

| | |
|-----|---------------------------|
| 国名 | ペルーにおける地震・津波減災技術の向上プロジェクト |
| ペルー | |

I 案件概要

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|------|--------------------------|-----|------|---------------|--------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------|--|
| 事業の背景 | ペルーは日本と同様に環太平洋地震帯に位置する地震・津波多発国であり、これらの災害は同国の社会・経済開発にとって大きな障害となっている。2001年、2007年にそれぞれマグニチュード8.4、8.0の地震が発生し、多くの死傷者と建物の倒壊・大破をもたらした。いずれの地震も、ナスカプレートが南アメリカプレートの下に沈み込む境界で発生した海溝型地震で、津波による被害や犠牲者も発生した。海溝型地震は周期性を持って繰り返し発生することから、今後も同様の地震・津波が発生することは確実であり、将来の地震・津波被害リスクを評価し、被害軽減のための具体的な対策を講じることが求められていた。 | | | | | | | | | | | | |
| 事業の目的 | <p>本事業は、リマ・カヤオ首都圏において、地震動予測、地盤ゾーニング、津波シミュレーション、津波減災対策の提示、耐震補強効果の実験・解析、空間基盤データ構築・災害把握手法の開発・地震被害予測を通じて、ペルー沿岸の海溝型巨大地震による地震・津波被害の予測・軽減に資する施策の策定を図った。</p> <p>1. 上位目標：なし 2. プロジェクト目標：ペルー沿岸の海溝型巨大地震による地震・津波被害の予測・軽減に資する技術と施策が開発・策定される。</p> | | | | | | | | | | | | |
| 実施内容 | <p>1. 事業サイト：リマ・カヤオ首都圏 2. 主な活動：地震動予測、地盤ゾーニング、津波シミュレーション、津波減災対策の提示、耐震補強効果の実験・解析、空間基盤データ構築・災害把握手法の開発・地震被害予測等 3. 投入実績</p> <table border="0"> <tr> <td>日本側</td> <td>相手国側</td> </tr> <tr> <td>(1) 専門家派遣 27人</td> <td>(1) カウンターパート配置 71人</td> </tr> <tr> <td>(2) 研修員受入 30人</td> <td>(2) 施設・資機材の提供 研究用施設・機材、執務スペース等</td> </tr> <tr> <td>(3) 機材供与 構造実験用及び地盤データ収集用の機材</td> <td>(3) 現地業務費 執務室維持管理費等</td> </tr> <tr> <td>(4) 現地業務費</td> <td></td> </tr> </table> | | | 日本側 | 相手国側 | (1) 専門家派遣 27人 | (1) カウンターパート配置 71人 | (2) 研修員受入 30人 | (2) 施設・資機材の提供 研究用施設・機材、執務スペース等 | (3) 機材供与 構造実験用及び地盤データ収集用の機材 | (3) 現地業務費 執務室維持管理費等 | (4) 現地業務費 | |
| 日本側 | 相手国側 | | | | | | | | | | | | |
| (1) 専門家派遣 27人 | (1) カウンターパート配置 71人 | | | | | | | | | | | | |
| (2) 研修員受入 30人 | (2) 施設・資機材の提供 研究用施設・機材、執務スペース等 | | | | | | | | | | | | |
| (3) 機材供与 構造実験用及び地盤データ収集用の機材 | (3) 現地業務費 執務室維持管理費等 | | | | | | | | | | | | |
| (4) 現地業務費 | | | | | | | | | | | | | |
| 協力期間 | 2010年3月～2015年3月 | 協力金額 | （事前評価時）360百万円、（実績）277百万円 | | | | | | | | | | |
| 相手国実施機関 | 国立工科大学日本・ペルー地震防災センター（CISMID） | | | | | | | | | | | | |
| 日本側協力機関 | 千葉大学、東北大学、建築研究所、東京工業大学、国土技術政策総合研究所、防災科学技術研究所、筑波大学、東電設計、名古屋大学、横浜国立大学、秋田県立大学、産業技術総合研究所、立命館大学、豊橋技術科学大学、東北学院大学、広島大学、東京ソイルリサーチ | | | | | | | | | | | | |

