

ブラジル連邦共和国
農務省 工事保全局

イタグワイ河下流域治水計画調査

カヘー・シウ・リウ・イスタデー最終報告書

社文要約

平成2年8月

国際協力事業団

社文三

90-89

ブラジル連邦共和国
農務省 工事保全局

イタジャイ河下流域治水計画調査

フィージビリティスタディ最終報告書

和文要約

JICA LIBRARY



1083279(8)

21321

平成2年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

21321

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下流域治水計画に係る開発調査を行う事を決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は1988年10月より1989年3月及び1989年6月より10月まで、日本工営株式会社 大沼茂夫氏を団長とし、同社及びパシフィックコンサルタン・インターナショナルから構成される調査団を現地に派遣した。

調査団は、ブラジル国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

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

終わりに、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1990年3月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

イタジャイ河下流域治水計画調査団

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介 殿

ブラジル連邦共和国イタジャイ河下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1988年11月国際協力事業団とブラジル側農務省工事保全局（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下流域治水計画について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、主報告書および附属報告書ならびに資料集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致しました。資料集には、治水計画策定に使用しました測量、地質・土質および海岸関係の基礎資料を掲載致しました。

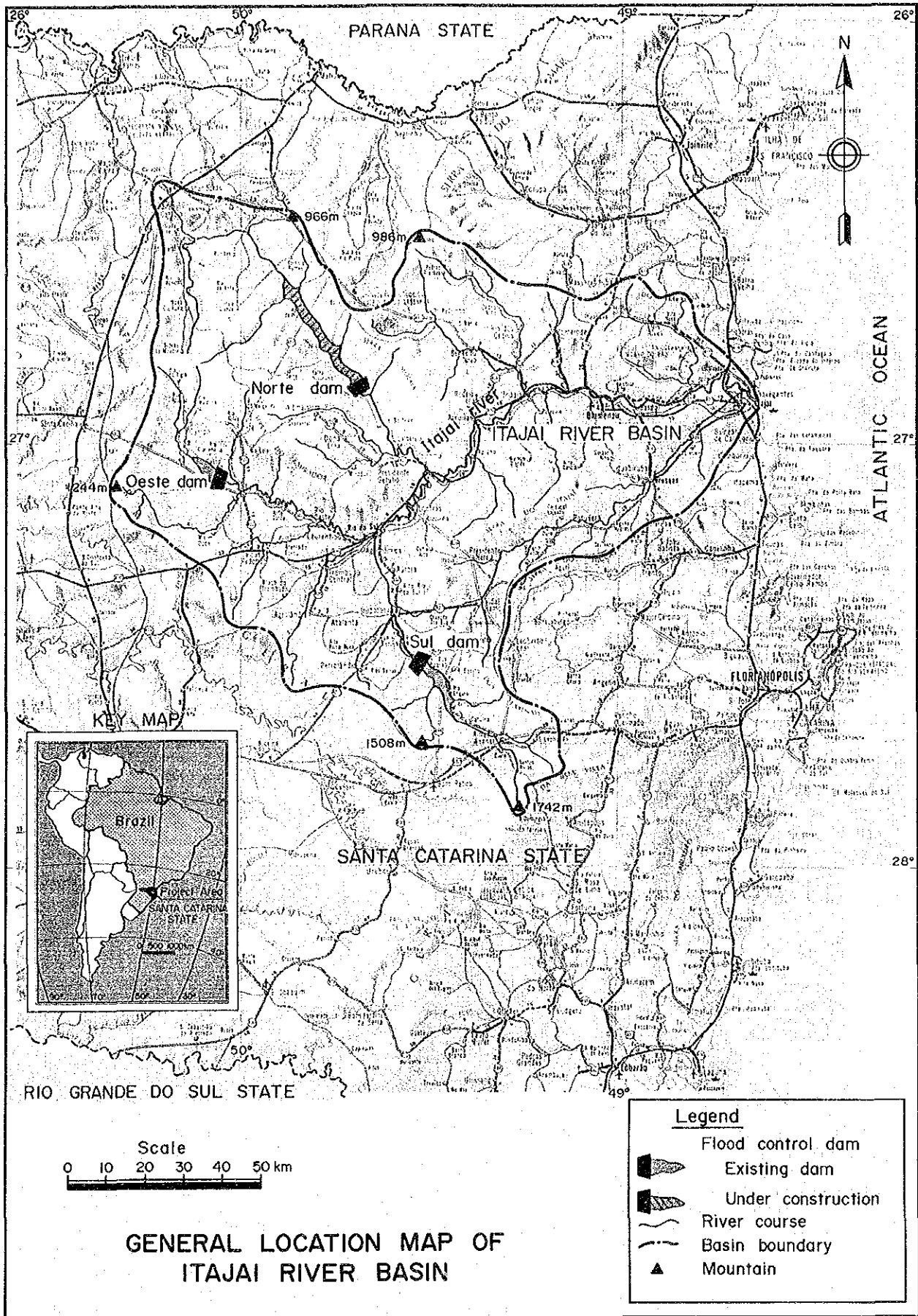
本報告書を提出にするにあたり全調査期間に亘り多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、在ブラジル日本国大使館および領事館の諸賢ならびにブラジル政府諸機関の関係各位に対し心から感謝の意を表するものであります。

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

平成2年3月

調 査 団 長

大 沼 茂 夫



イタジャイ河下流域治水計画調査
フィージビリティ・スタディ最終報告書

和 文 要 約

目 次

序 文

伝達状

流域概要図

	頁
1. 序 章	1
2. 基礎調査	1
2.1 地 形 測 量	1
2.2 水 文	2
2.3 土質・地質	2
2.4 海 岸	3
2.5 社会経済および治水経済	6
2.5.1 調査範囲	6
2.5.2 洪水被害記録	6
2.5.3 土地利用	6
2.5.4 社会経済	7
2.5.5 治水経済	8
3. 治水計画	9
3.1 河川改修計画	9
3.1.1 現況河道	9
3.1.2 河川改修計画策定方針	10
3.1.3 最適放水路計画	11
3.1.4 施設計画	12
3.2 都市排水計画	14

3.2.1 対象地区	14
3.2.2 都市排水計画策定方針	15
3.2.3 施設計画	15
3.3 環境影響評価	17
3.3.1 代替放水路案に対する影響評価	17
3.3.2 工事実施期間中における環境上の留意点	17
3.4 建設計画および工事費積算	18
3.4.1 主要工事概要	18
3.4.2 建設計画	20
3.4.3 建設工事費	21
3.5 経済評価	22
4. 洪水予警報システム計画	24
4.1 計画実施基本方針	24
4.2 施設計画	25
4.3 実施計画	26
4.4 所要工事費	27

附 表

	頁
1. 代替放水路案・建設費比較	29
2. 財務建設費・年間投資計画	30

附 図

	頁
1. 汀線変化図	31
2. 潮流解析結果（現況）	32
3. 潮流解析結果（放水路建設後）	33
4. S.S.拡散域図（現況）	34
5. S.S.拡散域図（放水路建設後）	35
6. 1983年および1984年洪水時浸水域図	36
7. 現況土地利用図	37
8. ItajaiおよびNavegantes市域・変遷図	38
9. 計画流量配分図	39
10. 放水路代替案位置図	40
11. Itajai河本川洪水位の上昇による上流部計画高水位への影響	41
12. Itajai河本川・河川改修計画縦断面図	42
13. Itajai河本川・河川改修計画平面図	43
14. Itajai河本川・河川改修計画河道横断面図	48
15. Itajai Mirim川および既設捷水路・河川改修計画縦断面図	50
16. Itajai Mirim川および既設捷水路・河川改修計画平面図	51
17. Itajai Mirim川・河川改修計画河道横断面図	53
18. Itajai Mirim川既設捷水路・河川改修計画河道横断面図	54
19. 放水路平面図	55
20. 放水路縦断面図および河道横断面図	58
21. 放水路分流地点護床工計画図	59
22. 帯工計画図	60
23. 放水路出口部導流堤・平面図および横断面図	61

24. 都市排水計画対象地区位置図	62
25. 流域分割図	63
26. 都市排水計画・施設計画図	64
27. 掘削・浚渫土砂運搬計画	65
28. 工事実施計画	66
29. 洪水予警報システム組織図	67
30. 洪水予警報システム作業流れ図	68
31. 洪水予警報システム全体計画図	69
32. 洪水予警報システム段階拡張計画	70
33. 工事実施計画	71

1. 序 章

この報告書は、1988年11月に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河下流域治水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。

この報告書は主報告書、これに対する附属報告書および資料集から成り、Itajai市部の都市内排水計画を含むItajai河下流域治水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实施可能性についての検討結果が述べられている。附属報告書には地形測量、水文解析、土質・地質調査、海岸調査、社会経済および治水経済調査、Itajai市都市内排水計画を含む治水計画、環境調査、建設計画および洪水予警報システム計画の詳細が述べられている。資料集にはItajai川下流部の地形測量成果、土質調査資料および計画放水路案に関する海岸調査資料が掲載されている。フィージビリティスタディの結果は、以下の通りである。

2. 基礎調査

2.1 地形測量

フィージビリティスタディに必要な地形図および河川横断図作成のための地形測量は、1988年10月末より約5カ月間に亘り現地業者により調査団の指導の下に実施された。地形測量調査の成果は以下の通りである。

- a) 調査対象地域約 120km²に対する等高線間隔 1 mの縮尺1/5,000 地形図。
- b) Itajai河本川河口よりマスタープランにおいて計画された分流堰計画地点までのItajai河本川、既存捷水路を含むItajai Mirim川およびPicarrasへの放水路ルートに対する河道横断測量図。河道横断測量区間長は約48kmに及び、その内分けはItajai河本川23km、Itajai Mirim川14km、放水路ルート11kmである。
- c) 主要構造物地点約30,000m²に対する等高線間隔 1 mの縮尺1/1,000 地形図。
- d) Picarras海岸およびその沖合を含む総面積48km²に対する等高線間隔 0.5mの縮尺1/2,000 深淺図。

2.2 水文解析

- (1) マスタープランに使用した資料以外の追加資料を収集した。収集した資料中、1984年洪水以後のIndalal 水位観測所流量資料によれば、同地点での最大流量は1988年5月21日に記録した $1,680 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、過去56年間の年最大流量記録から同流量は2年確率洪水以下の規模と推定される。
- (2) 現地踏査結果によれば、Itajal Mirim川およびその既設捷水路との合流点からBR-101国道に至る捷水路河道区間は、マスタープラン調査以後実施された河川改修工事により50mの川幅に拡巾されている。この河川改修により、その流下能力は $400 \sim 700 \text{ m}^3/\text{sec}$ に増加している。他方、Itajal Mirim川の分流点呑口部（上流部捷水路との分流地点）は、改修に伴う残土により閉塞されている。このため、マスタープランにおいて策定された流量配分図はItajal Mirim川の現況を考慮し変更された。Itajal河および Itajal Mirim川ならびに既設捷水路における10年、25年、50年確率洪水流量は以下の通りとなる。

(単位: m^3/sec)

河 道 区 間	確 率 年		
	10	25	50
1. Itajal 河放水路	3,300	4,000	5,100
分流点直上流			
2. Itajal Mirim川、			
- Itajal 河合流点直上流	700	790	930
- 捷水路	670	760	900
- Itajal Mirim川	$30^{1/1}(65)$	$30^{1/1}(75)$	$30^{1/1}(85)$

注) $1/1$: () 内は捷水路との分合流点間残流域（約 120km²）からのピーク流出量。 $30 \text{ m}^3/\text{s}$ は、捷水路に洪水ピーク流量が発生した時点における Itajal Mirim 川の洪水流量。

上表より、Itajal Mirim川合流点下流のItajal 河本川計画流量（50年確率規模）を $6,030 \text{ m}^3/\text{sec}$ とした。これに基づき、Itajal河本川および放水路に対する最適流量配分計画の検討をおこなった。

2.3 地質・土質調査

治水施設計画に必要な地質・土質資料を得るため、1988年10月より1989年3月ま

での期間に亘り、地質・土質調査を現地業者に委託し、調査団員の指導の下で実施した。調査結果は以下の通りである。

- (1) ボーリング調査結果によれば、本川河道沿いの一般的地質状況のうち、基礎岩盤の深度は地表より約25～30m程度の深さであることが判明した。この岩盤上には、粘性土および細粒砂からなる軟弱な沖積層が広く分布しており、これらのコーン貫入抵抗値は10kg/cm²以下、またN値は5以下であった。この軟弱層の最大層厚は、約25mでこの層の下に比較的固い支持層もしくは岩盤が分布している。
- (2) 計画対象地域内の表層中に部分的に超軟弱層が存在する。従って、治水施設の設計に際しては、この地質・土質状況を充分考慮する必要がある。主要構造物地点での各軟弱層の物性値は以下の通りである。

位 置	N 値	Q _u (kg/cm ²)	C _u (kg/cm ²)	φ (度)
分流堰地点	0～5	0.11～0.28	0.04～0.19	10～14
Picarras放水路ルート	0～5	0.03～0.39	0.00～0.39	3～18
Navegantes放水路ルート	0～5	0.03～0.44	0.21～0.65	1～5
Itajai Mirim川	0～5	0.14～0.20	—	—
Itajai Mirim川捷水路	0～5	0.10～0.23	—	—

- (3) 岩材はPicarrasおよびItajai市間に位置する丘陵地の岩塊から得られる。この岩塊は変成岩およびミグマタイトからなり、1,000kg/cm²を越える圧縮強度を持つため、導流堤の盛り立て用材およびコンクリート粗骨材として利用可能と判断される。

2.4 海岸調査

- (1) 海岸調査は、PicarrasおよびNavegantes海岸に放水路を建設した場合の海岸への影響調査、放水路出口の漂砂による河口閉塞の可能性調査および放水路出口の海岸構造物の設計等に必要の基礎データを得るために実施された。主な調査項目は以下の通りである。

