Part II
フィジビリティー調査

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 II : フィージビリティ調査

目　　次

頁

第 1 章　序論

1.1　フィージビリティ調査の背景 1-1
1.2　フィージビリティ調査のスケジュール 1-1
1.3　ブラジル国側実施機関の変更 1-2
1.4　フィージビリティ調査報告書 1-2
1.5　ドラフトファイナルレポート 1-5

第 2 章　水田の雨水貯留に関するフィージビリティ調査

2.1　計画の概要 2-1
2.1.1　背景 2-1
2.1.2　計画の概要 2-2
2.2　水田の雨水貯留事業の計画設計 2-4
2.2.1　事業内容 2-4
2.2.2　事業の実施体制 2-8
2.2.3　事業実施のガイドライン 2-11
2.2.4　事業別予算配分 2-13

第 3 章　治水ダムの嵩上げとゲート運用の変更に関するフィージビリティ調査

3.1　ダム嵩上げの背景 3-1
3.2　現地調査及び地質状況 3-1
3.3　ダム嵩上げの基本設計 3-5
3.3.1　適用基準 3-5
3.3.2　基本設計 3-5
3.4　コンジットゲートの基本設計 3-7
3.4.1　既設コンジットゲートの現地調査 3-7
3.4.2　適用設計基準 3-9

3.4.3 ゲート改良の必要性検討 3-9
3.5 ダム運用の変更 3-9
3.5.1 基本方針 3-9
3.5.2 洪水調節方法 3-9
3.5.3 超過洪水に対する操作 3-11
3.6 Sul ダム、Oeste ダムにおける放流管能力増強 3-13
第 4 章 発電ダムの貯水池運用の変更に関するフィージビリティ調査
4.1 ダム運用変更の背景 4-1
4.2 既設 2 ダムの基本諸元 4-1
4.3 予備放流の検討 4-3
4.3.1 洪水に対する現行の操作方法 4-3
4.3.2 予備放流によるダム運用の変更 4-3
4.4 運用体制に関する提案 4-5
第 5 章 Itajai 市イタジャイミリム川の水門設置に関するフィジビリティー調査
5.1 イタジャイミリム川の洪水特性と現況流下能力 5-1
5.1.1 Itajai 市の地形特性 5-1
5.1.2 イタジャイミリム川の洪水特性 5-3
5.1.3 イタジャイミリム川の流下能力の算定 5-4
5.2 水門の機能と操作および効果 5-6
5.2.1 水門の機能 5-6
5.2.2 水門の操作方法 5-6
5.2.3 10 年確率洪水に対する水門の効果 5-9
5.2.4 水門の操作に関する組織体制の提案 5-12
5.3 水門の基本設計 5-12
5.3.1 地形地質状況 5-12
5.3.2 適用基準と設計条件 5-15
5.3.3 基本設計 5-15
5.3.4 関連排水施設 5-23
第 6 章 既存の洪水予警報システムの強化に関するフィジビリティー調査
6.1 フィジビリティー調査の概要 6-1
6.2 既存の洪水予測方法の妥当性 6-1
6.2.1 Blumenau 市における現行洪水予測方法の妥当性 6-1
6.2.2 Rio do Sul 市における現行洪水予測方法の妥当性 6-1
6.2.3 Itajai 市における洪水予測の方向性 6-5
6.3 洪水予警報システムの強化に伴うコストの算出 6-6
6.4 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 6-9

第 7 章　土砂災害構造物対策工に関するフィージビリティ調査
7.1　概要 7-1
7.2　土砂災害の分類と構造対策工の選定 7-2
7.2.1　土砂災害の分類 7-2
7.2.2　山側崩壊への対策工選定 7-2
7.2.3　谷側の崩壊への対策工の選定 7-3
7.2.4　河岸崩壊への対策工選定 7-5
7.2.5　地すべりへの対策工の選定 7-7
7.3　選定箇所の設計検討 7-9
第 8 章　土砂災害・フラッシュフラッド警報システムの設置に関するフィジビリティー調査
8.1　概要 8-1
8.2　雨量観測とデータの伝達手段と保存方法 8-1
8.3　注意報および警報の発令に供する雨量指標基準 8-1
8.4　情報管理、雨量指標の計算、注意報と警報の発令 8-2
8.5　避難指示と防災教育 8-2
8.6　リスク回避のための道路交通規制 8-3
第 9 章　環境社会配慮
9.1　優先事業の環境社会配慮 9-1
9.1.1　概要 9-1
9.1.2　M/P 調査における初期環境評価（IEE）のレビュー 9-1
9.1.3　環境影響調査仕様の提案 9-6
9.2　優先事業で必要な用地取得と住民移転 9-6
9.2.1　ダム嵩上げに係る社会経済調査の結果 9-6
9.2.2　Sul Dam の状況と必要な活動 9-8
9.2.3　Oeste Dam における代償手段 9-8
9.2.4　Oeste ダムにおける移転プロセスと移転プログラム 9-10
9.3　ブラジル国の環境法制度、一般的な住民移転・モニタリングプログラム 9-12
9.3.1　事業区域の補償に関する法制度 9-12
9.3.2　JICA ガイドラインとの比較 9-14
9.3.3　ブラジルにおける一般的な住民移転プロセス 9-15
9.3.4　土地収用・補償の手順 9-16
9.3.5　ブラジルにおける一般的な住民移転モニタリングプログラム 9-21
9.3.6　環境管理・モニタリングプログラム 9-24
第 10 章　事業費積算および事業実施計画
10.1　総事業費 10-1
10.2　積算条件 10-1

10.2.1 土木建設事業 10-2
10.2.2 水田の雨水貯留事業 10-2
10.2.3 土地収用費 10-2
10.2.4 その他費用 10-2
10.3 事業費用 10-2
10.3.1 流域対策事業 10-2
10.3.2 河道対策事業 10-4
10.3.3 土砂災害対策事業 10-5
10.3.4 洪水予警報システムの強化 10-5
10.3.5 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの新設 10-6
10.3.6 コンサルタント費用 10-8
10.4 事業実施方法および実施機関 10-11
10.4.1 第 1 期事業のパッケージ構成 10-11
10.4.2 事業実施機関と事業実施体制 10-11
10.5 事業実施計画 10-13
10.6 第 1 期事業実施に係る総事業費の算定 10-14
10.6.1 土木工事、コンサルタントサービスの調達ロッド 10-14
10.6.2 物価上昇率を考慮した年次事業費 10-15
第 11 章 経済評価
11.1 経済評価の方法 11-1
11.2 費用と便益 11-1
11.2.1 費用 11-1
11.2.2 便益 11-2
11.3 事業評価 11-4
11.4 総合評価 11-4

表　目　次

頁

表-1.4.1　フェーズ 2 調査で実施された関係機関との協議・ヒアリング記録.....1-2
表-2.1.1　各流域毎の流域面積、水田面積および水田面積割合.....2-3
表-2.1.2　畝・畦嵩上げ事業に伴う投入内容.....2-3
表-2.2.1　Agronomica 市サンプル必要工事数量.....2-5
表-2.2.2　事業費用.....2-6
表-3.4.1　ゲートの状態.....3-8
表-3.4.2　測定結果.....3-8
表-4.2.1　Rio Bonito ダムの基本諸元.....4-1
表-4.2.2　Pinhal Dam の基本諸元.....4-2
表-4.3.1　Rio Bonito ダムと Pinhal ダムにおける予備放流方法の提案.....4-3
表-5.2.1　Old Mirim 沿いの浸水面積.....5-10
表-5.3.1　上流側水門候補地点の各地層の工学的特徴.....5-12
表-5.3.2　下流側水門候補地点の各地層の工学的特徴.....5-15
表-5.3.3　水門の主要諸元.....5-16
表-5.3.4　Canhanduba 川からの流入水の排水施設に関する比較.....5-23
表-6.2.1　重相関による Blumenau の水位予測の概要.....6-3
表-6.3.1　新規に設ける観測施設の数量と場所.....6-6
表-6.3.2　機材の仕様一覧.....6-6
表-6.3.3　観測施設の算出コスト.....6-7
表-6.3.4　システム開発に係わるコンサルタントサービス費用.....6-8
表-6.3.5　FFWS を強化するための直接費用.....6-8
表-7.2.1　土砂災害の類型.....7-2
表-7.2.2　優先 13 箇所の土砂災害類型.....7-2
表-7.2.3　山側崩壊に対する構造物対策工.....7-3
表-7.2.4　山側の崩壊への対策工の選定結果.....7-3
表-7.2.5　法面保護工の比較表.....7-4
表-7.2.6　谷側の崩壊への対策工の選定.....7-4
表-7.2.7　谷側の崩壊への対策工の選定結果.....7-4
表-7.2.8　流出量と流速の関係.....7-5
表-7.2.9　設計流速.....7-5
表-7.2.10　護岸工の適合条件.....7-5
表-7.2.11　優先順位 No.2 SC 470 Gaspar River Bank の対策工選定結果.....7-6
表-7.2.12　優先順位 No.3 Blumenau AV. Pres Casrelo Branco の対策工選定結果.....7-6
表-7.2.13　河岸崩壊対策工の選定結果.....7-6
表-7.2.14　初期安全率の決定.....7-7
表-7.2.15　計画安全率の決定.....7-7

表-7.2.16　各地区の初期安全率と計画安全率 7-7
表-7.2.17　一般的な地すべり対策工 7-8
表-7.2.18　各ブロックの安定解析結果と対策工一覧表 7-8
表-7.2.19　地下水排除工の実施による地下水低下量 7-9
表-7.3.1　対策工数量一覧 7-9
表 9.1.1　選定コンポーネントの初期環境評価結果 9-5
表-9.1.2　EIA/RIMA 調査のスケジュール 9-6
表-9.1.3　EIA/RIMA 調査の見積 9-6
表-9.2.1　対策工比較表 9-9
表-9.2.2　Oeste ダムにおける道路付け替えと住民移転にかかるコスト比較 9-9
表-9.2.3　Oeste ダムにおける補償費用の積算（影響面積：67 ha） 9-9
表-9.3.1　JICA ガイドライン要求事項とブラジル国法律の比較 9-14
表-9.3.2　承諾レターにて使用する積算単価（Oeste ダム） 9-18
表-10.1.1　第 1 期事業の総事業費 10-1
表-10.3.1　水田の雨水貯留事業費 (R$) 10-3
表-10.3.2　Oeste ダムの嵩上げの直接工事費 10-3
表-10.3.3　Sul ダムの嵩上げの直接工事費 10-3
表-10.3.4　ミリム川上流水門の直接工事費 10-4
表-10.3.5　ミリム川下流水門の直接工事費 10-5
表-10.3.6　土砂災害対策事業の直接工事費 10-6
表-10.3.7　洪水予警報システム強化の直接事業費 10-6
表-10.3.8　雨量計、GPRS による通信と VHF アンテナの機材費および設置費 10-6
表-10.3.9　無線 VHF データ転送施設の機材および設置費 10-7
表-10.3.10　予警報システムのデータ通信・蓄積・警報発信の計算機システム開発に係る費用 10-7
表-10.3.11　コンサルタント費用の総計 10-10
表-10.6.1　調達ロッドおよび調達方法 10-15
表-10.6.2　ブラジル国地理情報院（IBGE）総物価指数 10-15
表-10.6.3　各暦年事業費と総事業費 10-16
表-11.1.1　経済評価対象事業 11-1
表-11.2.1　F/S 対象事業事業費 11-1
表-11.2.2　各事業別の事業効果 11-2
表-11.2.3　ダム嵩上げによる上流域都市洪水被害の軽減便益 11-2
表-11.2.4　ミリム川水門設置による家屋被害の軽減便益 11-3
表-11.2.5　ミリム川水門設置による経済活動部門被害の軽減便益（R$百万） 11-3
表 11.2.6　土砂災害優先 13 箇所事業便益 11-3
表-11.2.7　2008 年 11 月の洪水・土砂災害被災者数 11-4
表-11.3.1　事業評価結果 11-4

図　目　次

頁

図-1.2.1　本調査の全体スケジュール.....1-1
図-2.1.1　水稲栽培と水田雨水貯留機能の関連.....2-2
図-2.2.1　水田貯留の方策.....2-4
図-2.2.2　水田貯留.....2-4
図-2.2.3　畝横断図.....2-5
図-2.2.4　Agronomica 市水田図.....2-6
図-2.2.5　事業実施体制.....2-7
図-2.2.6　事業実施の流れ.....2-8
図-2.2.7　事業運営の方策.....2-9
図-3.2.1　Oeste ダムにおける地質調査位置図.....3-1
図-3.2.2　Sul ダムにおける調査ボーリング位置図.....3-2
図-3.2.3　Oeste ダム地質平面図.....3-3
図-3.2.4　Sul ダム地質平面図.....3-4
図-3.3.1　Oeste ダム嵩上げ標準断面.....3-5
図-3.3.2　Oeste ダム越流部の転倒条件を満足するために必要なコンクリート腹付範囲.....3-6
図-3.3.3　Oeste ダム嵩上げ後の減勢工形状.....3-6
図-3.3.4　Sul ダム越流部の設計流量越流時水位.....3-7
図-3.3.5　Sul ダム越流部の嵩上げ形状.....3-7
図-3.5.1　Oeste ダムの洪水調節方法.....3-10
図-3.5.2　Sul ダムの洪水調節方法.....3-10
図-3.5.3　Oeste ダムの水位と貯水量および放流量の関係曲線.....3-11
図-3.5.4　Sul ダムの水位と貯水量および放流量の関係曲線.....3-11
図-3.5.5　ゲート操作のフロー（Oeste ダムの場合）.....3-12
図-3.6.1　2011 年 8 月～9 月の Sul ダムの降雨、水位状況.....3-14
図-3.6.2　Oeste ダム嵩上げ後の図面 (1/2).....3-16
図-3.6.3　Oeste ダム嵩上げ後の図面 (2/2).....3-17
図-3.6.4　Sul ダム嵩上げ後の図面.....3-18
図-4.2.1　発電施設の配置図.....4-1
図-4.3.1　Rio Bonito ダムと Pinhal ダムの洪水調節のための操作方法.....4-4
図-4.3.2　予備放流方法のイメージ図.....4-4
図-4.3.3　既存の気象レーダーの位置とカバーエリア.....4-5
図-4.3.4　予備放流の判断に関するフロー.....4-6
図-4.4.1　予備放流実施に係る組織体制の提案.....4-6
図-5.1.1　Itajai 市の地盤標高の分布.....5-2

図-5.1.2　旧河道沿いの浸水要因 5-3
図-5.1.3　Itajai 市におけるイタジャイ川とイタジャイミリム川の 10 年確率洪水波形 5-3
図-5.1.4　Canal 沿いの流量別水位 5-4
図-5.1.5　Old Mirim 沿いの流量別水位 5-5
図-5.1.6　Canal 沿いの 10 年および 50 年確率洪水の水位 5-5
図-5.1.7　Old Mirim 沿いの 10 年および 50 年確率洪水の水位 5-6
図-5.2.1　Old Mirim における水門の配置図 5-6
図-5.2.2　水門の操作 (1/3) 5-7
図-5.2.2　水門の操作 (2/3) 5-7
図-5.2.2　水門の操作 (3/3) 5-7
図-5.2.3　Itajai 市の水位および雨量計の位置 5-8
図-5.2.4　DO-06 水位観測所における流量と水位の関係 5-8
図-5.2.5　10 年確率洪水に対する水門操作 5-9
図-5.2.6　10 年確率洪水に対する水門の効果 5-9
図-5.2.7　水門ありなしによる Old Mirim 沿いの浸水範囲の推定 5-10
図-5.2.8　確率洪水別の Old Mirim 下流域の推定浸水範囲 5-11
図-5.2.9　水門の操作に関する組織体制の提案 5-12
図-5.3.1　上流側 工学的地質断面図 5-13
図-5.3.2　下流側 工学的地質断面図 5-14
図-5.3.3　水門の設計水位 5-15
図-5.3.4　下流側水門一般図 (1/2) 5-17
図-5.3.5　下流側水門一般図 (2/2) 5-18
図-5.3.6　上流側水門一般図 (1/3) 5-19
図-5.3.7　上流側水門一般図 (2/3) 5-20
図-5.3.8　上流側水門一般図 (3/3) 5-21
図-5.3.9　下流側水門位置における背水堤の対象区間 5-22
図-5.3.10　コンクリートパイルによる背水堤のイメージ 5-22
図-5.3.11　BR-101 の上流側における排水施設の必要性 5-24
図-6.2.1　観測所位置 6-1
図-6.2.2　現行予測式による Blumenau 予測水位と実績水位の比較 6-2
図-6.2.3　重相関による Blumenau 予測水位と実績水位の比較 6-3
図-6.2.4　現行予測式と重相関による予測式の比較 6-4
図-6.2.5　Rio do Sul 市における実測日平均水位と予測日平均水位の比較 6-5
図-7.2.1　地すべり対策工選定フロー 7-8
図-7.3.1　対策工平面図 No.1 SC 302 Taio-Passo Manso-5 7-11
図-7.3.2　対策工断面図 No.1 SC 302 Taio-Passo Manso-5 7-12
図-7.3.3　対策工平面図 No.3 Blumenau － Av Pres Casrelo Branco 7-13

図-7.3.4　対策工断面図 No.3 Blumenau － Av Pres Casrelo Branco 7-14
図-7.3.5　対策工平面図 No.5 SC474 Blumenau-Massaranduba 2 7-15
図-7.3.6　対策工断面図 No.5 SC474 Blumenau-Massaranduba 2 7-16
図-7.3.7　対策工平面図 No.9 SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1.....7-17
図-7.3.8　対策工断面図 No.9 SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1.....7-18
図-8.2.1　自動雨量計の設置位置を決定のフローチャート 8-1
図-8.5.1　避難命令と防災教育.....8-2
図-9.1.1　ダム嵩上げによる湛水域の土地所有状況.....9-3
図-9.2.1　付け替え道路の断面図.....9-10
図-10.4.1　事業実施機関と事業実施体制.....10-11
図-10.5.1　事業実施スケジュール.....10-14

第 1 章　　序論

1.1　　フィージビリティ調査の背景

調査団は、本調査に係る実施細則（S/W）に従って、2010 年 12 月 10 日にインテリムレポートをサンタ・カタリーナ州政府に提出した。インテリムレポートは、2010 年 3 月 25 日に現地調査が開始されたフェーズ 1 調査で策定されたイタジャイ川流域の洪水・土砂災害対策マスタープランを取りまとめたものである。

主報告書の第 2 巻 パート I マスタープラン調査の第 16 章に詳細を述べているように、州政府はイタジャイ川流域で目標とする治水安全度を 50 年確率洪水規模とすることを決定した。この治水安全度を達成するためには膨大な予算と多大な時間を要することから、当面は優先度をつけた治水施設の段階的整備を行い治水安全度を徐々に上げていく方針とした。この方針に基づき、州政府は第 1 期の治水事業の整備目標として概ね 10 年確率規模とすることも決定した。これに従い、フェーズ 2 調査で実施されるフィージビリティ調査の対象案件として、下記に示す第 1 期治水事業のための優先事業が選定された。

i)　水田の雨水貯留

ii)　治水ダムの嵩上げとゲート運用の変更（2 ダム）

iii)　発電ダムの貯水池運用の変更（2 ダム）

iv)　既存洪水予警報システムの強化（FFWS）

v)　Itajai 市イタジャイミリム川の水門設置

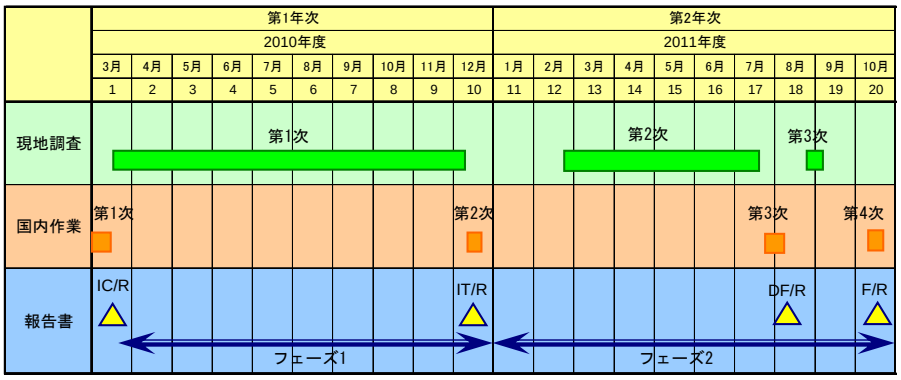
上記の治水優先事業に加え、土砂災害対策の第 1 期優先事業として、下記の 2 事業も選定された。

i)　道路斜面対策工（13 箇所）

ii)　土砂災害・フラッシュフラッド警報システムの設置

1.2　　フィージビリティ調査のスケジュール

フェーズ 2 調査としてフィージビリティ調査が 2011 年 2 月に開始され、現地調査を同年 7 月に終了した。フェーズ 2 調査の期間は、下図に示すように約 8 カ月間である。



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-1.2.1　本調査の全体スケジュール

1.3　ブラジル国側実施機関の変更

サンタ･カタリーナ州では 2011 年 1 月から新知事が就任し新体制がスタートしたが、Defesa Civil が新たに局に昇格した。新局長が州議会の承認を得て同年 4 月に就任した。これに関連して、本調査のブラジル国側実施機関が FAPESC から Defesa Civil に変更となったが、FAPESC はカウンターパート機関として参加した。

1.4　フィージビリティ調査報告書

本フィージビリティ調査報告書は、フェーズ 2 調査で実施された優先事業に係るフィージビリティ調査結果を取りまとめたものである。

また、フェーズ 1 調査と同様に、多くの州行政機関や地方行政機関との協議、及びワークショップや技術セミナーを開催した。下表は、フェーズ 2 調査で実施した協議やヒアリングの記録である。

表-1.4.1　フェーズ 2 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	2011/2/28	EPAGRI	Althoff Geraldo(市民防災局長）、佐藤次長（JICA ブラジル事務所）、竹田（同所員）	新任局長との顔合わせ、本調査の紹介
2	2011/2/28	SC 州知事室	Raimundo Colombo(州知事)、Eduardo Pinho Moreira(副州知事)	M/P の概要と F/S 内容の説明
3	2011/2/28	財務局長室	Ubirantan S. Rezende(財務局局長)、Althoff(市民防災局長)	M/P の概要と F/S 内容の説明
4	2011/2/28	国際連携特別局	Marcelo J.Trevisani(国際連携特別局　局長代理), Althoff(局長)	M/P の概要と F/S 内容の説明
5	2011/3/1	戦略問題実施局	Paulo Eli Consultor Geral（局長代理), Althoff(局長)	M/P の概要と案件形成に係わる予算関連について
6	2011/3/1	行政局	Milton Martini(行政局 局長), Althoff(局長)	M/P の概要と F/S 内容の説明
7	2011/3/1	計画局	Tulio Tavares Santos(計画局　局長代理), ノルトン計画部長、セーリャ（都市開発部長（前 Gravantal 市長））　Althoff(局長)	M/P の概要と F/S 内容の説明
8	2011/3/2	FAPESC	Sergio Luiz Gargioni (　総裁), Mario(部長), Veran(部長), Althoff(局長）	M/P の概要と F/S 内容の説明
9	2011/3/2	FATMA	Murilo Xavier(総裁), Heriberto Hulse Neto(ライセンス部部長）	M/P の概要と F/S 内容の説明　、ライセンス取得に関する打ち合わせ
10	2011/3/10	Deinfra	Wojcikiewice(部長)、Roberto Alexandre Zattar(部長)、Antonio Romeo Branco Farias(部長)	測量、地質調査の作業計画と立ち入り許可の依頼
11	2011/3/10	Deinfra (オペレーション部)	Celso Luiz Muller de Faria(部長), Adolar Ferreira Filho	測量調査の作業計画と今年の豪雨に伴う災害状況
12	2011/3/10	SC 州政府内 SC Parcerias (公共･民間事業促進公社)	Enio Branco（総裁）、Grauco Filho 部長	M/P の概要と F/S 内容の説明、民間事業について
13	2011/3/10	農業・地方開発局	Joao Rodrigues 局長、Luiz-Ademir Hessmann（Epagri 総裁)	M/P の概要と F/S 内容の説明
14	2011/3/16	SDR Ituporanga	Adelmo Cesar Santa (局長) Daniel Rogelio Schemitt（市議長)	M/P の概要と F/S 内容の説明

No.	日時	場所	面談先	面談内容
15	2011/3/16	SDR Rio Do Sul	Italo Coral 局長,Garibaldi Antonio Ayroso(副市長)、各市長や職員計 20 名	M/P の概要と F/S 内容の説明
16	2011/3/16	SDR Taio	Hugo Lembeck (局長)、Ademar Dalfovo（市長）AMMAVI 会長　各市長や職員計 20 名	M/P の概要と F/S 内容の説明
17	2011/3/16	SDR Ibirama	Osvaldo Tadeu Beltramini(局長)、各市長や職員計 8 名	M/P の概要と F/S 内容の説明
18	2011/3/17	SDR Timbo	Rogerio Raul Theiss(局長)	M/P の概要と F/S 内容の説明
19	2011/3/17	SDR Blumenau	Cesar Bitelho (局長), Rufinus Seibt(副市長)、ポメロド市長、Althoff(局長）	M/P の概要と F/S 内容の説明
20	2011/3/17	SDR Brusque	Fabricio Satiro de Oliveria(局長)、Raquel Fabiane Mafra(SDS　イタジャイ委員会メンバー)	M/P の概要と F/S 内容の説明
21	2011/3/17	SDR Itajai	Fabricio Satiro de Oliveria（局長)	M/P の概要と F/S 内容の説明
22	2011/3/22	EPAGRI	Pauro Arruda(財務部長)	M/P の概要と F/S 内容の説明
23	2011/3/22	DEINFRA	Paulo Meller 総裁、William Ernst Wojcikiewics（計画・プロジェクト部長）	道路斜面対策工について
24	2011/3/21	州議会議院	Kennedy Nunes(州議員、Defesa Civil 委員長)	M/P の概要と F/S 内容の説明
25	2011/3/23	Itajai 市	Jandir Bellini(市長)、Joao Omar Macagnan(計画局長）, Everlei Pereria(所長)	M/P の概要と F/S 内容の説明と Itajai 市の治水対策について
26	2011/3/30	Blumenau 市	Joao Paulo (市長)	M/P の概要と F/S 内容の説明と道路斜面対策工について
27	2011/3/30	Rio do Sul 市	Milton Hobus　(市長)	M/P の概要と F/S 内容の説明と流域委員会について
28	2011/3/31	SDS	PauloBornhausen(局長)、Edison pereira de lima(水資源部長)	M/P の概要と F/S 内容の説明とレーダー雨量観測計について
29	2011/4/6	CELESC	Antonio Gavazzoni 総裁, Michel Becker 技術・配電部長, Andre Rezende 渉外部長	M/P 及び F/S 対象事業選定に関する説明とプロジェクトへの協力要請
30	2011/4/19	Civil Defense (Rio do Sul)	Eng. Andoro	洪水予測と検証した結果について
31	2011/4/19	CEOPS/FURB (Blumenau)	Prof. Helio Santos	洪水予測と検証した結果について
32	2011/4/29	UNIDAVI (Rio do Sul)	70 名出席者	ダム運用と洪水警報システムに関するワークショップ
33	2011/5/05	Defesa Civil (Itajai)	Everlei Pereira 所長（コーディネーター）	観測設備概要説明と運用について
34	2011/5/06	Defensa Civil	Defesa Civil の幹部職員（30 名）	局発足に関わるセミナー（新体制、マンデイト）
35	2011/5/10	Defesa Civil	Reginete、Frederico 課長	予警報システムに関する説明及び協議
36	2011/5/13	CELESC	ベルゾーラ氏、ダニエル氏、発電所管理担当 2 名	ダムゲートの機能に関して

No.	日時	場所	面談先	面談内容
37	2011/6/3	CRAVIL	Harry Dorow 農協理事長, Moacir 技術者, Almir Krugeer 技術者	水田貯留の事業実施方法について
38	2011/6/3	Epagri (Itajai)	Jose Alberto Noldin 試験場長	EPAGRI 所有の試験場（水田貯留）
39	2011/6/8	EPAGRI	200 名出席者	第 3 回技術セミナー
40	2011/6/9	SC 州技術者協会	30 名出席者	事業説明
41	2011/6/9	AMAVI	Wilando Kurth (環境学者)	イタジャイ委員会の見解と環境面からの事業評価について
42	2011/6/9	SDR Blumenau	Prof. Sheila	イタジャイ委員会で実施している河畔林再生について
43	2011/6/13	Deinfra (Sul dam)	Eng.Henz	リザーバー内の家屋状況について
44	2011/6/21	Defesa Civil (Itajai)	Everlei Pereira 所長（コーディネーター）	観測設備概要説明と運用について

出典：JICA 調査団

ダム運用と **FFWS** に関するワークショップ（**2011** 年 **4** 月 **29** 日）

第 **3** 回技術セミナー（**2011** 年 **6** 月 **8** 日）

1.5 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。

第 2 章　水田の雨水貯留に関するフィージビリティ調査

2.1　計画の概要

2.1.1　背景

当該流域の水田は、総面積 26,295 ha で、特に、上流部 Taio から Rio do Sul までの地区、Timbo 地区、Gaspar から Itajai に至る地域に集中している。水田面積は、流域総面積の約 1.8 %程度と少ないものの、河川沿いに分布し洪水時の湛水域として、洪水対策上、重要な役割を果たしている。一方、ブラジル国では、近年、全ての産業活動における環境部門での規制を強化しており、農業部門においても、環境法に基づいた営農実施が義務付けられるようになっている。農業部門における主な規制項目としては以下のものが挙げられる。

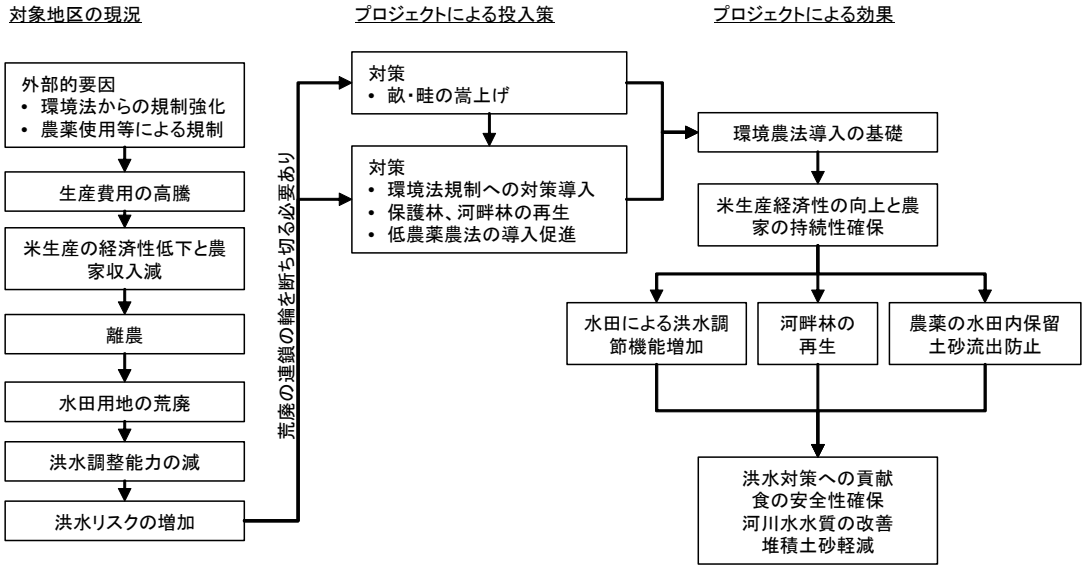
- 森林法による土地活用規制（保護林および河畔林等の永久保護地区の設定）
- 農薬等の使用に関する規制

森林法では、全農地に対し、土地合法証明書（Certidão de Regularidade Funfiaria）を取得することを義務付け、保全域（RL）および永久保護林（APP）を森林法に基づき設けることを義務付けている。農生産物に関しては、より安全な食品への消費者の需要が高まっており、今後、農業を維持する上では、より安全でかつ生産過程が明確な農産物を供給していることを証明できうるトレーサビィティーの証明が日々高まってきている。

これらの農業生産上での規制・品質管理の流れは、農家の農業生産の複雑化、生産費用高騰に繋がり、特に零細農家の離農を加速させる要因ともなっている。当流域の稲作生産農家は、零細農家で構成されており、これらの必要条件がもたらす離農現象、ひいては、水田荒廃に直結し、水田の洪水機能低減のリスクとなりえる可能性を有している。このため、洪水対策の上から、流域における水稲栽培を促進する必要性が生じている。

離農による耕作地放棄は、水田用地の荒廃、特に水田の区切りとなっている畝畦等の消失に繋がり、最終的に水田の持つ雨水貯留機能さえ消失するリスクを学んでいる。この負のリスクを助長しないためには、農地荒廃への連鎖の輪を断ち切るための方策導入が必要となっている。

当プロジェクトにおいては、水田用地を洪水対策として活用すると同時に、農業の近代化のベースとなる畝・畦の嵩上げ、水田の環境対策として森林法に基づいた土地登記を可能とする土地測量、河畔林地区の設定および河畔林再生、さらには低農薬農法導入を行えるベースを整えることにより、雨水貯留機能の維持、農業近代化の導入さらには環境農法導入の基礎を構築していく。次図に水稲栽培と水田雨水貯留機能の関連を示す。



出典：JICA 調査団

図-2.1.1　水稲栽培と水田雨水貯留機能の関連

2.1.2　計画の概要

(1)　計画の目的

当計画は、前述の背景を基に、流域に広がる水田を広く活用し、水田の持つ雨水貯留機能拡充のための水田の畝・畦等の嵩上げをおこなうと伴に、環境法に即した営農促進を図ることにより、流域における雨水貯留機能の拡充を図り、同時に環境重視型土地利用の促進および安全な食料品の供給を目指すこととする。主な対策として以下の事業を展開する。

雨水貯留機能拡充	-	水田域の畝・畦の嵩上げ
環境重視型土地利用促進	-	河畔林の再生
	-	環境法に即した土地利用合法化促進
安全な食料品供給	-	PIA（統合的米生産）促進

上記の事業実施により下記の効果を創出する。

水田域の畝・畦の嵩上げ	- 水田の雨水貯留能力の拡充（4 千万から 11 千万 m^3 程度の貯留効果を期待） - 農薬の水田内保留 - 土壌流失の低減
河畔林の再生	- 環境法に基づいた農業生産地区への変遷 - 河岸の安定 - 土地合法証明書取得のベース構築
環境法に即した土地利用合法化促進	- 罰則なし - 農業融資へのアクセス性向上
PIA（統合的米生産）促進	- 安全な食料供給 - 米付加価値付与による農家経済の安定

(2)　計画対象域

当計画水田貯留事業の対象域は、イタジャイ流域に広がる水田とする。各流域毎の流域面積、水田面積および水田面積割合は下記の通りである。

表-2.1.1　各流域毎の流域面積、水田面積および水田面積割合

支線流域	流域面積 (km^2)	水田面積 (km^2)	流域での水田面積割合
Total Basin	15,221	268	1.76%
Itajai do Oeste	3,015	99	3.30%
Itajai do Sul	2,027	20	0.97%
Itajai do Norte	3,354	11	0.32%
Benedito	1,500	30	2.01%
Luis Alves	580	20	3.39%
Itajai Açú	3,359	61	1.81%
Itajai Mirim	1,679	23	1.34%

出典：JICA 調査団

(3)　水田貯留事業達成の方策

水田貯留事業は、水稲生産農家の洪水被害リスク拡大の上に成り立つ事業であることより、その代償として水稲生産農家が水田貯留事業の担い手となりえる条件を整備していく。具体的には、水田の洪水被害リスク拡大の代償として、生産者が環境法遵守の上で必要な土地合法証明書所得に必要な費用の代替および将来の水稲の価格付与の可能性を有する PIA 導入に向けての支援を行っていくこととする。

計画としては、公的部門による畝・畦嵩上げ事業に伴う費用投入に加え、生産者の参画促進により事業を進めていく。公的部門によりおこなうべき畝・畦嵩上げ事業に伴う投入内容は以下の通りである。

表-2.1.2　畝・畦嵩上げ事業に伴う投入内容

	公的部門	生産者
計画策定	- 住民間合意形成・住民組織の構築支援 - 参画者土地登記書の整理支援 - 測量 - 事業実施案の策定 - 工事計画書策定（土工量、実施スケジュール、参画者の役割）	- 住民間合意形成および住民組織の構築 - 参画者土地登記書の整理 - 住民間事業実施案の合意 - 生産者の役割決定 - 事業実施契約書締結
水田域の畝・畦の嵩上げ	- 必要予算・機械の算定と申請 - 事業実施の方策決定 - 畝・嵩上げ事業費用支援（80%） - 工事管理支援	- 工事実施 - 事業費一部負担（20%）
河畔林の再生		- 河畔林柵設置 - 植樹
環境法に即した土地利用合法化促進	- 土地登記書確認 - 土地測量 - APP、RL 等の証明発行（CREA 技術者） - APP 範囲の設定	- 土地再登記 - 土地合法証明書取得
PIA 促進	- PIA（統合的米生産）農業技術指導	- PIA 農業の導入

出典：JICA 調査団

一方、水田は、流域全域に広がっており、生産農家も 2,000 農家を超えること、一括して事業を実施が困難なこと、入札による事業実施が困難なこと、多岐の業務があること、個人の水田にて事業を行なう事より、以下の方法により事業を実施していくことを提案する。

公的部門
- 計画策定のためのコンサルタントの調達およびサービスの提供 - 畝嵩上げ事業費用負担（80%）

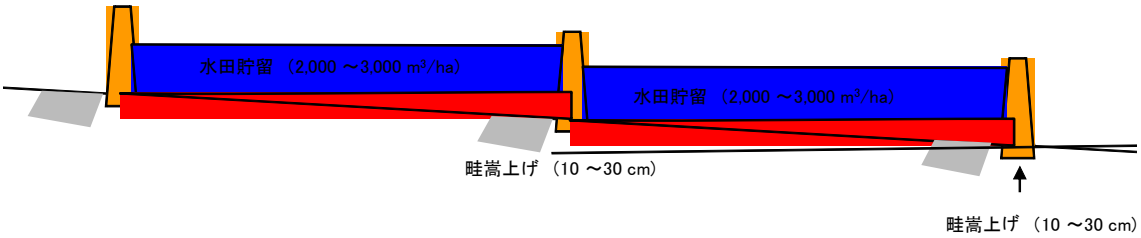
生産者
- 畦・畝嵩上げ工事実施 - 植樹・河畔林柵設置 - 事業費用負担（20%）

2.2 水田の雨水貯留事業の計画設計

2.2.1 事業内容

(1) 水田貯留の方策

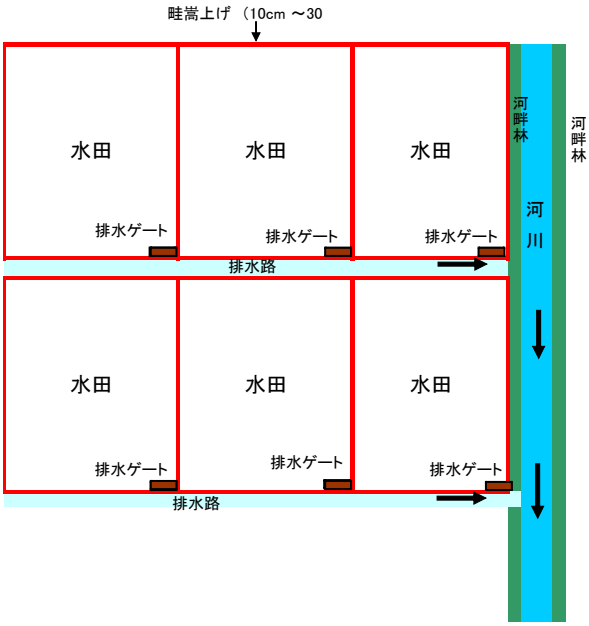
水田貯留事業は、現況の畝高（平均 10 cm）を 20 cm~30 cm 嵩上げし、単位面積（ha）あたり 2,000 m^3 から 3,000 m^3 程度の貯留効果を期待する。



出典：JICA 調査団

図-2.2.1 水田貯留の方策

畝・畦の嵩上げは、下図に示すように水田の縁部分の畦を嵩上げしていく。ただし、稲作への洪水被害を軽減する目的で、各筆に水位制御用の簡易ゲートを設置する。



出典：JICA 調査団

図-2.2.2 水田貯留

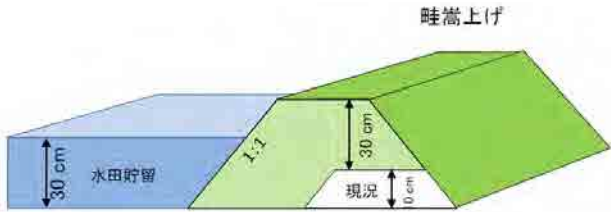
(2) 貯留水深と畦嵩上げ高の決定

稲作は、湛水性作物であることより、洪水等の水田貯留が可能な作物である。ただし、被害を受けやすい時期は、穂ばらみ期（減数分裂期）を中心とする出穂前 20 日頃から出穂期にかけてであることより、この時期における被害を引き起こさないように、貯留水深（湛水深）を計画する。なお、貯留水深は、当流域にて栽培されている水稲の高さ及び水稲の成長過程を考慮にいれ以下の様に計画する。

- 無耕作期の水田貯留可能水深は 30 cm とする。
- 出穂期にかけては、湛水深を最大 30 cm とし、貯留可能水深を 20 cm とする。
- 播種後、1 ヶ月程度は、水稲が長期間水没に耐えられないことより、貯留水深期間

を 4 日以内とする。

嵩上げ高は、ゲートの設置および水田貯留水深 30 cm を確保できる様に、現況の畦より更に 30 cm 程度、嵩上げをおこなう。



出典：JICA 調査団

図-2.2.3　畝横断図

単位延長あたりの土工量

現況畝数量；$\frac{(0.5\ \mathrm{m} + 0.7\ \mathrm{m})}{2} \times 0.1\ \mathrm{m} \times 1.0\ \mathrm{m} = 0.06\ \mathrm{m}^3$

新規畝数量；$\frac{(0.5\ \mathrm{m} + 1.3\ \mathrm{m})}{2} \times 0.4\ \mathrm{m} \times 1.0\ \mathrm{m} = 0.36\ \mathrm{m}^3$

差（新規畝土量 － 現況畝土量）　$= 0.30\ \mathrm{m}^3$

(3)　事業対象域

事業対象域は、水田面積の内、比較的水田が集中している地区を中心に展開していく。また事業実施の可能性を考慮にいれ、上流域水田の 25%、下流域水田の 20%程度を対象域として推定する。なお、具体的事業実施対象地区は詳細設計の段階にて選定していく。現段階での推定対象域は、下記の通りとする。

全体水田面積；　25,000 ヘクタール

事業対象水田面積；　5,000 ヘクタール

(4)　畝延長と推定工事数量

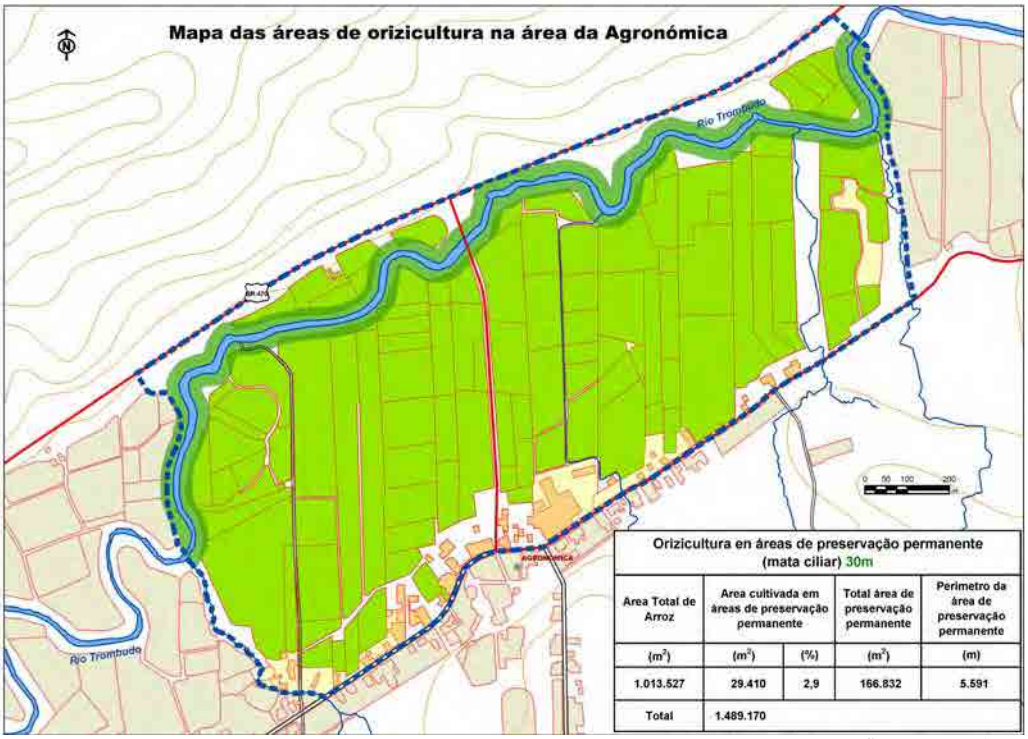
代表的水田地帯である Agronomica 市をサンプルとして必要工事数量を算定すると以下の様になる。

表-2.2.1　Agronomica 市サンプル必要工事数量

	現況	単位面積あたり推定値	単位面積あたり工事費用
総面積			
水田面積	101.4 ha	1.0 ha/ha	
畝総延長	29.4 km		
圃場個数	106 筆		
河畔林面積		0.03 ha/ha	R$ 5.000/ha
河畔林縁総延長			
単位面積あたり畝延長	m/ha	300 m/ha	
畝土工量		90 m^3/ha	R$3,150/ha
平均圃場面積	ha	1 ha	
ゲート必要数		1 箇所/ha	R$250/ha
単位面積あたり河畔林	16.6 ha	0.16 ha/ha	
単位面積あたり河畔林縁延長	5,600 m	55 m/ha	

注；単位面積あたり畝工事費用=90m3XR$35/m3=R$3,150/ha, 河畔林工事費＝植樹 1000 本ＸR$3/本＋柵設置法＝R$2,000
出典：JICA 調査団

次図に Agronomica 市水田域の例を示す。



出典：JICA 調査団

図-2.2.4　Agronomica 市水田図

測量、事業計画策定および環境ライセンス費用、環境合法化費用等を含くめた事業費用は下記の通りと推定される。

表-2.2.2　事業費用

項目	数量	単位	単価（R$）	工事費（R$1,000）
水田対策事業	5,000	ha	3,400	17,000
河畔林事業	200	ha	5,000	1,000
小計				18,000
全体水田・河畔林整備計画書	20,000	ha	100	2,000
詳細計画、事業費積算、FDR 申請書作成	5,000	ha	200	1,000
施工管理支援	5,000	ha	600	3,000
測量	5,000	ha	100	500
証明書発行手続き	500	農家	1,000	500
環境ライセンス	5,000	ha	200	1,000
トレーニング	500	農家	1,000	500
合計				26,500

注；水田対策事業費は、畝工事費用（R$ 3.150）＋ゲート(R$250)にて算定。河畔林事業は、苗 1000 本（R$3.000）＋牧柵設置費用(R$2.000)にて算定
出典：JICA 調査団

工事の方式

水田貯留に係わる畝･畦嵩上げは、地域ごとに集団で実施していく。事業の実施方法は以下の通りである。

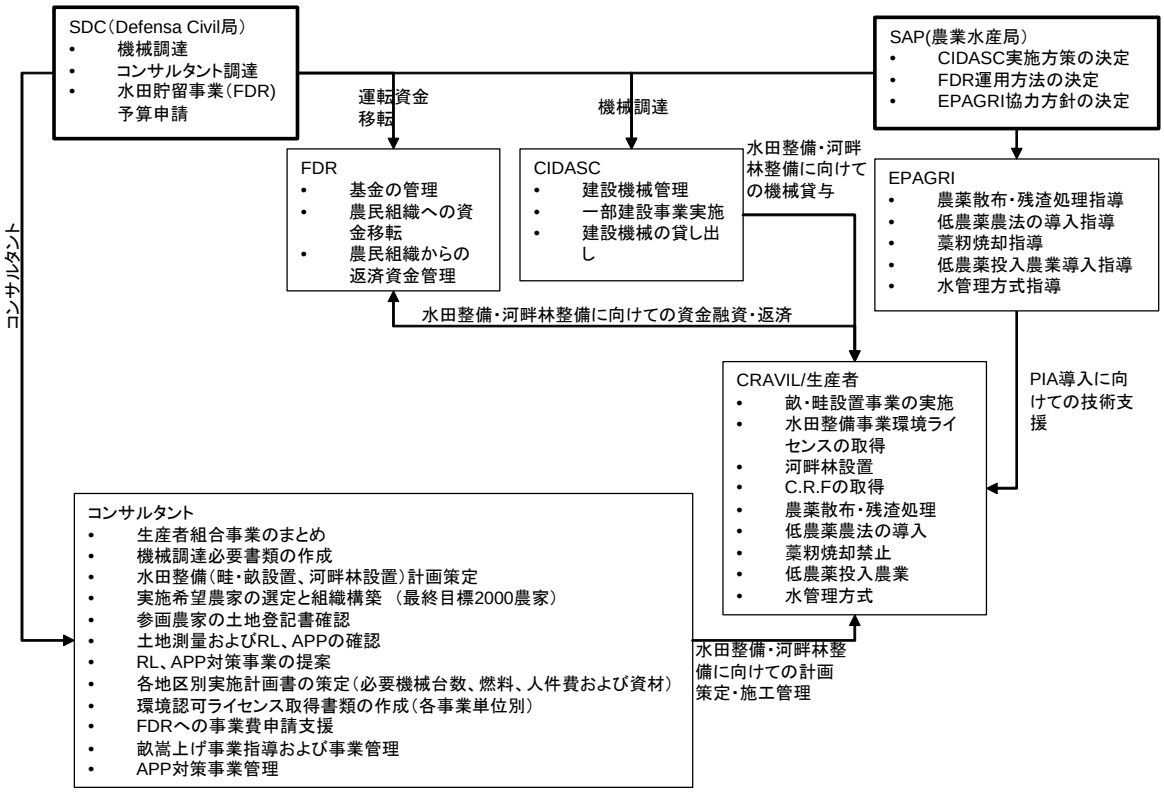
- 住民への嵩上げ事業プロモーション
- 地域住民合意形成
- 設計・測量
- 事業費積算

- 住民負担割合の決定
- コーディネイションユニットへの事業申請
- FDR への申請
- 事業評価・承認および事業実施契約書締結
- 農家による事業の実施
- 州政府（FDR）による事業費支払い（事業費の 80%）

事業プロモーション、合意形成、設計測量等の業務は、基本的に契約コンサルタントが実施していく。嵩上げ工事にかかわる土取り場は、地域住民の責任で決定するものとする。また圃場における工事は、生産者が直接、事業を実施する。

2.2.2 事業の実施体制

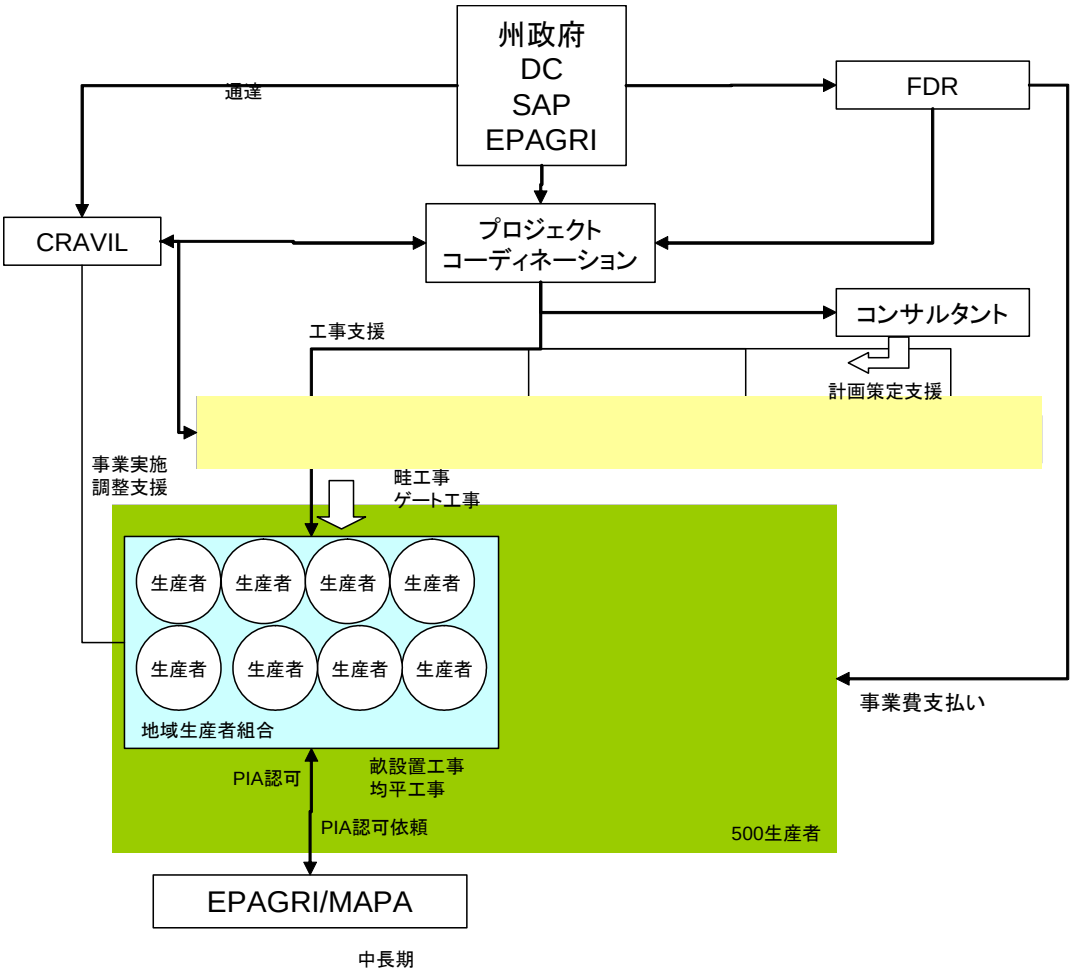
事業実施は、事業費用の節約を根底に置き、生産者自らの工事実施により事業を進めていく。州政府は、事業実施のため、建設機材の貸与、必要資材購入資金の融資および必要サービス（コンサルタントおよびトレーニング）の提供をおこなう。次図に水田貯留事業の実施体制を示す。



出典：JICA 調査団

図-2.2.5 事業実施体制

実施機関は、農業局で、その事業実施のため、コンサルタントを調達し実施をおこなっていく。



出典：JICA 調査団

図-2.2.6　事業実施の流れ

(1)　建設機械

水田貯留および河畔林再生事業の生産者組合による直接事業実施を目的として下記の建設機械を調達する。

表-2.2.5　必要建設機材

機械	必要建設機械	
土取り場掘削・運搬	10　台	TRACTOR C/R BLADE CAT D8
	50　台	DUMP TRCK (8 t)
	10　台	BACKHOE (1.5 m^3)
畝・畦設置用	100　台	90 kg VIBRATING COMPACTOR
	10　台	BACKHOE (1.5 m^3)
苗生産施設	10　箇所	年間育苗能力 220,000 本/年

