

国名		インドネシアにおける地震火山の総合防災策	
インドネシア			
I 案件概要			
事業の背景	インドネシアは、地震帯の上に位置する 17,000 以上の島からなる島嶼国である。マグニチュード 4 以上の地震は、年間 450 回以上発生している。また、地震帯に沿って 129 の活火山が位置しており、噴火や火砕流がほぼ毎年発生している。さらに、大規模地震の際には津波が発生し沿岸部に被害を及ぼしている。2004 年 12 月には、スマトラ島沿岸部を襲ったスマトラ島沖地震によるインド洋津波が発生し、インドネシアだけでも死者 237,448 人という甚大な被害がもたらされた。インドネシアは災害リスクが非常に高いにもかかわらず、その災害予測、災害対策、緊急時対応及び復興といった課題に対応するための技術及び知見を含め、十分な能力を有していなかった。また、国家防災庁（BNPB）により進められていたナショナル・プラットフォームといった、科学技術と行政の連携を図る基盤を強化するとともに、研究能力の強化が必要となっていた。		
事業の目的	本事業は、火山噴火の短期及び長期予測手法の開発、津波に対する軽減策の整備及びコミュニティ防災メカニズムの構築により、災害リスク軽減に係る研究者及び行政の連携のためのプラットフォームの強化を図り、もって強靱な社会に向けた、災害予測に関する能力の強化及び地震、津波並びに火山の危険に対するコミュニティの対応力の強化を目指した。		
	1. 想定された上位目標： 災害予測能力の強化及び強靱な社会に向けた地震、津波、火山災害に対するコミュニティ対応力の強化。 2. プロジェクト目標： 防災に関与する研究者及び行政関係者等との協力の場となるプラットフォームを強化する。		
実施内容	1. 事業サイト：インドネシア 2. 主な活動：1) 活断層、津波堆積物、海岸地質学、強震動予測及び海底活断層の調査及び研究、2) 数値シミュレーションによる津波予測、3) 爆発的噴火のメカニズム研究、火山噴火の中長期予測、4) 津波軽減策の整備、5) コミュニティに立脚した防災メカニズムの強化及び自然災害からの長期的な復興枠組みの整備、6) 効果的な学校防災教育プログラムの開発、7) 研究者と行政の連携体制の構築 3. 投入実績		
	日本側 (1) 専門家派遣 102 人 (2) 研修員受入 85 人 (3) 機材供与 全地球測位システム（GPS）、データロガー、地震センサー等	相手国側 (1) カウンターパート配置 110 人 (2) 土地・施設 プロジェクト事務局 (3) 機材 ソフトウェア、ソフトウェア・アプリケーション、地理情報システム（GIS）アプリケーション等 (4) 現地業務費 光熱費（電気・水）	
協力期間	2009 年 5 月～2012 年 5 月	協力金額	（事前評価時）390 百万円、（実績）419 百万円
相手国実施機関	研究技術・高等教育省(RISTEKDIKTI)、インドネシア科学院(LIPI)、国家教育省(DIKNAS)、シャクアラ大学(Unsyiah)、アンダラス大学(Unand)、ガジャマダ大学(UGM)、インドネシア大学(UI)、ブラウウィジャヤ大学(Unibraw)、サム・ラトウランギ大学(Unsrat)、ハサヌディン大学(Unhas)、ジャカルタ大学(UNJ)、エネルギー・鉱物資源省(ESDM)、海洋水産省(DKP)、情報通信省(KOMINFO)、公共事業省(PU)、内務省(MENDAGRI)、技術評価応用庁(BPPT)、国家防災庁(BNPB)、気象気候地球物理庁(BMKG)、国家測量庁(BAKOSURTANAL)、バンドン工科大学(ITB)、火山地質災害軽減センター(PVMBG)		
日本側協力機関	東京大学地震研究所（ERI）、京都大学防災研究所(DPRI)、東北大学、名古屋大学、富士常葉大学、アジア防災センター(ADRC)等		

