

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  
普及のための案件化調査  
業務完了報告書

平成28年9月  
(2016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

国内
JR(先)
16-091



調査写真



2015/11/27 NBRO: DG Dr. Asiri 氏面談



2015/12/2 NBRO: R. M. S. Bandara 氏面談



2015/12/3 ITI: Mr. Ruman, Mr. Dewapriya 面談



2015/12/3 NBRO: K. N. Bandara 氏面談



2016/2/25 DMC 面談



2016/6/21 現地視察 (Ratnapura)



2016/6/21 現地調査 (電波試験)



2016/7/1 NBRO: ファイナルセミナー

## 目次

要約	xii
1. 対象国・地域の現状	xii
(1) 調査対象地域	xii
(2) 調査の目的	xii
2. 提案企業の製品・技術の活用可能性及び海外事業展開の方針	xii
(1) 提案製品・技術の概要	xii
(2) 提案システムの適合性・成立性	xiv
(3) 海外事業展開の方針	xiv
3. 活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果	xiv
4. ODA 案件化の具体的提案	xv
(1) ODA 案件の目的	xv
(2) 提案する製品・技術により期待される効果	xv
(3) 普及・実証事業の目的、成果、活動	xvi
(4) 投入機材	xvii
(5) スケジュール	xvii
(6) 概算事業費	xviii
(7) 事業とビジネス展開の関連性	xviii
5. ビジネス展開の具体的計画	xix
はじめに	xxi
1. 調査の背景	xxi
2. 調査の目的	xxi
3. 調査対象国・地域	xxii
4. 団員リスト	xxiii
5. 現地調査工程	xxiii
<b>第1章 対象国・地域の現状</b>	<b>1</b>
1-1 政治・社会経済状況	1
1-1-1 スリランカ概要	1
1-1-2 政治	1
1-1-3 社会	2
1-1-4 経済	2
1-2 対象分野における開発課題	3
1-2-1 防災対策に関する動き	3
1-2-2 防災分野における開発課題	4
1-2-3 地すべり防災分野における開発課題	6
1-3 対象分野における開発計画、関連計画、政策（外資政策含む）及び法制度	9
1-3-1 防災体制	9
1-3-2 NBRO の財務状況	11
1-4 対象分野における ODA 事業の先行事例及び他ドナー事業の分析	14

1-4-1	ODA 事業の先行事例	14
1-4-2	他ドナー事業	17
1-5	対象国・地域のビジネス環境の分析	18
<b>第2章</b>	<b>提案企業の製品・技術の活用可能性及び海外事業展開の方針</b>	<b>19</b>
2-1	提案企業及び活用が見込まれる製品・技術の特徴	19
2-1-1	業界分析	19
2-1-2	提案技術の概要	20
2-1-3	国内外の同業他社、類似製品及び技術の概況及び比較優位性	26
2-1-4	提案製品・技術の導入に係る検討	28
2-2	提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	30
2-2-1	海外進出の目的	30
2-2-2	海外展開の方針	31
2-2-3	海外展開を検討中の国	31
2-3	提案企業の海外進出による我が国地域経済への貢献	32
2-3-1	事業実施による国内の雇用創出、新規開拓、新製品・技術の開発	32
2-3-2	事業実施による国内関連企業への影響	32
2-3-3	事業実施により見込まれる新たなパートナーとの連携・連携強化	32
<b>第3章</b>	<b>活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果</b>	<b>34</b>
3-1	製品・技術の検証活動（紹介、試用など）	34
3-2	検証結果／提案システムの適合性・成立性	34
3-3	ニーズの確認	35
3-3-1	聞き取り調査（対象：関係機関）	35
3-3-2	聞き取り調査（対象：地すべり危険に居住する住民）	36
3-3-3	技術セミナー及びデモンストレーションの実施	40
3-3-4	ファイナルセミナーの実施	46
3-3-5	提案システムへのニーズまとめ	49
3-3-6	パイロットサイト候補地の選定	50
3-4	製品・技術と開発課題との整合性及び有効性	57
<b>第4章</b>	<b>ODA 案件化の具体的提案</b>	<b>59</b>
4-1	ODA 案件概要	59
4-1-1	ODA 案件形成の背景	59
4-1-2	ODA 案件の目的	60
4-2	具体的な協力計画及び開発効果	60
4-2-1	普及・実証事業の目的、成果、活動	60
4-2-2	開発効果および開発効果を検証するための具体的な指標	61
4-2-3	カウンターパート	62
4-2-4	日本側とカウンターパート側の役割	64
4-2-5	投入	65
4-2-6	C/P の協議状況	66
4-2-7	実施体制図	67

4-2-8	スケジュール	69
4-2-9	概算事業額	69
4-2-10	事業とビジネス展開との関連性	70
4-3	対象地域及びその周辺状況	70
4-4	他 ODA 案件との連携可能性	71
4-5	ODA 案件形成における課題と対応策	71
4-6	環境社会配慮にかかる対応	71
4-7	ジェンダー配慮	73
<b>第 5 章</b>	<b>ビジネス展開の具体的計画</b>	<b>74</b>
5-1	市場分析結果	74
5-2	想定する事業計画及び開発効果	74
5-3	事業展開におけるリスクと対応策	74
<b>第 6 章</b>	<b>その他</b>	<b>75</b>
6-1	その他参考情報	75

## 略 語 表

AWS	自動気象観測システム Automatic Weather Station
BOI	スリランカ投資委員会 Board of Investment of Sri Lanka
CEA	中央環境庁 Central Environmental Authority
C/P	カウンターパート Counterpart
DiMCEP	気候変動に対応した防災能力強化プロジェクト Disaster Management Capacity Enhancement Project Adaptable to Climate Change
DM	災害管理 Disaster Management
DMC	防災管理センター Disaster Management Centre
DOM	気象局 Department of Meteorology
EIA	環境影響評価 Environmental Impact Assessment
EU	欧州連合 European Union
ERD	対外援助局 External Resources Department
EWS	早期警戒システム Early Warning System
FEP	波付合成樹脂 Fluorinated Ethylene Propylene
GDP	国内総生産 Gross Domestic Product
GETD	土質工学試験部 Geotechnical Engineering and Tsetting Division
GL	地表面 Ground Level
GN	行政村（スリランカにおける最小行政単位） Grama Niladhari
GPS	全地球測位システム Global Positioning System
GSP	一般特惠待遇制度 Generalized System of Preferences
HDI	人間開発指数 Human Development Index
HSPTD	定住計画トレーニング部 Human Settlement Planning and Training Division
IEE	初期環境評価 Initial Environmental Examination
IMF	国際通貨基金 International Monetary Fund
ITI	産業技術研究所 Industrials Technology Institute
JETRO	日本貿易振興会 Japan External Trade Organization
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
LTTE	タミル・イーラム解放の虎 Liberation Tigers of Tamil Eelam
MDM	災害管理省 Ministry of Disaster Management
NBRO	国家建築研究所 National Building Research Organisation
NCDM	国家防災委員会 National Council for Disaster Management
NDMCC	国家防災調整委員会 National Disaster Management Coordination Committee
NDMP	国家災害管理計画 National Disaster Management Plan
NEOC	緊急オペレーションセンター National Emergency Operation Centre
NEOP	国家緊急対応計画 National Emergency Operation Plan
NGOs	非政府組織 Non-Governmental Organizations
NPD	国家計画局 Department of National Planning
NPP	国家開発計画 National Physical Planning
NPPD	国家開発計画局 National Physical Planning Department
NETIS	新技術情報提供システム New Technology Information System
PVC	ポリ塩化ビニル Polyvinyl Chloride
RDA	道路開発局 Road Development Authority
SLFP	スリランカ自由党 Sri Lanka Freedom Party
TCLMP	土砂災害対策能力強化プロジェクト Technical Cooperation for Landslide Mitigation Project
TRC	電波通信規定委員会 Telecommunication Regulatory Committees
UAV	無人航空機 Unmanned Aerial Vehicle
UNDP	国連開発計画 United Nations Development Programme
UNP	統一国民党 United National Party
UPFA	統一人民自由同盟 United People's Freedom Alliance
WB	世界銀行 World Bank



## 目 次

図 I	地すべり遠隔監視システムの概念図	xiii
図 II	提案システム導入後のイメージ	xiii
図 III	普及・実証事業スケジュール	xviii
図 0-1	対象地域図	xxii
図 1-1	スリランカにおける災害種別死者数（1981年～2014年）	5
図 1-2	地すべり危険箇所の分布	6
図 1-3	災害管理省（MDM）の組織図	9
図 1-4	NBRO の財務状況（歳入）	12
図 2-1	地すべり遠隔監視システムの概要図	20
図 2-2	地すべり遠隔監視システムの情報伝達	21
図 2-3	地表伸縮計の現場設置例と液晶画面表示	23
図 2-4	ばらまき型傾斜計の活用イメージ	23
図 2-5	雨量発信器の現場設置例と原理	24
図 2-6	データ伝送無線機の機器構成例	24
図 2-7	国内販売実績／遠隔監視システムの導入による構成観測機器販売台数の増加	25
図 2-8	現状の災害対応	30
図 2-9	提案システムイメージ	30
図 3-1	聞き取り調査状況	38
図 3-2	地すべり災害時における情報伝達体制	39
図 3-3	SMS による情報伝達例	39
図 3-4	技術セミナー概要	41
図 3-5	ファイナルセミナー概要	47
図 3-6	システム構成イメージ図（3 サイト共通）	52
図 3-7	想定機材設置位置図（Ratnapura）	53
図 3-8	想定機材設置位置図（Diyaniilla）	55
図 3-9	想定機材設置位置図（Galahagama）	56
図 4-1	地すべり発生履歴	59
図 4-2	業務実施体制図	67

## 表 目 次

表 I	開発課題との整合性及び有効性（開発効果）	xiv
表 II	普及・実証事業の目的、成果、活動	xvi
表 III	想定投入製品・技術、数量、機能と目的	xviii
表 0-1	調査団員構成	xxiii
表 0-2	第1回現地調査工程	xxiii
表 0-3	第2回現地調査工程	xxiv
表 0-4	第3回現地調査工程	xxv
表 1-1	業種別スリランカ進出日系企業一覧	3
表 1-2	土砂災害分野における主要な問題点と技術的課題	5
表 1-3	パイロットサイト別の観測機器一覧	8
表 1-4	スリランカの防災関連法規/計画	10
表 1-5	スリランカの国家防災機関	11
表 1-6	財務諸表	13
表 1-7	NBRO の人員体制	13
表 1-8	日本の支援実績	14
表 1-9	対象分野における日本の ODA 案件	14
表 2-1	システムの特長	20
表 2-2	地すべり遠隔監視システムを構成する製品のスペック	21
表 2-3	提案システムの概算費用例（日本の場合）	24
表 2-4	海外における販売実績	26
表 2-5	従来技術との導入コスト比較	26
表 2-6	「地すべり遠隔監視システム」と他社同様サービスを比較	27
表 2-7	比較表	28
表 3-1	検証項目と検証方法	34
表 3-2	聞き取り調査内容	35
表 3-3	住民への聞き取り結果概要	37
表 3-4	技術セミナーアジェンダ	40
表 3-5	アンケート結果	42
表 3-6	質疑応答まとめ	46
表 3-7	セミナーアジェンダ	47
表 3-8	アンケート結果	48
表 3-9	パイロットサイト候補地一覧	50
表 3-10	パイロットサイト候補の選定結果	51
表 3-11	想定機材数量（Ratnapura）	54
表 3-12	想定機材数量（Diyaniilla）	55
表 3-13	想定機材数量（Galahagama）	57
表 3-14	開発課題との整合性及び有効性（開発効果）	57
表 4-1	普及・実証事業の目的、成果、活動	60

表 4-2	普及・実証事業による開発効果の検証指標	61
表 4-3	NBRO の基本情報	63
表 4-4	想定投入製品・技術、数量、機能と目的	65
表 4-5	パイロットサイト別の想定機材数量	65
表 4-6	要員計画案	66
表 4-7	提案企業と外部人材の役割分担	68
表 4-8	普及・実証事業スケジュール	69
表 4-9	概算事業費案	69
表 4-10	普及・実証事業における課題と対応策	71
表 4-11	世界銀行 Operational Policy 4.12 「非自発的移転」の 8 項目に関する確認事項	72



要約



## 要約

本報告書は 2015 年 10 月から開始されたスリランカにおける「地すべり遠隔監視システム普及のための案件化調査」に関する活動成果を取りまとめたものである。この期間中に計 3 回の現地調査が実施され、現地政府機関関係者及び実施機関との協議、ビジネスパートナー候補との協議、普及・実証事業におけるパイロットサイトの現地視察及び検討、提案製品・技術に関する技術セミナー及びデモンストレーション等が実施された。

### 1. 対象国・地域の現状

#### (1) 調査対象地域

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、豪雨による大規模洪水等様々な自然災害が発生し、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。過去の自然災害経歴を見ると、豪雨による洪水及び土砂災害が主要な災害となっている。脆弱な地質特性、急峻な地形条件に加え、急速な開墾・開発が進む国土面積の 2 割、総人口の 3 割を占める中央部の山岳・丘陵地域では、モンスーン期の豪雨の際、急傾斜地の崩壊や地滑り等の土砂災害が頻発しており、土砂災害は最も深刻な自然災害のひとつとなっている。

土砂災害に対する対策の実施や早期警報の発出は、国家建築研究所（National Building Research Organisation、以下 NBRO）が担っている。各ドナーからの支援により 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、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、土砂災害対策能力のさらなる向上は今後の課題となっている。

#### (2) 調査の目的

本調査の目的は、提案製品・技術である「地すべり遠隔監視システム」の導入により、地すべりによる人的被害の最小限化を目指し、システムのニーズ・技術の適合性を検討し、ODA 案件化とビジネス展開の実現可能性を調査することである。

### 2. 提案企業の製品・技術の活用可能性及び海外事業展開の方針

#### (1) 提案製品・技術の概要

提案する「地すべり遠隔監視システム」の概念図とその導入イメージを次に示す。このシステムは、現地に設置した地表伸縮計、雨量計等の観測データをリアルタイムに遠方の管理事務所へ無線及びモバイル通信網を利用してデータ伝送し、管理事務所では現地の監視・危険度判定を行い、早期に地域住民に危険を知らせ、避難を促すことができる仕組みである。システムは、現地に設置した観測機器（地表伸縮計、雨量計等）と通信装置、警報装置、及び事務所側のクラウドサーバーで構成される。

通常、遠隔監視システムの導入は、対象となる地すべりの規模、想定される被災範囲、管理事務所からの距離、地すべりの変状速度、予算等を考慮し決定される。現地調査の結果、現在のスリランカにおける地すべり監視体制は、NBRO 職員が現地に出向き、地すべり地内に設置した観測機器内のデータを回収して事務所に持ち帰り、データ分析の上、危険度判定を行っているため、豪雨

等により現地への立ち入りが困難な場合、データ回収ができず、避難等の指示をするまでにかかなりの時間がかかっているのが実情である。

地すべり遠隔監視システムが実現・普及すれば、データ回収におけるこのような時間的問題、及び安全面の問題が解消できる。そして、雨量だけでなく多様な計測データに基づく複合的判断のもと、早期の危険度判定が可能となる。それは、地すべり地区周辺住民への避難指示までの時間短縮を実現させ、スリランカの地すべり災害における人的被害の軽減が見込める他、住民の防災意識の向上につながり、地域住民の安全な生活に貢献できる。



図 I 地すべり遠隔監視システムの概念図  
(出典：JICA 調査団作成)

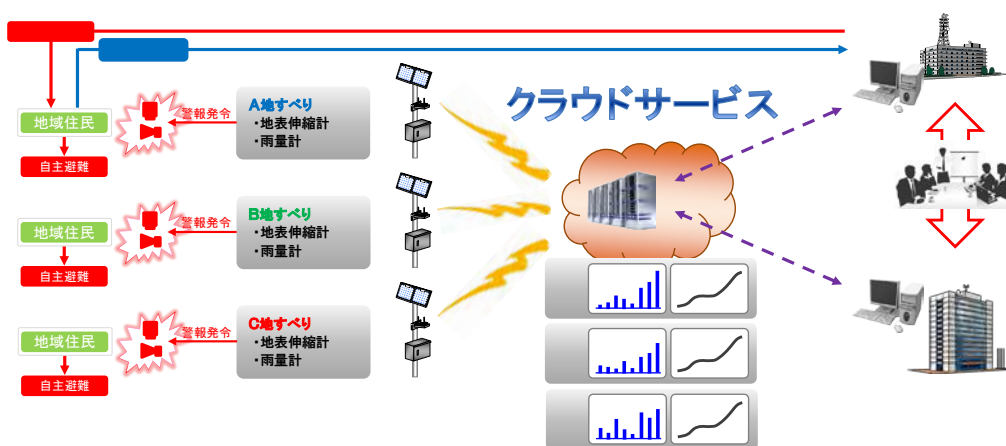


図 II 提案システム導入後のイメージ  
(出典：JICA 調査団作成)



## (2) 提案システムの適合性・成立性

現地関係機関（NBRO、DMC 他）への聞き取り調査の結果、スリランカでは多くの土砂災害が発生しており、近年、その規模が大きくなっている傾向があることが分かった。そのため、提案システムの導入は強く期待されており、調査団で実施した技術セミナー（第2回調査時）参加者のアンケートによれば、NBRO の土砂災害関係職員のほぼ全員が提案した遠隔監視システムに興味を持っており、約7割がスリランカでも活用の可能性があるとは回答している。既に NBRO で運用されている地表伸縮計以外の地すべり観測機器にも興味があるとの回答を得られている。尚、残る3割の回答は未回答であったことから、遠隔監視システムへの理解は一度のセミナーでは十分でないと考えられるので、製品を含めた遠隔監視システムの内容について、普及・実証事業を通じてあらためて理解を促していく。

尚、調査期間内にスリランカの電波使用許可承認を管轄する電波通信規定委員会（TRC）とも協議を重ね、提案システムを導入するにあたっての機材の持ち込み、承認手続きも確認できている。また、第3回調査時に使用を想定しているデータ伝送無線機について、パイロットサイト候補地において動作確認を行い、改良点等の見通しがたっている状況である。

## (3) 海外事業展開の方針

現在、提案企業は日本国内の地すべり監視システムのリーディングカンパニーである。そこで、今後、海外の斜面防災市場においても提案企業のシステムを水平展開し、日本国内のみならず、海外においてもリーディングカンパニーとなることを事業拡張計画の柱のひとつとしており、そのことが社会貢献にもつながると考えている。

また、提案システムのような防災観測機器を海外展開するには、販売だけでなく、現地での施工およびメンテナンスの実現が非常に重要である。特にメンテナンスにおいては、緊急時にいかに素早く対応できるかが、差別化にもつながると考えている。

上記を踏まえ、海外展開のアプローチ方法としては、輸入・販売・施工・メンテナンスの体制を一貫して管理できる協力会社を現地に構えることが最も良いと結論付けた。

なお、海外ビジネス展開においては当該国での商標登録や特許・意匠などの取得も重要だと考えており、これらについては申請を随時行っていく予定である。

## 3. 活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果

提案する製品・技術である遠隔監視システムの導入による開発課題との整合性及び有効性（開発効果）を下表に示す。

表 I 開発課題との整合性及び有効性（開発効果）（開発効果）

開発課題	整合性及び有効性（開発効果）
ア. スリランカに適応した管理基準値の設定がない	遠隔監視システムの導入によって、地表伸縮計等による地すべりの変位量等と降雨量データが同時に蓄積され、データの相関が解析されれば <sup>1</sup> 、スリランカに適応した避難勧告などの判定基準の設定が可能となる。

<sup>1</sup> 国土交通省河川局砂防部で提案する地すべり危険度は、地表伸縮計の変位量が1mm～4mm/hr以上で警報を発出する。（建設省河川砂防技術基準（案）調査編平成9年10月による。）

開発課題	整合性及び有効性（開発効果）
イ. 地すべり早期警報を発出するための地盤変動の情報がない	遠隔監視システムであるため、豪雨時においても事務所に居ながら、リアルタイムに降雨量と地すべり動態の総合的な監視が可能となり、早期の危険度判定による対象地区住民への迅速な情報提供が可能となる
ウ. 地域住民へのタイムリーな警報発令、避難勧告ができない	リアルタイムに伝送されてくる雨量データと地表伸縮計データ等を遠隔地から管理できるようになることで、現場に設置される警報機器との連携によるタイムリーな避難勧告が可能となる。
エ. 土砂災害の降雨指標的中率が低い	遠隔監視システムの導入によって、地表伸縮計等による地すべりの変位量等と降雨量データが同時に蓄積され、データの相関が解析されれば、降雨指標のみならず地すべりの変状と連携した判定基準ができ、的中率（予想）が高まる。

（出典：JICA 調査団作成）

今回 ODA 案件化を検討している「地すべり遠隔監視システム」が、土砂災害分野における早期警戒システムの重要要素であることから、土砂災害に関する早期警報の発令を担う NBRO はカウンターパートとして最適である。モニタリングの必要な地すべり地区に雨量計・地表伸縮計・傾斜計・パイプひずみ計・データ伝送機器を設置し、遠隔地（例：コロンボ市内の NBRO 本部や地方事務所）から観測データの取得・解析、状況に応じた警報の発出等を行うことで、早期警戒の課題解決に大きく寄与することが期待できる。

#### 4. ODA案件化の具体的提案

本案件化調査の結果を踏まえ、システムの実証と普及を目指すのに最適なパイロットサイトを選定し、早期に前述の課題を解決するため、地すべり変状をリアルタイムに遠隔監視できるシステムを用いた ODA 案件のスキームとして普及・実証事業を提案する。

##### (1) ODA案件の目的

普及・実証事業での実証活動を通して、パイロットサイトにおいて「地すべり遠隔監視システム」を設置・運用することで、システムの有効性、適応性を実証する。また、このシステムを利用した地すべり早期警報の発出モデルが構築されることにより、モンスーン期の豪雨時に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るため、住民の防災意識の醸成を促し人的被害の減少を目指す。また、パイロットサイトにおける普及・実証事業を通じた、将来のビジネス展開として、スリランカ国内の地すべり危険箇所への適用・普及を目指し、NBRO 及び関係機関に働きかけていく。

尚、パイロットサイトは、案件化調査期間内に複数のパイロットサイト候補地の現地視察を行い、ラトナプラ県 Ratnapura、ヌワラエリア県 Diyanilla、バドゥツラ県 Galahagama の 3 ケ所を選定し、NBRO の合意もとれている。

##### (2) 提案する製品・技術により期待される効果

システムの導入によって、地すべりの動態監視が可能となり、計測データが蓄積されると共に、データに基づく地すべりの危険性の評価や判定に関する知識及び経験が豊富になる。普及・実証事

