イロ、9百万クルゼイロとなる。工業部門の平均1事業所当りの生産額101.2百万クルゼイロと比較すると、可成り小さいことが判る。また就業人口は、商業8,665人、サービス業15,761人で、1人当りの売上げ額は、各々2.6百万クルゼイロ、1.6百万クルゼイロとなる。サービス業部門の売上げ額は流域全体の52%、また商業部門は34.4%を占めており、同地区に商業・サービス業がいかに集中しているかが判る。サービス業部門に比べ商業部門の比率が小さいのは卸売業の売上げが比較的小さいためと考えられる。卸売業の売上げ額をItajai河流域全体でみると、Itajai市が最も大きい。Itajai市は港を持つと伴に国道BR-101沿に位置しており、Itajai河流域内だけでなく、ブラジル南部における流通基地的役割を果たしているためであり、一方、Blumenauは、流域内およびその周辺をカバーしているに過ぎない。商業・サービス業の売上額の実質成長は、1970年代前半には年平均37.7%の増加率を示したものの、1970年後半に入ると逆に年平均3.1%で減少している。1970-1980年の間では年平均増加率15.5%となるが、工業部門の26.6%と比べると小さい。

2.3.4　地域内総生産

Blumenau-Gaspar両市のGRDP(地域内総生産)のデータが、存在しないので、前述の各産業の生産額に基づき推定した。本推定によれば、両市の第1次産業は、Santa Catarina州全体の傾向に比して急速に衰退している。第2次産業の実質成長率は、1970年代前半は年12.2%,1970年代後半には20.4%で急激に増加した。第3次産業は、1970年代前半は年率25%の伸びを示したが、1970年代後半に入ると逆に4.4%の減少した。この結果、同地区のGRDPに占める第2次産業部門の割合は、1970年の56.1%から1975年には44.3%に落ちたものの、1980年には、74.1%を占めるに至った。第3次産業は、1975年まで急速な成長をとげ同地区のGRDPの61.6%を占めるに至ったが、その後若干退潮し1980年では25.2%となった。第1次産業は衰退の一途をたどり、1970年の11.4%から1980年の0.7%に減少した。

BlumenauおよびGaspar両市の1人当りGRDPは、1980年で26万クルゼイロとなり、Santa Catarina州全体での11万クルゼイロの約2.4倍となっている。1970年には、この比率は、Santa Catarina州の1.7倍、国全体の1.5倍であった。この理由として、両市行政区

域内の経済成長が州および国と比較して著しい伸展を遂げたためと考えられる。同地区住民の生活レベルも、経済成長に伴って上昇し、より文化的な生活を営んでいるものと考えられる。

Blumenau および Gaspar 両市の 2000 年および 2020 年における GRDP は、1987 年固定価格で各々 1,890 億クルザード、4,130 億クルザードとなることが予測され、これらは 1980 年の GRDP の 2.9 倍、6.4 倍に相当する。ここで1980 年 GRDP の 1987 年価格は、ディフレーター(1980 - 1987 年間 1,352) およびデノミネーション(1,000クルゼイロ = 1 クルザード)を用いて推定した。1 人当り GRDP は、1980 年の 35.2 万クルザードから 2000 年には 55.3 万クルザード、2020 年には 83.5 万クルザードに増加するものと予測される。これにより 2000 年における1 人当りの GRDP は 1980年のそれの 1.6 倍、2020 年には 2.4 倍となる。しかし、同地区の人口増加傾向が経済成長を上回ると考えられるため、1 人当り GRDP の伸びは Santa Catarina 州全体と比べ幾分ゆるやかになるものと考えられる。このため、1 人当り GRDP の同地区と州全体の比は、1980 年において 2.4 倍 (14.9 万 / 35.2万クルザード) であったものが、2020 年には 2 倍 (48.6 万 / 83.5 万クルザード) 縮まるものと予測される。

2.3.5 交　通

1986 年現在で、Blumenau および Gaspar 両市の行政区域内の舗装道路網の総延長は 149 km、その内訳は、国道 (27 km)、州道 (88 km) および市道 (34 km) となっている。国道 BR - 470 号線は、Itajai 河に沿って、両市の行政区域内を東西方向に横断している。州道は、Gaspar - Brusque 市間の SC - 411号線, Blumenau - Powerode 市間の SC - 418号線, Blumenau - Ilhota 市間の SC - 470 号線と Blumenau - Massaranduba 市間の SC - 474号線 の 4 ルートがある。

2.4 洪水および洪水被害

2.4.1 既応洪水および降雨特性

Sul および Oeste ダム 建設後の 1983年 7 月および 1984 年 8 月に Itajai 河流域全体に亘って大洪水が発生し、Blumenau - Gaspar 区間において甚大な洪水被害を引き起こした。1983 年および 1984 年洪水時の状況は、以下の通り要約される。

1983年洪水時において、7月5日夜より降雨が始まり、7月12日まで7日間流域全体に亘って降雨が続いた。この時における最大時間降雨量は、Benedito川流域内に位置するDr. Pedorinho 降雨観測所での22 mm/時である。また流域平均の1日、4日および7日連続の流域平均降雨量は各々65 mm, 216 mm, 324 mmと推定される。Blumenau市上流の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1,500 m^3/秒、Oesteダム地点での1,000 m^3/秒、Rio do Sul地点での2,000 m^3/秒、Ibirama地点での2,500 m^3/秒、Apiuna地点での4,400 m^3/秒、Indaial地点での4,800 m^3/秒であった。上流域で発生した洪水はBlumenauおよびGaspar市に流入し、両市に浸水被害を引き起こした。Blumenau市部・Itajai河に位置するAdolfo Konder橋に設置されている水位観測所の記録によれば、同地点での最大水位は標高15.34 mに達し、Blumenau市内の最大浸水深はZona Central地区での6 mが記録されている。Gaspar市においては、Seltao川下流の左右岸で0.5～1.0 mの浸水深であった。浸水面積はBlumenauおよびGaspar両市併せて39 km^2、浸水期間は平均10日間に及んだ。

1984年洪水時においては、降雨は8月5日より始まり8月8日まで降り続いた。この間の最大時間降雨量はBlumenauで観測された25 mm/時である。1日および3日連続流域平均降雨量は、各々110 mm, 216 mmと推定される。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8月洪水時の降雨パターンは1983年7月洪水よりも、降雨強度が強く、洪水ピーク流量は、1983年7月洪水に比べ大きいものとなった。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 m^3/秒、Oesteダム地点での1,200 m^3/秒、Rio do Sul地点での1,860 m^3/秒、Ibirama地点での400 m^3/秒、Apiuna地点での4,400 m^3/秒、Timbo地点での860 m^3/秒、Indaial地点での5,100 m^3/秒であった。Blumenau市における水位は標高15.46 mに達しており、1983年洪水時と同様の浸水状況を引き起こした。しかし浸水期間は、降雨継続時間が1983年7月洪水より短かったため、平均5日間であった。

2.4.2 高水解析

(1) 目 的

水文解析は、マスタープラン段階においては、Itajai河流域全体を対象とした治水計画策定のための確率洪水流量の算定を主眼として実施した。Blumenau - Gaspar区間河川改修計画の暫定治水案に対するフィージビリティスタディ段階においては、次の検討を行った。

- 水文資料の追加収集およびその解析ならびに測量調査結果に基づくBlumenau - Gaspar区間の河道流下能力の再検討を通して、暫定治水案に対する高水計画流量配分図の見直し。

- Itajai河およびBlumenau市部においてItajai河本川に合流する支川沿のBlumenau市都市内排水計画策定のための流出解析。

上記の検討に対する詳細は附属報告書に述べられている。検討結果を要約すると、以下の通りである。

(2) 高水流量配分図の見直し

追加収集された水文資料によれば、1984年洪水以後Blumenau市における最大水位は、1987年5月21日に記録された標高7.22 mであった。同水位は不等流計算結果によれば、約1,200 m^3/秒の流量に相当するものと推定される。

暫定治水案に対する高水流量配分図の見直しに関しては、前述の如く、流量配分図に対して影響を与える規模の洪水が発生していないことから、流出解析モデルを構成する河道モデル策定上の重要な因子である流下能力の検討にとどめた。流下能力の検討は、300 m間隔の河道横断図を基に不等流解析により行った。この結果、Blumenau - Gaspar区間の流下能力は、マスタープラン段階で推定した結果と大きな変化がない事が判明した。この事より同区間に対してマスタープラン段階で策定した河道モデルは、フィージビリティスタディにおいても適用しうるものと判断される。

(3) Blumenau市都市内排水計画に対する流出解析

流出解析は、都市内排水計画において提案される調節池、排水ポンプおよび新設水路等の排水施設の計画流量を算定するため実施された。

洪水時のItajai河本川および支川水位の関係を検討するため、降雨および水位観測所がDNOSにより主要支川に設置され、1987年3月より観測を開始したが、現地調査期間(1987年3月-8月)には、検討に値する洪水の発生はみられなかった。このため、流出解析においては、水文資料の利用可能性を勘案し、解析手法を決定した。

都市排水計画に対する流出解析の基本構想および手法は、以下の通りである。

(i) 流出モデルとして、合理式法を採用し、確率洪水ピーク流量および洪水波形を推定した。

(ii) Blumenau市の都市化に伴う流量増に対処するため、流出係数はBlumenau市作成の土地利用計画図に基づき算定した。土地利用形態各の流出係数としては市街地:0.9,森林:0.7,牧草地、未利用地および農地:0.6を用いた。上記より、各都市排水区の流出係数は、0.75～0.90と算定された。

(iii) 洪水調節池および排水ポンプ容量算定のための計画降雨継続時間として4日を採用し、また実績降雨波形として1983年7月および1984年8月の降雨波形を使用して、調節池への流入洪水波形を推定した。得られた洪水波形から調節池容量および排水ポンプ容量の関係を検討した。検討結果は図-4に示される。検討に際しては、都市排水計画規模・確率年1/10に相当する確率洪水波形を用い、またItajai河本川および支川水位は、計画高水位とした。

(iv) 各排水区からの確率洪水流量は、前述の流出係数、確率降雨強度式および合理式法を用い算定した。また、確率降雨強度式は1935-1968年のBlumenau降雨観測所の資料に基づき算定した。

以上の基本構想および手法に基づく検討結果を表-2に示す。

2.4.3 洪水被害

1983年および1984年洪水時の被害状況は、以下の通りである。

両洪水による総浸水面積は、Blumenau および Gaspar 市行政区内において約 39 km^2 とほぼ等しく、その内分は Blumenau 市で 13 km^2, Gaspar 市で 26 km^2 の浸水域が発生した。浸水域は、Itajai 河本川沿いだけでなく支川沿にも発生しているが、支川の氾濫は主として Itajai 河本川の背水の影響によるものと考えられる。

Blumenau 市内においては、Itajai 河本川水位が 1983年および1984 年洪水とも、標高 16 m 近くにまで上昇したため、地盤標高 10.5 m から 13.5 m の Blumenau 市街地は、浸水深が 3 ~ 6 m に及んだ。Gaspar 市においては、浸水深 0.5 ~ 1.0 m であり、比較的浅い浸水深であった。これは、Gaspar 市上下流に広く分布する低平地部に氾濫水が流入したためと考えられる。

浸水期間は、標高により異なるが、1983 年洪水時は平均 10 日間、1984 年洪水時においては5日間であった。特に Blumenau 市内の地盤標高 8 m の地域に位置する住宅地区では、浸水期間は14 日間に及んでいる。

上記両洪水による被災人口は各々 62,000 人、94,000 人であった。洪水被害記録によれば、両洪水による被害は、公共施設および民官資産にまで及んでいる。特に 1983 年洪水では、Blumenau および Gaspar 両市の製造業部門が大きな被害を受け、被災した事業所数は Blumenau においては全事業所の 50 %, Gaspar 市ではその 40 % にものぼっている。また、製造業部門の被害額は Blumenau 市において年間生産高の 3.3 %, Gaspar 市 8.5 % と記録されている。

公共施設の被害の内、道路網では 1983 年洪水時では長期間の浸水による道路々肩の損壊が多かったのに対し、1984 年洪水時では、道路基礎の浸食および道路付帯設備としての排水施設が大きな被害を受けている。水道・電気等の公共施設についての被害は大きく 1983 年洪水時では、水道および電気の供給停止期間が 10 日間にも及んでいる。

マスタープラン策定段階の治水経済調査と同様に、Blumenau - Gaspar 区間の確率洪水被害額を次の手法により推定した。

- 想定洪水氾濫域の設定

- 現在および将来における想定洪水氾濫域内の資産調査およびその経済分析

- 1978年、1980年、1983年および1984年洪水氾濫モデルに基づく確率洪水被害額の算定

1980年洪水による浸水面積および期間ならびに浸水深は、1984年型洪水の場合とほぼ同様であるが、1983年型洪水モデルでは、上記3洪水の中で50年確率洪水以上の洪水では、浸水面積および浸水深の点で大きな被害を発生させることが判明した。

年平均洪水被害額は、約611百万クルザードとなる。これはBlumenau - Gaspar両市のGRDP(1987年地域内総生産：90,854百万クルザード)の0.6％に相当する。

暫定治水計画に対する計画規模確率年1/10に対する洪水被害額は、GRDPの1.3％に当たる1,220百万クルザードと見積もられる。この洪水被害額のうち、64％は2次および3次産業に属する建物およびその資産であり、農作物の被害は、非常に少ない。また、商業・サービス業部門の被害は、GarciaおよびVelha川沿いの市街地に集中し、また製造業の被害は、Itoupava川沿いに集中している。2000年時点における被害は、資産の増大により4,500百万クルザードに増大するものと予測される。

2.5 河川改修計画

洪水調節用のSulおよびOesteダムの建設後においても、Itajai河本川沿の主要都市は、1983年洪水にみまわれた。このためDNOSは、これら既設の治水ダムの洪水調節効果を補足しBlumenauの洪水位の低下を図るため、Itajai河本川河道の拡幅を主体とした治水計画を策定した。

この計画に基づき、河川改修工事が1985年1月より開始された。この工事は、現在ブラジル国内の請負業者により、家屋、土地収用が終了し、詳細設計が完了しているGaspar市上流5-9km区間および下流5km地点で実施されている。工事は、ドレッジャおよび通常の建設機械を使用し行われており、1987年7月までの全掘削土砂量は、全土工量の13％に当る約350万m^3となっている。

2.6 河川構造物および河川関連構造物

Blumenau 市部河道沿いの蛇行部右岸側 1.4 km 区間に建設されている護岸工を除き、Blumenau - Gaspar 区間には河川構造物は存在しない。

橋梁、排水ゲート、ポンプ場および水力発電所等の河川関連構造物は、図 - 5 に示す様に Itajai 河本川および支川沿いに位置する。橋梁は、Itajai 河本川および支川沿いに 33 橋が設置されており、これらの大半は、国道と地方道もしくは地方道自体を結ぶものである。上工水用の取水ポンプが Blumenau および Gaspar 市部 Itajai 河河道沿いに設置されており、ポンプ容量は 60 ～ 130 ℓ/秒 である。内水排除のためのゲートが Blumenau 市部河道沿いに 3 ヶ所設置されている。水力発電所 (最大出力 6,300 kw) は Blumenau 市上流 10 km 地点に建設されており、既存配電網における電力不足を補足する目的を持っている。

