

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「持続可能な社会を支える防災・減災に関する研究」
研究課題名「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」

採択年度：令和元年度/研究期間:5年（2019年）度/研究期間：5年/

相手国名：スリランカ民主社会主義共和国

令和2（2020）年度実施報告書

国際共同研究期間*1

2020年3月1日から2025年2月28日まで

JST側研究期間*2

2019年6月1日から2025年3月31日まで

（正式契約移行日2020年4月1日）

*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者：小長井 一男

特定非営利活動法人国際斜面災害機構・研究部・学術代表

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1)研究の主なスケジュール

研究題目・活動	2019 年度 (10ヶ月)	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度 (12ヶ月)
1. 総括・人材育成・社会実装 1-1 観測機器調達・設置と高速長距離土砂流動 (RLL) 災害の早期警戒技術の日錫合同開発 1-2 錫国・保安・内務・災害管理省* 国家建築研究所による開発技術の適用支援と改良 1-3 錫国人専門家・地域リーダーの育成、開発した技術の世界標準化の推進		観測機器とソフトの調達・設置と RLL 災害早期警戒技術の日錫共同開発（観測機器の設置はコロナ感染症の蔓延の中で 2021 年 7 月以降準備にかかる）			開発した技術の適用支援と改良	
2. 斜面豪雨・高速長距離土砂流動予測 2-1 MSSGモデルによる500m四方最大累積降雨量の24時間前からの予測、RLL発生運動予測技術の開発のための降雨・地下水、前兆となる地表変動の計測 2-2 ワークステーション用MSSGによる斜面豪雨予測法の確立と現地調査・観測、室内試験、理論解析によるRLLの発生・拡大・流動機構解明と予測モデルの構築	現地調査による研究実施体制の構築と新規ソフト・通信システム開発の準備研究	山地斜面における500m四方最大累積降雨量予測法の開発と RLL 発生運動予測技術の開発のための降雨・地下水、前兆となる地表変動の現地計測				
3. リスク情報伝達・住民教育 3-1 グーグル地図／写真に24時間後の累積雨量、発生する土砂災害予測結果を重ねて示す ARソフトの開発 3-2 豪雨・RLL予測結果の利用者からのフィードバック（リスクコミュニケーション）ツールの実装、およびそのガイドラインの構築 3-3 地域住民・自治体を対象とした知識向上、および防災教育			グーグル地図／写真に24時間後の累積雨量、発生する土砂災害予測結果を重ねて示す ARソフトの開発**	ガイドライン作成事前調査**	ツールの実装、およびそのガイドラインの構築（利用者からのフィードバックを反映）	知識向上・防災教育の実施**

(2)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

- *省庁再編で、国家建築研究所 (NBRO) の所管官庁は保安・内務・災害管理省になった。
- **コロナ感染症の拡大に伴う渡航制限などのため開始が1年遅れることになった。

(2)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

【令和2年度実施報告書】【210531】

令和1年度の全体計画書に記載した通り、本研究はG1, G2,およびG3の3つの班で進めていくことに変更はない。令和2年度は中央技術推進局(CECB)、モラトワ、ペラデニア、ルフナの三大学関係者には外部から協力をいただいた。G1-1の現地への計測機設置、およびG3の社会実装関係の諸活動についてはコロナ感染症蔓延のため2020年度での開始はできなかった。こうした状況を踏まえ、2021年4月22日開催のJoint Coordination Committee(JCC)会議で機関としてCECBが、また三大学からは個人の専門家が新たにJCCメンバーとしてプロジェクトに参画してもらう(令和3年4月22日のJCC会議で承認)。また省庁再編で、カウンターパート機関NBROの所管官庁が保安・内務・災害管理省に変更になった。日本側、相手国側の年次ごとの役割分担計画を下表にまとめる。

役割分担表

			2020	2021	2022	2023	2024	after
G1-1	1) 観測機器設置 2) EWSの共同開発	JPN	1) コロナ禍で 機材のみ調達。 設置は2021以 降	1) ICL, 森林総研	2) ICL, JAMSTEC, 京大., 森林総研, 高知大			
		SLK		1) CECB, 三大学が協力	2) NBRO, DMC, DOM, DOI			
G1-2	EWSの改良 適用支援	JPN			ICL			
		SLK			NBRO, DMC, DOM, DOI			
G1-3	人材育成	JPN	京大, 高知大, 東大など					
		SLK	NBRO (最初の2年はCECB, 三大学の協力)					
	EWSの世界標準化	JPN					ICL, 高知大	
		SLK					NBRO, DMC, DOM, DOI	
G2-1	MSSG=> 500m× 500m累積降雨予測	JPN	G2: JAMSTEC(大西:MSSG上のシステム開発)					
		SLK	NBRO, DOM (降雨データ提供、支援) CECB・三大学が協力					
	地下水・ 表面変動観測	JPN		G2: FFPRI (浸透・地上変動観測), 古田・トファニ (人工衛星変動観測)、松波 (地すべり誘因-地震観測)				
		SLK		CECB・三大学が協力 (NBROは2022年から)				
G2-2	WS用MSSG開発 改良・他地域への適用	JPN		G2: JAMSTEC(大西)				
		SLK		NBRO				
G2-3	パイロットサイトでのEWS実用化	JPN		観測機器設置 の遅れで2022 年度から	ICL			
		LK			NBRO + DMC +DOM			
G3-1	ARソフト開発	JPN		ICL (コロナ感染症の影響で1年遅延)				
		SLK		三大学が協力	NBRO, DMC, 三大学が協力			
G3-2	ガイドライン策定	JPN		事前調査 (遅延)	高知大, ICL			
		SLK		NBRO, DOM, DMC, DO				
G3-3	人材教育・防災教育	JPN		ICL, 高知大				
		SLK		HSPTD (NBRO), 三大学が協力	NBRO, DMC			