- 潮 位
- 風 向、風 速
- 波 高
- 潮 流
- 海岸線および海底砂の粒径調査
- 海水中浮遊砂量および水質調査

海岸調査は、1988年11月から1989年10月迄、JICAが供与した観測機械を使用し、JICA調査団の指示の基でD N O Sのカウンターパートにより実施された。

(2) 調査データによれば、Picarras海岸の現況は以下の通りである。

- a) Picarras海岸の海底勾配は約1/60である。
- b) 潮位記録に対して実施した調和解析結果によれば、略最高潮位、朔望平均満潮位、平均潮位は各々+0.59m、+0.43m、-0.02mとなっている。
- c) 卓越風向はS S Eであり、観測期間中の最高風速は15m/secであった。
- d) 潮流の卓越流向はS ~ S Eである。調和解析結果によれば、拡散係数は、 $4 \times 10^3 \sim 2 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{sec}$ である。
- e) 観測期間中の有義波の最大波高は、3 mであり、その周期は8秒であった。卓越方向は、S Wとなっている。
- f) Picarras海岸線の砂の平均粒径は、Iriri 川からPicarras川の北側約2 kmの範囲において 0.1 ~ 0.3mmとなっている。水深0 ~ 3 mの範囲で最も砂の移動がはげしい。
- g) Picarras海岸は現在、浸食が進行しており、特にImperador Hotel 前面付近で著しい。

(3) Navegantes海岸の現況は以下の通りである。

- a) Navegantes海岸の海底勾配は約1/90である。
- b) Brazil海軍によるItajai港での調和解析結果によると略最高潮位、朔望平均満潮位、平均潮位はそれぞれ+0.62m、+0.46m、± 0.0mである。
- c) 波の卓越方向はE ~ S Eである。深海部での有義波の最大波高は、約6 mと予想される。
- d) Navegantes海岸に分布する砂の粒径は細かく、その平均粒径は 0.1 ~ 0.2 mmである。海底砂は波によって水深0 ~ 5 mの範囲で最も移動している。

(4) 放水路出口の漂砂による閉塞を防ぐために、導流堤設置が計画されている。導流堤に対する設計条件を設定するため、潮位、波高の解析を行い、次の設計潮位、設計波高を決定した。

a) 設計潮位

Picarras海岸 : +0.43m

Navegantes海岸 : +0.46m

b) 深海部での設計波高 : 6.02 m

c) 導流堤設置位置での設計波高および周期

Picarras海岸 : 3.6m、6秒

Navegantes海岸 : 5.7m、12秒

(5) 治水計画におけるPicarrasおよびNavegantes海岸へ通じる代替放水路ルートの内、Navegantesルート（放水路－Ⅱ案）が経済性、環境および社会影響上の観点から最適ルートとして選定された。

放水路建設によるNavegantes海岸への影響を、約1年間に亘る現地調査を通じて得られた海岸調査結果に基き、数値解析により検討を行った。本数値解析はNavegantes海岸における海岸線の変化、潮流の変化および濁水拡散を評価するために用いられた。これら海岸解析の結果は以下に述べる通りである。

a) 海岸線変化に関する解析結果によれば、導流堤完成後、海岸浸食が導流堤の北側に、また堆砂が導流堤の南側に発生するものと予想される。導流堤完成から10年後の海岸変化は沖合に向って堆砂長30m、浸食長20m程度と見込まれる（附図－1参照）。堆砂の拡大傾向は水深が増加すると共に次第に弱まるが、将来導流堤左側部の海岸線沿いの道路を海岸浸食から守るため、リップラップウォール等の防護工を設置する必要があるものと考えられる。

b) 潮流解析結果によれば、潮流は導流堤で遮蔽された区域で弱まる傾向にある。その流速の変化は導流堤から2km範囲内に限られるものと予測される（附図－2および3参照）。また、流れの方向は導流堤の周辺域のみで変化するものと予測される。

c) Itajai河本川の濁水は放水路建設工事完了後も尚、放水路を通じてNavegantes海岸に流下する。S.S.拡散に関する解析結果によれば、現状で2,000 m³/secのピーク流量がItajai河本川を通じて大西洋に流入した場合、濃度100PPMの濁水が放水路の北側迄拡散する。一方、放水路建設後は、

同条件下での濁水の拡散域が更に広がり、導流堤防の北約3km迄及ぶものと予測される（附図－4および5参照）。

2.5 社会経済および治水経済調査

2.5.1 調査範囲

社会・経済調査では、施設計画と便益算定の係わりから、次の地域を対象範囲として調査を行った。

- a) 調査対象地域：4市（Itajai、Navegantes、Penha、Picarras）の行政界で囲まれる地域で、この内に洪水対策地域と各放水路代替案が含まれる。全地域の面積は、601km²である。
- b) 洪水対策地域：国道101号、470号および南の丘陵地と東の大西洋とで囲まれる区域で、過去の洪水で深刻な被害を受けた地域。行政域としてはItajaiとNavegantesの両市に含まれ、面積は55km²である。

2.5.2 洪水被害記録

洪水痕跡調査の結果、調査対象地域での浸水面積は、1983年洪水時130km²、1984年洪水時132km²に達し、全面積の約20%を占める（図－6参照）。また、洪水対策地域では、それぞれ31km²、34km²と推定され、全洪水対策地域の約60%に相当する。最も被害の甚大であった地区では、1983年約2週間、1984年約1週間湛水していた。ItajaiとNavegantes両市の被害報告によれば、1984年の罹災者は約62,000人、被害住宅は23,000戸で、被害施設の復旧費は約180億クルゼイロ（約US\$ 8百万相当）にのぼると見積られている。

2.5.3 土地利用

現在の土地利用は、次のように要約される。（附図－7参照）

（単位：km²）

項 目	調査対象地域	洪水対策地域
市街地	62 (10%)	28 (50%)
農耕地	84 (14%)	1 (2%)
その他	455 (76%)	26 (48%)
合 計	601 (100%)	55 (100%)

調査対象地域では主に農作物生産や畜産に使われている土地が多いが、洪水対象地域では、Itajai河左岸の農耕地以外はほとんど都市化していると言える。特にItajai市の都市部は18km²が草地ないしは灌木地となっているが、そのほとんどは工業用地ないしは住宅用地として開発が予定されている。Itajai市では、1970年代に経済基盤施設が整備され流通基地としての機能が確立されて以来急速に都市化されてきている。（附図－8参照）

2.5.4 社会・経済

(1) 人口および人口密度は、1989年現在次のようになっている。

項 目	調査対象地域	洪水対策地域
人口（人）	146,984（100%）	115,800（100%）
－都市部	130,330（89%）	111,520（96%）
－農村部	16,654（11%）	4,280（4%）
人口密度（人／ha）	2.5	21.1
－都市部	11.4	24.7
－農村部	0.3	4.5

調査対象地域の人口は1980年代平均 2.7%の年率で成長してきており、これは州の人口増加率 2.1%を越える。特に都市部では、人口の流入と集中化のため増加率はより高い。この現象は、洪水対策地域内では一層顕著である。

(2) 洪水対策地域内の経済状況は、データ整備の関係からItajaiとNavegantes両市の状況をもって代表させるものとする。1980年の経済統計によれば、両市の労働者数は、35,775人でその内訳は、第1次産業に 2,881人（8%）第2次産業に11,445人（32%）、第3次産業に19,819人（55%）となっている。これからわかるように、第3次産業が当該地の地域経済を支えており、同時に州内の流通拠点として重要な位置を占めてきている。流通機能の充実とともに、工業化も促進されてきたが、第2次産業はまだBlumenauのように重要な位置付けとはなっていない。農業関連では、ここ数年ItajaiおよびItajai Mirim両河川沿岸および国道沿いに砂糖きびと稲作のための耕作が急速に実施された。このため、第1次産業は以前よりも地域経済に寄与するようになった。漁業は第1次

産業の総生産額の半分を占める代表的産業であるが、80年代以降漁獲高は横ばいで、漁業そのものも低迷している。

- (3) 1988年の州内総生産（GRDP）は、約3兆7千億クルザードであった。1987年まで続いた経済成長は、実質ベースで-1.1%のマイナス成長に転じ、一頓挫した。1988年における一人当りのGRDPは、約Cz\$870,000（約US\$2,970相当）で、-2.0%のマイナス成長を記録した。ItajaiとNavegantes両市の一人当りGRDPを、全産業の総生産額から想定すると1987年において約Cz\$125,000（約US\$3,330）となり、州平均（約US\$3,030）の1.1倍となっている。

2.5.4 治水経済

- (1) 治水経済調査では、治水便益である洪水被害軽減額を洪水規模別に算定することを目的とし、実績洪水被害調査およびこれに基づく確率洪水被害額算定ならびに洪水被害軽減額算定を行う。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年に限られているため、本調査では洪水氾濫モデルを作成し、確率洪水被害額の算定を行った。
- (2) 確率洪水被害は1989年JICAによって作成された5000分の1の地形図を基に、1978年、1980年、1983年および1984年型洪水氾濫水理モデルに基づいて算定した。算出にあたっては洪水対策地域を250mのメッシュに分割し、洪水位は不等流解析により算出した。洪水被害は各メッシュ毎に、資産別の件数およびその評価額ならびに浸水深に対応する洪水被害率の積として求められた。洪水被害は現況下における被害のみならず将来の経済成長を見込んだ状況下における被害についても算出した。4つの洪水氾濫モデルのうち、最大の被害額を示すモデルによる算定値を採用し、年想定被害額を算出した。10年確率洪水に対応した年被害額は、現況下でNcz\$32.1百万、将来の状況を見込めんだ場合には2020年時点でNcz\$88.7百万となる。

3. 治水計画

3.1 河川改修計画

3.1.1 現況河道

現地調査を通して明らかとなったItajai河、Itajai Mirim川およびItajai Mirim 川捷水路の現況は以下の通りである。

- (1) 本調査対象河道区間は、Itajai河河口から国道BR-101号橋梁の上流約4.6 km地点までの約23km区間である。この河道区間においてItajai河は、蛇行を繰り返しながら低平な沖積地帯を流下している。対象区間でのItajai河の平均河床勾配は1/12,000と緩かである。河口から 7.8km地点でItajai Mirim 川が合流している。

Itajai河の河道巾は 170m～ 400m、河岸高は標高0 m～ 4 m、水深は平均10mである。流下能力は約 500m³/sec～ 3,500m³/secの範囲である。Itajai河下流部河道の河床変動状況検討のため、今回の測量調査で得られた河道横断面図と、1983年洪水後の河道横断面図の比較を行った。1983年河道横断面図は、マスター・プランの検討で用いられている。この比較検討では、この期間内には目だった河床変動は見られなかった。

- (2) Itajai河下流域の大部分は、Itajai市とNavegantes市の行政区域に含まれる。

Itajai市の市街地は河口から上流 8.5kmの区間に亘ってItajai河の右岸側に広がっており、Navegantes市は左岸側に位置している。

河口から12.5kmまでの河岸は、牧草地として利用されている河道湾曲部の低地部を除き、魚肉加工、セメント等の工場、造船所、石油貯蔵タンク等の敷地として河岸際まで利用されている。Itajai河河口部には、2万から3万トクラスの船が接岸出来る港湾施設が設けられている。港湾機能維持のため、PORTOBRAS は河道内の土砂堆積物を定期的に浚渫しており、1978年から1985年の8年間の浚渫土砂量は約 5×10^6 m³ (年間平均 630,000m³) に達している。

- (3) Itajai Mirim川における調査範囲は、Itajai河との合流点から国道 101号までの下流部11kmまでの河道区間である。本調査対象区間では、Itajai Mirim川は不規則に蛇行しながら牧草地、農地部、さらにItajai市の住宅地区を流過した後Itajai河と合流する。河道巾は約40m～60m、河岸高は標高0 m～ 4.5mである。水深は約4 m、河床勾配は約1/10,000であり、流下能力は100 m³/sec～ 200m³/secである。Itajai河との合流点から上流0.9 kmと19.5km地点のItajai

Mirim 川の湾曲部を結ぶItajai Mirim川捷水路は河道延長 3.2kmを有し、河道巾は約50m～80m、水深は約3mである。また、河床勾配は約1/2,560、流下能力は400 m³/sec～700 m³/secである。

- (4) Itajai河の河口部には、左岸側導流堤から河道中央に突き出た8列の水制工が設けられている。水制工の長さは約150mであり、その間隔は約130mである。この水制工以外には、Itajai河調査対象地域内に河川構造物は建設されていない。Itajai河の河川関連施設としては2カ所のフェリー基地、Itajai市からNavegantes市へ家庭用水を供給するために河床を横断し布設されている2本の水道管、国道BR-101号橋から下流1～5kmにわたって左岸側に広がる水田の灌漑用取水ポンプ施設が設けられている。既設橋梁はItajai河に1橋、Itajai Mirim川に6橋、Itajai Mirim川捷水路に1橋の合計8橋が架っている。

3.1.2 河川改修計画策定方針

Itajai河下流域治水計画を以下の方針に基づいて策定するものとする。

- (1) 治水計画は長期案、中期案および暫定案の段階施工により実施する事としているが、このうち当計画では暫定案に対する治水案を策定するものとする。暫定案に対する10年確率洪水の洪水流量は 3,300m³/secである。一方Itajai河での現況流下能力は平均約 1,500m³/secである。当計画においてはItajai河の河道を有効に利用し、その流下能力を増大させる事により多くの洪水流量を流下させるものとする。このため河床掘削による河積の拡大および堤防建設による洪水水位上昇等を図るものとする。但し、流下能力増を図るための水位上昇が上流部 Blumenau-Gaspar間の河川改修計画 (F/S)で設定された計画高水位に影響を及ぼさない範囲内に止めるものとする。

