

ブラジル国
サンタ・カタリーナ州

ブラジル国
イタジャイ川流域防災対策事業準備調査
(その2)

最終報告書

第2巻 主報告書

2011年11月
独立行政法人
国際協力機構（JICA）

日本工営株式会社

環境
JR(先)
11-178

ブラジル国
サンタ・カタリーナ州

ブラジル国
イタジャイ川流域防災対策事業準備調査
(その2)

最終報告書

第2巻 主報告書

2011年11月
独立行政法人
国際協力機構（JICA）

日本工営株式会社

最終報告書

報告書構成

第 1 編

要約

第 2 編

主報告書

パート I : マスタープラン調査

パート II : フィジビリティ調査

EXCHANGE RATE

The exchange rate used in this Study is:	
Master Plan (2010/10)	Brazilian Real (R\$1.0)=US Dollar (US\$0.58) = Japanese Yen(Y47.87)
Feasibility Study(2011/06)	Brazilian Real (R\$1.0)=US Dollar (US\$0.63) = Japanese Yen(Y50.71)



ブラジル国イタジャイ川流域における洪水管理マスタープラン

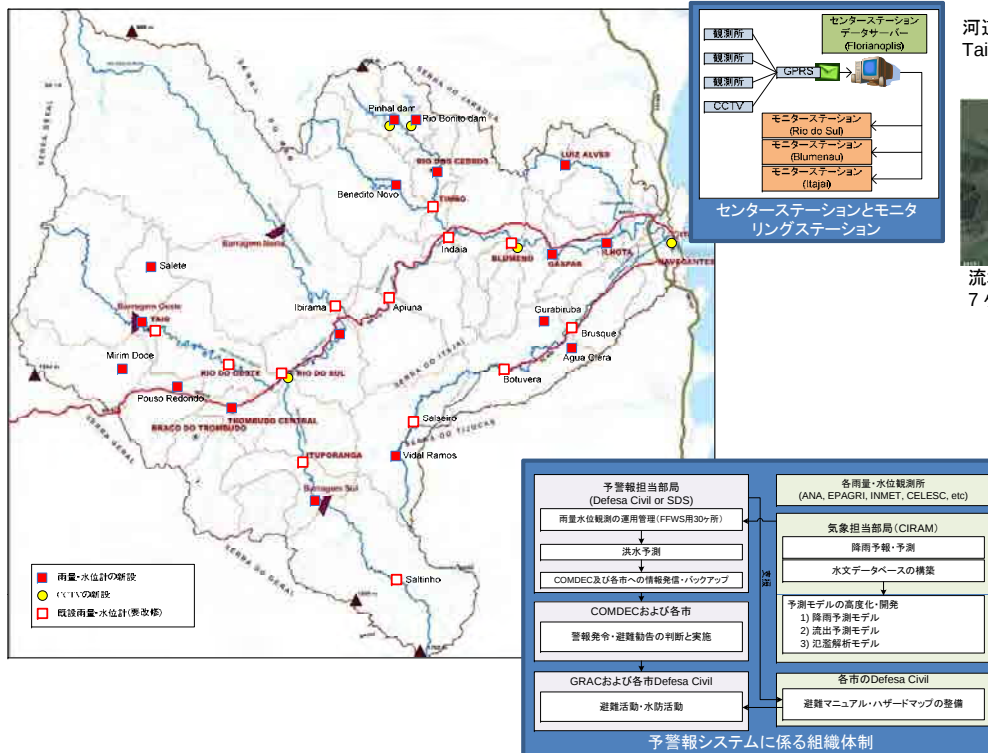
■イタジャイ側流域における洪水災害の被害特性

イタジャイ川では氾濫原に都市が発達しているため、家屋が河川に近接して建てられている。このため、河川の疎通能力が低くなり、浸水が頻繁に発生している。

また、市街地は山間部の斜面にも発達しており、郊外では山の斜面が牧草地として利用されている。このため、洪水のピークが増大し、フラッシュフラッドや土砂災害の原因にもなっている。



■非構造物対策: 既存の予警報システムの強化



■50年確率の安全度に対する洪水緩和対策

区分	対策コンポーネント	位置	数量	事業費 (Rs 10 ³)	F/Sへの優先事業
洪水緩和対策 (治水安全度50年)	水田の雨水貯留	流域全体	22,000ha	33,000	○
	既設治水ダムの高上げ	Taio, Ituporanga	2ダム	33,000	○
	流域貯留 (小規模ダム)	Rio do Sul上流域	7ヶ所	211,000	
	ミリム川水門	Itajaí (イタジャイミリム川)	2ヶ所	94,000	○
	洪水放水路	Itajaí, Navegantes (イタジャイ川)	10.9 km	593,000	
	新規治水ダム	Brusque	1 dam	95,000	
	河川改修 (河道拡幅+築堤)	Taio	3.7 km	114,000	
	河川改修 (築堤)	Rio do Sul	8.2 km	268,000	
	河川改修 (築堤)	Timbo	1.0 km	22,000	
	APPの設置に伴う河道の複断面化	Blumenau (イタジャイ川)	15.8 km	267,000	
	河川改修 (複断面化・拡幅)	Blumenau (Garcia, Velha川)	7.0 km	196,000	
	輪中堤	Ilhota	8.0 km	70,000	
	既設発電ダムの運用変更	Rio dos Cedros	2ダム	-	○
	既設予警報システムの強化	流域全体	-	4,000	○
土砂災害緩和対策	土砂災害緩和構造物対策 (リスクレベル: 大)	流域全体	13ヶ所		○
	土砂災害緩和構造物対策 (リスクレベル: 中)	流域全体	54ヶ所		
	土砂災害・フラッシュフラッド早期警戒システム	流域全体	-		○

■構造物対策:



Oesteダムの高上げ
(高上げ高2.0 m)

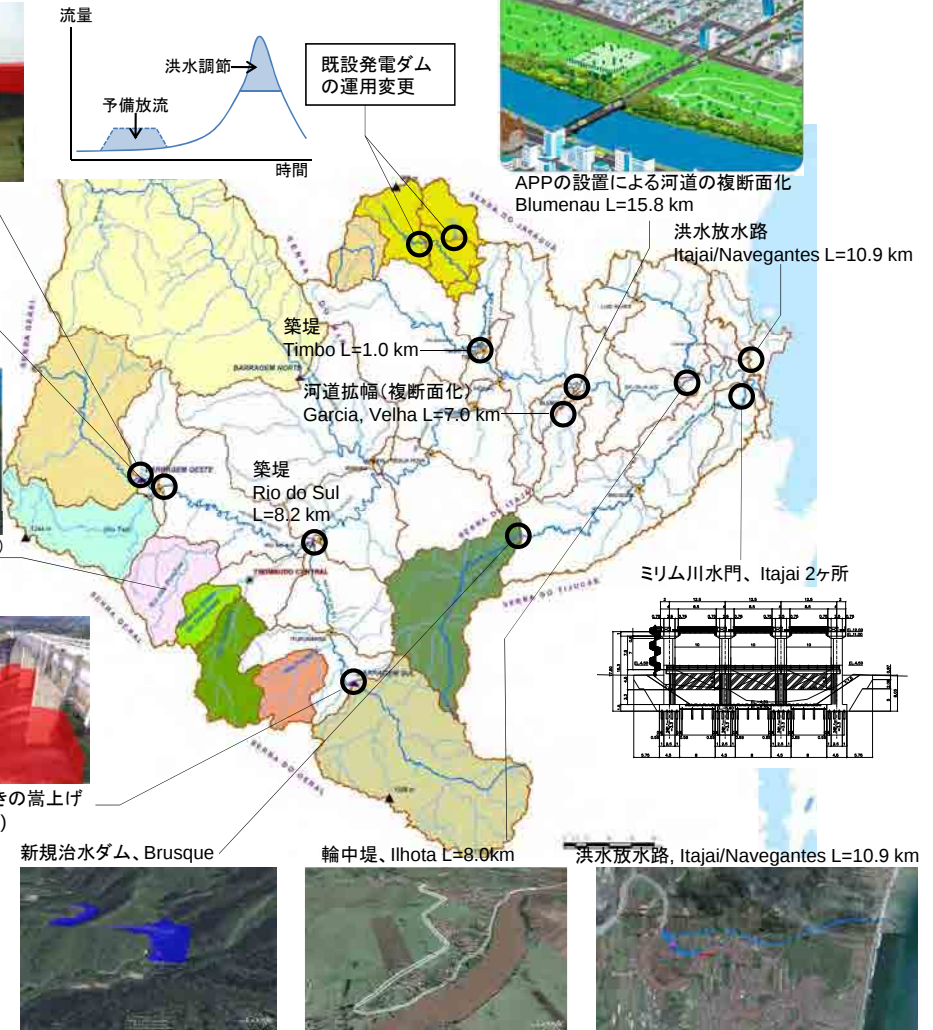


河道拡幅、築堤
Taio L=3.7 km

流域貯留 (小規模ダム)
7ヶ所



Sulダム洪水吐きの高上げ
(高上げ高2.0 m)



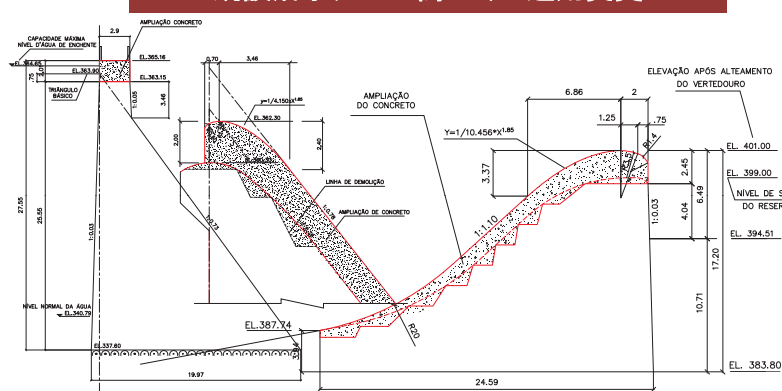
洪水災害緩和対策に係る優先事業のフィージビリティ調査

■優先事業の選定

50年確率の治水安全度達成のためには、膨大な予算と多大な時間を要する。したがって、当面は優先事業から段階整備を行い、治水安全度を徐々に高めていくとともに、非構造物対策により氾濫被害を緩和していくことが重要である。段階整備に当たっての第1期治水事業の整備目標としては、州政府の事業実施のための予算配分の規模等を考慮し、10年確率程度の治水レベルを目標とすることが妥当と考えられる。フィージビリティスタディに向けた洪水緩和対策の優先事業として以下を選定した。

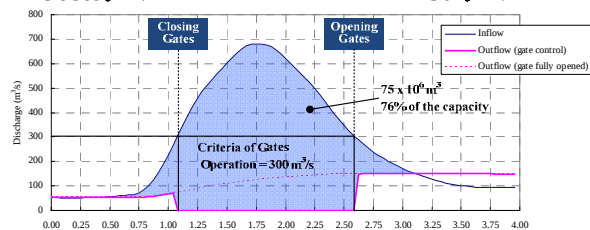
- 水田の雨水貯留
- 既設治水ダムの上上げと運用変更(2ダム)
- 既設発電ダムの治水への利用(2ダム)
- 既設洪水予警報システム(FFWS)の強化
- イタジャイミリム川への水門設置と河道改修(Itajai市内)

既設治水ダムの嵩上げと運用変更

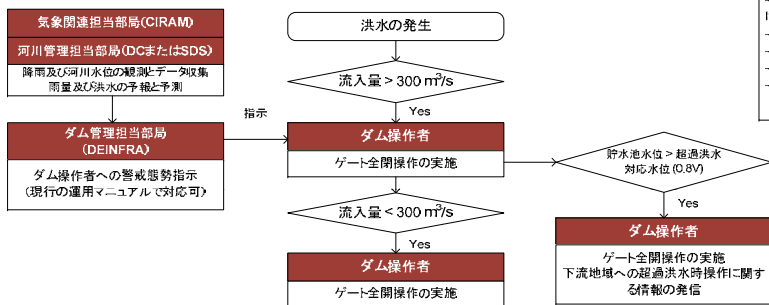


Oesteダム

Sulダム

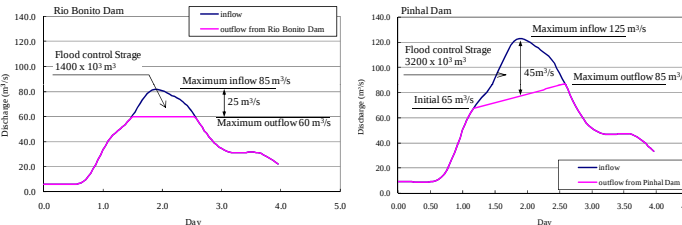
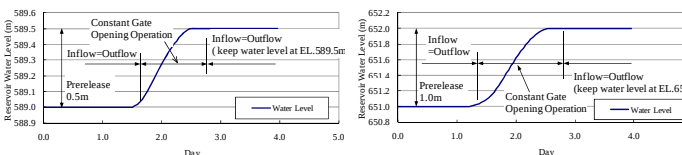


Oesteダムの洪水調節方法

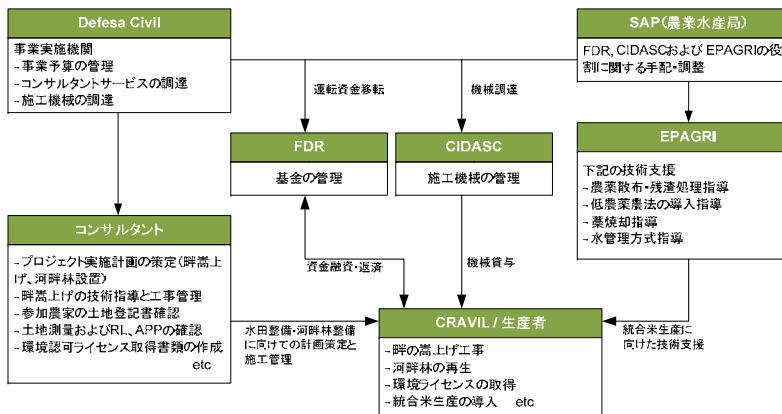


Oesteダムゲート操作方法と実施体制

既設発電ダムの治水への利用

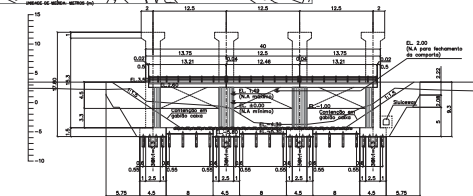
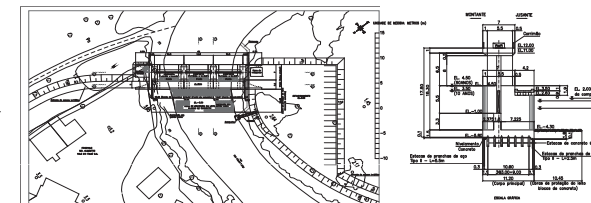


水田の雨水貯留

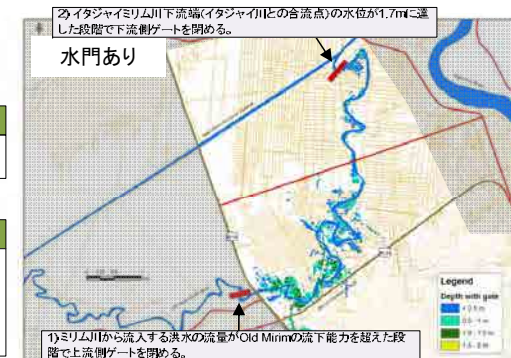
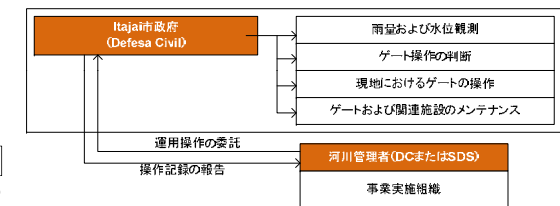


水田の雨水貯留に向けた実施体制

イタジャイミリム川への水門設置と河川改修



ミリム川上流水門

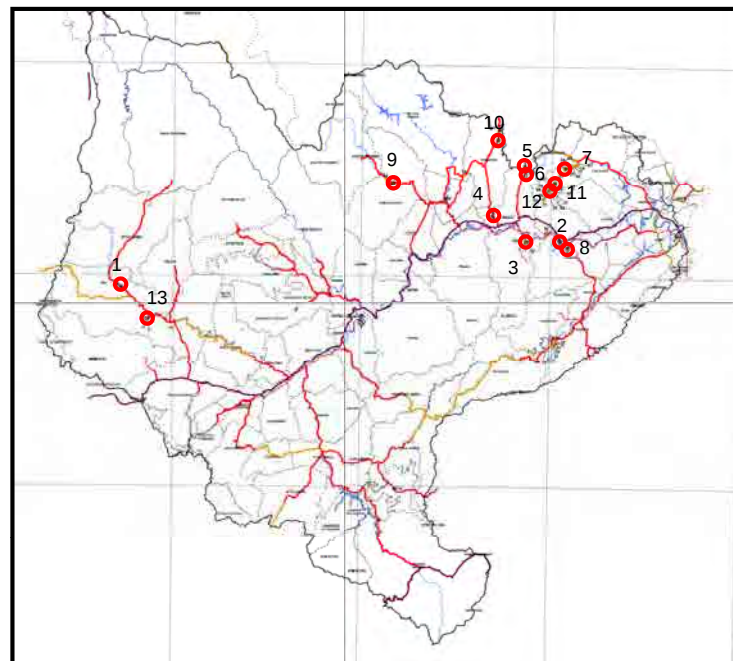


イタジャイ流域における土砂災害低減のためのフィジビリティ調査

■構造物対策

優先13箇所に対する対策工

順位	地区名	主な対策工
1	SC 302 Taio-Passo Manso-5	横ボーリング工 ふとん葺擁壁工
2	SC470 Gaspar River Bank	切土、掘削 ふとん葺擁壁工 苗木植栽
3	Blumenau -Av Pres Casrelo Branco	鋼矢板工 コンクリート連結ブロック工 ジオテキスタイル
4	SC418 Blumenau - Pomerode	明暗渠工 ポチプロビレン繊維による切土補強土工法
5	SC474 Blumenau-Massaranduba 2	ポチプロビレン繊維による切土補強土工法
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	横ボーリング工 ふとん葺擁壁工
7	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	ポチプロビレン繊維による切土補強土工法
8	SC470 Gaspar Bypass	ポチプロビレン繊維による切土補強土工法
9	SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1	EPS軽量盛土工 擁土 舗装
10	SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 1	ふとん葺擁壁工 盛土 舗装
11	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	ポチプロビレン繊維による切土補強土工法
12	SC474 Blumenau-Massaranduba 1	ポチプロビレン繊維による切土補強土工法
13	SC 302 Taio-Passo Manso 4	ポチプロビレン繊維による切土補強土工法



優先13箇所の位置図

■人身損失回避を尊重した優先13箇所の安全目標の設定

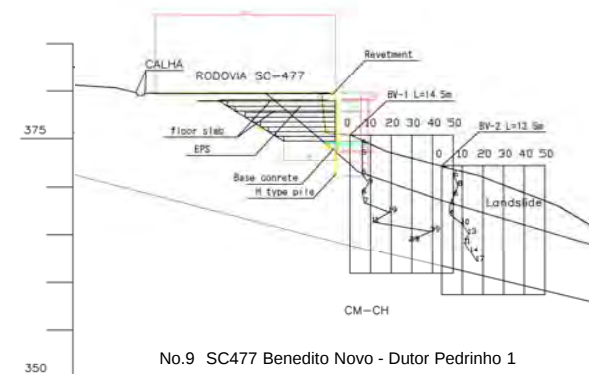
13の優先箇所(年潜在損失額が5万R\$以上)の構造対策を計画した。構造物対策の安全目標は、ブルメナウ市における2008年11月の豪雨に相当する60年確率豪雨に対し公共インフラ、建物や土地の全機能を確保することである。13箇所の優先箇所は土砂災害が発生する可能性が高く、土砂移動速度も速く人身損失が生じる可能性が高い。このため人身損失回避を尊重して安全目標を高く設定した。

■経済的な対策工法の適用

ーポリプロピレン繊維切土補強土工法による土砂対策工
(ポリプロピレン繊維、セメント、砂および植生の混合材)



ーEPS軽量盛土を活用した地すべり対策工



No.9 SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1



連続繊維補強土工法の施工例



日本の山岳道路における
EPS軽量盛土を用いた盛土の事例



施工2年後の様子(日本の事例)



施工2年後の様子(上部斜面が連
続繊維補強土工法を施工)

(日本の事例)

■非構造物対策:

土砂災害・フラッシュフラッド警報システム

No.	機器	数量
1	雨量計測機器 53箇所	1式
2	VHFデータ転送施設	1式
3	予警報システムのデータ通信・蓄積・ 警報発信の計算機システム開発	1式

Abbreviation

Abbreviations	Portuguese	Japanese
ABRH	Associação Brasileira de Recursos Hídricos	ブラジル水資源連合
ALESC	Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina	SC 州議会
AMAVI	Associação dos Municípios do Alto Vale do Itajaí	イタジャイ上流域市連合
AMFRI	Associação dos Municípios da Região da Foz do Rio Itajaí	イタジャイ河口域市連合
AMMVI	Associação dos Municípios do Médio Vale do Itajaí	イタジャイ中流域市連合
ANA	Agência Nacional de Águas	国家水機構
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica	国家電力機構
APA	Área de Proteção Ambiental	環境保護地区
ARCOVALI	Associação de Rádios Comunitárias de Santa Catarina	イタジャイ流域コミュニティーラジオ連合
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento	SC 州上下水道公社
CDRURAL	Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural	地方開発審議会
CDU	Conselho de Desenvolvimento Urbano	都市開発審議会
CEDEC	Conselho Estadual de Defesa Civil	SC 州シビルデフェンス審議会
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.	SC 州電力公社
CEMEAR	Centro de Motivação Ecológica e Alternativas Rurais	エコロジー・代替農村振興センター
CEOPS	Centro de Operações do Sistema de Alerta da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí-Açu	警報システム管理センター
CEPED	Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres	連邦大学 SC 校災害研究調査センター
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos	州水資源審議会
CIDASC	Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina	SC 農業開発公社
CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina	SC 州環境資源・水文気象情報センター
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos	国家水資源審議会
COHAB	Companhia de Habitação	住宅局
COMDEC	Comissões Municipais de Defesa Civil	市の市民保護委員会
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente	国家環境審議会
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente	州環境審議会
COREDEC	Coordenadorias Regionais de Defesa Civil	地域シビルデフェンス調整機構
CRAVIL	Cooperativa Regional Agropecuária Vale do Itajaí	イタジャイ流域農牧業地域農協
CTTMAR	Centro de Ciências e Tecnológicas da Terra e do Mar	土地・海科学技術センター
Defesa Civil	Defesa Civil	市民保護局
DEINFRA	Departamento Estadual de Infraestrutura	州インフラ整備部
DEOH	Departamento de Edificações e Obras Hidráulicas de Santa Catarina	SC 水利施設部
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica	国家水電気エネルギー庁
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes	国家交通社会基盤庁
EAS	Estudo Ambiental Simplificado	簡易環境調査
EIA	Estudo de Impacto Ambiental	環境影響調査
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina	SC 州農牧畜試験普及公社
FAPESC	Fundo de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina	SC 州科学技術研究支援基金
FATMA	Fundação do Meio Ambiente	州環境財団

Abbreviations	Portuguese	Japanese
FECAM	Federação Catarinense de Municípios	SC 市連合
FUNAI	Fundação Nacional do Índio	国家先住民財団
FURB	Fundação Universidade Regional de Blumenau	BLUMENAU 地方大学
GTC	Grupo Técnico-Científico	技術科学グループ
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	ブラジル地理情報院
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais	国家試験研究調査院
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	連邦宇宙研究所
JICA	Agência de Cooperação Internacional do Japão	独立行政法人国際協力機構
MMA	Ministério do Meio Ambiente	環境省
MPE	Ministério Público Estadual	州自治省
PCHs	Pequenas centrais hidrelétricas	小水力発電所
PEEA	Política Estadual de Educação Ambiental	州環境教育政策
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente	国家環境政策
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos	国家水資源政策
RAP	Relatorio Ambiental Previo	事前環境レポート
REABRI	Rede de Educação Ambiental da Bacia do Rio Itajaí	イタジャイ流域環境教育ネット
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental	環境影響報告書
SDR	Secretaria de Desenvolvimento Regional	州地域開発局
SDS	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável	州持続的開発局
SDU	Secretaria de Desenvolvimento Urbano	都市開発局
SEAIN-COFIEX	Secretaria de Assuntos Internacionais/ Comissão de Financiamentos Externos	企画予算管理局
SEMASA	Serviço Municipal de Água, Saneamento Básico e Infra-estrutura de Itajaí	市イタジャイ流域上下水インフラサービス
SIEDC	Sistema Estadual de Defesa Civil	州シビルデフェンスシステム
SIRHESC	Sistema de Informações de Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina	SC 州水資源情報システム
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente	国家環境システム
SMA	Secretaria de Meio Ambiente	環境局
SPG	Secretaria de Estado do Planejamento	州地理院
STN/MF	Secretária do Tesouro Nacional/ Ministério da Fazenda	財務省
UCs	Unidades de Conservação	保全ユニット
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina	SC 州立大学
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina	連邦大学 SC 校
UNIFEBE	Centro Universitário de Brusque	BRUSQUE 大学
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí	イタジャイ溪谷大学

Part I
マスタープラン調査

ブラジル国
サンタカタリーナ州

イタジャイ川流域防災対策事業準備調査（その2）

最終報告書

第2編 主報告書

パートⅠ：マスタープラン調査

目次

	頁
第1章 序論	
1.1 調査の背景.....	1-1
1.2 調査の目的.....	1-2
1.3 調査対象地域.....	1-2
1.4 調査の内容とスケジュール.....	1-2
1.4.1 調査の内容.....	1-2
1.4.2 調査のスケジュール.....	1-4
1.5 調査実施体制.....	1-4
1.5.1 調査の実施体制.....	1-4
1.5.2 カウンターパート会議.....	1-5
1.6 ドラフトファイナル・レポート.....	1-14
第2章 調査対象地域の現況	
2.1 社会・経済状況.....	2-1
2.1.1 行政区分.....	2-1
2.1.2 社会状況.....	2-3
2.1.3 経済状況.....	2-4
2.1.4 経済インフラ施設.....	2-8
2.2 地形・地質・土壌・植生.....	2-11
2.2.1 地形.....	2-11
2.2.2 地質.....	2-12
2.2.3 土壌.....	2-17
2.2.4 植生.....	2-20
2.3 気象・水文.....	2-22
2.3.1 気象・水文観測体制.....	2-22
2.3.2 降雨特性.....	2-22
2.3.3 水文特性.....	2-23

2.4	土地利用	2-24
2.4.1	流域内の土地利用	2-24
2.4.2	洪水氾濫域の土地利用	2-25
2.5	関連行政機関	2-26
2.5.1	関連する行政機関	2-26
2.5.2	州行政機関	2-27
2.5.3	市行政機関	2-28
2.6	イタジャイ川流域委員会	2-28
2.6.1	国家水資源政策と国家水資源管理システム	2-28
2.6.2	イタジャイ川流域委員会	2-30
2.7	開発・管理計画	2-33
2.7.1	連邦政府政策	2-33
2.7.2	SC 州の開発計画	2-35
2.7.3	イタジャイ川流域水資源管理マスタープラン	2-35
第 3 章	イタジャイ川の洪水氾濫特性と確率洪水流量	
3.1	イタジャイ川の現況と河道特性	3-1
3.2	既存の河川施設	3-2
3.2.1	河川施設	3-2
3.2.2	洪水調節ダム	3-5
3.3	イタジャイ川の洪水氾濫特性	3-6
3.3.1	主要洪水記録	3-6
3.3.2	主要洪水の規模	3-7
3.3.3	主要洪水の特性	3-11
3.4	2008 年 11 月の洪水・土砂災害による被害額の推定	3-18
3.4.1	被害項目	3-18
3.4.2	緊急活動費用	3-18
3.4.3	社会活動部門での損失	3-19
3.4.4	経済活動部門での損失	3-20
3.4.5	洪水・土砂災害のポテンシャルの増大	3-23
3.5	洪水流出解析	3-24
3.5.1	概説	3-24
3.5.2	降雨解析と確率雨量	3-24
3.5.3	解析モデルとキャリブレーション	3-26
3.5.4	確率洪水流量の算定	3-30
3.6	流下能力の算定と評価	3-34
3.6.1	イタジャイ川の縦横断形状	3-34
3.6.2	河川の流下能力の推定と評価	3-36

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	4-1
4.2	洪水予警報の現状と課題	4-3
4.2.1	洪水予警報システムに係る機関・組織	4-3
4.2.2	洪水予警報活動の体制	4-4
4.2.3	気象・水位観測	4-5
4.2.4	CIRAM の気象予測	4-6
4.2.5	洪水予警報活動	4-6
4.2.6	避難活動と水防活動	4-7
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
5.1.1	関連行政機関や大学からのヒアリング	5-1
5.1.2	イタジャイ流域委員会の期待する洪水災害対策	5-1
5.1.3	都市別の洪水災害問題と治水対策ニーズ	5-2
5.2	本調査で適用される基本原則	5-3
5.3	洪水災害緩和対策マスタープラン策定の基本方針	5-3
5.4	洪水予警報システム強化の基本方針	5-4
5.4.1	河川特性の観点	5-5
5.4.2	観測機器及び伝送方式更新の観点	5-5
第6章	土砂災害・土砂生産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	6-1
6.2	土砂災害の形態区分と特性	6-2
6.2.1	概要	6-2
6.2.2	斜面崩壊の特徴	6-2
6.2.3	地すべりの特徴	6-4
6.2.4	土石流の特徴	6-6
6.2.5	市別の土砂災害リスクの特性	6-8
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	6-9
6.3.1	リスク評価とリスク・マッピングの流れ	6-9
6.3.2	土砂災害危険箇所の特定	6-9
6.3.3	重要危険箇所の選定	6-10
6.3.4	年潜在損失額の算定	6-10
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	6-12
6.4	土砂災害緩和に係るニーズ	6-15
6.5	土砂災害・土砂生産緩和策導入での基本原則	6-17
6.6	土砂災害緩和とマスタープラン策定の基本方針	6-17
6.6.1	概説	6-17
6.6.2	非構造物対策	6-18

6.6.3	構造物対策	6-18
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
7.1.1	戦略的環境アセスメントの概要及び方法	7-1
7.1.2	ステークホルダー分析	7-2
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	7-2
7.2	環境社会配慮に関する連邦・州・自治体の法制度	7-2
7.2.1	主な環境法及び水資源法	7-2
7.2.2	連邦及び地方行政組織	7-6
7.2.3	ブラジル国環境影響評価に係る法制度	7-7
7.2.4	EIA が必要なプロジェクトの種類	7-9
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	7-10
7.2.6	サンタカタリーナ州における EIA 承認プロセス	7-10
7.3	自然保護区および貴重な生態系や動植物	7-13
7.3.1	環境保全ユニット (Unidades de Conservacao)	7-13
7.3.2	森林法 (Codigo Forestal、連邦法 No. 4,771/65)	7-15
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	7-17
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	7-16
7.4	原住民	7-16
第 8 章	洪水災害緩和とマスタープランの策定	
8.1	概説	8-1
8.2	防御対象地区の選定	8-1
8.3	治水対策代替案の選定	8-1
8.3.1	河道における対策 (構造物対策)	8-2
8.3.2	流域における対策	8-4
8.4	各治水安全度に対する洪水災害緩和対策	8-5
8.4.1	5 年確率洪水	8-5
8.4.2	10 年確率洪水	8-9
8.4.3	25 年確率洪水	8-15
8.4.4	50 年確率洪水	8-19
8.4.5	都市河川の洪水対策 (Garcia 川、Velha 川)	8-24
8.5	イタジャイ川流域洪水予警報システムの強化計画	8-25
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	8-25
8.5.2	洪水予警報の対象都市に関する提案	8-27
8.5.3	雨量・水位観測所の改善と増設に関する提案	8-27
8.5.4	システムの導入に関する提案	8-31

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	9-1
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）	9-1
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	9-1
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	9-4
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）	9-5
9.3	土砂災害構造物対策	9-5
9.3.1	土砂災害構造物対策箇所の優先順位と対策計画	9-5
9.4	土砂生産緩和対策	9-9
9.5	フラッシュフラッド軽減対策	9-9
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	9-9
9.6.1	構造物対策事業への技術強化	9-9
9.6.2	民間自助努力への支援	9-10
9.7	持続的維持管理方法	9-10
9.7.1	構造物対策工の維持管理手法	9-10
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	9-11
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
10.1.1	初期環境影響評価の目的及び方法	10-1
10.1.2	環境及び社会状況のベースライン	10-1
10.2	スコーピング及び IEE の方法と結果	10-1
10.2.1	スコーピングの方法	10-1
10.2.2	対策案に対するスコーピング及び IEE の結果	10-2
10.3	対策案に対する緩和策及び提言	10-10
10.4	公聴会の結果	10-13
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	11-1
11.1.1	既設治水ダムの嵩上げ	11-1
11.1.2	河川改修	11-4
11.1.3	水門	11-13
11.1.4	放水路	11-14
11.1.5	イタジャイミリム川の新規の治水ダム	11-16
11.1.6	流域貯留（小規模ダム）	11-20
11.2	土砂災害緩和対策	11-20
第 12 章	マスタープラン総事業費の積算	
12.1	総事業費	12-1
12.2	事業費構成	12-1
12.2.1	事業費	12-1

12.2.2	土地収用費	12-1
12.2.3	その他費用	12-2
12.3	洪水災害緩和対策費用	12-2
12.3.1	工事数量	12-2
12.3.2	建設単価	12-2
12.3.3	事業費	12-2
12.4	土砂災害緩和対策費用	12-3
12.4.1	建設単価	12-3
12.4.2	工事価格および事業費	12-3
12.5	洪水予警報システム概算費用	12-4
12.5.1	機器	12-4
12.5.2	観測機器の概算費用	12-4
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	12-4
第 13 章 マスタープランの経済評価		
13.1	方法論	13-1
13.1.1	マスタープラン推定事業費	13-1
13.1.2	換算率（経済評価）	13-1
13.1.3	割引率	13-1
13.2	費用	13-2
13.2.1	市場価格事業費用	13-2
13.2.2	経済価格事業費用	13-2
13.3	便益	13-2
13.3.1	便益算定の方法	13-2
13.3.2	市場価値便益	13-3
13.3.3	経済価値便益	13-3
13.4	財務・経済評価	13-3
13.4.1	財務評価	13-3
13.4.2	経済評価	13-4
13.4.3	総合評価	13-4
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
14.1.1	洪水災害緩和の構造物対策	14-1
14.1.2	土砂災害緩和の構造物対策	14-1
14.1.3	洪水予警報システム	14-2
14.1.4	土砂災害・フラッシュフラッド予警報システム	14-2
14.2	ブラジル国における外国資金の調達プロセス	14-3
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	15-1

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	15-2
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
16.1.1	治水安全度の選定経緯	16-1
16.1.2	治水安全度 50 年の治水計画の概要	16-1
16.1.3	治水安全度 50 年の治水事業の段階的整備	16-3
16.1.4	環境社会配慮面を考慮した事業の評価	16-6
16.2	土砂災害対策の優先事業選定	16-9
16.2.1	土砂災害の構造物対策	16-9
16.2.2	土砂災害・フラッシュフラッド予警報システム	16-9
16.3	優先事業パッケージ（第 1 期事業）の想定事業費	16-9

表 目 次

	<u>頁</u>
表-1.5.1	カウンターパート会議のメンバー 1-5
表-1.5.2	フェーズ 1 調査で実施された関係機関との協議・ヒアリング記録 1-6
表-2.1.1	イタジャイ川流域内の SDR 地域開発局毎の人口と面積（2009 年） 2-1
表-2.1.2	イタジャイ川流域各地域開発局別の人口及び増加率 2-3
表-2.1.3	1970-2009 年間の平均人口増加率 2-3
表-2.1.4	SDR 地域開発局毎の都市部・農村部別の住宅数（2008 年度） 2-3
表-2.1.5	産業セクター別就業者数（2008 年度） 2-4
表-2.1.6	SDR 地域別各セクターの地域総生産額への貢献度（2007 年度） 2-4
表-2.1.7	1999 年-2007 年間に於ける各セクター別経済成長率（%/年） 2-5
表-2.1.8	主要農産物作付け面積（2008 年度） 2-5
表-2.1.9	SDR 地域開発局における水稻栽培面積の推移 2-6
表-2.1.10	SDR 地域開発局毎の農業 GDP 額、年間伸び率および割合 2-6
表-2.1.11	SDR 地域開発局毎の企業数、従業員数および総収入の推移 2-7
表-2.1.12	SDR 地域開発局毎の工業 GDP 額、年間伸び率および各地区の割合 2-7
表-2.1.13	SDR 地域開発局毎のサービス業 GDP 額、年間伸び率および各地区の割合 2-7
表-2.1.14	SDR 地域開発局毎の輸出入統計（2008 年度） 2-8
表-2.1.15	イタジャイ港の取扱量（2007 年度/2008 年度） 2-10
表-2.2.1	標高区分毎の占有面積率 2-11
表-2.2.2	イタジャイ地域土壌図の区分と各機関の土壌区分との対比 2-17
表-2.2.3	植生区分の名称 2-20
表-2.3.1	主要な水位・流量観測地点の月平均流量と年平均流量 2-23
表-2.4.1	流域内の現況土地利用（2000 年） 2-24
表-2.4.2	氾濫域内の土地利用区分（2000 年） 2-25

表-2.4.3	洪水被害地区家屋数（2000 年）	2-26
表-2.5.1	本調査に関連する行政機関	2-27
表-2.6.1	イタジャイ川流域委員会の構成メンバー	2-31
表-2.7.1	連邦政府 PAC2 の開発戦略	2-33
表-2.7.2	連邦政府 PAC2 の戦略事業	2-34
表-2.7.3	戦略的目標の設定の指針およびテーマ	2-36
表-2.7.4	災害リスク軽減計画	2-38
表-3.2.1	Rio Bonito ダムおよび Pinhal ダムの概要	3-3
表-3.2.2	Salto 発電所諸元表	3-3
表-3.2.3	主要都市の排水問題	3-4
表-3.2.4	イタジャイ川上流洪水調節専用ダムの概要	3-6
表-3.3.1	主要洪水の記録	3-8
表-3.3.2	主要洪水による被害発生状況	3-9
表-3.3.3	主要洪水の確率規模の評価	3-10
表-3.3.4	2008 年洪水の流域別 4 日雨量（11/21-24）の確率規模の評価	3-10
表-3.3.5	2008 年洪水の Blumenau 市の 4 日雨量の確率規模	3-11
表-3.4.1	SC 州政府関連機関の緊急対策費用	3-19
表-3.4.2	SC 州政府関連機関の復旧事業費用	3-19
表-3.4.3	2008 年 11 月洪水・土砂災害の被災記録	3-20
表-3.4.4	下流域 5 市における主要農作物作付け面積の増減	3-20
表-3.4.5	下流域 5 市における米生産量の推移	3-20
表-3.4.6	下流域 5 市における主要農作物生産額の推移	3-21
表-3.4.7	下流域 5 市における農業生産額の減少額	3-21
表-3.4.8	2008 年災害による下流域 4 市の流通税額の減少額の推定	3-22
表-3.4.9	2007 年度各市別の総生産額	3-23
表-3.4.10	経済成長トレンドによる災害被害ポテンシャルの推測	3-23
表-3.5.1	イタジャイ川流域全体の確率雨量算定結果	3-25
表-3.5.2	本川および主要支川別の確率雨量	3-26
表-3.5.4	各治水ダムの洪水調節効果	3-34
表-3.6.1	河川測量断面数	3-34
表-3.6.2	河川区間別の平均河床勾配	3-34
表-3.6.3	河道の流下能力の評価（イタジャイ川本流）	3-37
表-3.6.4	河道の流下能力の評価（支流）	3-38
表-4.1.1	イタジャイ流域における自然災害リスクの軽減と防止の総合計画	4-1
表-4.2.1	洪水予警報に係る機関や組織	4-3
表-4.2.2	イタジャイ川流域の水文観測所数	4-5
表-4.2.3	洪水予警報のための既設観測施設の状況	4-6
表-4.2.4	イタジャイ川流域の河川水位警報基準	4-7

表-5.1.1	イタジャイ川流域の都市別の洪水被害特性.....	5-2
表-6.1.1	2008 年 11 月の洪水・土砂災害被災記録.....	6-2
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.....	6-3
表-6.2.2	土砂災害のリスクの高い各市の特性.....	6-8
表-6.3.1	土砂災害の既往災害位置の情報源.....	6-9
表-6.3.2	重要危険 68 箇所の年潜在損失額の算定結果.....	6-11
表-6.3.3	土砂災害/土砂生産インベントリー項目.....	6-12
表-6.4.1	関係機関の土砂災害に係る意見およびニーズ.....	6-15
表-6.4.2	各市の土砂災害に係る意見およびニーズ.....	6-17
表-7.3.1	環境保全ユニットの分類とその内容.....	7-14
表-7.3.2	森林法に関連するその他の主な連邦法制度.....	7-16
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.....	7-17
表-8.3.1	イタジャイ川流域における水田面積.....	8-4
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）.....	8-6
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）.....	8-7
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.....	8-8
表-8.4.4	水門および堤防の諸元（確率規模別）.....	8-8
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）.....	8-12
表-8.4.6	10 年確立洪水に対する Itajai 市（イタジャイ川本川沿い）の洪水対策 方法の比較.....	8-14
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.....	8-18
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.....	8-21
表-8.4.9	50 年確率洪水に対する Blumenau 市の洪水対策の比較.....	8-22
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.....	8-22
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.....	8-23
表-8.4.12	Garcia 川、Velha 川に対する確率洪水ピーク流量.....	8-25
表-8.4.13	Garcia 川、Velha 川の対策一覧.....	8-25
表-8.5.1	警報対象都市と観測施設.....	8-29
表-8.5.2	洪水予警報システムのための新設観測施設の提案.....	8-26
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.....	9-1
表-9.2.1	2008 年 11 月豪雨時の土壌雨量指数.....	9-5
表-9.3.1	土砂災害形態と対策工種の選定.....	9-6
表-9.3.2	土砂災害構造物対策の優先順位と対策計画.....	9-7
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.....	9-10

表-10.2.1	IEE の結果 (計画・建設段階)	10-16
表-10.2.2	IEE の結果 (実施・運用段階)	10-17
表-10.4.1	公聴会の概要 (Itajai 市、16/Nov/2010).....	10-14
表-10.4.2	公聴会の概要 (Blumenau 市、17/Nov/2010)	10-14
表-10.4.3	公聴会の概要 (Rio do Sul 市、18/Nov/2010)	10-15
表-11.1.1	ブラジル国におけるダム高に関する基準.....	11-1
表-11.1.2	重力式コンクリートダムの嵩上げ方式.....	11-2
表-11.1.3	安定計算のための荷重状態.....	11-2
表-11.1.4	荷重状態別の安全率.....	11-2
表-11.1.5	荷重の組み合わせ.....	11-2
表-11.1.6	確率規模別の河川改修区間.....	11-4
表-11.1.7	放水路施設一覧.....	11-16
表-11.2.1	土砂災害形態と対策工種の選定.....	11-20
表-12.1.1	マスタープラン総事業費.....	12-1
表-12.2.1	土地収用費内訳.....	12-1
表-12.3.1	治水安全度別の工事数量集計表.....	12-2
表-12.3.2	土地収用数量集計表.....	12-2
表-12.3.3	治水安全度毎の事業費(工種別)	12-3
表-12.4.1	土砂災害の構造物対策事業費.....	12-3
表-12.5.1	洪水予警報システムの事業費.....	12-4
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.....	12-4
表-13.1.1	各確率年提案事業 (R\$ 10 ³).....	13-1
表-13.1.2	適用割引率.....	13-2
表-13.2.1	想定予算 (R\$ 10 ³).....	13-2
表-13.2.2	想定予算 (R\$ 10 ³).....	13-2
表-13.3.1	各確率年別市場価値便益 (百万 R\$)	13-3
表-13.3.2	各確率年別経済価値便益 (百万 R\$)	13-3
表-13.4.1	財務評価結果.....	13-3
表-13.4.2	経済評価結果.....	13-4
表-14.2.1	借款事業の認可スケジュール.....	14-3
表-16.1.1	50 年確率洪水防御計画の事業費 (単位 : R\$ 10 ³)	16-2
表-16.1.2	各治水安全度における計画事業.....	16-4
表-16.1.3	各治水安全度における計画事業の概要.....	16-4
表-16.1.4	優先事業の選定 (1/2)	16-7
表-16.1.4	優先事業の選定 (2/2)	16-8
表-16.2.1	土砂災害の構造物対策事業費.....	16-9
表-16.3.1	第 1 期事業の想定事業費 (単位 : R\$ 10 ³)	16-9

