

スリランカ民主社会主義共和国  
国防省国家建築研究所

スリランカ国  
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  
業務完了報告書

2022年10月

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

株式会社地球システム科学  
日本工営株式会社

環境
JR
22-115

スリランカ民主社会主義共和国  
国防省国家建築研究所

スリランカ国  
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  
業務完了報告書

2022年10月

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

株式会社地球システム科学  
日本工営株式会社

## 目 次

プロジェクト対象位置図

プロジェクト活動写真

略語表

第1章 プロジェクトの概要	1
1.1. プロジェクトの背景・経緯・目的	1
1.2. プロジェクトの概要	2
1.3. 業務の範囲	2
1.4. 業務計画と実績	3
1.4.1. 業務実施のフローチャート	3
1.4.2. 投入実績	4
第2章 活動内容	6
2.1. 新型コロナへの対応について	6
2.2. プロジェクト全体にかかる活動	7
2.2.1. 合同調整委員会（JCC）	7
2.2.2. C/P 本邦研修	9
2.2.3. セミナーの開催	13
2.2.4. 広報活動	14
2.3. 成果1にかかる活動	18
2.3.1. 土砂災害に関するハザード分析・リスク評価手法の確認（活動1-1）	18
2.3.2. 土砂災害データの管理方法の改善（活動1-2）	19
2.3.3. スリランカにおける土砂災害記録の収集と実態調査（活動1-3）	22
2.3.4. ハザードマップ作成マニュアル（案）およびリスク評価マニュアル（案）の作成（活動1-4）	24
2.3.5. 既存のLHZMの評価・改良にかかる活動（活動1-4：追加）	28
2.3.6. パイロットサイトのハザード分析およびリスク評価の実施（活動1-5）	33
2.3.7. 土石流シミュレーションの実施（活動1-6）	37
2.3.8. ワーキンググループに対するハザード・リスク評価結果の共有（活動1-7）	39
2.3.9. ハザードマップ作成マニュアルおよびリスク評価マニュアルの最終化とワークショップの実施（活動1-8）	39
2.3.10. パイロットサイト以外でのハザード分析とリスク評価の実施（活動1-9）	40
2.4. 成果2にかかる活動	42
2.4.1. 土砂災害に係る早期警報発令体制・内容の調査（活動2-1）	42
2.4.2. 地域特性を考慮した早期警報発令に係る基準値の見直し（活動2-2）	44

2.4.3.	プロトコル改訂を含む早期警報発令マニュアル（案）の作成（活動 2-3）	48
2.4.4.	パイロットサイトにおける早期警戒避難体制の強化（活動 2-4）	50
2.4.5.	ワーキンググループでの早期警戒体制の共有（活動 2-5）	53
2.4.6.	早期警報発令マニュアルの最終化（活動 2-6）	54
2.5.	成果 3 にかかる活動	56
2.5.1.	スリランカの土地利用／開発規制に関する調査（活動 3-1）	56
2.5.2.	土地利用規制／開発基準指針（案）の作成（活動 3-2）	58
2.5.3.	パイロットサイトにおける土地利用規制及び開発基準（案）の作成（活動 3-3）	61
2.5.4.	ワーキンググループによる土地利用規制／開発基準（案）の検討と土地利用規制／開発基準指針の最終化（活動 3-4,5）	64
第 3 章	プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓	68
3.1.	同時多発テロ事件や新型コロナ禍における活動の継続	68
3.2.	Yellow/Red zone 普及にあたっての課題	72
3.3.	パイロット自治体の関与	75
第 4 章	各成果における達成度	77
4.1.	成果 1 における達成度	77
4.2.	成果 2 における達成度	77
4.3.	成果 3 における達成度	78
4.4.	プロジェクト目標に対する達成度	78
第 5 章	上位目標の達成に向けての提言	81

## 別添資料

合同調整委員会（JCC）議事録  
供与機材・携行機材引渡リスト

## 技術協力成果品

ハザードマップ作成マニュアル  
リスク評価マニュアル  
早期警報発令マニュアル  
土地利用規制／開発基準指針  
パイロットサイトにおける土地利用規制／開発基準（案）



プロジェクト対象位置図

## プロジェクト活動写真（2019年）



2019年2月5日  
NBRO 局長及び職員らとの Kick-off 会議



2019年2月8日  
災害管理省次官との協議



2019年2月12日  
Morawakkanda 地区を所管する Kotapola 自治体  
議長及び Kotapola DS Secretary との協議



2019年2月13日  
Weeriyapura 地区を所管する Badulla にて  
Badulla 市長との協議



2019年2月14日  
Udapotha 地区を所管する Bulathkohupitiya 自治  
体議会議長との協議



2019年2月25日  
第1回 JCC

## プロジェクト活動写真（2020年）



2020年2月5日  
各WGリーダーとのプロジェクト全体会議



2020年2月6日  
WG3による地方自治体との会議



2020年2月10日  
パイロットサイト以外の地区でWG1が作成した  
Yellow/Red zoneの現地確認調査



2020年2月11日  
Kegalle 県防災担当官との Yellow/Red zone に係  
る協議・意見聴取



2020年2月19日  
短期専門家2名との現地調査（Morawakkanda）



2020年2月21日  
短期専門家による所内セミナーの様子

## プロジェクト活動写真（2021-2022年）



2021年12月20日  
Yellow/Red zoneの確認と地すべり遠隔監視システム設置場所の最終確認



2022年1月25日  
Baddula 県 Weeriyapura に設置された地すべり遠隔監視システム



2022年3月3日  
パイロットサイト（Udapotha）における土地利用計画・規制に係る住民ワークショップ



2022年3月7日  
土砂災害情報管理システムに関するNBRO 地方事務所職員向けワークショップ



2022年6月10日  
第4回JCC（オンラインにて開催）



2022年7月21日  
第2回本邦研修での急傾斜地対策視察



## 略語表

略語	英名	和名
CEA	Central Environmental Authority	中央環境庁
CL	Critical Line	閾値
C/P	Counterpart	カウンターパート
DDMCU	District Disaster Management Coordinating Unit	県災害管理調整ユニット
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DMC	Disaster Management Center	災害管理センター
DoM	Department of Meteorology	気象局
DS	Divisional Secretariat	郡行政
EOC	Emergency Operation Center	危機対応センター
GFS	Global Forecast System	全球予報システム
GN	Grama Niladhari	行政村
HSPTD	Human Settlement Planning and Training Division	定住計画研修部
ID	Irrigation Department	灌漑局
JCC	Joint Coordination Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LA	Local Authority	地方自治体
LDPP	Landslide Disaster Prevention Project	国道土砂災害対策事業
LHM	Landslide Hazard Map	土砂災害ハザードマップ
LIMS	Landslide Information Management System	土砂災害情報システム
LKR	Sri Lankan Rupee	スリランカ・ルピー
LRRMD	Landslide Research and Risk Management Division	地すべり調査リスク管理部
LUPPD	Land Use Policy and Planning Department	土地利用政策計画局
MC	Municipal Council	市議会
M/M	Minutes of Meetings	協議議事録
MoFEPD	Ministry of Finance, Economic and Policy Development	財務経済政策開発省
MoD	Ministry of Defence	国防省
MoPAHAPCLG	Ministry of Public Administration, Home Affairs, Provincial Councils and Local Government	行政内務州評議会地方府省
RBFN	Radial Basis Function Network	放射規定関数網
NBRO	National Building Research Organization	国家建築研究所
NILIM	National Institute for Land and Infrastructure Mangement	国土技術政策研究所
NPPD	National Physical Planning Department	国家開発計画局
NWP	Numerical Weather Prediction	数値気象予報
PM	Project Manager	プロジェクトマネージャー
PS	Pradeshiya Sabha	村議会
RDA	Road Development Authority	道路開発庁
SWI	Soil Water Index	土壌雨量指数
TCLMP	Technical Cooperation for Landslide Mitigation Project	土砂災害対策強化プロジェクト
UC	Urban Council	町議会
UI	User Interface	ユーザーインターフェース
UDA	Urban Development Authority	都市開発庁
WG	Working Group	作業部会



## 第1章 プロジェクトの概要

### 1.1. プロジェクトの背景・経緯・目的

スリランカ民主社会主義共和国（以下、「スリランカ」）において、土砂災害は最も深刻な自然災害のひとつである。中央部・南部の山岳・丘陵地域では、脆弱な地質特性と急峻な地形から、モンスーン期の豪雨の際には急斜面地の崩壊や地すべり等の土砂災害が頻発している。近年では、春先の南西モンスーン期の豪雨による災害が深刻化しており、2016年5月に130名の人名を奪った Kegalle 県 Aranayake の大規模土砂災害は記憶に新しい。加えて、近年の急速な開墾・開発による災害への暴露（Exposure）は、土砂災害のリスクを一層高めており、早期警戒体制の構築・改善、土地利用／開発規制の制度化が急務となっている。

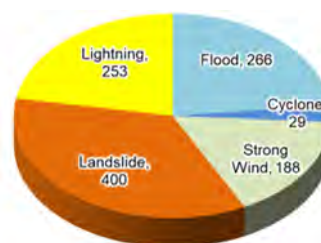


図 1.1: 過去 10 年の災害による死者・行方不明者数

これらの土砂災害に対する構造物対策・非構造物対策の実施は、国家研究所（National Building Research Organization : NBRO）が担っている。NBRO は、土砂災害リスクへの対応が国家の重要な課題である点をスリランカ政府内に提言していることに加え、土砂災害ハザードマップ作成、丘陵地帯の土地利用及び開発規制への技術支援、関係機関の能力強化、開発者や土地利用者の啓発活動・教育、被災者の再定住などの様々な備えと被害緩和策に取り組んできている。また、国道付近に所在する土砂災害リスク地への対策工事に関しては、国道の維持管理に係る責任機関である道路開発庁（Road Development Authority : RDA）に対して NBRO が助言を行っている。

JICA は、2013 年 3 月より、スリランカ国内 7 県を対象とした円借款「国道土砂災害対策事業（Landslide Disaster Prevention Project : LDPP）」を実施するとともに、LDPP の附帯プロジェクトとして、土砂災害対策の優先度が特に高い Kandy 県、Matara 県、Nuwara Eliya 県及び Badulla 県において、2014 年 9 月より、「土砂災害対策強化プロジェクト（Technical Cooperation for Landslide Mitigation Project : TCLMP）」を実施した。同事業では、3 種類の土砂災害（落石、地すべり、斜面崩壊）について、パイロット事業として対策工を実施し、対策工の設計及び施工管理を通じて、当該分野に関わる施工基準やマニュアル等を作成するとともに、非構造物対策を含む土砂災害軽減対策の知識とノウハウの紹介を通じた NBRO の能力強化を行った。

上記の LDPP や TCLMP を通じて、土砂災害リスクの高い主要国道の強化や NBRO の構造物対策の知見向上のための支援が行われてきたが、今後、さらに主要国道及び近隣住民に対する土砂災害リスクの低減を進めていくためには、土砂災害リスク評価や、同分析に基づいた土地利用計画の導入、既存観測システムを活用した早期警戒体制の構築といった非構造物対策の取り組みが重要であり、NBRO の非構造物対策能力強化を目的として本プロジェクトを実施するものである。

## 1.2. プロジェクトの概要

### (1) 上位目標

土砂災害リスク地域において、強化されたハザード分析・リスク評価に基づいた非構造物対策が実施される。

### (2) プロジェクト目標

土砂災害の適切なハザード分析・リスク評価に基づく、NBRO の非構造物対策の能力が強化される。

### (3) 成果

1. 土砂災害のハザード分析・リスク評価能力が向上する。
2. 早期警報発令に関する能力が向上する。
3. 土地利用規制に土砂災害のリスク評価を活用する能力が向上する。

## 1.3. 業務の範囲

### (1) 業務期間

2019 年 1 月中旬～2021 年 12 月下旬（新型コロナの影響により 2022 年 10 月下旬に延長）

### (2) 対象地域

コロンボ及びパイロットサイト 3 地域

Matara 県 Morawakkanda 地区、Kegall 県 Udapotha 地区、Badulla 県 Weeriyapura 地区

### (3) 実施機関

- 国家建築研究所（National Building Research Organization : NBRO）
- 国防省（Ministry of Defence : MoD）
- 災害管理センター（Disaster Management Center : DMC）
- 都市開発庁（Urban Development Authority : UDA）
- 国家開発計画局（National Physical Planning Department : NPPD）
- 土地利用政策計画局（Land Use Policy Planning Department : LUPPD）
- 中央環境庁（Central Environment Authority : CEA）
- 地方政府・州評議会（Ministry of Provincial Councils and Local Government : MoPCLG）
- 道路開発庁（Road Development Authority : RDA）
- 気象局（Department of Meteorology : DOM）
- 国家政策・経済省（Ministry of National Policies and Economic Affairs : MoNPEA）
- パイロットサイト関連自治体（Local Authorities : LA）

## 1.4. 業務計画と実績

### 1.4.1. 業務実施のフローチャート

本プロジェクトは、2019年1月中旬から2021年12月下旬にわたって実施される計画であったが、2020年1月より始まった世界的な新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け、渡航や活動の制限が生じたため、2021年7月の第3回JCCにおいて、6ヵ月間のプロジェクト延長が合意され、さらに第2回本邦研修の実施と、活動成果のさらなる定着を目指し、2022年6月の第4回JCCにおいて、プロジェクト期間を2022年10月末迄に延長することが合意されている。

プロジェクト開始当初に想定された各活動の実施段階と作業区分・内容を図1.2のフローチャートに示す。

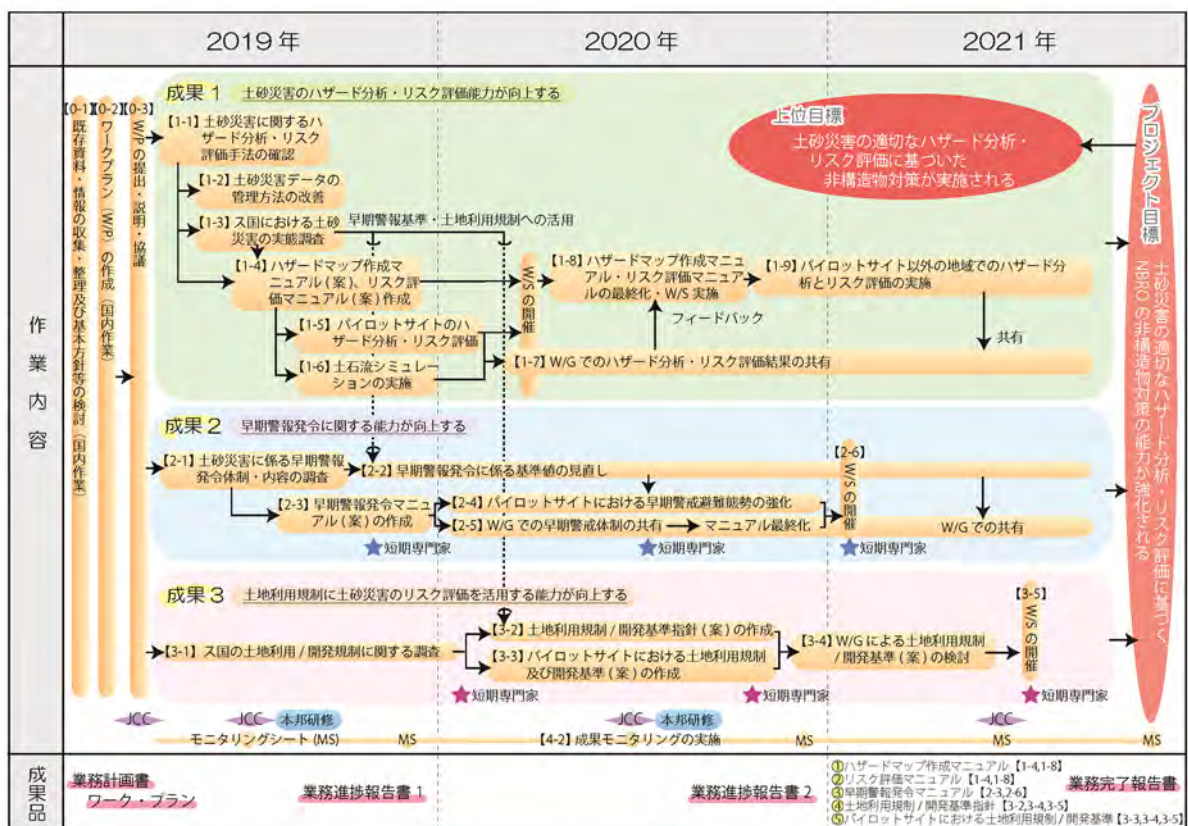


図 1.2: 業務実施のフローチャート (プロジェクト開始当初)

## 1.4.2. 投入実績

### (1) 専門家派遣実績

専門家の派遣実績は、表 1.1 の通りである。プロジェクト期間を通じて計 5 回の変更契約を行っており、変更による追加派遣は表 1.2 に示す通りである

表 1.1 専門家派遣実績

専門家	実績	当初計画
総括／土砂災害対策／対策施設計画	11.40 MM	10.40 MM
副総括／土砂災害対策／対策施設計画	1.50 MM	4.00 MM
災害データ分析・管理	8.07 MM	6.50 MM
土砂災害リスク評価	8.90 MM	8.40 MM
土地利用規制／開発基準	8.00 MM	8.00 MM
早期警報発令 1	13.63 MM	8.63 MM
土石流解析／砂防事業評価	3.53 MM	3.60 MM
早期警報発令 2／研修計画／業務調整	6.50 MM	6.50 MM

表 1.2 追加業務実績

追加業務内容	専門家	実績	変更内容
土砂災害危険度判定手法の開発	災害データ分析・管理	1.00 MM	1.00 MM
	早期警報発令 1	2.00 MM	2.00 MM
地すべり監視システムを用いた避難警戒体制構築支援	早期警報発令 1	2.00 MM	2.00 MM
土砂災害情報管理システムの構築に係る支援	総括／土砂災害対策／対策施設計画	0.50 MM	0.50 MM

また、国土交通省水管理・国土保全局砂防部のご協力のもと、表 1.3 に示す JICA 直営短期専門家を派遣頂いた。詳細は第 2 章に述べる。

表 1.3 短期専門家派遣実績

支援分野	派遣元	派遣期間
早期警報発令能力向上	国土交通省 国土総合政策研究所 土砂災害研究部 土砂災害研究室	2019年10月27日 ～2019年11月2日
土地利用政策／開発規制	国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM)	2020年2月14日 ～2020年2月22日
土砂災害警戒区域設定	国土交通省 関東地方整備局 河川部河川計画課	2020年2月16日 ～2020年2月22日

### (2) 研修員受け入れ実績

本プロジェクトでは、表 1.4 に示す通り、計 2 回の C/P 本邦研修が計画された。詳細については後述する。

表 1.4 研修員受け入れ実績

研修実施時期	研修の狙い	研修の内容
第 1 回本邦研修 (2019 年 9 月)	【リスク評価・早期警戒情報】 NBRO 内実務者向けの研修とし、実務演習に重点を置くこととした。 各研修員はそれぞれ必要な地形データ・降雨データを持参することとし、演習を通じてプロダクトを生成し、研修終了時に成果を示すこととする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 国総研等における土砂災害リスク評価に係る演習</li> <li>▪ 国内研究機関における土砂災害評価に係る最新技術の理解</li> <li>▪ LiDAR 処理と地形解析に係る実務演習</li> <li>▪ 県と気象台による警報発表メカニズム</li> <li>▪ 近年の土砂災害で被災した市町村の視察・講義</li> </ul>
第 2 回本邦研修 (2022 年 7 月)	【土砂災害土地利用規制】 NBRO 地方事務所職員、同定住計画研修部職員、土地開発庁、パイロット自治体議長を対象とした。 土砂災害防止法による土砂災害警戒区域視点に係る行政プロセス（法制度、財源、課題）、都市計画との調整メカニズムを理解し、スリランカにおける土地利用規制の実施促進を狙った。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 国交省砂防部による日本の土砂災害対策全般に係る講義。</li> <li>▪ 国交省都市計画局によるまちづくりにおける防災・減災対策に係る講義</li> <li>▪ 国直轄、及び都道府県により実施される土砂災害対策の仕組みと実例の視察。</li> <li>▪ 都道府県における土砂災害対策と都市計画の実践に係る講義。</li> <li>▪ 都道府県と市町村との災害時の連携や、対策実施にかかる財源支援の仕組みの講義・視察。</li> </ul>

### (3) 供与機材・携行機材実績

プロジェクトで調達する必要資機材として、表 1.5 の資機材を供与した。各機材の活用状況については、第 2 章を参照のこと。

表 1.5 供与機材一覧

No.	資機材費目	数量	用途
1	雨量解析用 ワークステーション	1 式	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ NBRO の既存サーバに伝送されたデータを解析表示する。</li> <li>▪ OS・Web サーバーアプリケーション、及びセキュリティー等周辺機器を含む。</li> </ul>
2	地すべり 遠隔監視システム	1 式	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2 つのパイロットサイト (Weeriyapura、Udapotha) の地すべり変動を監視し、地域の早期警戒体制を強化する。</li> <li>▪ 既存雨量観測システムとの統合運用を行うためのシステム開発を含む。</li> </ul>

### (4) 再委託実績

成果 1 の稼働に関連して、土砂災害情報及び関連する調査報告書を収集・管理することを目的として、第 4 回変更契約にて、表 1.6 に示す再委託を行うこととし実施した。

表 1.6 現地再委託実績

No.	再委託業務	数量	用途
1	土砂災害情報管理システムの構築	1 式	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ NBRO 地方事務所が作成する各種のレポート（地すべり調査報告書、リスク評価報告書等、計 10 万件以上）について、オンラインデータベースで管理・解析する。</li> </ul>

## 第2章 活動内容

### 2.1. 新型コロナへの対応について

2020年3月以降、新型コロナの世界的な感染拡大を受けて、専門家チームの渡航が制限されるとともに、スリランカ国内においてもNBRO職員の活動が制限された。

- 2020年3月：現地滞在中の全てのメンバーが緊急帰国。
- 2020年10月：国内感染者数は低いレベルで抑えられていたため、渡航再開を検討したが、Gampaha県での集団感染により新規感染者が急増し取り止め。
- 2021年4月：新規感染者が減少傾向にあったため5月渡航再開で準備。直前のシンハラ正月を経て新規感染者が急増し、現地入りはしたものの、外出禁止令が敷かれオンラインを主体とした活動を行う。
- 2021年8月：再度感染者が急増したため（期間最大）、スリランカ政府は外出禁止令を発して対応。渡航は全て取りやめ。
- 2021年10月：外出禁止令及びワクチン接種により新規感染者数は急減したため、外出禁止令は10月1日に解除された。これを受けて、10月中旬より専門家チームの渡航を再開した。

歳入の多くを民間事業（コンサルティング業務や土質・材料試験棟）により賄っているNBROは、新型コロナ感染拡大の影響により歳入が激減したため、組織運営上、深刻な状況が続いている。非正規職員の継続雇用を一時的に取りやめるなど、新型コロナ明けの人員不足が懸念された。プロジェクトC/Pは継続的に従事しており、必要に応じて補充するなどの対応が行われている。

また、専門家チームの渡航が制限される間、NBRO側との定期的なオンライン会議（WGリーダー会議を月1回開催、各WGの個別会議を月2～4回開催）を持ち、パイロット活動の制限はあったものの、各WGによるプロジェクト活動は有効に進められた。

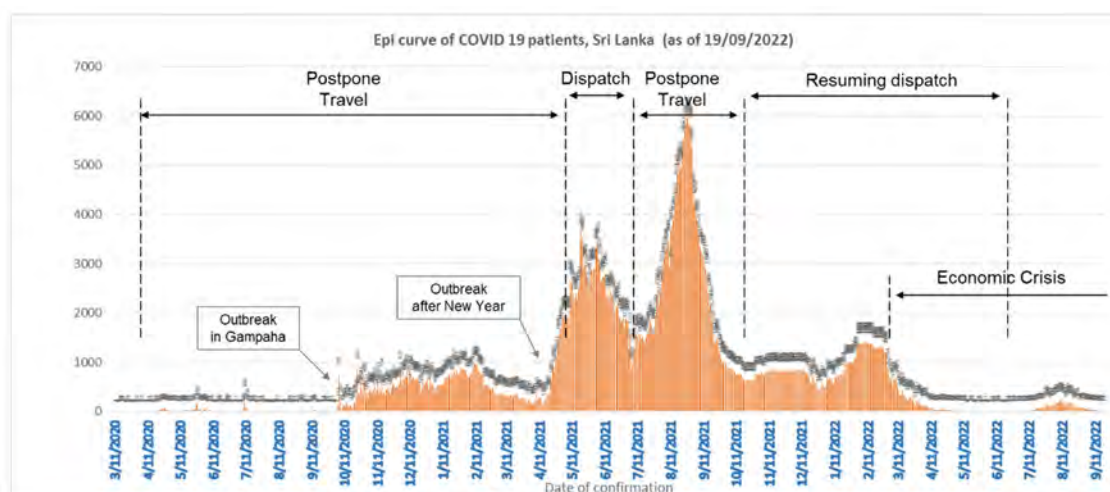


図 2.1: スリランカ国内の新規感染者数（保健省発表）と専門家派遣



## 2.2. プロジェクト全体にかかる活動

### 2.2.1. 合同調整委員会（JCC）

#### (1) 第1回 JCC（2019年2月25日）

第1回 JCC は、2019年2月25日開催された。行政災害管理省次官が議長を務め、JCC 構成メンバーの全機関が出席した。また、パイロットサイトの地方自治体より、Badulla 市長、Kotapola PS 議長、Bulthkohupitiya PS 議長がそれぞれ参加した。



専門家チームより、プロジェクト概要・実施体制・パイロットサイトの説明が行われ、NBRO 側からは、これまでの土砂災害非構造対策に関する取り組み（ハザードマップ整備、早期警報、リスク評価等）が紹介された。スリランカにおいては、地方自治体は、これまで防災関連活動にはほとんど関わっておらず（国が主導で実施している）、NBRO による具体的な取り組みに大変興味を持って聞き入っている様子であった。また、議論では、不法開発を防止することの困難さや、土地利用規制を実施する上での住民理解の課題等に関する発言が数多くなされ、それに対して、NBRO 側から、政府見解や NBRO の Resettlement Program における事例などが丁寧に紹介された。また、リスクに応じて開発申請手続きを簡略化し、不法開発を防止するなどの具体的なアイデアも議論された。各地方自治体からはプロジェクトへの全面的な協力が確認された。

#### (2) 第2回 JCC（2019年10月29日）

第2回 JCC は、2019年10月29日に開催された。会議は NBRO 局長が議長を務め、第1回と同様、JCC 構成メンバーのほとんどが出席した。地方自治体からは、Kotapola PS 議長、Bulthkohupitiya PS 議長が参加した。



専門家チームより、プロジェクト全体の進捗報告及びモニタリングシートの説明を行った後、各 WG リーダーから、活動の進捗報告、第1回本邦研修の報告がなされた。プロジェクトの進捗に大きな遅れや障害は発生していない旨を JCC メンバー全員が確認した。議論では、地方自治体から、土地利用規制実施にあたっての法制度整備の必要性や、住民啓発のためにプロジェクトに積極的に協力していく旨の発言があり、また、国交省国土技術政策総合研究所より派遣頂いた短期専門家から、「土砂災害危険区域の設定は、日本においてもすぐに住民に理解を得られるものではなかった。多くの災害を経て、区域設定の重要性が認識されるようになった。法整備には時間がかかるが、住民の命を守るために今やるべきことを進めていくことが重要である」旨が述べられた。

### (3) 第3回 JCC (2021年7月14日)

新型コロナウイルス感染拡大による渡航制限が始まって以降、初めての JCC となった。感染拡大防止の観点から、各機関の JCC メンバーが一同に介するのは難しい状況にあったため、オンラインでの JCC 開催とした。オンラインにも関わらず、中央機関のほか、全てのパイロットサイトの地方自治体議長も参加した。



会議では、各 WG の活動進捗が報告された一方で、以下の理由から、半年間（6 ヶ月間）のプロジェクト延長が決議された。

- 専門家チームの渡航制限や NBRO 職員の国内移動の制限による活動の遅延。
- 土砂災害情報管理システムについて新型コロナウイルスの影響により開発が遅延。
- 国内移動制限により地すべり遠隔監視システムの機材設置が行えない。
- パイロット自治体との協議が進められず、土地利用計画の議論が遅延している。
- 新型コロナウイルス感染拡大の影響により、本邦研修が再開されない。

上記を受けて、NBRO 側は R/D に定めるプロジェクト期間の延長に係る公式手続きを開始し、2021 年 11 月に合意文書の署名が完了した。

### (4) 第4回 JCC (2022年6月10日)

2022 年 6 月 10 日に第 4 回 JCC を開催した。事実上プロジェクト最後の JCC となり、NBRO プロジェクトメンバーを始め、3 つのパイロットサイトの地方自治体や中央関係機関等、約 50 名が参加し、3 年半のプロジェクト活動の成果と達成度を確認した。



都市開発庁 (UDA) からは、市街化区域の開発にあたって Site Specific の土砂災害リスク評価が不可欠であり、現在進めている Yellow/Red zoning を早急に進めて欲しい旨の要請が上げられた。土地計画局 (LUPPD) からは、Yellow/Red zone が条例化されることが出来れば土地利用計画に反映していきたい旨の発言があった。中央環境庁 (CEA) からは、Yellow/Red zone が整備されていけば、災害インパクト評価をより迅速に進めることが出来るため早急に整備を進めて欲しい旨が示された。地方自治体からは、リスク評価に基づいた土地利用規制を実施していくためには、法制度整備が不可欠である旨、また、地方自治体関係者にプロジェクト成果を普及するために各種ガイドラインをシンハラ語訳して欲しい旨の要請が出された。

また、JCC 合意事項として、以下の項目について議事録に取り交わした。

- 第 2 回 C/P 研修実施とプロジェクト期間を 3 ヶ月延長する。
- WG1 に関連する以下の活動を NBRO は継続して実施する。
  - ・ Yellow/Red zoning の他地域への展開
  - ・ 既存の Landslide Hazard Zonation Map (LHZM) の更新

- ・ 開発された Landslide Information Management System (LIMS) のデータ更新
- WG2 に関連する以下の活動を NBRO は継続して実施する。
  - ・ 土壌雨量指数と土砂災害発生との相関を検証
  - ・ 既存の地上雨量観測施設の修繕と更新
- WG3 に関連する以下の活動を NBRO は継続して実施する。
  - ・ 各地域の土砂災害リスク削減計画を策定
  - ・ 土地利用規制を実施していくための実践的なアプローチの検討
- 第 2 回本邦研修の成果を踏まえ、上位目標達成に向けた活動を推進すること。

## 2.2.2. C/P 本邦研修

### (1) 第 1 回本邦研修

2019 年 9 月 1 日～14 日にかけて、第 1 回 C/P 本邦研修を実施した。WG : 1 名、WG : 2 名、WG3 : 2 名（いずれも NBRO 職員）の 5 名が選出された。研修行程を表 2.1 に示す。

研修の前半では、国土交通省砂防部をはじめ、気象庁、国土技術政策総合研究所、砂防・地すべり技術センター、防災科学研究所等の中央政府機関、研究機関等を訪問し、特に土砂災害警戒区域の設定や土砂災害警戒避難情報に関する講義を受けた。また、研修の後半では、長野県を訪れ、地方自治体における土砂災害警戒情報の発信の仕組みや、砂防事業における国と県の連携、さらに 2014 年に被災した南木曾町の復旧・復興事業等を視察した。

研修員からは、中央省庁から市町村レベルまでの日本の土砂災害の防災に係る組織、早期警報、対策について順に学べる行程であったため、日本土砂災害対策を知る上で有効的な研修のスケジュールであった旨、日本では各機関の役割が明確になっており、関係機関内の連携が密であることと、防災マップ作成等は地方分権化により各自治体が整備することで、作成が進んでいることが学べた旨、土砂災害警戒情報へ土壌雨量指数の導入の経緯や優位点への理解が得られた、等の評価を得た。

表 2.1 第 1 回本邦研修実施行程

日付	時間	研修内容	講師
9 月 1 日		(来日)	
9 月 2 日	10:00-12:00	JICA プリーフィング	JICA 東京国際センター
	13:00-13:30	国土交通省砂防部表敬	国土交通省水管理・国土保全局
	15:00-16:30	日本における土砂災害対策の概要及び各機関の役割と連携	国土交通省水管理・国土保全局
9 月 3 日	10:00-12:00	気象庁に土砂災害に関する予報業務	気象庁
	14:00-16:00	JICA による土砂災害対策支援に事例（ブラジルプロジェクト）	(財) 砂防地すべり技術センター
9 月 4 日	10:00-12:00	日本における土砂災害予測技術の現状と今後の展望等	国土技術政策総合研究所
	14:30-16:30	地すべり地形分布図の整備／大型降雨実験施設等の見学	防災科学技術研究所
9 月 5 日	10:00-12:40	AI を用いた地すべり地形判読技術の紹介	日本工営株式会社
	14:00-16:00	土砂災害防止のための市民支援活動	特定非営利活動法人 土砂災害防

日付	時間	研修内容	講師
			止広報センター
9月6日	10:00-12:00	LiDAR データの処理技術	朝日航洋株式会社
	14:00-17:00	高解像度数値標高データを用いた空中写真判読技術演習	帝京平成大学
9月7日	11:00-12:30	東京臨海広域防災公園における防災体験施設見学	東京臨海広域防災公園 りそなエリア東京
9月8日	AM	移動（東京→長野市）	
9月9日	10:00-12:00	長野県内の土砂災害と県の取組（土砂災害警戒区域設定の現状）	長野県建設部砂防課
	13:30-15:00	長野県における土砂災害警報の発令メカニズム	長野県地方気象台
	15:00-17:00	地附山地すべりの記録と対応	地附山地すべり観測センター
9月10日	8:00-11:00	移動（長野市→南木曾）	
	11:00-11:30	歴史的砂防施設の見学（牛伏川フランス式階段工）	長野県木曾建設事務所
	15:00-15:40	長野県木曾建設事務所長 表敬訪問	長野県木曾建設事務所
	16:30-17:00	大崖砂防堰堤遺構の見学	長野県木曾建設事務所
9月11日	9:00-12:00	H26 年南木曾町豪雨災害の被災状況と復旧事業の概要、住民啓発の取り組み	中部地方整備局、長野県木曾建設事務所、南木曾町役場
	14:00-16:00	H26 年南木曾町豪雨災害の復旧事業の現地視察	長野県木曾建設事務所
9月12日	08:00-14:00	移動（南木曾→東京）	
9月13日	09:00-12:00	アクションプラン作成	JICA 東京国際センター
	13:00-15:00	アクションプラン発表会	
	15:00-16:00	評価会、閉講式	
9月14日			(離日)



## (2) 第2回本邦研修

第2回本邦研修は、新型コロナウイルス感染拡大や経済危機の影響を受けて、実施が危ぶまれていたが、JICA 東京の受け入れ再開のタイミングで、2022年7月に実施することが可能となった（これに伴いプロジェクト期間を3ヵ月延長）。様々な不確定要素や行動制約があったも

の、研修員 10 名が全ての研修行程に参加し、大変有意義なものとなった。

第 2 回本邦研修は、土砂災害リスクに応じた土地利用規制の実施や制度整備に着眼したカリキュラムとした。このため、研修員の選定にあっては、地方行政と直接的なやり取りを行っている NBRO 地方事務所から 3 名、住民移転プログラムを所掌する NBRO 定住計画研修部 (HSPTD) から 3 名、都市開発庁 (UDA) から 1 名、3 つのパイロットサイト (Badulla 市、Kotapola PS、Bulthkohupitiya PS) の地方自治体市長・議長 3 名、と、いずれも土地利用規制の実務に携わる行政職員とした。研修行程を表 2.2 に示す。

新型コロナ感染拡大防止のための水際対策として、全ての研修員が入国後 8 日間のホテル待機を求められており、この間、国土交通省砂防部や同都市計画局等から関連する法制度や計画、国レベルの施策についてオンラインで講義頂き、ホテル待機期間の終了後は、都道府県や市町村への訪問や現地視察を中心とした行程とした。

研修終了時のアクションプラン発表会では、参加者を 3 つのパイロットサイト毎にグループ分けを行い、それぞれのグループに自治体議長、NBRO 地方職員、NBRO HSPTD が参加し、Badulla 市については UDA からの参加者も加わった。アクションプランでは、各グループより、以下の施策を検討する旨が発表された。

- **Badulla MC グループ**  
開発誘導計画を策定し、建築許可システムを管理するとともに、開発行為のモニタリングを行う。また、自治体内に減災のためのタスクフォースを設立するための手続きを州政府の承認のもと開始する。
- **Kotapola PS グループ**  
Kotapola PS 全域のハザードマップを NBRO とともに作成するとともに、土地利用と建設ガイドラインを作成し適用していく。災害の危険性が高いエリアについては、土地省が管轄する土地登録データベースに登録し、土地が転売されないようにする。
- **Bulathkohupitiya PS グループ**  
災害リスク削減・対応計画を策定し、県調整委員会において各機関に責任を割り当てるよう働きかける。プロジェクトで立ち上げたコミュニティレベルでの自主防災組織を強化し活動を継続する。

研修終了後、研修員からは、参加機関を越えて、研修員同士での議論の時間があったことが大変良かった旨、日本では法律により規制がかかり、行政から住民に至るまで、同じ共通認識の中で土砂災害対策が実施されたことを学ぶことが出来た旨の感想があった。

その反面、9 日間隔離期間は少なからず負担であったことや、講義は可能な限り隔離期間のオンラインで実施し、隔離後は野外視察を中心としたカリキュラムであった方がより有意義であった等の意見が出された。また、第 2 回研修は、土地利用規制に焦点を当てた内容であったことから、NBRO の技術系職員からは、もう少し土砂災害の科学的メカニズムや対策工の設計にかかる講義を受けたかった、等の感想も聞かれた。