注記:

G1	総括・人材育成・ 社会実装研究班	RRLL	降雨による高速長距離土砂流動
		EWS	早期警戒システム
G2	斜面豪雨・高速長距離土砂流 動の発生運動予測技術開発班	MSSG	Multi-Scale Simulator for the Geo-environment
G3	リスク情報伝達・住民教育班	WS	ワークステーション
		AR	Augmented Reality

カウンターパート	NBRO	保安・内務・災害管理省 国家建築研究所
	HSPTD	NBRO 居住計画・訓練部門
協力機関	DMC	保安・内務・災害管理省 災害管理センター
	DOM	保安・内務・災害管理省 気象局
	DOI	灌漑省 灌漑局
協力者	CECB	マハエリ開発・環境省中央技術推進局 (2021年度から協力機関)
	三大学	モラトワ大学、ペラデニア大学、ルフナ大学 (2021年度から専門家がJCCメンバーに)

【令和2年度実施報告書】【210531】

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

本プロジェクトでは、スリランカ国内の 2 つのパイロット地域において、熱帯雨林山岳地の累積降雨量の予測、現地斜面土層への降雨浸透と土砂流動の発生、流動土砂の運動予測技術を統合し、長距離土砂流動 (RLL) 発生リスクの 1 日前予測を行い、この情報を地域住民、行政機関に伝達し、早期避難と必要な行政対応を促すためのリスクコミュニケーションシステムを開発・実装し、さらにその技術を継続的に活用するための人材育成を目指す。本研究は以下の G1、G2、G3 の 3 つの班に分かれて実施される。

G1: 総括・人材育成・社会実装研究班：以下、G2、G3 の各班で開発される個別技術を統合し、実用的で先進的な RLL の早期警戒情報伝達システムとして構築する。そしてその普及と活用のための教育用ツール、ガイドラインを相手国機関とともに整備する。

G2: (G2-1) 山地斜面での 1 日前の累積降雨量の予測 (サブリーダー：大西領) と、(G2-2) 現地斜面土層への降雨浸透と土砂流動の発生、流動土砂の運動予測モデルの構築 (サブリーダー：渦岡良介) の開発を担当。

G3: (G3-1) グーグル地図／写真に 24 時間後の累積雨量、発生する土砂災害予測結果を重ねて示す AR ソフトの開発、(G3-2) 豪雨・RLL 予測結果の利用者からのフィードバック (リスクコミュニケーション) ツールの実装、およびそのガイドラインの構築、そして(G3-3) 地域住民・自治体を対象とした知識向上、および防災教育を担当。

令和 2 年度は、コロナ感染症の世界的蔓延を受け、渡航を前提とした調査・研究が大きく制約されたため、長距離土砂流動発生リスクの 1 日前予測に必須の個別のコア技術開発を先行させた。これらの、コア技術は(G2-1) 500m×500m の分解能で山地風上側斜面の降雨量を 1 日前に予測する技術、(G2-2) 斜面土層への降雨浸透と土砂流動の発生、流動土砂の運動予測モデルの構築であり、主に G2 班の活動に関わるものである。2020 年 10 月には JICA の経費でスリランカからの学生 2 名が京都大学 (G2-2)、および高知大学 (G3) の博士課程に進学し、コア技術開発に関わっている。また同じく JICA の経費で 2021 年 4 月に東京大学に留学することになった学生も、事前に(G2-1) の研究の準備を始めた。

一方、(G1-1) 現地への計測機設置、および G3 の社会実装関係の諸活動についてはコロナ感染症蔓延のため 2020 年度での本格開始はできなかった。このため(G1-1) 現地計測や、(G2-1) 降雨予測、そして(G3-2) ガイドライン策定、(G-3) 人材教育・防災教育の事前準備については 1 年程度開始を遅らせることになった。以下、研究班ごとに、達成状況とその効果などをまとめる。

