ブラジル国
統合・地域開発省市民防御局

ブラジル国
強靭な街作りのための土砂災害構造物対策
能力向上プロジェクト
業務完了報告書

2026 年 6 月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

八千代エンジニヤリング株式会社
一般財団法人砂防・地すべり技術センター
株式会社建設技研インターナショナル

環境
JR
26-075

本報告書では、以下に示す2026年5月時点の交換レートを使用した。

外貨交換レート

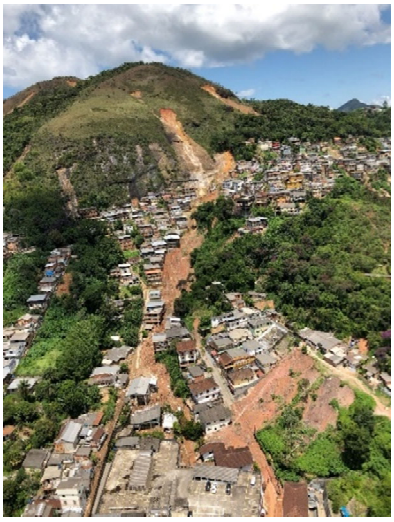
BRL 1.00 = JPY 32.035500（2026年5月）

USD 1.00 = JPY 159.974000（2026年5月）

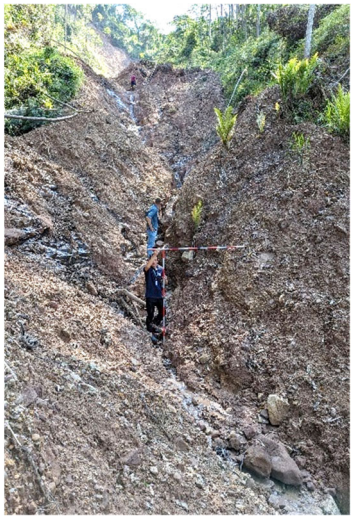




リオデジャネイロ州テレゾポリス市で発生した土石流災害（2011 年 1 月、テレゾポリス市撮影）



リオデジャネイロ州ペトロポリス市で発生した土石流災害（2022 年 2 月、プロジェクトチーム撮影）



サンタカタリーナ州ブルメナウ市で発生した土石流災害（2023 年 10 月、プロジェクトチーム撮影）



ノバフリブルゴ市の現地状況（プロジェクトチーム撮影）



テレゾポリス市の現地状況
（プロジェクトチーム撮影）

プロジェクト対象主要地域位置図

プロジェクト写真



ノバフリブルゴ市における現地調査状況



テレゾポリス市における現地調査状況



ブルメナウ市における現地調査状況



ペトロポリス市における現地調査状況



サンセバスチャン市における現地調査状況



カラグアタトゥバ市における現地調査状況



第 2 回 JCC 会議　2023 年 5 月



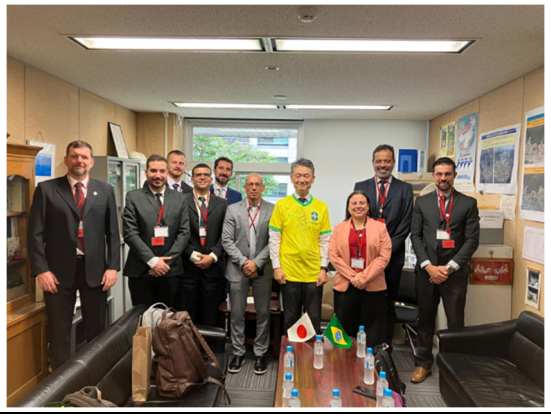
第 3 回 JCC 会議　2024 年 4 月



第 4 回 JCC 会議　2025 年 9 月



第 5 回 JCC 会議　2026 年 3 月



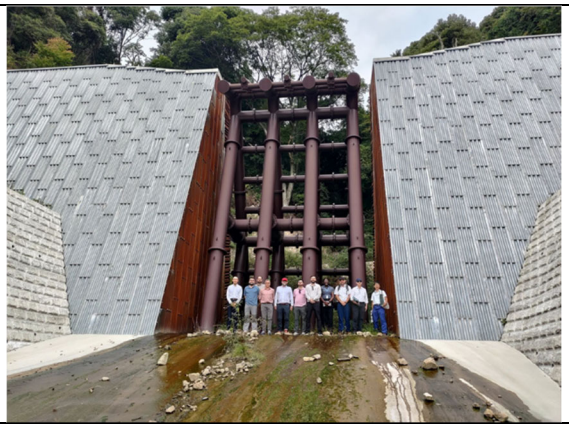
第 1 回国別研修 2023 年 10 月



第 1 回国別研修 2023 年 10 月



第 2 回国別研修 2024 年 9-10 月



第 2 回国別研修 2024 年 9-10 月



活動 1-7 に関するセミナー　2022 年 2 月



活動 3-3 に関するセミナー　2024 年 5 月

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>活動 3-3 に関するセミナー　2025 年 12 月</td><td>砂防堰堤の起工式　2026 年 1 月</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>設計ワーキンググループ</td><td>プロジェクトダイレクターとの協議</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>技術委員会との協議</td><td>技術委員会との協議</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>リオデジャネイロ州との協議</td><td>リオデジャネイロ州環境機構(INEA)との協議</td></tr>
</table>

ブラジル国強靭な街作りのための土砂災害構造物対策能力向上プロジェクト

業務完了報告書

目　　次

第 1 章　本プロジェクトの背景・経緯・目的 1-1
1.1　プロジェクトの背景・経緯 1-1
1.2　プロジェクトの目的 1-1
1.3　上位目標 1-2
1.4　プロジェクト目標 1-2
1.5　成果 1-2
1.6　活動 1-3
1.7　プロジェクト期間とスケジュール 1-3
1.8　対象地域 1-5
1.8.1　プロジェクト実施機関所在地 1-5
1.8.2　パイロット地域候補 1-5
1.9　組織構成 1-5
1.9.1　プロジェクトチーム 1-5
1.9.2　ブラジル側メンバー 1-6
1.9.3　日本側メンバー 1-6
1.10　合同調整委員会（JCC） 1-7
1.11　資機材調達・再委託実績 1-7

第 2 章　成果 1 に関する活動内容 2-1
2.1　成果 1 に関する活動項目 2-1
2.2　[1-1] パイロットプロジェクトのための地方自治体の検討、選定 2-1
2.2.1　選定基準 2-1
2.2.2　州レベルでの地域の絞り込み 2-2
2.2.3　パイロット地域（市）候補の選出 2-3
2.2.4　パイロットプロジェクトのための地方自治体（市）の選定 2-4
2.3　[1-2] リスクマッピング手法の改善及び実現場への適用状況を確認し、ブラジルの土砂災害対策方針・施設について日本と比較し課題を整理 2-4
2.3.1　既存リスクマップの種類と普及状況 2-4
2.3.2　土砂災害対策の体制と実施状況 2-6
2.3.3　ブラジルにおける土砂災害対策の課題 2-7
2.3.4　支援の方向性 2-8
2.3.5　土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング手法の開発 2-8
2.4　[1-3] ブラジルにおける既存の土石流対策構造物の設計・施工監理、設計基準の確認を実施 2-16
2.4.1　資料収集活動 2-16

2.4.2 既存の土砂災害対策構造物の設計基準類のリストアップ 2-16
2.4.3 設計方法の比較 2-18
2.4.4 施工計画，施工管理 2-20
2.4.5 担当機関 2-20
2.4.6 砂防堰堤マニュアル作成において考慮すべき事項 2-20
2.5 [1-4] ブラジルにおける土石流対策構造物に必要な建設資材、施工機械、建設方法に関の確認を実施 2-20
2.5.1 調査目的および調査方法 2-21
2.5.2 コンクリート工 2-21
2.5.3 鋼構造工 2-24
2.5.4 資機材運搬 2-26
2.5.5 建設業者 2-27
2.5.6 砂防堰堤マニュアル作成において考慮すべき事項 2-28
2.6 [1-5] 1-2～1-4 の確認の結果に対する理解を深めるための日本での研修の実施 2-28
2.6.1 第 1 回国別研修（管理・計画実務者向け）の実施 2-28
2.6.2 第 2 回国別研修（意思決定者レベル向け）の実施 2-31
2.7 [1-6] パイロットプロジェクトを実施する地方自治体におけるリスクマッピングの結果に基づく土石流の構造物対策が必要な地域のリストアップ 2-37
2.7.1 土石流構造物対策の優先度が高い渓流の選定支援 2-38
2.7.2 土石流シミュレーション 2-41
2.8 [1-7] 1-2～1-6 の結果を報告するためのセミナーの開催と報告書の作成 2-44
2.9 プロジェクトの成果 1 にかかるベースライン調査 2-46
2.9.1 調査の概要 2-46
2.9.2 調査結果 2-47
2.10 プロジェクトの成果 1 にかかるエンドライン調査 2-48
2.10.1 調査の概要 2-48
2.10.2 調査結果 2-49

第 3 章 成果 2 に関する活動内容 3-1
3.1 成果 2 に関する活動項目 3-1
3.2 [2-1]マニュアル、チェックリストおよび事例集の策定計画の作成 3-1
3.3 [2-2]マニュアル、チェックリストおよび事例集の作成方針の検討、決定 3-1
3.3.1 作成方針 3-2
3.3.2 日本とブラジルの土石流特性の類似性 3-3
3.4 [2-3]マニュアル、チェックリストの作成 3-10
3.4.1 日本の技術基準類をベースとした Sabo マニュアル（素案）の作成 3-11
3.4.2 Sabo マニュアルのドラフトα版作成（2022 年 1 月-10 月） 3-11
3.4.3 Sabo マニュアルのドラフトβ版作成（2022 年 11 月-2023 年 7 月） 3-11
3.4.4 Sabo マニュアルの編集・修正作業を進めるに当たり工夫した点 3-12

3.4.5 日本の技術指針等のブラジルへの適応化事項 3-13
3.5 [2-4] リスクマッピングに基づきパイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリアの選定およびマニュアルに沿った土石流対策構造物の設計の実施 3-15
3.5.1 パイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリアの選定 3-15
3.5.2 土石流対策構造物の計画・設計の支援：ノバフリブルゴ市 3-16
3.5.3 土石流対策構造物の計画・設計の支援：テレゾポリス市 3-21
3.5.4 砂防堰堤の設計に関する技術移転の手法 3-29
3.6 [2-5] 2-4 及び 3-3 の試行後の、マニュアル、チェックリストの最終化 3-31
3.6.1 Sabo マニュアルのγ版作成（2023 年 9 月-2025 年 10 月） 3-31
3.6.2 Sabo マニュアル完成版 3-31
3.7 [2-6] パイロットプロジェクトに基づく事例集の作成 3-32

第 4 章 成果 3 に関する活動内容 4-1
4.1 成果 3 に関する活動項目 4-1
4.2 [3-1] マニュアル、チェックリストおよび事例集を普及させるための、トピック，方法，設備，実施機関，予算，対象参加者を含む研修計画の作成 4-1
4.2.1 土石流の防止・抑制のための砂防手法の普及計画（PDMS）の作成 4-1
4.3 [3-2] 研修用教材・カリキュラムの開発 4-2
4.3.1 研修に用いるツールの定義 4-2
4.3.2 技術マニュアル 4-3
4.3.3 研修用教材の作成支援 4-4
4.3.4 研修用カリキュラムの作成支援 4-4
4.4 [3-3] マニュアルの普及のための研修、セミナーの開催 4-4
4.4.1 セミナー 4-5
4.4.2 ワークショップ 4-8
4.4.3 ワークショップの開催 4-9
4.5 [3-4] 3-3 の結果に基づく研修用教材・カリキュラムの最終化、および講師用教材の完成 4-13
4.5.1 技術マニュアル 4-13
4.5.2 研修用教材 4-13
4.5.3 研修用カリキュラム 4-13
4.5.4 講師用教材 4-14
4.6 [3-5] リスクマップ等を活用した土石流リスクの高い地域の選定、および土石流構造物対策の建設をブラジル全土の高リスク地域に展開するための計画の作成 4-14
4.6.1 パイロット市以外の土石流リスクの高い地域の選定 4-15
4.6.2 土石流構造物対策の設計を優先的に実施する地域の選定 4-16
4.6.3 SC 州ブルメナウ市における土石流構造物対策に関する支援 4-18
4.6.4 RJ 州ペトロポリス市における土石流構造物対策に関する支援 4-23
4.6.5 SP 州カラグアタトゥバ市における土石流構造物対策に関する支援 4-26

4.6.6 SP 州サンセバスチャン市における土石流構造物対策に関する支援 4-31
4.6.7 土石流構造物対策の建設をブラジル全土の高リスク地域に展開するための計画の作成 4-36

第 5 章 プロジェクト全体に係る活動 5-1
5.1 合同調整委員会（JCC）会議の開催 5-1
5.1.1 第 1 回 JCC 会議 5-1
5.1.2 第 2 回 JCC 会議 5-1
5.1.3 第 3 回 JCC 会議 5-1
5.1.4 第 4 回 JCC 会議 5-1
5.1.5 第 5 回 JCC 会議 5-2
5.2 報告書等 5-2
5.2.1 モニタリングシートの作成 5-2
5.2.2 防災情報の取りまとめ 5-3
5.2.3 プロジェクトブリーフノートの作成 5-3
5.2.4 プロジェクト説明パワーポイントファイルの作成 5-3
5.2.5 プロジェクト写真集の作成 5-4
5.2.6 技術協力成果品の作成 5-4
5.3 定例会議を通じたコミュニケーションと技術移転 5-4
5.4 広報活動 5-5
5.4.1 目的と手段 5-5
5.4.2 結果 5-6
5.4.3 総括 5-6

第 6 章 プロジェクトの実施運営上の課題・工夫・教訓 6-1
6.1 各活動を実施する上での課題・工夫・教訓 6-1
6.2 プロジェクト全般に係る工夫・教訓 6-5

第 7 章 プロジェクトの目標の達成度 7-1
7.1 各成果の各成果の目標に対する達成度 7-1
7.1.1 成果 1 の目標に対する達成度 7-1
7.1.2 成果 2 の目標に対する達成度 7-3
7.1.3 成果 3 の目標に対する達成度 7-6
7.2 プロジェクトの目標の達成度 7-8
7.3 6 項目評価のレビュー 7-9
7.3.1 妥当性（Relevance）：極めて高い 7-9
7.3.2 整合性（Coherence）：極めて高い 7-11
7.3.3 有効性（Effectiveness）：高い 7-12
7.3.4 インパクト（Impact）：極めて高い 7-15
7.3.5 効率性（Efficiency）：高い 7-17

7.3.6　持続性（Sustainability）：高い 7-19

第 8 章　上位目標の達成に向けての提言 8-1

8.1　上位目標の指標および目標値の達成見込み 8-1

8.2　上位目標の達成に向けての提言 8-1

添付資料

添付資料-1　PDM 最新版と変遷経緯

添付資料-2　業務フローチャート

添付資料-3　詳細活動計画

添付資料-4　専門家派遣実績（要員計画最新版）

添付資料-5　研修員受入れ実績

添付資料-6　供与機材・携行機材実績

添付資料-7　合同調整委員会議事録等

添付資料-8　その他活動実績

表 番 号

表 1 1　C/P の配置 1-5
表 1 2　JICA 短期専門家の配置 1-6
表 1 3　資機材調達実績 1-7
表 1 4　再委託実績 1-7
表 2 1　既存のリスクマップ 2-5
表 2 2　ノバフリブルゴ市における土石流が発生した渓流 (1) 2-14
表 2 3　ノバフリブルゴ市における土石流が発生した渓流 (2) 2-14
表 2 4　土砂災害対策構造物の設計に関する既存マニュアルの種類と内容 2-17
表 2 5　重力式擁壁の安定計算に関するブラジルと日本のマニュアルの比較 2-18
表 2 6　クバトン市ペドラス川の砂防堰堤と日本の砂防堰堤の設計法の比較 2-19
表 2 7　低発熱セメント 2-21
表 2 8　鋼製透過型砂防堰堤に必要な鋼材 2-25
表 2 9　研修員が獲得すべき能力、研修の目的及び個別課題（第 1 回国別研修） 2-29
表 2 10　概略の研修日程（第 1 回国別研修） 2-29
表 2 11　研修参加者（第 1 回国別研修） 2-30
表 2 12　アクションプラン要旨（第 1 回国別研修） 2-31
表 2 13　研修員が獲得すべき能力、研修の目的及び個別課題（第 2 回国別研修） 2-32
表 2 14　概略の研修日程（第 2 回国別研修） 2-32
表 2 15　研修参加者（第 2 回国別研修） 2-33
表 2 16　優先度の高い渓流の土砂災害発生実績（ノバフリブルゴ市） 2-40
表 2 17　優先度の高い渓流の土砂災害発生実績（テレゾポリス市） 2-41
表 2 18　セミナープログラム 2-44
表 2 19　鋼製技術拡大会議プログラム 2-45
表 2 20　調査内容（個人の能力） 2-46
表 2 21　調査内容（組織の能力） 2-47
表 2 22　ベースライン調査結果（個人の能力）スコア表 2-48
表 2 23　ベースライン調査結果（組織の能力）スコア表 2-48
表 2 24　エンドライン調査結果（個人の能力）スコア表 2-50
表 2 25　エンドライン調査結果（個人能力のスコア比較） 2-50
表 2 26　コメントの要約（個人能力） 2-51
表 2 27　エンドライン調査結果（組織の能力）スコア表 2-52
表 2 28　エンドライン調査結果（組織の能力のスコア比較） 2-52
表 2 29　コメントの要約（組織の能力） 2-53
表 3 1　Sabo マニュアルの作成段階 3-11
表 3 2　不透過型砂防堰堤の設計を通じて行った技術移転の項目（ノバフリブルゴ市） 3-21
表 3 3　鋼製透過型砂防堰堤の設計を通じて行った技術移転の項目（テレゾポリス市） 3-28
表 3 4　Sabo マニュアル（チェックリスト含む）最終化の達成度評価 3-32

表 3 5　事例集作成の達成度評価 3-32
表 4 1　GIDES マニュアルが改定実施に至った経緯 4-3
表 4 2　第 1 回セミナーの講義プログラム概要 4-6
表 4 3　第 2 回セミナーの講義プログラム概要 4-7
表 4 4　WS のテーマと開催日程 4-9
表 4 5　土石流シミュレーション WS のプログラム 4-9
表 4 6　砂防計画 WS のプログラム 4-10
表 4 7　砂防堰堤の計画・設計事例 WS のプログラム概要 4-11
表 4 8　砂防堰堤の施工中のモニタリング事項 WS のプログラム概要 4-12
表 4 9　砂防堰堤の工事現場特有の災害リスクと安全管理 WS のプログラム概要 4-12
表 4 10　遠隔研修プログラムのカリキュラム 4-14
表 4 11　ブラジル全土で 1928 年から 2020 年の間に発生した土石流を含む土砂災害の履歴 4-16
表 5 1　国別・発信機関別広報数まとめ 5-6
表 7 1　成果 1 に係る主な活動結果 7-1
表 7 2　成果 1 の指標の達成状況 7-3
表 7 3　成果 2 に係る主な活動結果 7-4
表 7 4　成果 2 の指標の達成状況 7-5
表 7 5　成果 3 に係る主な活動結果 7-6
表 7 6　成果 3 の指標の達成状況 7-8
表 7 7　DAC6 項目に対する本プロジェクトの評価 7-9
表 7 8　ベースライン調査とエンドライン調査の結果比較 7-13
表 7 9　日本側の投入概要 7-18
表 7 10　ブラジル側が投入した人的リソース 7-18
表 7 11　ブラジル側がプロジェクト実施のために確保した予算 7-19
表 7 12　ブラジル側がプロジェクト終了後の事業展開のために確保している予算 7-19
表 8 1　上位目標とその指標の達成状況 8-1
表 8 2　土石流構造物対策の設計を行う 4 地域 8-1

図 番 号

図 1 1　プロジェクトのスケジュール（開始時：2021 年 7 月）.....1-4
図 1 2　プロジェクトのスケジュール（完了時）.....1-4
図 1 3　合同調整委員会（JCC）.....1-7
図 2 1　土砂災害発生件数（1991 - 2021 年）.....2-2
図 2 2　南東部及び南部地域の土石流発生件数が多い市.....2-3
図 2 3　南東部及び南部地域の土石流災害による死者・行方不明者数が多い市.....2-3
図 2 4　土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングの解析フロー.....2-10
図 2 5　谷筋の抽出結果（ノバフリブルゴ市）.....2-11
図 2 6　谷の傾斜区分の一例.....2-12
図 2 7　流域区分の一例.....2-12
図 2 8　土石流氾濫範囲の設定例.....2-13
図 2 9　土石流発生渓流と土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング成果の重ね合わせ図の一例.....2-15
図 2 10　クバトン市ペドラス川の砂防堰堤と日本の砂防堰堤.....2-19
図 2 11　ダムコンクリートの打設.....2-22
図 2 12　斜面対策工の事例（ノバフリブルゴ市）.....2-23
図 2 13　クバトン市ペドラス川の砂防堰堤 BF1 の上流面の状況.....2-23
図 2 14　木製型枠の使用事例（ノバフリブルゴ市）.....2-24
図 2 15　単管足場の使用事例（ノバフリブルゴ市）.....2-24
図 2 16　鋼製透過型砂防堰堤の部材名称.....2-25
図 2 17　プラズマ鋼管切断機（直径 50～600mm, 最大肉厚 25mm, 最大長さ 12m）.....2-26
図 2 18　半自動溶接機（同時に 70 台稼働）.....2-26
図 2 19　資機材運搬の事例（ノバフリブルゴ市）.....2-27
図 2 20　資産ごとの標準偏差合計値と順位（ノバフリブルゴ市）.....2-39
図 2 21　資産ごとの標準偏差合計値と順位（テレゾポリス市）.....2-39
図 2 22　二次元氾濫解析結果（ノバフリブルゴ市サンルーカス病院裏の渓流）.....2-41
図 2 23　二次元氾濫解析結果（テレゾポリス市プリンシペ川上流域）.....2-42
図 2 24　2011 年土石流災害の氾濫範囲（プリンシペ川）※赤い範囲が礫等の到達範囲...2-42
図 2 25　土石流シミュレーション手順書及び Web 研修実施状況（2023 年 7 月 7 日）.....2-43
図 2 26　セミナー実施状況.....2-45
図 2 27　鋼製技術拡大会議の実施状況.....2-46
図 2 28　ベースライン調査結果（個人の能力）.....2-47
図 2 29　ベースライン調査結果（組織の能力）.....2-48
図 2 30　エンドライン調査結果（個人の能力）.....2-49
図 2 31　エンドライン調査結果（組織の能力）.....2-52
図 3 1　ブラジルで発生した土石流の発生雨量.....3-3
図 3 2　日本で発生した土石流の発生雨量.....3-3

図 3 3　ブラジルで発生した土石流の流域面積と発生件数の関係 3-4
図 3 4　日本で発生した土石流の流域面積と発生件数の関係 3-5
図 3 5　ブラジルで発生した土石流の発生勾配 3-6
図 3 6　日本で発生した土石流の発生勾配 3-6
図 3 7　ブラジルで発生した土石流の氾濫開始勾配 3-7
図 3 8　日本で発生した土石流の氾濫開始勾配 3-7
図 3 9　ブラジルで発生した土石流の到達末端勾配 3-8
図 3 10　日本で発生した土石流の到達末端勾配 3-8
図 3 11　ブラジルの土石流における流域面積と単位流域面積当たりの流出土砂量....3-9
図 3 12　2011 年 1 月災害の土石流堆積物 3-10
図 3 13　技術委員会との協議の実施状況 3-12
図 3 14　編集作業に使用した Sabo マニュアル対訳版の一例 3-13
図 3 15　パイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリア 3-16
図 3 16　サンルーカス病院裏の渓流の状況（ノバフリブルゴ市） 3-17
図 3 17　GIDES プロジェクトによる移動可能土砂量算定結果（ノバフリブルゴ市） 3-17
図 3 18　計画する不透過型砂防堰堤の配置図（ノバフリブルゴ市） 3-18
図 3 19　不透過型砂防堰堤の地質断面図（技術委員会作成） 3-19
図 3 20　不透過型砂防堰堤の平面図（技術委員会作成） 3-19
図 3 21　不透過型砂防堰堤の前庭保護工（技術委員会作成） 3-20
図 3 22　アクセス道路配置図（技術委員会作成） 3-20
図 3 23　不透過型砂防堰堤の 3D パース図 3-21
図 3 24　プリンシペ川上流域の渓流の状況（テレゾポリス市） 3-22
図 3.25　プリンシペ川上流域の移動可能土砂量算定結果 3-23
図 3 26　計画する鋼製透過型砂防堰堤の堰堤軸 No.27 3-23
図 3 27　鋼製透過型砂防堰堤のサイトの状況 3-24
図 3 28　鋼製透過型砂防堰堤の地質断面図（技術委員会作成） 3-26
図 3 29　鋼製透過部の構造図（技術委員会作成） 3-27
図 3 30　左岸側非越流部及び補償道路の配置図（技術委員会作成） 3-27
図 3 31　アクセス道路配置図（技術委員会作成） 3-28
図 3 32　鋼製透過型砂防堰堤の 3D パース図 3-28
図 3 33　不透過型砂防堰堤の設計計算資料対訳版の一例 3-30
図 3 34　鋼製透過型砂防堰堤の概略設計資料の一例 3-31
図 4 1　第 1 回セミナーの開催状況 4-6
図 4 2　第 2 回セミナーの開催状況 4-8
図 4 3　土石流シミュレーション WS の開催状況 4-10
図 4 4　砂防計画 WS の開催状況 4-11
図 4 5　砂防堰堤の計画・設計事例 WS の開催状況 4-11
図 4 6 砂防堰堤の施工中のモニタリング事項 WS の開催状況 4-12
図 4 7　砂防堰堤の工事現場特有の災害リスクと安全管理 WS の開催状況 4-12

図 4 8　土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングによる評価結果の一例（RJ 州ペトロポリス市モレン地区）.....4-17
図 4 9　土石流構造物対策の計画・設計を行うパイロット地域以外の対象地（青字）.....4-18
図 4 10　ブルメナウ市の対象渓流（Afluente do Ribeirão Velha Pequena）の位置図.....4-19
図 4 11　渓流 Afluente do Ribeirão Velha Pequena における土石流災害後の状況.....4-19
図 4 12　対象渓流 Afluente do Ribeirão Velha Pequena の谷次数区分図.....4-20
図 4 13　概略の施設配置検討結果の取りまとめ方法の例示（ブルメナウ市）.....4-21
図 4 14　堰堤軸の 3 案比較結果の取りまとめ方法の例示（ブルメナウ市）.....4-22
図 4 15　ペトロポリス市の対象渓流（Morin No.2）の位置図.....4-23
図 4 16　対象渓流 Morin No.2 の谷次数区分図（黄色ハッチングは土石流リスクエリア）.....4-24
図 4 17　渓流 Morin No.2 の状況.....4-24
図 4 18　堰堤軸 3 案の効果の比較検討.....4-26
図 4 19　カラグアタトゥバ市の対象渓流（No.12）の位置図.....4-27
図 4 20　対象渓流 No.12 の谷次数区分図（黄色ハッチングは土石流リスクエリア）.....4-28
図 4 21　1967 年災害の痕跡（白い部分）と対象渓流の流域界との重ね合わせ図.....4-28
図 4 22　渓流 No.12 の状況.....4-29
図 4 23　技術移転を受けたブラジル側による現地調査の状況.....4-29
図 4 24　砂防堰堤の堰堤軸候補と既存のアクセス道の確認状況.....4-30
図 4 25　サンセバスチャン市の対象渓流（No.5）の位置図.....4-31
図 4 26　対象渓流 No.5 の谷次数区分図（黄色ハッチングは土石流リスクエリア）.....4-32
図 4 27　渓流 No.5 の状況.....4-33
図 4 28　渓流 No.5 の現地調査実施状況（2025 年 7 月 22 日）.....4-34
図 4 29　砂防堰堤 1 基案（上）と 2 基案（下）の縦断図（渓流 No.5）.....4-35

略　語　表

略語	葡文名（英文名）	和文名
ABC	Agência Brasileira de Cooperação	ブラジル協力庁
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	ブラジル技術規格協会
ALOS	(Advanced Land Observing Satellite)	陸域観測技術衛星
CAIXA	Caixa Econômica Federal (Federal Savings Bank)	連邦貯蓄金庫
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres	全国災害リスク管理センター
CIM	(Construction Information Modeling)	－
C/P	(Counterpart Personnel)	カウンターパート
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia	UFRJ 技術センター（CT）内の研究・学習センター
COVID-19	(Coronavirus Disease 2019)	新型コロナウイルス感染症
CPRM	Serviço Geológico do Brasil	ブラジル地質調査所
DEM	(Digital Elevation Model)	数値標高モデル
Geo-Rio	Fundação Instituto de Geotécnica	リオデジャネイロ地質工学基礎研究所
GIDES	Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional da Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais (Project for Strengthening National Strategy of Integrated Natural Disaster Risk Management)	統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト
GIS	(Geographic Information System)	地理情報システム
INEA	Instituto Estadual do Ambiente	リオデジャネイロ州環境局
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas	サンパウロ州技術研究所
JAXA	(Japan Aerospace Exploration Agency)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
JCC	(Joint Coordinating Committee)	合同調整委員会
JICA	(Japan International Cooperation Agency)	独立行政法人国際協力機構
JIS	(Japanese Industrial Standards)	日本産業規格
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional	（旧）地域開発省
MIDR	Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional	統合・地域開発省
MOU	(Memorandum of Understanding)	覚書
NASA	(National Aeronautics and Space Administration)	アメリカ航空宇宙局
NBR	Norma técnica brasileira	ブラジル技術規格
OJT	(On-the-Job Training)	実地研修
PDM	(Project Design Matrix)	プロジェクト・デザイン・マトリックス
PO	(Plan of Operation)	活動計画表
PPA	Plano Plurianual (Multi-Year Plan)	多年度計画
R/D	(Record of Discussion)	政府間技術協力プロジェクト合意文書
SEDEC	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (National Secretariat for Protection and Civil Defense)	市民防御局
UAV	(Unmanned Aerial Vehicle)	無人航空機
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco	ペルナンブーコ連邦大学
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro	リオデジャネイロ連邦大学
WG	(Working Group)	ワーキンググループ
W/P	(Work Plan)	ワークプラン

第 1 章　本プロジェクトの背景・経緯・目的

1.1　プロジェクトの背景・経緯

ブラジルは、面積約 851 万 km^2、人口約 209 百万人、一人あたり GNI 8,600 米ドル（世界銀行 2017 年）であり、1950 年代から急激に都市化が加速している。これまでも都市部において洪水、フラッシュフラッド、斜面崩壊、土石流、地すべりが発生していたが、近年のさらに急激な発展に伴い、災害危険地域への都市の拡張が進み、自然災害による被害が拡大している。例えば、2011 年 1 月には、リオデジャネイロ州で、豪雨による土砂災害とフラッシュフラッド[1)] が発生し、行方不明者約 400 人、死者は 900 人を超え、約 2 万人が家屋を失うというブラジル史上最大の災害が発生した（以下、「2011 年 1 月災害」という）。ブラジル政府は、この 2011 年 1 月災害を契機に、国家開発計画に位置付けられる多年度計画（対象年:2012 年-2015 年）のプログラムの一つとして「災害リスク管理・対応プログラム」を策定した。これは現在の多年度計画（対象年：2024 年-2027 年）においても継続されている。

JICA は、ブラジル政府の取組みを支援するため、技術協力「統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト」（以下、「GIDES」という）（2013 年-2017 年）を実施し、①土砂災害のハザード特定及びリスク評価、②土砂災害のリスク評価を踏まえた都市拡張計画及び災害予防・復旧・復興計画策定、③早期警報発令、リスク情報発信及び災害データ収集のプロトコルの改善、④土砂災害軽減のための監視、予警報システムの改善について支援した。GIDES の成果により、土砂災害リスク評価や早期警報発令等の手法がブラジル政府のマニュアルとして公式化された[2)]。また、土砂災害対策に関連する省庁の連携体制が政府法令により確立した。しかしながら、リスク地域に対する構造物対策のうち、特に構造物の技術基準が未策定であることにより、土石流への具体的対策は未実施の状況にあった。

ブラジル政府は、GIDES で培ったリスク評価手法に基づき、土砂災害リスク地域での土石流向け構造物対策の実施の必要性を認識しており、実施にあたり対策理論や技術指針を整備する必要があることから 2017 年に本技術協力プロジェクトが要請された。

1.2　プロジェクトの目的

本プロジェクトは、土石流対策構造物の特性、設計、施工監理、維持管理方法にかかる技術指針（マニュアル）を作成し、マニュアルを活用・普及するためのツール及び計画を策定することにより、統合・地域開発省[3)]（以下、「MIDR」という）の土石流対策構造物の設計、施工監理および維持管理を実施する能力の向上を図り、もって土石流構造物対策のブラジル国内における展開に寄与するものである。

---

1 ブラジルにおいて、一般的にフラッシュフラッドは土石流とは異なり土砂はあまり含まず、急激な増水を伴う出水のことを指す。ブラジル災害デジタルアトラス（https://atlas.ceped.ufsc.br/ paginas/mapa-interativo.xhtml）でも、土砂災害（Movimento de Massa）とフラッシュフラッド（Enxurradas）の発生件数はそれぞれ別項目で計上されている。

2 ブラジルにおけるマニュアルの「公式化」とは、連邦大学の教授からなる有識者によってマニュアルが認定された後、行政機関のウェブサイトに掲示されるプロセスを経たことを指す。

3 R/D に規定されるカウンターパート（C/P）機関である地域開発省は、2023 年 1 月 1 日付の省庁再編により、統合・地域開発省（MIDR）と都市省に分割された。本報告書では、C/P 機関を MIDR と表記する。

1.3 上位目標

土石流構造物対策がパイロットプロジェクト以外で実施される。

[指標及び目標値]

- パイロットプロジェクト以外で設計が作成された土石流構造物対策の数（目標値：4，JCC 第1回会議で承認済み）

1.4 プロジェクト目標

土石流構造物対策の設計、施工監理および維持管理を実施するための MIDR の能力が向上する。

[指標及び目標値]

1. マニュアルが MIDR によって正式に承認される。
2. マニュアル・チェックリスト・事例集の内容に関する研修を受けた連邦政府・州・市職員の数（目標値：30，JCC 第 1 回会議で承認済み）

1.5 成果

1. 土砂災害対策構造物の特性、設計、施工監理、維持管理方法が理解される。
2. 土石流構造物対策の設計、施工監理、維持管理のための技術マニュアル・チェックリストおよび事例集が作成される。
3. 技術マニュアルの活用・普及のためのツール及び計画が作成される。

なお、プロジェクトで作成する技術指針、チェックリスト、事例集は、R/D で以下のように定義される。本プロジェクトでは、これらのうち技術指針およびチェックリストを合冊し、「Sabo マニュアル」として取りまとめる。

- マニュアル（Technical manual）：土石流や流木に対する対策工事（透過型および不透過型砂防堰堤、土石流堆積工、土石流流路、流木捕捉工、等）の設計のための手順、安定条件、理論、方法、および施工監理、維持管理について取りまとめたもの。なお、施工監理の内容は、砂防堰堤の施工計画を立てる際に考慮すべき項目、および砂防堰堤の建設工事における出来形の管理基準とする。
- チェックリスト（Checklist）：技術指針に沿って設計条件、計算結果および工法の妥当性を検討されたかどうか、また、砂防堰堤の施工計画を立てる際に考慮すべき項目や、維持管理計画のなかで網羅されるべき項目がすべて検討されたかどうかをチェックするために使用されるもの。
- 事例集（Collection of examples）：パイロットプロジェクトで実施された土石流対策構造物の設計・施工事例を整理したもの。プロジェクト完了後も継続的に更新される。

1.6 活動

プロジェクトの活動は、以下のとおりである。

1-1 パイロットプロジェクトのための地方自治体の検討、選定
1-2 リスクマッピング手法の改善及び実現場への適用状況を確認し、ブラジルの土砂災害対策方針・施設について日本と比較し課題を整理
1-3 ブラジルにおける既存の土石流対策構造物の設計・施工監理、設計基準のレビューを実施
1-4 ブラジルにおける土石流対策構造物に必要な建設資材、施工機械、建設方法のレビューを実施
1-5 1-2～1-4 の確認の結果に対する理解を深めるための日本での研修の実施
1-6 パイロットプロジェクトを実施する地方自治体におけるリスクマッピングの結果に基づく土石流構造物対策が必要な地域のリストアップ
1-7 1-2～1-6 の結果を報告するためのセミナーの開催と報告書の作成

2-1 マニュアル、チェックリストおよび事例集の策定計画の作成
2-2 マニュアル、チェックリストおよび事例集の作成方針の検討、決定
2-3 マニュアル、チェックリストの作成
2-4 リスクマッピングに基づきパイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリアの選定およびマニュアルに沿った土石流対策構造物の設計の実施
2-5 2-4 及び 3-3 の試行後の、マニュアルおよびチェックリストの最終化
2-6 パイロットプロジェクトに基づく事例集の作成

3-1 マニュアル、チェックリストおよび事例集を普及させるための、トピック，方法，設備，実施機関，予算，対象参加者を含む研修計画の作成
3-2 研修用教材・カリキュラムの作成
3-3 マニュアル普及のための研修、セミナーの開催
3-4 3-3 の結果に基づく研修用教材・カリキュラムの最終化、および講師用教材の完成
3-5 リスクマップ等を活用した土石流リスクの高い地域の選定、および土石流構造物対策をリスクの高い他の地域に展開するための計画の作成

1.7 プロジェクト期間とスケジュール

プロジェクト実施期間は、2021 年 7 月から 2026 年 6 月（60 ヶ月）である。プロジェクトの開始時に作成されたスケジュールと、完了時の実績版とを図 1-1、図 1-2 に示す。

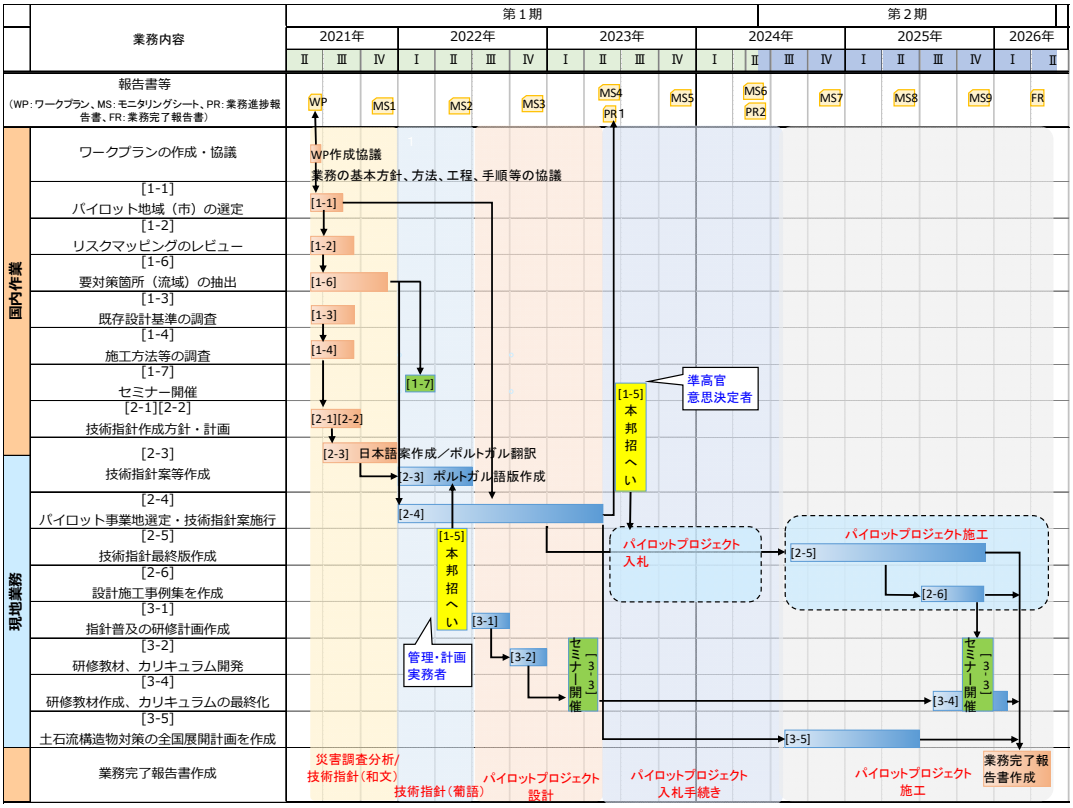


図 1-1　プロジェクトのスケジュール（開始時：2021 年 7 月）

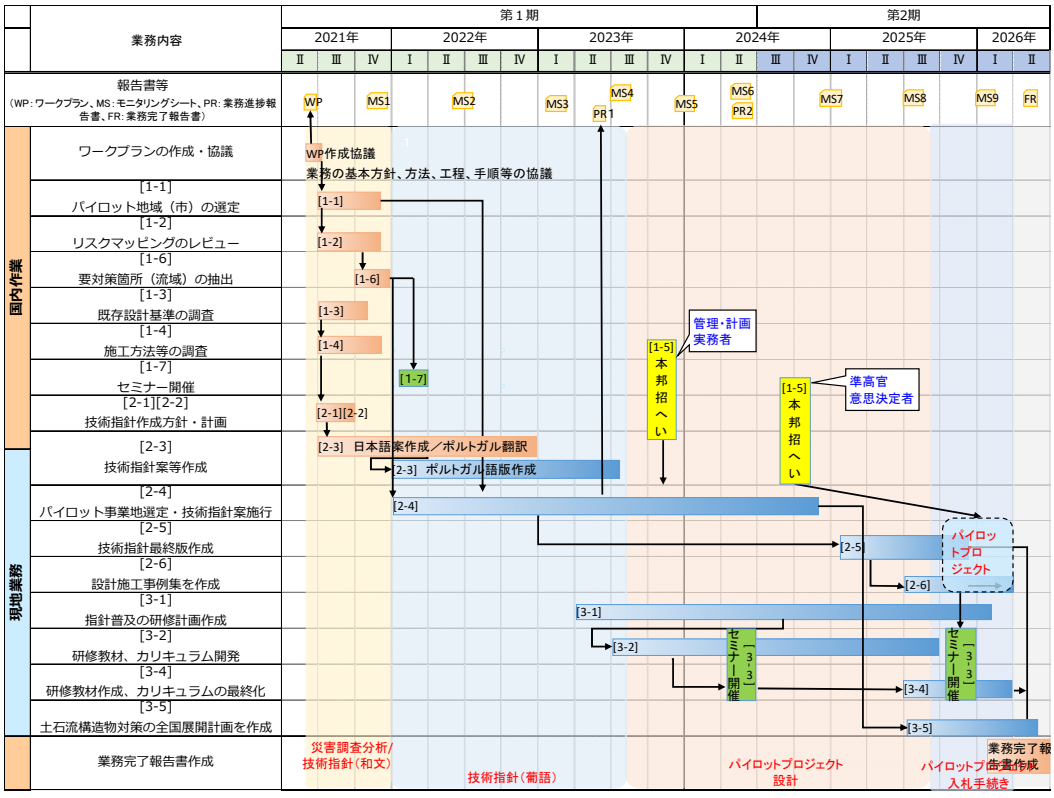


図 1-2　プロジェクトのスケジュール（完了時）

1.8 対象地域

1.8.1 プロジェクト実施機関所在地

ブラジリア連邦直轄地区ブラジリア市
統合・地域開発省（MIDR）

1.8.2 パイロット地域候補

- リオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市
- リオデジャネイロ州テレゾポリス市（JCC 第 1 回会議で承認）

1.9 組織構成

2023 年 1 月 1 日付の省庁再編により、地域開発省（MDR）は統合・地域開発省（MIDR）と都市省に分割された。カウンターパート（C/P）機関は MIDR となった（図 1-1）。

1.9.1 プロジェクトチーム

(1) C/P の配置

ブラジル側はプロジェクト期間中、表 1-1 に示す人的リソースを C/P として配置した。

表 1-1 C/P の配置

氏名	プロジェクトにおける役割	所属機関/役職
Alexandre Lucas Alves	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄﾀﾞｲﾚｸﾀｰ	SEDEC/局長（2023 年 1 月 1 日迄）
Wolnei Wolff Barreiros	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄﾀﾞｲﾚｸﾀｰ	SEDEC/局長（2023 年 1 月 2 日～）
Paulo Roberto Farias Falcão	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄﾏﾈｰｼﾞｬｰ	SEDEC/復旧・復興部長
Frederico Monte Seabra	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄｺｰﾃﾞｨﾈｰﾀｰ	SEDEC/災害予防軽減部 災害リスク軽減活動課ｾﾞﾈﾗﾙｺｰﾃﾞｨﾈｰﾀｰ
Rafael Pereira Machado	執務室長	SEDEC/執務室長
Aline Cristina Leal Costa da Silva	地盤工学	SEDEC/研究・評価課 統合研究班
Érico de Castro Borges	地質，マッピング	災害予防軽減活動審査班ｺｰﾃﾞｨﾈｰﾀｰ
Charles Aguiar	地盤工学，構造物	SEDEC/清算進捗管理評価班ｺｰﾃﾞｨﾈｰﾀｰ
Lucas George Sulino de Negreiros	構造物	SEDEC/災害軽減抑制工及び戦略プログラム班ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄﾁｰﾌ 1
Edvaldo Costa	構造物	SEDEC/災害軽減抑制工及び戦略プログラム班
Magno Gonçalves da Costa	水文	大統領府
Braulio Maia	構造物，予算	SEDEC/復興再整備課/ｾﾞﾈﾗﾙｺｰﾃﾞｨﾈｰﾀｰ
Daniel Masiero	地盤工学，環境	都市省郊外地域局工事課/班長
Pedro Henrique Lopes Batista	地盤工学，環境	都市省郊外地域局工事課/ｾﾞﾈﾗﾙｺｰﾃﾞｨﾈｰﾀｰ
Leonardo de Almeida Ferreira	地盤工学，構造物	SECEX/南東地域出張所 代表

Reinaldo Soares Estelles	連携・人材育成	SEDEC/連携ｾﾞﾈﾗﾙｺｰﾃﾞｨﾈｰﾀｰ
Rodrigo Oliveira	GIS データ処理	SEDEC 技術関係災害予防軽減課ｾﾞﾈﾗﾙｺｰﾃﾞｨﾈｰﾀｰ

(2) JICA 専門家の配置

短期専門家の配置実績を表 1-2 に示す。この他に、国土交通省から派遣された長期専門家が、プロジェクトのチーフアドバイザーとして配置された。

表 1-2 JICA 短期専門家の配置

氏名	担当分野	従事期間	実績（人月）
下田 義文	業務主任者/土砂災害対策１	2021 年 5 月～2022 年 9 月	
	土砂災害対策１	2022 年 10 月～2026 年 6 月	6.80
溝口 昌晴	副業務主任者/土砂災害対策２	2021 年 5 月～2022 年 9 月	
	業務主任者/土砂災害対策２	2022 年 10 月～2026 年 6 月	18.74
西尾 陽介	砂防施設設計	2021 年 5 月～2026 年 6 月	18.73
嶋 丈示	鋼製砂防構造物１	2021 年 5 月～2024 年 6 月	3.53
井上 隆太		2024 年 7 月～2026 年 6 月	0.45
吉田 圭佐	鋼製砂防構造物２	2021 年 5 月～2026 年 6 月	4.63
竹島 秀大	建設マネジメント	2021 年 5 月～2026 年 6 月	8.28
下大迫 博志	普及・展開促進/業務調整	2021 年 5 月～2022 年 9 月	
	副業務主任者/普及･展開促進/業務調整	2022 年 10 月～2026 年 6 月	15.06
中村 直登	本邦研修計画	2021 年 5 月～2026 年 6 月	2.05
		計	78.27

1.9.2 ブラジル側メンバー

1) 統合・地域開発省（MIDR）
2) ブラジル協力庁（ABC）
3) パイロットプロジェクトの州および市政府
4) その他、ブラジル側が必要と考えるメンバー

1.9.3 日本側メンバー

1) JICA ブラジル事務所の事務所長、代表者およびスタッフ
2) JICA 本部および他の国内外の事務所のスタッフ
3) 日本大使館代表
4) その他、日本側が必要と考えるメンバー

1.10 合同調整委員会（JCC）

合同調整委員会 (Joint Coordinating Committee: JCC) は、プロジェクトの関係者間で作業計画について議論し、合意し、またプロジェクトの進捗と成果を監理するために設立される意思決定機関である。JCC の組織構成は以下および図 1-1 のとおりである。JCC 会議は、プロジェクト期間中に 5 回（第 1 期で 3 回、第 2 期で 2 回）開催された。

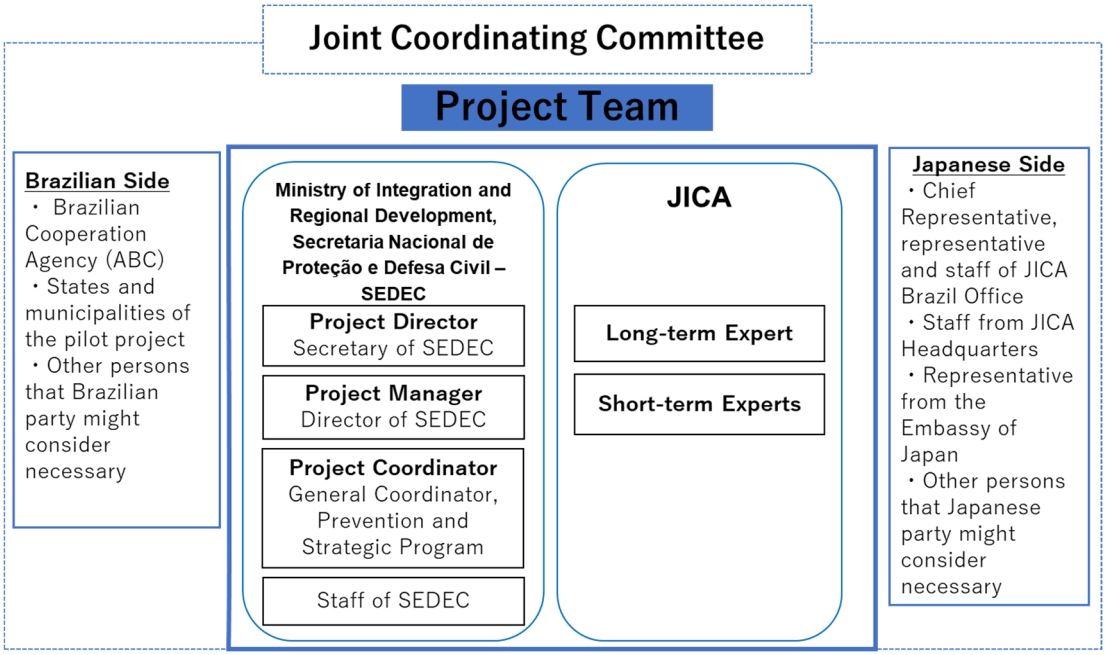


図 1-3 合同調整委員会（JCC）

注） JCC 第 2 回会議で承認された組織図に基づく。

1.11 資機材調達・再委託実績

本プロジェクトでは、以下の資機材調達及び再委託を実施した。

表 1-3 資機材調達実績

物品名	規格	個数	配置場所	調達時期	利用状況
ライセンスキー	土石流シミュレーションソフトウェア “HyperKANAKO”用	10	MIDR	2022 年 11 月 MIDR に譲与済	稼働中

表 1-4 再委託実績

項目	数量	再委託時期	備考
・土石流リスクの高い流域の抽出作業 ・作業マニュアル作成	1,600 km^2 一式	2021 年 7 月	日本国内における再委託
・斜面崩壊リスクの高い地域の抽出作業 ・作業マニュアル作成	800 km^2 一式	2022 年 6 月	日本国内における再委託

第 2 章　成果 1 に関する活動内容

2.1　成果 1 に関する活動項目

PDM における成果 1 の内容と活動は、以下のとおりである。

成果 1：土砂災害対策構造物の特性、設計、施工監理、維持管理方法が理解される。

活動：
1-1.　パイロットプロジェクトのための地方自治体の検討、選定
1-2.　リスクマッピング手法の改善及び実現場への適用状況を確認し、ブラジルの土砂災害対策方針・施設について日本と比較し課題を整理
1-3.　ブラジルにおける既存の土石流対策構造物の設計・施工監理、設計基準のレビューを実施
1-4.　ブラジルにおける土石流対策構造物に必要な建設資材、施工機械、建設方法のレビューを実施
1-5.　1-2～1-4 の確認の結果に対する理解を深めるための日本での研修の実施
1-6.　パイロットプロジェクトを実施する地方自治体におけるリスクマッピングの結果に基づく土石流の構造物対策が必要な地域のリストアップ
1-7.　1-2～1-6 の結果を報告するためのセミナーの開催と報告書の作成

各活動の内容を以下の節で詳述する。

2.2　[1-1] パイロットプロジェクトのための地方自治体の検討、選定

パイロットプロジェクトを実施する地方自治体として、既に R/D に記載されているリオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市に加えて、過去の災害実績や連邦政府からの資金譲渡計画等を考慮し、同州テレゾポリス市が選定され、地域開発省（当時、MDR）と州及び市政府との間でパイロットプロジェクトの実施に関する合意文書に基づき、合同調整委員会（JCC）の第 1 回会議で承認された。

2.2.1　選定基準

土石流対策構造物の建設を試行するパイロット事業は、2 つのパイロット地域（市）で実施される。パイロット地域のうち 1 か所は、以下の選定基準を満たす、リオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市（人口約 19 万人/2018 年政府統計）とすることが R/D に記載されている。

【選定基準】
a) 土石流災害リスクが高く社会的・経済的な損害が発生する可能性があること
b) リスクマップが作成されていること

c) 土石流に対する構造物対策計画が作成済みであること
d) 構造物対策のための予算が確保されていること

パイロット地域の残り 1 か所は、以下の手順で選定された。

2.2.2 州レベルでの地域の絞り込み

ブラジルで利用可能な土砂災害に関する主な統計データとしては、ブラジル災害デジタルアトラス（以下、「アトラス」という）とブラジル地質調査所（CPRM）が収集した地すべり・洪水登録システムのデータベースとがある。このうちアトラスは、1991 年以降のブラジル全土 26 州の災害データが網羅されているが、土砂移動現象ごとのデータはなく、斜面崩壊も地すべりも土石流も、一括して土砂災害として分類されている。一方、CPRM のデータベースは、1988 年以降に発生した土砂災害が地すべり・崩壊（*Desilizamento de solo / rocha*）、土石流（*Corrida de detritos*）及び落石（*Queda de blocos*）の 3 つに分類され、それぞれの発生件数が記録されている。しかしながら、このデータベースへの災害情報の登録は、CPRM の依頼に応じて地方自治体が災害情報を報告することにより行われるため、データベースに登録されていない災害がある可能性がある。

このような 2 種類の統計データの特徴を踏まえ、まず、アトラスの 1991 年から 2021 年までの土砂災害データに基づき、ブラジル全土のなかから土砂災害が多く発生しており、土石流災害リスクも高いと類推できる州を絞り込んだ。その結果、土砂災害の発生件数はブラジル南東部地域のサンパウロ州、ミナスジェライス州、リオデジャネイロ州で際立って多く、次いで南部地域のサンタカタリーナ州、南東部地域のエスピリトサント州で多いことがわかった（図 2-1）。

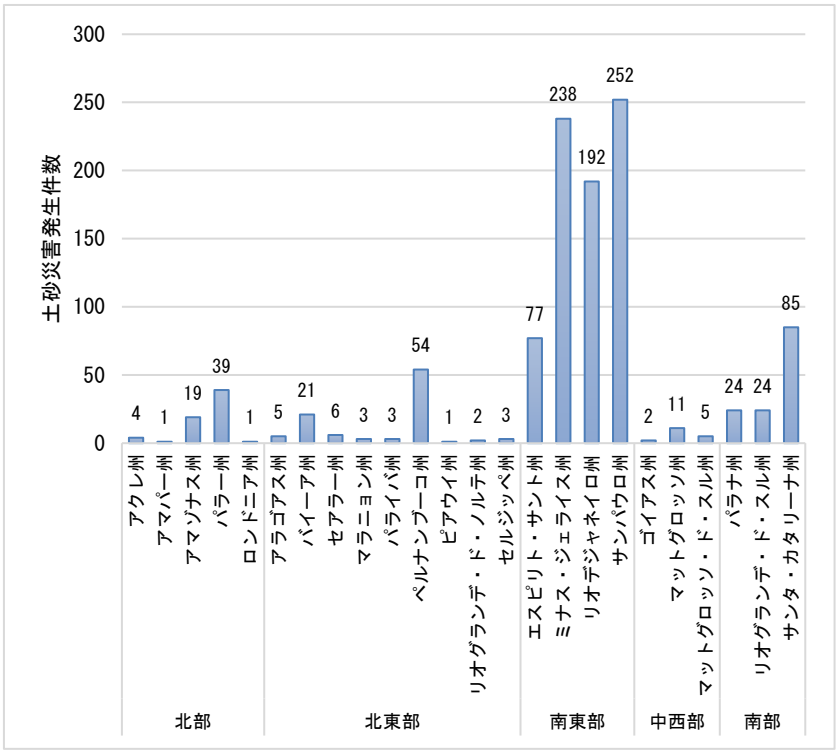


図 2-1 土砂災害発生件数（1991 – 2021 年）

Data Source: CEPED UFSC: Atlas Digital de Desastres no Brasil, https://atlas.ceped.ufsc.br/paginas/mapa-interativo.xhtml

2.2.3　パイロット地域（市）候補の選出

土砂災害の発生件数が多い南東部地域および南部地域の各州を対象として、CPRM のデータベースから得られた 1988 年から 2017 年までのデータに基づき、土石流発生件数や死者・行方不明者数が多い市をそれぞれ選出した（図 2-2，図 2-3）。これによると、土石流発生件数はサンタカタリーナ州ブルメナウ市、リオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市およびペトロポリス市で多く、一方土石流発生件数は少ないものの、土石流による死者、行方不明者数ではリオデジャネイロ州テレゾポリス市が際立つ結果となった。なお、土石流災害ごとの物的被害や被害額を整理した情報は得られなかったため、経済被害の側面からの比較はできなかった。そこで、後にパイロット地域の中からパイロットサイトの絞り込みを行う際には、土石流の到達リスクだけでなく、保全対象の集積度や災害実績も考慮するものとした。

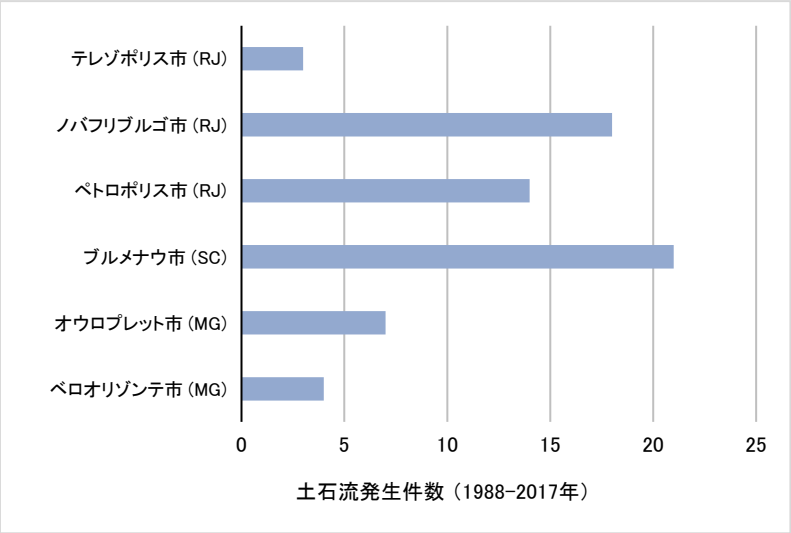


図 2-2　南東部及び南部地域の土石流発生件数が多い市

Data Source: CPRM: Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações

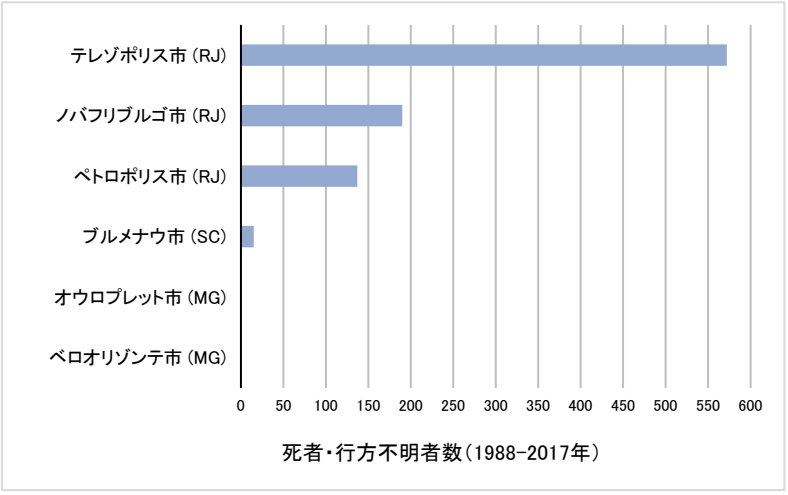


図 2-3　南東部及び南部地域の土石流災害による死者・行方不明者数が多い市

Data Source: CPRM: Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações

2.2.4　パイロットプロジェクトのための地方自治体（市）の選定

パイロットプロジェクトを行う地方自治体（市）は、以下の手順で選定された、

① (1) に示した選定基準 a)～d) を満たす地方自治体（市）の中から 1 市を選定する。ただし、選定基準 a)～d) のうち、b) リスクマッピングや c) 土石流構造物対策計画が実施されていない市については、本プロジェクトで作成を支援するものとした。

② 上記の選定基準に加え、既にパイロット市に選定されているリオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市と合わせ、それぞれのパイロット市で異なるタイプ（透過型/不透過型）の土石流対策構造物が採用できるよう配慮して候補市を絞り込んだ。

③ ①, ②の検討の結果、過去に多数の死者・行方不明者を出した土石流災害の発生実績があり、本プロジェクトの技術協力を受けてブラジル側がリスクマップや土石流構造物対策計画を作成する目処が立っており、連邦政府からの有効な資金譲渡計画が存在し、選定基準を満たすリオデジャネイロ州テレゾポリス市が抽出された。

リオデジャネイロ州テレゾポリス市におけるパイロットプロジェクトの実施については、地域開発省（当時、MDR）と州及び市政府との間で合意文書が交わされ、2022 年 2 月 8 日に開催された合同調整委員会（JCC）の第 1 回会議で承認された。

2.3　[1-2] リスクマッピング手法の改善及び実現場への適用状況を確認し、ブラジルの土砂災害対策方針・施設について日本と比較し課題を整理

GIDES で作成されたマニュアルに基づくリスクマップの作成は、地方自治体の予算および人的資源の不足の問題により、ほとんど進んでいないことが確認された。ブラジルにおける土砂災害対策の課題を整理した結果、土石流構造物対策を推進するためには、予算や人的資源が不足する地方自治体であっても土石流対策構造物を要する渓流が特定できるリスクマッピング手法を開発し、土石流災害リスクの評価を進めていく必要があることがわかった。そこで、土石流構造物対策が必要な渓流の抽出を目的とする無償の GIS ソフトウェアとデータのみを使用したマッピング手法を、専門家側は MDR（当時）やパイロットプロジェクトを実施する市の担当者とともに開発した。この成果に基づき、統合・地域開発省（MIDR）はマッピング手順をまとめたマニュアルを作成し、その初版を 2023 年に Web サイトで公開した。その後、ブラジル地理統計院（IBGE）やブラジル宇宙研究機構が人口や建物の詳細なデータを公開したことから、MIDR はユーザーである市政府職員等がよりアクセスしやすいデータを用いてマッピング作業できるよう、同マニュアルを 2025 年に更新し、Web サイトで公開した。

2.3.1　既存リスクマップの種類と普及状況

ブラジルでは、2000 年以降急激に土砂災害が増加したのを受けて、ブラジル南東部沿岸付近に

連なる Serra do Mar（海岸山脈）と呼ばれる山岳地域を中心とした 821 市が土砂災害リスク管理地域に指定され、リスクマップの作成が進められてきた。既存のリスクマップには表 2-1 に示すものがある。これらは表中の(1)から(4)の順番で逐次改良されてきた。(1)のリスクマップ（*Mapa de Risco*）は 2011 年 1 月災害より前に作成された、過去の災害発生地点を地図にプロットした簡易なもので、リスクマップというよりも実質的には災害実績図と考えられる。(2)以降はその災害後に作成されるようになったもので、過去に発生した土砂移動現象と相関の高い地形・地質の範囲を検討し、潜在的な土砂移動現象発生の可能性を 3 段階で評価した(2)サスセプタビリティマップ（*Cartas de Suscetibilidade*）、同マップをベースに地形地質状況から市街化適合性を 4 段階で評価した(3)ジオテクニカルチャート（*Carta Geotecnica*）が作成されてきた。しかしながら、これらのマッピング手法では調査対象箇所の選定過程が明確ではなく、土砂移動現象ごとの影響範囲の取り扱いも曖昧な部分が残されていた。そこで、GIDES では、日本の「土砂災害防止法」における対象箇所の抽出手法および影響範囲の設定方法を参考に、ブラジルにおける土砂災害実態調査の結果を踏まえ、検討対象箇所の抽出および影響範囲の設定基準を明確にし、それらに対してハザード評価、リスク評価を行う手順を示すマニュアルを策定した。