II 評価結果

<留意点>

・実施協議時に作成（その後改訂）されたマスタープランでは想定された上位目標は設定されていなかったが、JST 終了時評価報告書では想定された上位目標は「研究成果・地域減災計画の適用可能範囲の、中南米諸国への展開・適用可能性拡大」と記載されていた。事後評価では、中南米諸国への展開・適用について、「想定された上位目標（社会実装への取組み）」とみなし、正のインパクトの一部として検証した。

1 妥当性

| |
|---|
| <p>【事前評価時・事業完了時のペルー政府の開発政策との整合性】</p> <p>「国家防災計画」（2004年）、「防災と災害対応にかかる国家計画」（2004年）では、持続的開発を目指し、自然・人為災害による人命・財産の喪失、環境の劣化を回避・緩和するという全体目標の下に、「災害リスクの評価」、「市民の災害予防・応急対応能力強化」、「災害予防を考慮した開発計画・事業の推進」、「防災に配慮した持続可能な開発計画策定への関係機関の参加」、及び「国家市民防衛体制の強化」という5つの具体的目標が掲げられていた。2011年の「国家災害リスク管理システム法」（法令29554号）によって国家災害リスク管理システム（SINAGERD）が創設されるなど、事業完了時においても本事業の目標はペルーの開発政策と合致していた。</p> <p>【事前評価時・事業完了時のペルーにおける開発ニーズとの整合性】</p> <p>過去の海溝型巨大地震はペルーの海岸地域に大きな影響を与えており、特に人口900万人を擁し、政治経済の中心であるリマ・カヤオ首都圏への影響は重大な結果をもたらすことが予測されていた。同首都圏では、地震・津波リスクに対して脆弱な地域に都市計画もなく、本事業はこういったニーズに合致していた。</p> <p>【事前評価時における日本の援助方針との整合性】</p> <p>「対ペルー国別援助計画」（2000年）において、重点分野「環境保全」の下に自然災害の予防・復旧が位置づけられていた。</p> <p>【評価判断】</p> <p>以上より、本事業の妥当性は高い。</p> |
|---|

2 有効性・インパクト

| |
|--|
| <p>【プロジェクト目標の事業完了時における達成状況】</p> <p>プロジェクト目標は、事業完了時までには達成された。ペルー沿岸の海溝型巨大地震による地震・津波被害の予測・軽減に資する技術・手法が4つの分野で開発された（指標1）。また、リマ市における減災戦略として、建物耐震化、土地利用規制</p> |
|--|

¹ SATREPS とは、「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development）を指す。

の2つの政策、地震シナリオが設定された（指標2）。リマ・カヤオ首都圏の15地区とイカ、カハマルカ、クスコ、アレキパの4州の一部地域において地震ハザードマップ作成のためのマイクロゾーニング調査が実施され、これらの結果は住宅建設衛生省（MVCS）により土地利用施策の実施の参考とされた。リマ・カヤオ首都圏の暫定浸水マップ改訂版は津波避難訓練等、地域の自治体等による減災対策への活用を目的として、国家防災庁（INDECI）、地球物理庁（IGP）、ペルー海軍・水路航行局（DHN）の間で共有された（指標3）。

【事業効果の事後評価時における継続状況】

本事業の事業効果は継続している。本事業による地震動予測に関連する研究結果は、MVCSによりコンクリートの基準を定める規定（NTE-E060）の改訂に活用された。耐震補強効果にかかる構造実験結果は、リマ市北部の斜面居住地のリスク対応に関するガイドラインに反映されている。本事業の研究結果を基に新たな研究が開始されたり、外部の研究者・エンジニアや自治体に活用されたりしている。また、CISMIDは、2017年に国立建設技術訓練センターと覚書を交わし、非工学的な組積造の耐震性能に関する脆弱曲線の設定に関する研究を実施している。加えて、CISMIDは地盤ゾーニングマップ、地震波のデータベース、空間基盤データ、研究成果等をウェブサイトで公開しており、災害リスク関連の施策策定や研究のために活用されている。CISMIDに供与された主な機材（構造実験用、地盤データ収集用の機材等）は継続して研究、外部機関へのコンサルテーション、授業において活用されている。本事業で得られた成果や経験も現在まで継続して活用されており、今後も活用される予定である。

