

国名	ベトナムにおける幹線交通網沿いの斜面災害危険度評価技術の開発
ベトナム	

## I 案件概要

事業の背景	ベトナムは、活発な地殻変動に起因する危険な割裂の存在する広大な山岳地域を有し、また、地盤に重大な劈開を伴う複雑な地質構造を有していた。さらに、太平洋に面して熱帯モンスーン気候の影響を受け、年間平均降水量は年間 3,000～4,500 mm に達していた。このため、地すべり現象はベトナムで最も深刻な自然災害の 1 つであると言われていた。統計によると、雨期後の道路に崩落する土砂量は毎年数十万 m <sup>3</sup> に達しており、幹線交通網の閉鎖によって深刻な経済損失をもたらすだけでなく、災害により人的被害が発生することで、山岳地域のコミュニティにも影響を与えていた（数値は事前評価時）。												
事業の目的 <sup>2</sup>	<p>本事業は、ベトナムにおいて、(i) 広域地すべりマップ作成と地すべり危険地域の特定、(ii) 土質試験とコンピュータシミュレーションに基づく斜面災害危険度評価技術の開発、(iii) 地すべりモニタリングに基づく早期警戒技術の開発、及び (iv) 開発された斜面災害危険度評価技術の社会実装のための統合ガイドラインの策定を通じて、すべてのワーキンググループ (WG) *の成果を組み込んだ幹線交通網沿いの斜面災害を軽減するための斜面災害危険度評価技術の開発及び当該技術の効果的活用のための人材育成を図り、もって、開発した斜面災害危険度評価技術及び早期警報システムがベトナムの幹線交通網の安全確保に貢献できるように社会的実用の実現に寄与することを目指す。</p> <p>*前掲の (i) マッピング/地形、(ii) 試験/予測、(iii) モニタリング/計測のための 3 つの WG が設立された。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>想定された上位目標：ベトナムの幹線交通網の安全確保に貢献するために、開発された斜面災害危険度評価技術と早期警報システムの社会的実用が実現される。</li> <li>プロジェクト目標：日本の先進的な技術を基に、ベトナムにおける幹線交通網沿いの斜面災害を軽減するための斜面災害危険度評価技術が共同開発されるとともに、当該技術を効果的に活用できる人材が育成される。</li> </ol>												
実施内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>事業サイト：フエとダナンの間の国鉄ハイバン駅裏の斜面及び A Luoi Town と Thanh My の間のホーチミンルート。</li> <li>主な活動：(i) 広域地すべりマップ作成と地すべり危険地域の特定、(ii) 土質試験とコンピュータシミュレーションに基づく斜面災害危険度評価技術の開発、(iii) 地すべりモニタリングに基づく早期警戒技術の開発、及び (iv) 開発された斜面災害危険度評価技術の社会実装のための統合ガイドラインの策定。</li> <li>投入実績                     <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">日本側</td> <td style="width: 50%;">相手国側</td> </tr> <tr> <td>(1) 専門家派遣 2 人(長期)、51 人(短期)</td> <td>(1) カウンターパート配置 53 人</td> </tr> <tr> <td>(2) 研修員受入 6 人(長期)、7 人(短期) *本邦研修</td> <td>(2) オペレーションコスト</td> </tr> <tr> <td>(3) 機材供与 リングせん断試験機、トータルステーション、全球測位衛星システム (GNSS)、伸び計等</td> <td></td> </tr> <tr> <td>(4) オペレーションコスト</td> <td></td> </tr> </table> </li> </ol>			日本側	相手国側	(1) 専門家派遣 2 人(長期)、51 人(短期)	(1) カウンターパート配置 53 人	(2) 研修員受入 6 人(長期)、7 人(短期) *本邦研修	(2) オペレーションコスト	(3) 機材供与 リングせん断試験機、トータルステーション、全球測位衛星システム (GNSS)、伸び計等		(4) オペレーションコスト	
日本側	相手国側												
(1) 専門家派遣 2 人(長期)、51 人(短期)	(1) カウンターパート配置 53 人												
(2) 研修員受入 6 人(長期)、7 人(短期) *本邦研修	(2) オペレーションコスト												
(3) 機材供与 リングせん断試験機、トータルステーション、全球測位衛星システム (GNSS)、伸び計等													
(4) オペレーションコスト													
事業期間	2011 年 11 月～2016 年 11 月	事業費	(事前評価時) 323 百万円、(実績) 377 百万円										
相手国実施機関	交通省、交通科学技術研究所 (ITST)												
日本側協力機関	国際斜面災害研究機構、森林総合研究所、東北学院大学												

