

第4章 洪水予警報の現状と課題

4.1 自然災害リスク防止・軽減総合計画

SC 州政府は、2009 年 9 月に策定したイタジャイ川流域における自然災害リスク防止・軽減総合計画（Plano Integrado de Prevencao e Mitigacao de Desastres Naturais na Basia Hidrografica do Rio Itajai）にて、GTC（技術科学グループ）提案に基づく 77 プロジェクトを大きく 6 プログラムに分類し、さらに各プログラムをサブ・プログラムに分類して、表-4.1.1 に示す様に優先順位をつけている。

表-4.1.1 イタジャイ川流域における自然災害リスクの軽減と防止の総合計画

プログラム	プログラム名、サブ・プロジェクト名及びプロジェクト名	優先度
No.1	非常事態や災害における組織開発	
	1a) 人的資源の基本から高度的な危機管理能力研修を行う	
	1a1) 水防体制における関係者の能力開発	3
	1a2) リスク管理に対する自治体当局技術者の能力開発	1
	1a3) 大学院でのリスク管理コースの創設	3
	1a4) ハザードマップが解説出来る地質技術者の能力開発とマスタープラン、市連合協会の企画、イタジャイ川流域の市役所や州機関などサポート出来る自治体当局技術者の能力研修	3
	1a5) 自然災害に対する地域的、国家的、国際的経験セミナー開催	3
	1a6) 危機管理における国際交流	3
	1a7) 民間防衛の為、各大学との協力協定締結	2
	1b) 関係機関とシビル・デフェンスの構成	
	1b1) 法律に基づき、SC 州や地域のシビルデフェンス機関の構成や再構築	1
	1b2) シビルデフェンス内に自治体水防審議会（COMDEC）を構成	3
	1b3) SC 州や市のシビルデフェンスが非常事態に対応出来る機材、車両、その他災害準備処置の為に体制作り	3
	1b4) シビルデフェンス自治体計画策定	3
	1b5) シビルデフェンス計画と各市の衛生、住宅、自然環境、水資源、都市開発などの政策との調整	3
	1b6) 各自治体の自然環境機関の強化	3
	1b7) 警報・警戒の計画策定	1
	1b8) 避難マニュアルの準備	3
	1b9) 水防訓練	3
	1b10) 減災のための技術協力	3
No.2	モニタリング・警報・警戒	
	2a) モニタリング・警報・警戒システムの強化	
	2a1) イタジャイ川流域の警戒システム強化の為に各関係機関 DEINFRA、SDS、C/D、大学、EPAGRI、イタジャイ委員会などとのネットワーク向上	1
	2b) 警戒体制を整える（機材、活動方法、支援）	
	2b1) 警戒ネットワークの情報システム開発と警報システムの普及	3
	2b2) イタジャイ川流域の観測機器ネットワーク拡大とメンテナンス	1
	2b3) モニタリングのモデル化と、非常状態の予測化	2
	2b4) SC 州海岸側の監視システムの開発	2
	2b5) 衛星活用を含む、環境モニタリング方法の開発	2
	2b6) 警報・警戒システムの開発・導入と確証	2
No.3	復元力の充実と脆弱性の最小限化のため、認知力、コミュニケーション、モチベーションなどの強化	
	3a) 復元力充実の促進のため、正規の学校教育や研修への投資	
	3a1) 被害者の観点からの自然災害の原因調査（土砂災害や洪水）	2
	3a2) 次の教材作成：自然災害管理、リスク状態、人命の大切さ、応急処置と蘇生対応、リスク地域の占有に関する技術基準や法律。	2

プログラム	プログラム名、サブ・プロジェクト名及びプロジェクト名	優先度
No.3	3a3) 自然災害・関連テーマ管理に関する教育プログラム	2
	3b) 社会参加メカニズムの導入	
	3b1) シビルデフェンスへの総合的支援のため、ボランティアの能力研修や動員	3
	3b2) リスク状況に備えてのシビルデフェンスへの支援が出来るボランティアネットワークの開発と維持	3
	3b3) 危険状態に備えてサポート可能な専門ボランティアのデータベース開発と維持	2
	3b4) 焦点的災害リスクに対する住民保護	3
	3c) 減災を目的として公的機関や民間業者とのパートナーシップ構築	
	3c1) 土壌移動や土工を含めて、環境保全を実践する企業の認証書策定	2
	3d) 自然災害に関する文化の変化、健康に関する意識、感染病調査の徹底	
	3d1) 災害の影響による住民の健康に関する研究強化	3
	3d2) 感染病防止のため、個人・住民衛生強化	3
	3d3) 災害時のための精神科医グループの構成	3
No.4	災害リスクの評価	
	4a) 基本地図の作成	
	4a1) SC 州航空写真の実施、イタジャイ川流域優先（SDS - 1:10000, 2009/2011）	3
	4a2) 基本地形図の作成（流域全体 1:1000 のスケールを適用、都市地域とリスクポテンシアル地域は 1:2000 のスケールを適用）	1
	4a3) 各流域別に地質・地質学・地盤工学・土地利用・その他詳細な地図作成	2
	4a4) 自然災害時に重要な使用可能な社会的施設：一時的避難所・公共サービス・民間サービス等の調査	2
	4b) 災害に関する総合化情報システムの開発	
	4b1) ANA・ANEEL・SDS・CEOPS・CIRAM・CPRM・IBGE・大学・市役所・統合化情報システムの実施	1
	4c) 災害リスクの記録と評価	
	4c1) 気象観測システム解析、豪雨観測モデルの開発と解析、イタジャイ川流域流量履歴分析	2
	4c2) イタジャイ川流域で発生する様々な災害のリスク同定と評価方法の開発	3
	4c3) 自然災害登録システム開発のため、リスクエリアとハザードマップの作成	1
	4c4) 地理統計分析、地域の災害発生可能性の確立やリスクポテンシアル地域の同定	2
	4c5) イタジャイ川流域の自然災害危険箇所マップ作成	3
	4d) 排水ネットワークの評価	
	4d1) 水路改修工事のインベントリーと登録、排水路の施工実績の評価、流域で非構造的対策による影響の調査（長所的短所的インパクト）	2
No.5	災害リスクの縮小	
	5.1) 土地占有・利用管理（非構造物）	
	5.1a) 都市開発計画法の整備	
	5.1a1) 浸透不可地区インパクト軽減を目的とした、都市の浸透不可地域の制限化を目的に市法の策定や雨水の貯水を促進する	2
	5.1a2) 危険箇所や特性を重視した宅地細分化に関する市法更新を州権限で実施するメカニズムを構成する	2
	5.1a3) 市シビルデフェンスリスク縮小計画を含む市のマスタープランの見直しと適正化	1
	5.1a4) 埋立工事、砂や砂利の抽出事業の規制化と監視プロジェクトの開発と承認	1
	5.1b) 土地占有・使用における監視	
	5.1b1) イタジャイ川流域の土地占有・利用の為に監視、モニタリング、解析出来る市の総合的システムの開発と執行	2
	5.1c) 危険箇所の占有防止のための宅地政策	
	5.1c1) 危険箇所に住む下級住民や無収入住民の代替的住宅プログラムの開発	2
	5.1c2) 上記プログラム対象者管理の為に、州レベルでの住民登録を実施	3
	5.1d) 保護林の改善	
	5.1d1) 生産林が予測される地域のエコ経済区域指定を実施	3
	5.1d2) 森林再生と都市地域の植物増加の為に自治体計画開発と執行	2

プログラム	プログラム名、サブ・プロジェクト名及びプロジェクト名	優先度
	5.1d3) 永久的保護地域の回復と維持	2
	5.1d4) 法定保護林の促進と導入	3
	5.1d5) 環境保護事業への資金援助の検討	2
	5.1d6) 地滑り地における森林再生の検討	3
	5.1d7) 地滑り対策の為の森林段階型再生の検討	3
	5.1e) 農村地域の土地利用の適正化	
	5.1e1) 土壌の適合性や法的限界に応じて農家の企画を行う	2
	5.1e2) 自然適合性に応じて土壌管理をして、農業での雨水利用・貯水・利用対策応用、森林再生を促進。	2
	5.2) 適正な水路管理	
	5.2a) 元の水路状態に維持し、変更された水路の活性化を図る	
	5.2a1) 水路の管理マニュアル作成	2
	5.2a2) 河川復旧計画	3
	5.2b) 既存の水構造物の多様利用化	
	5.2b1) 既存の水構造物のインベントリー実施（貯水池、水田、湖、池、その他）及び建設に纏わる技術基準や法律の確認をする	1
	5.2b2) 既存設備の影響評価とそのシステムの最適化を検討する。	2
	5.2b3) 排水ネットワークの水理的、堆積状況確認と構造的対策を検討する	2
	5.2b4) パイロット・プロジェクトを導入して水の保存や貯水の可能性を検討	1
	5.2c) 都市下水の管理	
	5.2c1) 排水計画の開発	2
	5.2c2) 既存排水装置適正化と維持	2
	5.2c3) 雨水排水システムの導入	2
No.6	災害の影響を受けた地域復旧	
	6a) 災害の影響を受けた地域識別化する	
	6a1) 影響を受けた地域の地図作成	1
	6b) 影響を受けた地域の構造物と統一した環境配慮	
	6b1) 構造・非構造物対策プロジェクト作成	2
	6b2) 上記プロジェクトの施工、その地域の環境モニタリングと監視	3
	6c) 影響を受けた地域の環境配慮	
	6c1) 構造的・非構造的対策プロジェクト作成と共に：移転住居の数・コスト	3
	6c2) モニタリング	3
	6c3) 危険域の保護対策	3

出典：Plano Integrado de Prevencao e Mitigacao de Desastres Naturais na Basia Hidrografica do Rio Itajai

4.2 洪水予警報の現状と課題

4.2.1 洪水予警報システムに係る機関・組織

イタジャイ川流域における洪水予警報システムの活動に関しては、表-4.2.1に示すようにSC州及び各市の関係機関や組織が災害の規模により業務を分担している。さらに、技術アドバイザーとして地域の各大学が洪水予警報による支援をしている。

表-4.2.1 洪水予警報に係る機関や組織

組織名	日本語名	活動内容
ANA	国家水機構	国家水資源管理政策の立案と実践を担当。全国に雨量計・水位計などを設置しており関係機関にデータを公表している。イタジャイ川流域に43箇所の雨量観測所と23箇所の水位観測所を所有している。過去の観測値はデータベース化されており、WEBサイトで自由にダウンロードすることが可能であるが、ほとんどが日データのみである。連邦機関のため、州機関であるCIRAMへリアル・タイムでのデータ送信はない。
EPAGRI/ CIRAM	SC 気象水文環境 情報センター	EPAGRIに所属する情報センターで、農牧業を対象に気象データをインターネットで発信している。天気予報と気象データをリアル・タイムでWEBサイトに公開し、非常時には州内の各関係機関に連絡している。
FURB	ブルメナウ地方大	Blumenau 地方大学の洪水情報システム管理センターで、ANAや

組織名	日本語名	活動内容
CEOPS	学/情報システム管理センター	CIRAM とは別に、SDS の雨量計・水位計を使って Blumenau 市におけるイタジャイ川本流の洪水を予測している。
UNIVALI	イタジャイ溪谷大学	イタジャイ市における技術アドバイザーをしており、洪水氾濫に関する防災計画を担当しており、洪水時のモニタリング強化を計画している。
UNIFEFE	ブルスキ大学	Brusque 市の技術アドバイザーをしており、イタジャイ・ミリム川上流に洪水調整ダムを計画している。
AMAVI	イタジャイ川上流域市連合	イタジャイ川における上流域の市連合で、流域における行政区分を纏めてイタジャイ川の情報を収集し関連機関に報告している。イタジャイ委員会のメンバーである。
AMMVI	イタジャイ川中流域市連合	イタジャイ川における中流域の市連合で、流域における行政区分を纏めてイタジャイ川の情報を収集し関連機関に報告している。イタジャイ委員会のメンバーである。
AMFRI	イタジャイ川河口域市連合	イタジャイ川における下流域の市連合で、流域における行政区分を纏めてイタジャイ川の情報を収集し関連機関に報告している。イタジャイ委員会のメンバーである。
SEDEC	国家レベルのシビル・デフェンス	国家防災政策の立案と実践を担当。大規模災害などの非常事態に出動する。
SDC	州レベルのシビル・デフェンス	州防災政策の立案と実践を担当。市だけでは対応できない災害時に出動する。市の Civil Defense の能力強化・訓練なども行っている。
COMDEC	市レベルのシビル・デフェンス	小規模災害による避難誘導を担当している。現地の巡回や関係機関へ防災教育や訓練を実施しており、災害後に被害状況を確認して CONDEC に被害報告書を提出している。
CD Municipal Council	災害審議会	市長が議長で Civil Defense が副議長を担当しており、洪水警報を発令し避難が円滑に行えるよう指示している。災害規模が大きい場合、CONDEC から州の Civil Defense に災害対策支援を要請する。
GRAC	市の水防団	市長が議長を務め災害時には消防署、警察、市役所、ボランティアなどで結成される水防団で、災害時には避難誘導活動を担当する。
SDS	持続可能経済開発局	州の水資源に関する政策、運営を実施しており、利水計画、発電ダムや灌漑施設の許認可、水利権の管理などを担当している。Urubici 市の空軍のドップラー・レーダを利用して気象モデルを開発し、水文モデル（米国テキサスモデル）を使って FFWS の開発を計画している。

出典：JICA 調査団

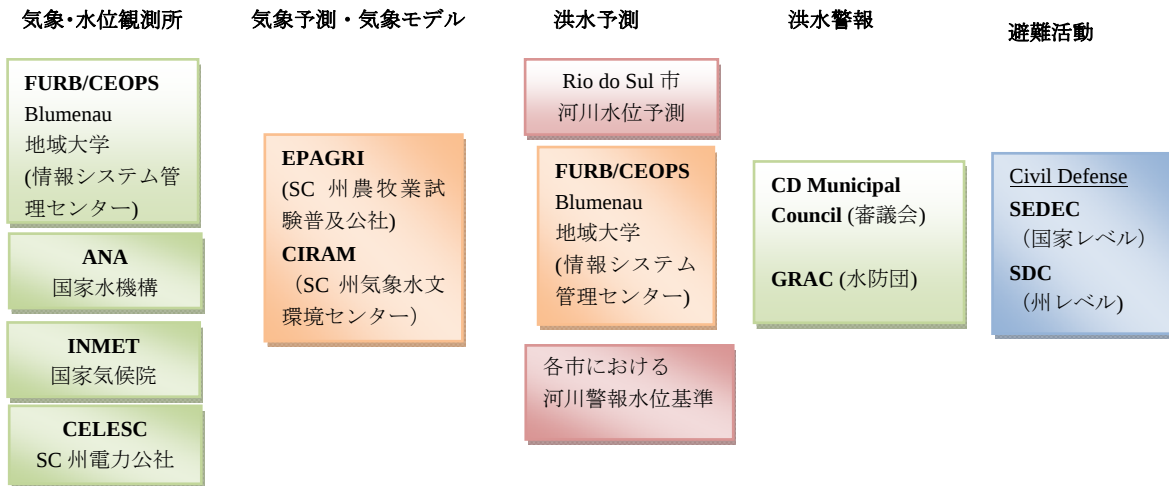
4.2.2 洪水予警報活動の体制

イタジャイ川流域における洪水予警報活動は、SDS から委託を受けた FURB/CEOPS（大学機関）が洪水予測を行っているが、下記のような問題を抱えており十分に機能していない。

- i. 州の気象部門である CIRAM は諸機関から雨量や水位データを収集しているが、CRIRAM から FURB/CEOPS への水文情報の伝達は無い。FURB/CEOPS は自身が管理している 14 箇所の観測所のデータのみを使用している。
- ii. FURB/CEOPS の観測所も、予算不足により機器に不備があったり、スケールの読み取りを委託している近隣住民への報酬が滞っていたりなど、観測データが十分ではないことがある。
- iii. 実際は FURB/CEOPS のある Blumenau の予測しかしておらず、その他の都市まで手が回っていない。したがって、洪水予測結果は、Blumenau 市の Defesa Civil にしか情報提供できていないなど、各関係組織が担う活動および情報の連携が不足しており、一元的に機能しきれていない。
- iv. Blumenau 市の洪水予測に使用されているのは、Apiuna、Timbo、Blumenau 市に設置された水位計のデータのみであり、現在それ以外の観測所のデータは、洪水予測および警報には使用されていない。

- v. Rio do Sul 市が独自に洪水予測を試みているが、上流に存在するダムの水文情報が DEINFRA から伝達されないといった問題があり、実際の警報に活用できるような洪水予測はできていない。

予警報システムに関する現状の SC 州の体制を図-4.2.1 に概念的に示す。



出典：JICA 調査団

図-4.2.1 洪水予警報活動に関する現在の SC 州の体制

4.2.3 気象・水位観測

上記で記述された通り、イタジャイ川流域では、雨量や河川水位は、FURB/CEOPS、ANA、INMET、CELESC で観測されており一貫した管理体制が整備されていない。更に、観測されたデータの管理も統一されていない。下表にイタジャイ川流域の水文観測所数を示す。

表-4.2.2 イタジャイ川流域の水文観測所数

観測項目	FURB/CEOPS	ANA
雨量観測所	16	43
水位観測所	14	23
合計	16	66

出典：EPAGRI/CIRAM

また、表 4.2.2 で記した以外にも、下記の機関がそれぞれ観測所を所有している。

- ・ Itajai 市：独自に 9 箇所の雨量観測所と 8 箇所の水位観測所を設置している。
- ・ CELESC：所有しているダムや発電所周辺に水文観測所を設置している。
- ・ INMET/その他各主要都市の大学：独自に若干数の水文観測所を設置している。

SDS から委託を受けた FURB/CEOPS（大学機関）は、イタジャイ川流域に対する洪水予警報を目的として、1985 年にイタジャイ川流域に 14 か所の観測所を設置した。しかし、下記のような問題を抱えており十分に運用されているとは言えない。

- ・ 観測所の維持管理が十分に実施されていないため、観測機器と通信設備に不良が見られる(表 4.2.3 参照)。
- ・ 既設の観測所の位置が、表-4.2.4 で記した警報水位設定箇所に対応していない。
- ・ 主要支川である Luis Alves 川沿いに観測所が無い

表-4.2.3 洪水予警報のための既設観測施設の状況

既設の観測所			観測施設の状況
1	Taio	雨量・水位計	通信システムの改修が必要
2	Rio Oeste	雨量・水位計	観測機器の不良、GSM の故障、維持管理担当者の不在
3	Saltinho	雨量・水位計	観測機器の不良、GSM の故障、維持管理担当者の不在
4	Ituporahga	雨量・水位計	通信システムの改修が必要
5	Rio do Sul	雨量・水位計	
6	Barra do Prata	雨量・水位計	観測機器の不良、維持管理担当者の不在によりリアル・タイムでの計測は行われていない。
7	Ibirama	雨量・水位計	Norte ダムの放流量を考慮、通信システムの改修が必要
8	Apiuna	雨量・水位計	水位自動記録・テレメトリーの破損により周辺住民が情報を提供、しかし管理費未払いのため情報提供中断
9	Timbo	雨量・水位計	
10	Indaial	雨量・水位計	観測機器の不良、GSM の故障、維持管理担当者の不在
11	Blumenau	雨量・水位計	—
12	Salseiro	雨量・水位計	GSM 通信システムの故障
13	Botuvera	雨量・水位計	GSM 通信システムの故障
14	Brusque	雨量・水位計	河床堆砂による水位計の故障

出典：JICA 調査団

また、FURB/CEOPS から委託を受けた観測所周辺の近隣住民が、洪水時の河川水位をスケールで読み取り、FURB/CEOPS に報告している。しかし、この対応方法には、次の3つの課題が挙げられる。（1）観測者にとって危険が伴う（2）委託している観測者は老人などが多く、適時に報告されていない事実もある（3）委託費の不備により、観測者が減少しており観測データが不足している。よって、現在の実測記録の精度は低い。

4.2.4 CIRAM の気象予測

SC 州の気象水文環境センターとして、CIRAM は北部のパラナ州に設置されたドップラー・レーダ（SIMEPAR）や Florianopolis 飛行場で観測しているメゾデータ（ソンド 1,200 m・5,000 m・12,000 m）とオンラインで繋がっている。さらに、海外の気象ネット・ワークとも連携して GEMPAC と呼ばれるデータ・ベース（INMet、IDD、NCEP）や、気象シミュレーションである M9（ETA40/20km モデル、GPS100km モデル）のデータ・ベースを確保している。WRF（15km）のプログラムによって、1 時間、3 時間、6 時間、12 時間の気象予測を実施している。現在これらの気象予測は、TV、ラジオ、インターネットを通じて、SC 州の住民に報道している。非常時には SC 州の Defesa Civil、CELESC（SC 電力公社）、漁業組合、農業組合にも連絡し、同時に Blumenau 市にある FURB/CEOPS にも報告している。

CIRAM は、将来的には INPE から衛星データを入手し、気象予測をさらにグレードアップする予定である。これにより、今後の気象予測の精度向上が期待される。

4.2.5 洪水予警報活動

降雨量と河川水位は、FURB/CEOPS（洪水）、ANA（河川/水資源）、CELESC（発電）など目的に応じて複数の機関で観測され、SC 州の気象を担当する部門である CIRAM に集まっている。しかし実際には、統合的なデータベースとはなっておらず、臨機応変に利用できるような状態にはなっていない。また、CIRAM では ETA（ブラジル）、WRF（アメリカ）といったモデルにより降雨予測を行うことが可能であるが、FFWS には活用されていない。

現行の FFWS は流域全体を対象に体系的に行われているものではなく、洪水予測は Blumenau（FURB）、Rio do Sul（市 Defesa Civil）の2ヶ所で行われている。Rio do Sul 市では、洪水予測式はあるが現行の洪水予警報には用いていない。Rio do Sul 市からのヒアリングによると、ダム管理者である DEINFRA は、Sul ダムおよび Oeste ダムの放流情報を

Rio do Sul 市に全く伝達していないため、洪水予測の精度は低く実用できるレベルではない。よって、観測された水位データから洪水予測を実施しているのは、Blumenau 市のみというのが現状である。

Itajai 市を含む 16 の都市では、表-4.2.4 に示すように、過去の洪水経験から河川水位による警報基準を設定しており、河川水位上昇時には事前に各市の Defesa Civil が観測して各市の災害審議会に報告している。しかし、流域第 3 の都市である Brusque では、この警報基準が設定されていない。また、Brusque の支川沿いに位置する 2 都市（Agu Clara、Gurabiruba）ならびに、山間部の 3 都市（Salete、Mirim Doce、Pouso Redondo）では近年開発が進み、集中豪雨による洪水に悩まされているにも関わらず、現在警報基準が設定されていない。

表-4.2.4 イタジャイ川流域の河川水位警報基準

都市名	標高 El. m	集水面積 km ²	通常 レベル	待機 レベル	警報 レベル	緊急 レベル(m)
Taio	360	1,575	4.0m	6.0m	6.5m	7.5m 以上
Rio do Oeste	-	-	4.0m	6.0m	9.0m	9.0m 以上
Trombudo	350	248	3.0m	4.0m	7.5m	7.5m 以上
Ituporanga	370	1,670	2.0m	3.0m	4.0m	4.0m 以上
Vidal Ramos	-	-	3.0m	4.0m	6.0m	5.0m 以上
Rio do Sul	350	5,100	4.0m	5.0m	6.5m	6.5m 以上
Ibirama	151	3,314	2.0m	3.0m	4.5m	4.5m 以上
Apiuna	93	9,241	3.0m	6.0m	8.5m	8.5m 以上
Benedito Novo	90	692	1.5m	2.5m	3.5m	3.5m 以上
Rio dos Cedros	80	510	1.5m	2.5m	3.5m	3.5m 以上
Timbo	73	1,342	2.0m	4.0m	6.0m	6.0m 以上
Indaial	60	11,151	3.0m	4.0m	5.5m	5.5m 以上
Blumenau	12	11,803	4.0m	6.0m	8.5m	8.5m 以上
Gaspar	11	12,141	4.0m	6.0m	8.5m	8.5m 以上
Ilhota	-	12,357	6.0m	8.0m	10.5m	10.5m 以上
Itajai	-	15,221				

出典：FURB/CEOPS

4.2.6 避難活動と水防活動

現在、イタジャイ流域における避難活動に関しては、各市が過去の洪水記録をもとに避難マニュアルを整備している。（ただし、公式の避難マニュアルは、現在 Blumenau と Rio do Sul のみで整備されており、その他 13 都市において前者 2 都市の公式マニュアルを参考に作成中である。）マニュアルでは、洪水発生時の連絡体制や避難方法について規定されているものの、水防活動については具体的な対応が記載されていない。

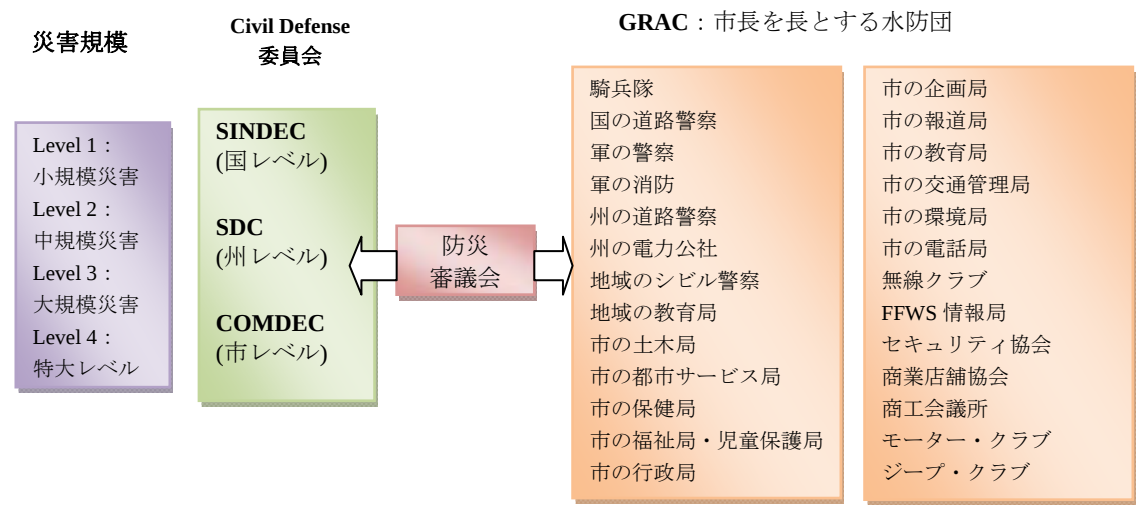
避難マニュアルによると、洪水時には各市の市長を議長とした災害審議会が結成される。各市の Civil Defense が危険箇所をパトロールし、現地状況を審議会に報告する。審議会は、報告を受け、警報水位基準にしたがって市民に避難警報を発令している。

一方で、避難時の安全な避難・救出を目的に、GRAC（消防、警察、市役所など関係機関で構成される水防団）も結成されるが、実際 GRAC の主な活動は、関係機関の調整になっている。災害規模によっては、各市の審議会から SC 州の Civil Defense (SIEDEC) や国の Civil Defense (PNDC) に救済支援を要請する。

洪水時における避難活動と水防活動の現状を図-4.2.2 に示す。

また、山間部の比較的小さな市などでは、特に夜間において警報が遅れるなどの問題がある。組織体制自体に大きな問題は無いが、水文情報の不足が課題と考えられる。今後、ハザードマップを含む避難マニュアルの整備が進めば、これらの避難活動もより適切になる

ものと考えられる。



出典：JICA 調査団

図-4.2.2 現状の避難・水防活動

第5章 洪水災害緩和に係るニーズとマスタープラン策定の基本方針

5.1 洪水災害緩和に係るニーズ

5.1.1 関連行政機関や大学からのヒアリング

本調査は州行政機関、大学、市役所、イタジャイ流域委員会等、多くの関連機関があり、これら機関の協力・理解が重要である。また、防災対策マスタープランの策定過程も参加型が求められている。洪水及び土砂災害対策ニーズの把握を目的として、多数の関係機関に表敬とヒアリングを行った。ヒアリングは計 70 回程度となった。本章では、洪水対策に係るニーズとマスタープラン策定の基本方針を述べ、土砂災害対策に関しては次章に述べる。

5.1.2 イタジャイ流域委員会の期待する洪水災害対策

イタジャイ川流域委員会との意見交換を通じて、同委員会が期待する洪水災害対策や意見は以下の様である。

- i) イタジャイ川は自然河川であり、河岸の植生保持も含めた環境面に十分配慮したマスタープランであること。
- ii) 築堤等による洪水対策ではなく（Flood Control）、洪水の流出を遅らせて被害の最小化をはかる洪水管理（Flood Management）に期待している。視察団を派遣したライン川の洪水防御計画も、洪水被害の削減と自然の復旧を掲げている。大規模な構造物は不要であるし誰も望まない。必要なのは洪水情報であり洪水被害軽減である。
- iii) 50 年前は、洪水問題があったのは Blumenau 市のみであったが、近年は下流部の Itajai 市や Gaspar 市では深刻化している。
- iv) 近年では上流部の小さなコミュニティで小規模な洪水が発生しており、コミュニティも洪水のことが分かってきたが、問題としては大きく出てきていない。コミュニティの希望は、乾期の水不足（特に Itajai do Oeste と Sul 川流域で、近年の農業開発が著しい）もあり小規模の洪水の一時貯留である。また、小規模洪水時の土砂流出（土壌侵食）も問題であり、小規模洪水に対応した貯水池（乾季の利水兼用）、あるいは田畑の保水機能の増強が必要と考えている。
- v) Blumenau 市ではイタジャイ川本流が氾濫する大洪水は 1984 年以来発生していないが、支川で比較的狭い範囲で急激に増水し浸水するフラッシュフラッドによる被害が顕著になってきた。特に、山腹斜面の宅地開発の進展が著しい Blumenau 市の支川では都市型洪水としてのフラッシュフラッドが顕著である。
- vi) イタジャイ市の洪水問題は上流 Brusque 市のイタジャイミリム川の河道整形や途中の氾濫原の土地造成（埋め立て）が原因である。イタジャイの洪水対策として、Brusque 市下流に遊水池機能を持たせることは賛成である。
- vii) イタジャイ流域委員会が 2010 年 3 月に作成した水資源管理マスタープランで提案されている河畔林再生プログラム、災害対策強化プログラム、上流部貯水促進プログラム等は、本調査で策定する治水対策マスタープランと関連することになる（2.7.3 節を参照）。

5.1.3 都市別の洪水災害問題と治水対策ニーズ

前節 3.3.1 でイタジャイ川の主要洪水の記録に基づいた都市別の治水対策ニーズを述べたが、表 5.1.1 にヒアリング結果や現地調査を通して各都市の洪水被害の特性をまとめた。

表-5.1.1 イタジャイ川流域の都市別の洪水被害特性

河川名	都市名	人口	ヒアリング及び現地踏査結果	情報元
Itajai Acu	Itajai	172,081	・ 1980 年以降 7 回の洪水被害あり ・ 人口が多いため被災人口が多い	報告書
			・ 市内はイタジャイ本川よりイタジャイミリム川の氾濫が深刻 ・ 潮位と洪水による本川水位上昇がイタジャイミリム川の排水を阻害 ・ 都市排水施設が脆弱、ポンプ場もなし ・ イタジャイミリム川の橋梁が流下能力を阻害 ・ 警報システムはあるが、Blumenau 市ほど充実していない ・ 旧イタジャイミリム川沿いに保護区域（緑地帯）の計画あり	市計画局、 工事局 UNIVALI（イ タジャイ溪谷大 学） 現地調査
			・ 土砂流入が多く、毎年膨大な浚渫が必要 ・ 流域内の生産土砂対策が必要	Itajai 港 現地調査
	Navegantes	57,324	・ 洪水の頻度は少ない（1980 年以降 3 回） ・ 地盤標高が高いため洪水被害は少ない ・ 洪水時の港湾部の土砂堆積の方が問題	報告書 市財務局、 計画局、現地 調査
	Ilhota	12,149	・ 洪水の頻度は少ない（報告書では 1980 年以降 2 回だが、市職員からの情報では 5 回） ・ SC-470 号線沿いの低地は、背水不良で洪水時に浸水しやすい ・ イタジャイ川本川に架橋計画あり	報告書 市計画局 現地調査
	Gaspar	55,489	・ 1980 年以降 7 回の洪水被害あり、被災人口が多い ・ 市内は川が狭く、橋梁の河道阻害率が大い	報告書 現地調査
	Blumenau	299,416	・ 1980 年以降 14 回の洪水被害が発生、被災人口多い ・ 1983 年と 1984 年洪水は、緩やかな本川水位上昇で浸水 ・ 2008 年洪水では本川の氾濫は無いが、支川の急激な水位上昇（フラッシュフラッド）で被災（Garcia、Velha、Fortaleza 川）	報告書 現地調査
			・ 山間部の宅地開発がフラッシュフラッド、土砂災害の大きな原因、川沿いの違法住宅が問題 ・ 支川（Fortaleza,Garcia,Velha,Itoupava）で護岸、橋梁、都市排水、水門とポンプ施設の計画あり ・ 今後は市の北側（Itoupava 川沿い）に開発が進む ・ Itoupava 川では現在洪水の問題はない ・ 警報は CIRAM、FURB の情報に基づきラジオ、インターネットで実施、FURB では 6 時間後の水位を予測	市工事局、 計画局 現地調査
			・ 河川沿いの違法住居が洪水被害を助長 ・ 河岸が砂地盤で、植生が無いと、斜面崩壊や家屋倒壊しやすい ・ 条例に従い河川沿いに 30 m の保護地区を確保し緑化することを考えている。植生管理が治水対策上も重要 ・ Fortaleza 川河口部の水門施設が問題 ・ 本川左岸に市が計画している護岸計画は、治水対策上の効果が無く、貴重な森林が失われる	イタジャイ川流 域委員会、 FURB 現地調査
	Indaial	50,917	・ 洪水の頻度は少ない（1980 年以降小規模な被害が 3 回） ・ イタジャイ川の流下能力が大い	報告書、現 地調査
	Ascurra	10,996	・ 洪水被害はなし	報告書、現 地調査
	Apiuna	6,945	・ 洪水被害はなし	報告書、現 地調査
	Lontras	9,660	・ 洪水の頻度は少ない（1980 年以降小規模な被害が 3 回）	報告書、現 地調査
	Rio do Sul	59,962	・ 被災人口は少ないが、浸水被害は多い（1980 年以降 8 回）	報告書、現 地調査
			・ 小規模な浸水被害は非常に多い（年 2 ～ 3 回） ・ 違法住宅など土地利用の問題が大い ・ 上流 2 ダム（Oeste、Sul ダム）の操作に問題あり ・ ダムからの情報（水位、流量等）が不十分（ダム側でも流量は把握していない） ・ 市街地の河道の拡張は困難 ・ 非常時のマニュアルを整備中	市計画局、 Defensa Civil 現地調査
			・ 水田、かんがい施設を利用した雨水貯留計画を検討中	CRAVIL

河川名	都市名	人口	ヒアリング及び現地踏査結果	情報元
			・ 小規模ダムにより支川の水を水田に引き込み貯水する	現地調査
Itajai Mirim	Brusque	102,280	・ 洪水の頻度は少ない（1980 年以降が洪水被害 3 回） ・ 近年河道整備が進み洪水の問題は少ない。 ・ 洪水時は河道沿いの道路は冠水するが市内には及ばない（市内の冠水は 1984 年のみ） ・ 河川の蛇行部では水衝部の侵食で宅地に影響する可能性あり	報告書 市計画局、 現地調査
Benedito	Timbo	35,303	・ 1980 年以降 6 回の洪水被害があるが、被災人口は少ない ・ 降雨時は Rio dos Cedros 上流の 2 つの発電ダムの急激な放流で頻繁に冠水 ・ 今年 6 月に Rio dos Cedros 市と合同で、1,200 名の住民署名で洪水対策として貯水池の運用水位を下げる嘆願書を州知事に提出した ・ Benedito 川からの洪水に加えて、Rio dos Cedros 川からの洪水も加わる	DEINFRA FURB/CEOP S 市議会議員 現地調査
	Benedito Novo	10,335	・ 洪水被害はほとんどなし	報告書
	Rio dos Cedros	10,170	・ Timbo 市と同様に上流の 2 つの発電ダムの急激な放流で頻繁に冠水。Timbo 市と合同で、今年 6 月に 1,200 名の住民署名で洪水対策として貯水池の運用水位を下げる嘆願書を州知事に提出した ・ Rio dos Cedros 川の水深が 6m を超えると市内家屋の浸水が始まる。市内の氾濫区域マップの作成は終了した	FURB/CEOP S 市長、市議会議員 現地調査
Itajai do Norte	Ibirama	17,469	・ 洪水被害はなし	報告書、現地調査
Itajai do Oeste	Laurentino	5,757	・ 洪水被害はほとんどなし	報告書
	Rio do Oeste	7,033	・ 洪水被害はほとんどなし	報告書 現地調査
	Taio	17,522	・ 1980 年以降 6 回の洪水被害あり、被災人口は少ない ・ 上流 Oeste ダムの越流により冠水しやすい ・ 2010 年 4 月洪水で市役所付近が 1.5m 程度冠水。Oeste ダムのゲートを早く閉めすぎとの意見あり ・ 河道の疎通能力は 1,000 m ³ /s 程度あるが、Oeste ダムのゲート全開の放流可能量は 160 m ³ /s 程度である	報告書 DEINFRA 現地調査
	Trombudo	6,520	・ 洪水の頻度は少ない（1980 年以降小規模な被害が 3 回）	報告書、 現地調査
Itajai do Sul	Ituporanga	21,496	・ 洪水の頻度は少ない（1980 年以降小規模な被害が 2 回）	報告書 現地調査

出典：JICA 調査団

5.2 本調査で適用される基本原則

2009 年 11 月 5 日に締結された本調査に係る協議議事録（M/M）では、本調査で計画する自然災害対策に係る基本原則が以下のとおり設定されている。

- i) 生物多様性の喪失や住民移転などの環境や社会への負の影響を極力避ける。
- ii) 事業対象地域の下流域への流速・洪水流量の増加などの悪影響を及ぼすことを避ける。
- iii) 各支流の保水機能を高め、本川への洪水流出の遅れを促進する。
- iv) 河川流域内の施設やスペースの多目的利用を促進する。

5.3 洪水災害緩和対策マスタープラン策定の基本方針

上記で述べた関連行政機関や大学及びイタジャイ流域委員会の意見交換、並びに基本原則を基に、治水代替案を含めた治水対策マスタープラン策定の基本方針を設定した。

- i) 現時点では計画規模である治水安全度の設定は難しいと考えられるので、洪水防御対象地区を選定し 5 年、10 年、25 年、50 年の治水対策を提案して、イタジャイ川流域委員会や州行政機関（州知事や局長レベル）と議論して、治水安全度を選択する¹。

¹ 本調査に係る実施細則（Scope of Works）では 5 年、10 年、25 年の治水対策を提案するよう記載されているが、2010 年 5 月 9 日に開催された第 1 回カウンターパート会議での要請もあり 50 年の治水対策も検

- ii) なお、洪水防御地区の選定や各治水安全度に対する代替案の組み合わせや治水効果の評価等は、イタジャイ川流域委員会（委員会内に設置された防災部会）と一緒に議論する²。
- iii) 我が国の総合治水の観点から踏まえてマスタープランを策定する。洪水の流出を遅らせる流域対策を検討する。流域での氾濫を許容し、洪水被害の最小化を目標とした『洪水を散らす治水対策』を検討する。
- iv) イタジャイ川水資源管理マスタープランでも提案されている水田への雨水の一時貯留や小規模貯水池は、洪水流出を遅らせることが可能であり検討する。CRAVIL（イタジャイ流域農牧業地域農協）によれば、対象となる水田の総面積は22,000 haでRio do Sul 上流からイタジャイ市付近までを想定している。
- v) 3つの治水ダムが建設されているが、その内、Oeste ダムと Sul ダムの嵩上げによる治水容量の増強により洪水流出を遅らせることが可能と考えられる（特に、ダム下流に位置するRio do Sul と Taio 両市の治水対策には有望である）。
- vi) Gaspar 市より下流のイタジャイ川沿いの自然遊水地は、牧草地や田畑として利用されている。この自然遊水地はイタジャイ下流域への洪水流量の低減効果があるので機能を維持させるため現状維持とする。
- vii) 洪水防御対象地区としては、Rio do Sul, Blumenau, Itajai の各市で優先度が高い。上流域の流域対策により極力洪水の流出を遅らせることに加え、各地区の洪水氾濫特性や都市計画（土地利用計画）を十分配慮した上で、可能な対策代替案を検討する。
- viii) 本流からの洪水に加えて、Itajai 市の洪水氾濫は、イタジャイミリム川への背水（潮位の影響も加わる）、市内の雨水排水能力不足、イタジャイミリム川からの洪水流入が原因であり、その影響の度合いを評価した上で対応策を検討する。
- ix) フラッシュフラッド対策は、河道内の違法宅地も多く、都市計画（土地利用規制やゾーニング）との調整が必要となる。
- x) 治水安全度が50年と高くなれば、遊水地等による流域対策だけでは限界がある。高水敷設置による河道の拡幅が必要となる。高水敷の活用に関しては、水資源管理マスタープランの河畔林再生プログラムを組み込むことが必要となる。また、ガスパル下流の氾濫域やItajai 市の氾濫時間の短縮や湛水深を下げるために、洪水放水路が必要となる可能性が高い。
- xi) マスタープランの計画目標年次は選定される治水安全度にもよるが、イタジャイ川流域水資源管理マスタープランの長期計画目標年次が2030年となっているので、整合性を図るために治水マスタープランの計画目標年次は、遅くとも2030年までに達成することとする。

5.4 洪水予警報システム強化の基本方針

既設の洪水予警報システムの課題を考慮して、以下の基本方針で既設の洪水予警報システムの強化計画を策定する。

- i) 観測所増設による水文観測ネットワークの強化。
- ii) 観測機器とデータ伝送方式の更新による観測データ及びデータ転送精度の向上。

以下に、強化計画策定にあたっての留意点を述べる。

討することになった。

² 2010年5月7日及び7月28日に開催されたイタジャイ流域委員会での要請

5.4.1 河川特性の観点

- i) Rio do Sul 市周辺の宅地開発や森林伐採により洪水流出量が増加しているため、山岳地の支川の降雨を重点的に観測する必要がある。これらの支川は Rio do Sul 市までの到達時間が短いので、現在の Sul ダムと Oeste ダムの放流量だけでは洪水予測が困難である。
- ii) Rio dos Cedros と Timbo の両市では、上流の 2 つの発電ダムの急激な放流で頻繁に冠水しているため、Rio dos Cedros 川上流の 2 ダムからの放流量を監視する必要がある。
- iii) Blumenau 市の下流に位置する Gaspar、Ilhota 及び Itajai の各市で、イタジャイ川本流にそれぞれ水位観測所を設置して、洪水流出状況と潮位による水位変化など監視する必要がある。
- iv) イタジャイ・ミリム川についても、Brusque 市周辺の土地開発によって洪水流出が増加しており、流入支川の雨量と河川水位を監視する必要がある。

5.4.2 観測機器及び伝送方式更新の観点

既存の観測所では機器が古く維持管理がされていないので、既設の雨量計や水位計を更新し、また、データ伝送方式も高精度でデータ転送の確実な方式に更新する。維持管理面から、ここ数年で観測機器が改善されているので、以下の点に留意する必要がある。

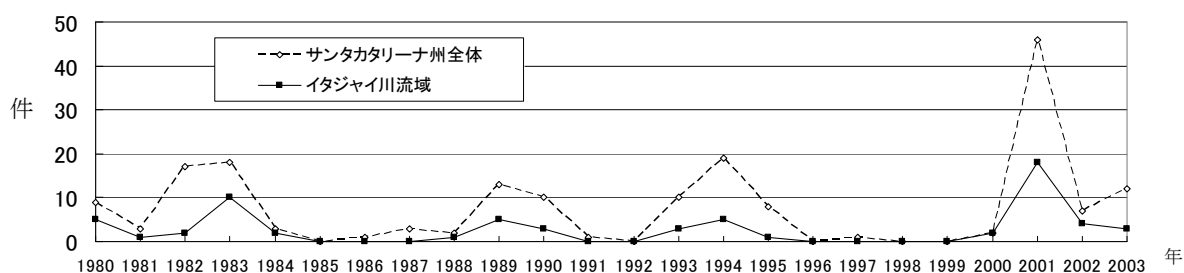
- i) 既存の水位計は河床に設置した圧力方式であるが、洪水のたびに浸食や堆砂を起こし維持管理に大きな負担を及ぼす。レーダー式水位計は、橋梁などに設置し軽く精度が高く温度や風の影響を受けにくく消費電力も小さく安価である。
- ii) データ伝送システムを無線回線から携帯電話回線に切り替え、観測データをパケット交換方式にすることによって、直接 CEOPS に 10 分間隔で E-mail が送ることが可能となる。更に、ソーラ・パネルで電源を確保できるので、中継点におけるリピーターなど付帯設備がいらなくなりポール 1 本で雨量計、水位計、ソーラ・パネル、バッテリー、データ・ロガー及び電話回線交換器が設置できる。
- iii) デジタル方式も 2G（第二世代携帯方式）の GSM（Groupe Special Mobile）から 2.5G の GPRS（General Packet Radio Service）に変更することによって、安定した通信と周波数帯域利用効率が強化され拡張データ通信が可能となる。
- iv) 監視カメラの普及によって、高精度で軽量の CCTV（Closed Circuit TV）が安価で入手できるようになっている。よって、Rio do Sul、Blumenau、Itajai の 3 市には、洪水状況をリアル・タイムで把握するために CCTV を設置する。
- v) FURB/CEOPS はマスター・ステーションとして、各観測所のデータを収集しデータベースに格納し洪水予測を実施する。また、Rio do Sul と Itajai 市にはモニター・ステーションとして Civil Defense の事務所にインターネットを通じて監視できる様に機器を配置する。更に、Florianopolis 市にモニター・センターを設置する。

第6章 土砂災害緩和に係るニーズとマスタープラン 策定の基本方針

6.1 土砂災害の実態と復旧事業

(1) 土砂災害の経年的な実態

図-6.1.1 に SC 州 Defesa Civil のデータを基にイタジャイ川流域の土砂災害発生件数を示す。データが既存する 1980 年～2003 年の 23 年間での被害が顕著な土砂災害数は、SC 州全体の 185 件に対しイタジャイ川流域は 35% の 65 件である。



出典：Defesa Civil-SC のデータを基に JICA 調査団作成

図-6.1.1 SC 州およびイタジャイ川流域の土砂災害数経年変化（1980-2003 年）

イタジャイ川流域の面積は、SC 州の 16% であり、1 千 km^2 当たりの年土砂災害発生件数は、SC 州全体で 0.08 件/千 km^2 ・年に対しイタジャイ川流域はその 2.2 倍の 0.19 件/千 km^2 ・年と相対的に高いレベルにある。人口百万人当たりの年土砂災害発生件数でも SC 州全体で 1.6 件/百万人・年に対し 1.7 倍の 2.8 件/百万人・年である。なお、イタジャイ川流域は相対的に人口密度が高く、SC 州の 51.2 人/ km^2 に対し、1.3 倍の 68.4 人/ km^2 である。土砂災害の年次の発生件数と年降水量あるいは年次の月間雨量最大値との相関関係は認められない。

(2) 2008 年 11 月豪雨土砂災害の特徴と被害

2008 年 11 月豪雨による激甚土砂災害と洪水により、表-6.1.1 に示す被害が報告されている。89 名の死者数は、避難者数 103,602 人に対し 0.09%、被災者数 66,556 人に対し 0.13%、家屋喪失者数 14,573 人に対し 0.61% になっている。この被害が洪水・土砂災害のいずれによるかは公式情報では区分されていない。SC 州 Defesa Civil によれば死者数の 97% は土砂災害によるとされている。洪水に対しては既往の警報システムにより避難し殆どが死を免れているが、土砂災害に対しては既往の警報システムも無いことから避難も殆ど行なわれず死亡被害者が多くなったものと考えられる。

(3) 2008 年 11 月土砂災害の復旧事業

2009 年 11 月に発表された報告書（Reconstrução Áreas afetadas Catástrofe Novembro/2008）には、土砂災害復旧と洪水復旧については明確に区分できないため一括して表示されている。SC 州の緊急活動費用としては、緊急避難、被災インフラ復旧事業等で約 R\$520 百万が充てられている。

SC 州の復旧事業の他、連邦の事業として連邦道路 BR470 号線の土砂災害の復旧を行った。BR470 号線は、Blumenau 市内での 1 箇所完全閉塞や、その他 5m 大の巨大転石が発生するなどの部分閉塞被害があった。Gaspar 市では地すべりに伴い道路下のガス管の爆発も発生した。これらの土砂の除去や仮設迂回路等の緊急対策により同年 12 月 12 日に開通した。その後の完全復旧工事の総額は R\$ 17 百万 である。

表-6.1.1 2008 年 11 月の洪水・土砂災害被災記録

市	人口	被災者割合	避難者数	被災者数	家屋喪失者	怪我人	死亡者	被害家屋	被害道路延長(km)
Benedito Novo	9,841	31%	102	712	210		2	191	576
Blumenau	292,972	35%		25,000	5,209	2,383	24	18,000	
Brusque	94,962	100%		8,000	1,200	66	1	1,220	120
Gaspar	52,428	100%		7,100	4,300	280	16	8,700	600
Ilhota	11,552	100%	3,500	3,500	1,300	67	26	406	
Itajai	163,218	100%	100,000	18,208	1,929	1,800	5	28,400	
Luis Alves	8,986	100%		3,232	239	41	10	220	40
Pomerode	25,261	1%		182	48		1	50	100
Rio dos Cedros	9,685	88%		595	96			283	300
Rodeio	10,773	5%		27	42		4	35	144
Timbo	33,326	2%						264	
	713,004		103,602	66,556	14,573	4,637	89	57,769	1,880

出典：AVADAMs enviados pelos municípios á Defesa Civil de Santa Catarina, nos dias 24 e 25 de novembro de 2008.

6.2 土砂災害の形態区分と特性

6.2.1 概要

ブラジル国では、土砂災害として Escorregamento（エスコヘガメント）と Deslizamento（デスリザメント）の両者が全く同意義用いられているが、本調査では、2004 年の SC 州の Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina（災害図説）に準じ Escorregamento とする。

土砂災害の区分は Varnes 1978 が汎世界的に知られており、運動形態により「Fall（崩落）」、「Topple（前倒）」、「Slide（すべり）」、「Spread（展散）」と「Flow（流動）」の 5 つに区分されている。本調査では、土砂災害対策管理に当たりその運動形態特性からの留意点が共通することから、図-6.2.1 に示すように「Fall（崩落）」、「Topple（前倒）」を『Collapse（崩壊）』、「Slide（すべり）」、「Spread（展散）」を『Slide（すべり）』に一括する。なお、Escorregamento は土砂災害（広義）として用いるのと同時にすべり（狭義）としても用いる。

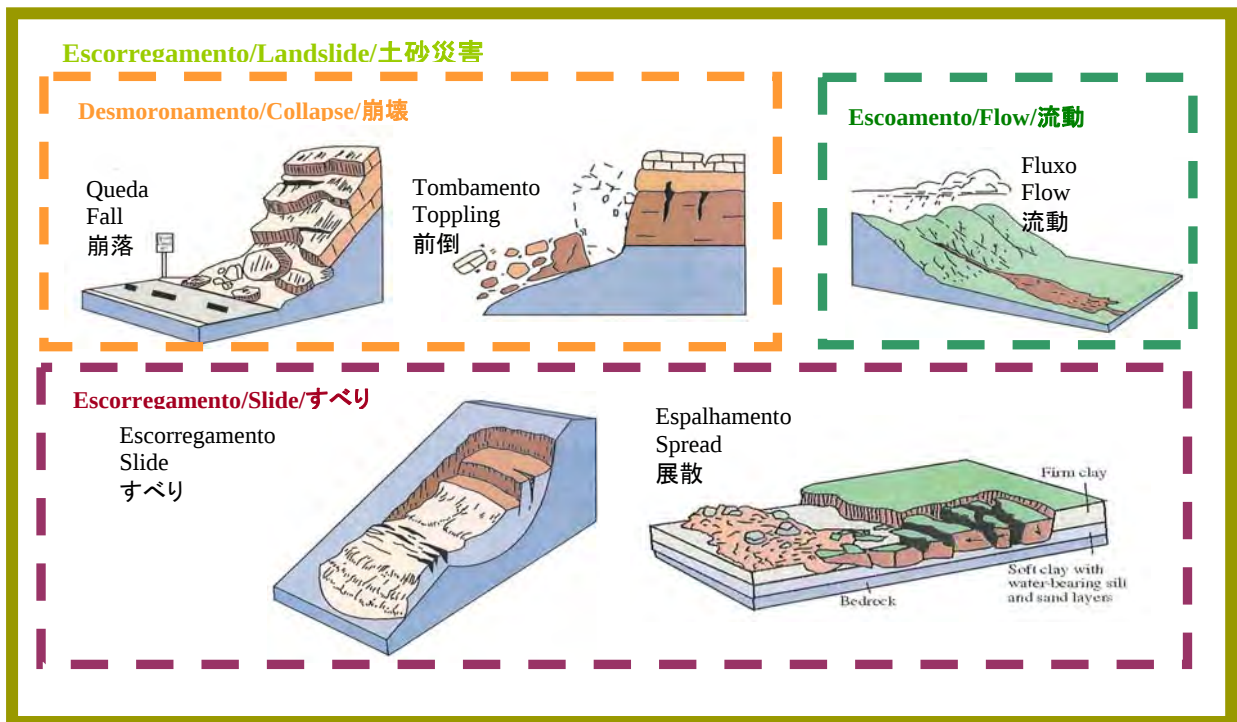
表-6.2.1 に、斜面運動形態と地盤種による土砂災害種の区分をとりまとめた。災害種に応じた災害発生の特徴と適切な対策手法が異なる。本調査では、この災害種をできる限り判別し土砂災害管理の検討に供した。なお、この種別は明確に区分できるものではなく、中間型があること、発生し、移動する過程で運動形態や移動物質が変化する場合もあることは、本調査域でも同様である。例えば、発生時には崩壊（Desmoronamento）でも、溪流部に移動した後に流動（Escoamento）に変化した事例、流動による堆積物の先端は石礫が主体であるが先端から距離が離れるのに従い、砂/細粒土に移化する事象が認められる。

なお、本調査においては、水分の体積比率が 90%以上の流動はフラッシュフラッドと定義し、土石流と区分する。

6.2.2 斜面崩壊の特徴

本調査において、崩壊は豪雨や地震などによって斜面を構成する土砂や岩石が比較的短時間に崩れ落ちてくる現象のことをいう。土塊や岩塊が時間をかけて緩やかに滑動する「地すべり」や豪雨時に溪流に堆積あるいは崩落した土砂が大量の水とともに一気に流出してくる「土石流」とは被災の特徴や適切な管理手法が異なるので区別する。

イタジャイ川流域において最も多く認められる現象であり、「土石流」と共に運動速度が早いため人的被害を受け易い。表層の風化土残積土として形成された細粒土が豪雨時に脆弱化して崩壊する形態が多く認められる。



出典: JICA 調査団、Varnes1982 を基に編集

図-6.2.1 土砂災害の運動形態区分

表-6.2.1 本調査における斜面運動形態と地盤種による土砂災害種の区分

Tipo de Movimento Type of Movement 運動形態	Tipo de Material Type of Material 物質構成		
	Leito de Rocha Bedrock 基岩	Solos de Engenharia Engineering Soils 石礫/砂/細粒土	
		Predominantemente Áspero Predominantly Coarse 石礫主体	Predominantemente Fino Predominantly Fine 砂/細粒土主体
Desmoronamento (Queda, Tombamento) Collapse (fall, topple) 斜面崩壊（崩落、前倒）	Desmoronamento de Rocha Rock Collapse 岩盤斜面崩壊	Desmoronamento de Detritos Debris Collapse 石礫斜面崩壊	Desmoronamento de Terra Earth Collapse 土砂斜面崩壊
Escorregamento (escorregamento, espalhamento) Slide (slide, spread) 地すべり（すべり、展散）	Escorregamento de Rocha Rock Slide 岩盤地すべり	Escorregamento de Detritos Debris Slide 石礫地すべり	Escorregamento de Terra Earth Slide 土砂地すべり
Escoamento Flow (flow) 土石流（流動）	-	Escoamento de Detritos Debris Flow 石礫型土石流	Escoamento de Terra Earth Flow 泥砂型土石流

注: () 内は Dr. Varnes、1978 年による区分、出典: JICA 調査団作成

この崩壊が顕著な土壌区分は、赤黄色土である。この赤黄色土は、亜熱帯性気候により深層風化土として形成されており、表層から深度 10m 以上に及ぶ場合もある。赤色土（上層）と黄色土（下層）に区分される。赤色土は、細粒土化が進んでおり、含水による強度劣化が著しく崩土は河川を赤褐色に懸濁し、細粒分は容易に沈殿しないで海まで流出する（Blumenau 市のイタジャイ川河岸の堆積物は褐色を帯びた細砂であり、表層面に 1mm 未満の薄い赤褐色細粒土が認められるのみである）。黄色土は比較的、細粒化が進んでおらず

強度もある。

大半の崩壊地では、赤色土の部分のみが1m未満で、浅く崩壊している。Mar 山地をイタジャイ川本川が分断する部分では、岩盤斜面からの落石が認められる。降雨と落石発生の関係は明瞭ではない。



2008年11月豪雨による被災
連邦道路 BR470 号線 Km 44 Blumenau 市内赤黄色土の崩土が道路を完全に閉塞した。

写真: DENIT Rio do Sul 事務所提供



2008年11月豪雨による被災
連邦道路 BR470 号線 Blumenau 市内赤黄色土中の長径5m大の岩塊が回りの土壌が含水し、劣化したため抜け落ち道路へ転落した。

写真: DENIT Rio do Sul 事務所提供



Blumenau 市道の DINFRA による災害防除工事現場

基盤岩を薄く覆う赤黄色土壌の崩壊。

写真: JICA 調査団 2010年5月26日



2008年11月豪雨による被災
連邦道路 BR470 号線 Km 41 Gaspar 市内赤黄色土のうち赤色土を主体とする路体が突発的に崩壊し、走行中の自動車が落下した。

写真: DENIT Rio do Sul 事務所提供



2008年11月豪雨による災害
州道 SC470 号線 Gaspar 市街地基盤岩の上に薄く被覆していた岩屑土が基盤岩との境界部から崩壊した。崩土は道路全幅員を被覆し反対側のガソリンスタンド敷地に達した。

写真: Defesa Civil-Gaspar 提供



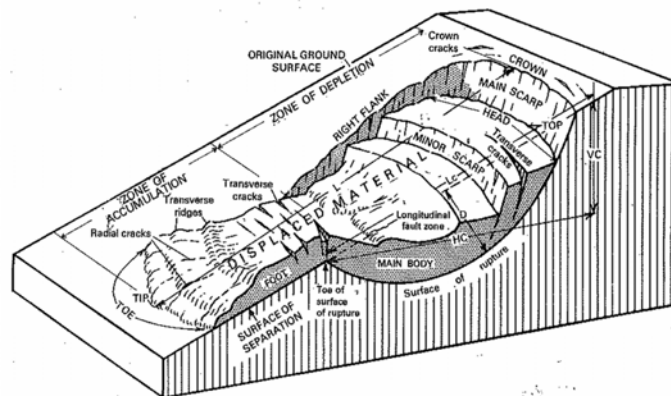
Pomerode 市の赤黄色土壌の切土の浸食状況
浸透水により容易に劣化し浸食を受け易い。

写真: JICA 調査団 2010年5月8日

6.2.3 地すべりの特徴

地すべりは、明確に確定される一つないし数箇所の面あるいは薄層内で発生するせん断ひずみやせん断変位現象で、その発生は進行破壊的なものである。これらのすべり面を境界として上位の地塊が緩速で移動し、発生規模が大きく、移動地塊の乱れが少なく、その地塊の大半がその発生域内に残存している現象が地すべりであり、回転性のすべり面を持つ

典型的な地すべりでは、下図のような地形的特徴が認められる。



出典:Dr. Varnes 1978

図-6.2.2 回転性地すべりの形状

本邦の事例調査では斜面崩壊の深度はせいぜい 2 m であるが、地すべりの平均長さ、平均深度は約 300 m、約 18 m に達し、崩壊が 30° 以上の急斜面で多く発生するのにに対し地すべりは 15-30 度の斜面で発生している。

地すべりは崩壊に比較して、深部で起きる変動であるため、雨の影響が少ないあるいは遅れて影響が生ずるせん断現象である。イタジャイ川流域でも、2010 年 8 月末に活性化した Pomerode 市の地すべりは豪雨とは無縁に活性化したものであり、2010 年 12 月に比高 5 m の滑落崖を生じた Benedito Novo 市の地すべりは 2010 年 11 月豪雨の後 1 ヶ月を経て活性化したものである。

イタジャイ川流域での地すべりの発生し易い地質条件は以下である。

- i) 厚い土壌、特に赤黄色土壌分布域。土壌が、含水することにより強度劣化し易く、すべり面が形成され易い。（イタジャイ川本川および支川岸の 30 度未満の山腹斜面）
- ii) 中生代の泥質堆積軟岩の分布域、特に隣接して上位に Sera Geral 累層の玄武岩等の火山岩が分布する地域。泥質堆積軟岩が層理面に沿って併入した薄い溶岩や熱水により劣化しているのに加えて、玄武岩に貯留された裂か水からの湧水が集中し、すべり面を生じ易い。（Itajai do Norte、Itajai do Oeste、Itajai do Sul 流域）



写真：JICA 調査団撮影 2010 年 9 月 14 日

Pomerode 市南西部の赤黄色土壌分布域の地すべり

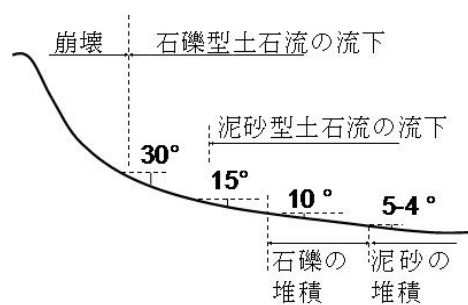
2010 年 8 月末に活性化し山腹際の 2 家屋を破壊した。写真手前の 2 家屋の周辺は 25 年前までは沼地であり軟弱土が分布している。渇水時に活性化したが、経年的に赤黄色土壌内のすべり面の劣化が進行し降伏的に活性化したと考えられる。

 写真：JICA 調査団撮影 2010 年 5 月 9 日撮影	<u>Taio 市の Itajai do Oeste 川ダム上流、州道 SC302、中生代泥質堆積岩分布域の地すべり</u> 滑落崖は道路よりも山側の斜面にある。写真左側が川、写真右手側の斜面には千枚岩が分布し、湧水がある。
 写真：JICA 調査団撮影 2010 年 5 月 24 日撮影	<u>Luiz Alves 市の 州道 SC413 号線</u> Luiz- Alves -Massaranduba 区間。赤黄色土壌内部にすべり面がある。2008 年 11 月豪雨では道路を完全に閉塞した。すべり面は道路面よりやや上にあり現在も道路に沿って延長 60m 区間は、道路面に押し出しつつある。活性化していないところも含めた全延長 240 m。
 写真：Defesa Civil-Benedito Novo 提供 2008 年 12 月撮影	<u>Benedito Novo 市庁舎地域の地すべり</u> 赤黄色土壌に発生した地すべり頭部の滑落崖の比高 5m。2008 年 11 月豪雨から約 1 ヶ月遅れて 12 月に発生した。

6.2.4 土石流の特徴

土石流は、斜面崩壊と同様に人命に対する被害が多く、家屋・施設が破壊され、復旧に多くの時間と経費がかかることが特徴である。土石流による災害の特徴は次に述べる土石流の特徴に由来している。

- i) 速度が大きい。一般に石礫型土石流（石礫を多く含むもの）で約 5～10 m/秒、泥砂型土石流（石礫が少なく土砂の割合が少ないもの）で 10～20 m/秒で流下する。
- ii) 巨石、流木を含む。特に土石流の先端部には直径数mの巨石や流木が含まれて流れるため、大きな衝撃力が発生して家屋等を破壊する。
- iii) 突発的に発生する。土石流の発生は突発的で、前兆現象は明らかでない。



出典：江頭・伊藤ら：砂防地すべり技術研究報告会
講演論文集 2003 年を基に JICA 調査団作成

図-6.2.3 溪流・氾濫原の勾配と土砂移動形態

本邦の事例研究によれば、花崗岩（Gaspar、Blumenau、Indaial 各市の南部および Brusque、Botuvera のイタジャイミリム川南部等）および広域変成岩分布域（Luiz Alves、Pomerode、Gaspar の北部、Blumenau 市のイタジャイ川より北部、Timbo SDR のイタジャイ川より北部、Ibirama 市中央部等）で土石流が相対的に発生し易い。

 土石流の発生源	 土石流の流下部 溪流に変成岩体の片麻岩が分布する。	 土石流の堆積部
Blumenau 市、Velha 川源流域の 2008 年 11 月豪雨における土石流被災地、5 名が被災し死亡した。		

