

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

メキシコ沿岸部の巨大地震・津波災害の軽減に向けた総合的研究
(2015年6月～2022年3月)

2. 研究代表者

2.1. 日本側研究代表者：伊藤 喜宏（京都大学 防災研究所 准教授）

2.2. 相手国側研究代表者：Dr. Victor Cruz Atienza

（メキシコ国立自治大学 地震学研究室 室長）

3. 研究概要

本プロジェクトは、メキシコの太平洋側に位置するゲレロ州沿岸部における地震・測地観測網の強化、地震活動のモニタリング能力の向上、巨大地震とスロー地震のモデル化、地震動・津波シミュレーション及び沿岸部における地震・津波防災教育の普及に向けた研究をメキシコ側の共同研究機関と実施するものである。

メキシコにおける地震の海底観測網の構築および陸地観測網の強化を行うことで、世界三大ゆっくり地震（スロースリップ）地域の日本・メキシコ両地域で発生するスロースリップに関する比較研究を実施し、沈み込み帯で発生するスロースリップの本質的理解を進め、巨大地震・津波災害のポテンシャル評価と、それに基づく構造物の脆弱性評価を実施した。そして最新の地震・津波リスクを含む社会・経済・文化的背景を基盤に据えた減災教育プログラムを開発した。さらに、ゲーミング手法を取り入れた減災教育プログラムを中南米地域に展開することを目指した。

プロジェクトは下記の3つの研究題目で構成され、上位目標としてゆっくり地震と巨大地震発生メカニズムの本質的理解、メキシコ国内におけるリアルタイム津波警報システムの構築、中南米・カリブ地域における津波減災教育プログラムの普及・活用を掲げている。

- ・研究題目A：地震・測地観測に基づくプレート間固着状況の解明
- ・研究題目B：地震・津波モデリングに基づく地震・津波シナリオの構築
- ・研究題目C：現地需要に即した地震・津波減災教育プログラムの作成

4. 評価結果

総合評価：S

(所期の計画を超えた取組みが行われている。)

メキシコは我が国と同様の地震・津波被災国であり、ココスプレートの沈み込み帯に位置するメキシコ太平洋沿岸部では過去 250 年間にわたり多くの津波被害を受けている。本プロジェクトの研究対象となったゲレロ州沿岸北部の地震空白域では 4~4.5 年間隔で繰り返しスロースリップ（ゆっくり地震）が発生し、プレート間の歪みの一部が地震動を伴わずに解消されているが、全ての歪みがスロースリップで解消されているわけではなく、将来の巨大地震の発生に向けて、歪みが徐々に蓄積されている。

しかしながら、メキシコにおける地震観測は陸上による測地観測が主体であり、海底観測は実施されておらず、津波に対する備えや対策は皆無であった。メキシコにおける津波は、地震発生から津波到達までの時間が極めて短いことが特徴であり、津波を引き起こす海底地震に対する海底観測網の整備は喫緊の課題であった。

本プロジェクトでは、海底観測の先進国である日本の知見および海底観測技術を導入し、海底観測網を整備し、スロースリップと巨大地震との相互作用におけるプレート間固着の解明を行うとともに、メキシコ側が実施している陸上観測記録の解析を実施した。また、地震・津波シナリオを設定し、ハザードリスクマップの作成および検証をおこなった。津波がもたらす被害からの対策としては、現地における効果的な減災教育プログラムを確立するなど、各分野で所期の目標を超えた成果を挙げている。

海底観測網の整備および観測技術の提供によってメキシコ側の研究・技術レベルが向上したことは勿論であるが、とりわけ、現地における減災教育プログラムの実践は、日本人若手研究者による現地での熱心な活動によって地域全体に浸透し、様々な防災活動に発展するなど大きな成果となっており、プロジェクトの上位目標である中南米・カリブ地域における津波減災教育プログラムの普及・活用にも大きな可能性をもたらした。以上により、SATREPS 防災分野の課題の中でも科学技術と社会実装の両面で極めて秀逸な成果を挙げたと評価する。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