## II 評価結果

### 【留意点】

本事業の終了時評価では、プロジェクト目標指標1（「マッピング/地形・試験/予測・モニタリング/計測の各成果を統合することにより、場所、深度、土砂量、地すべり運動速度などの斜面災害危険度が評価される。」）の達成状況を、3つのWGによる研究及び各成果の統合ガイドラインへの統合の進捗度をもって判断した。終了時評価と同じ視点を維持するために、本事後評価では、同じ評価判断基準を使った。

1 妥当性
<p><b>【事前評価時のベトナム政府の開発政策との整合性】</b>                  本事業は事前評価時、自然災害の防止・対応・緩和を経済・社会開発の優先課題に掲げる「自然災害の防止・対応・緩和のための国家戦略 2020」や「調査、設計、建設、引渡し及び維持管理に係る研究実施と基準の確立」を主要な解決策の一つとする「国家交通戦略 2020」等のベトナム政府の開発政策と整合性があった。</p> <p><b>【事前評価時のベトナムにおける開発ニーズとの整合性】</b>                  本事業は、事前評価時、「事業の背景」で記したように、斜面災害危険度評価技術の開発に係るベトナムの開発ニーズと合致していた。</p> <p><b>【事前評価時における日本の援助方針との整合性】</b>                  本事業は「対ベトナム国別援助計画（2009年）」における援助の柱のうち、「経済成長促進・国際競争力強化」分野では、運輸交通インフラの整備能力及び品質・安全管理能力強化及び運営維持管理能力強化に向けた支援、ならびに国境を超える交通の円滑化のための支援と整合性があり、「社会・生活面の向上と格差是正」分野では、中央と地方行政のための災害応答</p>

<sup>1</sup> 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。

<sup>2</sup> 事業の目的については、公式版である英文により合致するように、和文報告書に記載されたものの表現を一部調整している。

の能力を強化するための支援と整合性があった。

【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】

本事業は、事業完了時にプロジェクト目標を達成した。3つのWG（マッピング/地形・試験/予測・モニタリング/計測）は各研究を完了し、所期の目的を達成した。その成果を取りまとめた「斜面災害危険度評価統合ガイドライン」案（全33章）が作成され、交通省に提出された。なお、同案は、事業完了後に、交通省の協議過程で最終化されることが期待されていた（指標1）。斜面災害危険度評価分野におけるITST職員の能力は、共同研究への参加を通じて向上した。また、本邦研修を通じて、6人のITST研究者が、地形、予測、または計測の分野で上級学位（博士号1人、修士号5人）を取得した。彼らはITSTに復帰後は、同僚へのベトナム語での説明と共同作業にあたり、ITST職員の全体的な能力向上に顕著に貢献した。なお、事業完了までに、もう1人のITST研究者が上級学位を取得した（指標2）。