以上の方式により増大したItajai河々道の流下能力を越える洪水流量は放水路により流下させるものとする。

- (2) 計画放水路の規模はItajai河および放水路への流量配分比に対する最適化検討により決定するものとする。この検討において放水路への分流方式として建設費および維持管理等を勘案し自然分流方式とする。
- (3) Itajai河の洪水水位上昇を図るため堤防およびパラベットの設置を検討する。但し、治水対象地区がItajai市市街地部にあたるため、景観に与える影響を考慮し市街地部ではパラベットの高さを1m以内とし、堤防の高さも1.5m以内とする。

- (4) Itajai Mirim川およびその既設捷水路はItajai河本川の水位により大きく左右されるが、計画高水流量に対処するため河道浚渫、堤防、パラベットの設置によりその流下能力増を図るものとする。

3.1.3 最適放水路計画

- (1) 放水路案に対する最適化検討は50年確率洪水を対象として行った。附図-9に示される様に流量配分計画ではItajai河のItajai Mirim川合流部の上流部では $5,100\text{m}^3/\text{sec}$ である。これに相当するItajai Mirim川の計画流量は $930\text{m}^3/\text{sec}$ である。従ってItajai河最下流部では $6,030\text{m}^3/\text{sec}$ である。
- (2) 放水路案に対する比較案としてPicarras海岸へのルート（放水路-I案）およびNavegantes海岸へのルートとして放水路-II案、III案が考えられた。II案はBR-101橋の直下流より分流する案、III案はBR-101橋より約4km下流で分流するものである（附図-10参照）。
- (3) 放水路案比較検討に対する水理計算結果（附図-11参照）によれば、上流部Blumenau-Gaspar間の河川改修計画での計画高水位に影響を与えない限界流量は、放水路-I案およびII案では $3,000\text{m}^3/\text{sec}$ と推算される。一方、放水路-III案は約 $1,000\text{m}^3/\text{sec}$ であるが、BR-101橋下流部の蛇行部に捷水路を導入する事により限界流量を $3,000\text{m}^3/\text{sec}$ まで増加させるものとした。
- (4) 各代替放水路案の費用比較において本川流量を $1,000\sim 3,000\text{m}^3/\text{sec}$ に変化させてその検討を行った。その結果本川流量が $3,000\text{m}^3/\text{sec}$ の場合が最も経済性が高い事が判明した。Itajai河本川流量を $3,000\text{m}^3/\text{sec}$ とした場合の各放水路代替案を経済性、環境上および社会的影響度の観点より検討を行った。検討結果は以下の通りである（附表-1参照）。
- a) 放水路-I案は放水路-II案およびIII案に比べ工事費が割高である。さらに環境上の観点よりみると、Picarras海岸での海水汚染はItajai河よりの汚染された河川水によりさらに進むものと思われる。これは観光業を生計の糧としているPicarras市にとっては致命的な問題と云える。一方、放水路建設に伴う濁水拡散の広がりにはPicarrasおよびNavegantes海岸ともほぼ同規模と想定される。現在濁水拡散の発生しているItajai河口部で漁業活動が行なわれている事より考えると放水路建設に伴う濁水拡散はPicarrasおよびNavegantes海岸での漁業に対し支障を及ぼさないものと思われる。

b)放水路－Ⅲ案はⅡ案とはほぼ同額の工事費であるが、Ⅲ案はMachados市の一部を分断する形でそのルートが設定されているため、その社会的影響が大きいと考えられる。

上記検討結果より代替案3案中、Ⅱ案が最も適切な案と考えられる。

3.1.4 施設計画

(1) 暫定案に対するItajai河本川の河川改修施設計画は、以下の基準により設計するものとする。

a)暫定案に対する流量配分計画は附図－9に示す如く放水路流入部とItajai Mirim 川合流部間のItajai河で $2.070\text{m}^3/\text{sec}$ 、その下流部で $2.770\text{m}^3/\text{sec}$ とする。

b)計画河床勾配は現況河床勾配に合わせ $1 : 12,000$ とする。

c)河道は単断面とし、河床巾を現況平均河床巾に合わせ 180m とする。河道の法面勾配は $1 : 2$ とする。

d)コンクリートパラペットおよび堤防高は50年確率洪水に対処できるものとし、余裕高を 0.5m とする。

以上の基準により設計されたItajai河河川改修計画の縦断図、平面図および代表的な河川横断図を附図－12～14に示す。

(2) Itajai Mirim川の河川改修施設計画は、以下の基準により設計するものとする。

a)BR-101橋と捷水路合流部間の計画流量は $65\text{m}^3/\text{sec}$ とし、その下流部は $700\text{m}^3/\text{sec}$ とする。

b)計画河床勾配は現況平均河床勾配に合わせ $1 : 10,000$ とする。

c)河道は単断面とし、河床巾を 20m 、両法面勾配を $1 : 2$ とする。

d)BR-101橋下流部の蛇行部に捷水路を3ヶ所設置し、この跡地を都市排水用の調節池として利用する。

e)流下能力増を図り、また河水停滞による水質悪化を防ぐため河道浚渫を全川に亘って実施する。

f)Itajai河本川よりの背水およびCanhanduba川よりの洪水に対処するためItajai Mirim川に堤防を設置する。

以上の基準により設計されたItajai Mirim川河川改修計画の縦断面図、平面図および代表的な河川横断面図を附図-15~17に示す。

(3) Itajai Mirim川既設捷水路の改修計画は、以下の基準により設計するものとする。

- a) 計画洪水流量を $670\text{m}^3/\text{sec}$ とする。
- b) 計画河床勾配は現況河床勾配に合わせ $1:2,560$ とする。
- c) 河道は単断面とし、河床巾を 40m 、兩岸法面勾配を $1:2$ とする。
- d) 堤防は局地的に低い地区に設置する。

以上の基準により設計された既設捷水路の改修計画の縦断面図、平面図および代表的な河川横断面図を附図-15, 16および18に示す。

(4) 放水路の施設計画は以下の基準に基づいて設計するものとする。

- a) 計画洪水流量を $1,230\text{m}^3/\text{sec}$ とする。
- b) 計画河床勾配は地形的に $1:6,000$ とする。これはItajai河の計画河床勾配の約2倍に相当する。
- c) 放水路河道は台形断面形状とし底巾を 50m 、両法面勾配を $1:2$ とする。
- d) ルート上の低地部に堤防を設置する。堤防は長期案の河道巾より少くとも 4m 離れた地点に設置するものとし、その高さは長期案に対処できるものとする。余裕高は長期案水位に対し 0.5m とする。
- e) 放水路呑口部でのItajai河本川との河床勾配の変化に伴う河床洗掘に対処するため、P.C 杭により支持された帯工およびその上下流にコンクリートブロックから成る護床工を設置する。さらに計画河床勾配を維持させるため、放水路出口部の上流 4km 地点に帯工を設置する。
- f) 放水路建設によりNavegantes地区が二つに分断されるため、新橋梁を放水路ルート上に3ヶ所設置する。その内、2橋は国道級の橋梁として、流入部から 350m 下流地点および流出部付近に設置する。上流側の新橋は、国道BR-470号線上の付替道路上に設置されるものであり、斜橋とする。両橋共スパン長を考慮の上P.C橋として設計するものとし、下部工は基礎岩盤迄の直径 40cm のコンクリート杭によって支持するものとする。他の一橋は、放水路建設によって分断される呑口部から約 3km 下流の村落と右岸側を結ぶ村道上に設置される。

g)放水路建設により国道BR-101号線とNavegantes市を結ぶ国道BR-470号線が分断されるため、国道BR-470号線は約2kmの区間にわたって付替るものとする。

(5) 海岸流による漂砂の放水路流出部での堆積を防ぐため、導流堤の設置を計画した。この施設設計は以下の基準で行うものとする。

a)導流堤は海岸線に対し直角に設置するものとし、卓越する潮流の放水路への直接的な進入を防ぐためその先端部に曲線部を設置する。

b)導流堤は将来の拡巾が不経済である事より50年確率洪水量に対応する河道巾を対象として設計するものとする。

c)導流堤の先端は波浪による漂砂の移動を避けるため、放水路の水深に相当する地点まで延長するものとする。

d)導流堤の建設材として石積み、コンクリートブロック、捨石等が考えられるが構造物の安定性および経済性の観点より石積み工法を採用するものとする。

e)導流堤は台形形状とし、天端巾は10m、法面勾配は1:2とする。

以上の基準により設計された放水路計画の縦断図、平面図および標準断面を附図-19および20に示す。また、流入部の護床工および放水路中間地点での帯工の計画図をそれぞれ附図-21および22に示す。導流堤の詳細は附図-23に示されている。

3.2 都市排水計画

3.2.1 対象地区

(1) 治水計画の実施に伴うItajai河本川水位の低下により、Itajai市およびNavegantes市における排水状況は著しく改善されるものと考えられる。しかしItajai河およびItajai Mirim川沿いの低地部は、本川の背水の影響および雨水の停滞のため依然として浸水を受ける地区が残される(附図-24参照)。本都市排水計画では、両都市部の低地部を対象として各種排水施設を組み合わせた排水計画検討を行った。

(2) 計画に先立ち、Itajai市およびNavegantes市の排水の現況調査を行った。調査結果によると、Itajai市は排水路および排水管が整備され、雨水および汚水は

これらの排水網を通じ直接Itajai河およびItajai Mirim川へ排水されている。排水網は住宅地区の拡大と共に拡張されつつある。一方、Navegantes市には意識だった排水網は整備されていない。

Itajai市の排水計画が1986年DNOSにより策定されている。この計画では市の中心部を10排水区に分割し、雨水および汚水を排水路、排水管、排水ポンプ等により完全に河川へ排水する様計画されているが、費用がかさむ事より実施には移されていない。

- (3) 本計画では河川の計画水位より低い排水地区を含む排水対象地区を地形および現況の排水状況を勘案し、19地区に分割した（附図-25参照）。分割された地区はItajai河右岸沿いの6地区、左岸沿いの3地区およびItajai Mirim川沿いの10地区に大別される。

3.2.2 都市排水計画策定方針

都市排水計画は排水対象地区の地形、既設排水網の有効利用および現況排水網の問題点等を考慮し、以下の基本方針に基づいて設定するものとする。

- (1) 排水施設に対する維持管理費を低減させるため極力自然排水方式とする。排水対象地区への雨水の逆流を防ぐため、フラップゲートを排出部に設置する。
- (2) 自然排水方式の適用が不可能な地区に対しては、排水対象地区最下流部に排水地区からの洪水ピーク流量を低減させるため、極力大きな容量をもつ調節池を設置し、調節池の容量を越える雨水を排水するため排水ポンプを併設する。
- (3) 排水ポンプ施設に対する維持管理費は一般に割高なものとなっている。従って、ポンプ施設数を極力減少させ、またその容量を縮小させるため隣接する排水区を統合させるものとする。
- (4) 排水地区が人家のない低地部となっている場合は、河川改修もしくは放水路建設により発生する掘削土により盛立てを行い、土地利用の高度化を図るものとする。
- (5) この排水計画で考えられる排水施設は調節池、排水ポンプ施設、ゲート施設および関連排水管施設とする。既存の排水網の改善は含まないものとする。

3.2.3 施設計画

排水施設の設計は以下の条件に基づいて行うものとする。

- (1) 排水ポンプおよび調節池の容量を設定するためのハイドログラフは、Itajai降

雨観測所における10年確率4日連続雨量より推定するものとし、その雨量分布は1984年8月洪水実績に基づくものとする。

- (2) 既存の排水管より調節池までの連絡管を設計するための計画流量は、10年確率雨量に基づいて推定するものとする。
- (3) 将来土地利用の高度化が計らえるものと想定し、流出係数は都市部で0.9、農地および未利用地で0.6、森林地区で0.7とする。
- (4) 調節池の計画水位は調節池地点の地盤標高とする。また、ポンプ容量はItajai河本川水位が設計洪水水位にあるものと仮定し、調節池水位を設計水位と同じかもしくはこの水位より低くする様に設計する。

以上の条件に基づいて設計された排水施設の諸元は以下の通りである。また、これら排水施設の位置図は附図-26に示されている。

(i) 調節池

排水集水 地区面積	調節池 有効容量 (10 ³ m ³)	池底標高 (El.m)	高水位 (El.m)	有効水深 (m)	土地利用 現況	
IR-4	0.550	13.0	0.50	1.50	1.0	未利用地
IR-6	1.830	200.0	0.50	1.50	1.0	牧草地
IM-7(6)	1.497	130.0	0.50	1.70	1.2	牧草地
IM-9	0.790	70.0	0.50	1.70	1.2	牧草地
合計	4.667	413.0				

(ii) ポンプ場

排水機場	設計流量 (m^3/s)	ポンプ 形式	1台当り 流量 (m^3/s)	ポンプ 直径 (mm)	ポンプ 台数	水頭 (m)
IR-4	0.5	水中ポンプ	0.25	400	2	2.30
IR-6	0.5	水中ポンプ	0.25	400	2	3.40
IM-7(6)	0.5	水中ポンプ	0.25	400	2	2.60
IM-9	0.3	水中ポンプ	0.15	300	2	2.60

3.3 環境調査

今回の環境調査の目的は代替放水路3ルートと比較に必要な基礎資料を得ることおよび本治水計画の工事計画で検討すべき環境上の問題点を明確にすることにある。

3.3.1 代替放水路案に対する影響評価

放水路建設により生じる環境変化は以下の通り評価される。

- (1) Itajai河の河川水は汚濁が進行しており、放水路-I案が実現すると、海水浴のリゾート地として開発された Picarras 海岸における海水汚濁が著しく進むものと予想される。一方、放水路建設に伴う濁水拡散の広がりには Picarras および Navegantes 海岸ともほぼ同規模と想定される。現在濁水拡散の発生している Itajai 河口部で漁業活動が行なわれている事より考えると放水路建設による濁水拡散は Picarras および Navegantes 海岸での漁業に支障を及ぼさないものと思われる。
- (2) Picarras海岸の放水路出口部における導流堤建設により、現在の景観が著しく損なわれるであろう。Navegantes海岸の海岸線はPicarras海岸程自然美に恵まれていない。さらに、Navegates 海岸にはリゾートホテルは存在しない。このように、放水路建設によって景観に与える環境上のインパクトは、放水路-II案は放水路-I案に比べてそれ程重大な問題とはならないと考えられる。放水路-III案は、Machados町に位置する流入部を除き、放水路-II案とほとんど同ルートを通過する。Machados町は放水路によって分離されるため、その景観は著しく変化する事が予想される。しかし、その環境インパクトは、この町が観光事業には依存しないため、放水路-I案の場合程、重大な問題とはならないものと考えられる。
- (3) Picarras海岸の砂浜は現在海岸浸食によって次第に減少している。放水路-I案の建設後も尚、放水路によって運搬される砂の量は養浜に対して不十分である。一方、Navegantes海岸に至る放水路の建設後、S E方向の卓越波により、導流堤の左岸側で海岸浸食が起こるが、その範囲は比較的小さいものと考えられる。

