社会開発協力部報告書

ブラジル連邦共和国

イタジャイ河流域治水計画調査

フィージビリティスタディ
(ブルメナウーガスパル区間河川改修計画)

主報告書

JICA LIBRARY
1065349[1]

1988年1月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入月日 '88 5 16	708
	61.8
登録No. 17595	905

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、同コンサルタンツ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、経済的発展に寄与し、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、PartI、マスタープランスタディとPartII、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。

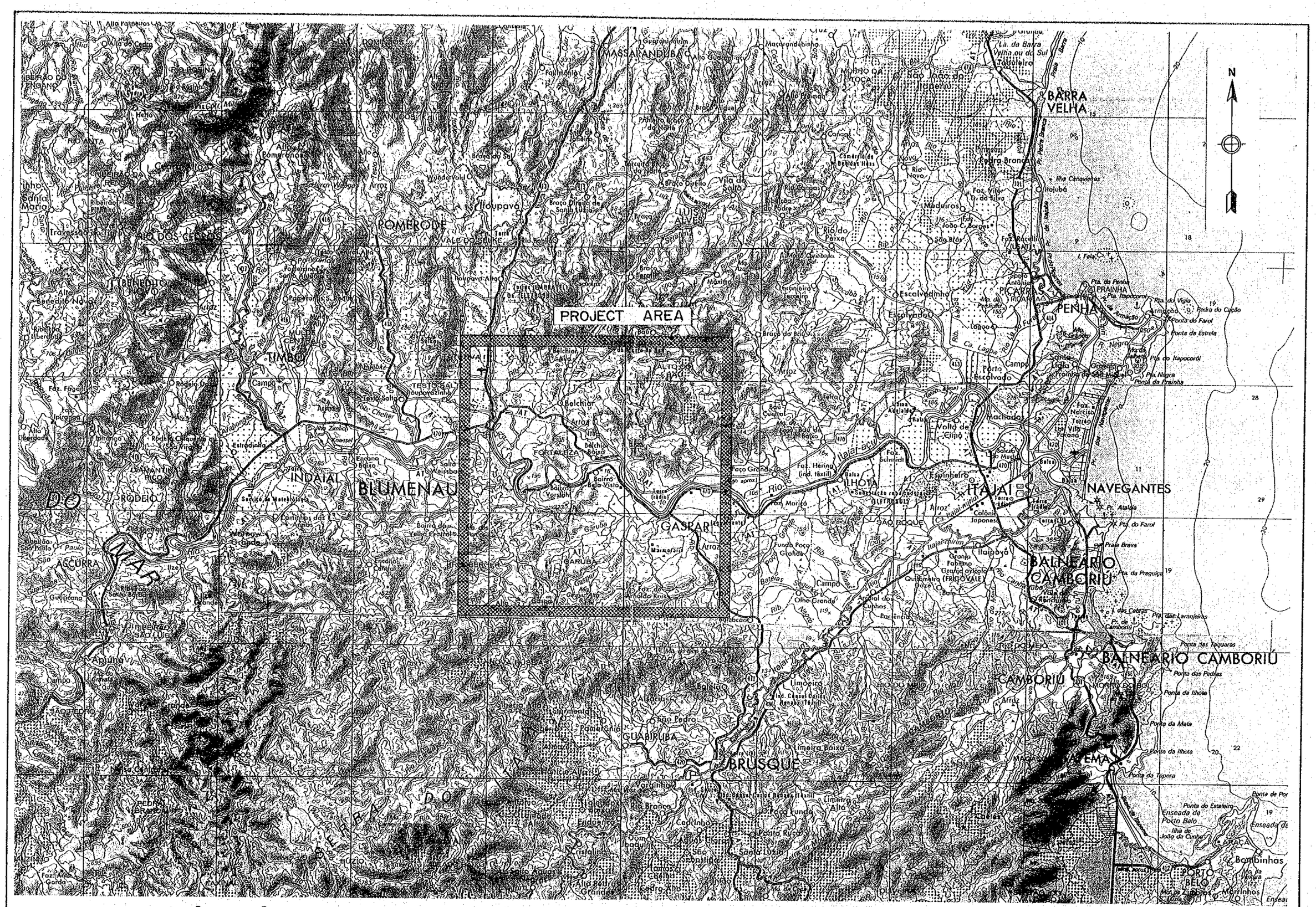
昭和63年1月

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 Extencao 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



GENERAL PLAN OF PROJECT AREA IN FEASIBILITY STUDY

要　約

フィージビリティ スタディ

(Blumenau - Gaspar 区間河川改修計画)

主報告書・要約

1. この報告書は、1986年4月24日にDNOSとJICA間で締結された調査実施計画書に基づいて作成されたItajai河流域治水計画におけるBlumenau - Gaspar区間の河川改修計画についてのフィージビリティスタディに関する最終報告書である。

2. この報告書は主報告書とこれに対する附属報告書より成り、Blumenau市を貫流してItajai河に流入する支流沿いの同市地区の都市内排水計画を含むBlumenau - Gaspar区間の河川改修計画についてのフィージビリティスタディの結果が述べられている。主報告書には附属報告書の要約が記載されており、プロジェクトの技術的および経済的実施可能性についての検討結果が述べられている。附属報告書には調査・検討の詳細が記載されており、地形測量、土質、地質調査、水文解析、社会経済、治水経済調査、Blumenau市都市内排水計画を含む治水計画、環境調査および建設計画の8章より構成されている。各項目に対する作業内容は、以下の通りである。

地形測量

3. フィージビリティスタディに必要な図面を作成するための地形測量は、3月始めより3ヶ月に亘り現地業者により調査団の指導の下に実施された。測量成果は、以下の通りである。

(1) Blumenau - Gaspar 区間の Itajai 河本川 河道を中心とする幅5 km の地区に対する等高線間隔1 m の 1/10,000 地形図。

(2) Blumenau - Gaspar 区間河道部 300 m 間隔の横断測量図および Blumenau 市を貫流し Itajai 河に合流する Garcia、Velha および Itoupava 川に対する 300 m 間隔の横断測量図 (河川横断測量総延長 51 km、Itajai 河本川 35 km、支川 16 km)

(3) Garcia、Velha および Itoupava 川の計画構造物建設予定地点に対する 1/1,000 の地形図。

地質土質調査

4. フィージビリティ調査に必要な地質および土質特性を得ることを目的として、同調査に先立ち1987年3月から7月初旬に亘って地質・土質調査が、調査団の指導監督のもとに現地業者により実施された。調査結果は、以下の通りである。

5. コアボーリーグ調査結果によれば、Itajai河本川河道沿いの一般的地質状況のうち岩盤の深度分布は、下表に示される様に調査地域の上流から下流へ向かって岩盤位置が深くなる傾向を示している。

区　域	岩盤深度	対応するボーリング孔
i) Itoupava川との合流点およびその直下流周辺	12 m~24 m ∠1	SM - 12, 13, 14 & 15
ii) Velha および Garcia 川との合流区間	17 m~23 m	SM - 8, 9, 10 & 11
iii) 64 km~59 km 区間	23 m~24 m	SM - 6 & 7
iv) 56 km~46 km 区間	27 m~31 m (or > 31 m)	SM - 1, 2, 3, 4 & 5

注∠1：限られた狭い範囲の可能性がある。

岩盤上には主として粘性土と細砂とから成る沖積層が地表まで広く堆積している。特に注目すべき点はコーン貫入抵抗値が2 kg/cm^{2}以下を示す超軟弱層の存在が確認された事であり、それはItajai河本川とItoupava川の合流点附近、Sta 65 km周辺の右岸低地部、Garcia川との合流点附近およびSta 60 kmから45 km区間の両岸に局部的に見られる。

Blumenau市に流入する3支川(Garcia、Velha、Itoupava川)の地質状況については、軟弱層の厚さおよび計画されている土木構造物基礎の支持層となるべき堅固な地層の深さが確認された。即ち3支川沿いにおける軟弱層の厚さは最大約10 mであり、その下には支持層となる固い層あるいは岩盤が分布している。

6. 3支川沿岸の計画主要構造物は、原則的に岩盤上に基礎を設ける事が推奨される。その理由は、主要構造物計画地点には地表から岩盤までの間に支持層が存在しないか、存在しても極めてうすく信頼性に乏しいと考えられる事による。