【事後評価時に確認されたその他のインパクト】

第一に、想定された上位目標（社会実装への取組み）として、「研究成果・地域減災計画の適用可能範囲の、中南米諸国への展開・適用可能性の拡大」が挙げられたが、本事業で得られた研究成果は、地域防災計画の策定を目的としてチリをはじめとする中南米諸国の研究者と共有されている。また、2016年、JICA技術協力プロジェクト「チリ中南米防災人材育成拠点化支援プロジェクト」（2015年～2020年）のセミナーにおいて、CISMIDで取り組まれているレンガ造り建造物に対する耐震実験の成果が発表され、ペルー、チリ、日本の3カ国間の学術交流を深められた。第二に、本事業で作成されたリマ・カヤオ首都圏の津波浸水マップはDHNの津波警報センターと共有され、INDECIが地方自治体、住民組織等を対象とした研修及び避難訓練で避難場所を特定することを目的として活用されている。また、それぞれの自治体とも共有され、INDECIの技術支援も行われ、避難ルートが特定された。第三に、本事業で作成された地盤ゾーニングおよび津波シミュレーションモデルと被害予測等の手法はリマ空港の第二滑走路の設計に適用された。

【評価判断】

以上より、本事業の有効性・インパクトは高い。

プロジェクト目標の達成度

| 目標 | 指標 | 実績 |
|---|---|--|
| （プロジェクト目標） ペルー沿岸の海溝型巨大地震による地震・津波被害の予測・軽減に資する技術と施策が開発・策定される | 1. ペルー沿岸の海溝型巨大地震による地震・津波被害の予測・軽減に資する技術・施策の数及び内容 | 達成状況：達成（継続） （事業完了時） ・4つの分野でペルーの状況に適応した、地震・津波被害の予測・軽減に資する技術と手法が開発された。 1) 地震動予測と地盤マイクロゾーニング 2) 津波シミュレーションに基づく被害軽減策 3) 建物耐震性の向上 4) リモートセンシング技術を用いた空間基盤データ構築と被害予測 （事後評価時） ・上記の技術と手法は継続して活用されている（【事業効果の事後評価時における継続状況】参照）。 |
| | 2. 提案された地震・津波防災の観点からの土地利用施策 | 達成状況：達成（継続） （事業完了時） ・MVCSは2011年よりリマ・カヤオ首都圏15地区と、イカ、カハマルカ、クスコ、アレキパの4州の一部について地震ハザードマップ作成のためのマイクロゾーニング調査をCISMIDに委託して実施した。これらは土地利用施策実施のための参考資料とされた。 （事後評価時） ・リマ市の3、4地区を対象に津波避難ルートが2013年から2018年まで、毎年策定されている。 |
| | 3. 提案された他の研究コンポーネントの成果を反映した地域減災計画 | 達成状況：達成（継続） （事業完了時） ・プロジェクトが作成したリマ・カヤオ首都圏暫定浸水マップは2015年1月に改定版が公表され、INDECI、IGP、DHNの間で共有され、津波避難訓練等、地域の自治体等による減災対策に利用される予定となっていた。 （事後評価時） ・INDECIは自治体からの要請に基づき、地震対策に必要となる地盤ゾーニングマップや被害予測マップを区役所等に共有している。 |

（出所）終了時評価報告書、JST終了報告書、CISMIDへのインタビュー。

3 効率性

事業期間、事業費ともに計画内に収まった（計画比：それぞれ77%、100%）。アウトプットは計画どおりに産出された。したがって、本事業の効率性は高い。

4 持続性

【政策・制度面】

2011年に策定された「国家災害リスク管理システム法」（法令29554号）は事後評価時点においても有効であり、これに沿

って、災害対応への細則や各関連機関の政策・施策が策定されている。このうちINDECIにおいては、地震・津波被害の予測・減災が早期警報システムの取組みとして位置づけられている。