(2) 研究題目 1 : 「総括・人材育成・社会実装」

研究グループ G1 (リーダー：小長井 一男)

G1 では各研究班で開発される個別技術、すなわち山地での累積降雨量を 1 日前に予測する技術、現地斜面土層への降雨浸透と土砂流動の発生、流動土砂の運動予測モデルを統合し、実用的で先進的な RLL の早期警戒情報伝達システムとして構築する。そしてその普及と活用のための教育用ツール、ガイドラインを相手国機関とともに整備する。令和 2 年度は日本、スリランカ両国内で可能

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

な活動を展開するとともに、オンライン会議を介してこれらの活動の円滑化を図った。主な活動実績を以下に示す。

■ **キックオフ会議（2020年4月9日）：**

スリランカ側8名、日本側9名が出席し、各グループリーダー及びサブリーダーから、それまでの活動及び今後の予定が報告された。以下が決定事項である。

- (1) Joint Coordination Committee (JCC) 会議の延期：JCC 会議は令和3年4月に延期する（実際には令和3年4月23日に開催）。Central Engineering Consultancy Bureau (CECB)他、現メンバー以外で活躍が期待される機関、研究者をメンバーに追加する。
- (2) Landslide Technical Forum (LTF)の開催：プロジェクト成功に向け、より多くの関係する地すべり組織にJCCメンバーに参加してもらうため、JCCの機会にLandslide Technical Forumを立ち上げる。今後の状況を鑑み、JCCもForumもオンラインで開催することも検討する（実際には令和3年4月22日に開催）。

■ **長期研究員受け入れ（2020年10月9日以降）：**

カウンターパート機関である国家建築研究所（NBRO）より2名の方（Mr. Sanchitha Jayakody、京都大学およびMs. Imaya Ariyaratna、愛媛大学大学院連合農学研究科（愛媛、香川及び高知の3大学によって構成）の留学（博士課程）が決定した。

■ **プロジェクト新事務所の開所（2020年12月14日）：**

ICL-SATREPS Officeを京都に開設した。事務所機能に加え、ICLが実施した先行SATREPSプロジェクトにより開発した高速リング試験せん断試験機（ICL-1型及びICL-2型）及び本プロジェクト予算で購入した気象予報用、および土砂流動の開始、流動過程のシミュレーション用のワークステーションなど本プロジェクトで必要な最先端の装置を備え、スリランカからの長期研究員をはじめプロジェクト関係者がコア技術の開発を進める拠点となる。

■ **2020年度 中間報告会（2020年12月15日）：**

各グループリーダーとサブリーダーが各グループの進捗状況の報告を行い、2020年4月9日のキックオフ会議で了承された計画通り研究が進んでいることを確認した。またスリランカからの長期研修員2名より、それぞれの研究計画が発表された。

■ **必要機材の製作・購入及びスリランカへの送付（順次）：**

本プロジェクトの地すべり災害危険度予測の鍵となる地すべり再現試験機（高速リング試験せん断試験機ICL-2型）は、令和2年10月に製作を開始し、令和3年5月に完成した。直ちにG1・G2グループ研究者・スリランカからの招聘留学生によりテストを行い、所定の機能を有していることを確認した。本試験機のスリランカへの運搬とNBROへの設置は、COVID-19の状況によるが、令和3年度中を予定している。

本プロジェクトの山地斜面の豪雨予測の鍵となる豪雨予測シミュレーション（MSSG）のためのワー

クステーション一式を、令和2年7月に購入し、G2グループの研究者により検査を行い、所定の機能を有していることを確認した。そして日本とスリランカ双方で、研究と人材育成を進めるために、性能の確認をおこなった同じ型式のワークステーションを、令和2年10月にスリランカの代理店を通じて発注し、令和3年3月にJICAの立ち会いの下NBROに納入した。

そしてコロナ禍で開始が遅れている現地での観測用機材（G1-1 関係）についても、G2グループの研究者により、令和2年度中に検査を行い、検査終了後、地すべり気象観測システム、土壌水分計測システム、多点式地表計測システム、ボーリング孔内計測用の資機材については、令和3年5月現在、すでにNBROに納入した。その他の機材は、次年度（令和3年度）に輸送予定である。

現在、ICL-SATREPS事務所に置いているワークステーション、地表変動監視用のRTK-UAVについては、日本での共同研究とスリランカからの招聘留学生・短期招聘者の人材育成終了後、プロジェクトの終了時までスリランカに送付される。

以上の活動実績をまとめると

①研究題目1の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト：

渡航制限下で可能な当初の活動計画に沿って活動を展開できた。ただし(G1-1)の活動の一つである観測機器の設置については、機材の購入とスリランカへの輸送は進めたものの、日本側研究者の渡航ができず、設置の開始には至らなかった。