7. 超軟弱層を含む軟弱層が計画対象地区内の河道沿に部分的に厚く堆積しているため、Itajai河々道の拡幅やGaspar市部での分水路の建設により形成される切土斜面の安定性および堤防基礎の安定性に対しては、現況法面勾配以上で掘削する場合や高盛土をする場合には十分注意が必要と思われる。そこでこれらの安定性検討に最も重要な要素となる各土層のせん断強度を以下の通り設定した。

粘　性　土	qc (kg/cm^2)	Cn (kg/cm^2)
超軟弱層	0～2	0～0.1
軟弱層	2～4	0.1～0.3
中位層	4～20	0.3～0.8

砂　質　土	N - value	qc (kg/cm^2)	Ø (degree)
非常に緩い層	0～4	0～16	25
緩い層	4～10	16～40	30
中位層	10～30	40～120	35

8. 堤防用盛土材は、計画対象地区内の丘陵地の表層部に2m~5mの厚さで分布する残積土(現位置風化土)から得ることが可能である。また必要盛土量よりはるかに多量な材料がそれらより供給可能と考えられる。この残積土は比較的粘性の高いCLないしCHに属する粘性土であり、それらの土質工学的特性は堤防用盛土材として十分適している。即ち3×10^6 cm/sオーダーの低い透水性、0.7 kg/cm^{2}の粘着力と23°の内部摩擦角成分を持つ事による比較的高いせん断強度特性、粘性の高い事によるパイピング/洗掘抵抗性等である。但し、最適含水比より数パーセント高い自然含水比は、盛土作業性からみてやや劣ると判断される。

水文解析

9. 都市内排水計画策定のため、Itajai河本川およびBlumenau - Gaspar区間で合流するGarcia、VelhaおよびItoupava川における洪水時の本川水位との関係を把握し、さらに、上記支川流域における時間降雨特性の検討を目的として、各3支川に水位観測所、Garcia川流域に降雨観測所を設置し、3月1日より観測を開始した。

10. 1984年8月洪水以後のBlumenau市Adolfo Konder橋に設置されている水位観測所における水位記録によれば、上記の観測期間を含め同地点での最大水位は1987年5月21日の

7.22 EL.mであった。上記水位は、不等流計算結果によれば、約1,200 m^3/秒と推定される。

11. マスタープラン段階で作成した流出解析モデルを見直すため、フィージビリティスタディ段階において実施した河道横断測量結果を基に、不等流計算を実施し、Blumenau-Gaspar区間のItajai河本川河道の流下能力を再検討した。その結果、マスタープラン段階で使用した1983年段階の河道横断と現在(1987年5月)での流下能力に変化はなく、マスタープラン段階で使用した河道モデルは現状においても妥当であると判断した。

12. 流域モデルおよび暫定治水案計画高水流量配分図の見直しは、1984年8月洪水以後Blumenau - Gaspar区間において流量配分図に影響を与える規模の洪水が発生していないことから、上記不等流解析による河道モデルの検討にとどめた。

13. Itajai河本川および支川沿いのBlumenau市部に対し策定された都市内排水計画に係る各排水施設(調節池、排水ポンプ、および既設水路とを結ぶ新設水路等)に対する水文解析を行った。結果の概要は、以下の通りである。

(1) 流出モデルとしてラショナル式を適用し、確率洪水波形およびピーク流量の推定を行った。

(2) Blumenau市部の都市化に伴う流量増を考慮し、Blumenau市作成の将来土地利用計画図に基づき流出係数の算定を行った。

(3) 洪水調節池容量および排水ポンプ容量算定においては、計画降雨継続時間を4日とした。計画降雨波形としては、1983年7月および1984年8月洪水時の降雨波形を用いて確率洪水波形を算出した。さらに、これらの洪水波形を用い、マスカーブ法により調節池容量と排水ポンプ容量との関係を検討した。この結果に基づき都市排水計画において必要調節池容量およびポンプ容量の選択を行った。

(4) 前述の流出係数および1935年から1968年までのBlumenau降雨観測所の時間雨量資料に基づく確率降雨強度曲線を使用し、ラショナル式により確率洪水流量を推定した。次表に、Itajai河本川暫定治水案と同一規模である10年確率洪水ピーク流量を示す。

排水区	流域面積 (km^2)	洪水到達時間 (分)	降雨強度 (mm/時)	ピーク流量 (m^3/秒)
Garcia川				
G-1	3.94	58	64	52
G-2-1	0.32	16	117	8
G-2-2	2.18	40	79	39
G-3	1.13	31	90	23
G-4	5.17	98	44	48
Velha川				
V-1	0.43	15	120	13
V-2	0.62	15	120	19
V-3	0.67	21	107	17
V-4	0.68	24	101	16
V-5	0.59	24	101	15
V-6	1.17	22	105	31
V-7	2.34	49	71	39
Itoupava川				
I-1	0.51	22	105	13
I-2	1.93	54	67	31

地域経済

14. Blumenau-Gaspar区間は、BlumenauおよびGaspar両市の行政区域内に位置している。1980年の国勢調査によれば、両市の人口(Itajai河流域内)は、17.8万人(Blumenau: 15.2万人、Gaspar 2.6万人)であり、流域人口の約27%を占めている。このうち87%に当たる15.9万人(Blumenau 14.5万人、Gaspar 1.4万人)が都市域に住んでいる。両市内の総就業人口8.3万人は、第1次産業0.2万人(3%)、第2次産業4.7万人(57%)および第3次産業3.4万人(40%)のように分布している。

両市の将来人口(Itajai河流域内)は、IBGE等の資料を参考として予測すると、1990年に25.9万人、2000年に34.5万人、2020年に47.8万人と見込まれている。その間の年平均増加

率をみると、1980-2000年の20年間では3.2%、2000-2020年の間では1.8%となる。2020年の全人口の96%すなわち46万人は都市域に住むと見込まれている。

15. 調査域内の最大の産業は、生産額の観点からみて、工業部門とりわけ製造業である。1980年の商工業統計によれば、製造業の生産額は現行価格で691億クルゼイロであり、これは流域全体の59%に当たる。また、商業は220億クロゼイロの販売額を記録し、これは流域全体の34%に当たる。農業生産高は相対的に低く、5億クルゼイロを割りこみ、流域全体の3.5%にしか過ぎない。これらの生産活動の結果、調査区域内の1980年のGRDPは、477億クルゼイロ程度と推定され、これはSanta Catarina州のGRDPの約12%を占めている。1人当たりGRDPでは、26万クルゼイロとなり、これは、州や国全体のそれぞれの2.4倍にも達する。

両市のGRDPは、1987年の固定価格水準で、2000年には1,890億クルザード、2020年には4,130億クルザードと予測される。この間の年平均成長率は、1980-2000年の20年間では5.5%、2000-2020年の間では4.0%となる。1人当たりGRDPは、1987年で35.2万クルザードに達する。この値は、州全体の1人当たりのGRDPより大きく、2000年にはそれの2.4倍、2020年においては、2.0倍と見込まれている。

16. 調査区域746 km^2のうち、都市域は167 km^2(22%)、農村域は579 km^2(78%)となっている。このうち洪水多発地区は69 km^2で、調査区域の9%を占める。また洪水多発区域の60%に当る42 km^2は、都市域によって占められている。この地域の土地利用は概ね次のようになっている : 住宅地区25 km^2(36%); 工業地区4 km^2(6%); 商業地区6 km^2(9%); 水田10 km^2(14%); 畑地4 km^2(6%); 牧草地5 km^2(6%); 緑地10 km^2(14%); 未利用地6 km^2(9%)。

増大する都市人口を収容するため、住宅地区はBlumenau市の中心から外延的に拡大して行くことになる。現時点でも、新たな住宅用地が周辺地域に開発されている。特にVelha川の中流域、Itoupava川の下流域およびPonta Aguda区の高台に新興開発地区が目立っている。しかし、2020年には全都市人口46万人を現在の都市域に収容するのは、再開発や区画整理のような既成市街地の改造を実行するとしても、不可能であろう。従って、41.3万人ほ

どは既成都市域に住むことになるが、残りの4.7万人は、現市街地の外延部の新市街地に住まざるを得ないであろう。

治水経済調査

17. 治水経済調査の目的は、治水便益である洪水被害軽減額を洪水規模各に算定することにある。フィージビリティスタディにおける治水経済調査は、実績洪水被害調査およびこれに基づく確率洪水被害額ならびに洪水被害軽減額算定からなる。実績洪水被害調査結果によれば、洪水被害記録は1983年および1984年洪水に限られているため、本調査では確率洪水被害額の算定を洪水氾濫モデルを作成し実施した。