III. Blumenau - Gaspar 区間河川改修計画

3.1 序 論

Blumenau - Gaspar 区間を洪水から守るため、暫定案、中期案および長期案からなる治水計画がマスタープラン段階において策定された。このうち、暫定治水案に対する河川改修計画がフィージビリティスタディにおいて検討された。

3.2 河川改修計画策定方針

3.2.1 計画高水流量配分図

暫定治水計画に対する計画高水流量配分図は、10年確率洪水流量に対し、次の条件のもとに策定された。

(1) 計画対象地区の上流部に位置する Sul およびOeste ダム さらに現在建設中の Norte ダムの洪水調節効果を加味し、またダム操作方法は現行規定を採用するものとする。

(2) Blumenau 市上流部に位置する主要都市部の河道は確率年 1/10 の河川改修が実施されたものと仮定する。

(3) Blumenau 市部の Itajai 河本川に流入する支川の計画規模は確率年 1/10 とする。

以上の条件をもとに策定された暫定治水計画に対する計画高水流量配分図を図 - 6 に示す。

3.2.2 河川改修計画策定方針

Blumenau - Gaspar 区間における暫定治水案に対する河川改修計画策定のための基本方針を以下の通り設定した。

(1) Blumenau 市部河道の拡幅は実際上不可能であるため、極力 Blumenau 市部での洪水位を抑え、水面勾配を急にすることで河道の流下能力を増加させるため次の方策を採用した。

(ii) Blumenau市部河道左岸部を極力拡幅する。

(2) 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。

(3) Gaspar市部の河道拡幅および築堤は、河岸際にまで立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。

(4) 河道沿いの低地部に対してのみ、築堤もしくは河道掘削土砂による盛立てを実施するものとする。

3.3 施設計画

3.3.1 河川改修

Blumenau - Gaspar区間河川改修計画に対する施設計画は、1987年作成の等高線間隔1mの1/10,000地形図および300m間隔の河道横断図に基づき実施された。また各施設の設計条件は以下の様に設定された。

(1) 計画河道の平面線形および河道拡幅部分の位置は、地形条件および家屋の密集度合いを考慮し計画するものとする。

(2) 計画高水位は、堤内地盤高、特にBlumenau市街地部の地盤高を考慮し設定するものとする。

(3) 計画河床勾配として、平均河床勾配を採用するものとする。

(4) 計画河道は、単断面河道とし、単断面河道の底幅はGaspar下流部155m, 下流部140mとする。

(5) Gaspar市部河道に提案される分水路は、以下の設計条件に基づき計画する。

(i) 計画高水位は、堤内地盤高を上回らないものとする。

(ii) 分水路設計洪水流量は、Itajai河本川河道に掛かる既設橋梁の桁下を上回らないよう計画する。

上記条件に基づき分水路設計洪水流量を600 m^3/秒とし、計画河道断面は底幅10 mの単断面河道とした。また、分水路沿いには粘性土および細粒砂からなる超軟弱層が点在するため、法面の安定を考慮し、幅2 mの小段を設け、法面勾配を1:2とする。

(6) 堤防もしくは河道掘削土砂による盛立ては、河岸低地部のみに計画するものとし、以下の設計条件に基づき計画された。

(i) 堤防は、河岸沿に人家密集地区がある場合にのみ適用するものとする。

(ii) 堤防位置は長期案(確率年1/50)に対する計画河道幅に掘削法面の安定を考慮して、堤内地側に5 mの余裕幅を加え計画する。

(ii) 堤防高は、長期案(50年確率)に対する計画高水位に0.5 mの余裕高を考慮し計画する。

(iv) 堤防断面は天端幅4 m、法面勾配1:2の台形断面とする。

(v) 堤防用盛土材は、計画対象地区内の丘陵地に広く分布する残積土を使用する。

(vi) 河道掘削土砂による盛立ては、人家が散在する河岸低地部にのみ適用する。また余裕高は考慮しないものとする。

(7) 築堤に伴う、土地・家屋の収用および道路の付替は、(6)項に基づく計画河道幅に対し実施する。

上記の設計条件に基づく計画河道平面図、縦断図および標準横断面図を図-7から図-9に示す。また、図-10にBlumenau市部河道に提案するパラペットウォール・施設計画図を示す。

3.3.2 河川関連構造物

Gaspar市部に計画される分水路建設に伴う新設橋梁の建設およびItajai河本川沿いの既設橋梁の嵩上げを以下の設計条件に基づき計画した。

(1) 分水路建設に伴う新設橋梁の設計

(i) 橋長は長期案に対する計画分水路幅を考慮し計画する。桁下余裕高は、長期治水案計画高水位より0.5mとする。

(ii) 幅員は、道路幅7.2m、歩道幅0.5mとする。標準断面として、ブラジル国内の国道橋標準断面を使用し計画する。

(2) 既設橋梁に対しては、桁下高が長期治水案計画高水位を下回る場合に嵩上げを計画するものとした。この場合、桁下余裕高は0.5mとする。Blumenau市上流7km地点にかかるIreneu Bohnhausen橋は嵩上げが必要となるが、現在、同橋梁直下流部で新設橋梁の建設がBlumenau市により計画されているので、Ireneu Bohnhausen橋の嵩上げは、この新設橋梁が建設され現在の交通量が吸収された後、実施するものとした。

図-11に、分水路地点に計画される新設橋梁の平面図および縦断図を示す。

IV. 支川改修計画

4.1 序 論

Blumenau市部河道沿いの住民は、Itajai河本川の溢水による洪水からだけではなく、Itajai河本川の背水によるGarcia, Velha, Itoupava川各支川水位の上昇に伴う洪水により浸水被害を受けている。この洪水から、沿岸住民を守るため、上記3主要支川に対する河川改修計画を策定した。改修区間は、Itajai河本川10年確率洪水流量に対する計画高水位の影響範囲とした。

4.2 河川改修計画策定方針

Garcia, VelhaおよびItoupava川に対する河川改修計画を以下の基本方針に従い策定した。

(1) 計画規模は確率年1/10とする。

(2) Itajai河本川洪水が背水の影響により支川を通してBlumenau市街地へ流入する事を防ぐため、築堤もしくは河道掘削土砂による盛立てをGarcia川およびVelha川沿いの改修区間に実施するものとした。Itoupava川については、家屋密集地区となっているItajai河との合流点部分に対してみ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した。

(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、即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した。

4.3 施設計画

4.3.1 河川改修

Garcia, VelhaおよびItoupava川に対する支川改修計画は、1/10,000および1/2,000地形図、300 m間隔の河川横断図を使用し以下の設計条件に基づき策定した。

(1) 計画高水位は、Itajai河本川が10年確率洪水位にあるものとして計画した。

(2) 計画河床勾配は、現河床の平均河床勾配とした。

(3) 堤防高は、50年確率洪水位に余裕高0.5mを加えた高さとした。

(4) 堤防断面は天端幅3m、法面勾配は1:2の台形断面とした。

(5) 堤防用盛土材は、計画対象地区内の丘陵地に広く分布する残積土を使用するものとした。

以上の条件に基づく計画河道平面図、縦断面図および標準横断図は、図-12から図-18に示される。

4.3.2 河川関連構造物

Blumenau市部でItajai河に合流するGarcia, Velha, Itoupava川およびGaspar市部で合流するGaspar GrandeおよびGasparinho川沿いには、30橋以上の橋梁が設置されており、このうち11橋は、本計画において嵩上げもしくは掛更えが必要となるため以下の設計条件を設定した。

(1) 桁下高が各支川での50年確率洪水位を下回る場合には、嵩上げを計画するものとする。

(2) 上・下部工が一体となっていない場合には、下部工のみ嵩上げを実施するものとし、また上・下部工が一体となっている場合には、上・下部工を分離した後下部工の嵩上げを行うものとする。

(3) 嵩上げおよび掛け更えに伴う道路の付更えは最大縦断勾配を4%として計画するものとする。

橋の嵩上げもしくは掛け更えが必要となる既設橋梁名は、次の通りである。

Garcia川

PONTE DA RUA 7 DE SETEMBRO

Velha川

PONTE DA RUA SAO PAULO
PONTE DA RUA PARAIBA
PONTE DA RUA 7 DE SETEMBRO
PONTE DA RUA MARIANA BRONNEMANN
PONTE DA RUA ALBERTO STEIN
RUA DA MARECHAL DEODORO

Gaspar Grande III

PONTE DE RUA GEL ARISTILIANO RAMOS (BR- 470)

POTE DA AVENIDA DAS COMUNIDADES

Gasparinho III

PONTE DA RODOVIA JORGE LA CERDA

PONTE DA RODOVIA GASPAR - BRUSQUE

V. Blumenau 市都市内排水計画

5.1 序 論

Blumenau 市部河道沿岸住民は、Itajai 河本川および Garcia, Velha および Itoupava 川における河川改修計画の実施により、Itajai 河の洪水氾濫から守られる事となる。しかし、Itajai 河本川計画高水位より低い地盤高を有する Blumenau 市の市街地部は依然として、内水地区として残される。

本調査においては、調節池、排水ポンプおよびゲート等の排水施設の組み合せにより、上記地区の排水計画が策定された。

5.2 既設都市排水網

図 - 19 に示される都市排水管網が現在 Blumenau 市内に設置されている。この排水網は、Blumenau 市の都市化の進展と共に徐々に拡張されてきた。この結果排水網末端部の排水施設容量は、排水区から流出量に比べて不十分な状況となっている。

Blumenau 市内における既往の排水計画は、2 度策定されている。その1つは、1975 年に実施されているが、Itajai 河の洪水位を考慮としたものとはなっていない。また、この計画は、現在実施には移されていないが既設排水網の拡張は、この計画を参照して実施されている。他の 1 つは、1985 年に実施された Blumenau 市内水処理計画である。この計画は、支川上流部における洪水調節ダム、洪水分水路 / トンネルおよび輪中提・排水ポンプ等の排水施設の組み合せによる検討を行い、このうち経済性の高い輪中提・排水ポンプ方式を選定している。しかし、この計画は、調節池を設けず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。

5.3 都市内排水計画地区の現況

Garcia, Velha および Itoupava 川沿いの都市内排水計画対象地区を既設排水網を考慮し、図 - 20 に示す如く 13 排水区に小分割した。これら排水区の現況は、次節に記す通りである。

5.3.1 Garcia川沿岸の排水区

Garcia川沿岸の排水区は、以下の4地区となっている。

(1) 排水区：G-1

排水区G-1は、Garcia川とItajai河の合流点の直上流でGarcia川に流入する小支流であるFrisco川流域に含まれる。排水面積は3.94km^{2}で、その内3.37km^{2}が山間部、0.5 km^{2}が住宅地区、0.07 km^{2}が原野となっている。平坦地の大半が住宅地区であり、1983年および1984年洪水時には、その殆どが浸水被害を受けている。

(2) 排水区：G-2

G-1排水区の上流部に位置するこの排水区は、さらに小排水区G-2-1およびG-2-2に分割される。排水面積0.32 km^{2}のG-2-1排水区はGarcia川の右岸側に位置し、住宅地区として利用されている。G-2-2排水区は、G-2-1排水区の東南に位置する。排水面積は2.18 km^{2}であり、その92％は標高150 m～200 mの山間部となっている。

(3) 排水区：G-3

G-3排水区はGarcia川の右岸部に位置し、G-2排水区の上流部に隣接している。排水面積は1.13 km^{2}で、その内0.31 km^{2}が住宅地区、0.68 km^{2}が山間部、0.14 km^{2}が原野となっている。Garcia川沿いの低平地部は住宅地区として利用されているが、しばしば既設排水管の容量不足から浸水被害が発生している。

(4) 排水区：G-4

Garcia川左岸部に位置するこの排水区は、さらに小排水区G-4-1およびG-4-2に分割される。G-4-1排水区の面積は0.67 km^{2}で、住宅地区および商業地区となっている。G-4-2排水区はG-4-1排水区の後背地を形成し、その下流部は商業地区の中心地となっている。また谷沿いの平坦地は住宅地区および工業地区、上流部は山間部となる。G-4排水区内の市街地部では、1983年および1984年洪水時にはItajai河の背水の影響により、浸水被害が発生している。

5.3.2 Velha川沿いの排水区

Velha川沿いの排水区は、以下の7地区となっている。

(1) 排水区：V-1

この排水区は、Velha川最下流部の右岸部に位置し、0.43 km^2の排水面積を有する。この地区は商業の中心地区となっているが、その中心部では既設排水施設の容量不足とこの地区が平坦地となっている事から頻繁に浸水被害が発生している。

(2) 排水区：V-2

V-1排水区の上流部に位置するこの排水区は、排水面積0.62 km^2を有し、その大半は平坦地となっている。しかし、既設排水施設の容量不足による浸水被害が発生している。

(3) 排水区：V-3

V-2排水区の上流部に位置するこの排水区は、排水面積0.67 km^2を有し、平地部(55%)および山間部(45%)から成っている。この排水区の大半は、住宅および商業地区として利用されている。

(4) 排水区：V-4

排水面積0.68 km^2を有しV-3排水区の上流部に位置する。この排水区の地形および社会的状況は、V-3排水区と同様なものとなっている。

(5) 排水区：V-5

Velha川左岸部に位置するこの排水区は、排水面積0.59 km^2を有し、Blumenau市の市街地部を形成している。

(6) 排水区：V-6

V-5排水区の上流部に位置するこの排水区は、排水面積1.17 km^2を有し、その50%以上の地域は市街地化されている。

(7) 排水区：V - 7

Velha 川の支流 Jararaca 川沿いに位置し、排水面積 2.34 km^2 を有するこの排水区は、その大半が住宅地区として利用されている。

5.3.3 Itoupava 川沿いの排水区

Itoupava 川下流部の排水計画対象地区は、2 排水区に分割される。また、これより上流部においては、現在家屋等が殆ど存在しないため、本計画では河道掘削土砂による盛立てを適用し、将来住宅および工業用地として利用できる様配慮した。

(1) 排水区：I - 1

Itoupava 川左岸部に位置するこの排水区は、排水面積 0.51 km^2 を有し、その大半は住宅地区として利用されている。

(2) 排水区：I - 2

Itoupava 川右岸部に位置するこの排水区は、排水面積 1.93 km^2 を有し、平地部 (52 %) および山間部 (48 %) からなる。住宅地区は排水区の下流部にのみみられる程度である。

5.4 都市内排水計画

5.4.1 都市内排水計画策定方針

Garcia, Velha および Itoupava 川沿いの計画対象地区に対する排水計画は、以下の基本方針に基づき策定された。

(1) 排水区からのピーク排水量を低減させるため、出来る限り大きな容量の調節池を計画する。また調節池の位置は、その洪水調節効果を有効に機能させるため、排水区の最下流部に計画する。