写真：JICA 調査団撮影 2010 年 5 月 27 日

 JICA 調査団撮影 2010 年 5 月 27 日 <u>Blumenau 市、Garcia 川流域の潜在的な土石流被災危険地</u> 溪流部に住宅が密集して立地している。	 Defesa Civil - Benedito Novo 提供 Benedito Novo 市北部の 2008 年 11 月の泥砂型土石流、赤黄色土が流下しているが片麻岩の石礫も含む。Cunha 川を堰止め一時的に天然ダムを形成した。写真奥ダム湖から下流側は Rio do Cedros 市。	 JICA 調査団撮影 2010 年 Ilhota 市 Bau 山麓の 2008 年 11 月豪雨による土石流、赤黄色土壌を基質とし、計 10-30cm の石を多く含む。Bau 山麓は、2008 年 11 月豪雨で、最も激甚な土砂災害が発生し、Ilhota 市では、本豪雨の市別死者数として最も多い 27 名の死亡人身損失があった。
	Defesa Civil - Benedito Novo 提供 Benedito Novo 市 Ribeirao Pinheiro 地区の 2008 年 11 月の泥砂型土石流、泥砂型。	

6.2.5 市別の土砂災害リスクの特性

SC 州 Defesa Civil による 1980 年～2003 年の 23 年間土砂災害データにおいて、3 件以上の土砂災害が記録されている市、2008 年 11 月豪雨で非常事態宣言(Estado de Calamidade) が出された市、及び DEINFRA により土砂災害危険道路区間が存在すると指摘されている市について、その特性を資料調査および現地踏査から下表-6.2.2 に要約した。

表-6.2.2 土砂災害のリスクの高い各市の特性

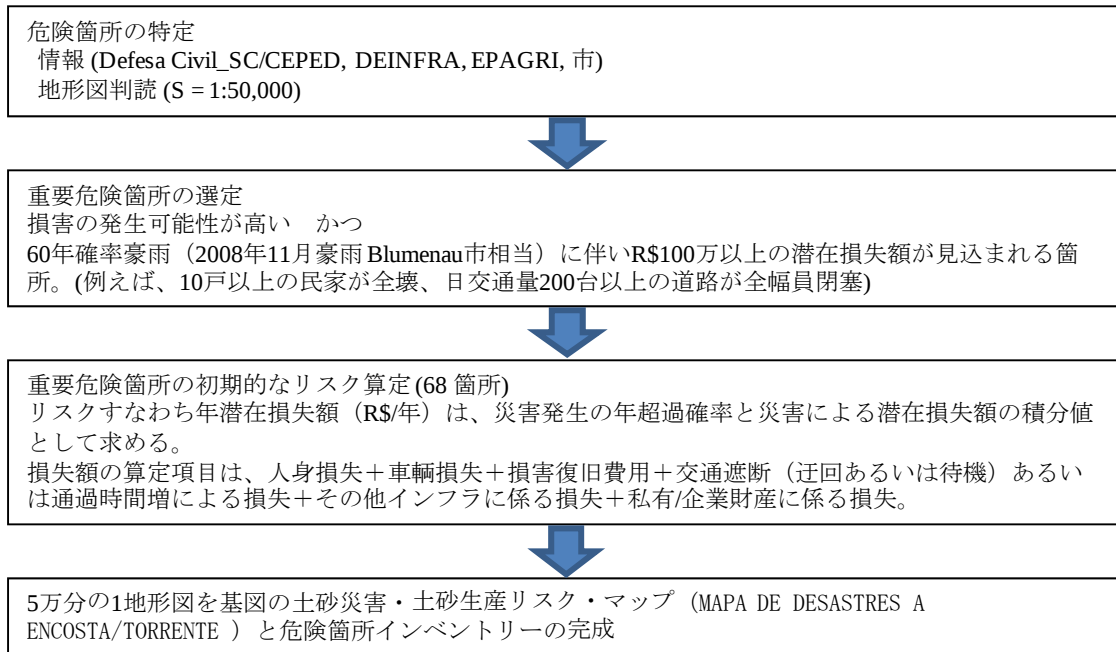
地方開発事務所 (SDR)	市	土砂災害リスクの特性
SDR- Taio	Rio do Campo	中生代の泥質堆積岩に玄武岩の併入があり、層理面を劣化させ潜在的すべり面が形成され、地すべりが発達し易い。
	Salete	
	Taio	同上。Oeste ダムによる水位変動に伴い、州道 SC301 に小規模な地すべりが断続的に認められる。
SDR- Ibirama	Presidente Getulio	泥質堆積岩を基盤とし風化土として赤黄色土が形成されているため、地盤が脆弱で地すべりが発生し易い。州道 SC421 号には大きな問題は無い。
	Witmarsum	
SDR- Rio do Sul	Rio do Sul	古生代の泥質堆積岩に玄武岩の併入があり、層理面を劣化させ潜在的すべり面が形成されている可能性がある。住宅密集地に土石流を供給する地すべりがある。100 敷地規模の住宅造成地に地すべり問題がある。
SDR- Timbo	Benedito Novo	市庁舎脇の大規模地すべり地がある。花崗岩および変成岩が分布し土石流の危険性が比較的高い。Benedito Novo～Rio dos Cedros 境界で 2008 年 11 月豪雨により土石流が Cunha 川を河道閉塞した。州道 SC416 で地すべりによる路体崩壊危険箇所あり。
	Rio Dos Cedros	片麻岩等の広域変成岩と花崗岩の分布域であり、土石流の危険性がある。2008 年 11 月豪雨以前は深刻な土砂災害は報告されていないことから、20 年確率の豪雨があると発災の危険性が高まると考えられる。
SDR- Blumenau	Blumenau	SC 州で最も土砂災害が頻発している。斜面・渓流部の宅地建設が大きな原因、危険渓流に近い位置、急斜面での住宅建設が問題。緩斜面においても地すべりのリスクがある。交通量の多い北部へのびる州道 SC474 に斜面崩壊・地すべりによる変状あり。
	Gaspar	州道 SC486、および市道での法面斜面崩壊、住宅地での斜面崩壊危険地域が多い。斜面における新規造成地での地すべりによる変状あり。Gaspar-Luiz Alves 道路と Gaspar-Blumenau 市道、イタジャイ側右岸 BR470 のショートカット路線では、舗装計画があるが、斜面对策をしないと道路閉鎖や舗装の損傷が生じ無駄になる。
	Ilhota	2008 年 11 月豪雨での Bau 山周辺における激甚な土砂災害（地すべり・河道閉塞、土石流）が発生した。被災箇所でも植生の回復が進まず、土砂生産が進行している状況であり、植生回復を図る必要がある。
	Luiz Alves	Gaspar-Luiz Alves 間道路、州道 SC413 の市街地よりも北部で斜面崩壊、地すべりの危険性が高い。現在州事業で実施中の大規模公団造成においても地すべり対策が必要となる可能性があり、雨水流出が増えることによる洪水・土砂災害への悪影響が懸念される。
	Pomerode	北部にのびる州道 SC418 号に斜面崩壊および地すべり（路体のすべり）がある。2010 年 8 月に活性化した、住宅および印刷工場に影響を与えている地すべりがある。
SDR- Brusque	Brusque	州道 SC486 および市道の切土のり面は、急勾配で植生が無く、斜面崩壊の危険性が高くイタジャイミリム川への土砂流出も懸念される。住宅に関わる土砂災害危険地も多い。斜面での新たな造成地で地すべりが発生している。
	Botuvera	州道 SC486 の、のり面は急勾配で植生が無く、法面斜面崩壊のリスクが高く土砂生産とイタジャイミリム川への流出も懸念される。
SDR- Itajai	Itajai	平地縁辺部に、急傾斜崩壊地がある。斜面の土壌は赤・黄色土主体で崩壊し易い。

出典：JICA 調査団

6.3 土砂災害・土砂生産のリスク評価とリスク・マッピング

6.3.1 リスク評価とリスク・マッピングの流れ

リスク評価とリスク・マッピングは以下の流れで実施した。



出典：JICA 調査団

図-6.3.1 土砂災害/土砂生産リスク評価とリスク・マッピングの手順

以下に、リスク・マップ作製までの概要を述べる。尚、リスク・マッピング詳細は、付属報告書に述べている。

6.3.2 土砂災害危険箇所の特定

土砂災害危険箇所の特定は、下表-6.3.1 に示す既往土砂災害位置データ、本調査による現地確認（市、DEINFRA の案内および調査団独自）および全域の5万分の1地形図、Ilhota 市 Bau 山周辺の2万5千分の1地形図、1978年～1979年撮影の2万5千分の1空中写真の判読に基づいた。最終的に、合計949箇所の土砂災害危険箇所を選定した。

表-6.3.1 土砂災害の既往災害位置の情報源

データ元	報告書名	危険箇所 949 箇所 (下記データ元の異なる資料間で多くの箇所が重複している)
Defesa Civil-CEPED	Resposta ao desastre em Santa Catarina no ano de 2008: avaliações durante o desastre/Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Florianópolis:CEPED 災害対応 SC 州 2008 年、災害評価、大学内調査研究センター、Florianópolis CEPED	932 箇所
Defesa Civil-CEPED	上記の 2010 年の 11 月追加更新資料	943 箇所
EPAGRI/CIRAM	COMPLEXO DO MORRO DO BAÙ Levantamento aéreo dos pontos de deslizamento (2008 年 11 月豪雨による) Bau 山地帯の土砂災害位置空中調査図	62 箇所
DEINFRA/DIOT	2008 年 11 月豪雨被災箇所	34 箇所

データ元	報告書名	危険箇所 949 箇所 (下記データ元の異なる資料間で多くの箇所が重複している)
JICA 調査団 2010 年 4 月～11 月調査	本調査現地確認（市、DEINFRA の案内および調査団独自）	68 箇所

出典 JICA 調査団

6.3.3 重要危険箇所の選定

災害発生の可能性が高く、かつ被災対象が 60 年確率豪雨（2008 年 11 月豪雨 Blumenau 市相当）で R\$ 100 万以上の潜在損失額が見込まれる箇所を重要危険箇所として選定した。R\$ 100 万以上の潜在損失額の目安は、10 戸以上の民家が全壊、日交通量 200 台以上の道路が全幅員閉塞する被災規模である。結果として、68 箇所が重要危険箇所を選定した。その内訳は、SC 州道路 32 箇所、市道 35 箇所、イタジャイ港 1 箇所である。

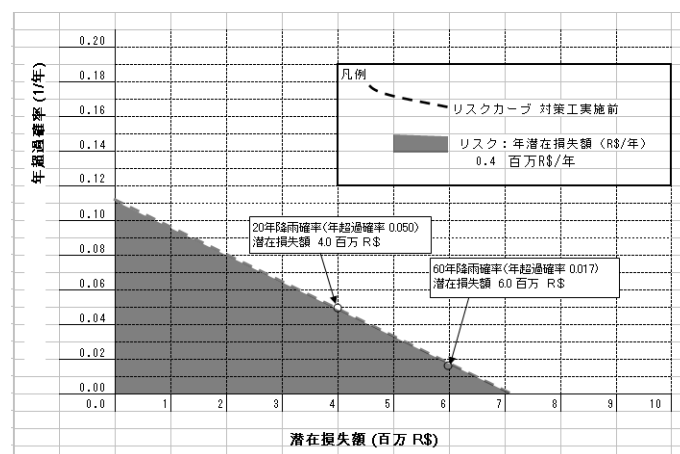
6.3.4 年潜在損失額の算定

選定された 68 箇所の重要危険箇所においてリスクを評価した。リスクは年潜在損失額（R\$/年）で定量的に表現される。土砂災害は、同じ箇所においても発生確率年あるいは、降雨等の誘因の規模（降雨指標の確率年）によって災害の発生規模（被災構造物への到達土量、道路路体崩壊延長、港湾の堆積土砂量）が変化する。

図-6.3.2 の例に示すように、年潜在損失額は災害発生年の超過確率（確率年の逆数）を縦軸、災害による潜在損失額を横軸として描かれるリスクカーブとグラフ軸間で示される積分値として算定される。

主たる被災対象が道路である場合は、全幅員道路閉塞災害と片側幅員道路閉塞災害の 2 点の災害発生規模についてその年超過確率と潜在損失額を算定し、年潜在損失額を算定した。

全幅員道路閉塞災害と片側幅員道路閉塞災害の年超過確率（確率年の逆数）は、2008 年 11 月豪雨時の類似斜面の災害規模と、最も距離が近い雨量観測点の土壌雨量指数（本邦での統計解析により土砂災害の発生との関連性が高いとされている。）の確率年を参考に評価した（土壌雨量指数は第 9 章参照）。道路土砂災害の損失額の算定項目と算定手法および算定に用いた原単価・単位数、及びイタジャイ港における年損失額の算定方法は付属報告書に述べている。



出典：JICA 調査団

図-6.3.2 土砂災害のリスクカーブと年潜在損失額の算定例

重要危険箇所 68 箇所の年潜在損失額算定結果を表-6.3.2 に示す。

表-6.3.2 重要危険 68 箇所の年潜在損失額の算定結果

順位	位置	南緯			西経			SDR	市	年潜在損失額 R\$ 千 /year
		度	分	秒	度	分	秒			
1	Itajai Port	26	53	56	48	40	7	Itajai	Itajai	9,000
2	SC 302 Taio-Passo Manso-5	27	1	45	50	8	18	Taio	Taio	1,255
3	SC470 Gaspar River Bank	26	55	2	48	58	37	Blumenau	Gaspar	1,095
4	Blumenau -Av Pres Casrelo Branco	26	55	7	49	3	58	Blumenau	Blumenau	1,021
5	SC418 Blumenau – Pomerode	26	51	32	49	9	18	Blumenau	Pomerode	989
6	SC474 Blumenau-Massaranduba 2	26	44	18	49	4	18	Blumenau	Blumenau	907
7	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	26	47	38	49	0	16	Blumenau	Gaspar	774
8	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	26	44	26	48	57	52	Blumenau	Luiz Alves	700
9	SC470 Gaspar Bypass	26	55	56	48	57	21	Blumenau	Gaspar	689
10	SC477 Benedito Novo – Dutor Pedrinho 1	26	46	50	49	25	6	Indaial	Benedito Novo	680
11	SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 1	26	40	29	49	8	35	Blumenau	Pomerode	651
12	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	26	46	38	48	59	31	Blumenau	Luiz Alves	629
13	SC474 Blumenau-Massaranduba 1	26	44	51	49	4	10	Blumenau	Blumenau	601
14	SC 302 Taio-Passo Manso 4	27	6	26	50	4	7	Taio	Taio	526
15	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 11	26	43	53	48	56	6	Blumenau	Luiz Alves	497
16	SC486 Brusque - Botuverá 13	27	10	41	49	2	5	Brusque	Botuverá	473
17	SC416 Timbó – Pomerode	26	45	32	49	13	52	Timbó	Timbó	443
18	SC486 Brusque - Botuverá 1	27	7	44	48	56	23	Brusque	Brusque	430
19	R. Alamedia Rio Branco, Blumenau	26	54	54	49	5	6	Blumenau	Blumenau	398
20	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 2	26	48	59	49	1	11	Blumenau	Gaspar	384
21	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 7	26	44	13	48	57	22	Blumenau	Luiz Alves	380
22	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 1	26	49	5	49	1	9	Blumenau	Gaspar	379
23	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 3	26	46	54	48	59	41	Blumenau	Luiz Alves	372
24	Ponte Aldo P. de Andrade right bank	26	54	45	49	4	10	Blumenau	Blumenau	366
25	SC486 Brusque - Botuverá 3	27	9	5	48	58	50	Brusque	Brusque	344
26	SC486 Brusque - Botuverá 2	27	9	2	48	58	47	Brusque	Brusque	342
27	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 8	26	47	40	49	0	18	Blumenau	Gaspar	326
28	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 4	26	48	6	49	0	36	Blumenau	Gaspar	323
29	SC486 Brusque - Botuverá 9	27	9	31	48	59	24	Brusque	Botuverá	301
30	SC486 Brusque - Botuverá 7	27	9	20	48	59	10	Brusque	Brusque	298
31	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 2	26	46	57	48	59	42	Blumenau	Luiz Alves	278
32	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 7	26	47	48	49	0	20	Blumenau	Gaspar	276
33	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 1	26	47	10	48	59	47	Blumenau	Luiz Alves	271
34	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 5	26	45	3	48	58	34	Blumenau	Luiz Alves	271
35	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 8	26	44	4	48	56	56	Blumenau	Luiz Alves	270
36	SC486 Brusque - Botuverá 11	27	10	2	49	0	5	Brusque	Botuverá	260
37	SC486 Brusque - Botuverá 10	27	9	40	48	59	36	Brusque	Botuverá	260
38	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 10	26	44	1	48	56	30	Blumenau	Luiz Alves	227
39	SC486 Brusque - Botuverá 12	27	10	25	49	0	33	Brusque	Botuverá	221
40	SC486 Brusque - Botuverá 4	27	9	7	48	58	51	Brusque	Brusque	220
41	SC486 Brusque - Botuverá 6	27	9	18	48	59	7	Brusque	Brusque	220
42	SC486 Brusque - Botuverá 14	27	10	47	49	2	32	Brusque	Botuverá	220
43	SC486 Brusque - Botuverá 5	27	9	19	48	59	5	Brusque	Brusque	220
44	SC 302 Taio-Passo Manso 2	27	6	51	50	4	14	Taio	Taio	202
45	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 6	26	47	55	49	0	28	Blumenau	Gaspar	184
46	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 10	26	47	38	49	0	11	Blumenau	Gaspar	184
47	SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 2	26	39	38	49	8	39	Blumenau	Pomerode	184
48	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 12	26	43	45	48	55	58	Blumenau	Luiz Alves	184
49	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 3	26	48	42	49	1	5	Blumenau	Gaspar	184
50	SC413 Luiz Alves -Massaranduba 1	26	43	12	48	56	31	Blumenau	Luiz Alves	172
51	Gaspar - Blumenau 3	26	53	34	49	0	43	Blumenau	Gaspar	169
52	SC486 Brusque - Botuverá 8	27	9	25	48	59	16	Brusque	Botuverá	151
53	SC 302 Taio-Passo Manso 1	27	6	53	50	4	14	Taio	Taio	149
54	SC 302 Taio-Passo Manso 3	27	6	50	50	4	14	Taio	Taio	149
55	SC477 Benedito Novo – Dutor Pedrinho 2	26	46	3	49	26	13	Timbó	Benedito Novo	144
56	R. Bruno Hering, Blumenau	26	55	17	49	3	46	Blumenau	Blumenau	119
57	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 9	26	44	1	48	56	44	Blumenau	Luiz Alves	111
58	SC477 Benedito Novo – Dutor Pedrinho 3	26	47	3	49	21	54	Timbó	Benedito Novo	108
59	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 5	26	48	1	49	0	33	Blumenau	Gaspar	106

順位	位置	南緯			西経			SDR	市	年潜在損失額 R\$ 千 /year
		度	分	秒	度	分	秒			
60	Bau	26	47	22	48	56	41	Blumenau	Ilhota	101
61	SC486 Brusque - Botuverá 15	27	9	46	48	59	45	Brusque	Brusque	78
62	Luiz Alves Municipality Road 1	26	43	33	48	57	31	Blumenau	Luiz Alves	67
63	SC413 Luiz Alves -Massaranduba 2	26	42	54	48	56	55	Blumenau	Luiz Alves	62
64	Luiz Alves Municipality Road 2	26	45	48	48	59	2	Blumenau	Luiz Alves	59
65	Brusque Municipality Road 1	27	7	43	48	53	53	Brusque	Brusque	56
66	Gaspar - Blumenau 2	26	53	48	49	2	19	Blumenau	Blumenau	55
67	Gaspar - Blumenau 1	26	53	42	49	2	20	Blumenau	Blumenau	55
68	Brusque Municipality Road 2	27	7	16	48	52	7	Brusque	Brusque	51

出典：JICA 調査団

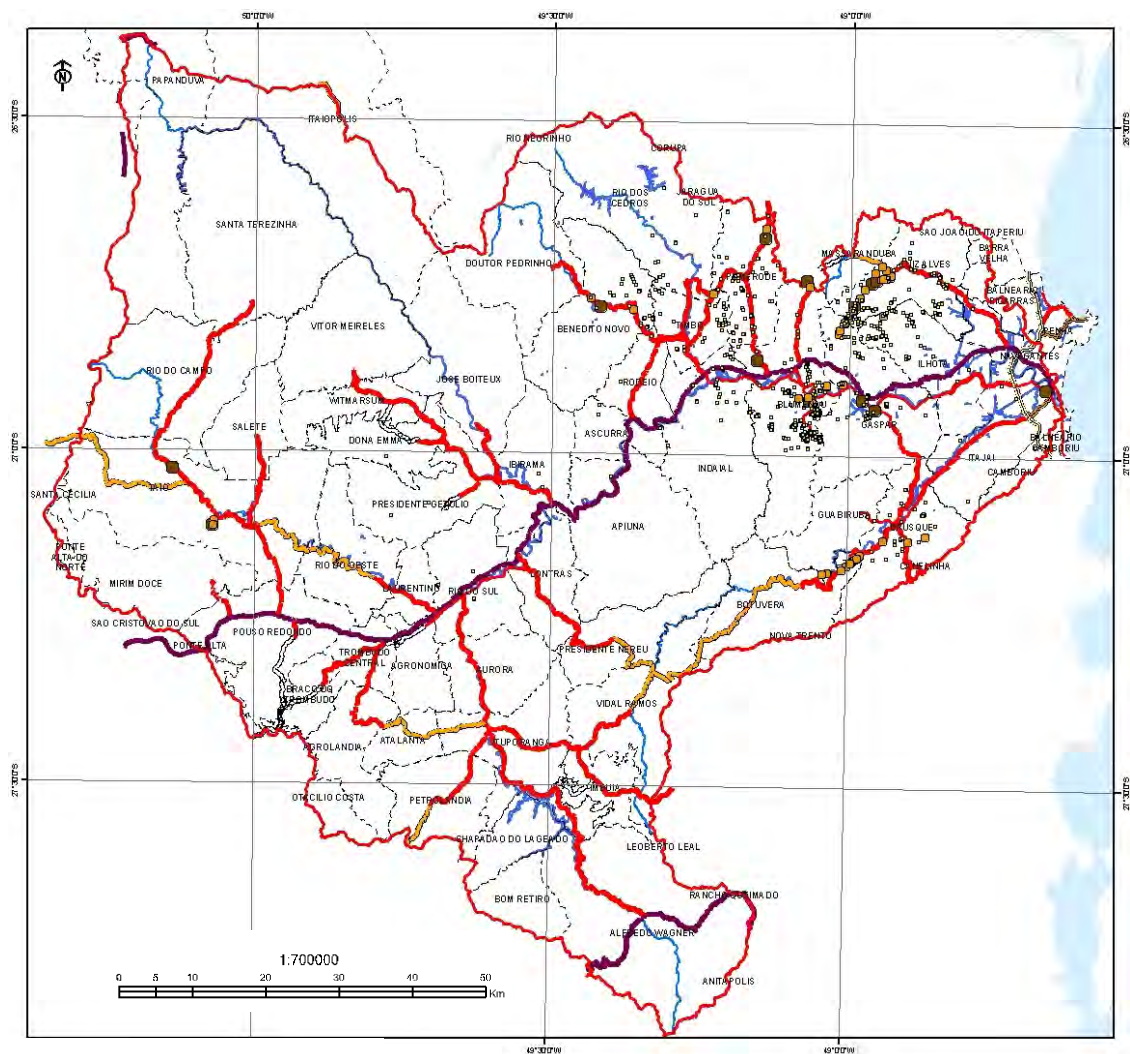
6.3.5 土砂災害リスク・マップと危険箇所インベントリー

図-6.3.3 に土砂災害の年損失額レベル別の危険箇所分布図を示す。また、図-6.3.4 に、作成した土砂災害リスク・マップの例を示す。この基図は計 239 枚から構成され、イタジャイ川流域を格子状に区分し 3 万 1 地形図 A3 サイズに編集したものである。各危険箇所では、GIS データインベントリーとして下表に示す項目のデータを格納した。

表-6.3.3 土砂災害/土砂生産インベントリー項目

土砂災害地域 No. (地図コード+通し番号)
中心点の緯度/経度
SDR および市
土砂災害運動形態区分 (表 9.2.2 参照)
危険範囲の面積 (崩壊、地すべり滑落崖、地すべり移動体、流動 の別)
地質、土壌、植生、
標高区分、地形傾斜区分

出典：JICA 調査団



- LEGENDA**
- Rodovias**
- Federal Pavimentada, Duplicada
 - Federal Pavimentada
 - Estadual Pavimentada, Duplicada
 - Estadual Pavimentada
 - ... Estadual em Pavimentação
 - Estadual Leito Natural
 - Municipal Pavimentada
 - Municipal Solo Natural
- Limites**
- ⬮ Bacia do Rio Itajaí
 - ⬮ Municipios
 - Hidrografia
 - Massas de Água
- Riscos (Perda de Potencial)**
- Baixo
 - Medio
 - Alto

- 凡例**
- 道路**
- 連邦舗装道路 片側複線
 - 連邦舗装道路
 - 州舗装道路 片側複線
 - 州舗装道路
 - 州未舗装道路 礫路盤
 - 州未舗装道路 自然路盤
 - 市舗装道路
 - 市未舗装道路 土路盤
- 境界**
- イタジャイ川流域
 - 市
 - 水系
 - 水域
- リスク（年潜在損害額）**
- 低位 (5万 RS/年以下)
 - 中位 (5万～50万 RS/年)
 - 高位 (50万 RS/年 以上)

出典：JICA 調査団

図-6.3.3 土砂災害/土砂生産の年潜在損失額レベル別危険箇所分布図

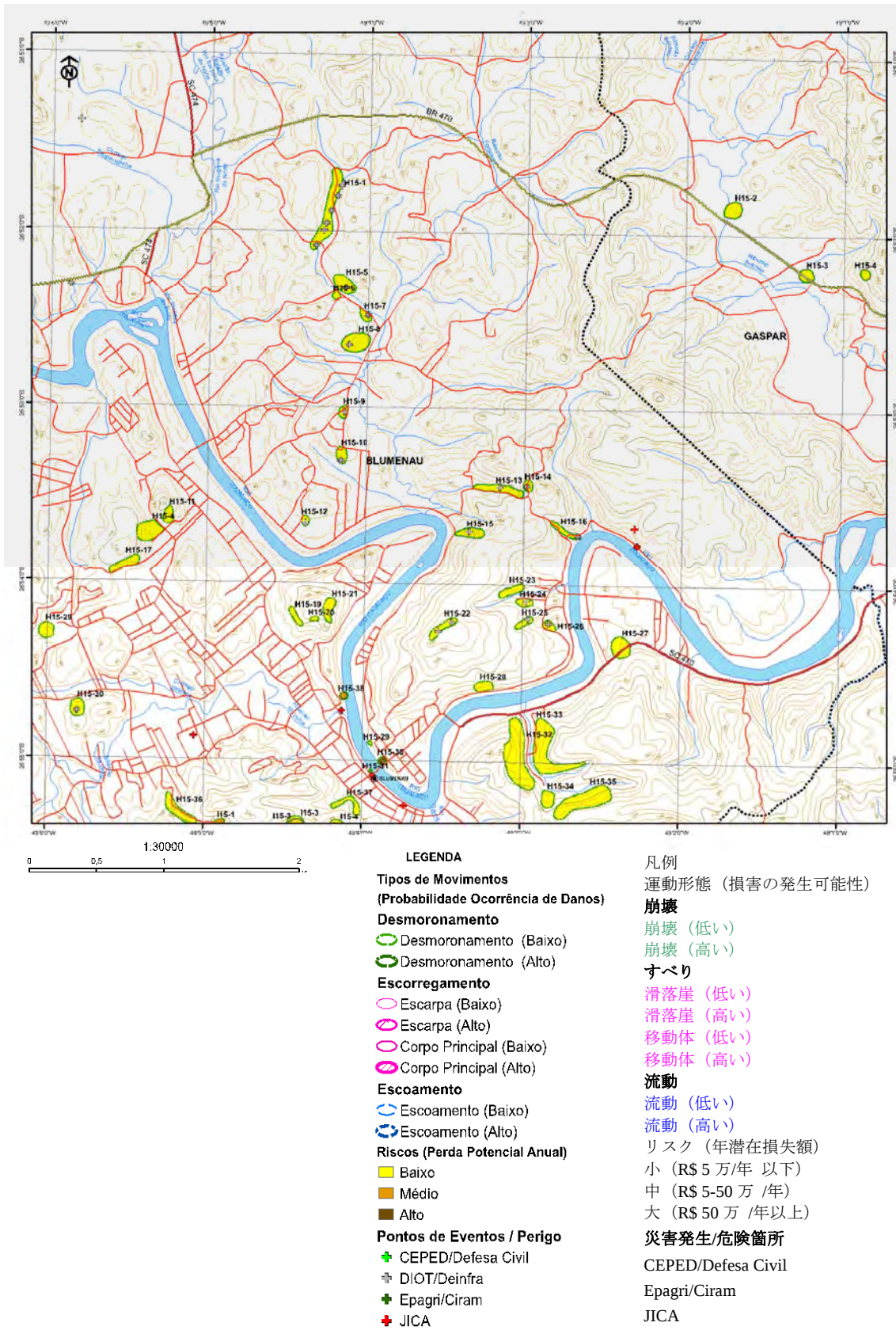


図-6.3.4 土砂災害/土砂生産リスク・マップの例

6.4 土砂災害緩和に係るニーズ

土砂災害対策に関する各関係機関の意見及びニーズを表-6.4.1 に示す。

当該地域では、度重なる洪水、更に人口増加に伴い、宅地を求め、傾斜域での居住지가拡大しており、それが原因となり、土砂災害が増えていると認識される。被災地は、無理な宅地造成（急傾斜な切土斜面、溪流氾濫源内の居住、排水不備地区での居住）などの人的要因が重なり、被害が拡大している。この様な理由から、各市の Defesa Civil は、土砂災害管理方法についての技術支援や訓練を要望している。また、州 Defesa Civil 等からも同様な意見が挙げられている。一方、DEINFRA は構造物対策として、州道および市道の道路土砂災害の予防保全事業への必要性を挙げている。

表 6.4.1 関係機関の土砂災害に係る意見およびニーズ

管理機関	意見概要
イタジャイ委員会	- 土砂災害・フラッシュフラッドの予警報の整備が必要。 - 開発による土砂生産が助長されており対策が必要。
(DINIT) 国家交通社会基盤部 Departamento Nacional de Infra-estrutura de transportes	- 連邦道路 BR470 号線についての土砂災害対策予防保全事業の必要性は低い (Rio do Sul 管理事務所)。 - 連邦管理道路 BR282 号線についても土砂災害対策予防保全事業の必要性は低い。更に、海岸の BR101 号線は、イタジャイ川流域は、民間管理の有料道路区間であり、対策はコンセッション会社が行うべきである (SC 州事務所)。
DEINFRA	- 州管理道路の他、市管理道路の災害復旧を支援している。 - 土砂災害予防保全の必要性がある路線・箇所が多くある。 - 道路土砂災害の予防保全工事プロジェクトを実施したことは無い。更に同計画手法についての技術を有していない。 - JICA 準備調査にカウンターパートとして加わり計画手法を学び、道路土砂災害予防保全事業プロジェクトを形成したい。 - 2008 年の災害復旧は SC 州の決議で市道も州事業として対応した。JICA 支援プロジェクトでも市対応の予防保全事業の場合、州事業 (DINFRA 対応) として実施できる。
Defesa Civil- SC	- 地質専門家不足が課題。技術者訓練項目としては、情報、公衆衛生も必要。 - 危険地への違法居住に関する連邦・州法・市法間の土地利用規制に関する法律で齟齬があり、これが災害を助長している。現在土砂災害警報は CIRAM の予測を基に日雨量 200 mm/日を目安にしている。 - 連邦宇宙研究所(INPE) の情報は活用していない。 - 各市に自記雨量計を設置し、各市が管理し土砂災害警報を発するようにするのは望ましい形である。ただし、同時に市の Defesa Civil への訓練が必要である。 - 各市への自記雨量計の設置は、IDB 資金、Program5(道路整備)で SC 州全体 293 市に設置する予定である。 - 構造物対策は安価なものが望ましい。
UFSC (連邦大学 SC 校) CEPED (災害研究調査センター)	- SC 州市民保護局からの要請により、地質専門家、土木技術専門家を現場に派遣し調査を行ってきた。 - JICA 調査へは極力情報提供を行う。 - 都市防災計画の委託検討を行うことを SC 政府に提案しているが採択されない。
CIRAM (SC 州境資源・水文気象情報センター)	- 構造物対策事業はブラジルの現況からすると安価なものが望ましい。(所長) - 降雨リスクの評価を、3 日間雨量を指標として、洪水と土砂災害のリスクを検討する研究を行っている。
FRUB (ブルメナウ地域大学財団) CEOPS (イタジャイ川流域警報システム運用センター)	- 土砂災害の予警報は行っていない。 - 持続的開発局の所有で Blumenau 地方大学が管理で自記雨量計が流域内の 16 箇所あり、15 分間雨量を蓄積している。 - 土砂災害予警報システムを構築することは必要と考える。 - Blumenau 以外の市民保護局の組織力は弱く、各市に自記雨量計を設置しても維持・運用能力に不安がある。 - 土砂災害と雨量の関係は日雨量、7 日雨量を指標として研究したことがある。

管理機関	意見概要
イタジャイ委員会	- 土砂災害・フラッシュフラッドの予警報の整備が必要。 - 開発による土砂生産が助長されており対策が必要。
	関連性は良くない。 - Blumenau 市街地の New Market ショッピングモール隣接急斜面の土砂災害構造物対策についてモデルプロジェクトを立ち上げたい。調査・解析・構造物対策の設計・施工までを含めたものとしたい。日本側の協力を得たい。
CPRM ブラジル地質サービス	- 市で作るハザードマップの更新が必要。 - 地質・土質に関する研究を深めることも必要。
FATMA (州環境財団)	- 2002 年に APP (Area Protection Permanent) は、45°以上の斜面、山頂部（上部 1/3 の範囲）規定された。連邦と州の規定に齟齬は無い。 - APP 範囲には基本的に構造物は認可されないが、防災等公共の事業であれば認可される。
州 企画局 都市開発部	- 宅地開発の認可は州事業、市事業、民間事業のいずれにおいても市が行うが、環境保全面の管理は州環境財団が行う。 - 新規造成に係わり新たな斜面問題を引き起こさない留意が必要であること、雨水流出が増えて洪水を助長していて、洪水問題があるイタジャイ流域におい雨水流出抑制施設の設置規則が必要であることは理解できる。 - 州事業として新たな造成開発事業は現況では計画されていない。 - 地域開発局 (SDR) は開発を重視しているが災害面の配慮が足りないのが弱点である。地域開発のゾーニングは開発志向の地方開発局や市と保全志向の州で意見が異なるのが一般的であり話し合いを持ち解決する必要がある。
COHAB/SC (州住宅公社)	- 一般に新規住宅事業は、Brusque、Rio do Sul などの技術者がいる市では市事業として、そうで無い場合は州の事業として行う。 - 州事業の設計の認可は技術的には州住宅公社（市の設計の場合は市の設計担当のチーフ）が行う。 - 最終的な事業実施認可は当該地の市町村長である。 - 環境審査は、州環境財団が行う。 - イタジャイ流域内で新規宅地開発の必要性は、Blumenau 市が最も高いと考える。 - 円借款で事業を行う場合、Blumenau 市の技術レベルは高いので事業実施機関は Blumenau 市が担うことができる。
技術者協会	- 民家の土砂災害の構造物体対策は、各市でも資金がなく 2008 年豪雨後に殆ど対応出来ていない。市、CPRM と、技術者協会は連携して、民間鉱山会社の基金により民家の土砂災害対策工事をする仕組みを構築した。

出典：JICA 調査団

また、表-6.4.2 に各市の土砂災害対策に対する意見およびニーズを示す。Blumenau 市は土砂災害ハザードマップの作成を進めている。他の市では、Defesa Civil/SC が派遣する CEPED 等の大学の機関により個別の活性化した地すべり等の被災箇所の踏査による地盤工学的調査が実施されている。

Pomerode 市で 2010 年 8 月末に活性化した地すべり現場では、地主による排水工の整備や重機による土工の対応が行われていた。Itajaí 市では市の事業として居住地土砂災害対策として切土と排水路整備が行われた例がある。Benedito Novo 市ではベチバー草により浸食防止を DINFRA の指導により実施している。いずれも比較的簡易なものであり、その効果も限定されている。

各市からは、水道配水貯水槽へのアクセス道路の土砂災害対策や、居住地に関わる土砂災害構造物対策の実施がニーズとして挙げられている。

表 6.4.2 各市の土砂災害に係る意見およびニーズ

管理機関	意見概要
市の Defesa Civil 共通	土砂災害予警報は実施していない。構造物対策については州の事業が成立するならばぜひ実施したい。
Blumenau 市	土砂災害対応マニュアルは、洪水と一体化したものがある。土砂災害リスクマップは web ページで実施できる。詳細調査（衛星画像解析＋踏査）を展開中。日本の技術支援に期待している。土砂災害危険地域には違法居住者が多い。転居を指導しても別の居住者が入りこんでしまう。
Gaspar 市	2008 年 11 月豪雨の土砂災害位置図あり。土砂災害への対応方法が分からない。
Ilhota 市	2008 年 11 月豪雨の死者はすべて、パウ山一帯の土砂災害による。2008 年豪雨土砂災害以後、被災者の精神ケアのためのカウンセリングをしている。カウンセラーの意見により地域の防災リーダーを選任し情報伝達網を確立した。
Luiz Alves 市	Gaspar/Blumenau あるいは、Massanduba 間の道路が脆弱で、この間の土砂災害対策が必要。市の上水源のアクセス道路の路体崩壊を懸念。
Brusque 市	新たな公共住宅の造成地にも土砂災害問題があり、工事を中止した所もある。
Rio do Sul 市	土砂災害に対応するノウハウが無い。日本の知見に学ぶため研修を受けたい。
Benedito Novo 市	土砂災害に対し、ベチバー草により浸食防止を実施中。（DINFRA の指導）市庁舎裏の深いすべり面をもつ地すべりについては対処方法が分からない。
Timbo 市	各市の Defesa Civil の連絡が不足。
Itajai 市	市には多くの土砂災害危険地がある。亀裂が発達し危険度が高いものもある。既往対策工（切土）は排水工の不足からか変状が生じているものがある。
Rio dos Cedros 市	2008 年 11 月には土砂災害により川が堰きとめられ一時的に自然ダムができた。今後またこうしたことが起きると、自然ダムの決壊による洪水も懸念される。
Pomerode 市	2008 年豪雨で発生し、2010 年 8 月末に再活性化した地すべりがある。地主がモルタル表面排水溝、竹を組み合わせて作った伝統的な暗渠工、地すべり方向を変えるための重機による掘削対応を行った。CEPED の調査を受けている。

出典：JICA 調査団

6.5 土砂災害・土砂生産緩和策導入での基本原則

土砂災害・土砂生産緩和対策マスタープランは、下記の基本 3 原則に基づき作成する。

(1) 構造物と非構造物対策の導入

構造物と非構造物対策を組み合わせた土砂災害・土砂生産緩和対策マスタープランを作成する。

(2) ジェンダー・災害弱者への配慮

防災対策の検討時に、便益が異なる社会グループ間で公正に享受されるよう配慮する。

(3) 環境に配慮した総合的視点からの土砂災害対策

流域内の異なる地域間における便益・損失の配分の格差を極力少なくしつつ、流域全体の便益を高め、自然環境・社会環境に配慮する観点から下記視点到留意した土砂災害対策マスタープランを立案する。

- ・ 地域間における便益・損失の配分を極力少なくする。
- ・ イタジャイ川流域全体の便益を最大化する。
- ・ 自然社会環境に充分配慮する。

6.6 土砂災害緩和マスタープラン策定の基本方針

6.6.1 概説

2008 年 11 月豪雨の災害はイタジャイ川下流域に集中している。これは誘因が下流域に偏った豪雨であった事による。流域全体の危険箇所のリスクを認識したうえで、2008 年 11 月豪

雨の被災下流域の被災箇所の強化に偏る対策になることを避ける必要がある。

流域全体に多数分布する危険箇所の対策優先度を評価し、災害に伴う交通遮断等により広域に影響が及ぶ危険箇所から優先的に対策することによりイタジャイ川流域全体の便益を最大化する。

上記の原則と関係機関、市のニーズを考慮し、以下の基本方針とする。

- i. 非構造物対策としてSC州全体に対する土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの設置を行う。
- ii. 構造物対策は、土砂災害危険箇所の年潜在損失額が大きな箇所から優先的に実施する。
- iii. 非構造物対策、構造物対策を実施していく過程で、SC州は、関係機関の技術強化、関係機関および住民への防災教育を実施する。

6.6.2 非構造物対策

人身損失の回避を目的として、土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムを設置する。これは、GTC 総合防災計画、プログラム1：災害及び非常事態に対する緊急対応機能増強に向けての組織強化および、プログラム2：モニタリング、警報・通達に相当する。

(1) 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの適用範囲

イタジャイ委員会からその必要性が主張されており、GTC の優先プロジェクトとされている。Defense Civil-SC と EPAGRI/CIRAM により州全体に設置する構想がある。SC 州全体に危険箇所が分布すること、市の行政境界はイタジャイ川流域境界と一致せず、流域内外を移動する交通量も多いことから、イタジャイ川流域に限定せずSC州全域を対象とすることが適当と考えられる。

(2) 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの概要

SC 州全体 293 市に自記雨量計を設置する。市の Defesa Civil の職員は、自記雨量計をモニタリング管理する。州機関の気象情報センターは、自動的に送信される雨量データの蓄積、土砂災害警報基準値の設定・更新、警報雨量基準値に達した場合の Defesa Civil-SC、市長、放送媒体への通報・広報を行う。市長は、市民に対し土砂災害警報を発する。Defesa Civil-SC は、電話通信や州道等に設置された掲示板を介し防災情報を伝達する。市民・旅行者は土砂災害警報を受け通学・通勤・旅行を取りやめ、必要に応じ予め設定しておいた避難経路や避難先（学校や教会等）へ避難することにより人身損失を回避する。

(3) 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムにおける留意点

洪水予警報における警報伝達手法や避難手法と一体化したものとする。

州道等に設置された掲示板は、日常時に使用されているものを活用する。

便益が異なる社会グループ間で公正に享受される様、災害情報の伝達方法、避難にあたってのジェンダーや災害弱者に対する配慮を行う。

6.6.3 構造物対策

GTC 総合防災計画の、プログラム4：災害リスクの評価、プログラム5：災害リスクの軽減に相当する。

(1) 優先構造物対策箇所の選定

土砂災害危険箇所においてリスク：年潜在損失額の高い箇所から優先的に構造物対策箇所

とする。

(2) 基幹インフラに係る構造物対策事業

イタジャイ港の土砂流出対策事業は、年潜在損失額からは、優先順位が1位となる。現在実施されている継続的な浚渫は、以下の理由から上流に砂防施設（砂防ダムや砂溜工）を設置するよりも効率的な対策と評価できる。

- ・ 港よりも上流の砂防ダムや砂溜工は除石による維持管理を必要とし、この単位除石量当たりの経費はイタジャイ港での浚渫単価とほぼ同額である。
- ・ 砂防施設で流出を止める土砂がすべて、本来イタジャイ港へ到達し堆積する機構ではない。下流側で砂として採取される場合、氾濫源に堆積し長期に渡り河口に達しない場合もある。
- ・ 砂防施設の対象流域外からの堆砂、特に海からの堆砂も多いと考えられる。川側から土砂流入量が減ると、単純に土砂堆積速度が減るのではなく、海側からの土砂流入分が増ええる程度相殺される可能性がある。

なお、土砂災害対策は土砂生産軽減効果を伴うが、この効果を高めるため緑化を基本とする。

連邦道路 BR470 号線、BR282 号線は、すでに土砂災害予防保全事業がすでに実施されており、リスクが低い。DINIT も新たな土砂災害予防保全事業の必要性は無いとしている。

州道および市道は、いまだ土砂災害予防保全事業が不十分であり多くの土砂災害危険箇所が存在する。DEINFRA から土砂災害危険箇所の構造物対策の必要性について提案がなされている。市道については Gaspar、Luiz Alves、Brusque 各市からの土砂災害危険箇所の構造物対策の必要性が提案されている。交通量が 200 台/日以上以上の道路の危険箇所において年潜在損失額が 5 万 R\$/年以上となり、同指標値の 2 位～68 位を占めている。なお市道の土砂災害危険箇所を州事業として実施することは、2008 年豪雨災害復旧工事での実績もあり州議会の承認を得れば可能である。

(3) 個人・企業財産に係る構造物対策事業

Rio do Sul 市, Benedito Novo 市, Blumenau 市 には居住地に係わる活動的な地すべりがある。いずれも地下水排除工が有効と思われる。いずれも、年潜在損失額が 5 万 R\$/年以下と評価され構造物対策箇所の優先順位は低位となる。

(4) 新規造成に係る構造物災害対策事業

宅地開発・工場用地造成にあたり、新たな土砂災害問題を生じている事例がある。また、イタジャイ委員会が指摘するように造成した切土および盛土斜面が緑化等の適切な斜面保護がされていない場合は土砂生産を助長すると考えられる。斜面地の造成に係る技術基準を整備し、造成にあたっては明暗渠工、流出調節施設を併用のうえ降雨流出を抑制し洪水対策にも資する必要がある。また、適切に造成斜面に斜面保護工を施し、土砂災害および土砂生産を防除する必要がある。造成中あるいは、新たな造成計画地においてリスクの高い土砂災害危険地をモデルプロジェクトとして選定し、有償勘定による技術支援援助を提案する。技術支援は、調査、造成地としての適否判断、構造物対策の計画、設計、施工管理に係る内容とする。

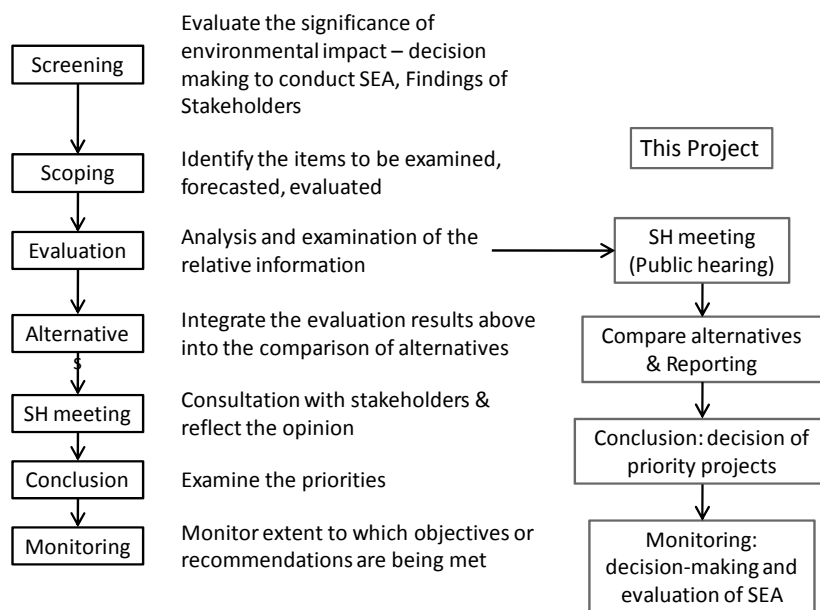
第7章 環境社会配慮・戦略的環境アセスメント（SEA）

7.1 戦略的環境アセスメント(SEA)

7.1.1 戦略的環境アセスメントの概要及び方法

JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010 年版）は、相手国に対し、適切な環境社会配慮の実施を促し、JICA が行う環境社会配慮支援・確認の適切な実施を確保し、その上でプロジェクトの透明性、影響の予測可能性、アカウンタビリティを確保することを目的としている。2010 年の改訂では、「影響の回避または最小化」を基本原則として、より幅広い影響を配慮の対象とするため、プロジェクトの早期段階からモニタリング段階まで環境社会配慮を実施することとなった。そのため、マスタープラン調査における戦略的環境アセスメントを適用することがガイドラインに盛り込まれた。

本調査のフェーズ 1 はマスタープラン調査である。洪水災害緩和マスタープランおよび土砂災害・土砂生産緩和マスタープランの策定にあたり、「個別案件よりも上位段階（政策、計画、プログラム）の意思決定において環境影響評価を実施する」という SEA の基本的な考え方に基づいて初期環境調査（IEE）を実施した。SEA のプロセスを図-7.1.1 に示す。



出典：JICA “Strategic Environmental Assessment (SEA) –Its theory and practice -

図-7.1.1 SEA のプロセス及び本マスタープランにおける SEA の流れ

マスタープラン調査は、53 の地方自治体からなるイタジャイ川流域において、流域全体での洪水・土砂災害被害を軽減することを目的としている。イタジャイ川流域では、市政府に加え、州政府、流域委員会、市連合、大学等の行政機関および市民団体が多く、住民参加の動きが進んでいるブラジル国では、住民参加型の計画策定と各ステークホルダーの調整が計画実施に向けての最重要項目となっている。

そのため、マスタープラン調査初期から様々な関係団体、大学等とこまめにミーティング及びヒアリング、中途経過報告等を実施した（スクリーニング段階、第1章 表-1.6.1 参照）。その際には毎回議事録を作成し、意見を吸い上げ、マスタープラン及び代替案検討に反映させた。

洪水災害緩和マスタープランにおける構造物対策の代替案は、治水安全度を示す確率洪水（5年、10年、25年、50年）における各対策の組合せをパッケージとして作成した。第5章5.3節でも記載したように、本来的には治水安全度としての確率洪水は目標として調査開始当初に設定されるべきものであるが、ブラジル国ではあるべき治水安全度が未設定であり、州政府（C/P会議）の要望もあり、各確率洪水に対する治水対策を提案し、最終的に選択することになった。洪水災害緩和マスタープランにおける洪水予警報システム計画及び土砂生産緩和マスタープランについては、それぞれをひとつの代替案とした。

スコーピング及び予備評価段階として、各代替案及び各構造物対策において影響が予想される環境・公害・社会の各項目について予備評価（初期環境影響：IEE）を実施した（第10章表-10.2.1参照）。

代替案及び各構造物対策に関する評価について、SC州の情報公開規定により公聴会（ステークホルダー会議に相当）を開催した（第10章10.4項参照）。公聴会において、各評価項目に関するパース図やCG等を用いてポスターを作成するなど、視覚的資料を多用して具体的に説明を行った。

それぞれの対策に対する予備評価結果、エンジニアリング的妥当性、経済性、社会的インパクト、公聴会における意見等を総合的に考慮し、州政府と協議の上F/S対象案件の選定を行った。

本調査のフェーズ2となるF/S調査期間中、これまで実施してきた会議、各地での意見聴取、公聴会でのコメントに技術的要素、経済的要素、社会的緊急性などを総合的に評価し、F/S対象案件の選定を行った。その結果は第16章、節16.1.4に示す。

7.1.2 ステークホルダー分析

本マスタープランにおいて影響を受けると考えられる環境社会影響及びステークホルダーについて検討した。

調査対象地域には53市及び8地方行政事務所にまたがり、事業実施の意思決定に関わる関連行政機関は州行政機関、地方開発局、市政府機関、市連合がある。本マスタープランで検討する主要な都市（Taio, Ituporanga, Rio do Sul, Timbo, Blumenau, Gaspar, Ilhota, Itajai, Brusque）の市役所に加えて、市政府機関、各関連州行政機関、各地方開発局、3つの市連合に対する意見聴取を事前に行った。

イタジャイ川流域委員会は水利用組織（20組織）、住民組織（20組織）、公的機関代表（10組織）からなっており、本マスタープランのステークホルダーの多くを含んでいる。イタジャイ川流域委員会においても住民・水利用組織側のステークホルダーを代表するという立場を取っており、イタジャイ川流域委員会より意見を聴取した。

7.1.3 マスタープラン策定過程におけるステークホルダーとの協議

本調査フェーズ1のマスタープラン策定調査において実施したミーティング・ヒアリングは第1章表-1.6.1のとおりである。

7.2 環境社会配慮に関する連邦・州・自治体の法制度

7.2.1 主な環境法及び水資源法

本節では、主な法的手段として、法律(Lei: Law)、法令(Decreto: Decree)、条例(Lei municipal: Municipal law)、決議(Resolução: Resolution)、規則(Portaria: Ordinance)等、調査に関する環境許認可や水資源の許認可、用地取得、住民移転に関する規制について抜粋して述べる。

(1) 連邦レベルの法制度

連邦法(Laws) :

- Law No. 6,938, August 31, 1981 – 国家環境政策及びその目的、組織、実施方法、国家環境システム（SISNAMA）設立に関する規定
- Law No. 4,771, September 15, 1965 – 新ブラジル森林法の概要
- Law No. 9,433, January 8, 1997 – 国家水資源政策及び国家水資源管理システムの設立に関する規定
- Law No. 9,984, July 17, 2000 – 国家水資源管理システムの調整による連邦水資源国家政策実施機関としての国家水機構（ANA）の設立
- Law No. 9,795, April 27, 1999 – 国家環境教育政策の概要
- Law No. 9,985/2000 – 国家自然保全ユニット（SNUC）の創設、保全ユニットの創設、実施、管理の定義
- Law No.10,257, June 10, 2001 – 自治体制定法 – 連邦憲法 182 条及び 183 条に基づき、都市建設の原則及び法整備を規定
- Law No. 7,803, July 18, 1989 – 国家河川・湧水・水利用政策の概要
- Law No. 7,754, April 14, 1989 – 現存する水源（河川・湧水）涵養林の保護方法に関する規定
- Law No. 10,257, July 10, 2001 – 自治体制定法
- Law No. 7,661, May 16, 1988 – 海岸管理に関する国家計画の概要
- Law No. 4,132/62 – 社会的利益に資する土地収用に関する規定（No. 3,365/41 に適用される項目以外の場合）

連邦法令(Decrees) :

- Decree No. 99,274 as of 06/06/1990 – SISNAMA の構成及びプロジェクトの段階における環境許認可に関する規定
- Decree No. 6,848, May 14, 2009 – 環境補償に関する命令 4,340 に基づき、環境補償に関する詳細を規定
- Decree No. 4,340, August 22, 2002 – 法律 9,985 に基づき、SNUC の概要及びその手続きに関する規定
- Decree No. 4,613/2003 – 国家水資源審議会に関する規定
- Decree No. 3,365/41 – 公的な利益に資する土地収用（土地収用に関する一般法）に関する規定
- Decree-Law No. 1,075/70 – 所有者が住んでいる場合及び登記された土地所有者が売ることを約束した場合の都市住居への一時的な所有権に関する規定

連邦決議(Resolutions) :

- CONAMA Resolution No. 001 as of 23/01/1986 – 国家環境政策のひとつである環境影響評価の利用と実施、定義、責任、分類、一般的ガイドラインについて規定
- CONAMA Resolution No. 237 as of 19/12/1997 – CONAMA 決議 No. 001/86 にて定められた環境許認可に関する手続きと分類の改訂と補完

- Resolution No. 357/2005 – CONAMA – 排水の排出に関する基準の制定・申請手続き、及び水質分類と環境分類のガイドライン
- Resolution CONAMA No. 302, March 20, 2002 – 人工湖（貯水池）及びその周辺における永久保護区域（APP）の設定の概要
- CONAMA Resolution No. 371/2006 – 法律 No. 9,935/2000 に基づいて、環境機関が環境補償を求める際の金額の計算、収集、適用、承認、出費の調整のためのガイドライン
- Resolution No. 2/199 – 国家民間防衛（Civil Defense）政策
- Resolution No. 5/2000 – 国家水資源審議会（CNRH）による流域委員会の設立に関するガイドライン
- Resolution No. 12/2000 – CNRH – 利水の観点に基づく水質の分類方法
- Resolution No. 16/2001 – CNRH – 水資源の利用権付与に関する一般的基準
- Resolution No. 14/2001 – CNRH – 水資源マスタープランを流域委員会で準備するためのガイドライン
- Resolution No. 32/2003 – CNRH – 連邦政府水資源部門の設立
- Resolution No. 48/2005 – CNRH – 水資源利用に関する料金徴収と課税に関する一般基準の設定
- Resolution No. 65/2006 – CNRH – 環境許認可に伴う水資源利用権付与に関する手続きガイドラインの規定

その他連邦環境法及び規制：

- IPHAN Administrative Rule（行政規則）No. 07/1988 – 法律 No. 3,924/61 に基づき、科学的かつ文化的価値のあるものに対する現地調査の事前通告及び考古学的発掘の事前許可を必須とすることを規定
- IPHAN Administrative Rule No. 230/2002 – 潜在的に考古学的遺産へ影響が考えられるプロジェクトに対する予防的考古学調査を、環境許認可の各プロセスにおいて実施すること、及びその手続きについて規定
- SMA Resolution No. 34/2003 – 潜在的に環境影響の考えられるプロジェクトの許認可プロセスにおいて、考古学及び先史時代の遺産の保護に必要な対策について規定

(2) 州レベルの法制度

州法(Laws)：

- Law No. 14,675, April 13, 2009 – サンタカタリーナ州における環境条例の制定
- Resolution CONSEMA（州環境審議会）No. 001/2006 – 環境財団（FATMA）による環境許認可が必要な、環境に影響を与える潜在的可能性のある活動のリストの承認、及び許認可に必要な公的調査に関する規定
- Law No. 6,739/1985 – 州水資源審議会（CERH）の創設
- Law No. 9,022/1993 – 州水環境管理システムの創設
- Law No. 9,748/1994 – 州水資源政策の策定
- Law No. 10,959/1998 – サンタカタリーナ州における地域水資源の特徴に関する概要
- Law No. 11,508/2000 – 連邦法 No. 6,739 第 2 条の改正

州法令(Decrees) :

- Decree No. 14,250/81 – 州環境政策の制定
- Decree No. 1,003/91 – 州水資源審議会の内部組織の承認
- Decree No. 2,648/1998 – 州水資源基金（FEHICRO）に関する規定
- Decree No. 4,778/2006 – 水資源利用権付与に関する規定
- Decree No. 4,871/2006 – 水資源利用権付与に関する料金分析表の承認

CERH 決議(Resolution) :

- Resolution No. 03/1997 - CERFI – 法律 9,748 第 20 条・25 条のガイドラインに基づいた、水資源流域委員会の構成、組織、資格、機能、般基準の承認
- Resolution No. 01/2002 - CERH – サンタカタリーナ州流域委員会の創設に関するガイドラインの規定
- Resolution No. 08/2004 - CERH – 州水資源審議会における技術部会の創設手続きに関する規定
- Resolution No. 01/2005 - CERH – 州水資源計画に対する技術委員会の創設
- Resolution No. 01/2007 - CERH – 水資源利用権の付与に関する技術委員会の創設
- Resolution No. 02/2007 - CERH – 組織及び法律技術委員会の創設
- Resolution No. 0172008 - CERH – サンタカタリーナ州の水域の分類に関する概要

州命令(directives) :

- Directive No. 2/2006 – SDS（州持続的開発局）– 水資源利用者の州における登録制度の創設
- Directive No. 35/2006 – SDS – 水資源利用許可命令に関する技術的・行政的手続きの概要
- Directive No. 35/2007 – SDS – 州管理河川の潜在的な水力発電利用に関する許可と利用可能な水資源に関する申請の技術的・行政的手続きの概要
- Directive No. 36/2008 - SDS – サンタカタリーナ州管理の水域における技術的水利用権付与基準及びその手続き

(3) 市(Municipal)レベルの法制度

市条例(municipal laws) :

- Complementary Law Blumenau-SC, No. 615, 15/12/2006 – Blumenau 市マスタープランの概要
- Complementary Law Blumenau-SC, No. 751, March 23, 2010 – Blumenau 市のゾーニング規則、及び土地・土壌利用、及び関連諸手続きについて
- Complementary Law Blumenau-SC, No. 747, March, 23 2010 – Blumenau 市環境法及び関連諸手続きについて
- Complementary Law Blumenau-SC, No. 144, September 22, 2008 – Itajai 市におけるゾーニングの基準、土壌利用と分類について
- Complementary Law Blumenau-SC, No. 2763, October 26, 1992 – Itajai 市における建設規則とその手続きについて
- Complementary Law Blumenau-SC, No. 2543, December 19, 1989 – Itajai 市におけるゾーニング

規則、及び土地利用について

- Complementary Law Itajai-SC, No. 94, December 22, 2006 – Itajai 市内の管理と開発に関するマスタープランの策定
- Complementary Law Gaspar-SC, No. 2803, October 10, 2006 – Gaspar 市における都市開発マスタープランの策定及びその他手続きについて
- Ordinary Municipal Law No. 1924/1999 of Gaspar – 法律 829/84 を破棄、Gaspar 市の環境保護審議会（COMDEMA）の設立について
- Complementary Law No. 163/2006 of Rio do Sul – Rio do Sul 市の都市マスタープランの概要
- Ordinary Municipal Law No. 3609/2001 of Rio do Sul – Rio do Sul 市の環境保護審議会（CONDEMA）の設立及びその他手続きについて
- Complementary Law No. 136/2008 of Brusque – Brusque 市におけるゾーニング分類と土地利用分類規定の創設、及びその他手続き（都市マスタープランと統合）
- Complementary Law No. 140/2008 of Brusque – Brusque 市における建築規則とその他手続き（都市マスタープランと統合）
- Complimentary Law No. 15/1992 of Brusque – Brusque 市における物理的都市領域マスタープランの策定
- Complementary Law No. 135/2008 of Brusque – 市条例に基づいた Brusque 市における物理的都市領域マスタープランの改訂と評価の概要（市補足法第 136、137、138、139、140 条の統合）

7.2.2 連邦及び地方行政組織

(1) 連邦機関及び組織

- 環境省(MMA) - Ministério do Meio Ambiente:
1992 年に創設された。環境の回復、自然資源の持続可能な利用、環境サービスの価値及び持続可能な開発を公共政策に盛り込むための知識・手段の普及・啓蒙戦略を検討し、横断的に共有、参加しながら民主的方法によって政府と社会のすべての階層において実施促進することを目的とする。
- ブラジル環境・再生可能エネルギー機関(IBAMA) - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis:
「国家環境政策」を実施するための責任組織である。歴史的な自然遺産の保全・保護に関する活動を促進し、天然資源の利用に関する管理、監視を行う。国家レベル及び地域レベルの著しい環境影響を伴うプロジェクトに関し、環境調査の実施、環境許認可の付与を行う。
- シコ・メンデス生物多様性保全機関(ICMBio) - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade:
保全ユニットの管理、私有地における歴史的な自然遺産保護地域（RPPN）の創設及び提案に対する責任組織である。また、保全研究センターを通じて、絶滅危惧種の定義とその保全戦略についても責任を持つ。
- 国家環境システム(SISNAMA) - Sistema Nacional Do Meio Ambiente:
環境の質の向上及び環境保護について責任をもつ機関であり、連邦、州、市及び公共基金の集合体（連邦法 No. 6,938/1981 で設立、連邦法令 No. 99,274/1990 で制定）。
- 国家水機構庁(ANA) - Agência Nacional de Águas:
現在と将来世代の利益のための水資源の持続可能な利用のため、ブラジルにおける水資源及

び水資源へのアクセス規制の統合とその管理を実施・調整する。

- 国家環境審議会(CONAMA) - Conselho Nacional do Meio Ambiente:
SISNAMA の相談・審議機関であり、環境及び水資源に関する国家政策、ガイドラインに関して調査・提案を行い、評価、決定まで生態的にバランスのとれた環境と健康的な生活の質を保つという基準の上で一貫して行う。
- 国家先住民基金(FUNAI) - Fundação Nacional do Índio:
1988 年憲法によるブラジルの先住民政策により、政府機関として設立された。

(2) サンタカタリーナ州政府の機関及び組織

- サンタカタリーナ州環境基金(FATMA) - Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina:
州の環境許認可権を持つ州政府機関で、州の天然資源保全を補償するために 1975 年に創設された。
- サンタカタリーナ州森林機関(IEF) - Instituto Estadual de Florestas:
州の森林政策、動植物相、持続可能な再生可能な自然資源、魚類資源の保全・保護及びバイオマスと生物多様性の調査を実行する機関であり、環境及び持続可能な開発に直結している機関である。
- サンタカタリーナ州環境審議会(CONSEMA-SC) - Conselho Estadual do Meio Ambiente:
州の保護システムの最高機関であり、審議し、基準を定める機関である。州環境政策の実施を承認し、州の環境管理を向上させることに責任をもつ。

7.2.3 ブラジル国環境影響評価に係る法制度

(1) 環境影響評価に関わる法制度

国家環境政策(PNMA)では、連邦法 No. 6,938/1981 に基づき、環境許認可及び環境影響評価について述べられている。

環境許認可の取得は、すべての環境に潜在的に影響が考えられるプロジェクトや活動の実施前に義務付けられている。環境許認可制度の最も重要な側面は、関係者や関係する社会が環境許認可取得の過程で行われる公聴会によって意思決定プロセスに参加することである。これは、SISNAMA のメンバーである州環境局及び IBAMA によって実施が義務付けられている。

環境許認可取得の主なガイドラインは連邦法 No. 6.938/81、CONAMA 決議 No. 001/86 及び 237/97 に記述されている。その一方で、法的意見 MMA No. 312/CONJUR/MMA/2004 では、CONAMA 決議 No. 09/87 と影響の及ぶ範囲を証明する方法、及び公聴会について、連邦及び州の許認可権限について議論された。影響の及ぶ範囲によって、許認可権限は連邦、州及び市と変わってくる。

顕著な環境影響のある国家または地域レベル（範囲が複数の州にまたがる）のプロジェクトまたは活動への許認可の場合、CONAMA 決議 No.237/97 の第 4 条及び PNMA の 4 項第 10 条によると、責任機関は IBAMA、実施機関は SISNAMA となっている。IBAMA の責任対象外のプロジェクトの場合、CONAMA 決議 237/97 の第 7 条により州または市機関のどちらかの権限によって許認可プロセスが進められる必要がある。また、環境許認可のプロセスは、下記の段階を踏む必要がある。

