

国名 チリ共和国	津波に強い地域づくり技術の向上に関する研究プロジェクト
-------------	-----------------------------

I. Project Outline

事業の背景	チリは、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、2010年には世界観測史上6番目の規模であるマグニチュード8.8の大地震により広範囲で被害が発生した。特に、津波による被害が大きく、多くの課題を残した。具体的には、①港湾から漂流したコンテナが住宅地や遠方の沿岸部に二次的な被害をもたらしたこと、②警報発令が遅れたこと、③津波は数次に亘って継続的に来襲するにも拘わらず、誤った政府発表や早すぎる警報の解除により、一度避難した住民が低地にある居住地に戻り、第二波、第三波によって人的被害が拡大したこと、④地域経済及びコミュニティの復興に重要な役割を果たす港湾の復旧が遅れたことなどであった。チリでは、これらの課題に対応すべく、地震計の増設や津波警報発令までの手順の簡素化などを進めていたが、津波研究に関する蓄積は十分ではなく、研究者の数も限られていた。		
事業の目的	本事業は、津波被害推定モデルの開発、高い精度の津波警報手法の開発、津波被害予測及び被害軽減対策の開発を通じて、チリの津波脆弱地域において津波に強い地域・市民を作るための知見や技術の開発を図った。 1. 想定された上位目標：なし 2. プロジェクト目標：津波脆弱地域において津波に強い地域・市民を作るための知見や技術が開発される		
実施内容	1. 事業サイト：サンチャゴ、バルパライソ、タルカワノ、イキケ、アントファガスタ 2. 主な活動：1) 津波被害推定のための数値シミュレーション・モデルの開発、2) 津波被害予測ガイドラインの策定を含む被害軽減対策の策定、3) 高い精度の津波警報手法の開発、4) 津波災害に強い市民及び地域づくりのためのプログラムの策定、5) 日本の経験に基づく津波災害の応急対応フェーズにおける港湾利用に関する手法の開発 3. 投入実績 日本側 1) 専門家派遣：37人 2) 研修員受入：54人 3) 機材供与：シミュレーション・データ分析機器（並列計算機）、UPS 4) 現地業務費：旅費、ローカルコンサルタント雇用費等 相手国側 1) カウンターパート配置：36人 2) 土地・施設：チリ・カトリカ大学及び公共事業省港湾局にそれぞれ執務室1カ所 3) 現地業務費：カウンターパート職員給与、旅費、ワークショップ開催費、会議費等		
事業期間	2012年1月～2016年3月	事業費	(事前評価時) 383百万円、(実績) 344百万円
相手国実施機関	公共事業省港湾局 (DOP)、国立水利研究所 (INH)、チリ海軍水路海洋部 (SHOA)、内務省国家緊急対策室 (ONEMI)、チリ・カトリカ大学 (PUC)、コンセプション・カトリカ大学 (UCSC)、フェデリコサンタマリア工科大学 (UTFSM)、カトリカ・デル・ノルテ大学 (UCN)、コンセプション大学 (UdeC)、バルパライソ大学 (UV)		
日本側協力機関	国立研究開発法人 港湾空港技術研究所 (PARI)、一般財団法人 都市防災研究所・アジア防災センター (JAMSTEC)、国土交通省 (MLIT)、気象庁、関西大学、京都大学防災研究所、名古屋大学、中部大学、筑波大学、徳島大学、静岡大学、群馬大学、広島大学、山口大学		

II. 評価結果

【留意点】

- 本 SATREPS 事業では、想定された上位目標はプロジェクト・デザイン上設定されていなかったため、本事後評価では期待された正のインパクトの一部として「社会実装に向けた取組み」を検証した。
- プロジェクト目標の指標1及び指標2は事業実施中における研究成果の共有の有無を確認するための指標であることから、事後評価時における同指標の継続状況については検証しないこととした。
- プロジェクト目標の指標3は日本に派遣されたチリ側カウンターパートの能力向上の有無を確認するための指標であることから、同指標の継続状況については持続性にて確認することとした。

1 妥当性
【事前評価時・事業完了時のチリ政府の開発政策との整合性】 本事業は、国の防災及び災害管理能力の向上を重点とする「国家国民保護法」（2002年）及び「国会災害リスク管理政策」（2014年）というチリの開発政策に合致していた。 【事前評価時・事業完了時のチリにおける開発ニーズとの整合性】 本事業は、津波災害に対する市民及び地域の備えと回復力を強化するというチリにおける開発ニーズに合致していた。 【事前評価時における日本の援助方針との整合性】

