

2016年度 外部事後評価報告書
無償資金協力「首都圏地滑り防止計画」

外部評価者¹：(株) グローバル・グループ 21 ジャパン 藺田元

0. 要旨

無償資金協力「首都圏地滑り防止計画」(以下、「本事業」という。)はホンジュラスの首都圏テグシガルパ市における地滑り対策の促進に貢献することを上位目標に、同市エル・ベリンチュ地区及びエル・レパルト地区において、地滑り防止施設の建設ならびに地滑りモニタリング活動及び警戒避難体制整備を行うことにより、地滑り災害リスクの軽減を図るために実施された。ホンジュラス政府は一貫して防災に力を注いでおり、テグシガルパ市では地滑りと洪水を対象とした防災の必要性が大きい。また、本事業は計画時の日本の援助政策とも整合する。よって、本事業の妥当性は高い。本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。本事業の地滑り対策施設は適切に機能し、対象となった地滑りブロックが安定した。住民に対する情報普及は十分とは言えないものの、本事業が対象とした両地区では地滑りモニタリングが継続され、テグシガルパ市防災委員会 (*Comite de Emergencia Municipal* : 以下、「CODEM」という。)と住民防災組織による早期警報体制が機能している。テグシガルパ市の地滑り対策の技術能力は強化されつつあるが、首都圏における地滑り対策の広がりには限定的である。大雨がなかったため被害軽減の具体的な実績は確認できないが、本事業は地域住民の多くに安心感を与えている。以上を総合し、本事業の有効性・インパクトは高いと判断される。本事業の持続性について体制面、技術面、財務面いずれも大きな課題はない。地滑りモニタリング及び地滑り対策施設の運営・維持管理状況が良好であることも踏まえ、本事業の持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

¹ 本事後評価では、外部評価者による評価分析に加えてより専門的・技術的な分析を行うために、福岡浩教授(新潟大学災害・復興科学研究所所長)による有識者分析を実施した。同教授は地すべり学を専門とし、ペルーのマチュピチュにおける地滑り調査、中米・中央アジア地域における技術協力(JICA 専門家)をはじめ、地滑りについての国際的な調査と技術の普及に幅広く参加している。同教授は本事後評価の第一次現地調査に参加し、現地視察、実施機関からの情報収集、ホンジュラスの防災行政機関、学術研究機関との意見交換を行った上で有識者分析ペーパーを作成した。本事後評価では、同教授の助言を得つつ評価結果及び提言・教訓を取りまとめ、有識者分析ペーパーの要約をBOX1、2として掲載した。なお、有識者分析のうち「地滑りについてのJICAの他の協力との関連(BOX2として掲載部分)」については外部評価者(藺田)が分析の一部を担当した。

1. 事業の概要



事業位置図



エル・レパルト地区の全景（対策後）

1.1 事業の背景

テグシガルパ市はホンジュラス共和国の首都であるが、洪水と地滑りの生じやすい自然条件に加えて地方からの貧困層の流入が続いて無秩序な都市化が進展し、自然災害に対して脆弱な都市であった。1998年10月にハリケーン・ミッチが中米地域を襲い、ホンジュラスにおける死者/行方不明者は13,000人を超えた。テグシガルパ市だけでも1,000人以上が死亡又は行方不明となった。また、同市ではエル・ベリンチェ地区で発生した大規模な地滑りが住宅地を破壊しただけでなく市中央を流れる Cholteca川を堰き止めて首都圏中心部の広範囲で浸水被害が発生した。

国際協力機構（JICA）はホンジュラスへの災害復興支援の一環として、2001年～2002年に「首都圏洪水・地滑り対策緊急計画調査」を実施し、テグシガルパ市における洪水対策と地滑り対策にかかる防災マスタープランを策定するとともに、洪水や地滑りの危険性が高い地域を特定し、緊急かつ優先的なプロジェクトについてのフィージビリティ調査を実施した。本事業は、同調査がフィージビリティ調査を実施した地滑り対策について、ホンジュラス政府の要請に応じて実施されたものである。

1.2 事業概要

テグシガルパ市エル・ベリンチェ地区及びエル・レパルト地区において、地滑り防止施設の建設を行うとともに、地滑りモニタリング活動及び警戒避難体制整備を行うことにより、地滑り災害リスクの軽減を図り、もって首都圏における地滑り対策の促進に貢献する。

供与限度額／実績額	(詳細設計) 45 百万円、(本体) 1,053 百万円／ (詳細設計) 45 百万円、(本体) 994 百万円
交換公文締結／贈与契約締結	(詳細設計) 2011 年 2 月、(本体) 2011 年 6 月／ (詳細設計) 2011 年 2 月、(本体) 2011 年 6 月
実施機関	以下の機関により構成される合同調整委員会が事業及び維持管理を実施：テグシガルパ市（議長）、公共事業・運輸・住宅省、国家計画・国際協力省、天然資源環境省、国家災害委員会

事業完成		2013年10月
案件従事者	本体	(株)安藤・間
	コンサルタント	セントラルコンサルタント株式会社・株式会社地球システム科学(JV)
協力準備調査		2010年7月～12月
関連事業		「首都圏洪水・地滑り対策緊急計画調査」(開発調査、2001年～2002年)、「中米広域防災能力向上プロジェクト"BOSAI"」(技術協力プロジェクト、2007年～2012年)、「テグシガルパ市首都圏における地滑りに焦点を当てた災害地質学研究」(科学技術研究員派遣、2012年～2014年)、「首都圏における地すべり対策能力強化支援(個別専門家派遣、2015年～2016年)」、「中米広域防災能力向上プロジェクト"BOSAI"フェーズ2」(技術協力プロジェクト、2015年～2020年)

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

藺田 元 (株式会社グローバル・グループ 21 ジャパン)

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2016年10月～2018年2月

現地調査：2017年2月9日～24日、5月29日～6月3日

2.3 評価の制約

本事業の対象2地区はいずれも治安の良くない地域であり、現地視察には警官の護衛が必要であったほか、長時間滞在することが難しく、一部の施設は近くで目視することができなかった。また、近隣住宅街に入ることが危険であったため、住民防災組織へのヒアリングはテグシガルパ市防災委員会の会議室で行い、対象地区周辺での学校、住民等への直接のインタビューは実施できなかった。現地コンサルタントによる受益者調査は住民防災組織の案内と警官の警護の下で実施したが²、対象世帯を無作為に抽出することはできなかった。

² 本事業では対象2地区の地滑りにより直接被災する可能性のある住民を対象に、家庭・コミュニティレベルの警戒避難体制が適切に準備されたかどうか、地滑りリスクが軽減したことにより生活上どのような変化があったかを把握することを目的に、質問票を用いた対面インタビューによる受益者調査を実施した。治安状況を考慮して、住民防災組織のメンバーの案内と警察官の警護のもとで対象地区を巡回しつつ、有意抽出によりインタビュー対象者を選定した。エル・ベリンチェ地区の51世帯、エル・レパルト地区の54世帯を対象に調査を実施した。回答者の男女比は男:女=28:72であった。

3. 評価結果（レーティング：A³）

3.1 妥当性（レーティング：③⁴）

3.1.1 開発政策との整合性

計画時（2010年）、ホンジュラスはハリケーン・ミッチの最大の被害国として自然災害対策への取組みに力を入れていた。2009年には災害管理国家システム法を定め⁵、2010年に策定された「国家計画2010～2022」では7つの重点分野のひとつに自然災害対策が挙げられ、同計画のセクター戦略計画として「気候変動国家戦略」が策定された。

事後評価時、ホンジュラスは「気候変動国家戦略」を維持しているほか、災害管理国家システム法の枠組みに基づき、2013年に「国家総合リスク管理政策」を⁶、2014年に「国家総合リスク管理計画」（2014～2019）を定め⁷、災害管理をさらに推進している。

このように、計画時、事後評価時ともに、本事業はホンジュラスの開発政策と高い整合性があった。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

