

## 事業事前評価表

国際協力機構 地球環境部 防災グループ

### 1. 案件名（国名）

国名： ベトナム社会主義共和国（ベトナム）

案件名： 広域・高精度土砂災害シミュレータを活用した早期警戒システムのデジタル化と対策工の費用対効果の可視化

The Project on Integrated Risk Assessment and Digitalised Community-based Early Warning System for Landslides and Debris Flows in Central Vietnam: Harnessing Remote sensing Technologies and Evaluating Mitigation with Cost-Benefit Analysis in Hue.

### 2. 事業の背景と必要性

（１）当該国における防災セクターの開発の現状・課題及び本事業の位置付け  
ベトナムは、台風の襲来に加え、狭隘な低地と急峻な山岳からなる地形的な条件から、大雨に伴う洪水も頻発しており、毎年、気象災害による大きな被害を受けている。また近年は豪雨による土砂災害（Flashflood and Landslide）<sup>1</sup>の発生高頻度化により大きな経済的・人的被害<sup>2</sup>をもたらしている。2024年9月の台風ヤギでは、北部山岳地域での土砂災害やハノイを流れる Hong 川でも洪水が発生するなど、これら自然災害による人命及び社会経済資本の損失を防止するために砂防堰堤建設による対策の充実が喫緊の課題となっており、JICA が土石流対策工の実例がないベトナムで実施する技術協力「ベトナム北部山岳地域のフラッシュフラッドと地すべりによる被害の対処・最小化のための能力強化プロジェクト」（2022-2025）での活動も踏まえ、砂防施設を含む事前防災投資への重要性を掲げている。

ベトナム政府は、2013年に「防災法」を策定し、災害の予防、被害軽減、緊急対応の効率的実施を目標としている。2020年には同法の改訂により政策面においては科学技術開発や人材育成の重点化等が追記されたほか、防災対策の項目に土砂災害対策が追加されるなど、防災政策における土砂災害対策の重要性は高まっている。中央政府の防災政策を担う農業環境省（Ministry of Agriculture and Environment。以下「MAE」という。）堤防管理・防災局（Vietnam Disaster

<sup>1</sup> ベトナムでは、“Flash flood”は、山間部の溪流や急流河川において発生する土石流及び土砂を多く含む洪水氾濫を含む。また、“Landslide”は、地すべりに加え、崩壊も含む。本事業で「土砂災害」との記載は、土石流と表層崩壊を指す。

<sup>2</sup> 2001年～2019年までのベトナム全土の土砂災害による死者数は合計735名（出典：「ベトナム国 ベトナム北部山岳地域における土砂災害対策に関する情報収集・確認調査ファイナル・レポート」2021年4月）。

and Dyke Management Authority。以下「VDDMA」という。)は、これまで応急対応中心であった土砂災害対策を事前防災投資に転換させようとしている。また、2021年には国家防災戦略(2021-2030)が首相によって承認され、「自然災害被害の事前対応及び削減に向け、自然災害の予防・コントロール、気候変動適応に向けた能力向上を図る」ことを実施計画として、「法、政策の策定・適用、防災意識の啓蒙、自然災害の予防に関するマスタープラン及び計画策定、国際協力の推進と科学技術の適用、インフラ投資」に関する行動を特記している。

このことから、近年気候変動による局地的集中豪雨と土地利用改変により土砂災害リスクが増加していることを理由に先方政府から強い要望が寄せられたフエ市において、土砂災害ハザードマップの作成、地域解像度の高い早期警戒システムの開発、防災アプリの設計・開発、災害リスク軽減効果の定量化手法の開発及び技術者トレーニングプログラムの開発・運用を行う「広域・高精度土砂災害シミュレータを活用した早期警戒システムのデジタル化と対策工の費用対効果の可視化」(以下「本事業」という。)はベトナム政府のこれら戦略や計画に貢献するものとして位置付けられている。

(2) 防災セクターに対する我が国及びJICAの協力方針等と本事業の位置付け、課題別事業戦略における本事業の位置付け

我が国の対ベトナム社会主義共和国国別開発協力方針(2017年12月)では、「脆弱性への対応(成長の負の側面への対応)」を重点分野とし、「気候変動・災害・環境破壊等の脅威への対応」を行うこととしている。また、対ベトナム社会主義共和国JICA国別分析ペーパー(2020年6月)においても、「防災・気候変動への対応」を重点課題としている。さらに、JICAグローバル・アジェンダ「防災・復興を通じた災害リスク削減」では協力方針「事前防災投資実現」、「非構造物対策を含めた防災ガバナンスの強化」を掲げている。このことから本事業はこれら方針、分析及び戦略に合致する。なお、本事業はSDGsのゴール1「あらゆる形態の貧困撲滅」、ゴール11「持続可能な都市」、ゴール13「気候変動とその影響への緊急の対処」等の達成に資する。

