

スリランカ民主社会主義共和国
国家建築研究所

スリランカ民主社会主義共和国
地すべり遠隔監視システム
普及・実証事業
業務完了報告書

令和2年7月
(2020年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社オサシ・テクノス

民連
JR
20-056

スリランカ民主社会主義共和国
国家建築研究所

スリランカ民主社会主義共和国
地すべり遠隔監視システム
普及・実証事業
業務完了報告書

令和2年7月
(2020年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社オサシ・テクノス

目次

巻頭写真 (1/3)	i
巻頭写真 (2/3)	ii
巻頭写真 (3/3)	iii
略語表	iv
地図	v
図表番号	vi
案件概要	viii
要約	ix
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	6
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	11
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	15
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	18
① 名称	18
② スペック（仕様）	18
③ 特徴	18
④ 国内外の販売実績	19
⑤ 価格	19
⑥ 提案機材の数量	19
⑦ 競合他社製品との比較	20
2. 普及・実証事業の概要	21
(1) 事業の目的	21
(2) 期待される成果	21
(3) 事業の実施方法・作業工程	22
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	23
(5) 事業実施体制	24
(6) 事業実施国政府機関の概要	26
3. 普及・実証事業の実績	30
(1) 活動項目毎の結果	30
(2) 事業目的の達成状況	48
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	50
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	51
① 協力企業や関連企業などへの波及効果・相乗効果	51

②	資材発注・業務委託費の増額による地域活性化	52
③	国内の雇用創出	52
(5)	環境社会配慮（※）	52
(6)	ジェンダー配慮（※）	52
(7)	貧困削減（※）	52
(8)	事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	52
(9)	今後の課題と対応策	53
4.	本事業実施後のビジネス展開計画	54
(1)	今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	54
①	マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）	54
②	ビジネス展開の仕組み	54
③	想定されるビジネス展開の計画・スケジュール	54
④	ビジネス展開可能性の評価	54
(2)	想定されるリスクと対応	54
(3)	普及・実証において検討した事業化による開発効果	55
(4)	本事業から得られた教訓と提言	55
①	今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓	55
②	JICA や政府関係機関に向けた提言	55
5.	参考文献	56
6.	添付資料	56

巻頭写真 (1/3)



高知県防災セミナープレゼン in Sri Lanka
2017年11月



NBRO アシリ所長 事業実施計画説明
2017年11月



ラトナプラ県・機材設置完了
2018年6月



Road Development Authority 訪問
2018年6月



ディヤニラ県・ボーリング状況
2018年9月



NBRO 早期警報・警戒基準の研修
2018年9月

巻頭写真 (2/3)



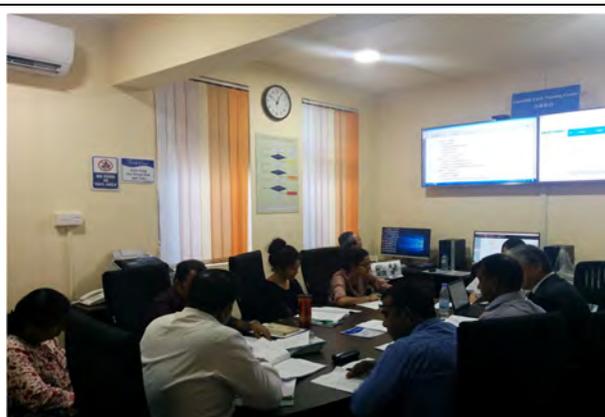
ディヤニラ県・警報設定・電池交換メンテナンス
2019年4月



ディヤニラ県・地区への避難警報説明会
2019年4月



ディヤニラ県・地区の警報サイレン・ランプ確認
2019年4月



NBRO 警報発出、メンテナンスマニュアル研修
2019年4月

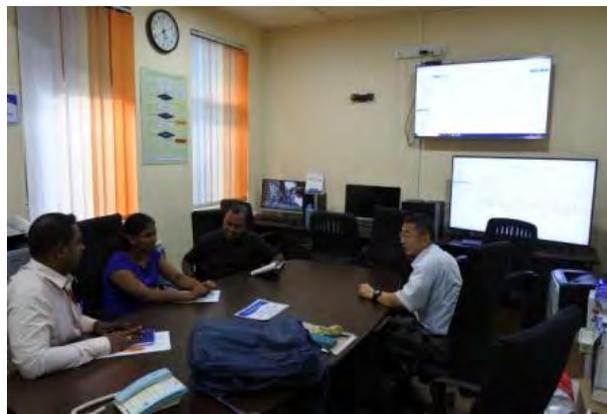


ファイナルセミナー
2019年4月



観測機材・ハンドオーバー
2019年4月

巻頭写真 (3/3)



NBRO EWC システム改良打ち合わせ
2019 年 12 月



ラトナプラ県・プロジェクトボードの設置完了
2019 年 12 月



ヌワラエリヤ・伸縮計バッテリー交換指導
2019 年 12 月



ヌワラエリヤ・コミュニティ向け簡易雨量計
2019 年 12 月



ワラパネ幹線道路の岩盤表層崩壊現場視察
2019 年 12 月

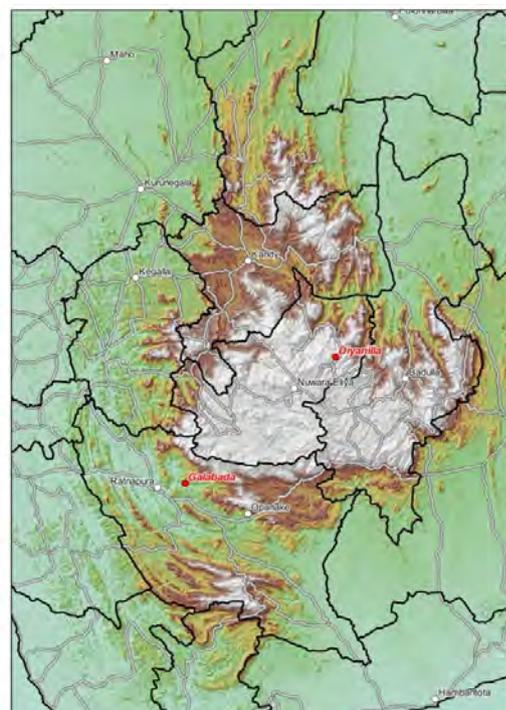
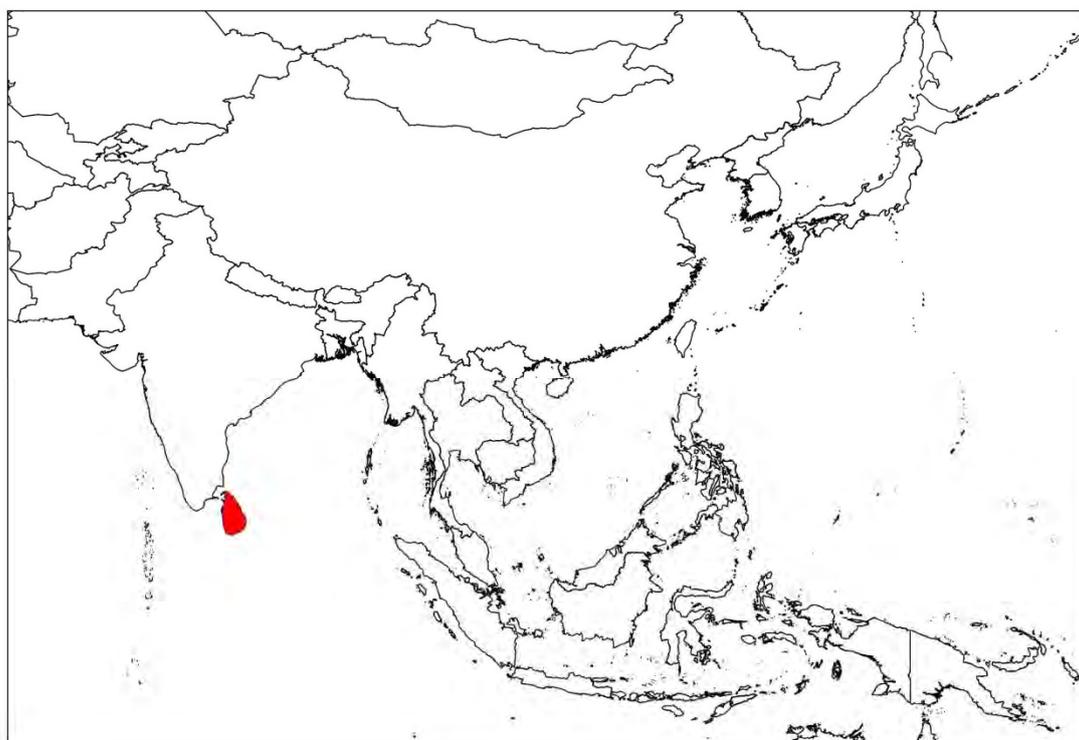


ヌワラエリヤ・コミュニティ防災活動(避難看板)
2019 年 12 月

略語表

ADRC	アジア防災センターAsian Disaster Reduction Center
C/P	カウンターパート Counterpart
DMC	防災管理センター Disaster Management Centre
DOM	気象局 Department of Meteorology
EWS	早期警戒警報システム Early Warning System
JICA	国際協力機構 Japan International Cooperation Agency
LDPP	国道土砂災害対策事業 Landslide Disaster Prevention Project
LRRMD	地すべり調査・危険管理部 Landslide Research and Risk Management Division
LRMS	地すべり遠隔監視システム Landslide Remote Monitoring System
MDM	災害管理省 Ministry of Disaster Management
NBRO	国家建築研究所 National Building Research Organisation
NDRC	国家災害救援センター National Disaster Relief Center
NEXI	日本貿易保険 Nippon Export and Investment Insurance
NETIS	新技術情報提供システム New Technology Information System
RDA	道路開発局 Road Development Authority
TCLMP	土砂災害対策能力強化プロジェクト Technical Cooperation for Landslide Mitigation Project
UAV	無人航空機 Unmanned Aerial Vehicle

地図



対象位置図

(出典:スリランカ国測量局から入手した資料を基に調査団作成)

図表番号

図 1-1	平均年降水量と降水パターン	7
図 1-2	スリランカにおける災害種別死者数（1981 年～2014 年）	8
図 1-3	2006 年～2015 年における災害種別ごとの救援事業費の推移	8
図 1-4	災害管理省の組織図	12
図 1-5	国家建築研究所（NBRO）組織図	14
図 1-6	提案システム概要	18
図 1-7	日本国内における価格比較	20
図 2-1	作業工程表	22
図 2-2	要員計画表	23
図 2-3	プロジェクトの実施体制	25
図 2-4	災害管理省の組織図	26
図 2-5	NBRO の財務状況（歳入）	27
図 2-6	財務諸表	28
図 3-1	使用した UAV 機材	30
図 3-2	UAV 空撮測量結果 ラトナプラ県ガラバダ	31
図 3-3	UAV 空撮測量結果 ヌワラエリヤ県ディヤニラ	32
図 3-4	GALABADA における現地確認	33
図 3-5	機材設置位置図（ラトナプラ県 GALABADA）	34
図 3-6	DIYANILLA の現地状況	35
図 3-7	機材設置位置図（ヌワラエリヤ県 DIYANILLA）	35
図 3-8	ボーリング掘削	38
図 3-9	観測機材の設置状況	39
図 3-10	地すべり遠隔監視システム稼働状況	40
図 3-11	ワークショップの開催状況	43
図 3-12	GALABADA における住民説明会（2018 年 3 月）	44
図 3-13	DIYANILLA における住民説明会（2019 年 4 月）	44
図 3-14	地すべり遠隔監視システム設置・運用・維持管理・早期警戒警報マニュアル	45
図 3-15	地すべり遠隔監視システム設置・運用・維持管理マニュアル」の研修	46
図 3-16	スリランカ RAILWAY へ EWS 提案（概略設置計画）	47
図 3-17	HALI ELA 優先現場 EWS 提案（概略設置計画）	47
図 3-18	ファイナルセミナー開催状況	47
図 3-19	ファイナルセミナーでのアンケート内容	48
図 3-20	スリランカ国の環境分野における投資計画	48
図 3-21	スリランカ国の環境分野における投資計画詳細	48
図 4-1	スリランカ国でのビジネスモデル	54
図 4-2	ビジネス展開のスケジュール	54
図 4-3	売上計画	54

表 1-1	スリランカ国の人口推移	4
表 1-2	業種別スリランカ進出企業一覧	5
表 1-3	スリランカの経済指標	6
表 1-4	土砂災害分野における主要な課題と問題点	9
表 1-5	スリランカ防災関連法規及び計画	12
表 1-6	スリランカにおける災害種類	13
表 1-7	土砂災害分野における ODA 事業	15
表 1-8	機材の特徴	18
表 1-9	国内外の販売実績	19
表 1-10	パイロットサイトに設置した観測機材	19
表 1-11	他社の同様サービスとの比較	20
表 2-1	機材納入リスト	24
表 2-2	事業実施国政府機関側の投入	24
表 2-3	カウンターパートの機関情報	26
表 2-4	NBR0 の人員体制	29
表 3-1	機材設置に関する現地再委託数量表	37
表 3-2	サーバー関係の現地調達機材一覧	39
表 3-3	動作確認の概要	40
表 3-4	改善項目と実施期間	41
表 3-5	効果確認	41
表 3-6	土砂災害早期警戒の基準値	41
表 3-7	LRMS による警戒・避難基準の設定値	42
表 3-8	ワークショップのプレゼン演目と担当	43
表 3-9	維持管理担当者	47
表 3-10	ファイナルセミナー式次第	47
表 3-11	事業目的の達成状況	48
表 3-12	開発課題解決の観点から見た貢献度	50
表 3-13	本事業における国内での波及効果・相乗効果	51
表 4-1	2014 年以前（案件化調査前）の海外向け観測機器販売実績	54

スリランカ国

地すべり遠隔監視システム普及・実証事業
株式会社オサシ・テクノス(高知県)



要約

I. 提案事業の概要	
案件名	和文：地すべり遠隔監視システム普及・実証事業 英文：Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Landslide Remote Monitoring System
事業実施地	スリランカ国ラトナプラ県及びヌワラエリア県
相手国 政府関係機関	和名：国家建築研究所 英名：National Building Research Organisation
事業実施期間	2017年11月～2020年5月
契約金額	99,883,000円（税込）
事業の目的	土砂災害に対する脆弱性の軽減に資するため、地すべり遠隔監視システムの有用性及び優位性が実証されるとともに、地すべり遠隔監視システムを普及させるための方法と課題が整理される。
事業の実施方針	<p>(1) 事業の基本方針</p> <p>① スリランカの社会問題解決と製品普及の両立</p> <p>普及・実証事業を通して、当該国で課題となっている土砂災害を事前に察知する技術を移転し、本提案製品の有効性を実証することで、販路拡大に向けたビジネスモデル構築に取り組む。</p> <p>② 事業の柔軟性の確保</p> <p>対象国における提案製品・技術の実証及び普及を目的とする本事業では、事業開始後の実証状況や本事業を取り巻く環境の変化によって、活動内容を柔軟に変更していくことが必要となる。この主旨を踏まえ、受注者は、本事業の全体の進捗、実証及び普及成果の発現状況を把握し、必要に応じ本事業の方向性について、適宜 JICA に提言を行うことが求められる。JICA は、これらの提言について遅延なく検討し、必要な処置（契約の変更等）を取ることをとする。</p> <p>③ 活動 2-4 について</p> <p>地域住民を巻き込む活動となるため、活動前に C/P 機関と共に地域住民に十分な説明を行う。</p> <p>④ 地すべりが実際に起こった場合の責任の所在について</p> <p>本事業中に地すべりが実際に発生した場合の人的・物的被害については、カウンターパート（C/P）が全ての責任を負うこととする。</p> <p>(2) 期待される成果</p> <p>成果 1：パイロットサイトにおける地すべり遠隔監視システムの設置、稼働により、同システムが正常に動作することが確認される。</p>

成果 2：C/P によるパイロットサイトの地すべり遠隔監視が可能となり、警報・避難訓練により、地すべり災害の減災に対する有用性が確認される。

成果 3：C/P によるパイロットサイトにおける地すべり遠隔監視システムの維持管理体制が構築される。

成果 4：地すべり遠隔監視システムの普及に向けた方策が NBRO に提言されるとともに、地すべり遠隔監視システムの普及に向けた事業展開計画が策定される。

(3) 活動内容

1-1 パイロットサイトの現地測量を実施して、観測機材の設置計画（ボーリングを含む）を作成する。

1-2 パイロットサイトに適合できるように地すべり遠隔監視システムを改造し、自社日本工場で製造した上で現地へ空送する。

1-3 パイロットサイトで設置計画に従って観測機材（ボーリング含む）を設置し、NBRO 事務所内にサーバーを設置する。

1-4 パイロットサイトにおけるシステムの設置・稼働の実証項目チェックリストを作成し、C/P と協働で動作確認を行う。

1-5 （追加活動）

システムを改善し、現地適合性を高める。

2-1 NBRO による電波使用申請及び許認可取得に必要な手続きを支援する。

2-2 パイロットサイトの観測データに基づく、警戒・避難基準の設定等に係る「地すべり早期警報発出マニュアル案」を C/P と協働で作成する。

2-3 「地すべり早期警報発出マニュアル」の研修を NBRO 担当者向けに行う。

2-4 パイロットサイトで地すべりが発生したと仮定して早期警報を発出し、実際に住民が避難できるか確認する。

3-1 「地すべり遠隔監視システム設置・運用・維持管理マニュアル案」を C/P と協働で作成する。

3-2 「地すべり遠隔監視システム設置・運用・維持管理マニュアル」の研修を NBRO 担当者向けに行う。

3-3 地すべり遠隔監視システムの故障・トラブル時の対応方法を C/P と共同で整理・確認、同システムの維持管理体制を整備する。

4-1 NBRO の「地すべり遠隔監視システムの展開計画案」を NBRO と共同で作成する。

4-2 C/P 及び関係機関向けに普及・実証事業のファイナルセミナーを開催する。

4-3 スリランカ国における防災予算調査及び地すべり以外の分野への実証された遠隔監視システムの適用可能性、市場調査を行う。

	<p>4-4 模造品リスク対策のための知財関係調査を行う。</p> <p>4-5 パイロットサイトの地すべり遠隔監視システムと同規模な他社製品・システムの信頼性・機能・価格を調査して、比較優位性を確認する。</p>
実績	<p>【要約】</p> <p>(1) 実証・普及活動</p> <p>① システム稼働と監視体制の整備</p> <p>2箇所のパイロットサイトにおいて、UAVを使った空撮測量と地形解析に基づき、観測機材の設置計画を策定した。また、C/Pの協力により電波使用許可、地権者同意、周辺住民の承諾を得て円滑に全ての観測機材を設置して稼働させた。NBRO事務所にはシステム専用のサーバーを設置し、C/P側が新規のインターネット接続及びデータSIMカード契約を行い、パイロットサイトの地すべりデータを事務所でリアルタイムに監視できる体制が整備された。</p> <p>② 事業実施国政府機関との協議状況</p> <p>地すべり警報発出のための基準設定に関するセミナーを開催し、日本における警戒・避難に係る基準等を紹介し、C/Pとの協議によって、観測データに基づく警報基準の策定と警報発出マニュアル研修を実施した。また、地区住民への警報避難の説明会を実施した。本件事業のファイナルセミナーは関係者を招いて開催し、併せて機材のハンドオーバーを完了した。</p> <p>(2) ビジネス展開計画</p> <p>C/P機関以外の公共機関を訪問し、他分野における提案システムの適用可能性を確認するとともに、現地パートナーとなりうる民間企業を訪問し協力体制や現地習慣等について協議を行った。</p>
課題	<p>(1) 実証・普及活動</p> <p>システムの管理責任者に選任したNBRO現地スタッフの定期的な巡回点検による維持管理を励行させることとしており、渡航時は、現地NBRO職員と共に、観測機器設置ポイントを周り、草刈や電池交換等のメンテナンス方法を伝えて周った。習慣化するには時間がかかることが予測されるため、定期的な声掛けをするなどして定期メンテナンスの重要性を伝えて行く。</p> <p>(2) ビジネス展開計画</p> <p>システムの普及のため、C/Pが将来設置したい個所のマップの提供を待っている。マップを利用して展開計画を策定する予定である。</p>
事業後の展開	<p>スリランカ国内では毎年のように土砂災害が発生しており、マーケットとしては確実に存在している。事業展開としてはスリランカ国単独の予算だけでなく世界銀行などのドナーの資金も視野に入れ、パートナーの協力を得て入札に参加していく。</p>

II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社オサシ・テクノス
企業所在地	高知県高知市
設立年月日	1972年6月10日
業種	製造業
主要事業・製品	防災関連の計測機器及びモニタリングシステム
資本金	35,000千円(2017年9月時点)
売上高	9.3億円
従業員数	64名

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

1) 対象国の概要

スリランカは、1948年の独立以来、民主的な選挙により政権交代が行われている民主主義国であり、経済政策においても市場経済に対応すべく経済構造改革への努力を進めてきている。特に2010年1月に再選されたラージャパクサ前大統領は安定した政権運営を行っており、同大統領の強いイニシアティブの下、大統領公約である「マヒンダ構想」に基づき、現在スリランカ政府は、地方経済活性化、市場経済発展、貧困削減、財政改革等に努めてきた。

スリランカ経済は、伝統的に米と三大プランテーション作物（紅茶、ゴム、ココナッツ）を中心とした農業に依存する形態であったが、繊維産業等の工業化や産業の多角化に努め、1990年代には、年平均約5%の経済成長率を維持した。2004年末にはスマトラ島沖地震による津波が発生し、この災害による人的被害は甚大であったがスリランカ経済への影響は限定的であった。津波被災後は、再建に向けて建設部門を中心に投資が活発化したこと等により、2007年の実質国内総生産（Gross Domestic Product、以下GDP）成長率は6.8%を記録した。2008年及び2009年には金融危機等の影響により経済は一時低迷し国際通貨基金（International Monetary Fund、以下IMF）の支援が行われたものの、2009年5月の内戦終結に伴う復興需要等によって2010年の実質GDP成長率は8%となり、IMFプログラムも着実に実施されている。¹

自然環境は、季節風であるモンスーンの影響を強く受ける島国である特質から、豪雨による災害が頻発している。また、国土面積の2割、総人口の3割を占める中央部の山岳・丘陵地域では、急速な開墾・開発と脆弱な地質特性および地形条件から、急傾斜地の崩壊や地すべり等による土砂災害が頻発している。特に中部州の山岳地域では、潜在的に地すべり、斜面崩壊が起こりやすく、豪雨時には大きな土砂災害が発生し、1981年～2014年の間に地すべり災害で798人の人命が失われ、財産やインフラの被害と国土開発に対する損害は甚大であった。2016年5月には、24時間降雨量が300mmを超える豪雨によってケゴール県アラヤナカ地区において山腹斜面が崩壊し、崩壊土砂が下流へ泥流化し斜面内部および下方集落の257世帯が被災、死者31人、不明者96人の大規模な土砂災害が発生した。