3.3.2 工事期間中における環境上の留意点

工事期間中に発生し得る環境上の問題点を明確にし、その評価結果を工事計画に反映するため検討を行った。

- (1) 河道の浚渫および掘削工事により、河川水の汚染が一時的に上昇し、その結果川魚の餌である石に付着した藻類が消え、川魚は生息の場を他に求めざるを得なくなる。従って、河道および河岸沿いに生息する動・植物に及ぼす影響を把握するため、これらに対する調査を実施する必要がある。
- (2) 工事用車両の砂ぼこりに起因する大気汚染あるいは騒音・振動が工事実施により発生するが、工事中の清掃、散水あるいは車両の走行速度を制限することにより、それらを軽減する事が可能であると考えられる。
- (3) 河道拡巾および放水路の建設により、その河岸住民は住居地を失うことになる。これら住民の新たな居住地に関して住民と話し会うと共に行政上の対策が必要となる。

3.4 建設計画および工事費積算

3.4.1 主要工事概要

暫定治水計画（10年確率洪水）に対する建設工事は、Navegantes海岸への延長約9kmの放水路建設、Itajai河本川、Itajai Mirim川および既設Itajai Mirim川捷水路の河川改修工事ならびにItajai市都市排水工事から成る。

上記工事の主要諸元は以下の通りである。

(1) 放水路建設工事

a) 放水路開削工事

総延長	: 9 km
計画流量	: 1,230m ³ /sec
河道横断面形状	: 台形単断面（底幅50m、法面勾配1:2）
掘削土工量	: 7,500,000 m ³
堤防建設のための盛土工事	: 140,000 m ³
橋梁建設工事	: 3橋
BR-470付替工事	: 2 km

b) 導流堤建設工事

総延長	: 左岸 1,158m、右岸 898m
構造	: 石積み構造
形状	: 台形単断面（天端幅10m、法面勾配1:2）
浚渫土砂量	: 510,000 m ³
捨石量	: 1,300,000 m ³

(2) Itajai河本川河川改修工事

改修区間長	: 23km
改修工法	: 浚渫および堤防建設による河道改修
計画流量	: 2,770 m ³ /sec
浚渫土砂量	: 8,200,000 m ³
盛土量	: 750,000 m ³

(3) Itajai Mirim川改修工事

改修区間長	: 8 km
計画流量	: 65m ³ /sec
改修工法	: 浚渫による河道改修および捷水路および堤防建設による平面線形の改良
浚渫土砂量	: 150,000 m ³
掘削土砂量	: 180,000 m ³
盛土量	: 730,000 m ³
既設橋梁の嵩上げ	: 4 橋

(4) Itajai Mirim川既設捷水路河川改修工事

改修区間長	: 4 km
計画流量	: 670 m ³ /sec
改修工法	: 河道拡幅および堤防建設
浚渫土砂量	: 230,000 m ³
盛土量	: 140,000 m ³

(5) 都市排水施設建設工事

計画降雨	: 10年確率4日雨量
排水面積	: 43.9km ²
排水方法	: 洪水調節池およびポンプ排水
掘削土砂量	: 360,000 m ³
盛土量	: 270,000 m ³
排水機揚	: 4箇所
排水樋管	: 5箇所
排水樋門(フラップゲート)	: 14箇所

3.4.2 建設計画

(1) 前述の各工事に対する建設計画は下記の条件および仮定のもとに策定するものとする。

a) プロジェクトの工事規模より、工事は国際請負方式により実施するものとする。工事費の規模および工事金額より工種を2分し、パッケージAはItajai河本川、捷水路を含むItajai Mirim川の改修工事および都市排水工事とし、パッケージBは放水路工事とする。工事管理は国際コンサルタントの協力のもとDNOSが実施するものとする。

b) 年間作業可能日は、気象・水文等現場条件を考慮して、浚渫工事は300日、その他の工事は250日とし、1日当たり作業時間は8時間に設定する。

(2) 各工種の工事は以上の条件・仮定に基づき、以下の様に計画する。

a) Itajai河本川：主要工事は、区間長23kmに亘る約820万 m^3 の河床浚渫、築堤およびバラベットの築造である。このうち工事費の中で最も大きな比重を占める浚渫工事はその費用低減を図るため下記の基準のもとに計画する。

i) 浚渫地点より捨土地点までの運搬距離を極力短縮する。

ii) 浚渫土砂をItajai河本川沿いの低地開発用の盛土材として有効利用を図る（附図-27参照）。

iii) 河床浚渫は1,100馬力クラス、3隻のポンプ浚渫船により施工するものとする。

b) 放水路：Navegantes海岸へ抜ける延長9kmの放水路の主要建設工事は、i) 掘削工事750万 m^3 、ii) 築堤工事、iii) BR-470道路付替工事（約2km）、iv) 放水路横断橋梁建設（3橋）およびv) 出口放流施設としての導流堤の建設である。大量土工となる放水路開削工事は、地質条件および経済的見地より、上流側約6kmは23 m^3 クラス自走式モータスクレーパによる直接掘削、運搬、撤出し方式とし、下流約4kmは1,100馬力クラスポンプ浚渫船による施工方式を採用する。施工数量は、掘削工事450万 m^3 、浚渫工事300万 m^3 となる。BR-470付替工事は、現在の交通機能を阻害せぬよう、且つ工期前期に実施する計画とする。橋梁建設は、当該地点の放水路開削前に実施する。築堤材には、放水路掘削土を流用する。導流堤建設は、波浪条件等を考慮して海浜側より、同堤底部浚渫および岩石盛立工を交互に施工するものとする。

c) Itajai Mirim川：主要工事は同川約8km区間に亘る浚渫、掘削および築堤工

事である。工事数量は、i)浚渫工事15万 m^3 、ii) 掘削工事18万 m^3 およびiii) 堤防建設工事73万 m^3 である。15万 m^3 の河床浚渫工事は、150馬力クラスポンプ浚渫船と一般機械の組合せ施工を計画する。浚渫土は、低地部盛立てに使用する。18万 m^3 の掘削工事はブルドーザー、クローラローダー、ドラグラインおよびダンプトラックの組合せ施工を計画する。また施工機械は湿地用を使用する。浚渫・掘削土は築堤材として流用するものとする。

d) Itajai Mirim川捷水路：主要工種は i) 河道浚渫工事23万 m^3 およびii) 堤防およびパラベット建設工事である。本工事はItajai Mirim川改修後、建設機械をシフトして実施する。

e) Itajai市部都市排水工事：主要工種は、i)水路等の掘削工事36万 m^3 、ii) 調節池建設に伴う盛土工事27万 m^3 、およびiii) 排水機場建設である。本工事は都市部である事を考慮し低騒音型機械により施工するものとする。

(3) 本洪水防御計画の実施期間は工事実施前のF/S、詳細設計、資金調達、工事入札等の期間5年と建設工事5年の合計10年を予定している（附図-28参照）。

3.4.3 建設工事費

計画実施に必要な工事費は、上記の建設計画および、外貨交換率 1US\$=Ncz\$3.78に基づき、次のように算定される。

(単位：10 ³ US\$)				
費	目	外 貨	内 貨	計
-	直接工事費（準備工を含む）	42,900	28,600	71,500
-	間接費（用地買収・補償費、 管理・総務および技術経費）	5,148	17,212	22,360
-	予備費（物理的予備費および物価上昇）	19,356	16,834	36,190
合	計	67,404	62,646	130,050

年間投資額は、計画の実施工程表に基づき積算されており、年間US\$ 13百万よりUS\$ 30百万に亘っている（附表-2参照）。

3.5 経済評価

洪水防御計画の経済評価に伴う経済費用および便益は、次の条件に基づいて算出するものとする。

- (1) 経済便益は、現況下での洪水防御対象地域内資産に及ぼす洪水被害の軽減額（年額）として算定される。暫定計画においては、10年確率洪水量による被害が軽減されることになり、この年額換算値が便益とみなされる。さらに、洪水防御対象地域内で行なわれるであろう経済開発を見込んだ場合の洪水被害額を想定し、この年額換算値を将来の経済便益として算定する。
- (2) 経済費用は絶対的価値によって表示されるもので、市場価格によって表示される財務費用とは異なる。当該プロジェクトの経済費用は、財務費用に変換係数を乗ずることにより算出する。
- (3) 当該プロジェクトの経済的妥当性は経済的内部収益率（EIRR）によって評価されるが、EIRRの算定は次の条件に基づいて行なう。
 - a) 施設の経済的耐用年数は、竣工後50年とする。
 - b) 費用および便益の価格は、1989年 9月末日現在とする。
 - c) 外貨の為替相場は、1989年 9月末日現在の公定相場である $\text{Ncz\$}3.78/\text{US\$}1$ を適用する。
 - d) 施設の維持管理費用は、当該施設の直接工事費の0.5 %とする。
- (4) 以上の条件に基づいて算定されたEIRRは7.1 %となる。また将来の経済開発を見込んだ場合には11.9%となる。
- (5) さらに、感度分析として次の5ケースを想定した。
 - (i) 工事の建設期間が5年より7年に延長した場合。
 - (ii) 放水路工事を除く治水工事を先行して実施し、これらの工事完了後引き続いて放水路工事を実施し、工事建設期間を5年より10年に延長した場合。
 - (iii) ケース(ii)で実施される工事のうち、放水路工事を見合わせた場合。
 - (iv) 放水路工事を先行して実施し、これらの工事完了後引き続いてItajai河本川、Itajai Mirim川および既設捷水路河川改修工事ならびにItajai市およびNavegantes市部排水工事を実施し、工事建設期間を5年より10年に延長した

場合。

(v) ケース(iv)で実施される工事のうち、放水路工事のみが実施された場合。

上記各ケースに対するEIRRは、次表の通りである。

ケース 番 号	経 済 状 況	
	現 況	将 来
(i)	6.4 %	11.0%
(ii)	6.7	11.7
(iii)	6.4	10.9
(iv)	6.6	11.5
(v)	5.9	10.2

ケース (iii) とケース (v) では年間財政負担が現在提案されている治水案に比べ大幅に軽減されており、またそれぞれの所要資金はケース (iii) で約48百万ドル、ケース (v) で約53百万ドルである。両ケースによる治水効果をみると3年確率洪水程度までの洪水被害が軽減できる。但しケース (v) では放水路工事が完了しない限り所定の治水効果はあげられない。またケース (iii) においても部分的な河川改修工事が実施されたとしても未改修部分からの洪水流入により治水の安全度は上がらない。従って、対象地区の河川改修工事全てが完了しない限り、ケース (v) と同様所定の治水効果は期待できないものと考えられる。両ケースに対する感度分析ではケース (iii) の内部収益率がケース (v) のそれに比べやや高いが両ケース共提案されている治水案の内部収益率に比べ低い。

4. 洪水予警報システム

4.1 計画策定基本方針

既設の洪水予警報システム（FFWS）の強化を計るため、統合洪水予警報システムの検討を行った。計画策定の基本方針は以下の通りである。

- (1) 予警報対象地区は、1983年および1984年洪水時に冠水被害を受けた以下の18地区とする。

流 域	流域内対象 地区数	対象地区名
1. Itajai do Sul 川	3	Ituporanga, Agronomica, Aurora
2. Trombudo川	1	Trombudo Central
3. Itajai do Oeste 川	1	Taio
4. Itajai do Norte 川	1	Ibirama
5. Benedito 川	1	Timbo
6. Itajai Mirim 川	1	Brusque
7. Itajai河本川沿い	10	Rio do Sul, Ascurra, Rodeio, Apiuna, Indaial, Blumenau, Gaspar, Ilhota, Itajai, Navegantes
計	18	

- (2) 洪水予報の方式を現況より逐次高度化させるため、以下の3段階に分け順次実施するものとする。

a) 第1段階：既設水文観測網強化のため

i) 山間部および既存ダム地点での水文観測の強化およびそれらの資料収集の迅速化

ii) 対象地区での水位モニタリング

を行う。このため、既設水文観測所のテレメータ化、山間部へのテレメータ-雨量計の設置、対象地区でのテレメータ-水位計の設置を実施する。第1段階で設置されるシステムにより、降雨資料に基づく流出予測モデル作成のための基礎資料の蓄積を行う。尚、現在既設システムで実施されている水位予測モデルを本システムに取り込み、予測の迅速化を計る。

b) 第2段階：降雨に基づく流出予測、水位予測を行い、対象地区全域に対する

予警報システムを構築する。このため、テレメータ雨量計を増設する。

c)第3段階：点雨量データに加え、面積雨量データを得るためのレーダ雨量計を設置し、雨域の移動を適格に把握し治水ダム操作の一助とすると共に、引いては面積雨量推定精度の向上を図る。

(3) 対象地区内の住民に対する洪水警報の広報は、従来の新聞、ラジオ、テレビ等の方法が迅速性に欠ける事を考慮し、主要都市部ではスピーカー、周辺部ではパトロールカーもしくはバイクにより実施する。

(4) 上記基本方針に基づき必要となる施設は以下の構成とする。

- a)テレメータ雨量計および水位計ならびにレーダー雨量計から成る水文観測網
- b)観測データを送受信するためのテレメータシステム
- c)データ解析システム（データ処理、流出予測を行うコンピュータシステム。）
- d)洪水警報システム
- e)関連機関を結ぶコミュニケーションシステム

