を評価するため、Sul ダム および Oeste ダム 建設後の既往 4 洪水を対象として解析を行った。対象とする 4 洪水は、表-2 に示す Blumenau 市における水位記録および時間降雨/流量資料等を考慮し、1978 年 12 月、1980 年 12 月および 1983 年 7 月ならびに 1984 年 8 月時の洪水とした。図-7 および 8 に流域平均時間雨量分布図および洪水流量波形を示す。

#### (3) 解析方法および結果

確率洪水流量の算定は、流出解析モデルの作成、降雨解析、流出計算の各解析に基づき行った。

##### (i) 流域系統図

既設および本プロジェクトにより提案される治水ダム、放水路等の治水施設および支川の流入状況等を勘案し、図-9 に示す様に Itajai 河流域を 42 流域および 26

河道に分割し、流域系統図を作成した。また計画基準点は、本プロジェクトが流域全体を対象とするため Itajai 河河口部に置いた。

## (ii) 降雨解析

計画降雨継続時間は、過去の降雨・流量資料に基づき 4 日とした。1951 年から 1984 年の日雨量資料に基づき、Thiesen 法および代表係数法により算定した年最大 4 日雨量を表-3 に示す。また表-4 に Pearson III 型分布法により算定した確率 4 日雨量、図-10 にその頻度曲線を示す。

確率時間雨量分布は、前述の 4 降雨の実績降雨引き伸ばしにより行った。引き伸ばし倍率は表-4 に示されている。

## (iii) 流出計算

### (a) 流出係数

洪水時の流出率は、既存の水位観測所の流量資料および流域内の降雨資料から、一次流出率 0.5 および飽和雨量を 200 mm とした。

### (b) 貯留関数

流域の貯留関数は、利根川公式により初期値の設定を行い、実績 4 洪水の流量波形との比較から最終値として初期 K-値の 1.3 倍の K-値を採用した。河道定数は等流および不等流計算、遅れ時間は Kraven 法に拠った。表-5 および 6 に流域および河道の貯留関数を示す。

### (c) 貯水池操作方法の検討

既設ダム群の貯水池操作は、下流への急激な放流量の増加を極力少なくし、下流の洪水ピーク流量の減少を目的とし、次の 5 方法を前述の 4 洪水を対象として行った。

- 現行操作方法

- 流域内最大の都市である Blumenau 市部流量が  $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$  を越えた場合にダム底部に設置されている放水管を全閉

- ダム底部に設置されている放水管を常時全開
- Sulダムへの放水管の増設
- 余水吐ゲートの設置

検討の結果、最適操作方法として、小規模洪水から大規模洪水に対して有効であると考えられる現行操作方法が推奨された。

この結果、確率洪水流量の推定には、現行操作方法を採用した。

#### (d) 基底流量

基底流量は、7月から12月の雨期中の平均値とし、比流量  $0.033 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2$  を各分割流域に配分した。

#### (e) 確率洪水流量

Norteダムを含む既設ダム有/無の条件のもとで確率洪水流量を推定した。検討に使用した1978年12月、1980年12月および1983年7月らなびに1984年8月時の降雨パターンによるBlumenau市地点確率洪水流量波形を図-13、主要地点の確率洪水ピーク流量を表-7に示す。

流量配分図は、4洪水パターンのうち各主要地点で最大洪水ピーク流量を与えるパターンを選択し作成した。図-14に、その流量配分図を示す。Blumenau市部における確率洪水流量は、以下の通りである。

| 確率年 | 確率洪水流量 ( $\text{m}^3/\text{秒}$ ) |       |
|-----|----------------------------------|-------|
|     | ダムなし                             | ダムあり  |
| 2   | 3,300                            | 2,300 |
| 5   | 4,100                            | 2,800 |
| 10  | 4,700                            | 3,200 |
| 25  | 5,400                            | 3,800 |
| 50  | 6,200                            | 4,900 |
| 80  | 6,600                            | 5,200 |
| 100 | 7,000                            | 5,500 |

#### (5) 実績洪水ピーク流量との比較

推定した確率洪水流量の妥当性検討のため、Blumenau 水位観測所流量記録との比較を行った。結果を図-15に示す。推定した確率洪水ピーク流量は、確率年10年以上の洪水に対しては適合性は良いが、10年以下の洪水に対して、推定値は、実測値より大きくなっている。これは、本解析で対象とした降雨パターンが、2年～50年洪水で厳しいパターンとなっている為と考えられる。上記および既存資料が限られていることを考慮し、推定された確率洪水ピーク流量は妥当と判断し、解析結果を治水計画策定に使用した。