②研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況：

個別技術については、スリランカからの長期研修員が開発に参加し、当初予定通りに進んでいる。

③研究題目1の当初計画では想定されていなかった新たな展開：

コロナ感染症の蔓延の先行きが令和2年度終了時になっても見通せず、これまで以上にオンラインでの情報共有や会議を重ね、日本、スリランカ双方がそれぞれでできることを順次進めていく重要性が認識されている。

(3) 研究題目2：「斜面豪雨・高速長距離土砂流動の発生運動予測技術開発」

研究グループG2（リーダー：小長井一男）、（サブリーダー：大西領、渦岡良介）

G2で開発される基本技術は（G2-1）山地斜面での1日前の累積降雨量の予測（サブリーダー：大西領）と、（G2-2）現地斜面土層への降雨浸透と土砂流動の発生、流動土砂の運動予測モデルの構築（サブリーダー：渦岡良介）である。

（G2-1）については、全地球からシームレスに局所地域にズームインして気象予測を行うことを可能にする最先端のマルチスケール気象モデル（MSSG）をプラットフォームとし、ここに現地の地形や大気の特徴を反映した雲微物理モデルを組み込み、急傾斜面での風向・風速の変化による降雨量補正技術を導入することで、既存の技術以上に山間地の局所条件に重きを置いた、局地性豪雨予測手法を開発する。令和2年度には、積乱雲内部の乱流が地形性降雨に与える影響（降雨効率：Precipitation Efficiency）について、Damköller数という無次元数（=山稜を超える風速／雨粒形成速度）

【令和2年度実施報告書】【210531】

で一律に表現できること、すなわち Damköller 数がおおむね 1 を超えると積乱雲内部の乱流が急速に発達することなどを見出した。こうした知見を反映しながらワークステーション上でも 500 m 解像度の降雨予測を実現するため、スーパーコンピュータによる 500 m 解像度の数値解析結果を手本として、人工知能 (Artificial Intelligence、AI) によりワークステーション上での 2km 解像度の解析からの適正なマッピング (AI-aided super-resolution (SR) mapping) を行う枠組みを提案した。

(G2-2) の現地斜面土層への降雨浸透と土砂流動の発生、流動土砂の運動予測モデルの構築については、以下を考慮しなければならない。すなわち、(1) 過去の降雨浸透解析の多くが定常的な降雨を前提に展開され、現実の非定常の降雨パターンの影響を考慮できるものが少なかったこと、(2) 主たる対象が、スリランカ山岳地帯で常緑樹に覆われた先カンブリア紀 (片麻岩主体) の熱帯強風化土であるため、粗粒のみならず細粒分含有率も 30~40%に達する状況での浸透過程を把握しなければならない。これらに鑑み令和 2 年度は、細粒分含有率の高い土試料に対し、非定常降雨を再現できる装置を搭載した遠心力载荷試験装置で模型実験を行い、モデルの開発を進める準備を進めた。

以上の活動実績をまとめると

①研究題目 2 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト :

長距離土砂流動の早期警戒システムのコアとなる技術、すなわち (G2-1) 山地斜面での 1 日前の累積降雨量の予測、および (G2-2) 現地斜面土層への降雨浸透と土砂流動の発生、流動土砂の運動予測モデルの構築については、当初計画通りの進捗が達成されている。

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況 :

上記コア技術の開発に、スリランカからの長期研修員が主体的に関わっていて技術移転についても当初計画通りに進んでいる。

③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

おおむね、計画通りの進捗が得られていて、想定されていなかった展開や問題はない。

(4) 研究題目 3 : 「リスク情報伝達・住民教育」

研究グループ G3 (リーダー : 笹原克夫)

G3 では RRLI の予測情報を、住民や行政機関の端末に仮想現実 (AR) として表示し、必要な対応行動を促すばかりでなく、住民や行政の対応情報をも集約し、EWS の効果をより大きくする仕組みを構築する役割を担う。コロナ感染症の拡大に伴う渡航制限などのため G3 の全体的な活動の開始は遅れているが、G3 の各課題の令和 2 年度の進捗状況は以下のとおりである :

(G3-1) AR ソフト開発 :

RRLI の土砂流動過程を再現するソフトウェア LS Rapid の数値計算結果をワークステーション上でグラフィックス プロセッシング ユニット (GPU) を用いてベースマップ上に仮想現実として表示するシステムの具体案が示された。ワークステーションへの実装は令和 3 年度に G2 グループの進捗状況と並行しながら進めることになる。

(G3-2) 豪雨・RRLI 予測結果の利用者からのフィードバック (リスクコミュニケーション) ツー

ルの実装、およびそのガイドラインの構築：

まだ利用者がいない現状で、令和 2 年度はこの活動をスタートする段階ではないが、各地域コミュニティ (Grama Niladhari 地区 (GN 地区) と呼ばれる)、複数の GN 地区を束ねる郡 (Divisional Secretary)、その上位機関の県、そして中央政府の災害管理センター (DMC) が、どのように災害情報を共有し対応に当たるのかについては、引き続き情報の収集と共有を進めている。