業を通じて、NBRO の地すべり動態観測に係る能力が向上することで早期警戒体制の強化が期待できる。

### (3) 普及・実証事業の目的、成果、活動

提案製品・技術で構成するシステムを活用する普及・実証事業の目的、成果、活動を以下に示す。なお、普及・実証事業におけるスリランカ側のC/Pは、NBROを実施機関として想定しており、“地すべり調査・危機管理部”および“土質工学試験部”を主要なメンバーとして想定している。

表Ⅱ 普及・実証事業の目的、成果、活動

<p>目的：パイロットサイトに「地すべり遠隔監視システム」を設置し、その適応性が実証され、パイロットサイトにおける地すべり早期警報の発出システムのモデルが構築されることで人的被害の減少を目指す。</p>			
成果	活動		
<p>成果1 システムが構築・設置され実証される。</p>	<p>実証活動</p>	1-1 現地仕様のシステムを製作する。	
		1-2 パイロットサイトにシステムを設置・稼働させる。	
		1-3 システムの設置・稼働を確認するためのチェックリストを作成する。	
		1-4 C/Pと協働で、地すべりが起こったことを仮定したテスト試行（意図的に地表伸縮計を伸ばす等）をし、警報までの連動が支障なく行われることを確認する。 <sup>2</sup>	
<p>成果2 システムの設置・運用・保守の体制が整備される。</p>	<p>普及活動</p>	2-1 パイロットサイトの現況測量を実施し、設置計画を作成する。	
		2-2 設置・運用・保守マニュアルを作成しC/P及び現地協力会社向けの研修を実施する。	
<p>成果3 パイロットサイトにおいてシステムを利用した地すべり早期警報の発出モデルが構築される。</p>		3-1 日本での判断基準の設定・情報伝達の事例を参考にして、地すべり早期警報の発出マニュアル案（ハザードマップへの区域の設定、判断基準設定の考え方 <sup>3</sup> ）をC/Pと協働で作成する。	
		3-2 C/P向けに普及・実証事業のファイナルセミナー（システムの設置・運用・メンテナンス及びモニタリング実証事例報告、将来展開計画の提案等を含む）を実施する。	
<p>成果4 海外ビジネス展開の実施体制が構築される。</p>		<p>展開活動 ビジネス</p>	4-1 ビジネスパートナー、現地協力会社候補の調査を実施する。
			4-2 実証されたシステムのスリランカにおける他分野（ダム、落石、ため池、河川）への適用可能性、市場調査を行う。

（出典：JICA 調査団作成）

尚、実証項目に関して、以下の項目に係る詳細事項のチェックリストを作成し、確認を行うものとする。

- ・製作、設置したシステムが支障無く作動することを提案企業と地すべり専門家（外部人材）と

<sup>2</sup> 警報は赤色回転灯とスピーカーで発出する。実際に避難対象住民にそれらの警報の視聴ができるかを確認する。

<sup>3</sup> 判断基準の設定は、降雨量（雨量計）、地表変位量（地表伸縮計）、地盤ひずみ量（パイプひずみ計）、地下水位（地下水位計）、地盤傾斜角（ばらまき型傾斜計）の観測データを用いて総合的に判断する。

C/P が協働で確認する。

- ・システム設置・運用・保守に係る OJT 及び研修を通じた訓練を提案企業と地すべり専門家（外部人材）と C/P が協働で行い、マニュアルに従い C/P 自らがシステムを実際に稼働させることができることを確認する。

#### (4) 投入機材

想定される投入機材の製品・技術、数量、機能と目的を下表に示す。

表Ⅲ 想定投入製品・技術、数量、機能と目的

No.	製品・技術名称	数量	機能と目的
1	地表伸縮計	9	地すべりの移動土塊の変位量を 0.1 mm 単位で計測する。地すべりの進行がわかる。
2	ばらまき型傾斜計	38	広範囲な地すべり箇所の面的な変状を把握するために、多数の傾斜計を配置し、920MHz 帯のアドホック無線で接続することによって多点の傾斜変化を計測する。地すべりの向きと進行がわかる。
3	雨量計	3	地すべり箇所の降雨量を 0.5 mm 単位で計測する。
4	パイプひずみ計	6	ボーリング孔に 1m 間隔で歪ゲージを貼付けた塩ビ管を埋設し、曲げ歪の発生位置を計測することで地すべり面の深度を推定する。
5	地下水位計	6	ボーリング孔に設置して、地下水位を計測する。降雨量と地下水位の上昇程度から地すべりの危険性を推測する。
6	データ伝送無線機	28	429MHz 帯の特定小電力無線を使い現地内で観測データを伝送する無線機
7	パケット通信機	3	データをモバイル通信網にてクラウドサーバーに伝送する通信装置。
8	警報ユニット	6	計測されたデータに設定された基準値によって警報機器（スピーカー、回転灯）を作動させるための機器。
9	ラウドスピーカー	6	警報音を発生する装置。
10	赤色灯	6	警報灯を発生する装置。
11	太陽光パネル	9	現場での無線通信機器及びデータ伝送システムを太陽光発電によって駆動させるためのパネル。
12	バッテリー	9	太陽光発電によって発生した電気を蓄電するための装置。
13	クラウドサーバー	1	パケット通信機により伝送される観測データを集約し、NBRO をはじめとする関係機関のパソコンやモバイル端末にて、監視、閲覧を可能とする。また、モバイル端末へのメールによる警報通知も可能になる。

(出典：JICA 調査団作成)

#### (5) スケジュール

現在、想定している普及・実証事業の全体スケジュール次に示す。



プロバイダーに接続する無線機の認証の2つがあり、をそれぞれの無線通信が確実に動作することを確認する。さらに、これら無線通信を含めたシステムとして、クラウドサービスが問題なく稼働することを確認する。なお、無線通信の許可申請はNBROを通じて行う。

- ・ **提案システムの普及**

- **カウンターパートへの広報活動**

カウンターパートであるNBRO及びDMC、RDA等の関係機関に対して実証結果を示すとともにシステムを実際に運用することで、提案システムの有効性を実感してもらう。

- **地すべり早期警報発出基準の検討**

降雨量と地表伸縮計等のデータを蓄積して、相関を明らかにすることにより、早期警報の発出基準に関して、日本の基準を例示しながら協働で検討する。

- ・ **ビジネス実施体制の調査**

具体的な今後のビジネス展開のために、現地ビジネスパートナーや協力会社を選定し、スリランカの法手続き、商習慣に基づき協議を行い、今後のビジネス実施体制の構築を目指す。

## 5. ビジネス展開の具体的計画

非公開部分につき非表示

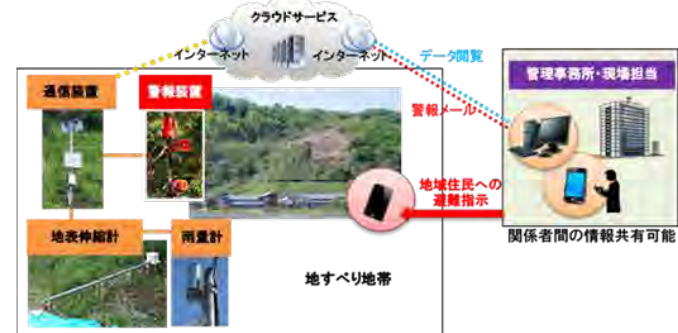
# スリランカ民主社会主義共和国

## 地すべり遠隔監視システム普及のための案件化調査

別添2②

### 企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社オサシ・テクノス
- 提案企業所在地：高知県高知市
- サイト・C/P機関：国家建築研究所(NBRO)



### スリランカ国の開発課題

- スリランカ国において、土砂災害は深刻な自然災害であり、モンスーンによる豪雨の際には土砂災害が頻発している。
- この災害により多くの人命が失われ、インフラの被害も甚大である。

### 中小企業の技術・製品

- 地すべり遠隔監視システムは、現地に設置した計測器のデータをリアルタイムで遠隔の管理事務所にデータ転送するものである。
- 現地の危険度を判定し、早期に地域住民に危険を知らせ、避難を促すシステムである。

### 調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- 普及・実証事業を通して、パイロットサイトに地すべり遠隔監視システムを設置・運用することにより、その適応性が実証され、地すべり早期警報の発出システムのモデルが構築されることで人的被害の減少を目指す。
- また、設置・運用・保守体制も整備される。

### 日本の中小企業のビジネス展開

- ビジネスの実施体制として、販売・設置・保守のために現地の協力店をパートナーとし、観測・監視計画立案のためにNBROを協力機関とする。
- 製造は四国で行い、現地協力店を通してNBROなどの政府機関に販売する。また、協力店での在庫も検討する。





## はじめに

### 1. 調査の背景

スリランカ民主社会主義共和国（以下スリランカ）は、季節風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<sup>4</sup>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 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。

本案件化調査では、地すべり変状をリアルタイムに遠隔監視できるシステムを提案する。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。

### 2. 調査の目的

本調査の目的は、提案製品・技術である「地すべり遠隔監視システム」の導入により、地すべりによる人的被害の最小限化を目指し、システムのニーズ・技術の適合性を検討し、ODA案件化とビジネス展開の実現可能性を調査することである。以下の項目を重点としてシステムの現地適合性を確認し、ODA案件化の提案を行うため、現地調査を3回実施した。

- ・ 地すべり災害の現状・課題把握
- ・ 現状の観測機器、先方政府による取組み・体制（予算・人員等）の確認
- ・ システム開発の条件検討
- ・ デモンストレーション・技術セミナー
- ・ 土砂災害危険地域住民に対する防災意識調査
- ・ ODA案件の提案及び他ODA案件との連携可能性の検討
- ・ ビジネスモデルの検討と事業化計画の立案

---

<sup>4</sup> スリランカ災害管理センター、Situation Report、2016年6月20日

### 3. 調査対象国・地域

スリランカの主な地すべり危険地域である中央部の山岳・丘陵地帯を調査対象とする。

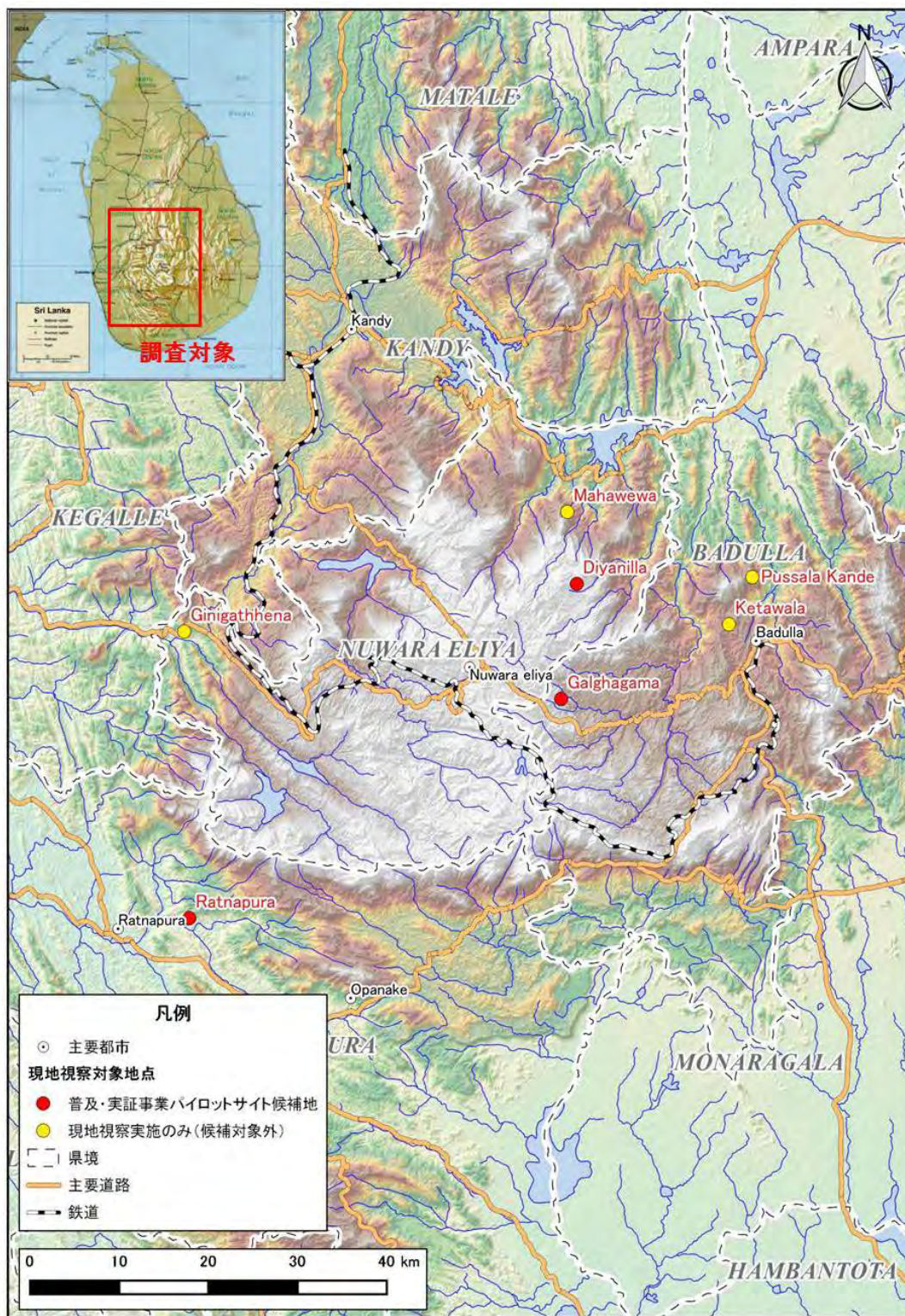


図 0-1 対象地域図  
(出典：JICA 調査団作成)

#### 4. 団員リスト

調査団員構成を下表に示す。

表 0-1 調査団員構成

No.	氏名	担当業務	所属
1	古島 広明	業務主任者	(株)オサシ・テクノス
2	矢野 真妃	海外展開事業調査	(株)オサシ・テクノス
3	中平 博文	市場・流通販売調査	(株)オサシ・テクノス
4	大川内 正樹	システム化技術調査	(株)オサシ・テクノス
5	岩上 英樹	施工環境調査	(株)オサシ・テクノス
6	西野 由香	地域防災意識調査	(株)オサシ・テクノス
7	坂本 浩之	チーフアドバイザー	(株)地球システム科学
8	富田 ゆきし	地すべり防災情報管理	(株)地球システム科学
9	佐々木 央	遠隔監視計画／環境社会配慮	(株)地球システム科学

(出典：JICA 調査団作成)

#### 5. 現地調査工程

実施した3回の現地調査工程を下表に示す。

表 0-2 第1回現地調査工程

日付	古島 広明		矢野 真妃		中平 博文		大川内 正樹		坂本 浩之		富田 ゆきし		佐々木 央		
	業務主任者		海外展開事業調査		市場・流通販売調査		システム化技術調査		チーフアドバイザー		地すべり防災情報管理		遠隔監視計画／環境社会配慮		
	オサシ・テクノス		オサシ・テクノス		オサシ・テクノス		オサシ・テクノス		地球システム科学		地球システム科学		地球システム科学		
11/24	火			高知→羽田			高知→羽田								
11/25	水	羽田→バンコク→コロンボ													
11/26	木	JICAスリランカ事務所、大使館表敬													
		AM	NBRO表敬、協議												PM
11/27	金	NBRO聞き取り													
11/28	土	コロンボ市内の小売店調査													
11/29	日	地すべり現地視察(Haputale)													
11/30	月	地すべりサイト現地視察(2nd Mile Post, Uva Wellassa University, Warwick Plantation Estate)													
12/1	火	地すべり現地視察(Udamadura)、有償事業現地事務所訪問(Kandy)													
12/2	水	団内打合せ、NBRO聞き取り													
		AM	DOM聞き取り	NBRO聞き取り			DOM聞き取り		NBRO聞き取り			DOM聞き取り		PM	
12/3	木	AM	ITI聞き取り	NBRO聞き取り			ITI聞き取り		NBRO聞き取り			ITI聞き取り		PM	
		PM	ITI聞き取り	BOI訪問			ITI聞き取り			BOI訪問		ITI聞き取り			
12/4	金	AM	南部高速道路地すべり現地視察	現地小売店調査			南部高速道路地すべり現地視察			現地小売店調査					
		PM	NBRO協議	JETRO訪問			NBRO協議			JETRO訪問					
	深夜	コロンボ→バンコク													
12/5	土	バンコク→羽田	バンコク→羽田→高知	バンコク→羽田	バンコク→羽田→高知	バンコク→羽田	バンコク→羽田→高知	バンコク→羽田	バンコク→羽田	バンコク→羽田	バンコク→羽田	バンコク→羽田	バンコク→羽田	バンコク→羽田	

(出典：JICA 調査団作成)

表 0-3 第 2 回現地調査工程

日付			古島 広明	矢野 真妃	大川内 正樹	岩上 英樹	西野 由香	坂本 浩之	佐々木 央
			業務主任者	海外展開事業調査	システム化技術調査	施工環境調査	地域防災意識調査	チーフアドバイザー	遠隔監視計画／ 環境社会配慮
			オサシ・テクノス	オサシ・テクノス	オサシ・テクノス	オサシ・テクノス	オサシ・テクノス	地球システム科学	地球システム科学
2/21	日	PM		高知→羽田→成田	高知→羽田→成田			高知→羽田→成田	
	月		成田→コロombo						
2/22	火	AM	JICAスリランカ事務所						
	PM		NBRO						
2/23	水	AM	NBRO						
	PM		TRC、Mobitel	NBRO	TRC、Mobitel	NBRO	NBRO	NBRO	TRC、Mobitel
2/24	木	AM	DMC	DMC	NBRO	NBRO	NBRO	DMC	NBRO
	PM		NBRO						
2/25	金	AM	現地ハートナー候補面談	現地ハートナー候補面談	NBRO	NBRO	NBRO	現地ハートナー候補面談	NBRO
	PM		資材店調査	資材店調査	NBRO	資材店調査	NBRO	NBRO	資材店調査
	夜間		現地ハートナー候補面談	現地ハートナー候補面談				現地ハートナー候補面談	
2/27	土		セミナー準備、レポート作成						
2/28	日		パイロット候補地視察(Ratnapura、Haputale)						
2/29	月		パイロット候補地視察(Uva Wellasa、Pussala Kande、Ketwala、Galhagama)						
3/1	火		パイロット候補地視察(Diyanilla、Mahawewa、Ginigathena)						
3/2	水		技術セミナー準備						
3/3	木		技術セミナー準備						
3/4	金	AM	技術セミナー準備						
	PM		技術セミナー(NBRO大会議室)						
3/5	土		レポート作成、技術セミナー結果とりまとめ						
3/6	日		レポート作成、技術セミナー結果とりまとめ						
3/7	月	AM	NBRO						
	PM		現地ハートナー候補面談	現地ハートナー候補面談	資材店調査	資材店調査	NBRO	現地ハートナー候補面談	資材店調査
3/8	火	AM	現地ハートナー候補面談	現地ハートナー候補面談	現地ハートナー候補面談	NBRO	NBRO	現地ハートナー候補面談	NBRO
	PM		現地ハートナー候補面談	現地ハートナー候補面談	現地ハートナー候補面談	NBRO	NBRO	現地ハートナー候補面談	現地ハートナー候補面談
3/9	水	AM	現地ハートナー候補面談	現地ハートナー候補面談	DOM	現地ハートナー候補面談	DOM	現地ハートナー候補面談	DOM
	PM		NBRO						
3/10	木	AM	NBRO						
	PM		BOI	BOI	NBRO	NBRO	NBRO	BOI	NBRO
3/11	金	AM	NBRO、JICAスリランカ事務所						
	PM		コロombo→成田						
3/12	土		帰国	成田→羽田→高知	成田→羽田→高知	帰国	成田→羽田→高知	帰国	帰国

2016年

(出典：JICA 調査団作成)

表 0-4 第 3 回現地調査工程

日付			古島 広明	矢野 真紀	大川内 正樹	岩上 英樹	西野 由香	坂本 浩之	高田 ゆきし	佐々木 央
	業務主任者		海外展開事業調査	システム化技術調査	施工環境調査	地場防災意識調査	チーフアドバイザー	地すべり防災情報管理	遠隔監視計画／環境社会配慮	
	オサシ・テクノス		オサシ・テクノス	オサシ・テクノス	オサシ・テクノス	オサシ・テクノス	オサシ・テクノス	地球システム科学	地球システム科学	地球システム科学
6/18	土	PM		高知→羽田→成田	高知→羽田→成田		高知→羽田→成田			
6/19	日		成田→コロンボ							
6/20	月	AM	JICAスリランカ事務所							
		PM	NBRO							
6/21	火	AM	現地ハートルナー候補協議	現地ハートルナー候補協議	NBRO	NBRO	現地ハートルナー候補協議	現地ハートルナー候補協議		
		PM	NBRO	NBRO			NBRO	NBRO		地すべり視察 (Aranayaka)
6/22	水	AM	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO		地すべり視察 (Aranayaka)
		PM	TRC		TRC			TRC		
		PM	現地ハートルナー候補協議	現地ハートルナー候補協議	現地ハートルナー候補協議	-	-	現地ハートルナー候補協議		現地ハートルナー候補協議
6/23	木	AM	DMC(UNDP開き取り)	NBRO	通信機材動作確認	NBRO	DMC(UNDP開き取り)	DMC(UNDP開き取り)	成田→コロンボ	NBRO
		PM	NBRO		現地調運機材見積依頼	NBRO	NBRO	現地調運機材見積依頼		
6/24	金	AM	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO		NBRO
		PM	JICA別プロジェクト訪問	JICA別プロジェクト訪問	NBRO	JICA別プロジェクト訪問	JICA別プロジェクト訪問	再委託候補見積依頼	NBRO	再委託候補見積依頼
6/25	土		レポート・議事録作成、セミナー準備							
6/26	日		地すべり視察 (Aranayaka)							
6/27	月		通信機材の現地動作確認 (Ratnapura)							
6/28	火	AM	DMC	DMC	DMC	DMC	DMC	DMC	DMC	DMC
		PM	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO
6/29	水	AM	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO
		PM							コロンボ→成田	
6/30	木	AM	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	NBRO	帰国	NBRO
		PM				現地調運機材見積依頼				現地調運機材見積依頼
7/1	金	AM	案件化調査最終セミナー (NBRO大会議室)							
		PM	JICAスリランカ事務所結果報告							
		PM	コロンボ→成田	コロンボ→成田	コロンボ→成田	コロンボ→成田	コロンボ→成田	コロンボ→成田	-	コロンボ→成田
7/2	土	AM	帰国	成田→羽田→高知	成田→羽田→高知	帰国	成田→羽田→高知		レポート作成資料整理	帰国
		PM								
7/3	日	AM							レポート作成資料整理	
		PM								
7/4	月	AM							NBRO	
		PM								
7/5	火	AM							NBRO	
		PM								
7/6	水	AM							再委託候補見積依頼	
		PM							コロンボ→成田	
7/7	木	AM							帰国	
		PM								

(出典：JICA 調査団作成)