目 次

	頁
図-1.4.1 本調査の全体スケジュール	1-4
図-1.5.1 本調査の実施体制	1-5
図-2.1.1 イタジャイ川流域内の SDR 地域開発局	2-2
図-2.1.2 イタジャイ港の取扱量の推移	2-9
図-2.2.1 イタジャイ川流域の河川・山地および道路位置図	2-13
図-2.2.2 イタジャイ川流域の標高区分図	2-14
図-2.2.3 イタジャイ川流域および周辺地域の地質図	2-16
図-2.2.4 地質構造の凡例	2-16
図-2.2.5 イタジャイ川流域土壌区分図	2-19
図-2.2.6 イタジャイ川流域の植生区分図	2-21
図-2.3.1 ANA の気象・水文観測網	2-22
図-2.3.2 イタジャイ川流域の流域平均年雨量の推移と平均値	2-23
図-2.3.3 イタジャイ川流域平均月間雨量	2-23
図-2.4.1 イタジャイ川流域の現況土地利用（2000 年）	2-24
図-2.4.2 イタジャイ川流域の耕作地の変遷	2-25
図-2.4.3 イタジャイ川沿いの洪水氾濫域の土地利用（2000 年）	2-26
図-2.5.1 SC 州の行政機関組織図	2-27
図-2.6.1 国家水資源管理システムの構成機関	2-29
図-2.6.2 イタジャイ川流域委員会の構成	2-31
図-2.7.1 SC 州における PAC2 の輸送インフラ事業	2-34
図-2.7.2 水資源管理マスタープランのテーマとプログラム	2-37
図-3.1.1 イタジャイ川流域位置図	3-1
図-3.2.1 イタジャイ川流域の主要ダム位置図	3-4
図-3.3.1 1983 年 7 月洪水の降雨および流量ハイドログラフ	3-12
図-3.3.2 1984 年洪水の総雨量の分布	3-12
図-3.3.3 1984 年洪水の時間雨量分布（観測所単純平均）	3-13
図-3.3.4 1984 年洪水における各観測所の流量ハイドログラフ	3-13
図-3.3.6 2008 年洪水の水位記録	3-14
図-3.3.5 2008 年洪水の観測所別時間雨量の分布	3-15
図-3.3.7 2008 年洪水の流出計算結果	3-16
図-3.3.8 2010 年洪水の時間雨量分布（流域単純平均）	3-17
図-3.3.9 2010 年洪水の水位ハイドログラフ	3-17
図-3.3.10 2010 年洪水の流量ハイドログラフ	3-18
図-3.4.1 2008 年災害によるイタジャイ港における月別取扱量の減少	3-21
図-3.4.2 イタジャイ港における取扱量の減少量の推定	3-22
図-3.4.3 下流域 4 市の流通税の推移	3-22

図-3.5.1	確率洪水流量算定のフローチャート	3-24
図-3.5.2	降雨の継続日数の頻度分布	3-24
図-3.5.3	イタジャイ川全流域平均年最大4日雨量(1950年～2009年)	3-25
図-3.5.4	イタジャイ川の流域分割図(流出解析モデル)	3-27
図-3.5.5	1984年洪水のキャリブレーション結果(1/3)	3-28
図-3.5.5	1984年洪水のキャリブレーション結果(2/3)	3-29
図-3.5.5	1984年洪水のキャリブレーション結果(3/3)	3-30
図-3.5.6	各基準点における確率洪水流量	3-30
図-3.5.7	各基準地点における確率洪水のハイドログラフ(1/2)	3-31
図-3.5.7	各基準地点における確率洪水のハイドログラフ(2/2)	3-32
図-3.5.8	不定流計算後の各基準点における確率洪水流量	3-33
図-3.6.1	イタジャイ川本川及び主要支川の河道幅	3-35
図-3.6.2	イタジャイ川本川の確率洪水流量毎の不等流計算結果	3-36
図-3.6.3	イタジャイミリム川の確率洪水流量毎の不等流計算結果	3-37
図-4.2.1	洪水予警報活動に関する現在のSC州の体制	4-5
図-4.2.2	現状の避難・水防活動	4-8
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)	6-1
図-6.2.1	土砂災害の運動形態区分	6-3
図-6.2.2	回転性地すべりの形状	6-5
図-6.2.3	溪流・氾濫原の勾配と土砂移動形態	6-7
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	6-9
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	6-10
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	6-13
図-6.3.4	土砂災害/土砂生産リスク・マップの例	6-14
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	7-1
図-7.2.1	LAP発行までのフロー	7-12
図-7.2.2	LAO発行までのフロー	7-12
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	7-19
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	8-2
図-8.3.2	Blumenau市イタジャイ川の複断面化のイメージ図	8-3
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
図-8.4.1	5年確率洪水の都市別流量(無対策)と流下能力	8-5
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	8-6
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)	8-7
図-8.4.4	イタジャイミリム川の流下能力不足区間	8-7
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	8-9
図-8.4.6	10年確率洪水の都市別流量(無対策)と流下能力	8-10
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	8-10

図-8.4.8	10 年確率洪水に対する Oeste ダムの運用方法	8-11
図-8.4.9	予備放流によるダム運用の模式図	8-11
図-8.4.10	小規模ダム候補地位置図（10 年確率洪水レベル）	8-12
図-8.4.11	河道の遊水池化のイメージ	8-12
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	8-13
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）	8-14
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	8-15
図-8.4.15	25 年確率洪水の都市別流量（無対策）と流下能力	8-16
図-8.4.16	25 年確率洪水に対する Sul ダムの運用方法	8-16
図-8.4.17	25 年確率洪水に対する Oeste ダムの運用方法	8-17
図-8.4.18	Timbo 市の河道改修のイメージ	8-17
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）	8-18
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	8-19
図-8.4.21	50 年確率洪水の都市別流量（無対策）と流下能力	8-20
図-8.4.22	50 年確率洪水に対する Sul ダムの運用方法	8-20
図-8.4.23	50 年確率洪水に対する Oeste ダムの運用方法	8-21
図-8.4.24	放水路のレイアウトと設計洪水流量	8-23
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	8-24
図-8.5.1	予警報システムに関する組織体制の提案	8-26
図-8.5.2	観測所と CCTV の配置場所	8-30
図-8.5.3	洪水予警報システムの観測ネットワーク	8-30
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	9-2
図-9.2.2	土砂災害・フラッシュフラッド予警報の概要	9-4
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	9-5
図-11.1.1	Sul ダム 洪水吐き流下能力	11-3
図-11.1.2	Sul ダム 1000 年洪水時の越流状況	11-3
図-11.1.3	Oeste ダム嵩上げ構造図	11-5
図-11.1.4	Sul ダム洪水吐き嵩上げ構造図	11-6
図-11.1.5	堤防の設計条件	11-7
図-11.1.6	河道掘削の設計条件	11-7
図-11.1.7	イタジャイ川河口部の河川改修区間	11-7
図-11.1.8	イタジャイ川河口部の河川改修横断図（測線 IT-03, 25 年洪水）	11-8
図-11.1.9	Ilhota 市における輪中堤の平面計画	11-8
図-11.1.10	Ilhota 市における輪中堤の横断図（測線 IT-12, 25 年洪水）	11-8
図-11.1.11	Blumenau 市における河川改修範囲	11-9
図-11.1.12	Blumenau 市における河川改修横断図（測線 IT-32, 50 年洪水）	11-9
図-11.1.13	Rio do Sul 市における河川改修区間（25 年洪水）	11-9
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）	11-10

図-11.1.15 Rio do Sul 市における河川改修範囲（50 年洪水）	11-10
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）	11-10
図-11.1.17 Taio 市における河川改修区間	11-11
図-11.1.18 Taio 市における河川改修横断図（測線 IO-06a, 50 年洪水）	11-11
図-11.1.19 Timbo 市における河川改修区間	11-11
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）	11-12
図-11.1.21 イタジャイミリム川下流部の河川改修区間	11-12
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）	11-12
図-11.1.23 Blumenau 市支川における河川改修区間（Garcia 川、Velha 川）	11-13
図-11.1.24 Garcia 川における河川改修横断（測線 GA-02, 25 年洪水）	11-13
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）	11-13
図-11.1.26 Old Mirim 川上下流水門の位置図	11-14
図-11.1.27 Mirim 川水門の構造図	11-15
図-11.1.28 放水路計画図	11-14
図-11.1.29 計画流量配分図（50 年洪水）	11-16
図-11.1.30 放水路の構造図	11-17
図-11.1.31 放水路分水堰の構造図	11-18
図-11.1.32 Mirim 重力式コンクリートダムの構造図	11-19
図-11.1.33 流域貯留（小規模ダム）の構造図（Trombudo Site1）	11-21
図-11.1.34 流域貯留（小規模ダム）の構造図（Trombudo Site2）	11-22
図-11.2.1 法面对策工の構造図（1）	11-23
図-11.2.2 法面对策工の構造図（2）	11-24
図-11.2.3 法面对策工の構造図（3）	11-25
図-14.1.1 50 年治水安全度に対する事業実施計画	14-1
図-14.1.2 土砂災害の構造物対策に対する事業実施計画	14-2
図-14.1.3 洪水予警報システムの実施計画	14-2
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施計画	14-3
図-16.1.1 50 年確率洪水防御計画の位置図	16-3
図-16.1.2 治水事業の段階的整備のイメージ	16-3
図-16.1.3 第 1 期事業の都市別の治水効果	16-10

付 録

- 付録 1 Minutes of Discussion
- 付録 2 Minutes of Meetings on Inception Report
- 付録 3 その他

第1章 序論

1.1 調査の背景

イタジャイ川流域（流域面積 15,221 km²）は、ブラジル国南部のサンタ・カタリーナ州（以下、「SC 州」）の中心に位置し、歴史的に水害が頻発している。そのため、ブラジル国政府は、度重なる水害に対処すべく 1970 年代より治水ダム建設や河川改修工事などの治水対策に取り組んでいる。



出典：FAPESC

Blumenau 市の浸水状況（1983 年及び 1984 年）

1983 年及び 1984 年に 2 年連続で発生した洪水被害後、ブラジル国政府に対する日本政府の技術協力として河川流域治水計画のマスタープランの策定、及びマスタープランによる提案事業の中で緊急に対応すべき治水事業のフィージビリティスタディが実施された。

- ・ 「イタジャイ河流域治水計画調査」（1986-88 年）
- ・ 「イタジャイ河最下流域治水計画調査」（1988-90 年）

その後、調査結果に基づく洪水対策を実施するため、SC 州政府は円借款案件として「イタジャイ川流域洪水制御計画」を日本政府に要請し、1996 年に円借款の交換公文（E/N）が締結された。しかしながら、ブラジル国政府の政府保証が得られなかったため借款契約（L/A）の締結には至らなかった。このため、州政府及び自治体政府は、開発調査の成果に基づき、独自予算により小規模な護岸整備等を実施しているが、効果は限定されており、洪水災害リスクを抜本的に低減するには至っていない。

2008 年 11 月から 12 月にかけて同州を襲った集中豪雨は、イタジャイ川流域に水関連災害を引き起こし、死者 135 人、行方不明 2 人、家屋を失った被害者 6,000 人以上という大被害を及ぼした。



出典：EPAGRI, FAPESC

2008 年豪雨による被災状況

この災害を受け SC 州政府は災害防止への取組みを大幅に強化する方針とし、SC 州知事は関連分野の有識者により構成される技術科学グループ（以下、「GTC」）を設置し、復旧

活動・工事を実施してきた。GTC は、2009 年 9 月に「イタジャイ川流域自然災害リスク防止・軽減総合計画」（以下「総合防災計画」）を策定した。SC 州政府は、総合防災計画を実施するためわが国に対する技術的・資金的支援要請する意向を表明した。

日本政府はこの準備調査に係わる派遣を行い、2009 年 11 月にイタジャイ川流域の災害対策に係わるプロジェクトの形成を目的とした、JICA によるイタジャイ川流域防災対策事業準備調査（その1）（以下、「準備調査（その1）」）が実施された。同調査の結果は下記の通りである。

- ・ 新たな政策に基づく考え方や著しく変化したイタジャイ川流域の最新の情報・データに基づき、過去の開発調査で作成した治水事業マスタープランを更新する必要性が確認された。
- ・ 2008 年の水害では土砂災害やフラッシュフラッド（局所洪水：支川流域で比較的狭い範囲で急激に増水し浸水する洪水）の被害が顕著であったことから、これらの災害への対策も含めたマスタープランを作成する必要性が確認された。

これらの点を踏まえ、イタジャイ川流域の洪水・土砂災害対策のマスタープランを作成するとともに、同マスタープランで提案される事業のうち円借款供与の可能性が想定される優先事業のフィージビリティスタディを行う事を目的としたイタジャイ川流域防災対策事業準備調査（その2）（以下、「本調査」）の実施が、SC 州政府と JICA 派遣団間で合意され、協議議事録が締結された。これを受けて日本政府は本調査の実施を決定した。

1.2 調査の目的

本調査は、下記を目的として実施する。

- (1) イタジャイ川流域の洪水・土砂災害対策のマスタープランを作成する。
- (2) マスタープランで提案される事業のうち円借款供与の可能性が想定される優先事業のフィージビリティスタディを行う。

1.3 調査対象地域

調査対象地域は、ブラジル国の南部 SC 州に位置するイタジャイ川流域、流域面積 15,521 km²である。

1.4 調査の内容とスケジュール

1.4.1 調査の内容

本調査は、SC 州と JICA 派遣団で署名された本調査に係る実施細則（S/W）に従って実施する。S/W は、本インテリムレポートの付録-1 2009 年 11 月 5 日実施の協議議事録（M/M）に含まれている。

同 M/M では、対象とする自然災害をフラッシュフラッド（局所的洪水）を含む洪水、土砂流出、土砂災害（土石流、地すべり、斜面崩壊）としている。本調査は、緊急対応、復旧、減災、事前準備の 4 要素からなる災害管理サークルのうち減災と事前準備を主として扱う。

本調査内容の概要は以下のとおりである。

(1) 基礎調査

水関連災害の技術的な解決手法の検討とマスタープラン作成に資する以下の情報を収集し解析する。

a. イタジャイ川流域の災害履歴の収集と解析

- b. イタジャイ川流域開発計画のレビュー
- c. 土砂災害危険地域を包括する範囲の地質図、土壌図、植生図、土地利用図の収集
- d. 植生および土地利用の変遷
- e. 河川縦横断測量
- f. 気象・水文、土砂生産・流出、河床変動データの収集・解析
- g. 既存の河川構造物および都市排水施設の運用規則を含むインベントリー調査
- h. 災害軽減施設の建設候補地、災害軽減に活用でき得る既存構造物の現地調査
- i. 地図、衛星画像、航空写真の解析、現地調査による主要土砂生産および土砂災害危険地域の特定
- j. 水関連災害の要因分析
- k. 降雨解析、洪水流出解析、洪水およびフラッシュフラッド解析
- l. 土砂収支解析
- m. 既往洪水予警報解析
- n. 洪水、フラッシュフラッド、土砂災害のリスク評価とリスク・マッピング
- (2) マスタープランの作成
 - a. 洪水被害緩和計画
 - a-1. 考えられる洪水対策のリストアップ
 - a-2. 洪水対策の予備的な計画と評価
 - a-3. 5年確率、10年確率、25年確率洪水に対応する3種類の洪水被害緩和計画の作成
 - a-4. 洪水被害緩和計画案のステークホルダー協議への技術支援
 - a-5. 洪水対策事業の計画と設計
 - b. 土砂災害緩和計画と復旧計画
 - b-1. 考えられる土砂災害対策と復旧事業のリストアップ
 - b-2. 各種対策の予備的な計画と評価
 - b-3. 土砂対策事業の計画と設計
 - c. マスタープランの総事業費積算
 - d. 事業実施スケジュール作成
 - e. マスタープランの経済分析
 - f. マスタープランの環境社会影響評価
- (3) フィージビリティスタディ
 - a. マスタープランで計画された事業のうち円借款の要請対象となる優先事業の選定
 - b. 選定された優先事業のフィージビリティスタディに必要な追加調査の実施（地盤調査等）

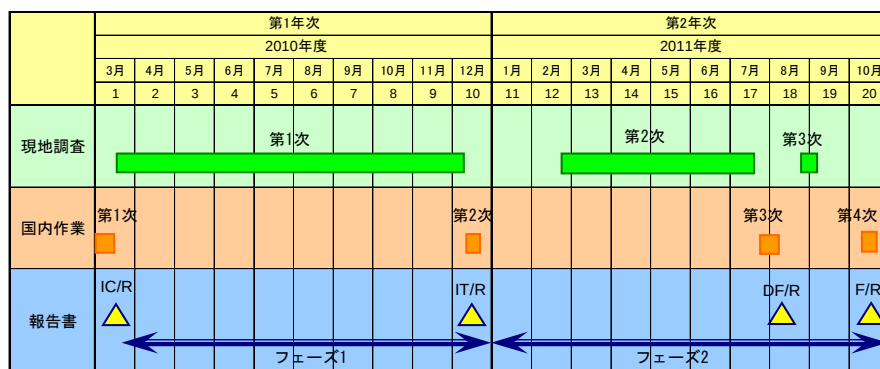
- c. 選定事業のフィージビリティスタディの実施
- d. 州政府が実施する環境社会配慮調査の支援

(4) 技術支援

調査団は、ブラジル国のカウンターパートに対し、共同作業および技術セミナーを介し技術支援を行う。

1.4.2 調査のスケジュール

本調査は、下図の全体作業スケジュールに従って実施された。本調査の全体期間は 20 カ月で、2010 年 3 月に開始した。本調査は 2 つのフェーズに分けられて実施された。フェーズ 1 は 2010 年 3 月から 12 月まで、フェーズ 2 は 2011 年 3 月から 10 月である。フェーズ 1 では、調査地の基礎調査とマスタープランの策定が実施された。フェーズ 2 では、マスタープランで選択された優先プロジェクトのフィージビリティスタディが実施された。



Remarks; IC/R: Inception Report, IT/R: Interim Report, DF/R: Draft Final Report, F/R: Final Report

出典：JICA 調査団

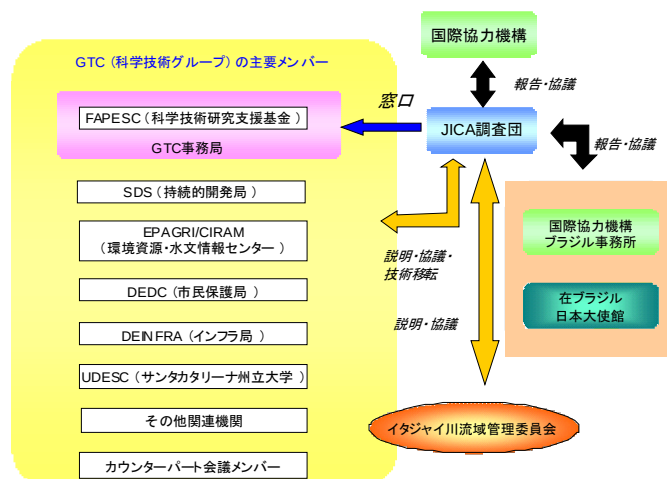
図-1.4.1 本調査の全体スケジュール

1.5 調査実施体制

1.5.1 調査の実施体制

本調査の実施に係る M/M によれば、州政府持続的開発局（SDS：Secretaria de Estado do Desenvolvimento Economico Sustentavel）がブラジル国側実施機関となる。

政府を代表して SDS の傘下にあるサンタ・カタリーナ州科学技術研究支援基金（以下、「FAPESC」）が調査団と共同でマスタープランの作成等を行う。本調査の実施体制を図 1.5.1 に示す。



出典：JICA 調査団

図-1.5.1 本調査の実施体制

1.5.2 カウンターパート会議

本調査を実施して行く上で、州行政機関、大学、市役所、イタジャイ流域委員会、等の様々な関係機関との協議・意見調整を実施して行く必要がある。また、これら関係機関の協力・支援が重要であり、関連機関との意見調整は調査団の重要な業務とも言える。マスタープランで提案された防災対策事業の実施は、複数の関連機関が担当することになり、多くの関連機関との意思疎通をスムーズに行うためには、関連機関との定期的な意見・情報交換が必要となる。

以上の背景から、実効的で円滑な調査実施のため、FAPESC によりカウンターパート会議が設置された。第1回カウンターパート会議が2010年5月19日に開催され、その後、定期的に開催された。カウンターパート会議のメンバーは、下表に示すように主要な関連機関から選任された。関係機関が多いことから、チーフ・カウンターパートとして SDS、Defesa Civil、DEINFRA から各1名が指名された。



カウンターパート会議

表-1.5.1 カウンターパート会議のメンバー

機関名	代表者名
FAPESC	Hugo José Braga
SDS	Carlos Alberto Rockenbach Frederico de Moraes Ruddorff
EPAGRI/CIRAM	Edison Silva Sérgio Luiz Zampieri
DEDC	Rafael Schadeck
DEINFRA（州インフラ局）	Guilherme Rodolfo Bresciani Osni Berreta Filho Adolar Ferreira Filho (DIOP)

機関名	代表者名
UDESC（州立大学）	Aderbal Vicente Lapolli Jaime Antônio de Almeida
SPG（州企画局）	Tânia R. Santiago Costa Jorge Rebolo
FATMA（SDS 下の州自然環境基金）	Cícero Augusto Souza Almeida
SC – Parcerias （SPG 下の PPP 促進公社）	Wenceslau Diotalleve Marcelo Burigo Guilherme Custódio de Medeiros
Polícia Militar Ambiental（州環境警察）	Alexsandro Cravo Kalfeltz
Comitê do Itajaí（イタジャイ委員会）	Fabiana de Carvalho Rosa
Membros do GTC（GTC メンバー）	Rodrigo Del Olmo Sato (CREA/SC) Luiz Henrique Pellegrini (CREA/SC) Harry Dorow (CRAVIL) João Luiz B. Carvalho (UNIVALI) André Gustavo Wormsbacher (AMAVI) Regina Davison Dias (UNISUL)
Outras instituições（その他機関）	Hélio dos Santos Silva (FUB) Laura (EPAGRI/CIRAM) Álvaro Back (EPAGRI/Urussanga) Hebert Xavier Ferreira (Rio do Sul) Washington de Oliveira Cunha (Rio do Sul) James Rides da Silva (Defesa Civil – Rio do Sul) Juarez Almond (FURB) Mário Tachini (FURB) Marlon Hoelzer (CPRM) Paulo Branco (CPRM) Lauz (EPAGRI/CIRAM) Kadu (EPAGRI/CIRAM) Everton (EPAGRI/CIRAM) Eduardo (EPAGRI/CIRAM)

出典：JICA 調査団

表 1.5.2 に、フェーズ 1 調査期間に、調査団が実施したヒアリングや協議の記録を示す。

表-1.5.2 フェーズ 1 調査で実施された関係機関との協議・ヒアリング記録

No.	日時	場所	面談先	面談内容
1	2010/4/5	CIRAM, Florianópolis	Iara (CIRAM)	地質図、地形図データ収集
2	2010/4/5	UNISUL 大学, Florianópolis	Regina (UNISUL 大学)	2008 年土砂災害状況
3	2010/4/6	CIRAM, Florianópolis	Adilson (CIRAM) Juliana (CIRAM)	Baú 山の土砂災害（スライド）
4	2010/4/7	UFSC 国立大学, Florianópolis	Maria Lúcia (UFSC 大学)	サンタ・カタリーナ州自然 災害アトラス
5	2010/4/7	UFSC 国立大学 - CEPED	Rafael Schadec (CEPED)	サンタ・カタリーナ州自然 災害アトラス
6	2010/4/8	州企画局（SPG）、 Florianópolis	Tulio Tavares Santo (SPG) Norton Flores Boppré（計画部） Jorge Rebolo Squera（都市開発部） Murilo Colaço（S 統計・地図部）	地形図や統計データ収集
7	2010/4/13	DEINFRA, Florianópolis	Guilherme R.Bresciani (DEINFRA)	ダムの運営マニュアルやデ ータ収集
8	2010/4/14	Itajaí 市役所	イタジャイ川流域委員会メンバ ー Beate Frank	Itajaí 委員会策定水資源利用 計画マスタープランの公聴 会に出席と委員会への表敬
9	2010/4/15	SDS, Florianópolis	Flávio Victoria（水資源部） Carlos Rockenbach（水資源部）	水資源管理体制情報やデー タ収集
10	2010/4/16	Itajaí 流域	調査団のみ	河川断面調査の場所設定の 為の視察

No.	日時	場所	面談先	面談内容
11	2010/4/19	IBGE, Florianópolis	Moser (IBGE) Sueni Juraci de Mello (IBGE)	経済統計データ、地形図、地質図収集
12	2010/4/20	SDS, Florianópolis	Flávio Victoria (水資源部) Carlos Rockenbach (水資源部)	航空写真実践用航空機の紹介イベント
13	2010/4/23	Fortaleza 川, Velha 川, Garcia 川	Sheila Mafra Ghoddosi (FURB 大学)	Blumenau 市内洪水時の浸水地区確認
14	2010/4/23	Baú 山 - Ilhota	Almir Cezar Paul (Ilhota 市農業局)	Baú 山の土砂洪水災害場所の視察
15	2010/4/23	UFSC 国立大学・Florianópolis	Antonio Cendrero (Cantabria 大学)	スペイン国 Cantabria 大学教授の講演：地質環境災害リスクの防災及び評価 (UFSC 大学にて)
16	2010/4/24	Baú 山 - Ilhota	Maria Lúcia (UFSC 大学) Masato Kobiyama (UFSC 大学)	Baú 山土砂災害現場視察
17	2010/4/26	Epagri, Florianópolis	Antonio Cendrero (Cantabria 大学) Maria Lúcia (UFSC 大学)	自然災害に関して Cantabria 大学との意見交換
18	2010/4/27	Brusque 市役所	Paulo Eccel (市長) Diego Furtado (市環境局) Alexandre (市計画局)	Brusque 市過去の洪水状況確認
19	2010/4/28	CRAVIL, Rio do Sul (イタジャイ流域農牧業地域農協)	Harry Dorow (CRAVIL) Moacir Warmling (CRAVIL) Paulo Roberto (EPAGRI)	Riodel Sul 方面の米栽培状況、洪水の特性、CRAVIL の米生産改革と洪水軽減プログラム情報確認
20	2010/4/28	Itajai 委員会技術チェンバー	Fabiana da Rosa (AMMVI)	Itajai 川流域防災対策事業準備調査プロジェクトの紹介
21	2010/5/3	SDR-Blumenau	イタジャイ川流域内の SDR 局各市役所、流域の関係者 Civil Defense など	イタジャイ川流域防災対策事業調査プロジェクトの紹介、Blumenau 市の調査団用事務所の設置
22	2010/5/5	DNIT, Rio do Sul	Elifas Levi Nolasco Marques (DNIT)	国道 BR 470 号線の道路状況確認
23	2010/5/5	Dinfra, Blumenau	Magno Vinicius de Andrade (DEINFRA) Guilherme Bresciani (DEINFRA)	州道 SC423 号, SC416 号, SC418 号, SC474 号, SC470 号及び国道 BR486 号の道路状況確認
24	2010/5/7	Civil Defense, Blumenau	Carlos Olimpio Menestrina (Civil Defense) Henrique Mario Carreirão (Blumenau 市役所)	Blumenau 市の洪水災害および土砂災害状況確認
25	2010/5/7	市工事局, Blumenau	Alexandre Brollo (市工事局)	Blumenau 市洪水、土砂災害後の復旧工事状況
26	2010/5/7	Itajai 委員会	Beate Frank (イタジャイ川流域委員会) Cleverton (ブルメナウ SDR)	Itajai 川流域防災対策事業調査の基本的考え方に付いて議論とイタジャイ委員会の組織体制や役割の確認
27	2010/5/11	SDR-Blumenau	Beate Frank (イタジャイ川流域委員会) Cleverton (ブルメナウ SDR)	Blumenau 企画局策定案の市内イタジャイ川左岸プロジェクトに関して Itajai 委員会と議論
28	2010/5/11	市企画局, Blumenau	Walfredo Balistieri (市計画局) Fernando de Fontoura Xavier (市計画局) Mauricio Pozzobon (市計画局) Henrique Mario Carreirão (市計画局)	都市企画やゾーニング、河岸違法住宅などの情報確認

No.	日時	場所	面談先	面談内容
29	2010/5/11	Univali 大学, Itajaí	João Luiz Carvalho (UNIVALI 大学)	Itajaí 市の洪水特性や状況、問題点の確認（河口導流堤案や背割堤の研究紹介）
30	2010/5/12	市工事局, Itajaí	Marcelo Marquetti (イタジャイ市工事局)	洪水後の復旧工事や浸水地区の現場確認
31	2010/5/12	市計画局, Itajaí	Paulo Praum Cunha Neto (市計画局) Amarildo (市計画局)	都市企画やゾーニング計画情報
32	2010/5/12	Itajaí 港, Itajai	Antonio Ayres dos Santos (イタジャイ港) Robert Grantham (イタジャイ港)	港湾の運営や河道の堆積問題の確認（浚渫費用など）
33	2010/5/13	Civil Defense, Gaspar	Mari Inês Testoni Theiss (Civil Defense)	Gaspar 市の土砂災害状況と現場視察
34	2010/5/13	Epagri, Florianópolis	Fernando Takasugui、Elídio Sinzato、Luiz Nakayama (SC 日伯協会)	SC 州日伯文化協会への Itajai 川流域防災対策事業調査プロジェクトの紹介（交流を深める目的で）
35	2010/5/14	Iguatemi (コンサルタント会社)	Prudêncio Wust、Marnei Saccas Ribeiro、Felipe Zacchi Gomez、Alexandre Mosimann Silveira	Blumenau 市内災害後の復旧工事設計の事例紹介
36	2010/5/14	Civil Defense, Brusque	Eliseu Muller Junior (Civil Defense)	Brusque 市の洪水や土砂災害状況確認
37	2010/5/18	Epagri, Florianópolis	Antonio Diomario FAPESC 総裁および CP 機関代表、及びその他関係者	第 1 回技術セミナー：日本の防災対策事例の紹介および本調査での対策案説明
38	2010/5/19	Epagri, Florianópolis	CP 機関代表	第 1 回目 CP 会議：プロジェクト進捗確認
39	2010/5/20	DEINFRA, Florianópolis	João Flávio Gomes Costa (DEINFRA)	道路復旧費用、復旧工事プロジェクト、道路経済指標、IRI、道路交通量、などのデータ収集
40	2010/5/20	DENIT, Florianópolis	Gervásio Martinichi (DENIT)	道路復旧費用、復旧工事プロジェクト、道路経済指標、IRI、道路交通量、などのデータ収集
41	2010/5/21	FAPESC, Florianópolis	Antonio Diomário de Queiroz (FAPESC) Zenório Piana (FAPESC)、Hugo Graga (EPAGRI/CIRAM)	マスタープラン作成のための基本データや情報収集フェーズの報告と今後の取り組み報告
42	2010/5/21	Epagri, Florianópolis	Guilherme R. Bresciani (DEINFRA)	Oeste ダムと Sul ダムの嵩上げ検討会
43	2010/5/24	Deinfra, Blumenau	Magno Vinicius de Andrade (DEINFRA)	Blumenau 地区の洪水状況、道路管理、DEINFRA の役割など確認
44	2010/5/24	市工事局, Luis Alves	Reinvald José Tiedt (Luis Alves 市工事局)	Luis Alves 市地区の土砂災害状況
45	2010/5/25	Civil Defense, Brusque	Eliseu Muller Junior (Civil Defense)	Brusque 市地区の土砂災害状況
46	2010/5/25	市企画局, Rio do Sul	Garibaldi Antônio Ayroso (市計画局) James Rides da Silva (Civil Defense) André Gustavo Wormsbecher (市計画局)	Rio do Sul 市の洪水状況確認、CivilDefense 作成の洪水土砂災害非難対応マニュアルの確認、洪水時の浸水現場視察
47	2010/5/25	CRAVIL, Rio do Sul	Moacir Warmling (CRAVIL) Paulo Roberto Arruda (EPAGRI)	CRAVIL 作成の米生産改善案と洪水軽減案の内容確認

No.	日時	場所	面談先	面談内容
48	2010/5/26	FURB/CEOPS, Blumenau	Helio dos Santos Silva (FURB 大学) Mario Tachini (FURB 大学)	CEOPS 管理の洪水予警報システム (FFWS) 情報確認や水位観測データの収集
49	2010/5/27	Civil Defense, Ilhota	Paulo Brun (Civil Defense)	2008 年の洪水状況の確認と Baú 山の土砂災害状況を消防隊のヘリで航空視察
50	2010/5/27	Portonave 港, Navegantes	Osmari de Castilho Ribas (Portonave 港) Lélío Esteves Rossa (Portonave 港) Paulo Roberto Deschamps (Portonave 港)	Portonave 港の運営に関する情報、貨物取り扱い量のデータ収集
51	2010/5/27	Navegantes 市役所	Cassiano Ricardo Weiss (市財務局) Fabiano Zucco (行政局) Antônio Carmona (市経済開発局)	Navegantes 市の洪水状況確認 (JICA 提案の放水路は知らないとの事)
52	2010/5/27	Autopista Litoral Sul 会社, Joinville	Fernando Araújo Autopista 社)	道路国道 BR-101 号の交通量データ収集
53	2010/5/28	Civil Defense, Rio do Sul	James Rides da Silva (Civil Defense)	Rio do Sul 市内の土砂災害状況確認や現場視察
54	2010/5/31	Itajaí 港, Itajaí	André Pimentel (Itajaí 港技術部)	潮位観測データ収集とベンチマーク位置確認
55	2010/5/31	Civil Defense, Itajaí	Sérgio Murilo de Melo (Civil Defense)	Itajaí 市内の洪水状況や避難対応マニュアル情報の確認
56	2010/6/1	Civil Defense, Florianópolis	Emerson Emerim (SC 州 Civil Defense) Paulo Cesar Knih (SC 州 Civil Defense)	SC 州の洪水状況、避難対応マニュアル、災害時の非常事態、地方別訓練などの情報
57	2010/6/2	Civil Defense, Blumenau	Carlos Olimpio Menestrina Major Baptista Neto	Blumenau 市の洪水予警報システム情報と災害避難対応マニュアル
58	2010/6/2	FURB/CEOPS, Blumenau	Mario Tachini (FURB 大学)	CEOPS 管理の洪水予警報システム確認と ANA・SDS 所有の観測箇所の確認
59	2010/6/7	Civil Defense, Itajaí	Sérgio Murilo de Melo (Civil Defense)	Itajaí 方面の土砂災害状況確認
60	2010/6/8	Epagri, Florianópolis	CP 機関代表者	第2回目 CP 会議：プロジェクト進捗確認
61	2010/6/9	SDS, Florianópolis	Carlos Rockenbach (水資源部) Robson Marcos (IT 部)	SDS/FURB の降雨量・水位観測所増加計画の確認と世界銀行融資情報 (Microbasin 3 プログラム)
62	2010/6/10	Univali 大学, Itajaí	João Luiz Carvalho (UNIVALI 大学)	Itajaí 市の洪水状況の確認、Univali が研究中的の突堤を紹介 (Jetty)
63	2010/6/10	Civil Defense, Gaspar	Mari Inês Testoni Theiss (Civil Defense)	Gaspar 市の洪水状況と災害避難対応マニュアルの確認
64	2010/6/11	Norte ダム, José Boiteux	Guilherme R.Bresciani (DEINFRA)	Norte ダム現地視察
65	2010/6/11	Oeste ダム, Taió	Guilherme R.Bresciani (DEINFRA)	Oeste ダム現地視察
66	2010/6/11	Sul ダム, Ituporanga	Guilherme R.Bresciani (DEINFRA)	Sul ダム現地視察
67	2010/6/14	Civil Defense, Rio do Sul	James Rides da Silva (Civil Defense) André Gustavo Wormsbecher (市計画局)	Rio do Sul 市の予警報システムや災害避難対応マニュアルの確認

No.	日時	場所	面談先	面談内容
68	2010/6/14	COHAB, Florianópolis	Maria Darci Mota Beck (COHAB)	SC 州での新たな宅地開発の確認
69	2010/6/14	Microbasin 機構, Florianópolis	Valdemar Salgado Vicente Sandrini Pereira (Microbasin 機構)	世界銀行融資による Microbasin1、2、3 プログラムの情報確認
70	2010/6/15	CIRAM, Florianópolis	Everton Blank (CIRAM) Carlos Eduardo Salles de Araujo (CIRAM)	CIRAM の研究者が開発している SWAT (水文モデル) や FINEP 14 (異常気象予警報モデル) の紹介
71	2010/6/16	SDS, Florianópolis	Carlos Alberto Rockenbach (SDS) Robson Marcos (SDS-IT 部)	世銀の融資で開発中の予警報システム情報 (Microbasin3) の内容確認
72	2010/6/16	FATMA, Florianópolis	Graciela Canton (FATMA) Martim (FATMA 弁護士)	河岸の永久的保護地区 (APP) の法律や環境ライセンス申請用紙
73	2010/6/19	SDR-Blumenau	Beate Frank (イタジャイ川流域委員会)	洪水土砂災害予警報システムの提案や斜面工構造物対策についての議論
74	2010/6/21	Civil Defense, Florianópolis	Emerson Emerim (SC 州 Civil Defense)	土砂災害時の報告書や記録データ収集 (AVADAN の纏め)
75	2010/7/27	FAPESC, Florianópolis	Antônio Diomário de Queiroz (FAPESC) Hugo Braga (FAPESC) Zenório Piana (EPAGRICIRAM)	マスタープラン策定の為の基本方針説明
76	2010/7/28	SDR-Blumenau	Raimundo Mette (SDR) Beate Frank (イタジャイ川流域委員会) Cleverton (SDR) Noemia Bohn (FURB 大学) Sheila Mafra Ghoddosi (FURB 大学) Fabiana de Carvalho Rosa (AMMVI)	マスタープラン策定の為の基本方針説明
77	2010/8/2	Civil Defense, Florianópolis	Emerson Emerim (SC 州 Civil Defense)	マスタープラン策定の為の基本方針説明
78	2010/8/3	Epagri, Florianópolis	CP 機関代表者	第3回目 CP 会議:
79	2010/8/5	SDS, Florianópolis	Flávio Victoria (水資源部) Carlos Rockenbach (水資源部)	マスタープラン策定の為の基本方針説明
80	2010/8/9	CRAVIL, Florianópolis	Harry Dorow (CRAVIL) Moacir Warmling (CRAVIL) Paulo Roberto Arruda (EPAGRI)	マスタープラン策定の為の基本方針説明および CRAVIL 作成の米生産改善案と洪水軽減案の実施に付いての打合せ
81	2010/8/11	SDR-Blumenau	Ari Roedez (FURB 大学) Hélio dos Santos Silva (FURB 大学)	RiódosCedros 市および Timbó 市の洪水状況と州知事提出済みの嘆願書に付いて議論.
82	2010/8/11	FURB 大学, Blumenau	イタジャイ川流域委員会 防災技術部会	マスタープラン策定の為の基本方針説明
83	2010/8/12	Agronômica 市, Pouso Redondo 市, Taió 市	Moacir Warmling (CRAVIL) Iloi (リオドスール市 EPAGRI) Olimpio (アグロノミカ市 EPAGRI)	水田の灌漑用小規模ダムやため池など現地視察 Oeste ダム視察
84	2010/8/13	UFSC-CEPED, Florianópolis	Rafael Schadec (CEPED/UFSC 大学)	マスタープラン策定の為の基本方針説明 自然災害アトラスの更新デ

No.	日時	場所	面談先	面談内容
				一タ 依頼
85	2010/8/24	UFSC - CEPED, Florianópolis	Rafael Schadec (CEPED/UFSC 大学)	自然災害アトラスの更新データ収集のための打合せ
86	2010/8/24	DEINFRA, Florianópolis	Adolar Ferreira (DEINFRA) Osni Beretta (DEINFRA)	道路の斜面保護工や排水工の提案可能な地域視察に付いて打合せ
87	2010/8/26	FUNDAGRO, Florianópolis SC 州農村持続的開発協力基金	Eugênia Maria Michele de Aguiar Backes	CELESC 所有の水文運用データ収集
88	2010/8/27	Rio dos Cedros 市役所	Fernando Tomaselli (市長) Guilherme Voigt Junior (市議会) Cassio (市議会) Hélio dos Santos Silva (FURB 大学) Ari Roedez (FURB 大学) Daniel Pedro Medeiros (Celesc) José Belmont Verzola (Celesc) Carlos Rockenbach (水資源部) Sergio Boezel (SDR)	Riodos Cedros 市や Timbó 市の洪水状況確認および CELESC と共同で予警報システム導入の検討会
89	2010/9/1	FURB 大学, Blumenau	Sheila Mafra Ghoddosi (FURB 大学)	マスタープラン作成上自然環境に配慮する必要性やイタジャイ委員会水資源計画の河岸植生再生化プログラムとの適合性確認
90	2010/9/1	FURB 大学, Blumenau	Hélio dos Santos Silva (FURB 大学)	土砂災害と降雨量との相関性研究やリスク評価。 Blumenau 市でパイロットプロジェクト (リスクアセスメント、リスクエスティメイト、対策計画、斜面保護工の設計、経済的妥当性評価) を行いたい意向
91	2010/9/1	Celesc 公社, Florianópolis	José Belmont Verzola (Celesc) Daniel Pedro Medeiros (Celesc)	Dos Cedros 川流域のダム運営状況確認
92	2010/9/8	SDS, Florianópolis	Carlos Rockenbach (水資源部), Tobias (水資源部)	Dos Cedros 川流域の集水域面積の確認
93	2010/9/8	州企画局 - SPG, Florianópolis	Vinícius Lummertz (SPG 局) Jorge Rebollo Squera (都市開発部)	マスタープラン策定の為の基本方針説明および SC 州の新たな宅地開発プロジェクトの確認
94	2010/9/13	SDR-Blumenau	各市役所の代表や職員, 流域内の SDS 局市連合代表者	マスタープラン策定の為の基本方針説明
95	2010/9/14	Benedito Novo 市, Luis Alves 市, Gaspar 市, Doutor Pedrinho 市	Adolar Ferreira (DEINFRA) Osni Beretta (DEINFRA)	道路斜面保護工や排水工可能な場所の視察
96	2010/9/15	Benedito Novo 市, Luis Alves 市, Gaspar 市, Doutor Pedrinho 市	Adolar Ferreira (DEINFRA) Osni Beretta (DEINFRA)	道路斜面保護工や排水工可能な場所の視察
97	2010/9/23	FAPESC, Florianópolis	GTC メンバー	マスタープラン策定の為の基本方針説明
98	2010/9/29	DEINFRA, Florianópolis	Adolar Ferreira (DEINFRA) Osni Beretta (DEINFRA)	道路復旧工事に関するプロジェクト費用、道路経済指