(2) ポンプ排水方式は、一般に建設費およびその維持管理に対する費用も高額となる。このため、排水機場の数を極力少なくし、またポンプ容量も小さくなる様計画する。

(3) 調節池の水位が支川水位もしくはItajai河本川水位より高い場合、調節池内に貯留された水を自然排水するため、フラップゲートを設置する。

(4) 河川水の計画排水対象地区への逆流を防ぐため、既設排水路出口にフラップゲートを設置する。

(5) Itoupava川流域においては、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。

(6) 本計画で対象とする排水施設は、調節池、排水機場、樋管、樋門および既設排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。

5.4.2 施設計画

都市内排水施設(調節池、排水機場、樋管、樋門および新設水路)は、以下の設計条件に基づき計画された。

(1) ポンプおよび調節池容量を決定するための計画洪水波形は、Blumenau降雨観測所における4日連続10年確率雨量および1983年、1984年洪水時の時間降雨分布をもとに合理式法により算定した。

(2) 新設水路の設計洪水流量は、合理式および降雨強度式に基づく10年確率洪水流量とした。

(3) 流出係数は、将来のBlumenau市の都市化に伴う流量増に対処するため、Blumenau市土地利用計画図に基づき、市街地0.9、農耕地0.6、牧草地・未利用地0.7の流出係数を仮定し、各排水区の流出係数を推定した。

(4) 調節池の計画水位は、調節池周辺の地盤高とし、また排水ポンプ容量は、Itajai河本川水位を暫定治水案計画高水位に設定し、調節池水位が調節池の計画高水位を上回らない様計画した。

上記設計条件に基づく調節池および排水ポンプ等の各排水施設の諸元を表-3に示す。また計画される排水施設および排水方法は、以下の通りである。

(1) Garcia川流域

フラップゲートが付設される排水樋管を有する調節池は、各排水区の最下流部に計画されるが、排水機場はG-2排水区のみに設置される。G-1およびG-4排水区の水は一端各々の調節池内に貯留され、各々カルバートおよびサイフォンによりG-2排水区の調節池に導かれる。G-3排水区に対してはその最下流部に2つの調節池を設置する。これらの調節池は排水区面積に比べて大容量を有するのでこの地区からの水はこの調節池に全量貯留され、Garcia川水位の低下に伴いフラップゲートを通してGarcia川に排水される。

(2) Velha川流域

V-4排水区を除きフラップゲートが付設される排水樋管を有する各調節池は、各排水区の最下流部に設置される。排水機場は、V-3, V-5, V-6およびV-7排水区に対する調節池地点に計画される。V-1およびV-2排水区の水は、各々サイフォンによりV-5およびV-6排水区の調節池に導かれる。またV-4排水区の水はV-3排水区に対する調節池にカルバートにより導かれる。V-7排水区のJararaca川はVelha川との合流点のフラップゲートを閉塞することにより、新設水路に転流され調節池に流入する。

(3) Itoupava川流域

I-1排水区内のItajai河合流点付近の市街地部は、輪中堤により洪水より防御され、また内水排除のためフラップゲートが設置される。I-2排水区に対しては、その下流部の一部に対し、河道掘削土砂による盛立てが計画される。

図-21に都市内排水計画・施設計画図を示す。

VI. 環境影響評価

6.1 序 論

Blumenau - Gaspar 区間は Itajai 河下流部の超緩流河道部に位置し、流域内最大の都市 Blumenau 市および Gaspar 市の都市域さらに両市の農村域を含んでいる。

Blumeau 市内を貫流する Itajai 河は、この河道区間で大きく蛇行すると伴に、河道沿いのドイツ風建築物、樹木および背後の山々と調和のとれた景観を有し、同市の主要な観光資源となっている。

Gaspar 市の市街地上下流部の河道沿岸も優れた景観を呈している。Blumenau - Gaspar 区間においては、水辺に迫る山々から形成される峡谷美と伴に河岸の平地部に広がる農村風景がこの河道区間の景観を優れたものとしている。

河川改修計画を実施した場合の環境への影響を本計画に反映すべく、Blumenau - Gaspar 区間河川改修計画および建設計画に対して、環境上考慮すべき事項を検討した。

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

6.2.1 河川改修計画

河川改修計画に配慮された事項は、以下の通りである。

(1) 景 観

Blumenau 市は観光都市としての機能を有するため、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様に施設を計画することが必要とされる。このため、幾つかの代替案が検討され、その中で歩道高 0.5 m を有する 1 m の高さのコンクリートパラペットウォールを Blumenau 市右岸部に建設することが計画された。この計画は上記の条件を十分考慮としたものとなっており、コンクリートパラペットウォール建設後においても、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。

(2) Gaspar市部分水路建設に伴う町域界および道路の分断

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がで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(付替道路および橋梁)を計画することが必要とされる。

6.2.2 建設計画

河川改修工事の実施に伴う河道拡幅、河床浚渫、築堤および河道掘削土砂の処理により、河川水の汚濁、大気汚染、騒音、振動、動物、植物、家屋等への影響が予測されるため、これらの点に関し検討を行った。

(1) 水質汚濁、動物、植物

河道拡幅および河床浚渫による水質の汚濁に伴い、一時的に浮遊砂量(濁度)が増加する事が予測される。このため、河辺植生に影響を与え、魚類の生息に被害を及ぼす事も考えられる。また河床および河岸の整形により、河辺植性がなくなり、動物は生息の場所を他に求めざるを得なくなることも考えられる。

このため、動物、植物に与える影響の程度を把握するため、貴重動物・植物の調査を実施し、その結果により適切な配慮をすることが望ましい。

(2) 大気汚染、騒音、振動

工事用車両による砂ぼこり等の大気汚染、騒音、振動は、工事の実施にあたって、散水、清掃あるいは車輌の走度制限により、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。

(3) 河岸の崩落

河岸については、雨水または流水による浸食を受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可能である。

(4) 住　民

河道拡幅に伴う河岸住民の家屋の収用に関しては、行政的措置が必要となる。

VII. 建設計画および建設費積算

7.1 序 論

本章においては、Blumenau - Gaspar 区間河川改修工事、Garcia, Velha および Itoupava 川に対する支川改修工事、および Blumenau 市都市内排水施設建設工事に対する建設計画および建設費積算結果が記述されている。

本プロジェクト実施に伴う建設費の大半は、河道掘削土砂に対する土工費により占められているため、建設計画策定においては、河道掘削土砂の運搬距離の短縮および低地部地盤の嵩上げによる土地の有効利用を図る事を基本原則とした。

7.2 建設計画

7.2.1 工事および工事数量

Blumenau - Gaspar 区間 Itajai 川本川改修工事、 Garcia, Velha, Itoupava 川支川改修工事および Blumenau 市都市内排水施設建設工事に対する主要工事項目およびその工事数量は、以下の通りである。

(1) Itajai 河本川河川改修工事

河床浚渫	:	2.1百万 m^3
河道掘削	:	2.2 〃
河岸低地部の盛立て	:	3.5 〃
築堤	:	0.13 〃
コンクリートパラペットウォール	:	620 m
護岸工	:	5,000 m^2
分水路掘削土工量	:	1.5百万 m^2
橋梁建設	:	1 橋 (橋長 100m)
付替道路	:	1.5 km

(2) 3支川改修工事

河道掘削	:	55千m^3
河岸低地部の盛立て	:	290 〃
築堤	:	150 〃
護岸工	:	1.2千m^2
橋梁の嵩上げ	:	11橋

(3) 都市内排水施設建設工事

調節池	:	10ヶ所
調節池間連結用カルバート	:	2 〃
樋管	:	3 〃
サイフォン	:	3 〃
排水機場	:	5 〃
フラップゲート	:	20 〃
逆T型擁壁	:	1 〃
新設水路	:	2,800 m

7.2.2 建設計画策定条件

建設計画策定のため、以下の条件を設定した。

(1) 限られた期間内に、工事を実施するため、建設工事は国際請負方式を前提とし、また工事規模、建設費等を考慮し、本プロジェクトは、2工区に分割して建設工事を実施するものとする。工区-Aは、Gaspar分水路を含むItajai河本川46 kmより78 km地点まで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市の都市排水施設建設工事とする。また本工事の指導および監督は、DNOS本局および第14支局ならびに海外のコンサルタント会社とする。

(2) Blumenau市の降雨記録に基づき、工事の年間稼働日数は、日雨量10 mm以下の日数として229日と仮定した。また日稼働時間は、8時間とした。

(3) 建設機械操作の難易度および部品補給ならびに維持管理等を考慮して、一般工法および一般建設機械を原則的に使用し施工するものとする。

(4) 水中掘削は、経済性、土質条件および水理条件より浚渫船により実施するものとする。浚渫船の稼働日数は、主に船の喫水によるが、Blumenau - Gaspar区間の水文・水理資料より最小喫水1.3 mを仮定し280日とした。

7.2.3 河川改修工事

(1) 序 論

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橋を含む分水路、河川構造物および河川関連構造物の建設が含まれる。3支川の改修工事は、築堤工事および既設道路橋の嵩上げ工が主たる工事となる。上記工事に対する建設計画は、以下の通りである。

(2) 河道拡幅に伴う掘削工

約32 kmの本川改修区間内の掘削土工量は、4.3百万 m^3 と見積もられる。大量の掘削土砂をできるだけ経済的に処理するため、下記を計画の基本原則とする。

(i) 掘削現場と土捨場間の運搬距離は、可能な限り短縮する。

(ii) 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、将来の住宅および工業用地に供する。

上記原則にたち、また計画対象地区となっているBlumenauおよびGaspar市の将来土地利用計画を考慮し、図-22に示される13ヶ所の土捨場を選定した。これらの土捨場は、将来、住宅および工業用地として利用可能と考えられる。

河道拡幅が予定される河岸沿いの土質は、粘性土および細粒砂からなる沖積堆積物である。このため、河道掘削は、一般建設機械と浚渫船の組み合せにより施工する。浚渫船および一般建設機械の使用条件は、以下の通りとした。

(i) 浚渫船は、平水位以下の掘削に使用する。

(ii) 平水位以上の掘削は、一般建設機械によるものとする。

上記より、浚渫土工量は、約 2.1 百万 m^3 となる。また浚渫工事は、浚渫土砂の土質特性を考慮して以下に示すポンプ式浚渫船を使用する。

型　式	:	カッターサクションポンプ式浚渫船
出　力	:	650 ps 級
容　量	:	70 m^3/h
ポンプ台数	:	2 台

浚渫船稼働時間は、1 日 2～3 交替性とし 4,000 時間とする。

浚渫土砂の大半は運搬距離 1,000 m 以内の土捨場に浚渫船より直接捨てられることとなる。

一般建設機械による平水位以上の掘削土工量は約 2.2 百万 m^3 と見積もられる。また使用される建設機械は、次の通りである。

掘　削	:	湿地用ブルドーザー、18 t 級
積　載	:	クローラーローダー、積載容量 1.5 m^3, 18 t 級
運　搬	:	ダンプトラック、10 t 級
敷きならし	:	湿地用ブブルドーザー、13 t 級

ドラグラインおよびバックホーは、補足的に使用する。浚渫および掘削土工量およびその運搬距離の内訳は、以下の通りである。

運搬距離	土工量	運搬方法
浚渫土砂		
〈1,000m	1,707,700 m^3	浚渫船
2,000 - 3,000 m	378,300 m^3	浚渫船 / ダンプトラック
小計	2,086,000 m^3	
掘削土砂		
〈1,000m	773,130 m^3	ダンプトラック
2,000 - 5,000 m	1,082,800 m^3	〃
5,000 - 10,000 m	171,800 m^3	〃
小計	2,128,730 m^3	
総計	4,214,730 m^3	

(3) 築堤工事もしくは河道掘削土砂による盛立て

築堤および河道掘削土砂による盛立ては、Itajai 河本川および 3 支川の河岸低地部に対してのみ計画される。

Itajai 河本川沿いの堤防総延長は、5,750 m と計画されておりその内訳は、以下の通りとなっている。

築堤区間	築堤長	盛土量
45.49 - 47.94km∠1 ·右岸側	2,560 m	53,820 m^3
49.26 - 50.84 km ·右岸側	1,910 m	44,773 m^3
10.03 - 70.89km · 左岸側	1,280 m	28,014 m^3
計	5,750 m	126,607 m^3

注) ∠1 : Itajai 河河口からの距離

河道掘削土砂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 河本川河道沿い丘陵地に分布する残留土を使用する。予定土取場地点を図 - 23 に示す。

築堤工事は、土取場地点での切土積載、運搬および締め固めより成るが、施工機械は以下を使用するものとする。

土取場地点での切土	:	湿地用ブルドーザー、18 t 級
〃　　積載	:	クローラーローダー、積載容量1.5 m^3
運　搬	:	ダンプトラック、10 t 級
蒔き出し	:	ブルドーザー、11 t 級
締め固め	:	振動ローラー、5 t 級

盛土工法は以下の通りである。

蒔き出し厚	:	約 40 cm
締め固め回数	:	4 - 7 回 / 層

土取場での切土法面の勾配は、急勾配を避け、また堤防用盛土材の掘削終了後は、雑草で被覆する様計画した。

河道掘削土砂による盛立ては、築堤が計画されていない低地部で実施される。

(4) 分水路建設工事

Gaspar 分水路建設工事の主要工種は、約 1.5 百万 m^3 の掘削工である。分水路予定地点に超軟弱層が存在するため、湿地に適した建設機械を使用する様計画した。工期は 3 年とした。

分水路に付設される道路橋の型式は、以下の通り計画した。

型　式	:	PC、T 桁橋
橋長およびスパン数	:	100 m, 5 スパン
幅　員	:	9 m (歩道 0.75 m × 2 を含む)
基　礎	:	RC 杭基礎、400 × 400 mm

(5) 支川沿い既設橋梁の嵩上げ

Itajai 河本川計画高水位の設定に伴い、次の支川既設橋梁 11 橋の嵩上げが計画された。

支川名	嵩上げ予定橋数	嵩上げ高
Garcia 川	1	3.79 m
Velha 川	6	1.50 ~ 4.29 m
Gaspar Grande 川	2	0.93, 1.56 m
Gasparinho 川	2	1.00, 1.76 m

既設橋梁地点の状況および交通量を考慮し、Garcia 川を横断する 1 橋のみ、仮設橋を設置し嵩上げ工事を行うものとする。嵩上げ工は、油圧ジャッキおよび支保工を 2 ~ 3 ヶ所に使用し施工する。

7.2.4 都市内排水施設建設工事

(1) 序 論

Garcia、Velha および Itoupava 川沿いの Blumenau 市の都市内排水工事は都市内水を支川に排水する様計画されている。

都市内排水施設建設に伴う主要工事項目は、10ヶ所の調節池および 5 ヶ所の排水機場の建設である。

(2) 調節池

調節池は Garcia および Velha 川沿いの 10 ヶ所に建設が予定されており、その総用地面積は 27.3 ha である。主要工種は、47 万 m^3 の掘削切土および 49 万 m^3 の盛土工である。掘削土砂は、原則的に同地点における盛土材として使用するものとし、2 万 m^3 の不足分は土取場より補給するものとする。