## 第1章 対象国・地域の現状

### 1-1 政治・社会経済状況

#### 1-1-1 スリランカ概要

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。<sup>5</sup>

#### 1-1-2 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。<sup>6</sup>

<sup>5</sup> 外務省ホームページ、スリランカ基礎データ

<sup>6</sup> 外務省スリランカ国別評価調査（2008年3月）

### 1-1-3 社会

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。

### 1-1-4 経済

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 1-1 業種別スリランカ進出日系企業一覧

業種	企業名		
製造 (24社)	コロンボ・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
	コロンボ・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



業種	企業名		
	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 & Kusuhara
	Kaihatsu Management	Expolanka International	豊田通商
	トヨタ・ランカ	東西交易	

(出典：スリランカのビジネス環境、JETRO、2014年)

また、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)があった。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。2016年はその反動もあり、選挙後の政治的安定から国内外の投資家の投資意欲が高まり、6.5%成長になると政府側は見込んでいる。

2016年のスリランカ経済は比較的明るい見通しが多い中、中長期的な観点として、2015年11月にウィクラマシンハ首相が国会で行った経済政策演説の内容が注目されている。主なポイントは、(1)100万人の雇用創出、(2)健全な財政運営、(3)国営企業の構造改革、(4)貿易協定を通じた輸出市場の獲得、の4つである。(2)については、「2020年までに財政赤字をGDP比3.5%まで下げる」「歳入の直間比率を80対20から60対40にする」「各種免税特権を見直す」などの具体的な目標が掲げられており、増税など国民や民間企業に痛みを強いる政策の実施も予想される。

慢性的な財政赤字の解消に取り組もうとする現政権の姿勢は評価される一方で、性急な改革は内戦後安定的に成長してきた経済に水を差すことにもなりかねない。スリランカへの投資を検討していく際には、マクロ経済の数値を確認しつつ、政権の経済政策に注視が必要である。<sup>7</sup>

## 1-2 対象分野における開発課題

### 1-2-1 防災対策に関する動き

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。<sup>8</sup>

<sup>7</sup> JETRO「2016年の経済見通し(世界55カ国・地域)2016年4月海外調査部海外調査計画課」

<sup>8</sup> 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」

- ・ 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（雨量データのためのシステム）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。

また、日本とスリランカは 1952 年の国交樹立以来、貿易・経済・技術協力を中心に良好な関係が続いており、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ている。2015 年 10 月には、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「包括的パートナーシップに関する共同宣言」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。<sup>9</sup>

### 1-2-2 防災分野における開発課題

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。過去の自然災害経歴を見ると、豪雨による洪水及び土砂災害が主要な災害となっている。脆弱な地質特性、急峻な地形条件に加え、急速な開墾・開発が進む国土面積の 2 割、総人口の 3 割を占める中央部の山岳・丘陵地域では、モンスーン期の豪雨の際には、急傾斜地の崩壊や地すべり等の土砂災害が頻発しており、土砂災害は最も深刻な自然災害のひとつとなっている。<sup>10</sup>

調査対象地域である中部州キャンディ県、マタレ県、ヌワラエリア県及びウバ州バドゥッラ県の山岳地域では、潜在的に地すべり、斜面崩壊が起こりやすく、引き金となる豪雨があると大きな土砂災害が頻発している。スリランカにおける災害種別死者数を見ると、次の図に示すように 1981 年～2014 年の間に自然災害のうち土砂災害・Landslide は全体の 41%を占め、798 人も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となっている。

<sup>9</sup> 外務省ホームページ、スリランカ基礎データ

<sup>10</sup> JICA 事業事前評価表「スリランカ民主社会主義共和国・国道土砂災害対策事業」

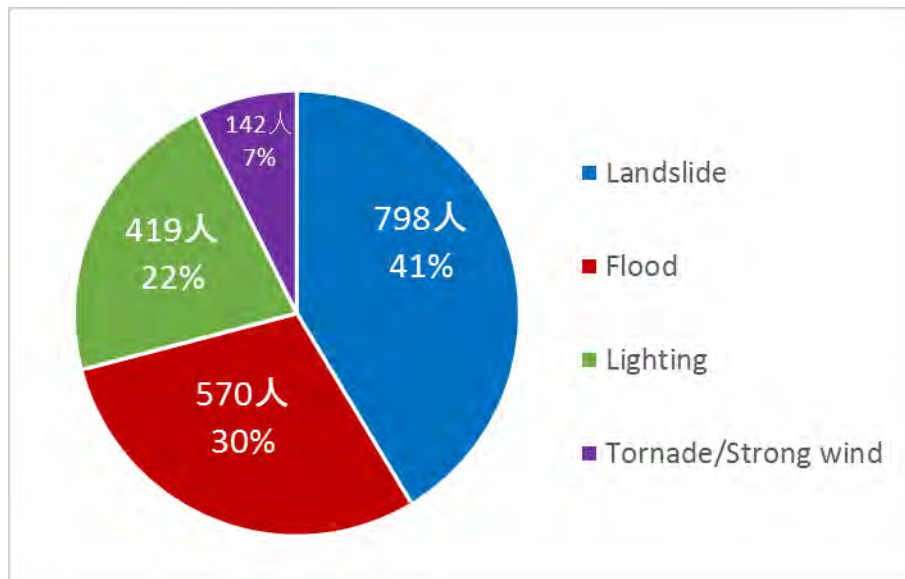


図 1-1 スリランカにおける災害種別死者数（1981年～2014年）

（出典：Disaster Information Management System in Sri LankaにJICA調査団加筆）

また、土砂災害分野における主要な問題点と技術的課題について下表に示す。

表 1-2 土砂災害分野における主要な問題点と技術的課題

主要な技術的課題	問題点
①土砂災害の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
②リスク評価手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>ハザードマップの基図は、約30年前に作成された古いもので、地形データや土地利用データ、災害履歴等の最新情報が盛り込まれておらず、精度が低い。</li> </ul>
③早期警戒	<ul style="list-style-type: none"> <li>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、2013年時点では7基の雨量計により運用されており、山岳地帯をカバーするにはその数が不足している。</li> <li>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、迅速な情報共有のシステムが不十分である。</li> </ul>
④対策工	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>
⑤潜在的リスク	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>

（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）

土砂災害に対する土砂災害対策の実施や早期警戒の発出は、国家建築研究所(National Building Research Organisation、以下NBRO)が担っている。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、社会的要請に基づき、近年では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の元、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課題となっている。

2004年12月に発生したインド洋大津波を契機としてスリランカ政府は、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。<sup>11</sup>

近年では、2014年10月のコスランダ、2015年9月のコトマレ、2016年5月のアラヤナカで、豪雨による土砂災害（地すべり、崩壊、土石流）が発生した。特にアラヤナ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）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、表1-2に示す技術的課題である③早期警戒に関する解決策として、提案する遠隔監視システムを導入することで、現場で早期警報を発出することが可能となるので人的被害の減少が期待できる。

### 1-2-3 地すべり防災分野における開発課題

地すべり危険地域である中央部の山岳・丘陵地帯における地すべり危険箇所の分布を図1-2に示す。中部州キャンディ県、マタレ県、ヌワラエリア県及びウバ州バドゥッラ県の山岳地域に地すべり危険箇所が多数分布している。

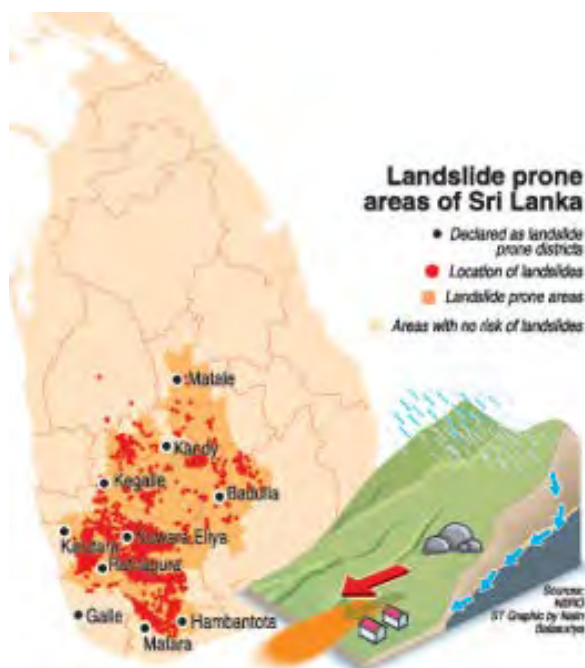


図 1-2 地すべり危険箇所の分布

(出典：The Sunday Times, 2011年8月21日版)

<sup>11</sup> 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」

これまでの JICA 調査報告書及び今回調査の結果から、これらの地すべり危険箇所における NBRO の防災対策としての早期警報に関する現状の問題点と課題を以下に述べる。

#### (1) 早期警報に関する現状の問題点

- ア NBRO は土砂災害場所の予測を主体としていたが、同時に発生時期を予測することも並行して進めてきた。NBRO では、DMC が指定している地域において、豪雨時の土砂災害早期警報の発令を 2008 年 10 月に正式に開始し、雨量計データによる警戒指標が設定されているが、雨量計のみによる土砂災害の発生予測は難しく的中率は低いため、早期警戒体制を構築することができない。
- イ 国連開発計画（United Nations Development Programme、以下 UNDP）の援助により、ラトナプラ県の 5 箇所（エラパタ、ニビティガカ、カハワッタ、カラワナ、ペルマデュラの各地区）の雨量データが集約され、特定の集水域において土砂災害発生モデルを開発してきたが、未だデータの蓄積が不足しており十分なデータ解析による評価はできていない。
- ウ NBRO が運用している自動雨量監視システムは、12 県 75 箇所に設置されており、NBRO のウェブサイトで降雨量を監視することができるようになっている。また、担当者のモバイル端末に SMS によってデータが送信されている。運用管理責任者は、NBRO の地すべり調査・危険管理部（Landslide Research and Risk Management Division : LRRMD）の部長である R. M. S BANDARA 氏である。2016 年度さらに世界銀行（World Bank、以下 WB）や UNDP 等の支援によって 51 箇所の追加設置が予定されており、最終的には 160 箇所の設置が計画されている。しかしながら、地すべりの動態観測をするための地表伸縮計、ひずみ計、傾斜計、地下水位計のデータを遠隔監視するための無線システムは未だ設置されていない。
- エ JICA 円借款事業である「国道土砂災害対策事業（Landslide Disaster Prevention Project、以下 LDPP）」によって、30 箇所の雨量計設置が行われ、無線システムによるネットワーク化が現在進められている。地すべり変位等を観測するための伸縮計、傾斜計等に関しては無線システムがないのでリアルタイムの監視はなされていない。
- オ JICA の技術協力プロジェクトである「土砂災害対策強化プロジェクト（Technical Cooperation for Landslide Mitigation Project、以下 TCLMP）」では、NBRO をカウンターパートとして、中部州キャンディ県、マタレ県、ヌワラエリア県及びバドゥッラ県のパイロットサイトにおいて、①土砂災害対策のための調査・評価、②地すべり対策、斜面崩壊対策及び落石対策のための設計、施工監理及びモニタリング、③土砂災害軽減対策（非構造部対策含む）の知識とノウハウが蓄積されることにより、NBRO の土砂災害管理能力の向上を図り、対象地区の土砂災害の減少に寄与することを目的として活動が実施されているが、地すべりモニタリングは雨量計、地表伸縮計、パイプひずみ計で行われているが、無線システムではないのでリアルタイム監視はできない。

現在、ヌワラエリア県・バドゥッラ県の 2 地区にある他事業のパイロットサイトに地すべり観測機器が設置され、定期的に観測が行われている。次表にこれらのパイロットサイトに設置されている観測機器の一覧を示す。観測機器はいずれも提案企業の製品・技術であるが、無線システムによるネットワークは構築されていない。そのため、NBRO 職員が月に 1 回現場に行き、データ回収を行っている。したがって、降雨時のリアルタイムな地すべり監視は困難であり、タイムリーな

地域住民への早期警報の発令や避難勧告はできていない。

表 1-3 パイロットサイト別の観測機器一覧

パイロットサイト名	観測機器	数量 (台)	観測頻度
ヌワラエリア県 Udamadula 地区	地表伸縮計	3	1 回/月
	パイプひずみ計 (L=30m)	1	
	孔内傾斜計 (L=40m)	1	
	地下水位計	1	
バドゥッラ県 Badulusirigama 地区	地表伸縮計	4	
	パイプひずみ計 (L=20m)	1	
	孔内傾斜計 (L=20m)	2	
	地下水位計	2	

(出典：JICA 調査団作成)

## (2) 早期警報に関する開発課題

早期警戒に関する前述の現状及び問題点から開発課題は以下の 4 項目に整理することができる。

### ア 土砂災害の降雨指標の的中率が低い

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指標の的中率が低く、降雨指標に達する前に土砂災害が発生する場合や逆に降雨指標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。

### イ 早期警報発出のための体制構築ができていない

過去データ及び今後得られるデータを整理し、降雨と土砂災害の関係について明らかにし、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。

### ウ 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、事務所に持ち帰ったデータを 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の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。

### エ スリランカに適應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、地すべりのリアルタイムな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、ひずみ計等による変位量の関係に関するデータを多く蓄積して、スリランカに適應した地すべりに関する管理基準値の設定が必要である。<sup>12</sup>

<sup>12</sup> 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」

## 1-3 対象分野における開発計画、関連計画、政策（外資政策含む）及び法制度

### 1-3-1 防災体制

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。下図に災害管理省の組織を示す。

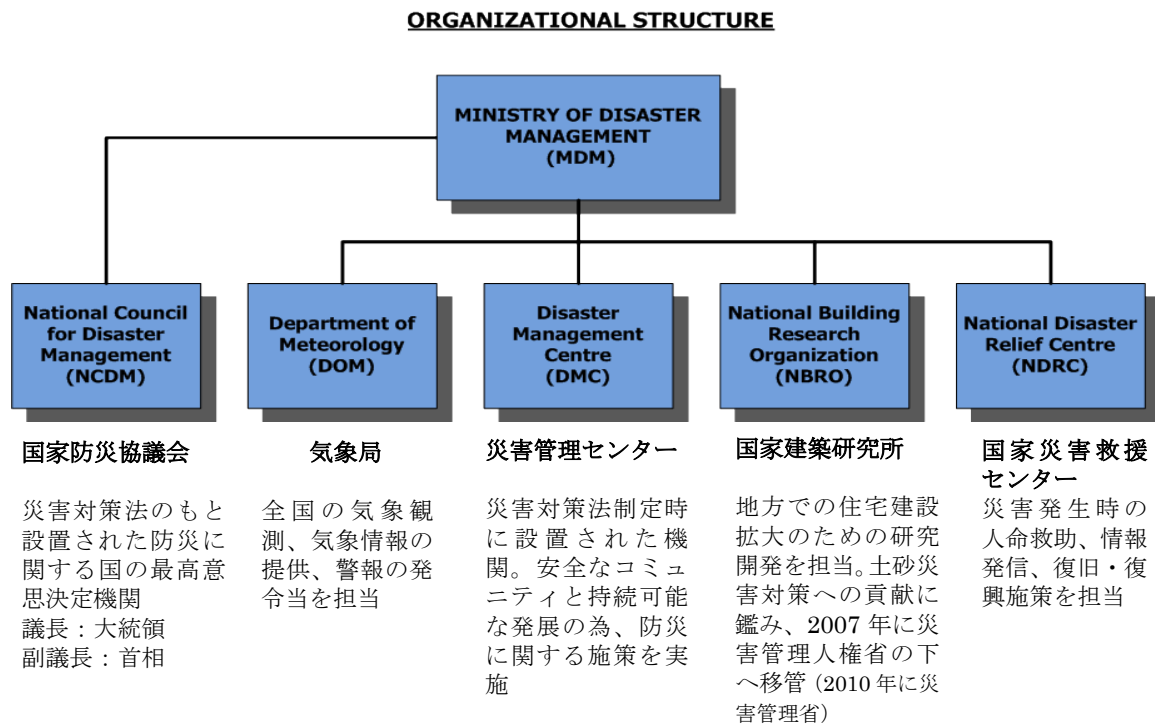


図 1-3 災害管理省（MDM）の組織図

（出典：公益社団法人日本河川協会「河川」1月号「海外レポート」）

防災に関する組織体制は、幾度かの組織改編を経て、現在は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。

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。<sup>13</sup>

一方、スリランカの防災関連法規及び計画を次表に示す。

<sup>13</sup> 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」

表 1-4 スリランカの防災関連法規/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 for Disaster Risk Management	10年間の防災ロードマップ 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: 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」, 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下記の状況をさす。

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	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）<sup>14</sup>

スリランカの国家防災機関を下表に示す。

表 1-5 スリランカの国家防災機関

種別	担当機関名
災害管理省	Ministry of disaster management (MDM)
防災担当機関	Disaster Management Centre (DMC) under MDM：災害管理センター
最高政策立案機関	National Council for Disaster Management (NCDM)：国家防災協議会
委員会等	Technical Advisory Committee Emergency Response Committee
プラットフォーム(ステークホルダー委員会)	National Disaster Management Coordination Committee (NDMCC)
緊急対応	National Emergency Operation Centre (NEOC) under DMC National Disaster Relief Service Centre (NDRSC) under MDM ：国家災害救援センター Emergency Response Committee
早期警戒システム ハザードマップ	DOM under MDM：気象局 Geological Survey and Mines Bureau (GSMB) National Building Research Organization (NBRO) under MDM ：国家建築研究所
洪水対策	MIWRM, DOI, MASL, SLLRDC, CEB,
土砂災害対策	NBRO under MDM
海岸浸食対策	Coast Conservation and Coastal Resources Management Department (CC&CRMD)
その他の防災関連機関	National Science Foundation (NSF) National Aquatic Resources Agency (NARA) Colombo Municipal Council (CMC) & Fire Brigade Sri Lankan Navy National Water Supply and Drainage Board (NWS&DB) Atomic Energy Agency Department of Social Services Marine Pollution and Prevention Authority Medical Research Institute Department of Agriculture Road Development Authority (RDA) Others
気候変動	Central Environmental Authority (CEA)

(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」)

### 1-3-2 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次の図に示す。

<sup>14</sup> Asia Disaster Centre (ADRC) 「メンバー国防災情報・スリランカ」より引用

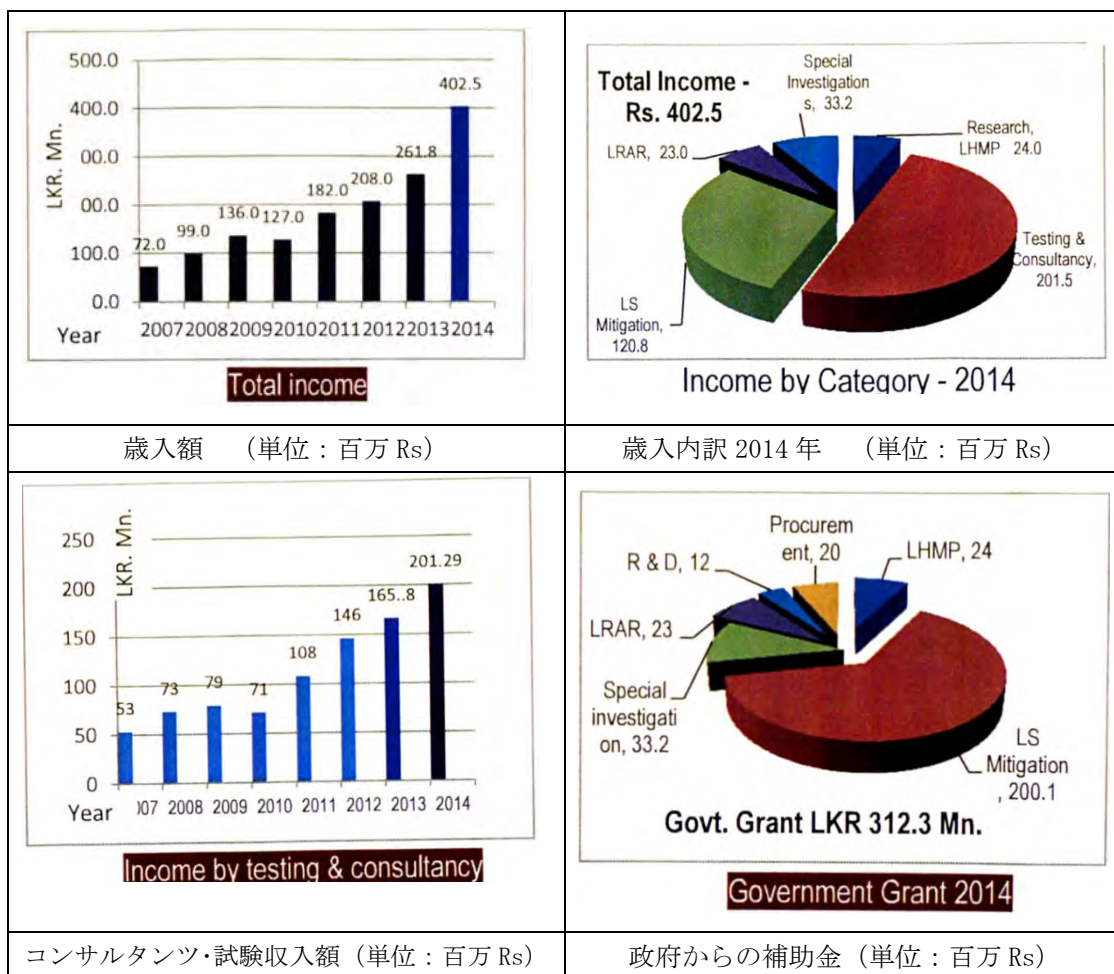


図 1-4 NBRO の財務状況 (歳入)  
(出典: NBRO ANNUAL REPORT, 2014 年)

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。財務諸表を次表に示す。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。<sup>15</sup>

表 1-6 財務諸表

STATEMENT OF FINANCIAL PERFORMANCE  
FOR THE YEAR ENDED 31<sup>st</sup> DECEMBER 2014

LKR

Description	Annex	For the year ended 31st December 2014		For the year ended 31.12.2013
<b>REVENUE</b>				
Fees, Fines, Penalties & Licenses	16		258,128.33	
<b>Other Revenue - Divisional net Income</b>				
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	55,031,386.19		
Human Settlements Planning & Training Division	20	-1,448,448.00		
Building Material Division	21	6,392,039.02		
Project Management Division	22	2,086,483.61	86,554,461.06	
Other income	23		5,699,257.65	
<b>Total (Gross Revenue)</b>			<b>92,511,847.04</b>	<b>261,805,803.00</b>
<b>LESS: EXPENSES</b>				
<b>Other Expenses</b>				
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
<b>Total Expenses</b>		<b>72,805,859.18</b>		<b>250,577,844.00</b>
Less: Gen. overheads allocated to divisions	31	(39,973,869.19)	32,831,989.99	-
<b>SURPLUS FOR THE YEAR</b>		<b>-</b>	<b>59,679,857.05</b>	<b>1,227,959.00</b>