表 2-1　既存のリスクマップ

No.	種類	目的	基図	概要／特徴	ノバフリブルゴ市における作成範囲
(1)	リスクマップ (Mapas de Risco)	都市域の斜面対策計画	衛星画像	過去の災害発生地点を地図にプロットしたもの／大部分が斜面崩壊箇所。リスクマップというより、実質的な災害実績図であり、予防防災に使用するのは困難。	362 地点(人口カバー率 13%)
(2)	サスセプタビリティマップ (Cartas de Suscetibilidade)	都市計画（住宅地の開発等）	数値地図（地形図, 地質図）	過去に発生した土砂移動現象と相関の高い地形・地質の範囲を検討し、潜在的な土砂移動現象発生の可能性を3段階で評価。／ハザードや集水域が特定されていないので、土石流対策への適用は困難。	市全域
(3)	ジオテクニカルチャート (Carta Geotecnica)	土地利用計画	数値地図（地形図, 地質図）	サスセプタビリティマップをベースに地表踏査を行い、市街化適合性を 4 段階で評価。／斜面崩壊発生危険度を評価したもので土石流対策への適用は困難。ハザードエリアが設定されていないので、予想される被害規模の推定も困難。	市全域
(4)	ハザード及びリスクマップ (Mapa de Perigo e Risco) （GIDES で技術移転したもの）	土砂災害削減計画	数値地図	日本とブラジルの技術を融合させたもので、ハザードの発生危険度と建物の脆弱性を評価することにより被害想定が可能。 斜面崩壊：(3)と組みわせ、危険度を 12 段階に区分。 土石流：発生流域と氾濫危険区域（2 区分）を設定。	4.51km^2/ 全市面積 933km^2（面積カバー率 0.5%）

リスクマップの作成が最も進んでいる地方自治体の一つであるノバフリブルゴ市を例として、各リスクマップの普及状況を表 2-1 に示した。同表に記載の通り、既存の（1）リスクマップは発生確率を考慮したものではなく、あくまで過去の災害実績を記録したものであるため、予防防災

に使用するのは困難であり、また (2)サスセプタビリティマップ及び (3)ジオテクニカルチャートはそれぞれ都市計画、土地利用計画における活用を目的に作成されており、個別の崩壊地及び土石流渓流のリスクを評価し、対策を実施するための用途としては不十分である。GIDES で技術移転された(4)ハザード及びリスクマップは個別の危険箇所を特定でき、斜面崩壊、土石流とも過去の災害実績と一致していると評価されており、予防防災工事、土地利用計画及び警戒避難に活用できる。GIDES 終了後、ノバフリブルゴ市及びブルメナウ市等で、市職員によるマッピングが行われているが、例えばノバフリブルゴ市で既にマッピングが終わっている地域は 4.51 ㎢であり、市全体の 0.5%にとどまっている。マッピングが進んでいない理由を市、ブラジル地質調査所（CPRM）、全国災害リスク管理センター（CENAD）及び地域開発省（MDR、当時）にヒアリングした結果、下記の 2 点が理由として挙げられた。

- 地方自治体の予算不足のため、リスクマップ作成に必要な 2,500 分の 1 の大縮尺地形図が作成できない。
- 地方自治体の技術者が少なくリスクマップ作成に必要な人員が確保できない。

2.3.2 土砂災害対策の体制と実施状況

(1) 法制度と実施体制

行政の実施する防災活動と各行政レベルの責任と権限は、ブラジルの防災基本法に相当する法律 No.12608 で規定されている。同法では、市及び州政府は土砂災害を含む自然災害のリスク調査を行って予防・復旧対策を実施すること、また連邦政府はこれら市及び州政府の活動を支援し、必要なマニュアルを作成し、予算配賦を行うことが定められている。土砂災害リスク調査は、鉱山エネルギー省ブラジル地質調査所（CPRM）の支援のもとで市政府が実施することになっている。市政府は、基本的に市の技術者でリスクマップ作成作業を実施する体制をとっている。

斜面崩壊、地すべり及び土石流を対象とした土砂災害構造物対策の予算措置は、多年度計画（PPA）のリスク・災害管理プログラム No.2318 のアクション No.8865 により定められている。市及び州政府は統合・地域開発省市民防御局（SEDEC/MIDR）へ事業申請を行い、それが承認されると予算が申請者へ譲渡されて、事業が実施される。この手順に従い、斜面崩壊や地すべりを対象とした構造物対策は既存の技術マニュアルに従い実施されている。制度上、当該分野で著名な連邦大学の教授からなる有識者によって認定され、行政機関によって公式化された技術マニュアルに基づいた設計でなければ、連邦貯蓄金庫による連邦政府の事業予算認可を受けるのが難しい。よって、本プロジェクト開始時点では行政機関によって公式化された土石流対策構造物に関する技術マニュアルが存在しないため、土石流対策構造物の工事は実施できない状況にあった。

(2) 事業実施状況

ブラジルでは、土石流構造物対策事業については 2026 年 6 月現在リオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市にてパイロット工事が 1 件実施されているだけであるが、斜面崩壊及び地すべり災害防止に関しては災害復旧事業だけでなく災害予防事業も実施されている。災害復旧事業は、原則的に発災後 8 カ月以内に実施される原形復旧工事のためのものである。災害予防事業は、(1)で述べた手順に従い、市及び州政府がリスク調査に基づき事業申請を行い、連邦政府の予算譲渡を受け

て工事を実施するものである。GIDES でマニュアルが作成されるまでは、個別危険箇所ごとのリスク評価が出来なかったので、結果的に災害発生を根拠に個別箇所のリスク評価を行い事業が実施されていた。GIDES でリスク評価マニュアルが作成された現在も、地方自治体の予算や人的資源の不足により全国的なリスクマッピングが進んでいないので、事業実施は発災後の後追いの形態となっている。この状況は、今後土石流構造物対策の対象箇所を選定していく上でも支障となる。

(3) 日本とブラジルの土砂災害対策事業実施体制の比較

ブラジルでは、州及び市政府が行うリスクマッピングに関する支援は鉱山エネルギー省ブラジル地質調査所（CPRM）の、また土砂災害対策事業は統合・地域開発省市民防御局および都市省の管轄となっている。ブラジルの土砂災害対策事業の予算は、地方自治体が自前の自治体予算から確保するほか、連邦政府の管轄省庁から資金譲渡を受けることによって確保される。土砂災害対策工事の実施主体は地方自治体（州政府あるいは市政府）であり、完成した防災施設の維持管理は市政府の所掌となる。

日本では、リスクマッピングや構造物対策を含む土砂災害対策事業は、国土交通省砂防部の管轄となっている。日本の土砂災害対策事業には、国が実施する直轄事業、都道府県が独自の予算で実施する県単独事業、及び都道府県が国の予算支援を受けて実施する補助事業がある。日本ではまた、国の直轄事業には斜面（急傾斜地）崩壊対策事業はなく、都道府県の単独事業には斜面崩壊、地すべり及び土石流対策事業ともあるが、都道府県の事業全体に占める割合は少ない。補助事業には斜面崩壊、地すべり及び土石流対策事業がある。補助事業は、県が実施する事業を国が予算負担する点は似ているが、ブラジルの場合は 100%国が予算負担するのに対し、日本では国の負担は 50%程度（事業の条件による）である。

日本の場合、国は都道府県が実施する土砂災害対策事業の根拠となるリスクマッピング（土砂災害防止法第 8 条第 3 項に基づく土砂災害ハザードマップ作成）を全額負担することにより、事業開始初期の集中的なマッピングを支援した。これにより、都道府県は逐次構造物対策の事業申請をして工事を実施することができた。また、都道府県はリスクマッピングに関する作業全般を民間会社に委託し人的資源の問題に対処している。

2.3.3 ブラジルにおける土砂災害対策の課題

ブラジルにおいては、予算や人的資源の不足に起因するリスクマップの整備の遅れが、予防防災のための土砂災害構造物対策、特に土石流構造物対策の発展を妨げていることが明らかとなった。この問題を解決するための課題としては、以下のようなものが考えられる。

① 連邦政府から地方自治体への必要な予算の譲渡
② リスク評価を管轄する鉱山エネルギー省ブラジル地質調査所（CPRM）から地方自治体への人的資源の支援
③ 予算や人的資源が不足する地方自治体であっても土石流構造物対策が必要な渓流が把握できるリスクマッピング手法の検討・推進

ブラジルでは、不況のために公共事業の予算が制限されており、土砂災害対策についても他の公共事業と同様に新規事業の実施が難しい環境にある。CPRM は、優先度の高い市から GIDES 手法を用いたリスクマッピングを市に代わって実施しているが、予算や人的資源が限られることから、毎年 3 市程度のマッピング作業しか行えない状況が続いている。したがって、土石流構造物対策を加速させるためには、上記のうち③の課題への対処を推進するのが現実的と考えられる。

2.3.4 支援の方向性

予算や人的資源が不足する地方自治体であっても土石流構造物対策が必要な渓流が把握できるリスクマップに求められる要件を、以下に整理した。

① CPRM からの支援を必要とせず、土砂移動現象に関する専門知識がない技術者でも迅速なマッピングが可能であること
② 科学的根拠に基づくものであること
③ 安価な費用で作成可能であること
④ 精度のバラツキを抑えるため手順を標準化させること

これらの各要件を踏まえた支援の方向性を、以下のように設定した。

要件①に対する方針：予防防災としての土石流構造物対策の推進のため、砂防堰堤等の土石流対策構造物の建設が必要な流域の抽出だけに機能を絞ったリスクマッピング（以下、「土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング」）手法の統合・地域開発省としての開発を技術面で支援する。

要件②に対する方針：リスクエリアの抽出方法には、日本で土砂災害防止法に基づく土砂災害警戒区域等の指定のために用いられている基礎調査マニュアル等を参考にしながら、GIDES で提案された土石流発生渓流の抽出方法とも整合する方法を提案する。ただし、土地利用計画や警戒避難対策に使用するものではないため、リスクエリアは縦断的な土石流の到達範囲とする。

要件③に対する方針：ローコストで行えるリスクマッピング手法を提案する。無料の GIS ソフトウェア“QGIS”の使用を前提とし、無料の数値標高データ AW3D30 や無料の人口データ等を用いて、GIS 上でリスクマッピング作業が完結できるようにする。

要件④に対する方針：標準化した土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングの手順をわかりやすく整理し、マニュアルとして取りまとめ公開する。

2.3.5 土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング手法の開発

(1) 検討手順

ここで述べる土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング手法は、土石流構造物対策が必要な渓流を把握し、その中でも優先度が高い渓流を抽出することを目的としたものであり、以下の手順で検討した。

① 土石流が発生する可能性がある渓流の抽出
② 土石流によって被害が発生する範囲（リスクエリア）の設定
③ リスクエリア内の保全対象数に基づく土石流構造物対策の優先度が高い渓流の抽出

(2) 土石流が発生する可能性がある渓流の抽出

a) 地形図作成

地方自治体がローコストでリスクマッピングを行えるようにするため、無料の GIS ソフトウェア “QGIS”を用いて行う手法を採用した。専門家側が ArcGIS を用いて土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング手法を開発し、カウンターパート（C/P）側がそれを QGIS に移植して完成させた。

GIS に使用するデータには、無償で公開されているものを用いた。地形データには、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が無償で公開している 30m 相当解像度の全球数値標高データ（以下、「AW3D」）を用い、リオデジャネイロ州のノバフリブルゴ市及びテレゾポリス市をモデル地域として、等高線間隔 5m の縮尺 1/25,000 相当の基図を作成した。

土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングの解析フローを図 2-4 に示す。加えて、フローに示す作業項目のうち、キーポイントとなる部分の作業について以下に詳述する。



図 2-4　土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングの解析フロー

b) 谷筋抽出と水系図作成

ArcGIS の「谷地形及び河川ネットワーク解析」により谷筋を抽出し、水系図を作成した。水系は、AW3D の標高メッシュデータから各メッシュの流下方向を解析し、各メッシュに流入する累積流量（メッシュ数）を計算し、この累積流量が閾値を越えたメッシュを渓流の谷と判定して生

成した。具体的には、ノバフリブルゴ市のパイロット渓流をモデルとして、地形図から求められた 1 次谷（図 2-5 左上）の開始点と同じ地点が抽出できるように、他の渓流における谷の抽出状況も考慮しながら集水メッシュ数を求めた。その結果、集水メッシュ数 72 という閾値が得られた。なお、累積流量の閾値は、小さくすると谷が多く抽出できるが谷の開始点や合流点が曖昧になり、一方大きくすると土石流が発生する可能性がある渓流の抽出漏れが起こるようになる。

これにより、土石流が発生する可能性がある大半の渓流の条件に当てはまる、集水面積約 0.06km^2 以上の渓流が抽出できるようになった。

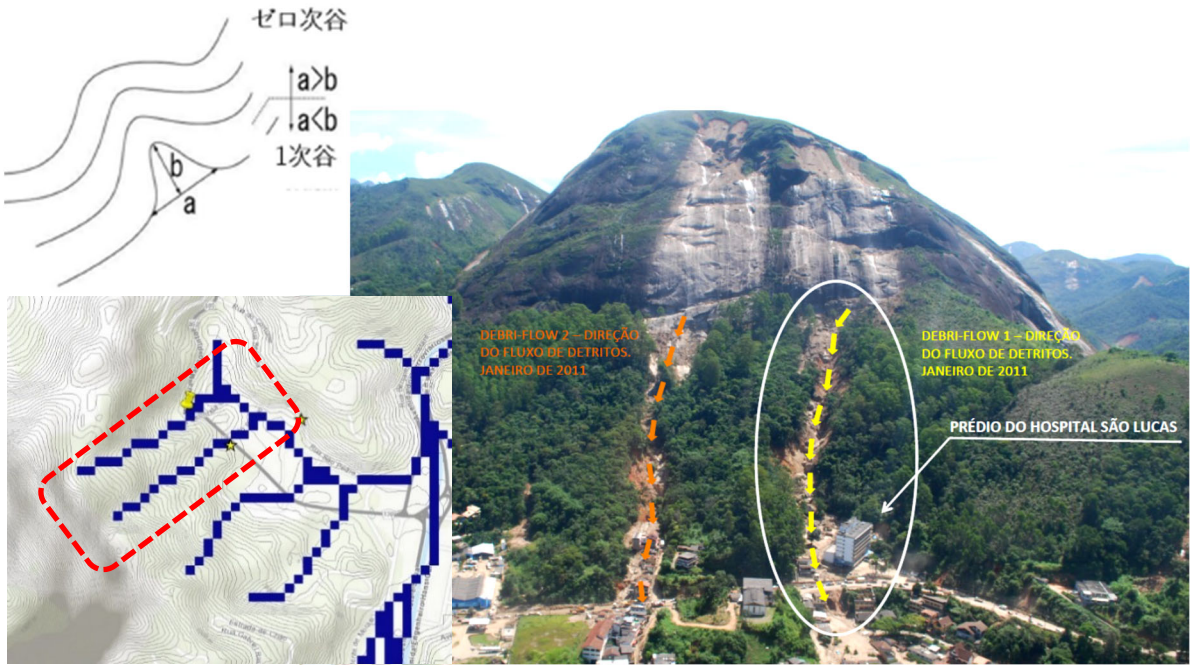


図 2-5　谷筋の抽出結果（ノバフリブルゴ市）

出典：Apêndice A Estudo de Caso Nova Friburgo/ RJ (GIDES, MIDR,NOVA FRIBURGO/RJ)

c)　谷の傾斜区分および流域区分

土石流の動態は、谷の縦断勾配によって変化するので、谷の縦断勾配（α）を算出し、土石流の発生、流下、堆積の各区間の目安となる勾配ごとに、谷を下記の 4 つの区間に区分した。次に、谷筋同士の合流点を基準として流域界を設定した。

① 30° ≦ α　　：土石流につながる斜面崩壊の発生場
② 10° ＜ α ≦30°　：土石流の流下区間
③ 2° ＜ α ≦10°　：土石流の堆積区間
④ α ＜2°　　：掃流区間

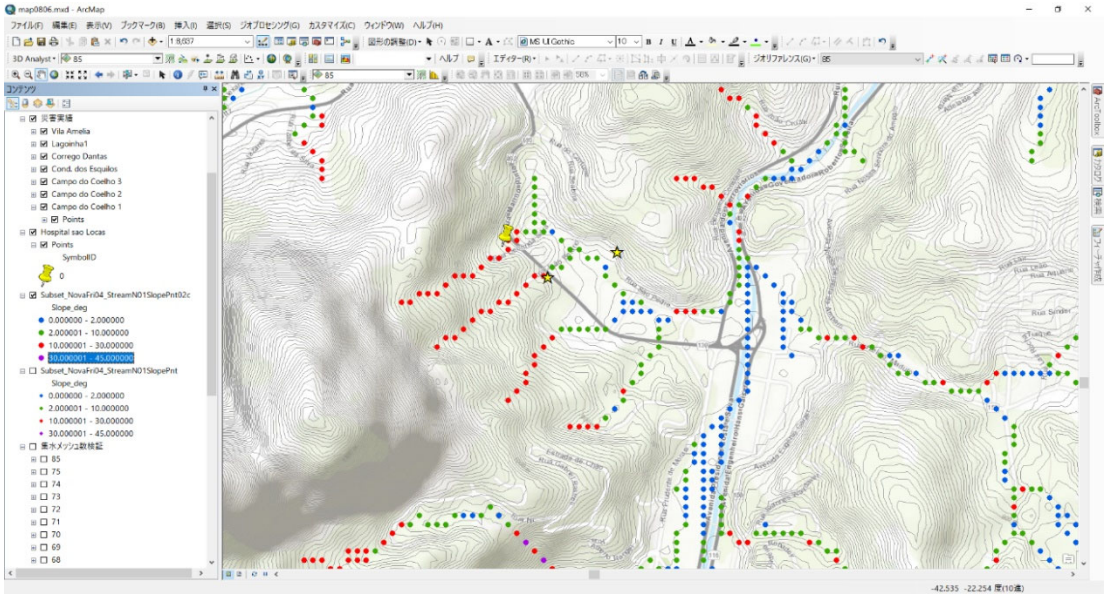


図 2-6　谷の傾斜区分の一例

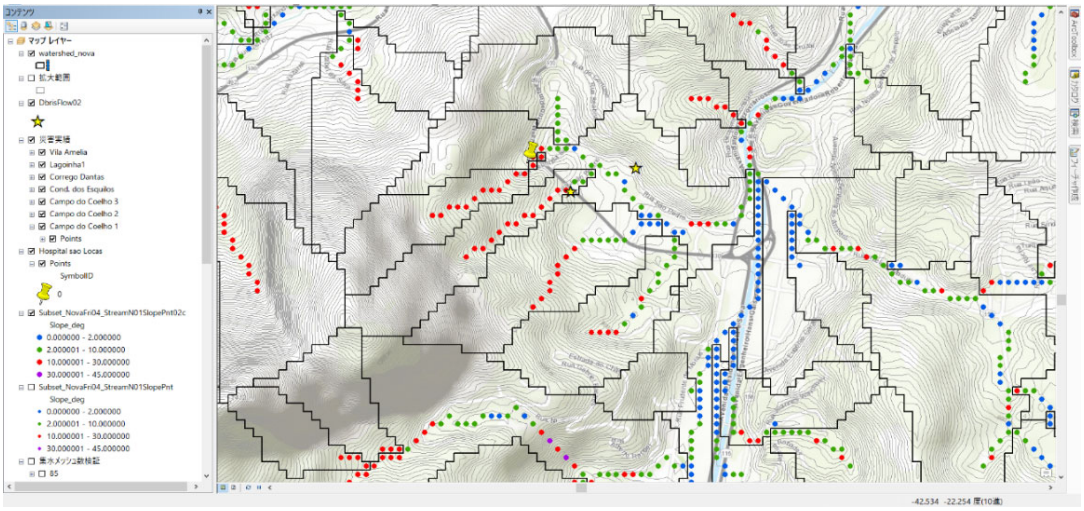


図 2-7　流域区分の一例

(3) 土石流によって被害が発生する範囲（リスクエリア）の設定

GIDES で作成された土石流対策計画マニュアル（以下、「GIDES マニュアル」）に基づいたリスクマッピングでは、詳細な地形データに基づいて技術者が渓流ごとに現地踏査を行い、谷やその下流域の地形や地質を調査してリスクエリアを設定するので、精度は高いが設定までに時間を要する。本プロジェクトで開発した土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングでは、縦断的なリスクエリアは GIDES マニュアルに準じて下記の条件で設定した。

① 流域内に、渓床勾配が 10° 以上の区間（土石流の発生区間）が存在すること
② 土石流が氾濫してから堆積し終わるまでの区間（渓床勾配 10 度から 2 度の区間）が存在し、その周辺に家屋等の保全対象が存在すること

一方、リスクエリアの横断的な氾濫範囲は、本来微地形を考慮しながら渓流ごとに個別に設定するが、このマッピングは土石流構造物対策が必要な渓流の抽出に目的を絞ったものであるため、土石流の氾濫幅は、ブラジルの山岳地の谷底平地の地形的特徴を考慮して、機械的に渓流沿いに単一の氾濫幅（河道の中心線から左右岸方向にそれぞれ 50m、合計 100m）で設定するものとした。なお、この土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングで抽出された渓流で土石流対策計画を作成する段階では、別途土石流氾濫シミュレーションを実施するなどして氾濫域を設定する必要がある。

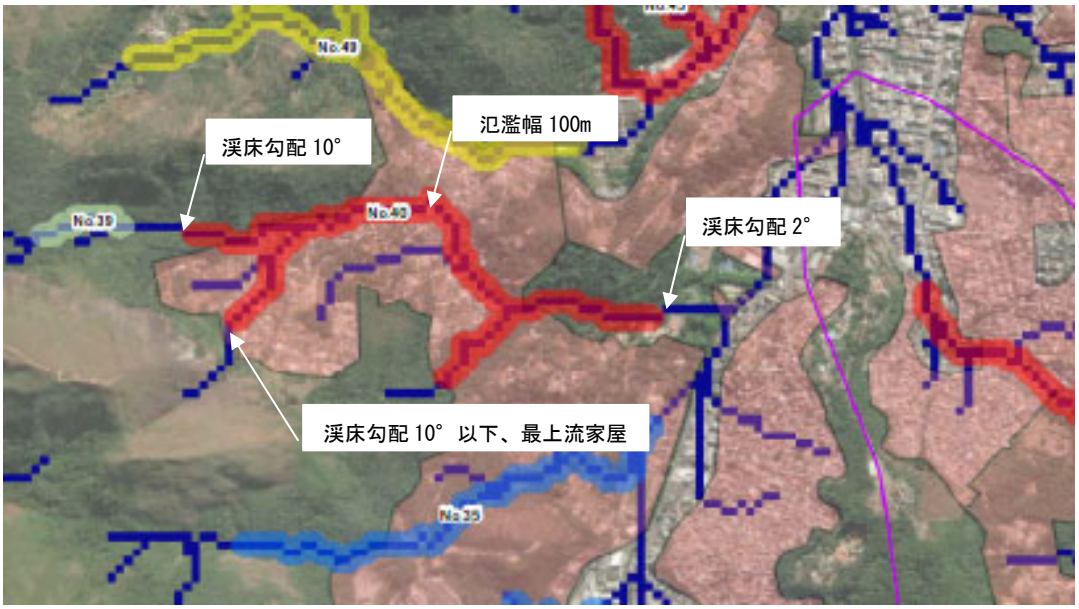


図 2-8　土石流氾濫範囲の設定例

(4) リスクエリア内の保全対象数に基づく土石流構造物対策の優先度が高い渓流の抽出

(3)の作業で抽出された各渓流のリスクエリアに含まれる住宅家屋数と病院及び学校の数を算定し、それぞれの偏差値を求め、その合計値が特に高い渓流を、整備優先度が高い渓流として選定した。住宅家屋の位置データが無い場合は、地方自治体の所有する人口密度データを用いて、氾濫域ポリゴン内の人口から住宅家屋数を推定（平均的な世帯人口 4.2 人／世帯から算定）した。地方自治体の人口データが無い場合は、アメリカ航空宇宙局（NASA）が無料で公開している 1km メッシュの推定人口密度データ（Global 1-km Downscaled Population Base Year and Projection Grids Based on the SSPs, v1.01）を取得して代用した。優先度評価の指標として住宅建物、病院、学校を採用した理由には、以下の点が挙げられる。

① **建物**：住宅に居住する人命保護、及び資産の保全が土石流構造物対策の目的であるため。
② **病院及び学校**：災害時に避難が困難な人々が集まる場所であるため。さらには、被災時の救急医療体制を確保するため。

(5) 作業の省略

土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングの一連の作業のなかで、最も時間を要するのは、地形図の判読を要する土石流氾濫範囲のポリゴン作成である。居住者のいない

地域や人口密度が非常に低い地域では、土石流により受ける被害がゼロまたは非常に小さく、土石流構造物対策の必要性も低い。土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングの作業時間を抑える必要がある場合は、都市区域に含まれない地域をマッピングの作業対象から除外するという方法も考えられる。本プロジェクトでは、人口のまばらな山間地、牧草地帯は資産が少なく事業優先度が低いと評価し、NASA が公開している推定人口密度データを使用して、人口密度が 50 人/km^2 未満の地域を除外することにより、作業時間の短縮を図った。

(6) 土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングの試行と検証

上述の手法を用いてノバフリブルゴ市を対象として土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングを行い、ノバフリブルゴ市における 2011 年 1 月災害における土石流発生実績と比較することで、マッピングの手法の妥当性を検証した。

土石流の発生実績データとしては、ノバフリブルゴ市から提供された 9 渓流のデータ（表 2-2）と、CPRM の災害データベースから抽出した 18 渓流のデータ（表 2-3）を用いた。

表 2-2 ノバフリブルゴ市における土石流が発生した渓流 (1)

渓流名	緯度	経度	流域面積（km^2）
Campo do Coelho 1	22° 13’ 35.76” S	42° 38’ 43.84” W	0.179
Campo do Coelho 2	22° 14’ 23.54” S	42° 39’ 14.98” W	0.201
Campo do Coelho 3	22° 17’ 22.90” S	42° 42’ 02.68” W	0.843
Cond dos Esquilos	22° 14’ 53.26” S	42° 35’ 40.82” W	0.072
Lagoinha	22° 16’ 46.58” S	42° 32’ 57.12” W	0.31
Corrego D’Antas	22° 15’ 25.45” S	42° 33’ 38.21” W	1.45
Vila America	22° 16’ 54.26” S	42° 32’ 25.37” W	0.52
Sao Lucas	22° 15’ 31.90” S	42° 32’ 20.20” W	0.15
Duas Pedras	22° 15’ 35.35” S	42° 32’ 16.44” W	0.12

Data Source: Municipality of Nova Friburgo

表 2-3 ノバフリブルゴ市における土石流が発生した渓流 (2)

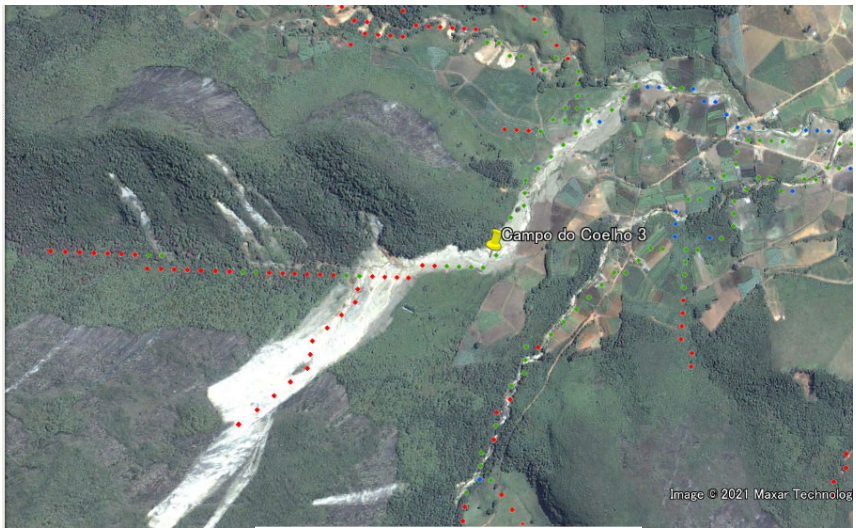
No.	緯度	経度	市	町	死亡者数	負傷者数	土砂移動現象
SN-01	-22.27463888	-42.53016666	Nova Friburgo	Vilage	0	0	土石流
SN-02	-22.27472222	-42.53069444	Nova Friburgo	Vilage	1	0	土石流
SN-03	-22.27461111	-42.53252777	Nova Friburgo	Vilage	8	0	土石流
SN-04	-22.27894444	-42.53058333	Nova Friburgo	Vilage	35	0	土石流
SN-05	-22.27872222	-42.53183333	Nova Friburgo	Vilage	5	3	土石流
SN-06	-22.25933333	-42.53722222	Nova Friburgo	Duas Pedras	3	0	土石流
SN-07	-22.25855555	-42.53505555	Nova Friburgo	Duas Pedras	12	0	土石流
SN-08	-22.25244444	-42.54672222	Nova Friburgo	Campo do Coelho	7	0	土石流
SN-11	-22.27122222	-42.60019444	Nova Friburgo	Campo do Coelho	5	1	土石流
SN-12	-22.27211111	-42.6095	Nova Friburgo	Campo do Coelho	0	0	土石流
SN-13	-22.23388888	-42.64097222	Nova Friburgo	Condomínio do Lago	17	9	土石流
SN-14	-22.23577777	-42.64375	Nova Friburgo	Condomínio do Lago	9	10	土石流
SN-15	-22.23922222	-42.53858333	Nova Friburgo	Santa Bernardete	3	2	土石流
SN-17	-22.22347222	-42.55416666	Nova Friburgo	Santa Bernardete	0	0	土石流
SN-18	-22.23925	-42.53691666	Nova Friburgo	Jardim Califórnia	18	0	土石流
SN-20	-22.22872222	-42.52899999	Nova Friburgo	Rosa Branca	0	0	土石流
SN-21	-22.22205555	-42.52527777	Nova Friburgo	Floresta	42	0	土石流
SN-22	-22.20122222	-42.50405555	Nova Friburgo	Lot. Progresso	0	0	土石流

Data Source: CPRM: Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações

ノバフリブルゴ市を対象に土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングを行った結果、表 2-2 に示した渓流は全て抽出できていることが確認された。一方、表 2-3 に示した渓流のうち、抽出されたのは SN-06、SN-11、SN-17 の 3 箇所だけであった。衛星画像を確認したところ、土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングで抽出されなかった渓流はいずれも谷地形が無く、斜面崩壊が土石流としてデータベースに登録されたものであることがわかった。このような検証結果から、本プロジェクトで開発した土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング手法は、簡易かつ安価でありながら、土石流構造物対策が必要な渓流の抽出に有効であることが確認された。



（Campo do Coelho 1）



（Campo do Coelho 3）

図 2-9　土石流発生渓流と土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング成果の重ね合わせ図の一例

(7) 土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングのマニュアル作成

C/P や市の担当者からなるリスクマップワーキンググループ（WG）を設け、上述の土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング手法を用いて土石流構造物対策が必要な渓流の抽出作業を実践し技術移転を行った。また、その過程で C/P 側から出された質問事項等を踏まえてマッピングの手順をまとめたマニュアル初版が C/P 側で作成され、2023 年に MIDR の Web サ

イトで公開された。その後、ブラジル地理統計院（IBGE）やブラジル宇宙研究機構が人口や建物の詳細なデータを公開したことから、MIDR はユーザーである市政府職員等がよりアクセスしやすいデータを用いてマッピング作業できるよう、同マニュアルを 2025 年に更新し、Web サイト※で公開した。

※https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/publicacoes

2.4 [1-3] ブラジルにおける既存の土石流対策構造物の設計・施工監理、設計基準の確認を実施

ブラジルには土石流対策構造物に関する設計ガイドラインがないので、関連する構造物である斜面対策工や大ダムの設計ガイドラインを収集・整理し、日本のガイドラインとの比較を行った。土石流対策構造物について、クバトン市におけるコンクリート重力式砂防堰堤の設計施工事例を分析し、日本で用いられている設計施工方法との比較を行った結果、重力式擁壁や砂防堰堤の設計の基本的な考え方に大きな相違はなく、日本の砂防の技術指針をベースに本プロジェクトの砂防堰堤マニュアルを作成するにあたり大きな課題はないことがわかった。一方、砂防堰堤マニュアルを作成していくなかで、日本では鋼製透過型砂防堰堤の鋼製透過部を許容応力度設計法に基づいて設計しているのに対し、ブラジルでは限界状態設計法に基づいて設計することになっており、適応化の作業が必要となることが明らかになった。

2.4.1 資料収集活動

ブラジルにおける既存の土石流対策構造物や類似の防災施設の設計、施工監理、設計基準に関連する資料や情報を下記の方法で収集した。

① 先行事業である GIDES プロジェクト、詳細計画調査における報告書および収集資料
② C/P からの情報収集
③ 技術委員会へのヒアリングによる情報収集
④ 長期専門家からの情報収集

2.4.2 既存の土砂災害対策構造物の設計基準類のリストアップ

土石流および斜面崩壊対策に関する技術基準類を表 2-4 に示す。ブラジルには大ダムの設計基準および管理基準がある。しかしながら、技術委員会および MIDR と協議の結果、水を常時溜める大ダムと、土砂を捕捉し水を常時溜めない砂防堰堤とでは機能が全く異なるので、大ダムに類似する構造物には当たらないとの結論となり、大ダムの設計基準類は適用しないこととなり除外した。同様の理由で、砂防堰堤の名称も、「砂防ダム」ではなく「砂防バリア（Barreira Sabo)」と呼ぶことが MIDR から提案され、合意されている（2021 年 7 月 15 日会議)。

土石流対策に関しては、表中 No.5 の斜面技術マニュアル（Manual Técnico de Encostas）の一節に、待受け擁壁（Barreira）の 1 つの工法として 3 ページの記述があるが、設計方法などの記述は

ない。表中 No.6 は、ブラジルで 20 年前に設計された砂防堰堤については、設計基準書は無く、設計図書等も残されていなかったので、この設計施工に携わった関係者へのヒアリングを行い、判明した事項を日本の基準と比較して 2.4.3 (2)節に整理した。

斜面崩壊対策に関する基準類は 4 種類ある。表中 No.1 の Geo-Rio の斜面技術マニュアルは設計において実際に使われており、事業実施計画の承認の基準として認められている。従って、続く 2.4.3 節では、Geo-Rio の斜面技術マニュアルと日本の土石流・流木対策設計技術指針とを比較整理し、本プロジェクトで作成する砂防堰堤マニュアルで考慮すべき課題を整理した。No.4 の基準類は人工法面（切土、盛土）に求められる滑動安全率を示したものでものであり、砂防堰堤工事で発生する盛土工、切土工を計画する際にも従う必要のある基準類である。

表 2-4　土砂災害対策構造物の設計に関する既存マニュアルの種類と内容

対象災害	No.	基準類の名称	出版者	発行年	本の内容
斜面崩壊	1	Manual Técnico de Encostas （斜面技術マニュアル）	Geo-Rio	2000	斜面対策の工種選定、設計に関するマニュアル。 内容は、土砂移動形態の分類、リオデジャネイロ市の地質学・地盤工学的な特性、地盤調査、斜面安定解析、対策の選択、抑制対策の設計、斜面表面保護工、排水工、斜面のモニタリングである。
	2	Manual de Taludes de Rodovias Orientação para Diagnóstico e Soluções de Seus Problemas （高速道路斜面マニュアル-その診断と問題解決のためのガイダンス）	IPT	1991	道路に付随する切土、盛土の人工法面の安全性評価および安定化対策工の解説書である。道路の切土・盛土の問題、人工斜面安定化の手順が示されている。しかし、対策工の設計計算方法および安全率および関しては示されていない。
	3	Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais （地質図作成のためのパラメータとガイドライン 災害対策）	UFPE	2013	斜面崩壊対策工に関する計画、設計手法の理論的解説書である。斜面安定解析、対策工の安全率、設計計算は示されていない。
	4	NBR 11682 1991 Estabilidade de Taludes （斜面の安定性）	ABNT	1991	日本の JIS 規格、ASTM 国際標準と同様な国の工業規格。人工斜面（切土、盛土）の安定に関し、安全率などの基本的な規定がある。
土石流	5	Manual Técnico de Encostas （斜面技術マニュアル） 7.5.2, Barreiras Rígidas ou Semi-rígidas （硬質または半硬質バリア）	Geo-Rio	2000	砂防堰堤が、土石流（Corrida de detritos）対策のための待受擁壁（Barreira de impacto）の１種として紹介されている。計画および設計方法に関する記述はない。
	6	（ペドラス川流域の砂防堰堤）	Petrobras	2003	（設計基準書無し。設計図書は入手できず、ヒアリングで情報収集）

注）　ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas（ブラジル技術規格協会）
IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas（サンパウロ州技術研究所）

UFPE: Universidade Federal de Pernambuco（ペルナンブーコ連邦大学）

2.4.3 設計方法の比較

(1) 重力式擁壁

砂防堰堤と設計が類似している重力式擁壁について、Geo-Rio の斜面技術マニュアルと日本の土石流・流木対策技術指針それぞれに記載されている安定計算方法を比較し、結果を表 2-5 に要約した。機能の違いに起因して荷重条件は異なるものの、安定計算法および安定計算条件は両マニュアルとも同じである。特に注目すべきは、転倒に対する安定条件をミドルサード条件としていることである。このため、転倒条件をミドルサード条件としている日本の重力式砂防堰堤の安定条件を受け入れやすい設計体系になっている。

表 2-5 重力式擁壁の安定計算に関するブラジルと日本のマニュアルの比較

設計項目		土石流・流木対策設計技術指針	斜面技術マニュアル（Geo-Rio）	相違点
		砂防堰堤	重力式擁壁（Muros de peso）	
設計荷重	土圧／堆砂圧	Coulomb 式	Coulomb 土圧式	
	水圧	洪水時水圧	地下水圧	機能の相違に起因し、設計荷重が異なる
	揚圧力	無	状況による	
	土石流流体力	理論式に基づく	無	
	巨礫衝撃力	理論式に基づく	無	
	地震慣性力	無	無	
安定計算法		剛体設計法	剛体設計法	
安定条件	滑動	FS=(τB+Vf)／H	（記載なし）	
		FS≧1.2(土砂基礎)	FS≧1.5	滑動安全率
		FS≧4.0(岩盤基礎)	（記載なし）	
	転倒	ミドルサード	ミドルサード	
	基礎支持力	地質調査による	地質調査による	

(2) 砂防堰堤

クバトン(Cubatão)市のプレジデンテ・ベルナルデス製油所の近傍に位置するペドラス(Pedras)川には、ペトロブラス（Petrobras）社によって建設された透過型砂防堰堤や不透過型砂防堰堤が設置されている（図 2-10)。これらは日本の砂防堰堤に類似しているが、透過型に関しては日本が鋼管フレーム構造であるのに対し、ペドラス川の砂防堰堤はコンクリートスリット構造である。

設計計算書が残っていないため、この砂防堰堤の設計に関わった Dr. Faiçal Massad にヒアリングし、得られた情報を基に日本との設計法を比較し表 2-6 に整理した。Dr. Faiçal Massad の手元記録や記憶に残っている情報がベースなので、ペドラス川の砂防堰堤の設計法には不明確な点がある。しかしながら、彼は設計に先立ち JICA による日本での研修を受け、高橋保氏（京大防災研)、矢野勝太郎氏（砂防地すべり技術センター）の指導を受けたと語っており、日本の砂防堰堤の設計法が基礎になったと考えられる。揚圧力は設計外力として考慮されていないが、基礎に水抜きパイプを設置する工夫をしている。さらに、巨礫の衝撃力も設計外力としては考慮せずに、砂防堰堤 BF2 では衝撃対策として上流側を鉄筋（ひび割れ防止のメッシュ筋に類するもの）入りコン

クリートスキンと鉄板とで覆っている。









（クバトン市ペドラス川の砂防堰堤）　（日本の砂防堰堤）

図 2-10　クバトン市ペドラス川の砂防堰堤と日本の砂防堰堤

表 2-6　クバトン市ペドラス川の砂防堰堤と日本の砂防堰堤の設計法の比較

安定項目		ペドラス川の砂防堰堤	日本の砂防堰堤	備考
設計条件	設計の確率年評価	1／100 年	1／100 年	
	土石流ピーク流量	右に同じ	高橋式（土石流総量との関係式）	関係式の係数が異なる
	設計構造モデル	2 次元剛体片持ち梁	2 次元剛体片持ち梁	
	設計荷重	自重、静水圧・水重、土石流流体力、巨礫の衝撃力	自重、静水圧・水重（但し水の比重＝1.2）、土石流流体力、巨礫の衝撃力	巨礫の衝撃を計算するのではなく、配慮した設計を実施している
堤体設計	転倒安定条件	右に同じ	e≦B/6（合力作用位置が基礎のミドルサード内）	堤体を無筋としていることから推定
	滑動安定条件	不明	岩盤基礎： n ＝（f・V+τ・B）/H≧4 砂礫基礎： H＜15m：n＝f・V/H≧1.2 H≧15m：n＝f・V/H≧1.5	
	基礎の引張応力	σt＜0　（無筋）	σt＜0　（無筋）	
	堤体断面の決定	右に同じ	台形を基本とする。 下流法勾配を 1:0.2、 上流法は最緩勾配の単一断面	下流法勾配値は正確には不明

2.4.4　施工計画，施工管理

日本には、砂防施設の施工のための工事用道路、転流工、掘削工、コンクリート工等の工種ごとの施工手順や方法が解説された、「砂防技術指針運用（案）施工編（九州地方整備局河川工事課，平成 29 年 4 月）」に代表される、国土交通省の地方整備局や県によって作成された基準類が存在する。一方、ブラジルにおいては、斜面対策工や砂防堰堤の施工について記述したマニュアル類は見いだせなかった。

2.4.5　担当機関

一般的に、土砂災害対策構造物の工事は、市政府の体制が整っている場合は市の工事局が、市政府の体制が不十分な場合は州の工事局（リオデジャネイロ州の場合は工事インフラ局）が行う。災害後の復旧工事は、自治体の環境局や市民防御局が行うケースもあるようである。なお、完成した構造物の維持管理は、市政府が行う。

斜面対策工の場合、自治体の工事局の中で手続きが完結するが、砂防堰堤のような構造物を河道内に建設する場合、工事に先立ち環境局から環境許可を得る必要がある。

2.4.6　砂防堰堤マニュアル作成において考慮すべき事項

ブラジルにおける重力式擁壁や砂防堰堤の設計の基本的な考え方は、日本におけるそれらと同様であり、日本の砂防の技術指針をベースに本プロジェクトの砂防堰堤マニュアルを作成するにあたって大きな課題はないことがわかった。しかしながら、日本の砂防の技術指針では、砂防堰堤の設計に用いる各種定数の中には、過去の設計との整合を取るために、あるいは計算を簡単にするために特殊な使い方をしているものがあるため、こうしたものはブラジル側の技術規格に整合させたり、新たに設定したりする必要がある。

なお、砂防堰堤マニュアルを作成していくなかで、日本では鋼製透過型砂防堰堤の鋼製透過部を許容応力度設計法に基づいて設計しているのに対し、ブラジルでは限界状態設計法に基づいて設計する必要があることが明らかになったことから、ブラジルの方法に適合させる作業を行った。

2.5　［1-4］ブラジルにおける土石流対策構造物に必要な建設資材、施工機械、建設方法に関する確認を実施

ブラジル技術規格協会（ABNT）によるブラジル技術規格（NBR）のうち土石流対策構造物に使用する材料や設計に関連するものや、その他の関連資料を収集・整理するとともに、施工方法、調達可能な建設材料、施工能力を有する建設業者等の情報を収集した。その結果、山岳地域において土石流対策構造物に必要な建設資材や施工機械は確保できたことに加え、資機材運搬、型枠、足場、コンクリートの製造および打設等の施工技術は十分高いことが確認でき、材料や施工環境の面からも、日本の砂防の技術指針をベースに本プロジェクトの砂防堰堤マニュアルを作成するにあたって大きな課題はないことがわかった。

2.5.1 調査目的および調査方法

土石流対策構造物の建設に必要な主な工種は、コンクリート工および鋼構造工の 2 工種であり、一般土木工事と異なり、コンクリート工がマスコンクリートであり、施工現場が山岳地や急斜面の狭隘地であるという特殊性がある。また、鋼構造工においては、ミリメートル単位の施工精度が求められる。そこで、マスコンクリートおよび鋼構造の製造について、先行業務の「ブラジル連邦共和国 強靭な街作りのための土砂災害対策能力向上プロジェクト詳細計画策定調査」および「ブラジル国鋼製透過型・ソイルセメント砂防堰堤普及促進事業」に記載されている情報に、施工業者や製造工場の視察結果、および建設業界に詳しい Dr. Faiçal Massad および Prof. Rogério Luiz Feijó へのヒアリング結果を加え、情報を整理した。

本事業のパイロットプロジェクトのサイトが 2 カ所ともリオデジャネイロ州であること、また、土石流対策構造物のニーズがある Serra do Mar（海岸山脈）を含む他の州の施工環境も、リオデジャネイロ州と変わらないという MIDR の見解から、施工に関する情報収集はリオデジャネイロ州を中心に行った。調査分析結果は、MIDR との定例会議および第 1 回セミナーにおいて、連邦、州および市の技術者、ならびに技術委員会と共有した。

2.5.2 コンクリート工

(1) マスコンクリート材料

砂防堰堤のコンクリート工は、大量のコンクリートを連続して打設するマスコンクリートなので、温度応力および硬化収縮によるひび割れ防止のために水セメント比（W/C）の小さい固練りコンクリートが使用される。ブラジルでは、大ダム、鉱滓ダム、橋脚などでマスコンクリートの施工事例は多く、打設時の水和反応熱による温度応力対策として低発熱セメントを使用したコンクリートや、W/C の小さい固練りコンクリートの技術が普及している。

ブラジル技術標準の「ABNT NBR 16697 Cimento Portland – Requisitos（ポルトランドセメントの要件）」には、日本と同様の低発熱の高炉セメントが示されている（表 2-7）。日本で砂防堰堤用のコンクリートに使用される高炉セメント B 種は、ブラジルの CP-III に相当する。

表 2-7 低発熱セメント

規定	セメントの種類	高炉スラグ混入率
JIS（日本）	高炉セメント A 種	5%－30%
	高炉セメント B 種	30%－60%
ABNT（ブラジル）	CP-II E: cimento Portland com adição de escória de alto-forno	6%－34%
	CP-III ou Cimento Portland de Alto-forno	35%－75%

テレゾポリス市のレディミクスト・コンクリートサプライヤーである Pedrater 社を視察した結果、マスコンクリート用の高炉セメント（CP-III）を使用した固練りコンクリートが供給できること、また同社が保有する 8m^3 練りのミキサー車 9 台を使用すれば、10m × 10m ブロックの 1 リフトに相当する 100m^3/日程度のコンクリート量が十分供給できることが確認できた。

(2) コンクリート打設方法と打設機械

a) 水力発電ダムのコンクリート打設

ブラジルの電力会社で、水力発電ダムの建設も行う Eletrobras Furnas 社（以下、Furnas 社）のコンクリート技術管理マニュアル（MANUAL sobre Controle Tecnológico do Concreto em Empreendimentos de Geração）には、下記の 3 つの打設方法に対応したコンクリートについて記されている。Furnas 社技術研究所の Renato 氏および Alexandre 氏にヒアリングしたところ、実際に 3 つのいずれの方法でもコンクリート打設が可能であるとの回答を得た。また、温度応力および硬化収縮によるひび割れ防止のために、ダムコンクリートの 1 回の打設は幅 10m、高さ 0.5m～1.0m のブロック状とし、打設間隔は 3 日以上としているとのことであった。

① 従来型コンクリート：一輪車やクレーンによる打設、対応スランプ 4-8cm
② ポンプ打設用コンクリート：コンクリートポンプ打設、対応スランプ 10-14cm
③ ローラー転圧用コンクリート：ローラー締固め、ゼロスランプ対応



（従来型コンクリート）


（ポンプ打設用コンクリート）


（ローラー転圧用コンクリート）

図 2-11 ダムコンクリートの打設

出典：MANUAL sobre Controle Tecnológico do Concreto em Empreendimentos de Geração (Santana et al. Furnas, 2018)

b) 斜面対策工のコンクリート打設

ノバフリブルゴ市の Córrego Dantas 地区では、2011 年災害時に大規模な斜面崩壊が発生して州道が通行止めになり、地域経済に大きな影響を与えた。災害後、リオデジャネイロ州工事局により、山頂部から中腹斜面にかけて斜面対策工が実施された。主な対策工は、待受け擁壁工（Barreira de Impact）および根固工（Obras de Compactação da Base）である。待受け擁壁、根固め工ともに鉄筋コンクリート構造であり、コンクリートはエンジン動力コンクリートミキサーによる現場練りで打設された。一方、2011 年災害で被災したサンルーカス病院の敷地を保護するために行われた擁壁工事では、レディミクスト・コンクリートがコンクリートポンプで打設された。また、斜面対策工に詳しい技術委員の Prof. Rogério Luiz Feijó にヒアリングした結果、ブラジルでは上記の工法以外にも、のり切工、のり覆工、アンカー工、のり枠工、落石防止ネット工、コンクリート擁壁と蛇篭とを組み合わせた排水路工などの、日本の斜面対策工事で採用されているほとんどの工法が採用可能であるとの情報を得た。



（山腹斜面に建設された待受け擁壁）



（岩盤斜面に建設された根固工）

図 2-12　斜面対策工の事例（ノバフリブルゴ市）

c) 砂防堰堤のコンクリート打設

クバトン市ペドラス川の砂防堰堤の設計に関わった、Dr. Faiçal Massad にコンクリートの打設方法についてヒアリングした結果、同河川に建設された 3 基の砂防堰堤はマスコンクリート（低発熱固練りコンクリート）であり、バケットにより打設リフト 0.5m 程度で打設されたとの回答を得た。



図 2-13　クバトン市ペドラス川の砂防堰堤 BF1 の上流面の状況

(3) コンクリート製造プラント

コンクリート配合は、現場配合では骨材の粒度分布や表面水量の変化に対応した管理が難しいので、コンクリートプラントで配合しミキサー車で運搬中に練り混ぜを行う。ノバフリブルゴ市およびテレゾポリス市には複数のコンクリートプラントが存在する。

(4) 型枠工、足場工等

リオデジャネイロ州の山岳地の斜面崩壊対策工事の型枠には、木製型枠が用いられている。



（サンルーカス病院の擁壁の木製パネル型枠）



（木製型枠および鉄筋工）

図 2-14　木製型枠の使用事例（ノバフリブルゴ市）

作業用の足場には木製足場と単管足場があるが、日本の工事現場で用いられているものと同じ、直径 48.6mm の鉄パイプをクランプで組み立てた単管足場が多く用いられている。



図 2-15　単管足場の使用事例（ノバフリブルゴ市）

2.5.3　鋼構造工

(1) 鋼材の規格

日本と同様の鋼製透過型砂防堰堤をブラジルで製作する場合に、現地で調達できる鋼材について調査した。鋼製透過型砂防堰堤製造に使われている JIS 規格と、それに相当する化学成分や物理性質を持つブラジル技術標準「ABNT NBR 5590 Tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados – Requisitos（縦方向の溶接の有無によらない、黒または亜鉛メッキされた炭素鋼パイプの要件）」を表 2-8 に示した。鋼製透過型砂防堰堤の主要鋼材である肉厚鋼管は、最大直径 650mm まではブラジル現地で調達できる。

表 2-8　鋼製透過型砂防堰堤に必要な鋼材

部材	鋼材	規格	
		JIS（日本）	ABNT（ブラジル）
柱材	鋼管	G3444 STK490	NBR5590 グレードB
横材、繋ぎ材	鋼管	G3444 STK490	NBR5590 グレードB
フランジ	鋼板	G3106 SM490	
キャッププレート	鋼板	G3106 SM490	
ベースプレート	鋼板	G3106 SM490	
高力ボルト・ナット	接合材	B1180、B1181	
フランジプレート	構造用鋼材	G3106 SM490Y	

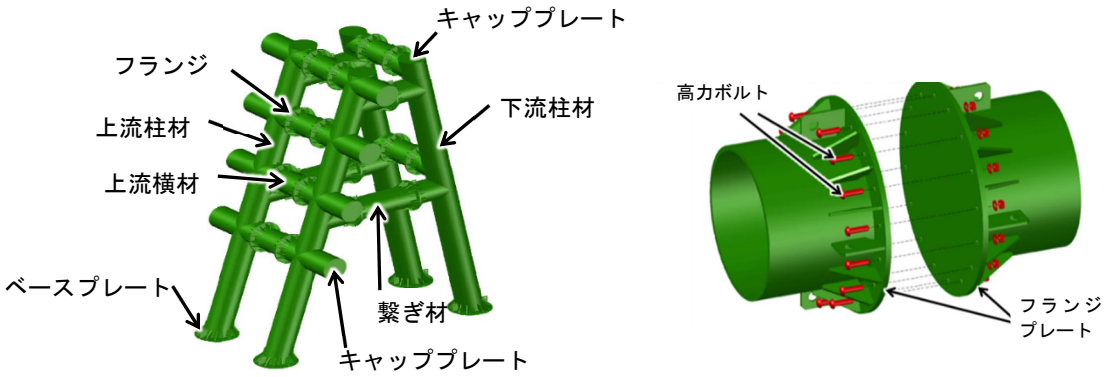


図 2-16　鋼製透過型砂防堰堤の部材名称

(2) 鋼構造物の製造技術

ブラジル国内には大小の鉄鋼加工工場があり、鉄鋼 2 次製品の製造能力は高い。2019 年に JICA 民間技術普及促進事業において、日本の鋼製砂防堰堤メーカーの技術者がブラジルの大規模な鉄鋼加工工場を視察し、技術水準、設備、製造能力、品質管理能力、製品輸送システムを評価した。その結果、日本で製作されるものと同等の鋼製砂防堰堤の製作、全土への供給が可能であることを確認している。ブラジルの鉄鋼加工工場で確認された、透過型砂防堰堤製作において重要となるプラズマ鋼管切断機および半自動溶接機の状況を、図 2-17 および図 2-18 に示す。



図 2-17　プラズマ鋼管切断機（直径 50～600mm, 最大肉厚 25mm, 最大長さ 12m）



図 2-18　半自動溶接機（同時に 70 台稼働）

2.5.4　資機材運搬

前述の、2011 年にノバフリブルゴ市の Córrego Dantas 地区で発生した斜面崩壊への対策工事では、一輪車を用いた人力のほか、モノレールを使った資機材運搬が行われた。また、斜面対策工に詳しい技術委員の Prof. Rogério Luiz Feijó にヒアリングした結果、ブラジルでは上記の他に、ヘリコプター、斜面足場（ステージ）および動物（ロバ）による資機材運搬も行われており、急勾配のアクセスが困難な場所でも様々な工事ができるとの情報が得られた。



（モノレール／資材運搬施設）



（一輪車／コンクリート運搬・打設）

図 2-19　資機材運搬の事例（ノバフリブルゴ市）

2.5.5　建設業者

マスコンクリートを伴う工事および山岳地の斜面崩壊対策工事実績のある会社を政府機関からヒアリングした結果を下記に列挙した。ブラジルで斜面崩壊対策工事を実施している会社は、土木工事全般を実施する会社に比較し、社員が数 10 人と小規模の会社の傾向がある。

(1) クバトン市ペドラス川の砂防堰堤を建設した建設会社

Passarelli Ltda.
Localização：Rua Paes Leme, 524 - 8º andar Pinheiros - São Paulo/SP
CEP: 05424-904　Tel: 55 (11) 3037-8400
設立：1932 年
社員：　431 人
マスコンクリートを含む土木工事全般

(2) マスコンクリートの打設経験があるリオデジャネイロ州所在の建設会社

地域開発省執行事務局（当時、SECEX）南東地域出張所代表者の Leonardo de Almeida Ferreira 氏へのヒアリングの結果、リオデジャネイロ州における約 30 社の建設会社は、コンクリート打設に使われるホイルクレーン、タワークレーン、コンクリートポンプ車等の建設機械を保有し、またこれらの建設機械のリース会社もあり、橋梁ピアー、道路舗装、海岸設備などの工事においてマスコンクリートの打設経験を有し、クレーンで低スランプコンクリートをバケット打設できるとの回答を得た。コンクリートポンプ車に関しては、輸送可能なコンクリートはスランプ 10cm 以上、最大骨材粒径 40mm 以下とのことであった。

(3) リオデジャネイロ州山岳地における斜面対策工事の実績がある建設会社

SOPE - SOCIEDADE DE OBRAS E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA
CNPJ(法的機関の国家登録番号)：42.418.533/0001-38
Sede：Rua das Laranjeiras, 43, lojas 20 e 22, Laranjeiras, RJ - RJ

設立：1975 年
斜面崩壊対策

ROSENGE CONSTRUÇÕES E SERVIÇOS LTDA. - EPP.
CNPJ: 03.109.322/0001-61
Sede: Avenida Marechal Floriano, 38, sala 910, Centro, RJ - RJ
設立：1998 年
社員：50 人
斜面崩壊対策

SOLOTESTE ENGENHARIA LTDA
CNPJ: 33.456.492/0001-83
Sede: Av. Rio Branco, 156 - Grupo 1818 - Centro, RJ - RJ
設立：1957 年
社員：30 人
斜面崩壊対策

OMEGA CONSTRUTORA E SERVIÇOS LTDA
CNPJ: 12.647.362/0001-58
Sede: Rodovia RJ 116 - KM 105 - S/N - Centro - Município de Bom Jardim - RJ
設立：1974 年
土木工事全般

CTESA CONSTRUÇÕES LTDA
CNPJ: 68.703.701/0001-20
Sede: Rua Quinze De Novembro, 90, Salas 408 a 414, Centro, Município de Niterói - RJ
設立：
社員：23 人
土木工事全般

2.5.6 砂防堰堤マニュアル作成において考慮すべき事項

山岳地域において土石流対策構造物に必要な建設資材や施工機械は確保でき、また資機材運搬、型枠、足場、コンクリートの製造および打設等の施工技術も十分高いことが確認できたことから、日本の砂防の技術指針をベースに本プロジェクトの砂防堰堤マニュアルを作成するにあたって大きな課題はないことがわかった。コンクリートミキサー車がアクセスできる施工現場では、レディミクスト・コンクリートをポンプ打設することにより、コンクリート打設を迅速に行うことが可能と考えられる。

2.6 [1-5] 1-2～1-4 の確認の結果に対する理解を深めるための日本での研修の実施

2.6.1 第 1 回国別研修（管理・計画実務者向け）の実施

2023 年 10 月 10 日から同 10 月 20 日にかけて、第 1 回国別研修を実施した。研修の目的及び個別課題、日程および研修参加者を、それぞれ表 2-9、表 2-10 及び表 2-11 に示す。

表 2-9　研修員が獲得すべき能力、研修の目的及び個別課題（第 1 回国別研修）

ブラジル側の行政官が獲得すべき能力	土石流構造物対策とそれに関連して実施すべき活動を理解し、推進する能力
本研修の目的	日本の土砂災害の特徴と対策、災害リスク評価、土石流構造物対策に関する技術指針、建設資材や施工の現状の学習や視察を通じて、日本とブラジルの類似点や相違点を理解し、パイロットプロジェクトの円滑な実施や土石流高リスク地域への土石流構造物対策の展開を進めるために各所属機関で自身が行うべき短期的・中長期的活動を明確化する。
主な個別課題 （主担当機関）	● 計画土砂量、砂防堰堤の設置位置、基礎地盤の評価、設計・施工および技術の普及方法、応急対策と恒久対策についての理解を深める。（MIDR、リオデジャネイロ連邦大学、州・市政府） ● 砂防堰堤下流の流末処理の考え方として、土石流対策と排水対策は別個に扱われていることを理解する。（MIDR、連邦貯蓄金庫、リオデジャネイロ州環境機構） ● 地域住民への普及啓発活動や景観対策を理解し、パイロットプロジェクトにおける地権者との合意形成について解決の糸口をつかむ。（MIDR，市政府） ● パイロットプロジェクトにおける鋼製透過部のサプライヤー選定時に適切な要件設定がなされるよう、鋼製透過部の製作機械や検査項目を把握する。（リオデジャネイロ州政府） ● 土石流構造物対策事業への予算のつけ方についての理解を深める。（都市省、連邦貯蓄金庫） ● 建設された砂防施設の維持管理にかかる活動と資金について理解を深める。（市政府、連邦貯蓄金庫）

表 2-10　概略の研修日程（第 1 回国別研修）

日付	研修内容
10/10（火）	ブリーフィング、研修内容の説明
10/11（水）	国土交通省表敬 講義：日本の土砂災害リスク管理の概要，日本の土石流対策技術の変遷
10/12（木）	講義：六甲砂防事務所の事業概要，神戸市が実施する土砂災害対策事業紹介
10/13（金）	視察：仁川百合野地区地すべり資料館、不透過型及び鋼製透過型砂防堰堤 講義：ボランティア団体による砂防事業への理解促進の取り組み
10/16（月）	視察：鋼製透過部の製作及び仮組み工程
10/17（火）	講義：広島における土砂災害と対策
10/18（水）	視察：維持管理道路を備える砂防堰堤、施工中の鋼製透過型砂防堰堤
10/19（木）	アクションプラン発表に向けた討議
10/20（金）	アクションプラン発表、評価会、修了式

表 2-11　研修参加者（第 1 回国別研修）

所属機関		氏名	役職
連邦政府	統合・地域開発省　市民防御局	Charles Silva de Aguiar	土木技師 - プロジェクトチーフ
	都市省　郊外地域局	Daniel Masiero	防災対策調整官
	連邦貯蓄金庫　リオデジャネイロ州政府管理支部	Thiago Gomes	土木技士 - 契約コーディネーター
大学	リオデジャネイロ連邦大学　土木工学部	Leonardo de Bona Becker	教授
ﾘｵﾃﾞｼﾞｬﾈｲﾛ州政府	リオデジャネイロ州 環境・持続性局環境機構 気候変動・生物多様性保全課	Aline Freitas da Silva	災害に強い街づくり調整官
市政府	ノバフリブルゴ市　市民防御局	Luan Leite Feijó	副局長
	テレゾポリス市　公共事業検査事務局	Luiz Cláudio dos Santos Moraes	局長
	テレゾポリス市　公共事業検査事務局	Thiago Oliveira Cardoso	土木技師
	ブルメナウ市　市政担当局	Jonathan Rafael Hotto	土木技師
合計		9	

土砂災害対策、特に土石流構造物対策に関連する中央政府から県・市、市民レベルまでの取り組みを網羅でき、また施工中および竣工後の不透過型砂防堰堤や鋼製透過型砂防堰堤を視察し、建設材料の使い分け、施工方法及び維持管理のための工夫等を学べるように、本研修プログラムは以下の 1)～3)の流れとした。加えて、鋼製透過部の製作についての理解促進を図るため、鋼製透過部の製作工場を視察先に加えた。

1) まず、日本の土砂災害対策の概要や、ブラジルの砂防マニュアルβ版のベースとなった日本の土石流対策技術が現在の形となった経緯を、国土交通省水管理・国土保全局砂防部で実施する講義によって学ぶ。
2) 次に、ブラジルと地形・地質及び市街地の拡大傾向が類似する六甲山地や広島市周辺地域において、土石流構造物対策の実例を学ぶ。また、市やボランティア団体による地域住民の防災意識向上の取り組みや、鋼製透過部の製作過程を学ぶ。
3) 最後に、研修を通して得られた学びを研修参加者の間で共有するとともに、帰国後にそれぞれが所属機関で行うアクションプランを取りまとめ発表する。なお、アクションプランの要旨及び 2024 年 5 月時点の実施状況を表 2-12 に示す。

研修参加者は問題意識をもって研修に参加し、日本で実施されている土砂災害対策、特に土石流構造物対策について網羅的に学習した。さらに、連邦制のブラジルで土石流構造物対策をパイロット地域やその他の土石流高リスク地域に展開するためには様々な関係機関の連携が不可欠であることが理解され、組織間連携に必要な、互いに気軽に相談できる関係性が構築された。

表 2-12　アクションプラン要旨（第 1 回国別研修）

研修員所属機関	短期的アクションプラン	中・長期的アクションプラン
グループ 1		
統合・地域開発省	土石流構造物対策の水平展開を進めるため、土石流災害の高リスク地域の自治体を対象としたセミナーを統合・地域開発省と都市省で共催する。(*未実施) パイロットプロジェクトのコントラクター調達に備えるため、鋼製透過型砂防堰堤の建設に向け、ブラジル国内の製作工場の情報収集を行い、リオデジャネイロ州政府と共有する。(*実施済み)	土石流構造物対策の水平展開を進めるため、地方政府職員や技術者の育成のためのグッドプラクティスとしての砂防マニュアルの広報、パイロットプロジェクトや災害事例等の記録集作成を行う。また、土石流災害の高リスク地域の選定を進めるため、IPT や CPRM 等の関係機関の技術協力協定を行う。
都市省	同上	土石流構造物対策の水平展開を予算面から支援するため、統合・地域開発省と協調して土石流構造物対策及びリスクマッピングのための予算確保と、予算確保実現のためのマニュアル作成を行う。
連邦貯蓄金庫	リオ州政府と連携し、設計段階から情報交換しながらパイロットプロジェクトへの資金提供審査を円滑に推進する。(*円滑な審査に向け、MIDR やリオ州政府との情報交換を実施中。)	土石流構造物対策の水平展開を進めるため、地方政府が土石流構造物対策の工事発注時の申請を容易に進められるように、予算申請マニュアルを作成する。また、客観的に優先度の高い渓流から予算を投入できるようにするため、費用便益評価の導入を検討する。
リオ州環境機構	機構内の技術者を対象としたセミナーを開催し国別研修の成果を機構内に展開するとともに、パイロットプロジェクトの環境審査を円滑に進められるよう、環境アセス担当職員の砂防への理解促進をはかる。(*実施済み)	土石流構造物対策の水平展開を進めるため、州内の土石流災害リスクが高い自治体が行うリスクマッピングの支援や、そのための広報活動を行う。
グループ 2		
リオ連邦大学	土石流構造物対策の計画・設計ができる技術者を育成するため、大学教育での土石流のメカニズムと対策に関するカリキュラムを強化する。(*国別研修で得られた情報をセミナー用資料として整理済み)	土木工学で防災教育や住民への普及啓発を学問として扱えるようにする取り組みを進める。
市政府	パイロットプロジェクトに向け、研修内容を市職員へ展開し、過去の災害の記憶を住民に伝える取組みに着手する。(*研修内容を市職員への展開は実施済み)	市で土石流構造物対策を推進するため、リスクマッピングや構造物対策に関する市職員の能力向上や市民の防災への意識づけを行う。また、土石流対策構造物の予算確保に向け、土石流災害リスクが高い他の自治体を巻き込み連携した活動を行う。