18. Blumenau - Gaspar区間での実績洪水被害調査では、新たに1984年洪水被害に関する資料を州政府機関から追加収集した。また1983年および1984年洪水時の浸水域内の住民に対して浸水深、浸水期間等の聞き込み調査と市役所その他主要公共機関での被害状況および社会･経済に与えた影響等の事情聴取を行った。

Blumenau - Gaspar区間での実績洪水被害調査結果によれば、1983年および1984年洪水による浸水面積は約39 km^2であり、その結果1983年約62,400人、1984年約94,000人が浸水被害を受けている。

1983年および1984年両洪水による被害状況を要約すると、1983年洪水では浸水期間が10日間と長く、公共･民間部門の被害件数および被害額は1984年洪水被害と比べて規模が大きい。特に、工業セクターでは浸水被害後の営業停止日数が平均50日にも及び、同セクターの就業人口が多いBlumenau市へ与えた洪水被害の間接的な影響は多大であったと言える。1984年洪水は浸水期間が平均5日間で、1983年洪水と比べて被害額はそれ程大きくないが、運輸基盤施設、特に道路と橋に対する被害が1983年洪水と比べて顕著である。

19. Blumenau - Gaspar区間の想定洪水氾濫域を1983年洪水時の浸水域および地形条件を考慮して設定した。Itajai河本川および13支川の氾濫域を含む想定洪水氾濫域の面積は約69 km^2で、資産調査および氾濫解析の対象地域とした。

想定洪水氾濫域を総数約1600のメッシュ(200m×200m)に分け、各メッシュの土地利用と平均地盤高を地形図および現地調査に基づき分析した。土地利用形態は、建物(家、工

場、商業建物)、農地(水田、畑、作物)、牧草地に分類し、建物の場合1件当たりの建設費と内部資産、農地および牧草地では、ha当たりの農産物の正味収益および家畜の価値を算定した。

20. 上記経済分析結果および1978年、1980年、1983年、および1984年型洪水氾濫モデルから推定した確率洪水にもとづき、浸水面積、浸水深および浸水期間の算定ならびに確率洪水被害額の推定を行った。その結果、1987年時点レベルでの年平均洪水被害額は611百万クルザード、また暫定治水案で対象とする確率年1/10洪水に対する年平均洪水被害軽減額は402百万クルザードと試算された。

治水計画

21. Itajai河およびBlumenau市内を流下してItajai河に注ぐ主要支川について河道現況調査が実施された。調査結果は、以下の通りである。

(1) Blumenau市の上流10kmとGaspar市の下流6kmの間の、32kmにわたる計画対象区間の河床勾配は概ね、1/10,000～1/15,000である。Blumenau市およびGaspar市はItajai河のV字形に蛇行した河道に沿って位置しており、家屋が両岸とも河岸際まで密集して建てられている。計画対象区間の河道は単断面河道であり、河幅は200m～300m、河岸から河床までの深さは概ね15m～20mである。計画対象区間のうちBlumenau市部の河幅が最も狭くなっている。

(2) Garcia、VelhaおよびItoupava川の主要3支川は、Blumenau市内を貫流してItajai河に合流している。その流域面積は、Itoupava川が93 km^2、Velha川が56 km^2、Garcia川が157 km^2である。これらの支川はいずれも山地部に源を発し、Itajai河との合流点はBlumenau市の市街地である。河道断面は3支川とも単断面である。河床勾配はGarcia川およびVelha川が概ね1/800、Itoupava川が1/1,700である。河幅は大体20m～50m、河岸から河床までの深さは5m～10mであり、下流に向かうにしたがってそれらの値が徐々に大きくなっている。

(3) Blumenau市部右岸の1.4 kmの護岸工を除いて、計画対象区間には特に河川構造物は存在しない。関連施設として、Itajai河および支川にかかる道路橋があり、これらのほとんどは国道と地方道を結ぶもの、あるいは地方道自体を結ぶものである。

Blumenau市およびGaspar市に沿う河道には、都市用水を供給するポンプ場が設置されている。また、都市排水を目的とするゲート付きの排水管がBlumenau市に沿う河道に3ケ所設置されている。

(4) 1983年洪水以後、上流域の既設ダムの洪水調節効果を補足するためのItajai河河川改修計画が立案された。この計画に基づき、Blumenau - Gaspar区間の河道において河道拡幅による河川改修工事がDNOSにより1985年以来実施されている。1987年7月までの掘削土工量は約350万m^3である。

河川改修計画

22. Blumenau - Gaspar区間のItajai河本川河川改修暫定計画が、以下に示す方針に基づき策定された。

(1) Blumenau - Gaspar区間の河川改修計画に対する計画高水流量は、確率年1/10洪水流量とする。これに対する計画高水流量配分図を図-6に示す。

(2) Blumenau市部の河道を拡幅することは実質上不可能と考えられるため、この区間の洪水位の上昇を極力抑え、かつ水面勾配を急にすることで河道の疎通能力を増加させる方策が考えられた。

この方策を実現するため以下に示す河道改修が計画された。

(i) Blumenau市部河道下流端における洪水位を引き下げるため、計画区間の河道を拡幅する。この場合、計画断面は単断面河道とする。この河道拡幅による改修方式は、現在DNOSによって実施されているものと一致する。

(ii) Blumenau市部河道左岸を極力拡幅する。

(iii) Blumenau 市部河道区間の粗度係数低減のため、河道法面の整形を実施し、法面の保護として張芝を実施する。

(3) 1983年および1984年に発生した洪水は、確率年1/50洪水に相当する。Blumenau 市をこれらと同規模の洪水から守るため、コンクリート パラペット ウォールを Garcia 川合流点付近から上流側の本川右岸沿いの低地部に対して、約420m建設する。なお、Blumenau 市部の景観に対する配慮からパラペット ウォールの壁高は1mとする。

(4) Gaspar 市部の河道拡幅および築堤は、河岸際にまで建てられた多くの家屋を考慮すると、実際上不可能と考えられる。このため、Gaspar 市部を洪水から守る事および上流区間の洪水位を下げる事を目的として、この区間の蛇行部の起終点を結ぶ分水路を建設する。

(5) 河道沿いの低地部に対しては、築堤もしくは河道掘削土砂による盛立てを実施する計画とする。この場合、堤防は人家の密集した部分に建設するものとし、その断面は天端幅4m、法面勾配1:2とする。また、河道掘削土砂による盛立ては人家の散在する河岸に対して実施する事とする。

上記の方針に基づき計画、設計された計画河道の平面図、縦断図、標準横断面図を図-7から図-9に示す。

23. Garcia 川、Velha 川および Itoupava 川の最下流部沿岸の Blumenau 市街地部においては、Itajai 河洪水時にその背水の影響により洪水被害が発生している。これら市街地を洪水から防御するため、Itajai 河の確率年1/10洪水流量に対する計画高水位により影響を受ける支川の区間に対し河川改修計画が策定された。河川改修計画の基本方針は、以下の通りである。

(1) 各支流の計画高水流量は、確率年1/10洪水流量とする。

(2) Itajai 河から Blumenau 市街地に支川を通って流入する洪水を防ぐため、Garcia 川、Velha 川に対し築堤および河道掘削土砂による盛立てを実施する。堤防および埋立ては、Itajai 河の確率年1/50洪水位に対して安全であるものとする。Itoupava 川に対して

は、人家が密集する最下流部に対してのみ堤防を建設するものとする。それより上流部沿岸は、主として牧草地および未利用の低地であるため、これらの地区に対しては、Itajai河の河道掘削土砂を利用しての盛立てを実施し、地盤の嵩上げを行うもとのする。

(3) 極端に蛇行した河道に対しては、捷水路を計画するものとし、それによって生じたスペース、すなわち捷水路と現河道間はBlumenau市街地からの都市排水用の調節池として利用するものとする。

(4) 既設橋梁は、桁下高がItajai河の確率年1/50洪水位を下回る場合には、橋の嵩上げを行うものとする。

上記の方針に基づき計画、設計された計画河道の平面図、縦断図、標準横断面図を図-12から図-18に示す。なお、上記の方針により11ヶ所の既設橋梁の嵩上げが計画されている。