本事業の対象地区のうちエル・ベリンチェ地区では、ハリケーン・ミッチ襲来時（1998年）には全壊家屋約100戸、行方不明者7名の被害を出したのに加え、同地区の南側に位置する Cholteca 川閉塞により地滑りダムが形成され、広範囲の冠水の被害を受けた。他方、エル・レパルト地区では全壊家屋100戸以上の被害を受けた。しかしながら、本事業計画時、両地区では適切な地滑り対策が行われておらず、降雨により再び地滑りの起こりうる危険な状況が続いていた。

事後評価時、対象2地区では本事業により地滑りの危険性が大幅に減少したと考えられる（有効性の項を参照）。他方、テグシガルパ市によると、同市では2014年以降も毎年のように地滑り・がけ崩れ災害が発生し、家屋等への被害が出ている。同市が2016年に作成した行動計画によると⁸、同市では地滑り危険度の高い地域に人口の11%が居住し、地滑り危険度が中～高の面積は首都圏の80%に達し、首都圏の開発の大きな障害となっている。また、地滑り危険地域に住む人口の85%は低所得者層の新興住宅地である。同行動計画は戦

³ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁴ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

⁵ 災害管理国家システム法（*Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos*）は災害全般に対する法律で、災害予防・減災、災害対応及び復旧を目的とする。

⁶ 国家総合リスク管理政策（*Política de Estado para la Gestión Integral del Riesgo en Honduras*）は組織間の連携の強化を総合的な目標とする。具体的目標として、①災害の脅威やリスクにかかる理解を高める、②政策や条例、戦略等に総合リスク管理の考え方を盛り込む、③防災にかかる予算管理を強化する、④組織や一般市民の能力を強化する、⑤緊急時や災害発生時に、迅速かつ適切な対応を行う、を挙げている。

⁷ 国家総合リスク管理計画（*Plan Nacional de Gestión Integral de Riesgos en Honduras*）は国家総合リスク管理政策を有効に運用するために2014年に国家災害委員会が策定した6か年計画。同政策で規定された具体的目標・戦略的指針・施策に対し、さらに詳細な実施主体・実施時期・評価指標等を定義している。

⁸ 米州開発銀行支援による「テグシガルパ・ゴマヤゲラ行動計画」（*El Plan de Acción para Tegucigalpa y Comayagüela*）。

略目標として、総合的な水管理、自然災害に対する脆弱性の軽減、包摂的で秩序ある成長、安全で豊かなコミュニティの4つを提案し、災害管理として適切な土地利用規制、災害リスクの認識（地滑りについての被害想定を含む詳細な調査を含む）、自然災害保険制度の整備、 Cholteca川の洪水対策、地滑り危険地からの住民移転、地滑り調査・モニタリング、早期警戒システムの整備を挙げている。本事業の地滑り対策施設の維持管理も言及されている。

以上から、計画時、事後評価時ともに、本事業の開発ニーズは高い。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

計画時、ホンジュラスに対する事業展開計画（2010年、外務省）によると、同国への援助の重点分野は「基礎教育」「保健医療及び水」「地域開発」「防災・気候変動対策」の4項目である。このうち「防災・気候変動対策」において、開発課題「防災」が挙げられており、本事業は同開発課題に対する支援と位置づけられる。

以上より、本事業の実施はホンジュラスの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

3.2 効率性（レーティング：②）

3.2.1 アウトプット

本事業ではエル・ベリンチュ地区、エル・レパルト地区を対象に構造物による地滑り対策⁹、地滑りモニタリング施設整備及びソフトコンポーネントによる技術支援が実施された。日本側負担によるアウトプットの計画及び実績は表1のとおりである。

ホンジュラス側負担事項として、電柱・配電線の移設、対象地区への下水流入カ所の改善、仮設ヤードの提供、廃棄物の処理、工事中の警察官・交通警察官の配置、Cholteca川左岸洗掘カ所の布団籠護岸工の設置が、計画通り実施された。

本事業の計画は「ホンジュラス共和国 地すべり防止計画準備調査(2010年7月～12月)」(以下、「協力準備調査」という)により作成された。経済性を考慮して抑制工を中心に対策を講じるとした計画方針は妥当であり（BOX1を参照）、CODEMへのヒアリングおよび現地視察によると、本事業の構造物対策の実施内容と施工品質は適切である。

⁹ 日本の「地すべり等防止法」によると、地滑りは「土地の一部が地下水等に起因してすべる現象又はこれに伴って移動する現象」と定義される。本事業が対象とする地滑りは、過去の地滑りにより形成された「すべり面」に沿って、その上部の土塊（地滑りブロック）が再滑動するものである。強度の降雨により地下水位が上昇すると、上部の土塊に浮力が働き、すべり面における抵抗力（摩擦力）が滑動力（土塊がすべり面に沿って滑ろうとする力）より小さくなり、地滑りが発生する。したがって、集水井・横ボーリング等による地下水排除、水路工等による表面水排除などにより降雨時の地下水位の上昇を防ぐことは地滑り防止につながる。また、地滑りブロックの上部の排土は滑動力の減少を、下部の盛土は抵抗力の増加をもたらす。このように、地滑りを発生させる素因を排除して抵抗力と滑動力のバランスを改善する工法を「抑制工」と呼ぶ。他方、アンカー、鋼管杭、深礎杭等、構造物の持つ抵抗力を利用して地滑り運動の一部または全部を停止させる工法を「抑止工」と呼ぶ。本事業では抑制工による地滑り対策が実施された。

表1 アウトプットの計画と実績の比較

	エル・ベリンチェ地区		エル・レパルト地区	
	(計画)	(実績)	(計画)	(実績)
構造物による地滑り対策				
集水井	8 基	8 基	2 基	2 基
集水ボーリング工	6,500m	6,500m	3,200m	2,910m
横ボーリング工	250m	250m	なし	なし
排水ボーリング工	692m	751m	147m	139m
水路工	3,379m	2,454m	1,951m	1,443m
排土工	16,199m ³	17,100m ³	3,736m ³	4,710m ³
盛土工	16,699m ³	17,600m ³	4,209m ³	3,310m ³
モニタリング施設整備	(計画)	(実績)	(計画)	(実績)
雨量計	1	1	1	1
伸縮計	4	4	2	2
孔内傾斜測定管	1	2	1	1
自記水位計	3	3	1	1
ソフトコンポーネント	(実績) 左記について建設工事と並行して、3回に分けてテグシガルパ市の防災活動に携わる担当者を主な対象に講義、現地視察、地滑り安定性の解析演習、ハザードマップ作製演習などを実施。避難訓練は実施せず。			

出典：JICA 提供資料、テグシガルパ市提供資料

協力準備調査実施中に、エル・ベリンチェ地区の周辺部にこれまで認識されていなかった新たな地滑りブロックの動きが確認された。このブロックは本事業の対策工事の対象外であるが、詳細設計時に、そのモニタリングのための孔内傾斜計測定孔が1カ所追加された。なお、同ブロックについて対策工は実施されていない。地滑り対策のための構造物については、その後、施工時まで発生した地形変状に合わせた集排水路・集水井の位置と施工数量の変更、地滑りによる不安定箇所を避けるための工事用道路位置の変更があった。これは必要かつ適切な変更であったと考えられる。

モニタリング機器からのデータ転送、警報伝達方法として携帯電話回線を利用した無線転送が想定されていたが、詳細設計時に、近隣の協力民家の敷地に観測ステーションを設置してケーブルでデータを転送する方式に変更された。これは盗難リスクの軽減と経済性を考慮した変更であったが、データの取得には担当職員が観測ステーションを訪問する必要が生じた。地下水位計は自動記録で連続データを観測ステーションに転送することが計画されていたが、工事中の落雷によりエル・ベリンチェ地区に設置された全3基の地下水位計が故障し、今後同様の故障が起きると修理が難しいことを考慮して、この3基は手動式に変更された（測定のための孔のみ残し、手動式計測機を別途調達）。これらの変更により、エル・ベリンチェ地区の地下水位については観測の度に現場を訪問する必要が生じたほか、連続データが得られなくなった。なお、エル・レパルト地区では自動記録の地下水位計が計画通り設置された。