注）* 2024 年 5 月時点の短期的アクションプランの実施状況

2.6.2　第 2 回国別研修（意思決定者レベル向け）の実施

2024 年 9 月 24 日から同 10 月 4 日にかけて、第 2 回国別研修（意思決定者レベル向け）を実施した。研修の目的及び個別課題、日程および研修参加者を、それぞれ表 2-13、表 2-14 及び表 2-15 に示す。研修参加予定者は、政治任用ではなく正規の公務員の中から選定した。その結果、準高官級とそれ以外の参加者が混在する結果となった。

表 2-13　研修員が獲得すべき能力、研修の目的及び個別課題（第 2 回国別研修）

ブラジル側の行政官が獲得すべき能力	土石流構造物対策とそれに関連して実施すべき活動を理解し、関係機関相互で連携して推進する能力
本研修の目的	日本の土砂災害の特徴と対策、災害リスク評価の現状、土石流構造物対策に関する技術指針、土石流構造物対策の技術開発、日本政府が取り組んでいる継続的な技術進化の重要性等の日本における学びをベースに、日本とブラジルの類似点や相違点を理解しつつ、ブラジルの土石流災害リスクが高い地域に構造物対策を展開してゆくために各所属機関や自身が行うべき実現可能な解決策を明確化する。
主な個別課題 （主担当機関）	● 毎年継続的に土石流対策構造物を建設し維持管理するために日本で行われている取り組みを理解し、ブラジルで長期的に同様の対策を実施するために必要な取り組み、施策、組織制度を検討する。（全ての関係機関） ● 土砂災害対策の行政運営を担う人材を育成するために日本で行われている取り組みを理解し、ブラジルの組織法制度のなかで同様の成果を得るための方策を検討する。（全ての関係機関） ● 日本における地域住民への普及啓発活動や環境および景観への配慮の取り組みを理解し、ブラジルで土石流構造物対策を展開してゆくために工夫すべき事項を検討する。（州・市政府、研究機関） ● ブラジルにおける土石流データを収集・蓄積・分析し、それに基づいて継続的に技術を進化させ技術マニュアルを更新してゆくために必要な取り組み、施策、組織制度を検討する。（MIDR、研究機関） ● 日本で行われている土石流構造物対策の計画、設計、施工および維持管理についての情報をもとに、パイロットプロジェクトを実施している自治体からの情報も踏まえつつ、土石流対策構造物の建設に向けて今後各自治体で行うべき行動を具体化させる。（これから土石流構造物対策に取り組む州・市政府）

表 2-14　概略の研修日程（第 2 回国別研修）

日付	研修内容
9/24（火）	ブリーフィング、研修内容の説明
9/25（水）	国土交通省表敬 講義：日本の土砂災害リスク管理の概要，土石流構造物対策の設計照査等
9/26（木）	講義：土砂災害対策の行政運営を担う人材の育成、国土交通大学校における砂防研修の実例
9/27（金）	講義：土石流対策に関する日本の学術界の役割、土石流対策に関する研究の実際、国土技術政策総合研究所の役割、研究成果の技術基準への反映、技術基準の普及・定着
9/30（月）	講義：広島における土砂災害と対策
10/1（火）	講義：災害箇所の砂防堰堤工事、継続的な技術進化
10/2（水）	講義：毎年継続的に砂防工事を実施するための取り組み 視察：砂防施設の環境・景観への配慮や管理方法
10/3（木）	アクションプラン発表に向けた討議
10/4（金）	アクションプラン発表、評価会、修了式

表 2-15　研修参加者（第 2 回国別研修）

所属機関		氏名	役職
連邦政府	統合・地域開発省　市民防御局	Wolnei Wolff Barreiros	局長
	統合・地域開発省　市民防御局	Frederico do Monte Seabra	課長
	統合・地域開発省　市民防御局	Rafael Pereira Machado	班長
	都市省　郊外地域局	Carlos Eduardo Afonso Gonçalves	技術アドバイザー
	連邦貯蓄金庫	Thaís Cristina Teixeira de Moraes Paixão	本/支店スーパーバイザー
大学	リオデジャネイロ連邦大学	Marcos Barreto de Mendonça	教授
ﾘｵﾃﾞｼﾞｬﾈｲﾛ州政府	社会利益及び住宅局	Aurélio Vogas Barreto	監督
サンパウロ州政府	技術研究所	Fabrício Araujo Mirandola	部長
市政府	サンタカタリーナ州ブルメナウ市	Gerson Lange Filho	部長
合計		9	

研修の円滑な実施と効果の最大化を図るため、主に以下の点に留意して研修の準備と研修プログラムの計画を行った。

- **事前準備と応募支援の強化**：第 1 回国別研修で応募書類の取り付けに時間を要した反省を踏まえ、キックオフミーティングを開催して応募書類の準備支援を行い、手戻りや遅延を防止した。また、研修開始約 3 週間前に事前ブリーフィングを行い、研修目的の共有や事前課題の提示を行った。
- **フライトの遅延リスクへの対策**：長距離移動に伴うフライト遅延リスクを考慮し、日本入国日と研修開始日の間に調整日を 1 日設けた。
- **カリキュラムの構成と期間**：意思決定者レベルの研修員が職場を離れやすいよう、研修期間を 11 日間に設定した。内容は、日本の行政機関（国・県・市）や研究機関の連携・役割分担を学び、ブラジル側の課題（予算、人材育成、データ蓄積等）解決の糸口となるよう構成した。
- **教材と環境整備**：講義資料は、プロジェクトで作成した用語集を用いて技術用語の統一性を保ちながらポルトガル語に翻訳した。また、現場視察ではパナガイド（無線ガイドシステム）を活用し、狭隘な山道で通訳者付近に集合しにくい環境でも円滑な通訳・聴取ができるよう配慮した。

研修の結果、広島での実例視察を通じて維持管理用アクセス道路の構造（勾配や車両転回所の有無）に関する関係者の理解が向上し、道路の勾配や終端の処理方法について意見の一致が図られ、ノバフリブルゴ市のパイロットプロジェクトで課題であった維持管理用アクセス道路の設計方針に反映された。また、日本の土砂災害防止に関連する法制度、関係機関の役割分担、予算確保、人材育成システム、およびデータ蓄積システムの整備の必要性が研修員に理解され、それらの実現に向けた取り組みがアクションプランに反映された。アクションプランは「連邦政府グループ」「州・市政府および研究機関グループ」ごとに作成された。以下にそれぞれを要約する。

【連邦政府グループのアクションプラン】

本プロジェクトの成果をフォローアップするため、連邦レベルの政府の権限や行使できる手段を考慮し、表 7 のテーマのうち No.1, No.2 に関連する以下の 4 つのチャレンジに重点を置くことにした。

(1) 公務員やその他の関係者に対する研修活動を通じて、プロジェクトで得た知識の普及を図る。研修活動の主な内容は以下の通り：
   a) 砂防堰堤を要する渓流を抽出するための簡易リスクマッピングと対策の優先順位付け
   b) 砂防堰堤の設計、施工、維持管理
   c) 上記 a)および b)のための連邦政府への正式な資金要請と、コミュニティ活動の展開に向けた州・市政府の組織的能力の開発
   d) 砂防堰堤の実施に関連する学術的イニシアチブの推進

(2) 砂防堰堤の実施において連邦政府を支援するための連邦政府資金の手配

(3) 統合災害情報システム（S2ID）の改善による、国家レベルでの災害登録データベースの統合

(4) 技術団体や産業界など社会の他のセクターへの本プロジェクトの成果の普及

■短期的アクションプラン

アクション	担当機関	目標年月	
		2024	2025
1. 2 つのパイロットプロジェクトに関する設計実施の完了	MIDR	12 月	
2. 2 つのパイロットプロジェクトに関する工事開始	MCid, CEF		6 月
3. 砂防堰堤を要する渓流の抽出のための簡易リスクマッピングマニュアルのバージョン V.02 の作成	MIDR		6 月
4. 連邦政府および州・市政府の戦略的パートナーや専門家への砂防技術の普及	MCid, MIDR		12 月
5. パイロット地域以外の州・市政府との新規砂防工事のための予算編成と資金源の特定	MCid, MIDR, CEF		6 月
6. 砂防堰堤を要する渓流の抽出のための簡易リスクマッピングマニュアルの普及を目的とした遠隔学習トレーニングプログラムの作成（対象：政府および民間技術者）	MIDR		12 月
7. ブラジル国内の大学への、学部課程および大学院課程における学術的な取り組みや、土石流に関する研究立ち上げの提案	MIDR, MCid		12 月

■中期的アクションプラン

アクション	担当機関	目標年月	
		2026	2027
1. 2 つのパイロットプロジェクトの施工完了	MCid, MIDR, CEF	6 月	
2. 土石流構造物対策の設計、施工、維持管理に関する砂防堰堤マニュアル最終版の納品	MIDR	6 月	
3. 土石流構造物対策の設計、施工、維持管理に関する砂防堰堤マニュアル最終版の正式な発表	MIDR	6 月	
4. 州・市政府が砂防工事の資金を連邦政府に申請するための手引書の作成	MIDR	6 月	
5. 災害後の復旧・復興のために SEDEC に提出された砂防施設の提案書の分析・承認・優先順位付け	MIDR	6 月	

の手順に関する内部基準の起草			
6. 都市省の防災プログラムにおいて砂防施設の実施を支援するための内部基準の起草	MCid	6 月	
7. 州・市政府から要望された砂防関連資金の供給を目的とした、MIDR が管理する特定予算措置の創設または既存予算措置の適応	MIDR		12 月

■長期的アクションプラン

アクション	担当機関	目標年月		
		2028	2029	2030
8. 大学の学部課程や大学院課程における学術的な取り組みの創設および土石流をテーマとした研究の促進	MIDR, MCid	12 月		
9. 土石流構造物対策の設計、施工、維持管理に関する砂防堰堤マニュアルの使用のための遠隔学習トレーニングの実施	MIDR, MCid		12 月	
10. 砂防構造物の設計、施工、維持管理に関するブラジル政府における制度的配置と責任分担を定めた法案の提案	MIDR, MCid		12 月	
11. 本プロジェクトの成果を業界団体、技術団体、民間セクターの代表者に説明することによる砂防技術の普及促進	MIDR, MCid			12 月
12. 既存の統合災害情報システム（S2ID）の再調整による近代化と、州・市政府および関係機関の災害記録データベースとの統合	MIDR		12 月	

注）MIDR: 統合・地域開発省, SEDEC: 市民防御局, MCid: 都市省, CEF: 連邦貯蓄金庫

【州・市政府および研究機関グループのアクションプラン】

本プロジェクトの成果をフォローアップするため、表 7 に示した各テーマに関連する以下のチャレンジに重点を置くことにした。

■リオデジャネイロ州政府のチャレンジ
- ノバフリブルゴ市とテレゾポリス市で実施するパイロットプロジェクトの砂防工事の契約と実施を通じた知識と方法論の向上
- 上記地域以外で新規プロジェクトを実施するための、土石流災害リスクが高い地域の特定とリスクマップ作成
- 砂防に関する知識を普及させるための連邦政府や市政府との連携・調整
- 砂防施設の新規プロジェクトを実現可能にするための財源探し

■リオデジャネイロ連邦大学のチャレンジ
- 連邦政府と連携した研究機関による行動の実現
- 土石流データの収集：土石流量、流動中の物質の組成、固形物が占める割合、流量、物理的プロセス等
- 土石流による災害に関する社会教育活動を実施し、災害リスク軽減文化の発展

■サンパウロ州技術研究所（IPT）のチャレンジ
- 本プロジェクトで作成されたマニュアル類のサンパウロ州における普及
- サンパウロ州で砂防施設を建設するための資金探し

■サンタカタリーナ州ブルメナウ市政府のチャレンジ

- 市内における砂防堰堤を要する渓流の抽出のためのマッピングの実施
- 本プロジェクトで作成されたマニュアル類の普及
- 本プロジェクトで得られた知識の地域社会への普及

■短期的アクションプラン

アクション	担当機関	目標年月	
		2024	2025
13. ノバフリブルゴ市のパイロットプロジェクトの設計実施の完了	ERJ	10 月	
14. テレゾポリス市のパイロットプロジェクトの設計実施の完了	ERJ	12 月	
15. ノバフリブルゴ市のパイロットプロジェクトの入札手続き	ERJ (SEHIS)		3 月
16. テレゾポリス市のパイロットプロジェクトの入札手続き	ERJ (SEHIS)		6 月
17. サンパウロ州における土石流リスクが高い重要地域の特定	IPT		12 月
18. 研究機関グループによる土石流研究に関するパートナーシップの実施	UFRJ, IPT, MIDR		12 月
19. 州・市政府の市民防御機関による土石流発生イベントを記録するためのフォーマットの提案と、対応する職員の研修	UFRJ, IPT, MIDR		12 月
20. ブラジルにおける土石流発生イベントの空間分布の予備的な特定	UFRJ, MIDR		12 月
21. 砂防工事が行われる地域周辺の住民への土石流リスクの認識に関する調査の計画立案、資金探し	UFRJ, MIDR		12 月
22. 地域住民を土石流災害リスク軽減活動に参加させるための、公式・非公式な教育（学校、協会など）の計画づくり、資金探し	UFRJ, CEF		12 月
23. 市民防御機関を通じて市民教育を実施するための構想づくり、資金探し	UFRJ, MIDR		12 月
24. ブルメナウ市における砂防施設の設計を完成させるための MIDR への技術的情報提供	PMB		12 月
25. MIDR が行う砂防堰堤を要する渓流の抽出のための簡易リスクマッピングマニュアルの改定作業への支援	PMB		12 月
26. 連邦・州政府および研究機関から習得した砂防に関する知識の、イタジャイ渓谷自治体協会／市民防御大学の文脈での自治体職員への普及	PMB		12 月

■中期的アクションプラン

アクション	担当機関	目標年月	
		2026	2027
27. ノバフリブルゴ市のパイロットプロジェクトの工事実施	ERJ (SEHIS)	12 月	
28. テレゾポリス市のパイロットプロジェクトの工事実施	ERJ (SEHIS)		6 月
29. 2 つのパイロットプロジェクトの工事モニタリング	UFRJ		6 月
30. パイロット地域以外で新たに砂防事業を実施す	ERJ (SEHIS)	1 月	

る地域の特定とリスクマップの作成			
31. 新たに砂防堰堤の設計・施工を行うための財源探し	ERJ	12 月	
32. サンパウロ州内の州・市政府の技術職員への砂防堰堤マニュアルの普及	IPT		12 月
33. ブラジルにおける土石流発生イベントのデータの評価と砂防堰堤マニュアルの適合性のレビュー	UFRJ		12 月
34. 人材育成:JICA との学生や研究者の交流を模索	UFRJ		12 月
35. 土石流災害リスク軽減のための教育ができる人材の育成促進	UFRJ		12 月
36. 砂防堰堤マニュアルの最終版の作成	UFRJ, MIDR	6 月	
37. 土石流災害リスクが高い地域の特定とウェブサイトでの公表、住民への通知	PMB	12 月	
38. 連邦政府のシステムへの統合を踏まえた災害データベースの整備推進	PMB		6 月
39. 既存の教育プログラムや市民防御機関において土石流への取り組みを強調し、市民防御危機管理計画の一環としての模擬演習の実施	PMB		6 月

■長期的アクションプラン

アクション	担当機関	目標年月		
		2028	2029	2030
40. 新規砂防堰堤の候補地選定のためのマッピングの実施	ERJ (SEHIS)	1 月		
41. 新たに砂防堰堤の設計・施工を行うための財源探し	ERJ	12 月		
42. 砂防構造物の設計、施工を推進するための、関係機関とのパートナーシップ拡大	ERJ			12 月
43. 習得した知識の関係機関や市政府への普及	ERJ			12 月
44. サンパウロ州の地質条件に適合した土石流構造物対策を実現するための財源探し	IPT			12 月
45. ブラジルの実態を踏まえた土石流構造物対策に関する砂防堰堤マニュアルの更新	UFRJ, MIDR			12 月
46. 自然災害に関する大学院プログラム（サンタカタリーナ連邦大学）に土石流に関するデータを提供するためのパートナーシップ	PMB	12 月		
47. ブルメナウ市内の土石流構造物対策の設計、施工予算を市から支援する可能性の分析	PMB	12 月		
48. 自然災害リスク管理専門裁判所の設立についての地方検察庁との協議	PMB		1 月	

注）MIDR: 統合・地域開発省, MCid: 都市省, CEF: 連邦貯蓄金庫, ERJ: リオデジャネイロ州政府, SEHIS: 社会利益及び住宅局, UFRJ:リオデジャネイロ連邦大学, IPT: サンパウロ州技術研究所, PMB: ブルメナウ市政府

2.7 [1-6] パイロットプロジェクトを実施する地方自治体におけるリスクマッピングの結果に基づく土石流の構造物対策が必要な地域のリストアップ

活動 1-2 で行った簡易リスクマッピングの結果に基づき、リスクエリアにおける人口、学校および病院の分布状況や、過去の災害実績および土地の使用許可条件等を考慮して土石流対策構造物の建設優先度が高い渓流をリストアップし、ショートリストを作成した。

各渓流を対象として、土石流シミュレーションを行い土石流構造物対策の妥当性を検証するとともに、MIDR、ノバフリブルゴ市、テレゾポリス市、ブルメナウ市、CPRM の関係者及び専門家側で構成されるワーキンググループを通じ、土石流シミュレーションに関する技術移転を行った。

2.7.1 土石流構造物対策の優先度が高い渓流の選定支援

2.3 項で述べた土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング手法を用いて、リオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市およびテレゾポリス市において土石流対策を要する渓流を抽出し、土石流によって被害が発生する範囲（リスクエリア）を設定した。次に、ブラジル側から提供された人口統計データ、重要な保全対象の位置データ（病院、学校）を用いてリスクエリア内の資産（住宅家屋、病院及び学校）の数を算定し、特に優先度が高い 10 渓流程度を選出した。本項では、土石流構造物対策の優先度が高い渓流の選出方法について述べる。

(1) リスクエリア内の資産の算定

まず、優先度評価の指標とする資産として住宅家屋数、病院及び学校に着目し、リスクエリアに含まれるこれらの数を算定した。（優先度評価の指標としてこれらに着目した理由は 2.3.5 (4)参照）

(2) 資産数量の標準偏差を用いた優先度の高い渓流の抽出

まず、GIS 上で、土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングにより設定されたリスクエリアに住宅家屋、病院、学校のデータを重ね合わせ、リスクエリアに含まれる住宅家屋、病院、学校それぞれの数量を算定した。次に、リスクエリアに含まれる住宅家屋、病院、学校それぞれの標準偏差を下式で求め、その合計値を算定した。

$$T_i = \frac{10(x_i - \mu_x)}{\sigma_x} + 50$$

$$\mu_x = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu_x)^2} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} {x_i}^2 - {\mu_x}^2}$$

N ：データの大きさ
x_i ：データの各値
μ_x ：平均値
σ_x ：標準偏差

各渓流で算定された標準偏差の合計値を大きい順に並べた結果、ノバフリブルゴ市では 8 位までの渓流で（図 2-20）、テレゾポリス市では 7 位までの渓流で（図 2-21）標準偏差が特に大きく、多くの住宅建物、病院、学校がリスクエリアに存在し、土石流構造物対策の優先度の高いことが

わかった。

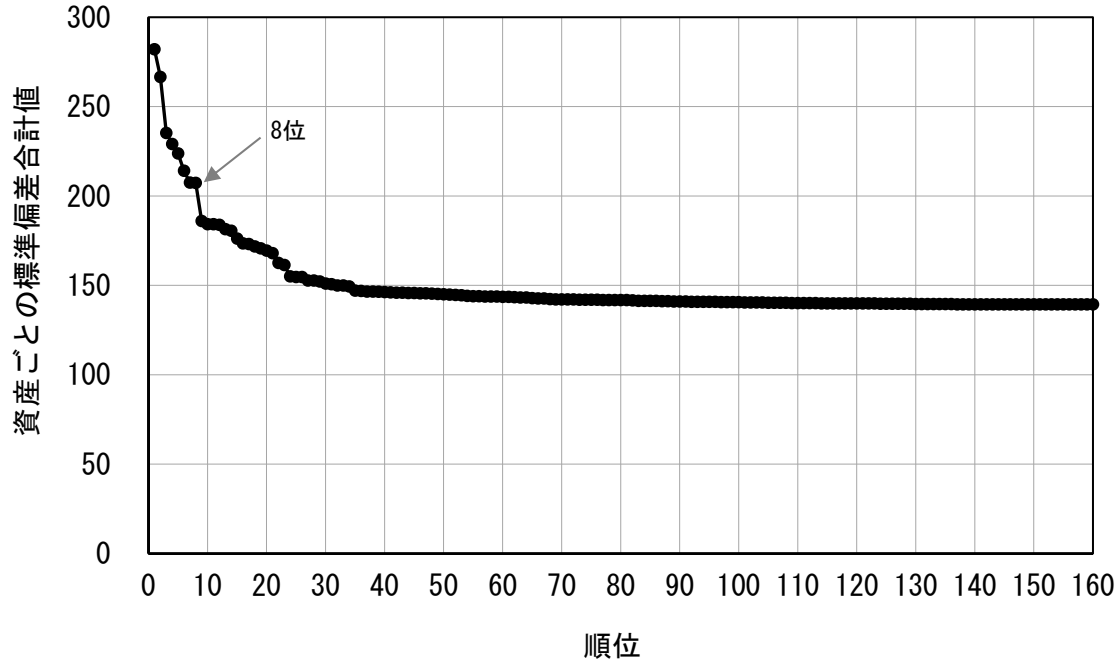


図 2-20　資産ごとの標準偏差合計値と順位（ノバフリブルゴ市）

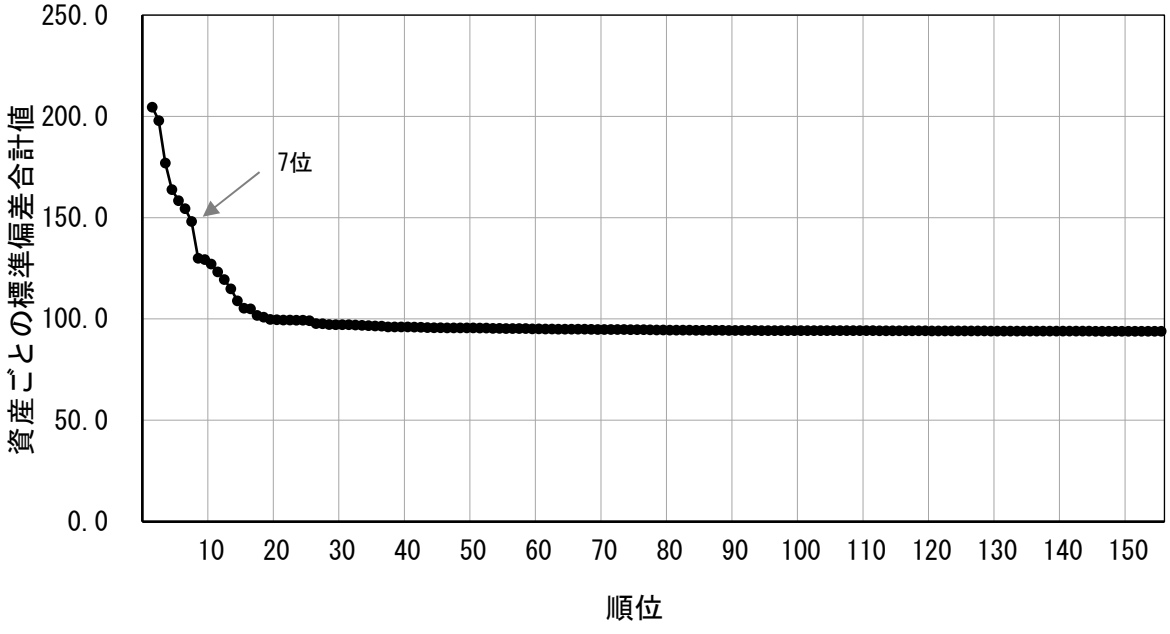


図 2-21　資産ごとの標準偏差合計値と順位（テレゾポリス市）

(3) パイロットプロジェクト対象地の選定支援

専門家側は、過去の土砂災害発生事例（土砂災害実績）、災害発生当時の雨量、被害状況、対策工の有無、リスクマップや構造物対策計画の有無等を調査した上で、上述した土石流構造物対策

の優先度の高い渓流のショートリストを作成し、パイロットプロジェクト対象地の選定を支援した。ノバフリブルゴ市およびテレゾポリス市それぞれの調査結果を表 2-16、表 2-17 に示す。土石流の発生履歴がない渓流では、今後も土石流の発生頻度は比較的低いものと考えられる。一方、過去に土石流災害が発生した渓流では、災害の誘因となった降雨と同程度の降雨によって再び災害が発生する可能性があり、この再度災害の防止に対する社会的要請は強い。

ノバフリブルゴ市の No.104 サンルーカス渓流では、8 年の間隔で土石流災害が 2 回発生している。2011 年 1 月災害の誘因となった降雨は 109mm/h_{24} と比較的小さい（発生確率 1/6 年）。現地踏査の結果、当該渓流の上流の渓床には依然として渓岸崩壊を起源とする土砂が堆積していることが確認され、土石流災害が再び発生するリスクは高いと考えられる。既に有効な対策工が実施されていれば土石流災害リスクは低下するが、当該渓流の出口付近に位置するサンルーカス病院の周囲には、2011 年 1 月災害後に泥水が病院建物に流入するのを防ぐための擁壁が設置されたものの、これは機能と強度の両面から土石流対策構造物として評価できるものではない。これらの事項に加え、当該渓流については先行プロジェクトの GIDES で土石流構造物対策計画が既に作成されていること、工事予算が確保されていること、サンルーカス病院が土石流対策構造物の建設用地の無償使用を市へ明言し、連邦政府もそれを確認していることを総合的に勘案し、No.104 サンルーカス渓流はノバフリブルゴ市におけるパイロットプロジェクト対象地の第 1 候補として提案された。

テレゾポリス市の No.6 プリンシペ渓流では、2011 年 1 月に 100 名以上の死者を伴う、同市内で最大規模の被害をもたらした土石流災害が発生した。この災害の誘因となった降雨は 264mm/h_{24} と比較的大きい。現地踏査の結果、当該渓流の上流の渓床には依然として 2011 年 1 月災害で流出した石礫が堆積しており、また流域も 3.19km^2 と比較的広いため、土石流災害が再び発生するリスクは高いと考えられる。2011 年 1 月災害後、リオデジャネイロ州環境局（INEA）は、当該渓流の谷出口付近に 2 基のワイヤーネット工を設置した。ワイヤーネット工には土石流の一部を応急的に捕捉する効果は期待できるが、構造的に弱く、土石流捕捉量も少ないため、恒久的な土石流構造物対策を講ずることにより土石流に対する安全度をさらに高める必要がある。これらの事項から、No.6 プリンシペ渓流はテレゾポリス市におけるパイロットプロジェクト対象地の第 1 候補として提案された。

表 2-16　優先度の高い渓流の土砂災害発生実績（ノバフリブルゴ市）

順位	No	渓流名	a)-2 高い土石流災害リスク				a)-1 社会的・経済的損害				b) リスクマップ	c) 構造物対策計画	d) 工事予算
			災害発生年	発生降雨（日雨量mm）	死者数	対策工	住宅家屋	病院	学校	標準偏差合計			
1	No. 73	Anchieta	2011年	109	無し	無し	31	3	2	282.15	作成済み	未作成	確保
2	No. 40		－	－	－	無し	255	0	4	266.68	作成済み	未作成	確保
3	No. 55	America	2011年	109	無し	無し	129	1	2	235.34	作成済み	未作成	確保
4	No. 68		2011年	109	無し	無し	29	2	1	229.17	作成済み	未作成	確保
5	No. 52		－	－	－	無し	246	0	2	223.89	作成済み	未作成	確保
6	No. 2		－	－	－	無し	308	0	1	214.19	作成済み	未作成	確保
7	No. 104	São Lucas	2002年 2011年	109 122	20名 不明	擁壁 *1	88	1	1	207.52	作成済み	作成済み	確保
8	No. 108		－	－	－	無し	87	1	1	207.35	作成済み	未作成	確保

*1　対策工は2011年1月災害後に建設されたもので、災害当時は対策工は存在しなかった。

表 2-17　優先度の高い渓流の土砂災害発生実績（テレゾポリス市）

順位	No	渓流名	a)-2 高い土石流災害リスク				a)-1 社会的・経済的損害				b) リスクマップ	c) 構造物対策計画	d) 工事予算
			災害発生年	発生降雨（日雨量mm）	死者数	対策工	人口 *1	病院	学校	標準偏差合計			
1	No. 1		－	－	－	無し	970	0	2	204. 62	作成済み	未作成	確保
2	No. 2		－	－	－	無し	1, 597	0	1	198. 02	作成済み	未作成	確保
3	No. 3		－	－	－	無し	1, 119	0	1	177. 08	作成済み	未作成	確保
4	No. 4		－	－	－	無し	42	0	2	163. 97	作成済み	未作成	確保
5	No. 5		－	－	－	無し	694	0	1	158. 47	作成済み	未作成	確保
6	No. 6	Príncipe	2011年	264	100名以上	ﾜｲﾔｰﾈｯﾄ*3	605	0	1	154. 57	作成済み	未作成 *2	確保
7	No. 7		－	－	－	無し	1, 237	0	0	148. 18	作成済み	未作成	確保

*1　家屋データが得られなかったため、NASAの人口密度データからリスクエリアの人口を算定し代用した。
*2　本プロジェクトで作成。
*3　対策工は2011年1月災害後に建設されたもので、災害当時は対策工は存在しなかった。

2.7.2　土石流シミュレーション

(1) 土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングの妥当性検証

パイロットプロジェクト対象地（以下、「パイロット渓流」）として選定された 2 渓流を対象として、土石流シミュレーションソフト Hyper KANAKO を用いた二次元氾濫解析を実施し、過去の災害実績および活動 1-2 で作成された簡易リスクマップの妥当性を検証した。氾濫解析に適用した流出土砂量は、ノバフリブルゴ市のサンルーカス病院裏の渓流については GIDES の調査結果を、テレゾポリス市のプリンシペ上流域の渓流については本プロジェクトで実施した現地調査結果および暫定的な砂防施設配置検討結果を用いた。二次元氾濫解析の結果得られた土砂の到達範囲は 2011 年 1 月災害の土石流氾濫範囲および土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングで得られたリスクエリアと概ね同程度であることが確認された。

パイロットプロジェクトで建設する砂防堰堤の堰堤軸が決定しているノバフリブルゴ市のサンルーカス病院裏の渓流については、氾濫解析結果（図 2-22）を用いて市政府が資産数量を算出している状況である。一方、テレゾポリス市のプリンシペ上流域の渓流については、パイロットプロジェクトで建設する砂防堰堤の計画地点付近の土地を所有する地権者との合意形成がなされておらず、堰堤軸が確定していないことから、暫定的な与条件で氾濫解析を行った。（図 2-23）。二次元氾濫解析で得られた土砂の停止位置は、氾濫実績図（図 2-24）における礫の到達範囲（図中の赤ハッチング範囲）よりも若干下流ではあるものの、概ね一致する結果となっている。

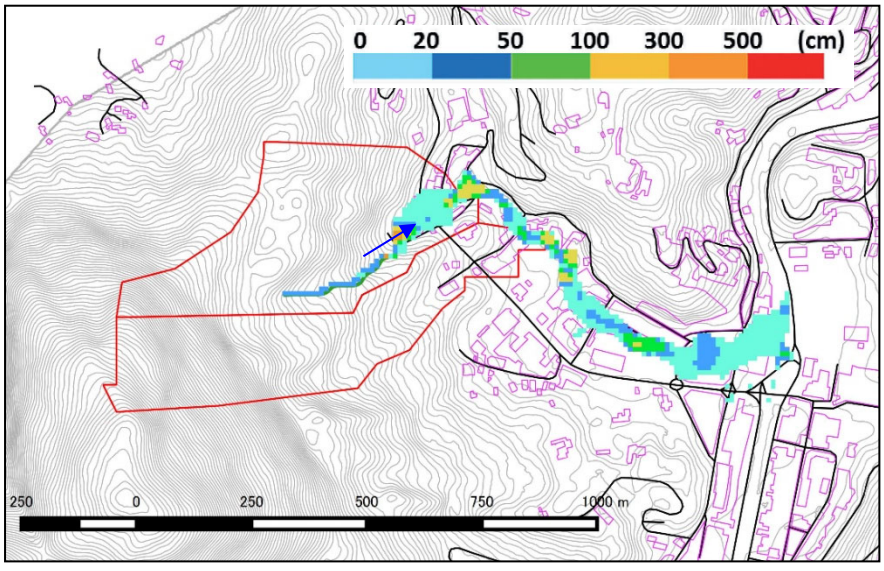


図 2-22　二次元氾濫解析結果（ノバフリブルゴ市サンルーカス病院裏の渓流）

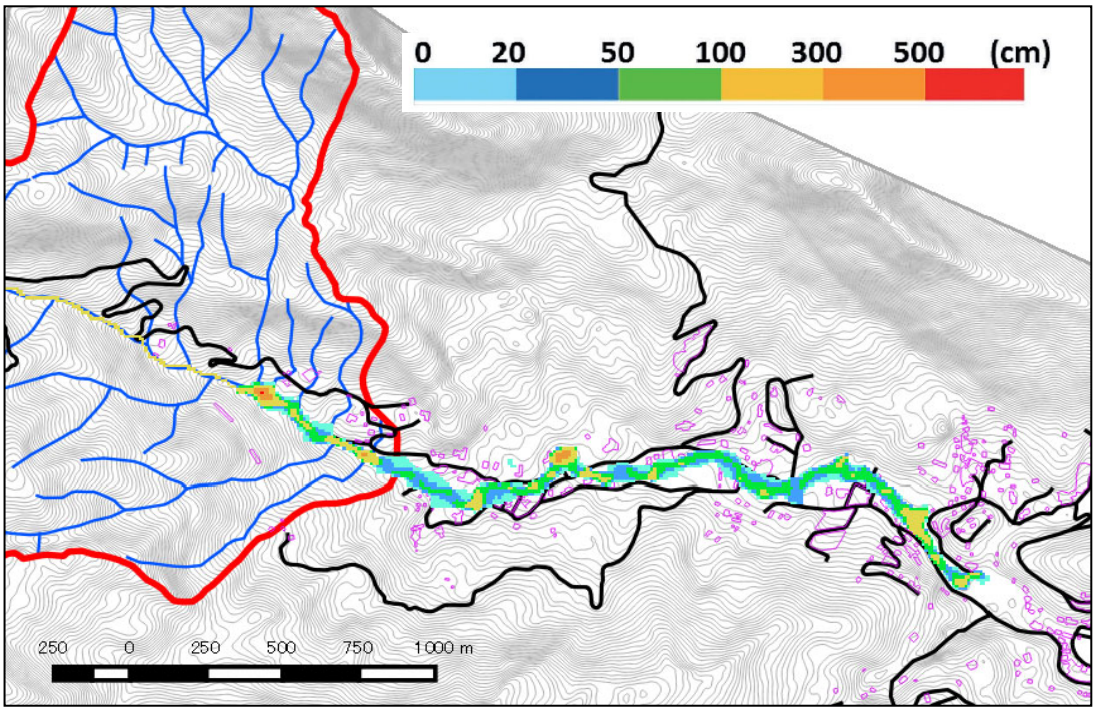


図 2-23　二次元氾濫解析結果（テレゾポリス市プリンシペ川上流域）

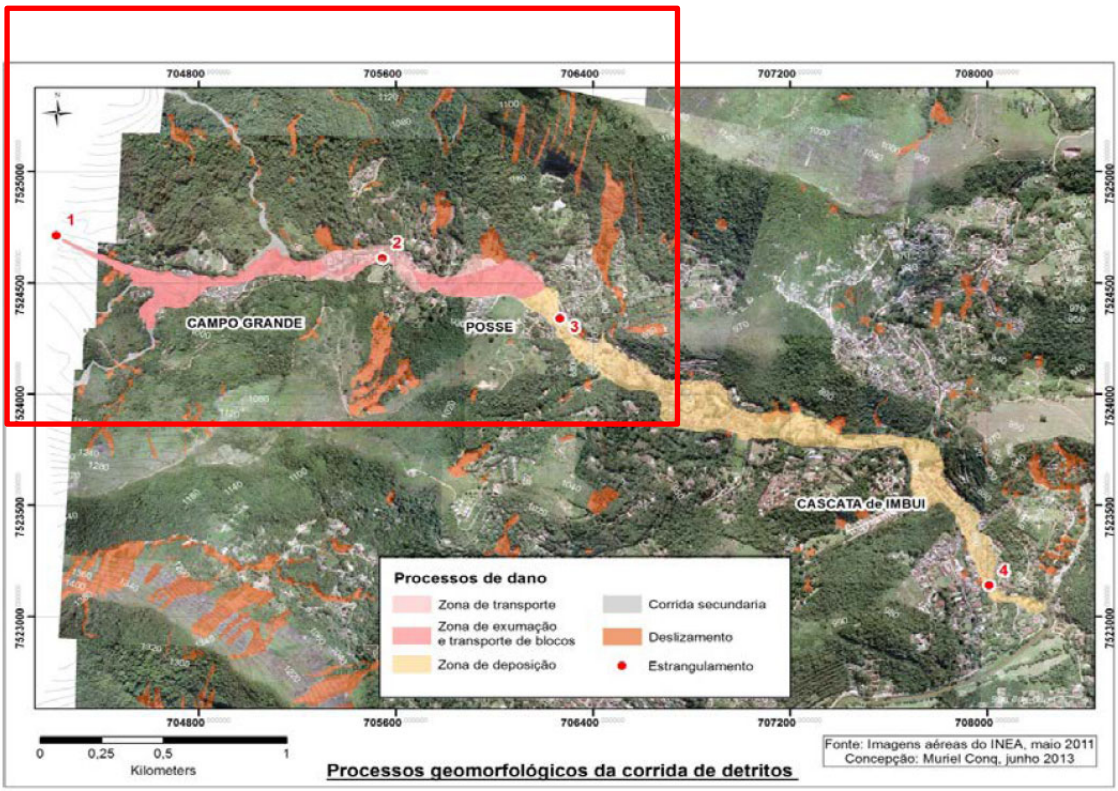


図 2-24　2011 年土石流災害の氾濫範囲（プリンシペ川）※赤い範囲が礫等の到達範囲

出典：Muriel Conq, Carla Semiramis Silveira, Francisco Dourado (2015): Processos geomorfológicos e danos derivados da corrida de detritus de janeiro 2011 na bacia do Córrego do Príncipe, Teresópolis – Região Serrana do Rio de Janeiro, Ciência e Natura, v.37, p. 93 – 103

(2) ライセンス管理

土石流シミュレーションに使用する HyperKANAKO のライセンスキー計 10 本は、既に MIDR に提供済みである（2022 年 11 月 21 日譲渡レター取り交わし済み）。技術移転の進め方について 2022 年 11 月 25 日に MIDR と協議した結果、技術移転は Web 研修を通じチュートリアル形式で行うこととした。さらに、河川の流れ・河床変動解析ソフトウェア iRIC の紹介についても同日に MIDR と協議した。なお HyperKANAKO のライセンス管理は、MIDR 及び各市政府が実施する予定である。

(3) 技術移転

市政府による土石流構造物対策計画の立案能力の向上を目的として、土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング手法の技術移転と同様に、C/P、ノバフリブルゴ市、テレゾポリス市、ブルメナウ市、CPRM の関係者及び専門家側で構成されるワーキンググループ（WG）を設置し、Web 研修の形で土石流シミュレーション手法の技術移転を行った。技術移転に先立ち、土石流シミュレーションに使用する HyperKANAKO の操作方法のうち、パイロットプロジェクトの解析において使用する際に必要な情報をとりまとめた手順書を専門家側で作成するとともに、2023 年 6 月 27 日に C/P 総合研究班コーディネーターの Rafael 氏と協議し、技術移転の方法やその後の展開及び土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングとシミュレーションの位置付けについて協議し、合意形成を行った。その結果を踏まえて 2023 年 7 月 7 日に Web 研修を実施し、WG のメンバーに対し、専門家側が作成した手順書のポルトガル語版に基づき、HyperKANAKO のインストール方法、地形データの変換方法、解析に使用する QGIS ファイルの作成方法及び計算実行方法について説明した。WG メンバーはそれぞれ土石流シミュレーションを実践し、土石流の氾濫範囲に含まれる被害資産の算定方法について検討を進めた。専門家側は、WG メンバーから挙げられた疑問点や検討結果を踏まえて土石流シミュレーションのチュートリアルを作成し、その内容を行政職員に普及させるためのワークショップを 2025 年 8 月に開催した（ワークショップについては巻末の添付資料-8 参照）。

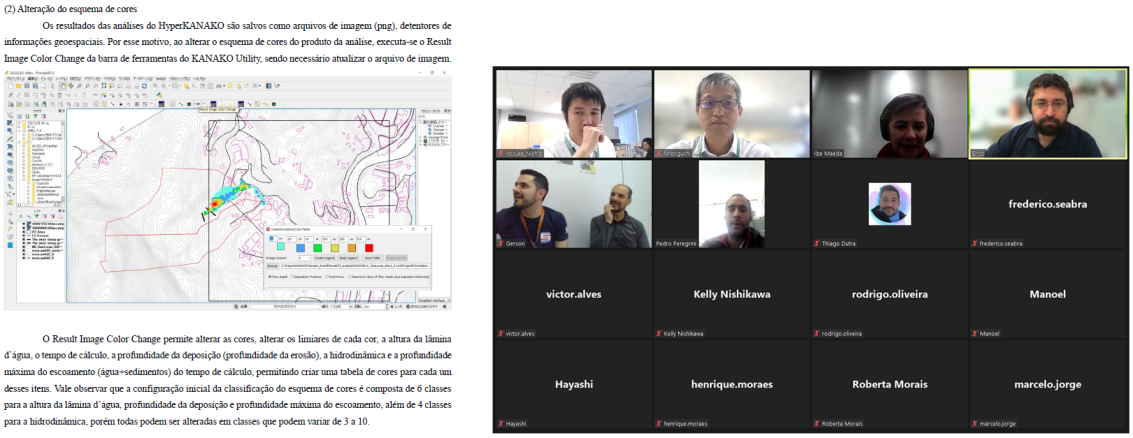


図 2-25　土石流シミュレーション手順書及び Web 研修実施状況（2023 年 7 月 7 日）

(4) 資産数量

ブラジルでは、防災工事については費用対効果の算定が求められておらず、費用便益分析のた

めのマニュアル類も存在しない。しかしながらパイロットプロジェクトにおいては、今後の砂防堰堤の効果を広く説明するための資料として、土石流氾濫シミュレーションで求められたリスクエリアに存在する保全対象の数量を各市で算定するものとした。

2.8 [1-7] 1-2～1-6 の結果を報告するためのセミナーの開催と報告書の作成

(1) 1-2～1-6 の活動成果の報告

2022 年 2 月 16 日の 10:00 から 17:00 にかけて、これまでにプロジェクトで実施してきた活動の結果をブラジル連邦政府機関および州・市政府に対して報告することを目的として、活動成果の報告を整理するとともに、長期専門家や C/P 機関と連携しながらリオデジャネイロ連邦大学（以下、UFRJ）にて G-122 講堂とオンラインを併用したハイブリッド形式のセミナーを開催した。なお、講堂のセミナー会場への参加者は、COVID-19 の感染拡大防止の観点から 50 名程度以下に制限した。オンラインを併用した結果、セミナーには日本をはじめ多くの参加者があり、その有効性が確認された。セミナーの概要は以下のとおりである。なお、各講演の主な内容と質疑応答の内容、およびセミナー参加者の内訳については、添付資料 8-5 に整理した。

表 2-18 セミナープログラム

1. 日時：2022 年 2 月 16 日（水） 10:00 - 17:00 **2. 場所：COPPE 講堂 リオデジャネイロ連邦大学** **3. 方式：対面およびオンライン**		
10:00	開会挨拶および来賓あいさつ	**1**-Prof. Maurício Erhlich (UFRJ) 2- Rafael Pereira Machado (MIDR) 3- Ken Hashiba (在リオデジャネイロ日本国領事館) 4-江口雅之 (JICA ブラジル事務所) 5- Edson Watanabe (COPPE)
10:30	斜面でのマス・ムーブメント	Prof. Maurício Erhlich UFRJ
11:15	マス・ムーブメントに伴う災害リスクへの対策工事の実情	Prof. Rogério Luiz Feijó UERJ
12:00	昼食	
14:00	土石流特性や砂防堰堤の設計、建設に関するブラジルと日本の比較	下田義文 JICA 専門家
14:30	日本の土石流対策	越智英人 JICA 専門家
15:00	コーヒーブレイク	
15:30	土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピング手法	西尾陽介 JICA 専門家
16:00	Quantum GIS (QGIS)の活用	Rafael Pereira Machado MIDR
17:00	閉会挨拶	

注） UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro（リオデジャネイロ連邦大学）
COPPE: Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia（UFRJ 技術センター（CT）内の研究・学習センター）



図 2-26　セミナー実施状況

(2) 鋼製透過型砂防堰堤の解説

活動 1-3 を実施した結果、ブラジルでは落石や崩壊土砂を柔軟に受け止めるバリア（ワイヤーネット、リングネット）は使用されているものの、土石流を制御するための剛性構造物に鋼製構造物が使用された実績がなく、今後鋼製透過型砂防堰堤の設計を進めるには日本で用いられている鋼製透過型砂防堰堤についてのブラジル側の理解をさらに深める必要があることがわかった。

そこで、鋼製透過型砂防堰堤の解説を目的として、2022 年 11 月 9 日にリオデジャネイロ連邦大学（UFRJ）工学大学院（COPPE）G107 会議室にて、鋼製技術拡大会議を開催した。

鋼製技術拡大会議では、C/P、UFRJ、COPPE、ノバフリブルゴ市、連邦貯蓄金庫（CAIXA）など総勢 29 名の参加のもと、専門家側から鋼製透過型砂防堰堤の歴史と種類、設計方法、および設計例について説明を行った。

表 2-19　鋼製技術拡大会議プログラム

1. 日時：2022 年 11 月 9 日（水） 13:00 - 17:00 **2. 場所：COPPE G107 会議室** **3. 方式：対面**		
13:00	開会挨拶	
13:05	鋼製透過型砂防堰堤の歴史と種類	嶋　丈示 JICA 専門家
14:00	鋼製透過型砂防堰堤の設計方法	嶋　丈示 JICA 専門家
15:30	コーヒーブレイク	
16:00	鋼製透過型砂防堰堤の設計事例	吉田　圭佐 JICA 専門家
17:00	閉会挨拶	



図 2-27　鋼製技術拡大会議の実施状況

2.9　プロジェクトの成果１にかかるベースライン調査

2.9.1　調査の概要

本プロジェクトを通じて、MIDR およびパイロトサイトに選定された市の C/P の能力や担当部局の組織力がどのように向上したのかをプロジェクト終了時に評価するため、プロジェクト開始時の C/P の能力や担当部局の組織力の把握をアンケート調査により行った。調査は地域開発省市民防御局の C/P の他、パイロットプロジェクトに関与するリオデジャネイロ州インフラ工事局、ノバフリブルゴ市およびテレゾポリス市の市民防御局等の関係者に対しても行った。アンケート用紙は 2022 年 2 月 4 日に配布した。

アンケートの質問項目は以下のとおりである。各項目の理解度は、0, 1, 2, 3 の 4 段階（3：理解度が高い）とした。

表 2-20　調査内容（個人の能力）

ｶﾃｺﾞﾘｰ	No.	調査項目
全般	1	土石流、斜面崩壊の違いを理解していますか
	2	土石流がどのような時に発生するか知っていますか
	3	土石流災害軽減対策として、下記の対策のうち、実際に関与した経験があるものの数を選んでください ・リスクマップの作成、・警戒避難、・構造物対策
	4	GIDES のマニュアルを知っていますか。 https://antigo.mdr.gov.br/protecao-e-defesa-civil/publicacoes/293-secretaria-nacional-de-protecao-e-defesa-civil/11876-projeto-gides
	5	土石流災害の主な対策工として以下のものがありますが知っていますか。 ・砂防ダム（不透過型砂防堰堤、透過型砂防堰堤） ・ワイヤーネット
	6	土石流を防ぐ対策工事に関与した経験が有りますか
	7	土石流の対策工事を行うためのプロセス（進め方）を理解していますか
砂防堰堤	8	リスクマップに基づいて、優先的に工事を行うべき渓流を抽出できますか
	9	砂防堰堤の設計について知っていますか
	10	砂防堰堤の施工について知っていますか
	11	砂防堰堤の維持管理について知っていますか

表 2-21　調査内容（組織の能力）

ｶﾃｺﾞﾘｰ	No.	調査項目
全般	1	砂防堰堤を計画、設計、施工を担当する部署がありますか
	2	砂防堰堤を計画、設計、施工を担当する技術的能力のある人員は配置されていますか
	3	砂防堰堤を維持管理する部署がありますか
	4	砂防堰堤の維持管理を担当する人員は充分配置されていますか
	5	砂防堰堤の維持管理計画が策定されていますか

2.9.2　調査結果

回答のあった 22 名の調査結果を整理して以下に示す。個人能力の一般的な土石流の知識や経験については、土石流構造物対策の工事の経験以外は比較的、豊富な知識、経験を有している。特にリオデジャネイロ州の担当者のスコアが高い結果となっている。砂防堰堤の技術的内容については、知識等が不足しているので、今後、知見、経験を積んでいく必要がある。

組織力については、構造物対策の計画、設計施工を扱う技術担当者は配置されているが、維持管理に関する部署の構築や人員の配置は行われていないため、プロジェクトを進める中で構築していく必要がある。

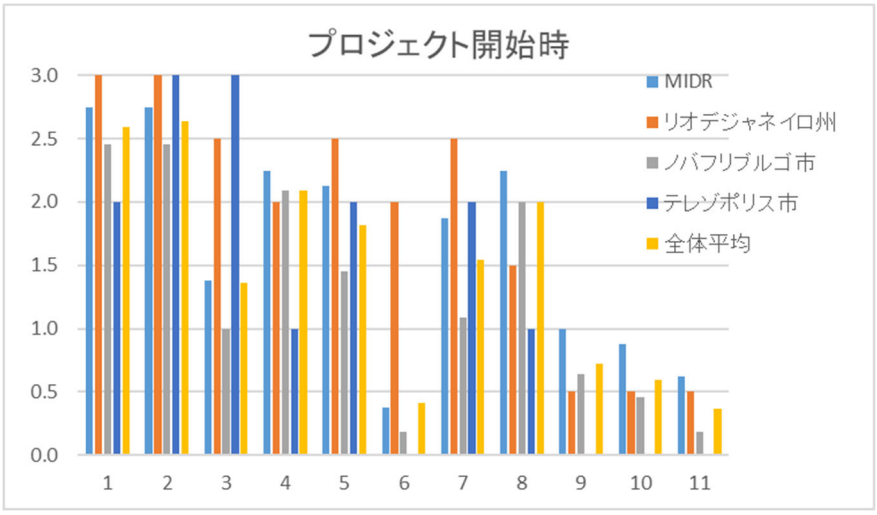


図 2-28　ベースライン調査結果（個人の能力）

表 2-22　ベースライン調査結果（個人の能力）スコア表

質問内容			スコア																											
			MIDR									リオデジャネイロ州			ノバフリブルゴ市												テレゾポリス市		全体平均
			M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	Ave	R-1	R-2	Ave	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7	N-8	N-9	N-10	N-11	Ave	T-1	AVE	
全般	1	土石流、斜面崩壊の違いを理解していますか	2	3	3	3	3	2	3	3	2.8	3	3	3.0	2	2	1	2	3	3	3	2	3	3	3	2.5	2	2.0	2.6
	2	土石流がどのような時に発生するか知っていますか	2	3	2	3	3	3	3	3	2.8	3	3	3.0	2	2	3	1	3	3	3	1	3	3	3	2.5	3	3.0	2.6
	3	土石流災害軽減対策として、下記の対策のうち、実際に関与した経験があるものの数を選んでください ・リスクマップの作成 ・警戒避難 ・構造物対策	0	3	1	1	1	1	2	2	1.4	3	2	2.5	1	1	0	0	1	2	3	0	1	1	1	1.0	3	3.0	1.4
	4	GIDESのマニュアルを知っていますか。	2	3	3	2	1	2	2	3	2.3	3	1	2.0	2	2	1	2	2	2	3	1	2	3	3	2.1	1	1.0	2.1
	5	土石流災害の主な対策工として以下のものがありますが知っていますか。 ・砂防堰堤 （不透過型砂防堰堤、透過型砂防堰堤） ・ワイヤーネット	2	3	2	2	2	2	2	2	2.1	3	2	2.5	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1.5	2	2.0	1.8
	6	土石流を防ぐ対策工事に関与した経験が有りますか	0	2	0	0	0	0	1	0	0.4	3	1	2.0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.2	0	0.0	0.4
	7	土石流の対策工事を行うためのプロセス（進め方）を理解していますか	2	3	2	2	2	0	2	2	1.9	3	2	2.5	2	1	0	1	2	2	3	0	0	1	0	1.1	2	2.0	1.5
砂防堰堤の技術的内容	8	土石流のリスクマップに基づいて、優先的に工事を行うべき渓流を抽出できますか	1	3	3	3	3	1	3	1	2.3	2	1	1.5	1	1	0	1	3	3	3	1	3	3	3	2.0	1	1.0	2.0
	9	砂防堰堤の設計マニュアルを知っていますか	1	3	0	1	0	1	1	1	1.0	0	1	0.5	1	1	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0.6	0	0.0	0.7
	10	砂防堰堤の施工マニュアルを知っていますか	1	3	0	1	0	1	1	0	0.9	0	1	0.5	1	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0.5	0	0.0	0.6
	11	砂防堰堤の維持管理マニュアルを知っていますか	1	1	0	1	0	1	1	0	0.6	0	1	0.5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0.2	0	0.0	0.4

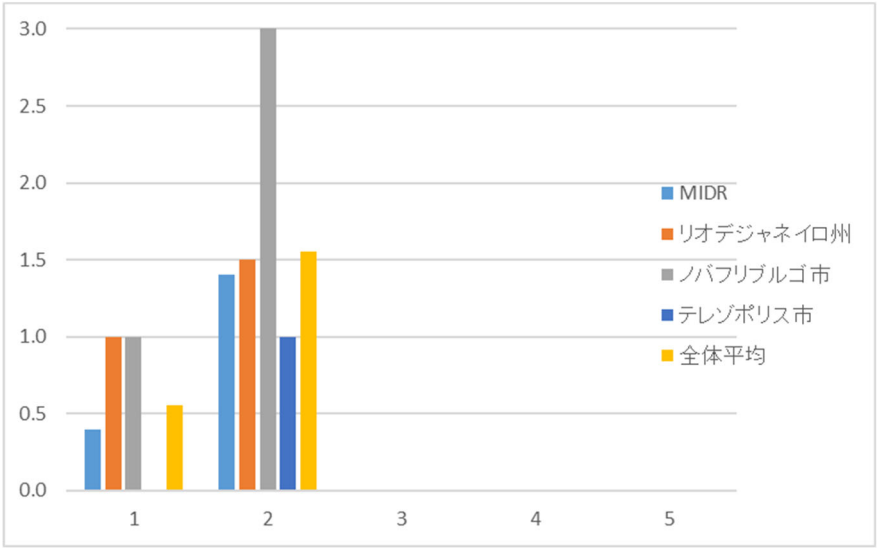


図 2-29　ベースライン調査結果（組織の能力）

表 2-23　ベースライン調査結果（組織の能力）スコア表

質問内容			スコア													
			MIDR						リオデジャネイロ州			ノバフリブルゴ市		テレゾポリス市		平均
			M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	平均	R-1	R-2	平均	N-1	平均	T-1	平均	
全般	1	砂防堰堤を計画、設計、施工を担当する部署がありますか	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.6
	2	砂防堰堤を計画、設計、施工を担当する技術的能力のある人員は配置されていますか	0.0	3.0	1.0	3.0	0.0	1.4	3.0	0.0	1.5	3.0	3.0	1.0	1.0	1.6
	3	砂防堰堤を維持管理する部署がありますか	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	4	砂防堰堤の維持管理を担当する人員は充分配置されていますか	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5	砂防堰堤の維持管理計画が策定されていますか	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

2.10　プロジェクトの成果１にかかるエンドライン調査

2.10.1　調査の概要

本プロジェクトによる MIDR およびパイロットサイトに選定された各市の C/P の能力向上、ならびに担当部局の組織力向上を評価するため、プロジェクト終了時の現状把握を目的としたアンケートを実施した。本調査は、プロジェクト開始時のベースライン調査との比較を目的としており、当時回答を得た 22 名を対象に同一内容で実施した（2026 年 1 月 23 日送付）。なお、アンケートの詳細は 2.9.1 節のとおりである。

2.10.2　調査結果

アンケートに対して 14 名からの回答を得た（回収率 64%）。調査結果は図 2-30、図 2-31、表 2-24、表 2-27 に示すとおりである。

(1) 個人能力

個人能力については、全ての項目でスコアが向上している。これは、C/P の土石流や砂防堰堤に関する知見や経験が蓄積され、個々のスキルが高まった結果といえる。また、GIDES マニュアルや砂防技術マニュアルの理解が深まっている点については、セミナーやワークショップの開催効果が表れたものと考える。

一方で、アンケートへの回収率は 64%であった。回答数減少の主な要因は、異動や定年退職等により砂防堰堤事業に継続して携わることが困難になったためと推測される。こうした状況からもブラジルにおいて、連邦、州、および市の職員に対して、技術を継続的に定着させることの難しさが改めて浮き彫りとなった。

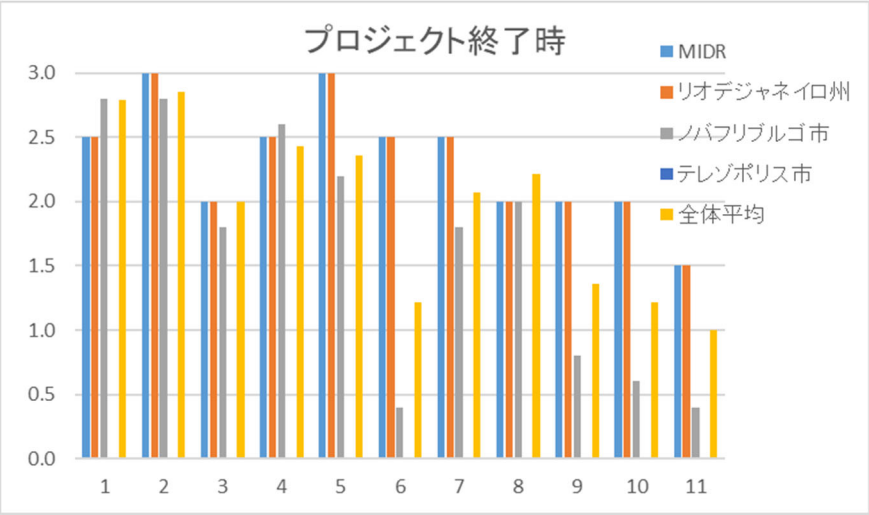


図 2-30　エンドライン調査結果（個人の能力）

表 2-24　エンドライン調査結果（個人の能力）スコア表

質問内容			スコア																										
			MIDR									リオ 州			ノバフリブルゴ市												テレゾポリス市		全体平均
			M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	Ave	R-1	R-2	Ave	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7	N-8	N-9	N-10	N-11	Ave	T-1	AVE	
全般	1	土石流、斜面崩壊の違いを理解していますか	3	3	3	3	2		3	3	2.9	2	3	2.5		2		3	3		3			3		2.8			2.8
	2	土石流がどのような時に発生するか知っていますか	3	3	3	3	2		3	3	2.9	3	3	3.0		2		3	3		3			3		2.8			2.9
	3	土石流災害軽減対策として、下記の対策のうち、実際に関与した経験があるものの数を選んでください ・リスクマップの作成 ・警戒避難 ・構造物対策	2	3	1	3	1		3	2	2.1	1	3	2.0		2		1	2		3			1		1.8			2.0
	4	GIDESのマニュアルを知っていますか。	2	3	2	3	1		3	2	2.3	2	3	2.5		2		3	2		3			3		2.6			2.4
	5	土石流災害の主な対策工として以下のものがありますが知っていますか。 ・砂防堰堤 （不透過型砂防堰堤、透過型砂防堰堤） ・ワイヤーネット	2	3	2	2	2		3	2	2.3	3	3	3.0		2		3	2		2			2		2.2			2.4
	6	土石流を防ぐ対策工事に関与した経験が有りますか	2	3	1	0	0		2	2	1.4	2	3	2.5		0		1	0		1			0		0.4			1.2
	7	土石流の対策工事を行うためのプロセス（進め方）を理解していますか	2	3	2	2	1		3	2	2.1	3	2	2.5		2		2	2		3			0		1.8			2.1
	8	土石流のリスクマップに基づいて、優先的に工事を行うべき渓流を抽出できますか	1	3	3	3	3		3	1	2.4	1	3	2.0		1		1	2		3			3		2.0			2.2
砂防堰堤の技術的内容	9	砂防堰堤の設計マニュアルを知っていますか	2	3	1	1	0		2	2	1.6	1	3	2.0		1		0	1		1			1		0.8			1.4
	10	砂防堰堤の施工マニュアルを知っていますか	1	3	1	1	0		2	2	1.4	1	3	2.0		1		0	1		1			0		0.6			1.2
	11	砂防堰堤の維持管理マニュアルを知っていますか	1	3	1	1	0		2	1	1.3	0	3	1.5		0		0	1		1			0		0.4			1.0

表 2-25　エンドライン調査結果（個人能力のスコア比較）

質問内容			調査結果		
			①ベースライン調査	②エンドライン調査	②—①
全般	1	土石流、斜面崩壊の違いを理解していますか	2.6	2.8	0.2
	2	土石流がどのような時に発生するか知っていますか	2.6	2.9	0.2
	3	土石流災害軽減対策として、下記の対策のうち、実際に関与した経験があるものの数を選んでください ・リスクマップの作成 ・警戒避難 ・構造物対策	1.4	2.0	0.6
	4	GIDESのマニュアルを知っていますか。	2.1	2.4	0.3
	5	土石流災害の主な対策工として以下のものがありますが知っていますか。 ・砂防堰堤 （不透過型砂防堰堤、透過型砂防堰堤） ・ワイヤーネット	1.8	2.4	0.5
	6	土石流を防ぐ対策工事に関与した経験が有りますか	0.4	1.2	0.8
	7	土石流の対策工事を行うためのプロセス（進め方）を理解していますか	1.5	2.1	0.5
砂防堰堤の技術的内容	8	土石流のリスクマップに基づいて、優先的に工事を行うべき渓流を抽出できますか	2.0	2.2	0.2
	9	砂防堰堤の設計マニュアルを知っていますか	0.7	1.4	0.6
	10	砂防堰堤の施工マニュアルを知っていますか	0.6	1.2	0.6
	11	砂防堰堤の維持管理マニュアルを知っていますか	0.4	1.0	0.6

また、アンケートには今後の期待・提案としてコメントが寄せられた。主な内容を整理して以下に示す。本プロジェクトで移転した技術を将来に活かそうとする前向きな意欲が伺え、砂防技術のブラジルへの定着が期待できる内容である。