No.	日時	場所	面談先	面談内容
				標、IRI、道路交通量、に関するデータ収集
99	2010/9/30	Epagri, Florianópolis	CP 機関代表者 Fabiana de Rosa (AMMVI) GTC メンバー	第4回目のCP会議：マスタープラン基本方針のイタジャイ委員会の評価と認証、水文解析、安全度確立別洪水計画、確立ごとの対策案などの説明会
100	2010/10/8	Epagri, Florianópolis	Beate Frank (イタジャイ委員会)、João Luiz Carvalho (UNIVALI)	公聴会の運営、基本方針の確認
101	2010/10/14	AMMVI, Blumenau	Fabiana de Carvalho Rosa (AMMVI)	警告システム/アラームの洪水についての確認・協議
102	2010/10/14	FURB/CEOPS, Blumenau	Hélio dos Santos Silva (FURB)	警告システム/アラームの洪水についての確認・協議
103	2010/10/14	Epagri, Florianópolis	Contrapartes brasileiras, CT-prevenção	第5回目のCP会議：土砂崩れや緊急時の対応についての説明
104	2010/10/15	Pref. Municipal, Rio do Sul	James Rides da Silva (Defesa Civil), André Wormsbecher (計画局)	警告システム/アラームの洪水についての確認・協議
105	2010/10/15	Barragens da Celesc, Rio dos Cedros	Miguel (Palmeiras 発電所)	Rio Bonito ダムと Pinhal ダムの現場、事務所視察
106	2010/10/19	SDS, Florianópolis	Flávio Victoria (水資源部長), Carlos Rockenbach (水資源部)	警告システム/アラームの洪水についての確認
107	2010/10/20	Blumenau 市役所	Walfredo Balistieri (Planejamento), Vera Krummenauer	Blumenau 市の都市計画 MP (洪水と環境面) の確認
108	2010/10/20	SDR, Blumenau	Fabiana de Carvalho Rosa (AMMVI)	MP の環境側面に関する懸念事項の協議
109	2010/10/21	CELESC, Florianópolis	José Belmont Verzola (Celesc)	Rio dos Cedros 市における対象としたアラームおよび警報システムについての協議
110	2010/10/25	Rio do Sul 市役所	James Rides da Silva (Defesa Civil), André Wormsbecher (Planejamento)	警告システム/アラームの洪水についての確認・協議
111	2010/10/26	Brusque 市役所	Eliseu Muller Junior (Defesa Civil)	警告システム/アラームの洪水についての確認・協議
112	2010/10/26	FURB/CEOPS, Blumenau	Hélio dos Santos Silva (FURB), Mário Tachini (FURB)	警告システム/アラームの洪水についての講演
113	2010/10/27	Epagri, Florianópolis	Marcelo Jorge Medeiros (ANA)	早期警報システム、ANA 所有のシステムと今後の計画に関する協議
114	2010/10/28	Epagri, Florianópolis	Contrapartes brasileiras	第6回目のCP会議：洪水、土砂崩れ、/警報システム等の提案
115	2010/11/4	UNIVALI, Itajaí	João Luiz B. Carvalho (UNIVALI)	イタジャイ川の氾濫に関する協議
116	2010/11/4	SDS, Florianópolis	Robson Marcos (水資源部)	警告システム/アラームの洪水についての確認・協議
117	2010/11/4	DEINFRA, Florianópolis	Willian Ernest Wojcikiewicz (DEINFRA)	積算単価のデータ収集
118	2010/11/8	DEINFRA, Florianópolis	Roberto Alexandre Zattar (DEINFRA)	積算単価のデータ収集

No.	日時	場所	面談先	面談内容
119	2010/11/9	EPAGRI, Florianópolis	Beate Frank (Comitê do Itajaí), João Luiz Carvalho (UNIVALI)	公聴会の運営、基本方針の確認
120	2010/11/11	EPAGRI, Florianópolis	Contrapartes brasileiras	第7回目のCP会議：公聴会での説明内容についての確認
121	2010/11/16	AMFRI, Itajaí	População de Itajaí e Brusque, (municípios membros da AMFRI)	第1回公聴会
122	2010/11/17	SDR, Blumenau	População de Blumenau e imediações, (municípios membros da AMMVI)	第2回公聴会
123	2010/11/18	Secret. da Educação, Rio do Sul	População de Rio do Sul e imediações, (municípios membros da AMAVI)	第3回公聴会
124	2010/11/25	FURB, Blumenau	Comunidade em geral da Bacia do Itajaí	第1回技術セミナー：災害管理に関する技術紹介
125	2010/11/29	EPAGRI, Florianópolis	Contrapartes brasileiras	第8回CP会議：治水安全度の決定
126	2010/11/29	EPAGRI, Florianópolis	Antônio Diomário de Queiroz (FAPESC)	治水対策に関するSC州への説明
127	2010/12/10	EPAGRI, Florianópolis	Antônio Diomário de Queiroz (FAPESC)	治水対策に関するSC州への説明
128	2010/12/13	EPAGRI, Florianópolis	Antônio Diomário de Queiroz (FAPESC)	治水対策に関するSC州への説明

出典：JICA 調査団



技術セミナー（2010年5月18日、11月25日開催）



公聴会（2010年11月16、17、18日開催）

1.6 ドラフトファイナル・レポート

本ドラフトファイナル・レポートは、2010年3月下旬から開始されたフェーズ1調査及び、フェーズ2調査の成果を取りまとめて作成されたものである。当レポートの構成は、以下の通りである。本報告書は、主報告書に該当する。

第1編：要約

第2編：主報告書（当報告書）

第3編：サポーティング・レポート

サポーティング・レポート (A) 水文解析

サポーティング・レポート (B) 洪水被害緩和計画

サポーティング・レポート (C) 土砂災害緩和計画

サポーティング・レポート (D) 洪水予警報システムの強化

サポーティング・レポート (E) 水田の雨水貯留

サポーティング・レポート (F) 環境社会配慮評価

サポーティング・レポート (G) 設計・積算

サポーティング・レポート (H) 経済分析

第4編：データブック（CD媒体）

第2章 調査対象地域の現況

2.1 社会・経済状況

2.1.1 行政区分

SC 州の行政区分は、州政府、293 市および 36 の SDR 地域開発局で構成されている（詳細は、節 2.5 関連行政機関を参照）。SDR 地域開発局は、地方分権化の一環として、州政府行政の地方部での効率的サービスを行うために設置した機関である。なお、SDR 地域開発局の権限は以下のように設定されている。

- i) 州政府を代表した行政
- ii) 地区開発計画の策定および各関連機関間の調整
- iii) 事業の実施および各機関間の調整
- iv) 各市の事業実施への支援
- v) 事業実施予算の策定
- vi) 道路の維持管理

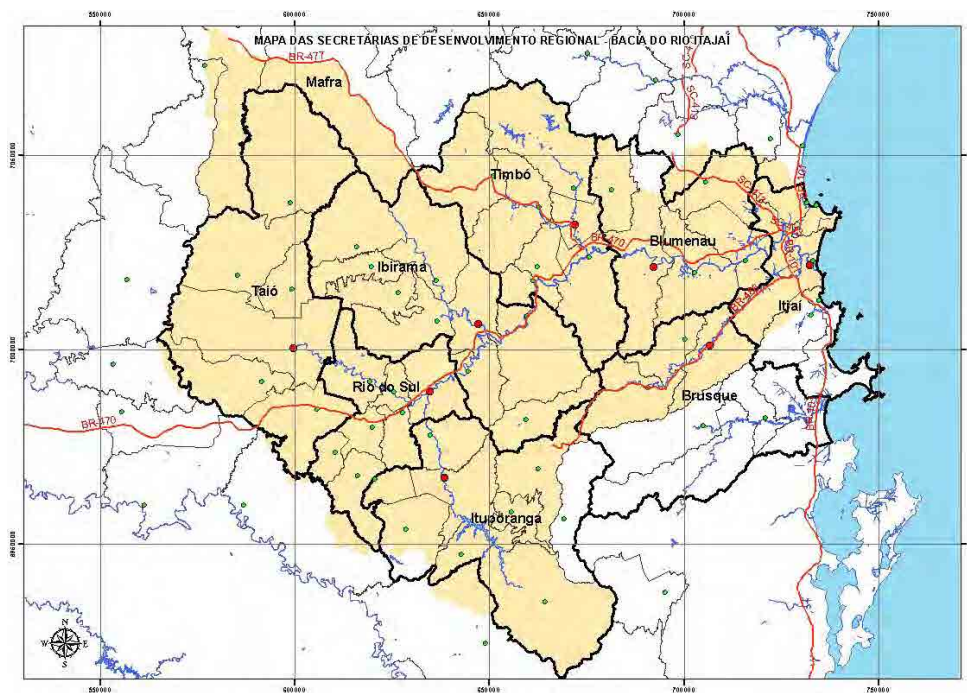
当イタジャイ川流域に関連する市は 50 市で、SDR 地域開発局は 9 局から構成されている。下表に示すように、50 市の人口の総計は 2009 年時点で 123.2 万人であり、面積は 15,100 km² となっている。また、図-2.1.1 にイタジャイ川流域内の SDR 地区を示す。

表-2.1.1 イタジャイ川流域内の SDR 地域開発局毎の人口と面積（2009 年）

SDR 地域開発局	市	人口（人）	面積(km ²)
SDR-Rio do Sul	Braço do Trombudo	3,419	89.64
	Agronômica	4,925	130.24
	Laurentino	5,757	79.62
	Trombudo Central	6,520	108.82
	Rio do Oeste	7,033	246.43
	Agrolândia	9,661	207.32
	Rio do Sul	59,962	260.47
SDR-Ituporanga	Chapadão do Lageado	2,882	125.45
	Atalanta	3,402	94.24
	Aurora	5,560	206.72
	Imbuia	5,738	122.78
	Vidal Ramos	6,112	338.30
	Petrolândia	6,188	306.13
	Alfredo Wagner	10,274	731.74
	Ituporanga	21,496	337.20
SDR-Ibirama	Presidente Nereu	2,324	224.80
	Dona Emma	3,583	181.07
	Witmarsum	3,584	151.39
	José Boiteux	5,054	405.62
	Vítor Meireles	5,756	371.41
	Lontras	9,660	197.73
	Apiúna	10,996	493.82
	Presidente Getúlio	14,392	295.26
	Ibirama	17,469	246.44
SDR-Blumenau	Luiz Alves	9,506	261.09
	Ilhota	12,149	253.68
	Pomerode	26,788	215.40
	Gaspar	55,489	386.99
	Blumenau	299,416	520.38
SDR-Brusque	Botuverá	4,345	301.94
	Guabiruba	17,316	173.85

SDR 地域開発局	市	人口（人）	面積(km ²)
SDR-Itajaí	Brusque	102,280	283.23
	Balneário Piçarras	14,845	99.26
	Penha	22,263	58.68
	Navegantes	57,324	111.70
	Itajaí	172,081	288.91
SDR-Mafra	Itaiópolis	20,551	1,294.50
SDR-Taió	Mirim Doce	2,583	339.34
	Rio do Campo	6,135	503.25
	Salete	7,737	180.56
	Santa Terezinha	9,363	718.92
	Pouso Redondo	14,510	362.13
	Taió	17,522	692.58
SDR-Timbó	Doutor Pedrinho	3,432	376.19
	Ascurra	6,945	111.23
	Rio dos Cedros	10,170	554.91
	Benedito Novo	10,335	388.88
	Rodeio	11,215	128.11
	Timbó	35,303	127.47
	Indaial	50,917	432.86
合計		1,232,267	15,119

出典：JICA 調査団整理 (http://www.spg.sc.gov.br/dados_munic.php#comercio)



出典：JICA 調査団

図-2.1.1 イタジャイ川流域内の SDR 地域開発局

サンタカタリーナ州の開発計画の計画策定は、南部開発監督機関（SUDESUL：Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul）に管轄されている。SUDESUL は複数の近隣市を取り纏める市連合の創設を提案し、同州には 21 の連合が設立されている。イタジャイ川流域都市が属する市連合は下記の 3 連合である。

- ・ Associação dos Municípios da Foz do Rio Itajaí (AMFRI：イタジャイ川河口地域市連合)
- ・ Associação dos Municípios do Médio Vale do Itajaí (AMMVI：イタジャイ川中流域市連合)
- ・ Associação dos Municípios do Alto Vale do Itajaí (AMAVI：イタジャイ川上流域市連合)

2.1.2 社会状況

(1) 人口

2009 年時点におけるイタジャイ川流域の人口は 123.2 万人であり、州全人口の 20%を占める。人口は1970 年以降、流域全体で年率 2.0%の割合で増加しており、特にインフラの整備された Itajai 市、Blumenau 市及び Brusque 市で増加している。一方、イタジャイ川流域上流部の人口は、停滞もしくは減少傾向にあり、中都市への人口移動が顕著になっている。下表に各 SDR 開発地区別の人口及び増加率を示す。

表-2.1.2 イタジャイ川流域各地域開発局別の人口及び増加率

SDR 地域開発局	1970	1991	2000	2005	2009	年間人口増加率 (%/年)
SDR-Blumenau	146,948	282,298	348,897	390,622	403,348	2.6%
SDR-Brusque	45,241	72,163	92,790	105,713	123,941	2.6%
SDR-Ibirama	49,077	60,741	64,014	66,119	72,818	1.0%
SDR-Itajai	85,107	164,336	215,400	247,391	266,513	3.0%
SDR-Ituporanga	52,898	59,983	57,744	56,262	61,652	0.4%
SDR-Mafra	24,102	26,240	19,086	20,014	20,551	-0.4%
SDR-Rio do Sul	57,831	76,313	84,491	89,615	97,277	1.3%
SDR-Taió	40,334	44,850	53,738	53,842	57,850	0.9%
SDR-Timbó	67,457	89,521	107,958	119,509	128,317	1.7%
イタジャイ川流域	568,995	876,445	1,044,118	1,149,087	1,232,267	2.0%
SC 州	2,901,660	4,541,994	5,356,360	5,866,568	6,118,743	1.9%

出典：http://www.spg.sc.gov.br/dados_munic.php#comercio

下表に主要都市市別の 1970-2009 年間の人口動態割合を示す。

表-2.1.3 1970-2009 年間の平均人口増加率

人口増加傾向にある市		人口減少傾向にある市	
市	人口増加率	市	人口増加率
Navegantes	4.6%	Presidente Nereu	-1.4%
Balneário Piçarras	3.2%	Vidal Ramos	-1.1%
Gaspar	2.9%	Mirim Doce	-0.7%
Blumenau	2.8%	Ibirama	-0.5%
Timbó	2.8%	Rio do Oeste	-0.5%
Penha	2.8%	Itaiópolis	-0.4%
Brusque	2.8%	Benedito Novo	-0.3%
Guabiruba	2.6%	Trombudo Central	-0.3%
Itajai	2.6%	Petrolândia	-0.3%
Indaial	2.1%	Dona Emma	-0.2%
Pomerode	2.1%	Presidente Nereu	-1.4%
Rio do Sul	2.0%	Vidal Ramos	-1.1%

出典：http://www.spg.sc.gov.br/dados_munic.php#comercio

居住地区から見ると流域全体では、約 81%が都市部に居住しており、特に Itajai 市および Brusque 市の両市ではこの傾向が顕著になっている。都市化の進んでいる下流部では、大多数が都市部に居住し、上流域では、農村部に居住している。下表に各 SDR 地域開発局別の都市部・農村部別住宅地数の分布を示す。

表-2.1.4 SDR 地域開発局毎の都市部・農村部別の住宅数（2008 年度）

SDR 地域開発局	住宅戸数			割合	
	全戸数	都市部	農村部	都市部	農村部
SDR-Blumenau	113,092	97,634	15,458	86.3%	13.7%
SDR-Brusque	29,799	27,499	2,300	92.3%	7.7%
SDR-Ibirama	19,586	10,948	8,638	55.9%	44.1%

SDR 地域開発局	住宅戸数			割合	
	全戸数	都市部	農村部	都市部	農村部
SDR-Itajaí	80,690	76,801	3,889	95.2%	4.8%
SDR-Ituporanga	17,417	6,838	10,579	39.3%	60.7%
SDR-Mafra	5,589	2,603	2,986	46.6%	53.4%
SDR-Rio do Sul	26,714	20,562	6,152	77.0%	23.0%
SDR-Taió	15,818	7,088	8,730	44.8%	55.2%
SDR-Timbó	34,205	28,253	5,952	82.6%	17.4%
イタジャイ川流域	342,910	278,226	64,684	81.1%	18.9%
SC 州	1,821,483	1,473,162	348,321	80.9%	19.1%

出典：http://www.spg.sc.gov.br/

(2) 労働および雇用機会

雇用面では、工業部門が雇用を創出しており、次いで商業やサービス部門が多く雇用を創出している。地区別では Blumenau 市、次いで Itajaí 市が雇用を創出している。一方、農業部門は、Itajaí 市で雇用を創出しているものの、その他の地区では僅かであり、農業は家族農業が主体となっている。

表-2.1.5 産業セクター別就業者数（2008 年度）

SDR 地域開発局	鉱業	工業	公社	建設	商業	サービス	公的機関	農林業	合計
SDR-Blumenau	246	70,902	1,308	5,242	26,838	37,607	8,007	625	150,775
SDR-Brusque	178	28,427	249	1,304	7,884	7,204	1,412	155	46,813
SDR-Ibirama	5	10,775	36	1,385	2,436	1,497	1,797	197	18,128
SDR-Itajaí	231	15,699	717	2,010	19,648	31,344	8,581	2,161	80,391
SDR-Ituporanga	33	2,237	23	284	2,444	1,331	1,603	169	8,124
SDR-Mafra	4	1,058	11	9	498	302	530	113	2,525
SDR-Rio do Sul	145	13,635	294	637	6,318	10,622	2,389	381	34,421
SDR-Taió	53	5,615	39	42	1,794	1,161	1,557	311	10,572
SDR-Timbó	29	29,075	114	1,422	6,595	5,464	3,046	289	46,034
イタジャイ川流域	924	177,423	2,791	12,335	74,455	96,532	28,922	4,401	397,783
SC 州	7,711	581,610	17,453	75,901	344,885	481,475	225,767	42,802	1,777,604

出典：http://www.spg.sc.gov.br/

2.1.3 経済状況

当該流域の産業構成はサービス部門が主要な生産活動となっており、地域生産額の約 50.2 %を占めている。特に下流域の Itajaí 市は、港湾を主体とするサービス業による生産活動が主となっている。工業部門は、Brusque 市、Timbó 市、Blumenau 市および Ibirama 市の各市で重要な産業となっている。農業部門の寄与が高い地区は、Ituporanga 市および Mafra 市となっている。次表に各 SDR 地域開発局別の各セクター別の地域生産額でのシェアを示す。

表-2.1.6 SDR 地域別各セクターの地域総生産額への貢献度（2007 年度）

SDR 地域開発局	農業	工業	サービス	公的部門	税部門	合計
SDR-Blumenau	0.9%	36.1%	50.6%	6.3%	12.4%	100.0%
SDR-Brusque	0.5%	44.7%	44.1%	5.9%	10.7%	100.0%
SDR-Ibirama	18.1%	34.6%	40.4%	10.2%	6.9%	100.0%
SDR-Itajaí	1.0%	13.5%	56.5%	4.3%	28.9%	100.0%
SDR-Ituporanga	43.8%	12.9%	39.6%	9.3%	3.7%	100.0%
SDR-Mafra	37.7%	19.5%	38.5%	11.3%	4.2%	100.0%
SDR-Rio do Sul	7.1%	34.7%	48.5%	7.0%	9.6%	100.0%
SDR-Taió	26.2%	25.6%	42.0%	10.0%	6.2%	100.0%
SDR-Timbó	2.4%	44.5%	41.6%	8.0%	11.5%	100.0%
イタジャイ川流域	4.2%	28.6%	50.2%	6.1%	17.0%	100.0%
SC 州	6.3%	31.2%	49.8%	7.6%	12.7%	100.0%

出典：調査団整理 http://www.spg.sc.gov.br/

SC 州の輸出は、Sadia 社および Perdigão 社による鶏肉および豚肉輸出に大きく依存している。当流域河口に位置する Itajai 港は、これらの製品の輸出港となっており、SC 州における重要な経済拠点となりつつある。

1999-2007 年間における各セクター別の経済成長では、特にサービス部門が目覚ましい経済成長を遂げている。地区別では Itajai 市にて、税収の高い伸びが顕著である。次表に各セクター別・各市別の経済成長率を示す。

表-2.1.7 1999 年-2007 年間における各セクター別経済成長率（%/年）

SDR 地域開発局	農業	工業	サービス	税	総収入
SDR-Blumenau	8.2%	9.9%	18.0%	10.4%	14.4%
SDR-Brusque	6.1%	14.9%	19.2%	9.2%	16.7%
SDR-Ibirama	9.7%	12.9%	20.3%	12.0%	16.2%
SDR-Itajaí	10.2%	16.9%	19.9%	30.9%	21.3%
SDR-Ituporanga	10.7%	18.4%	22.5%	12.6%	17.3%
SDR-Mafra	14.2%	13.9%	23.8%	14.1%	19.1%
SDR-Rio do Sul	10.3%	16.7%	19.0%	12.1%	17.2%
SDR-Taió	10.2%	17.6%	21.7%	14.3%	17.8%
SDR-Timbó	3.9%	11.8%	20.5%	12.2%	16.0%
イタジャイ川流域	10.0%	12.6%	19.3%	18.5%	17.0%
SC 州	9.9%	12.8%	18.8%	14.6%	16.2%

出典：調査団整理 <http://www.spg.sc.gov.br/>

(1) 農業

イタジャイ川流域での農業生産は、約 156 万 ha の農地にて生産活動が行われており、主に上流域の Ituporanga 市、Taio 市および Rio do Sul 市にてトウモロコシ、大豆およびタバコ栽培が行われている。下流域では、水稻およびサトウキビおよびバナナ栽培が行われている。下表に各 SDR 地域開発局の主要農産物の作付面積および家畜飼育頭数を示す。

表-2.1.8 主要農産物作付け面積（2008 年度）

単位：ha

	SDR-Blumenau	SDR-Brusque	SDR-Ibirama	SDR-Itajaí	SDR-Ituporanga	SDR-Mafra	SDR-Rio do Sul	SDR-Taió	SDR-Timbó	Total
総面積	11,143	1,366	21,796	4,026	51,427	32,694	18,914	35,902	8,913	1,553,343
とうもろこし	2,000	680	10,180	50	18,530	12,500	8,710	14,265	2,658	715,774
大豆	0	0	150	0	400	12,500	23	260	200	373,358
タバコ	2	210	8,798	0	15,067	4,401	4,486	10,162	27	43,153
水稻	7,300	230	440	3,770	190	20	2,584	9,180	4,610	28,324
たまねぎ	0	0	133	0	13,600	15	196	46	0	13,990
フェジヨン	44	72	462	30	2,120	3,100	680	823	104	7,435
キャッサバ	740	134	1,065	65	505	0	1,410	685	970	5,574
スイカ	2	0	75	30	219	90	262	150	2	2,518
小麦	9	0	12	0	58	3	10	3	21	2,219
サトウキビ	1,036	40	123	31	55	0	73	40	275	1,673
サツマイモ	7	0	215	50	210	0	373	143	37	1,035
その他	3	0	143	3	473	65	107	145	9	960

	SDR-Blumenau	SDR-Brusque	SDR-Ibirama	SDR-Itajaí	SDR-Ituporanga	SDR-Mafra	SDR-Rio do Sul	SDR-Taió	SDR-Timbó	Total
総面積	4,943	156	498	715	247	252	233	290	536	7,870
バナナ	4,702	114	15	690	0	0	0	30	446	5,997
オレンジ	65	20	169	0	119	70	130	117	23	713
みかん	7	0	136	0	81	0	41	68	25	358
マテ茶	0	0	100	0	10	70	0	0	30	210
ブドウ	0	16	51	0	17	13	37	39	32	205
パルミート	164	0	0	14	0	0	0	0	24	202
その他	5	6	27	11	20	99	25	36	3	232

出典：JICA 調査団整理 (<http://www.spg.sc.gov.br/>)

農業生産は、流域下流部および Taio 地区で稲作が主体となっており、上流部では、トウモ

ロコシ、大豆を主体とした農業に加え、養鶏および養豚を組み合わせた農業が主体となっている。稲作栽培は、近年、増加傾向にあり、流域全体では 1990 年から 2008 年までの間に 5,700 ha 増加しており、特に下流域で増加している。下表に栽培面積の推移を示す。

表-2.1.9 SDR 地域開発局における水稻栽培面積の推移

単位：ha

SDR 地域開発局	市	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2008 年	増減 (1990-2008)
SDR-Blumenau	Gaspar	2,410	3,080	3,200	3,200	3,400	990
SDR-Blumenau	Ilhota	1,600	1,700	2,000	3,000	3,200	1,600
SDR-Taió	Pouso Redondo	2,280	2,535	3,200	3,020	2,600	320
SDR-Taió	Taió	2,150	1,430	1,900	2,500	2,450	300
SDR-Itajaí	Itajaí	1,250	1,300	2,000	2,300	2,300	1,050
SDR-Taió	Mirim Doce	-	1,664	1,605	2,000	2,100	2,100
SDR-Taió	Rio do Campo	670	750	1,040	1,510	1,800	1,130
SDR-Rio do Sul	Rio do Oeste	1,260	1,350	1,460	1,600	1,600	340
SDR-Timbó	Rio dos Cedros	830	865	960	1,100	1,100	270
SDR-Itajaí	Navegantes	250	320	600	900	1,050	800
主要 10 市稲作作付け面積		12,700	14,994	17,965	21,130	21,600	8,900
その他の市		9,923	8,524	7,010	6,576	6,724	-3,199
流域合計		22,623	23,518	24,975	27,706	28,324	5,701

出典：JICA 調査団整理 <http://www.spg.sc.gov.br/>

農業総生産は、Ituporanga 市が主要生産地区であり、下流域の農業におけるシェアは減少しつつある。次表に各 SDR 地区別農業 GDP 額、年間伸び率および各地区の割合を示す。

表-2.1.10 SDR 地域開発局毎の農業 GDP 額、年間伸び率および割合

SDR 地域開発局	農業 GDP 額（千 R\$）			各地区の割合	
	1999	2007	年間伸び率	1999	2007
SDR-Blumenau	37,359	76,245	9.3%	7.9%	6.9%
SDR-Brusque	7,351	12,479	6.8%	1.6%	1.1%
SDR-Ibirama	66,621	153,311	11.0%	14.1%	13.8%
SDR-Itajaí	38,571	92,368	11.5%	8.2%	8.3%
SDR-Ituporanga	136,565	339,807	12.1%	28.9%	30.6%
SDR-Mafra	26,629	88,191	16.1%	5.6%	7.9%
SDR-Rio do Sul	49,736	120,249	11.7%	10.5%	10.8%
SDR-Taió	74,451	178,369	11.5%	15.8%	16.1%
SDR-Timbó	35,023	49,384	4.4%	7.4%	4.4%
Total	472,306	1,110,403	11.3%	100.0%	100.0%
SC 州	2,828,833	6,591,359	11.2%		

出典：JICA 調査団整理 <http://www.spg.sc.gov.br/>

(2) 工業

サンタカタリーナ州の工業の中心地は、Joinville 市および Blumenau 市であり、繊維産業、食料品加工、鉄鋼業が活動している。Blumenau、Gaspar 市および Brusque 市では、繊維産業およびソフトウェア会社が活動している。また小規模であるが、木材製材会社等も活動している。工業部門は、近年、著しい成長を遂げており、従業員数も大きく伸びている。次表に各 SDR 別、企業数、従業員数および総収入の推移を示す。

表-2.1.11 SDR 地域開発局毎の企業数、従業員数および総収入の推移

SDR 地域開発局	市数	企業数			従業員数 (人)			総収入 (R\$)		
		1996	2003	年成長率 (%/年)	1996	2003	年成長率 (%/年)	1996	2003	年成長率 (%/年)
SDR-Blumenau	5	3,404	3,963	2.2%	10,695	15,956	5.9%	1,255,474,176	2,104,409,936	7.7%
SDR-Brusque	3	1,058	1,167	1.4%	2,524	3,826	6.1%	280,488,465	538,926,488	9.8%
SDR-Ibirama	9	490	588	2.6%	849	19,411	56.4%	88,099,767	166,789,878	9.5%
SDR-Itajaí	4	1,897	2,408	3.5%	5,949	7,609	3.6%	535,531,607	1,661,302,038	17.6%
SDR-Ituporanga	8	465	559	2.7%	574	954	7.5%	41,915,631	139,305,500	18.7%
SDR-Mafra	1	157	157	0.0%	237	339	5.2%	12,642,617	34,033,762	15.2%
SDR-Rio do Sul	7	1,084	1,181	1.2%	2,391	11,347	24.9%	182,423,243	432,637,251	13.1%
SDR-Taió	6	410	493	2.7%	745	1,135	6.2%	47,399,131	122,454,834	14.5%
SDR-Timbó	7	1,074	1,319	3.0%	2,684	7,444	15.7%	162,215,639	403,147,412	13.9%
イタジャイ川流域	50	10,039	11,835	2.4%	26,648	68,021	14.3%	2,606,190,276	5,603,007,099	11.6%
SC 州		47,393	58,407	3.0%	121,861	208,779	8.0%	10,348,465,839	25,055,756,954	13.5%

出典：JICA 調査団整理 (http://www.spg.sc.gov.br/)

下流域では繊維産業を主体とした工業が盛んであり、上流域では、ジーンズ、Blumenau 市では食卓・寝具用製品、Gaspar 市では衣類、Ilhota 市では下着および水着類、Brusque 市では縫製業等と各地区別に特色を持つ産業が形成されている。流域内には、以下の工業団地が建設されている。

- i) 繊維・衣類産業 (Blumenau 市)
- ii) 電気・機械 (Blumenau 市、Brusque 市、Timbo 市、Rio do Sul 市)
- iii) 家具・材木 (Ibirama 市)
- iv) 情報産業 (Blumenau 市)
- v) セラミック (Rio do Sul 市、Pouso Redondo 市)

工業は、1990 年代は Blumenau 市を中心として発展していたが、近年、Itajai 市および Bruesque 市の様に、連邦道路 101 号線に近い地区にてそのシェアを高めている。次表に各 SDR 地域開発局別の工業 GDP 額、年間伸び率および各地区の割合を示す。

表-2.1.12 SDR 地域開発局毎の工業 GDP 額、年間伸び率および各地区の割合

SDR 地域開発局	工業 GDP 額 (千 R\$)			各地区の割合	
	1999	2007	年間伸び率	1999	2007
SDR-Blumenau	1,315,463	3,085,956	11.2%	51.0%	41.2%
SDR-Brusque	307,338	1,070,322	16.9%	11.9%	14.3%
SDR-Ibirama	98,242	292,883	14.6%	3.8%	3.9%
SDR-Itajaí	297,870	1,216,554	19.2%	11.5%	16.2%
SDR-Ituporanga	21,926	100,076	20.9%	0.8%	1.3%
SDR-Mafra	14,127	45,665	15.8%	0.5%	0.6%
SDR-Rio do Sul	146,393	587,578	19.0%	5.7%	7.8%
SDR-Taió	40,697	174,430	20.0%	1.6%	2.3%
SDR-Timbó	337,908	918,769	13.3%	13.1%	12.3%
イタジャイ川流域	2,579,964	7,492,233	14.3%	100.0%	100.0%
SC 州	11,049,770	32,619,432	14.5%		

出典：JICA 調査団整理 (http://www.spg.sc.gov.br/)

(3) サービス

サービス業は、近年、全地域とも年間 20 %以上の伸びを示している。次表に各 SDR 地域開発局別のサービス業 GDP 額、年間伸び率および各地区の割合を示す。

表-2.1.13 SDR 地域開発局毎のサービス業 GDP 額、年間伸び率および各地区の割合

SDR 地域開発局	サービス業 GDP 額 (千 R\$)			各地区の割合	
	1999	2007	年間伸び率	1999	2007
SDR-Blumenau	1,693,360	7,486,492	20.4%	38.1%	34.4%

SDR 地域開発局	サービス業 GDP 額（千 R\$）			各地区の割合	
	1999	2007	年間伸び率	1999	2007
SDR-Brusque	438,334	2,137,618	21.9%	9.9%	9.8%
SDR-Ibirama	149,441	787,864	23.1%	3.4%	3.6%
SDR-Itajaí	1,246,678	6,385,224	22.7%	28.0%	29.3%
SDR-Ituporanga	120,721	747,400	25.6%	2.7%	3.4%
SDR-Mafra	32,756	223,935	27.2%	0.7%	1.0%
SDR-Rio do Sul	318,282	1,528,462	21.7%	7.2%	7.0%
SDR-Taió	108,998	638,345	24.7%	2.4%	2.9%
SDR-Timbó	341,395	1,825,976	23.3%	7.7%	8.4%
イタジャイ川流域	4,449,966	21,761,315	21.9%	100.0%	100.0%
SC 州	1,693,360	7,486,492	20.4%		

出典：JICA 調査団整理 <http://www.spg.sc.gov.br/>

(4) 物流

イタジャイ川流域は、ブラジルの基幹道路の一つである BR101 号線が流域河口部付近にて通過しており、ブラジル国物流の一翼を担っている。BR101 号線は、ブラジル南部の主要都市である Porto Alegre 市と Curitiba 市の両市を結ぶ幹線道路となっている。

その他の連邦道路網としては、流域内の主要な都市間を結ぶ重要な路線 BR470 号線がある。この路線は、州の重要な輸出産物である豚および鶏肉の産地である州西部地区と Itajai 港を結ぶ路線ともなっている。これらの物流の中心は Itajai 港で、各国に向けて輸出されている。各 SDR 地域開発局からの輸出額は次表の通りである。

表-2.1.14 SDR 地域開発局毎の輸出入統計（2008 年度）

SDR 地域開発局	2008 (US\$ FOB)			
	輸出	輸入	バランス	総流通量
SDR-Blumenau	733,158,359	500,246,661	-52,963,979	1,233,405,020
SDR-Brusque	116,059,335	148,512,582	-2,022,228	264,571,917
SDR-Ibirama	65,494,521	2,037,161	992,908,385	67,531,682
SDR-Itajaí	3,007,133,068	3,501,340,577	31,012,990	6,508,473,645
SDR-Ituporanga	2,585,735	115,970	-377,501,059	2,701,705
SDR-Mafra	10,243,142	117	25,569,266	10,243,259
SDR-Rio do Sul	201,559,040	18,118,103	196,941,085	219,677,143
SDR-Taió	32,222,718	9,205,767	-6,658,157	41,428,485
SDR-Timbó	120,274,993	60,948,705	37,519,903	181,223,698
イタジャイ川流域	4,288,730,911	4,240,525,643	844,806,206	8,529,256,554
SC 州	9,999,360,608	7,902,703,422	2,096,657,186	17,902,064,030

出典：JICA 調査団整理（<http://www.spg.sc.gov.br/>）

2.1.4 経済インフラ施設

(1) 港湾・空港

SC 州には、下記に示す港湾が稼動している。

- i) São Francisco do Sul 港（大豆および大豆粕積み出し）
- ii) Itajaí 港（コンテナおよび冷凍品）
- iii) Navegantes 港（コンテナおよび冷凍品）
- iv) Imbituba 港（科学薬品、肥料、コークス、冷凍食品および砂糖）
- v) Laguna 港（漁港および氷）
- vi) 渡し場

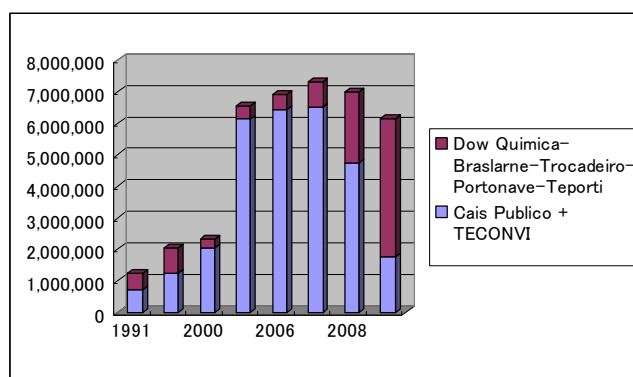
上記に加え、現在、Itapoa 港が建設中である。調査対象域には、イタジャイ河口域の右岸に Itajai 港、左岸に Navegantes 港が位置している。各港湾の概要は以下の通りである。

1) Itajai 港

Itajai 港は 1938 年に漁港として開港し、1997 年に Itajai 市運営として 2000 年に正式に市営化されている。港の稼働は、1990 年に年間約 73 万トンの取扱量であったが、その後、拡大を続け、2006 年度の年間取扱量は、625 万トンに至っている。この取扱量の大半は、輸出入にかかわるもので、Paraná 州、Mato Grosso do Sul 州、Mato Grosso 州、Rondônia 州、Goiás 州、São Paulo 州および Rio Grande do Sul 州の産物を取り扱っている。Itajai 港は、木材、冷凍食品（鶏、魚および肉）、セラミック製品、機械および部品、紙、砂糖およびタバコ等を輸出している。一方、輸入品としては、小麦、モーター、科学製品、繊維および紙等を輸入している。現在、Itajai 港は、以下にしめす会社および倉庫・輸送関連会社にて運営されている。

- i) 公的バース（2 バース、470 m）
- ii) Teconvi（2 バース、555 m）
- iii) Portonave（3 バース、900 m）
- iv) Braskarne/Cargil（1 バース、150 m）
- v) Trocadeiro（1 バース、150 m）
- vi) Poly S.A（1 バース、80m）
- vii) Teporti Itazem（1 バース、150 m）
- viii) Barra do Rio/計画中（1 バース、372 m）
- ix) ロジスティックサービス（Brasmar, Conexão Marítimo, Coopercarga Logistica, DKN, Embráfrio, Embrareef, Exologistica, Localfrio, Mares, Refribras, Rogerio Philippi, Saam, Safrio, Standard, Tecadi, TransOrsi）

図-2.1.2 に Itajai 港の取扱量の推移を示す。Itajai 港は、洪水被害を受ける 2008 年まで公的バースと Teconvi 社による取扱量が大半であったが、洪水被害後、民間港による稼働に移っている。



出典：JICA 調査団整理 (<http://www.portoitajai.com.br/estatisticas/index.php>)

図-2.1.2 イタジャイ港の取扱量の推移

2007 年度の公的バースと Teconvi 社での取扱貨物の内容は次の通りである。

表-2.1.15 イタジャイ港の取扱量（2007 年度/2008 年度）

単位：トン

輸出			輸入		
一般貨物	2007	2008	一般貨物	2007	2008
冷凍鶏	383,331	308,331	繊維製品	19,823	37,675
木材および木材加工品	289,887	147,534	機械・モーターアクセサリー	14,309	23,635
その他	115,199	81,913	飲料品	4,059	15,251
セラミック製品	112,526	40,187	化学製品	11,105	11,562
砂糖	70,215	200	紙		5,194
機械・モーターアクセサリー	66,349	56,089	電化製品	1,967	4,915
冷凍肉	55,745	22,505	その他	337,750	302,241
タバコ	27,887	29,123		10,146	9,684
紙	17,158	11,991			
りんご	15,907	11,053			
その他冷凍品	10,428	2,348			
ガラス	5,570	139			
繊維	4,102	2,743			
その他	2,703	5,810			
液体貨物			液体貨物		
水	8,400	4,205			
Teconvi			Teconvi		
雑品	4,953,476	3,597,312	雑品		
Granel Liquido			Granel Liquido		
			ソーダ	66,736	66,951
一般貨物-BRASKARNE			一般貨物-BRASKARNE		
冷凍品	198,845	132,490	冷凍品	11,240	1,460
その他	1,390	5,059	その他	24,825	224
一般貨物-TERMINAL TROCADEIRO					
				335,436	
PORTONAVE			PORTONAVE		
コンテナ	87,883	1,420,936	コンテナ	45,576	631,957
TEPORTI			TEPORT		
コンテナ		14,033	コンテナ	904	
輸出小計	6,427,001	5,894,001	輸入小計	883,876	1,110,749
			取扱量合計	7,310,877	7,004,750

出典：JICA 調査団整理（<http://www.portoitajai.com.br/estatisticas/index.php>）

Itajai 港の取扱量は、量的には輸出が輸入を大きく上回っており、特に冷凍鶏が主な輸出品となっている。2008 年度の取扱量は、2008 年 11 月の洪水の影響を受け、2007 年度取扱量に比べ減少している。なお 2009 年度の取扱量は、洪水被害により、約 100 万トン程度の取扱量減少となっている。Itajai 港は、河口部より、連邦道路 BR101 号線に至る間に分布している。河口部は喫水深 11 m で大型船の入港に活用され、上流部は、喫水深 9 m で中型船の入港に活用されている。

2) Navegantes 港

Navegantes 港は、Portonave S.A. - Terminais Portuários de Navegantes 社により運営されている港湾で 2007 年 10 月より暫定的に稼働している。Navegante 港の施設は、岸壁（900 m）、4 バース及び施設面積（27 ha）から構成されている。

3) Navegantse 空港

Navegantes 空港は、イタジャイ河左岸に位置する空港で、2009 年度の年間搭乗者数は、約 60 万人となっている。

(2) 水力発電所

イタジャイ川流域に設置されている水力発電所は合計 28 箇所、総発電容量は約 21 万 KW である。

2.2 地形・地質・土壌・植生

2.2.1 地形

イタジャイ川流域の河川・山地および道路位置図を図-2.2.1 に、標高区分図を図-2.2.2 示す。

イタジャイ川流は大西洋と沿岸低地部を除き標高 200～1,750 m 程度の山地に囲まれている。イタジャイ川流域の北東縁は、Luiz Alves 川と Benedito 川の上流で分水嶺をなす Jangaua 山地で、最高峰は Benedito 川の上流、Rio do Cerdos 市北端の 986 m である。イタジャイ川流域の東縁～南東縁は Itajai do Norte 川、Itajai do Oeste 川、Itajai do Sul 川の上流で分水嶺をなす Geral 山地で、その最高峰は Itajai do Sul 川上流の Alfredo Wagner 市南端の 1,752 m である。イタジャイ川流域の南西縁はイタジャイミリム川右岸の Tjucas 山地である。

イタジャイ川本川とイタジャイミリムの間には標高 800 m を越える Itajai 山地が Lontas 市で Mar 山地から直交に分岐し、Apiuna 市、Indaial 市、Blumenau 市、Gaspar 市の南縁を北東-南西に伸張している。

イタジャイ川本川は、Luiz Alves 川と Itajai do Norte 川が合流する Ibirama 市付近ではすでに標高 100～200 m、その下流の Indial 市では標高 100 m 以下となり、さらに Blumenau 市より下流では平坦な沖積平野を緩やかに蛇行しながら流れ、大西洋に注いでいる。

イタジャイ川流域河口から、Navegantes 市、Ilhota 市 – Gaspar 市にかけては両岸に沖積低地が広がっている。また、イタジャイミリム川の下流部の Itajai 市、Brusque 市、Guabiruba 市においても同様である。この低地幅は Gaspar 付近で幅約 5 km、Itajai 市-Brusque 市境界部で幅約 3 km である。イタジャイ流域には起伏量の少ない台地および丘陵地は分布せず、沖積低地は山地と接する。

谷及び尾根の卓越する方向性は、北西-南東(Itajai do Norte、Itajai do Oeste、Itajai do Sul 各川の方向性)、北東-南西（イタジャイ川の Rio do Sul 市～Blumenau 市間およびイタジャイミリム川の Presidente Nereu 市～Itajai 市間の方向性）である。これらは地質構造に支配されて形成された地質構造であり、北西-南東方向は堆積岩類の分布延長方向（走向、北東-南西方向は断層や貫入岩体の分布方向に一致している。