(G3-3) 地域住民・自治体を対象とした知識向上、および防災教育：

この課題も令和 2 年度はこの活動を本格スタートする段階にはなかったが、10 月にスリランカから来日した長期研修生 (愛媛大学大学院連合農学研究科) が高知大学において RRLI の発生前の兆候に関わる研究を開始している。これらは地すべり土塊の崩落開始前の三次クリープと呼ばれる変形段階での移動加速度と速度の間に一律な関係があることを検証しようとする試みであり、RRLI のリスクの或る地域や関係者間に共有される情報になると期待される。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し (公開)

個別コア技術の開発に当たる G2 では、次年度スリランカから新たに長期研修生を東京大学と山梨大学に招聘し、最先端のマルチスケール気象モデル (MSSG) の基礎知識の習得や、降雨による RRLI 発生の事例研究を開始してもらう。併せて、京都大学、高知大学 (愛媛大学大学院連合農学研究科) に在籍している長期研修生とも必要な情報を交換し、早期警戒技術開発につながる基礎知識の醸成と研究課題の絞り込みにあたってもらう。

G3 で進める RRLI の早期警戒情報の伝達システムの開発に当たっては、既に JICA が NBRO をカウンターパート機関として進めている土砂災害対応のソフト面の技術開発と実装を目的とした Project SABO と連携し、リスク情報伝達の実効的なフレームワーク構想を具体化していく。

上記 G2、G3 の活動を統括する G1 グループでは、全体の統括活動と併せて、以下の項目を進めていく。まず、コロナ禍で開催が延期されていた Joint Coordinating Committee (JCC) 会議を令和 3 年 4 月に開催し、令和 2 年度まで外部協力機関であった中央技術推進局 (CECB) に新たに共同研究機関 (collaborating entity) として、またモラトワ、ペラデニア、ルフナの三大学の専門家にも新たなプロジェクトメンバーとして参画してもらう。これはコロナ感染症蔓延の状況の先行きが見通せない中で、令和 2 年度中に本格的開始ができなかった (G1-1) パイロットサイトでの降雨浸透、サクシオン、地中間隙水圧変化計測の機器の設置や、G3 「リスク情報伝達・住民教育」 関係の諸研究活動を加速させるものである。

さらに開催が 1 年延期となった第 5 回斜面防災世界フォーラム (京都、2021 年 11 月 2 日～6 日) において、本 Project RRLI や JICA の Project SABO などスリランカの斜面防災に関わるプロジェクト関係者が参加する「RRLI の早期警戒技術を中心課題にした特別セッション」を開催する。この第 5 回斜面防災世界フォーラムには斜面災害に関わる産学官の関係者が集まるので、社会実装や企業等との出口連携に関わる提案や意見交換も期待できる。さらにモンスーンの豪雨による RRLI 多発地域や国々の研究者・実務者の関心を集め、ひいては将来の RRLI 早期警戒技術のより広域への展開にもつながっていくことが期待される。またこのセッションに併せて、SATREPS Project RRLI の合同会議を開催し、日本、スリランカのプロジェクト関係者間で、研究の進捗状況を共有し、その後の研究戦略を策定する。

III. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

プロジェクト全体としては研究実施に当たって、体制上の、あるいは枠組み上の大きな課題はないが、COVID-19 感染症蔓延下での様々な制約が、令和 2 年（2020）度も引き続き共同研究を進めるにあたっての避けられない課題であり続けた。令和 2 年度は、年度当初に予定していた NBRO の若手研究者 3 名の短期招聘を中止。これに代える形で、10 月より京都大学と高知大学で受け入れた長期研修生 2 名が参加する形でプロジェクトの中間報告会（2020 年 12 月 15 日）が京都大学防災研究所にてオンライン・オンサイト併用で開催された。

当初スリランカで開催予定であったキックオフミーティングは令和 2 年 4 月 9 日にオンラインで開催、また合同調整委員会（Joint-Coordinating Committee meeting、JCC）は令和 3 年 4 月に開催が延期された。2020 年 11 月に京都で開催される予定であった第 5 回斜面防災世界フォーラムも 1 年延期となり、このフォーラムで開催される「RRL の早期警戒技術のセッション」についてもオンライン・オンサイト並行で進めるべく準備を進めている。

渡航制限の中、令和 2 年度に本格開始ができなかった課題や現地計測についても、令和 3 年 4 月 22 日開催の JCC 会議でスリランカ側から新たなプロジェクトメンバーを追加し、日本・スリランカ双方で分担し個別に推進できることの洗い出しを行い、柔軟にプロジェクトを推進していく。