都市排水計画

24 Itajai河からの洪水を防ぐために、Blumenau市内を流れる支川の改修を行っても、Itajai河の計画高水位より低いBlumenau市の市街地部は、依然として内水地区として残る。従って都市内排水計画は、Itajai河の計画高水位よりも低い、Garcia川、Velha川およびItoupava川沿いの内水地区を対象として検討するものとする。

25. 計画排水対象地区内における既設排水路および既往内水状況の調査を行った。

この調査により、既設排水管の能力不足により、流域内の低地部において浸水が発生している事がわかった。

尚、当該地区に対する既往の排水計画は2度実施されている。1つは、市の下水道計画として実施されているものであり、1975年に計画されている。これは、計画規模を確率年1/10として策定しているが、Itajai河の水位を考慮したものでなく、また現在まで、これに基づいた工事は行われていない。

また、1985年にDNOSによりBlumenau市の内水に対する都市排水計画が、策定されている。これは、計画排水施設として排水ポンプ、輪中堤およびダム等の組み合わせによる検討を行い、この中から、経済性の高い排水ポンプ方式を選定している。しかし、この計画は流域からのピーク流出量の全量をポンプで排水する計画となっているため、大容量のポンプを必要としている。

26. 計画排水対象地区内を地区内の既設幹線水路および地形を基に、Garcia川を4流域、Velha川を7流域、Itoupava川を2流域にの13排水区に分割した。排水区区分図を図-20に示す。

都市内排水計画策定にあたっては、流域地形、氾濫状況および既設排水路等を考慮し、下記の基本方針を基に計画を策定した。

(1) 排水区からのピーク排水量を低減させる為に、出来る限り大きな容量の調節池を計画する。支流沿いの未利用地をこの調整地用として利用するものとする。

(2) 調節池に貯留された水は、調節池の水位が支川水位より低い場合にはポンプにより排水する。ポンプの操作および維持管理を考慮し、ポンプ台数を極力少なくし、またポンプ容量も小さくなる様に計画する。

(3) ポンプおよび調節池の容量を決定するための計画洪水波形およびその洪水量は、Blumenau降雨観測所における4日連続10年確率降雨量および1983年、1984年洪水時の時間降雨分布をもとに合理式により算定するものとする。

(4) 各排水地区よりの流出量を算定するため、流出係数は将来の土地利用を十分に考慮して決定するものとする。

(5) 調節池の水位が支川の水位より高い場合は、調節池の自然排水が可能な様に調節池からの排水口にフラップゲートを設置する。

(6) 河川水が計画排水対象地区に逆流しない様に既設排水路出口にフラップゲートを設置する。

(7) Itoupava流域では、市街地はItajai河合流部付近のみであるため、輪中堤による洪水防御方式とする。

(8) 計画排水施設は、調節池、ポンプ場、樋管および調節池から既設水路までの新設水路とし、既設水路の改良は含まないものとする。

27. 以上の基準に基づき、排水施設の計画規模を検討すると下記の様になる。

排水区	排水区面積 (km^2)	調節池容量 (万m^3)	ポンプ容量 (m^3/s)	ポンプ形式
G-1・G-2・G-4	11.61	36.7	7.8	立軸斜流、3台
G-3	1.13	40.9	-	
V-1・V-5	1.02	5.0	0.7	水中ポンプ、2台
V-2・V-6	1.79	15.8	0.7	水中ポンプ、2台
V-3・V-4	1.35	5.7	1.0	横軸斜流、2台
V-7	2.34	1.5	4.0	横軸斜流、2台
計	19.24	105.6	14.2	

調節池の設置ケ所は図-21に示す通りである。主要排水施設の内分けは、調節池10ヶ所、排水機場5ヶ所およびフラップゲート20ヶ所となっている。

環境調査

28. Blumenau-Gaspar区間の河川改修計画および建設計画において、環境上配慮すべき事項について検討した。

(1) 河川改修計画に配慮した事項として以下のものがあげられる。

(i) Blumenau市河道部に対し洪水に対する安全度を確保し、さらに河道沿岸部の景観を保つための施設を計画する事が必要とされた。このためいくつかの代替案が検討され、その中で歩道高0.5mを持つ1mの高さのコンクリートパラペットウォールをBlumenau市右岸部に設置する事が計画された。計画されたウォール

はウォール高および歩道高共に河道沿岸部の景観上の制約を十分配慮したものとなっており、現状の景観の保全および親水性の確保は可能と考えられる。

(ii) Gaspar 市部に計画される分水路の建設により町域界および道路が分断されるため、市民の生活およびその交流に対し影響を与えるものと考えられる。従って、この様な支障を極力補償する施設として連絡路または連絡橋等の設置が必要とされる。

(2) 建設計画における環境への影響に対し、配慮すべき事項として以下のものがあげられる。

(i) 工事用車両による砂ぼこり等の大気汚染あるいは騒音・振動は、工事の実施にあたって、散水、清掃あるいは車両の走行速度を制限することにより、環境への影響は、軽微なものに押さえることが可能である。

(ii) 河岸については、雨水あるいは流水によって浸食をうけ崩落する可能性があるため、張芝等による護岸工事により、これらを防止することが必要である。

(iii) 動物・植物については、河床および河辺の整形により、魚つき場あるいは河辺植生がなくなり、動物は生息の場を他に求めざるを得なくなる。従って、動物・植物に与える影響の程度を把握するため、貴重動物・植物の調査等を実施し、その結果により、適正な配慮をすることが望ましい。

建設計画および建設費積算

29. Blumenau 市都市内排水施設建設工事を含む Itajai 河本川および 3 支川改修工事に対する建設計画は、以下の仮定および条件に基づき策定された。

(1) 河川改修工事は、国際入札による請負方式とする。

(2) 国際請負方式を前提とする場合の工事規模、建設費等を考慮し、河川改修工事は、2 工区に分割して施工する。工区・A は、Gaspar 分水路を含む Itajai 河本川 46 km より 78

km地点迄の約32kmの河道区間の河川改修工事、工区-Bは、Garcia、VelhaおよびItoupava川の3支川改修工事およびBlumenau市の都市内排水施設建設工事とする。

(3) 工事の年間稼働日数は、Blumenau市の降雨量記録に基づき、229日とする。工事数量と年間稼働日数より、本プロジェクトの建設工事は、1991年に着工し、4年の工期とする。

(4) 工事期間を通じて環境維持に特別の配慮を払う事とする。

30. Blumenau-Gaspar区間のItajai河本川改修工事には、河道拡幅に伴う掘削工、河岸低地部の盛土工、築堤工事、新設橋梁1橋を含む洪水分水路および河川関連構造物の建設工事が含まれる。3支川の改修工事は、築堤工事および既設道路橋の嵩上工が主たるものである。河川改修工事費の大部分は、河道掘削土砂の処理に係わる土工費で占められる。拡幅に伴う総土工量は、約600万m^3と見積もられている。大量の掘削土砂を出来るだけ経済的に処理するために、下記を計画の基本原則とする。

(1) 掘削現場と土捨場間の運搬距離は、可能な限り短縮するものとする。

(2) これら掘削土砂は、本川沿いで現在、牧草地または未利用地である低地部の盛立て・嵩上げ用として有効利用を図り、将来の住宅または工業用地に供する。

上記原則にたち、図-22に示す土捨場予定地が選ばれた。地質および経済的観点より河道掘削は、ドレッジャおよび一般建設機械の組合せにより施工する。

31. 築堤もしくは河道掘削土砂による盛立ておよび嵩上げは、河道沿岸の低地部のみを対象とする。盛土工数量は、Itajai河本川と3支川で合計約28万m^3と見積もられる。河道掘削土は、堤防用盛土材として不適当であるとの土質工学的判断により、堤防用盛土材は、Itajai河本川河道沿いの丘陵地に分布する残留土(現位置風化土)を使用する。予定土取場地点は図-23に示されている。その他の河道沿岸の低地部は、河道掘削土砂による盛立ておよび嵩上げを行うものとする。堤防盛土工は、一般機械により河道掘削工と平行して進める。