(5) 本FFWSのより効果的な運用を図るため以下の組織が新たに提案される。

（附図-29および30参照）

- a)FFWS Central Office (Florianopolis)
- b)FFWS Control Center (Blumenau)
- c)Master Station (Rio do Sul)
- d)Monitor Station (Itajaí)
- e)Telemetered gauging stations (48箇所)
- f)Warning stations (16箇所)
- g)VHF repeater stations (7箇所)
- h)UHF repeater stations (4箇所)

本システムにおいては、上記テレメータ観測所で観測されたデータは、Master Station, VHF およびUHF repeater stationを通して、Control Centerで受信される。受信されたデータは同Centerで解析され、Central Officeからの指示に基づき、Warning station およびパトロールカーにより洪水警報を地域住民に伝達する。

4.2 施設計画

本 F F W S に必要とされる機器は以下の通りである（附図－31参照）。

a) 水文観測所網

- －テレメータ雨量計 : 31 観測所
- －テレメータ水位計 : 17 観測所
- －レーダー雨量計 : 半径 120km の能力を有するレーダー 1 機を Rio do Sul に建設。尚、現在流域外の Fraiburgo 市に建設中の Radar は、地形および操作上 Itajaí 河流域内の F F W S には適さない事が判明した。

b) テレメータ機器

c) コンピュータ機器 (Master Station, Control Center)

d) 警報制御機器および警報機器

e) コミュニケーションシステム (Simplex および Multiplex 回線)

4.3 実施計画

提案された段階拡張計画に基づく主要施設／機器の導入計画は以下の通りとする。

(附図－32および33参照)

主 要 施 設	単 位	段 階		
		1 次	2 次	3 次
テレメータ雨量計	箇 所	15	16	-
テレメータ水位計	箇 所	16	1	-
Control Center (Blumenau)	箇 所	1	-	-
Master Station (Rio do Sul)	箇 所	1	-	-
UHF repeater station	箇 所	2	2	-
VHF repeater station	箇 所	7	-	-
Telemetry system	一 式	1	-	-
Multiplex network	一 式	1	-	-
Monitor Station (Itajaí)	箇 所	-	1	-
Central Office (Florianopolis)	箇 所	-	1	-
Multiplex network 拡張	箇 所	-	1	-
警報機器設置	箇 所	-	1	-
レーダー雨量計設置	箇 所	-	-	1

上記システム建設工事実施のため、F/S、資金調整、詳細設計に対し4年、システム運用のための要員研修期間を含め工事期間約6年を要するものと考えられる。

4.4 所要工事費

本システム建設のため必要となる工事費は、1989年9月価格および外貨交換率(US\$=¥140=Ncz\$ 3.78)に基づき以下の様に算定される。

(単位：千ドル)

工事項目	1次		2次		3次		計
	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C	
(1) 直接工事	6.975	1.712	6.334	1.348	6.476	220	23.065
(2) 間接工事費 (管理運営費および設計費)	1.395	776	1.267	654	1.295	379	5.766
(3) 工事用予備費	837	249	760	220	777	60	2.883
計	9.207	2.737	8.361	2.202	8.548	659	31.714
	(11.944)		(10.563)		(9.207)		

注) F/C ; 外貨

L/C ; 内貨

附 表

表 - 1 代替放水路案・建設費比較

Item	Alternative Floodway Route		
	Floodway - I to Picarras Coast	Floodway - II to Navegantes Coast	Floodway - III to Navegantes Coast (with a short-cut channel in meandering portion downstream of BR-101 bridge)
1. Dimension of Floodway			
a) Length (km)			
- Inland	10.20	8.80	5.80
- Jetty	1.89	1.03	1.03
Total	12.09	9.83	6.83
b) Riverbed Width (m)	140	135	130
c) Riverbed Slope	1/6,000	1/6,000	1/6,000
2. Land Acquisition/ Compensation			
a) Land (ha)	217	177	131
b) Houses (Nos.)	95	59	111
c) Relocation of Road/Bridge	2,600 m/4 Bridges	2,100 m/3 New Bridges	Nil/3 New Bridges
d) Other Main Compensation Item	- Sugarcane - Cemetery - Substation for Power Supply - Construction of Drainage Culverts	- Water Treatment facilities	- Church - Cemetery
3. Construction Cost ^{/1} (US\$ Thousand)			
a) Floodway			
- Inland	74,057	47,852	37,015
- Jetty	11,088	14,044	14,028
- Land Acquisition/ Compensation	4,574	4,149	3,133
Sub-total	89,719	66,045	54,176
b) River Improvement Works	39,521	37,111	51,280
c) Total Cost	129,240	103,156	105,456
4. Environmental Impact Predicted	The impact will be the greatest among the three alternatives in view of influence on resort area, and land scape.	The impact will be the lowest among the three alternatives concerning every environmental factor.	The impact will be serious in terms of separation of town area of Machados in the municipality of Navegantes. Concerning other factors, the impact will be similar to that in Floodway-II.

Notes :

1. The features above show those in the case of the 50-year design flood of 3,030 m³/sec for every alternative Floodway route.
2. ^{/1}; excludes the cost for the urban drainage works.

表一 2 財務建設費・年間投資計画

(Unit: US\$ thousand)

Work Item	Fiscal Year												Grand Total						
	1991		1992		1993		1994		1995		1996			1997		1998			
	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.	F.C.	L.C.			
I. Package-A																			
a) Direct construction cost	0	0	0	0	0	0	2,943	1,962	3,950	2,633	5,669	3,780	4,525	3,016	3,163	2,109	20,250	13,500	33,750
b) Physical contingency	0	0	0	0	0	0	441	294	593	395	850	567	679	452	474	316	3,037	2,024	5,061
Sub-total	0	0	0	0	0	0	3,384	2,256	4,543	3,028	6,519	4,347	5,204	3,468	3,637	2,425	23,287	15,524	38,811
c) Price contingency	0	0	0	0	0	0	539	359	882	588	1,499	999	1,388	925	1,108	739	5,416	3,610	9,026
Total of item I	0	0	0	0	0	0	3,923	2,615	5,425	3,616	8,018	5,346	6,592	4,393	4,745	3,164	28,703	19,134	47,837
II. Package-B																			
a) Direct construction cost	0	0	0	0	0	0	4,082	2,722	5,873	3,915	6,097	4,064	5,201	3,468	1,397	931	22,650	15,100	37,750
b) Physical contingency	0	0	0	0	0	0	612	408	881	587	915	610	780	520	210	140	3,398	2,265	5,663
Sub-total	0	0	0	0	0	0	4,694	3,130	6,754	4,502	7,012	4,674	5,981	3,988	1,607	1,071	26,048	17,365	43,413
c) Price contingency	0	0	0	0	0	0	748	499	1,311	874	1,612	1,074	1,596	1,064	490	326	5,757	3,837	9,594
Total of item II	0	0	0	0	0	0	5,442	3,629	8,065	5,376	8,624	5,748	7,577	5,052	2,097	1,397	31,805	21,202	53,007
III. Prerequisite works for construction																			
a) Land acquisition and compensation cost	0	0	0	0	6,175	0	6,175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,350	12,350
i) River improvement and drainage works	0	0	0	0	4,100	0	4,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,200	8,200
ii) Floodway construction	0	0	0	0	2,075	0	2,075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,150	4,150
b) Government administration	0	475	0	475	0	430	0	430	0	430	0	430	0	430	0	430	0	3,575	3,575
c) Engineering service	1,374	342	686	172	0	494	124	710	178	834	208	710	178	340	85	5,148	1,287	6,435	6,435
Sub-total	1,374	817	686	6,822	0	6,650	494	554	710	608	834	638	710	608	340	515	5,148	17,212	22,360
d) Physical contingency	206	123	103	1,023	0	998	74	83	107	91	125	96	107	91	51	77	773	2,582	3,355
Sub-total	1,580	940	789	7,845	0	7,648	568	637	817	699	959	734	817	699	391	592	5,921	19,794	25,715
e) Price contingency	96	57	73	727	0	960	90	101	159	136	220	169	218	186	119	180	975	2,516	3,491
Total of item III	1,676	997	862	8,572	0	8,608	658	738	976	835	1,179	903	1,035	885	510	772	6,896	22,310	29,206
Grand total	1,676	997	862	8,572	0	8,608	10,023	6,982	14,466	9,827	17,821	11,997	15,204	10,330	7,352	5,333	67,404	62,646	130,050
Total of F.C. and L.C.	2,673	9,434	9,434	8,608	17,005	29,818	25,534	12,685	130,050										

Remarks:

Construction work of Package-A and B is as follows:

Package-A: River improvement work in the Itajai river, Itajai Mirim river and existing short-cut channel and drainage work in Itajai and Navegantes cities