表 2.2 第 2 回本邦研修実施行程

日付	時間	研修内容	講師
7月12日		(来日)	
7月13日	10:00-12:00	JICA ブリーフィング	【オンライン】
	12:10-12:30	研修日程とアクションプラン作成について	【オンライン】 専門家チーム
7月14日	10:00-12:00	プロジェクト成果レビュー	【オンライン】 専門家チーム
	13:00-15:00	日本における土砂災害対策の概要	【オンライン】 国土交通省水管理・国土保全局
7月15日	10:00-12:00	まちづくりにおける防災・減災対策事例と支援施策について	【オンライン】 国土交通省都市局都市計画課
	13:00-15:00	グループディスカッション	【オンライン】 専門家チーム
7月16日		研鑽	
7月17日		研鑽	
7月18日		研鑽	
7月19日	10:00-12:00	日本の土砂災害予測技術の現状と今後の展望等	【オンライン】 国土技術政策総合研究所 土砂災害研究室
7月20日	9:00-9:30	JICA ブリーフィング	JICA 東京
	13:15-13:45	地すべり対策事業見学	国土交通省 中部地方整備局 富士砂防事務所
	14:00-15:00	由比地すべり事業の概要	
	16:00-17:00	大沢扇状地砂防施設見学	
7月21日	10:00-15:00	急傾斜地警戒区域の設定と県による対策事業（現場視察）	神奈川県県土整備局河川下水道部砂防課
	16:00-17:00	スリランカ元大統領顕彰碑視察	高德院鎌倉大仏
7月22日	9:30-11:30	災害メカニズム・発生条件の解明と将来の地域防災能力への活用	東京大学生産技術研究所
	14:00-16:00	グリーンインフラ推進と防災・減災について	【オンライン】 日本建設業連合会土木工事技術委員会
7月23日		アクションプラン作成	
7月24日	13:00-16:00	富岡製糸場と絹産業遺産群	
7月25日	9:00-0:30	2019年台風19号災害内匠地区の被害状況と発生メカニズム	群馬大学大学院理工学府環境創生部門 若井教授
	10:30-12:00	内匠地区災害復旧事業の概要	群馬県県土整備部砂防課
	14:00-16:00	自治体によるリスク情報の周知～自主避難計画策定の取り組み～	富岡市危機管理課
7月26日	9:00-10:00	群馬県における防災・減災の取り組み	群馬県県土整備部建設企画課
	10:00-11:00	群馬県における土砂災害対策	群馬県県土整備部砂防課
	13:00-13:40	群馬県における流域治水対策	群馬県県土整備部河川課
	13:40-14:20	群馬県における土地利用規制	群馬県県土整備部都市計画課
	14:20-15:00	群馬県における開発許可規制	群馬県県土整備部建築課
7月27日	9:00-9:30	国土交通省砂防部表敬	国土交通省水管理・国土保全局
	10:30-12:00	アクションプラン作成	JICA 東京国際センター
	13:00-15:00	アクションプラン発表会	JICA 東京国際センター
	15:00-16:00	評価会、閉講式	JICA 東京国際センター
7月28日		(離日)	



### 2.2.3. セミナーの開催

ミニセミナーは、先行案件である「土砂災害管理強化プロジェクト：TCLMP（2014-2018）」において、長期専門家の企画により実施されていたものであり、プロジェクト活動内容とは別に、日本文化や防災技術一般について、直接のC/Pに限らず、NBRO全職員に広く参加を促し、日本の知見を広めることを目的としたものである。



本プロジェクトにおいても、表 2.3 に示す内容で不定期に開催してきたが、新型コロナウイルス感染拡大以降は、招集が難しくなったため開催を停止している。

表 2.3 ミニセミナー実績

開催回	月日	主な内容
第 1 回	2019 年 7 月 3 日	■日本の砂防事業計画 流域砂防計画の考え方、設計基準、環境への取り組み
第 2 回	2019 年 7 月 23 日	■日本の自然災害 土砂災害に限らず、洪水・地震・津波への日本政府の取り組み
第 3 回	2019 年 8 月 28 日	■スリランカの土砂災害発生・被害の実態 WG1 で収集した土砂災害の分析結果等
第 4 回	2019 年 9 月 6 日	■日本の土砂災害警戒区域設定 Yellow/Red zone に関して、日本の手法とスリランカへの適応
第 5 回	2019 年 9 月 23 日	■砂防事業に必要な手続き 砂防法や土砂法の説明、砂防指定地の指定方法
第 6 回	2020 年 2 月 3 日	■日本の土地利用規制 日本の都市計画法、宅地造成法、土砂災害防災法での規制内容
第 7 回	2020 年 2 月 21 日	■日本の土砂災害非構造物対策 土砂警戒区域設定の施行にあたっての課題、スリランカでの適用

## 2.2.4. 広報活動

### (1) プロジェクト・ニュースレターの発信

プロジェクト広報を目的として、プロジェクト・ニュースレターを作成・回覧した。同ニュースレターは、日・英で用意し、活動進捗に応じて適宜作成してきたが、その後、facebook による広報を開始したため、第4号までの発行で終了した。

表 2.4 プロジェクト・ニュースレター実績

号数	月日	主な内容
第1号	2019年3月29日	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト概要説明（目標、成果、対象地域等）</li> <li>JICAの過去支援成果（高精度地形図）の活用</li> <li>第1回JCC会議の開催</li> </ul>
第2号	2019年6月26日	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハザード分析のための地形判読セミナー</li> <li>NBROによるドローンを用いた地形測量</li> <li>土砂災害警報基準の改善のための土壌雨量指数</li> <li>プロジェクトfacebookページの立ち上げ</li> </ul>
第3号	2019年11月8日	<ul style="list-style-type: none"> <li>土石流被災地域の調査、土石流シミュレーション演習</li> <li>第1回C/P本邦研修の実施</li> <li>警戒区域に基づく土地利用規制、日本の砂防事業の紹介</li> </ul>
第4号	2020年2月5日	<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂災害インベントリーシートの改善・研修</li> <li>第2回JCC会議の開催</li> <li>早期警報にかかる短期専門家派遣</li> <li>NBRO年次シンポジウムでのプロジェクト紹介</li> </ul>

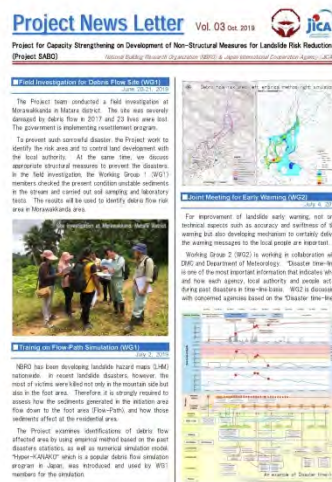
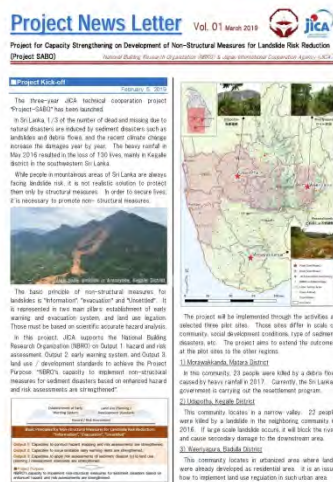


図 2.2: プロジェクト・ニュースレター



## (2) プロジェクト facebook

WG メンバーの日々の活動の様子を紹介することを目的として、プロジェクトの facebook ページを立ち上げた。同 facebook ページは、NBRO の公式ページにも掲載している。ページへの投稿・管理は、原則として NBRO 側が主体的に運営するものとしていたが、JICA 内部でのソーシャルネットワークを用いた情報発信に係る規定から、2019 年 11 月より、投稿時には、JICA スリランカ事務所の決済を受けることとした。



2022 年 8 月時点でのフォロワーは 444 名であった。オーディエンスのうち、78%が男性、22%が女性で、全体の半数以上が 25～34 歳の年齢層に集中していた。地域別にみると、91%がスリランカ国内、3%が日本国内であり、スリランカ国内のうち 21%がコロombo、次いでキャンディ、ガンパハからの閲覧が多かった。

## (3) 日本経済新聞

JICA 本部からの依頼を受け、日本経済新聞社からのインタビューに参加した。その結果は、2019 年 9 月 30 日付けの同紙に紹介された。記事では、SABO (=砂防) の名称が世界共通用語として認知されつつある点や、JICA 及び国交省が連携して各国の砂防技術支援を行っていることが紹介され、Morawakkanda での野外調査の様子が掲載されている。

## (4) JICA 広報誌 mundi への掲載

JICA 本部からの紹介を受け、JICA 広報誌 mundi の取材を受け、国土砂災害対策事業 (LDPP : 円借款) とともに、2020 年 5 月号にプロジェクト活動の様子が掲載された。



出典：JICA

## (5) 学会・シンポジウムでの発表等

### 1) 日本地すべり学会での発表

プロジェクトの広報活動を兼ねて、2019年8月に開催された日本地すべり学会第58回研究発表会に参加し、特にプロジェクトの活動に関する口頭発表を行った。同研究集会には、NBROで実施中のSATREPS事業のチームも参加しており、スリランカの早期警戒体制強化に向けての課題や支援方向性などについての活発な議論が行われた。

### 2) 「砂防と治水」への寄稿

第1回本邦研修に関して、一般社団法人全国治水砂防協会から、同協会機関紙である「砂防と治水」への寄稿依頼があり、寄稿のうえ、同機関紙の2019年12月号に掲載された。

### 3) DMC 主催国際シンポジウムでの成果発表

プロジェクト成果を広く広報するため、2020年12月に開催された国際シンポジウム「Multi-Hazard Early Warning and Disaster Risk Reduction」への寄稿及びシンポジウム発表を行った。同シンポジウムは、スリランカ災害管理センター（DMC）とCabaret（EU資金で運営するプロジェクト）が主催するもので、JICAも協賛している。プロジェクトからは、表2.5に示す発表・寄稿がなされた。

表 2.5 Multi-Hazard Early Warning and Disaster Risk Reduction への発表・寄稿

No	タイトル	発表者
1	Inventory Survey of Slope Failures in Sri Lanka	Yang P.
2	Determination of the Feasibility of the Uses of Hyper KANAKO A Debris Flow System to Predict the Landslide Damage Zone of Sri Lanka, a Case Study to the Landslide at Meeriyabedda, Koslanda, Badulla, Sri Lanka	Hemasinghe H., Suzuki K., Matsumoto N., Uchida T.
3	Study on Landslide Early Warning by Using Rainfall Indices in Sri Lanka	Wada T., Gamage H.G.C.P., Senadeera W., et al.
4	Rainfall Triggered Landslide Early Warning System Based on Soil Water Index Gamage	H.G.C.P., Wada T., Senadeera W., Aroos M.S.M., Bandara D.M.L.

### 4) World Landslide Forum での成果発表

2021年11月に開催されたWorld Landslide Forum 5（WLF5）に、オンライン参加し、プロジェクトの成果の一部を発表した。WLF5では、JICAが各国で実施している土砂災害関連事業からも多くの参加があるため、互いの情報共有を行ううえでも貴重である。プロジェクトからの発表タイトルは、表2.6の通りである。

表 2.6 World Landslide Forum 5 への発表・寄稿

No	タイトル	発表者
1	Strengthening non-structural measures for Landslide Risk Reduction in Sri Lanka – Achievement in Project SABO -	Koike T. (Team Leader)
2	Identification of Debris Flow Hazards in Sri Lanka	Yang P., Nishikawa T., Hemasinghe H. H., Jayathissa H.A.G.

## 5) NBRO 年次シンポジウムでの成果発表

NBRO では例年 12 月頃に国内外の研究者や防災行政機関等を集めたシンポジウムを開催している。本プロジェクト期間中では、2020 年には新型コロナウイルス感染拡大により実施されなかったが、2019 年（第 10 回）、2021 年（第 11 回）には、それぞれ JICA 協賛のもと盛大に開催されている。

第 10 回では、プロジェクトから、シンポジウム 2 日目の基調講演として、日本の土砂災害対策に係る法制度整備の歴史や近年発生した豪雨災害に対する対応について講演するとともに、プロジェクト C/P から表 2.7 に示す発表が行われた。

第 11 回では、プロジェクトから、シンポジウム 1 日目のパネルディスカッションに登壇し、道路斜面管理の重要性について言及し、発災後の迅速な道路輸送回復のためには維持管理の視点からのインベントリー整備や人材の確保が重要であることを説明した。また、シンポジウム 2 日目には本プロジェクト単独の特別セッションを持ち、C/P から表 2.8 に示す発表が行われた。

表 2.7 第 10 回 NBRO 年次シンポジウムでの発表・寄稿

No	タイトル	発表者
1	Keynote Speech 02 on Soft Interventions for Sediment Disaster Risk Reduction in Japan	Koike T. (Team Leader)
2	Application of yellow zone and red zone concept to identify debris flow prone sites in Sri Lanka	Hemasinghe H. H. (WG1)
3	Determination of Rainfall Thresholds for Landslide Occurrence in Sri Lanka, A Case Study: Kaluganga Basin	Rajapaksha W.D.G.D.T. (WG1,2)

表 2.8: 第 11 回 NBRO 年次シンポジウムでの発表・寄稿

No	タイトル	発表者
1	Development of Local Rainfall Thresholds for Landslide Occurrence in Sri Lanka; A Case Study in Kalu River Basin	Rajapaksha W.D.G.D.T. (WG1,2)
2	Accuracy assessment of flow path of debris flow of slope failure using yellow zone / red zone concept; A case study of Aranayake landslide in Kegalle district, Sri Lanka	Karunaratne M. D. S. S.(WG1)
3	Review and validation of slope failure hazard zonation method in Sri Lanka	Wada T. (Expert team)
4	Soil Water Index as a Determining Factor for Initiation of Landslides and Issuing of Landslide Early Warning in Sri Lanka	Rathnayake R. M. S. A. K, (WG2)

## 2.3. 成果 1 にかかる活動

### 2.3.1. 土砂災害に関するハザード分析・リスク評価手法の確認（活動 1-1）

#### (1) 活動内容

成果 1 で取り組むハザード分析とリスク評価の能力向上に関する現状の課題を明確にするため、NBRO が実施していたこれらの手法について確認を行った。

NBRO は 1995 年頃より、土砂災害の危険性評価を定量的に行うことを目的として数値評価システムを開発している。現在の土砂災害ハザードマップ（Landslide Hazard Zoning Map : LHZM）の作成手法は、原則として当時の手法を踏襲している。この方法は、1) 地質及び地質構造、2) 土壌種別及び層厚、3) 斜面勾配、4) 水文特性、5) 土地利用、6) 地形分類の 6 つの要素からなるレイヤーに一定の重み付けを行い、総合スコアで斜面の原位置での土砂移動発生のポテンシャル（Susceptibility）を 4 つのクラスで区分している。この LHZM は 10,000 分の 1 縮尺の図面として作成されているため、本プロジェクトで取り組む早期警戒や土地利用規制に資するものとするためには、より詳細な（Site-specific な）スケールで、さらに土砂の流下・影響範囲も示されたハザードマップを作成する必要がある。また、図 2.3 の白丸部分は本プロジェクトのパイロットサイトの Weeriyapura 地区で、家屋等の変状が認められるため地すべりの危険性の高い地区として認識されているものの、LHZM では危険性が低いと評価されていた。地すべりは緩斜面を呈することが多いため、地すべりのような土砂移動タイプは、斜面勾配にスコアの重み付けを行っている LHZM では適切に評価されていないという課題も認められた。

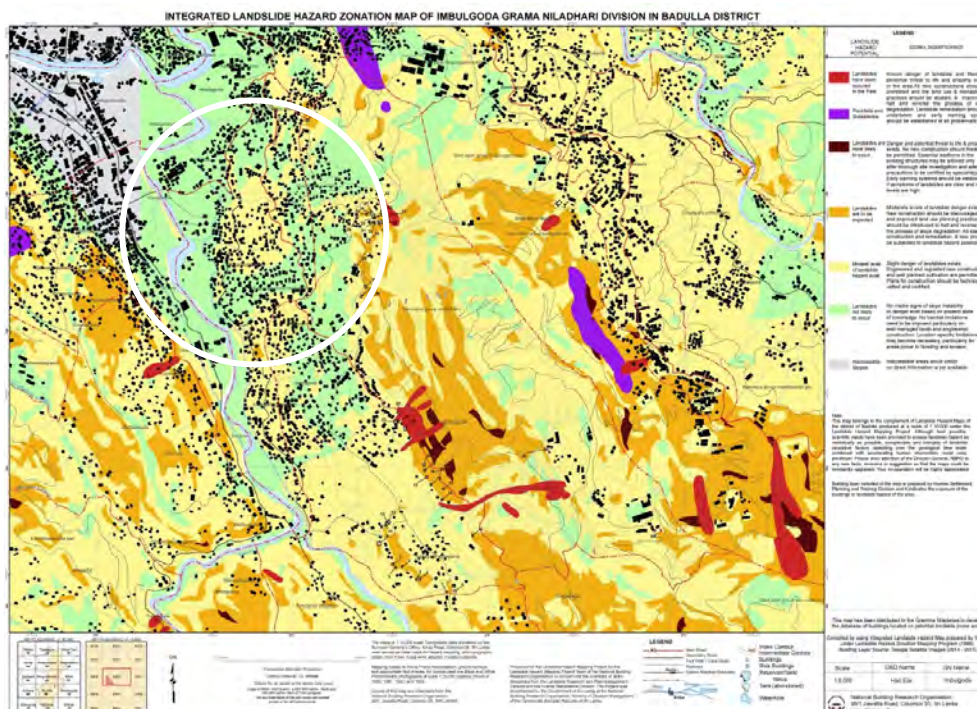


図 2.3: 現行の LHZM の事例 (Badulla 県 Weeriyapura 地区)

出典 : NBRO LRRMD

リスク評価については、RAMMS モデルを使用して、土砂災害の影響範囲の特定とそれに基づいたリスク評価を行っている。上記 LHZM で最もポテンシャルの高いクラス 1 に区分された箇所を発生源として、そこからの土砂流の流下範囲の解析を行っている。その後、土地利用状況や家屋の密集度などから特定した影響範囲をもとに、階層分析法（AHP 法）を用いてリスク評価を行っている。

## (2) 課題と工夫

本活動はプロジェクトの開始と同時に行った。既存の分析・評価手法について C/P からプレゼンテーションをしてもらい、既存手法（LHZM）では土地利用規制に資するハザードマップとして活用が難しい旨の課題や本プロジェクトで取り組む内容について建設的な議論を重ねたことは、C/P のプロジェクトに対する理解を促し、プロジェクト初期段階からの C/P との信頼関係の構築に繋がった。

### 2.3.2. 土砂災害データの管理方法の改善（活動 1-2）

#### (1) 活動内容

##### 1) 土砂災害インベントリーシートの開発と普及

過去の災害記録は適切な対策を検討するための重要な基礎データである。NBRO も土砂災害記録台帳と土砂災害調査レポートという形でこれらの記録を整備していた。一方で、以下の課題が明らかとなった。

- NBRO 地方事務所から NBRO 本部に災害記録を伝達する体制はあるものの、報告のフォーマットが統一されておらず、十分な質の記録が蓄積されていなかった。
- 現行の記録は、切土法面崩壊と地すべりのみを対象としていた。本来、土砂災害形態ごとに着目すべき点、記録すべき事項が異なっているため、それを整理する必要があった。
- 土砂災害対策の検討やハザードマップ作成に有用なデータの項目が不足していた。例えば、記録した傾斜角が発生地点の傾斜角なのか堆積地点の傾斜各なのか等の情報が不明確で、影響範囲を推定するための資料としてなり得なかった。
- 紙媒体のみで蓄積されていた。

上記の課題を解決するため、WG1 は土砂災害記録の統一フォーマットとなる「インベントリーシート」を開発した。スリランカで発生している土砂災害形態の分析から、「滑動・崩壊（SS）」、「土石流・泥流（DE）」、「傾倒・落石（TR）」の 3 種類のインベントリーシートを作成した（図 2.4）。さらに、これらのインベントリーシートの記入方法を示したガイドライン「Guide to Landslide Inventory Sheet Records」も作成した。

WG1 で作成したインベントリーシートと記入ガイドラインは、NBRO の各所内からのコメントに従って最終化を行った。最終化の後、NBRO が定期的実施している地方事務所との定例会議において、作成したインベントリーシートを使用して今後土砂災害データを記録する旨の通達がなされ、これらが各事務所に配布された。

LANDSLIDE INVENTORY SHEET (Slide + Slope failure, SS)	
<input type="checkbox"/> Potential, <input type="checkbox"/> Occurring, <input type="checkbox"/> Occurred	
Page No.: 01	
Landslide ID	
0. Site Inspection	Inspected by: _____ Inspection Date: _____
1. Landslide Location	1.1 District: _____ 1.2 DS Division: _____ 1.3 GN Division: _____ 1.4 Local Authority: _____ 1.5 Village/Location: _____ 1.6 GPS Coordinates (WGS84) and Elevation Point/Location Latitude (North) Longitude (East) Elevation (m) at landslide crown _____ at toe of rupture surface _____ at landslide tip _____
2. Date/History of Landslide Occurrence	2.1 Initiation date (time/day/month/year) _____ 2.2 Reactivation date (time/day/month/year) _____ 2.3 Last date (time/day/month/year) _____ 2.4 Additional description: _____
3. Meteorological Conditions	3.1 Raingauge name (or No.) _____ 3.2 Distance to landslide site (km) _____ 3.3 Cumulative rainfall (mm) _____ from _____ to _____ 3.4 Max daily rainfall (mm/d) _____ from _____ to _____ 3.5 Max hourly rainfall (mm/hr) _____ from _____ to _____ 3.6 Local rainfall threshold _____ if available 3.7 Additional description: _____
4. Landslide Characteristics	4.1 Landslide type _____ 4.2 Activity state _____ 4.3 Activity distribution _____ 4.4 Movement velocity _____ 4.5 Displaced mass width (m) _____ 4.6 Rupture surface width (m) _____ 4.7 Displaced mass depth (m) _____ 4.8 Rupture surface depth (m) _____ 4.9 Displaced mass length (m) _____ 4.10 Rupture surface length (m) _____ 4.11 Total length (m) _____ 4.12 Reaching distance (m) _____ 4.13 Displaced volume (m <sup>3</sup> ) _____ 4.14 Affected area (m <sup>2</sup> ) _____ 4.15 Additional description: _____

LANDSLIDE INVENTORY SHEET (Slide + Slope failure, SS)	
<input type="checkbox"/> Potential, <input type="checkbox"/> Occurring, <input type="checkbox"/> Occurred	
Page No.: 02	
Landslide ID	
5. Geo-Environmental Characteristics at Landslide Site	<input type="checkbox"/> Rock <input type="checkbox"/> Debris <input type="checkbox"/> Earth Rock type _____ Major Discontinuities (2 to 3 sets) J1 1) Dip/Dip direction _____ 2) Spacing (mm) _____ 3) Infilling material _____ J2 1) Dip/Dip direction _____ 2) Spacing (mm) _____ 3) Infilling material _____ J3 1) Dip/Dip direction _____ 2) Spacing (mm) _____ 3) Infilling material _____ Weathering grade _____
	5.2 Surface soil <input type="checkbox"/> Residual <input type="checkbox"/> Colluvium <input type="checkbox"/> Other Estimated soil thickness (m) _____ Soil classification (D2488) _____
	5.3 Slope structure <input type="checkbox"/> Dip slope <input type="checkbox"/> Reverse dip slope <input type="checkbox"/> None 5.4 Slope type <input type="checkbox"/> Natural slope <input type="checkbox"/> Artificial slope <input type="checkbox"/> Both 5.5 Slope angle (°) _____ 5.6 Slide height (m) _____ 5.7 Slope shape _____ 5.8 Slope appearance _____ 5.9 Slope drainage <input type="checkbox"/> Into landslide <input type="checkbox"/> Off landslide <input type="checkbox"/> Not estimatable <input type="checkbox"/> Flow <input type="checkbox"/> Wet or Damp <input type="checkbox"/> No water <input type="checkbox"/> Above <input type="checkbox"/> Below <input type="checkbox"/> Both
	5.10 Spring water <input type="checkbox"/> Flow <input type="checkbox"/> Wet or Damp <input type="checkbox"/> No water <input type="checkbox"/> Above <input type="checkbox"/> Below <input type="checkbox"/> Both
	5.11 Vegetation cover _____ 5.12 Land use _____ 5.13 Additional description: _____
	6.1 Availability of landslide map <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No 6.2 Scale of landslide map _____ 6.3 Landslide map type <input type="checkbox"/> Hazard zone map <input type="checkbox"/> Susceptibility map <input type="checkbox"/> Risk map <input type="checkbox"/> Others <input type="checkbox"/> API method <input type="checkbox"/> Field survey <input type="checkbox"/> Historical documents <input type="checkbox"/> LiDAR <input type="checkbox"/> Combination of the <input type="checkbox"/> Others
	6.4 Techniques used for mapping _____ 6.5 Additional description: _____

図 2.4: 開発したインベントリーシートの一部（滑動・崩壊（SS）の事例）

WG1 は、2019 年 4 月に地すべり応急対策・復旧対策の実施状況等を含めた災害データ記録シートの改善要点及びデータシート記入方法等に係るワークショップを行い、同年 7 月には全国の地方事務所職員を Matale 県に集め、開発したインベントリーシート及びデータベースに関するセミナーを開催した。さらに、同年 10 月には、2 日間にわたり、インベントリーシートの記入方法に関する地方事務所職員向けワークショップを開催した。このワークショップには NBRO 本部及び地方事務所から総勢約 50 名の職員が参加した。



地方事務所職員向けワークショップでの  
インベントリーシート記入実習

## 2) 土砂災害情報管理システム（LIMS）の構築支援

NBRO は、プロジェクト活動の一環として、土砂災害情報管理システム（Landslide

Information Management System : LIMS) の構築を計画し、そのための C/P 予算を確保していた。同システムは、地方事務所による各種調査レポートを統括的にオンライン管理するものであり、地方事務所職員がタブレット端末等から情報を入力し、NBRO 本部に集約させる。本プロジェクトで支援したインベントリーシートも、同システムに載せることとなるため、専門家チームも入札図書への助言を行ってきた。しかしながら、新型コロナ感染拡大の影響を受けて、本システム開発についても予算削減対象となり、NBRO による調達手続きは中断されたままとなっていた。

コロナ禍においては、NBRO 本部職員による現地調査も制限されており、地方事務所職員からの情報を迅速・正確に NBRO 本部に集約させることが求められた。さらにこうした即時情報は、成果 2 で支援している早期警報閾値の高精度化にも資するものであることから、2021 年 5 月に、この取り組みを追加支援することを決定し、LIMS 開発にかかる再委託業務を実施することとなった。

システム開発は、技術・価格プロポーザル評価の結果、2021 年 7 月に Science Land IT 社と契約した。同年 11 月までの工期としたが、その後、感染拡大や国内移動の制限等により業務が遅れ、2021 年 3 月まで工期を延長した。その間、NBRO・専門家チーム・Science Land IT 社の合同協議が複数回開催され、また、実際のユーザーとなる 10 つの地方事務所職員への説明会を通じて度重なる修正・更新を行い完成した。

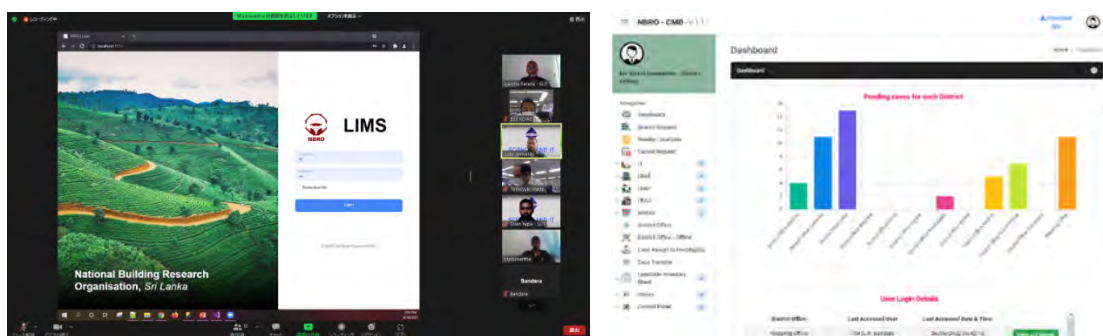


図 2.5: LIMS 開発にかかるオンライン協議と完成したダッシュボードの事例

NBRO 本部及び地方事務所には、3 万件を超える地すべり調査報告書、その他リスク評価報告書を合わせて 10 万件を超える紙ベースの報告書が保管されており、これらを今後電子化し LIMS に格納していく必要がある。

新型コロナ感染拡大による財政難を受けて、各地方事務所の非正規職員の多くが退職していることから、プロジェクト予算にてデータ入力補助員を備上し、NBRO 職員とともに 3 カ月に渡ってデータ入力作業を進めた。2022 年 10 月の時点において、NBRO 本部及び地方事務所の調査報告書のうち、10,000 件以上が LIMS に格納された。同作業はプロジェクト終了後も NBRO 側により継続され、さらに、新規の調査報告は今後 LIMS 上で作成される。

## (2) 課題と工夫

### 1) インベントリーシートのユーザーである地方事務所職員からの意見の反映

インベントリーシートは現場で調査を行う地方事務所職員らが主に使用していくことと

なる。そのため、インベントリーシートの活用の持続性を確保するためには、地方事務所職員らが十分に納得したものである必要があった。そこで、2019年10月に行った全国の地方事務所職員向けワークショップでは、現場でのインベントリーシート記入実習の後、シート  
の改善すべき点について参加者全員で意見交換・議論を行い、それらをインベントリーシートとガイドランに反映させた。なお、議論の際は、参加者を複数のグループに分け、まずグループ内で議論した後、代表者が全員に対して発表をする形式とした。優秀な発表・提言内容のグループに対しては表彰をし、取り組みへのインセンティブを与えた。

## 2) 土砂災害情報管理システムの開発

データベース開発にあたっては、システムが持続的に活用されていくために、実際のユーザーの現業ニーズを正確に把握することが重要である。一般にシステム開発にあたっては、当初想定した仕様に対して、ユーザビリティ向上に関するニーズとの間にギャップが生じやすい。このため、再委託業者には、開発前段階で全ての地方事務所にてヒアリングを行ったうえでシステムを設計することを課した。さらに、開発に際しては、プロトタイプを用いて、NBRO本部職員と再委託業者が共同で、各地方事務所でのデータ入力実習を複数回重ねた。この間、様々な問題が生じたが、NBRO側と再委託業者とで協力して、きめ細やかな対応を行い、現業ニーズに即したシステムが構築された。

### 2.3.3. スリランカにおける土砂災害記録の収集と実態調査（活動 1-3）

#### (1) 活動内容

##### 1) 過去の土砂災害発生事例の資料収集・整理、現地確認

これまでにNBROが収集した過去3,144件の災害データ（1985～2017年）を基に、スリランカ全土の土砂災害の種別毎の発生状況を整理・評価した。その内、近年発生した61の斜面崩壊事例と19の土石流事例について、活動1-2で作成したインベントリーシートを用いて、NBROの地すべり調査報告書や、インターネット、新聞、発生前後の衛星写真などから必要な情報を収集し、さらに情報が不足している場合は現場踏査し、データの補足や確認、特に土砂到達距離や被害状況について地元住民への聞き取りなどにより情報を収集した。

##### 2) 土砂災害発生状況の分析

活動1-4で作成するハザードマップ作成マニュアルおよびリスク評価マニュアルの手法を検討するために、上記で収集した災害事例を用いて、斜面崩壊の幅、長さ、深度、斜面傾斜、土砂移動範囲などについて統計的な分析を実施した。この結果、スリランカでは斜面傾斜25～45度で斜面崩壊が最も多く発生しており、特に25度以上となると斜面崩壊が急激に増える傾向が認められた。また、崩壊した斜面の高さは5～40mの斜面に集中しており、全体の約8割を占めている等のデータが得られた（図2.6）。これらの土砂災害の発生とその地形的特徴を経験的な傾向として整理し、ハザードマップ（Yellow/Red zone）の設定基準の根拠として用いた。



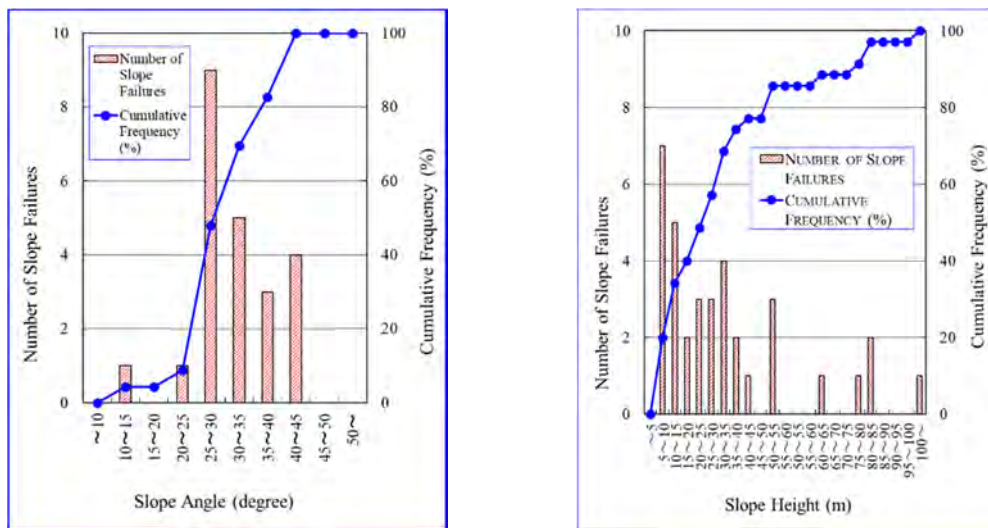


図 2.6: スリランカの斜面崩壊の地形的特徴  
(左図: 斜面勾配、右図: 斜面高さ)

### 3) 被害状況に関する整理・分析

被害状況について、土砂災害タイプ毎に人的被害と家屋被害に着目して分析を行った。データとして活用できる 58 事例の斜面崩壊について分析を行ったところ、図 2.7 (左図) のように、崩壊斜面内 (Initiation Area)、土砂の流下範囲 (Affected Area) と同程度の人的被害が発生していた。

一方、土石流による人的被害は、図 2.7(右図)に示されるように、発生源域 (Initiation Area) ではなく、流下区間 (Flow Path) および土砂氾濫区間 (Depositional Area) で被害が発生していた。日本では沢の出口から下流に向かって居住地が広がっていることが多いが、スリランカでは山間の沢沿いにも家屋が立地しているため、このような結果となったと考えられる。そのため、土石流の Yellow/Red zone の設定に当たっては、土砂氾濫区間のみではなく流下区間も検討する必要があることが分かった。

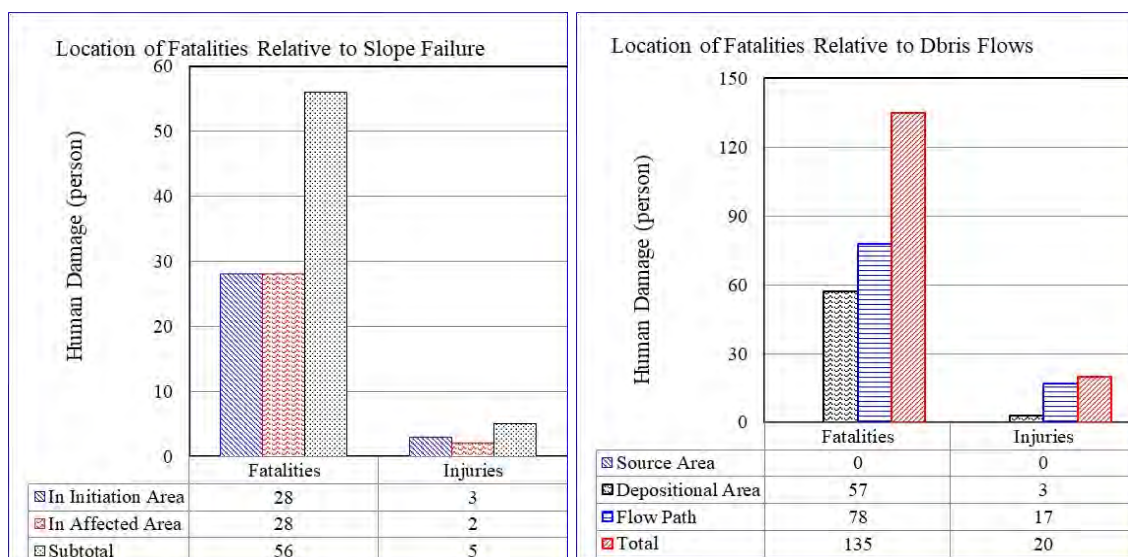


図 2.7: 斜面崩壊 (左図) および土石流 (右図) による死者・負傷者の位置分布

#### 4) 土砂災害の実態調査のまとめ

スリランカ固有の Yellow/Red zone の設定基準の根拠として、土砂災害の実態調査の結果を「Manual on Site-specific Landslids Hazard Zoning」の REFERENCE DATA に示した。一方で、Yellow/Red zone の設定基準の根拠となるデータを収集できた災害事例が限られていた。そのため、今後も活動 1-2 で作成したインベントリーシートや LIMS を用いてその基準を検証・見直すべく記録収集を続けていくことの重要性も C/P 等と確認した。今後、NBRO が主体となり、今後発生する土砂災害データを LIMS にて記録・蓄積し、Yellow/Red zone の設定基準を検証・見直していくことが期待される。

本実態調査結果の一部については、2020 年 12 月に実施された DMC 主催の国際シンポジウムや、2021 年 11 月に京都で行われた World Landslide Forum 5 において、C/P と日本人専門家との連名で発表がされた。

### (2) 課題と工夫

#### 1) 災害タイプの分類の理解促進

土砂災害と総称された現象でも、斜面崩壊、地すべり、土石流など、その現象や特徴はそれぞれ異なり必要な対策も異なるという技術的な指導は TCLMP から一貫して行ってきた。活動 1-3 においても、過去の災害記録をこれらの災害形態ごとに区分して分析することで、初めてスリランカでの各災害形態の発生域と堆積域での地形的特徴や傾向が見出された。C/P には、これらの地形的特徴が活動 1-5 で設定した Yellow/Red zone の経験的基準の根拠となっていることを関連付けて指導することで、実態調査の意義の理解に繋がった。

#### 2) 過去の災害データの効率的な収集・整理

過去の土砂災害レポートが紙ベースで管理されていたため、また、分析に必要な項目がこれらのレポートに十分に記載されておらず、災害データの収集・整理が難しい状況にあった。これに対して、比較的記録が新しく情報が収集しやすい土砂災害事例を優先的に選定し、NBRO の地すべり調査報告書や、インターネット、新聞、発生前後の衛星写真などから必要な情報収集し、さらに情報が不足している場合は現場での確認、被害状況について地元住民への聞き取りなどにより情報を収集した。また、現地傭人を活用することで効率的な情報収集を行った。

### 2.3.4. ハザードマップ作成マニュアル（案）およびリスク評価マニュアル（案）の作成（活動 1-4）

#### (1) 活動内容

##### 1) ハザードマップ作成マニュアルの作成

WG1 での議論を通じて、日本で導入されている「土砂災害警戒区域（Yellow/Red zone）」のコンセプトを用いて、本プロジェクトの Site-specific hazard map を作成していくことを C/P