災害多発国である当該国は、2004年のインド洋大津波を契機として災害管理省（Ministry of Disaster Management、以下MDM）をはじめとする、防災関連機関の強化に努めており、2006年には国家開発政策枠組みである「マヒンダ構想（Mahinda Chinthana）」が策定（2010年改定）され、防災の文化を醸成することが防災管理政策の柱とされた。また、2005年に策定された今後10年間の防災ロードマップ（Toward a Safer Sri Lanka, Road Map for

¹ 外務省ホームページ、スリランカ基礎データ

Disaster Risk Management (2006年4月改訂)では、①政策、各実施機関の役割、②脆弱性リスクアセスメント、③津波及び総合的早期警戒システム、④予防と対策、⑤開発計画における災害リスク軽減・緩和、⑥コミュニティ防災、⑦啓発活動の7項目を定め、各セクションでプログラムが進められている状況である。この様に、スリランカ政府は防災対策を政府の重要な政策課題として位置付けており、喫緊の開発課題の一つになっている。

本普及・実証事業では、中央部の山岳・丘陵地域における土砂災害の一つである2か所の地すべり地をパイロットサイトとして、リアルタイムに遠隔監視できるシステムを導入して実証・普及を図る。本システムが導入されれば、地すべり災害危険地域の周辺住民に早期に警報を発出することが可能となり、人的被害の最小限化が見込めるほか、周辺住民の防災意識の醸成を促すことが期待される。また、C/PであるNBROは、本システムの運用を通じて、降雨量と地すべり動態に関するリアルタイムデータを監視することで防災能力の強化に資することが期待できる。

2) 政治

スリランカでは、1983年以降25年以上にわたり、スリランカ北・東部を中心に居住する少数派タミル人の反政府武装勢力である「タミル・イーラム解放の虎 (Liberation Tigers of Tamil Eelam、以下LTTE)」が、北・東部の分離独立を目指して活動し、政府側との間で内戦状態であったが、2009年5月に政府軍がLTTEを制圧し内戦が終結した。内戦終結後、ラージャパクサ大統領は任期を2年残し、大統領選挙の繰り上げ実施を決定。2010年1月に大統領選挙が実施され、同大統領が再選された。その後、同年4月に総選挙が実施され、同大統領率いるスリランカ自由党 (Sri Lanka Freedom Party、以下SLFP) を中核とする与党統一人民自由同盟 (United People's Freedom Alliance、以下UPFA) が過半数を大きく上回る144議席を獲得して、引き続き政権運営にあたることとなった。2010年11月、ラージャパクサ大統領は2期目の任期を開始した。2014年、再びラージャパクサ大統領は大統領選挙の繰り上げ実施を決定し、2015年1月に大統領選挙が実施された。前保健相でもあるシリセーナ野党統一候補がラージャパクサ大統領を破り当選し、シリセーナ大統領は、統一国民党 (United National Party、以下UNP) と政権樹立、ウィクラマシンハ UNP 総裁が首相に就任した。2015年8月、総選挙が実施され UNP が勝利し、単独過半数には達しなかったが、第二党のSLFPと大連立を形成し、ウィクラマシンハ首相に再任された。2009年5月に26年に及ぶ内戦が終結して以降、治安は安定し、内戦後の復興、国民和解の実現が課題となっている。²

日本との2国間関係について、1952年の国交樹立以来、日本とスリランカの間には、特に大きな政治的懸案もなく、貿易、経済・技術協力を中心に良好な関係が続いている。2014年には日本の総理大臣として24年ぶりに安倍総理がスリランカを訪問した。また2015年10月には、ウィクラマシンハ首相訪日に際し、安倍総理大臣との首脳会談後に「包括的パートナーシップに関する共同宣言」(PDF)が発出された。その中で両首脳は、両国間のパートナーシップの強化が両国の繁栄のみならず、太平洋・インド洋地域の繁栄に貢献す

² 外務省スリランカ国別評価調査 (2008年3月)

ることを再確認し、スリランカの経済成長及び開発の重要性を鑑み、①投資・貿易促進、②スリランカ国家開発計画に係る協力、③国民和解・平和構築におけるイニシアティブを推進することに特に注力していくことで一致した。³

また、2016年5月にはシリセーナ大統領訪日に際し、安倍総理大臣との首脳会談後に、共同で「メディア・ステートメント」を発出した。更に、2017年4月にもウィクラマシンハ首相が訪日し、安倍総理大臣との首脳会談後に共同声明「包括的パートナーシップの深化・拡大」を発出した。日本は2002年の停戦合意以降、明石康・元国連事務次長を「スリランカにおける平和構築及び復興・復旧担当政府代表」に任命し、スリランカ和平に積極的に関与した。2009年5月の内戦終結後も、2015年10月及び2016年1月に野口元朗最高裁検事長検事を和解プロセスに対する日本の貢献の一貫としてスリランカに派遣するなど、継続して平和構築を支援している。また、和解プロセスのより一層の進展を求めるとの内容の国連人権理決議が2015年10月に採択され、スリランカが同決議の共同提案国となった際、日本も同姿勢への支持を示すべく、共同提案国に名を連ねた。

3) 社会状況

2014年現在、スリランカの人口は約2,067万人で、人口密度は1平方メートル当たり約330人である。国内では西海岸の人口密度が高く、特に首都周辺に人口が集中している。スリランカは社会福祉制度が整っている国として知られており、医療の無償化、小学校から大学までの無償教育制度の導入、9年間の義務教育の適用など、経済成長よりも社会福祉政策に力を入れてきた。そのため、国民の識字率は約95%で、開発途上国としては極めて高い水準である。人間開発指数（Human Development Index、以下HDI）は0.75と高く、世界の187カ国の中で73位になっている。その他、コンピュータ識字率は35%、小学校への進学率は98.5%と高い。2014年には、教育と医療セクターに対する政府支出はそれぞれ国内総生産の1.9%と1.4%に相当する額であった。経済的不平等を表すジニ係数は2010年度の0.36から2014年時点では0.48と上昇しており、貧富の差がかなり拡大していることを示唆している。ただし、貧困率は2007年度の15.2%から6.7%まで減少した。

スリランカでは近年の人口増加傾向に加え、山岳・丘陵地域における開発行為の拡大による自然災害に対するリスクの増大が懸念されている。表1-1に各県の人口推移を示す。表中、これまで地すべり等の土砂災害が多く発生したリスクの高い県において、人口が増加しており、これに対して政府は道路の雨水排水溝や斜面への擁壁設置等の構造物及び地区のコミュニティを単位とした防災啓蒙活動による非構造物対策の両面から災害リスクの軽減を進めている。

³ 外務省ホームページ、スリランカ基礎データ

表 1-1 スリランカ国の人口推移

District	Population			Increase and Decrease		
	1981	2001	2012	1981-2001	1981-2012	2001-2012
Colombo	1,675,847	2,239,696	2,323,826	563,849	647,979	84,130
Gampaha	1,367,813	2,060,470	2,298,588	692,657	930,775	238,118
Kalutara	823,964	1,065,635	1,214,588	241,671	390,624	148,953
Kandy	1,032,335	1,276,202	1,368,216	243,867	335,881	92,014
Matale	352,860	439,031	482,348	86,171	129,488	43,317
Nuwara Eliya	583,716	702,689	706,210	118,973	122,494	3,521
Galle	805,403	989,769	1,059,046	184,366	253,643	69,277
Matara	642,235	760,990	810,703	118,755	168,468	49,713
Hambantota	421,277	525,913	595,877	104,636	174,600	69,964
Jaffna	734,474	-	583,071	-	-151,403	-
Mannar	105,276	-	99,063	-	-6,213	-
Vavuniya	93,694	-	172,789	-	79,095	-
Mullaivu	73,886	-	92,228	-	18,342	-
Kilinochchi	90,778	-	112,872	-	22,094	-
Batticaloa	329,343	-	525,186	-	195,843	-
Ampara	383,275	592,596	645,825	209,321	262,550	53,229
Trincomalee	250,771	-	376,366	-	125,595	-
Kurunegala	1,198,795	1,458,385	1,611,407	259,590	412,612	153,022
Puttalam	485,619	709,002	760,778	223,383	275,159	51,776
Anuradhapura	575,546	742,535	855,562	166,989	280,016	113,027
Polonnaruwa	253,411	358,804	403,859	105,393	150,448	45,055
Badulla	620,839	778,422	811,225	157,583	190,386	32,803
Monaragala	269,684	396,521	448,194	126,837	178,510	51,673
Ratnapura	779,927	1,016,221	1,082,299	236,294	302,372	66,078
Kegalle	678,456	784,371	837,179	105,915	158,723	52,808
Total	14,846,274	18,797,257	20,277,597	3,950,983	5,431,323	1,480,340

：土砂災害のリスクが高い山岳・丘陵地域

出典：Census of Population and Housing 2011 (Department of Census and Statistics, 2012)に調査団

加筆

4) 経済状況

スリランカ中央銀行「Annual Report 2014」によると、1人当たり GDP は 3,625 米ドル、実質 GDP 成長率は 7.4%となっている。インド市場へのアクセスも踏まえ更なる経済成長の潜在性を秘める。経済の拡大を受け、雇用機会は拡大し、失業率は 2014 年に 4.3%と低水準である。インフレ率は一桁台に留まっており、2014 年は 3.3%に減速した。輸出は 7.1%増となり二年連続で 100 億ドルを上回った。輸入は 7.8%増となり、この結果、貿易収支の赤字幅は拡大した。外貨準備高は 2014 年末 82 億ドルであり、平均月間輸入額の 5.1 か月分と増加している。また、海外からの観光客数は治安の改善を受けて改善しており、2014 年は三年連続で 100 万人を上回った。

スリランカは、経済基盤の未整備に加え、社会サービスの質の向上及び自然災害の発生、並びに約 26 年にわたる国内紛争の影響を受けた地域を含む後発開発地域の開発等が課題と

なっている。同国の課題克服に向けた我が国の経済協力及び支援は、同国の経済成長の促進、現地に進出している我が国企業の活動環境の改善及び、紛争後の同国の国民和解に向けた取り組みの促進に貢献し、南アジア地域全体の民主主義の定着と安定に大きく寄与すると共に、海上輸送路の安定にも貢献するという観点から意義がある。

表 1-2 業種別スリランカ進出企業一覧

業種	企業名		
製造 (24社)	コロombo・ボドックヤード	D&O インターナショナル	Jagreen
	Lanka Ecom	ランカ・ナイガイ	マスプロ・ランカ
	MIC ランカ	Mogami Steel Tech	メタテクノ・ランカ
	東京セメント	トロピカル・ファンディン	オカヤ・ランカ
	コロombo・パワー	FDK ランカ	Sato Chemifa Lanka
	ランカ・ハーネス	ランカ・プレジジョン	ワカキ・ランカ
	MIRRAI	ノリタケ・ランカ・ポーセレン	YKK ランカ
	トスランカ	ウスイ・ランカ	Inoac Polymer Lanka
建設 (20社)	大豊建設	DAIMEI SLK	DPM コンサルティング
	熊谷組	栗本鐵工所	前田建設工業
	五洋建設	SANKEN CONSTRUCTION	Shin Nippon Lanka (新日本空調)
	電源開発	きんでん	大成建設
	日本工営	NJS コンサルタンツ	東亜建設工業
	KITANO LANKA	若築建設	W. K. K. ランカ (ワールド開発工業)
	オリエンタル・コンサルタンツ	KATAHIRA & ENGINEERS	
商社・ サービス (20社)	伊藤忠商事	三菱商事	三井物産
	NHS INTERNATIONAL	Bansei Royal Resorts	ロート製薬
	日本ばし	Jalanka International	World Lanka Tours
	ランカ・トップ(銀座芳せん)	シャンティ・ランカ	Srieko Holidays
	New World Securities	IDEAL Finance	Yusen Logistics & Kusuvara
	Kaihatsu Management	Expolanka International	豊田通商
	トヨタ・ランカ	東西交易	

スリランカでは、2015年に二つの国政選挙（大統領選挙と国会総選挙）があり、2015年のスリランカ経済は建設分野を中心に活動がやや低調気味であった。JETROの世界貿易投資報告による2016年～2018年までの経済指標を表1-3に示す。2018年の実質GDP成長率は3.2%と、2017年の3.4%から減速し、1989年以降では初めて2年連続で4%を下回る結果となった。景気低迷の主な理由として、建設業および鉱業の減速による鉱工業の不調が挙げられる。2018年10月26日、シリセーナ大統領はウィクラマシンハ首相を突如解任し、ラージャパクサ前大統領を新首相に任命した。これに対し国会は新首相への不信任案

を可決したため、シリセーナ大統領は同年11月に国会解散を表明した。しかし、最高裁判所は12月に入り、大統領による新首相任命と国会議員の賛成なき国会解散という独裁的な一連の決定を全て違憲とする判決を下し、政治混乱は終息した。2018年10月末から約50日間にわたる政治混乱は経済に大きな影響を及ぼした。スリランカ・ルピーは売りが加速し、対ドルベースでは2017年の期中平均比で最大20%安となった(1ドル=183スリランカ・ルピー)。

表 1-3 スリランカの経済指標

	2016年	2017年	2018年 ^①
①人口：2,167万人(2018年)			
②面積：6万5,610km ²			
③1人当たりGDP：4,102米ドル (2018年)			
④実質GDP成長率(%)	4.5	3.4	3.2 ^②
⑤消費者物価上昇率(%)	4.0	7.7	2.1 ^②
⑥失業率(%)	4.4	4.2	4.4 ^②
⑦貿易収支(100万米ドル)	△8,873	△9,619	△10,343 ^②
⑧経常収支(100万米ドル)	△1,742	△2,309	△2,814 ^②
⑨外貨準備高(グロス) (100万米ドル) ^③	6,019	7,959	6,919 ^②
⑩対外債務残高(グロス) (100万米ドル) ^④	46,418	51,604	52,310 ^②
⑪為替レート(1米ドルにつき、 スリランカ・ルピー・期中平均) ^⑤	145.6	152.5	162.5 ^②

(注) 2018年は暫定値、②：通関ベース
 [出所] ①～③：スリランカ中央銀行「Annual Report 2018」、④：スリランカ中央銀行「Reserve Data Template - Historical」、⑤：スリランカ中央銀行「Quarterly External Debt Statistics as at End Quarter (2012 4Q to Latest)」

2019年4月21日、スリランカの最大都市コロンボを始めとする国内8カ所で、同時爆破テロが発生した。スリランカは、世界的に有名な観光情報誌「ロンリープラネット」で「2019年に行くべき国ランキング」の1位に選出されるなど、近年右肩上がりで見込める観光客が増大しており、2018年の観光客数は前年比10.3%増の233万人となった。観光業は財政難に苦しむ同国の貴重な外貨獲得産業であったが、教会と五つ星ホテルを現場にキリスト教徒と外国人をターゲットにしたテロの衝撃は大きく、観光業への打撃は不可避となった。また、テロを契機に、多数派のシンハラ人(仏教徒)がムスリム製品不買運動を起こしており、宗教間の緊張が高まっている。宗教対立により隣国パキスタンとの貿易が停滞するなど、観光業のみならず経済全体にマイナスの影響を与えている。

2019年の経済の見通しは同時爆破テロの影響もあり、2019年5月に中央銀行総裁が同年の成長率を、それまでの4%の予想から3%かそれ以下と下方修正するなど、経済の先行きに不透明感が漂っている。

② 対象分野における開発課題

1) スリランカの自然災害

スリランカでは、国土の地理的条件や気候変動の影響を受け豪雨による、土砂災害(地すべり、崩壊、土石流)、洪水、落雷等の自然災害が発生し、人命やインフラ損壊等の経済損失が国の開発を阻害している。

スリランカ国の国土面積は約65,000km²、島中央部は2,000m級の山岳地帯で、その山麓には1,000m程度の高地が広がる。北部・東部には比較的広い平野部が広がっている。次に平均年降水量と代表地点の降水パターンを示す。南西モンスーンの影響で南西部の総雨

量が多く、南西部の山間部の一部では年 6,000mm を超える。また、その他の山間部や東部も概ね 1,500mm を超える年降水量であるが、北部や南部の一部に 1,000mm を下回る地域も存在する。特に、北部の平原地帯は降水量が少ない地域が広く分布している⁴。スリランカの降水パターンは、地形条件とモンスーンによって主に支配されており、年間を通じて 4 つの季節降水パターンに大別される⁵。

- ・第 1 インターモンスーン期 (3 月、4 月)
- ・南西モンスーン期 (5 月～9 月)
- ・第 2 インターモンスーン期 (10 月、11 月)
- ・北東モンスーン期 (12 月～2 月)

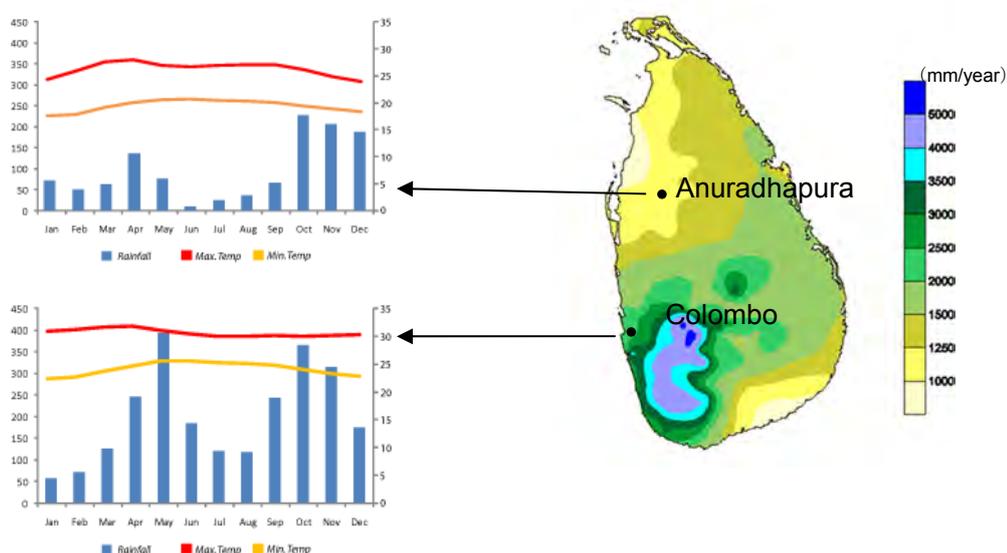


図 1-1 平均年降水量と降水パターン

出典：スリランカ気象局 HP より

http://www.meteo.gov.lk/index.php?option=com_content&view=article&id=94&Itemid=310&lang=en

コロンボの年間を通じて見ると 5 月と 10 月のモンスーン期の降水量が多い。特に表 1-1 に示した山岳・丘陵地域は、脆弱な地質特性、急峻な地形条件のために斜面崩壊や潜在的に地すべりが起こりやすい地域であり、豪雨により土砂災害が頻発し多くの人命が失われている。スリランカにおける過去の自然災害種別死者数 (1984～2014 年) を下図に示す。図に示す通り自然災害の内、地すべり (Landslide) は全体の 41% を占め最も多く、特に地すべり災害では 798 人も多くの人命が失われた。

⁴ Department of Meteorology, Government of Sri Lanka, HP

⁵ 気象観測・予測・伝達能力向上プロジェクト JICA ブリーフノート

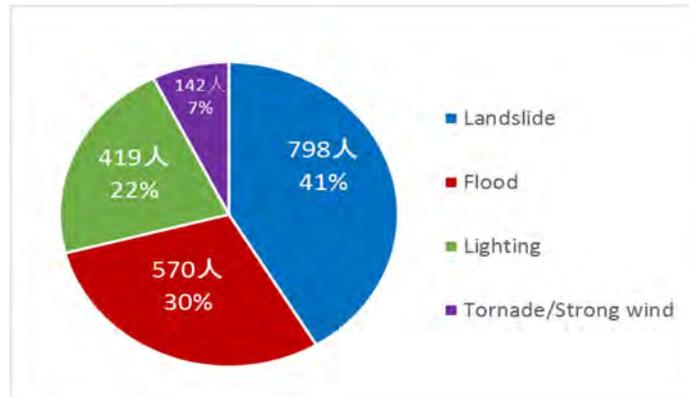


図 1-2 スリランカにおける災害種別死者数（1981 年～2014 年）

出典：Disaster Information Management System in Sri Lanka に調査団加筆

一方、インフラ等の被害損失額を見ると、スリランカでは年次ごとの災害被害額やインフラ等の復興事業費の統計資料は無いものの、国家災害救援サービスセンター（National Disaster Rescue Service Center 以下 NDRSC）では、災害時の緊急救援費（食料や避難キャンプの提供）や被災家屋復旧費に関するデータを保有しており、同データベースから作成した各年の災害種別の援助事業費の推移を下図に示す。

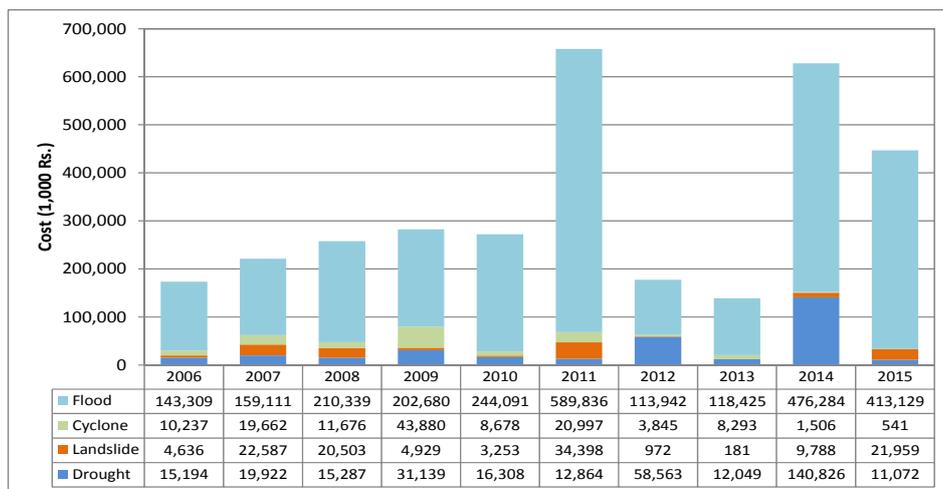


図 1-3 2006 年～2015 年における災害種別ごとの救援事業費の推移

出典：スリランカ国防災セクター情報収集・確認調査業務完了報告書要約

いずれの年においても洪水に対する救援費が多くなっており、このような状況は洪水常襲地域（洪水リスクの高い地域）となる低平地や河川沿いに住む住民が、災害の度に繰り返し補償を受けていることが Sri Lanka Comprehensive Disaster Management Programme 2014-2018 内でも指摘されている。政府機関からの一時的な補償制度は災害時に有効ではあるものの不十分である。洪水、土砂災害はスリランカの人々の生命・財産および社会・経済開発にもたらした損害は甚大であり、自然災害に対する対策や復旧事業はスリランカの重要な開発課題となっている。

2) 土砂災害（地すべり）対策の課題

土砂災害対策は、MDM 傘下の C/P である NBRO が中心的機関であり、土砂災害にかかる早期警報、ハザードマップ作成、構造物・非構造物対策を実施している。NBRO の専門分野は広く、土砂災害のみならず、環境科学、居住計画、地質工学、建築材料工学に亘っている。NBRO は本部のほか、山岳地域の 9 県に県事務所を置いている。

スリランカ政府は、2004 年 12 月に発生したインド洋大津波を契機として新たに災害対策法を制定し、国家防災委員会、MDM、DMC を設立する等、積極的な災害対策に取り組み、防災対策を政策の重要課題として位置付けてきた。土砂災害はこれらの災害の中でもその対策の充実の必要性が高まっており、NBRO を通じて地すべりハザードマップ作成、丘陵地帯の土地利用及び開発規制、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、救助・災害復旧復興・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た。法制度面からも NBRO が土砂災害対策の計画・調査、設計、施工監理、モニタリングを行う主要機関として位置付けられている。⁶

NBRO は、比較的費用の掛からないハザードマップ整備等の非構造物対策を中心に実施してきたが、近年では社会的要請に基づき、構造物対策も手掛けるようになってきている。各ドナーからの援助を通じて NBRO 職員の地すべり観測機器等によるモニタリング能力は向上しているが、実績は未だ十分でなく、対策工の検討に必要な調査や設計、対策工事の施工監理等の土砂災害対策能力のさらなる向上は今後の重要な課題となっている。現状における土砂災害分野の主要な課題と問題点を下表に示す。

表 1-4 土砂災害分野における主要な課題と問題点

課題	問題点
土砂災害の増加	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動による集中豪雨の増加と、法規制のない開発行為や土地利用の変化による斜面の不安定化により、近年土砂災害の発生が急増している。 地すべり危険個所の住民への説明の不足、防災意識が希薄である。
リスク評価手法	<ul style="list-style-type: none"> 作成されているハザードマップにおいて、土砂災害は地すべり（Landslide）と一括して表記されており、本来は対策手法が異なる土砂災害の種類による区分（狭義の地すべり、落石・崩壊、土石流など）がなされていない。 ハザードマップの基図は、地形データや土地利用データと災害履歴、地すべり危険度が示されている。
早期警戒	<ul style="list-style-type: none"> 雨量計を用いた自動観測による自動雨量監視システムは、2014 年時点では 160 基が運用されているが、山岳地帯を未だカバーできていない。 建築研究所を始めとする災害に関する政府関係機関の連絡方法は、電話や FAX によるものが中心で、SMS も導入されているものの迅速な情報伝達、共有システムは不十分である。 地盤伸縮計や傾斜計による地すべり変位を監視する観測機材やその利用がなく、それらの遠隔監視システムはない。 .