II 評価結果

<留意点>

【プロジェクト目標の評価】

本事業の枠組みは、2009 年 5 月にインドネシア及び日本側の双方により署名された討議議事録（R/D）に添付されたマスタープランにより定められていたが、指標は設定されていなかった。しかしながら、事前評価表においては、以下の 3 つの指標がプロジェクト目標の指標として設定された。1) プロジェクト参加者による原著論文の発表件数、2) 設立されるプラットフォームに提出、協議された議題数、3) 設立されるプラットフォームへの参加機関数。終了時評価報告書では、同指標がプロジェクト目標を検証するのに適切ではないとされたが、プロジェクト目標の指標を、1)プロジェクト参加者が行ったプレゼンテーションの数、2) JCC 会議で協議された議題数、3) JCC 会議への参加機関数、として異なる記述をしていた。従って、プロジェクト目標である研究者と行政官の防災協力のためのプラットフォーム強化の達成度を評価する上では、事前評価で設定された指標は適切あることから、本事後評価では当初の指標でプロジェクト目標の達成度を再度見直すこととした。

【想定された上位目標の評価】

討議議事録（R/D）において、想定された上位目標は設定されていたものの、その指標は設定されていないため、想定された上位目標の達成度は、火山噴火、地震及び津波といった災害への政府対応実績並びに、現地住民の避難や災害による死者の削減を含む、地域レベルでの防災・減災の実績で評価した。