32. Blumenau 市都市内排水施設建設工事の主要工事項目は、調節池、ポンプ場およびゲート施設の建設工事、既設排水路と調節池を結ぶ排水管の延長工事である。計画においては、フラップゲートを備えた10ヶ所の調節池と5ヶ所の排水機場建設が予定されている。調節池建設工事の主要工種は、約47万m^3の掘削切土と49万m^3の盛土工である。調節池掘削土は、調節池用盛土材として利用する。不足土は土取場より運搬する。幅と高さが各々2mのフラップゲートが、調節池に付属する各々の排水樋管に設置される。排水機場建設工事の主要工種は、場内地盤の基礎処理を含む土工事である。運転と保守の容易さを考慮して、据付けるポンプの型式は、立軸斜流、横軸斜流および水中ポンプの設置が計画されている。

Blumenau 市排水工事は、数ヶ所で同時進行させ、かつ1交替制とし、出来るだけ低騒音型の機械を用いて施工することとなろう。

33. 建設費は、貨幣交換率をUS$1＝CZ$50＝¥150として、内貨・外貨に分けて積算された。暫定治水案の建設費は、表-5に示す様に積算された。本計画の総建設費および内貨・外貨の内分けは、以下の通りである。

外貨分	:	US$	33,684 × 10^3
内貨分	:	Cz$	1,581,000 × 10^3
合　計	:	US$ 相当額	65,304 × 10^3

図-24に示される工事工程表に基づいた年間投資計画を表-6に示す。

経済評価

34. Blumenau - Gaspar 区間の暫定案河川改修計画の経済評価に必要な治水便益および経済建設費用は以下の条件の基に算定された。

(1) 暫定治水案の計画規模は確率年1/10と設定されているので、治水便益は10年確率規模までの年平均洪水被害軽減額とする。治水経済調査で過去に発生した4つの洪水氾濫モデルを基に想定洪水被害額を試算した結果、10年確率規模までの年平均洪水被害軽減

額は402百万クルザードと算定された。従って治水便益として、1987年開発レベルで評価された年平均洪水被害軽減額402百万クルザードを採用する。

(2) 治水便益の構成は直接被害、間接被害の軽減額である。間接被害に関して、1983年に発生した50年確率規模に相当する洪水では、第2次および第3次産業の売上げ損失が直接被害より大きかったが、今回の暫定治水案の対象は10年確率規模なので、間接被害の過大評価を避けるため直接被害額の10%とした。

(3) 建設費は資機材費、労務費および建物土地に対する補償費用を含む諸経費より構成されているが、暫定案河川改修計画の経済建設費用算定においては、資機材費に対し税金等の移転収支を控除した費用、労務費は社会保障費を除いた賃金、土地収用費は土地利用を考慮に入れた作物の年生産価値、建物はその取得費用とした。以上の費用を考慮して経済建設費用を算出した。

計画の経済評価に対しては次の条件を設定した。工事期間は4年間とし工事終了後の翌年より治水便益が発生するものとする。施設の経済寿命は50年とする。治水便益は将来の資産価値の伸びを考慮していない1987年開発レベルの年平均洪水被害軽減額である。工事終了後の年維持管理費として直接工事費の0.5%を見込むものとする。

以上の条件のもとに内部経済収益率(EIRR)によるプロジェクトの経済評価を行った。その結果EIRRは12.7%と算定された。一方Blumenau市にSanta Catarina州の約40%の第2次および第3次産業が集中しているため、本暫定案治水計画への投資効果はかなり高いものとなっている。

便益計算に必要な資産評価あるいは建設費用の推定において不確定要素が存在した場合を仮定し、感度分析として費用が10%増加、便益が10%低減した場合のEIRRを試算した。その結果上記の仮定に基づくEIRRは、10.6%となった。従って費用増加、便益低減の場合においても本治水計画への投資効果は十分満足できるものと判断される。

計画実施による波及効果

35. 河川改修計画実施に伴う社会経済上への波及効果についての検討を行った。結果は以下の通りである。

(1) 河岸沿岸地区の土地利用の高度化

計画の実施により計画対象地区の沿岸地域は、10年確率洪水以下の洪水による冠水より免れる事が可能となる。この結果地区の経済活動が活発となる事により土地利用の高度化が促進される事になる。また、河川沿岸の低地部は河川改修により発生する土砂を埋立てる事により、新しい土地として生まれ変わり、より高度な土地利用が計られる事が考えられる。

(2) 雇用機会の発生と地域経済の活性化

河川改修工事実施に伴ない雇用機会の増大が考えられる。これらの工事用労務者および工事用資機材は流域の内外より調達され、これに伴い流域内における経済が活性化される事が考えられる。

(3) 都市化に伴う問題点の増大

土地利用の高度化に伴い都市人口が増大し住宅地区はBlumenau市の後背地へと拡大していく事が予想される。この場合、一旦社会基盤施設の整備が都市化現象に立ち遅れる事になれば、宅地の乱開発、治安問題、火災上の問題、学校・病院等の社会基盤施設の不足および環境上の問題等の都市化に伴う問題が発生する事が予想される。この様な事態を避けるため適切な対応策を時期を逸する事なく適用する事が必要と思われる。

提　言

提　　言

1. 水文観測所の追加設置および観測

Blumenau - Gaspar 区間に対する治水計画の今後の検討に必要な水文調査に対しより高い精度の資料を収集するために、次に示す水文作業を実施する事が提案される。

(1) Oeste、Sul および Norte ならびに Benedito 川流域に対する水位、降雨観測所の増設および水文観測。追加設置が必要な水文観測所の位置は、附属報告書・水文解析の図 - Ⅲ. 5.1 に示されている。

(2) Itajai 河本川沿いの Gaspar、Ilhota および BR-101 道路橋ならびに Itajai 河河口における水位観測。

(3) Itajai 河下流部の計画放水路出口部での最低一年間の潮位および潮流方向に対する観測。

(4) Blumenau 市を貫流して Itajai 河に流入する 3 支川沿いに設置された水位および降雨観測所での水文観測。

2. 調節池用地の確保

Blumenau 市の都市排水計画において、調節池、ポンプおよびゲートによる排水方法が提案されている。調節池は Gracia および Velha 川沿いの未利用地を利用して建設する計画とされているが、これら河川沿岸部の一部は既に宅地および工場用地として埋立てが行われている。当計画で提案されている都市排水計画を実現するためには、調節池用の土地の確保が最も重要な事項となる。従って Blumenau 市当局により、できるだけ早い機会に調節池用の土地収用を促進させる事が提案される。

3. 都市排水に伴う新機構の必要性

Blumenau 市に対する都市排水計画の実施に伴い、調節池、排水機場、ゲート等の排水機能を効果的に活用し所定の目的を達成するため、その維持管理に対する新しい機構を設立さ

せる必要があると考えられる。また、地域住民に対する治水に対する啓蒙を行い、計画に対する理解と協力を得る事が重要であると考えられる。

4. 洪水多発地区における土地利用

Itajai河流域における治水計画は、経済的効果および財政上の観点より施設的方策および非施設的方策を適用して策定されている。非施設的方策に対する提言はマスタープラン調査報告書に記載されているが、そのうち洪水多発地区での非施設的方策についての提言は、以下の通りである。

(1) 洪水氾濫地区管理

この方策は施設的方策が適用されていない地区での農業活動を調整すること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。ここで施設的方策が適用されない河道区分より、米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になる。

区　分	河　　道
IT5	Ilhota市上流部
IO2	Rio do Sul市上流部
IM1	Itajai市上流部
IM2	Itajai市上流部
IM3	Itajai市上流部
IM4	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対し、2年確率洪水に対し0～0.5mの浸水深、5年確率洪水に対し0～1.0m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、マスタープラン調査報告書・主報告書の図-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を見ると、主に畑作・サトウキビおよび牧草となっている。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、さらに水稲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いての政府の救済策の確立を考える必要があろう。

(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嵩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ることを意図している。前者の方策は家屋が比較的疎らで浸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多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的方策が適用されていない河道部より選定した。選定された河道区分は、以下の通りである。

区　分	河　　道
IT3	Itajai 市上流部
IT4	Ilhota 市
IT5	Ilhota 市上流部
IT12	Rio do Sul 市上流部
IO2	Ascurra 市上流部
IM1	Itajai 市上流部
IM2	Itajai 市上流部
IM3	Itajai 市上流部
IM4	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ともに、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。

5. 河川沿岸地区の土地利用の規制

Itajai河およびその支流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・法面崩落等による家屋・人命に対する災害を防ぐことが提案される。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、河口よりBlumenau区間では河岸より33 m幅、Blumenau市より上流では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、実際には現在まで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, Ilhota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。