【事業効果の事後評価時における継続状況】

本事業の効果は継続している。ITSTは、本事業の開発技術及び供与機材（地すべりモニタリング用機材の一部を除く）<sup>3</sup>を用いて、研究成果に関連する研究活動を継続している。たとえば、ハイバン駅における地すべりモニタリングは、交通省の承認を得て、2019年まで継続した。ITSTは、事業実施中・後のモニタリング結果をとりまとめて、本事業の「斜面災害危険度評価統合ガイドライン」案を参照した「大規模斜面災害早期警戒統合ガイドライン」案の作成及びハイバン地域の地すべり警報発令基準（基準雨量等）の開発を行い、これらを交通省に提出した。交通省はベトナム鉄道に対し、ITSTの開発した基準値を用いたハイバン地域の斜面災害危険度のモニタリング及び斜面災害リスクの緩和策の作成を指示した。ITSTは、さらに、交通省に、ハイバンにおける継続モニタリングの結果に基づく「斜面災害危険度評価の統合ガイドライン」案の改訂及び改訂ガイドラインに基づく基本基準<sup>4</sup>の策定に関するプロポーザルを提出した。2020年8月、交通省は基本基準開発に係るITSTのプロポーザルを承認するとともに、ITSTに対して、開発した基本基準の中からベトナム基準<sup>5</sup>に昇格可能なものを提案するよう要請した。ITSTは、また、セミナー・技術交流・会議を通じて、関連政府機関、民間部門、その他の研究機関にも研究成果を共有している。その結果、ベトナム道路局は、道路技術マニュアル（幹線交通網沿いの斜面災害を含む）作成に際して地すべりのマッピングやハイバン駅のモニタリングデータを活用した。ベトナム鉄道は、斜面災害リスクの緩和策の策定に際し、地すべりのリスク分布・メカニズムやハイバン駅のモニタリングデータに関する研究成果を活用中である。また、ラオカイ省農業農村局は、斜面災害リスクに対する地域コミュニティの能力向上事業（2020年～2023年）に地すべりマッピングを活用中である。さらに、本事業の研究成果に基づいて、4つの新規研究事業が、自然科学大学-ベトナム国立大学、科学技術省、国際斜面災害研究機構-JICA<sup>6</sup>、及びITST-東北学院大学によって開始されている。ITSTの研究者は、本事業で向上した研究能力を、斜面災害関連研究への参加、他機関への斜面災害リスク管理に係る助言、博士課程進学（事業完了後の博士号取得3人、在学中3人）を通じて、維持・向上させている。

【想定された上位目標の事後評価時における達成状況】

想定された上位目標は達成されている。本事業で開発した斜面災害危険度評価技術と供与機材ならびに本事業完了後にITSTが開発・交通省がベトナム鉄道に活用を指示したハイバン地域の地すべり警報発令基準（基準雨量等）によって、ハイバン地すべり地域の早期警報システムが確立された（指標1）。また、ベトナムの事業サイト内外の各3カ所において、斜面災害危険度が抽出・評価された（指標2）。

【事後評価時に確認されたその他のインパクト】

負のインパクトは確認されていない。ITSTによればその他の正のインパクトが発現している。関連政府機関の科学リテラシーは、本事業の関連研究のプロポーザル承認や報告書の検討を通じて向上した。また、ハイバン駅における3年間のモニタリング（2017年～2019年）において、ITSTはモニタリングデータをベトナム鉄道に定期的に共有するとともに、ベトナム鉄道に対して、基準雨量等の一定の基準（交通省がベトナム鉄道に活用を指示した基準と同じもの）を用いた斜面災害リスクの定期モニタリングの計画作成や必要に応じた雨季の列車運行スケジュールの調整を提案した。ベトナム鉄道はITSTの提案を取り入れた。この3年間、ベトナム鉄道に斜面災害危険度が十分に共有され、台風シーズンの鉄道の安全性が確保された。