(出典：NBRO ANNUAL REPORT, 2014 年)

表 1-7 NBRO の人員体制

項目	機関	地すべり調査 危険管理部 (LRRMD)	土質工学 試験部 (GETD)	定住計画ト レーニン グ部 (HSPTD)	環境研究サ ービス部 (ESSD)	建築材料 研究試験部 (BMRTD)	プロジェクト 管理部 (PMD)
職員数 (2014 年、地 方支所含む)		87 名	58 名	16 名	23 名	25 名	14 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（第1期）、2016年1月」)

<sup>15</sup> NBRO ANNUAL REPORT 2014

## 1-4 対象分野におけるODA事業の先行事例及び他ドナー事業の分析

### 1-4-1 ODA事業の先行事例

日本は、スリランカの北・東部の紛争後の復旧・復興を始め、地域・民族バランスを考慮した支援を1986年から2008年まで継続しており、二国間では最大の援助供与国であった。<sup>16</sup>支援実績を下表に示す。

表 1-8 日本の支援実績（JICA 経費実績ベース 単位：億円）

年度	円借款	無償資金協力	技術協力
2012年	411.07	45.82	23.86
2013年	350.2	25.42	13.38
2014年	137.17	13.39	21.66
1986年以降累計	9653.46	2059.79	753.44

（出典：「最近のスリランカ情勢と日ス関係」外務省東南アジア課2016年3月）

2016年4月現在、我が国の国別援助方針における重点分野の一つである「脆弱性の軽減」における「気候変動・防災対策プログラム」として、最近のODA事業の先行事例を下表に示す。

表 1-9 対象分野における日本のODA案件

案件名	スキーム	実施期間	備考
国道路砂災害対策事業（LDPP）	円借款事業	2013年3月～2018年12月予定	
土砂災害対策強化プロジェクト（TCLMP）	技術協力プロジェクト	2014年7月～2017年6月予定	C/P: NBRO
気象観測・予測・伝達能力向上プロジェクト Project for Improving of Meteorological Observation, Weather Forecasting and Dissemination	技術協力プロジェクト	2014年7月～2017年6月予定	C/P: DOM
コミュニティにおける防災能力強化事業 （Sri Lanka Disaster Prevention Project）	日本NGO事業	2014年2月13日～2015年2月12日	

（出典：JICA調査団作成）

以下に各事業の概要を述べる。

#### (1) 国道路砂災害対策事業：LDPP（円借款事業）

##### ア 事業の目的

本事業は、土砂災害危険地域7県における土砂災害リスクの高い主要国道への斜面对策を実

<sup>16</sup> 外務省ホームページ、スリランカ基礎データ

施することにより、基盤インフラである国道の土砂災害リスク軽減を図り、もって道路網及び周辺住民の生活の安全性強化を通じ同国の経済・社会開発に寄与するものである。

#### イ プロジェクトサイト/対象地域名

中部州（ヌワラエリア県、マタレ県、キャンディ県）、ウバ州（バドゥッラ県）、サバラガムワ州（ケゴール県、ラトナプラ県）、西部州（カルタラ県）

\*対象地域総人口：6,502,277人

#### ウ 事業概要

(ア) 土砂災害高リスク地域における国道斜面モデル対策工（アンカー工法等）

6カ所（調達方法：国際競争入札）

(イ) 土砂災害高リスク地域における国道斜面对策工

10ヶ所（調達方法：国内競争入札）

(ウ) 早期警戒システム機材の調達

30ヶ所（調達方法：国内競争入札）

(エ) コンサルティング・サービス

地質調査、詳細設計、入札補助、施工監理等（ショートリスト方式）

(オ) 総事業費

9,590百万円（うち、円借款供与額：7,619百万円）

(カ) 事業実施スケジュール

2013年3月～2018年12月を予定（計70ヶ月）。全施設供用開始時（2017年12月）をもって事業完成とする。<sup>17</sup>

#### エ 地すべりモニタリング

本件事業では、既に地すべりの現状把握、設計、工事の完全管理を目的にして雨量計、伸縮計、傾斜計、ひずみ計、地下水水位計が設置されており、現位置でのデータロガーを用いたモニタリングが実施されている。これらの観測機器は、提案企業の製品であり異常なく観測が行われていた。ただし、現状の機器には無線によるデータ伝送の機能は無い。

### (2) 土砂災害対策強化プロジェクト：TCLMP（技術協力プロジェクト）

#### ア 事業目的（協力プログラムにおける位置づけを含む）

本プロジェクトは、中部州キャンディ県、マタレ県、ヌワラエリア県及びウバ州バドゥッラ県のパイロット地区において、①土砂災害対策のための調査・評価、②地すべり対策、斜面崩壊対策及び落石対策のための設計、施工監理及びモニタリング、③土砂災害軽減対策（非構造物対策を含む）の知識とノウハウを蓄積することにより、NBROの土砂災害管理能力の向上を図り、もって対象地域の土砂災害の減少に寄与するものである。

#### イ プロジェクトサイト/対象地域名

- ・ 対象地域：中部州キャンディ県、マタレ県、ヌワラエリア県及びウバ州バドゥッラ県
- ・ パイロット地区：ナース訓練学校（キャンディ県ガンガワタコラレ郡）、アラグマレ地区（マタレ県マタレ郡）、ウダマドゥラ地区（ヌワラエリア県ワラパネ郡）、バドゥルスリガマ地区（バドゥッラ県バドゥッラ郡）

<sup>17</sup> JICA 事業事前評価表「スリランカ国道路土砂災害対策事業」

※対象地域にて各県 1ヶ所。地すべり、斜面崩壊、落石の災害要因を網羅する。

**ウ 本事業の受益者（ターゲットグループ）**

- ・ 直接受益者：NBRO の職員
- ・ 最終受益者：パイロット地区の住民及び対象地域の住民

**エ 事業スケジュール（協力期間）**

2014 年 7 月～2017 年 6 月を予定（計 36 ヶ月）

**オ 総事業費（日本側）**

概算 5 億円

**カ 相手国側実施機関**

NBRO

**キ 地すべりモニタリング**

本件事業では、土砂災害対策のための調査・評価、及び地すべり対策、斜面崩壊対策及び落石対策のための設計、施工監理及びモニタリングが活動に組み込まれている。現地調査の結果、パイロットサイトには雨量計、伸縮計、傾斜計、ひずみ計、地下水位計が設置されており、月 1 回の頻度で現場のデータロガーに蓄積されたデータを用いたモニタリングが行われている。これらの観測機器は、提案企業の製品であり異常なく観測が行われていた。ただし、現状の機器には無線によるデータ伝送の機能は無い。

**(3) 気象観測・予測・伝達能力向上プロジェクト(技術協カプロジェクト)**

**ア 事業目的**

本プロジェクトは、災害管理省気象局（Department of Meteorology、以下 DOM）本部を中心にスリランカ全土において、①気象観測機器の保守点検・校正能力向上、②気象データの送受信能力強化、③気象予報能力向上、④警報基準の精緻化及び⑤気象情報の伝達方法や内容の改善を行うことにより、気象観測や予報・警報・伝達能力の向上を図り、もって気象災害による被害軽減を念頭に国民や防災関係機関による気象情報の適切な利用に寄与するものである。

**イ プロジェクトサイト／対象地域名**

スリランカ全土を対象に DOM 本部及び気象観測所で活動。

**ウ 本事業の受益者（ターゲットグループ）**

DOM 研究開発部、予報部、データ処理保管部及び観測ネットワーク測器部の職員のうち、50 名程度

**エ 事業スケジュール（協力期間）**

2014 年 7 月～2017 年 6 月を予定（計 36 ヶ月）

**オ 総事業費（日本側）**

約 3.2 億円

**カ 相手国側実施機関**

DOM<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> JICA 事業事前評価表「スリランカ気象観測・予測・伝達能力向上プロジェクト」

#### (4) コミュニティにおける防災能力強化事業（日本 NGO 事業）

##### ア コミュニティレベルでの防災・災害対応能力強化

ワークショップの実施、および啓発パンフレット・ポスターの作成

##### イ 中央レベルおよび県レベルでのマルチアクターによる災害対応能力強化

ネットワーク会合の開催、およびワークショップの実施

##### ウ 中央と地方、地方間の他地域との橋渡し

セミナーの開催

#### 1-4-2 他ドナー事業

##### (1) 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。<sup>19</sup>

##### (2) 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。

##### ア 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。

##### イ 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

---

<sup>19</sup> JICA「スリランカ国土砂災害対策強化プロジェクト」業務完了報告書(第1期)2016年1月

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。<sup>20</sup>

## 1-5 対象国・地域のビジネス環境の分析

提案製品・技術は防災・減災に資するという公的な面が強いものとなるため、基本的には現地政府機関が対応していく分野ではあるが、ODA 案件を土台にして将来的には民需も取り込んでいくビジネス展開を検討していく。

地すべりの発生件数の多い山間部では、所得や社会的な地位の低い茶畑労働者等のタミル系住民も多く、インフラの整備でも都市部と比較して遅れている。一般的に自然災害に脆弱な地域には災害弱者が生活している場合が多く、防災や地域の安全に関わる活動は現政権の掲げる民族融和の一助となりえる。また、スリランカの重要な産業である茶畑プランテーションの保護や山間部の安全を確保することで観光業の振興も期待される。

1-2 で述べたように、スリランカでは災害対策法は制定されたものの、各災害種別における具体的な管理基準設定や観測網整備は各ドナーの支援の下、進められている段階である。このうち土砂災害に関する調査、観測、対策等の実務を主管する NBRO では JICA の技術協力プロジェクトや円借款事業を通して提案企業の製品を用いて地すべりの動態観測を行っている。提案システムは既に導入されている観測機材の組み合わせ及び改良を加えたものとなる予定であり、NBRO をはじめとした関係機関 (MDM、DMC、RDA) において、地すべり観測における標準的な手法として運用・承認される可能性は十分にあり、将来的なビジネス展開の下地となる。また、NBRO や現地協力会社候補等からの聞き取りによれば、現状における観測機材の販売・流通における競合となるのは公的機関である ITI のみであることもあり、制度の上流に位置づけられた場合の先行者利益は大きい。

なお、地すべりを対象としたシステムとなるため、基本的には防災分野での適用が多いと想定している。一方で、高速道路建設時における施工監理や維持管理においても、観測機材は異なるものの、同様の通信機器を用いた河川やため池等の水位観測等の他分野での適用も目指していく。

また、提案システムには電波通信を伴う通信機器が含まれるが、スリランカには電気通信規制委員会 (TRCSL) があり、1991 年制定・1996 年改正の電気通信法 (Sri Lanka Telecommunications) に基づき、スリランカにおける電気通信の規制や、電波法の管理・認証を行っており、機器仕様や使用情報を申請し、認証を受ければスリランカ内で使用できる。

---

<sup>20</sup> JICA 「スリランカ国土砂災害対策強化プロジェクト」業務完了報告書(第 1 期)2016 年 1 月



## 第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び海外事業展開の方針

### 2-1 提案企業及び活用が見込まれる製品・技術の特徴

#### 2-1-1 業界分析

##### (1) 事業環境

日本国内においては、2014年の広島豪雨災害、御嶽山噴火、2015年の鬼怒川氾濫などをきっかけとして、自然災害への防災意識が高まっており、日本政府としても重要課題に位置付けている。そして、今までの事後防災から事前防災へと要求が変化している。そのためセンシングシステムに対する要求も監視システムから事前の警戒システムへと変化してきている。警戒システムでは、災害の兆候を素早く関係機関間で共有し、解析することが重要である為、クラウドシステムの需要が高まっている。

発展途上のアジア諸国等においては、国の経済の発展とともに人命重視の傾向が出てきているが、現時点では事前防災ではなく、人命および社会インフラを守ることを目的としたセンシング技術の導入が始まったばかりであり、防災技術およびシステム技術の進歩の遅れから、監視システムに関しては、ほとんど導入されていない状態である。

このように自然災害に対する防災システムに関しては日本が進んでいる状態であり、世界のリーダー的存在となっている。

##### (2) 日本国内における業界分析

日本国内では、既に遠隔監視システムが主流になっており、また、前述のように事前防災に要求が変化してきている。さらに、社会インフラの維持管理とともにIoT（モノのインターネット：Internet of Things）をキーワードとして市場が拡大しようとしており、他業界の計測器メーカーだけでなく、大手電機メーカーなども興味を示し、自然災害に関する防災市場への進出を模索している。

発展途上の海外諸国においては、いまだ技術協力プロジェクト等で防災技術のトレーニングをしている状態であり、防災計測システム市場が成立していないため、計測システムを供給するメーカーはほとんど存在していないのが現状である。欧米等の先進国においては、測量やGPS（全地球測位システム：Global Positioning System）を利用した防災システムが存在するが、斜面防災市場に特化した計測器を製造しているメーカーは日本にしか存在しない。

##### (3) 提案システムの位置づけ

提案システムは国内においては主流となっているが、発展途上の海外諸国では地表伸縮計、雨量計などの計測器単体の活用がようやく始まったところであり、ほとんど導入されていない。計測器単体の運用のままでは、現地でしか計測データを確認できず、リアルタイムな防災には役に立たない。今後、各国の経済発展に伴い、人命重視のもとに必然的に計測器単体の運用から遠隔監視システム化の要望に移行してくると思われる。

## 2-1-2 提案技術の概要

### (1) 提案システムの概念図

提案する「地すべり遠隔監視システム」(以下、システム)の概念図を下図に示す。このシステムは、現地に設置した地表伸縮計、雨量計等のデータをリアルタイムに遠隔の管理事務所へデータ転送し、現地の監視・危険判定を行い、早期に地域住民に危険を知らせ、避難を促すことができる。基本的なシステム構成は、現地に設置した観測機器(地表伸縮計・雨量計等)とネットワーク機器(無線機、通信装置、警報装置)、及び事務所側のクラウドサービスで構成される。



図 2-1 地すべり遠隔監視システムの概要図

(出典：JICA 調査団作成)

### (2) 特長

下表にシステムの特長を示す。

表 2-1 システムの特長

項目	特長
リアルタイム情報共有	独自の通信ネットワーク技術により、現場から遠く離れた管理事務所のパソコンで、現場観測データを把握・管理できる。
確実なデータ蓄積	熱帯地域の過酷な屋外環境を想定し、気温 55 度まで動作保障。 データ伝送中に停電や通信障害が起きても、観測機器内部にデータを保存するバックアップ機能を有し、容易にデータを復旧できる。
設置が容易	観測機器は小型軽量であり、山間部や斜面等の足場が悪い場所でも速

項目	特長
	やかに運搬・設置可能。無線通信により現地の配線作業も不要。
低消費電力	現場観測機器は市販リチウム電池で長期観測可能。メイン電池とサブ電池で、地表伸縮計：8ヶ月以上、雨量計：1年以上観測可能。
電池切れ防止機能	現場観測機器は、メイン電池とサブ電池の切り替え方式であり、万一メイン電池が切れても、サブ電池に自動で切り替わり、欠測を防ぐ。
豊富な警報機能	危険時は管理者や地域住民に警報メールを発信する。と同時に、現場で赤色回転灯と警報サイレンが連動し危険を知らせる。
	避難勧告→避難指示など、段階的な警報設定も可能
耐雷性	観測機器周辺に落雷があった場合でも簡単に壊れないよう、現場観測機器内部の回路を保護する設計になっている。

(出典：JICA 調査団作成)

### (3) 製品・技術の仕様

システムは下図のように構成される。






図 2-2 地すべり遠隔監視システムの情報伝達

(出典：JICA 調査団作成)

各構成要素の製品及びそのスペックを下表に示す。

表 2-2 地すべり遠隔監視システムを構成する製品のスペック

	製品	スペック
観測機器	地表伸縮計 斜面防災 トップシェア 	地表面の移動量を計測する観測機器 ・目視では識別できない微小な移動量を計測可能。(分解能=0.1mm) ・地表面の移動量が地すべりの発生段階まで進行すると、管理者に警報を伝えたり、回転灯やサイレンで地域住民へ異変を知らせたりすることができる。 ・地表移動量を即時に、数値やグラフで液晶表示できる。
	雨量計 	降雨量を計測する観測機器 ・「時間雨量」、「日雨量」、「連続雨量」、「実効雨量」を記録可能。 ・降雨量が警報値を超えた場合に、管理者に警報を発したり、回転灯やサイレンで地域住民へ異変を知らせたりすることができる。
	パイプひずみ計 	地すべり発生地点に埋設し、パイプの変形によって生ずるひずみ変動を電氣的に検出し、地すべり面の位置、活動状況を測定する観測機器 ・感度が高く、地すべりの微小な変動を検出できる。 ・他の観測機器に比べ低コストであり、多くのボーリング孔を必要とする場合の計測手段としても有効である。

	製品	スペック
	<b>地下水位計</b> 	地下水位を計測する観測機器 <ul style="list-style-type: none"> <li>・内部メモリには 観測間隔 1 時間の場合 6 年以上のデータを蓄積可能。</li> <li>・実水位に対して、上限警報・下限警報のいずれかの値を最大 4 つまで設定でき、警報値に達した場合、管理者に警報を伝えたり、回転灯やサイレンで地域住民へ異変を知らせたりすることができる。</li> </ul>
	<b>ばらまき型傾斜計</b>  NETIS 登録	多点の傾斜を計測し、斜面の変状を面的に把握できる観測機器 <ul style="list-style-type: none"> <li>・2 方向の変位を合成し、合成傾斜角として最短 1 分で警報判定するため、地表面の動きを逃さず把握できる。</li> <li>・省電力設計であり、センサ部はリチウム電池 4 本で 1 年以上稼働。</li> <li>・通信障害に強いメッシュ型ネットワーク。</li> </ul>
通信装置	<b>データ伝送無線機</b> 	現地内で観測データを伝送する無線機 <ul style="list-style-type: none"> <li>・省電力設計であり、リチウム電池 4 本で約 6 ヶ月稼働、外部電源の利用可。</li> <li>・429MHz 帯の特定小電力無線であり、ユーザーは資格申請の必要なし。</li> <li>・約 2 分に 1 回無線通信経路の接続状況を確認。信頼性の高い通信を実現。</li> <li>・降雨の影響がほとんどなく、見通しのきかない林間でも利用可能。</li> </ul>
	<b>パケット通信機</b> 	モバイル通信網を介してデータを伝送する通信機器 <ul style="list-style-type: none"> <li>・指定したインターバルで観測データを送信。事務所側からの任意のタイミングによるデータ取得も可能。</li> <li>・観測データが警報値を超えた場合に、設定されたメールアドレスに自動的に警報メールを配信する。</li> <li>・商用電源が確保できない現場では、盗難や損壊などの恐れがなければ太陽光発電も利用可能。</li> </ul>
警報装置	<b>警報ユニット</b> 	観測機器からの信号で警報器を直接駆動する警報制御装置 <ul style="list-style-type: none"> <li>・地表面伸縮計や雨量計などを接続して 回転灯やサイレン等の警報器を直接駆動させる。警報入力は 2 点、警報出力もタイマー連動と連続の 2 系統ある。</li> </ul>
	<b>LED 回転灯</b> 	警報ユニットに接続して異常発生を知らせる大型 LED 回転灯 <ul style="list-style-type: none"> <li>・異常発生を赤色回転にて知らせる頑強で優れた耐久性を誇る大型 LED 回転灯。</li> </ul>
	<b>電子ホーン</b> 	警報ユニットに接続して異常発生を警告する高音質電子ホーン <ul style="list-style-type: none"> <li>・異常発生をサイレン音にて警告する。長時間共鳴、音量調節可能。</li> </ul>
クラウドサーバー	<b>クラウドサーバー</b> 	現場のデータを WEB サイト上で見ることができるサーバー <ul style="list-style-type: none"> <li>・観測データ(値、グラフ)の閲覧及び作表・作図データのダウンロード可能。</li> <li>・機器設定・観測設定、警報設定等が可能。</li> <li>・サーバーは日本からも閲覧可能のため、アフターフォローを充実させることができる。</li> <li>・WEB 画面上で、現地観測機器の接続状況や電源状況が確認できる。</li> </ul>

(出典：JICA 調査団作成)

下図に地表伸縮計の現場設置例と液晶画面表示、ばらまき型傾斜計の活用イメージ、雨量発信器の現場設置例と原理、データ伝送無線機の機器構成例を示す。



図 2-3 地表伸縮計の現場設置例と液晶画面表示  
(出典：JICA 調査団作成)

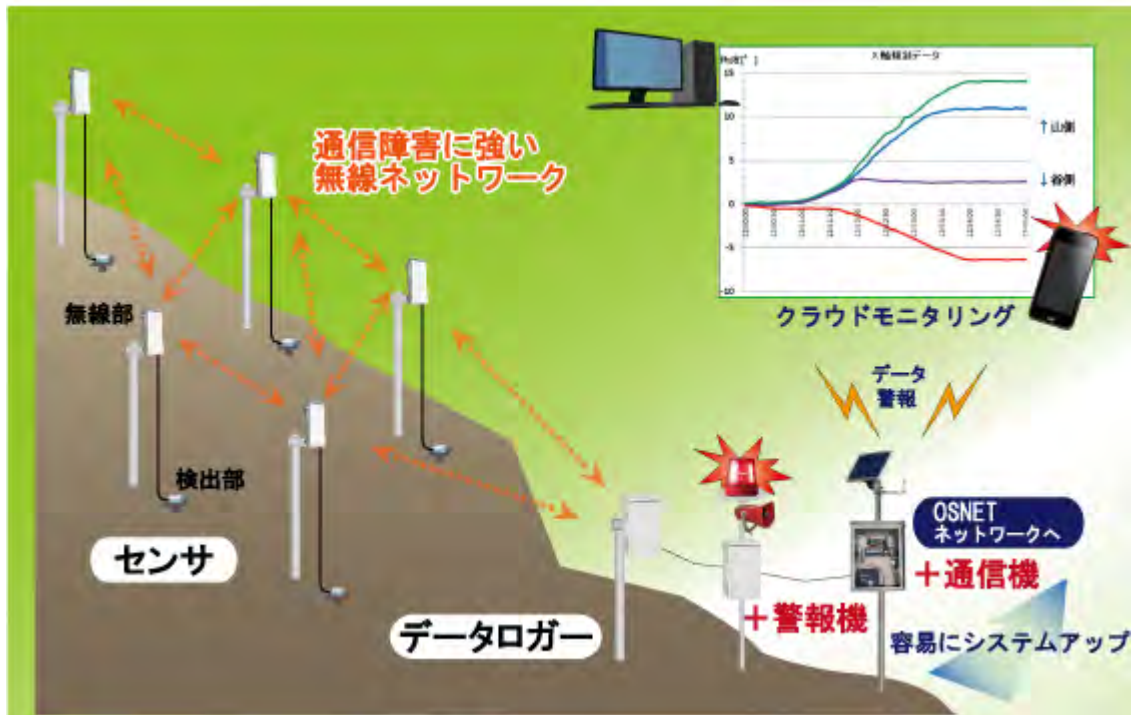


図 2-4 ばらまき型傾斜計の活用イメージ  
(出典：JICA 調査団作成)