と合意した。過去の TCLMP やその他の支援を通じて、C/P には日本の Yellow/Red zone の概念が浸透していたこともあり、この手法が既存の LHZM の課題である「より詳細で、土砂の流下・影響範囲も示されたマップが必要」ということを解決する手法であることも、よく理解された。

日本の Yellow/Red zone は、土砂災害タイプを「急傾斜地」「地すべり」「土石流」の3つの種類に分類して、区域設定を行っている。それぞれの区域の設定基準は、あくまでも日本で発生した過去の事例分析に基づいたものであるため、スリランカにその基準を直接適用することは適切ではない。そのため、活動 1-3 においてスリランカで発生した過去の土砂災害事例を分析し、スリランカでの土砂災害発生の可能性の高い地形的特徴とその被害範囲の関係性を Yellow/Red zone の区域設定の基準として定めた（図 2.8）。なお、災害タイプについては、活動 1-3 の実態調査の結果から、日本と同様の「斜面崩壊」「地すべり」「土石流」とした。また、Yellow/Red zone の定義も日本と同様に、Yellow zone は「土砂災害が発生した場合に、住民の生命または身体に危害が生ずるおそれがある区域」、Red zone は「土砂災害が発生した場合に、建築物の損壊が生じ住民等の生命又は身体に著しい危害が生ずるおそれがある区域」とした。

設定基準の検討に際して最も議論を費やしたのは、斜面崩壊タイプである。活動 1-3 を通じて、スリランカでは斜面傾斜が 25 度以上、かつ斜面の高さが 5~40m の斜面で斜面崩壊が多く発生していたことが分かった。これを、斜面崩壊の Yellow/Red zone の設定基準としてパイロットサイトでの適用を進めたが、活動 1-9 のパイロットサイト外の Kegalle 県 Aranayake 地区に適用したところ、当該地区は長大斜面の中腹にも人家が立地しているために、斜面全体の広範囲が Red zone として評価されてしまい、ハザードマップとして社会的なインパクトが大きすぎることになってしまう課題が生じた。この課題について、傾斜 50 度以上では岩盤斜面を呈していることが多いため、傾斜 50 度以上の斜面を設定対象の斜面から外す条件を新たに設けることとしたが、Yellow/Red zone の範囲は大きくは変わらない結果となった。そのため、PD・PM・WG1 及び WG3 リーダーらとも協議を重ね、日本で用いられている斜面勾配を基準にした設定ではなく、NBRO が作成している LHZM で示されている Landslides most likely to occur（最も危険度が高い）と Landslides are to be expected（2 番目に危険度が高い）の両エリアを崩壊発生域と想定した Yellow/Red zone の設定手法とすることとした。したがって、Yellow/Red zone の設定には、LHZM の精度が極めて重要であることを C/P と確認した。

ハザードマップ作成マニュアルは、第 1 章 はじめに、第 2 章 スリランカの土砂災害の概要、第 3 章 斜面崩壊、第 4 章 地すべり、第 5 章 土石流の 5 編構成とし、各章には基準の設定根拠となるデータも添付した。さらに、日本の設定基準、地すべり地形判読に係るテクニカルノートも巻末に添付した。

	土石流	斜面崩壊（急傾斜地）	地すべり
日本	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yellow zone の最下流末端は土地の勾配が 2 度の地点。</li> <li>Red zone の範囲は、土石流により建築物に作用すると推定される力が建築物の体力を上回る土地の範囲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>急傾斜地の定義は、勾配が 30 度以上かつ高さ 5m 以上の斜面。</li> <li>Yellow zone の範囲は、斜面の下端から水平距離で急傾斜の高さに相当する距離の 2 倍</li> <li>Red zone の範囲は、崩壊に伴う土石等により建築物に作用すると推定される力が建築物の体力を上回る土地の範囲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yellow zone は、地すべりブロック内および末端から地すべりと同じ長さの範囲。</li> <li>Red zone の範囲は、地すべりに伴って生じた土石等の移動による力が建築物に作用した時から 30 分経過した時において、建築物に作用する力の大きさが建築物の耐力を上回る土地の範囲。</li> </ul>
スリランカ	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象溪流は、LHZM の「Landslides most likely to occur」と「Landslides are to be expected」のエリアが流域に含まれる溪流もしくは扇状地地形がある流域。</li> <li>土石流と併せて生じる掃流を考慮し、Yellow zone の最下流末端は土地の勾配が 1 度もしくは逆勾配となる地点。平面上の分散角は 30 度。</li> <li>Red zone の最下流末端は土地の勾配が 3 度の地点。平面上の分散角は 15 度。</li> <li>基準点は保全対象の上流側。（スリランカでは上流部まで家屋が立地する特徴があるため）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LHZM で示されている「Landslides most likely to occur」と「Landslides are to be expected」の両エリアを崩壊発生域と想定。</li> <li>Yellow zone の範囲は、想定発生域の下端から、発生域の斜面比高に相当する距離の 2 倍。</li> <li>Red zone の範囲は、想定発生域の下端から、発生域の斜面比高と同じ距離の範囲。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地すべり地形が明瞭で活動性が高い場合、Red zone は、地すべりブロック内および末端から地すべりの長さの 1/2 の範囲。</li> <li>それ以外の場合、Yellow zone は、地すべりブロック内および末端から地すべりと同じ長さの範囲。</li> </ul>

図 2.8:日本とスリランカで設定した Yellow/Red zone の設置基準の主な相違点

なお、スリランカでは、山間部斜面にも住宅が多く立地しているため、上部の露頭からの落石による被害もあり、地すべり、斜面崩壊に次いで 3 番目に多い災害種となっている。しかしながら、発生場所や到達範囲等が正確に示された災害記録がほぼ存在せず、過去の災害記録を根拠とした落石についての警戒区域（到達可能距離）の分析をすることが困難であっ

た。WG1 は、Weeriyapura 地区等での既存の落石分布位置とその発生源のデータ収集調査を試みたが、新型コロナ感染拡大と重なり、十分な調査を行うことができなかった。そのため、落石は本マニュアルでの Yellow/Red zone 設定の対象外の現象とすることとした。

## 2) リスク評価マニュアルの作成

「リスク評価」は広義のため、目的によってその内容は変わってくる。本プロジェクトでのリスク評価の定義と手法について、2020年2月に短期専門家を含めてWG1とWG3で協議を行った。日本では、Yellow/Red zone の設定の際に建物の耐力の要素が計算に含まれているため、土砂災害のリスク評価は一般的には行っていない。短期専門家からの助言によると、日本の都道府県などでは独自に、指定された警戒区域の事業優先度を定めるために、警戒区域ごとに施設の重要度などを定量的に評価していることがある。

そこで、本プロジェクトでの Site-specific ハザードマップに関連したリスク評価としては、Yellow/Red zone 内のリスクを細区分するのではなく、設定した各危険区域の対策優先度の評価(すなわち危険区域内にどれだけの保全対象物・人口があるか、その保全施設の重要度、過去の被災履歴の有無などを評点化し、危険区域のランク付けをする)と位置付けることとし、整理を行うこととした。リスク評価手法(優先度評価)とその各項目については、短期専門家からの助言を基に、日本の都道府県が用いている項目を参考とし、スリランカの実情に即した項目と評価となるよう基準を設定した。

また、開発基準の一部となる構造物対策の配置計画に関するテクニカルノート「Conceptual Planning of Structural Measures around the Designated Red Zones」を作成し、リスク評価マニュアルの巻末に添付した。

なお、プロジェクトの当初 PDM では、NBRO の既存のリスク評価マニュアルを更新することとなっていたが、上記のような経緯を踏まえ、既存マニュアルの更新ではなく、警戒区域ごとの事業優先順位付けを目的とした新規のリスク評価マニュアルを作成することとした。

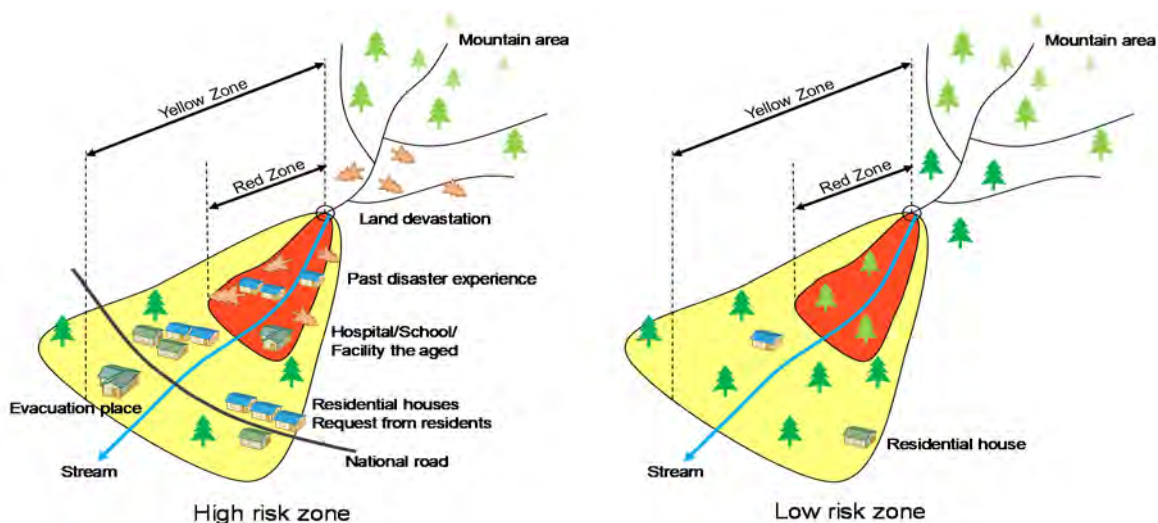


図 2.9: Yellow/Red zone に係るリスク評価の概念図  
(リスク評価マニュアル中から抜粋)

## (2) 課題と工夫

### 1) 実地課題のマニュアルへのフィードバック

当初の業務計画では、マニュアルを作成した後にそれをパイロットサイトに適用するという作業フローを想定していたが、より実用性の高いマニュアルとするため、マニュアルを作成しつつそれをパイロットサイト等で適用し、出てきた課題をその都度 WG1 内で議論し、マニュアルに適宜フィードバックするといったサイクルでマニュアルの作成を進めた。このプロセスにより、マニュアルの実効性が高まり、さらに C/P の本マニュアルの内容への理解をより一層深めることができた。

### 2) Project Manager 及び WG リーダーとのマニュアル全文の読み合わせ

詳細な内容まで C/P と日本人専門家との認識を合わせるため、日本人専門家と Project Manager および WG1 リーダーとで Manual on Site-specific Landslids Hazard Zoning の全文の読み合わせを行った。作業には時間を要したが、Project Manager も Yellow/Red zone の基本概念と設定手法を理解したことで、その後の Yellow/Red zone に係る活動への推進力を育むことができた。

### 3) シンハラ語のマニュアル作成

英語のマニュアルに加え、母国語のシンハラ語のマニュアルも作成した。これにより、より馴染みのある言語での理解が可能になり、マニュアル活用の持続性を向上させた。

### 4) リスク評価での災害弱者・ジェンダー配慮

心身に障害のある方、高齢者、妊婦、乳幼児、外国人の方などは、災害時に誰かの支援が必要になる可能性があり、災害弱者と総称される。災害弱者は災害時にとりわけ危険にされやすいため、災害弱者やその施設の有無をリスク評価（対策優先度の評価）の項目に設けることとした。

## 2.3.5. 既存の LHZM の評価・改良にかかる活動（活動 1-4：追加）

### (1) 活動内容

プロジェクトでは、Yellow/Red zone の設定を Site-Specific と位置付け、従来 NBRO が整備していた Regional スケールの LHZM と区分して活動を行ってきた。しかしながら、Yellow/Red zone を全国で整備していくためには長い時間を要し、それまでの間は、LHZM を土地利用規制の根拠として活用していく必要がある。このため、近年発生した土砂災害事例を用いて Regional スケールの LHZM の適正評価・改良提言をする活動を追加することとなった。

#### 1) 過去の災害記録を用いた既存の LHZM の検証

既存の LHZM は、斜度や地質等の 1) 地質及び地質構造、2) 土壌種別及び層厚、3) 斜面

勾配、4) 水文特性、5) 土地利用、6) 地形分類の6つのファクターに点数付けを行ってハザードレベルを決定している。そこで、Rathnapura 県と Kalutara 県のサイトにおいて過去に発生した土砂災害（主に 2017、2018 年）について、「inititation area（土砂災害発生地）」と「affected area（土石流等の土砂移動による被災地）」に分けて衛星写真より抽出し、LHZM のハザードエリアと比較することでその精度を検証した。また、土砂災害発生エリアと各ファクターの点数の比較も行い、各ファクターの有意性を検証した。検証に使用したデータは、C/P と協力して整理した。

その結果、土砂災害の約 9 割が「Modest（3 番目に危険度が高い）」以上のハザードエリア内で発生しており、既存 LHZM の災害捕捉率は極めて高いことがわかった（図 2.10）。ただし、そもそもマップ全体の 7~8 割が「Modest」以上のハザードレベルに指定されていることから、災害捕捉率が高いことは当たり前であるとも言える。災害捕捉率をなるべく下げずに広すぎるハザードエリアを縮小することで、ハザードマップの適正化を図る必要があることがわかった。

既存のハザード評価に用いられている各ファクターに関しては、斜度や流域形状ファクターは土砂災害発生区域と比較的よい相関を示したのに対し、地質ファクターはネガティブな相関を示した（図 2.11）。LHZM の精度向上のためには、このような有効に機能していないファクターの見直しを進めることも選択肢の一つであるが、そのためにはより広い範囲のデータを用いた検証が必要であるものと思料する。

「inititation area」と「affected area」を比較すると、「affected area」の捕捉率は低かった。これは、土石流等の流下過程が広域ハザード評価手法に考慮されていないためである。C/Pからは、流下過程の評価を LHZM に入れ込んで精度を改善するよう要望があった。

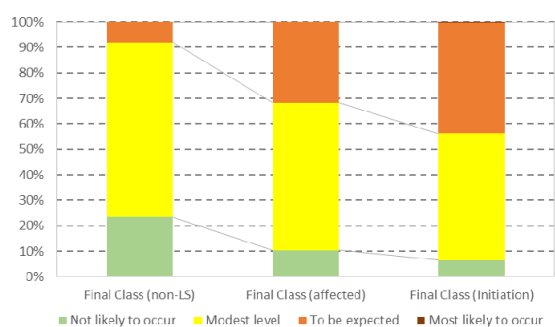


図 2.10: LHZM のハザードレベル別の面積率

左：土砂災害非発生エリア  
中：「affected area」  
右：「inititation area」

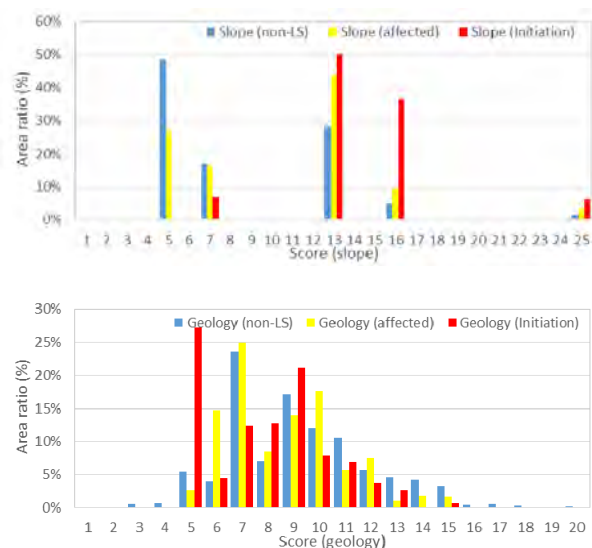


図 2.11: LHZM の斜度・地質ファクターのスコアと土砂災害発生エリアの比較

(上：斜度ファクター、下：地質ファクター)

## 2) 過去の災害記録を用いた適切な広域ハザード評価手法の検討

### a) ハザード評価閾値の見直し

LHZM のハザード評価に用いられている閾値を見直すことで、国土の 8 割を占める広すぎるハザードエリアの適正化を行うことを NBRO に提案した。

「Modest」ハザードの下限值を現在の 40 から 48 に引き上げ、全体の約 8 割あった「Modest」以上のハザードエリアを約 5 割まで絞ることが最適であることが示唆された (図 2.12)。その代償として、土砂災害の捕捉率は約 9 割から約 8 割に減少するものの、捕捉率は依然として高水準を維持できる。

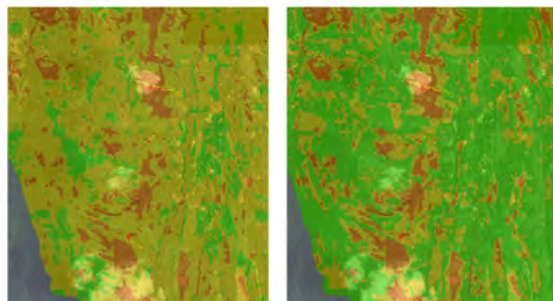


図 2.12: LHZM 閾値見直し前後の比較

左：現在の LHZM  
右：閾値見直し後  
閾値の見直しにより、Modest (黄)・To be expected (橙) のハザードエリアが減少している

### b) 斜面崩壊 Yellow/Red エリア

LHZM には、WG1 で用いられている斜面崩壊の Yellow/Red zone 手法による崩壊土砂の移動範囲推定は用いられていない。そのため、崩壊斜面下方・上方の「affected area」が過小評価されている傾向がある。そこで、同手法を用いて地形データから広域的かつ簡易に斜面崩壊 Yellow/Red zone を計算するソフトウェアを開発した。

同手法を用いて斜面下方・上方の「affected area」に相当する斜面崩壊 Yellow/Red zone を抽出した結果、土砂災害の捕捉率の向上が認められた。ただし、検証可能であった土砂災害の件数が未だ少ないことから、より多くの事例の蓄積と検討が必要である。

本活動で作成した斜面崩壊 Yellow/Red zone の自動抽出ソフトウェアは下記のワークショップ等を通じて C/P に共有され、パイロットサイト等のハザードマップ作成に活用された。

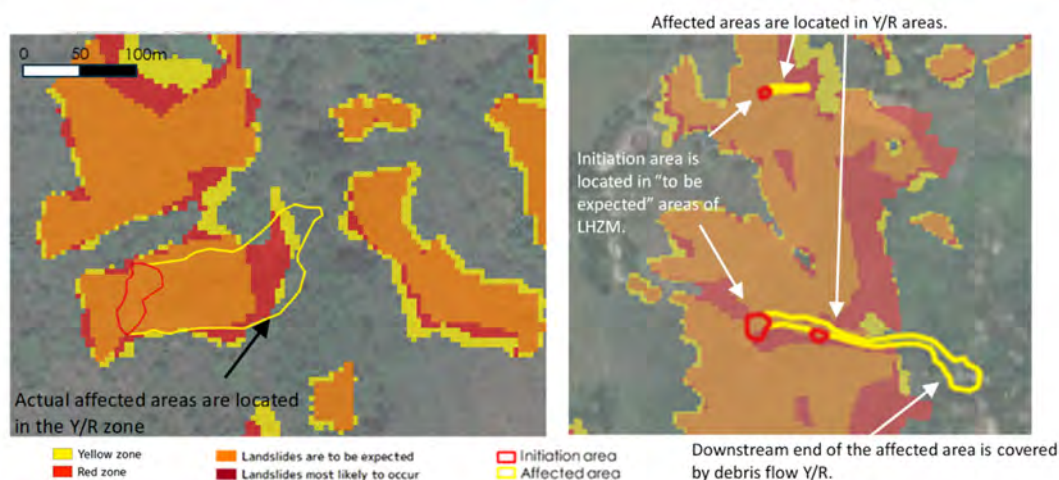


図 2.13: LHZM の「to be expected」以上のハザードエリア・斜面崩壊 Y/R エリア及び実際の土砂災害発生エリアの比較



### c) 土石流ハザードエリア

土石流についても、LHZM のハザードエリア外に広がる「affected area」を捕捉するため、土石流の到達確率を推定するソフトウェアを作成した。解析アルゴリズムは既存ソフトウェアである Flow-R の手法を基本とし、広域的に計算可能でかつ、LHZM のハザードレベルを入力データとして土石流発生地点の設定ができるものとした。

図 2.14 に Morawakkanda パイロットサイトの土石流シミュレーション結果と、実際の土石流の比較を示す。「affected area」の再現性は良好であり、同手法には一定の妥当性があると思われる。図 2.15 に、Kalutara 県のサイトで計算した斜面崩壊 Yellow/Red zone、土石流ハザードエリア及び実際の「initiation area」、「affected area」を示す。「initiation area」は斜面崩壊 Red エリアに位置し、「affected area」は斜面崩壊 Yellow/Red zone を逸脱するものの土石流ハザードエリアでカバーされている。



図 2.14: Morawakkanda における検証結果の例  
背景写真：土石流到達範囲の空撮画像  
青グラデーション：土石流危険区域抽出範囲

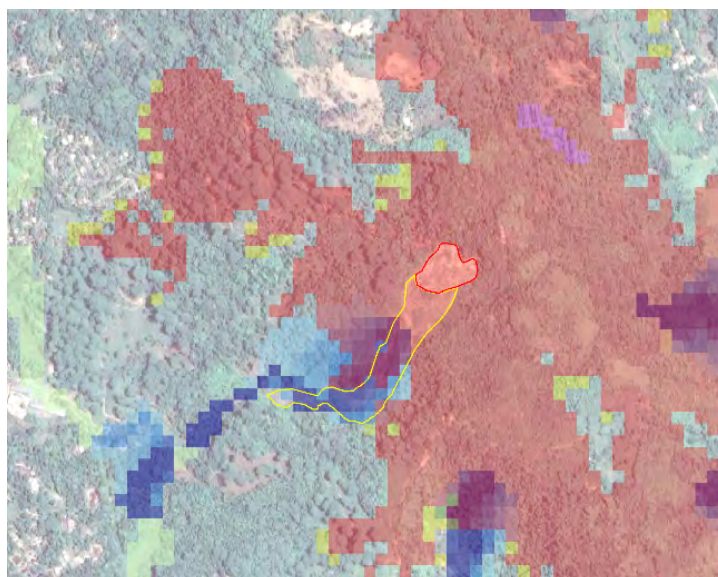


図 2.15: Kalutara 県における検証結果の例  
赤枠：山腹の崩壊区域  
黄枠：土石流到達範囲  
赤・黄塗りつぶし：斜面崩壊 Y/R 相当の範囲、  
青グラデーション：土石流危険区域抽出範囲

本活動では、LHZM に「affected area」の要素を含めるためのツールとして、土石流到達範囲を広域で抽出することの出来る Flow-R の手法の適用性を検討した。検証の結果、過去の土石流到達範囲を比較的良く再現できることが分かったが、今後は、土石流の流下範囲推定を通じて「affected area」に相当するハザードエリアを LHZM に組み込むことが、LHZM の精度向上に必須である。

### 3) LHZM 改良に係るワークショップ・技術セミナーの開催

上記の解析結果をとりまとめ、LHZM 評価及び改良に係るオンラインセミナーを 2021 年 10 月に開催した。内容は、i) 土砂災害ハザードマップ作成手法全般に係るレビューと提言、ii) 現在の広域土砂災害ハザードマップの検証及び提言であった。

専門家より、現在使われている LHZM 作成手法は 90 年代に決められたものであるが 2000

年代に入ってから土砂災害記録の蓄積が進んでいることや、土砂災害の種類ごとに異なる特性を勘案したハザード評価が重要であることから、ハザード評価手法の見直しは意義が高いことが指摘された。広域ハザードマップの改善は実際に生じた土砂災害記録を用いて検証を行うことが肝要であり、新たにプロジェクトで作成した土砂災害データシートを活用した適切な災害データの収集及び集積が重要である旨の提言が専門家から行われ、NBRO もこれに賛同した。

また、LHZM の改善に係る解析・検討結果についても NBRO に共有され、議論が行われた。NBRO より「現在のハザード評価手法はデータに十分裏打ちされた物とは言えない。実際の災害発生箇所ほとんどがハザードレベル中以上の区域にあったとしても、そもそもマップ全体の半分以上がハザードレベル中以上に指定されている状況では、ハザードマップの精度が高いとは言えないのではないか。ハザード評価の成功率について検証して、その結果を共有して欲しい」とのコメントがあった。

上記 NBRO のコメント等を踏まえ、2021 年 11 月に、NBRO 技術職員を対象に LHZM のレビューとその改良に係る技術ワークショップを開催した。ハザード評価の閾値見直しによるマップの改良提案に加え、斜面崩壊 Yellow/Red zone 及び土石流ハザードエリア抽出手法に関する実習も行った。

オンライン実習であったため、参加者の解析アプリケーション操作へのサポートに困難な点があったが、実習後、NBRO のマッピングチーム（ハザードマップ作成の実働部隊）を始めとした職員が自ら操作、検証を続けており、そのフォローアップを遠隔で行った。



オンライン技術セミナーの様子

## (2) 課題と工夫

利用可能なデータが限られる中、NBRO と協力してできる限りのデータ収集と解析を行った。それでも解析を行うことができた面積は土砂災害が頻発する地域の一部であり、LHZM の改良を行っていくには、更なる災害データの収集と分析が必要である。

ハザード評価閾値の見直し提案や、斜面崩壊 Y/R・土石流ハザードエリアの計算に係る技術セミナーの実施、年次セミナーでの発表、LHZM への斜面崩壊・土石流の取り込みに関する議論を通じて、NBRO 側で検証を始めている。今後も、集積される土砂災害データを活用しながら、LHZM の改良への継続的な取り組みが肝要である。

## 2.3.6. パイロットサイトのハザード分析およびリスク評価の実施（活動 1-5）

### (1) 活動内容

#### 1) 基盤図の整備

パイロットサイトのハザード分析及びリスク評価を実施するため、対象地域の基図を収集した。Weeriyapura と Udapotha については LiDAR DEM を用い、Morawakkanda については LiDAR DEM が整備されていないため、測量局発行の 1 万分の 1 地形図から等高線を再生成したものを基図として使用した。また、HSPTD がドローンによる各パイロットサイトのオルソ画像の作成を行い、GIS 上に整理した。

#### 2) 地形判読

土砂災害のハザード分析において、空中写真等を用いた地形判読は最初の重要なステップである。そこで、各パイロットサイトの空中写真を入手し、また、数値標高データ（DEM）から赤青立体視画像を作成し、これらの写真と画像を用いて、パイロットサイトの地形判読を行った。作業の開始に際しては、WG1 メンバーを中心に地形判読セミナーを開催し、土砂災害に関連した地形の成り立ち、判読のポイント等を指導した。



空中写真判読の指導状況

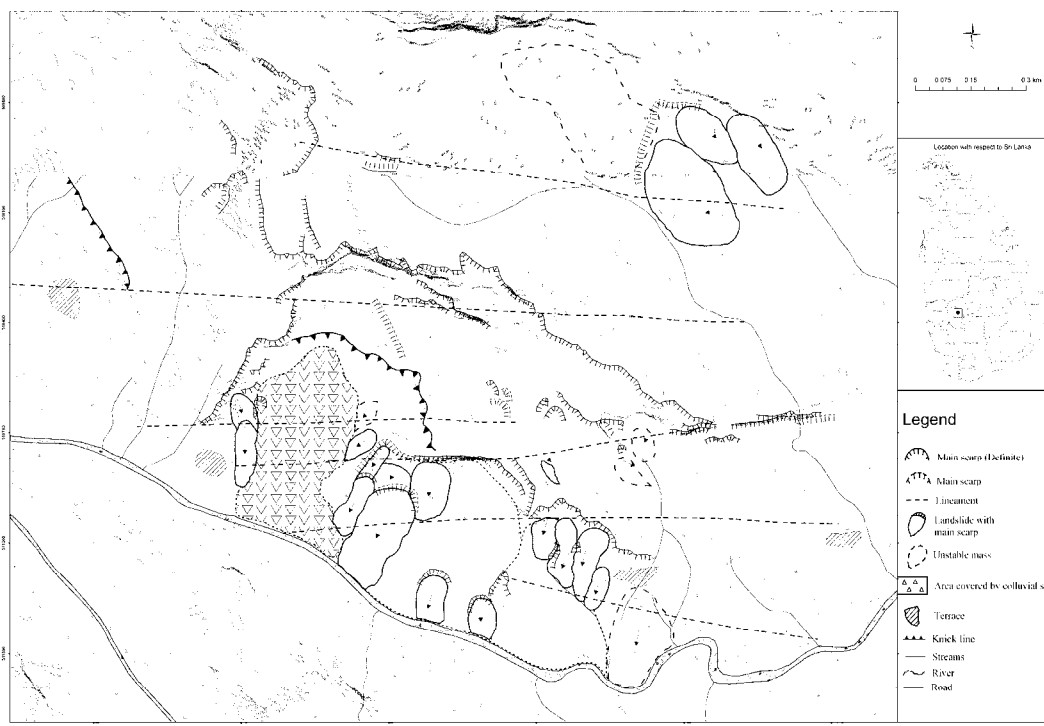


図 2.16: C/P が実施・整理した地形判読結果（Udapotha 地区の事例）

### 3) Yellow/Red zone の設定

活動 1-4 で作成したマニュアル（案）に従い、パイロットサイトの Yellow/Red zone の設定指導を行った。机上による設定とその現地での確認を繰り返し実施した。

NBRO LRRMD の中でも、マッピングチームと呼ばれる部隊は、特定の拠点を持たずに全国の災害調査やハザードマップ作成を担っており、Yellow/Red zone を今後スリランカで展開していくためには欠かせないチームである。2019 年 11 月には同マッピングチームを NBRO Kegalle 事務所に集め、ハザードマップ作成マニュアル（案）を用いて、Yellow/Red zone 設定のための演習ワークショップを実施した。

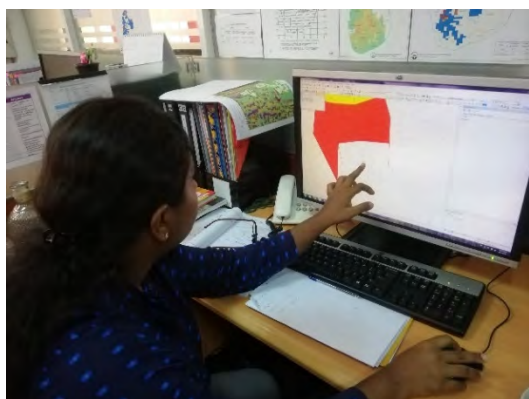
設定基準の理解を促すため、紙の地形図を用いて手作業での Yellow/Red zone の設定を指導した。参加者たちは、それぞれの土砂災害タイプについて各々で Yellow/Red zone を設定し、完成した図面を参加者同士で見比べ、どこにどのような違いが生じたのかを議論した。特に、地すべりについては、Yellow/Red zone の設定に際し、まず地すべりブロックを地形判読から抽出する作業が伴う。この地すべり地形の抽出作業に個人差が生じやすいことが明らかとなった。そのため、地すべりブロックの設定については、複数の技術者で行い意見を統一するプロセスにすることとした。



NBRO のマッピングチームに対する  
Yellow/Red zone の説明



NBRO のマッピングチームに対する  
Yellow/Red zone の実習指導



WG メンバーによるパイロットサイトの  
Yellow/Red zone 設定状況



WG メンバーと地方事務所職員による机上で  
設定した Yellow/Red zone の現地確認

次項に、WG1 で作成した各パイロットサイトの Yellow/Red zone を示す。

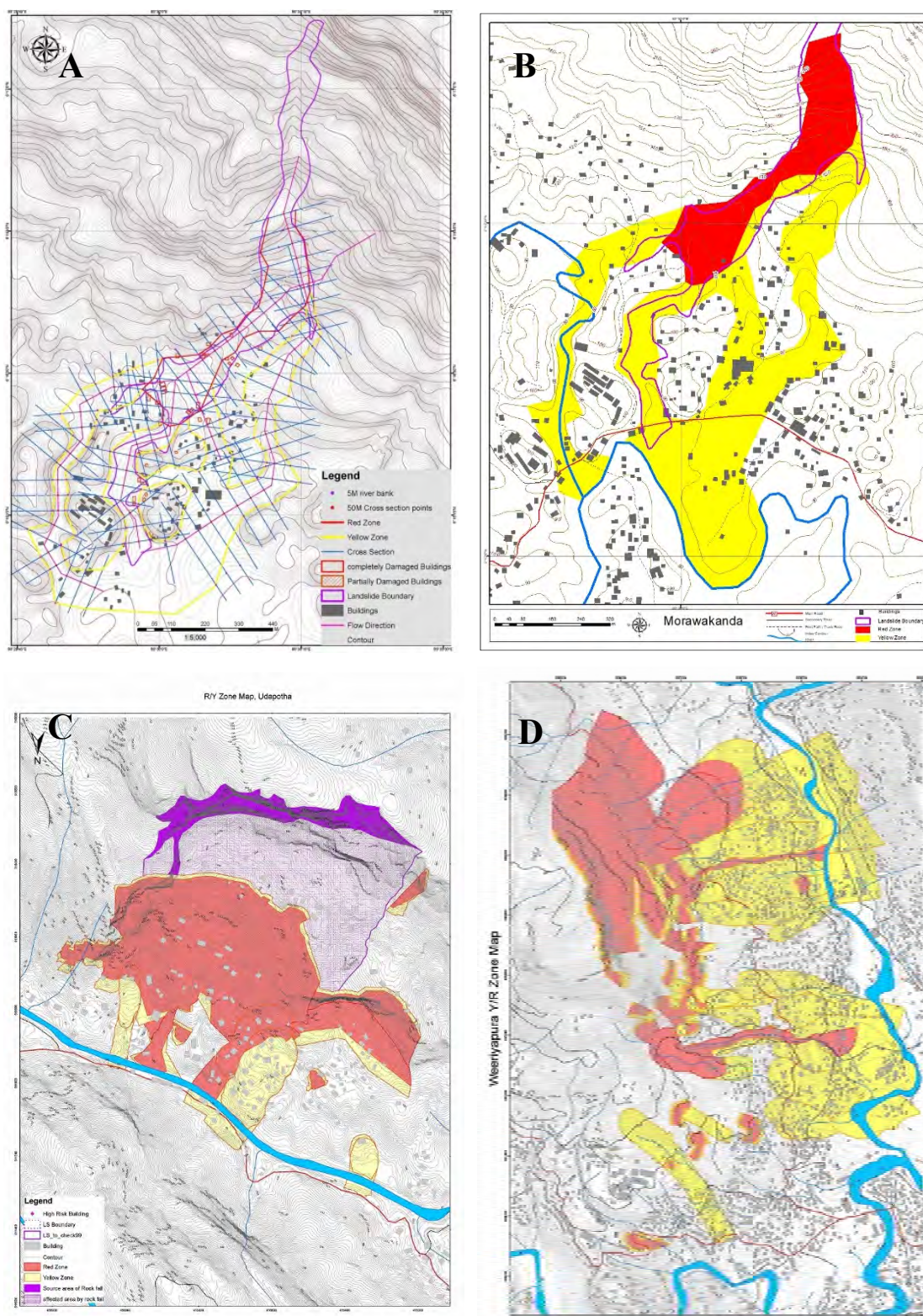


図 2.17: 各パイロットサイトで最終化した Yellow/Red zone  
A: Morawakkanda における机上設定プロセス、B: Morawakkanda における Yellow/Red zone  
C: Udapotha における Yellow/Red zone、D: Weeriyapura における Yellow/Red zone

#### 4) パイロットサイトのリスク評価

本プロジェクトにおけるリスク評価は、Yellow/Red zone に示された警戒区域内の保全対象物や既存対策の有無等に基づいて行うものとした。

リスク評価に必要な各種項目（位置などの一般情報、区域内の住居や公共施設等の統計情報、環境・社会情報など）について、各パイロットサイトで情報収集を行い、作成したリスク評価シートを使い、優先度評価を実施した。これらの結果を、成果 3 で作成した「Risk Reduction Plan」に含めた。また、リスク評価に用いた各項目の情報や優先度は、早期警戒体制の構築の場所選定や避難計画等にも活用した。

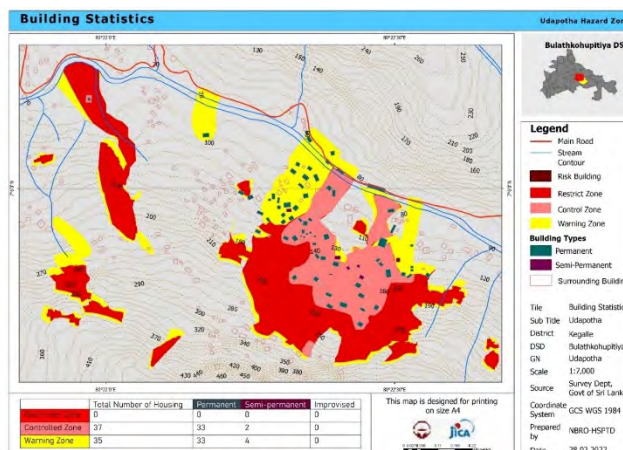


図 2.18: C/P が作成したリスク評価結果の一部  
(Udapotha 地区の Yellow/Red zone 内の家屋数集計)

### (2) 課題と工夫

#### 1) 既存 LHZM との整合性の確保

NBRO が作成している LHZM と Yellow/Red zone ではそのコンセプトや設定手法が異なることから、LHZM は地域スケール、Yellow/Red zone は Site Specific なマップとして別々に使い分ける方針としていた。しかしながら、活動を通じて議論を深めていく中で、LHZM と Yellow/Red zone の結果に整合性がとれていないと、既に LHZM を一般公開している NBRO としても問題があるという意見になり、既存 LHZM と Yellow/Red zone の整合性を図ることとなった。その解決策として、以下のような方法で試行錯誤が繰り返された。

- LHZM のカテゴリ 1 (most likely to occur) とカテゴリ 2 (to be expected) エリアを Red zone として Yellow/Red zone に加えて表示し、LHZM のカテゴリ 3 (modest) を Yellow/Red zone の Yellow として加えて表示する。
- LHZM のカテゴリ 1 から 3 を一つの色彩として、Yellow/Red zone の図に重ね合わせて表示する。
- LHZM に加え、地形の変換点も考慮した Yellow/Red zone の設定手法も検討した。
- 最終的には、LHZM の Landslides most likely to occur (最も危険度が高い) と Landslides are to be expected (2 番目に危険度が高い) の両エリアを崩壊発生域と想定した Yellow/Red zone の設定手法とするという結果に至った。また、Yellow/Red zone の設定対象として、既に開発された土地もしくは今後開発が行われる可能性の高い地域に適用を限定することとした。