⁶ JICA 事業事前評価表「スリランカ民主社会主義共和国・土砂災害対策強化プロジェクト」

課題	問題点
対策工	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土砂災害に対する対策工の実施実績が少なく、かつ限定的な対策にとどまっている。 ・ 土砂災害の設計、施工、維持管理に関する技術基準が存在せず、技術の体系化と共有がなされていない。
潜在的リスク	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今後の国道改良計画（道路拡幅）や、山岳地帯における開発行為の進行による、切土地すべり等の土砂災害の潜在リスクが存在している。

出典：JICA スリランカ防災プログラム情報収集・確認調査ファイナルレポート 2013年2月に加筆

2014年10月のコスランダ、2015年9月のコトマレ、2016年5月のアラナヤカで、豪雨による土砂災害（地すべり、崩壊、土石流）が発生した。特にアラナヤカで発生した災害では、死者89名、行方不明102名（2016年6月13日時点）の人命が失われ、多くの家屋も土砂に埋もれ被災した。山岳・丘陵地域での土砂災害を防ぐためのハード対策である砂防工事や地すべり対策工事は、費用も膨大となるため現状では対応は困難である。人命を土砂災害から守るソフト対策として、前表に示した技術的課題である「早期警戒」に対する課題への対応が重要である。

早期警戒に関する現状の課題を分析すると、4項目に整理することができる。

・ 土砂災害の降雨指標だけによる早期警報発出は難しい

NBRO では、各地方自治体と土砂災害の降雨指標について話し合いを行っているが、過去の雨量データに基づき設定されている警報基準だけでは、警戒・避難の早期警報は難しく、警報基準に達する前に土砂災害が発生する場合や逆に警報基準に達しても土砂災害が発生するなど運用上の課題がある。

2020年7月現在、「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（2019年1月開始）」では、既存の警報基準を見直し、我が国で用いられている土壌雨量指数やスネーク曲線の考え方を導入することにより、警報基準の精度向上にかかる支援を行っている。

・ 早期警報発出のための体制構築ができていない

降雨量や地すべり動態（変状）の過去及び今後得られるデータを整理して、降雨と土砂災害の関係を明らかにするための研究を推進し、早期警報を出せる体制を構築し、気象観測と土砂災害予測の連携（警報避難基準雨量の設定等）を進めていく必要がある。

2020年7月現在、「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（2019年1月開始）」では、NBRO 所内向けの早期警報マニュアルの整備を進めており、同マニュアルでは、警報基準の設定方法や、観測データや実際の災害発生のタイミングを警報基準に反映していく方法等が盛り込まれ、早期警報発出に係る技術面・運営面での体制強化を図っている。

・ 地域住民へのタイムリーな警報発令、避難勧告がなされていない

地すべりのモニタリング用に地表伸縮計が7箇所計画されているが、日本のようなリアルタイム監視ではなく、月に1回NBRO 本部またはNBRO 地方事務所担当者が定期的に現地に出向き、地表伸縮計に内蔵する記憶媒体（SD カード）を回収し、事務所に持ち帰

ってデータを NBRO 本部へ伝送する。その後、NBRO 本部において整理・解析を行っている。このように月に 1 回の地すべりの動態モニタリングをする方法をとっているため、タイムラグが大きく、突然の豪雨が発生した場合には、リアルタイムに地すべりの動態を把握することができない。したがって、タイムリーな地域住民への早期警報の発令や避難勧告ができない。

・スリランカに適応した管理基準値の設定がない

早期警報の発令、避難準備情報、避難勧告、避難指示のためには、降雨と連携する地すべりのリアルタイムな動態監視が必要不可欠であり、また降雨量と地表伸縮計や傾斜計、ひずみ計、地下水位計等による変位量に関するデータを多く蓄積して、スリランカに適応した地すべり警報に係る管理基準値の設定が必要である。⁷

2020 年 7 月現在、「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(2019 年 1 月開始)」では、過去の JICA 事業や本普及実証事業において導入した地すべり観測システムの観測データを用いながら、降雨量と斜面変動の関係性を検証し、地域毎に固有の警報基準を設定するための支援を行っている。

上記の早期警戒に関する現状の課題を解決するために、「地すべり遠隔監視システム」を導入する。現場の降雨量と同時に各種観測機器による地すべり変状をリアルタイムに監視し、設定管理値を超える場合は瞬時に早期警報を発出することが可能となる。このシステムの導入と日本が培った管理基準値の考え方の研修を通じて、NBRO 担当者への技術移転を進める。このシステムの導入によって、現場で住民の避難を促すことで人的被害の減少に寄与することが期待できる。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

災害多発国であるスリランカは、2004 年のインド洋大津波を契機として 2005 年に災害対策法を整備した。同法は、防災組織体制整備の他、防災政策を事後の災害対応から事前（プロアクティブ）災害対策へシフトさせることも狙いとしている。政策的には、2006 年、国家開発政策枠組みである「マヒンダ構想 (Mahinda Chintana)」が策定（2010 年改定）され、防災の文化を醸成することが防災管理政策の柱とされた。また、2007 年には災害管理および気候変動適応に焦点を当て、2030 年の空間計画と開発を概説する文書として「国家空間政策・計画 2030」が策定されている。

図 1-4 に災害管理省の組織を示す。

⁷ JICA「スリランカ国災害脆弱地域における道路防災事業情報収集調査ファイナルレポート 2012 年 12 月」

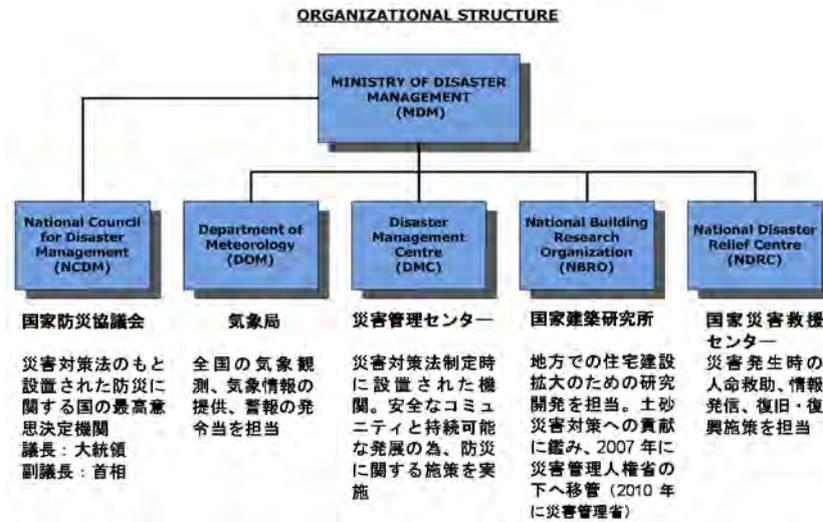


図 1-4 災害管理省の組織図

出典：スリランカ国土砂災害対策強化プロジェクト

防災に関する組織体制は、幾度かの組織改編を経て災害管理省の下に集約され、災害対策の円滑化が図られている。また、2007年末には、国家防災調整委員会(National Disaster Management Coordination Committee：NDMCC)、国家プラットフォームを設立し、海外ドナーや国連、NGO、メディア学術機関、民間セクター等の各ステークホルダー間の情報共有を進めている。2019年末に省庁の再編が行われ2019年7月現在、NBROは国防省傘下となっており、現在MDM(災害管理省)はなくなっている。

政策的には、2006年、国家開発政策枠組みである「マヒンダ構想(Mahinda Chintana)」が策定(2010年改定)され、防災の文化を醸成することが防災管理政策の柱とされた。また、2007年には災害管理および気候変動適応に焦点を当て、2030年の空間計画と開発を概説する文書として「国家空間政策・計画2030」が策定されている。⁸

一方、スリランカの防災関連法規及び計画を次表に示す。

表 1-5 スリランカ防災関連法規及び計画

防災関連法規/計画	成立年/作成状況
Disaster Management Act no.13 of 2005	2005年/制定 MDMおよびDMCで改正案の作業中
Disaster Management Policy	2016年/ドラフト
National Disaster Management Plan (NDMP)	2014年/制定 National Disaster Management Plan (2013-2017)
National Emergency Operation Plan (NEOP)	Disaster Management Act 内で策定するよう定められている Draft 策定作業中。Draft は Web にて一般公開中
Disaster Preparedness and Response Plans (district, division, GN levels)	2012年/策定中 2016年現在、未確認 District: 15 districts で策定済み、2 districts に関しては改訂済み (DiMCEP) , Division: 72 divisions で Draft 作成済み GN: 905 GNs で Draft 作成済み
Towards a Safer Sri Lanka Road Map	10年間の防災ロードマップ

⁸ JICA「スリランカ国防災プログラム情報収集・確認調査ファイナルレポート2013年2月」

防災関連法規/計画	成立年/作成状況
for Disaster Risk Management	策定(2005年)、改定(2006年) UNDPの支援により改訂作業に入っているが、2016年現在、未だ確定されていない
Corporate Plan (2010-2014), Disaster Management Centre	2010年/策定 * Corporate Plan (2012-2016)策定済み

出典：スリランカ防災プログラム情報収集・確認調査ファイナルレポート 2013年2月、Asia Disaster Centre (ADRC) Sri Lanka Country Report 2015

スリランカ災害管理法（防災法）「Disaster Management Act no.13 of 2005」は、日本の災害対策基本法に相当するスリランカの災害管理法であり、2004年の津波災害を受けて急遽作られた法律である。この法律によって、防災に関する最高意思決定機関である国家防災協議会（National Council for Disaster Management (NCDM)）、および防災施策の実施機関である国家災害管理局（Disaster Management Centre (DMC)）が設置された。また、2007年11月には、防災人権省（Ministry of Disaster Management and Human Rights）の次官を議長とする国家防災調整委員会（The National Disaster Management Coordination Committee (NDMCC)）が、政府、ドナー機関、国連機関、NGOなどからの代表を構成員として設置された。また本法律の文中、「災害」とは、自然または人為的な事件の発生が現実にも生じる、または差し迫った状態を意味し、これがスリランカの個人または団体の安全や健康を危険にさらし、脅威となる状況、あるいは財産を破戒、損傷し、またはそのような脅威となる状況を指している。

表 1-6 スリランカにおける災害種類

地すべり	サイクロン	洪水	かんばつ	産業事故	津波
地震	航空事故	海難事故	火災	疫病	爆発
空襲	内乱・暴動	科学事故	放射能事故	油流出事故	原子力事故
都市火災及び山火事	海岸浸食	竜巻	落雷	暴風雨	

防災計画として、各防災関連機関が個別に実施していた事業やこれから実施すべき事業の実施時期、予算、関連機関などの情報をもとに、テーマごとに分類した「防災ロードマップ (Toward a Safer Sri Lanka, Road Map for Disaster Risk Management)」が2005年12月に発表されている。また、スリランカ国における災害の状況、防災関係機関の組織制度や役割分担、優先課題、戦略を記載した「国家防災計画 (National Disaster Management Plan)」は、2014年に策定された。また、地方レベル (District (県) レベル、Division (市) レベル、GN (村) レベルごと) の「災害予防・対応計画 (Disaster Preparedness and Response Plan)」の策定が順次進められている。(2012年現在)⁹

国家建築研究所 (National Building Research Organisation: NBRO) はMDM傘下の土砂災害対策の中心的機関であり、土砂災害にかかる早期警報、ハザードマップ作成、構造物・非構造物対策を実施している。NBROの専門分野は広く、土砂災害のみならず、環境科学、居住計画、地質工学、建築材料工学に亘っている。

NBROは1984年に内閣の決議で設置されたが、法的根拠は有さない。2007年1月に官報

⁹ Asian Disaster Reduction Center (ADRC) 「メンバー国防災情報・スリランカ」より引用

公告に基づき MDM（2010 年 4 月の改称前は災害管理人権省）の傘下組織となった。NBRO は準公共機関である。NBRO の組織を図 1-5 に示す。総局長（Director General）は MDM 次官の直属である。

NBRO 年次報告書 2015 によると、本部のほかに 9 箇所の県事務所を有する。職員数は常勤 281 人、非常勤 65 人の計 346 人である。年間予算は 618.8 million Rs. であり、特筆すべきは、その内の 5 割近く 311.4 million Rs. を試験及びコンサルタント業務による独自の営業収入が占めている事である。

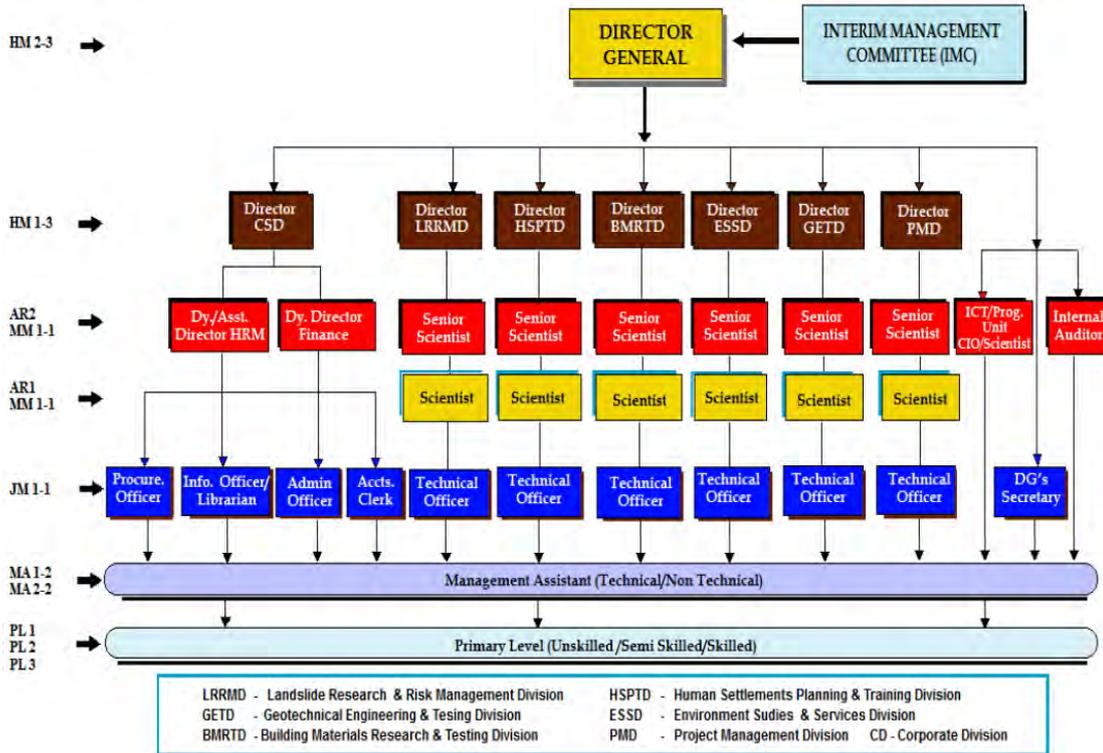


図 1-5 国家建築研究所（NBRO）組織図

出典：NBRO Annual Report 2015

現在、NBRO は法的根拠を有さず、活動に様々な不都合が生じている事から、土砂災害対策の中心機関として NBRO を NBRI (Institute) に格上げする動きがあり、法的根拠と権限を付与する NBRI 法の制定が進められている。法案は既に議会に送られているが、制定の時期は明らかでない。NBRI 法が成立すると、NBRI が災害リスクの高い箇所への無許可の建設行為を中止させる権限を行使できるようになる。更に、土砂災害のみならず、洪水など他の自然災害に関係する建築にかかる調査を行う権限も付与される事になる。¹⁰さらに、スリランカの防災分野における現状の動向に関して、2015 年 3 月 14 日～18 日に仙台市で開催された第 3 回国連防災世界会議において、スリランカ防災管理センター (Disaster Management Center、以下 DMC) のマーク長官が「スリランカにおける防災投資について」をテーマに講演を行い、2004 年のインド洋津波被害の後、以下の 3 項目を説明し、防災と開発は車の両

¹⁰ スリランカ国防災セクター情報収集・確認調査報告書 2017 年 5 月

輪と認識しており、防災投資に邁進していくことについて言及している。¹¹

- ・ 日本の支援、特に防災分野の協力のおかげでスリランカの防災能力が向上できた。
- ・ 予防の視点が重要であるとの認識から JICA の協力の下、災害管理法の制定や DMC の設置がなされ、これらの体制に基づき防災政策を進めている。
- ・ 早期警戒システム（雨量データのみのシステム）などの対策のほか、防災教育や災害後のトラウマ・カウンセリングなどのソフト面の防災対策の充実を図っている。

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

1) 本邦支援による ODA 事例

貴機構による土砂災害分野への支援は継続的に実施されており、近年の支援実績を次表に示す。

表 1-7 土砂災害分野における ODA 事業

プロジェクト名	種類	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
国際協力機構 (JICA)																	
気候変動に対応した防災能力強化プロジェクト	技術協力																
災害脆弱地域における道路防災事業情報収集調査	情報収集																
防災プログラム情報収集・確認調査	情報収集																
国道土砂災害対策事業	円借款																
土砂災害対策強化プロジェクト	技術協力																
気象観測・予測・伝達能力向上プロジェクト	技術協力																
防災強化のための数値標高モデル作成能力強化プロジェクト	技術協力																
防災セクター情報収集・確認調査	情報収集																
世界銀行 (WB)																	
Climate Resilience Imprvement Project																	
Climate Resilience Imprvement Project Additional Financing																	
LK Damsafy and Water Resources Planning																	

出典：スリランカ国防災セクター情報収集・確認調査

2010年頃から土砂災害を管轄する NBRO をはじめとする防災機関の支援を行っており、土砂災害の調査やモニタリング、調査結果に基づいた対策工の設計及び施工など、各種の支援が実施されている。また、RDA を対象とした円借款事業「国道土砂災害対策事業」では NBRO も C/P として参加しており、山間部の主要国道沿いの複数斜面において、本邦技術を適用した構造物対策が実施中である。また、現在対策工事の完了した個所には、対策工事の効果確認を目的として、地下水を排除するための対策工である集水井への水位計設置やのり面の安定を確認するための傾斜計の設置が検討されており、NBRO から調査団へ設置検討の要望があった。

また、測量局を対象として実施した「防災強化のための数値標高モデル作成能力強化プ

¹¹ JICA ホームページ、フォーラム報告「第3回国連防災世界会議」

プロジェクト」では LiDAR 測量による西部州及び山岳地域で空中写真及び詳細地形図の作成支援を行った。この詳細地形図は土砂災害分野では現地調査時の基礎資料、危険地域の把握やハザードマップの更新等、NBRO の多くの活動に寄与する重要な基礎データとなるため、測量局による早急なデータ整備・提供が望まれる。

2019 年 12 月現地最終メンテナンスでは、NBRO 本部および現地ラトナプラ、ディヤニラの両事務所の所長は、本事業で地盤変位を監視するために設置した地盤伸縮計とボーリング孔内に挿入した孔内ひずみ計の観測データに関心が高く注視しており、それらのデータ履歴から現状の地すべりの進行と対策検討にどのように活かすのか、熱心な質疑がなされた。調査団では、日本における地すべり観測データの解釈に関するガイドラインの説明、管理基準値の研修を行った。本事業を通じて、雨量計に依存した警戒警報システムに加えて、特に地盤伸縮計データを同時に観測することの必要性、重要性が認識されるようになった。現在、NBRO の地すべり観測機材の調達では、地盤伸縮計が調達リストに入っているのので公示情報を注視している。

2) 他ドナー事業

イ) 国連開発計画 (UNDP)

DMC は UNDP の支援を受け 2005 年 12 月に今後 10 年間の防災ロードマップ (Toward a Safer Sri Lanka, Road Map for Disaster Risk Management) を策定、2006 年 4 月に改訂を行った。同ロードマップには①政策、各実施機関の役割、②脆弱性リスクアセスメント、③津波及び総合的早期警戒システム、④予防と対策、⑤開発計画における災害リスク軽減・緩和、⑥コミュニティ防災、⑦啓発活動の 7 項目があり、各セクションでプログラムが進められている。UNDP は基本的にこのロードマップに基づいた支援を行っている。

UNDP が全面的に支援を行っている DMC では 24 時間 365 日体制の災害対策センター (National Emergency Operation Center、以下 NEOC) において災害対応に備えている。土砂災害については NBRO より災害発生の連絡がまず NEOC に入り、NEOC から県へ、県から郡へ、郡から地域へと連絡が取られる体制となっている。

雨量計について、UNDP を通して 35 基の自動雨量計 (シビコンエンジニアリングサービス社 (スリランカ) 製、ダコタ社 (アメリカ) 製) が全国に設置されており、2017 年中に 100 基にする計画がある。また、WB よって 50 基の自動雨量計が設置される予定もある。これらの雨量計は現在、NBRO によって管理が行われている。

NBRO が観測を行っている雨量情報については、現在は NBRO の職員のみ閲覧可能となっているが、複数の政府機関で共有可能なウェブサイトの開設に向け協議が進められている。