- I 責任機関は事業者(entrepreneur)の参加の下で決定されなければならない、許認可審査には申請しているプロジェクトの種類によって異なる書類、プロジェクトの内容及び環境調査が必要となる。

- II プロジェクトは事業者の請求による環境許認可取得後、所定の書類とプロジェクトの内容及び環境調査について公表しなくてはならない。
- III 現存する書類、プロジェクト及び環境調査による分析は、SISNAMA のメンバーである責任環境機関、また必要があれば外部の技術的コメントを得て行う。
- IV 書類調査、プロジェクト及び環境調査中は、ひとつの申請には、定義または情報を明確に説明しなくてはならない。もし情報が不明確な場合は、再説明しなければならない。
- V 必要な時に適切な法律に従って、公聴会を開催しなくてはならない。
- VI 不十分な情報の場合は、再度同じ調査をしなくてはならない。
- VII 最終的な技術的意見、また必要があれば法的意見を得る。
- VIII 許認可の申請を却下、延期、または公表する。

CONAMA 決議 No. 237/97 の第 10 条に基づき、環境許認可プロセスの間、調査地、プロジェクトまたは活動の種類が記載された市政府が発行する証明書を持ち、土壌利用及び植生への影響、水利用に関する法律に従わなくてはならない。

連邦法令 No. 99,274/1990 に概要が書かれているが、許認可にはプロセスに応じて以下の 3 種類がある。

- I 事前許可(LP) は、活動の初期計画段階において、場所、設置、運用について市、州、連邦の土地利用計画の基本的要求事項を満足しなければならない。
- II 設置許可(LI)は、承認された策定プロジェクトの説明の詳細に従った実施の初期段階で発行される。
- III 操業許可(LO)は、必要な検証の後、許可を得た活動及び事前許可、設置許可に従った公害防止機器の設置が許可される。

EIA（環境影響調査）/RIMA（環境に関する影響調査報告書）に関する基本的な基準及び一般的なガイドラインは、環境影響評価について規定する CONAMA 決議 No. 01/1986 において規定されている。

CONAMA 決議 No. 01/1986 の第 2 条では、許認可活動において環境影響評価が修正された場合、本報告書の 7.2.4 項の項目（EIA が必要なプロジェクトの種類）に従って EIA/RIMA において調査されるべき項目が定められる。

EIA は、プロジェクトが実施される前に、対象地域に対してどのような影響があるか、詳細な環境状況評価をするものである。土壌、地下土壌、空気、水、気候、生活史、自然生態系、社会経済要素等について考慮されねばならない。プロジェクトが実施された場合及び実施されなかった場合について分析し、正または負の影響と影響を低減させる対策、また適切なモニタリング手法とその期待される効果について評価しなくてはならない。

RIMA では EIA の結論を反映しなくてはならず、プロジェクトの環境、社会、経済における優位な点、不利な点について、関係するすべての住民・コミュニティが理解できる言語で作成されなくてはならない。RIMA は表、グラフ、地図、その他視覚的資料により理解しやすくし、公共図書館や市役所等に置き、いつでも見られるようにしなくてはならない。

EIA と RIMA は、許認可プロセスの責任機関によって発行された仕様（基準、方法論）に基づいて作成されなくてはならない。

許認可プロセスの責任機関は、RIMA の公開期間について明示しなくてはならない。RIMA

を責任機関が受け取った後、公聴会の要請期間と実施について新聞に掲載しなくてはならない。

公聴会は、CONAMA 決議 No. 01/86 及び 09/87 によって「分析されたプロジェクトの利益と RIMA について説明し、疑問点を明確にし、批判と提言について議論すべき」と規定されている。

また、許認可機関以外にも事業者は、EIA/RIMA をプロジェクト許認可に関わる以下の機関に配布しなくてはならない：

プロジェクトによって影響を受ける市役所、州環境局及び州検察局、農業開拓及び改革機関（INCRA）、国立先住民基金（FUNAI）、歴史的遺産及び国立美術機関（IPHAN）、連邦検察局（MPF）等

許認可プロセスの責任機関が連邦、州、市のどれかに決定された後、EIA/RIMA を作成する一般的な環境許認可のステップをまとめると、下記のとおりである：

1. EIA と RIMA の準備・作成
2. EIA、RIMA と事前許可(LP)の申請書を該当機関に送付し、事前許可(LP)の正式申請を受ける
3. EIA と RIMA の調査対象範囲が仕様書に従っているか検証する
4. 事業者は EIA と RIMA を関係機関と許認可担当機関に配布しなければならない
5. 許認可担当機関は、技術的レビュー及び補完的提案を行わなくてはならない
6. 事業者は、EIA と RIMA の承認を受ける
7. 事業者は EIA と RIMA を公表しなければならない。許認可機関によって指定された場所に関連用のコピーを作成しなければならない。また、RIMA を発行した場合、EIA の公開場所及び意見の受付場所について告知されなければならない
8. （事業者による）公聴会の実施
9. 許認可機関はプロジェクトの影響に応じて想定される必要な補償規模がわかるように、影響のレベル分けを定義しなくてはならない
10. 事前許可の延期または却下は許認可機関が決定する
11. 事業者は許認可税を支払う
12. 事前許可の発行

(2) SEA の制度化に関わる動き

ブラジルでは、これまでに SEA が実施されているものの、それらは主に世銀などの財務支援機関の意向を受けてプロジェクトベースで自発的に適用されたものか、一部の州または市政府の主導で実施されたものであり、連邦政府として SEA を制度化するには至っていないのが現状である。世界的な潮流を受けて、連邦政府も SEA の適用に関してガイドラインを制度化するに向けてこれまでに以下の活動を行っている。

年	実施機関	活動内容
2002	環境省	SEA の法制度化を推進した SEA に関わる調査・研修を実施
2004	監査裁判所	複数年にわたる計画、政策、セクタープログラムの策定に際して SEA の適用を判決（Court Decision No. 464）
2004	環境省	SEA 適用のクライテリア、条件、原則を決定する狙いで公聴会を実施

出典：Strengths and Weakness of SEA in Brasil, IAIA 11 Conference Proceedings, 2011

7.2.4 EIA が必要なプロジェクトの種類

CONAMA 決議 No. 01/86 の第 2 条において、EIA 及び RIMA を責任機関である連邦及び州機関に提出する必要がある、許認可の必要な環境改変活動を下記のように規定している：

- I 2 車線以上の道路
- II 鉄道
- III 港湾における鉱物、石油、化学製品ターミナル
- IV Decree-Law No. 32/66 第 48 条 1 項に定義される空港
- V 石油・ガスパイプライン、鉱物輸送ライン、貯蔵タンク及び下水道
- VI 230KV 以上の送電線
- II 水力資源開発のための河川構造物（10MW 以上の水力発電ダム、衛生と灌漑、航行用水路の開設、排水と灌漑、水路変更、上下水管及び排水口の開設、他流域への転流、堤防
- VIII 化石燃料（原油、シェール、石炭）の掘削
- IX 鉱物採掘（鉱物法におけるクラスを含む）
- X 最終廃棄物処分場、毒性・危険廃棄物の最終処分場
- XI 10MW 以上の一次的資源からの発電所
- XII 工業及び農業工場の複合体及び単体（石油化学、鉄鋼業、塩素科学、アルコール蒸留所、石炭、水資源掘削による耕作）
- XIII 工業地帯及び指定工業地域（ZEI）
- XIV 環境に顕著な影響（森林面積やその他環境の視点で）がある 100ha 以上またはそれ以下の経済的木材及び木炭生産活動
- XV 100ha 以上の都市プロジェクトまたは SEMA の基準及び州・市の基準において環境影響の考えられる地域
- XVI 1 日 10 トン以上の木炭生産に関するすべての活動

7.2.5 サンタカタリーナ州において EIA が要求されるプロジェクトの種類

SC 州内の環境許認可については、サンタカタリーナ州環境基金（FATMA）が責任機関となり、CONAMA 決議に従って審査を行う。SC 州内で要求される環境影響調査（EIA）は前節 7.2.4 において述べられているとおり、CONAMA 決議 No. 01/86 第 2 条にある潜在的に環境影響を与える活動に対する許認可取得のために必要である。

潜在的に環境影響を与える活動について、CONAMA 決議に述べられている活動だけでなく CONSEMA-SC によっても追加されており、CONSEMA-SC 決議 No. 001/2006 の Annex I（潜在的環境劣化の恐れのある活動、及び環境許認可に必要な調査レベル一覧）にリストされている。

7.2.6 サンタカタリーナ州における EIA 承認プロセス

本調査で検討されているイタジャイ川流域防災対策事業については、連邦法 No. 6,938/81、CONAMA 決議 No. 001/86、及び 237/97、また、法的意見 No. 312/CONJUR/MMA/2004 により、環境許認可の責任機関は SC 州となり、SC 州の環境基準を満たす必要がある。

SC 州における環境許認可プロセスの責任機関は FATMA である。FATMA は州法 14.675/09 及び CONSEMA-SC 決議 Nos. 01/2006、03/2008 に規定されたガイドラインに基づいて審査を行う。

FATMA による許認可プロセスは総合プロジェクト情報フォーム (FCEI) の提出から始まる。FCEI の分析、事前環境許可 (LAP) 申請、プロジェクトの検証の後、「潜在的環境劣化の恐れのある活動」について検討され、FATMA が事業者に対して EIA/RIMA の実施を要請する。環境影響調査の報告書は許認可機関のある公共図書館にて公開されることになるが、プロジェクトによって直接影響を受ける市の市役所では、CONAMA 決議 No. 237/97 に従い、承認された調査の仕様書を公開しなくてはならない。ここで重要なのは、CONAMA 決議 No. 09/87 に従って EIA/RIMA の前に公聴会を開催しなくてはならないことである。

事前許可を取得するために EIA/RIMA が必要ない場合、FATMA はその事業の規模によって事前環境レポート (RAP) または簡易環境調査 (EAS) の提出を求める。事業の規模ごとに必要な書類については、CONSEMA-SC 決議 001/2006 の Annex I (潜在的環境劣化の恐れのある活動、及び環境許認可に必要な調査レベル一覧) に記載されている。

連邦法のガイドライン (法律 No. 6,938/81 及び法令 99,274/90) に従って作成された SC 州における許認可は以下のとおりである。

事前環境許可(LAP): LAP は、プロジェクトの計画前段階に発行されるものである。プロジェクトの位置、設置 (工事)、運用については、市、州、連邦の土地利用法を順守しなくてはならない。LAP は事前環境調査の後に発行される。LAP の目的は、事業者がプロジェクトの環境要件を満たして進めるための条件を明確にすることである。LAP はプロジェクト対象地において建設工事やサービスを開始している場合は発行されない。

設置環境許可(LAI): LAI は、プロジェクトの種類、面積・容積、特徴、潜在的環境影響、環境が悪化する地域に対する緩和策について明らかにし、環境影響のコントロール方法を特定し、分析・承認した後に発行される。プロジェクト開始時に、許可が発行される。

操業環境許可(LAO): LAO は、プロジェクト実施 (工事) 段階の初期に発行される。LAO は建設が終了し、環境影響のコントロール方法が実施され、その結果以前の環境許可で予測された環境要件を満たすかどうかを検証された後に発行される。

サンタカタリーナ州における LAP 取得までのフローチャート (図 7.2.1)、及び LAI、LAO 取得までに必要な段階と情報 (図 7.2.2) を以下に示す。

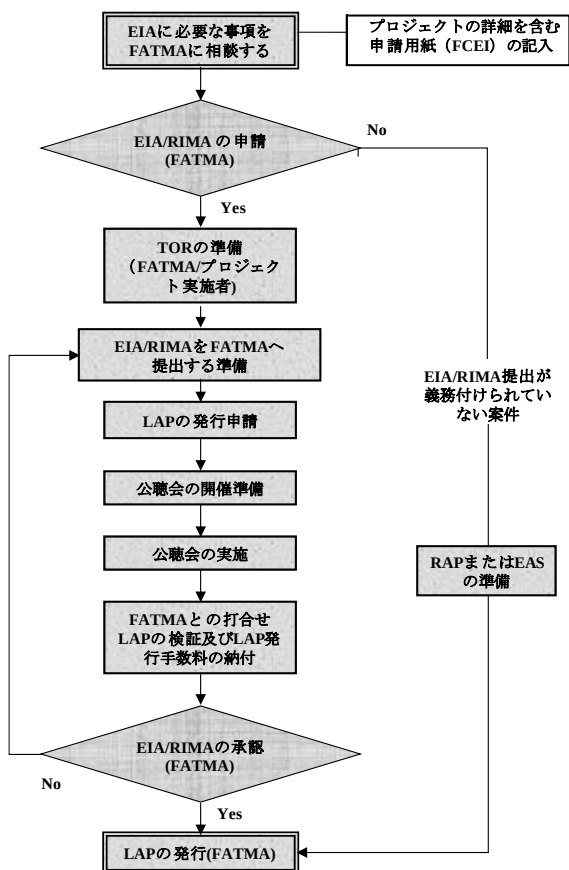


図-7.2.1 LAP 発行までのフロー

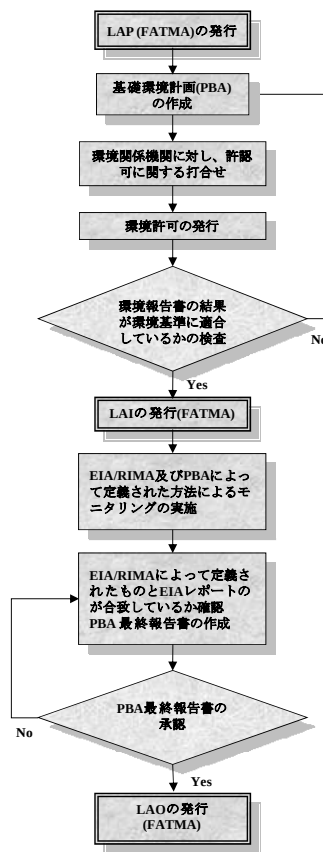


図-7.2.2 LAO 発行までのフロー

出典：JICA 調査団

7.3 自然保護区および貴重な生態系や動植物

国立公園等の自然保護地域に係る主要な法律としては、「連邦憲法」、「連邦法 No. 9,985/00」、及びその補足である「連邦法令 (Decreto) No. 4,340/02」が挙げられる。連邦憲法では、自然環境保全について、「特に保全されるべき地域の指定、法令により許可される改変及び影響を及ぼす恐れのある開発行為及びその利用に係る規制については、政府、州及び市町村の責任である」、及び「アマゾン熱帯雨林、大西洋海岸森林 (Mata Atlântica) 及び Mato Grosso 低湿地帯 (パンタナール地域) 等の代表的な自然資源の利用については、環境保全を確保しつつ、自然資源の持続可能な利用を図らなければならない」と規定している。

連邦法 No. 9,985/00 の目的は、下記の通りである。

- ・ 領土内にある遺伝子資源、多様性の維持
- ・ 絶滅危惧種の保全
- ・ 生態系多様性の回復と保全
- ・ 自然資源の持続的開発促進
- ・ 開発の過程における自然資源活用促進
- ・ 自然景観の保全
- ・ 文化、古生物、遺跡、地質等の保全
- ・ 水資源・土壌資源の保全
- ・ 劣化生態系の回復
- ・ 環境モニタリングおよび基礎研究活動の促進
- ・ 生物多様性の経済的・社会的価値評価
- ・ 環境教育、研究、環境レクリエーションの促進
- ・ 先住民の必要とする自然資源の保全及びその知識、文化、社会的・経済的価値の認識

国立公園等の保護区は、「環境保全ユニット」(Unidades de Conservação : UC) と呼ばれている。その他に主要な保護区に関する法令として、森林法、動物保護法がある。

連邦法 No. 9,605/98 第 5 章では、環境保全ユニットにおける動植物相に対して損害を与えたものに対し、法的に処罰を与える規定がある。詳細は連邦法 No. 9,605/98 の第 40 条において規定されている。

7.3.1 環境保全ユニット (Unidades de Conservação)

環境保全ユニット (Unidades de Conservação : UC) は、保護区に係る基本政策である「国家保護区域制度 (SNUC; Sistema Nacional de Unidades de Conservação)」の制度化、設定基準、設定方法について規定した連邦法 No. 9,985/00 (SNUC 法とも呼ばれる) によって定められた保護区である。

環境保全ユニットは大きく統合保全区域(Unidades de Proteção Integral : 5 種)と持続的利用保全区域(Unidade de Uso Sustentável : 7 種)があり、その目的と扱いについて表-7.3.1 に示す。

表-7.3.1 環境保全ユニットの分類とその内容

名称	内容
1. 統合保全区域 (Unidades de Proteção Integral)	統合保全区域の基本的な目的は自然環境の保全で、連邦法 No. 9,985/00 が定める例外の場合を除き、自然資源は間接利用のみが認められる。
1.1 生態系ステーション (Estação Ecológica)	生態系ステーションの目的は、自然環境保全と科学調査研究および環境教育を行う場である。ただし、科学調査研究に関しては事前の認可が必要である。環境教育は、生態系ステーションが策定する管理計画に基づいたものに限られる。地区内用地に関しては、公的利用であるため公用地とすべきであり、私有地がある場合は土地収用の対象となる。基本的に土地利用の変更はできないが、以下の例外が設けられている。 ・ 生態系の回復対策 ・ 生物多様性を守るための対策実施 ・ 学術研究を目的とした生物サンプル採集 ・ 学術目的の事業（ただし、全域の3%以下でかつ1500ヘクタール以下）
1.2 生態保護区 (Reserva Biológica)	生態保護区は、生物相と自然特性を人間の直接的な影響なしで保全することを目的とする。当保護区で行える活動は、教育目的の活動のみである。学術研究の実施には、事前の認可が必要である。地区内用地は、公的利用のため公用地とすべきである。例外として行える事業は、生態系回復措置、生物多様性保全のための必要な管理活動のみである。
1.3 国立公園 (Parque Nacional)	国立公園は、環境教育・調査、エコツアー活動の開発、科学調査、生態学上重要な自然生態系の保全を基本的な目的とする。地区内用地は、公的利用のため公用地とすべきである。公共の視察は、公園が設置する管理計画に基づくものとし、学術研究は、公園管理機関からの事前の認可が必要となる。同様のカテゴリーとして州立公園および市自然公園がある。
1.4 自然遺跡 (Monumento Natural)	自然遺跡は、稀で、独特で素晴らしい景観の保存を基本的な目的とする。公共の視察は、公園が定める管理計画に基づくものとする。民間の土地所有は認められているが、公園の目的に沿っている活動であることが必要である。土地利用が公園の目的から外れた場合、その用地は土地収用の対象となる。
1.5 野生生物保護区 (Refúgio de Vida Silvestre)	野生生物保護区は、移動動物群等の繁殖のための条件を確保できる自然環境を保護する目的を持つ。公共の視察は、公園が定める管理計画に基づくものとする。学術研究には事前の認可が必要である。民間の土地所有は認められているが、公園の目的に沿っている活動であることが必要である。土地利用が公園の目的から外れた場合、その用地は土地収用の対象となる。。
2. 持続的利用保全区域 (Unidades de Uso Sustentável)	持続的利用保全区域の基本的な目的は、自然環境保全と天然資源の持続的利用を両立させることである。
2.1 環境保護区 (Área de Proteção Ambiental)	環境保護区は、通常広大な面積を持ち、人間が一定の割合で居住しており、生活の質に重要な美的または文化的特長を持ち、生物多様性の保護、持続的な天然資源利用を基本的な目的とする地区である。監督機関、市民機関、住民代表による諮問審議会が構築され、学術研究・訪問に関する規定は、管理機関により規定される。当地区は公用地および私有地で構成され、生産活動を行うことができる。
2.2 重要環境保護区 (Área de Relevante Interesse Ecológico)	重要環境保護区は、通常小さな面積であり、人間の居住面積が低いもしくはゼロであり、特別な自然特性或いは稀な地域生物相を有し、地域レベルで重要な自然生態系を維持し、同地域の土地利用形態を自然保護と両立させることを目的とする。当地区は公用地および私有地で構成される。同地区においては、土地所有者の土地利用に制限を設けることができる。

名称	内容
2.3 国有林 (Floresta Nacional)	国有林は、ほとんどが原生樹種で構成される森林地域であり、森林資源の持続的・多面的機能の保全及び原生林の持続的利用に重点を置いた科学調査の実施を基本的な目的としている。当地区においては、監督機関、市民機関、住民代表による相談審議会が構築される。同様のカテゴリーとして州立森林および市森林がある。
2.4 採取活動保護区 (Reserva Extrativista)	採取活動保護区は、採取活動にて生計をたて、補完的に自給農業を営み家畜を飼育している伝統的採取住民により使用されている地域であり、同住民の生活手段と文化を保護し、保護区の天然資源の持続的利用を保証することを基本的な目的とする。同地区は、公用地とし、採取活動住民に委託される。私有地は土地収用の対象となる。同地区においては、監督機関、市民機関、住民代表による審議会が構築され、管理計画は審議会により承認される。公共の視察は、地区公園の定める規定に基づき可能であり、学術研究は事前認可により可能である。鉱物資源採集は禁止されており、他地域の住民による狩猟も禁止されている。伐採は、管理計画に基づく範囲で可能である。
2.5 動物保護区 (Reserva da Fauna)	動物保護区は陸上または水生野生動物の生息する持続的管理に関する科学技術調査に適した自然地域である。地区内用地は、公的利用のため公用地とすべきである。一般の訪問は、公園の定める管理計画に定める範囲で可能である。狩猟は禁止されている。
2.6 持続的開発保護区 (Reserva de Desenvolvimento Sustentável)	持続的開発保護区は、世代を通じて開発され、地域の環境条件に適応して、自然の保護と生物多様性の維持に重要な役割を果たしてきた天然資源の持続的利用システムに生活基盤を置く伝統的住民が居住する自然地域である。当地区では、自然保全と同時に住民の持続的生計改善活動を行うことができる。地区内用地は、公的利用のため公用地とすべきである。審議会が設置され、管理計画を承認する。経済活動は以下の活動に限られる。 ・ 管理計画に基づく一般への公開 ・ 学術研究 ・ 持続可能性を考慮した天然資源の開発
2.7 民間自然遺産保護区 (Reserva Particular do Patrimônio Natural: RPPN)	民間自然遺産保護区 (Reserva Particular do Patrimônio Natural) は、生物多様性を保全する目的で永久登記された民間所有地である。

出典：JICA 調査団

連邦法 No. 9,605/98 の第 40 条では、統合保全区域に対する罰則の方が重く、持続的利用保全区域における罰則は、統合保全区域に対する罰則の半分とされている。

7.3.2 森林法 (Código Forestal、連邦法 No. 4,771/65)

森林法は、無秩序な森林開発から森林及び原生植生を保護することを目的に 1965 年に制定された連邦法である。森林法は上位法として位置づけられ、改定には多くの手続きが必要となるため、現在までの間に項目が追加されても大きな改定はされていない。

森林法では、「永久保護地域(Área Preservação Permanente: APP)」及び「法定保護地域(Reserva Legal: RL)」が規定されている。

下記のような地域が APP として指定される（第 2 条）。ただし、市街地においては、都市計画マスタープランおよび市条例を整備する場合、連邦法の規定を考慮しなくてはならない。

1. 最高水位時における水面の幅が、
 - 10 m 以下の場合： 30 m
 - 10 m～ 50 m の場合： 50 m

- 50 m～200 m の場合： 100 m
- 200 m～600 m の場合： 200 m
- 600 m 以上の場合： 500 m
- 2. 湖、人工湖
- 3. 水源地：半径 50 m
- 4. 丘、山の頂上
- 5. 斜度 45 度以上の傾斜地
- 6. 砂丘をコントロールしている砂地、マングローブを安定化させている砂地
- 7. テーブル山の縁から下の側面 100 m 以上
- 8. 標高 1,800m 以上の植生

APP の利用は公共の用途、社会的要請の高い用途に限定されており、技術的に他の場所では代替できないことが条件となる。APP 利用許可発行の条件は、下記の通りである（第 4 条）。

1. 市・州と十分協議し、州環境局により承認された場合
2. 市街地にあり、都市計画マスタープランと市環境審議会が設置されている場合
3. APP における影響が一時的であり、州環境局が影響が少ないと判断している場合
4. APP 使用許可を発行する前に環境局が事業者に対して代償措置を提示した場合
5. 水源地、海岸植生、マングローブ林については、公共の用途に限られる
6. 人工湖が造成された場合は、その周囲に APP が新設される
7. APP に人や動物が入ることは、水を得るためのみ許される

RL は天然資源や生態系の持続可能な利用に資するために、郊外の私有地内（すでに APP に指定されている地域を除く）に設置される。法定アマゾン地域以外の森林及びその他の植生における指定面積は、所有地の 20%である（第 16 条）。

RL の指定は州環境局、または市環境局やその他の団体からなる審議会によって指定される。社会的利用については、下記のような分類等により検討される。

- 流域水資源計画
- 市（都市計画）マスタープラン(O Plano Diretor Municipal)
- 環境－経済ゾーニング
- その他の環境ゾーニング
- その他の RL、APP、UC、法的保護区設定時

森林法に関係するその他の主な連邦法は、表-7.3.2 のとおりである。

表-7.3.2 森林法に関連するその他の主な連邦法制度

法律・規定名	規定内容
連邦法 No. 7,754/89	河川の水源地周辺の森林を APP とする規定
IBAMA 命令 No. 218/89	大西洋岸森林(Mata Atlântica)の開発に係る許可申請規定
連邦法令 No. 750/93	大西洋岸森林の原生林及び再生林の伐採及び開発に関する規定
IBAMA 基準 No. 44-N/93	林産物の輸送許可に関する規定
組織間基準 No. 1/96	SC 州の天然林開発に関する規定

連邦法 No. 9,605/98	環境犯罪法：環境に関する規定に違反した場合の処罰に関する規定
CONAMA 決議 No. 261/99	SC 州の沿岸植生の繊維段階に関する基準
CONAMA 決議 No. 302/02	人造湖とその利用地域における APP の規定
CONAMA 決議 No. 303/02	森林法であいまいだった部分の詳細定義（川幅、都市、海岸植生等）
CONAMA 決議 No. 317/02	大西洋海洋森林における絶滅危惧種の保護のための開発規制
CONAMA 決議 No. 317/06	APP の植生破壊に関する規制の除外事項（公共利用、社会的利益、環境影響が低い場合の定義）
連邦法 No. 11,428/2006	大西洋岸森林の天然植生の利用と保護に関する規定
連邦法令 No. 5,975/2006	遷移途中の植生の開発に関する規制
連邦法令 No. 6,660/2008	連邦法 No. 11,428 の具体的規則

出典：Eletrobras, 2009. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DE INTERESSE DO SETOR ELÉTRICÔNIVEL FEDERAL

7.3.3 その他の保護が義務付けられている貴重な生態系や動植物

環境保全ユニットや森林法以外の保護区に関する重要な法令としては、「連邦法 No. 7,653/67（動物保護法）」、絶滅危惧種に関する法律等が挙げられる。表-7.3.3 に、本マスタープランに関係するその他の保護が義務付けられている貴重な生態系や動植物に関する主要な法令を示す。

表-7.3.3 その他の保護が義務付けられている貴重な生態系や動植物に関する主な連邦法制度

法律・規定名	規定内容
連邦法 No. 5,197/67	動物保護法：野生動物の狩猟、捕獲の禁止
連邦法令 No. 92,446/86	ワシントン条約に基づく輸出入規制動植物種の指定
連邦法 No. 7,679/88	魚類の繁殖期における漁の禁止
IBAMA 命令 No. 1,522/89	絶滅の恐れのある動植物リスト
IBAMA 基準 No. 146/07	野生動物管理計画策定基準（調査、モニタリング、保護）
IBAMA 基準 No. 168/08	野生動物の利用と管理に関するカテゴリー分類

出典：Eletrobras, 2009. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DE INTERESSE DO SETOR ELÉTRICÔNIVEL FEDERAL

7.3.4 保護が義務付けられていない保護区および貴重な生態系や動植物

州政府及び市政府によって指定されている保護区域（環境保全ユニットと同様のものと州で定めている独自のもの）については、連邦法と同様の項目であっても、連邦法の規制を基本とするものの、利用許可は州の権限となる。

図-7.3.1 に、イタジャイ川流域における環境保全ユニット分布図を示す。

7.4 先住民

連邦憲法において、土地は元来先住民によって使用されていたが、現在は連邦が所有することとなっている。連邦憲法 XVI 章 49 条には、水力資源開発を先住民居住区で行う場合、国会の承認が必要であるという決定が記載されている。176 条において、国家利益のためには、連邦の承認のもとに土地所有権を変えることができると記載されている。また、231 条では社会的組織、習慣、言語、伝統と信仰、伝統的に利用している土地の権利について、連邦は「保護し、尊重する」と書かれている。

連邦憲法だけでなく、先住民の権利と土地所有権に関しては下記のような法制度がある。

- ・ Law No. 6,001/73 及び Decree No. 88,985/83
先住民及びそのコミュニティの法的存在に関する法制度。先住民居住区及びその周辺において、先住民が物理的、文化的に生活するのに必要な環境保護活動について
- ・ Directive FUNAI No. 422/89

先住民保護区における環境サービス機関（SEMATI）の創設

- ・ Decree No. 1,141/94
先住民コミュニティにおける生産活動に対する環境的、健康的保護活動について
- ・ Decree No. 1,775/96
先住民居住区における土地境界決定に関する行政的規則

イタジャイ川流域の北西地域には、Kaingang 族、Guarani 族及び Xokleng 族が居住する Ibirama-La Klanô 居住区がある（連邦指定の先住民保護区）。Ibirama 居住区は Hercílio 川（旧 Itajai do Norte 川）と山に沿っており、Florianópolis 市から北西 260km、Blumenau 市から西に 100km の地点にある。SC 州の 4 つの市にまたがっており、居住区の面積の 70%は José Boiteux 市及び Dourado Pedrinho 市にある。民族の名前は彼らの言語で"Laklânô"と言い、「太陽の人」という意味である。1997 年に実施された FUNAI による調査では、Ibirama 居住区には 1,009 人が居住しており、Xokleng 族の 20 世帯が Blumenau 市、Joinville 市、Itajai 市の郊外に住んでいる。また、2005 年に実施された先住民協会の調査によると、Ibirama 居住区には 2,068 人が居住しているというデータもある。

FUNAI の情報によると、Ibirama-La Klanô 居住区は、1926 年の連邦命令 No. 15/1926 により確保され、1952 年に州土地植民局及び連邦歴史的遺産事務局（SPU）によって約 20,000ha として改正された。現在では不動産登記事務所（CRI）及び連邦歴史的遺産事務局（SPU）において彼らの土地に関する登録が 1996 年に行われている。先住民協会が 2005 年に行った調査によると、居住区は 37,000ha に及ぶ点が指摘されている。Ibirama 居住区は法務省省令(directive) No. 1,128/2003 により、居住区として認定された。

イタジャイ川は、食料としての魚の資源のプールとして、また他の地区への移動経路として、Ibirama 居住区で生活する遊牧民にとって重要な役割を果たしてきた。しかし、植民地化後にはこの自給自足の生活基盤が難しくなり、その他の生活手段をとらなくてはならなくなった。

Ibirama 居住区の人々は現在でもイタジャイ川との関係をもっており、1976 年から 1980 年にかけて行われた Hercílio 川（Itajai do Norte 川流域）における Norte ダムの建設時には、隣接していた先住民と多くの紛争が起きたことについて述べる必要がある。ダム建設は Ibirama 居住区の人々の生活とコミュニティに多くの変化をもたらした。ダムの完成により、居住区における肥沃な土地の 95%以上が失われ、より標高の高い場所への移住が求められたことにより、社会的組織との直接的な干渉が行われた。ダム用地は FUNAI と国家工事衛生局（DNOS）によって寄付された。しかしながら、法律、土地、自然資源の利用といったものを取り上げられた人々からの抗議がありながらもダム建設は開始され、何年もの間、紛争を起し続けてきた。

Norte ダムの建設に由来する紛争の歴史を考慮すると、Ibirama 居住区周辺において、本プロジェクトによる洪水対策、連邦法による土地の境界設定や、彼らの生活に直接・間接影響を与えるプロジェクトの実施は勧められない。

なお、この地域におけるすべての計画は、第一に環境調査及び人類学的調査の上、国会において承認を得る必要がある。

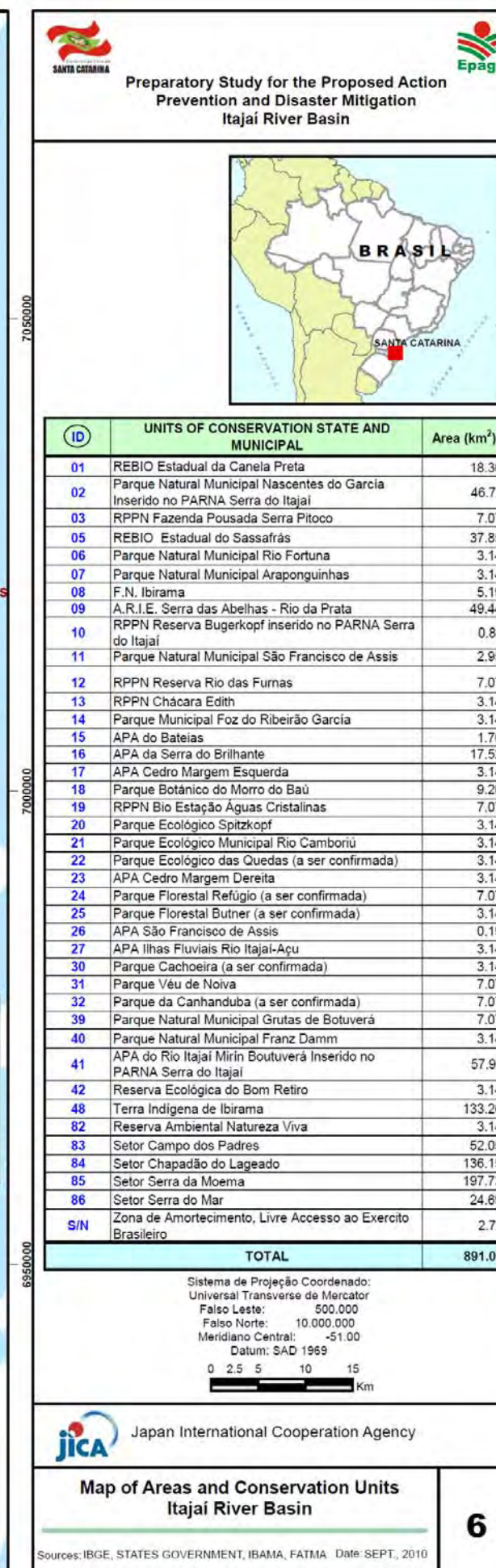
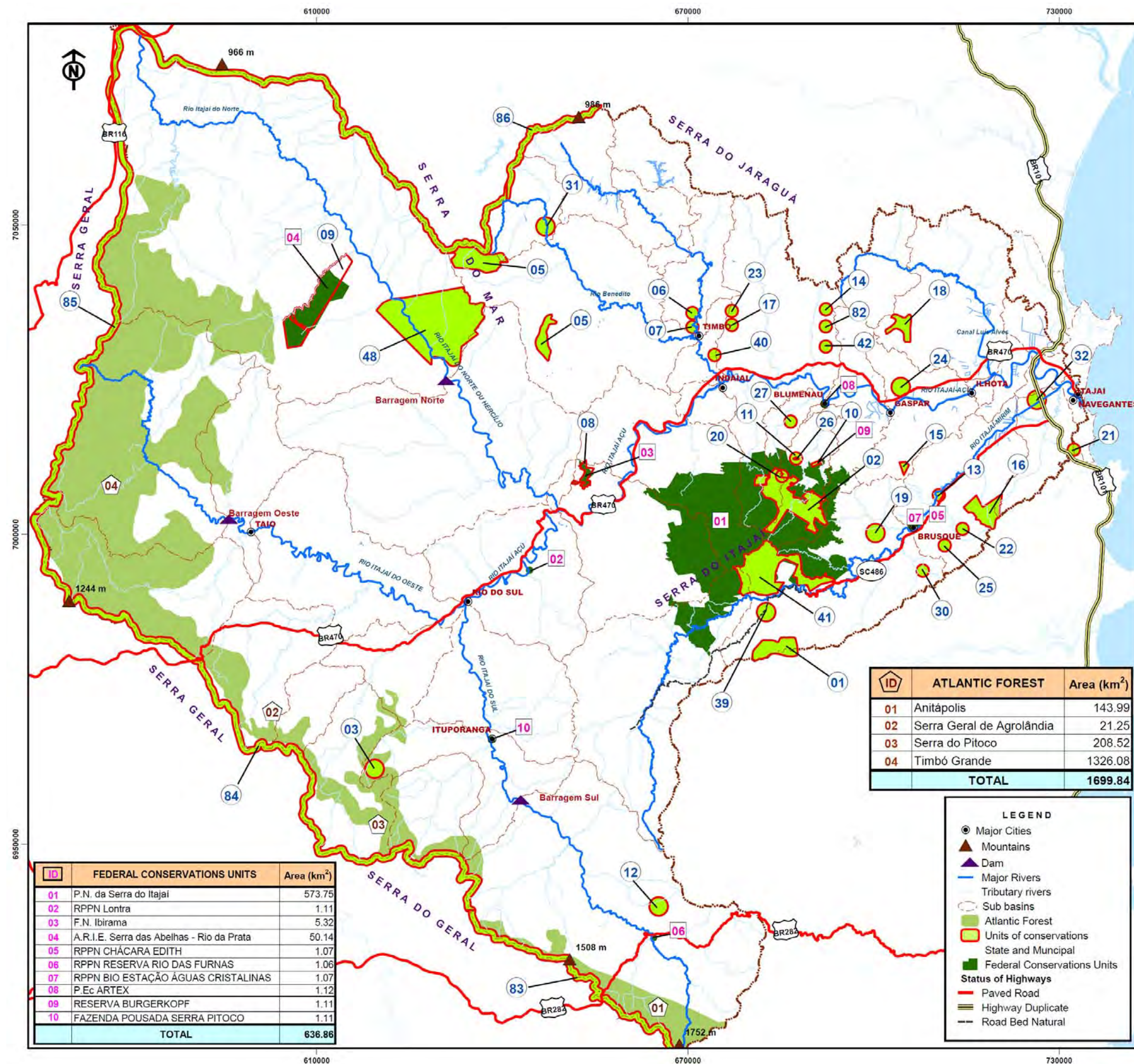


図-7.3.1 イタジャイ川流域における
環境保全ユニット分布図

第8章 洪水災害緩和マスタープランの策定

8.1 概説

第5章で述べたように、イタジャイ川流域の洪水災害緩和マスタープランは我が国の総合治水の観点を踏まえて、洪水の流出を遅らせることを目標にする。洪水時に氾濫する河川沿いの牧草地、水田や畑地は、遊水効果により洪水の流出を遅らせることが期待できる。流域内で氾濫を許容できるところは積極的に活用し、「洪水を散らす治水対策」を策定する。イタジャイ川流域委員会も「洪水との共生」を提言しており¹、この「流域内での氾濫を許容して洪水を散らす治水対策」は合致している。但し、治水安全度が25年や50年と高くなれば、洪水を散らす流域対策だけでは限界があろう。その際には、極力、流域対策を講じるが、築堤、洪水放水路や治水ダムも構造物対策の比較代替案も検討に加える。

洪水防御対策は通常複数の対策を組み合わせで選定されるが、イタジャイ川の洪水氾濫特性や地域の洪水対策ニーズに充分配慮して多様な治水対策メニューを立案・検討する。また、主要な都市はイタジャイ川沿いに位置しており、イタジャイ川本流や主要支川沿いで宅地化や商業施設の開発が進行中である。密集した市街地での河道拡幅等の構造物対策は非常に難しいことは地方政府も認識しており、流域対策には遊水地等の構造物対策に加え、洪水予警報システムの体制強化をはじめとした非構造物対策の導入も検討に加える。

8.2 防御対象地区の選定

洪水による氾濫や浸水は、イタジャイ川及びその支川沿いの地域で発生している。洪水氾濫域の全域に対して洪水防御事業を実施することは、経済的及び財務的観点から見て現実的でないと考えられる。イタジャイ流域委員会も同意見である。

築堤による洪水防御事業を実施する場合、下流部への洪水流出量は急増し全体事業費はコスト高となる。これを避けるために、河川沿いの牧草地、水田や畑地等の被害ポテンシャルの低い地区は意図的に築堤を行わず、むしろ積極的に残すことが考えられて然るべきである。この観点からすれば、洪水防御対象地区としてはイタジャイ川沿いの主要都市が対象となる。

節3.3.1 主要洪水記録でも述べたように、各都市の洪水発生頻度や洪水被害額の大きさ（表-3.3.1 及び表-3.3.2 参照）、また、各市政府との洪水問題のヒアリングや現地調査結果（表-5.1.1 参照）等から、Rio do Sul, Blumenau, Gaspar, Ilhota, Timbo, Taio, Itajai, Brusque の8市を優先度の高い洪水防御対象地区として選定した。

また、フラッシュフラッドとしては、近年山麓部や斜面の宅地開発による流域開発、また河川沿いの宅地化も著しく、結果として洪水被害ポテンシャルの増大をもたらしているブルメナウ市の主要支川である都市河川（Garcia, Velha 川）を選定した。加えて、河口部に位置しイタジャイ川本流の背水やイタジャイミリム川からの洪水流入の影響も受けるイタジャイ市も対象都市河川として選定した。

8.3 治水対策代替案の選定

河道形状、洪水氾濫状況及び地形条件の観点から、イタジャイ川流域に適用可能と思われる治水対策の代替案を下記に示すように設定した。

¹ Beate Frank, Adilson Pinheiro (organizadores), Enchentes na Basia do Itajai: 20 anos de experiencias（イタジャイ川流域の洪水：20年の経験）、Blumenau 2003, Capitulo 9 A Formalizacao Da Gestao Das Cheias No Ambito Da Bacia Do Rio Itajai

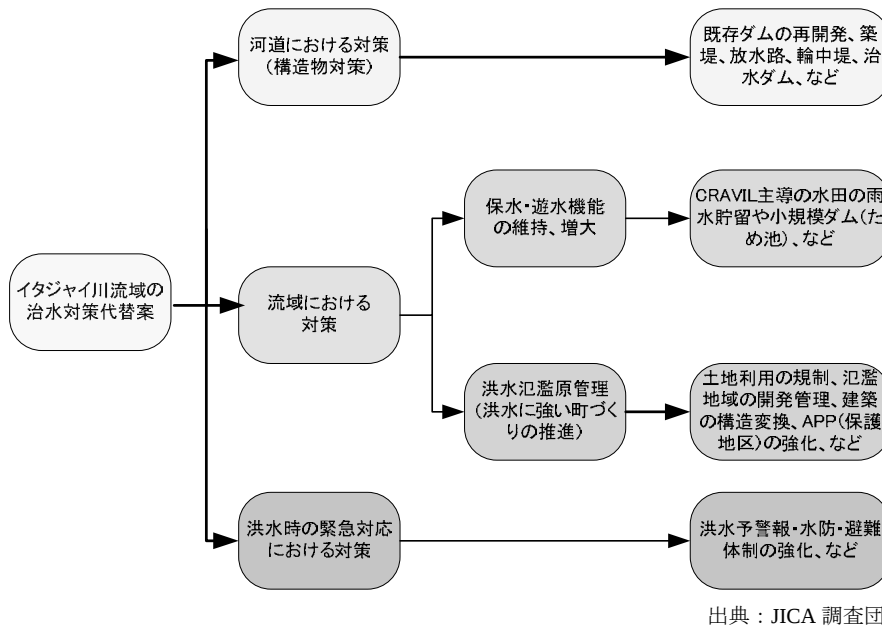


図-8.3.1 イタジャイ川流域に適用可能な治水対策代替案

以下、各代替案の概要は次の通りである。

8.3.1 河道における対策（構造物対策）

(1) 既存治水ダムの嵩上げ

節 3.2.2 で述べたように、流域内に 3 つの治水専用ダムが建設されている（ダム諸元は、表-3.2.5 参照）。1992 年に建設された Norte ダムは、総貯水容量 357 百万 m^3 で最大の洪水調節容量を持っており、洪水吐からの放流はこれまで一度も発生していない。一方、Oeste と Sul の両ダムは中規模程度の洪水流入で余水吐からの放流が発生している。

Oeste と Sul の両ダムに対して、洪水調節能力の増強をはかるため、以下の改良を検討する。

- i) Oeste ダム：ダム堤体と洪水吐の嵩上げ
- ii) Sul ダム：洪水吐の嵩上げ

ロックフィルダムの Sul ダムは、ダム本体の嵩上げは技術的に難しいと思われるので、洪水吐の嵩上げを検討する。これら両ダムの改良により、Rio do Sul 市も含め下流の主要都市では治水効果（洪水ピークのカット）が期待できる。



Oeste ダムの余水吐



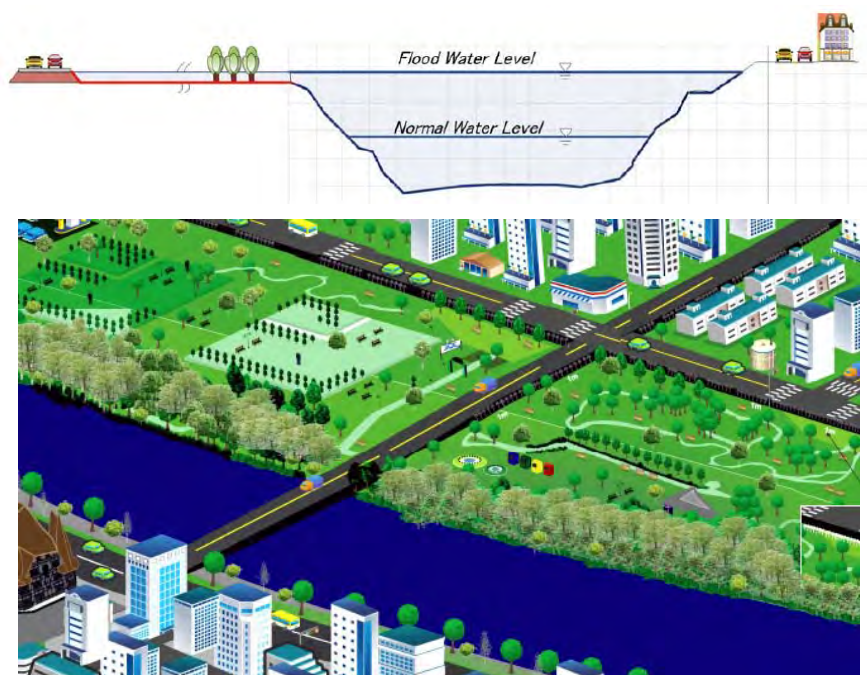
Sul ダムの余水吐

(2) 堤防（河道改修）

現河道の流下能力を増すために河道の拡幅や河床掘削を行うことは、治水事業では最も一般的である。1988 年の治水基本計画（JICA 策定の治水マスタープラン）でも、イタジャイ

川 Blumenau - Gaspar 区間の河道の拡幅や河床掘削が提案されている。しかしながら、イタジャイ川本流では河道の拡幅や河床掘削は代替案には極力採用しない方針とする。但し、流下能力の増大は治水安全度が高くなれば必要となるので、都市の河岸沿いの森林は残して複断面化は治水代替案に含める。

複断面化に際しては、河岸の森林は洪水敷として残し（公園化等オープンスペースとして利用）、既存道路を堤防として活用するか（嵩上げも含む）、道路として活用できる築堤を代替案に含める。現河道は複断面の低水路部分を構成することになる。下図に複断面化のイメージ図を示す。



出典：JICA 調査団

図-8.3.2 Blumenau 市イタジャイ川の複断面化のイメージ図

(3) 放水路

1988 年の治水基本計画では、イタジャイ川河口部の流下能力が小さく河道拡幅や築堤が困難であることから、連邦道路 10 号線の橋梁の下流付近から Navegantes 市の海岸への放水路が提案されている。放水路は Gaspar 市下流の沖積平野に広がる広大な洪水氾濫域の湛水深や湛水時間の緩和に効果が期待できるので代替案に加える。

(4) 輪中堤

イタジャイ川沿いには、多くの都市が発達している。当然のことながら、資産の集中する主要な都市域では洪水被害ポテンシャルが大きい。現況河道の複断面化が難しい都市では、河川からの洪水流の溢水を優先的に防御するために、河道沿線の洪水防御策として輪中堤を代替案に加える。

(5) 新規の治水ダム

Blumenau 市や Brusque 市の治水安全度を高める場合、上流域の水田や耕作地の遊水効果だけでは限界があり、上流域の治水ダム案を加える。

8.3.2 流域における対策

(1) 水田の雨水貯留

下表にイタジャイ流域における水田面積を市別に示す。総面積は 26,295 ha であるが、イタジャイ・ミリム川流域の水田は CRVIL の対象区域外なので含まれていない。CRAVIL はイタジャイ流域で、全体の 80%にあたる 22,000 ha を対象に水田への雨水貯留を計画している。

表-8.3.1 イタジャイ川流域における水田面積

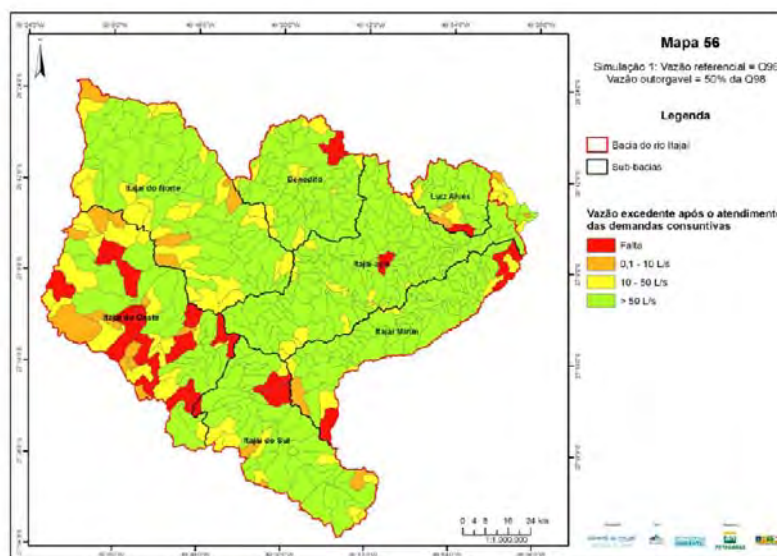
イタジャイ川上流域		イタジャイ川中・下流域	
市	面積 (ha)	市	面積 (ha)
Agronomica	360	Ascurra	567
Agrolandia	260	Brusque	170
Alfredo Wagner	155	Benedito Novo	300
Ibirama	70	Dr. Pedrinho	808
Lontras	100	Gaspar	3,400
Mirim Doce	1,850	Indaial	250
Pouso Redondo	2,045	Ilhota	3,000
Presidente Getúlio	65	Itajai	2,400
Rio do Campo	1,800	Luis Alves	558
Rio do Sul	300	Navegantes	1,200
Rio do Oeste	1,600	Rio dos Cedros	1,100
Salete	100	Rodeio	617
Taio	2,400	Timbo	700
Trombuto Central	80		
Vitor Meirelis	40		
小計	11,225	小計	15,070
合計		合計	26,295

出典：CRAVIL

計画書によれば、水田の雨水貯留は、水田の平均高さ 10 cm の畝を 30 cm に上げる。最大で約 66 百万 m³ の雨水貯留が可能と計画している。

(2) 流域貯留（小規模ダム）

小規模なダムを小河川に計画する。貯水した水は灌漑に利用するために、下図に示すように、灌漑用水不足の顕著な Rio do Sul 上流域（Itajai do Oeste と Sul 川流域）を優先する。



出典：イタジャイ川流域委員会

図-8.3.3 イタジャイ川流域で水不足が想定されるマイクロ流域

8.4 各治水安全度に対する洪水災害緩和対策

8.4.1 5年確率洪水

(1) 洪水流出量と流下能力

図-8.4.1 に、都市別の5年確率洪水量と流下能力を示す。流下能力が不足しているのは、中上流域ではRio do Sul市（イタジャイ川本川区間とItajai do Oeste川区間）とイタジャイミリム川沿いのItajai市であり、その他の都市は5年確率流量以上の流下能力を有している。

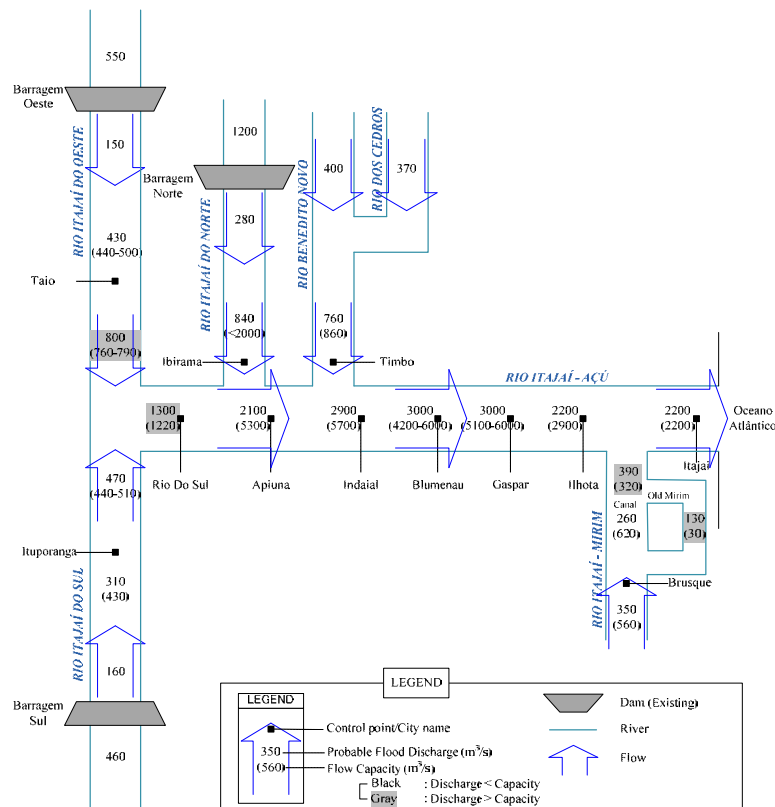
(2) 治水対策の基本方針

自然社会環境への負荷が少ない水田への雨水貯留や農業用の小規模ダムによる流域対策を優先させ、既存の治水ダムの有効利用を考える。

(3) 対策案の検討

1) 水田の雨水貯留

水田の雨水貯留の効果は、降雨の初期損失として取り扱う。各市の水田面積のうち天水田の割合80%と貯留高20 cmを乗じた総貯留量を、流域面積で除した値を初期損失雨量と考える。初期損失雨量の計算は、図-3.5.4 で示した流出解析モデルの流域区分ごとに水田面積を振り分けて流出計算を行った。表-8.4.1 に流域区分別の初期損失雨量を示す。水田貯留による初期損失雨量は、水田の少ないItajai do Sul流域、Itajai do Norte川流域で1 mm以下と小さいが、Itajai do Oeste川流域（Basin 1）、イタジャイ川本川下流域（Basin 9、10、12）では10～20 mm以上と大きい。



出典：JICA 調査団

図-8.4.1 5年確率洪水の都市別流量（無対策）と流下能力

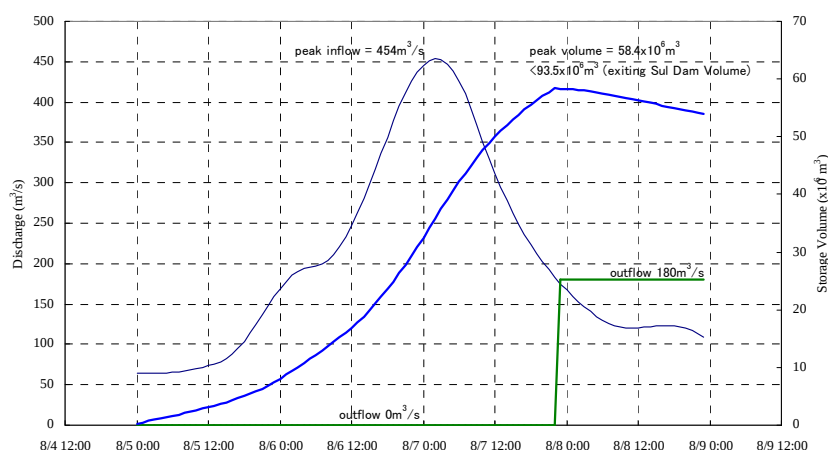
表-8.4.1 水田貯留の利用可能面積と治水効果（降雨損失量）

Sub Basin	Catchment Area km ²	Municipality	Paddy Area ha	Depth cm	Rate of using Rainwater	Storage m ³	Initial Loss mm
Itadai do Oeste	Barragem Oeste	Rio do Campo	1,800	20	0.8	2,880,000	2.8
	Basin 1	Mirim Doce	1,850	20	0.8	2,960,000	13.2
		Taio	2,400	20	0.8	3,840,000	
		Saleta	100	20	0.8	160,000	
	Basin 2	Agrolandia	260	20	0.8	416,000	5.0
		Pouso Redondo	2,045	20	0.8	3,272,000	
		Agronomica	360	20	0.8	576,000	
		Rio do Oeste	1,600	20	0.8	2,560,000	
		Trombuto Central	80	20	0.8	128,000	
		Rio Do Sul	150	20	0.8	240,000	
Itajai do Sul	Barragem Sul	Alfredo Wagner	155	20	0.8	248,000	0.2
	Basin 4	Rio do Sul	150	20	0.8	240,000	0.6
Itajai do Norte	Basin 5	Ibirama	70	20	0.8	112,000	0.3
		Presidente Getuilo	65	20	0.8	104,000	
		Vitor Meirelis	40	20	0.8	64,000	
Benedito	Rio Benedito	Benedito Novo	300	20	0.8	480,000	2.8
		Dr. Pedrinho	808	20	0.8	1,292,800	
		Timbo	350	20	0.8	560,000	
	Rio dos Cedros	Rio dos Cedros	1,100	20	0.8	1,760,000	3.9
		Timbo	350	20	0.8	560,000	
Itajai Acu	Basin 6	Lontras	100	20	0.8	160,000	0.2
	Basin 7	Ascurra	567	20	0.8	907,200	4.1
		Indaial	250	20	0.8	400,000	
		Rodeio	617	20	0.8	987,200	
	Basin 9	Gaspar	3,400	20	0.8	5,440,000	15.6
	Basin 10	Ilhota	3,000	20	0.8	4,800,000	21.1
	Luiz Alves	Luis Alves	558	20	0.8	892,800	1.5
	Basin12	Navegantes	1,200	20	0.8	1,920,000	21.8
		Itajai	1,200	20	0.8	1,920,000	
Itajai Mirim	Basin11	Itajai	1,200	20	0.8	1,920,000	4.1
	Itajai Mirim	Brusque	170	0	0.8	0	0.0
Sum	11596		26,295			41,800,000	

出典：JICA 調査団

2) Sul ダムの運用方法の変更

Sul ダムは Oeste ダムと比べると流入量に対して貯水容量が大きいと、5 年確率流量の場合にはゲートを全閉としても貯水容量は $58.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ までしか上がらず、貯水容量 $93.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ を超えない（図-8.4.2 参照）。1983 年や 1984 年のような大洪水以外は越流することがほとんどないとの情報である。従って、5 年確率流量を対象とする場合には、洪水時にゲートを全閉操作する運用に変更するだけで効果が得られる。但し、ダムをゲート全閉で運用することは大洪水時の越流リスクを高めることになるため、ダムの嵩上げが必要となる。



注）洪水ピーク後は、洪水後に流入量が $180 \text{ m}^3/\text{s}$ を下回った時点で順次ゲート開操作することを想定した。 $180 \text{ m}^3/\text{s}$ は下流河道の流下能力に対して十分小さい流量である。

出典：JICA 調査団

図-8.4.2 5 年確率洪水に対して Sul ダムのゲートを全閉とした場合の貯留量

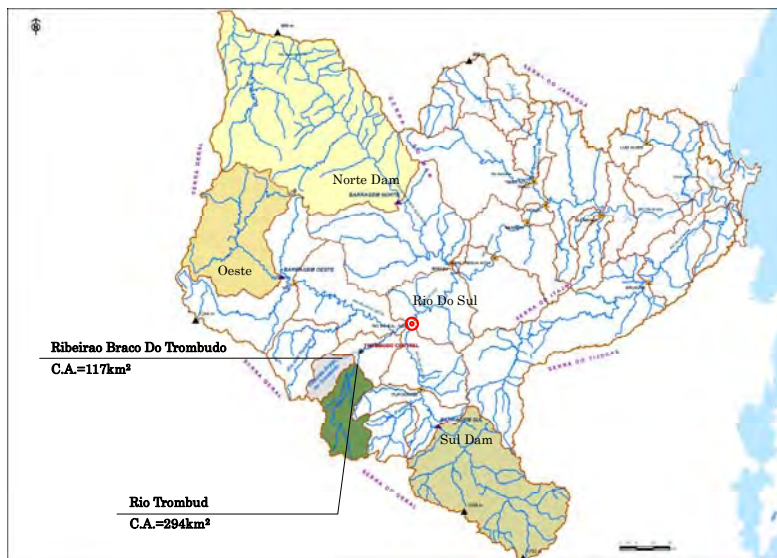
3) 流域貯留（小規模ダム）

洪水流出シミュレーションによれば、Oeste ダムから Rio do Sul までの区間が 80 km 程度と長く、また河床勾配も 1/5000 と非常に緩いため、Oeste ダムでゲートを全閉しても Rio do Sul 市付近の Itajai do Oeste 川の流量低減効果は小さい。また、水田貯留の効果も限られており、小規模ダムで対応した。Itajai do Oeste 川沿いの流下能力 760 m³/s に対して、5 年確率洪水流量は 800 m³/s であるから、流下能力の不足量は 40 m³/s である。この 40 m³/s を低減するために必要な小規模ダム貯留量は、約 8,140,000 m³ である（詳細は付属報告書を参照）。小規模ダムの候補地選定については、詳細な地形図が必要であり、現在航空測量中の 1/10,000 地形図の完成を待つ必要があるが、有力な候補地として 2 地点を 5 万分の 1 地形図から選定した。位置図を図-8.4.3 に示す。小規模ダムの貯水容量は次のようになる。

表-8.4.2 Rio do Sul 洪水対策のための小規模ダムの貯水容量（5 年確率洪水レベル）

候補地	Trombudo 川（1 箇所）	Braco do Trombudo 川（1 箇所）
流域面積	294 km ²	117 km ²
貯水容量	5,830,000 m ³	2,310,000 m ³

出典：JICA 調査団

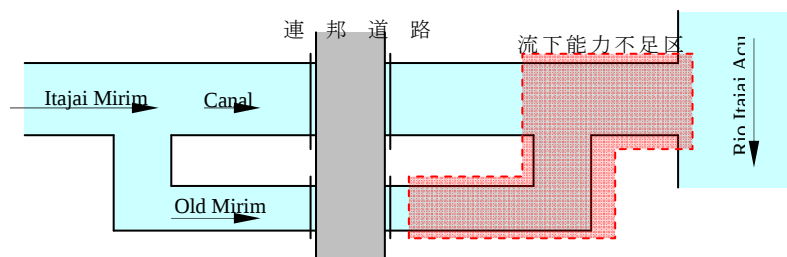


出典：JICA 調査団

図-8.4.3 小規模ダム候補地の位置図（5 年確率洪水レベル）

4) イタジャイミリム川

イタジャイミリム川は、Itajai 市の上流で旧河道（Old Mirim）と新河道（Canal）に分岐し、イタジャイ川本川合流直前（1 km 程度上流）で再び合流し、1 本の河川としてイタジャイ川に流入する。下図に示すように、イタジャイミリム川で流下能力が 5 年確率洪水流量より小さい区間は、旧河道（BR-101 号線～Canal 合流点）とイタジャイ川合流直前の 1 km 区間であり、Canal の流下能力は 5 年確率洪水流量以上の通水能力である。



出典：JICA 調査団

図-8.4.4 イタジャイミリム川の流下能力不足区間

下表-8.4.3 に示すように、対策案として「水門+部分堤防」と「全堤防」の2案が考えられるが、対象区間は住宅の密集する市街地でありコストおよび社会的影響の大きさの面から「水門+部分堤防」案を採用した。

表-8.4.3 5年確率洪水に対するイタジャイミリム川の洪水対策方法の比較

比較項目	水門+部分堤防	全堤防
概要	イタジャイ川合流前の1km区間を堤防で防御し、Old Mirimは水門により流入量をコントロールする。	イタジャイ川合流前とOld MirimのBR-101号線より下流の全区間を堤防により防御する。
レイアウト		
コスト	土地収用範囲が少ないため、コスト面で明らかに優位である。	都市域の土地収用範囲が非常に広く、築堤に伴う橋梁の付け替えが多い（7箇所）。コスト面で明らかに優位性がない。
社会環境への影響	家屋移転が少なく、社会的な影響が小さい。	都市域の築堤であるため、家屋移転が非常に多く、社会的な影響が大きい。
自然環境への影響	大きな影響なし。洪水時はゲートを閉めるため、その期間の影響に関して留意しておく必要がある。	大きな影響なし。
評価	採用案として適切である。	社会的影響が大きく、コスト面でも不利であるため、対策案として不適切である。

出典：JICA 調査団

Old Mirimの水門は、上流側（BR-101号線の上流）と下流側（Canal合流前）の2箇所に設置する。上流側の水門は、イタジャイミリム川の洪水ピーク時に上流からの流入をOld Mirimの流下能力以下にコントロールする。また、下流側の水門は、イタジャイ川本川の洪水ピーク時にイタジャイ川本川からの背水の影響を防ぐ。