また、全流域および支流域での標高区分毎の占有面積率を表-2.2.1 に示す。標高 100 m 以下が約 11%、500～1,000 m は約 53%、標高 1,000 m 以上は 1% に満たない。

表-2.2.1 標高区分毎の占有面積率

標高区分	占有面積率（各標高区分の占有面積/流域面積）							
	全流域	Itajai do Norte	Itajai do Oeste	Itajai do Sul	Benedito	Itajai-acu	Itajai Mirim	Luiz Alves
	15,111km ²	3,354km ²	3,015km ²	2,027km ²	1,496km ²	2,777km ²	1,679km ²	580km ²
0～100m	11%	0%	0%	0%	8%	26%	26%	35%
100～500m	36%	23%	36%	19%	17%	50%	39%	63%
500～1000m	53%	77%	61%	75%	74%	24%	35%	2%
1000m以上	1%	0%	4%	6%	1%	0%	0%	0%
全体	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出典：JICA 調査団

2.2.2 地質

(1) 概要

イタジャイ川流域および周辺地域の地質図を図-2.2.3に、地質構造の凡例を図-2.2.4に示す。

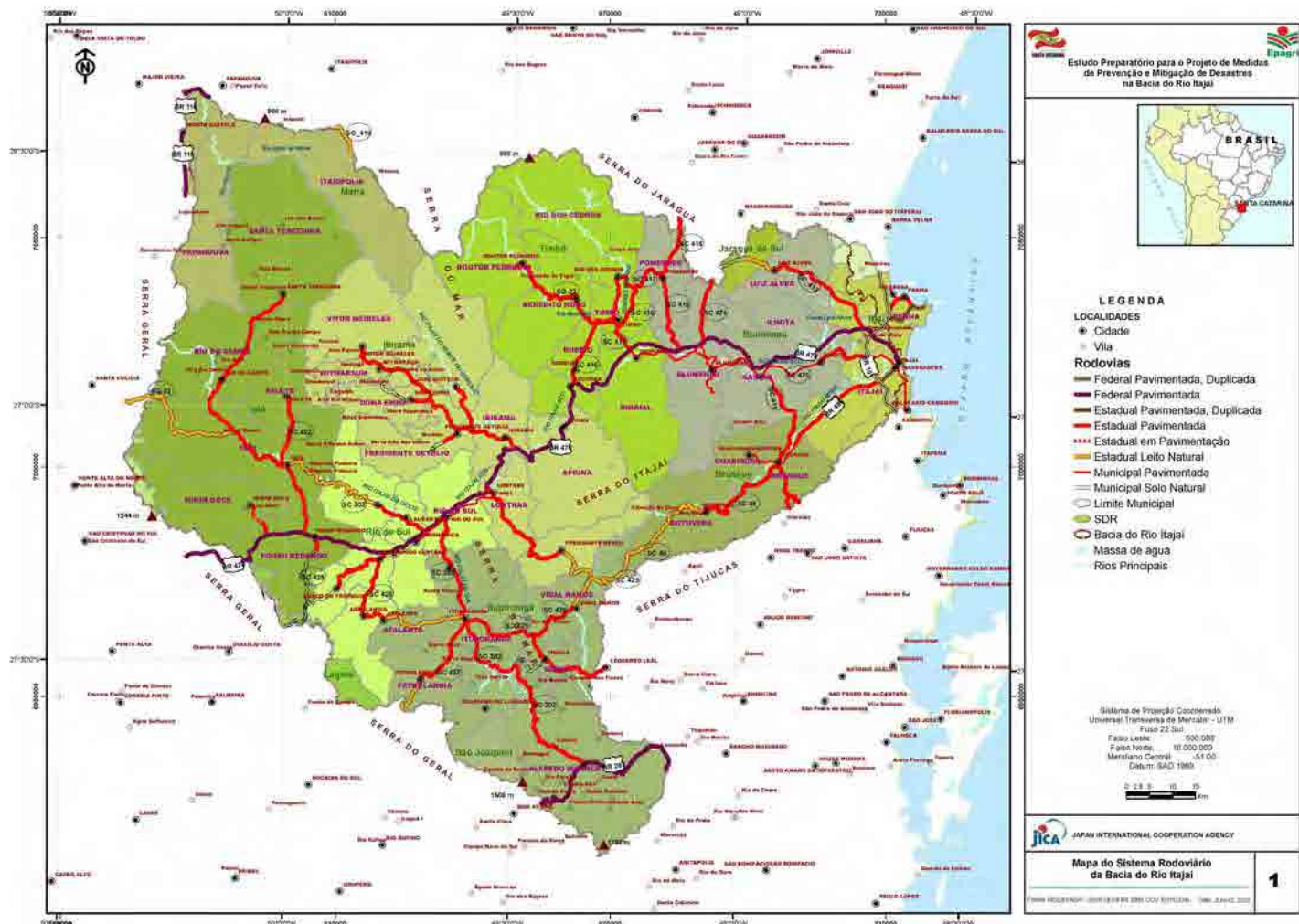
イタジャイ川流域は、パラナ盆地と呼ばれるブラジル中南部からパラグアイ東部、アルゼンチン北東部に広がる堆積盆（中心部が新しく、周辺部ほど古い堆積物が分布）の東縁に位置する。

イタジャイ川流域の地質は南アメリカの安定大陸を構成する始生代～原生代の岩盤を基盤とし、その上位に古生代、中世代の堆積岩類が分布し、最上位に中世代に流出した玄武岩が分布している。大西洋岸の低地や河川両岸の低地分布する沖積層を除けば、地層は全体として概ね北東部が古く、南西部が新しい。流域上流部には中生代、古生代の岩石が、中・下流部には古生代の堆積岩類、始生代～原生代の変成岩類が広く分布している。

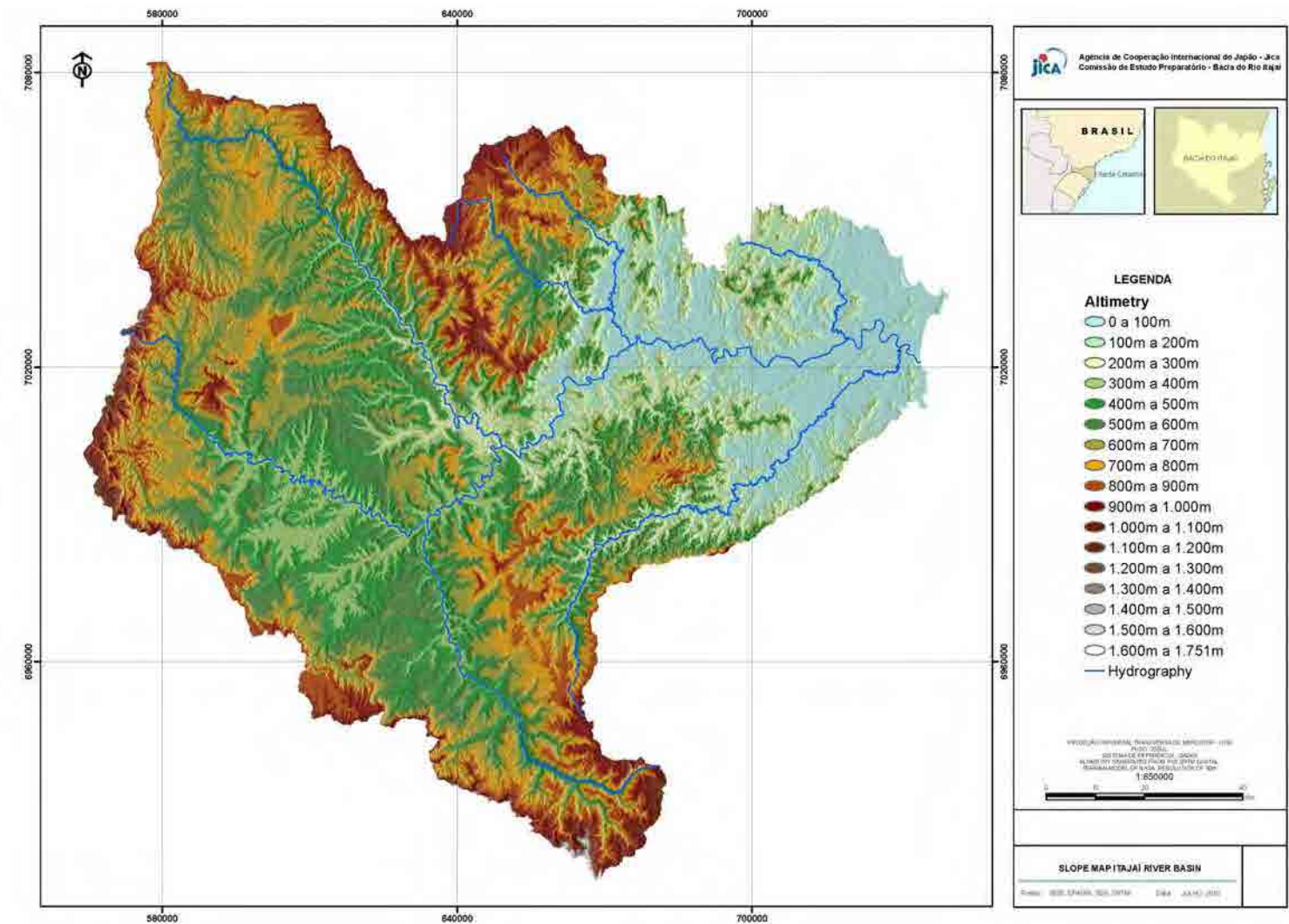
断層系は **Mar** 山地の東側（イタジャイ川下流域）では北東—南西系が卓越しており、最大 60 km 規模で連続性も良い。数 km から 20 km 規模の北北東—南南西系も認められる。**Mar** 山地の西側（イタジャイ川上流域）では断層系の分布は比較的まばらである。北東—南西系に加えて、**Itajai do Norte** 川に沿って 80 km、**Itajai do Sul** 川に沿って 40 km 連続する北北西—南南東系が認められる。

イタジャイ川流域の地質は新しい年代から準に次の4つに区分される。

- ・ 新生代の沖積層。広く本川、イタジャイミリム川、**Luis Aves river** 川の下流域に深さ 30 m 以上で分布し、本川上流域と他の支川に沿う狭い範囲に最大深度 10 m で分布する。
- ・ 中世代の堆積岩類および火山岩類。イタジャイ川流域東縁の **Geral** 山地に分布する。
- ・ 古生代の堆積岩および火山岩類。イタジャイ川流域の中央部を縦断する **Mar** 山地から **Geral** 山地の東麓に分布する。
- ・ 始生代から原生代のグラニュライト、ミグマタイト、変成した火山岩、堆積岩、貫入岩、深成岩。**Mar** 山地の東側（イタジャイ川下流域）に分布する。



出典:2009 DEINFRA, MAPA RODOVIÁRIO DO ESTADO DE SANTA CATARINA を基に JICA 調査団編集
図-2.2.1 イタジャイ川流域の河川・山地および道路位置図



出典:2009 DEINFRA, MAPA RODOVIÁRIO DO ESTADO DE SANTA CATARINA を基に JICA 調査団編集
図-2.2.2 イタジャイ川流域の標高区分図

(2) イタジャイ川上流3支川(Itajai do Norte 川、Itajai do Oeste 川、Itajai do Sul 川) 流域

Mar 山地よりも西方のイタジャイ川上流3支川の地質は、古生代から中世代の堆積岩類（Itarare 層群、Guata 層群、Passa Dois 層群）が卓越して分布している。

低標高部は頁岩を主体とする古生代・中生代の堆積岩が分布する。この岩石は主として海成の堆積物を主体とし細粒砂岩等を介在する。

イタジャイ川流域の分水嶺である **Geral** 山地の高標高部には、中生代の堆積岩が分布する。泥岩および砂岩で、シルト岩および細粒砂岩を介在する。紫、桃色、白色を呈する還元性環境を特徴とする。

Itajai Do Oeste 川流域には、中世代の玄武岩が認められる。

沖積層は本川沿いの **Rio do Sul** 市と **Lontras** 市間の小盆地、**Itajai do Oeste** 川とその支川に局所的に分布する。これらの沖積層は一般にシルト質砂あるいは砂質シルトで、礫層を挿入する。沖積層の厚さは一般に 10 m 以下と想定される。

(3) イタジャイ川本川(Itajai Acu)および **Benedito**, **Itajai Mirim**, **Luiz Alves** 支川流域の地質

Mar 山地よりも東方の本地域に分布する地質について古い地質から順に以下に記述する。始生代のサンタカタリーナ グラニュライト複合岩体（グラニュライトを主体とする変成岩類）が、**Benedito** 川流域と **the Luis Alves** 川流域を含む本川右岸側において、**Mar** 山地の東側に分布する。

本川の南側の **Gaspar** 市よりも下流域、**Itajai** 山地、イタジャイミリム川流域の一帯には、原生代の変成岩類 **Brusque** 層群と、片理が生じた花崗岩と正片麻岩が複雑に分布している。

原生代の非変成の堆積岩類（**Gaspar** 累層、**Bau** 礫岩、**Campo Aregre** 累層）が、イタジャイ山地北部および本川左岸のブルメナウ市から **Luis Alves** 川流域にかけて分布する。

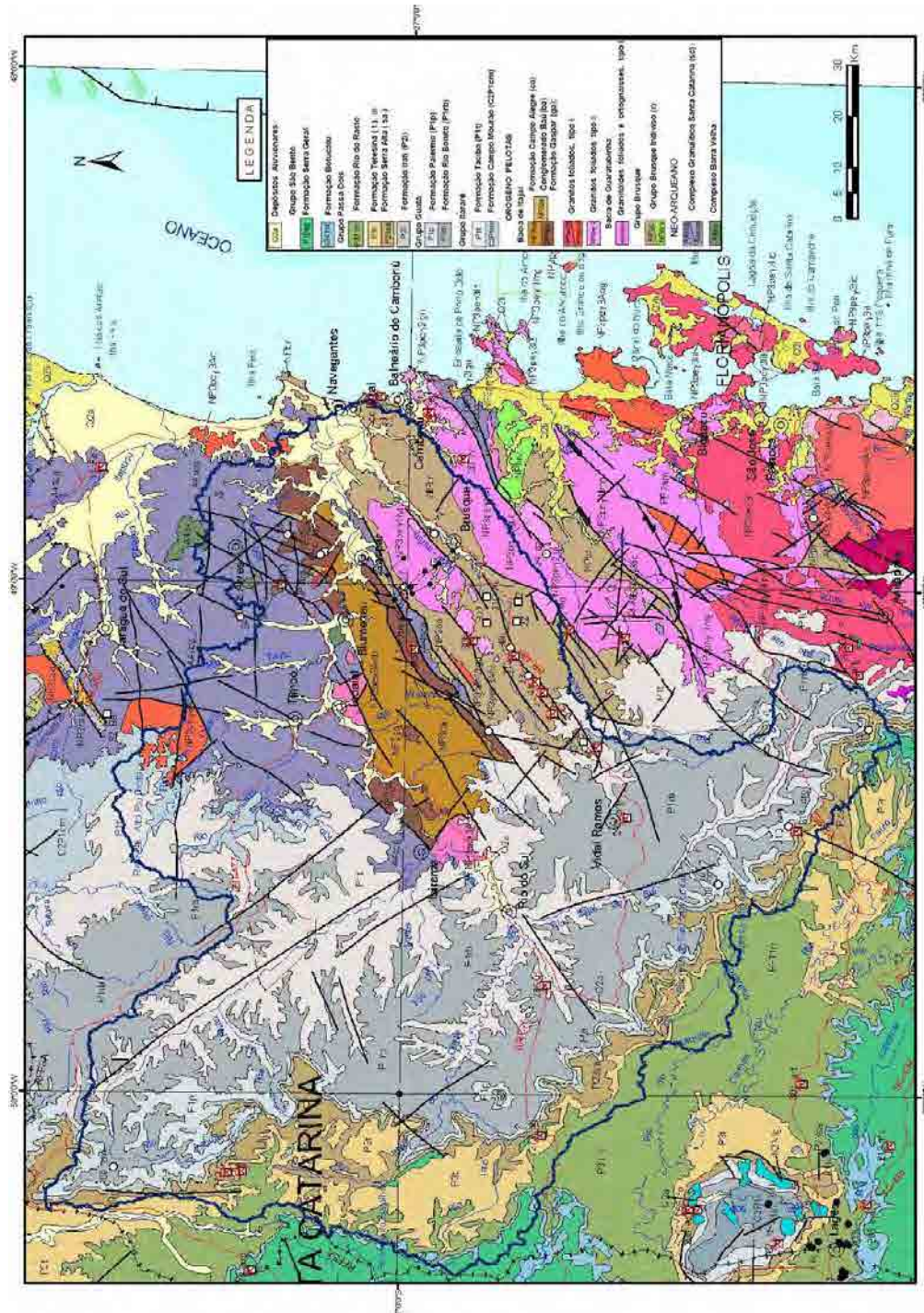
古生代、石炭紀～二畳紀の堆積岩類（**Itarare** 層群と **Guata** 層群）が **Benedito** 支川流域の **Mar** 山地の東麓に分布している。

沖積堆積物は、**Mar** 山地の東側では、本川および支川に沿って分布している。沖積層の分布幅は、本川の **Gaspar** 近傍、**Luis Alves** 川、イタジャイミリム川合流付近から下流側に向けて拡大する。沖積堆積物は、主として砂質シルトあるいはシルト質砂であり、礫層が挟在する。堆積の厚みは一般に 10 m 程度である。所により基盤岩の露頭は河床等で認められる。河床堆積物は主として粗粒物を含む中粒砂である。道路事業の地盤調査結果によれば、有機物を含む粘土が部分的に厚く堆積している。

(4) 支川流域別の地質の特徴

Itajai do Norte 流域は中・古生代の堆積岩類が全体の 97% を占める。なかでも比較的堆積年代が中位の **Guata** 層群と時代が古い **Itarare** 層群が卓越する。

Itajai do Oeste 流域は中・古生代の堆積岩類が全体の 97% を占める。**Itajai do Norte** 流域、**Itajai do Sul** に比べて、中生代の比較的新しい堆積岩類が占める割合が広く、風化し易いことから土砂生産量も比較的大きく、土砂が堆積して形成される沖積層の分布も比較的広い。軟透水性堆積岩の上位に玄武岩等の亀裂が発達した火山岩が分布し、地すべりを生じ易い地質条件となっている場合がある。**Itajai do Sul** 流域は中・古生代の堆積岩類が全体のほぼ 100% を占める。時代的には中位の **Guata** 層群が卓越する。



出典: CPRAM Serviço Geológico do Brasil

図-2.2.3 イタジャイ川流域および周辺地域の地質図

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS
LEGEND FOR GEOLOGICAL STRUCTURE
地質構造の凡例

Contato
Contact
地質境界

Diques
Dykes
貫入岩

Fratura, falha ou zona de cisalhamento
Fracture, fault or shear zone
断裂、断層、破砕帯



Falha ou zona de cisalhamento extensional (hachuras no bloco baixo)
Fault with extensional shear zone (hatching block is the below side)
正断層、拡張性の断層（ハッチング側の地塊が低位）



Falha ou zona de cisalhamento contracional (triângulos no bloco alto)
Fault with contractional shear zone (block which triangles are shown is above side)
逆断層、圧縮性の断層（三角形が描かれた側の地塊が低位）



Falha ou zona de cisalhamento transcorrente sinistral
Fault with transcurrent sinistral shear zone
左横ずれ断層（断層を跨いで立ったときに左手側の地塊が手前に変位）



Falha ou zona de cisalhamento transcorrente dextral
Fault with transcurrent dextral shear zone
右横ずれ断層（断層を跨いで立ったときに右手側の地塊が手前に変位）

出典: CPRAM Serviço Geológico do Brasil から JICA 調査団編集

図-2.2.4 地質構造の凡例

Benedito 川流域は中・古生代の堆積岩類が全体の61%、さらに古い原生代の堆積岩類が6%、年代的の最古の始生代の変成岩類が30%を占める。

イタジャイ川流域は、沖積層が占める割合が7流域中最も高い13%である。中・古生代の堆積岩類が18%、原生代の堆積岩類が31%、年代的の最古の始生代の変成岩類が24%を占める。

イタジャイミリム川流域は、中・古生代の堆積岩類が29%、原生代の変成堆積岩類（Brusque 層群）が47%と広く分布する。

Luiz Alves 川流域は、中・古生代の堆積岩類は0%で、始生代の変成岩類が73%と卓越している。

2.2.3 土壌

イタジャイ川流域の土壌区分図を図2.2.5に示す。また、この土壌図における土質区分と、国連、アメリカ、日本の機関の土壌区分との関係を表2.2.2に示す。

表-2.2.2 イタジャイ地域土壌図の区分と各機関の土壌区分との対比

ポルトガル語		英語				日本語
土壌区分図		ブラジル土壌型 体系:SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 2006)	Soil Type	国連食料 農 業 機 構 : FAO Soil Type	アメリカ農業省 土 壌 調 査 局 : EUA1991 Soil Taxonomy	土壌型 日本ペドロジー学会 日本の統一的土壌分 類 体 系 第 二 次 案 (2002)に準拠
土壌型名 Tipo de solo	記号					
Agua	A		Water			水域 Water
Urbano	U		Urban Area			市街地 Urban Area
Argissolo Vermelho-Am arelo	PVA	Argissolo	Red-Yellow Acrisols	Acrisols Lixisols Alisols	Ultisols Oxisols	赤黄色土 Red-Yellow soils
Cambissolos Haplico	CX	Cambissolos	Ordinary Cambisols	Cambisols	Inceptisols	黄 褐 色 森 林 土 Yellow-Brown Forest soils
Cambissolos Humico	CH		Humic Cambisols			褐色森林土 Brown Forest soils
Espodossolo Humiluvico	EK	Espodossolo	Podzols Humic-elubi al horizon	Podzols	Spodosols	ポドゾル性土(腐植分 溶 脱 層) Podzolic soils
Gleissolo Haplico	GX	Gleisso	Ordinary Gleysols	Gleysols	Entisols	普通グライ土 Ordinary Grey soils
Latossolos Bruno	LB	Latossolos	Ferralsols	Ferralsols	Oxisols	ラテゾル Ferralsols
Neossolos Fluvicos	RY	Neossolos Fluvicos	Fluvisols	Fluvisols	Fluvents	低地土 Fluvisolos
Neossolos Litólicos	RL	Neossolos Litólicos	Leptosols	Leptosols		固結岩屑土 Lithosols
Neossolos Quartarênicos	RQ	Neossolos Quartarênicos	Quartz Sand Marine	Arenosols	(Quartziosamme nts)	石英砂 Quartz Sand
Nitossolos Haplico	NX	Nitossolos	Hapic Nitrisols	Nitrisols Lixisols Alisols	Udisols Oxisols Alisols	普通ニティソル Hapic Nitrisols
Nitossolos Vermelho	NV		Red Nitrisols			赤色ニティソル Red Nitrisols

出典：Embrapa 2006 Sistema Brasileiro de Classificação de Solos を基に JICA 調査団編集

イタジャイ川流域および各支川流域の土壌分布の特徴は以下にとおりである。

- ・ イタジャイ川流域で最も卓越するのは、Cambissolos Haplico (黄褐色森林土)で全面積の43%を占め主として山地中腹に分布する。2番目は Neossolos Litolicos (岩屑土)で全面積の26%を占め山頂部、本川・支川分水嶺を中心に分布する。3番目は Aregissolo Vermelho-Amarelo (赤黄色土)で全面積の20%を占め、標高500 m以下の山麓から本川～支川沿いに分布する。
- ・ Itajai do Norte 流域は全流域と同様の傾向を示す。
- ・ Itajai do Oeste 流域は Cambissolos Haplico (黄褐色森林土)の分布が全面積の56%とやや高く、Aregissolo Vermelho-Amarelo (赤黄色土)の分布が全面積の6%と低い。
- ・ Itajai do Sul 流域は Cambissolos Haplico (黄褐色森林土)の分布が全面積の61%と各支川流域で最も高い。
- ・ Benedito 流域は Cambissolos Haplico (黄褐色森林土)の分布が全面積の56%とやや高く、Neossolos Litolicos (岩屑土)の分布が全面積の2%と他の支川流域と比較して特徴的に少ない。
- ・ イタジャイ川 流域は Neossolos Litolicos (岩屑土)の分布が全面積の40%と特徴的に大きく流域で最も卓越する土壌種であり、2番目は Aregissolo Vermelho-Amarelo (赤黄色土)で全面積の24%を占め、3番目は Cambissolos Haplico (黄褐色森林土)で全面積の18%である。
- ・ イタジャイミリム流域は、Neossolos Litolicos (岩屑土)の分布が全面積の39%と特徴的に大きく流域で最も卓越する土壌種となっており、Itajai-acu 流域と同じ傾向である。
- ・ Luiz Alves 流域は Aregissolo Vermelho-Amarelo (赤黄色土)で全面積の63%を占め特徴的に卓越している。

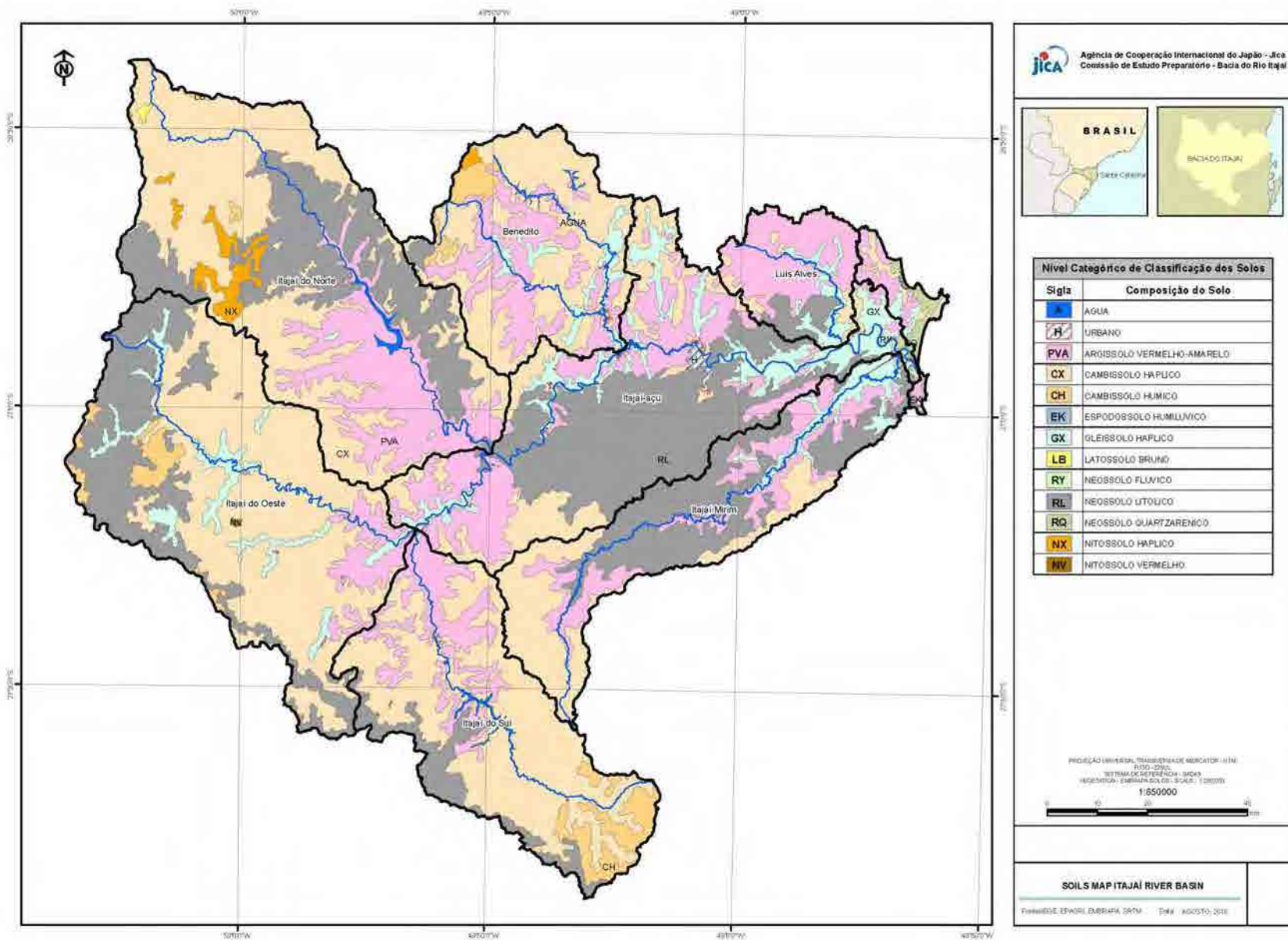


図-2.2.5 イタジャイ川流域土壌区分図

出典: Embrapa Solos, 2004

2.2.4 植生

イタジャイ川流域の植生区分図を図-2.2.6 に示す。また、各植生区分帯の定義は、表 2.2.3 のとおりである。

表-2.2.3 植生区分の名称

名称		
ブラジル国名称	英名称	和名称
Área urbana	Urban área	市街地
Corpos d'água	Water body	水域
Campo e floresta subtropical perenifolia	Field and forest, subtropical evergreen	低地部亜熱帯性常緑森林
Campo subtropical	Subtropical Field	亜熱帯性草原
Fase campo subtropical	Phase field subtropical	変遷性亜熱帯性草原
Fase floresta subtropical perenifolia	Phase subtropical evergreen forests	変遷性亜熱帯性常緑森林
Fase floresta tropical perenifolia de varzea	Phase lowland evergreen tropical rain forest	変遷性低地部常緑熱帯性森林
Floresta e campo subtropical	Subtropical forest and field	亜熱帯性森林と草原
Floresta subtropical altimontana	Subtropical forest highland	山岳部亜熱帯性森林
Floresta subtropical perenifolia	Subtropical evergreen forest	亜熱帯性常緑森林
Floresta tropical de restinga	Tropical sandbar	砂州熱帯性森林
Floresta tropical de varzea	Lowland tropical forest	低地部熱帯性森林
Floresta tropical perenifolia	Tropical forest evergreen	熱帯性常緑森林
Floresta tropical perenifolia de varzea	Lowland evergreen tropical forest	低地部常緑熱帯性森林
Floresta tropical/subtropical perenifolia	Tropical subtropical evergreen forest	常緑亜熱帯～熱帯性森林
Floresta tropical/subtropical perenifolia de Varzea	Lowland tropical/subtropical forest	低地部常緑亜熱帯～熱帯性森林

出典 IBGE, EPAGRI, SDS, SRTM を基に JICA 調査団編集

流域全体で最も広く分布するのは、Floresta subtropical perenifolia (亜熱帯性常緑森林)で全流域面積の 38%を占める。2 番目に広いのは、Floresta tropical/subtropical perenifolia (常緑亜熱帯～熱帯性森林)で 29%を占める。3 番目に広いのは Floresta tropical perenifolia (熱帯性常緑森林)で 15%を占める。この 3 種に常緑森林で全体の 82%を越える。

Mar 山地よりも西側の Itajai do Norte、Itajai do Oeste、Itajai do Sul の 3 河川流域では、Floresta subtropical perenifolia (亜熱帯性常緑森林)の分布が全体の 52%～63%と比較分布割合が大きく、Floresta tropical perenifolia (熱帯性常緑森林)は 1%～9%と比較的分布割合が小さい。

Mar 山地よりも東側、本川よりも北側では、Floresta tropical perenifolia (熱帯性常緑森林)が最も顕著に分布しており、Benedito 川流域では全体の 33%、Luiz Alves 流域では全体の 72%を占めている。

Mar 山地よりも東川、本川よりも南側では、Floresta tropical/subtropical perenifolia (常緑亜熱帯～熱帯性森林)が最も顕著に分布しており、イタジャイ川流域では全体の 51%、Itajai Mirim 流域では全体の 58%を占めている。

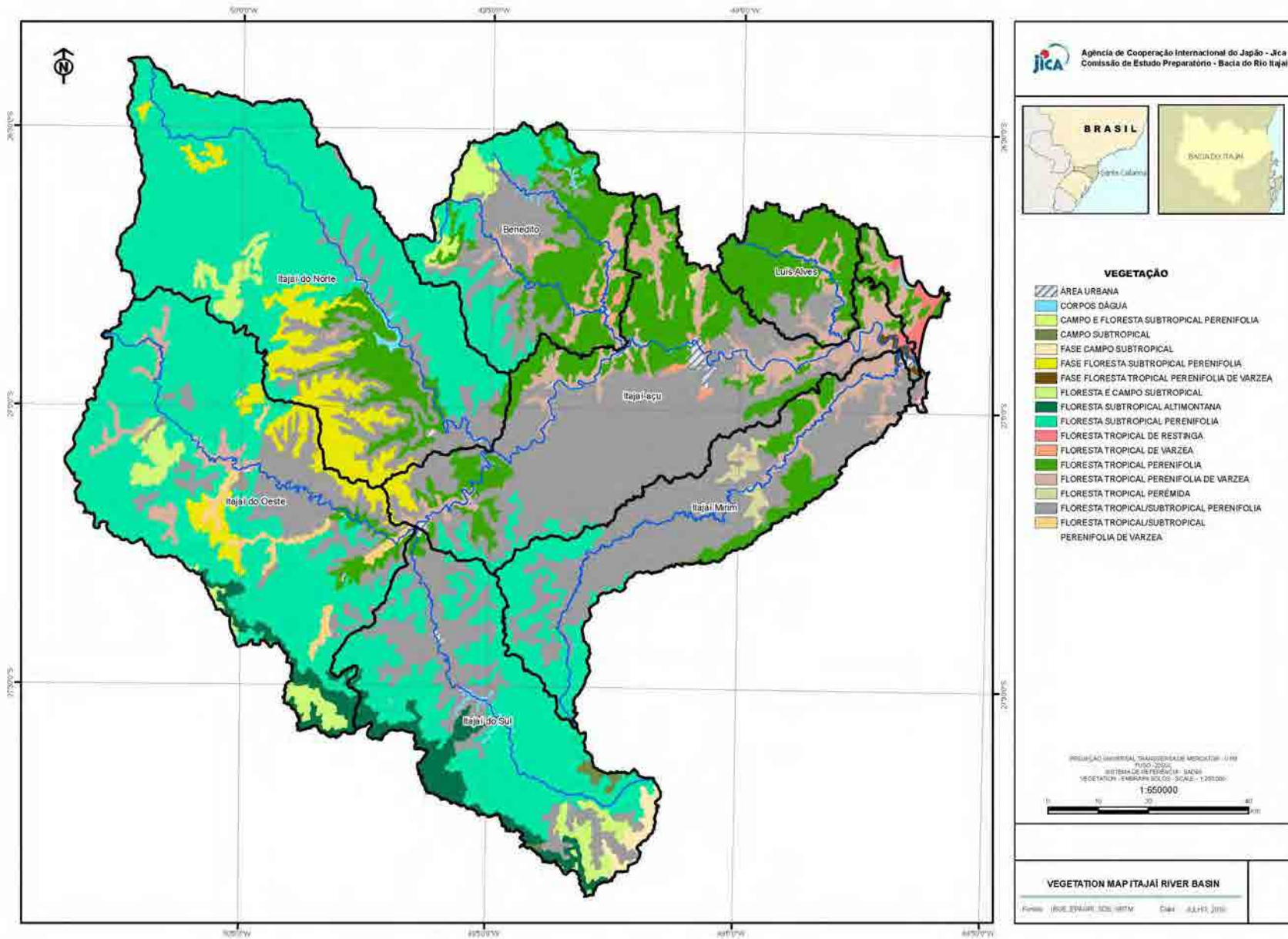


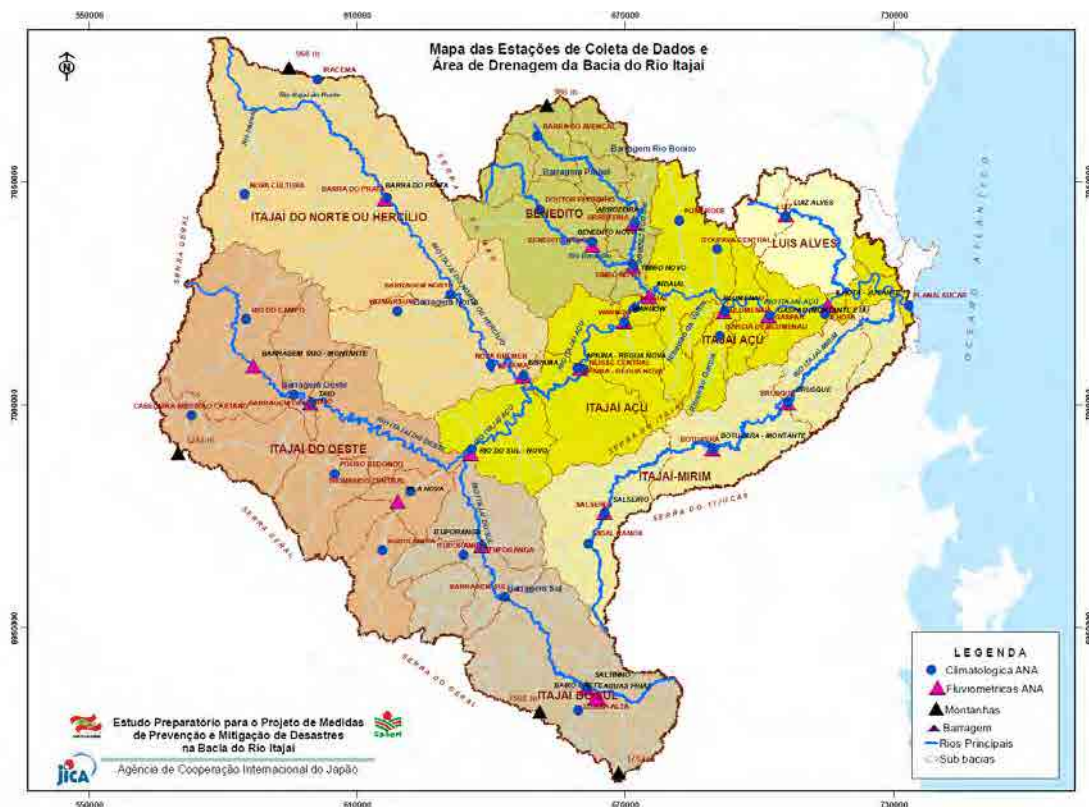
図-2.2.6 イタジャイ川流域の植生区分図

出典 IBGE, EPAGRI, SDS, SRTM

2.3 気象・水文

2.3.1 気象・水文観測体制

ANA が、国内の気象観測、河川の水位・流量観測を行っており、SC 州では EPAGRI/CIRAM が ANA の資金により気象・水文観測を代行している。イタジャイ川流域において現在稼働している ANA の観測所は気象観測 42 か所、水位・流量観測 23 か所である。通常は近傍に居住する住民が一日 2 回（7 時、17 時）マニュアル観測しており、データベースが ANA の WEB サイトで公開されている。また、テレメータ設備が導入されている観測所も多く、自動観測による時間データも得られているが、現状でデータベース化されているのは日データのみである。下図に ANA の気象・水文観測ネットワークを示す。



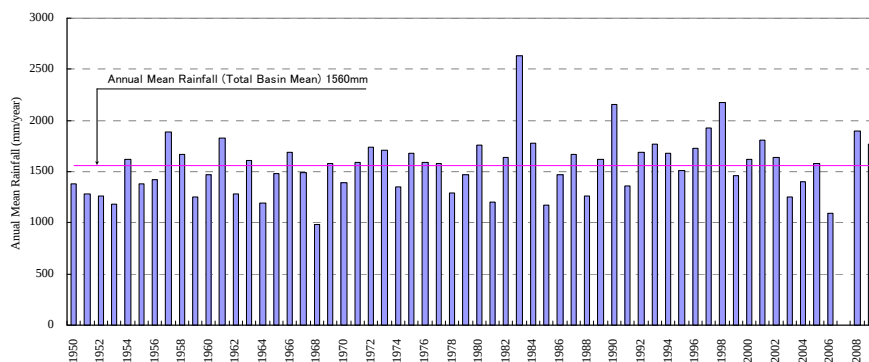
出典：ANA データベースから JICA 調査団が作成

図-2.3.1 ANA の気象・水文観測網

ANA による観測以外には、SDS、INMET、CELESC 等による観測が行われている。SDS の場合は、FURB が観測を代行しており、ANA と同様に近傍の住民によるマニュアル観測（7 時、17 時の日 2 回）を主体として実施しているが、並行して自動観測も行われセルラー通信（または衛星通信）で 15 分間隔のデータが送信されている。ただし、これも自動観測設備の信頼性が低いとのことで、データは整理されていない状況である。

2.3.2 降雨特性

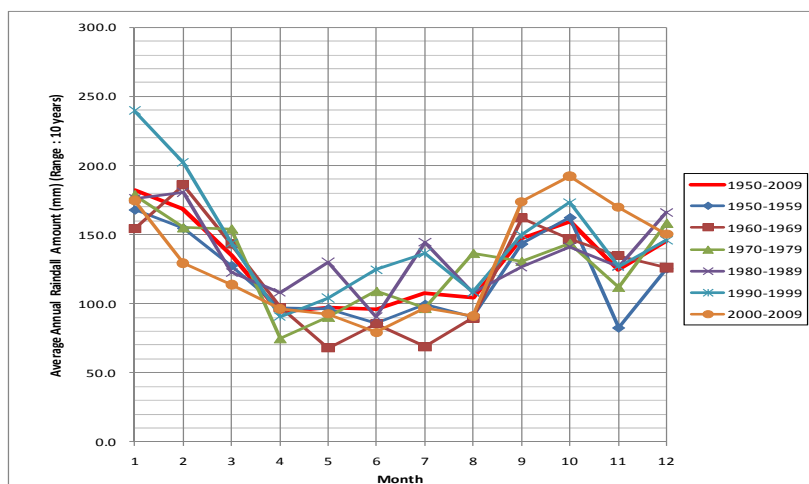
下図に、イタジャイ川流域の流域平均年雨量の推移と平均値を示す。イタジャイ川流域の年間雨量の平均値は 1,560 mm（欠測の多い 2007 年は除く）であり、最低値は 1968 年の 986 mm、最高値は 1983 年の 2,632 mm である。また、未曾有の被害を及ぼした洪水があった 2008 年は、洪水時の降雨が Indaial 付近より下流側に集中したため、流域平均雨量としては 1,899 mm と過去の雨量規模の範囲内に収まっている。



出典：ANA データベースより集計

図-2.3.2 イタジャイ川流域の流域平均年雨量の推移と平均値

図-2.3.3 に年代別のイタジャイ川流域平均月間雨量を示す。イタジャイ川流域は4月～8月の雨量が比較的に少なく、9月以降から徐々に増加し、1～2月に最も多い。ただし、1983年7月、1984年8月洪水など少雨期であっても洪水は発生している。



出典：JICA 調査団

図-2.3.3 イタジャイ川流域平均月間雨量

2.3.3 水文特性

下表に、主要な水位・流量観測地点の月平均流量を示す。1980-2004 年間の年平均流量は Ituporanga で $40 \text{ m}^3/\text{s}$ 、Rio do Sul で $131 \text{ m}^3/\text{s}$ 、Indaial で $269 \text{ m}^3/\text{s}$ である。Blumenau の年平均流量は 1982-2004 年間で $340 \text{ m}^3/\text{s}$ となっている。雨季と乾季の区別は明瞭ではないが、9月から2月までの月平均流量は、年平均流量よりも高くなっている。

表-2.3.1 主要な水位・流量観測地点の月平均流量と年平均流量

単位: m^3/s

Station	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Taio	24 years average (1980-2004): $54 \text{ m}^3/\text{s}$											
	50	76	76	36	46	45	48	44	55	74	56	48
Ituporanga	24 years average (1980-2004): $40 \text{ m}^3/\text{s}$											
	42	45	28	23	32	36	56	49	46	51	37	34
Rio do Sul	24 years average(1980-2004) : $131 \text{ m}^3/\text{s}$											
	123	158	108	91	113	122	134	137	145	181	139	117
Ibirama	24 years average (1980-2004) : $71 \text{ m}^3/\text{s}$											
	64	77	54	37	64	65	100	79	79	102	68	63