これらの議論と試行錯誤を C/P と繰り返したことで日本の Yellow/Red zone 設定手法の押し付けとならず、双方の利点を融合したこと、一方でそれぞれの課題も C/P が深く理解することに繋がった。

## 2) 地すべり地形の判読技術の強化

NBRO はこれまで空中写真等による地すべり地形の判読をあまり実務で行ってこなかったこともあり、地すべりの判読技術は十分とは言えなかった。地すべりタイプの Yellow/Red zone を設定する際にも地すべりブロックの抽出は重要なプロセスのため、本活動の中で地すべり地形判読セミナー等を開催し、この技術の強化に努めた。また、本技術に係る研修用ビデオを作成し、C/P 等に配信した。同教材は、今後 NBRO の研修にも活用することができる。さらに、判読のポイントをまとめたテクニカルノート「Aerial Photograph Interpretation of Landslides」を作成し、活動 1-4 で作成した「Manual for Site-Specific Landslide Hazard Zoning」の別添資料として添付した。

## 3) Yellow/Red zone 設定のための作業補助プログラムの開発

Yellow/Red zone は、GIS を用いて斜面ごとに手作業で設定するため、時間と労力を要する。そこで、斜面崩壊と土石流の GIS での Yellow/Red zone 作図補助プログラムを開発した。これにより、概略の Yellow/Red zone を短時間で作成することができるようになった。しかしながら、1/2,500 スケールのような Site-specific な Yellow/Red zone としての精度の確保は困難であったため、あくまで広域として Yellow/Red zone を概略的に確認する際に使用するツールとして活用することとした。

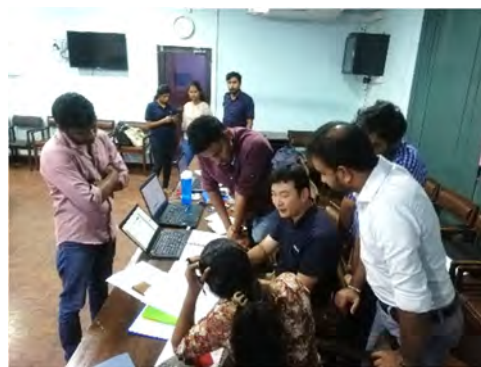
### 2.3.7. 土石流シミュレーションの実施（活動 1-6）

#### (1) 活動内容

土石流シミュレーションについては、先行案件である TCLMP において、短期専門家を招聘しての HyperKANAKO プログラムによる実習、また、国交省国土技術政策総合研究所と NBRO との共同研究事業を通じて、NBRO 職員に対するトレーニングが実施されてきた。本活動では、C/P 側の現時点での能力を踏まえ、座学及び現地調査を取り入れながら、土石流ピーク流量や土砂濃度の考え方、入力条件等について、実践的な内容となるよう配慮して支援を行った。

パイロットサイト一つである Morawakkanda 地区は典型的な土石流タイプであることから、Morawakkanda 地区を対象として指導を進めた。シミュレーションを開始するにあたり、物性値の現地データ取得に関する実習を行った。これまでは机上での指導が主に行われてきたが、これにより適切なサンプル取得場所の選定や、具体的な採取方法を C/P が理解することができた。

2019 年 7 月には、WG1 および WG3 のメンバー等に対して、Hyper-KANAKO を用いた土石流シミュレーションに関する集中講義を行った。過去、国総研での研修経験のある 3 名を含む、20 名弱が参加し、シミュレーションの計算条件（ハイドログラ



土石流シミュレーションの指導

フ、投入土砂量等) の設定方法を指導するとともに、実際にソフトウェアを使用して解析を実施した。Morawakkanda 地区での土石流シミュレーションの結果は、Yellow/Red zone の設定基準の検証のためにも用いられた。

また、シミュレーションに対する理解を深めるため、Morawakkanda 地区以外の地区を題材としたシミュレーションの適用方法に関するセミナーも実施した。このセミナーでは、HyperKANAKO 以外の複数のプログラムを用いて同一箇所のシミュレーションを実施し、それぞれの結果と実際に発生した事象との比較検証を行い、それぞれのプログラムの適用性について議論を行った。これまで C/P は、土砂災害タイプに関わらず、既存の RAMMS モデル（雪崩や土石流解析を目的としてスイスで開発された数値計算モデル）や HyperKANAKO 等を使用していたが、想定もしくは再現する現象に応じて適切なモデルがあることを理解し、それぞれのモデルの適用性についても理解した。

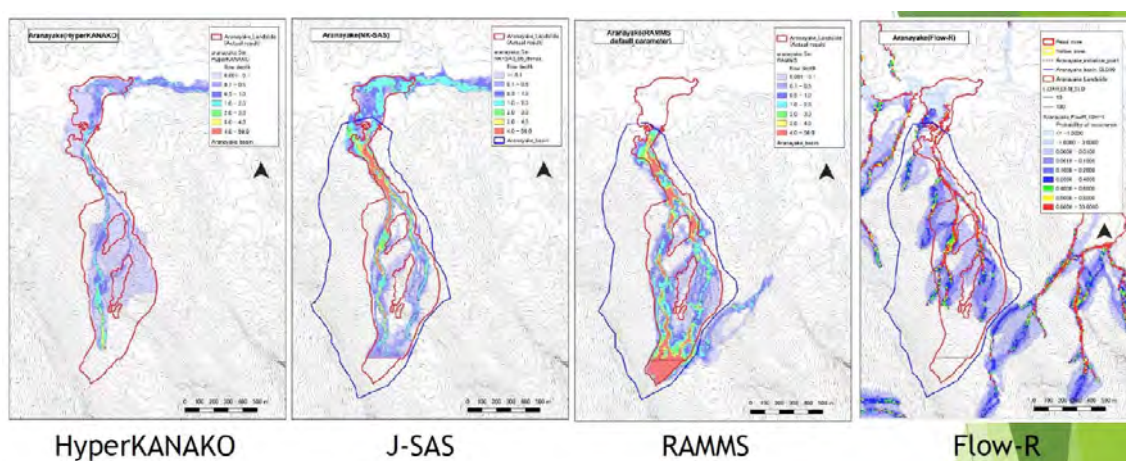


図 2.19: HyperKANAKO 以外のプログラムによるシミュレーションの適用性検討

## (2) 課題と工夫

C/P 等の理解促進と広報活動の一環として、対外的な発表も積極的に支援した。2019 年 12 月に NBRO 主催のシンポジウムや、2020 年 12 月に実施された DMC 主催の国際シンポジウムにおいて、これらのシミュレーションを用いた成果が C/P から発表された。

本プロジェクトでは、C/P 側のこれまでの経験を踏まえ、座学及び現地調査を取り入れながら、実践的な内容となる配慮して支援を行った。これを通じて、能力にバラツキはあるものの、チュートリアル式に与えられた条件での土石流シミュレーションは問題なく実施出来るようになっており、様々なサイトで C/P 自らによる解析が行われているが、砂防事業を計画するための必要な入力条件やシミュレーション結果の評価について、今後引き続きの支援が必要となっている。



### 2.3.8. ワーキンググループに対するハザード・リスク評価結果の共有（活動 1-7）

#### (1) 活動内容

WG1 メンバーおよび NBRO マッピングチーム内で、ハザード・リスク評価の共有を適宜行った。また、国防省災害管理センター（DMC）は、ハザード・リスク評価結果を活用する一機関である。そのため、DMC 災害軽減研究開発部を WG1 の会議やセミナーに招聘して、定期的にハザード・リスク評価について共有し、Yellow/Red zone の定義付けや設定方法について協議した。作成した災害記録シートガイドラインやハザードマップ作成マニュアルは DMC に共有された。

また、Kegalle 県の DDMCU（県防災ユニット）ともこれらを共有し、これらのハザードマップを使ってどのように住民に公表するか、啓発していくかを議論し、ユーザーとなる地方行政側からの意見も活動に反映した。



DMC 災害軽減研究開発部部長への成果共有と活用に関する協議

Kegalle 県の DDMCU への成果共有と活用に関する協議

#### (2) 課題と工夫

WG1 の活動が最盛期となるプロジェクト前半中、WG1 ミーティングを少なくとも毎月 1 回実施し、作業の進捗確認と成果の共有を WG メンバーで実施した。これにより、成果 1 に係る全ての作業を WG1 メンバーの合意の下で進めることができた。

### 2.3.9. ハザードマップ作成マニュアルおよびリスク評価マニュアルの最終化とワークショップの実施（活動 1-8）

#### (1) 活動内容

パイロットサイトで実施した上記の活動から得られた課題や教訓をマニュアルにフィードバックして、ハザードマップ作成マニュアルおよびリスク評価マニュアルを最終化した。

作成した災害記録インベントリーシート、ハザードマップ作成マニュアル、リスク評価マ

ニューアル、パイロットサイトのハザードマップ、他地域での展開事例などに関するワークショップを2021年7月にオンラインで開催した。スリランカ側からは総勢13名が参加し、これまでの活動の振り返りと成果の内容について議論・確認した。発表者は日本人専門家だけでなく、WG1リーダー等が自ら母国語で発表を行うことで、発表者と参加者らの理解を深めた。また、DMC職員とC/P等とで建設的な意見交換もすることができた。



図 2.20: Manual on Site-specific Landslids Hazard Zoning 及び Manual on Risk Assessment for Yellow/Red zone

## (2) 課題と工夫

ハザードマップ作成マニュアルを最終化するにあたり、それまで C/P 等と議論し試行錯誤してきた基準案（特に斜面崩壊の Yellow/Red zone の設定基準について）を形式知とするため、マニュアルに参考資料として添付した。今後スリランカで発生する災害事例を NBRO が分析し、これらの手法や基準の妥当性を検証できるようにした。

### 2.3.10. パイロットサイト以外でのハザード分析とリスク評価の実施（活動 1-9）

#### (1) 活動内容

NBRO のマッピングチームが主体となりパイロットサイト以外の地域で、習得した Yellow/Red zone の設定手法を適用し、成果の水平展開を実施した。具体的な地域として、Kegalle 県の 12 のサイト、Badulla 県の Bandarawela 地区及び Welimada 地区、Ratnapura 県の Dorekkanda 地区等で実施した。

Kegalle 県の 12 のサイトの成果については、2021 年 12 月に開催された NBRO 年次シンポジウムにおいて、同県の行政副長官に手渡された。その後、Kegalle 県より、本 Yellow/Red zoning を正式に採用する旨、また、土地省に対して Red zone に用途制限をかけるための要請レターが発出されている。

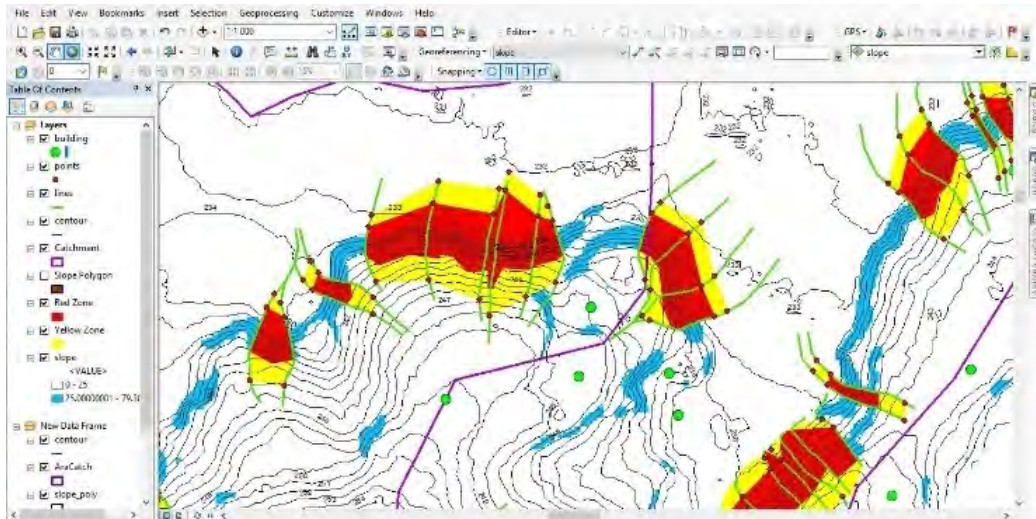


図 2.21: NBRO が作成したパイロットサイト以外の地域での Yellow/Red zone

C/P 等が本プロジェクトで習得したハザードマップ作成手法やリスク評価を、今後も NBRO 自身で他地域に展開をしていくには、NBRO が持つ既存の研修システムにこれらの講義を組み込み後進の育成に取り組むことが有効である。そのため、当初業務計画において本プロジェクトの成果を研修プログラムに組み込み研修を実施する計画としていた。しかしながら、新型コロナウイルス感染拡大の影響により NBRO の研修自体の多くが中止となる状況となってしまった。したがって、将来の研修実施のために、研修プログラムに組み込むべき本プロジェクトの成果について、項目出しを行い C/P 間で共有した。

## (2) 課題と工夫

本活動は、新型コロナウイルス感染拡大による渡航制限中の時期と重なったため、主にリモートで C/P と活動を進めた。具体的には、上記の Kegalle 県での Yellow/Red zoning や、実際に発災した土砂災害について二次被害を防止するための警戒区域を設定するにあたって、WG1 メンバーよりメールや WhatsApp で設定結果が共有され、専門家チームがその設定範囲についてコメントを入れて返送するという作業を繰り返した。本来であれば、WG1 会議の中で一つ一つ議論を行っていくことが望ましいが、時には C/P 個人との対応とならざるを得ず、議論や修正のプロセスを関係者で共有しながら進めることは困難を極めた。したがって、パイロットサイト以外の地域での成果を確認するためのオンラインセミナーを開催し、C/P が作成した Yellow/Red zone に対し、WG1 メンバー全員で議論を行える場を持つようにした。

## 2.4. 成果 2 にかかる活動

### 2.4.1. 土砂災害に係る早期警報発令体制・内容の調査（活動 2-1）

#### (1) 活動内容

近年、NBRO は雨量観測網の改善や警報発令体制の整備等を通じた土砂災害早期警報の改善に継続的に取り組んでいる。土砂災害警報の更なる改善を本プロジェクトで支援するため、関連する NBRO の取り組みについて担当者からの聞き取りや現地調査を通じて基礎情報を得た。その概要を表 2.9 に示す。

表 2.9:土砂災害早期警報発令体制の現状

項目	概要
雨量観測体制 (NBRO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2019 年末時点において、全国 291 基の自動雨量観測計を設置しており、その後もスマート雨量計・土壌水分観測機材の導入等の取り組みを進めている。</li> <li>観測データは NBRO 本部の Web サーバに送付され、DB に格納される。これらは、NBRO 以外の関係機関からもアクセス可能である。</li> <li>降雨を時系列グラフで表示する機能がなく、監視しにくい状況。</li> </ul>
雨量観測体制 (気象局)	<ul style="list-style-type: none"> <li>全国 400 の手動雨量観測所があるが、その殆どが日雨量のみ記録しているため、土砂災害警報には適していない。</li> <li>JICA により 2 基の C バンド気象レーダーが導入予定である。</li> <li>9km メッシュの数値予報を受信し、5km メッシュにダウンスケールしている。この画像情報は気象局以外の関係機関に共有されている。</li> </ul>
地すべり観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>JICA TCLMP により 2 箇所に地すべり観測システムが設置されている。また、JICA 普及実証事業により国内 2 箇所に地すべり遠隔監視システムが設置されている。</li> </ul>
手動雨量観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>DMC と連携して、コミュニティ防災活動で活用するための手動雨量計を配布している。NBRO 本部の警報閾値と同じ警報基準が設定されている。</li> </ul>
土砂災害警報発令体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>NBRO 所内の Early Warning Center (EWC) において、雨量監視を行い、規定の基準に達した際に警報文を作成し、EOC ほか関係機関に発信している。</li> <li>2016 年までは日 1 回の頻度で発信していたが、現在は 24 時間体制で NBRO 職員が常駐し、深夜帯であってもフレキシブルに警報発令を行っている。</li> </ul>
土砂災害警報基準値	<ul style="list-style-type: none"> <li>主に、24 時間雨量を基準として、3 段階のレベルで発信する。</li> <li>警報の発令最小単位は DS Division レベルであり、有効期間は発令後 24 時間である。</li> <li>警報閾値は全国共通であり、地域性は考慮されていない。</li> </ul>
警報伝達体制 (伝達経路)	<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂災害警報は NBRO から EOC やメディアに発信される。</li> <li>EOC は県防災ユニット (DDMCU) や DS、GN に FAX・SMS 等で伝達する。</li> <li>GN から住民へは直接訪問や電話、一部はラウドスピーカー等。</li> </ul>
警報伝達体制 (避難指示)	<ul style="list-style-type: none"> <li>NBRO の警報情報、コミュニティの手動雨量計、住民の通報、等を情報源として避難指示を行うが、意思決定者については地域により異なり、県であったり、DS であったりする。</li> <li>NBRO の警報情報はあまり認知されておらず、実際の避難判断は住民の経験に基づくところが多い。</li> </ul>
避難訓練とハザードマップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>大縮尺のハザードマップが未整備であり、避難に必要な情報と範囲を住民が把握していない。</li> </ul>

NBRO が発令した土砂災害早期警報が住民に伝達されるまでの経路を図 2.22 に示す。ロンボの NBRO 本部から発信された警報は主に DMC のラインを通じて地域住民に伝達される。警報発出後、住民の避難が完了するまでには概ね 2-4 時間程度を要することから、そ

れを見越した警報発出が求められる。警報の伝達経路については、DMC ラインや地元警察を通じたラインが一定程度機能しているが、伝達される早期警報に関する住民・地方行政職員の理解度が低いことが課題に挙げられる。また、早期警報の発令雨量基準に地域性が反映されていないこと、連続的な降雨がもたらす土砂災害発生リスクの上昇が十分考慮されていないことなどが課題である。明らかとなったこれらの課題を念頭に、2-2 以降の活動を実施した。

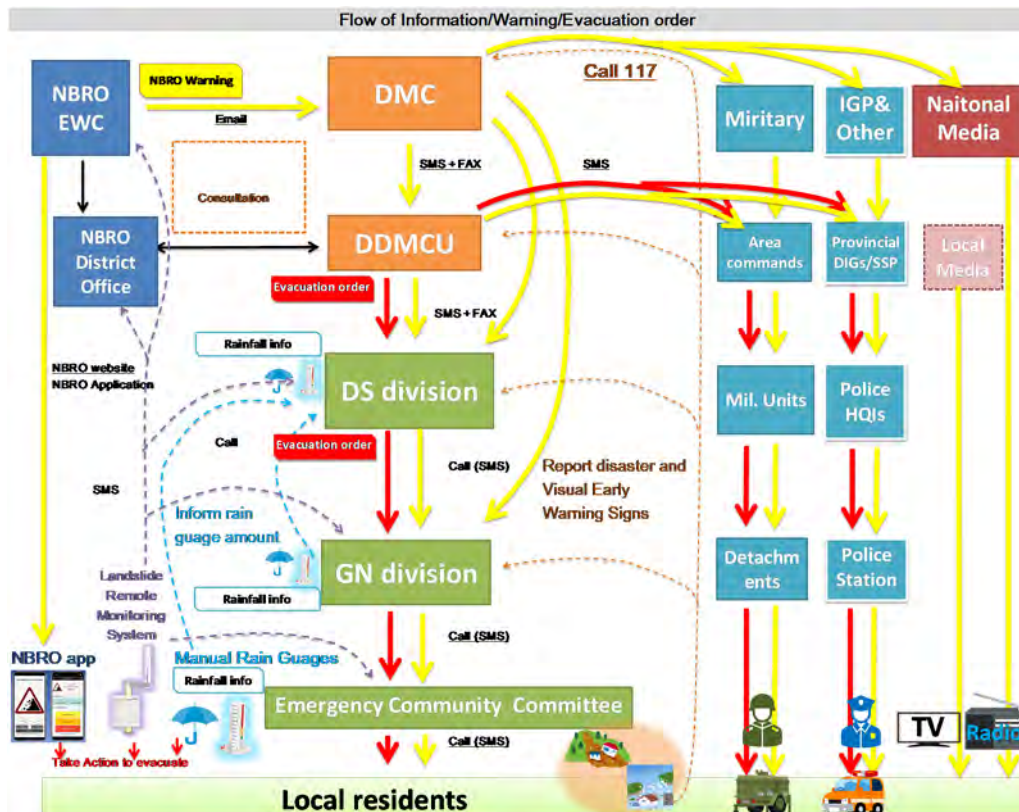


図 2.22: NBRO 土砂災害早期警報の伝達経路

## (2) 課題と工夫

NBRO、DMC 等関係機関からの聞き取りに加えて、県、DS およびパイロットコミュニティにおける情報収集を通じて、草の根レベルの警報伝達・避難の実態をより正確に把握するよう努めた。土砂災害早期警報の発令は NBRO 本部の所掌であるものの、住民への伝達は DMC、住民からの災害通報への対応は主に NBRO 地方事務所が担当するため、実際に早期警報がコミュニティレベルでどのように伝達され、活用されているのかという実態について、NBRO 本部はこれまで認識が薄かった。実態としては、警報をコミュニティまで伝達する仕組み自体は DMC ラインを軸に構築されているものの、地方政府機関の職員や住民が NBRO の警報レベルを理解していなかったり、あまり重要視されていなかったりして、実際の避難に結びついていないケースが見受けられた。こうした状況を踏まえ、活動 2-4 のなかで、パイロットサイトでの住民・地方政府機関を含めたワークショップ開催等の活動を行った。本活動を NBRO の C/P と共にすることによって、住民への警報伝達・避難の実態に関する NBRO の理解が深まったものと思料する。

## 2.4.2. 地域特性を考慮した早期警報発令に係る基準値の見直し（活動 2-2）

### (1) 活動内容

#### 1) 降雨・土砂災害関係解析

警報基準見直しのための検討解析に係る日本の知見（日本での土砂災害警報発令基準やその決定方法等）を WG2 会合にて共有した上で、WG2 メンバーと協働で雨量解析を実施した。

#### a) 土砂災害早期警報発令基準の検討

早期警報発令基準検討に係る雨量解析にあたっては、複数種の短期・長期雨量指数（実効雨量や土壌雨量指数）を計算してスネークカーブ（短期雨量指数を Y 軸、長期雨量指数を X 軸にプロットしたグラフ）を作成し、さらに災害が生じた点をスネークカーブ上にプロットすることで、クリティカルライン（CL）・警報閾値についての検討を行った。CL を設定するための等確率雨量線の推定には、RBFN を用いる手法と、正規分布・対数正規分布を用いる手法を試行し、適用可能性を検討した。なお、雨量の解析ツールについてはプロジェクトで独自に作成し、C/P と一緒に解析作業を行うことにより、技術移転を図った。図 2.23 に、C/P と協働で解析した国内各地点のスネークカーブを示す。

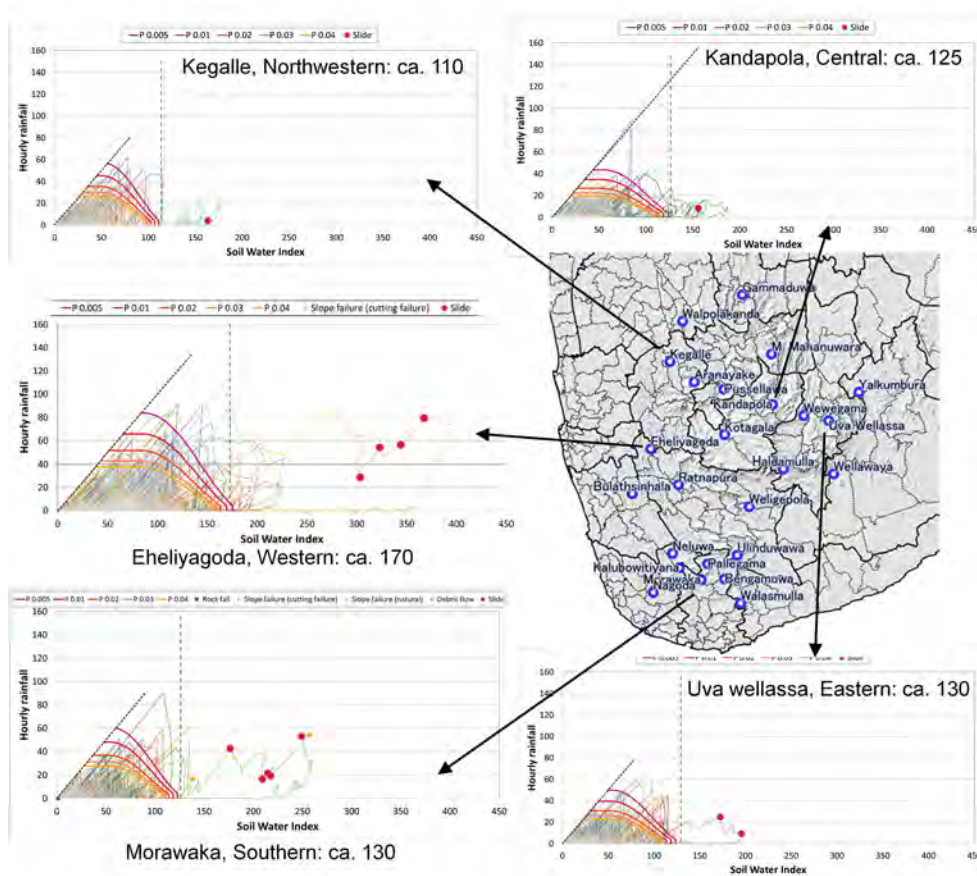


図 2.23: WG2 メンバーにより実施された雨量解析結果と地域特性

土壌雨量指数は、日本で警報発令のための長期雨量指数として用いられている指数である。スリランカにおいても土壌雨量指数を用いようとする場合、スリランカの環境に適したパラメータを同定する必要があるため、C/P が灌漑局より流量データを入手し解析を実施し、解析を行った (図 2.24)。その結果、日本で用いられているパラメータセットはスリランカの山岳河川流域においても適用可能であることがわかったことから、スリランカにおいても同パラメータを用いて土壌雨量指数の計算を行い、警報用 CL の設定を行うこととした。

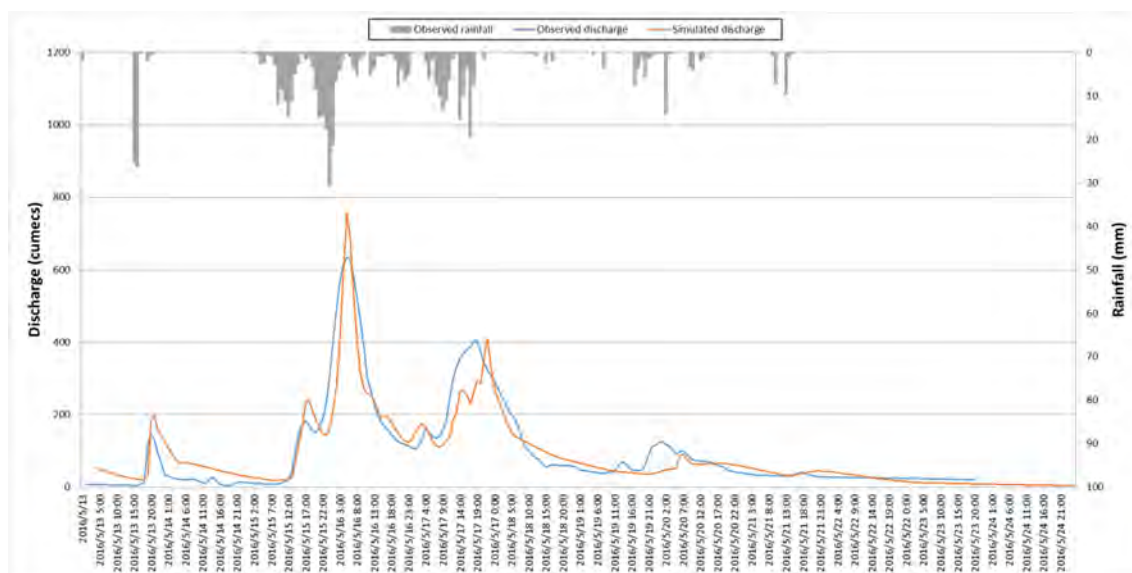


図 2.24: C/P と共同で解析したタンクモデルによる流量再現結果  
(青：実測流量、橙：計算流量)

C/P と協働で実施したスリランカ各地の過去の降雨・土砂災害データを用いた解析によれば、継続的に降雨があった場合には現在警報に利用されている 24 時間雨量より長期間の雨量指標 (土壌雨量指数や 72 時間雨量など) が有効である事例が散見されること、警報発令閾値には土壌雨量指数で 50 程度の地域性が認められること、0.5%確率を警報発令のクリティカルライン (CL) に用いると 7 割強の地すべり発生を捉えることが出来るが、小規模な斜面崩壊やすべり面の深い地すべりの捕捉率は低く、空振りも 3%程度発生すること等が明らかとなった。

## b) 早期警報短期専門家派遣と警報発令基準の見直し方針

上記の降雨-土砂災害発生の関係解析結果や、警報発令・伝達体制に係る調査結果に基づき、2019 年 10 月に NILIM より派遣いただいた早期警報短期専門家に警報改善のためのご助言をいただいた。短期専門家の提言は以下の通りである。

- 警報発令の参考情報としての土壌雨量指数・スネークカーブの活用  
現状、コミュニティレベルではマニュアル雨量計の 24 時間雨量が避難基準として広く使われていること、及び土壌雨量指数や実効雨量を用いた警報基準改定をするためには災害データの蓄積が足りないことから、すぐに警報基準改定をするのではなく、ひとまず参考情報として土壌雨量指数等を計算し、関係者内で試用する。
- 雨量モニタリングシステム UI の改善 (雨量時系列・スネークカーブの表示など)

- 警報基準改定のための適切な災害データ及び観測雨量データの蓄積
- ターゲットとする災害の明確化（すべり面の深い地すべりや単発の斜面崩壊を除くかどうか）
- 数値気象予報データや将来のレーダー雨量の活用
- 地方（コミュニティ）レベルの情報伝達と警報活用の改善

特に土砂災害早期警報発令基準の改定については、土砂災害の事例や降雨データの蓄積が浅いこと、現状の 24 時間雨量を用いた警報基準がコミュニティベースの避難体制に広く使われていることなどの状況を鑑み、当面は警報基準を改定することはせず、十分データが蓄積するまでは現在の警報基準を用いつつ、土壌雨量指数を警報発令の参考情報として使い、地域ごとに警報閾値を設けることで、警報の精度向上を目指す方針となった。

### c) 直近の降雨イベントの解析とリードタイムの検証

過去の事例の解析に加えて、直近に生じた土砂災害事例の解析を C/P が実施した。C/P による 2020 年降雨イベントの解析例を以下に示す（図 2.25）。短期的な降雨量は似た値であっても、前期降雨の有無によって土砂災害の発生が左右される事例を C/P が明らかにした。そのような場合は、土壌雨量指数による発災リスクの評価が効果的となることから、土壌雨量指数を警報発令に活用することの意義は高い。

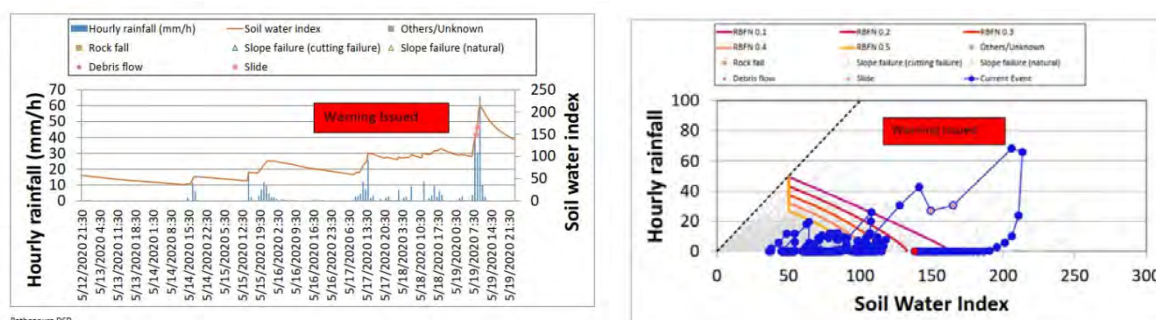


図 2.25: サイクロン Amphan 時のハイエトグラフとスネークカーブ

また、警報発令と土砂災害の発生のタイミングについて実際の災害事例を用いて C/P が分析を実施し、十分なリードタイムが確保されているかについて検証した。2017 年 5 月の Aranayake における災害事例では、NBRO の警報基準に基づき、発災の 5～6 時間前に警報が発出されており、十分なリードタイムが確保されていたものの（図 2.26）、2020 年の災害事例では急激な雨量の増加と土砂災害の発生が短時間のうちに生じており、リードタイムを稼ぐことは困難であった。このようなケースに対応するためには、降雨予測を用いることが不可欠であるが、現状の数値降雨予測は警報発令に足る精度を有していないことから、対応が困難である。当面は、強い降雨が予想される場合には早めに警報を出すよう留意して運用することが限度かと思われる。降雨レーダーの導入により、より精度の良い現況降雨の把握と短期的な降雨予測が可能となることが望まれる。

上記の解析結果及びそれに対する考察は、解析を担当した C/P より WG2 会合やシンポジ



ウムで発表され、議論が行われた。NBRO 年次シンポジウムの C/P 発表では、24 時間雨量を用いた現警報基準を補助する指標として、土壌雨量指数の活用が提言されている。

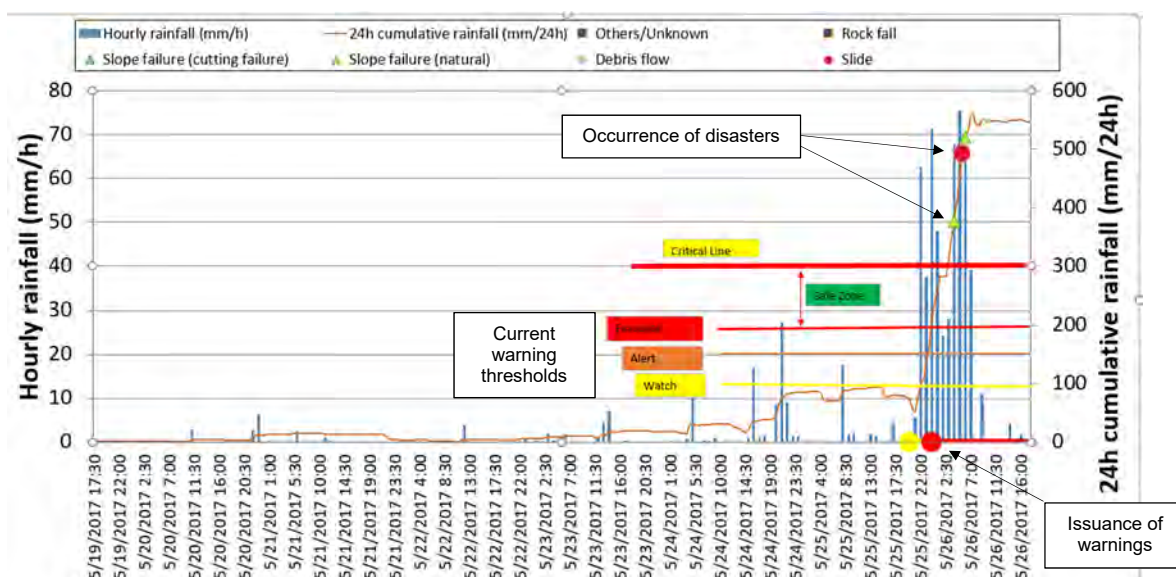


図 2.26: C/P による 2017 年災害における警報発令タイミングの検証と CL の検討  
(X 軸●印: 警報発令時間、黄・橙・赤ライン: NBRO の警報基準)

## 2) 雨量モニタリングシステム

2019 年に派遣された短期専門家の提言を踏まえ、適切な早期警報発令のサポートを目的とした雨量・土壌雨量指数のモニタリングシステムを開発した。主な雨量モニタリング機能は以下の通り。

- 既存 NBRO 雨量モニタリングシステム及び、パイロットサイトに導入される地すべり遠隔監視システムのリアルタイム実測雨量のシステムへの取り込み
- 雨量・土壌雨量指数の時系列グラフ・マップ表示
- スネークカーブ（土壌雨量指数＋クリティカルライン）表示
- クリティカルラインや土壌雨量指数計算パラメータの入力

雨量モニタリングシステムは登録ユーザ（NBRO 及び関連機関）へ公開されており、ユーザによる降雨現況把握及び災害発生リスクの推測を補助するものである。

当初、システム開発は現地 IT エンジニアの備上によって実施することを想定していたが、新型コロナウイルスにより現地業務は一時中断となり、業務中断期間中にパイロットサイトへの地すべり遠隔監視システムの導入が活動 2-4 に追加されることとなったため、本雨量モニタリングシステム開発は地すべり遠隔監視システム導入の一部として行われることとなった。

2021 年 11 月に、機材調達業者である OSASI 社の IT エンジニア 1 名が NBRO に滞在し、雨量モニタリングシステムのインストールを実施した。その際、インストールやバックアップ、リストア等のシステム管理方法について、NBRO 担当者に技術指導を行った。これに加えて、IT エンジニアの現地備人及び NBRO システム担当が協力し、既存の NBRO 雨量モニタリングシステムより OSASI 社の雨量モニタリングシステムに雨量データをリアルタイム転送する機能を実装した。

これによって、同システムには、NBRO の全国雨量観測データ及び、パイロットサイトに導入された OSASI 社製の雨量観測データが受信されており、リアルタイムの土壤雨量指数マップ及び時系列グラフ、スネークカーブが閲覧可能となった（図 2.27）。同システム上の雨量観測点には各々の警報閾値・CL を設定可能となっており、これまでに実施した解析によって推定された各地の警報閾値・CL を入力することで、容易に各観測点の状況を監視することが出来る。2022 年 6 月までに、C/P と協働で各地の警報閾値・CL を設定完了した。