出典：JICA 調査団

(2)　事業運営計画および資金

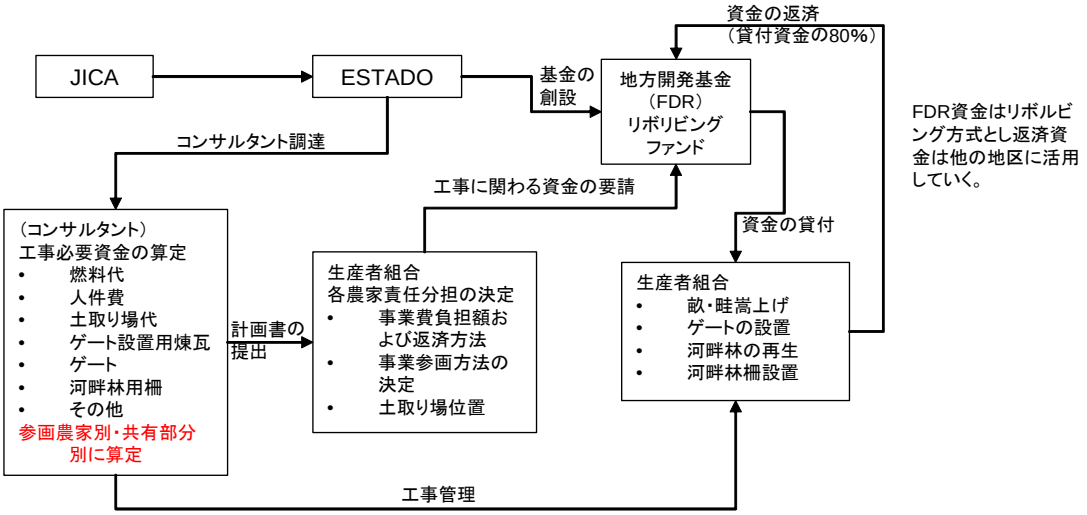
水田貯留事業は、生産者組合による直接事業実施方式とし、CIDASC にて管理される建設機械を用いて事業を実施する。ただし以下の運転資金に関しては、生産者組織が FDR に資金移転の申請を行うものとする。

- 燃料代
- 人件費（建設機械オペレーター）

- 資材費（土取り場、セメント、煉瓦等）

上記の費用に関しては、事業を行う組合が管理を行い、各受益者の費用負担割合を決定する。また計画策定書に基づき、必要資金の算定を行い、FDR に申請する。

なお FDR 活用資金は、返済を義務付け工事組合が責任を持ち返済していく。なお返済額は、貸付し金額の 80%とする。工事組合は、組合内で各参画者の返済額を決定し返済の方法についても事前に合意を取っておくこととする。次図に FDR 資金活用に関する流れを示す。



出典：JICA 調査団

図-2.2.7　事業運営の方策

なお FDR は、農水局に既に設置され、世銀融資 Micro Basin プロジェクトにて活用されているシステムを活用する。

(3)　コンサルタント調達

当業務のコンサルタントは以下の活動を行う。

- 全体事業実施方策の決定
- 工事ユニットの決定（各事業単位をベースに）
- 各工事ユニット別必要資機材選定およびスペック作成
- 嵩上げ工事入札書類作成とプロジェクトコーディネイション機関への承認手続き
- 実施希望農家の選定　（最終目標 500 農家）
- 参画農家の土地登記書確認（最終目標 500 農家）
- 土地測量および RL、APP の確認（最終目標 5,000 ha）
- RL、APP 対策事業の決定
- 各地区別実施計画書の策定（必要機械台数、燃料、人件費および資材）
- 環境認可ライセンスの取得（各事業単位別）
- 各工事単位別事業費積算
- 各生産者事業実施申請書作成支援
- 畝嵩上げ事業指導および事業管理

- APP 対策事業管理

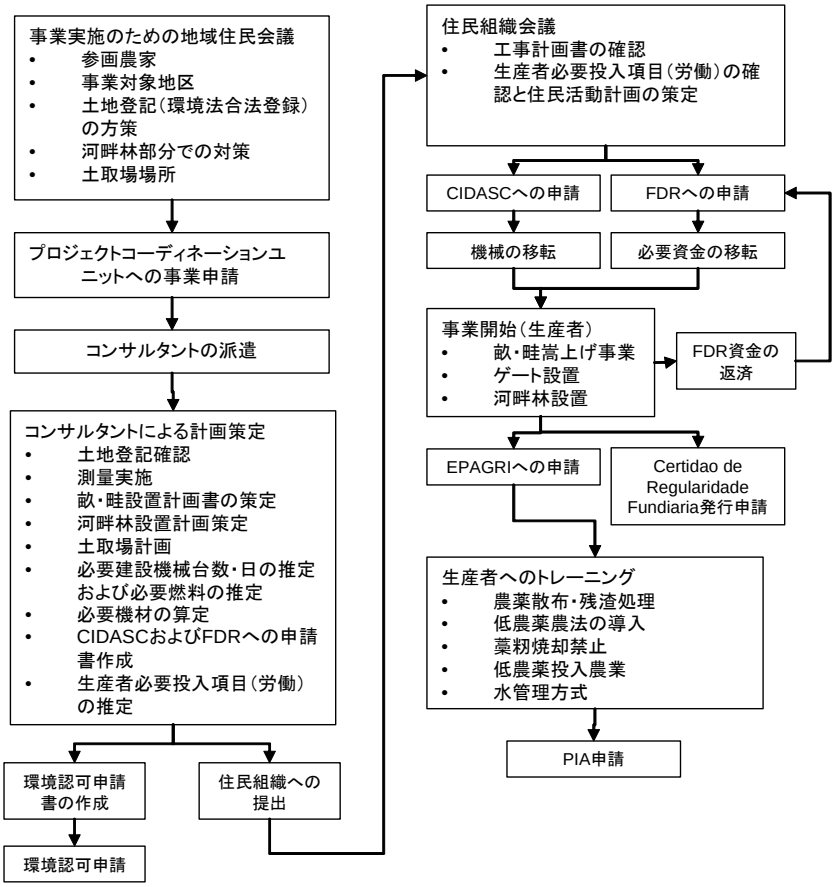
(4) PIA 導入に向けての技術支援

農水局 EPAGRI を活用し、PIA 導入に必要な以下の技術普及を行う。

- 農薬散布・残渣処理
- 低農薬農法の導入
- 藁籾焼却禁止
- 低農薬投入農業
- 水管理方式

2.2.3 事業実施のガイドライン

水田貯留事業のプロセスは次図に示すとおりである。



出典：JICA 調査団

図-2.2.8 水田貯留事業プロセス

(1) 事業実施のための地域住民会議

地域住民会議は、基本的に市役所の協力を得る目的で、各市役所、村落単位もしくは灌漑システム単位で住民会議を実施していく。なお、当単位は、将来の水田整備工事管理、システム管理および資金返済のベースとして構築していく。

当単位は、事業の円滑性を考慮にいれ、最低 10 農家以上で構成されることが望ましい。なお住民会議では下記の事項を決定する。

- 参画農家
- 事業対象地区
- 土地登記（環境法合法登録）の方策
- 河畔林部分での対策
- 土取場場所
- 組合代表者および管理の方法
- FDR への融資資金返済方法

(2) プロジェクトコーディネーションユニットへの事業申請

水田貯留事業の実施を目的として、プロジェクトコーディネーションユニットに事業申請をおこなう（第 10 章　節 10.4.2 参照）。コーディネーションユニットは、各地区からの申請に基づき、各ユニットでの施工順位を決定する。コーディネーションユニットは、申請に基づき、コンサルタントの派遣し、計画を策定すると伴に事業費を積算し、FDR への事業許可申請を行なう。

(3) 畝・畦嵩上げ、河畔林再生計画策定

水田畝･畦嵩上げおよび河畔林再生をおこなう目的で、以下の業務を実施する。

- 土地登記確認
- 測量実施
- 畝・畦設置計画書の策定
- 河畔林設置計画策定
- 事業費積算
- 生産者必要投入項目（労働）の推定

測量範囲は、基本的に畝・畦嵩上げ事業を行う予定の地区とし、他の地区（参画農家所有地）に関しては、参画農家の費用負担によるものとする。河畔林部分に関しては、各参画農家の土地登記書を基に確認し、個人の責任による部分、団体責任による部分を明確にしていく。土取り場に関しては、地域住民会議にて決定した項目（場所、費用負担方法）に従い、計画を策定する。同時に土工量を推定し、必要建設機械台数、必要経費、必要資材等を算定し CIDASC および FDR への申請のベースとする。

河畔林再生用の苗に関しては、育苗樹種、苗生産の方法、植樹の方法等について決定すると伴に、費用負担の方法についても明確にしておく。

(4) 環境認可申請書の策定

事業実施単位に基づき必要な環境認可申請書を作成する。なお州環境局（FATMA）にて必要とされる書類を作成する。

(5) 住民組織会議による最終確認と事業実施申請

住民組織会議を開催し、以下の点について確認する。

- 各生産者の負担額および返済方法
- 土取り場位置および費用負担の方法
- 嵩上げ工事実施の方法および工事参画の方針

- 河畔林再生の方法および関印範囲
- 事業実施許可申請書の作成

(6) 事業実施許可申請の評価・認可、契約書締結

各コーディネイション・ユニットは、各事業実施許可申請書に基づき事業費用の妥当性を評価し、妥当とみなされたものについて認可を行ない、FDR に申請を行なう。更に農家の責任、事業実施スケジュール等に関する契約書を締結していく。また受益者の水田における雨水貯留に関する責任も明確にしておく。

(7) 生産者による事業開始と工事経費の移転申請

生産者は、畝･畦嵩上げ工事および河畔林再生事業を行う。なお事業に要した費用は、実施機関に申請を行い、工事経費の移転申請を行なう。

(8) 工事経費の評価および経費支払い

実施機関は、畝･畦嵩上げ工事および河畔林再生事業に関わる経費の評価および現場査定を行い、妥当と判断されたものについて、FDR を通して経費支払いを行う。なお支払額は必要経費の 80%とし、生産者は 20%を負担する。

(9) 生産者へのトレーニング

当流域における水田貯留の効果促進および水質改善を目的として生産者への以下のトレーニングをおこなう。

- 農薬散布・残渣処理
- 低農薬農法の導入
- 藁籾焼却禁止
- 低農薬投入農業
- 水管理方式

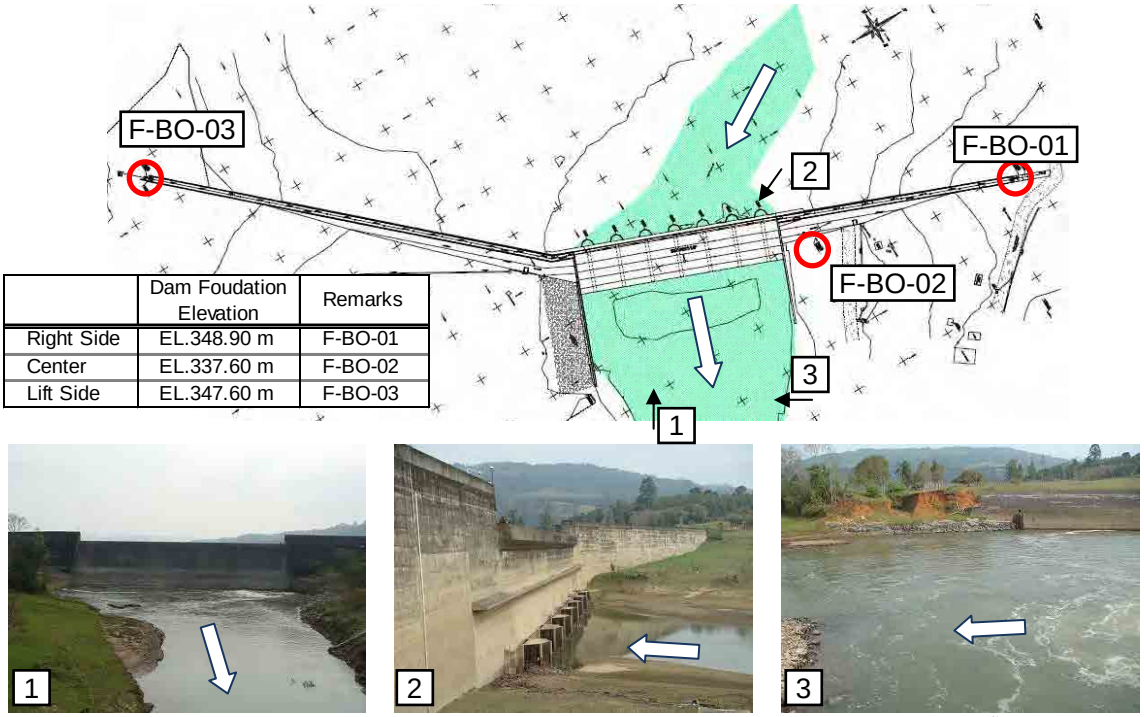
第 3 章　治水ダムの嵩上げとゲート運用の変更に関するフィージビリティ調査

3.1　ダム嵩上げの背景

Oeste ダムと Sul ダムの嵩上げはそれぞれ 25 年確率洪水、50 年確率洪水に対して必要となる。10 年確率洪水のような比較的小さい規模の洪水に対しては、両ダムともゲート全閉操作を行ったとしても洪水調節をすることが可能であるが、ゲートの操作方法や洪水波形によっては越流リスクが増大する。越流リスクを小さくするためには両ダムの嵩上げは必要と判断されたことから、本フィージビリティ調査の対象プロジェクトとして選定された。

3.2　現地調査及び地質状況

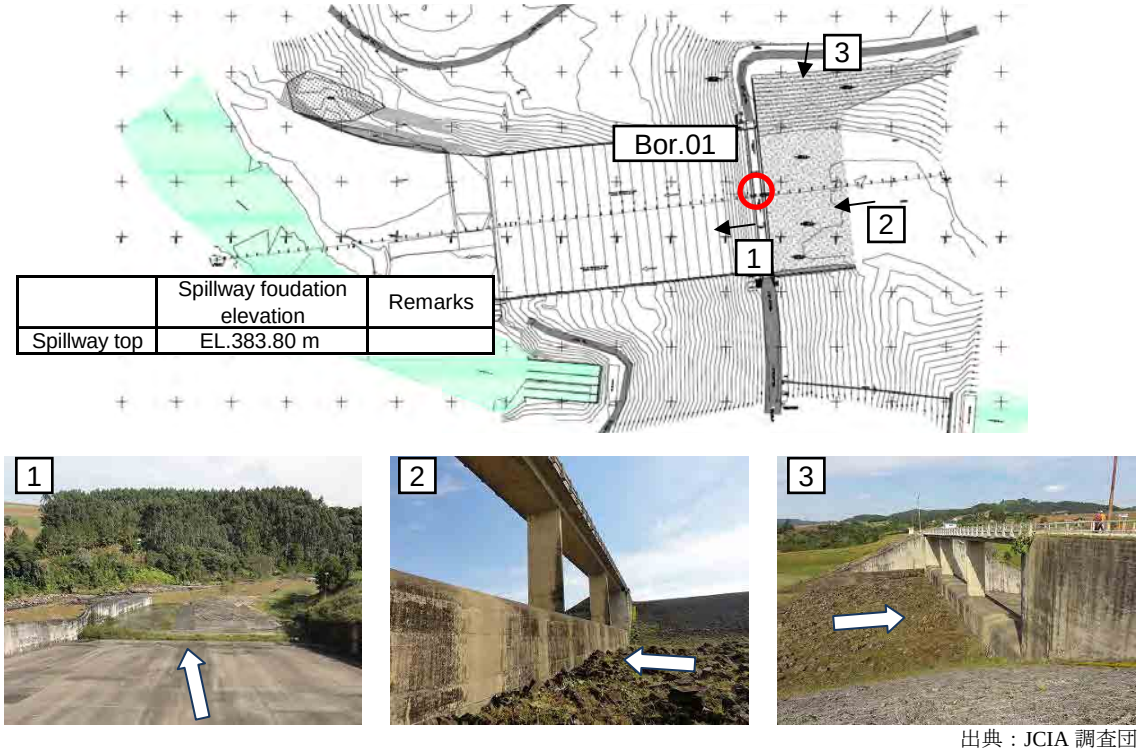
ダムの主な構造寸法を確認する目的で、対象の 2 ダムで平面測量を行った。これらは、概略設計に必要な基礎的な項目である。加えて、ダムの基礎形状を確認する目的でボーリング調査を実施した。調査ボーリングは、Oeste ダムで 3 箇所、また Sul ダムで 1 箇所実施した。両ダムの調査位置図を下図- 3.2.1 と 3.2.2 に示す。



	Dam Foudation Elevation	Remarks
Right Side	EL.348.90 m	F-BO-01
Center	EL.337.60 m	F-BO-02
Lift Side	EL.347.60 m	F-BO-03

出典：JICA 調査団

図-3.2.1　Oeste ダムにおける地質調査位置図



出典：JCIA 調査団

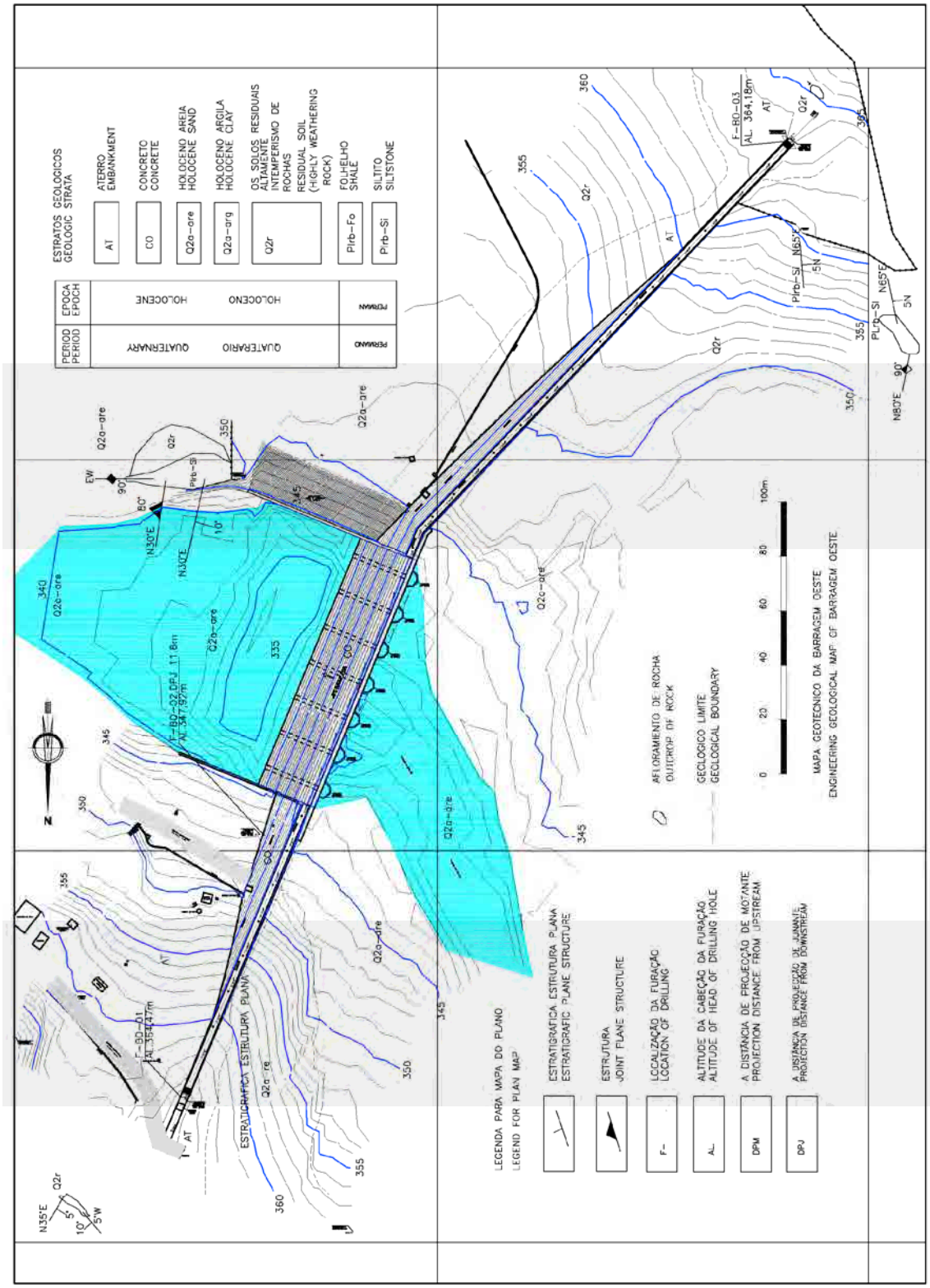
図-3.2.2　Sul ダムにおける調査ボーリング位置図

(1)　Oeste ダムの地質工学的評価

調査ボーリングおよび路頭の位置、地質構造および地質分布は図-3.2.3 に示した通りである。地質調査は既存のコンクリートダム本体の左岸側(No: FB-O-01, 掘進長: 30.6 m)、ダム中央(No: F-BO-02, 掘進長 26.0 m)、ダム本体右岸側(No: F-BO-03, 掘進長 25.5 m)で行われた。各調査孔では標準貫入試験を実施している。いずれの調査孔も、基礎岩盤は確認できていない。調査ボーリングおよび詳細なダムサイト調査を基に、新鮮な基礎岩盤の圧縮強度は約 30 MN/m^2 と推定され、中堅岩に分類される。亀裂が多い箇所での亀裂間隔は 5cm 以上である。既存の類似岩石に対するせん断試験によれば、せん断強度は τ=1.0 + σtan38° (MN/m^2)と推定された。

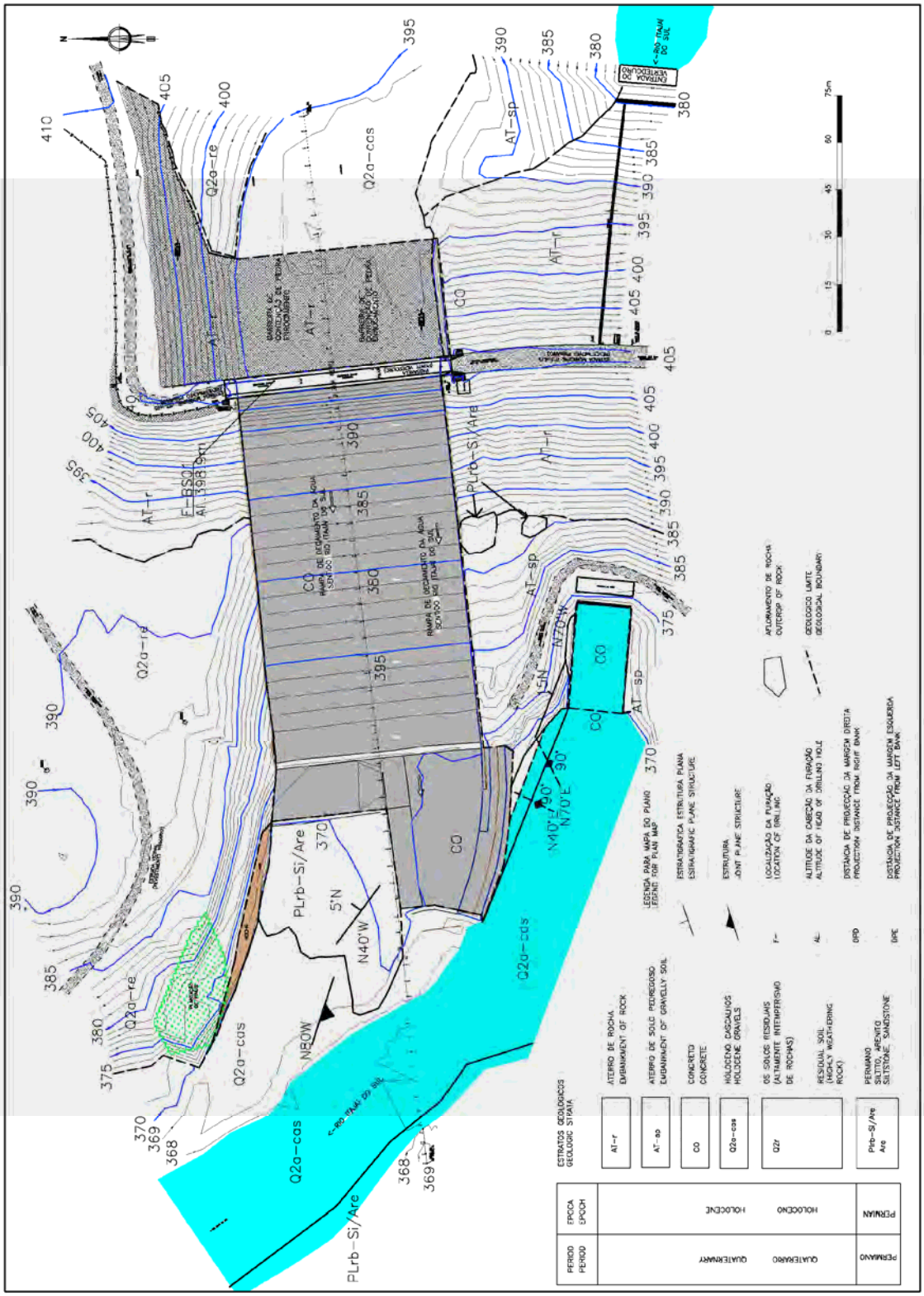
(2)　Sul ダムの地質工学的評価

調査ボーリングおよび露岩の位置、地質構造および地質分布は図-3.2.4 に示す通りである。調査ボーリングは、放水路の基礎岩盤の状況とコンクリートの品質を検証する目的で、コンクリート放水路の上部で行われた(No: F-BS-01, 掘進長: 20.0 m)。新鮮な基礎岩盤の圧縮強度は約 30 MN/m^2 と推定され、中堅岩に分類される。亀裂が多い箇所での亀裂間隔は 5 cm 以上である。既存の類似岩石に対するせん断試験によれば､せん断強度は τ=1.0 + σtan38° (MN/m^2)と推定された。詳細は、サポーティングレポート C に記載する。



Source: JICA Survey Team

図-3.2.3　Oeste ダム地質平面図



Source: JICA Survey Team

図-3.2.4　Sul ダム地質平面図

3.3　ダム嵩上げの基本設計

3.3.1　適用基準

Oeste ダム、Sul ダムの嵩上げ設計には、下記に示すブラジルの基準 i)を優先して使用した。同基準でカバーできない事項に関しては日本およびアメリカの基準 ii)、 iii)も併用した。

i)　CRITÉRIOS DE PROJETO CIVIL DE USINAS HIDRELÉTRICAS Outubro/2003

ii)　建設省河川砂防技術基準, 日本, 1997

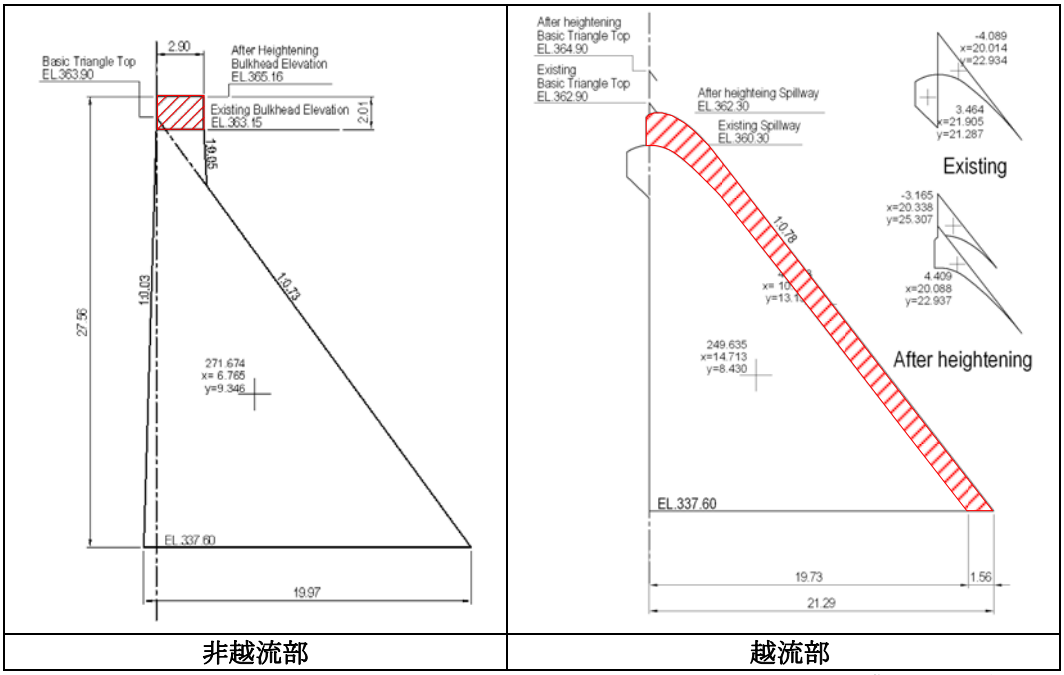
iii)　Design of Small Dams, Bureau of Reclamation, Department of The Interior, USA, 1987

3.3.2　基本設計

(1)　Oeste ダム

1)　非越流部および越流部

ダム堤体の詳細な地形測量を行ったところ、現ダムの越流部と非越流部の標高差は当時の設計より小さく、所要の非常用洪水吐き放流能力、余裕高を確保するために必要なダムの嵩上げ高は非越流部で 2.01 m、越流部で 2.0 m である。図-3.3.1 に嵩上げダムの標準断面を示す。



非越流部	越流部

出典：JICA 調査団

図-3.3.1 Oeste ダム嵩上げ標準断面

2)　嵩上げ後の転倒条件に対する安定計算

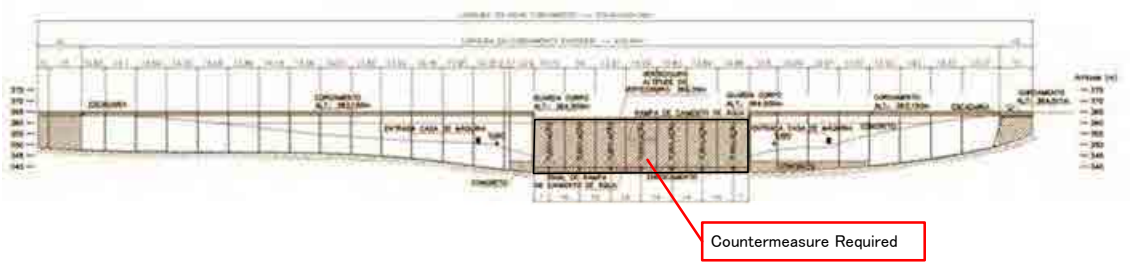
嵩上げに伴い荷重が増えるため、安定計算を実施し照査を行った。

<u>非越流部断面</u>

安定計算により、嵩上げ後のダム形状は転倒に対する安定性を満足することを確認した。

<u>越流部断面</u>

越流部については、現状では安定が満足しないことが判明した。下図に示すように下流断面に勾配 1:0.78、厚さ 1.20 m の腹付けコンクリートを打設し安定性を確保することとした。

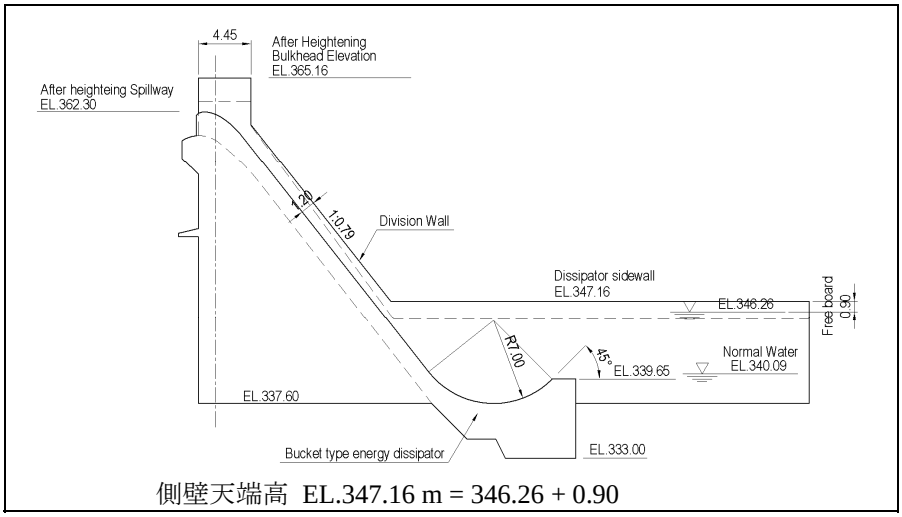


出典：JICA 調査団

図-3.3.2　Oeste ダム越流部の転倒条件を満足するために必要なコンクリート腹付範囲

3)　　減勢工

現況の Oeste ダムには減勢工は設置されていないが、一般的にはダムからの放流および越流水のエネルギーを減勢し、安全に流下させるためには減勢工を設置する必要がある。嵩上げに伴い放流および越流水のエネルギーが増加するため、減勢工の設置を本調査では検討した。減勢工の形式は、下図に示すように Oeste ダムの下流水位が十分に高いことから、バケットタイプが妥当と考え設計した。



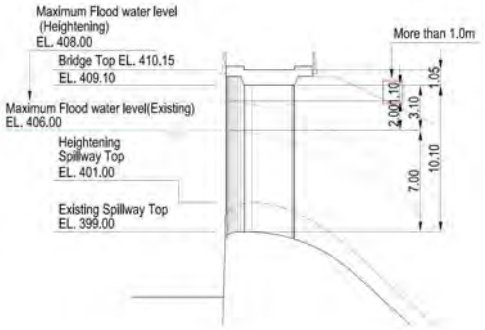
出典：JICA 調査団

図-3.3.3　Oeste ダム嵩上げ後の減勢工形状

(2)　　Sul ダム

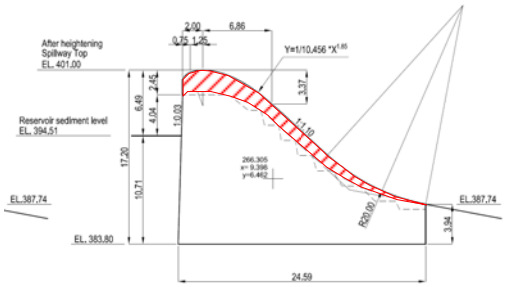
図-3.3.5 に示すように、Sul ダム越流部の設計流量は、2,570 m^3/s (10,000 年確率洪水流量)であり、当流量が流下する際の越流水深は 7.0 m と算定される。Sul ダムはダム天端標高に対して越流部の流下能力に余裕（現状では 4.0 m = 11.0 m – 7.0 m）があるため、越流部のみを 2.0 m 嵩上げする方針とした。越流部を 2.0 m 嵩上げしても、設計流量流下時の水位は、ダム天端に対して基準で定められている 1.0 m 以上である 2.0 m の余裕高を確保している。

図-3.3.6 に越流部の嵩上げ縦断形状を示す。設計に係る各種計算は、サポーティングレポート G に記載している。



出典：JICA 調査団

図-3.3.4　Sul ダム越流部の設計流量越流時水位



出典：JICA 調査団

図-3.3.5　Sul ダム越流部の嵩上げ形状

3.4　コンジットゲートの基本設計

3.4.1　既設コンジットゲートの現地調査

(1)　現地調査の目的

Oeste ダム、Sul ダムの両ダムは 40 年以上前に建設されたダムであり、長期間の摩耗、劣化によるゲート強度の低下が懸念される。また、当時の設計計算書は既に残っておらず、使用した設計基準、設計条件、および鋼材の種類等も不明である。したがって、今回の現地調査は下記を目的に実施した。

i)　ゲートおよび操作機器の現状を確認する。

ii)　ゲート、放流管、ボンネット等の部材厚さを測定する。

iii)　ダム管理人に対してゲート設備の操作状況や維持管理の記録を聞き取り調査する。

(2)　現地調査内容

ゲートの状態は、表 3.4.1 に示すとおりである。両ダム放流ゲートの漏水は多い。この原因は 1983 年に分解整備を行うために扉体を引き抜く際、ボンネットのフランジを外したためと考えられる。ピット内は漏水に含まれる砂が大量に溜まっている。砂や漏水はゲート操作に影響はないようであるが、排水ポンプの不具合原因になっていると推定できる。

(3)　放流ゲート及び放流管の板厚測定

測定結果は表 3.4.2 に示すとおりである。ゲートの分解整備が行われたのは 1980 年代であるが、腐食等は無く健全な状態であることを確認した。扉体等の部材厚を計測した結果、腐食は 0.1～0.2 mm 程度と想定され、これによる劣化は僅かであると評価される。

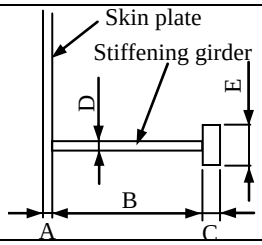
写真：ゲート設備の状況（左：Oeste ダム、右：Sul ダム）

表 3.4.1 ゲートの状態

項目	確認事項	Oeste ダム	Sul ダム
ゲートの状態	漏水	・ 漏水はゲートフランジ部に見られる。 ・ 全ゲートの伸縮継手に漏水が見られる。 No.1 スルースバルブ	・ 全ゲートのフランジ部と伸縮継手に漏水が見られる。 ・ No.4 スルースバルブ
	漏油	・ 油圧ユニット及び油圧シリンダに漏油はない。 油圧ユニット	・ 油圧ユニット及び油圧シリンダに漏油はない。 5 号ゲートの油圧シリンダ
	汚れ	・ 漏水による汚れが全てのゲートに見られる。 5 号ゲートピット	・ ピットに溜まった漏水により汚れの状況は確認できなかった。 ピット内の漏水(2 号ゲート)
	損傷	・ 全ゲートに損傷は見られない。	・ 全ゲートに損傷は見られない。

出典：JICA 調査団

表 3.4.2 測定結果

	Oeste ダム	Sul ダム	備考
放流管板厚	上流側 5.93mm 下流側 6.51mm	上流側 9.17mm 下流側 8.66mm	–
ガーダ板厚 (図面から推定される設計値)	A) 012.50 mm (012.7 mm) B) 100.00 mm (100.0 mm) C) 020.00 mm (020.0 mm) D) 012.80 mm (012.7 mm) E) 065.00 mm (065.0 mm)	A) 012.58 mm (012.7 mm) B) 122.00 mm (123.0 mm) C) 026.00 mm (025.4 mm) D) 016.20 mm (016.0 mm) E) 100.00 mm (100.0 mm)	

出典：JICA 調査団

3.4.2 適用設計基準

現在のゲート設備は、ゲート設計に関するブラジルの基準である ABNT NBR 8883:2008 が適用されている。したがって、嵩上げ後の既設ゲートおよび放流管の安全性もこの基準を使用して照査した。

3.4.3 ゲート改良の必要性検討

上記基準による計算の結果、嵩上げにより 2.0 m 水位が上昇しても、ゲートの強度に問題は無いと判断された。これは、腐食速度が想定より遅く、腐食代（長期的な腐食に対して 1.0 mm 見込まれていたと想定される）が 40 年経過後も十分に残っているためである。以上のように、既設ゲート設備はダム嵩上げ後も安全性を十分に満足していると判断される。

3.5 ダム運用の変更

3.5.1 基本方針

(1) ダム運用変更計画の基準地点

Oeste ダムの嵩上げと運用変更は、Taio 市における 10 年確率洪水に対して計画する。ただし、Rio do Sul はダムの嵩上げのみでは 5 年確率にも到達しないため（小規模ため池との併用により 10 年確率が達成される計画のため）、Oeste ダム運用変更計画の基準地点としては Taio 市が妥当である。

一方、Itajai do Sul 川沿いの Ituporanga 市の現況治水安全度は 10 年確率以上である。しかし、Rio do Sul 市の Itajai do Sul 川沿いの安全度は 10 年確率より小さいため、Sul ダムの運用変更計画の基準地点としては、Itajai do Sul 川沿いの Rio do Sul 市地点が妥当である。

(2) 目標治水安全度

M/P では、ダムの嵩上げをはじめとする治水対策は 50 年確率洪水を対象として計画されている。しかし、第一期事業の暫定的な目標治水安全度は 10 年確率洪水であるため、ダムの運用も暫定的に 10 年確率洪水に対して作成する。

10 年確率以上の洪水時には、ダムから越流する可能性があるが、Oeste ダム、Sul ダムとも 5 年に 1 回程度の割合で越流している現状よりは改善される。

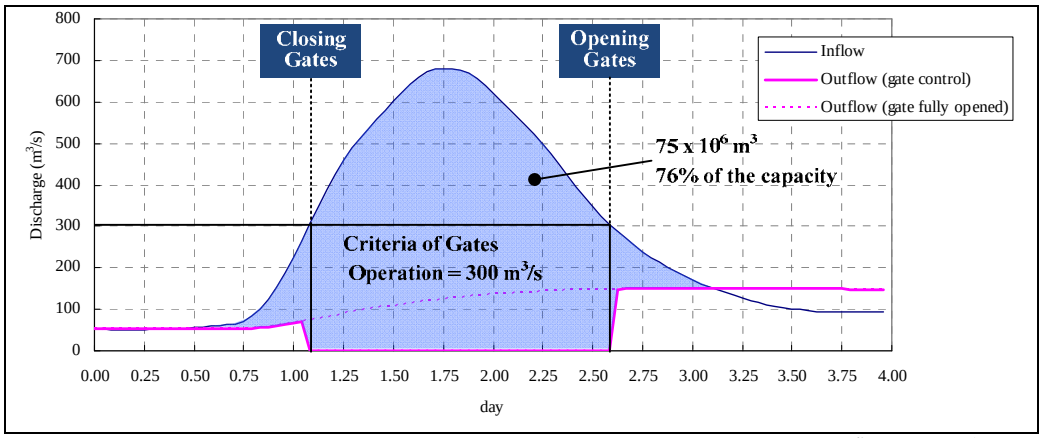
3.5.2 洪水調節方法

(1) Oeste ダムの洪水調節方法

10 年確率洪水に対して、ダムのゲートを全開で操作した場合の、Taio 市における洪水流量は 520 m^3/s である。この流量は、Taio 市の現況流下能力である 440 m^3/s を上回っており、ダムによる必要なピークカット量は 80 m^3/s である。

一方、Rio do Sul 市に対する効果を最大限発揮するためには、可能な限り全量カットが必要であり、ゲート操作の簡素化の面でも全量カットは望ましい。

Oeste ダムのゲート操作は全開、全閉とし、全閉および全開とする際の流入量は 300 m^3/s とする。このとき、計画洪水の洪水調節に必要な容量は、貯水容量の余裕は全容量の 80 %であり、雨の降り方による流入量の違いや、超過洪水への備えとして、貯水容量の 20 %を余裕分として確保できる。



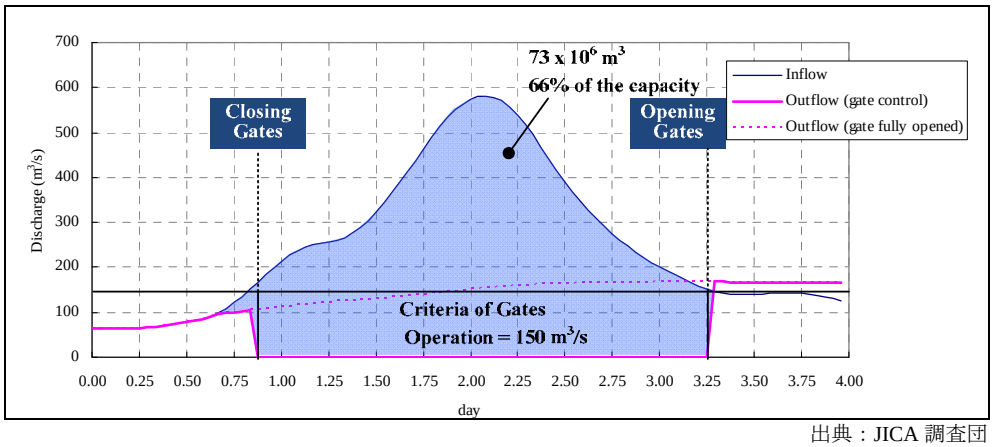
出典：JICA 調査団

図-3.5.1　Oeste ダムの洪水調節方法

(2)　　Sul ダムの洪水調節方法

Sul ダムにおいて全てのゲートを全開にして 10 年確率洪水を迎えた場合の、Rio do Sul 市（Itajai do Sul 川沿い）の最大流量は 570 m^3/s と想定される。この流量は、Rio do Sul 市（Itajai do Sul 川沿い）の流下能力 440 m^3/s より大きく、Sul ダムによりさらに 130 m^3/s 調節する必要がある。

Sul ダムにおけるゲート操作（全閉および全開操作）の目安は、貯水池への流入量で 150 m^3/s を提案する。この時の 10 年確率洪水に対する洪水調節容量は 73 百万 m^3 であり、 貯水容量にたいして 34%の余裕がある。したがって、降雨分布に対する不確実性や超過洪水時の操作に対しても十分な余裕がある。



出典：JICA 調査団

図-3.5.2　Sul ダムの洪水調節方法

(3)　　ゲート操作の方法

以上に示した洪水調節に対するゲート操作は全閉全開のみの単純なものであるが、ゲートの操作者は貯水池への流入量を随時把握していなければならない。ゲート操作時の貯水池への流入量は下の式によって算出される。

$$Q_{in} = \frac{\Delta V}{\Delta t} + \overline{Q}_{out}$$

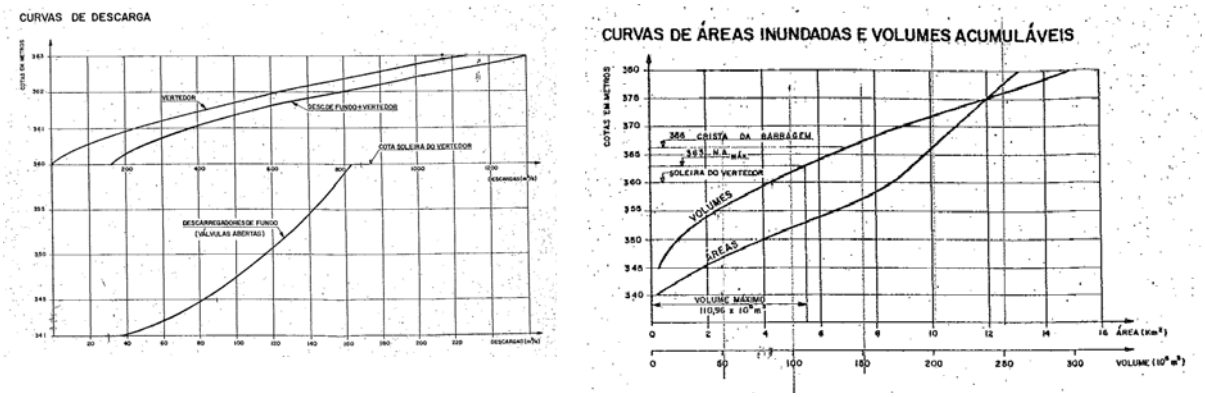
ここに、Q_{in} ：ダムへの流入量 (m^3/s)、ΔV ：Δt 時間内の貯水量の増分 (m^3)

$\overline{Q}_{out}$ ：Δt 時間内のゲートからの平均放流量 (m^3/s)

この式から分かるように、ゲート操作者が適切にゲートを操作するためには、貯水池水位やコンジットゲートからの放流量を 30 分または 1 時間毎に正確に取得しておく必要がある。したがって、ゲート操作者は貯水池水位と貯水池容量の関係曲線、および貯水池水位とゲート開度とゲート放流量の関係曲線も知っておかなければならない。

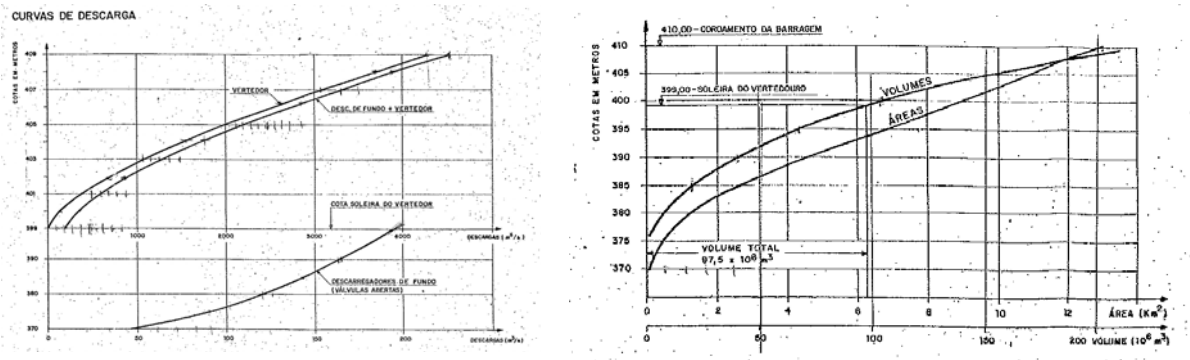
図-3.5.3 と図-3.5.4 は、Oeste ダムと Sul ダムに関する既存の関係曲線であるが、これらはゲート開度を考慮しておらず、また非公式と思われる古い資料に載っているものであり（ダム管理者は所有しておらず、ダムの図も完成形と異なる部分がある）、嵩上げ事業の実施時に見直す必要がある。

また、同図の貯水位と貯水量との関係も更新されていないため、実施中の航空測量、定期的な貯水池測量により常に貯水池の容量を把握しておかなければならない。



出典：Obras Existentes de Conrole de Cheias, Barragem Oeste, CAEEB MME/DNAEE

図- 3.5.3　Oeste ダムの水位と貯水量および放流量の関係曲線



出典：Obras Existentes de Conrole de Cheias, Barragem Sul, CAEEB MME/DNAEE

図-3.5.4　Sul ダムの水位と貯水量および放流量の関係曲線

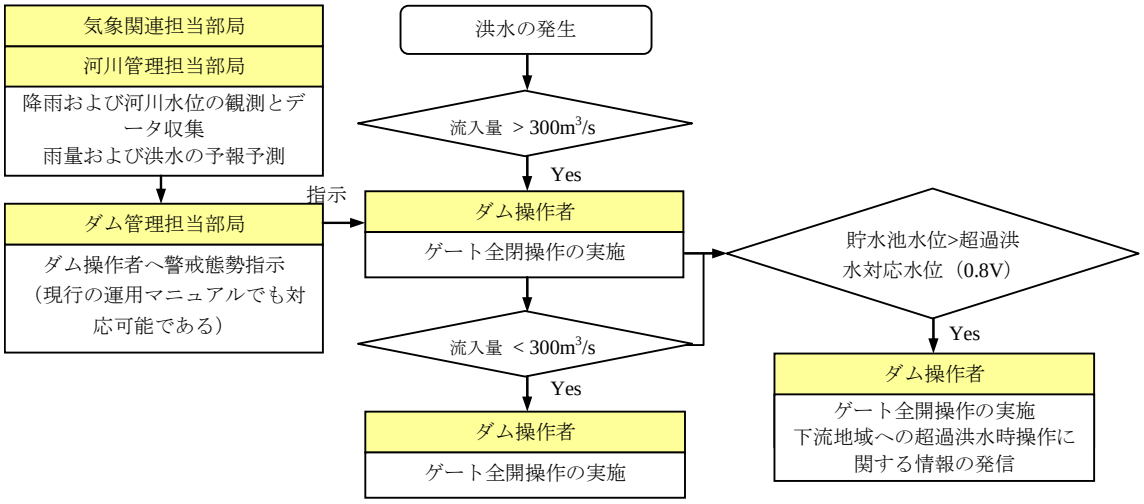
ダムの嵩上げ事業と完成後の管理は DEINFRA の所管になる。現状のダム管理は、1 名の駐在者が行っており、洪水時に DEINFRA 本部から責任者が駆けつけて操作の指示を行っている。貯水池の水位はスケールの目視による確認である。上記のゲート操作は、貯水池への流入量を把握しながらの行う必要があるため、現状の体制では 1 時間程度の時間間隔で水位、流量、下流状況等を把握しながら運用することが適当であろう。

3.5.3　超過洪水に対する操作

洪水調節中に超過洪水であると判断された場合には、通常の調節操作を止めることが望ましい。超過洪水は、余水吐きからの越流を招き、下流河川における急激な水位上昇の原因となる。このため、ゲート操作者は次のような操作を行うことで、越流による下流の水位上昇速度をできるだけ低減すべきである。

i) 洪水調節時（ゲート全閉時）に貯水池水位がある一定レベルまで達したら、全てのゲートを順にゆっくりと開ける。目安となる水位としては貯水容量の 80%に相当する水位が一般的である。この操作により、僅かではあるが、越流による下流での水位上昇速度を低減できる。

ii) ゲート操作者はゲートを全開操作する際、および余水吐きから越流する可能性がある際には、あらかじめ下流河川（Taio 市～Rio do Sul 市）の沿川住民に対してサイレンによる警報を発するべきである。



出典：JICA 調査団

図-3.5.5　ゲート操作のフロー（Oeste ダムの場合）

3.6 Sul ダム、Oeste ダムにおける放流管能力増強

F/S 調査（2011 年 2 月～7 月）後の 9 月にイタジャイ川流域において非常に大きい洪水が発生した。これを受け同 9 月に実施したドラフトファイナルレポート提出時に、以下に説明する Sul ダム、Oeste ダムの放流管の問題点と、その対策として放流能力の増強について提案した。

2011 年 9 月に発生した洪水の降雨量は Defesa Civil 局によると流域全体に 4 日間で概ね 200mm 程度の降雨があった報告されている。本調査ではイタジャイ川流域の 25 年確率 4 日雨量で 188mm、5 年確率 4 日雨量で 209mm と計算されているので、上記の雨量が正しいとすると 30 年～40 年確率程度の降雨であったことになる。Blumenau 地点での水位は、1983 年、1984 年洪水（いずれも 70 年確率前後と評価される）で 15.8m、15.5m（水位観測所のスケール読み値）、1992 年洪水（30 年確率程度）で 10.6m、2001 年洪水（7 年確率程度）で 11.0m であったのに対し、今回の洪水では 13m 弱であったことから、上記の評価は概ね妥当と思われる。

一方、Sul ダム管理所の記録では 9 月 6 日～9 日の 4 日間でダム地点の降雨量が 220mm に達したが、DEINFRA によると上流域では 300mm 程度の降雨が記録されているとのことであり、ダム流域では非常に大きな降雨があったものと想定される。この洪水では Sul ダム、Oeste ダムとも越流した。

Oeste ダム越流状況

出典：DEINFRA

Taio 市浸水状況

Rio do Sul 被災状況

出典：JICA 調査団

Rio do Sul 被災状況

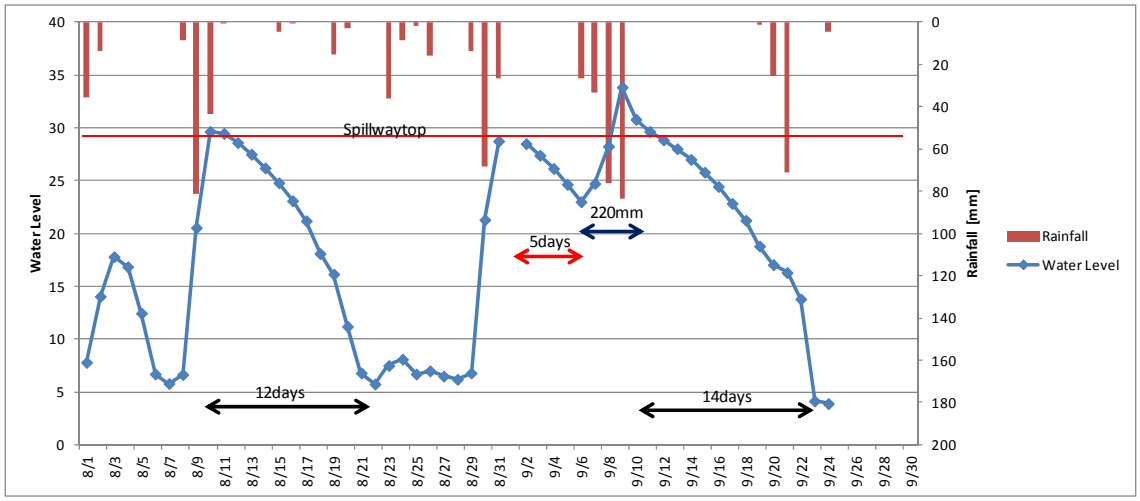
出典：JICA 調査団

Rio do Sul 痕跡水位（市役所前）

データを入手できた Sul ダムにおける 8 月から 9 月にかけての日降雨量と水位の状況を下図に示す。

- まとまった降雨が 8 月 10 日頃、8 月 30 日頃、および 9 月 6 日～9 日に発生している。
- 8 月 10 の洪水、9 月 6 日洪水では Sul ダムの水位低下に 12 日、14 日を要している。
- 9 月 6 日洪水は、8 月 30 日の洪水による水位ピーク後 5 日後の迎洪水位が高い状態で来襲した。
- Sul ダムにおける Spillway の最高水位は越流頂+5.0m であり底部の放流管と併せて 1600m^3/s 程度が放流されたと推定される。