【体制面】

SINAGERD下の災害リスク管理の体制は、2016年、INDECIと国家災害リスク予防研究センター（CENEPRED）の所轄が、首相府から国防省に移管された以外は事業実施期間中から変更はない。INDECIが災害準備、緊急対応、災害復旧、CENEPREDが災害評価、減災、防止、復興という役割を担っている。2016年、地震・津波国際エンジニア協会下部組織として、ペルー地震・津波エンジニア協会が設立された。同協会にはMVCS大臣の他、CISMID所長も所属しており、CISMIDは政府機関や他研究機関との協働メカニズムを構築している。また、CISMIDはJICAの「日本の地震早期警報システムにかかる案件化調査」に対して地震データの提供や学術的観点からの助言を行っており、地震早期警報システム実証の実施機関と位置づけられている。

本事業でCISMIDに整備された研究機材は授業や博士課程学生の研究で活用されている。その維持管理の責任者はCISMID所長であり、点検や修理には3人のエンジニアが任命されている。機材のスペアパーツは大学の規定に従い調達・購入されている。

【技術面】

CISMIDの研究者は国際的な学会や研修への参加、国内・国際シンポジウムへの参加・発表を通じて研究能力の向上を図っている。CISMIDはINDECIが管轄する国家早期警報システムネットワークの主要メンバーであり、同ネットワークを通じて科学的根拠に基づいた助言を行っている。同様に、CENEPREDに対しても災害リスク管理情報システムの委員会参加を通じて危険ハザードや災害リスクに関して助言を行っており、社会実装に向けたこれら2機関の科学技術リテラシーの維持・向上に貢献している。CISMIDは本事業で整備された研究機材の維持管理について、メーカーから取り寄せたマニュアルの参照やスペアパーツの交換を行うとともに、必要な知識を維持している。

【財務面】

CISMIDの予算は、中央政府と国立工科大学からの配賦と独自予算が（外部からの研究基金とCISMIDが実施するコンサルテーションからの収益）ある。2013年以降の国家政府と国立工科大学からの配賦はそれぞれ毎年、113万ソル（2019年9月レート：¥31.4074/ソル）、10万ソルである。CISMIDの独自収入は、2016年の110万ソルから2019年の131万ソルに増加しており、研究継続に十分な金額である。INDECI及びCENEPREDは、SINAGERDが定める戦略的計画に基づいて、社会実装やこれに向けた研修等に必要の予算を継続的に確保している。DHNも他地域における津波浸水マップの策定やコミュニティを対象にした防災教育を展開するなど、津波警報の担当機関として一定の財源を確保している。

【評価判断】

以上より、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

5 総合評価

本事業は、プロジェクト目標を達成し、ペルー沿岸の海溝型巨大地震による地震・津波被害の予測・軽減に資する技術・手法が開発された他、関連する計画・施策やシナリオが策定された。これらの技術・手法は事後評価時点まで継続して活用されている。また、他の中南米諸国と共有され、自治体の津波浸水マップや非難ルート策定に活用されている。加えて、ペルー人参加者の多くは大学関係者であり、本事業の成果は若い世代の学者に継承されると見込まれる。

以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は非常に高い。

III 提言・教訓

実施機関への提言：

- 開発された技術が現行の公共政策・施策に対して先行してしまうことがないように、研究成果に基づく社会実装の取り組みが、政策・施策に十分に反映されるために実施機関と対話と協議を継続し、行政と研究機関間の協力体制を更に強化することを提言する。
- 更なる研究の進展や技術の普及のため、本事業を通じて構築されたナレッジやネットワークを継続して活用することを提言する。

JICAへの教訓：

- 本事業では地震・津波被害の予測・軽減に資する技術・手法が開発されただけでなく、研究成果が他機関・自治体により活用されたり、他国研究者と共有されたりした。SATREPSでは、社会実装の達成までは容易ではないが、研究成果が同時に社会実装に繋がるよう、案件実施前から事業実施体制を構築し、実施段階において必要な取り組みを進めることが重要である。一例として、研究機関と行政機関の相互の連携を促進・フォローするための活動を含めることや、SATREPSと並行して、既存の技術協力プロジェクトや専門家との連携を行うなどの工夫を行うことが効果的である。