(2) 研究題目 1：「総括・人材育成・社会実装」

グループ G1（リーダー：小長井一男）

上記「プロジェクト全体」で述べたように新型コロナウイルス感染症(COVID-19)蔓延状況の先行きが不透明であり、渡航を前提にしての活動が大きく制約されることから、日本・スリランカ双方で情報を共有するシステムを整え、G1, G2 の活動が日本・スリランカで分担して進められる体制を整えていく。G1 の最大の役割は、G2, G3 で開発される最先端の個別技術を統合し、社会実装の道筋をつけることである。このため、2019 年 2 月からスリランカでスタートした土砂災害リスク軽減のための非構造物対策能力強化プロジェクト（Project SABO）と、G2 グループで進むマルチスケール気象モデル（MSSG）のスリランカ向けのパラメータチューニング、高速リングせん断試験や遠心力载荷試験、RRL の発生流動過程のシミュレーションなどに関する研究進捗状況を共有し、Project SABO の関係者が熟知している現地の災害対応の状況を踏まえ、G3 が推進するリスク情報伝達や住民教育の戦略構築を補佐する。

(3) 研究題目 2：「斜面豪雨・高速長距離土砂流動の発生運動予測技術開発」

研究グループ G2（リーダー：小長井一男）、（サブリーダー：大西領、渦岡良介）

G2 で進める研究課題のうち（G2-1）MSSG による山地斜面での 1 日前の累積降雨量の予測、については、引き続きスリランカの気象モデルの構築を推進する。令和 3 年度から東京大学大学院に受け入れる長期研修生も、この気象モデルの構築に関わっていく。スリランカ側には、現在 NBRO がスリランカ国内に所有している 260 か所の自動降雨観測点のデータ、同じく保安・内務・災害管理省傘下の気象局からのデータ、また JICA の Project SABO の先行事業である土砂災害対策強化プロジェクト（Project TCLMP）で得られたデジタル地形情報があり、さらに国内にも類似の RRL の事例は多く、気象庁の過去の気象データも充実していることから、これらも有効に活用で

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

きる。東京大学で受け入れる長期研修生はすでに令和 2 年度からオンラインで (G2-1) 班の個別セミナーに参加し基礎知識涵養に努めている。

もう一つの開発研究課題 (2) 現地斜面土層への降雨浸透と土砂流動の発生、流動土砂の運動予測モデルの構築 (サブリーダー: 渦岡良介) については、京都大学大学院博士課程に NBRO の若手研究者が在籍しており、コロナ禍でもその影響は少なく、スリランカの山地を想定した細粒分に富む土の遠心力場での透水試験の準備を計画通り進めている。

(4) 研究題目 3: 「リスク情報伝達・住民教育」

研究グループ G3 (リーダー: 笹原克夫)

G3 では RRLI の予測情報を、住民や行政機関の端末に仮想現実 (AR) として表示し、必要な対応行動を促すばかりでなく、住民や行政の対応情報をも集約し、EWS の効果をより大きくする仕組みを構築する役割を担う。コロナ禍で渡航が大きく制約される状況で、令和 2 年度は本格開始に至らなかったが、地域コミュニティ Grama Niladhari 地区 (GN 地区) や複数の GN 地区を束ねる郡 (Divisional Secretary)、その上位機関の県、そして中央政府の災害管理センター (DMC) の災害対応の実情については、引き続きリモートで可能な情報収集を行っている。JCC 会議で新たにプロジェクトに参画するスリランカ側のメンバーもこの活動を支援する。

IV. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

(1) 成果展開事例

該当なし。

(2) 社会実装に向けた取り組み

プロジェクトの推移や研究成果などについては、これまで 2 回の英文・和文のニュースレターを作成しウェブ上で公表している。

<https://icli.plhq.org/category/icli/jica-jst-satreps-project-for-sri-lanka/>

V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

該当なし。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】 (公開)

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】 (非公開)

VIII. その他 (非公開)

以上

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2020	Qinwen Tan, Kyoji Sassa , Khang Dang, Kazuo Konagai, Asiri Karunawardena, R. M. S. Bandara, Huiming Tang, Go Sato. Estimation of the past and future landslide hazards in the neighboring slopes of the 2016 Aranayake landslide, Sri Lanka. Landslides, 2020, Vol. 17, 1727-1738.	https://doi.org/10.1007/s10346-020-01419-1	国際誌	発表済	
2020	Kazuo Konagai , Asiri Karunawardena, Kyoji Sassa , "SATREPS Project for Sri Lanka with Regard to "Development of Early Warning Technology of Rain-Induced Rapid and Long-Travelling Landslides," <i>Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk</i> , a part of ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction book series (CLDRR), Vol. 1 Sendai Landslide Partnerships and Kyoto Landslide Commitment, 205-214, December, 2020.	https://doi.org/10.1007/978-3-030-60196-6_12	国際誌	発表済	
2020	Qunli Han, Kyoji Sassa , and Matjaz mikos "International Programme on Landslides (IPL): A Programme of the ICL for Landslide Disaster Risk Reduction," <i>Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk</i> , a part of ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction book series (CLDRR), Vol. 1 Sendai Landslide Partnerships and Kyoto Landslide Commitment, 187-204, December, 2020.		国際誌	発表済	