以上の状況は二山洪水により発生したやむを得ない越流とも言えるが、そもそも Sul ダム、Oeste ダムとも放流管の能力が流域面積（それぞれ 1,042km^2、1,273km^2）に比して、190m^3/s、160m^3/s（満水時）と極めて低いことも問題である。



出典：JICA 調査団

図-3.6.1　2011 年 8 月～9 月の Sul ダムの降雨、水位状況

また、この洪水では Sul ダム底部の放流管操作室が損壊し、操作室内の操作盤が流失するとともに、ゲートへのアクセス路も不可能になった。幸い、機側操作が可能であり、すぐにゲートへのアクセスを復旧することで、ゲートコントロールが可能な状態に復旧したものの、特にダム底部にあるアクセス路の損壊はダム全体の安定にも関わる極めて重大な問題である。

Sul ダムの管理者によると、放流管の破損の原因として次の 2 点が考えられる。

- Spillway からの越流水が逆流し、操作室の下流側の壁を破壊した。操作室内に流入した洪水は操作室上流側にある扉を突き破り、堤体に衝突した。
- 堤体底部から配置されている放流水路内の洪水がコンクリート水路上面に衝突し、その衝撃あるいはそれにより発生する負圧により、上面コンクリート等を破壊した。

出典：JICA 調査団

Sul ダム底部放流管操作室損壊状況

以上のような問題を踏まえ、第 4 回現地調査において開催したカウンターパート会議において、放流管の増設による洪水調節および堤体の安全性の向上を提案し、治水ダムの管理者である DEINFRA も含め同意を得た。

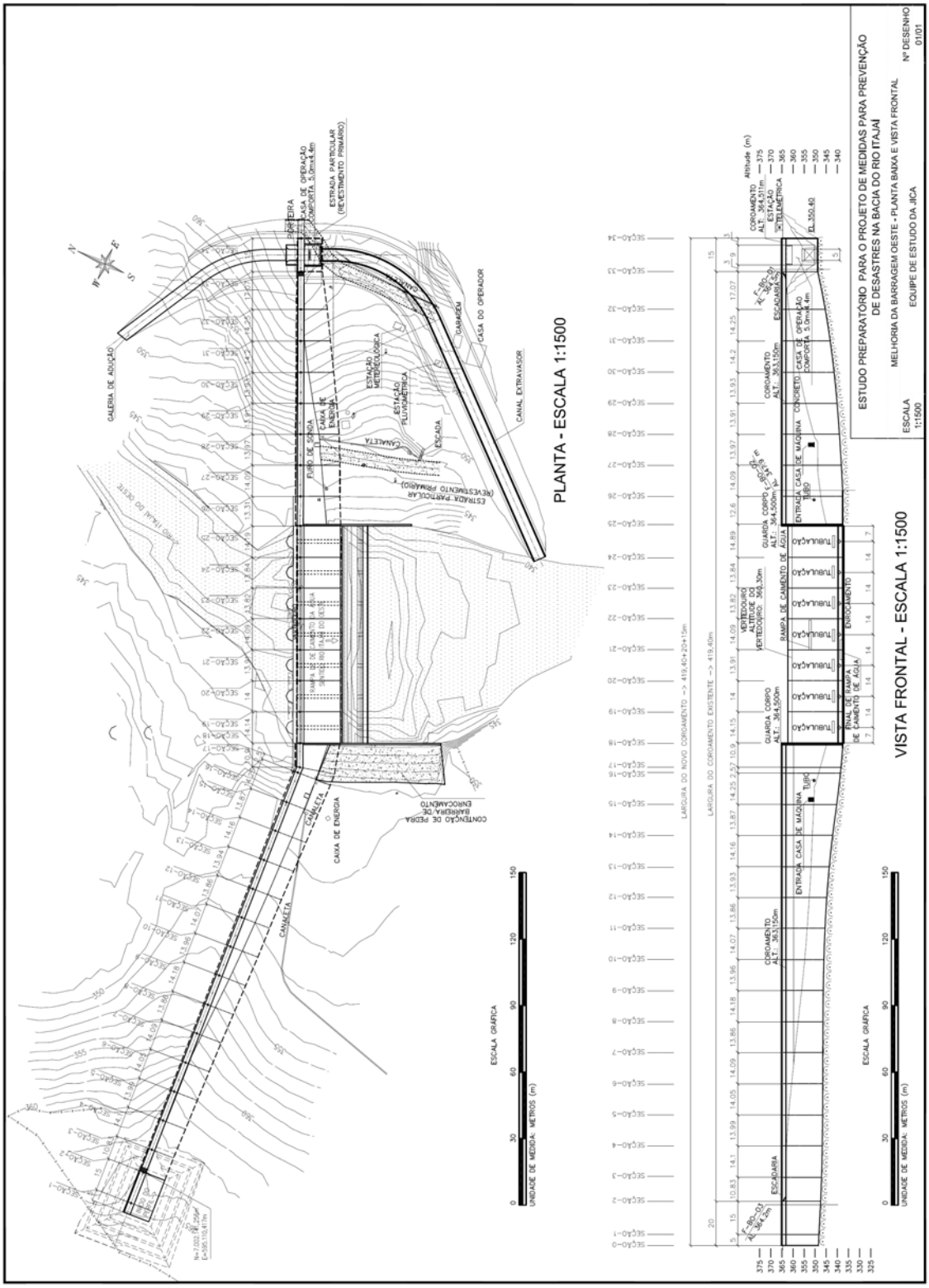
放流管の増設は、Sul ダムにおいては地山内のトンネル洪水吐き、Oeste ダムにおいては嵩上げに伴う左岸新設堤体部に配置する。増設放流管の能力は、**①水位低下速度を現状の倍にすること、②既設放流管の代替設備となり得ること**、の 2 点から既設放流管と同程度の能力を想定した。

i) **Oeste ダム**：嵩上げに伴う右岸側アバット部の新堤体部に洪水調節ゲートと放流管を設置し、ダムの下流では開水路により減勢工に導水する。

- 設計流量：180m^3/s
- 調節ゲート：幅 5.0m×高さ 4.4m
- ゲート下端標高：EL.350.4m
- 下流導水路：幅 5.0m×延長 180m）

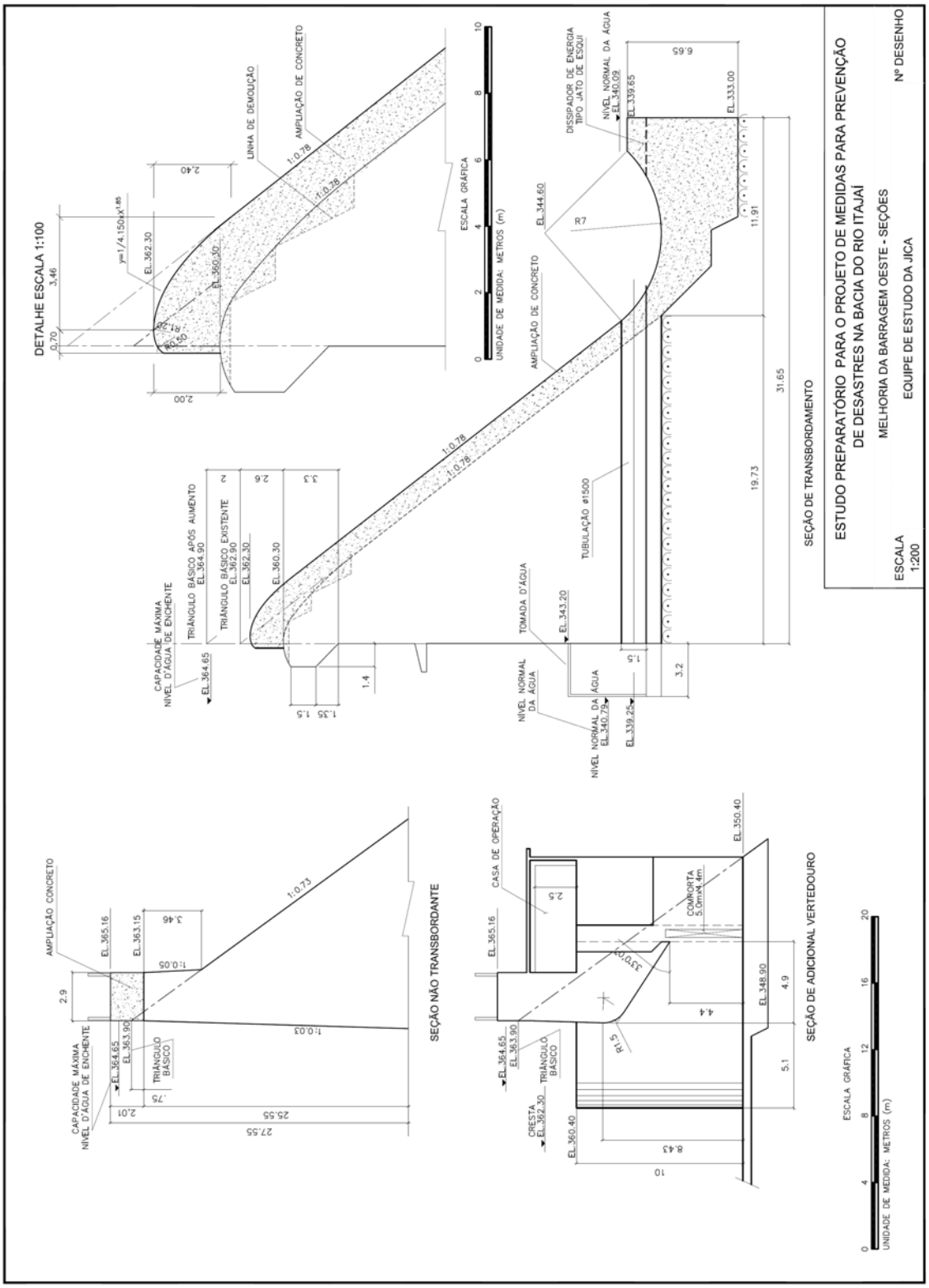
ii) **Sul ダム**：右岸側にトンネル式の放流管を新設する。放流管入口部のゲートで洪水流量を調節し、下流の水路トンネル（無圧水路）を通して下流河川に放流する。

- 設計流量：200m^3/s
- 調節ゲート：3.9m×3.9m
- ゲート下端標高：EL.380m
- 水路トンネル：延長 430m、2R 馬蹄形断面（径 6.0m）、水路勾配 1/60



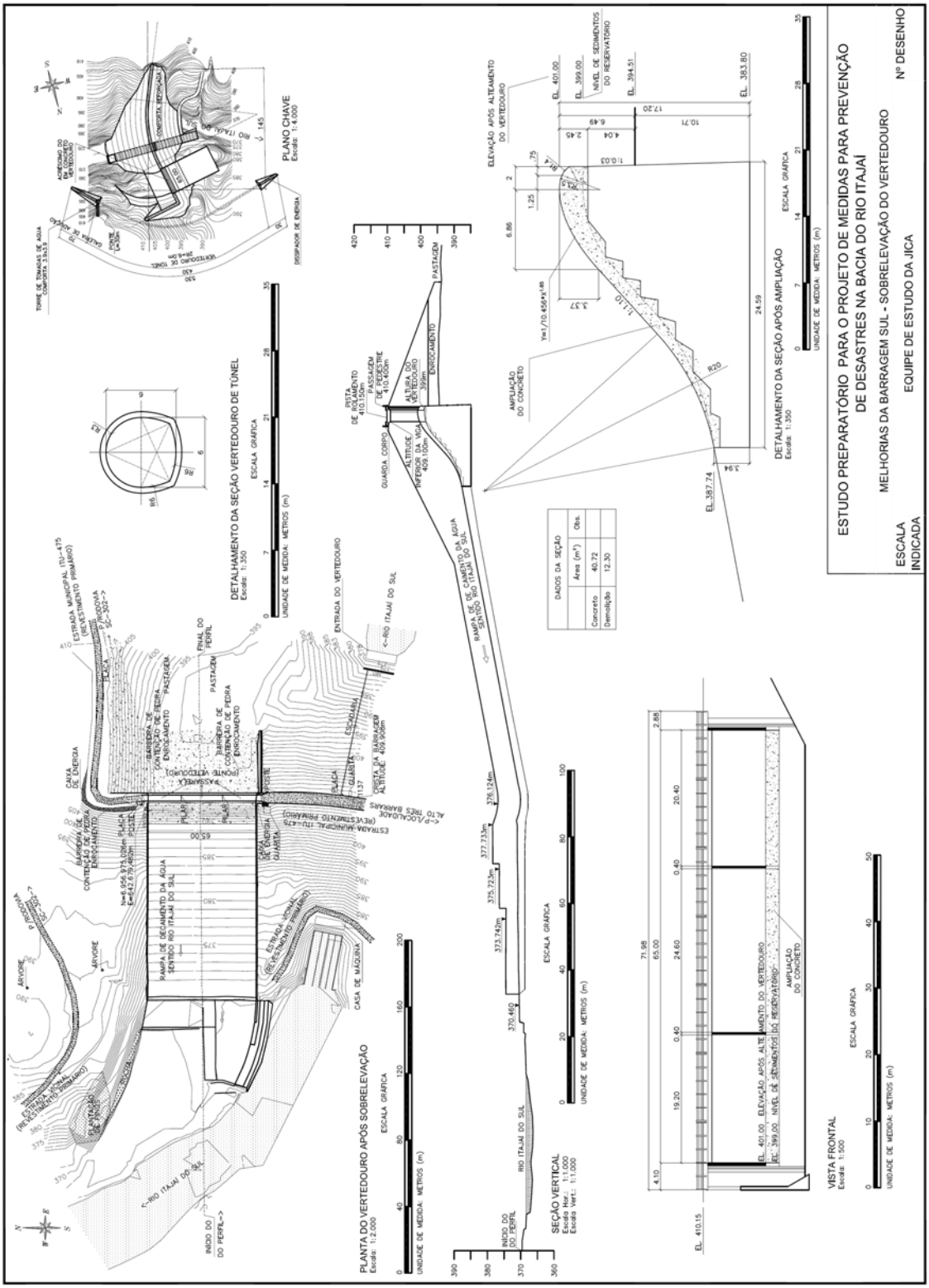
出典：JICA 調査団

図-3.6.2　Oeste ダム嵩上げ後の図面 (1/2)



出典：JICA 調査団

図-3.6.3　Oeste ダム嵩上げ後の図面 (2/2)



出典：JICA 調査団

図-3.6.4　Sul ダム嵩上げ後の図面

第4章 発電ダムの貯水池運用の変更に関するフィージビリティ調査

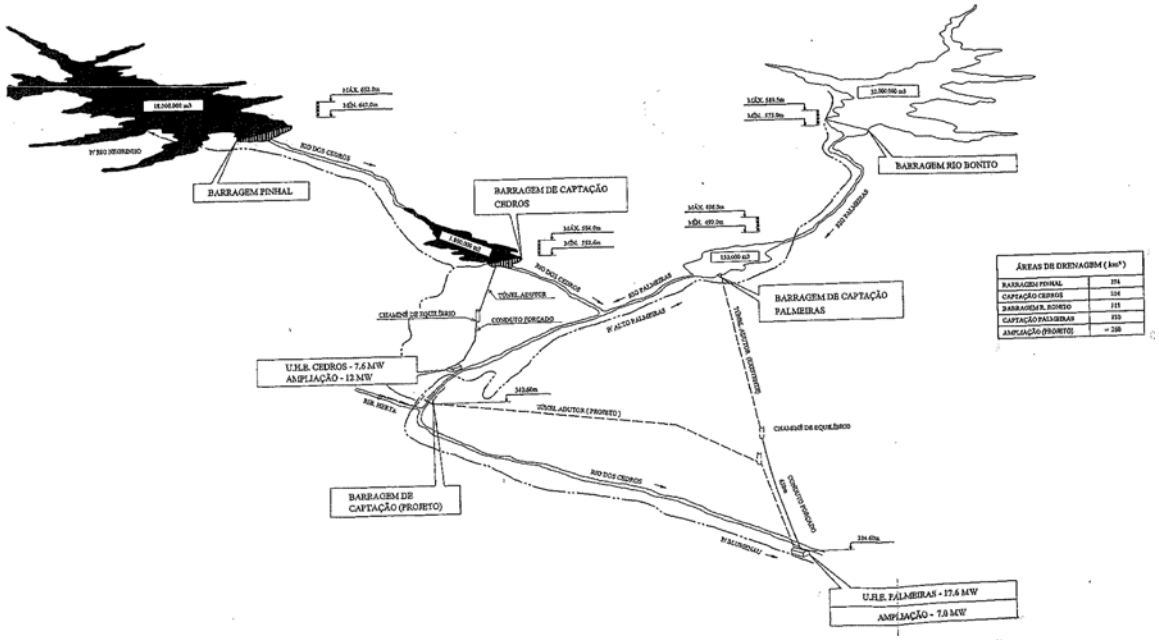
4.1　ダム運用変更の背景

マスタープランでは、Rio dos Cedros 川にある CELESC 所有の 2 つの既設発電ダム（Rio Bonito ダム、Pinhal ダム）を洪水の発生が予測されたときの予備放流操作によって洪水調節にも使用することを提案した。本メインレポートの Part I、8.4.2 節で述べたように、予備放流操作は洪水の流入前に貯留水を放流することにより貯水池水位を低下させ、それによる空き容量を利用して洪水調節を行ものである。

予備放流による洪水調節操作の対象となる都市は、Rio dos Cedros 川と Benedito 川の合流点に位置する Timbo 市である。 Timbo 市の 2 河川合流後の河道における流下能力は約 860 m^3/s であるのに対し、10 年確率洪水流量は約 920 m^3/s である。したがって、河道の流下能力は 10 年確率洪水流量に対して不足している。一方、10 年確率洪水時への 2 ダムへの合計流入量は 210 m^3/s である。Timbo 市における流入量を流下能力以下するためには、2 ダムの予備放流によって確保した洪水調節容量を利用して、2 ダムの合計放流量を 140 m^3/s まで調節する必要がある。

4.2　既設 2 ダムの基本諸元

図-4.2.1 は、Benedito 川の支川である Rio dos Cedros 川における CELESC の発電施設群の配置を示したものである。図に示すように発電施設群は 2 つの貯留ダム（Rio Bonito ダムと Pinhal ダム）と 2 つの取水ダム、および 2 つの発電所から構成されている。



出典：CELESC

図-4.2.1　発電施設の配置図

表-4.2.1、4.2.2 に 2 ダムの基本諸元を示す。

表-4.2.1　Rio Bonito ダムの基本諸元

項目		諸元	備考
ダム	ダム形式	ロックフィル形式	
	完成年	1963 年	
	ダム高	19.0 m	
	ダム天端標高	約 EL.592 m（正確な情報なし）	目視による確認のみ

項目		諸元	備考
貯水池	流域面積	119.8 km^2	
	総貯水容量	32 × 10^6 m^3	
	運用上の最高水位	EL.589.5 m	IBGE 基準標高ではない
	運用上の最低水位	EL.583.5 m	IBGE 基準標高ではない
取水設備	敷高	EL.573.7 m	IBGE 基準標高ではない
	ゲート寸法	高さ 3.0 m×幅 2.6 m	
	ゲート形式	スライスゲート（巻き上げ式）	
	ゲート操作方式	任意開度での操作が可能、機側操作のみ、電動	
余水吐き	越流頂標高	EL.587.3 m	IBGE 基準標高ではない
	ゲート形式	フラップゲート（巻き上げ式）	
	ゲート寸法	高さ 2.2 m×幅 9.0 m×2 門	ゲート頂部 EL.589.5 m
	ゲート操作方式	任意開度での操作が可能、機側操作のみ、電動	

出典：CELESC（既存資料と聞き取りによる）

Rio Bonito ダムの余水吐きゲート（左）と取水搭（右）

表-4.2.2　Pinhal Dam の基本諸元

項目		諸元	備考
ダム	ダム形式	アース＋ロックフィル形式	
	完成年	1949 年	
	ダム高	19.0 m	
	ダム天端標高	約 EL.654 m（正確な情報なし）	目視による確認のみ
貯水池	流域面積	179.9 km^2	
	総貯水容量	18,000,000 m^3	
	運用上の最高水位	EL.652.0 m	IBGE 基準標高ではない
	運用上の最低水位	EL.641.0 m	IBGE 基準標高ではない
取水設備	敷高	EL.638.2 m	IBGE 基準標高ではない
	ゲート寸法	高さ 2.6 m×幅 1.35 m×2 門	
	ゲート形式	スライスゲート（ラック式）	
	ゲート操作方式	任意開度での操作が可能、機側操作のみ、電動	
余水吐き（ゲート部）	越流頂標高	EL.651.0 m	IBGE 基準標高ではない
	ゲート形式	スライスゲート（ラック式）	
	ゲート寸法	高さ 1.0 m×幅 4.0 m×2 門	ゲート頂部 EL.652.0 m
	ゲート操作方式	任意開度での操作が可能、機側操作のみ、電動	
余水吐き（ゲート無）	越流頂標高	EL.652.0 m	IBGE 基準標高ではない
	越流頂長	53 m	

出典：CELESC（既存資料と聞き取りによる）

Pinhal ダムの余水吐きゲート（左）と取水搭（右）

4.3　予備放流の検討

4.3.1　洪水に対する現行の操作方法

発電所のダム操作者は、通常は Palmeiras 発電所の管理所で待機しており、1 日に 1 回ないし 2 回、各 1 名がゲート操作と施設点検のために各ダムに訪れる。ただし、洪水が発生した場合には、ゲート操作のため洪水の始まりから終りまでダムに張り付いている。

また、Rio dos Cedros 川上流域に洪水の発生が予測される場合には、CIRAM が予測情報を CELESC に提供し、CELESC は独自の判断で貯留水を放流することにより貯水池水位を最高水位から 50 cm 低下し、ダム越流部からのオーバーフローを回避する。

4.3.2　予備放流によるダム運用の変更

(1)　ダムの予備放流能力

各ダムの H-Q カーブによると、Rio Bonito ダムのゲート全開時の全放流能力は最高水位 EL.589.5m で約 190 m^3/s である。また、Pinhal ダムでは最高水位 EL.652 m でゲート全開の全放流能力が約 80 m^3/s である。

一方、雨季におけるダム流入の基底流量は多いときで約 10～20 m^3/s になる。これを考慮すると最高水位時の可能な予備放流量は Rio Bonito ダムで約 170 $m^{3/}s$、Pinhal ダムで 60 m^3/s 程度と考えられる。

(2)　予備放流により確保すべき洪水調節容量

2 ダムへの 10 年確率洪水流入量 210 m^3/s を 140 m^3/s まで調節するために必要な予備放流による洪水調節容量を、2 ダムオペレーションのシミュレーションにより検討した。検討の結果を表-4.3.1 にまとめる。

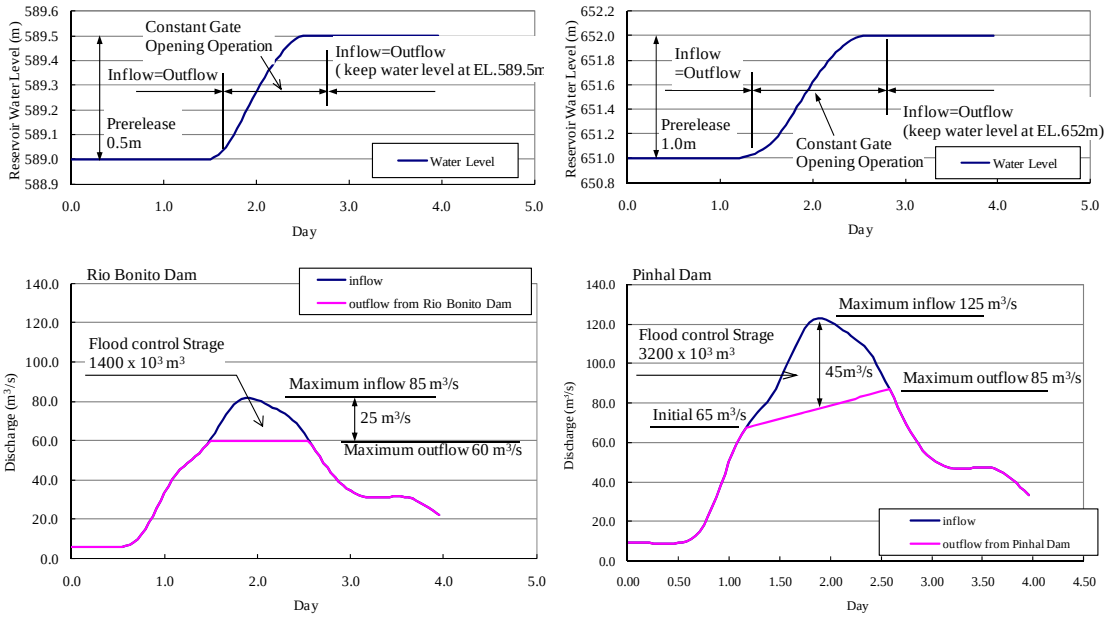
表に示すように、予備放流により確保すべき洪水調節容量は、Rio Bonito ダムで 1.4 百万 m^3、Pinhal ダムで 3.2 百万 m^3 である。図-4.3.1 には 2 ダムのオペレーションのシミュレーション結果を示す。検討の詳細は Supporting Report Annex B Flood Prevention Plan に記載する。

表-4.3.1　Rio Bonito ダムと Pinhal ダムにおける予備放流方法の提案

項目	Rio Bonito ダム	Pinhal ダム
運用上の最高水位	EL.589.5 m	EL.652.0 m
予備放流による最高水位からの水位低下量	0.5 m	1.0 m
予備放流後水位	EL.589.0 m	EL.651.0 m
予備放流で確保される洪水調節容量	1.4×10^6 m^3	3.2×10^6 m^3
最大流入量（計画洪水）	85 m^3/s	125 m^3/s
最大放流量	60 m^3/s	85 m^3/s
流入ピーク時の流量低減効果	25 m^3/s	45 m^3/s
洪水時のゲート操作 余水吐きゲート開度（定開度操作時） 取水設備ゲート開度（定開度操作時）	定開度放流 0.5 m 2.6 m	定開度放流 0.5 m 2.6 m

項目	Rio Bonito ダム	Pinhal ダム
洪水調節前のゲート操作	取水ゲートの操作により水位を EL.589m に維持する（流入＝放流）	取水ゲートの操作により水位を EL.651m に維持する（流入＝放流）
洪水後のゲート操作	余水吐きゲートの操作により水位を EL.589.5 m に維持する（流入＝放流）	余水吐きゲートの操作により水位を EL.652 m に維持する（流入＝放流）

出典：JICA 調査団



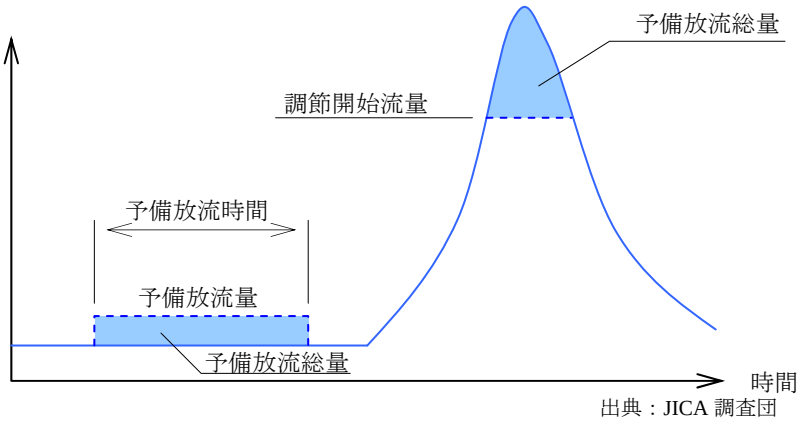
出典：JICA 調査団

図-4.3.1　Rio Bonito ダムと Pinhal ダムの洪水調節のための操作方法

また、超過洪水が発生した場合には、貯水位を運用上の最高水位に達した時点で、余水吐きのゲート操作により放流量を流入量と等しくし、最高水位を維持する。

(3)　　予備放流の操作方法

上記に示した予備放流により確保する洪水調節容量から、予備放流量と予備放流時間を想定する。



出典：JICA 調査団

図-4.3.2　予備放流方法のイメージ図

Pinhal ダムからの予備放流能力は貯水位 651～652 m で 40～60 m^3/s 程度と見積もられる。予備放流の継続時間を 18 時間とすれば、各ダムで必要な予備放流量は下記のように見積もられる。

予備放流に要する時間	18 時間 (60×60×18 = 6,480 s)		
平均的な予備放流量	Rio Bonito ダム	1,400 千 m^3/s÷18 時間＝	22 m^3/s
	Pinhal ダム	3,200 千 m^3/s÷18 時間＝	50 m^3/s
	合計予備放流量		72 m^3/s

予備放流操作は、下流の流量を増加させるので、ダムゲートの操作者と河川管理者は下流河川沿いの安全に配慮しなければならない。

- 予備放流による河道からの溢水を避けるために、Timbo 市と Rio dos Cedros 市において下流河道の水位をモニターすべきである。
- 予備放流を行う際には、サイレンにて下流河道沿いに注意を促すべきである。

また、Pinhal ダムの放流能力が小さく、予備放流に時間を要する結果となった。改造により越流頂を低くすれば、放流能力が改善し、より迅速な予備放流が可能になる。

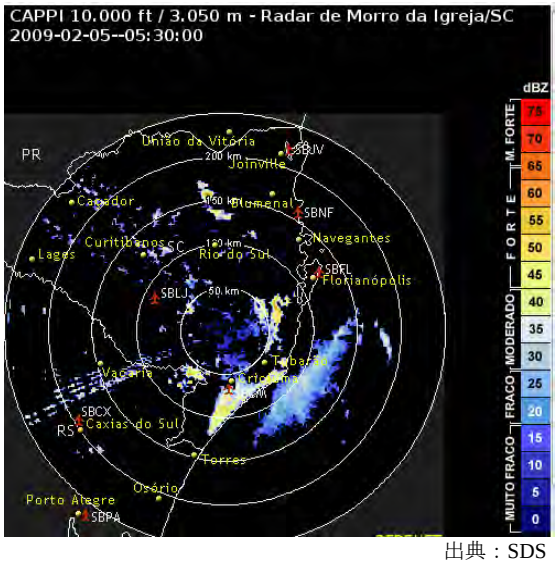
(4)　予備放流実施の判断

1)　現行の降雨予測

降雨予測については CIRAM において INPE が開発した ETA モデル、およびアメリカ合衆国の WRF モデルを使用しており、5 日先までの予測を行うことができる。予測計算のグリッドは 40 km×40 km、20 km×20 km である。

しかし、解析に使用できる気象レーダーは Rio dos Cedros から遠い Urubici の 1 ヶ所であり、予測の精度は現在のところ十分とは言えない（図-4.3.3）。

このため、現在 Defesa Civil、 EPAGRI、SDS といった州機関は、INPE からの衛星データを利用した新しい降雨予測システムと、洪水予測システムの開発を画策している。これらの新しいシステムにより、予測精度の向上が期待される。



出典：SDS

図-4.3.3　既存の気象レーダーの位置とカバーエリア

2)　予備放流実施の判断

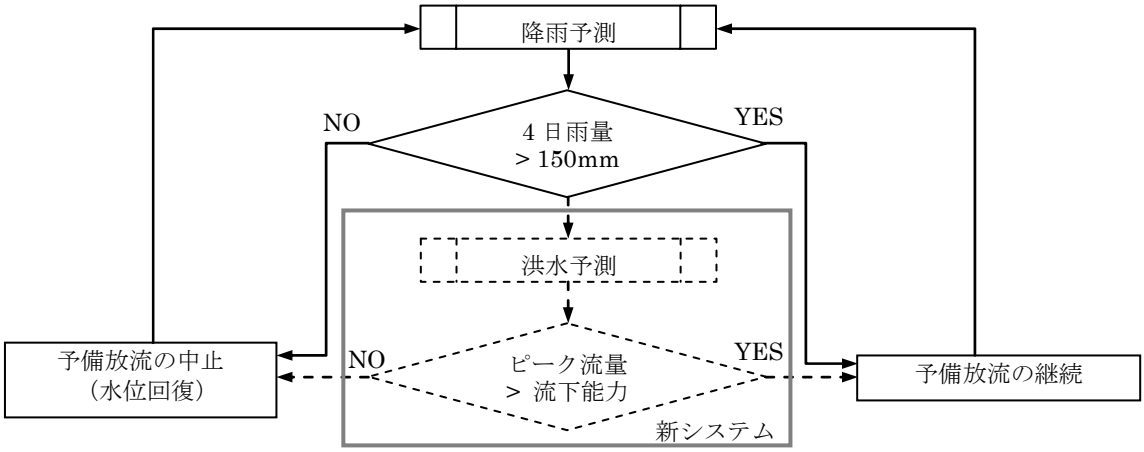
Timbo 市における流量が流下能力を超えると予想される場合（すなわち 5～10 年確率以上の洪水が予想される場合）に予備放流の実施が判断されなければならない。一つの実施基準の案としては、5 年確率雨量である 150 mm/4 日が考えられるが、予備放流開始後も新たな情報に基づき降雨予測を逐次行い、予備放流の継続または中止を判断すべきである。予備放流の判断と放流量については、実施段階で再度詳細に検討して決定しなければならない。

4.4　運用体制に関する提案

図-4.4.1 に、2 ダムの予備放流の実施に係る組織体制案を示す。

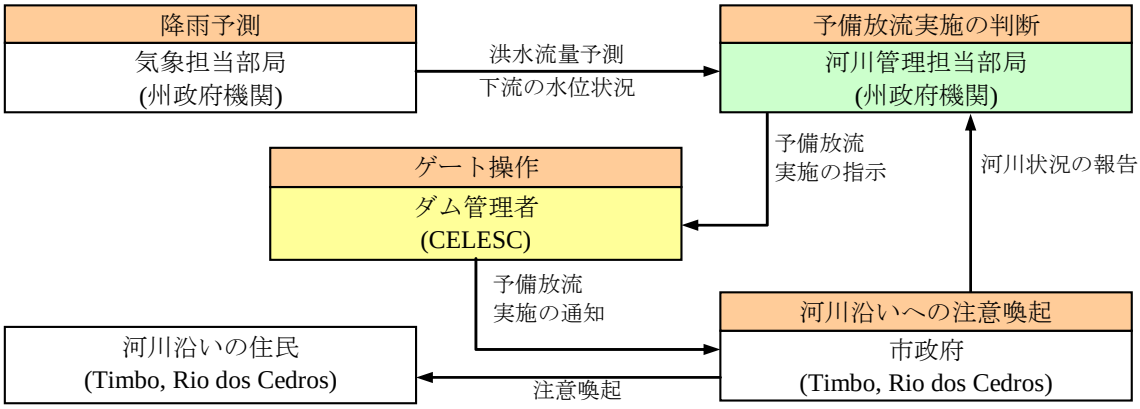
- 予備放流の判断は河川管理者に相当する部局が責任を持つべきであり、河川管理部局が気象担当部局である CIRAM の予測と Rio dos Cedros 川の水位モニタリング結果に基づき CELESC に予備放流の実施を指示する。
- ダムのゲート操作は CELESC の操作者によって実施される。

- CELESC は予備放流を実施する前に、その旨を下流の市政府（Timbo 市、Rio dos Cedros 市）に通知すべきである。また、市政府は CELESC からの通知に基づき、河川沿いの住民に対し、水位上昇に注意するように伝えるべきである。
- もし予備放流を行ったにも関わらず、洪水が来なかった場合には、低下させた貯水池の水位が回復せずに、発電量が低下する可能性がある。その場合の補償ルールについては、洪水対策に責任持つ州政府と発電所の所有者である CELESC との間で十分協議が行われるべきである。



出典：JICA 調査団

図-4.3.4　予備放流の判断に関するフロー



出典：JICA 調査団

図-4.4.1　予備放流実施に係る組織体制の提案

第 5 章　Itajai 市イタジャイミリム川の水門設置に関するフィージビリティ調査

5.1　イタジャイミリム川の洪水特性と現況流下能力

5.1.1　Itajai 市の地形特性

(1)　イタジャイミリム川

Itajai 市は、イタジャイ川の河口に位置するブラジルでも有名な港湾都市である。Itajai 市の市街地は連邦道路 101 号線（以下、BR-101）より下流側に集中しており、BR-101 より上流側は主として農牧地として利用されている。

イタジャイミリム川は、イタジャイ川の主要支川の一つであり、Itajai 市の中心部に近い位置でイタジャイ川に合流する。イタジャイミリム川は元々Itajai 市内を蛇行して流下していたが、1970 年代にショートカット水路が建設された。本報告書内では、元々の水路を Old Mirim、ショートカット水路を Canal と呼ぶ。

Canal は BR-101 の上流で Old Mirim と分岐し、イタジャイ川との合流点より 1 km 程度上流で再び 1 本に合流する。また、Old Mirim には小さな二次支川である Canhanduba 川が流れ込んでいる。

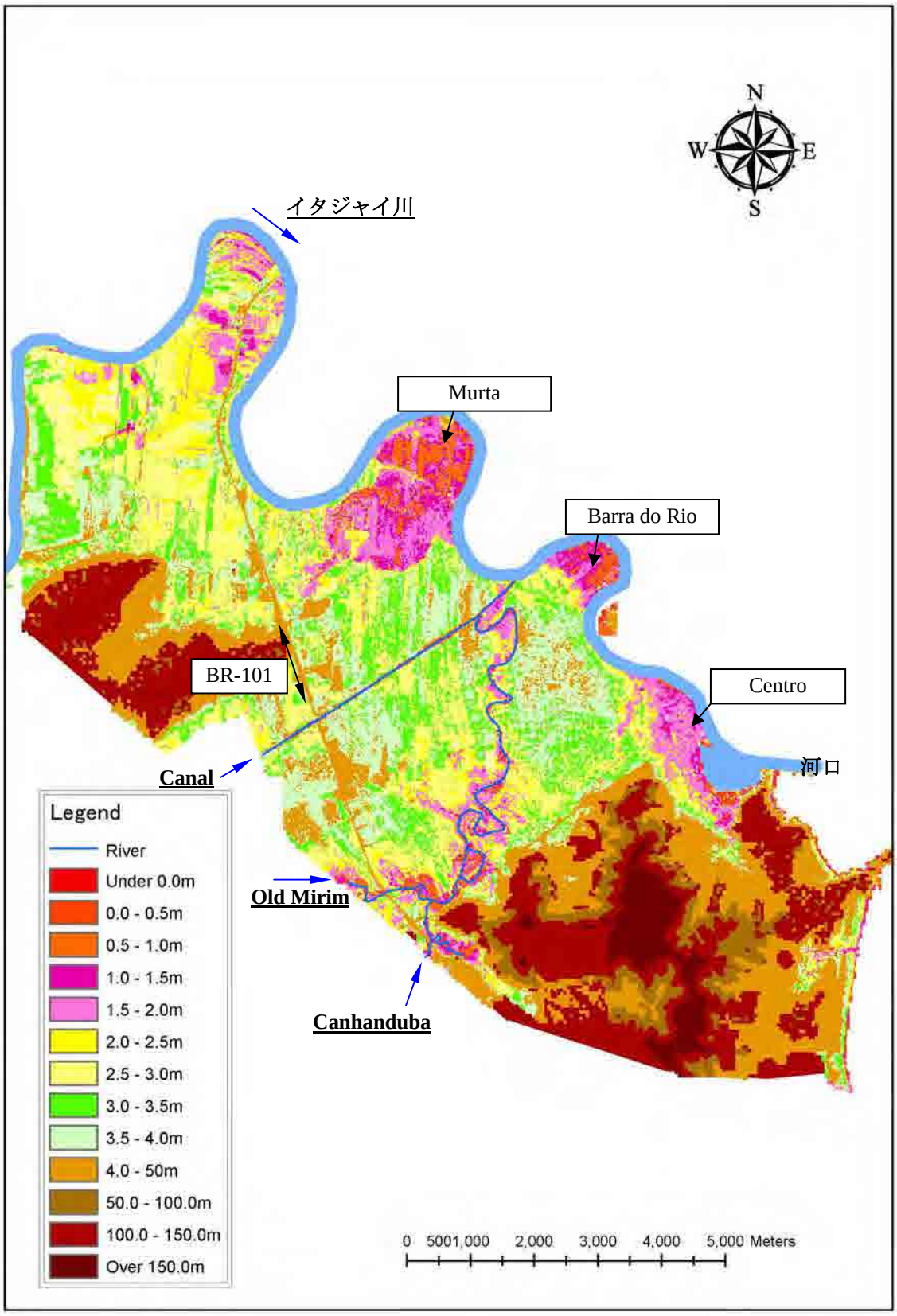
(2)　地形特性と洪水対策

図-5.1.1 に、Itajai 市役所が作成した 1/2,000 の地形図に基づく Itajai 市内の標高分布図を示す。この図に示すように、Old Mirim 沿いの地盤は EL.1.0～3.0 m であり、全体的に低い標高である。これに対し、Canal 沿いの地域は EL.3.0～4.0 m であり、比較的高い標高である。このため Canal は流下能力が大きいが、Old Mirim 沿いは頻繁に洪水による浸水被害を受けている。

マスタープランで提案した水門は Old Mirim 沿いの浸水を緩和することを目的としている。

また、イタジャイ川沿いには Centro、Barra do Rio、Murta といった地区が標高 1.0～2.0m と非常に低く、これらの地域でも洪水被害が多いが、マスタープランではイタジャイ川沿いの洪水対策として放水路および分水堰の設置を提案した。

一方、BR-101 より上流側は、イタジャイ川、イタジャイミリム川沿いとも農牧地として利用されており、これらの農牧地は氾濫原として Itajai 市に対する自然の遊水機能を有している。上記のイタジャイミリム川の水門やイタジャイ川の放水路は、これらの氾濫原が保全されることを前提に計画されている。したがって、氾濫原の開発は規制されるか、開発されたとしてもその遊水機能の低下が他の対策で補完さらなければならない。



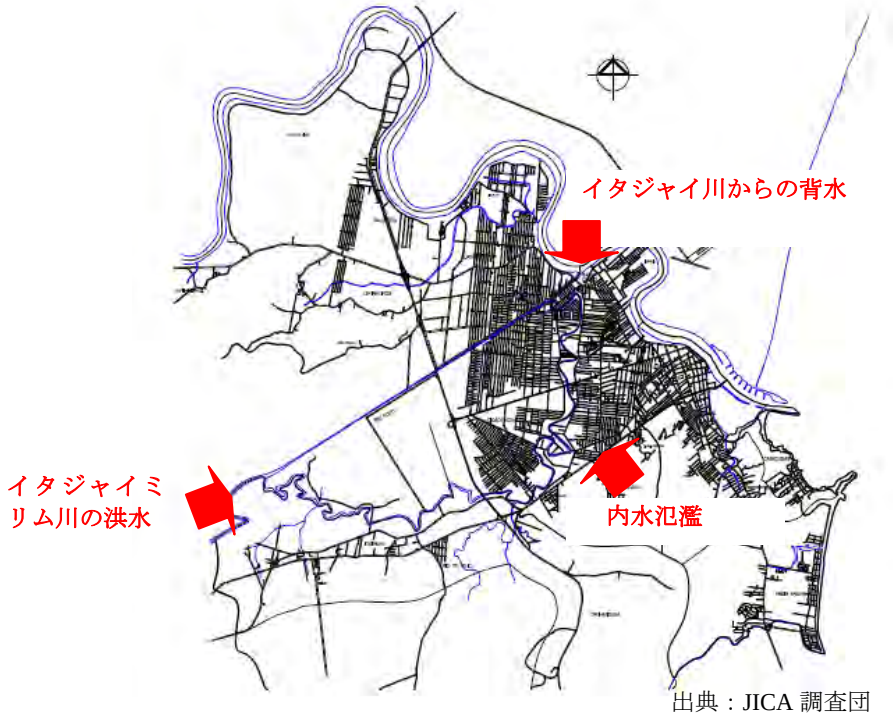
出典：Itaja 市役所の 1/2,000 地形図に基づき作成

図-5.1.1 Itajai 市の地盤標高の分布

5.1.2 イタジャイミリム川の洪水特性

(1) Old Mirim 沿川地域の浸水特性

Old Mirim 沿い地域の浸水には主に 3 つの要因がある。1 つ目はイタジャイミリム川から流下する洪水、2 つ目はイタジャイ川の洪水による背水の影響、3 つ目は市内に降った降雨の内水排除の問題である。



出典：JICA 調査団

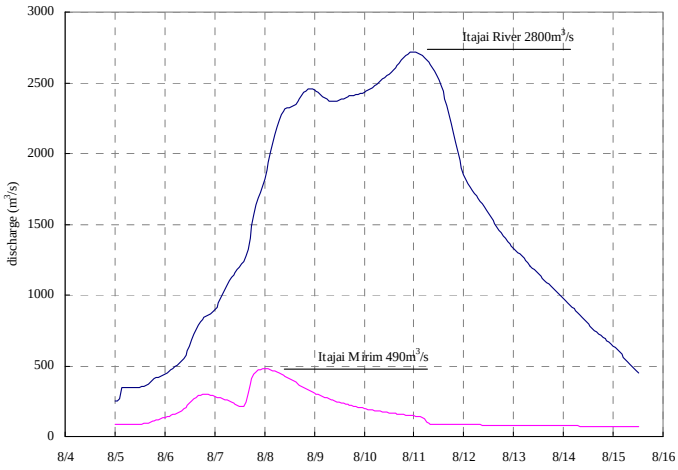
図-5.1.2 旧河道沿いの浸水要因

(2) Itajai 市の確率洪水

図-5.1.3 に Itajai 市における、イタジャイ川とイタジャイミリム川の 10 年確率洪水のハイドログラフを示す。ハイドログラフの特徴は下記のとおりである。

- イタジャイ川の洪水のピークとイタジャイミリム川のピークの時間差は 3 日程度である。
- イタジャイ川の洪水継続時間はイタジャイミリム川に比べて非常に長い。

本 F/S 調査では、水門の設計条件を M[P の 50 年確率洪水で設定する。これは一度水門を 10 年確率で建設した後に、50 年確率の整備時に作り直すことが難しいためである。



出典：: JICA 調査団

図-5.1.3 Itajai 市におけるイタジャイ川とイタジャイミリム川の 10 年確率洪水波形

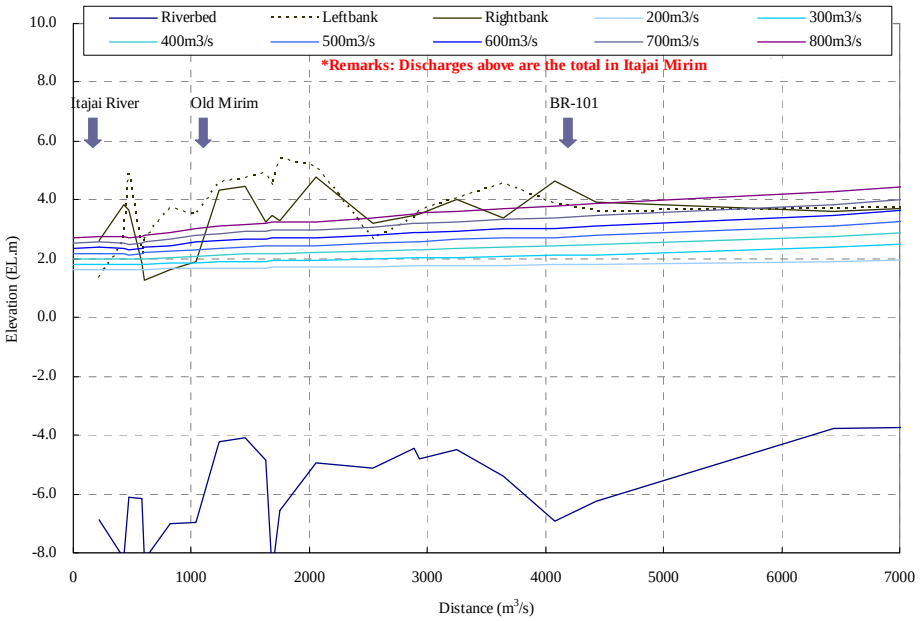
5.1.3 イタジャイミリム川の流下能力の算定

(1) 流下能力

イタジャイミリム川の流下能力は、不等流計算により算定した。不等流計算の下流側境界条件である海面水位は朔望平均潮位（WL.1.49 m）とした。また、粗度係数はイタジャイ川 0.030、Canal で 0.032、Old Mirim で 0.040 とした。Canal と Old Mirim 分流比率は両者の水位が分岐点で等しくなるようにトライアル計算で定めた。

a) Canal

- 下流区間（0.6～1.0 km）右岸側の流下能力が非常に低く、200 m^3/s 未満の流量でも浸水が発生すると考えられる。したがって、この区間の流下能力は 5 年確率洪水未満である。
- 2.5 km 地点の右岸側河岸標高が EL.3.0 m とやや低い。この区間の流下能力はイタジャイミリム川の流量で 600 m^3/s 程度（Canal の流量で 378 m^3/s）と考えられる。この流量は 20～25 年確率洪水流量に相当する。
- Canal 沿いの BR-101 の上流区間も河岸標高が低く、15～20 年確率流量程度のやや低い流下能力である。
- その他の区間の流下能力はイタジャイミリム川の流量で 800 m^3/s 以上（Canal で 504m^3/s 以上）であり、50 年確率以上の高い流下能力である。

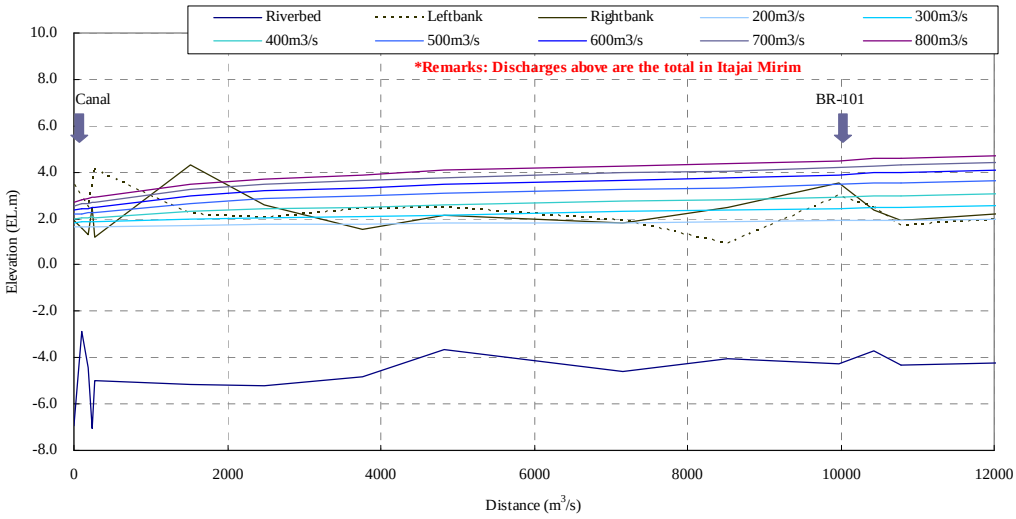


出典：JICA 調査団

図-5.1.4 Canal 沿いの流量別水位

b) Old Mirim

- 1.5 km 付近の右岸を除き、全般的に河岸の地盤標高が非常に低い。
- 流下能力はイタジャイミリム川の流量で 200～400 m^3/s（Old Mirim への分流量で 52～124 m^3/s）であり、5 年確率未満の安全度と評価される。
- 0～0.3 km の右岸側、8.5 km 付近の左岸側の河岸標高は極めて低い。Itajai 市の Defesa Civil によると、この地域では大潮や小さな洪水でも冠水する。



出典：JICA 調査団

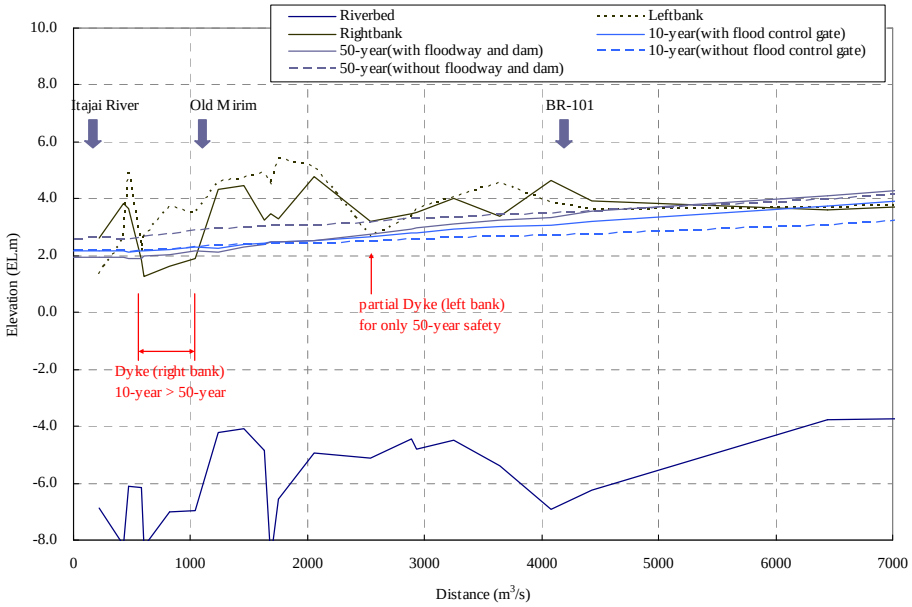
図-5.1.5　Old Mirim 沿いの流量別水位

(2)　　確率洪水の水位

図-5.1.6、5.1.7 に 10 年確率洪水および 50 年確率洪水時のピーク水位を示す。

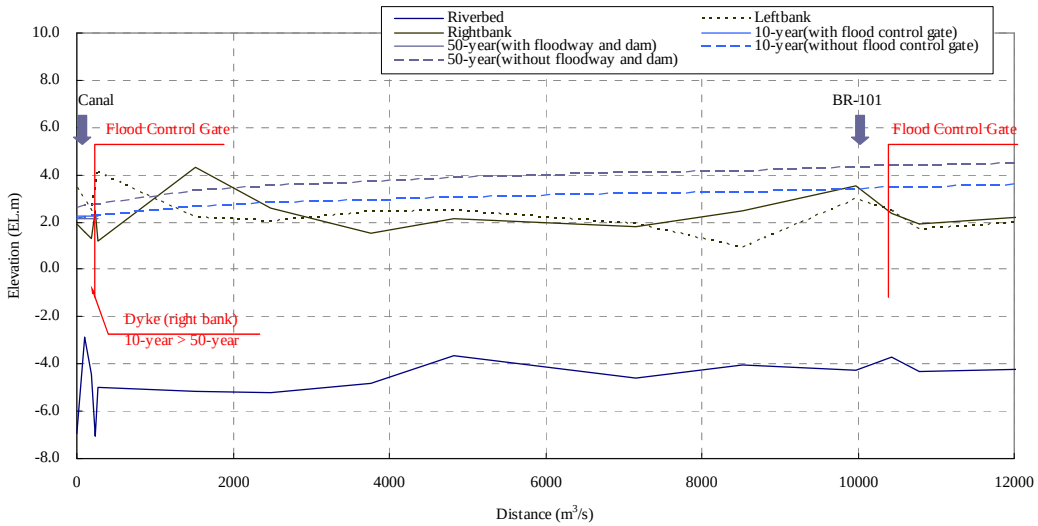
・ Canal と Old Mirim の合流点より 500 m の区間は右岸側で地盤標高が 10 年確率洪水のピーク水位より低い。また 2.5 km 付近の左岸側地盤標高は 50 年確率洪水時のピーク水位より低い。