6. 洪水予警報システムの強化

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、施設的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伴に、施設的方策が適用されてい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が提案される。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。(1)で高い精度の水文資料を収集するための水文観測所の追加設置およびその観測が提言されているが、これら資料を有効に活用し、既存洪水予警報システムの充実強化を計る事が提案される。

Itajai河流域治水計画調査

フィージビリティスタディ

(Blumenau - Gaspar区間河川改修計画)

序　　文
伝　達　状
略　　語
要　　約
提　　言
目　　次
附　　表
附　　図

目　次

頁

I. 序　論 1

1.1 プロジェクトの背景 1

1.2 プロジェクトの概要 1

1.3 報告書 2

1.4 謝　辞 3

II. 調査対象地区の概要 4

2.1 自然状況 4

2.1.1 河道状況 4

2.1.2 気象・水文 4

2.1.3 土質・地質 5

2.2 土地利用状況 6

2.2.1 現況土地利用状況 6

2.2.2 将来土地利用計画 7

2.3 社会・経済 8

2.3.1 序　論 8

2.3.2 人　口 8

2.3.3 経　済 10

2.3.4 地域内総生産 12

2.3.5 交　通 13

2.4 洪水および洪水被害 13
2.4.1 既応洪水および降雨特性 13
2.4.2 高水解析 15
2.4.3 洪水被害 16
2.5 河川改修計画 18
2.6 河川構造物および河川関連構造物 19
Ⅲ. Blumenau - Gaspar 区間河川改修計画 20
3.1 序 論 20
3.2 河川改修計画策定方針 20
3.2.1 計画高水流量配分 20
3.2.2 河川改修計画策定方針 20
3.3 施設計画 21
3.3.1 河川改修 21
3.3.2 河川関連構造物 23
Ⅳ. 支川改修計画 24
4.1 序 論 24
4.2 河川改修計画策定方針 24
4.3 施設計画 24
4.3.1 河川改修 24
4.3.2 河川関連構造物 25
Ⅴ. Blumenau 市・都市内排水計画 27
5.1 序 論 27
5.2 既存都市内排水施設 27
5.3 都市内排水計画対象地区の現況 27
5.3.1 Gracia 川沿岸の排水区 28
5.3.2 Velha 川沿岸の排水区 29
5.3.3 Itoupava 川沿岸の排水区 30
5.4 都市内排水計画 30
5.4.1 都市内排水計画策定方針 30
5.4.2 施設計画 31

Ⅵ. 環　境 33

6.1 序　論 33

6.2 河川改修計画および建設計画における環境上配慮すべき事項 33

6.2.1 河川改修計画 33

6.2.2 建設計画 34

Ⅶ. 建設計画および建設費積算 35

7.1 序　論 35

7.2 建設計画 35

7.2.1 工種および工事数量 35

7.2.2 建設計画策定条件 36

7.2.3 河川改修工事 37

7.2.4 都市内排水施設建設工事 41

7.2.5 工事工程 43

7.3 建設費積算 43

7.3.1 積算条件 43

7.3.2 総建設費および年間投資計画 44

Ⅷ. 経済評価 46

8.1 序　論 46

8.2 経済建設費用 46

8.2.1 積算条件 46

8.2.2 経済建設費用 47

8.3 治水便益 47

8.4 経済評価 48

Ⅸ. 計画実施による波及効果 49

9.1 河岸沿岸地区の土地利用の高度化 49

9.2 雇用機会の発生と地域経済の活性化 50

9.3 都市化に伴う問題点の増大 50

作業管理委員、JICA調査団およびカウンターパート 51

附　表

		頁
1.	想定洪水氾濫域内・現況土地利用状況	53
2.	確率洪水流量	54
3.	主要計画排水施設諸元（1/2 - 2/2）	55
4.	財務建設費用	57
5.	財務建設費用・年間投資計画	58
6.	経済建設費用	59
7.	経済建設費用・年間投資計画	60

附　図

		頁
1.	Blumenau - Gaspar 区間・Itajai 河河道特性	61
2.	Blumenau - Gaspar 区間・河道流下能力図	62
3.	想定洪水氾濫域内・現況土地利用図	63
4.	調節池容量 - 排水ポンプ容量関係図（1/3 - 3/3）	64
5.	河川構造物および河川関連構造物位置図（1/5 - 5/5）	67
6.	暫定治水計画・確率年 1/10 高水流量配分図	72
7.	Blumenau - Gaspar 区間・Itajai 河本川計画河道平面図 (1/3 - 3/3)	73
8.	Itajai 河本川計画河道縦断図（1/2 - 2/2）	76
9.	Blumenau - Gaspar 区間・計画河道標準横断面図（1/3 - 3/3）	78
10.	Blumenau 市部・コンクリートパラペットウォール施設計画図	81
11.	Gaspar 分水路地点新設橋梁施設計画図	82
12.	Garcia 川・計画河道平面図（1/3 - 3/3）	83
13.	Velha 川・計画河道平面図（1/2 - 2/2）	86
14.	Itoupava 川・計画河道平面図	88
15.	Garcia、Velha および Itoupava 川・計画河道縦断図（1/3 - 3/3）	89
16.	Garcia 川・計画河道標準横断図	92

17. Velha川・計画河道標準横断図 93

18. Itoupava川・計画河道標準横断図 94

19. Blumenau市・既設都市内排水系統図（1/3-3/3） 95

20. Blumenau市都市内排水計画・排水区区分図 98

21, Blumenau市都市内排水計画・施設計画図（1/2-2/2） 99

22. 土捨場位置図 101

23. 土取場位置図 102

24. 工事工程表 103

I. 序　論

1.1 プロジェクトの背景

流域面積 15,220 km^2 を有する Itajai 河流域に対する治水計画調査は、1986 年 4 月に開始され、10 ヶ月間に亘り実施された。調査開始1ヵ月後、治水計画のマスタープラン調査およびマスタープランで選定される地区および施設に対するフィージビリティスタディの調査実施計画書が、DNOS に対し提出された。

調査実施計画書に基づき、1987 年 2 月初旬、治水計画のマスタープランに対する調査結果およびフィージビリティスタディ対象地区の選定等を述べた中間報告書が DNOS に対し提出された。同報告書の内容については、1987 年 2 月 9 日および 10 日に、Rio de Janeiro・DNOS 本局において説明および協議を行い、その結果、フィージビリティースタディの対象地区を Blumenau - Gaspar 区間とし、この区間に対する暫定案に対する河川改修計画を実施する事が決定された。

上記地区に対するフィージビリティスタディは、1987 年 6 月 13 日より 5 ヵ月間に亘り実施された。その結果は、最終報告書として 1988 年 1 月末に DNOS に対し提出された。

1.2 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、Blumenau - Gaspar 区間河川改修計画、Blumenau 市を貫流し Itajai 河に合流する 3 支川に対する河川改修計画および Blumenau 市都市内排水計画から成る。

各計画の概要は、次の通りである。

(1) Blumenau - Gaspar 区間 Itajai 河本川・河川改修計画

改修区間長	;	32 km
計画規模	;	10 年確率洪水
計画高水流量	;	3,400 m^3/秒
改修方法	;	主として既存河道の拡幅方式
掘削土工量	;	4.3 百万 m^3

堤防総延長	;	5.8 km
橋梁建設	;	橋長 100 m, 1 橋
道路の付替え	;	1.5 km
Gaspar 市部分水路	;	2.5 km
コンクリートパラペットウォール	;	420 m

(2) 支川改修計画

河川改修区間長	;	Itajai 河本川計画高水位背水影響区間
計画規模	;	10 年確率洪水
計画高水流量	;	40 - 90 m^3/ 秒
改修方法	;	築堤方式
堤防総延長	;	4.0 km
既設橋梁の嵩上げ	;	11 橋

(3) Blumenau 市都市内排水計画

計画規模および計画降雨継続時間	;	10 年確率 4 日連続雨量
排水面積	;	19.24 km^2
排水方法	;	調節池、ポンプおよびゲートの組み合せ方式
調節池	;	10 ヵ所
排水機場	;	5 ヵ所
ゲート設置ヶ所	;	20 ヵ所