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。

本事業は、事前評価時における日本のチリ共和国への援助方針の重点分野の一つである「防災を中心とする環境政策」と合致していた²。

【評価判断】

以上より、本事業の妥当性は高い。

2 有効性・インパクト

【プロジェクト目標の事業完了時における達成状況】

事業完了時までには、プロジェクト目標は達成された。事業活動及び成果を披露するために、事業実施期間中に合計6回のシンポジウムが開催された。これらのシンポジウムは、ペルー、コロンビア、メキシコ、トルコなどで実施中のSATREPS事業及びエクアドルで実施中のJICA技術協力プロジェクトとの共催であった（指標1）。また、「中南米地域における地震・津波防災シンポジウム」が2014年3月に東京で、実施中のペルー、メキシコ、トルコなどで実施中のSATREPS事業及びエクアドルで実施中のJICA技術協力プロジェクト³と共催で実施された（指標2）。さらに、JICA、科学技術振興機構（JST）、防災科学技術研究所（NIED）の共催によりが2012年3月に仙台で行われた「地震・津波災害軽減国際シンポジウム」に、本SATREPS事業に参加していたチリ人研究者が参加し、事業活動について発表した。津波リスク管理に係る能力強化のための研修、セミナー、ワークショップ、国際シンポジウムに参加するため、累計54人のチリ人研究者及び政府関係者が日本を訪問した（指標3）。津波の伝播と浸水計算、被害の推定の方法論などを含む「津波浸水・被害予測ガイドライン」が策定され、さらに、様々なガイドライン及びマニュアルも策定された（指標4）。

【事業効果の事後評価時における継続状況】

事業完了以降、事業効果は継続している。本 SATREPS 事業で策定された各種ガイドラインはチリの実施機関において継続して活用されている。例えば、本 SATREPS 事業の提案に基づき 2012 年に創設された大学連携研究機関であるチリ国立自然災害管理総合研究センター（CIGIDEN）（PUC、UTFSM、UCN は正式メンバー、UV、UCSC、UdeC は連携大学）では、さらなる防災研究活動のため、1) 防波堤の耐津波設計ガイドライン、2) 津波浸水・被害予測ガイドライン、3) 津波被害推定のための数値シミュレーションモデル・ガイドライン、4) 津波予測警報システム（SIPAT）ガイドライン、5) 災害想像ゲーム（DIG）実施ガイドライン、6) 防災教育ガイドライン、7) 津波対策メニュー、8) 港湾の事業継続マネジメント（BCM）ガイドラインなど、本事業で策定された各種ガイドラインを活用している。UdeC は、タルカワノ市の避難モデルの研究のために 5) 及び 6) を活用している。DOP/MOP 及び INH は、港湾設計及び被害軽減のために 1)、2)、3) を使用している。SHOA は、早期警戒システム及び津波浸水予測のために 2) 及び 4) を使用している。UV はバルパライソ港への 8) の導入を支援した。また本 SATREPS 事業の成果に基づく研究活動も引き続き行われている。例えば、CIGIDEN は、津波による被害の推定、浸水シミュレーション、予測と警報システム、垂直避難、地域の教育などに関する研究活動を続けている。UTFSM は、津波予測警報システム（SIPAT）を改善し、SHOA による津波警報システムの強化に貢献するための研究活動を継続している。UV は港湾及び沿岸都市の事業継続マネジメント（BCM）に関する研究活動を続けている。UdeC は、地域社会だけでなく、産業を含む効果的な避難と垂直避難に関連する活動を続けている。研究活動のために収集されたデータを分析し、CIGIDEN に関係する諸大学と共有するために、本 SATREPS 事業で設置した高性能コンピュータと UPS は、CIGIDEN と PUC によって引き続き利用されている。

【事後評価時における想定された上位目標の達成状況】

上位目標は設定されなかったため、想定された正のインパクトの一部として、「社会実装に向けた取組み」について検証を行った。本 SATREPS 事業の社会実装に向けた取組みは、事業評価時において促進されている。津波予測警報システム（SIPAT）は継続して SHOA に活用され、長年に亘って改良が加えられている。科学技術開発促進資金（FONDEF）による 2 年間のプロジェクト後、津波データベースは完成した。翌年、SHOA の資金でシステムオペレーターを訓練し、自動計算システムを開発し、ソフトウェアをアップグレードした。2019 年末から、FONDEF を使用して、リアルタイムモデリングの開発を目指す新しいプロジェクトが開発されており、津波が到達しない場所を特定できるようになった。これらの取組みは、すべて UTFSM の主導により行われた。DOP/MOP は、港湾インフラの損傷をシミュレートするために、高潮津波数値シミュレーター（STOC）モデルを引き続き利用している。