ロ) 世界銀行 (WB)

WB では防災関連のプロジェクトとして Climate Resilient Improvement Project (CRIP) in Sri Lanka を実施中であり、このプロジェクトは以下のコンポーネントで構成されている。

- ・ 洪水や干ばつのリスク評価
2011年に発生した洪水被害は深刻なものであり、10の地方で灌漑インフラが相当なダメージを受けた。このリスクアセスメントは灌漑省で実施されている。
- ・ サブコンポーネント
 - 灌漑システムの修復およびリハビリに47.0百万USDを割り当てている。
 - 学校周辺の地すべり被害の軽減として18校が選定され6校で事業を実施、700百万USDを割り当てる。NBROが実施機関となり、対策工の設計を行っている。
 - 交通関係のプロジェクトとして、斜面の安定化や通行不能となった12の橋梁の復旧などについて、NBROは大学教授も加えたメンバーで設計を行う。この事業は道路開発局（Road Development Authority、以下RDA）が主幹となっている。
 - 緊急対応プロジェクトとして“Catastrophic Differed Drawdown Program”というプロジェクト名称で災害対応による早期復旧のためのファンドを設けている。また、上記プロジェクトに付随した情報として、WBは独自の技術基準に基づいたプロジェクトを展開しており、請負業者は国際競争入札によって選定される。

ハ) アジアインフラ投資銀行 (AIIB)

AIIBには、スリランカの地すべりによるリスクと被害を軽減するためのプロジェクトが存在し、プロジェクトは以下3つのコンポーネントで構成される。

- ・ 土木工事および関連する設計と建設の監督・管理活動
対象は約147サイト。さらにランブカナからバドゥーラまで160kmの鉄道沿いの特定地域。見積額約9700万米ドル。
- ・ 気候に強いインフラストラクチャを考慮した設計基準、仕様の強化
見積額約4,000万米ドル
- ・ NBRO 実験設備の強化
見積額約100万米ドル

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

① 名称

地すべり遠隔監視システム

② スペック（仕様）

土砂崩れや地すべり等、崩壊の危険性のある斜面に各種計測器を設置し、計測データを遠隔地へ定期的に自動送信すると共に、あらかじめ設定した異常値に達した場合は遠隔地及び現地の双方で警報を出せる監視システムである。

【機器構成】

- ・ 計測器：地表伸縮計、雨量計、ばらまき型傾斜計、パイプひずみ計、地下水水位計等
- ・ 通信装置：データ伝送無線機、パケット通信機
- ・ 警報装置…警報ユニット、ラウドスピーカー、赤色灯
- ・ クラウドサービス

上記した計測器及び通信システムを用いて観測データの一元管理が可能である。



図 1-6 提案システム概要

③ 特徴

表 1-8 機材の特徴

機能面	特徴
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遠隔自動観測／電源の確保しづらい山間部でも独自ネットワークで観測データを集約でき、かつ、通信機を用いた遠隔地へのデータ伝送が可能。 ・ タイムリーな警報発報／異常時には遠隔地のパソコンや携帯電話へ警報発報すると共に、現場でも警報発報（サイレン・回転灯）が可能。

導入面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設置が容易／各種計測器が小型軽量であるため、山間部や斜面等の足場が悪い場所での設置が容易 ・ 優れた拡張性／計測器のみで運用している現場があれば、通信機を追加することによって遠隔監視システムへのグレードアップが可能。
過酷な屋外環境での長期運用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 省電力設計／市販電池にて長期間の観測が可能。 ・ 欠測予防／メイン・サブの2つの電池の自動切替方式により、電池切れによる欠測を予防。 ・ 優れた通信機能／各機器間で1km（無線または有線）の通信が可能。 ・ データリカバリ機能／計測機器内部に観測データを記録する仕組み。万一自動観測に通信障害が生じて、復旧後にデータのリカバリが可能。 ・ 雷被害への考慮／静電気や外来ノイズに対応。回路の進入経路全てに避雷素子を配置。

④ 国内外の販売実績

非公開

⑤ 価格

非公開

⑥ 提案機材の数量

提案機材は2つのパイロットサイトに設置するが、サイト毎に地すべり対象の範囲が異なるため、現地状況に応じた機器選定を行っている。ラトナプラはJICA別プロジェクトにおいて現地調査の実績があり、地すべりの範囲及び方向の想定がついているため、地すべりの境界に設置する伸縮計を多く選定している。ディヤニラはC/Pに危険地域と判定されているものの現地調査の実績はない。従って地すべり範囲と方向が不明のため、広範囲の斜面モニタリングに適したばらまき型傾斜計を多く選定している。

両サイトは、本事業の主旨を理解した上で、C/Pが候補地として選定した2ヶ所であり、事業期間中に起こった災害については、C/P側の責任の下で管理される。

表 1-9 パイロットサイトに設置した観測機材

機材名称	ラトナプラ県 ガラバダ	ヌワラ・エリヤ県 ディヤニラ	計
地表伸縮計	4	2	6
ばらまき型傾斜計	9	20	29
雨量計	1	1	2
パイプひずみ計	2	2	4
地下水位計	2	2	4
データ伝送無線機	9	9	18
パケット通信機	1	1	2

警報ユニット	2	2	4
ラウドスピーカー	2	2	4
赤色灯	2	2	4
太陽光パネル	3	3	6
バッテリー	3	3	6
クラウドサーバー	各現場の共通設備として 1 式		1

⑦ 競合他社製品との比較

1) 価格面の比較

非公開

2) 機能面の比較

非公開

3) 国外における模倣の可能性

非公開

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

土砂災害に対する脆弱性の軽減に資するため、地すべり遠隔監視システムの有用性及び優位性が実証されるとともに、地すべり遠隔監視システムを普及させるための方法と課題が整理される。

(2) 期待される成果

- 成果1 パイロットサイトにおける地すべり遠隔監視システムの設置、稼働により、同システムが正常に動作することが確認される。
- 成果2 C/Pによるパイロットサイトの地すべり遠隔監視が可能となり、警報・避難訓練により、地すべり災害の減災に対する有用性が確認される。
- 成果3 C/Pによるパイロットサイトにおける地すべり遠隔監視システムの維持管理体制が構築される。
- 成果4 地すべり遠隔監視システムの普及に向けた方策がNBROに提言されるとともに、地すべり遠隔監視システムの普及に向けた事業展開計画が策定される。

(3) 事業の実施方法・作業工程

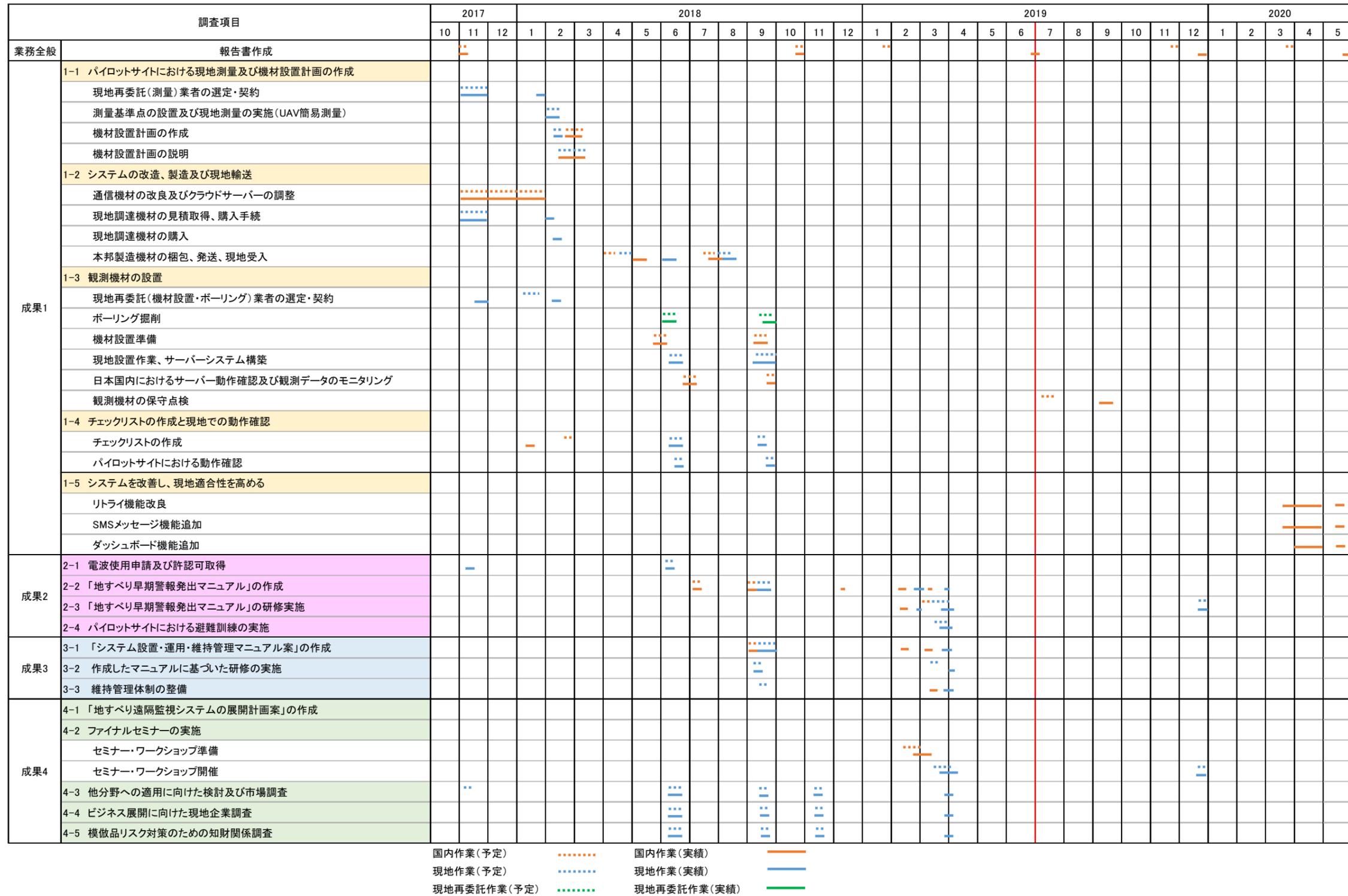


図 2-1 作業工程表

表 2-1 機材納入リスト

No	機材名	型番等	数量	納入年月	設置先
1	地表伸縮計	SLG-10E	4	2018年6月	ラトナブラ
2	ばらまき型傾斜計	NetBC-30L,S	9	2018年6月	ラトナブラ
3	雨量計	NetLG-201E	1	2018年6月	ラトナブラ
4	パイプひずみ計	NetLG-301NE	2	2018年6月	ラトナブラ
5	地下水位計	DS-1-2-30	2	2018年6月	ラトナブラ
6	データ伝送無線機	NetMI-3T	9	2018年6月	ラトナブラ
7	セルラーデバイス		1	2018年6月	ラトナブラ
8	警報ユニット	AL-TypeCE	2	2018年6月	ラトナブラ
9	ラウドスピーカー		2	2018年6月	ラトナブラ
10	赤色灯		2	2018年6月	ラトナブラ
11	太陽光パネル		3	2018年6月	ラトナブラ
12	バッテリー		3	2018年6月	ラトナブラ
13	地表伸縮計	SLG-10E	2	2018年9月	ディヤニラ
14	ばらまき型傾斜計	NetBC-30L,S	20	2018年9月	ディヤニラ
15	雨量計	NetLG-201E	1	2018年9月	ディヤニラ
16	パイプひずみ計	NetLG-301NE	2	2018年9月	ディヤニラ
17	地下水位計	DS-1-2-30	2	2018年9月	ディヤニラ
18	データ伝送無線機	NetMI-3T	9	2018年9月	ディヤニラ
19	パケット通信機		1	2018年9月	ディヤニラ
20	警報ユニット	AL-TypeCE	2	2018年9月	ディヤニラ
21	ラウドスピーカー		2	2018年9月	ディヤニラ
22	赤色灯		2	2018年9月	ディヤニラ
23	太陽光パネル		3	2018年9月	ディヤニラ
24	バッテリー		3	2018年9月	ディヤニラ
25	クラウドサービス		1	2018年9月	コロンボ

表 2-2 事業実施国政府機関側の投入

No.	名称	投入機材	数量	年月	投入場所
1	インターネット接続契約	無線ルーター	1	2018年9月	NBRO 本部 コロンボ
2	無線機用SIMカード契約	SIMカード	2	2018年9月	ディヤニラ ラトナブラ

(5) 事業実施体制

受託者である(株)オサシ・テクノスを中心に、外部人材の(株)地球システム科学と KM インターナショナルのサポートを受ける体制で本事業を実施する。カウンターパートである NBRO は、防災関係機関やパイロットサイト地区住民との連携をサポートし、本技術の適用性の検証と技術の普及・促進を図る。また、本技術に関する「設置・運用・維持管理マニュアル」の作成を共同で行い、本技術の移転先としての役割を担う。

なお、現地での支援体制として、基準点測量、観測機材設置、ボーリング業務は、現地業者に再委託した。

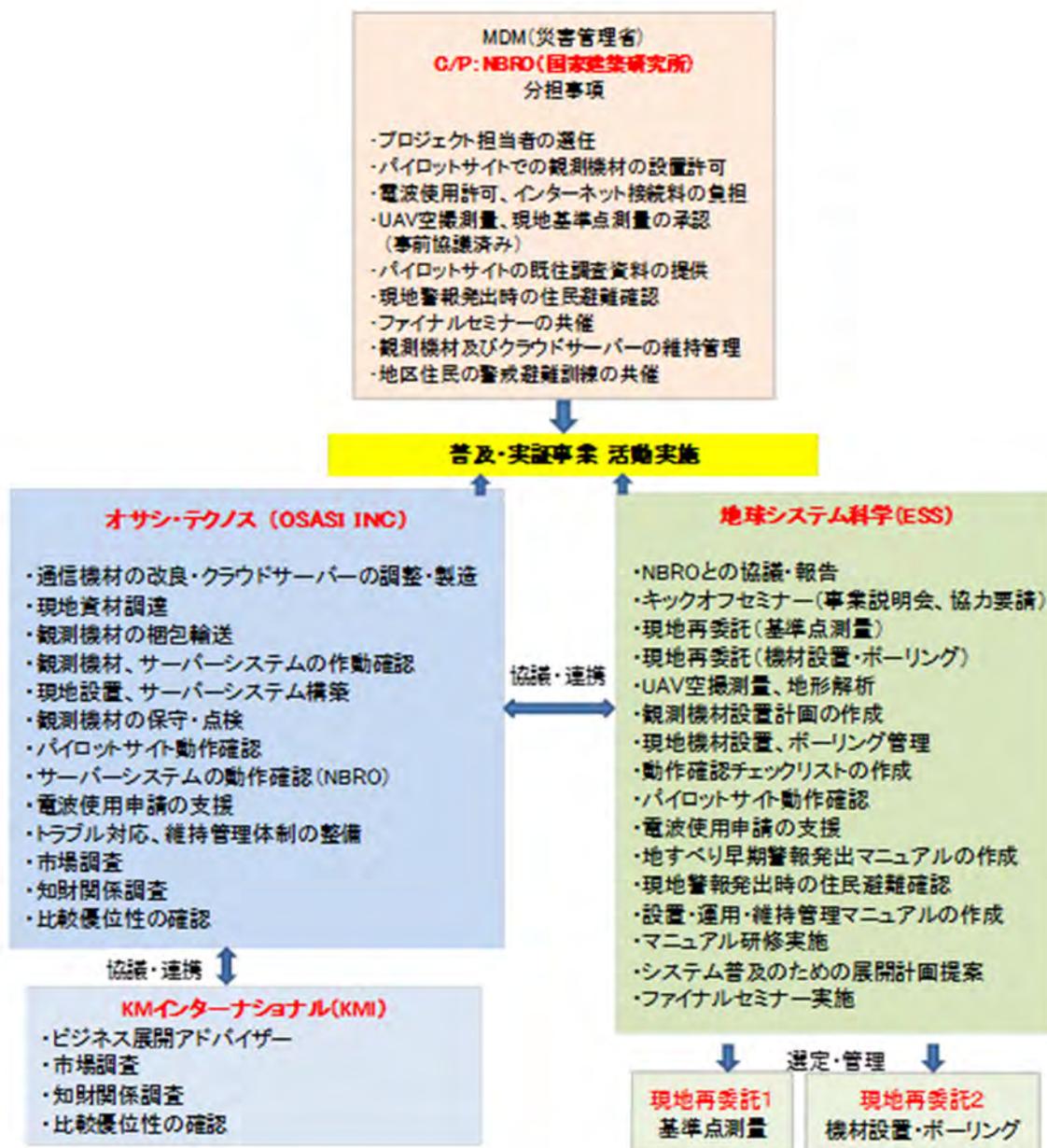


図 2-3 プロジェクトの実施体制

(6) 事業実施国政府機関の概要

1) NBRO 組織

カウンターパートと想定する NBRO は土砂災害対策への貢献に鑑み、2007 年に災害管理人権省（2010 年に災害管理省、2017 年に水資源灌漑・災害管理省）の下へ移管された組織である。災害管理省の組織図を図 2-4 に、NBRO の機関情報を表 2-3 に示す。



図 2-4 災害管理省の組織図

表 2-3 カウンターパートの機関情報

項目	内容
機関名	和名：国家建築研究所 英名：National Building Research Organisation (NBRO)
機関基礎情報	1984 年設立 職員数 223 名 (2016 年 1 月現在)
想定する担当部署	地すべり調査・危険管理部 Landslide Research and Risk Management Division (LRRMD)
主要業務	土砂災害ハザードマップの作成、斜面災害の認知度向上に関するプログラム・災害防止プログラム・地すべりマネジメントに関するガイドライン作成、災害前調査、被災後調査
選定理由	現在、実施中の TCLMP を通じて、地すべりモニタリング観測機器の設置、データ収集、レポート作成、観測機器の管理等の技術を習得し、さらに防災研修で専門知識や技術を学び、能力が強化されている。そのため、提案システムの導入による効果及び有効性を理解しており、本事業の C/P としてふさわしい。
期待する役割・負担事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業を担当するプロジェクト責任者を選任する。 ・ パイロットサイトにおける土地の事業期間中及び実施後の使用許可を取得する。 ・ パイロットサイトへの観測機器、システムの設置及び電波使用に関する申請・許可を自己負担で取得する。 ・ クラウドサーバーの設置場所・電気代、インターネット契約・接続・維持管理費を負担する。 ・ パイロットサイトの現況測量 (UAV による航空写真測量) に協力する。 ・ パイロットサイトに関する既往の調査資料を提供する。 ・ 地すべり早期警報の発出マニュアル案の作成を協働で行う。 ・ 普及・実証事業のファイナルセミナーを協働で実施する。 ・ パイロットサイトに設置された観測機器及び事務所に設置されたクラウドサーバーを含むシステムの運用・維持管理を適切に行う。

2) NBRO の財務状況

地すべり対策の実施機関として想定しているカウンターパートである NBRO の 2007 年～2014 年までの事業報告書による財務状況を図 2-5 に示す。

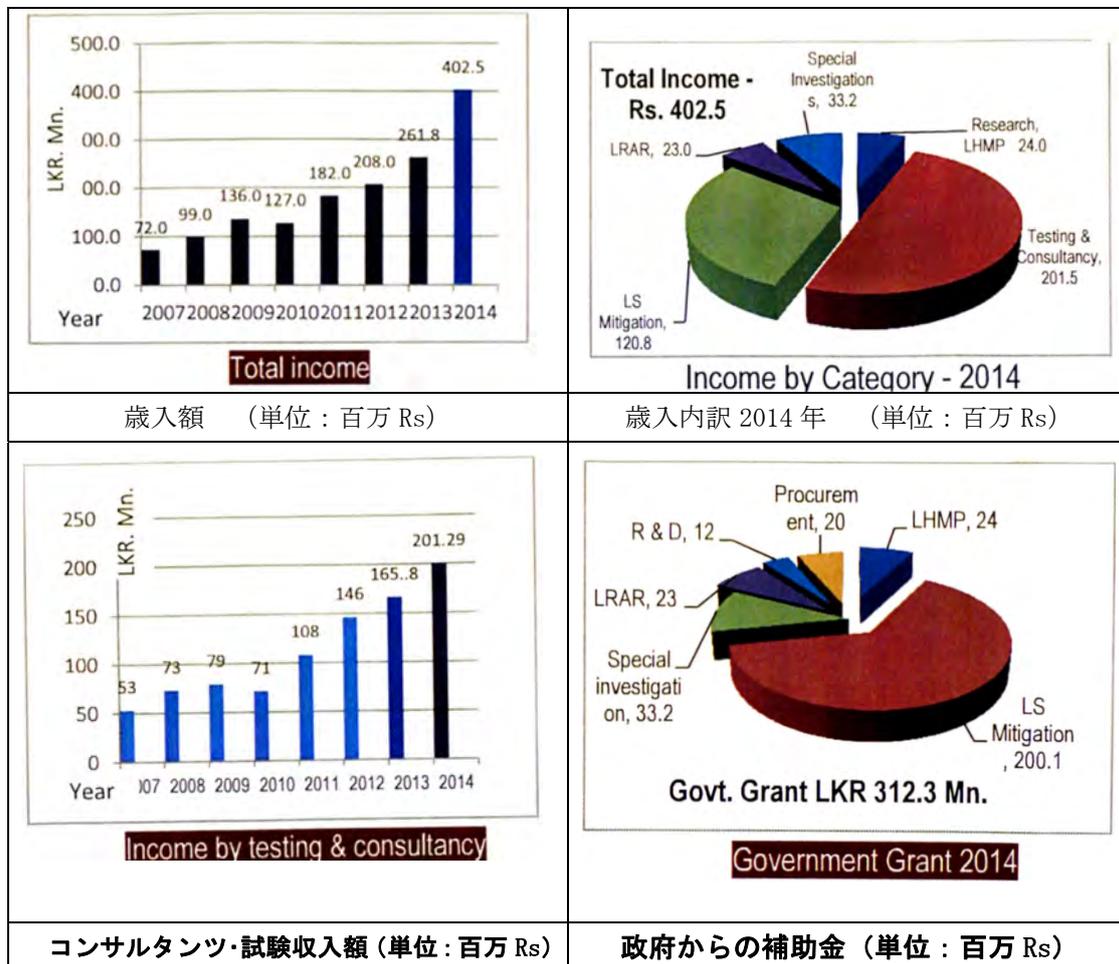


図 2-5 NBRO の財務状況 (歳入)

出典: NBRO ANNUAL REPORT, 2014 年

NBRO の 2014 年度歳入額は、2007 年度以降年々増加しており、2013 年 261.8 百万 Rs から 2014 年 402.5 百万 Rs と前年度比で 53.7% 増加した。また、RDA 等の外部機関からのコンサルタンツ・試験収入額も前年度比で 21.5% 増加した。NBRO の歳入計 402.5 百万 Rs の約 50% は、これらコンサルタンツ・試験収入に依存しており、その他は政府補助で賄われている。2014 年度の地すべり危険地域での減災予算である 200.1 百万 Rs は政府補助であった。