表 2-26　コメントの要約（個人能力）

行政	今後への期待・提案
MIDR	• **継続的な仕組みの整備**：今後、土石流構造物対策を要する渓流抽出のためのマッピングから、砂防堰堤の建設・維持管理までを一連のルーティンとして定着させられると期待する。 • **予算の確保**：上記の仕組みを支えるため、土石流構造物対策のプロセス管理と資金支援を目的とした専用の予算枠を設けることが望まれる。 • **技術の普及**：土石流のリスクがある他の州や市に対しても、砂防の手法を普及させ、対策工事を推進することが期待される。 • **住民・地域コミュニティとの連携強化**：本プロジェクトでは行政機関の砂防の技術レベルの向上に大きな成果があったが、今後は、リスクエリアの住民との双方向の対話や透明性の高い情報共有を促進し、社会全体での理解と当事者意識を高めることが重要である。
リオデジャネイロ州	• **パイロットプロジェクトの意義：**本プロジェクトに対する期待は非常に高く、土石流に関連するリスクの予防および軽減に向けた新たな技術の導入により、とりわけ多くの命を救う助けになると期待される。 • **技術移転：**これまでに得られた知見および技術的学習は非常に有益であった。本協力は、脆弱性の高い地域における安全性の向上および都市のレジリエンス強化に向けて、ブラジルの土木・防災分野に新たな展開をもたらすものと考える。
ノバフリブルゴ市	• **パイロットプロジェクトの意義：**ブラジルで初めて砂防堰堤が建設される自治体として、計画・実施プロセスそのものが継続的な学習の機会となった。 • **現場での知見活用：**GIDES プロジェクトからの流れを引き継ぎ、体系化されたマニュアルを活用することで、優先地域の特定や具体的な設計において大きな貢献があった。 • **維持管理に向けた技術研修：**今後、砂防堰堤の「維持管理」に関する技術研修の実施が強く望まれる。 • **部局横断的な能力強化：**維持管理研修は、建設局だけでなく、市民防御局や環境局の技術者も含めた包括的な能力強化が重要である。

(2) 組織力

組織力に関しても、全ての項目でスコアの上昇が見られ、体制の強化が確認できた。特に、パイロットプロジェクトを行うノバフリブルゴ市では、砂防堰堤の維持管理に関して、当初は担当する部署も担当者も不在であったが、現在は、他の部署との兼務ではあるものの維持管理を担当する部署が設置され、複数の担当者が配置されるに至っている。

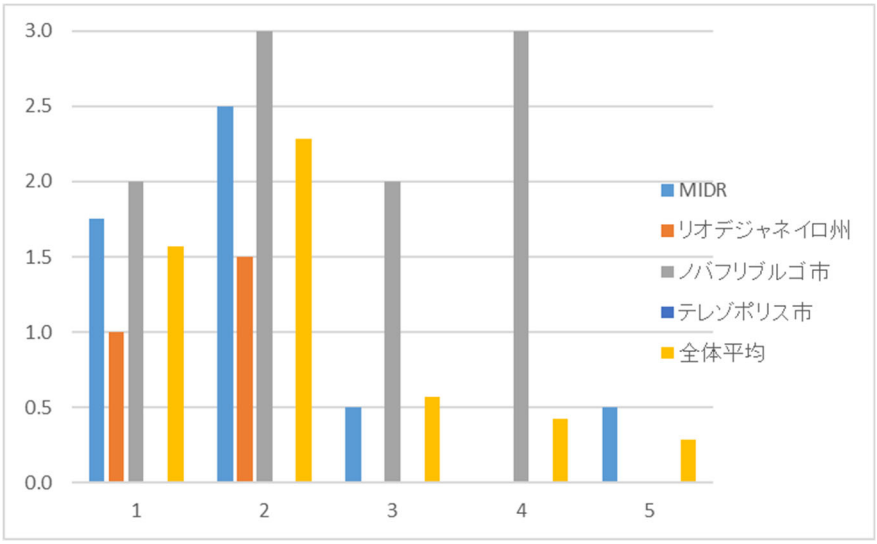


図 2-31　エンドライン調査結果（組織の能力）

表 2-27　エンドライン調査結果（組織の能力）スコア表

質問内容			スコア														
			MIDR						リオデジャネイロ州			ノバフリブルゴ市		テレゾポリス市		平均
			M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	平均	R-1	R-2	平均	N-1	平均	T-1	平均	
全般	1	砂防堰堤を計画、設計、施工を担当する部署がありますか	3.0	2.0		0.0	2.0	1.8	2.0	0.0	1.0	2.0	2.0			1.6
	2	砂防堰堤を計画、設計、施工を担当する技術的能力のある人員は配置されていますか	3.0	3.0		1.0	3.0	2.5	1.0	2.0	1.5	3.0	3.0			2.3
	3	砂防堰堤を維持管理する部署がありますか	0.0	0.0		0.0	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0			0.6
	4	砂防堰堤の維持管理を担当する人員は充分配置されていますか	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0			0.4
	5	砂防堰堤の維持管理計画が策定されていますか	0.0	0.0		0.0	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.3

表 2-28　エンドライン調査結果（組織の能力のスコア比較）

質問内容			調査結果		
			①ベースライン調	②エンドライン調	②—①
全般	1	砂防堰堤を計画、設計、施工を担当する部署がありますか	0.6	1.6	1.0
	2	砂防堰堤を計画、設計、施工を担当する技術的能力のある人員は配置されていますか	1.6	2.3	0.7
	3	砂防堰堤を維持管理する部署がありますか	0.0	0.6	0.6
	4	砂防堰堤の維持管理を担当する人員は充分配置されていますか	0.0	0.4	0.4
	5	砂防堰堤の維持管理計画が策定されていますか	0.0	0.3	0.3

アンケートには今後の期待・提案としてコメントが寄せられた。主な内容を整理して以下に示す。

表 2-29　コメントの要約（組織の能力）

行政	今後への期待・提案
MIDR	• **ガバナンスと監督**:SEDEC/MIDR は土石流構造物対策を統括する機関として役割を果たしている。今後は、調査・設計・工事の資金支援、実施状況の監督、および報告管理を担う方針である。 • **技術の標準化**:地質学者、技術者およびその他の専門技術者が砂防事業の全段階を遂行できるよう、マニュアルを使用し専門人材の能力強化を図る予定である。 • **予算措置の具体化**:緊急対応のみならず予防的な設計・施工を可能にする予算を確保する。
リオデジャネイロ州	• **組織的な課題**:多くの自治体では、リスク管理が市民防御局に集中しており、工学的な設計・計画を担う専門部門が十分でない。 • **専門ユニットの設置**:効果的な砂防事業のため、土木・地質・環境などの複数分野の専門家が集まる「分野横断型の技術チーム」を市政府内に設置することが推奨される。 • **統合的な防災**：リスクマッピングから都市計画との連携までを統合的に行い、市のレジリエンスを向上させるべき。
ノバフリブルゴ市	• **行政間の技術連携**：GIDES プロジェクトと同様に、連邦・州・市と大学・研究機関が連携し、ブラジルでは初めてとなる砂防技術に接する機会を得たことを高く評価する。 • **ブラジル初のパイロット事業**：国内初の砂防堰堤を建設する自治体として、実務を通じた学習とこれまでとは異なる技術コンセプト（土石流の抑制・制御）の導入に前向きな期待を寄せている。 • **維持管理体制の確立**:建設局、市民防御局、環境局の技術者を対象とした、砂防堰堤の「維持管理」に関する技術研修の実施を提案する。 • **組織的能力の強化**:本プロジェクトが、将来のリスク管理に向けた組織的な基盤構築と知見の普及に寄与することが期待される。

第 3 章　成果 2 に関する活動内容

3.1　成果 2 に関する活動項目

PDM における成果 2 の内容と活動は、以下のとおりである。

成果 2：土石流対策構造物の設計、施工監理、維持管理にかかる技術指針、チェックリスト及び事例集が作成される。

活動：
2-1.　マニュアル、チェックリストおよび事例集の策定計画の作成
2-2.　マニュアル、チェックリストおよび事例集の作成方針の検討、決定
2-3.　マニュアル、チェックリストの作成
2-4.　リスクマッピングに基づきパイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリアの選定およびマニュアルに沿った土石流対策構造物の設計の実施
2-5.　2-4 及び 3-3 の試行後の、マニュアル、チェックリストの最終化
2-6.　パイロットプロジェクトに基づく事例集の作成

各活動の内容を以下の節で詳述する。

3.2　[2-1]マニュアル、チェックリストおよび事例集の策定計画の作成

MIDR との協議の結果、マニュアルとチェックリストは合冊し、「Sabo マニュアル」として取りまとめることになり（1.5 節参照）、ワークプランに反映させた。Sabo マニュアルおよび事例集のドラフト版準備から最終化までのスケジュールを MIDR および技術委員会と協議しながら作成し、JCC 第 1 回会議に諮り、承認された。
（達成率：100%）

Sabo マニュアルの作成作業を進める過程で、マニュアル設計編のうち「透過型砂防堰堤の検討条件および設計」の項目については、鋼製透過部の設計法を、日本で用いられる許容応力度設計法からブラジルで用いられる限界状態設計法に適合させる作業を要することが判明した。これにより、マニュアルの作成には計画されたスケジュールより多くの時間を要した（3.4 項参照）。

3.3　[2-2]マニュアル、チェックリストおよび事例集の作成方針の検討、決定

日本とブラジルの土石流特性の類似性を確認し、MIDR や技術委員会との定例会議を重ね、マニュアルおよび事例集のコンテンツに関する作成方針を検討・決定し、各成果物の目次案を作成した。
（達成率：100%）

3.3.1 作成方針

(1) Sabo マニュアル

[全般]

- 砂防堰堤が、ブラジルのダム安全法に規定される「ダム」、すなわち高さ 15m 以上の貯水ダム、鉱滓ダム、廃棄物ダム等と同様の構造物として解釈されるのを避けるため、砂防堰堤の呼称を「砂防バリア（Barreiras de Sabo）」と定義し、マニュアルで扱う砂防堰堤の高さを 15m 未満とする。
- 日本とブラジルの土石流特性の類似性（3.3.2 項で詳述）を踏まえ、日本で長期に渡って蓄積されたノウハウを活用するため、Sabo マニュアルは原則として日本の技術指針をベースとしつつ、ブラジル特有の諸条件（地形、地質、水文、斜面の植生、建設資材等）に適応化させる。

[設計編]

- 応力単位系は、国際単位系（SI）とする。
- ブラジルの技術規格（NBR）で規定されている材料の仕様、試験および設計方法等については、マニュアルで説明せずに当該規格を参照させる。

[施工監理編]

- Sabo マニュアルのうち、施工に関する部分は、砂防工事のコスト積算に資することを目的として、積算を要する仮設工事等のうち、ブラジルに基準類が存在しない砂防工事特有の工種について記載し、「施工計画編」、あるいは「施工の技術説明編」として取りまとめる。
- 施工に関連する項目のうち、コンクリート打設計画や掘削計画など、設計と不可分の項目は、マニュアルの設計編に含める。
- 連邦や市の基準類が準用できる工事用道路等の工種については記載しない。

[維持管理編]

- 市政府によって実施される砂防施設の維持管理が同じ精度で実施できるように、施設の点検や健全度の評価基準が分かるようにする。

(2) Sabo マニュアルに合冊されるチェックリスト

- 設計者や地方自治体の技術者が使用することを前提とする。
- 施工に関連する項目のうち、コンクリート打設計画や掘削計画など設計と不可分の項目は、設計編のチェックリストに含める。

(3) 事例集

- 事例集は、パイロットプロジェクトとして実施する土石流対策構造物の設計と施工の実績に基づき、設計・施工の過程や留意点をそれぞれの作業順序に沿った形で図表や写真でわかりやすく説明し整理する。

3.3.2　日本とブラジルの土石流特性の類似性

(1) 土石流の発生雨量

ブラジルの土石流災害実績に関する既存文献を調査し、土石流の発生雨量を整理した結果、ブラジルでは時間雨量で 40 – 115mm/h_1、24 時間雨量で 128 – 420mm/h_{24} の降雨で土石流が発生していることがわかった（図 3-1）。一方、日本で発生した土石流は、おおむね 24 時間雨量 50 – 400mm/h_{24} で発生していることから、日本とブラジルの土石流発生雨量は類似していると言える。

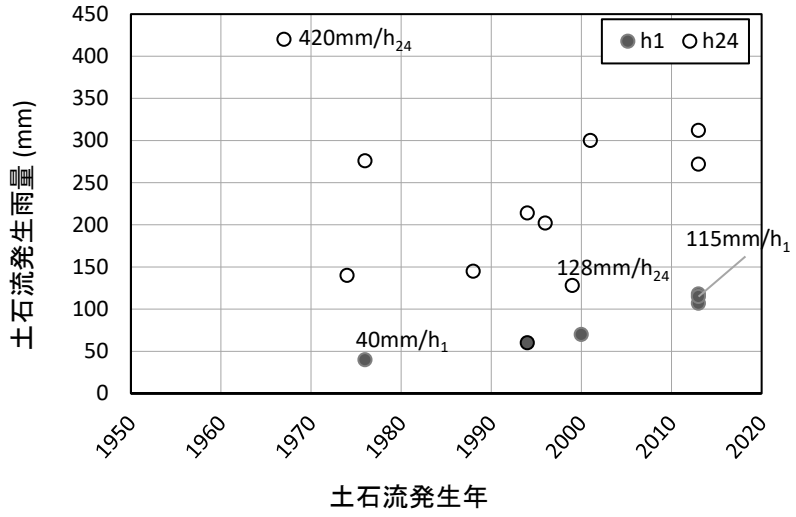


図 3-1　ブラジルで発生した土石流の発生雨量

注）下記 2 文献に示される土石流情報を統合し作成。
Bianca Carvalho Vieira, Marcelo fischer Gramani : Serra do Mar: The Most “Tormented” Relief in Brazil, Landscapes and Landforms of Brazil, Word Geomorphological Landscape, DOI 10.1007/978-94-017-8023-0_26, p296
Kanji, M. A. Massad, F. and Cruz, P. T. : Debris Flow in Areas of Residual Soils : Occurrence and Characteristics, International Workshop on Occurrence and Mechanism of Flows in Natural Slopes and Earth fills, Proceedings 2003, V. 1

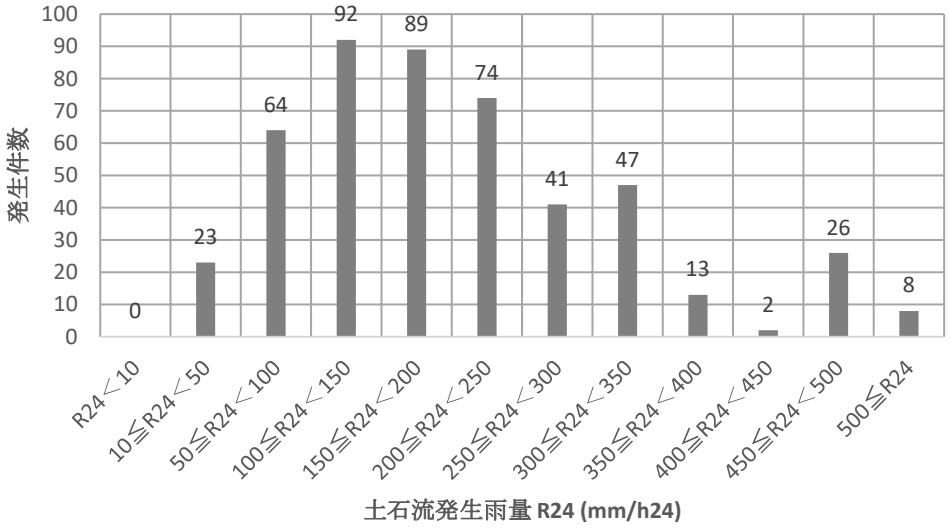


図 3-2　日本で発生した土石流の発生雨量

Data Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

(2) 土石流が発生する渓流の流域面積

2011 年 1 月災害後にブラジル地質調査所（CPRM）によってノバフリブルゴ市で実施された土砂災害調査と、2015 年に GIDES で実施された Serra do Mar 地域の土砂災害調査の結果に基づき、土石流が発生する渓流の流域面積を整理した。前者の調査では、258 箇所の土砂災害のうち 31 箇所が土石流と判定されているが、この 31 箇所には衛星画像から斜面崩壊との判別が困難なケースも含まれている。一方、後者の調査では、166 箇所のうち 14 箇所が土石流と判定されている。これらの土石流と判定されたデータをもとに、ブラジルで発生した土石流の流域面積と発生件数の関係を整理した結果、土石流は隆起面積が 0.01 – 5.0km^2 の渓流で発生していることがわかった（図 3-3）。これは、流域面積が 5.0km^2 を超えるような渓流だと、渓流出口付近の渓床勾配が十分緩く、上流で発生した土石流が渓流の出口に到達するより前に停止してしまうことが考えられる。

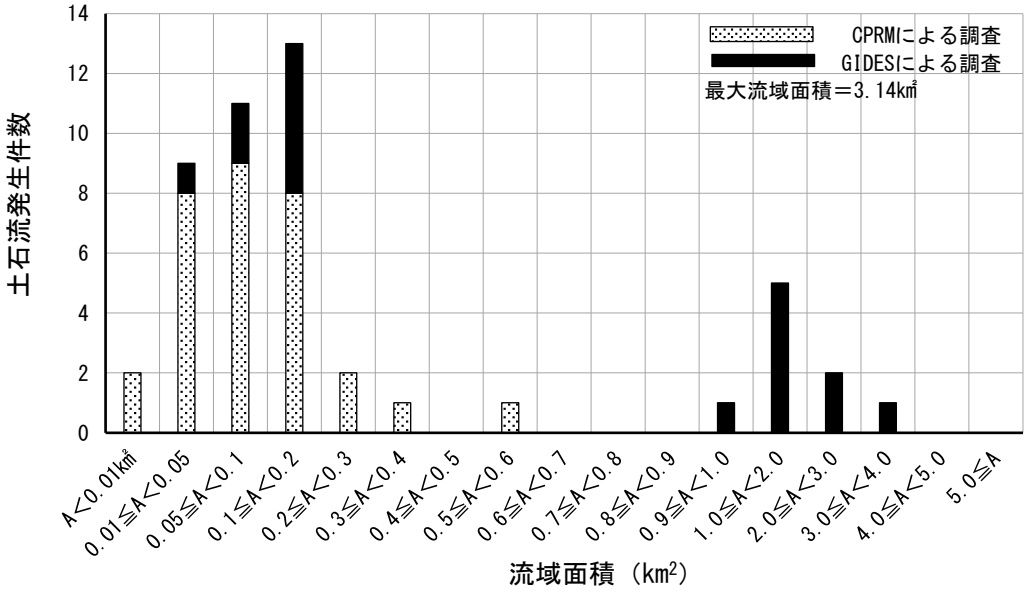


図 3-3　ブラジルで発生した土石流の流域面積と発生件数の関係

Data Source: 独立行政法人国際協力機構（JICA）：ブラジル国統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト（調査フェーズ）報告書　別冊資料、2014 年 12 月

これと日本で発生した土石流のデータ（図 3-4）とを比較すると、土石流が発生する渓流の流域面積は、日本もブラジルもおおむね同様の傾向を呈していることがわかる。

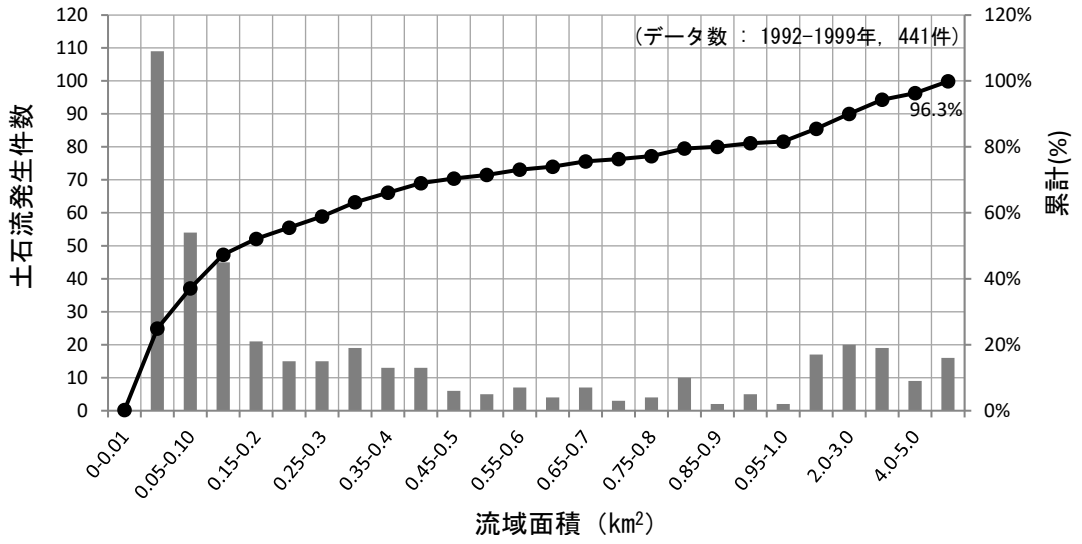


図 3-4　日本で発生した土石流の流域面積と発生件数の関係

Data Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

(3) 渓床勾配と土石流の動態

渓床勾配や土石流の堆積勾配のデータがある 2015 年に GIDES で実施された Serra do Mar 地域の土砂災害調査の結果に基づき、土石流が発生した地点の渓床勾配（以下、「発生勾配」）、氾濫開始点付近の渓床勾配（以下、「氾濫開始勾配」）および土石流が停止した地点の渓床勾配（以下、「到達末端勾配」）をそれぞれ整理した（図 3-5、図 3-7、図 3-9）。また、各図に対応する日本のデータも対比させた（図 3-6、図 3-8、図 3-10）。これらの図から読み取れる事項は以下のとおりである。

- ブラジルでは、土石流は渓床勾配が 10° 以上の区間で発生する。また、土石流は主に渓床勾配が 5° から 10° の区間で氾濫し、2° 前後の区間でほぼ停止する。この傾向は、日本における土石流の特性と類似している。
- 僅かではあるが、土石流は渓床勾配が 5° より緩い区間で氾濫し、また 2° より緩い区間まで到達するサンプルもある。この原因としては、GIDES の調査では洪水による土砂堆積範囲まで土石流堆積範囲として計測していた可能性が考えられる。

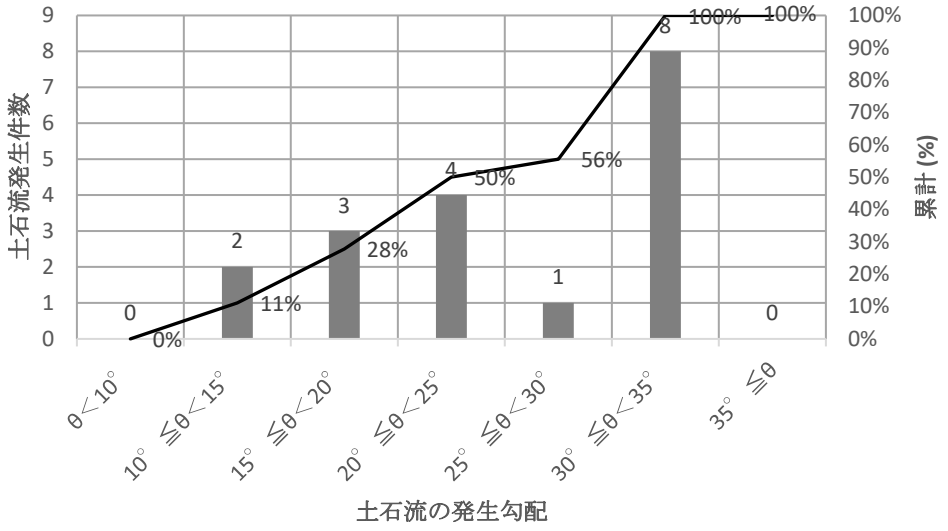


図 3-5　ブラジルで発生した土石流の発生勾配

Data Source: 独立行政法人国際協力機構（JICA）：ブラジル国統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト（調査フェーズ）報告書　別冊資料、2014 年 12 月

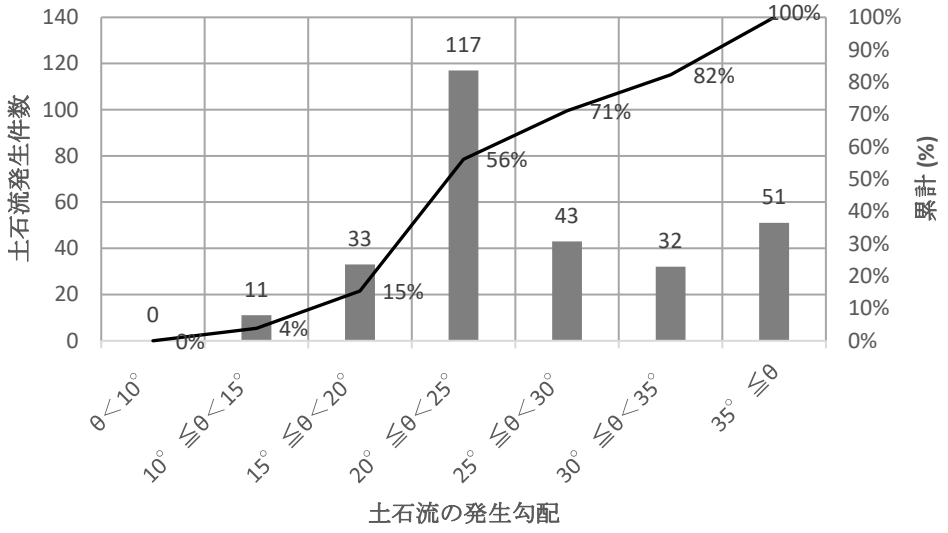


図 3-6　日本で発生した土石流の発生勾配

Data Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

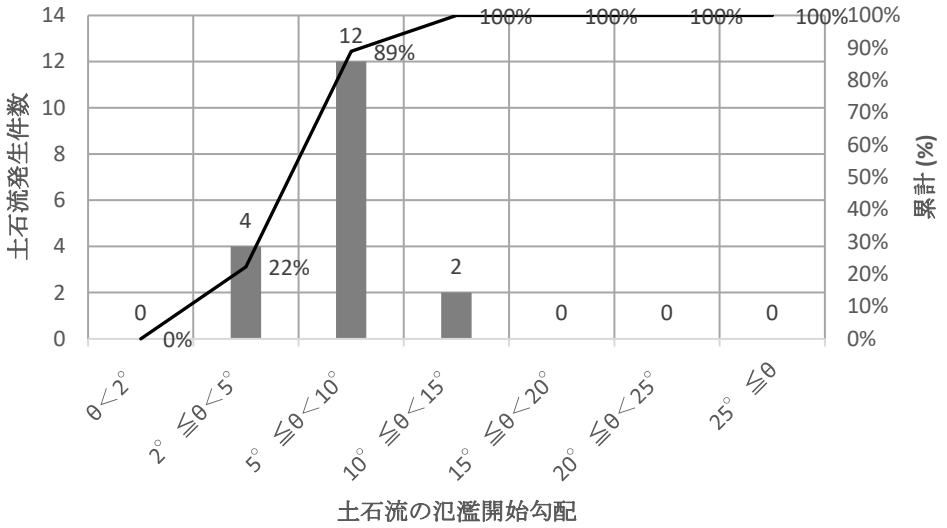


図 3-7　ブラジルで発生した土石流の氾濫開始勾配

Data Source: 独立行政法人国際協力機構（JICA）：ブラジル国統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト（調査フェーズ）報告書　別冊資料、2014 年 12 月

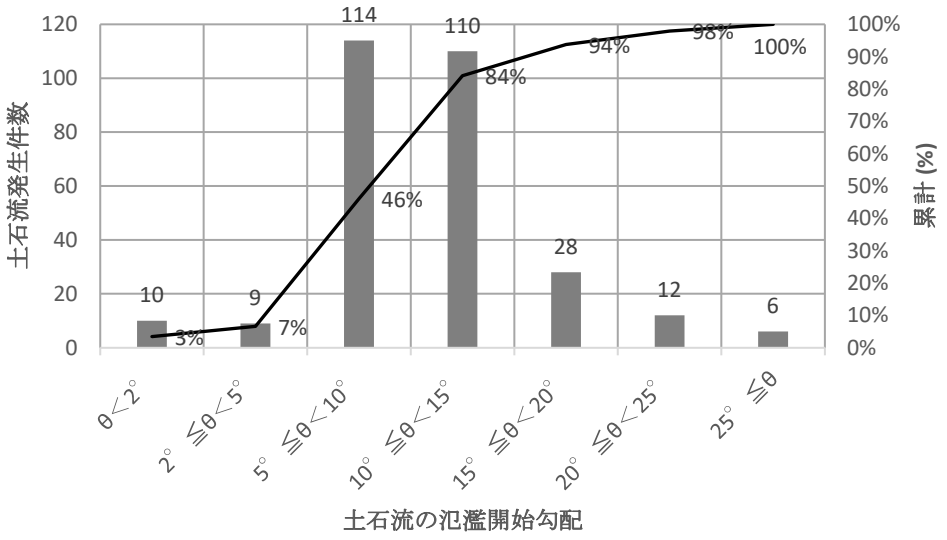


図 3-8　日本で発生した土石流の氾濫開始勾配

Data Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

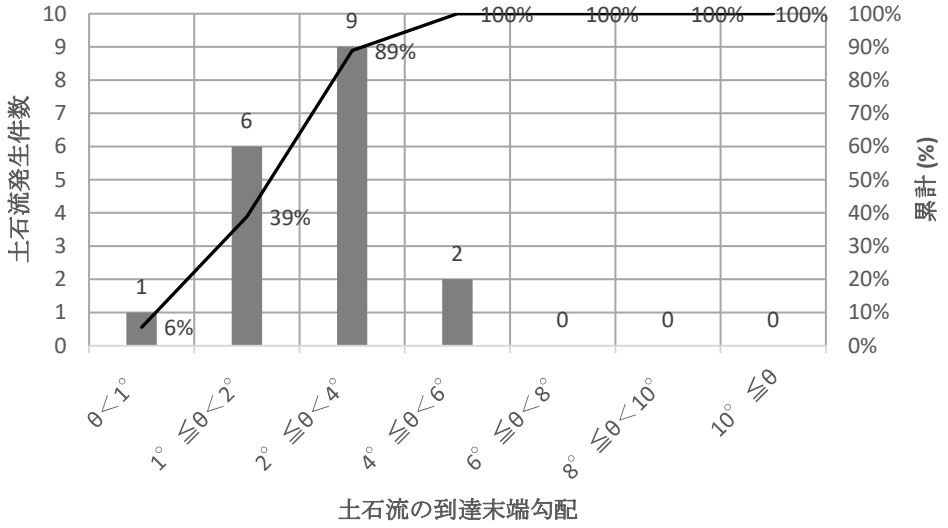


図 3-9　ブラジルで発生した土石流の到達末端勾配

Data Source: 独立行政法人国際協力機構（JICA）：ブラジル国統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト（調査フェーズ）報告書　別冊資料、2014 年 12 月

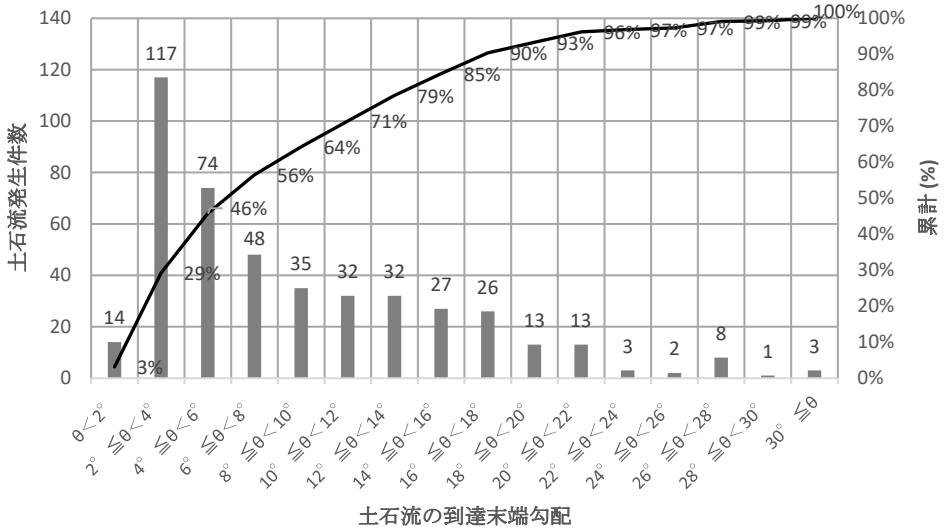


図 3-10　日本で発生した土石流の到達末端勾配

Data Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

(4) 流域面積と流出土砂量の関係

2015 年に GIDES で実施された Serra do Mar 地域の土砂災害調査結果と、サンパウロ州クバトン市ペドラス渓流で発生した土石流の調査結果に基づき、GIDES ではブラジルで発生した土石流の流域面積と単位流域面積（1km^2）当たり流出土砂量の関係を整理している（図 3-11）。これによると、ブラジルの土石流は日本のものと比較し流出土砂量が若干多く、流動性が少し高い傾向にあるが、日本の土石流サンプルの分布の範囲内に収まっており、また流域面積に対する単位面積当たり流出土砂量のバラツキが大きいという点でも類似しており、日伯で大きな相違は見られない。

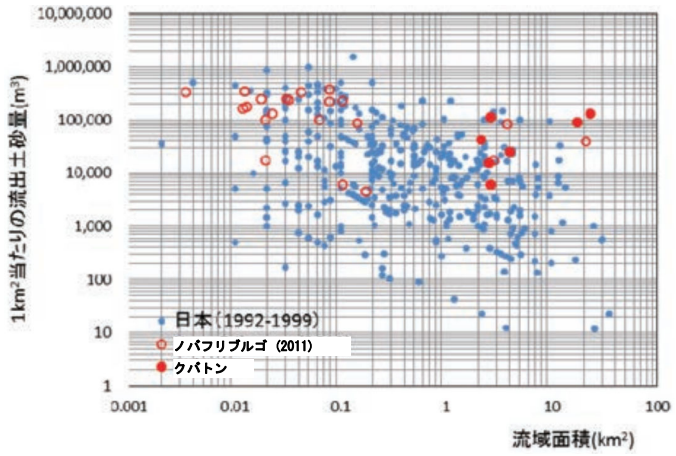


図 3-11　ブラジルの土石流における流域面積と単位流域面積当たりの流出土砂量

出典：山越ら (2018)：ブラジル統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクトでの取り組み，砂防学会誌，Vol. 71, No. 1, p.43-52

(5) 土石流を構成する物質

2011 年 1 月災害後にリオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市、テレゾポリス市およびペトロポリス市で撮影された土石流堆積物の写真を図 3-12 に示す。土石流堆積物のほとんどに巨石が含まれており、その直径は大きいもので 2－3m に達する。中には流木を含むケースも見られる。土石流に巨石や流木が含まれるのは日本と同様であり、巨石の大きさも日本の花崗岩地域の土石流と同様である。

土石流は重力による集合流動であり、その堆積物は層状構造を持たない。層状の堆積構造を持つ掃流砂とはこの堆積構造を見ることで識別できる。ブラジルの土砂災害調査でもこの堆積構造により土石流と洪水による土砂の流出が識別できる。

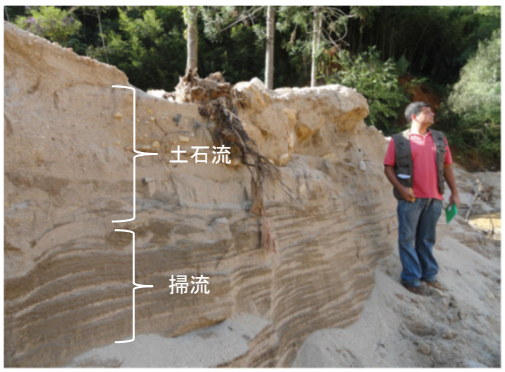




（ノバフリブルゴ市：州道 492 沿いの堆積物）



（テレゾポリス市：土石流の堆積物）



（ペトロポリス市：土石流の堆積物構造）

図 3-12　2011 年 1 月災害の土石流堆積物

出典：国家統合省提供

3.4　[2-3]マニュアル、チェックリストの作成

活動 2-2 で設定した作成方針に基づき、1.5 項で定義したマニュアルとチェックリストからなる Sabo マニュアルの作成が進められた。マニュアルを作成する過程で、鋼製透過部の設計法を、日本で用いられている許容応力度設計法からブラジルの技術規格に適合する限界状態設計法に書き換える必要があることが明らかとなった。この問題に対処した結果、パイロットプロジェクトの設計に用いる Sabo マニュアルドラフト β 版は、当初の完成予定から半年遅れの 2023 年 7 月に完成した（表 3-1）。

（達成率：100%）

表 3-1　Sabo マニュアルの作成段階

呼称	概要	作成期間	状況
[2-3] Sabo マニュアルの作成			
(1) Sabo マニュアル（素案）	日本の砂防の技術指針等を基に、ブラジルに適応化する上で重要な事項を加筆・編集したもの。	2021 年 7 月～2021 年 12 月	完了
(2) Sabo マニュアル ドラフトα版	素案を基に、技術委員会によって技術用語の修正がなされたもの。	2022 年 1 月～2022 年 10 月	完了
(3) Sabo マニュアル ドラフトβ版	ドラフトα版を基に、技術委員会によってブラジルの技術規格が反映されたもの。	2022 年 11 月～2023 年 7 月	完了
[2-5] 2-4 及び 3-3 試行後の Sabo マニュアル最終化		2023 年 9 月～	
(4) Sabo マニュアルγ版	パイロットプロジェクトで得られた設計の知見をフィードバックさせたもの。	2023 年 9 月～2025 年 10 月	完了
(5) Sabo マニュアル 完成版	パイロットプロジェクトで得られた施工の知見をフィードバックさせたもの。	プロジェクト終了後にブラジル側が作成予定	未完了

3.4.1　日本の技術基準類をベースとした Sabo マニュアル（素案）の作成

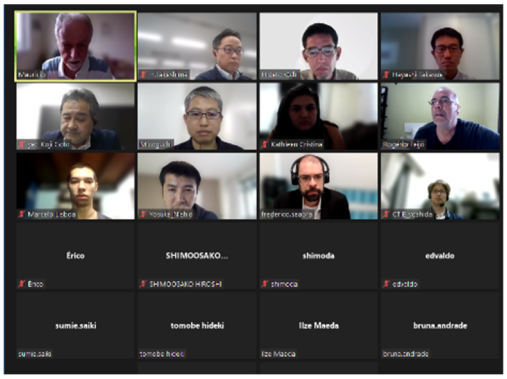
短期専門家は、2021 年 7 月から 2021 年 12 月の期間に、日本の砂防の技術指針等をベースに Sabo マニュアルのポルトガル語版粗原稿を作成し、日本国内からリモート環境で地域開発省と毎週打合せを行いながらブラジルに適応化させる上で重要な事項を加筆し、Sabo マニュアル（素案）を作成した。ブラジルに適応化させる上で重要と判断し加筆した主な事項としては、①砂防に関する基礎知識が全く無い技術者に、砂防施設とそれを構成する構造物の形状や、鋼製透過型砂防堰堤が土石流を捕捉できる仕組み等の理解を深めてもらうための用語定義集，写真資料，概念図および参考文献情報の追加、②洪水到達時間内の平均雨量強度の算定に用いることができる、Intensity Duration and Frequency (IDF) 曲線の算出式への言及が挙げられる。

3.4.2　Sabo マニュアルのドラフトα版作成（2022 年 1 月-10 月）

連邦大学の教授で構成される技術委員会は、2022 年 1 月から 2022 年 10 月の期間に、Sabo マニュアル（素案）を基に技術用語の修正を行い、Sabo マニュアルドラフトα版を作成し MIDR に提出した。

3.4.3　Sabo マニュアルのドラフトβ版作成（2022 年 11 月-2023 年 7 月）

技術委員会は、Sabo マニュアルドラフトα版を基に、ブラジルの技術規格（NBR）を踏まえて設計に用いる地盤定数等のブラジルへの適応化を行った。その過程で、鋼製透過型砂防堰堤に用いる鋼製透過部の設計法を、日本で用いられている許容応力度設計法からブラジルの技術規格に適合する限界状態設計法に書き換える必要があることが明らかになった。そこで、2023 年 2 月からおおむね隔週で技術委員会と専門家側が意見交換し、疑問点を 1 つずつ潰していく方法で適応化作業を進めた結果、パイロットプロジェクトの設計に用いられる Sabo マニュアルドラフトβ版が 2023 年 6 月 22 日に技術委員会から提出され、専門家側との双方による内容確認と修正の後、2023 年 7 月に完成した。



（Web 会議，2023 年 5 月 29 日）



（対面会議，2023 年 6 月 1 日）

図 3-13　技術委員会との協議の実施状況

3.4.4　Sabo マニュアルの編集・修正作業を進めるに当たり工夫した点

上述した一連のマニュアルの編集・修正作業は、マニュアルの内容が日本語とポルトガル語の両方で記述された「対訳版」を専門家側が準備し、これを C/P 側および技術委員会側に共有し協議することで行われた。その結果、要協議事項を漏れなく協議し修正することができ、編集作業を進める上でとても有効だったと技術委員会から高く評価された。

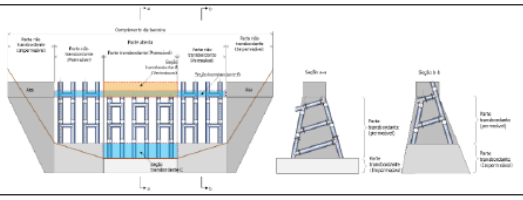
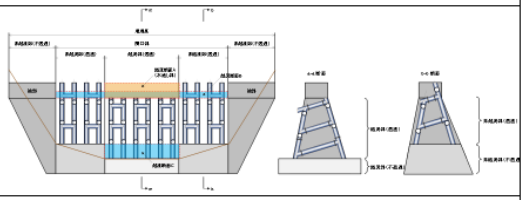
	PT	JP
1.	Seção 5 - Condições de análise da barreira permeável	第 5 編　透過型堰堤の検討条件
2.	1. Pontos a serem observados no projeto da barreira permeável	1. 透過型堰堤にあたっての留意事項
3.	O projeto da estrutura da barreira permeável deve ser conduzido buscando garantir durante a operação suas funções e a segurança, respectivamente Estados Limites de Serviço e Último, de acordo com os critérios adotados nas normas brasileiras para o projeto de estruturas[1,2 e 3].	透過型堰堤の設計にあたっては、ブラジルの構造物設計規格が定める、機能と安全性を保証するために使用・終局限界法に基づく構造物として設計を行うものとする[1,2,3]。
4.	1) ABNT NBR 8681, Ações e segurança nas estruturas.	1) ABNT　NBR8681→構造物における作用及び安全性
5.	2) ABNT NBR 8800:2008 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.	2) ABNT　NBR8800：2008　→建築物の鋼製構造及びコンクリート・鋼製複合構造の設計
6.	3) ABNT NBR 16239:2013, Projeto de estruturas de aço e de estruturas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares.	3) ABNT　NBR16239：2013　→鋼管断面を採用する建築物の鋼製構造及びコンクリート・鋼製構造の設計
7.	Considerando o movimento do material sólido dos talvegues e sua ação na estrutura, esta deve ser dimensionada de modo que um dano parcial não produza dano estrutural relevante, com prejuízos no funcionamento da barreira ou, ainda, reduzindo substancialmente a segurança estrutural.	渓流における土砂移動の特性とそれに伴う構造物への作用を考慮して、構造上の安全性を大幅に低下または堰堤の機能に支障がないように、一部破損が構造物に致命的な損傷をもたらさない構造とする。
8.	Identificação das partes da barreira permeável.	（1）透過型堰堤の各部の識別
9.		
10.	Figura 1 - Identificação das partes da barreira permeável	図 1 透過型堰堤の各部の識別

図 3-14　編集作業に使用した Sabo マニュアル対訳版の一例

3.4.5　日本の技術指針等のブラジルへの適応化事項

Sabo マニュアルを作成する上で、ベースとなった日本の砂防の技術指針等の内容を、ブラジルの環境に適応させるためにブラジルの技術規格および基準類を踏まえて改変・適応化させた事項は、以下のとおりである。

(1) 用語の定義

砂防堰堤の「堰堤」に「ダム（*Barragem*）」という用語を当てるとブラジルの厳しい「ダム安全法」の対象となる可能性があるため、水を貯めない施設であることを強調し、「バリア（*Barreira*）」という用語を当てた。

(2) 洪水到達時間

設計流量の算定に用いられる洪水到達時間の項目に、ブラジルで多く用いられている方法（ブラジル国立運輸インフラ局（DNIT）のマニュアルに示される方法等）に関する解説を記載した。また、洪水到達時間内の平均雨量強度の算定には、ブラジルの連邦政府や地方政府が定める IDF

(Intensity Duration and Frequency) 曲線を参考にできる旨を記載した。

(3) 設計法

日本では、砂防堰堤の設計には「許容応力度設計法」が用いられるが、ブラジルの鋼構造物の技術規格（ABNT NBR 8800）は「限界状態設計法」に基づいているため、Sabo マニュアルの鋼製部分の設計については限界状態設計法の考え方を取り入れた。なお、ブラジルにはマスコンクリートの規格がないため、コンクリート部分の設計には日本の「許容応力度設計法」を適用した。

(4) コンクリートの設計定数

コンクリートのせん断強度は圧縮強度の 1/5 とし、コンクリートの設計基準強度が 18 N/mm^2 の時に割り戻す安全率は、ブラジルの技術規格（ABNT NBR 6118）に基づき Fs = 1.4 とした。コンクリートの許容せん断応力度や鉄筋のコンクリートに対する許容付着応力度についても、同様に ABNT NBR 6118 に基づいて算定されるものとした。

(5) 砂防堰堤の安定計算条件

砂防堰堤の安定計算に用いる滑動安全率は、ブラジル国内の規定に合わせて n = 1.5 を採用することとした。また、基礎地盤のせん断強度、内部摩擦角および許容支持力については、現地の地質調査結果に基づいて技術者が個別に設定するものとし、日本で用いられている一覧表の値は参考値とした。

(6) コンクリートの粗骨材の最大寸法

ブラジルでは、「ポンプを用いたコンクリート打設が主流のため、コンクリートの粗骨材の最大寸法は 19 mm から 38 mm 程度が一般的である」との情報を踏まえ、マニュアルにおけるコンクリートの粗骨材の最大寸法に関する記述を、「砂防堰堤用コンクリートにおいて、日本では一般に粗骨材の最大寸法は 80mm としているが、コンクリート打設時のひび割れが発生しないよう考慮する場合、ブラジルの実情に合わせて最大寸法はより小さいものを用いてよい。」とした。

(7) 止水板の廃止

日本では、漏水防止（コンクリート表面の劣化防止、汚れ防止、住民の不安解消）のために砂防堰堤の収縮継ぎ目に止水板を入れるが、ブラジルでは「砂防堰堤は貯水目的ではない」という理解のもと、施工性を優先して止水板は不要とし、マニュアルおよびチェックリストから止水板に関する記述を削除した。

(8) 鋼製透過部の新規開発

知的財産権保護の観点から、日本で製品として販売されている鋼製透過部のデザインをそのままブラジルに適用することはできないため、ブラジルに適用する鋼製透過部「S タイプ」を新規に開発した（6.1 (5)で詳述）。

(9) 理解度向上のための工夫

砂防に関する基礎知識が無い読者が、砂防施設とその構成部位の形状や、鋼製透過型砂防堰堤が土石流を捕捉する仕組み等を容易に理解できるよう、マニュアルに用語集、写真資料、概念図および参考文献等の情報を追加した。

3.5 [2-4] リスクマッピングに基づきパイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリアの選定およびマニュアルに沿った土石流対策構造物の設計の実施

パイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリアとして、ノバフリブルゴ市についてはサンルーカス病院裏の渓流が、テレゾポリス市についてはプリンシペ川上流域の渓流が選定された。土石流の主な構成材料が細粒の風化残留土であると考えられる前者の渓流には不透過型砂防堰堤が、石礫が主な構成材料であると考えられる後者の渓流には鋼製透過型砂防堰堤が適用された。各砂防堰堤の設計は、まず専門家側が Sabo マニュアルドラフトβ版に基づいて概略設計を行い、C/P 側および技術委員会側がそれをベースに詳細設計とそれに必要な現地調査を実施する進め方で行われた。
（達成率：100%）

3.5.1 パイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリアの選定

2.7.2 (3) 項で提案された、ノバフリブルゴ市およびテレゾポリス市それぞれの土石流構造物対策の優先度が高い渓流のショートリストに基づき、MIDR と各市政府との間で実施された意見交換を経て、過去の災害履歴や市の政策等も考慮しながら、パイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリアとして以下の 2 地域が選定された。

- ノバフリブルゴ市 ：サンルーカス病院裏の渓流（流域面積 A= 0.12 km^2）
- テレゾポリス市 ：プリンシペ川上流域の Campo Grande 地区の渓流（A= 3.19 km^2）

上記の地域名は、MIDR と各市政府との間で締結されたパイロットプロジェクトの実施に関する合意文書に記載されている。

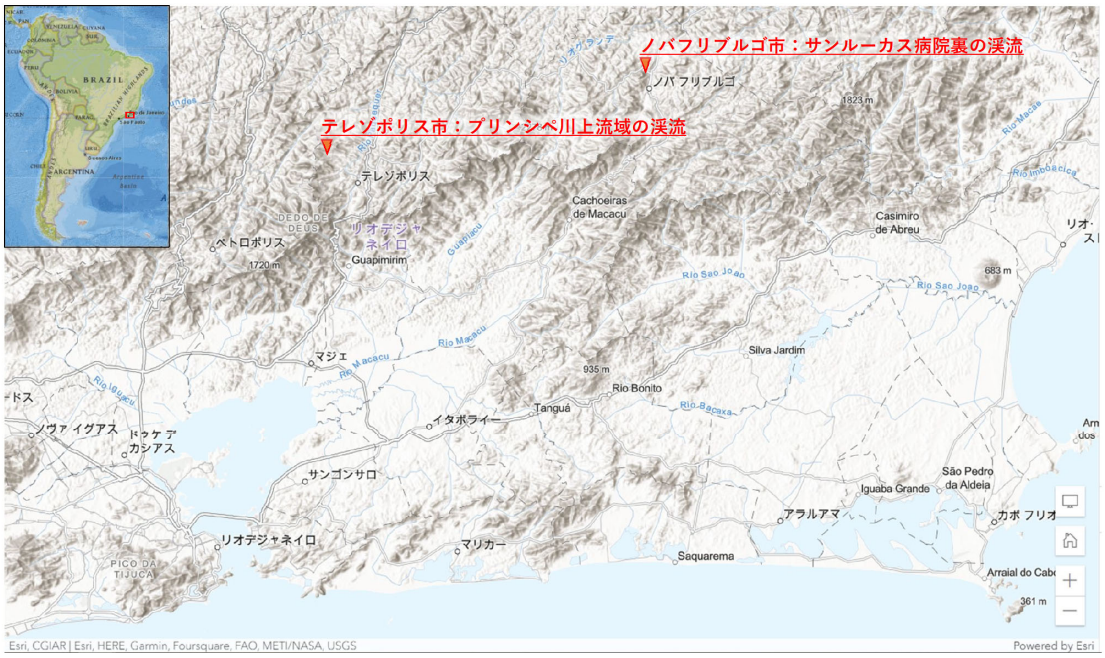


図 3-15　パイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリア

3.5.2　土石流対策構造物の計画・設計の支援：ノバフリブルゴ市

ノバフリブルゴ市のサンルーカス病院裏の渓流では 2011 年 1 月に土石流が発生し、病院や家屋に被害をもたらしたことから、2017 年に GIDES でケーススタディが実施され、砂防施設配置計画が作成された。当該渓流は、1 本の谷筋からなるシンプルな形の渓流（図 3-16 左、流域面積 A= 0.12 km^2）で、ケーススタディの際には、渓流内に存在する移動可能土砂量が綿密に調査され（図 3-17）、地質条件から土石流対策構造物には不透過型砂防堰堤が選定され、その配置や概略の形状が検討された。

当該渓流の現地踏査を実施した結果、渓床に堆積している移動可能土砂量の状況は施設配置計画が作成された 2017 年からあまり変化しておらず、依然として渓岸崩壊に起因する土砂供給が活発であることが確認できた（図 3-16 右）。そこで、MIDR および技術委員会と協議した結果、パイロットプロジェクトで建設する土石流対策構造物は、ケーススタディで作成された施設配置計画に準じて不透過型砂防堰堤（高さ 12m）とし、その位置は地形・地質条件からサンルーカス病院の約 120m 上流の地点に設定された（図 3-18）。また、計画規模は、当該計画どおり 200 年確率日雨量で流出する土石流流量とすることで合意された。



（2011 年 1 月災害後の渓流の状況）



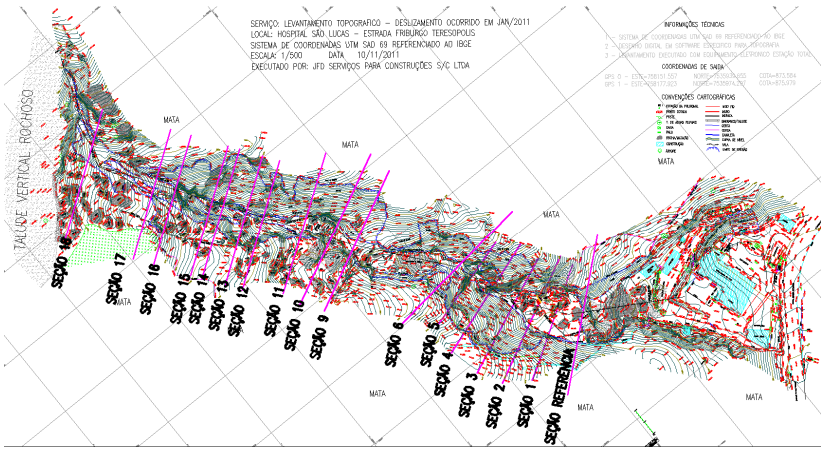
（不透過型砂防堰堤の計画地点から上流約 200m 地点の渓岸崩壊と渓床に堆積する礫の状況）



（砂防堰堤サイトの状況）

図 3-16　サンルーカス病院裏の渓流の状況（ノバフリブルゴ市）

出典（左）：Ministério da Integração Nacional, Prefeitura Municipal de Nova Friburgo/RJ (2017): Estudo de Caso Nova Friburgo/ RJ, GIDES
出典（右）：プロジェクトチーム撮影



Seções	Volume (m³)
3-4	4.108
4-5	576
5-6	798
10-11*	308
11*-11	815
11-12	657
12-13	80
13-14	109
15-16	175
16-17	1.780
17-18	1.467
TOTAL (V_{dy1})	**10.873**

図 3-17　GIDES プロジェクトによる移動可能土砂量算定結果（ノバフリブルゴ市）

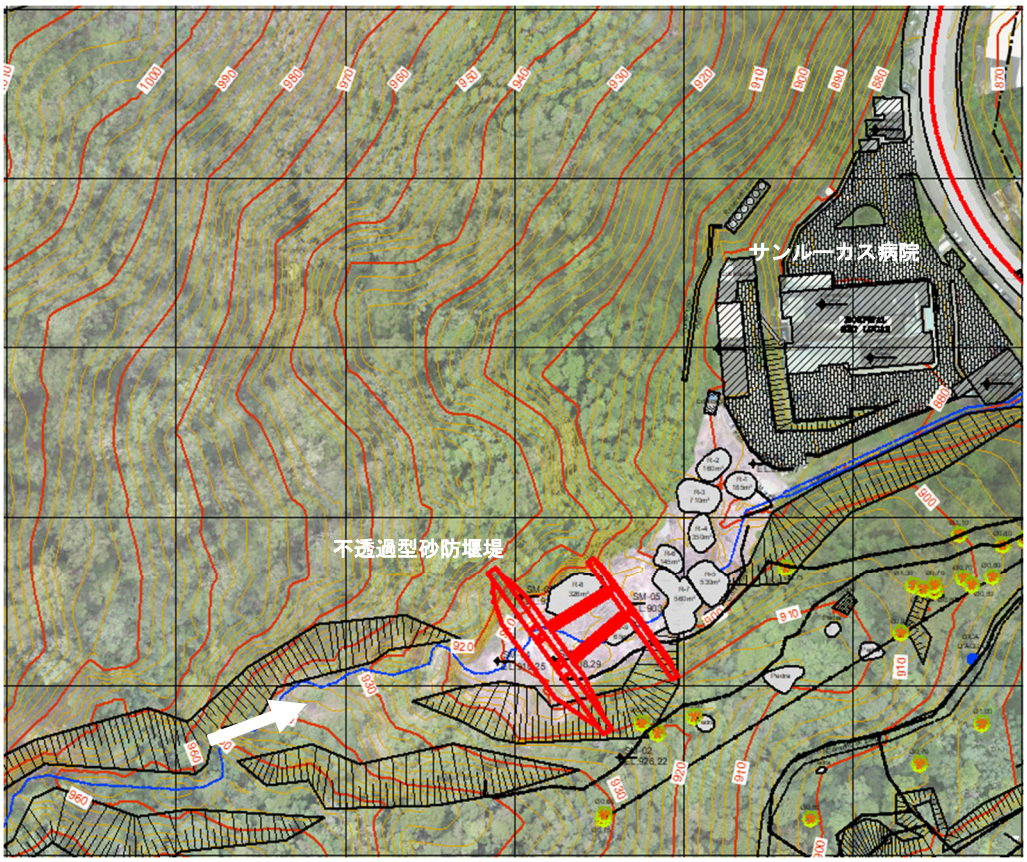


図 3-18　計画する不透過型砂防堰堤の配置図（ノバフリブルゴ市）

不透過型砂防堰堤の設計は、専門家側が作成した設計計算書および概略設計レベルの図面をもとに、技術委員会側がブラジルで一般的に使用されている建設資材や施工機械を考慮しながら積算に必要な詳細設計レベルの成果物を作成する方法で進められた。専門家側は 2023 年 7 月に技術委員会や州・市政府関係者に対して当該砂防堰堤の概略設計図と計算書を提供し、内容の説明を行った。しかしながら、MIDR と技術委員会の間の調査・設計に係る委託契約の変更手続きが遅延し、また工事用および維持管理用のアクセス道路の設計に時間を要したことから、技術委員会による当該砂防堰堤の設計図書の作成は 2024 年 11 月中旬までかかった。図面の一例を図 3-19 から図 3-22 に示す。

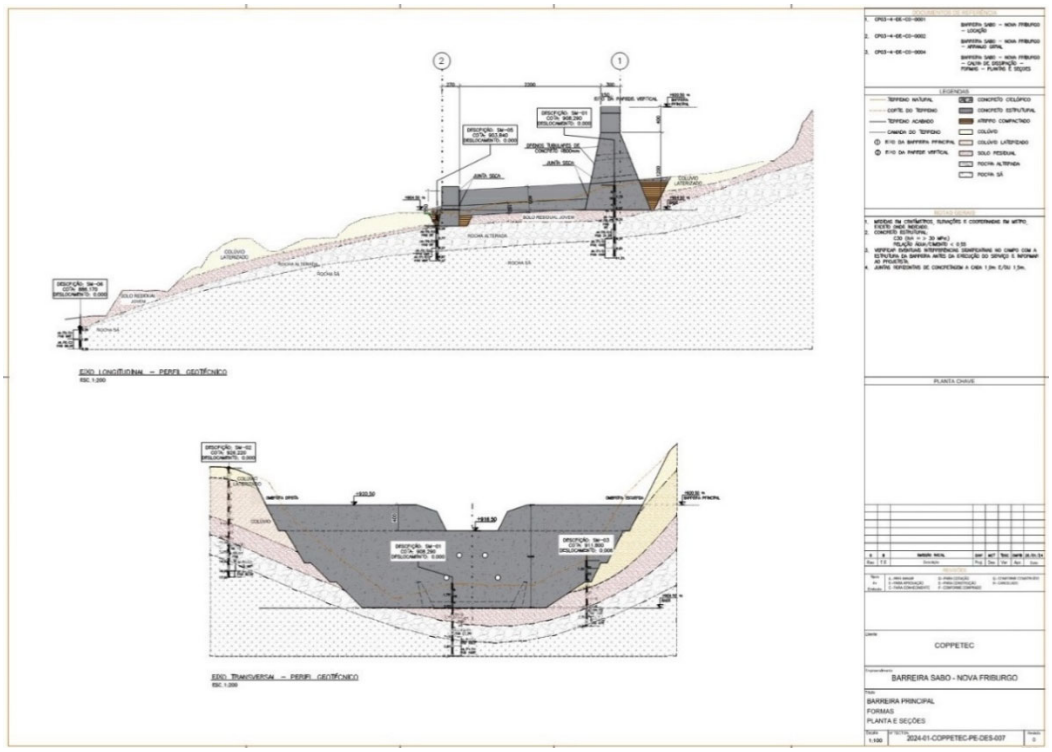


図 3-19　不透過型砂防堰堤の地質断面図（技術委員会作成）

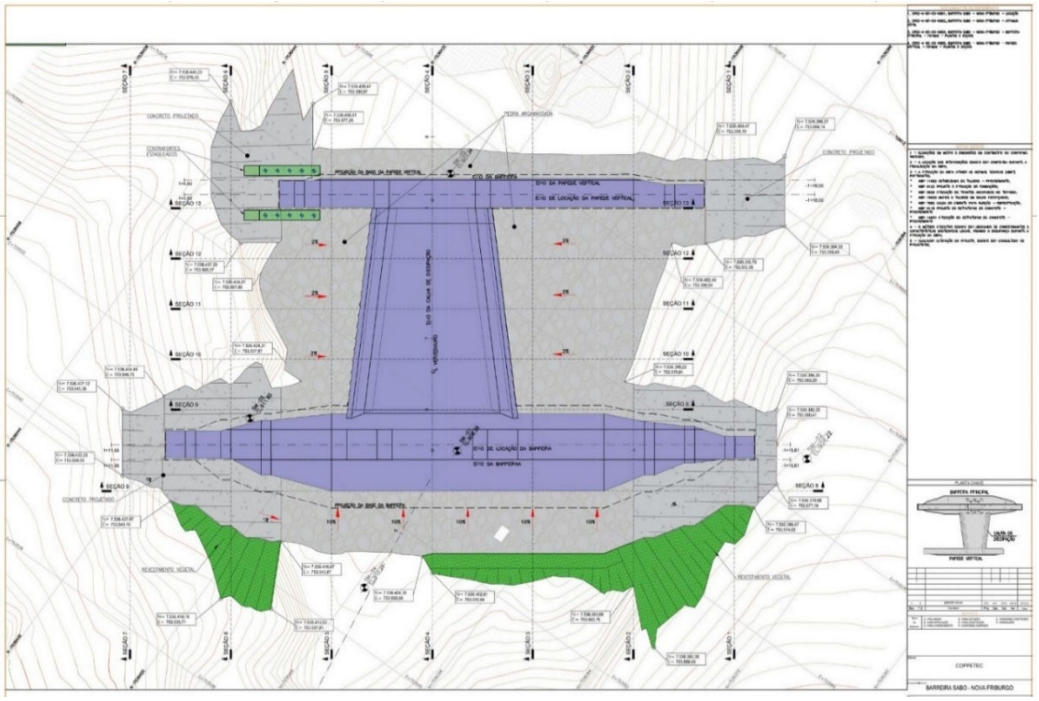


図 3-20　不透過型砂防堰堤の平面図（技術委員会作成）

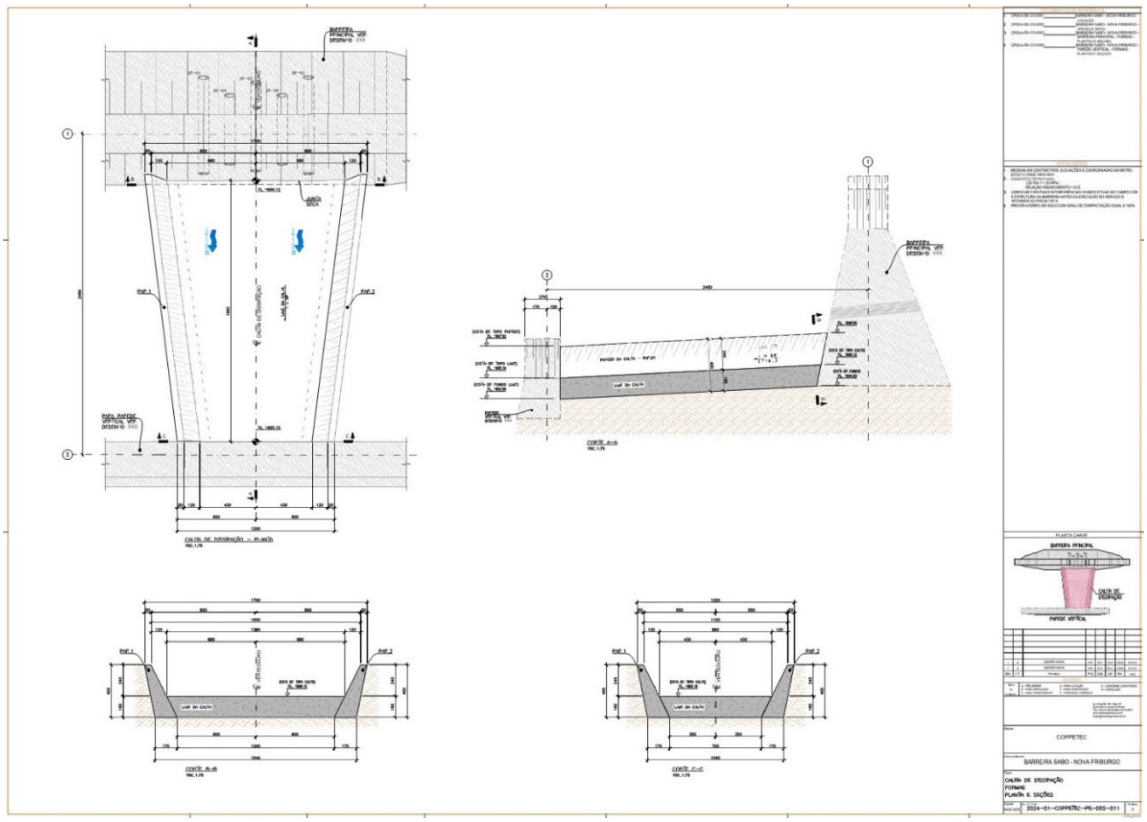


図 3-21　不透過型砂防堰堤の前庭保護工（技術委員会作成）

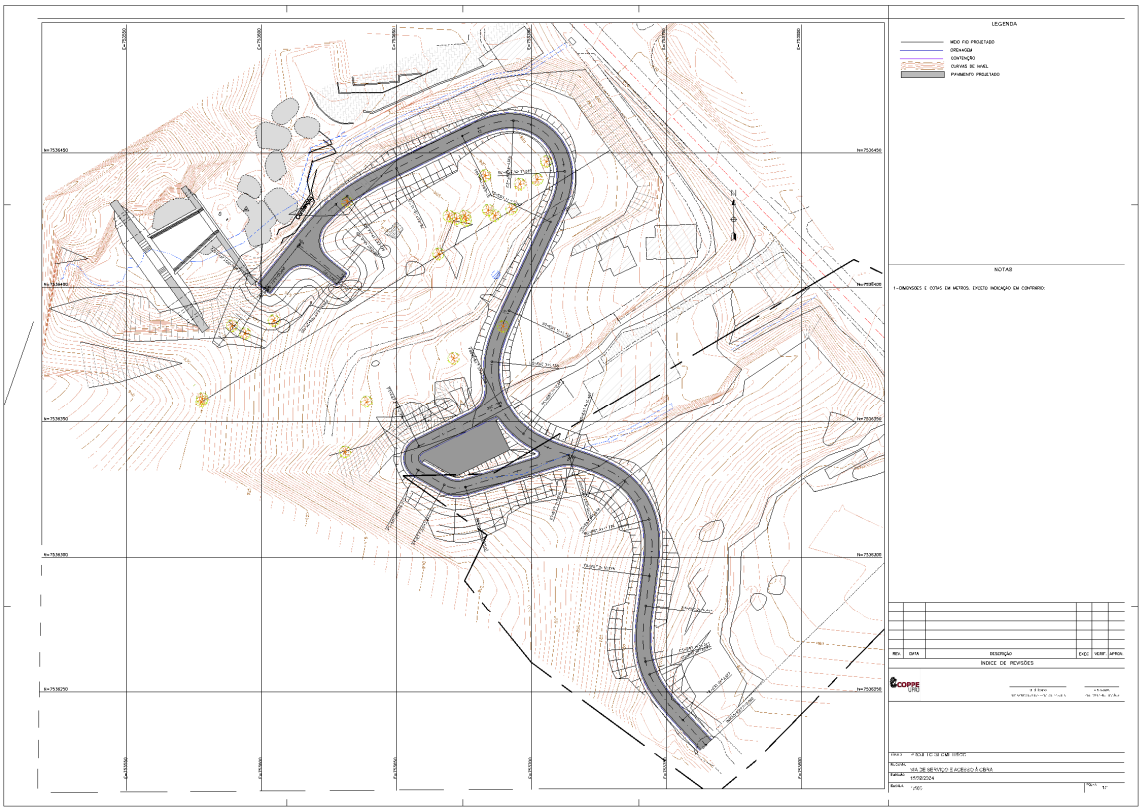


図 3-22　アクセス道路配置図（技術委員会作成）

不透過型砂防堰堤の完成予想をイメージしやすいように専門家側が作成した 3D パース図を図 3-23 に示す。また、設計作業を通じて行った技術移転の項目を表 3-2 に示す。