本解析において採用した4洪水の確率規模は、以下の通りである。

| 対象洪水     | ダム無し洪水流量<br>( $\text{m}^3/\text{秒}$ ) | 確率規模 |
|----------|---------------------------------------|------|
| 1978年12月 | 2,920                                 | 約2年  |
| 1980年12月 | 4,310                                 | 5-10 |
| 1983年7月  | 5,930                                 | 約50年 |
| 1984年8月  | 5,730                                 | 約50年 |

#### 2.5.4 洪水被害額の算定

洪水被害額の算定では、異なる洪水規模によって引き起こされる Itajai 河および支流沿いの地区での洪水被害額を算定し、計画の経済評価の便益を算出する事を主目的としている。

Itajai 河流域内での洪水被害記録は1983年および1984年の両洪水のみしか利用できず、またこれら洪水に対しても全ての洪水被害項目に対する記録がないため、一般的な洪水被害算定のための洪水被害～洪水頻度曲線を推定する事は困難である。このため、洪水氾濫モデルを用い浸水面積-浸水深-浸水頻度解析および想定洪水氾濫域内の資産分析を行い、確率洪水に対する洪水被害額を算出した。これら確率洪水に対する洪水被害額は、主として1983年および1984年時の洪水実績をもとに算定されている。洪水被害額の算定手順は、次の通りである。

(1) 想定洪水氾濫域を25 ha (500m × 500m) のメッシュに分割した。

- (2) 洪水被害額算定の資産とし稲、サトウキビ、穀類、牧畜、建物、家屋内資産および社会整備資産等とした。これらは 1986 年を基準年として現況および将来に対して算定された。さらに間接被害として営業停止損失が考慮されている。
- (3) 1978 年、1980 年、1983 年および 1984 年型洪水氾濫モデルにより、浸水面積 - 浸水深 - 浸水頻度解析を行った。これらの結果および各資産に対する被害率をもとに各洪水規模に対する想定洪水被害額を算定した。

確率洪水被害額算定結果は、次の様に要約される。

- (1) Itajai 河沿いの Gaspar より Rio do Sul に至る区間では、1983 年洪水がもたらす被害額が最も多く、Itajai Mirim 川および他の支川沿いでは 1984 年洪水による被害額が顕著である。
- (2) 直接被害額の内分けをみると、建物およびその資産が被る洪水被害額が顕著である。一方農作物への被害額は、水稻を除いて他作物に関しては全んどない。
- (3) 流域中 Blumenau での洪水被害が最も多く、年平均被害額は全資産額の約 7% に見積もられている。

## 2.6 治水施設

### 2.6.1 既設ダムおよびその治水効果

Itajai 河流域ではたび重なる洪水に対処すべく Sul および Oeste ダムをそれぞれ 1975 年、1972 年に建設、さらに現在 Norte ダムを建設中である。これらのダムは全て治水ダムとして設計され、ダム底部にゲートつきの放水管およびゲートなしの余水吐等の洪水放流施設を備えている。ダムの放流施設の操作方法として、ダム地点で豪雨が観測された場合および貯水池水位が水深 10 m を越えた場合に全ての放流施設を閉塞する方法がとられている。

Sul および Oeste ダムによる洪水調節効果は水文解析により検討されたが、1983 年洪水に対し Blumenau 市において  $830 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、Itajai 市において  $660 \text{ m}^3/\text{秒}$  の洪水ピーク流量が減少しており、また 1984 年洪水ではそれぞれ  $530 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、 $620 \text{ m}^3/\text{秒}$  の洪水ピーク流量減となっている。

既設3ダムによる最も有効な洪水調節効果を把握するために、以下の4方法が検討された。

- (1) 現在の操作方法による治水方法
- (2) 既設の放流管が全開した場合
- (3) Sulダム底部に追加の放流管を設置し全てのダム底部の放流管を全開した場合
- (4) 既設3ダム余水吐にゲートを設置し、洪水流量を全開した放流管および余水吐より流出させた場合

以上の4方法による治水効果を1978年、1980年、1983年および1984年の洪水資料を用いて検討した。その結果は、次の通りである。

- (1) 新たな操作方法を適用する事により、長期間の洪水継続時間をもつ1983年洪水の場合に対しては、より有効な洪水ピーク流量の低下が期待される。
- (2) 一方比較的短期間の洪水継続時間をもつ1978年、1980年および1984年洪水に対し新たな操作方法を適用した場合の下流域の洪水ピーク流量は、現行の操作方法に比べ大きい値となっている。即ち現行の操作方法の方がより有効な治水効果が期待できる。

1983洪水の様な長期間の洪水継続時間をもつ大規模洪水は極めてまれなケースと考えられ、このため計画降雨継続時間として4日連続雨量が採用されている。この様な事から既設ダムによる最も有効な洪水調節方法として現行の操作方法が適用された。