支出に関して、2011 年 3 月から 9 箇所の NBRO 地方事務所は、地方の地すべり危険地域の危険評価レポートの発行を開始した。この緊急支出は財務省から 23 百万 Rs が支出され、残りは NBRO の収益から支出された。さらに、地すべりハザードマップ作成に 24 百万 Rs、研究助成金として 12 百万 Rs が支出された。地すべり特別調査助成として 33.2 百万 Rs を支出された。これは異常気象によって 2014 年 10 月末に発生した Meeriabedda 地すべりの再発による 24.2 百万 Rs を含む試験・コンサルタンツ費用が地すべり減災プログラム 2014 年の交

付金から当てられたものである。試験室と現場のための事務用品の調達助成金として 20 百万 Rs を予定通り財務省から受けた。

2014 年の歳入総額は 402.5 百万 Rs、対応する期間の支出合計は 342.8 百万 Rs となり、純利益として 59.6 百万 Rs を記録した。財務諸表を図 2-6 に、NBRO の人員体制を表 2-4 に示す。2013 年度は、NBRO 職員 237 人と日給職員の給料支払いは 126.7 百万 Rs であったが、2014 年度は NBRO 職員 233 人と日有給職員の給料支払いは、160.2 百万 Rs に増えた。NBRO の技術力が向上し経営が改善されることによって得られた利益は、NBRO 職員の給料、待遇の向上につながっている。

**STATEMENT OF FINANCIAL PERFORMANCE
FOR THE YEAR ENDED 31st DECEMBER 2014**

LKR				
Description	Annex	For the year ended 31st December 2014		For the year ended 31.12.2013
REVENUE				
Fees, Fines, Penalties & Licenses	16		258,128.33	
Other Revenue - Divisional net Income				
Environment Studies & Services Division	17	3,833,570.17		
Geo Technical Engineering & Testing Division	18	20,659,430.07		
Landslide research & Risk Management Division	19	55,031,388.19		
Human Settlements Planning & Training Division	20	-1,448,448.00		
Building Material Division	21	6,392,039.02		
Project Management Division	22	2,088,483.61	86,554,481.06	
Other income	23		5,699,257.85	
Total (Gross Revenue)			92,511,847.04	261,805,803.00
LESS: EXPENSES				
Other Expenses				
Salaries, Wages and Employee Benefits	24	2,9317,504.96		132,990,970.00
Grants and Other Transfer payments	25	1,339,505.51		-
Supplies and Other Consumables used	26	15,619,260.15		15,639,563.00
Depreciation and Amortization	27	2,673,020.94		-
Impairments of Property ,Plant and Equipment	28	6,378,824.71		8,233,088.00
Other Expenses	29	17,263,843.66		93,554,413.00
Finance Cost	30	213,899.25		159,810.00
Total Expenses		72,805,859.18		250,577,844.00
Less: Gen. overheads allocated to divisions	31	(39,973,869.19)	32,831,989.99	-
SURPLUS FOR THE YEAR		-	59,679,857.05	1,227,959.00

図 2-6 財務諸表

出典：NBRO ANNUAL REPORT, 2014)

表 2-4 NBRO の人員体制

部署名	2014 年時点の職員数 (地方事務所含む)
地すべり調査・危機管理部 (LRRMD)	87 名
土質工学試験部 (GETD)	58 名
定住計画トレーニング部 (HSPTD)	16 名
環境研究サービス部 (ESSD)	23 名
建築材料研究試験部 (BMRTD)	25 名
プロジェクト管理部 (PMD)	14 名
合計	223 名

出典：JICA スリランカ土砂災害対策強化プロジェクト業務完了報告書

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

成果 1:パイロットサイトにおける地すべり遠隔監視システムの設置、稼働により、同システムが正常に動作することが確認される。

1-1 パイロットサイトの現地測量を実施して、観測機材の設置計画（ボーリングを含む）を作成する

1) 現地再委託（測量）の業者の選定・契約

パイロットサイト 2 箇所の現地測量（基準点、縦横断測量）を現地業者に再委託した。現地企業 4 社に対して事業内容の説明・見積依頼の後、3 社から提出された見積金額及び業務実績に基づき、測量エンジニアである Mr. P. D. K. Fernando 氏を現地再委託先に選定した。

2) 測量基準点の設置及び現地測量の実施（UAV 簡易測量）

外部人材である地球システム科学が保有する 2 種類の UAV を用いて空撮測量を行った。国内作業で測量基準点の位置および飛行経路を計画し、その計画を基に現地で NBRO 職員と協議を行い決定した。また、空撮に際して、関係する住民への事前説明、用地使用許可、関係機関への連絡等については、NBRO を通じて実施した。空撮日時は、ラトナプラ県ガラバダでは 2018 年 1 月 29 日、30 日の 2 日間、ヌワラエリヤ県ディヤニラでは 2018 年 2 月 1 日～3 日、5 日、6 日の 5 日間で NBRO 現地スタッフ立会いの下で支障なく実施した。



enRoute 社製 名称:PG560



3DR 社製 名称: Solo

図 3-1 使用した UAV 機材

空撮写真と現地再委託（測量）の結果を基に国内で解析を行い、オルソ画像・数値標高モデル・等高線図を作成した。

図 3-2 にラトナプラ県ガラバダを、図 3-3 にヌワラエリヤ県ディヤニラでの測量成果を示す。

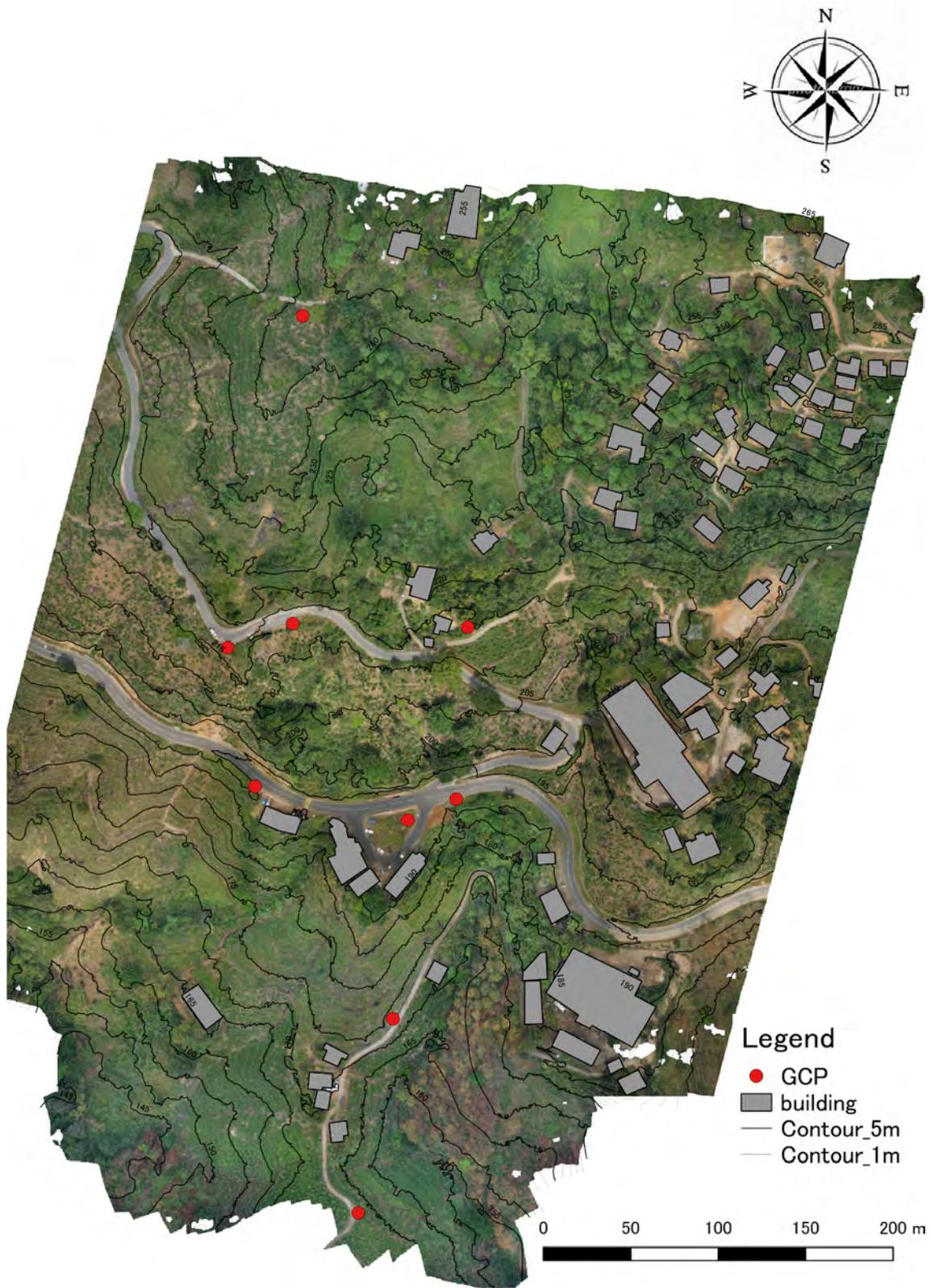


図 3-2 UAV 空撮測量結果 ラトナプラ県ガラバダ

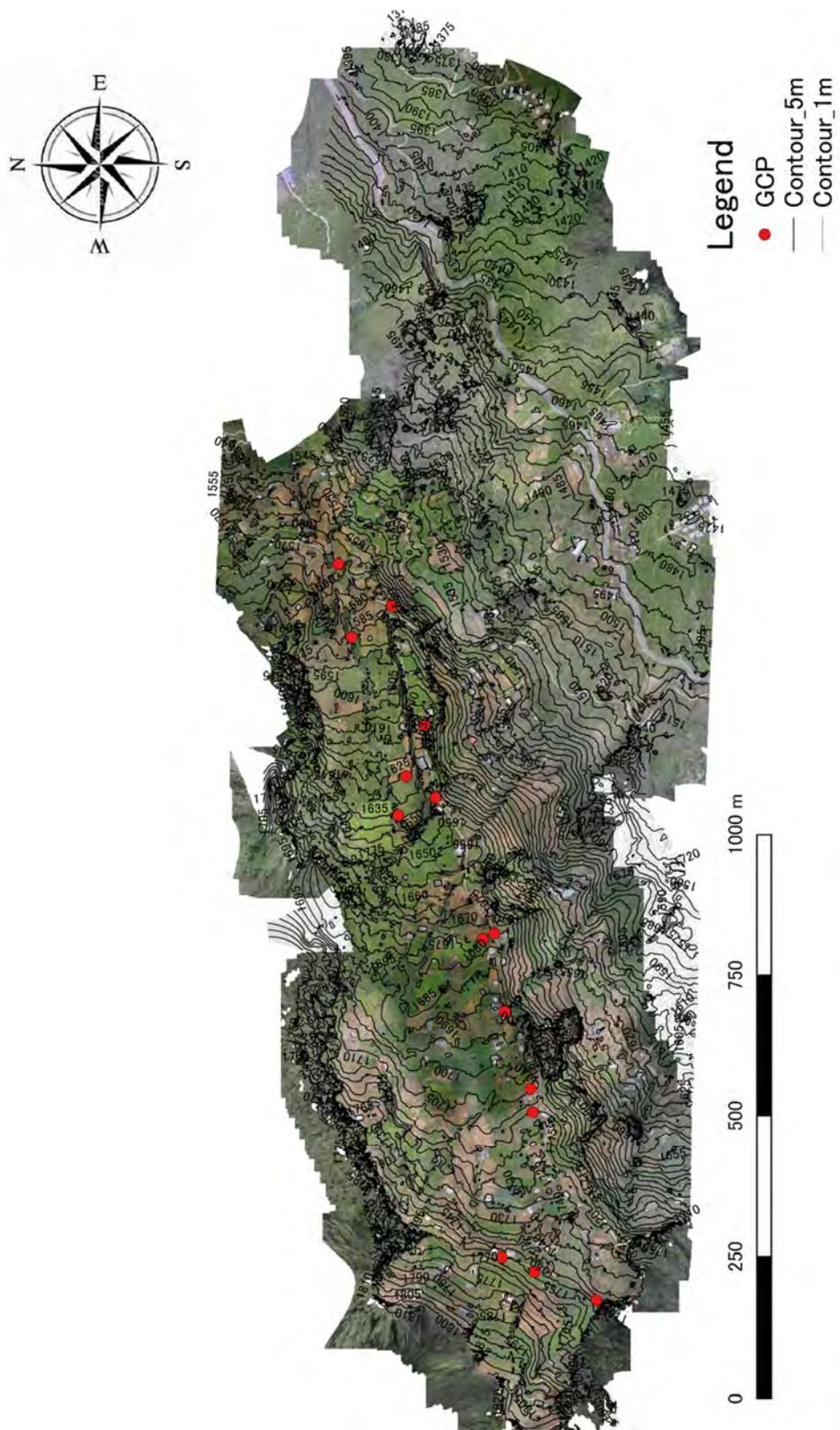


图 3-3 UAV 空撮測量結果 ニワラエリヤ県ディヤニラ

3) 機材設置計画

測量結果に基づき調査団で作成した機材設置計画案を NBRO 本部及び地方事務所に確認の上、2 サイトそれぞれの機材設置計画を最終化した。

イ) 【ラトナプラ県 Galabada】

本パイロットサイトは道路の拡張工事に伴い、斜面末端が高さ 3～5m 程度の急傾斜の切土法面となっている。対象斜面内は明瞭ながら凹凸地形を呈し、上部斜面からの自然流下の水路もあることから、地すべりを誘発する表流水の流入が容易な地形条件を持っている。

対象地域内での地すべりブロックは複数に分割されることが想定されるが、その中でも近年、最も顕著な地すべりの変状が確認されたブロックを中心に機材を設置することとした。その理由として、本案件では観測機器を含めた提案システムを用いて、地すべりの動態確認、遠隔地（NBRO 本部）への通信及び現地での早期警報発出を目的としているため、対象斜面において、ある程度の地すべりの動きが確認されたほうが普及に対してより効果的だと考えられるためである。機材を設置した地すべりブロックは調査結果より幅 50m、長さ 100m、地すべり深度 15m～20m と想定した。

上記を踏まえ、ラトナプラ事務所担当者と再度現地視察を行い、地すべりブロックの修正、ボーリング掘削位置等の確認を行った。また、現地視察の際に事務所職員に同行していただき、パイロットサイト周辺地域を所有する茶畑担当者に、プロジェクトの目的、機材設置に対する承認等に関する協議を実施した。最終的な機材設置位置図を図 3-5 に示す。



NBRO 担当者との機材設置位置の確認



茶畑担当者への説明



地すべり頭部付近の変状



斜面末端の切土法面

図 3-4 Galabada における現地確認

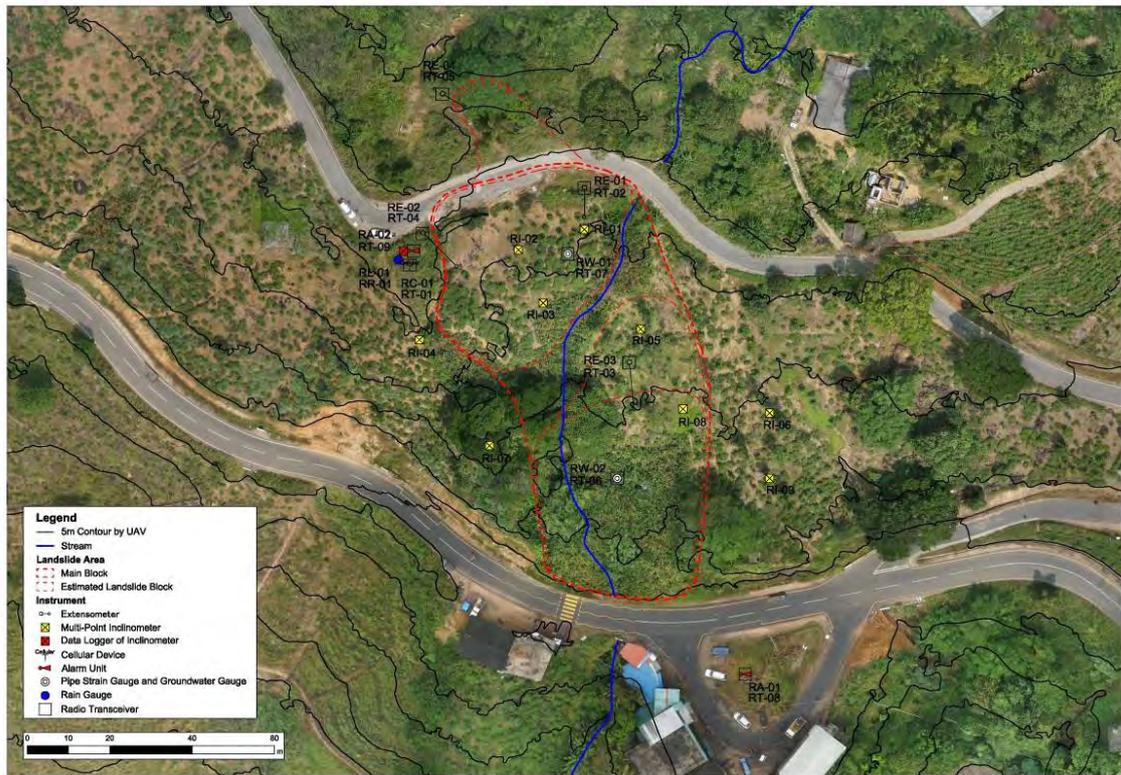


図 3-5 機材設置位置図 (ラトナプラ県 Galabada)

ロ) 【ヌワラエリア県 Diyanilla】

事業開始当初、NBRO から提示された地すべりブロックは、斜面上方から道路下までを一連の地すべりとして評価していた。これに基づき、調査団で UAV を用いた空中写真測量やそれに基づいた地形判読及び現地視察から、対象斜面における地すべり変状の把握を行った。対象斜面上部は段々畑のように畑地として利用されており、下部の比較的急傾斜地は茶畑として利用されている。

対象斜面は地すべりの主方向が上部と下部で異なることから、複数の地すべりブロックが連続していると想定した方が地形条件とより調和的であり、調査団の検討結果を NBRO と共有し、機材の設置計画を検討した。

機材設置にあたっては、対象となる地すべりが広範にわたるため、地すべり全体に観測機材を設置した場合、植生や地形の影響から機材間の無線通信を担保することが困難であると考えられる。そのため、地すべり対象範囲内の人口集中箇所、地すべりの動態を確認することにより適した箇所として上部、下部斜面の両方に設置することとした。地すべりブロックは幅 200m、長さ 400m (上端から末端まで含めると 2,000m 程度) 程度のものが複数連続すると想定され、地質調査結果及び今後の観測結果をもとに検討し、地すべりの形状及び動態を確認するものとする。(図 3-6 Diyanilla の現地状況)

最終的な設置個所は地権者との用地交渉や機材間の無線通信の安定性確保のため、変更を加えた。最終的な機材設置位置図を図 3-7 に示す。



対象斜面における崩壊地跡



地すべりによる住宅の変状



対象斜面上部における土地活用



対象斜面下部における土地活用

図 3-6 Diyanilla の現地状況



図 3-7 機材設置位置図 (ヌワラエリヤ県 Diyanilla)

1-2 パイロットサイトに適合できるように地すべり遠隔監視システムを改造し、自社日本工場で製造した上で現地へ空送する

1) 当初の現地への適用に向けた地すべり遠隔監視システムの改良

➤ 観測システム全体の英語化

観測機器の内、「ばらまき型傾斜計」および「現場無線機」は日本語版のみのため、英語化を行った。また、クラウドサービスにおける表示画面を英語化した。

➤ クラウドサービス運用方法検討

独立したサーバーで稼働させるための機能のスリム化およびサーバーの設置場所や運用方法、メンテナンス方法を検討した。

➤ 無線通信の法規制への適合

現場内における計測器間の無線通信機はスリランカ国の法規制に適合するよう周波数利用許可申請を行い、かつ使用周波数を変更した。モバイル通信は適合する機種を選定した。

2) 日本での製造および輸出

2018年5月、ラトナプラ分の機材（第1回）、2018年8月、ディヤニラ分の機材（第2回）を高知工場から発送した。いずれも関西空港からの空輸便で発送し大きなトラブルなく現地に到着し、NBRO事務所に輸送を完了した。

3) 現地の関税手続き、受け入れ状況

機材輸送1回目（2018年5月）および2回目（2018年8月）の輸送時に発生した関税については、どちらも概算金額で提案企業が運送会社に前払いし、運送会社からスリランカ税関に支払っている。（最終金額は1~2ヶ月後に確定し、差額を精算する）

最終金額確定後、カウンターパート向けの請求書を作成し、輸送1回目分を2018/8/14、2回目分を2018/10/1にメールにて送っている。2018/10/8、第1回目分の支払い手続きをC/P側で進めた。（その後、手数料等をのぞく全額の返金完了）

NBROでの機材受領後は目立った破損、盗難や紛失等もなく、本部施設内の所定の場所で保管されていた。NBRO本部からパイロットサイト最寄りの事務所（ラトナプラ、ヌワラエリヤ）までの運搬は調査団で行い、現場設置作業前に機材検品を実施した。

4) 機材検品作業

パイロットサイトを管轄する各地方事務所に運搬した観測機材を地方事務所の担当者立ち会いのもと、機材の検品作業を行った。検品作業の結果、本邦の自社工場から発送した機材一式は全て過不足なく納品されており、問題等は確認されなかった。

1-3 パイロットサイトで設置計画に従って観測機材（ボーリング含む）を設置し、NBRO 事務所内にサーバーを設置する

1) 機材設置に関する現地再委託概要

調査団は、現地再委託により、『パイプ歪計及び地下水位計の観測孔設置のためのボーリング掘削』、『各観測機材の設置』、『資材調達』、『作業員の手配』等を行い、設置作業全般を監督、指導した。機材設置の際は NBRO 現地事務所職員にも立ち会いを依頼し、設置時における注意点や設置手順等の確認を行った。これらの事項については活動 1-4 で作成するチェックリスト、活動 3-1 で作成するマニュアルに反映し、研修やワークショップ等を通じて NBRO 本部及び現地事務所とも改めて共有する。下表に機材設置に関する現地再委託の数量を示す。

表 3-1 機材設置に関する現地再委託数量表

箇所名	再委託業務	項目	数量	備考等
Ratnapura Galabada	地質調査	ボーリング掘削	2 箇所、L=30m	
	機材設置	伸縮計	4 基	
		傾斜計	9 基	
		雨量計	1 基	
		パイプひずみ計	2 箇所、L=30m	同じ観測孔を使用
		地下水位計（水圧型）	2 箇所、L=30m	
		警報機	2 基	
通信機	1 基			
Nuwara Eliya Diyaniilla	地質調査	ボーリング掘削	2 箇所、L=30m	
	機材設置	伸縮計	2 基	
		傾斜計	20 基	
		雨量計	1 基	
		パイプひずみ計	2 箇所、L=30m	同じ観測孔を使用
		地下水位計（水圧型）	2 箇所、L=30m	
		警報機	2 基	
通信機	1 基			