下流側水門の諸元は表-8.4.4のとおりである（後述するように、「水門+部分堤防」案は10年確率以上の各洪水規模でも提案されるため、表-8.4.4には洪水規模別の施設諸元を示す）。

表-8.4.4 水門および堤防の諸元（確率規模別）

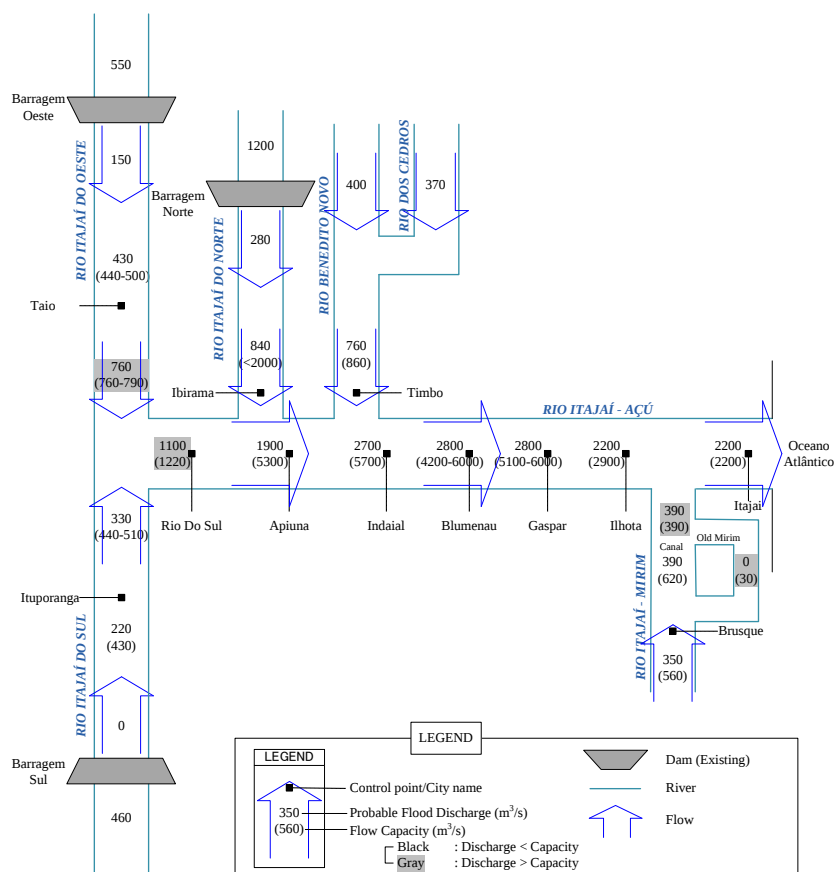
確率規模		5年	10年	25年	50年
上流側水門	ゲート門数	4門			
	ゲート幅	10m			
	ゲート高	4.1m	4.5m	4.9m	5.3m
	水門全幅	61m			
下流側水門	ゲート門数	4門			
	ゲート幅	10m			
	ゲート高	3.0m	3.3m	3.6m	4.0m
	水門全幅	61m			
堤防高*	左岸側	0.6m	0.8m	1.3m	1.7m
	右岸側	1.0m	1.3m	1.7m	2.1m

注）堤防高は、本調査で実施した河川横断測量の測線IMaにおける現地盤からの高さを示す。

出典：JICA 調査団

(4) 対策案実施後の確率洪水流量

提案された治水対策案を実施した場合の5年確率洪水の都市別洪水流量を図-8.4.5に示す。なお、図の洪水流量はItajai市上流（Itajai市～Gaspar市区間）の低地の氾濫を想定したものであるため、この氾濫原の保全が前提となっている。



出典：JICA 調査団

図-8.4.5 5年確率洪水の都市別流量（洪水対策後）と流下能力

8.4.2 10年確率洪水

(1) 洪水流出量と流下能力

図-8.4.6に10年確率洪水の都市別流出量と流下能力を示す。流下能力が不足しているのは、Taio市、Rio do Sul市（イタジャイ川本川区間、Itajaí do Oeste川沿い、Itajaí do Sul川沿い）、Timbo市及びItajaí市のイタジャイ川本流とイタジャイミリム川である。

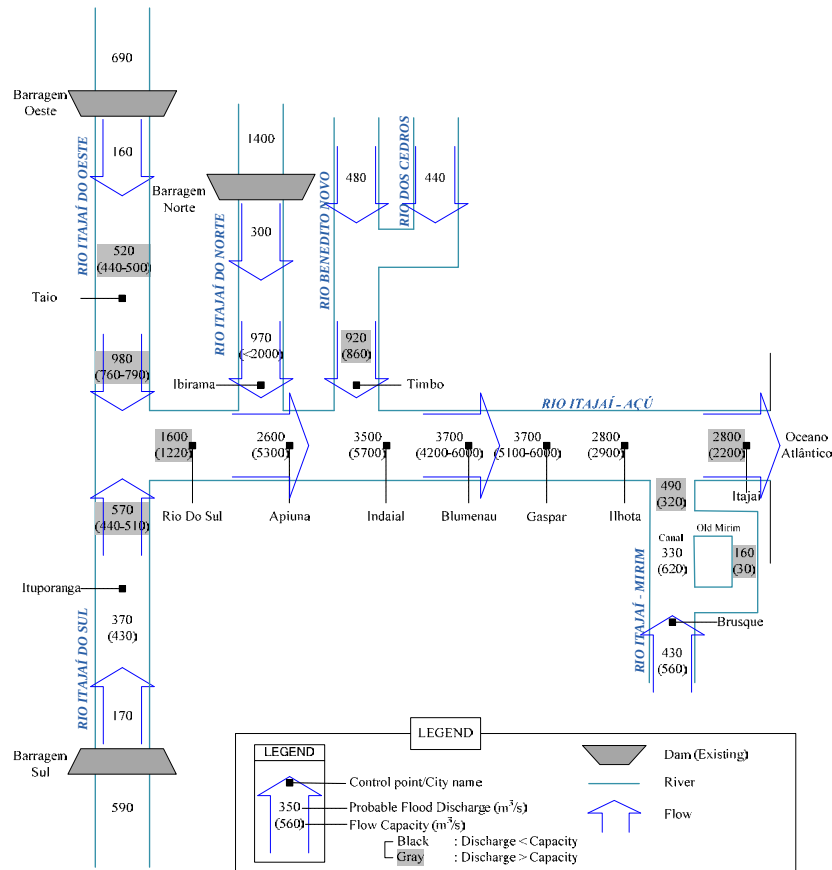
(2) 治水対策の基本方針

5年確率洪水への対策と同様に、自然社会環境へのインパクトが小さい水田への雨水貯留や流域貯留（小規模ダム）の利用、既設治水ダムの有効利用を優先する。イタジャイミリム川の流下能力不足の対策と水田の雨水貯留は5年確率洪水の対策と同じである。

(3) 対策案の検討

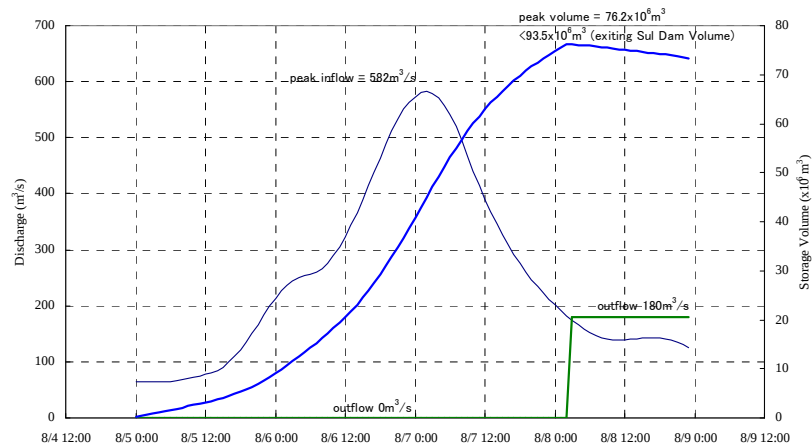
1) Sulダムの運用方法の変更

Sulダムは10年確率流量の場合においても、ゲートを全閉操作の貯水容量が $76.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ までしか上がらず、Sulダムの貯水容量 $93.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ を超えない（図-8.4.7）。従って、10年確率洪水についてもSulダムの運用を全閉操作することが可能であり、嵩上げなどの構造的な変更は不要である。但し、前節でも説明したように、実際には、このような操作は大洪水時の越流リスクを高めることになるため嵩上げが必要になる。



出典：JICA 調査団

図-8.4.6 10年確率洪水の都市別流量（無対策）と流下能力



注）洪水ピーク後は、Sul ダム常用洪水吐きの放流能力を考慮し、洪水後に流入量が $180 \text{ m}^3/\text{s}$ を下回った時点で順次ゲート開操作することを想定した。 $180 \text{ m}^3/\text{s}$ は下流河道の流下能力に対して十分小さい流量である。

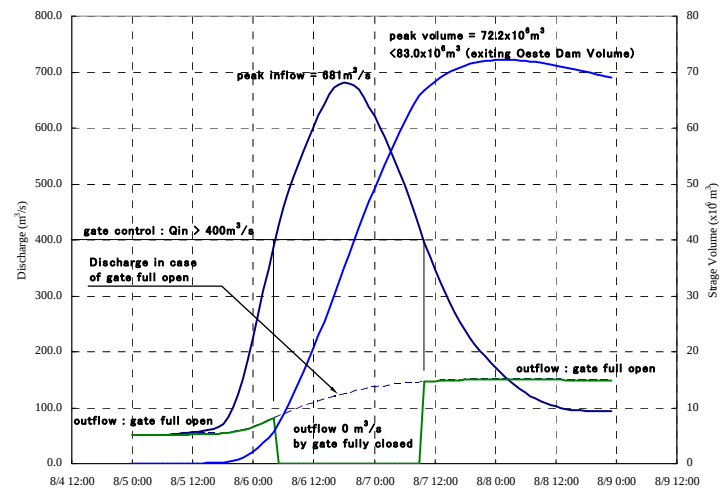
出典：JICA 調査団

図-8.4.7 10年確率洪水に対して Sul ダムのゲートを全閉とした場合の貯留量

2) Oeste ダムの運用方法の変更

Oeste ダムは Sul ダムに比べると貯水容量が小さく、過去の洪水でも越流しやすいダムであるが、10年確率洪水に対してダム直下の Taio 市の氾濫を防ぐために、ダム流入量が $400 \text{ m}^3/\text{s}$ 越えた時点でゲートを全閉すれば、貯水容量は $72.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ までしか上がらず、貯水容量

$83.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ を超えない（図-8.4.9）。Sul ダムと同様に、このような操作は大洪水時の越流リスクを高めることになるため嵩上げが必要になる。

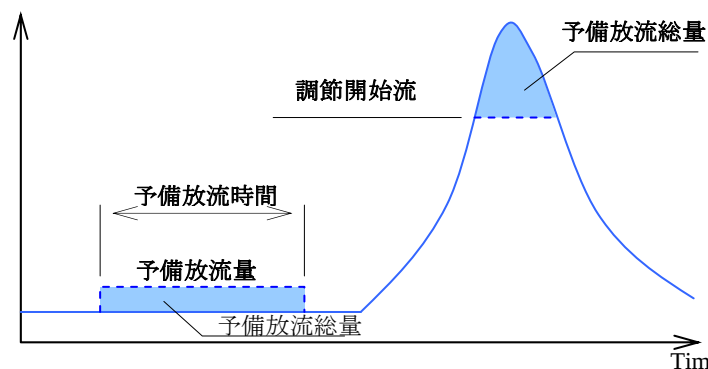


出典：JICA 調査団

図-8.4.8 10 年確率洪水に対する Oeste ダムの運用方法

3) 既存発電ダムの治水利用

Timbo 市の流下能力不足分 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ を解消するために、Rio dos Cedros 川上流にある CELESC 管理の 2 つの発電専用ダムを利用することを検討した。Rio dos Cedros 市や Timbo 市は貯水池の運用水位を少し下げその分を洪水調節に回すことができないか期待しており、予備放流の検討を行った²。予備放流に当たっては、図-8.4.9 の模式図に示すように、下流河道の流下能力を考慮して予備放流総量と調節開始流量を定めておく必要がある。また、これらに基づき適切な予備放流量と予備放流時間も決定する必要がある。



出典：JICA 調査団

図-8.4.9 予備放流によるダム運用の模式図

検討の結果、予備放流により、Pinhal ダムの水位低下量は 80 cm、Rio Bonito ダムの水位低下量は 70 cm と算定された。検討の詳細は、Supporting Report No.3 Flood Mitigation Plan に記載している。

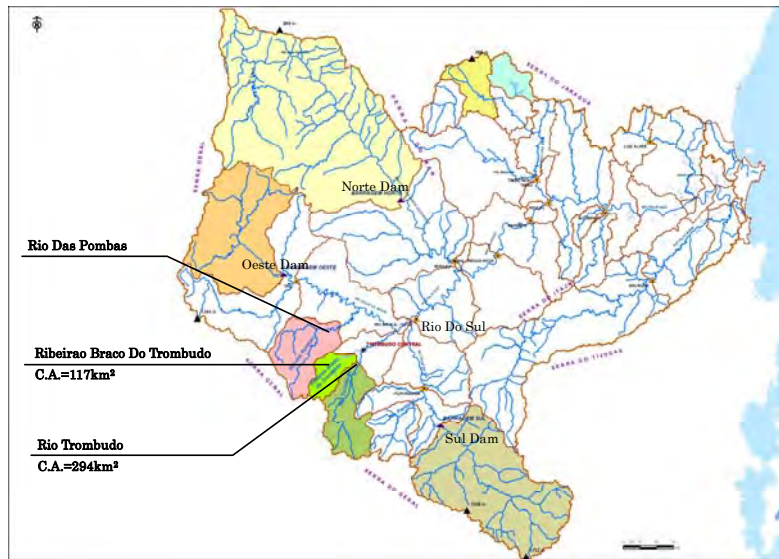
² 事前放流により貯水位を下げる運用を求めて、1,200 名の地域住民が署名した嘆願書が 2010 年 6 月に州知事に提出されている。

4) Rio do Sul 市の洪水対策代案の比較

Rio do Sul 市のイタジャイ川本川および Itajai do Oeste 川沿いでは、流下能力がそれぞれ 180 m³/s、150 m³/s 不足し、水田の雨水貯留やダムの運用方法の変更に加えて、さらなる対策が必要である。比較代替案として、a) 小規模ダム案、b) 遊水池案、c) Rio do Sul 下流の河道拡幅案を比較する。Rio do Sul 下流の河道改修は、河川沿いが市街地化しており改修が難しいため、下流農牧地帯の河道拡幅により水位を下げ、Rio do Sul 市の流下能力を増加させることを意図したものである。

a) 流域貯留（小規模ダム）

必要となる小規模ダムの総容量は 27,550,000 m³ となる。下図に候補地を示す。また、小規模ダムの諸元を表-8.4.5 に示す。



出典：JICA 調査団

図-8.4.10 小規模ダム候補地位置図（10 年確率洪水レベル）

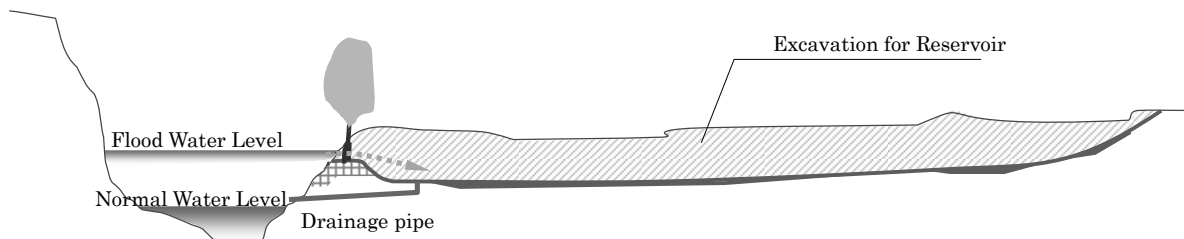
表-8.4.5 Rio do Sul 洪水対策のための小規模ダムの貯水容量（10 年確率洪水レベル）

候補地	Trombudo 川 (2 箇所)	Braco do Trombudo 川 (1 箇所)	Rio das Pombas 川 (2 箇所)
流域面積	294 km ²	117 km ²	315 km ²
貯水容量	11,160,000 m ³	4,420,000 m ³	11,970,000 m ³

出典：JICA 調査団

b) 遊水池の設置

Rio do Sul 直上流付近において遊水池の設置を検討した。下図に示すように、遊水池は河道沿いに現地盤を掘削して掘り込み、洪水時には河道からの横越流により遊水池内に水が流れ込む形状とした。



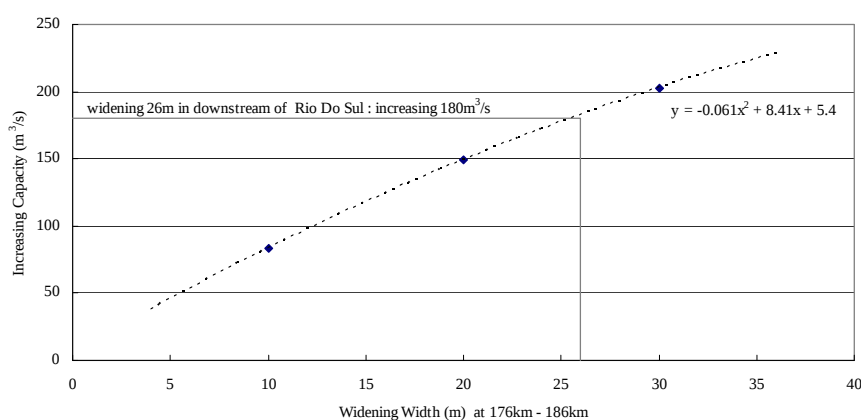
出典：JICA 調査団

図-8.4.11 河道の遊水池化のイメージ

遊水池のための広い敷地を確保できる候補地としては、Agronomica 市付近（Trombudo 川）、Laurentino 市～Rio do Sul 市にかけての区間（Itajai do Oeste 川）が挙げられる。流出計算の結果、必要な遊水池の貯留量は $15,400,000 \text{ m}^3$ となった。遊水池の底面標高は河川の常時水位より高い位置であることが条件となるが、遊水池の深さは 3 m 程度が限界と考えられ、必要な貯水容量を確保するには少なくとも 513 ha の敷地が必要となる。

c) Rio do Sul 下流の河道改修

Rio do Sul 市内は河床勾配が緩いこと、また下流からの背水の影響を受けることから、市内を拡幅しても大きな水位低減効果は期待出来ない。従って、河道拡幅は Rio do Sul 下流の区間 10 km とする。下流区間の河道拡幅により同区間の水位が低下し、下流水位の影響を受ける上流の Rio do Sul 市内でも水位が低下する。図-8.4.12 に、下流河道の拡幅幅と Rio do Sul 市内での流下能力増分との関係を示す。Rio do Sul 市の流下能力不足量 $180 \text{ m}^3/\text{s}$ に増加させるためには、下流河道において 26 m の拡幅が必要となる。



出典：JICA 調査団

図-8.4.12 下流河道の拡幅幅と Rio do Sul 市内の流下能力増加量の関係

d) 代替案の比較

上記 3 案の洪水対策案を検討したが、以下の理由から、流域貯留（小規模ダム）案の設置が明らかに有利である。

- ・ 遊水池案は $15,400,000 \text{ m}^3$ の大規模な掘り込み型貯水池が必要である。これだけの掘削を行うコストは莫大であり、残土処理も大きな問題になる。また、約 513 ha に及ぶ広大な敷地の確保も難しい。
- ・ 河道拡幅案は、掘削量だけでも $2,600,000 \text{ m}^3$ に及び大きなコストが必要なる。また、残土処理の問題もある。
- ・ 農業用の小規模ダムは、5 基程度設置するだけで $28,000,000 \text{ m}^3$ 近い貯留量の確保が可能であり、比較的小さなコストで大きな貯留が可能である。

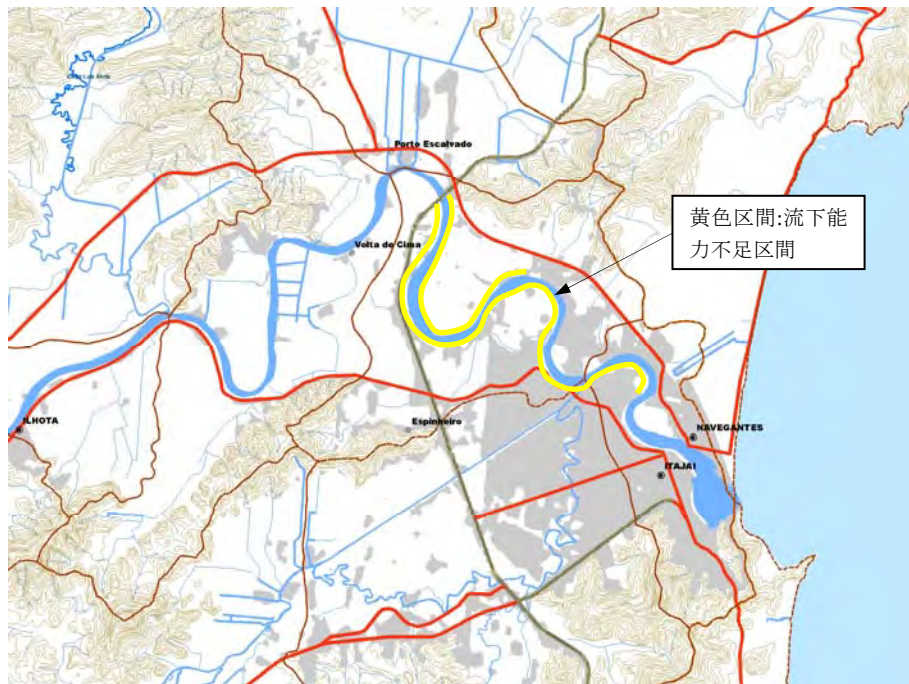
5) Itajai 市付近のイタジャイ川本流とイタジャイミリム川

a) イタジャイミリム川

イタジャイミリム川は 5 年確率洪水と同様に、水門+部分堤防案とする。施設諸元は表-8.4.4 に示したとおりである。

b) イタジャイ川本川

10 年確率洪水に対して流下能力が不足する区間を下図に示す。



出典：JICA 調査団

図-8.4.13 イタジャイ本川沿いの流下能力不足区間（10 年確率）

イタジャイ川本川の対策方法として、片堤防（Itajai 市沿いの流下能力不足区間を守るため片側のみ）と放水路の2案が考えられる。表-8.4.6 の比較結果に示すように、放水路案はコスト面で片堤防案に大きく劣っており、片堤防案が有利である。片堤防の場合、Navegantes 市と BR-101 号線間の氾濫原の遊水効果もあり、堤防による水位上昇はほとんど無いため、上流域への悪影響はない。

表-8.4.6 10 年確率洪水に対する Itajai 市（イタジャイ川本川沿い）の洪水対策方法の比較

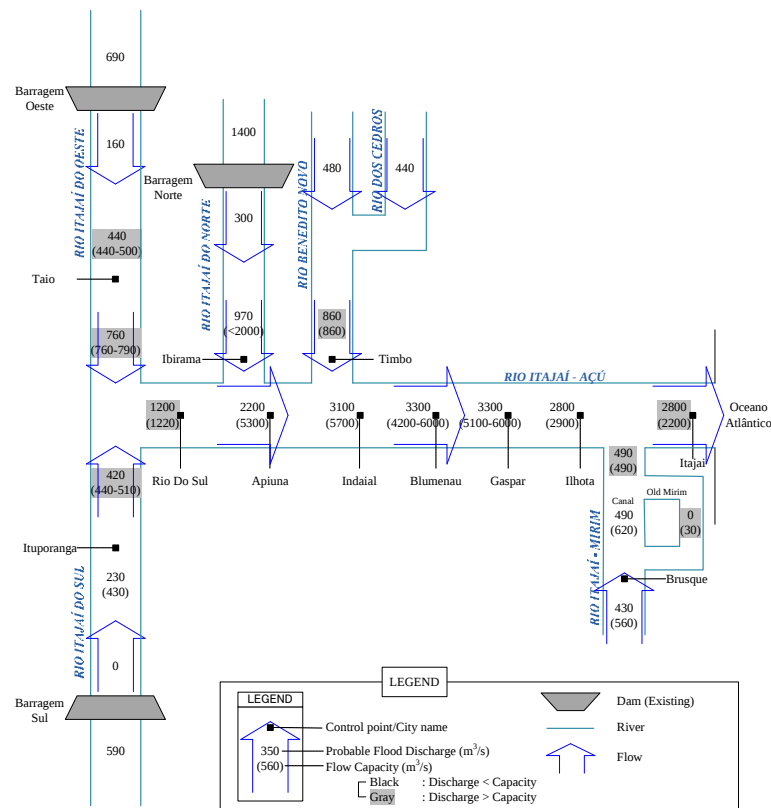
比較案	片堤防案	放水路案
概要	イタジャイ川本川の右岸側（Itajai 市側）のみに片堤防を設置する。左岸側は氾濫原として保全する。	BR-101 号線の下流で放水路を分岐し、流下能力の超過分を放水路により Navegantes 市海岸に直接放流する。
コスト	工事費+土地収用費 R\$ 171,000,000 市街地の築堤のため土地収用費が大きい、工事費は土工のみで安く、合計で放水路案より安い。	工事費+土地収用費 R\$ 273,000,000 イタジャイ川の現河道側への流下流量をコントロールするため堰が必要であり、工事費が大きい。
社会環境への影響	都市域の築堤であるため、家屋移転が非常に多く、社会的な影響が大きい。	放水路が Navegantes 市を分断するため、社会的な影響が大きい。
自然環境への影響	大きな影響なし。	放水路河口部の土砂移動、放水路沿いの塩水の影響など、自然環境への影響を調査すべき事項が多い。
評価	社会的影響は大きいコスト面、自然環境面で放水路案より有利である。	コスト面、自然環境への影響面で堤防案より劣る。

出典：JICA 調査団

(4) 対策案実施後の確率洪水流量

提案された治水対策案を実施した場合の 10 年確率洪水の都市別洪水流量を図-8.4.18 に示す。

なお、5年確率洪水と同様に洪水流量は Itajai 市上流の氾濫原の保全が前提となっており、将来的に氾濫原を開発する場合には、それによる流量の増分を相殺するような対策を義務付ける必要がある。



出典：JICA 調査団

図-8.4.14 10年確率洪水の都市別流量（洪水対策後）と流下能力

8.4.3 25年確率洪水

(1) 洪水流出量と流下能力

図-8.4.19に25年確率洪水の都市別流出量と流下能力を示す。流下能力が不足しているのは、Taio市、Rio do Sul市（イタジャイ川本川区間、Itajai do Oeste川沿い、Itajai do Sul川沿い）、Timbo市、Blumenau市、Ilhota市及びItajai市のイタジャイ川本流とイタジャイミリム川である。

(2) 治水対策の基本方針

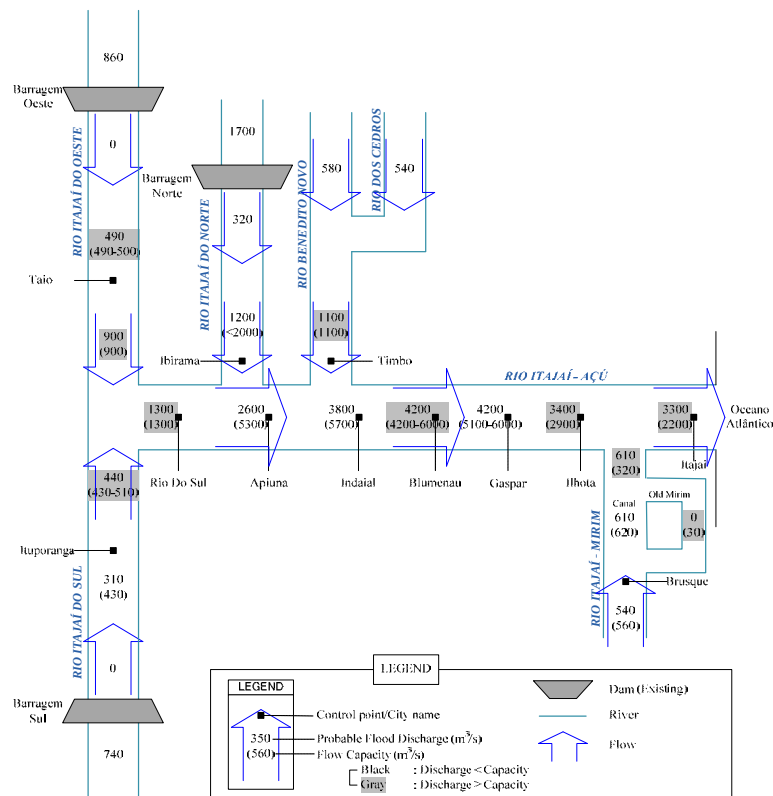
10年確率洪水への対策と同様に、水田への雨水貯留や流域貯留（小規模ダム）の利用、既設治水ダムの有効利用、発電ダムの有効利用を優先する。

Oesteダム流域以外の残流域からの流入量がTaio市での流下能力を超過する。従って、Oesteダムの嵩上げに加えて、残流域での流域貯留あるいはTaio市内での河道拡幅が必要である。また、Rio do Sul市の流下能力不足は、小規模ダムの追加や河道改修を含めて検討する。

Timbo市は、発電ダムの有効利用による対策を行っても240 m³/sの流下能力不足である。ただし、Timbo市において流下能力が不足するのは一部区間のみと考えられ、部分的な河川改修を検討する。

(3) 対策案の検討

水田の雨水貯留、発電ダムの運用方法変更については 10 年確率洪水に対する対策と同様である。上記以外の各対策案の概要を以下に述べる。検討の詳細は、Supporting Report No.3 Flood Mitigation Plan に記載している。

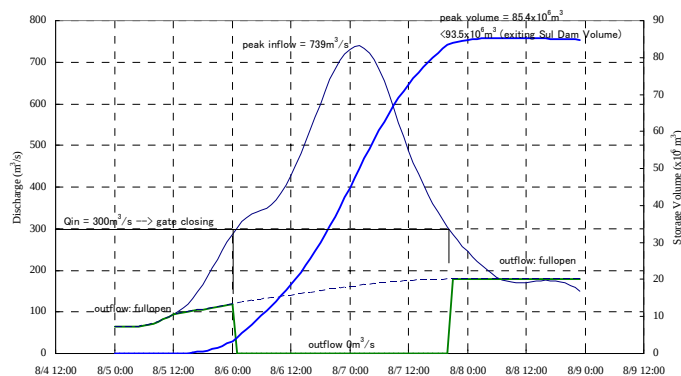


出典：JICA 調査団

図-8.4.15 25 年確率洪水の都市別流量（無対策）と流下能力

1) Sul ダムの運用方法の変更

Sul ダムは 25 年確率流量の場合でも、ゲートを全閉操作による洪水調節が可能である。過去の洪水データから Rio do Sul で冠水の危険が無いのは、Sul ダム流入量が $300 m^3/s$ 以下である。したがって、Sul ダム流入量が $300 m^3/s$ に至った段階で、ゲートを閉じ全閉とする。下図に運用方法を示す。

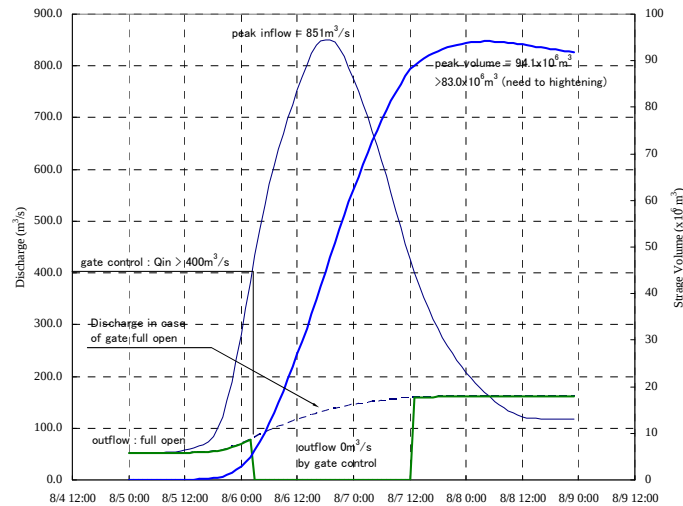


出典：JICA 調査団

図-8.4.16 25 年確率洪水に対する Sul ダムの運用方法

2) Oeste ダムの嵩上げと運用方法の変更

Oeste ダムを 2 m 嵩上げする。容量増は、16,200,000 m³ 程度である。図-8.4.17 に示すように、Oeste ダムの運用は、ダム流入量が 400 m³/s 以上でゲートを全閉する。



出典：JICA 調査団

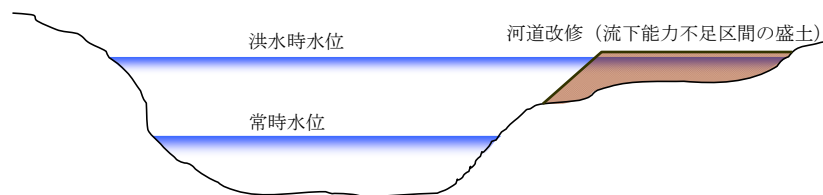
図-8.4.17 25 年確率洪水に対する Oeste ダムの運用方法

3) 河道改修（Taio 市、Timbo 市）

Taio 市と Timbo 市は比較的小規模で、住民移転のない河川改修が可能と考えられることから、河道改修を優先して検討した。

Taio 市の河道は、比較的河岸勾配が緩いため河道拡幅を行う。この河道改修により、Taio 市内での流下能力は現況の 440 m³/s から 490 m³/s に増加する。

Timbo 市で Benedito 川と Rio dos Cedros 川が合流するが、合流後の洪水流量 1,200 m³/s に対して流下能力 860 m³/s である。また、Timbo 市は Rio dos Cedros 川沿いの流下能力も不足していると想定され、Rio dos Cedros 川の流量 590 m³/s に対して流下能力は 450 m³/s である。Timbo 市において流下能力が不足しているのは全川ではなく、部分的であり、流下能力不足部は周辺に比べて地盤標高が低いことが多い。下図に河道改修のイメージを示す。

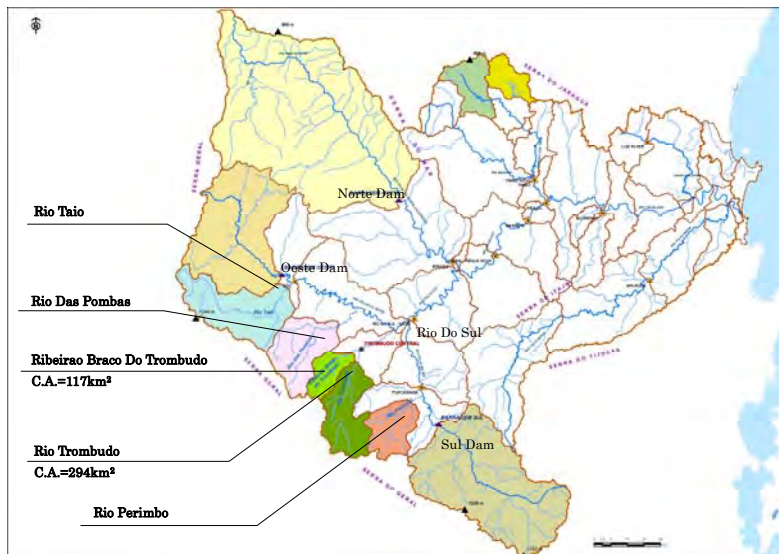


出典：JICA 調査団

図-8.4.18 Timbo 市の河道改修のイメージ

4) Rio do Sul 市の対策

Rio do Sul 市の流下能力不足に対しては、検討の結果、流域貯留（小規模ダム）と下流河道の拡幅の組み合わせで対応した。必要な小規模ダム数は 7 箇所（計 41,000,000 m³）となり、候補流域を図-8.4.19 に示す。



出典：JICA 調査団

図-8.4.19 小規模ダム候補地の位置図（25 年確率洪水レベル）

流出解析の結果、小規模ダム設置後の 25 年確率の Rio do Sul 市の流量は $1,300\text{m}^3/\text{s}$ である。したがって、Rio do Sul の現況流下能力 $1,220\text{m}^3/\text{s}$ を $80\text{m}^3/\text{s}$ 増加させる河道改修を検討した。河道改修としては、10 年確率洪水で示した下流河道拡幅案と流下能力不足区間の築堤案を比較した。下表に示す比較検討の結果、コスト面と社会的な影響の観点から下流河道拡案を採用した。

表-8.4.7 25 年確率洪水に対する Rio do Sul の洪水対策の比較

比較案	下流河道拡幅案	築堤案
概要	Rio do Sul 市下流の住宅が密集していない区間 10 m 拡幅し水位を下げることで、Rio do Sul 市内の洪水水位を低下させる（図-8.4.2 参照）。	Rio do Sul 市内の流下能力が不足している区間に築堤（IT84 測線で 1.6 m）し、流下能力を増加させる。
概要図		
コスト	工事費+土地収用費 R\$ 154,000,000 工事費は大きい、郊外の拡幅のため土地収用費が小さく、合計コストは築堤案を下回る。	工事費+土地収用費 R\$ 169,000,000 工事費は少ないが、市街地の土地収用費が高い。
社会環境への影響	郊外（農牧地）の拡幅のため、社会的影響が比較的小さい。	都市域の築堤であるため、家屋移転が非常に多く、社会的な影響が大きい。
自然環境への影響	大きな影響ないが、掘削土処理を適切に処理する必要がある。	大きな影響なし。
洪水への影響	Rio do Sul 市の河道流速が早くなり、下流の洪水流量が増加するが、上流のため池等の貯留により、全ての対策を見込むと下流都市での流量が小さくなり、問題ない。	両側堤防で水位が上がるため、流下能力が足りている区間で氾濫を助長しないよう注意を要する。
評価	コスト面、社会的な影響の面で築堤案より有利である。	コスト面、社会的な影響面で下流拡幅案より劣る。

出典：JICA 調査団

5) Ilhota 市

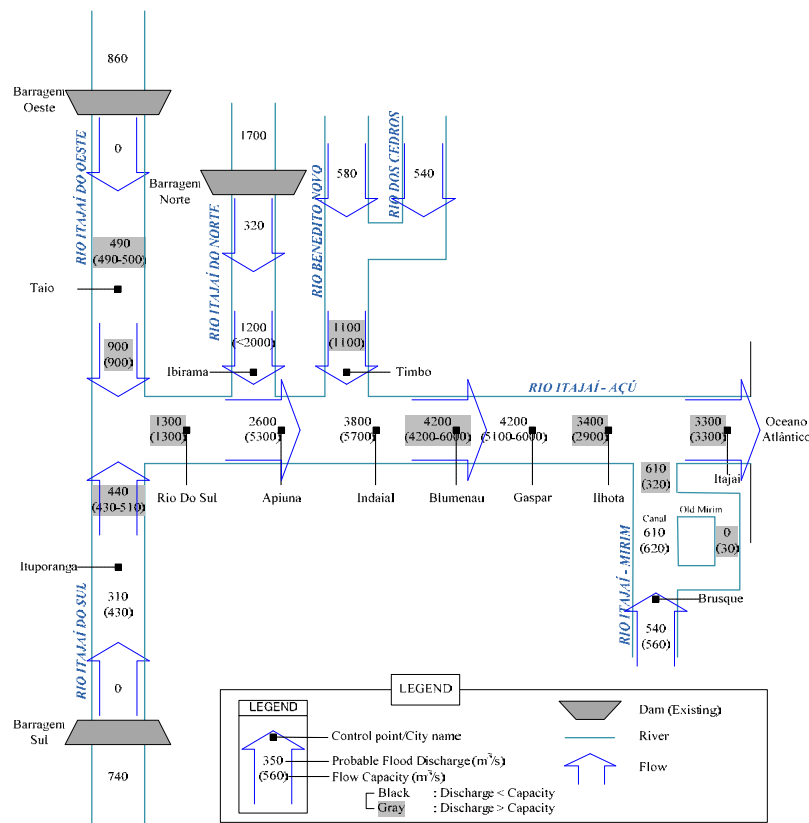
Gaspar 市と Itajai 市の間にある Ilhota 市は氾濫原の内部にある町であり、氾濫による浸水被害を防ぐ必要がある。Ilhota 市については氾濫原効果を妨げずに町の氾濫を防ぐことを目的として輪中堤を設置する。

6) Itajai 市付近のイタジャイ川本流とイタジャイミリム川

10 年確率洪水と同様に、イタジャイミリム川には水門を設置し、イタジャイ川本流では、片堤防案が放水路案に比べて有利である。

(4) 対策案実施後の確率洪水流量

提案された治水対策案を実施した場合の 25 年確率洪水の都市別洪水流量を図-8.4.20 に示す。



出典：JICA 調査団

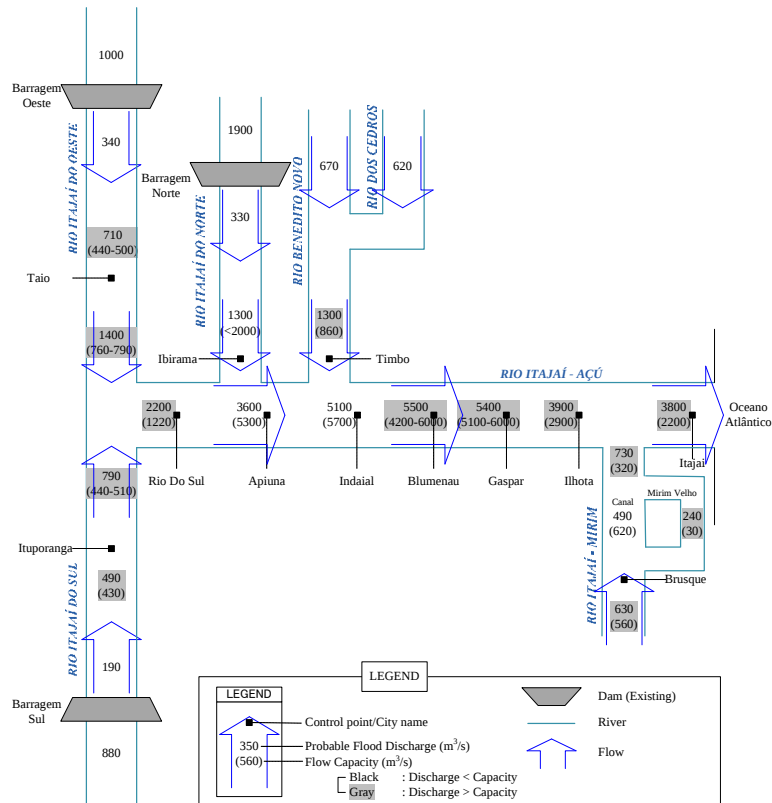
図-8.4.20 25 年確率洪水の都市別流量（洪水対策後）と流下能力

8.4.4 50 年確率洪水

図-8.4.21 に 50 年確率洪水の都市別流出量と流下能力を示す。ほとんどの都市で、50 年確率洪水流量が流下能力を超過する。

(1) 治水対策の基本方針

水田への雨水貯留や流域貯留（小規模ダム）の利用、既設治水ダムの有効利用、発電ダムの有効利用を実施しても、Rio do Sul 市、Taio 市、Timbo 市、Blumenau 市では流下能力以下に洪水流量を抑制することができない。したがって、貯留による対策に加えて河道拡幅や堤防などの河道改修を含めた検討が必要である。Brusque 市においても流量が流下能力を超えることが予想されるため、イタジャイミリム川上流でのダムによる洪水の貯留を検討に含める。



出典：JICA 調査団

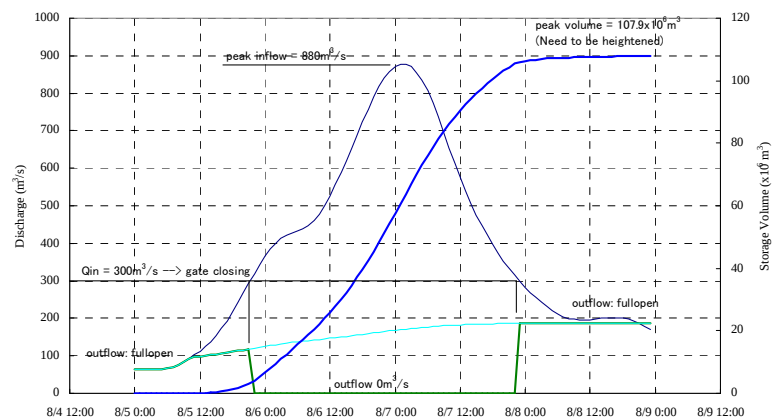
図-8.4.21 50 年確率洪水の都市別流量（無対策）と流下能力

(2) 対策案の検討

水田貯留、発電ダムの運用方法変更、及び小規模ダム（7箇所、合計 41,000,000 m³）に関しては、25 年確率洪水に対する対策と同様である。上記以外の各対策案の概要を以下に述べる。検討の詳細は、Supporting Report No.3 Flood Mitigation Plan に記載している。

1) Sul ダムの嵩上げと運用方法の変更

Sul ダムの余水吐き越流頂を 2 m 嵩上げする。嵩上げ後の貯水容量は 110×10^6 m³ となる。下図のダム運用に示すように、下流で氾濫の危険が無い 300 m³/s のダム流入量に対して放流ゲートの全閉操作とする。

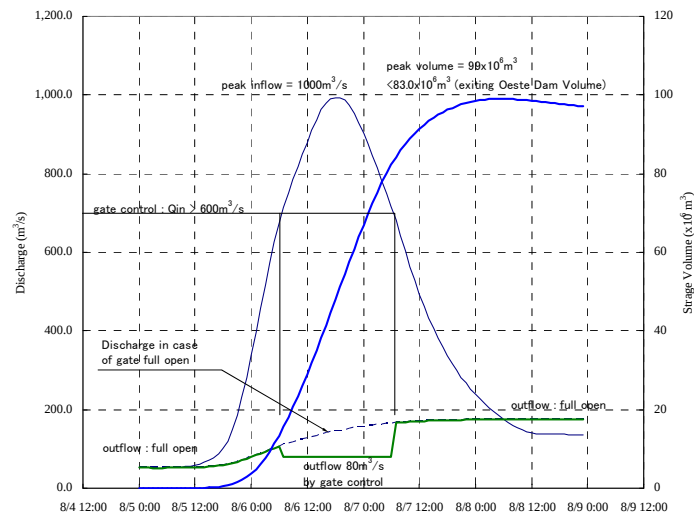


出典：JICA 調査団

図-8.4.22 50 年確率洪水に対する Sul ダムの運用方法

2) Oeste ダムの嵩上げと運用方法の変更

Oeste ダムを 2m 嵩上げする。嵩上げ後の貯水容量は $99.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ となる。下図のダム運用に示すように、下図のダム運用に示すように、下流で氾濫の危険が無い $700 \text{ m}^3/\text{s}$ のダム流入量に対して放流ゲートの全閉操作とする。50 年洪水に対して、最大の貯水量は $99.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ となる。



出典：JICA 調査団

図-8.4.23 50 年確率洪水に対する Oeste ダムの運用方法

3) Rio do Sul 市、Taio 市、Timbo 市の対策

25 年確率洪水と同様に、下流河道拡幅と市街地の築堤の 2 案を比較検討した。Rio do Sul 市における両案の比較結果を下表に示すが、Rio do Sul 市の洪水対策は築堤案が有利である。Taio 市と Timbo 市も同様な結果を得た。

表-8.4.8 50 年確率洪水に対する Rio do Sul 市の洪水対策の比較

比較案	下流河道拡幅案	築堤案
概要	Rio do Sul 市下流の住宅が密集していない区間を 40m 拡幅し水位を下げることで、Rio do Sul 市内の水はけを改善する。	Rio do Sul 市内の流下能力が不足している区間に築堤（IT84 測線で 2.2m）し、流下能力を増強する。
コスト	工事費+土地収用費 R\$ 616,000,000 掘削量が非常に多く、工事費が築堤案に比べて著しく高くなる。	工事費+土地収用費 R\$ 246,000,000 市街地の土地収用が必要であるが、工事数量自体は小さいので、結果として拡幅案に比べてコスト面で有利である。
評価	コスト面で築堤案に劣る。	コスト面で優れている

出典：JICA 調査団

4) Blumenau 市の対策

Gaspar 市については上流の貯留対策により流下能力より低い $4,900 \text{ m}^3/\text{s}$ まで流量が低減するため、その他の対策は不要である。これに対し Blumenau 市は $4,790 \text{ m}^3/\text{s}$ まで流量が低減するが、流下能力 $4,200 \text{ m}^3/\text{s}$ に対してはまだ $600 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度流下能力が不足する。この対策案として Blumenau 市内左岸の APP を適用する複断面化と、Benedito 川上流の治水ダム新設を検討した。下表-8.4.9 に比較結果を示す。複断面化が有利となった。

表-8.4.9 50年確率洪水に対する Blumenau 市の洪水対策の比較

比較案	複断面化案	上流ダム新設案
概要	Blumenau 左岸側に APP と道路兼用の堤防を設置する。道路堤防高は概ね 1.0m 以内である（図-8.3.2 を参照）。	Benedito 川上流（ダム高 46m）、Rio dos Cedros 川上流（ダム高 34m）の 2 箇所に新設ダムを建設する。
コスト	工事費+土地収用費 R\$ 163,000,000 築堤費は僅かであるが、土地収用に大きなコストがかかる。全体としてはダム新設案より安価である。	工事費+土地収用費 R\$ 205,000,000 工事費が大きく、複断面化案よりコストで劣る。
社会環境への影響	Blumenau 市の左岸に大きな土地収用が必要であり、社会的影響が極めて大きい。	Rio dos Cedros 川に家屋移転が発生し、社会的影響がわずかにある。
自然環境への影響	大きな影響なし。	ダムを 2 箇所新設するため、湛水池の自然環境に影響を与える。
治水効果	流下能力を計画洪水流量まで引き上げることが可能である。	2 箇所のダムを設置しても、Blumenau 市での洪水流量は 4400 m ³ /s であり、完全な問題解決にならない（結局、河道改修の併用が必要で、さらにコストが大きくなる）。
評価	コスト面、治水効果で新設ダム案より有利である。	コスト面で劣る。また、ダムのみでは完全に洪水流量を抑えることができない。

出典：JICA 調査団

5) Ilhota 市

Ilhota 市については、25 年確率と同様に輪中堤を設置する。

6) Itajai 市（イタジャイ川本川）

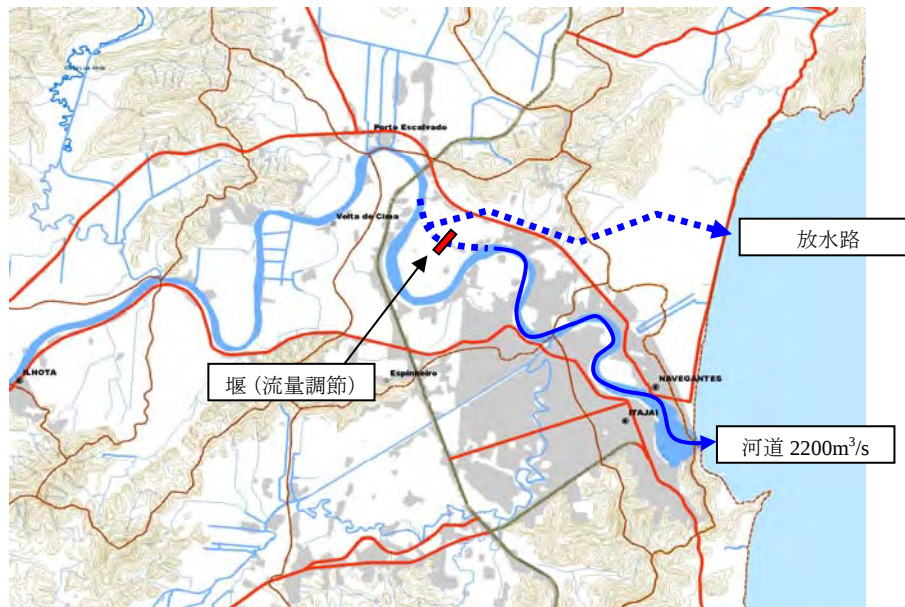
Itajai 市は 10 年確率と 25 年確率に対しては共に右岸側の片堤防を提案したが、50 年確率洪水の場合は Navegantes 市側も含めた両岸市街地に堤防が必要となりコストが増大し、社会的な影響も大きいと考えられる。下表に示すように堤防案と放水路案を比較した結果、50 年確率洪水では市街地の土地収用が少ない放水路案がコスト面で逆転する。従って、Itajai 市の対策は放水路案を採用した。

表-8.4.10 50年確率洪水に対する Itajai 市（イタジャイ川本川沿い）の洪水対策の比較

比較案	堤防案	放水路案
概要	イタジャイ川本川の左岸側（Itajai 市）および右岸側（Navegantes 市）に堤防を設置する。	BR-101 号線の下流で放水路を分岐し、流下能力からの超過分（1600 m ³ /s）を放水路により Navegantes 海岸に直接放流する。
コスト	工事費 R\$ 23,000,000 土地収用費 R\$ 449,000,000 合計 R\$ 472,000,000 市街地の築堤のため土地収用費が大きく、放水路案より高くなる。	工事費 R\$ 25,000,000 土地収用費 R\$ 425,000,000 合計 R\$ 450,000,000 工事費は大きい、土地収用費が小さく、全体では堤防案より有利である。
社会環境への影響	都市域の築堤であるため、家屋移転が非常に多く、社会的な影響が大きい。	放水路が Navegantes 市を分断するため、社会的な影響が大きい。
自然環境への影響	大きな影響なし。	放水路河口部の土砂移動、放水路沿いの塩水の影響など、実施する際には自然環境への影響を調査すべきである。
評価	コスト面、社会環境への影響面で放水路案に劣る。	コスト面、社会環境面で優れ、対策案として適切である。ただし、実施に際しては自然環境への影響等を調査研究する必要がある。

出典：JICA 調査団

放水路のレイアウトを図-8.4.24 に示す。



出典：JICA 調査団

図-8.4.24 放水路のレイアウトと設計洪水流量

7) イタジャイミリム川の対策

水門の施設諸元は表-8.4.4 に示したとおりである。但し、50 年確率洪水では水門で洪水を Canal に集中させることにより、Canal の方の流量が流下能力を超過する。また、上流では Brusque 市内の流下能力も不足するため、これらを同時に解決するために、イタジャイミリム川上流にダムを新設し（ダムサイトは Botuvera 市上流の山岳地帯）、流出量を Brusque 市、Itajai 市内の Canal の流下能力以下に調節する。これに要するダムの諸元は下表のとおりである。

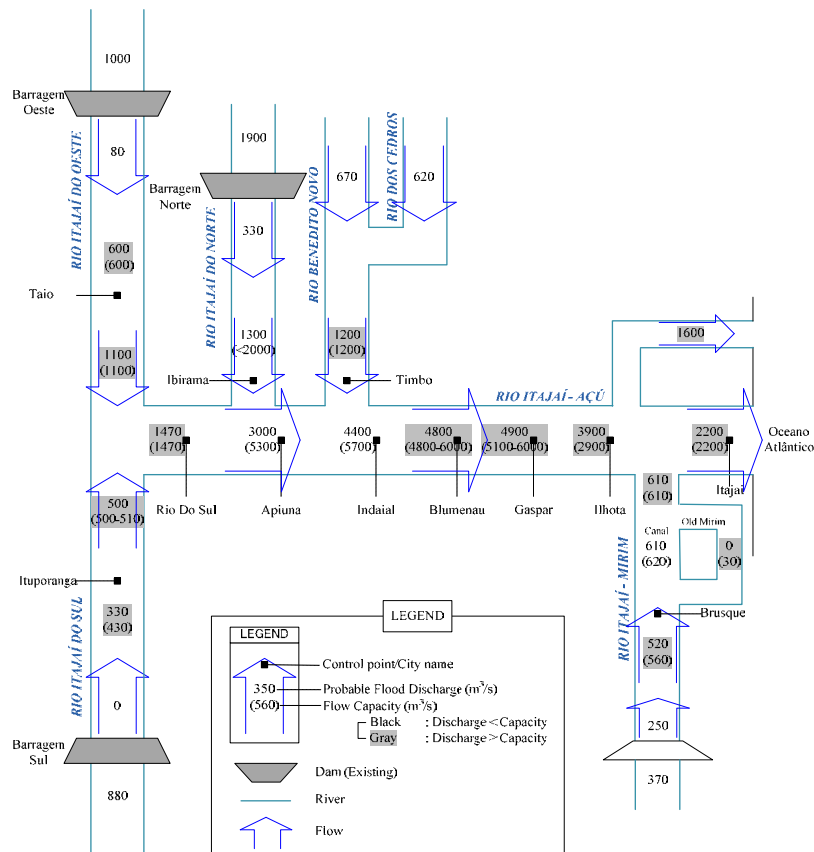
表-8.4.11 50 年確率洪水に対するイタジャイミリム川ダムの基本諸元

項目		諸元	備考
計画諸元	流域面積	630 km ²	Botuvera 市上流
	最大流入量	370 m ³ /s	
	最大放流量	250 m ³ /s	調節量 120 m ³ /s
	調節容量	15,700,000 m ³	
施設諸元	ダム高	34.2 m	

出典：JICA 調査団

(3) 対策案実施後の確率洪水流量

提案された治水対策案を実施した場合の 50 年確率洪水の都市別洪水流量を図-8.4.25 に示す。



出典：JICA 調査団

図-8.4.25 50 年確率洪水の都市別流量（洪水対策後）と流下能力

8.4.5 都市河川の洪水対策（Garcia 川、Velha 川）

(1) 概要

Garcia 川と Velha 川は Blumenau 市街地を流下し Itajaí 川に合流する、流域面積がそれぞれ 163.3 km²、52.9 km² の中小支川であり、本川に比べると河床勾配も急である（Garcia 川で 1/200～1/600 程度）。これらの都市河川では近年「フラッシュフラッド」が問題視されている。フラッシュフラッドは、局所的な集中豪雨による急激かつ暴力的な流出あるいは水位上昇のことであり、ある程度の土砂を含む土砂流、あるいは土石流状の流出も含まれる。

Blumenau 市等での各種のヒアリングによると、2008 年 11 月洪水のフラッシュフラッドでは、先行降雨により飽和した地盤に集中豪雨が重なり、急激な洪水が斜面崩壊で発生した土砂を含むことにより大きな被害が発生したものと考えられる。このような土砂流は通常の治水施設では対策が難しく、9 章で提案する土砂災害の予警報システムにより、人命を最優先する対策が望ましい。

また、Garcia 川、Velha 川では河岸に住家が近接しているため、河道断面が小さく通常の洪水（ただし、流域が狭く急勾配のため、急激な洪水）に対しても、疎通能力が不足している。本節では、両支川の確率洪水および水位を評価し、通常の洪水に対する河道改修案を検討した。

(2) 確率流量

イタジャイ川本川および主要支川では既往出水の特徴から流出解析における降雨継続時間を 4 日間としたが、Garcia 川や Velha 川のような急勾配中小河川は短時間かつ局所的な降雨が支配的であるため、Blumenau 市における 1 日雨量を確率処理し、流量解析を行った。確

率雨量および確率流量は下表のとおりである。

表-8.4.12 Garcia 川、Velha 川に対する確率洪水ピーク流量

確率規模	5-year	10-year	25-year	50-year
確率降雨（1 日）	113 mm	135 mm	168 mm	190 mm
Garcia 川	320 m ³ /s	390 m ³ /s	490 m ³ /s	550 m ³ /s
Velha 川	140 m ³ /s	170 m ³ /s	210 m ³ /s	240 m ³ /s

出典：JICA 調査団

(3) 対策

両河川とも上流に家屋が多く、また国立公園の指定があるため、ダムによる貯留対策は困難である。また、平地がほとんど無いため遊水池の建設も難しい。さらに Garcia 川の河口部付近は、イタジャイ川の本川の影響を受けるため、河道拡幅による流下能力の改善による効果は見込めない。したがって、地盤標高が不足している区間の築堤による対策とする。

一方、両河川の中流部は、比較的勾配と蛇行のある丘陵地河川であり、流速や水衝部の存在を考えると築堤は好ましくない。したがって、これらの区間は APP により河川用地を広げるとともに、APP 区間の地盤高を若干下げて高水敷を形成する。対策の一覧は下表のとおりである。尚、検討の詳細に関しては、付属報告書に別途記載している。

表-8.4.13 Garcia 川、Velha 川の対策一覧

河川名	測線	対策	APP 高水敷 地盤標高	築堤高または APP 必要幅（m）			
				5-year	10-year	25-year	50-year
Garcia 川	GA01	築堤	-	-	-	-	1.0 – 1.5 m
	GA02	築堤	-	-	-	1.5 – 2.0 m	2.5 – 3.0 m
	GA03	築堤	-	-	-	1.0 – 1.5 m	2.0 – 2.5m
	GA06	APP	EL.29.0 m		15 m	20 m	25 m
	GA07	APP	EL.60.0 m	20 m	30 m	45 m	55 m
Velha 川	VE04	APP	EL.13.5 m	5 m	10 m	20 m	35 m
	VE05	APP	EL.15.0 m	5 m	25 m	30 m	30 m

出典：JICA 調査団

8.5 イタジャイ川流域洪水予警報システムの強化計画

8.5.1 洪水予警報システム強化のための組織体制に関する提案

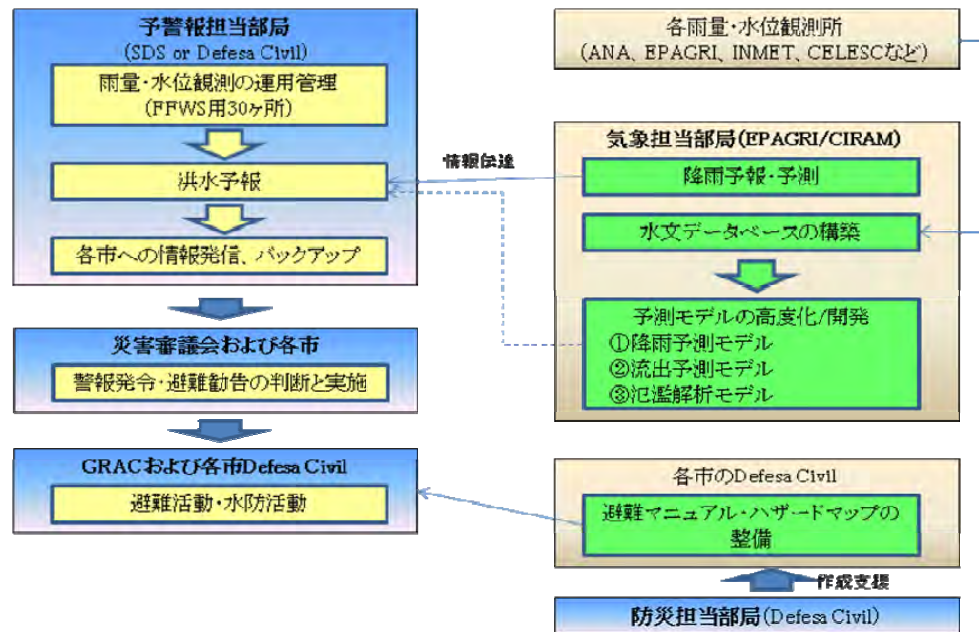
洪水予警報システムが効果を発揮するためには、その運用体制組織が適切に構築されている必要があるが、現状では SDS から委託を受けた FURB/CEOPS が十分に機能しておらず、組織間の情報の連携も不足している。

流域全体において予警報システムが適切に運用されるためには、一地方大学ではなく、やはり州政府機関が責任を持って取り組まなければならない（図-8.5.1 参照）。

本調査では流域全体の市において予報もしくは警報が可能となるよう現行の 14 観測所の改良と 16 ヶ所の増設を提案する（8.5.3 節）。この 30 箇所の観測施設は洪水予警報システムを担う州機関（SDS あるいは Defesa Civil）が責任を持って管理する必要がある。

- i. 予警報を担当する州機関は、Blumenau のみではなく、流域全体の都市について予測手法と警報レベルの改善を進めなければならない。
- ii. 一方で、気象を担当している EPAGRI/CIRAM は、様々な機関からの降雨の状況と予測情報を予警報担当機関に伝達する体制を整える必要がある。また、CIRAM は上記 30 箇所を含め、様々な機関が所管する観測値をデータベース化するシステムを整備することが望ましい。これらのデータは今後の洪水予測の高度化（流出予測、氾濫モデル、降雨予測）に利用する。

- iii. 予測結果は流域全体の災害審議会に伝達され、各市の警報レベルを考慮して警報発令と避難勧告が判断されなければならない。これにともなって、各市における避難警報発令の水位基準およびも妥当性を検証する必要がある。
- iv. GRAC は避難勧告の発令に基づき、避難活動を行う。避難マニュアル、ハザードマップが未整備の市はこれを進める必要があるが、州の防災担当部局である Defesa Civil がこれを支援することが望まれる。



出典: JICA 調査団

図-8.5.1 予警報システムに関する組織体制の提案

8.5.2 洪水予警報の対象都市に関する提案

(1) 警報水位基準設定の提案

第4章の表-4.2.4で示したように、現在、警報水位基準が設定されているのは16都市であるが、流域第3の重要都市であるBrusque市には設定されていない。また、Rio do Sul市の上流の山間部に位置するMirim Doce、Salette、Pouso Redondo、Brusqueの支川沿い山間部にあるAgua Clara、Gurabirubaでは、宅地開発の影響で集中豪雨発生時における急激な河川増水が著しく、洪水被害を受けやすい。