【評価判断】

よって、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 日本の先進的な技術を基に、ベトナムにおける幹線交通網沿いの斜面災害を軽減するための斜面災害危険度評価技術が共同開発されるとともに、当該技術を効果的に	(指標1) マッピング/地形・試験/予測・モニタリング/計測の各成果を統合することにより、場所、深度、土砂量、地すべり運動速度などの斜面災害危険度が評価される。	達成状況：達成（継続） (事業完了時) ・マッピング/地形・試験/予測・モニタリング/計測の各成果を総合することにより、斜面災害危険度評価技術が開発され、総合ガイドライン案が策定された。 (事後評価時) ・ITSTは本事業の開発技術と大部分の供与機材を用いて、ハイバン駅の継続モニタリング（2017年～2019年）を含む地すべり関連研究を継続している。また、本事業の研究成果を他の研究機関、政府機関、民間部門と共有している。 ・他の研究機関が、本事業の研究成果をもとに新たな研究を開始している。

<sup>3</sup> 雷害により、2016年の事業完了前に孔内傾斜計が、2018年に5台中2台のGNSSが故障したが、ITSTは本事業の経験を用いてモニタリングの継続方法を見出し、必要なデータはその他の供与機材で収集できたために、修理・交換はされていない。なお、2019年にハイバンの地すべりモニタリングが完了したため、供与機材は、事後評価時点で、一時的に活用されていなかった。しかしながら、ITSTは、交通省に対して、本事業実施中・完了後に開発した斜面災害評価モデルの他の幹線交通網への普及に係るプロポーザルを提出しており、プロポーザルが交通省に承認されれば、供与機材は再び活用されることになる。

<sup>4</sup> ベトナムにおけるセクターの技術基準。

<sup>5</sup> ベトナムの国家基準。

<sup>6</sup> 技術協力「スリランカにおける降雨による高速長距離土砂流動災害の早期警戒技術の開発」（2020年～2025年）を通じた研究。

活用できる人材が育成される。		<ul style="list-style-type: none"> <li>ITST は、交通省に対して、ハイバンのモニタリングデータ（2017年～2019年）に基づく本事業で開発した統合ガイドライン案の更新及び更新ガイドラインに基づく斜面災害危険度評価の基本標準の開発に係るプロポーザルを提出し、交通省はプロポーザルを検討中である。DRVN/ベトナム鉄道は研究成果を斜面災害軽減のために活用した/活用中である。</li> <li>※想定された上位目標の実績も参照のこと。</li> </ul>						
	(指標2) 斜面災害危険度評価分野におけるITST職員の能力が強化される。	<p>達成状況：達成（継続） (事業完了時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>斜面災害危険度評価分野における ITST 職員の能力は共同研究への参加を通して強化された。</li> <li>本邦研修で上級学位を取得した ITST の研究者は ITST に戻った後、同僚にベトナム語で説明し、同僚と協働した。</li> </ul> <p>(事後評価時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ITST の研究者は、本事業で向上した研究能力を、斜面災害関連研究への参加、他機関への斜面災害リスク管理に係る助言、博士課程進学を通じて、維持・向上させている。</li> </ul>						
想定された上位目標 ベトナムの幹線交通網の安全確保に貢献するために、開発された斜面災害危険度評価技術と早期警報システムの社会的実用が実現される。	<p>(指標1) 本事業の技術と機材により、ハイバン地すべり地域の早期警報システムが確立される。</p> <p>(指標2) 対象地域内外における斜面災害危険度が抽出・評価される。</p>	<p>達成状況：達成 (事後評価時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>本事業で開発した斜面災害危険度評価技術と供与機材ならびに本事業完了後に ITST が開発し、交通省がベトナム鉄道に活用を指示したハイバン地域の地すべり警報発令基準によって、ハイバン地すべり地域の早期警報システムが確立された。</li> </ul> <p>達成状況：達成 (事後評価時)</p> <p>&lt;ITST によって斜面災害危険度が抽出・評価された斜面&gt;</p> <table border="1" data-bbox="596 779 1453 889"> <tr> <td>事業サイト (=対象地域)内</td> <td>ハイバン駅、国道7号線、ホーチミン国道</td> </tr> <tr> <td>事業サイト外</td> <td>国道6号線、国道40号線、Ha Long-Van Don 高速道路</td> </tr> <tr> <td>(参考) ベトナム国外</td> <td>ラオス国の Xekman 水力発電所</td> </tr> </table>	事業サイト (=対象地域)内	ハイバン駅、国道7号線、ホーチミン国道	事業サイト外	国道6号線、国道40号線、Ha Long-Van Don 高速道路	(参考) ベトナム国外	ラオス国の Xekman 水力発電所
事業サイト (=対象地域)内	ハイバン駅、国道7号線、ホーチミン国道							
事業サイト外	国道6号線、国道40号線、Ha Long-Van Don 高速道路							
(参考) ベトナム国外	ラオス国の Xekman 水力発電所							