調節池および付属構造物建設に際しては、以下の建設機械を使用するものとする。

- 湿地用ブルドーザー　13 t 級
- バックホー　0.6 m^3 級
- クローラーローダー　1.5 m^3 級
- ダンプトラック　8 t 級
- コンクリートポンプ車　30 m^3 / h 級
- 振動ハンマー　22 kw

10ヶ所での調節池建設工期は、2年とした。

(3) 排水機場

Garcia 川流域に 1 ヵ所、Velha 川流域に 4 ヵ所、計 5 ヵ所の排水機場建設が計画されている。

排水機場に設置されるポンプの型式は、運転および保守の容易さを考慮して、以下の如く選定した。

排水区	支川名	排水ポンプ諸元			
		容量 (m^3/秒)	型式	放水管径 (mm)	台数
G-1, G-2, G-4	Garcia	7.8	立軸斜流	1,350	3
V-1, V-5	Velha	0.7	水中ポンプ	500	2
V-2, V-6	Velha	0.7	水中ポンプ	500	2
V-3, V-4	Velha	1.0	横軸斜流	600	2
V-7	Velha	4.0	横軸斜流	1,000	2

排水機場の基礎処理を含む土木工事は、調節池建設と同時着工する。また使用建設機械は、30 t 級クローラークレーン、22 kw 級振動ハンマー、13 t 級湿地用ブルドーザー、容量 0.6 m^3 級のバックホー、8 t 級ダンプトラックおよび容量 30 m^3 / h のコンクリートポンプ車とする。また排水ポンプの設置は、最大揚程をもつ 20 t トラッククレーンを

使用する。排水機場建設にかかる工期は、土木工事12ヵ月、5ヵ所の排水ポンプの設置および付属施設建設6ヵ月、建物6ヵ月の計2年とした。

7.2.5 工事工程

本プロジェクトの実施には、財源の確保1年、詳細設計1年、入札および工事契約1年、ならびに建設期間4年の計7年の期間が必要とされる。

工区-Aおよび工区-Bで建設工事は、同時着工するものと予定されるため、Itajai河本川および支川改修工事ならびにBlumenau市都市内排水施設建設工事は、同時に開始される事となる。このうち調節池および排水機場の建設は、特にBlumenau市街地内に位置する建設現場の状況および交通量を考慮し、2年以内に工事は完了する様計画した。

4年間の建設工期に対する工事工程は図-24に示すされる。

7.3 建設費積算

7.3.1 建設費積算条件

建設費は、内貸・外貸に分けて積算された。外貨分は、US$、内貨分はCz$により表示される。建設費積算条件を以下の通り設定した。

(1) 建設費は、1987年8月価格で積算し、工事期間中のインフレーションに対する調整は、価格上昇分として予備費に計上した。年平均価格上昇率は、外貨分5%、内貨分12%を仮定した。

(2) 貨幣交換率は、1 US$ = Cz$ 50.0 = ￥150.0とした。

(3) 建設費は、直接・間接費からなる建設単価をもとに積算した。労務費、資機材費等の直接費は下記の仮定条件により推定した。

(i) 工事労務者はすべて現地雇用とし、その労務費には社会補償費を含むものとした。

(ii) 鉄筋およびセメント単価の60%、ガソリン・石油・潤滑油の80%および鋼材の70%は外貨分に割り当てた。

(iii) 建設機械はすべて外貨分により購入するものと仮定した。また建設機械購入費は、原価償却費、管理費、修繕費、消耗品費および維持費を合計した費用とし、下記の如く内貸・外貸分に配分した。

外貨分

- 減価償却費
- 機械の修繕および維持のための予備部品および消耗品費

内貨分

- 維持費および修繕費(人件費)
- その他雑費

(4) 間接費は、諸経費、請負業者の純利益等であるが、これを直接建設費の30%と仮定した。

(5) プロジェクト運営費は、直接建設費(内・外貨の合計)の5%と仮定した。

(6) 詳細設計および工事監督等に対する技術経費は、直接建設費(内・外貨の合計)の9%とし、その80%を外貨分、20%を内貨分として計上した。

(7) 工事・実施段階での不測の場合に備えて、予備費として内・外貨分の10%を計上した。

上記の仮定に基づき積算した各工種に対する建設単価、工事数量およびこれらより算定される直接建設費を附属報告書・第8章の表-Ⅷ.3.7に示す。

7.3.2 総建設費および年間投資計画

Blumenau市都市内排水計画を含むItajai河本川および支川改修計画工事実施に伴う総建設費は、表-4に示されるが、その概要は以下の通りとなる。

費用項目	外貨 (千 US$)	内貨 (千 Cz$)	計 ∠1 (千 US$)
直接建設 (準備工事を含む)	24,720	821,000	41,140
間接建設費 (土地収用費、運営費、 技術経費)	2,072	372,876	10,420
予備費 (物価上昇等)	7,002	387,040	13,743
計	33,794	1,581,000	65,303

注) ∠1:　1 US$＝Cz$ 50.0 として換算されている。

直接建設費の内、工区 - A および B の工事費は、各々 US$ 22.1 百万、US$ 19.1 百万 となる。

図 - 24 に示す工事工程に基づく、年間投資計画を表 - 5 に示す。

Ⅷ. 経済評価

8.1 序 論

経済評価においては、本計画実施に伴う便益および建設費に基づき、本計画の経済的実施可能性の検討を行った。本計画の便益としては、本暫定治水計画の計画規模確率年 1/10 に対応する洪水被害軽減額を採用した。

経済建設費は、市場価格より積算される財務建設費とは異なり、実質資産価値により算定される。このため経済建設費は財務建設費に適切な変換係数を掛けて算定することとした。

計画対象地区内には、商・工業の中心地 Blumenau 市が存在するため、本暫定治水計画実施に伴う社会投資は、可成りの効果をあげることが予測される。経済評価の指標としては、内部経済収益率 (EIRR) を使用し、また感度分析を実施し、前述の費用および便益の変動が EIRR に与える影響についても検討を行った。

8.2 経済建設費

8.2.1 積算条件

財務建設費は、資機材費、労務費、土地・家屋収用費に大別されるが、これらを次の方法により経済建設費に変換した。

- 資機材費に関しては、約 10％の税金等の移転収支を控除した費用とした。但し、外貨分に関しては、財務建設費が税金を除いた単価を使用し積算されているため、内貨分に対してのみこの調整を行った。

- プロジェクトが存在しない場合に考えられる雇用機会ごとに労務者の限界生産高が異なるため、実質労働力価値の推定は困難である。このため、基準賃金が経済費用であると仮定して、社会補償費を人件費より除いた賃金を経済費用とした。

- 土地収用費は、農地の場合はその年生産価値 (本プロジェクトの場合、トウモロコシで代表される。)、住宅地区の場合、建物の建設費を経済費用とした。

8.2.2 経済建設費

前節で述べた条件を内貨分に対してのみ適用し、外貨分は財務建設費総額を経済建設費と見なして、経済建設費の積算を直接建設費、土地収用費、運営費、技術経費および予備費について行った。

物価上昇に対処するための予備費を除く財務および経済建設費は、おのおのUS$ 56,249,000、US$ 50,792,000となり、経済建設費は財務建設費の90%となる。

経済建設費のうち、直接建設費は建設計画に基づき工事期間中の投資計画を策定した。このうち土地収用は工事開始の前年度に実施されるものとした。土地収用費のうち建物についての補償費は、工事準備期間1年、施工期間4年の計5年間にのみ支出されるものとした。しかし、農地についての補償費は、本計画の経済寿命50年間中全年に亘り発生するものとした。

維持管理費は、直接工事費の0.5%とし、工事終了後の翌年から発生するものとした。その他の建設費の投資計画は、財務建設費と同様とした。

8.3 治水便益

暫定案治水計画の計画規模は確率年1/10に設定されているため治水便益は、確率年1/10の年平均洪水被害軽減額とした。便益の算定にあたっては、実績4洪水記録(1978年、1980年、1983年および1984年)に基づく洪水氾濫モデルを作成し、洪水被害特性および被害額に見積られる。

便益となる確率年1/10の年平均洪水被害軽減額は、上記4洪水氾濫モデルの内最大の被害が発生する1984年型モデルに基づき、402百万クルザード(1987年開発レベル)に見積もられる。

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の過大評価を避けるため直接被害額の10%とした。

8.4 経済評価

1987年開発レベルでの治水便益および経済建設費に対する支出計画に基づくEIRRは12.7%と算定された。Blumenau市にSanta Catarina州の約40%の第2次・第3次産業が集中しているため、本暫定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て、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。

IX. 計画実施による波及効果

河川改修工事計画が実施に移された場合の流域に対する経済社会的波及効果についての検討を行った。検討結果は以下の通りである。

9.1 河岸沿いの土地利用の高度化

本河川改修計画においては、Blumenau - Gaspar 区間の Itajai 河本川および支川改修工事ならびに Blumenau 市都市内排水施設建設工事により、同区間の沿岸地区、特に既成市街地、住宅および工場建設が進められている Itoupava 川沿いの低地部、また現在その大半が牧草地として利用されている Gaspar 市部の低地部等の常襲氾濫地域では、計画洪水 (確率年 1/10) 以下の洪水による浸水から免れる事となる。

Itoupava 川沿いの低平地は、Blumenau 市の新規工業地区として計画されているが、市街地から遠距離 (5 ~ 10 km) にある事、また常襲氾濫地区となっている事から、現在はまだ低開発地区となっている。このため本計画で予定される地盤の嵩上げは、この地区の土地利用の高度化を促進するために有効な手段と考えられる。また、Itajai 河流域の幹線道路である国道 BR - 470 の完成後には、より一層高度な土地利用が図られるものと考えられる。

現在、地盤の嵩上げが予定される Gaspar 市周辺の低地部の大半は、牧草地として利用されているが、本計画の実施により常襲氾濫から免れ、今後積極的な土地利用、即ちこの地区が Gaspar 市市街地部に近いという事から、農耕地、住宅地として利用されることとなろう。

上記の如く、これらの地区は今後土地利用を高度化する事が可能となるため、Blumenau および Gaspar 市の食料供給基地として、また居住区としての機能を持つ事が期待される。

Blumenau および Gaspar 両市の市街地・低地部の常襲氾濫地区では、この地区が両市の中心地区に近いということから、本計画の実施により、以前にも増して高度な土地利用が計られる事となる。

9.2 雇用機械の発生と地域経済の活性化

河川改修工事実施に伴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。

本計画実施に伴う投資は、他の関連産業から新たな生産を引き出す事は十分考えられる。日本の例でみると、1単位の建設投資は関連産業から2.36倍の生産を引き出すという事が報告されている。しかし、計画対象地区の産業構造は日本とは異なり、必ずしもこの例はあてはまらないが、本計画に対する投資が新な付加価値を生み出すことは十分考えられる。

9.3 都市化に伴う問題点の増大

計画対象地区内では1970年代から1980年代の都市化現象に対応できず、市街化地区では既に都市化に伴う問題が発生している。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、住宅の乱開発、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。

これらに対処するため、(1)社会基盤施設への投資に対する税制改正、(2)市街地居住者に対する社会基盤施設設置の義務付け、(3)管理体制の強化、および(4)都市管理に対する国または州からの援助等の実施が考えられる。本計画の実施に伴い都市化は助長されるものと考えられるが、上記対策を実施しなければ、都市問題は一層深刻となるものと予測される。

作業管理委員、JICA調査団およびカウンターパート

(1) Member of Advisory Committee and Coordinator

NO.	Name		Agency
Advisory Committee Member			
1.	T. Inoue	Chairman	Ministry of Construction
2.	K. Shimada		Ministry of Construction
3.	M. Fukuda		Ministry of Construction
4.	T. Hamaguchi		Ministry of Construction
5.	A. Nakamura		Ministry of Construction
6.	S. Tsuboka		Ministry of Construction
Coordinator			
1.	H. Kutsuna		Japan International Coorporation Agency
2.	A. Matsuda		Japan International Coorporation Agency

(2) Member of JICA Study Team and Counterpart

NO.	Sector	Name of members	
		JICA Study Team	Counterpart
1.	Team Leader	S. Ohnuma	Nelson Sant'Anna Feveira Azambuja
2.	Co-Leader	J. Yamamoto Y. Kaneko	Jose Carlos Bauer
3.	Structure Engineer	O. Nakahira	Marcelo Rodrigues Beosa Paulo Roberto Verissimo
4.	Hydrologist	M. Sakamoto	Renato Klueger
5.	Construction Planner	K. Yamasaki	Idilon Parente Dorvino Piovesan
6.	Geologist	H. Tamura H. Mitsui	
8.	Agronomist/Land Use Planner	T. Kimishima	Marnei Soccas Ribeiro
9.	Socio-Economist	T. Tashino	Nelson Jacomel Junior Manoel Machuca Neto
10.	Drainage Engineer	M. Kanai	Marnei Soccas Ribeiro
11.	Survey Expert	Y. Hayashi	
12.	Environmental Engineer	S. Tsuru	
13.	Project Economist	M. Tada	Nalcir Salome Silva

附　表

表-1　想定洪水氾濫域内・現況土地利用状況

(Unit : ha)

Block	Total	Built-up Area			Agricultural Area			Green Space	Not Utilized Area
		Residential	Industrial	Commercial	Paddy	Crop	Pasture		
IT	2,360	1,099	96	313	36	0	0	222	594
SA	132	90	27	8	0	0	0	7	0
IO	468	240	203	13	0	0	0	12	0
FO	236	190	0	19	0	0	0	27	0
VE	392	185	13	134	0	0	0	60	0
GA	440	280	26	98	0	0	0	36	0
BE	280	8	0	0	179	5	0	88	0
CS	100	8	0	0	0	48	0	44	0
U1	36	1	0	0	0	0	8	27	0
U2	44	5	0	0	0	0	0	39	0
GG	964	200	4	14	336	81	95	234	0
DS	308	83	0	0	133	0	75	17	0
AR	348	44	0	0	266	5	0	33	0
PG	752	75	0	0	0	223	307	147	0
Total	6,860	2,508	369	599	950	362	485	993	594
Percentage Distribution (%)	100.0	36.5	5.4	8.7	13.8	5.3	7.1	14.5	8.7

表-2　確率洪水流量

Name of Drainage District	Catchment Area (km2)	Concentration Time (min.)	Rainfall Intensity (mm/hr) 2	5	10 /2	Probable Flood Discharge (cms) 2	5	10 /2
Itoupava river								
I-1	0.51	22	69	88	105	9 (17.3) /1	11 (22.0)	13 (26.2)
I-2	1.93	54	42	56	67	20 (10.2)	26 (13.5)	31 (16.1)
Velha river								
V-1	0.43	15	81	101	120	9 (20.2)	11 (25.2)	13 (29.9)
V-2	0.62	15	81	101	120	12 (20.2)	16 (25.2)	19 (29.9)
V-3	0.67	21	71	90	107	11 (17.1)	15 (21.7)	17 (25.7)
V-4	0.68	24	67	85	101	11 (15.6)	13 (19.8)	16 (23.6)
V-5	0.59	24	67	85	101	10 (16.7)	13 (21.2)	15 (25.3)
V-6	1.17	22	69	88	105	20 (17.3)	26 (22.0)	31 (26.2)
V-7	2.34	49	45	59	71	25 (10.8)	33 (14.1)	39 (16.9)
Garcia river								
G-1	3.94	58	40	53	64	33 (8.4)	44 (11.1)	52 (13.3)
G-2-1	0.32	16	79	99	117	6 (17.7)	7 (22.2)	8 (26.4)
G-2-2	2.18	40	51	66	79	25 (11.5)	33 (14.9)	39 (17.8)
G-3	1.13	31	59	76	90	15 (13.4)	19 (17.2)	23 (20.5)
G-4	5.17	98	28	37	44	30 (5.8)	40 (7.8)	48 (9.4)

Note : /1 Spesific discharge in cms/sq.km.
/2 Return period in year.