- Old Mirim 沿い河岸標高は、0～2.0 km 付近を除き 10 年確率洪水および 50 年確率洪水のピーク水位より低い。



出典：JICA 調査団

図-5.1.6　Canal 沿いの 10 年および 50 年確率洪水の水位



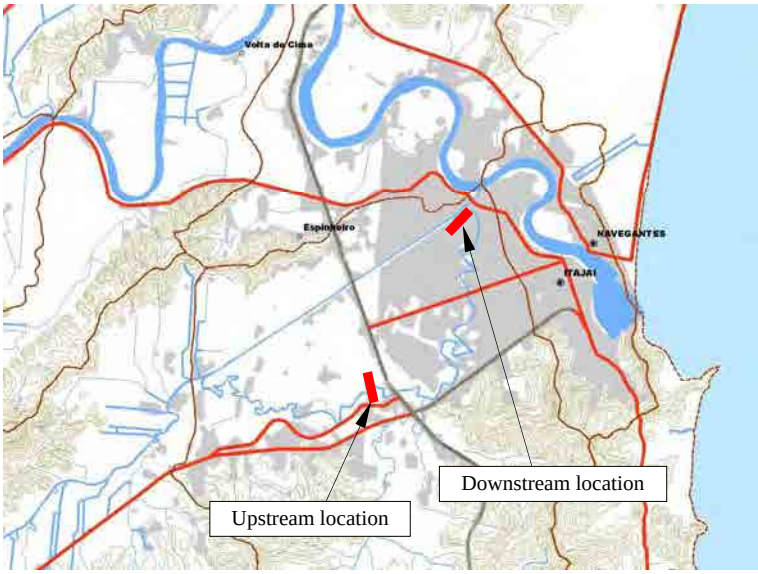
出典：JICA 調査団

図-5.1.7　Old Mirim 沿いの 10 年および 50 年確率洪水の水位

5.2　水門の機能と操作および効果

5.2.1　水門の機能

水門は図-5.2.1 に示す Old Mirim 沿いの 2 ヶ所に設置する。上流側水門はイタジャイミリム川からの洪水が市街地に流入するのを防ぐ。また下流側水門はイタジャイ川の背水による浸水を防ぐために設置する。



出典：JICA 調査団

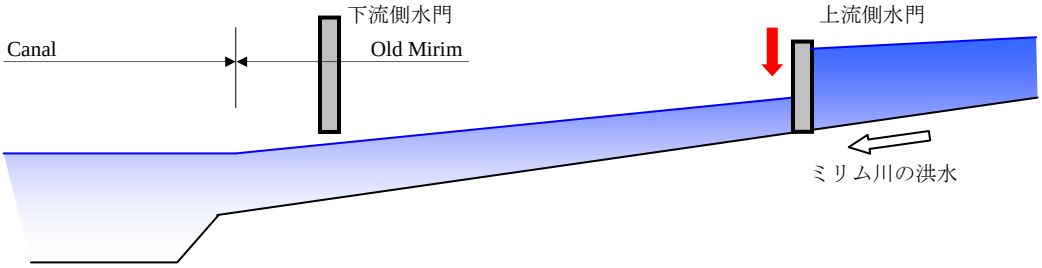
図-5.2.1　Old Mirim における水門の配置図

上流側水門の位置は、氾濫原保全の観点と Canhanduba 川排水処理の観点から BR-101 の直上流が望ましいが、今後の市の都市計画を考慮し見直すことも考えられる。もし、上流水門の位置を上流にする場合には、Canhanduba 川などからの市街地への流入量が増加するためポンプ施設あるいはその他の内水処理を追加する必要がある。

5.2.2　水門の操作方法

(1)　操作の基本手順

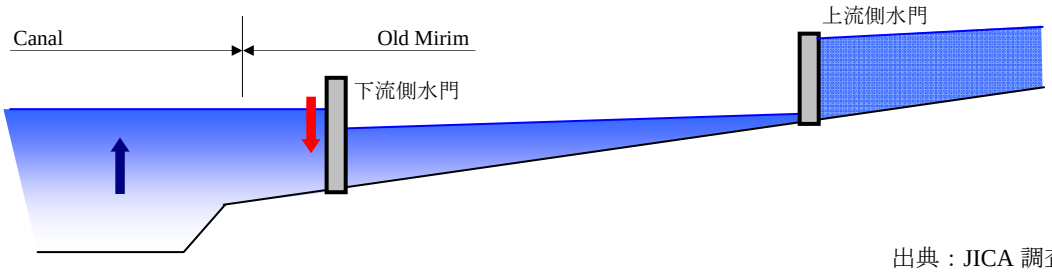
1) 上流側水門のゲートは Old Mirim の洪水流量が流下能力より大きくなる場合に閉じる。



出典：JICA 調査団

図-5.2.2　水門の操作 (1/3)

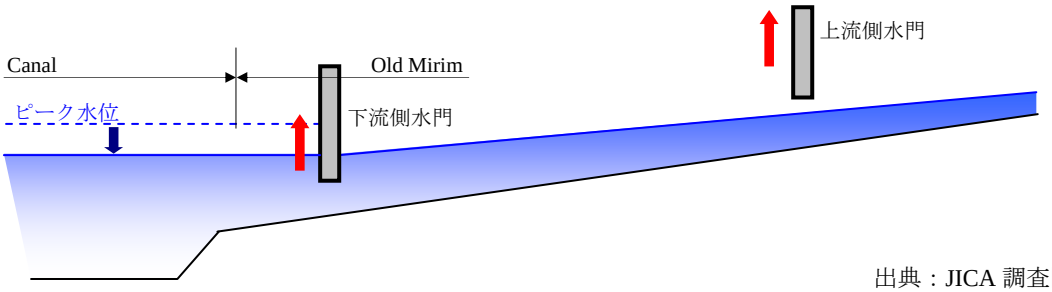
2) 下流側ゲートはOld Mirim 下流端位置での背水水位が標高 1.7 m に達した段階で閉じる。



出典：JICA 調査団

図- 5.2.2　水門の操作(2/3)

3) イタジャイ川の背水水位が降下し、Old Mirimno 内水水位と等しくなった段階で上下流のゲートを開く。



出典：JICA 調査団

図-5.2.2　水門の操作(3/3)

水門を閉じているときには Old Mirim の水位は、Canal の水位より高くなってはならない。水門の操作を誤る人為的な浸水が発生する可能性もあるため、操作ルールは十分に検討しなければならない。

(2)　　10 年確率洪水に対する水門の操作

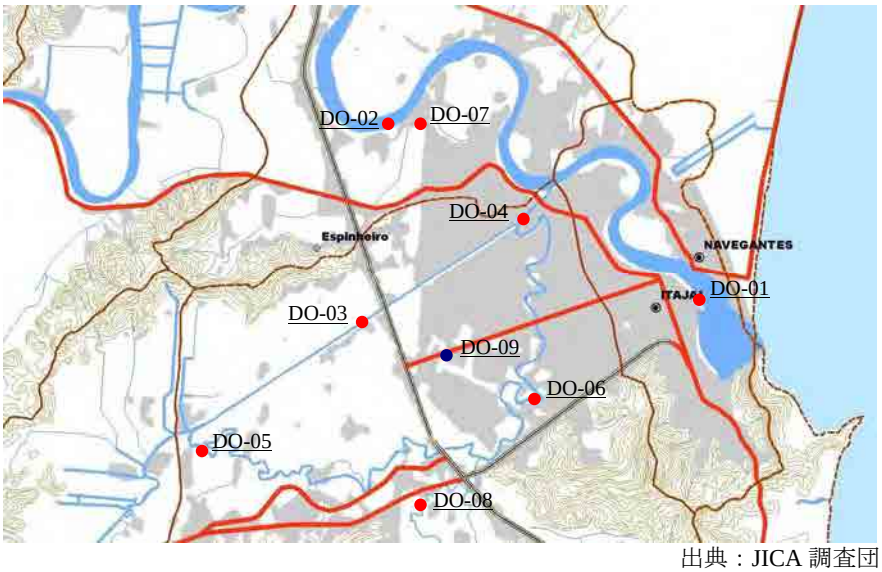
1) ゲート操作における水文情報の必要性

上流側水門はイタジャイミリム川からの洪水が Old Mirim の流下能力に達した段階で閉じる。したがって、操作のためには BR-101 より下流側の市街地での Old Mirim の水位情報が必要である。

一方、下流側水門は Old Mirim 下流端の背水水位が一定以上の水位に達した段階で閉じるため、その操作には Old Mirim 下流端位置での水位情報が必要である。

Itajai 市役所の Defesa Civil では、2011 年 2 月より Itajai 市内の 9 ヶ所の観測所に水位計と雨量計を設置した。水位計の位置は図-5.2.3 に示すとおりである。

このうち DO-06、DO-04 の水位計が上下流の水門の操作のために使用することができる。

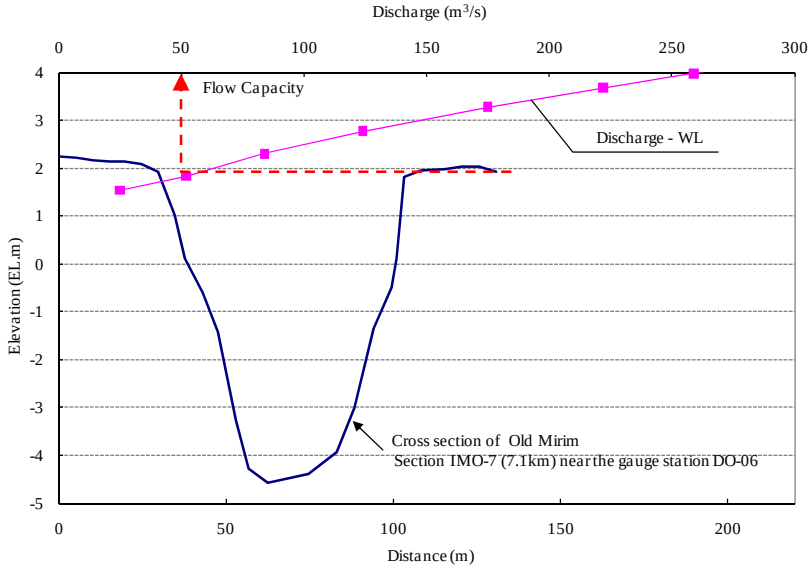


出典：JICA 調査団

図-5.2.3　Itajai 市の水位および雨量計の位置

2) ゲート操作を行う水位

i) 図-5.2.5 に示すように Old Mirim の流量が流下能力を超えた段階で上流側水門を閉じる。これは、図-5.2.4 に示すように DO-06 水位観測所の水位 2.0 m に相当する。

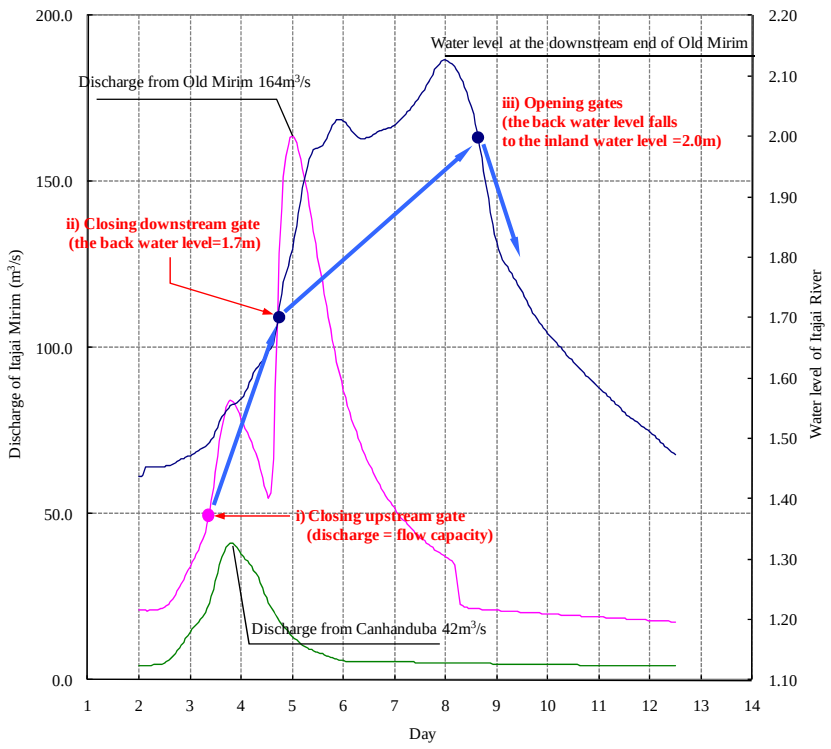


出典：JICA 調査団

図-5.2.4　DO-06 水位観測所における流量と水位の関係

ii) また、下流側水門は Old Mirim の下流端水位（DO-04 観測所）が 1.7 m に達した段階で閉じる（図-5.2.5）。

iii) イタジャイ川のピーク水位の後に背水水位が Old Mirim の内水水位まで下降した段階で下流側、上流側の水門を順番に開く（図- 5.2.5）。

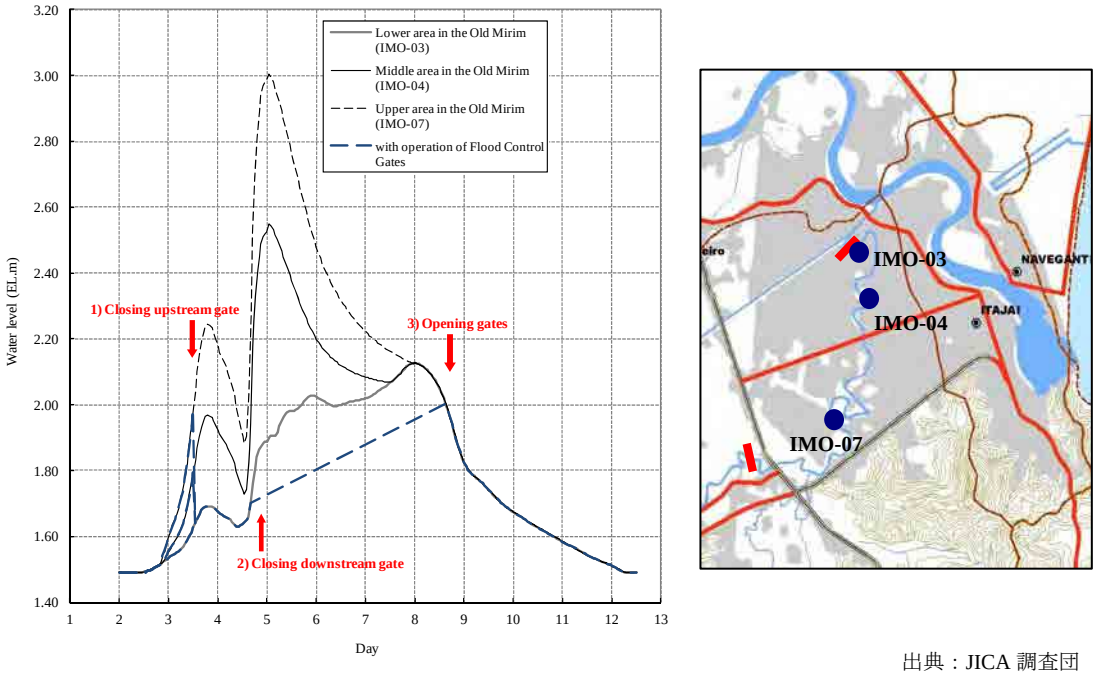


出典：JICA 調査団

図-5.2.5　10 年確率洪水に対する水門操作

5.2.3　10 年確率洪水に対する水門の効果

10 年確率洪水に対する水門の効果を図-5.2.6 に示す。IMO-03、IMO-04、および IMO-07 の水門なしの場合の最高水位はそれぞれ約 2.1 m、2.5 m、3.0 m である。これに対して水門ありの場合の最高水位はいずれの位置でも 2.0 m となる。また、水門の設置により浸水の継続時間も短くすることができる。



出典：JICA 調査団

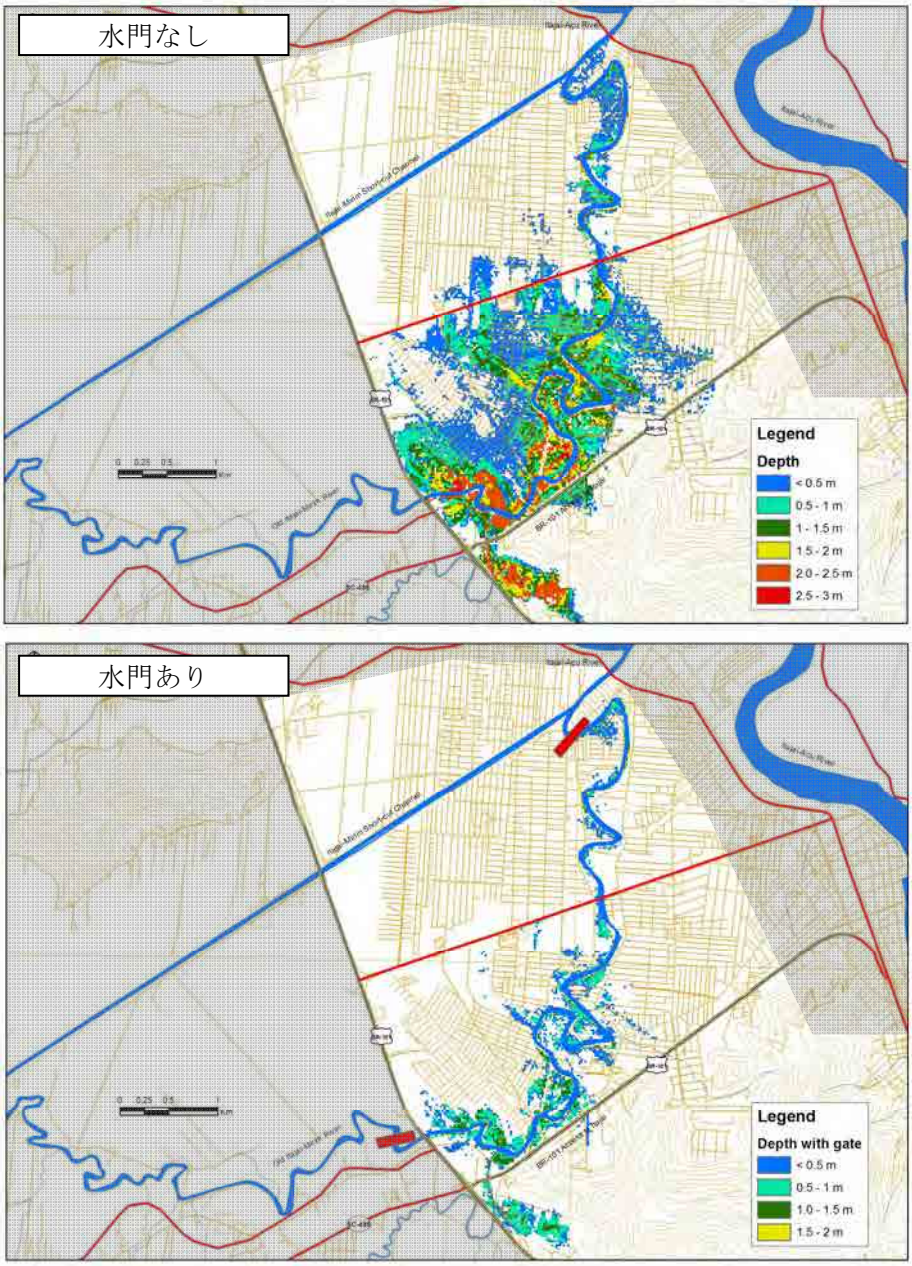
図-5.2.6　10 年確率洪水に対する水門の効果

また、水門なしの場合、水門ありの場合の Old Mirim 沿いの BR-101 より下流側の市街地域における浸水範囲と浸水深の分布を図-5.2.7 に示す。さらに水門の設置で見込まれる浸水面積の低減効果を表-5.2.1 に示す。

表-5.2.1　Old Mirim 沿いの浸水面積

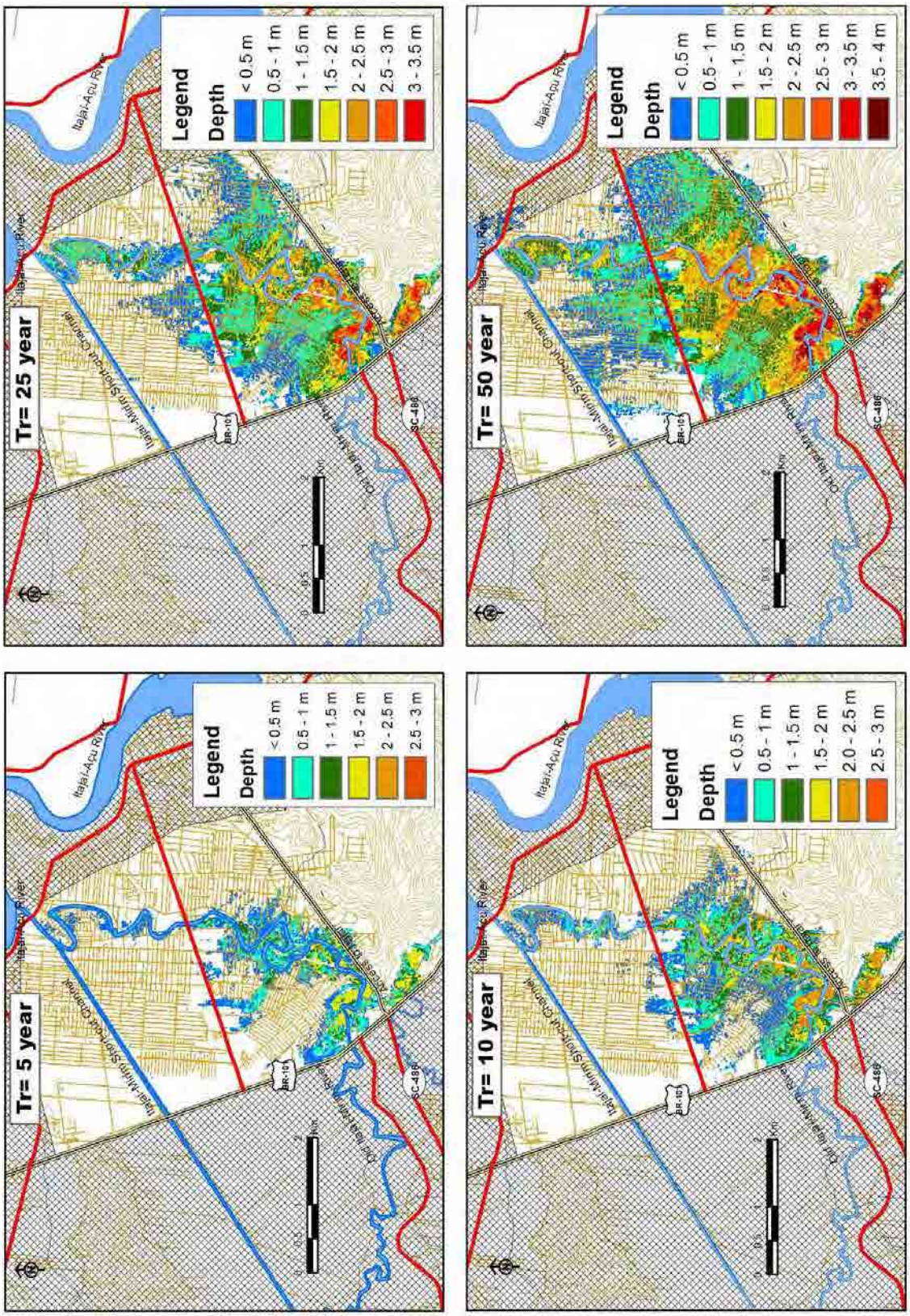
浸水深 (m)	浸水面積 (m^2) 水門なしの場合	浸水面積 (m^2) 水門ありの場合	水門の浸水面積低減効果(m^2)
000< 0.5	2,216,400	564,400	1,652,000
0.5 – 1.0	1,299,600	527,600	772,000
1.0 – 1.5	848,800	242,000	606,800
1.5 – 2.0	431,600	22,000	409,600
2.0 – 2.5	441,200	0	441,200
2.5 – 3.0	40,000	0	40,000
Total	5,277,600	1,356,000	3,921,600

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図-5.2.7　水門ありなしによる Old Mirim 沿いの浸水範囲の推定

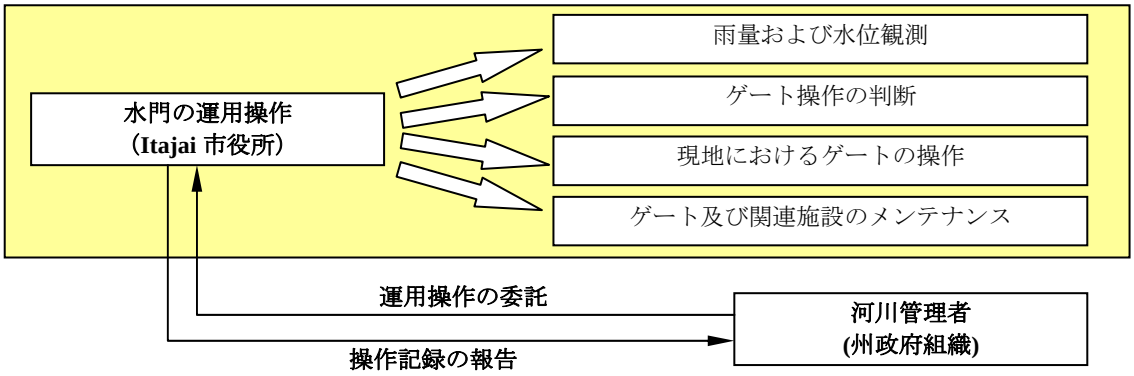


出典：JICA 調査団

図-5.2.8　確率洪水別の Old Mirim 下流域の推定浸水範囲

5.2.4　水門の操作に関する組織体制の提案

水門は、Itajai 市内の水文情報のみで操作可能である。また、水門の操作の影響範囲は Itajai 市内だけに限られる。したがって、水門の操作は Itajai 市の行政組織によって実施されることが望ましい。ただし、事業実施（水門の建設）、操作方法の検討と指導、洪水時の操作状況の監視、維持管理の計画作成と予算確保は、州政府の洪水管理部局が責任を持って行う。



出典：JICA 調査団

図-5.2.9　水門の操作に関する組織体制の提案

5.3　水門の基本設計

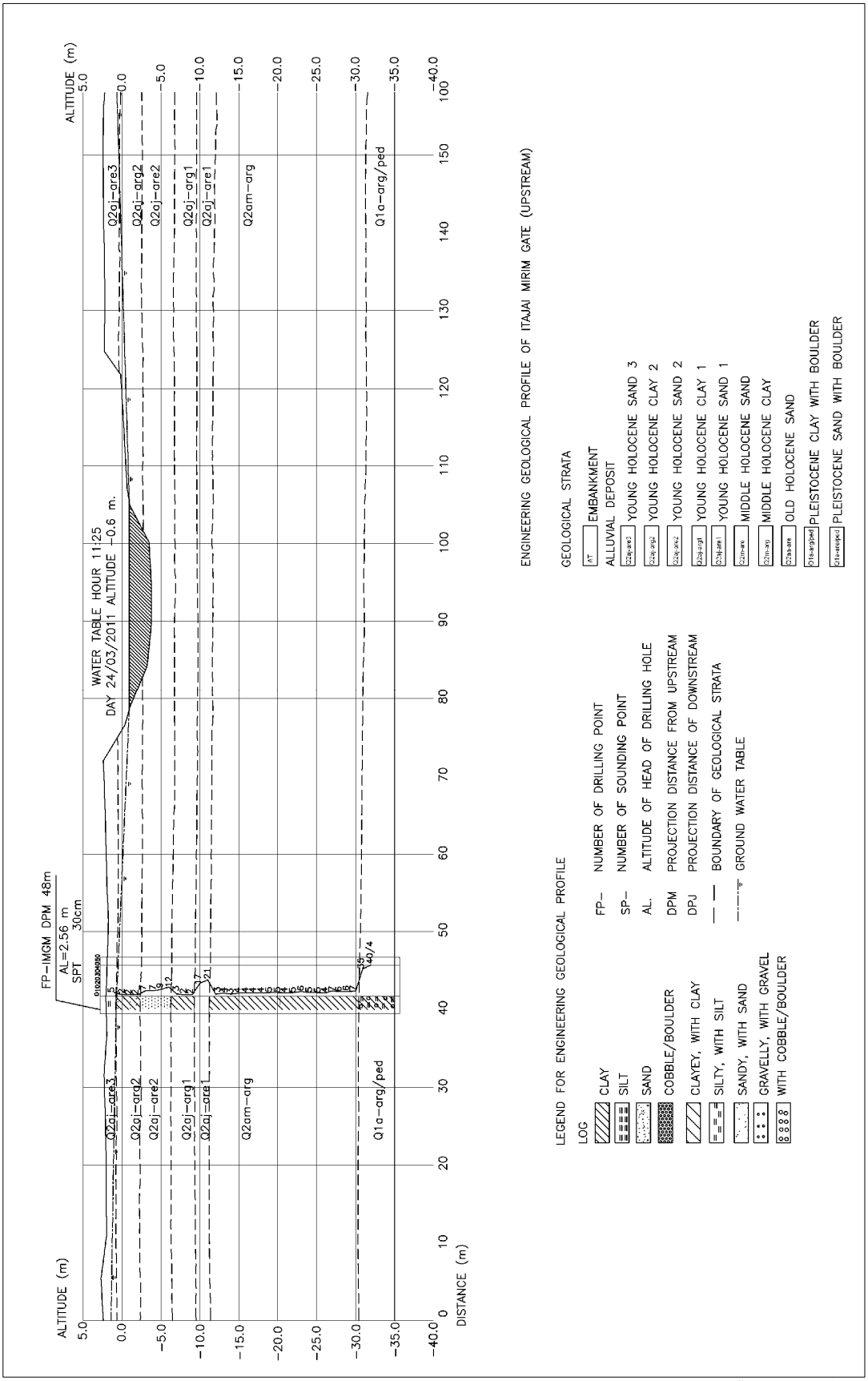
5.3.1　地形地質状況

二つの水門候補地は、Old Itajai Mirim 川の沖積平野である。図 5.3.1 に二つの候補地点の工学地質特性をまとめた。これらの特性は調査ボーリングの結果と地表踏査に基づいている（調査は本準備調査において 2011 年 4 月～6 月にかけて実施された）。二つの候補地の地質は表面から 38 m の深さまで第四紀の沖積堆積物である。ただし、沖積堆積物の基底深度は確認できていない。N 値、内部摩擦角、単位堆積重量等の工学的特性は、標準貫入試験結果と経験値に基づいて決定している。表 5.3.1 および 5.3.2 に概略設計のための各層序毎の工学的特徴を示す。

表−5.3.1　上流側水門候補地点の各地層の工学的特徴

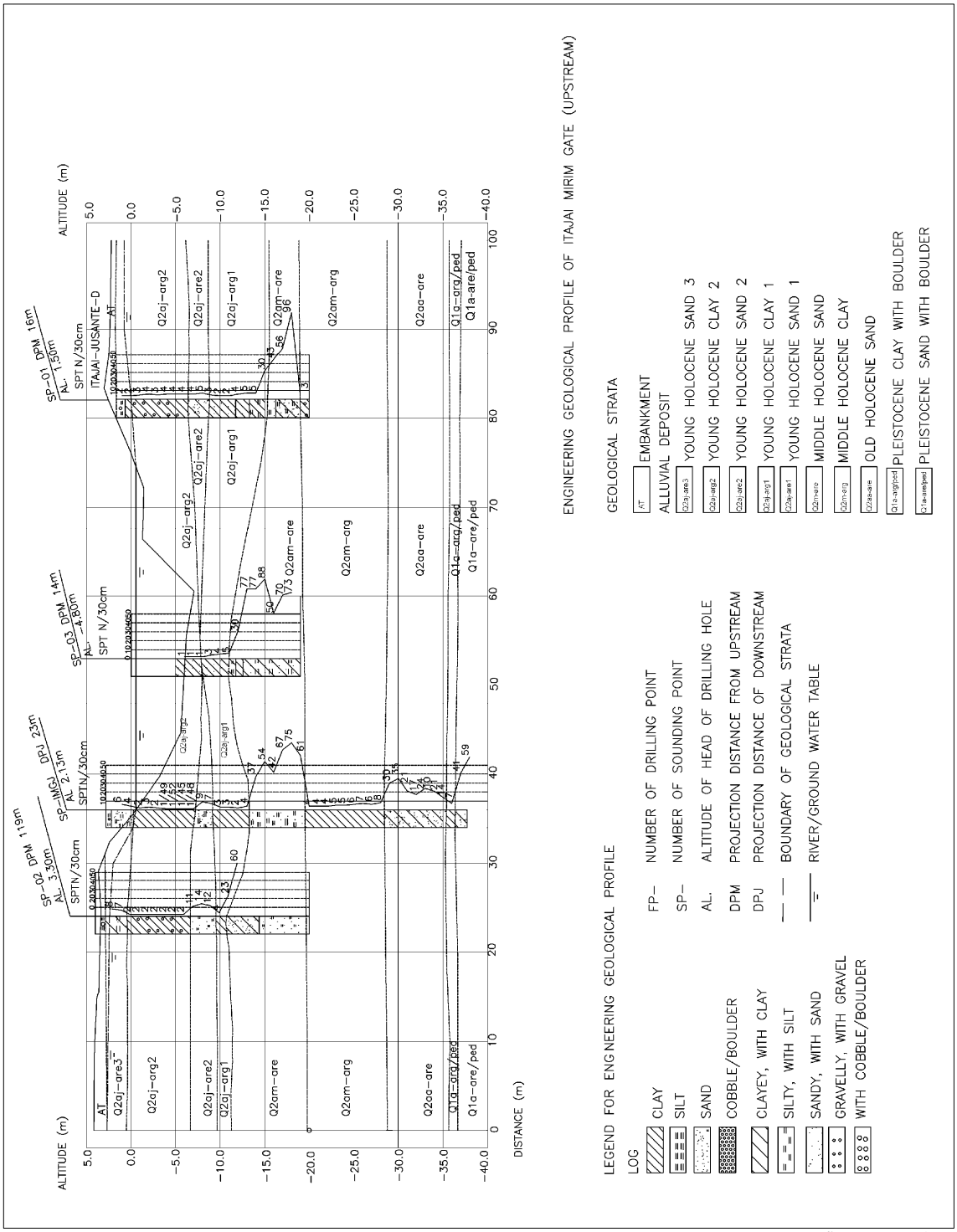
記号	層序名	平均 N 値	N 値 標準偏差	採用 N 値	土質定数 c: 粘着力 (kN/m^2) φ: 内部摩擦角 (°)	単位体積重量 γ_{sat} kN/m^3
Q2aj-are3	Young Holocene sand 3	4.5	0.7	4.2	C=0, φ=28	15
Q2aj- arg2	Young Holocene clay 2	2.2	0.4	2.0	C=13, φ=0	18
Q2aj- are2	Young Holocene sand 2	7.6	2.3	6.5	C=0, φ=29	16
Q2aj- arg1	Young Holocene clay 1	2.2	0.4	1.8	C=11, φ=0	17
Q2aj- are1	Young Holocene sand 1	16	4	14	C=0, φ=31	18
Q2am-arg	Medium Holocene clay	4.5	1.2	3.9	C=24, φ=0	19
Q1a- arg/ped	Pleistocene clay	109	130	23	C=100, φ=0	21

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図-5.3.1　上流側 工学的地質断面図



出典：JICA 調査団

図-5.3.2　下流側 工学的地質断面図

表-5.3.2　下流側水門候補地点の各地層の工学的特徴

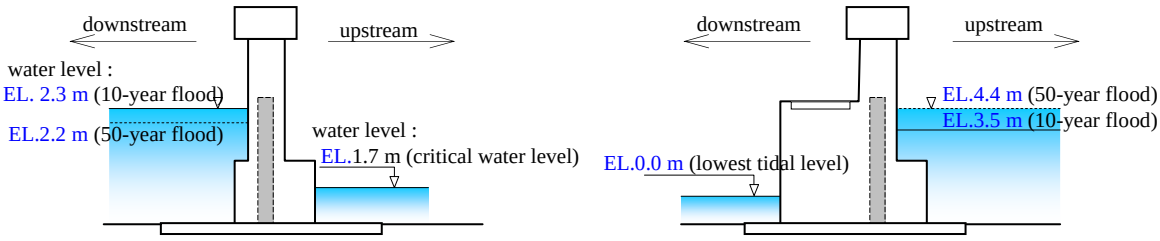
記号	層序名	平均 N 値	N 値 標準偏差	採用 N 値	土質定数 c: 粘着力 (kN/m^2) φ: 内部摩擦角 (°)	単位体積重量 γ_{sat} kN/m^3
AT/Q2aj-are3	Embankment/ Young Holocene sand 3	5.8	1.4	5.1	c=0, φ=29	15
Q2aj- arg2	Young Holocene clay 2	2.1	0.9	1.7	c=11, φ=0	17
Q2aj- are2	Young Holocene sand 2	8.4	4.5	6.2	c=0, φ=29	15
Q2aj- arg1	Young Holocene clay 1	3.3	1.2	2.7	c=17, φ=0	18
Q2am-are	Medium Holocene sand	57	29	43	c=0, φ=40	20
Q2am-arg	Medium Holocene clay	4.9	1.5	4.2	c=26, φ=0	18
Q2aa- are	Old Holocene sand	21	6.8	18	c=0, φ=32	18
Q2aa- are	Old Holocene　clay	6.0	1.4	5.3	c=33, φ=0	18
Q1a- are/ped	Pleistocene sand with boulder	41	14	25	c=0, φ=35	19

出典：JICA 調査団

5.3.2　適用基準と設計条件

ブラジルには水門に関する技術基準が無いため、本基本設計では日本の河川砂防技術基準を適用する。

図-5.3.3 に 2 つの水門の設計水位を示す。イタジャイ川の治水施設は 50 年確率規模に向けて段階整備することが望ましいが、水門の土木構造を段階的に築造することは難しいため、土木構造は当初から 50 年確率規模の水位条件に対して設計する。ただし、ゲート類は更新可能なため、第一期事業の対象である 10 年確率規模の水位条件で整備する。



(a) 下流側水門　　**(b)** 上流側水門

出典：JICA 調査団

図-5.3.3　水門の設計水位

5.1.3 項で示したように、Canal の右岸側一部区間は 10 年確率洪水に対して十分な流下能力を有していないため、その区間については堤防を設置する。堤防高は 10 年確率洪水に対して設定する。50 年確率洪水の水位は、最終的にイタジャイ川本川に放水路が設置されるため、放水路なしの場合の 10 年確率洪水の水位より低くなる。

5.3.3　基本設計

(1)　土木構造

水門の主要諸元を表-5.3.3 にまとめる。また、図-5.3.4～5.3.8 には水門の配置一般図を示す。

表-5.3.3　水門の主要諸元

	下流側水門	上流側水門
ゲート門数	3	3
ゲート幅	12.5 m	12.5 m
水路床標高	EL.-5.0 m	EL.-4.3 m
ゲート下端標高	EL. -1.0 m	EL. -1.0 m
構造形式	スラブとピアの分離構造	スラブとピアの分離構造
ピア形状	EL. 7.70 m 幅 6.00 m 高さ 14.20 m	EL. 12.00 m 幅 11.20 m 高さ 17.80 m
ゲート操作施設の位置	ピア頂部	ピア頂部
エプロン長	6.0 m	8.0 m
止水矢板	下流側　2.0 m 上流側　None	下流側　2.5 m 上流側　5.5 m
取り付け護岸	下流側　10.0 m 上流側　10.0 m	下流側　10.0 m 上流側　none
管理用階段	設置する	設置する
基礎工	杭基礎 ピア部 :L=11.0 m　φ400 mm スラブ :L=11.0 m　φ300 mm	杭基礎 ピア部 :L=27.0 m　φ400 mm スラブ :L=27.0 m　φ300 mm

出典：JICA 調査団

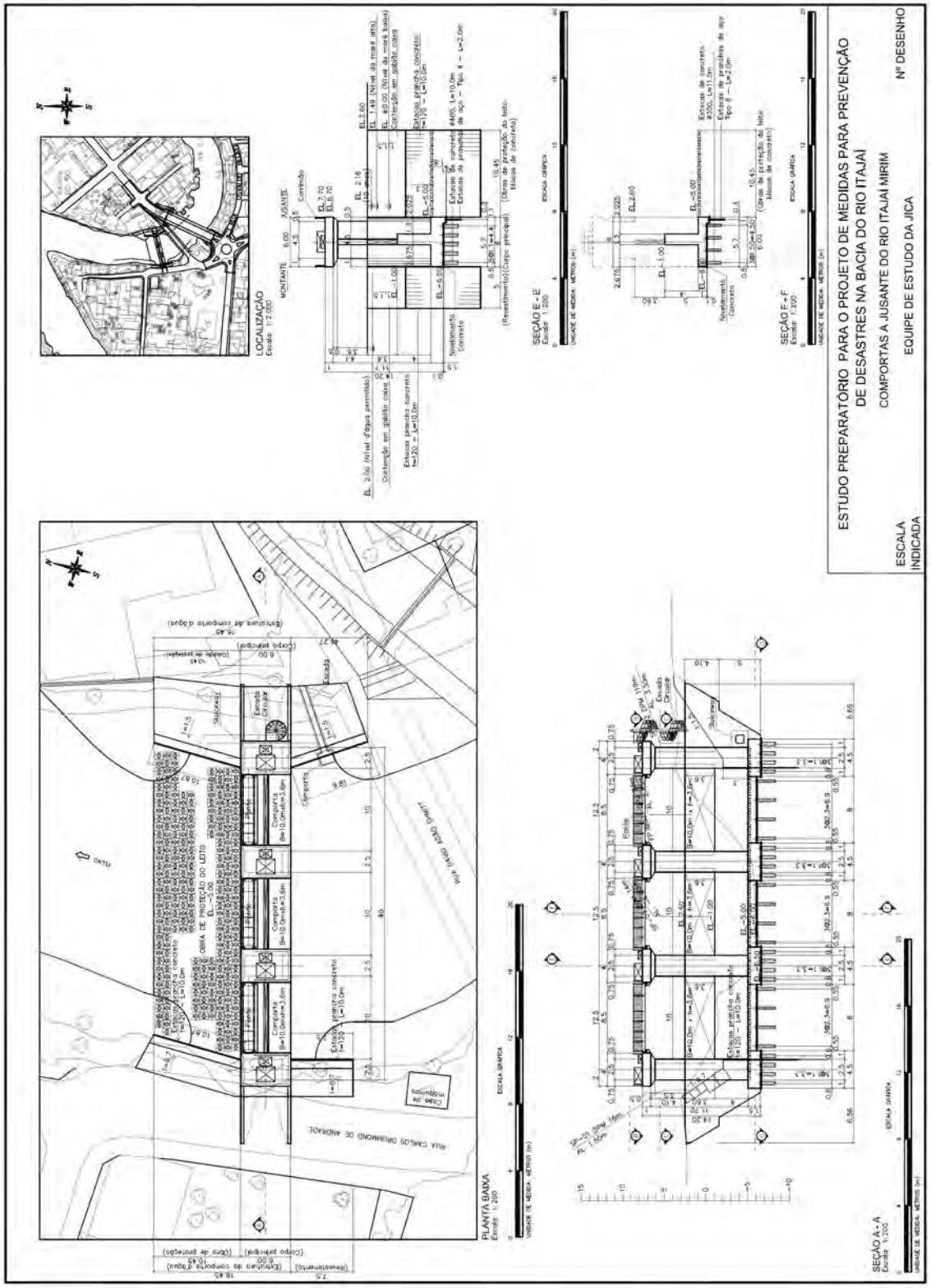
基本設計における技術的な留意点を以下に示す。

i) ボーリング調査によると、支持層の深さは下流側水門で河床より 12 m、上流側水門で 30 m の位置にある。したがって両水門とも基礎形式は杭基礎とする。

ii) 河床の最低標高は下流側ゲートで EL.-6.8 m、上流側ゲートで EL.-4.5 m である。図-5.3.3 に示すように、ゲート頂部標高は下流側で 2.3 m、上流側で 3.5 m である。ゲートコストを縮減するために、スラブコンクリート上に凸形状を設けることで、ゲートの高さを小さくする。

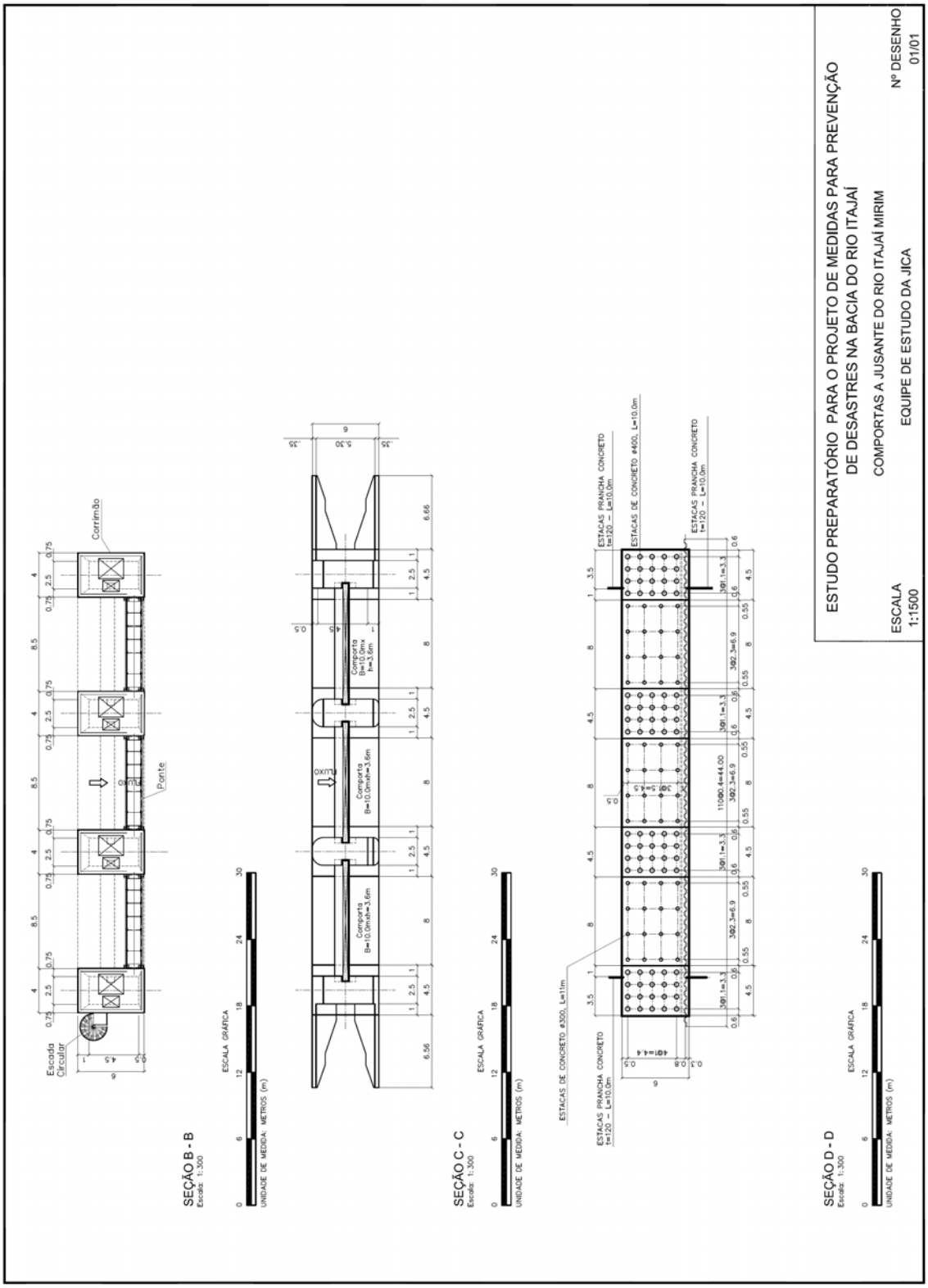
iii) 住民がミリム川旧河道沿いをボートで往来するため、上記の凸形状のコンクリート上端標高は、上下流側ゲートとも最低潮位より低い EL.-1.0 m とする。

iv) 現況の河床形状（下流側水門位置の河床形状は橋梁の影響を受けている）から、基礎標高は下流側水門で EL.-5.0 m、上流側水門で EL.-4.3 m とした。



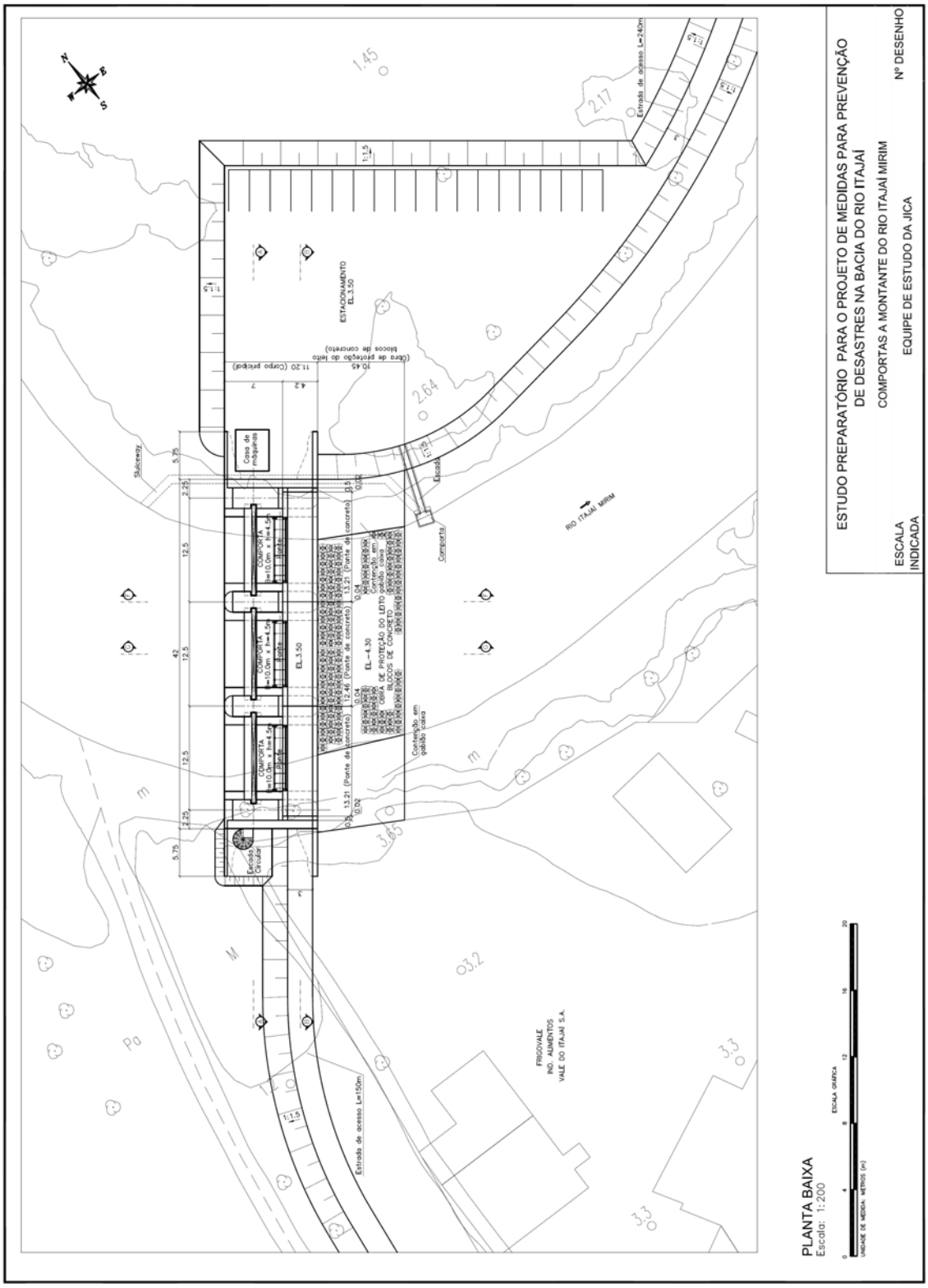
出典：JICA 調査団

図-5.3.4　下流側水門一般図 (1/2)



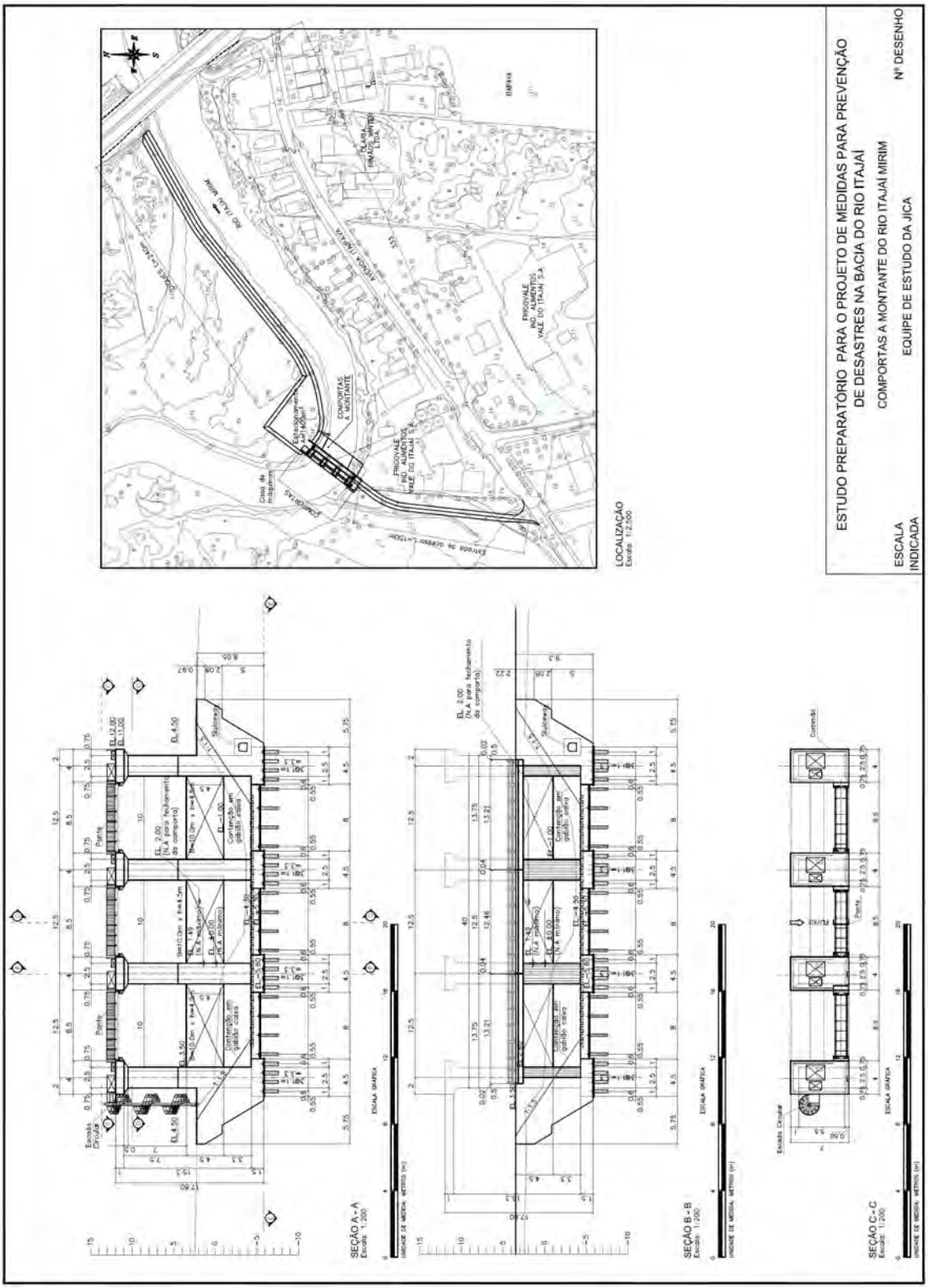
出典：JICA 調査団

図-5.3.5　下流側水門一般図 (2/2)