2) パイロットサイトにおける機材の設置状況

イ) 【ボーリング掘削】

ラトナプラ県 Galabada では、当初の予定通り 2 箇所それぞれ深度 30m のボーリング掘削を実施した。遠方への無線データ通信の確立を主たる目的とする本案件では、十分な掘削深度を満たしていると考えられるため、掘削深度を 30m に設定し、地すべり面は地形条件等から GL-20m~25m と想定した。対象斜面は JICA が実施した「気候変動に対応した防災能力強化プロジェクト (DiMCEP)」におけるパイロットサイトでもあり、現地事務所職員によれば、当時は 40m 掘削したが基盤岩に到達せず、本案件における掘削でも同様に基盤岩は確認されなかった。

対象斜面は強い風化によるマサ土を主体とした砂質土を中心に構成されおり、斜面周辺に

は直径 5m を超す巨岩も点在している。しかし、上部斜面に明確な落石発生源は存在しないため、風化の影響が少なかった岩塊と考えられる。

ヌワラエリヤ県 Diyanilla でも同様に想定地すべり面から掘削深度を 30m に設定し、ボーリング調査を実施した。斜面上方で掘削した DW-01 では GL-22m 付近で基盤と考えられる花崗片麻岩質の岩盤が連続して 3m 程度確認できたため掘止めとした。一方で DW-02 では 30m 掘削したものの基盤岩には到達しなかったため、予定深度の 30m で掘削を終了した。



観測孔の掘削状況



Diyanilla における基盤岩サンプル

図 3-8 ボーリング掘削

ロ) 【パイロットサイトにおける観測機材設置】

活動 1-1 で示したように NBRO 本部や現地事務所からの助言を踏まえ、2018 年 9 月 1 日、修正した設置計画に基づき、両パイロットサイトにおいて各観測機材及び通信機材の設置を完了した。設置機材は 2 章の『表 2-1 機材納入リスト』に示したとおりである。尚、盗難や動物等による観測への影響を予防するため、各観測機材の設置後にフェンスで囲い鍵を設置した。



伸縮計



雨量計



パイプひずみ計・地下水位計



ばらまき型傾斜計の設置



警報ユニット



通信局

図 3-9 観測機材の設置状況

3) サーバー機材の現地調達

機材の内訳については、NBRO 担当者との協議の結果、業務開始時に想定したデスクトップ型からラック型に変更し、LRRMD 内のサーバールーム内のサーバーラックに併設する形で設置することとした。これに伴い、提案時の調達予定機材から一部を変更し、2018 年 1 月～2 月にかけて見積徴収、発注内容や現地調達の工程の確認等を行い、2 月末にサーバー機材を発注した。4 月 3 日に納品され検品を NBRO 本部にて、機材数量や梱包状態等に問題ないことを確認した。

表 3-2 サーバー関係の現地調達機材一覧

非公開

4) NBRO 本部におけるサーバー設置

2018 年 9 月、NBRO 本部にて新設インターネット回線とサーバーネットワークのセットアップを完了し、日本からのインターネット VPN 回線の接続も確立した。サーバーへの LRMS (Landslide Remote Monitoring System) のクラウドソフトウェアのセットアップおよび 2 現場 (ラトナプラ、ディヤニラ) のシステム運用登録を完了し、2 現場に設置した観測機器

とも正常に観測できることを確認した。これらにより、LRMS の稼働が開始された。

LRMS について、NBRO に導入完了報告を行い、NBRO のサーバー管理者に注意事項や運用方法を説明した。サーバー管理者からは、ひずみの観測間隔の変更要望や、メイン・サブ電池の文言について表現変更の相談があるなど、システム運用に関して NBRO に積極的に関わってもらうことができた。

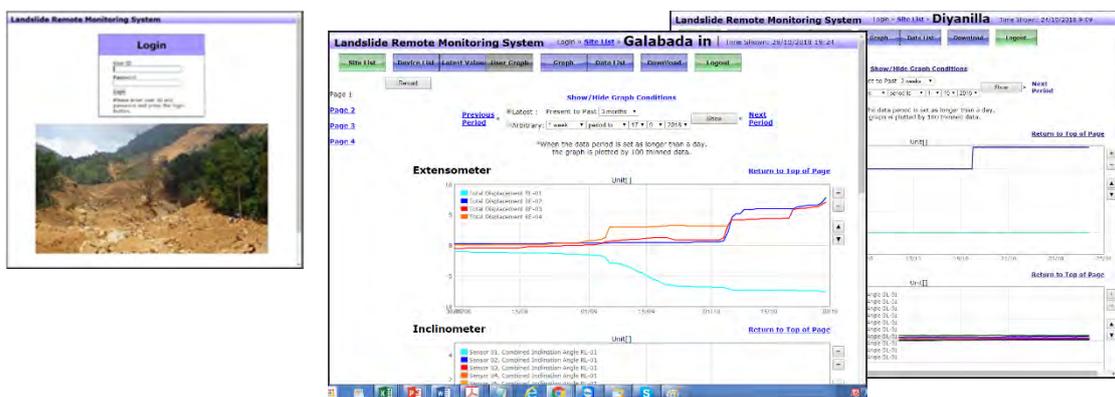


図 3-10 地すべり遠隔監視システム稼働状況

1-4 パイロットサイトにおけるシステムの設置・稼働の実証項目チェックリストを作成し、C/P と協働で動作確認を行う

2019 年 4 月 2 日、調査団は現場および事務所における観測システムが全て正常に稼働することをチェックリストで確認した。動作確認の概要を下表に示す。

表 3-3 動作確認の概要

動作確認項目			確認
現地（パイロットサイト 2ヶ所）	観測機器	正しい値を計測できること	正常稼働
	通信機器	正常な無線通信ができること	正常稼働
	警報機器	計測値に反応して警報が発出されること	正常稼働
NBRO 事務所	サーバー機材	クラウドサービスが稼働すること	正常稼働
総合		現地で観測したデータが正常に伝送され、集約して閲覧できること	正常稼働

Galabada での設置作業にあたり、ラトナプラ事務所職員の現地視察に対応し、観測機材の詳細な機能説明、観測方法、設置時の注意点等の確認を行った。NBRO から挙げられた課題としては以下のようなことが挙げられた。

- 植生の回復が早く観測に影響を与える可能性があるため、定期的な伐採等が必要
- 日照方向が異なるため、太陽電池の設置方向に注意する
- 警報発出にあたり、オオカミ少年効果により住民避難が阻害されることが想定されるため、NBRO 本部とも十分な協議の上、適切な基準値設定を依頼する
- 警報設定は 1 段階ではなく、避難準備・避難指示のように 2 段階以上設定されることが望ましい

以上の課題に関して、「設置・運用・維持管理マニュアル」を NBRO と協働で作成し、チェックリストで対応を定めた。

1-5（追加活動）システムシステムを改善し、現地適合性を高める

2020年4月13日、調査団は NBRO と WEB 会議を行い、今後は新型コロナウイルス感染症の拡大に伴う渡航禁止期間は、WEB 会議で国内作業として実施することを確認した。

WEB 会議は、4月13日、4月16日、5月15日、5月22日、5月27日（SMS メッセージ送信テスト実施）の計5回実施した。また、メールでの打ち合わせも随時行った。

※改善項目、実施期間、効果確認については非公開

成果 2：C/P によるパイロットサイトの地すべり遠隔監視が可能となり、警報・避難訓練により、地すべり災害の減災に対する有用性が確認される。

2-1 NBRO による電波使用申請及び許認可取得に必要な手続きを支援する

非公開

2-2 パイロットサイトの観測データに基づく、警戒・避難基準の設定等に係る「地すべり早期警報発出マニュアル案」を C/P と協働で作成する

NBRO では、2005 年より独自に地すべり早期警戒を目的とした雨量観測システムの整備を進めており、2016 年末に 160 基を設置した。観測された雨量データは GSM ネットワークを通じて、NBRO 所有のサーバーにリアルタイムに伝送され、雨量データ及び日雨量が NBRO 事務所で観測できる。観測した雨量情報をもとに県レベルでの土砂災害早期警戒情報を発出しており、段階的な基準値（降雨指標）が設定されている。次表に基準値を示す。¹⁴

表 3-4 土砂災害早期警戒の基準値

警報内容	基準値（降雨指標）
Alert	75mm/day
Warning	100mm/day
Evacuation, Off limit	150mm/day もしくは 75mm/hr

出典：NBRO LRRMD

本事業で導入された雨量計を含む各種の観測機材は、機種別に警報基準が設定できる。今後、適切な警戒・避難基準を設定して、地すべりの早期警報を発出・運用していくことが求められる。2017 年、NBRO に新設された Landslide Early Warning Center に各地に設置された 160 基の雨量情報が集約され、リアルタイムのデータが閲覧できる。ただし、土砂災害に特化した例えば地すべりによる地盤の変位量や傾斜などの警戒情報はなく、特定の地すべり危険個所に対応した警戒基準を運用した経験は無い。このような状況から、どのような観測機材の警戒基準が用いられているかについて、日本における地すべり観測事例を紹介し、

¹⁴ 「スリランカ国防災セクター情報収集・確認調査ファイナル・レポート要約 2017 年 8 月」

NBRO による将来的な警戒基準値の設定と活用を見据えた話題提供と研修を行った。

研修における話題提供は、調査団の専門家と NBRO でそれぞれプレゼンテーションを行い、質疑応答や議論を行うワークショップ形式で 2018 年 9 月 20 日に開催した。参加者は NBRO 地すべり部門から 14 名、その他部門から 9 名の計 23 名の職員が参加した。地すべり遠隔監視システムの取り扱いや観測データへの関心は極めて高く、多数の質問・要望が寄せられた。特に警戒・避難基準値の設定については、スリランカでは降雨量や地盤変動と地すべり災害の関係を示すデータが不十分であり、研究段階であることから十分な議論には至っていないが、今後のモニタリング成果を活用した研究や技術協力プロジェクトにおける協力が必要なことについて認識する機会を NBRO に提供できた。

2019 年 3 月 28 日、調査団は観測データに基づく、警戒・避難基準の設定値に関して、C/P との協議の結果、表 3-5 のとおり合意した。これに基づき「地すべり早期警報発出マニュアル案」を C/P と協議して作成した。

表 3-5 LRMS による警戒・避難基準の設定値

Alert Level	Alarm set value with Observation equipment			Warning message From LRMS
	Rain gauge or	Extensometer or	Inclinometer or	
Level-2 Evacuation warning	Continuous rainfall 100mm	Speed 10mm/day	Speed 0.5deg/day	•SMS •E-mail
Level-3 Emergency Evacuation	rainfall 150mm/day or 75mm/hour	Speed 5mm/hour	Speed 0.2deg/hour	•SMS •E-mail •Red light & Siren on site.

警戒・避難基準を導入していくべき地すべり危険個所と今後の基準値設定について

今後、住民の避難や道路通行規制を行うべき地すべり地についてその位置、個所数、保全対象や現在の状況について情報を共有することで、どのような機器、基準(警戒レベル)で基準値を設定・運用していくことが適切であるか具体的なイメージが共有できる。とくに具体的な候補地が無い場合は地すべり地においてどのような状況になった場合、計器設置を行い警戒・避難基準値を運用していくべきかを議論した。「地すべり早期警報発出マニュアル案」では地すべりモニタリングを行う際の留意点や課題を示しており、地すべりモニタリングに関わる技術者が多くの現場で経験を積むとともに、他のプロジェクトでの技術支援を受けながらスリランカにおける最適な警戒基準値を設定していく方向性を示した。現時点では各モニタリング機器の警戒基準値は上記の表 3-5 に示されるものをベースとするが、各地すべり地における変動機構や保全対象の重要性によって個別に設定されるべき要素もあり、各モニタリング機器類のプライオリティも一律なものではなく、設置個所の違いにおける重要性も考慮すべき事項である。将来的には NBRO がデータの蓄積し研究活動を継続することによって各現場に応じた警戒基準値が設定されることが望まれる。

警戒基準を導入する場合の手続き・運用規定について

NBRO が警戒・避難基準値(案)を設定したとしても実際の現場において運用していくためには非常事態省や自治体との調整手続きが必要となる。どのような調整手続きが必要となるのか事前に調査確認を進めておくことでスムーズな基準値運用を行えることが期待されるとともに、今後生じうる緊急の事態においても被害を最小限に抑えることが期待される。この手続きにかかる NBRO の役割分担や責任について確認した。

警戒・避難基準の策定については、対象地域に最も適した基準値を既往データの分析によって設定することが合理的である。スリランカでは地すべりなど斜面災害についてモニタリングデータを基準とした警戒・避難活動の経験に乏しいので、本プロジェクトのパイロットサイトのモニタリングシステムから得られる各種計測器の実測データを分析し、将来的な基準値策定に活用することが期待される。また、早期警戒活動については実施予定の JICA 技術協力プロジェクトの「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」において扱われるテーマでもあり、同プロジェクトにおいて設定した警戒・避難の基準値を今後、観測データと地すべり現象から見直していくことが望まれる。2019年3月、本プロジェクトでの各種協議結果、マニュアル策定や警戒避難訓練の成果を共有し、既に導入した LRMS から得られるデータも活かして、非構造物対策の検討・設計の活動が実施されることが期待できる。2019年4月には TCLMP の活動において当プロジェクトのモニタリングデータと雨量の関係を分析し、警戒基準値の設定に活用できないか検討が始められ、NBRO の技術者を対象に分析手法のセミナーが実施されている。

活動 2-3 「地すべり早期警報発出マニュアル」の研修を NBRO 担当者向けに行う

2018年9月20日、日本の警戒基準値の例や地すべり自動観測システムを活用することで、地すべりの警戒基準値を設定し早期警戒・避難活動に活用できることを説明した。モニタリングシステムの扱い方、機能、観測データの見方、解析についても、実際に観測されたデータを用いて、警戒基準の設定にどのように活用していくべきか、作成したマニュアルによるワークショップを実施した。



図 3-11 ワークショップの開催状況

ワークショップのプレゼン演目、担当を以下に示す。

表 3-6 ワークショップのプレゼン演目と担当

2-4 パイロットサイトで地すべりが発生したと仮定して早期警報を発出し、実際に住民が避難できるか確認する

観測機材および警報装置の設置後、地すべり遠隔監視システムの説明と周知を目的として地域事務所のNBRO職員と協力し、パイロットサイト周辺の住民に対して、避難訓練を含めた説明会を実施した。

2018年6月21日、Galabadaでの設置完了後、にNBROラトナプラ現地事務所責任者を通じて地区長1名と地区住民12名を招集し、住民の意識啓発を目的とした説明会を実施した。現地住民からは避難すべきタイミングや警報基準の運用方法について質問が挙げられるとともに、日常的な管理（盗難や破損の確認程度）への理解が得られた。



図 3-12 Galabada における住民説明会（2018年3月）

2019年4月2日、DiyanillaにおいてNBRO現地事務所責任者と共同で地区長1名および地すべり地区住民9名を対象としてシステムの説明会を行い、実際に現地でLRMSによる警報を回転灯とサイレントを鳴らして発出し、体験訓練を実施した。地区住民はサイレンが鳴り、回転灯が回転すれば、自らの判断で非難ができるようになったので有用性は極めて高い。



2019年4月 ディヤニラにおける避難警報説明会

2019年4月 ディヤニラにおける警報サイレン・ランプ確認、避難確認

図 3-13 Diyanilla における住民説明会（2019年4月）

成果3：C/Pによるパイロットサイトにおける地すべり遠隔監視システムの維持管理体制が構築される。

3-1 「地すべり遠隔監視システム設置・運用・維持管理マニュアル案」をC/Pと協働で作成する

2019年4月、現地観測機材設置時の写真を多く使ってマニュアル案を作成し、C/Pと協議して協働して最終化した。2020年5月、追加機能を追記・作成したマニュアルを図3-14に示す。なお、詳細は添付資料とする。

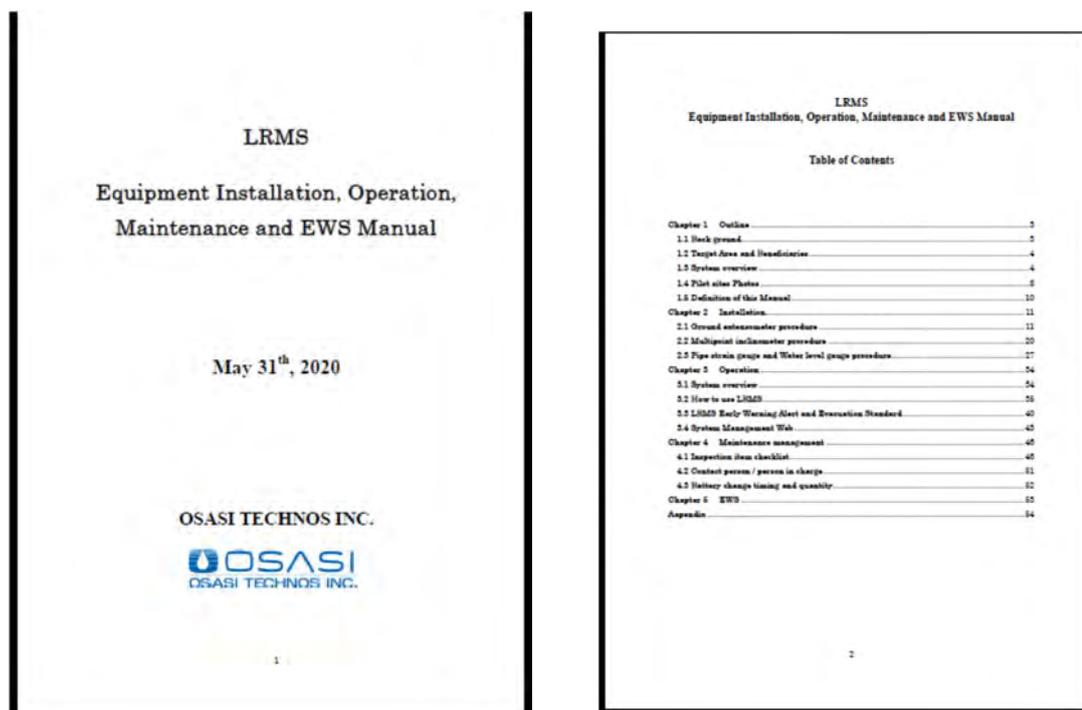


図 3-14 地すべり遠隔監視システム設置・運用・維持管理・早期警戒警報マニュアル

3-2 「地すべり遠隔監視システム設置・運用・維持管理マニュアル」の研修をNBRO担当者向けに行う

2019年4月、作成したマニュアルによる研修をC/PであるNBRO本部の地すべり・危険管理部員9名に対して実施した。研修の様子は下図のとおり。運用の内容には、警戒・基準値の設定項目も含まれ周知・徹底を図った。

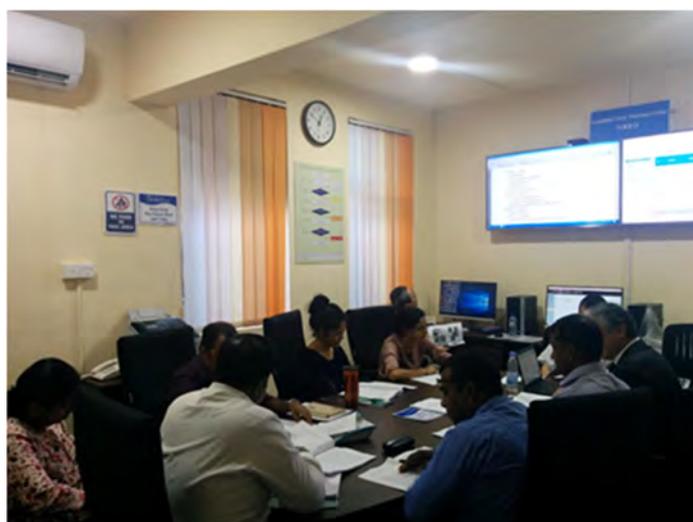


図 3-15 「地すべり遠隔監視システム設置・運用・維持管理マニュアル」の研修

さらに5ヶ月後の2019年9月、提案企業の技術者によって2パイロットサイトの保守点検を実施した際、現地事務所職員に対して草刈りや電池交換等の現場メンテナンス作業を直接指導し、電池交換方法も習得してもらえた。その後、2019年12月渡航時にも現場状況を確認したが、植生の成長が早いラトナプラ現場においても観測機材周辺の草刈り等のメンテナンスは行われており、維持管理体制の定着を感じられた。

3-3 地すべり遠隔監視システムの故障・トラブル時の対応方法をC/Pと共同で整理・確認、同システムの維持管理体制を整備する

2019年4月までに発生したLRMS故障・トラブルと実施した対策は以下のとおりである。

1) 現地観測サイトでの故障

- ばらまき型傾斜計：動物によるケーブル断線

2018年6月、ラトナプラへ設置したばらまき型傾斜計について、2018/7/9、NBROの現地事務所より接続ケーブル断線の連絡があった。動物にケーブルをちぎられたことによる断線と推測された。ばらまき型傾斜計設置箇所については、お茶畑の中にありフェンス設置が難しい個所であること、またケーブルが露出の状態であるため、今後の対策としてケーブルに塩ビ管を被せ保護することにした。なお、ケーブル断線した観測ポイントは、2018年9月に機器を交換し既に復旧している。

- 伸縮計：インバー線と塩ビ管の接触による異常値観測

2018年6月機器設置後、伸縮計の変位データが大きく変動した。現地再委託業者がフェンスを構築した際、その作業中に塩ビ管の位置がずれ、インバー線に接触したことで変位が大きくなったとわかった。正常位置に戻して、現在正常に稼働している。

また、システムの維持管理体制に関して、C/Pとの協議の結果、維持管理担当の責任者が選任された。表3-7に維持管理担当者を示す。

表 3-7 維持管理担当者

非公開

2020年5月現在、管理責任者はマニュアルに基づき定期的に観測機器の周辺の草刈りを行い、電池交換を実施している。

成果4：地すべり遠隔監視システムの普及に向けた方策がNBROに提言されるとともに、地すべり遠隔監視システムの普及に向けた事業展開計画が策定される。

4-1 NBROの「地すべり遠隔監視システムの展開計画案」をNBROと共同で作成する

2019年4月、C/PとLRMSの普及展開に関する協議を行った。その結果、以下の2つの案件に関するLRMS導入による展開計画を策定することにした。

以下非公開

4-2 C/P及び関係機関向けに普及・実証事業のファイナルセミナーを開催する

2019年4月、関係機関向けのファイナルセミナーを実施した。参加人数は45人であり、DMC、RDA、水資源灌漑省、鉄道局からの参加があった。セミナーでは、NBROによる講演もあり、またLDPP2のメンバーも参加し、プロジェクト全体の成果、情報を共有し関連機関とのネットワーク構築にも寄与できた。併せて、観測機材のハンドオーバーセレモニーを同時に行い、支障なく移管された。セミナーの式次第と状況を表3-8、図3-16に示す。