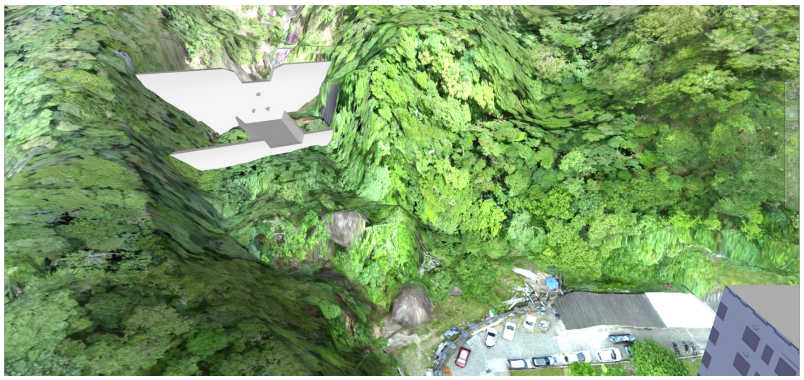


図 3-23　不透過型砂防堰堤の 3D パース図

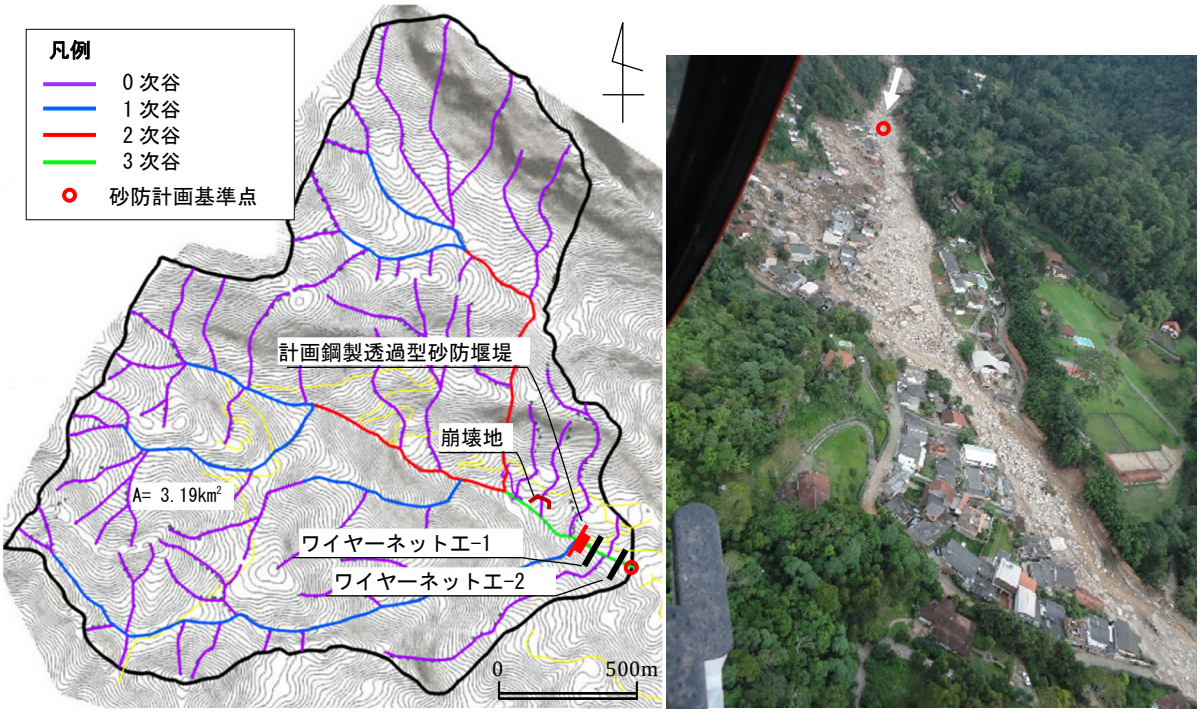
表 3-2　不透過型砂防堰堤の設計を通じて行った技術移転の項目（ノバフリブルゴ市）

No.	作業項目	状況
1	基本条件設定	
1)	砂防計画基準点、流域界設定	完了
2)	降雨解析、計画降雨設定	完了
3)	谷次数区分	完了
2	堰堤位置・規模決定のための調査・検討	
1)	地形測量（UAV 及び現地計測）	完了
2)	現地踏査	完了
3)	移動可能土砂量調査	完了
4)	流木量調査	完了
5)	運搬可能土砂量、計画流出流木量、計画流出土砂量の算定	完了
6)	土砂・流木処理計画の作成	完了
3	堰堤軸・規模の仮決定	完了
4	構造決定のための調査	
1)	礫径調査	完了
2)	ボーリング調査	完了
3)	堰堤軸付近の横断測量	完了
5	不透過型砂防堰堤の構造決定	
1)	設計流量および土石流諸元の設定	完了
2)	水通しの設計	完了
3)	安定計算と断面決定	完了
4)	袖の設計	完了
5)	前提保護工の設計	完了
6)	付属物の設計	完了
7)	工事及び管理用アクセスの設計	完了

3.5.3　土石流対策構造物の計画・設計の支援：テレゾポリス市

テレゾポリス市のプリンシペ川上流域の渓流では、2011 年 1 月に石礫を多く含む土石流が発生し、同市内で最も甚大な被害が生じた。この災害後、リオデジャネイロ州環境機構（INEA）は本川の谷出口付近に 2 基のワイヤーネット工を設置したが、これら構造物はおおむね 3 年確率日雨

量によって流出する土砂を捕捉できる応急的な施設として位置付けられる。本プロジェクトでは、土石流対策の安全度をさらに高めるため、石礫を多く含む土石流を効率的に捕捉でき、縦断的な河道の連続性を保てる鋼製透過型砂防堰堤を、これらのワイヤーネット工の上流に計画した。ノバフリブルゴ市のケースとは異なり、プリンシペ川上流域の渓流は GIDES でのケーススタディの対象には含まれていなかったため、設計に必要な基礎情報の収集、調査が進められた。



（谷次数区分図）　（2011 年 1 月災害後の渓流の状況）

図 3-24　プリンシペ川上流域の渓流の状況（テレゾポリス市）

専門家側は、土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングで使用した AW3D の数値標高データを用いて谷次数区分を実施し、計画対象土砂量の根拠となる移動可能土砂量（図 3-25）や運搬可能土砂量を算定し、その手法を MIDR 及び技術委員会に技術移転した。また、計画規模の土石流で想定される流出土砂の捕捉効果や本川左岸側に存在する崩壊地との位置関係を考慮しながら、鋼製透過型砂防堰堤の堰堤軸の位置や高さを複数案検討した。それぞれの堰堤軸案について現地確認を行った結果、土石流の捕捉効果が高く、アクセス性や地形条件が優れ、左岸側に存在するパイロットサイトの土地所有者の家屋や庭園への影響を小さくできる測線 No.27 の軸（図 3-26、図 3-27）を最適案とすることで、MIDR および技術委員会と合意した。

2- Área de erosão de cada ponto

No.	ordem 0			1ª ordem			2ª ordem			3ª ordem		
	B_d (m)	D_e (m)	A_{dyl} (m^2)	B_d (m)	D_e (m)	A_{dyl} (m^2)	B_d (m)	D_e (m)	A_{dyl} (m^2)	B_d (m)	D_e (m)	A_{dyl} (m^2)
0										26	1.333 *	34.7
2										10	3	30
2-1										0	0	0 Não avaliou.
3				4	2	8						
4							8	3.333 *	26.7			
5							6	1.667 *	10			
6-1	6	1	6									
7	16	0.5	8									
8				6	1.667 *	10						
11	10	0.5	5									
Média	10.67	0.67	6.33	5.00	1.83	9.00	7.00	2.50	18.35	18.00	2.17	32.35

Nota:
B_d: Largura da erosão no momento da ocorrência do fluxo de detritos (m)
D_e: Profundidade da erosão dos depósitos no momento da ocorrência do fluxo de detritos (m)
A_{dyl}: Área da seção do volume potencialmente instável nas encostas e ao longo do talvegue (m^2)
* : Locais onde considerou-se que formato da seção erodível pode ser obtido por parábola, multiplicando a profundidade máxima da erosão por 2/3.

3. Volume potencialmente instável nas encostas e ao longo do talvegue

Volume de material potencial-mente instável	Canal de ordem zero			Canal de 1ª ordem			Canal de 2ª ordem			Canal de 3ª ordem		
	Sum Point	Sum Length (m)	Sum Sediment (m^2)	Sum Point	Sum Length (m)	Sum Sediment (m^2)	Sum Point	Sum Length (m)	Sum Sediment (m^2)	Sum Point	Sum Length (m)	Sum Sediment (m^2)
Príncipe	291	5,820	36,860	236	4,720	42,480	51	1,020	18,717	65	1,300	42,055

Volume de material potencialmente instável Sum (m^3)	Área (km^2)	Unidade da área da bacia hidrográfica por volume de material (m^3/km^2)
140,112	3.18	44,060

4. Volume de material potencialmente mobilizável em uma onda de fluxo de detritos, utilizado no cálculo do volume de pico do fluxo de detritos

Rota do escoamento	Canal ordem zero			Canal de 1a ordem			Canal de 2ª ordem			Canal de 3a ordem		
	Sum Point	Sum Length (m)	Sum Sediment (m^2)	Sum Point	Sum Length (m)	Sum Sediment (m^2)	Sum Point	Sum Length (m)	Sum Sediment (m^2)	Sum Point	Sum Length (m)	Sum Sediment (m^2)
①	10	200	1,267	86	1,720	15,480	0	0	0	0	0	0
②	9	180	1,140	31	620	5,580	38	760	13,946	39	780	25,233
③	13	260	1,647	21	420	3,780	5	100	1,835	65	1,300	42,055

Volume de material potencialmente instável Sum (m^3)	Área (km^2)	Unidade da área da bacia hidrográfica por volume de material (m^3/km^2)
16,747	3.18	5,266
45,899	3.18	14,434
49,317	3.18	15,508

図 3.25　プリンシペ川上流域の移動可能土砂量算定結果

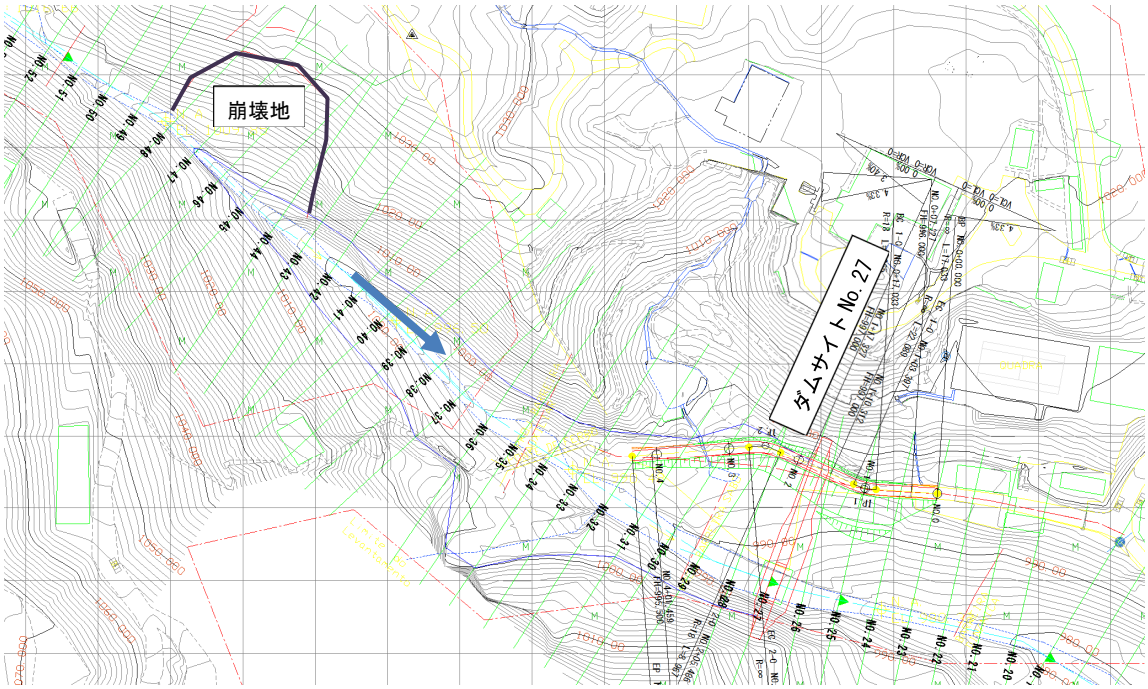


図 3-26　計画する鋼製透過型砂防堰堤の堰堤軸 No.27



図 3-27　鋼製透過型砂防堰堤のサイトの状況

パイロットサイト一帯は広い一筆の土地であるが、土地所有者からは景観上の懸念が呈され、土地の使用に関する合意形成は難航した。この背景には、2011 年 1 月災害後に市政府が十分な対応を取らなかったことによる、土地所有者と市政府との間の関係の拗れがあった。そこで、C/P が交渉の窓口となり直接土地所有者との関係構築を進めるとともに、市政府との間の関係を取り持った。一方、専門家側は、土地所有者の資産（主に庭園及び私道）に与える影響を最小限とするよう砂防堰堤の軸や高さを調整して概略設計図を作成し、交渉を支援した。その結果、2023 年 5 月には土地所有者と市政府の間で公共利用のための土地使用権の譲渡手続きを進めることが合意され、地形測量やボーリング調査が実施された。2024 年 8 月になって、土地所有者から堰堤位置の変更要望があり協議が継続していたが、2024 年 12 月 18 日に土地所有者側からプロジェクト側が要望する堰堤軸での工事を承諾する旨の連絡が入り、合意に至った。その後、土地所有者側の要望を考慮した砂防堰堤やアクセス道路の設計が技術委員会によって実施され、2026 年 2 月末に完了した。なお、土地所有者の交渉経緯は下記のとおりである。

[2022 年 7 月から 2024 年 12 月にかけての土地所有者との交渉経緯]

標記パイロットプロジェクトで計画されている鋼製透過型砂防堰堤（以下、「砂防堰堤」と呼ぶ）の建設予定地は、砂防施設としての土石流捕捉効果、施工時および維持管理時のアクセス性、既存防災施設（ワイヤーネット）との干渉、既存崩壊地および民間の地物との干渉といった側面から堰堤軸を比較検討した結果、一筆の民間人（以下、「土地所有者」と呼ぶ）の私有地に位置する結果となった。砂防堰堤の建設に先立ち土地の使用権の譲渡手続きが必要となるが、土地所有者からは敷地内での砂防堰堤の建設に難色が示され、堰堤軸を敷地外の下流に移すよう要望される状況が続いていた。その理由は時期によって変化したが、以下のようにまとめられる。

(1) 砂防堰堤の建設に難色が示された理由

a)　宅地や庭園として利用されている敷地の景観悪化の懸念

b)　敷地内の建物への悪影響

c) 施工中の日常生活への悪影響
d) プロジェクト側の砂防施設の計画設計の基図となっている地形図の精度への懸念
e) 2011 年災害で流失した右岸側養鶏場への橋の再建への支障

2011 年災害後の復旧に際してのテレゾポリス市政府の対応への不満（土地所有者は土石流災害への迅速な対応を望んでいたが、災害から 3 年以上経過した後にワイヤーネットだけが建設されたこと）から、土地所有者と市政府の関係はパイロットプロジェクトの開始当初からギクシャクしていた。そこで、プロジェクトコーディネーター（当時）は、2022 年 9 月から市政府を通さずに土地所有者及びご子息との電話や訪問などの直接的なコミュニケーションを開始し、土地所有者側とパイロットプロジェクトについて意見交換できる関係性を構築した。さらに、上記 a) から e) の問題に対し、プロジェクト側で以下のような対応を取ることで、砂防堰堤の建設についての土地所有者側の合意を得ることができた。

(2) プロジェクト側がとった対応

- 問題 b) : 技術的観点から下流への堰堤軸の変更が困難なため、土地所有者の建物に砂防工事や堆積土砂の影響が及ばないように、堰堤の高さを 12m から 8m まで低くする代案を提案した。また、堰堤軸の選定理由を、図解つきのわかりやすい比較案の資料を作成して説明した（専門家側）。
- 問題 a) : 日本の砂防事業で実施されている景観対策の事例を、ブラジル C/P 側に提供した（専門家側）。
- 問題 a) : 砂防堰堤が土地所有者の敷地に与える影響を視覚的に理解できるよう、3D イメージ図を作成した（技術委員会）。
- 問題 c) : 施工中は環境配慮を十分行い、工事現場で改善すべき点があれば積極的に対応すること、アクセス道路にはゲートを設け、外部から敷地内に部外者が立ち入れないよう対策することを約束した（MIDR）。
- 問題 d) : プロジェクト側と土地所有者側それぞれが作成した地形図に基づく河道縦断重ね合わせ図を作成し、双方の地形図が一致することを視覚的に証明した（専門家側）。
- 問題 e) : 右岸側の養鶏場へアクセスできる道路や橋を、砂防堰堤の維持管理用アクセス道路の一部として整備することを提案した（MIDR）。

2024 年 9 月上旬まで、プロジェクトダイレクターは「砂防工事で直接機能が損なわれたもの以外の補償を提供するのは難しい」として土地所有者側への譲歩に慎重な方針だったが、2024 年 9 月 24 日から 10 月 4 日にかけて実施された国別研修で広島西部山系砂防事務所及び広島県の砂防事業を視察された後に、問題 e) に対する上記の提案がなされた。日本政府のコミュニティとの関係構築重視の姿勢を見て、意識に変化が生じたと考えられる。

また、問題への直接的な解決とは異なるが、専門家側が一貫して行ったことは、問題への対応や関係者との調整が遅れがちになる C/P 側に対し、その時々で行うべき対応の優先順位を上げてもらうべくリマインドし続けたことである。なお、砂防堰堤施工後の維持管理フェーズにおける土地所有者との協力関係維持のため、専門家側から市政府に対し、土地所有者への市民

防御勲章の授与できないかといった提案も行った。

作成された図面の一例を、図 3-28 から図 3-31 に示す。

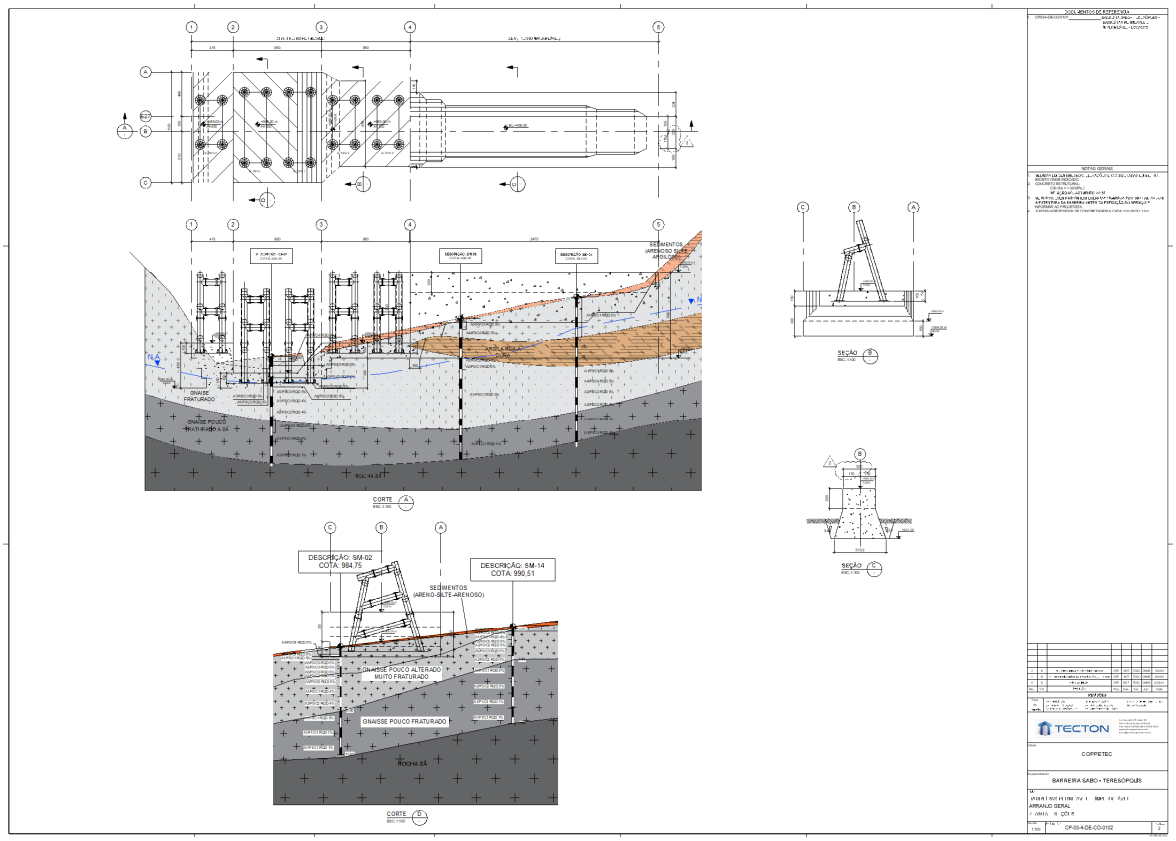


図 3-28　鋼製透過型砂防堰堤の地質断面図（技術委員会作成）

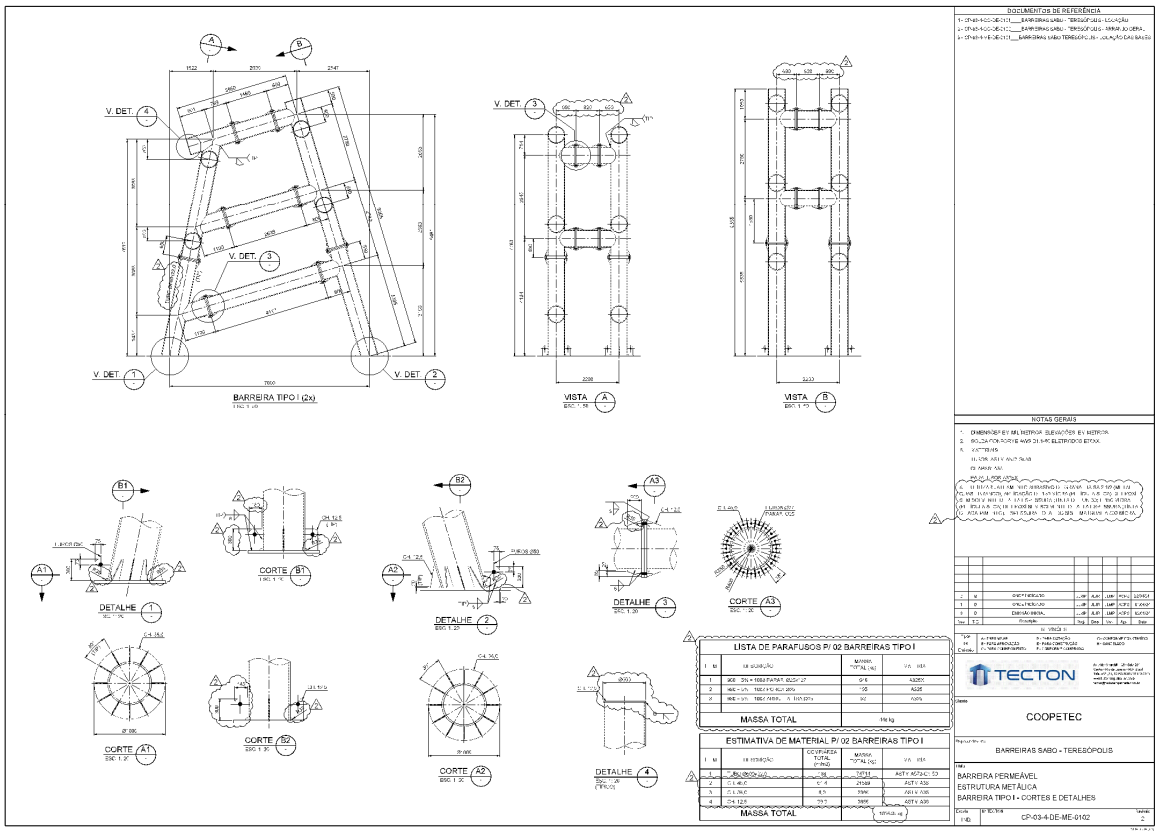


図 3-29　鋼製透過部の構造図（技術委員会作成）

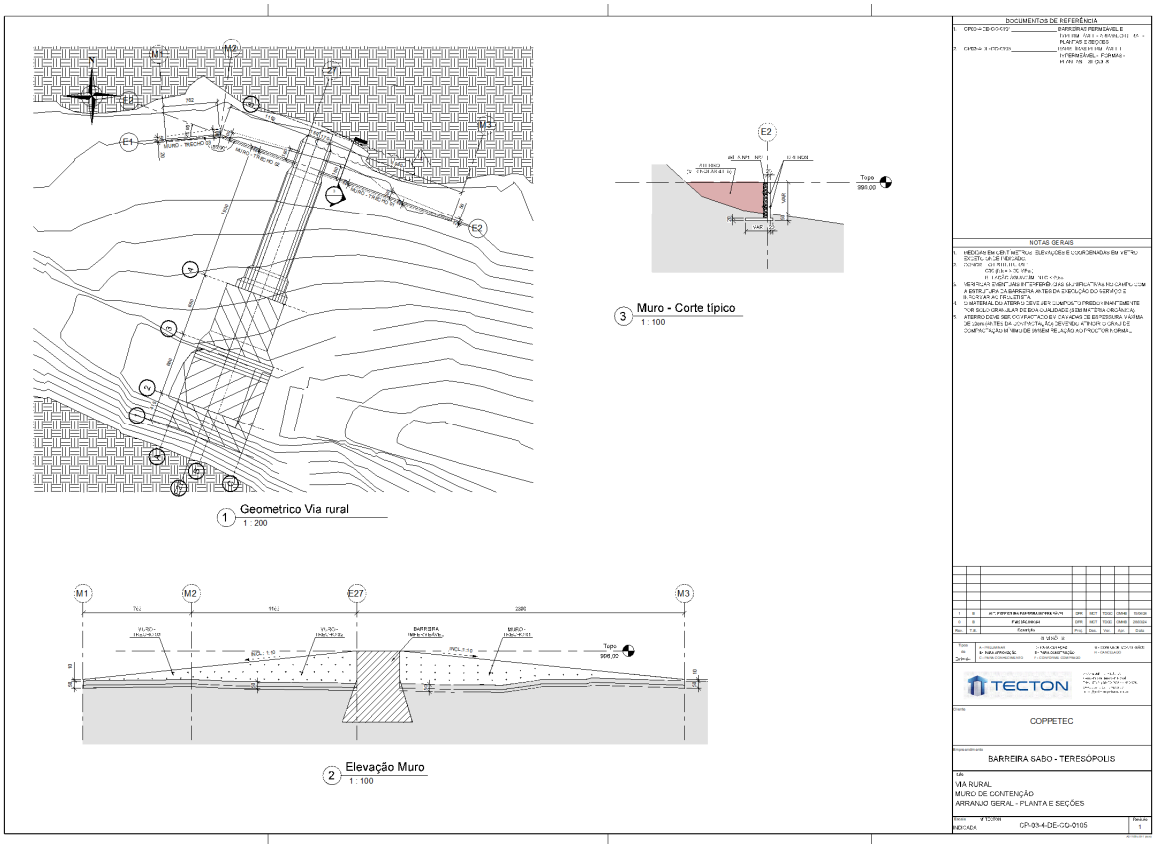


図 3-30　左岸側非越流部及び補償道路の配置図（技術委員会作成）

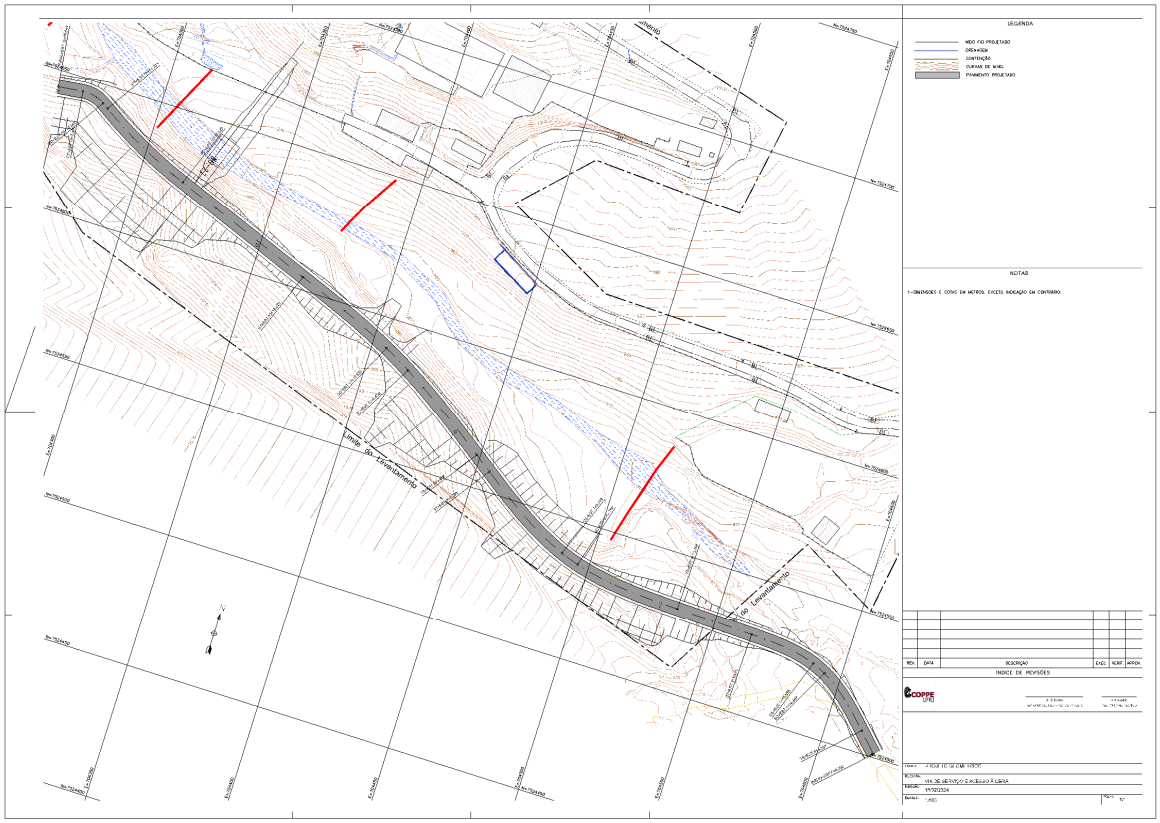


図 3-31　アクセス道路配置図（技術委員会作成）

鋼製透過型砂防堰堤と左岸補償道路の工事範囲がイメージしやすいように専門家側が作成した3D パース図を図 3-32 に示す。また、設計作業を通じて行った技術移転の項目を表 3-3 に示す。

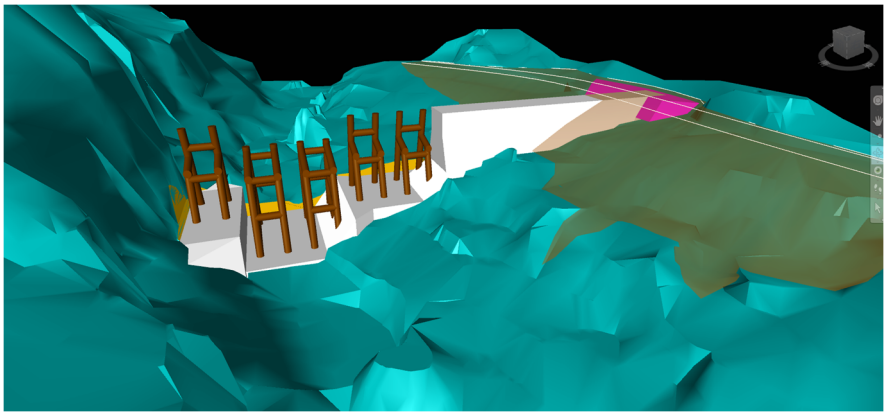


図 3-32　鋼製透過型砂防堰堤の 3D パース図

表 3-3　鋼製透過型砂防堰堤の設計を通じて行った技術移転の項目（テレゾポリス市）

No.	作業項目	状況
1	基本条件設定	
1)	砂防計画基準点、流域界設定	完了
2)	降雨解析、計画降雨設定	完了
3)	谷次数区分	完了
2	堰堤位置・規模決定のための調査・検討	
1)	地形測量（UAV 及び現地計測）	完了

2)	現地踏査	完了
3)	移動可能土砂量調査	完了
4)	流木量調査	完了
5)	運搬可能土砂量、計画流出流木量、計画流出土砂量の算定	完了
6)	土砂・流木処理計画の作成	完了
3	堰堤軸・規模の仮決定	完了
4	構造決定のための調査	
1)	礫径調査	完了
2)	ボーリング調査	完了
3)	堰堤軸付近の横断測量	完了
5	非越流部及び開口部の設計	
1)	設計流量および土石流諸元の設定	完了
2)	水通しと開口部の設計	完了
3)	安定計算と断面決定	完了
4)	袖の設計	完了
5)	前提保護工の設計（要否判断含む）	完了
6)	付属物の設計	完了
7)	工事及び管理用アクセスの設計	完了
6	鋼製部の構造設計	
1)	部材間隔の設定	完了
2)	土石流流体力の設定	完了
3)	部材の選定	完了
4)	構造計算（許容応力度法）及び安定計算（日本側）	完了
5)	構造計算（限界状態設計法）及び安定計算（ブラジル側）	完了

3.5.4 砂防堰堤の設計に関する技術移転の手法

PDM によると、本プロジェクトに求められる成果 1 「土砂災害構造物対策の特性、設計、施工監理、維持管理方法が理解される」の評価指標は、「MIDR とパイロット市担当者の土砂災害構造物対策に関する理解度が向上する」となっている。一方で、連邦制のブラジルで技術を蓄積し普及させるためには、アカデミアとの連携が重要であることが Sabo マニュアルの作成を通じて明らかになった。そこで、パイロットプロジェクトにおける砂防堰堤の設計に関する技術移転は、MIDR 職員だけでなく技術委員会に対しても行った。

技術移転を行った項目は、下記 a)～g) のうち、日本の知見が適用できる a) 設計条件の設定及び b) 構造物の形状決定の 2 項目とした。この他の c) 施工計画、d) 図面作成、e) 数量計算、f) 積算、g) 各種審査書類の作成は、ブラジル国のルールに準拠する必要があることから、ブラジル側において実施することで MIDR 及び技術委員会と合意した。

【砂防堰堤の設計・施工にむけた検討事項】

a) 設計条件の設定
b) 構造物の形状決定
c) 施工計画
d) 図面作成
e) 数量計算
f) 積算

g) 各種審査書類（環境許可、会計局審査等）の作成

専門家側は、設計条件の設定、構造物の形状決定及び設計計算に関する資料を Sabo マニュアルドラフトβ版に基づいて対訳版で作成し（図 3-33）、概略設計レベルの図面を作成した（図 3-34）。また、それらの資料を用いて、MIDR と技術委員会に設計の手順や留意事項を説明し、技術移転を行った。

【設計の諸元】

①地形・地質・堤体条件

記号	項目	単位	値
	〈地形条件〉		
B1	渓床幅	m	23.0
1:r_1	流下断面右岸勾配(下)		1.0
1:r_2	流下断面右岸勾配(上)		1.0
1:l_1	流下断面左岸勾配(下)		2.7
1:l_2	流下断面左岸勾配(上)		0.8
z1	右岸側勾配変換点	m	2.0
z2	左岸側勾配変換点	m	2.0
θ	現河床勾配		1/3
	〈流量条件〉		
A	流域面積	km^2	0.12
P_{24}	24時間雨量(もしくは日雨量)	mm	191
	〈堤体条件〉		
H	堤高	m	12.0
B	水通し天端幅	m	3.0
m	上流法面勾配		0.40
n	下流法面勾配		0.20
B1	水通し底幅	m	8.0
	袖小口勾配		0.5
	〈土砂条件〉		
V_{dop}	一波の土石流により流出すると想定される土砂量	m^3	10,873
d_{95}	最大礫径	m	2
	〈地盤定数〉		
τ_0	地盤のせん断強度		600
f	摩擦係数		0.70
qu	地盤の許容支持力	kN/m^2	1200
n	滑動に対する安全率		1.5

[Especificações do Projeto]

①Topografia, geologia e condições da barreira

Símbolo	Item	Unidade	Valor
	Condições topográficas		
B1	Largura do leito	m	23.0
1:r_1	Inclinação da margem direita, seção do escoamento (jusante)		1.0
1:r_2	Inclinação da margem direita, seção do escoamento (montante)		1.0
1:l_1	Inclinação da margem esquerda, seção do escoamento (jusante)		2.7
1:l_2	Inclinação da margem esquerda, seção do escoamento (montante)		0.8
z1	Ponto de mudança da inclinação no lado da margem direita	m	2.0
z2	Ponto de mudança da inclinação no lado da margem esquerda	m	2.0
θ	Inclinação atual do leito do canal		1/3
	Condições da vazão		
A	Área da bacia hidrográfica	km^2	0.12
P_{24}	Chuva de 24h (ou chuva diária)	mm	191
	Condições do corpo da barreira		
H	Altura do corpo	m	12.0
B	Comprimento da soleira do vertedouro	m	3.0
m	Inclinação do paramento de montante		0.40
n	Inclinação do paramento de jusante		0.20
B1	Comprimento da soleira do vertedouro	m	8.0
	Inclinação da lateral do vertedouro		0.5
	Condições dos sedimentos		
V_{dop}	Volume de sólidos estimado para escoar em um único evento de fluxo de detritos	m^3	10,873
d_{95}	Diâmetro máximo dos blocos	m	2
	Constantes do terreno		
τ_0	Resistência ao cisalhamento do terreno		600
f	Coeficiente de atrito		0.70
qu	Capacidade de suporte admissível do terreno	kN/m^2	1200
n	Fator de segurança ao deslizamento		1.5

図 3-33　不透過型砂防堰堤の設計計算資料対訳版の一例

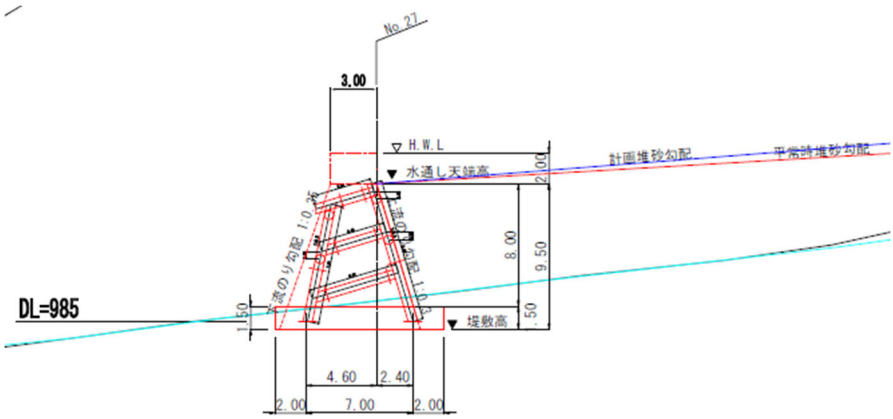


図 3-34　鋼製透過型砂防堰堤の概略設計資料の一例

3.6　[2-5] 2-4 及び 3-3 の試行後の、マニュアル、チェックリストの最終化

専門家側は、パイロットプロジェクトで行われた砂防堰堤の設計やセミナーで得られた知見をフィードバックさせた Sabo マニュアルγ版を作成し、2025 年 10 月末に C/P 側および技術委員会側に共有した。一方、パイロットプロジェクトの遅延により、砂防堰堤の施工で得られた知見のマニュアルへのフィードバックは未達となり、プロジェクト終了後にブラジル側が実施すべきタスクとして第 5 回 JCC 会議で合意された。
（達成率：83%）

3.6.1　Sabo マニュアルのγ版作成（2023 年 9 月-2025 年 10 月）

専門家側は、パイロットプロジェクトで行われた砂防堰堤の設計やセミナーで得られた知見をフィードバックさせた Sabo マニュアルγ版の作成を進め、技術的記述の修正や図表出典の整理を行った。具体的な編集・修正は、以下のとおりである。これらの作業を経て、2025 年 10 月末には編集・修正作業が完了し、Sabo マニュアルγ版のファイルが C/P 側および技術委員会側に共有された。

- **記述の重複箇所の修正**:マニュアル設計編における、記述が重複している箇所を修正した。
- **出典の整理**：マニュアルに掲載した図表や参考文献の出典を整理・追記した。
- **GIDES マニュアルとの整合性確保**：活動 3-2 として追加作成した GIDES マニュアル（土石流対策計画）改定版との整合性の確認を行った。
- **鋼製部材に関する技術的記述の修正**：鋼製部材のへこみ変形率の許容値に関する記述の調整を行った

3.6.2　Sabo マニュアル完成版

パイロットプロジェクトとして実施する砂防堰堤の工事がプロジェクト期間中に完了しないため、その施工を通じて得られるはずだった知見を Sabo マニュアルや事例集にフィードバックすることができなくなった。そこで、プロジェクト終了後にブラジル側がその成果の達成に向けて実

施すべき活動を「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」として整理し、そのなかに「パイロットサイトの工事終了後 1 年以内に Sabo マニュアル（チェックリスト含む）完成版の公式化が完了」との項目が記載され、第 5 回 JCC 会議で合意された。

マニュアルの設計編、施工編、維持管理編のうち、施工編の最終化は未達となったため、Sabo マニュアル最終化作業の達成度は以下の考え方で 83%と評価した。

表 3-4　Sabo マニュアル（チェックリスト含む）最終化の達成度評価

項目	達成度	備考
Sabo マニュアル設計編	100%	
Sabo マニュアル施工編	50%	パイロットプロジェクトのフィードバックが未了
Sabo マニュアル維持管理編	100%	
合計	83%	

3.7　[2-6] パイロットプロジェクトに基づく事例集の作成

専門家側は、パイロットプロジェクトで行われた砂防堰堤の計画・設計成果に基づく事例集を作成し、2026 年 3 月末に完成させた。一方、パイロットプロジェクトの遅延により、砂防堰堤の施工結果の事例集へのフィードバックは未達となり、プロジェクト終了後にブラジル側が実施すべきタスクとして第 5 回 JCC 会議で合意された。
（達成率：89%）

専門家側は、パイロットプロジェクトの成果に基づき、2026 年 3 月に事例集を完成させた。事例集は、特記仕様書で「設計施工事例集」と定義されているとおり、当初はパイロットプロジェクトで実施した設計・施工の実例を取りまとめることを予定していた。しかしながら、パイロットプロジェクトの設計に先立って実施された「対象渓流の選定」や「土石流構造物対策の施設計画」の各プロセスの成果も、今後ブラジル側が自立的に土石流構造物対策を展開する上で重要な情報であることから、事例集に含めた。

なお、当初は施工の実例も事例集に盛り込む予定であったが、パイロットプロジェクトの遅延により、プロジェクト期間中に砂防堰堤の施工結果（実績）を事例集に反映することが困難となった。そこで、パイロットサイトの砂防工事終了後 1 年以内にブラジル側は事例集への施工結果の反映を行う旨の事項が「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」に記載され、第 5 回 JCC 会議で合意された。事例集作成作業の達成度は、表 3-5 に示す考え方で、89%と評価した。

本プロジェクトの成果としての事例集には、パイロットプロジェクトの設計結果までを反映させ、施工部分については、ブラジル側が後で必要事項をもれなく埋めることができるように、「砂防堰堤の建設中に実施すべきモニタリング項目」「留意点」「安全上の考慮事項」といったコンテンツ案を記載した。

表 3-5　事例集作成の達成度評価

項目	達成度	備考
第 1 部：パイロットプロジェクトで対象とした渓流の選定	100%	
第 2 部：リオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市におけるパイロットプロジェクト	83%	

第 1 章：土石流構造物対策の計画	100%	
第 2 章：不透過型砂防堰堤と付帯構造物の設計	100%	パイロットプロジェクトの施
第 3 章：不透過型砂防堰堤と付帯構造物の施工	50%	工のフィードバックが未了
第 3 部：リオデジャネイロ州テレゾポリスにおけるパイロットプロジェクト	83%	
第 1 章：土石流構造物対策の計画	100%	
第 2 章：鋼製透過型砂防堰堤と付帯構造物の設計	100%	パイロットプロジェクトの施
第 3 章：鋼製透過型砂防堰堤と付帯構造物の施工	50%	工のフィードバックが未了
合計	89%	

第 4 章　成果 3 に関する活動内容

4.1　成果 3 に関する活動項目

PDM における成果 3 の内容と活動は、以下のとおりである。

成果 3：技術マニュアルを活用・普及するためのツール及び計画が作成される。

活動： 3-1.　マニュアル、チェックリストおよび事例集を普及させるための、トピック，方法，設備，実施機関，予算，対象参加者を含む研修計画の作成 3-2.　研修用教材・カリキュラムの開発 3-3.　マニュアルの普及のための研修、セミナーの開催 3-4.　3-3 の結果に基づく研修教材・カリキュラムの最終化、および講師用教材の完成 3-5.　リスクマップ等を活用した土石流リスクの高い地域の選定、および土石流構造物対策をリスクの高い他の地域に展開するための計画の作成

4.2　[3-1] マニュアル、チェックリストおよび事例集を普及させるための、トピック，方法，設備，実施機関，予算，対象参加者を含む研修計画の作成

専門家側は、Sabo マニュアル（チェックリスト含む）および事例集を普及させるための研修計画の作成を支援した。この研修計画は、C/P によって「土石流の防止・抑制のための砂防手法の普及計画（PDMS)」として策定され、2026 年 3 月 5 日に開催された第 5 回 JCC 会議で報告された。 （達成率：100%）

4.2.1　土石流の防止・抑制のための砂防手法の普及計画（PDMS）の作成

(1) 名称の定義

PDM では、「マニュアル、チェックリストおよび事例集を普及させるための、トピック，方法，設備，実施機関，予算，対象参加者を含む研修計画」と定義されているが、C/P 側は、「砂防技術の普及が目的であることを明確に伝えたい」という意図から、この研修計画を「土石流の防止・抑制のための砂防手法の普及計画」（*Plano de Disseminação da Metodologia Sabo para Prevenção e Retenção de Fluxos de Detritos* - PDMS）として定義した。

(2) 専門家側が行った支援

- **PDMS の構成案の提案**：PDMS に盛り込むべきコンテンツを検討し、構成案として整理して C/P 側に共有した。

- **C/P 側が作成した PDMS ドラフト版の最終化支援**：C/P 側が作成した PDMS の内容の読み合わせを行い、専門家側と C/P 側の認識を一致させながら文言の修正と最終化を支援した。最終化に当たっては、プロジェクトダイレクターや MIDR 内の人材開発を担当する管理連携部を交えた会議を数回実施し、組織制度上できること、できないことを確認した上で、関係者全員が納得できる結論へと落とし込む工夫をした。文言の修正の一例として、専門家側が提案していた「プロジェクト管理」コースの設置については、国立行政学院（ENAP）[1]の既存の講座に既にプロジェクト管理のコースが存在することが確認できたため、重複を避けるため PDMS としての研修内容からは除外する整理を行った。

(3) C/P 側が行った作業

- **主体的な資料作成と協議・最終化**:研修担当部局である MIDR の管理連携部が主体となり、市民防御局（SEDEC）と連携しながら PDMS のドラフト版を作成し、専門家と協議を進め、最終化した。

(4) PDMS の策定

策定された PDMS を添付資料-8 に示す。この PDMS は、2026 年 3 月 5 日に開催された第 5 回 JCC 会議で報告された。

4.3 [3-2] 研修用教材・カリキュラムの開発

研修に用いるツールである技術マニュアルと研修用教材の作成や、研修カリキュラムの開発を支援した。技術マニュアルには、土石流構造物対策の設計に先立って実施すべき、対象とする土砂量の設定方法や施設配置計画の手法についても盛り込む必要があったため、専門家側は先行プロジェクトの GIDES で作成されたマニュアルの内容を Sabo マニュアルと統合する際に必要な改定作業を行った。
（達成率：85%）

4.3.1 研修に用いるツールの定義

4.2 項で述べた「土石流の防止・抑制のための砂防手法の普及計画（PDMS）」では、研修に用いるツールは以下のように定義されている。この中で、主たる研修用ツールは技術マニュアルであり、動画や PowerPoint ファイル等の研修用教材はマニュアルの内容を補完する位置づけとされている。

- **技術マニュアル**:ブラジルの有識者によって編集され、MIDR が公表した砂防堰堤の調査・計画、設計、施工、維持管理に必要な土石流構造物対策のマニュアル（チェックリスト含む）および事例集

[1] 遠隔教育（EaD）形式で行政に関する研修と専門能力開発プログラムを提供する、ブラジル連邦行政機関の政府系学校

- **研修用教材（PowerPoint ファイル）**：主にセミナーで技術マニュアルの内容を映写して説明するための資料
- **研修用教材（動画）**：主にオンラインで技術マニュアルの内容を説明する資料

4.3.2 技術マニュアル

(1) GIDES マニュアルの改定支援

技術マニュアルには、土石流構造物対策の設計に先立って実施すべき、対象とする土砂量の設定方法や施設配置計画の手法についても盛り込む必要があったため、本プロジェクトで開発された土石流対策構造物の設計、建設、維持管理に関する Sabo マニュアルだけでなく、先行プロジェクトである GIDES の下で開発されたマニュアル「土石流対策計画（Manual Técnico para Concepção de Intervenções para Fluxo de Detritos）」（以下、「GIDES マニュアル」という）の内容も含める必要があった。しかしながら、Sabo マニュアルを作成する過程で定義された専門的な技術用語のなかには、GIDES マニュアル中で使用されている用語と整合しないものがあり、両マニュアルを統合的に運用するには、使用されている用語や記号を統一する必要があった。また、パイロットプロジェクトで土石流構造物対策の設計を進めるなかで、GIDES マニュアルに内容の誤りや表記のバラツキがあること、更新すべき図表があること、図表の出典が記載されていないこと、といった問題が確認された。そこで、研修に用いるツールとしての「技術マニュアル」の作成に資するため、専門家側は GIDES マニュアルの改定作業を行い、日本ーポルトガル語対訳版として取りまとめ、C/P および技術委員会に提供することで、研修基盤の整備を支援した。この GIDES マニュアル改定対訳版は、「技術マニュアル」のコンテンツの一つとなるとともに、技術委員会側でポルトガル語版として最終化され、MIDR の公式ウェブサイトで公開される予定である。

なお、GIDES マニュアルの改定支援は、コンサルタント業務の当初のスコープには含まれていなかったが、表 4-1 に示す経緯を経て実施に至った。

表 4-1 GIDES マニュアルが改定実施に至った経緯

年月	アクション
2022 年 4 月	専門家側が GIDES マニュアルの日本語・ポルトガル語の対訳版を作成する過程で、Sabo マニュアルと GIDES マニュアルでの用語の定義のずれや、明らかな誤記が確認された。
2022 年 5 月	専門家側から GIDES マニュアルを担当した C/P に対し、マニュアル作成当時の状況や認識の確認が行われた。
2022 年 9 月	専門家側と C/P 側のマニュアルに関する勉強会で、Sabo マニュアルと GIDES マニュアルの用語の統一や、誤記修正の必要性が議論された。
2023 年 2 月	統合・地域開発省の Web サイトにおいて、旧版の GIDES マニュアルのステータスが「更新中」に変更された。
2024 年 7 月	コンサルタントの業務が第 2 期に移った段階で、コンサルタントから JICA に対し、GIDES マニュアル改定の必要性と業務での追加支援について起案した。
2024 年 8 月～11 月	コンサルタントによる要修正箇所の洗い出し、投入量の試算、JICA との調整が行われた。
2025 年 2 月	GIDES マニュアルの改定案の作成支援、及びブラジル側技術委員会との協議の追加に係る打合簿が調印された。

(2) 「技術マニュアル」の作成支援

PDMS で定義される「技術マニュアル」は、活動 2-5 の項目で述べた Sabo マニュアル完成版に、GIDES マニュアル改定版の内容を加えたものとして、技術委員会によって作成されている。専門家側は、技術委員会側が作成したマニュアルの原稿をレビューし、要修正事項等に関するコメントを共有し、マニュアルの品質向上に努めた。2026 年 3 月末現在、3 名の外部有識者によるマニュアルのレビューが実施され、技術委員会はレビュー結果に基づき原稿の更新作業を進めている。このマニュアルにはパイロットプロジェクトの施工結果がフィードバックされていないため、2026 年 6 月末までに MIDR の公式 Web サイト上で「暫定版」として公開される予定である。従って、本活動の達成率は、活動 2-5 および活動 2-6 の平均的な達成率と整合させ、85%とした。

4.3.3 研修用教材の作成支援

(1) PowerPoint ファイルや動画の作成

研修用教材の一つに、2025 年 12 月 9 日、10 日の 2 日間にわたって開催されたセミナーの発表資料（PowerPoint ファイル）が挙げられる。専門家側は、この資料がセミナー終了後も研修用教材として活用されるよう、その目次構成を作成し、ブラジル側の活動を支援した。資料の内容は、ブラジル側のオーナーシップを育むため、C/P および技術委員会が主体となって作成する方法を採った。

また、専門家側は、活動 2-6 で作成した「事例集」の内容を解説するワークショップのための発表資料を作成するとともに、質疑応答も含めたワークショップの実施状況を録画し、研修用教材とすべく、録画データを C/P 側と共有した。

4.3.4 研修用カリキュラムの作成支援

プロジェクト活動に基づき、専門家側は以下の大項目からなる研修カリキュラムを提案した。この内容は、C/P および技術委員会と協議の上、第 3 回セミナーのプログラムに反映された。

- 土石流対策の概要（40 分）
- Sabo マニュアルの概要（30 分）
- 簡易リスクマップを用いた河川の特定（40 分）
- 土石流対策のための構造物配置計画（現地調査、計画土砂量算定、配置計画）（120 分）
- 設計（不透過型砂防堰堤、鋼製透過型砂防堰堤）（160 分）
- 建設と維持管理（40 分）
- プロジェクト管理（40 分）

4.4 [3-3] マニュアルの普及のための研修、セミナーの開催

Sabo マニュアル（チェックリスト含む）および事例集の理解を深め、ブラジル全土に普及させることを目的として、セミナーを 2 回、ワークショップを 5 回開催した。セミナーにおいては、ブラジル側関係者が自ら講演資料を作成してプレゼンテーションを行うなど、オーナーシップの醸成が図られた。また、各イベントを通じた活発な質疑応答により、参加者全体の技術的な理解度の向上が確認された。

なお、セミナーやワークショップの詳細については、巻末の添付資料-8 に取りまとめた。（達成率：100%）

4.4.1　セミナー

(1) セミナーの企画

Sabo マニュアルを普及させ、土石流構造物対策を土石流災害リスクが高い地域に展開するという目標を実現するために、Sabo マニュアルとそれを用いた設計例やプロジェクト管理（行政手続き）を関係機関の行政職員に紹介することを目的としたセミナーの開催を計画した。セミナーは計 2 回の開催（第 1 回目は 2024 年 5 月 6～7 日、第 2 回目は 2025 年 12 月 9 日～10 日）が計画された。

セミナーの企画は、専門家側がまず素案を提案し、C/P 側と協議しながら作成した。セミナーの参加対象者は、MIDR、都市省、ブラジル協力庁、連邦貯蓄金庫、ブラジル地質調査所、リオデジャネイロ連邦大学、リオデジャネイロ州、パイロットプロジェクト対象市（ノバフリブルゴ市、テレゾポリス市）およびその他の土石流災害リスクが高い地域の州・市政府（サンパウロ州、サンタカタリーナ州ブルメナウ市、リオデジャネイロ州ペトロポリス市）等の行政職員とした。

なお、セミナーの企画にあたり、配慮・工夫した事項は以下のとおりである。

[セミナーの企画にあたり配慮・工夫した事項]

- **開催日数**：開催日数が 3 日以上になると連続して参加できる人が大幅に減る可能性があるとの C/P からの意見を踏まえ、2 日間の開催とした。
- **開催時期**：ブラジルの休暇シーズン、関連する学会（地盤工学会など）、JCC 会議のスケジュール等を考慮し、関係者が参加しやすい時期にセミナーが開催されるよう調整した。
- **形式**：C/P からの、「セミナーを対面とオンラインのハイブリッド形式とすると、大多数がオンラインでの参加を選び、対面での参加者が極端に減少し、積極的な意見交換がなされない懸念がある」との意見を踏まえ、対面のみの形式で実施することとした。
- **プログラム構成と役割分担**：専門家側は、必要な研修モジュールが過不足なく網羅されるようプログラム案を作成し、ブラジル側（C/P および技術委員会）と調整した。ブラジル側のオーナーシップ向上と技術的事項の理解向上のため、セミナー用の資料作成と発表はブラジル側が中心となって実施された。

(2) セミナーの開催

a) 第 1 回セミナー

リオデジャネイロ連邦大学の G122 講堂において、2024 年 5 月 6～7 日の 2 日間にかけて Sabo マニュアル及び砂防堰堤の設計事例に関するセミナーを開催した。ブラジル側による砂防施設の維持管理に資するため、国土交通省砂防部の行政官から、日本における「砂防施設の損傷実態と維持管理」についてご講演いただいた。参加者は両日とも約 100 名にのぼった。講演者には適切な資料に基づくプレゼンテーションをしていただき、難しいテーマにも関わらず出席者間で活発な質疑応答が行われた。

表 4-2　第 1 回セミナーの講義プログラム概要

月日	講義テーマ	参加者数
2024 年 5 月 6 日 （月）	開会挨拶、オリエンテーション 土石流災害対策の実施方針 土石流とその災害の特徴 土石流構造物対策	106 名 （男性 77 名、 女性 29 名）
5 月 7 日 （火）	特別講演：砂防堰堤の損傷実態と維持管理 土石流構造物対策のための調査・計画 1 土石流構造物対策のための調査・計画 2 土石流構造物工事のための調査：移動可能土砂量 砂防マニュアル（β版）の構成と概要：第 1，2，3 編 砂防マニュアル（β版）の構成と概要：第 4，5，6 編 砂防マニュアル（β版）に基づく設計例：ノバフリブルゴ市 砂防マニュアル（β版）に基づく設計例：テレゾポリス市 閉会挨拶	99 名 （男性 70 名、 女性 29 名）



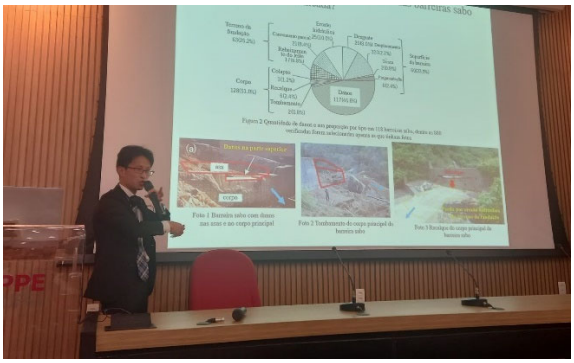
（来賓挨拶）



（セミナー参加者の状況）



（エドワルド教授による講義）



（国土交通省山田氏による講義）

図 4-1　第 1 回セミナーの開催状況

b) 第 2 回セミナー

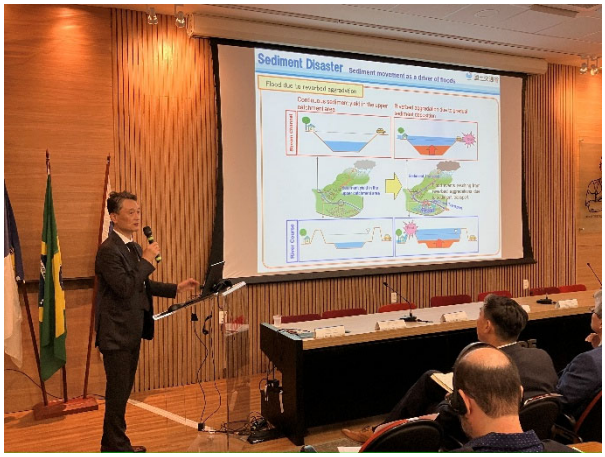
リオデジャネイロ連邦大学の G122 講堂において、2025 年 12 月 9～10 日の 2 日間にかけて、Sabo マニュアルに基づいた、計画、調査、設計及びプロジェクト管理（行政手続き）に関するセミナーを開催した。講演者には適切な資料に基づくプレゼンテーションをしていただき、難しいテーマにも関わらず出席者間で活発な質疑応答が行われた。また、セミナーに参加された国土交通省砂防部の國友砂防部長からは、「日本の土砂災害対策の歴史と今後の課題」について講演いただくとともに、セミナー2 日目の実施されたディスカッションでは、「GIDES プロジェクト時代と比較し、ブラジル側の技術や取り組みが大きく進歩していること、また 2011 年災害 15 周年という重要な節目に向け、成果を結実させようと関係者が一丸となっている姿勢に感銘を受けた。」との講評をいただいた。なお参加者数は、1 日目が 87 名、2 日目が気象条件による幹線道路通行止めの影響を受け 66 名であった。

表 4-3　第 2 回セミナーの講義プログラム概要

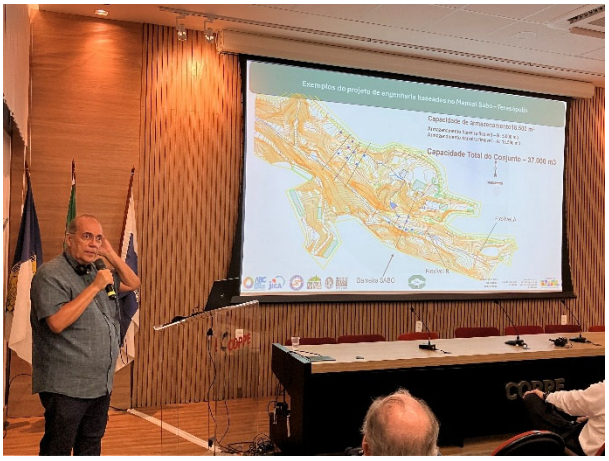
月日	講義テーマ	参加者数
2025 年 12 月 9 日 （火）	- 開会挨拶、オリエンテーション - 特別講演：日本の土砂災害対策の歴史と今後の課題 - 土石流災害と土石流構造物対策の概念 - 土石流構造物対策マニュアルの概要 - 簡易リスクマッピングの活用 - ボーリング、地形測量、流木、流域、礫径調査、移動可能土砂量、工法選定 - 土石流対策工の計画づくり - 水文・運搬可能土砂量 - 不透過型堰堤 - 不透過型堰堤の設計	87 名 （男性 66 名、女性 21 名）
12 月 10 日 （水）	- 透過型堰堤 - 透過型堰堤の設計 - プロジェクト管理(行政手続き) - ディスカッション - 閉会挨拶	66 名 （男性 53 名、女性 13 名）