表-3　主要計画排水施設諸元(1/2)

(1) Regulating pond

Drainage District	Catchment Area (km^2)	Available Pond Capacity (10^3 m^3)	Design Bottom Elevation (m)	Design H.W.L. (m)	Effective Depth (m)	Present Land Use
Garcia River Basin						
G-1	3.94	204	2.6	9.5	6.9	Residential area
G-2	2.50	137	2.6	9.5	6.9	Unutilized area
G-3	1.13	240	3.5	10.5	7.0	Pasture
	-	169	4.1	10.5	6.4	Pasture
G-4	5.17	26	2.6	9.5	6.9	Unutilized area
Velha River Basin						
V-1	0.43	-	-	-	-	-
V-2	0.62	57	4.9	10.0	5.1	Unutilized area
V-3	0.67	57	7.5	10.5	3.0	Sports ground
V-4	0.68	-	-	-	-	-
V-5	0.59	50	3.6	10.1	6.5	Unutilized area
V-6	1.17	101	4.9	10.0	5.1	Unutilized area
V-7	2.34	15	6.7	10.0	3.3	Pasture
Total	19.24	1,056	-	-	-	

(2) Pumping station

Pumping Station	Design Discharge (m^3/sec)	Pump Unit					
		Type	Discharge per Unit (m^3/sec)	Diameter mm	Number of Unit	Total Head Difference (m)	Motor Output (PS.)
Garcia River Basin							
G-1,G-2 and G-4	7.8	VMF	2.60	1,350	3	9.5	460
Velha River Basin							
V-1 and V-5	0.7	I	0.35	500	2	8.9	65
V-2 and V-6	0.7	I	0.35	500	2	7.6	55
V-3 and V-4	1.0	HMF	0.50	600	2	5.0	55
V-7	4.0	HMF	2.00	1,000	2	5.8	230
Total	14.2				11		865

Note : Location of regulating pond and pumping station is shown in Fig.21.

VMF : Vertical Mixed Flow Pump

HMF : Horizontal Mixed Flow Pump

I : Submerged Pump

表-3　主要計画排水施設諸元(2/2)

(3) Connecting Culvert and Inverted Syphon

Location	Dimensions		
	Width (m)	Height (m)	Length (m)
Connecting Culvert			
R-1 - R-2	2.0	2.0	190
R-3 - R-4	2.0	2.0	85
Inverted Syphon			
R-2 - R-5	2.0	2.0	145
R-6 to the existing drainage channel	2.0	2.0	85
R-7 - R-8	2.0	2.0	132

Note : "R" means regulating pond shown in Fig.21.

(4) New Channel

Drainage District	Catchment Area (km^2)	Design Discharge (m^3/sec)	Channel Number	Catchment Area (km^2)	Channel Length (m)	Design Capacity (m^3/sec)	Dimension of New Channel Width (m)	Height (m)	Number of Box
Garcia River Basin									
G-1	3.94	52.0	-	3.94	-	-	-	-	-
G-2	2.50	47.0	-	2.50	-	-	-	-	-
G-3	1.13	23.0	-	1.13	-	-	-	-	-
G-4	5.17	48.0	(1)	5.17	200	48.00	2.5	2.0	4
Velha River Basin									
V-1	0.43	13.0	(1)	0.43	-	-	-	-	-
V-2	0.62	19.0	(1)	0.30	300	9.20	2.0	2.0	1
			(2)	0.32	450	9.80	2.0	2.0	1
V-3	0.67	17.0	(1)	0.30	150	7.60	2.0	2.0	1
			(2)	0.37	-	-	-	-	-
V-4	0.68	16.0	(1)	0.68	500	16.00	3.0	2.0	1
V-5	0.59	15.0	(1)	0.27	100	6.90	2.0	1.5	1
			(2)	0.32	250	8.10	2.0	1.5	1
V-6	1.17	31.0	(1)	0.72	350	0.72	2.5	2.0	2
			(2)	0.45	200	0.45	2.5	2.0	1
V-7	2.34	39.0	(3)	2.34	300	39.00	2.5	2.0	3
Total	19.24			19.24	2,800				

Note : Channel number is shown in Fig.21.

表-4　財務建設費用

Cost Items	Foreign Currency (Thousand US$)	Local Currency (Thousand Cz$)	Total Equivalent (Thousand US$)
1. Direct cost	24,720	821,000	41,140
2. Land acquisition and compensation cost	-	233,000	4,660
3. Administration cost	-	102,850	2,057
4. Engineering service cost	2,962	37,026	3,704
5. Contingency			
Price contingency	2,940	264,500	8,230
Physical contingency	3,062	122,540	5,513
Total	33,684	1,581,000	65,304

Note : Exchange rate ; US$ 1 = Cz$ 50 = ¥ 150

表-5　財務建設費用・年間投資計画

	1st. Year		2nd. Year		3rd. Year		4th. Year		Total	
	F.C (US$)	L.C (Cz$)	F.C (US$)	L.C (Cz$)	F.C (US$)	L.C (Cz$)	F.C (US$)	L.C (Cz$)	F.C (US$)	L.C (Cz$)
A. Direct cost										
A.1 Annual allocation	∠1 9,888,000	∠1 328,400,000	∠2 4,944,000	∠2 164,200,000	∠2 4,944,000	∠2 164,200,000	∠2 4,944,000	∠2 164,200,000	24,720,000	821,000,000
A.2 Price contingency (F.C=5%,L.C=12%)	∠3 247,200	∠3 19,704,000	494,400	41,050,000	791,040	65,680,000	1,087,680	93,594,000	2,620,320	220,028,000
A.3 Physical contingency (F.C=10%,L.C=10%)	1,013,520	34,810,400	543,840	20,525,000	573,504	22,988,000	603,168	25,779,400	2,734,032	104,102,800
Sub-total	11,148,720	382,914,400	5,982,240	225,775,000	6,308,544	252,868,000	6,634,848	283,573,400	30,074,352	1,145,130,800
B. Land acquisition & compensation cost ∠4	-	233,000,000	-	-	-	-	-	-	-	233,000,000
C. Administration cost										
C.1 Annual allocation	-	25,712,500	-	25,712,500	-	25,712,500	-	25,712,500	-	102,850,000
C.2 Price contingency (L.C=12%)	-	3,085,500	-	6,428,125	-	10,285,000	-	14,656,125	-	34,454,750
C.3 Physical contingency (L.C=10%)	-	2,879,800	-	3,214,063	-	3,599,750	-	4,036,863	-	13,730,476
Sub-total	-	31,677,800	-	35,354,688	-	39,597,250	-	44,405,488	-	151,035,226
D. Engineering service cost										
D.1 Annual allocation	∠5 1,406,988	∠5 17,587,350	518,364	6,479,550	518,364	6,479,550	518,364	6,479,550	2,962,080	37,026,000
D.2 Price contingency (F.C=5%,L.C=12%)	70,350	2,110,482	51,836	1,619,888	82,938	2,591,820	114,040	3,693,344	319,164	10,015,534
D.3 Physical contingency (F.C=10%,L.C=10%)	147,734	1,969,783	57,020	809,944	60,130	907,137	63,240	1,017,289	328,124	4,704,153
Sub-total	1,625,072	21,667,615	627,220	8,909,382	661,432	9,978,507	695,644	11,190,183	3,609,368	51,745,687
Total annual disbursement cost	12,773,792	669,259,815	6,609,460	270,039,070	6,969,976	302,443,757	7,330,492	339,169,071	33,683,720 (33,684,000)	1,580,911,713 (1,581,000,000)

Note : ∠1 Advance payment (20%) + Progress payment
∠2 Progress payment
∠3 Excluding advance payment of 20%
∠4 Land acquisition cost is assumed to disburse in 1st. year.
∠5 The cost for detailed design is included (30 % of total).
∠6 Exchange rate ; US$ 1= Cz$ 50 = ¥ 150
∠7 F.C and L.C mean foreign and local currency respectively.

表-6　経済建設費用

(Unit : Thousand Cz$)

Cost Item	Foreign Currency	Local Currency	Total
(1) Direct cost	1,236,000	645,600	1,881,600
(2) Administration cost	-	80,840	80,840
(3) Engineering service	148,100	29,120	177,220
Sub-total	1,384,100	755,560	2,139,660
(4) Physical contingency	138,410	75,556	213,966
(5) Compensation cost			
Residencial building	-	185,710	185,710
Farm land	-	3,924 /1	3,924
Grand total	1,522,510	1,020,750	2,543,260

Note : /1 Production foregone of maize in farm land, which is calculated as present worth of annual net benefit per ha at the discount rate of 8 %.

表-7　経済建設費用・年間投資計画

(Unit : Thousand Cz$)

Cost Item	Year 1st	2nd	3rd	4th	5th	Total
(1) Direct cost	-	470,400	470,400	470,400	470,400	1,881,600
(2) Compensation cost						
Farm land	63	125	188	251	314	3,924 ∠1
Residence	37,142	37,142	37,142	37,142	37,142	185,710
(3) Administration cost	-	20,210	20,210	20,210	20,210	80,840
(4) Engineering service	-	77,680	33,180	33,180	33,180	177,220
(5) Physical contingency	-	56,829	52,379	52,379	52,379	213,966
Total	37,205	662,386	613,499	613,562	613,625	2,543,260

Note : ∠1 Disbursement of compensation cost for farm land is based on annual net benefit of maize, whereas the corresponding cost in "Total" indicates present worth of annual net benefit per ha at the discount rate of 8 %.