モニタリング施設整備についての以上の変更は、いずれも現場の状況に応じた判断であったが、データ転送方法の変更とエル・ベリンチェ地区の地下水位計の手動化はデータ取得

の簡便性やデータの連続性の低下をもたらした。また、モニタリング施設の内容と配置は概ね適切であると考えられるが、小規模地滑りで採用されるような機器の数量と配置で構成され、必ずしも十分とは言えない（BOX 1 を参照）。

ソフトコンポーネントによる研修には CODEM を始めとした関係機関（公共事業・運輸・住宅省、国家計画・国際協力省、天然資源環境省、国家災害委員会）からの参加があった。CODEM メンバーはモニタリング及び施設の維持管理を中心とした研修を受けた。CODEM によると、研修内容は適切で、地質学等の専門知識を要する理論面の内容については難しい面もあったが、地滑りについての基礎知識、本事業の運営・維持管理（モニタリングを含む）について基本的な能力が得られた。関係機関からの参加者については、事後評価時まで全員の異動しており、研修内容についての意見は聴取できなかった。両地区の住民防災組織の幹部も研修に参加したが、住民の参加する避難訓練は、予定された期間に水道管破裂による土砂崩れが発生し CODEM が多忙となったため、実施できなかった。

BOX 1

有識者分析の要旨（1）：本事業の対策工・地滑りモニタリングの適切性と効果

福岡浩（新潟大学災害・復興科学研究所所長、教授）

本事業では集水井、表面排水路、排水ボーリング、排土・盛土などの地滑り抑制工による地滑り対策施設が建設された。大規模で社会的重要性の高い地区の地滑りに対して、日本ではアンカー、鋼管杭、深礎杭等の抑止工も用いられるが、予算も巨大化し、維持管理も複雑で、補充部材の現地生産も極めて難しい。よって、本事業において抑制工のみからなる対策工に留めたのは妥当な判断だと思われる。集水井は直径、深度、ライナープレート、開口部の網、維持管理用ステップ、排水ボーリング、ともに日本で標準的に採用されている設計の上で施工されており、妥当である。その他の施設も計画に特に問題は見られない。

しかしながら、将来、直下型地震や極端豪雨によりエル・ベリンチェ地区で大規模な再活動が発生し、 Cholteca 川が地滑りにより閉塞されて地滑りダムが形成され、対岸の首都中心部が氾濫する可能性がなくなったとまでは言えない。そのような場合に備えるためには、河川に沿った暗渠の建設や排水ポンプと布製パイプの準備が可能である。これらの方が深礎杭等の抑止工より費用は少なく済み、今後検討すべきと思われる。

地滑りモニタリングについては、本事業では伸縮計、孔内傾斜計という代表的でかつ最も信頼できる機器を選定し、設置した。モニタリング内容と機器の構造や仕組みを理解して、機器の維持管理、データ回収と基本的な解析まで CODEM だけで実施できている。よって、モニタリング施設整備の内容は概ね妥当で、必要最低限の技術移転は成功していると考えられる。ただし、本事業の地滑りモニタリング体制は小規模地滑りで採用されるような機器の数量と配置で構成され、両地区ともに、やや中途半端の印象がある。

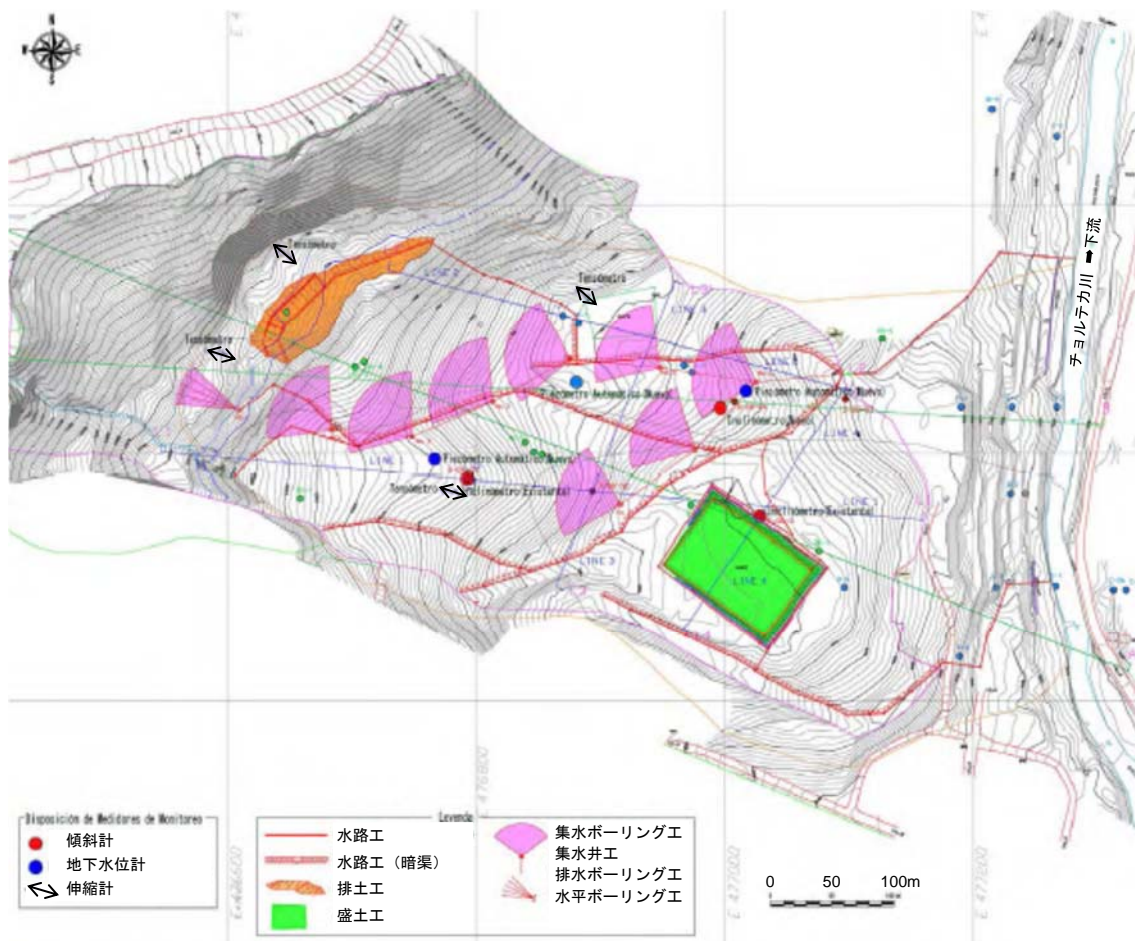
社会的重要性の高いエル・ベリンチェ地区では、地滑り地全体を上から下まで連続した伸縮計でカバーしたり、トータルステーションなどで定期的に、面的にモニタリングすべきである¹⁰。データ解析ではノイズ除去や微少な変位の抽出等、データの質によって適宜解析方法を工夫すべき点が残っている。

伸縮計は、10m～20m の短スパン伸縮計が頭部近くの複数個所で1台ずつ設置されているが、長スパン（100m程度まで）のインバー線から分岐して短スパン伸縮計機材1台を取り付ければ、滑落崖の変動をより高精度で監視できたはずである。孔内傾斜計について最も基本的な解析手法が移転されたが、その手法を繰り返すのみで、変位が誤差に比べ小さいため滑り量を抽出できない場合が認められた。地下水位のモニタリング頻度は十分ではない。集水井建設前から観測を開始し、集水井設置完了後の継続モニタリング結果と併せて集水井の効果を定量的に判定することができるが、そのような技術移転はなかった。観測ステーションは個人宅の敷地内に設置されしっかり維持管理されているが、早期警報サイレンが鳴った場合の住民側の対応、避難訓練まではできていない。