(3) 他の援助機関の対応

同国における防災分野の支援として、UNDPが「Improving the resilience of vulnerable coastal communities to climate change related impact in Viet Num(2017年から2025年12月までを予定)」プロジェクトを実施中。フエ市を含め、全国7市/省の海岸線に気象ステーションを設置する他、マングローブ再生事業など、海岸の保護や海岸線沿いのコミュニティにおける台風被害の軽減を図る取り組みを行っている。

### 3. 事業概要

(1) 事業目的

本事業は、ベトナムフエ市において、土砂災害ハザードマップの作成、地域解像度の高い早期警戒システムの開発、防災アプリの設計・開発、災害リスク軽減効果の定量化手法の開発及び技術者トレーニングプログラムの開発・運用を行うことにより、早期警戒システム及び流域リスクを可視化し、対策工効果と経済効率を評価する手法の社会実装を図り、もってベトナム全土における土砂災害リスクの削減に寄与するもの。

(2) プロジェクトサイト／対象地域名

ハノイ市（研究拠点）およびフエ市（ケーススタディサイト）

(3) 本事業の受益者（ターゲットグループ）

直接受益者： トウイロイ大学及び MAE をはじめとする本事業に参加する政府機関の研究者、フエ市灌漑・気候変動局、フエ市科学技術局、ケーススタディサイトの住民

最終受益者： 土砂災害の危険エリアに居住するベトナム国民

(4) 総事業費（日本側）：約 3.7 億円

(5) 事業実施期間：2026 年 8 月～2031 年 7 月を想定（60 か月）

(6) 相手国実施機関

- 研究代表機関：トウイロイ大学
- 協力機関：ベトナム農業環境省地球科学鉱物資源研究所、フエ市農業環境局、フエ市科学技術局 IOC センター、ハノイ土木大学

(7) 国内協力機関

- 研究代表機関：群馬大学
- 共同研究機関：埼玉大学、東京都市大学、株式会社地球システム科学
- その他協力機関：阿南工業高等専門学校、専修大学、森林総合研究所、土木研究所 ICHARM、気象業務支援センター、FPT ソフトウェアジャパン株式会社、奥山ポーリング株式会社、国土防災技術株式会社

(8) 投入（インプット）

1) 日本側

- ① 在外研究員派遣（短期）
- ② 業務調整員（長期）
- ③ 機材供与：高耐久性ドローン、高精度センサー、NDTI 測定マルチスペクトルカメラ搭載ドローン、二重偏波 X バンドレーダ観測データ分析関連機材、MEMS 傾斜計、土壌水分センサー、車両等

2) ベトナム側

- ① カウンターパートの配置
- ② 機材のためのスペース
- ③ 業務調整員のための執務スペースと必要な整備

- ④ プロジェクト活動に必要な各種手配
- ⑤ 参加大学の施設使用許可の手配
- ⑥ プロジェクト活動に必要なデータの提供
- ⑦ 相手国内でのプロジェクト関連活動に係る給与、旅費等
- (9) 他事業、他開発協力機関等との連携・役割分担

#### 1) 我が国の援助活動

JICA は技術協力「ベトナム北部山岳地域のフラッシュフラッドと地すべりによる被害の対処・最小化のための能力強化プロジェクト」(2021-2025)で、北部山岳地域において土砂災害リスク評価、土砂災害リスク削減計画作成、砂防ダムの建設や警戒システムの整備等のパイロット事業の実施を通じ、ベトナム政府の土砂災害対策に関する組織体制の強化を図っている。同事業を通じて、現地の移動可能土砂量を土台に施設配置を検討し、その対策の有用性について技術移転している。これを踏まえ、本事業で開発する可視化モデルを用いた対策の有用性についても行政側に働きかける機会とする。

また、このほか、無償資金協力「水に関連する災害管理情報システムを用いた緊急のダムの運用及び効果的な洪水管理計画」(G/A 締結 2017 年)においてフエ市に設置した X バンド気象レーダを活用する。同レーダからの降雨データが TAG\_FLOW モデルの重要な入力パラメータを構成する。この点において、同無償資金協力事業と密接に連携する。