1.3 報告書

最終報告書は、主報告書、附属報告書および資料集から成り、Blumenau - Gaspar 区間 Itajai 河本川および支川に対する河川改修計画ならびに Blumenau 市都市内排水計画から成る本プロジェクトのフィージビリティスタディの調査結果が記載されている。主報告書には、フィージビリティースタディにおいて実施された調査結果の要約が述べられている。附属報告書は、地形測量、土質・地質調査、水文解析、社会経済、治水経済調査、Blumenau 市都市内排水計画を含む治水計画、環境調査および建設計画に対する調査の詳細が記載され

ている。資料集には、水文資料および河川改修計画策定段階において使用した河道横断図が掲載されている。

1.4 謝　辞

今回のフィージビリティスタディ実施にあたり、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伴に、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深く感謝する次第である。

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 自然状況

2.1.1 河道状況

Itajai河は、その特異な河床勾配により特徴づけられ、3区分に大別される。即ち、Lontras市上流部の緩流河道から成る上流部、Lontras - Subida市間の急流部およびSubida - Blumenau上流部間の超急流部から成る中流部、およびBlumenau市 - Itajai河河口部間の超緩流部から成る下流部である。

Itajai河の河口からBlumenau市直上流部までのItajai河の河床勾配は、1/10,000 - 1/15,000と超緩流河川となる。Blumenau市は、Itajai河河口より10 km上流部のV字形に蛇行した河道部に位置し、家屋が河岸一杯まで建造されている。Blumenau市部でのItajai河の河幅は約150 m、河床より河岸までの深さは約15 mである。Garcia, Velha, Itoupava川の主要支川は、V字形に蛇行した河道部の上下流部で合流する。

Itajai河は、Blumenau市を流過後、両岸が牧草地として利用された河道部を貫流しGaspar市に至る。Gaspar市は、Blumenau市より16 km下流に位置し、市街地はV字形に蛇行した河道沿いにひろがっている。同市部での河道幅は200～300 m、河床より河岸までの深さは約15～20 mとなっている。

計画対象区間は、Blumenau市上流約10 km地点からGaspar市下流6 km地点までの延長32 kmの河道区間である。同区間の河道縦断図、河幅および河床より河岸までの深さを図 - 1に示す。図 - 2に300 m間隔の河道横断および不等流計算に基づくBlumenau - Gaspar区間河道の流下能力を示す。同図に示す如くBlumenau - Gaspar区間の流下能力は2,000 - 5,000 m^3/秒と変化し、またGasparおよびBlumenau市街地部での流下能力は、2,000 - 3,000 m^3/秒と小さい。これは2 - 5年確率洪水流量に相当する流下能力に過ぎない。

2.1.2 気象・水文

計画対象地区内に位置するBlumenau気象観測所の記録によれば、Blumenau - Gaspar地区の気象状況は以下の通りである。

年平均気温は20℃であり、年間を通し気温は、7月の15.5℃から1月の24.5℃と変化する。

1944年から1986年の記録によれば、年平均雨量は1,542 mmである。同期間の最小年雨量は1968年の919 mm、最大年雨量は1983年の2,534 mmとなっている。

年平均蒸発散量は544 mmで1日当たりに換算すると1.5 mm/日である。月間蒸発散量は31 ～61 mmであり、これは1～2 mm/日に相当する。

年平均相対湿度は84.2％であり、同市の月平均相対湿度は、12月の81％から6月の87.2％と変化するが、年間では可成り変動は小さい。

Blumenau市地点の年平均流量は、上流5 km地点に位置するIndaial水位観測所の記録によれば、286 m^3/秒であり、年間では、4月の137 m^3/秒から8月423 m^3/秒と変化する。またBlumenau市に流入するGarcia (157 km^2)、Velha (56 km^2) およびItoupava (93 km^2) 川の年平均流量は、Garcia水位観測所における流量記録および同水位観測所 (127 km^2) ならびに上記各支川の流域面積から推定すると、Garcia川4.2 m^3/秒、Velha川1.5 m^3/秒、Itoupava川2.5 m^3/秒となる。

2.1.3 土質・地質

計画対象地区の地質は、主に新生代の沖積土、礫をともなった古生代の変成岩および始生代の変麻岩から構成される。沖積土は主に粘性土および細粒砂からなり、深さ約12 ～31 mもしくはそれ以上の深さに分布し、下流程深くなる傾向にある。古生代の岩石は、沖積土を取りまき、残積土からなる丘陵地斜面上に分布している。また地表より最大5 mの深さは完全に風化している。

Itajai河本川沿いおよびGarcia, VelhaおよびItoupava川の合流点付近に提案される橋梁および排水機場等の主要構造物は、およそ12 ～24 mの深さに分布する基礎岩盤上に建設する計画となっている。一方、各支川沿に提案される調節池およびその付帯構造物ならびに排水機場は、地表面より10 mもしくはそれ以下の深さに分布する支持層を基礎とする必要がある。

Gaspar市に計画される分水路沿いに点在する超軟弱層における切土斜面の法面勾配は、斜面の安定性を確保するため、他の土質条件におけるよりも緩い法面勾配にする必要がある。

堤防用盛土材は、Itajai河本川河岸沿いの低丘陵地を形成する古生代の岩石上に分布する残積土から得ることが可能である。これらの土質工学的特性は、その透水性 1×10^{-6} cm/s、粘着力 0.7 kg/cm^2 および内部摩擦角 23° を有することから比較的高いせん断強度と低い圧縮性を持つと判断されるため、堤防用盛土材として適していると考えられる。但し、比較的高い自然含水比を有することから建設期間中の含水比の管理が必要と考えられる。河道拡幅による掘削土砂は、河道沿い低地部の盛立て用としての使用が考えられる。

2.1 土地利用状況

2.2.1 現　況

Blumenau および Gaspar 両市の行政区域は併せて 870 km^2 の面積を有し、またこれは 20 % に相当する 174 km^2 の都市域と 80 % に相当する 696 km^2 の農村域とに区分される。想定洪水氾濫域 69 km^2 は同様に 42 km^2 の都市域と 27 km^2 の農村域に区分され、それらは各々想定洪水氾濫域の 60 %, 40 % を占める。このように Blumenau 市および Gaspar 市の大半は都市域に属するため、社会経済的特徴も都市的性格が強い。Blumenau および Gaspar 両市の都市域 (174km^2) の土地利用状況は、以下の通りである。

用途	面積 (ha)	構成比 (%)
住宅用地	8,627	50
工業用地	1,038	6
商業用地	941	5
緑地	6,270	36
未利用地	554	3
計	17,430	100

想定洪水氾濫域内の土地利用については、同区域を 200 m × 200 m のメッシュに分割し、メッシュ単位の土地利用状況に基づき、図-3 に示される土地利用図を作成した。また同区

域を14の小流域に分割し、小流域別に土地利用形態各の面積を表-1のように算定した。この結果、想定洪水氾濫域全体の土地利用形態およびその面積は以下の通り算定される。

用途	面積 (ha)	構成比 (%)
住宅用地	2,508	36.5
工業用地	369	5.4
商業用地	599	8.7
水田	950	13.8
畑作	362	5.3
牧草地	485	7.1
緑地	993	14.5
未利用地	594	8.7
計	6,860	100.0

2.2.2 土地利用計画

Blumenau および Gaspar 市 (itajai 河流域内) の都市人口および地域内総生産は、下表に示す如く、比較的急速に進展することが期待される。

年平均成長率 (%)

	1970 - 1980	1980 - 2000	2000 - 2020
都市人口	5.8	3.5	1.9
地域内総生産	13.1	5.5	4.0

このため、2020年における都市人口は1980年の約2.9倍、地域内総生産は6.4倍となるものと予測され、都市域は2020年までに可成り拡大するものと予測さる。特に、Blumenau市は行政区域内に広い平地がないため、既成市街地はその限られた土地の高度化利用が、不可避と考えられる。また、既成市街地の高度利用が図られたとしても、急激な都市化によって都市域は、既成市街地の後背地に拡大することになり、将来人口の幾分かは、この新市街地に吸収される事となる。

2020年における都市域人口は、46万人と予測されるが、このうち41.3万人は既成市街地に吸収され、残りの4.1万人は、既成市街地の外延に広がる新市街地に吸収される。このため、市街地面積は、1986年の1.05万haから、2020年には1.25万haとなり、1.5千haの住宅地区を含む2千haの新市街地が形成される。新市街地は、その標高から考えて洪水被害を受けることのないBlumenau市の中心より5km圏外の既成市街地の外延部に伸びる。新市街地地区として、Blumenau市当局はItoupava川沿いの州道SC-474沿いおよび国道BR-470沿いの丘陵地を計画している。