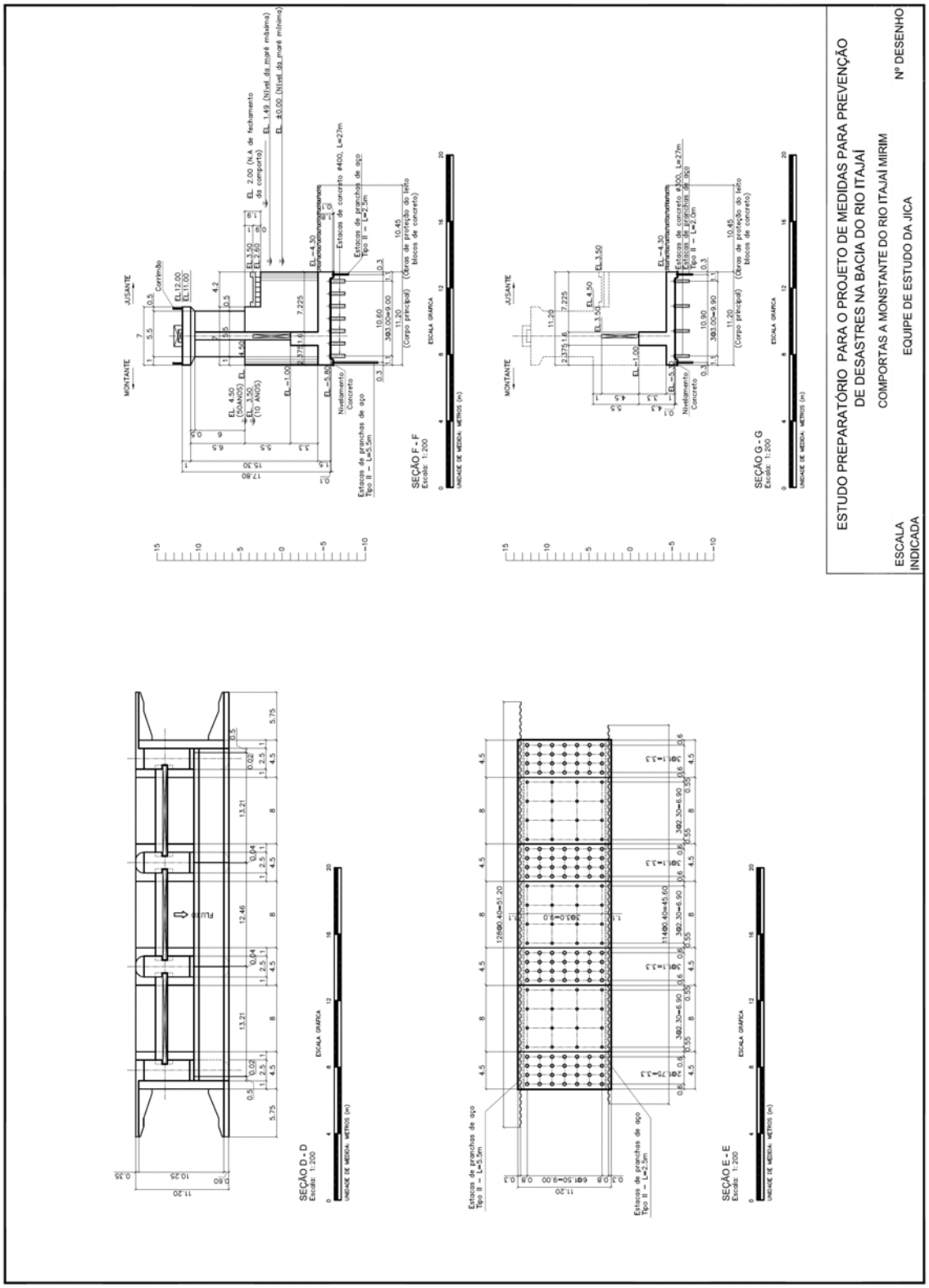
出典：JICA 調査団

図-5.3.6　上流側水門一般図 (1/3)



出典：JICA 調査団

図-5.3.7　上流側水門一般図 (2/3)



出典：JICA 調査団

図-5.3.8　上流側水門一般図 (3/3)

(2)　背水堤

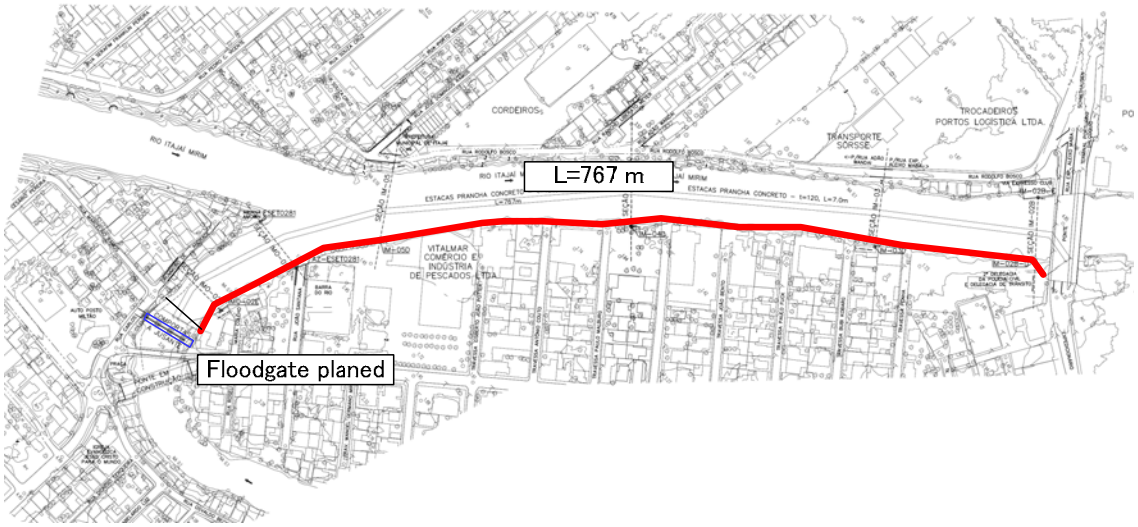
イタジャイミリム川のイタジャイ川合流点から下流側水門までの約 1.0 km の区間では、流下能力が一部不足しており、イタジャイ川の背水を考慮した堤防が必要である。本調査中に実施したイタジャイミリム川沿いの追加横断測量では、この区間に関して以下の事項が判明した (図-5.1.9 参照)。

i)　同区間の左岸側の現道（the Rodolfo Bosco Avenue）は 10 年確率洪水の水位に対して十分な高さがあり、堤防としての機能を有している。

ii)　イタジャイ川合流点より 0.5～1.0 km の区間は、右岸側の河岸標高が 10 年確率洪水の水より低い。

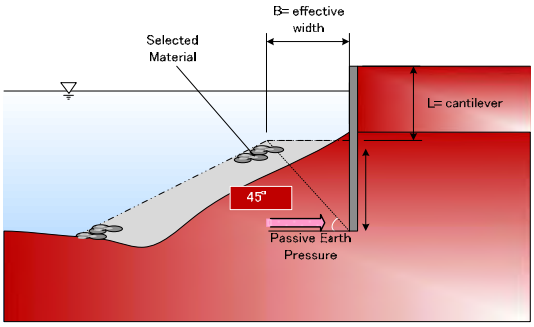
iii)　右岸側の河岸沿いには数件の民家があり、イタジャイ川本川の洪水や潮位変動の影響を受けているが、川沿いに設置したレンガ塀や高床式の住居構造によって水位の上昇に対応している状況である。

上記に対して、マスタープランでは河道断面形状の情報が不足していたため、両岸に築堤することを提案していた。しかし河道横断測量の結果、左岸側には築堤不要であり、また右岸側は住民移転による社会的な影響を最小限にするためにコンクリートパイル形式の堤防が最適であると判断した（図-5.3.10）。コンクリートパイルの場合には、住民移転は不要となる。



出典：JICA 調査団

図-5.3.9　下流側水門位置における背水堤の対象区間



出典： JICA 調査団

図-5.3.10　コンクリートパイルによる背水堤のイメージ

(3)　ゲート

ゲートはプレートガーダ構造ローラゲートとする。ゲート構造についてはボックスガーダ―構造とプレートガーダー構造を比較し、以下の理由からプレートガーダー構造を選定した。

i) 純径間と有効高比が 3：1 程度であるため、ボックスガーダー構造ローラーゲートはコスト高となる。

ii) ブラジルのゲートメーカーへのヒアリング結果によればボックスガーダー構造ローラーゲートはブラジルでは一般的ではない。

開閉装置は部品点数が少なく、維持管理や初期投資費が安価となる“1M-1D”（M：モーター, D：ドラム）電動ワイヤーロープウィンチ式開閉装置とする。

イタジャイミリム水門は感潮域に建設されるため、海水や飛来塩分の影響により鋼材が腐食する環境である。防食対策としては、耐食性に優れるステンレス鋼材を採用する案と防食塗装を施す 2 つの案が考えられるが、ブラジル国ではステンレス鋼が高価で、普通鋼(A36:ASTM)の約 6 倍であるため、ステンレス鋼を採用する事例が殆どなく、普通鋼に塗装を施すのが主流であることから、本水門ゲートについても塗装によって防食対策を施すものとした。

5.3.4　関連排水施設

1)　Canhanduba 川からの排水

Old Mirim の下流域において、大きな浸水被害が発生せずに避難行動への支障も出ない許容湛水位 EL.2.0 m を超えないためには、Canhanduba 川からの流入を排水する必要がある。必要排水量は 7.0 m^3/s であり、排水路の設置が適当である（表-5.3.4）。

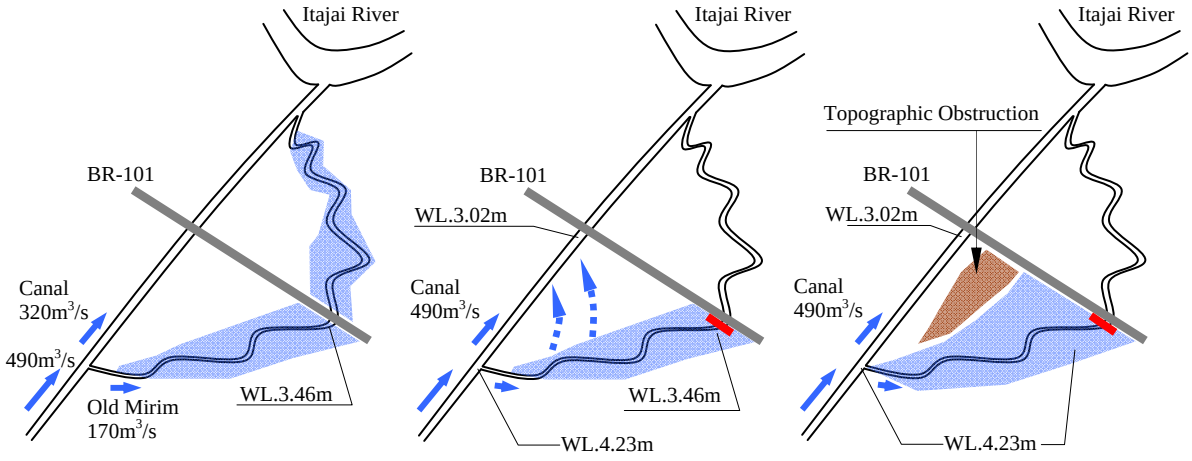
表-5.3.4　Canhanduba 川からの流入水の排水施設に関する比較

比較案	Old Mirim からイタジャイ川へのポンプ施設	Canhanduba 川上流での水門と遊水池	Canhanduba 川から Old Mirim への排水水路
Location of the Installation			
コスト	最も高い	比較的高い	安価
インパクト	特にインパクトなし	遊水池を設置することにより、Canhanduba 川上流の農地に影響あり	特にインパクトなし
評価	△	△	○

出典：JICA 調査団

2)　Old Mirim 上流氾濫水の排水

不等流計算結果によると、BR-101 の上流側における Canal の水位は、同じく BR-101 上流側の Old Mirim の水位より低いと想定される。このため、上流側水門を閉じても、Old Mirim から溢れる流水は、氾濫原を通じて Canal 川に自然排水され、上流側水門が Old Mirim 上流沿川に大きく悪影響を与えることはないと考えられる（図-5.3.11 (ii)）。しかし、図-5.3.11 (iii)に示すように、Old Mirim と Canal の間の地形がやや高くなっている場合には、排水が阻害され Old Mirim 沿いの浸水深が増大する可能性がある。したがって、現在実施されている航空測量を利用して 2 次元の氾濫解析を行い、水門による浸水水位への影響を検討し、必要に応じて排水施設を設置する。



(i) 水門なし　　**(ii)** 水門あり　　**(iii)** 水門あり

出典：JICA 調査団

図- 5.3.11　BR-101 の上流側における排水施設の必要性

第 6 章　既存の洪水予警報システムの強化に関する フィジビリティー調査

6.1　フィジビリティー調査の概要

洪水被害緩和対策に係わるマスタープランは、16 箇所の水文気象観測施設を新規に導入し、既存の洪水予警報システムの強化を提案した（参照 パート I, M/P 表-8.5.1）。当フィジビリティー調査においては、下記の項目について検討実施した。

i)　既存の洪水予測方法の照査と向上の提案

ii)　洪水予警報システムの強化に伴う事業費の積算

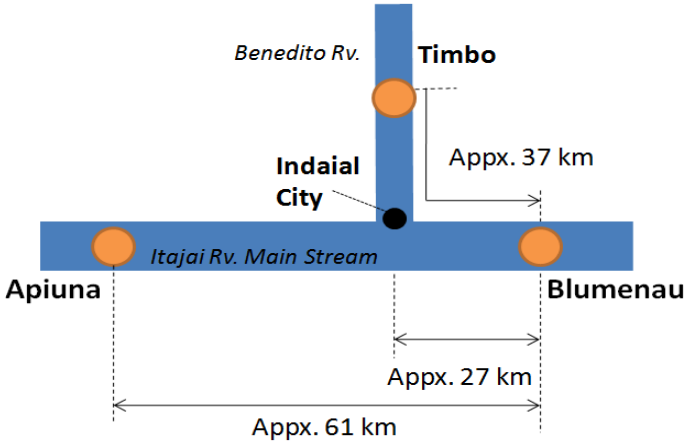
6.2　既存の洪水予測方法の妥当性

現行の FFWS は流域全体を対象に体系的に行われているものではなく、特に洪水予測は Blumenau（FURB）、Rio do Sul（市 Defesa Civil）の 2 ヶ所のみでしか実施されていない（Rio do Sul は試行レベル）。

本節では、Blumenau、Rio do Sul における現行の洪水予測方法の妥当性について検討する。また、同じくイタジャイ川流域の重要都市である Itajai 市に関しては、洪水予測の今後の方向性について提案する。その他の都市に関しては既存および本調査で提案の観測所を使用して、既に設定されている警報レベルを基本とした警報の発令を行うことが第一である。

6.2.1　Blumenau 市における現行洪水予測方法の妥当性

Blumenau の予測水位は、Blumenau 自身の観測水位と上流の Apiuna、Timbo の観測水位を用いた水位相関法（ARIMAX Model）により算定している。Blumenau と Apiuna、Timbo 観測所の位置関係は図-6.2.1 の通りである。Apiuna は、Blumenau の観測地点よりイタジャイ川本川沿いに約 61 km 上流、Timbo は、Blumenau の観測地点より約 37 km 上流の Benedito 川沿いに位置する。



出典：JICA 調査団

図-6.2.1　観測所位置

Blumenau の水位予測に使用している水位相関式は、1990 年代に FURB/CEOPS が開発したものである（下式）。

Y(t)=1.98063 x Y(t-1) - 0.98506 x Y(t-2) + 0.009200 x u1(t-4) - 0.08732 x u1(t-5) + 0.01806 x u2 (t-4) - 0.01411 x u2 (t-5) + 0.03083　…… (1)

ただし，　Y(t):　t-0 時の Blumenau における予測水位
y(t-1):　t-1 時の Blumenau 観測所の水位
y(t-2):　t-2 時の Blumenau 観測所の水位
u1(t-4):　t-4 時の Apiuna 観測所の水位
u1(t-5):　t-5 時の Apiuna 観測所の水位
u2(t-4):　t-4 時の Timbo 観測所の水位
u2(t-5):　t-5 時の Timbo 観測所の水位

同市の避難マニュアルでは、要援護者（障害者、高齢者、子供、観光客など）が避難に要する時間を考慮し、洪水が到達する 3 時間前に避難勧告を発令する事が定められている。

これに対し予測式（1）は、Blumenau における 1 時間前、2 時間前の水位を使用する必要があるため、次のように段階的に 3 時間後以降の水位を予測することになる。

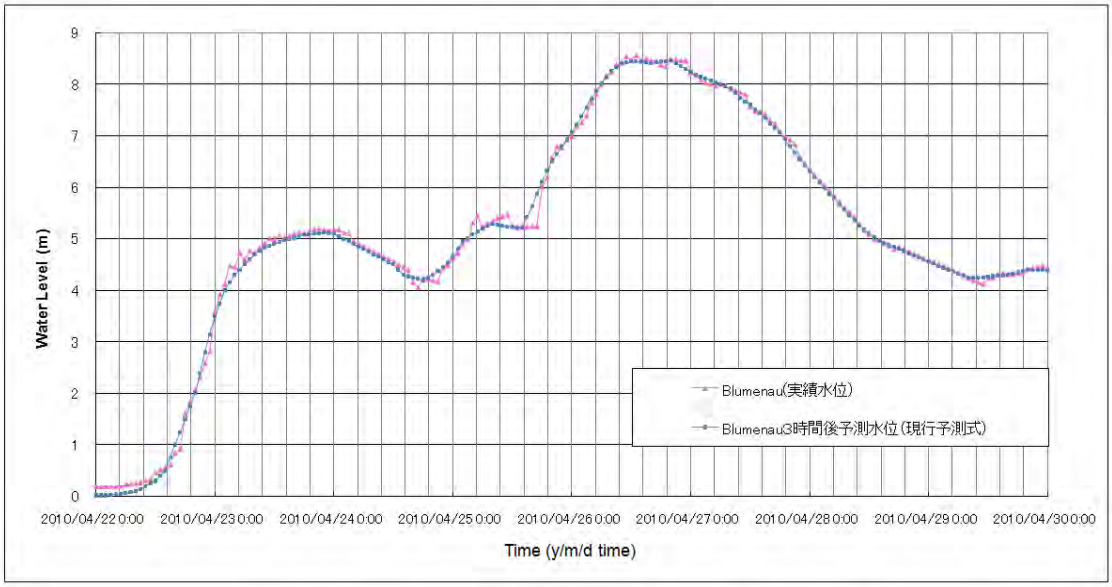
i. 現在および 1 時間前の Blumenau の観測水位を使用して 1 時間後の水位を予測する。

ii. 1 時間後の予測水位と現在の観測水位を使用して 2 時間後の水位を予測する。

iii. 2 時間後および 1 時間後の予測水位を使用して 3 時間後の水位を予測する

予測式（１）は、およそ 20 年前に開発された式であり、2010 年 4 月の洪水を対象として、式の妥当性を確認した。

図-6.2.2 は、Blumenau での実測水位と、予測式（１）による 3 時間後の予測水位を比較したものであるが、かなり精度良く水位が予測されていることがわかる。



出典：JICA 調査団

図-6.2.2　現行予測式による Blumenau 予測水位と実績水位の比較

これに対し、表-6.2.1 に示すように Apiuna、Timbo との重相関による洪水予測式を新たに作成し、現行予測式との予測精度を比較した。

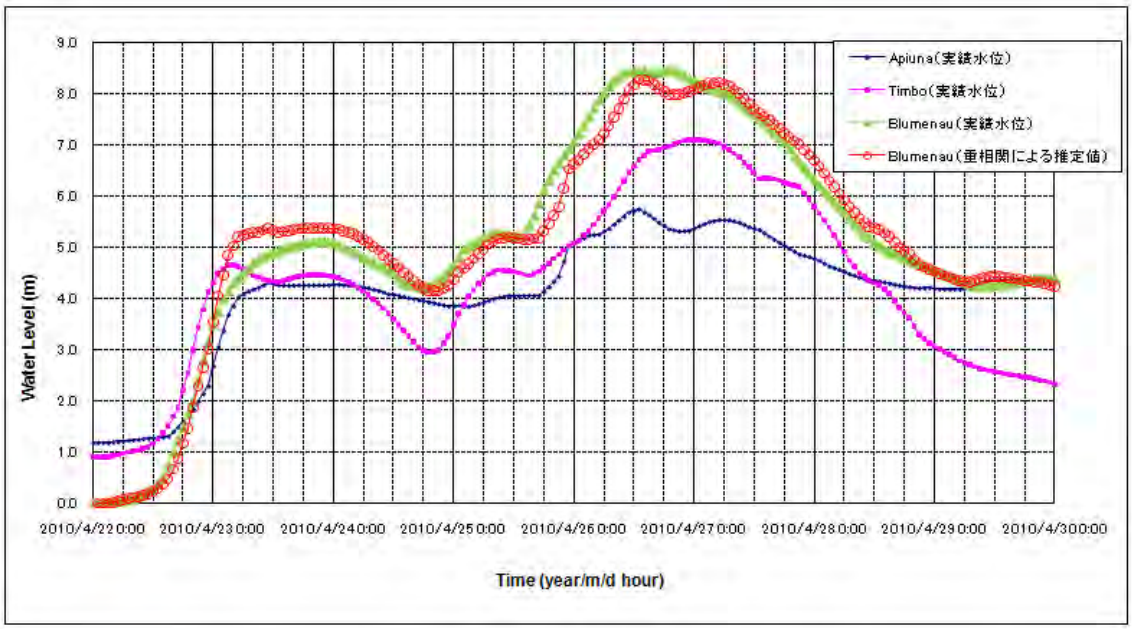
表-6.2.1　重相関による Blumenau の水位予測の概要

相関方法	観測所１	観測所２	相関係数	予測式
重相関	洪水到達時間を考慮し Apiuna の 6 時間前の実績水位を使用	洪水到達時間を考慮し Timbo の 3 時間前の実績水位を使用	0.991	Y= 1.1012259 * X1 + 0.5622697 * X2 - 1.830675 …… (2)

出典：JICA 調査団

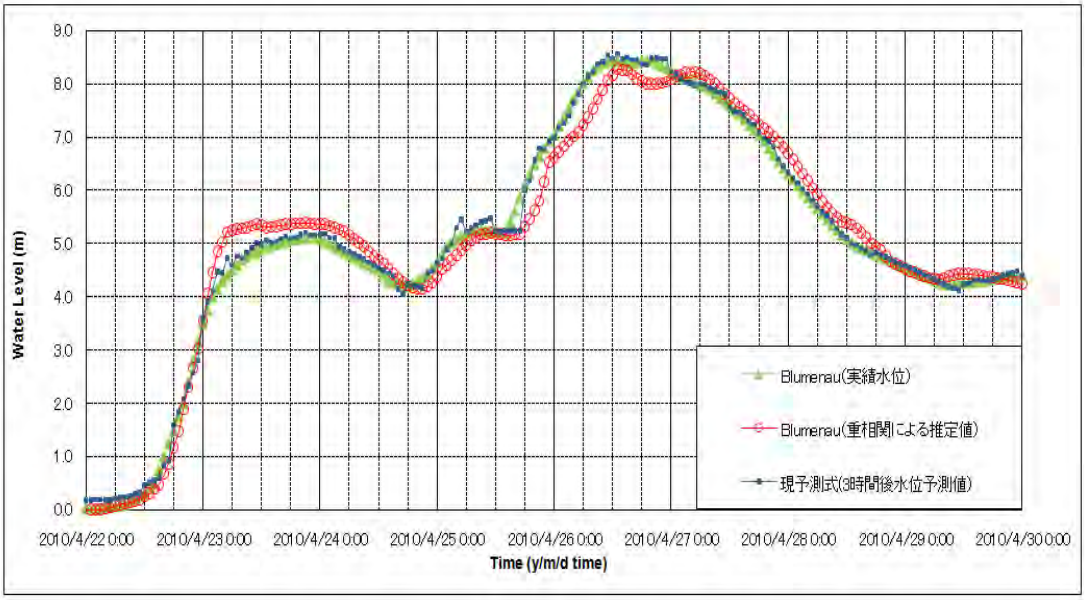
重相関による予測式では、Blumenau の予測水位と 2010 年 4 月洪水時の Apiuna と Timbo の 3 時間前観測水位の間に相関係数 R = 0.991 という高い相関があり、比較的高い精度で予測できたが（図-6.2.3）、現行の予測式の精度までには至ってない（図-6.2.4）。

以上から、Blumenau における現行の予測式は、現状でも高い予測精度を保っており、予測式として妥当であると考えられる。今後も、新たな洪水が観測された際には、式の精度を確認し、必要に応じて修正していくことが望まれる。



出典：JICA 調査団

図-6.2.3　重相関による Blumenau 予測水位と実績水位の比較



出典：JICA 調査団

図-6.2.4　現行予測式と重相関による予測式の比較

6.2.2　Rio do Sul 市における現行洪水予測方法の妥当性

現行の Rio do Sul の予測は、Rio do Sul 市の Defesa Civil により開発されたもので、Rio do Sul（流域面積 5,042 km^2）、Oeste ダム（Rio do Sul の上流約 81 km、流域面積 1,042 km^2）および Sul ダム（Rio do Sul の上流約 43km、流域面積 1,273 km^2）での雨量観測結果を用いた相関法による。この相関式は、試行的に開発したものであり、これを使用して市民に対して警報を発することは、現在のところ行っていない。

i. 当日の日平均水位から次の H-Q 式により日平均流量を算定する。なお、Rio do Sul では通常毎日 7 時、17 時の 2 回スケール目視で水位を観測しており、洪水時には 1 時間から数時間の間隔で密に観測している。ここでの日平均水位とは通常時 2 回、洪水時位置数回～24 回の観測水位の算術平均値のことである。

$$Q = 44.7757\ (H - 0.235)\ 1.48789 \qquad \cdots\cdots(3)$$

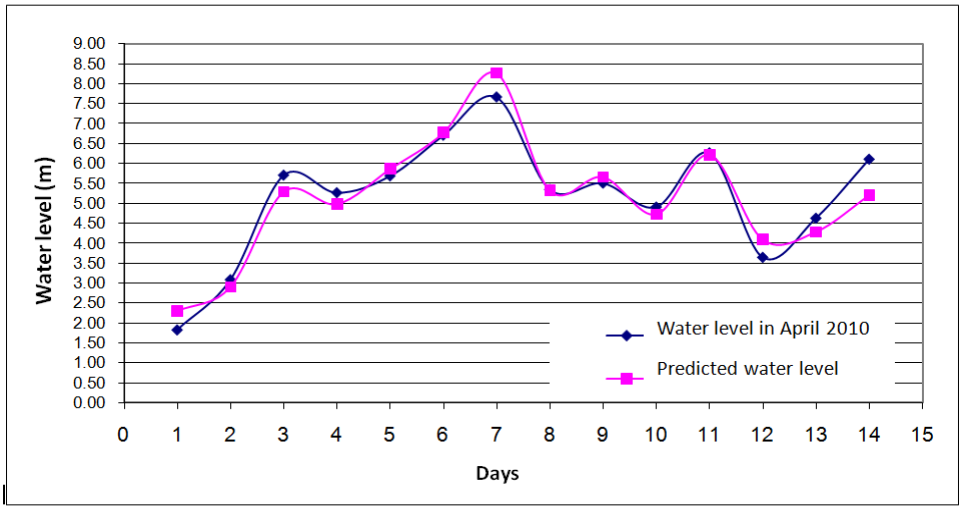
ii. 上記 3 箇所の日雨量データを用いて下式より流量変動量（ΔQ）を予測する。流量変動量とは、当日と翌日の日平均流量の差である。

$$\Delta Q = 6.07 + 1.66 * (\text{Rainfall at Rio do Sul}) + 2.51 * (\text{Rainfall at Sul Dam}) + 0.45 * (\text{Rainfall at Oeste Dam}) \qquad \cdots\cdots(4)$$

iii. 翌日の日平均流量 Q2 は、当日の日平均流量＋流量変動量ΔQ で算定する。

iv. 前述の H-Q 式(3)を用いて、翌日の日平均水位を算定する。

2010 年 4 月に起きた洪水に関して、上記の予測方法で算定した Rio do Sul 市における予測日平均水位と実測日平均水位データと比較した結果（図-6.3.5）、日平均水位としては 30cm 程度の差で予測できている。



出典：Rio do Sul, Defesa Civil

図-6.2.5　Rio do Sul 市における実測日平均水位と予測日平均水位の比較

しかしながら、

- 予測水位は日平均値であり、時間単位の予測はできない。したがって、時間単位の柔軟な警報、避難勧告はできない（翌日に対する注意喚起程度であれば可能である）。
- 日平均値の計算が通常時、洪水時で異なり定義が曖昧である。洪水時は 1 日の終り（24 時）にならないと、翌日の日平均水位が予測できない。この場合は翌日への注意喚起も現実的に難しい。
- DEINFRA が管理している 2 つのダムの放流量は記録されておらず、放流情報は下流の都市（Rio do Sul 市、Ituporanga 市、Taio 市）には伝達されていない。

といった根本的な課題も抱えている。したがって、

- 将来的には、通常の水位相関法により時間単位の水位予測を検討することが望まれる。
- ただし、上流に 2 つの治水ダムがあることから、上流河川と Rio do Sul の相関が低いので、ダムの操作状況を組み込んだ流出解析による予測モデルの開発が必要である。
- この場合、既存の雨量観測所に加えて、ダムゲートの開閉状況と放流量をダム管理者である DEINFRA から水位予測者（市および州 Defense Civil または SDS）に伝達する仕組みを整備することが望ましい。

6.2.3　Itajai 市における洪水予測の方向性

Itajai 市は流域の経済に非常に重要な都市であり、Blumenau、Rio do Sul 同様に洪水予測による警報の実施が望まれる。しかしながら、Itajai 市は、潮位の影響を大きく受けるとともに、イタジャイミリム川の合流地点にあるため、水理的に複雑な位置にある。

Itajai 市の Defesa Civil では 2011 年 2 月に市内に新たに 8 ヶ所の水位計を設置し、警報や避難勧告への適用を検討中であるが、上流の Blumenau、Brusque からの市を跨いだ情報伝達も無く、洪水の予測が困難な状況である。

一方、SC 州の Defesa Civil、SDS、EPAGRI が流出解析と氾濫解析による洪水予測モデルの開発を企画中であるが、これも本調査で提案した観測所を含めたデータの蓄積が必要であり、精度の高い予測までには時間が要すると考えられる。このような予測モデルの開発は今後も継続的に進める必要があるが、当面は SC 州が中心となり Blumenau、Brusque の上流

の水位状況から警報および避難勧告を発令するべきである。

・ 過去の Itajai 市の水位情報は無いが、過去の洪水における Blumenau、Brusque の水位データとその時の Itajai 市での冠水の有無を整理し、Itajai 市で冠水が発生する場合の上流での水位の目安を把握する。

・ 今後は既存観測所とともに、Itajai 市が設置した水位計と今回調査で提案した Gaspar、Ilhota の水位計のデータも活用し、上流水位と Itajai 市での水位、冠水の有無との関係、洪水の到達時間を分析し、予警報の方法を立案する。

6.3 洪水予警報システムの強化に伴うコストの算出

洪水予警報システムの強化に係わるプロジェクトコストは次の通りである。

i) 設置費を含む機材

ii) コンサルタントサービスによるシステム開発

新規に設置する雨量観測施設の数を表-6.3.1 に示す。

表-6.3.1 新規に設ける観測施設の数量と場所

Station		Rainfall	Water Level	CCTV	Warning Tower	Warning Siren
1	Rio do Sul			1	3	3
2	Blumenaur			1	3	3
3	Itajai			1	3	3
4	Vidal Ramos	1	1			3
5	Trombudo	1	1			3
6	Rio dos Cedros	1	1			3
7	Benedito Novo	1	1			3
8	Gasper	1	1			3
9	Ilhota	1	1			3
10	Mirim Doce	1	1			3
11	Salete	1	1			3
12	Pouso Redondo	1	1			3
13	Agua Clera	1	1			3
14	Gurabiruba	1	1			3
15	Sul Dam	1	1			3
16	Oeste Dam	1	1			3
17	Pinhal Dam	1	1	1		3
18	Rio Bonito Dam	1	1	1		3
19	Luiz Alves	1	1			3
Total		**16**	**16**	**5**	**9**	**57**

出典:JICA 調査団

さらに、第8章､8.5.2節で示したとおり、Florianopolis 市において Defesa Civil にマスター・ステーションを設置し、3 つのモニター・センターを Itajai 市、Blumenau 市、Rio du sul 市の Defesa Civil に設置することとする。

表-6.3.2 機材の仕様一覧

Item	Specification	Nos.
Telemetry rainfall gauge	Radar type OTT/RLS model	16
Telemetry water level gauge	Radar type OTT/RLS model	16
Software	Automatic E-mail system	16
Solar panel/battery	Polycrystalline silicon type 12V	16
Data transmission (GPRS)	For data transmission 2.0Mbyte	16

CCTV	In-line transmission CCD	5
Data transmission (GPRS)	For CCTV 2.0Gbyte	5
Database	Memory capacity for 20 years record	5
Monitoring panel	52 inches display LDC	5
Electric bulletin board (warning tower)	5.0 m width and 3.0 m height Rio do Sul (3), Blumenau (3), Itajai (3)	9
Alarm (siren)	Large disaster warning siren, for external moisture	57

出典:JICA 調査団

表-6.3.3 には、マスター・ステーションとモニター・センターを含んだ観測施設の算出コストを示す。

表-6.3.3 観測施設の算出コスト

Item	Nos.	Unit Price (R$)	Amount (R$)
Telemetry rainfall gauge	16	5,300	84,800
Telemetry water level gauge	16	6,800	108,800
Software	16	-	-
Solar panel/battery	16	17,000	272,000
Data transmission (GPRS)	16	20,000	320,000
CCTV	5	26,500	128,000
Data transmission (GPRS)	5	20,000	100,000
Database	5	120,000	600,000
Monitoring panel	5	8,000	40,000
Electric bulletin board (warning tower)	9	30,000	270,000
Alarm (siren)	57	2,000	114,000
Monitor station	3	80,000	240,000
Central station	1	257,000	257,000
Total			**2,534,600**

備考:テレメータに関するデータ転送のソフトウェア-コストはには含まれている。
出典:JICA 調査団

観測機材とシステム構築を含んだセンターの費用の単価は、サポーティングレポート D(既存の洪水予警報システムの強化）に示す。上記の観測システムとともに、今後の河川管理のため河川台帳を作成する必要がある。河川台帳は、イタジャイ本川、主要の支線の横断測量（1 km 間隔, 総計 350 横断）、既存の水位観測所の横断測量, 河道沿いに距離杭（KP）を含むものとする。河川台帳は、今後の洪水の流出モデルを含むものとする。

システム開発にかかわるコンサルタントサービスの目的は次の通りである。

i. 機材導入の入札

ii. 関係機関のトレーニング

iii. イタジャイ流域における流出予測モデルとシュミレーションモデルの開発

iv. 既存の観測施設を含めたすべての水位観測所から流量観測を実施し H-Q 曲線を確立する。

v. Bonito と Pinhal ダムのオペレーションシステムの準備の検討

vi. Oeste と Sul ダムのオペレーションシステムの準備の検討

システム開発に伴うコンサルタントサービス費用は次の通りである。

表-6.3.4　システム開発に係わるコンサルタントサービス費用

Item	M/M	Unit Price (R$)	Amount (R$)
Project Manager	10	60,000	600,000
Hydrologist	8	50,000	400,000
River Engineer	8	50,000	400,000
Program Engineer	4	50,000	200,000
Telecommunication Engineer	5	50,000	300,000
System Engineer	5	50,000	300,000
Network Engineer	5	50,000	300,000
Database Engineer	5	50,000	300,000
Supporting Staff	10	20,000	200,000
Total	**-**	**-**	**3,000,000**

出典：JICA 調査団

当プロジェクトにかかる直接費用を表 6.3.5 に示す。

表-6.3.5　FFWS を強化するための直接費用

Item	Amount (R$)
1. Equipment cost	2,534,600
2. River survey for a river inventory book	1,500,000
3. System development	3,000,000
Total	**7,034,600**

出典：JICA 調査団

第 7 章　土砂災害構造物対策工に関するフィージビリティ調査

7.1　概要

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、Blumenau 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保証することとする。優先箇所は、すべて道路斜面である。

マスタープランでは 60 年確率豪雨に対し片側幅員の通行確保を安全目標としている。フィージビリティスタディ対象の 13 の優先箇所に於いては現地調査結果から下記の理由により人身損失の可能性が高いため、目標を 60 年確率豪雨に対し全幅員の通行確保に改め、人身損失回避効果を確実化する。

- 60 年確率豪雨に対し、片側幅員の通行確保を目標とした対策を施したとしても、部分的道路閉塞が生じる可能性は残る。その場合に当該 13 箇所においては、その地形特性から道路利用者を直撃する急速な崩落あるいは、急速な路体崩壊に伴う谷側への車輌転落が予想される。
- 当該 13 箇所の日交通量は 1,800～43,000 台/日と比較的高く、一部車線の道路閉塞であっても道路利用者が災害の直撃を受ける可能性が高い。
- 特に、7 箇所は含水により強度劣化が著しい赤色土壌の斜面である。本フィージビリティスタディの過程で高さ 7m 以上、張芝が施された赤色土壌の切土のり面に於いて、2010 年 5 月確認以来 60 確率豪雨を経験していないにも係わらず、一年後の 2011 年 4 月に浅いすべりによる斜面の変形の進行が確認された。本確認により、赤色土壌分布する高さ 7m 以上切土斜面においては、植生工が施されたとしても斜面は軽微に変形し 60 年確率豪雨により斜面崩壊に到る可能性が高いと再確認された。マスタープランでは、崩壊した場合片側幅員の通行確保が図れない高さ 15m以上の斜面範囲に切土補強土を採用する方針としていた。フィージビリティスタディでは、高さ 7 m以上の赤色土壌の斜面へ切土補強土の採用範囲を広げ、60 年確率豪雨下でも全幅員の通行を確保し、人身損失の回避を確実化する。

対策工種は、類似した斜面状況で、60 年確率降雨を経験しても土砂災害が発生しなかった斜面の既存対策工を参考にして選定する。また、ブラジルの基準（technical norm in Brazil, NORMA BRASILEIRA ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), NBR (Número de referéncia) 11682, Estabilidade Encostas (斜面安定工)を参照した。

道路排水工の規模は DEINFRA の手法に従い、10 年確率の降雨強度-継続時間曲線を用いて計画する。

次に示す 3 つの工法は、イタジャイ川流域では使用されておらず、60 年確率降雨を経験していない。日本の類似斜面における降雨経験から、これらの工法も本 F/S において比較工法として検討する。

- EPS（発泡ポリスティロール）軽量盛土工法
- ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法
- 連結ブロック護岸工と覆土および植生工

土砂災害は土砂流出を起こし、それは、洪水、フラッシュフラド、更なる土砂災害および社会インフラの機能に負の影響を及ぼす。それ故、浸食防止のために植生工、排水溝を適用する。倒木による危険が無い範囲には、木本類を導入する。木本類の植栽により炭素固定と地球環境改善の効果が期待される。

7.2 土砂災害の分類と構造対策工の選定

7.2.1 土砂災害の分類

一般的に、土砂災害の運動形態、発生源と保全対象の位置によって最適な対策工が異なる。本 F/S における、土砂災害の類型を表-7.2.1 に示す。

表- 7.2.1 土砂災害の類型

土砂災害発生源の保全対象との位置関係	土砂災害形態
山側斜面	崩壊
谷側斜面	
河岸	
-	地すべり
-	土石流

出典：JICA 調査団

優先 13 箇所の土砂災害類型を表-7.2.2 に示す。

表-7.2.2 優先 13 箇所の土砂災害類型

優先順位	位置	市	道路管理機関	年潜在損失額 R$ 1,000/年	土砂災害類型
1	SC 302 Taio-Passo Manso-5	Taio	州	1,255	地すべり
2	SC470 Gaspar River Bank	Gaspar	州	1,095	河岸崩壊
3	Blumenau -Av Beira Rio	Blumenau	市	1,021	河岸崩壊
4	SC418 Blumenau – Pomerode	Pomerode	州	989	地すべり
5	SC474 Blumenau-Massaranduba 2	Blumenau	州	907	山側崩壊
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	Gaspar	市	774	地すべり、山側および谷側崩壊
7	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	Luiz Alves	市	700	山側崩壊
8	SC470 Gaspar Bypass	Gaspar	州	689	山側崩壊
9	SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	Benedito Novo	州	680	地すべり
10	SC418 Pomerode- Jaragua do Sul 1	Pomerode	州	651	谷側崩壊
11	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	Luiz Alves	市	629	山側崩壊
12	SC474 Blumenau - Massaranduba 1	Blumenau	州	601	山側崩壊
13	SC 302 Taio – Passo Manso 4	Taio	州	526	山側崩壊

出典：JICA 調査団

7.2.2 山側崩壊への対策工選定

山側崩壊に対する対策工の比較の選定基準を 7.1.1 節に記述した方針に従い、表-7.2.3 に示す。土砂流出防止を図るため、植生工と排水工は基本的な対策工として実施する。

法高が 7 m を超える切土斜面で発生した斜面の変形 州道 SC474 号
Blumenau-Massaranduba 区間、 Blumenau 市内
出典:JICA 調査団

イタジャイ川流域には、法尻にふとん篭によるもたれ擁壁が多く施工され、斜面には植生工が施されている。法高が 7 m 以下の場合は、60 年確率豪雨に対しても、経験的にこの工法で十分であるが、法高が 7 m 以上の場合には右の写真に示すように変形が発生する場合がある。

表-7.2.3　山側崩壊に対する構造物対策工

斜面状態		標準的な対策工種	共通工
安定勾配での切土が不可能。		ロックボルト工、アンカー工	排水工 植生工
落石の可能性がある。		不安定岩塊除去、根固工、落石防護柵、落石防護網	
安定勾配での切土が可能。	斜面高 7 m 以上	不安定土砂の除去、切土補強土	
	斜面高 7 m 未満	不安定土砂の除去、植生ネット、法尻への布団籠工	

出典：JICA 調査団

山側斜面の崩壊への対策工は表-7.2.4 に示す通りである。降雨や湧水による浸食や土砂流出を防護するために排水工と植生工はすべての箇所に計画する。

表- 7.2.4　山側の崩壊への対策工の選定結果

優先順位	位置	高さ 勾配	土質状況 岩盤状況	湧水	選定対策工
5	SC474 Blumenau-Massaranduba 2	15 m 40°	風化岩	降雨時に湧水あり	1. 不安定土塊の除去 2. 排水 3. 切土補強土 4. 植生工
6	Gaspar – Luiz Alves, Gaspar 9	15 m 45°	粘土、砂、風化岩		
7	Gaspar – Luiz Alves, Luiz Alves 6	10-20 m 60°	粘土、砂、風化岩		
8	SC470 Gaspar Bypass	20 m 50°	風化岩		
11	Gaspar – Luiz Alves, Luiz Alves 4	15 m 25°	粘土、砂、風化岩		
12	SC474 Blumenau-Massaranduba 1	30 m 50°	風化岩		
13	SC 302 Taio-Passo Manso 4	20 m 50°			

出典：JICA 調査団

法面保護工の比較を 1,000 m^2 規模について行った（表-7.2.5 参照）。ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法がコスト、工期、景観の項目すべてで他工法に勝っており最適である。

1 案　吹付法枠工

2 案　コンクリート法枠工

3 案　ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法

7.2.3　谷側の崩壊への対策工の選定

谷側崩壊への対策工比較の選定基準は 7.1.1 節にて述べた方針に従い、表-7.2.6 に示す通りである。土砂流出防止のため、植生工と排水工を基本対策として採用する。

表-7.2.5　法面保護工の比較表

	1 案	2 案	3 案
	吹付法枠工	コンクリート法枠工	ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法補強土工法
完成写真			
概算工期（1,000m^2 あたり）	工種 / 日 法面清掃工 5 ラス張工 8 法枠工 25 植生工 5 合計 43	工種 / 日 法面清掃工 5 現場コンクリート枠工 40 植生工 5 合計 50	工種 / 日 法面清掃工 5 アンカーバー 3 排水処理 6 補強土工 20 植生工 5 合計 39
工事単価	工種 / R$/ m^2 法面清掃工 15 ラス張工 45 法枠工 300 植生工 65 合計 425	工種 / R$/ m^2 法面清掃工 15 現場コンクリート枠工※ 340 植生工 65 合計 420 ※養生含む	工種 / R$/ m^2 法面清　工 15 アンカーバー 50 排水処理 35 補強土工※ 235 植生工 75 合計 410 ※長繊維補強土工法
評価	推奨できない - 2 番目に工期が短い - 経済的に最も劣る - 3 案に比べ景観に劣る	推奨できない - 最も工期が長い - 2 番目に経済的 - 3 案に比べ景観に劣る	推奨 - 工期が短い - 最も経済的 - 景観に優れる

出典:JICA 調査団

表-7.2.6　谷側の崩壊への対策工の選定

斜面状況			標準的な対策工種	共通工
崩壊の高さ（H）が 10 m を越える H > 10	崩壊の高さ(H)と幅(W) H/W > 0.5		鋼管杭工、大型ブロック工	植樹 排水
	崩壊の高さ(H)と幅(W) H/W ≦0.5		蛇かごによる縦排水を兼ねた浸食（ガリー）の埋め戻し。	
崩壊の高さ（H）が 10 m 以下 H ≦ 10	崩壊の高さ(H)と幅(W) H/W > 0.5	盛土可能	盛土	
		盛土不可能	鋼管杭工、大型ブロック工	
	崩壊の高さ(H)と幅(W) H/W≦0.5		蛇かごによる縦排水を兼ねた浸食（ガリー）の埋め戻し	

出典：JICA 調査団

表-7.2.7　谷側の崩壊への対策工の選定結果

優先順位	場所	崩壊の高さ	崩壊の幅	盛土の可能性	選定対策工
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	30 m	3 m	不可能	布団かごによる沢地形の埋め戻し
10	SC418 Pomerode - Jaragua do Sul 1	8 m	30 m	可能	盛土工、植樹、排水

出典：JICA 調査団

7.2.4　河岸崩壊への対策工選定

二つの河岸崩壊（優先順位 No.2 SC 470 Gaspar River Bank, priority と No.3 Blumenau - AV. Pres Casrelo Branco）への対策工の選定は流速と環境保全に考慮して行った。流速は、調査地の河川横断と流出解析結果（H-Q 曲線）から算出した。

表-7.2.8　流出量と流速の関係

流出量 (m^3/s)	優先順位 No.2 SC 470 Gaspar River Bank	優先順位 No.3 Blumenau AV. Beira Rio	備考
500	1.98	2.41	
1,000	3.01	3.94	
1,500	4.13	5.37	
2,000	5.28	6.71	
2,500	6.29	7.88	
3,000	7.25	8.92	
3,500	8.27	9.96	
3,700	8.58	10.30	10 年確率の流出量
4,000	9.04	10.81	
5,000	10.44	12.36	
5,500	11.09	13.06	50 年確率の流出量
6,000	11.74	13.77	

出典：JICA 調査団

設計流速は表-7.2.9 に示す通りである。優先順位 No.2 SC 470 Gaspar 地区は直線区間である。優先順位 No.3 Blumenau AV. Pres Casrelo Branco は、固定床に相当し、かつ、曲線半径が約 2km と大きい。よって両箇所とも補正係数は 1.0 となる。

表-7.2.9　設計流速

場所	確率雨量 / 最大流下能力	設計流量 (m^3/s)	断面積 (m^2)	流速 (m/s)	直線 / 曲線	河床状況	補正係数	設計流速 (m/s)
Gaspar	50 年確率	5,500	3,543	1.55	直線	固定	1.0	1.55
	最大流下能力	5,609	3,995	1.40	直線	固定	1.0	1.40
Blumenau	50 年確率	5,500	2,069	2.65	曲線	固定	1.0	2.65
	最大流下能力	6,008	2,182	2.75	曲線	固定	1.0	2.75

出典：JICA 調査団

経験工学的な斜面状況に対する護岸工の適応性を表-7.2.10 に示す。

優先順位 No.2 SC 470 Gaspar River Bank には表-7.2.11 に示す通り、蛇篭を用いた護岸工が適する。また、優先順位 No.3 Blumenau AV. Pres Casrelo Branco には表-7.2.12 に示す通り連結ブロック護岸工が適する。

表-7.2.10 護岸工の適合条件

護岸工の種類		経験工学的な適応条件 設計流速 (m/s) 2 3 4 5 6 7	その他の適用条件等
植生系	芝張り	Gaspar site	平水位では浸水しない箇所に適用する。
シート系	ジオテキスタイル	Blumenau site	転石が少ない河川や水衝部以外の箇所に適用する。
	ブロックマット		
木系	丸太法枠		転石の少ない河川や堤内地盤より低い箇所に適用する。
	粗法枠		
	杭柵		
石系	自然石 (空張)		現地周辺で材料の入手が容易な場

護岸工の種類		経験工学的な適応条件							
		設計流速 (m/s)							その他の適用条件等
		2	3	4	5	6	7		
	自然石 (練張)								合に、堤内地盤より低い河岸保護に適用する。
かご系	蛇篭								転石の少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に適用する。
	ふとん籠								
コンクリート系	連結ブロック								転石が多くても採用可能である。
	コンクリートブロック張								

■	適応可能な範囲
■	基本的には使用しない範囲

出典：日本国国土交通省「美しい山河を守る災害復旧基本方針」を参考に調査団にて作成

表-7.2.11　優先順位 No.2 SC 470 Gaspar River Bank の対策工選定結果

護岸工の種類		適用性
植生系	芝張り	適用不可。 60 年確率降雨で被災箇所であり、局所的に流速が大きくなる可能性が考えられる。
シート系	ジオテキスタイル	
	ブロックマット	
木系	丸太格子	適用不可・ 木材は 10 年で腐朽のため機能が低下する。
	粗 法枠	
	杭柵	
石系	自然石 (空張)	適用不可。 緑化基礎となる安定な覆土を行えない。
	自然石 (練張)	
かご系	蛇篭	適用可。 覆土し緑化することで上下流の両側と景観が調和的となる。
	かご（平張）	
コンクリート系	連結ブロック	適用可であるが、コストが高い。
	コンクリートブロック張	適用不可。 植生基礎として覆土するため、特殊なブロックが必要となる。

出典:JICA 調査団

表-7.2.12　優先順位 No.3 Blumenau AV. Pres Casrelo Branco の対策工選定結果

護岸工の種類		適用性
植生系	芝張り	適用不可、設計流速に対して安定しない。
シート系	ジオテキスタイル	適用不可、橋脚上部に位置し、流速が大きくなる可能性がある。
	ブロックマット	
木系	丸太格子	適用不可、木材は 10 年で腐朽のため機能が低下する。
	粗　法枠	
	杭柵	
石系	自然石 (空張)	適用不可、覆土が安定しない。
	自然石 (練張)	
かご系	蛇篭	適用不可、上下流と連続的な景観の調和を損なう。Blumenau 市にとって、この場所の景観は重要である。
	かご（平張）	
コンクリート系	連結ブロック	適用可、覆土が可能な形式の連結ブロックを適用する必要がある。
	コンクリートブロック張	適用不可、緑化基礎となる覆土が安定しない。

出典:JICA 調査団

表-7.2.13　河岸崩壊対策工の選定結果

優先順位	場所	斜面高さ	平均斜面勾配	設計流速 (m/s)	選定対策工
2	No.2 SC 470 Gaspar River Bank	30 m	1: 0.7, 35 °	1.6	蛇篭工と覆土および緑化。
3	No.3 Blumenau AV. Pres Castelo Branco	8 m	1:0.6, 31 °	2.8	連結ブロック工、覆土および緑化。

出典：JICA 調査団

7.2.5 地すべりへの対策工の選定

(1) 地すべりの安全率

安定解析は地すべりの安定性を維持し、計画安全率を満足するための対策工の大きさや量を決定するために行われる。以下に示すスエーデン分割法を地すべりの安定解析に用いる。

$$Fs = \frac{(\Sigma N - \Sigma U) \times \tan\phi + C \times \Sigma L}{\Sigma T}$$

ここに

Fs : 安全率
N(kN/m) =分割片の重力による法線力 N=W cos α
T(kN/m) =分割片の重力による接線力 T=W sin α
α（°）=すべり面の分割片部における傾斜角
U(kN/m) = 間隙水圧
L(m) =分割片のすべり面長
C(kN/m^2) = 粘着力
φ（°）= 内部摩擦角

表-7.2.14 初期安全率の決定

初期安全率	地すべりの動きの状態
0.95	継続した地すべり活動が認められる。
0.98	降雨に連動した断続的な地すべり活動が認められる。
1.00	地すべり活動が認められない。小康状態にある。

出典：河川砂防技術基準（1997 国土交通省）を参考に調査団にて作成

計画安全率は構造物対策によって地すべりの安全度を高めるための目標値である。

表-7.2.15 計画安全率の決定

計画安全率	状況
1.10 -to 1.20	- 保全対象の重要度、想定される被害の程度等を総合的に考慮して決定する。
1.05 to 1.10	- 保全対象への影響が少ない。 - 応急対策の場合

出典：河川砂防技術基準（1997 国土交通省）を参考に調査団にて作成

計画安全率は初期安全率に対する対策工完了後の増加率を示す。表-7.2.14 と表-7.2.15 に従い対象となる地すべりの初期安全率と計画安全率とを決定した。各安全率は表-7.2.16 に示す通りである。

表-7.2.16 各地区の初期安全率と計画安全率

優先順位	場所	初期安全率	計画安全率
1	SC 302 Taio-Passo Manso-5	1.00	1.15
4	SC418 Blumenau – Pomerode	1.00	1.15
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	1.00	1.15
9	SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	1.00	1.15

出典：JICA 調査団

(2) 対策工の選定

表 7.2.17 に一般的な地すべり対策工を示す。対策工は図 7.2.1 に示すフローに従い選定する。選定された対策工は表 7.2.18 に示す通りである。

地下水排除工による地下水低下量は経験的に表 7.2.19 に示す数値に設定した。

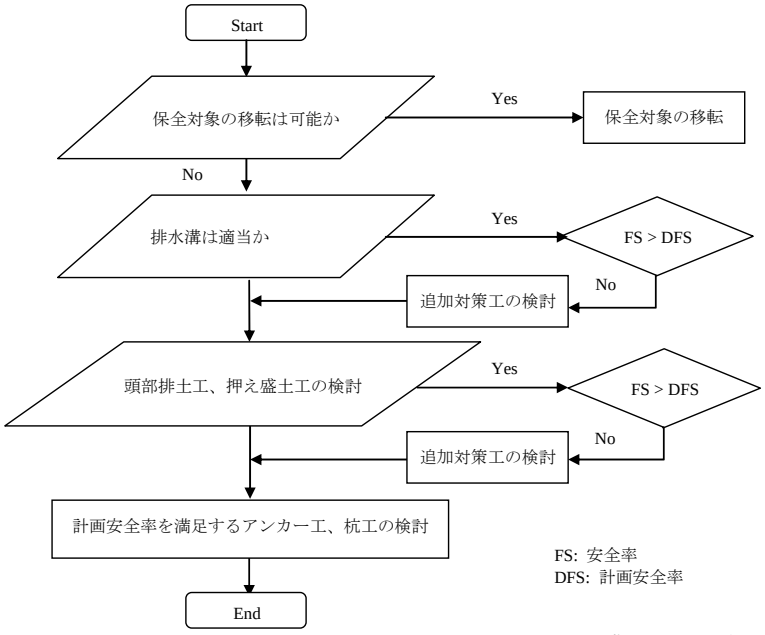
優先順位 No. 9 SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1 は、地下水位が低いため地下水排除