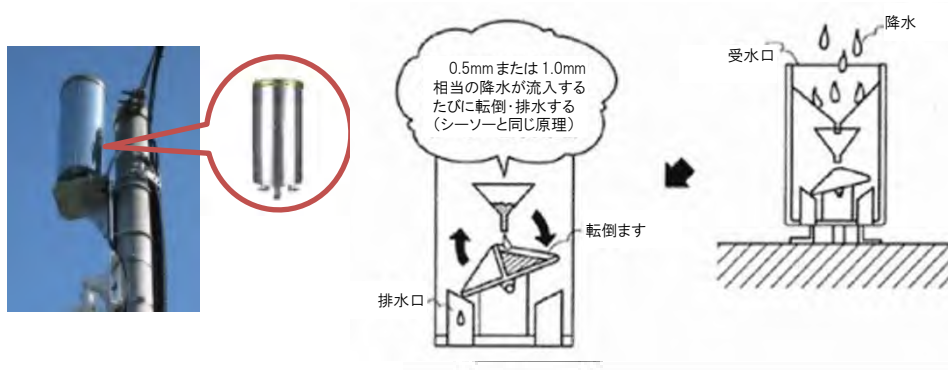


図 2-5 雨量発信器の現場設置例と原理  
(出典：JICA 調査団作成)

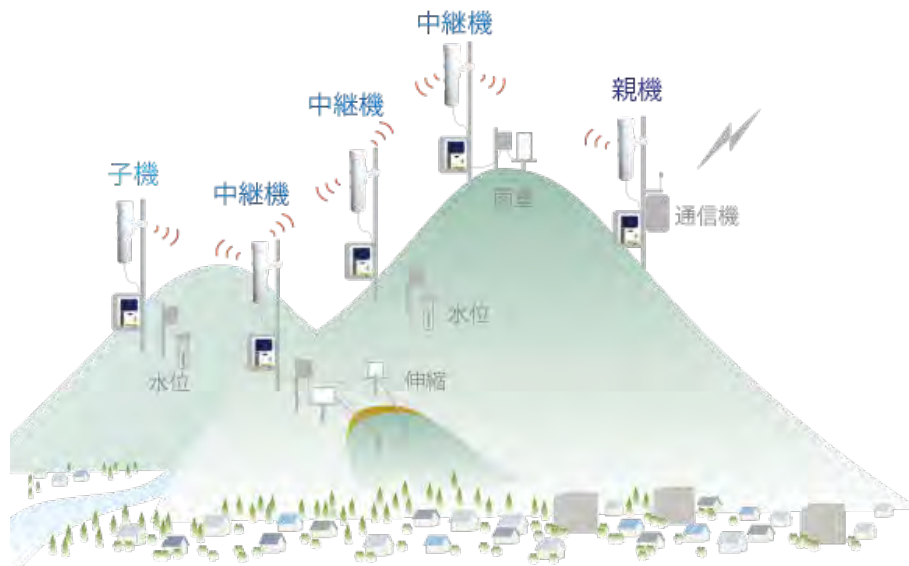


図 2-6 データ伝送無線機の機器構成例  
(出典：JICA 調査団作成)

#### (4) 提案システムの概算費用

システム構成は現場状況に応じて様々であるが、一例として【地表伸縮計 3 箇所】、【雨量計 1 箇所】を無線器経由にてパケット通信機までデータ伝送させる場合の提案システムの概算費用は初期費用が約 225 万円、月額費用が約 1.7 万円であり、表 2-3 に製品・技術の価格を示す。内訳を下表に示す。なお、観測機器は海外向け、通信機器は国内向けの価格設定における標準価格である。海外向けの場合、通信機等は適合の為の改良をする必要性があり、機器単価は上乘せになる。なお、材料費・設置費は別途発生し、現場状況に応じて変動する。

表 2-3 提案システムの概算費用例（日本の場合）

	製品名	型番	数量	標準価格	備考
観測機器	地表伸縮計	SLG-100	3 台	294,000 円	材料費・設置費は現地の状況による
	雨量計	NetLG-201 他	1 台	230,000 円	雨量発信器 1 台を含む

	警報装置	AL-TypeC 他	1 台	116,500 円	赤色回転灯・電子ホーン各 1 台を含む
+					
通信 機器	データ伝送無線機	NetMI-3T	4 台分	920,000 円	
	パケット通信機	NetMAIL-2	1 式	683,000 円	6 ポートハブ・ソーラーパネル 30W 各 1 台を含む
+					
	サービス名	単位	月額利用料	月額通信費	補足
	クラウドサービス フィールド情報サービス	1 式	12,500 円	4,300 円	計 16,800 円/月

(出典：JICA 調査団作成)

既に現地へ観測機器が設置されている場合は、通信機器の追加により遠隔監視の構成にシステムアップできる。

#### (5) 国内外の導入実績

国内では 47 都道府県すべてに「地すべり遠隔監視システム」の導入実績があり、主要取引先は、国土交通省、農林水産省等の省庁、高知県をはじめとする各地方自治体であり、防災コンサルタント経由で多数納入している。図 2-7 に国内販売実績を示す。

図 2-7 国内販売実績／遠隔監視システムの導入による構成観測機器販売台数の増加

(出典：JICA 調査団作成)

一方、海外では現時点で海外向けデータ通信サービスを確立していないため、地すべり遠隔監視システムとしての納入実績はない。次表は、これまで JICA で実施された地すべり関連案件で納入した観測機器単体の販売実績である。

今回提案するシステムは、状況にあわせてシステム構成を調整可能であり、既に導入・設置された単体の観測機器があれば、通信機やクラウドサービスを追加することで簡単にシステム化できる。

表 2-4 海外における販売実績

番号	設置国名	納入年	機器内訳					
			遠隔監視システム	地表伸縮計	雨量計	地下水位計	パイプひずみ計	警報装置
1	スリランカ	2010～	-	31	2	16	13	
2	クロアチア	2011～2014	-	36	2	4		2
3	ベトナム	2013・2014	-	23	4	6	4	2
4	アルメニア	2004・2014	-	16	3		4	8
5	エチオピア	2012	-				1	
6	ホンジュラス	2012・2013	-	6	2	4		4
7	モーリシャス	2012・2013	-	15	3	8		
8	ポリビア	2010・2011	-			2	2	
9	ウズベキスタン	2008	-	20				3
10	パキスタン	2006	-	2	2			2
11	その他		-	33	9	11	3	16

その他：中国、韓国、台湾、メキシコ、インドネシア、アメリカ、マリ

(出典：JICA 調査団作成)

前述の図 2-7 に示す国内販売実績の推移は、日本国内での販売実績から今回提案するシステムの主要構成機器である「地表伸縮計」・「雨量計」・「パケット通信機」を抜粋したものである。遠隔監視システムの開発・導入後、「地表伸縮計」の販売台数は 6 倍となった。システム化の場合、観測機器の販売台数増加だけでなく、付随する周辺機器や設置資材なども同時購入することになるため、さらなる売上増加につながる。

また、提案企業は、製品を販売するだけでなく、機器設置、メンテナンスに至るまで一貫したサービスを提供していることも納入実績拡大を後押ししている。このノウハウを生かした設置・運用・保守マニュアルを作成して C/P 及び現地協力会社向けの研修を実施することで、提案システムを納入するだけでなく、継続的に活用するためのサポートも実現できる。

### 2-1-3 国内外の同業他社、類似製品及び技術の概況及び比較優位性

#### (1) 国内外での比較優位性

##### ア 価格面の比較

提案技術は、日本国内において国土交通省の新技术情報提供システム (New Technology Information System、以下 NETIS) に登録されていた。(名称：現場即応型自動観測システム/登録 No. SK-090003-A) 価格面の比較として NETIS 登録情報より導入コストを比較したデータを引用し、下表に示す。

表 2-5 従来技術との導入コスト比較

比較対象	従来技術「テレメータ遠隔監視システム」
比較内容	観測機器 3 台を遠隔監視する場合
比較結果	従来技術 1,809,300 円→提案技術 1,184,000 円(34.56%経済性向上)

(出典：JICA 調査団作成)

提案企業のシステムは、複数の観測地点のデータを 1 台の通信装置に集約できるため、観測地点が増えるほど設置単価も通信料も安価に抑えられる。かつ、遠隔地のパソコンから観測地



点のデータを直接呼び出すためデータサーバが不要であり、通信障害時も欠測が無い。

## イ 機能面の比較

機能面の比較として、他社同様サービスとの機能比較を表 2-6 に示す。

現地調査の中で、現在 NBRO で運用中の雨量監視システムに関する情報を得た。導入コストは不明であるが、機能要件は確認できたので比較対象に加える。

表 2-6 「地すべり遠隔監視システム」と他社同様サービスを比較

比較項目	オサシ・テクノス製	他社製	スリランカ雨量監視システム
◆ネットワーク技術（現場）	◎ 独自ネットワークを開発しており、提案企業の機器だけで有線・無線通信でのネットワーク構築可能。	○ 他社製の通信機器を使用しているため、柔軟性に向け、ネットワーク化が困難。	× 現地ネットワークは存在していない。
◆モバイル通信網でのデータ伝送	◎ 独自の機器を開発しており、データのアップロードだけでなく観測機器の設定変更や診断も可能。	△ 他社製の通信機器を使用しているため、計測データのアップロード機能のみ。	△ ITI製雨量計+海外 GSM <sup>21</sup> 通信機。計測データのアップロード機能のみ。
◆システムの拡張性	◎ システムを構成するすべての機器が自社製のためシステム化が容易。現場状況にあわせた柔軟なシステム構築が可能。  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>既設機器のシステムアップも容易</p> <p style="text-align: center;">現場の観測機器 + 通信機器 ↓ 遠隔監視システム</p> </div>	× 基本的にセンサと通信機は1対1の対応であり、複数機器への拡張性がない。	× 基本的にセンサと通信機は1対1の対応であり、複数機器への拡張性がない。また、雨量計に特化したシステムのため、他計測器は繋がらない。
◆初期コスト	○ 観測機器が複数台となっても、通信機は1台ですむため比較的安価	× 観測機器1台につき通信機1台の構成のため割高	◎ 雨量計のみの構成のため安価
◆ランニングコスト	◎ 1台の通信機（1回線）に接続できる観測機器は最大50台 ※例：観測機器20台の場合、1回線分の利用料ですむ。	× 1台の通信機（1回線）に接続できる観測機器は1台 ※例：観測機器20台の場合、20回線分の利用料がかかる。	○ 1台の通信機（1回線）に接続できる観測機器は1台。SMSは従量課金だが、スリランカはSMS料金が非常に安価なので、日本ほど高価にならない。
◆WEB監視画面の自由度	○ 画面表示項目を利用者側でカスタマイズできる。	△ 画面表示項目を利用者側で変更することはできない	△ 画面表示項目を利用者側で変更することはできない
◆操作性	◎ 初めてでも使えるシンプルな操作性。斜面防災での多くの利用者の声を取り入れ、さらに改良を続けている。	△ 機器設定時のメニュー項目の階層が深く、扱いづらい。	◎ 利用者（NBRO）が作らせた特注システムなので操作性はよいはずである。

<sup>21</sup> GSM(Global System for Mobile Communications) 世界のほとんどの国・地域で使用されている第二世代モバイル通信規格

比較項目	オサシ・テクノス製	他社製	スリランカ雨量監視システム
◆電源 (現地据付機器側)	◎ システムの構成機器は全て省電力設計。各種観測機器は市販リチウム電池で長期動作し、メイン電池とサブ電池の切り替え方式を採用。	△ 市販乾電池利用。電池の消耗具合が分かりづらく欠測の恐れあり。	△ 商用電源駆動＋補助にソーラー。

(出典：JICA 調査団作成)

## (2) 模倣の可能性 (国外)

提案企業のシステムは、ハードウェア、ソフトウェアを基礎から自社開発しており、それらの連携からなる独自の技術により「通信ネットワーク」「低消費電力」を実現している。よって、単に同じ CPU (中央処理装置：Central Processing Unit) および電子部品を搭載しても、同等の機能・性能を実現することはできない。また、「通信ネットワーク」については、通信プロトコルの全てのレイヤーの知識が必要なため、同様なものを単独で開発できる技術を持っているメーカはほとんどないと考えられる。また、システムを構成するデータ伝送無線機は、通信プロトコルの全てのレイヤーから独自開発することで、徹底した省電力化を実現しており、特許も取得済みである (特開 2008-48027)。同様なものを単独で開発できる技術を持っているメーカはほとんどないと考えられる。

### 2-1-4 提案製品・技術の導入に係る検討

まず、日本国内での地すべり災害対応において、遠隔監視システム導入ありと導入なしでの採算性や便益性を比較する。

表 2-7 比較表

#### ①地すべり発生初動段階の共通作業

地すべり発生 初動段階	①まず現地踏査を行って伸縮計設置 ②地すべり周辺区域に警報装置設置 →伸縮計から警報が発報されると同時に周辺地域の方々に危険を知らせる
----------------	---

#### ②システム導入の有無による違い

	遠隔監視システム導入無し	遠隔監視システム導入あり
初期コスト	上記①②の設置費用のみ	上記①②に③データ伝送装置 (パケット通信機や無線機等) を追加設置 ・元々の観測機器を活用でき、無駄がない ・遠隔監視の必要がなくなれば取り外して別現場へ移設も可能で経済的
ランニングコスト	担当者が現地へ出向く費用 (人件費、移動旅費、移動時間など)	毎月の通信費、メールサーバー利用料
メンテナンス	現地に行かなければ現地機器の状況が分からないので効率が悪い	現地機器のメンテナンス情報 (電池残量、ネットワーク通信状態など) を管理者へ定期的に遠隔通知する機能があり、情報を事前に把握できる。計画的に作業ができ、効率があがる
データ回収	データ回収のために現場内に立ち入る必要があり、豪雨時や緊急時にデータ回収作業ができず、早期警戒体制が取れない	定期的に事務所にデータが届き、緊急時でも安全にデータが確認でき、早期警戒体制に繋げることができる

	い。	
便益	機器費用は抑えられても、その分人件費がかかる上、人手不足の問題や、危険地域に出向く回数が増える分、管理者に危険が伴う	リアルタイム情報共有の実現、管理者の負担が減り、少人数で多数の現場管理が可能になる。地域住民への早期避難指示にも繋がる

(出典：JICA 調査団作成)

調査の結果、現在のスリランカにおける地すべり監視は、上記”遠隔監視システム導入なし”の状況であり、かつ、NBRO 本部から地すべり地まで非常に遠方である（コロンボ市内から技術協力プロジェクトパイロットサイト Badulla まで約 250km、車で約 6 時間）ことが分かった。

技術協力プロジェクトならびに有償資金協力における平時のモニタリング体制は月 1 回程度、NBRO 本部職員が現地でデータ回収を行い事務所で整理・分析を行っている。これは両プロジェクトにおけるモニタリングの目的が地すべり対策工施工時における安全管理および施工前後の効果を確認することに重点が置かれているためである。観測データに基づき地すべりの動きが活発になった場合には、地域住民に対して危険情報の周知等を行うものの、警報装置も設置されていないため、直接的に住民避難を促すものではない。なお、現在、NBRO で運用している地すべり警戒情報（Landslide Warning）は、降雨量に基づき 3 段階に設定されており、各県レベルで発出されるため、具体的に県内のどの地域が危険なのか住民に分かりづらく、伝わりづらいことが多い。

一方で提案システムは観測機器と警報装置を地すべり地内に設置し、設定した閾値もしくは管理基準値（設置者が任意で設定可能。例えば地表伸縮計で 10~100mm/1 日など）を超過する変状が確認された場合、警報装置を通じて直接住民に周知することが可能である。実際に地すべりが発生した際は、住民は関係機関（NBRO、DMC、警察等）への連絡、その判断を待つこともあるため、住民自身が避難の必要を判断する指標の一つとして、提案システムは有効である。また、早朝や夕方以降など、関係機関の業務が終了している場合にも、機能するという面もメリットとして挙げられる。

地すべり遠隔監視システムが普及・実現すれば、時間的な問題が解消でき、早期の危険度判定が可能となる。それは、地すべり地区周辺住民への避難指示までの時間短縮をも可能とし、スリランカの地すべり災害における人的被害の軽減が見込める他、住民の防災意識の向上につながり、地域住民の安全な生活に貢献できる。

現状のスリランカ国内での地すべり災害対応

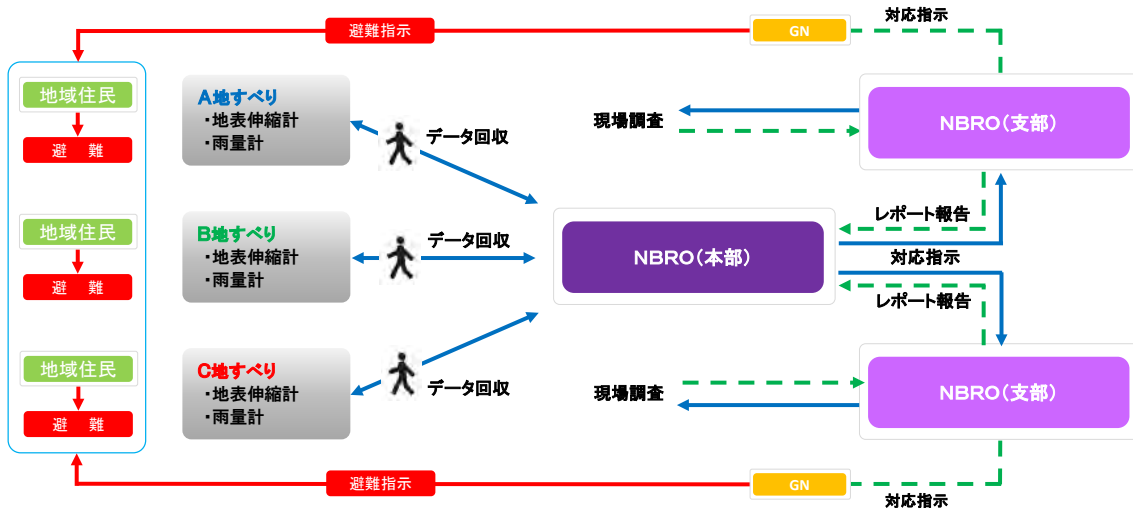


図 2-8 現状の災害対応  
(出典：JICA 調査団作成)

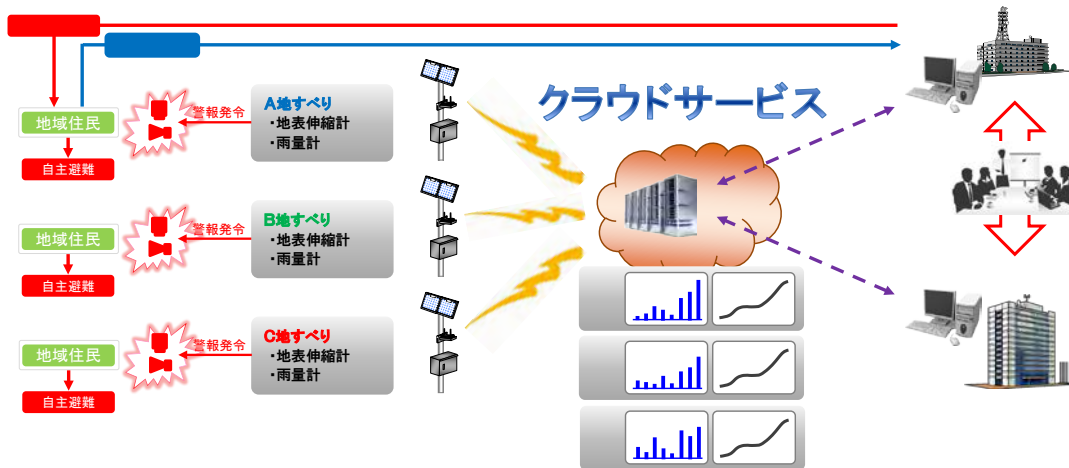


図 2-9 提案システムイメージ  
(出典：JICA 調査団作成)

また、その他のアジア諸国において、現状のスリランカ同様に計測器を単体で納入しているモリシャスやベトナムなどからも地すべり遠隔監視システム化の要望が出されており、スリランカで提案システムが実現・普及すれば、他のアジア諸国への展開も期待できる。特に、提案企業の観測機器をすでに単体納入している国であれば、データ通信装置の追加のみで遠隔監視システムが実現できるため、他国においても従来の設備投資を生かしたシステムアップの提案ができ、経済的かつ効率的に人的被害の軽減、住民の防災意識向上に貢献することができる。

## 2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

### 2-2-1 海外進出の目的

近年、気候変動を伴う異常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

国内の斜面災害の市場では、現地に観測機器を単体で設置するだけでなく、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、海外への提案企業製品の輸出に関しては、円借款事業、技術協力プロジェクトにおいて調査・設計及び施工での安全管理の為に、観測機器単体で運用されているものの、リアルタイムで監視できるまでに至っていないため、カウンターパートより遠隔監視の要望が出てくることが多い。このニーズは、今後海外においても遠隔監視システムが必要なことを示しており、海外展開のビジネスチャンスと捉えている。スリランカでも具体的にシステム化が望まれている。そのため、提案企業としては、これらの要望に応えるため、スリランカに適應できるようシステムの改良を行い、国内全土への導入・普及をめざし、地すべり等の土砂災害から人命を守っていききたい。さらに、その後はニーズのあるベトナムなどへのアジア諸国へ展開していくことを考えている。

## 2-2-2 海外展開の方針

現在、提案企業は日本国内の地すべり・斜面崩壊などの斜面災害に使用される監視システムのリーディングカンパニーである。また、斜面防災の技術は日本が最も進んでおり、海外に防災技術を発信していく立場にある。それは、使用される観測機器および監視システムについても同様であり、海外に大きなマーケットが存在することを意味している。そこで、提案企業としては、日本国内のみならず、今後、海外の斜面防災市場においても提案企業のシステムを水平展開し、海外においてもリーディングカンパニーとなることを事業拡張計画の柱のひとつとしており、そのことが社会貢献にもつながると考えている。

現時点の予想されるスリランカの市場の大きさより、支店または現地法人を設立することは難しいため、ビジネス展開としては現地に協力会社を構える方向で検討している。

案件化調査での活動を通して、リアルタイムに遠隔監視できるシステムの要望の高さを実感すると共に、既に雨量による遠隔監視システムが存在することがわかった。このことより、海外へ展開していくにあたっては、提案システムの有用性を示すことにより、安価な海外製の機器との差別化を明確にする必要がある。

また、提案システムのような防災観測機器を海外展開するには、販売だけでなく、現地での施工およびメンテナンスの実現が非常に重要である。特にメンテナンスにおいては、緊急時にいかに素早く対応できるかが、差別化にもつながると考えている。