全般的に、CODEMは本事業の施設の維持管理を適切に実施している。両地区で得られたモニタリングの結果、特に伸縮計と孔内傾斜計の結果からは、特筆すべき変動は認められず、両地区の地滑りは安定している。よって、本事業は、地滑りを安定化させるという所期の目的を概ね達成しており、安価でかつ構造と原理が簡単な抑制工を中心に組み合わせることにより、地滑りを安定化させる十分な効果を上げてきたと認められる。ただし、将来どの程度の豪雨、水位上昇により地滑りが再活動を始めるかについては、降雨強度と地滑りの動きの関係について分析できるだけのデータが得られておらず、十分理解できているとは言えない。また、エル・ベリンチェ地区の地滑りは多くの地滑りブロックが複雑に入り組む構造を持っているが、本事業の計画時に実施された安定解析の断面は2本だけであり、必ずしも十分とは言えない。将来は、より適当なモデルにより試算することが望ましい。

なお、集水井建設時に、地質断面写真やすべり面の土資料、建設前の水位観測データが保全されていなかった。日本では集水井掘削、建設時において1m深さ毎に360度の地質断面写真を撮影し保存する。地質構造、傾斜、すべり面の状況がボーリングコアよりも相当程度明瞭にわかるため、地滑り機構の理解や完成後の見学者用の資料として極めて有用である。すべり面の土資料は、土質試験により安定解析にとって最も重要な強度定数（土の滑りにくさを示す値）を得るために不可欠であり、今後の対策を検討する上で重要である。建設前後の水位の変化は完成後の効果判定にとって最も重要なデータである。このような資料を得る貴重な機会が活かされなかったことは残念である。

¹⁰ トータルステーションとは目標点に光を発射して、反射して機械に戻った光を電子的に解析して距離を測る光波距離計と角度測定電子セオドライトを組み合わせた測量機。1台の機械で、角度（鉛直角・水平角）と距離を同時に測定でき、地滑りに応用すると測点の三次元移動ベクトルが得られる。

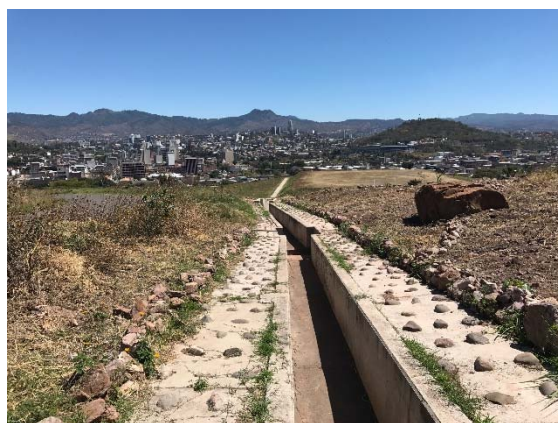


出典：協力準備調査報告書

図1 地滑り対策工の配置計画（エル・ベリンチェ地区の例）



エル・ベリンチェ地区全景



水路工（エル・ベリンチェ地区）



エル・ベリンチェ地区の集水井とその内部（扇状に配置された集水ボーリング工が見える）

3.2.2 インプット

計画時には、本事業はテグシガルパ市（議長）、公共事業・運輸・住宅省、国家計画・国際協力省、天然資源環境省、国家災害委員会で構成される合同調整委員会が事業を実施するとされた。当初、同委員会は毎週会合を行い、参加機関の職員はソフトコンポーネントの研修にも参加していたが、テグシガルパ市以外の機関は次第に関心を失い、委員会としての活動は低下した。ホンジュラス側の実施の中心はテグシガルパ市であり、必要に応じて他機関との調整が行われたため、委員会の活動低下は本事業実施に特に影響しなかった。本事業の実施段階で、事業費や事業期間の大きな増加につながるような問題は生じなかった。

3.2.2.1 事業費

本事業は日本側事業費が 1,096 百万円、ホンジュラス側事業費が 5 百万円の合計 1,101 百万円の計画であった。日本側事業費の実績は詳細設計と本体（施設建設、機材調達、実施監理、ソフトコンポーネント）合わせて 1,039 百万円（計画比 95%）で、計画内に収まった。ホンジュラス側事業費の実績額は情報が得られなかった。

3.2.2.2 事業期間

本事業の事業期間は、2011 年 1 月の贈与契約から詳細設計・調達期間を含め 2013 年 8 月までの約 32 カ月間と計画されていた。実際には 2011 年 2 月に贈与契約が締結され、詳細設計と調達期間を経て 2011 年 12 月に建設が開始され、2013 年 10 月に完成した。事業期間の実績は 2011 年 2 月から 2013 年 10 月までの 33 カ月間（計画比 103%）であり、計画を上回った。

以上より、本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.3 有効性¹¹（レーティング：③）

本事業の目的は「対象2地区の地滑り災害リスクの低減」であるが、これは「地滑り発生リスクの低減」（地滑りブロックの安定化）と「（地滑り発生時の）被害発生リスクの低減」を通して達成される。以下に詳述するように、これまでのところ、本事業の地滑り対策施設は適切に機能し、対象となった地滑りブロックが安定したと判断される。他方、住民に対する情報普及は十分とは言えないものの、本事業が対象とした両地区では地滑りモニタリングが継続されており、CODEM と住民防災組織による早期警報体制が機能していると考えられる。よって、本事業の目的は概ね達成されたと判断される。

3.3.1 地滑り発生リスクの低減

地滑り発生リスクの低減は、本事業においては、集水井や水路により地滑りの安定性を減少させる原因となる地下水を排除し降雨時の地下水位を低下させること、排土・盛土工により地滑りブロックの滑動力・抵抗力を変化させることにより達成される。

10 カ所の集水井について、現地視察では実際に集水が行われ機能している様子が観察された。表面排水路も問題なく機能している模様であった。両地区に4カ所設置された地下水位計のデータによると、建設開始前に比べて両地区の地下水位は平均3.8m低下し、うち2カ所では計画された5mを超えた水の低下がみられた。このような地下水位の低下は地滑りの安定化に結び付いていると考えられる¹²。また、両地区の排土・盛土工は適切に維持され機能しているほか、地滑りに影響を及ぼすような地形の変更は見られなかった¹³。他方、エル・レパルト地区では斜面上部に大きな集落があり、表面排水路でも捕捉できない生活排水が流入している可能性が高い。集水井への油の混入も報告されている。このような生活排水の流入が地下水位に影響して地滑り発生リスクの増加につながる可能性が指摘できる。

両地区に設置された伸縮計・孔内傾斜計によるモニタリングによると、本事業が地滑り防止の対象とした地滑りブロックについては事業完成後、特に動きは見られない。よって、本事業の地滑り対策施設は概ね適切に機能し、対象となった地滑りブロックが安定したと考えられ、地滑り発生リスクの低減についての本事業の効果は概ね実現したと判断される¹⁴。

¹¹ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

¹² 協力準備調査時の安全率（滑動力に対する抵抗力の比：大きいほど地滑りが安定する）の算出過程の情報が得られたエル・レパルト地区について、地下水位の実際の低下量を考慮した安全率の再計算を行ったところ、計画1.15を上回る1.18となった。エル・ベリンチェ地区については計画時の算出過程が不明のため同様の再計算は実施できなかったが、地下水位低下が計画5mに達していないため、安全率は計画を下回っていると考えられる。なお、本事業の定量的効果の指標として計画時には安全率が挙げられていたが、安全率は実測できる値ではなく、地下水位等に基づいた再計算もエル・レパルト地区のみで可能であったこと、本事業では地下水位の低下が安全率の向上に直接関連していることから、地下水位についてのみを本文で言及した。

¹³ テグシガルパ市は両地区を居住禁止区域としており、両地区の地滑り地への不法居住はない。エル・ベリンチェ地区では地滑り対策施設の維持管理に協力している近隣住民が、テグシガルパ市の同意のもと、トウモロコシや豆類を耕作している。エル・レパルト地区では同様に耕作の他、家畜の放牧が行われている。いずれの地区でも灌漑は行われておらず、耕作・放牧により地滑りが活性化する恐れはない。