附　図

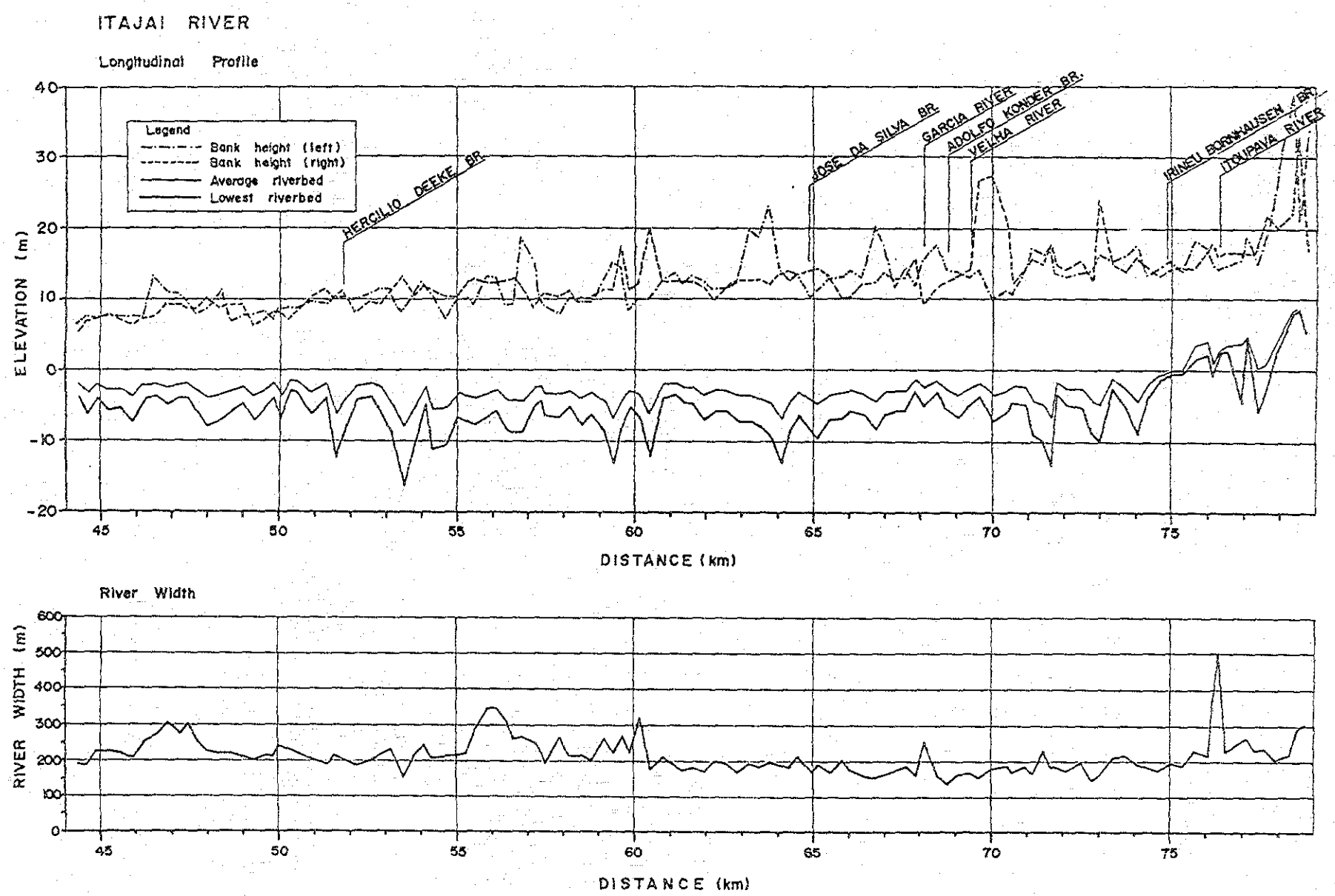


図 - 1　　Blumenau - Gaspar 区間 · Itajai 河河道特性

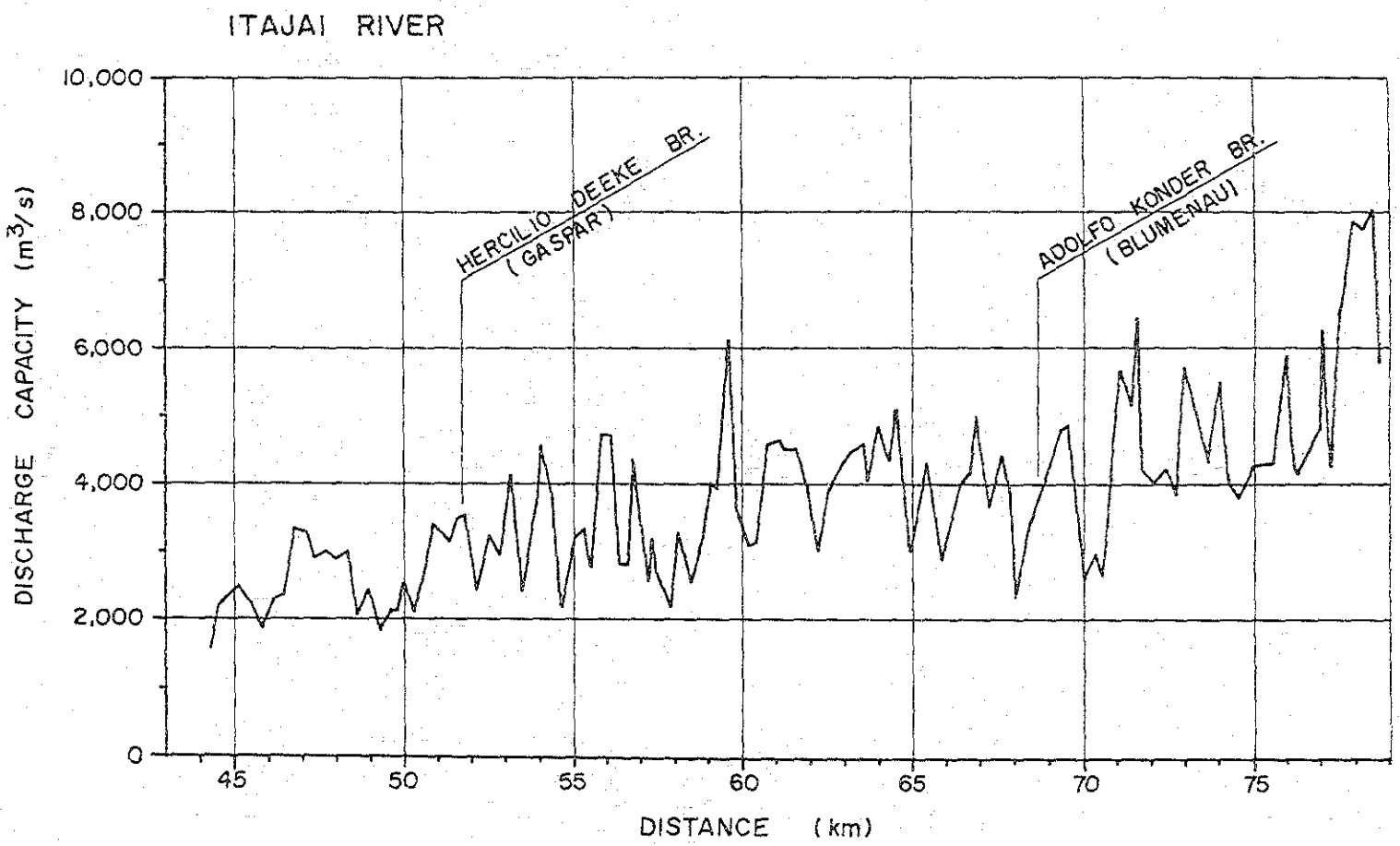


図 - 2　　Blumenau - Gaspar 区間 · Itajai 河流下能力図

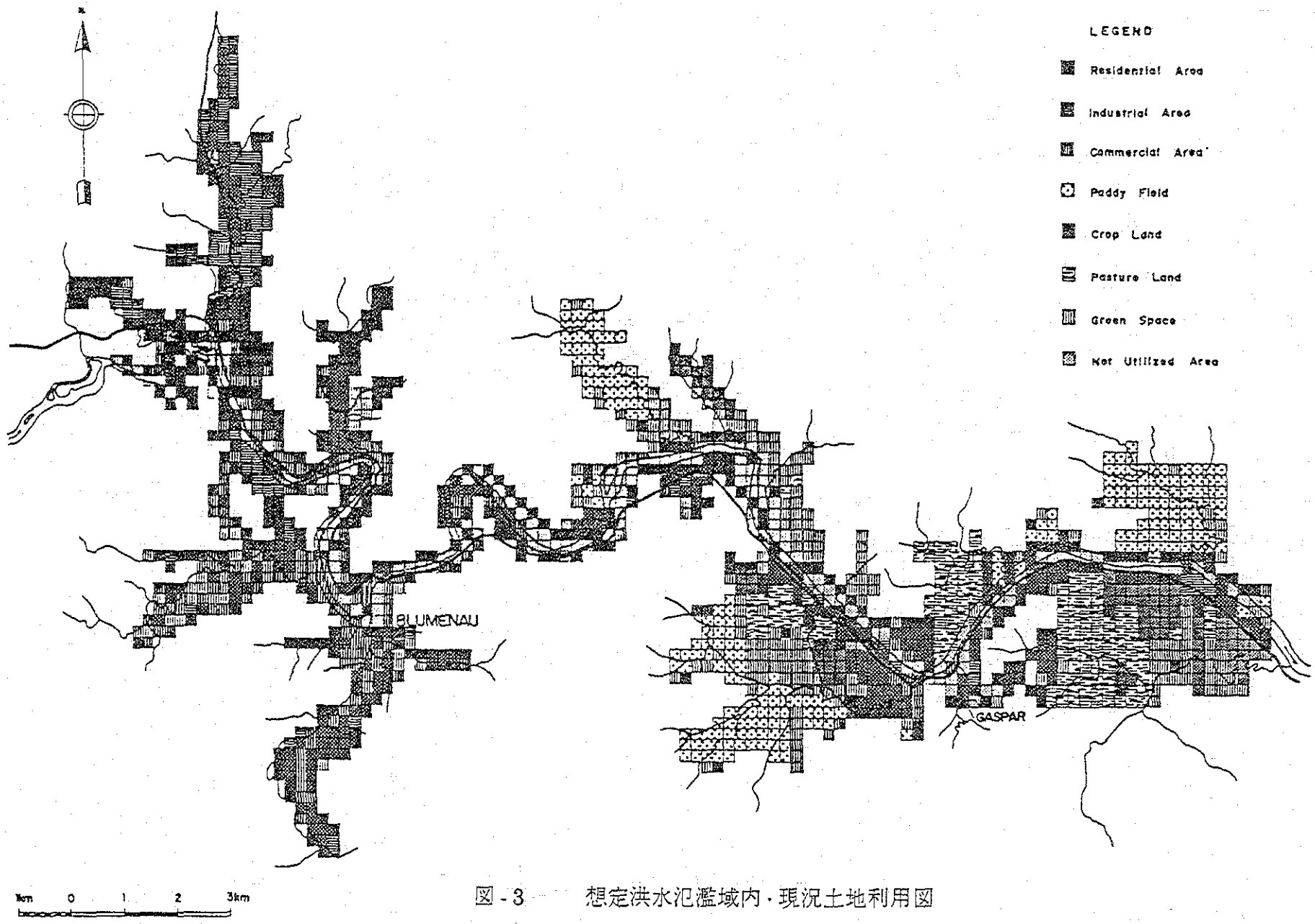
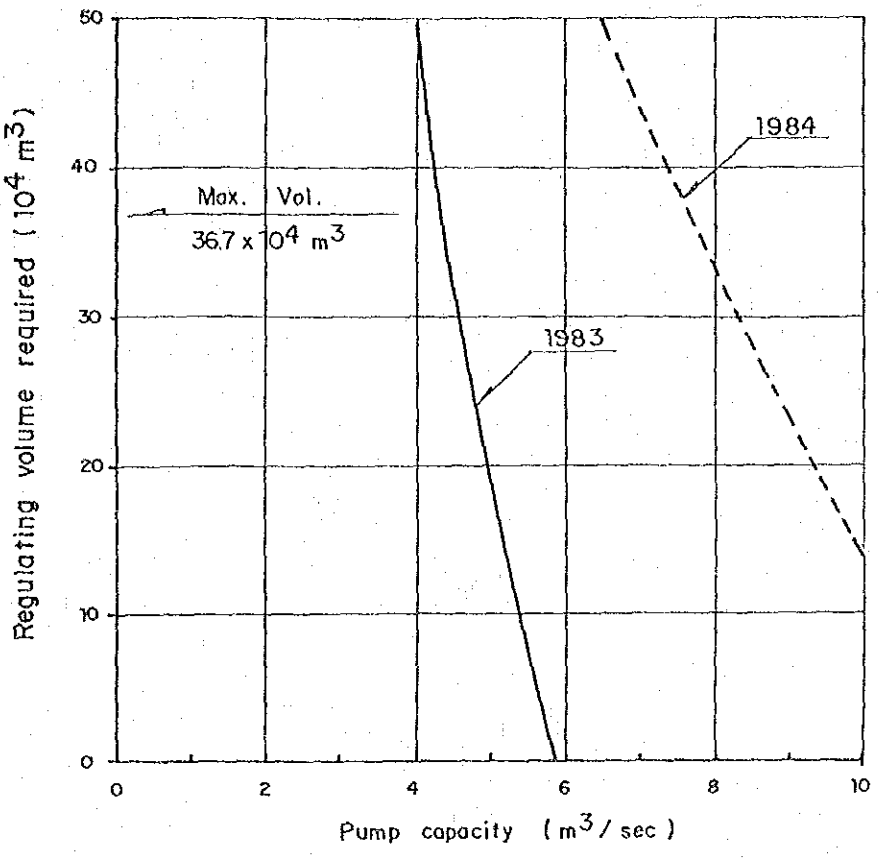


図-3　想定洪水氾濫域内・現況土地利用図

Regulating pondage for G-1, G-2 and G-4 drainage districts



Regulating pondage for G-3 drainage district

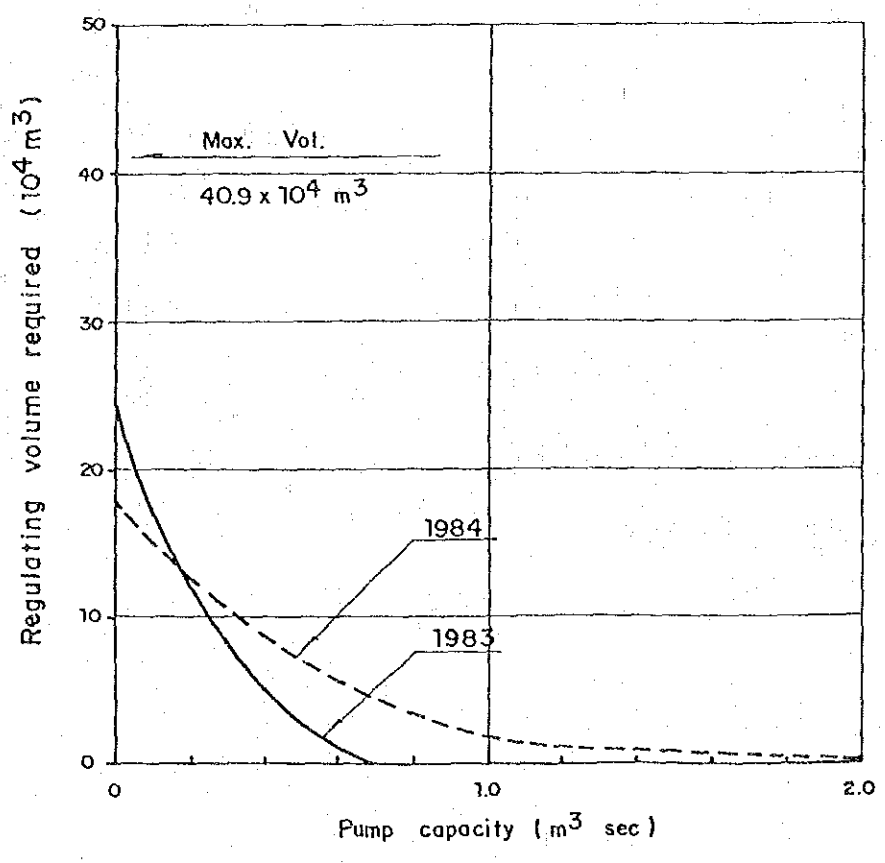
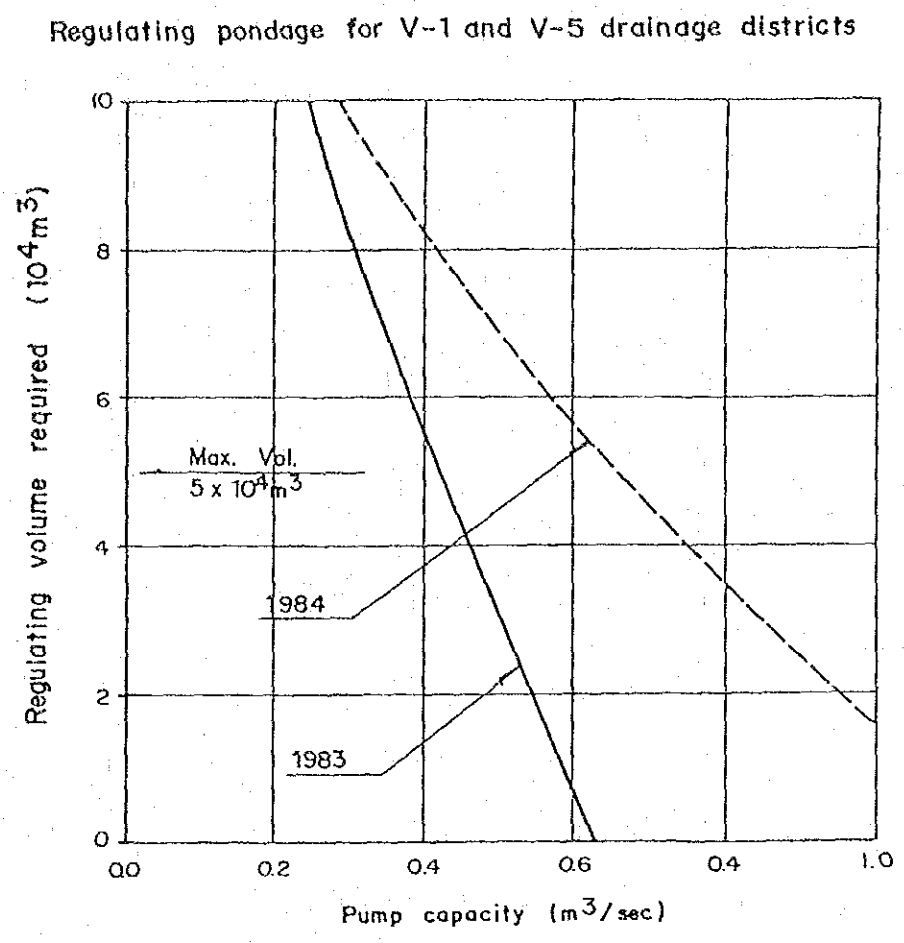


図-4　　調節池容量-排水ポンプ容量関係図(1/3)