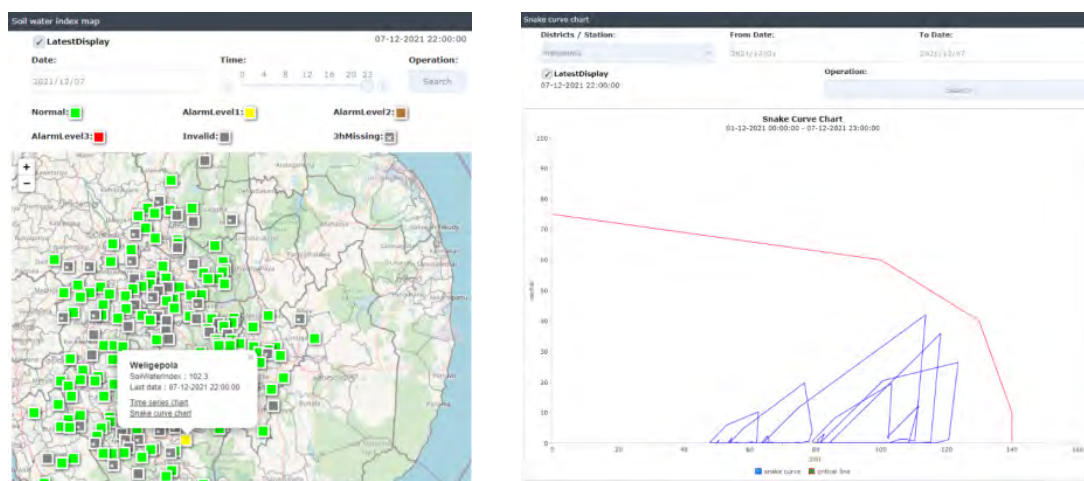


図 2.27: 雨量・土壤雨量指数モニタリングシステムの UI

## (2) 課題と工夫

降雨と土砂災害発生の関係解析については、C/P が独自で観測データと解析ツールを用いて実施できるレベルに達したと判断される。2020 年や 2021 年の土砂災害についての解析結果について C/P が独自に解釈し、土砂災害時の降雨特性について考察したり、解析ツールの新たな機能について提案したりするなど、C/P が積極的に知見を活用しようとする姿勢が見受けられた。C/P は、通常業務として警報業務に携わっており、警報の妥当性検証や改善は彼らの必要とするところであり、C/P 側の真のニーズを理解し、実践的に必要な解析をサポートしたことが功を奏したと史料する。

上記の解析で得られた結果について WG2 で議論するとともに、DMC で開催された国際オンラインシンポジウムや NBRO の年次シンポジウムで C/P 及び専門家が発表を行った。

### 2.4.3. プロトコル改訂を含む早期警報発令マニュアル（案）の作成（活動 2-3）

#### (1) 活動内容

早期警報発令マニュアル（案）を作成した。マニュアルは、大別して 3 パート（平時：NBRO 向けの警報基準検討手順、災害時：警報発令手順、コミュニティ・関係機関向け：警報解説広報資料）構成となる。

現時点では、土砂災害記録や雨量記録が不足していることや、現在の警報雨量基準がコミュニティレベルの防災活動に広く用いられていることから、今すぐに警報基準を改定する

ことは難しいため、将来的にデータが揃ったところで警報基準が改定できるよう、マニュアルは、基準の検討手順（第2章）及び新基準を用いた警報発令手順（第3章）という構成とした。関係機関向けの警報解説広報資料に関連する警報の草の根レベルへの伝達やコミュニティ防災といった活動（第4章）については、NBROの管轄外ではあるものの、土砂災害警報に実効性を持たせるためにはその部分の強化が必須であることから、土砂災害警報及びハザードマップに関する解説広報資料を作成し、警報の伝達及び活用の改善に資するマニュアルとした。WG2 ミーティング（含む DMC）で議論した早期警報発令マニュアル（案）の目次構成は表 2.10 のとおり。

表 2.10: 早期警報発令マニュアルの目次構成案

	項目	備考
1	イントロダクション	土砂災害警報一般論
2	土砂災害早期警報に係る平常時のタスク	災害データ収集・クリティカルラインの設定等（NBRO 向け）
3	土砂災害早期警報に係る災害時のタスク	警報発令手順等（NBRO 向け）
4	土砂災害早期警報の活用法	警報解説やハザードマップと併せた活用法等（DMC・ローカル向け）
付録	DMC・住民向け広報資料 雨量解析マニュアル	

同マニュアル（案）のうち、雨量解析の実際的な手順（図 2.28）に係る部分については技術的な内容に寄ることから、別添資料としてとりまとめ、同資料に基づき、WG2 メンバーが雨量解析を行った（活動 2-2）。WG2 メンバーからは、警報解除に係る記述について要望があったため、降雨が収束した後も土壌雨量指数やその後の降水予報を参照して、警報解除のタイミングを検討する旨の解説を加えた。

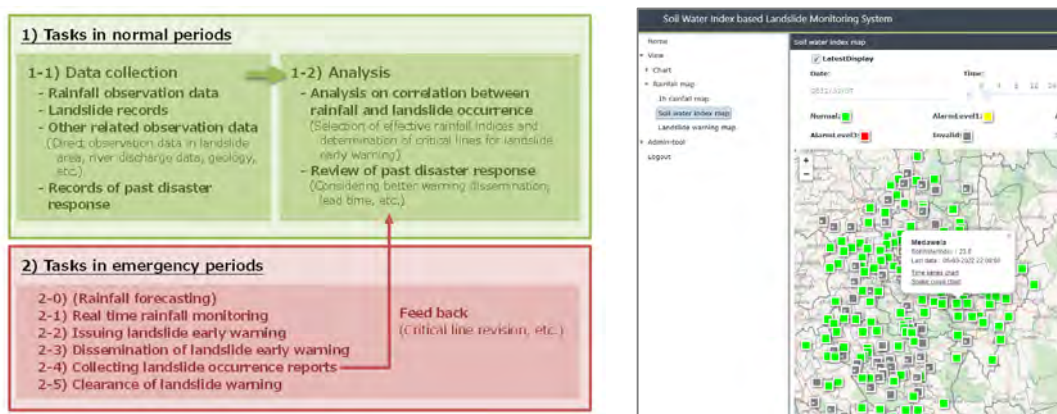


図 2.28: 早期警報発令に係るルーティーンワークフロー（左）と発令時の参考とする土壌雨量指数モニタリングシステム（右）

## (2) 課題と工夫

WG2 の活動を通じて、C/P の意見・フィードバックを取り入れながらマニュアル案を作成した。具体的には、警報解除の判断、対象災害の選定、土壌雨量指数のパラメータ最適化法等について記載要望があり、それらの項目をマニュアルに取り入れたり、記述を加筆修正し

たりした。また、マニュアルは短期専門家の助言（警報の対象となる災害種の限定、警報に用いる雨量指標の選択等）を考慮した内容となるよう留意した。

加えて、活動 2-4 で導入された地すべり遠隔監視システムのユーザーインターフェースやその機能を用いて、住民や関係機関にわかりやすい広報資料を作成し、マニュアルの一部とした。

#### 2.4.4. パイロットサイトにおける早期警戒避難体制の強化（活動 2-4）

##### (1) 活動内容

活動 2-1 で収集したパイロットサイトにおける警報伝達・避難体制に関する情報を参考に、その強化を行った。Udapotha 及び Weeriyapura の 2 パイロットサイトについては、地すべり遠隔監視システムを導入し、直接的な地すべりの観測と警報発令・伝達の強化を行った一方、機材が導入されなかった Morawakkanda については、観測雨量に基づいた既存スキームの早期土砂災害警報の発令・伝達改善に取り組んだ。

##### 1) パイロットサイトへの地すべり遠隔監視システムの導入

本プロジェクトでは、成果 3 に関連する活動で、Yellow/Red zone に基づく土地利用規制や、避難警戒体制強化、構造物対策等の施策を示した砂防基本計画の策定を支援している。これらの計画に基づいてパイロットサイトに地すべり遠隔監視システムを導入することで、地方自治体や中央政府機関は地すべり発生を事前に察知することが可能となり、地域の早期警戒避難警戒体制の強化に大きく寄与することが期待される。上記の背景から、Weeriyapura 地区及び Udapotha 地区に地すべり遠隔監視システムを設置する活動の追加が 2020 年 10 月に承認・開始された。

導入された地すべり遠隔監視システムは、JICA 実施の中小企業海外展開支援事業普及実証事業「地すべり遠隔監視システムの普及・実証事業」で導入された OSASI 社製システムと同様のものであり、機材・システムを共通とすることでランニングコストの低減及びユーザーインターフェースの共通化を図った。

地すべり遠隔監視システム機材の仕様・数量や設置場所、設置手続き、モニタリングシステムの UI 等について 2020 年 10 月より OSASI 社と協議し、仕様書を作成した。同システムは、地盤の伸縮・傾斜量及び雨量をリアルタイム計測するとともに、その観測データを NBRO 本部のサーバに転送する。また、既存 NBRO の雨量データも取り込み、土壌雨量指数をリアルタイムで計算することで、土砂災害警報の適切な発出に寄与するものである。



観測機器設置箇所選定の様子

2021年3月にWG2会合を開催し、地すべり遠隔監視システムの開発・調達とそれにかかる調整・準備事項（システム用のIP取得、ビザ手続き、開発中のwebサイト共有、専門家渡航予定等）について協議した。以後、WG2メンバーは精力的にシステム開発・調達をサポートした。

2021年4月に正式な機材調達契約がOSASI社と結ばれたが、新型コロナウイルス感染拡大の影響により複数回の設置時期延期を経て、2022年1月から2月に掛けて現地での機材設置作業が実施され、無事完了した。

機材の設置に先立ち、Weeriyapura及びUdapothaの両サイトに導入する地すべり遠隔監視システムについて、各観測機器の設置箇所を決定するため、2022年12月に現地調査を実施した。WG1及びWG2リーダー、及びマッピングチームが参加した。

Weeriyapuraについては、当初予定通り、2箇所の地すべりブロックを対象とすることとし、Udapothaについては、現地調査の結果を受けて、最も家屋が多く集まる地すべりブロックに対して各観測機器を設置することとした（図2.29）。

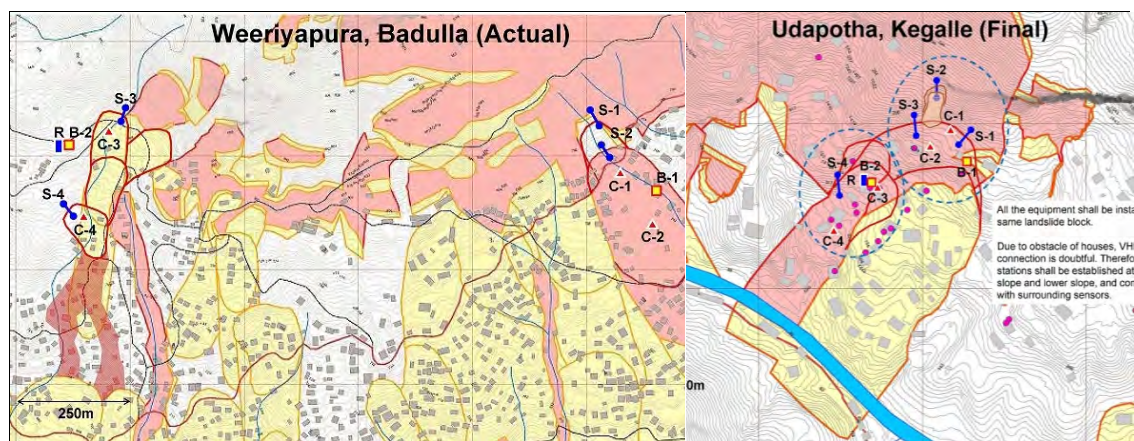


図 2.29 両サイトの観測計器設置箇所（左：Weeriyapura、右：Udapotha）

## 2) パイロットサイトにおけるワークショップ

地すべり遠隔監視システムを設置後、2022年3月にUdapotha、Weeriyapura、Morawakkandaの各パイロットサイトにて、住民とGN officerを招待したステークホルダーミーティングを開催した。土砂災害のメカニズムを含めプロジェクトで導入された土壌雨量指数の考え方や、NBROの早期警報の伝達経路について説明した。

各パイロットサイトには、NBRO早期警報をGN officerから受信するEmergency Community Committeeというコミュニティ防災組織は当初存在していなかった。そのため、2021年11月から始まったWG3の土地利用規制に関する住民の意見のヒアリングの際に、立ち上げられ、NBROのマニュアル雨量計



図 2.30 パイロットサイトのコミュニティ向けの早期警報リーフレット

の供与もされた。Emergency Community Committee は、自治体議長、次官とメンバー3~5名で構成された。WG2 のワークショップでは、マニュアル雨量計の使用方法やログシートの取り方などについても伝えられた。住民の積極的な参加もあり、自治体議長が NBRO 早期警報を受信した後、コミュニティエリア全体に情報が行き渡るよう、メンバーの再検討等もワークショップを通して行われた。

また、地すべり監視システムが設置された Udapotha と Weeriyapura では、設置場所とその機能についても説明をした。ステークホルダーミーティングでは、コミュニティの中で警報 SMS を受信する担当と、機器周辺の草刈り等、機器の状態のモニタリングと監視をしてもらう担当を決め、機器への鍵も提供した。誤報等があった際のサイレンの止め方についても教示した。



住民との地すべり監視システムの視察（左：Weeriyapura、右：Udapotha）

各パイロットサイトでのミーティング前後には、Kegalle, Badulla, Matara 県の DDMCU、NBRO 県事務所も訪問し、導入された地すべり監視システムの説明と、土壌雨量指数について説明する機会を設けた。NBRO 県事務所は今後、機材モニタリング・メンテナンス活動で重要な役割を果たすため、機材の仕組みやメンテナンス方法についても教示した。

## (2) 課題と工夫

普及実証事業で導入済みの機材と同様の仕様とすることで NBRO のメンテナンスに関する負担を軽減させるとともに、既存システムと統合した UI とすることで全国のモニタリングを容易にした。機材については、猿、アリ、ネズミ等による損傷も懸念されることから、対策を WG2 メンバーと検討した。

プロジェクト前はパイロットサイトにおけるコミュニティ防災組織は存在しなかった、もしくは未活動の状況であったが、プロジェクトを通して NBRO が立ち上げ、早期警報に関するワークショップを同組織と住民を巻き込んで実施することで、意識を高めると共に、実際の伝達経路を確認し、伝達が確実に行われるように工夫した。また、機材に関しては、NBRO 県事務所だけでなく、積極的な住民の参加を求め、鍵も提供することで、オーナーシップを高めた。県事務所による点検は3ヶ月に1度程度であり、住民による異変や機材の損傷の知らせをリアルタイムで行ってもらうことで、機材が常に適切に機能することを目指した。また、住民だけではなく、末端の行政職員である GN Division も巻き込むことで、継続的な活動になるように配慮した。

警報 SMS 受信者には、NBRO 本部、県事務所と住民代表のみだけではなく、その他早期警報に関わる DDMCU、DS Division、GN Division にも届くように設定し、エリア内の関連機関に同じ早期情報が行き渡り、状況が共有されるように配慮した。

## 2.4.5. ワーキンググループでの早期警戒体制の共有（活動 2-5）

### (1) 活動内容

早期警報改善に係る各活動の実施や情報共有等を目的として、ワーキンググループ(WG2)を立ち上げた。WG2 には参加者に応じて 3 つのレベル（全体会合：NBRO・DMC/EOC・気象局・灌漑局、内部会合：NBRO 早期警報関連部員、技術指導：NBRO C/P 技術担当者）を設けることとした。2019 年 7 月に初回 WG2 全体会合を実施し、専門家チームならびに WG2 メンバーより、プロジェクトでの土砂災害警報基準設定の方針等について報告がなされ、これらについて、関係機関を含む議論が行われた。

活動 2-1～2-4 に関する降雨解析指導や成果共有、モニタリングシステム構築、議論を目的とした WG2 技術指導及び内部会合を定期的で開催し、C/P への技術移転に努めた（詳細な活動内容については 2.4.2～2.4.5 項参照）。2022 年 3 月の内部会合では、パイロットサイトに導入した地すべり遠隔監視システムの警報閾値、機器状態モニタリングとメンテナンスについての議論を行った。

2020 年 3 月及び 2022 年 4 月には DMC も含めた全体会合を行い、警報伝達、パイロットサイトの降雨モニタリングシステムと WG1 のハザードマップを活用した避難等について意見交換を行った。

### (2) 課題と工夫

新型コロナウイルスの感染拡大等の影響により専門家が現地渡航できない状況にあっても C/P が作業を進められるよう、WG2 を通じた情報交換や進捗報告を行った。その結果、活動 2-2 に示すとおり C/P 自ら降雨解析を行い、発生した災害について降雨の状況を整理してその特性について議論できるようになるまでに至っている。

パイロットサイトに導入した地すべり遠隔監視システムの運用や、土砂災害警報の住民への伝達については、DMC を含めた関係機関との協調が肝要であることから、WG2 全体会合や現地でのワークショップを通じて NBRO と関係機関がスムーズに連携できるよう、留意して活動を進めた。特に地すべり遠隔監視システムについては、機材状態のモニタリング及びメンテナンスが十分でないとし、継続して正確な警報が出せないことから、機材維持に関する NBRO 本部、NBRO 県事務所、住民の役割と DMC や DS の警報伝達への関与を明確にし、機材モニタリング・メンテナンスに必要なチェックシートとスケジュールを作成することを WG2 メンバーと確認した。実践的な機材モニタリング・メンテナンス作業ができるよう、普及実証で導入された機材のデータ収集、機材の状態等についても、WG2 メンバーと共に現場に赴き確認し、今後の更なる機材のメンテナンス向上に役立てた。

## 2.4.6. 早期警報発令マニュアルの最終化（活動 2-6）

### (1) 活動内容

早期警報発令マニュアルの最終化を目的として、2022年4月に早期警報を住民へ伝達する責任機関である DMC の Emergency Operation Centre を招いて、WG1 も招き WG2 ワークショップを開催した。WG1 で策定されたパイロットサイトでの Yellow zone、Red zone の概要、土壌雨量指数を考慮した早期警報の改善と発令、パイロットサイトに導入された地すべり監視システムの運用・警報伝達等について



DMC との協議の様子

議論した。DMC やその県事務所である DDMCU は避難に関する責任機関でもあるため、地すべり監視システムを用いての避難訓練、Yellow/Red zone にある DMC が指定している避難所についての再検討の必要性について NBRO から提案された。DMC には、全国の避難場所を示した地図があり、その地図に NBRO の Yellow/Red zone を重ね再検討しておくことは可能ということであった。また、NBRO 側からは Yellow/Red zone が最終化された際には、データを共有する旨が伝えられた。

上記の協議を踏まえて、早期警報発令マニュアルを改訂のうえ最終化した。

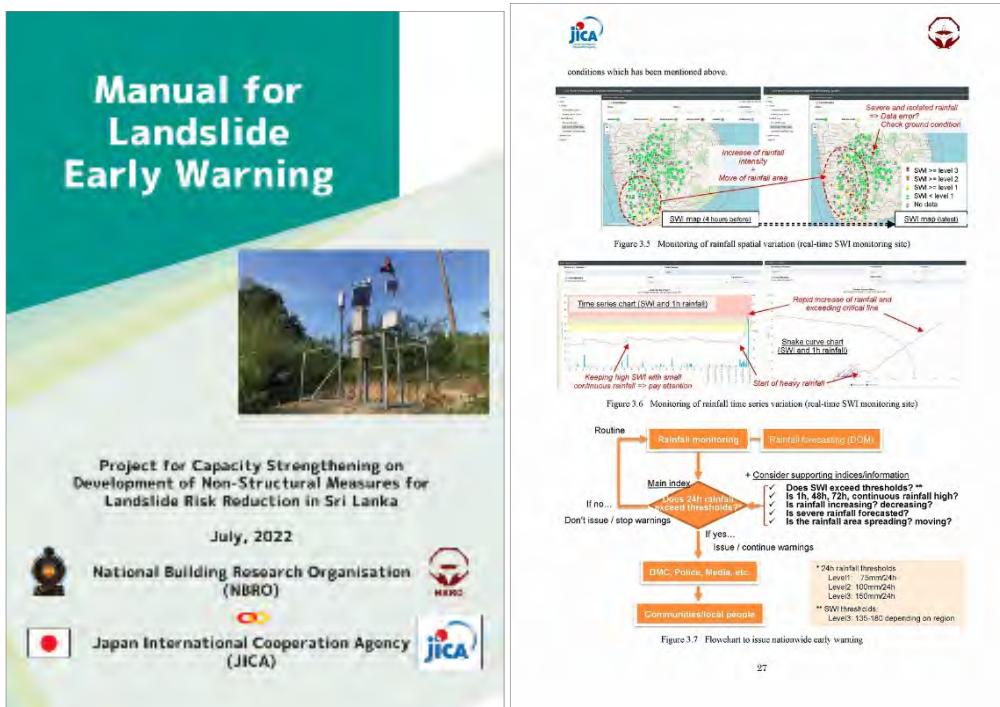


図 2.31: 最終化された早期警報発令マニュアル



## (2) 課題と工夫

NBRO と DMC は、普段より警報発令・伝達及び発災時対応等で連携しており、更なる連携強化に向けて、プロジェクトで新たに導入されたハザードマップや警報システムなどの活用について、パイロットサイトの情報を用いてより具体的な議論を行った。

## 2.5. 成果 3 にかかる活動

### 2.5.1. スリランカの土地利用／開発規制に関する調査（活動 3-1）

#### (1) 活動内容

WG3 メンバーはスリランカ全体の開発計画（土地利用計画含む）に係る現況把握、関連する法制度の整理、パイロットサイトの土地利用計画に係る現状把握を行った。

#### 1) スリランカ全体の開発計画（土地利用計画含む）に係る現況把握

国の経済政策の観点から、第一次産業から第二次、第三次産業へのシフトを図っており、都市部への居住を促進する方向にある。また国の開発計画のレベルには、国レベル、地域レベル、地方レベルの 3 つがあり、地方レベルについては全国約 330 の地方自治体を単位としており、Urban Council (UC)、Municipal Council (MC)、Pradeshiya Sabha (PS) に分かれている。UC と MC は、都市計画法に基づき市街化地域 (Urban Declared Area) に指定されており、UDA が開発計画を策定している。PS については、その中でも市街化地域と非市街化地域があり、UDA 管轄外となる非市街化地域については、計画策定の支援が行き届いていない。またそのようなエリアが国土の約 50%を占める。

#### 2) 関連する法制度の整理

WG3 メンバーは、本プロジェクトにおいて参照すべき法令、マニュアルをリストアップし、概要および土砂災害との関連性を整理している（表 2.11）。

表 2.11: 本プロジェクトで参照すべき法令・マニュアル

	法令、マニュアルの名称	概要
1	National Land Use Policy Sri Lanka	適切な土地利用、食糧自給、経済発展及び土地の生産性の維持を確保するための政策的枠組みとして定められている。政策のひとつとして、「高、中、低程度の土砂災害リスク地域の特定と適切な保護政策の導入」が規定されている。
2	National Physical Planning Policy and Plan 2030	2030 年までの国土に対する経済面、社会面、物理面、環境面からの統合計画と促進、規制することを目的とした計画である。戦略のひとつとして、居住地やインフラを災害リスクのある地域から安全な地域への移転が掲げられている。
3	Town and Country Planning Ordinance	NPPD が National Physical Planning Policy and Plan 2030、地域計画を策定することが規定されている。地方レベルの土地利用計画・開発計画については UDA が管轄する地域とそれ以外の区域に分かれ、前者では UDA が後者では地方自治体が管轄する。
4	Urban Development Authority Law	1978 年に制定、1979-1988 年にかけて 4 回改定されている。UDA 管轄下にある土地に対し、UDA が土地利用計画の策定と実施、他の政府機関・関係者による計画事業の規制の権限を有することが定められている。
5	A Circular no NBRO 2011/01: Obtaining/ (Necessity to obtain) the Certificate of	2011 年に MIWRM が地滑り危険の高い 10 県の土地利用を規制するために出した通達。対象 10 県の土砂災

	法令、マニュアルの名称	概要
	Land Suitability/Recommendations of NBRO prior to any type of construction in areas to prone to land slides	害リスク地域における建設・開発行為については、計画段階で NBRO による評価を通じた承認を得ることが必須となった。
6	Hazard Resilient Housing Construction Manual	2017 年の NBRO による刊行で、全災害種を含むものであるが、土砂災害については、斜面造成に伴う切土について、Risk の度合いに応じて、必要な処置（崖尻からの距離の指定、擁壁建設の指定、建築不許可、排水施設の設置、他の侵食防止策）が定められている。法的拘束力のある Manual ではないが、開発にあたっての指針となるものである。

### 3) パイロットサイトの土地利用計画に係る現状把握

WG3 メンバーは3つのパイロットサイト（Udaphota、Weeriyapura、Morawakanda）について、それぞれ管轄する地方自治体（Bulathkohupitiya PS、Badulla MC、Kotapola PS）を訪問し、各地方自治体における土地利用計画策定主体、土地利用計画の有無、開発許可申請のプロセス等を確認した。

土地利用計画については、Bulathkohupitiya PS、Badulla MC、Kotapola PS のそれぞれの域内に市街化地域があり、市街化地域では UDA が土地利用計画策定主体となっている。Udaphotha と Weeriyapura は市街化地域内に位置するが、Morawakanda は市街化地域外に位置し、地方自治体が策定主体となる。また、開発許可申請プロセスについては、市街化地域では、4,000 ft<sup>2</sup>を超える開発は UDA が開発許可者となり、4,000 ft<sup>2</sup>以下は地方自治体が開発許可を出している等、土地利用及び開発規制における権限は、各地方自治体の市街化区分と密接に関係している。

こうした情報を基に、WG3 では、土地利用規制／開発基準指針（案）の策定を進め、その中で、既存の法制度との整合性を含めた議論を進めた。



地方自治体との協議（左：Kotapola PS、中央：Badulla MC、右：Bulathkohupitiya PS）

## (2) 課題と工夫

スリランカでは土砂災害リスク地域における土地利用計画および開発規制の必要性については認識されているものの、その具体的な法律・制度の整備については発展途上の段階にある。そのため、WG3 メンバーは日本の災害対策基本法や土砂災害防止法、国土利用計画法、建築基準法、宅地造成等規制法、都市計画法等の関連法をレビューし、自然災害に対してどのような規制が引かれているかについても理解を深めた。また、専門家チームはこれらの法律の英文版の提供、さらには住民視点での理解を促すことを目的として、東京都建設局 Web サイトから「土砂災害防止法 よくある質問と回答」を英訳し提供した。

## 2.5.2. 土地利用規制／開発基準指針（案）の作成（活動 3-2）

### (1) 活動内容

WG1 のアウトプットである Yellow/Red Zone が示されたハザードマップと NBRO が運用している Flood Resilient Guideline に基づき、WG3 は最終的な土地利用の用途区分について、「開発区域」「警報区域」「開発規制区域」「開発禁止区域」の 4 分類とすることとした。

以下の点について WG3 と専門家チームの間で協議を行い、土地利用規制／開発基準指針（案）の作成を進めた。

- 1) Urban Area と Rural Area における土地利用計画の策定および実施に係る関係者および役割分担
- 2) 都市計画に係る地方政府のガバナンス
- 3) Yellow/Red zone を基に WG3 が設定した Restricted Zone、Controlled Zone、Warning Zone、Development Zone の各 Zone における、リスク評価報告書の必要性、既存建物および新規開発の規制、関係機関の役割
- 4) NBRO がこれまで使ってきた Land Hazard Zonation Map との関係
- 5) 指針（案）の砂防基本計画、土地利用計画・規制に係る関係組織の役割、警戒避難体制、地方行政制度

1)、2) の議論を踏まえ、表 2.12 に取りまとめた。Urban Area と Rural Area に分類され、Urban Area は全て UDA Declared Area に属すること、また Rural Area は UDA Declared Area と Non Declared Area と Estates の 3 つに分類される。また UDA Declared Area は Development Plan を有する地域と Development Plan の無い地域に分類される。それぞれの地域において、NBRO、UDA、Estate Company、地方自治体、DS/GN がそれぞれ、土地利用計画策定および土地利用の管理においてどのような役割を果たすのかを整理した。

また、3)、4) に関しては、WG1 で検討してきた Yellow/Red zone を示すハザードマップを基に、図 2.32 に示す通り、4 つの土地利用区分（Restricted Zone、Controlled Zone、Warning Zone、Development Zone）を検討した。また検討した 4 つの区分は NBRO がプロジェクト開始前より検討していた Land Hazard Zonation Map の土地利用区分とも符合するものであることを確認した。各 Zone における、リスク評価報告書の必要性、既存建物および新規開発の規制、関係機関の役割についても 1)、2) の協議結果も踏まえて検討し、指針（案）に記載した。

また 3)、4) の検討過程にあった 2020 年 2 月には、短期専門家「土地利用政策」を受け入れ、日本の Yellow/Red zone において掛けられる土地利用規制の考え方についてご教示頂いた。WG3 では Red Zone を Restricted Zone と Controlled Zone に分けることを考えており、後者においては農地利用などの生産活動をできるようにすることも考えていた。この 2 つのエリアの分け方について、短期専門家より既存の土地利用をベースに分ける考え方についてアドバイスを受けるなど、日本における実践例が紹介された。

表 2.12 Urban Area と Rural Area の分類と、分類ごとの関係機関の役割

	Urban Area (MC, UC)		Rural Area (PS)	
	Without Development Plan	With Development Plan	Non UDA Declared Area	Estates
NBRO	Prepare hazard map showing Yellow/Red zones Support UDA and/or LA in land use planning as a part of SDRRP Support and recommend to implement SDRRP (Early Warning and Evacuation / Structural Measures)			
UDA	Prepare land use plan based on hazard map	Update land use plan base on hazard map	-	-
Estate Company	-	-	-	Cooperate with LA
Local Authority	Give development permission based on UDA standards	Issue By-laws to implement the SDRRP Give development permission based on UDA standards and SDRRP	Prepare SDRRP for catchment area with disaster risk areas based no hazard map Give development permission	-
DS / GN	Provision of Data			

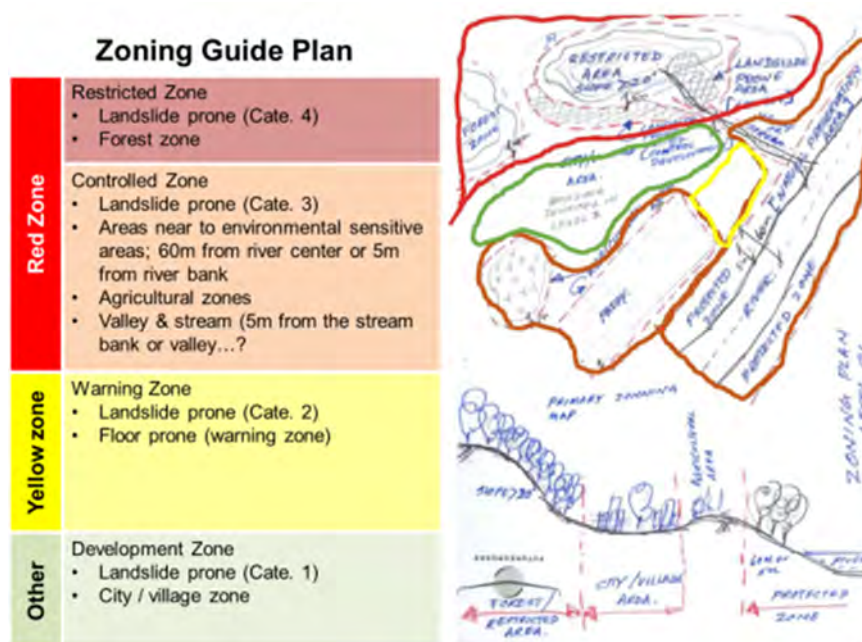


図 2.32: Yellow/Red zone を基にした土地利用区分

5) では、各 Zone において土地利用規制のみならず、斜面对策工や砂防施設などの構造物対策や警戒避難システムの整備などの対応策とその考え方についても検討し、指針(案)に記載した。

以上の協議を通じて指針(案)を更新した。また協議の過程で以下の内容を Annex に入れ、

参考資料とすることにした。

- 日本の土地利用計画・規制に関する法制度について紹介し、主に国土利用計画法の概要、同法の中の土地取引制度、都市計画法の概要と改正の背景
- 地盤支持力を基にした家屋密度の設定の方法

## (2) 課題と工夫

土地利用規制／開発基準指針（案）を実践的な内容にすることが求められていたため、指針案の項目と記載すべき内容をドラフトし、WG3 メンバー間で2回推敲した段階で、活動3-3のパイロットサイトでの土地利用規制及び開発基準（案）の作成に着手した。パイロットサイトでの土地利用規制及び開発基準（案）の作成過程で指針案にフィードバックした方が良いと思われる事象を抽出し、指針案にフィードバックし、指針案の更新を行った。

例えば、Yellow Zone や Red Zone 内の土地利用については、現在更地となっている地域と既に住居が立地している地域では取るべき土砂災害リスク削減策が異なってくるのが活動3-3の過程で明らかになった。そこで、指針案においては現況土地利用に応じた土砂災害リスク削減策について表2.13のように整理して、追記を行った。

表 2.13 災害リスクの高い地域における既存住宅地と更地の災害リスク削減策

	Red Zone		Yellow Zone	
Possible Land Use	Restricted Zone Only for Natural Vegetation (Forest, bushes, etc.) (detailed investigation for agricultural)		Warning Zone Agriculture Parks and Playground/ non-residential activities Detailed investigation for Residential, Retail & Commercial, Office, Industrial	
	Controlled Zone Agricultural (detailed investigation for Human induces activities: Parks and Playground/non-residential activities)			
Current Land Use	Existing Residential Area -No special zoning regulations are in practice.	Vacant Area -No special zoning regulations are in practice.	Existing Residential Area -No special zoning regulations are in practice.	Vacant Area -No special zoning regulations are in practice.
DRR Measures	-Early Warning -Conduct detail investigation and select for DRR measures - Land-use regulations (not to allow further development)	- Promote land-use regulations	-Early Warning -Structural Measures (Sabo, Retaining wall, etc.) - Other resilience constructions	- Promote land-use regulations

また活動3-3の議論から、Restricted Zone については商業ベースの農地としての利用は詳細調査を経て問題なければ利用可能とされているが、家庭菜園レベルの活動については詳細調査なしでも利用可能とすることにし、その記載を指針案に追記した。

### 2.5.3. パイロットサイトにおける土地利用規制及び開発基準（案）の作成（活動3-3）

#### (1) 活動内容

WG1 の活動における進捗の最も早い Morawakkanda サイトから土地利用規制及び開発基準（案）の作成を行い、土砂災害リスク削減計画の一部として取り入れた。同様の手順で Udapotha および Weeriyapura で土地利用規制及び開発基準（案）を含む土砂災害リスク削減計画を作成した。

##### 1) 土地利用規制及び開発基準（案）の流れ

最初に Yellow zone、Red zone に掛かっている地域を対象にした土地利用計画のアウトプットイメージ、土地利用計画策定の手順、収集データの確認を行った。例えば、WG3 がドローンによる空撮画像を基に作成した現況土地利用図（図 2.33）の内容や土地利用用途を示す凡例にある略語の意味について確認を行った。

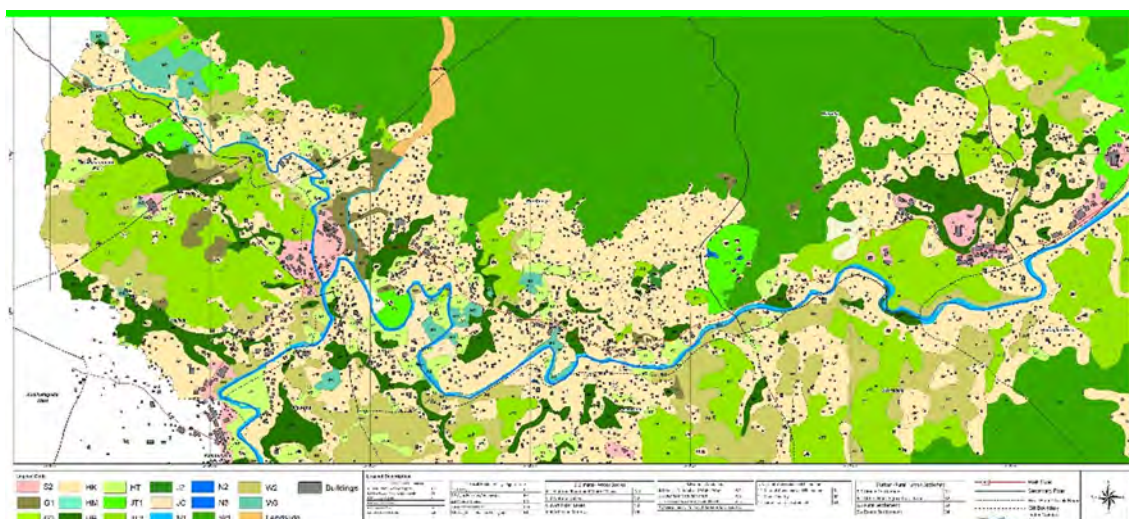


図 2.33 WG-3 が作成した現況土地利用図（Morawakkanda 事例）

その後、活動3-2で作成したガイドライン案を参照し Yellow Zone と Red Zone でそれぞれどのような土地利用が可能かを確認し、現況土地利用図と Yellow/Red Zone やリスク評価結果を重ね合わせ、土地利用計画案について協議した。その際、Yellow/Red Zone 内の現況土地利用の用途をどのように変更するのかについて、用途変更しないというオプションも含め、協議した。議論を重ねた結果、後述するように土地利用計画については現況土地利用図のような詳細な用途分類までは立ち入らず、Restricted / Controlled / Warning / Development Zone の範囲を示すとともに、各 Zone で可能となる土地利用用途を示すに留めた。

##### 2) 世帯調査の実施

土地利用規制以外の避難などの非構造物対策もより具体的なものに改善する必要がある、

根拠となるデータの収集が必要となり、各サイトで世帯調査を行い、家族構成、年齢、職業、居住理由、家屋のタイプなどを把握した。なお、Weeriyapura に関しては Badulla 市の郊外部にあたり世帯数も多いため、土石流の発生の恐れがある Yellow/Red zone の中にある世帯に対象を絞った。



WG-3 による世帯調査（左：Udapotha、右：Weeriyapura）

### 3) 土砂災害リスク削減計画の構成の検討

土地利用規制及び開発基準（案）を含む土砂災害リスク削減計画は表 2.14 のような目次構成とした。WG1 で検討した Yellow Zone/Red Zone のコンセプトは 2.3 に、ハザードマップは 2.4 に示されている。WG-2 で検討した事項は 4.1～4.3 に示されている。土地利用規制及び開発基準（案）については 2.5～3.2 に示され、管理計画が 6.1 に示されている。

表 2.14 土砂災害リスク削減計画の構成

Chapter	Sub-Chapter
1. Introduction	1.1 Background 1.2 Objectives 1.3 Vision 1.4 Target Users for the SDRRP
2. Current Setting of Pilot Site	2.1 General Information of Local Authority 2.2 General Information of Hazard zone 2.3 Concept of Yellow/Red Zone 2.4 Categorized Zone based on Yellow/Red zoning and LHM 2.5 Possible Land Uses for the Zones 2.6 Approval and Enforcement of the Land Use Plan
3. Land Use Zoning Plan	3.1 Land Use Zoning Plan 3.2 Statistics in Yellow and Red Zone
4. Strength Early Warning and Evacuation	4.1 Warning Protocol in local level 4.2 Securing Evacuation Place 4.3 Awareness Activity for Early Warning
5. Structural Measures	-
6. Long-term Management Plan	6.1 Land use management plan 6.2 The land value management plan
7. Implementation	7.1 Action Plan