UV は、バルパライソ州サンアントニオの港、バルパライソ州政府、バルパライソとサンアントニオの自治体、及び産業界と協力して BCM を導入している。CIGIDEN は、近年開発された複数の研究と出版物に基づいて垂直避難に関する政策文書を作成し、2019 年に ONEMI に提出した。これに基づいて、ONEMI と住宅都市省（MINVU）の間でワーキンググループが形成され、CIGIDEN 及び関係者の間で、垂直避難の実施に必要な規制の分析及び議論が行われている。

【事後評価時に確認されたその他のインパクト】

事業実施中及び完了後、本 SATREPS 事業の成果は、実施中の JICA 技術協力プロジェクト「中南米防災人材育成拠点化支援プロジェクト」（2015 年～2020 年）（通称：KIZUNA プロジェクト）に引き継がれ、ラテンアメリカ及びカリブ海諸国に広められ、自然災害からの復興に貢献している。

【評価判断】

以上より、本事業の有効性・インパクトは高い。

プロジェクト目標及び上位目標の達成度

目標	指標	実績
プロジェクト目標 津波脆弱地域において 津波に強い地域・市民 を作るための知見や技	(指標 1) プロジェクトの活動や成果を発表する ためのシンポジウムがプロジェクト期 間中に 4 回実施される。	達成状況：達成（検証対象外） (事業完了時) ・ 事業実施期間中に合計 6 回のシンポジウムが開催された。それら は、ペルー、コロンビア、メキシコ、トルコなどで実施中の

² 外務省「ODA 国別データブック 2012」。

³ 津波を伴う地震のモニタリング能力向上プロジェクト（2014 年～2017 年）。

術が開発される。		SATREPS 及びエクアドルで実施中の JICA 技術協力プロジェクトとの共催であった。 (事後評価時) • 検証を行わない。
	(指標 2) チリ・日本以外からの参加による国際シンポジウムがプロジェクト終了までに 1 回実施される。	達成状況：達成 (検証対象外) (事業完了時) • チリ・日本以外からも参加した「中南米地域における地震・津波防災シンポジウム」が 2014 年 3 月に東京で開催された。 (事後評価時) • 検証を行わない。
	(指標 3) 津波リスクマネジメントに関する能力強化のため、チリ人研究者や政府関係者 50 人が日本に派遣される。	達成状況：達成 (継続) (事業完了時) • 津波リスク管理に係る能力強化のための研修、セミナー、ワークショップ、国際シンポジウムに参加するため、累計 54 人のチリ人研究者及び政府関係者が日本を訪問した。 (事後評価時) • 「持続性」にて検証を行う
	(指標 4) チリに適用される津波被害推定の手法のガイドラインが作成される。	達成状況：達成 (継続) (事業完了時) • 津波の伝播と浸水計算、被害の推定の方法論などを含む「津波浸水・被害予測ガイドライン」が策定された。 • 上記に加えて、様々なガイドライン及びマニュアルも策定された。 (事後評価時) • 本事業で策定された各種ガイドラインは、チリ実施機関において継続して活用されている。 • CIGIDEN メンバーは、津波被害推定のための数値シミュレーションモデル・ガイドライン、津波予測警報システム (SIPAT) ガイドライン、事業継続マネジメント (BCM) ガイドライン、垂直避難、イキケ、ピニャデルマルなどの沿岸都市で津波によって引き起こされる潜在的な被害の推定などに継続的に研究を行っている。

出所：質問票及びインタビュー回答

3 効率性

事業費及び事業期間ともに計画内に収まった (計画比：それぞれ 90%、100%)。アウトプットは計画通り産出された。よって、効率性は高い。

4 持続性

【政策面】

現行の「国家災害リスク削減政策」(2019年～2030年)では、1) 災害リスクに対する理解、2) ガバナンスの強化、3) 強靱化 (レジリエンス) の災害リスク削減に対する計画及び投資、4) 迅速対応、5) 持続的復興の促進、などの5つの優先課題に重点を置いている。

【制度・体制面】

本SATREPS事業に関わったほとんど全ての研究者は、継続して研究活動に従事している。CIGIDENには、主任研究員、準研究員、特定分野の研究者、博士研究員、管理スタッフを含む50人のスタッフがいる。CIGIDENは、ONEMIが調整する災害リスク削減の全国プラットフォームへの参加を通じて、災害リスク削減の主流化の促進や新しい研究成果の共有を行っている。CIGIDENは、自然災害に関する最も重要な研究センターのひとつとして国内で知られるようになり、政府に対して様々な提案を行っている。DOP/MOPは、災害リスク削減管理を担当する新しい部門を設立し、高潮津波数値シミュレーター (STOC) を利用して港湾施設の被害の可能性を推定することができる。SHOA、ONEMI、PUC、UCSC、UTFSM (CIGIDENメンバー) は、FONDEFの支援を受けて、早期警告のための津波予測警報システム (SIPAT) の維持と改善に取り組んできた。