(出所) 終了時評価報告書、日本科学技術機構終了時評価報告書、ITST への質問票及び聞き取り調査。

### 3 効率性

本事業の協力期間は計画内に収まったが、協力金額は計画を上回った（計画比：100%、117%）。アウトプットは計画どおり産出された。よって、効率性は中程度である。

### 4 持続性

#### 【政策面】

「妥当性」で示した「自然災害の防止・対応・緩和のための国家戦略 2020」及び「国家交通戦略 2020」は引き続き有効である。

#### 【制度・体制面】

研究成果の活用に必要な組織体制は十分に確立されている。地すべり関連研究には、交通省、ITST、ベトナム運輸地すべり協会 (VLAT)、及び大学が関与している。交通省は、大学や研究機関から出される研究プロポーザルや政策提言の評価、ならびに予算配分を担当する。大学・ITSTを含む研究機関は、個別または共同研究を行い、VLATは、研究レポートに対するコメントを求められる。研究成果は、ITSTによる研修コースやセミナーを通じて地方自治体にも共有される。さらに、ITSTは斜面災害を含む災害対策の専門機関として地盤災害防止研究所を設立しており、研究成果の活用・発展を、本事業に参加した研究者・供与機材を活用して行っている

#### 【技術面】

ITST の研究者は、「有効性・インパクト」で記したように研究能力を維持・強化しており、交通省は、研究プロポーザルの評価・研究レポートの承認・ワークショップやセミナーへの参加を通じて、科学リテラシーを維持・強化している。ITST の研究者はまた、ハイバン駅地すべり地の継続的なモニタリングや新規研究を通じて、供与機材を適切に運用・維持管理に必要な技術・知識を維持・強化している。

#### 【財務面】

ITST は、関連研究活動の継続・開始に必要な資金を、交通省からの予算配分及び ITST 自身の財源によって確保してきた。供与機材の定期的な運用・維持管理及び小規模な修理・交換に必要な予算も十分確保されてきた。また、ITST は、交通省に提出した基本基準開発のプロポーザルが承認されたため、協議・評価会議に必要な予算を自身の財源から負担するとしている。

#### 【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（「日本の先進的な技術を基に、ベトナムにおける幹線交通網沿いの斜面災害を軽減するための斜面災害危険度評価技術が共同開発されるとともに、当該技術を効果的に活用できる人材が育成される」）を達成した。事業効果は継続し、上位目標（「ベトナムの幹線交通網の安全確保に貢献するために、開発された斜面災害危険度評価技術と早期警報システムの社会的実用が実現される」）も達成した。持続性については、政策面、制度・体制面、技術面、財務面、いずれも問題がない。効率性については、協力金額が計画を上回った。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といえる。

## III 提言・教訓

実施機関への提言：

- ITST は、本事業の研究成果の活用拡大のため、交通省に対して、基本基準開発に係るプロポーザルの承認について継続的に働きかけること。
- ITST は、今後、設置される機材には、雷その他の天候による影響を防ぐために必要な措置を講じること。

JICA への教訓：

・事業実施中及び実施後に一部の供与機材が雷により故障したが、予防措置はとられていなかった。高地で気象災害が生じやすい場所に機材を設置する際には、機材の保護のために、避雷針の設置等、何らかの予防措置を講じるべきであった。



ITST におけるデータ解析



ハイバン地域におけるモニタリング