（来賓挨拶）



（国土交通省國友砂防部長による講義）



（フェイジョ教授による講義）



（質疑応答の様子）

図 4-2　第 2 回セミナーの開催状況

4.4.2　ワークショップ

(1) ワークショップの企画

土石流構造物対策に関係する行政職員、技術者および研究者が、Sabo マニュアルの内容に基づき土石流構造物対策の計画・設計手順と手法、および施工状況のモニタリングや工事現場での安全管理を深く理解できるよう、専門家側は、下記のテーマに関するワークショップ（WS）を企画した。

[WS のテーマ]

- 土石流シミュレーション
- 砂防計画
- 砂防堰堤の計画・設計事例（事例集の計画・設計部分）
- 砂防堰堤の施工中のモニタリング事項（事例集の施工部分）
- 砂防堰堤の工事現場特有の災害リスクと安全管理

WS の企画は、専門家側がまず素案を提案し、C/P 側と協議しながら作成した。参加対象者は、セミナーと同様に、MIDR、都市省、州・市政府、リオデジャネイロ州環境機構（INEA）、サンパウロ州技術研究所（IPT）等の行政職員、およびリオデジャネイロ連邦大学関係者（学生を含む）とした。なお、企画に当たって配慮・工夫した事項は下記のとおりである。

[WS の企画にあたり配慮・工夫した事項]

- **形式**：様々な地域からの参加者ができるだけ多くの WS に参加できるように、オンライン形式を採用した。
- **実例の例示による理解の促進**：参加者が具体的な作業手順や手法が理解できるように、土石流シミュレーションのチュートリアルや、パイロットプロジェクトで実施した砂防堰堤

の計画・設計成果をまとめた「事例集」を用い、実例を例示しながら理解を促す方法を採った。

- **時間配分**：参加者や通訳者の集中力維持に配慮し、1 回当たり約 2 時間の WS の間に 10 分程度の休憩時間を設定するとともに、質疑応答の時間を多く確保するなど工夫した。
- **成果の研修用教材（動画）としての活用**：質疑応答も含めた各 WS の実施状況を録画して保存し、研修用教材（動画）とすべく C/P 側と共有した。

4.4.3 ワークショップの開催

(1) 実施結果の概要

WS の開催実績は、表 4-4 のとおりである。No.4 と No.5 の WS の参加者が少ない理由は、これらの WS がノバフリブルゴ市における不透過型砂防堰堤の工事関係者を対象にしたためである。

表 4-4 WS のテーマと開催日程

No.	テーマ	開催日	参加者数
1	土石流シミュレーション	2025 年 8 月 6 日、8 月 8 日	89 名（男性 53 名、女性 36 名）
2	砂防計画	2025 年 8 月 13 日、8 月 15 日	47 名（男性 22 名、女性 25 名）
3	砂防堰堤の計画・設計事例（事例集の計画・設計部分）	2026 年 1 月 29 日、2 月 5 日	28 名（男性 20 名、女性 8 名）
4	砂防堰堤の施工中のモニタリング事項（事例集の施工部分）	2026 年 3 月 10 日	13 名（男性 13 名、女性 0 名）
5	砂防堰堤の工事現場特有の災害リスクと安全管理	2026 年 3 月 18 日	13 名（男性 13 名、女性 0 名）

(2) 土石流シミュレーション WS

連邦貯蓄金庫（CAIXA）による土石流構造物対策の設計審査を受ける際には、土石流構造物対策を実施しようとする市政府が、土石流構造物対策の効果を説明する「リスク評価分析書」を作成する必要がある。そのためには土石流リスクエリアを何らかの方法で特定し、リスクエリア内の資産を評価する必要があるが、土石流シミュレーションはリスクエリアの特定に有効な手段の一つである。そこで専門家側は、土石流氾濫解析のためのソフトウェア “HyperKANAKO”を用いた土石流シミュレーション手法を解説するためのチュートリアル形式の資料を作成し、2025 年 8 月 6 日と 8 日に、HyperKANAKO の操作方法とリスク評価分析手法を解説するワークショップをオンライン形式で開催した。

表 4-5 土石流シミュレーション WS のプログラム

月日	プログラム
2025 年 8 月 6 日（水）	土石流の氾濫解析ソフトウェア「HyperKANAKO」の紹介、使い方 ・HyperKANAKO の特徴と他ソフトとの違い ・解析の事前準備 ・計算条件の設定 ・計算結果の確認方法とリスク評価への活用

8 月 8 日（金）	土石流の氾濫解析ソフトウェア「HyperKANAKO」の計算条件の具体的な設定方法 ・入力データの構成 ・入力データの設定方法 ・土砂量を設定する際の留意点

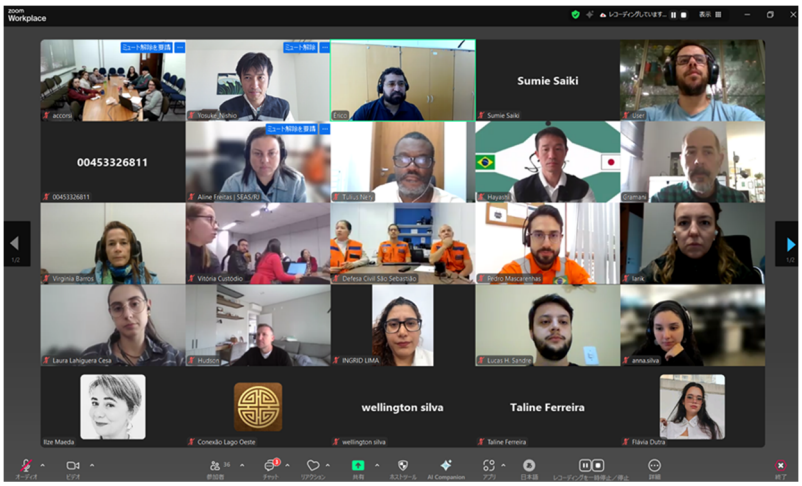


図 4-3　土石流シミュレーション WS の開催状況

(3) 砂防計画 WS

砂防計画の検討の流れや、計画づくりに必要となる具体的な調査手法を解説することを目的に、表 4-6 に示すプログラムに沿った WS を開催した。

表 4-6　砂防計画 WS のプログラム

月日	講義テーマ
2025 年 8 月 13 日（水）	砂防計画の概要 ・土石流のメカニズム ・砂防堰堤の役割 ・砂防計画を策定するための具体的な項目
8 月 15 日（金）	砂防計画の策定のポイント ・現地調査 ・砂防堰堤の配置検討 ・砂防堰堤のタイプ選定 ・設計の留意点 ・施工計画と安全管理

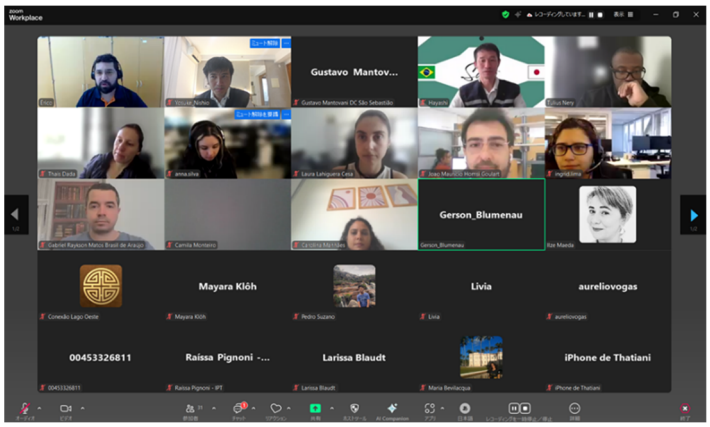


図 4-4　砂防計画 WS の開催状況

(4) 砂防堰堤の計画・設計事例 WS

パイロットプロジェクトで実施した砂防堰堤の計画・設計の手順と手法を、本プロジェクトで作成した「事例集」を使用して解説することを目的に、表 4-7 に示すプログラムに沿った WS を開催した。

表 4-7　砂防堰堤の計画・設計事例 WS のプログラム概要

月日	講義テーマ
2026 年 1 月 29 日（木）	リオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市 1. 土石流構造物対策の計画 2. 不透過型砂防堰堤と付帯構造物の設計
2 月 5 日（木）	リオデジャネイロ州テレゾポリス市 1. 土石流構造物対策の計画 2. 鋼製透過型砂防堰堤と付帯構造物の設計

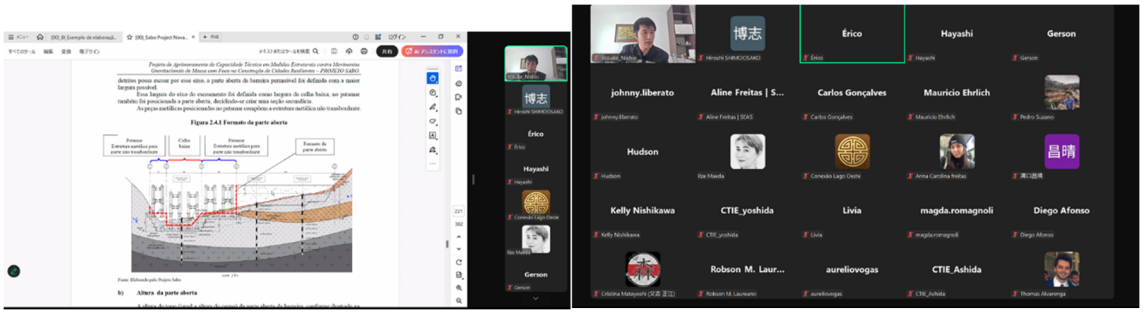


図 4-5　砂防堰堤の計画・設計事例 WS の開催状況

(5) 砂防堰堤の施工中のモニタリング事項 WS

パイロットプロジェクトで実施する砂防堰堤工事の完了後にブラジル側で事例集を更新する際に必要な、砂防堰堤工事の施工期間中にモニタリングすべき情報を解説することを目的として、本プロジェクトで作成した「事例集」の内容をベースに、表 4-8 に示すプログラムに沿った WS を開催した。

表 4-8　砂防堰堤の施工中のモニタリング事項 WS のプログラム概要

月日	講義テーマ
2026 年 3 月 10 日（火）	施工期間中にモニタリングすべき事項 1. 施工手順 2. 工事用道路 3. 転流工 4. 掘削工 5. コンクリート工 6. 鋼製フレームの組み立て 7. 特殊工 8. 施工時の安全対策

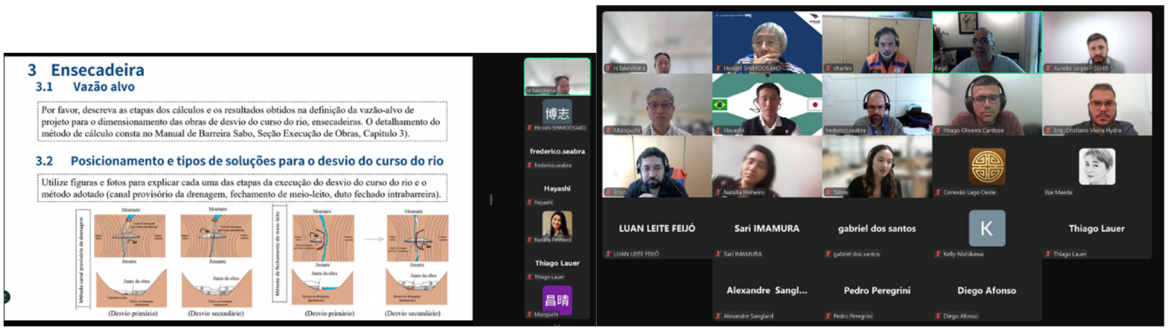


図 4-6 砂防堰堤の施工中のモニタリング事項 WS の開催状況

(6) 砂防堰堤の工事現場特有の災害リスクと安全管理 WS

砂防堰堤の工事現場特有の災害リスクと求められる安全管理について解説することを目的に、表 4-9 に示すプログラムに沿った WS を開催した。パイロットプロジェクトで実施する砂防工事はブラジル側の予算・国内法のもとで実施されるが、JICA が提供する「ODA 建設工事安全管理ガイダンス（スペイン語版）」を参考にした安全管理体制のレビューを推奨した。

表 4-9　砂防堰堤の工事現場特有の災害リスクと安全管理 WS のプログラム概要

月日	講義テーマ
2026 年 3 月 18 日（水）	土石流とは（土石流の流動状況の動画視聴） 狭隘な谷の中で求められる施工時の安全対策 ノバフリブルゴ市の砂防工事現の災害リスク要因と留意点

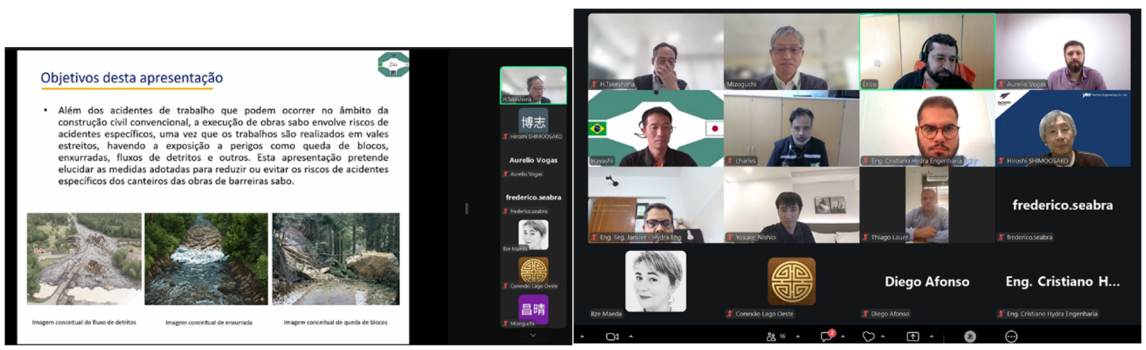


図 4-7　砂防堰堤の工事現場特有の災害リスクと安全管理 WS の開催状況

4.5 [3-4] 3-3 の結果に基づく研修用教材・カリキュラムの最終化、および講師用教材の完成

PDMS で研修用のツールとして位置づけられるもののうち、技術マニュアルは、パイロットプロジェクトの遅延により施工結果の反映ができず、砂防堰堤完成後 1 年以内の発行予定として「約束事項マトリクス」で合意した。一方、研修用教材のうちセミナー資料や専門家作成の動画は完成し、C/P と共有済みである。遠隔教育用の動画は、技術マニュアルと同様、砂防堰堤完成後 1 年以内に作成される予定である。研修カリキュラムは、Web や YouTube 等を含む多角的な普及計画に基づき、全 4 コースの構成で最終化した。講師用教材には、今後発行される技術マニュアルが活用される計画である。
（達成率：85%）

4.5.1 技術マニュアル

パイロットプロジェクトの遅延により、プロジェクト期間中に砂防堰堤の施工結果のフィードバックが出来なかったため、プロジェクト期間中の技術マニュアル（Sabo マニュアルに GIDES マニュアルの内容を統合したもの）の最終化は未達となった。技術マニュアルの「最終版」は、砂防堰堤の建設完了後 1 年以内に印刷物として発行される予定として「約束事項マトリクス」にてブラジル側と合意した。（達成率 85%）

4.5.2 研修用教材

(1) PowerPoint ファイル

セミナーやワークショップで使用した発表資料（PowerPoint ファイル）は、研修用教材として活用されることを想定して作成され、その最終版が C/P 側と共有された。（達成率 100%）

(2) 動画（専門家側作成）

専門家側は、研修用教材とすべく、4.4 項で述べたセミナーやワークショップの実施状況をポルトガル語の音声入りで録画し、整理した。その録画データは、C/P 側と共有された。（達成率 100%）

(3) 動画（遠隔教育用）

4.2 項で述べた PDMS では、国立行政学院（ENAP）による遠隔教育で使用する動画ついても規定している。この遠隔教育用の動画は、連邦政府が定めた遠隔教育（EaD）の仕様に準拠したものとして、パイロットサイトでの砂防工事完了後 1 年以内に、MIDR と技術委員会が主体となって作成される予定である。（達成率 0%）

4.5.3 研修用カリキュラム

PDMS では、土石流構造物対策に関する砂防技術の普及活動を、以下に示す複数のチャンネルとプラットフォームを組み合わせて実施することが計画されている。

[多チャンネルによる普及]

a) MIDR の公式 Web サイトを通じた技術マニュアルの公開
b) MIDR の公式 YouTube チャンネルを通じた技術マニュアルの普及
c) ENAP のオンライン教育プラットフォームを用いた遠隔教育
d) 対面式セミナーを通じた普及活動

上記のうち c) の遠隔教育プログラムのカリキュラムについては、専門家側からの提案に基づき C/P 側と協議し、最終化を行った。その結果、遠隔教育プログラムのカリキュラムは PDMS のなかで以下のように定義された。（達成率 100%）

表 4-10　遠隔研修プログラムのカリキュラム

コース	モジュール	内容
1	1. 土石流災害と土石流構造物対策の概念	土石流と土石流災害の特徴、ブラジルにおける土石流構造物対策の必要性、土石流構造物対策の概要について紹介する。
	2. 土石流構造物対策のための技術マニュアルの概要	土石流構造物対策のための技術マニュアルの構成と土石流構造物対策の計画・設計手順を紹介する。
2	1. 簡易リスクマッピングの活用	Sabo プロジェクトで作成した、土石流構造物対策を要する渓流の抽出と優先順位付けを目的とした簡易リスクマッピングの手法を紹介し、市政府レベルでの土石流構造物対策の計画づくりの実践的な能力を養う。
	2. 土石流構造物対策の計画づくり	GIDES マニュアル改定版をベースとして、土石流構造物対策の計画づくりの手順・方法およびそのために必要な調査項目について紹介する。
3	1. 土石流構造物対策の設計	Sabo マニュアルをベースとして、土石流構造物対策の設計の手順・方法およびそのために必要な調査項目について紹介する。
	2. 土石流構造物対策の施工	Sabo マニュアルをベースとして、土石流構造物対策の施工の手順・方法・出来高管理について座学にて紹介する。
	3. 土石流構造物対策の維持管理	Sabo マニュアルをベースとして、土石流構造物対策の維持管理の手順・方法とそのために必要な点検項目について座学にて紹介する。
4	プロジェクト管理	ENAP の既存コースにて、砂防工事の施工業者選定から着工に至る行政手続きを紹介する。

4.5.4　講師用教材

講師用教材としては、PDMS の「研修に用いるツール」に規定される「技術マニュアル」が用いられる。

4.6　[3-5] リスクマップ等を活用した土石流リスクの高い地域の選定、および土石流構造物対策の建設をブラジル全土の高リスク地域に展開するための計画の作成

本プロジェクトでは、パイロット地域外での土石流構造物対策の実現に向け、過去の災害履歴に基づきブラジル全土から土石流災害リスクが高い 12 市を抽出した。さらに、既存のリスクマップの有無や都市域の状況を考慮し、技術定着のための水平展開先として、ブルメナウ（サンタカタリーナ州）、ペトロポリス（リオデジャネイロ州）、カラグアタトゥバおよびサンセバスチャン（サンパウロ州）の 4 市を選定した。

各市では専門家の支援のもと、ブラジル側によって、対象渓流の選定、土砂量・流木量の算定、砂防堰堤の配置計画などの詳細設計に向けた作業が進められている。また、ブラジル側は、土石流構造物対策をブラジル全土へ展開するため、「土石流対策構造物のブラジル全土への展開計画」（PIES）を策定し 2026 年 3 月 5 日に開催された第 5 回 JCC 会議で報告された。（達成率：100%）

4.6.1　パイロット市以外の土石流リスクの高い地域の選定

本プロジェクトの上位目標「土石流構造物対策がパイロットプロジェクト以外で実施される（設計が作成されたパイロットプロジェクト以外の土石流構造物対策の数: 目標値 4）」の実現に向け、土石流リスクの高い地域を抽出した。抽出作業は、2023 年時点で入手できたブラジル全土を対象とした土石流災害履歴に関する最新の文献に基づき、1928 年から 2020 年の間に土石流を含む土砂災害が発生した市をリスト化することにより行った。

ブラジル全土で 1928 年から 2020 年の間に発生した、土石流を含む土砂災害の履歴は表 4-11 に示すとおりである。同表から読み取れる事項を以下に記す。

[ブラジル全土で 1928 年から 2020 年の間に発生した土砂災害履歴から読み取れる事項]

- 土石流を含む土砂災害の大部分は、サンパウロ州、リオデジャネイロ州、サンタカタリーナ州およびミナスジェライス州で発生している。
- 土石流を含む土砂災害が 2 回以上、あるいは 300 人以上の犠牲者を出した災害が発生した履歴がある市は以下の計 12 市である。
  - サンパウロ（SP）州クバトン市
  - リオデジャネイロ（RJ）州ペトロポリス市
  - RJ 州リオデジャネイロ市
  - バイーア（BA）州サルバドール市
  - SP 州サントス市
  - SP 州カンポス・ド・ジョルドン市
  - SP 州ラヴィーニャス市
  - SP 州カラグアタトゥバ市
  - RJ 州テレゾポリス市
  - RJ 州ノバフリブルゴ市
  - RJ 州ピライ市

- サンタカタリーナ（SC）州ブルメナウ市

表 4-11　ブラジル全土で 1928 年から 2020 年の間に発生した土石流を含む土砂災害の履歴

市_州略称	土石流を含む土砂災害の発生件数	土石流を含む土砂災害による犠牲者数	経済損失（USD）	備考
Cubatão_SP	9	11	73,332,253	市街地に土石流が到達する可能性があるためリスクマッピングを実施する。
Petrópolis_RJ	6	406	2,179,453,291	市街地に土石流が到達する可能性があるためリスクマッピングを実施する。
Rio de Janeiro_RJ	4	804	1,010,547,344	斜面が既に市街化し土石流の発生源ほぼ無くなった。
Salvador_BA	2	173	34,884,425	斜面が既に市街化し土石流の発生源ほぼ無くなった。
Santos_SP	2	102	24,112,000	斜面が既に市街化し土石流の発生源ほぼ無くなった。
Campos do Jordão_SP	2	27	#N/A	1972年災害は地すべり、2000年災害は斜面崩壊で、土石流の発生実績はないことを確認した。
Lavrinhas_SP	2	11	2,329,412	土石流の到達域に都市が形成されていないことを確認した。
Caraguatatuba_SP	1	436	63,449,964	市街地に土石流が到達する可能性があるためリスクマッピングを実施する。
Teresópolis_RJ	1	429	#N/A	パイロットプロジェクトを実施中。
Nova Friburgo_RJ	1	392	#N/A	パイロットプロジェクトを実施中。
Serra das Araras (Piraí)_RJ	1	300	#N/A	1967年災害の主要被災地はダム湖になり、土石流の到達域に都市が形成されていないことを確認した。
Region of Volta Grande_MG	1	250	#N/A	
Blumenau, Ilhota, Brusque region_SC	1	151	946,442,920	2008年、2023年にも土石流災害が発生しているBlumenauではリスクマッピングを実施済み。
Maranguape_CE	1	91	#N/A	
Niterói_RJ	1	48	146,587,277	
Tubarão_SC	1	40	666,840,081	
Contagem_MG	1	36	#N/A	
Ilha Grande (Angra dos Reis)_RJ	1	31	180,668,819	
Itaóca_SP	1	23	5,578,975	
Blumenau region_SC	1	17	#N/A	
Presidente Getúlio, Ibirama_SC	1	13	9,155,290	
Ubatuba_SP	1	11	#N/A	
Timbé do Sul_SC	1	10	71,311,286	
Antonina, Morretes_PR	1	4	76,095,510	
Bom repouso_MG	1	0	24,683,356	
Guaratuba_PR	1	0	718,275	
Rolante_RS	1	0	#N/A	
合計	47	3,816	5,516,190,478	

出典：Victor et al. (2023) : The consequences of debris flows in Brazil: a historical analysis based on recorded events in the last 100 years, landslides 20, P.511-529

4.6.2　土石流構造物対策の設計を優先的に実施する地域の選定

パイロットプロジェクト以外の地域での土石流構造物対策の設計を推進し、その作業を通じてブラジル側に移転した技術の定着を図るため、今後土石流構造物対策の設計を優先的に実施する市（以下、「水平展開先」）の選定を行った。選定作業は、以下の条件で行った。

[**選定条件 -1**：土石流災害リスクが高く社会的・経済的な損害が発生する可能性があること]

表 4-11 で抽出された市から、既にパイロットプロジェクトを実施している市、当時の文献から当該土砂移動現象が明らかに土石流ではないと判断された市、人口や資産が集積された都市域がなく土石流構造物対策を講じてもその効果が薄いと考えられた市、および土石流の発生源である斜面自体が既に市街化してしまった市を除いた結果、サンパウロ(SP)州クバトン市、リオデジャネイロ(RJ)州ペトロポリス市、SP 州カラグアタトゥバ市、サンタカタリーナ(SC)州ブルメナウ市が抽出された。

[**選定条件 -2**：リスクマップが作成されていること]

抽出された市のうち、既にリスクマップが作成されているブルメナウ市を除いた、SP 州クバトン市、RJ 州ペトロポリス市、SP 州カラグアタトゥバ市に、サンパウロ州技術研究所(IPT)の研究者からのヒアリングに基づく 2 市（SP 州サンセバスチャン市およびウバトゥバ市）を加えた計 5 市について、MIDR が中心となって 2023 年に公式化された「土石流の影響を受けやすい斜面を事前に特定し優先順位をつけるための簡易マッピングマニュアル」（以下、土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングマニュアル）を用いたリスクマッピングを実施し、地形条件及び保全対象の観点から土石流構造物対策の重要度が高い渓流が多く存在する地域の絞り込みを行った。その結果、SC 州ブルメナウ市に加え、RJ 州ペトロポリス市、SP 州カラグアタトゥバ市およびサンセバスチャン市の 4 市が設計の水平展開先として選定された。（カラグアタトゥバ市については、現地調査や施設配置の検討がある程度進んだ後で市政府から設計作業の辞退表明があったため、サンセバスチャン市で土石流構造物対策の設計を 1 箇所追加実施することになった。）

なお、土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングは、GIDES プロジェクトで策定された現地調査に基づく詳細なリスクマッピングの代用になるものではないが、今回の作業を通じて、土石流構造物対策の必要性が高い渓流を 2～3 時間で迅速に抽出できることが確認された。州・市政府が自力でこのマッピングが行えるよう、MIDR による技術移転が行われた。

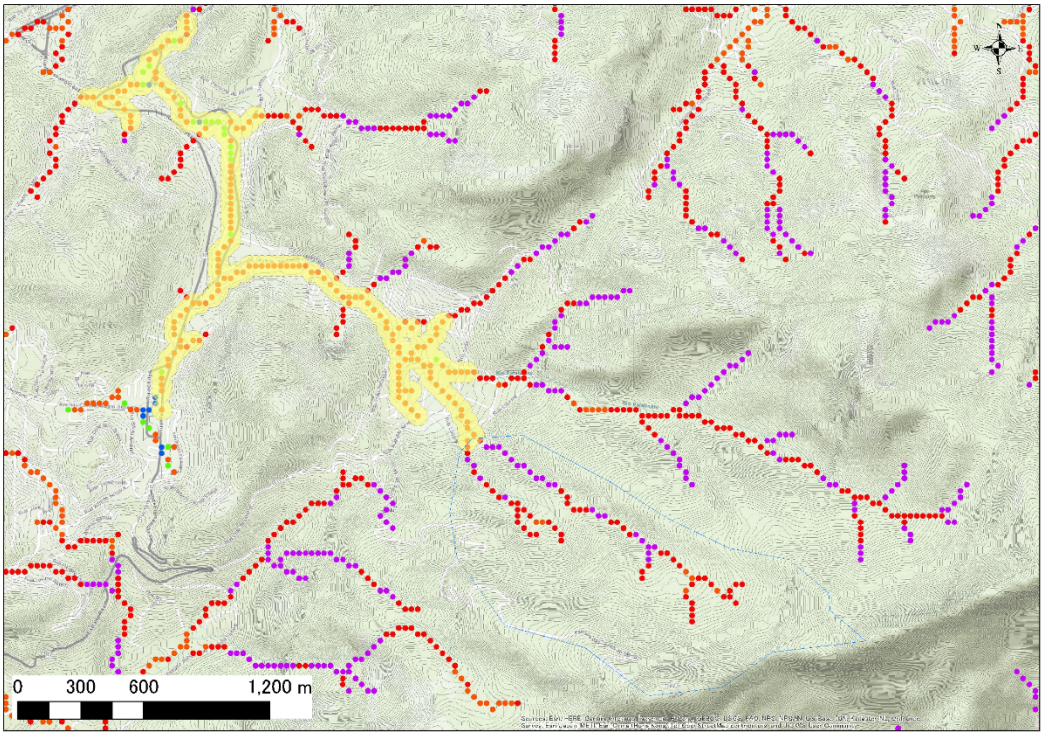


図 4-8　土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングによる評価結果の一例（RJ 州ペトロポリス市モレン地区）

（黄色ハッチング部：市街地と土石流氾濫域が重なるリスクエリア）



図 4-9　土石流構造物対策の計画・設計を行うパイロット地域以外の対象地（青字）

4.6.3　SC 州ブルメナウ市における土石流構造物対策に関する支援

(1) 対象渓流の選定

前節の作業で土石流リスクが高い地域として選定された SC 州ブルメナウ市に対しては、2022 年 11 月 29 日に市長を表敬訪問し、同市を水平展開の候補市とし、2008 年に土石流災害が発生した市内の Afluente do Ribeirão Velha Pequena 渓流（流域面積 0.16 km^2）を対象に砂防施設の設計を行うことについて協議した。

その後、2023 年 10 月に同渓流で再度土石流が発生したため、2023 年 11 月 21 日にブルメナウ市を訪問し、専門家側から砂防施設の配置計画や設計の流れを市政府の防災担当者に説明するとともに、市政府の活動について報告いただいた。その結果、ブルメナウ市によって既に土石流対策構造物を要する渓流特定のためのリスクマッピングが実施され、Afluente do Ribeirão Velha Pequena 渓流が構造物対策の優先度の高い渓流として抽出されていることや、砂防堰堤やアクセス道路の適地があり、支障物件も無いため、再度災害防止の観点からも本渓流の選定が適当であることが確認できた。また、同渓流の現地調査を実施して土砂の生産・流出状況を確認するとともに、移動可能土砂量の算出方法や砂防堰堤の配置の考え方等について現地にて協議を実施した。

対象渓流（Afluente do Ribeirão Velha Pequena）の位置を図 4-10 に示す。



図 4-10　ブルメナウ市の対象渓流（Afluente do Ribeirão Velha Pequena）の位置図



（2008 年の土石流災害：市提供）　　（2023 年の土石流災害後の渓流の状況）

図 4-11　渓流 Afluente do Ribeirão Velha Pequena における土石流災害後の状況

(2) 専門家側が行った支援

砂防堰堤の設計のための調査・計画は、基本的にブラジル側が実施し、専門家側がそのアウトプットをレビューする形で進めた。その過程で、専門家が行った主な支援は以下のとおりである。

- **移動可能土砂量の算定支援**：技術委員会が実施した現地調査の結果をレビューし、岩盤の分布を考慮した谷次数区分図の最終化（図 4-12）、移動可能土砂量の算出プロセス、単位面積当たりの移動可能土砂量を指標とした移動可能土砂量算定結果のチェック方法について、

助言を行った。

- **流木量の算定支援**：市政府から提供された植生サンプリング調査結果を用いた、単位面積当たりの材積量や発生流木量の算出プロセスへの助言を行った。
- **内部摩擦角の設定支援**：運搬可能土砂量を算出するために使用する「渓床堆積土砂の内部摩擦角」について、市政府による土質試験から求められた値（24.6 度）の解釈や、礫の混入を考慮した値の調整について助言を行った。
- **砂防堰堤の規模と堰堤軸の検討支援**：砂防堰堤の概略の施設配置の検討方法や、比較表を用いた堰堤軸の検討方法について助言を行った（図 4-13、図 4-14）。
- **付属施設の検討支援**：アクセス道路のレイアウトや流末処理に関する技術的助言を行った。

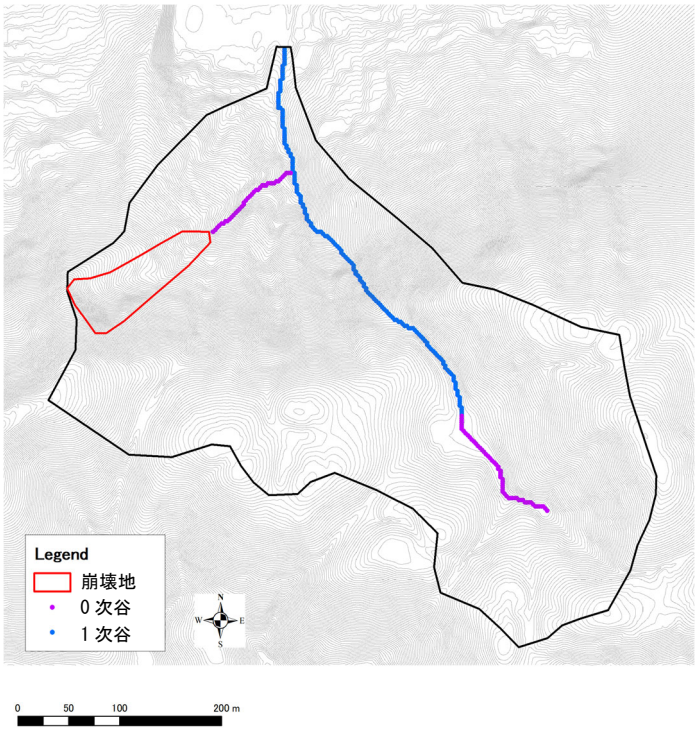
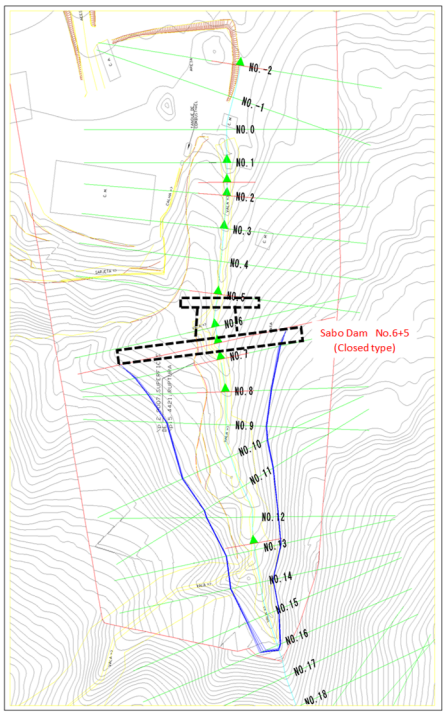


図 4-12　対象渓流 Afluente do Ribeirão Velha Pequena の谷次数区分図



Volume de material sólido e troncos carreados do plano

Item	sólidos e troncos	
Volume potencialmente instável nas encostas e ao longo do talvegue	19,110	m³
Volume potencial de material transportável pela chuva	10,309	m³
Volume de material sólido carreado do plano	10,309	m³
Volume de troncos carreados do plano	51	m³
Volume total de detritos a ser considerado no plano	10,360	m³

Kw 0.9

Barreira sabo do plano Altura útil 8.5 m

※Barreira impermeável (modalidade requer remoção de detritos)

Item	Volume de eficácia			
Volume de material sólido retido do plano	10,374	m³	11,544	m³
Volume de contenção da geração do plano	1,170	m³		
Volume de troncos carreados retidos do plano	54	m³		

Balaço do material sólido

Volume de material sólido carreado do plano	10,309	m³	
Volume de eficácia das instalações (material sólido)	11,544	m³	OK

Volume de troncos carreados do plano	51	m³	
Volume de eficácia das instalações (troncos carreados)	54	m³	OK

Volume total de detritos a ser considerado no plano	10,360	m³	
Volume de eficácia das instalações	11,598	m³	OK

【Comentários】
・Proposta de posicionar barreira sabo impermeável na saída do vale
◆Pontos vantajosos
・Certeza de que o material será retido.
・É possível atender 100% com uma barreira sabo.
◆Pontos preocupantes
・É possível realizar a "dobra" da asa, já que a margem esquerda é uma saída de vale.
・Será realizada uma obra de proteção de calha a jusante, na saída do vale da margem esquerda.
・Fica sobre o depósito de fluxo de detritos, há a preocupação de erosão imediatamente abaixo. Precisa de tratamento no final do escoamento?
・Não considera o material sólido nem os troncos carreados a jusante do local da barreira tornando o ponto de referência=exido da barreira.

→Ao observar o mapa topografico, parece que o eixo fica um pouco forçado nesso local.

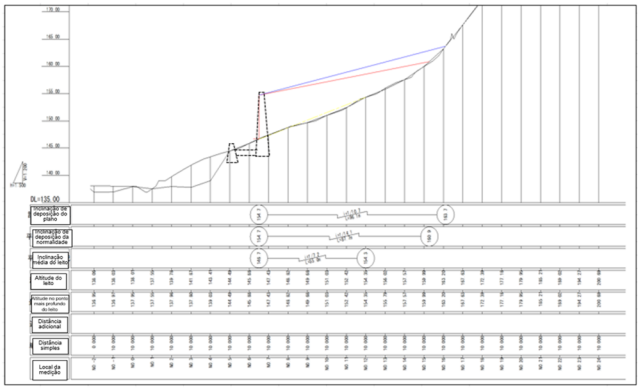


図 4-13　概略の施設配置検討結果の取りまとめ方法の例示（ブルメナウ市）

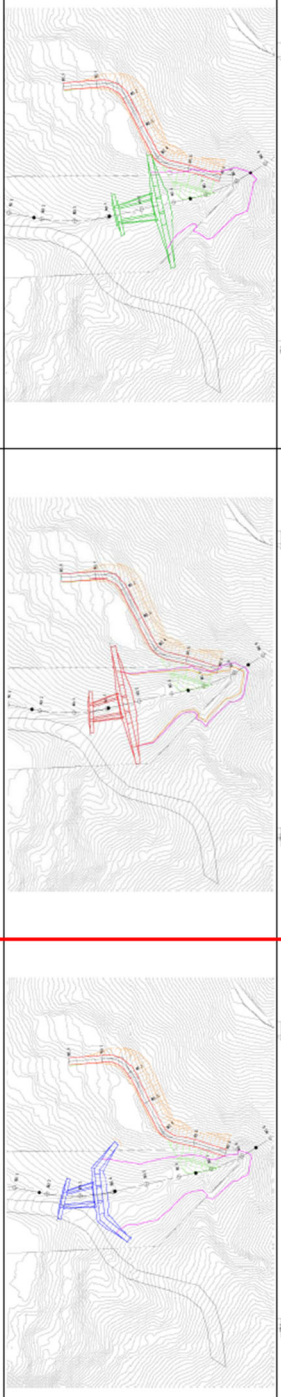
	Proposta A (Eixo a jusante) N.º 3+10　A 案（下流軸）	Proposta B (Eixo do meio) N.º 4+10　B 案（中流軸）	Proposta C (Eixo a montante) N.º 5+10　C 案（上流軸）
計画概要 Descrição do plano	右岸側の宅地への袖部の影響を避けるため、堰堤軸を下流側に設定する案 Para evitar impactos da asa na área residencial da margem direita, propoe o eixo da barreira a jusante.	谷出口に堰堤軸を設定する案 Propoe que o eixo da barreira seja posicionado na saída do vale	右岸側の宅地への袖部の影響を避けるため、堰堤軸を上流側に設定する案 Para evitar impactos da asa na área residencial da margem direita, propoe o eixo da barreira a montante.
堰堤形式 Modalidade da barreira	不透過型砂防堰堤 Barreira sabo impermeável	不透過型砂防堰堤 Barreira sabo impermeável	不透過型砂防堰堤 Barreira sabo impermeável
有効高 Altura útil	9,5m	10,5m	12,5m
平面図 Planta baixa			
縦断図 Perfil longitudinal			
施工性 Exequibilidade da obra	袖折れとなるため、若干施工性は劣る。 Uma vez que exige a dobra da asa, a exequibilidade será ligeiramente inferior. (menor exequibilidade) △	特に問題なし Não há. ○	谷の中での施工となることから、他案と比較するとやや施工性は劣る。 A obra será executada dentro do vale, a exequibilidade da obra será ligeiramente inferior quando comparada as outras propostas. △
土地利用への影響 Influências no uso do solo	施工時に右岸側の住宅地への影響は少ない。 Haverá pouca interferência na área residencial da margem direita durante a obra ○	砂防堰堤を施工する際、右岸袖部の崩削が住宅地に影響する可能性あり。 No momento da execução da barreira sabo, pode ser que as escavações da asa da margem direita interfiram na área residencial. ×	堰高が大きいため、右岸側の住宅地にも若干影響するものと想定される。 A barreira é grande, portanto pode-se estimar alguma interferência na área residencial da margem direita △
経済性 Aspectos econômicos	有効高 9.5m で、3 案の中でも最も施設規模が小さい。 Com 9,5m de altura útil, é a barreira de menor porte dentre as 3 propostas. ○	有効高 10.5m であり、3 案の中では中間の施設規模となる。 Com 10,5m de altura útil, a barreira tem tamanho intermediário dentre as 3 propostas. △	有効高 12.5m と非常に施設規模が大きいため、コストが最も高くなる。 Com 12,5m, é de fato uma estrutura de porte muito grande dentre as 3 propostas, o corpo da barreira tem o maior custo. ×
総合評価 Avaliação global	袖折れ構造ではあるが、土地利用への影響が小さく、経済性にも優れていることから、3 案の中で最も優位である。 Mesmo sendo uma estrutura com dobra de asa, as interferências na área residencial são pequenas e seu desempenho nos aspectos econômicos é melhor: melhor proposta dentre as 3 avaliadas ○	砂防堰堤の施工によって、右岸側袖部の崩削が住宅地に影響するため、他案と比較して実現性が低い。 Uma vez que as escavações da asa da margem direita interferem na área residencial, em comparação às demais propostas, tem baixa possibilidade de implementação. △	有効高 12.5m と非常に施設規模が大きいため、実現性が低い。 Estrutura extremamente grande, 12,5m de altura útil, portanto tem baixa possibilidade de implementação quando comparada as outras propostas. △

図 4-14　堰堤軸の 3 案比較結果の取りまとめ方法の例示（ブルメナウ市）

(3) 支援を通じて明らかになった課題と解決に向けた取り組み

上記 (2) で述べた技術的な支援は SC 州ブルメナウ市政府側に問題なく受け入れられ、土石流構造物対策としての砂防堰堤やアクセス道路の位置、形式、高さに関する合意形成も円滑に行われた。一方、設計のための市政府による地形測量やボーリング調査は停滞した。2025 年 6 月に、設計のための地形測量やボーリング調査は市政府が外部委託して行うことが決まったが、当時から市側の資金確保が課題であった。ボーリング調査の入札は 2025 年 10 月に実施されたが、市側の予定価格が安すぎたために不調に終わり、その後の再入札でも不調が発生した。そのため、ボーリング調査が開始されたのは 2026 年 5 月下旬になってからとなった。このような市政府の調査資金不足は、今後土石流構造物対策を展開していく際の阻害要因の一つとなると考えられる。パイロットプロジェクトを実施したリオデジャネイロ州では、土石流構造物対策をさらに展開していくための調査費の予算確保を開始しているが、このブルメナウ市での教訓を踏まえ、同市が属するサンタカタリーナ州に対しても同様の予算確保を促すような働きかけが望まれる。

4.6.4 RJ 州ペトロポリス市における土石流構造物対策に関する支援

(1) 対象渓流の選定

市政府が実施したリスクマッピング結果に基づき、土石流構造物対策の優先順位が比較的高いペトロポリス市内のモレン（Morin）地区とヘチロ（Retiro）地区の渓流を対象に、机上調査および現地踏査が行われた。保全対象の分布、重要インフラ数、災害履歴、砂防堰堤適地の有無、アクセス性、支障物件の有無等を比較検討した結果、1988 年に土砂を含む氾濫災害があり、渓床には転石の堆積が見られ、渓流下流の土石流リスクエリアには災害時に避難所となる公共施設、幹線道路および住宅地等の保全対象が分布しており、砂防堰堤の適地がありアクセスが容易で支障物件が無い「Morin No.2 渓流（流域面積 0.31 km^2）」が選定された。



図 4-15 ペトロポリス市の対象渓流（Morin No.2）の位置図

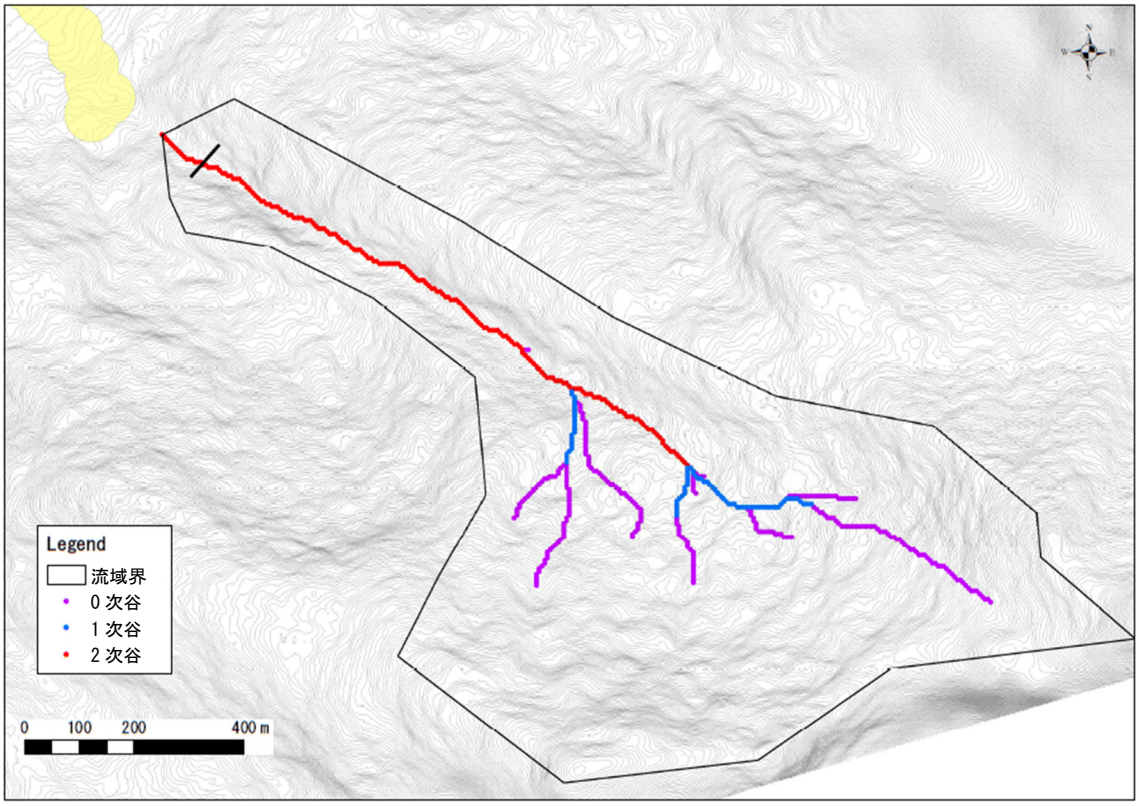


図 4-16　対象渓流 Morin No.2 の谷次数区分図（黄色ハッチングは土石流リスクエリア）



（渓床に堆積する礫の状況）



（渓流の谷出口より下流の保全対象や河道の状況）

図 4-17　渓流 Morin No.2 の状況

(2) 専門家側が行った支援

渓流 Morin No.2 を対象とした砂防堰堤の計画・設計作業は、移転した技術の定着を図るため、

ブラジル側（技術委員会）がマニュアルに基づいて自ら作業を行い、そのアウトプットを専門家側がレビューする手法で進められた。砂防堰堤の設計のための調査・計画の過程で、専門家が行った主な支援は以下のとおりである。

- **移動可能土砂量の算定支援**：技術委員会が実施した現地調査の結果をレビューし、0 次谷の移動可能土砂量の評価や、単位面積当たりの移動可能土砂量を指標とした移動可能土砂量算定結果のチェック方法について、助言を行った。
- **流木量の算定支援**：材積量の調査方法や、流木の流出率を考慮した計画流出流木量の算出プロセスについて助言を行った。
- **砂防堰堤の規模と堰堤軸の検討支援**：技術委員会が実施した堰堤軸の比較検討結果（例：図 4-18）をレビューし、堰堤軸を検討する上での留意事項（渓床の縦断形状、近隣の橋台跡および取水堰との位置関係、維持管理用アクセス道路の配置）や、堰堤軸の比較検討結果を一覧表で表現する方法について助言を行った。
- **砂防堰堤の計画捕捉量の検討支援**：専門家側は、砂防堰堤の計画捕捉量を算定するためのチュートリアルを作成し、技術委員会に対して技術指導を行った。

(3) 支援を通じて明らかになった課題と解決に向けた取り組み

技術委員会が担当する降雨解析、移動可能土砂量および流木量の算定作業は、担当教授らの学務や学会活動、長期休暇などにより遅延が生じた。専門家側は、この遅延を解消し属人的な作業体制を改善するため、研究室の学生を巻き込んだ分担作業体制への移行を技術委員会に要請した。

一方、RJ 州ペトロポリス市においても、設計に必要な地形測量やボーリング調査の資金確保が課題となっていた。市政府が外部委託予算を確保できなかったため関係機関で協議した結果、地形測量は市政府の要請を受けた RJ 州が、ボーリング調査は SEDEC/MIDR からの変更契約に基づき技術委員会が、それぞれ分担して実施することになった。このような柔軟な調整が実現した背景には、パイロットプロジェクトを通じて、SEDEC/MIDR、RJ 州政府、技術委員会の 3 者間で、既に円滑な意思疎通が図られていたことが挙げられる。

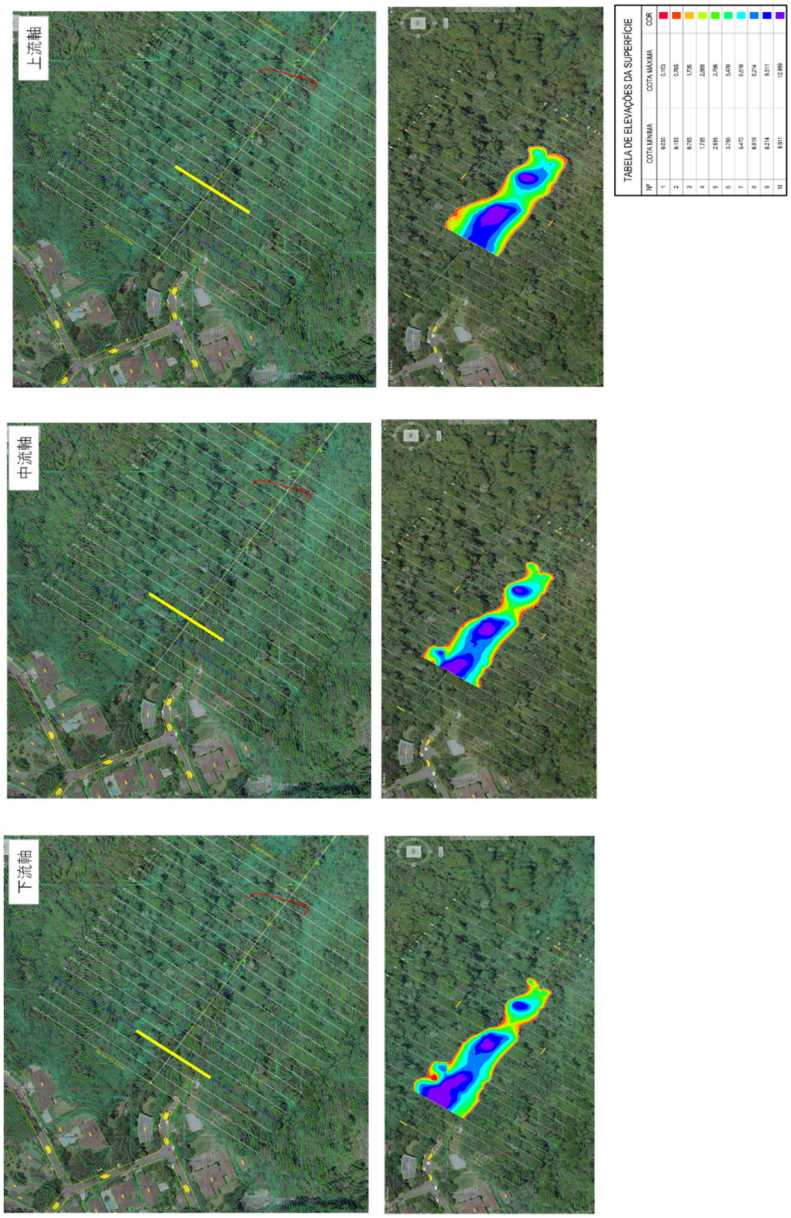


図 4-18　堰堤軸 3 案の効果の比較検討

出典：技術委員会作成資料

4.6.5　SP 州カラグアタトゥバ市における土石流構造物対策に関する支援

(1) 対象渓流の選定

サンパウロ州技術研究所（IPT）が実施したリスクマッピング結果に基づき、土石流構造物対策の優先順位が比較的高い渓流を対象に、机上調査および現地踏査が行われた。その結果、谷地形が明瞭で、アクセスが容易であり、1 基の砂防堰堤で保全対象（警察署、高速道路、住宅地）の安全を確保できる可能性が高く、1967 年の土砂流動の痕跡も確認された「No.12 渓流（流域面積 0.61 km^2）」が対象渓流として選定された。

なお、市政府側は当初、サントアントニオ川上流域全体の対策を希望していたが、流域が広大であるため、まずは流域が小規模な渓流 No.12 で技術移転を行い、段階的に大きな渓流へと土石

流構造物対策を展開する方針で合意していた。しかしながら、市政府側は設計のための調査に次第に協力的でなくなり、2026 年 3 月下旬に砂防堰堤の設計辞退の申し入れがなされた。その理由は、市側の要望とプロジェクト側の方針（技術移転のアプローチ）の乖離が埋まらず、下記のとおり、プロジェクトの目的が市政府側に最後まで理解されなかった点にある。

- **市側が希望する対策との不一致**：市政府側は、パイロット的な砂防堰堤の設計を通じた技術移転よりも、斜面対策や、多くの砂防堰堤が必要となるような大規模な流域での砂防事業を希望していた。
- **「技術移転」というプロジェクト方針への無理解**：プロジェクト側は「まずパイロット的な土石流構造物対策の設計を一緒に実施し、その過程を通じて市政府に技術を移転する」という方針を持っていたが、数度にわたる協議によっても、この意図が市政府側に理解されなかった。「連邦や州政府がやることに対して市が協力する」といった姿勢が感じられた。

このような地方自治体にオーナーシップを持ってもらうには、自らノウハウを学んで土石流構造物対策に成功した近隣の地方自治体からの刺激を与えること、すなわち、隣接するサンセバスチャン市をはじめとする近隣の市で土石流構造物対策を集中的に展開し、成果を上げることが有効と考えられる。なお、2026 年 4 月末現在、サンセバスチャン市の対象渓流を 2 渓流に増やす方向で、渓流の選定作業が進められている。



図 4-19　カラグアタトゥバ市の対象渓流（No.12）の位置図

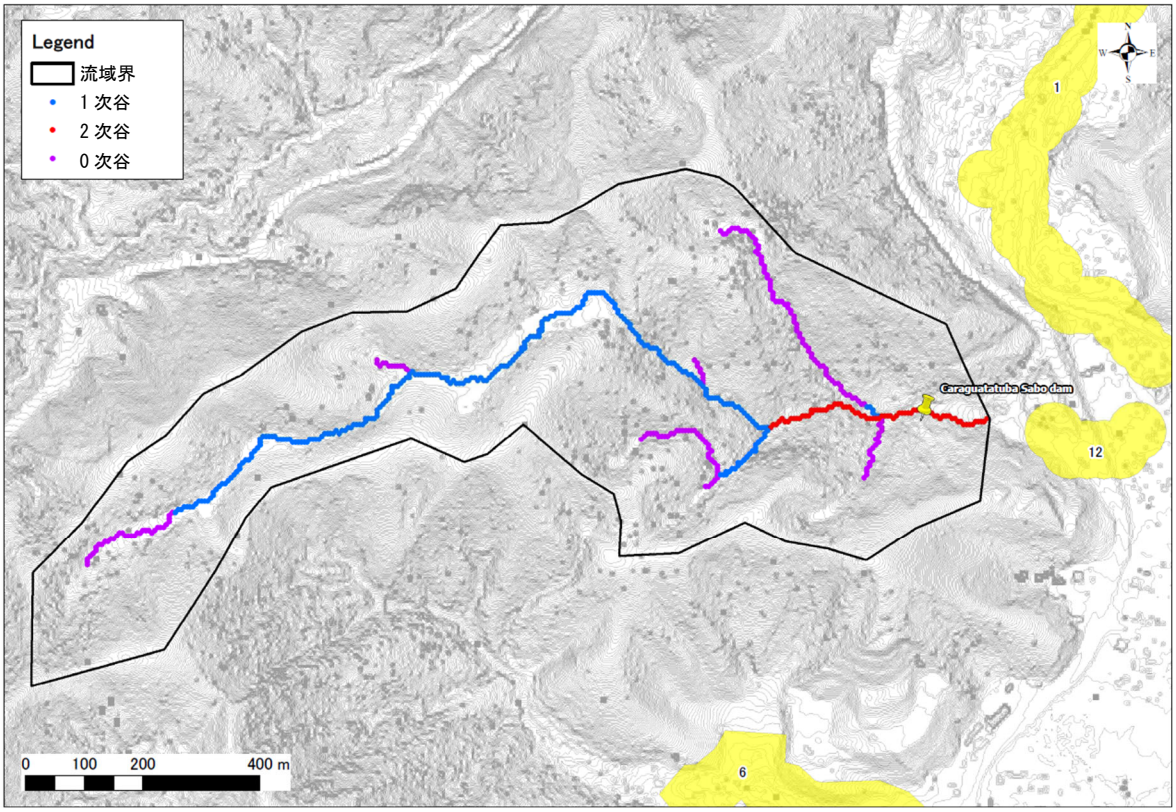


図 4-20　対象渓流 No.12 の谷次数区分図（黄色ハッチングは土石流リスクエリア）

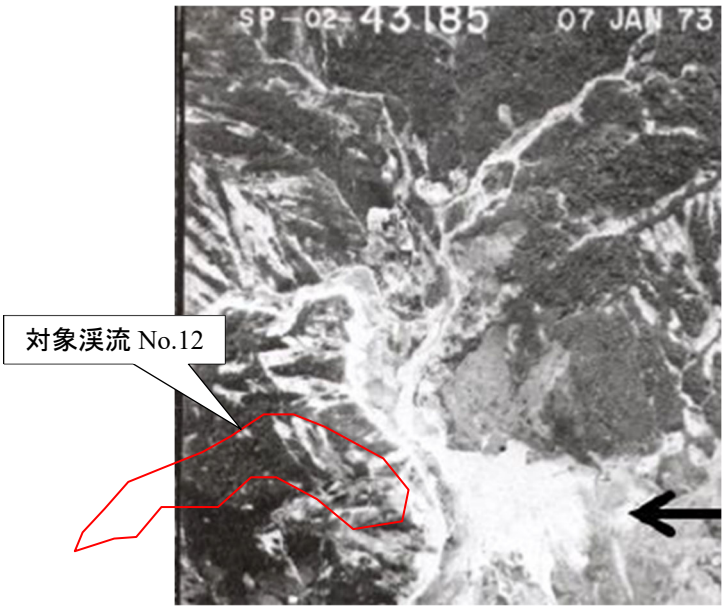


図 4-21　1967 年災害の痕跡（白い部分）と対象渓流の流域界との重ね合わせ図

出典：1973 年サンパウロ州技術研究所撮影の空中写真に加筆



（過去の土石流で流出し渓床に堆積した砂礫の状況）



（谷の出口に位置する重要保全対象の警察署と高速道路）

図 4-22　渓流 No.12 の状況

(2) 専門家側が行った支援

砂防堰堤の設計のための調査・計画の過程で、専門家が行った主な支援は以下のとおりである。

- **段階的アプローチの提案**：市政府から広大な流域（約 40 km² に及ぶサントアントニオ川流域全体）での総合的な対策を要望されたのに対し、まずは小規模な No.12 渓流で 1 基の砂防堰堤を計画・設計して技術を定着させ、その経験を将来の事業に活かすという段階的なアプローチを提案した。
- **谷次数区分用の地形データの作成指導**：対象渓流の谷次数区分図を作成するためのベースマップとして、ブラジル地理統計院（IBGE）の地形データを使用する手法を指導し、データ整備を支援した。
- **移動可能土砂量の算定支援**：移動可能土砂量の算出根拠となる、谷次数ごとの侵食幅や侵食深の査定方法を現地にて指導した。
- **流木量の算定支援**：流木量を算定するための立木調査の手法を現地にて指導した。





図 4-23　技術移転を受けたブラジル側による現地調査の状況

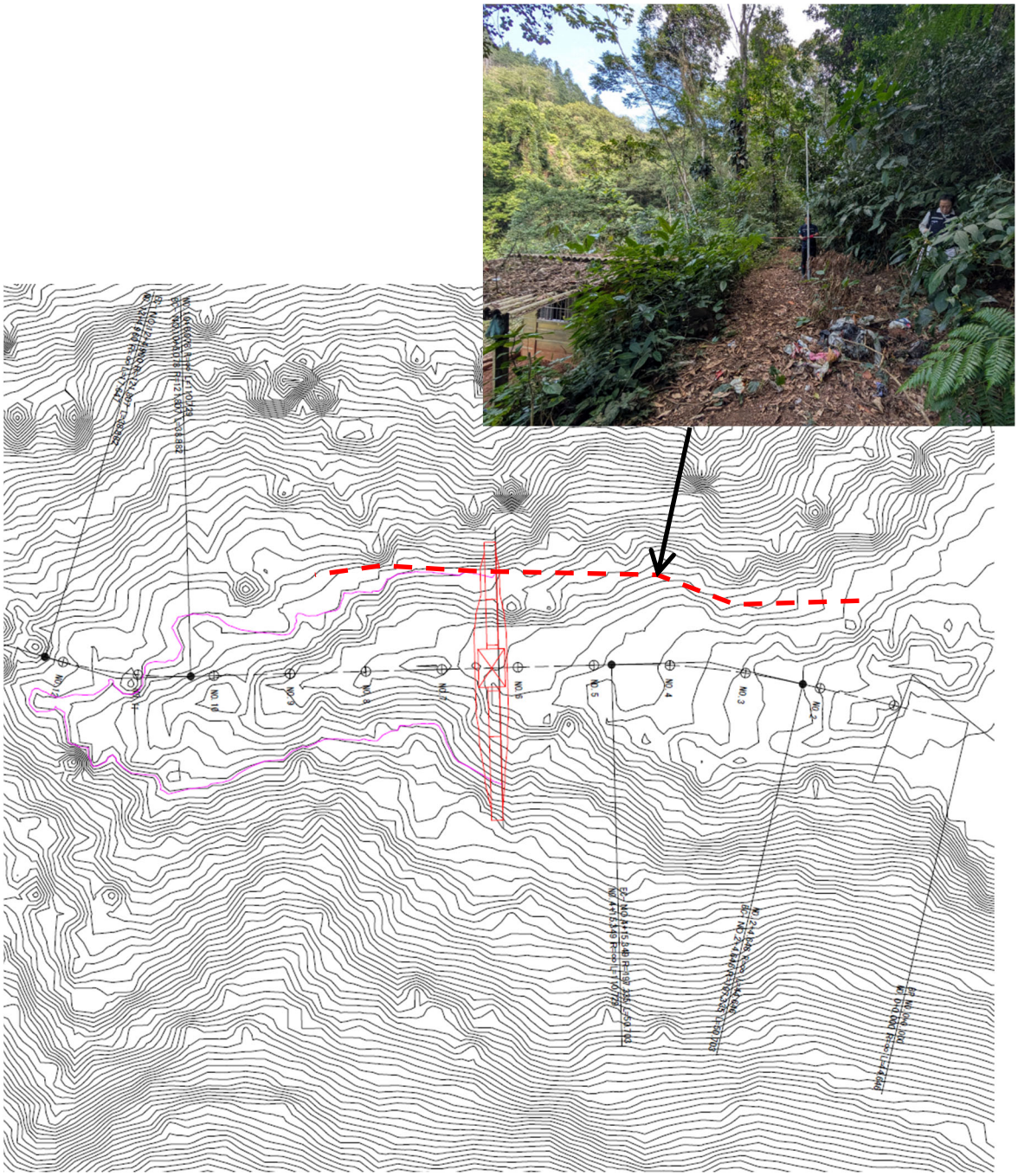


図 4-24　砂防堰堤の堰堤軸候補と既存のアクセス道の確認状況

(3) 支援を通じて明らかになった課題と解決に向けた取り組み

技術委員会が渓流 No.12 を対象に実施した「土石流で侵食される可能性がある渓床堆積土砂」のサンプリング調査において、侵食深の査定が過大となったため、専門家側は移動可能土砂量の再検討のための技術指導を行った。