4.1~4.3 については、WG2 と連携し、WG2 のコミュニティ防災組織とのワークショップで明確にされた各パイロットサイトにおける NBRO 土砂災害早期警報の伝達経路について記



載し、フォーカルポイントの連絡先等が明確になるようにした。また、Udapotha と Weeriyapura に関しては、導入された地すべり監視システムについても記載し、システムから出される警報 SMS の全関係者を明確にし、パイロットサイトにおける早期警報体制の全体像が分かるようにした。



図 2.34 完成した 3 パイロットサイトの土砂災害リスク削減計画

## (2) 課題と工夫

計画の実現が課題であり、予算化につながるよう土地利用計画だけでなく、他のリスク削減方策も含めた土砂災害リスク削減計画（Sediment Disaster Risk Reduction Plan）として取り纏めた。その際、WG1 の成果である Yellow/Red Zone を示したハザードマップを基に、WG-3 で検討した土地利用計画や開発基準だけでなく、WG-2 の成果である早期警戒システムや避難場所も含めた総合的な計画として取り纏める工夫を行った。

地域特性や災害種の異なる 3 つのパイロットサイトでの土砂災害リスク削減計画の作成が求められた。WG1 の活動状況に合わせ、ハザードマップ案が最初に来上がった Morawakkanda から計画を作り、計画の構成やコンテンツ、地方自治体が収集すべき事項と NBRO 側がインプットすべき事項、アクションプランの構成等について議論を行ったうえで、Morawakkanda の計画を参考に他の 2 つのサイト（Udapotha と Weeriyapura）の計画を作成した。またステークホルダーミーティングや地方自治体との協議も Morawakkanda から行い、DS division との調整やコミュニティワークショップに県の防災担当官（DDMCU）の参加を求める等、Morawakkanda での経験を活かし、他の 2 サイトでの協議への対応の際に改善を図った。

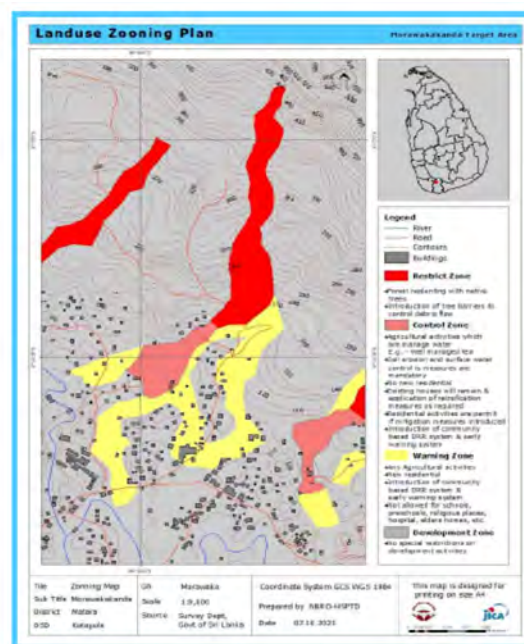


図 2.35 Morawakkanda の土地利用計画

また土地利用計画の土地利用用途をどのように示すかも課題となっていた。現況土地利用図においては土地利用が農業の形態や植生などにより細かく設定されているが、本プロジェクトは対象地域の被害を軽減すること主眼に置き土地利用計画を検討するものであり、対象地域の土地の生産性向上や生産物の価値向上を目論んだものではないことに留意した。そこで、パイロットにおける土砂災害リスク削減計画の土地利用計画については Restricted Zone、Controlled Zone、Warning Zone、Development Zone の範囲を示すとともに、各 Zone で可能となる土地利用用途を示すに留めた。

#### 2.5.4. ワーキンググループによる土地利用規制／開発基準（案）の検討と土地利用規制／開発基準指針の最終化（活動 3-4,5）

##### (1) 活動内容

###### 1) 土地利用規制／開発基準指針（案）への地方自治体及び関係機関からの聴取

WG3 の活動は、NBRO の HSPTD のメンバーを中心に進めているが、前述の通り、実際に土地利用規制／開発基準をそれぞれのパイロットサイトで適用するためには、地方自治体の市街化指定レベルに応じて、適切な開発担当機関を巻き込んでいくことが重要である。このため、WG3 は、HSPTD の職員に加え、都市計画庁（UDA）、土地利用計画政策局（LUPPD）等を含めた議論を進めてきた。



WG3 メンバーと PS 議長との協議

具体的には、関係機関を巻き込んだ WG3 全体会議を開催するとともに、個別パイロットサイト訪問の際に、その地区を所管する UDA や LUPPD、地方自治体との協議を行った。

UDA との議論では、UDA Declared Area である Udapotha と Weeriyapura にて UDA が開発計画を策定する際には土砂災害リスク削減計画を参考にすることについて同意を得るとともに、UDA より他の UDA Declared Area において Yellow Zone と Red Zone の設定を行って欲しいとの依頼があった。UDA が土砂災害リスクの理解をした上で開発計画の策定を行っていく意思があることを確認することができた。

地方自治体も土砂災害リスクの理解に基づく土地利用の重要性について賛同した。特に、Morawakkanda サイトが属する Kotapola PS では議長が土地利用規制の実施に向け By-law の制定を提案し、By-law の草案作成に向けた取り組みにつながっている。

###### 2) 土地利用規制／開発基準指針（案）の最終化

NBRO 所内及び UDA 及び地方自治体との協議を通じて、活動 3-2 で策定した、土地利用規制／開発基準（案）の最終化を行った。

最終段階の2022年5月の全体会議では、Red zone を Restricted zone と Controlled zone の2つに分けることへの議論があった。同指針を NBRO 地方事務所が運用する際に、Red zone を2区分するのであれば、その区分の基準が必要であり、基準がない場合には、混乱を生じるというものであった。WG3 で再度検討したうえで以下の結論とした。

- Zoning のコンセプトは Hazard と Land Use の2種類があること。Hazard zoning のコンセプトとは Yellow/Red zone のことであり、Land Use zoning のコンセプトは、Restricted / Controlled / Warning / Development zone のことである。
- NBRO 地方事務所では、Hazard Zoning を行うが、Land Use Zoning は NBRO HSPTD が主導し、地方自治体やUDA が設定していくものである。

上記について明確にするため、土地利用規制／開発基準指針（案）を一部変更し、Zoning の考え方を明確に示すこととなった。

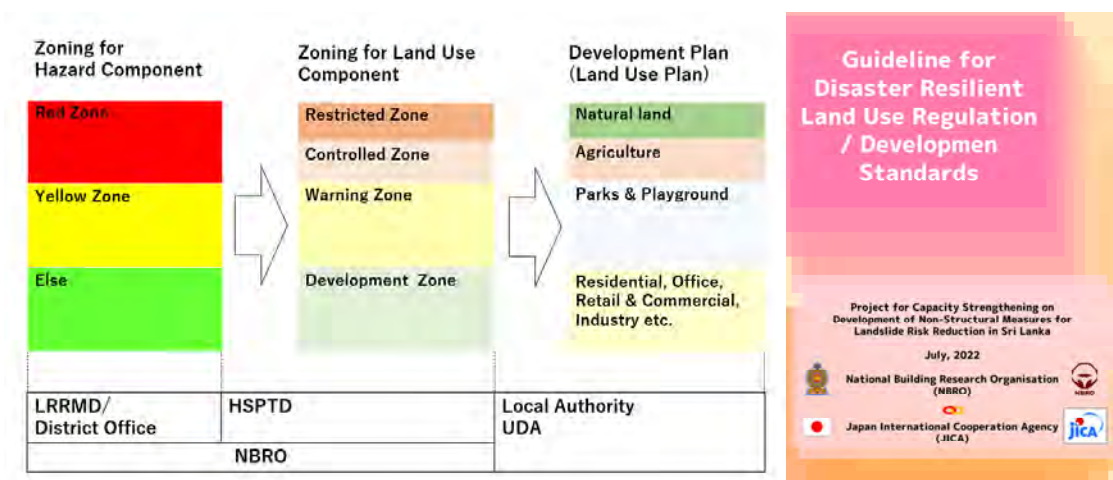


図 2.36 Hazard zoning と Land use zoning の考え方と、土地利用規制／開発基準指針（案）

さらに、6月のWG3会議全体では、土地利用規制／開発基準指針（案）は、マニュアルに近い形で作成してきたが、よりコンセプチュアルな考えを示す指針とすべきであるとの議論があり、それまでの60頁を超える内容を20頁程度に縮小して最終化とすることとなった。

## (2) 課題と工夫

土地利用規制／開発基準（案）の実効性を高めるためには、行政レベルの関係者への理解促進だけでなく、コミュニティ住民への理解促進とコミュニティ住民による防災活動の実践が課題となっていた。コミュニティレベルのステークホルダーミーティングにおいては Yellow Zone や Red Zone の概念を含む災害リスクと土地利用規制を含む災害リスク削減策に係る理解促進に加え、総合的な土砂災害リスク削減案でのアクションプランの実施を担うコミュニティ防災組織の組織化も行った。



Udapotha でのステークホルダー会議

Weeriyapura でのステークホルダー会議

また、策定された各パイロットサイトの土砂災害リスク削減計画については、土地利用規制／開発基準指針（案）の要点を周知するとともに、地方自治体職員や地域住民の理解を促していくことを目的として、WG3 メンバーの提案により、視認性の高いポスターに取りまとめて、各地方自治体や地域の集会施設等に配布した。今後、NBRO がプロジェクトの取り組みを水平展開していく中でも、同様にポスターを作成・配布していくことを確認した。

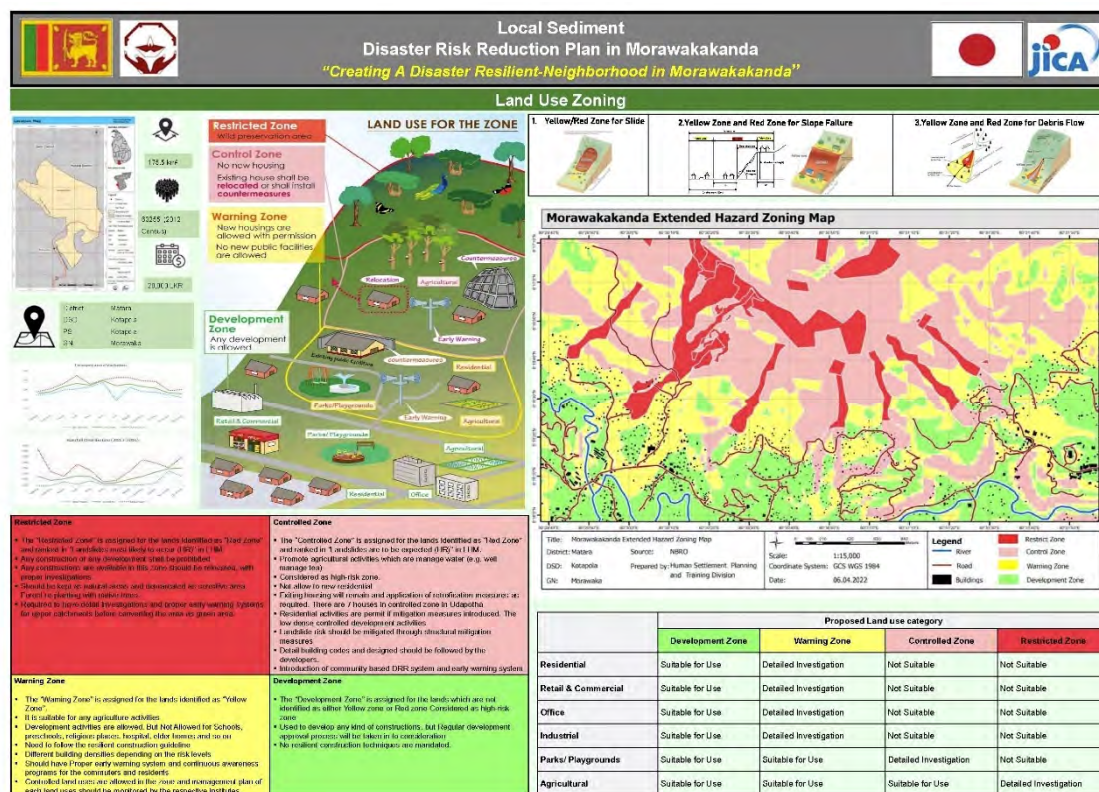


図 2.37 土砂災害リスク削減計画と土地利用規制を説明するポスター（Morawakkanda）

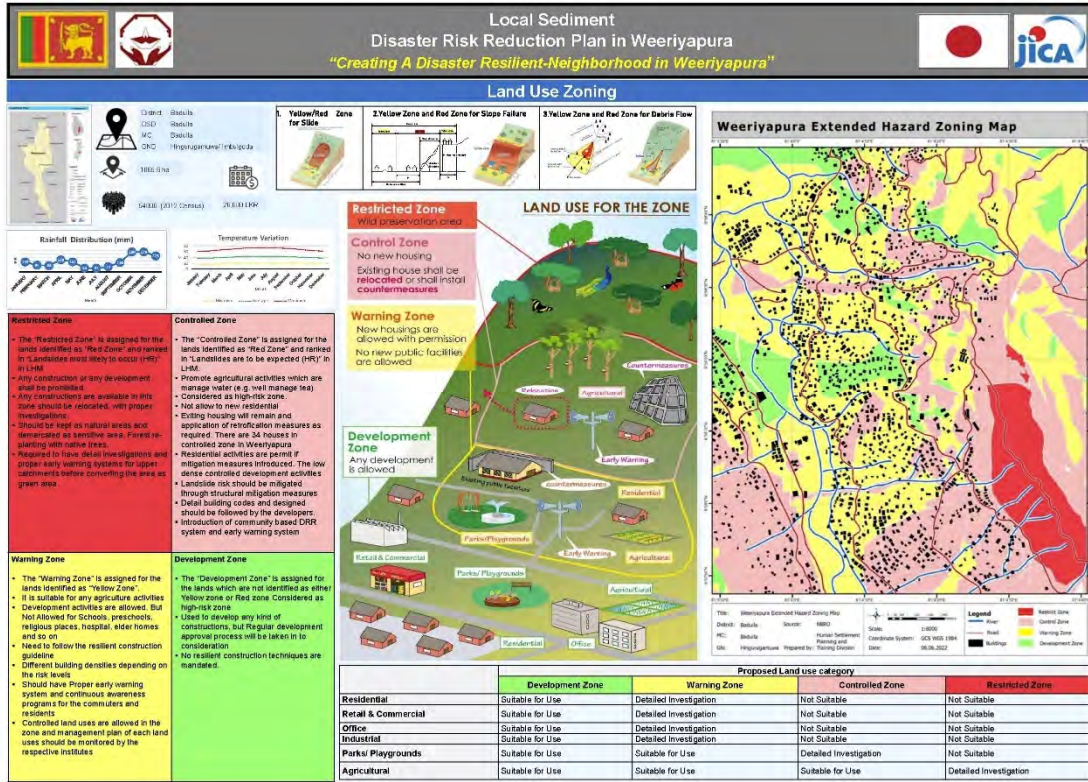


図 2.38 土砂災害リスク削減計画と土地利用規制を説明するポスター (Weeriyapura)

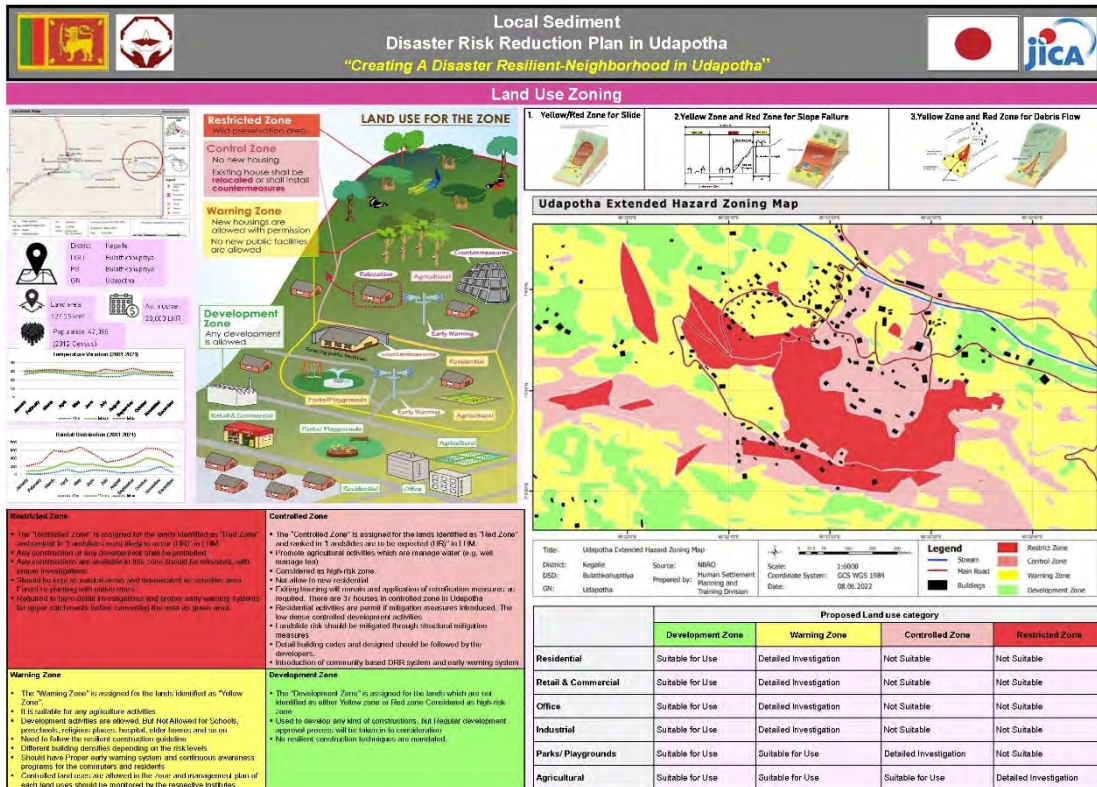


図 2.39 土砂災害リスク削減計画と土地利用規制を説明するポスター (Udapotha)

## 第3章 プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓

### 3.1. 同時多発テロ事件や新型コロナ禍における活動の継続

#### (1) 運営上の課題

スリランカでは、2019年2月のプロジェクト開始後間もなく同時多発テロが発生し、邦人を含む259名が犠牲になった。専門家チームは大使館並びに在外事務所の指示に従い、迅速に緊急帰国し、その後当面の間現地渡航が制限され、渡航後もパイロットサイトへの移動を行うことが出来なかった。プロジェクト活動にも支障が生じ、予定した第2回JCCの実施も中止せざるを得なくなった。

さらに2020年3月から始まった、新型コロナ感染拡大による渡航規制は、約1年半継続し、この間、再渡航を試みたものの、現地外出禁止令等によりパイロットサイトでの活動を継続できる状況にはなく、引き続き2021年10月まで遠隔による支援活動を継続した。新型コロナ感染拡大の影響は、歳入の半分以上を国内調査業務や、土質試験、建材試験、環境計測等の収益で賄っているNBROの財政にも大きく影響し、プロジェクトC/P予算のみならず、非正規雇用職員を大幅にリストラし、この中にはプロジェクトC/Pも一部に含まれていた。

渡航再開後の2022年3月には、スリランカ全土が経済危機に陥り、プロジェクト終了時まで、全公務員の出勤や車両移動が制限されるなど、プロジェクト活動を実施するうえで、難しい状況が続いた。

技術協力プロジェクトは、C/Pも専門家チームが緊密にコミュニケーションを図り、日々の共同作業や議論を通じて成果を創出していくものである。新型コロナ禍を経て遠隔会議の体制が整備されたが、上記の渡航制限はプロジェクト運営上の大きな課題であり、パイロットサイト調査や地方自治体との議論の質・量にも少なからず影響した。

#### (2) 工夫と教訓（NBROによる主体的な取り組み）

上記状況にあっても、NBROは、Project Director及びProject Managerのリーダーシップのもと、専門家チームの不在時にも、各WGリーダーは主体的に活動を継続した。また、先行案件TCLMPからの信頼関係も構築されていることから、制約はありつつも遠隔支援もスムーズに進められた。特に新型コロナ禍では、月1回のWGリーダー会議と、毎週ないし隔週のWG会議を通じて、互いに活動進捗認しつつ、その活動内容については、月例進捗報告に取りまとめ、JCCメンバーを含む関係者に共有し続けた。こうした定期的な活動を通じて、NBRO以外の関係諸機関や地方自治体もプロジェクトの進捗を理解し、JCC会議においてもスムーズに議論に移行することが出来た。

遠隔期間中にNBRO側が主体的に実施した特筆すべき活動として以下が挙げられる。

##### 1) パイロットサイト以外でのYellow/Red zoningの展開（WG1）

NBROはプロジェクト開始当初のキックオフ会議より、3つにパイロットサイトにおける

活動を第2年次までに終え、第3年次にはパイロット以外の地域への活動展開を図りたいとしていた。

同時多発テロや新型コロナウイルス感染拡大の影響を受けて叶わなかったものの、WG1 メンバーは、Yellow/Red zoning の基本手法を確立した後、すぐに Kegalle 県内の Yellow/Red zoning に着手した。Kegalle 県は2016年の大規模土砂災害で多くの人命が失われているが、現行のLHZMでは被災エリアの特定が出来ないため、Yellow/Red zoning の手法が導入された。国内で新規に発生した複数の土砂災害被災地において、Yellow/Red zone を整備し、加えて土石流シミュレーションにより Zoning の検証を行うなど、プロジェクトで支援してきた技術を遺憾なく展開した。この結果は、WG1 会議や WG リーダー会議でも紹介され、都度、設定手法に関する議論のための題材となった。



WG1 による被災地検証

## 2) Yellow/Red zoning 作図補助ツールの開発 (WG1・WG3)

我が国においては、土砂災害警戒区域設定にあたって、ArcGIS アドインツールとして、区域設定の補助ツールが開発されているが、このツールを海外で使用することは著作権上難しく、また、プロジェクトでは日本の手法をカスタマイズしていることから、Yellow/Red zoning は全て GIS 上の手作業で行ってきた。

県やUDAからの要望を受け、Yellow/Red zoning を早期に展開していく必要が求められたため、新型コロナ禍期間、WG1 と WG3 が共同して作図ツールを開発した。これは、成果1の活動で述べた広域を対象とした自動プログラムとは別に、手作業で行っていた境界設定を、可能な限り自動で補助線を描画するものであり、これにより特に土石流の Yellow/Red zoning の作業が効率化された。

## 3) 新規に発生した土砂災害に対する降雨解析と検証 (WG2)

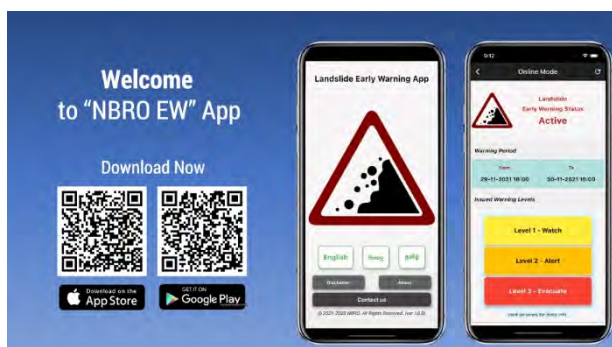
土壌雨量指数の解析及びスネーク曲線作画ツール (Excel マクロ) を用いて、新型コロナ禍期間中に新規に発生した多数の土砂災害について、WG2 により検証が行われた。雨期には、WG2 メンバーは、毎日コンスタントにいくつかの地点の解析を行い、NBRO 局長を含む要職に共有し、関係職員への土壌雨量指数やスネーク曲線の理解促進に努めた。

以上の取り組みを通じて、プロジェクト終了時には、重大な土砂災害発生時には、WG2 メンバーが降雨解析を行い NBRO 所内で共有する体制が構築された。これらの解析結果については、国際シンポジウムや NBRO 年次シンポジウムでも発表された。

## 4) 土砂災害警報アプリの開発 (WG2)

コロナ禍での取り組みとして、WG2 メンバーが中心となり、土砂災害警報を迅速に住民に伝達するためのモバイルアプリケーションを開発した。NBRO はこれまでも DMC 危機管理センターを通じた警報電文や、各種の SNS を通じて警報情報を発信してきたが、住民末

端まで警報が届きにくいことが課題となっていた。開発したモバイルアプリケーションでは、NBRO 電文発令と同時に警報情報が即座に表示され、また、位置情報システムによりユーザーが警報区域内に居るか否かを判断することが出来るなど、情報へのアクセスがスムーズに行えるよう配慮されている。同アプリケーションは、第 11 回 NBRO シンポジウムにおいて発表され、運用中である。



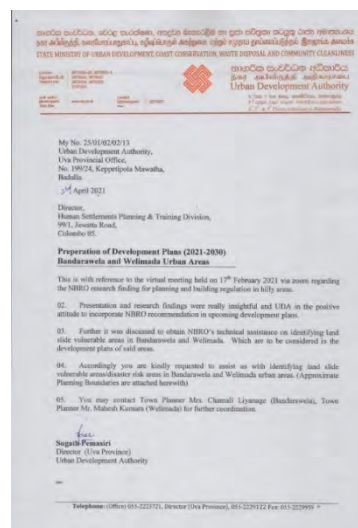
WG2 メンバーが開発したモバイルアプリ

### 5) パイロット自治体や UDA との議論・調整 (WG3)

パイロットサイトの一つ Badulla 県 Weeriyapura 地区の土地利用計画に係る活動を行う中で、WG3 メンバーは現地の UDA Uva 州事務所と緊密に連携してきた。

コロナ禍の制約もあり、遠隔を交えての協議であったが、この中で、UDA は、Yellow/Red zoning の有用性を認識し、UDA Uva 州事務所が策定を進めている Badulla 県 Welimada 地区と、Bandarawela 地区のそれぞれについて、パイロットサイトと同様に Yellow/Red zoning を早期に実施して欲しい旨の要請が NBRO に発信された。

この 2 サイトについては、JICA が支援した LiDAR 詳細地形図の範囲外であり、かつ測量局の 1:10,000 縮尺の地形図の精度も悪いことから、簡易的な手法により Yellow/Red zoning が行われているが、NBRO が引き続き検討中である。



UDA からの要請書

### (3) 工夫と教訓 (JICA による追加活動)

上記の通り、新型コロナウイルス感染拡大による渡航制限の期間においても、各 WG メンバーは主体的にプロジェクト活動の推進、成果発現に向けての様々な取り組みを行ってきた。一方で、NBRO 職員であってもパイロットサイトへの移動が制限されており、また、長期間に渡って遠隔会議のみで予定活動を実施していくことについては、C/P 個人のモチベーション低下という観点からも課題であった。このため、専門家チームは、当初予定されていなかった活動についても、プロジェクト目標達成に資する様々な活動を提案し、JICA の合意のもと、これを実施してきた。具体的には以下のような取り組みが挙げられる。

#### 1) 既存 LHZM の評価・改善に係る追加活動

プロジェクトではこれまで NBRO が整備を進めて来た LHZM に代わり、Yellow/Red zone の考え方を導入してきた。しかしながら、2.3.5 節に述べた通り、Yellow/Red zoning を各地域に展開していくためには相応の時間がかかること、また、Yellow/Red zoning を行うにあた



って発生源の評価はLHZMを用いることが合意されたことから、現行のLHZMの精度を上げていくことが重要となった。このため、コロナ禍の遠隔支援の一つとして提案し、これを実施した（詳細は2.3.5節の通り）。

この活動は、これまで20年以上かけてNBROが進めてきたLHZMの取り組みを評価するものでもあり、WG1メンバーを中心として大変高い関心をもって、遠隔ワークショップ等に参加した。この成果はNBRO年次セミナー等でも発表されたが、現時点では改良手法の提案の段階であり、引き続き、NBROは、集積される土砂災害データの検証を続けていく必要がある。そのためには、土砂災害を調査しデータを収集するNBRO地方事務所員のさらなる能力強化が不可欠である。

## 2) 地すべり遠隔監視システムの導入

NBROは土砂災害警報発令のため、独自の雨量観測網を運用管理しており、プロジェクトでは、既存の雨量観測網を活用した警報基準の改善に取り組んできた。一方で、JICA民間連携事業より導入された「地すべり遠隔監視システム」について、プロジェクト成果発現に資することを前提として、プロジェクト内での追加支援の可能性を専門家チーム及びJICA内部で検討してきた。

プロジェクトでは、地方自治体が土砂災害リスク削減計画を策定することを前提に、中央政府からの技術支援を得られる、というロードマップを築きたいとの狙いがあった。地すべりが主たる災害となっているWeeriyapura及びUdapothaサイトの土砂災害リスク削減計画に合わせて、「地すべり遠隔監視システム」を導入することにより、今後、同様の周辺自治体が、土砂災害リスク削減計画を策定していくうえでのモチベーションにもつながる旨を確認し、JICAと協議のうえ、この追加支援を行うこととした（詳細は2.4.4節の通り）。

この結果、民間連携事業により既に「地すべり遠隔監視システム」が導入された2サイトや、円借款「国道土砂災害対策事業（LDPP）」で導入された機材を含めて、機材のメンテナンスや消耗部品の交換といった運用上必要となる取り組みについて、NBRO側の理解も進み、プロジェクト間のシナジーが醸成された。

## 3) 土砂災害情報管理システム（LIMS）の導入

2.3.2節に示した通り、NBRO側がC/P予算を確保しつつも、新型コロナウイルス感染拡大の影響により中断されてしまった土砂災害情報管理システム（LIMS）について、成果1に係る活動、特に土砂災害データの管理の向上の観点から、追加支援として提案し実施された。NBROが蓄積してきて膨大な量の土砂災害レポートやリスク評価レポートが集約されることにより、今後、Yellow/Red zone設定の基準や、警報閾値の更新に大いに寄与すると考える。

他方、新型コロナウイルス感染拡大の影響とそれに続く経済危機により、NBRO地方事務所の非常勤職員が大幅に削減されており、10万件を超える各種報告書のデータ入力に課題となった。このため、プロジェクト期間内に可能な限りのデータ入力を行うため、各地方事務所のアシスタントを備え、NBRO地方事務所職員のデータ入力の補助を行った。

## 3.2. Yellow/Red zone 普及にあたっての課題

### (1) 運営上の課題

2.3.4 節に述べた通り、Yellow/Red zoning の考え方を取り入れるために、プロジェクト期間の多くを費やした。

他の多くの国がそうであるように、スリランカにおいては、LHZM (Susceptibility Map) が土砂災害ハザードマップとして活用されてきた。斜面崩壊の発生ポテンシャルを様々な要素から評価する手法であり、これ自体は価値のある取り組みである。しかしながら、リスクに応じた土地利用規制を進めていくためには、斜面の崩壊そのものではなく、その影響範囲を特定することが不可欠であり、その意味において、我が国が進めて来た土砂災害警戒区域 (Yellow/Red zone) 設定は画期的なものである。これをスリランカで普及させていくためには以下の課題があった。

#### 1) 日本とスリランカの居住形態の違い

我が国の土砂災害警戒区域指定は、既存の住宅地や、今後開発される可能性のある土地に対して、適切な行政措置と開発規制を行うために実施された。このため、将来開発される可能性の少ない山間斜面は対象としておらず、平野部あるいは緩傾斜部の警戒区域を設定するものである。

これに対して、スリランカでは、地域の生計手段として山間斜面でのプランテーションが行われ、既に多くの住民が居住している。土石流渓流を例に取ってみると、我が国の場合には、渓流出口から土石流氾濫範囲について警戒区域を設定するが、スリランカでは、渓流そのものに住居が多く立地しているなどの相違点が挙げられる。我が国の警戒区域設定手法をそのまま適用すれば、こうした斜面内や渓流内の開発を規制することは出来ない。

#### 2) 統計手法か解析手法かの議論

我が国の土砂災害警戒区域は、当初、ハザードマップとしての整備の位置づけではなく、上記の通り、行政措置の根拠となる区域を特定することにあつたという背景があった。一方で、警戒区域に指定されれば、土地売買にあたって重要事項説明が求められるなど、個人資産価値にも影響を及ぼすことが懸念される。このため、我が国の警戒区域設定にあたっては、地質条件や土壌被覆などの不確定要素は可能な限り排除し、過去の災害の統計データを基に、誰が設置しても同じ区域となるよう、施行錯誤のうえ手法が確立されている。

他方、地質学者を多く配して研究機関としての色合いの強い NBRO としては、地質・地形・土壌被覆・水文情報等を抜きに、画一的に警戒区域を決めてしまう手法については、当初より様々な意見があった。ハザードは、科学的分析に基づき特定されるべきものであり、同様の議論は我が国でもあることは周知の通りである。NBRO が長年進めて来た LHZM と Yellow/Red zone の用途や使用範囲は、プロジェクトを通じての最も基本的で中心的な議論であったと言える。

### 3) Yellow/Red zone 展開にあたってのロードマップ

我が国の土砂災害警戒区域指定は、2000年より開始され、2021年末時点で、670,000箇所  
の警戒区域、580,000箇所の特別警戒区域が指定されている（国土交通省統計）。指定に先だ  
って行われる基礎調査を実質的に担っているのは民間コンサルタントである。今後、スリラ  
ンカにおいて、本格的に Yellow/Red zone 設定を行っていくためには、NBROのリソースだ  
けでは不可能であり、そのための法制度や実施体制の整備、予算措置を含めた議論が必要で  
あった。

## (2) 工夫と教訓

### 1) LHZM を活用した Yellow/Red zoning

2022年8月に行われた第2回本邦研修の成果報告会に際して、NBRO 局長から、「スリラ  
ンカでは、歴史的に、洪水と干ばつ被害から逃れるために、山間部への定住が行われており、  
土地利用規制にあたってはこうした文化的背景も考慮することが重要」との発言があった。  
まさにこの通り、日本の土砂災害警戒区域をそのままスリランカに適用することは不可能  
であり、WG1・WG3 会議やプロジェクト全体会議を通じて繰り返し議論を行った。

その詳細は 2.3.4 節に述べた通りであるが、3年間にわたる議論の結果、最終的に、以下の  
通り Yellow/Red zone を設定することとして合意を得た。

- 斜面崩壊 Yellow/Red を適用すると山間部の多くの既存居住区が Red に指定されてし  
まう。このため、斜面崩壊については Yellow/Red zone は用いずに、LHZM 危険度の  
高い区域を斜面崩壊発生源（Red）として、この上下に Yellow zone を設定する。
- これにより、斜面末端部の開発に際してリスクが想定されるが、LHZM の評価が高く  
ない区域について、Yellow/Red zone 指定出来ない、といった課題があった。これにつ  
いては、別途 NBRO が整備してきた、「Hazard Resilient Housing Construction Manual」  
において、後背斜面の傾斜区分毎に必要な開発基準が示されていることから、個別に  
対応出来るものとした。
- さらに土石流危険渓流の根拠として LHZM での危険度評価を参照することとして、  
これまでの LHZM 整備の取り組みを最大限に活かすよう配慮した。

### 2) Yellow/Red zoning の検証

WG1 での議論を通じて、Yellow/Red zoning においては、可能な限り主観的な判断を取り除  
くことが重要であることの理解を促してきた。このために、区域設定基準の検討では、過去  
の多くの土砂災害記録を紐解き、2.3.3 節に述べた通り、統計分析に基づいたものであるこ  
とを示した。さらに、2.3.5 節の LHZM と Yellow/Red zone の検証等を通じて、WG1 の中で  
その理解は深まったと考えている。また、今後同様の取り組みを行いながら、Yellow/Red zone  
の設定手法を適宜更新していくことが重要であることの理解も深まった。

加えて、WG1 メンバーは、過去の災害を事例として、Yellow/Red zone と数値解析（土石

流シミュレーション解析)の結果の比較検討を試行し、開発した Yellow/Red zoning の手法の妥当性が高いことをとりまとめ、NBRO 年次シンポジウム等で発表している。このほかにも、これまでプロジェクトに直接関わっていなかった NBRO 地方事務所職員が、独自に Yellow/Red zoning の妥当性を科学的に検証し、シンポジウムで発表を行うなど、プロジェクト期間を通じて、同手法が NBRO 地方事務所にも徐々に浸透し、プロジェクト終了時には、NBRO として Yellow/Red zoning をさらに展開していくことの旨の意思表示が行われたことは、大きな成果と言える。

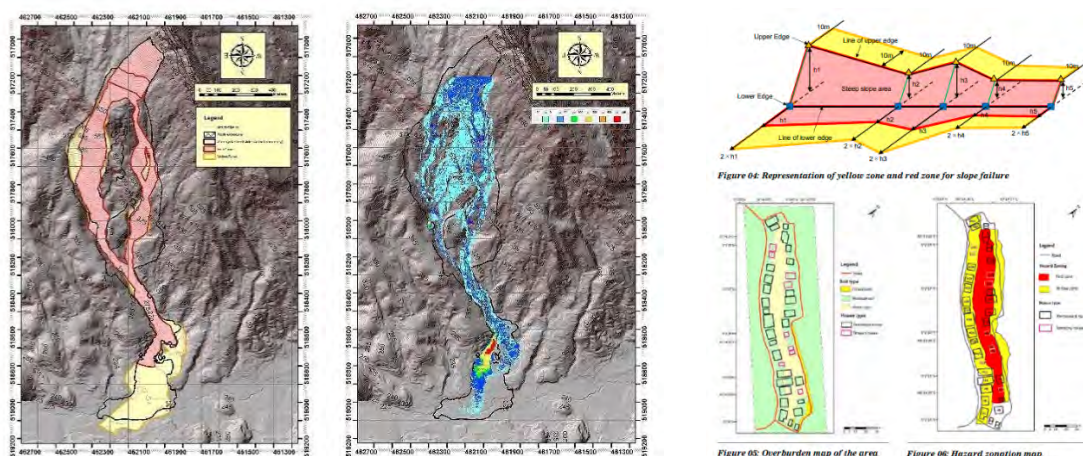


図 3.1 WG メンバーや地方事務所職員による Yellow/Red zoning の検証

出典：第 11 回 NBRO シンポジウムプロシーディング

### 3) Yellow/Red zoning の展開に係る議論

NBRO は、今後、Yellow/Red zoning を普及展開していく意向を示しているが、我が国のように法制度が整備されていない中で、この活動に対して、計画的に予算措置を行っていくことは容易ではない。これについて、WG1 や WG3 の議論では、土砂災害リスクのある全県を対象にこれを整備していくのではなく、当面は、県や DS Division、地方自治体、UDA 等の開発主体の要請に応じて、NBRO 地方事務所が整備していく、また、甚大な災害が発生した際に、その周辺地域に対して Yellow/Red zoning を行い、類似災害や二次災害を防止していくことが肝要であることを確認した。