Station	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Apiuna	7 years average (1997-2004) : 206 m ³ /s											
	150	250	131	148	125	115	196	196	263	453	236	205
Timbo Novo	14 years average (1990-2004) : 46 m ³ /s											
	60	63	50	34	36	37	46	38	48	58	44	36
Indaial	24 years average (1980-2004) : 269 m ³ /s											
	288	333	241	177	232	240	320	240	298	375	266	222
Blumenau	22 years average(1982-2004) : 340 m ³ /s											
	344	434	345	246	323	313	324	332	375	444	332	274
Brusque	24 years average (1980-2004) : 26 m ³ /s											
	30	31	25	20	22	21	29	24	26	32	25	25

出典: JICA 調査団

2.4 土地利用

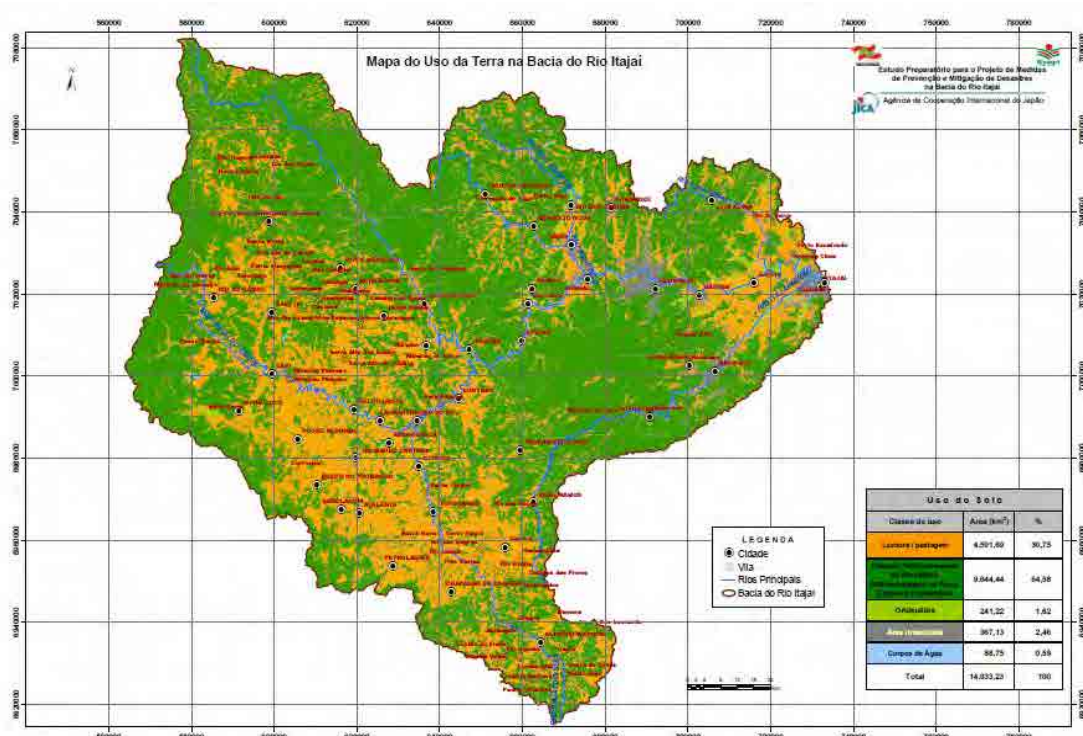
2.4.1 流域内の土地利用

イタジャイ川流域の土地利用区分を表-2.4.1 と図-2.4.1 に示す。森林は、全流域の 64.6 % を占めており、次いで農用地/放牧地が 36.7 % となっている。農用地/放牧地の割合は、上流域および下流域で多くなっている。

表-2.4.1 流域内の現況土地利用（2000 年）

土地利用区分	面積 (km ²)	割合(%)
農用地/放牧地	4,680	36.7
森林	9,830	64.6
水田	246	1.6
都市部	374	2.5
水域	90	0.6
合計	15,221	100.0

出典：JICA 調査団整理（IBGE データを基に JICA 調査団整理）

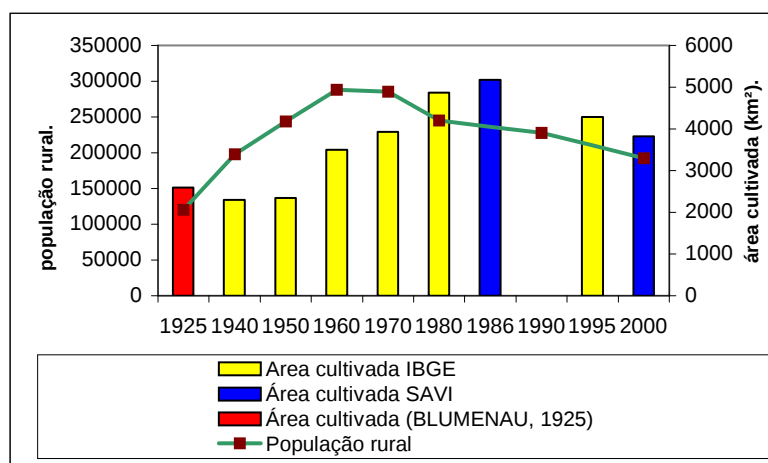


出典：JICA 調査団整理（IBGE データを基に JICA 調査団整理）

図-2.4.1 イタジャイ川流域の現況土地利用（2000 年）

当流域の耕作地は入植と大きく関係しており、1900年初頭の入植および1950年時代の入植を境として増加し、その後、セラード地区への移住が始まる1990年まで増加している。然しながら、1990年以降は、他地区への移転および離農等の要因が重なり、流域全体の土地利用は減少している。次項の図-2.4.2にイタジャイ流域内の耕作地の変遷を示す。

耕作地の変遷に示されるように、流域全体の農牧業に関する耕作地面積は減少しており、代わりに森林面積が増加している。また農牧業の形態も以前の粗放的牧畜業より、集約的な牧畜業（養豚・養鶏）に移転しており、耕作地減少の要因となっている。



出典：イタジャイ川流域委員会 レポート、州令 2109/97、Gestão 2009-2011、Vibrans (2006)

図-2.4.2 イタジャイ川流域の耕作地の変遷

一方、流域下流・中流域の土地利用は、水田および都市宅地面積が増加している。特に下流域は、下流域経済の発展により都市用地の面積が増加している。今後、この下流域における都市用地の拡大は続いていくと予想される。

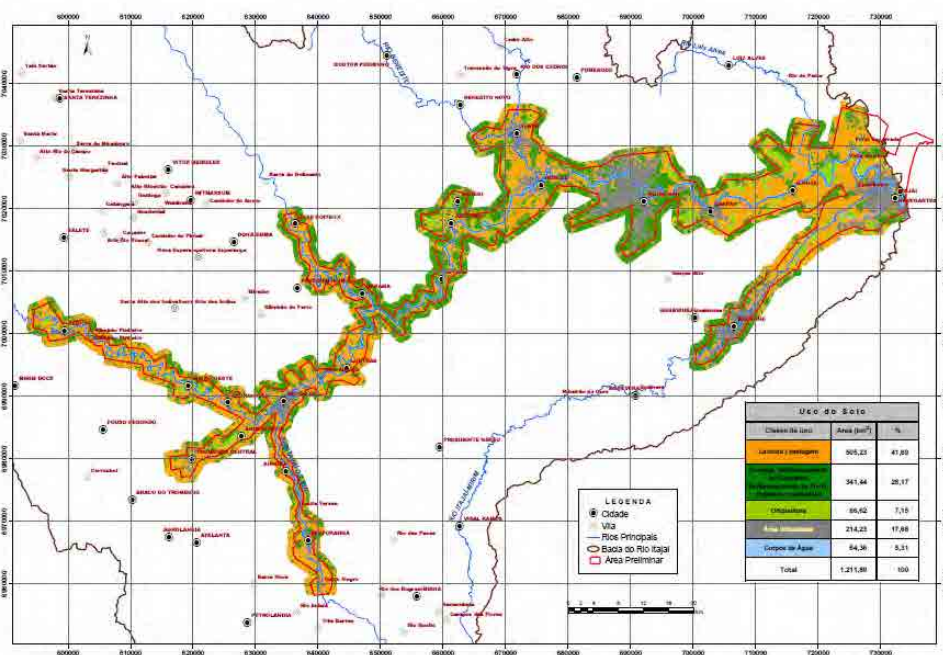
2.4.2 洪水氾濫域の土地利用

流域中・下流部は、比較的平坦な低平地と丘陵部で構成されている。低平地は農牧用地、水田および都市部として土地利用がなされているが、流下能力不足のため洪水が起こり易い。図-2.4.3 と表-2.4.2 に、イタジャイ川沿いの洪水氾濫域と推定される地域の土地利用状況を示す。

表-2.4.2 氾濫域内の土地利用区分（2000年）

土地利用区分	面積 (km2)	割合(%)
農用地/放牧地	505.2	58.0%
水田	86.6	9.9%
都市部	214.2	24.6%
水域	64.4	7.4%
合計	870.4	100.0%

出典：JICA 調査団整理 (IBGE データを基に JICA 調査団整理)



出典：調査団整理（IBGE データを基に JICA 調査団作成）

図-2.4.3 イタジャイ川沿いの洪水氾濫域の土地利用（2000 年）

主な都市部は上記の氾濫域に位置しており、流域住民の大半がこの地区に居住している。下表に洪水被害を受けやすい主要都市の家屋数を示す。

表-2.4.3 洪水被害地区家屋数（2000 年）

市	全家屋数	都市部家屋数	農村部家屋数
Blumenau	85,873	80,029	5,844
Brusque	24,324	23,342	982
Gaspar	14,709	9,160	5,549
Ilhota	3,231	1,926	1,305
Itajaí	45,795	44,013	1,782
Navegantes	17,683	16,857	826
6 市合計	191,615	175,327	16,288

出典：JICA 調査団整理（IBGE データ：Domicílios recenseados por espécie e situação do domicílio, segundo os municípios de Santa Catarina – 2000 を基に JICA 調査団作成）

2.5 関連行政機関

2.5.1 関連する行政機関

防災対策に関する行政機関としては、下表に挙げるように、連邦政府機関、州政府機関および市政府機関等がある。連邦政府機関は主に立法や資金委譲機関であり、州政府機関は当該調査の実施機関となっている。防災対策は各対象構造物の管轄機関により実施されており、連邦施設に関しては連邦施設管轄機関、州政府施設に関しては州政府施設管轄機関が行い、市管轄のインフラに関しては市政府が実施している。流域内施設管理に関するブラジル国の管理体制は複雑であり、事業実施のためには多くの機関が関与してくることになる。

行政機関	役割	機関
連邦政府	事業実施での外国資金調達	資金要請；SEAIN 海外債務；国税法務局（PGFN）、国庫局（Tesouro Nacional）、中銀/DEDIP、連邦上院、中央銀行 BACEN
	流域に関する法的整備	流域管理；ANA 環境法；IBAMA
	流域内情報広報	気象情報；ANA, IMNET, AERONAUTICA 地理情報・統計；IBGE
	流域内に施設管理機関	連邦道路；DNIT, ANTT 港湾施設；MT/ANTAQ
	資金支援	市政府への支援；Ministerio das Cidades 連邦政府施設整備；施設監督機関
州政府	事業実施での資金調達	資金要請；SEA, SEF
	本調査実施	調査調整；FAPESC 調査支援；SPG
	情報広報	警報；州 Civil Defense 部 気象情報；SAR/EPAGRI/CIRAM
	流域内施設管理機関	道路；DEINFRA 発電；CELSC 上下水；CASAN
	地域開発局	9 局
市政府	流域内水資源に関する法的整備および監督	流域管理；CERH 環境；FATMA、PMA（環境警察）
	関連市	50 市
	計画・予算調達	市計画局
	工事実施・施設管理	市工事局
	住民避難	市 Civil Defense 部
その他	市関連施設	イタジャイ港湾
	流域管理	イタジャイ流域委員会
	大学	FURB, UDESC, UFSC, CEPED, UNIVALE, UNISUL
	NGO	

2.5.2 州行政機関

[illegible]

図-2.5.1 SC 州の行政機関組織図

流域水資源に関する管轄機関として SDS（持続可能経済開発局）がある。SDS には、下記の部が設置されており、水資源に関する業務を担当している。

- i) DIRH - Diretoria de Recursos Hídricos（水資源部）
- ii) GEPHI - Gerência de Planejamento de Recursos Hídrico（水資源計画部）
- iii) GEORH - Gerência de Outorga e Controle dos Recursos Hídricos（水資源管理水利権部）

気象情報広報機関としては、EPAGRI/CIRAM が気象・海象等の情報を公開するとともに、地理情報を整理している。道路・ダム等のインフラは、DEINFRA の管轄である。

2.5.3 市行政機関

当イタジャイ流域で関連する市は、50 市となっている。各市町村は独自の予算を有しており、各市の計画に基づき事業を実施している。当調査に関係する関係機関としては、企画局、工事局、Civil Defense 局等がある。企画局は各市の予算作成および事業計画を策定し、工事局は工事に関するものおよび災害復旧に関する事業を実施している。Civil Defense 局は、住民の安全を守るための予防措置、避難等の業務を展開している。

2.6 イタジャイ川流域委員会

2.6.1 国家水資源政策と国家水資源管理システム

(1) 概要

ブラジルは、流域管理組織（RBO : River Basin Organization）による流域管理がかなり進んでいる国である。連邦政府は、法律 No. 9,433, 08/01/1997 で、水資源管理を実践するための国家水資源政策と国家水資源管理システムを規定している。同法は、水資源の確保・保全、合理的な水資源活用の推進、持続可能な水資源開発を目指すと同時に、洪水・渇水等の異常水文事象発生時の被害軽減を図ろうとするものである。水資源管理は流域単位で実践することを基本とし、流域の法的整備を通して基準を定め、参加型の諸機関を設立するように規定している。

国家水資源政策として以下の手法を定めている（Title 1: National Water Resources Policy, Chapter 4: Instruments, Article 5）。

- i) 水資源計画の策定
- ii) 水源及び水域での水利用に基づいた基準の設定と遵守
- iii) 水利権の確立
- iv) 水利費徴収システムの確立
- v) 水資源に関する情報の確立

水資源計画策定は、長期計画に基づいた流域内の水源開発計画を策定することを義務付けたものであり、流域現況の分析、将来人口・経済成長予測に基づいた水収支予測と問題点の予測、水資源の合理的活用、水質の改善、将来需要に基づいたプログラムの実施、優先的水利用が必要な項目に関する水利権の確保および水利費の徴収、保全を必要とする地区の設定を行うことになっている。

(2) 規定された諸機関と付与される権限

上記の国家水資源政策を実践するため、連邦政府、州政府に下記の権限（責任）が付与されている（Article 30）。

- i) 水利権の付与および責任条項履行の監督

- ii) 水利施設建設工事の管理
- iii) 水資源情報システムの構築
- iv) 環境と調和した水資源管理の促進

国家水資源管理システムは政策策定機関と政策実行機関に分けられ、下記の機関から構成されることが明記されている（Title 2: National Water Resources Management System, Chapter 1: Objectives and Composition, Article 33）。

- i) 国家水資源審議会（National Water Resources Council）
- ii) 国家水機構庁（National Water Agency）
- iii) 州水資源審議会（State Water Resources Council）
- iv) 流域委員会（River Basin Committee）
- v) 水機構（Water Agency）

水に関する行政は、水資源審議会を中心とした政策決定機関により流域に関する規制等が設定されることになる。実行機関はその法制度に基づき実行する機関であり、連邦政府レベルでは ANA（国家水機構庁）がその役割を担っている。州レベルでは、流域ごとに水機構が設置され、流域に関する整備を行うことになっている。

イタジャイ流域は州内河川であるので州レベルの管轄となる。イタジャイ流域に関しては、現在イタジャイ川流域水財団が暫定的に水機構の業務を行い、流域開発計画を策定している。なお、当財団は、PETROBRAS の支援を受けて活動を行っている。

下図に、同法に基づく国家水資源管理システムの構成を示す。

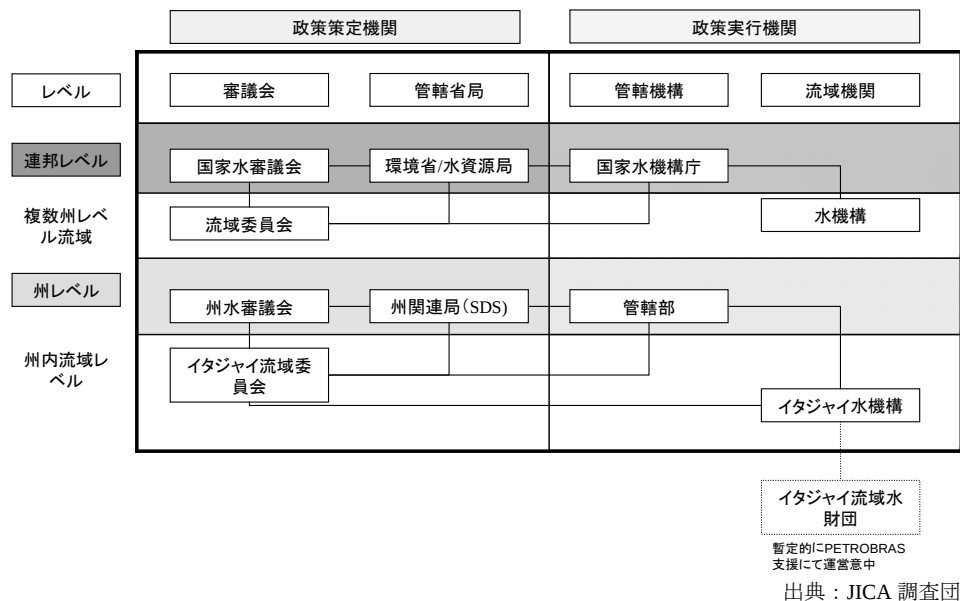


図-2.6.1 国家水資源管理システムの構成機関

州水資源審議会、流域委員会及び水機構の権限は以下の通りである。

州水資源審議会の権限（Title 2: National Water Resources Management System, Chapter 2: National Council of Water Resources, Article 34）：州関連局から 10 名および州住民代表から 10 名の計 20 名から構成される。

- i) 水資源回復、保全および活用に関するプロジェクトおよび調査の分析

- ii) 水資源活用に関する州指針の提案
- iii) 洪水防御に対する州プログラム指針の提案
- iv) 水資源回復・保全および活用に関する指針の提案
- v) 計画調整機関と協調した水資源活用に関する事業実施、計画策定の方策提案
- vi) 連邦政府の水資源活用政策へのすり合わせ
- vii) 市政府プログラムと州政府プログラムのすり合わせ
- viii) 水資源活用に関する事業実施に対する指針の提案
- ix) 流域委員会規定の作成
- x) 流域委員会への上水、洪水対策、灌漑排水、水産漁業、河川運輸、水力発電、土地利用、環境、水文、気象、堆砂、レジャー等に関する総合的開発計画策定の促進

流域委員会の権限（Title 2: National Water Resources Management System, Chapter 3: Hydrographic Basin Committee, Article 38）：

- i) 水資源に関する関連機関との協議
- ii) 水紛争の調停
- iii) 流域開発計画の承認
- iv) 流域開発計画の実行および必要対策の実行
- v) 水資源審議会への水利権認証の提案
- vi) 水利費徴収システムの構築
- vii) 施設建設に伴う費用分担システムの規定

水機構の権限（Title 2: National Water Resources Management System, Chapter 4: Water Agency, Article 44）：

- i) 水使用者の登録
- ii) 水利費の徴収
- iii) 徴収水利費にて建設される施設の管理
- iv) 予算の調達
- v) 水資源計画の策定

水機構の設立は、流域委員会の申請により、国・州水資源審議会が承認されることになっている。但し、そのためには、流域委員会が設置されていること、水利費徴収により機構が運営されることが前提となっている（Article 43）。

2.6.2 イタジャイ川流域委員会

(1) 委員会の構成

イタジャイ川流域委員会は州令 2109/97 にて設置された機関で、民間、公的機関等の種々のメンバーから構成されている。委員会は、2 年毎に選出される上流域、中流域および河口域の水利用者代表、住民組織代表および公的機関代表から構成されている。次図にイタジャイ委員会の構成メンバーを示す



出典：JICA 調査団

図-2.6.2 イタジャイ川流域委員会の構成

委員会メンバーは、水利用者 20 組織、住民代表 20 組織および公的機関代表 10 機関の 50 機関より構成されている。水利用組織は、上下水・電力・農協・工業者連合・企業家連合等の 20 機関で構成され、住民連合は、市連合、市環境基金、市役所、市議会、NGO、技術者連合およびインディオ代表等の 20 機関で構成され、公的機関は、州議会、銀行、州政府、州政府関連機関、地方開発局および連邦政府機関等の 10 機関にて構成されている。下表にイタジャイ委員会の構成員を示す。

表-2.6.1 イタジャイ川流域委員会の構成メンバー

<u>水利用組織; 20 組織</u>	
州上下水公社 (CASAN)	
市上下水公社 (SAMAE, SEMASA, SAMAE, Consórcio Intermunicipal Serra São Miguel)	
州電力公社 (CELESC)	
民間電力会社 (Consórcio Empresarial Salto Pilão、Estação Indaial Energética SA, Santa Maria Geradora S.A., Cooperativa de Energia Elétrica)	
農協 (CRAVIL, Industrial e Agrícola Rio Verde Ltda, Unidade Secadora e Armazenadora de Cereais Voltapinho, Sociedade Armazenadora de Cereais Mirim Doce, Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Agrônômica, Associação de Aquicultores de Braço do Trombud)	
工業者連合 (SIMMMERS, Sindicato das Indústrias da Construção e do Mobiliário de Ibirama, SINTEX - Sindicato das Indústrias de Fiação e Tecelagem e do Vestuário de Blumenau)	
企業家連合 (Associação Empresarial de Itajaí - ACII, Associação Empresarial de Rio do Sul - ACIRS)	
<u>住民組織 ; 20 組織</u>	
市連合 (AMAVI - イタジャイ上流域、AMMVI- イタジャイ中流域、AMFRI - イタジャイ河口域、CIMVI - イタジャイ中流域市基金)	
環境基金 (FAMAI - 中流域市環境基金)	
市役所 (Taió, Ibirama)	
市議会 (Benedito Novo, Trombudo Central, UCAVI-イタジャイ上流域市議会連合)	
NGO (ACAPRENA - Associação Catarinense de Preservação da Natureza, CEMEAR - Centro de Motivação Ecológica e Alternativas Rurais, Comissão Pastoral da Terra, Fundação Praia Vermelha de Conservação da Natureza, Sindicato dos Jornalistas de Santa Catarina)	
技術者連合 (ABES -Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABRH -Associação Brasileira de Recursos Hídricos, FURB - Fundação Universidade Regional de Blumenau, UNIFEFE - Centro Univercitario de Brusque)	
インディオ (インディオ居住区)	
<u>公的機関代表 ; 10 組織</u>	
州議会 (ALESC - Assembléia Legislativa do Estado de Santa Catarina)	
銀行 (CEF - Caixa Econômica Federal)	
州政府 (SDS Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável)	
州政府関連機関 (DEINFRA - Departamento de Infra-Estrutura, EPAGRI - Estação Experimental de Itajaí, EPAGRI - Gerência	

Regional de Ituporanga)
地方開発局 (Ibirama, Itajaí, Taió)
連邦政府機関 FUNAI - Fundação Nacional do Índio

出典：JICA 調査団

イタジャイ委員会は、1997 年設置以降、種々の活動を行ってきており、イタジャイ委員会の目的および州令にて設定されている権限は以下の通りである。

(2) 委員会の設立目的

- i) 地方分権化促進および住民参加型の流域管理促進
- ii) 洪水・渇水等の異常水文現象への総合対策の実施促進
- iii) 流域における水資源開発計画の策定および管理
- iv) 水源価値の見直し
- v) 流域水源確保のための工事費分担の提案
- vi) 地域開発・環境保全間の調和ある開発に向けての水域管理の促進
- vii) 水源有効活用による自然資源の最大化
- viii) 将来の水利用を考慮に入れた水資源の保全促進
- ix) 流域における保全域設定の促進

(3) 委員会の権限

- i) 流域水資源の保全・対策に関する協議の開催
- ii) イタジャイ流域の水資源計画の策定と承認、事業実施へのフォロー及び必要提案策の提示
- iii) 州水資源審議会への州水資源開発計画策定の上での流域に関する提案
- iv) 少量使用に関する水使用权取得免除に関する提言
- v) 各水利用および保全に関する各関連機関への提案
- vi) 水利費徴収メカニズムの設定および水利費額の提案
- vii) 水利構造物建設費用の分担割合の提案
- viii) 各関連機関間の調整
- ix) 優先事業に関する調査・協議の実施
- x) 年報作成のための資料提供
- xi) 流域問題点や政策決定事項の提案
- xii) 流域被害対策案の提案
- xiii) 洪水対策事業に関する計画策定、警報等の維持・管理に関するフォロー
- xiv) 流域内における連邦・州による事業実施へのフォロー
- xv) 市環境法と水資源計画の調和
- xvi) 州水資源審議会への水機構設置に関する申請
- xvii) 公聴会の開催

xviii) 当流域での事業を行う機関の情報・認可書類等の情報の要請

(4) 委員会の現状

これまでの情報を基にイタジャイ川流域委員会の現状を整理すれば、以下の通りである。

- i) イタジャイ川流域での防災事業も含む水資源計画や事業の立案・実施は、法的にはイタジャイ川流域で設置されるべき水機構（Water Agency）である。
- ii) 水資源計画や事業の立案・実施の承認はイタジャイ川流域委員会であるが、州審議会の最終承認が必要である。
- iii) 政策の実施機関は水機構であるが、まだ州政府から法的に認可されていない。水利費の徴収システムが確立していないことが主な理由と考えられる。
- iv) 2002 年、石油会社ペトロブラス社の資金支援で FURB（ブルメナウ地方大学）内に私的な組織としてイタジャイ流域水財団が設立されている。本財団の運営協議会はイタジャイ流域委員会の3役が兼任している。
- v) 水資源計画の立案は、委員会内に設立された計画グループ（Planning chamber）が担当している。治水も含む防災計画の立案は防災グループ（Disaster Prevention chamber）が担当している。

2.7 開発・管理計画

2.7.1 連邦政府政策

連邦政府政策は、PAC2（成長加速プログラム）をベースとして社会経済開発を促進している。当計画の目標は、所得配分の改善により社会格差を軽減し、社会包摂の促進、雇用の正規化を推し進めようとする計画である。

下表-2.7.1に示すように、具体的方策としては、開発基金の増加および融資システムの改善、投資環境の整備、戦略セクターでの税の軽減、中長期での予算計画、税収と予算のバランス確保および当プログラムの効率的運用を行うとしている。

表-2.7.1 連邦政府 PAC2 の開発戦略

目標	目標達成の方策
開発基金の増加および融資システムの改善	- Caixa Econômica Federal（連邦経済銀行）による上下水および住宅建設促進 - 公的機関が行う上下水および住宅建設投資に関わる融資枠の拡大 - FGTS 税活用によるインフラ投資基金の創設 - 住宅融資基金の拡充 - 長期金利の減額 - BENDES 銀行を通した都市開発、輸送インフラ部門への融資条件の改善
投資環境の整備	- 環境重視の投資活性化 - 民間投資活性化のための機構改革 - ガス配分システムの構築 - 入札条件の改善 - 上下水部門投資環境整備 - 保険部門の開放 - SUDAM、SUDENE 等の地方整備機構の再活性化
戦略セクターでの税の軽減	- PIS 税、COFINS 税活用による住宅融資の活性化 - 土木工事での PIS 税、COFINS 税免除 - インフラ投資基金の創設 - デジタルTV活性化セクターでの税の免除 - 上下水セクターでの税免除 - 情報部門での税免除、鋼材製品での税免除、中小規模企業への税免除 - 所得税の見直し等

目標	目標達成の方策
中長期での予算計画	・ 税 ・ 税務局の創設 ・ 税徴収システムの改善
税収と予算のバランス確保	・ 人件費拡大抑制 ・ 最低賃金の改善 ・ 厚生システムの改善 ・ 入札の効率化 ・ 公的機関の効率的運用促進
当プログラムの効率的運用	・ 運営委員会の創設

出典：http://www.brasil.gov.br/pac/より JICA 調査団整理

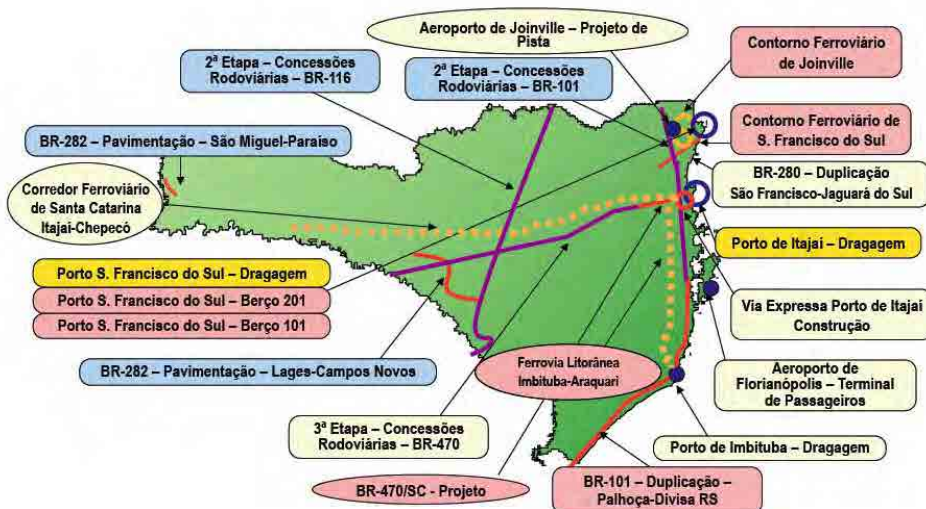
PAC2 計画は社会経済インフラの整備を目指しており、輸送部門、エネルギー部門および都市インフラの整備を推し進めようとしている。各セクターで戦略的に行っている事業は下記の通りである。

表-2.7.2 連邦政府 PAC2 の戦略事業

セクター	事業
輸送インフラ部門	・ 道路網の整備 ・ 鉄道網の整備 ・ 港湾施設の整備 ・ 空港施設の整備
エネルギー部門	・ 発電インフラの整備 ・ 配電網の整備 ・ 石油・ガスの開発 ・ 製油所の整備 ・ 海運工業の活性化
社会都市インフラ部門	・ Luz para Todo (給電インフラの整備) ・ 地下鉄の整備 ・ 水資源インフラ整備 ・ 住宅および上下水整備

出典：http://www.brasil.gov.br/pac/より JICA 調査団整理

これらの事業の内、SC 州に関わるものとしては、下図に示す輸送インフラ事業が戦略的事業として挙げられている。



出典：10º Balanço Janeiro a Abrilde2010, Santa Catarina

図-2.7.1 SC 州における PAC2 の輸送インフラ事業

SC 州の輸送インフラ整備に関しては、Itajai 港を中心とした輸送網の整備を行おうとしている。主な投資計画として下記の事業が挙げられる。

- i) Itajai–Chapecó 市間の鶏肉運搬鉄道
- ii) 沿岸鉄道
- iii) Itajai 港浚渫
- iv) 連邦道路 BR470 号線 コンセッション
- v) Navegantes–Blumenau 市間の分離帯道路
- vi) Itajai 港搬入道路

下記の事業がイタジャイ川流域で PAC2 事業として挙げられている。

- i) Garcia 川の排水路改善
- ii) Itoupava 流域の排水システム改善
- iii) Ilhota 市雨水排水システム改善
- iv) Itajaí 川の流下能力改善
- v) Navegantes 市の排水改善
- vi) Pomerode 市の排水改善
- vii) Oeste 川の河川浚渫
- viii) Timbó 市の排水改善
- ix) Blumenau 市 Itajaí 川左岸域の堤防建設
- x) Fortaleza 川左岸域の改修
- xi) Brusque 市の雨水排水改善
- xii) Brusque 市 Santa Terezinha 地区の雨水排水の改善
- xiii) Itajai 市の気象観測施設の整備
- xiv) Itajai 市都市部河川の浚渫
- xv) Itajai 市の排水改善

2.7.2 SC 州の開発計画

SC 州の開発計画は PAC2 計画に基づいており、州の産業育成のための基礎施設の構築、輸送インフラ部門の改善、エネルギー部門の改善および都市部門インフラの整備計画を策定している。当該地域に関連するものとしては、以下の計画が挙げられる。

- i) 州道路網の改善（主要州道の複線化/舗装道の拡充/舗装道の維持）
- ii) Itajai・Navegantes 地区の開発（アクセス道路の改善、BR470 の複線化）

2.7.3 イタジャイ川流域水資源管理マスタープラン

イタジャイ委員会は、2010 年 3 月イタジャイ流域の水資源管理マスタープランを策定した。下記に示す 28 の達成目標、各目標に対する達成の方策さらに具現化のためのテーマを挙げている。

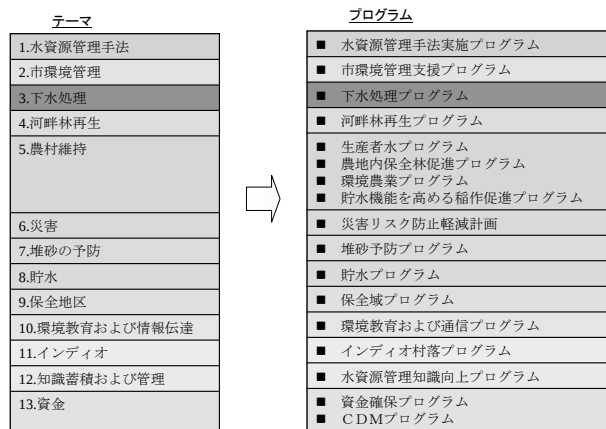
表-2.7.3 戦略的目標の設定の指針およびテーマ

達成目標	目標達成の方策	テーマ
01 水資源管理、分類および水利費徴収システムの構築	・ 既存水利活用者への優先 ・ 流域の環境を考慮に入れた水力発電施設への水利権付与 ・ 2015 年での基準の見直し ・ 水利費徴収を視野にいたした上水および下水施設整備の検討 ・ 各水源使用別での規定の設置 ・ 水利費徴収モデルの設定 ・ 水利費徴収政策の策定	1. 水資源管理手法の確定
02 イタジャイ川流域情報システムの構築	・ 情報の公布 ・ 各関連機関実施の水質情報収集と公布 ・ 種々の情報の入手と公布	
03 市環境管理の強化	・ 総合的水資源管理に関する市技術者能力の向上 ・ 市環境政策の策定促進	
04 保全地区統合メカニズムの構築	・ 保全地区設置に関する調査の実施 ・ 保全地区統合の促進	2. 市環境管理の強化
05 河川工事監督に関する基準の設定	・ 河川沿いの不適切な事業実施を避けるメカニズムの設置	
06 未処理下水処理水放流の軽減	・ 下水処理普及への支援 ・ 下水管理強化の促進 ・ 下水・上水・ごみ等の施設設置計画策定の促進 ・ 下水処理代替案の検討 ・ 個別下水処理システムの効率化 ・ 下水計画での処理基準目標の設定 ・ 環境ライセンス取得への基準設定	3. 下水処理の改善
07. 河畔林回復促進 08. 市河畔林回復プログラムの促進	・ 河畔林回復に向けた活動の促進	4. 河畔林の再生
09 樹木苗生産促進	・ 苗床設置への支援	
10. 生産部門改善	・ 農薬使用の改善 ・ 土地劣化地区の回復 ・ 生産技術の改善 ・ 集約的稲作生産の促進 ・ 農村部における持続可能水利用技術の普及 ・ 基準に基づいた農地における生産物への付加価値付与 ・ 適切な水使用を行う農家への補償 ・ 水資源保全活動の促進	5. 農村維持
11. Civil Defense の強化 12. 災害に関する市マスタープラン作成促進	・ フラッシュフラッドに関する統合的解決策の提案	
13. 小流域における小規模貯水池建設の促進	・ 小流域における小規模貯水池建設	6. 災害対策の強化
14. 洪水防御を含む多目的利用でのインフラ整備促進	・ 洪水防御を含む多目的利用でのインフラ整備促進	
15. 流域に土砂流出抑制対策の促進	・ イタジャイ港およびナベガンテ港での政策・機関間協力の強化 ・ 砂採取に関する環境評価レポートの作成 ・ 鉱物活用および回復に関する活動計画の提案	7. 堆砂予防
16. 上流部貯留に関する情報構築	・ 農村部上流域における貯留施設整備に関する調査の実施	8. 上流部の貯水促進

達成目標	目標達成の方策	テーマ
17. 上流域貯留パイロットプロジェクトの実施	・ 農業生産域における水の再利用のための施設の建設 ・ 上流域における水の貯留	
18. 保全地区に関する情報の構築	・ 保全地区に関する情報の伝達 ・ 地域住民による保全地区の維持のための組織構築の促進	9. 保全地区の促進
19. 既存保全地区の強化	・ 水源域の確定 ・ 既存保全域の強化	
20. 水源涵養地区の保全促進	・ 必要な保全域の設置 ・ 森林域を最低でも 35%程度に持つていくための市植林活動の促進	
21. 市環境教育の促進	・ 環境教育の促進	10 環境教育・情報の伝達
22. 市民参画促進	・ 組織育成の強化 ・ 市民参画の促進	
23. 技術支援促進	・ 植林再生に関する技術強化 ・ 市環境管理の強化 ・ 環境教育の実施（河川環境および下水）	
24. インディオ住民参画促進	・ 保全必要地の明確化	11. インディオ参画の促進
25. 計画実施フォローアップの促進	・ 計画実施フォローアップの促進	
26. 水資源管理に関する知識の強化	・ 河川環境情報の蓄積 ・ 研究強化への支援 ・ 環境保全域に関する情報の蓄積 ・ 水源涵養地区における情報の強化 ・ 地下水水質および量に関する情報の蓄積 ・ 合理的な水利用を目的とした調査の実施	12. 知識蓄積および管理の強化
27. イタジャイ流域水機構強化に向けての資金獲得	・ イタジャイ流域水機構強化に向けての資金獲得	13. 資金の強化
28. 河畔林保全活動への支援	・ 河畔林プロジェクトへの CDM の活用促進	

出典：JICA 調査団整理（Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí）

各テーマの実施に関しては、図-2.7.2に示す実施プログラムを掲げている。提案されているプログラムは17プログラムで、各プログラムに対し具体的プログラム目標を設定している。また、目標年も設定しており、短期（5年）、中期（10年）および長期（20年）目標を掲げ、流域管理を推し進めていこうとしている。



出典：JICA 調査団

図-2.7.2 水資源管理マスタープランのテーマとプログラム

提案されたテーマの実施体制は以下のである。

(1) テーマ1：水資源管理手法の確定及びテーマ4：河畔林再生

州行政組織として SDS 水資源部、FATMA、GTC/FAPESC および EPAGRI の関与、関連機関としてイタジャイ川流域委員会および上・中・下流域の各市連合（AMAVI, AMMVI, AMFRI）及び苗生産業者の関与により水資源管理手法を確定するとともに、河畔林の再生を推し進めようとしている。

SDS 水資源部は、水資源管理に関する法制度の整備、水利権の発行での役割を担うこととし、FATMA は水質基準の設定、GTC/FAPESC は水資源管理のベースとなる情報の整備および水利施設整備計画の策定を担うこととしている。イタジャイ委員会は、SDS 水資源部および FATMA が基準を設定するための基礎調査を担うこととしている。河畔林再生に関しては、年間 400 ha 程度の森林再生を推し進める計画となっている。水利権に関しては、優先順位を水道、家畜用、産業用、発電用とし、水利権を与えて行く方針である。同時に水利費の徴収も行って行く方針であり、徴収水利費を流域管理に必要な資金に活用して行こうとしている。

(2) テーマ2：市環境管理強化

市環境管理の強化策としては、環境市審議会（CMMA）を市環境強化の中心として、環境セクターの設置および環境政策の策定を推し進めようとしている。計画としては 5 年計画で、各市の水質基準設定および環境保全地区管理の指針を設定する予定である。

(3) テーマ3：下水処理改善

下水処理改善に関しては、20 年間で約 R\$ 10 億を投入し、下水処理整備を進めて行こうとしている。

(4) テーマ6：災害対策の強化

災害リスク軽減策としては、表-2.7.4 に示す 6 プログラムを掲げている。災害対策事業としては、土地利用からの事業と河川管理による事業を挙げている。土地利用に関しては、市街化計画策定への支援、市街化区域別の土地利用モニタリング、災害域における居住規制、森林の回復、農村部における土地の効率的活用、ごみ処理事業実施の促進および土地利用規制区における補償を挙げている。河川管理に関しては、旧河川の維持、河川改修区間の再改修、既存インフラの多目的有効活用および都市排水路の管理等を掲げている。

表-2.7.4 災害リスク軽減計画

プログラム	活動	指標
緊急災害対策準備のための機関強化	・ 人員のトレーニング ・ Civil Defense の構築	・ 30 人のトレーニング ・ 年間 5 Civil Defense 部の設置
モニタリング、予報、警報	・ モニタリング、予報警報システム又は機関の強化 ・ 警報システムの構築	・ 警報計画策定
脆弱性軽減、復旧に向けての市民参画の促進	・ 災害復旧に向けての教育 ・ 住民参画促進メカニズムの構築 ・ 公民協力促進メカニズムの構築 ・ 疫病対策への広報	
リスク評価	・ 地図およびテーマ図の作成 ・ 災害情報統合システムの構築 ・ 災害リスク評価 ・ 排水路網の評価	・ 新地形図 2012 年 ・ GIS 情報の構築 ・ リスクマップの作成
災害リスク軽減	・ 土地利用 ・ 市街化計画策定への支援 ・ 市街化区域別の土地利用モニタリング	土地利用管理 ・ 市街化計画の見直し ・ 盛土規正法の制定

	・ 災害域における居住規制 ・ 森林の回復 ・ 農村部における土地の効率的活用 ・ ごみ処理事業実施促進 ・ 土地利用規制区における補償 ・ 河川管理 ・ 旧河川維持および河川改修区間の再改修 ・ 既存インフラの多目的有効活用 ・ 都市排水路の管理	河川管理 ・ 水理構造物事業の実施 ・ JICA プロジェクト
被災地区の復旧	・ 被災地区の確定 ・ 環境保護地区の復旧	

出典；JICA 調査団整理（Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí）

尚、これらの事業実施の調整機関として、FAPESC およびイタジャイ委員会災害対策技術委員会を挙げている

(5) テーマ 10：環境教育・情報伝達

住民参画は環境保全での効率的戦略であるとして、市環境政策の策定と伴に、住民参画促進のための環境教育および情報伝達を強化しようとしている。具体策としては、環境教育策の制定、住民参画促進策の推進および環境教育関連の技術者を育成しようとしている。

(6) テーマ 12：知識蓄積および管理強化

知識蓄積および管理強化に関しては、流域に関する知識を構築することにより合理的水管理を行なうとしている。この情報蓄積を、合理的水利用のための水利権の授与・メカニズムの構築の基礎としようとしている。そのため、試験研究機関の流域に関する研究を強化し、以下の点を明確にしようとしている。