したがって、これら6都市においては、水位基準を新たに設定することと、水文観測所および避難を呼びかけるサイレンが必要であると考えられる。

なお、既に警報水位基準が設定されている都市においても、設定後25年以上が経っており河道状況が変わっている可能性がある。市街地区間の河道の流下能力と水位計位置の水位と流量の関係を整理し、警報水位基準を見直す必要がある。

表-8.5.2に既設を含めた警報水位基準設定の対象都市を示す。

(2) 洪水予測の対象

将来的には、イタジャイ川流域の洪水予測は、降雨予測、流出解析、氾濫解析が一体となったシステムによって行われることが望ましく、Defesa Civil、EPAGRI/CIRAM、SDSでは、現在、このためのモデルを構築することを企画しているところである。

一方、上記のモデルが構築されるまでの対策として警報水位対象都市のうち、イタジャイ川の上中下流域各エリアの主要都市であるRio do Sul市、Blumenau市、Itajaí市の3都市に関しては、洪水により過去に大きな損失を受けており、水位相関式による洪水予測を踏まえた警報システムが必要である。

8.5.3 雨量・水位観測所の改善と増設に関する提案

(1) 既設雨量・水位観測所の改善

第4章の表-4.2.3に示した14ヶ所の既設の観測所は洪水予警報上最も重要な位置に設置されており、これらの観測所の観測機器の更新と、信頼できる通信システムの導入は、今後の雨量水位観測に向けて最も優先すべき事項である。SDSとの協議によると、これらの改善は、SDSが主導となって州政府資金で行うとのことであるが、必ず実施されるべきである。

(2) 新たな雨量・水位観測所設置の提案

i) 警報水位基準の設定都市に対応した雨量・水位観測所の新設

前節の警報水位基準設定都市のうち、雨量・水位観測所が無い都市について、新たに観測所の設置を提案する。

該当するのはIlhota、Gaspar、Benedito Novo、Rio dos Cedros、Agua Clara、Gurabiruba、Vidal Ramos、Trombudo Central、Pouso Redondo、Salette、Mirim Doceの11か所である。

ii) 洪水予測および早期警戒のための雨量・水位観測所の新設

Rio do Sulの洪水予測のためには、上流の2つの治水ダムOesteダム、Sulダムからの放流情報が不可欠であるが、現在はダム管理者であるDEINFRAはダムの放流量を把握していない。将来的にはDEINFRAが放流量を把握し、情報提供できる監視体制を構築すべきであるが、当面の対策として、ダム直下に水位計を配置し放流状況を把握する。これらに対しては、

Rio do Sul 市からも強い要請があった。また Taio 市、Ituporanga 市の早期警戒のためにも有用である。

一方、Itajai 市に関しては既設の Blumenau、Brusque の観測所の改修、Gaspar、Ilhota の新設観測所で洪水の予測を行う。また、現在、Itajai 市内で市の Defesa Civil が雨量 9 ヶ所、水位 8 ヶ所の自動観測設備を保有しており、これらを州の観測システムに組み込むことも提案する。

また、Rio Bonito ダム、Pinhal ダムに関しては、ダム管理者である CELESC が情報伝達の責任を負うべきであるが、早期の体制整備が難しい。したがって、これらについても Rio dos Cedros 市、Timbo 市に対する早期警戒を目的として、両ダム下流に水位計を設置し、放流状況を把握する。なお、下流の Timbo 市からは放流量のような数値データだけではなく、CCTV により目視で監視したい旨の強い要請があった。

以上から、Oeste ダム、Sul ダム、Rio Bonito ダム、Pinhal ダムの直下 4 ヶ所の水位計と 2 ヶ所の CCTV を提案する。

iii) 将来の洪水予測モデル構築に向けた雨量・水位観測所の新設

現在、イタジャイ川下流域の主要支川である Luiz Alves 川には ANA の雨量観測所が存在しているが、4 章で述べたように時間データは把握されていない。現在 Defesa Civil、CIRAM、SDS によって進められている洪水予測モデルを構築するため、Luiz Alves 市に観測所の新設することを提案する。

iv) 河道状況監視のための CCTV 新設の提案

防災および河川を管理する Defesa Civil、SDS は地方に事務所を持っておらず、これらの管理は Florianopolis で行われる。Itajai、Blumenau、Rio do Sul の 3 市については、河川監視用の CCTV の設置を提案する。

以上で提案した観測所の新設位置と既設観測所位置を表-8.5.1、図-8.5.2 に示す。

(3) 観測データの伝送

合計 30 箇所の施設で観測された雨量・水位データは、GPRS により Florianopolis 市に設置されたセンター・ステーションのサーバーに E-mail 送信され、データ・ベースに蓄積される。更に、蓄積されたデータは、インターネットを通じて、Rio do Sul、Itajai 及び Blumenau の各市に設置された Defesa Civil のモニタリング・ステーションにも送られる。

また、Rio do Sul、Blumenau 及び Itajai の各市内に設置された CCTV により、イタジャイ川の状況が 1 分間隔の写真として Florianopolis のセンター・ステーションにインターネットで送られモニターされることになる。提案された洪水予警報システムの観測ネットワークを図-8.5.3 に示す。

洪水予警報の対象地域には、観測結果、洪水予測結果と各地点の警報レベルを考慮して、ラジオ、TV、インターネット、電光掲示板等で洪水警報を発令するとともに、必要に応じてパトロールと避難勧告を行う。

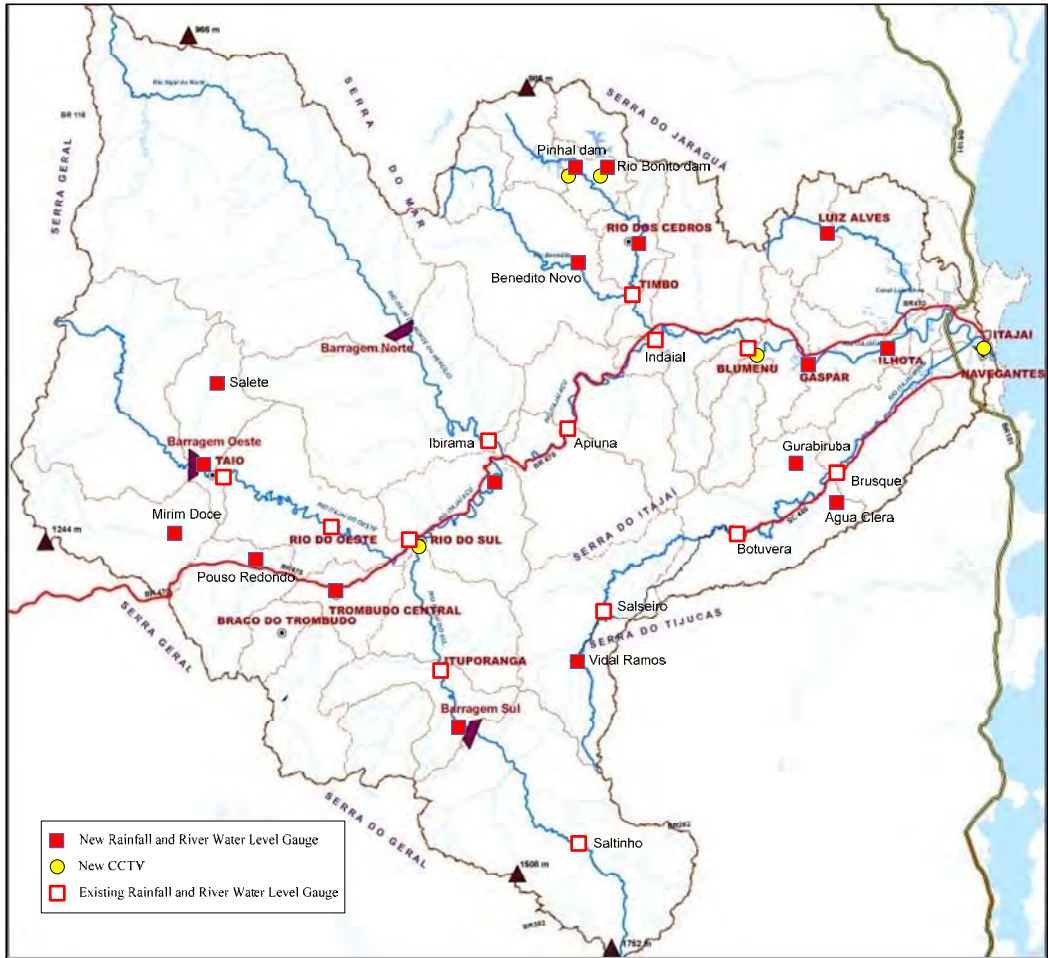
また、現在、ブラジル国内では地上デジタル放送の普及が進んでおり、SC 州においても Florianopolis 市、Joinville 市で導入されている。今後、イタジャイ川流域に地上デジタル放送が導入された際には、文字放送画面や携帯電話を通じた住民への水文情報伝達も可能であり、情報伝達を多重化していくことが望まれる。

表-8.5.1 警報対象都市と観測施設

No.	Name of River	Name of Sta.	Target City for FFWS			Gauging Station					
			Existing warning water level	Target Location for Warning	Forecasting & Warning	Existing Gauging Station (FURB/CEOPS) (Require for replacement/up-grade)			Proposed Gauging Station		
						Equipment		Present Condition	Equipment		Remarks
1	Rio Itajai	Rio do Sul	○	○	Reviewing existing warning level/Establishing flood forecasting formula	○	R/W	Operational	○	CCTV	Monitoring river from Florianopolis
2	Rio Itajai	Bumenau	○	○		○	R/W	Operational	○	CCTV	Monitoring river from Florianopolis
3	Rio Itajai	Itajai	○	○		City government already installed 8 water level gauges			○	CCTV	Monitoring river from Florianopolis
4	Rio Itajai do Sul	Ituporanga	○	○	Reviewing existing warning water level	○	R/W	Up-grade of transmission system			
5	Rio Itajai do Sul	Vidal Ramos	○	○					○	R/W	Warning for Vidal Ramos
6	Rio Itajai do Oeste	Taio	○	○		○	R/W	Up-grade of transmission system			
7	Rio Itajai do Oeste	Rio Oeste	○	○		○	R/W	Replacement of Equipments			
8	Rio Trombudo	Trombudo	○	○					○	R/W	Warning for Trombudo
9	Rio Itajai do Norte	Ibirama	○	○		○	R/W	Up-grade of transmission system			
10	Rio dos Cedros	Rio dos Cedros	○	○					○	R/W	Warning for Rio dos Cedros
11	Rio dos Cedros	Timbo	○	○		○	R/W	Operational			
12	Rio Benedito	Benedito Novo	○	○					○	R/W	Warning for Benedito Novo
13	Rio Itajai	Apiuna	○	○		○	R/W	Replacement of Equipments			
14	Rio Itajai	Indaial	○	○		○	R/W	Replacement of Equipments			
15	Rio Itajai	Gaspar	○	○					○	R/W	Warning for Gaspar
16	Rio Itajai	Ilhota	○	○					○	R/W	Warning for Ilhota
17	Rio Itajai Mirim	Brusque	-	○	Establishing warning water level	○	R/W	Replacement of Equipments			
18	Rio Itajai do Oeste	Mirim Doce	-	○					○	R/W	Warning for Mirim Doce
19	Rio Itajai do Oeste	Salete	-	○					○	R/W	Warning for Salete
20	Rio Itajai do Oeste	Pouso Redondo	-	○					○	R/W	Warning for Pouso Redondo/Rio do Sul due to flood by housing development
21	Rio Itajai Mirim	Agua Clara	-	○	-				○	R/W	Warning for Agua Clara
22	Rio Itajai Mirim	Gurabinuba	-	○					○	R/W	Warning for Gurabinuba
23	Rio Itajai do Sul	Salinho	-	-		○	R/W	Replacement of Equipments			
24	Rio Itajai do Sul	Sul Dam	-	-					○	R/W	Flood forecasting at Rio do Sul/ Monitoring discharge from dam to protect Ituporanga
25	Rio Itajai do Oeste	Oeste Dam	-	-					○	R/W	Flood forecasting at Rio do Sul/ Monitoring discharge from dam to protect Taio
26	Rio Itajai do Norte	Barra da Prata	-	-		○	R/W	Replacement of Equipments			
27	Rio dos Cedros	Pinhal Dam	-	-					○	R/W, CCTV	Monitoring discharge from dam to protect Timbo
28	Rio dos Cedros	Rio Bonito Dam	-	-					○	R/W, CCTV	Monitoring discharge from dam to protect Timbo
29	Rio Luiz Alves	Luiz Alves	-	-					○	R/W	To obtain hydrological data of Luiz Alves river basin for flood forecasting model
30	Rio Itajai Mirim	Salseiro	-	-		○	R/W	Replacement of Equipments			
31	Rio Itajai Mirim	Botuvera	-	-		○	R/W	Replacement of Equipments			
TOTAL			16	22		14			19	16 R/W & 5 CCTV	

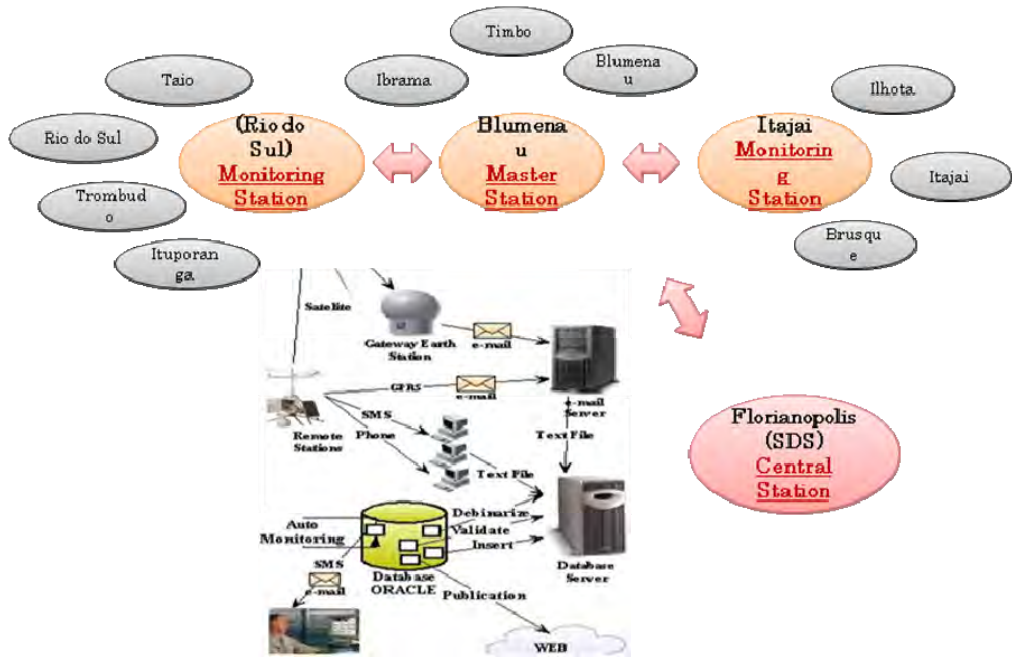
R/W: Rainfall and Water level gauge as one set

出典: JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図-8.5.2 観測所と CCTV の配置場所



出典：JICA 調査団

図-8.5.3 洪水予警報システムの観測ネットワーク

8.5.4 システムの導入に関する提案

以下に示すように、8段階で順次整備する。

- (1) 既設観測所の改修（観測機器の交換）
- (2) 追加観測機器の設置（雨量計・水位計）
- (3) 追加観測所を含むネットワークの整備（インターネット）
- (4) センター・ステーションのサーバーの拡張とデータ・ベースの設置
- (5) 洪水予測精度の改善
- (6) モニター・ステーションの監視システム設置（Rio do Sul 市/、Itajai 市）
- (7) センター・ステーションの監視システム設置（Florianopolis 市）
- (8) 洪水予警報システムと避難警報の整備

洪水氾濫対象地域には、洪水警報をラジオ、TV、インターネットで迅速に発令するとともに市内に設置した電光掲示板でも市民に状況を知らせる。更に、危険地域については Civil Defense によるパトロールと CCTV によるリアルタイムの被害状況の把握で災害審議会に連絡し早期の避難活動を促すとともに洪水警報発令時には市内に設置されたサイレンなどで危険地域に住む住民の避難を促す。

第9章 土砂災害緩和マスタープランの策定

9.1 マスタープランの構成

表-9.1.1にイタジャイ川流域の土砂災害緩和マスタープランの構成を示す。本マスタープランは、非構造物対策（土砂災害及びフラッシュフラッド軽減対策）と、構造物対策（土砂災害対策）に分かれる。

表-9.1.1 土砂災害・土砂生産・フラッシュフラッド緩和マスタープランの構成

主目的	各種対策	本マスタープランでの扱い
人身損失の回避	(1) 非構造物対策（土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの導入） a) 雨量モニタリング、データ蓄積、警報情報伝達システム構築。 b) 避難の確実化のための関係者・住民への防災教育および訓練	基幹対策事業として、事業費の積算を含む計画を作成する。
経済損失の緩和	(2) 土砂災害構造物対策 年潜在損失額を指標に危険箇所の優先対策順位を決め順次対策を進める。	
	(3) 土砂生産軽減対策 崩壊裸地の植林、河畔林による河岸浸食防止を推進する。土砂災害危険箇所の構造物対策において、緑化を基本とし土砂生産軽減効果の向上を図る。	水資源あるいは森林保全計画の中で扱われている課題であり、本マスタープランでは具体的な計画は行わない。
	(4) フラッシュフラッド軽減対策 降雨の地表流出成分が増すことによりフラッシュフラッド・洪水を助長しないことを目的とした流出調整施設の設置を推進する。	都市計画のなかで取り扱われる課題であり、本マスタープランでは具体的な計画は行わない。
	(5) 構造物対策事業に対する技術強化および民間自助努力への支援 a) 構造物対策事業に対する技術強化 b) 民間自助努力への支援 年潜在損失額が低く、優先順位が高くない民間保全対象物の構造物対策に対し、簡易な軽減策等の防災教育を行うと共に、公的/民間基金による補助を推進する。	本マスタープランでは政策としての必要性を述べる。

出典：JICA 調査団

9.2 非構造物対策（土砂災害・フラッシュフラッド軽減対策）

9.2.1 雨量モニタリング、データ蓄積、警報情報伝達システム構築

(1) 基幹対策事業として SC 州全体への適用

危険地域からの居住者の移動に比べて実効性が高いことから、基幹対策事業として、SC 州全体に対し導入する。SC 州全体とするのは、以下の理由による。

- i) SC 州全体として人身損失の回避の投資効果が効率化される。
- ii) SC 州内でイタジャイ川流域の内外を移動する旅行者の人身損失の回避が図れる。
- iii) イタジャイ川流域の周辺部の市で、市の範囲がイタジャイ流域の内外に跨る場合でも、流域内外の市民に差別無くシステムの効果が得られる。

(2) 概要および雨量の観測

次節 9.2.3 で述べる「土壌中の水分や流出を考慮した雨量指標」を用いた土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムを下記のとおり設置する。

土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの全体的な管理と予警報の正式な発令は Defesa Civil-SC が行う。住民への避難および市道の通行規制の指示は市政府が行う。SC 州

道路の通行規制の指示は DEINFRA が行う。SDR 管理下の学生への注意報/警報発令時の休校、下校あるいは学校待機の指示は SDR が行う。図-9.2.1 に示す様に、まず雨量指標による予警報（注意喚起）を設置し、これを端緒に土砂災害/フラッシュフラッドに対する認知を高めて行く。次に精度の良いハザードマップ（ $S=1:10,000$ ）を整備し、警報発令時の避難対象家屋および通行規制を行う道路の指定を進める。

短期

- ・雨量指標による予警報を設置
- ・本調査で作成した $S=1:5$ 万 リスク・ハザードマップ を用いて危険地域の住民の警報発令時の自主的な避難を促す。
- ・市行政機関は、住民に予警報を周知し注意喚起する。災害現象の進行が確認された場合に避難指示あるいは、市道の通行規制を行う。
- ・DEINFRA は、SC 州道路線沿いの情報板を用い道路利用者に注意喚起する。災害現象の進行が確認された場合に SC 州道路の通行規制を行う。
- ・SDR は、SDR 管理下の学生への注意報/警報発令時の休校、下校あるいは学校待機の指示を行う。



中長期展開（5～10 年以内に逐次）

- ・市は、 $S=1:10,000$ のハザードマップを整備し、警報発令時の避難対象となる危険地域/家屋、避難所、避難ルートを指定し住民に周知する。また、市道において警報発令時に通行規制を行うべき脆弱路線区間を特定する。
- ・DEINFRA は路線の調査を行い、警報発令時に通行規制を行うべき脆弱路線区間を特定する。
- ・市行政機関および DEINFRA は Defesa Civil-SC からの警報発令時に、特定した区間の通行規制を行う。

出典：JICA 調査団

図-9.2.1 土砂災害・フラッシュフラッド予警報の展開戦略

自記雨量計を市庁舎、Defesa Civil 庁舎、あるいは CELESC 事務所のいずれかに設置する。太陽電池電源として停電による欠測を避ける。データは GPRS（General Packet Ratio Service）と CELESC の VHS 通信システムを介して通信して EPAGRI/CIRAM のデータサーバーに格納する。

GPRS/VHS 不具合による欠測の防止のため、各市では Defesa Civil 職員が マイクロ波を介して Defesa Civil 事務室のデータロガーに自動蓄積されるデータをダウンロードし事務所内コンピュータのハードディスクに保存する（週 1 回）。

EPAGRI/CIRAM は、実測値と WRF（Weather Research and Forecasting）モデルによる予測雨量値を基に雨量指標値を逐次計算する。予め設定しておいた注意報/警報の雨量指標基準値に達した場合にはインターネットホームページおよび報道機関により広報する。また、Defesa Civil-SC と各 SDR、各市長、各市 Defesa Civil に通報する。Deinfra-SC は、注意報/警報を報道機関による正式に発令、対象市 Defesa Civil への通知、災害対応の準備を行う。SDR は地域内の州立学校等、各市長は住民や市内旅行者に注意報/警報を通知する。市行政機関と DEINFRA は SC 道路に設置された情報板等を用いて予警報を広報し、災害対応の準備を行う。

(3) 土砂災害/フラッシュフラッド 注意報/警報基準値の設定

本邦で土砂災害警報に用いられている土壌雨量指数と、サンパウロ州立大学の IPT（Instituto de Pesquisas Tecnológicas 技術研究所）開発の雨量指標を基本に検討する。過去の土砂災害/フラッシュフラッドの正確な発生時刻の記録が無く、雨量計の距離も災害発生地点から 10 km 以上離れていることが殆どであり、災害発生時の雨量指標値の統計解析から基準値を導くことは困難である。よって警報（Alarme）基準値は 10 年確率豪雨に相当する雨量指標値に設定する。これは、本邦において、土砂災害死者数の 93%が、土壌雨量指数が過去 10 年の最大値を更新した状態で発生していることによる（1991 年から 2000 年の 10 年間の統計、

但し、土木工事現場と落石による被災を除く）。なお、注意報（Atenção）は、警報状態への準備と年1回程度の予警報システムの市民への認知と関係者の訓練の目的を兼ね、1.1年確率豪雨に相当する雨量指標値に設定する。

注意報、警報の雨量指標基準値は雨量および災害データの蓄積しつつ、毎年比較的雨が少ない季節である6月に Defesa Civil-SC は EPAGRI/CIRAM の協力を得て見直しを行う。

(4) 雨量データの雨量指標値の計算、土砂災害注意報・警報の情報伝達

EPAGRI/CIRAM は、実測雨量値と WRF 予測値を基に 20 分毎に 3 時間後の雨量指標値を計算し、基準雨量指標値に達した場合は、インターネットウェブページ、テレビ・ラジオ媒体で広報すると同時に、基準値に達した市の市長および市の Defesa-Civil、Defesa Civil-SC に通報する。この通信は情報システムにより自動的に登録した携帯電話へテキストで発信するものとする。

Defesa Civil-SC は、注意報/警報の報道機関による正式な発令、対象市 Defesa Civil への通知、災害対応の準備を行う。

市行政機関は、情報板、電話連絡網、教会の鐘、情宣車で住民に注意報/警報を広報すると共に、災害への応急対応のための緊急要員を召集する。（注意報/警報の情報伝達手法は洪水予警報と同じとする。）

DEINFRA と市行政機関は、注意報/警報地域への道路通行時の注意喚起や取りやめを促すため、道路の主要箇所、ドライブインの広告板や情報板を活用し、注意報/警報情報を広報する。注意報/警報情報の掲示場所は、日常時には企業広告に活用されている広告板を注意報/警報発令時にのみ、予め広告主の了解を得て活用することが考えられる。電光掲示板を設置する場合には、日常時は一般ニュースや広告として利用し、注意報/警報発令にも活用することが考えられる。

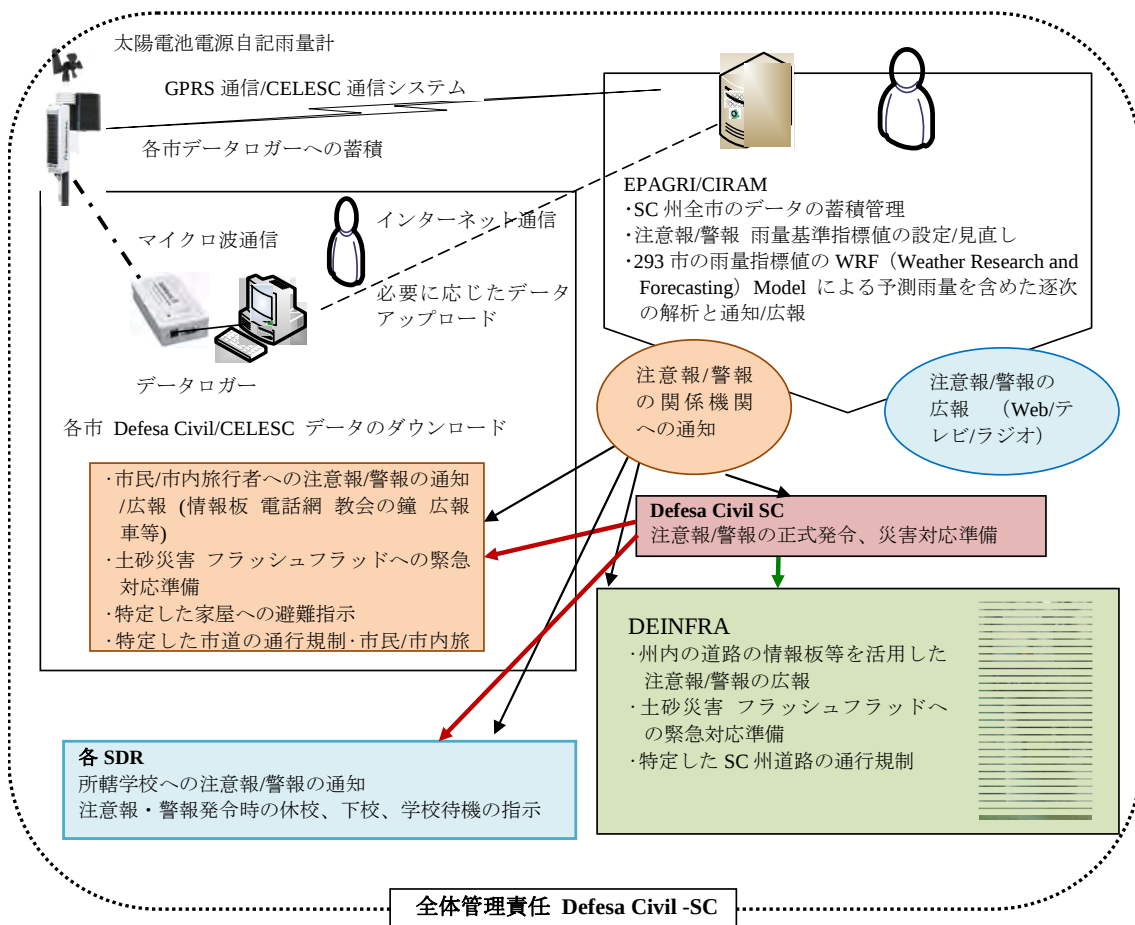
(5) 被災回避行動

注意報発令時には、

- ・ SDR は州立の学校を休校とし、学生の通学の取りやめを通知する。あるいは、生徒が学校にいる場合はすみやかに下校させる（状況によっては学校で待機させる）。職場等についても極力これに準じるよう指導する。
- ・ 道路利用者は、広報された注意報を参考に注意報発令地域への通行を控える。

警報発令時には、

- ・ 市行政機関の指示により危険地域（ハザードマップ等により指定された地域）の住民は、予め指定しておいた避難場所（学校や教会等の施設）へ指定しておいた避難経路を通じて避難を行う。
- ・ 市行政機関および DEINFRA は Defesa Civil-SC からの警報発令時に、指定した区間の通行規制を行う。



出典：JICA 調査団

図9.2.2 土砂災害・フラッシュフラッド予警報の概要

9.2.2 避難の確実化のための関係者・住民への防災教育および訓練

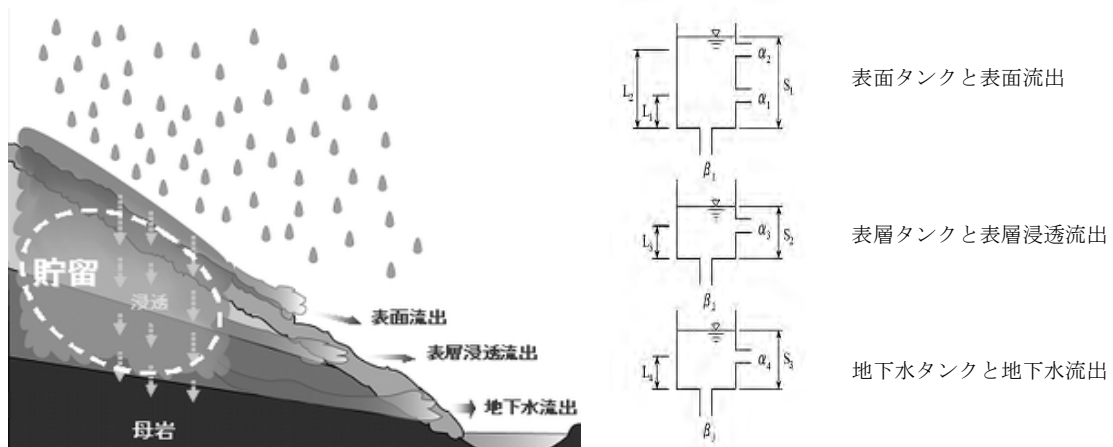
市の Defesa Civil は、災害情報伝達、避難の確実化のために関係者・住民への防災教育および訓練を行う。市の Defesa Civil への教育は、Defesa Civil-SC が調整し実施する。市は、SC 州の支援により S=1:10000 縮尺のハザードマップを整備する。ハザードマップは、大学関係者の支援が必要になると考えられる。このハザードマップを公開すると共に危険箇所、避難ルート、避難先を図示するものとする。ハザードマップが作成された段階で住民への説明会や危険地域住民の避難訓練を行う。

注意報発令時には、市長は市の Defesa-Civil や消防・警察関係者に連絡し、警報発令に伴う避難所の準備、危険箇所のパトロールや、周辺住民へ通知を行う。注意報発令時は、危険地域住民が避難を行わなければならないレベルでは無いが、防災訓練として避難を行うことが望ましい。

学校において教師は、生徒の居住地の安全度により学校への待機および下校と安全な下校ルートを指示する。学校で待機する場合にはハザードマップや過去の災害写真を用いて避難活動に係わる教育を行う。

9.2.3 土壌中の水分や流出を考慮した雨量指標（土壌雨量指数）

土壌雨量指数（Soil Water Index: SWI）は、降った雨の一部が地中に浸透し地下水となり時間をかけて徐々に流出する現象を2次元の3段のタンクでモデル化したもので、下図-9.2.3に示す3段のタンクの水頭の和（ $S_1 + S_2 + S_3$ ）として算定する。同図に、本邦の土砂災害警報に全国で統一的に用いられているパラメータを示す。



日本の土砂災害警報に全国で統一的に用いられているパラメータ			
	表面タンク	表層タンク	地下水タンク
流出孔の高さ（mm）	L_1 15 L_2 60	L_3 15	L_4 15
流出係数（mm/時間）	α_1 0.10 α_2 0.15	α_3 0.05	α_4 0.01
浸透係数（mm/時間）	β_1 0.10	β_2 0.05	β_3 0.01

出典: 日本気象庁資料を基に JICA 調査団編集

図-9.2.3 日本で土砂災害警報に用いられている土壌雨量指数

大規模な土砂災害が発生した2008年11月豪雨の土壌雨量指数を算定した。表-9.2.1に土壌雨量指数の最大値を示す。土壌雨量指数は、EPAGRI/CIRAMから提供を受けた雨量データのうち、イタジャイ川流域で10年以上の観測を継続している5観測所（いずれも非自記雨量計で日2〜3回計測）の観測データを単純に1時間雨量に配分し計算したものである。非常事態宣言を発令した市町村でのみ被災家屋および死者があり、土壌雨量指数最大値が145mm以上、同再現確率年20年以上の範囲に包括されている。

表-9.2.1 2008年11月豪雨時の土壌雨量指数

観測地名	観測所 No.	2008年11月豪雨時の土壌雨量指数最大値	左記の再現確率年	再現確率計算に供した雨量記録期間
Rio do Compo	639	37 mm	1年以下	1995年～2009年（15年間）
Ituporanga	191	43 mm	1年以下	1988年～2009年（22年間）
Indaial	167	145 mm	20年	1991年～2009年（19年間）
Blumenau	35	245 mm	60年	1997年～2009年（13年間）
Itajai	183	191 mm	30年	1987年～2009年（23年間）

出典：JICA 調査団作成

9.3 土砂災害構造物対策

9.3.1 土砂災害構造物対策箇所の優先順位と対策計画

土砂災害による経済損失を回避するために、土災害危険箇所について年潜在損失額が高い危険箇所から優先に構造物対策を実施する。

土砂災害/土砂生産リスクアセスメントにおいて重要危険箇所と選定され R\$ 5 万/年以上の年潜在損失額と評価された 68 箇所のうちイタジャイ港（既往の継続的な浚渫が適切な対策と考えられる）を除く土砂災害危険箇所 67 箇所を構造物対策優先箇所として選定した。州道路 33 箇所、市道 34 箇所である。連邦道路は、土砂災害対策が進んでおり、2008 年豪雨災害後の復旧事業および修繕事業は、終了しており、重要な危険箇所は残されていない（DNIT との面談および調査団の現地視察による）。道路土砂災害の構造物対策は、2008 年 11 月豪雨 Blumenau 市相当（60 年確率）においても片側道路幅員の交通確保を目標に計画する。2008 年 11 月豪雨における類似斜面の対策/非対策箇所の被災状況を参考に対策工種を選定した。選定にあたっては、ブラジル国 斜面保護工指針 NORMA BRASILEIRA ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR(Número de referência) 11682, Estabilidade de encostas @ABNT 2009 を参照し、2008 年 11 月豪雨 Blumenau 市豪雨で被災を受けなかった斜面に施されていた対策工（主として連邦道路 BR470）を参考として、本マスタープランレベルでの選定基準を表-9.3.1 とした。

各箇所では、浸食を抑制し、土砂生産防止にも寄与するために、斜面緑化を基本とする。また、倒木の危険が無い箇所には木本類を導入し炭素固定による地球環境改善にも資するものとする。

表-9.3.1 土砂災害形態と対策工種の選定

土砂災害形態	保全対象物に対する発生源位置	適用斜面条件		代表的な適用工種 緑化、排水側溝は全箇所共通
崩壊 Desmoronamento	山側斜面	安定勾配での切土が不可能。 落石の可能性がある。		ロックボルト工、アンカー工 不安定岩塊除去、根固工、落石防護柵、落石防護網
		安定勾配での切土が可能。	斜面高さ 15 m 以上	不安定土砂の除去（切土）、切土補強土
			斜面高さ 15 m 未満	不安定土砂の除去、植生ネット、法尻への布団籠工
	谷側斜面	侵食が生じており、長期的に道路体崩壊に影響が考えられる箇所。		盛土、鋼管杭工、鋼矢板、大型ブロック工、蛇かご排水溝
	河岸	すでに路肩が欠損している。あるいは路面の沈下や亀裂が認められる。		蛇籠護岸と覆土、連結ブロック護岸と覆土
地すべり Escorregamento	山側～谷側斜面	深いすべり面が想定され、地下水位が高いと想定される。		排水ボーリング工、布団かご擁壁工、鋼管杭工
	山側斜面	浅いすべり面が想定され、地下水位が高いと想定される。		明暗渠工、切土補強土、布団かご擁壁工
	道路路体～谷側斜面	深いすべり面が想定され、地下水位が低いと想定される。		鋼管杭工と軽量盛土工の比較検討
	道路体の浅いすべり	施工不良および排水不良に起因すると考えられる道路体の浅いすべり。		路体修繕
土石流 Escoamento	道路横断溪流	過去の土石流履歴		砂留工

出典：JICA 調査団

対策工の位置と対策工の内容を表-9.3.2 に示す。

表-9.3.2 土砂災害構造物対策の優先順位と対策計画

順位	優先	位置	市	管理	年潜在 損失額 R\$1000/年	土砂災害 形態	対策工 (緑化を含む斜面保護工、排水工 は全箇所共通)
1		SC 302 Taio – Passo Manso-5	Taio	州道	1,255	地すべり	排水ボーリング工、布団かご工、鋼管杭工
2		SC470 Gaspar River Bank	Gaspar	州道	1,095	河岸崩壊、谷側崩壊	布団かご工
3		Blumenau -Av Pres Castelo Branco	Blumenau	市道	1,021	河岸崩壊	連結ブロック工、鋼矢板工
4		SC418 Blumenau – Pomerode	Pomerode	州道	989	地すべり、山側崩壊	布団かご工、明暗渠工、切土補強土
5		SC474 Blumenau - Massaranduba 2	Blumenau	州道	907	山側崩壊	切土、切土補強土
6		Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	Gaspar	市道	774	地すべり、山側および谷側崩壊	切土、切土補強土、排水ボーリング工
7		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	Luiz Alves	市道	700	山側崩壊	切土、切土補強土
8		SC470 Gaspar Bypass	Gaspar	州道	689	山側崩壊	切土、切土補強土
9		SC477 Benedito Novo – Doutor Pedrinho 1	Benedito Novo	州道	680	地すべり	軽量盛土工と鋼管杭工の比較検討
10		SC418 Pomerode - Jaragua do Sul 1	Pomerode	州道	651	谷側崩壊	盛土工、盛土のり尻の布団かご工
11		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	Luiz Alves	市道	629	山側崩壊	切土、切土補強土
12		SC474 Blumenau-Massaranduba 1	Blumenau	州道	601	山側崩壊	切土、切土補強土
13		SC 302 Taio-Passo Manso 4	Taio	州道	526	山側崩壊	切土、切土補強土
14		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 11	Luiz Alves	市道	497	山側崩壊	切土、切土補強土
15		SC486 Brusque - Botuvera 13	Botuvera	州道	473	山側崩壊	切土、切土補強土
16		SC416 Timbo - Pomerode	Timbo	州道	443	地すべり	切土、排水ボーリング工、布団かご工擁壁工
17		SC486 Brusque - Botuvera 1	Brusque	州道	430	山側崩壊	切土、切土補強土
18		R. Alamedia Rio Branco, Blumenau	Blumenau	市道	398	山側崩壊	切土、切土補強土
19		Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 2	Gaspar	市道	384	山側崩壊	切土、切土補強土
20		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 7	Luiz Alves	市道	380	山側崩壊	切土、切土補強土
21		Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 1	Gaspar	市道	379	山側崩壊	切土、切土補強土
22		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 3	Luiz Alves	市道	372	山側崩壊	切土、切土補強土
23		Ponte Aldo P. De Andrade right bank	Blumenau	市道	366	谷側崩壊	路体修繕、舗装
24		SC486 Brusque - Botuvera 3	Brusque	州道	344	山側崩壊	切土、切土補強土
25		SC486 Brusque -Botuvera 2	Brusque	州道	342	山側崩壊	切土、切土補強土
26		Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 8	Gaspar	市道	326	山側崩壊	切土、布団かご擁壁工
27		Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 4	Gaspar	市道	323	山側崩壊	切土、切土補強土
28		SC486 Brusque -Botuvera 9	Botuvera	州道	301	山側崩壊	切土、切土補強土
29		SC486 Brusque - Botuvera 7	Brusque	州道	298	山側崩壊	切土、切土補強土
30		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 2	Luiz Alves	市道	278	山側崩壊	切土、切土補強土
31		Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 7	Gaspar	市道	276	山側崩壊	切土、布団かご擁壁工
32		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 1	Luiz Alves	市道	271	山側崩壊	切土、切土補強土
33		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 5	Luiz Alves	市道	271	山側崩壊	切土、切土補強土
34		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 8	Luiz Alves	市道	270	山側崩壊	切土、布団かご擁壁工
35		SC486 Brusque - Botuvera 11	Botuvera	州道	260	山側崩壊	切土、切土補強土

順位	優先	位置	市	管理	年潜在 損失額 R\$1000/年	土砂災害 形態	対策工 (緑化を含む斜面保護工、排水工 は全箇所共通)
36		SC486 Brusque - Botuvera 10	Botuvera	州道	260	山側崩壊	切土、切土補強土
37		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 10	Luiz Alves	市道	227	山側崩壊	切土、切土補強土
38		SC486 Brusque - Botuvera 12	Botuvera	州道	221	山側崩壊	切土、切土補強土
39		SC486 Brusque - Botuvera 4	Brusque	州道	220	山側崩壊	切土、切土補強土
40		SC486 Brusque - Botuvera 6	Brusque	州道	220	山側崩壊	切土、切土補強土
41		SC486 Brusque - Botuvera 14	Botuvera	州道	220	山側崩壊	切土、切土補強土
42		SC486 Brusque - Botuvera 5	Brusque	州道	220	山側崩壊	切土、切土補強土
43		SC 302 Taio - Passo Manso 2	Taio	州道	202	(浅層) 地すべり	路体修繕、舗装
44		Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 6	Gaspar	市道	184	山側崩壊	切土、布団かご擁壁工
45		Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 10	Gaspar	市道	184	山側崩壊	切土、布団かご擁壁工
46		SC418 Pomerode - Jaragua do Sul 2	Pomerode	州道	184	山側崩壊	切土、切土補強土
47		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 12	Luiz Alves	市道	184	山側崩壊	切土、切土補強土
48		Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 3	Gaspar	市道	184	山側崩壊	切土、切土補強土
49		SC413 Luiz Alves - Massaranduba 1	Luiz Alves	州道	172	山側崩壊	排水横ボーリング工、布団かご擁壁工
50		Gaspar - Blumenau 3	Gaspar	市道	169	山側崩壊	切土、切土補強土
51		SC486 Brusque - Botuvera 8	Botuvera	州道	151	山側崩壊	切土、切土補強土
52		SC 302 Taio-Passo Manso 1	Taio	州道	149	(表層) 地すべり (道路沈下)	路体修繕、舗装
53		SC 302 Taio-Passo Manso 3	Taio	州道	149	(表層) 地すべり (道路沈下)	路体修繕、舗装
54		SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 2	Benedito Novo	州道	144	(表層) 地すべり	排水溝、舗装
55		R. Bruno Hering, Blumenau	Blumenau	市道	119	土石流	布団籠工による砂溜工
56		Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 9	Luiz Alves	市道	111	山側崩壊	切土、切土補強土
57		SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 3	Benedito Novo	州道	108	(表層) 地すべり (道路沈下)	コンクリートブロック積工
58		Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 5	Gaspar	市道	106	山側崩壊	切土、切土補強土
59		Bau	Ilhota	市道	101	土石流	布団かご工
60		SC486 Brusque - Botuvera 15	Brusque	州道	78	谷側崩壊	布団かご工、舗装工
61		Luiz Alves Municipality Road 1	Luiz Alves	市道	67	山側崩壊	切土、布団かご擁壁工
62		SC413 Luiz Alves - Massaranduba 2	Luiz Alves	州道	62	山側崩壊	切土、切土補強土
63		Luiz Alves Municipality Road 2	Luiz Alves	市道	59	山側崩壊	不安定岩体除去 (発破)
64		Brusque Municipality Road 1	Brusque	市道	56	山側崩壊	切土、切土補強土
65		Gaspar - Blumenau 2	Blumenau	市道	55	山側崩壊	切土、切土補強土
66		Gaspar - Blumenau 1	Blumenau	市道	55	谷側崩壊	布団かご工擁壁工
67		Brusque Municipality Road 2	Brusque	市道	51	山側崩壊	切土、切土補強土

注) 本表は土砂災害危険箇所の年潜在損失額 1～67 位の対策計画について示しており、土砂流出が課題である Itajai Port は含まない。

出典：JICA 調査団

9.4 土砂生産緩和対策

土砂生産軽減対策は、水資源/森林保全、木本類による炭素固定を主目的とした崩壊・裸地箇所の緑化事業として推進する。土砂災害の構造物対策箇所においては緑化を基本とした土砂生産軽減対策を行う。水資源保全、森林保全が主目的であり、本マスタープランでは具体的な計画は行わない。

イタジャイ川流域内で河床上昇により経済損失が発生しているのはイタジャイ港が唯一である。河川側から供給される土砂による年潜在損失額はR\$ 9 百万/年であり、堆砂1 m³当たりの損失額はR\$ 19 /m³と推定される（付属報告書を参照）。

流域全体の土砂生産対策、特に崩壊裸地の植林、河畔林による河岸浸食防止を推進する。この事業は、水資源保全、森林保全が主目的であり、木本類による炭素固定による気候変動対策等の環境改善効果も図ることができる。土砂生産緩和対策の観点からの優先箇所は、河床からの大規模な砂採取事業が行われていない Luiz Alves 支川で、2008 年 11 月豪雨による崩壊跡の裸地や溪流沿いの土砂堆積が多く残っている Morro do Bau 地域一帯である。

土砂災害構造物対策箇所において土砂災害対策と同時に土砂生産を抑制する。裸地化している道路斜面においては、緑化を基本とし、倒木の危険が無い緩い斜面や、道路谷側斜面では炭素固定による気候変動対策にも資する木本類の導入を図る。

なお、砂防ダムおよび遊砂地工は、イタジャイ港の土砂堆積軽減対策としては以下の理由により経済的に妥当で無い。

- ・ 砂防施設からの土砂除去に係る単位体積土砂当たりの費用が、イタジャイ港の単位体積土砂当たりの潜在損失額とほぼ同等である。
- ・ 砂防施設で流出を止める土砂がすべて、本来イタジャイ港へ到達し堆積する機構ではない。下流側で砂として採取される場合、氾濫源に堆積し長期に渡り河口に達しない場合もある。

また、イタジャイ港における河床標高は本来 -5 m であったものが、大型 の寄航を可能にするため、1980 年代以降に掘り下げられ 2010 年現在の最深部は標高 -14 m となっている。このため土砂が堆積しやすく、海側からも多くの土砂が流入していると考えられている。土砂生産緩和対策により、川側からの土砂流入量が減ると、単純に土砂堆積速度が減るのではなく、海側からの土砂流入分が増えある程度相殺される可能性がある。

イタジャイ港への流入土砂量、浚渫量は計測されていない。これらを計測し、堆積機構を明らかにすることにより、土砂生産緩和対策以外の海からの流入土砂堆積対策も含めた堆砂対策を行うことが望まれる。

9.5 フラッシュフラッド軽減対策

フラッシュフラッド軽減対策は、降雨の地表流出成分が増すことによりフラッシュフラッド・洪水を助長しないことを目的とした流出調整施設の設置を推進する。

フラッシュフラッドの課題は、山地の市街化に伴い、緑地が失われ、斜面の保水性が低くなったことにより深刻さを増している。また、本来溪流内で、平常時には流水がなくても豪雨時には流水が認められる土地が宅地化している場合も多く認められる。これらの課題は、都市計画のなかで取り扱っていく必要がある。

9.6 構造物対策事業に対する技術強化および民間自助努力への支援

9.6.1 構造物対策事業への技術強化

州による民間住宅の造成事業は、洪水・土砂災害の危険な地域の居住者に安全な住宅を提

供する防災対策事業といえる。これらの事業は、新たな土砂災害、（造成前より降雨の地表流出分が増えることによる）フラッシュフラッド・洪水の原因としないよう適切に実施する必要がある。これらの課題に対して造成事業の技術強化を行う。

災害および土砂生産軽減に対し必要な技術整備と実行計画を表 9.6.1 に示す。

表-9.6.1 土砂災害対策/土砂生産・フラッシュフラッド軽減に対し必要な技術整備と実行計画

技術項目	目的・効果	現況	計画
造成に伴う降雨流出調整施設の設置	造成により降雨の地表流出成分が増すことによるフラッシュフラッド・洪水の助長を防止。	技術基準の整備が無い。	技術基準の整備と造成にあつての法的 束を行う。
斜面保護工 斜面安定工	造成斜面安定・土砂生産防止。	技術基準の整備あり、設計審査の手法はある。斜面の不安定化・土砂生産を引き起こしている事例あり。排水溝の未整備が認められる。	事業者（州および市）で行われる設計審査を強化する。 州政府による設計・施工管理技術者の訓練を行う。
残土処理	土砂生産防止。	FATMA による法的指導や管理がされている。	現況の法的指導や管理を継続する。

出典：JICA 調査団

9.6.2 民間自助努力への支援

年潜在損失額が低く、優先順位が高くない民間保全対象物の構造物対策に対し、簡易な軽減策等の防災教育を行うと伴に、公的/民間基金による補助を推進する。

SC 州・市・CPRAM（鉱山資源研究公社）、CREA-SC（SC 州技術者協会）の共同で開設した民間鉱山会社の基金による構造物対策事業があるが危険地すべてに対応できていない。排水溝など効果は限定的だが、簡易な軽減策等の防災教育を行う。また、公的/民間基金による補助を推進する。

9.7 持続的維持管理方法

9.7.1 構造物対策工の維持管理手法

構造物対策の維持管理は、定期的あるいは豪雨後に損傷を点検し、異常が認められた場合に早期に対策処置を行い常に斜面を良好な状態に維持するように努める必要がある。

(1) 植生工

植生が活着していない場合や土 が流失した場合は、緑化基礎工（編柵工等）の強化、肥料の追加措置を行なったうえで、 種や植栽工による再緑化を行う。

(2) 排水工

排水工の修理、排水溝や集水 の土砂除去を行う。

排水横ボーリング孔に目 まりが生じた場合は、口元から 出水用具を 入して、 水洗 し排水の濁りがとれた段階で完了とする。目 まりの原因の約 割を占めるとされている鉄バクテリアによる赤褐色泥の生成は酸素の供給を断つことで抑制可能である。具体的には、孔口に U 字型パイプを継ぎ足し、排水の一時的な大気との接触を遮断することで簡易に対策することが可能である。

(3) 構造物工

構造物の破損は、暴風、豪雨災害および経年劣化を原因として発生することが多い。また、施工時には考えられなかった外力が働いて変形し、崩壊することがある。点検時に

は斜面の構造物自体を対象とするほか、周辺を含めた水の挙動にも留意する。破損の原因に対し修繕を行う。

9.7.2 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの維持管理手法

本システムの管理責任は Defesa Civil –SC にあり、本システムの機材の維持管理に係る予算の確保を行う必要がある。実際に維持管理を行うのは各関連機関の職員であり、他の通信システムの管理と一体となつて行われる必要がある。

(1) 自記雨量計

転倒 型雨量計の場合、雨水集水部を落 等が塞ぐと不具合が生じる場合がある。降雨時にもかかわらず雨量が記録されない場合は、雨水集水部を確認し閉塞物を除去する必要がある。この維持管理のためにも、自記雨量計は点検しやすい自治体庁舎や各自治体の Defesa Civil 庁舎に設置することが望ましい。

(2) 通信施設、コンピュータ、計算システム

各政府関連機関の通信施設、コンピュータの維持管理の一部として行われる必要がある。

第10章 マスタープランの初期環境影響調査（IEE）

10.1 目的および方法

10.1.1 初期環境影響評価の目的及び方法

本マスタープランでは、それぞれの環境社会影響を明らかにした上で許容しうる洪水確率規模を選択する。そのため、洪水確率規模ごとに代替案の組合せを作成し、それぞれの構造物及び非構造物対策について、環境及び社会影響のスクーピングを実施した。また、本スクーピング及びIEE結果は事業対象案件を選択する際に重要な資料とした。

スクーピングにより主要な環境・社会影響が明確にし、さらに詳細調査を行う際、また事業実施に際して配慮すべき点について分析を行った。

本スクーピング及びIEE結果は、本準備調査のフェーズ2では選択された代替案の組合せを対象として、ブラジル国で事業を実施するために必要な環境許可の取得（第7章参照）、およびJICA環境社会配慮ガイドラインにおいて求められる環境社会配慮に関する詳細な調査・計画策定を実施する際、慎重に実施する必要があるポイントを落とさないための重要な資料となる。

10.1.2 環境及び社会状況のベースライン

本マスタープラン対象地域であるイタジャイ川流域における現時点での環境及び社会経済状況については、第2章を参照されたい。

10.2 スクーピング及びIEEの方法と結果

10.2.1 スクーピングの方法

JICA環境社会配慮ガイドライン、及びブラジルの一般的な環境影響評価調査で使用する社会及び自然環境影響の33要素を選択し、それぞれにおいて簡略な定性的評価を行った。要素は下記の通りである：

社会的要素：(1)事業対象地域及びその近隣の人々・NGO・政治的グループの期待、(2)土地収用、(3)生産的経済活動、(4)土地利用、(5)地域間対立、(6)都市と郊外の利益の偏在、(7)低所得者層への社会経済的影響、(8)水利用、(9)先住民・伝統的民族、(10)文化遺産、(11)基本的衛生状態、(12)公衆衛生、(13)交通への影響、(14)収入、生活の変化、(15)農業への影響、(16)下流への影響、(17)非自発的住民移転、(18)土地と家屋への影響、(19)地域インフラ（送電線、道路、橋梁、アクセス等）

公害要素：(1)水質汚染、(2)大気汚染、(3)土壌汚染、(4)騒音・振動、(5)地盤沈下、(6)悪臭

自然環境要素：(1)地形・地質、(2)底質、(3)廃棄物、(4)地下水、(5)動植物相、(6)沿岸域、(7)地球規模の課題：温室効果ガス、(8)景観

それぞれの対策案に対し、文献調査による定性的評価を行い、その評価を計画・建設段階及び実施・運用段階に分けて各1枚の表にまとめた（表10.2.1及び10.2.2）。評価基準は下記のとおりである：

- A-：深刻な負の影響が予想されるもの
- B-：ある程度の負の影響が予想されるもの
- C：文献調査のみでは影響が予想できず、次段階でより詳細な調査が必要なもの
- A+：明らかな正の影響が予想されるもの
- B+：幾らかの正の影響が予想されるもの

- : 影響がないと予想されるもの

10.2.2 対策案に対するスコーピング及び IEE の結果

影響の全体的概要

社会経済的影響においてまず重要であるのは、対策により社会的動員や調整に対する期待が生まれることであり、それに対してはすべての対策案に対し明確な正の影響(A+)があるとした。対策案は、設計と環境調査の開始が公開された後、対象地及びその地域の人々にとって、特にイタジャイ川流域における自然災害の歴史を踏まえて、対策案がどのような規模でどこが対象地域になるのかが大きな期待となる。また、イタジャイ川流域における自然災害の予防という共通の目的に対して、政治社会的動員や調整の力が NGO や市民社会、政府機関をまとめていく可能性があることを強調したい。

その他共通の影響として、計画・建設段階におけるすべての対策案において、様々な異なる社会的・経済的関心を持った人々（公的・民間、市、州、地域、対策により影響を受ける人と利益を受ける人、土地所有者と小作農、地方の人々と都市の人々等）により地域間紛争が起こることが考えられるため、大きな負の影響(A-)があるとした。このようなことを考慮して、紛争を最小化する方策を立てる必要がある。対策については節 10.3 の「緩和策及び提言」において述べる。

イタジャイ川流域の北西部に位置する Ibirama 先住民居住区への影響については、本項では述べられていないが、本マスタープラン調査の間に Ibirama の先住民と Norte ダム建設に係る紛争の歴史について文献調査を行い、連邦による先住民保護の法律や土地利用に関する問題もあることから、先住民の生活に対して直接・間接的影響のある Ibirama 居住区の周辺における洪水対策は避けることが望ましいという提言によるものである。この提言に従い、本イタジャイ川流域における災害対策プロジェクトでは、Norte ダム及び Ibirama 居住区付近において対策案は設定していない。なお、この地域において何らかの対策を行う場合は、詳細な環境及び人類学的調査の後に国会及び FUNAI による事前の承認が必要である。

また、今回の調査において、対策案が予定されている各市において、奴隷の子孫による伝統的コミュニティ(quilombos)は存在しないことを Palmares 協会において確認した。

公害及び自然環境影響において最も影響を受けやすい対策案は、イタジャイ市における放水路案及びイタジャイミリム川における治水ダムの新設である。これらの対策は、河川の動き（垂直方向及び水平方向）を新規の人工構造物のよって変え、生物の移動を阻害すること（節 10.3 参照）だけでなく、土砂掘削による残土が多く発生する。次に影響が大きいのは浚渫を伴う対策である。水中での掘削を伴う河道拡幅（低水路の拡幅）については、濁水による下流への影響と残土の問題が想定される。

一方で、本災害予防プロジェクトの対策は、負の影響が想定されるだけではない。河道拡幅対策は牧草地や農地の拡大によって狭められていた川幅を工事によって広げることにより、河川の動き（ダイナミクス）が左右に広がることとなり、より多様な環境が生まれる。河川そのものの動きが大きくなることにより、動植物及び景観はより豊かになることが想定され、正の影響が期待できる。

本マスタープランにおいて提案した各対策案に対する、計画・建設段階及び実施・運用段階における定性的評価の結果を下記に示す。

(1) ダム運用の変更（Oeste ダム、Sul ダム）

この対策は既存の治水専用ダムのゲート運用を、洪水時にゲートを全閉操作する運用に変更するものである。10 年確率洪水までは対応可能であるが、ゲート全閉の運転は大洪水時の越流リスクを高めることになるのでダムの嵩上げも提案されている。この対策で行われるのはダムゲートの開閉のみであるため、建設は伴わず、建設段階の影響は非常に小さい。

運用段階では、通常通りゲートを解放する運用を行うため、下流域の流量が急激に変化することはなく、影響は非常に小さい。

(2) Oeste ダムの嵩上げ

計画・建設段階

土地収用(B-); 交通への影響(C); 非自発的住民移転(B-); 土地と家屋への影響(B-); 水質汚染(C); 騒音・振動(C); 底質(C); 廃棄物(C); 動植物相(C).

Oeste ダムを嵩上げすることにより、設計洪水水位が 1000 年確率の 362.5 m であり、ダム天端を 2 m 嵩上げする結果、365.16 m となるため、その間の土地を購入する必要がある(B-)。また、その土地には少数であるが住民が居住しており(B-)、この地域で主な生計手段である牧畜業にとって、牧草地の減少により収入に対しても影響がある可能性がある(B-)。しかしながら、最上端まで湛水するのは 1,000 年確率以上の洪水発生時に限られ、影響はマイナスであるが小規模であると考えられる。

Oeste ダムの嵩上げに必要な工事は、湛水域の増加によりダム堤体本体にも補強が必要であるため、工事がダム下流側の全面に及ぶ。工事は越流部の嵩上げのみで済む Sul ダムより複雑であり、川の転流工が必要となる。また、より長い工事期間と流れの阻害期間が必要となる。そのため、Sul ダムと同じ嵩上げという対策ではあるが、影響は若干大きい。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 収入、生活の変化(C); 土地利用(C); 都市と郊外の利益の偏在(C); 低所得者層への社会経済的影響(C); 農業への影響(C).

(3) Taio 市内の河道拡幅（現河道の掘削、長さ 3.7 km）

計画・建設段階

土地収用(B-); 非自発的住民移転(B-); 土地と家屋への影響(B-); 交通への影響(C); 地域インフラ(B-); 水質汚染(B-); 大気汚染(C); 騒音・振動(B-); 地盤沈下(C); 地形・地質 (C); 底質(B-); 廃棄物(A-); 動植物相(B-); 景観(C).

本調査では詳細な調査は実施していないが、イタジャイ川に沿った場所及び APP として保護されていると思われる地域に、不法住民を含め住民の家屋が多数確認できた。そのため、土地収用のプロセス(B-) 及び住民移転(B-)があり、それに伴い土地と家屋への影響(B-)が本対策の主な負の影響である。F/S 調査段階では、この対策の対象地域における詳細な社会経済調査が必要である。

本対策の建設工事では、河道において 3.7 km にわたって浚渫する必要がある。浚渫によって、濁水が発生し、湿った残土が多く発生することが想定される。湿った残土の廃棄場所の問題があるため、廃棄物への影響を(A-)とした。また、水質、濁水に伴う動植物相への影響、底質、工事時の騒音・振動についても少なからず影響が考えられ、(B-)とした。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 土地利用(C); 収入、生活の変化(C).

(4) Sul ダムの嵩上げ

計画・建設段階

土地収用(B-); 交通への影響(C); 非自発的住民移転(B-); 土地と家屋への影響(B-); 騒音・振動(C); 廃棄物(C).

Sul ダム嵩上げの工事は、越流部（Spillway）をコンクリートで 2 m 高くするものであり、ダムの基礎部分の工事はない。そのため転流工を行う必要もなく、自然環境影響は非常に小さいと考えられる。湛水域拡大に伴う社会経済影響は「(2) Oeste ダムの嵩上げ」と同様である。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 収入、生活の変化(C); 土地利用(C); 都市と郊外の利益の偏在(C); 低所得者層への社会経済的影響(C); 農業への影響(C).

(5) 水田の雨水貯留

計画・建設段階

本対策のための畦の 20 cm 嵩上げは手作業によって行われる予定であり、建設による影響はわずかにとどまると想定される。

実施・運用段階

経済的生産活動(B-); 農業への影響(B-); 動植物相(B+)

本対策は水田を遊水池のように使用するものであり、洪水対策としては最も自然状態に近いものである（氾濫原の回復に近い）。本事業の実施予定地域は、洪水が起こる時期が定期的ではなく、農作業上作物がある時期にもない時期にも洪水発生リスクがある。

水田が何年かに 1 度の頻度で湛水するため、無機・有機物質の移動が起こり、物質循環が増え、動植物相に対しても良い影響があると考えられる(B+)。洪水が実際に起きる時期が収穫期前であった場合は、農地の作物に被害が出るため、経済的影響が出ることは避けられない(B-)。

(6) 流域貯留（小規模ダム）

計画・建設段階

土地収用(B-); 非自発的住民移転(B-); 土地と家屋への影響(B-); 地域インフラ(C); 交通への影響(B-); 地形・地質(C); 底質(C); 地下水(C); 動植物相(B-); 景観(C)

灌漑時に農業用ため池としても使う小規模ダムであるため、灌漑時はある程度の湛水域を持ち、非灌漑時は湛水域がなくそのまま流れているが、洪水時には湛水域が広がる。洪水時の湛水域にあたる土地で生産的活動（農業・牧畜）を行っている人にとっては、洪水によって被害を受けることとなる。しかし、本対策の最大の問題は土地収用とそれに伴う直接・間接的なプロセスへの独特の影響である。しかし、本マスタープラン調査においては詳細な地図がないために、本対策の対象地を特定することができなかった。そのため、代表的な地点を選定し、その地点で実施する場合を想定して評価を行った。

小規模ダムの建設工事では、転流工が必要となる。転流工によって水路を変える時間が長くなる場合、生物等への影響が考えられる。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 収入、生活の変化(C); 農業への影響(C); 土地利用(C); 地形・地質 (B-);

底質(B-); 地下水(C); 動植物相(B-); 景観(B-)

小規模とはいえダムを新設するため、河川の連続性が失われ、さまざまな影響が出る可能性がある(B-)。河川の連続性には、魚類・水生生物の上下流への移動、物質循環等が関係している。また、小規模ダムの高さが10～15 m（マスタープランにおける設計）になる場合、巨大な人工構造物が郊外に現れるため、景観への影響（工事完了後、運用段階）が想定される(B-)。

(7) Rio do Sul 市下流の郊外における河道拡幅（低水路の浚渫、10.3 km）

計画・建設段階

土地収用(B-); 交通への影響(C); 非自発的住民移転(B-); 土地と家屋への影響(B-); 地域インフラ(B-); 水質汚染(B-); 騒音・振動(C); 地盤沈下(C), 地形・地質(C); 底質(B-); 廃棄物(A-); 動植物相(B-).