¹⁴ 本事業はハリケーン・ミッチ程度の降雨があっても地滑りが再活動ないように計画されているが、事業完了後、事後評価時までの期間にはハリケーン・ミッチに相当するような激しい降雨は起きていない。将来、地震や極端な降雨により地滑りが再活動する可能性もあり、本事業が地滑り発生リスクを完全に

3.3.2 地滑り発生時の被害リスクの低減

地滑り発生時の被害リスクの低減は、地滑りモニタリングに基づく早期警報に基づく住民の適切な避難により実現される。

(1) 地滑りモニタリング

両地区で本事業により設置されたモニタリング機器（孔内傾斜計、地下水位計、伸縮計、雨量計）は正常に稼働し、モニタリングが続けられている¹⁵。なお、本事業の完成後、2015年～2016年に後続の個別専門家派遣「首都圏における地すべり対策能力強化支援」（以下、「後続技術協力」という。）の助言を得て、それまでの観測結果に基づき、より効果的な観測を可能とするために伸縮計2台は設置場所が変更され、1台はスパンが10メートルから20メートルに増大された。両地区の伸縮計・雨量計及びエル・レパルト地区の地下水位計1台は自動記録で1時間毎の連続データが収集されているが、両地区の孔内傾斜計及びエル・ベリンチェ地区の地下水位計は現場での手動計測のため連続データは得られていない。担当職員が現場を訪問して行う地下水位の手動計測は、モニタリングのために本事業が作成したマニュアルによると、月2回を標準に、大雨の後は随時行う計画である。また、観測ステーションでのデータ取得は週2回実施する計画である。しかし、CODEMによると、車両と人員数の制約により、手動計測と観測ステーション訪問の頻度は計画の半分程度にとどまる¹⁶。



伸縮計（エル・レパルト地区）



観測ステーション内部（エル・レパルト地区）

ゼロにしたわけではない。なお、CODEMによると、エル・ベリンチェ地区で新たに確認されモニタリング施設のみが設置された地滑りブロックでは降雨に応じて非常にゆっくりとした動きが見られるが、地滑り全体に影響を及ぼす動きではなく、これは危険なものではない。

- ¹⁵ 石を落とされて使えなくなった孔内傾斜測定管1カ所を除く。（持続性参照）孔内傾斜計は地滑り内部の動きをモニタリングするためのもので、その1カ所が使えないことはモニタリング体制に影響するが、対象地滑りのリスクには影響を与えない。
- ¹⁶ 観測ステーションからのデータ取得の頻度が少なくても、データそのものは自動記録により蓄積されるため、データが欠損するようなことはない。

モニタリングの結果は専用ソフト等を用いてグラフ化され、簡単な解析を行ったうえで6か月毎のモニタリング報告書に整理される。同報告書には維持管理作業の結果や必要性等も合わせて記載される。

以上のように、手動計測や観測ステーションのデータ取得の頻度が少ないものの、CODEMは独力でモニタリング施設の運用、データの回収・解析を実施しており、本事業による地滑りモニタリングは概ね適切に実施されていると判断される。

(2) 警戒避難体制

両地区の協力民家に設置された観測ステーションには、雨量計と伸縮計の観測結果に基づく警報システム（サイレン）が設置されている。雨量 10mm/時あるいは 100mm/日以上、伸縮計 2mm/時以上が観測されるとアラームが鳴る。この基準値は本事業のソフトコンポーネント担当コンサルタントが示唆したものである¹⁷。これまで、動物が触れるなどにより伸縮計に基づく誤作動はあったが、降雨や地滑りの動きによるアラームが鳴ったことはない。誤作動も含めてアラームが鳴ると、協力民家はすぐに CODEM に連絡を入れ、担当職員が確認に訪れる。誤作動かどうかの判断、地滑りリスクが確認された時の監視体制（前兆現象の把握）、避難判断、警戒解除などの手順はソフトコンポーネントにより提案され、そのとおりに運用されている。

両地区には合わせて5つの住民防災組織がある。いずれも GOAL（1977年に設立された国際 NGO）/アメリカ合衆国国際開発庁（USAID）の支援により研修を受け、2010年に組織化されたものである。うち2組織の幹部は本事業のソフトコンポーネントの研修に参加したが、本事業の範囲内ではリスクマップ・緊急計画の作成や住民の参加による避難訓練は行われなかった¹⁸。CODEMと5つの住民防災組織の間には防災に関する定期的な電話によるコミュニケーションがある。観測ステーションが設置された協力民家へのデータ収集のための訪問、警備と維持管理を請け負う住民グループとの協力などもあり、CODEMと各住民防災組織の間の連絡・調整体制は確立していると考えられる。

他方、受益者調査によると、回答者の95%はこれまで防災のためのセミナー、研修、防災訓練等に参加した経験がない。また、住民防災組織により防災情報を得ると回答したものは16%にとどまったほか、住民防災組織の存在そのものを知らないと回答したものは半数であった。さらに、災害リスクや避難について適切な知識を持っていると判断された回答者が半

¹⁷ 詳細分析を実施した有識者によると、この基準値は日本を含めた国際的な経験、および両対象地区の過去の災害発生状況を参照して設定されており、初期的な基準値としては適切であると考えられる。今後、継続的なモニタリングにより各地滑りにおける降雨強度と地滑りブロックの滑動の関連性を明らかにして、地滑りごとにより的確な基準値を設定することが可能である。なお、このアラームは周辺住民に直接警報を伝えることを想定して設置したものではない。

¹⁸ CODEMへのヒアリングによると、本事業終了後、エル・ベリンチェ地区では2014年にGOAL/USAIDが地滑りを対象とした避難訓練を、エル・レパルト地区ではGOALと国家災害委員会が地震を対象とした避難訓練を行った。また2016年にはCOPECOが両地区を含む全市の住民防災組織を対象とした研修を行い、活動の一部にはエル・ベリンチェ地区で本事業が整備した盛土工を利用したサッカー場が利用された。

数程度であった¹⁹。住民の多くは、豪雨の時などには過去の被災経験等に基づいて危険の程度や避難の必要性について判断するものとみられる。なお、住民の70%は本事業の目的を知っていたが、その機能（地下水の排除による地滑り安定化、地滑りモニタリング等）を理解しているものは56%であった。

以上から、本事業による早期警報システムに基づくCODEMと5つの住民防災組織の避難警戒体制は機能していると考えられるが、住民に対する情報普及は十分とは言えない。

3.4 インパクト

3.4.1 インパクトの発現状況

本事業の上位目標は「首都圏における地滑り対策の促進」とされ、テグシガルパ市の他の地滑り危険地区に対する地滑り対策のモデルケースとしての先導的役割が期待されていた。これに関連する本事業のインパクトとして、以下を挙げることができる。

(1) テグシガルパ市の他の地滑り危険地区における対策の推進

対策が必要な地滑り危険地区として、テグシガルパ市は合計22地区を確認している。このうち、本事業が地滑り対策を行ったエル・ベリンチェ地区、エル・レパルト地区の2地区以外では、以下に述べるように、エル・バンブー地区とウジョア地区で小規模な対策工が実施された他は、構造物による対策はあまり進んでいない。

- ▶ エル・バンブー地区は、当初、エル・ベリンチェ地区、エル・レパルト地区とともに本事業の対象に含まれていたが、協力準備調査時に地滑りの活発な動きが見られたため恒久的な対策工の実施が難しいと判断され、対象から外され、協力準備調査の一環として水路工と盛土による応急対策の基本的な考え方のみが示された。その後、テグシガルパ市はJICAの援助（ノン・プロジェクト無償資金協力の見返り資金）を活用して水路工と盛土を建設した（「エル・バンブー地区地滑り対策工事」（2013））。CODEMによると、同地区の地滑りは比較的安定しているが、動きは完全には止まっていない。
- ▶ ウジョア地区は地滑り危険地域に約2,500世帯が居住している。同地区ではGOAL（NGO）がUSAID資金で地下水位の観測（手動）や住宅被害（ひび割れ）などのモニタリングと水路の建設、一部住民の移転、雨量計を使った住民防災組織による警報・避難体制の整備が行われた。
- ▶ その他のいくつかの地滑り危険地区では中米統合銀行やドイツの支援のもとで擁壁による崖崩れ対策、避難路の整備などが行われたが、本事業のような集水井工、大規模な排土・盛土工、水平ボーリング工が実施された例はない。