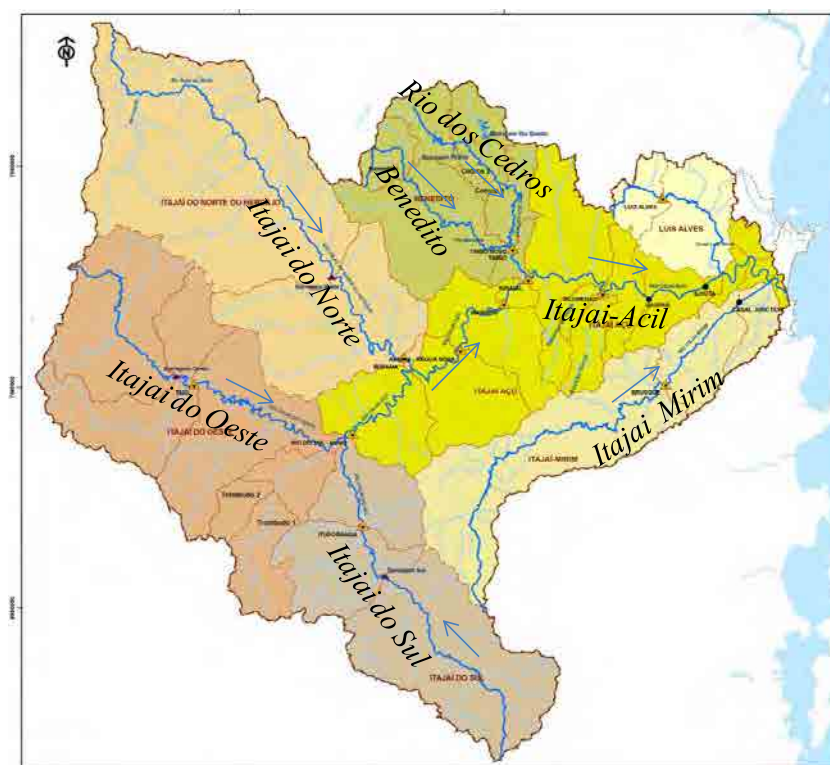
- i) 環境回廊および水資源保全での保全地区の役割の明確化
- ii) 合理的水利用方法の明確化
- iii) イタジャイ川流域の環境保全地区の機能に関する情報の構築
- iv) 汚染源が水質に与える負のインパクトの明確化
- v) 都市下水発生源に関する情報の構築
- vi) 環境保全および改善を目的とした情報の構築

第3章 イタジャイ川の洪水氾濫特性と確率洪水流量

3.1 イタジャイ川の現況と河道特性

(1) 流域概要

イタジャイ川は下図に示すように、大きく 6 つの主要支川流域とイタジャイ川本川の流域に区分される。流域の西縁を南北に縦断する Serra Geral 山地（標高約 1000～1800 m）に源を発する Itajai do Oeste 川と Itajai do Sul 川は、上流域最大の都市である Rio do Sul 市で合流し、この合流点がイタジャイ川の始点である。その後、中流部では Ibirama 市で Itajai do Norte 川、Indaial 市で Benedito 川を吸収し、下流域では Ilhota 市下流で Luis Alves 川、最下流の Itajai 市内でイタジャイミリム川を合流した後に大西洋に注ぐ。



出典：JICA 調査団

図-3.1.1 イタジャイ川流域位置図

(2) 河道特性

3.6 節で詳説するが、イタジャイ川は Blumenau 市までの下流区間が 1/15,000～20,000 とかなり緩い河床勾配であり、Blumenau 市の河床標高は平均海水面より低い。これより上流の Lontres 市下流（170 km 付近）までの中流区間は 1/100～1,500 と急勾配になるが、Lontres 市から Rio do Sul 市にかけての上流は再び 1/3,000 と緩くなる。

川幅は、下流区間で 200～300 m、Blumenau 市付近で 150～200 m、Rio do Sul 市で 100～150 m と上流に行くに従い狭くなる。イタジャイ川の現況河道は、堤防や目立った河川改修は行われておらず、Itajai 市の港湾部のコンクリートの岸壁やイタジャイミリム川の捷水路、部分的なショートカット河道を除くと、ほぼ全区間が自然のままの河道である。

3.2 既存の河川施設

3.2.1 河川施設

(1) 治水施設

代表的な治水施設として、上流の支川に建設された下記の 3 基のダムがある（詳細は後述節 3.2.2 参照）。これらは 3 ダムとも治水専用であり、通常は水を貯留していない。

上記以外の治水施設としては、Blumenau 市街地の右岸側（水衝部）に整備されている護岸工（コンクリートブロック張り）やその他の小規模な護岸工（簡易なかご工、捨て石工）があるのみであり、堤防、河道拡幅など、現河道の疎通能力を向上させる治水対策は見られない。

また、イタジャイミリム川では、洪水を速やかに流下させるために河道を直線化（代表的なものは Itajai 市のイタジャイミリム川放水路：Canal）しているが、下流の Itajai 市での洪水流量の増大を招いているとの指摘もあり、抜本的な洪水対策とはなっていない。



写真：Blumenau 市街地右岸の護岸（左）、2008 年洪水後の災害復旧工事で整備された支川 Garcia 川のかご工（右）

(2) 利水施設

利水施設としては、流域内の各自治体が生活用水およびかんがい用水のための取水施設を有している。Itajai 市の取水施設は、イタジャイミリム川の放水路（Canal）沿いにありポンプによる取水であるが、塩水の遡上対策としてポンプ直下流に水門が設置されている（当施設による取水は Navegantes 市でも使用されている）。また、Timbo 市の Benedito 川（Rio dos Cedros 川合流部の直上流）には下写真右のような 2 連アーチの取水堰が設置されている。



Mirim 川放水路沿いの取水施設



Timbo 市 Benedito 川の取水堰

(3) 発電施設

イタジャイ川および支川には、SC 州の代表的な発電会社である CELESC が所有する発電所、発電用ダムが複数点在している。代表的な施設を以下に示す。

1) Rio Bonito ダムおよび Pinhal ダム

Rio Bonito ダムおよび Pinhal ダムは、イタジャイ川の主要支川である Benedito 川の支川 Rio dos Cedros 市の上流に位置する発電用のフィルダム（CELESC 所有）である。いずれのダムも発電専用であり、基本的には洪水調節等の機能は有していないため、取水放流設備としては発電取水設備と洪水吐のみである。ただし、CELESC からのヒアリングによれば、治水への寄与のため SC 州より洪水前に水位 50 cm 下げるよう指導があり、EPAGRI/CRAM からの洪水予報に従って水位低下を行っていたが現在は実施されていない（予報の精度は高くないため、水位を下げて洪水が来ない場合や、水位を下げずに洪水が来る場合が多いとのことである）。表-3.2.1 にダム諸元、図-3.2.1 に位置図を示す。

表-3.2.1 Rio Bonito ダムおよび Pinhal ダムの概要

ダム名		Barraegm Rio Bonito	Barragem Pinhal
完成年		1963 年	1949 年
貯水池	流域面積	C.A.=119.8 km ²	C.A.=179.9 km ²
	貯水容量	32,000 千 m ³	18,000 千 m ³
ダム	形式	アースフィルダム	アースフィルダム
	天端標高	EL.589.5m	EL.652.0 m
	ダム高	19.0 m	15.0 m
	堤頂長	118.0m	150.0 m
	堤体積	60,750 m ³	26,460 m ³
洪水吐	越流幅	20 m	25 m
	設計流量	150 m ³ /s	353 m ³ /s
発電所	発電所名	Palmeiras	Cedros
	発電機数	3 基	2 基
	発電量	24.602 MW	8.4 MW
	最大使用水量	11.1 m ³ /s	4.1 m ³ /s

出典：JICA 調査団による CELESC へのアンケート調査結果

2) Salto 水力発電所

Salto 水力発電所はイタジャイ川本川の Blumenau 市上流に位置する水力発電所で、河道内の大きな中洲（島）により分かれている 2 つの流路のうち、右岸側の流路に取水ダムを建設し、ダム下流に水力発電所を設置している。表-3.2.2 に施設諸元を示す。

(4) 都市排水施設

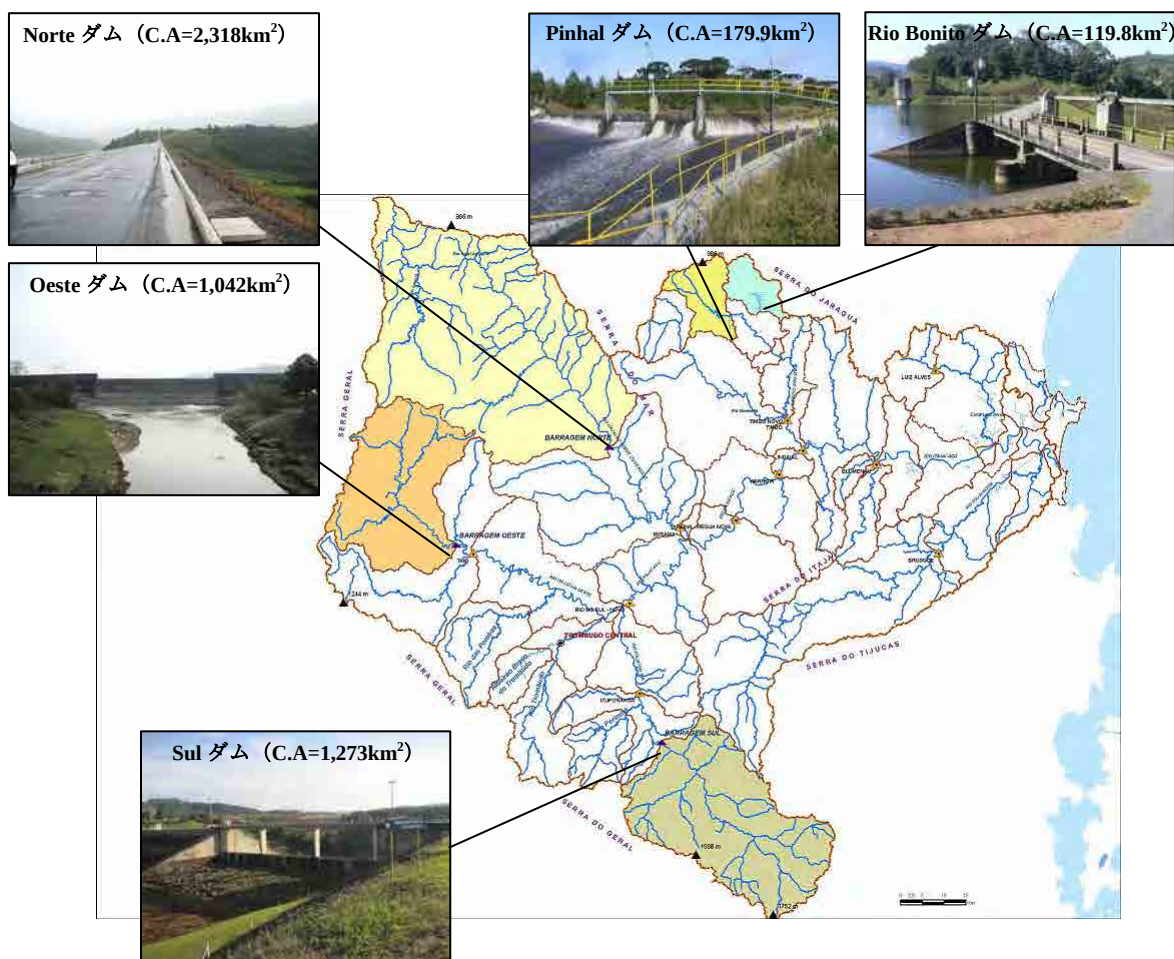
主要都市の詳細な排水系統図等は入手できていないが、いくつかの都市では都市排水上の問題点について聞き取りにより情報収集することができた。得られた情報を表-3.2.3 に示す。

尚、Blumenau 市の支川である Fortaleza 川では、イタジャイ川本川からの逆流を防ぐために合流部に水門が設置されている。この水門には、ゲートを閉じているときの Fortaleza 川の排水のため 8000 L/s のポンプの設置が計画されている。しかしながら、この水門が Fortaleza 川の排水を阻害しているとの意見もある。

表-3.2.2 Salto 発電所諸元表

発電所名	Usina Hidreletrica Salto		
管理者	CELESC		
完成年	1914 年	完成当初は 1 基で運用	
貯水池 水文特性	流域面積	C.A.=11,700 km ²	
	湛水面積	0.03 ha	
	平均流量	220 m ³ /s	1977 年～1990 年
	最大日平均流量	1,907 m ³ /s	
	月平均最小流量	23.0 m ³ /s	
ダム (洪水吐)	100 年確率洪水量	4,820 m ³ /s	
	ダム形式	バットレス式コンクリート	
	放流形式	自由越流	
	ダム高		不明
発電所	堤頂長	800 m	
	出力	6.7MW (有効 6.3MW)	
	発電機数	4 基	
	最大落差	10.1 m	
	最大使用水量	89 m ³ /s	

出典：JICA 調査団による発電所所有者（Celesc）への聞き取り調査結果



出典：JICA 調査団

図-3.2.1 イタジャイ川流域の主要ダム位置図

表-3.2.3 主要都市の排水問題

自治体	人口（人）	都市排水に関する問題	情報源
Itajai 市	172,081	直径 600 mm の排水管が埋設されているのみで不十分だが、現在 1.5×1.0 m の排水路 15 km を建設中（但し、潮位に対する逆流防止弁、ゲートはなし）	Itajai 市 工事局
Navegantes 市	57,324	Navegantes 市は対岸の Itajai 市より土地が高く、洪水の問題はあまりない。	City Government of Navegantes
Gaspar 市	55,489	情報なし	
Blumenau 市	299,416	Velha 地区の広域排水に問題がある。都市化の速度が速く、排水施設が十分に整備されていない。	Blumenau 市 DEFESA CIVIL
Indaial 市	50,917	洪水等の被害発生はない	
Rio do Sul 市	59,962	下水道の整備が遅れており、都市排水が機能していない。	CRAVIL
Brusque 市	102,280	情報なし	

出典：JICA 調査団による各自治体等への聞き取り調査

(5) 河口部および港湾

イタジャイ川の河口付近には右岸側に Itajai 港、左岸側に Navegantes 港がある（詳細は節 2.1.4 経済インフラ施設を参照）。Itajai 港からの聞き取り調査によると、港湾の機能を確保するためには 11 m の水深を確保する必要があるが、上流から流れてくる土砂（シルト～粘土）のため、毎年 300 万 m³ の浚渫（噴流により海域に押し出している）を行っているとのことである。なお、2008 年の洪水時には Itajai 港の河床が大きく洗掘され、港の岸壁（地表から基礎までの深さ 14 m）が破壊された。また、聞き取り調査によると 2008 年洪水時の Itajai 港における洪水流の流下流速は 17 ノット（8.7 m/s）に達したとのことである。

河口部には、土砂堆積による河口部の閉塞を防ぐために突堤が建設されている。また、突堤には河道の横断方向に水制工が設置されている。これは河道断面を小さくすることにより流速を大きくし、土砂の沈降と堆積を抑制するためと考えられる。

3.2.2 洪水調節ダム

図-3.2.1 に 3 洪水調節ダムの位置図を示す、また表-3.2.4 に各ダムの諸元を示す。3 ダムの流域面積は合計で 4,633 km² であり、イタジャイ川流域全体の 31% を占める。各ダムの貯水池の相当雨量（=総貯水容量/流域面積）を計算すると、Norte ダムが 154mm で最も多い。すなわち、Norte ダムの貯水池は流域面積に比して貯水容量が大きく、大きな降雨があっても満水になりやすく、ダムの越水リスクも小さい。

Oeste ダムと Sul ダムの相当雨量はいずれも 70～80 mm であり、Norte ダムに比べて約半分である。このため、両ダムの貯水池は満水になりやすく、特に Oeste ダムは 2001 年、2010 年の洪水のように数年ごとに貯水池がパンクし非常用洪水吐き（Spillway）から越流している状況である。Sul ダムに比べて、Oeste ダムの越流が多い原因としては、Oeste ダム流域の洪水時の降雨量が多いこと、Oeste ダムの常用洪水吐きの流下能力が小さいことが考えられる。

表-3.2.4 イタジャイ川上流洪水調節専用ダムの概要

		Oeste ダム	Sul ダム	Norte ダム
貯水池	流域面積	1,042 km ²	1,273 km ²	2,318 km ²
	湛水面積	950 ha	840 ha	1,400 ha
	総貯水容量	83,000,000 m ³	93,500,000 m ³	357,000,000 m ³
	相当雨量	80 mm	73 mm	154 mm
	最低水位	EL.340.0 m	EL.372.9 m	EL.257.0 m
	最高水位	EL.363.0 m	EL.408.0 m	EL.304.25 m
ダム	管理開始年	1973 年	1976 年	1992 年
	ダム形式	グラビティ	ロックフィル	ロックフィル
	ダム高	25.0 m	43.5 m	58.5 m
	堤頂長	422 m	390 m	400 m
	天端標高	364.5 m (高欄頂部)	410.0 m	306.5 m
洪水吐き (洪水調節用)	門数	7 門	5 門	2 門 (ゲート有) 5 門 (ゲート無)
	形式	ゲート調節	ゲート調節	一部ゲート調節
	管径	φ1500	φ1500	B2.6 x D2.6m x 2
	設置標高 (管中心)	340.05 m	368 m 付近	251 m 付近
	放流能力 (水位: 越流頂標高)	163 m ³ /s (at WL.360 m)	194 m ³ /s (at WL.399 m)	258 m ³ /s (at WL.295 m)
洪水吐き (非常用)	幅	100 m 程度	65 m	
	越流頂標高	360.0 m	399.0 m	295.0 m
	放流能力 (水位: 満水位)	非常用 175 m ³ /s 常用 1,125 m ³ /s 合計 1,300 m ³ /s (at WL.363 m)	非常用 217 m ³ /s 常用 3,053 m ³ /s 合計 3,270 m ³ /s (at WL.407 m)	

※緑網掛け: DEINFRA ウェブサイトによる (<http://www.deinfra.sc.gov.br/barragens/sobre-as-barragens/>)

※相当雨量=総貯水容量/流域面積

※放流能力は「3.5 洪水流出解析」で推定した H-Q 式 (Rating Curve) から算定

※網掛け以外は、外部入手図面、聞き取りによるため数値の正確性は不明

3.3 イタジャイ川の洪水氾濫特性

3.3.1 主要洪水記録

イタジャイ川流域における近年の洪水と市別の被害状況を表-3.3.1 に示す。また、表-3.3.2 には各洪水における被災者数および被害額を示す。洪水の被害頻度や被災規模を考慮した地域別の洪水対策の必要性について以下にまとめる。

- i) 近年の洪水のうち比較的被害が顕著であったのは、1983 年 7 月、1984 年 8 月、1992 年 5 月、2001 年 10 月、2008 年 11 月の 5 洪水である。
- ii) 市別に見ると、洪水被害が最も顕著であるのは Blumenau 市であり、Itajai 市、Gaspar 市、Rio do Sul 市も比較的被害が大きい。これらの 4 市は人口や産業の規模も大きく、治水対策の優先度が高い都市と言える。
- iii) また、その他の市のうち、Timbo 市、Taio 市は洪水被害に対する苦情が多く、上記の 4 市とともに対策を考慮すべき市と考えられる。なお、Timbo 市は Rio dos Cedros の上流にある発電ダム (Barragem Rio Bonito、Barragem Pinhal) の影響、Taio 市は Oeste ダムの越流の影響についても確認が必要である。
- iv) Navegantes 市、Ilhota 市も比較的被害があるが、これらの都市は Itajai 市、Blumenau 市、

Gaspar 市などの重要都市の対策により、結果的に安全度が増加する。

- v) 一方、Brusque 市、Ituporanga 市は 1983 年、1984 年、2008 年などの 50 年確率以上（表-3.3.3 参照）の大洪水時は被害が発生するが、他の都市に比べると現況河道の安全率が高く、対策の優先順位としては低い。
- vi) また Blumenau 市上流から Itajai do Norte 川合流部までの区間は流下能力が大きく（流下能力の詳細は 3.6 節参照）、この区間にある Indaial 市などの都市は、洪水被害規模は小さいため対策の優先順位は低い。

3.3.2 主要洪水の規模

(1) 主要洪水の確率規模

主要洪水の規模は、各洪水が発生する確率で評価した。発生確率は、流域平均 4 日雨量と発生確率の関係（詳細は 3.5 節参照）から評価した。評価結果を下表-3.3.3 に示す。大きな被害が発生した 1983 年、1984 年洪水はそれぞれ 76 年、66 年確率程度であり、続いて 1992 年洪水の 33 年確率が規模の大きい洪水である。その他の洪水は概ね 5～10 年程度の確率規模である。

2008 年洪水では流域下流で未曾有の豪雨が発生したが、流域全体の平均にすると降雨量は小さく 5 年確率程度となる。

表 3.3.1 主要洪水の記録

Year	Month	Itajaí Acu							Itajaí Mirim			L.A.	Benedito	Itajaí Do Norte		Itajaí Do Oeste				Trombudo	Braco do	Pouso	Itajaí Do Sul					
		Itajaí	Navegan- tas	Ihota	Gaspar	Blumenau	Pomerode	Indaial	Rodeio	Lontres	Rio Do Sul	Brusque	Guabiruma	Luiz Alves	Timbe	Benedito Novo	Rio Dos Cedros	Ibirama	Presidente Getulio	Taio	Lauren- tina	Rio Do Oeste	Rio Do Campo	Trombud o Central	Braco do Trombud o	Pouso Redonda	Itupoa- ranga	Alfredo Wagner
1980	10					□																						
1981	10											□																
1983	5					●																						
	7	●	○		○	●			○	●				○						◎		○		○			○	
	12					◎																						
1984	8	○			●	●					●									○			○			○		
1989	1				○																							
1990	1					△																						
	10					○																						
1991	11					◎						○																
1992	1					△							○															
	5	●	○	◎	○	●		△						○														
1993	2	△																										○
1995	1					△						△																
1996	2																											
1997	1				◎	△																						
	2								△																			
	10									△																		
1999	7									△																		
2000	2													△														
2001	10	△			△	△		△	△	○				△				○		△			△		△			
2002	11																			△					△		△	
2005	9									□																		
2008	11	○	□	○	○	◎	△	□	△		○		△	△	△	△												
2009	10									□																		
2010	4	□								□				□						□								

出典: 1980年～2004年
2005年・2009年
2008年

2010年

ATLAS DE DESASTRES NATURAIS DO ESTADO DE SANTA CATARINA
GTC提供資料(イタジャイ川流域防災対策事業その1報告書より)
AVANDANA enviados pelos municípios a Defesa Civil de Santa Catarina, nos dias 24 e 25 de novembro de 2008(イタジャイ川流域防災対策事業その1報告書より)
MAPEAMENTO DAS INUNDACOES - NOVEMBRO 2008
DESASTRE DE 2008 NO VALE DO ITAJAÍ
Hearing(地元市町村及び住民)

凡例

● 家を失った人の数10,000人以上
◎ 同 5,000～10,000人
○ 同 1,000～5,000人
△ 同 1,000人未満
□ 資料なし

対策の優先度が非常に高い都市
対策が必要な都市
対策の必要性が低い都市

表-3.3.2 主要洪水による被害発生状況

年	月	水位	地区	被災者	死亡	人口	被災者割合	被災額(R\$)
1980	10		Blumenau	S/R	1	157,258	-	
1981	10		Guabiruba		2	7,362		
1983	5	12.46	Blumenau	10,000	2	170,491	5.86	
	7	15.34	Blumenau	50,000	8		29.3	
	12		Blumenau	5,000	1		2.93	
	7		Gaspar	3,981	2	28,012	14.2	
	7		Itajai	40,000	5	94,449	42.3	
	7		Ituporanga	1,820		18,149	10	
	7		Lontra	4,000		7,390	54.1	
	7		Navegantes	3,070		15,747	19.49	
	7		Rio do Oeste	2,820		7,280	38.7	
	7		Rio do Sul	25,000	5	38,616	64.74	
	7		Taio	5,079	1	18,809	27	
	7		Timbo	1,610		19,368	8.31	
	7		Trombudo Central	2,980		7,404		
1984	8	15.46	Blumenau	70,000		175,145	39.96	
	8		Brusque	20,000		46,558	42.95	
	8		Gaspar	10,000		28,863	34.64	
	8		Itajai	1,000	2	97,273	1.02	
	8		Ituporanga	1,000		18,499	5.4	
	8		Taio	1,500		18,878	7.94	
			Trombudo Central	1,000		7,511		
1989	1		Gaspar	167		33,523	0.49	
1990	1		Blumenau	594			0.26	
	10		Blumenau	1,310	20	220,741	0.59	
1991	11	12.8	Blumenau	8,528	10	212,025	4.02	
	11		Guabiruba	1,038		9,905	10.47	
1992	1	10.62	Blumenau	21			0.01	
	5		Blumenau	35,000	2	216,422	16.17	
	5		Rio do Sul	800		46,827	1.7	
	5		Gaspar	2,830		36,516	7.75	
	5		Ilhota	5,580		9,548	58.44	
	5		Indaial	817		30,853	2.64	
	5		Itajai	11,938		122,401	9.75	
	5		Navegante	4,780		24,204	19.74	
	5		Timbo	1,544		24,434	6.31	
1993	2		Itajai	750		125,266	0.59	
	7		Alfredo Wagner	3,244		9,856		
1995	1		Blumenau	600		225,556	0.26	
	1		Brusque	520		62,328	0.83	
1996	2		Rio do Campo	196		6,576		
1997	1	9.44	Blumenau	353		231,401	0.15	
	2		Lontra	300		7,936	3.78	
	10		Rio do Sul	336		47,822	0.7	
	1		Gaspar	6,000		40,584	14.78	
1999	7		Rio do Sul	201		47,822	0.42	
2000	2		Timbo	150		26,497	0.56	1,473,000
2001	10		Rio do Sul	2,885	1	47,822	6.03	2,071,076
	10		Presidente Getulio	2,100		11,523	18.22	4,648,600
	10		Gaspar	469		40,584	1.15	549,000
	10	11.02	Blumenau	400		231,401	0.12	2,999,300
	10		Itajai	383		134,942	0.28	2,385,381
	10		Timbo	350		26,497	1.32	57,000
	10		Rodeio	175		9,623	1.81	1,252,200
	10		Indaial	144		35,400	0.4	524,083
	10		Lontra	144		7,936	1.81	786,300
	10		Laurentino	120		4,532		732,490
	10		Trombudo Central	120		5,895		244,500
2002	11		Taio	257		15,997	1.6	1,730,302
	11		Pouso Redondo	450		11,778	3.82	1,233,946
	12		Braco do Trombud	120		3,531	3.39	1,325,000

出典：ATLAS DE DESASTRES NATURAIS DO ESADO DE SANTA CATARINA

表-3.3.3 主要洪水の確率規模の評価

洪水発生日	4日雨量 (全流域平均)	確率規模 (年)	被害状況
1961年10月31日	139 mm	6	—
1963年09月26日	149 mm	8	—
1972年08月25日	166 mm	13	—
1980年12月19日	147 mm	7	—
1983年07月06日	223 mm	76	Itajai 市～Blumenau 市間で大きな被害 Lontras 市から Rio do Sul 市で大きな被害 Timbo,Taio,Rio do Oeste,Ituporanga 各市で中～大被害
1984年8月05日	218 mm	66	Itajai, Gaspar, Blumenau の各市で大きな被害、Brusque で大きな被害、Taio, Ituporanga の各市で中程度の被害
1992年05月28日	196 mm	33	Itajai 市～Blumenau 市間で大きな被害、Rio do Sul 市で 比較的小さな被害、Timbo 市で中程度の被害
1997年01月31日	134 mm	5	Gaspar 市で比較的大きな被害 Blumenau 市で小さな被害
1999年07月02日	150 mm	8	Rio do Sul 市で小さな被害
2001年09月29日	147 mm	7	Itajai, Gaspar, Blumenau, Indaial, Lontras 各市で小さな被害、 Rio do Sul で中規模の被害 Timbo,Taio の各市で小規模な被害
2005年05月18日	144 mm	7	特に被害なし
2008年11月21日	135 mm	5	下流域で未曾有の豪雨があり大きな被害があった。ただし、 地域的な豪雨のため流域平均では確率規模が小さく計算される。
2010年04月23日	130 mm	4	公的な資料なし、聞き取りでは Rio do Sul,Timbo,Taio の各市で小規模な被害あり

出典：JICA 調査団

(2) 2008 年洪水の確率規模

2008 年の洪水は局所的な豪雨であったため、地域別の確率雨量との比較で規模の評価を行った。表-3.3.4 に示すように、流域別に見ると上流の Itajai do Oeste、Sul、Norte の各流域の4日雨量は5年確率雨量よりはるかに小さいが、Benedito 川流域では30年確率、Itajai Acu（本川）流域では60年確率、イタジャイミリム流域では10年確率程度である。

表-3.3.4 2008 年洪水の流域別4日雨量（11/21-24）の確率規模の評価

単位：mm

		Itajai Do Oeste	Itajai Do Sul	Itajai Do Norte	Benedito	Itajai Acu	Itajai do Mirim
4 days Rainfall at Nov-2008 flood		49	36	31	214	236	160
Probable Rainfall	5 year	153	141	140	155	144	140
	10 year	175	161	160	179	169	161
	20 year	196	181	179	202	194	180
	25 year	202	186	184	208	205	185
	50 year	224	207	204	232	230	205
	80 year	238	220	217	248	249	218
	100 year	244	226	223	255	258	224
	150 year	256	237	233	268	276	235
	200 year	265	245	241	277	288	243
Return Period (year)		-	-	-	30	60	10

出典：JICA 調査団

なお、13 章ではマスタープランの経済的な妥当性を分析するが、その際に過去の洪水の確

率規模と実績被害額を利用する。2008 年 11 月洪水の確率規模の設定は難しいが、全流域平均 4 日雨量から算定される 5 年確率規模は、被害額との対比から過小評価しすぎであり、表-3.3.4 の 10 年～60 年確率を参考に 50 年確率として検討する。

次にフラッシュフラッドの観点から、さらに局所的かつ短時間の現象に着目する。Itajai Acu（本川）流域では特に Indaial 市の下流に豪雨が集中し、最も降雨量が多かったのは Blumenau 市であり、11 月 21～24 日の 4 日雨量は 576 mm であった。特に 11 月 23～24 日に降雨が集中し、2 日雨量で 494 mm、1 日雨量が最も多い 11 月 25 日で 251 mm の降雨であった。

これらの Blumenau 市の雨量の確率規模を評価すると、表-3.3.5 に示すように、1 日雨量で 470 年確率、2 日雨量で 3900 年確率、4 日雨量で 8,400 年確率規模であり、評価の尺度により大きく異なる。

表-3.3.5 2008 年洪水の Blumenau 市の 4 日雨量の確率規模

単位：mm

		Blumenau 1 day Rainfall	Blumenau 2 day Rainfall	Blumenau 4 day Rainfall
Rainfall at Nov-2008 flood		251	494	576
Probable Rainfall	5 year	113	150	174
	10 year	135	182	208
	20 year	158	216	243
	25 year	172	237	265
	50 year	190	263	293
	80 year	207	289	320
	100 year	216	302	333
	150 year	231	325	357
	200 year	243	342	375
Return Period (year)		270	3,900	8,400

出典：JICA 調査団

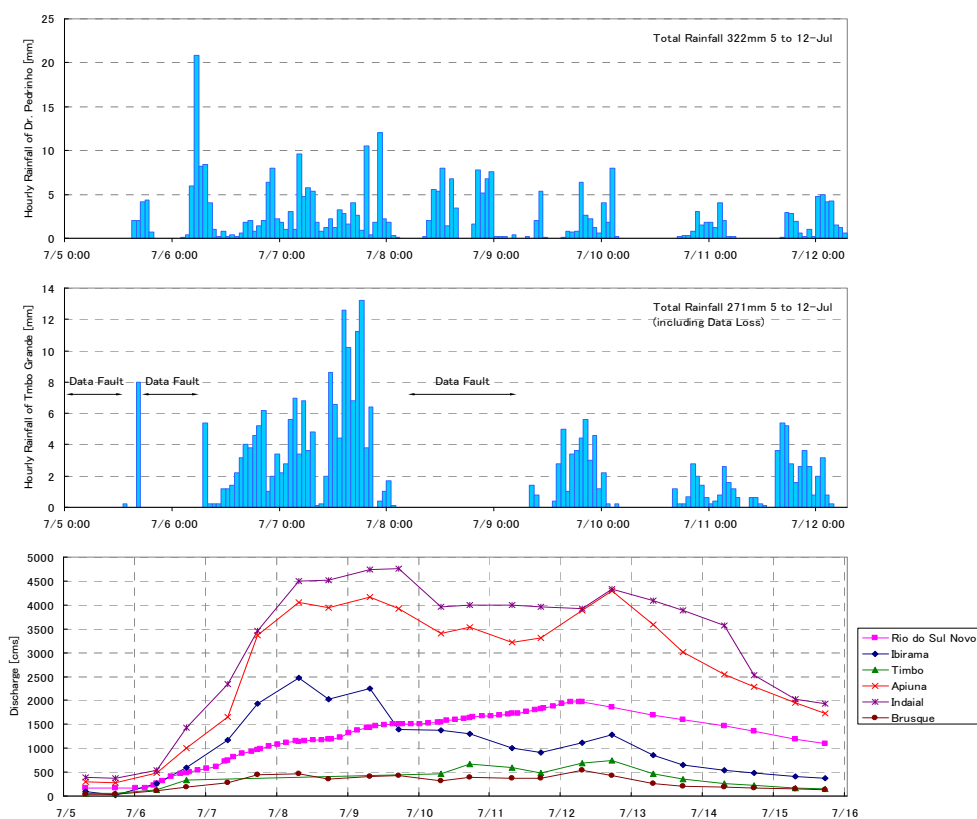
3.3.3 主要洪水の特性

本節では前述した主要な洪水のうち、降雨あるいは流量データが十分に残っている 1983 年、1984 年、2008 年、2010 年の各洪水の特徴を評価した。

(1) 1983 年洪水

1983 年洪水では 7 月 5 日から 12 日までの 8 日間にわたって降雨があり、6 日から 9 日までの 4 日間が最大であった。流域全体の 4 日平均雨量は単純平均で約 210 mm、いずれの支川流域もほぼ 200mm 前後であり、流域全体に降雨があった。図-3.3.1 に両地点の時間雨量と時間流量を示す。洪水特性は以下のようにまとめられる。

- ・ 降雨は洪水の前半（6 日～7 日）に多く、最大時間雨量は Doutor Pedrinho の 21mm/h であったが、それ以外の時間は 15 mm/h 以下である。
- ・ 流量のピークは 7 月 8 日～9 日にかけて訪れており、降雨のピークから 1 日以上遅れている。Rio do Sul のみはピークが遅く、時間データが無いため不明であるが、ダム の調節によるものと思われる。
- ・ 流量は Indaial で最大 4,760 m³/s である。また、Rio do Sul、Ibirama は 2,000～2,500 m³/s 程度、Timbo、Brusque は 500～1,000 m³/s のオーダーである。

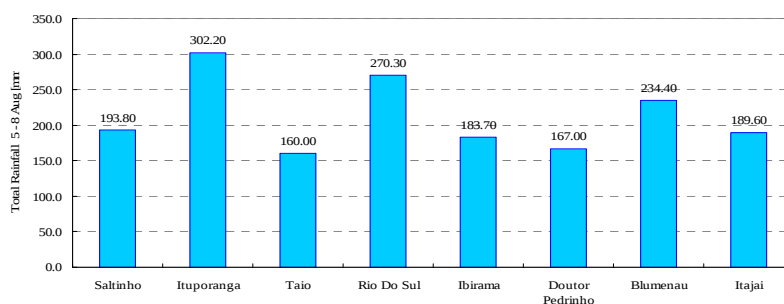


出典：Final Report on The Itajaí River Basin Flood Control Project Part II Data Book, JICA, 1988

図-3.3.1 1983年7月洪水の降雨および流量ハイドログラフ

(2) 1984年洪水

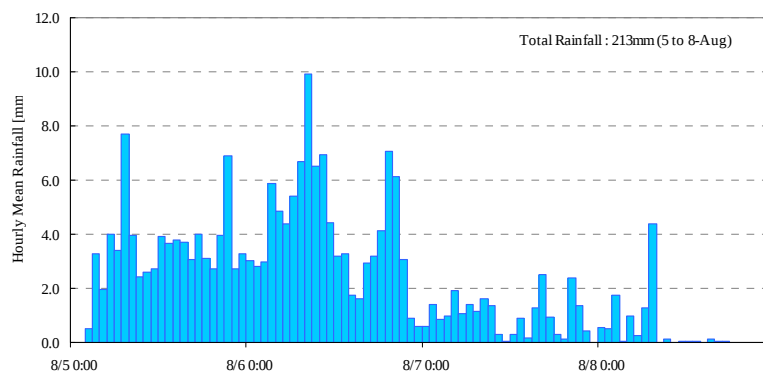
1984年8月の洪水は8か所の観測所で時間雨量データの記録が残っている。図-3.3.2は各観測所の時間データの合計雨量を示したものである。1984年洪水は、8月5日～8日の4日間で降雨があり、4日の合計雨量は160mmから300mm程度の幅を持って分布している。



出典：Final Report on The Itajaí River Basin Flood Control Project Part II Data Book, JICA, 1988をJICA調査団で編集（欠測データは補填）

図-3.3.2 1984年洪水の総雨量の分布

また、図-3.3.3に流域平均降雨の時間分布（各観測所の単純平均で4日間の合計は213mm）を示す。降雨が集中しているのは洪水前半の8月5日～6日であり、ピークは6日昼の10mm/h（観測所別の最大は18mm）である。8月7日以降は時間1～2mm程度の弱い雨である。

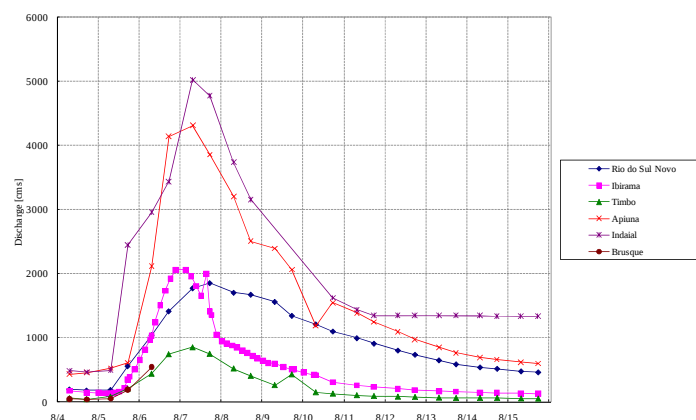


出典：Final Report on The Itajai River Basin Flood Control Project Part II Data Book, JICA, 1988 を JICA 調査団編集

図-3.3.3 1984 年洪水の時間雨量分布（観測所単純平均）

また、図-3.3.4 に河川の流量ハイドログラフ（水位データを換算）を示す。

- i) 1984 年洪水の洪水流量のピーク（日 2 回データの中でのピーク値）は Indaial で 5,000 m^3/s 、Apiuna で 4,300 m^3/s である。降雨のピークとは 20 時間程度の時間差がある。
- ii) 1983 年洪水と同様に、Rio do Sul は他の観測所に比べてピークの発生が遅く、ダムの影響が表れている。
- iii) 観測所ごとのピーク流量は、Apiuna で 4,000 m^3/s 程度、Rio do Sul と Ibirama で 2,000 m^3/s 程度、Timbo で 1,000 m^3/s 程度である。



出典：Final Report on The Itajai River Basin Flood Control Project Part II Data Book, JICA, 1988

図-3.3.4 1984 年洪水における各観測所の流量ハイドログラフ

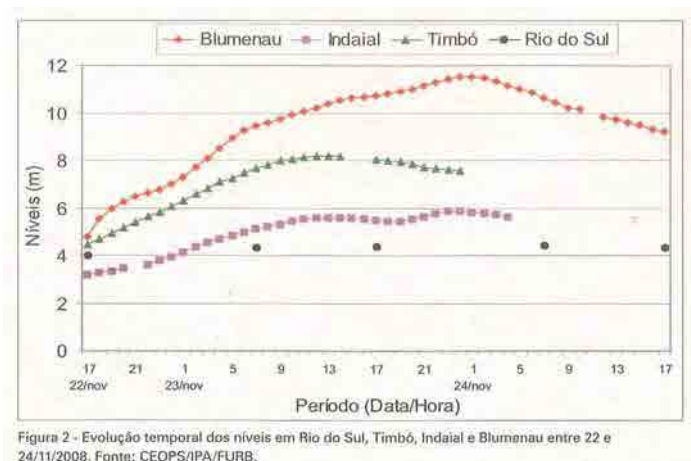
(3) 2008 年洪水

2008 年 11 月洪水は 11 月 18 日頃から 11 月 27 日頃まで続いた。最も降雨が多かったのは 11 月 21 日から 24 日の 4 日間であり、各観測所の 4 日間の平均総雨量は 121 mm である。ただし、この洪水は流域の下流に集中しており、Itajai Acu 流域で 236 mm、Benedito 流域で 214 mm、イタジャイミリム流域で 160 mm である。図-3.3.5 に時間雨量分布を示す。

一方、2008 年洪水の水位・流量データは残っていないが、イタジャイ川流域委員会編集の Desastre de 2008 No Vale do Itajai には、図-3.3.6 に示す水位記録が掲載されている。Blumenau における最高水位は 11.5 m（水位計のスケール読み値と思われる）で 24 日の深夜 0 時頃に記録されている。調査団が ANA の日データの水位と流量記録を基に作成した水位・流量関

係式（H-Q Curve）で流量に換算すると次のようになる。

Blumenau	H=11.5m	Q=4,200m ³ /s
Timbo	H= 8.0m	Q= 710m ³ /s
Indaial	H= 6.0m	Q=3,100m ³ /s



出典：Desastre De 2008 No Vale Do Itajai

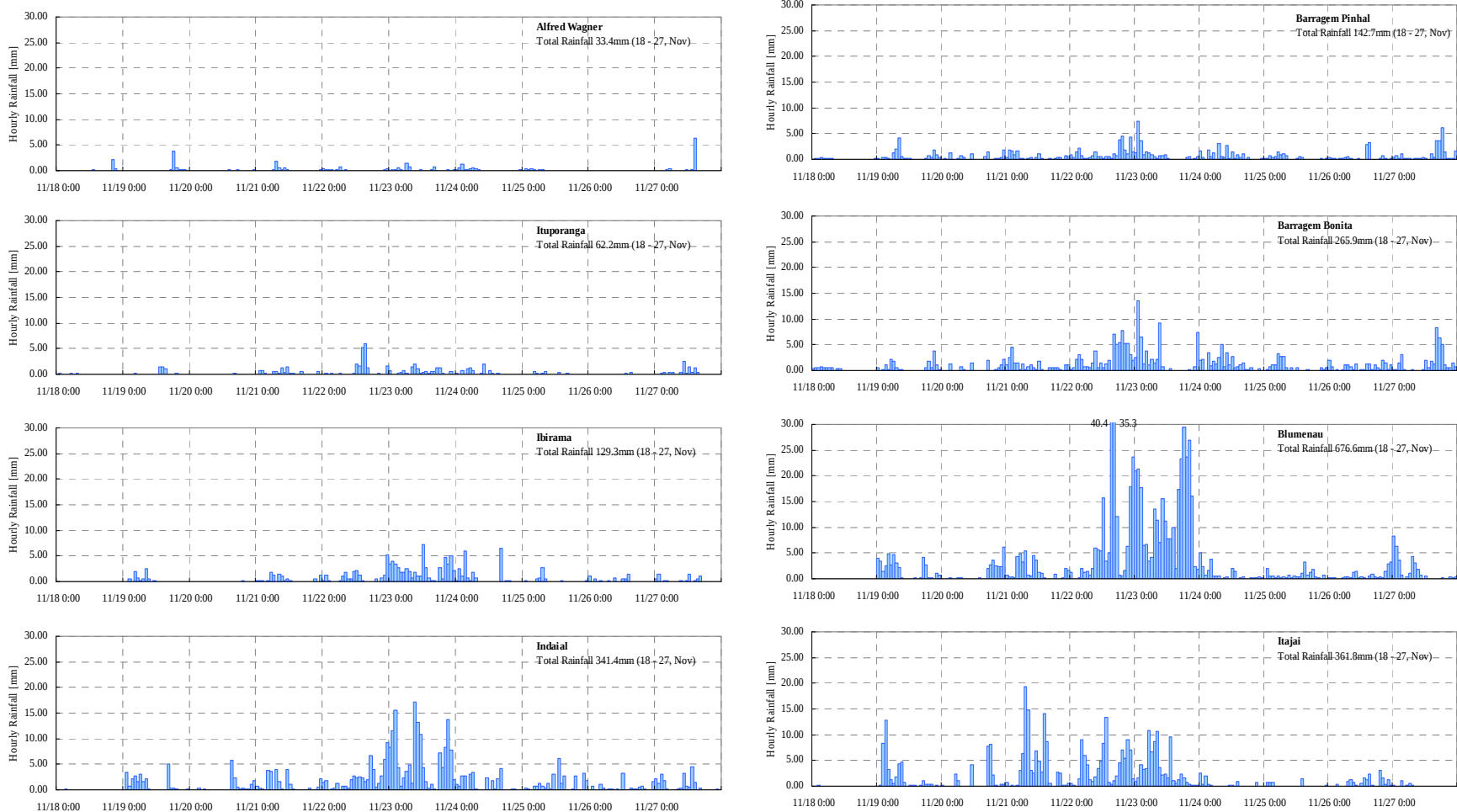
図-3.3.6 2008 年洪水の水位記録

図-3.3.7 に 2008 年洪水の流出モデルによるシミュレーション結果を示す。2008 年洪水は局所豪雨が卓越しているが、時間雨量データが少なく再現が難しいが、Blumenau で 4,000 m³/s、Brusque で 1,200 m³/s、Timbo で 1,000 m³/s 程度の流量となっている。Itajai では 6,500 m³/s 程度の流量となっているが、実際には Gaspar 下流域で大氾濫が発生しているため、流量はかなり低減されたと考えられる。