移動可能土砂量の算定に用いる 3 要素（谷延長、侵食幅および侵食深）のうち、谷延長は機械的に算定できるためバラツキは少ない。しかしながら、侵食幅と侵食深の査定は、地形・地質の知識や土石流発生後の植生回復の知識、過去の調査経験といった調査者の技能に左右され、大きなバラツキが生じやすい。

今回の調査は、技術定着を図るために技術委員会が自ら作業し、そのアウトプットを専門家側がレビューする手法で進められた。そのため、再検討が生じたことはミスではなく、現地での査定能力を身に着けるために必要な過程であった。今後、ブラジル側で多くの技術者や研究者が土石流の実態調査を行い、論文等でデータが共有されることでノウハウが蓄積される。また、土石流調査の経験者が経験の浅い人を支援・育成する仕組みを作ることも、状況の改善につながると考えられる。

4.6.6　SP 州サンセバスチャン市における土石流構造物対策に関する支援

(1) 対象渓流の選定

サンパウロ州技術研究所（IPT）が実施したリスクマッピング結果に基づき、土石流構造物対策の優先順位が比較的高い渓流を対象に、机上調査および現地踏査が行われた。その結果、過去に発生した土石流の痕跡があり、谷地形が明瞭で砂防堰堤の適地があり、アクセスが容易で支障物件が無い「No.5 渓流（流域面積 0.41 km^2）」が対象渓流として選定された。

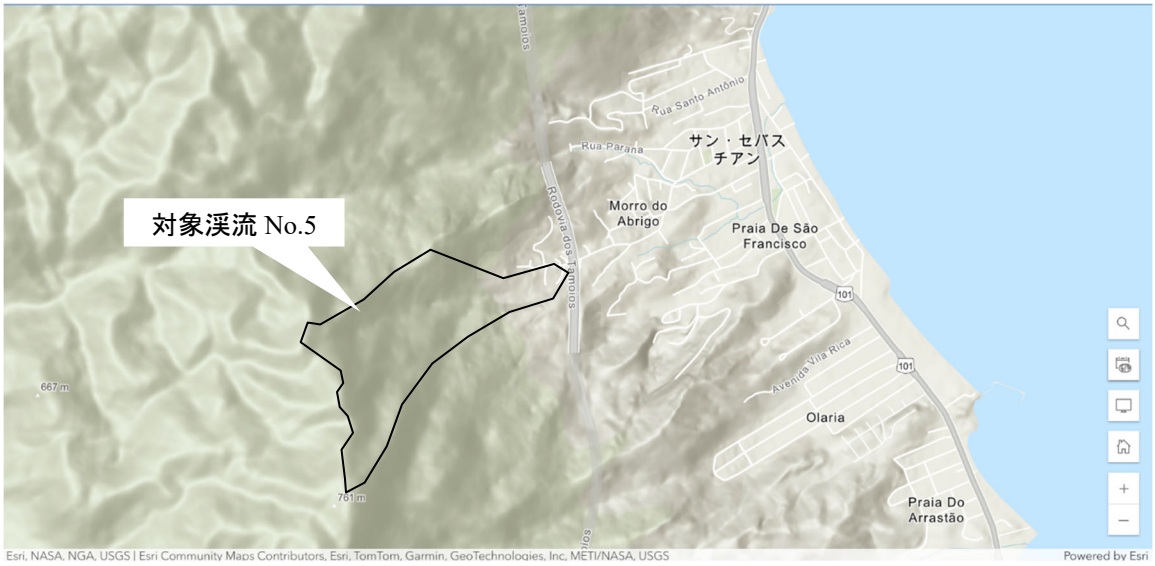


図 4-25　サンセバスチャン市の対象渓流（No.5）の位置図

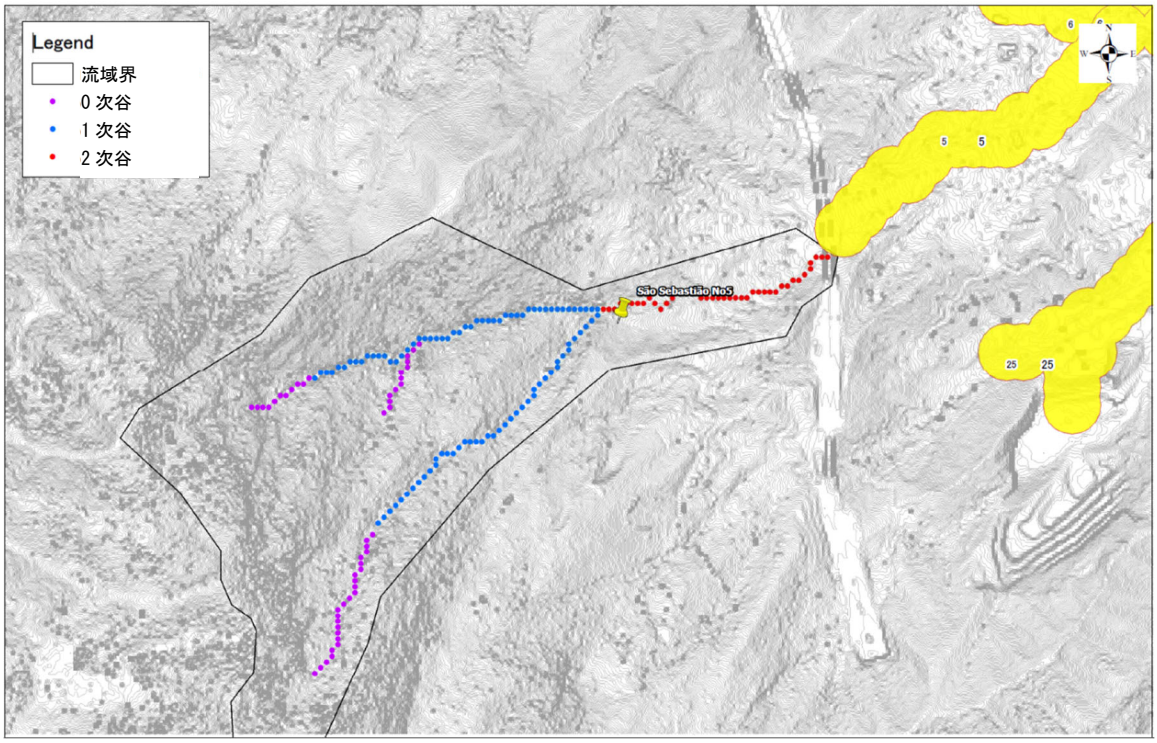
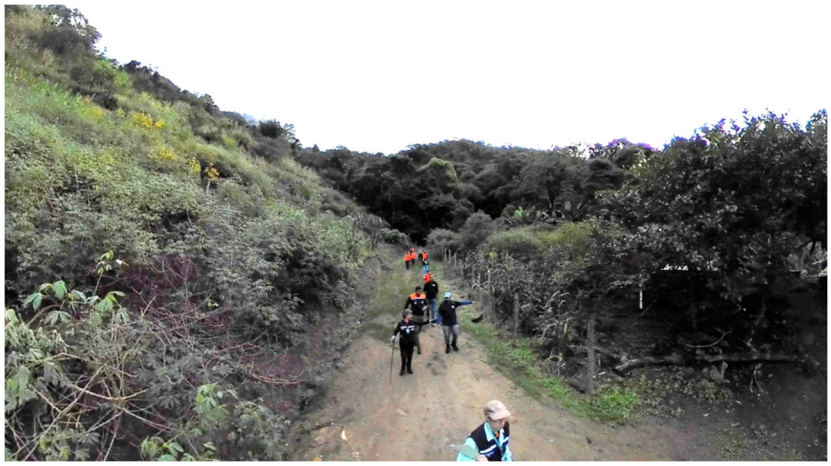


図 4-26　対象渓流 No.5 の谷次数区分図（黄色ハッチングは土石流リスクエリア）



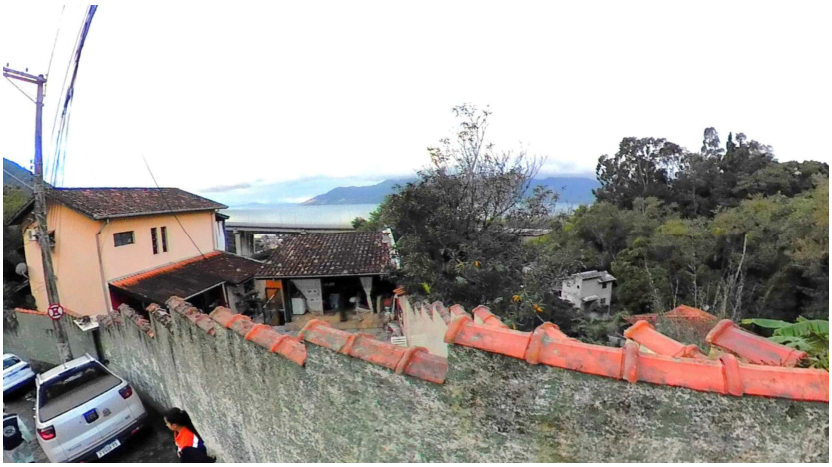
（砂防堰堤計画地点付近の地形および土地利用状況）



（渓床に堆積する砂礫の状況）



（明瞭な土石流堆積物）



（谷の出口に位置する保全対象（住宅地）の状況）

図 4-27　渓流 No.5 の状況

(2) 専門家側が行った支援

- **移動可能土砂量の算定支援**：移動可能土砂量の算出根拠となる、谷次数ごとの侵食幅や侵食深の査定方法を現地にて指導した。

- **流木量の算定支援**：流木量を算定するための立木調査の手法を現地にて指導した。
- **砂防堰堤の規模と堰堤軸の検討支援**：限られた砂防堰堤の適地のなかで効果的に土砂を捕捉するための施設配置検討方法（図 4-29）や、砂防堰堤の堰堤軸を検討する上での留意事項（維持管理用アクセス道路の配置）に関する助言を行った。

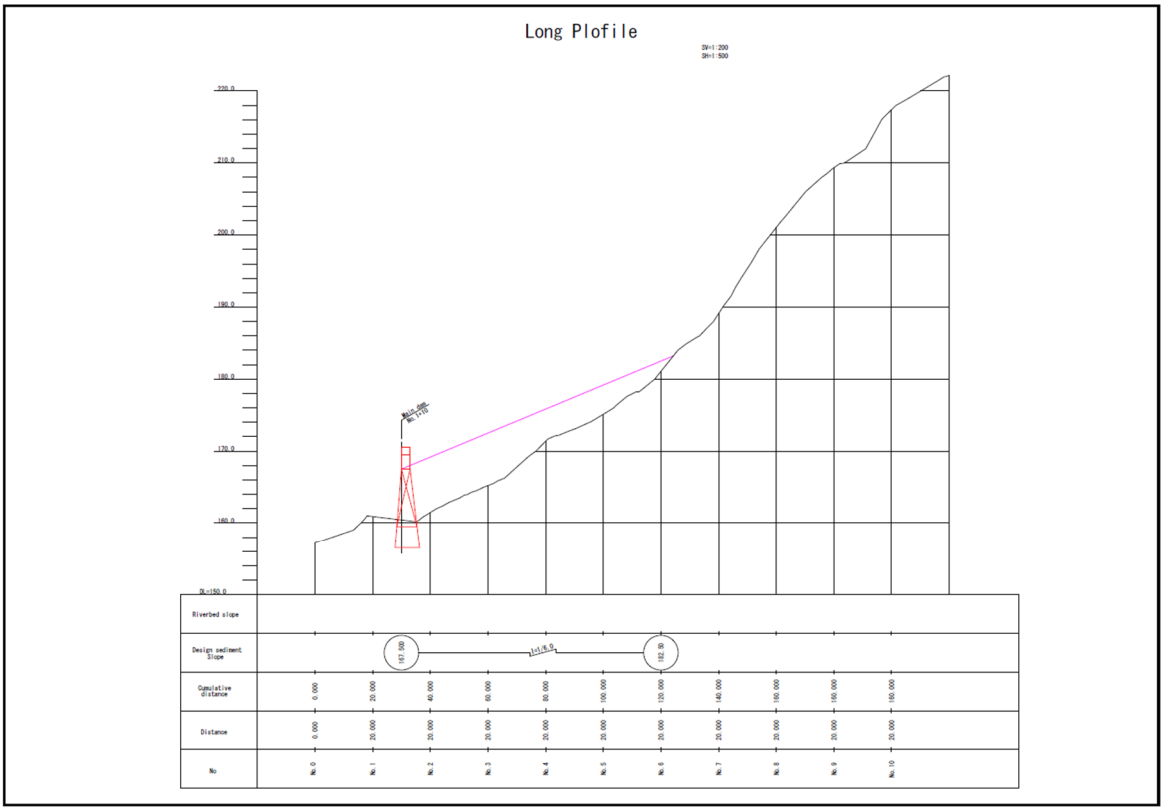
(3) 支援を通じて明らかになった課題と解決に向けた取り組み

SP 州サンセバスチャン市には土砂災害の専門技術者が不足しており、高度な専門性が求められる土石流構造物対策について、市単独で適切な技術的判断を下すことが困難であった。そこで、市の防災計画（PMRR）策定を通じて既に協力関係にあった IPT が、詳細な地形データの作成や、対策が必要な渓流を抽出するためのリスクマッピングなどの支援を行った。

なお、IPT は民間企業との競合を避ける法令上の制約から、設計業務を自ら行うことは禁じられている。そのため、今後 SP 州で土石流構造物対策を展開するにあたり、砂防堰堤の設計までを含めた支援は期待できない。しかしながら、対策を要する渓流の抽出や調査といった「川上」の技術的支援を担う機関として、重要な役割を果たすと考えられる。



図 4-28　渓流 No.5 の現地調査実施状況（2025 年 7 月 22 日）



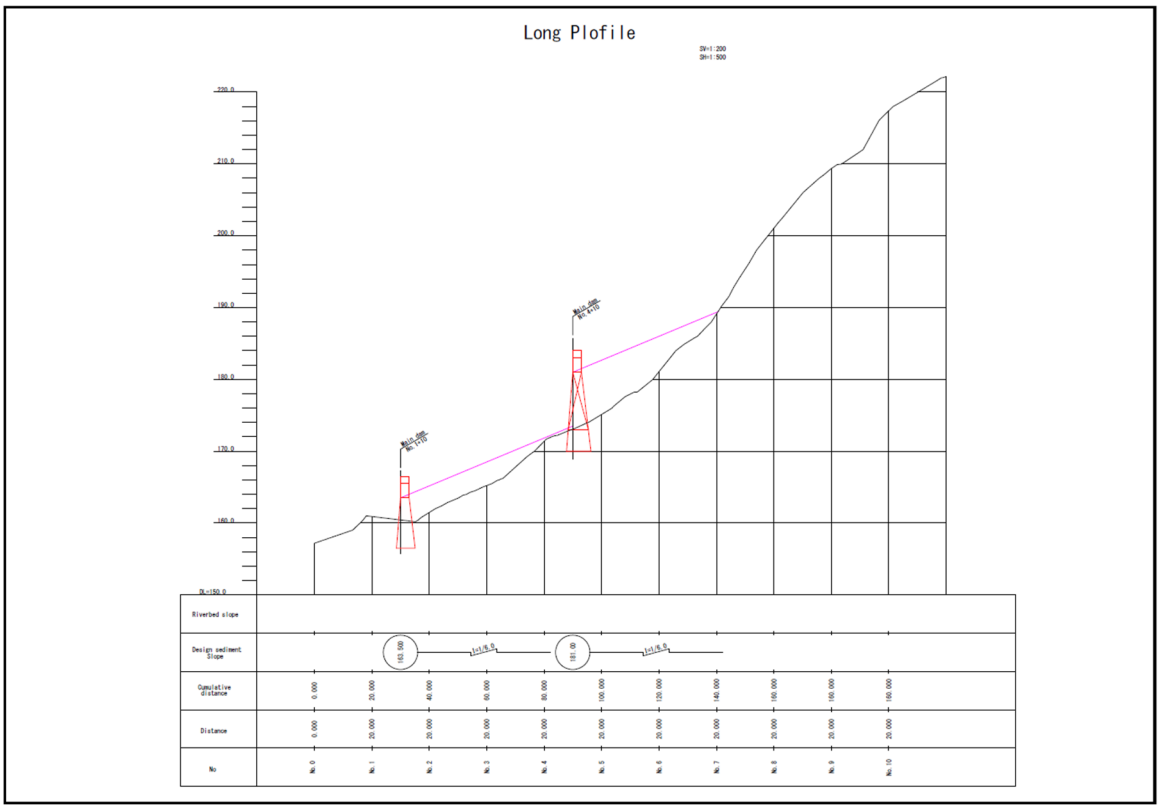


図 4-29　砂防堰堤 1 基案（上）と 2 基案（下）の縦断図（渓流 No.5）

4.6.7　土石流構造物対策の建設をブラジル全土の高リスク地域に展開するための計画の作成

プロジェクトの上位目標である「パイロットプロジェクト以外で土石流構造物対策が実施される」の実現に向けて、ブラジル全土の土石流災害高リスク地域へ構造物対策の設計を拡大・展開するための計画を策定する必要がある。C/P 側は、この展開計画を「土石流対策構造物のブラジル全土への展開計画（PIES : *Plano de Implementação de Estruturas Sabo de Prevenção e Retenção de Fluxos de Detritos pelo Território Brasileiro*）」として定義し、専門家側の支援のもと、作成作業を行った。

(1) 専門家側が行った支援

- **PIES の構成案の提案**：専門家側は、PIES に盛り込むべきコンテンツを検討し、構成案と作成方針案を作成して C/P 側に提供した。
- **C/P 側が作成した PIES ドラフト版の最終化支援**：プロジェクトダイレクターをはじめとする C/P 側との数度にわたる協議を通じ、ブラジル側が作成した PIES 案の内容をレビューし、改善案の提案を継続的に実施して、文言の修正と最終化を支援した。

(2) C/P 側が行った作業

- **主体的な資料作成と協議・最終化**：プロジェクトダイレクターを中心に、C/P 側が主体となって PIES のドラフト版を作成し、専門家と協議を進め、最終化を行った。

PIES では、土石流構造物対策の建設を以下の 2 つのフェーズに分けて展開することが明示されるとともに、実施に必要な資金や人的リソースの確保や、技術者のスキルアップに関する方針についても規定された。

[段階的な展開]

- **フェーズ 1：危険地域の特定と、設計技術の定着**
  - 過去に大きな土砂災害が発生した市を対象に、土石流構造物対策を要する渓流の抽出を目的とした簡易リスクマッピングを SEDEC/MIDR 主導で実施し、対策を要する渓流の抽出と優先順位付けを行う。また並行して、パイロットプロジェクトや上位目標達成のための対象市（後述）における活動を通じて、砂防技術の定着を図る。
- **フェーズ 2：周辺地域への土石流構造物対策の拡大**
  - パイロットプロジェクトや上位目標達成のための対象市を起点として、隣接する市や土石流災害が発生した他の市へと、土石流構造物対策に関する知識や設計手法を段階的に普及させる。

(3) PIES の策定

上記の作業によって策定された PIES を、添付資料-8 に示す。この PIES は、2026 年 3 月 5 日に開催された第 5 回 JCC 会議で報告された。

第 5 章　プロジェクト全体に係る活動

5.1　合同調整委員会（JCC）会議の開催

5.1.1　第 1 回 JCC 会議

第 1 回合同調整委員会（JCC）会議は、2022 年 2 月 8 日に開催された。本会議では、プロジェクトの開始に伴い、プロジェクトデザインマトリックス（PDM）および活動計画（PO）の修正が議論・承認された。主な決定事項として、パイロットプロジェクトを実施するパイロットサイトの追加が挙げられる。討議議事録（R/D）で定められていたリオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市に加え、新たなパイロットサイトとして同州テレゾポリス市が追加選定された。また、プロジェクトの成果を測る指標と目標値の具体化が行われた。上位目標である「パイロット地域以外で工事実施のために設計が作成された土石流構造物対策の数」の目標値が「未定」から「4」に設定され、プロジェクト目標である「技術指針・チェックリスト・事例集の内容に関する研修を受けた連邦政府・州・市職員の数」の目標値も「未定」から「30」に設定された。

5.1.2　第 2 回 JCC 会議

第 2 回 JCC 会議は、2023 年 5 月 30 日に開催された。本会議では、主にブラジル側の体制変更とスケジュールの見直しに伴う PDM および PO の修正が承認された。2023 年 1 月 1 日付の政権交代に伴う省庁再編により、実施機関の名称が「地域開発省（MDR）」から「統合・地域開発省（MIDR）」へと変更されたことが報告された。また、プロジェクト期間の起算日が、長期専門家の実際の着任日である 2021 年 7 月 1 日に合わせて修正され、全体期間が 2021 年 7 月から 2026 年 6 月までの 60 カ月に再設定された。さらに、PO の修正として、技術マニュアル（Sabo マニュアル）における鋼製透過型砂防堰堤の設計において、日本の許容応力度設計法からブラジルの限界状態設計法への適合に時間を要したことなどを踏まえ、マニュアルの完成時期やパイロットプロジェクトの設計完了時期、および第 2 回本邦研修の実施時期の後ろ倒しが承認された。

5.1.3　第 3 回 JCC 会議

第 3 回 JCC 会議は、2024 年 4 月 2 日に開催された。本会議では、パイロットプロジェクトの進捗と直面している課題への対応策が主な議題となった。ノバフリブルゴ市ではアクセス道路の用地取得や連邦貯蓄金庫（CAIXA）の承認プロセスの推進、テレゾポリス市では土地所有者との境界確認や環境許可の取得に向けた対応が議論された。これらを踏まえ、PO の修正（Version 3.0）が承認され、第 2 回本邦研修の時期が 2024 年 9 月に、パイロットプロジェクトの設計完了時期が 2024 年 7 月にそれぞれ延期された。

5.1.4　第 4 回 JCC 会議

第 4 回 JCC 会議は、2025 年 9 月 10 日に開催された。本会議では、パイロットプロジェクトの工事着工の大幅な遅延への対応が中心的な議題となった。ノバフリブルゴ市のアクセス道路の用地問題は解決に向かっている一方で、テレゾポリス市では市政府の関与不足や環境許可手続きの遅延が深刻な課題として指摘され、連邦や州政府が市と毎週会議を行うなどの連携強化が求められた。最大の決定事項として、プロジェクト期間内（2026 年 6 月）に完了できないタスクを整理し、プロジェクト終了後にブラジル側が実施すべき事項とその責任を明確にする「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」の導入が合意された。また、PO の修正（Version 4.0）が承認され、設計完了時期が 2025 年 9 月に、マニュアル普及計画等の完成時期が 2026 年 1 月に再設定された。日本側からは、ブラジルの連邦・州・市政府間のさらなる連携強化が求められた。

5.1.5 第 5 回 JCC 会議

最終回となる第 5 回 JCC 会議は、2026 年 3 月 5 日に開催された。本会議では、これまでの活動成果の確認とともに、プロジェクト終了後の自立発展性を確保するための枠組み整備が主な議題となった。第 4 回会議で導入が決定された「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」について、関係機関間での最終的な合意と承認が行われた。あわせて、プロジェクトの成果を全国に広めるための「土石流構造物対策に関する砂防手法普及計画（PDMS)」および「土石流構造物対策のブラジル全土への展開計画（PIES)」の策定についても報告された。一方で、会議にはパイロットプロジェクトの対象であるノバフリブルゴ市とテレゾポリス市の代表者が欠席した。ブラジル側（MIDR）はこの欠席を「地方政府と連携する際の制度的弱さを示すもの」と分析し、専門家側も、「防災事業を推進する上での連邦政府と地方政府との連携の脆弱さが、今後のブラジルにおける砂防技術普及に向けた最大の課題の一つである」と認識する結果となった。

ブラジルでは、4 年ごとの地方選挙に伴う市長交代により、政治任用された市役所の要職者が一斉に入れ替わる。そのため、連邦・州政府と築いた信頼関係や、それまでに培った技術的知見がリセットされてしまう問題がある。さらに、土木・地質・都市計画などの専門キャリアを持つ正規公務員の数や能力が自治体ごとに大きく異なるため、組織内に知見が蓄積されにくいという脆弱さも抱えている。

土石流構造物対策を円滑に展開するためには、州政府が事業を主導し、各市政府の政治交代や行政能力の差による影響を緩和する制度の構築が不可欠だと考えられる。同時に、大学や研究機関が技術的パートナーとして継続的に機能できるような制度の構築も求められる。

5.2 報告書等

5.2.1 モニタリングシートの作成

本プロジェクトの開始から約半年ごとにモニタリングシートを作成し、提出した。

- 第 1 回　対象期間：2021 年 7 月 － 2021 年 11 月、2021 年 12 月提出
- 第 2 回　対象期間：2021 年 12 月 － 2022 年 7 月、2022 年 8 月提出

- 第 3 回　対象期間：2022 年 8 月 － 2023 年 1 月、2023 年 2 月提出
- 第 4 回　対象期間：2023 年 2 月 － 2023 年 5 月、2023 年 6 月提出
- 第 5 回　対象期間：2023 年 6 月 － 2023 年 11 月、2024 年 1 月提出
- 第 6 回　対象期間：2023 年 12 月 － 2024 年 5 月、2024 年 6 月提出
- 第 7 回　対象期間：2024 年 6 月 － 2024 年 11 月、2024 年 12 月提出
- 第 8 回　対象期間：2024 年 12 月 － 2025 年 5 月、2025 年 6 月提出
- 第 9 回　対象期間：2025 年 6 月 － 2025 年 11 月、2026 年 1 月提出

5.2.2　防災情報の取りまとめ

特記仕様書第 8 条に基づき、JICA が定める様式にブラジルの防災に係る基礎情報を取りまとめ、プロジェクト開始後 1 年ごとに作成し、提出した。

- 第 1 回　2022 年 7 月版、2022 年 9 月提出
- 第 2 回　2023 年 6 月版、2023 年 8 月提出
- 第 3 回　2024 年 5 月版、2024 年 5 月提出
- 第 4 回　2025 年 5 月版、2025 年 6 月提出

5.2.3　プロジェクトブリーフノートの作成

本プロジェクトの活動状況をJICA内部､関係者および外部に説明することを目的として、プロジェクトブリーフノートを計 4 回作成し、提出した。

- 第 1 回　2021 年 8 月版、2021 年 10 月提出
- 第 2 回　2022 年 7 月版、2022 年 12 月提出
- 第 3 回　2023 年 6 月版、2023 年 9 月提出
- 第 4 回　2024 年 5 月版、2024 年 6 月提出

5.2.4　プロジェクト説明パワーポイントファイルの作成

プロジェクトの概要を外部に説明するための「プロジェクト説明パワーポイント」を、プロジェクト開始時、各年および終了時に作成し、提出した。なお、仕様書ではスライドの枚数は「4 枚以内」とされていたが、2022 年 8 月に JICA 側担当者との調整した結果、パイロットプロジェクト実施地域等を説明するための若干枚の追加が許可された。

- 第 1 回　2021 年 8 月版、2021 年 10 月提出
- 第 2 回　2022 年 7 月版、2022 年 9 月提出
- 第 3 回　2023 年 6 月版、2023 年 8 月提出
- 第 4 回　2024 年 5 月版、2024 年 6 月提出
- 第 5 回　2025 年 5 月版、2025 年 6 月提出
- 第 6 回　2026 年 3 月版、2026 年 5 月提出

5.2.5　プロジェクト写真集の作成

プロジェクトの活動状況を撮影した写真から、イベントごとの状況を端的に説明した写真を抽出し、プロジェクトの各年および終了時に「プロジェクト写真集」として取りまとめ、提出した。なお、写真は外部公表に活用される可能性を考慮し、プロジェクト関係者以外の個人が特定できるものは写真集から除外した。

- 第 1 回　対象期間：2022 年 1 月 － 2022 年 7 月、2022 年 9 月提出
- 第 2 回　対象期間：2022 年 8 月 － 2023 年 6 月、2023 年 7 月提出
- 第 3 回　対象期間：2023 年 7 月 － 2024 年 5 月、2024 年 6 月提出
- 第 4 回　対象期間：2024 年 6 月 － 2025 年 5 月、2025 年 6 月提出
- 第 5 回　対象期間：2025 年 6 月 － 2026 年 3 月、2025 年 5 月提出

5.2.6　技術協力成果品の作成

本プロジェクトの成果として、以下の資料を作成し、提出した。なお、C/P 側との協議の結果、「技術指針」の呼称は「Sabo マニュアル」とし、「設計施工事例集」の呼称は「事例集」（PDM の表現 “collection of examples”のとおり）とした。「事例集」のコンテンツには、設計や施工の内容だけでなく、土石流構造物対策の設計の前段階で必要な、土石流構造物対策の設計を行う渓流の選定事例や、構造物の配置計画事例についても収録した。なお、プロジェクト期間中にパイロットプロジェクトの砂防堰堤の施工が完了しなかったため、施工中に得られる筈だった情報の成果品へのフィードバックは行うことができなかった。この積み残し事項への対応については、「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」のなかでブラジル側の必須の実施事項として記載した。

- Sabo マニュアル
- チェックリスト
- 事例集

5.3　定例会議を通じたコミュニケーションと技術移転

2021 年の業務開始当初、新型コロナウイルスのパンデミックの影響で短期専門家の現地渡航が困難であったため、日本人専門家とブラジル側カウンターパート（C/P）が連携してプロジェクトを進められるよう、週例のオンライン会議（定例会議）を導入した。この取り組みはパンデミック後も続けられ、結果として、2021 年 6 月から 2026 年 3 月までの間に計 200 回[1]におよぶ定例会議が継続的に開催された。これによって得られた効果を以下に列挙する。

- **C/P や技術委員会への高頻度の技術移転の実現**：専門家側が作成したマニュアルやチェックリストのドラフト版や、土石流構造物対策の計画・設計に関する話題を、定例会

[1] 定例会議実施回数：2021 年 25 回、2022 年 34 回、2023 年 43 回、2024 年 45 回、2025 年 43 回、2026 年（3 月まで）10 回、合計 200 回

議の場で C/P や技術委員会と頻繁に協議することで、実務に即した技術移転を高い頻度で行うことができた。

- **問題解決の迅速化**：遠隔地に分散する専門家、C/P、技術委員会およびプロジェクト関係者が頻繁に集える場を設けたことで、各プロジェクトメンバーの役割分担や進捗管理、問題点の解決に向けた意見交換をタイムリーに行うことができ、内的要因による問題発生を未然に防いだり、発生した問題を迅速に解決したりすることができた。

プロジェクト完了まで高い頻度で定例会議が継続できた理由としては、下記の点が挙げられる：

- 本プロジェクト開始時のプロジェクトコーディネーターに、本プロジェクトの実施を強く望んでいた Wolnei 氏がアサインされ、以後、C/P 側の活動をけん引したこと、
- 2021 年 6 月の本プロジェクト開始前、2023 年 3 月の初代長期専門家の離任時の各タイミングで、Wolnei 氏をはじめとする C/P 側と日本の専門家側との間で、定例会議を毎週実施する意思を確認したこと。

なお、定例会議に加えて、C/P と技術委員会の間のコミュニケーションを目的とした週例の「技術委員会との進捗管理会議」が、長期専門家主導で並行実施された。

5.4 広報活動

5.4.1 目的と手段

本プロジェクトに関連する広報活動は、下記のような目的・手段で実施された。

(1) 日本での情報発信

[目的]

- 日本の産官学界に対する、ブラジルでの日本の砂防技術の普及に関する認知度向上
- 日本国民の ODA に関する理解と支持の向上

[手段]

- 研究発表を通じた情報発信
- 業界誌への寄稿を通じた情報発信
- JICA やコンサルタントの公式 Web サイトからの一般向けの情報発信

(2) ブラジルでの情報発信

[目的]

- ブラジル国民の、土石流構造物対策の推進に関する理解と支持の向上
- ブラジル国民に対する日本の貢献のアピール
- ブラジルの産官学界に対する、土石流構造物対策（砂防）に関する認知度向上

[手段]

- 連邦政府や州・市政府からのニュース記事の発信
- 連邦政府の公式 YouTube チャンネルから産官学界に向けた技術的な情報の発信
- JICA の公式 Web サイトからのポルトガル語による一般向けの情報発信

5.4.2 結果

日本の産官学界に対する情報発信としては、砂防学会等で計 6 件の研究発表が行われ、特に「令和 7 年度建設コンサルタント業務研究発表会」では発表成果が特別賞を受賞し、本プロジェクトの認知度向上に大いに貢献した。また、「砂防と治水」等の業界誌へ計 9 件の投稿が行われたほか、日刊建設工業新聞には専門家のインタビュー記事も掲載された。日本の一般向けの情報発信は、JICA の「ODA 見える化サイト」およびコンサルタントの公式 Web サイトから行われた。

土石流構造物対策が一般的でないブラジルにおいては、ブラジル国民の土石流構造物対策に関する認知度向上を目的として、連邦政府や州・市政府の公式 Web サイトやマスメディアを活用した多角的な発信が行われた。JICA の公式 Web サイトでは、ポルトガル語での一般向けのニュースの発信が行われた。さらに、統合・地域開発省の公式 YouTube チャンネルでは、産官学界に向けた技術的な情報の発信が行われた。

表 5-1 国別・発信機関別広報数まとめ

国別	発信主体（カテゴリー）	確認実績数	備考
日本側	研究発表（学会等）	6 件	特別賞受賞を含む
	業界誌・専門誌への寄稿	10 件	砂防と治水、日刊建設工業新聞等
	JICA 公式 Web サイト	3 件	ODA 見える化サイト、ポルトガル語でのニュース配信等
	コンサルタント自社広報	1 件	八千代エンジニヤリング
ブラジル側	連邦政府（統合・地域開発省/都市省）	22 件	公式 Web、YouTube
	州・市政府、自治体組織	15 件	公式 Web、Instagram 等
	民間ニュース配信サイト	30 件以上	
合計		87 件以上	

5.4.3 総括

本プロジェクトの広報活動の成果と課題を、以下のように総括した。

(1) 成果

- **土石流構造物対策（Sabo）の認知拡大**：ブラジル側の政府機関や主要メディアを通じて実施された多角的な広報活動によって、日本の土石流構造物対策「Sabo」という呼称を認知させ、「日本の貢献」を強くアピールできた。
- **政府機関の双方向・伝播性の高い媒体を活用した広報**：ブラジル側では、Instagram や YouTube などの双方向・伝播性の高い媒体の公式アカウントを活用し、現地の関係者や住民への情報到達度が高められた。

- **産官学へのリーチ**:研究発表による技術的信頼性の担保、政府発表による政策的裏付け、ニュース報道による一般層の理解促進という、全方位的なアプローチが行われた。

(2) 課題

- **砂防堰堤竣工後の広報活動の実施**：本プロジェクトの開始当初は、パイロットプロジェクトで砂防堰堤が建設された後、砂防堰堤近傍に案内板を設置し、一般市民への認知度向上を図ることを計画していたが、プロジェクト期間中に砂防堰堤を完成させることができなかったため、今後の課題となった。
- **日本国内の一般層向け露出**：日本での情報発信は、学会や業界誌を通じた産学官界向けの広報は充実していたが、日本の一般国民の情報発信には課題が残った。

第 6 章　プロジェクトの実施運営上の課題・工夫・教訓

6.1　各活動を実施する上での課題・工夫・教訓

本プロジェクトの各活動を遂行するなかで見いだされた課題と、それに対する工夫、得られた教訓を整理した。

(1)　[1-2] リスクマッピング手法の改善及び実現場への適用状況を確認し、ブラジルの土砂災害対策方針・施設について日本と比較し課題を整理

1. 問題・課題認識	**土石流リスク評価のボトルネックの存在**:GIDES プロジェクトで作成されたマニュアルに基づくリスクマッピングでは、土砂災害をもたらすハザードごとのリスクエリアを高い精度で設定できる。しかしながら、地方自治体の予算や専門性を持った人材の不足により、同マニュアルに基づくリスクマップづくりはほとんど進んでいなかった。(ヒアリングの結果、予算確保が最大の阻害要因であり、市政府では高価な GIS ソフトウェアや有料のデータの購入費用、また現地調査の委託費用が捻出できないケースがあることがわかった。) そこで、予算や人的資源が不足する地方自治体でも運用可能な、土石流構造物対策が必要な渓流の抽出だけに機能を絞った簡易リスクマッピング手法の開発を行った。
2. 配慮・工夫した点	有料のソフトウェアを必要とせず、無料の GIS ソフトウェア（QGIS）とオープンデータだけを用い、GIS 上で作業が完結する土石流構造物対策が必要な渓流の抽出だけに機能を絞った簡易リスクマッピング手法を開発した。さらに、C/P や市職員が参加するオンラインのワーキンググループ（WG）を定期的に開催し、実作業を通じて技術移転とローカライズを行った。まず、作業効率の観点から、短期専門家が有料の GIS ソフトウェア“ArcGIS”を用いて、無料で公開されている数値標高データや統計データのみを用いる簡易リスクマッピングの手法を開発した。次に、無料の GIS ソフトウェア“QGIS”で運用できるように、C/P はパイロット市のワーキンググループのメンバーや MIDR のインターンにマッピングの試行作業をしてもらいながらその手法を標準化し、自律的にマニュアルとして取りまとめ、MIDR の Web サイトで公開した。その後の運用の結果、市レベルのマッピング及び優先順位づけ作業が慣れれば 2～3 時間程度で実施できることが実証できた。
3. 教訓	警戒避難や土地利用規制を推進するためには GIDES プロジェクトで作成されたマニュアルに基づくリスクマッピングが必須であるが、土石流構造物対策が必要な渓流を抽出することに目的を絞れば、少ないリソースで、かつ短期間でマッピングが可能であることに着目した。今回のケースでは、制約条件を把握した上で、引き算で解決策を提案する方法が有効であった。 また、ブラジル側が自ら手を動かす機会を設けたことで当事者意識が醸成され、市職員の交通費負担がないオンライン形式の WG が、活動を円滑にした。

(2) ［1-3，1-4］ブラジルにおける既存の土石流対策構造物のための設計・施工監理、設計基準、建築資材、施工機械、建設方法に関する確認

1. 問題・課題認識	**大量のブラジル技術規格の読解**：土石流対策構造物の設計・施工に関連する、ポルトガル語で記述されたブラジル技術規格（NBR、日本の JIS に相当する）が多数あり、専門家側だけでは効率的な収集・整理と内容把握が困難であった。 限られた時間と人的資源の中で、土石流対策構造物の設計・施工に関連する NBR を効率的に収集・整理し、内容を把握する必要があった。
2. 工夫	C/P と技術委員会には責任をもって NBR の収集・整理を進めてもらい、要点を通訳担当者に翻訳してもらった上で、専門家はその内容把握に専念した。この役割分担の考え方は、技術委員会による Sabo マニュアルの適応化作業をより主体的なものにすることにもつながった。
3. 教訓	限られた人的資源全体の能力を最大化するには、比較優位の考え方による役割分担が重要である。

(3) ［1-5］日本での研修の実施

1. 問題・課題認識	**フライトトラブルによる遅延リスクへの対応**：第 1 回研修（2023 年）では、ブラジル国内線（リオ～サンパウロ間）の欠航により、数名の研修員が初日の研修開始直前に到着する事案が発生した。第 2 回研修（2024 年）の帰路においても、ドバイ～サンパウロ便が 5 時間半遅延し、ブラジル国内線の乗り継ぎに失敗した研修員がホテル宿泊を余儀なくされた。フライトトラブルに起因する研修員の負担を減らす必要があった。
2. 工夫	第 2 回研修では、研修員の日本到着日と研修開始日の間に 1 日の調整日を設け、フライト遅延による影響を最小限に抑える工夫をした。
3. 教訓	複数回の乗り継ぎを伴うブラジル～日本間の移動ではフライトの遅延リスクが顕在化しやすいので、フライトトラブルの発生を想定したスケジューリングを行うべきである。

(4) ［1-7］活動 1-2～1-6 の結果を報告するためのセミナーの開催と報告書の作成

1. 問題・課題認識	**新型コロナウイルス感染症のパンデミック下でのセミナー開催**：新型コロナウイルス感染症の蔓延防止のため、会場の人数制限がある中でセミナーを開催する必要が生じた。
2. 工夫	セミナーを、対面とオンラインを併用したハイブリッド形式で実施した。その結果、対面での参加者が約 30 名だったのに対し、オンラインでの参加者は約 50 名を数えた。
3. 教訓	会場に人数制限がある場合に、対面とオンラインを併用したハイブリッド形式のセミナーは有効である。今回は偶然会場外から参加せざるを得なくなった発表者もいたが、急遽オンラインでプレゼンテーションを行い対処できた。

	一方、音響機材の準備や Web 会議ツールの操作には入念な準備と人員配置が必要であり、ミニマムな体制でのハイブリッド形式のセミナー開催は難しい場合がある。なお、新型コロナウイルス感染症の蔓延が終息した後に活動 3-3 として実施した砂防堰堤マニュアル普及のためのセミナーは、当初は対面とオンラインのハイブリッドで行うよう計画していたが、ハイブリッドで実施された他のセミナーで対面の参加者が極端に少ないケースが増えているとの C/P 側の懸念から、対面のみで実施することとなった。セミナーの実施方法はプロジェクトを取り巻く環境を考慮し柔軟に選択する必要がある。

(5) [2-3] マニュアルとチェックリストの作成

1. 問題・課題認識	**効率的なマニュアル作成の必要性**：限られた予算のなかで土石流対策構造物の設計、施工、維持管理の分野を網羅するマニュアルを効率的に作成する必要があった。
2. 工夫	専門家側が作成しなければならない Sabo マニュアル（素案）は、国内アサインを有効活用し日本国内で作成作業を行うことで、現地滞在費等の直接経費の支出を抑制した。この国内作業期間の C/P 側との情報共有にはクラウドストレージサービスを活用し、協議は Web 会議ツールを用いたオンラインの定例会議で行った。一方、技術委員会と協議し物事を決めていく段階では、専門家側が現地に渡航し対面で協議・調整を進めた。
3. 教訓	専門家側が集中的に手を動かして物を作り上げる作業期間には、国内アサインの活用が効果的である。一方、関係者と決め事をしていく段階では、対面での協議がよい。 C/P 側との情報共有にはクラウドストレージサービスの利用が有効である。

1. 問題・課題認識	**鋼製透過部の新規開発の必要性**：本プロジェクトの実施に先立ち、透過型砂防堰堤のための鋼製透過部を製造・販売している日本のサプライヤーにヒアリングを行った結果、コストの問題からブラジルで自社製品を販売する見込みはないとの回答を得た。知的財産権保護の観点から、日本で製品として販売されている鋼製透過部のデザインをそのままブラジルに適用することはできないため、鋼製透過部を新規開発する必要が生じた。
2. 工夫	組織内に鋼製構造物研究室を持つ一般財団法人砂防･地すべり技術センターとの JV により、鋼製透過型砂防堰堤に関して日本でもトップクラスの知見を持つ短期専門家を配置し、ブラジルに適用する鋼製透過部「S タイプ」を新規に開発した。S タイプの特長や優位性は下記のとおりである。 - 部材が軸力でも荷重を受ける、安全性の高い構造である。 - 脚立型で横断方向のユニットが分かれているため、現場での組み立て時に誤差が出にくい。 - 全ての部材が土石流の直撃を受ける前提で設計されている。 - 部材の共通化がなされており、簡単な製造ラインで製造できる。 - S タイプはプロジェクトの短期専門家が独自に開発したものであるため、特定

	のメーカーの特許に縛られることなく、ブラジル国内のどの会社でも設計・製造が可能である。
3. 教訓	知的財産権の問題や鋼製透過部の新規開発の重要性を深く認識せずにプロジェクトに着手していた場合、鋼製透過型砂防堰堤のブラジルへの導入を検討する段階で様々な問題に直面し、プロジェクトが停滞していた可能性が高い。移転する技術の絵姿を事前にどれだけ明確に描けているかが円滑なプロジェクト実施の鍵になるということを、改めて認識した。

(6) [2-4] リスクマッピングに基づくパイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリアの選定およびマニュアルに沿った土石流対策構造物の設計の実施

1. 問題・課題認識	**許認可手続きに起因する手戻りリスクへの対応**：パイロットプロジェクトのうち、テレゾポリス市のプリンシペ上流域の渓流で建設を予定している鋼製透過型砂防堰堤は、常時流水がある河川区間に位置するため、リオデジャネイロ州における河川構造物の管轄機関である州の環境機構（INEA）から許可を取得する必要がある。設計が完了した後で INEA からの指摘で大幅な作業の手戻りが発生しないようにする必要があった。
2. 工夫	INEA の工事部門長に対する説明会を開催し、本プロジェクトの概要、土石流の特徴、砂防施設の種類と機能、透過型砂防堰堤の必要性とその河川環境へ与える影響が小さいこと、テレゾポリス市で計画している砂防施設が INEA の所有する他の構造物に悪影響を及ぼさないこと等を説明した。その結果、工事部門としては透過型砂防堰堤の建設に異論はないとの回答を得た。説明に当たり、砂防施設が INEA 所管の河川構造物と競合するものではなく互いに補完し合うものであり二重投資にはならないこと、河川区間の砂防堰堤に透過型を採用することによって下流で河床低下が起こったり生態系が分断されたりするのを避けられることを強調した。同様の説明は、INEA の要職者が交代するたびに実施され、また設計報告書の技術審査機関である連邦貯蓄金庫（CAIXA）に対しても実施された。
3. 教訓	プロジェクトの早い段階で、許認可手続きの審査機関と良好な関係を構築する必要がある。しかしながら、ノバフリブルゴ市の不透過型砂防堰堤の建設に関連する技術審査や環境許可手続きでは、審査機関とのやりとりに当初想定していた以上の時間を費やした。今後実施される土石流構造物対策事業においては、これらの行政手続きに要する時間を今回の実例から適切に見積もり、実施スケジュールに反映させる必要がある。

(7) [3-2] 研修用教材や研修カリキュラムの作成（GIDES マニュアルの改定）

1. 問題・課題認識	研修用のツールの一つである「技術マニュアル」には、土石流構造物対策を要する渓流の抽出から土石流構造物対策の施設計画・設計・施工・維持管理までを一つの技術体系としてシームレスに記述する必要があった。
2. 工夫	「技術マニュアル」に盛り込むべき項目のうち、対象土砂量の設定や土石流構造物

	対策の施設計画については、先行プロジェクトの GIDES で作成された土石流対策計画マニュアル（GIDES マニュアル）の内容も盛り込む必要があった。しかしながら、専門家側が GIDES マニュアルの日本語・ポルトガル語の対訳版を作成する過程で、本プロジェクトで作成した Sabo マニュアルと GIDES マニュアルとの間で用語の定義の不整合などの問題があることが確認された。そこで専門家側は JICA と協議の上 GIDES マニュアルの改定作業を行い、日本ーポルトガル語対訳版として取りまとめ、C/P および技術委員会に提供した。このことは、JICA 事業間の相乗効果を高めることにも寄与した。
3. 教訓	研修に用いるツールは、プロジェクトで実施した内容だけにこだわらず、受け手側の体系的な理解を深めるために必要な情報を盛り込むよう配慮すべきである。先行プロジェクトの成果を研修用ツールに取り込む際は、用語の定義や内容に不整合がないか、作成過程で早期に精査する必要がある。

(8) ［3-5］ リスクマップ等を活用した土石流リスクの高い地域の選定、および土石流構造物対策をリスクの高い他の地域に展開するための計画の作成

1. 問題・課題認識	**土石流構造物対策の建設予算が確保されないリスクへの対応**：2022 年に行われた大統領選挙結果に伴う省庁再編により、2023 年 1 月 1 日付で、C/P 機関である地域開発省（MDR）が統合・地域開発省（MIDR）と都市省に分割された。MDR が管轄していた斜面防災事業・工事の実施支援予算執行項目 No.8865 が都市省の郊外地域局に移管されることとなったため、MIDR と都市省の、土石流構造物対策の重要性に関する相互理解と施策のベクトル合わせが必要となった。
2. 工夫	パイロットプロジェクトの工事予算の執行が困難になることが懸念されたが、プロジェクトコーディネーターの尽力により大臣レベルの協議が行われ、パイロットプロジェクトの工事予算が適切に執行されることとなった。定期的に MIDR と都市省の C/P 間で情報交換を行い、本邦研修やセミナー等に都市省からの参加を計画することで、土石流対策構造物の重要性に関する認識の共有が図られた。
3. 教訓	今後、大統領選挙が実施されるたびに、土石流構造物対策のための予算の所掌の問題が生ずることが予想される。関係省庁とは、定期的な情報交換だけでなく、セミナーなどの主要なイベントに関係省庁からの参加を呼び掛けるなど、良好な関係を構築する必要がある。

6.2 プロジェクト全般に係る工夫・教訓

本プロジェクトを遂行する上で特に有効であった活動・工夫・教訓を、以下に整理した。

(1) ブラジル側のオーナーシップを踏まえた活動方針の設定

本プロジェクトの初期段階でマニュアルや土石流構造物対策の設計の最終化の方針を議論した際に、当時のプロジェクトコーディネーター（現プロジェクトダイレクター）は、「技術責任はブ

ラジル側にある。ブラジル国内で技術展開を行うので、外国人の技術者が責任を持つのではなく、ブラジルの技術者がブラジルのやり方で設計し、責任を持つことを基本とする」「設計では技術委員会が最終責任者になる」と表明し、マニュアルや設計の最終化はブラジル側で責任を持って行う姿勢が示された。このように、プロジェクトの遂行を通じて C/P や技術委員会のオーナーシップの高さや自ら手を動かす姿勢が確認されたことから、専門家側は技術移転を下記のように工夫して行った。

[初期段階：伴走型]

- 専門家側が、作業手順・方法やアウトプットの作成例を示しながらきめ細かく指導した。すなわち、「専門家側がやって見せ、ブラジル側が手を動かして理解し、そのアウトプットを専門家側がレビューする」手法でブラジル側の基礎を固めた。Sabo マニュアルγ版までの作成作業や、パイロットプロジェクトのための調査・計画・設計はこの手法で行われた。

[発展段階：レビュー型]

- ブラジル側がマニュアルに基づいて自ら作業を行い、そのアウトプットを専門家側がレビューする手法で、移転した技術の定着を図った。研修用ツールとしての技術マニュアルの編纂や、上位目標の達成を見据えたパイロットプロジェクト以外の 4 渓流での調査・計画・設計は、この手法で行われた。

また、セミナーの発表資料や JCC 会議のための資料の作成も、上記の手法で行われた。その結果、ブラジル側のさらなるオーナーシップの醸成と、移転した技術の定着が図られた。一方で、この「やらせて、待って、導く」という手法では、アウトプットが提示されるまで待つことが必要となるため、専門家側としては根気がいる手法でもあった。

(2) 新しい概念を普及させるためのネーミングの工夫

日本から導入する「砂防」という概念を、ブラジルに普及・定着させる必要があった。また、ブラジルでは新しい概念の構造物である「砂防堰堤」が、ブラジルの「ダム安全法」で定められている様々な規制を避けるため、「ダム（高さ 15m 以上の貯水ダム等）」と同一視されないようにする必要があった。

C/P 側は、日本の「砂防」というブラジルにとっては新しい土石流構造物対策の概念をブラジル国民に普及・定着させるため、プロジェクト名の略称を敢えて “*Projeto Sabo* (Sabo Project)” と定義し、C/P 側が行った広報活動で “Sabo” という言葉を積極的にアピールした。その結果、民間ニュースサイトが本プロジェクトについて報じたニュース記事のタイトルに “Sabo” という単語が使われたケースは、専門家側が把握しているだけでも 11 ケースにのぼった。これは、ブラジルにおける土石流構造物対策分野での日本のプレゼンスを示すことにもつながった。

また、技術委員会は、砂防堰堤の呼称を「砂防バリア（*Barreira Sabo*）」と定義することを提案し、マニュアルで扱う砂防堰堤の高さを 15m 未満に限定する戦略的な対応をとった。これにより、技術的定義によって法的な障害を回避することができた。

(3) オンラインによる頻繁なコミュニケーションの実施

2021 年の業務開始当初、新型コロナウイルスのパンデミックの影響で短期専門家の現地渡航が困難であったため、日本人専門家と C/P が連携してプロジェクトを進められるような工夫が必要であった。そのため、日本側とブラジル側双方が出席するオンライン会議（定例会議）を毎週開催した。この取り組みはパンデミック後も続けられ、結果として、2021 年 6 月から 2026 年 3 月までの間に計 200 回におよぶ定例会議が継続的に開催された。これによって、以下の効果が得られた。

- 専門家側から C/P や技術委員会に対して高い頻度で技術移転が実施できた。
- 各プロジェクトメンバーの役割分担や進捗管理、問題点の解決に向けた意見交換をタイムリーに行うことができ、内的要因による問題発生を未然に防いだり、発生した問題を迅速に解決したりすることができた。

プロジェクト完了まで高い頻度で定例会議が継続できた最大の理由は、本プロジェクトのプロジェクトコーディネーターに、本プロジェクトの実現に向け尽力してきた Wolnei 氏がアサインされ、C/P 側の活動をけん引したことである。

プロジェクトチーム内の定例会議で上記のような有効性が確認されたため、ブラジル国内の会議や共同作業の場でもオンライン会議が活用された。

- マニュアルの編纂やパイロットプロジェクトの計画・設計を担う技術委員会とのコミュニケーションにもオンラインの週例会議を適用した結果、技術的課題の解決がタイムリーに実施できるようになった。
- 数回にわたって開催するワーキンググループやワークショップをオンラインで実施することにより、地方自治体からの参加者は移動時間や旅費を節減でき、参加者増につながった。

(4) 技術委員会への技術の蓄積

SEDEC/MIDR は、本プロジェクトの遂行に当たり、日本のマニュアルをブラジルの実情に合わせてローカライズし、ブラジル版のマニュアルの内容を認定し、またパイロットプロジェクトに関する様々な技術サポートを得るため、リオデジャネイロ連邦大学やリオデジャネイロ州立大学の教授陣からなる「技術委員会」を設置した。その結果、本プロジェクトを通じてブラジル側に移転された技術の多くは、SEDEC/MIDR だけでなく技術委員会の研究者にも蓄積されることとなり、政府職員の異動に伴うナレッジの断絶リスクを軽減させることができ、技術の継続性確保につながった。

(5) 土石流構造物対策を優先的に実施する渓流の選定ノウハウの獲得

パイロットプロジェクトの遂行を通じて、ブラジルで土石流構造物対策を実施する渓流を選定する際には、土石流災害リスクの高さ、予算確保、構造物対策計画の有無だけでなく、下記の 3 項目を重要な要素として考慮すべきという学びを得た。この学びは、上位目標の達成を見据えたパイロットプロジェクト以外で土石流構造物対策の設計を行う 4 箇所を選定する際にも重要な要素として考慮された。

- **土地所有者の意向**：テレゾポリス市のパイロットプロジェクトでは、土地所有者の意向に対応するために不測の日数を要した。
- **アクセス道路のルート**：ノバフリブルゴ市のパイロットプロジェクトでは、工事用・維持管理用アクセス道路のルート選定やその後の設計に不測の日数を要した。
- **市政府のオーナーシップ**：テレゾポリス市のパイロットプロジェクトでは、市政府からの積極的な協力が得られなかったことがパイロットプロジェクトの進捗に影響した。具体的には、2024 年 10 月に実施された地方選挙に伴う市長交代により、政治任用された市役所の要職者が一斉に入れ替わり、連邦・州政府と築いた信頼関係や、それまでの活動で移転した技術的知見が引き継がれなかったこと、さらに、もともと測量や土木の専門キャリアを持つ正規公務員の数や能力が他の自治体に比べて脆弱であったことが、オーナーシップの低さにつながった。

(6) 日本での研修

長期専門家と連携しながら本プロジェクトの課題に沿った研修カリキュラムを作成したことで、日本での研修はプロジェクトの課題解決に大きく貢献した。特に、日本の土石流構造物対策を実施している機関の職員との意見交換や、施工された砂防堰堤や維持管理用アクセス道路の視察を通じて、下記のようなプロジェクトの課題解決に直接つながる気づきが得られた。

- **維持管理用アクセス道路の設計**：パイロットプロジェクトで課題となっていた維持管理用アクセス道路の設計思想（道路勾配、転回所の要否、スイッチバックの採用可否など）について、SEDEC/MIDR、技術委員会、リオデジャネイロ州政府に所属する研修員が日本の実例を視察したことで、帰国直後の設計方針決定に繋がった。
- **地域コミュニティとのコミュニケーション**：研修員が国土交通省の職員から「行政側が地域コミュニティとの関係構築を粘り強く行ってきたことが、砂防工事に対する住民の理解につながった」という経緯を聞いたことが、パイロットプロジェクトでも土地問題の解決や地域コミュニティとの対話に活かされた。

なお、研修のカリキュラムや行程を検討する上で工夫した点のうち主なものは、下記のとおりである：

- 視察先には中央政府から県・市、市民レベル、さらに研究機関までを網羅し、土石流構造物対策の計画・設計・施工・維持管理の各段階で、それぞれのプレイヤーがどのような役割を担っているかが理解できる構成とした。
- ブラジルのパイロット地域と地形や社会条件が類似する六甲山地や広島を視察先に選び、多様なタイプの砂防堰堤やアクセス道路の実例や、鋼製透過部の製作過程を視察する実践的な行程とした。
- 1 回目の研修時に、搭乗予定のブラジル国内線のフライトがキャンセルになり、研修開始日に日本に到着した研修員が発生してしまったことから、2 回目の研修では、長距離移動によるフライト遅延リスクに備え、入国日と研修開始日の間に調整日を設ける工夫を行った。

(7) 「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」の作成・合意

パイロットプロジェクトの遅延により、プロジェクト期間中に砂防堰堤の施工結果から得られた知見をマニュアル等にフィードバックできないことから、プロジェクト終了後にブラジル側が実施すべき活動を「必須事項」として、また土石流構造物対策を自立的に発展させるために必要な活動を「推奨事項」として明文化し、第 5 回 JCC 会議で合意された。「推奨事項」を規定することにより、プロジェクト終了後にブラジル側が土石流構造物対策を自立的に発展させていくためには、どの機関が何を行う必要があるのかを含めた具体的な対応事項を日伯両国で認識することができた。

(8) 日本語・ポルトガル語対訳版の活用

Sabo マニュアルの内容に関する専門家側と MIDR 及び技術委員会との協議は、当初は日本語版をポルトガル語に翻訳したものを用いて行われていた。しかしこの方法だと、ポルトガル語版資料の修正結果が日本語版資料に反映されないといった修正漏れが起きたり、技術委員会側が話題に上げているポルトガル語版の文章が日本語版のどこに相当するかがわかりにくかったりするといった問題が生じた。そのため、マニュアルの日本語版とポルトガル語版の両方を一覧できるようにする工夫が求められた。

そこで、Sabo マニュアルの内容が日本語とポルトガル語の両方で記述された「対訳版」を専門家側で作成し、協議に用いた。これにより、専門家側とブラジル側の意見交換が円滑に進むようになり、また修正漏れが激減し、協議の進捗に大きく貢献した。この工夫は技術委員会にも高く評価された。また、対訳版の資料を用いた協議は、パイロットプロジェクトで行う砂防堰堤の設計協議にも適用された。

(9) 技術的な専門用語に精通した通訳者の雇用

専門家側が作成したマニュアルのブラジルへのローカライズや、土石流構造物対策の調査・計画・設計に関する技術移転のための C/P や技術委員会との協議の場では、1,700 項目以上に及ぶ日本語とポルトガル語それぞれの技術的な専門用語をリスト化し理解し、誤解なく適切に同時通訳できる通訳者が確保できたことは、円滑なプロジェクトの遂行、適切な技術移転、および成果品の品質確保に大いに貢献した。

第 7 章　プロジェクトの目標の達成度

7.1　各成果の各成果の目標に対する達成度

7.1.1　成果 1 の目標に対する達成度

(1) 活動結果の概要

成果 1 に関連する活動では、パイロットプロジェクトを実施する自治体と、各自治体でパイロットプロジェクトを実施する地域（渓流）を決定した。専門家側は、無償の GIS ソフトウェア（QGIS）やオープンデータを利用してローコストで土石流構造物対策を要する渓流を特定するための手法を C/P 側と連携して開発した。この手法を解説したマニュアルは、C/P 側によって作成・公開された。また、日本とブラジルで土砂災害のための構造物対策に使用されている設計方法や資機材を比較し、基本的に日本の技術基準類をベースにしてブラジル版のマニュアルが作成可能であることを確認した。以上の活動成果を共有し、理解を深めるため、セミナーや日本での研修が実施された。

成果 1 に係る主な活動結果は以下のとおりである。

表 7-1　成果 1 に係る主な活動結果

活動	主な結果
1-1. パイロットプロジェクトのための自治体を検討、選定する。	パイロットプロジェクトを実施する地域（以下、パイロット自治体）として、既に R/D で定められているリオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市に加えて、過去の災害実績や連邦政府からの資金譲渡計画等を考慮し、同州テレゾポリス市が選定され、地域開発省（当時）と州及び市政府との間でパイロットプロジェクトの実施に関する合意文書が交わされた。 （達成率：100%）
1-2. リスクマッピング手法の改善及び実現場への適用状況を確認し、ブラジルの土砂災害対策方針・施設について日本と比較し課題を整理する。	ノバフリブルゴ市へのヒアリングの結果、予算の問題により、GIDES プロジェクトで作成されたマニュアルに基づくリスクマップの作成はほとんど進んでいないことが確認された。そこで専門家側は、土石流構造物対策が必要な渓流の抽出を目的とする無償の GIS ソフトウェアとデータのみを使用した簡易リスクマッピング手法を、カウンターパート（C/P）やパイロットプロジェクトを実施する市政府の担当者とともに開発し、実践した。さらに、ブラジルと日本それぞれの土砂災害対策の方針や対策工事の特徴を比較し、課題を整理した。C/P 側は、簡易リスクマッピング手法を普及させるため、その手順をまとめたマニュアルを作成し、MIDR の Web サイトで公開した。 （達成率：100%）
1-3. ブラジルにおける既存の土石流対策構造物の設計・施工監理、設計基準のレビューを行う。	ブラジルには土石流対策構造物に関する設計ガイドラインがないので、関連する構造物である斜面対策工や大ダムの設計ガイドラインを収集・整理し、日本のガイドラインとの比較を行った。土石流対策構造物については、クバトン市における設計施工事例を分析し、日本で用いられている設計手法との比較を行った。 （達成率：100%）
1-4. ブラジルにおける土石流対策構造物に必要な建設資材、施工機械、建設方法のレビューを行う。	ブラジル技術規格協会（ABNT）によるブラジル技術規格（NBR）のうち土石流対策構造物に使用する材料や設計に関連するもの、及びその他の関連資料を収集・整理した。 （達成率：100%）

1-5. 1-2～1-4 の確認の結果に対する理解を深めるための日本での研修を実施する。	(1) 第 1 回目の本邦研修（管理・計画実務者向け）の実施 2023 年 10 月 10 日から同 20 日にかけて、統合・地域開発省、都市省、連邦貯蓄金庫、リオデジャネイロ連邦大学、リオデジャネイロ州環境機構、ノバフリブルゴ市、テレゾポリス市及びブルメナウ市からの合計 9 名の研修員を対象に、第 1 回目の本邦研修を実施した。研修では日本の土砂災害の特徴と対策、災害リスク評価、土石流構造物対策に関する技術マニュアル、建設資材や施工に関する日本とブラジルの類似点や相違点を学ぶとともに、パイロットプロジェクトの円滑な実施や土石流高リスク地域への土石流構造物対策の展開を進めるために各所属機関で自身が行うべき短期的・中長期的活動を明確化した。 (2) 第 2 回目の本邦研修（意思決定者向け）の実施 2024 年 9 月 24 日から 10 月 4 日にかけて、統合・地域開発省、都市省、連邦貯蓄金庫、リオデジャネイロ連邦大学、リオデジャネイロ州、サンパウロ州およびサンタカタリーナ州ブルメナウ市からの合計 9 名の研修員（2 名を除き準高級）を対象に、第 2 回目の本邦研修を実施した。研修では日本の砂防事業制度、土砂災害対策の行政運営を担う人材の育成、土石流対策に関する学術界の役割等を学び、今後ブラジル国内で土石流構造物対策を展開するために各所属機関で自身が行うべき短期的・中長期的活動を明確化した。 （達成率：100%）
1-6. パイロットプロジェクトを実施する自治体において、リスクマッピングの結果に基づく土石流構造物対策が必要な地域をリストアップする。	(1) 土石流の構造物対策が必要な地域のリストアップ 活動 1-2 で行った簡易リスクマッピングの結果に基づき、リスクエリアにおける人口、学校及び病院の分布状況や、過去の災害実績及び土地の使用許可条件等を考慮して土石流対策構造物の建設優先度が高い渓流がリストアップされた。土石流の構造物対策の優先度が高い渓流のショートリストに基づき、パイロットプロジェクトで砂防堰堤を建設する渓流について、C/P 側とノバフリブルゴ市及びテレゾポリス市との間で協議が行われた結果、ノバフリブルゴ市についてはサンルーカス病院裏の渓流が、またテレゾポリス市についてはプリンシペ川上流域の渓流が選定された。 (2) 土石流シミュレーション 各パイロット渓流を対象とした専門家側による土石流シミュレーションは完了した。土石流シミュレーション手法の技術移転は、簡易リスクマッピング手法の技術移転と同様に、C/P、ノバフリブルゴ市、テレゾポリス市、ブルメナウ市の関係者及び専門家側で構成されるワーキンググループ（WG）を設置し、専門家側が作成した土石流シミュレーション実施手順書を用いて Web 研修の形で実施した。さらに、パイロット地域以外の土石流高リスク地域への技術移転のため、2025 年 8 月に、HyperKANAKO を用いた土石流氾濫解析手法及びリスク評価分析手法に関するワークショップをオンライン形式で開催した。なお、シミュレーションに用いるソフトウェア HyperKANAKO のライセンスキー（合計 10 ライセンス）は 2022 年 11 月 21 日に MIDR に譲渡した（引渡し証明書調印済み）。河川の流れ・河床変動解析ソフトウェア iRIC についても C/P に紹介済みである。 （達成率：100%）
1-7. 1-2～1-6 の結果を報告するためのセミナーの開催と報告書の作成を行う。	2022 年 2 月 16 日に、リオデジャネイロ連邦大学の COPPE 講堂でセミナーを開催した。会場での対面とオンラインを併用したハイブリッド方式のセミナーとした結果、参加者は約 100 名にのぼった。リスクマップの作成等、本プロジェクトでこれまでに実施してきた活動の成果や、日本とブラジルの土石流特性の比較や日本の土石流対策等が報告され、活発な議論が行われた。 2022 年 11 月 9 日には、日本における鋼製透過型砂防堰堤の発展の歴史や設計のノウハウをブラジル側（特に鋼構造の専門家）に伝えることを目的とした対面での鋼製技術拡大会議を、リオデジャネイロ連邦大学にて開催