上記を踏まえ、海外展開のアプローチ方法としては、輸入・販売・施工・メンテナンスの体制を一貫して管理できる協力会社を現地に構えることが最も良いと結論付けた。

なお、海外ビジネス展開においては当該国での商標登録や特許・意匠などの取得も重要だと考えており、これらについては申請を随時行っていく予定である。

## 2-2-3 海外展開を検討中の国

### (1) ベトナム

ベトナムに進出している日本企業の現地法人と、ビジネス協力を行っていく方向で秘密保持契約を締結した。今後、ベトナムでも遠隔監視システムの展開を検討していくと共に、既存機器の適合性を探っていく。

## (2) 台湾

高知県が、地産外商戦略として海外への販売を推奨しており、2016年度のターゲット国として台湾があげられている。台湾も斜面災害が多いため、遠隔監視システムの展開を検討していく。

## (3) その他諸外国

提案企業の機器は、JICA 案件を通じて、上記の国以外にも、モーリシャス・インドネシア・ホンジュラスなど多数の諸外国で既に使用されている実績があるが、遠隔監視システムは未だ導入・構築されていない。スリランカでの遠隔監視システムの構築後は、これらの国々への展開も検討していく。

### 2-3 提案企業の海外進出による我が国地域経済への貢献

スリランカにおける地すべり遠隔監視システム普及により、日本国内地域経済への貢献として以下の点が考えられる。

#### 2-3-1 事業実施による国内の雇用創出、新規開拓、新製品・技術の開発

提案企業は機器の開発から製造までの全てを高知県内で完結させており、地元業者には単なる部品発注だけでなく、機器内部基板の部品実装や組立調整、治具の加工やソフトウェアの委託製造等、様々な作業の製造委託契約を複数業者と交わし、地域密着型企业として、常に 20 社以上の地元企業と連携をとりながら製品・サービスの安定供給に努めている。

過去 5 年の高知県内業者への資材発注・業務委託は、平均 75,813 千円/年である。上記でも述べたとおり、海外展開による製品受注増は、部品発注や委託業者へ依頼増加につながり、県内発注額も比例して増額が見込める。提案企業で使用する部品のほとんどは日本製であり、資材発注については高知県のみならず、四国内、広島など 50 社以上の地方企業とも製造委託契約を交わしていることから地方企業の売上増にもつながる。

提案システムの普及により、提案企業の製品受注が拡大すると共に、契約企業の事業も拡大し、地域経済の拡大に貢献できる。

#### 2-3-2 事業実施による国内関連企業への影響

近年の高知県は、今後 30 年以内の発生確率が 70%程度とされている南海トラフ地震に備え、高知県国土強靱化計画を策定するなど県全体の防災意識が高まっており、県内防災関連産業の振興を図るための「防災関連製品認定制度」を設けるなど防災に関連した「地産外商」にも積極的である。

提案システムの海外普及には、販売だけでなく、機器設置やメンテナンスなどが必須となる為、「日本式防災技術」の技術移転も同時に行うこととなる。「日本式防災技術」が普及すると、地すべりだけでなく、洪水や豪雨災害など様々な自然災害に対応した防災・減災システムの提案につながるなど波及効果が期待できる。提案システムが海外へ紹介され、普及することにより、高知県内他企業の防災関連製品や技術にも海外進出のチャンスが生まれ、関連企業全体での海外展開が期待できる。

#### 2-3-3 事業実施により見込まれる新たなパートナーとの連携・連携強化

海外展開による市場拡大と売上増加は事業拡大となり様々な部署の増員が必須となる。海外展

開が起爆剤となり、取引のなかった自治体や企業への拡販に繋がると、製品への信頼が増し、新たなパートナー企業・大学等の研究機関からも注目され、現在実施中の官民学の共同研究と同様の取組が増加し、新製品開発の期待が持てる。よりよい製品開発によって日本の防災機器が国内・海外共に認められれば、さらなる他国の災害地域への拡販に繋がる。

### 第3章 活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果

#### 3-1 製品・技術の検証活動（紹介、試用など）

提案製品・技術の検証項目と検証方法を下表に示す。

表 3-1 検証項目と検証方法

検証項目	関係者への聞き取り調査	技術セミナー 及び 実機によるデモンストレーション実施	サイト候補地 現地調査	現地協力会社 候補の調査
ニーズ	<p>◆システムとして減災に役立つことの確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・NBRO 本部及び地方事務所（カウンターパートであり、早期警報発令を担う機関。現状の情報伝達方法や問題点の確認を行いながらニーズを探る。）</li> <li>・DMC（災害管理センター。NBROとの関係性、災害時の対応状況など確認する。）</li> <li>・RDA（高速道路管理担当。現状の観測状況及び情報伝達方法や問題点の確認。）</li> <li>・サイト候補地の地域住民（情報を発信する側だけでなく、受け取る側の意見も確認し、一方通行にならない情報共有方法を探る。）</li> <li>・UNDP（国連開発計画。UNDPの活動の中でNBROへの協力・支援をお願いする。）</li> </ul>	<p>◆システムへの要望の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プレゼン資料による製品・技術の紹介</li> <li>・実際の観測機器を使ったデモンストレーション実施</li> <li>・日本で提供中のクラウドサービスに接続し、観測画面を公開（プレゼン資料や実際の製品を用いてまずは興味を持ってもらう。）</li> <li>・アンケート実施（直接ニーズの確認ができる。管理職だけでなく職員も対象とし、より多角的意見を収集する。実際の声を聞くことで、違う視点から見直すこともできる。）</li> <li>・質疑応答（直接のやりとりは、話が発展することもあり、新たな発見も期待できる）</li> </ul>		<p>◆協業による販路拡大の可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現地協力会社候補の調査（協業により、共に利益をあげる関係が築ければ協力会社からのニーズも生まれる可能性がある。）</li> </ul>
適合性			<p>◆提案システムの構成のまま現地適合性の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現地環境調査（観測機器仕様等に問題はないか）</li> <li>・NBRO 地方事務所の対応状況確認</li> <li>・現地住民の生活習慣の確認（聞き取りだけでは見えてこない実情にふれるため）</li> </ul>	
成立性	<p>◆電波法とその申請手順の確認</p> <p>下記関係機関または専門業者へ確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・TRC 電波通信規定委員会</li> <li>・ITI 産業技術研究所</li> <li>・ B&amp;W Engineering Solutions（民間の電気メーカー）</li> </ul>		<p>◆電波状態の確認</p> <p>（候補地ごとに複数ポイントの電波状況を調査し、利用可能な通信手段を模索する）</p> <p>◆設置方法の確認</p> <p>（現地手配の材料で確実な設置が実現するか確認）</p>	<p>◆システム導入後のメンテナンス体制確立の可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現地協力会社候補の対応力調査（人命に関わるシステムであり、納入後のメンテナンスが必要不可欠であるため）</li> </ul>

（出典：JICA 調査団作成）

#### 3-2 検証結果／提案システムの適合性・成立性

非公開部分につき非表示




### 3-3 ニーズの確認

#### 3-3-1 聞き取り調査（対象：関係機関）

提案システムが減災に有効であることの確認をするため、関係機関への聞き取りを行った。

表 3-2 聞き取り調査内容

相手先	確認内容
<p>◆NBRO 本部 Director General Asiri Karunawardena</p>	<p>近年も土砂災害で多くの犠牲者が出ているため、対策が必要と考えている。スリランカ国内では500箇所以上の地すべりが存在しており、早期警戒システム（Early Warning System、以下EWS）などが必要となるが、人的、予算的にも時間がかかっているのが現状である。</p> <p>NBROでは、地すべり危険地の住民とのコミュニケーションシステム（情報伝達）およびEWSを重要視している。特にEWSの技術は現在進行中の技術協力プロジェクトや有償資金協力などでも連携・協力できる部分は積極的に活用していきたいと考えている。もし、地すべりモニタリング等に関する良いシステムがあれば、政府への提案も可能と考えている。現段階では維持管理費が安価でメンテナンスが容易なものが望ましい。</p> <p>2016年5月に発生した豪雨災害を契機として、各地の地すべりに関する危険性が高まっているという認識である。NBROではコミュニティベースのEWSの開発を検討しており、実現すれば地域住民の自主的な避難を促すことが可能と考えている。安全性を住民に示す意味でもモニタリングは重要な位置づけとなる。</p> 
<p>◆NBRO 本部 GETD Director Mr. K. N. Bandara</p>	<p>技術協力プロジェクトや有償資金協力を通じて、NBROの地すべり観測や調査技術は向上してきている。地すべりの発生する山間部や地方では、貧困層の住民も多く、彼ら自身の災害に対する対処能力は低いと考えている。よって、現地で警報を発出できるようなシステムは必要である。</p> <p>また、地すべりの危険情報について、防災無線のようにコミュニティ全体に情報を伝達できるようなシステムも望まれている。</p> <p>コミュニティ以外では、主要道路沿いにおける安全性の確保が課題となっており、遮断機の設置や通行止めに関する検討を進めている。鉄道交通についても同様であり、山間部の路線沿いにおける落石、地すべり対策も課題の一つとなっている。国家計画局からもこの対応に関して、過去の事例調査の要請も来ている。</p>
<p>◆RDA/LDPP Chief Engineer Mr. R. M. S. J. B. Ratnayake</p>	<p>プロジェクトで設置している観測機材のデータ回収および管理はNBROに委託している。対策工を実施するにあたり、工事の安全性確保、対策工の効果確認のためにもモニタリングは重要と考えている。</p>
<p>◆DMC/DG Mr. Mager 他4名</p>	<p>提案システムは非常に有益であり、導入を期待している。導入の際はサーバーのバックアップ機能および監視としてNBROだけでなくDMCにも設置してほしい。</p> <p>ただし、モニタリングシステムは日本以外からも提案があり、どれがスリランカにとって最も有益となるのか検討してほしい。こういったシステムに期待することは災害時のタイムリーな情報取得であり、そういった意味で提案システ</p>

相手先	確認内容
	ムは有効と考えられる。
<b>◆JICA 別プロジェクト／日本工営株式会社</b> 山岡様	スリランカにおいて地すべり以外の分野でも提案システムを適用していくため、JICA 実施中の農業案件担当者と協議を行った。農業分野における観測機器（水位計、雨量計など）およびソフトウェア（ため池監視ソフト）を提案し、活用方法や予算等に関する意見交換を行った。 案件名：北中部乾燥地域における連珠型ため池灌漑開発策定プロジェクト (The Project for Formulating Cascade System Development Plan under North Central Province Canal)

(出典：JICA 調査団作成)

### 3-3-2 聞き取り調査（対象：地すべり危険に居住する住民）

提案するシステムにおける早期警報の発出や運用方法等を検討するにあたり、地すべり危険地域で居住している住民の被災経験、リスク認識、災害前後における対応・対策や避難体制等に関して聞き取り調査を行った。

調査対象は NBRO 定住計画トレーニング部 (Human Settlement Planning and Training Division、以下 HSPTD) 職員、および第 2 回調査時 (2016 年 2 月) にパイロットサイト候補地を視察した際の地域住民とした。

#### (1) HSPTD 職員への聞き取り結果

住民避難に関する課題について、住民側の対応能力や現状および NBRO を含めた行政組織の両者について挙げられた。

- ・ 住民自身が土砂災害の前兆現象（斜面や道路上における亀裂発生、樹木の根曲がり、河川流量の変化や異臭等）を理解していない場合が多く、仮に住民が発見しても関係機関へ連絡しない、またはどこへ連絡していいかわからないケースがある。
- ・ 茶畑労働者とそれ以外では教育レベル、経済レベル、社会的地位が大きく異なる。また、茶畑は行政では入り込めない民間組織であるため、行政組織である NBRO では対応が難しい面もある。
- ・ 世代間で災害に関する知見の伝承はほとんどなく、子供への防災教育が不十分である。
- ・ 移転先を用意しても移転しない、または戻ってきてしまう住民がいる。
- ・ Garma Niladhari（コミュニティ内の区長のような役割を担う公務員、以下 GN）は 2～4 箇所程度の集落を管轄しているため、災害発生時に必ずしも災害現場にいるわけではないため、住民への連絡が遅くなってしまう。
- ・ GN もしくは茶畑管理者の災害対応における役割分担が不明確であり、GN が災害時における情報伝達を自分の仕事だと認識していないことがある（特に茶畑内で地すべりが発生した場合）。
- ・ GN からの情報伝達手段のほとんどが口頭、電話であるため、コミュニティ全体にアナウンスすることが困難である。

これらの課題に対して、HSPTD では土砂災害およびその他の災害危険地域に居住する住民に避難や災害前後における対応等についてトレーニングを実施するとともに、地域コミュニティにおける主要人物である GN や茶畑管理者に対しては別途、地すべりの前兆現象や災害時における関係機関

への連絡体制等を指導している。NBRO で過去に実施した住民への聞き取り調査では、避難のきっかけ、誘導となるのは GN もしくは茶畑管理者からの情報である場合が多いため、お互いの役割分担の確認、情報伝達方法等についてもトレーニングを実施している。

これまでも GN や茶畑管理者、コミュニティ住民を巻き込んだワークショップを開催してきたが、参加者側（特に茶畑管理者）から主体的な参加が見られなかった。しかし、近年の大規模な地すべり災害の多発により、住民側の災害意識が向上している傾向があり、ワークショップへの参加者も増加傾向にある。2014 年 10 月 29 日に発生した Koslanda 土砂災害に関するワークショップでは、NBRO 本部、地方事務所、NEOC、DMC 等の行政機関およびコミュニティ住民を含めた各ステークスホルダー間での災害対応について協議を行っている。NBRO としてもこういった協議は各関係機関における災害時の連携や備え等の災害対応能力の向上に寄与するものであり、非常に重要なことと捉えている。

その他の活動として、LRRMD と共同で作成したハザードマップに基づき、危険地の把握 (Land Bank プロジェクト) を行っており、コミュニティ内の安全地域のゾーン分け、避難計画の整備を進めている。

## (2) 地域住民への聞き取り結果

各パイロットサイト候補地のコミュニティでの地域住民の聞き取りは、NBRO 本部職員または地方事務所職員の同行の下実施し、災害履歴、災害危険地に関するリスク認識、災害時における避難方法、情報伝達等について聞き取りを行った。なお、聞き取りは、各パイロットサイト候補地で 5~6 名程度を対象とし、個人に対して実施したケースもあるが、複数人を集めたグループ形式でも実施し、可能な限り各個人の主観や経験だけに限らないものにするよう配慮した。下表に聞き取り結果概要を示す。

表 3-3 住民への聞き取り結果概要

県	地名	回答・コメント
Ratnapura	Ratnapura	既に大きな地すべりが発生した場所であり、道路建設もされたことから、現在は危険性を感じていない。過去の調査でモニタリングされていたらしいが、対策されていないことから、安全ではないのか？ (40 代男性)
		30 年近くここに住んでいるがこれまでに危険を感じたことはない。ただ、家に亀裂が入ったことは少し気になっている。これまでに地すべりを経験したことがないので、どのように避難するかは考えられない。GN や集落の長の指示に従うと思う。(50 代女性)
Badulla	Pussalakande	インターネットはなく、テレビ、固定電話は所有している。前の地すべり時では特に情報は来っていない。兄と 20 年程度住んでいるが、怖いと感じたことはない。移動手段もないため、避難することはないと思う。(40 代女性)
	Ketawala	周辺の家庭もインターネットはなく、テレビ、モバイル端末は使用している。2011 年に少し離れた集落に警報装置 (サイレン) が設置されたと聞いている。2 km 程度先に GN は住んでおり、時々巡回に来る。過去に安全な地域へ移転してほしいといった話は聞いたことがある。 地すべりの前兆現象が見られた場合には、GN に報告するだろう。(40 代男性)
	Galahagama	10 年程度前の雨季に小規模な地すべりが近隣で発生した。そのときは避難をしなかった。以前、GN からまた近くで地すべりが発生した場合には学校や寺院等に避難するように指示された。(40 代女性)

県	地名	回答・コメント
		斜面の上のほうがより危険だと考えている。住宅に少し亀裂が入っているが、移転しようという考えはない。
Nuwara Eliya	Diyaniilla	40 年前と 10 年前程度あたりで住宅に亀裂が入った。少し怖いが政府から移転の話もないため住み続けている。DOM の設置した雨量計が集落内にあり NBRO から危険地指定されていることは知っている。(40 代女性)
		何かあれば GN または警察に連絡することになると思う。学校や寺院が避難先になるだろう。10 年前の地すべりの時に斜面上方にあったため池の水が枯れてしまった。現在は斜面下方にため池を作っている。(50 代男性)
	Mahawewa	2006 年に住宅内に亀裂ができた。地すべりがあったのは知っているが、その時は避難しなかった。連絡手段としては主に電話 (Etisalat の使用者が多い) を使用していた。(50 代女性)
Kegalle	Aranayake	2016 年 5 月の豪雨により大規模土砂災害が発生した地域に家族が住んでいた。豪雨の中、地震のような大きな音が聞こえたため、急いで近隣の寺院に避難し、家族全員が無事であった。危険を知らせてくれる人はなく自己判断で逃げるしかない状況だった。(70 代女性)

(出典：JICA 調査団作成)

コミュニティ住民の聞き取り結果から、次のような住民意識および課題が考えられる。

- ・ GN もしくは茶畑管理者からの情報が避難のきっかけとなることが多い。
- ・ 従来の居住地が災害危険地域に指定されたとしても、生活や周辺環境の変化から移転には否定的な考え方が多い。
- ・ 情報伝達手段として電話が挙げられるが、コミュニティ内での普及率はそこまで高くない。特に茶畑労働者はほとんど持っていないケースが多い。
- ・ テレビやラジオで災害情報が出ても、自分たちもしくは居住地付近が危険である、という想像があまりできない。



NBRO 職員への聞き取り状況



地域住民への聞き取り状況

図 3-1 聞き取り調査状況

(出典：JICA 調査団作成)

### (3) 提案システム導入による課題への貢献

NBRO を含めた関係機関の公式的な情報伝達は FAX による文書送付、SMS での関係者連絡、電話確認で行われており、以下に一般的な地すべり災害時における関係機関から地域住民まで情報伝達方法を示す。

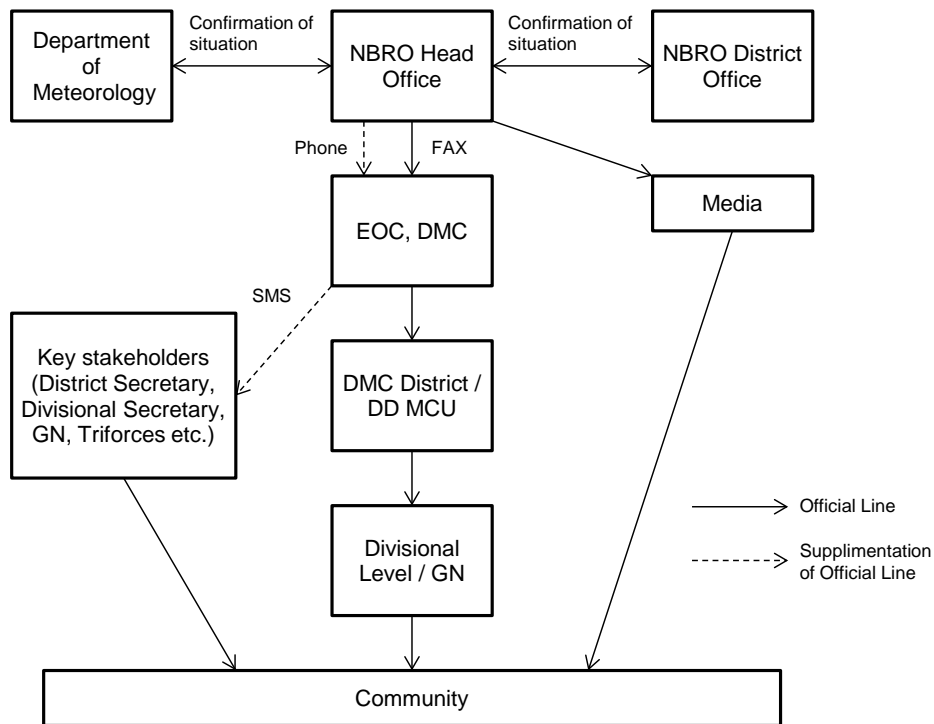
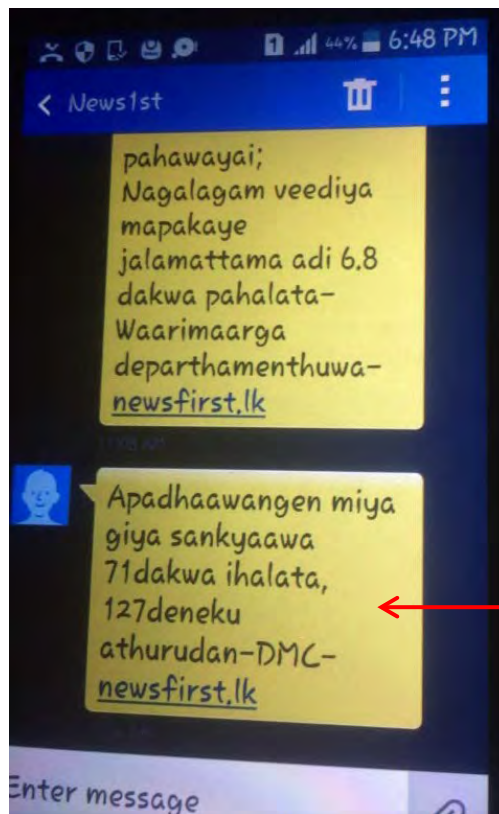


図 3-2 地すべり災害時における情報伝達体制

(出典 : Report on Koslanda Landslide: Aerial, Field Survey and After Action Review, JICA, 2014)



訳：全部で死者が71名まで増えた。127名が行方不明となっている。  
 送信者：DMC

図 3-3 SMSによる情報伝達例

(出典：調査団によるコロンボ市内の住民聞き取りによる)

住民への聞き取りの結果から、地域住民が明確な地すべりの変動を発見した場合における最初

の連絡先としては、GN や警察、NBRO の地方事務所などが多く挙げられた。本提案システムはコミュニティ内もしくは近傍に警報システム（サイレンおよび赤色灯）を設置することにより、意思決定者（関係機関もしくは GN、茶畑担当者）からの指示を待つことなく、コミュニティ住民に災害発生の危険性を周知することが可能となる。これにより住民自身による主体的な避難を促すことが期待されるが、そのためには住民が観測機材、警報システムの意味、効果を理解する必要がある。NBRO とも協議の結果、こういった観測機材を設置する場合は、対象コミュニティに対して機材の説明やトレーニングを HSPTD が必ず実施することとしているため、システムを導入するには NBRO 職員への勉強会の開催、観測機器の設置時における住民説明会に調査団が同行するなどによりコミュニティ住民と NBRO の相互の理解促進に貢献することが必要となる。既存の技術協力プロジェクトや有償資金協力においても観測機器設置時には NBRO から住民説明を行っている。警報システムその他の機材に関する説明資料を提供するなどして、NBRO の活動を促進させることも重要である。また、地すべり観測機材が設置されることにより、当該地が危険地域であること、政府機関としても注視している地域であることをアピールすることによって、住民の災害リスクに関する意識醸成が期待できる。