(4) 2010 年洪水

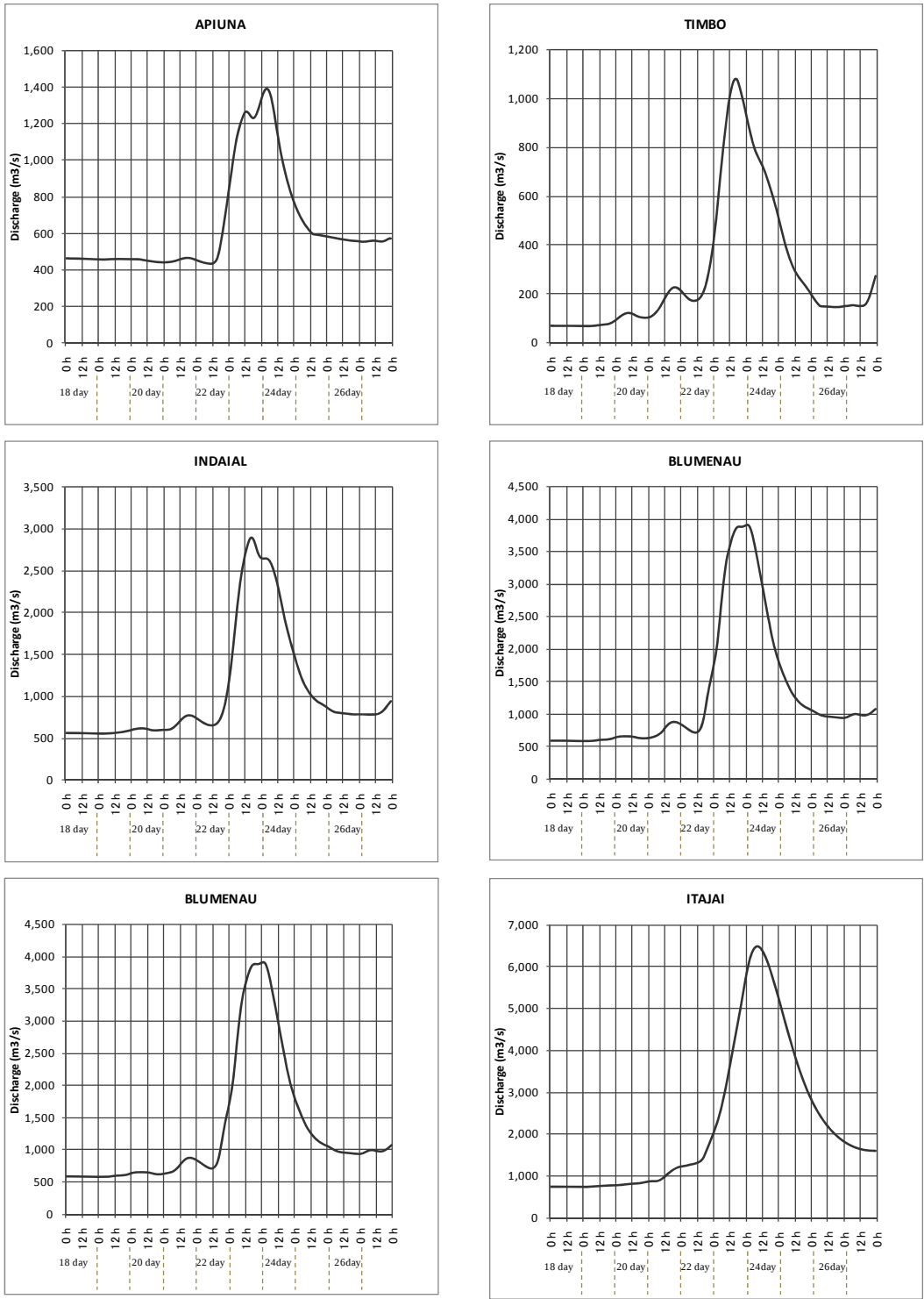
2010 年洪水は、4 月 21 日頃からまとまった降雨があり 26 日まで降り続いた。この洪水では 18 箇所の観測所の時間雨量データを入手した。ただし、1 箇所に複数機関で観測しており、観測結果によっては信頼性に欠けたり、欠測が多かったりすることから、調査団でデータを解析・整理した。2010 年洪水の時間雨量分布を図-3.3.8 に示す。

- ・ 2010 年 4 月洪水は、21 日～23 日、24 日～26 日の二山洪水であり、流域平均では前半と後半の雨量はほぼ同程度である。
- ・ 流域平均での時間雨量の最大値は 9 mm/h 程度である。なお、観測所別では Brusque で 30 mm/h、Barragem Boiteux で 28 mm/h など 10～30 mm/h の範囲である。
- ・ 総雨量は Itajai do Norte 流域の Boiteux（総雨量 400 mm）、Itajai do Oeste 流域の Rio do Campo、Barragem Oeste、および Benedito 流域の Barragem Rio Bonito で特に多かった。北部から北西部地域で降雨が多かったと思われる。
- ・ 一方、Alfredo Wagner、Ituporanga などの Itajai do Sul 流域は比較的少雨であった。



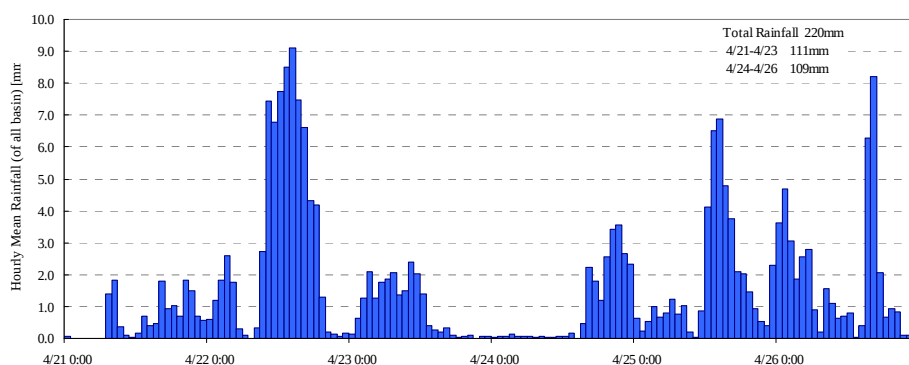
出典：UFSC, INMET, CELESC, ANA, CAPSUL/IBAMA

図-3.3.5 2008 年洪水の観測所別時間雨量の分布



出典：JICA 調査団

図-3.3.7 2008 年洪水の流出計算結果

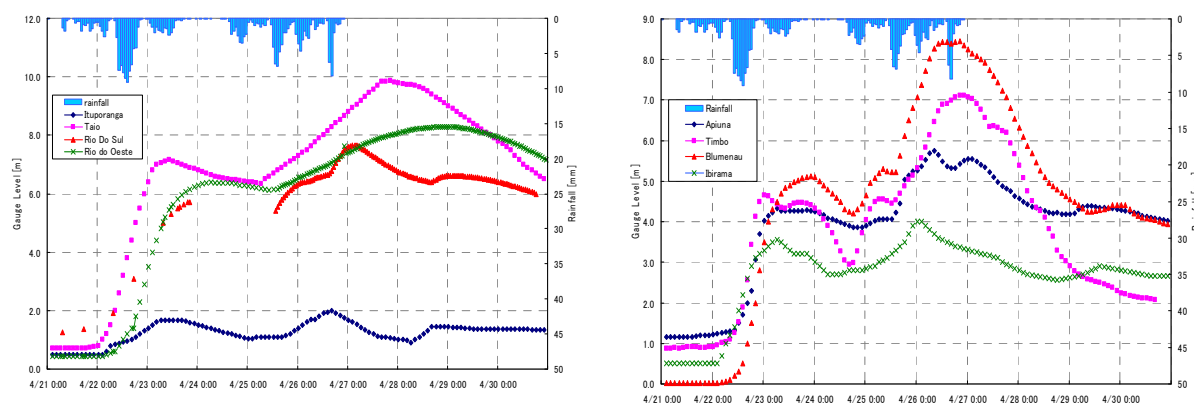


出典：JICA 調査団

図-3.3.8 2010 年洪水の時間雨量分布（流域単純平均）

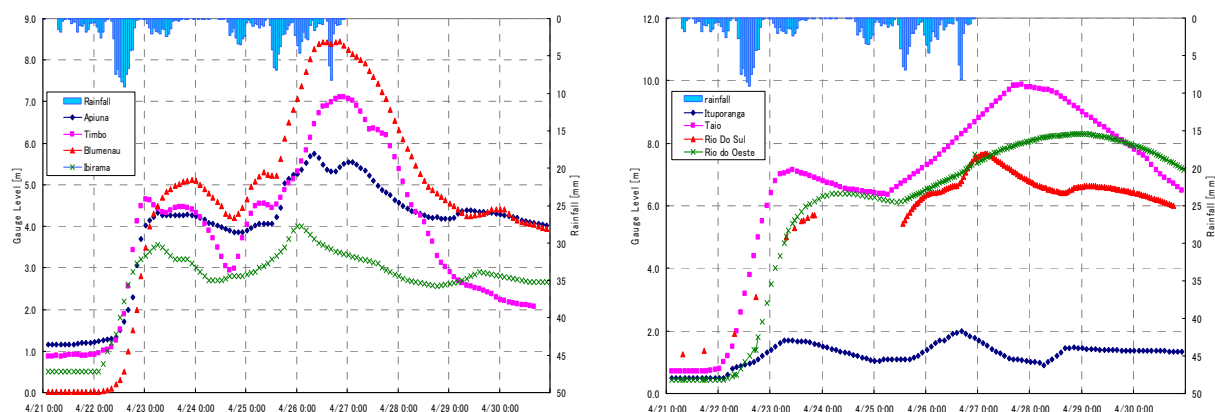
一方、洪水時の水位データについては7箇所の水位データを入手した。図-3.3.9 に水位データのハイドログラフを、図-3.3.10 に流量ハイドログラフを示す。

- ・ Rio do Sul のピーク流量は $850\text{m}^3/\text{s}$ 程度である。Rio do Sul 市及び現地でのヒアリングによるとこの洪水で市内の一部が冠水している。
- ・ Taio では、Oeste ダムの影響によりピークの発生が遅れている。この洪水では Oeste ダムが満水となり越流が発生している。また、Taio 市内でも市役所周辺で冠水が発生した。
- ・ Ituporanga では、Sul ダムの放流量に応じた流量変動が生じている。Sul ダムは満水とならずに洪水調節機能を果たし、Ituporanga でも冠水は発生していない。
- ・ Ibirama では、 $800\text{m}^3/\text{s}$ 程度のピーク流量である。Norte ダムは洪水調節機能を果たしており、Ibirama での冠水は無い。
- ・ Timbo では、 $600\text{m}^3/\text{s}$ 程度のピーク流量が発生している。市からの情報によるとこの洪水で Timbo 市内の一部が冠水した。
- ・ Blumenau のピーク流量は $2600\text{m}^3/\text{s}$ 程度である。



出典：FURB 観測水位データ

図-3.3.9 2010 年洪水の水位ハイドログラフ



出典：FURB 観測水位データを JICA 調査団で流量に変換

図-3.3.10 2010 年洪水の流量ハイドログラフ

3.4 2008 年 11 月の洪水・土砂災害による被害額の推定

3.4.1 被害項目

1983 年と 1984 年の大洪水以後は、1992 年、2001 年、2008 年に流域全域に被害をもたらした大洪水が発生している。2008 年 11 月の災害豪雨はそれまでの豪雨とは異なり、下流域に集中しており洪水・土砂災害の被害は甚大であった。下記に示すように、種々の経済的損失を生み出したと考えられる。

- i) 固定資産での損失
- ii) 生産物・商品での損失
- iii) 機会損失
- iv) 人的被害
- v) 家屋・民間施設への被害
- vi) 公的施設への被害
- vii) 緊急活動費用

2008 年 11 月の洪水・土砂災害の被災額を、次に示すように大きく 3 つに分けて推定した。総被害額は R\$ 44.2 億（約 2,210 億円）と算定された。

- i) 緊急活動費用：R\$ 27.2 億（約 1,360 億円）
- ii) 社会活動部門での損失：上記の復旧事業費に含まれると想定
- iii) 経済活動部門での損失：R\$ 17 億（約 850 億円）

以下に、推定方法の詳細を述べる。

3.4.2 緊急活動費用

緊急活動費用は、以下に示すように、SC 州政府関連機関の緊急対策費用と復旧事業費用に分けて算定した。

表-3.4.1 SC 州政府関連機関の緊急対策費用

機関	予算 (R\$ 百万)	復旧事業内容
DEINFRA	254.8	道路復旧
市役所	25.8	市道復旧
	19.0	河川塵除去
	29.0	橋梁復旧
	64.0	公的施設の復旧
COHAB/SC	8.6	家屋崩壊者用家屋の建設
SST（住宅・社会労働局）	6.5	救済事業
州厚生局(SES)	70.0	衛生対策および疾病対策
Civil Defense	34.8	緊急避難対策
地方開発局 (SDR)	48.2	災害対策工事
Civil Defense Fund	1.5	緊急対応策
州公共安全局(SSP)	3.0	緊急避難
州管理局(SEA)	11.3	学校復旧
上下水公社 CASAN	2.0	上水復旧工事
電力公社 CELESC	29.0	電力網復旧
州資金	49.0	被災者緊急対策費
合計	656.5	

出典；Reconstrução Áreas afetadas Catástrofe Novembro/2008, SC 州

表-3.4.2 SC 州政府関連機関の復旧事業費用

機関	予算 (R\$ 百万)	復旧事業内容
イタジャイ港	350.0	イタジャイ港復旧
DEINFRA	1.0	ダム上下流での情報モニタリングシステムの整備
EPAGRI/CIRAM	10.0	土壌図、リスクマップ作成、気象分析、洪水リスク地区、気象警報システムの改善、GIS の改善等
Civil Defense	1.0	訓練
GTC	10.0	イタジャイ流域災害リスク軽減計画の策定
DEINFRA	112.0	迂回道
	1.0	アスファルト道路改修
		砂利道改修
電力公社 CELESC	1.5	サブステーション保護工
	3.8	配電網
SDS	20.3	地図情報、FURB 気象水文モニタリングシステムの構築、EPAGRI 気象モニタリングシステムの構築
農業局(SAR)	526.0	債務支払延期、特別融資ラインの設置等
財務局(SEF)	1,029.2	R\$ 845 百万の経営被害、R\$ 71.2 百万の商品損失、R\$ 113 百万のインフラ被害等の対策 - 流通税の免除（2009 年 2 月まで） - 流通税の支払い延期 - 商品損失部分での流通税控除等
合計	2,065.8	

出典；Reconstrução Áreas afetadas Catástrofe Novembro/2008, SC 州

3.4.3 社会活動部門での損失

下表に、洪水・土砂災害の被災記録を示す。Ilhota 市および Blumenau 市で甚大な被害を及ぼしている。下流域の Blumenau、Brusque、Gaspar、Ilhota、Itajai および Luis Alves 市では、ほぼ全住民が被災者となっている。尚、社会活動部門での損失は、人的被害、家屋、民間施設や公的施設の被害から構成されるが、前節 3.4.2 で示した復旧事業費に含まれると想定した。

表-3.4.3 2008 年 11 月洪水・土砂災害の被災記録

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
Rodeios	10,773	5%		27	42		4	35	144
Timbo	33,326	2%						264	
合計	713,004		103,602	66,556	14,573	4,637	89	57,769	1,880

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

3.4.4 経済活動部門での損失

前節に示した直接被害に加え、インフラ崩壊による経済回復の遅れが考えられる。特に、打撃を大きく受けたイタジャイ港および農業部門での経済回復の遅れが顕著である。また、商業およびサービス部門では、港湾復旧の遅れが間接的被害となって現れている。経済活動部門での損失は、以下に示すように農業部門の被害及びサービス・運輸部門の被害に分けて推定した。

(1) 農業部門の被害：R\$ 19.5 百万（約 9.8 億円）

農業部門は、2009 年 11 月洪水により大きな被害を蒙っており、特に Ilhota および Itajai 市での作付面積の減となっている。特に Itajai 市の水稻作付面積は大幅な減少となっている。下表に、下流域 5 市の主要作物である水稻、とうもろこし及びキャッサバの作付面積の増減を示す。

表-3.4.4 下流域 5 市における主要農作物作付け面積の増減

単位：ha

市	水稻			とうもろこし			キャッサバ			その他作物		
	2008	2009	増減	2008	2009	増減	2008	2009	増減	2008	2009	増減
Blumenau	40	40	0	500	200	-300	340	510	170	392	462	70
Brusque	180	180	0	260	260	0	50	50	0	41	38	-3
Gaspar	3,400	3,400	0	185	185	0	160	220	60	423	578	155
Ilhota	3,200	1,280	-1,920	5	2	-3	20	12	-8	541	433	-108
Itajai	2,300	1,800	-500	50	50	0	50	70	20	145	46	-99
合計	9,120	6,700	-2,420	1,000	697	-303	620	862	242	1,542	1,557	15

出典：EPAGRI/CEPA データより JICA 調査団作成

次表に下流域 5 市の米生産量の推移を示す。

表-3.4.5 下流域 5 市における米生産量の推移

単位：トン/年

市	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2,008 年	2009 年	2009/2008 前年度生産比
Blumenau	740	860	240	240	280	280	100.0%
Brusque	1,025	745	453	1,260	1,260	1,260	100.0%
Gaspar	12,050	13,860	25,600	31,200	27,880	17,000	61.0%
Ilhota	7,200	7,650	14,000	19,500	20,800	9,152	44.0%
Itajaí	6,125	7,150	14,000	15,410	16,100	10,080	62.6%
合計	27,140	30,265	54,293	67,610	66,320	37,772	57.0%

出典：EPAGRI/CEPA データより JICA 調査団作成

水稻の生産減は、下流域の Ilhota および Itajai で大きく減少している。下表に、主要農産物である米、とうもろこしおよびキャッサバの生産額の増減を示す。尚、2009 年度の各作物単価は、2008 年度の単価を活用した。

表-3.4.6 下流域 5 市における主要農作物生産額の推移

単位：R\$ 1,000

市	米			とうもろこし			キャッサバ			合計
	2008	2,009	増減	2008	2009	増減	2008	2009	増減	
Blumenau	140	140	0	1,732	481	(1,251)	318	223	(95)	(1,346)
Brusque	630	630	0	6,527	5,397	(1,130)	162	81	(81)	(1,211)
Gaspar	13,940	8,500	(5,440)	21	21	0	176	264	88	(5,352)
Ilhota	13,312	5,857	(7,455)	477	95	(382)	60	22	(38)	(7,875)
Itajaí	9,660	6,048	(3,612)	-	0	0	428	300	(128)	(3,740)
合計	37,682	21,175	(16,507)	8,757	5,995	(2,762)	1,144	889	(255)	(19,524)

出典：EPAGRI/CEPA データより JICA 調査団作成

上表に示すように、主要農産物 3 品目（米、とうもろこし、キャッサバ）で約 R\$ 19.5 百万の被害となっていると推定される。尚、下表に示すように、3 品目での減少額は、2007 年度農業 GDP の 26.5%に相当している。特に Gaspar、Ilhota および Itajai 市での被害が大きくなっている。

表-3.4.7 下流域 5 市における農業生産額の減少額

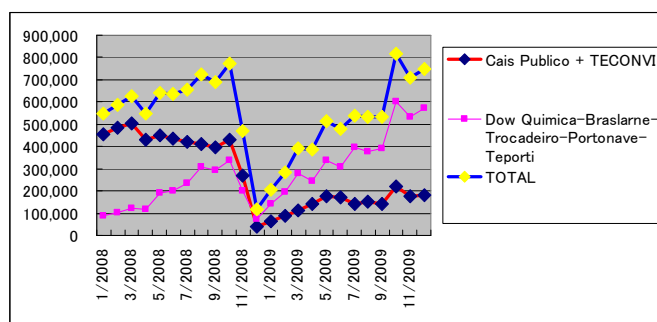
単位：R\$ 1,000

市	2007 年農業 GDP	2009 年度主要 3 品目減少額	2007 年 GDP に占める割合
Blumenau	12,950	(1,346)	-10.4%
Brusque	20,948	(1,211)	-5.8%
Gaspar	11,566	(5,352)	-46.3%
Ilhota	16,333	(7,875)	-48.2%
Itajaí	11,788	(3,740)	-31.7%
合計	73,583	(19,524)	-26.5%

出典：EPAGRI/CEPA データより JICA 調査団作成

(2) サービス・運輸部門の被害：R\$ 16.8 億（約 840 億円）

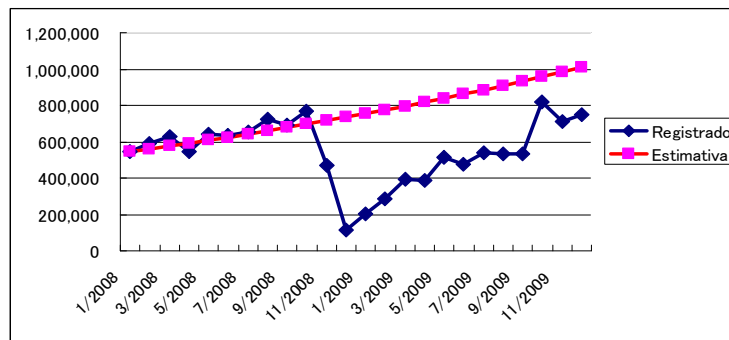
2008 年 11 月洪水により港湾インフラへの大打撃を受けたイタジャイ港では取扱量は急激に減少し、回復までに約 1 年近くの歳月がかかっている。この取扱量の減少は種々の負のインパクトとなって現れ、Itajai 市における税の大幅減収となった。下図は、月別取扱量の推移を示す。



出典：イタジャイ港データより JICA 調査団作成

図-3.4.1 2008 年災害によるイタジャイ港における月別取扱量の減少

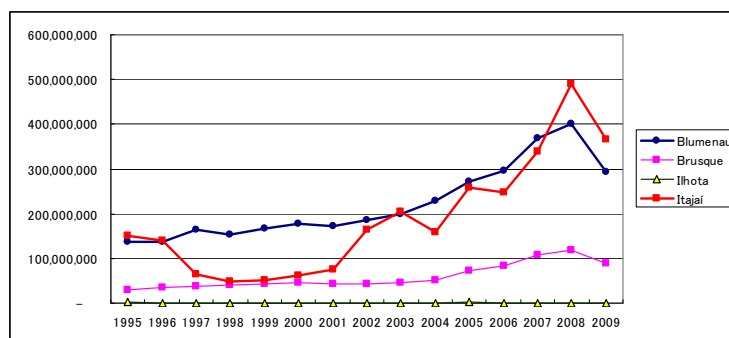
Itajai 港全体でも回復の遅れは損害となって現れている。下図に示すように、Itajai 港の被災なしの取扱量を推定し、2009 年度の荷物取扱量の減少量を推定した。その結果、通常より約 5 百万トン程度の減少と推定された。



出典：イタジャイ港データより JICA 調査団作成

図-3.4.2 イタジャイ港における取扱量の減少量の推定

また、2008 年 11 月洪水は、物流面でも大きな打撃となり経済損失を与えた。下図は、1995 年以降の下流域 4 市別の流通税の推移である。流通税から概観する限り、Itajai 市、Blumenau 市は、好調な経済発展を遂げており、特に Itajai 市は、2001 年以降、急速な経済発展を遂げている。しかしながら、2008 年 11 月の洪水により流通税の大幅な減少となっており。この減少額は、洪水による被害によるものであり、最終的に流通税収入の減額となって現れている。



出典：SPG データより JICA 調査団作成

図-3.4.3 下流域 4 市の流通税の推移

次表に、下流域 4 市の流通税の推移および洪水による流通税の推定減額を示す。2008 年の災害により、2009 年の流通税税収額は 2006 年レベルに後退している。

表-3.4.8 2008 年災害による下流域 4 市の流通税額の減少額の推定

単位：R\$

市	2005	2006	2007	2008	2009
Blumenau (実績)	270,671,969	296,893,667	369,694,832	401,487,077	292,980,537
Blumenau (災害なし)					451,285,573
Brusque (実績)	71,689,589	83,850,329	106,517,392	119,558,942	90,124,608
Brusque (災害なし)					140,727,915
Ilhota (実績)	1,373,779	819,320	875,341	1,105,738	476,033
Ilhota (災害なし)					1,132,478
Itajai (実績)	258,680,077	247,152,296	339,089,648	490,576,988	366,299,023
Itajai (災害なし)					575,301,583
4 市合計 (実績)	602,415,413	628,715,612	816,177,216	1,012,728,747	749,880,202
(災害なし)	-	-	-	-	1,168,447,549
差額 (推定被害額)					(418,567,347)

出典：SPG データより調査団作成

上表に示すように、下流域 4 市の流通税の減少額は、R\$ 約 4.19 億と推定される。

3.4.5 洪水・土砂災害のポテンシャルの増大

上記に、2008年11月洪水・土砂災害の被害額を推定したが、今後、経済発展が進むにつれ、この被害ポテンシャルは更に拡大して行くものと予想される。なお流通税額の GRDP に占める割合は次表の通りである。

表-3.4.9 2007年度各市別の総生産額

単位：千 R\$

市	GRDP	農業	工業	サービス	税	流通税分		
						流通税額	ICMS/税	ICMS/GDP
Blumenau	6,682,445	12,950	2,287,656	3,578,843	802,996	369,742	46.0%	5.5%
Brusque	2,068,595	4,492	925,455	919,237	219,410	106,544	48.6%	5.2%
Gaspar	1,001,200	15,534	398,945	428,623	158,098	37,045	23.4%	3.7%
Ilhota	98,666	12,345	29,122	51,980	5,219	877	16.8%	0.9%
Itajaí	7,982,841	36,803	926,505	4,499,885	2,519,649	339,359	13.5%	4.3%

出典：SPG データより JICA 調査団作成

過去の洪水被害および各地域の経済成長のトレンドを基に災害被害のポテンシャルを推測すると、以下の様になる。

表-3.4.10 経済成長トレンドによる災害被害ポテンシャルの推測

トレンド	災害被害ポテンシャルの概要
人口増加	- 人口は、経済活動の活性化により影響を受け、下流部に人口が集中してくる可能性がある。特に Itajai 市、Gaspar 市および Navegantes 市に集中してくる可能性がある。 - 今後の人口集中は、洪水被害を受けやすい地区にて発生する可能性がある。 - このため、洪水被害は、人口集中に伴い甚大な被害に発展して行く危険を有している。
経済発展	- 経済の伸びは河口域を中心に伸びており、河口域の経済的重要性は、年々高まってくる。 - 現在、港湾サービスを中心とした経済発展となっているが、物流面での拠点構築のトレンドも見られ、特に繊維製品、機械・部品等の輸入が増加していることにより、急速な経済発展の可能性を有している。（表-2.1.15 参照） - 地域 GDP のシェアにおいても、河口域（SDR Itajai）は、1997 年の 21%程度から 2007 年には 34%に増加している。この傾向は、今後も続くものと予想される。 - SC 州の経済は冷凍肉の輸出に依存する経済であり、Itajai 港はその主要輸出港となっている。Itajai 港の稼働は、当州の経済にも大きく影響している。 - 税収に関しては、全地域とも大きく伸びており、特に SDR Itajai 地区の税収は、大幅に伸びている。 - 当地域の税収・GDP とも大きく伸びており、経済的付加価値が高まるにつれ、災害軽減の必要性が高まってくる。
開発計画	- 当地区においては、河口域を中心とした経済開発が進みつつある。 - 短期的には、Itajai 港湾の再整備（港湾の大型化および近代化）、中期的には、輸送網の整備（鉄道敷設および連邦道路の拡幅）等の計画が立てられている。

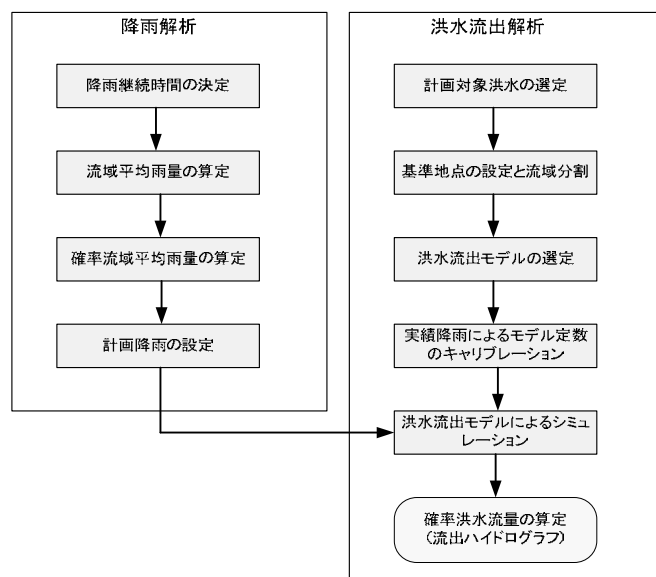
出典：JICA 調査団

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。今後、投資された資産を維持するためには、災害に対する対策が必要となる。なお、下流域 Itajai 市における経済活動は、1999 年から 2007 年の僅か 8 年間で 5 倍に増加している。今後、イタジャイ川流域の持続的開発を進めるためには防災対策が必要であり、特に下流部における洪水被害を軽減する方策導入が緊急の課題となろう。

3.5 洪水流出解析

3.5.1 概説

第5章の5.3節で述べるように、計画規模である治水安全度の設定が難しいことから、5年、10年、25年、50年の各治水安全度に対応する計画洪水流量を算定する。計画洪水流量は計画降雨量から流出解析により算定するが、その検討フローを下図に示す。



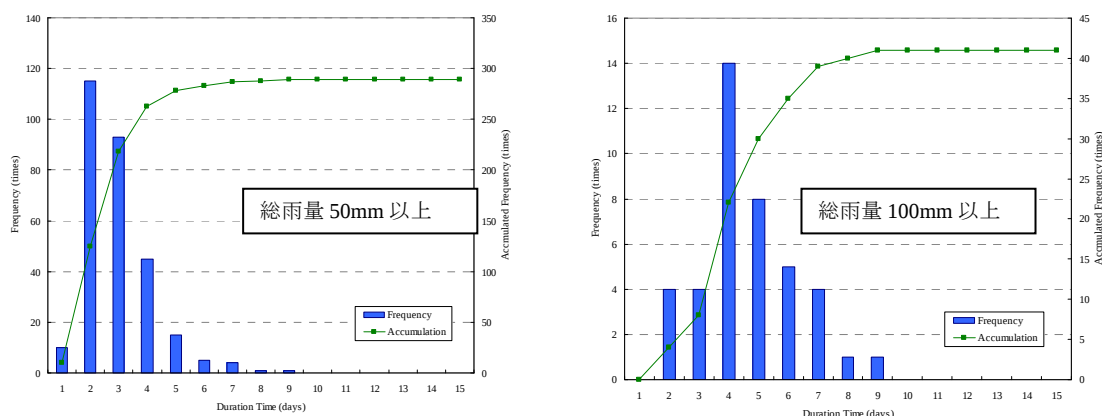
出典：JICA 調査団

図-3.5.1 確率洪水流量算定のフローチャート

3.5.2 降雨解析と確率雨量

(1) 継続時間

確率雨量を算定するにあたり、流域の大きさ、降雨特性、洪水流出の形態等を考慮して、計画降雨の継続時間を定める必要がある。下図に、総雨量が 50 mm 以上および 100 mm 以上の降雨の継続時間の頻度分布を示す。



出典：JICA 調査団

図-3.5.2 降雨の継続日数の頻度分布

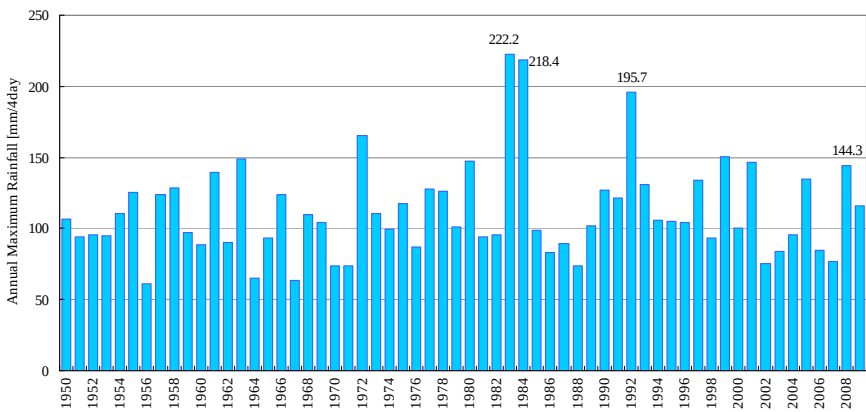
総雨量 50 mm 以上の降雨の継続時間は概ね 4 日以内である。また、総雨量 100 mm 以上の降雨の継続時間は概ね 5～6 日以内であるが、継続時間 4 日である場合が最も多い。以上から、計画降雨の継続時間は 4 日とする。

(2) 確率降雨量の算出

ANA の日雨量データを用いて、イタジャイ川全流域と主要支川流域毎に対して確率降雨量（4 日雨量）を算定した。

a. イタジャイ川流域全体の確率雨量

下図に示すように、1950 年から 2009 年までの各年の流域平均最大 4 日雨量をティーセン分割法で算定した。4 日雨量が最も大きいのは 1983 年の 222 mm、次いで 1984 年の 218 mm、1992 年の 196 mm である。甚大な被害があった 2008 年 11 月洪水は下流域に降雨が集中しており、流域全体の平均値としては 144 mm と中規模である。



出典：JICA 調査団（ANA 観測データに基づく）

図-3.5.3 イタジャイ川全流域平均年最大 4 日雨量（1950 年～2009 年）

上記で算定した各年の流域平均最大 4 日雨量を用いて、生起確率解析を行い確率流域平均 4 日雨量を算定した。下表に、算定結果を示す。

表-3.5.1 イタジャイ川流域全体の確率雨量算定結果

確率分布関数		指数分布	グンベル分布	平方根指数型 最大値分布	一般化 極値分布	対数ピアソン Ⅲ型分布
母数推定法		L積率法	L積率法	最尤法	L積率法	積率法
略称		Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LogP3
確率水文量 (全試料で母 数推定)	1/2	100.8	106.3	104.8	105.1	105.2
	1/3	115.2	120	118.5	118.4	118.8
	1/5	133.2	135.2	134.7	133.9	134.3
	1/10	157.7	154.3	156.3	154.2	154.6
	1/20	182.2	172.7	178.5	174.6	174.8
	1/30	196.5	183.2	191.9	186.8	186.7
	1/50	214.6	196.4	209.2	202.6	202.1
	1/80	231.2	208.5	225.7	217.4	216.7
	1/100	239.1	214.2	233.7	224.7	223.8
	1/150	253.4	224.6	248.5	238	236.8
	1/200	263.6	232	259.3	247.7	246.3
相関係数		0.942	0.996	0.996	0.997	0.996
SLSC		0.04	0.035	0.026	0.027	0.025
ジャックナイフ法 1/50	推定値	214.6	196.4	210.5	202.5	201.6
	推定誤差	16.8	14.4	14.1	21.9	20.3
採用手法				○		

出典：JICA 調査団

イタジャイ川全体の流域平均 4 日雨量は、平方根指数型最大値分布との適合性が最もよかった。5 年確率雨量は 135 mm、10 年確率雨量は 156 mm、20 年確率雨量は 179 mm、50 年確率雨量は 209 mm である。1983 年、1984 年は 50 年～80 年確率、1992 年は 30 年確率程度である。また、2008 年洪水は全体流域平均では 5～10 年確率規模である。

b. 支川流域別の確率雨量

上記と同じように、本川および主要支川別（図 - 3.1.1 を参照）に確率流域平均 4 日雨量を算定した。算定結果を、イタジャイ川全体流域で算定した確率流域平均 4 日雨量と比較して下表に示す。

表-3.5.2 本川および主要支川別の確率雨量

	1/5	1/10	1/20	1/25	1/50
Total Basin	135	156	179	188	209
Itajai do Oeste	153	175	196	202	224
Itajai do Sul	141	161	181	186	207
Itajai do Norte	140	160	179	184	204
Benedit	155	179	202	208	232
Itajai Acu	144	169	194	205	230
Itajai do Mirim	140	161	180	185	205

出典：JICA 調査団

確率雨量が相対的に大きいのは、Itajai do Oeste 川流域、Benedito 川流域、イタジャイ川本川流域である。一方、南方に位置する Itajai do Sul 川流域、イタジャイミリム川流域、および Itajai do Norte 川流域は比較的雨量が少ない。

3.5.3 解析モデルとキャリブレーション

(1) 流域分割

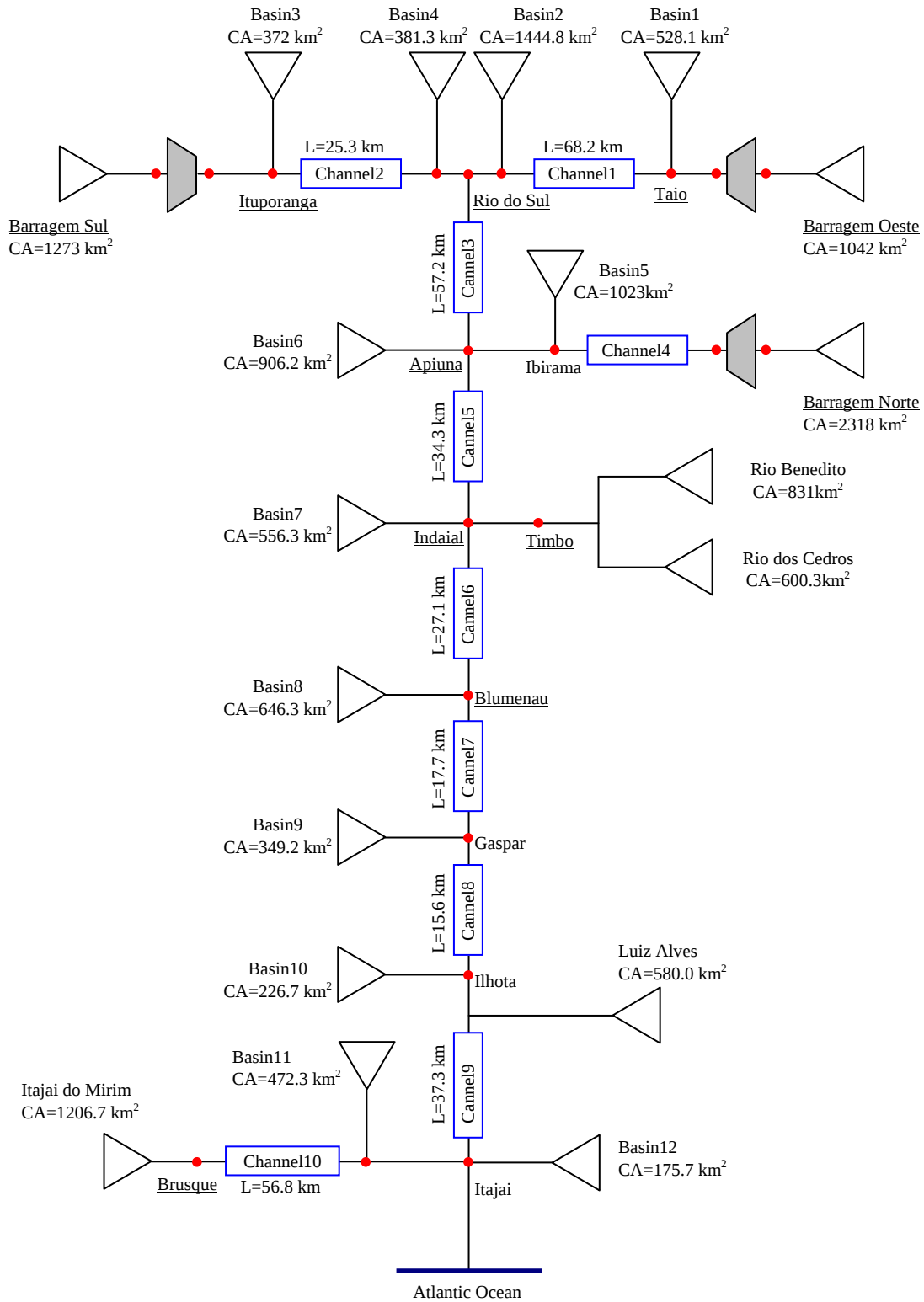
流出解析の流域分割モデルは、主要な支川及び洪水流量の算定が必要な地点を考慮して作成した。また、地点間は基本的に河道モデルで接続した。図-3.5.4 にイタジャイ川の流域分割図（流出モデル）を示す。

(2) 解析モデル

流出解析に使用するソフトは、汎用性があり、ブラジル国でも普及している米国陸軍工兵隊（U.S. Army Corps of Engineers）により開発された HEC シリーズのうち、流出解析プログラムである HEC-HMS を使用した。