工は適さない。基礎地盤が深く、地下水位が低い現地条件から EPS 軽量盛土工法が適する。

表-7.2.17　一般的な地すべり対策工

分類		対策工
1. 排水工	表層地下水排除工	排水溝
	地下水排除工	明暗渠工
		排水横ボーリング工
		集水井
		排水トンネル
2. 頭部排土と押え盛土工		頭部排土工
		押え盛土工
		頭部への軽量盛土
3. 擁壁		布団かご擁壁
		擁壁
4. アンカー工		ロックボルト工
		アンカー工
5. 杭工		鋼管杭工
		深礎工

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図-7.2.1　地すべり対策工選定フロー

表-7.2.18　各ブロックの安定解析結果と対策工一覧表

優先順位	場所	初期安全率	計画安全率	対策工実施後の安全率	対策工
1	SC 302 Taio-Passo Manso-5	1.00	1.15	1.0 m の地下水低下で安全率は 1.14 となる。また 1.5 m の地下水低下で安全率は 1.5 m となる。	横ボーリグ工 ふとん篭擁壁
4	SC418 Blumenau - Pomerode	1.00	1.15	0.5 m の地下水位低下で安全率は 1.15 となる。	暗渠工 ふとん篭擁壁
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	1.00	1.15	1.0 m の地下水位低下で安全率は 1.150 となる。	横ボーリング工 ふとん篭擁壁
9	SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	1.00	1.15	軽量盛土によって安全率は 1.15 となる。	軽量盛土

出典：JICA 調査団

表-7.2.19　地下水排除工の実施による地下水低下量

地下水排除工の種類	地下水低下量
暗渠工	- 0.5 m
横ボーリング工	- 1.5 m

出典：JICA 調査団

7 .3　選定箇所の設計検討

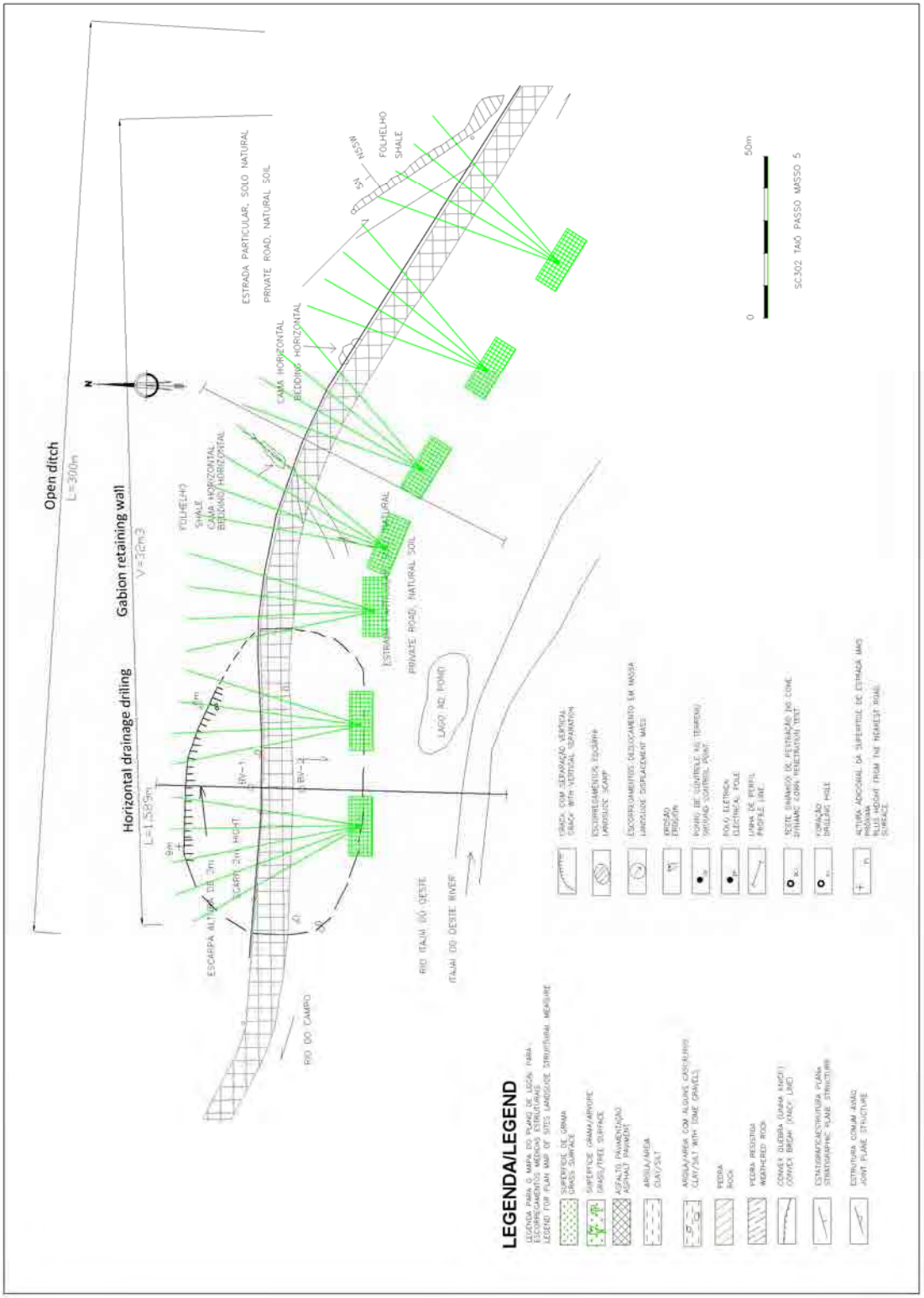
対策工の数量は表-7.3.1 の通りである。代表工種の平面図および断面図を図-7.3.1～図-7.3.8 に示す。

表-7.3.1　対策工数量一覧

優先度 No	現場名	対策工の種類	単位	数量
1	SC 302 Taio-Passo Manso-5	横ボーリング工	m	1,589
		ふとん籠擁壁	m^3	32
		排水溝	m	300
		用地買収	m^2	7,000
2	SC470 Gaspar River Bank	切土	m^3	16,660
		盛土	m^3	16,660
		舗装	m^2	700
		ふとん籠擁壁	m^3	2,000
		苗木植栽工	m^2	3,400
		横断管	m	27
3	Blumenau – Av Pres Casrelo Branco	鋼矢板工	m^2	598
		コンクリート連結ブロック	m^2	4,852
		ジオテキスタイル	m^2	4,852
		切土工	m^3	150
		張芝工	m^2	4,852
4	SC418 Blumenau – Pomerode	明暗渠工	m	373
		ふとん籠擁壁	m^3	238
		排水溝	m	95
		ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法	m^2	3,112
5	SC474 Blumenau-Massaranduba 2	ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法	m^2	6,989
6	Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法	m^2	5,560
		縦排水工	m^3	572
		耐水シート	m^2	312
		排水溝	m	282
		横ボーリング工	m	160
		布団籠擁壁	m^3	100
		植生工	m^2	14,952
		用地買収	m^2	14,629
7	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法	m^2	2,662
		排水溝	m	240
8	SC470 Gaspar Bypass	ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法	m^2	5,151
		排水溝	m	182

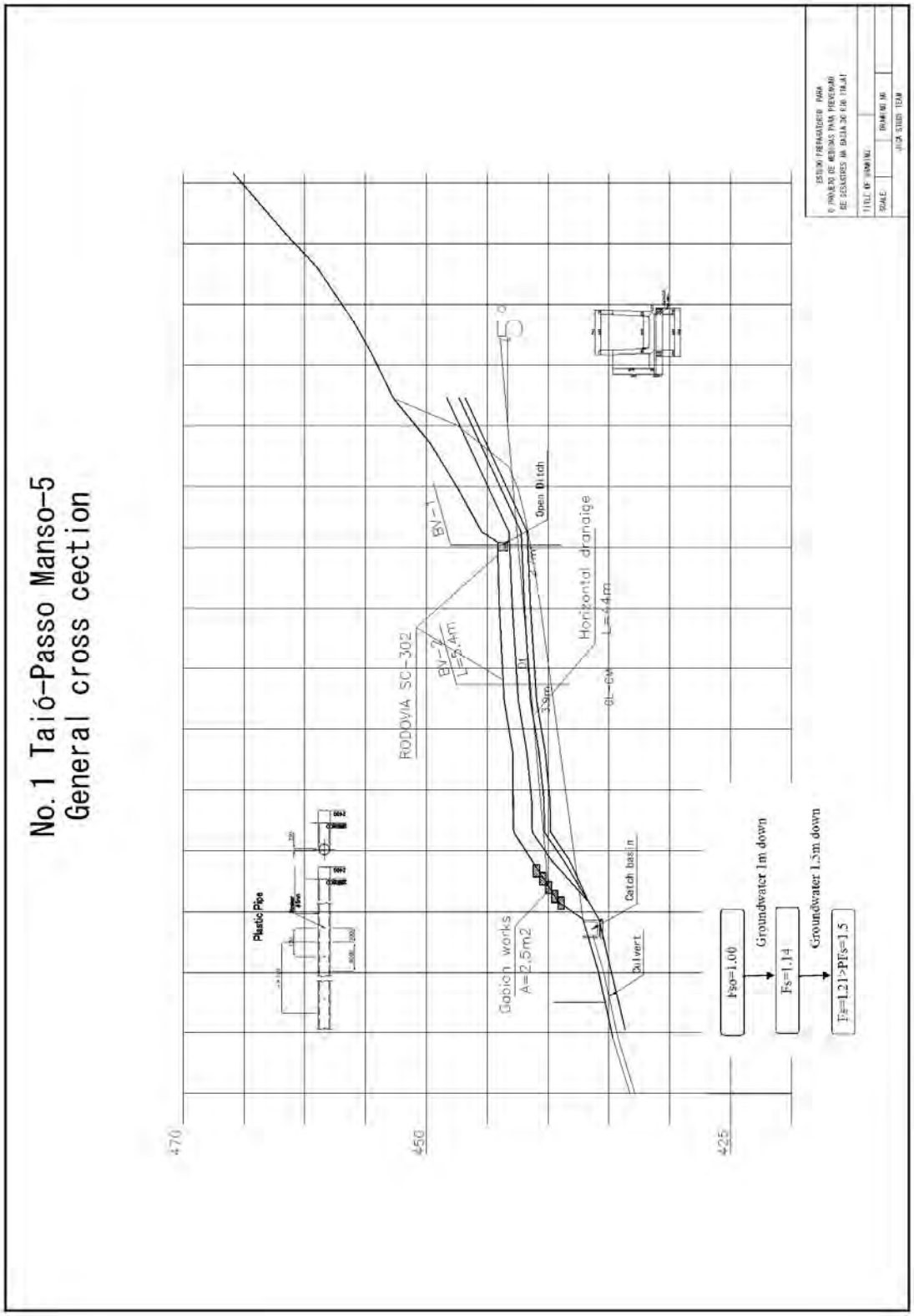
優先度 No	現場名	対策工の種類	単位	数量
9	SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1	EPS 軽量盛土工	m^3	1,930
		排土	m^3	1,930
		排水溝	m	234
		舗装	m^2	863
		仮設足場	m^3	450
		用地買収	m^2	500
10	SC418 Pomerode - Jaragua do Sul 1	ふとん籠擁壁工	m^3	764
		盛土	m^3	10,216
		苗木植栽工	m^2	5,930
		舗装	m^2	404
		用地買収	m^2	6,713
		排水溝	m	340
11	Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法	m^2	6,930
		排水溝	m	260
12	SC474 Blumenau-Massaranduba 1	ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法	m^2	967
13	SC 302 Taio-Passo Manso 4	ポリプロピレン繊維/セメント/砂混合材による切土補強土工法	m^2	2,182
		排水溝	m	82

出典：JICA 調査団



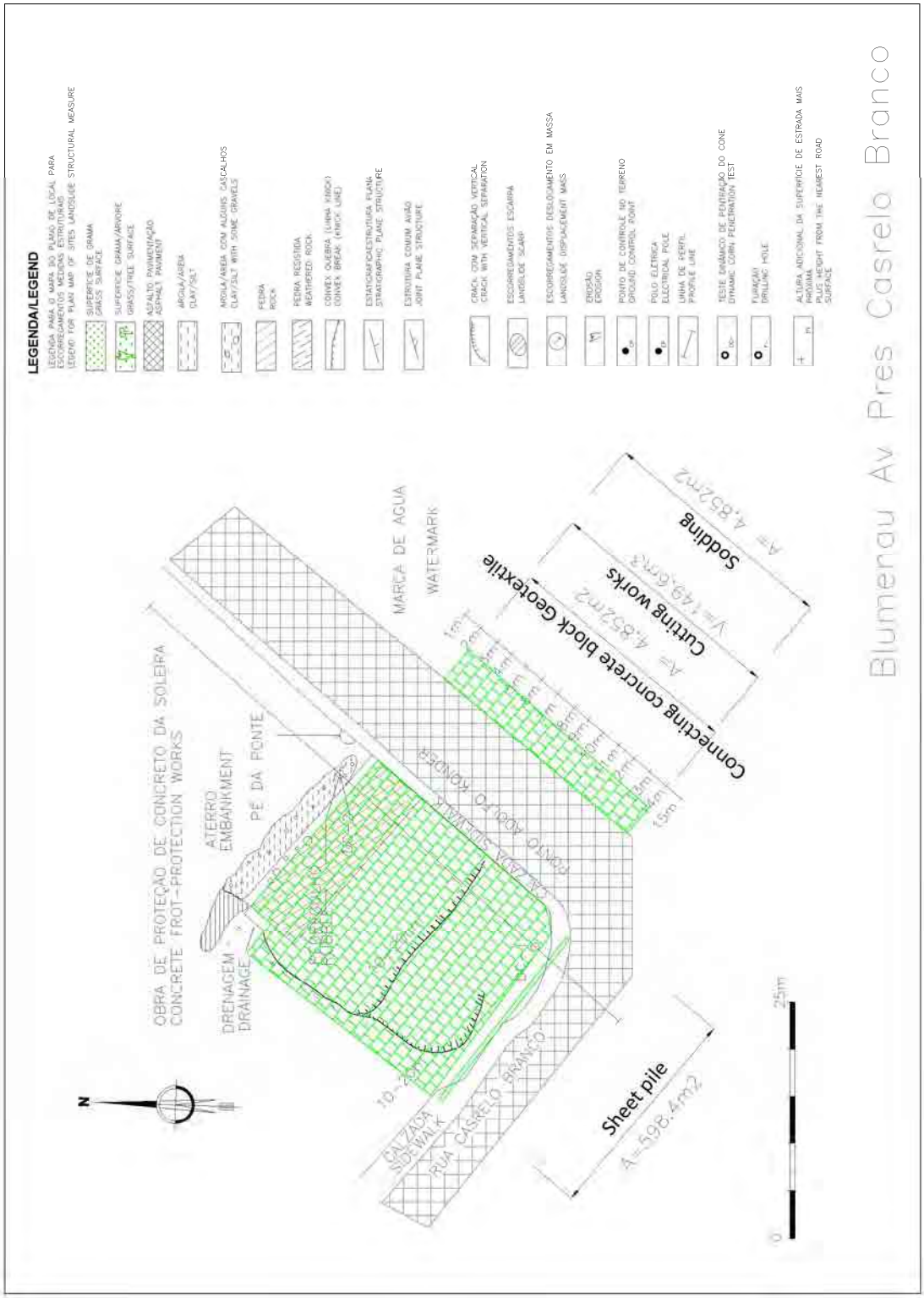
出典：JICA 調査団

図-7.3.1　対策工平面図 No.1 SC 302 Taio-Passo Manso-5



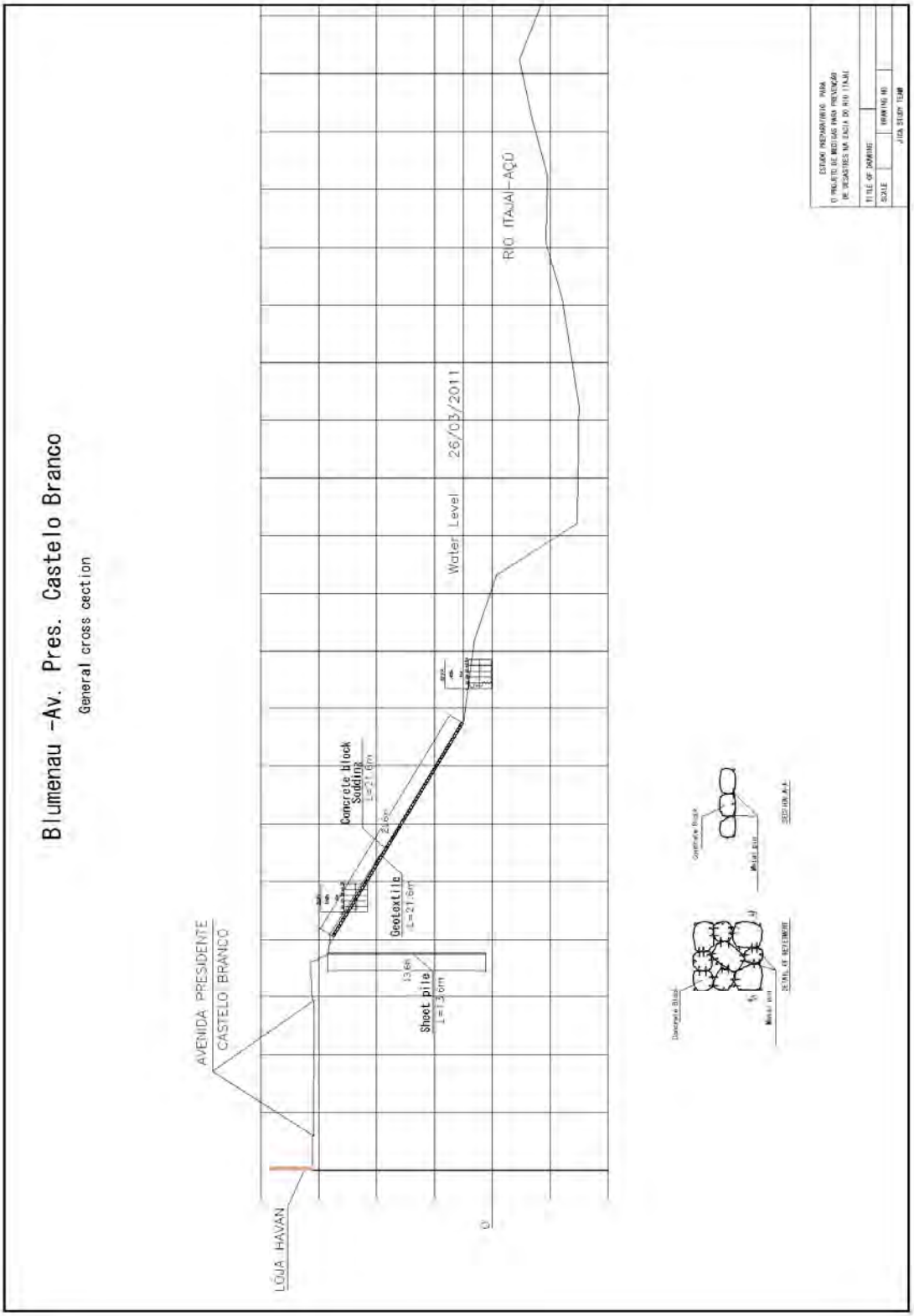
出典：JICA 調査団

図-7.3.2　対策工断面図 No.1 SC 302 Taio-Passo Manso-5



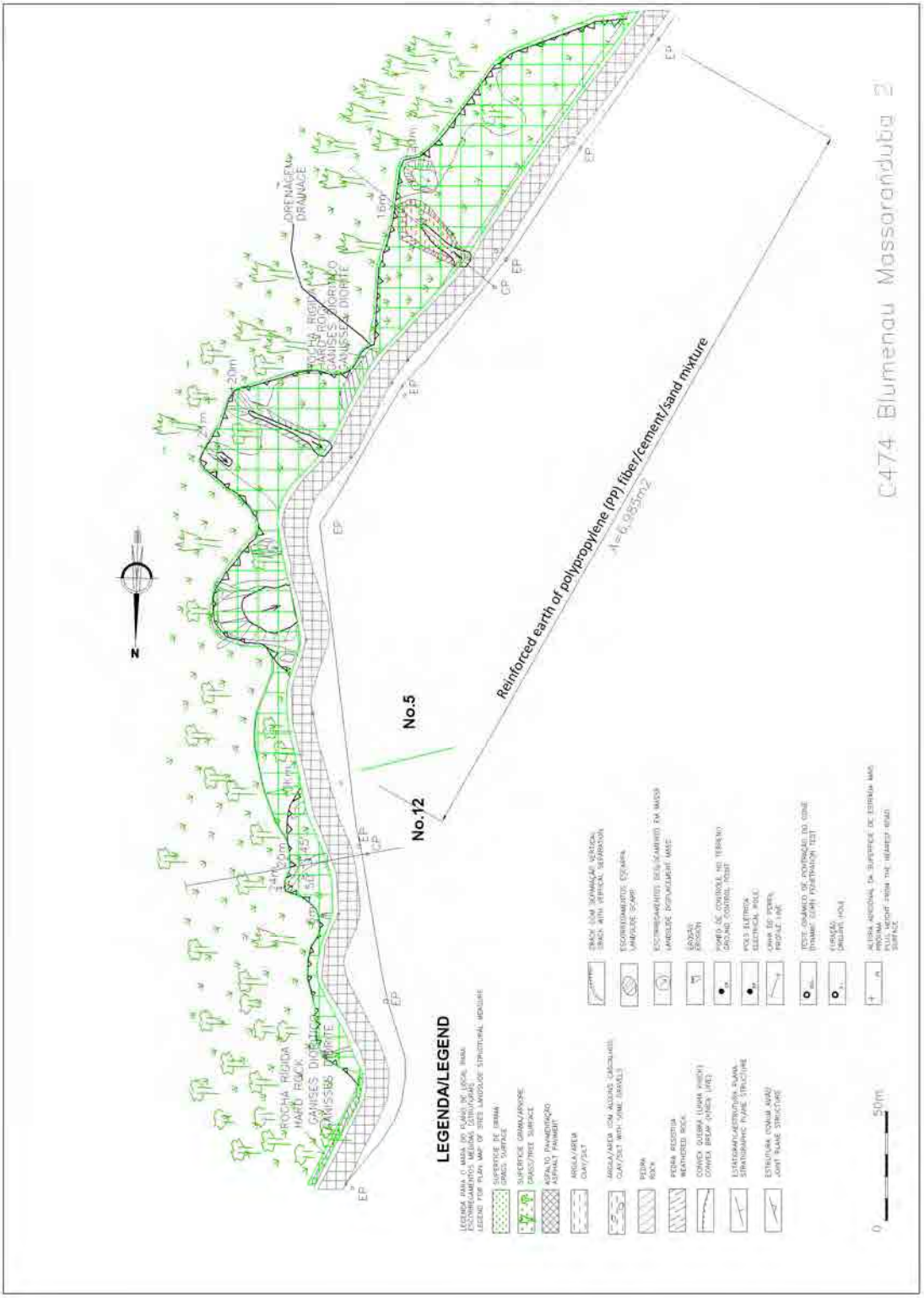
出典：JICA 調査団

図-7.3.3　対策工平面図 No.3 Blumenau –Av Pres Casrelo Branco



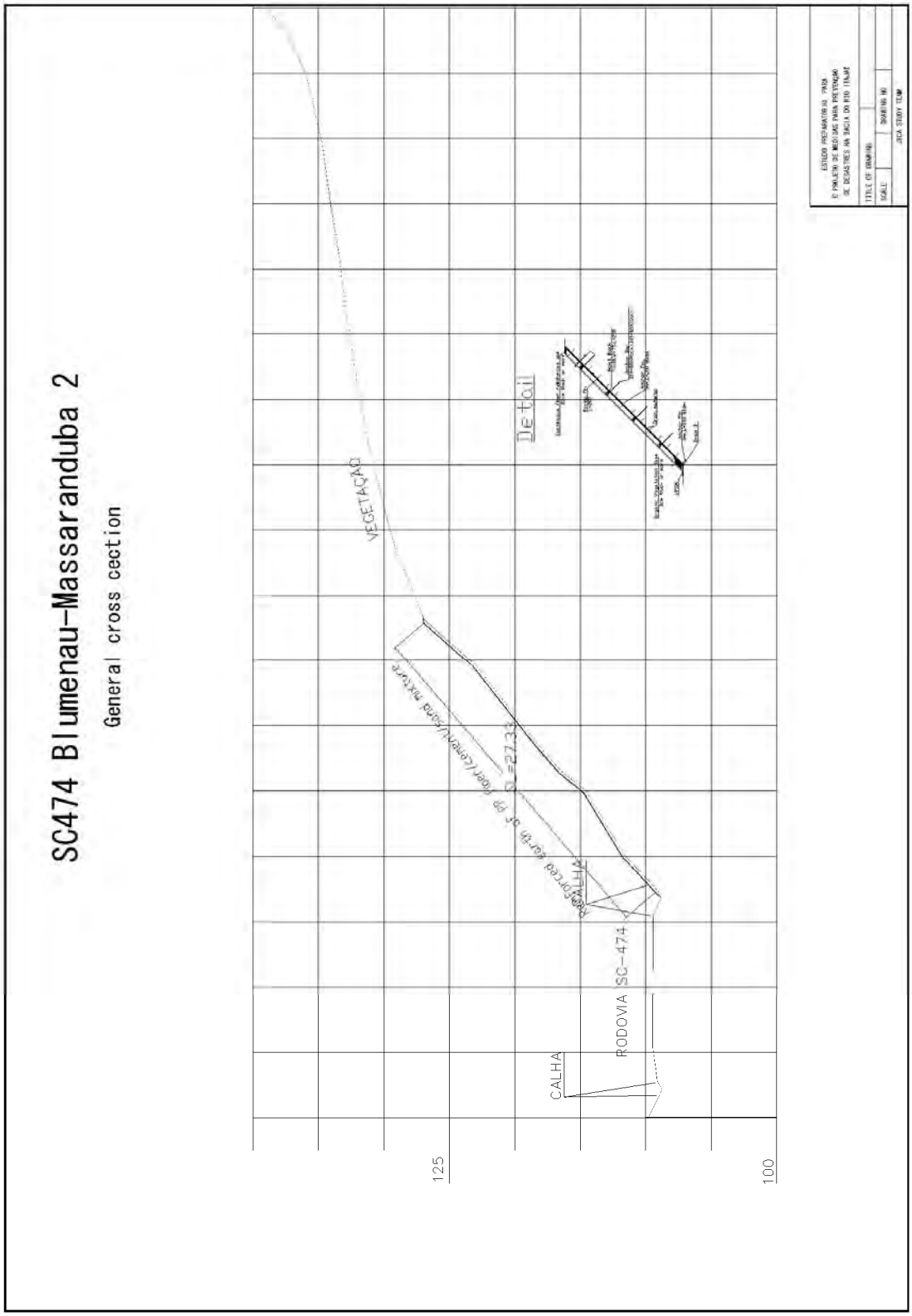
出典：JICA 調査団

図-7.3.4　対策工断面図 No.3 Blumenau –Av Pres Casrelo Branco



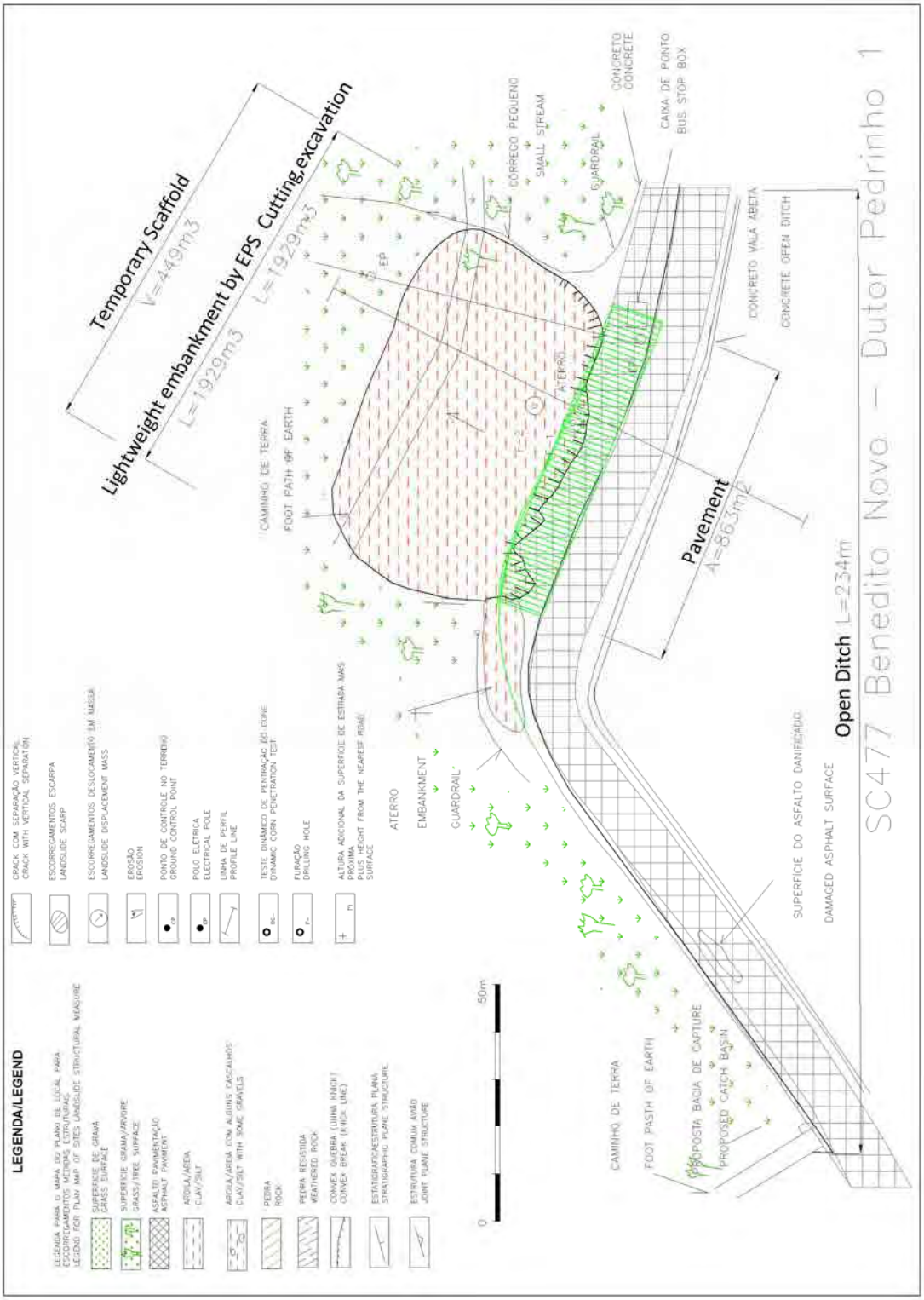
出典：JICA 調査団

図-7.3.5　対策工平面図　No.5　　SC474 Blumenau-Massaranduba 2



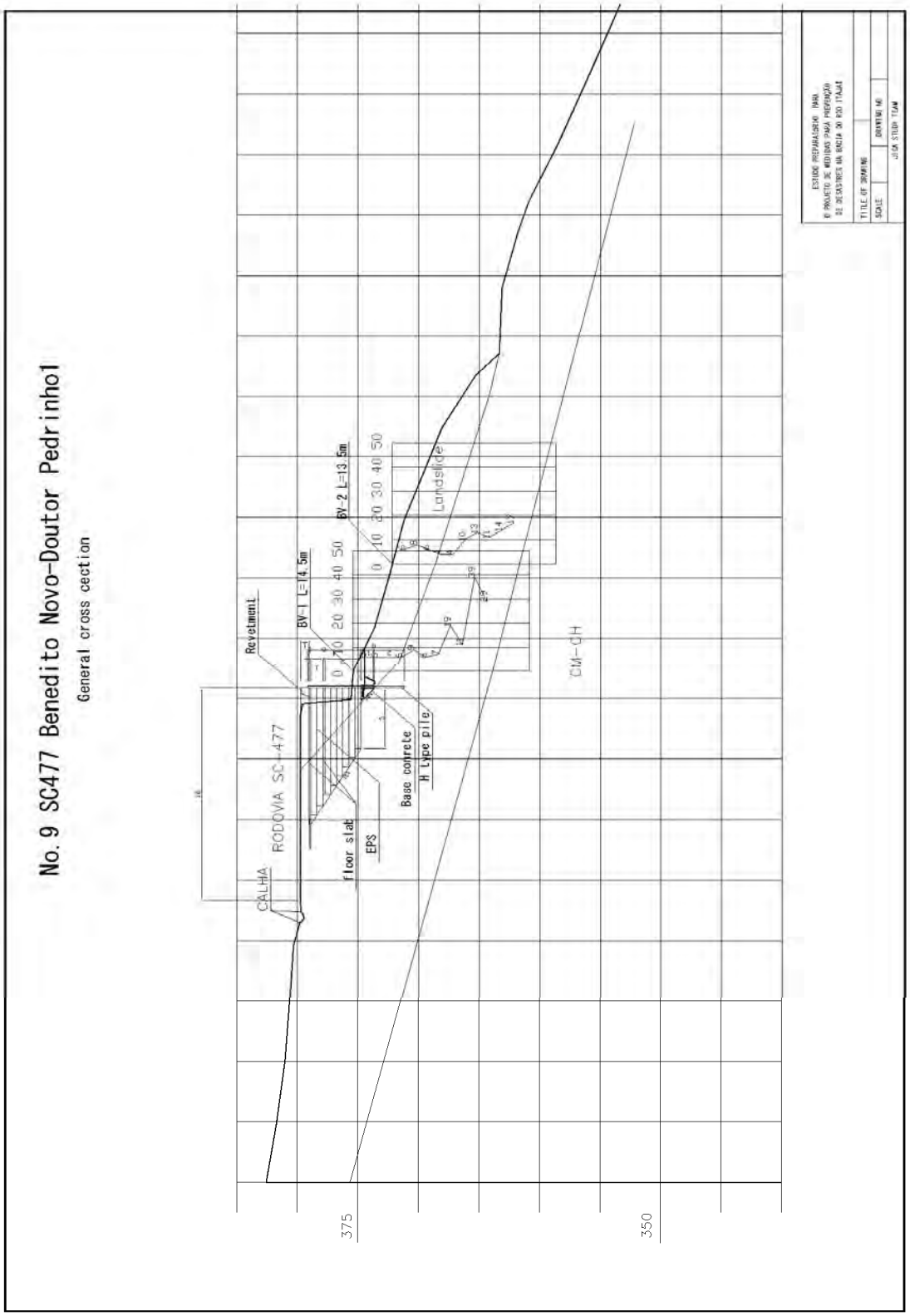
出典：JICA 調査団

図-7.3.6　対策工断面図　　No.5　　SC474 Blumenau-Massaranduba 2



出典：JICA 調査団

図-7.3.7　対策工平面図 No.9　SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1



出典：JICA 調査団

図-7.3.8　対策工断面図 No.9 SC477 Benedito Novo - Dutor Pedrinho 1

第 8 章　土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの設置に関するフィジビリティー調査

8.1　概要

土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの有効性、持続可能性を次の項目について検討した。

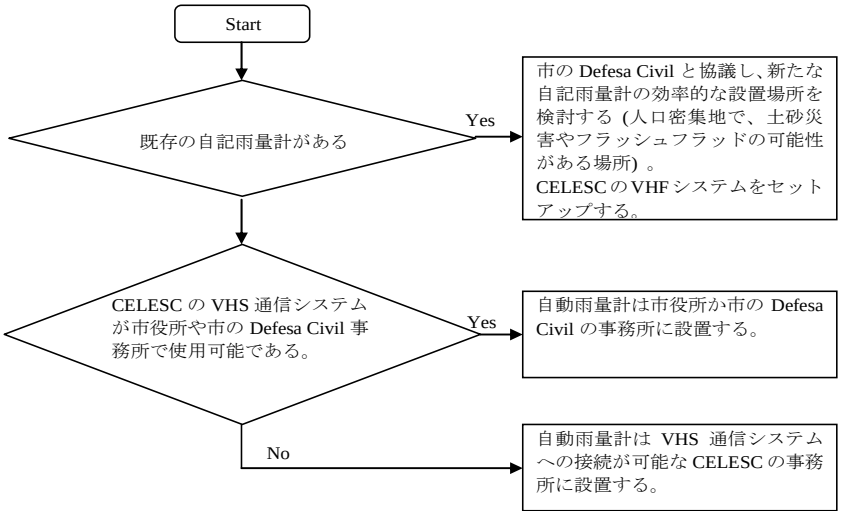
- 雨量観測とデータの伝達手段と保存方法
- 注意報と警報の発令に供する雨量指標基準
- 情報管理、雨量指標の計算、注意報と警報の発令
- 避難指示と防災教育
- リスク回避のための交通規制

8.2　雨量観測とデータの伝達手段と保存方法

予警報を目的として自記雨量計は各市に設置する。

SC 州 Defesa Civil 局は、自記雨量計、データの伝達および蓄積機材の設置と維持に対する責任機関である。

自動雨量計の各市における設置位置は、次の手順で決定する。悪天候においても通信を確保するために CELESC の VHS 通信システムと GPRS 通信の 2 つの方法で通信の代替性を確保する。



出典：JICA 調査団

図-8.2.1　自動雨量計の設置位置を決定のフローチャート

8.3　注意報および警報の発令に供する雨量指標基準

注意報および警報の発令に供する雨量指標の基準は、EPAGRI/CIRAM の支援を得て SC 州 Defesa Civil 局が設定する。

現況では、土砂災害とフラッシュフラッドの発生場所と正確な発生時間をまとめたデータベースが整理されてない。自記雨量観測所の設置密度が低く、土砂災害とフラッシュフラッドの発生箇所と雨量計との距離は、ほとんどの場合 10 km 以上離れている。このため、次の指標に基づく最適な雨量基準値の設定の検討は現況では不可能であり、正確な災害デ

ータベースが整ってからこの検討は実行されるべきである。

災害発生予測精度:

$$\text{的中率} = \frac{\text{予警報基準値を超えた状況で発生した災害数}}{\text{全災害数}} \quad (\%)$$

災害発生捕捉効率:

$$\text{捕捉効率} = \frac{\text{予警報発令時間}}{\text{予警報基準値を超えた状態で発生した災害数}} \quad (\text{時間/件})$$

土壌雨量指数(SWI)は主報告書パート I マスタープランの 9.2.3 節に記述した通り、土砂災害の予警報の指標として日本で用いられている。

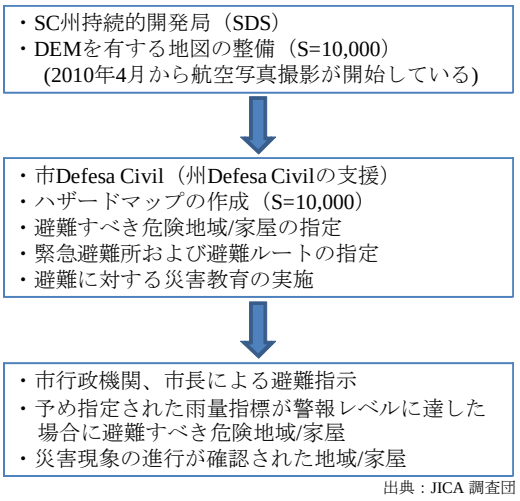
日本の気象庁は、過去 10 年間の土壌雨量指数値の履歴順位の最大値を更新した状態で土砂災害による死者の 93%が発生していると明らかにした。この分析は、2001 年～2009 年に日本国内で発生した 53,000 の土砂災害データを基にしている。イタジャイ川流域の 2011 年 11 月豪雨では、土壌雨量指数が 20 年確率よりも大きい地域内でのみ死亡者が発生した。それ故、初期設定としての警報基準値は 10 年確率豪雨とすることが適切と判断される。注意報に供する雨量指標基準は 1 年に 1 回のレベルとすることが適当と考えられる。注意報の目的は警報レベルの豪雨に対する準備、住民による予警報システムの認知、予警報システムの機能確認、リスク回避活動の訓練の機会である。

8.4　情報管理、雨量指標の計算、注意報と警報の発令

SC 州 Defesa Civil 局は情報管理、雨量指標計算、および注意報と警報の発令に対する責任機関である。注意報と警報は SC 州 Defesa Civil 局が正式に発令する。市民への早期の情報提供が重要であることから、SC 州 Defesa Civil 局は EPAGRI/CIRAM に委任し、雨量指標が注意報と警報のレベルであるとの広報を日常もしくは緊急の天気予報として Web ページやマスメディアを用いて速やかに行うこととする。また、予警報の電算機システムには、SC 州 Defesa Civil 局、市長、各市の Defesa Civil、EPAGRI/CIRAM の担当職員に対して自動的に電子メールを配信する機能を含める。

8.5　避難指示と防災教育

市の政府機関と市長が避難指示に対する責任を負う。避難指示は、雨量指標が警報基準値に達した場合に予め指定した危険地域/家屋の住民に対して行う。災害現象の進行が確認された場合には、雨量指標値あるいは危険地域/家屋の指定に関わらず避難指示を行う。



出典：JICA 調査団

図-8.5.1　避難命令と防災教育

市の Defesa Civil は詳細なハザードマップ（S=1:10,000）を準備し、危険地域と家屋、学校や教会等の緊急避難場所および避難ルートを指定する。避難に対する防災教育も行なう。SC 州は、法的に避難指示に対する市行政と市長の責任を明確にする必要がある。避難指示に関わる市行政機関の能力は一般的に充分ではない。SC 州 Defesa Civil 局は大学や、公的／私的技術者、国際技術支援などの人的資源により市行政機関への支援を調整する。この予警報システムは可能な限り早く開始し、市行政政機

関が避難すべき危険地域と家屋を指定しシステムの実効性を高めて行くことが望まれる。避難指示と防災教育の概要を図-8.5.1 に示す。

8.6 リスク回避のための道路交通規制

土砂災害に対する構造物対策は、リスクが高い（年潜在損失額が大きい）順に実行する。交通量が少ない山岳道路には、多くの土砂災害およびフラッシュフラッドの危険性が高い区間がある。交通量が少ない道路の斜面の年潜在損失額は、災害が多いにも関わらず、一般に高くなく優先順位も低い。それゆえ、災害が多い脆弱区間に対しリスク回避のための交通規制が必要である。雨量指標が警報レベルに達したときに、予め指定した災害脆弱区間に対し交通規制を行う。道路区間に於いて土砂災害やフラッシュフラッド等の災害の進行が認められた時にも通行規制を行う。

豪雨時における道路災害の多発区間は、豪雨時の通行規制区間として指定し、予警報システムの実効性を高めて行く。構造物対策が完了した後は、豪雨時の通行規制道路区間の指定を解除する。

市行政機関は市道、DEINFRA は州道に対してリスク回避のための交通規制に対し責任を有する。市政機関はこの交通規制を実行するための能力が一般に十分ではない。SC 州 Defesa Civil 局は大学や、公的／私的技術者、国際技術支援などの人的資源による市行政機関の支援を調整する。

第 9 章　環境社会配慮

9.1　優先事業の環境社会配慮

9.1.1　概要

マスタープラン調査では、JICA（新）環境社会配慮ガイドライン（2010 年）（以下 JICA ガイドラインと記載。）に則り、戦略的環境アセスメント（SEA）として、マスタープランに対して、各ステークホルダーとの会議、公聴会により、意見聴取及びディスカッションを数多く実施し、マスタープランへ反映させた。その結果、50 年規模洪水の防災対策が選択された。

50 年規模洪水への治水対策に係る事業費は膨大であり、実現にもかなりの長期間を要することから、段階的整備を提案し、事業実施の優先度について検討した（マスタープラン調査第 16 章）。第 1 期優先事業の選定において、優先事業の選択基準として、「合意形成の難易度」という項目を挙げた。様々なステークホルダーとの協議の中で、洪水放水路や堤防といった対策に対して総じて否定的であり、自然環境・生態系への影響も考えられることから、これらの項目は合意形成を図る上で長時間を要すると判断した。評価の結果、50 年規模洪水に耐えうる防災対策を目標とするものの、段階的整備を前提にまずは、10 年確率規模の洪水に対する災害防止対策を第 1 フェーズの優先事業とした。

なお本調査における環境社会配慮は、以下の制限条件の中で実施されている。

i) 本調査においては、事業開始時期が未定であったため、事業対象地における本事業に関する情報公開はせず、マスタープラン終了時に実施した公聴会以上の情報は公開していない。そのため、土地収用が必要な地域における詳細な社会経済調査（アンケートによる土地所有権、家族構成、世帯収入等に関する調査）を実施することはできなかった。

ii) 本調査実施中に完成する見込みであった 1 万分の 1 地形図が最後まで完成しなかったため、フィージビリティ調査においては 5 万分の 1 地形図及び測量結果を用いて調査・設計を行った。なお、イタジャイ市市街地においては、イタジャイ市作成の 2,000 分の 1 地形図が利用可能であった。

フィージビリティ調査でび第 1 期優先事業に関わるより詳細な調査の結果、特に環境社会面での影響が大きいと考えられたイタジャイミリム川の水門においては、地盤が高く、築堤の必要がなくなったため、土地収用及び住民移転の必要はないことが判明した。ダム嵩上げにおいては、Oeste ダムのみ土地収用が必要となり、社会的配慮が必要であることが判明した。

本節では、i) マスタープランで実施された初期環境評価のレビュー結果、ii) 優先事業実施時に求められる環境社会影響調査に関わる仕様書案、iii) 優先事業の実施の上で必要な環境社会配慮、及び iv) ブラジル国における環境許可取得に必要な環境社会影響調査について述べる。

9.1.2　M/P 調査における初期環境評価（IEE）のレビュー

(1)　環境許可取得の必要要件

イタジャイ川は、サンタカタリーナ（SC）州内にのみ流域を持つ河川であるため、本案件の環境許可責任機関は州環境基金（FATMA）となる。本協力準備調査では、SC 州政府における環境許可取得のための環境影響調査において、特に重要な環境社会面の情報を可能な限り収集した。サンタカタリーナ州では環境許可を取得するために必要な調査は、環境社

会影響の大きさに応じて EIA[1]（環境影響調査）、EAS（簡易環境調査）、RAP（事前環境レポート）の 3 種に分類される（マスタープラン調査第 7 章参照）。

本事業については、流域全体の水資源を対象としていることから、第 1 期優先事業の全てのコンポーネントをまとめて 1 件の “Macrodrenagem[2]” の EIA として提出する必要がある。

(2) 初期環境評価（IEE）のレビュー

マスタープラン調査では不明であったいくつかの地図やデータが発見され、より詳細な影響検討が可能となった。本節では、フィージビリティ調査において明らかになった点を中心に、第 1 期優先事業コンポーネントについて、環境社会側面のレビューを行った。表 9.1.1 に、第 1 期優先事業に関わる環境社会影響スコーピング及びスクリーニングの修正結果を示す。

a) 水田の雨水貯留

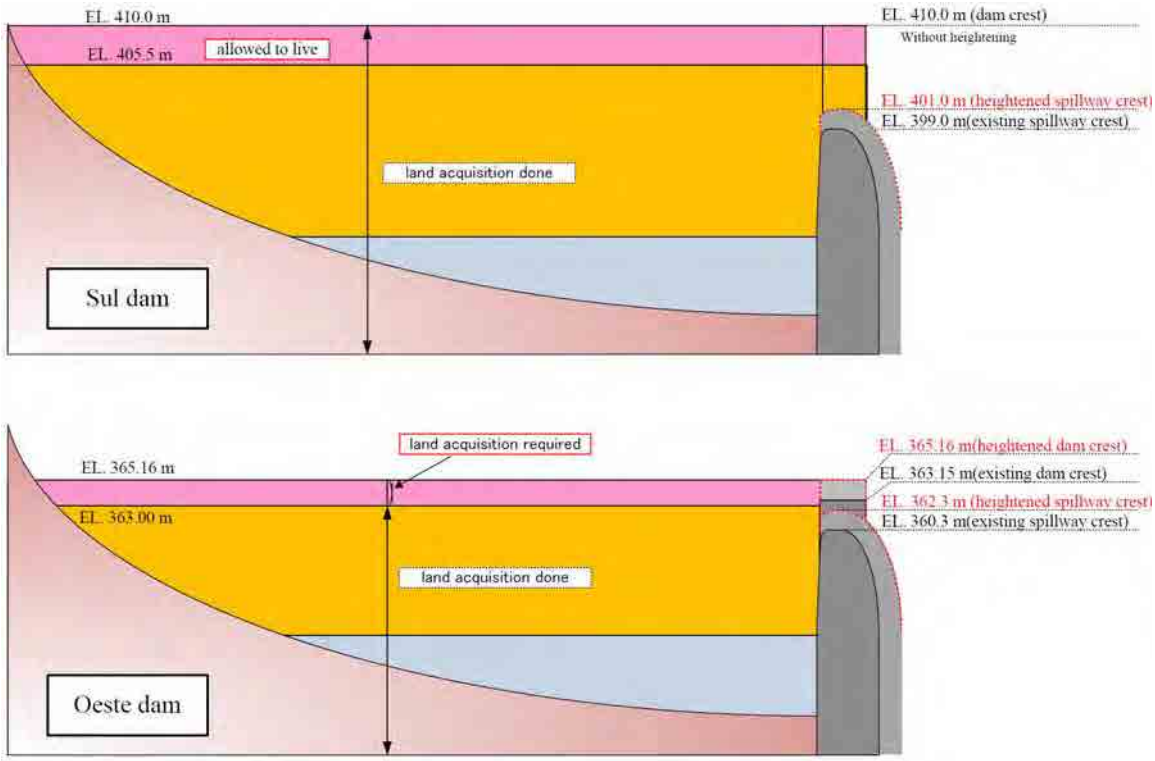
本事業は、実施区域を確定するための 1/10,000 スケールの地形図が完成した後、CRAVIL により実施される予定である。この事業を実施するためには、具体的な実施計画（実施主体を含む）と環境登記（森林法に規定される法定保護地域（RL）の登録）が必要となる。この事業による環境社会面への影響は極めて軽微である。

b) Sul ダム及び Oeste ダムの嵩上げ

Sul ダムと Oeste ダムの嵩上げ対象地区とかさ上げ後のダム運用に伴って、浸水する可能性のある地区が、ダム建設時の土地収用範囲となり、本事業の実施に伴って影響を受ける地区となる。フィージビリティ調査においては、マスタープラン調査期間に確認できなかった当該ダムに関する対象区域地図、設計及び特定の情報、並びに SC 州の用地取得状況等について確認することができた。そのため、事業実施に伴う潜在的な影響を受ける地区の特定・分析を行うことができた。その結果、マスタープラン調査期間に実施した初期環境評価では、土地収用及び住民移転等の影響の可能性があるとしていたが、フィージビリティ調査の結果、後述するように Sul ダムでは既に用地取得が行われ、Oeste ダムにおいても既存余水吐きの高さまでの土地を取得していることが明らかとなった。

それぞれのダムの嵩上げの概要、及び土地収用の状況を図 9.1.1 に示す。

[1] ポルトガル語で「EIA」と言う場合、環境許可取得のための環境影響調査を指す。
[2] 直訳では「大規模排水」であるが、総合治水及び流域管理を含む用語として使用されている。



出典：JICA 調査団

図 9.1.1　ダム嵩上げによる湛水域の土地所有状況

Sul ダムの既存余水吐きの高さは EL. 399.0 m、嵩上げ実施後の余水吐きの堤頂は EL. 410.0m となる。なおダム本体の嵩上げは計画していない。SC 政府は既に EL. 410.0 m までの土地取得を完了しており、Sul ダム嵩上げによる新たな用地取得は発生しない。Sul ダム湛水域の農協である COOPERBASUL と DNOS の間で、冠水頻度が極めて低い EL. 405.5 m から EL. 410.0 m の範囲における土地使用権に関する契約が交わされている。土地利用権に関する計画には、洪水時の被害補償に関する記載項目はないことから、DNOS は COOPERBASUL との契約を見直し、洪水時には COOPERBASUL が補償を得られるようにする必要がある。

Oeste ダムの既存余水吐きの高さは EL. 360. 3m であり、既存ダム堤頂の高さは EL. 363.15 m である。嵩上げ実施後には、各 2 m ずつ上昇し、それぞれ EL. 362.3 m、EL. 365.16 m となる。Deinfra は標高 EL. 360.0m までの土地を取得しているが、標高 EL. 363.0 m から EL. 365.16 m までの土地を取得する必要があり、この範囲に居住する住民への影響が生じることが明らかとなった。

また現地調査を通じて、Oeste ダムにおける事業実施後のダム堤頂より低い地域に、幾つかの家屋と納屋があることが確認された。そのため、本案件の情報が住民に伝わらない範囲での家屋の数、大きさ及び位置・標高調査を実施した。その結果を 9.2.1 節に示す。

このほか、Oeste ダムの嵩上げに伴い、河川環境（水質、底質、河川周辺の動植物相）に影響を与える可能性があることが予想される。これは Oeste ダムの嵩上げが、ダム堤体本体の補強を目的とする工事であるため、ダム下流の河川本体に工事が及ぶことになり、従い長期間にわたり河川の転流工が必要となるためである。一方で、Sul ダムは余水吐きの越流部を 2m 嵩上げするものであるため、河川本体への影響はなく、転流工も必要としないため、河川環境への影響はないと予想される。

c)　CELESC の水力発電ダムの治水利用（予備放流方式の導入）

本事業は、2 つのダムの運営主体である CELESC が、洪水警報に基づいて事前放流を行う

ものである。これらのダムにおいてゲートを開けて放流を行う場合、下流の流量が人為的に増加する。よって、河川流量の急激な増加による危険性があり、ダム下流域の住民に対する警報システムが必要となる。この内容については、本報告書のパートⅡ、4 章及び 6 章に記載されている。

d)　イタジャイミリム川の水門設置（旧河道の上下流に 2 門設置）

本事業は、イタジャイミリム川の旧河道に 2 つの水門と背水堤を設置するものである（本報告書パートⅡ、5 章参照）。

水門の設置は住宅地域において実施されるため、建設段階で騒音・振動、交通量増加及び濁水等についてある程度の影響が生じる。建設時に必要な適切な緩和対策が施されることで、これらの影響は軽微になると予想される。また運営主体が適切な水門運用を実施する限りでは、供用段階の影響は全く生じないと予想される。

左岸の道路は設計洪水位に対して十分な標高があるため、マスタープラン調査で提案された堤防は不要となった。右岸ではいくつかの家屋が河川に面しており、潮位変動に晒されている。住民の安全のため、右岸にはコンクリート矢板を設置する（5 章参照）ことが提案されている。建設段階では騒音・振動が発生することが予想されるため、建設業者は事前に予測の上、影響が大きい地域の住民に対しては、ホテル手配等の緩和方策を提供する必要がある。

e)　道路斜面対策

本事業は豪雨による土砂崩れによる道路崩壊を防止するため、道路斜面対策工を行うものである。工事中には片側を止める、大型トラックが止まるなどにより交通障害が発生する可能性があり、交通整理等、安全を重視した対策が求められる。

f)　洪水予測警報システム(FFWS)の整備

本事業は構造物対策ではないため、建設段階の影響は生じない。さらに本システムは地域住民の生活様式や社会経済状況をけることなく、住民の生活を洪水被害から守ることを意図している。したがって、本システムの導入に伴う社会的影響は予想されない。しかしながら、本事業の効果を高め、危険性を低減するためには、本システムが社会的弱者と区分される住民に対して、確実に十分な情報を伝達できるようにすることと、それらの住民に対して FFWS を用いた防災訓練を行うことが重要である。

g)　土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの整備

本事業は構造物対策ではないため、建設段階の影響は生じない。本システムで配慮が必要な点は、(f)の洪水予測警報システムと同様に、社会的弱者である住民にどのように情報を伝達するかである。社会的弱者である住民と土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムを用いた防災訓練を行うことで、本事業の効果を高め、危険性を低減することができる。