#### 2.6.2 河川改修計画および工事

DNOSは、現在Itajai河においてBlumenau-Gaspar区間、Rio do Sul-Lontras区間およびItajai Mirim川のItajai-Brusque区間で河川改修工事を実施中である。

Itajai河のBlumenau-Gaspar間の22km区間で請負方式により河川改修工事が実施中であるが、この計画の設計条件として設計高水流量 $6,000 \text{ m}^3/\text{秒}$ を適用し、河幅を220mまで拡幅する事としている。予定掘削量は27.5百万 $\text{m}^3$ 、工事期間は1985年1月より1986年7

月を予定している。1986年1月までの掘削量は1.3百万 $\text{m}^3$ であり、工事の進捗は財政上の理由により大幅に遅延している。

17.4 km の Rio do Sul - Lontres 区間においては、設計洪水量  $2,800 \text{ m}^3/\text{秒}$  を適用し、河幅を 90 m / 110 m に拡幅する河道改修計画が策定されている。計画掘削土工量は 7.2 百万  $\text{m}^3$ 、建設費は US\$ 14.9 百万に見積もられている。一方1961年洪水発生以後、Itajai Mirim 川においては、河道拡幅および捷水路建設を含む河川改修工事が開始された。しかし、1984年8月に大洪水が発生した為、Itajai 市部の捷水路および Brusque 市部河道の拡幅工事が開始された。同区間における、1985年1月から1986年2月までの総掘削土工量は 0.46 百万  $\text{m}^3$  である。設計洪水量、計画河道およびその他詳細については、現在 DNOS において検討中である。

## 2.7 河川構造物および河川関連構造物

護岸工は Blumenau 市部および Brusque 市部でのみ建設されている。Blumenau 市部では、右岸部約 1.2 km 区間のコンクリート護岸、Brusque 市部では、Itajai Mirim 川沿い約 200 m の区間に、蛇かごによる護岸工がなされている。

Itajai 河河口部には、左岸側に石張り水制が約 1.3 km 区間に 130 m の間隔で施されている。

河川堤防は、Itajai 河およびその支流に対し全く建設されていない。

橋梁、水供給のためのポンプ場、水力発電所、フェリー発着所および港湾等の、河川関連構造物が Itajai 河本川およびその支川に建設されている。

橋梁に関しては、100 橋以上のコンクリート橋が Itajai 河本川およびその支川に設置され、それらの大半は国道および地方道を結ぶ道路橋となっている。また橋梁の大半には配水管が付設されており、水路橋は建設されていない。橋梁下部工は、大半がコンクリート杭基礎で施工されている。1983年および1984年洪水時の橋脚に対する洗掘について、その詳細は記録されていないが、現況では洗掘に対する問題は見受けられない。

水力発電所は、流域内に 3 カ所建設されている。1 カ所は Blumenau 市上流約 10 m 地点の Itajai 河本川、その他は Benedito 川上流部である。

小口径の排水管は、Itajai河本川およびその支川沿いの都市地域で数多く見受けられ。

Itajai河河口付近には、2カ所のフェリー発着所が建設されている。また、河口には、農業産品、木材の積出し港および漁港として使用されている港湾施設がある。さらに、河口近くのItajai河沿いには、小規模から大規模まで数多くの造船所が存在する。

既存の河川構造物および河川関連構造物位置図を図-16に示す。

## 2.8 洪水予警報システム

1983年洪水発生以後、DNAEEは、洪水予警報システムを設置、1984年8月に、その操作を開始した。このシステムは、図-17に示されているTaio市、Ituporanga市、Ibirama市、Apiuna市およびBlumenau市に設置された降雨および水位観測所において収集された資料を無線方式で送信することにより運用されている。

洪水位の予報は、Rio do Sul市、Indaial市およびBlumenau市に対して上記無線方式により収集された情報およびOesteおよびSulダムからの情報をもとに行われる。OesteダムおよびSulダムの放流量に関する情報の他、TaioおよびItuporangaの降雨/水位情報からRio do Sul市における水位予測、さらにApiunaおよびIbiramaにおける水文情報からIndaialおよびBlumenauの水位予測を実施している。

洪水警報は、BlumenauおよびCuritibaに設置され、情報の管理、処理および広報活動を行う中央制御所(CEOPS)で発令される。BlumenauおよびCuritibaの中央制御所およびBrasilia DNAEE間の交信は、電話回線で行われている。CuritibaのCEOPSで処理されたデータはテレックスでFlorianopolisに設置されている州政府の防災課(CEDEC)に送られ、ここで洪水警報発令の必要性が判断される。一般住民への洪水警報発令の広報は、CEDECの下部組織として地方自治体単位で組織されているCOMDECにより行われる。