表 3-8 ファイナルセミナー式次第

非公開



図 3-16 ファイナルセミナー開催状況

※以下非公開

4-3 スリランカ国における防災予算調査及び地すべり以外の分野への実証された遠隔監視システムの適用可能性、市場調査を行う

1) スリランカ国における防災予算

非公開

2) 地すべり以外の分野への適用可能性

非公開

3) 現地ビジネスパートナー

NBRO と取引実績がある 4 社の商社、および関係がありそうなその他 3 社を訪問し、その経営体制、業務内容、業務経験などを確認した。現在、有力なパートナー企業候補を 1 社選定している。2019 年 2 月には、そのパートナー企業候補からスリランカ国での橋梁工事現場で使用する観測機器の見積依頼があり、打合せの結果、初取引に至った。設置方法も遠隔で指導し、実運用に至っている旨の報告を受けている。また、国際入札への誘いも受け、協同で参加中である。今後も実際の案件に取り組みながら、協業方法を模索していく。

4-4 模造品リスク対策のための知財関係調査を行う

非公開

4-5 パイロットサイトの地すべり遠隔監視システムと同規模な他社製品・システムの信頼性・機能・価格を調査して、比較優位性を確認する

非公開

(2) 事業目的の達成状況

事業目的の達成状況を表 3-9 に示す。

表 3-9 事業目的の達成状況

成果・活動	活動成果	達成状況
成果 1 パイロットサイトにおける地すべり遠隔監視システムの設置、稼働により、同システムが正常に動作することが確認される。		
1-1 パイロットサイトの現地測量を実施して、観測機材の設置計画（ボーリングを含む）を作成する	<ul style="list-style-type: none">現地再委託によりパイロットサイト 2 か所において基準点測量を実施調査団により UAV による空中測量及び地形解析を実施した。上記した調査結果に基づき、パイロットサイトにおける機材設置	<ul style="list-style-type: none">完了

	計画を作成し、C/Pの合意を得た。		
1-2	パイロットサイトに適合できるように地すべり遠隔監視システムを改造し、自社日本工場で製造した上で現地へ空送する	<ul style="list-style-type: none"> 通信機材等について、現地周波数に適應できるように改造を行った。 機材設置計画に基づいた数量をC/P機関に輸送し、検品を行った。 	完了
1-3	パイロットサイトで設置計画に従って観測機材（ボーリング含む）を設置し、NBRO事務所内にサーバーを設置する	<ul style="list-style-type: none"> 現地再委託により、2か所のパイロットサイトにおいてボーリングを実施した。 同サイトにおいて、C/Pと協同で観測機材の設置を行った。 現地で購入可能な機材を選定・調達をし、C/P機関に納品した。 NBRO本部にサーバーを設置した。 	完了
1-4	パイロットサイトにおけるシステムの設置・稼働の実証項目チェックリストを作成し、C/Pと協働で動作確認を行う	<ul style="list-style-type: none"> 2か所のパイロットサイトにおいて、本部との通信状況を確認した。 観測された計測データはサーバー内に保存されている。 マニュアルに掲載したチェックリストですべての動作確認を終えた。 	完了
1-5	（追加活動）システムを改善し、現地適合性を高める。	非公開	完了
成果2 C/Pによるパイロットサイトの地すべり遠隔監視が可能となり、警報・避難訓練により、地すべり災害の減災に対する有用性が確認される。			
2-1	NBROによる電波使用申請及び許認可取得に必要な手続きを支援する	NBROによる電波使用申請は完了して、TRCより2周波の許可を取得した。	完了
2-2	パイロットサイトの観測データに基づく、警戒・避難基準の設定等に係る「地すべり早期警報発出マニュアル案」をC/Pと協働で作成する。	<ul style="list-style-type: none"> 日本における地すべり観測機材による各基準値を紹介した。 NBROと協議を行い、観測データに基づく警戒・避難基準値を決定し、マニュアルを作成した。 	完了
2-3	「地すべり早期警報発出マニュアル」の研修をNBRO担当者向けに行う	NBRO関係者全員にマニュアルの研修を実施した。	完了
2-4	パイロットサイトで地すべりが発生したと仮定して早期警報を発出し、実際に住民が避難できるか確認する	ラトナブラ、およびディヤニラにおいて、NBRO現地スタッフと地区住民に対して、現地で実際にサイレンを鳴らして、警報を確認した。	完了
成果3 C/Pによるパイロットサイトにおける地すべり遠隔監視システムの維持管理体制が構築される。			
3-1	「地すべり遠隔監視システム設置・運用・維持管理マニュアル案」をC/Pと協働で作成する	国内作業で現地設置時の写真やチェック項目リストに基づくマニュアル案を作成した。	完了
3-2	「地すべり遠隔監視システム設置・運用・維持管理マニュアル」の研修をNBRO担当者向けに行う	マニュアル研修をNBRO担当者向けに実施した。	完了
3-3	地すべり遠隔監視システムの故障・トラブル時の対応方法をC/Pと共同で整理・確認、同システムの維持管理体制を整備する	3-1で作成したマニュアルにチェックリストを用いてトラブル時の対応を確認した。また、NBROサイドの現地管理責任者が選任され体制ができた。	完了
成果4 地すべり遠隔監視システムの普及に向けた方策がNBROに提言されるとともに、地すべり遠隔監視システムの普及に向けた事業展開計画が策定される。			

4-1 NBROの「地すべり遠隔監視システムの展開計画案」をNBROと共同で作成する	・ 非公開	・ 完了
4-2 C/P及び関係機関向けに普及・実証事業のファイナルセミナーを開催する	・ 2019年4月13日、ファイナルセミナーを開催した。	・ 完了
4-3 スリランカ国における防災予算調査及び地すべり以外の分野への実証された遠隔監視システムの適用可能性、市場調査を行う	・ 2017～2020年の災害管理予算を確認した。 ・ 可能性のある他省庁への訪問調査を実施した。	非公開
4-4 模造品リスク対策のための知財関係調査を行う	・ 知的財産権への意識はまだ根付いていないものの、登録する必要がある。今後はパートナー候補企業の協力を仰げる見込み。	・ 商標登録については、2016年12月に申請した。一分野で登録を完了した。
4-5 パイロットサイトの地すべり遠隔監視システムと同規模な他社製品・システムの信頼性・機能・価格を調査して、比較優位性を確認する	非公開	・ パイロットサイト2ヶ所に設置した機器は設置後半年以上経過しても概ね順調に観測を続けており、信頼性を証明できた。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

NBROにおいては、自動雨量計による監視システムが導入されており、雨量観測データに基づく警戒・避難基準が設定され運用されている。

本事業を通して初めて導入された2か所のパイロットサイトのLRMSによって、雨量以外の実際の地すべり斜面の動態を遠隔地から効率良くリアルタイムで監視する体制が構築された。また、C/Pとの協働により各種観測データに基づく警戒・警報基準を設定し、サイレンと回転灯による警報発出により避難を促すことが可能となった。これによって、パイロットサイト地域住民の防災意識を向上させ、危険度に応じた警戒避難を促すことにより、毎年発生する地すべり災害の犠牲者の減少を目指す。これによって、スリランカ国の減災対策に高い効果が期待される。さらに、本事業を通じた提案システムの適応性の実証により、現在進行中の技術協力プロジェクト「土砂災害対策能力強化プロジェクト（以下、TCLMP：Technical Cooperation for Landslide Mitigation Project）」のパイロットサイトや円借款事業「国国土砂災害対策事業（以下、LDPP：Landslide Disaster Prevention Project）」で実施された道路地すべり対策への提案システムの機能追加が可能であり、対策工の設計および施工中の安全管理、また完成後の効果確認モニタリングの提案も可能となる。

※一部非公開

実証事業を通じて、1章で述べた「地すべり防災分野における開発課題」に対する解決の観点から見た貢献度を下表に示す。

表 3-10 開発課題解決の観点から見た貢献度

開発課題	貢献度	今後の活動予定
・土砂災害（地すべり）の降雨指標だけによる早期警報の発出は難しい	早期警報の発出のための判断基準は、観測データとして、降雨量のほかに地表伸縮量、地盤傾斜量、地下水位、地中ひずみ量を、NBRO事務所でリアルタイムに監視でき	警報発出するための警戒・避難基準をC/Pと協議の上日本の知見を利用して設定した。今後はNBRO自身で実際の観測データと地すべり変位データ

開発課題	貢献度	今後の活動予定
	<p>るシステムが2か所のサイトで構築できた。これによって、降雨量と現地の地盤の動きをリアルタイムに監視できることができるようになり、総合的な判断ができるようになった。</p> <p>警報発出するための各データの収集、データ蓄積が可能となったので、警報発出の基準値をシステムに設定（入力）すれば、現地でサイレン、回転灯による警報の発出ができる。</p>	<p>の蓄積を行い研究テーマとして、基準値の見直しを行うことが望まれる。</p>
<p>・早期警報発出(地すべり)のための体制構築ができていない</p>	<p>警報発出のための降雨指標とその他観測データの監視が可能となった。</p>	<p>NBRO サイドのデータ管理技術者が選任された。C/Pと協議して「早期警報発出マニュアル案」が作成され、研修を実施した。これによって、監視体制が整備された。</p>
<p>・地域住民へのタイムリーな警報発令、避難勧告がなされていない</p>	<p>システムの構築によって、リアルタイム監視が可能となった。</p>	<p>「早期警報発出マニュアル案」に地域住民への伝達方法をC/Pと協議して、SMSとメールによる方法で設定した。</p>
<p>・スリランカに適応した地すべりの管理基準値の設定がない</p>	<p>各種観測データに基づく地すべり危険度を判定するための、本邦における知見や、事例の紹介を研修で実施した。</p>	<p>C/Pとの協議に基づき、日本の知見による警報発出のための管理基準値を設定し、早期警報の発出、システムの運用を開始した。</p>

※以下非公開

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

スリランカ国における案件化調査を経験したことから、高知県の外郭企業支援団体より地元企業向けの講演を依頼されるようになるなど、海外進出ができるだけの体力を持つ企業だと認められはじめており、ベトナムなどスリランカ国以外の海外進出も高知県および日本のコンサルタントから求められるようになった。本事業実施後には、さらに経験値があがり、海外進出の先駆者として関連企業の後押しもできる。当社の協力企業や斜面防災関連企業の製品を共にPRしていくことで相乗効果も期待できる。

① 協力企業や関連企業などへの波及効果・相乗効果

表 3-11 本事業における国内での波及効果・相乗効果

協力企業製品への波及効果	提案システムを構成する計測機器に接続するセンサ部分は、現場状況に応じて、自社製だけでなく、協力企業製や同業他社製を接続する場合もあるため、提案システムの普及による関係企業への波及効果が期待できる。 (例：パイプひずみ計導入増加→長野県の協力企業へ波及効果あり)
斜面防災関連企業との相乗効果	スリランカ国のビジネスパートナー候補から、日本製緑化工法の輸入実績があるとの情報を得た。また、斜面防災関連企業が“金網型枠による吹付法枠工の斜面防災技術”でスリランカ国に進出する予定であり、今後の相乗効果が期待できる。
高知県の他の防災関連製品への波及効果	提案システムの普及により、メイドイン高知の防災製品が海外で役立てば、高知県防災関連製品認定制度で認定されている他企業の防災製品への波及効果も期待できる。

② 資材発注・業務委託費の増額による地域活性化

本事業が成功し、少なくとも500箇所は存在すると言われるスリランカ国の地すべり危険地域へ提案システムを普及させることができれば、生産量の増加が期待でき、比例して資材発注・業務委託費の増額が見込めることから、さらなる地方活性化に繋がる。具体的には、社内生産体制一割増加を見込んでいる。また、地すべり災害だけでなく、洪水災害、ため池監視など、他の自然災害対策にも貢献できる可能性がみえたため、提案システムを構成する斜面防災計測器だけでなく、ため池監視システムなど、別分野に展開できれば、さらなる生産量拡大も期待できる。このようにスリランカ国での生産拡大に成功すれば、他のアジア諸国への展開も視野に入れることができる。

③ 国内の雇用創出

上記より海外展開による製品受注増が実現すれば、社内体制の拡大が必要となることから、作業員の増員及び海外からの問い合わせにも対応できるグローバルな人材の採用を検討している。

その場合、新卒は県内雇用、中途採用は県外から雇用すれば、高知県まち・ひと・しごと創生総合戦略の一つである“県内高校生等の県内就職促進，県外からの移住促進”にも合致する。

(5) 環境社会配慮 (※)

非該当

(6) ジェンダー配慮 (※)

非該当

(7) 貧困削減 (※)

非該当

(8) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

C/PであるNBROには斜面防災の責任者、およびTCLMPでのメンテナンスを行っている人

材、IT の知識がある人材がおり、能力的に本事業で構築した遠隔監視システムの維持管理は継続可能であり、現在雨量観測システムを維持していることから財政面でも可能である。一方、今後の斜面防災事業の拡大については、スリランカ国だけの財政では十分でなく、常に予算は不足している。ただし、NBRO は斜面防災の重要性から今まで世界銀行などの資金を活用しており、今後、遠隔監視システムの利便性を認識してもらい、過去に NBRO が行った他のプロジェクトと同様に他ドナーの資金を活用し拡大を計ってもらう。

(9) 今後の課題と対応策

パイロットサイト 2 ヶ所の内、ラトナプラでは、警報システムの一部である電子ホーンが何者かによってケーブルカットされ、使えない状況になっていた。(2019 年 3 月渡航時に機器交換済) このような悪戯盗難等を未然に防ぎ、継続的に運用してもらうため、NBRO と協議し、フェンスにプロジェクトボードを設置して、地すべりに対する地区住民の生命を守るための観測機材であることを啓蒙し、必要性・重要性を認識させることにした。

また、システムの管理責任者に選任した NBRO 現地スタッフが定期的に(最低月 1 回点検、データ異常時の緊急点検)巡回点検することによる維持管理を励行させることとしている。2019 年 3 月渡航時は、現地 NBRO 職員と共に、観測機器設置ポイントを周り、草刈や電池交換等のメンテナンス方法を伝えて周った。習慣化するには時間がかかることが予測されるため、定期的な声掛けをするなどして定期メンテナンスの重要性を伝えて行く。(2019 年 9 月、12 月にフォロー実施済)

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

近年、極端気象を原因とした斜面災害が国内外において増加傾向にある。日本国内の斜面防災市場では、リアルタイムに遠隔監視できるシステムが定型化しつつある。一方、海外への当社製品の輸出に関して、今までの海外売り上げは ODA 案件での観測機器単体が主であったが、該当事業終了後に当該政府より遠隔監視の要望が出てくるようになった。この傾向は今後海外においても遠隔監視システムのニーズが存在することを示している。

表 4-1 2014 年以前（案件化調査前）の海外向け観測機器販売実績

非公開

スリランカ国での直近の大きな斜面災害としては 2016 年にケゴールで 47 人、2017 年にラトナプラで 66 人、カルタラで 47 人の命が奪われており、早期警戒のための遠隔監視システムを必要としている。

これらの要望に応えるため、当社は本事業でスリランカ国に適応できるようシステム改良を行い、2018 年 6 月、9 月と 2 つのサイトに、LRMS（地すべり遠隔監視システム）を導入した。しかし、NBRO が指定している崩壊危険区域は Badulla、NuwaraEliya を始めとした 14 の県に存在し、膨大な数の LRMS を必要としており、巨大なマーケットが存在する。

以下非公開

② ビジネス展開の仕組み

非公開

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

非公開

④ ビジネス展開可能性の評価

非公開

(2) 想定されるリスクと対応

非公開

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

非公開

(4) 本事業から得られた教訓と提言

- ・ 機材輸送時の関税支払いに関して、実際の機材納入時の C/P 側の支払いは、金額が確定しないこと、予算措置が事前でないことから現実的には負担は困難であった。MM に費用負担を約束しているが免税措置の事業ではないことから、本事業を円滑に進めるために、提案企業が立替支払い輸入した。現在、立替払いした関税の払い戻しを NBRO に請求しており、NBRO 側で内部手続きを進めている。立替え払いする旨を予め記載することが肝要である。
- ・ インターネット接続や新SIMカード契約、無線機の電波使用料に係る支払い分担や金額が MM 締結時には想定できないため、C/P が支払実行に時間を要した。無線機の電波使用料に関して、実証期間中は提案企業で依頼されたので、事業の円滑な進捗を確保するため支払わざるを得なかった。移管時期と支払い時期に関して、予め記載することが同様に肝要である。

①今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

スリランカ国政府の入札案件を落札できた大きな要因は、普及・実証事業を通じて実際の現場で導入実績を作り、機器やシステムの有効性が実証されたことにより、NBRO 公示案件の入札仕様に本システムの仕様が反映されたことである。

スリランカにおける地すべりは、国の大部分に影響を与える主要な自然災害の一つであり、国土総面積の 20% を構成するスリランカの中央高地は、多くの場所が地すべりによって脅かされており、豪雨と典型的な地すべり地形・地質、森林破壊、土地利用慣行が組み合わさって、社会自然災害を引き起こしている。これらを背景にして、防災を目的とした本システムには「地すべり動態監視機能」と「早期警報発出機能」が備わっていることを NBRO が実際に見て、機能の必要性と有効性を実感できたことが調達仕様につながったと考えられる。

その他の取組内容を以下にまとめる。

- ・ 防災分野や農業分野に関連する JICA 事業との連携、情報交換を行った。
- ・ 対象国の公共事業の仕組みを調査・把握できた。
- ・ 対象国の発展度合いと自社製品の適合性（価格を含む）を考慮して応札した。
- ・ 日本の商習慣を理解できるパートナーを発掘できた。

②JICA や政府関係機関に向けた提言

- ・ 普及・実証事業に対する C/P の協力取り付けに関して、中小企業の海外展開支援という名称は、C/P 側では民間中小企業主体と認識されがちであるので、「日本の優れた製品・技術の海外展開支援」として、C/P に対しては「中小企業」の名称はない方が良いように考えます。

5. 参考文献

- ・「JETRO 日本・スリランカ調査レポート」
- ・「世界の資産家はなぜスリランカに投資するのか」清水孝則著 株式会社冬舎メディアコンサルティング
- ・City of Colombo 地図 (Sri Lanka Survey Department)
- ・Road Atlas of Sri Lanka 2017 地図 (Arjuna Consulting Co Ltd,)
- ・Sri Lanka Comprehensive Disaster Management Programme,(2014-2018),Government of Sri Lanka, March ,2014
- ・「JETRO 日本・スリランカ調査レポート」
- ・「世界の資産家はなぜスリランカに投資するのか」清水孝則著 株式会社冬舎メディアコンサルティング
- ・City of Colombo 地図 (Sri Lanka Survey Department)
- ・Road Atlas of Sri Lanka 2017 地図 (Arjuna Consulting Co Ltd,)
- ・Annual Report 2018, NATIONAL BUILDING RESEARCH ORGANISATION:Ministry of Public Administration & Disaster Management

6. 添付資料

非公開

National Building Research Organisation
Ministry of Disaster Management

Summary Report

Sri Lanka

Verification Survey with the Private Sector
for Disseminating Japanese Technologies
for THE LANDSLIDE REMOTE
MONITORING SYSTEM

July, 2020

Japan International Cooperation Agency

OSASI TECHNOS INC

1. BACKGROUND

Several kinds of natural disasters like sediment disasters and floods occurred due to the geographical conditions and the effect of climate change in Sri Lanka. National development has been affected by these disasters. According to the historical records, many sediment disasters occurred due to the heavy rainfall. In the mountainous and hilly areas located in the central part of the country, which accounts for 20% of the total territory and where 30% of the people live, landslides and steep slope failures frequently occur due to fragile geology and topographical conditions in such areas.

Presently, the landslide early warnings are issued based on the amount of observation rainfall. The improvement of landslide monitoring systems and method will contribute to disaster risk reduction in Sri Lanka.

The purpose of this survey is improvement of the landslide early warning system through the cooperation with National Building Research Organization (hereafter referred to as NBRO).

This survey implements the following for the achievement of this purpose:

- To install the Landslide Remote Monitoring System (hereafter referred to as LRMS) this is able to transmit on-site monitoring data using a radio communication network.
- To confirm landslide deformation based on several monitoring data such as extensometer, rainfall gauge and other instruments.
- To support the determination of the reference value of appropriate landslide early warning in NBRO.

2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

This project aims to verify availability and superiority of LRMS for sediment disaster risk reduction, and to confirm methods and issues for dissemination of LRMS.

1) Expected Output 1

To confirm the correct operation of LRMS at the pilot sites and NBRO head office using the cloud system.

2) Expected Output 2

To confirm availability of LRMS for sediment disaster risk reduction through landslide monitoring by NBRO and evacuation drill at the pilot site.

3) Expected Output 3

To develop the maintenance system of LRMS at the pilot site by NBRO.

4) Expected Output 4

To prepare the dissemination plan for LRMS. This project aims to verify availability and

superiority of LRMS for sediment disaster risk reduction, and to confirm methods and issues for dissemination of LRMS.

(2) Activities

1) Activities for Expected Output 1

- 1-1 Conducted the topographic and geologic survey at the pilot site and formulate the installation plan for equipment and bore holes.
- 1-2 Remodel the LRMS for the pilot site, and manufacture it in Japan and send it to Sri Lanka by airplane.
- 1-3 Set up the equipment and bore holes at the pilot site using the installation plan, and installed a server in the NBRO office.
- 1-4 Made a checklist of installation and operation of the system at the pilot site and confirmed the operation with counterpart.

2) Activities for Expected Output 2

- 2-1 Assisted the NBRO on procedures necessary for radio wave application and permission.
- 2-2 Created a landslide early warning issuance manual draft with counterpart to set an alert and evacuation standard based on the data of the pilot sites.
- 2-3 Implemented the training of the landslide early warning issuance manual draft for NBRO staff.
- 2-4 Assumed that a landslide has occurred at the pilot sites, issue an early warning and actually confirmed the evacuation of the residents.

3) Activities for Expected Output 3

- 3-1 Prepared the manual for installation, operation and maintenance of the LRMS with counterpart.
- 3-2 Conducted the training for the LRMS installation, operation, and maintenance manual for the counterpart.
- 3-3 Confirmed the countermeasures for failures and troubles of the LRMS with counterpart, and improve the maintenance system of the LRMS.

4) Activities for Expected Output 4

- 4-1 Prepared a plan for future deployment for the LRMS installation.
- 4-2 Conducted a final seminar of this project for counterpart and relevant organizations.
- 4-3 Investigated disaster prevention budget in Sri Lanka and conducted applicability and market research to other areas, such as dams, falling rocks, reservoirs and rivers.
- 4-4 Investigated intellectual property rights to counter imitative risks.
- 4-5 Investigated other products of the same scale as the LRMS and confirmed the comparative advantage.

(3) Information of Product/ Technology to be Provided

The basic concept of The LRMS is shown as follows:

- This system transmits measurement data taken by observation instruments such as ground surface extensometer and rain gauges, installed in landslide risk areas to a management office located at a distance, in real time;
- This system monitors the on-site condition, evaluates the risk of landslide/slope failure and informs local residents of the risk at an early stage and urges them to evacuate; and
- The system is composed of observation instruments installed on a slope (ground surface extensometer, rain gauge, groundwater gauge, strain gauge, and multi-point inclinometer) and network equipment (radio transmitters, communication device, alarm device and cloud service).

The outline of LRMS is shown in **Figure 1** and input instruments are shown in **Table 1**.