論文数 3 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 3 件
 公開すべきでない論文 0 件

② 原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2019	Duc Ha Nguyen, Takahiro Sayama, Kyoji Sassa , Kaoru Takara, Ryosuke Uzuoka, Khang Dang, Tien Van Pham, "A Coupled Hydrological-geotechnical Framework for Forecasting Shallow Landslide Hazard—a Case Study in Halong City, Vietnam", Landslides 2019, Vol.17, No.7 : 1619-1634. (online publication is 19 March 2020)	https://doi.org/10.1007/s10346-020-01385-8	国際誌	発表済	Lanndslides (2019 Impact Factor=4.708, 2109 CireScore=8.2)に掲載
2020	Kyoji Sassa , Peter T.Bobrowsky, Kaoru Takara, and Badaoui Rouhban "Kyoto 2020 Commitment for Global Promotion of Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk," <i>Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk</i> , a part of ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction book series (CLDRR), Vol. 1 Sendai Landslide Partnerships and Kyoto Landslide Commitment, 145-154, December, 2020.		国際誌	発表済	

論文数 2 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 2 件
 公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2019	Kazuo Konagai, Asiri Karunawardena, A A Virajh Dias, Kyoji Sassa, Khang Dang, "Development of Early Warning Technology of Rain-induced Rapid and Long-travelling Landslides in Sri Lanka". Proceedings of 2019 IPL Symposium on Landslides, 16-19 September 2019, pp. 277-283. ISBN 978-4-9903382-5-1	プロシーディング	発表済	

著作物数 1 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2019	Khang Dang, Kyoji Sassa, Kiyoharu Hirota, Kazuo Konagai, Duc Ha Nguyen, Huy Loi Doan, "Preliminary Simulation for Kure Landslide Triggered by Heavy Rainfall of July 2018" Proceedings of 58th Annual Meeting of Japan Landslide Society, 21-22 August 2019, pp.81-82	プロシーディング	発表済	
2019	Kyoji Sassa, Kazuo Konagai, Kiyoharu Hirota, Asiri Karunawardena, Japan-Sri Lanka SATREPS Project "Development of Early Warning Technology of Rain-induced Rapid and Long-travelling Landslides". Proceedings of 58th Annual Meeting of Japan Landslide Society, 21-22 August 2019, pp. 147-148	プロシーディング	発表済	
2020	Khang Dang, Doan Huy Loi, Kyoji Sassa, Do Minh Duc, Nguyen Duc Ha. Hazard assessment of a rainfall-induced deep-seated landslide in Hakha city, Myanmar. Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk (Binod Tiwari, Kyoji Sassa, Peter Bobrowsky, Kaoru Takara, eds). Springer, Cham, Vol. 4 Testing, Modeling and Risk Assessment, pp 249-257, 2021	書籍	発表済	
2020	Doan Huy Loi, Kyoji Sassa, Khang Dang, Le Hong Luong. Landslide hazard zoning based on the integrated simulation model (LS-Rapid). Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk (Binod Tiwari, Kyoji Sassa, Peter Bobrowsky, Kaoru Takara, eds). Springer, Cham, Vol. 4 Testing, Modeling and Risk Assessment, pp 259-266, 2021	書籍	発表済	
2020	Kyoji Sassa, Matjaž Mikoš, Shinji Sassa, Peter T. Bobrowsky, Kaoru Takara, Khang Dang, eds. Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk. Volume 1 Sendai Landslide Partnerships and Kyoto Landslide Commitment. Springer, Cham, 2021	書籍	発表済	
2020	肥留間大輔、大西領、深淵康二、高橋桂子、数値感度実験による線状降水帯の可制御性解析、ながれ、2020、39、324-327		発表済	流体力学学会年会2020の発表260研の中から「注目研究 in 年会2020」として選ばれた10件の一つ

著作物数 6 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

表1 JST成果目標シート

研究課題名	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
研究代表者名 (所属機関)	小長井 一男 (特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構(ICL) 学術代表)
研究期間	2019年6月1日～2025年3月31日
相手国名/主要相手国研究機関	スリランカ民主社会主義共和国/国防省・国立建築研究機構
関連するSDGs	目標11 安全かつ強靱で持続可能な都市及び人現居住の実現、目標13 気候変動とそのインパクトへの対応策の推進、目標17 持続可能な開発に向けて実施手段を強化し、グローバルパートナーシップを活性化