この一環として、NBRO 側は、既にパイロットサイト以外の県・地方自治体を対象として Yellow/Red zone 整備を開始しており、また UDA からの要請も挙げられている。

### 3.3. パイロット自治体の関与

#### (1) 運営上の課題

本プロジェクトの特に成果3においては、土地利用や建築許認可に関する権限を有する地方自治体の関与と、プロジェクトへの理解が重要である。しかしながら、これまでNBROを含む中央防災関連機関は、地方自治体を巻き込んだ活動を行った経験に乏しく、また、地方自治体側も、防災や災害リスクに配慮した土地利用規制に関する知識・実績はほとんどないという状況であった。スリランカでは、憲法上、中央政府機関→県→DS Division の系統よりなる統治ラインと、州政府→地方自治体よりなる自治ラインとが別々に存在しており、防災取り組みの主体となっている統治ラインと、開発許認可の権限を有する自治ラインとの間で、一貫した防災政策を進めることが難しいという課題がある。

土地利用規制は少なからず住民への負担を強いる施策でもあるため、住民により選ばれる地方自治体議長は、発災後の補償には重点を置くものの、防災への理解を得るのは難しいのではないかとの懸念もあった。

#### (2) 工夫と教訓

##### 1) NBRO 地方事務所職員による地方自治体との緊密なコミュニケーション

プロジェクト開始当初より、Project Mager や WG リーダーは、パイロットサイトの各地方自治体議長に対して入念にプロジェクト説明を行った。パイロットサイトでの活動においては、短時間でも可能な限り、地方自治体へ訪問し、活動の進捗を共有するようにした。さらに、新型コロナ感染拡大による渡航制限中においても、各 WG リーダーは頻繁に地方自治体を訪問し、また、自治体議長には、地域住民を対象としたワークショップにもしばしば参加頂いた。こうした活動を通じて、地方自治体のプロジェクトの理解は深まったと言える。

また、地方自治体との連携で重要となるのが、NBRO 地方事務所職員である。地方事務所は地域の実情をよく理解しているため、彼らによる地方自治体や DS Division との調整はプロジェクト実施上不可欠であった。

##### 2) JCC での議論を通じた地方自治体の関与

JCC は、プロジェクト全体の進捗確認の場であり、パイロットサイト地方自治体議長に JCC に参加頂くことは重要である。一般に地方自治体職員（議長を含む）は、英語での意思疎通が難しいことから、会議では、シンハラ語を基本として議論を行った。これにより、各地方自治体からも積極的な意見が出された。本プロジェクトでは、計 4 回の JCC が開催されたが、いずれの回についても全ての地方自治体議長が参加し、プロジェクトへの積極的な関与を確認することが出来た。

##### 3) 本邦研修を通じた NBRO と地方自治体の共通認識の醸成

プロジェクト当初より、2 回予定されていた本邦研修のうち、少なくとも 1 回はパイロットサイトの地方自治体を参加させることが NBRO 側より要請されていた。地方自治体の理解がプロジェクト運営上欠かせないとの認識からであった。

当初予定では、第1回、第2回とも5名ずつの参加が計画されていたが、上記のNBRO側からの要請を踏まえて、JICA内部での協議の結果、第2回については10名に拡張することが合意された。新型コロナウイルス感染拡大や、経済危機の影響を受けて、プロジェクト期間内での第2回研修の実施は危ぶまれたが、プロジェクト終了後の地方自治体の取り組みを促進するため、プロジェクト期間を延長し、これを実施することが出来た。

本邦研修修了時のアクションプラン発表に際しては、3つのパイロットサイトの地方自治体ごとにグループ分けを行い、各グループに、その地域を担当するNBRO地方事務所職員を配置し、さらに住民移転プログラムを所掌するNBRO定住計画研修部(HSPTD)をそれぞれ配置した。Badulle 県 Weeriyapura グループについては、当該地区がUDA 開発計画策定地区となっていることから、UDAからの参加者も加わっている。各グループとも、参加者が一帯となって、各地域の課題を共有しつつ、内容の濃いアクションプランに繋げることが出来た。



Badulla MC グループ



Koapola PS グループ



Bulathkohupitiya PS グループ

上記活動を通じて、これまで防災に一切関与してこなかった地方自治体においても、災害リスクやそれに基づいた必要な開発計画や規制についての理解は深まったと考える。また、本邦研修におけるアクションプランにおいても、参加した自治体議長らは、NBRO側と相談のうえ、自治体としてやるべきこと、中央政府や州政府に支援を求めることを具体的に示した。実際に、本邦研修参加後、Badulla 市長は市の開発委員会メンバーの中で災害リスクに基づいた土地利用規制に関するフォーカルポイントを任命するなど、地方自治体としては過去にない画期的な取り組みを行おうとしている。

地方自治体が防災に関与してこなかった理由には、スリランカにおける行政体制によるところが大きいですが、そもそも、中央統治ライン側が自治ラインに防災に係る情報を発信してこなかったことも要因になっていると考えられる。今後、時間をかけて、同様な取り組みを継続していくことで、自治ラインにおける防災配慮の思想が根付いていくことが期待される。

## 第4章 各成果における達成度

第2章に述べた各成果の活動、及び第3章に述べた創意工夫を経て、各成果とも目標を達成したと言えるが、引き続き NBRO により継続して実施していくべき課題も残る。この結果は、2022年6月に実施された第4回 JCC にて関係者と共有し合意した。以下に成果毎及びプロジェクト目標に対する達成度を述べる。

### 4.1. 成果1における達成度

3つのパイロットサイトのハザードマップ (Yellow/Red zone map) は最終化され、成果3の活動に活用されている。また、ハザードマップ及びリスク評価マニュアルも最終化された。各マニュアルの活用主体は NBRO 職員であり、ホームページ掲載の所内決済中である。

新規に開発した土砂災害情報管理システムには、「土砂災害調査報告書」「リスク評価報告書」の記録シートが仕組まれており、現在過去の調査報告書の入力作業が NBRO 地方事務所により進められている。今後、新規のレポートはオンライン形式で当該システムに格納される。

表 4.1 成果1指標の達成状況

成果	指標	達成度
1: 土砂災害のハザード分析とリスク評価の能力が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 想定被害範囲の情報が反映されたパイロットサイトのハザードマップ</li> <li>▪ ハザードマップ作成マニュアルが更新され、NBRO のホームページに掲載される</li> <li>▪ (災害記録の管理を含む) リスク評価マニュアルが更新され、NBRO のホームページに掲載される</li> <li>▪ 災害データ管理の手順に沿って災害データが拡充される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 全てのパイロットサイトのハザードマップが完成した</li> <li>▪ ハザードマップマニュアルは最終化され、NBRO ホームページ掲載の所内決済中</li> <li>▪ ハザードマップマニュアルは最終化され、NBRO ホームページ掲載の所内決済中</li> <li>▪ 土砂災害情報管理システム (LIMS) が完成し、地方事務所によりデータ入力が進められている</li> </ul>

### 4.2. 成果2における達成度

開発した雨量監視システムを用いて、NBRO 早期警報室にてリアルタイムで土壌雨量指数及びスネーク曲線を監視できるようになった。ただし、現行の警報基準を地域毎にカスタマイズしていくためにはデータ量が不足していることから、当面は現行基準を補間する情報として活用し、WG2 メンバーが継続して新たな発災データを基に更新する。

上記の警報基準設定方法及び住民への伝達プロトコルを含めて、マニュアルに反映し最終化した。同マニュアルは NBRO 早期警報室のみを対象としているため、英文のみ作成し、ホームページ掲載は所内決済中である。また、コミュニティにおける早期警報強化に関してはマニュアルとは別に広報資料を作成し、住民ワークショップを通じて周知した。

表 4.2 成果 2 指標の達成状況

成果	指標	達成度
2: 早期警報発令に関する能力が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 地域の特性を考慮して見直された早期警報の発令基準と早期警報発令の改定されたプロトコルがホームページに掲載される</li> <li>▪ 早期警報発令マニュアルが更新され、ホームページに掲載される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 開発した雨量監視システムにて土壌雨量指数に基づいた閾値を設定。現時点では既往基準値を用い、土壌雨量指数を参照して警報を発令する</li> <li>▪ 警報基準やプロトコルを含むマニュアルが最終化され、NBRO ホームページ掲載の所内決済中</li> </ul>

### 4.3. 成果 3 における達成度

土地利用規制／開発基準指針（案）は、2020年にドラフトされ、その後は、各パイロットサイトにおける土地利用規制／開発基準の策定に係る活動に主軸を置いた。その活動成果を踏まえて、土地利用規制／開発基準指針が最終化された。この過程で、同指針（案）がマニュアルに近い形だったことから、指針を簡略化し、実施サンプルとして各サイトの土地利用規制／開発基準や、その啓発ポスターを指針と併せて掲載することとなった。ホームページ掲載は所内決済中である。

表 4.3 成果 3 指標の達成状況

成果	指標	達成度
3: 土地利用規制に土砂災害のリスク評価を活用する能力が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 土地利用規制/開発基準の指針案が更新され、NBRO のホームページに掲載される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 土地利用規制/開発基準指針は最終化され、NBRO ホームページ掲載の所内決済中併せて、パイロットサイトにおける土地利用規制／開発基準（案）を示した土砂災害リスク削減計画も最終化された</li> </ul>

### 4.4. プロジェクト目標に対する達成度

上記の成果の達成を受けて、プロジェクト目標の指標達成状況を表 4.4 に要約する。

#### (1) 改定されたプロトコルに従って、地域の特性を考慮した早期警報が発令され、ホームページで公表される

上記 4.2 の通り、地域の特性を考慮した閾値を設定するためには、当面は発災データ（発災と時間降雨）の集積が不可欠である。ただし、これまでの WG2 メンバーの解析によって、国土の東部と西部とで傾向が異なることが明らかになってきた。この成果は、シンポジウム等を通じて紹介されており、今後、更なるデータ蓄積を行うことによって警報閾値の精度向上が期待できる。なお、NBRO 早期警報担当職員の中には、この作業を専属的に実施出来る要員が育成されている。



他方、警報発令プロトコルについては、既に NBRO 内外の機関との間で確立されている。また、プロジェクト期間を通じて、NBRO は警報電文の高度化を進めており、情報発信の観点からは不足はない。パイロットサイトにおける活動では、こうした警報が末端住民まで正確に伝達されていない様子も確認されたため、警報避難にかかるワークショップを通じて、その強化を図った。一連の活動については、早期警報マニュアルに取りまとめられており、今後同様の活動を NBRO が実施出来る体制となっている。

## **(2) 土砂災害のリスク評価を踏まえて策定されたパイロットサイトの土地利用計画が策定される**

上記 4.3 の通り、土地利用規制／開発基準指針と合わせて、3 つのパイロットサイトの土地利用計画が策定された。土地利用計画の策定プロセスでは常に地方自治体を巻き込んだ活動を行っており、地方自治体のオーナーシップは非常に高いと評価できる。ただし、この計画に法的制限はないため、今後、土地利用計画を推進していくためには、地方自治体による条令整備等の取り組みが必要となってくる。

また、本プロジェクトの趣旨は、土地利用計画のみを策定することではなく、地域の土砂災害リスクを地方自治体や地域住民が正確に理解し、内外のリソースを活用しつつ土砂災害リスクを削減していく取り組みを促進することにある。このため、土地利用計画単独での計画づくりではなく、「土砂災害リスク削減計画」として取りまとめ、今後、地方自治体が取組みでいくべき活動をアクションプランとして取りまとめた。

## **(3) 更新された「リスク評価マニュアル」と「土地利用規制／開発基準指針」の内容が「地すべりリスク評価報告書」と「地すべり調査報告書」に反映される**

NBRO の各地方事務所は、潜在する土砂災害の危険性や、発生した土砂災害調査を「地すべり調査報告書」として取りまとめており、また、各開発事業の許認可に必要なクリアランスとして、「地すべりリスク評価報告書（建物編、土地開発編、開発事業編）」を作成してきた。これら調査報告書は 100,000 件を超える数となっているが、全て紙ベースで保管されているため、土砂災害リスク分析等に活用すること出来ず、また過去の資料を遡って検索することも出来ないため、同じ箇所と同じような調査報告書が作成されてしまうこともしばしばであった。

このような状況から、NBRO は、本プロジェクトの C/P 予算としてオンライン土砂災害情報管理システムの構築を予定したが、財政難の中、この実施が難しくなったため、本プロジェクトにおいて追加支援を行った。システム開発に係る入札図書作成は、専門家チームと WG1・WG2 が協働で行い、プロジェクト活動として実施されたインベントリーシートや、Yellow/Red zone、リスク評価についても記録できるよう配慮した。即ち、全ての情報を同システムに統合することとなった。

一般的に、こうしたシステムは、入れ物だけが開発され、中身が伴わないケースが散見されるが、「地すべり調査報告書」と「地すべりリスク評価報告書」は、NBRO 地方事務所の最も重要な業務の一つであることから、職員の本システムに対する期待は非常に高く、システム開発のプロセスにも関与し、持続的な運用管理が期待できる。

表 4.4 プロジェクト目標指標の達成状況

プロジェクト目標	指 標	達成度
<p>土砂災害の適切なハザード分析・リスク評価に基づく、NBRO の非構造物対策の能力が強化される。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 改定されたプロトコルに従って、地域の特性を考慮した早期警報が発令され、ホームページで公表される</li> <li>▪ 土砂災害のリスク評価を踏まえて策定されたパイロットサイトの土地利用計画が策定される</li> <li>▪ 更新された「リスク評価マニュアル」と「土地利用規制／開発基準指針」の内容が「地すべりリスク評価報告書」と「地すべり調査報告書」に反映される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 開発した監視システムを参照しつつ警報発令が行われているが、地域毎の警報閾値については今後継続してデータ収集を行い更新する</li> <li>▪ 全てのパイロットサイトにおいて土地利用計画／開発基準（案）が土砂災害リスク削減計画の一部として策定済み</li> <li>▪ NBRO 地方事務所が作成する地すべり調査報告書は、Y/R zone やそれに基づくリスク評価を含めて、土砂災害情報管理システムに統合された</li> </ul>

## 第5章 上位目標の達成に向けての提言

プロジェクト終了後、スリランカ側による持続的な成果発現と、パイロット地域以外への水平展開を評価するため、表 5.1 に示す上位目標及びその指標が設定されている。

NBRO は全てのプロジェクト活動において主体的に取り組むとともに、プロジェクト内に限らず、常に土砂災害リスク削減に係る業務改善と新たな取り組みを続けている。このため、プロジェクト成果の水平展開について懸念することは少ないが、第 4 回 JCC では、上位目標の達成に向けて、以下を提言し、合意されている。

表 5.1 上位目標と指標

上位目標	指標
土砂災害危険地域において、強化されたハザード分析・リスク評価に基づいた非構造物対策が実施される	<p>パイロットサイト以外の土砂災害危険地域において</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 本プロジェクトで得た知見を活かして更新されたハザードマップの数</li> <li>▪ 地域特性を考慮して見直された早期警報基準値の数</li> <li>▪ リスク評価を踏まえて策定された土地利用規制の数</li> </ul>

### (1) 成果 1 にかかる今後の取り組み

NBRO は、Yellow/Red zone の他地域への展開を既に開始している。ただし、プロジェクトを通じて、Yellow/Red zoning を中心的に行ってきたのは、NBRO 本部とマッピングチームと呼ばれる固定した活動拠点を有しない地質技術者チームであった。プロジェクト内での技術研修では、NBRO 地方事務所も参加し、その手法に関する知識を得ているが、パイロットサイトを所管する事務所職員を除けば、地方事務所職員が実務としてこれを展開していくためには課題が残る。したがって、今後、NBRO は、Yellow/Red zone 展開のため、地すべり調査やリスク評価報告書の作成に多忙を極める地方事務所の分掌を整理し、地方事務所職員の能力強化を図っていくことが求められる。また、現在マニュアルに示した設定基準や手法は、プロジェクト内で収集した過去の災害事例に基づいて定められたものであるため、今後、Yellow/Red zone の展開を行っていく上で、様々な課題が生じることも十分に考えられる（プロジェクト期間中にも、パイロットサイトで試行を進めるにあたって、想定していた範囲設定の基準が、現実の地形とは合致しない、あるいは、明らかに実際のリスクを反映出来ていないといった、様々な課題が明らかになり、逐次それに対応してきた）。従って、NBRO には Yellow/Red zone の展開を図るとともに、必要に応じて同マニュアルの改訂を行っていくことが求められる。

また、Yellow/Red zone の設定にあたって、LHZM を発生源評価に活用することとなった。現在の LHZM は 1990 年代に収集された災害データを基にその設定方法が確立されているが、その後も数多くの大小の災害が発生しており、これらのデータを踏まえて LHZM 自体の改良・更新も必要である。プロジェクトにおいても、LHZM の危険度閾値の調整や、各評

価要素の重み付けについて改良手法の提案を行っているが、同提案内容を踏まえて、NBRO は LHZM 改良を進めていく必要がある。

上記、Yellow/Red zone 及び LHZM の改訂・改良を行っていくうえで、また、土砂災害警報の閾値の設定にあたっては、過去の土砂災害のデータの集積・解析が重要である。プロジェクトで支援した土砂災害情報管理システム（LIMS）が持続的に活用されていくよう、NBRO は、各地方事務所のデータ入力にかかる能力強化を続けていく必要がある。

以上の取り組みを持続的に進めていくため、新型コロナウイルス感染拡大対策により中断してしまっていた、NBRO 地方事務所職員に対する能力強化研修を再開し、同カリキュラムの中にプロジェクト成果である Yellow/Red zoning や LIMS 活用・普及のための講義・実習を行っていくことが重要である。

## **(2) 成果 2 にかかる今後の取り組み**

土壌雨量指数やスネーク曲線を用いて、土砂災害の発災と降雨特性を評価する能力は十分に備わったと言え、実際に、早期警報業務担当の専属職員により、新しい災害が発生する毎に、短期降雨指標と長期降雨指標との関係性の評価が続けられている。ただし、発災データの不足から、プロジェクト期間内には、地域特性を反映した警報閾値を設定するには至っていない。NBRO は、引き続き発災データを集積し、より正確で適切な土砂災害警報を発令する必要がある。

また、国内に 300 基以上設置されている地上雨量計について、設置から年月が経ち、運用されていない、あるいはデータ転送が行えていない雨量計が増えている。人員・財源不足から、適切なメンテナンスが行えていないものも散見される。気象レーダーが配置されていない現時点において、NBRO の雨量観測網は土砂災害監視のみならず、他の関係機関にとっても、降雨情報を面的に把握するための重要なリソースであり、NBRO は雨量計の維持管理のための十分な人員と予算を確保していく必要がある。このために、現在 NBRO 本部の数名の職員が行ってきた雨量計観測機器や導入した地すべり監視システムの維持管理について、徐々に地方事務所に維持管理機能を移管していくことも検討する必要がある。

## **(3) 成果 3 にかかる今後の取り組み**

プロジェクト開始当初より、NBRO は、パイロットサイトでの活動を第 2 年次までに終え、第 3 年次にはパイロットサイト以外の 6 つのサイトに展開することを提案していた。新型コロナウイルス感染拡大の影響等により、この展開はプロジェクト期間内には実現することが出来なかった。NBRO は、既に Yellow/Red zoning だけでなく、それに基づいた土地利用計画の策定に向けて既に動き出しているが、引き続き、他地域への展開を図っていくことが求められる。

なお、土地利用規制に関しては、パイロットサイトでの試行が行われたものの、地方自治体からは、規制の実効にあたっての法制度整備を進めることが提言された。地方自治体が条例（Bylaw）を整備していくためには、州政府よりその権限を地方自治体に付与するプロセスが必要であり、中央政府での議論も必要である。また、Kegalle 県が土地省にレターを発

出したように、Red zone に指定されたエリアについて、他の法律（森林保護法等）を適用して、今後入植が行われないようにする、あるいは、UDA が策定する開発計画の中に Yellow/Red zone に基づく開発制限を入れ込むなど、既存の法律・条令の中で、土地利用規制を進めることが可能であることも教訓として得られた。

表 2.11 の通り、現時点において、土砂災害リスク地域における開発規制に関しては、2011 年の通達「A Circular no NBRO 2011/01: Obtaining/ (Necessity to obtain) the Certificate of Land Suitability / Recommendations of NBRO prior to any type of construction in areas to prone to landslides」が上げられる。土砂災害リスクの高い 10 県における建設・開発行為にあつては、NBRO によりリスク評価報告書を通じた承認を得ることが規定されており、現在、NBRO 地方事務所の主たる業務の一つとなっている「リスク評価報告書の作成」は、この通達が拠り所となっている。ただし、この通達は、あくまでも NBRO の所掌を示したものであり、これ単独では、開発行為を制限することの法的拘束力は十分ではない。

これに対して、2017 年には、UDA 決議として「Decision on UDA 2017/01: Acquisition of part of the powers, centralized to the local authorities to Urban Development Authority」が発出されることとなった。同決議は、それまで地方自治体に付与されていた開発許認可の権限について、UDA 法に基づく市街化地域（UDA Declared Area）のうち、一定規模以上の開発（延床 4,000 ft<sup>2</sup> を超える開発）や、NBRO が土砂災害リスクが高いとする地域の開発等については、UDA が開発許認可権限を有することとした。この決議は UDA 法の改正には至っていないものの、実際の開発許認可はこの決議に基づき実施されており、その実効性は高い。ただし、決議が示す「土砂災害リスクが高い地域」の定義は明確ではなく、現状では、10 県全ての地域がこれに当てはまるため、申請の都度、開発主体が NBRO のリスク評価報告書を得ることとなっている。今後、Yellow/Red zoning の展開が図られ、「土砂災害リスクが高い地域」をより限定的に指定することが出来れば、開発許認可のプロセスはより明確となり、申請手続きが軽減されることも期待できる。

一方で、上記の通り、Yellow/Red zone のみで土地開発の可否を判断することの限界についても留意する必要がある。Yellow/Red zone はあくまでも地形的条件のみに基づいて土地の危険性を評価しているため、実際の開発現場において、その開発が妥当か否かを判断するためには、専門技術者による現地での査定も不可欠であるとの見解を NBRO は有している。我が国においては、土砂災害防止法に加えて、個別開発の開発基準については、建築基準法や宅地造成法により細部にわたり規定されているが、今後、スリランカにおいて土砂災害リスク地域での開発行為を規制していくためには、その土地がもともと有する土砂災害リスク（Yellow/Red zone）に加えて、開発行為により引き起こされるリスクに対しても、規制の整備にも取り組んでいく必要がある。

NBRO には、関係機関との連携のもと、土地利用規制の実効性を確保するためのアプローチについて、引き続き検討していくことが求められる。



別添資料

---

スリランカ国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  
業務完了報告書

---

---



合同調整委員会（JCC）議事録  
（2019. 02. 25）

---

MINUTES OF MEETINGS  
ON  
JOINT COORDINATION COMMITTEE (JCC)  
FOR

~~PROJECT FOR CAPACITY STRENGTHENING ON DEVELOPMENT OF  
NON-STRUCTURAL MEASURES FOR LANDSLIDE RISK REDUCTION~~


Based on the Record of Discussion (R/D) concerning the "~~Project for Capacity Strengthening on Development of Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction (the Project)~~" signed on October 22, 2018 between Ministry of Public Administration and Disaster Management (MPADM) and Japan International Cooperation Agency (JICA), Joint Coordination Committee (JCC) was organized on February 25, 2019 under chairmanship of Mr. J. J. Rathnasiri, Secretary of MPADM.

As the result of the discussions in the JCC, representatives of relevant agencies agreed on the matters referred to in the document attached here to.

Colombo, February 25, 2019



Mr. Kiyofumi Takashima  
Senior Representative,  
Japan International Cooperation  
Agency, Sri Lanka Office



Mr. J.J. Rathnasiri  
Secretary  
Ministry of Public Administration  
and Disaster Management



Mr. Toru Koike  
Team Leader,  
JICA Expert Team for the Project



Dr. Asiri Karunawardena  
Director General,  
National Building Research  
Organization (NBRO)

あ

## ATTACHED DOCUMENT

The following are the main point discussed and agreed in the JCC.

### 1. Structure and Schedule of the Project Implementation

The implementation structure and work schedules of the Project were explained by the JICA Expert Team (Team) and National Building Research Organization (NBRO), and accepted in principle.

### 2. Role of NBRO in the Project

NBRO, the main counterpart agency of the Project, manages the Project implementation in collaboration with other relevant government agencies and Local Authorities under the initiative of MPADM, and assumes overall responsibility to extend the Project outputs to the areas other than the pilot sites

### 3. Project Design Matrix (PDM) and Plan of Operation (PO)

There is no revision of PDM (Ver. 0) and PO (Ver. 0) agreed in the R/D. Therefore, those were renamed as "Ver. 1" reflecting actual dispatch of the Team as shown in Annex 1 and Annex 2.

### 4. JCC Members

JCC members were assigned from the relevant government agencies and Local Authorities in accordance with R/D as shown in Annex 3. The JCC are held regularly once every year and irregularly when required.

### 5. Working Group (WG) Members

The Project is implemented by three (3) Working Groups (WGs) taking responsibility of each Project output. The list of main counterpart personnel for the WGs is shown in Annex 4.

### 6. Monitoring of the Project Implementation

NBRO shall regularly monitor the Project implementation progress based on the Project Monitoring Sheets. The monitoring results are shared among JCC and the implementation schedules are flexibly updated based on the monitoring results.

あ

---

#### 7. Challenges in Land Use Planning

Implementation of land use regulation in the pilot sites is the extreme challenging task in the Project. The Local Authorities from Badulla MC, Kotapola PS, Bulathkohupitiya PS explained the situation of unplanned developments in the local level. All the participants discussed the difficulties and agreed to cooperate with the Project in collaboration with relevant agencies toward implementation of long-term development plan for the future.

Annex 1

PDM: Project Design Matrix

Ver.1, Dated February 25, 2019

Project Name: Project for Capacity Strengthening on Development of Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction

Implementing Agency: National Building Research Organization (NBRO)

Target Group: Staff of counterparts and communities at pilot sites

Project Period: January 2019 to January 2022 (three years)

Project Sites: Udapotha (Kegalle district), Morawakkanda (Matala district), Weeriyapura (Badulla district)

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumptions
<p>[Overall Goal] In high risk areas of sediment disasters, non-structural measures based on strengthened hazard and risk assessments are implemented.</p>	<p>a. Number of updated landslide hazard zonation map utilizing the knowledge transferred through the Project b. Number of revised rainfall criteria for landslide early warning based on local conditions c. Number of land use plans developed based on risk assessments</p>	<p>a. Number of updated landslide hazard zonation map b. Number of revised rainfall criteria for early warning c. Number of land use plans developed based on risk assessments</p>	
<p>[Project Purpose] NBRO's capacities to implement non-structural measures for sediment disasters based on enhanced hazard and risk assessments are strengthened.</p>	<p>a. Early warning is issued according to the revised protocol and based on local thresholds at catchment level and shared on NBRO's website b. Land use plans at pilot sites are developed based on risk assessments c. (Site-specific) Landslide Risk Assessment Report (LRAR) and Landslide Investigation Report are prepared based on the risk assessment manual and the guideline for land use plan updated by the project</p>	<p>a. Record of early warning issuance b. Land use plans at pilot sites c. Landslide Risk Assessment Report and Landslide Investigation Report</p>	<p>Government policy on disaster management is not largely changed</p>
<p>[Outputs] 1: Capacities to conduct hazard mapping and risk assessments are strengthened</p>	<p>a. Hazard maps at pilot sites are updated with the information on hazard areas and risk assessments b. Updated hazard map development manual is uploaded on NBRO's website c. Updated manual on risk assessment (including the management of disaster record) is uploaded on NBRO's website d. Disaster data is collected according to the risk assessment manual</p>	<p>a. Updated hazard maps of pilot sites on NBRO's website b. Updated hazard manual on NBRO's website c. Updated risk assessments manual on NBRO's website d. Disaster record in the database</p>	<p>Huge disasters which negatively affect project implementation do not happen during the project period Counterparts who are trained by the Project are not transferred</p>
<p>2: Capacities to issue landslide early warning alerts are strengthened.</p>	<p>a. Revised rainfall criteria and protocol for early warning are uploaded on NBRO's website b. Updated early warning manual is uploaded on the NBRO's website</p>	<p>a. Revised criteria and protocol for early warning b. Updated early warning manual on NBRO's website</p>	
<p>3: Capacities to apply risk assessments of sediment disaster(s) to land use planning are strengthened</p>	<p>a. A guideline on land use planning / development standard is developed and uploaded on NBRO's website</p>	<p>a. A guideline on land use planning / development regulation on NBRO's website</p>	

あ

Activities	Inputs	Project related budget is disbursed without delay
<p>&lt;Output 1&gt;</p> <p>1-1. Review existing manuals, and classification of sediment disasters, site-specific hazard and risk assessment methods, system and procedures about disaster record management and site-specific hazard and risk assessments</p> <p>1-2. Improve the system to manage sediment disaster records</p> <p>1-3. Collect records on past sediment disasters and analyze the relationship between regional characteristics and rainfall pattern</p> <p>1-4. Prepare draft manuals on hazard mapping and risk assessments based on the existing manuals of NBRC</p> <p>1-5. Conduct site specific hazard and risk assessments at the pilot sites according to the draft manual</p> <p>1-6. Conduct a flow path simulation to identify potential damage zones of debris flows and update hazard zonation maps</p> <p>1-7. Organize a working group at pilot sites and conduct a workshop to share the results of hazard and risk assessments</p> <p>1-8. Finalize the above manuals based on lessons learned through 1-5, 1-6, 1-7 and conduct a workshop</p> <p>1-9. Conduct site specific hazard and risk assessments in other areas except for pilot sites and provide training based on the existing training system</p> <p>&lt;Output 2&gt;</p> <p>2-1. Review the systems and contents regarding issuance of risk information and early warning (excluding the information covered by Activity 1-1)</p> <p>2-2. Based on the results of Activity 1-3, explore rainfall criteria for early warning of sediment disasters, operate on trial basis and review the criteria if necessary. The information of landslide early warning based on regional characteristics is announced and disseminated to the public through appropriate methods.</p> <p>2-3. Draft a manual on early warning for sediment disasters based on the existing one, which include the methodology to set local rainfall criteria and revised protocol for issuance of early warning</p> <p>2-4. Strengthen warning and evacuation system at pilot sites according to the draft manuals (e.g. the revisions of thresholds for manual rain gauges and evacuation map)</p> <p>2-5. Organize a workshop on the warning and evacuation system at the pilot sites among working groups and relevant organizations</p> <p>2-6. Finalize the above manual based on lessons learned through 2-4 and 2-5, and conduct a workshop</p> <p>&lt;Output 3&gt;</p> <p>3-1. Review land use planning/development regulation in Sri Lanka</p> <p>3-2. Draft a guideline on land use planning/development standards</p> <p>3-3. Draft land use plans/development standards at the pilot sites</p> <p>3-4. Examine the above plans/development standards with working groups</p> <p>3-5. Finalize the above guideline based on lessons learned through 3-3 and 3-4 and conduct a workshop</p>	<p>[Japanese side]</p> <p>(1) Assignment of Experts</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chief Advisor / Measures for sediment disaster / Facility planning</li> <li>- Disaster record analysis and management</li> <li>- Risk assessments of sediment disasters</li> <li>- Early Warning System</li> <li>- Land use planning and development standards</li> <li>- Project coordination / Training planning</li> </ul> <p>(2) Training in Japan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hazard and risk assessments of sediment disasters</li> <li>- Early Warning System</li> <li>- Land use planning and development standards</li> </ul> <p>(3) Local operational costs</p> <p>(4) Provision of equipment for rainfall analysis such as workstation</p> <p>[Sri Lankan side]</p> <p>(1) Assignment of Counterpart Personnel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Project Director</li> <li>- Project Manager</li> <li>- Counterparts</li> </ul> <p>(2) Office space and facilities for Experts</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Office space and facilities</li> <li>- Utilities and internet connection</li> </ul> <p>(3) Necessary data</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Records of past sediment disasters</li> <li>- DEM data, survey data</li> <li>- Data from a Doppler Weather Rader Network</li> <li>- Rainfall data</li> </ul> <p>(4) Local operational costs</p>	<p>[Pre-condition]</p> <p>Political situation in Sri Lanka is stable</p>

\* In principle, the "high risk areas" are expected to include seven districts covered by the government loan project "Landslide Disaster Prevention Project (LDPP)"

4

Annex 2. Plan of Operation Ver.1

Project Title: Project for Capacity Strengthening on Development of Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction		1st Year				2nd Year				3rd Year				Remarks
Inputs	Year	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Policy/Strategic framework for sediment disasters/Facility planning	Plan													
Policy/Strategic framework for sediment disasters/Facility planning	Actual													
Disaster record analysis and management	Plan													
Disaster record analysis and management	Actual													
Hazard and risk assessments of sediment disasters	Plan													
Hazard and risk assessments of sediment disasters	Actual													
Land use planning and development standards	Plan													
Land use planning and development standards	Actual													
Early Warning System 1	Plan													
Early Warning System 1	Actual													
Debris Flow Analysis/Sabo Project Evaluation	Plan													
Debris Flow Analysis/Sabo Project Evaluation	Actual													
Early Warning System 2/Training	Plan													
Early Warning System 2/Training	Actual													
Planning/Coordinator	Plan													
Planning/Coordinator	Actual													
Provision of Equipment	Plan													
Provision of Equipment	Actual													
Workstation	Plan													
Workstation	Actual													
Training in Japan	Plan													
Training in Japan	Actual													
Activities	Year	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	Organizations
<b>Output 1. Capacities to conduct hazards mapping and risk assessments are strengthened (Headed by Mr. Rajat Pinnamalage and Mr. Subashan Rajasinghe, LRRMD, NSRO)</b>														
1-1	Review existing manuals, and classification of sediment disasters, site-specific hazard and risk assessment methods, system and procedures about disaster record management and site-specific hazard and risk assessments	Plan												JICA
1-1	Review existing manuals, and classification of sediment disasters, site-specific hazard and risk assessment methods, system and procedures about disaster record management and site-specific hazard and risk assessments	Actual												LRRMD
1-2	Improve the system to manage sediment disaster records	Plan												JICA
1-2	Improve the system to manage sediment disaster records	Actual												LRRMD
1-3	Collect records on past sediment disasters and analyze the relationship between regional characteristics and rainfall pattern	Plan												JICA
1-3	Collect records on past sediment disasters and analyze the relationship between regional characteristics and rainfall pattern	Actual												LRRMD
1-4	Prepare draft manuals on hazard mapping and risk assessments based on the existing manuals of NSRO	Plan												JICA
1-4	Prepare draft manuals on hazard mapping and risk assessments based on the existing manuals of NSRO	Actual												LRRMD/HSPTD
1-5	Conduct site-specific hazard and risk assessments at the pilot sites according to the draft manual	Plan												JICA
1-5	Conduct site-specific hazard and risk assessments at the pilot sites according to the draft manual	Actual												LRRMD/HSPTD
1-6	Conduct a flow path simulation to identify potential damage zones of debris flows and update hazard zonation maps	Plan												JICA
1-6	Conduct a flow path simulation to identify potential damage zones of debris flows and update hazard zonation maps	Actual												LRRMD/HSPTD
1-7	Organize a working group at pilot sites and conduct a workshop to share the results of hazard and risk assessments	Plan												JICA
1-7	Organize a working group at pilot sites and conduct a workshop to share the results of hazard and risk assessments	Actual												LRRMD/HSPTD
1-8	Finalize the above manuals based on lessons learned through 1-5, 1-6, 1-7 and conduct a workshop	Plan												JICA
1-8	Finalize the above manuals based on lessons learned through 1-5, 1-6, 1-7 and conduct a workshop	Actual												LRRMD/HSPTD
1-9	Conduct site-specific hazard and risk assessments in other areas except for pilot sites and provide training based on the existing training system	Plan												JICA
1-9	Conduct site-specific hazard and risk assessments in other areas except for pilot sites and provide training based on the existing training system	Actual												LRRMD/HSPTD
<b>Output 2. Capacities to issue landslide early warning alerts are strengthened (Headed by Dr. Wasantha Senadeera, LRRMD, NSRO)</b>														
2-1	Review the systems and contents regarding issuance of risk information and early warning (excluding the information covered by Activity 1-1)	Plan												JICA
2-1	Review the systems and contents regarding issuance of risk information and early warning (excluding the information covered by Activity 1-1)	Actual												LRRMD
2-2	Explicate criteria for early warning of sediment disasters, separate on-line basis and review the criteria if necessary. The information of landslide early warning based on regional characteristics is announced on the NSRO website.	Plan												JICA
2-2	Explicate criteria for early warning of sediment disasters, separate on-line basis and review the criteria if necessary. The information of landslide early warning based on regional characteristics is announced on the NSRO website.	Actual												LRRMD
2-3	Finalize a manual on early warning for sediment disaster based on the existing one	Plan												JICA
2-3	Finalize a manual on early warning for sediment disaster based on the existing one	Actual												LRRMD
2-4	Strengthen warning and evacuation system at pilot sites according to the draft manual	Plan												JICA
2-4	Strengthen warning and evacuation system at pilot sites according to the draft manual	Actual												LRRMD/HSPTD
2-5	Organize a workshop on the warning and evacuation system at the pilot sites among relevant organizations	Plan												JICA
2-5	Organize a workshop on the warning and evacuation system at the pilot sites among relevant organizations	Actual												LRRMD/HSPTD
2-6	Finalize the above manual based on lessons learned through 2-4 and 2-5, and conduct a workshop	Plan												JICA
2-6	Finalize the above manual based on lessons learned through 2-4 and 2-5, and conduct a workshop	Actual												LRRMD/HSPTD
<b>Output 3. Capacities to apply risk assessments of sediment disaster(s) to land use planning are strengthened (Headed by Mr. Dusan Manasingha, HSPTD, NSRO)</b>														
3-1	Review land use planning/development regulation in Sri Lanka	Plan												JICA
3-1	Review land use planning/development regulation in Sri Lanka	Actual												LRRMD/HSPTD
3-2	Finalize guideline on land use planning/development standards	Plan												JICA
3-2	Finalize guideline on land use planning/development standards	Actual												LRRMD/HSPTD
3-3	Finalize a land use planning/development standards at the pilot sites	Plan												JICA
3-3	Finalize a land use planning/development standards at the pilot sites	Actual												LRRMD/HSPTD
3-4	Examine the above planning/development standards with working groups	Plan												JICA
3-4	Examine the above planning/development standards with working groups	Actual												LRRMD/HSPTD
3-5	Finalize the above guideline based on lessons learned through 3-3 and 3-4 and conduct a workshop	Plan												JICA
3-5	Finalize the above guideline based on lessons learned through 3-3 and 3-4 and conduct a workshop	Actual												LRRMD/HSPTD
Duration/Reviewing	Year	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Monitoring Plan	Year	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	Remarks
Monitoring	Plan													
JCC	Actual													
Development of detailed PO	Plan													
Development of detailed PO	Actual													
Monitoring Sheet (biannual)	Plan													
Monitoring Sheet (biannual)	Actual													
Reports/Documents	Plan													
Work Plan	Actual													
Final Report	Plan													
Final Report	Actual													

2

**ANNEX 3**

**Members of the Joint Coordination Committee for the Project**

**(1) Project Team**

- 1) Project Director: Director General, NBRO
- 2) Project Manager: Director, Landslide Research and Risk Management  
Division (LRRMD), NBRO
- 3) JICA Expert Team
- 4) Personnel in-charge for each Working Group
- 5) Others whom are to be agreed by the JCC

**(2) Members from Sri Lanka side**

- 1) Ministry of Public Administration and Disaster Management (MPADM)
- 2) National Building Research Organization (NBRO), MPADM
- 3) Disaster Management Center (DMC), MPADM
- 4) Department of Meteorology (DOM), MPADM
- 5) National Physical Planning Department (NPPD)
- 6) Urban Development Authority (UDA)
- 7) Land Use Policy Planning Department (LUPPD)
- 8) Ministry of Provincial Councils and Local Government
- 9) Department of External Resources (DER)
- 10) Road Development Authority (RDA)
- 11) Local Authority (Badulla MC / Bulathkohupitiya PS / Kotapola PS)

**(3) Members from Japanese side**

- 1) Chief Representative, representative and staff of JICA Sri Lanka Office
- 2) Mission Team from JICA Headquarters
- 3) Other persons that Japanese party might consider necessary

f  
J



ANNEX 4

**Members of the Working Groups**

**(1) WG1: Hazard Analysis and Risk Assessment**

- 1) Ms. Hasali Hemasinghe (Leader) LRRMD, NBRO
- 2) Mr. Sandaruwan Karunaratne (Leader) LRRMD, NBRO
- 3) Mr. Danushka Jayathilaka HSPTD, NBRO
- 4) Ms. Hansamali Jayasundara LRRMD, NBRO
- 5) Ms. Sashini Pathirana LRRMD, NBRO
- 6) Other officers from NBRO Headquarters and district offices
- 7) Officer from Disaster Management Center (DMC)

**(2) WG2: Sediment Disaster Early Warning System**

- 1) Dr. Wasantha Senadeera (Leader) LRRMD, NBRO
- 2) Mr. M. S. Aroos LRRMD, NBRO
- 3) Ms. Darshani Rajapaksha LRRMD, NBRO
- 4) Mr. Suminda Rathnayaka LRRMD, NBRO
- 5) Mr. D. M. L. Bandara LRRMD, NBRO
- 6) Other officers from NBRO Headquarters and district offices
- 7) Officer from Emergency Operation Center (EOC), under DMC
- 8) Officer from Department of Meteorology (DOM)

**(3) WG3: Land Use Planning / Development Standards**

- 1) Mr. Dayan Munasinghe (Leader) HSPTD, NBRO
- 2) Mr. Danushka Jayathilaka HSPTD, NBRO
- 3) Dr. Pathmakumara Jayasinghe LRRMD, NBRO
- 4) Ms. Nayani Dayarathna LRRMD, NBRO
- 5) Mr. Nuwan Jayarathna LRRMD, NBRO
- 6) Other officers from NBRO Headquarters and district offices
- 7) Officers from Local Authorities from three (3) pilot sites.
- 8) Officers from relevant agencies (NPPD, UDA, LUPPD, etc)

f  
h

スリランカ国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  
業務完了報告書

---

---

合同調整委員会（JCC）議事録  
(2019. 10. 29)

---

MINUTES OF MEETINGS  
ON  
JOINT COORDINATION COMMITTEE (JCC)  
FOR  
"PROJECT FOR CAPACITY STRENGTHENING ON DEVELOPMENT OF  
NON-STRUCTURAL MEASURES FOR LANDSLIDE RISK REDUCTION"

Based on the Record of Discussion (R/D) concerning the "Project for Capacity Strengthening on Development of Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction (the Project)" signed on October 22, 2018 between Ministry of Public Administration and Disaster Management (MoPADM) and Japan International Cooperation Agency (JICA), the 2<sup>nd</sup> Joint Coordination Committee (JCC) was organized on October 29, 2019, in order to review and discuss the progress of the Project. As the result of the discussion, the representatives of relevant agencies agreed on the matters referred to in the document attached here to.