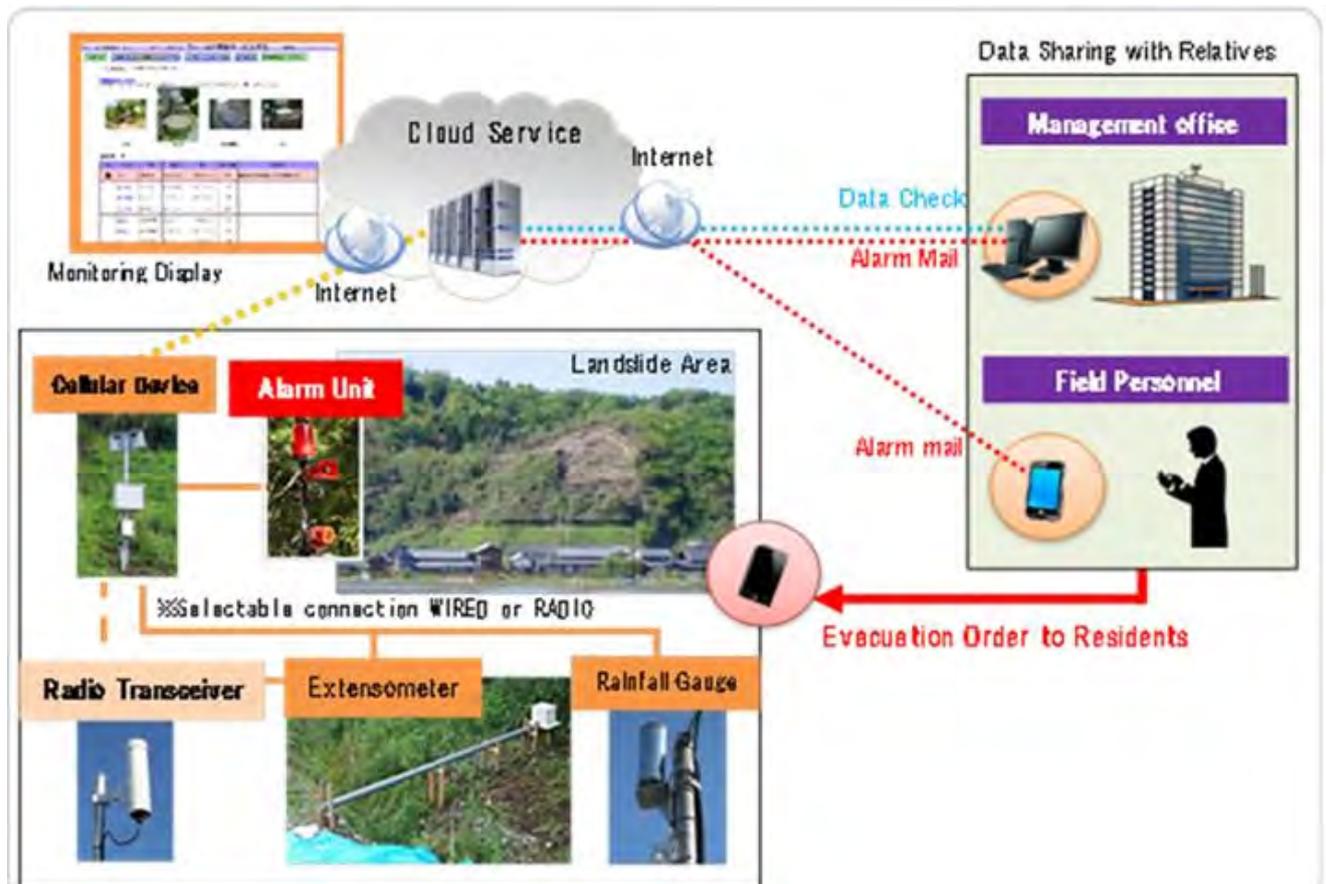


Figure 1 Outline of LRMS

Table 1 List of input instruments

No.	Instruments	Galabada Ratnapura District	Diyanilla Nuwara Eliya District	Total
1	Ground Surface Extensometer	4	2	6
2	Multi-Point Inclinometer	9	20	29
3	Rainfall Gauge	1	1	2
4	Pipe Strain Gauge	2	2	4
5	Groundwater Level Gauge	2	2	4
6	Radio Transceiver	10	9	19
7	Cellular Device	1	1	2
8	Alarm Unit	2	2	4
9	Loud Speaker	2	2	4
10	Red Lamp	2	2	4
11	Solar Panel	1	1	2
12	Battery	2	2	4
13	Computer (Cloud Server)	-	-	1 (NBRO H/O)

(4) Counterpart Organization

National Building Research Organisation Ministry of Disaster Management

(5) Target Area and Beneficiaries

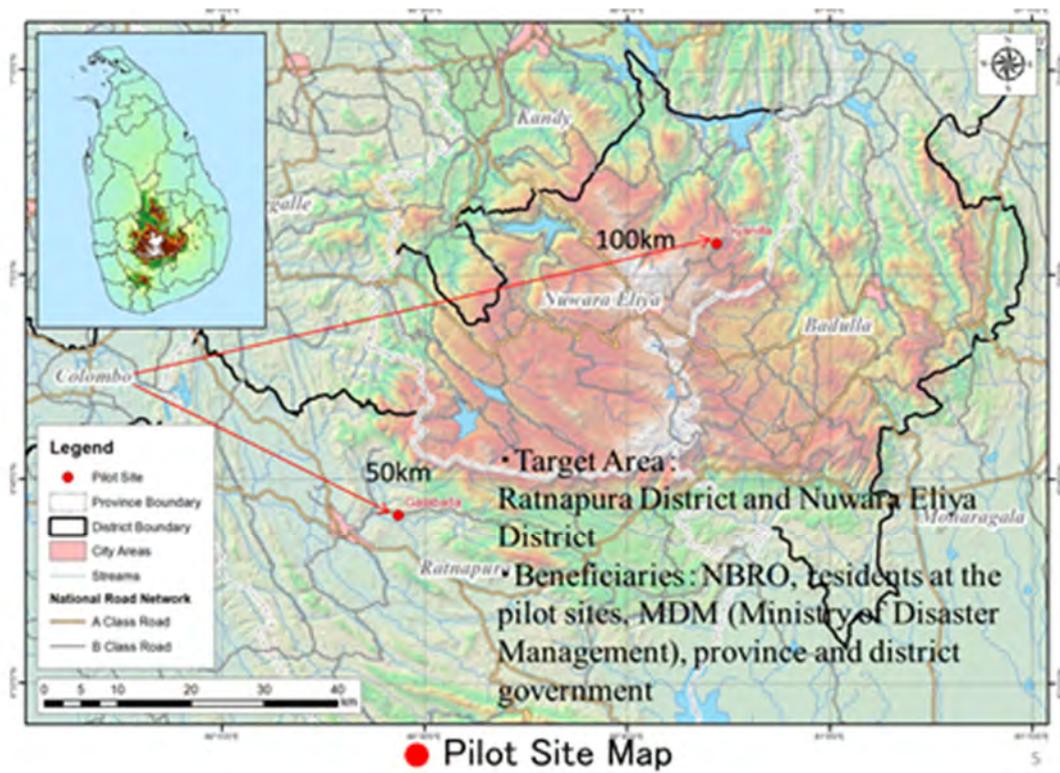


Figure 2 Target Area and Beneficiaries

(6) Duration

The survey executed 2 years and 6 months from 10/2017 to 3/2020.

(7) Progress Schedule

Activities Plan		2017			2018			2019			2020											
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
1) Activities for Expected Output 1																						
1-1	Conducted the topographic and geologic survey at the pilot site and formulate the installation plan for equipment and bore holes.																					
1-2	Remodel the LRMS for the pilot site, and manufacture it in Japan and send it to Sri Lanka by airplane.																					
1-3	Set up the equipment and bore holes at the pilot site using the installation plan, and installed a server in the NBRO office.																					
1-4	Made a checklist of installation and operation of the system at the pilot site and confirmed the operation with counterpart.																					
1-5	Improve the system to increase local compatibility.																					
2) Activities for Expected Output 2																						
2-1	Assisted the NBRO on procedures necessary for radio wave application and permission.																					
2-2	Created a landslide early warning issuance manual draft with counterpart to set an alert and evacuation standard based on the data of the pilot sites.																					
2-3	Implemented the training of the landslide early warning issuance manual draft for NBRO staff.																					
2-4	Assumed that a landslide has occurred at the pilot sites, issue an early warning and actually confirmed the evacuation of the residents.																					
3) Activities for Expected Output 3																						
3-1	Prepared the manual for installation, operation and maintenance of the LRMS with counterpart.																					
3-2	Conducted the training for the LRMS installation, operation, and maintenance manual for the counterpart.																					
3-3	Confirmed the countermeasures for failures and troubles of the LRMS with counterpart, and improve the maintenance system of the LRMS.																					
4) Activities for Expected Output 4																						
4-1	Prepared a plan for future deployment for the LRMS installation.																					
4-2	Conducted a final seminar of this project for counterpart and relevant organizations.																					
4-3	Investigated disaster prevention budget in Sri Lanka and conducted applicability and market research to other areas, such as dams, falling rocks, reservoirs and rivers.																					
4-4	Investigated intellectual property rights to counter imitative risks.																					
4-5	Investigated other products of the same scale as the LRMS and confirmed the comparative advantage.																					
5) Report																						
	Monthly report																					
	Progress report																					
	Draft of final report																					
	Final report																					

Plan: ■■■ Actual: ■■■

(9) Implementation System

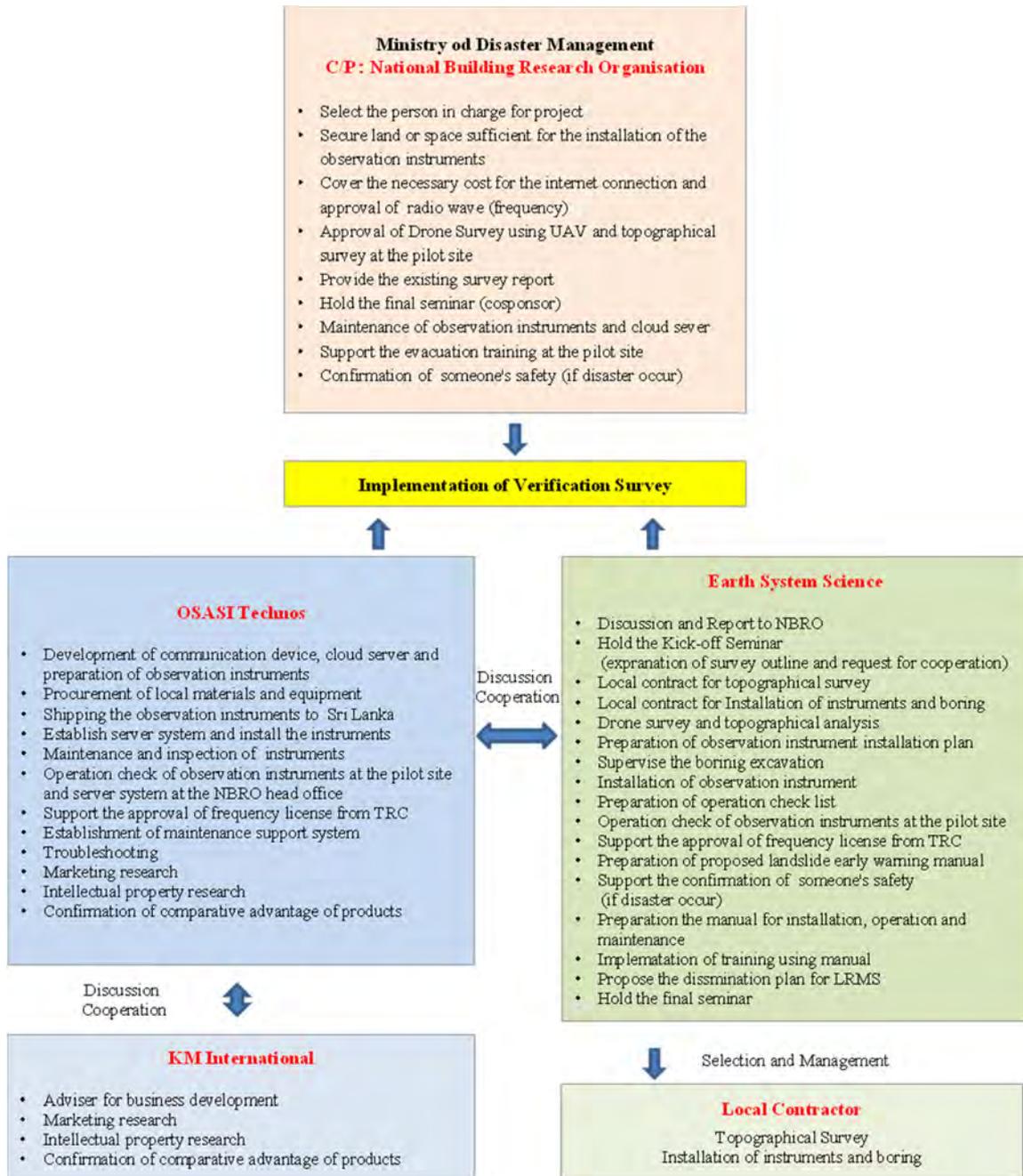


Figure 3 Implementation Structure

3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

Output 1: At the two pilot sites, the installation plan of the observation equipment was formulated based on the aerial image survey and topographical analysis using UAV. In addition, with the cooperation of the C/P, we were able to install the equipment and boring smoothly with the permission of the TRC to use radio waves, the consent of the land owners, and the consent of the nearby residents. At NBRO headquarters, a server dedicated to the system was set up, and NBRO side made a new Internet connection and data shim card contract, and an environment was established in which various data at the pilot site could be viewed through the cloud system. For example as below,

- We were able to demonstrate that NBRO obtains radio wave usage permission and transmits the data of measuring equipment in the field wirelessly.
- We have demonstrated that real-time observation is possible by building a cloud system by introducing a dedicated server for LRMS into NBRO.
- It was proved that all data of observation equipment was graphed and observed continuously and stably at the headquarters and local offices.
- The alarm devices (loudspeaker) and warning lights (LED lamps) installed on site confirmed the operation when the evacuation standard value was exceeded.
- In cooperation with NBRO staff, briefing sessions were held for local heads and residents to educate them on necessity and importance.

On November 11, 2019, NBRO had requested LRMS remodeling.

The request was the following three points.

No.1 : Countermeasures for intermittent data communication

No.2 : Send easy-to-understand messages via SMS

No.3 : Improving the LRMS to compactible with the NBRO EWS

We therefore responded to this letter by improving LRMS to increase its suitability. And we explained it to NBRO and got their understanding.

Output 2: Consultation with the government agency of the project implementation country

We held a seminar on standard setting for issuing landslide early warning, and introduced the standard for warning and evacuation in Japan. In the future, we will work together with C / P to create a manual for setting standards based on various observational data. Training related to warnings was conducted in each district for local residents.

Output 3: One person has been appointed to maintain and manage the NBRO district office at each pilot sites. The issue is the establishment of a system for maintenance and operation of observation equipment and system operation. NBRO appointed a person in charge of the head office of NBRO headquarters, We are preparing a manual for maintenance and operation of the

LRMS, and aim to establish a system. The following items have already been implemented.

Output 4: We visited public organizations other than C / P organizations, confirmed the applicability of the proposed system in other fields, visited a private company that could be a local partner, and discussed the cooperation system, local customs, for example, Sri Lanka Railway and Road Development association.. We proposed development plans in other areas based on the hazard map provided. A rockfall detection system along the Sri Lankan Railway was proposed.

1. Ground Surface Extensometer

Warning and evacuation criteria (temporary)



Alert Level	Alarm set value with Observation equipment			Warning message From LRMS
	Rain gauge or	Extensometer or	Inclinometer or	
Level-2 Evacuation warning	Continuous rainfall 100mm	Speed 10mm/day	Speed 0.5deg/day	•SMS •E-mail
Level-3 Emergency Evacuation	rainfall 150mm/day or 75mm/hour	Speed 5mm/hour	Speed 0.2deg/hour	•SMS •E-mail •Red light & Siren on site.

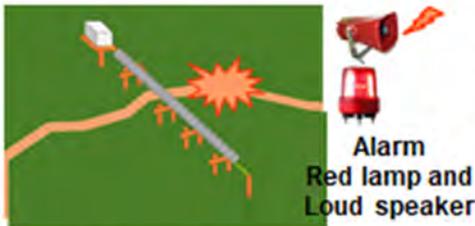


Image of Crack Movement



2. Multi-Point Inclinator

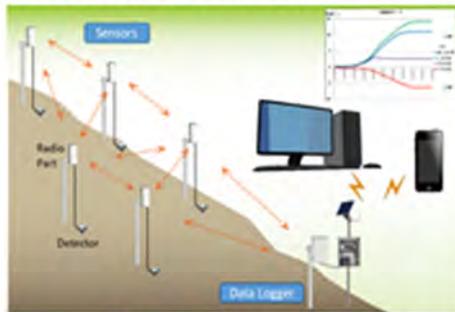
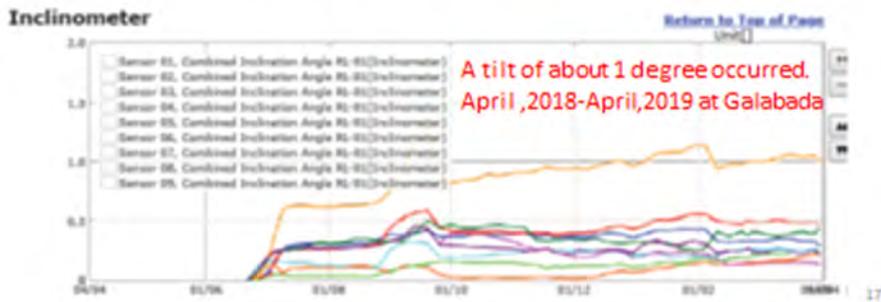


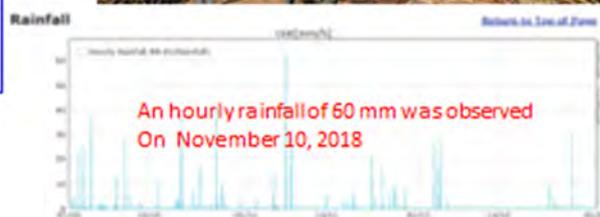
Image of Observation



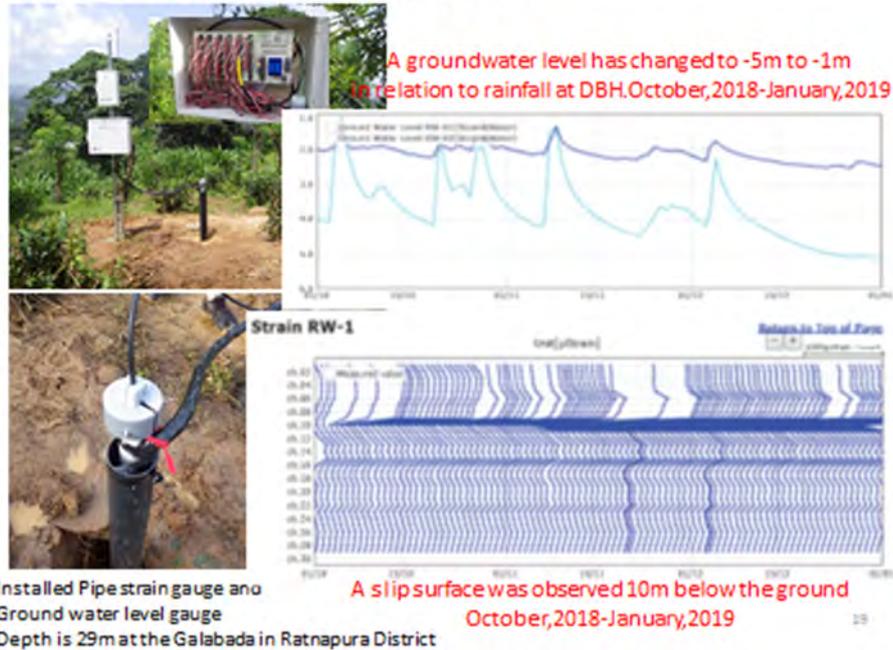
Multi-Point Inclinator



3. Rainfall Gauge (Tipping Bucket Type)



4. Pipe strain gauge and Ground water level gauge



(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization

One person has been appointed to maintain and manage the NBRO district office at each pilot Sites. The issue is the establishment of a system for maintenance and operation of observation equipment and system operation. NBRO appointed a person in charge of the head office of NBRO headquarters. We are preparing a manual for maintenance and operation of the LRMS, and aim to establish a system. The following items have already been implemented. Also through the pilot project, the criteria for early warning is the rainfall, It can be set by observation data of surface expansion / contraction amount, ground inclination amount, groundwater level, and underground strain amount. The LRMS that can be monitored in real time at the NBRO office has been constructed at two sites. As a result, it became possible to monitor the rainfall and the movement of the ground in real time, and to make a comprehensive judgment. NBRO staff was able to collect and accumulate data for issuing alarms. In the future, if a standard value for issuing an alarm is set in the system, it will be possible to issue an early warning by using Loud speakers and Red lamps.

The utilization is as follows,

1) District Office

We received a request to teach office staff about data analysis and the meaning of data. We will try to respond as much as possible.

2) Community disaster prevention

At present, community disaster prevention is progressing in which a map showing the

evacuation route is posted in the district, the district head measures the total amount of rain with a graduated cylinder, and a hand-operated loudspeaker is evacuated based on warning standards to evacuate the district residents. So it is hoped that our LRMS will be introduced even in such areas.

3) Headquarters early warning criteria

Currently, a warning standard based on rainfall is being used. In the future, it is hoped that the application of warning reference values based on these data will be examined and explored by accumulating data using extensometers and inclinometers.

4) Other

- Bridge location, It is desirable to install an EWS with an extensometer for the falling bridge of the bridge due to sediment discharge.
- Railway Installation of an extensometer or inclinometer on the slope using the EWS function when rockfall occurs on a cut slope along the railway is effective.

4. FUTURE PROSPECTS

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business

Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

The LRMS which is adaptable to sediment disasters in Sri Lanka. In the other hand issue an alarm shall be developed in pilot survey for disseminating Japanese technologies.

The technologies for the monitoring and management of data and the installation, operation and maintenance of the system shall be transferred to management office. The pilot site staff who received the technology transfer needs to transfer the technology to other staff.

The introduction of this system will improve the capacity to respond to disasters and minimize the damage to local residents. Disaster prevention awareness of residents improves, and an early warning system is constructed. Technology transfer of system operation improves disaster prevention capability and reduces residents' damage. For example, by loudspeaker alarm with turning a rotating LED light at the same time, the local people who hear or see these will be able to evacuate and protect their lives.

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

Development of an early warning system, which is a soft disaster prevention system to protect human lives, development of warning standards according to the characteristics of the region / district for issuing warnings, and a disaster prevention system including information transmission to research institutions and citizens related to disaster prevention technology We recommend strengthening. In particular, based on the data of extensometers and inclinometers that reflect the actual conditions of landslides beyond the rain gauge, the importance of issuing warnings in conjunction with rainfall was confirmed.

Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese technologies for The Landslide Remote Monitoring System OSASI TECHNOS INC, Japan