#### 2) 他の開発協力機関等の援助活動

ドイツ国際協力協会(GIZ)による「降雨による土砂災害リスクマップ構築及び地域住民向け早期警報支援プロジェクト」(2025年から2027年予定)は、土砂災害リスクマップや監視ソフトウェアの開発など、類似した活動を計画している。そのため、相互に情報、教訓の交換といった連携が考えられる。

#### (10) 環境社会配慮・横断的事項・ジェンダー分類

##### 1) 環境社会配慮

① カテゴリ分類：カテゴリ C

② カテゴリ分類の根拠:本事業は「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」(2022年1月版)上、環境への望ましくない影響は最小限であると判断されるため。

##### 2) 横断的事項

本事業は、気候変動による降雨量の変化等のインパクトの軽減に向けて土砂災害対策、早期警報の強化を行うものであり、気候変動への適応に貢献するとともに、気候変動に伴う土砂災害等の異常気象の頻発リスクへの対応としてイン

フラ強化を行うという当国のパリ協定に基づく「自国が決定する貢献（NDC）」における目標と整合するものである。

3) ジェンダー分類：【対象外】■（GI）ジェンダー主流化ニーズ調査・分析案件

<分類理由> 調査にて社会・ジェンダー分析がされたものの、ジェンダー平等や女性のエンパワメントに資する具体的な取組や指標等の設定に至らなかったため。ただし、ケーススタディサイトにおける早期警戒システムの試験導入の際には、女性に特有の課題（コミュニティ内での意思決定、情報アクセス、避難方法等）を調査し、判明した課題に対応できるよう、防災アプリである Hue-S の活用に向けた教訓として採用することを検討する。

（11）その他特記事項

特になし。

#### 4. 事業の枠組み

（1）上位目標：

ベトナムにおいて、地域解像度の高い早期警戒システム（EWS）を導入し、また、対策工の効果・経済効率を評価する手法が開発されることで、土砂災害対策を実施する能力が強化され、全国的な災害リスク削減と DX を活用した事前防災が促進される

指標及び目標値：

本プロジェクトで開発された手法やテクニカルノート（案）を用いて、地域特性に応じた土砂災害リスク削減計画を策定した行政機関の数

（2）プロジェクト目標：

ベトナムフエ市の対象地域において、地域特性に応じた土砂災害リスク削減のための技術基盤が開発され、行政・研究機関の連携を通じた土砂災害リスク削減能力が強化される

指標及び目標値：

1. プロジェクト対象地区において、TAG\_FLOW モデルを中核とする土砂災害のための EWS のデジタル実装が行われ、構造物・非構造物対策のリスク軽減効果とコスト規模が見える化する手法を含むテクニカルノート（案）が作成される
2. プロジェクト対象地区の複数の区・コミューンの行政機関において、TAG\_FLOW モデルあるいはテクニカルノート（案）を活用したワークショップ開催を通じて、土砂災害リスク削減のための能力が向上する

（3）成果

成果 1: 早期警戒システム（EWS）の重要な基盤情報となる高精度な地形・土地

被覆データと斜面変動観測技術により、表層崩壊・土石流を中心とした斜面災害リスク評価が可能となる

- 成果 2: ベイズ推定<sup>3</sup>による地盤モデル化と X バンド気象レーダ等のリアルタイム降雨観測データに基づき、表層崩壊・土石流に対応した土砂災害シミュレータ (TAG-FLOW モデル) が高度化され、活用可能な状況に整備される。
- 成果 3: TAG\_FLOW モデルと連動した EWS がデジタル実装可能な状況に整備され、防災アプリ (Hue-S) を通じて試験運用されることで、対象地域の行政官および同意住民を対象に試験運用が行われ、リスクコミュニケーションと早期避難意思決定能力が強化される
- 成果 4: TAG\_FLOW モデルを活用して、構造物・非構造物対策のリスク軽減効果とコスト規模を可視化し、対策ごとの特徴を比較・検討できる分析手法が開発され、テクニカルノート (案) として共有される
- 成果 5: TAG\_FLOW モデルを理解し、テクニカルノートの技術要素を実践できる人材育成のための土砂災害リスク削減トレーニングプログラムが開設され、地域特性に応じた土砂災害リスク削減に関する能力が強化される