本プロジェクトは、ゲレロ空白域で発生が予見される大地震の発生メカニズムの解明という研究開発の面と、大地震発生に伴う津波被害の軽減という面における大きな社会問題を扱う課題であり、地震学の最先端の知見をもって取り組んだ課題である。本プロジェクトは課題の設定時点で、しっかりとした仮説の元、意欲的な計画が立てられていた。そのため、プロジェクト開始時においても Science 誌に取り上げられるなど、早い段階から期待の大きな課題であった。また、最先端の知見をもつ研究者、地域コミュニティー、そしてマスメディ

アを効果的に巻き込んだ結果、本プロジェクトはメキシコにおいて大いに認知されることとなった。

地震発生メカニズムの解明については、スロースリップに伴う海底の地下構造変化のモニタリング手法の開発に成功し、海底圧力計の記録からスロースリップによる地殻変動を抽出する手法を開発した。結果、海底圧力計に含まれる非海洋潮汐成分を除去しスロースリップに伴う圧力変動の検出手法を確立したことで、空白域内のプレートカップリングが従来の想定よりも弱いことを指摘し、さらには、大地震とスロースリップの連鎖的相互作用を確認したことは大きな科学的インパクトをもたらした。加えて、この地域の地震波速度構造を構築したことも、科学技術的観点から重要な成果と言える。

津波災害の軽減においては、津波シミュレーション、津波避難シミュレーションにより、ハザードリスクマップが作成された。特に、甚大な津波被災を受けた我が国の経験および知見から得られた防災・減災教育の普及・活用では、日本人若手研究者による熱心な活動により、当該地域にしっかり定着したと言える。メキシコ側はこの状況を見て、他地域への積極的な展開・普及に言及しており、社会実装の観点から極めて優れた成果を挙げたと評価する。今後は、さらなる普及活動や広報活動により、メキシコ国内のみならず、同じ言語圏の中南米各国への波及が期待できる。

4-2. 相手国ニーズの充足

本プロジェクトでは日本側研究者とメキシコ側研究者は対等の立場であり、得られた観測・解析データは双方で共有された。その結果、メキシコ側研究者はそれらのデータを活用して多くの論文を執筆することが可能となり、メキシコ側研究者の国際的地位を高めることに貢献することとなった。一方、メキシコ側も本プロジェクトに対し、当初より多くの資金を提供しており、本プロジェクトに対する期待度は高かった。本プロジェクトに対する双方の姿勢が良好な信頼関係を構築し、素晴らしい研究成果をもたらしたことから、国際共同研究の好例といえる。

課題解決、社会実装の見通しとしては、理学的な知見を元に津波の浸水深を予測し、避難訓練を行うなど、我が国で培われてきた知見を取り込んだシステムの開発及び普及の取り組みが行われており、高く評価できる。しかし、本プロジェクトで設置された避難標識以外に避難路マップなどの看板の導入、また、住民以外、例えば観光客に対する避難誘導措置などは検討する余地がある。当該地域を含むメキシコの太平洋沿岸地域は、観光地として人口増加、土地利用の拡大が進んでいる。そうした背景のもと、本プロジェクトの津波減災教育プログラムは当該地域のみならず、メキシコで同様の災害ポテンシャルを抱える他の地域に大きな影響を与えることが十分に期待できる。

防災を目的とした活動の継続的発展のためには、国、地方行政、地域コミュニティーなど

の階層を跨いだ活動を考えなければならないが、両国研究者間に構築された強い信頼関係や、メキシコにおける研究者、国、地方行政、実務家、NPO、住民、マスメディアなど様々なステークホルダーによる連携が効果的に機能しており、持続的に発展する可能性が極めて高い。さらに、本プロジェクトでは、日本に留学した学生が博士号を取得した。また、2名の日本人若手研究者が現地に長期滞在するなどして津波防災プログラムを手掛けた。地元民とのコミュニケーションのためスペイン語を習得するなど、3カ国語を使える研究者として成長した。最終的に本研究によって学位を取得し大学の研究者ポストを得たことから、若手研究者の育成面でも成果を上げたといえる。

4-3. 付随的成果

本プロジェクトは日本政府およびメキシコ政府のレベルにおいても国際共同研究により優れた成果を挙げた課題として評価されており、今後の両国間の協力がさらに進めやすくなったと言える。このような学術交流は日本政府への一つの貢献であり、防災に関わる産業分野に対しても継続的な貢献が望まれる。

メキシコと日本両国による対等な形での国際共同研究は、国際共同研究に対する我が国の姿勢を体現し、今後は世界各国との共同研究においても同様のさらなる進展が期待できる。