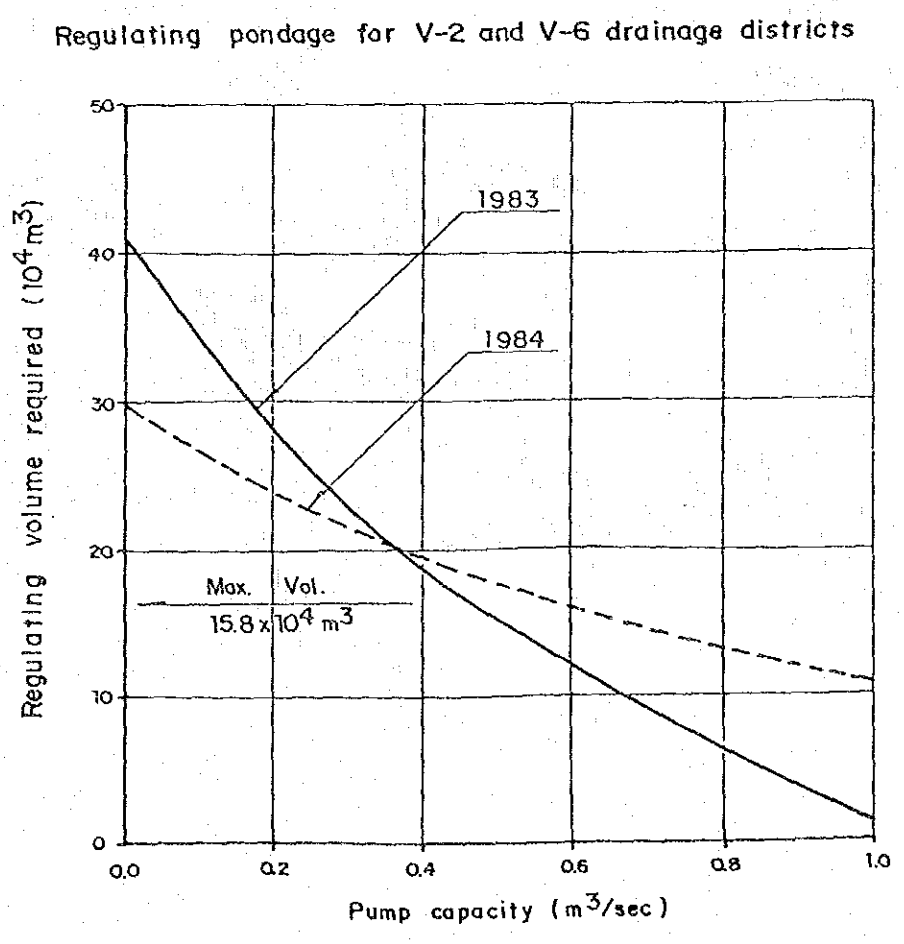
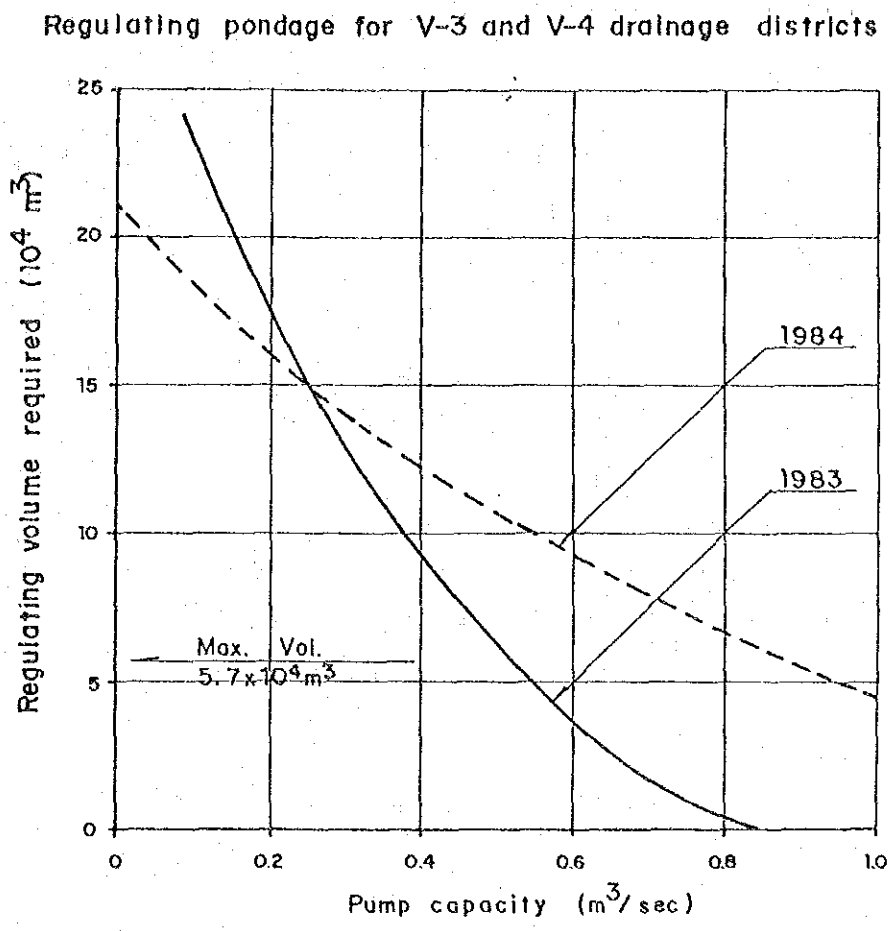


図-4　調節池容量-排水ポンプ容量関係図(2/3)



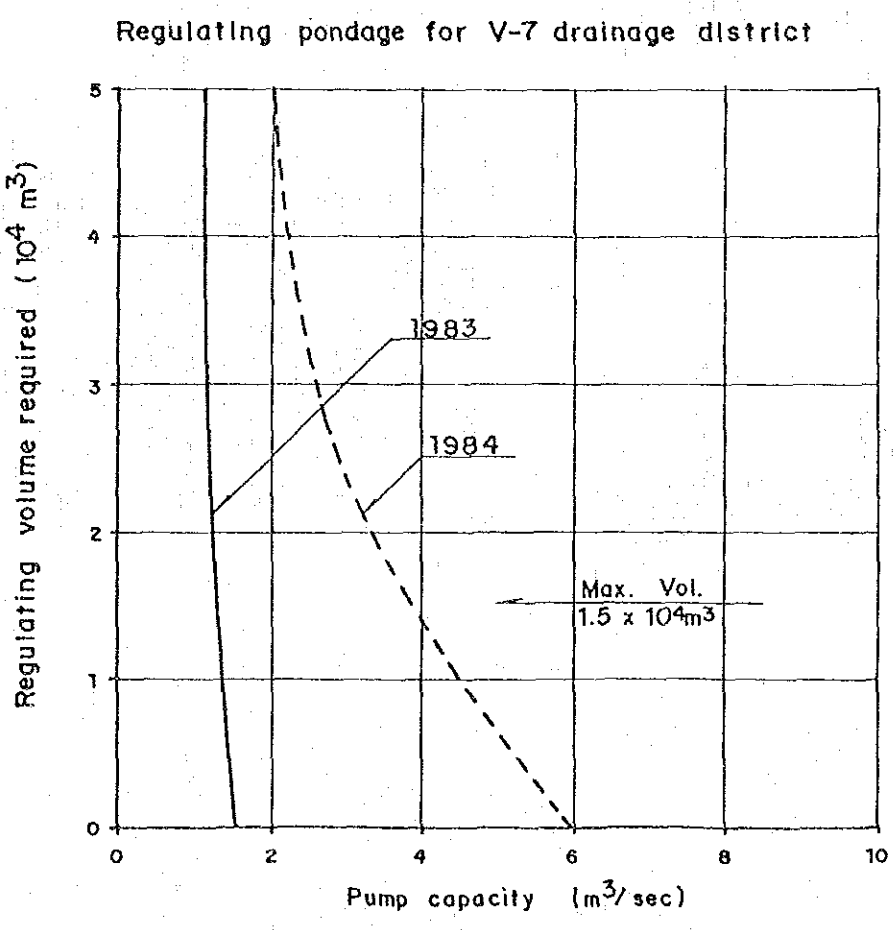


図-4　　調節池容量-排水ポンプ容量関係図(3/3)

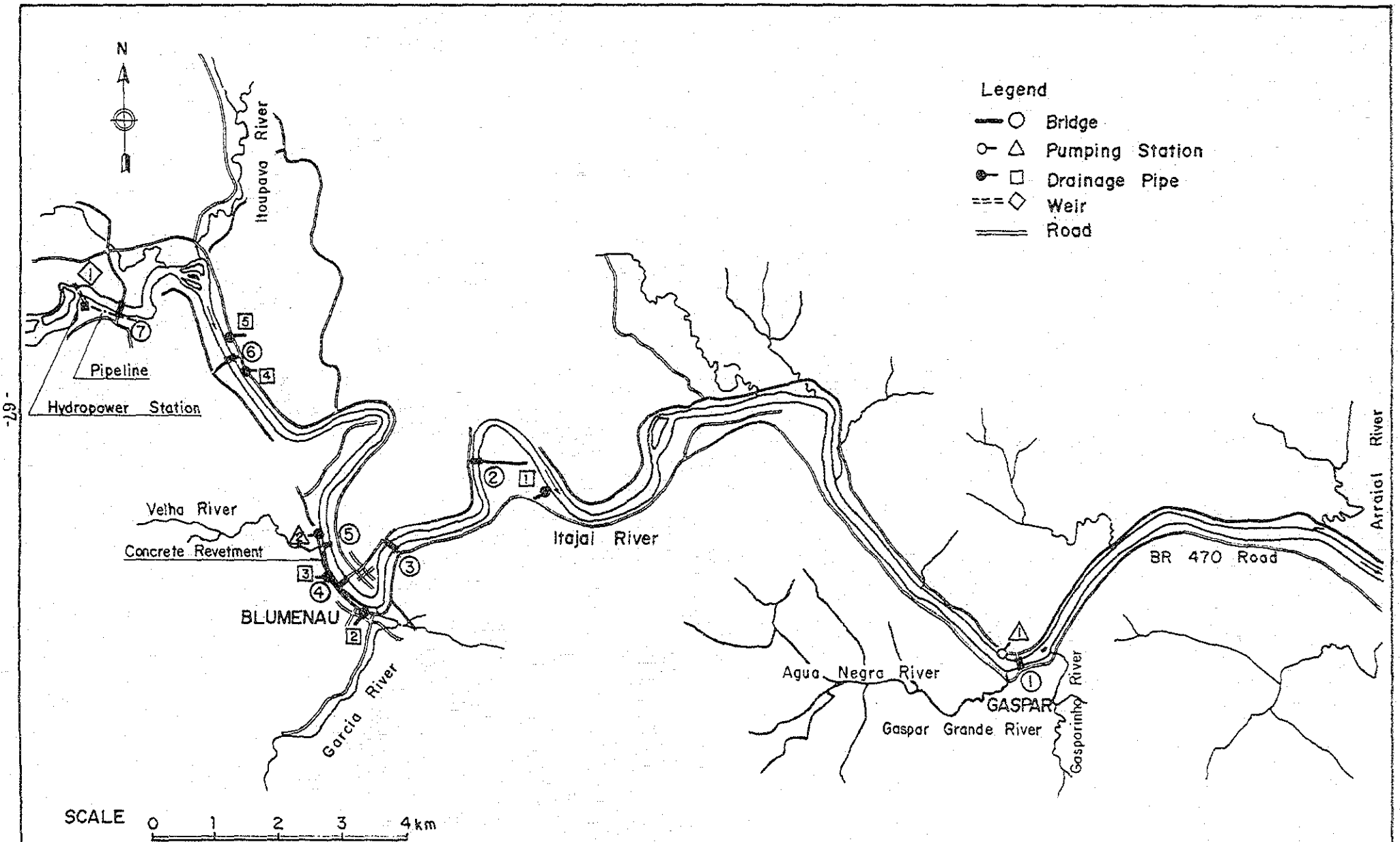


図-5　河川構造物および河川関連構造物位置図(1/5)

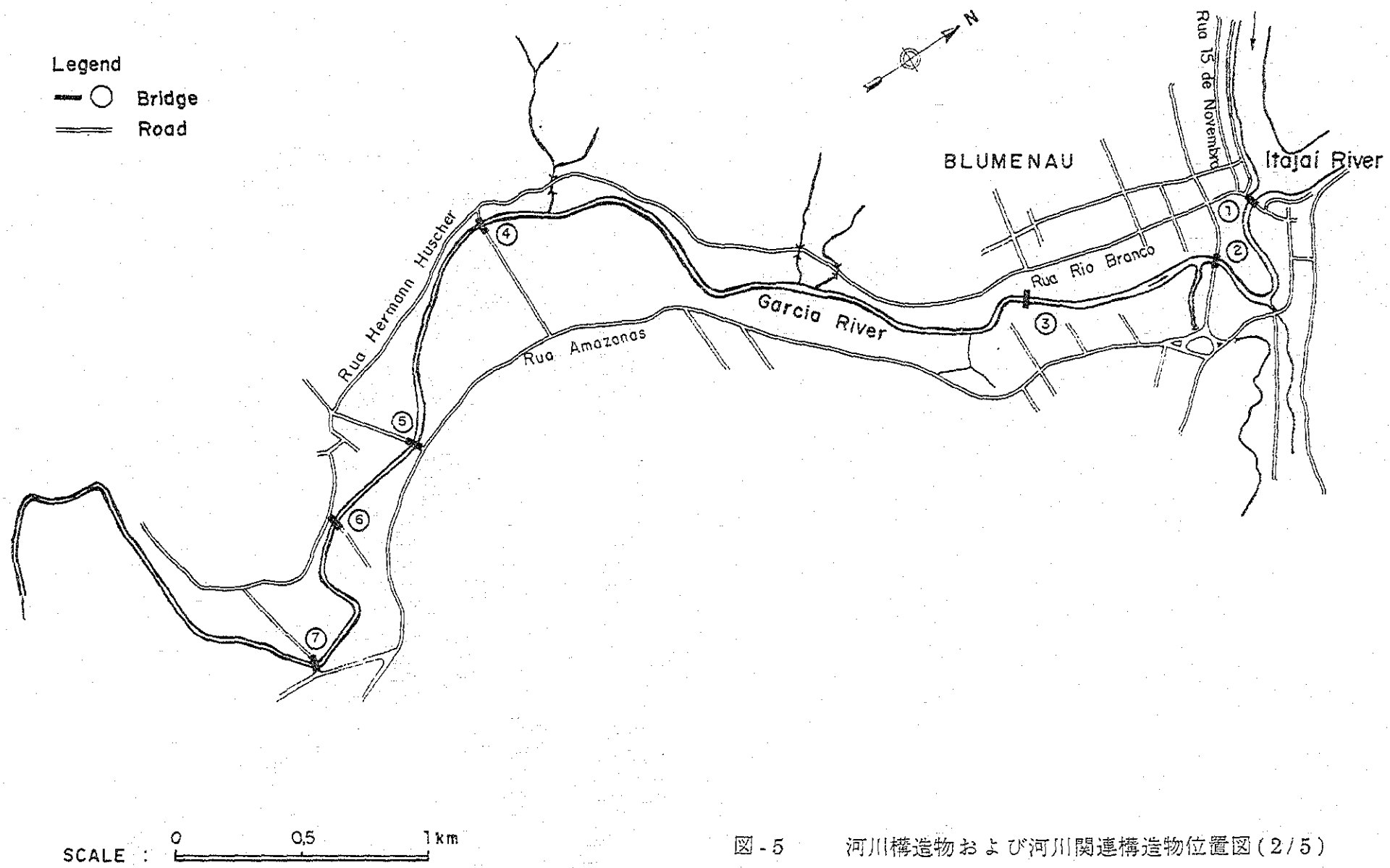


図 - 5　　河川構造物および河川関連構造物位置図 (2 / 5)