構造物による対策が進まない背景には、外部からの支援に頼らざるを得ないという財政

¹⁹ 質問票調査への回答を基に調査者が判断した。

面の制約に加え、地滑り上に住宅があり、居住可能で立地の良い土地がほとんど残されていない首都圏では移転先を探すことが難しいことが挙げられる。たとえばウジョア地区では適切な移転先を用意できないことから、移転が必要と考えられる 1,000 世帯のうち移転に合意した世帯は約 30 世帯にとどまっている。また、構造物による対策を計画するために必要な各地区の詳細な調査は、JICA 等の支援を受けて、少しずつ進められているのが現状である。なお、ホンジュラス側関係者、本事業のコンサルタント、後続技術協力の専門家等の意見によると、本事業で採用されたような集水井は、建設費用が巨額に上りかつ技術的難易度が高いことから、テグシガルパ市の他の地滑り危険地区で採用できる見込みは小さく、今後実施されるとしても、比較的安価で施工が容易な表面排水路、横ボーリング、排土・盛土工などに限られると考えられる。

構造物によらない対策（地滑りモニタリング、早期警報・避難体制の整備）については、後続技術協力を通じて伸縮計 2 台、雨量計 2 台からなるモニタリング施設が設置された。さらに、テグシガルパ市は本事業対象の 2 地区及びエル・バンブー地区以外の 8 カ所の地滑り危険地区を対象に、降雨と地滑りの関連を明らかにし、警戒・避難システムを改善し、対策工を検討することを目的に、中米統合銀行の支援を通じて雨量計・傾斜計等のモニタリング施設を設置する計画である。また、CODEM は地滑り危険地区 16 カ所の住民防災組織に 32 の簡易雨量計を配布し、降雨時には各住民防災組織と随時連絡を取りつつ、降雨強度が一定の基準を超えると警報を発令する仕組みを整えている。

このように、テグシガルパ市の地滑り対策は少しずつ進められているが、本事業は同市の地滑り対策の推進の出発点となったと言える。

（２） 地滑り対策関連機関の能力強化

テグシガルパ市では防災関連部署の強化、後続の JICA 技術協力もあり地滑り対策の技術能力は強化されつつある（BOX2 を参照）。同市には本事業の運営・維持管理（モニタリングを含む）を行う CODEM の他に、災害危険地での不適切な建設行為を防ぐため、建築許可申請に対してリスクマップの作成、現地視察等を踏まえたリスク評価を行うリスク評価ユニットがある。本事業後の 2014 年には、同市の防災を技術面で支える組織として市長直属の総合災害対策ユニットが設置された²⁰。

本事業はテグシガルパ市で初めての本格的な地滑り対策である。同市は本事業のための調査（協力準備調査）、施設建設とモニタリング施設の設置、運営・維持管理を通じて初めて地滑り対策を具体的に進めるための基本的な知識と実務経験を得ることができた。その後、JICA は後続技術協力を通して同市の地滑り対策実施体制構築に向けた助言、地滑り台帳作成に関する技術移転、本事業の対策工・モニタリング施設の運用・維持管理についての技術移転、及びホンジュラス国立自治大学との連携についての助言を行った。モニタリング・データの解析技術の向上、モニタリング体制の改善・強化、早期警報・避難基準の改善

²⁰ 同ユニットは 5 名の土木技術者を擁し、うち 4 名は国家災害委員会による防災官養成研修を修了した。1 年半かけて週一回の研修が行われた。防災官は全国に 80 名いる。

など、技術面ではまだ外部専門家に依存せざるを得ない面があるものの、同市は地滑り対策についての実務能力を向上させつつあると考えられ、その出発点となった本事業の貢献は大きい。

本事業の実施時はテグシガルパ市を議長に関連機関（公共事業・運輸・住宅省、国家計画・国際協力省、天然資源環境省、国家災害委員会）で構成する合同調整委員会が設置され、関連機関の職員はソフトコンポーネントの研修にも参加した。事後評価では公共事業・運輸・住宅省、天然資源環境省にヒアリングを行ったが、当時の職員は異動しており、本事業による直接の能力強化インパクトは確認できなかった。国家災害委員会については、本事業の準備・実施段階でテグシガルパ市 CODEM 職員として密接に関与した者が、その後、同委員会の首都圏担当責任者となっており、本事業による間接的な能力強化があったと考えられる。

本事業の地滑り対策工は中南米でも唯一のもので、国内外の研究者・技術者・学生が視察に訪れた。またエル・ベリンチェ地区で本事業の施設の一部として整備されたサッカー場は国家災害委員会等が実施する住民防災組織のための研修の場として利用された。防災関係機関（国家災害委員会、CODEM）、大学研究者等へのヒアリングによると、具体的な地滑り対策工を視察できることは教育啓蒙に大きく貢献しており、本事業には重要な展示教育効果がある。

BOX 2

有識者分析の要旨 (2) : 地滑りについての JICA の他の協力との関連

福岡浩（新潟大学災害・復興科学研究所所長、教授）

本事業は JICA が実施した「首都圏洪水・地滑り対策緊急計画調査」（開発調査、2001年～2002年）が作成したマスタープランに沿って選定された優先プロジェクトとして実施された。同調査が作成した地滑りハザードマップはテグシガルパ市の地滑り危険地域の全体像を初めて視覚的に明らかにし、土地利用規制の制度化に結び付けた。本事業の対象 2 地区及びエル・バンブー地区は想定される被害に比べて移転世帯数が少ないことを理由の一つに優先プロジェクトの対象に選ばれたが、他の地滑り地区で移転が進まない現状から、そのような選定は妥当であったと言える。洪水対策及び構造物によらない対策については、提案から 15 年を経ており、当時の計画通りではないものの、テグシガルパ市及び国家災害委員会が実施準備中、あるいは少しずつ実施に移されている。以上から、同マスタープランが提案した方向性は概ね妥当であったと考えられる。

JICA は地方行政と住民防災組織によるコミュニティ防災を強化する目的で「中米広域防災能力向上プロジェクト"BOSAI"」（フェーズ 1）を 2007 年～2012 年に実施し、同プロジェクトのフェーズ 2 は 2015 年～2020 年の予定で実施中である。いずれも本事業は対象地区が異なり、フェーズ 1 のカウンターパートが順次 CODEM を離れたこと等から、両事業の連携は限定的である。

JICA は本事業開始後、「テグシガルパ市首都圏における地滑りに焦点を当てた災害地質学研究」（科学技術研究員派遣、2012年～2014年）、「首都圏における地すべり対策能力強化支援」（個別専門家派遣、2015年～2016年）により、大学・研究機関と行政の技術面での連携強化を含む地滑り対策に関する能力強化を実施した。大学・研究機関と行政の連携には課題も残されるが、ホンジュラスの地滑り技術の発展と継承のために学術コミュニティとの連携は必須であり、今後、より適切な連携の在り方を探る必要がある。

3.4.2 その他、正負のインパクト

① 自然環境へのインパクト

本事業は地滑りブロックの安定化が目的であり、地滑り発生による自然環境へのインパクトを軽減している。環境許可（建設許可）はテグシガルパ市により出された。工事中の環境影響緩和計画が作成され、実施された。テグシガルパ市によると、工事中にも完成後にも、本事業による環境への特段の影響は確認されていない。なお、対象2地区では地滑り対策工の整備とともに、施工業者の負担で緑化を図るためのサクラの植林が行われたが、家畜による食害、水やりなど手入れの不足により枯死し、ほとんど残っていない。