本対策の主な影響は土地収用とそれに伴う直接・間接的なプロセスへの独特の影響、特に郊外に居住する人々の住民移転である。本対策対象地には橋があり、架け替えの必要があることから、地域インフラへの影響をB-とした。

また、本対策では10.3 kmにわたって低水路拡幅のため、浚渫を行うこととなっている。長距離の浚渫により、下流部での濁水、底質、動植物相に対しての影響が考えられる(B-)。また、大量の土砂が排出されるため、土捨て場の問題も重大である(A-)。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 土地利用(C); 低所得者層への社会経済的影響(C); 都市と郊外の利益の偏在(C); 収入、生活の変化(C); 農業への影響(C); 下流への影響(C); 地盤沈下(C); 地形・地質(C); 底質(C); 動植物相(B+); 景観(B+)

建設工事後には川幅が広くなり、現在よりもより自然に近い流れとなることが予想される。そのため、動植物の生息・生育域が現在より広くなり、景観も現在より向上すると考えられる(B+)。

(8) Rio do Sul 市内における築堤（総延長 3.5 km、堤防最大高さ 5 m）

計画・建設段階

土地収用(A-); 生産的経済活動(C); 土地利用(C); 都市と郊外の利益の偏在(C); 低所得者層への社会経済的影響(C); 収入、生活の変化(C); 非自発的住民移転(A-); 土地と家屋への影響(A-); 交通への影響(C); 地域インフラ(A-); 水質汚染(C); 大気汚染(B-); 騒音・振動(B-); 地形・地質(C); 動植物相(C); 景観(C)

本対策では、人口密集地に築堤を行うため、土地収用と大規模な住民移転(それぞれ A-)が発生する。そのため、主な負の影響として、土地収用とそのプロセス、及び住民移転があげられる。また、都市の中心部において Itajai do Oeste 川及び Itajai do Sul 川が合流し、イタジャイ川となるため、築堤予定地には多くの橋梁と道路があり、築堤に伴って移転する必要がある(A-)。この影響は大きく、架け替えに伴う不便も発生する。経済的影響については、イタジャイ市とは違い、築堤予定地には港湾や工場といった施設はない。しかしながら、本調査では文献調査のみであり、産業に関する情報をほとんど得られなかったため、次段階の調査に置いては詳細な社会経済調査が必要である。

その他の影響として、住宅地域における土木工事が実施されるため、住民への騒音・振動問題が予測され(B-)、また場合によっては排気ガスによる大気汚染が発生する可能性がある(B-)。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 都市と郊外の利益の偏在(C); 収入、生活の変化(C); 土地利用(C); 低所得者層への社会経済的影響(C); 地域インフラ(B-); 動植物相(C); 景観(B-)

堤防の最大の高さは 4.6 m（洪水規模及び地点によって高さは異なる）であり、市内からの景観に影響がある(B-)。

(9) CELESC の水力発電ダムの治水利用（予備放流の導入）

実施・運用段階

下流への影響(B-)

本対策は Rio dos Cedros 川上流にある CELESC の水力発電ダム（2 箇所）において、洪水が予想される際に事前に放流し貯水池水位を少し下げることにより、貯水池容量の減少分を洪水調節に回すものである。事前放流により、下流における急な水位上昇が起こるため、下流域に事前に通報し、警戒するよう広報を行う必要がある。

(10) Blumenau 市内における APP 適用による高水敷の創設

計画・建設段階

大規模な土地収用(A-); 非自発的住民移転(A-); 土地と家屋への影響(A-); 交通への影響(B-); 地域インフラ(A-); 水質汚染(C); 大気汚染(C); 騒音・振動(B-); 地形・地質(C); 底質(C); 動植物相(B-); 景観(C)

本対策は APP 範囲内に、すでに家屋やホテルが密集している地域に高水敷及び堤防（既存道路を嵩上げ）で現況河道を複合断面化するものである。そのため、土地収用及びそれに伴う住民移転、土地と家屋への影響は重大である(A-)。また、対象地は Blumenau 市中心部であることもあり、道路及び橋の架け替えが必要となるため、架け替えに関する不便を含めて、影響は大きいと予想される(A-)。

また、土木工事も観光地である市の中心で行われるため、住民及び観光客に対する騒音・振動の影響が予想される(B-)。現在わずかではあるものの、川沿いに河畔林が見られるが、工事に伴ってそれらを伐採する必要がある。そのため、工事中の動植物への影響を B-とした。

実施・運用段階

生産的経済活動(A-); 収入、生活の変化(C); 土地利用(B+); 低所得者層への社会経済的影響(C); 地域インフラ(B-); 動植物相(B+); 景観(B+)

Blumenau 市は観光地として有名な街であり、その中心部の本対策予定地にはホテルも存在する。詳細は社会経済調査を実施しなくては把握できないが、それによる経済活動への影響は重大であると予想される(A-)。しかしながら、本対策の完成後には APP 地域を利用して公園が高水敷に造成されるため、イタジャイ河畔において人々が自然に親しみ、楽しむ場が形成され、景観も向上する（土地利用、景観 B+）。また、川幅が広がることにより、より自然に近い川の流れとなり、動植物相に対しても良い影響を与えられ（B+）

(11) Garcia 川における築堤（Blumenau 都市河川、総延長：1.3 km, 最大高さ：2.6 m）

計画・建設段階

土地収用(A-); 交通への影響(B-); 非自発的住民移転(A-); 土地と家屋への影響(A-); 地域インフラ(A-); 大気汚染(C); 騒音・振動(B-); 廃棄物(C); 景観(C)

Garcia 川は Blumenau 市の市内を流れてイタジャイ川に合流する河川で、川沿いに住宅地が

広がるため、本対策予定地も住宅地である。よって、主な負の影響として、土地収用とそのプロセスによる直接・間接影響、住民移転であり、どれも大きな影響がある(A-)。また、対策予定地に橋及び道路があるため、架け替えの必要が生じる(A-)。住宅地内における工事となるため、騒音・振動による影響が予想される(B-)。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 収入、生活の変化(C); 土地利用(B+); 低所得者層への社会経済的影響(C); 地域インフラ(B-); 景観(C)

(12) Garcia 川・Velha 川（Blumenau 都市河川）における APP 適用による高水敷の創設（総延長 Garcia: 2.6 km、Velha: 3.4 km）

計画・建設段階

大規模な土地収用(A-); 非自発的住民移転(A-); 土地と家屋への影響(A-); 交通への影響(B-); 地域インフラ(A-); 大気汚染(C); 騒音・振動(B-); 地形・地質(C); 廃棄物(B-); 動植物相(B-); 景観(C)

Garcia 川、Velha 川沿いは、共に住宅地となっている。河川拡幅工事であるため、築堤同様、大規模な土地収用と住民移転、土地と家屋への影響は避けられない(A-)。対策予定地には橋や道路もあり、架け替えが必要である(A-)。本対策は地上部のみの工事であるため、水質などへの影響はほとんどないが、切土があるために残土廃棄の問題がある(B-)。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 収入、生活の変化(C); 土地利用(B+); 低所得者層への社会経済的影響(C); 地域インフラ(B-); 地形・地質(C); 動植物相(B+); 景観(B+)

高水敷を造成するその他対策と同様、川幅が広がるために公園などが作られ、景観にも良い影響を与える(B+)。また、川の自由度が上がるため、動植物相にも良い影響があると予想される(B+)。

(13) Ilhota 市の輪中堤（長さ: 8.0 km、最大高さ: 2.0 m）

計画・建設段階

土地収用(B-); 非自発的住民移転(B-); 土地と家屋への影響(B-); 地域インフラ(A-); 交通への影響(C); 水質汚染(C); 大気汚染(C); 騒音・振動(C); 地形・地質(C); 底質(C); 動植物相(C); 景観(C)

Ilhota 市の輪中堤は 8 km の長さがあるが、対策予定地は市内中心地からはある程度離れている。そのため、土地収用、住民移転、土地と家屋への影響は多数というほどではないものの、多少発生する予定である(B-)。移転対象数を確定するためには、より詳細な設計と社会経済調査が必要である。また、大気汚染や騒音振動の問題について、住民に関するデータが乏しかったためにどの程度の影響が出るかは、次段階の詳細な調査が必要となる。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 都市と郊外の利益の偏在(C); 収入、生活の変化(C); 土地利用(C); 低所得者層への社会経済的影響(C); 地域インフラ(A-); 地形・地質(C); 景観(C)

輪中堤は、氾濫原から市街地を囲い込む堤防であり、堤防上に道路を作ることにはあるが、市街地とその外との交通は必ず堤防を越えなくてはならなくなる。そのため、地点によっては不便になることも考えられる。橋や道路を掛け替えなくてはならないこともあり、地域インフラに対しては大きな影響がある(A-)。また、輪中堤の常に持つ問題として、内水問題がある。低内地の水を排出するため、ポンプ設置等の対策が必要である。

(14) イタジャイミリム川の水門設置（旧河道の上下流に2門設置）

計画・建設段階

土地収用(C); 交通への影響(B-); 地域インフラ(C); 騒音・振動(B-); 水質汚染(B-); 地形・地質(B-); 底質(B-); 景観(B-)

水門設置工事を行う場所は市街地にあり、土木工事に伴う交通の影響、道路の通行規制、騒音・振動、地形・地質、底質、景観に影響が出る可能性がある。イタジャイミリム川にかかる橋の近くで工事を実施するため、橋の交通規制を実施する可能性もある。水中の工事を実施する際、濁水が発生する。上流側の水門は転流工を設置して工事を行う。下流側については半川締切で建設を行う。現時点の設計・工事方法においては特に明確な影響は想定されない。

実施・運用段階

土地利用(C); 底質(C); 動植物相(C)

洪水時に水門を閉めた後、開ける判断が早すぎると水が流下できず、下流部で再び氾濫する可能性があり、遅すぎると締め切った水門と水門の間の区間における酸素や栄養素が枯渇し、生物へ多大な影響が及ぶ。安全が最優先であるため、水門を開けるタイミングが早すぎることはない想定し、ゲート解放のタイミングに係る調査が必要である。

(15) イタジャイ市内の堤防（長さ 12.8 km の片堤防、最大高さ：3.0 m）

計画・建設段階

大規模な土地収用(A-); 非自発的住民移転(A-); 土地と家屋への影響(A-); 交通への影響(C); 低所得者層への社会経済的影響(C); 大気汚染(C); 騒音・振動(B-); 地形・地質(C); 底質(C); 動植物相(C); 景観(C).

イタジャイ市におけるイタジャイ川は勾配がゆるやかで、川沿いに大きな港湾が連続しており、堤防が必要な地点にも港や倉庫、工場が存在する。そのため、築堤のためには土地収用、住民移転、地域の産業活動に対して大きな影響があると予想される(A-)。イタジャイ市の港湾のある地域では、近年経済活動が成長しており、イタジャイ市の雇用を創出している。港湾やその周辺の工場における労働者は、一般的に低賃金であり、港湾周辺の産業に対して築堤が影響を与えた場合、その影響が深刻になる可能性もある。しかしながら、現時点では築堤対象地域における社会経済調査がなされていないため、どのような人々に対して影響が及ぶかのデータがなく、評価が難しい。次段階での詳細調査が必要である。

実施・運用段階

生産的経済活動(A-); 収入、生活の変化(C); 土地利用(C); 低所得者層への社会経済的影響(C); 地域インフラ(B-); 景観(B-).

堤防の高さは 1.5 m～3.0 m であり、堤防両側からの景観の問題がある(B-).

(16) イタジャイ（Navegantes 市）における放水路

計画・建設段階

土地収用(A-); 生産的経済活動(B-); 低所得者層への社会経済的影響(C); 非自発的住民移転(B-); 土地と家屋への影響(B-); 交通への影響(C); 地域インフラ(B-); 水質汚染(B-); 大気汚染(C); 騒音・振動(C); 底質(A-); 廃棄物(A-); 動植物相(A-); 海岸域(B-); 景観(C)

本対策案ではイタジャイ川左岸の BR101 号線の下流部から大西洋に放水路及び分水堰を建設し、洪水時にイタジャイ市中心部に流れ込む洪水流量を分流させ、流量を調整するもの

である。対象地域は現在のところ多くが牧草地のようであるが、土地所有や土地利用等、詳細な社会経済調査を実施する必要がある。多くの土地収用(A-)、一部道路の移転及び必要な橋梁の新設が必要となる(B-)。

放水路は素掘りを想定している。まずイタジャイ川のショートカット水路を掘り、その後放水路と分流堰を建設する。水路を掘った分の土砂が発生するため、土捨て場の問題が発生する(A-)。素掘りの放水路に水を流すため、仮に水を流した際の自然環境に対する影響、特に底質、動植物相への影響が大きいと考えられるが、詳細な予測検討が必要である(A-)。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 都市と郊外の利益の偏在(C); 収入、生活の変化(C); 土地利用(C); 低所得者層への社会経済的影響(C); 地域インフラ(B-); 農業への影響(C); 水質汚染(B-); 地形・地質(C); 底質(A-); 地下水(B-); 動植物相(A-); 海岸域(C); 景観(C)

現時点の設計では、放水路へは常にある程度の流量が流れることになる（放水路に常に水を流し、港湾など多目的利用するということも考えられる。節 10.3 参照）。洪水時には分流堰を調整し、残りは放水路を流れる。イタジャイ港は通常時も堆砂の問題を抱えており、同様の事態が放水路の出口においても起こる可能性がある。放水路の建設により、海からの塩水遡上が起き、放水路周辺の井戸では塩水化が起こることが予想される(B-)。また、放水路が自然の川のようにするには数十年の時間を必要とすると考えられ、底質と動植物相についてはA-とした。

(17) イタジャイミリム川における治水ダム新設

計画・建設段階

大規模な土地収用(A-); 交通への影響(C); 非自発的住民移転(B-); 土地と家屋への影響(B-); 生産的経済活動(C); 水質汚染(A-); 大気汚染(C); 騒音・振動(C); 底質(B-); 廃棄物(A-); 地下水(C); 動植物相(C); 景観(B-)

新規のダム建設における最大の問題は、湛水域の土地収用である(A-)。ダム建設対象地は、郊外の農業・牧畜がおこなわれている人口密度の低い場所である。洪水時のみとはいえ湛水域ができることは、地元の人々の生活に対して直接影響が及ぶ可能性がある。郊外であり、人口密度が低いため、住民移転が発生したとしても小規模であると考えられる(B-)。農業・牧畜で生計を立てている人々、特に中小規模農家にとって土地を奪われることは大きな影響があるが、本マスタープランでは詳細な社会経済調査による土地所有状況、土地利用のデータ等が得られなかったため、次段階において詳細な社会経済調査が必要である。また、イタジャイミリム川上流には「セハ・ド・イタジャイ国立公園」が立地しており、湛水予定域が国立公園に重なるかどうかに関する検討が必要である。

マスタープランでは重力式コンクリートダムとしており、転流せず半川締切で建設する。コンクリート打設時に濁水とアルカリ性の排水、および大量の残土が発生することとなる(A-)。この排水により、底質が影響を受ける(B-)。ダム対象地は山間地帯であるため、建設時から景観には影響があると考えられる(B-)。

実施・運用段階

生産的経済活動(C); 低所得者層への社会経済的影響(B-); 収入、生活の変化(B-); 農業への影響(B-); 土地利用(B-); 都市と郊外の利益の偏在(C); 水質汚染(C); 地形・地質(B-); 底質(C); 地下水(C); 動植物相(B-); 景観(B-)

ここで仮に設計しているダムは治水専用ダムであり、洪水時のみゲートが閉じられ水が溜まる。もし洪水運用時に計画最大水位まで達した場合、Serra do Itajai 国立公園の一部が湛水

する可能性があり、動植物への影響が大きいと可能性がある(B-)。洪水時の国立公園への影響については、詳細な地図がないために具体的な予測が不可能であった。次段階において、詳細な地図による調査が必要である。景観への影響は、山間部に大型コンクリートダム（高さ 35 m）ができるため、大きな変化ではあるが、郊外で人口密度が低いいため B-とした。

(18) 土砂災害対策

計画・建設段階

交通(B-); 大気汚染(C); 騒音・振動(C); 廃棄物(C); 景観(C)

土砂災害対策のうち構造物対策は、斜面对策工である。社会経済面の唯一の影響は土砂崩れ及び工事による交通への影響である(B-)。

実施・運用段階

景観(C)

斜面对策工は種類にもよるが、コンクリートで固定する場合は景観に影響が及ぶ。植生による対策であれば影響は軽減する。

(19) 洪水予警報システム(FFWS)の強化

洪水予警報システムは、イタジャイ川流域の各地に水位計、流量計、降雨量計測器を置き、各地点の雨量及び流量を把握することにより洪水予報・警報を出すシステムである。必要な工事は計測器の設置と通信手段の確保であり、建設及び運用段階共に大きな環境社会影響はない。

10.3 対策案に対する緩和策及び提言

本プロジェクトにおける緩和策を提案する前に、本調査の構造物対策案に関する社会環境影響及びほとんどの対策案に悪影響を及ぼす社会的紛争対策を検討する必要がある。さまざまな情報源を用いて影響の評価結果を公開した上で、対策案の政治的・社会的および技術的な側面に対処する社会的コミュニケーションプログラムの開発、社会的支援や住民との議論のためのメカニズムを築くことが重要である。また、土地の代償、経済的損失などへの補償形態など検討して、政治家、地域のリーダー、産業組合などとのコミュニケーションを強化し、これらの対立を最小限にするためのメカニズムを確立する必要がある。

スコーピングにおいて負の影響があると評価された項目に対し、対策案それぞれについて緩和策及び提言を下記に述べる。尚、以下の項目番号は、前節の各対策案の番号である。

(1, 2) ダムの嵩上げ（Oeste ダム、Sul ダム）

ダム嵩上げによる影響として、土地収用及び住民移転に関するものが最も大きい。住民移転に関しては可能な限り最小化をはかり、住民移転に際しては(17)のダム新設と小規模ながら同様の対策が必要である。

(3) Taio 市内の河道拡幅（低水路、全長 3.7 km）

本対策への緩和策についても、(17)のダム新設と小規模ながら同様の対策が必要である。また、本対策は河道掘削を伴うため、下流における生物その他への影響を与える濁水及び掘削土砂が大量に発生する。工事の際は、濁水防止フェンスによる掘削を行う必要がある。

(5) 水田の雨水貯留

主な緩和策は、雨水貯留時に被害が発生した場合の補償である。洪水はいつ起こるかわからないが、起こった場合の補償額を計算するため、社会経済調査を行い、所有者と生産物・生産量について把握することを提言する。

(6) 流域貯留（小規模ダム）

小規模ダムに対する緩和策は、(17)のダム新設と小規模ながら同様である。ゲートを開けた状態（通常時）において魚類等、生物が遡上できるような排水管・ゲートとする、または魚道を設置することにより、生物への影響を低減させることができる。景観に関しては、土堤であることから、貼り芝や植生を植えることにより、より自然な状態とすることが望まれる。

(7) Rio do Sul 下流の郊外における河道拡幅（低水路、長さ 10.3 km）

本対策に関する緩和策は、(17)のダム新設の緩和策と同様であるが、さらに影響を受ける道路及び橋梁の付け替えを行い、かつ必要なインフラ整備を行い、近隣住民の生活に影響を出さないことが必要である。工事には河道掘削を伴うため、「(3) Taio 市における河道拡幅」と同様の環境緩和策が必要である。

(8) Rio do Sul 市内における築堤（総延長: 3.5 km、最高高さ: 5.0 m）

「(10) Blumenau 市内における APP 適用による高水敷の創設」と同様の緩和策が望ましい。

(10) Blumenau 市内における APP 適用による高水敷の創設

本対策のための緩和策は「(12) Garcia 川・Velha 川（Blumenau 都市河川）における APP 適用による高水敷の創設」と同様に Blumenau 市内中心部であり、道路及び橋梁の付け替え、必要なインフラ整備、人々の日常生活が変わらないために必要な対策をすべきである。また、Blumenau 市の都市マスタープランの対策を尊重・協調し、複合断面化により影響を受ける地元の経済活動構造を再建するべく、地元の地域組織との調整を行うことが重要である。自然環境面では、本対策対象地が観光地として有名な Blumeau 市の中心部であることから、工事終了後にイタジャイ川にもともとある河畔林を構成する種を植栽し、河畔林の再生、及び河川生態系の回復を実施することが望ましい。

(11) Garcia 川における築堤（Blumenau 都市河川、総延長 1.3 km、最大高さ 2.6 m）

本対策のための緩和策は「(12) APP 内における高水敷の河道拡幅」と同様である。

(12) Garcia 川・Velha 川（Blumenau 都市河川）における APP 内高水敷造成

重大な社会影響に対する主要な軽減策は以下の通りである：

- 移転対象住民及び土地収用予定地の土地所有者との対話
- 影響の度合いの決め方等、補償対象・計算方法について明確にし、交渉の場を設定する
- 移転対象住民の目的（仕事の種類、職場への距離等）を考慮した移転先の選定
- 住民移転の過程及び補償に係るすべてのコストのモニタリング及びサポート
- 影響を受けるインフラ（道路・橋梁他）の移設
- 人々の日常生活に変化を起こさないために、必要なインフラを整備する

また、住民移転と交渉のプロセスにおいて特有の影響を最小化するため、影響を受ける人々と地域における地元団体等との社会的対話行動を行うことを提言する。また、対策案が Blumenau 市の都市マスタープランを尊重し、調和を取ることも重要である。

高水敷の造成に伴い、既存の河畔林は伐採されることになるが、既存の河畔林の約半数は外来種である。そのため、工事終了後にイタジャイ流域委員会で進めている河畔林再生プログラムを実施し、イタジャイ流域に本来生育する種を植樹していくことが望ましい。

(13) Ilhota 市の輪中堤（長さ: 8.0 km、最大高さ: 2.0 m）

主要な影響への緩和策は以下のとおりである：

- 影響を受ける道路とその接続部の付け替え
- 人々の日常生活に変化を起こさないために、必要なインフラを整備する
- 影響を受けるものへの補償
- 移転対象住民の目的（仕事の種類、職場への距離等）を考慮した移転先の選定

(14) イタジャイミリム川の水門設置（旧河道の上下流それぞれに設置）

洪水時に水門を閉めた後、開ける判断のタイミングが重要である。詳細な調査を実施し、安全な水位まで下がったことを確認し次第速やかに水門を開放することが重要である。

(15) イタジャイ市内における築堤

主要な影響の緩和策については、「(12) APP 内における高水敷の河道拡幅」と同様である。さらに、港湾周辺の産業に対しても影響がある本対策においては、直接影響を受ける人々の社会経済状況の体系化されたモニタリングを実施することを提言する。また、築堤後に社会経済活動を再構築するために、地元組織との政治社会的な調整を行う必要が非常に高い。本マスタープランでは一般的な土堤による設計であったが、コンクリート製のパラペット（壁）による対策も技術的には可能である。築堤をパラペットにより実施することで、土地収用面積が減少し、それに伴って住民移転や工場等への補償が減少する。負の影響としては、コンクリート製の壁が建設されることにより、景観が悪化することである。土堤でも視界を遮られることには変わりはないが、植生などでカバーすることができる。それ以外の影響は土堤と違いはない。

(16) イタジャイ（Navegantes 市）における放水路

主要な社会影響の緩和策については、地域の分断が起きるため、「(13) Ilhota 市の輪中堤」と同様である。自然環境への影響は、まったく新しい環境である放水路に関する影響である。新しい環境をいかに早く自然状態に近づけるかが重要である。そのため、放水路周辺に河畔林を造成する幅を確保し、原生種を植林することを提言する。また、放水路による土砂の流出に関しては、イタジャイ港と同様の突堤を設けることで、Navegantes 市の砂浜等沿岸域に対する影響を回避する必要がある。突堤の効果についてはイタジャイ港において確認されている。放水路新設による塩水遡上については、不透水性のシートまたはコンクリートを放水路の下に敷くことにより塩水の浸透を遮る、または矢板を不透水層まで打つことにより透水層への塩水侵入を防ぐ等の方策を取る必要がある。

(17) イタジャイミリム川における治水ダム新設

ダム新設による社会影響の緩和策は下記のとおりである。

- 移転対象住民及び土地収用予定地の土地所有者との対話
- 影響の度合いの決め方等、補償対象・計算方法について明確にし、交渉の場を設定する
- 土地収用の対象者が所有物・所有地の補償について、これまでの所有物・所有地がある状態と同様の生活を維持できるように配慮すること
- 移転対象住民が今後も同じ生計手段で生活できるかどうか（以前と同様の土地生産性）、また、商業の仕組みや技術指導を行うことにより、より良い生活水準を得られるよう考慮した移転先の選定
- 住民移転の過程及び補償に係るすべてのコストのモニタリング及びサポート
- 新しい環境における生活に適應するための技術的サポート

上記の緩和策に加えて、下記のような住民移転と交渉のプロセスにおいて特有の影響を最小化するため、影響を受ける人々と地域における地元団体等との社会的対話行動を行うことを提言する。

- 新しい経済活動に参加する土地所有者の選定
- 住民移転のプロセスに置いて、これまでの収入の手段を継続できるような選択肢を用意するための行動
- 住民移転先において、コミュニティや隣人との関係を保てるように配慮する
- 移転先は移転元に可能な限り近く、確実に十分な補償や住居、就業先が確保され、技術的及び社会的サポートがされることを保証する
- 被影響者に、保証に関するサポートプログラムやその対象者に関する説明が十分にされること
- 移転を希望しなかった世帯に対し、収入向上に関するプログラムを作成する

自然環境影響に対する緩和策としては、大量に排出される土砂はできる限りリサイクルに努める。どうしても排出せざるを得ないものについては、廃棄方法・廃棄場所について、ブラジル連邦法、SC 州法に準じて廃棄場所を選定する必要がある。また、コンクリート打設に伴うアルカリ性排水については、適切な処理（中和）の上排出する。本対策のダムは治水専用ダムであるため、通常時は排水管により水が流れているが、魚類等の生物が移動できるような管とするか、魚道の設置をすることが望まれる。

(19) 洪水予警報システム(FFWS) の強化

本マスタープラン調査は、構造物対策に加えて、非構造物対策である既設の洪水予警報システムの強化を提案している。社会的弱者（貧困層、身体障害者等）に対して洪水予警報を提供する難しさがどのようなものであるか、社会経済的影響を検討する必要がある（貧困層は全般的に情報へのアクセスが困難である）。したがって、社会的弱者が一般住民と同等に情報を受け、それを元にした避難行動を起こせるようにするため、予警報システムの情報が住民全体に提供出来るメカニズム、また、身体障害者等にはより早い情報伝達をできるような構成となるよう提言する。

10.4 公聴会の結果

イタジャイ川流域におけるマスタープラン作成プロセスの上で、サンタカタリーナ州では公聴会を実施することとなっている（JICA 調査団/SC 州決定 002/2010）。そこで、2010 年 11 月 16 日（Itajai 市）、17 日（Blumenau 市）、18 日（Rio do Sul 市）の 3 日間にわたって公聴会を実施した。公聴会に関わる手続き、情報公開については下記の通り実施された。

- 公聴会の通知は、公聴会 2 週間前に調査対象地域全体で広く知られる新聞 2 紙に 1 回掲載された。
- 招待レターは各関連 SDR (Itajaí, Brusque, Blumenau, Timbó, Rio do Sul, Ituporanga, Taió and Ibirama)、及び関係市、関連専門組織に送付した。
- 情報公開として、SDR、FAPESC、GTC、ブルメナウ地域大学(FURB)、イタジャイ渓谷大学(UNIVALI)の広報部へ電子メールで通知した。

3 回の公聴会においては、30 分間の開会の辞の後、提案されているマスタープラン案について、パワーポイントによる口頭説明が 90 分間行われた。口頭説明の後、コーヒープレイクが 30 分間設定され、事前に作成してホール掲示していた A0 サイズのポスター形式の説明 18 枚をその間に自由に閲覧してもらい、調査団、州政府関係者等への質問があった場合は適宜応じた。その後質疑の時間が 90 分取られ、対策案及びその影響について等の質問のほか、州政府の今後の対応についての質問もあった。公聴会の概要、及び主な質問に就いて、表 10.4.1-3 に示す。

表-10.4.1 公聴会の概要 (Itajai 市、16/Nov/2010)

項目	内容
日時、場所	2010 年 11 月 16 日 Itajai 市 AMFRI 講堂
議長	Ms. Reginete Panceri (JICA 調査団プロジェクトコーディネーター、Diomário FAPESC 総裁の代理)
参加者	州政府職員 : 3 市役所職員 : 10 SDR : 7 Civil Defense : 2 イタジャイ委員会 : 4 大学/NGO : 3 住民 : 1 調査団/スタッフ : 8 Total : 43
主なコメント	Q1: この公聴会は、対策案の承認のためにあるのでしょうか？ A1: 違います。対策案は洪水確率年が変わることによって変化します。現時点では最終かするために Itajai、Blumenau、Rio do Sul において意見を聴取するために公聴会を実施しています。 Q2: 私はこの議論に長期間参加している。何度か洪水にあっているが、堤防案には反対である。Itajai における洪水はゆっくりと浸水するため、浸水が始まってから住民を避難することができた。しかし、堤防が破堤した場合には、急激に水位があがるために住民が避難できず、多くの住民が死んでしまうことになる。Itajai のような下流域には他の場所と違う対策が必要であると考え。 A2: 堤防を作る以上は破堤のリスクはゼロではないが、設計次第で限りなくゼロに近づけることは可能である。一般的には堤防は土で作る土堤だが、コストが高くなるが強度を上げるためにコンクリートで覆うこともできる。 Q3: 地球温暖化の影響で、集中豪雨が世界中で、またブラジルでも増加している。今回の対策ではその影響について考慮しているか？ A3: 今回の対策には気候変動の影響は考慮していない。というのも、私たちが収集した降雨量データの結果から、近年降雨量が増加している、集中豪雨が増加しているという傾向は得られなかったため、今後急に増えることはない判断した。また、治水安全度は確率洪水により設定しており、○年確率であればその間に起こりうる最大の洪水に対応できるように設計している。気候変動による影響も治水安全度によってカバーできるものと考え。

出典：JICA 調査団

表-10.4.2 公聴会の概要 (Blumenau 市、17/Nov/2010)

項目	内容
日時、場所	2010 年 11 月 17 日 14:00-18:00 Blumenau 市 SDR Blumenau
議長	Dr. Antônio Diomário de Queiros (FAPESC 総裁)
参加者	州政府職員 : 4 市役所職員 : 6 SDR : 2 Civil Defense : 4 イタジャイ委員会 : 3 大学/NGO : 12 住民 : 7 調査団/スタッフ : 6 Total : 54
主なコメント	Q1: イタジャイ流域自然災害予防軽減計画(PPRD)における原則として、水田や牧草地における流域貯留が提案・記載されている。去年の技術セミナーで Beate 先生がスイスで実践している流域貯留対策の例を発表した。重要な課題であるため、この原則は守るべきである。イタジャイ委員会はこの原則を必ず守らせる。 A1: Beate 先生、CRAVIL から流域貯留の提案があり、私たちも検討を行った。考え方はよいと思うので、ぜひ推進したい。しかし、100m×100m の土地に

		仮に 1m 溜めるとして、10,000m ³ の水が貯留できるのだが、私たちの計算では、5 年確率で 900 個、10 年確率で 2800 個、25 年確率で 4100 個が必要となる。現時点では詳細な地図がなく、実際流域にこれだけの貯留能力があるかどうか検討できないため、ずっと小面積で多くの水を貯める小規模ダムという形で提案した。
	Q2	Rio do Sul 市下流に、なぜ河道掘削が 10km にもわたってしなければならないのか、私には理解できない。
	A2	Rio do Sul 市内の通水能力が低く、上流部の対策をすべて行ったとしても、25 年 k 洪水でその許容量を超えてしまう。そのため、市内に堤防を作るか下流の通水能力を上げるかのどちらかを行わなくてはならないが、Rio do Sul 市内の築堤には用地買収や移転が発生するために、郊外である下流域に対策を行う方が環境・社会影響、コストの両面で優位であるためである。河道拡張は PPRD の基本原則に抵触するが、上流域の対策を行っているため、下流域の流量が減少している。
コメント: 私は Blumenau に 51 年間住んでおり、Blumenau 市商工会の顧問を務めている。1983 年と 1984 年の洪水をよく覚えているが、あの時は短時間の集中豪雨だったために、準備体制が全く機能しなかった。そのため、非構造物対策も重要であり、ぜひやって欲しい。特にイタジャイ市では、1983 年当時と比べて開発が進み、工場が増加した。そのため、当時と同規模の洪水が来た場合、相当額の被害が出るであろう。JICA のプレゼンでは経済評価もしており、評価できる。		

出典：JICA 調査団

表-10.4.3 公聴会の概要 (Rio do Sul 市、18/Nov/2010)

項目	内容	
日時、場所	2010 年 11 月 18 日 14:00-18:30 Rio do Sul 市教育局	
議長	Dr. Zenorio Piana (FAPESC)	
参加者	州政府職員 : 6 市役所職員 : 12 SDR : 7 Civil Defense : 5 イタジャイ委員会 : 3 大学/NGO : 0 住民 : 4 調査団/スタッフ : 6 市議員 : 11 Total : 63	
主なコメント	Q1:	Norte ダムへの対策は発表されなかった。影響がないとの理解でよいだろうか。では、そのダムを治水だけでなく発電にも利用できないだろうか？ダムの多目的利用を評価することをお願いしたい。
	A1:	Norte ダムの容量は 300,000,000m ³ あり、Oeste ダムと Sul ダムを合わせた容量の約 3 倍の容量である。これまでに 50 年規模確率洪水が起こった時も Norte ダムでは越流しなかった。治水ダムは水を最大限溜めるために通常は空にしておかなければならないものであり、発電ダムは発電用の水を常に溜めておかなければならないため、正反対の運用となる。そのため、治水と発電の兼用ダムというものは検討していない。
	Q2	対策案のプロセス全体をフォローする教育対策はありますか？
	A2	ありません。すでにいくつかの教育活動はイタジャイ委員会や州 Civil Defense によって市役所などで実施されている。
	Q3	1990 年代にイタジャイ川上流域の地方開発計画を策定して、上流域では 14 万 ha の植林活動を行って降雨貯留に貢献すると記載されている。今回の対策案にはその計画は考慮されていないと思われる。
	A3:	私（大内団長）はその計画について知らなかったもので、ぜひ送っていただきたい。しかし、森林による流域貯留量については評価が非常に難しい。日本ではそのような問題について昔から議論がされているが、現在でもモデル化には至っていない。

出典：JICA 調査団

表-10.2.1 IEEの結果(計画・建設段階)

計画・建設段階			社会影響																	公害					自然環境										
計画洪水	対象地域	社会経済影響及び 公害・自然環境影響 対策案	事業対象地域及びその近隣の人々・ NGO・政治的グループの期待	土地利用	生産的経済活動	地域間対立	都市と郊外の利益の偏在	低所得者への社会経済影響	水利用	原住民・伝統的民族	文化遺産	基本的衛生状態	公衆衛生	交通への影響	収入・生活の変化	農業への影響	下流への影響	非自発的住民移転	土地と家屋への影響	(送電線、道路、橋梁、 アクセス等)	地域インフラ	水質汚染	大気汚染	土壌汚染	騒音・振動	地盤沈下	悪臭	地形・地質	底質	廃棄物	地下水	動植物相	沿岸域	地球規模の問題：温室効果ガス	景観
5年	Taió	—																																	
	Ituporanga	—																																	
	Rio do Sul	氾濫原の保全(水田の雨水貯留)	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sulダム運用改善	A+	C	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		小流域における小規模ダム(1)	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		小流域における小規模ダム(2)	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Timbó	—																																	
	Blumenau	—																																	
	Blumenau	Garcia川における高水数造成(浸渇なし)	A+	A-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	A-	A-	A-	-	C	-	B-	-	-	C	-	B-	-	-	-	C
	Ilhota	—																																	
Itajai	氾濫原の保全(水田の雨水貯留)	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	イタジャイミリム川の水門設置	A+	C	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	イタジャイ市内における築堤	A+	A-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	A-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10年	Brusque	—																																	
	Taió	Oesteダム運用改善	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ituporanga	—																																	
	Rio do Sul	氾濫原の保全(水田の雨水貯留)	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		小流域における小規模ダム(1)	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	B-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		小流域における小規模ダム(2)	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	B-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		小流域における小規模ダム(3)	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	B-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Oesteダム運用改善	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Sulダム運用改善	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Timbó	CELESCダムの事前放流	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Blumenau	—																																		
Blumenau	Garcia川における高水数造成(浸渇なし)	A+	A-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	A-	A-	A-	-	C	-	B-	-	-	C	-	B-	-	-	-	C	
都市河川	Velha川における高水数造成(浸渇なし)	A+	A-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	A-	A-	A-	-	C	-	B-	-	-	C	-	B-	-	-	-	C	
Ilhota	—																																		
Itajai	氾濫原の保全(水田の雨水貯留)	A+	A-	-	-	A-	-	C	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	B-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	イタジャイミリム川の水門設置	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	イタジャイ市内における築堤	A+	A-	-	-	A-	-	C	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	A-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25年	Brusque	—																																	
	Taió	Oesteダム運用改善	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	B-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Alargamento de leito aparente em Taió	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	B-	B-	-	B-	-	C	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Ituporanga	—																																	
	Rio do Sul	氾濫原の保全(水田の雨水貯留)	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		小流域における小規模ダム(1)	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	B-	B-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		小流域における小規模ダム(2)	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	B-	B-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		小流域における小規模ダム(3)	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	B-	B-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		小流域における小規模ダム(4)	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	B-	B-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		小流域における小規模ダム(5)	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	B-	B-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Sulダム運用改善	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Rio do Sul市下流の郊外における河道拡幅	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	B-	B-	B-	B-	-	-	-	C	C	-	C	B-	A-	-	B-	-	-	
50年	Timbó	CELESCダムの事前放流	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Blumenau	—																																	
	Blumenau	Garcia川における高水数造成(浸渇なし)	A+	A-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	A-	A-	A-	-	C	-	B-	-	-	C	-	B-	-	-	-	-	C
	都市河川	Velha川における高水数造成(浸渇なし)	A+	A-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	A-	A-	A-	-	C	-	B-	-	-	C	-	B-	-	-	-	-	C
		Garcia川の築堤	A+	A-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	A-	A-	A-	-	C	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C
	Ilhota	—																																	
	Itajai	氾濫原の保全(水田の雨水貯留)	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		イタジャイミリム川の水門設置	A+	C	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		イタジャイ市内における築堤	A+	A-	-	-	A-	-	C	-	-	-	-	-	C	-	-	-	A-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Brusque	—																																	
	Taió	Oesteダムのかさ上げ	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	B-	B-	-	C	-	-	-										

凡例: A+: 明らかな正の影響有り, A-: 深刻な負の影響有り, B+: いくつかの正の影響有り, B-: ある程度の負の影響有り, C: 影響の度合いは不明, -: 影響がないと予想されるもの

注: 小流域における小規模ダム (1): Rio Braço do Trombudo, (2): Rio Trombudo, (3): Rio das Pombas, (4): Rio Taió, (5): Rio Perimbo

表-10.2.2 IEEの結果(実施・運用段階)

実施・運用段階			社会影響															公害					自然環境												
計画洪水	対象地域	社会経済影響及び 公害・自然環境影響 対策案	事業対象地域及びその近隣の人々・ NGO・政治的グループの期待	土地利用	生産的経済活動	地域間対立	都市と郊外の利益の偏在	低所得者への社会経済影響	水利用	原住民・伝統的民族	文化遺産	基本的衛生状態	公衆衛生	交通への影響	収入・生活の変化	農業への影響	下流への影響	非自発的住民移転	土地と家屋への影響	(送電線、道路、橋梁、フラセス等) 地域インフラ	水質汚染	大気汚染	土壌汚染	騒音・振動	地盤沈下	悪臭	地形・地質	底質	廃棄物	地下水	動植物相	沿岸域	地球規模の問題：温室効果ガス	景観	
5年	Taió	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ituporanga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Rio do Sul	氾濫原の保全(水田の雨水貯留) Sulダム運用改善 小流域における小規模ダム (1) 小流域における小規模ダム (2)	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+	-	-	B-	
	Timbó	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Blumenau	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Blumenau 都市河川	Garcia川における高水数造成(浸渇なし)	-	-	C	B+	-	-	C	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	B+	-	-	B+	
	Ilhota	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Itajaí	氾濫原の保全(水田の雨水貯留) イタジャイミリム川の水門設置	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+	-	-	-	
10年	Brusque	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Taió	Oesteダム運用改善	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Ituporanga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Rio do Sul	氾濫原の保全(水田の雨水貯留) 小流域における小規模ダム (1) 小流域における小規模ダム (2) 小流域における小規模ダム (3) Oesteダム運用改善 Sulダム運用改善	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+	-	-	B-	
	Timbó	CELESCダムの事前放流	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Blumenau	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Blumenau 都市河川	Garcia川における高水数造成(浸渇なし) Velhal川における高水数造成(浸渇なし)	-	-	C	B+	-	-	C	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	B+	-	-	B+	
	Ilhota	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25年	Itajaí	氾濫原の保全(水田の雨水貯留) イタジャイミリム川の水門設置 イタジャイ市内における築堤	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+	-	-	-	
	Brusque	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Taió	Oesteダム運用改善 Alargamento de leito aparente em Taió	-	-	C	C	-	C	C	-	-	-	-	-	-	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+	
	Ituporanga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Rio do Sul	氾濫原の保全(水田の雨水貯留) 小流域における小規模ダム (1) 小流域における小規模ダム (2) 小流域における小規模ダム (3) 小流域における小規模ダム (4) 小流域における小規模ダム (5) Sulダム運用改善 Rio do Sul市内の郊外における河道拡幅	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+	-	-	B+	
	Timbó	CELESCダムの事前放流	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Blumenau	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Blumenau 都市河川	Garcia川における高水数造成(浸渇なし) Velhal川における高水数造成(浸渇なし) Garcia川の築堤	-	-	C	B+	-	-	C	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	B+	-	-	B+	
50年	Ilhota	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Itajaí	氾濫原の保全(水田の雨水貯留) イタジャイミリム川の水門設置 イタジャイ市内における築堤	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+	-	-	-	
	Brusque	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Taió	Oesteダムのかさ上げ Taió市内の河道拡幅	-	-	C	C	-	C	C	-	-	-	-	-	-	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+	
	Ituporanga	Sulダムのかさ上げ	-	-	C	C	-	C	C	-	-	-	-	-	-	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rio Do Sul	氾濫原の保全(水田の雨水貯留) 小流域における小規模ダム (1) 小流域における小規模ダム (2) 小流域における小規模ダム (3) 小流域における小規模ダム (4) 小流域における小規模ダム (5) Rio do Sul市内における築堤	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	
	Timbó	CELESCダムの事前放流	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Blumenau	Blumenau市内におけるAPP適用における高水 数の創設	-	-	A-	B+	-	-	C	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+	-	-	B+	

凡例: A+: 明らかな正の影響有り, A-: 深刻な負の影響有り, B+: いくらかの正の影響有り, B-: ある程度の負の影響有り, C: 影響の度合いは不明, -: 影響がないと予想されるもの

注: 小流域における小規模ダム(1): Rio Braço do Trombudo, (2): Rio Trombudo, (3): Rio das Pombas, (4): Rio Taió, (5): Rio Perimbo

第11章 マスタープランの施設設計

11.1 洪水災害緩和対策

施設設計に当たっては、現在 SDS が実施中の 1 万分の 1 地形図の作成が遅れていること、及び、地質資料等の情報が不足していることから、極力、現地踏査で現場の状況を確認し、地形・地質条件等を想定しマスタープランレベルでの施設設計を行った。既存の治水ダムに関しては、入手した古い図面の構造物寸法を採用した。また、地質についてはダム基礎の資料が入手できなかったため、現状のダムが全ての安定条件を満足している前提で、必要な基礎地盤のせん断強度および支持力を決定した。設計検討には、ブラジル国の基準である「CRITÉRIOS DE PROJETO CIVIL DE USINAS HIDRELÉTRICAS Outubro/2003」を採用した。

11.1.1 既設治水ダムの嵩上げ

(1) 嵩上げの方法

ブラジル国におけるダム高設定に関する基準を下表に示す。

表-11.1.1 ブラジル国におけるダム高に関する基準

項目	区分	種別	基準
余裕高	常時の場合	フィルダム	風による波浪高を吸収できる高さとする。波浪高は Saville の方法により推定する。最低限の余裕高として 3.0 m を確保する。
		コンクリートダム	最低限の余裕高として 1.5 m を確保する。
	洪水時の場合	フィルダム	洪水時の水面上に最低限 1.0 m の余裕を確保する。
		コンクリートダム	洪水時の水面上に最低限 0.5 m の余裕を確保する。
異常洪水量	通常	起こりうる最大の洪水流量	30 m 以上のダム、またはダム下流に永続的に住民があり、ダムの崩壊で危険にさらされる場合
	小規模ダム等	1,000 年確率流量	30 m 未満のダム、または貯水容量 50,000 千 m ³ 以下のダムで、下流に住民が無い場合

出典：Criterios De Projeto Civil De Usinas Hidreletricas, Eletrobras, Outubro/2003

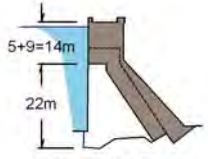
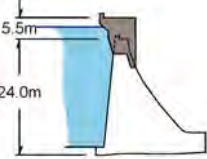
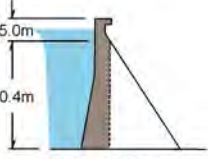
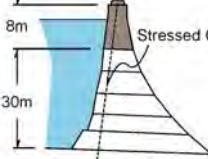
Oeste ダムは堤高 30 m 以下のダムで直下に人家がほとんどないため、1000 年確率流量（=1,010 m³/s）に対応する放流設備が必要である。また、Sul ダムは堤高 30 m 以上のダムであるため、10,000 年確率流量（=2,570 m³/s）を安全に流下させる放流設備が必要である。

Oeste ダムは重力式コンクリートダムであり、比較的嵩上げが容易なタイプに該当する。Oeste ダムは、越流部、非越流部を同時に 2 m 嵩上げするため、洪水吐きは既存の形状を上部へスライドするだけとなる。一方、Sull ダムはゾーン型ロックフィルダムである。フィルダムの場合、堤体材料の品質確保が困難なため、嵩上げ後の新・旧堤体接合面の挙動が問題となる場合が多い。また、フィルダムは一般的にダム基礎面の岩盤強度がコンクリートダムに比べ低いため、嵩上げ可能高の上限は低い。堤体材料および、基礎面の状況が把握できないことから、ダム本体の嵩上げは行わない方針とした。しかし、Sul ダム洪水吐き標高が 2m 嵩上げに対して、十分な余裕高を確保できるため、洪水吐き（コンクリート構造物）の嵩上げを検討した。

(2) Oeste ダムの嵩上げ

重力式コンクリートダムの嵩上げ方法式を下表に示す。Oeste ダムの嵩上げ高は 2 m と小さいため、頂部嵩上げ方式による嵩上げを採用した。

表-11.1.2 重力式コンクリートダムの嵩上げ方式

	新ダムかぶせ方式	頂部嵩上げ方式	上流側腹付け方式	アンカー方式
模式図				
ASwan DAM (Egypt)		Campofrio DAM (Spain)	Mansfield DAM (U.S.A)	Cheurfas DAM (Algeria)
嵩上げ方法	既設堤体の下流面に新しいコンクリートを打設し、新旧コンクリートの一体化を図る方法	既設堤体天端を増設し、新旧コンクリートの一体化を図る方法	既設堤体の上流面に新しいコンクリートを打設し、新旧コンクリートの一体化を図る方法	既設堤体上流側の基礎地盤に定着したプレストレスケープルを用い、基礎地盤と堤体を緊結する方法

出典：JICA 調査団

i) 設計条件

ブラジル国の基準では、下記の 4 つの加重条件でダムの安定性を確認することが規定されている。

表-11.1.3 安定計算のための荷重状態

荷重状態	備考
Normal (CCN)	常時
Excepcional (CCE)	常時＋地震
Limite (CCL)	洪水時＋地震
Construção (CCC)	施工時

出典：CRITÉRIOS DE PROJETO CIVIL DE USINAS HIDRELÉTRICAS Outubro/2003

また、下表に示すように、各荷重状態で安全率が異なる。

表-11.1.4 荷重状態別の安全率

荷重状態	CCN (常時)	CCE (常時＋地震)	CCL (洪水時＋地震)	CCC (建設時)
FSF (浮上り)	1.3	1.1	1.1	1.2
FST (転倒)	3.0	2.0	1.5	1.3
FSD (滑動)	c φ	3.0 1.5	1.5 1.1	2.0 1.3
σt (支持力)	3.0	2.0	1.5	1.3

出典：CRITÉRIOS DE PROJETO CIVIL DE USINAS HIDRELÉTRICAS Outubro/2003

支持力の検討は地質調査・土質試験に基づくが、本検討ではダムの安定上必要な支持力として算出した。また、同様に基礎岩盤の設計定数についても内部摩擦角 $\phi=45^\circ$ と固定した。下表に、安定計算に用いる各検討条件での荷重を示す。

表-11.1.5 荷重の組み合わせ

荷重状態	CCN (常時)	CCE (常時＋地震)	CCL (洪水時＋地震)	CCC (建設時)
自重	O	O	O	O
水重	O	O	O	—
地震動水圧	—	O	O	—
地震力	—	O	O	—
水圧	O	O	O	—
揚圧力	O	O	O	—
泥重	O	O	O	—
泥圧	O	O	O	—

出典：JICA 調査団

ii) 安定計算結果

下記の条件で既設と嵩上げに対して安定計算を行い、基礎地盤の必要極限支持力を求めた。

基礎地盤：内部摩擦角 $\phi=45^\circ$ 、せん断強度 $c=50 \text{ kN/m}^2$

安定計算の決定ケース：CCL (洪水時+地震)

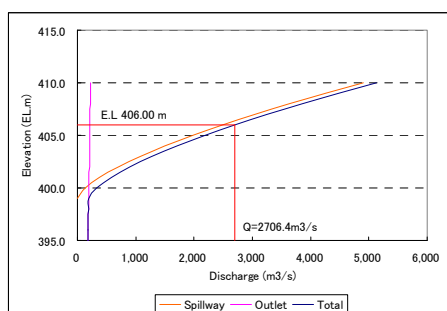
必要極限支持力： $qu=1,900 \text{ kN/m}^2$ （既設）、 $qu=2,000 \text{ kN/m}^2$ （嵩上げ）

上記2ケースの安定計算の詳細は付属報告書に述べている。構造寸法を図-11.1.3に示す。

(3) Sul ダム洪水吐きの嵩上げ

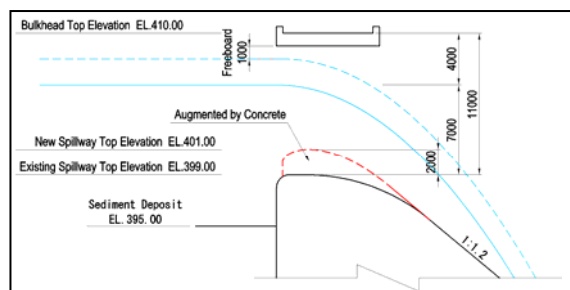
下図に示すように、Sul ダムは、10,000 年確率流量（ $Q=2,570 \text{ m}^3/\text{s}$ ）を水深（ $h=7.0 \text{ m}$ ）で流下させることが可能である。

ダム余水吐に架かる橋梁の桁高を 1.0 m とした場合でも、桁下から洪水吐き天端までの高さは、 10.0 m （=（EL. 410.0- EL.399.0）-1.0）となっており、 2.0 m の嵩上げした場合でも、天端橋梁との余裕高は 1,000 年洪水に対しても 1.0 m を確保できる。



出典：JICA 調査団

図-11.1.1 Sul ダム 洪水吐き流下能力



出典：JICA 調査団

図-11.1.2 Sul ダム 1000 年洪水時の越流状況

i) 設計条件

検討ケース、安定条件、荷重の組み合わせは Oeste ダムの条件と同じとした。

ii) 安定計算結果

Oeste ダムと同様の条件で基礎地盤の必要極限支持力を求めた。

基礎地盤：内部摩擦角 $\phi=45^\circ$ 、せん断強度 $c=50 \text{ kN/m}^2$

安定計算の決定ケース：CCE (1,000 年洪水時)

必要極限支持力： $qu=1,000 \text{ kN/m}^2$ （既設）、 $qu=1,200 \text{ kN/m}^2$ （嵩上げ）

上記2ケースの安定計算の詳細は付属報告書に述べている。構造寸法を図-11.1.4に示す。

(4) 放流ゲートの補強

両ダムとも、嵩上げにより上流側水圧が 2 m 上昇するため、放流ゲートの補強が必要となる。

11.1.2 河川改修

下表に、確率流量に応じた河川改修の該当区間を示す。

表-11.1.6 確率規模別の河川改修区間

確率規模		5 年	10 年	25 年	50 年
河川名 / 都市名					
イタジャイ川	Itajai 市		築堤(3)* (L=12,830m)	築堤(3)* (L=12,830m)	
	Ilhota 市			輪中堤(3)* (L=8,000 m)	輪中堤(3)* (L=8,000 m)
	Blumenau 市				築堤(3)* (L=15,800m)
	Rio do Sul 市			河道掘削 (L=10,270m)	築堤(2)* (L=4,500m)
Benedito 川	Timbo 市			河道掘削 (L=1,000m)	築堤(2)* b)河道掘削 (L=1,000m)
Oeste 川	Rio do Sul 市				築堤(2)* (L=3,000m)
	Taio 市			河道掘削 (L=3,700m)	築堤(2)* (L=3,700m)
Sul 川	Rio do Sul 市				築堤(2)* (L=700m)
イタジャイ ミリム川	Itajai 市	築堤(1)* (L=950 m)	築堤(1)* (L=950 m)	築堤(2)* (L=950 m)	築堤(2)* (L=950 m)

備考：(*)は図-11.1.5 に示す築堤の設計基準の Category No.を示す。

出典：JICA 調査団

(1) 堤防、輪中堤

DEINFRA にヒアリングした結果、河川改修に関する技術ガイドラインは制定されておらず、河川改修の実績がほとんどない状況である。本調査では、現場踏査で現地状況や既設構造物を確認した結果、日本の設計基準が適用可能と判断し、河川構造物の設計諸元を設定した。堤防に用いる設計条件は、各確率流量に応じて、余裕高、天端高が異なるため、各カテゴリ別に図-11.1.5 に示すように設定した。なお、流量にかかわらず堤防の法面勾配は 1:2 として安定性を保たせる。輪中堤の設計条件は、築堤と同じとする。

堤防を設ける区間は、現況流下能力の足りない箇所、都市部を守ることを原則とする。

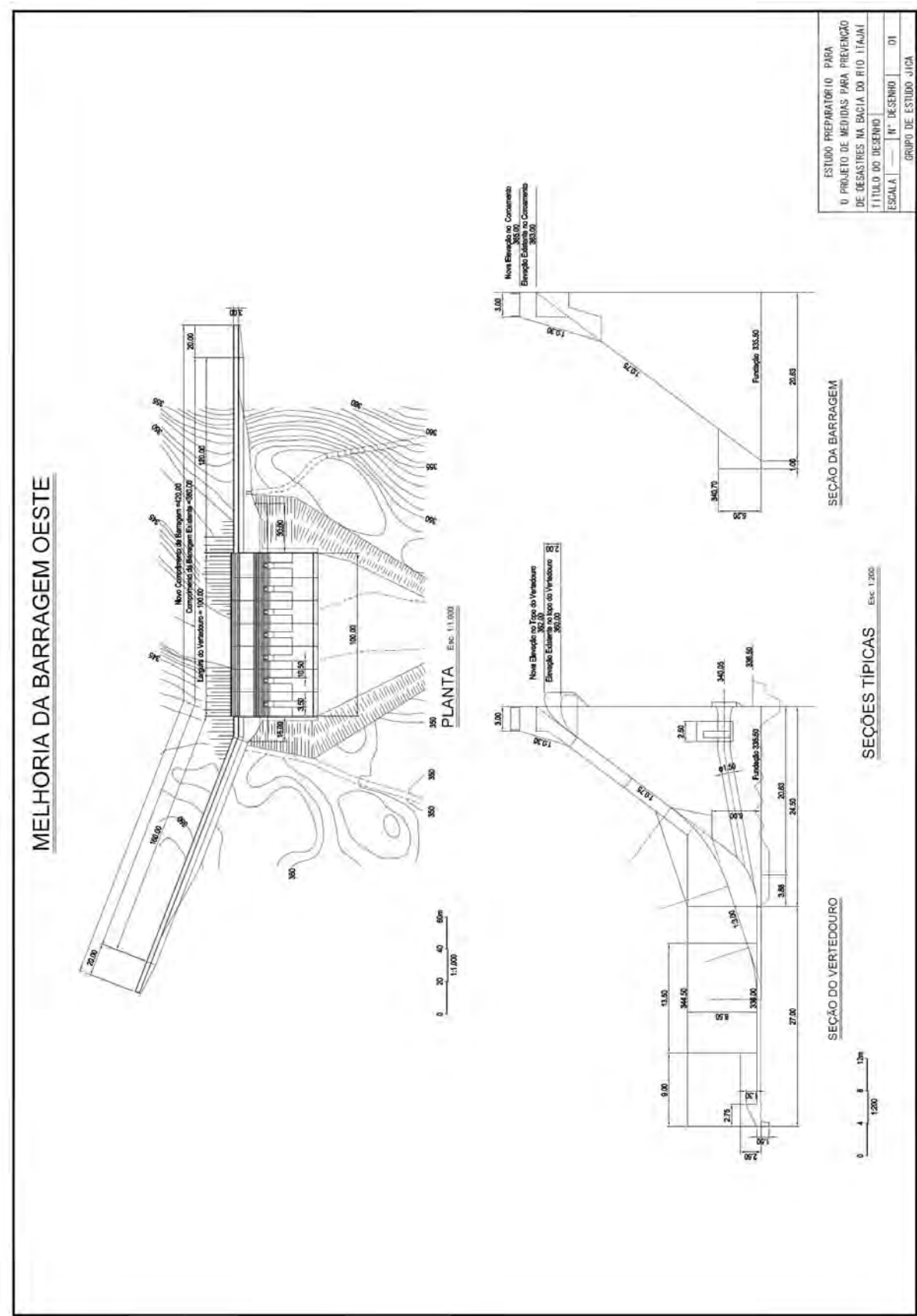


図-11.1.3 Oeste ダム嵩上げ構造図

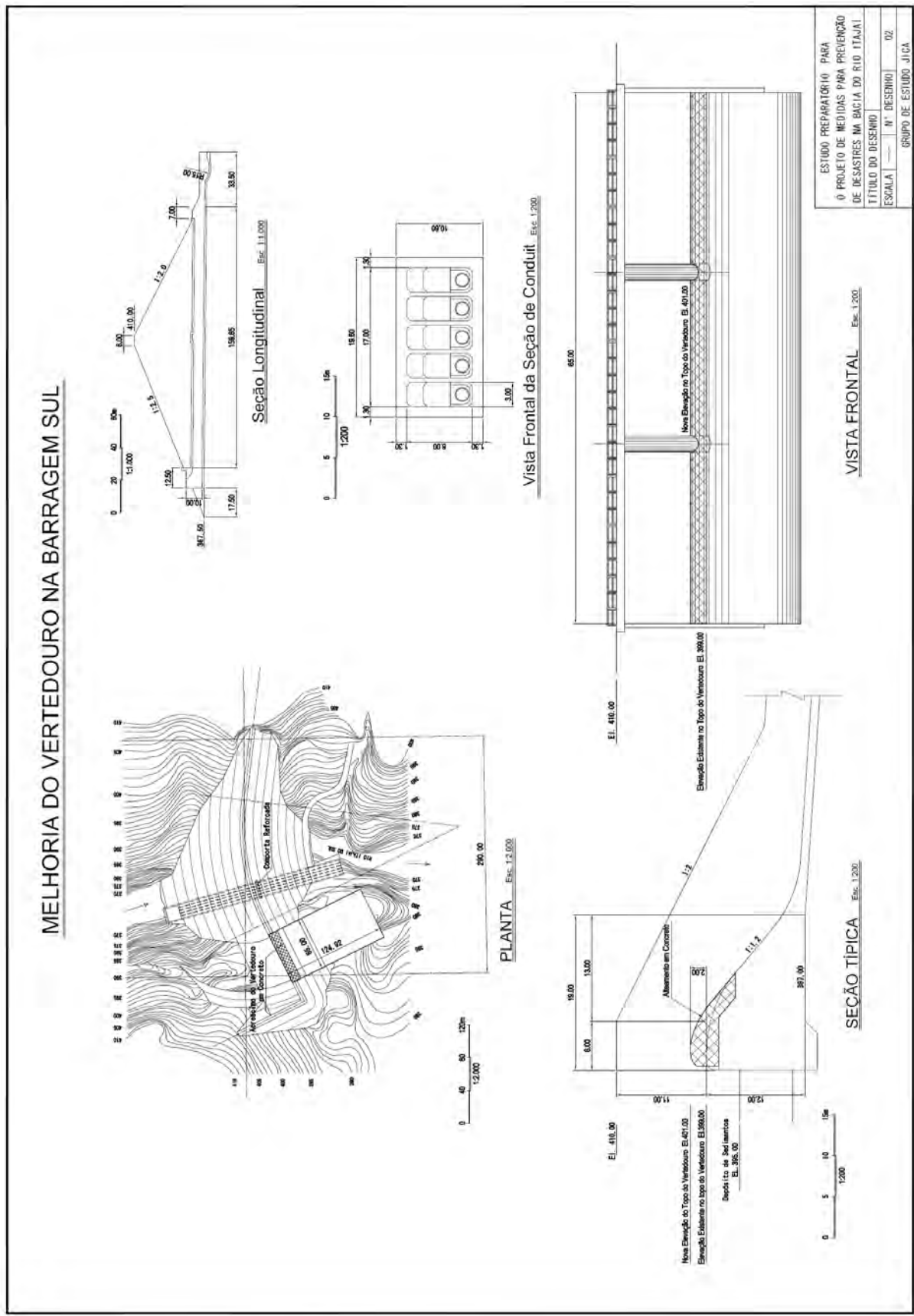
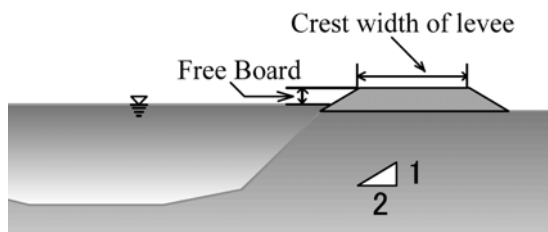


図-11.14 Sul ダム洪水吐き嵩上げ構造図



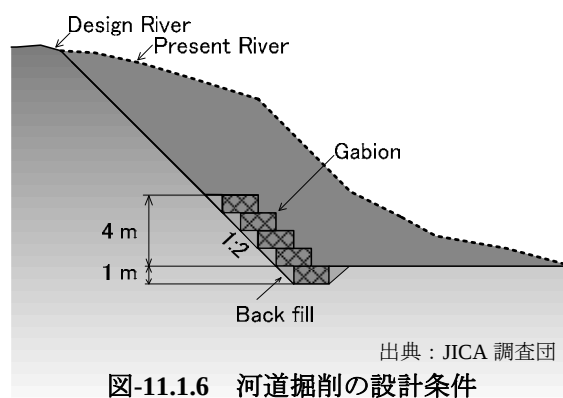
Category No.	Design Discharge (m ³ /s)	Free Board (m)	Crest width of levee (m)
1	$200 \leq Q < 500$	0.8	3.0
2	$500 \leq Q < 2000$	1.0	4.0
3	$2000 \leq Q < 5000$	1.2	5.0

出典：JICA 調査団

図-11.1.5 堤防の設計条件

(2) 河道扩幅、河道掘削

河道拡幅や低水路拡幅は、下図に示すように切土法面勾配を 1:2 として河道を拡幅する。現況河道から河道断面を掘削するため、法尻箇所から洗掘される危険性があると考え、ギャビオンを配置し法尻箇所を固定する。計画河床は、現況最深河床とする。



出典：JICA 調査団

図-11.1.6 河道掘削の設計条件

(3) 各河川区間の改修計画

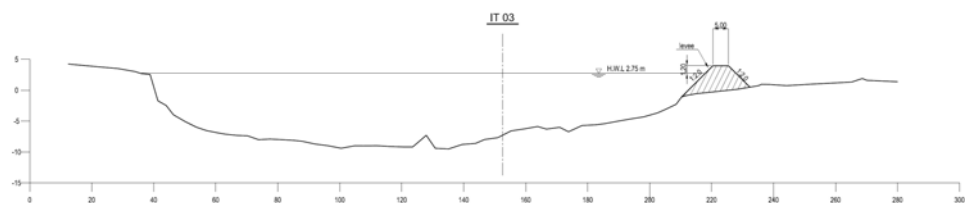
a) イタジャイ川 Itajai 市

河川改修範囲は、測線番号 IT-02 より下流 800 m の地点から BR101 号線までの右岸側、延長 12.9 km とする。左岸側では計画水位より低い土地（IT-03, IT-04）が一部あるが、遊水効果を有する氾濫原と考え堤防を設けない。下図に改修区間を示す。



出典：JICA 調査団

図-11.1.7 イタジャイ川河口部の河川改修区間

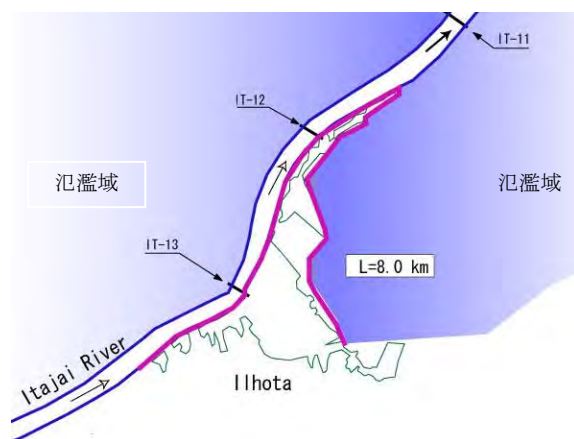


出典：JICA 調査団

図-11.1.8 イタジャイ川河口部の河川改修横断面図（測線 IT-03, 25 年洪水）

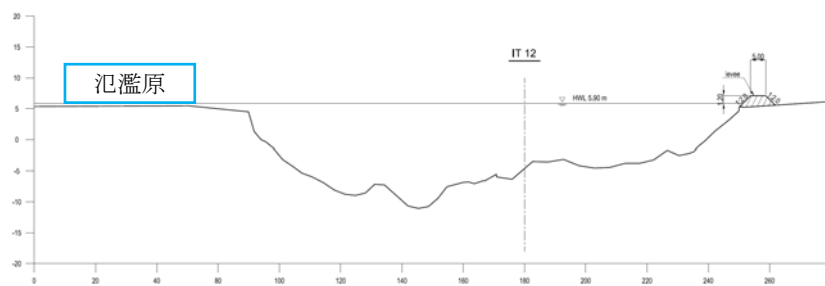
b) Ilhota 市

Gaspar 市から Itajai 市 (BR101 号線) 手前までの氾濫原は遊水地とするため、洪水時に Ilhota 市が浸水しないために、Ilhota 市を囲うように輪中堤を計画する。河川沿いには、既存の道路を嵩上げし、堤内地側に関しては現況地形の高い箇所まで囲う計画とする。整備延長は、川沿いの道路の嵩上げを 4.4 km、堤内地の堤防を 3.6 km とし、合計 8.0 km とする。