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

1 妥当性 【事前評価時・事業完了時のインドネシア政府の開発政策との整合性】 本事業は、「国家中期開発計画」(2005年～2009年及び2010年～2014年)、「国家防災行動計画」(2006～2009年)、「環境及び自然災害に関する国家優先課題9」及び「国家災害管理計画」(2010～2014年)という、自然災害に対する国家の強靱性の構築及び災害時の人々及び資産の安全の確保、及び防災体制の確立に向けた、インドネシアの開発政策に整合していた。 【事前評価時・事業完了時のインドネシアにおける開発ニーズとの整合性】 本事業は、地震及び津波といった自然災害の被害を軽減するための災害予測、災害対策、緊急時対応及び復興という、インドネシアの開発ニーズに整合していた。 【事前評価時における日本の援助方針との整合性】 本事業は、平和と安定に向けた支援を重点とする、「対インドネシア国別援助計画」(2004年)、及び開発途上国の開発政策における防災をより重視する、「ODAを通じた防災協力イニシアティブ」(2005年)に整合していた。 【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】 事業完了時点までに、プロジェクト目標は達成されなかった。本事業参加者による原著論文の発表は、全部で50論文であった(指標1)。プラットフォームに提出・協議された議題数(指標2)及びプラットフォームへの参加機関数(指標3)は、プラットフォームが設立されなかったため確認できなかった。 【プロジェクト目標の事後評価時における継続状況】 本事業の効果は、事後評価時点において一部継続している。2012年以降、13の学術研究論文が、大半の元カウンターパート機関から発表された(指標1)。特定のプラットフォームは設立されなかったため、関係者間の非公式な協議が不定期に行われた(指標2及び指標3)。なお、実施中のSATREPS事業である、「火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究」は、火山学の分野での関係機関間の協議の促進につながっている。 火山噴火、地震及び津波に関する公式ハザードマップ(火山地質災害軽減センター)、防災地域情報データベース、「災害と社会情報マッピングシステム」(ウェブGIS上で公開)及び、学校防災教育ガイドラインを含む、研究成果は、関係機関により継続的に利用されている。特に、火山地質災害軽減センターは、上記の現在実施中のSATREPS事業にも継続して関与している。また、活断層研究も継続されている。インドネシア科学院によると、これらの公式ハザードマップは「地震源とリスク(書籍・地図)2017年版」(SNI:インドネシア国家規格)の情報源となった。「地震源とリスク(書籍・地図)2010年版」で、81の活断層から構成されていたものが、2017年版では295活断層からの構成となった。さらに、インドネシア科学院は、2012年のパダン市の都市計画規定の改訂にあたり、パダン市の液化化マイクロゾーニング・マップ(公式ハザードマップより)が考慮されたとしている。学校防災教育ガイドライン、災害意識向上プログラム、災害リスク軽減教育については、国家防災庁、ユネスコ(UNESCO)、気象気候地球物理庁、国家防災庁防災局、チレゴン市、マタラム市、ランブン市、パル市、アンボン市といった機関が参照し、利用している。バンドン工科大学によると、本事業の研究成果は、インドネシアの国家地震ハザードマップの情報源となっている。 活火山に設置されたデータロガー等、火山地質災害軽減センターが管理する機材は、火山活動のモニタリングに利用されている。また、バンドン工科大学に設置された固定加速度計、携帯加速度計、パソコン、アダプターを含む機材は、学生の授業で利用されている。 【上位目標の事後評価時における達成状況】 上位目標は、事後評価時点で達成された。火山噴火、地震及び津波の災害予測に関しては、パダン市のハザードマップは、津波リスク地域の周知及び道路計画のために活用されている。また、レンバン断層(バンドン)の古地震の痕跡の発見は、バンドン市役所の都市開発計画の策定の際に影響を及ぼした。コミュニティ防災活動については、インドネシア科学院(LIPI)、国家防災庁、地方政府等、一部機関により継続されている。防災教育については、グループ5により多くの活動が実施された。一例として、2018年2月に南ジャカルタ市のテトゥン・ブナヤ小学校で防災教育が実施された。別の例としては、アンボン市の津波ハザードマップが、同市の複数の地域の小学校やコミュニティに導入された。 さらに、本事業の成果から、複数の政策・プログラムが策定された。例えば、公共事業・国民住宅省は、本SATREPS事業に参加した組織横断チームが支援した「地震源とリスクマップ」を2010年及び2017年に続けて発表した。インドネシア政府は、津波ハザード分析の結果を防災・減災重点地域の設定及び津波が起きやすい地域での防災・減災のロードマップ(指針)の策定に活用した。パダン市役所は、2012年の都市空間計画規則の改定に液化化ハザードマップを含めた。 【事後評価時に確認されたその他のインパクト】 事後評価時点において、いくつかの正のインパクトが確認された。本事業の研究成果の一つは、災害管理においてジェンダー分析の重要性を明らかにしている。インドネシア科学院によると、本成果は、政策立案者(国家開発企画庁、国家防災庁)のジェンダー配慮とともに、「ジェンダーと災害」に関するさらなる研究に影響を与えた。防災教育のインパクトに関しては、古地震及び古津波分野において、本SATREPS事業に参加した研究者が、複数の大学において多数の学生を育成している。本事業は、入手可能な材料で既存住宅の耐震補強を行う手法とともに、地震及び津波災害地域の地形調査の実施方法や重要データ収集方法を紹介した。研究者の能力は、研修、学会、また、機材据付け・維持管理の実地を通じて向上された。火山地質災害軽減センターにおける、より深い分析を可能とするより詳細なデータの蓄積が行われたことにより、災害モニタリングシステムの発展が、解析の向上につながった。火山地質災害軽減センターは、本事業を通じて学んだことを、特に、火山活動の評価などの業務に適用できるようになっている。地質調査に関しては、火山地質災害軽減センターのデータベースに調査結果は蓄積され、いつでも評価の材料や将来の参考研究としても利用できるようになっている。本事業で得た、多様な分野の横断的知識は、非常に役立つものである。社会科学系のグループについては、自然災害リスク(特に、地震及び津波)について学び、より一般にわかりやすい情報に変換できるようになった。こうした事象は、研究者や関係者間の学際的な連携・ネットワーク化に基づくサステナビリティ学(持続性科学)の重要性を示すものである。また、本事業により、災害対応への適切な技術を設計する研究者の能力が向上した。本事業への参加により、日本の大学での博士課程への入学など、インドネシアの若手研究者の教育水準の向上が見られた。加えて、本SATREPS事業に参加した研究者によって創始された、ITBの「地震・地殻変動に係る研究大学院(GREAT)」が、研究技術・高等教育省から、地震に関する「センター・オブ・エクセレンス(先端研究拠点)」として指定された。
--	---