また、陸上GNSS観測網で観測されたスロースリップと巨大地震の相互作用に関する知見は、南海トラフの巨大地震発生を予測する上で重要な知見となる可能性があるほか、地震観測・解析、津波防災の連携する科学技術としてバランスよく発展する基礎が確立された。

4-4. プロジェクトの運営

研究代表者は、現地の研究機関および防災関係の行政機関と密に連携を取り、メキシコ側の様々な階層のステークホルダーが上手く連携し、国際共同研究の成果が社会に実装できるような優れたプロジェクト運営がなされた。特に、プロジェクトサイトとなったシワタネホ市では、想定する地震による津波の発生予測に基づいた津波の避難標識の設置、また、市の防災車にスペイン語のできる日本人研究者が同乗して住民への説明や現地調査などを実施することで、研究者と防災担当者の上に非常に強固な信頼関係を構築できた。防災担当者や小中学生を含む若い世代の積極的な参画が津波減災教育プログラムの研究・普及の進捗に重要な役割を担ったと考えられる。こうしたプロジェクト全体にわたる相手国側との強い信頼関係は、本プロジェクトが理想的な推進体制を構築して運営された証左である。

2019年に発生したCOVID-19により、2020年は研究者の現地渡航が出来なかったため人的交流はストップしたものの、それまでに培った協力関係により途切れることなく研究は継

続された。2021 年には aXis（持続可能開発目標達成支援事業）とも連携して研究の進捗に努め、最終的には最大の成果創出となった。ただし、海底観測用の機器数台がバッテリー切れにより回収不能となり、貴重なデータを喪失したことは反省点として指摘しておきたい。

5. 今後の研究に向けての要改善点及び要望事項

- (1) メキシコを含む国際共同研究のフォローアップが決定しているようであるので、本プロジェクトの成果を他国にも波及されたい。
- (2) 主たる研究論文の多くで、第一著者は相手側研究者となっている。国際共著論文が一定数出ていることは評価できるものの、第三国の研究者には、第一著者の国籍で整理される場合も多く、日本の科学技術のプレゼンスを挙げるためにも日本人が第一著者となるよう努力されたい。
- (3) 中央の防災主管官庁との連携による津波避難訓練等の全国展開を進められたい。
- (4) 調査対象都市を 6 都市から 2 都市に絞ったが、今後の SATREPS 課題の参考のため、その経緯についてできるだけ詳細に報告書に記載されたい。

以上

成果目標シート

研究課題名	メキシコ沿岸部の巨大地震・津波災害の軽減に向けた総合的研究
研究代表者名 (所属機関)	伊藤 喜宏 (京都大学防災研究所)
研究期間	H27採択(平成27年6月1日～令和4年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	メキシコ合衆国/メキシコ自治大学、国立防災センター

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・南海トラフ沿いの巨大地震・津波災害軽減の取り組みへの活用 ・日本国内における地震・津波減災教育プログラムの改善
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> ・ゆっくり地震と巨大地震の相互作用の解明 ・確率論的津波予測手法の確立および発展
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> ・海底圧力計を利用した準リアルタイム観測技術の国際標準モデルの確立 ・中南米地域用スペイン語版津波減災プログラムの開発 ・スペイン語圏用の津波避難標識の開発
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> ・国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議への指導力、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・メキシコ海底地震・測地学分野の構築 ・災害軽減プログラム実施コミュニティの構築
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> ・海底・陸上地震地殻変動観測網、地震・津波リスクマップ、地震・津波ハザードマップ、リスクマップ、減災教育プログラム、避難アプリ、津波避難誘導標識、減災行動計画提言書

上位目標

中南米・カリブ地域に津波減災教育プログラムが普及・活用される。
ゆっくり地震と巨大地震発生プロセスが本質的に理解される。
メキシコ国内においてリアルタイム津波システムが構築される。

メキシコ国内の政策に地震・津波ハザードマップが採用される。
メキシコ国内で津波減災教育プログラムが活用される。

プロジェクト目標

観測事実に即した地震・津波シナリオおよび地震・津波ハザードマップの提示
減災教育プログラムの開発と政府・地域コミュニティへの提案および認知



成果目標シートと達成状況 (2022年3月時点)