表 9.1.1　選定コンポーネントの初期環境評価結果

計画・運営段階

対象案 ＼ 社会経済影響及び公害・自然環境影響	事業対象地域及びその近隣の人々・NGO・政治的グループの期待	土地収用	生産的経済活動	土地利用	地域間対立	都市と郊外の利益の偏在	低所得者への社会経済影響	水利用	原住民・伝統的民族	文化遺産	基本的衛生状態	公衆衛生	交通への影響	収入・生活の変化	農業への影響	下流への影響	非自発的住民移転	土地と家屋への影響	地域インフラ（送電線、道路、橋梁、アクセス等）	水質汚染	大気汚染	土壌汚染	騒音・振動	地盤沈下	悪臭	地形・地質	底質	廃棄物	地下水	動植物相	沿岸域	地球規模の問題：温室効果ガス	景観
貯水池	冠水面の保全	A+	-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Obrasダムのかさ上げ	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	B-	B-	-	C	-	-	C	-	-	-	C	C	C	-	C	-	-
	Siqueダムのかさ上げ	A+	B-	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	B-	B-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	C	-	-	-	-
	CELESCダムの事前放流	A+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
河川改修	イタジャイミリム川の氾濫原	A+	C	-	-	A-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	C	B-	-	-	B-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-
その他	土砂災害対策	A+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	-
	洪水予警報システム(FFWD)	A+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

実施・運用段階

対象案 ＼ 社会経済影響及び公害・自然環境影響	事業対象地域及びその近隣の人々・NGO・政治的グループの期待	土地収用	生産的経済活動	土地利用	地域間対立	都市と郊外の利益の偏在	低所得者への社会経済影響	水利用	原住民・伝統的民族	文化遺産	基本的衛生状態	公衆衛生	交通への影響	収入・生活の変化	農業への影響	下流への影響	非自発的住民移転	土地と家屋への影響	地域インフラ（送電線、道路、橋梁、アクセス等）	水質汚染	大気汚染	土壌汚染	騒音・振動	地盤沈下	悪臭	地形・地質	底質	廃棄物	地下水	動植物相	沿岸域	地球規模の問題：温室効果ガス	景観
貯水池	冠水面の保全	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B+	-	-	-
	Obrasダムのかさ上げ	-	C	C	-	C	C	-	-	-	-	-	-	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Siqueダムのかさ上げ	-	C	C	-	C	C	-	-	-	-	-	-	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CELESCダムの事前放流	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
河川改修	イタジャイミリム川の氾濫原	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	C	-	-	-
その他	土砂災害対策	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	洪水予警報システム(FFWD)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

9.1.3　環境影響調査仕様の提案

(1)　環境許可取得に必要な環境影響調査

イタジャイ川流域の洪水管理事業に関わる環境影響評価(EIA)調査の仕様書案を本報告書の添付に示す。仕様書案の作成に際して、JICA 調査団は、SC 州の FATMA にファイルされていた過去の EIA 調査の仕様書を収集を行った。SC 州では洪水及び土砂災害管理プロジェクトに関する EIA の実績がなく、本調査仕様案では、ミナスジェライス州の流域管理プロジェクト(Macrodrenagem)と SC 州の港湾総合整備プロジェクトを参考に作成した。以下に、作成した仕様書案の概要を示す。

(2)　環境影響調査のスケジュール及び見積

環境影響調査（EIA）は、州が審査する事業であれば、州で登録しているコンサルタントが実施する必要がある。調査仕様についても、正式にはコンサルタント選定後に、コンサルタントが作成し、州環境審査機関が 45 日かけて審査を行い、その結果の調査仕様に従って調査を行うこととなる。EIA 調査の発注は、仕様作成、調査実施、環境影響レポート（RIMA、住民公開用）の作成、公聴会の開催までセットにして発注することが一般的である。調査の実施スケジュール及び見積を表 9.1.2、9.1.3 に示す。

表 9.1.2　EIA/RIMA 調査のスケジュール

項目	月数											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(11*)	12
仕様作成	○	○										
EIA 調査		○	○	○	○	○	○	○	○			
RIMA 作成										○		
公聴会												○

注*：RIMA 作成から公聴会までの機関は環境審査機関により異なる
出典：JICA 調査団

表 9.1.3　EIA/RIMA 調査の見積

単位：R$

項目	単価	単位	数量	予備費(20%)	合計
仕様作成	6,880	人月	2	3,430	17,150
EIA 調査	57,168	人月	3	114,336	571,680
RIMA 作成	36,587	式	1	9,147	45,734
公聴会	26,676.0	人月	1	6,644	33,220
				総計	667,785

出典：ECSA, Engenharia Socioambiental S/S

9.2　優先事業で必要な用地取得と住民移転

9.2.1　ダム嵩上げに係る社会経済調査の結果

(1)　はじめに

ダム嵩上げは、Taió 市にある Oeste ダムと Ituporanga 市にある Sul ダムの 2 ダムであり、その浸水域は事業者である州が所有する必要がある。両ダムはイタジャイ川の上流に位置し、Oeste ダムは Itajaí do Oeste 川に、Sul ダムは Itajaí do Sul 川に位置する。

本章では、ダム嵩上げに係る社会経済影響についての現地調査結果を示し、環境社会影響及び緩和策について検討した。これらのダムは治水専用として建設され、通常では湛水域は形成されない。ブラジルでは、水力発電ダムの EIA は数多くあるものの、治水専用ダム（通常湛水域が形成されないため、通常時は住民が居住可能）に関する EIA はほとんどない（嵩上げ対象のダムが建設された時期には、まだ環境許可の制度が存在しなかったため）。

両ダムとも30年以上前に建設されたダムであり、土地収用及び建設はDNOSが行ったため、設計図・竣工図等の資料が散逸していた。そのため、これまで影響を受けてきたと思われる境界は明確ではない。しかし、対象地では境界線によってトラブルが起きることなく、現在までできている。

9.1.2 節に記載したとおり、本事業の影響範囲は、ダム堤頂の高さ（標高）から、嵩上げにより上昇するダム堤頂の高さ（標高）とする。それらを把握するために、文献および現地調査を実施した。

(2) 調査方法

a) 文献調査

文献調査を通じて、下記に示す情報・データを現在の両ダムの運営・保守機関(サンタカタリーナ州 Deinfra)より入手した。

- Sul ダムのベースマップ(土地所有面積を示す位置図)
- Sul ダム組織の設計図
- Oeste ダムのベースマップ(土地所有面積を示す位置図)
- 基本設計に影響する地域における土地価格の試算
- ダムの運営者と農業組合への聞き取り調査

両ダムは DNOS（連邦の旧組織）によって建設され、その後 SC 州の Deinfra に、その保守・管理業務が委託されたため、Deinfra は設計図や十分な関連データが管理・保管されていなかった。

b) 現地調査

移転プログラムと本フェーズでの価格見積作成の情報収集を行うため、現地調査を実施した(Oeste ダム：2011 年 4 月 15～17 日、Sul ダム：2011 年 6 月 14～16 日)。ダムの嵩上げよって影響を受ける地域にある家屋や家畜小屋は、GNSS (TOPCOM GR-3, Global Navigation Satellite System)によって測定された緯度、経度及び標高の地理データによって計測を行った。

(3) 調査結果

a) Sul ダム

Sul ダムにおいては、Spillway の嵩上げが実施される予定であり、ブラジル国の設計基準である 10,000 年確率洪水による最高水位に余裕高を考慮し、設計洪水位を EL. 410.0 m とした。

Sul ダムに関する設計図面、及びダム管理者からの聞き取りによると、土地収用は EL. 410.0 m までされており、本事業による土地収用は発生しない。しかし、衛星写真などにより EL. 410.0 m 以下の地域に家屋や家畜小屋とみられる建設物が見られたため、住民に本事業の計画について公開しないように、家屋の位置情報（GNSS による緯度経度、標高）及び写真による簡易な家屋調査（材料、大まかな大きさ）を実施した。

その結果、4 つの家屋（住宅、商業店舗）、2 つの丸太小屋の計 6 つの建設物が確認された。これらは、EL. 361.988 m から EL. 354.979 m に分布していた。

土地利用は、この地域の平均的な土地利用として、クラス I（主に水田）10 %、クラス III、クラス IV（主に玉ねぎ畑）25 %、クラス V（勾配がきつい）5 %、クラス VI と VII（主に牧草地）35 %、クラス VIII 永久保護地域(APP) 25%とした。土地利用分類の詳細は本報告書の 9.3.4 に記載した。

b) Oeste ダム

Oeste ダムにおけるブラジル国の設計基準では、1,000 年規模洪水の最高水位、余裕高を考慮し、設計洪水位を 362.5 m とした。設計時の資料が参照できなかったことから、現況から 2 m の嵩上げを実施する。従い、Oeste ダムのダム堤頂は現況から 2 m 嵩上げし、EL. 363.15 m から EL. 365.16 m となる。建設当時の図面より、建設時には EL. 363.0 m まで土地収用が実施されていることが判明したが、5 万分の 1 地形図による概算結果に基づくと、今後約 67 ha の土地収用が必要と推定された。

この地域の土地利用割合は土地利用能力の高いクラス I が 10 %、クラス VI が 25 %、クラス VII（主に牧草地）は 5 %、のクラス VIII（永久保護地域（APP））10 %はとした。

EL. 363.0 m から EL. 365.15 m の間で影響を受ける約 67 ha の土地において、Sul ダムと同様に実施した家屋調査の結果によると、2 つの木造家屋、3 つの木造小屋及び煉瓦造りの家屋及び小屋が確認された。また、影響地域内に砂鉱山が確認された。これらの建築物がある標高は、EL. 361.988 m から EL. 354.979 m の間であった（サポーティングレポート F 参照）。

9.2.2 Sul Dam の状況と必要な活動

9.2.1 (3)節に記したように、Sul ダムでは、ダム建設時に EL. 410.0 m までの土地収用が連邦政府（DNOS）により実施されている。EL. 405.5 m から EL. 410.0 m については、地域住民で組織された「Sul ダム流域畜産業組合（COOPERBASUL）」と連邦政府（DNOS）の間で、土地利用権に関する譲渡契約書が 1981 年に交わされている（契約内容についてはサポーティングレポート F 参照）。COOPERBASUL は現在でも組合活動を行っており、Sul ダムの政府所有地を利用する農家は COOPERBASUL 組合員のみ許可されている。本契約は連邦政府との契約のままではあるが、現在移管された SC 州 Deinfra はその契約を前提に土地利用権を認めている。

COOPERBASUL と政府間における契約については、これまで何度か Sul ダムが最高水位まで湛水したこともあるが、良好な関係を保ってきている。現在土地利用権がある範囲における湛水確率は非常に低く、10,000 年確率洪水が発生した場合、EL. 408.0 m まで湛水するが、ダム嵩上げにより EL. 410.0 m までは湛水する確率がわずかながら上昇するため、本事業による負の影響があるが、非常にわずかな影響である。

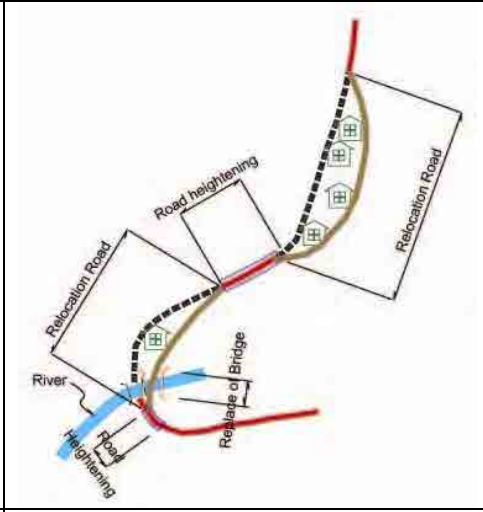
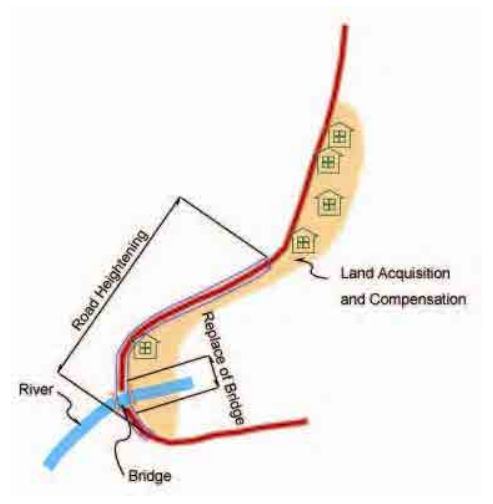
ダム嵩上げをひとつの機会として、SC 州 Deinfra は COOPERBASUL と新たに土地利用権の譲渡契約を見直し、契約内容について協議することを提言する。

9.2.3 Oeste Dam における代償手段

9.2.1 (3)節に記したように、Oeste ダムでは、EL. 363.0 m から EL. 365.16 m の間に土地収用が約 67 ha 発生する。現地調査の結果、3 つの家屋と 3 つの小屋が土地収用域にあることが確認された。土地収用域の家屋及び小屋は、最大浸水域の縁に集中している（調査結果はサポーティングレポート F 参照）ため、嵩上げに伴う道路の付け替えを家屋よりダム側に行うことにより、住民移転を回避することが可能である。

道路付け替えのイメージを表 9.2.1 及び図 9.2.1 に、道路付け替えと住民移転のコスト比較を表 9.2.2、土地収用及び住民移転に必要な単価及び積算を表 9.2.3 に示す。

表 9.2.1　対策工比較表

	Alternative of road relocation	Alternative of compensation
Chart		
General description	・対象となる住宅地用地を囲むように道路の切り廻しを行う。切り廻し道路、橋梁標高は、嵩上げ天端標高以上とする。	・対象となる住宅は移転の対象とする。 ・嵩上げ天端標高以下の道路、橋梁は付替を行う。
Merit	・･家屋(住民)移転が伴わない。	・工事数量が最少となり経済的である。
Demerit	・道路切り廻し延長が長くなるため工事費が増加する。 ・切り廻し道路が湛水面積を侵す。	・家屋(住民)移転が伴う。
Project cost	R$ 4,797,000 (100%)	R$ 2,819,000 (58.8%)

出典：JICA 調査団

表-9.2.2　Oeste ダムにおける道路付け替えと住民移転にかかるコスト比較

(R$)

			Alternative of Road relocation		Alternative of Compensation		Remarks
	unit	unit cost	quantity	amount	quantity	amount	
Replacement of Bridge	m2	3,000	160	480,000	80	240,000	
Relocation of Road	m	1,570	1,500	2,355,000	500	785,000	
Other works	%	30	---	851,000	---	308,000	Main works *30%
[1] Sub total (Construction cost)				**3,686,000**		**1,333,000**	
Land Acquisition	LS	966,000	1	966,000	1	966,000	
House Compensation	LS	326,000	---	---	1	326,000	3houses+3sheds
Price contingency for area delineation	%	15	---	145,000	---	194,000	
[2] Sub total (Land, Compensation)				**1,111,000**		**1,486,000**	
Total [1]+[2]				**4,797,000**		**2,819,000**	

出典：JICA 調査団

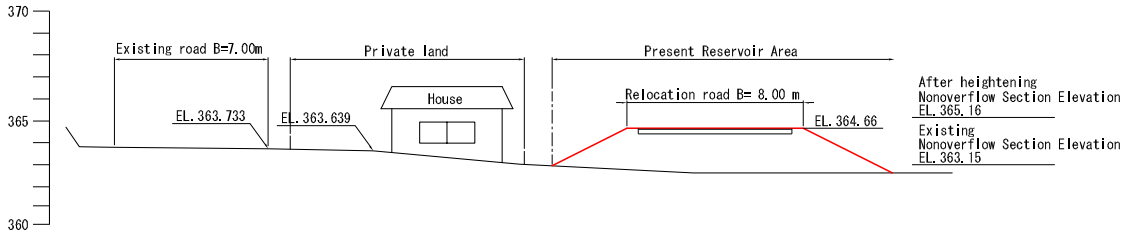
上記表の土地収用費用及び建築物補償の内訳を表 9.2.3 に示す。

表-9.2.3　Oeste ダムにおける補償費用の積算（影響面積：67 ha）

土地収用費用	単価(/ha)	数量(ha)	合計(R$)
Class III:：7.0ha Class IV(農産物開発地)：17.0ha	20,000	24	480,000.00
Class V(牧草地)：20.0ha	15,000	20	300,000.00
Class VI：13.0ha Class VII(制約地)：3.0ha：	7,500	16	120,000,00
Class VIII(永久保護地域)：7.0ha	4,300	7	30,000.00
残存地域*：24.0ha	1,500	24	36,000.00
合計			**966,000.00**

建築物補償			
レンガ造り家 (100.0m^2), レンガ造り壁 (240.0m^2), 木製の小屋 (90.0m^2).			165,000.00
木製の小屋 (72.0 m^2)			28,000.00
木製の小屋 (60.0 m^2)			23,000.00
木製の家 (60.0 m^2)			30,000.00
木製の小屋 (96.0 m^2)			36,000.00
木製の家 (90.0 m^2)			44,000.00
合計			**326,000.00**
予備費(15%)			194,000.00
総計			**1,486,000.00**

注*：影響範囲外ではあるが、事業者が収用すべき土地（9.3.4 項参照）
出典：ECSA, Engenharia Socioambiental S/S



出典：JICA 調査団

図　9.2.1　付け替え道路の断面図

結論

ブラジル国では、一般的に住民移転は貧困層に対する生活改善の一手段としての認識が高く、住民は移転に対して前向きであると言われる。また、補償については法制度も整備されており、適切に実施されているが、住民移転に関する法制度が整備されていないため、移転先が移転元から離れている、元の職業と同様の仕事ができない等、土地収用と住民移転に関する行政訴訟も頻繁に起こっている。

本事業について、道路の付け替え等の移転回避手段を取る場合、住民移転よりコストが 1.3 倍程高いこともあり、ブラジル国では一般的ではないとの意見もあった。しかし、JICA 環境社会配慮ガイドラインの基本原則である「影響の回避・低減」のため、調査団としては道路付け替え案を提案する。

9.2.4　Oeste ダムにおける移転プロセスと移転プログラム

(1)　はじめに

調査団としては道路付け替え案を提案するものの、Oeste ダムにおいて必要な住民移転は 4 戸と少数であることから、ブラジル側がよりコストの安い移転案を選択する可能性がある。本節では、移転を実施する場合のプロセスと補償方法について説明する。

(2)　住民移転のプロセス

a)　適用可能な補償方法

住民移転プログラムは、移転世帯や個人に対して、彼らの文化を改変することなく、その生計回復のための必要な支援を提供することを通じて、彼らの生計を確保することを主眼を置くものである。

9.3.3 節にて後述するようにブラジル国における移転の一般的なプロセスに従った場合、Oeste ダムの嵩上げによって影響を受ける家主とその家族は、下記の 1)または 2)の補償方法

を選ぶことができる。一部の特殊なケースの場合は 3)となる。いずれの場合も、JICA ガイドラインに明記されているように、世銀 OP4.12 の Annex A − Involuntary Resettlement Instruments の Valuation of and compensation for losses[3]に基づき、補償対象となる建築物や土地について評価を行う必要がある。

1) 補償：
補償は、9.3.3 節に示した手順に基づいて現在の建築物、土地について評価が行われ、現金により移転対象者に支払われることになるが、その際は、上述したように世銀 OP4.12 の Annex A に従い補償額算定されることが肝要である。

2) 個々の移転(誓約レター、CC)：
影響を受ける住民が、自身の移転先並びに同等の資産の選定について責任を持ち、事業者が影響を受ける住民によって選定された移転先並びに財産が、事前に協議し合意した基準にそった場所であることが確認されれば、その移転先並びに財産を事業者が買い取る。

3) 特別な場合の移転(CE)：
もしも影響を受ける個人や家族のメンバーが特別なケアや配慮が必要な場合、都市の中心部に近い代わりの土地（ただし土地は影響を受ける土地よりも小さくなる）を代替地として準備する等の特例がある。

b) 補償対象者

Oeste ダムの嵩上げに関しては、以下の住民が補償対象者となると予想される。

- 影響のある地域で活動している住民
- 影響を受けない地域にしか生活基盤がない住民
- 残地に生活基盤を持つが、事業実施に伴いその基盤の利用が不可能となる住民
- 事業実施に伴う資産の取得により生計に影響を受ける住民

c) 移転プロセス

1) 個別移転：
個別移転の場合は、移転世帯が補償金額を確認できるよう、影響を受ける資産の想定コストを記した誓約レターを事業者が発行する。

誓約レターの発行後すぐに、移転世帯が、自らの移転及び条件に合った移転先を探し、事業者に対して移転先について連絡する。事業者は、資産取得の前に、選ばれた移転先の妥当性を評価・確認する。移転先の妥当性と正当性を確認した後に、事業者は資産取得のための手続きの継続を認め、譲渡証書に署名をする。個別移転の実施に際して、以下の事項を考慮することが必要である。

- 用地サイズ

CSE の結果を基に世帯の構成やタイプに応じて、3 ha から 17 ha の用地を取得する。なお用地サイズの決定に際しては、前述した世銀 OP4.12 の Annex A に基づく補償額算定を十分配慮した内容とすることが肝要である・

[3] 補償対象となる損失は、以下のように定義される代替コスト（Replacement cost）によって算定される。農地の場合は、当該土地と同等の生産性を有する土地または影響地近傍の土地のいずれか高い市場価格を以って算定され、併せて圃場整備経費、登記経費及び譲渡税を含むものとする。都市部の土地の場合は、登記経費及び譲渡税に加えて、同等または改善されたインフラ及びサービスの提供がある影響地近傍の土地の市場価格を以って算定される。家屋及びその他の建物は、同等の大きさで且つ同質または改善された家屋を建設するために必要な資材の市場価格、資材の運搬経費、建設経費（労賃その他）、及び登記経費並びに譲渡税を以って算定される。

- 建物

CSE 結果を基に、移転世帯の構成やタイプを考慮して、取得建物を決定する。同様に、補償額算定に際しては世銀 OP4.12 の Annex A に基づいて実施する必要がある。

- 誓約レターに対するオプション

移転世帯は資産譲渡について、誓約レターに対する自らの要求事項を文書化することができる。一度要求事項を文書化した場合、その後変更することはできない。

- 技術支援

事業者は、新しい資産の取得から移転世帯の生計回復まで、移転世帯に対する技術的及び社会的支援の提供に責任を有する。

- 返済

移転世帯が、土地所有者でない場合、移転コストの返済が要求されるかもしれない。事業者と移転世帯が、返済の必要性について交渉し・決定する。返済が必要となる場合、事業者と移転世帯は、返済が部分払いになるのか、それとも完全払いになるのか、その返済方法についても協議する。

2) 個別移転の特例：
個別移転の特例も、原則的に個別移転と同様のプロセスを取るとともに、移転の過程において同様の配慮が必要となる。すなわち、取得される用地サイズは、移転世帯の特徴に応じて決定される。用地サイズの決定に際して必要な配慮を以下に記述する。

- 取得用地サイズ

<u>地方部の土地</u>

残地は、調査・分析に従い定義された用地として、地方部における移転世帯の移転地としてできる限り利用するべきである。

国家植民・農業改革機関（INCRA）にて定義された最低断片分配（Minimum Fraction of Parceling: FMP）である 18 ha を地方部における用地の下限値とする。

<u>都市部の土地</u>

都市部用地を選定した移転世帯は、都市部用地の再分配において、連邦政府や州政府、市政府の各法制度により、最低限の用地を取得することができる。

もしも移転世帯が得られる便益が、収用対象となる既存資産の価値を下回る場合は、移転世帯にその差額を現金にて支払わなければならない。

9.3 ブラジル国の環境法制度、一般的な住民移転・モニタリングプログラム

9.3.1 事業区域の補償に関する法制度

環境社会配慮に関連する主要な法令はマスタープラン調査パート 1、7.2 節に示したとおりである。

ブラジル連邦共和国の 1988 年憲法では、事業により被影響地域の土地所有者に対して、公平かつ事前の金銭補償の実施を明記している。補償は、環境の質の維持や環境管理に必要な作業、保護区域における植林等のための用地取得を含む。

事業者は、事業実施のために用地取得を行う法的責任がある。ダム工事の建設区域では、行政による用地取得、もしくは法的強制収用により用地取得が行われる。事業者と被影響住民の合意に基づく行政的用地取得が成功しなかった場合には、法的強制収用が実施される。

ブラジル国においては、用地取得と補償に関して、1821 年に定められた法令を始め、様々な法律が施行されている。現在適用される法令は以下のとおりである。

- ブラジル連邦共和国憲法（1988 年 10 月 5 日）
- 政令・法第 3,365 号（1941 年 6 月 21 日）及びこれを改正・補足する民事訴訟法（CPC）
- 連邦法第 4,132 号（1962 年 9 月 10 日）
- ブラジル技術基準協会（ABNT, 2004 年）による地方における固定資産評価（NBR 14,653-3）及び都市域における固定資産評価（NBR 14,653-2）

補償額の算定及び土地の強制収用に関する基準やガイドラインは整備されている一方で、住民移転の方法等に関する特定の法制度は存在しないため、住民移転を実施する際は、被影響地域の資産所有者との交渉による合意を基本とした移転方法により実施している。

ブラジル国の用地取得関連法令の概要は以下のとおりである。

(1)　ブラジル連邦共和国憲法（1988 年 5 月 10 日）

1988 年 5 月 10 日に制定されたブラジル連邦共和国憲法(1988 年)は、用地取得の条件に重要な革新をもたらしたと言われる。本憲法の第 5 条 14 節の規定は以下のとおりである。

第 5 条　：全ての人は、法の前では平等であり、どのような性質によっても差別されない。ブラジル人及び外国人居住者に対して不可侵の権利と生命、自由、平等、安全及び所有権を以下の内容により規定する。

第 14 節　：本憲法で示された条件を除き、法律によって、必要性及び公共の便益を考慮し、公正かつ事前の金銭補償を伴った用地取得の手続きを規定する。

(2)　連邦法令- 法 No. 3,365（1941 年 6 月 21 日）

連邦法令-法 No. 3,365 は、社会的利益に資する土地利用に適応される。ブラジルの法令における用地取得は本法令において具体的に規定されている。実際のところ、この連邦法令は、民事訴訟法（CPC）第 271 条において参照されている法令の一つである。1999 年 1 月 29 日に連邦法 No. 9,785 は、本法令を部分的に修正したものである。

(3)　連邦法 No. 4,132（1962 年 9 月 10 日）

この連邦法は、社会的利益に資する用地取得についての規定である。本法は、1997 年 12 月 20 日の連邦法 No. 6,513 によって改定されている。

(4)　その他

連邦法令 No. 24,643（1934 年 7 月 10 日）は、連邦法令 No. 35,821（1954 年 7 月 16 日）により改定された。「水法」と呼ばれる第 151 条の項目”b”を以下に示す。

> 第 151 条 b)： 社会的利益に資する用地取得規則によれば、事前の承認を受けた財産、許可された利権がある私有の水や、必要な権利、個人のビルを取得するには、移転支援と補償金支払いの責任が存在する。

ブラジル技術基準（2004）（ABNT）は、資産評価についての基準を作成しており、一般的手順（NBR 14653-1）、地方における資産算定法(NBR 14,653-3)及び都市域の資産算定法(NBR 14,653-2)がある。

9.3.2　JICA ガイドラインとの比較

JICA ガイドラインの主要な要求事項とブラジル国法律の比較を表 9.3.1 に示す。

表-9.3.1　JICA ガイドライン要求事項とブラジル国法律の比較

No.	内容	ブラジル国における法制度名と該当する内容
1)　JICA ガイドライン		
3	相手国等は、移転住民が以前の生活水準や収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるように努めなければならない。これには、土地や金銭による（土地や資産の損失に対する）損失補償、持続可能な代替生計手段等の支援、移転に要する費用等の支援、移転先でのコミュニティ再建のための支援等が含まれる。	ブラジル国憲法第５条 24 項 同条項において、必要性及び公共の便益を考慮した公正かつ事前の金銭補償を伴った用地取得の手続きを規定している。 連邦法令 No. 3365： 本法令は、公共事業や公共の目的のための収用・没収に関わる規則とプロセスを定めている。同法では、公共の目的のために収用・没収される資産の所有者は、現金にてその補償を得られる旨を定めている。
4.	補償は、可能な限り再取得価格に基づき、事前に行われなければならない。	ブラジル国憲法第５条 24 項 同上
5.	大規模非自発的住民移転が発生するﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄの場合には、住民移転計画が作成、公開されていなければならない。住民移転計画の作成にあたり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。	CONAMA 決議 No.001： 同決議において、EIA レポートは、容易に住民がアクセスできるものとし、また SEENV もしくは市役所が、事業およびその影響に係る情報に係る公聴会を促進することを規定している。 CONAMA 決議 No.009： 本決議では、公聴会の目的、概要（時期、期間、回数及び開催場所）、実施責任期間、公聴会の記録の必要性などを定めている。
6.	協議に際しては、影響を受ける人々が理解できる言語と様式による説明が行われていなければならない。	CONAMA 決議 No.001： 同上 CONAMA 決議 No.009： 同上
7.	非自発的住民移転及び生計手段の喪失に係る対策の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティの適切な参加が促進されていなければならない。ｊ	該当なし（社会的慣習に従う）
8.	影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない。	CONAMA 決議 No.001： 同上 CONAMA 決議 No.009： 同上
世界銀行セーフガードポリシー　OP4.12 及び OP4.12　Annex A		
9.	事業による非自発的移転の必要性が同定されたら直ちに、プロジェクトによって影響を受ける人々を特定し、支援を受ける権利を有さない人々の流入を防ぐための全数調査を実施する。 (WB　OP4.12 Para 6) 全数調査は、現在影響を受ける地区の居住者、移転対象住民の標準的な特徴、損失の度合い、社会的弱者などの影響を受けやすいグループに関わる情報、移転対象準民の最新の生計及び生活状況を明らかにすることを目的とする。 (WB　OP4.12　Annex A Para 6)	連邦法 No.7324： 同法は、発電用のダム建設によって影響を受ける世帯の損失資産の登記を制度化したMのである。同法では、登記されるべき損失のタイプ及び登記を管理する組織（複数省庁にわたる委員会）を定めている。
10.	補償の対象となる移転対象住民は、①影響を受ける土地に関して法的な所有権を有する住民、②全数調査実施時には影響を受ける土地に対する法的権利を有してはいないが、その他、慣習的/伝統的な利用を認める法律や又は全数調査を通じて、影響を受ける土地または資産に対する権利が、確認することができる住民、③影響を受ける土地に対する法的な所有権や伝統的な利用権も有していないが、影響を受ける土地に居住ししている住民に区分される。 (WB　OP4.12　Para 15)	該当なし（社会的慣習に従う）
11.	土地に帰属する活動で生計を立てている移転対象住民に	規定なし

No.	内容	ブラジル国における法制度名と該当する内容
	対しては、土地を主体とした移転戦略に重点を置くべきである。その際は、公用地や移転のために買い上げた民有地への移転も含むものとする。 (WB　OP4.12　Para 11)	
12.	移転計画は、移転対象住民が、移転から生計を回復させるまでの移行期間中の支援や、補償に加えた就業支援研修、金融支援、圃場整備などの支援を受けられうよう十分な対策を含んだものとする。 (WB　OP4.12　Para 6)	該当なし（社会的慣習に従う）
13.	貧困層、土地なし住民、高齢者、女性と子供、少数民族、先住民、及び法的補償によって守られない住民等の影響に対して脆弱なグループには、特別な配慮が必要となる。 (WB　OP4.12　Para 8)	該当なし（社会的慣習に従う）
14.	全移転対象人口に対する影響が少ない場合、または 200 人未満の移転の場合は、簡易移転計画のみの提出となるかもしれない。 (WB　OP4.12　Para 25)	該当なし（社会的慣習に従う）

出典：JICA 調査団

ブラジル国においては、土地収用及び住民移転に伴う補償についての法律は存在するが、移転そのものまたは移転後の生活手段に関しては、連邦憲法に基づいた社会的慣習によって実施されている。実際には、移転先が不便であったり、移転前と同じ職業につけない等の問題が発生しており、環境許可の審査段階で、移転計画書が厳密に審査されるようになってきている。

本体事業実施時に国際機関の融資を期待するためには、JICA ガイドライン並びに世銀等の融資機関のガイドラインに準じた環境社会配慮調査の実施とともに、移転計画の策定及び対策の実施が肝要となる。従って、本調査において作成した TOR 案をベースに環境社会配慮調査の仕様書を最終化し実施することを提案する。なお現在の州政府の健全な財政状況を鑑みると、本事業の実施に関わる EIA の実施に対して資金調達することは難しいことではないと判断する。

9.3.3　ブラジルにおける一般的な住民移転プロセス

(1)　基本概念

ダム建設により影響を受ける人々への移転プログラムにおいて、考慮に入れるべきいくつかの基本的概念を以下に示す。

社会経済情報登録（CSE）：定量的な方法によって分析可能な質問調査で、事前に用意した質問票を使用する。CSE は、被影響世帯の質的且つ量的な社会経済プロファイルの統計的な分析と被影響地区にある土地や資産の有無に関わらず潜在的に影響を受ける世帯全てに対して移転プログラムを作成することを主眼を置いているため、聞き取り調査は、建設予定地もしくは予定湛水域に住む全ての家族を対象とする。

直接影響を受ける地域もしくは影響地域：ダム周辺に位置しており、ダム嵩上げ工事用地及び、ダム嵩上げにより湛水する確率がわずかでも上昇する地域を指す。また、水域沿いの永久保護地域（APP）となる地域を含む。治水専用ダムについては、永久的な湛水域が発生することはないが、APP の新設が必要とされる場合がある（州環境許可部局の判断に従う）。

影響を受ける土地及び影響を受ける資産：事業による影響がおよぶ地域で生活する人及び資産と定義し、特殊な例外を用いて、常にこの意味でしか用いない。

労働人口（FT）：農業開発に携わる労働者人口を示す。労働人口の現在の数値は、各世帯の年齢構成を基に推定されている。

対象：事業の実施に伴い直接的に、そして間接的に影響を受ける人々を示す。それは土地所有者、不法占拠者、借地人、共同出資者、地域的集団、給与労働者、所有者及び所有者ではない者の子供、並びにその他関係者を含む。対象者は、移転プログラムの各段階で特定・定義される必要がある

(2)　住民移転に係る施策と選択案

一般に、水力発電ダム建設に伴い住民移転が必要になった場合は、補償または代替地の提供が施策として実施される。以下に移転対策の概要を示す。

補償：補償は、現金支払いを伴う一部または全体補償からなる。補償は、影響を受ける資産と利用が困難となり残る地区（残存地域）を含む土地、影響を受ける資産/土地を基に行われていた経済活動から得られる利益を対象とする。補償額は、事業者と個々の移転世帯との相互合意によって決定される。

代替地の提供：代替地の提供は、移転世帯に代替の土地を与え、同世帯の移転を支援することである。移転には以下の移転方法を含む。

a) 共同郊外移転（RCC）：基本的な社会基盤の存在する郊外に、地域を割り当てる
b) 小規模郊外移転（PR）：納屋、水及び電力のある家屋を割り当てる。
c) 個別移転（誓約レター、CC）：移転世帯が事業者と協議し、影響を受ける土地と資産価値を決定し、それぞれの世帯が、同等の価値を有する移転先と関連建物の選定に責任を持つ。移転先と関連建物の取得と登記は、事業者の責任となる。
d) 残存地域への移転（AR）：残存地域（収用された土地の中で、湛水域及び水域沿いの永久保護地域（APP）となる地域）の農地利用権を移転世帯に付与する。
e) 個別移転の特別ケース（CE）：特別な配慮が必要となる家族がいる移転世帯のために、都市部の土地の提供や当初よりも小さい区画の土地の提供等の特別な手配を行う。

被影響住民の移転は、社会経済事情等の必要事項を考慮にいれるべきである。特に郊外の土地に関連する習慣及び文化の保存も被影響世帯への補償の代替案に含むべきである。

社会経済調査登録（CSE）を行った結果、社会経済的に特徴を持つ社会的集団が確認される場合がある。その場合、そのような被影響住民は、ある基準の上で同一の移転手法が提案されるべきであり、社会経済的に影響を受ける家族について考慮することが重要である。

移転手法の最終的なグループ分類は、社会経済性、彼ら自身の選択及びそのような目的で定義されたガイドラインと基準を用いたケーススタディに基づいて行われるべきである。その他の追加的選択については、CSE の情報に基づいて、所有者かそうでないかに関わらず、影響を受ける人に関連した土地の評価価値の提示後に行われるべきである。これらの過程は、住民参加型の方法によって提供されるべきであり、連続的な交渉及びデータ調査を行うことによって、関係者に対し説明が明確になり、理解しやすくなる。

9.3.4　土地収用・補償の手順

これまで行政的手順を通じて実施されてきたダム事業実施に関わる土地収用・補償の手順を、最もダムとして一般的である水力発電用ダムにおける事例を参考に以下に述べる。これらの手順は、ブラジルにおいて治水専用ダムについても適用されると考えられるが、ブラジルにおいて洪水調節を目的としたダムは水力発電用ダムと比較して少ないことから、今後の調整段階において、全ての規定が適用可能か詳細な検討を行うことが必要である。

行政的（一般的）な用地取得手順は、事業者と地主（被影響住民）の間で用地取得に関わる交渉・合意を踏まえ、収用される土地及びその関連資産、並びに利用不能な残地に対して金銭の支払いにより実施される。用地取得は、原則的には事業者と影響を受ける土地の

所有者との協議で決定されるため、円滑な用地取得の促進には、両者の良好な関係が重要となる。補償金額は、市場調査により収集した情報を踏まえて影響を被る土地及び資産の価格評価を行い、土地及び資産所有者の代表者の意見を踏まえ設定される。

土地及び資産の評価するために、地主もしくはその代理人の面前/モニタリングの下で現地調査が実施される。現地調査は、直接影響を受ける土地だけでなく、プロジェクトの開発行為の結果、利用不可能となった残地や、土地所有権を持たない居住住民の資産も対象とする。

地主と事業者との間で合意できなかった場合、土地が強制収容されるが、その場合は国家電力エネルギー庁（ANEEL）が公布する事業の影響地域に係る公共設備に係る決議に基づき実施される。本決議は、地主との友好的合意の可能性が無いと判断された場合のみ適用となる。

事業実施に伴う補償手順の概要は以下のとおりである。

a)　登録用紙の作成

補償に係る最初の手順として、取得予定資産に対する現地調査実施前に、地主もしくは土地の管理者に対して事業の情報を公開する。また同時に事業者は、用地取得に係る補償に係る作業手順及び適用される規定を説明する。現地調査実施者は、土地に立ち入り調査を実施するため、公式な許可を取得する。現地調査に際し、調査者は登録用紙と呼ばれる調査対象資産の情報を記載した文書を作成し、その内容について地主からの承認を得て、承認を受けた事を文書に記録する。

b)　最高水位及び水域沿いの永久保護地域（APP）

現地調査により、最高水位及び水域沿いの永久保護地域（APP）の標高をマーキングし、それぞれの水位で影響を受ける範囲を明確に区分する。

c)　取得用地及び資産の確認

現地調査により、取得用地の境界を明らかにすると共に、取得用地の潜在的な土地利用のクラス分け（g) 評価を参照）を行い、各クラスの分布状況及び面積を明確にする。

d)　価格調査の実施及び単価の設定

建物（再生産できない資産）及び永続型農産物（再生産可能な資産）の基本単価について、再建及び再生産の価格算定手法を参照し設定する。設定に際しては、利用可能な農産業に係る情報、及び地域の経済活動を考慮した材料、労働、農産物販売コストを参照する。

土地の価格は、地域の市場調査、及び不動産業者、司法書士、販売業者、組合、行政機関、銀行、その他の専門家からの情報収集により設定する。地域の基準価格に沿った信頼性のある価格設定を行うため、十分な情報を収集する必要がある。

取得用地について、潜在的な土地利用能力、管理状況、アクセス性といった特徴を明らかにするための調査が必要となる。それらの情報を踏まえた統計分析により土地の価格を設定する。土地とは別に、建物及び恒常的に作付されている農産物の価格を設定するため、それらの質及び量を確認する。これらを踏まえ、補償に係る単価を設定する。

これらの手順は、設定した補償価格を評価する際、信頼性を確保し、憶測により起こり得る争議に対応するために必須である。

市場調査は専門家が実施する。事業者及び被影響住民は、それぞれ代表を選び、市場調査の際、調査情報の正確性を確保するため、そのプロセスをチェックすることが可能である。一般的に市場調査の情報収集対象となるのは、直接影響を受ける住民、及び同程度の資産

を有する周辺住民である。

基本価格設定に係る調査終了後、想定される補償価格表を作成し、補償価格に対する事業者及び被影響住民の代表者による評価を受け、承認を取得する。合意がなされた場合、半年毎に補償価格の見直しを行い、市場価格が大幅に上昇している場合は、補償価格を更新する。

なお、Oeste ダム周辺における誓約レターによる個別移転における家屋補償額の例については、表 9.3.2 に示すとおりである。

表-9.3.2　承諾レターにて使用する積算単価（Oeste ダム）

単位：R$

状況	建物費用	屋根費用	土地費用	合計
家屋タイプ I = 54.00 m^2	31,398	33,480	202,550	267,428
家屋タイプ II = 63.00 m^2	35,961	33,480	202,550	271,991
家屋タイプ III = 72.00 m^2	40,963	33,480	202,550	276,993
家屋タイプ I.最小 S = 40.50 m^2	23,388	0	45,000	68,388
家屋タイプ II.最小 S = 45.00 m^2	24,536	0	45,000	69,536
家屋タイプ III.最小 S = 50.00 m^2	23,388	0	45,000	68,388
家屋タイプ I.最小 S = 40.50 m^2	23,388	23,315	137,500	184,203
家屋タイプ II.最小 S = 45.00 m^2	24,536	23,315	137,500	185,351
家屋タイプ II.最小 S = 50.00 m^2	26,659	23,315	137,500	187,474

出典：JICA 調査団

e)　文献調査

用地取得に係る土地及び資産の所有権の移転や登記事務所、公証人事務所に記録されている法律文書による地役権の取得に関わり、文献調査を行う。

本調査を通じて、交渉及び補償の妥当性を確認するために、①土地及び資産の所有権の確認、②補償による受益者の同定、土地及び資産に係る関連文書（税金の支払いに係る文書、担保物権、譲渡抵当権など）の収集を行う。

f)　物件調査及び資産登記

事業実施により影響を被る地域の土地及び資産の質的、量的に評価するために、土地に関わる情報（①潜在的土地利用能力の分類、②土地利用現況、③森林区分、④植生・森林被覆度、及び⑤森林粗密度）を確認すると共に、既存の財産及び施設等（農産物、建物、道路、電線、電話線、井戸、ため池、上水として利用されている湧水、コミュニティ施設、観光施設など）に関わるインベントリーを実施する。

土地及び資産の物件調査は、専門業者が実施し、事業者が承認を行う。

g)　評価

環境影響評価で用いる方法論は、ブラジル技術基準協会(ABNT)が発行する土地評価基準である地方資産評価基準 NBR14653-3 及び都市資産評価基準 NBR 14653-2 に従う。

永続型農産物（植樹園のように毎年生産することができる作物）および建造物（再び生産することがない資産）の評価基準は、コスト評価手法と耕作物に関する経済的価値を通じて定められる。

建造物の評価は、建物や機材の解体費、輸送費、再建費を考慮した撤去時の価格で決定する。居住用の建物の場合、別の建物を借りる費用は、法的にはその修繕をせずに他の土地

に再建することが必要であるとした時の費用で定める。

土地の評価に関しての判定基準は、土地利用能力の階級ごとに 8 つのクラスに分けられ、相対的に以下のとおり分類される。

クラスⅠ：特別な問題はみられない耕作地である。例えば、1 年生の作物、多年生の作物および森林再生による利用に対しての問題がない。土は肥沃で深く、水持ちがよい。また、洪水のリスクはなく、浅部地下水は存在しない。

クラスⅡ：作物生産及び土壌保全上、わずかに問題がある耕作地である。例えば、CEC（陽イオン交換能）が低い貧栄養型、あるいは CEC 過剰のために、作物生産上、多少の土壌改善が必要な土地を示す。しかしながらこれらの土地は、一般的に適正な土地管理のもとでは、作物生産に利用することが可能な用地である。

クラスⅢ：保全に関する問題をいくつか抱える耕作地である。土壌保全対策や必要な対策を施さずに耕作した場合、土地は急速に劣化・荒廃することが予想される。これらの土地には、地域の気候に適した単年生の作物っを生産するためには、複合的な保全対策を導入する必要があるかもしれない。傾斜地の場合、その傾斜に応じて土地のクラスが細分化される。これらの土地に対して集約的な農業を行うことは、土壌新緑の危険性を高めることが予想される。一方、平坦地におけるこのクラスの土地の、主要なリスクは洪水による被害である・

クラスⅣ：中長期間、継続的に一年生の作物を栽培せず、短期間の耕作にのみに使うことができる土地である。土壌の肥沃度は中から低であり、15～60%の粘土を土質に含む。このクラスの土地は概して、土層が深く、水はけも比較的良好である。

クラスⅤ： 一年生の作物は栽培されないが、多年生の植物、牧草及び樹木は差し支えなく栽培できる土地である。土層はやや浅く（1.2m 以下）、礫を含む（5%以下）。同クラスの土地はやや乾燥条件下にある。

クラスⅥ：多年生の植物、牧草及び樹木は栽培できるものの、1 年生の植物は栽培できない土地である。肥沃性に乏しく、平らな地形であり、水はけがよく、5～10%の石を含み、土壌は 2 m 以上の深さがある。

クラスⅦ：多年生の植物や樹木に対してさえも厳しい栽培条件である土地である。クラスⅥと同様に、土壌侵食や劣化を防ぐために、適切な土壌保全対策やその他の土地管理対策の導入が必要となる。このクラスは、平坦からなだらかな起伏のある土地に広がり、水はけがよく、土層は浅い（0.5m 以下）。また乾燥条件下にある。

クラスⅧ：このクラスの土地は、植物や牧草の栽培や植林には不適であり、その用途は野生動物の生息地や、リクリエーション用地、水の貯留地としてのみとなる。湛水地、マングローブ林、荒廃地がこのクラスに分類される。

所有者が海軍の所有地である場合も通常同様評価を行う。海軍所有地に置いて、簡易な評価をすることは制限されている。

もしも利用できないで残される土地（残地）に固有植生の存在が確認される場合、その固有植生種の価値は評価され、他の資産と同様に補償されるべきである。しかしながら、その土地の植物相がある範囲が水域沿いの永久保護地域（APP）に位置する場合、それらはそのまま維持されることになる。そこでは、たとえその資産が評価されても、改変行為は禁止され、現状が維持されることとなる。

短期作物への補償は、移転日が移転通知よりも 6 カ月以上経過したときには評価されない。移転に係る通知から 6 カ月以下で財産を手放すことが必要となった場合や、収穫に必要な

充分な時間がない場合には、短期作物の価値も補償される。

道路、井戸、水道や電力送電網については、コスト評価手法を踏まえた再建設によって補償される。

h) 管理技術レポート

管理技術レポートは補償のために参照されるものであり、影響を受ける各資産毎に作成される。同レポートは、①土地や資産の評価額、②事業により予想される影響、及び③補償額を示す。

i) 交渉

資産取得に係る交渉は、経済的あるいは政治的利益を得ようとする第三者を加えず、所有者との直接対話により行う。

補償は、資産に関する管理技術レポートのに基づいて実施される。事業者は、移転元の土地の譲渡証書発行の責任、及び移転先の所有者が得るべき地域の登録責任を所有者に代わって負う。補償の最終支払い額は、新しい財産を登記に関わる経費を控除した額となる。

j) 支払い

通常の支払いは、所有権の証拠書類提出を条件として、補償金の額に関する相互の契約に基づき最大 30 日以内に行われる。個人補償（CC）及び特別な補償（CE）では、合意した補償金の一部を、新しい資産の取得の支払いにあてられる場合もある。

k) 財産譲渡の期限

一度、補償が支払われた場合、もしくは個別補償（CC）が選択された場合、地主は事業者に対して、用地取得期限までに土地を譲渡しなければならない。その期限は事業者によって決定されるが、土地や施設を引き渡すことが可能となるよう、所有者の状況を勘案したものであることが肝要である。

事業実施スケジュールが影響を受けない場合は、一定期間は、土地の譲渡期限を例外的に延ばすことができる。その場合は、被影響世帯が収用する土地を新たに設定された期限まで利用できるよう、事業者は収用する土地の無償利用に関する契約を被影響世帯と締結する必要がある。

l) 土地の強制収用（DUP）

土地の強制収用は、Publoc Utility Delaratory Resolution として知られる ANEEL 決議 No. 279/2007 に従って実施される。DUP は、所有者との合意が不十分であるか、あるいは事業者からの保証支払いを許可する所有権の書類に不備があるかのどちらかを原因として、友好的な行政手段をとることができない場合、用地取得の告訴申請により実施される。案件によっては、この土地に関する強制収用は州および市レベルで実施される。

なお事業の初期の段階において、本事業の特性を考慮して、前述の決議を洪水防御ダム事業に適用可能か、より詳細な検討が必要となる。しかしながら、同決議は水力発電事業における土地収用の正当性を規定しており、水力発電事業と類似性の高い洪水防御ダム事業にも、土地収用の正当性が適用されるのではないかと考えられる。

m) 所有権の受領

交渉の決裂や財産譲渡に係る紛争解決のために、所有権の受領に関わる法的手続きが必要である場合は、貯水池の堪水が開始する少なくとも 6 カ月前に所有権の譲渡が行われるために、それぞれの問題に対応する専門家の報告書が作成されなければならない。

n) 収用の優先順位決定

湛水域の用地取得は川の両岸において、可能であればダムの下流から上流の順番で、市によって実施される。さらに以下の土地が優先的に収用される。

- 建設用地あるいは工事用道路;
- 完全に影響を受ける土地、完全に収用される土地、
- 所有者が部分的な補償を選んでおり、部分的に影響を受ける土地;
- 残存する地域に関する事前調査において、部分的に影響を受けるとされた土地

o) 残存地域において家族の生計維持活動が不可能であると決定する基準

残存地域における既存の生計活動を継続することの可能性を検討するために、既存の生計活動を分析・評価を行う。もしも評価の結果、①残存地区における既存生計活動ために必要な基本インフラ整備にかかる経費が移転コストよりも高いか、または②残存地区に基本インフラ整備が、生計活動を維持するにはあまりにも遅れていることが明らかになった場合は、残存地域における既存の生計活動の維持は難しいと判断する。また残存地域がその傾斜や地質特徴から斜面崩壊を受けやすい場合も、生計活動の継続は困難となるであろう。

事業実施前に農業活動が行われていない地区において、農業開発に関わる投資がなされていた場合は、同地区における農業活動の継続の可能性について、十分に検討しなくてはならない。

もしも残存地域において既存の農業活動、すなわち生計活動が継続できる場合は、事業者は湛水地区とその周辺の保全植生帯（APP）の対象の土地のみを取得する。

農業活動が現在行われている土地において、残存地域では農業の実施が不可能であり、影響を受ける地域では生計を維持できないという場合は、地主がその残存地域の残存を正式に望む場合を除いて、事業者は全ての土地を取得する。

9.3.5 ブラジルにおける一般的な住民移転モニタリングプログラム

(1) はじめに

影響を被る人々の移転のプロセスを通じて、①農業生産と経済活動（農業活動、補完活動、市場供給、商業化）、②社会的関係（コミュニティ活動の再開と社会構造の再構築）、及び③基本インフラの整備（住居、教育施設、保健施設、交通施設等）といった要因に十分な考慮を図る必要がある。従って、プロセスの透明化の確保と必要に応じた移転活動の改善のために、モニタリングプログラムが移転過程で実施される必要となる。

(2) 前提条件

モニタリングプログラムの主目的は、移転の過程において新規コミュニティーの開発のために取られる様々な対策（金銭補償、承諾レター、残存地域における移転、個別移転、及び特例）の肯定的/否定的側面を把握することにある。

モニタリングプログラムは、移転世帯を対象とする。否定的な側面が確認された際は、同問題の最小化のために、モニタリングプログラムは、技術的/社会的ガイダンス等の効果的な代替案を提案する。

個人の動機とは異なるいかなる理由で、住民の生活環境の変換を強いることは、社会的分裂や市民社会の基礎の重大な脅威となる。従って、影響を受けた世帯に対する生活スタイルの回復と共に、回復のために支援の提供並びに新規地区における影響世帯に対するモニタリングの継続が重要である。モニタリングプログラムは、移転世帯からのフィードバックを得ることや、技術的/社会的支援の必要性を同定することを可能にする。

(3) 目的

モニタリングプログラムの主目的は、経済的及び財務的な観点から移転プロセスを評価するためと、必要に応じて改善案を提案するために、移転プログラムの異なる段階/時期にある移転の情報を収集することである。具体的なモニタリングプログラムの狙いは以下のとおりである。

- 移転プログラムの異なる段階で、事業によって直接的及び間接的に影響を受ける地区に居住する世帯/家族の生活様式の変化を評価する
- 移転プログラムの効果や有効性を評価する。
- 計画と実施の齟齬を認識している世帯、または移転に際して適用されたガイドラインの改定を提案している世帯をモニタリングする。

(4) 目標

モニタリングプログラムの目標は、上述したように移転プログラムの改善のために必要な活動を提案することである。異なる移転地の全ての移転世帯に対して、移転から 3 年間、T0, T1, T2 及び T3 の各段階において、調査・モニタリングすることが、モニタリングプログラムによって達成されるべき課題となる。

(5) 環境指標

モニタリングすべき情報は、①満足度、②世帯毎の収入レベル、そして③移転世帯の属する新しいコミュニティーの一体性となる。このほか、以下の環境指標についても、3 年間にわたってモニタリングする。

- 移転活動の結果に対する移転世帯/者の反対運動
- 移転の有効性を満足している移転世帯/者の割合
- 短期間に移転世帯/者の割合
- 農産物の多様化の度合い
- 生活水準を高めることを可能にする仕事に従事することができている移転世帯/者の割合
- 作物生産性の増加レベル
- 平均世帯収入の変化
- 移転先における移転世帯/者の環境適応状況
- 社会的指標の改善レベル
- 移転計画とその結果における齟齬の程度
- 農業生産における新技術導入の程度

(6) 対象

モニタリングプログラムの対象は、①直接被害を受けた人々、②移転を余儀なくされた人々、③家屋や仕事を失った人々、そして④資産補償を受けることができない人々である。

(7) 基本コンセプト

移転プログラムの下記に示す異なる段階で、移転世帯/者のフォローアップや移転方法及びそのプロセスについて評価を行うべきである。評価の際には、CSE または社会経済調査の結果が活用される。

モニタリング開始時（“T0”ステージ）：CSE を通じた移転前の影響を受ける人々や家

族の社会経済状況を調査・把握する。

モニタリング期間 1（“T1”ステージ）：移転世帯/者の現状を評価する。

モニタリング期間 2（“T2”ステージ）：移転世帯/者の社会経済状況を評価する。

モニタリング期間 3（“T3”ステージ）：移転世帯/者の安定状態を評価する。

(8) 方法論の手続き

モニタリングプログラムでは、移転世帯/者の移転に係る感情や気持ちがを把握するために、定性/定量的な調査、質問票を用いたアンケート調査、及び反構造的インタビュー調査等を調査ツールとして用いる。