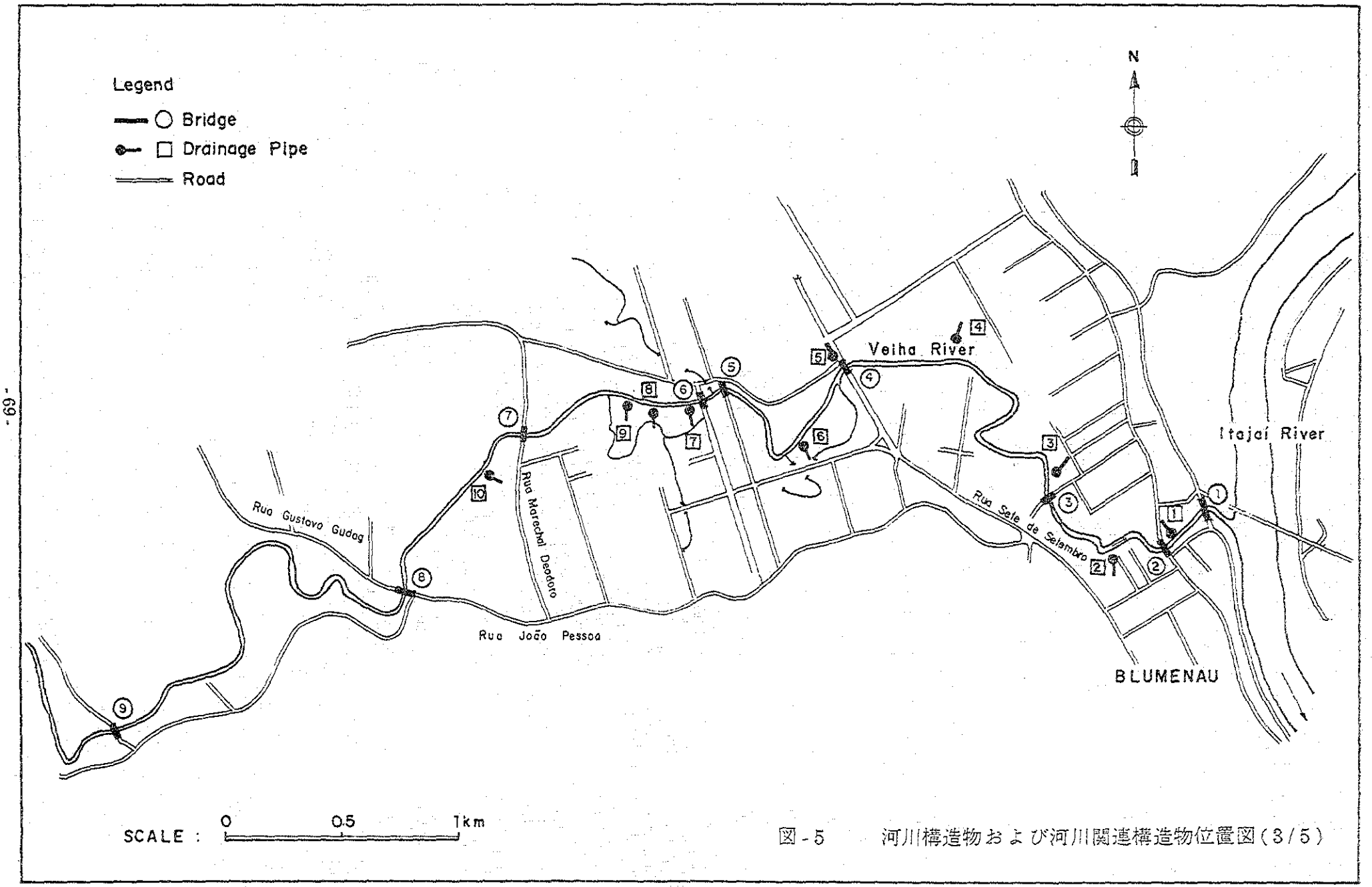


図-5　河川構造物および河川関連構造物位置図(3/5)

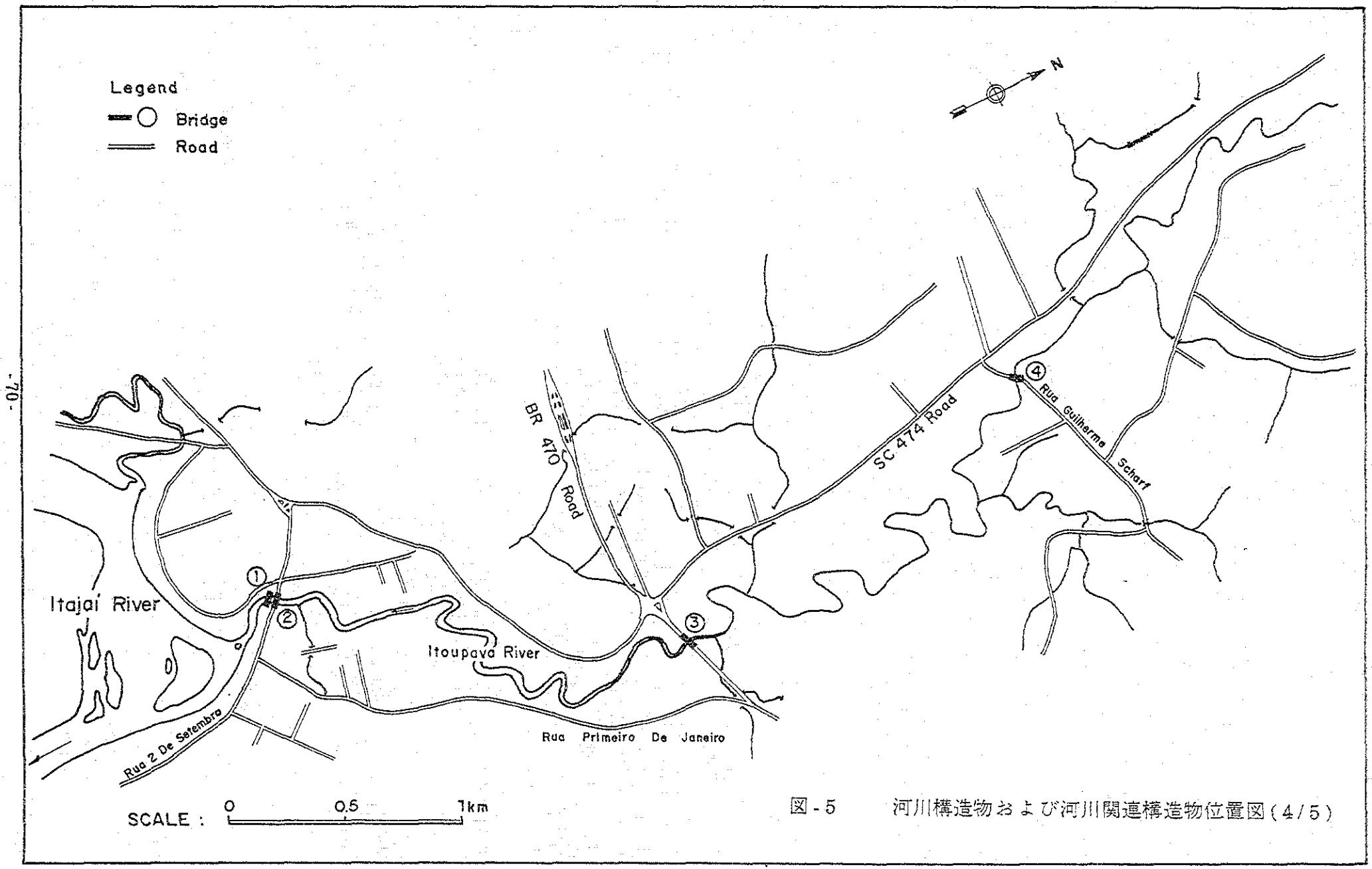


図-5　河川構造物および河川関連構造物位置図(4/5)

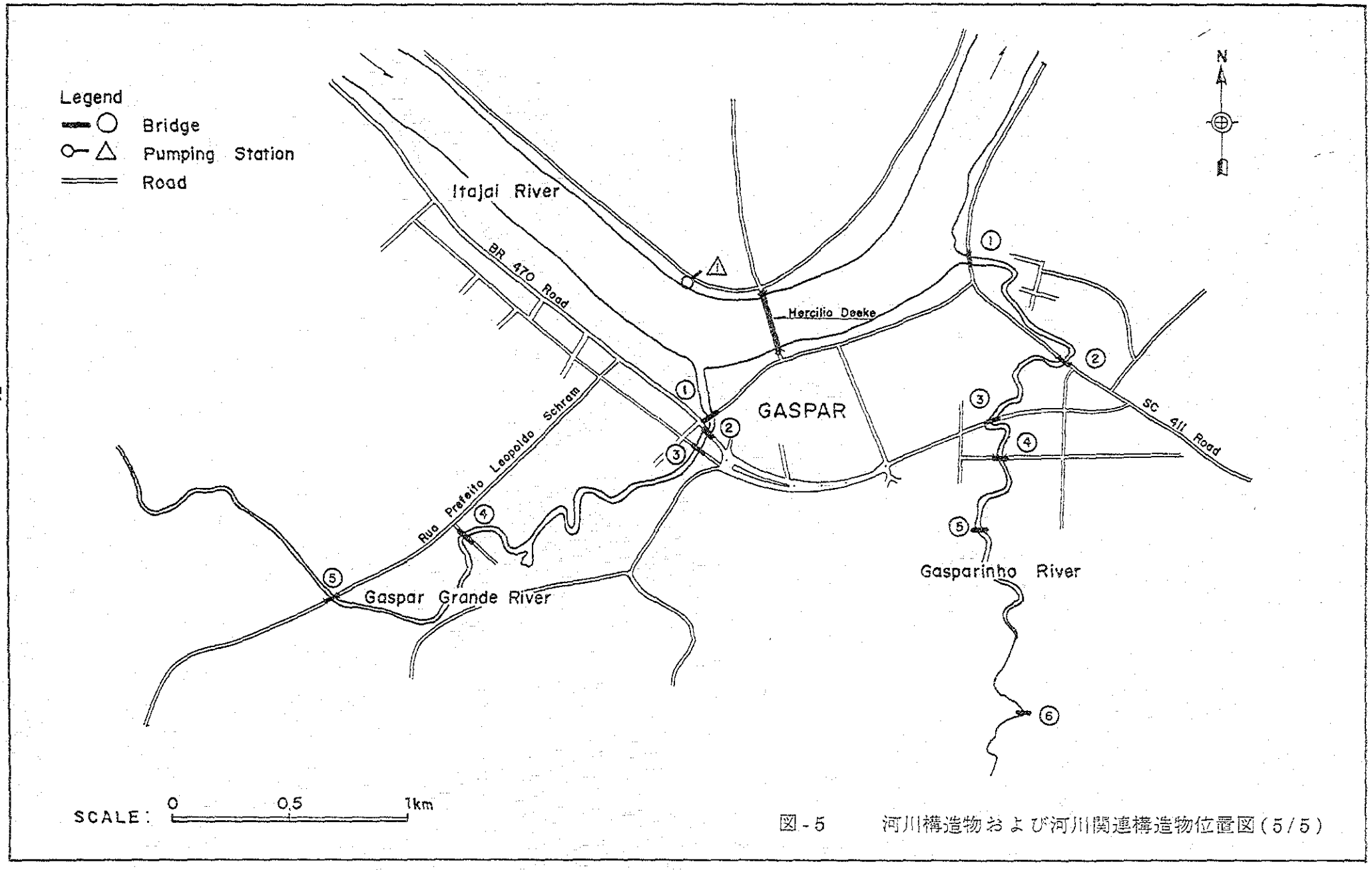


図-5　河川構造物および河川関連構造物位置図(5/5)

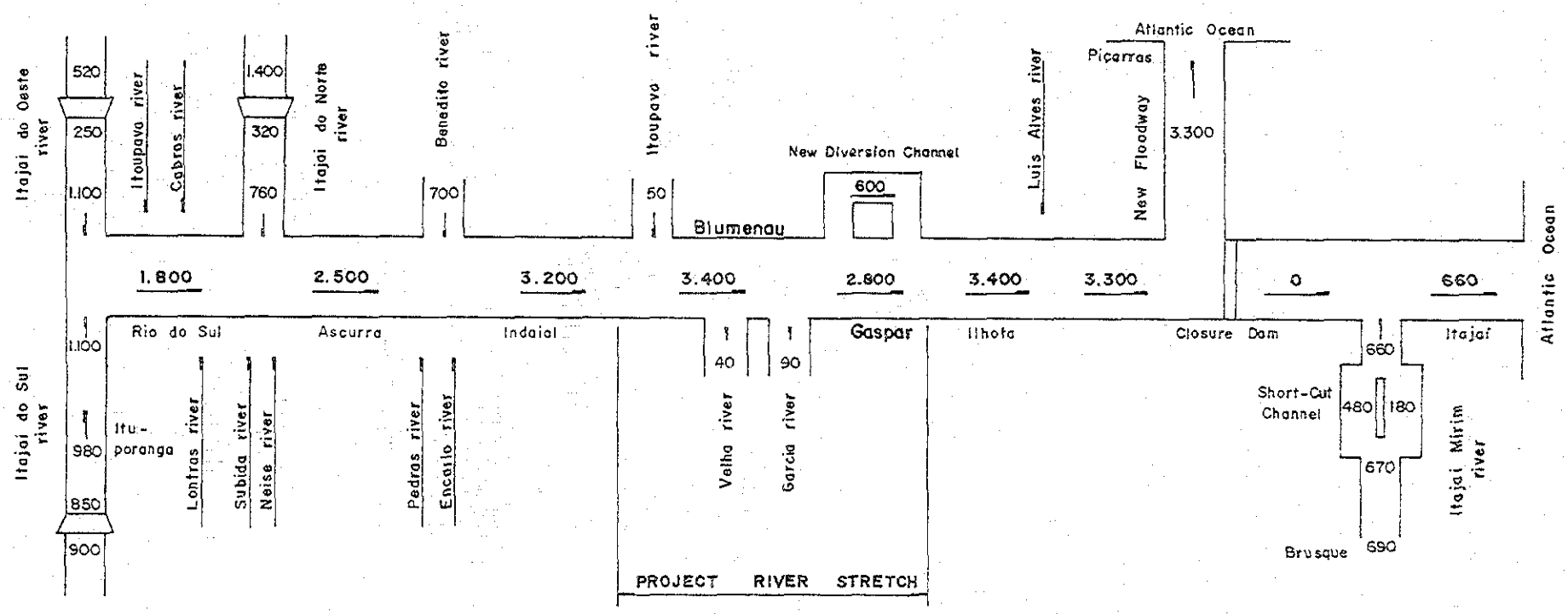


図 - 6　　暫定治水計画・確率年 1/10 高水流量配分図