出典：JICA 調査団

図-11.1.9 Ilhota 市における輪中堤の平面計画

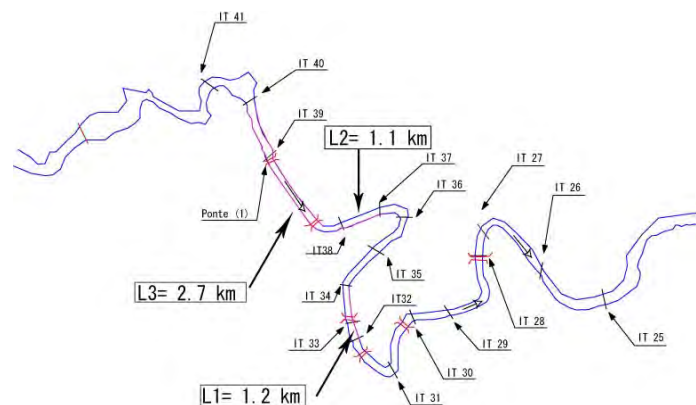


出典：JICA 調査団

図-11.1.10 Ilhota 市における輪中堤の横断面図（測線 IT-12, 25 年洪水）

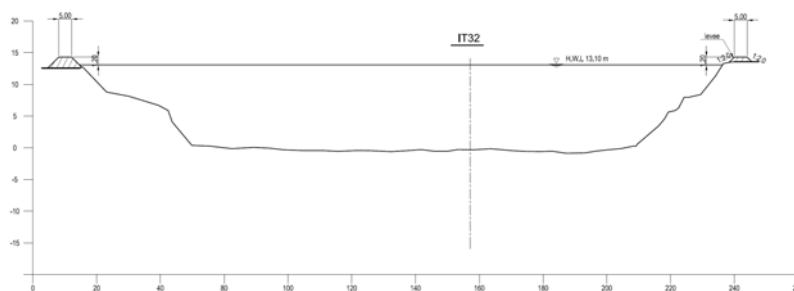
c) Blumenau 市

治水安全度 50 年確率規模に対して実施する。Blumenau 市の河川改修範囲は、下流側 (IT-32 ～IT-34 付近) の左岸側 1.2 km、IT-37 ～IT-38 の右岸側約 1.1 km、上流側の IT-38 ～IT-40 区間の 2.7 km の両岸を対象範囲とする。川沿いに家屋が隣接しており改修に住民移転が伴う。当該区間には、河川改修に伴い架け替えが必要な橋梁が 1 か所ある。（ポルトガル語では 3 本となっている。要確認のこと）



出典：JICA 調査団

図-11.1.11 Blumenau 市における河川改修範囲



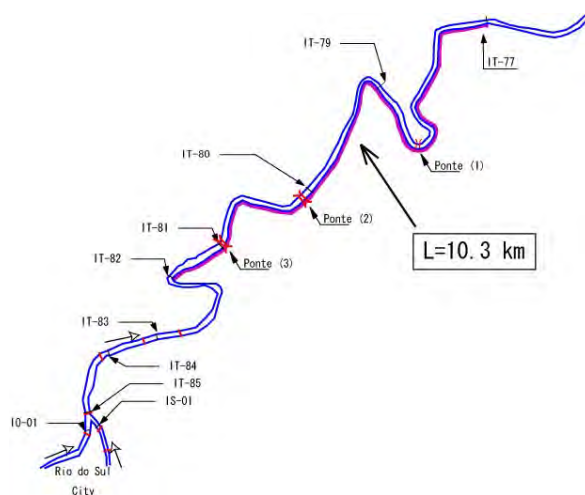
出典：JICA 調査団

図-11.1.12 Blumenau 市における河川改修横断面図（測線 IT-32, 50 年洪水）

d) Rio do Sul 市

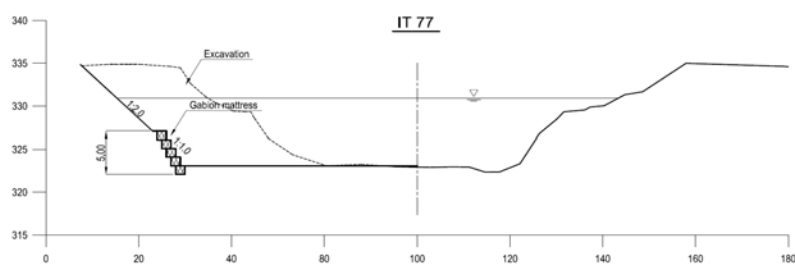
確率規模 25 年対応：

Rio do Sul 市で、Itajai do Oeste 川と Itajai do Sul 川が合流する。Rio do Sul 市の洪水時水位を下げるために、合流点の約 4.5 km 下流部から下流 10.3 km 区間に対して、河道拡幅を計画する。拡幅幅は、河道内の河床法尻箇所から 10 m 後退させる。



出典：JICA 調査団

図-11.1.13 Rio do Sul 市における河川改修区間（25 年洪水）

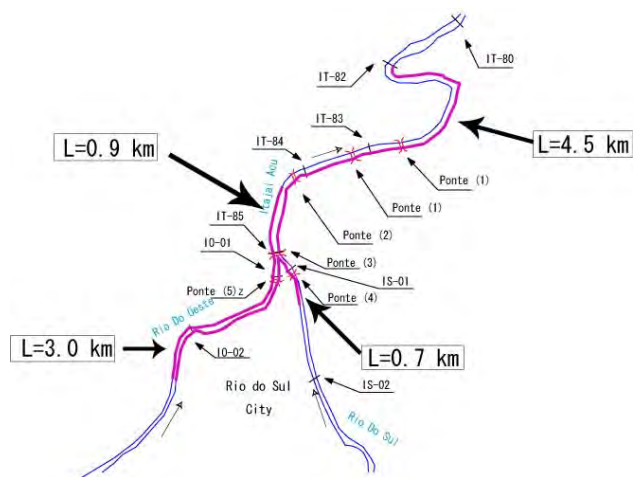


出典：JICA 調査団

図-11.1.14 Rio do Sul 市における河川改修横断図（測線 IT-77, 25 年洪水）

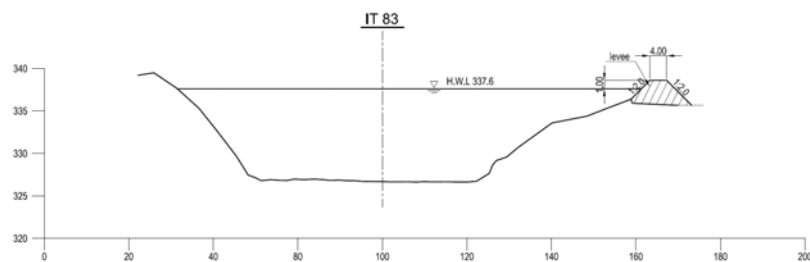
確率規模 50 年対応：

下図に示すように、合流点から下流約 4.5 km 区間、合流前の Itajai do Sul 川 0.7 km、Itajai do Oeste 川 3.0 km 区間において築堤を計画する。都市部を流下させるため、築堤に伴い住民移転が伴う。また、本対象区間には、河川改修実施にともない 5 か所の既設橋梁の架け替えが必要となる。



出典：JICA 調査団

図-11.1.15 Rio do Sul 市における河川改修範囲（50 年洪水）

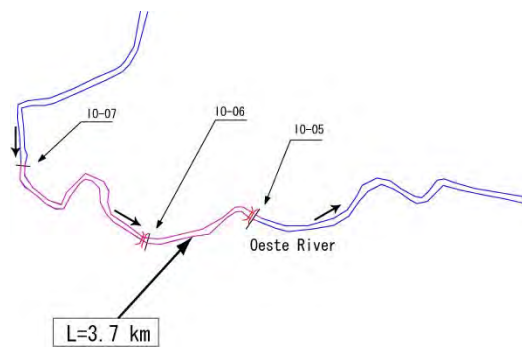


出典：JICA 調査団

図-11.1.16 Rio do Sul 市における河川改修横断図（測線 IT-83, 50 年洪水）

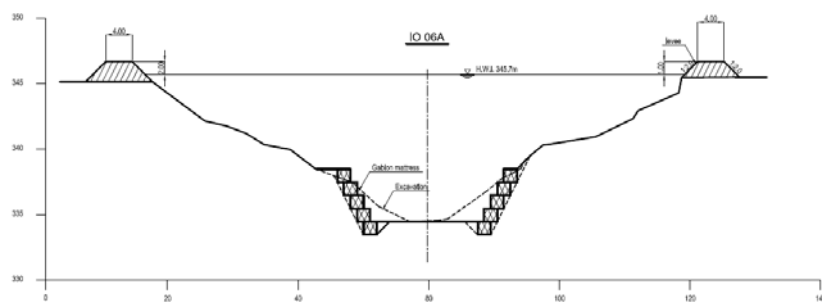
e) Taio 市

Taio 市は、25 年確率規模に対しては現況河道の拡幅し、50 年確率規模では、河道拡幅と併せて築堤を行う計画である。Taio 市を洪水から守るため、市内を流下する 3.7 km 区間を河川改修区間とする。また、本対象区間には、河川改修実施にともない 5 か所の既設橋梁の架け替えが必要となる。



出典：JICA 調査団

図-11.1.17 Taio 市における河川改修区間



出典：JICA 調査団

図-11.1.18 Taio 市における河川改修横断面図（測線 IO-06a, 50 年洪水）

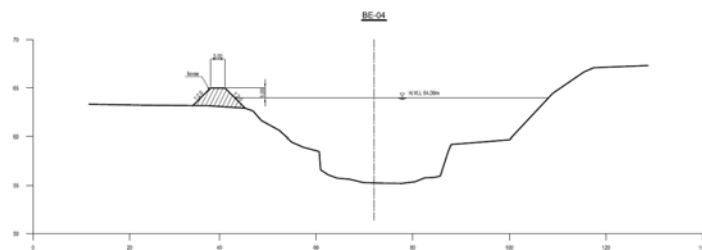
f) Timbo 市

都市部の一部では、地盤標高が低く 50 年洪水では氾濫するので築堤を計画する。対象区間は、Benedito 川と Cedros 川との合流部から、Cedros 川上流左岸側を 0.5 km、本川下流右岸側を 0.5 km、合計 1.0 km とする。また、本対象区間には、河川改修実施にともない 1 か所の橋梁の架け替えが必要となる。



出典：JICA 調査団

図-11.1.19 Timbo 市における河川改修区間



出典：JICA 調査団

図-11.1.20 Timbo 市における河川改修横断図（測線 BE-04, 50 年洪水）

g) イタジャイミリム川 Itajai 市

イタジャイ川とイタジャイミリム川合流点から、Canal と Old Mirim の合流点までの延長 950m 両岸を河川改修の対象区間とする。当該地区は、河道沿に家屋があるため、河川改修を実施の際には住民移転が伴う。また、本対象区間には、河川改修実施にともない 1 か所の既設橋梁の架け替えが必要となる。

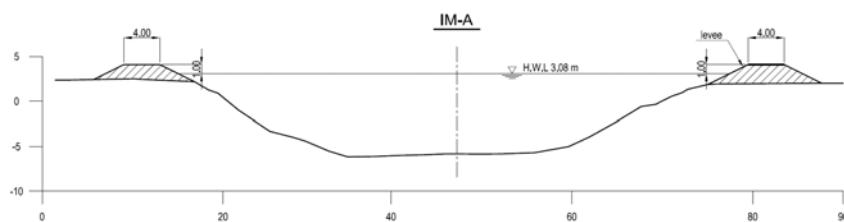


出典：JICA 調査団

図-11.1.21 イタジャイミリム川下流部の河川改修区間



ミリム川橋梁から上流側を撮影



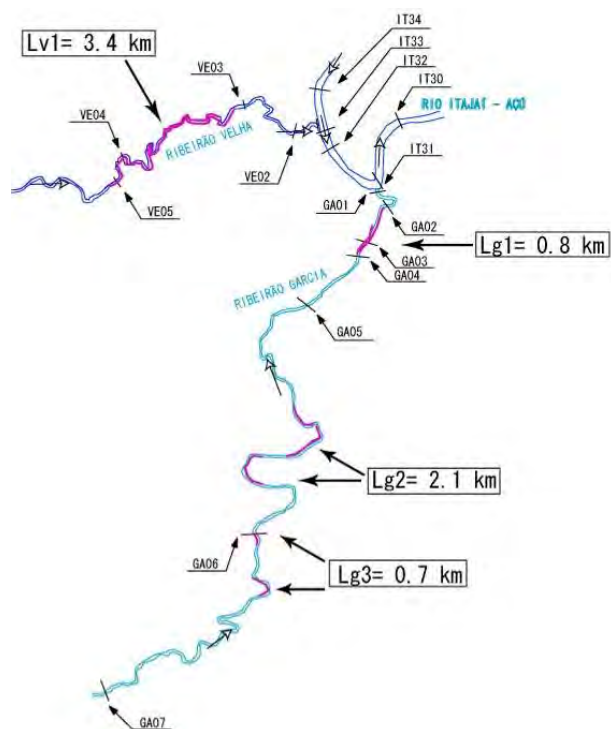
出典：JICA 調査団

図-11.1.22 イタジャイミリム川における河川改修横断図（測線 IM-A, 50 年洪水）

h) Blumenau 市の都市河川

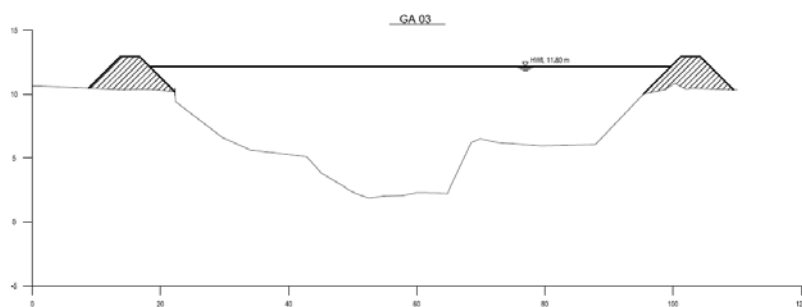
Garcia 川はイタジャイ川本川の背水区間となり、都市部の現況地盤高が足りない区間を築堤により守る計画とする。対象区間は下図に示すように、測線 GA-03 付近の右岸側で 500 m、左岸側で 750 m となる。また、上流部において流下能力が不足する区間に対しては、河道掘削により流下能力を上げる計画である。対象区間は、測線 GA-05 ～GA-07 で総延長は 2.8 km である。

Velha 川は、本川の背水区間の地盤高の足りない区間はなく、上流部の河川拡幅だけでよい。測線 GA-03 ～GA-05 区間の総延長 3.4 km を河道拡幅の対象とする。



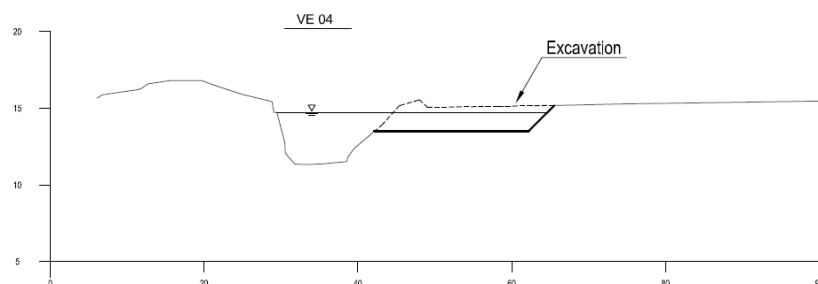
出典：JICA 調査団

図-11.1.23 Blumenau 市支川における河川改修区間（Garcia 川、Velha 川）



出典：JICA 調査団

図-11.1.24 Garcia 川における河川改修横断（測線 GA-02, 25 年洪水）



出典：JICA 調査団

図-11.1.25 Velha 支川における河川改修横断（測線 VE-04, 25 年洪水）

11.1.3 水門

Old Mirim 川は流下能力が小さく両岸は地盤標高が低いため洪水氾濫を受けやすい。下図に示すように、Mirim 川からの洪水流入及びイタジャイ川からの背水の影響を調整するために、Old Mirim 川の上流地点に水門を2か所設置する計画とした。上下流水門のゲート天端標

高は、イタジャイミリム川とイタジャイ川の合流点から不等流計算を行い、各確率洪水での水位を算出し余裕高を考慮した高さとした。図-11.1.27 に治水安全度毎の構造寸法図を示す。



出典：JICA 調査団

図-11.1.26 Old Mirim 川上下流水門の位置図

11.1.4 放水路

放水路は治水安全度 50 年確率に採用される対策案で、イタジャイ川上流からの洪水は放水路により分水され、イタジャイ川と BR-101 号線の交差部下流から Navegantes 市を横断して大西洋に排水される。放水路線形は、現況の土地利用状況と住民移転を極力少なくすることを考慮し、現地調査を行い施工可能なルートとした。

下図に示すように、分水堰・放水路は陸上施工を行い、工事完成後に上下流をイタジャイ本川と接続する河川ショートカット工法で行う計画とした。また、イタジャイ川本線との接続および分水は、なめらかに分水できるように考慮した。放水路下流には、分水堰を設置し下流 Itajai 市への洪水流の流量調整を行う。検討の詳細は、付属報告書に詳述している。



出典：JICA 調査団

図-11.1.28 放水路計画図

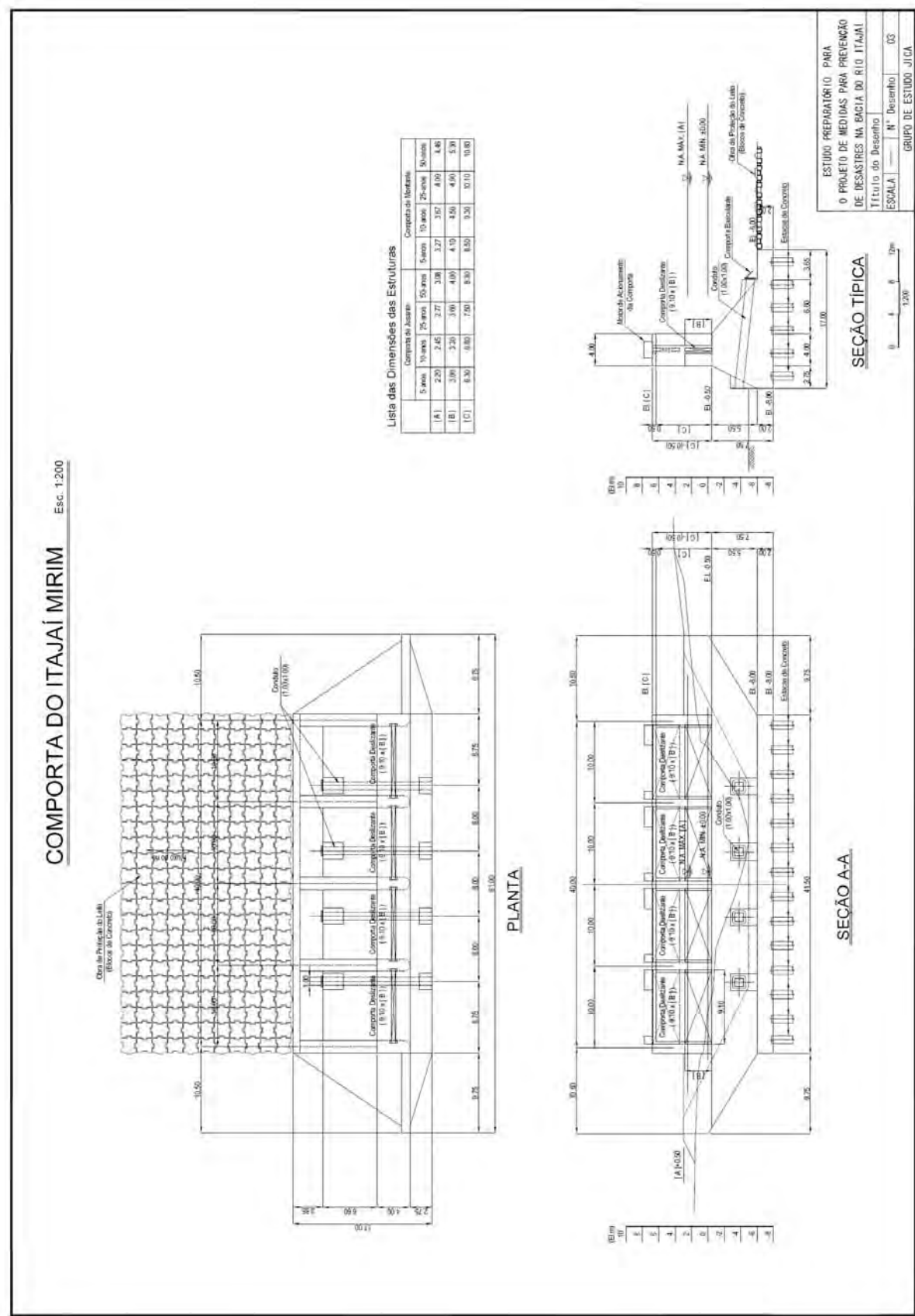


図-11.1.27 Mirim 川水門の構造図

放水路諸元、および分水堰の諸元を下表に示す。

表-11.1.7 放水路施設一覧

放水路		B= 50 m, h= 12 m, L= 9,000 m, 1:n= 1:2.0、I= 1/6000
ショートカット 水路	上流	B= 190 m, h= 12 m, L= 600 m, 1:n= 1:2.0
	下流	B= 150 m, h= 12 m, L= 1,100 m, 1:n= 1:2.0
分水堰		Gate=20 m×9 m×8 門, 橋梁=190 m
橋梁		6 ヶ所
Closed Dyke		L= 300 m
突堤		L=2,100 m（左右岸）

出典：JICA 調査団

流量配分図を下図に示す。

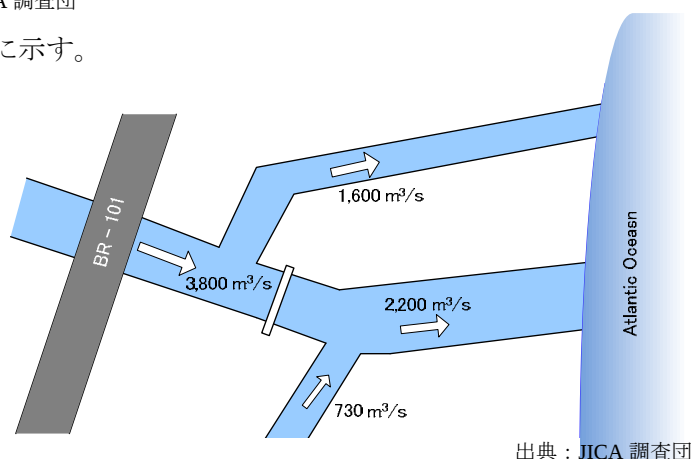


図-11.1.29 計画流量配分図（50年洪水）

尚、海岸流による放水路排出口での土砂堆積及び砂州の形成を防止するために、排出口に突堤を設置する。大規模な突堤の建設は効果を局所的に集中させ、突堤から離れた場所の海岸線の侵食が進行する恐れがある。事業実施段階では、海岸環境への影響評価に加え、突堤の長さや角度等の詳細な検討が必要となる。放水路と分流堰の構造図を図-11.1.30 と 11.1.31 に示す。

11.1.5 イタジャイミリム川の新規の治水ダム

新規治水ダムの候補地選定については、詳細な地形図が必要であり、現在航空測量中の1/10,000 地形図の完成を待つ必要があるが、5 万分の1 地形図で Brusque 市の上流の Itajai Mirim 川に選定した。

新規ダムは、重力式コンクリートダムで計画する。基礎掘削を2 m 程度考慮した場合のダム高は、34.2 m となった。洪水吐きはゲートなしの自然越流型とした。減勢工は、下流河道幅を考慮して20 m と設定した。図-11.1.32 に治水ダムの構造図を示す。

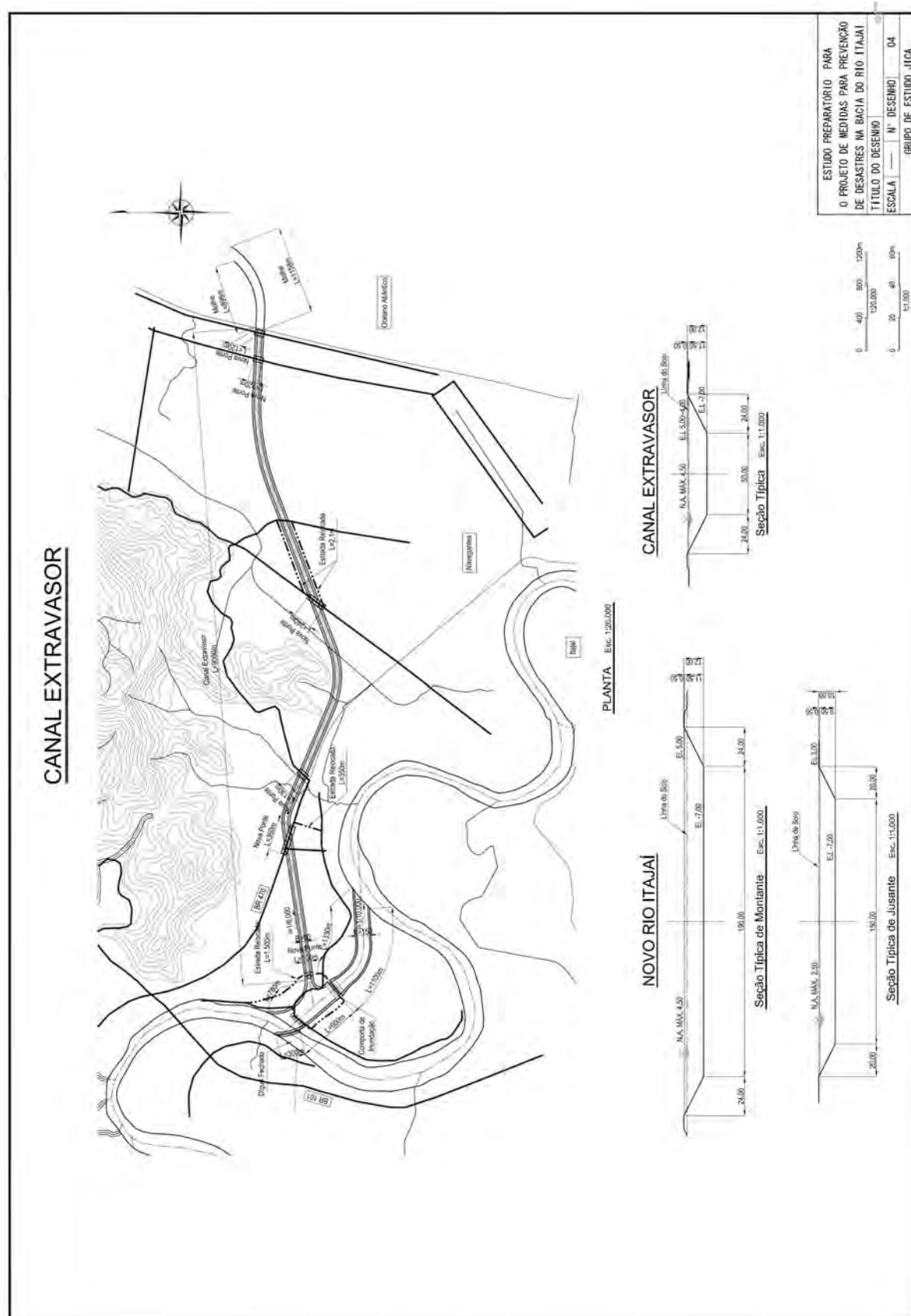


図-11.1.30 放水路の構造図

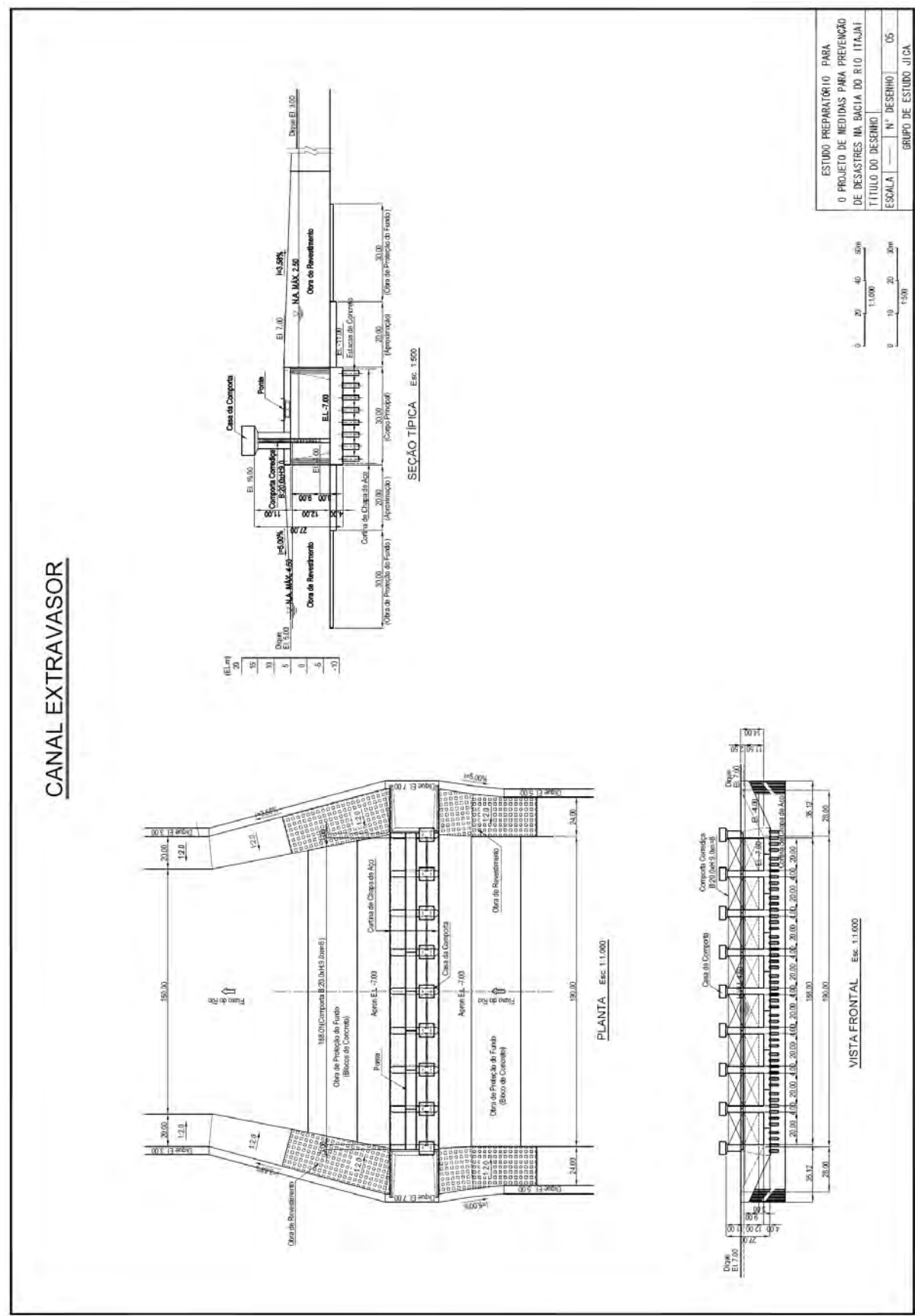


図-11.1.31 放水路分水堰の構造図

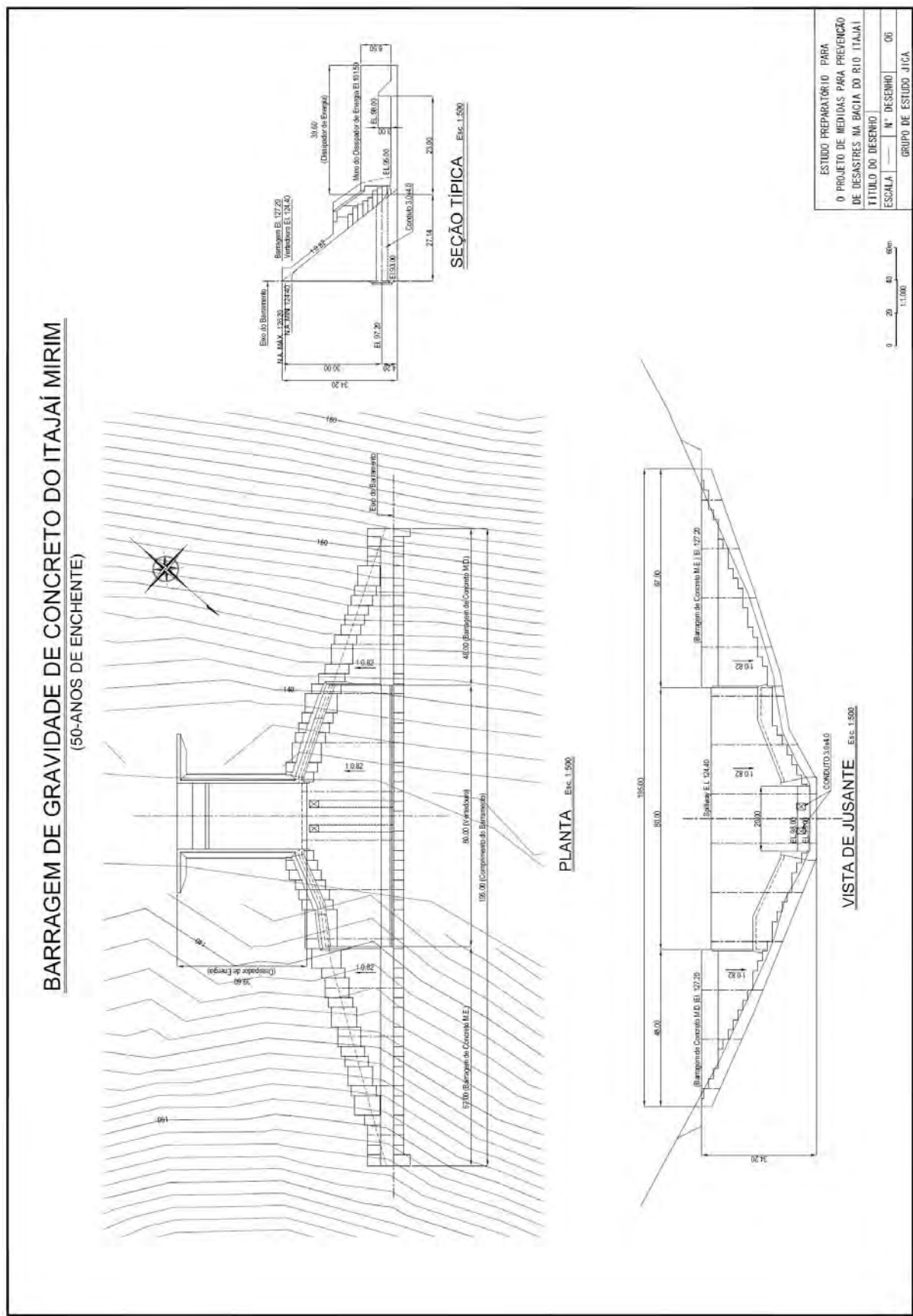


図-11.132 Mirim 重力式コンクリートダム の構造図

11.1.6 流域貯留（小規模ダム）

小規模ダムの候補地選定についても、詳細な地形図が必要であり、現在航空測量中の1/10,000 地形図の完成を待つ必要がある。有力な候補地として Trombudo 川流域、および Trombudo 川の2箇所が挙げられている。想定される小規模ダムの貯留水深は、5～10 m 程度である。堤高は比較的低い部類となるため、工事管理がしやすい均一型アースフィルダムで計画した。本検討では、現地調査を行い標準的なため池の形状を決定した。図-11.1.33 と 11.1.34 に小規模ダムの構造図を示すが、検討の詳細は付属報告書に述べている。

11.2 土砂災害緩和対策

対策工は、2008 年 11 月豪雨相当（Blumenau 市雨量計で 60 年確率）においても道路の片側幅員閉塞以上の規模の被災が無いことを目標に計画した。2008 年 11 月豪雨における類似斜面の対策/非対策箇所の被災状況を参考に対策工種を選定した。選定にあたっては、ブラジル国 斜面保護工指針 NORMA BRASILEIRA ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR(Número de referência) 11682, Estabilidade de encostas @ABNT 2009 を参照した。本検討での選定基準を下表にとりまとめた。

表-11.2.1 土砂災害形態と対策工種を選定

土砂災害 形態	適用位置	適用斜面条件	適用工種 緑化、排水側溝は全箇所共通	対策工の 配置例
崩壊 Desmoronamento	道路山側 斜面	斜面高さ 15 m 以上	弛み地盤の除去（切土）、現場打ち法枠工（植生基材込み）	図-11.2.3
		斜面高さ 15 m 未満、あるいは 45° 未満の斜面勾配への切土が可能、あるいは、斜面のり尻にふとん籠の設置が可能	弛み地盤の除去（切土）、植生基材＋ネット張り込み（のり尻への布団かご設置）	図-11.2.2
	道路谷側 斜面	侵食が生じており、長期的に道路体崩壊に影響が考えられる箇所	排水側溝（河川部排水溝出口のふとん籠工）	図-11.2.1
	河岸	すでに路肩が欠損している。あるいは路面の沈下や亀裂が認められる。	排水側溝、ふとん籠工、石張り工、コンクリートブロック積み工	図-11.2.2
滑動 Escorregamento	道路体～ 道路谷側 斜面	深度 3 m 以上のすべり面が想定される。	杭工、排水ポーリング工、排水側工、ふとん籠工	図-11.2.2
	道路体の 浅いすべり	道路谷側に別の構造物があり直壁が必要	補強土盛土	図-11.2.1
		上記以外	路体修繕	図-11.2.1
流動 Escoamento	道路横断 溪流	土石流堆の浸食、崩壊防止	布団籠工による土留	図-11.2.2

出典：JICA 調査団

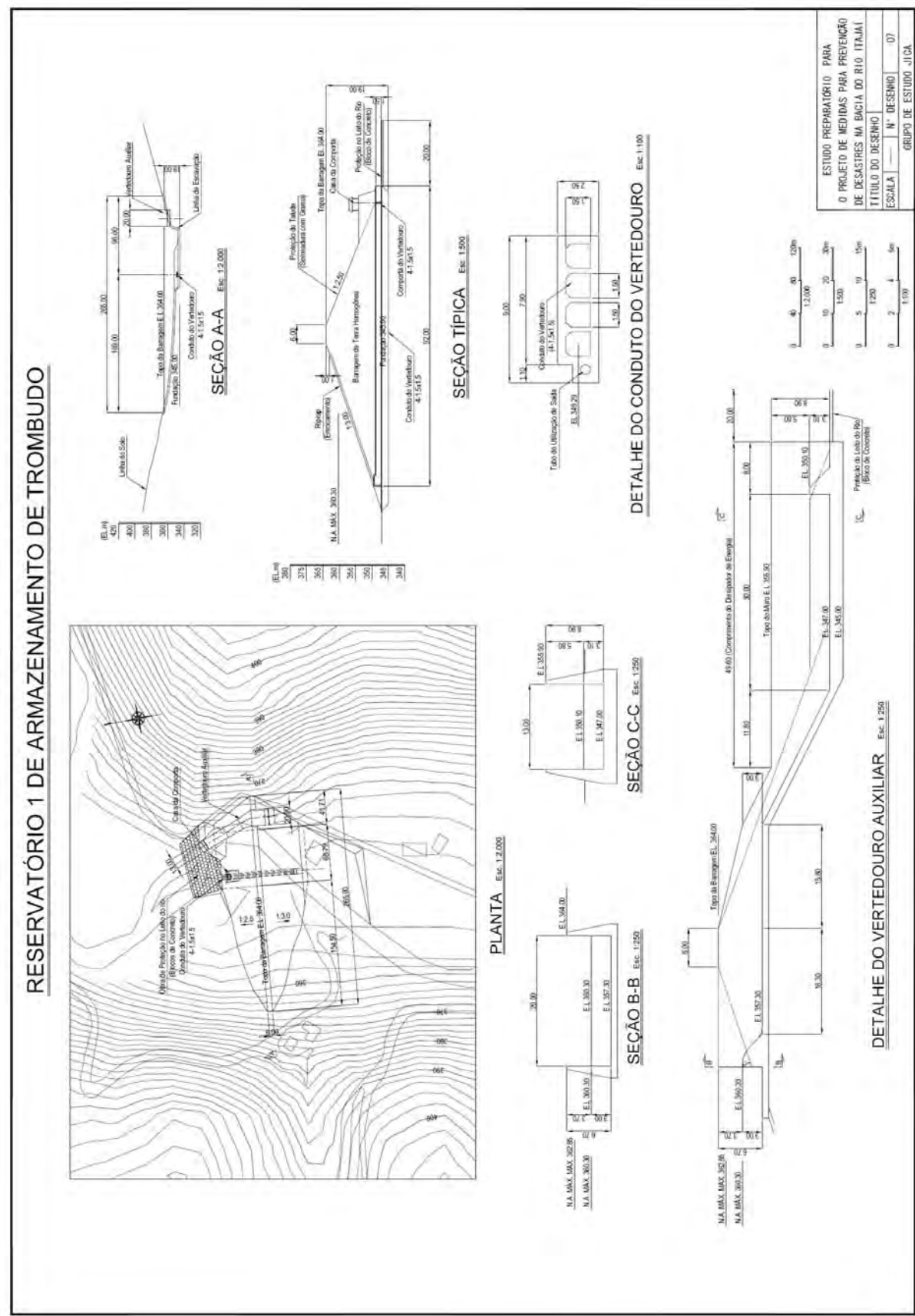


図-11.1.33 流域貯留（小規模ダム）の構造図（Trombudo Site1）

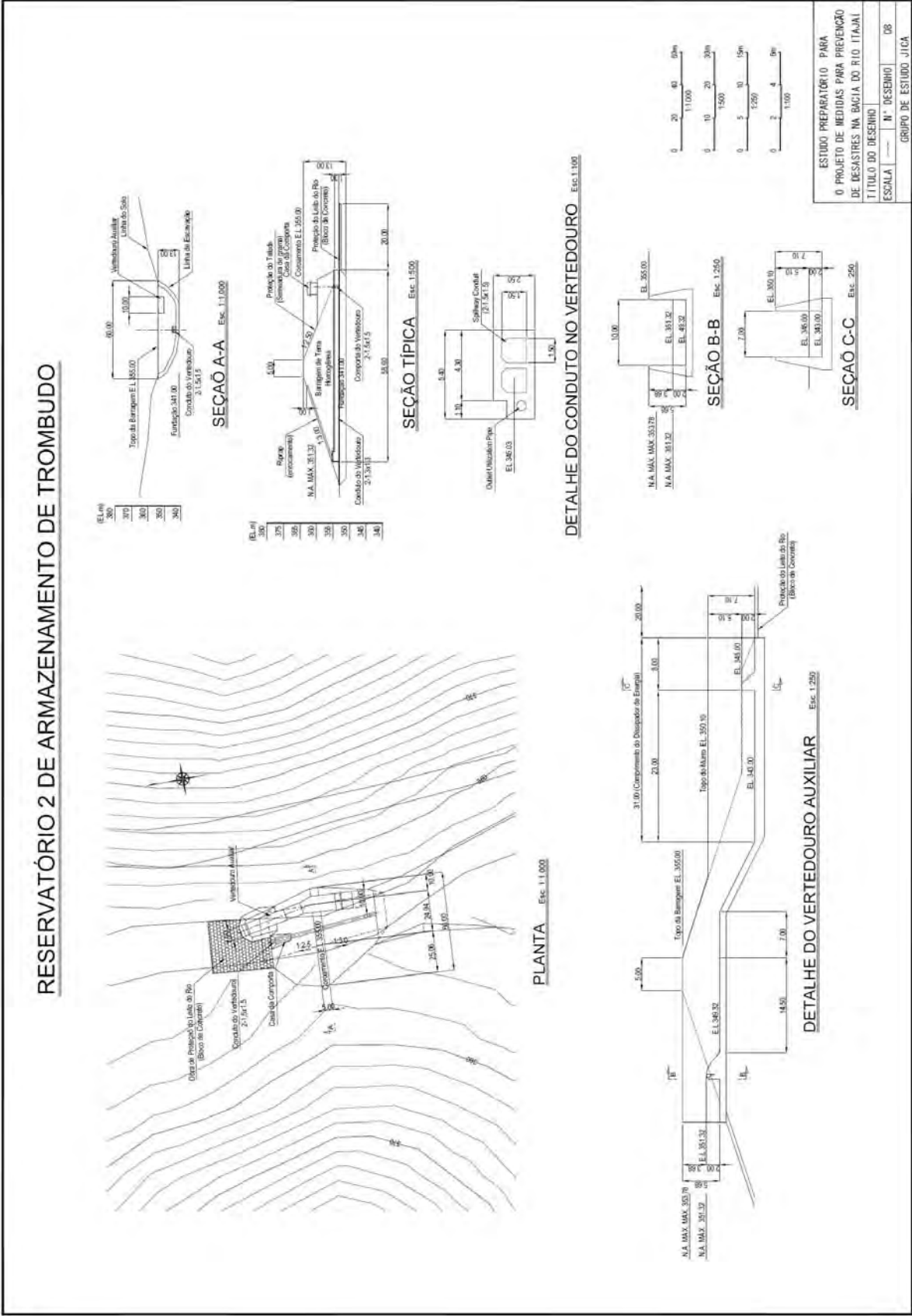


図-11.134 流域貯留（小規模ダム）の構造図（Trombudo Site2）

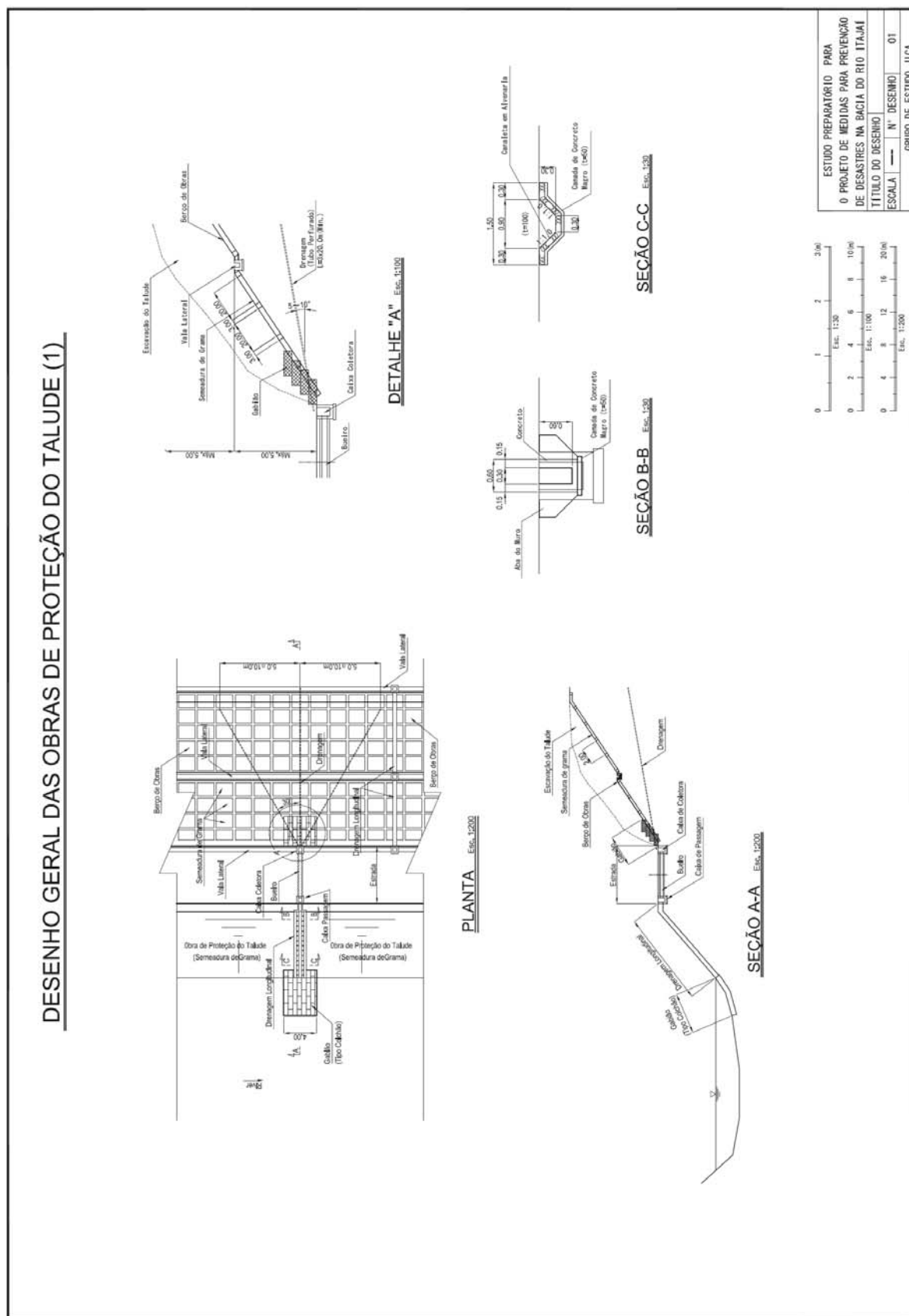


図-11.2.1 法面对策工の構造図 (1)

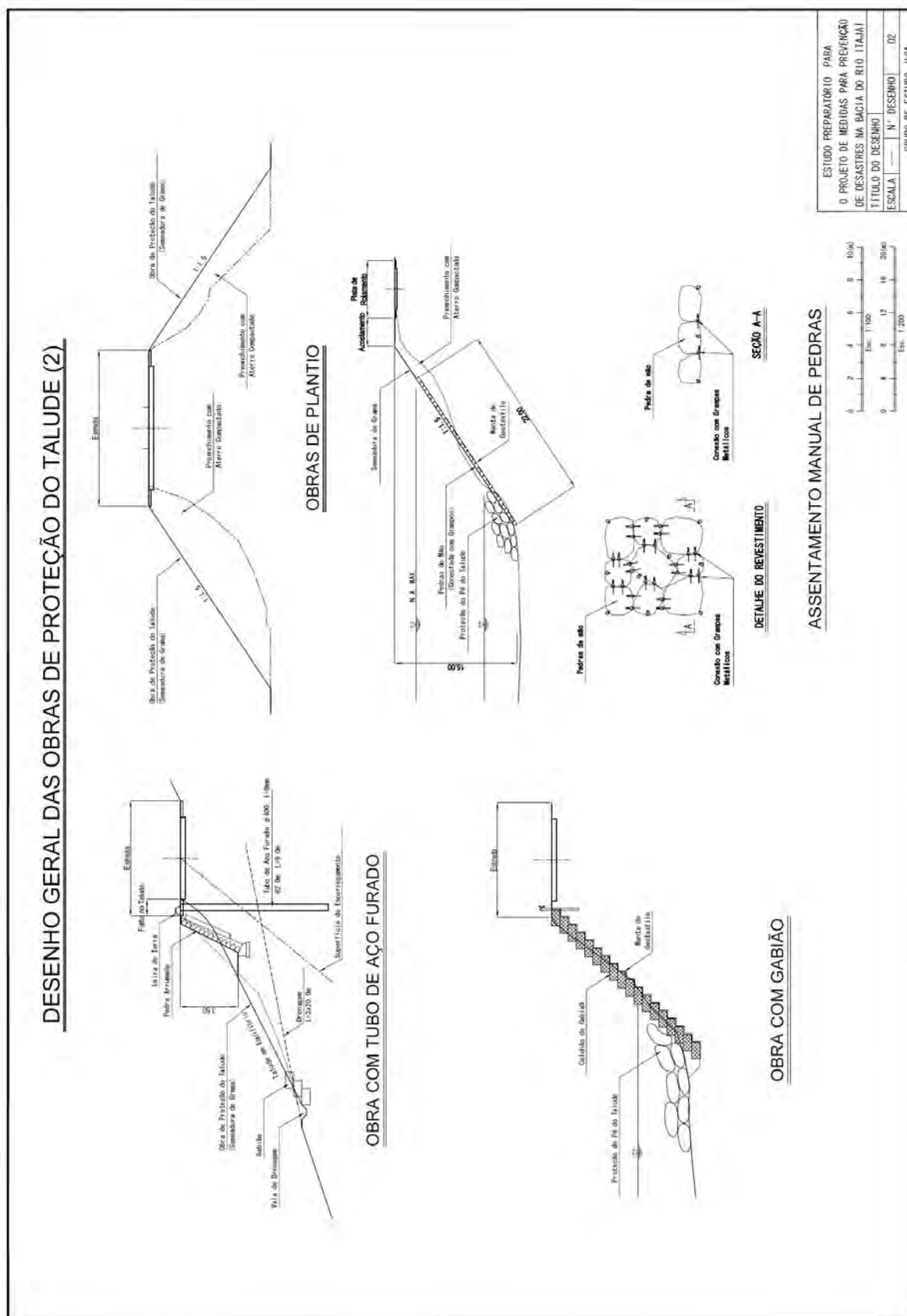


図-11.2.2 法面对策工の構造図 (2)

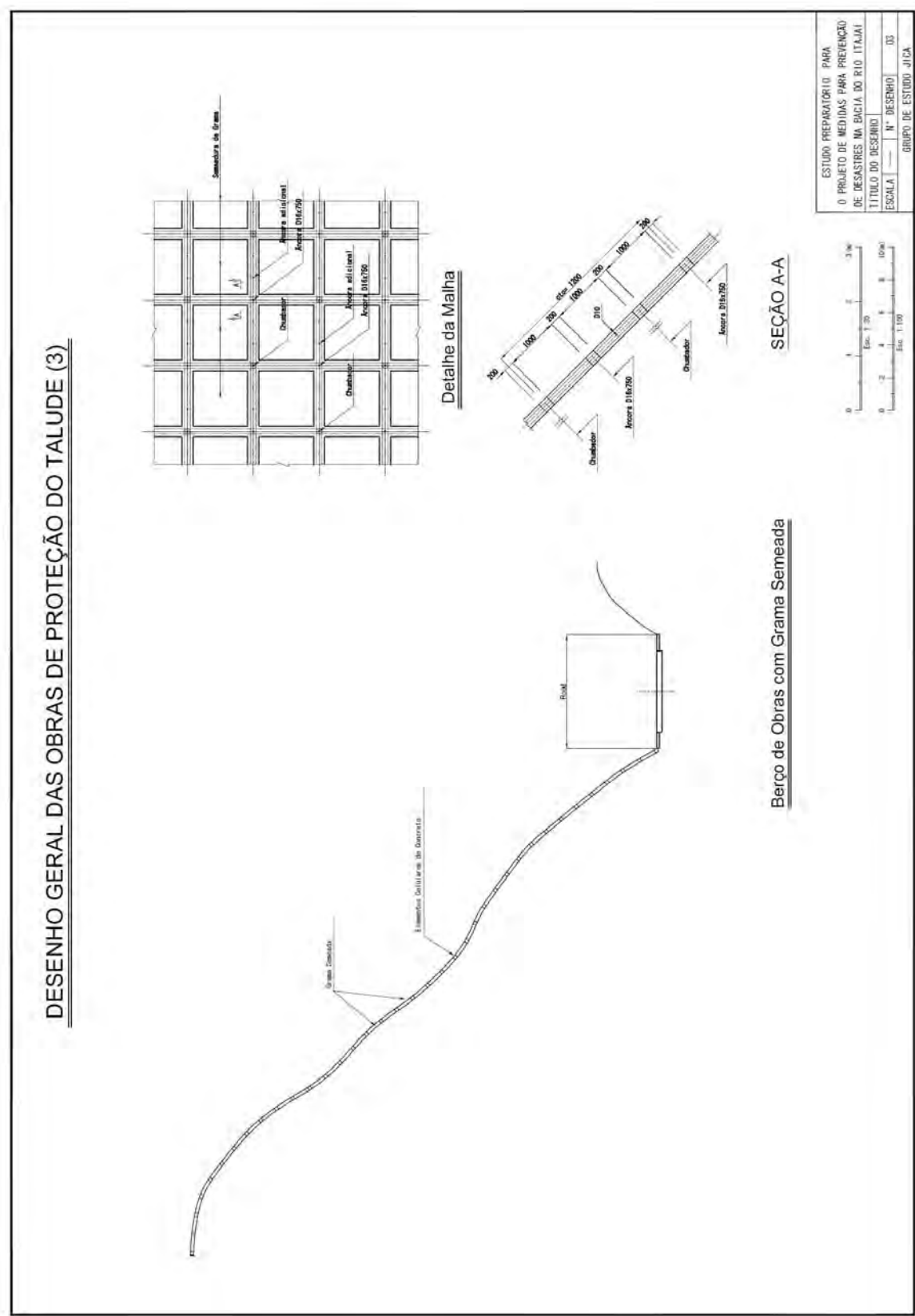


図-11.2.3 法面对策工の構造図（3）

第12章 マスタープラン総事業費の積算

12.1 総事業費

総事業費は、下記の通りである。

表-12.1.1 マスタープラン総事業費

上段単位: 10^3 R\$ 下段単位: 10^3 JPY

治水レベル	5年	10年	25年	50年
洪水災害緩和対策	202,000 97,000,000	541,000 25,900,000	1,025,000 49,100,000	1,996,000 95,500,000
土砂災害対策	54,000 2,600,000			
洪水予警報システム	4,000 200,000			
土砂災害・フラッシュフ ラッド予警報システム	4,000 200,000			
合計	264,000 12,600,000	603,000 28,900,000	1,087,000 52,000,000	2,058,000 98,500,000

出典：JICA 調査団

費用積算は、2010年10月時点の価格水準、換算レート $R\$1.0 = JPY 47.87 = US\$ 0.58$ で算定。
各工種の建設単価は、DEINFRA 単価を基本に推定した。

12.2 事業費構成

12.2.1 事業費

プロジェクト事業費の構成は、以下の通りである。

- i) 建設費
- ii) 土地収用費
- iii) 事務管理費
- iv) コンサルタント費
- v) 物理的予備費・価格予備費
- vi) 建設コスト

建設費算定の条件は、以下の通りである。

- i) 主要工事工種建設費 = 各工事数量 x 建設単価
- ii) 仮設費 = 主要工事工種の設費の 30%

12.2.2 土地収用費

土地収用費は、CREA からのヒアリングを基に都市と農地に分けて計上した。河川に隣接する森林部は、公有地と想定し土地収用の範囲から除外する。また 1 宅地あたりの住居の延べ床面積を 100 m^2 と仮定し補償費の算出を行った。

表-12.2.1 土地収用費内訳

		単位	単価
土地 収用費	農地	m^2	$R\$0.5 \sim 3.0 = R\1.75 $JPY 20 \sim 140 = JPY 80$
	都市	m^2	$R\$950$ $JPY 4,500$
移転補償費		軒	$100 \text{ m}^2 \times 1,100 \text{ R\$/m}^2 = R\$110,000$ $100 \text{ m}^2 \times 53,000 \text{ JPY/m}^2 = \text{JPY}$ $(1,036 \sim 1,127: 1,100 \text{ R\$/m}^2)$ $(49,590 \sim 53,950: 53,000 \text{ JPY/m}^2)$

出典：CREA からのヒアリング

12.2.3 その他費用

事務管理費は建設費と土地収用費合計の 3 %、コンサルタント費は建設費の 10 %として計上した。物理的予備費は、建設費、土地収用費、事務管理費、コンサルタント費の合計の 10 %とした。価格予備費は、年価格上昇率を 5 %とし、上記と物理的予備費の合計金額から算定した。

12.3 洪水災害緩和対策費用

12.3.1 工事数量

マスタープラン調査のレベルで算定した主要工種の工事数量は以下のとおりである。

表-12.3.1 治水安全度別の工事数量集計表

洪水治水レベル	工種	単位	5 年	10 年	25 年	50 年
河道対策						
ダムの嵩上げ						
Oeste dam	嵩上げ	箇所	-	-	1	1
Sul dam	嵩上げ	箇所	-	-	1	1
河道改修						
Taio	築堤	m	-	-	3,682	3,682
Rio do Sul	築堤	m	-	-	10,269	9,081
Timbo	築堤	m	-	-	1,000	1,000
Blumenau	築堤	m	-	-	-	8,667
Blumenau tributary	築堤	m	7,300	7,300	7,300	7,300
Itajai	築堤	m	-	12,828	12,828	-
Itajai Mirim	築堤	m	950	950	950	950
洪水ゲート (Itajai Mirim)	水門	箇所	2	2	2	2
	橋梁	箇所	-	-	-	6
放水路 (with Gate)	掘削水路	m	-	-	-	10,905
輪中堤 (Ilhota)	築堤	m	-	-	8,000	8,000
新規治水ダム	コンクリートダム	箇所	-	-	1	1
流域対策						
水田の雨水貯留		ha	22,000	22,000	22,000	22,000
小規模ため池		箇所	2	5	7	7

出典：JICA 調査団

なお、土地収用に係る面積は下記の通りである。

表-12.3.2 土地収用数量集計表

(Unit:m ²)				
Area	5-year	10-year	25-year	50-year
Urban Area	20,619	194,581	302,647	574,086
Rural Area	3,056,000	7,693,710	10,861,750	13,645,719
Total	3,076,619	7,888,291	11,164,397	14,219,805

出典：JICA 調査団

12.3.2 建設単価

単価は、2010 年 10 月時点価格を採用する。

12.3.3 事業費

治水安全度毎の事業費を次表に示す。洪水災害緩和対策は、河道対策、流域対策、非構造物対策の 3 つに区分する。非構造物対策は、洪水時のダム運用方法の変更のみなので事業費積算対象から除外する。

表-12.3.3 治水安全度毎の事業費（工種別）

上段単位: 10³ R\$ 下段単位: 10³ JPY

洪水治水レベル	5 年	10 年	25 年	50 年
河道対策	109,000 5,200,000	357,000 17,100,000	781,000 37,400,000	1,752,000 83,900,000
ダムの高上げ				
Oeste dam	-	-	27,000 1,300,000	27,000 1,300,000
Sul dam	-	-	-	6,000 300,000
河道改修				
Taio	-	-	56,000 2,700,000	114,000 5,500,000
Rio do Sul	-	-	190,000 9,100,000	268,000 12,800,000
Timbo	-	-	21,000 1,000,000	21,000 1,000,000
Blumenau	-	-	-	267,000 12,800,000
Blumenau tributary	35,000 1,700,000	98,000 4,700,000	144,000 6,900,000	196,000 9,400,000
Itajai	-	181,000 8,700,000	197,000 9,400,000	-
Itajai Mirim	36,000 1,700,000	38,000 1,800,000	46,000 2,200,000	50,000 2,400,000
洪水ゲート (Itajai Mirim)	38,000 1,800,000	40,000 2,200,000	42,000 2,000,000	44,000 2,100,000
放水路 (with Gate)	-	-	-	593,000 28,400,000
輪中提 (Ilhota)	-	-	58,000 2,800,000	70,000 3,400,000
新規治水ダム	-	-	-	95,000 45,500,000
流域対策	93,000 4,500,000	184,000 8,800,000	244,000 11,700,000	244,000 11,700,000
水田の雨水貯留	33,000 1,600,000	33,000 1,600,000	33,000 1,600,000	33,000 1,600,000
小規模ため池	60,000 2,900,000	151,000 7,200,000	211,000 10,100,000	211,000 10,100,000
合計	202,000 9,700,000	541,000 25,900,000	1,025,000 49,100,000	1,996,000 95,500,000

出典：JICA 調査団

12.4 土砂災害緩和対策費用

12.4.1 建設単価

表-12.4.1 に示すように、マスタープランの調査レベルでの積算を目的として、25 工種の単価を算定した。単価は 2010 年 10 月事点価格を採用した。

12.4.2 工事価格および事業費

構造物対策工事の優先順位の順に建設工事費と事業費(コンサルタント費、事務管理費、物理的予備費、価格予備費を含む)を表-12.4.1 に示す。

表-12.4.1 土砂災害の構造物対策事業費

上段単位: 10³ R\$ 下段単位: 10³ JPY

リスクレベル区分	箇所数	工事費	コンサルタント費	事務管理費	物理的予備費	価格予備費	事業費
リスクレベル大 年潜在損失額 50 万 R\$以上 24 百万円以上	13	14,514 695,000	1,451 69,000	435 21,000	1,451 69,000	798 38,000	18,650 893,000
リスクレベル中 年潜在損失額 5-50 万 R\$ 2-24 百万円以上	54	27,528 1,318,000	2,753 132,000	826 40,000	2,753 132,000	1,514 72,000	35,374 1,693,000
合計	67	42,042 2,013,000	4,204 201,000	1,261 60,000	4,204 201,000	2,312 111,000	54,024 2,586,000