定性的な方法は、移転世帯/者の満足度や不満足度、及び移転の前後における社会経済的な面を判断することができる。一方、定量的な方法は、あらかじめ設定した指標及び環境指標に関する経年変化を測定することができる。これらの方法論は、相互に関連する一方で、それぞれにあらかじめ設定された時間枠や明確な目的並びに方法論を有している。

CSE の結果は、定期的なモニタリング活動を通じて移転世帯/者の社会経済状況の変化を明確にするためのベースラインデータとして活用する。

モニタリング活動は以下の時間枠をもって実施される。

T0: 移転前

T1: 移転から 6 カ月後

T2: T1 から 1 年後

T3: T2 からさらに 1 年後（移転世帯/者の生活が案源状態になったとき）

(9) プログラムの開発

プログラムは、各ステージにおいて各自の時間間隔や方法論を参考に開発される。

a) “T0”ステージ – 移転前

本ステージは、移転前の移転世帯/者のベースラインの確定のために、聞き取り調査が実施さる。従って、プロジェクトによって影響を受ける家族が、モニタリング活動の対象となる。社会経済状況の変化は、本段階を通じて得られたデータを基に評価される。

b) “T1”ステージ – 移動の 6 ヶ月後

移転世帯/者が新しい環境に適用しているか、そして新しいコミュニティへの移転世帯/者の一体化が計画通りに進んでいるのか、移転後 6 カ月後に質問票を用いた反構造的インタビュー調査を実施する。

c) “T2”ステージ –“T1”の 1 年後

この段階での調査は、それぞれの世帯の脆弱性の程度に応じて、移転世帯の社会経済状況の把握を目的とする。2 年目の作付データ、たとえば作付面積、作物収量、生産物の販売等の情報を、本目的のために収集・分析を行う。ステージ T0 にて作成された質問を本ステージでも用いる。

d) “T3”ステージ –“T2”の 1 年後

本ステージでは、移転から 3 年目に家計における補償支払いの効果の評価を通じて、移転世帯の社会的安定度を評価することを目的とする。

従って、クロスチェックと移転世帯の社会的な相互作用分析を伴った定量的な経済・財務分析を可能とする質問票を用いた聞き取り調査が、本ステージにて採用される。

9.3.6　環境管理・モニタリングプログラム

工事期間と操業期間中の環境管理、監督、モニタリングに関連する全ての活動は、ブラジル国の環境法制度に定められた方法や手続きに対応して「環境管理・モニタリングプログラム」として EIA/RIMA（環境影響調査報告書）の中で作成する必要がある。「環境管理・モニタリングプログラム」の内容、構成については、EIA/RIMA を作成する過程で関係機関と協議しながら決定されるものである。

環境管理モニタリング計画には以下の 3 つの項目を含む。

i) 環境許可	環境許可は、環境影響に関する調査及び予想される影響を回避及び緩和するための対策を含む。
ii) 環境管理とコントロール	作業員への環境研修、作業員の健康管理、工事期間中の環境/公害対策（粉塵、交通整理、騒音・振動等）を含む。
iii) 環境モニタリング	工事及び操業期間中のモニタリング計画を記する。

事業者は環境モニタリングに責任を有するが、その実施(現場でのモニタリング活動の実施)は、コンサルタントや大学に委託することが一般的である。

第 10 章　事業費積算および事業実施計画

10.1　総事業費

第 1 期事業の総事業費は 202.9 百万レアイス(102.8 億円)で、その内訳は下表に示すように、借款対象となる事業費が 193.9 百万レアイス (98.0 億円)、州政府事務管理費 7.8 百万レアイス(3.9 億円)、および土地収用費 1.2 百万レアイス (0.6 億円)である。

表-10.1.1　第 1 期事業の総事業費

単位：R$ 1,000

項目		事業費 （借款対象）	事務管理費	土地収用費	小計
		単位　上段　R$ 1,000, 下段 JPY 1,000			
I. 対策事業の直接工事費（直接事業費）					
(1) 流域対策	水田の雨水貯留	18,000 913,000	3,600 183,000		21,600 1,096,000
	Oeste ダムの嵩上げ	27,200 1,379,000	800 41,000	1,110 56,000	29,110 1,477,000
	Sul ダムの嵩上げ	22,500 1,127,000	700 34,000		23,200 1,176,000
(2) 河道対策	ミリム川上流水門	17,800 900,000	500 25,000	10 500	18,310 925,000
	ミリム川下流水門	14,000 710,000	400 20,000		14,400 730,000
(3) 土砂災害対策		25,800 1,310,000	800 40,000	50 2,500	26,650 1,352,500
(4) 洪水予警報システムの強化		4,000 200,000	120 6,000		4,120 209,000
(5) 土砂災害予警報システムの新設		4,000 200,000	120 6,000		4,120 209,000
II. 対策事業の直接費工事費計		133,300 6,739,000	7,040 355,000	1,170 60,000	141,510 7,175,000
III. コンサルタント費用（詳細設計＆施工管理）		25,100 1,273,000	750 38,000		25,850 1,311,000
IV. II+III		158,400 8,012,000	7,790 393,000	1,170 60,000	167,360 8,486,000
V. 物理的予備費 (IV の 10%)		15,800 801,000			15,800 801,000
VI. 価格予備費		19,700 989,000		70 3,700	19,770 992,700
VII. 事業費		**193,900 9,802,000**	**7,790 393,000**	**1,240 62,700**	**202,930 10,279,700**

出典：JICA 調査団

尚、事業費の算定に当たっては、以下に詳述するように、事業実施計画に基づき、年次支出計画を策定し、物価上昇予備費等を含む総事業費の算定を行った。

10.2　積算条件

事業費の積算は、2011 年 6 月時点の価格水準、換算レート R$ 1.0 = JPY 50.71= US$ 0.63 で算定した。事業費積算に用いた建設単価は、DNIT（Department of National Infrastructure of Transportation）, DEINFRA の単価とした。入手できない工種については、SC 州での材料価格例、特殊材料の日本価格、日本の歩掛りから建設単価を算出した。積算の基準は下記の通りである。

10.2.1　土木建設事業

建設費算定の条件は、以下の通りである。

主要工事工種の建設費 = 工事数量 × 建設単価

付帯工；主要工事費の 30%

仮設費； 各事業別に算定

土地収用費；影響範囲に対する土地収用費

各工種の建設単価は、DNIT, DEINFRA 単価を基本とし、稼動日数は、20 日/月として建設単価を設定した。尚、ブラジル国の建設単価は、諸経費や税金等が含まれており、各主要工種の工事数量、建設単価、仮設費、土地収用費、移転費の詳細は、付属報告書に記載している。

10.2.2　水田の雨水貯留事業

流域対策事業の一環である水田の雨水貯留事業は、住民参画事業として実施する。事業費は以下の費用を推定した。

i)　畝嵩上げ

ii)　苗生産費用および柵設置費用

事業実施は、生産者もしくは組合による直接事業実施を原則とする。

10.2.3　土地収用費

土地収用費は、Oeste ダム嵩上げに伴う湛水域影響範囲の拡大部分、及びミリム川上流水門の新規築堤範囲の費用として計上した。

10.2.4　その他費用

コンサルタント費は、土木建設事業では直接工事費の 15%（詳細設計 ; 5%、施工管理 ; 10%）として計上したが、他の事業では運用トレーニング、システム開発等のソフト分野も含まれることから、別途計上した。州政府事務管理費は直接事業費の 3%としたが、水田の雨水貯留事業に関しては州政府機関の係りが大きいことから別途計上した。また、物理的予備費は、直接工事費とコンサルタント費用の合計の 10%として計上した。

10.3　事業費用

10.3.1　流域対策事業

(1)　水田の雨水貯留

水田の雨水貯留にかかわる事業費は、水田対策事業および河畔林対策事業から構成される。各費用の詳細は表-10.3.1 の通りである。

なお、水田の雨水貯留にかかわる計画策定、住民参画促進および土地合法化に関わる費用に関しては、コンサルタント費用に計上してある。

農家への PIA トレーニングは州政府（EPAGRI）が実施するので、借款の対象には含めない。

表-10.3.1　水田の雨水貯留事業費 (R$)

項目	数量	単位	単価（R$）	工事費(R$1,000)
水田対策事業	5,000	ha	3,400	17,000
河畔林事業	200	ha	5,000	1,000
合計				18,000

出典：JICA 調査団

(2)　Oeste ダムの嵩上げ

Oeste ダム嵩上げ工事は、ダム全体を 2 m嵩上げ、袖部を左右岸に 35m拡幅、越流部越流面に腹付けを行う。また、放流能力の増強のために、嵩上げに伴う左岸新設堤体部に放流管を設置する。事業数量および直接事業費は-10.3.2 の通りである。

(3)　Sul ダムの嵩上げ

Sul ダムの嵩上げ工事は、既存のダム洪水吐の 2 m の嵩上げと下流面への摺り付けとする。また、放流能力の増強のために、トンネル洪水吐きを建設する。事業数量および直接事業費は表-10.3.3 の通りである。

表-10.3.2　Oeste ダムの嵩上げの直接工事費

		Unit	Cost	Oeste dam	
				Quantity	Amount
Earth Works					
Excavation (Sand)	(DMT up to 5km)	m3	15	59,000	885,000
Excavation (Rock)	(DMT up to 5km)	m3	100	1,650	165,000
Back Filling, Selected Materials	(DMT up to 5km)	m3	40	25,000	1,000,000
Concrete Works					
Concrete (including Batcher plant,Scaffold, etc)	fck=16Mpa	m3	730	12,500	9,125,000
Concrete (including Form, Scaffold, etc)	fck=25Mpa	m3	600	3,500	2,100,000
Reinforcement - deformed bar		t	7,500	140	1,050,000
Demolishing of Existing Concrete Structure	(DMT up to 5km)	m3	540	250	135,000
Consolidation Grout		m	1,250	380	475,000
Road Works					
General Road(including paving)	width=8m,h=3m	m	1,570	1,500	2,355,000
Road Bridge (Including Substructure, ancillary works)		m2	3,000	160	480,000
Other Works					
Main works * 30%					5,331,000
Temporary Work					1,617,000
Cellular Cofferdam	f8.5, h8.5	set	113,000	3	339,000
Cellular Cofferdam	f6.0, h6.0	set	43,000	9	387,000
Cellular Cofferdam (Only move)	f8.5, h8.5	set	57,000	3	171,000
Cellular Cofferdam (Only move)	f6.0, h6.0	set	21,500	8	172,000
Temporary main works * 20%					214,000
(dewatering, site cleaning, etc)					
Civil Works Total					26,001,000
Water gate		t	40,800	29	1,183,000
Metal works Total					1,183,000
Total					**27,184,000**

出典：JICA 調査団

表-10.3.3　Sul ダムの嵩上げの直接工事費

		Unit	Cost	Sul dam spillway	
				Quantity	Amount
Earth Works					
Excavation (Sand)	(DMT up to 5km)	m3	15	4,400	66,000
Excavation (Rock)	(DMT up to 5km)	m3	100	500	50,000
Concrete Works					
Concrete (including Form, Scaffold, etc)	fck=25Mpa	m3	600	4,050	2,430,000
Reinforcement - deformed bar		t	7,500	70	525,000
Demolishing of Existing Concrete Structure	(DMT up to 5km)	m3	540	800	432,000
Tunnel Works					

Horse Shaped Tunnnel (2R Type) 2R=5 m	m	35,000	430	15,050,000
Other Works				
Main works * 30%				1,051,000
Civil Works Total				21,564,000
Water gate	t	40,800	22	898,000
Metal works Total				898,000
Total				**22,462,000**

出典：JICA 調査団

10.3.2 河道対策事業

(1) ミリム川上流水門

ミリム川上流水門は、仮排水路を設置し、全面締切りによるドライ施工で工事を実施する。当事業の工事数量および直接事業費は-10.3.4 の通りである。

(2) ミリム川下流水門

ミリム川下流水門は、潮位の影響を受けることから、上流からの河川水を上流水門側へ切り回し、全面締切りによるドライ施工として実施する。下流側水門工事は、上流側水門供用開始後とする。また、河川沿いに住居が密接していることより、護岸部は、ポンツーンでの施工により護岸部にコンクリートシートパイルを設置する。当事業に関わる工事数量および直接事業費は下記の通りである。

表-10.3.4 ミリム川上流水門の直接工事費

	単位	数量	単価	予算
Earth Works				
Excavation (Sand)	m^3	4,800	15	72,000
Back Filling, Selected Materials	m^3	1,600	40	64,000
Embankment, Selected Materials	m^3	7,400	15	111,000
Concrete Works				
Concrete (including Form, Scaffold, etc)	m^3	2,150	600	1,290,000
Reinforcement - deformed bar	t	170	7,500	1,275,000
Substructure Work				
Driving and Furnishing Steel Sheet Pile Type II	sheet	115	1,400	161,000
Driving and Furnishing Steel Sheet Pile Type II	sheet	128	3,000	384,000
Driving and Furnishing Precast Pc Pile	nos	112	5,500	616,000
Driving and Furnishing Precast Pc Pile	nos	48	4,000	192,000
Concrete Block (Production, Installation cost)	m^2	320	300	96,000
Revetment Works				
Sodding	m^2	3,000	2	6,000
Drainage Channel Works				
Tributary switching channel (Earth type)	m	1,000	260	260,000
Tributary switching channel (Box culvert type)	m	60	16,000	960,000
Drainage channel	m	6,000	250	1,500,000
Road Works				
Macadam Pavement (Crushed Stones(10-40))	m^2	300	20	6,000
Super Structure (Including handrail, paving, etc)	m^2	165	1,400	231,000
Other Works				
Main works * 30%				2,167,000
Temporary Work				
Cofferdam (Excavation Common / Dredging As Temporary Works)	m^3	5,000	50	250,000
Driving Steel Sheet Pile Type II	sheet	220	650	143,000
Stream Diversion Channel (B=30.0*h=2.5)	m	120	600	72,000
Temporary works the others				1,032,000
Civil Works Total				10,888,000
Water gate	t	170	40,800	6,936,000
Metal works Total				6,936,000
Total				17,824,000
合計（丸め）				**17,800,000**

出典：JICA 調査団

表-10.3.5　ミリム川下流水門の直接工事費

	単位	数量	単価	費用
Earth Works				
Excavation (Sand)	m^3	3,600	15	54,000
Back Filling, Selected Materials	m^3	3,450	40	138,000
Concrete Works				
Concrete (including Form, Scaffold, etc)	m^3	1,300	600	780,000
Reinforcement - deformed bar	T	100	7,500	750,000
Substructure Work				
Driving and Furnishing Steel Sheet Pile Type II	sheet	110	1,100	121,000
Driving and Furnishing Precast Pc Pile	nos	80	2,000	160,000
Driving and Furnishing Precast Pc Pile	nos	50	1,640	82,000
Concrete Block (Production, Installation cost)	m^2	370	300	111,000
Revetment Works				
Driving and Furnishing Concrete Sheet Pile	m^2	400	360	144,000
Driving and Furnishing Concrete Sheet Pile on the Water (Including head cover)	m^2	5,400	440	2,376,000
Gabion Box (including geotextile)	m^3	140	290	40,600
Sodding	m^2	200	2	400
Rubble-mound	m^3	10,400	80	832,000
Other Works				
Main works * 30%				1,677,000
Temporary Work				
Cofferdam (Excavation Common / Dredging As Temporary Works)	m3	6,100	50	305,000
Driving Steel Sheet Pile Type II	sheet	280	650	182,000
Temporary works the others				529,000
Civil Works Total				8,272,000
Water gate	t	140	40,800	5,712,000
Metal works Total				5,712,000
Total				13,984,000
合計（丸め）				**14,000,000**

出典：JICA 調査団

10.3.3　土砂災害対策事業

土砂災害対策事業に関する第 1 期事業は、リスクの高い（年潜在損失額が 50 万 R $ /年以上、25 百万円／年以上）13 優先箇所を対象とした。下表に、第 1 期事業の直接工事費を示す。

表-10.3.6　土砂災害対策事業の直接工事費

優先順位	地点名	直接工事費 R$ 1,000	直接工事費 JPY 1,000
1	Road SC 302 Taio-Passo Manso-5	387	19,600
2	Road SC470 Gaspar River Bank	2,062	104,600
3	Blumenau- Av. Pres Casrelo Branco	2,849	144,500
4	Road SC418 Blumenau – Pomerode	1,851	93,900
5	Road SC474 Blumenau-Massaranduba 2	3,724	188,800
6	Road Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	3,399	172,400
7	Road Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	1,448	73,400
8	Road SC470 Gaspar Bypass	2,768	140,400
9	Road SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	1,026	52,000
10	Road SC418 Pomerode - Jaraguá do Sul 1	878	188,900
11	Road Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	3,726	44,500
12	Road SC474 Blumenau-Massaranduba 1	515	26,100
13	Road SC 302 Taio-Passo Manso 4	1,173	59,500
合計		**25,806**	**1,308,600**

出典: JICA 調査団

10.3.4　洪水予警報システムの強化

洪水予警報システムの強化に関わる直接事業費は、下記の業務より構成される。

i) 雨量計、水位計、CCTV、通信機器等の機材費および設置費
ii) 河川台帳の整備（河川測量）

下表に算定した直接事業費を示す（節 6.4 を参照）。

表-10.3.7　洪水予警報システム強化の直接事業費

項目	直接事業費 R$ 1,000	直接事業費 JPY 1,000
観測・通信機器の機材費及び設置費	2,535	128,500
河川台帳の整備	1,500	76,100
合計	**4,035**	**204,600**

出典: JICA 調査団

10.3.5　土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの新設

当事業に関わる直接事業費は、下記の業務より構成される。

i) 雨量計、GPRS 通信と VHF アンテナの機材費および設置費
ii) 無線 VHF データ転送施設の機材費および設置費
iii) 予警報システムのデータ通信・蓄積・警報発信システム開発

下表に算定した直接事業費を示す。

表-10.3.8　雨量計、GPRS による通信と VHF アンテナの機材費および設置費

	機器	数量	単価	費用
			上段 R$ 下段 JPY	
1	データロガー（各市用）	53	3,000 152,000	159,000 8,063,000
2	GPRS モデム	53	800 41,000	42,400 2,150,000
3	無線モデム	53	1,600 81,000	84,800 4,300,000
4	GPRS アンテナ	53	120 6,000	6,360 323,000
5	VHF アンテナ	53	350 18,000	18,550 941,000
6	保護箱	53	500 25,000	26,500 1,344,000
7	電池	53	100 5,000	5,300 269,000
8	電圧制御装置	53	250 13,000	13,250 672,000
9	太陽電池パネル 20W	53	650 33,000	34,450 1,747,000
10	雨量計	53	3,500 177,000	185,500 9,407,000
11	雨量計設置台および付属品	53	1,800 91,000	95,400 4,838,000
12	観測所柵	53	1,000 51,000	53,000 2,688,000
13	設置作業費	53	1,500 76,000	79,500 4,031,000
14	コンピューター	53	4,600 233,000	243,800 12,363,000
15	データサーバー	1	32,800 1,663,000	32,800 1,663,000
16	データサーバーライセンス	1	29,520 1,497,000	29,520 1,497,000
			合計	**1,110,130** **56,295,000**

出典：JICA 調査団

表-10.3.9　無線 VHF データ転送施設の機材および設置費

	機器	数量	単価	費用
			上段　R$ 下段 JPY	
1	無線接続装置、保護ケーブル、コネクタ	10	48,500 2,459,000	485,000 24,594,000
2	無線転送基地基礎	10	25,000 1,268,000	250,000 12,678,000
3	バッテリー 300 Ah	10	2,500 127,000	25,000 1,268,000
4	太陽電池パネル 450W	10	8,000 406,000	80,000 4,057,000
5	接続用アンテナおよびケーブル	20	2,000 101,000	40,000 2,028,000
6	無線基地アンテナおよびケーブル	10	1,500 76,000	15,000 761,000
7	電気制御システム	10	3,000 152,000	30,000 1,521,000
8	配線ボックス	10	5,000 254,000	50,000 2,536,000
9	18m 高の塔と避雷針	10	7,000 355,000	70,000 3,550,000
10	インターネット接続サーバー	3	6,000 304,000	18,000 913,000
11	衛星通信インターネットシステム	3	2,000 101,000	6,000 304,000
12	データ転送基地に係る土木作業及び材料	10	9,000 456,000	90,000 4,564,000
			合計	**1,159,000** **58,773,000**

出典：JICA 調査団

表-10.3.10 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に係る費用

	項目	単位	数量	単価	費用
				上段　R$ 下段 JPY	
1	業務主任	時間	960	164 8,320	157,440 7,983,800
2	システム技術者	時間	3,840	115 5,830	441,600 22,393,500
3	システム開発者	時間	9,600	82 4,160	787,200 39,918,900
4	データバンク技術者	時間	960	115 5,830	110,400 5,598,400
5	ネットワーク管理技術者	時間	960	115 5,830	110,400 5,598,400
6	事務員	時間	800	66 3,350	52,800 2,677,500
7	予備作業費	時間	120	197 9,990	23,640 11,988,00
				合計	**1,683,480** **85,369,300**

出典：JICA 調査団

10.3.6　コンサルタント費用

コンサルタント費用は、技術者の直接費と付随する間接費を計上した。直接費は、事業実施期間中の各技術者の作業月数（アサイメント期間）を計画し各技術者の単価を用いて計上した。間接費は、航空運賃、宿泊費、事務所経費、車両費、支援スタッフ等を含んでいる。ブラジル国では、国際コンサルタントと国内コンサルタントの区別はないので、コンサルタント技術者の月額単価を間接費を含み一律 5 万レアルと想定した。表 - 10.3.11 にコンサルタント技術者の稼働期間を示す。下表に、コンサルタント業務と費用を示す。

表-10.3.12　コンサルタント費用の総計

業務内容	費用(R$)	費用（JPY）
(1) プロジェクト管理	1,400,000	71,000,000
(2) 水田の雨水貯留事業計画策定・施工管理	8,000,000	406,000,000
(3) 治水ダムの嵩上げの詳細設計および施工管理	4,000,000	203,000,000
(4) ミリム川上下流水門の詳細設計および施工管理およびトレーニング	5,200,000	264,000,000
(5) 土砂災害対策事業の詳細設計および施工管理	2,600,000	132,000,000
(6) 洪水予警報システム強化の全体設計および管理 (ダム操作マニュアル作成およびトレーニングを含む)	3,000,000	152,000,000
(7) 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システム設置の全体設計および管理	900,000	86,000,000
合計	**25,100,000**	**1,273,000,000**

出典：JICA 調査団

以下に、上記業務費用の内訳を示す。

(1)　プロジェクト管理

当事業は、性格の異なる種々の事業より構成されることより、事業の円滑な実施を目指し、プロジェクト実施で以下の業務を展開すること目的とする。プロジェクト管理にかかわる業務は以下の通りである。

i) 全体事業実施計画の策定

ii) 必要環境ライセンス取得支援

iii) 各事業の実施スケジュールの調整

iv) 各事業入札書類の作成

v) 各事業資金の管理

vi) 実施機関および協力機関間の業務調整

(2)　水田の雨水貯留事業の計画策定・施工管理

水田の雨水貯留事業は、イタジャイ流域に広がる水田で事業を展開することをベースに算定する。当業務は、計画書策定段階における生産者参画の促進、事業実施団体となる組織の構築、組織内活動規定設定への支援等からなる計画書策定、施工管理、土地合法化手続き上必要となる手続きから構成される。

i) 水田・河畔林整備計画書の作成

ii) 実施体制の構築

iii) 施工管理

iv) 測量

v) 証明書発行手続き支援

vi) 各実施地区環境ライセンス支援

尚、上記の測量、証明書発行手続き、環境ライセンスの費用もコンサルタント費用に別途計上する。

(3) 治水ダムの嵩上げの詳細設計および施工管理

当業務は、Oeste と Sul の両ダム嵩上げに関する詳細設計、施工管理およびダム管理マニュアル作成及びトレーニングを行なう。

(4) ミリム川上下流水門の詳細設計および施工管理およびトレーニング

当業務は、ミリム川上下流水門に関する詳細設計、施工管理およびゲート操作マニュアルと維持管理マニュアル作成及びトレーニングを行なう。

(5) 土砂災害対策事業の詳細設計および施工管理

当業務は、土砂災害防止に関する詳細設計、施工管理および維持管理マニュアルの作成を行なう。

(6) 洪水予警報システム強化の全体設計および管理

当業務は、洪水予警報システム設計、洪水流出予測シミュレーションモデルの開発、観測機器・システムの調達計画、設置管理、利水ダム運用マニュアルの作成および利水ダム管理マニュアルの作成とトレーニングを行なう。

(7) 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの全体設計および管理

当業務は、土砂災害予警報システム設計、機器・システム調達計画およびマニュアル作成及びトレーニングを行なう。

表-10.3.11 コンサルタント要員計画

Stage	Position	2013	2014	2015	2016	2017	M/M
		1 4 7 10	1 4 7 10	1 4 7 10	1 4 7 10	1 4 7 10	
Project Management							
	Project Manager						28.0
	TOTAL						28.0
Water Storage in Paddy Fileds							
	Sector Leader						53.0
	Procurement Expert / FDR Coordinator						12.0
	Geodetic Engineer						12.0
	Irrigation Engineer						17.0
	Construction Planner						20.0
	Agronomist						10.0
	Environmentalist						12.0
	Training Expert						24.0
	TOTAL						160.0
Heightening of Dams							
Detail Design Stage	Sector Leader / Dam Structural Engineer						12.0
	Geologist						3.0
	Geodetic Engineer						3.0
	Hydraulic Engineer						2.0
	Design Engineer						6.0
	Mechanical Engineer						2.0
	Construction Planner						4.0
	Cost Estimator / Constructural Planner						3.0
	Spec Writer						3.0
Construction Supervision Stage	Sector Leader / Dam Structural Engineer						15.0
	Tender Evaluator						2.0
	Construction Engineer						14.0
	Tunnel Engineer						7.0
	Mechanical Engineer						2.0
	O&M Engineer						2.0
	TOTAL						80.0
Floodgates in Itajai Mirim River							
Detail Design Stage	Sector Leader / Civil Engineer						12.0
	Hydrologist						6.0
	Geologist						6.0
	Structure Engineer (River)						6.0
	Structure Engineer (Bridge)						3.0
	Mechanical Engineer						5.0
	Cost Estimator / Construction Planner						5.0
	Spec Writer						3.0
Construction Supervision Stage	Sector Leader / Civil Engineer						27.0
	Tender Evaluator						4.0
	Construction Engineer						17.0
	Mechanical Engineer						6.0
	Electric Engineer						2.0
	O&M Engineer						2.0
	TOTAL						104.0
Strengthening of Existing FFWS							
	Sector Leader / FFWS						23.0
	Hydrologist						8.0
	River Engineer						8.0
	Telecommunication Engineer						8.0
	System Enginner						4.0
	Network Engineer						4.0
	Database Engineer						5.0
	TOTAL						60.0
Installation of Early Warning System for Landslide and Flashflad							
	Sector Leader / Disaster Prevention						14.0
	System Engineer						2.0
	Traomomg Expert						2.0
	TOTAL						18.0
Structural Measures for Disaster Prevention							
Detail Design Stage	Sector Leader / Landslide						14.0
	Geologist						4.0
	Geodetic Engineer						4.0
	Slop Protection Engineer						6.0
	Cost Estimate / Construction Planner						2.0
Supervision Stage	Sector Leader / Landslide						20.0
	O & M Expert						2.0
	TOTAL						52.0
	GRAND TOTAL						502.0

出典：JICA 調査団

10.4 事業実施方法および実施機関

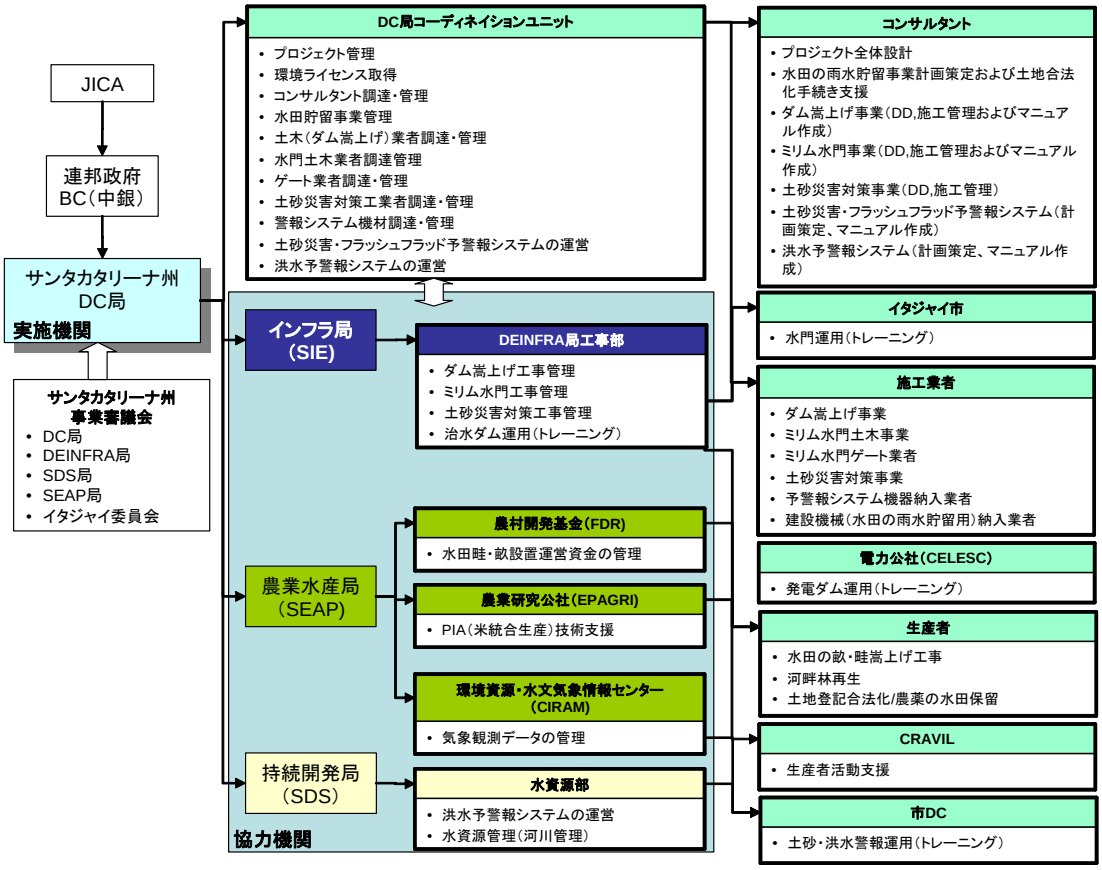
10.4.1 第 1 期事業のパッケージ構成

本事業は、防災事業として一括して実施する。第 1 期事業は、以下のパッケージから構成される。

i) FDR 活用による水田の雨水貯留事業
ii) EPAGRI による PIA 導入事業（水田の雨水貯留事業）
iii) ダム嵩上げ（Oeste ダム＆Sul ダム）事業
iv) ミリム川上下流水門の設置事業
v) ミリム川上下流水門のゲート機器の調達
vi) 土砂災害対策工事業
vii) 洪水予警報および土砂災害・フラッシュフラッド予警報システム機器の調達と設置
viii) コンサルタント調達

10.4.2 事業実施機関と事業実施体制

事業の実施機関は、サンタカタリーナ州 Defesa Civil 局（SDC 局）とし、SDC 局に事業実施のためのコーディネイションユニット（CU）を設置し、CU が実質的実施主体となる。事業は上記のパッケージ毎に実施を行なっていく。次図に当事業実施の事業実施体制を示す。



出典：JICA 調査団

図-10.4.1 事業実施機関と事業実施体制

当事業は、事業実施機関、事業審議会、事業運営機関、受益者および業務請負業者より構

成される。

(1) 事業審議会

事業内容の決定は、SDC 局内に設けられる事業審議会の承認の下、事業を行っていく。当審議会は、実質的事業運営機関となる SDC 局、インフラ局、農業水産局、持続開発局およびイタジャイ委員会、各局の代表より構成される。当審議会は、事業内容の承認に加え、事業の進捗状況、各局の事業実施に必要な予算を準備していく。

(2) 事業実施機関

事業実施機関は、融資の受け皿となり、事業を実施していく。事業実施主体となる CU は、下記の業務を展開していく。

i) プロジェクトの運営管理
ii) 環境ライセンスの取得
iii) コンサルタントの調達・管理
iv) 水田貯留事業の管理
v) 土木（ダム嵩上げ）業者調達・管理
vi) 水門土木業者の調達と施工管理
vii) ゲート業者の調達・製造・設置管理
viii) 土砂災害対策工業者調達・管理
ix) 警報システム機材調達・管理
x) 土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの運営
xi) 洪水予警報システムの運営

(3) 事業運営機関

事業運営機関は、各事業実施の管理を行なうと伴に、事業完了後の運営機関となる。インフラ整備に関してはインフラ局、水田の雨水貯留に関しては、農業水産局、洪水予警報システムの運営に関しては SDS 局が事業運営機関となる。

1) インフラ局 DEINFRA

インフラ局は、Oeste ダム、Sul ダム、ミリム上下流水門、土砂災害工事の管理を行なうと伴に、事業完了後は、治水ダム運用を行なっていく。

2) 農業水産局および FDR

農業局は、水田貯留事業のため設けられる FDR 基金を通し、水田の雨水貯留事業を行い、基金管理および水田貯留事業の管理を行なっていく。事業は、生産者による直接実施形式とする。畝の嵩上げ工事費用の 80%は、政府負担、20%は生産者負担とする。なお生産者負担の 20%は、融資形式とする。

3) 農業水産局 EPAGRI

EPAGRI は、流域内の米生産者に対し、統合的米生産(PIA)導入の技術支援を行っていく。

4) 農業水産局 CIRAM

CIRAM は、洪水予警報システムおよび土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムにて設置される気象・水文情報の受け皿となり、データ管理を行なっていく。

5) 持続開発局水資源部

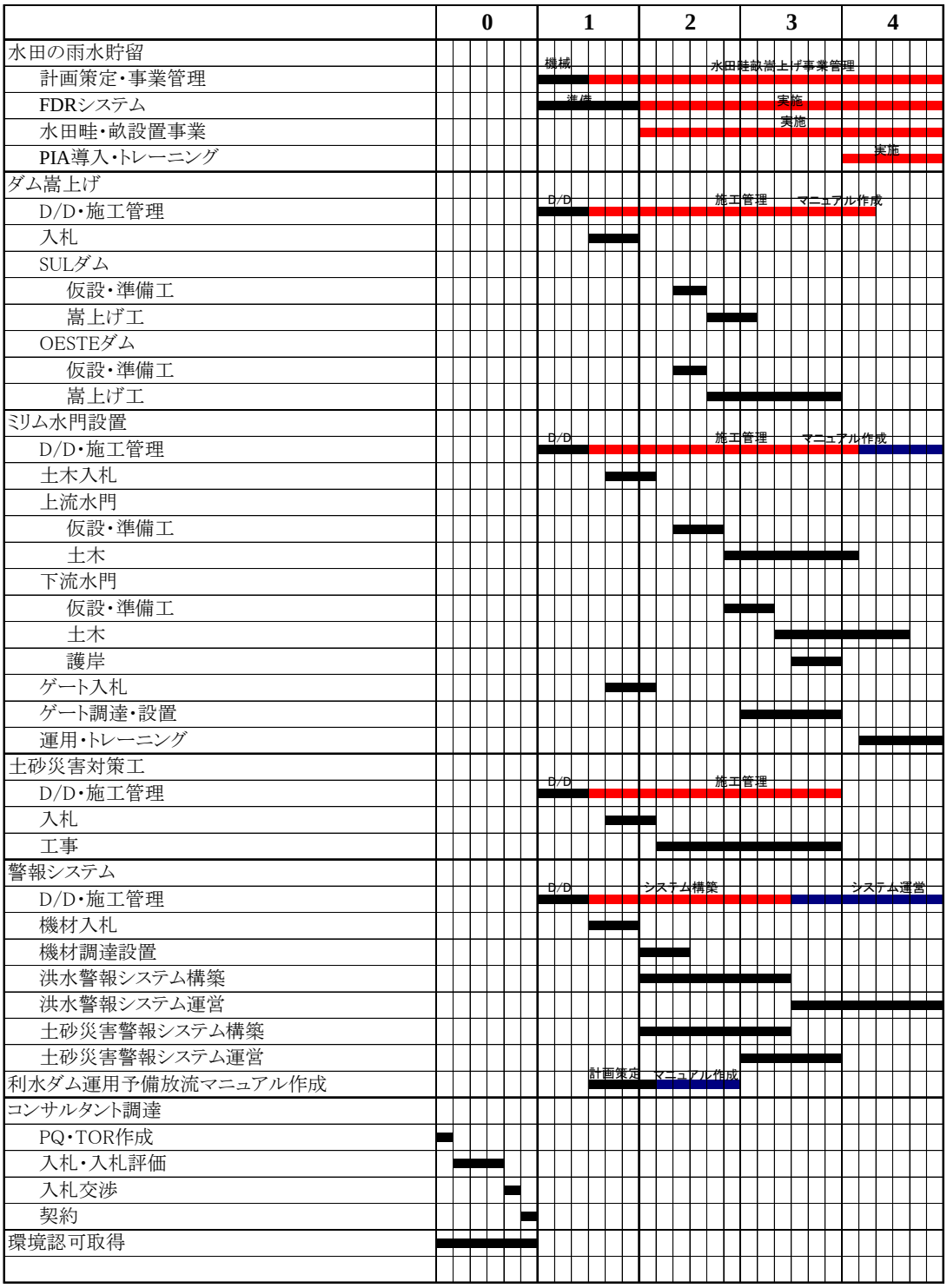
SDS 局水資源部は、洪水予警報システムの運営および水資源管理（河川管理）を行なっていく。

(4) 受益者・事業参画者

事業受益者および事業参画者としては、水田の雨水貯留事業に参画する水稲生産者、支援機関としての CRAVIL、利水ダム管理機関 CELESC、イタジャイ市がある。水稲生産者は、FDR 資金を活用して、畝嵩上げ工事および河畔林再生事業を行っていく。同時に、コンサルタントの支援を受け、事業実施に必要な環境ライセンスの取得および土地の合法化手続きを進めていく。事業完了後は、EPAGRI の支援を受け、PIA 導入を推し進め、米の付加価値を高めていく。CRAVIL は、生産者の水田の雨水貯留事業実施に必要な業務への支援を行っていく。CELESC は、コンサルタント業務にて策定される利水ダム管理マニュアルに従いダム管理を行なっていく。イタジャイ市は、ミリム河に設けられる水門の効率的管理を行い、ミリム流域氾濫域に居住する住民の生活を保護していく。

10.5 事業実施計画

事業は、コンサルタント契約後、詳細設計、工事入札、工事実施期間を含 4 年間にて実施する。下図に事業実施スケジュールを示す。



出典：JICA 調査団

図-10.5.1　事業実施スケジュール

10.6　第１期事業実施に係る総事業費の算定

10.6.1　土木工事、コンサルタントサービスの調達ロッド

調達ロッドおよび調達方法は、下記が適切と考えられる。

表-10.6.1　調達ロッドおよび調達方法

	調達ロッド	SC 州政府の主たる関連機関	調達方法
1	水田の雨水貯留事業	SAP（農業局）	FDR（農村開発基金）活用による事業実施
2	ダム嵩上げ（Oeste ダム＆Sul ダム）事業	DEINFRA（インフラ部）	ICB
3	ミリム川上下流水門の設置事業	DEINFRA	ICB
4	ミリム川上下流水門のゲート機器の調達	DEINFRA	ICB
5	土砂災害対策工事業	DEINFRA	ICB
6	洪水予警報および土砂災害・フラッシュフラッド予警報システム機器の調達と設置	Defesa Civil 局	ICB
7	コンサルタント調達	Defesa Civil 局	ICB

出典：JICA 調査団

10.6.2　物価上昇率を考慮した年次事業費

(1)　物価上昇率

物価上昇率は、外貨（FC）：1.5%、内貨（LC）：2.8%に設定した。

ブラジル国の 2006 年以降の物価上昇率を表-10.6.1 に示す。ブラジル国地理情報院（IBGE）の 2006 年～2011 年の 6 年間の平均値 2.8%を内貨（LC）として採用した。

表-10.6.2　ブラジル国地理情報院（IBGE）による物価上昇率

年	物価上昇率	年	物価上昇率
2006	1.73	2009	2.52
2007	2.54	2010	3.51
2008	3.92	2011	2.44
採用値　平均（2006-2011,6）			**2.8**

出典：JICA 調査団

(2)　外貨・内貨配分

ブラジル国では、鉄鋼製品、建設資材、建設機械など多くの資機材を生産してり、土木事業の建設資機材は国内で調達可能である。輸入機材と想定される「洪水予警報および土砂災害・フラッシュフラッド予警報の機器の調達と設置」、「コンサルタント業務」を外貨配分とした。

(3)　各暦年事業費と総事業費

図-10.5.1 の事業実施スケジュール、本項（1）の物価上昇率、(2)内価・外貨配分に従い、算出基準年は 2011 年として各暦年事業費と総事業費を算出し表-10.6.3 に示した。

表-10.6.3　各暦年事業費と総事業費

項目	Base Cost in 2011			2013			2014			2015			2016			2017			Total		
	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total	FC	LC	Total
	R$ 1000			R$ 1000			R$ 1000			R$ 1000			R$ 1000			R$ 1000			R$ 1000		
水田の雨水貯留事業（建設機械の調達）	100%	0%	100%	80%	0%	80%	20%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	100%
	25,000	0	25,000	20,000	0	20,000	5,000	0	5,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,000	0	25,000
水田の雨水貯留事業（FDR資金の投入）	0%	100%	100%	0%	15%	15%	0%	25%	25%	0%	25%	25%	0%	25%	25%	0%	10%	10%	0%	100%	100%
	0	10,000	10,000	0	1,500	1,500	0	2,500	2,500	0	2,500	2,500	0	2,500	2,500	0	1,000	1,000	0	10,000	10,000
ダム嵩上げ事業（Oesteダム＆Sulダム）	0%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	5%	5%	0%	5%	5%	0%	55%	55%	0%	35%	35%	0%	100%	100%
	0	49,700	49,700	0	0	0	0	2,485	2,485	0	2,485	2,485	0	27,335	27,335	0	17,395	17,395	0	49,700	49,700
ミリム川上下流水門の建設	0%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	15%	15%	0%	60%	60%	0%	15%	15%	0%	100%	100%
	0	31,800	31,800	0	0	0	0	3,180	3,180	0	4,770	4,770	0	19,080	19,080	0	4,770	4,770	0	31,800	31,800
土砂災害対策工事業	0%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	40%	40%	0%	40%	40%	0%	10%	10%	0%	100%	100%
	0	25,800	25,800	0	0	0	0	2,580	2,580	0	10,320	10,320	0	10,320	10,320	0	2,580	2,580	0	25,800	25,800
洪水予警報システムの強化	100%	0%	100%	0%	0%	0%	90%	0%	90%	10%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	100%
	4,000	0	4,000	0	0	0	3,600	0	3,600	400	0	400	0	0	0	0	0	0	4,000	0	4,000
土砂災害・フラッシュフラッド予警報システムの新設	100%	0%	100%	0%	0%	0%	90%	0%	90%	10%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	100%
	4,000	0	4,000	0	0	0	3,600	0	3,600	400	0	400	0	0	0	0	0	0	4,000	0	4,000
コンサルタント費用	100%	0%	100%	15%	0%	15%	25%	0%	25%	25%	0%	25%	20%	0%	20%	15%	0%	15%	100%	0%	100%
	25,100	0	25,100	3,765	0	3,765	6,275	0	6,275	6,275	0	6,275	5,020	0	5,020	3,765	0	3,765	25,100	0	25,100
小計	58,100	117,300	175,400	23,765	1,500	25,265	18,475	10,745	29,220	7,075	20,075	27,150	5,020	59,235	64,255	3,765	25,745	29,510	58,100	117,300	175,400
価格的予備費				718	85	803	844	928	1,772	434	2,345	2,779	388	8,770	9,158	352	4,639	4,991	2,736	16,767	19,503
物理的予備費				2,377	150	2,527	1,848	1,075	2,922	708	2,008	2,715	502	5,924	6,426	377	2,575	2,951	5,810	11,730	17,540
合計				26,860	1,735	28,595	21,167	12,748	33,914	8,217	24,428	32,644	5,910	73,929	79,839	4,494	32,959	37,452	66,646	145,797	212,443
土地収用	0%	100%	100%	0%	80%	80%	0%	20%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%
	0	1,170	1,170	0	936	936	0	234	234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,170	1,170
価格的予備費				0	53	53	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	73
小計				0	989	989	0	254	254	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,243	1,243
合計			176,570	26,860	2,724	29,584	21,167	13,002	34,168	8,217	24,428	32,644	5,910	73,929	79,839	4,494	32,959	37,452	66,646	147,040	213,686

出典：JICA 調査団

第 11 章　　経済評価

11.1　　経済評価の方法

洪水緩和対策マスタープランで提案された下記の優先事業を対象として各事業の便益を算定して経済評価を行った。

表-11.1.1　経済評価対象事業

事業	対象事業
水田の雨水貯留	5,000 ha
治水ダムの嵩上げ（Oeste ダム）	2 m 嵩上げ
治水ダムの嵩上げ（Sul ダム）	2 m 嵩上げ
利水ダムの貯水池運用の変更	2 ダム
Itajai 市、ミリム川、水門と河道改修	2 か所
土砂災害対策	13 か所
洪水予警報システムの強化	1 式
土砂災害予警報システムの導入	1 式

出典：JICA 調査団

事業評価期間は 50 年とし､治水対策事業の便益は各事業の被害軽減額をベースに算定した。また、土砂災害対策については、別途事業便益を算定した。各事業の被害軽減額は、現況と事業実施後の差額を計上した。各確率年における洪水被害は、確率洪水による氾濫シミュレーション結果に基づいて年平均被害軽減期待額を算定した。洪水被害低減による土地価格付加価値付与の効果が考えられるが、その部分についての考慮は行わなかった。経済活動部門での被害は、マスタープラン時と同様に流通税の減少額から対象域の地域生産額の減少部分を計上した。

11.2　　費用と便益

11.2.1　費用

優先事業の事業費は、下記の通りである。尚、事業費の詳細は第 10 章に示している。

表-11.2.1　F/S 対象事業事業費

単位；R$ 1,000

項目		直接事業費	間接事業費	土地収用費	小計
I. 対策事業					
(1) 流域対策	水田の雨水貯留	18,000	3,600		21,600
	治水ダムの嵩上げ（Oeste ダム）	27,200	800	1,110	29,110
	治水ダムの嵩上げ（Sul ダム）	22,500	700		23,200
(2) 河道対策	ミリム上流ゲート	17,800	500	10	18,310
	ミリム下流ゲート	14,000	400		14,400
(3) 土砂災害対策		25,800	800	50	26,650
(4) 洪水予警報システム強化		4,000	120		4,120
(5) 土砂災害予警報システム強化		4,000	120		4,120
II. 直接工事費計		133,300	7,040	1,170	141,510
III. コンサルタント費用　（詳細設計＆施工管理）		25,100	750		25,850
IV. II+III　合計		**158,400**	**7,790**	**1,170**	**167,360**

出典：JICA 調査団

11.2.2　便益

優先事業の効果として、以下の事業効果が発生すると仮定し事業便益を算定した。

表-11.2.2　各事業別の事業効果

事業	事業効果
水田の雨水貯留	・　米生産額の増加
治水ダムの嵩上げ（Oeste ダム） 治水ダムの嵩上げ（Sul ダム）	・　Taio 市街域洪水被害の軽減 ・　Rio do Sul 市街域洪水被害の軽減
利水ダムの貯水池運用の変更	・　Timbo 市街域洪水被害の軽減
Itajai 市、Mirim 川水門と河道改修	・　Itajai 市 Mirim 流域市街地の洪水の軽減 ・　Itajai 市経済被害の軽減
洪水および土砂災害予警報システム	・　被災者（怪我人および死亡者）の軽減

出典：JICA 調査団

上記事業による事業便益は、以下の通り推定した。

(1)　流域米生産額の増加

水田の雨水貯留事業の効果は、水田整備による収量増(10%)を便益として計上した。水田の雨水貯留事業のもたらす効果は、年間 R$ 2 百万/年の便益が生じると推定した（対象面積 x 収穫増 x 生産高 = 5,000 ha x 0.8 ton/ha x R$ 500/ton）。収穫増は 2000 年から 2008 年までの平均収穫高 7.9 ton/ha の 10％とした。

(2)　ダム嵩上げによる上流域都市洪水被害の軽減による便益

ダム嵩上げによる上流域 3 都市の洪水被害の軽減は、FURB が流域内の主要都市を対象に作成した確率洪水浸水図をベースに洪水被害低減効果を概略推定した。分析結果による事業実施効果は以下の通りである。

表-11.2.3　ダム嵩上げによる上流域都市洪水被害の軽減便益

都市	都市部家屋数	湛水被害家屋数（推定値）			
		5 年	10 年	25 年	50 年
Taio　（現況）	2,541	250	300	400	500
Taio　（with Project）		-	-	350	500
Timbo (現況)	8,297	150	200	250	300
Timbo　（with Project）		-	-	200	300
Rio do Sul	15,504	100	500	1,000	1,500
Rio do Sul (with Project)		50	480	1,000	1,500
Total		500	1,000	1,650	2,300
With Project		50	480	1,650	2,300
事業による効果		450	520	0	0
被害額（R$1,000）		9,000	10,400	0	0
年平均被害軽減期待額（R$1,000）		3,600	970	0	0
年平均被害軽減期待額累計（R$1,000）					4,570

出典：JICA 調査団

尚、上記の被害額は 1 家屋あたり約 2 万レアルの被害が生じると仮定している。各確率年における洪水被害軽減期待額は、各確率年の発生確率を基に算定した。ダム嵩上げによる効果は 10 年洪水までと想定し、年平均便益は R$ 4.6 百万レアルと推定した。

(3)　Itajai 市、ミリム川、水門と河道改修

Itajai 市に関しては細な 1/2,000 地形図が利用可能であることから、洪水氾濫解析を行い対象域の浸水域及び湛水深を推定し浸水による家屋被害を算定した。各確率年における被害家

屋数および被害額は、以下の通りである。1 家屋当たりの資産額を 10 万レアイスと想定し、被災割合を湛水深 0.5 m 以上で 20%、0.5 m 以下で 5%と想定した。尚、詳細はサポーテイング・レポート（H）経済分析に記載している。治水安全度は 10 年洪水と想定し、年平均治水便益として R$ 4.6 百万レアルを計上した。

表-11.2.4　ミリム川水門設置による家屋被害の軽減便益

		5 年	10 年	25 年	50 年
家屋数	浸水深 0.5 m 以下	512	1,552	1,632	1,596
	浸水深 0.5 m 以上	232	9,40	2,637	3,911
	小計	744	2,492	4,269	5,506
被害額 (R$ 1,000)	浸水深 0.5 m 以下	2,562	7,759	8,161	7,978
	浸水深 0.5 m 以上	4,633	18,795	52,732	78,214
	小計	7,196	26,555	60,894	86,193
年平均被害軽減期待額（R$ 1000）		2,878	1,688	2,623	1,471
年平均被害軽減期待額累計（R$ 1000）			4,566	7,189	8,660

出典：JICA 調査団

(4)　経済活動への被害

経済活動部門への被害はイタジャイ市の流通税（ICMS）の減少額から対象域の地域生産額の減少額として推定する。イタジャイ市の全企業数に対する対象域内の企業数（20%）より推定した。流通税の総額は州 GDP の約 5%を占め、経済活動部門は GDP の 50%を占めることから、流通税の減少額の 10 倍を経済活動部門の被害額として計上した。各確率年の被害額は以下の通りである。上記のミリム川水門設置と同様に治水安全度は 10 年洪水と想定し、年平均治水便益として R$ 42.0 百万レアルを計上した。

表-11.2.5　ミリム川水門設置による経済活動部門被害の軽減便益（R$百万）

		5 年	10 年	25 年	50 年
ICMS	ICMS 減少額	7.9	12.9	24.5	39.9
	経済活動部門減少額	79.0	129.0	245.0	399.0
年平均被害軽減期待額		31.6	10.4	11.2	6.4
年平均被害軽減期待額累計			42.0	53.2	59.7

出典：JICA 調査団

(5)　土砂災害対策による便益

土砂災害対策の便益は、13 箇所のリスクの高い地区における事業効果として算定した。尚、詳細はサポーテイング・レポート（C）土砂災害緩和計画に記載している。

表-11.2.6　土砂災害優先 13 箇所事業便益

No. of priority order	Site	Potential annual loss (R$ x 10^3/year)	Total cost (direct and indirect) (R$ x 10^3)	Benefit: decrease in potential annual loss (R$ x 10^3/year)
1	Road SC 302 Taio-Passo Manso-5	1,255	551	1,062
2	Road SC470 Gaspar River Bank	1,095	2,810	581
3	Blumenau -Av Pres Castelo Branco	1,021	3,883	654
4	Road SC418 Blumenau - Pomerode	989	2,522	841
5	Road SC474 Blumenau-Massaranduba 2	907	5,077	641
6	Road Gaspar - Luiz Alves, Gaspar 9	774	4,664	653
7	Road Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 6	700	1,974	591
8	Road SC470 Gaspar Bypass	689	3,772	402
9	Road SC477 Benedito Novo - Doutor Pedrinho 1	680	1,399	575
10	Road SC418 Pomerode- Jaragua	651	1,187	553

No. of priority order	Site	Potential annual loss (R$ x 10^3/year)	Total cost (direct and indirect) (R$ x 10^3)	Benefit: decrease in potential annual loss (R$ x 10^3/year)
	do Sul 1			
11	Road Gaspar - Luiz Alves, Luiz Alves 4	629	5,078	532
12	Road SC474 Blumenau - Massaranduba 1	601	702	425
13	Road SC 302 Taio - Passo Manso 4	526	1,599	446
Total of the 13 risk sites		10,516	35,219	7,956

出典：JICA 調査団

(6) 予警報システムによる便益

下表に 2008 年 11 月洪水による怪我人および死亡者を示す。洪水予警報および土砂災害予警報システム整備により被災者数の減少が期待されるが、推定が困難であることから便益は計上しない。

表-11.2.7 2008 年 11 月の洪水・土砂災害被災者数

	怪我人	死亡者
2008/11 洪水	4,637	89
With project	-	-

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

11.3 事業評価

事業の経済評価結果は次表に示す通りである。

表-11.3.1 事業評価結果

評価方法		指標
IRR		22.9 %
割引率（6%）	B/C	3.03
	ENPV(R$ 10^6)	236.4
割引率（10%）	B/C	2.19
	ENPV(R$ 10^6)	101.6
割引率（12%）	B/C	1.89
	ENPV(R$ 10^6)	67.6

出典：JICA 調査団

本事業の経済的妥当性は、経済的内部収益（EIRR）で評価した。EIRR は 22.9%である。本事業は高い経済効果を有するものと評価される。

11.4 総合評価

当事業は、2008 年 11 月洪水を契機として洪水対策の必要性が認識され、策定された防災対策マスタープランに基づき優先度の高い事業のフィジビリティ調査が実施されたものである。

イタジャイ川流域の経済的重要性は年々高まっており、新しい投資の機運も高まっている。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ってくる。今後、流域内の経済活動を拡大していくためにも、段階的に治水対策事業を推進していく必要がある。尚、下流域のイタジャイ市における経済活動部門の生産高は、1999 年から 2007 年の僅か 8 年間で約 5 倍に増加しており、当州の持続的開発を進めるためにも防災対策事業の実施が必要である。特に、下流部における洪水被害を軽減する治水対策の導入が緊急の課題である。