Package-B: Floodway construction work

附



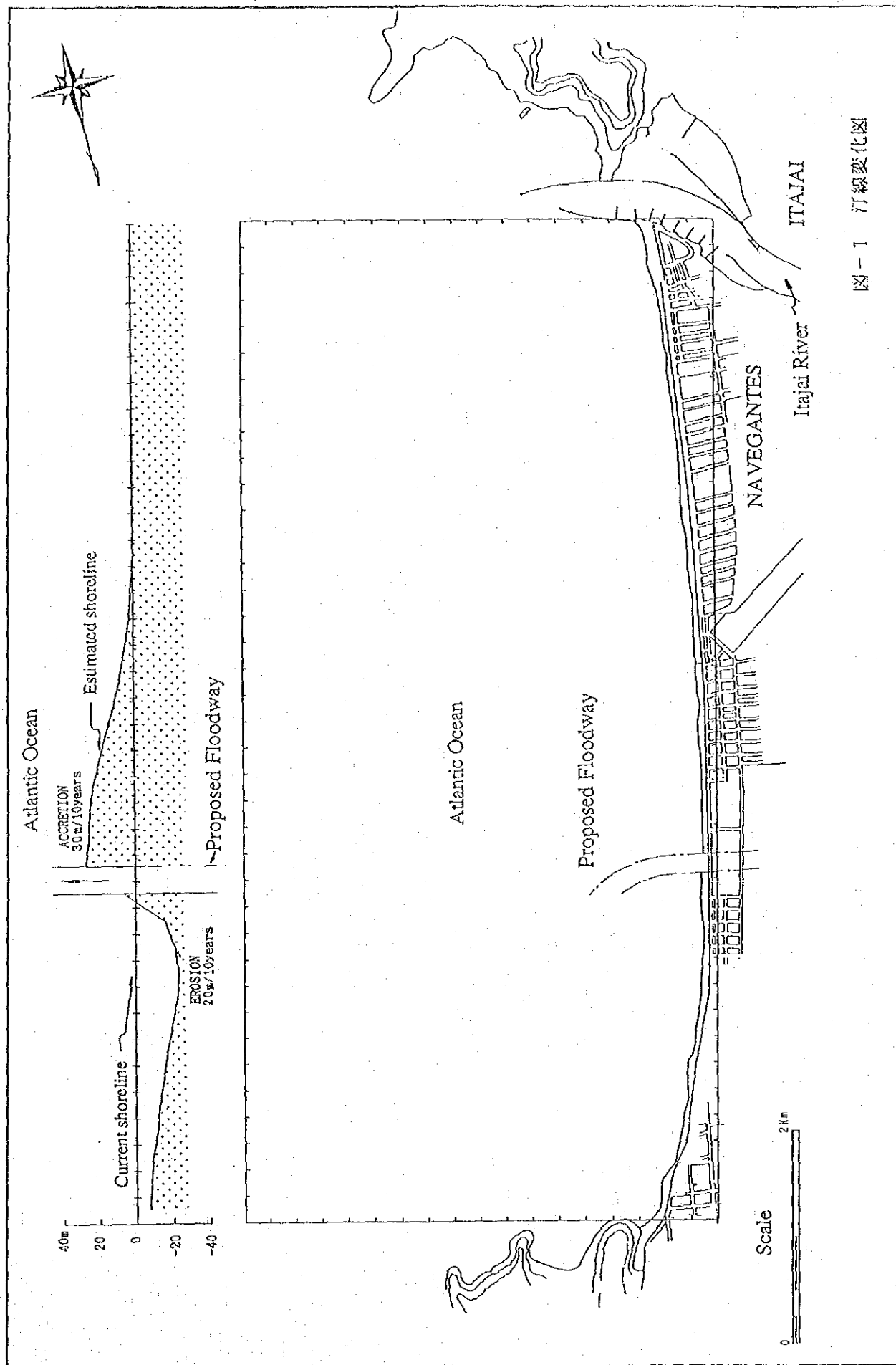


図-1 汀線変化図

ITAJAI
TIME: HIGH WATER
UNIT: cm/sec

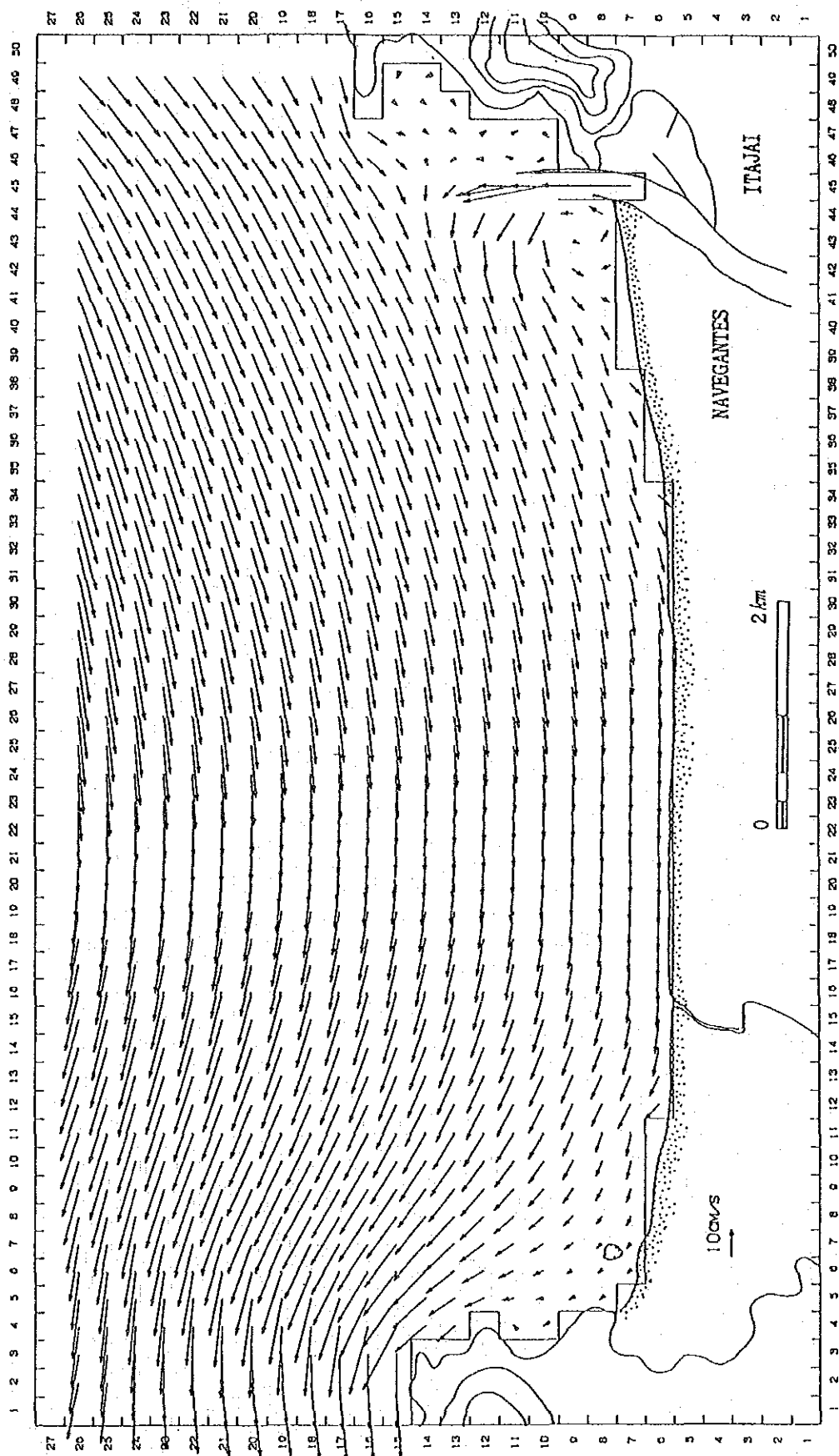


图-2 潮流解后结果 (现况)

ITAJAI
 TIME: HIGH WATER
 UNIT: cm/sec

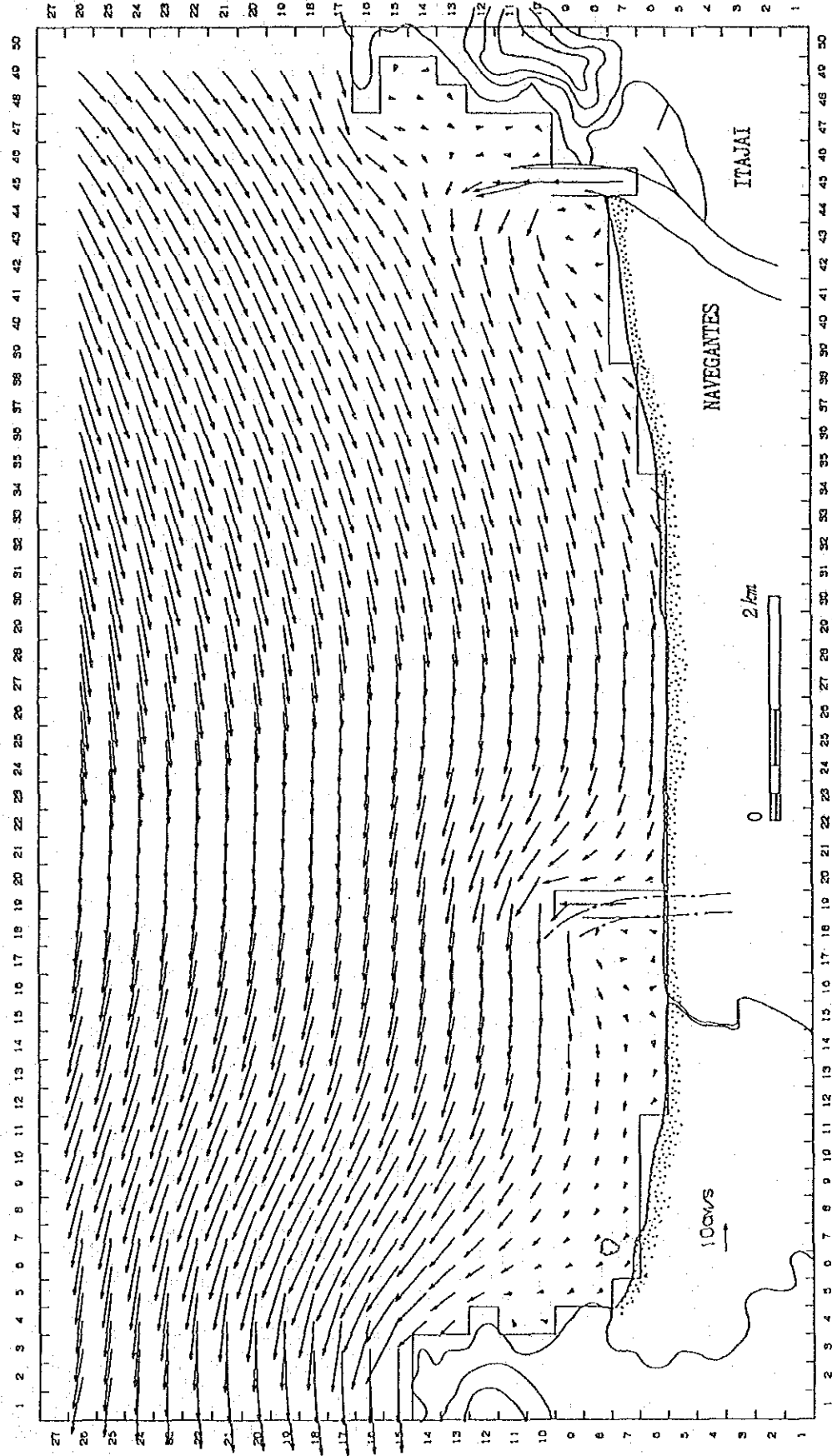


图-3 潮流解析結果 (放水路建設後)

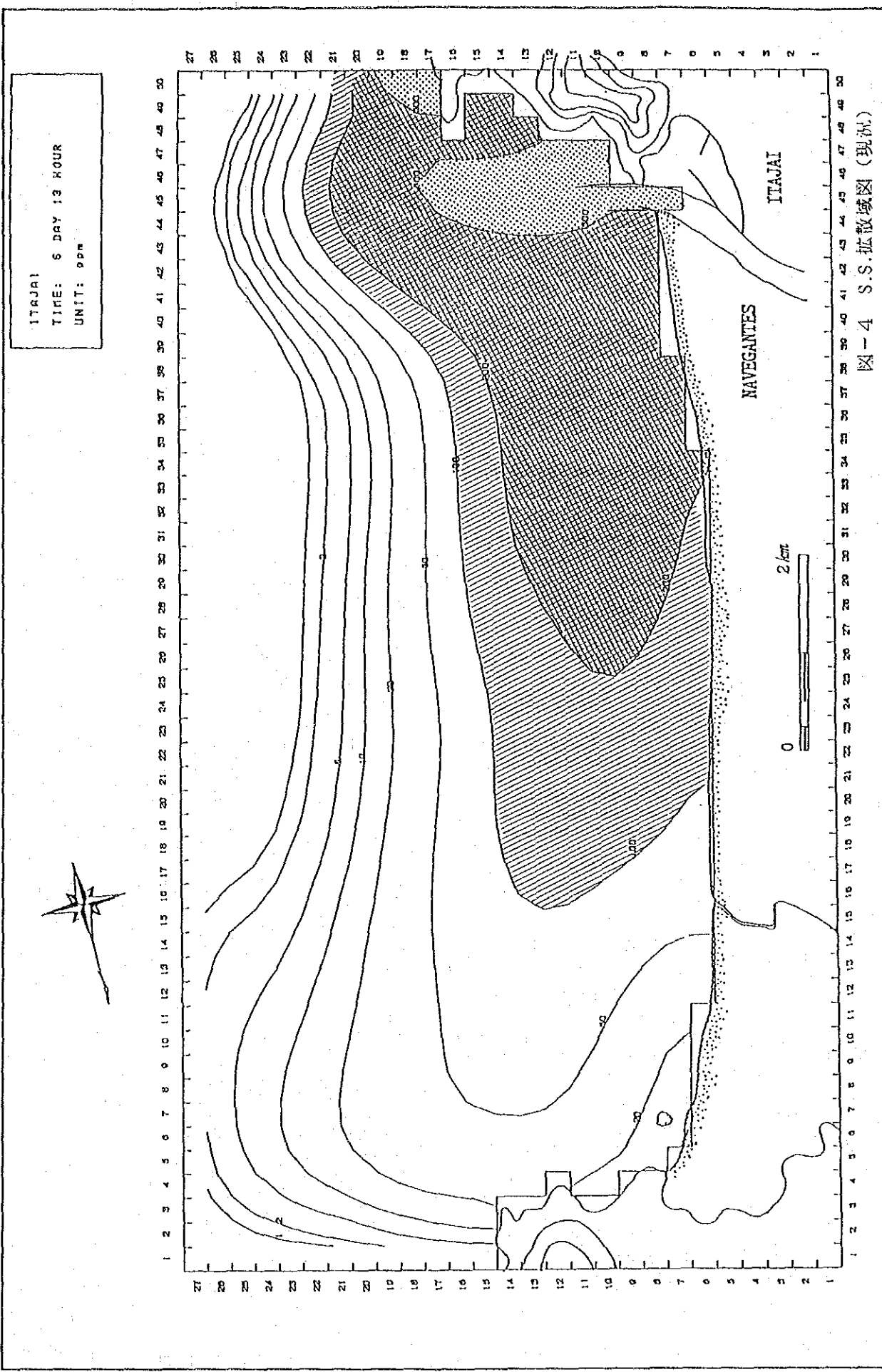


图-4 S.S.扩散域图 (现状)

ITAJAI
 TIME: 6 DAY 13 HOUR
 UNIT: ppm

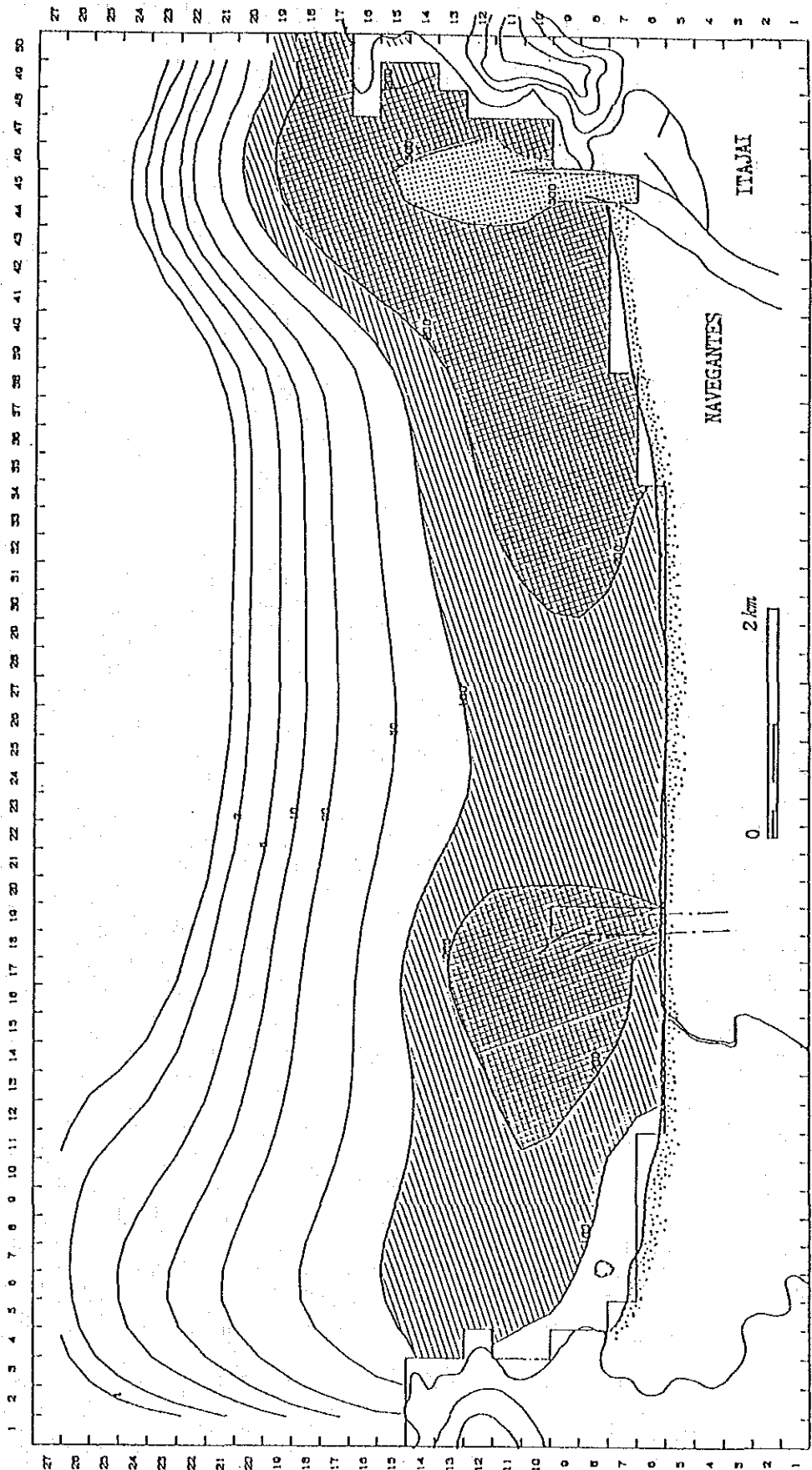


圖-5 S.S. 擴散域圖 (放水路建設後)