### 3-3-3 技術セミナー及びデモンストレーションの実施

NBRO 事務所内の大会議室において、技術セミナー及び提案システムのデモンストレーションを実施した。

#### (1) セミナー概要

Asiri 所長及び地すべり対策部長 Bandara 氏の挨拶のあと、本調査目的の紹介、提案システムの技術概要とスリランカにおける地すべり対策への有効性について説明を行った。セミナー実施日は第 2 回渡航の中間であったため、第 1 回渡航及び第 2 回渡航前半に行った現地調査内容についても現地写真を用いて紹介した。

技術セミナー議事次第に示した通り、NBRO 所長のスピーチからセミナーが始まり、R. M. S. Bandara 部長からスリランカにおける地すべりモニタリング・早期警戒体制の現状説明、調査団からは提案システムの概要説明、デモンストレーションを行った。参加者は主に NBRO 職員となったが、提案システム・観測機材に興味を示しており、セミナー終了後に個人的な質問を受けるなど、非常に効果的であったと考えられる。

事前に作成した質問票にも多くの参加者から回答を得られ、パイロットサイト選定や機材に対する要望や質問も挙げられ、今後の調査およびシステムの現地適用性に関する有益な情報収集・共有の場となったと考えられる。

表 3-4 技術セミナーアジェンダ

	進行	プレゼンター
14:00-14:10	開催の挨拶	NBRO Asiri 所長
14:10-14:40	スリランカにおける早期警戒システムの現状	NBRO 地すべり調査・危険管理部長 R. M. S. Bandara 氏
14:40-15:00	技術セミナー	古島広明(調査団/業務主任者) 坂本浩之(調査団/チーフアドバイザー)
15:00-15:50	提案システムのデモンストレーション	古島広明(調査団/業務主任者)
15:50-16:10	アンケート	

(出典：JICA 調査団作成)

## (2) 提案システムのデモンストレーション実施

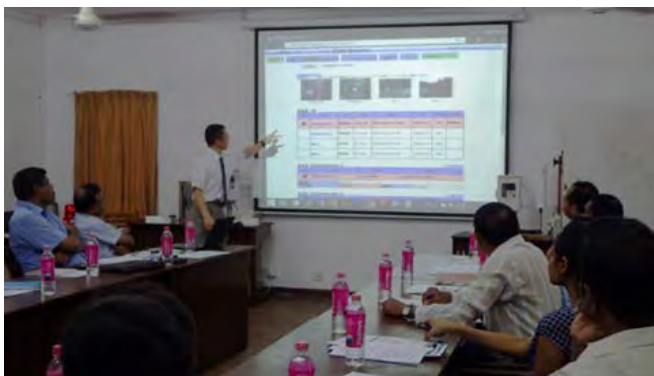
実機を用いたデモンストレーションを行った。現状、スリランカにおいて遠隔通信環境を確立できていないため、観測機器と警報器を有線接続した状態で警報器を駆動させてイメージを掴んでもらい、遠隔監視画面については、日本で提供しているクラウドサービスに直接接続して実際の観測データやグラフを見せた。



技術セミナー状況



セミナー資料



実機によるデモンストレーション



提案システム概要

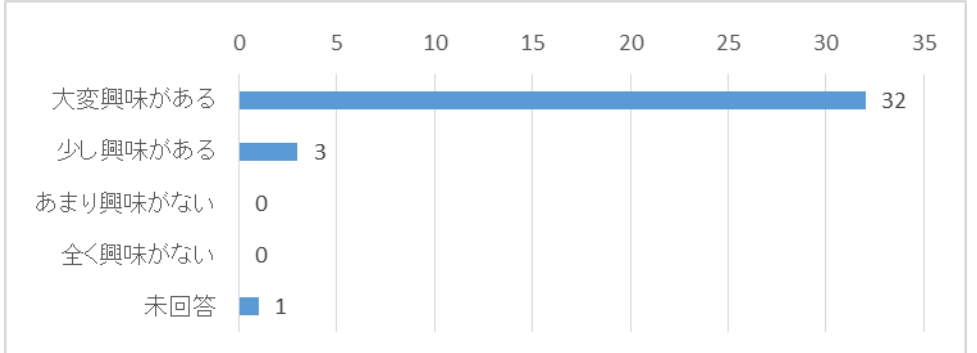
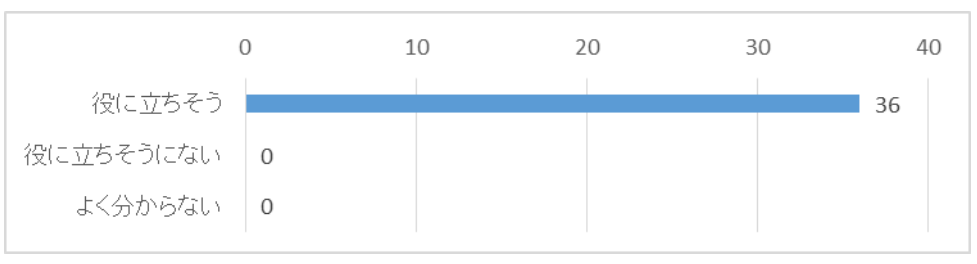
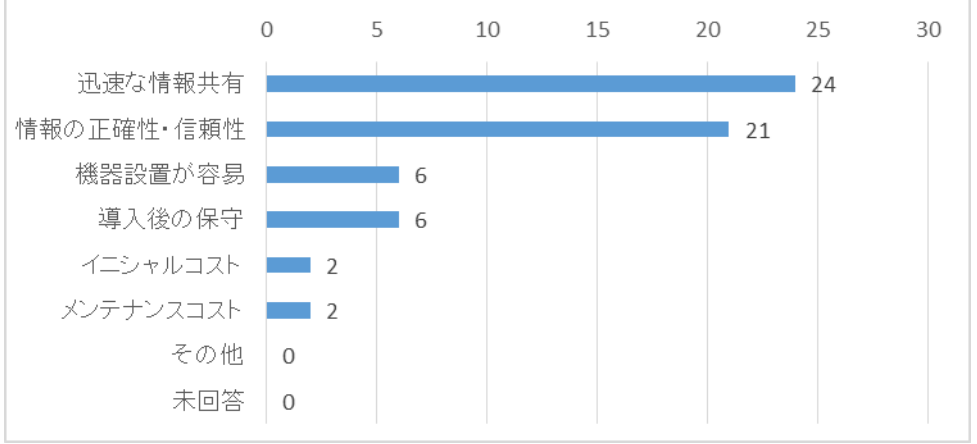
図 3-4 技術セミナー概要

(出典：JICA 調査団作成)

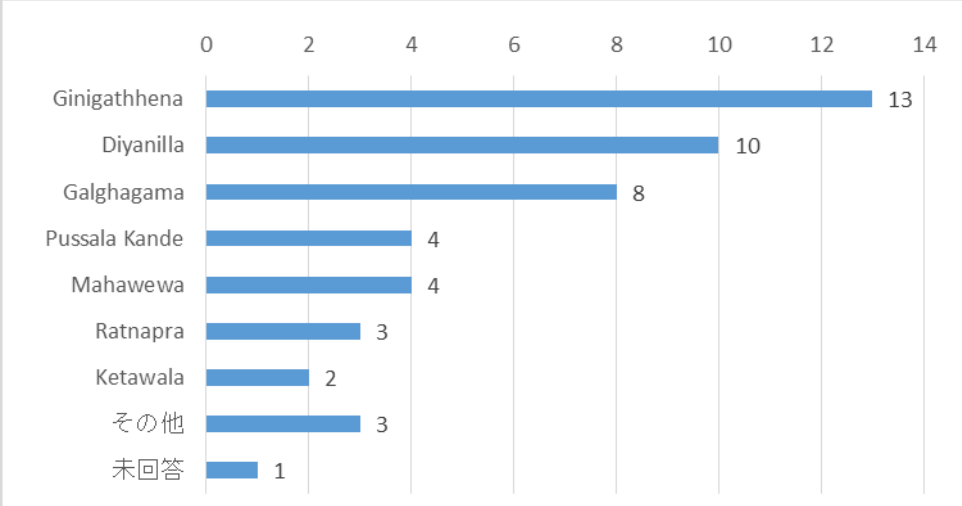
## (3) アンケート実施

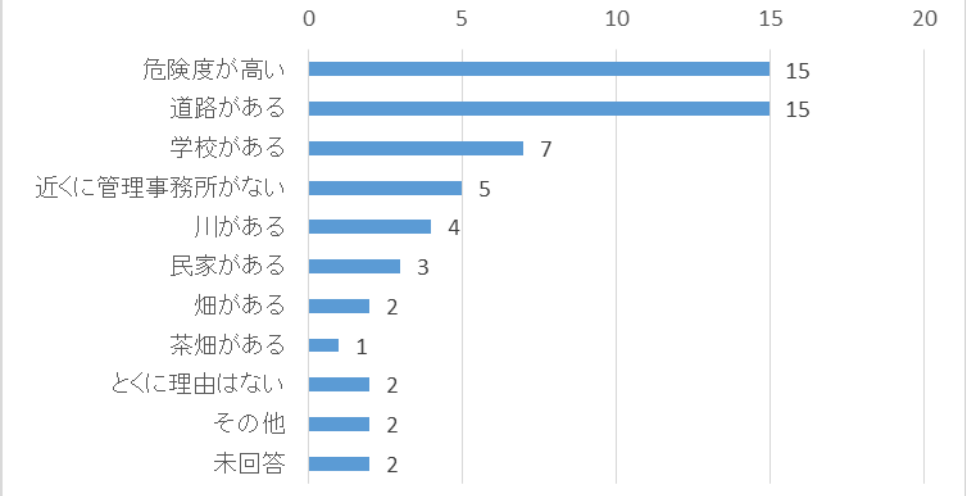
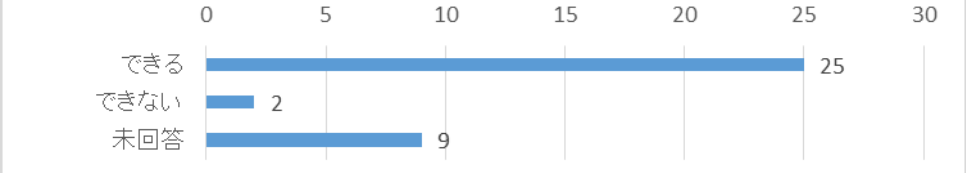
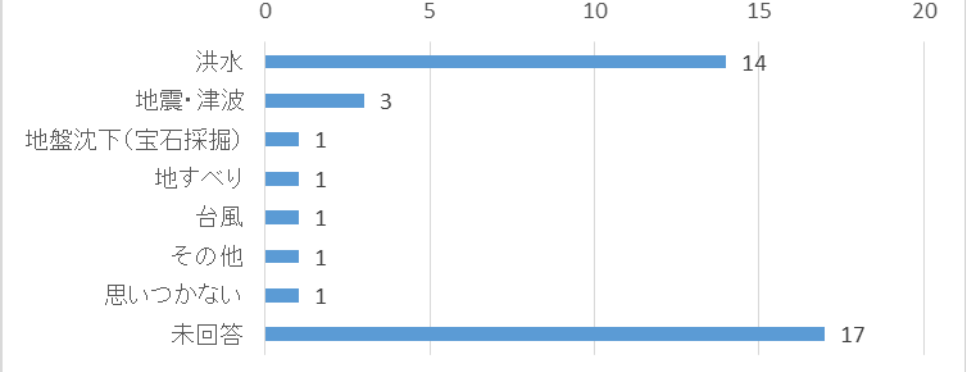
提案システムへの興味関心度合やより具体的なニーズを探るため、セミナー参加者にアンケートを実施し、参加者の8割以上の回答を得た(セミナー出席者43名、回答36名)。結果を次表に示す。

表 3-5 アンケート結果

Q1：紹介した【Remote monitoring system】の印象	回答状況																		
 <table border="1" data-bbox="178 383 1160 734"> <thead> <tr> <th>印象</th> <th>人数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大変興味がある</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>少し興味がある</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>あまり興味がない</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>全く興味がない</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>未回答</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	印象	人数	大変興味がある	32	少し興味がある	3	あまり興味がない	0	全く興味がない	0	未回答	1	<p>参加者の大半が”大変興味がある”及び“役に立ちそう”を選択した。ニーズの高さが確認できた。</p>						
印象	人数																		
大変興味がある	32																		
少し興味がある	3																		
あまり興味がない	0																		
全く興味がない	0																		
未回答	1																		
<p>Q2：紹介した【Remote monitoring system】は役立つか</p>																			
 <table border="1" data-bbox="178 799 1160 1061"> <thead> <tr> <th>回答</th> <th>人数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>役に立ちそう</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>役に立ちそうにない</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>よく分からない</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	回答	人数	役に立ちそう	36	役に立ちそうにない	0	よく分からない	0											
回答	人数																		
役に立ちそう	36																		
役に立ちそうにない	0																		
よく分からない	0																		
<p>Q3：地すべり遠隔監視システムの導入にあたり、重要視すること（複数選択）</p>																			
 <table border="1" data-bbox="178 1126 1160 1568"> <thead> <tr> <th>重要視すること</th> <th>人数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>迅速な情報共有</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>情報の正確性・信頼性</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>機器設置が容易</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>導入後の保守</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>イニシャルコスト</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>メンテナンスコスト</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>未回答</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	重要視すること	人数	迅速な情報共有	24	情報の正確性・信頼性	21	機器設置が容易	6	導入後の保守	6	イニシャルコスト	2	メンテナンスコスト	2	その他	0	未回答	0	<p>“迅速な情報共有”が回答者の67%、“情報の正確性・信頼性”58%であった。特に”迅速な情報共有”は提案システムの内容と合致していた。</p>
重要視すること	人数																		
迅速な情報共有	24																		
情報の正確性・信頼性	21																		
機器設置が容易	6																		
導入後の保守	6																		
イニシャルコスト	2																		
メンテナンスコスト	2																		
その他	0																		
未回答	0																		
<p>Q4：紹介した【Remote monitoring system】への改善要望</p>																			



<p>●NBRO/GETD/Miss. G. D. W. N. Golhena このような遠隔監視システムを導入することにより、地すべりが引き起こすダメージは低減される。スリランカにとって大変必要な技術である。</p> <p>●NBRO/LRRMD/Engineer/P. A. D. T. Thilakarathna 地元の人に提案システムの使い方やメンテナンス方法をトレーニングする為には英語バージョンが不可欠である。</p> <p>●NBRO/Environmental Study and Service Division, Director/Sandharu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・極端な気象条件にも耐えられる耐久性が必要</li> <li>・機器をメンテナンスする地元の人々の能力</li> <li>・メンテナンスコスト</li> <li>・地元の条件に合わせたカスタマイズ</li> </ul> <p>●NBRO/Engineer/R. Savitha 耐久性はどうか?</p> <p>●NBRO/Engineer/N. S. D. M. D. Perera スリランカの誰でも利用できるシステムにすべき</p> <p>●NBRO/Engineer 保守が容易であること</p> <p>●NBRO/Engineer もし、このシステムが洪水の前兆を知ることができるなら非常に重要</p> <p>●NBRO/Scientist/I. A. N. C. De Silva 地すべりだけでなく、他のモニタリングシステムにも流用できるとよい</p> <p>●NBRO/Quantity surveyor/P. B. S. A. Wick 地すべりだけでなく洪水にも使えそう</p> <p>他</p>	<p>提案システムにより、地すべり被害が低減できると感じており、さらにメンテナンスやトレーニングに関する要望があった。また、洪水など、地すべり以外の用途についての意見もあり、今後、別市場への展開に期待がもてる回答が多数あった。</p>																				
<p>Q5：紹介した【Remote monitoring system】を試すならどこがよいか（場所）</p>																					
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>場所</th> <th>回答数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ginigathhena</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Diyanilla</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Galghagama</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Pussala Kande</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Mahawewa</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Ratnapra</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Ketawala</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>未回答</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	場所	回答数	Ginigathhena	13	Diyanilla	10	Galghagama	8	Pussala Kande	4	Mahawewa	4	Ratnapra	3	Ketawala	2	その他	3	未回答	1	<p>Ginigathhena が36%の多数意見で、Diyanilla、Galghagamaが続いた。</p>
場所	回答数																				
Ginigathhena	13																				
Diyanilla	10																				
Galghagama	8																				
Pussala Kande	4																				
Mahawewa	4																				
Ratnapra	3																				
Ketawala	2																				
その他	3																				
未回答	1																				
<p>Q6：上記設問に対する回答の選択理由（複数回答）</p>																					

 <table border="1"> <thead> <tr> <th>理由</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>危険度が高い</td><td>15</td></tr> <tr><td>道路がある</td><td>15</td></tr> <tr><td>学校がある</td><td>7</td></tr> <tr><td>近くに管理事務所がない</td><td>5</td></tr> <tr><td>川がある</td><td>4</td></tr> <tr><td>民家がある</td><td>3</td></tr> <tr><td>畑がある</td><td>2</td></tr> <tr><td>茶畑がある</td><td>1</td></tr> <tr><td>とくに理由はない</td><td>2</td></tr> <tr><td>その他</td><td>2</td></tr> <tr><td>未回答</td><td>2</td></tr> </tbody> </table>	理由	回数	危険度が高い	15	道路がある	15	学校がある	7	近くに管理事務所がない	5	川がある	4	民家がある	3	畑がある	2	茶畑がある	1	とくに理由はない	2	その他	2	未回答	2	
理由	回数																								
危険度が高い	15																								
道路がある	15																								
学校がある	7																								
近くに管理事務所がない	5																								
川がある	4																								
民家がある	3																								
畑がある	2																								
茶畑がある	1																								
とくに理由はない	2																								
その他	2																								
未回答	2																								
<p>Q7-1：紹介した【Remote monitoring system】はスリランカで活用できるか</p>																									
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>回答</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>できる</td><td>25</td></tr> <tr><td>できない</td><td>2</td></tr> <tr><td>未回答</td><td>9</td></tr> </tbody> </table>	回答	回数	できる	25	できない	2	未回答	9	<p>全体の 7 割が活用できると回答した。</p>																
回答	回数																								
できる	25																								
できない	2																								
未回答	9																								
<p>Q7-2：紹介した【Remote monitoring system】はスリランカのどんな場面で活用できるか</p>																									
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>場面</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>洪水</td><td>14</td></tr> <tr><td>地震・津波</td><td>3</td></tr> <tr><td>地盤沈下(宝石採掘)</td><td>1</td></tr> <tr><td>地すべり</td><td>1</td></tr> <tr><td>台風</td><td>1</td></tr> <tr><td>その他</td><td>1</td></tr> <tr><td>思いつかない</td><td>1</td></tr> <tr><td>未回答</td><td>17</td></tr> </tbody> </table>	場面	回数	洪水	14	地震・津波	3	地盤沈下(宝石採掘)	1	地すべり	1	台風	1	その他	1	思いつかない	1	未回答	17	<p>洪水に関する回答が多く、多方面への展開も期待できる回答であった。</p>						
場面	回数																								
洪水	14																								
地震・津波	3																								
地盤沈下(宝石採掘)	1																								
地すべり	1																								
台風	1																								
その他	1																								
思いつかない	1																								
未回答	17																								
<p>Q8：紹介した【Remote monitoring system】をスリランカで普及させる方法（複数回答）</p>																									

<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地すべり調査・設計・施行マニュアルの作成</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>パイロットサイトでの実証・普及活動</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>スリランカ国での予算の確保</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>機器流通ルートの確立</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>未回答</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	項目	回数	地すべり調査・設計・施行マニュアルの作成	18	パイロットサイトでの実証・普及活動	18	スリランカ国での予算の確保	3	機器流通ルートの確立	1	その他	0	未回答	2	<p>マニュアル整備とパイロットサイトでの実証・普及活動について、それぞれ約半数が選択していた。</p>						
項目	回数																				
地すべり調査・設計・施行マニュアルの作成	18																				
パイロットサイトでの実証・普及活動	18																				
スリランカ国での予算の確保	3																				
機器流通ルートの確立	1																				
その他	0																				
未回答	2																				
<p><b>Q9：興味のある提案企業製品やサービスとその理由（複数回答）</b></p>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>製品/サービス</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>伸縮計</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>雨量計</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>パイプひずみ計</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>傾斜計</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>水位計</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>警報機器</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>パケット通信機</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>無線機</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>クラウドサービス</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>	製品/サービス	回数	伸縮計	27	雨量計	22	パイプひずみ計	17	傾斜計	17	水位計	15	警報機器	24	パケット通信機	22	無線機	14	クラウドサービス	19	<p>提案企業製品の中では、すでに納入している伸縮計や警報器に興味があり、次に雨量計や今回紹介した通信関連にも興味を示された。</p>
製品/サービス	回数																				
伸縮計	27																				
雨量計	22																				
パイプひずみ計	17																				
傾斜計	17																				
水位計	15																				
警報機器	24																				
パケット通信機	22																				
無線機	14																				
クラウドサービス	19																				
<p><b>Q10：その他希望や感想</b></p>																					
<p>●NBRO/Engineer/Silva 非常に興味深く有益なセミナー。スリランカの地すべり地域にこのような最新技術を導入することは被害を最小限に抑え、人命を救う。</p> <p>●NBRO/Engineer 地すべり/岩の動きは、丘の頂上に発生する可能性がある。遠隔地でのソーラーバッテリーは役立つ。</p> <p>●NBRO/LRRMD, Director/R. M. S. Bandara 個人的には、パイロットサイトでの調査で地すべり監視機器を設置するならば少なくとも2ヶ所、または3ヶ所。現場の大きさは重要ではない。私たちがテストし、スリランカへの適用を乗り切る必要があると考えている。</p> <p>●NBRO/LRRMD/Scientist 現在の方法を改善するため、スリランカの地すべりシステムに追加導入することが有用。</p> <p>●NBRO その他</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・知識の共有をありがとう、スリランカのすべての人に必要な技術である。</li> <li>・市民の安全確保に大いに役立つ</li> <li>・スリランカに非常に有用であることが証明できる</li> <li>・操作方法を知りたい</li> </ul> <p>他</p>	<p>予想を超える多数の反響があり、NBRO 部長はもちろん、職員一人一人が地すべり対策に高い関心を持っていることがうかがえる内容であった。期待に応えられるシステムに仕上がるよう、引き続き情報発信し、意見を聞きながら調査を進めていく必要性が認識された。</p>																				

(出典：JICA 調査団作成)