#### (4) 主な活動 :

##### 成果 1 に関するもの

- 1.1 高解像度衛星画像、UAV 測量<sup>4</sup>、GNSS<sup>5</sup>、Lidar を用いて、プロジェクト対象地区の地形測量を実施し、1m 解像度の DEM<sup>6</sup>および、土地被覆分類図を作成する。
- 1.2 衛星画像解析、現地調査、文献調査、インタビューを通じて、表層崩壊・土石流の履歴情報を収集し、分類された GIS ベースの災害インベントリーを構築する。
- 1.3 DEM、地質、土地利用、植生、降雨データなどを統合し、機械学習モデル (Random Forest) を用いて、サセプティビリティマップおよび、ハザードマップ (縮尺 1:5,000) を作成する。

---

<sup>3</sup> ベイズ推定とは、統計学の一分野であり、観測データが得られた際に、そのデータに基づいて確率を更新する方法。

<sup>4</sup> UAV 測量とは、無人航空機 (ドローン) を使用して地表のデータを収集し、効率的かつ高精度な測量を行う手法。

<sup>5</sup> 人工衛星を利用して地上の現在位置を計測するためのシステムであり、「Global Navigation Satellite System (全球測位衛星システム)」の頭文字を取ったもの。

<sup>6</sup> DEM (デジタル標高モデル) とは、地形を数値で表現したデータであり、地面の形状を標高地で示したものの。

1.4 時系列 InSAR 解析<sup>7</sup>により、地表変位領域を検出し、GNSS および UAV による現地観測と統合して、斜面変動域の分布を可視化する。

1.5 InSAR および、現地観測による斜面変動観測手法を体系化し、データ処理、精度検証、活用方法を含むテクニカルノート（案）として文書化する。

#### 成果 2 に関するもの

2.1 高密度降雨観測データ（例. X バンド気象レーダ等）を活用するための運用体制を整備し、降雨データの取得・保存・ノイズ除去・定量化処理を行い、TAG\_FLOW Model へのリアルタイム入力環境を構築する。

2.2 TAG\_FLOW Model の入力形式を整備し、X バンド気象レーダ等の降雨データと斜面の地形・地盤条件を統合して入力可能とするリアルタイム災害予測用のインターフェースを作成する。

2.3 収集した地形・地質・物性データに対してベイズ推定を行い、透水性・強度等の空間的不確実性を反映した地盤モデルを構築する。

2.4 土砂の浸食・移動・堆積プロセスを数値化するため、TAG\_FLOW Model を改良し、計算構造の最適化とパラメータのキャリブレーション<sup>8</sup>を行う。

2.5 高度化された TAG\_FLOW Model によるリアルタイム解析をもとに、プロジェクト対象地区の土砂災害リスクを相対評価し、避難の優先順位や判断の助けとなる手法をテクニカルノートとして文書化する。

#### 成果 3 に関するもの

3.1 土砂災害の早期警報システムに必要な情報を取得・配信するため、TAG\_FLOW Model のリアルタイム出力データと連携可能な API<sup>9</sup>を設計・実装し、dPlat<sup>10</sup>を介して Hue-S アプリに接続する。

3.2 住民ニーズ調査の結果を踏まえて、使いやすい避難支援機能と被害リスクの高い地区・高齢者等を優先的に避難させる段階的避難案内機能を備えた EWS のプロトタイプを Hue-S アプリの UI/UX に設計・実装する。

3.3 通信インフラとの整合性を確認した上で、プロジェクト対象地区において Hue-S アプリの実機テストを実施し、センシング・解析・配信の一連の情報フローとアプリ動作の安定性を検証する。

3.4 プロジェクト対象地区における住民および行政官に対して、Hue-S アプリの操作説明と EWS 機能（リアルタイムリスク通知、段階的避難案内、避難場所の提示等）の利用方法を説明するワークショップを開催し、誓約書の署名

<sup>7</sup> 異なる時期の観測データを用いて作成した多数の干渉画像を統計的に処理することにより、大気や軌道誤差に起因する誤差を低減することで、個別の画像では捉えることが困難な微小な地表の動きとその時間変化を捉えることができる解析手法。