② 住民移転・用地取得

本事業では工事開始前にエル・レパルト地区の不在地主から用地取得が行われた。用地取得に際して特に問題はなかった。エル・レパルト地区からは9世帯が移転した。CODEMの当時の担当者によると、移転に合意しない住民も多く社会的に簡単なプロセスではなかったが、両地区の住民防災組織育成に関与してきたGOAL（NGO）の支援も得つつ、問題なく実施された。移転プロセスと補償の詳細は、市政府の政権交代により情報を得られなかった。

③ 対象地区における社会・経済インパクト

本事業により両地区で地滑りによる被害が軽減されると期待されるが、本事業完了後これまでに被害発生時（ハリケーン・ミッチ、1998年）と同程度の降雨はなく、対策工が被害を軽減したことを検証できる具体的事例はない。

両地域の住民防災組織幹部によると、本事業実施後は「安心して眠れるようになった」「移転や避難の心配がなくなった」などの心理的变化があった。住宅に投資するようになったり、土地や住宅の価格が上昇したことや、ハリケーン・ミッチによる地滑り発生後、他の地区に移転していた住民の一部が戻ってきたことも報告された。なお、本事業実施後、周辺で降雨時の道路クラック発生や湧水が減少したとの指摘もあった。これらの現象は本事業の影響である可能性があるが、具体的な検証は難しい。

受益者調査によると、本事業実施後は「リスクがなくなって安心した（59%）」「本事業のアクセス道路により便利になった（24%）」などの意見が聞かれた。ただし、両地区周辺住

民の日常生活上の主な関心事は下水道の整備、治安改善、街路・交通の改善、所得向上などであり、全般に、防災の優先順位は低い。

④ 地滑り対策の普及についての広域的なインパクト

JICA の支援を得て、2013 年 3 月に第 1 回、2016 年 7 月に第 2 回の「中米・カリブ地滑り会議」がテグシガルパ市で実施され、その中で本事業についてのプレゼンテーション、現地見学などが行われた²¹。また、2017 年 3 月には中米防災委員会（CEPREDENAC）の中米地域会合がテグシガルパで実施され、本事業が紹介された。このように、テグシガルパ市で実施された国際会議を通じて本事業の事例は他の中南米諸国に紹介され、地滑り対策の普及に寄与している。

以上より、本事業の実施により計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。

3.5 持続性（レーティング：③）

3.5.1 運営・維持管理の体制

テグシガルパ市は災害対策管理を一元化し、関係部署との調整を行うために 2014 年に総合災害対策ユニットを設置した。同ユニットは防災業務に関する最終決定機関であり、技術的・行政的な判断を行う。職員数は徐々に増加し、2017 年 2 月現在、6 名（内 5 名が土木技術者）である。本事業の運営・維持管理について技術的助言を行う立場にある。同市には、災害対策に関連してこの他にリスク評価ユニットと CODEM がある。

同市リスク評価ユニットには土木技術者が 2 名おり、災害危険地での不適切な建設行為を防ぐため、建築許可申請に対してリスクマップ、現地視察等を踏まえたリスク評価を行う。

CODEM は災害の緊急対応が主な業務で、乾季は森林火災、雨季は地滑りと洪水について、緊急対応マニュアルで規定された手順に沿って国家災害委員会、関連省庁などの関係機関、住民防災組織等と連絡・調整しながら早期警報・緊急対応を行う。住民防災組織への研修・資機材供与も行う。あわせて防災施設の維持管理も担当し、本事業のモニタリングや施設の維持管理を定期的に行っている。2017 年 2 月現在、職員は 49 名、うち大卒以上が 11 名である。土木技術者はいない。

CODEM 職員のうち早期警報およびリスク管理を担当する部門の職員 10 名が、本事業の運営・維持管理を担当している。しかし、全員が他業務との兼務であり、人数は十分とは言えない。CODEM には車両が 4 台あるが、老朽化のため更新が必要であるうえ、緊急時には不足する。今後、他の地滑りのモニタリングが開始された場合、今の体制では難しく、専門

²¹ 第 1 回は 12 カ国から 20 名の研究発表があり、4 日間の日程で約 100 名の参加があった。第 2 回は 12 カ国（ホンジュラス、ドイツ、アルゼンチン、コロンビア、メキシコ、グアテマラ、エルサルバドル、ニカラグア、コスタリカ、パナマ、キューバ、日本）の大学・研究機関、中米統合機構（*Sistema de la Integración Centroamericana*）、中米防災委員会（*Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central*）等の行政機関から 43 名の発表者があり、3 日間の日程で約 220 名が参加した。

の部署が必要であると考えられる。

本事業の対象2地区では、当初、民間警備会社と契約して施設の警備を行っていたが、治安が悪い地区であり、外部者である警備員に対する襲撃事件が発生した。その後、市長交代によりこの契約は終了し、新市長は地元住民数名（住民防災組織のメンバーなど）で構成した小企業と契約して警備・清掃を行っている。雨季の前後に行う大規模な清掃・補修には、報酬を支払って他の住民の協力を得る。

以上より、テグシガルパ市の防災体制は徐々に整備されつつあり、本事業の運営・維持管理について体制面の大きな問題はない。ただし、CODEMの本事業への人材と車両は必ずしも十分とは言えず、今後、他の地滑りのモニタリングが始まる際には、専門部署を設置して適切な人材・車両を配置する必要があると考えられる。

3.5.2 運営・維持管理の技術

運営・維持管理を担当する CODEM 職員はソフトコンポーネントの研修を通して地滑り対策施設の維持管理、モニタリング機器の運用・維持管理及びモニタリング・データの収集について十分な知識を得た。データ取り出し機器（ネットワーク・コントローラー）や解析ソフトの扱いにも習熟している。完成後、研修を受けた職員の一部離職があったものの、中核となる職員が残り、施設の運営・維持管理作業はこれらのマニュアルに基づくルーティン業務として、問題なく進められてきた。ソフトコンポーネントで作成された「地滑り防止施設維持管理指針」「モニタリングガイド」が利用されている。後続技術協力では上記マニュアルに加えて、さらに詳細な説明を加えた運用・維持管理マニュアルが作成されたほか、モニタリング・データの整理・分析についての実務研修が行われた。

CODEM が作成したモニタリング報告書ではデータが提示され基本的な分析が行われている。傾斜計の設置作業を独力で実施でき、指導することもできる²²。しかし、データの質に応じた解析方法の工夫（伸縮計）、滑り面付近に着目した微小な滑り量の解析（孔内傾斜計）、降雨強度と地滑り変位の相関分析（雨量計・伸縮計）などは十分できていない。データや解析ソフトにも制約がある²³。また、補修作業を行うために表面排水路の変状は記録されているが、斜面変状（クラックや滑落崖からの落石等）の記録と合わせて地滑りの動きを体系的に解析する体制にはなっていない。

CODEM を技術面で支援するテグシガルパ市総合災害対策ユニットには土木技術者がいるが、いずれも地滑りの専門家ではない。

以上から、テグシガルパ市は本事業の運営・維持管理について概ね適切な技術があると判断されるが、地滑り対策をさらに推進するためにはモニタリング・データの分析、地滑り調査分析についてのより高度な専門能力を備えるか、高い専門性を有する大学などとの協力

²² 公共事業・運輸・住宅省を対象に JICA が実施した道路防災についての研修では、CODEM 職員が地滑りモニタリングをテーマにした研修の講師として招かれた。

²³ 地下水位計は手動のため連続データが得られない他、CODEM は人材と車両の制約により、観測頻度が多くない。観測ステーションを通じて取得するデータは専用ソフトで解析するが、他観測機器のデータの取り込みができず不便である。