【技術面】

事業完了後、津波の緩和、緩和策、数値モデル、津波の避難、波の伝播、津波の早期警報などのトピックについて、48以上の国内外のジャーナル、論文が発行された。「KIZUNAプロジェクト」を通じて、チリ側の研究者は日本の研究者との連絡を継続しており、このことは新しい研究トピックの開発と拡大に貢献している。政府当局は、本SATREPS事業による研究成果を活用するために、科学リテラシーを維持・改善してきた。SHOAはUFSTM (CIGIDEN) と協力して、引き続き津波予測警報システム (SIPAT) を改善し、浸水推定モデルに組み込んでいる。ONEMIは、本SATREPS事業で策定されたガイドラインに基づいて、継続して避難訓練の改善を行っている。CIGIDENは、住宅都市省 (MINVU) 及びONEMIと協力して、避難ガイドラインを作成した。また、チリ側研究者は、本SATREPS事業によって設置された研究施設・設備を適切に運営・維持管理するためのスキルと知識を備えている。また本SATREPS事業で設置された数値モデルを実行するための高性能コンピュータは、大きな問題なく運営・維持管理されている。CIGIDENとPUCは、数学的推定及び計算の担当チームがあり、それに関するスキルを一貫して向上させている。取得したすべてのデータはCIGIDENのウェブサイト⁴に保存及び共有されている。

【財務面】

CIGIDENは、教育省の科学技術研究国立委員会 (CONICYT) が管理するFONDAPから、2018年から2022年の期間に約5,600,000米ドルの資金を受け取った。またCIGIDEN、応用技術開発のための特定研究に対する資金もCONICYTから得ている。本SATREPS事業設備の運営・維持管理予算は、関係機関により確保されている。

⁴ <https://ide-cigiden.hub.arcgis.com>

【評価判断】

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

本事業のプロジェクト目標は達成され、事業の成果は、津波災害に関する継続的な研究活動や、研究成果に基づく災害管理のための継続的な活動を通じて活用されてきた。以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

III. 提言・教訓

実施機関への提言：

- FONDAP の資金提供期間が 2022 年に終了することを考慮すると、チリの公共政策において研究活動を継続的に向上し、災害リスク削減を促進するための財源の獲得のための措置を講じる必要がある。このためには、国が直面している課題の解決に役立ち、実用的な研究開発を続けることが重要である。このことは、本事業実施期間中に構築した公的機関や民間機関との緊密な関係維持に加えて、有益であろう。

JICA への教訓：

- 事業開始時から実施期間中、本事業の成果の受益者となる可能性のあるすべての機関の関与について考慮された。また、プロジェクトに対する理解促進と信頼関係を構築するために、これら機関等のセミナーへの参加や、共同での開催も企画し、さらに、日本人研究者による定期的なプロジェクト進捗報告が行われ、関係者と共有された。これにより、研究機関、中央政府、地方政府との間の共同作業が促進され、複数の利害関係者の参加により成果の活用が促進された。このように事業の成果の受益者に対して、事業実施中に情報共有、理解促進、及び連携を積極的に行うことは、その後の成果の活用の促進に繋がったことから、このような取り組みは他の SATREPS 事業の参考となると思われる。
- 本事業の開始より、南南協力を通じて同じ自然災害の問題を抱えるラテンアメリカ諸国と本事業の成果を共有することの重要性は、この地域の強靱化(レジリエンス)に貢献すると考えられていた。そのため、KIZUNA プロジェクトを通じて SATREPS の成果共有が受益国においてスムーズに受け入れられるよう、同じ日本の経験・技術をベースとする防災分野の域内協力事業との間で積極的に情報交換が行われた。また、SATREPS で育成された高度人材や行政官をプロジェクトの重要なリソースとして活用することを前提に、KIZUNA プロジェクトのプロジェクト・デザインが行われた。このように、SATREPS 事業と共通の課題解決を目指す他プロジェクトとの連携は、SATREPS の成果の共有及び活用に有益であり、他の SATREPS 事業の参考となると思われる。



アントファガスタ州で開催された津波避難訓練に関する
チリ国関係者との会合



国立水利研究所の試験タンク施設