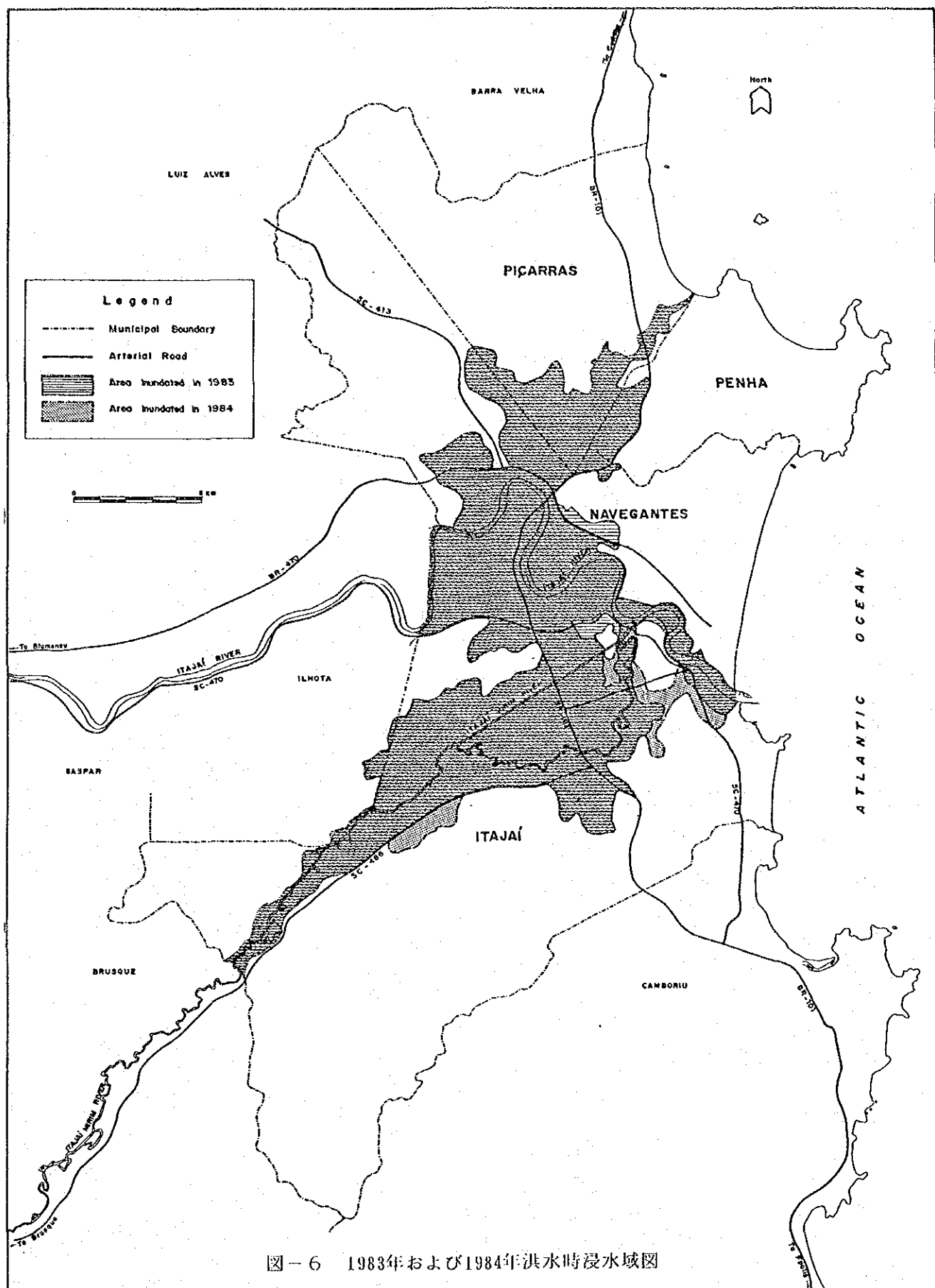
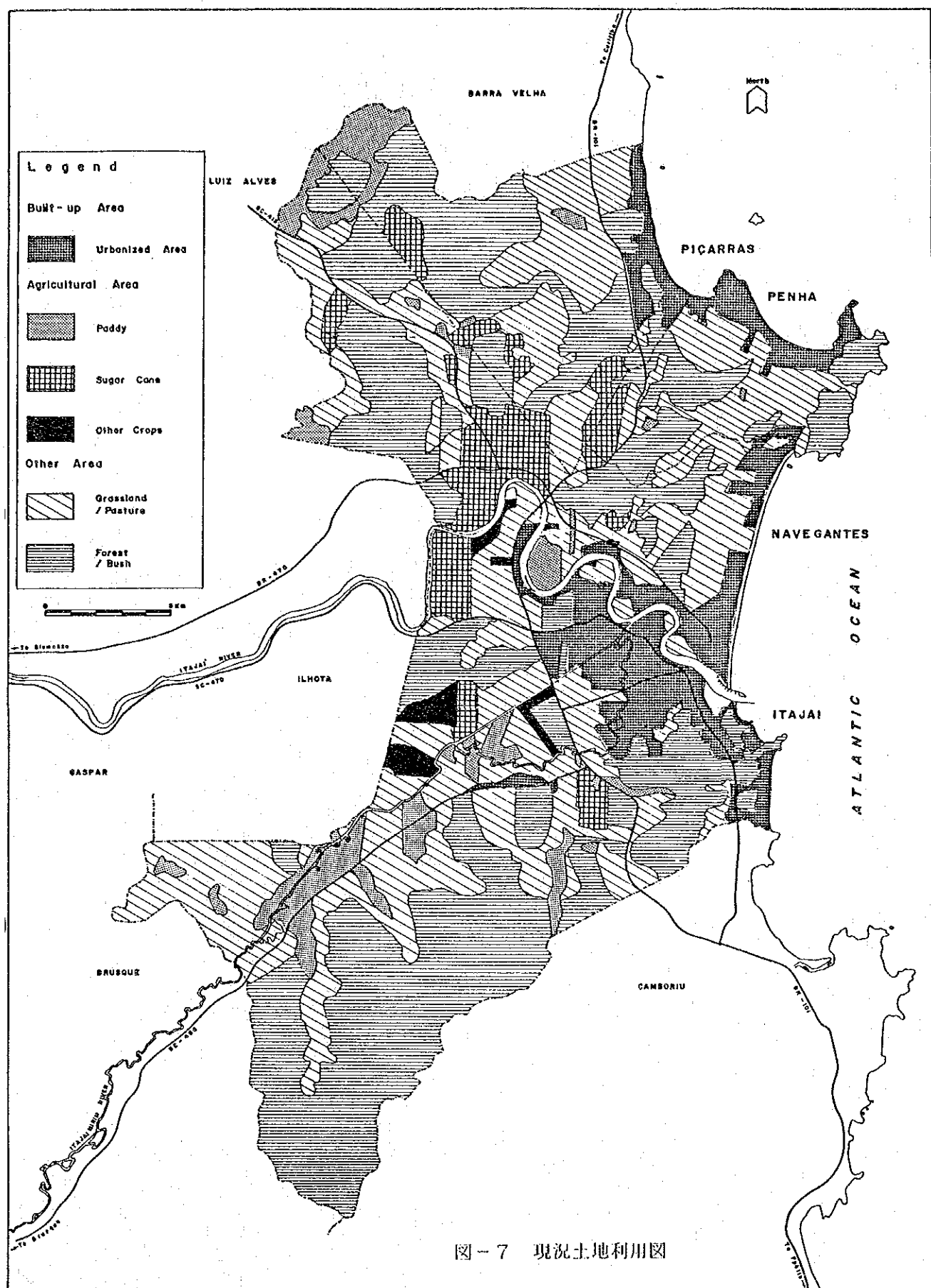
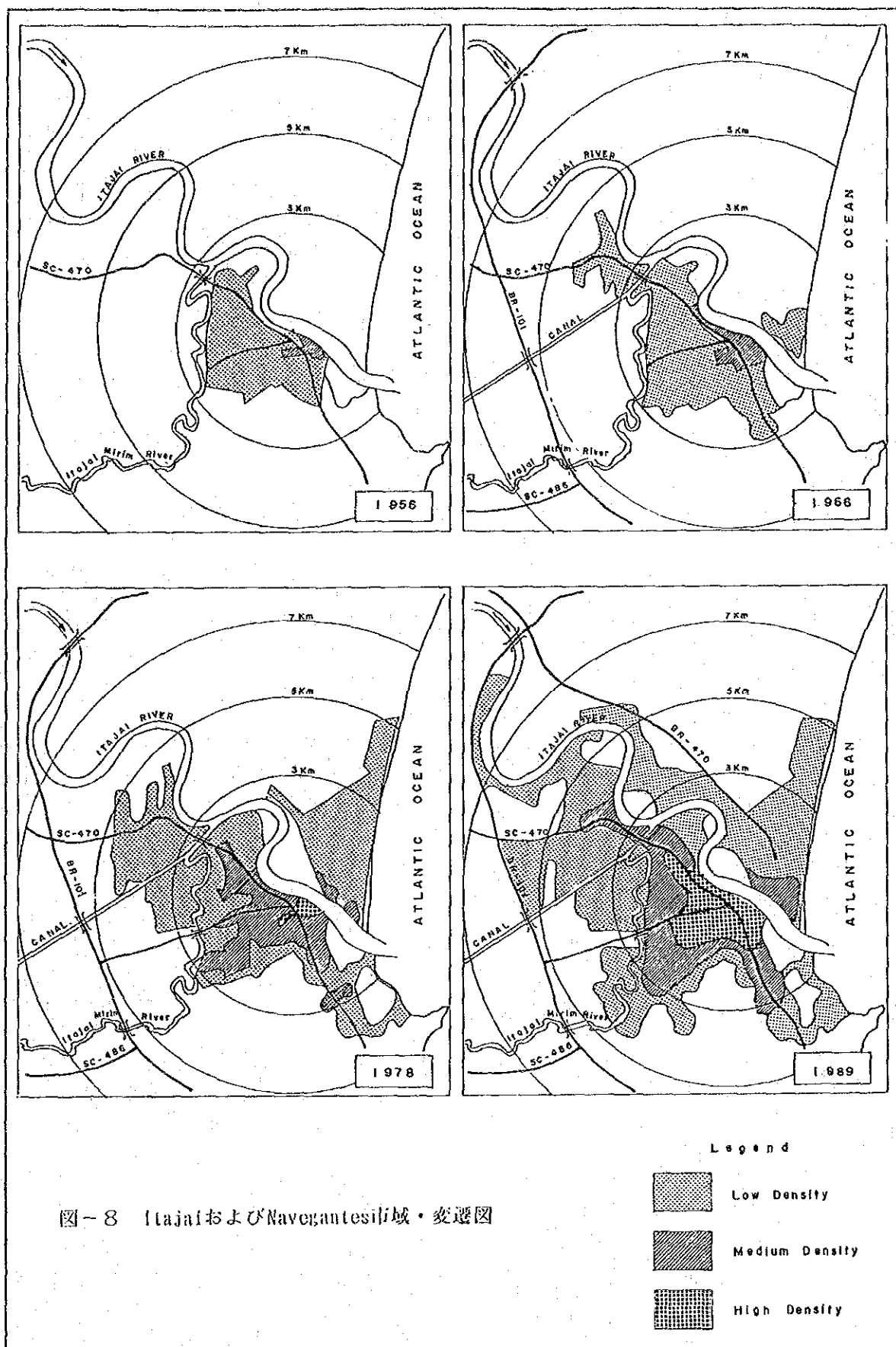