Colombo, October 29, 2019



Mr. Kiyofumi Takashima  
Senior Representative,  
Japan International Cooperation  
Agency, Sri Lanka Office



Dr. Asiri Karunawardena  
Project Director,  
Director General, National Building  
Research Organization (NBRO)



Mr. Toru Koike  
Team Leader,  
JICA Expert Team for the Project



Dr. Gamini Jayathissa.  
Project Manager,  
Acting Director, Landslide Research and  
Risk Management Division, NBRO

---

## ATTACHED DOCUMENT

The following are the main points discussed and agreed in the JCC.

### 1. Progress of the Project

JICA expert team presented the overall progress of the project, and each Working Group explained the detailed activities for three Outputs. The progress was summarized in the Project Monitoring Sheets. All JCC members understood that the Project has been implemented on Schedule.

### 2. Utilization of landslide inventory sheets

The landside inventory sheets developed in the Project will be definitely used for the area other than the Project pilot sites. NBRO is currently developing a new database system for landslide data management. The system will be used to accumulate landslide data in future.

### 3. Preparation of landslides risk maps

The landslide risk maps have been prepared in desk work at the moment. The identified risk areas should be verified in the field. Local authorities are requested to collaborate with the Project to verify the risk area and to aware the local people.

### 4. Effective landslide early warning system

It is always difficult to encourage people to evacuate when warnings are issued. A reason why people don't evacuate is that the current warning messages are too general and spatial resolution is not enough. The Project is working to make the rainfall thresholds for early warning more specified based on local landslides characteristics..

### 5. Consistency with existing development plan

The risk-based land use plan developed in the Project should be consistent with National Physical Plan and other development plans. The Project should review the existing plans to avoid confusion.

### 6. Implementation of the land use plan

It was suggested that a strong legal framework is necessary for implementation of the land use plans, otherwise success of the implementation will be delayed and hindered. The central government has made efforts to promote resettlement of the families living in

---

landslide prone area, but at the moment, there is no legal framework to enforce people to resettle. At least, new development in the identified landslide prone area should be restricted. Local authorities are strongly requested to closely work with the Project to educate and aware people and implement the land use plans.

ANNEX 1

Attendant List

ANNEX 2

Project Monitoring Sheets

---

合同調整委員会（JCC）議事録  
(2021. 07. 14)

---

MINUTES OF MEETINGS  
ON  
JOINT COORDINATION COMMITTEE (JCC)  
FOR

~~PROJECT FOR CAPACITY STRENGTHENING ON DEVELOPMENT OF  
NON-STRUCTURAL MEASURES FOR LANDSLIDE RISK REDUCTION~~

~~Based on the Record of Discussion (R/D) concerning the "Project for Capacity  
Strengthening on Development of Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction  
(the Project)" signed on October 22, 2018 between Ministry of Public Administration and  
Disaster Management (MoPADM) and Japan International Cooperation Agency (JICA), the  
3<sup>rd</sup> Joint Coordination Committee (JCC) was organized on July 12, 2021, in order to review  
the progress of the Project and discuss the necessity of the Project extension. As the  
result of the discussion, the representatives of relevant agencies agreed on the matters  
referred to in the document attached here to.~~

Colombo, July 14, 2021

*S. Nakamura*

Mr. Satoshi Nakamura  
Director,  
Disaster Risk Reduction Group, Global  
Environmental Dept., Japan  
International Cooperation Agency (JICA)

*Asiri*

Dr. Asiri Karunawardena  
Project Director,  
Director General, National Building  
Research Organization (NBRO)

*小池 徹*

Mr. Toru Koike  
Team Leader,  
JICA Expert Team for the Project

*A*

Dr. Gamini Jayathissa.  
Project Manager,  
Acting Director, Landslide Research and  
Risk Management Division, NBRO

3



## ATTACHED DOCUMENT

The following are the main points discussed and agreed in the JCC.

### 1. Impacts of COVID-19 on the Project

Due to the spread of COVID-19 infection, the trip of the project experts from Japan to Sri Lanka had been interrupted since April 2020. Even though the trip of the project experts resumed in May 2021, the project activities was obstructed again by the travel restriction issued for entire country.

Under such severe COVID-19 situation, both parties have sincerely worked on the project activities taking advantage of the online meeting and achieved the significant outcomes. However, it becomes difficult to complete the following activities by the end of the project period agreed in R/D.

### 2. Development of the Landslide Information Management System (LIMS)

JICA had decided to support the development of LIMS to supplement the data collection activities in WG1 and WG2. The system development already started as a sub-contract work implemented by a selected system developer. The development is expected to be completed by the end of November 2021, but there is not enough period to validate the system stability through long term operation.

### 3. Development of the landslide monitoring system in the pilot sites

The Project also procures the landslide monitoring system provided by OSASI Co., Ltd. Some landslide observation instruments should be installed in the pilot sites. However, installation of the observation instruments delays because the project experts could not visit the pilot sites and fix installation sites. In addition, it was also difficult for OSASI engineers to fly to Sri Lanka and set the instruments due to the restrictions regarding COVID-19. Therefore, the remaining project period is not enough to complete installation of the landslide monitoring system.

### 4. Activates on land use planning

Due to the restriction regarding COVID-19, consultation meetings with the Local Authorities (LAs) have not been held properly in accordance with the original plan. As the result, drafted land use plans and Sediment Disaster Risk Reduction Plans (SDRRPs) have not been agreed with the LAs and local stakeholders.

Handwritten signature or initials in blue ink.

5. Counterpart training in Japan

The second counterpart training in Japan was scheduled in 2021, but it is still not implemented, as of now. There is no possibility to conduct the counterpart training within the current project period.

6. Extension of the project period

Taking into consideration the points mentioned above, six (6) month extension of the Project period was proposed by the Project Team, and it was approved by the JCC.

ANNEX 1

Attendant List

ANNEX 2

Project Monitoring Sheets

A 3

ANNEX 1

Attendant List

Name	Organization
<b>■ Project Director / Manager</b>	
Dr. Asiri Karunawardena	Project Director / Director General, NBRO
Dr. Gamini Jayathissa.	Project Manager / Acting Director, LRRMD, NBRO
<b>■ Central Agencies</b>	
Mr. A.N.R.K. Ratnayake	Disaster Management Center (DMC) Urban Development Authority (UDA)
Mr. L.U.D. Atapattu	Road Development Authority (RDA)
Mr. Sampath Manthrinayake	External Resources Department (ERD)
Mr. M. Kirupamoorthy	Land Use Policy Planning Department (LUPPD)
<b>■ Local Authorities</b>	
Mr. Priyantha Amarasiri	Mayer, Municipal Council, Badulla
Mr. D.B.Ruwan Sanjeewa	Chairman, Bulathkohupitiya PS
Mr. A.P. Dayawanda	Chairman, Kotapola PS
<b>■ NBRO</b>	
Ms. Hasali Hemasinghe	WG1 Leader, LRRMD, NBRO
Mr. Sandaruwan Karunarathne	WG1 Leader, LRRMD, NBRO
Dr. Wasantha Senadeera	WG2 Leader, LRRMD, NBRO
Mr. Dayan Munasinghe	WG3 Leader, HSPTD, NBRO
Mr. P.M.G.R. Bandara	WG1 member, LHMP office, NBRO
Mr. W.M.I.G.T.S. Senewirathna	WG1 member, LHMP office, NBRO
Mr. S.S.D.K. Fernando	WG1 member, LHMP office, NBRO
Mr. M S M Aroos	WG2 member, LRRMD, NBRO
Mr. D M L Bandara	WG2 member, LRRMD, NBRO
Mr. R.M.S.A.K Rathnayake	WG2 member, LRRMD, NBRO
Mr. Dhanushka Jayathilaka	WG3 member, HSPTD, NBRO
Mr. Jayaprakash Selveraja	WG3 member, HSPTD, NBRO
Ms. K G N Saroja	NBRO Matara
Ms. D.I.U. Jayawardhane	NBRO Kegalle
Ms. Hansamali Jayasundara	NBRO
Mr. Sanchitha Jayakody	NBRO
Mr. M.V.N. Dhanushka	NBRO
<b>■ SATREPS</b>	
Dr. Kazuo Konagai	Leader of Project RRL, SATREPS
<b>■ JICA</b>	
Mr. Satoshi Nakamura	Director, Disaster Management Group, JICA HQ
Mr. Ogasa Haruki	Disaster Risk Reduction Team 1, JICA HQ
Ms. Yurie Hirabayashi	Representative, JICA Sri Lanka office
Mr. Thiyagarajah Paramendiren	Project Specialist, JICA Sri Lanka office
Mr. Toru Koike	JICA expert, Team Leader
Mr. Kimihiko Kotoo	JICA expert, Vice Team Leader
Mr. Tomoyuki Nishikawa	JICA expert for Landslide Risk Assessment
Dr. Pucai Yang	JICA expert for Disaster Record Analysis
Mr. Motohiro Ito	JICA expert for Debris Flow Analysis / Sabo Project Evaluation
Dr. Tomoyuki Wada	JICA expert for Early Warning System
Mr. Shinichi Fukasawa	JICA expert for Land Use Planning / Development Standards

CA

スリランカ国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  
業務完了報告書

---

---

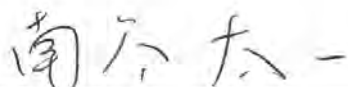
合同調整委員会（JCC）議事録  
（2022. 06. 10）

---


MINUTES OF MEETINGS  
ON  
JOINT COORDINATION COMMITTEE (JCC)  
FOR  
“PROJECT FOR CAPACITY STRENGTHENING ON DEVELOPMENT OF NON-  
STRUCTURAL MEASURES FOR LANDSLIDE RISK REDUCTION”

Based on the Record of Discussion (R/D) concerning the “Project for Capacity Strengthening on Development of Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction (the Project)” signed on October 22, 2018 between Ministry of Public Administration and Disaster Management (MoPADM) and Japan International Cooperation Agency (JICA), the 4<sup>th</sup> Joint Coordination Committee (JCC) was organized on June 10, 2022 on-line, in order to review and evaluate the achievement of the Project and discuss the necessity of the Project extension. As the result of the discussion, the representatives of relevant agencies agreed on the matters referred to in the document attached here to.

Colombo, June 10, 2022



Mr. Taichi Minamitani  
Director,  
Disaster Risk Reduction Group, Global  
Environmental Dept., Japan  
International Cooperation Agency  
(JICA)



Dr. Asiri Karunawardena  
Project Director,  
Director General, National Building  
Research Organization (NBRO)



Mr. Toru Koike  
Team Leader,  
JICA Expert Team for the Project



Dr. Gamini Jayathissa.  
Project Manager,  
Acting Director, Landslide Research  
and Risk Management Division, NBRO

---

ATTACHED DOCUMENT

The followings are the main points discussed and agreed in the JCC.

**1. Evaluation of the achievement of the Project**

Despite of difficult conditions such as terrorist attack in May 2019, influence of COVID-19 pandemic from February 2020 and the recent economic crisis in Sri Lanka, both parties have made sincere efforts to implement the Project. Thereby, all the expected activities have been successfully carried out to achieve the Project purpose and Outputs stipulated in the Project Design Matrix (PDM). Both parties reviewed and verified the achievement refereeing verifiable indicators in the PDM

Verifiable Indicators	Achievement
<p><u>Project Purpose</u></p> <p>a. Early warning is issued according to the revised protocol and based on local thresholds at catchment level and shared on NBRO's website</p> <p>b. Land use plans at pilot sites are developed based on risk assessments</p> <p>c. (Site-specific) Landslide Risk Assessment Report (LRAR) and Landslide Investigation Report (LIR) are prepared based on the risk assessment manual and the guideline for land use plan updated by the project</p>	<p>a. Early warning has been issued by referring developed rainfall monitoring system. The local thresholds should be studied based on cumulative data.</p> <p>b. Achieved.</p> <p>c. The LIRs are referring the Y/R zoning in recent disasters. LRAR and LIR become as a part of Landslide Information Management System (LIMS). All the records are collected and managed in the LIMS.</p>
<p><u>Output 1</u></p> <p>a. Hazard maps at pilot sites are updated with the information on hazard areas and risk assessments</p> <p>b. Updated hazard map development manual is uploaded on NBRO's website</p> <p>c. Updated manual on risk assessment (including the management of disaster record) is uploaded on NBRO's website</p> <p>d. Disaster data is collected according to the risk assessment manual</p>	<p>a. Achieved</p> <p>b. The manual was finalized and to be uploaded on NBRO website in July.</p> <p>c. The manual was finalized and to be uploaded on NBRO website in July.</p> <p>d. Disaster data are being collected and managed by LIMS.</p>
<p><u>Output 2</u></p> <p>a. Revised rainfall criteria and protocol for early warning are uploaded on NBRO's</p>	<p>a. The rainfall criteria using SWI were mounted in the developed monitoring</p>

↓ 3 2

website b. Updated early warning manual is uploaded on the NBRO's website.	system. b. The manual was drafted and uploaded on NBRO website in July.
<u>Output 3</u> a. A guideline on land use planning / development standard is developed and uploaded on NBRO's website.	a. The guideline was drafted and to be uploaded on NBRO website in August.

## 2. Extension of the Project

The 2<sup>nd</sup> counterpart training in Japan has not been carried out because of the restriction of foreign travels under the COVID-19 pandemic. Considering the recent improved situation in the pandemic, JICA has decided to carry out it in middle July 2022. Accordingly, both parties agreed to extend the Project periods for three (3) months, until end of October 2022.

During this extended period, NBRO and the JICA expert team will continuously monitor the activities given in below and summarize all the activities in the final report. JICA may organized another opportunity to review the final outcomes at the end of the extended

## 3. Measures taken by Sri Lankan side after the end of the Project

The Project achieved significant outcomes in principle. After the Project, those outcomes should be extended by continuous efforts of Sri Lanka side. The Working Group (WG) members should play a central role to extend the outcomes. The followings were recommended and agreed by both parties.

### (1) Output 1 (WG1)

- The methodology of the Y/R zoning has been agreed and summarized in the site-specific hazard and risk assessment manuals. During implementation of the Y/R zoning in other areas, further revisions of the manual are probably required. NBRO should continuously update the manual.
- The developed Y/R zoning utilize the hazard area in Landslide Hazard Zonation Map (LHZM) as source initiation area. However, the information and methodology of LHZM should be updated based on the data of recently occurred landslide disasters. NBRO should make efforts to update the LHZM by use of ideas proposed in the Project.
- Landslide Investigation Report (LIR) and Landslide Risk Assessment Report (LRAR) were now prepared in the developed LIMS. NBRO should enhance the capacity of District Officers to operate LIMS, and continuously update the disaster records referring Y/R zonings.


  
 2

---



**(2) Output 2 (WG2)**

- The rainfall monitoring system, which indicates real-time Soil Water Index and Snake Curves, have been developed and functioned. The local rainfall thresholds area updated based on the collected disaster records. When disaster occurs, NBRO should verify the rainfall characteristics in viewpoint of Soil Water Index so that the rainfall thresholds are going to be accurate and appropriate.
- NBRO is operating rain gauge system more than 300 sets in landslide-prone mountainous area. However, many rain gauges have been aged and with deficiency of observed data. The interruption of data transmission often causes of under estimation of cumulative rainfall as well as Soil Water Index. NBRO should repair and upgrade the rain gauge system for the accuracy of warning services.

**(3) Output 3 (WG3)**

- NBRO has planned to implement the activities in originally selected six sites other than the three pilot sites. However due to influence of COVID-19, the additional activities have not been implemented sufficiently. NBRO should continue to extend the project outcomes to other sites, not only Y/R zonings but also formulation of Landslide Risk Reduction Plan (LRRP) including land use plan.
- To implement the land use plan, there have been many approaches proposed in the pilot sites, such as 1) stipulated in By-Law, 2) conserve the risk area by existing laws, 3) incorporate the plan into UDA development plan, etc. NBRO should continue to consider the practical and effective way to implement land use plan in collaboration with relevant agencies.

**(4) Counterpart Training**

- As for the 2<sup>nd</sup> counterpart training Japan, officials of NBRO, UDA and chairmen of Local Authorities in pilot sites will participate in. All participants are required to understand the institutional and legal system in Japan regarding landslide risk reduction and development regulation and prepare Action Plans to achieve the Project purpose as well as overall goals.

ANNEX 1 Attendant List  
ANNEX 2 Project Design Matrix (PDM) Ver.3  
ANNEX 3 Plan of Operation (PO) Ver.3



ANNEX 1

Attendant List

Name	Organization
■Project Director / Manager	
Dr. Asiri Karunawardena	Project Director / Director General, NBRO
Dr. Gamini Jayathissa.	Project Manager / Acting Director, LRRMD, NBRO
■Central Agencies	
Mr. D.C. Siribaddana	Additional Secretary, Disaster Management Division, Ministry of Defense
Ms. Kusala	Central Environmental Authority
Mr. A.N.R.K. Ratnayake	Disaster Management Center (DMC)
Ms. Padmalatha Wijesinghe	Urban Development Authority (UDA)
Mr. L.U.D. Atapattu	Road Development Authority (RDA)
Mr. Sampath Manthrinayake	External Resources Department (ERD)
Mr. M. Kirupamoorthy	Land Use Policy Planning Department (LUPPD)
Ms. Anusha Wanasinghe	Director, Department of Meteorology
■Local Authorities	
Mr. Priyantha Amarasiri	Mayer, Municipal Council, Badulla
Mr. D.B.Ruwan Sanjeeewa	Chairman, Bulathkohupitiya PS
Mr. A.P. Dayawanda	Chairman, Kotapola PS
■NBRO	
Mr. R.M.S. Bandara	Director, LRRMD
Ms. Nimali Weerasinghe	District Chief Scientist, Kegalle
Ms. Hasali Hemasinghe	WG1 Leader, LRRMD, NBRO
Mr. Sandaruwan Karunarathne	WG1 Leader, LRRMD, NBRO
Dr. Wasantha Senadeera	WG2 Leader, LRRMD, NBRO
Mr. Dayan Munasinghe	WG3 Leader, HSPTD, NBRO
Mr. P.M.G.R. Bandara	WG1 member, LHMP office, NBRO
Mr. W.M.I.G.T.S. Senewirathna	WG1 member, LHMP office, NBRO
Mr. S.S.D.K. Fernando	WG1 member, LHMP office, NBRO
Mr. M S M Aroos	WG2 member, LRRMD, NBRO
Mr. D M L Bandara	WG2 member, LRRMD, NBRO
Mr. R.M.S.A.K Rathnayake	WG2 member, LRRMD, NBRO
Mr. Dhanushka Jayathilaka	WG3 member, HSPTD, NBRO
Mr. Jayaprakash Selveraja	WG3 member, HSPTD, NBRO
Mr. Cathuranga Kumarasiri	Scientist, NBRO
Mr. Kasun Ekanayaka	Scientist, NBRO
Ms. K G N Saroja	Scientist, NBRO Matara
Ms. D.I.U. Jayawardhane	Scientist, NBRO Kegalle
Mr. Sachintha Wakwella	Scientist, NBRO Kegalle
Mr. Priyantha Bandara	Scientist, NBRO Kegalle
Mr. M.V.N. Dhanushka	Scientist, NBRO Kaluthara
Ms. Lakma Liyana Arachchi	Scientist, NBRO Badulla
Mr. Chinthaka Rathnasiri	S. Scientist, NBRO
Mr. Milinda Amarasiri	Scientist, NBRO
■JICA	
Mr. Taichi Minamintani	Director, Disaster Management Group, JICA HQ
Ms. Saori Kojimai	Disaster Risk Reduction Team 1, JICA HQ
Mr. Kiyohumi Takashima	Senior Representative, JICA Sri Lanka office
Mr. Takashi Sakuazawa	Representative, JICA Sri Lanka office

A 3  
B

Mr. Thiyagarajah Paramendiren	Project Specialist, JICA Sri Lanka office
Mr. Toru Koike	JICA expert, Team Leader
Mr. Tomoyuki Nishikawa	JICA expert for Landslide Risk Assessment
Dr. Pucal Yang	JICA expert for Disaster Record Analysis
Dr. Tomoyuki Wada	JICA expert for Early Warning System
Mr. Shinichi Fukasawa	JICA expert for Land Use / Development Standards

▲ 少 20

---

## Project Design Matrix

Ver. 3, Dated June 10, 2022

Project Name: Project for Capacity Strengthening on Development of Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction  
 Implementing Agency: National Building Research Organization (NBRO)  
 Target Group: Staff of counterparts and communities at pilot sites  
 Project Period: January 2019 to **Oct 2022 (three years and 10 months)**  
 Project Sites: Udapotha (Kegalle district), Morawakkanda (Matarara district), Weeriyapura (Badulla district)

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumptions
<p>[Overall Goal]            In high risk areas of sediment disasters, non-structural measures based on strengthened hazard and risk assessments are implemented.</p>	<p>a. Number of updated landslide hazard zonation map utilizing the knowledge transferred through the Project            b. Number of revised rainfall criteria for landslide early warning based on local conditions            c. Number of land use plans developed based on risk assessments</p>	<p>a. Number of updated landslide hazard zonation map            b. Number of revised rainfall criteria for early warning            c. Number of land use plans developed based on risk assessments</p>	
<p>[Project Purpose]            NBRO's capacities to implement non-structural measures for sediment disasters based on enhanced hazard and risk assessments are strengthened.</p>	<p>a. Early warning is issued according to the revised protocol and based on local thresholds at catchment level and shared on NBRO's website            b. Land use plans at pilot sites are developed based on risk assessments            c. (Site-specific) Landslide Risk Assessment Report (LRAR) and Landslide Investigation Report are prepared based on the risk assessment manual and the guideline for land use plan updated by the project</p>	<p>a. Record of early warning issuance            b. Land use plans at pilot sites            c. Landslide Risk Assessment Report and Landslide Investigation Report</p>	<p>Government policy on disaster management is not largely changed</p>
<p>[Outputs]            1: Capacities to conduct hazard mapping and risk assessments are strengthened</p>	<p>a. Hazard maps at pilot sites are updated with the information on hazard areas and risk assessments            b. Updated hazard map development manual is uploaded on NBRO's website            c. Updated manual on risk assessment (including the management of disaster record) is uploaded on NBRO's website            d. Disaster data is collected according to the risk assessment manual</p>	<p>a. Updated hazard maps of pilot sites on NBRO's website            b. Updated hazard manual on NBRO's website            c. Updated risk assessments manual on NBRO's website            d. Disaster record in the database</p>	<p>Huge disasters which negatively affect project implementation do not happen during the project period            Counterparts who are trained by the Project are not transferred</p>
<p>2: Capacities to issue landslide early warning alerts are strengthened.</p>	<p>a. Revised rainfall criteria and protocol for early warning are uploaded on NBRO's website            b. Updated early warning manual is uploaded on the NBRO's website</p>	<p>a. Revised criteria and protocol for early warning            b. Updated early warning manual on NBRO's website</p>	
<p>3: Capacities to apply risk assessments of sediment disaster(s) to land use planning are strengthened</p>	<p>a. A guideline on land use planning / development standard is developed and uploaded on NBRO's website</p>	<p>a. A guideline on land use planning / development regulation on NBRO's website</p>	

2

4

Activities	Inputs		Project related budget is disbursed without delay
<p>&lt;Output 1&gt;</p> <p>1-1. Review existing manuals, and classification of sediment disasters, site-specific hazard and risk assessment methods, system and procedures about disaster record management and site-specific hazard and risk assessments</p> <p>1-2. Improve the system to manage sediment disaster records</p> <p>1-3. Collect records on past sediment disasters and analyze the relationship between regional characteristics and rainfall pattern</p> <p>1-4. Prepare draft manuals on hazard mapping and risk assessments based on the existing manuals of NBRO</p> <p>1-5. Conduct site specific hazard and risk assessments at the pilot sites according to the draft manual</p> <p>1-6. Conduct a flow path simulation to identify potential damage zones of debris flows and update hazard zonation maps</p> <p>1-7. Organize a working group at pilot sites and conduct a workshop to share the results of hazard and risk assessments</p> <p>1-8. Finalize the above manuals based on lessons learned through 1-5, 1-6, 1-7 and conduct a workshop</p> <p>1-9. Conduct site specific hazard and risk assessments in other areas except for pilot sites and provide training based on the existing training system</p>	<p>[Japanese side]</p> <p>(1) Assignment of Experts</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chief Advisor / Measures for sediment disaster / Facility planning</li> <li>- Disaster record analysis and management</li> <li>- Risk assessments of sediment disasters</li> <li>- Early Warning System</li> <li>- Land use planning and development standards</li> <li>- Project coordination / Training planning</li> </ul> <p>(2) Training in Japan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hazard and risk assessments of sediment disasters</li> <li>- Early Warning System</li> <li>- Land use planning and development standards</li> </ul> <p>(3) Local operational costs</p> <p>(4) Provision of equipment for rainfall analysis such as workstation</p>	<p>[Sri Lankan side]</p> <p>(1) Assignment of Counterpart Personnel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Project Director</li> <li>- Project Manager</li> <li>- Counterparts</li> </ul> <p>(2) Office space and facilities for Experts</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Office space and facilities</li> <li>- Utilities and internet connection</li> </ul> <p>(3) Necessary data</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Records of past sediment disasters</li> <li>- DEM data, survey data</li> <li>- Data from a Doppler Weather Radar Network</li> <li>- Rainfall data</li> </ul> <p>(4) Local operational costs</p>	<p>[Pre-condition]</p> <p>Political situation in Sri Lanka is stable</p>
<p>&lt;Output 2&gt;</p> <p>2-1. Review the systems and contents regarding issuance of risk information and early warning (excluding the information covered by Activity 1-1)</p> <p>2-2. Based on the results of Activity 1-3, explore rainfall criteria for early warning of sediment disasters, operate on trial basis and review the criteria if necessary. The information of landslide early warning based on regional characteristics is announced and disseminated to the public through appropriate methods.</p> <p>2-3. Draft a manual on early warning for sediment disasters based on the existing one, which include the methodology to set local rainfall criteria and revised protocol for issuance of early warning</p> <p>2-4. Strengthen warning and evacuation system at pilot sites according to the draft manuals (e.g. the revisions of thresholds for manual rain gauges and evacuation map)</p> <p>2-5. Organize a workshop on the warning and evacuation system at the pilot sites among working groups and relevant organizations</p> <p>2-6. Finalize the above manual based on lessons learned through 2-4 and 2-5, and conduct a workshop</p>	<p>&lt;Output 3&gt;</p> <p>3-1. Review land use planning/development regulation in Sri Lanka</p> <p>3-2. Draft a guideline on land use planning/development standards</p> <p>3-3. Draft land use plans/development standards at the pilot sites</p> <p>3-4. Examine the above plans/development standards with working groups</p> <p>3-5. Finalize the above guideline based on lessons learned through 3-3 and 3-4 and conduct a workshop</p>	<p>*In principle, the "high risk areas" are expected to include seven districts covered by the government loan project "Landslide Disaster Prevention Project (LDPP)"</p>	

Handwritten marks: a blue checkmark and a signature.

スリランカ国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  
業務完了報告書

Annex 3. Plan of Operation Ver.3

Dated June 16, 2022

Project Title: Project for Capacity Strengthening on Development of Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction		2019				2020				2021				2022				
Inputs		Jan-Mar	Apr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dec	Jan-Mar	Apr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dec	Jan-Mar	Apr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dec	Jan-Mar	Apr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dec	
Experts	Chief Advisor/Measures for sediment disaster/Facility planning	Plan																
	Chief Advisor/Measures for sediment disaster/Facility planning	Actual																
	Disaster record analysis and management	Plan																
	Disaster record analysis and management	Actual																
	Hazard and risk assessments of sediment disasters	Plan																
	Hazard and risk assessments of sediment disasters	Actual																
	Land use planning and development standards	Plan																
	Land use planning and development standards	Actual																
	Early Warning System 1	Plan																
	Early Warning System 1	Actual																
Provision of Equipment	Workstation	Plan																
	Workstation	Actual																
	Landslide Monitoring System	Plan																
	Landslide Monitoring System	Actual																
Training in Japan	Plan																	
	Actual																	
Terror      Travel Restriction under COVID-19																		
Activities		Jan-Mar	Apr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dec	Jan-Mar	Apr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dec	Jan-Mar	Apr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dec	Jan-Mar	Apr-Jun	Jul-Sep	Oct-Dec	
Output 1. Capacities to conduct hazard mapping and risk assessments are strengthened (Headed by Ms. Hasali Hemasinghe and Mr. Sandaruwan Karunaratne, LRRMO, NBRO)																		
1-1	Review existing manuals, and classification of sediment disasters, site-specific hazard and risk assessment methods, system and procedures about disaster record management and site-specific hazard and risk assessments	Plan																
	Review existing manuals, and classification of sediment disasters, site-specific hazard and risk assessment methods, system and procedures about disaster record management and site-specific hazard and risk assessments	Actual																
	Improve the system to manage sediment disaster records	Plan																
	Improve the system to manage sediment disaster records	Actual																
	Collect records on past sediment disasters and analyze the relationship between regional characteristics and rainfall pattern	Plan																
	Collect records on past sediment disasters and analyze the relationship between regional characteristics and rainfall pattern	Actual																
	Prepare draft manuals on hazard mapping and risk assessments based on the existing manuals of NBRO	Plan																
	Prepare draft manuals on hazard mapping and risk assessments based on the existing manuals of NBRO	Actual																
	Conduct site specific hazard and risk assessments at the pilot sites according to the draft manual	Plan																
	Conduct site specific hazard and risk assessments at the pilot sites according to the draft manual	Actual																
1-6	Conduct a flow path simulation to identify potential damage zones of debris flows and update hazard zonation maps	Plan																
	Conduct a flow path simulation to identify potential damage zones of debris flows and update hazard zonation maps	Actual																
1-7	Organize a working group at pilot sites and conduct a workshop to share the results of hazard and risk assessments	Plan																
	Organize a working group at pilot sites and conduct a workshop to share the results of hazard and risk assessments	Actual																
1-8	Finalize the above manuals based on lessons learned through 1-5, 1-6, 1-7 and conduct a workshop	Plan																
	Finalize the above manuals based on lessons learned through 1-5, 1-6, 1-7 and conduct a workshop	Actual																
1-9	Conduct site specific hazard and risk assessments in other areas and provide training based on the existing training system	Plan																
	Conduct site specific hazard and risk assessments in other areas and provide training based on the existing training system	Actual																
Output 2. Capacities to issue landslide early warning alerts are strengthened (Headed by Dr. Wasantha Senadeera, LRRMO, NBRO)																		
2-1	Review the systems and contents regarding issuance of risk information and early warning	Plan																
	Review the systems and contents regarding issuance of risk information and early warning	Actual																
	Explore rainfall criteria for early warning of sediment disasters, operate on trial basis and review the criteria if necessary.	Plan																
	Explore rainfall criteria for early warning of sediment disasters, operate on trial basis and review the criteria if necessary.	Actual																
	Draft a manual on early warning for sediment disaster based on the existing one	Plan																
	Draft a manual on early warning for sediment disaster based on the existing one	Actual																
	Strengthen warning and evacuation system at pilot sites according to the draft manual	Plan																
	Strengthen warning and evacuation system at pilot sites according to the draft manual	Actual																
	Organize a workshop on the warning and evacuation system at the pilot sites among relevant organizations	Plan																
	Organize a workshop on the warning and evacuation system at the pilot sites among relevant organizations	Actual																
2-6	Finalize the above manual based on lessons learned through 2-4 and 2-5, and conduct a workshop	Plan																
	Finalize the above manual based on lessons learned through 2-4 and 2-5, and conduct a workshop	Actual																
Output 3. Capacities to apply risk assessments of sediment disaster(s) to land use planning are strengthened (Headed by Mr. Dayan Munsasinghe, HSPD, NBRO)																		
3-1	Review land use planning/development regulation in Sri Lanka	Plan																
	Review land use planning/development regulation in Sri Lanka	Actual																
	Draft a guideline on land use planning/development standards	Plan																
	Draft a guideline on land use planning/development standards	Actual																
	Draft a land use plan/development standards at the pilot sites	Plan																
	Draft a land use plan/development standards at the pilot sites	Actual																
	Examine the above plans/development standards with working groups	Plan																
	Examine the above plans/development standards with working groups	Actual																
	Finalize the above guideline based on lessons learned through 3-3 and 3-4 and conduct a workshop	Plan																
	Finalize the above guideline based on lessons learned through 3-3 and 3-4 and conduct a workshop	Actual																
Duration/Phasing		Plan	[Timeline bar]															
Monitoring Plan		Year	2019				2020				2021				2022			
Monitoring	JCC	Plan																
	JCC	Actual																
	Development of detailed PO	Plan																
	Development of detailed PO	Actual																
Reports/Documents	Monitoring Sheet (biannual)	Plan																
	Monitoring Sheet (biannual)	Actual																
	Work Plan	Plan																
	Work Plan	Actual																
Final Report	Plan																	
	Actual																	

Handwritten signature and date: 17/2

## 供与機材・携行機材引渡リスト

スリランカ国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  
業務完了報告書

---

---



## CERTIFICATE OF HANDOVER

To: JICA Sri Lanka Office

Re: *Project for Capacity Strengthening on Development of Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction in Sri Lanka*

This certificate of handover is to certify that the equipment in the attached list, which had been utilized for the "*Project for Capacity Strengthening on Development of Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction in Sri Lanka*", have been handed over properly to *National Building Research Organisation*, as of September 15th, 2022.

Attached: List of Equipment

(Date) \_\_\_\_\_

(Signature) \_\_\_\_\_



Asiri Karunawardena  
Director General  
National Building Research Organisation

for witness

(Signature) \_\_\_\_\_



Toru Koike  
Team Leader  
Project for Capacity Strengthening on  
Development of Non-structural Measures  
for Landslide Risk Reduction in Sri Lanka