【評価判断】

以上より、本事業の有効性・インパクトは中程度である。

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) 災害リスク軽減に関与する研究者と行政関係者との協力の場となるプラットフォームを強化する。	(指標1) 事業参加者による原著論文の発表件数	達成状況：達成（継続） (事業完了時) ● 合計 50 本の原著論文が発表された。 (事後評価時) ● 2012 年～2017 年の期間に 13 本の学術研究論文が発表された。
	(指標2) 設立されるプラットフォームに提出、協議された議題数	達成状況：未達成（一部継続） (事業完了時) ● 公式なプラットフォームは設立されなかった。 (事後評価時) ● 特定のプラットフォームはなく、事業完了後、非公式な協議は行われている。 ● 2011 年の東日本大震災後に、仙台で J-Rapid 会議というプラットフォームが開催され、プロジェクト参加者が出席した。J-Rapid は日本あるいは国際的に重要性を持つ緊急対応が必要な事情に対し、海外の研究資金配分機関や研究機関と共同して行われる国際共同研究・調査を支援するプログラムで、同会議では、(1)住民避難行動、(2)科学者の責任及び住民知識についての住民の理解、(3)2012 年 4 月 11 日に発生したインド洋地震後の避難についての調査、(4)被害を受けた沿岸地域の中から選択された現場の視察計画、が議題となった。同会議は事業完了後に関係者が再度参集し、協力関係を再確認する機会となった。 ● 「火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合的研究」が、関係機関間の火山学分野についての連携を促進した。
	(指標3) 設立されるプラットフォームへの参加機関数	達成状況：未達成（一部継続） (事業完了時) ● 公式なプラットフォームは設立されなかった。 (事後評価時) ● 事業完了後、特定のプラットフォームは設立されなかった。本事業に関連する非公式会合のみ開催されている。例として (1) ITB、PNPB 及び BMKG が行ったバルやパダン地域の津波ハザードマップ作成に関する協議や (2) ITB、BNPB、BPBD マルク、BPBD スラム、BPBD アンボンが行ったアンボンやスラム地域の津波ハザードマップ作成に関する協議等がある。他にもインドネシア科学院、エネルギー・鉱物資源省地質庁、地理空間情報庁、技術評価応用庁が非公式会合に関与した。
(想定された上位目標) 災害予測能力の強化及び強靱な社会に向けた地震、津波、火山災害に対するコミュニティ対応力の強化。	なし	達成状況：達成 (事業完了時) ● 火山噴火、地震及び津波の災害予測：パダンのハザードマップ及びレンバン断層（バンドン）の古地震の痕跡が活用されている。 ● コミュニティ災害対応：インドネシア科学院及び国家防災庁等の複数の機関は、コミュニティ災害対応に関する活動を継続している。マナド、バンテン、パダン、バントウルでは、津波早期警報システム及び津波避難訓練を継続している。

(出所) 終了時評価報告書、インドネシア科学院、技術評価応用庁、火山地質災害軽減センター、バンドン工科大学、研究技術・高等教育省から提供された情報

3 効率性

事業期間は計画内に収まった（計画比：100%）が、2009 年 9 月のパダン地震、2010 年 10 月のムンタワイ津波、2011 年 3 月の東日本大震災・津波といった災害に関する追加研究活動により、事業費は計画をわずかに超えた（計画比：107%）。アウトプットは計画どおりに達成された。よって、本事業の効率性は中程度である。

4 持続性

【政策制度面】

「2018 年省規則第 40 号国家研究重点事項 2017 年～2019 年」では、研究技術・高等教育省の重点事項の一つとして、災害管理が掲げられている。また、国家防災庁、気象気候地球物理庁及び技術評価応用庁は、津波減災のロードマップ実施に向けた「津波軽減」（2012 年～2015 年）を発表した。

【体制面】

上述の通り、事業実施期間中における実施体制のような、関係機関を調整するプラットフォームは存在していない。現在は、災害管理に関する調整役は、国家防災庁が所管しているが、研究及び技術に関連する行政を所管し、本 SATREPS 事業において社会実装に係る事業活動を担った、研究技術・高等教育省は人材開発・文化調整担当省の傘下にある。火山地質災害軽減センターの役割の一つが、インドネシアの地質災害に係る全ての政府機関との調整である。火山地質災害軽減センターから地方政府やコミュニティに技術的提言がなされるまで、全てのモニタリング及び研究結果は、火山活動の評価に活用されている。バンドン工科大学の災害軽減センターは、研究及び災害軽減、政府への提言の責任を担っている。同センターには、15 名以上の研究者及び 6 名事務官からなる、十分な人員構成となっている。インドネシア科学院・地質工学研究センターは地質工学に関する研究活動を行っているが、人員に関する情報は入手できなかった。