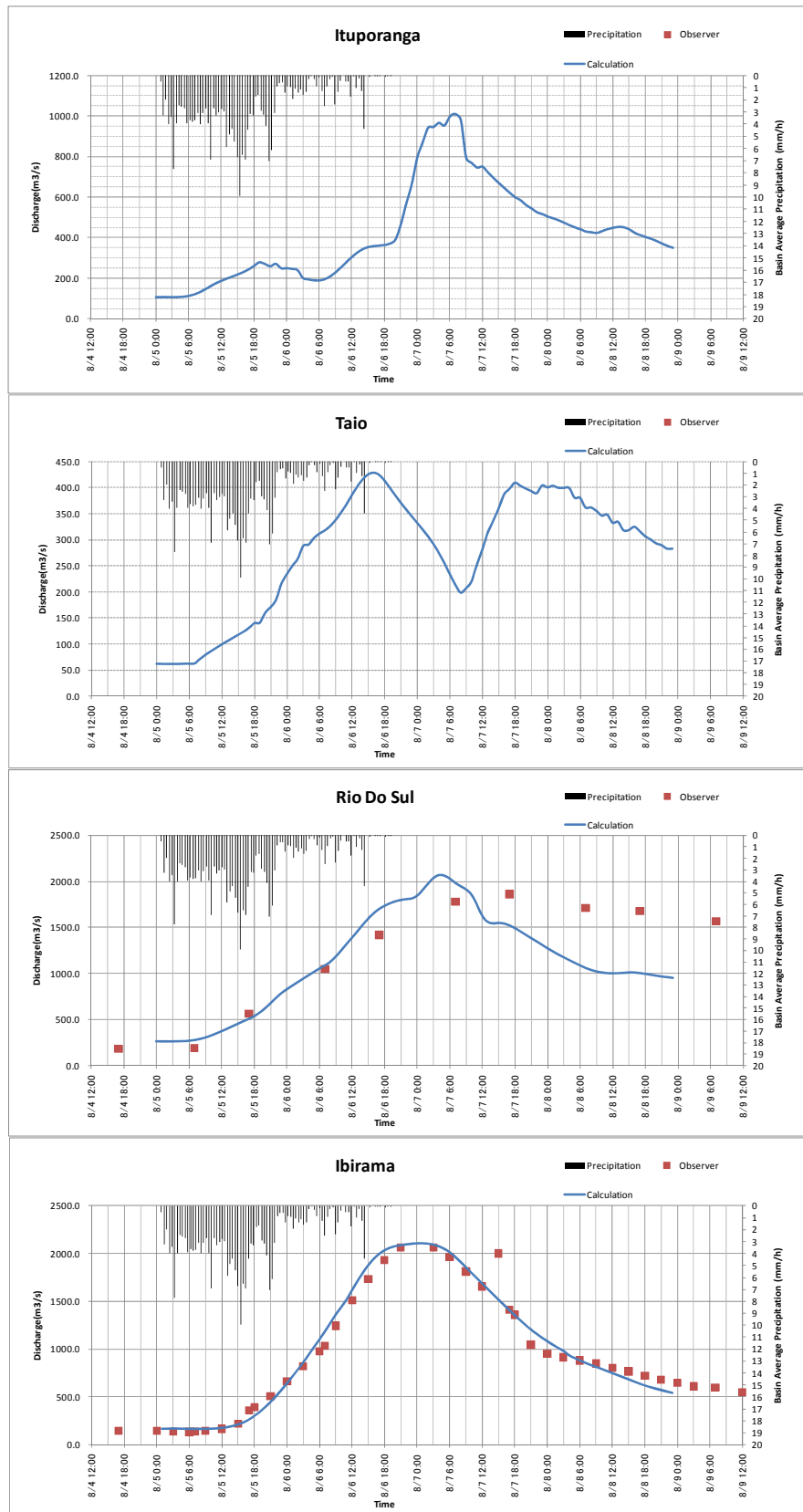
(3) モデル定数のキャリブレーション結果

1984 年及び 2010 年発生の 2 洪水に対して、流出解析モデルの定数のキャリブレーションを行った。図-3.5.5 に、1984 年洪水のキャリブレーション結果を示す。流出解析モデルのキャリブレーションの詳細は、Supporting Report, No.1 Hydrology に記載している。



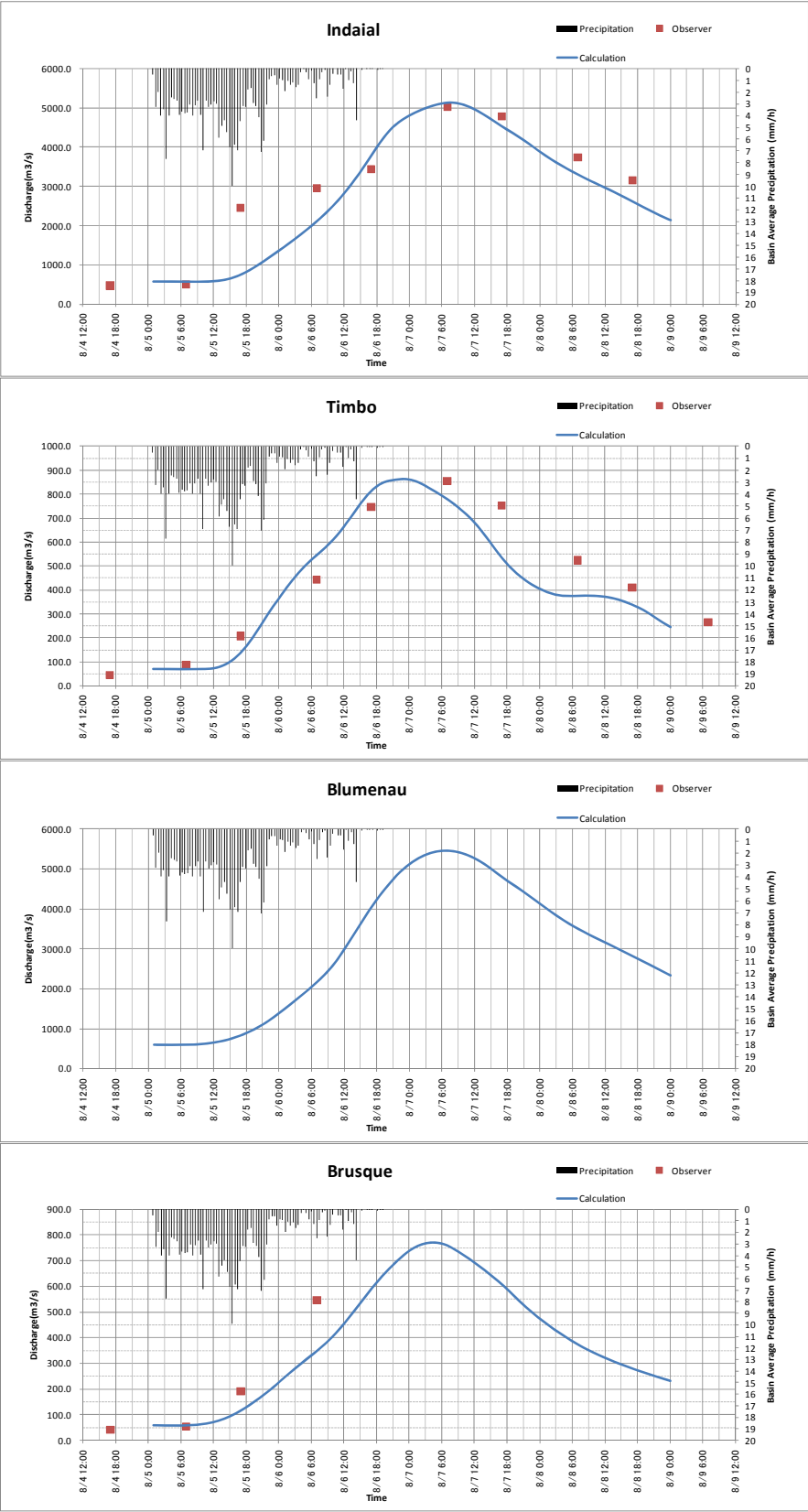
出典：JICA 調査団

図-3.5.4 イタジャイ川の流域分割図（流出解析モデル）



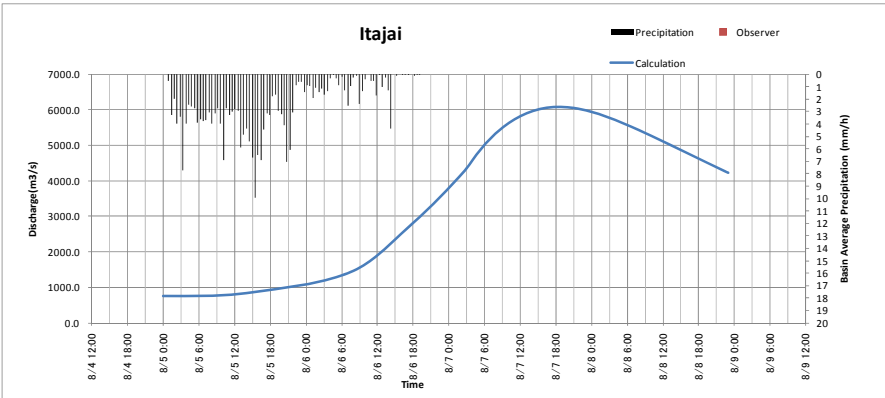
出典：JICA 調査団

図-3.5.5 1984 年洪水のキャリブレーション結果（1/3）



出典：JICA 調査団

図-3.5.5 1984 年洪水のキャリブレーション結果（2/3）

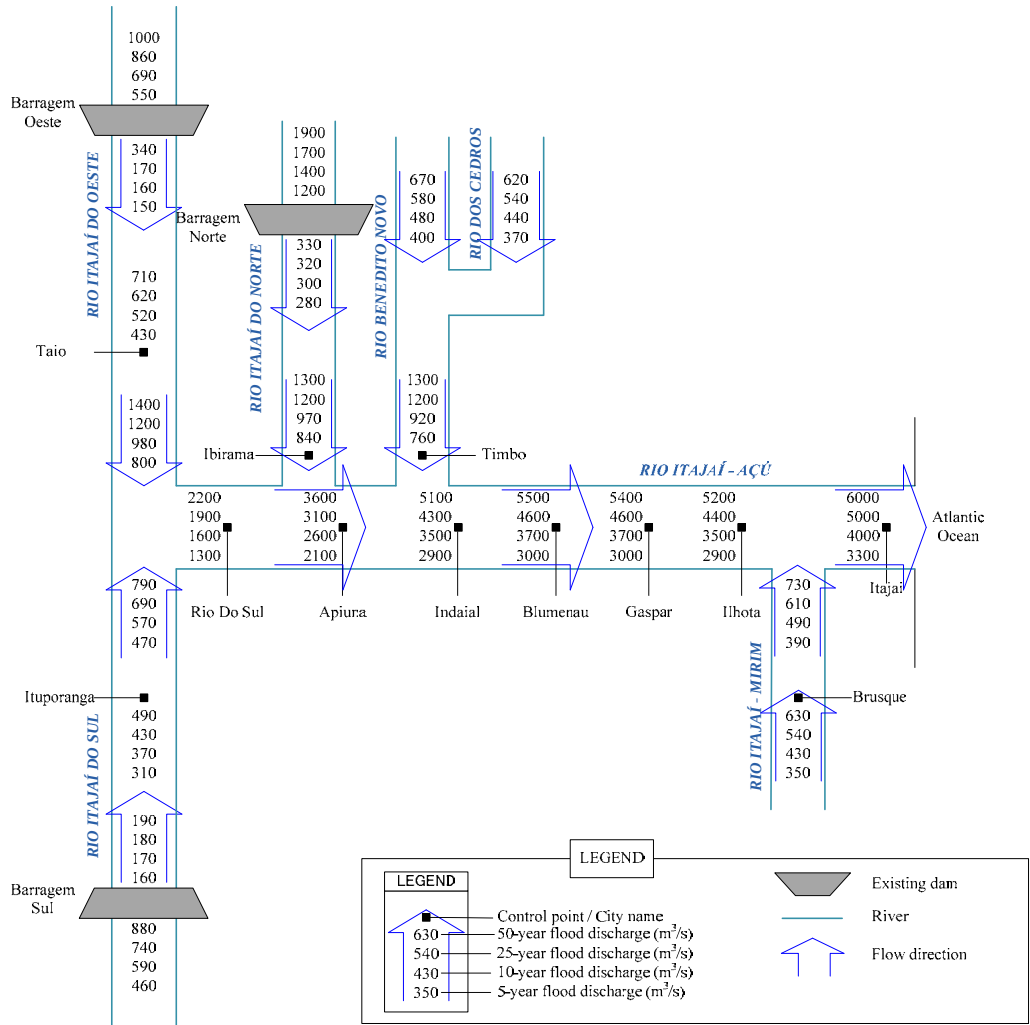


出典：JICA 調査団

図-3.5.5 1984 年洪水のキャリブレーション結果（3/3）

3.5.4 確率洪水流量の算定

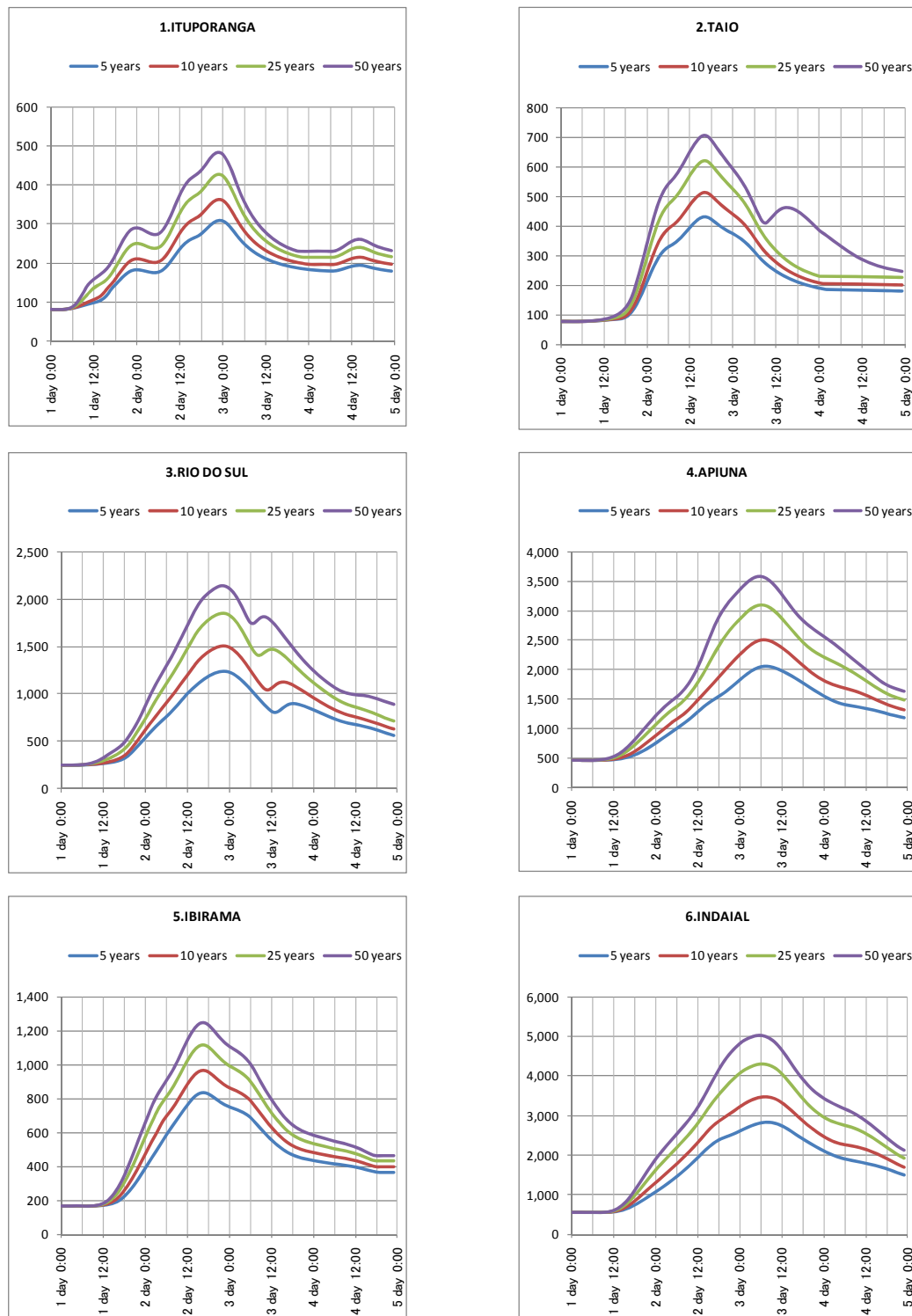
流出モデルにより算定した各基準点における確率洪水流量を下図に示す。既存の 3 つの治水ダムの放流施設のゲートは全開とした。算定方方法の詳細は、Supporting Report, No.1 Hydrology に記載している。



単位：m³/sec、出典：JICA 調査団

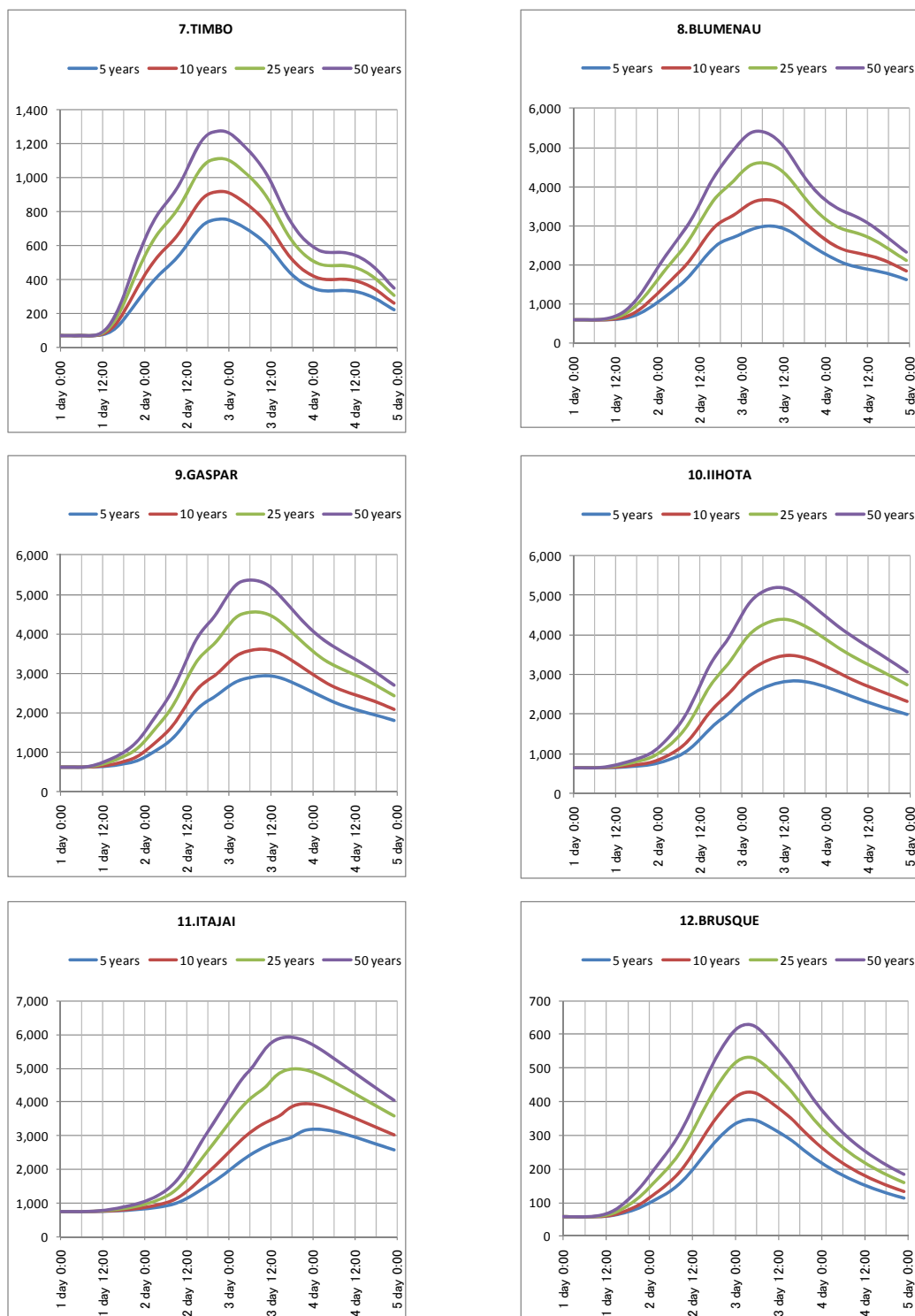
図-3.5.6 各基準点における確率洪水流量

Rio do Sul 市, Blumenau 市, Itajai 市の 3 都市間でのピーク時間差は、Rio do Sul 市と Blumenau 市間で7時間～10時間、Blumenau 市と Itajai 市間で14時間～17時間程度である。Rio do Sul 市の洪水ピークから 1 日程度で Itajai 市のピークとなる。また、下図に各都市（基準点）における確率洪水のハイドログラフを示す。



出典：JICA 調査団

図-3.5.7 各基準地点における確率洪水のハイドログラフ (1/2)

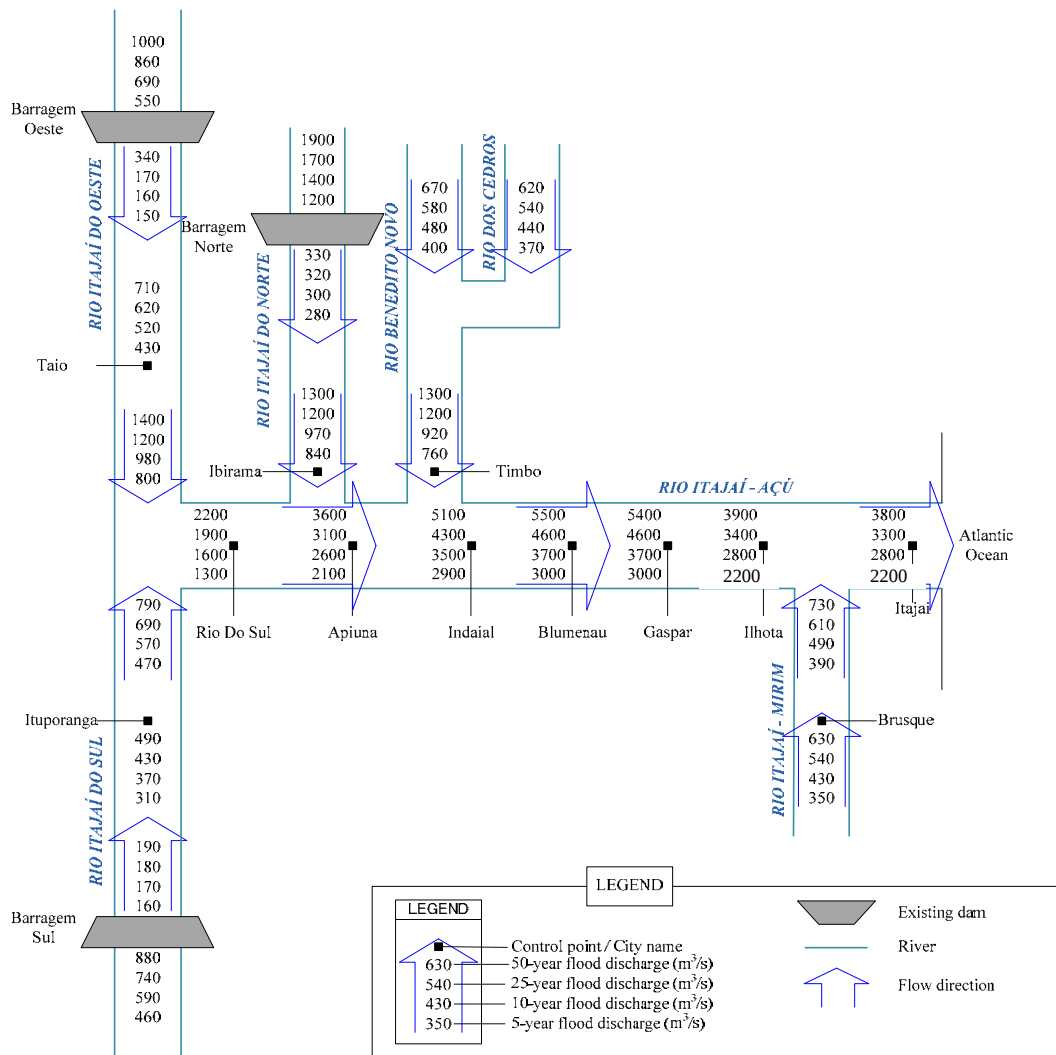


出典：JICA 調査団

図-3.5.7 各基準地点における確率洪水のハイドログラフ (2/2)

流出解析結果では Itajai 市の 50 年洪水流量は $6,000 \text{ m}^3/\text{s}$ に及ぶが、これは後述する流下能力に比べると非常に大きい値である。Itajai 市上流の BR-101 号線から Ilhota 市あるいは Gapar 市付近に広がる氾濫原では、Itajai 市内に比べて河道の流下能力が低く、氾濫した洪水は BR-101 号線や SC-470 号線の道路盛土の影響で長時間湛水する。このような氾濫原効果の保全を前提とすれば、Itajai 市における計画洪水流量を小さくすることができ、対策に要する

費用を削減することができる。したがって、本マスタープランでは、Ilhota 市より下流の計画流量を、上記の氾濫原効果を見込んだ流量とした。図-3.5.8 に、HEC-RAS による不定流計算による確率洪水流量の算定結果を示す（不定流解析には氾濫原を含めた河道断面を入力する必要があるが、現時点では 1/50,000 レベルの地形図しか無く精度に問題があるため、現在実施中の航空測量の完了後に再計算することが望ましい）。



単位： m^3/sec 、出典：JICA 調査団

図-3.5.8 不定流計算後の各基準点における確率洪水流量

下表は、各治水ダムの洪水調節効果を整理したものである。Norte ダムと Sul ダムでは、50 年確率洪水でも貯水池水位は洪水吐敷高までは上昇せず、洪水吐からの越水は発生しない。一方、Oeste ダムでは、25 年確率洪水では、貯水池はほぼ満水になるものの洪水吐からの越水は発生しないが、50 年確率洪水では洪水吐を約 0.9 m 越水する。

表-3.5.4 各治水ダムの洪水調節効果

単位：m³/sec

Return Period	Norte Dam			Oeste Dam			Sul Dam		
	Inflow	Outflow	Peak Cut	Inflow	Outflow	Peak Cut	Inflow	Outflow	Peak Cut
5 year	1,200	280	920	550	150	400	460	160	300
10 year	1,400	300	1,100	690	160	530	590	170	420
25 year	1,700	320	1,380	860	170	690	740	180	560
50 year	1,900	330	1,570	1,000	*340	660	880	190	690

*：越流状態，出典：JICA 調査団

3.6 流下能力の算定と評価

3.6.1 イタジャイ川の縦横断形状

(1) 河川測量の概要

2010 年 6 月～8 月にかけて現地測量（河道の横断測量 143 断面）を実施し、イタジャイ川の縦横断形状を把握した。このうち 79 断面はイタジャイ川本川、64 断面を支川で実施した。

表-3.6.1 河川測量断面数

河川名	測量断面数	備考
イタジャイ川	79	本川
イタジャイミリム	17	Old Mirim の 5 断面含む
Ribeirao Garcia	7	Blumenau 市内
Ribeirao Belha	5	Blumenau 市内
Ribeirao Fortaleza	2	Blumenau 市内
Rio Benedito	11	支川 Rio dos Cedros の 4 断面含む
Rio Itajai do Norte	7	
Rio Itajai do Oeste	9	
Rio Itajai do Sul	6	

出典：JICA 調査団

(2) イタジャイ川の河床勾配

河川測量結果から算定したイタジャイ川及び主要支川の河床勾配を下表-3.6.2 に示す。

表-3.6.2 河川区間別の平均河床勾配

河川	河川区間	勾配
Rio Itajai Acu	Itajai ～ Blumenau 上流	1/20000
	Blumenau 上流 ～ Indaial 上流	1/400
	Indaial 上流 ～ Norte 合流付近	1/1500
	Norte 合流付近 ～ Lontras 下流	1/85
	Lontras 下流 ～ Rio do Sul	1/3000
Rio イタジャイミリム (Canal)	合流点 ～ Old Mirim 分岐上流付近	1/8000
	Old Mirim 分岐上流付近 ～ Brusque 上流	1/1700
Old Mirim	Canal 分岐点 ～ Canal 合流点	1/15000
Ribeirao Garcia	合流点 ～ 3 km 付近	1/600
	3 km 付近 ～ 14 km 付近	1/200
Ribeirao Velha	合流点 ～ 2 km 付近	1/200
	2km 付近 ～ 6km 付近	1/2000
Ribeirao Fortaleza	合流点 ～ 2km 付近	1/500
Rio Benedito	合流点 ～ Timbo	1/2000
	Timbo ～ Benedito Novo	1/140
	Timbo ～ Rio dos Cedros	1/2000

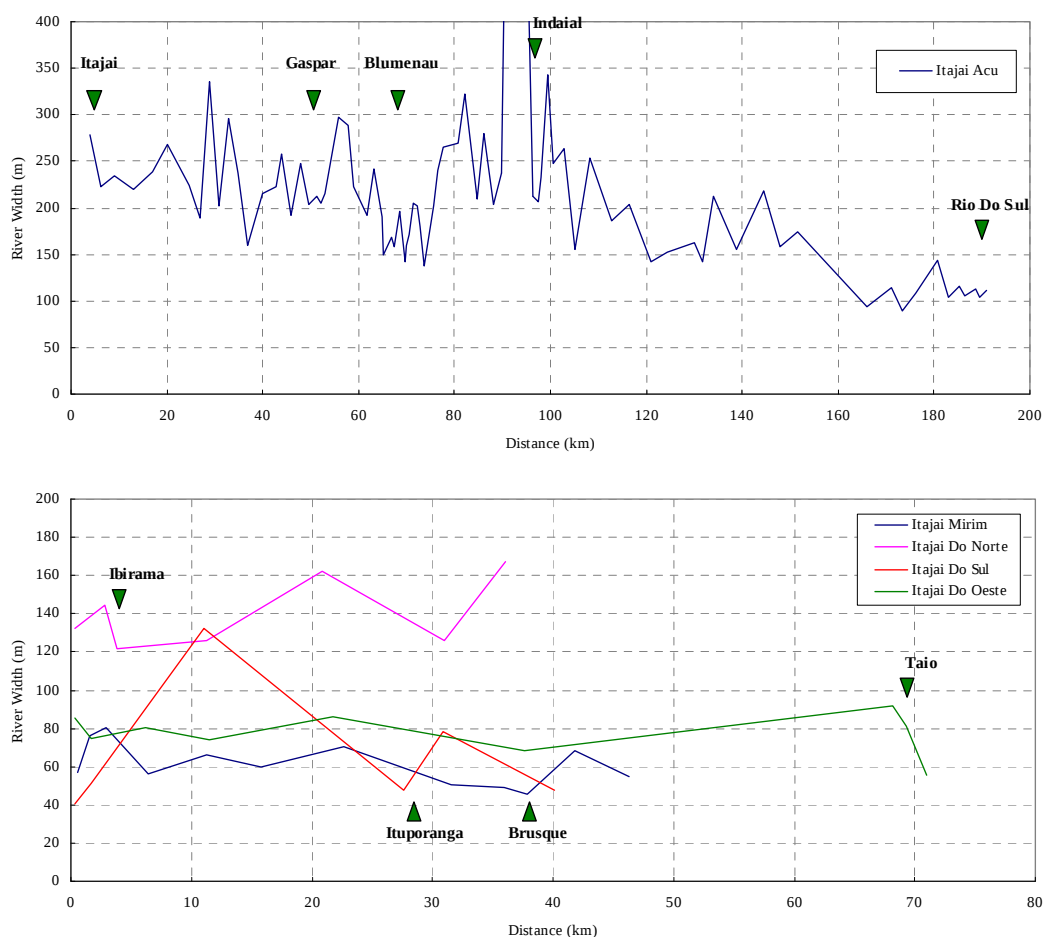
河川	河川区間	勾配
Rio Itajai do Norte	合流点 ～ Presidente Getulio 付近	1/170
Rio Itajai do Sul	合流点 ～ Ituporanga	1/800
Rio Itajai do Oeste	合流点 ～ Taio	1/5000

出典：JICA 調査団

(3) 河道断面

イタジャイ川及び主要支川の河道幅を図-3.6.1 に示す。イタジャイ川本川の川幅は Indaial 市付近までは 200～300 m であるが、これより上流では徐々に狭くなり、Rio do Sul 市では 150 m 程度である。ただし、Gaspar 市、Blumenau 市ではそれぞれ 200 m、150 m 程度とやや狭窄部の地形を呈している。

一方、主要支川のうちイタジャイミラム川は 50～80 m 程度である。また、Itajai do Oeste 川は 70～90m 程度、Itajai do Sul 川は変動が大きいがいタジャイミラム川と同程度の 50～80 m である。これに対し Itajai do Norte 川は河道幅 120～160 m と最も大きい。

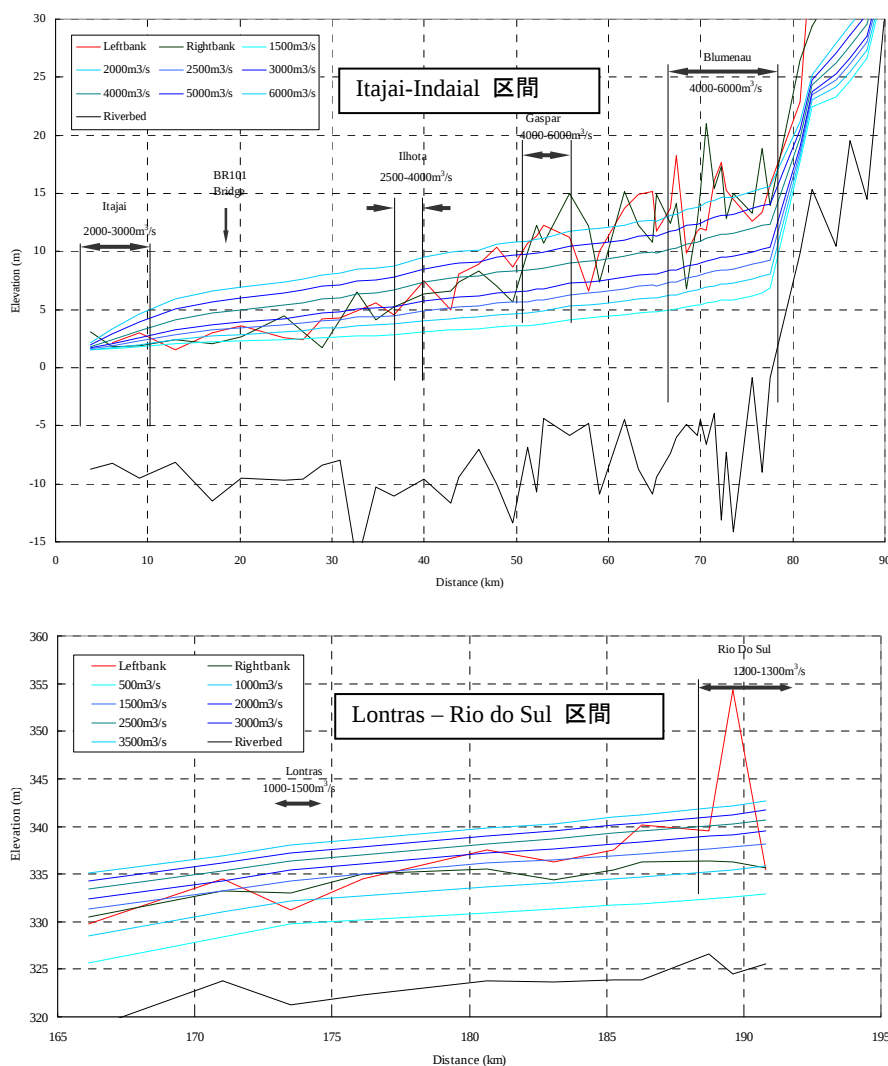


出典：JICA 調査団

図-3.6.1 イタジャイ川本川及び主要支川の河道幅

3.6.2 河道の流下能力の推定と評価

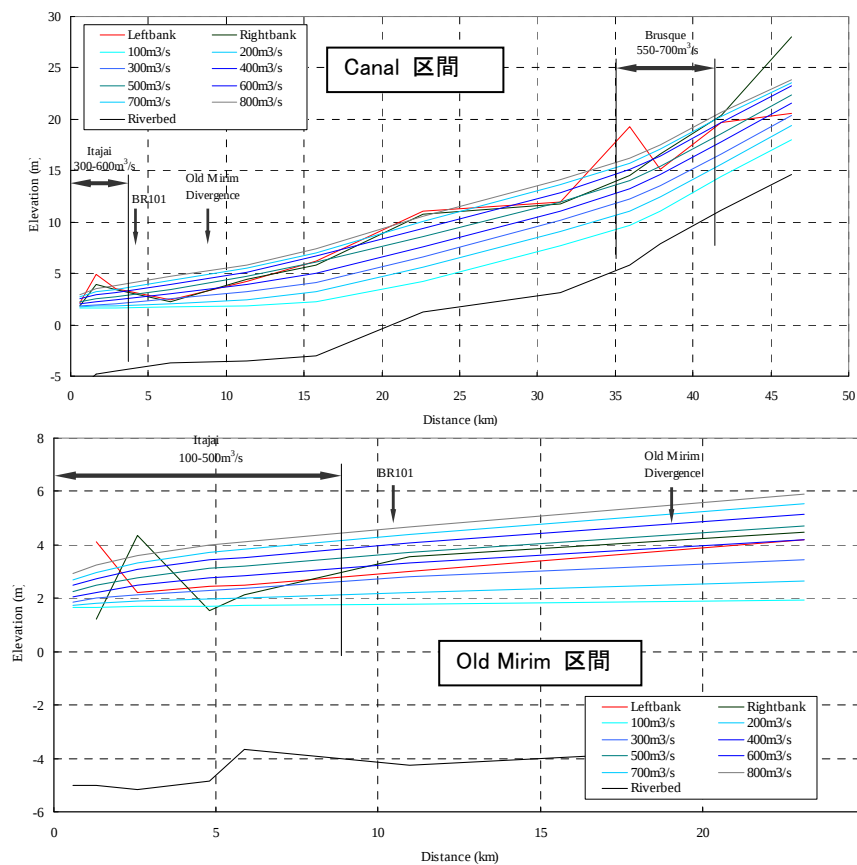
イタジャイ川および支川の河道の流下能力を評価するために、河道断面を用いて不等流計算を行い流量別の河川水位を算定した。図-3.5.8 に示す確率洪水流量分布を参考にして、各対象河川に対して数個の流量を与えた。計算条件の詳細は、Supporting Report, No.1 Hydrology に記載している。イタジャイ川本流の不等流計算結果を下図に示す。



出典：JICA 調査団

図-3.6.2 イタジャイ川本川の確率洪水流量毎の不等流計算結果

イタジャイミリム川は、Itajai 市上流で Canal（ショートカット河道）と Old Mirim（旧河道）に分岐し、イタジャイ川合流直前に再合流する。不等流計算では、Canal と Old Mirim の流量配分比率を両河道の流下能力（等流計算による）の比率から Canal : Old Mirim = 2 : 1 で与えた。イタジャイミリム川の水位計算結果を図-3.6.3 に示す。尚、図中の流量はイタジャイミリム川全体の流量を示しており Canal 区間の流量は記載した流量の 2/3 であり、残り 1/3 の流量は Old Mirim を流下すると想定している。



出典：JICA 調査団

図-3.6.3 イタジャイミリム川の確率洪水流量毎の不等流計算結果

上記の不等流計算結果から、イタジャイ川流域の主要地点の流下能力を河道の越水流量で算定した。算定した流下能力を確率洪水流量（図-3.5.8 を参照）と比較して、主要地点の流下能力と対策の必要性を評価した。下表に評価結果を示す。

表-3.6.3 河道の流下能力の評価（イタジャイ川本流）

河川	市	流下能力(m³/s)	対策の必要性
Itajaí Acu	Itajai Navegantes	2,000～3,000	流下能力：5 年確率流量程度（特に Itajai 市川が低い） 過去の被害実績と深刻度：Itajai 市の低標高地区は頻繁に浸水し、洪水対策のニーズが高い。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口が非常に多く、経済面でも州の中心的な都市であり、被害ポテンシャルは高い。 対策の必要性：対策の優先度が高い。
	Ilhota	2,500～4,000	流下能力：10 年～25 年確率流量程度 過去の被害実績と深刻度：大洪水時に被害が発生する。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口が少なく被害ポテンシャルは低い。 対策の必要性：対策は必要だが、優先度は低い。
	Gaspar	5,100～6,000	流下能力：25 年～50 年確率流量以上（市中心部は高い） 過去の被害実績と深刻度：大洪水時に被害が発生する。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口が多く、被害ポテンシャルは高い。 対策の必要性：対策は必要だが、優先度は中程度。
	Blumenau	4,200～6,000	流下能力：25 年～50 年確率流量程度 過去の被害実績と深刻度：大洪水時に被害が発生する。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口が非常に多く、経済的・社会的な中心都市のため、被害ポテンシャルは高い。 対策の必要性：対策は必要だが、優先度は中程度。 （ただし市街地を流下する小支川 Garcia 川、Velha 川の流下能力は 5 ～10 年確率流量程度であり、対策の優先度が高い。）
	Indaial	5,700	流下能力：50 年確率流量以上

河川	市	流下能力(m³/s)	対策の必要性
			過去の被害実績と深刻度：洪水被害は少ない。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口は多い。 対策の必要性：対策不要
	Lontras	1,000～1,500	流下能力は5～10年確率程度 過去の被害実績と深刻度：市街地の洪水被害は少ない。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口は少ない。 対策の必要性：対策不要
	Rio do Sul	1220	流下能力：5年確率流量程度 過去の被害実績と深刻度：低標高地区は小規模な洪水で頻繁に浸水しており、対策ニーズが高い。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口が多く、上流域の経済的な中心都市のため、被害ポテンシャルが高い。 対策の必要性：対策の優先度が高い。

出典：JICA 調査団

表-3.6.4 河道の流下能力の評価（支流）

河川	市	流下能力(m³/s)	対策の必要性
Itajai Mirm	Itajai	300 (最下流) 500～600 (Canal) 200～300 (Old)	流下能力：最下流5年確率以下、Canal 25～50年確率、Old Mirim 5年確率以下 過去の被害実績と深刻度：頻繁に浸水し、洪水対策のニーズが高い。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口が多く、経済面でも州の中心的な都市であり、被害ポテンシャルは高い。 対策の必要性：対策の優先度が高い。
	Brusque	550～700	流下能力：25～50年確率以上である。 過去の被害実績と深刻度：浸水は発生するが、多くの場合は兩岸の道路のみ。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口が非常に多く、大洪水時には被害ポテンシャルは高い。 対策の必要性：対策は必要だが、優先度は低い。
Benedito	Timbo	860	流下能力：5～10年確率流量程度 過去の被害実績と深刻度：頻繁に浸水しているとの情報あり。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口、被害ポテンシャルは中程度 対策の必要性：対策は必要だが、優先度は中程度。
Itajai do Norite	Ibirama	2,000 以上	流下能力：50年確率流量以上 過去の被害実績と深刻度：洪水被害実績はない。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口、被害ポテンシャルは中程度 対策の必要性：対策不要
Itajai do Oeste	Rio do Sul	760	流下能力：5年確率流量以下 過去の被害実績と深刻度：低標高地区は小規模な洪水で頻繁に浸水しており、対策ニーズが高い。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口が多く、上流域の経済的な中心都市のため、被害ポテンシャルが高い。 対策の必要性：対策の優先度が高い。
	Taio	440	流下能力：5年～10年確率流量程度 過去の被害実績と深刻度：頻繁に浸水している。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口、被害ポテンシャルは中程度 対策の必要性：対策は必要だが、優先度は中程度。
Itajai do Sul	Rio do Sul	300～500	流下能力：5年確率流量以下 過去の被害実績と深刻度：低標高地区は小規模な洪水で頻繁に浸水しており、対策ニーズが高い。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口が多く、上流域の経済的な中心都市のため、被害ポテンシャルが高い。 対策の必要性：対策の優先度が高い。
	Ituporanga	450	流下能力：30～40年確率流量程度 過去の被害実績と深刻度：洪水の記録は少ない。 大洪水時の被害ポテンシャル：人口は中程度だが、市街地は丘の上にあり被害ポテンシャルは小さい 対策の必要性：対策不要

出典：JICA 調査団