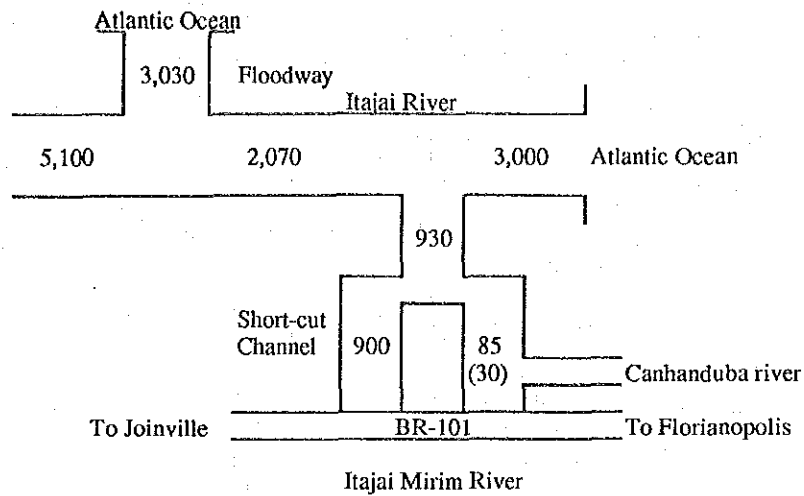
図-6 1983年および1984年洪水時浸水域図



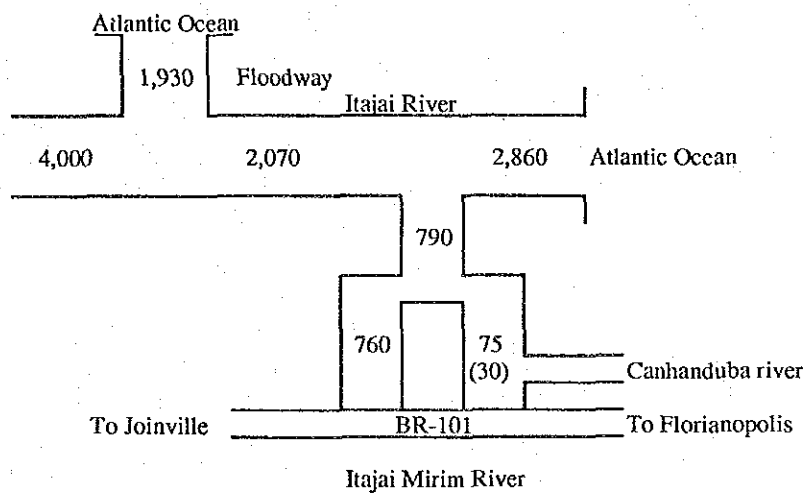
图一 7 現況土地利用图



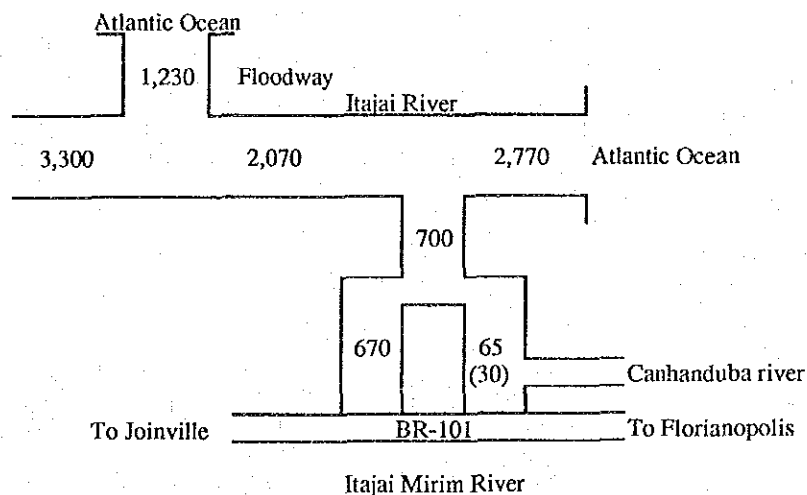
(1) Long-Term Plan (50-year)



(2) Mid-Term Plan (25-year)



(3) Provisional Plan (10-year)



Remarks :

"(") means the flood in the Itajai Mirim river at the time of flood peak occurrence in the short-cut channel.

圖 - 9 計画流量配分図

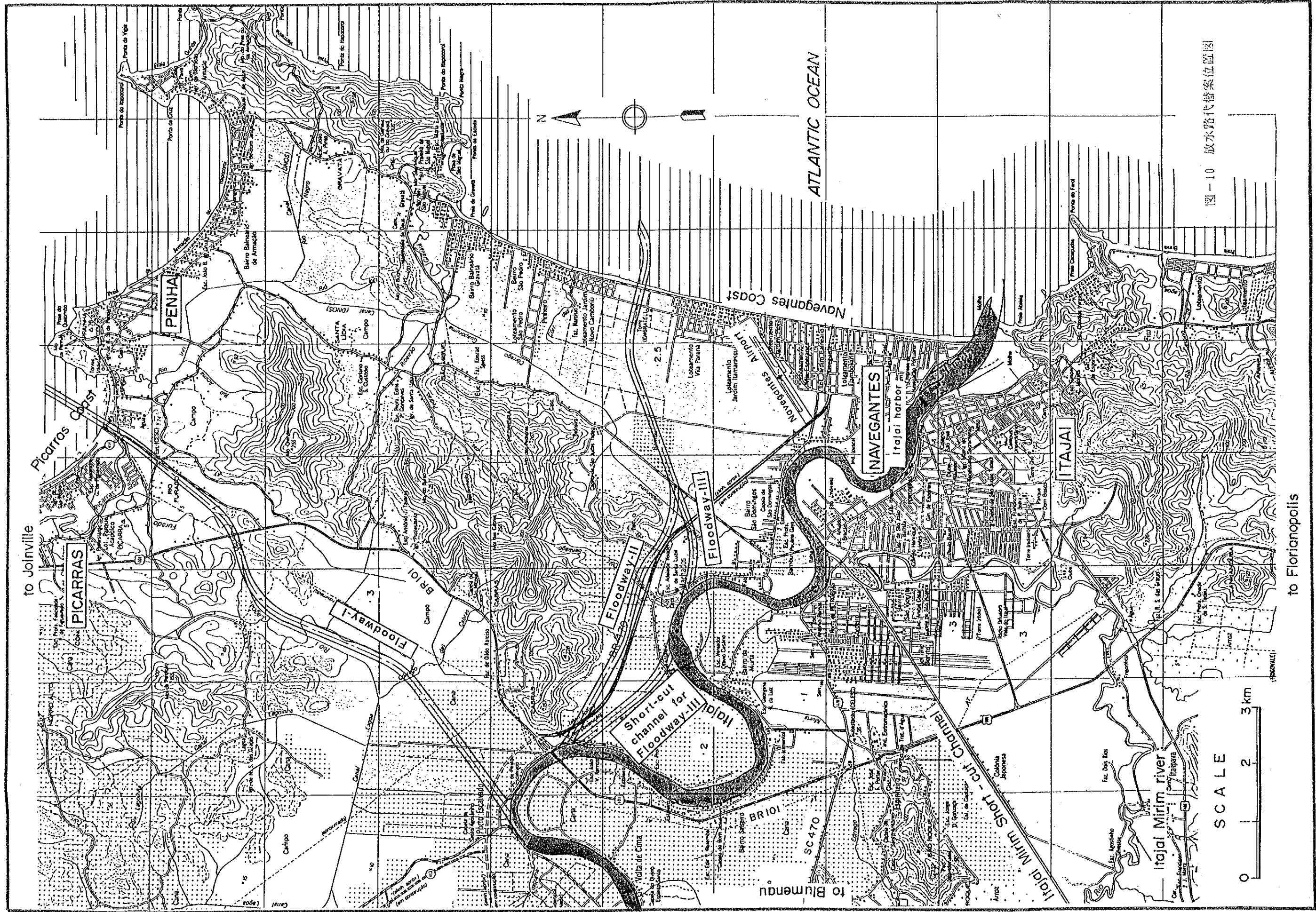


图-10 放水路代替案位置图

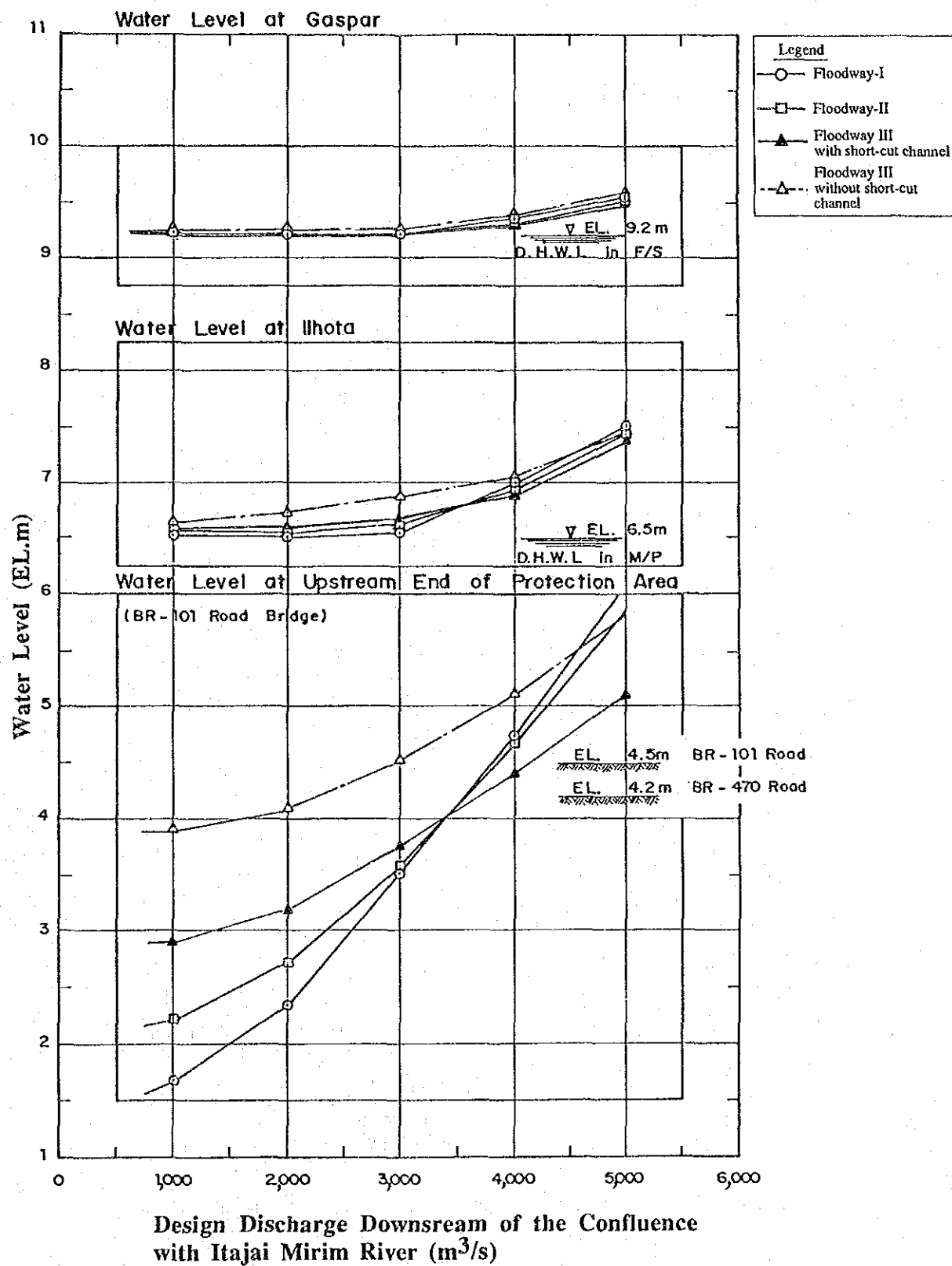


図-11 Itajai河本川洪水位の上昇による上流部計画高水位への影響

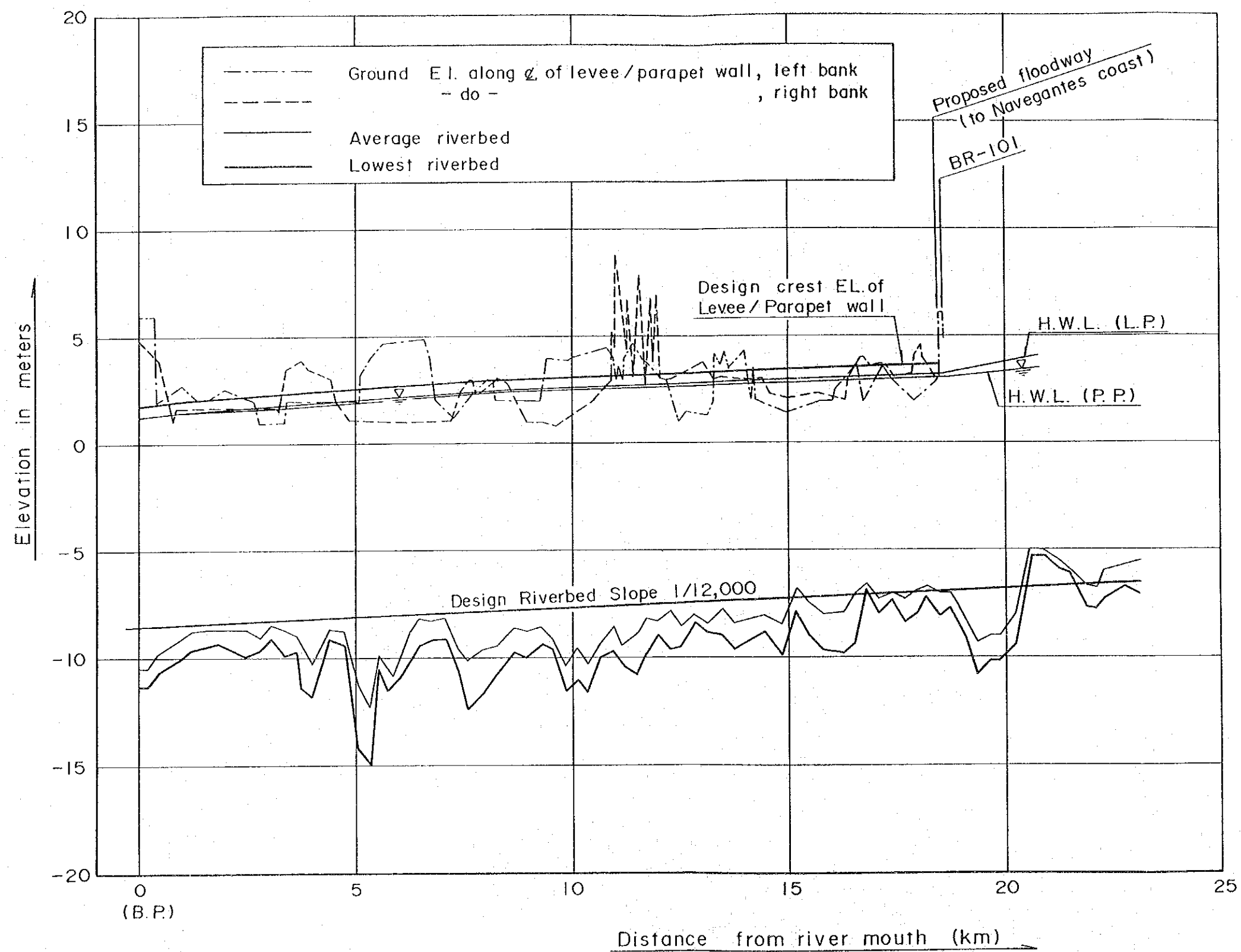


図-12 Itajai河本川・河川改修計画縦断面図