体制を構築する必要がある。

3.5.3 運営・維持管理の財務

テグシガルパ市の財政規模は2016年には約51億レンピーラ（約24億円）、うち公共投資額は約29億レンピーラ（約14億円）であり、市の財政規模は4年間でほぼ倍に増加した。CODEMによると、新市長は防災関連事業に積極的であり、ハリケーン・ミッチで大きな被害をもたらした Cholteca 川の改修事業は詳細設計が完了し、順次実施される予定である。また、以前は住民の要望を受けてはじめて擁壁等（がけ崩れ対策）の建設を検討していたが、今は要請がなくても市のイニシアチブで防災対策事業を進めている。

表2 テグシガルパ市の支出額の推移

（単位：百万レンピーラ）

	2013	2014	2015	2016
業務活動費	957	978	865	912
人件費	699	773	678	725
物件費	244	185	167	162
その他	14	20	20	25
その他	1,603	1,493	2,136	4,216
投資的経費	680	633	1,169	2,894
移転経費	75	85	88	119
公債費	843	774	879	1,203
その他	5	1	0	0
合計	2,560	2,471	3,001	5,128

出典：テグシガルパ市

注：1円=0.21レンピーラ（2017年4月）

CODEMによると、本事業の運営・維持管理には2016年に40万レンピーラが割り当てられており、これは協力準備調査時の見積額（年間8～35万レンピーラ）を上回る。本事業の運営・維持管理に必要な機器を購入したほか、バッテリー、伸縮計のワイヤー（インバー線）の備蓄もある。2017年は前年度を上回る予算が配分される見通しである。

以上から、本事業の運営・維持管理において財政面の大きな制約はない。

3.5.4 運営・維持管理の状況

CODEMは雨季の前後、年2回施設の定期点検を実施し、その結果に基づき清掃・補修を実施している。目視により水路、施設の損傷を確認し、補修を行う。地下水位を監視することで集水井の機能状況を判断する。集水井については、地下水と集水量の計測を通じて機能状況を把握し、必要に応じて集水管の高圧洗浄などの維持管理作業を行って機能を維持している。大雨の時には臨時に清掃を実施することもある。表面排水路では、現地視察時に一部にゴミが残されていたが、CODEMは雨季を挟んで年2回清掃、点検・補修作業を行って

いる。現地視察では、本事業の地滑り対策施設には大きな損傷はなく、適切に機能していることが確認された。

モニタリング機器はほぼ全て定常に機能している²⁴。対象2地区は治安が悪く、これまでにモニタリング機器のデータを観測ステーションに転送するケーブルや伸縮計のワイヤーが盗まれたことが数回あった。盗難・いたずら・妨害等の防止のため伸縮計、地下水位計・測定管、孔内傾斜計測定管などはレンガの壁と鉄の蓋で、集水井等は金網の柵で保護・施錠されている。

以上より、本事業の運営・維持管理は体制、技術、財務状況ともに問題なく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。ただし、今後、地滑り対策をさらに推進するためには人材・車両の増強及びより高度な専門能力が必要とされる。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業はホンジュラスの首都圏テグシガルパ市における地滑り対策の促進に貢献することを上位目標に、同市エル・ベリンチュ地区及びエル・レパルト地区において、地滑り防止施設の建設ならびに地滑りモニタリング活動及び警戒避難体制整備を行うことにより、地滑り災害リスクの軽減を図るために実施された。ホンジュラス政府は一貫して防災に力を注いでおり、テグシガルパ市では地滑りと洪水を対象とした防災の必要性が大きい。また、本事業は計画時の日本の援助政策とも整合する。よって、本事業の妥当性は高い。本事業は事業費については計画内に収まったものの、事業期間が計画を上回ったため、効率性は中程度である。本事業の地滑り対策施設は適切に機能し、対象となった地滑りブロックが安定した。住民に対する情報普及は十分とは言えないものの、本事業が対象とした両地区では地滑りモニタリングが継続され、CODEM と住民防災組織による早期警報体制が機能している。テグシガルパ市の地滑り対策の技術能力は強化されつつあるが、首都圏における地滑り対策の広がりには限定的である。大雨がなかったため被害軽減の具体的な実績は確認できないが、本事業は地域住民の多くに安心感を与えている。以上を総合し、本事業の有効性・インパクトは高いと判断される。本事業の持続性について体制面、技術面、財務面いずれも大きな課題はない。地滑りモニタリング及び地滑り対策施設の運営・維持管理状況が良好であることも踏まえ、本事業の持続性は高いと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

本事業評価では、BOX1、2 で提示した有識者分析の結果も踏まえ、ホンジュラス側に対

²⁴ 保護が不十分であった傾斜計測定管が1カ所あり、石を落とされて使えなくなった。資材を輸入する必要があるため自力による修理・増設は難しい。

して以下の提言を行う。

(1) エル・ベリンチェ地区の地滑り対策の向上

エル・ベリンチェ地区の地滑りは規模が大きく複数の地滑りブロックで構成されていること、地震や極端な降雨などで再活動した場合の被害が非常に大きいこと、本事業は地滑り発生リスクを完全にゼロにしたわけではないことを考慮し、テグシガルパ市は国家災害委員会、大学・研究機関等と連携しつつ、以下の課題に取り組む必要がある。

- ▶ 地滑り全体の変位を精密にモニタリングできる体制を整えるために、地滑り地全体を上から下まで連続した伸縮計でカバーしたり、トータルステーションなどで定期的・面的にモニタリングしたりすることを検討すべきである。
- ▶ 降雨強度と地下水、地滑りの動きの関係を解明し、より適切な警報発出を可能とするために、データ取得・伝達方法を改善するとともに、専門家の指導により詳細な分析を行う必要がある。
- ▶ 地滑り再活動によりチョルテカ川の河道閉塞が発生した場合に備えて、早期警報・避難、地滑りダム対策を含む応急対策についての机上シミュレーションを実施し、その結果を参考に有効な対策を検討する必要がある。

(2) CODEM の運営・維持管理体制の増強

本事業の運営・維持管理をより適切に行うため、テグシガルパ市は CODEM 担当部局の人員配置の増強、地滑り対策専門部局の設置、車両の更新・増強を検討すべきである。

(3) 地滑り危険地区周辺住民への情報普及

本事業の対象 2 地区周辺の住民防災組織による早期警報・避難体制を強化するために、住民防災組織の再研修、住民に対する情報普及活動が必要である。テグシガルパ市は住民が参加する避難訓練、地滑り対策施設の見学会、防災フェアなど、適切な活動を検討し、実施すべきである。

(4) 地滑りへの生活排水浸透の制御

エル・レパルト地区では集水井で集めた地下水に多くの生活排水が含まれている。斜面上部には大きな集落があり、表面排水路でも捕捉できない生活排水が流入していると考えられる。また、隣接するヌエバ・サンタロサ地区の斜面では新たな地滑りの再活動が開始しているが、これも都市開発に伴う生活排水の浸透の影響が考えられる。徐々にでも、下水道の整備を通して生活排水の地滑り地への浸透の制御ができることが望ましい。

(5) 地滑り専門家の育成

地滑り専門家を育成し、行政が必要とする専門的技術を国内で得られるようになることは、ホンジュラスが地滑り対策を進めるうえで長期的に取り組むべき重要な課題である。ホンジュラス政府（国家災害委員会、公共事業・運輸・住宅省等）、大学研究機関（ホンジュラス国立自治大学、ホンジュラス工科大学）、テグシガルパ市は適切な連携体制を構築し、地滑り専門家の育成と活用に努める必要がある。短・中期的な手段として、日本等、国外の地滑り専門機関との交流・技術支援も検討すべきである。

4.2.2 JICA への提言

JICA は、今後の技術協力等を通じて上記提言の実施を支援することを検討すべきである。

4.3 教訓

施工段階で得られる資料の提供

新しい技術を導入する施設建設事業で、施工時に重要な資料を得る機会がある場合は、建設契約の業務指示書に明記するなどしてその保全に努め、相手国側に提供して技術移転に活用すべきである。本事業では、集水井設置工事中の断面写真、すべり面土試料と水位観測データの保全がなされていなかった。これらは極めて重要な資料であるにもかかわらず、ホンジュラス側に提供することができなかった。

以上