【技術面】

本事業に参加した研究機関・組織は、関連する研究活動を継続する研究能力を維持している。インドネシア科学院・地質工学研究センターは、研究プログラムに古地震の研究を引き続き含めている。バンドン工科大学及びインドネシア科学院は、

本事業の研究成果を基に新しい研究プログラムを策定した。また、研究機関・組織は、本事業で整備された研究・モニタリング機材の運営維持管理に必要なスキル・知識を維持している。本事業で設置された火山を観察するための地震計は、火山地質災害軽減センターにより引き続き運営維持管理されている。

【財務面】

インドネシア科学院・地質工学研究センターは、2012年～2014年に、パダン及びバンド・アチェにおける微動手法を用いた地震マイクロゾーニング調査の研究費用を引き続き提供した。予算総額は約5億ルピアであった。2015年～2018年には、バンドン地域での微動手法を用いた地震マイクロゾーニング調査にも、研究予算3億ルピアが割り当てられている。インドネシアの研究者の能力維持・向上のため、研究技術・高等教育省及び海外パートナーによる、防災分野への共同研究資金もいくつか存在する。

本事業で設置されたモニタリング機材については、火山地質災害軽減センターが維持管理費を提供している。同センターは、現在実施中のSATREPS事業の財源も確保している。なお、残念ながら、同センターの予算は政府の方針により削減された。火山地質災害軽減センターは、実施中のSATREPS事業の活動を引き続き行えるよう予算の最適化を図っており、JICAも十分な資金を本活動に提供している。技術評価応用庁は、津波の流れと威力を測る津波実験のための機材を供与されたが、現在でも機材は利用可能なため、維持管理の費用は確保されていない。本事業の関係機関の多くは、本事業で提供された機材の維持管理費は確保しているとしているが、その事実を裏付けるデータはない。関係機関は、機材を継続して活用しており、運営維持管理費の内部予算で賄っているとしている。

関係機関は、政策が実行されれば、政策/プログラムの実施のための予算が並行で充てられ、財源は内部予算から賄うことになるとしている。

【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、プロジェクト目標は達成されなかったものの、上位目標は地震及び津波の災害についての継続的な研究及びに本事業で得た研究成果に基づく災害管理の継続的な活動を通じて達成している。持続性については、特定のプラットフォームは設立されていないものの、研究機関・組織は、組織体制、技術力及び必要な予算を維持している。効率性については、事業費が計画よりもわずかに超えた。

以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は高い。

III 提言・教訓

実施機関への提言：

(インドネシア科学院及び火山地質災害軽減センター)

異なる分野の研究の連携を促進するためには（例えば、技術及び社会分野）、共同研究プログラムを策定することを推奨する。2つ以上の関連組織が、学際的な課題に対する研究を協力して行うことが可能となる。これにより、研究者の能力を強化し、同時に包括的な研究成果をもたらすことになる。

(インドネシア科学院、気象気候地球物理庁、火山地質災害軽減センター及びバンドン工科大学)

地震及び関連する災害に関する研究の促進に向けて、本 SATREPS 事業に参加した主要な機関の他、国家開発企画庁やその他大学などを巻き込んだ、災害軽減に係る研究の国家プラットフォームを設置することを提言する。

JICA への教訓：

SATREPS 事業の実施では、技術/工学的なテーマから社会的な事象まで、学際的なアプローチを包含することになる。事業管理メカニズムである合同調整委員会の会合を通じて、各分野の研究者がお互い異なるテーマについて学ぶことができる。また、1つの特定の課題にとどまらず、災害関連の課題に異なる側面から、研究者それぞれのアプローチに影響を与えることができる。本事業では設立に至らなかったが、研究者と政府機関での学際的な議論を促進するためのプラットフォームのような機能をもつ、持続的なメカニズムの構築が重要である。また、関係者の持続的な関与及び十分な調整を確保するため、プラットフォームに参加する各メンバー機関や関係者によりそれぞれ予算化されたサブプログラムで構成される、「共同プログラム」の設置を検討することが望まれる。



バンドン工科大学生命科学部前に設置された
固定加速度計



バンドン工科大学火山地質災害軽減センターの研究室に設置された浄水器と Barnstead の超純水造装置 (NANOpureDiamond)