<sup>8</sup> 測定機器やセンサーが正確な値を示すように調整・補正する作業。

<sup>9</sup> 異なるシステム同士が通信やデータ交換を行う際に使用するもの。

<sup>10</sup> 大量のデータを保持・処理する際に使用するプラットフォーム。

を経て、アプリの本格的試験運用を開始する。この際、Hue-S アプリおよび EWS の主要機能について説明したユーザーマニュアルが整備され、活用される。

#### 成果 4 に関するもの

- 4.1 対策工の設計情報や流域環境データ（地質、土地利用、降雨分布等）を収集・統合し、TAG\_FLOW Model による複数の災害シナリオの構築に向けた基礎データセットを整備する。
- 4.2 対策工の有無や条件の異なる複数のシナリオに基づき、TAG\_FLOW Model による流域スケールの土砂災害シミュレーションを実施し、被害軽減量・土砂流動量の差分を定量的に評価する。
- 4.3 被害シナリオと費用情報（工事費、社会的損失等）を用いて、リスク軽減効果とコストの関係を整理・比較する分析手法を構築する。
- 4.4 不確実性要因を考慮して、シミュレーション結果に対する感度分析を行い、人的被害（避難遅延や被災率等）との関連を定量的に整理する。これにより、流域ごとのリスク特性に応じたリスク回避策の方向性と考慮すべき対策事業の選択肢を提案する。

#### 成果 5 に関するもの

- 5.1 TAG\_FLOW Model を活用した EWS の実装と、構造物・非構造物対策の効果とコストに関する整理・比較評価手法を含む、土砂災害リスク管理の技術手順と評価視点をまとめたテクニカルノート（案）を作成する。
- 5.2 プロジェクト対象地区において、テクニカルノート（案）の内容を理解し、現場で活用できる地方行政官を育成するため、日越共同でトレーニングプログラムを設計し、カリキュラムと教材を作成する。
- 5.3 トゥイロイ大学内に、土質試験・地盤調査・災害データ処理・可視化が可能な機器・ソフトウェアを備えたトレーニングルームを整備し、地方行政官の技術研修および、日本の大学生の現地実習が可能な環境として整備する。
- 5.4 行政官・技術者等を対象に、TAG\_FLOW Model またはテクニカルノート（案）を活用したワークショップを開催する。

### 5. 前提条件・外部条件

#### （1）前提条件

特になし。

#### （2）外部条件

- ・ 必要機材の調達が、ベトナム政府の政策等の理由により制限されない
- ・ 気象や地形条件が観測の大きな妨げとならない。
- ・ Xバンド気象レーダ等の降雨観測機器が安定稼働し、リアルタイムデータが継続取得できる。

- ・モバイル通信網および電力供給などのインフラが未整備、あるいは災害時に通信障害や停電が発生することにより、Hue-S アプリの導入および活用が制限されない。

## 6. 過去の類似案件の教訓と本事業への適用

過去のベトナム向け無償資金協力「水に関連する災害管理情報システムを用いた緊急のダムの運用及び効果的な洪水管理計画」（2017年G/A締結）では、フエ市にXバンド気象レーダを設置した。事業計画や実施は中央政府の農業農村開発省（現農業環境省）が主体的に進め、同機材の運営維持管理を担うことになるフエ市灌漑・気候変動局の事業実施期間中の関与が少なかった。そのため、フエ市灌漑・気候変動局は、運営維持管理計画実施に必要な予算額、職員数又は技術が不明なまま完工後の運営維持管理体制を構築することとなった。

以上の教訓を踏まえ、本事業では事業実施期間中及び実施後の維持管理に際し、フエ市が確保すべき予算、職員及び技術を明らかにしつつ、本事業中の本邦研修を含む活動にフエ市職員を参画させ、日本人専門家モニタリングのもと技術的指導を行う。特に財政面について、本事業において、相手国予算制度の枠組み／予算拠出メカニズムを整理した上で、他ドナーの一部資金確保についても模索する。

## 7. 評価結果

本事業は、ベトナムの開発政策、開発ニーズ、我が国及びJICAの協力量針・分析に合致し、地域解像度の高い早期警戒システムの社会実装を通じて、土砂災害対策が進められる組織体制・能力の強化を図り、当国の災害リスク削減に資するものであり、SDGsゴール1「あらゆる形態の貧困撲滅」、ゴール11「包摂的、安全、強靱で持続可能な都市と人間住居の構築」及びゴール13「気候変動とその影響への緊急の対処」に貢献すると考えられることから、事業の実施を支援する必要性は高い。

## 8. 今後の評価計画

(1) 今後の評価に用いる主な指標

4. のとおり。

(2) 今後の評価スケジュール

事業完了3年後      事後評価

以 上

別添資料 広域・高精度土砂災害シミュレータを活用した早期警戒システムのデジタル化と対策工の費用対効果の可視化 地図