出典：JICA 調査団

12.5 洪水予警報システム概算費用

12.5.1 機器

洪水予警報に必要な観測機器と通信機器は以下の構成とした。

- ・ 自動計測の雨量計 (転倒ます式)
- ・ 自動計測の水位計 (レーダ方式)
- ・ データ・ロガー (観測記録保存)
- ・ ソーラ・パネルとバッテリー (電源確保)
- ・ 観測データを送信する変換器 (携帯電話回線 GPRS 方式)
- ・ マスター・ステーション(CEOPS)の受信システム (サーバー) とデータ・ベース
- ・ モニター・ステーション(Rio do Sul 市と Itajai 市) を結ぶ連絡網 (Internet)
- ・ モニター・センター(Florianopolis 市)を結ぶ連絡網 (Internet))
- ・ Internet によるリアルタイムの洪水情報システム

12.5.2 観測機器の概算費用

洪水予警報システムに必要とされる費用は、次の通りである。

表-12.5.1 洪水予警報システムの事業費

項目	費用 (R\$)	費用 (JPY)
1. FFWS 観測機器	2,350,000	112,000,000
2. 河川台帳の整備	938,000	45,000,000
3. トレーニング	296,000	14,000,000
4. コンサルタント費用	416,000	20,000,000
合計	4,000,000	191,000,000

出典：JICA 調査団

12.6 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システム概算費用

土砂災害・フラッシュフラッド予警報システム構築に必要な費用は以下の通りである。

表-12.6.1 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システム構築費用

項目	数量	単位	単価 上段 R\$ 下段 JPY	工事費 上段 R\$ 下段 JPY
雨量観測所				
機器	53	箇所	19,800 950,000	1,049,400 50,230,000
データサーバー及びライセンス	10	箇所	100,60 480,000	100,600 4,820,000
小計				1,150,000 112,011,970
VHS データ転送施設				
機器	10	箇所	110,000 5,270,000	1,100,000 52,660,000
インターネット接続サーバーおよび衛星通信インターネットシステム	3	箇所	16,670 800,000	50,000 2,390,000
小計				1,150,000 61,110,000
土砂災害・フラッシュフラッド予警報のデータ通信・蓄積・警報発信の計算機システム開発	1	式	1,700,000 116,960,000	1,700,000 116,960,000
合計				4,000,000 181,270,000

出典：JICA 調査団

計算機システムの年間維持管理費は開発費の 5%である。

第13章 マスタープランの経済評価

13.1 方法論

マスタープランにおける経済評価は、以下の条件にて算定する。

- ・ 費用・便益の価格は、2010年時の価格にて算定する。
- ・ 洪水緩和対策については、治水安全度、5年、10年、25年および50年にて必要とされる事業案について算定する。
- ・ 事業評価期間は50年とする。
- ・ 当経済評価は、各確率年に於ける事業の総費用と総便益の観点より行なう。
- ・ マスタープランの事業評価は、河川災害対策、土砂災害緩和対策および予警報を一括として評価する。
- ・ 評価は、財務分析、経済分析にて実施する。
- ・ 財務分析は、市場価格、経済分析は、市場価格から税金等の移転項目を除いた経済価格にて検討する。
- ・ 事業評価は、現在価値（NPV）、内部収益率（IRR）および費用便益比（B/C）にて行う。
- ・ NPVおよびB/C算定に適用する割引率は、一般的割引率（12%）および過去9年間のブラジル国銀行間貸し出し金利（CDI）および長期金利（TJLP）を参考にする。
- ・ 便益は、被害軽減額をベースに算定する。各確率年における被害は、洪水発生記録を基に各生起確率を算定し、各確率年別平均被害額を累計し、年平均被害軽減期待額を算定する。洪水被害低減による土地価格付加価値付与の効果が考えられるが、その部分についての考慮は行わない。
- ・ 各確率年被害額は、既往洪水被害額の情報をベースに推定する。なお、既往洪水の確率年は、水文分析の結果に基づくものとする。
- ・ 被害額算定の基準は、比較的被害情報の明確な、2001年10月洪水および2008年11月洪水を活用する。（節3.3.2を参照）
- ・ なお、上記2洪水の確率規模は、2001年10月洪水は7年確率、2008年11月洪水は50年確率とする。

13.1.1 マスタープラン推定事業費

当マスタープランにおいて提案される案の事業費は、下記の通りである。

表-13.1.1 各確率年提案事業費 (R\$ 10³)

	5年	10年	25年	50年
河川工事対策費	202,000	541,000	1,025,000	1,996,000
土砂災害対策費	54,000	354,000	54,000	54,000
洪水予警報	4,000	4,000	4,000	4,000
土砂災害予警報	4,000	4,000	4,000	4,000
総計	264,000	603,000	1,087,000	2,058,000

出典：JICA 調査団

13.1.2 換算率（経済評価）

経済価格は換算率を用いて算定する。税率は、現在ブラジル国にて課されている連邦税、州税、市税、社会負担金等に基づき、直接工事費に占める税率の割合を50%と推定し、経済価格への換算率は0.5を採用する。

13.1.3 割引率

費用/便益計算の割引率は、財務分析に関しては、銀行間預金証券（CDI）金利および経済分析に関しては、長期利子率(TJLP)をベースに算定する。

表-13.1.2 適用割引率

	財務分析	経済分析
割引率(1)	10.0 %	6.0%
割引率(2)	23.0 %	12.0 %
平均値		
一般的数値	12.0 %	12.0 %

出典：JICA 調査団

なお、上記割引率(1)は、ブラジル国経済が現状のまま安定した場合の数値であり、割引率(2)は、過去9年間の内の最高金利で経済が進んだ場合の数値である。

13.2 費用

13.2.1 市場価格事業費

治水レベル別の事業費の年度別配分は下記の通り想定した。年維持費は総事業費用の5%とし、下記の通り算定した。

表-13.2.1 市場価格事業費の年別想定予算 (R\$ 10³)

治水安全度	総事業費	年度別事業費					年維持費
		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	
5年	264,000	88,000	88,000	88,000			13,200
10年	603,000	201,000	201,000	201,000			30,200
25年	1,087,000	271,750	271,750	271,750	271,750		54,400
50年	2,058,000	411,600	411,600	411,600	411,600	411,600	102,900

出典：JICA 調査団

13.2.2 経済価格事業費

経済評価の事業費は、市場価格事業費に換算係数を乗じて算定した。治水レベル別の経済事業費配分および年維持費を下記の通りと推定した。

表-13.2.2 経済価格事業費の年別想定予算 (R\$ 10³)

治水安全度	総事業費	年度別事業費					年維持費
		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	
5年	132,000	44,000	44,000	44,000			6,600
10年	302,000	100,667	100,667	100,667			15,100
25年	544,000	136,000	136,000	136,000	136,000		27,200
50年	1,029,000	205,800	205,800	205,800	205,800	205,800	51,500

出典：JICA 調査団

13.3 便益

13.3.1 便益算定の方法

便益は、治水対策による被害軽減額とする。損失は洪水対策事業実施により損失が改善されるとして、下記に示す経済的損失による災害被害軽減効果を便益として計上した。

- ・ 緊急活動費用
- ・ 復旧事業費用
- ・ 経済活動部門での損失（農業部門、サービス・運輸部門）

これに加え、各確率年対策事業では、洪水被害軽減土地での価格付与効果があるが、当評価では考慮しない。上図の内、人的被害に関するものは、被害額算定が困難なことより計量は行わず、社会的被害として計上した。

緊急活動費用は、災害に伴う洪水避難、緊急食料・医療費、公共衛生の強化および犯罪防止に関わる費用を便益として計上した。

復旧事業費は、災害復旧事業として実施した港湾、道路、電力、上下水、学校、病院等の事業に要した費用を便益として計上した。

経済活動部門での損失は、災害が発生しなかった場合による生産予測額と被害年の生産額の差額を計上した。なお、計上した項目は、農業生産部門での被害、サービス運輸部門とした。農業生産部門は、農業生産量の減量部門を額として計上し、サービス・運輸部門の損失は、推定した流通税減少額から算定した地域生産額減額部分を計上した。

13.3.2 市場価値便益

市場価値便益は、各確率年別推定被害額を基に洪水の生起確率を乗じて算定した確率年別年平均被害額を累計し年平均被害軽減期待額として算定した。尚、詳細はサポーティング・レポート（H）経済分析に記載している。

表-13.3.1 各確率年別市場価値便益（R\$百万）

治水安全度	想定被害額	年平均被害軽減額
5 年	498.6	157.3
10 年	1,000.6	232.3
25 年	2,767.7	345.3
50 年	6,902.1	442.0

出典: JICA調査団

13.3.3 経済価値便益

経済価値便益は、市場価値便益に換算係数を乗じて算定した。

表-13.3.2 各確率年別経済価値便益（R\$百万）

治水安全度	想定被害額	年平均被害軽減額
5 年	249.3	78.7
10 年	500.3	116.1
25 年	1,383.9	172.7
50 年	3,451.1	221.0

出典: JICA調査団

13.4 財務・経済評価

13.4.1 財務評価

市場価格にて算定した財務評価結果は、下記の通りである。

表-13.4.1 財務評価結果

評価方法		5年確率	10年確率	25年確率	50年確率
FIRR		38.2%	26.1%	19.9%	12.7%
割引率 (10%)	B/C	3.69	2.38	1.89	1.24
	ENPV(R\$10 ⁶)	851.5	1,001.4	1,101.1	516.4
割引率 (23%)	B/C	1.77	1.14	0.85	0.52
	ENPV(R\$10 ⁶)	159.7	67.9	- 112.7	- 630.3
割引率 (12%)	B/C	3.21	2.07	1.63	1.06
	ENPV(R\$10 ⁶)	639.2	710.2	707.1	110.0

出典：JICA 調査団

財務評価結果では、内部収益率は、10年治水レベル事業で26.1%に達し、50年治水レベル事業でも12.7%に達している。費用便益比(B/C)は、割引率10%/年および12%/年では、1以上となっているものの、2003年時のCDI率である23%/年の場合、25年治水レベル以上で1以下となっている。現在価値(FNPV)に関しても同様であり、CDI率が23%/年の場合、マイナスとなっている。ただし、近年のCDI利子率は、10%/年から12%/年で変動しており、事業実施の経済的妥当性は高いものと判断できる。50年治水レベル事業を実施しても財務評価結果では十分な便益が見込め、事業実施の妥当性は高い。

13.4.2 経済評価

経済評価は、換算値を用い税金等を除外した価格にて算定した。経済評価結果は下記の通りである。

表-13.4.2 経済評価結果

評価方法		5年確率	10年確率	25年確率	50年確率
EIRR		38.2%	26.1%	19.9%	12.7%
割引率 (6%)	B/C	5.05	3.26	2.64	1.75
	ENPV(R\$10 ⁶)	825.4	1,053.3	1,317.4	1,090.8
割引率 (10%)	B/C	3.69	2.38	1.89	1.24
	ENPV(R\$10 ⁶)	425.8	500.1	550.0	257.9
割引率 (12%)	B/C	3.21	2.07	1.63	1.06
	ENPV(R\$10 ⁶)	319.6	354.6	353.1	54.8

出典：JICA 調査団

経済費用・便益による計算結果では、非常に高い内部収益率、費用便益効果を示している。この結果は、事業実施の妥当性を示している。

13.4.3 総合評価

イタジャイ流域は、河口域を中心とした経済成長のトレンドを示している。イタジャイ川流域の経済的重要性は、年々高まっており、新しい投資の機運も高まっていることより、災害に強い体制を構築することが年々、重要になっている。

財務評価、経済評価結果でも対策事業の実施は、投資に見合う便益が期待できることから、事業の妥当性は高いと判断でき、50年確率対象事業を実施しても投資に見合う便益が期待できる。

第14章 マスタープランの事業実施計画

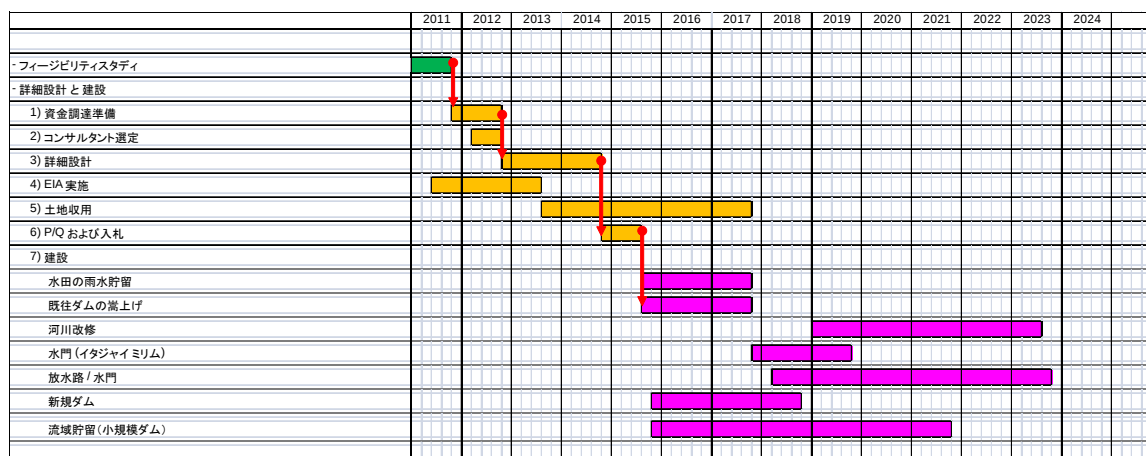
14.1 実施計画

14.1.1 洪水災害緩和の構造物対策

事業実施計画策定にあたっての条件は、以下のように設定した。

- i) 各マスタープランの実施に当たっては、フィージビリティ調査終了後、直ちに州政府は事業の予算化を含む資金調達を行うと想定した。
- ii) 治水安全度が25年や50年になると、その実現には膨大な事業費と期間を要する。現実的には、段階的な事業実施計画となり各段階で資金調達を含めた予算化が必要となるが、治水安全度が未決定でもあり、マスタープランの事業実施のための予算化の期間は1年とし各マスタープランで共通とした。
- iii) 予算化と並行して、EIAのプロセスを開始する。2年間のEIAプロセスの終了後に、土地収用と住民移転を開始する。
- iv) 水田貯留を除く、各マスタープランのコンポーネントの実施は請負工事で実施する。事前審査と入札の期間を1年間と想定した。
- v) 構造物対策の詳細設計と施工管理に関しては、コンサルタントを調達する。
- vi) 工事期間は、工事規模により1.5年から6年間と想定した。

50年治水安全度に対する事業実施計画を図-14.1.1に示す。



出典：JICA 調査団

図-14.1.1 50年治水安全度に対する事業実施計画

14.1.2 土砂災害緩和の構造物対策

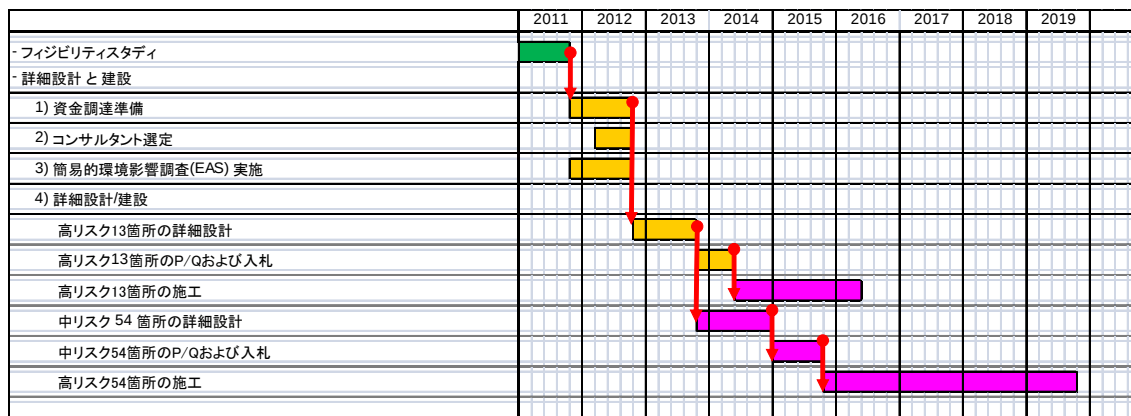
優先事業の選定箇所の67箇所を、リスクレベルが大きい（年潜在損失額50万R\$以上）13箇所とリスクレベルが中位（年潜在損失額5万R\$～50万R\$）の54箇所に分けてリスクレベルが大きい方から優先的に実施する事業計画とする。

事業実施計画策定にあたっての条件は、以下のように設定した。

- i) フィージビリティ調査終了後、直ちに州政府は事業の予算化を含む資金調達を行うと想定した。
- ii) 予算化と並行して、EAS（Estudo Ambiental Simplificado）のプロセスを開始し、そのプロセスを1年間と想定する。

- iii) 実施は請負工事で実施する。事前審査と入札の期間を1年間と想定する。
- iv) 詳細設計（測量/試験を含む）と施工管理に関しては、コンサルタントを調達し、コンサルタントは詳細設計と施工管理を一貫して行う。
- v) いずれも道路に関わる土砂災害対策であり、道路用地内での事業とし、新たな土地収用は発生しない。
- vi) 工事期間は、工事規模によりリスクレベルが大きい13箇所を2年、リスクレベルが中位の54箇所を4年間と想定した。

事業実施計画を図-14.1.2に示す。

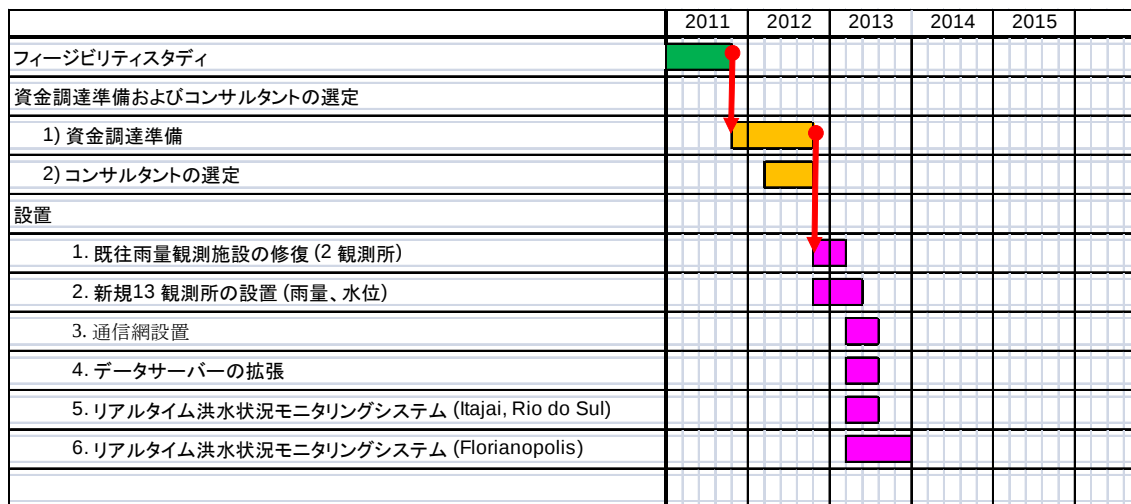


出典：JICA 調査団

図-14.1.2 土砂災害の構造物対策に対する事業実施計画

14.1.3 洪水予警報システム

既設の洪水予警報システムの観測ネットワークを強化するために、水文観測機器、通信機器、コンピュータシステムの調達・設置を行う。図-14.1.3に実施計画を示す。



出典：JICA 調査団

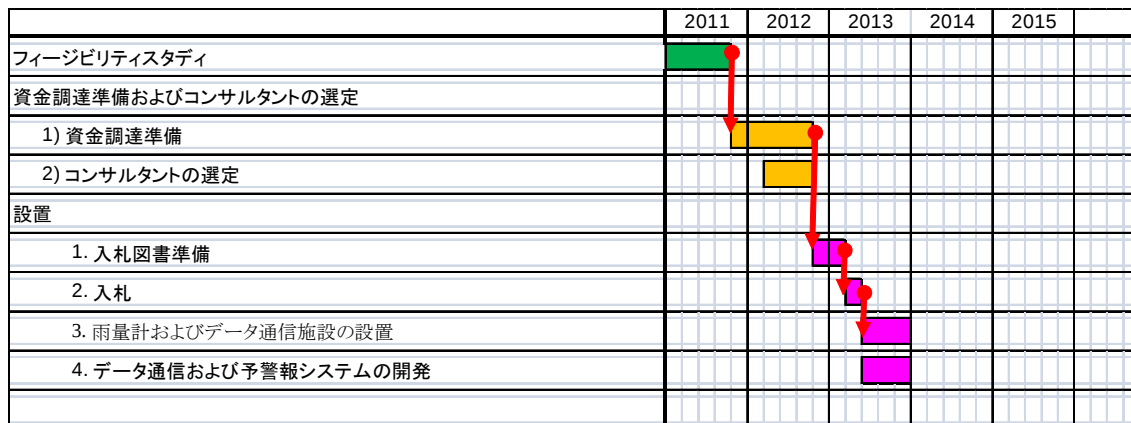
図-14.1.3 洪水予警報システムの実施計画

節 12.5 で述べたように、洪水予警報システムが強化された後、現場技術者（モニター・ステーションとモニター・センター）への研修と河川台帳の整備を実施する。

14.1.4 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システム

新たに雨量指標による土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムを構築するため、雨

量計および通信機器、コンピュータシステムの調達・設置を行う。図-14.1.7 に実施計画を示す。



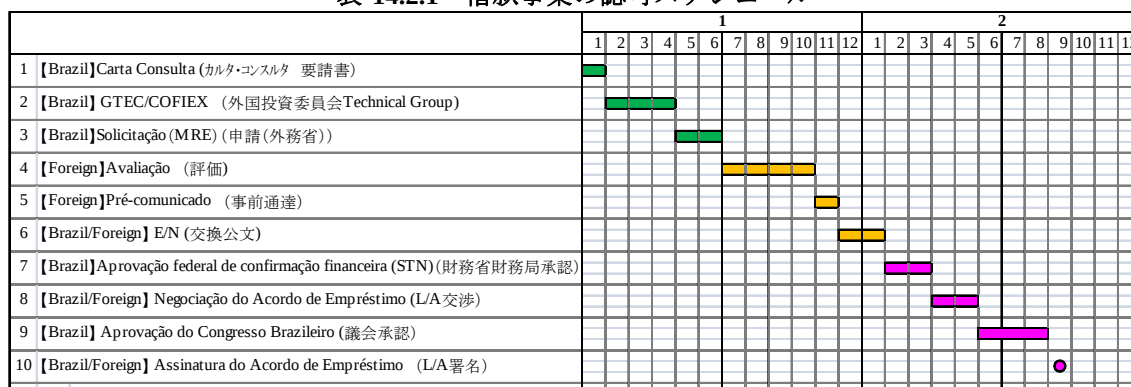
出典：JICA 調査団

図-14.1.4 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの実実施計画

14.2 ブラジル国における外国資金の調達プロセス

ブラジル国における外国資金調達のスケジュール例を、下表-14.2.1 に示す。SC 州政府が企画予算管理省の手続きに基づく要請書を作成し、企画予算管理省に提出された後から L/A 締結までの流れを示している。下表に示すように、ブラジル国内での手続きに約 6 ヶ月程度の期間を要する。

表-14.2.1 借款事業の認可スケジュール



出典：JICA ブラジル事務所

第15章 マスタープランに対する提言

15.1 洪水災害緩和対策マスタープランに対する提言

洪水災害緩和対策マスタープラン策定の目標となる治水安全度（洪水の防御レベル）は、通常は計画対象となる洪水の発生確率や再現期間で表現される。治水安全度は、河川の大きさに加え、国家や地方の経済活動面から見た流域の重要度や発展性、流域の人口や土地利用、資産状況、等から政策的に決定されるものである。長期的な民生安定という観点から見れば、極力高レベルの治水安全度が本来的には望ましいが、その実現には膨大な事業費と期間を必要とする。

ブラジル国では河川の重要度に応じて治水安全度のあり方が設定されておらず、法律No.9,433,08/01/1997 で洪水対策を含む水資源管理を流域単位で実践することを基本にしている。本調査では、5年確率、10年確率、25年確率、及び50年確率洪水の防御を目標とする洪水災害緩和対策の各マスタープランを策定した。今後、州政府やイタジャイ川流域委員会との討議から、イタジャイ川流域にとって最も望ましい治水安全度が決定されることになる。以下に、洪水災害緩和対策マスタープランに対する提言を述べる。

- i) イタジャイ川流域委員会が2010年3月に策定したイタジャイ川流域水資源管理マスタープランで「洪水と渇水対策の統合」として、小流域（Micro basin）における流域貯留（小規模ダム）の開発や水田への雨水貯留プログラムの推進が掲げられている。小規模ダムはため池を建設して乾期の灌漑用水不足に対応するものであるが、小洪水の貯水が行えることから流域内に数多く開発すれば、水田への雨水貯留と同様に洪水流出を遅らせる意味で有望と考えられる。各治水安全度のマスタープランでも、これらの流域対策はコンポーネントとして提案されており、優先して推進すべきである。
- ii) イタジャイ川流域委員会は、小規模ダムとして極小規模なため池を多数建設することを考えているようである。今回の検討では時間的制約もあり、等高線間隔20mの古い5万分の1地形図をベースにして、丘陵地の小河川にため池候補地を選定した。極小規模なため池を耕作地や牧草地に多数建設することも、提案した小規模ダムの代替案としてなり得る。但し、5年確率洪水に対して、必要となる小規模ダムの容量は約8百万 m^3 であることから、100m四方の深さ1mの極小規模なため池が（容量は1万 m^3 ）約800個程度必要となる。10年や25年確率洪水では、其々約2,800個と4,100個が必要となる。小規模ながらも上流域の小河川に、ある程度の貯水容量を有するダムを複数建設する方がより現実的と言える。
- iii) Oeste ダムと Sul ダムの嵩上げは、25年確率洪水と50年確率洪水の治水安全度から必要になる。各ダムとも目標確率年よりも小さな確率洪水に対しては、ゲート全閉の運用で対応可能であるが、反面、余水吐の越流リスクを高めることになる。従って、越流リスクを低めるためにも、両ダムの嵩上げが必要になる。
- iv) ダムを適切に運用するためには、各時間のダム流入量を正しく把握する必要がある。一般的には、ダム流入量は貯水量の変化（貯水位の変化）と放流量から算定する。このため、ダム管理者は、ダムの H-V カーブ（貯水位と貯水量の関係）、H-Q カーブ（貯水位、ゲート開度と放流量の関係）を整備しておかなければならない。ダム管理者である DEINFRA や SELESC に問い合わせたが、現在のところ H-V、H-Q とともに保有していないとのことである。また、ダムの竣工図面自体もほとんど残っておらず、大きな問題である。H-V カーブは、現在作成中の1万分の1地形図の完成後に精度の高いカーブを作成可能である。H-Q カーブは水理計算で新たに整備しておく必要がある。ダムを適切に管理・運用するためにも、これらの基礎情報の整備が望まれる。

- v) マスタープランの策定では、洪水時に氾濫する河川沿いの牧草地や畑地は遊水効果により洪水の流出を遅らせる効果があることから、遊水効果を積極的に活用して、「洪水を散らす洪水災害緩和対策」を立案した。よって、マスタープランの策定に用いた計画の確率洪水流量は、遊水効果を低下させる可能性の高い将来の開発（土地造成、宅地化等）による下流域への洪水流量の増加は考慮していないことに注意を要する。
- vi) 特に、Itajai 市の計画洪水流量は、イタジャイ川が溪谷から平野部に流れ出る Gaspar 市から Itajai 市にかけての広大な氾濫原の流量低減効果を前提として算定されている。遊水効果を低下させる氾濫原の開発行為に対しては、可能な限り規制しなければならないが、開発を行う場合には調整池などの流出抑制策を義務化するか、上流域で更なる貯水施設を建設して下流への流量増を補償することが必要になる。このような市の行政域を越えた流域内の調整は、州政府が担当すべきである。
- vii) 洪水予警報システムの課題として、河川管理者の不在が指摘されている。イタジャイ川流域委員会が水資源管理計画の策定を担うことになっているが、河川管理の責任主体としては無理がある。洪水対策に係る計画や工事実施の政策的判断が要求されることから、河川管理は公的な行政機関が担当すべきと考えられる。持続的開発局（SDS）水資源部は、主に水資源管理（現在は主に利水であるが）や気象水文情報システムなどの分野を担当しており、河川管理も担当すべきである。
- viii) 上記に関連して、適切な河川計画や河川管理のためには、雨量、流量、水位に加え、河道状況を把握しなければならない。流量は水位から計算されるため、H-Q カーブ（河川水位と流量の関係）を作成しておく必要がある。H-Q カーブは水位観測所での河道断面測量や平常時や洪水時の流量観測により作成する。流量観測はそれぞれ1年に1回ずつ実施し、信頼性の高いH-Q カーブを更新していくことが望ましい。また、河道内の土砂堆積は、河道の通水能力に影響するため、河道断面についても定期的に測量することが望ましい。測量するにあたっては、基準点を定めて河道形状の変化を把握できるようにしなければならない。測量の間隔は3年～5年程度として、毎年順番に実施する。これらの基礎データは、データベースとしていつでも利用可能できる状態にしておく必要がある。雨量や水位の観測については、定期的なメンテナンス、機器の更新をスケジュール化する必要がある。

15.2 土砂災害・土砂生産緩和対策マスタープランに対する提言

提言は下記の通りである。

- i) 本マスタープランの対象はイタジャイ川流域であるが、土砂災害・フラッシュフラッド予警報の設置は SC 州全体に適用し、システム開発に係る費用を効率化すべきである。いずれの市にもリスクの差はあるが土砂災害・フラッシュフラッドの危険性があり、各市に1箇所以上の自記雨量計を設置すべきである。
- ii) 予警報発令に用いる基準値は、単位時間当たりの雨量（30 分間雨量等）をベースに行う。基準値は2つの雨量指標の組み合わせ（例えば 90 時間雨量と 48 時間雨量の組み合わせ）ではなく、一つの数値で示せるものが望ましい。一つの数値とすることで、設定した警報基準値の危険度を確率年で評価する解析が可能になる。警報発令時には、「10 年間で最も土砂災害・フラッシュフラッドの危険性が高まっている」等の危険度が実感できる広報をすることが肝要である。
- iii) 本予警報システムは新たに導入するものであり、警報発令時には、洪水予警報と同じ体制で臨むべきである。市が土砂災害・フラッシュフラッド危険地を特定し、警報発令時の避難先と避難ルートを予め決め、市民や関連機関を訓練しておくことにより人身損失の回避効果が向上する。Blumenau 市が作成しているように、詳細な土

砂災害ハザードマップは有効な基礎資料となる。また、Ilhota 市では、区域の災害危険時の連絡・対応に当たる代表者を選任している。これらの市の取り組みを、他市でも展開すべきである。

- iv) 造成事業に関わる災害対策としては、事業者（州および市）で行われる設計審査の強化と、州政府による設計・施工管理技術者の訓練が必要である。
- v) 造成により降雨の地表流出成分が増すため、洪水流出が助長される。助長を防止するためには、降雨流出調整施設の設置に関する技術基準を整備し行政指導を行うべきである。
- vi) 土砂災害の構造物対策は、同時に土砂生産軽減対策を兼ねるものである。裸地化している斜面を緑化し、倒木の危険が無い緩斜面や道路谷側斜面では炭素固定による気候変動対策にも資する木本類を導入すべきである。
- vii) 土砂生産対策として有効な対策は、崩壊裸地の植林、河畔林による河岸浸食防止である。水資源、森林、環境保全を主目的とし、土砂生産緩和にも資する多目的事業として推進することが考えられる。イタジャイ川流域管理マスタープランで提案されている河畔林回復プログラム、水源涵養地区の保全を目標とした市植林活動を推進すべきである。
- viii) イタジャイ川流域内で顕著な河床上昇により経済損失が発生しているのは、イタジャイ港が唯一である。しかし、イタジャイ港への流入土砂量、浚渫量は計測されていない。これらを計測し、海からの流入も含めて湾内の土砂堆積メカニズムを明らかにすることが必要である。UNIVALI 等大学に研究・水理実験を依頼するのも一案である。これらの成果により、イタジャイ港の合理的な堆積土砂軽減対策を立案すべきである。

第16章 フィージビリティスタディの対象となる優先事業の選定

16.1 洪水対策の優先事業選定

16.1.1 治水安全度の選定経緯

フェーズ 1 調査は防災対策マスタープランを取りまとめたインテリムレポートを州政府に提出し、2010年12月18日に終了した。また、12月10日と13日に州政府に説明し、円借款供与の可能性が想定される優先事業（F/S対象事業の選定）の選定について協議した。

洪水災害緩和対策マスタープラン策定の目標となる治水安全度（洪水の防御レベル）は、通常は計画対象となる洪水の発生確率や再現期間で表現される。治水安全度は、河川の大きさに加え、国家や地方の経済活動面から見た流域の重要度や発展性、流域の人口や土地利用、資産状況、等から政策的に決定されるものである。

ブラジル国では、河川の重要度に応じて治水安全度のあり方が設定されていないこと、法律 No.9,433, 08/01/1997 において洪水対策を含む水資源管理を流域単位で実施することを基本にしている。本調査に係る実施細則（Scope of Works）には5年確率、10年確率、25年確率の各洪水に対応する3つの洪水災害緩和対策のマスタープランを作成するよう記載されているが、カウンターパート会議での要望もあり、50年確率洪水も追加することになった。

多くの関連行政機関、大学、市政府、イタジャイ川流域委員会との意見交換を通して洪水防御対象地区を選定し、5年確率、10年確率、25年確率、及び50年確率洪水の防御を目標とする洪水災害緩和対策の各マスタープランを策定した。

2010年11月16日から18日にかけて開催された公聴会（Itajai市、Blumenau市、Rio do Sul市）、及び11月29日に開催されたカウンターパート会議における意見聴取結果を踏まえ、州政府はイタジャイ川で目標とする治水安全度を50年確率規模とする方針である。

16.1.2 治水安全度50年の治水計画の概要

(1) イタジャイ川流域委員会の決議書第40号

マスタープラン策定の基本方針（節5.3参照）と選定された洪水防御対象地区（節8.2参照）に関しては、2010年7月28日にイタジャイ川流域委員会に説明し、8月11日にもイタジャイ川流域委員会の防災部会グループとの会議でも説明した。最終的に、イタジャイ川流域委員会で9月23日に開催された総会で議決され、10月7日に決議書第40号が委員長名で承認された。

(2) 50年確率洪水防御計画

50年確率洪水の場合、イタジャイ川本流とイタジャイミリム川沿いの主要都市である Taio 市、Rio do Sul 市、Ituporanga 市、Timbo 市、Blumenau 市、Gaspar 市、Ilhota 市、Itajai 市および Brusque 市で河道の流下能力を越え洪水氾濫が発生する。50年確率洪水に対する洪水防御計画の概要は以下の通りである。

- i. イタジャイ川中流から上流域にかけての水田の雨水貯留（計 22,000 ha）、流域貯留（小規模ダム）（計 41 百万 m^3 ）、Sul および Oeste 両ダムの嵩上げ（各 2.0 m）、発電ダムの予備放流運用（4.9 百万 m^3 ）等の流域対策を実施する。
- ii. 流域対策だけでは限界があるため、Rio do Sul 市、Taio 市、Timbo 市に対しては築堤による流下能力の増強、Blumenau 市は APP（河川沿いの恒久的保護地域）を設け高水敷を確保し、道路兼用堤防を設置する。

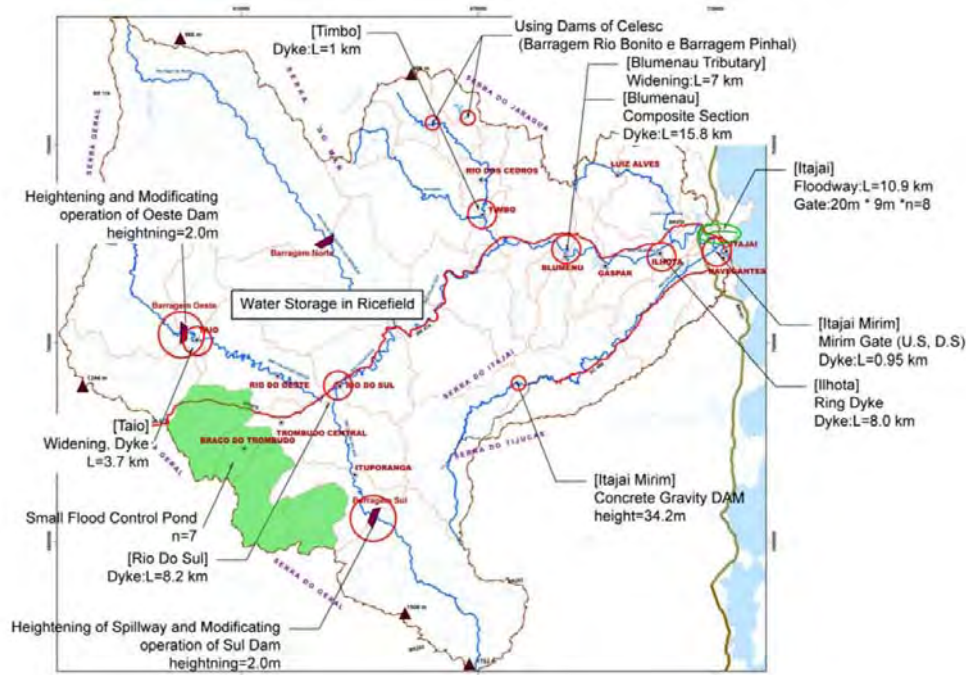
- iii. Itajai 市では、イタジャイミリム川は水門と堤防とするが、イタジャイ川本川は築堤に比べて経済的に有利な放水路（BR-101 号線交差部下流～Navegantes 海岸）とする。
- iv. イタジャイミリム川では、Brusque 市に加え、新河道（Canal）でも通水能力を超過する。これらを同時に解決するために、イタジャイミリム川上流に治水専用ダムを新設する（調節容量約 15.7 百万 m³）。
- v. Blumenau 市に流れ込む Garcia 川、Velha 川では、APP を設け、高水敷として盤下げして通水能力を増強する。また、イタジャイ川本川との合流部は、本川の背水の影響を回避するために築堤を行う。
- vi. ただし、2008 年 11 月に発生したような土砂を含むフラッシュフラッドは通常の治水施設では対策が難しく、土砂災害の予警報システムにより人命を最優先する対策とする。

表 16.1.1 及び図 16.1.1 に、50 年確率洪水防御計画の事業費と位置図を示す。

表-16.1.1 50 年確率洪水防御計画の事業費

計画事業	費用 (R\$ 10 ³)	用地取得及び移転費 用 (R\$ 10 ³)	
	上段 R\$ 10 ³ 、下段 JPY10 ³		
水田の雨水貯留 (22,000 ha)	33,000 1,600,000	-	
ダムの嵩上げ (2 ダム)	33,000 1,600,000	-	
流域貯留 (小規模ダム) (7 ケ所)	211,000 10,100,000	112,100 5,400,000	(53%)
ミリム川水門 (2 か所)	44,000 2,100,000	-	
洪水放水路 (10.9 km)	593,000 28,400,000	29,400 1,400,000	(5%)
Brusque 市、治水ダム (1 基)	95,000 4,500,000	15,900 800,000	(17%)
Taio 市、河川改修 (3.7 km)	114,000 5,500,000	54,000 2,600,000	(47%)
Rio do Sul 市、河川改修 (8.2 km)	268,000 12,800,000	205,200 9,800,000	(77%)
Timbo 市、河川改修 (1.0 km)	22,000 1,100,000	13,400 600,000	(61%)
Blumenau 市、河川改修 (15.8 km)	267,000 12,800,000	231,000 11,100,000	(88%)
Blumenau 市、2 支川改修 (7.0 km)	196,000 9,400,000	171,500 8,200,000	(88%)
Ilhota 市、輪中堤 (8.0 km)	70,000 3,400,000	61,500 2,900,000	(88%)
ミリム川改修 (950 m)	50,000 2,400,000	32,200 1,500,000	(64%)
合計	1,996,000 95,500,000	926,500 44,300,000	(46%)

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図-16.1.1 50 年確率洪水防御計画の位置図

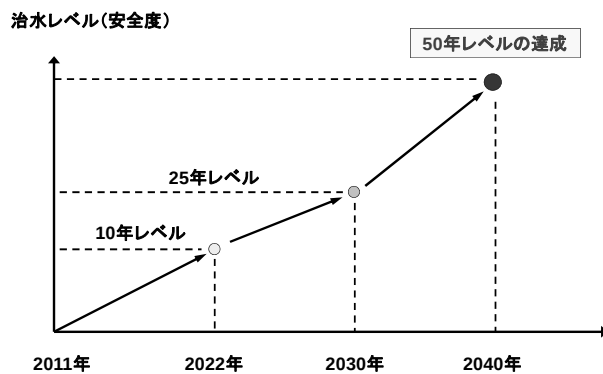
(3) 洪水予警報システム（FFWS）の強化計画の概要

洪水予警報システムは、現在、FURB/CEOPS によって実施されており、その観測ネットワークは 16 か所の雨量・水位観測所と 2 か所の雨量観測所から構成されている。洪水予測の精度を上げるために、新たに 13 か所の雨量・水位観測所を増設し、Rio do Sul、Blumenau、Itajaí の 3 市に CCTV を設置する。事業費は約 R\$ 4 百万である。

16.1.3 治水安全度 50 年の治水事業の段階的整備

(1) 優先度を設定した実施戦略

イタジャイ川流域で 50 年確率洪水に対する安全規模を達成するためには、約 R\$ 20 億に及ぶ膨大な予算が必要であり、全ての整備を行うためには多大な時間を要する。したがって、当面は優先度をつけた治水施設の段階整備を行い、安全度を徐々に上げていくことと、非構造物対策（洪水予警報システムの強化）を併用することにより氾濫による被害を緩和していくことが重要である。



出典：JICA 調査団

図-16.1.2 治水事業の段階的整備のイメージ

(2) 第1期事業のための優先事業の選定

段階的整備に当たっての第1期治水事業の整備目標は、州政府の事業実施のための予算配分の規模（投資可能額）にもよるが、暫定計画として10年程度の治水レベルの設定が妥当と考えられる。

表16.1.2及び表16.1.3に、各治水安全度に対する計画事業と概要を示す。各治水安全度の治水計画策定に当たっては、各確率洪水に対して個々に独立して策定したことに注意を要する。

特に、Itajai市では10年や25年洪水に対してはイタジャイ川沿いの片堤防が提案されたが、50年洪水に対しては放水路が提案されている。よって、事業投資が将来の整備目標との矛盾を避けるために、段階的整備ではイタジャイ川沿いの片堤防は実施しないことになる。逆に、治水効果の発現面からみれば、放水路は計画対象となる50年洪水以下の洪水、つまり、5年、10年、25年の各洪水に対しても相当な治水効果があり、10年や25年洪水に対して提案されたイタジャイ川沿いの片堤防の計画は不要となる。この意味では、次項で述べるように実現に向けて解決すべき課題は多いが、第2期事業としては有望と考えられる。

表16.1.3では、提案された各事業を、イタジャイ川流域委員会や流域住民の理解を得られやすいように流域対策 (Basin storage) と河道対策 (River improvement) の大きく二つのカテゴリーに分けた。流域対策は「貯留による洪水流量の低減策」を、河道対策は「河道改修による流下能力の増強策」を意味する。

表-16.1.2 各治水安全度における計画事業

対策	事業	5年	10年	25年	50年
流域対策	水田の雨水貯留	○	○	○	○
	流域貯留（小規模ダム）	○	○	○	○
	治水ダムの嵩上げ（Oeste ダム）			○	○
	治水ダムの嵩上げ（Sul ダム）				○
	新規の治水ダム（ミリム川）				○
	治水ダムのゲート運用の変更（2 ダム）	○	○	○	○
	利水ダムの貯水池運用の変更（2 ダム）		○	○	○
河道対策	Rio do Sul 市、イタジャイ川			○	○
	Taio 市、イタジャイ川			○	○
	Timbo 市、ベネゼット川			○	○
	Blumenau 市、イタジャイ川				○
	Ilhota 市、輪中堤			○	○
	Blumenau 市、Garcia 川、Velha 川	○	○	○	○
	Itajai 市、イタジャイ川		○	○	
	Itajai 市、放水路				○
	Itajai 市、ミリム川、水門と河道改修	○	○	○	○

出典：JICA 調査団

表-16.1.3 各治水安全度における計画事業の概要

対策	事業	5年	10年	25年	50年
流域対策	水田の雨水貯留	22,000ha	22,000ha	22,000ha	22,000 ha
	流域貯留（小規模ダム）	2 nos	5 nos	7 nos	7 nos
	治水ダムの嵩上げ（Oeste ダム）			2m	2 m
	治水ダムの嵩上げ（Sul ダム）				2 m
	新規の治水ダム（ミリム川）				1 no
	治水ダムのゲート運用の変更	2 ダム	2 ダム	2 ダム	2 ダム

対策	事業	5 年	10 年	25 年	50 年
	利水ダムの貯水池運用の変更		2 ダム	2 ダム	2 ダム
河道対策	Rio do Sul 市、イタジャイ川			下流 10.3 km 掘削	8.1 km 築堤
	Taio 市、イタジャイ川			3.7 km 掘削	3.7 km 築堤
	Timbo 市、ベネゼット川			1 km 掘削	1 km 築堤
	Blumenau 市、イタジャイ川				15.8 km 築堤
	Ilhota 市、輪中堤			8 km	8 km
	Blumenau 市、Garcia 川、Velha 川	7.0 km 掘削/ 築堤	7.0 km 掘削/ 築堤	7.0 km 掘削/ 築堤	7.0 km 掘削/ 築堤
	Itajai 市、イタジャイ川		12.8 km 片堤	12.8 km 片堤	
	Itajai 市、放水路				10.9 km
	Itajai 市、ミリム川、水門と河道改修	2 nos、 0.95 km 築堤	2 nos、 0.95 km 築堤	2 nos、 0.95 km 築堤	2 nos、 0.95 km 築堤

出典：JICA 調査団

第 1 期事業のための優先事業の選定に当たっては、以下の点を考慮すべきである。

- ・ イタジャイ川洪水対策事業を実施する上で、流域開発計画の承認及び水資源に関する調整機関であるイタジャイ川流域委員会の意向を優先事業に取り込むことは、合意形成上大変重要である。水田の雨水貯留、流域貯留（小規模ダム）等の流域対策を推進することは、イタジャイ川流域水資源管理マスタープランでも提案されており、イタジャイ川流域委員会の意向である。これらの流域対策は優先順位は高い。
- ・ 整備目標は治水安全度 50 年であり、第 1 期の治水事業は暫定計画である。整備目標が達成されるまでかなりの時間を要するため、整備が完了するまで低い治水安全度にならざるを得ないことから、洪水被害の緩和や人身損失回避の面からも洪水予警報システムの強化の優先度は非常に高い。
- ・ 治水対策の緊急度の高い都市は、Rio do Sul 市、Blumenau 市の 2 支川沿い（Garcia 川と Velha 川）、Itajai 市である。
- ・ ダムの嵩上げは 25 年確率洪水の治水レベルで必要になるが、現況では余水吐の越水頻度が高いため、より低い治水レベルでも嵩上げの方が安全度が高い。
- ・ Itajai 市の洪水氾濫問題は放水路で抜本的に解消されるが、放水路の建設は放水路および沿岸の土砂移動や塩水遡上の環境問題など検討すべき課題が多い。緊急度は高いが環境面等での問題の解決のための調査に時間をかけることが先決である。また、公聴会でも指摘されたように、非洪水時の放水路の利用方法も検討する必要がある。
- ・ Itajai 市の旧ミリム川沿いは、通水能力不足から 5 年確率以下の洪水でも浸水問題が慢性的に発生するため、旧ミリム川沿いの浸水対策の緊急度は高い。
- ・ Blumenau 市の Garcia 川と Velha 川は河川沿いに家屋が密集する典型的な都市河川であり、事業費に占める土地収用費や移転費用の割合は 5 年の治水レベルで 97%、10 年の治水レベルで 89%で、ほとんど大部分が土地収用費や移転費用である。緊急度は高いが、移転対象住民との合意形成や移転先確保に長期間を要する。
- ・ 流域貯留（小規模ダム）については、当初本マスタープラン作成までには完成する予定であった航空写真及び 1 万分の 1 地形図の作成が遅れて提供されなかったため、古い 5 万分の 1 地形図（等高線間隔 20m）を用いてため池候補地を選定した。しかし、F/S に必要な精度を保つためには 1 万分の 1 地形図が必須であるものの、F/S 調査にも完成が間に合わない見込みであるため、小規模ダムは F/S 対象としない。

上記の判断から、第1期事業のF/S調査対象案件として、下記が考えられる。

水田の雨水貯留

- ・ 治水ダムのゲート運用の変更とダムの嵩上げ（2ダム）
- ・ 利水ダムの貯水池運用の変更
- ・ 洪水予警報システムの強化
- ・ Itajai 市ミリム川の水門設置と河道改修

流域貯留（小規模ダム）は、イタジャイ川流域水資源管理マスタープランで提案されている流域保全事業として、イタジャイ川流域委員会の主導の下で第1期事業とは独立した並行事業として実施されるべきと考えられる（12月7日の打ち合わせで流域委員会も同意見であった）。もし進捗が遅れるようであれば、第2期の事業にマスタープランで提案された小規模ダムの建設を請負工事方式で行うことになる。

16.1.4 環境社会配慮面を考慮した事業の評価

50年確率規模の洪水対策に含まれる各事業に関して、工事費用、事業の社会的緊急度（浸水頻度の高い場所に対する対策かどうか）、環境及び社会への影響、下流への悪影響、技術的難易度、便益の発現にかかる時間、合意形成の難易度に関して3段階の評価を行った。それぞれに点数をつけ、総合評価を実施した。

表 16.1.4 に、50年規模の治水事業すべてに対する評価表を示す。

表-16.1.4 優先事業の選定（1/2）

評価要素	水田貯留	ダム運用改善・嵩上げ	小規模ため池	ミリム川水門	洪水放水路	ミリム川新規治水ダム
工事費用 (R\$)	33,000 (A)	33,000 (A)	211,000 (B)	44,000 (A)	593,000 (C)	95,000 (A)
対策が必要となる治水安全度	5年	10年	5年	5年	5年 (堤防を建設しないため)	50年
治水安全度からみた社会的緊急度	(A) 効果の面で他のコンポーネントより劣るが、まず実施すべき流域対策である。	(A) 浸水が頻発するRio do Sulの安全度向上、ダム容量不足によるTaioの浸水被害の防止のため緊急度が高い。	(A) 浸水が頻発するRio do Sulの安全度向上のため緊急度が高い。Itajai do Oeste川沿いの浸水対策のため緊急度は高い。	(A) 5年確率以下の洪水でも発生するItajai市のミリム川沿いの浸水対策のため緊急度は高い。	(A) 経済規模の大きいItajai市の氾濫防止に貢献できるため、緊急度と必要度は高い。	(C) 25年確率洪水までは不要であるため、緊急度は低い。
社会影響	(A) 洪水時のみ農地に影響があるが、頻度が少ない。	(A) 嵩上げに伴い67 haの地区が湛水する可能性があるが、地域は牧草地として利用されているため、影響はわずかなものである。	(B) 農業利用する際は、湛水域内の土地収用・住民移転が多少発生する可能性がある。	(A) 工事に伴う周辺への社会的影響はない。	(C) 土地収用・住民移転、社会的分断、新たな橋梁の建設など、社会的影響が大きい。	(C) 新規の大型ダムのため、土地収用・住民移転等が少なからず発生する。
自然環境影響	(A) 自然環境へのインパクトは小さい	(A) 同左	(B) ダムで水をせき止めるため、生態系への影響がある。	(A) ミリム川の旧河道への対策のため、締切の影響は少ない。	(B) 河道および沿岸の土砂収支や塩水遡上の問題など事前に検討すべき課題が多い。	(B) 新規ダムであるが治水専用ダムのため、生態系や景観に対する代替手段を取ることで影響を最小化できる。
下流への悪影響	(A) 貯留対策のため下流への悪影響は無い。	(A) 同左	(A) 同左	(A) 最下流であるItajai市の対策のため、さらに下流への悪影響はない。	(A) 同左	(A) 貯留対策のため下流への悪影響は無い。
実施上の難易度	(A) 実施にあたり技術的に特に困難な問題はない。	(A) 同左	(A) 同左	(A) 同左	(B) 河道および沿岸の土砂収支や塩水遡上の問題など検討すべき課題が多い。	(A) 実施にあたり技術的に特に困難な問題はない。
便益の早期発現	(A) 対象面積が大きい、実施した分だけ効果が生じる。	(A) 完成まで効果発現はないが、施工期間は特に長くない。	(A) 灌漑のニーズに合致したサイト選定するのにやや時間を要する。	(A) 完成まで効果発現はないが、施工期間は特に長くない。	(B) 環境許可取得に長時間を要するが、工事期間は5,6年、完成まで効果発現はない。	(B) 環境許可取得までに長時間を要するが、工事期間は3,4年、完成まで効果発現はない。
合意形成の難易度	(A) CRAVIL計画の事業であり、関係者の要望が高い。	(A) 負のインパクトが小さく、反対意見は少ない。	(B) 河道を横断する小規模ダムであり、地元住民及び委員会との合意形成に時間を要する。	(A) 負のインパクトが小さく、大きな反対意見は少ない。	(B) 環境面で不明確な点が多く、環境許可取得に時間を要する。緊急度が高いとの認識はある。	(C) 委員会は河川横断構造物に反対であり、合意形成及び環境許可取得には長い年月が必要である。
F/Sへの優先度（総合評価）	(AA事業) 総合的に判断して第1期F/S対象としての優先度は高いが、F/Sにより投資効果を精査する必要がある。	(AA事業) 総合的に判断して第1期F/S対象としての優先度は非常に高い	(A事業) 本M/Pのため池の場合、地形図不足のためF/Sで用地選定実施が不可能であり、用地選定後も土地収用、合意形成の問題が残	(AA事業) 総合的に判断して第1期F/S対象としての優先度は非常に高い。	(B事業) 治水効果は非常に大きい、環境影響が大きく、環境許可取得、合意形成まで長時間を要する。そのためF/S対象としては時	(B事業) 緊急度が低く、環境許可の取得、合意形成の面でも長時間を要するため、第1期F/S対象には時期尚早である。

評価基準：
工事費用
治水安全度からの緊急性
社会影響、自然環境影響、下流への影響
便益の早期発現
合意形成の難易度
総合評価
各評価項目において、A=2点、B=1点、C=0点として、総合点が15点以上（90%以上がA）を最優先事業=AA事業、12点～14点（75%～90%がA）を優先事項=A事業、8点～11点（50%～75%がA）を現時点の課題解決後に実施すべき事業=B事業、7点以下（Aが50%未満）を将来的に実施すべき事業=C事業とした。

出典：JICA調査団

表-16.1.4 優先事業の選定（2/2）

	Taio市河川改修	Rio Do Sul市河川改修	Timbo市河川改修	Blumenau市河川改修	Ilhota市輪中堤	ミリム川改修	Blumenau都市河川改修
工事費用(R\$)	114,000 (B)	268,000 (B)	22,000 (A)	267,000 (B)	70,000 (A)	50,000 (A)	169,000 (B)
対策が必要となる治水安全度	25年	25年	25年	50年	25年	5年	5年
社会的緊急度	(B) 10年確率洪水までは不要であること、小規模な都市であり緊急度は低い。	(B) 10年確率洪水までは不要であり、緊急度はそれほど高くない。	(B) 10年確率洪水までは不要であること、小規模な都市であり緊急度は低い。	(C) 大都市のためある程度の緊急度はあるが、25年確率洪水までは不要である。	(B) 10年確率洪水までは不要であり、緊急度は高くない。	(A) 5年確率以下の洪水でも発生するItajai市内ミリム川沿いの浸水対策のため緊急度は高い。	(A) 10年確率までは上流の一部のみの氾濫である。全体的に氾濫が発生するのは25年確率以上の洪水である。
社会影響	(B) 住民移転が多少発生する。	(C) 河道を広げる必要があり、市街地内の築堤と複数の橋梁の架け替えが発生する。	(C) 小規模な都市であるものの、土地収用と住民移転が発生する。	(C) 改修が必要な区間は市街地の中心であり、かつ観光地であるため、住民移転以外の社会的影響も大きい。	(B) 地域への分断、土地収用と多少の住民移転はあるが、全体的な影響は少ない。	(A) Itajai市内の住宅密集地であるが、家屋への影響はない。	(C) 住宅密集地での河道拡張であり、多数の土地収用と住民移転を伴うため、影響が大きい。
自然環境影響	(B) 河道掘削を伴うため、工事中に下流へ濁水の影響がある。	(A) 河道掘削はなく、築堤と河道拡張のため、自然環境影響は少ない。	(A) 築堤のための、自然環境影響は少ない。	(B) Blumenau市内中心部の河川改修のため、工事中の影響は大きい。	(A) 市内での築堤のため、自然環境影響は少ない。	(A) 市内での水門建設のため、自然環境影響は少ない。	(B) 市内密集地での築堤のため、工事中の影響が大きい。
下流への悪影響	(C) 下流の流量増の可能性があるが、貯留対策と下流の河道改修を優先する必要がある。	(C) 下流の流量増の可能性があるが、貯留対策と下流の河道改修を優先する必要がある。	(C) 同左	(C) 同左	(A) 輪中堤のため、周辺の氾濫原は保全され、下流への影響はない。	(A) Itajai市内の対策のため下流への悪影響はない。本川とのピーク時間差も大きい。	(A) イタジャイ川への流入量が増加する可能性があるが、ピーク時間の差があるため影響は小さい。
実施上の難易度	(A) 同左	(A) 実施にあたり技術的に特に困難な問題はない。	(A) 同左	(A) 同左	(A) 同左	(A) 同左	(A) 同左
便益の早期発現	(B) 環境許可取得に時間を要するが、河道改修区間は工事進捗に伴い便益が発現する。	(B) 同左	(B) 同左	(B) 同左	(B) 同左	(A) 完成まで効果発現はないが、施工期間は特に長くない。	(B) 環境許可取得に時間を要するが、河道改修区間は工事進捗に伴い便益が発現する。
合意形成の難易度	(C) 委員会、住民とも上流における河道掘削・築堤に対する抵抗感が強い。	(C) 委員会、住民とも上流における河道掘削・築堤に対する抵抗感が強い。	(C) 同左	(C) 委員会の同意は容易と思われるが、地元自治体、移転住民との合意には長い時間を要する。	(C) 下流への影響の観点からの委員会の反対は少ないと思われるが、住民に対する説明と合意形成が必要である。	(A) 負のインパクトが小さく、大きな反対意見は少ない。	(C) 委員会の同意は容易と思われるが、地元自治体、移転住民との合意には長い時間を要する。
F/Sへの優先度	(C事業) 下流にボトルネックがあるため、上流の貯留対策または下流の河道改修を本対策より優先すべきである。 また、環境許可の取得、合意形成の面で第1期F/S対象としては時期尚早である。	(C事業) 緊急度は高くなく、環境許可の取得、合意形成の面で第1期F/S対象としては時期尚早である。	(B事業) 同左	(C事業) 緊急度が高くなく、合意形成に長期間を要するため、第1期F/S対象としては時期尚早である。また、本対策より貯留対策、下流の対策が優先されるべきである。	(B事業) 合意形成の問題以外に大きな問題はないが、緊急性は高くない。	(AA事業) 総合的に判断して第1期F/S対象としての優先度が高い。	(B事業) 緊急性はあるが、合意形成に長期間を要するため第1期F/S対象としては時期尚早である。

評価基準: 工事費用
治水安全度からの緊急性
社会影響、自然環境影響、下流への影響
便益の早期発現
合意形成の難易度
総合評価
各評価項目において、A=2点、B=1点、C=0点として、総合点が15点以上（90%以上がA）を最優先事業=AA事業、12点～14点（75%～90%がA）を優先事項=A事業、8点～11点（50%～75%がA）を現時点の課題解決後に実施すべき事業=B事業、7点以下（Aが50%未満）を将来的に実施すべき事業=C事業とした。

出典：JICA調査団

16.2 土砂災害対策の優先事業選定

16.2.1 土砂災害の構造物対策

道路斜面对策工として、67 箇所の危険箇所が選定された。対策工は、2008 年 11 月豪雨相当（60 年確率）においても道路片側幅員閉塞以上の規模の被災が発生しないことを目標に斜面保護工を計画した。道路斜面对策工の総事業費は約 R\$ 54 百万であるが、下表に示すように、土砂災害のリスク（年潜在損失額）で大きく 2 つに区分した。

表-16.2.1 土砂災害の構造物対策事業費

リスクレベル区分	箇所数	事業費 R\$ (10 ³)
リスクレベル大 年潜在損失額が R\$ 50 万以上	13	18,650
リスクレベル中 年潜在損失額が R\$ 5~50 万	54	35,374
合計	67	54,024

出典：JICA 調査団

第 1 期の事業としての優先度が高い対策工は、リスクレベルの高い 13 ヶ所と想定する。なお、提案された土砂災害対策は道路斜面对策であり、道路用地内での事業とするので用地取得費用は発生しない。

16.2.2 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システム

マスタープランでは各市の庁舎等に自記雨量計を設置し、EPAGRI/CIRAM がデータの蓄積管理や逐次の解析を担当することを提案した。EPAGRI/CIRAM は、実測値と WRF（Weather Research and Forecasting）モデルによる予測雨量値を基に雨量指標値を逐次計算し、警報基準値を超えた場合に警報を発する。事業費は約 R\$ 4 百万である。

16.3 優先事業パッケージ（第 1 期事業）の想定事業費

SC 州政府は、当面可能な資金借入額を R\$ 1.0 億～1.5 億（約 50 億～75 億円）程度と予定していることから、整備目標である治水安全度 50 年の第 1 期事業として、優先事業を下記のように選定した。なお、用地取得・移転のための費用は借款の対象にはならないので、州政府の予算で充当されるものと想定した。

表-16.3.1 第 1 期事業の想定事業費

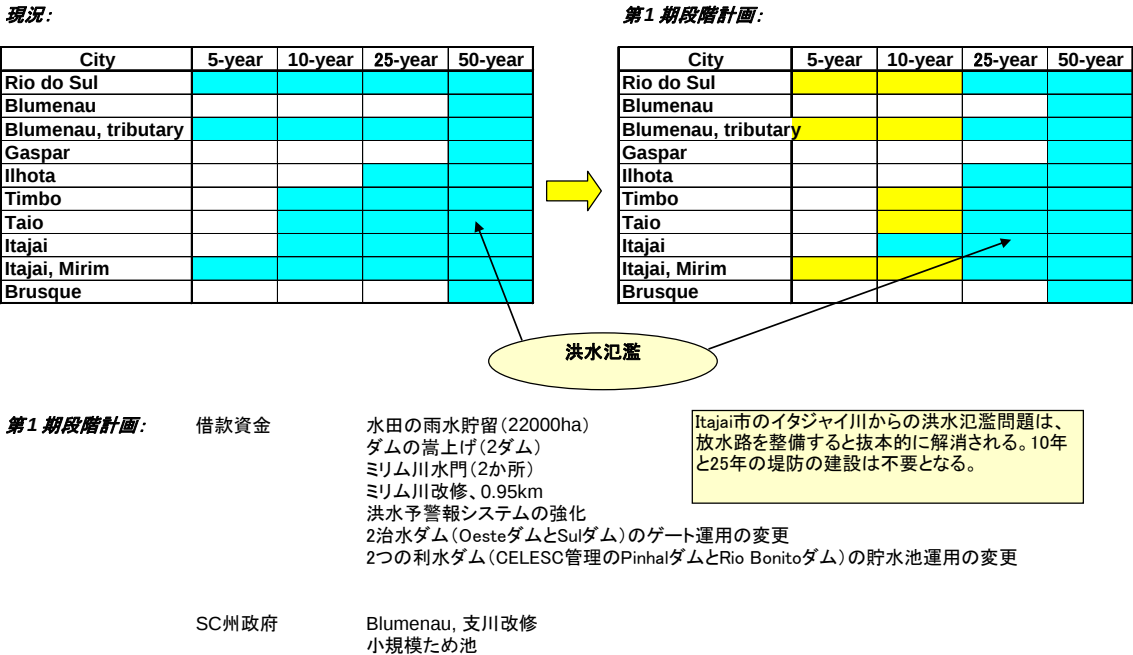
計画事業	費用		用地取得・移転費用を除く事業費（借款対象）	
	R\$ 10 ³	JPY10 ³		
水田の雨水貯留（22,000 ha）	33,000	1,600,000	33,000	1,600,000
ダムの嵩上げ（2 ダム）	33,000	1,600,000	33,000	1,600,000
ミリム川水門（2 か所）	44,000	2,100,000	44,000	2,100,000
ミリム川改修、0.95 km	50,000	2,400,000	17,800	900,000
洪水予警報システムの強化	4,000	200,000	4,000	200,000
道路土砂災害対策（13 ヶ所）	18,650	900,000	18,650	900,000
土砂災害・フラッシュフラッド警報システム	4,000	200,000	4,000	200,000
合計	186,650	8,900,000	154,450	7,400,000

出典：JICA 調査団

なお、上記の第 1 期事業では、マスタープランで提案された 2 治水ダム（Oeste ダムと Sul ダム）のゲート運用の変更、及び 2 つの利水ダム（CELESC 管理の Pinhal ダムと Rio Bonito ダム）の貯水池運用の変更も実施するものとし、F/S 時には具体的な操作規則の検討を行う

ものとする。

第1期事業による、各都市の効果を下記に示す。



出典：JICA 調査団

図-16.1.3 第1期事業の都市別の治水効果