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 土砂災害軽減研究と技術の先進国である日本の科学技術外交に資するとともに、世界的リーダーシップ強化と防災産業の国際展開推進に資する。
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 過去の統計の少ない発展途上国にも適用可能な当該地域の斜面の物理特性に基づく高速長距離土砂流動発生および災害危険範囲予測法の開発 高速長距離土砂流動災害の早期警戒技術の開発
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"> 24時間前降雨予測と現地地盤特性に基づく高速長距離土砂流動発生予測法の国際標準化の推進 地すべり危険範囲予測と事前対応の国際標準化の推進
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 国際組織・機関において当事者能力を持って欧米をはじめ世界の国々と対等に議論できる日本人技術者育成 国際組織運営、国際会議主催、国際ジャーナルへの論文執筆などの能力向上
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 国際斜面災害研究機構の95会員機関と仙台パートナーシップに署名した国連、日本、イタリアなど22の国際機関に跨る世界的ネットワークの構築
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"> 仙台パートナーシップに基づいて出版されたISDR-ICL地すべり教材(Vol.1と2)の改良とVol.3の作成 第5回(京都)2020斜面防災世界フォーラムにおける土砂災害予測と早期警戒セッションの開催と出版

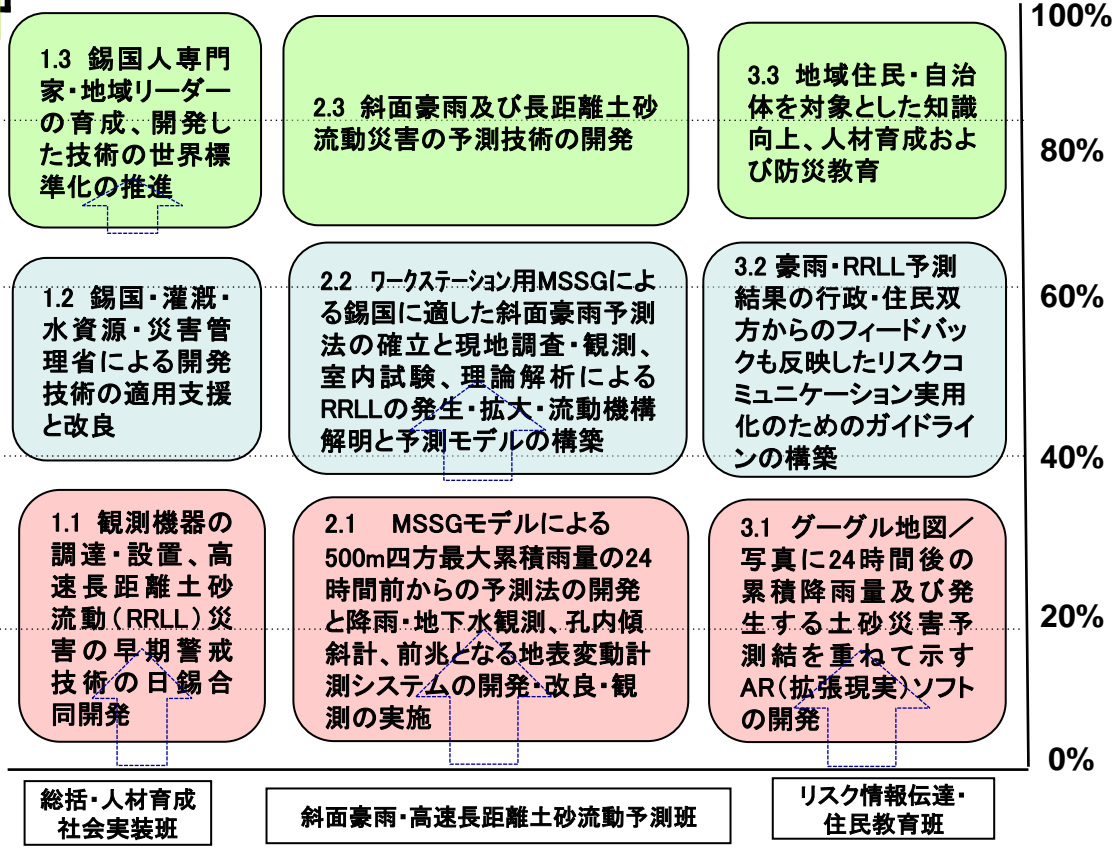
上位目標

第3回国連防災世界会議で採択された「仙台防災枠組み2015～2030」および国連の持続可能な開発目標11と13への日本の防災国際協力の成果になる。

高速長距離土砂流動災害が激化しつつある国々に対して、経済的かつ汎用性の高い日本発世界標準の技術が提供される。

プロジェクト目標

スリランカ国内の2つのパイロット地域において、熱帯雨林山岳地の累積降雨量の予報、現地斜面土層への降雨浸透と土砂流動の発生、流動土砂の運動予測技術を統合し、長距離土砂流動発生リスクの1日前予測を行い、この情報を地域住民、行政機関に伝達し、早期避難と必要な行政対応を促すためのリスクコミュニケーションシステムを開発・実装し、さらにその技術を継続的に活用するための人材育成を目指す



総括・人材育成
社会実装班

斜面豪雨・高速長距離土砂流動予測班

リスク情報伝達・
住民教育班