2.3 社会・経済

2.3.1 序 論

想定洪水氾濫域は、BlumenauおよびGaspar市両行政区に含まれる。その面積は全体69 km^2でそのうち29 km^2がBlumenau市、40 km^2がGaspar市である。Blumenau市に含まれる地域はほとんどが都市域に属し、またGaspar市に含まれる地域は都市域および農村域の双方に含まれる。

想定洪水氾濫域を含むBlumenauおよびGaspar市両行政区の総面積は、867 km^2であり、その内分けはBlumenau市部531 km^2およびGaspar市部336 km^2となっている。両行政区は、都市域と農村域に区分され、さらに都市域は"Bairro"と呼ばれる区に細分される。しかし、Bairro(区)は、自治組織ではなく、慣習的な集落として位置付けられている。この様な区が特別区"Centro"を含み、Blumenau市に30区、Gaspar市に11区存在する。

上記のBlumenauおよびGaspar市両行政区の内、Blumenau市は、Moema山脈によりItajai河流域内・外の2つの地区に分けられる。Blumenau市行政区の大半は、Itajai河流域内に属するが、農村域の一部およびVilla Itoupava区は、Itajai河流域外に位置する。従って、Blumenau市行政区域のうちItajai河流域内の計画対象地区は410 km^2となり、Gaspar市行政区域と併せて746 km^2がItajai河流域内の計画対象地区となる。

2.3.2 人 口

IBGEが実施した1980年国勢調査結果によれば、BlumenauおよびGaspar両市の総人口は182,864人であり、1960年からの人口増分は101,180人であった。1960-1980年の人口増

加率は、流域全体で2.08％であったのに較べ、1960年代において3.8％、1970年代には4.4％と急増している。想定洪水氾濫域内の人口は、1980年で65,500人で、同区域の面積が両市の面積の8％に過ぎないにも拘わらず、両市の総人口の36％がこの地域に集中していることが判る。

BlumenauおよびGaspar両市の行政区域内の人口密度は、211人/km^2であり流域全体の4.4人/km^2と比較すると、いかに同地区が人口集中地区となっているかが判る。さらに、想定洪水氾濫域内は、その大半が都市域に属するため、人口密度は、949人/km^2と高密になっている。

1980年における両市の都市域の人口は、159,726人であり、これは総人口の87.3％に当る。想定洪水氾濫域内の都市域内人口は63,253人で、これは想定洪水氾濫域内総人口の97％、また両市の都市域人口の40％に当り、想定洪水氾濫域内の著しい都市化の状況を示している。Blumenau市における都市域内人口は、継続的に増加しており、その人口増加率は、1960年代において6.1％、1970年代には5.4％となっている、またGaspar市では、絶対数は小さいものの1970年代の都市人口増加率は11.9％を記録した。

労働人口は、1980年において、84,130人であり、このうちの55％に当たる46,843人が第2次産業に就業しており、また製造業部門就業人口は48.6％に当たる40,566人と最も多い。第2次産業就業人口は、1970年代において年率9.0％の伸びを示している。第3次産業就業人口は総就業人口の39.9％にあたる33,590人であり、増加率は年率6.3％であった。また、第1次産業においては、就業人口はわずか2,357人で総就業人口の2.8％に過ぎず、1970年代においては年率4.8％で減少した。このように、BlumenauおよびGaspar両市行政区域内の工業化は、1970年代に急速に進展したものと考えられる。

2020年におけるBlumenauおよびGaspar両市の行政区域内の総人口は48.4万人と増加し、また両市のItajai河流域内の総人口も47.8万人に増加するものと予想される。両市(Itajai河流域内)の人口は、各々Blumenau市42.2万人(88.4％), Gaspar市5.5万人(11.6％)と区別され、1980年では総人口の89％であった都市人口は、2020年には96％へと都市化は一層進展すると予想される。この結果、両市(Itajai河流域内)の総人口および都市人口の

年平均増加率は、1980-2020年の40年間で各々2.5%および2.7%と考えられる。一方農村人口は、同期間に年率0.3%の割合で減少することが予測される。

2.3.3 経　済

Santa Catarina州におけるBlumenauおよびGaspar両市の経済状況は、工業地区として特徴づけられる。1970年代の工業化の進展に伴い、両市の商工業部門は、Itajai河流域内における流通基地としての役割をも果たしてきた。反面、第1次産業の退潮は著しい。この結果、両市の総生産高は急激に増加し、地域住民の生活レベルも経済成長に伴い上昇してる。

(1) 第1次産業

第1次産業は、一般的に農業、畜産、漁業、林業および畜産加工の5業種に大別される。しかしBlumenauおよびGaspar両市は、位置的に海岸線を持たず、また養殖漁業も行われていないので、漁業活動は行われていない。1980年における第1次産業の総生産高は、476百万クルゼイロで流域全体の総生産額のわずか3.5%にしか満たない。

両市の行政区域内の主たる農作物は、生産額から観ると米、キャッサバ、サトウキビおよびトウモロコシの順である。稲作の1980年における作付面積は2,300 haで、本支川の河道沿いの低平地に広がっている。米の生産量は8,600トンで流域全体の8.2%, また生産額は、81百万クルゼイロで流域全体の7.6%である。キャッサバ、サトウキビおよびトウモロコシの生産量は各々13,800トン、18,800トンおよび2,200トン、また生産額は64百万、29百万、4百万クルゼイロとなっている。サトウキビの栽培は両市の行政区域の周辺部で、また稲作は行政区域の全体の河道沿いで広く行われている。

主たる畜産物は、ミルク、タマゴおよび豚である。ミルクの生産額は136百万クルゼイロで流域全体の20.8%に当たる。

林業では、主として木炭および木材の生産が行われており、流域内においては比較的重要な位置を占めている。木炭の生産量は、自然林から17.6万m^3、植林から0.1万m^3であり、その生産額は、各々28百万クルゼイロ、0.7百万クルゼイロで流域全体の14.8

%, 37.6 %を占める。また植林からの木材生産は、流域全体に占める割合が高く、16.6 %となっている。

農産物加工業の主たる産物は、カスタード、チーズおよびキャッサバの加工品であり、これらは流域内生産額の各々 29.7 %, 13 %, 8.9 %を占める。またサトウキビを原材料とする蒸留酒、バターおよび米の加工品等の流域全体に占める割合は高いが、生産額からすると小さい。

(2) 第2次産業

Blumenau および Gaspar 両市においては、製造業が最も代表的な業種である。1980 年における、製造業および鉱業の事業所数は 684, 就業人口は 38,067人、生産額は 69,246 百万クルゼイロで流域全体の各々 25.3 %, 44.9 %, 59.4 %を占める。

主たる産業は (1) 織物、(2) 衣類、靴および繊維で総生産高の各々 46.0 %および 27.3 %を占める。また就業人口は、42.7 %および 23.3 %であるが、事業所数で観ると、11.5 %および 9.5 %である。このため、1 事業所当りの生産額は 505.5 百万、248.5 百万クルゼイロとなり、化学工業に次いで大きい。1 事業所当りの就業人口は、各々 258.2 人、116.8 人で最も多い。総生産額で観ると、上記 2 業種に続いて化学 (7.7 %)、食品 (4.4 %)、金属 (3.5 %)、製紙 (2.2 %) の順となっている。ここで括弧内の数値は、全製造業に占める割合を示している。

製造業および鉱業の生産高の年平均増加率は、1970 - 1975 年間が 37.9 %, 1975 - 1980 年間が 16.3 %と高い伸びを示した。1970 - 1980 年の間に高い年平均増加率を示した部門は、(1) 衣類、靴および編物、(2) 繊維、(3) 化学、(4) 電気・通信、(5) プラスチック、(6) 機械、(7) 鉱業、(8) 製紙の順となっている。

(3) 第3次産業

商業・サービス業から成る第3次産業は、数のうえでほとんどが中小企業で占められている。1980 年における商業部門の売上げ額は 2,443 百万クルゼイロ、またサービス業部門は、25,682 百万クルゼイロであった。商業およびサービス業の事業所数は、各々 1,195、2,840 となっており、従って 1 事業所当りの売上げ額は、各々 18.8 百万クルゼ