	した（参加者約 30 名）。鋼製透過部の形状や維持管理上の留意点について、活発な意見交換が行われた。 （達成率：100%）

(2) 成果の指標の達成度

成果 1 の指標 1-1「統合・地域開発省（MIDR）およびパイロット自治体職員の土砂災害構造物対策に関する理解度が向上する。」に関するエンドライン調査の結果、個人能力については全ての項目でスコアが向上しており、担当者の土石流や砂防堰堤に関する知見・経験の蓄積や、マニュアルへの理解が深まったことが確認された。また、組織力に関しても、全ての項目でスコアが上昇しており、これまで担当部署が存在しなかったノバフリブルゴ市において砂防堰堤の維持管理を担当する部署が新たに設置されるなど、組織体制の強化も実証された。人事異動や退職による技術定着の難しさという課題は残るものの、指標とされている職員の理解度向上および能力強化は達成されたと評価できる。

表 7-2　成果 1 の指標の達成状況

成果	指標	達成状況
1. 土砂災害に対する構造物対策の特性、設計、施工監理、維持管理方法が理解される。	1-1. MIDR およびパイロット自治体職員の土砂災害構造物対策に関する理解度が向上する。	達成： MIDR およびパイロット自治体職員の土砂災害構造物対策に関する理解度は、個人能力および組織力の両面で向上した。 （達成率：100%）

7.1.2　成果 2 の目標に対する達成度

(1) 活動結果の概要

成果 2 に関連する活動では、まず、技術マニュアル、チェックリスト、事例集の策定に向け、マニュアルとチェックリストを統合した「Sabo マニュアル」の作成方針を決定した。日本とブラジルそれぞれで発生した土石流の特徴を比較検討した結果、両国の土石流の特性は類似していることが確認できたため、日本の技術基準類をベースとしたブラジルへの現地適応化を進めた。ブラジルの技術規格（NBR）に基づいた地盤定数の設定や、鋼製構造物の設計で用いられている限界状態設計法への適応化等を行い、パイロットプロジェクトの設計に用いる「Sabo マニュアル β 版」が作成された。

次に、パイロットプロジェクトとして、ノバフリブルゴ市とテレゾポリス市の 2 渓流を選定し、土石流対策構造物の設計を実施した。ノバフリブルゴ市ではサンルーカス病院背後の渓流に対し不透過型砂防堰堤を、テレゾポリス市ではプリンシペ川上流域の渓流に対し鋼製透過型砂防堰堤を計画した。設計過程では、アクセス道路の設計調整や土地所有者との用地交渉、許認可手続きに時間を要したが、設計は完了した。

パイロットプロジェクトの設計結果やセミナーの知見を反映した「Sabo マニュアル γ 版」（チェックリストを含む）は 2025 年 10 月に、事例集は 2026 年 3 月にそれぞれ作成された。しかしながら、パイロットプロジェクトの遅延に伴い、実際の施工から得られる知見を期間内に反映することは叶わなかった。このため、施工結果のフィードバックと最終版の公開は、ブラジル側が工事

完了後 1 年以内に実施すべき事後タスクとして、第 5 回 JCC 会議で合意された。

成果 2 に係る主な活動結果は以下のとおりである。

表 7-3　成果 2 に係る主な活動結果

活動	主な結果
2-1. マニュアル、チェックリスト及び事例集の策定計画を作成する。	技術マニュアル，チェックリスト及び事例集のドラフト版準備から最終化までのスケジュールを作成した。C/P との協議の結果、技術マニュアルとチェックリストを合冊し、「Sabo マニュアル」として取りまとめることになった。 （達成率：100%）
2-2. マニュアル、チェックリスト及び事例集の作成方針を検討、決定する。	Sabo マニュアル及び事例集のコンテンツを C/P 及び技術委員会と協議し、目次案を作成した。 （達成率：100%）
2-3. マニュアルとチェックリストを作成する。	Sabo マニュアル（チェックリスト含む）は、以下のプロセスで作成した。 - 2021 年 7 月から 2021 年 12 月にかけての期間で、日本の砂防の技術マニュアル等をベースにブラジルに適応化させる上で重要な事項を加筆し、Sabo マニュアル（素案）を作成した。 - この Sabo マニュアル（素案）に、技術委員会による技術用語等の修正が加えられ、2022 年 10 月末にマニュアルα版として取りまとめられた。 - Sabo マニュアルドラフトα版のうち設計編では、ブラジルの技術規格（NBR）を踏まえて設計に用いる地盤定数等のブラジルへの適応化が行われた。また、鋼製透過部の設計法を、日本で用いられる許容応力度設計法からブラジルで用いられる限界状態設計法に適合させる修正作業では予定より多くの時間を要した。その成果は、パイロットプロジェクトの設計に用いる Sabo マニュアルドラフトβ版として 2023 年 7 月に完成した。 （達成率：100%）
2-4. リスクマッピングに基づきパイロットプロジェクトで土石流対策構造物を建設するエリアを選定し、マニュアルに沿った土石流対策構造物の設計を実施する。	(1) ノバフリブルゴ市のパイロット渓流 - 2011 年 1 月に土石流災害が発生し、現在も上流域に厚い風化残留土が分布しており災害リスクが高いこと、保全対象に地域の基幹病院として位置づけられるサンルーカス病院や州道が含まれること、最大の受益者であるサンルーカス病院が砂防堰堤の建設用地の提供を表明したことを総合的に勘案し、パイロット渓流としてサンルーカス病院裏の渓流が選定された。 - 土石流の主な構成材料が細粒の風化残留土であると想定されたため、「不透過型」形式の砂防堰堤が計画・設計された。専門家側は、2023 年 7 月に概略設計図等を C/P 側および技術委員会側に提供したが、C/P 側と技術委員会側との委託契約の変更手続きや、アクセス道路の設計に時間を要し、設計が完了したのは 2024 年 11 月となった。 (2) テレゾポリス市のパイロット渓流 - 2011 年 1 月に土石流災害が発生し、テレゾポリス市で最大規模の被害が出たこと、現在も上流域に石礫が大量に堆積しており、再び災害が発生するリスクが高いと考えられることから、パイロット渓流としてプリンシペ川上流域の渓流が選定された。 - 土石流の構成材料に石礫が多く含まれると想定されたため、「鋼製透過型」形式の砂防堰堤が計画・設計された。 - 専門家側は、2023 年 12 月に概略設計図等を C/P 側および技術委員会側に提供したが、土地所有者との用地交渉が難航した。プロジェクトチームは土地所有者側と関係構築や、配置・設計上の配慮を行い、粘り強く交渉を行った結果、2024 年 12 月に砂防堰堤の建設について

	合意に達した。 - その後、土地所有者側が要望していた私道の機能補償のための計画・設計や様々な許認可手続きに時間を要した結果、設計が完了したのは2026年2月となった。 （達成率：100%）
2-5. 2-4及び3-3の試行後、マニュアルとチェックリストを最終化する。	専門家側は、パイロットプロジェクトでの設計やセミナーから得られた知見を反映した、チェックリストを含む「Sabo マニュアルγ版」を2025年10月末に作成し、ブラジル側に共有した。しかしながら、パイロットプロジェクトの遅延により、砂防堰堤の施工結果から得られる知見をプロジェクト期間中にマニュアルの施工編にフィードバックすることはできなかった。このため、施工結果の反映とマニュアル公開版の最終化については、工事完了後1年以内にブラジル側が実施すべき事後タスクとして「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」に整理され、第5回JCC会議で合意された。 （達成率：83%）
2-6. パイロットプロジェクトに基づき事例集を作成する。	パイロットプロジェクトの成果に基づく事例集は、2026年3月に完成した。事例集には、今後のブラジル側による自立的な展開に役立てるため、「対象渓流の選定」や「施設計画」に関する検討成果も含めた。一方、パイロットプロジェクトの遅延により、砂防堰堤の施工結果から得られる知見をプロジェクト期間中に事例集にフィードバックすることはできなかった。そこで、事例集の施工部分については、ブラジル側が後で必要事項をもれなく埋めることができるように、「砂防堰堤の建設中に実施すべきモニタリング項目」「留意点」「安全上の考慮事項」といったコンテンツ案を記載するにとどめた。実際の施工結果の事例集への反映は、工事完了後1年以内にブラジル側が実施すべき事後タスクとして「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」に整理され、JCC会議で合意された。 （達成率：89%）

(2) 成果の指標の達成度

成果2の指標2-1「2-1.　技術マニュアル、チェックリスト、事例集が作成される。」については、パイロットプロジェクトの遅延により、砂防堰堤の施工成果から得られるはずの知見やデータを、マニュアル、チェックリストおよび事例集の施工部分にフィードバックできなかったため、達成目標の要件を満たすことができなかった。設計や維持管理部分の達成率を100%、施工部分の達成率を50%として評価した場合、Saboマニュアル（チェックリスト含む）の達成率は83%、事例集の達成率は89%と、全体の達成率は約85%となった。

未達成となった施工結果のフィードバックについては、第5回JCC会議で合意された「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」のなかで、「パイロットサイトでの砂防堰堤の工事終了後1年以内に完了させる」ことが確約されている。成果2の目標達成の蓋然性は担保されていると考えられるため、目標はおおむね達成されたと評価した。

表 7-4　成果2の指標の達成状況

成果	指標	達成状況
2. 土石流構造物対策の設計、施工監理、維持管理のための技術マニュアル、チェックリスト、事例集が作成される。	2-1.技術マニュアル、チェックリスト、事例集が作成される。	おおむね達成： 技術マニュアル、チェックリスト、事例集のうち、施工部分にはパイロットプロジェクトの知見をフィードバックすることができなかった（達成度：85%）。

		しかしながら、パイロットサイトでの砂防堰堤の工事終了後 1 年以内にフィードバックを完了させることが「約束事項マトリクス」に記載されたため、達成状況を「おおむね達成」と評価した。

7.1.3 成果 3 の目標に対する達成度

(1) 活動結果の概要

成果 3 に関連する活動では、まず、Sabo マニュアル等の普及に向け、PDM の「研修計画」に相当する「土石流の防止・抑制のための砂防手法の普及計画（PDMS)」が C/P 側により策定され、2026 年 3 月の第 5 回 JCC 会議で報告された。教材開発においては、土石流構造物対策を要する渓流の抽出から土石流構造物対策の施設計画・設計・施工・維持管理までをシームレスに一つの体系にまとめ上げるため、本プロジェクトで作成したマニュアルに、先行プロジェクト（GIDES）の改定内容を統合する作業を支援した。普及活動としては、セミナー2 回、ワークショップ 5 回を開催し、ブラジル側関係者が主体的にプレゼンテーションを行うことで、オーナーシップの醸成と技術的理解の向上を図った。研修カリキュラムは、ブラジルの既存のオンライン教育プラットフォームを用いた遠隔教育の仕様を踏まえ、全 4 コース、7 モジュールの構成で最終化された。しかしながら、パイロットプロジェクトの遅延により、技術マニュアルや遠隔教育用動画への施工結果のフィードバックが未達となった。これらの最終化は、工事完了後 1 年以内にブラジル側が実施すべき事後タスクとして「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」に整理され、合意に至った。

また、パイロットプロジェクト以外の土石流リスクが高い地域への土石流構造物対策の展開を支援するため、ブラジル全土からリスクの高い 12 市を抽出し、その中から水平展開先として 4 地域を選定した。各地域では専門家の支援のもと、対象渓流の選定や配置計画等の詳細設計に向けた作業が進行中である。また、これらの知見を全土へ広げるための「土石流対策構造物のブラジル全土への展開計画（PIES)」が策定され、今後の自立的な技術展開に向けた体制が整えられた。

成果 3 に係る主な活動結果は以下のとおりである。

表 7-5 成果 3 に係る主な活動結果

活動	主な結果
3-1. マニュアル、チェックリスト及び事例集を普及させるための、トピック，方法，設備，実施機関，予算，対象参加者を含む研修計画が作成される。	専門家側は、マニュアル、チェックリストおよび事例集を普及させるための研修計画の作成を支援した。この研修計画は、C/P によって「土石流の防止・抑制のための砂防手法の普及計画（PDMS)」として策定され、2026 年 3 月 5 日に開催された第 5 回 JCC 会議で報告された。 （達成率：100%）
3-2. 研修用教材や研修カリキュラムが作成される。	専門家側は、研修に用いるツールである「技術マニュアル」と「研修用教材」の作成や、研修カリキュラムの開発を支援した。技術マニュアルには、土石流構造物対策の設計に先立って実施すべき、対象とする土砂量の設定方法や施設配置計画の手法についても盛り込む必要があったため、専

	門家側は先行プロジェクトの GIDES で作成されたマニュアルの内容を統合するために必要な改定作業を行った。 研修に用いる「技術マニュアル」は、本プロジェクトで作成した Sabo マニュアルに GIDES マニュアル改定版の内容を加えたものとして、技術委員会によって編集されている。このマニュアルにはパイロットプロジェクトの施工結果がフィードバックされていないため、本活動の達成率は、活動 2-5 および活動 2-6 の平均的な達成率と整合させ、85%とした。 （達成率：85%）
3-3. マニュアル普及のための研修コースやセミナーを開催する。	Sabo マニュアル（チェックリスト含む）および事例集の理解を深め、ブラジル全土に普及させることを目的として、セミナーを 2 回、ワークショップを 5 回開催した。これらの活動には、のべ 4 つの州政府、8 つの市政府、11 の大学、2 つの研究機関、および民間企業が参加した。セミナーにおいては、ブラジル側関係者が自ら講演資料を作成してプレゼンテーションを行うなど、オーナーシップの醸成が図られた。また、各イベントを通じた活発な質疑応答により、参加者全体の技術的な理解度の向上が確認された（詳細は添付資料 8-5 参照）。 （達成率：100%）
3-4. 活動 3-3 の結果に基づき研修用教材とカリキュラムを最終化し、講師用教材を作成する。	「土石流の防止・抑制のための砂防手法の普及計画（PDMS）」で研修用のツールとして位置づけられるもののうち、技術マニュアルは、パイロットプロジェクトの遅延により施工結果の反映ができず、砂防堰堤完成後 1 年以内の発行予定となった。一方、研修用教材のうちセミナー資料や専門家作成の動画については完成し、C/P と共有した。遠隔教育用の動画は、技術マニュアルと同様の理由で、砂防堰堤完成後 1 年以内に作成される予定である。研修カリキュラムは、MIDR の公式 Web サイトや公式 YouTube チャンネルを通じたマニュアルの展開、セミナー開催、既存のオンライン教育プラットフォームを用いた遠隔教育から成り、遠隔教育については全 4 コース、7 モジュールの構成で最終化された。講師用教材には、今後発行される技術マニュアルが活用される計画である。 パイロットプロジェクトの遅延により、技術マニュアルや遠隔教育用の研修用教材の最終化が未達となった。このため、施工結果の反映と研修用ツールの最終化は、工事完了後 1 年以内にブラジル側が実施すべき事後タスクとして「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」に整理され、第 5 回 JCC 会議で合意された。 （達成率：85%）
3-5. リスクマップ等を活用した土石流リスクの高い地域を選定し、土石流構造物対策をリスクの高い他の地域に展開するための計画を作成する。	本プロジェクトでは、パイロット地域外での土石流構造物対策の実現に向け、過去の災害履歴に基づきブラジル全土から土石流災害リスクが高い 12 市を抽出した。さらに、既存のリスクマップの有無や都市域の状況を考慮し、技術定着のための水平展開先として、4 地域を選定した。 各地域では専門家の支援のもと、ブラジル側によって、対象渓流の選定、土砂量・流木量の算定、砂防堰堤の配置計画などの詳細設計に向けた作業が進められている。また、ブラジル側は、土石流構造物対策をブラジル全土へ展開するため、「土石流対策構造物のブラジル全土への展開計画」（PIES）を策定し 2026 年 3 月 5 日に開催された第 5 回 JCC 会議で報告された。 （達成率：100%）

(2) 成果の指標の達成度

普及に向けた枠組みとして、「土石流構造物対策に関する砂防手法の普及計画（PDMS）」と「土石流構造物対策のブラジル全土への展開計画（PIES）」が策定された。セミナーやワークショップには、当初目標を大幅に上回る 200 名以上の技術者や行政官が参加し、C/P や技術委員会自らが

講師を務めるなど技術の「内製化」が進んだ。一方、成果 2 と同様にパイロットプロジェクトの遅延が影響し、施工結果を反映した技術マニュアルや遠隔教育のための研修用教材の最終化は、プロジェクト終了後の事後タスクとして持ち越された。パイロットプロジェクトで得られた設計に関する知見はマニュアル等にフィードバック済みであり、未達成となった施工結果のフィードバックについては、「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」のなかで、「パイロットサイトでの砂防堰堤の工事終了後 1 年以内に完了させる」ことが確約されており、土石流災害リスクの高い他地域への展開のための支援も先行して進められていることから、主要な目的はおおむね達成されたと評価する。

表 7-6　成果 3 の指標の達成状況

成果	指標	達成状況
3. 技術マニュアルの活用・普及のためのツールや計画が作成される。	3-1. マニュアルや事例集に関するカリキュラム、研修用教材、講師用教材が作成される。 3-2. MIDR によって普及計画が作成される。	おおむね達成： 砂防技術の普及計画（PDMS）や土石流構造物対策のブラジル全土への展開計画（PIES）、および研修に用いるツール（技術マニュアル、PPT、動画）が開発された。パイロットプロジェクトの遅延により、施工結果をフィードバックした各ツールの最終化は将来に持ち越される形となったが、技術マニュアルや教材の根幹となる設計部分についてはパイロットプロジェクトの結果がフィードバック済みであり、施工部分についてもパイロットサイトでの砂防堰堤の工事終了後 1 年以内にフィードバックを完了させることが「約束事項マトリクス」に記載されたため、成果 3 の主要な目的は「おおむね達成」されたと評価した。（達成度：85%）

7.2　プロジェクトの目標の達成度

[プロジェクト目標]

土石流構造物対策の設計、施工監理および維持管理を実施するための MIDR の能力が向上する。

[指標及び目標値]

1. マニュアルが MIDR によって正式に承認される。
2. マニュアル・チェックリスト・事例集の内容に関する研修を受けた連邦政府・州・市職員の数（目標値：30 人）

プロジェクト目標の指標 1 の「マニュアルが MIDR によって正式に承認される。」に関しては、「おおむね達成」と評価した。ブラジル初となる包括的な土石流構造物対策の技術マニュアル（暫定版）が完成し、MIDR の公式 Web サイトで公開される体制が整った。マニュアルが「暫定版」となった理由は、パイロットプロジェクトの遅延により施工結果のフィードバックが未完であるためである。しかしながら、(1) マニュアルの根幹部分であるマニュアルの設計編については、パイロットプロジェクトで得られた知見が反映済みであること、(2) 未完了の施工フィードバックについては「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」にて、工事終了後 1 年以内に完了させることが確約されており、目標達成の蓋然性は担保されていることから、指標 1 については「おおむね達成」と評価した。

プロジェクト目標の指標 2 の「マニュアル・チェックリスト・事例集の内容に関する研修を受けた連邦政府・州・市職員の数（目標値：30 人）」に関しては、当初目標の 30 名を大幅に上回る延べ 200 名以上の行政官や技術者がセミナーやワークショップを通じて研修を受けたことから、目標達成と評価した。特筆すべき点として、C/P や技術委員会の教授自らが講師を務めるなど、技術の「内製化」が達成された点である。エンドライン調査の結果からも、個人能力と組織能力の両面でスコアの向上が確認されている。パイロットプロジェクトの遅延という積み残しはあるものの、ブラジル側が自立的に土石流構造物対策を継続・展開できる能力は十分に備わったと評価できる。

7.3 6 項目評価のレビュー

経済協力開発機構／開発援助委員会（OECD-DAC）による国際的な ODA 評価の視点である「DAC6 項目評価」について、以下のように評価した。評価は 4 段階（非常に高い、高い、一部課題がある、低い[1]）でレーティングした。

表 7-7 DAC6 項目に対する本プロジェクトの評価

項目	評価の主な視点	本プロジェクトの評価
妥当性	支援実施の妥当性（当該国の開発計画、開発ニーズ／社会のニーズ／対象地域の受益者層）	極めて高い
整合性	日本政府・JICA の開発協力方針と整合性	極めて高い
有効性	期待された事業の効果の、目標年次における目標水準の達成度（施設、機材の活用を含む）その際、受益者間において達成度や結果に違いがあるか否か	高い
インパクト	正負の間接的・長期的効果の実現状況（社会システムや規範、人々の幸福、人権、ジェンダーの平等、環境社会配慮	極めて高い
効率性	事業の投入計画や、事業期間・事業費の計画と実績の比較	高い
持続性	事業によって発現した効果の持続性の見通し	高い

7.3.1 妥当性（Relevance）：極めて高い

(1) ブラジルの開発計画との整合性

[1] ODA 評価ハンドブック（2025 年 1 月）

ブラジル政府の最上位政策と密接に整合性している。ブラジル政府は、2011 年 1 月のリオデジャネイロ州で発生した大規模な豪雨災害（以下、「2011 年 1 月災害」と呼ぶ）を契機に、国家開発計画に位置付けられる多年度計画（PPA）のプログラムの一つとして「災害リスク管理・対応プログラム」を策定し、土砂災害対策を国家的な優先事項としている。また、ブラジル政府は「仙台防災枠組 2015-2030」の推進を国際的にコミットしており、その優先行動 3「強靭性のための災害リスク削減のための投資」を具現化する手段として、土石流構造物対策の技術確立は不可欠なピースと評価できる。

(2) 開発ニーズとの整合性

ブラジルでは、先行プロジェクト（GIDES）によって土砂災害のソフト対策（ハザード特定や警戒避難など）の能力は向上していたが、土石流構造物対策の設計技術基準がなかったため、地方政府は土石流構造物対策の予算が申請できず、連邦政府も認可できないという膠着状態に陥っていた。本プロジェクトは、この「技術的空白」を埋める、高い現場のニーズに直結するものと評価できる。

(3) 事業計画やアプローチの適切性

本プロジェクトの実施機関で、技術移転の主な対象となった MIDR は、連邦レベルで土砂災害情報の蓄積と対策の技術指導を司る中枢機関であり、ここへの能力強化は、土石流構造物対策のブラジル全土への展開を最大化する上で最適であったと評価できる。また、パイロットプロジェクトの対象市として選定されたリオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市とテレゾポリス市は、2011 年 1 月災害の最大の被災地であり、ここで成功モデルを作ることは、他の地方自治体への強力なデモンストレーション効果を持つと考えられる。

また、本プロジェクトの成果には「技術の普及計画」や「全土への展開計画」の策定が含まれており、SDGs の目標 11（住み続けられるまちづくりを）および目標 13（気候変動に具体的な対策を）への貢献という観点からも、プロジェクトの目標構造の論理性は適切である。

(4) 他案件に示唆を与える点

本プロジェクトでは、日伯の土石流特性を客観的手法で比較し、日本の砂防技術をブラジルの土石流に適用することの妥当性を証明した上で、日本の土石流構造物対策に関する技術基準を、ブラジルの自然・地域特性や技術規格を踏まえて「現地適応化」した。また、本プロジェクトを通じて、技術的なナレッジの多くがリオデジャネイロ連邦大学（UFRJ）、リオデジャネイロ州立大学（UERJ）およびサンパウロ州技術研究所（IPT）の研究者に蓄積されたことは、政府職員の異動に伴うナレッジの断絶リスクの大幅な軽減につながった。この点は、類似の地形・地質特性を持ち、行政官の人材流動性が高い中南米地域における、将来の事業形成に向けた優れたモデルケース（グッド・プラクティス）であると評価した。

以上の観点から、本プロジェクトの妥当性は「極めて高い」と評価できる。

7.3.2　整合性（Coherence）：極めて高い

(1) 日本政府・JICA の開発協力方針との整合性

日本の「開発協力大綱」および「対ブラジル国別開発協力方針」において「防災」は重点分野に位置付けられており、日本の開発協力方針と整合している。また、SDGs の目標 11（住み続けられるまちづくりを）や目標 13（気候変動に具体的な対策を）、および「仙台防災枠組 2015-2030」といった国際的な枠組みにも貢献するものである。

(2) JICA の他事業との具体的な相乗効果・相互連関性

本プロジェクトは、先行プロジェクト（GIDES）で整備された非構造対策（土石流対策計画マニュアル等）の成果を踏まえ、それを補完・発展させる土石流構造物対策の能力強化という位置づけで計画・実施されている。また、本プロジェクトで作成された研修用ツールの一つである「技術マニュアル」には、GIDES で作成された「土石流対策計画マニュアル」の改定内容も統合されている。過去の資産を最新の知見でアップデートしながら、土石流構造物対策を要する渓流の抽出から土石流構造物対策の施設計画・設計・施工・維持管理までをシームレスに一つの体系にまとめ上げた点は、JICA 事業間の相乗効果を最大化した好事例と言える。

さらに、GIDES に続いて実施された「ブラジル国 鋼製透過型・ソイルセメント砂防堰堤普及促進事業」によって、ブラジル国の土石流対策に関連する機関の関係者の、鋼製透過型砂防堰堤の機能、構造、設計、施工に関する理解が深められたことは、本プロジェクトにおける技術移転の円滑な推進に寄与した。他ドナーとの活動の重複もないため、JICA のこれらの事業との相乗効果・相互連関性は高いと評価できる。

(3) JICA 外の機関との連携や国際的枠組み等との協調性

国際的な観点では「仙台防災枠組 2015-2030」との整合性が明確である。日本の土石流構造物対策の技術をブラジルに現地適応化させたマニュアル（技術指針）の策定や、土石流構造物対策の計画・設計・施工・維持管理に関する能力強化は、都市の強靭性を高めるための防災投資の基盤づくりそのものであり、「優先行動 3：強靭性のための災害リスク削減への投資」と合致している。また、2011 年 1 月災害の被災地に従来用いられていたものよりも強固な土石流構造物対策を計画・建設するプロセスは、「優先行動 4：災害準備の強化とより良い復興（Build Back Better）」の理念に合致している。

ブラジル国内においては、リオデジャネイロ連邦大学（UFRJ）やリオデジャネイロ州立大学（UERJ）の教授陣で構成される「技術委員会」を公式に巻き込んだことは、日本の知見をブラジルの自然条件や技術規格を踏まえて「現地適応化」するプロセスを確立させ、マニュアル類や設計図書の公的承認を円滑に行い、さらに行政官の人事異動による技術伝承の問題を低減させる上で大きな役割を果たした。

(4) 当初想定以上の連携/調整による具体的な成果

上記 (2) に記載した、GIDES から本プロジェクトまでの技術移転の成果をシームレスに一つの

体系にまとめ上げた点に加え、現地のアカデミア（技術委員会）を深く関与させることで日本の技術をブラジルの公的基準へと昇華させる連携体制が構築された点は、技術の定着に寄与する具体的な成果と評価できる。

以上の観点から、本プロジェクトの整合性は「極めて高い」と評価できる。

7.3.3 有効性（Effectiveness）：高い

(1) プロジェクト目標の達成度

プロジェクト目標である「土石流対策構造物の設計・施工監理・維持管理を実施する MIDR の能力が向上する」は、技術的・制度的基盤の確立という側面において、ほぼ達成されたと評価できる。主要な成果指標の達成状況は以下のとおりである。

a) 技術マニュアルの MIDR による公式な承認

ブラジル初となる包括的な土石流構造物対策の技術マニュアル「暫定版」が完成する見込みであり、2026 年 6 月末までに MIDR の公式 Web サイトで公開される予定である。これにより、ブラジル全土の技術者が共通の基準にアクセスできる体制が整った。なお、「暫定版」となる理由は、パイロットプロジェクトの遅延により、施工結果のフィードバックが未完であるためである。しかしながら、技術マニュアルの根幹部分である土石流構造物対策の計画・設計部分にはパイロットプロジェクトの成果が反映されており、ブラジル側の外部有識者からの意見聴取をしている段階であり、今後の土石流構造物対策の計画・設計にそのまま使用できる内容になっている。チェックリストや事例集についても、施工結果のフィードバックを要する部分を除き、プロジェクト終了までに完成する見込みである。施工結果の技術マニュアル等へのフィードバックについては、第 5 回 JCC 会議で承認された「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」のなかで、パイロットサイトでの砂防堰堤の工事終了後 1 年以内に完了させることが確約されているため、達成が担保されていると考えられる。以上から、目標はおおむね達成されたと評価する。

b) 研修を通じた人材育成の実績

本プロジェクトで技術マニュアル・チェックリスト・事例集に関する研修を受けた連邦・州・市の職員の数は、当初目標の 30 名を大幅に上回った。計 2 回の国別研修（日本での研修）により 18 名のコア人材が育成されたほか、ブラジル国内で開催された 2 回のセミナーと 5 回のワークショップには、延べ 200 名を超える技術者が参加した。特筆すべきは、セミナーにおいてブラジル側の C/P や技術委員会の教授自らが講師を務め、日本の技術を「自国の技術」として咀嚼・発信した点である。これは、単なる知識の受容を超えた、技術の「内製化」がなされたことを意味している。

(2) 成果別達成状況の分析

a) 成果 1：土砂災害に対する構造物対策の特性、設計、施工監理、維持管理方法が理解される

プロジェクトによる能力向上の実績は、連邦・州・市の職員に対して実施されたベースライン調査（2022 年）とエンドライン調査（2026 年）の比較によって裏付けられている（表 7-8）。全項目においてスコアの向上が見られるが、特に、プロジェクト開始当初低かった砂防堰堤の設計・施工・維持管理に関する知識が、研修やマニュアル作成を通じて劇的に向上した。特筆すべきは、リオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市において、以前は存在しなかった砂防施設の維持管理担当部署が設置され、具体的な担当者が配置されるに至ったことである。これは、技術協力が組織的な体制整備を誘発した好例と評価できる。

表 7-8　ベースライン調査とエンドライン調査の結果比較

カテゴリー	項目	ベースライン平均	エンドライン平均
個人の能力	土石流の特性理解	2.0	2.7
	砂防堰堤の設計知識	1.1	2.1
	砂防堰堤の施工知識	1.0	2.0
	砂防堰堤の維持管理	0.9	1.8
組織の能力	計画・設計・施工部署	2.0	2.4
	維持管理部署の存在	1.0	1.9
	維持管理計画の策定	0.8	1.9

b) 成果 2：土石流構造物対策の設計、施工監理、維持管理のための技術マニュアル、チェックリスト、事例集が作成される

前述のとおり、技術マニュアル、チェックリストおよび事例集は、施工結果のフィードバックを要する部分を除き、プロジェクト終了までに完成する見込みである。施工結果の技術マニュアル等へのフィードバックについては、第 5 回 JCC 会議で承認された「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」のなかで、パイロットサイトでの砂防堰堤の工事終了後 1 年以内に完了させることが合意されているため、達成の見込みは高いと考えられる。以上から、目標はおおむね達成されたと評価する。

マニュアル作成過程で直面した最大の技術的課題は、鋼製透過型堰堤の設計手法を日本の「許容応力度設計法」からブラジルの「限界状態設計法」へ適応させることであったが、これは技術委員会の努力により工学的に解決された。また、ブラジルの「ダム安全法」の厳しい規制を避けるため、砂防堰堤を「砂防バリア（*Barreira Sabo*）」と定義し、高さを 15m 未満に設定するという戦略的な対応も取られた 。これにより、法的な障害を技術的に乗り越える道筋が確立された。

c) 成果 3：技術マニュアルの活用・普及のためのツールや計画が作成される

「土石流構造物対策に関する砂防手法の普及計画（PDMS）」と「土石流構造物対策のブラジル全土への展開計画（PIES）」が、MIDR の研修関係部局を巻き込んで策定され、プロジェクト終了後のロードマップが明確化された。また、上位目標を見据えたパイロットプロジェクト以外への土石流構造物対策の展開先として、ブルメナウ、ペトロポリス、サンセバスチャンの各市から 4 渓流が選定され、既に専門家の支援による詳細設計に向けた現地調査や砂防施設配置計画の検討が進められている。これは、上位目標の前倒しでの達成に向けた、前向きな取り組みである。

研修に用いるツールについては、PDMS のなかで「技術マニュアル」と「研修用教材（PowerPoint

ファイル・動画)」として定義され、それぞれが作成された。このうち技術マニュアルと研修用教材（遠隔教育用動画）については、施工結果のフィードバックを要する部分が未完となっている。このフィードバックと各研修用ツールの最終化については、第 5 回 JCC 会議で承認された「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」のなかで、パイロットサイトでの砂防堰堤の工事終了後 1 年以内に完了させることが合意されているため、達成の見込みは高いと考えられる。

d) 当初の計画以上に達成された事項

本プロジェクトでは、無償の GIS ソフトウェア（QGIS）と無料の地形データ（AW3D30）を活用する、土石流構造物対策を要する渓流の抽出に特化した簡易リスクマッピング手法の開発と、その手法を解説したマニュアルの作成、MIDR の公式 Web サイトでのマニュアルの公開が行われた。これは、予算（従来の手法では 1/2,500 の地形図整備に多額の費用が必要）や人的リソース不足で土石流リスクの評価が進まなかった地方自治体のボトルネックを解消する成果となった。

e) 有効性を阻害した要因：パイロットプロジェクトの遅延

有効性を阻害した要因として、パイロットプロジェクトで予定されていた土石流構造物対策（砂防堰堤）の建設が、プロジェクト期間中に完了しなかったことが挙げられる。その主な理由は以下のとおりである。

- **土地所有者との合意形成**：テレゾポリス市のパイロットサイトでは、2011 年 1 月災害後の市政府の対応への不信感から、砂防堰堤の建設用地に関する土地所有者との合意形成に長期（約 2 年 4 か月）を要した。

- **技術委員会による作業の遅延**：技術委員会の作業の各段階で発生した遅延も、パイロットプロジェクトの遅延原因の一つである。技術委員会の作業の遅延理由は、(a) ブラジルではあまり一般的ではない構造物を設計する際の長考や手戻り、(b) 大学教員としての学務、長期休暇、学会活動、多忙、体調不良等による作業の中断、に大別される。理由(a)による遅延については、専門家側の粘り強い指導や日本での研修で得られた知見によって解決したが、理由(b)による遅延はブラジルの労働法に起因しており、解決が困難であった（8.2 (1) a）で詳述）。パイロットプロジェクトで遅延した主な作業項目を、理由別に下記のように整理した。

  [理由(a)による主な遅延]
  - ノバフリブルゴ市のパイロットプロジェクトにおける、維持管理用アクセス道路の配置設計（6.2 (6)で詳述。）
  - テレゾポリス市のパイロットプロジェクトにおける、付属構造物（渡河部の洗い越し）の設計
  - テレゾポリス市およびパイロットプロジェクト以外の土石流構造物対策の設計対象渓流における、移動可能土砂量や流木量の評価

  [理由(b)による主な遅延]
  - ノバフリブルゴ市のパイロットプロジェクト：砂防堰堤から流下する洪水流の水文検討、

専門家側が指摘した図面の要修正事項への対応、設計報告書の作成
- テレゾポリス市のパイロットプロジェクト：現地調査、水文検討、鋼製透過部の計算書の確認作業、工事用・維持管理用アクセス道路の設計、専門家側が指摘した図面の要修正事項への対応、設計報告書の作成
- パイロットプロジェクト以外の土石流構造物対策の設計：現地調査、水文検討

- **複雑な行政手続き**：先行して設計が進んだノバフリブルゴ市のケースにおいても、予見できない行政手続き上の遅延が頻繁に発生し、砂防堰堤の工事着工の大幅な遅延につながった。主な遅延要因は以下のとおりであり、遅延要因ごとに 2～3 か月の遅延が生じた。
  - 環境許可の取得や連邦貯蓄金庫（CAIXA）による設計審査時の書類手戻り
  - アクセス道路用地の土地所有者による違法な土地改変による行政手続きの中断
  - 別件の監査対応に起因する、リオデジャネイロ（RJ）州政府内での行政手続きの遅延
  - RJ 州の法務部審査時の書類手戻り
  - 入札手続き中の応札業者からの不服申し立て
  - 施工業者の選定プロセスが適切に行われたことの確認・承認手続きにおける、RJ 州、CAIXA、都市省を結ぶデータ通信システムの不調

パイロットプロジェクトが遅延した結果、施工結果から得られる施工上の課題や工夫に関する知見を、プロジェクト期間中にマニュアル等に 100%フィードバックすることはできなかった。しかしながら、「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」のなかでブラジル側が自立的にこの積み残し事項を完遂する体制が合意されているため、有効性の本質的な損害とはならないと考えられる。

以上の観点から、本プロジェクトの有効性は「高い」と評価できる。

7.3.4 インパクト（Impact）：極めて高い

(1) 上位目標の達成見込み

プロジェクトの終了を待たずに、上位目標を見据えたパイロットプロジェクト以外への土石流構造物対策の展開先が選定され、既に専門家の支援のもと、技術委員会による詳細設計に向けた現地調査や砂防施設配置計画の検討が進められている。これは、上位目標の前倒しでの達成に向けた、前向きな取り組みとして評価できる。

(2) 上位目標とプロジェクト目標の因果関係

ノバフリブルゴ市やテレゾポリス市におけるパイロットプロジェクトでは、調査準備・調査実施・調査結果とりまとめ、施設配置計画作成、設計の各段階で、専門家側が作業手順やアウトプットの作成例を示しながら、きめ細かい指導を行った。すなわち、専門家側が作業をやって見せて、ブラジル側がそれをおさらいする手法で、技術移転を行った。

一方、上位目標を見据えたパイロットプロジェクト以外の土石流構造物対策の展開先では、移

転した技術の定着を図るため、まずブラジル側にマニュアルに基づいて作業をしてもらい、そのアウトプットを専門家側がレビューする手法を取った。以上から、上位目標とプロジェクト目標との因果関係は強いと評価できる。

(3) 制度的インパクト

これまでブラジルに存在しなかった土石流構造物対策の技術マニュアル等が策定されることにより、今後ブラジル全国の土石流災害リスクの高い地域にある地方自治体が、標準化された手順で土石流構造物対策の事業を申請・実施できるようになり、技術的・制度的なパスが開通したと言える。

(4) 波及効果

a) “Sabo”という概念の普及・定着

C/P 側は、日本の「砂防」というブラジルにとっては新しい土石流構造物対策の概念をブラジル国民に普及・定着させるため、プロジェクト名の略称を敢えて “*Projeto Sabo* (Sabo Project)” と定義し、C/P 側が行った広報活動で積極的な露出を図った。その結果、民間ニュースサイトが本プロジェクトについて報じたニュース記事のタイトルに “Sabo” という単語が使われたケースは、専門家側が把握しているだけでも 11 ケースにのぼった。これは、ブラジルにおける土石流構造物対策分野での日本のプレゼンスを示すことにつながり、将来的にもプラスの効果を生むと期待される。

b) 地域住民への配慮の向上

テレゾポリス市におけるパイロットプロジェクトでは、鋼製透過型砂防堰堤の建設用地に関する土地所有者との合意形成が難航していた。この問題に対し、プロジェクトダイレクターは当初、「砂防工事で直接機能が損なわれたもの以外の補償を提供するのは難しい」として、土地所有者への譲歩には慎重な方針をとっていた。しかしながら、2024 年 9 月 24 日から 10 月 4 日にかけて実施された第 2 回国別研修（本邦研修）で、同氏が「日本の行政機関が地域コミュニティとの関係構築を重視していること」を学んだことで意識に変化が生じ、帰国後には土地所有者に配慮した丁寧な説明や提案を行うように変化した。その結果、2024 年 12 月 18 日に、土地所有者は砂防堰堤の建設に同意するに至った。

この土地所有者との用地交渉の難航は、本プロジェクト単独で見ればパイロットプロジェクトの大きな支障であったが、C/P 側が今後土石流構造物対策をブラジル全土に展開していく上での気づきを得たイベントであったとも評価できる。

なお、ノバフリブルゴ市におけるパイロットプロジェクトでも、地域住民に対する丁寧な説明により円滑な行政手続きが進められた。2024 年に市政府は、施工エリア近傍の住民に対する砂防堰堤建設工事の説明会を複数回実施した。その際、専門家側から、ジェンダー配慮の観点から説明会の参加者が男性に偏らないよう対象者を適切に選定することが提案された。結果的に、地域の自治会長が女性であったこともあり、説明会には女性の参加者が半数以上となる、事前のジェ

ンダー配慮の観点が活かされた形となった。地域住民との協議を通じて、工事の重要性について理解が得られ、アクセス道路用地の公共利用のための土地使用権譲渡手続きについて、参加者全員からの合意を得ることができた。

c) 将来の砂防技術者の育成

技術委員会に参画されている教授らの研究室では、所属する学生が土石流氾濫シミュレーションの研究を始めたり、土石流堆積物の物性の研究を始める動きがあったりするなど、本プロジェクトと技術委員会の協働によって、土石流構造物対策に関連する博士過程や修士課程の研究が進む機運が高まっている。これにより、土石流対策に関する調査研究がブラジル側で進展し、将来の砂防技術者が育成されることが期待される。

d) 災害調査を通じた実践的な技術移転

プロジェクト期間中、2022 年に RJ 州ペトロポリス市で、2023 年にサンパウロ（SP）州サンセバスチャン市で、2024 年にリオ・グランデ・ド・スル州およびポルト・アレグレ市で、また 2026 年にはミナスジェライス州ジュイス・デ・フォーラ市で、それぞれ豪雨による災害が発生した。専門家は、プロジェクトダイレクターの要請に基づき、JICA ブラジル事務所と調整しながら災害現場の調査に同行し、C/P や現地の州・市政府職員と共に、発生した現象の把握と対策案の提案を目的とした調査を実施し、調査方法や調査結果の取りまとめ方法に関する実践的な技術移転を調査同行者に対して行った。これにより、災害調査の基礎を C/P のみならず現地の州・市政府職員に伝えることができた。

以上の観点から、本プロジェクトのインパクトは「極めて高い」と評価できる。

7.3.5 効率性（Efficiency）：高い

(1) プロジェクト期間

COVID-19 のパンデミックの影響により、プロジェクトの開始時期は R/D に示される当初計画から遅れたものの、プロジェクトは計画どおり 60 ヶ月で実施された。しかしながら、先に「有効性を阻害した要因」の項目で述べたように、土地所有者との合意形成や複雑な行政手続きに起因し、パイロットプロジェクトの遅延が発生し、砂防堰堤の工事が完了しなかったため、一部の成果が未達となった。専門家側と C/P 側は、週例の定例会議で遅延とその要因の情報を共有し、プロジェクトチームとして連携して遅延の解消に向け関係機関との調整を行った。このため、実施プロセスにおけるプロジェクトの進捗管理は適切であったと考えられる。進捗の遅れに対する要因の分析や対応状況は定期的に整理され、JCC 会議を通じて実施スケジュールの見直し手続きが適切に実施された。

(2) 日本側の投入

日本側の投入の計画と実績の概要は、表 7-9 のとおりである。

長期専門家の投入期間については、越智専門家の離任日（2023 年 3 月 21 日）から後任の林専門家の着任日（2023 年 5 月 21 日）までに 2 か月間の不在期間が生じたため、計画が計 60 人/月のところ、実績は 58 人/月となった。この 2 か月間の不在期間を充当するため、また GIDES マニュアルの改定に関する支援作業を行うため、短期専門家の契約人/月が追加された。この短期専門家の契約人/月の追加は、既契約予算の費目間流用で充当されたため、プロジェクト全体での事業費は増額なく効率的に使用され、事業スケジュールも超過することなく実施された。

表 7-9　日本側の投入概要

期間	計画		実績	
長期専門家のアサイン期間	2021 年 7 月～2026 年 6 月 （計 60 人/月）		2021 年 7 月～2023 年 3 月 2023 年 5 月～2026 年 6 月 （計 58 人/月）	
短期専門家のアサイン期間（人/月）	国内作業	現地作業	国内作業	現地作業
	17.00	57.00	23.95	54.32
	合計：74.00		合計：78.27	
コンサルティング業務の契約期間	2021 年 5 月～2026 年 5 月		2021 年 5 月～2026 年 6 月 （砂防堰堤の施工状況のモニタリングおよび技術指導が、プロジェクト終了間際まで必要となったため、コンサルティング業務の契約期間が長期専門家の任期満了日に合わせて 2026 年 5 月 8 日から 2026 年 6 月 30 日まで延長された。）	

(3) ブラジル側の投入

ブラジル側はプロジェクト期間中、表 7-10 に示す人的リソースを C/P として配置した。

表 7-10　ブラジル側が投入した人的リソース

ポジション	人数	備考
プロジェクトダイレクター	1 名	SEDEC/MIDR, 局長
プロジェクトマネージャー	1 名	SEDEC/MIDR, 復旧・復興部長
プロジェクトコーディネーター	1 名	SEDEC/MIDR, 災害リスク軽減活動課長
執務室長	1 名	SEDEC/MIDR
地盤工学	1 名	SEDEC/MIDR
地質，マッピング	1 名	SEDEC/MIDR
地盤工学，構造物	2名	SEDEC/MIDR
構造物	2 名	SEDEC/MIDR
水文	1 名	大統領府
構造物，予算	1 名	SEDEC/MIDR
地盤工学，環境	2 名	都市省郊外地域局
連携・人材育成	2 名	SEDEC/MIDR
GIS データ処理	2 名	SEDEC/MIDR

注）SEDEC/MIDR：統合・地域開発省 市民防御局

またブラジル側は、パイロットプロジェクトや技術指針等の作成のため、表 7-11 に示す予算を確保した。さらに、プロジェクト終了後にパイロットプロジェクト以外の土石流高リスク地域で

設計する砂防堰堤 4 基の測量・工事費用として、表 4-12 に示す予算を別途確保している。プロジェクト期間中、予算ショート等の問題は発生せず、さらにプロジェクト終了後の土石流構造物対策の展開のための予算も確保されていることから、ブラジル側の投入は計画的かつ適切に実施されたと評価できる。

表 7-11　ブラジル側がプロジェクト実施のために確保した予算

予算項目	予算目的	主管省庁	金額（BRL）	本プロジェクトにおける使途
アクション 8865	斜面対策工事の支援	都市省	4,000 万	パイロットプロジェクトの工事費用
アクション 8172	被災インフラの再建支援	SEDEC/MIDR	330 万	技術委員会への委託費用

注）SEDEC/MIDR：統合・地域開発省 市民防御局

表 7-12　ブラジル側がプロジェクト終了後の事業展開のために確保している予算

予算項目	予算目的	主管省庁	金額（BRL）	本プロジェクトにおける使途
プラン 8348	災害リスク軽減のための支援	SEDEC/MIDR	8,000 万	追加設計する砂防堰堤 4 基の工事費用
			―	その他、調査、マッピング、設計支援のための予算計画を策定済み
リオデジャネイロ州政府予算			44 万	追加設計する砂防堰堤 4 基の測量費用

注）SEDEC/MIDR：統合・地域開発省 市民防御局

(4) 効率性を高める工夫

日本とブラジルの地理的距離や言語の違いによるコミュニケーション不足や誤解を避けるため、下記の取り組みが実施された。

- 日本側とブラジル側のプロジェクトチームメンバーが参加する週例のオンライン定例会議を、計 200 回以上実施した。
- 技術的な協議を行う際には協議資料を日伯対訳版で作成し、誤解や技術資料の修正漏れによる手戻りを最小限に抑えた。

以上の観点から、本プロジェクトの効率性は「高い」と評価できる。

7.3.6　持続性（Sustainability）：高い

(1) 政策・制度面

「妥当性」の項目でも述べたように、ブラジル政府は、2011 年 1 月災害を契機に、多年度計画（PPA）のプログラムの一つとして「災害リスク管理・対応プログラム」を策定しており、土砂災害対策を国家的な優先事項としている。また、2012 年に制定された「国家保護・防災政策（PNPDEC：

Política Nacional de Proteção e Defesa Civil)」を定めた連邦法第 12608 号では、事前防災を法的義務として位置づけている。このように、ブラジル連邦政府における防災対策の優先度は制度的に高く保たれており、2023 年 1 月の政権交代による省庁再編を経ても、一貫して継承されている。

(2) 組織・体制面

a) ポジティブな変化

2026 年 1 月に統合・地域開発省市民防御局（SEDEC/MIDR）の組織改編が行われ、本プロジェクトの C/P メンバーの多くが所属する「災害予防・リスク軽減課」が部へと格上げされ、事前防災のための体制が強化された。パイロットプロジェクトの遅延に伴うプロジェクトの未達事項へのフォローアップを規定した「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」の対応窓口も同部が担い、関係部局との調整や JICA への定期的なモニタリング報告を行うこととなっており、組織的な持続性は担保されている。

また、本プロジェクトによって移転された技術の蓄積と発展に関しては、行政官の異動に伴うナレッジの断絶を避けるため、リオデジャネイロ連邦大学などの研究者が「技術委員会」として継続的に関与する仕組みが構築されている。さらに、上位目標を見据えた土石流構造物対策の展開に際しては、サンパウロ州技術研究所（IPT）の研究者の巻き込みも行われ、移転された技術を展開するための体制づくりも実施されている。

さらに、パイロットプロジェクトで砂防堰堤の建設を進めているリオデジャネイロ州ノバフリブルゴ市では、砂防堰堤の維持管理担当部署が設置され、建設された砂防堰堤の機能維持が担保される体制が構築された。

b) 残る課題

本プロジェクト終了後も残る課題としては、下記の事項が挙げられる。

- **連邦政府と地方自治体（市）の連携の脆弱性**：第 5 回 JCC 会議にパイロット市の代表者が欠席したことからもわかるように、土石流構造物対策の推進に関する市政府側の認識の甘さが今後の最大の課題だと考えられる。市長が交代する際に、政治任用されていた職員も交代し、市の施策における土石流構造物対策の優先順位が低下するリスクも懸念される。
- **地方自治体における人的リソースのバラツキ**：地形測量、地質地盤調査、工学的な計画・設計を管理する人的リソースの充足状況は、地方自治体ごとに大きなバラツキがある。今後、土石流構造物対策を効率的に展開していくには、州政府レベルで事業を実施する仕組みづくりを行うなどの、組織・制度面の工夫が必要となる。

(3) 技術面

a) ボトルネックの解消

本プロジェクトで土石流構造物対策を要する渓流の抽出に特化した簡易リスクマッピングのマニュアルが作成・公開されたことにより、予算や人的リソース不足で土石流リスクの評価が進まなかった地方自治体のボトルネックが解消し、持続性が向上した。また、これまでブラジルに存

在しなかった土石流構造物対策の技術マニュアル等の策定により、ブラジル全国の土石流災害リスクの高い地域にある地方自治体が、標準化された手順で土石流構造物対策の事業を申請・実施できるようになり、技術的・制度的なパスが開通した。さらに、パイロットプロジェクトで専門家側からブラジル側に移転されたノウハウが詰まった「事例集」が完成したことで、プロジェクトが終了し専門家が不在となった後も、ブラジルの技術者が自習・教育できる環境が整った。土石流シミュレーションに用いるソフトウェア「HyperKANAKO」のライセンス供与や操作チュートリアルの作成により、シミュレーション技術も現場に定着しつつある。エンドライン調査によっても、C/P の個人的・組織的能力が大きく向上していることが確認されている。

b) 多様な条件の渓流への対応力の向上

本プロジェクトでは、土石流構造物対策の施設配置計画に関する技術移転を円滑に進めるため、まずは構造がシンプルな「1 基の堰堤で大部分の土砂を捕捉可能な小規模渓流」を対象に選定してきた。しかしながら、ブラジル側は今後、より広く支川を多く持つ複雑な渓流への対応も見据えており、テレゾポリス市のパイロット渓流に隣接する支川も加えた、より広い流域を対象とした施設配置の検討も着手している。また、マニュアルの編集過程では、鋼製透過型砂防堰堤を 1 つの渓流に複数設置した場合の鋼材間隔の設定方法についても議論が及んでいる。以上から、今後はより規模の大きな渓流を対象とした実績を積むことも必要であるが、多様な条件下におけるブラジル側の対応能力は着実に向上しつつあり、今後の自立的発展性は高いと考えられる。

c) 今後の自立的発展のための SEDEC/MIDR の取り組み

本プロジェクトでは、「土石流構造物対策に関する砂防手法の普及計画（PDMS）」と「土石流構造物対策のブラジル全土への展開計画（PIES）」が策定され、プロジェクト終了後のロードマップが明確化された。また、上位目標を見据えたパイロットプロジェクト以外への土石流構造物対策の展開先として 4 地域が選定され、既に専門家の支援による詳細設計に向けた現地調査や砂防施設配置計画の検討が進められている。「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」では、ブラジル側での自立的発展を促す活動の一つとして、これら各計画の見直しについても規定している。

(4) 財務面

本プロジェクトの上位目標の実現に向け、SEDEC/MIDR は、災害リスク軽減支援のための予算項目「プラン 8348」から調査、マッピング、設計、施工費用を賄うための予算計画を策定済みである。さらに「土石流構造物対策のブラジル全土への展開計画（PIES）」では、土石流構造物対策を展開する市政府を技術的・資金的に支援するための連邦政府のスキームを作成することを規定している。以上から、土石流構造物対策を推進するための資金確保の仕組みづくりは着実に遂行されていると評価できる。

建設された砂防施設の維持管理は市政府の所掌となるが、本プロジェクトを通じて維持管理の重要性が認識されており、一部の市では既に担当部署の設置や人員・予算の確保が始まっている。今後は、市政府が適切な維持管理計画を策定することを条件に、連邦政府が維持管理費を支援するなどの、財務的なインセンティブ設計が鍵となる。

(5) 環境社会面

土石流構造物対策としての砂防堰堤の建設に伴い、樹木伐採などの環境への影響は生じるが、ブラジルの法令に基づき、パイロットプロジェクトにおいても動植物相への影響評価や伐採された樹木の補償措置が適切にとられ、環境許可の取得を経て工事が発注されるため、環境に関する大きな問題は発生しないと見込まれる。また、砂防堰堤の建設によって地域の安全性が高まり、公共の福祉にも寄与するため、現地社会に環境社会面での負担が及ぶことはないと考えられる。

(6) リスクへの対応

持続性を低下させるリスクとしては、大統領や市長の交代と連邦・州・市政府の要職者の人事異動に起因する、土石流構造物対策の優先度の低下やナレッジの断絶が挙げられる。これについては、下記の対応によってリスクの軽減がなされている。

- **「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」を用いた合意形成と管理**：プロジェクト終了後にブラジル側が実施すべきタスクが「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」として公式に整理・合意されており、たとえ SEDEC/MIDR の幹部が異動することがあっても、「災害予防・リスク軽減部」が主担当となり活動を継続するとともに、関係機関との調整の窓口となることが仕組み化されている。

- **研究機関へのナレッジの蓄積**：本プロジェクトを通じて、技術的なナレッジの多くはリオデジャネイロ連邦大学（UFRJ）、リオデジャネイロ州立大学（UERJ）およびサンパウロ州技術研究所（IPT）の研究者に蓄積されており、政府職員の異動に伴うナレッジの断絶リスクは大幅に軽減されている。

一方で、第 5 回 JCC への市代表の欠席に見られる「連邦と地方の連携の脆弱性」については、引き続き将来的なリスクとして残っている。

(7) 運営維持管理の状況

C/P は本プロジェクトの遂行を通じて、十分な運営維持管理能力を獲得している。C/P は、州・市政府およびアカデミアとのコミュニケーション・連携の重要性を十分理解しており、技術委員会や州・市政府と週例の会議を通じて進捗確認や課題解決を行うことが習慣化されている。この経験を通じて、プロジェクト終了後も、自律発展的に事業のモニタリングを実施して適時適切な意思決定を行っていけるものと考えられる。

以上の観点から、本プロジェクトの持続性は「高い」と評価できる。

第 8 章　上位目標の達成に向けての提言

8.1　上位目標の指標および目標値の達成見込み

本プロジェクトの上位目標に対するプロジェクト期間中の達成度は、以下のとおりである。

表 8-1　上位目標とその指標の達成状況

上位目標	指標及び目標値	プロジェクト期間中の達成状況
土石流構造物対策がパイロットプロジェクト以外で実施される。	設計が作成された、パイロットプロジェクト以外の土石流構造物対策の数（目標値：4）	現在、4 地域で、土石流構造物対策の設計のための調査や施設計画づくりが進められている。

「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」では、プロジェクト終了後 2 年以内に、C/P および技術委員会によってパイロットプロジェクト以外の 4 渓流を対象とした土石流構造物対策の設計報告書が作成されることが、必須事項として定められている。本プロジェクトでは、この上位目標の達成を見据え、パイロット地域以外の土石流災害リスクが高い 4 地域（渓流）を設定し、既にブラジル側が主体となって土石流構造物対策の設計のための調査・計画を開始している。このため、プロジェクト終了後に上位目標の指標の目標値が達成される確度は高いと考えられるが、目標値を確実に達成させるため、「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」に基づき、四半期に 1 回（プロジェクト終了後 2 年間について）の頻度で、SEDEC/MIDR から JICA ブラジル事務所に対する進捗状況報告によってモニタリングを行う。

表 8-2　土石流構造物対策の設計を行う 4 地域

No.	1	2	3	4
対象渓流/ 市/ 州	Afluente do Ribeirão Velha Pequena 渓流/ ブルメナウ市/ サンタカタリーナ州	渓流 Morin No.2/ ペトロポリス市/ リオデジャネイロ州	渓流 No.5/ サンセバスチャン市/ サンパウロ州	渓流 No.17/ サンセバスチャン市/ サンパウロ州
座標	26°56'34.8"S 49°09'10.9"W	22°31'45.9"S 43°09'23.4"W	23°45'51.1"S 45°25'27.8"W	23°47'47.4"S 45°32'04.1"W
流域面積	0.16 km^2	0.31 km^2	0.41 km^2	4.78 km^2
作業の進捗状況（2026 年 6 月時点）				
対象渓流の選定	✓	✓	✓	✓
現地踏査	✓	✓	✓	
計画条件の決定	✓	✓	実施中	
施設配置計画	✓	実施中		
設計	実施中			

注）移転した技術の定着を図るため、土石流構造物対策の計画・設計は技術委員会が実施する。

8.2　上位目標の達成に向けての提言

パイロットプロジェクト以外の 4 渓流だけでなく、さらに多くの地域で土石流構造物対策を展開していくためには、以下の組織制度上の改善が必要と考えられる。

(1) 数多くの土石流構造物対策が実施できる体制の構築

a) 作業ごとの専任体制からチーム体制への移行

パイロットプロジェクトにおいては、現地調査、水文解析、施設配置計画、構造物設計などの各作業項目は、それを割り当てられた技術委員会の担当教授が専任で行う体制が採られた。この体制は、責任の所在が明確でスペシャリストの育成に適する一方、各担当教授それぞれの作業が長期休暇、学会活動への参加、多忙、不測の事態によって中断されると、それが直ちにボトルネックとなり、プロジェクト全体の進捗を停滞させるという問題をもたらした。また、新しい作業に対する自信のなさなどから、担当教授自身がまず単独で作業を理解しようとするあまり、各担当作業に他の研究者や学生を巻き込まず、結果として手を動かせる人材が育たない（ノウハウが属人化する）構造的な問題も認識された。

このような問題をもたらす主な要因の一つに、非常に労働者保護が強いブラジルの労働法（CLT: *Consolidação das Leis do Trabalho*）の影響が挙げられる。業務範囲の定義に敏感で、契約外の仕事をさせることが「職務逸脱」と見なされ、労働訴訟に発展することを恐れる文化がある。また、ブラジルでは 1 年間で 30 日間の連続的な有給休暇を消化させる義務があるが、「職務逸脱」リスクがあるため、長期休暇中であっても他人の仕事をカバーすること自体が難しい制度上の制約がある。

土石流構造物対策を土石流災害リスクが高い地域へ展開する場合、技術委員会が作業項目ごとに担当教授を任命する専任体制だけでは、作業が大幅に停滞したり、技術サポートの負担を負いきれなくなったりすることが容易に想像できる。そこで、上記のような制度上の制約を踏まえつつ、一部の大学研究者等に技術が属人化する状況を打破するため、作業指示を出すリーダーの下に、実際に手を動かす学生や他の職員をあらかじめ配置し、作業をチームで分散・分担する体制を構築・試行することを提案する。（4 渓流で実施されている土石流構造物対策の設計では、作業に学生を動員する体制が採られ始めている。）

b) 民間技術者の育成

本プロジェクトの技術移転対象には含まれていないが、今後は民間コンサルタント等の技術者まで積極的に技術移転の対象を拡大し、土石流構造物対策のための調査・計画・設計の実務を担うことができる人材を育成する取り組みを進めることを提案する。民間技術者が調査・計画・設計の実務を担い、技術委員会のような学識経験者が、民間技術者が作成した設計報告書のレビューや技術指導を行うといった役割分担が構築できれば、より多くの土石流構造物対策事業を並行して実施できるようになると考えられる。また、技術委員会に代表されるように、土石流構造物対策に関する活動に学生を積極的に参加させることで、土石流や構造物対策に関する知識を有する学生が将来民間技術者となる好循環が期待できる。

c) 公的な技術サポート機関の体制構築

技術委員会のような学識経験者だけに土石流構造物対策の技術サポートを担ってもらう体制では、上記の b)の状態からさらなる量的・面的な土石流構造物対策の拡大が頭打ちになることから、土石流構造物対策に関する技術的ノウハウを恒久的に蓄積し、技術サポートを提供する公的機関

の創設が望まれる。なお、サンパウロ州技術研究所（IPT）は、民間企業との競合を避けるため、設計業務を実施できない研究機関であることが確認されている。そのため IPT とは、土石流構造物対策の調査・計画に関するノウハウを蓄積する機関として協力関係を維持することを推奨する。

d) ブラジルの土石流データの蓄積による経験的ノウハウの補完

マニュアルに記載された数値や方法の中には、移動可能土砂量算定時の侵食深や侵食幅、運搬可能土砂量の算出に用いる土石流の内部摩擦角など、日本の調査・研究に基づいて設定されたものが含まれる。特に移動可能土砂量の算定に用いる侵食深や侵食幅の値は、機械的に計算できるものではなく、技術者の技能や経験的なノウハウに大きく依存するため、パイロット地域以外の土石流災害リスクが高い 4 渓流の調査においても、ブラジル側の技術者や研究者が困難を感じている部分である。このような困難は、ブラジルでの土石流データを蓄積することによって解消していくことができる。「プロジェクト終了後の約束事項マトリクス」に記載されているとおり、今後はブラジル国内の技術者や研究者が土石流の実態調査を行い、学術論文等でデータを広く共有し、将来のマニュアルの内容の改善がなされることを期待する。

(2) 州政府による土石流構造物対策事業の管理体制の構築

SEDEC/MIDR は、本プロジェクトで策定された「土石流構造物対策のブラジル全土への展開計画（PIES)」のなかで、今後、土石流構造物対策を展開する市政府を技術的・資金的に支援するための連邦政府のスキームを作成することを規定していることから、「資金確保の仕組みづくり」は着実に遂行されていると評価できる。しかしながら、パイロットプロジェクトの遅延原因の一つとなっている市政府の行政能力やオーナーシップのバラツキは、市長が交代するたびに発生する人事異動によるナレッジの断絶や、そもそもの人的リソースの貧弱さに起因するものであり、容易には改善が見込めない部分だと考えられる。

パイロットプロジェクトにおいては、州政府が工事の実施機関として、積算や各種行政手続きを（システムトラブルの問題はあったものの）比較的着実に実施した。今後の上位目標を見据えた地形測量の予算確保にも積極的な関与が見られる。以上から、市政府の行政能力やオーナーシップのバラツキに起因する土石流構造物対策事業の停滞を避けるため、州政府に土石流構造物対策事業の工事だけでなく調査・計画・設計も担ってもらう制度づくりを提案する。

(3) 適切な工事予算措置のための統合・地域開発省と都市省の連携

2023 年 1 月 1 日付で実施された省庁再編によって、旧地域開発省（MDR）は統合・地域開発省（MIDR）と都市省に分割され、かつて MDR が管轄していた都市計画としての斜面防災事業・工事の実施支援予算項目「アクション 8865」は、都市省の郊外地域局に移管された。一方、SEDEC/MIDR は、防災計画としての予防工事が実施できる、災害軽減のための予防・緊急対策支援予算項目「プラン 8348」や、災害で破壊されたインフラの復旧支援予算項目「アクション 8172」の主管省庁である。上位目標を達成するには、これら 2 省庁が管轄する予算項目を組み合わせて執行できるよう、局長級の情報交換やセミナー等の活動を通じた相互交流を進めることにより、連携の枠組みをさらに強固なものとする必要がある。