#### (4) 質疑応答

セミナーの最後に設けた質疑応答の際、今後の参考となる活発な意見が多数出された。

表 3-6 質疑応答まとめ

質問・コメント	回答
【R. M. S. Bandara / LRRMD 部長】 どの程度まで無線によるデータ通信が可能か？	山間部では約 100m 程度であれば通信可能である。本提案システムはサイトの計測データを収集するものと、モバイル通信網を使用してサーバーへデータを送るものの 2 種類の通信機器で構成されている。ただし、データ通信には電波使用の承認が必要となるため、こういった方法がより適しているか検討している段階である。スリランカで適用するためにはいくつかカスタマイズする必要がある。
【Asiri Karunawardena / 所長】 機器設置後のメンテナンスはどのようになるのか？	既にいくつかのスリランカ現地企業と機材の輸入や維持管理が対応可能か等の協議を行っている。納入後のアフターケアについては非常に重要と考えており、現地パートナーとなれるような企業を検討している。 将来的なメンテナンスやスペアパーツの調達がスリランカできるように、普及・実証事業の段階で体制を構築できるようにしたい。
【K. N. Bandara / GETD 部長】 コメントとなるが、表層のみが滑ってしまった場合、実被害がないにも関わらず、伸縮計からは警報が発せられてしまう。そういったことを想定すると、伸縮計のみで評価するのは難しいのではないか？	確かに伸縮計のみで評価するのは困難である。よって、傾斜計やひずみ計等その他の観測機材のデータと総合的に判断する必要がある。また、伸縮計に関しては、不動杭と移動杭の距離が近すぎると、誤差が入りやすくなってしまいうため、設置の仕方についてもよく考慮する必要があると考えている
【NBRO スタッフ】 山間部では電力をどのように確保するのか？	リチウムバッテリーを採用しており、長寿命化をはかっている。概ね 1 回の交換で約 1 年程度はもつ。また、機材によってはソーラーパネルも使用可能となっている。
【NBRO スタッフ】 河川水位を計測することはできないか？	自社製品で河川管理に適用できる水位計等も用意している。通信機器は同様のものが使えるため、もしスリランカでデータ通信が可能になれば、計測部を変更するのみで対応できると考えられる。
【Rohan Cooray / MDM Technical Consultant】 灌漑水資源局で河川水位の計測で似たようなシステム開発（無線データ通信）を行っている。 もし協力できる部分があれば、訪問してみるのもいいかもしれない。	

(出典：JICA 調査団作成)

#### 3-3-4 ファイナルセミナーの実施

NBRO 事務所内の大会議室において、ファイナルセミナーを実施した。

##### (1) セミナー概要

第 3 回渡航直前の 2016 年 5 月に発生した豪雨災害の影響で、NBRO は災害対応に追われている状

況であったにも関わらず、Asiri 所長をはじめ、多くの NBRO 職員の参加があった。

Asiri 所長の挨拶のあと、今回の案件化調査をダイジェストで振り返り、スリランカの地すべり地における提案システムのニーズと妥当性を確認できたこと、提案システム成立の要となる無線周波数を TRC より割り当ててもらえたこと、導入後の設置や保守について現地協力会社と打合せをはじめたことなどを報告し、普及・実証事業の提案内容について説明を行った。その後、あらためて提案システムのデモンストレーションを行い、最後に提案システムについてのアンケートを実施したところ、参加者のほとんどがシステムの必要性を認め、さらに活用方法の質問があるなど、今後につながる有益な情報が得られる機会となった。

表 3-7 セミナーアジェンダ

	進行	プレゼンター
9:30-9:40	開催の挨拶	NBRO Asiri 所長
9:40-10:20	案件化調査最終報告、普及実証事業の提案	古島広明(調査団/業務主任者) 坂本浩之(調査団/チーフアドバイザー)
10:20-10:40	提案システムのデモンストレーション	古島広明(調査団/業務主任者)
10:40-11:00	伸縮計贈呈式	矢野真妃(調査団/提案企業取締役社長)
11:00-11:30	アンケート	
11:30-11:40	閉会の挨拶	矢野真妃(調査団/提案企業取締役社長)

(出典：JICA 調査団作成)



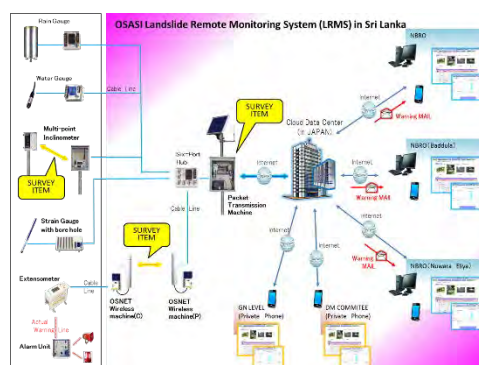
ファイナルセミナー状況



セミナー資料



実機によるデモンストレーション



提案システム概要

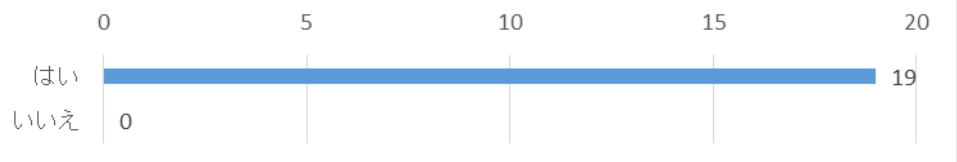
図 3-5 ファイナルセミナー概要

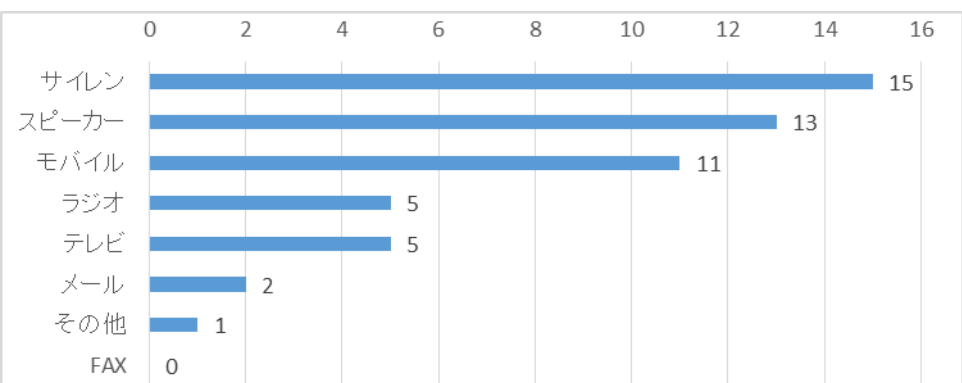
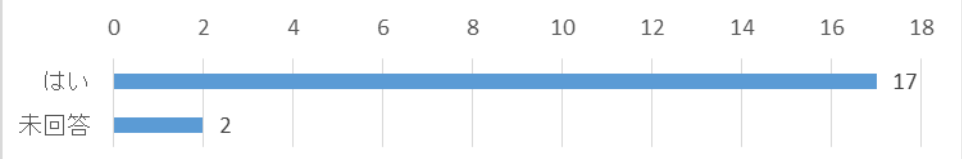
(出典：JICA 調査団作成)

## (2) アンケート実施

提案システムへの興味関心度合やより具体的なニーズを探るため、下記内容のアンケートを実施し、参加者の8割以上の回答を得た。(セミナー出席者22名、回答19名)

表 3-8 アンケート結果

Q1：地すべり被害を減らすため、提案システムは必要か	回答状況
 <p>0 5 10 15 20</p> <p>はい 19</p> <p>いいえ 0</p>	<p>参加者の大半がアンケートに回答。回答者の全員から提案システムの必要性を認める回答があり、活用に向けて具体的な質問もあるなど関心の高さがうかがえる結果となった。</p>
<p>Q2：提案システムに対する質問</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●NBRO/Manager (Technology)/Renuka Malkanthi Narangolla (Badulla) に灌漑用水路のせいでクラックが発生した場所を見つけた。毎年保守をしなくてもこのような問題を特定できる方法はあるか?</li> <li>●NBRO/Geologist/W. B. W. M. R. P. D. Aluwihare 雷の発生する場所で観測機器がダメージを受けた場合、どのように修理するか?(データを回収したい)</li> <li>●NBRO/Engineer/I. A. N. D Idirimane 地すべり地のどこにつけるべきか? (末端部 or 中腹 or 冠頭部)</li> <li>●NBRO/Engineer/E. V. G. A. N. Kumarasinghe 伸縮計の警報レベルをどのように設定するのか?</li> <li>●NBRO/Scientist/N. G. R. K. Gunathunga 地震、台風の時に構造物・地面の動きをモニタリングする、建物に取付可能な計測器は何か?</li> <li>●NBRO/M. D. C. Perera 傾斜計でビルと構造物をどのようにモニタリングするのか?</li> <li>●NBRO/Scientist/W. Senadeera 人々や動物の妨害を避けるシステムはできないのか?</li> <li>●NBRO/Scientist/K. M. S. A. K. Rathnayaka 提案システムに関するメンテナンスのトレーニングを受けられるか?</li> <li>●NBRO/Scientist/N. M. T De Silva 現場からオフィスに情報を送る方法は何か? インターネット、高周波、もしくは別の方法か?</li> <li>●NBRO/Director/Disaster Impact Studies Division/Mrs. Sardhanee Dias この技術が最も適する場所はどこか、動作品質保証の仕組みや、極端気象の中での動作・メンテナンス・盗難防止の仕組みは何か?</li> </ul>	
<p>Q3：災害時、どんなアナウンスがあれば避難につながるか(複数回答)</p>	

 <table border="1"> <thead> <tr> <th>通知方法</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>サイレン</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>スピーカー</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>モバイル</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>ラジオ</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>テレビ</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>メール</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>FAX</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	通知方法	回数	サイレン	15	スピーカー	13	モバイル	11	ラジオ	5	テレビ	5	メール	2	その他	1	FAX	0	<p>音で知らせるタイプが多く選択され、現地警報の重要性も高いことがうかがえる。</p>
通知方法	回数																		
サイレン	15																		
スピーカー	13																		
モバイル	11																		
ラジオ	5																		
テレビ	5																		
メール	2																		
その他	1																		
FAX	0																		
<p>Q4：今後、当社の新技術について案内メールを送ってよいか</p>																			
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>回答</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>はい</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>未回答</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	回答	回数	はい	17	未回答	2	<p>参加者の大半が情報提供を希望。</p>												
回答	回数																		
はい	17																		
未回答	2																		
<p>Q5：提案システムに追加してほしい機能</p>																			
<ul style="list-style-type: none"> <li>●NBRO/Manager (Technology)/Renuka Malkan その地域と機器を3ヶ月ごとにモニタリングすることに関心があるか?</li> <li>●NBRO/Scientist/H. H. Hemasinghe 有線システムより素晴らしい。</li> <li>●NBRO/Geologist/W. B. W. M. R. P. D. Aluwihare 対象地域の関係者に警報を送ることができるならより良い。その村の人々に注意を促すことができる。</li> <li>●NBRO/Scientist/G. M. S. Madhushan 影響する人々とメッセージをすぐにシェアできるようにすべき。</li> <li>●NBRO/Scientist/N. G. R. K. Gunathunga 傾斜計をパイルの基礎にどのように固定するのか? 地震と強風の時、ビルの建物の横の動きをモニタリングするための計測器はあるか?</li> <li>●NBRO/Director Disaster Impact Studies Division/Mrs. Sardhane Dias その地域のコミュニティをトレーニングする、及び気づかせるシステム</li> <li>●NBRO/Geotechnical Engineer/Reshan Champika 地下水位を同時に見たい</li> <li>●NBRO/Scientist/K. M. S. A. K. Rathnayaka このシステムの便利なモバイルアプリ</li> <li>●NBRO/Scientist/Dr. Pathmakumara 落石と地盤沈下のためのシステム</li> </ul>	<p>今後の普及実証事業提案に向けて参考になる意見が多数得られた。</p>																		
<p>Q6：本日提案したプロポーザルに対する感想</p>																			
<p>Very useful、good・・・11名</p>																			

(出典：JICA 調査団作成)

### 3-3-5 提案システムへのニーズまとめ

#### (1) 関係機関への聞き取り

C/P である NBRO の災害対策部門をはじめ、関係機関 (RDA、DMC 他) へ聞き取り調査を実施した

結果、スリランカでは多くの土砂災害が発生しており、2014年10月 Koslanda 地区では約50人、直近では2016年5月 Kegalle で約90人が犠牲となっていることから、各関係機関では、地すべり危険地の住民とのコミュニケーションシステム（情報伝達）および早期警報システムが重要視されており、提案システムの導入が強く期待されていることを確認できた。

## (2) 住民への聞き取り

近年の大規模な地すべり災害の多発により、住民側の災害意識が向上している傾向がありワークショップへの参加者も増加傾向にある。現地調査における視察および住民への聞き取りでは、提案システムが減災に対し有効であることを実際に確認することができた。

## (3) セミナーでの意見収集

また、技術セミナーでのアンケートよりNBROの土砂災害関係職員の7割から提案システムはスリランカで活用できる可能性があり、地すべり関係の計測器ほぼすべてに興味があるとの回答を得ることができ、ファイナルセミナーでのアンケートにおいても、参加したNBRO職員のほぼ全員から地すべり被害を減らすため、提案システムが必要との回答を得ることができた。

以上の点から、スリランカにおけるニーズを確認できたので、ODA案件化スキームとして、普及・実証事業を想定し、パイロットサイト候補を選定することとした。詳細を次項に示す。

### 3-3-6 パイロットサイト候補地の選定

ODA 案件化スキームとして、普及・実証事業を想定し、様々な規模および形態の斜面災害への適用性の確認、複数機材によるシステム構成の運用の確認をするため、現地視察の結果も考慮してパイロットサイト候補を選定することとした。

普及・実証事業のパイロットサイト候補の現地視察は、NBRO 職員同行の下で実施した。パイロットサイト候補一覧を下表に示す。

表 3-9 パイロットサイト候補地一覧

No.	現地視察日	県	地名	他案件との関係
1.1	2015/11/29	Badulla	Haptale	LDPP 対象サイト
1.2	2015/11/29	Badulla	Bandarawela Central College	ITI 製雨量計設置
1.3	2015/11/30	Badulla	2nd Mile Post	LDPP 対象サイト
1.4	2015/11/30	Badulla	Uva Wellasa University	TCLMP 対象サイト
1.5	2015/11/30	Badulla	Warwick Plantation Estate	
1.6	2015/12/1	Nuwara Eliya	Udamadura	TCLMP 対象サイト
2.1	2016/2/28	Ratnapura	Rathnapura	DiMCEP 対象サイト
2.2	2016/2/29	Badulla	Pussala Kande	
2.3	2016/2/29	Badulla	Ketawala	
2.4	2016/2/29	Badulla	Galahagama	



No.	現地視察日	県	地名	他案件との関係
2.5	2016/3/1	Nuwara Eliya	Diyaniilla	
2.6	2016/3/1	Nuwara Eliya	Mahawewa	
2.7	2016/3/1	Nuwara Eliya	Ginigathhena	NBRO 対策工事予定

(出典：JICA 調査団作成)

現在進行中の LDPP および TCLMP 対象サイトでは、地すべり監視、対策工事前後における安全管理・モニタリングのために、提案企業製の地表伸縮計や雨量計等が、実際に NBRO 管理下で運用されている。また、既に終了した案件となる DiMCEP においても、同製品群を用いて技術指導が行われていた。

前述してきたように、NBRO での運用方法は各観測機材が独立しており、無線によるデータ伝送システムは導入されていない。そのため、NBRO 本部職員が月 1 回程度、各サイトを巡回して各観測機材から直接データ回収を行い、取りまとめられたデータが、各プロジェクトおよび NBRO 本部、地方事務所間で共有されている。現段階では限られたプロジェクト対象サイトのみで運用されているため、本部職員のみで対応しているが、将来的にこういった監視・モニタリング対象が増えた場合、NBRO 内部では人的・時間的にも対応が困難になることが推測される。そのため、本提案システムの導入によりデータ回収および整理の効率化を図るとともに、豪雨時におけるリアルタイムモニタリングが可能となることで、早期警戒や住民の避難誘導に貢献することを期待する。

上記より、第 1 回調査時の現地視察では、既に NBRO によって運用されているサイトを中心に視察し、実際の運用状況の確認を行い、現在運用されているサイトへの提案システムの適用を視野に入れて検討を行っていたが、NBRO との協議の結果、いくつかのサイトでは対策工が既に予定されていること、モニタリングされていない危険地域が他にも多くあることが判明した。よって、第 2 回調査では、現在進行中のプロジェクト (TCLMP) のサイト以外で定期的な地すべり監視の必要性の高いサイトを対象として検討を行った。また、普及・実証事業を通じて観測現場が増えるメリットも考慮してパイロットサイト候補の選定を行っている。選定結果を次表に示す。

表 3-10 パイロットサイト候補の選定結果

No.	地名	アクセス	現地通信環境		アンケート 順位	保全対象	選定 結果
			Dialog	Mobitel			
1.1	Haptale	○	○	—	—	国道、茶畑、民家	
1.2	Bandarawela Central College		△	—	—	※雨量計設置のみで 地すべり危険地では ない	
1.3	2nd Mile Post		○	—	—	茶畑、民家	
1.4	Uva Wellasa University	○	○	—	—	民家、大学施設	
1.5	Warwick Plantation Estate		△	—	—	茶畑、民家	
1.6	Udamadura		×	—	—	国道、民家	
2.1	Ratnapura	○	△	△	5	民家	○
2.2	Pussala Kande		△	△	4	民家	
2.3	Ketawala		○	○	6	茶畑、民家	
2.4	Galahagama		○	○	3	民家、畑地	○
2.5	Diyaniilla	○	△	△～○	2	民家	○

No.	地名	アクセス	現地通信環境		アンケート 順位	保全対象	選定 結果
			Dialog	Mobitel			
2.6	Mahawewa		○	○	4	民家	
2.7	Ginigathhena	○	△	×	1	国道、橋梁	

(出典：JICA 調査団作成)

現在進行中および対策工事が予定されているサイトを除外し、現場状況、現地通信環境、技術セミナー開催時に実施したアンケート結果等を考慮して、ラトナプラ県 Ratnapura、ヌワラエリア県 Diyanilla、バドゥッラ県 Galahagama の 3 サイトを普及・実証事業におけるパイロットサイト候補とした。選定結果については NBRO 所長の Asiri 氏および LRRMD 部長の R. M. S. Bandara 氏へ、第 2 回調査時に説明を行い、了承を得た。以下に想定するシステム構成イメージを示す。尚、各サイトにおける設置数量は異なるものの、使用する機材は共通である。

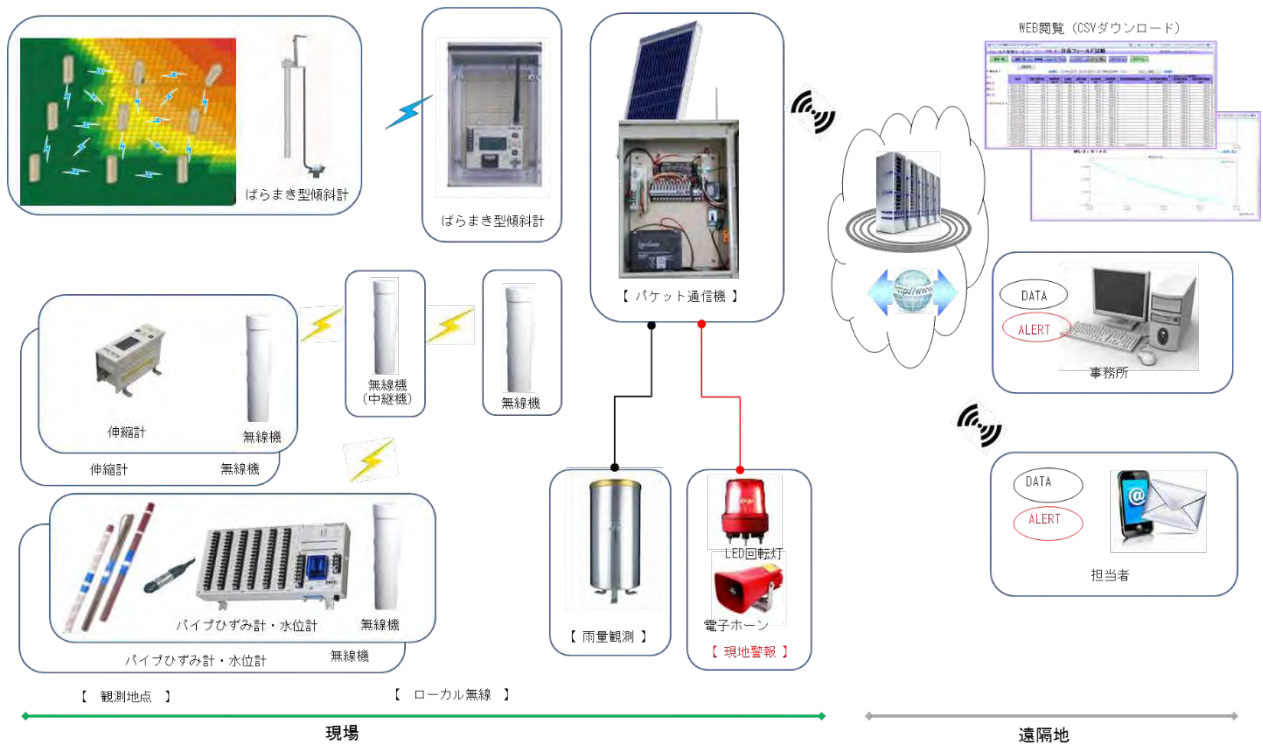


図 3-6 システム構成イメージ図 (3 サイト共通)

(出典：JICA 調査団作成)

各パイロットサイトの概況と想定する機材の設置位置、数量を次に述べる。

### (1) ラトナプラ県 Ratnapura

Aクラス国道に面した斜面であり、斜面中腹は茶畑、上部および下部には民家が点在する。パイロットサイト視察時における現地踏査では道路上の亀裂及び茶畑内の凹凸上の起伏が確認された。また、周辺住民からの聞き取りでは、斜面上方でも亀裂の進行が見られるとのことである（調査団では未確認）。

DiMCEP では、地すべり調査を実施する際のモデルサイトとして位置付けられており、いくつかの調査結果（平面図、地質ボーリング結果等）をNBR0で所有している。現地にはパイプひずみ計、地下水位計が残置されたままの状態となっていたが、孔内の閉塞、定期的なメンテナンスがなされていないこと等から、追加調査および新規観測機材の設置が必要となる。また、コロomboからのアクセスもよいため、本現場への提案システムの適用を最初に行い基本機能が成立することを確認する。

なお、第3回調査時に通信機器の動作確認を行った際に、道路上の亀裂拡大が確認された。原因としては亀裂発生による暗渠工の破損により、表流水が地すべり斜面内に容易に流入しているためである。第2回調査時では道路脇のみであったが、道路交通に影響を与えるまで拡大しており、碎石による埋め戻しで応急対応は行っているものの、根本的な解決には至っていない。斜面下方の集落及び沢下流部における被害を想定し継続的な観測が必要と考えられる。

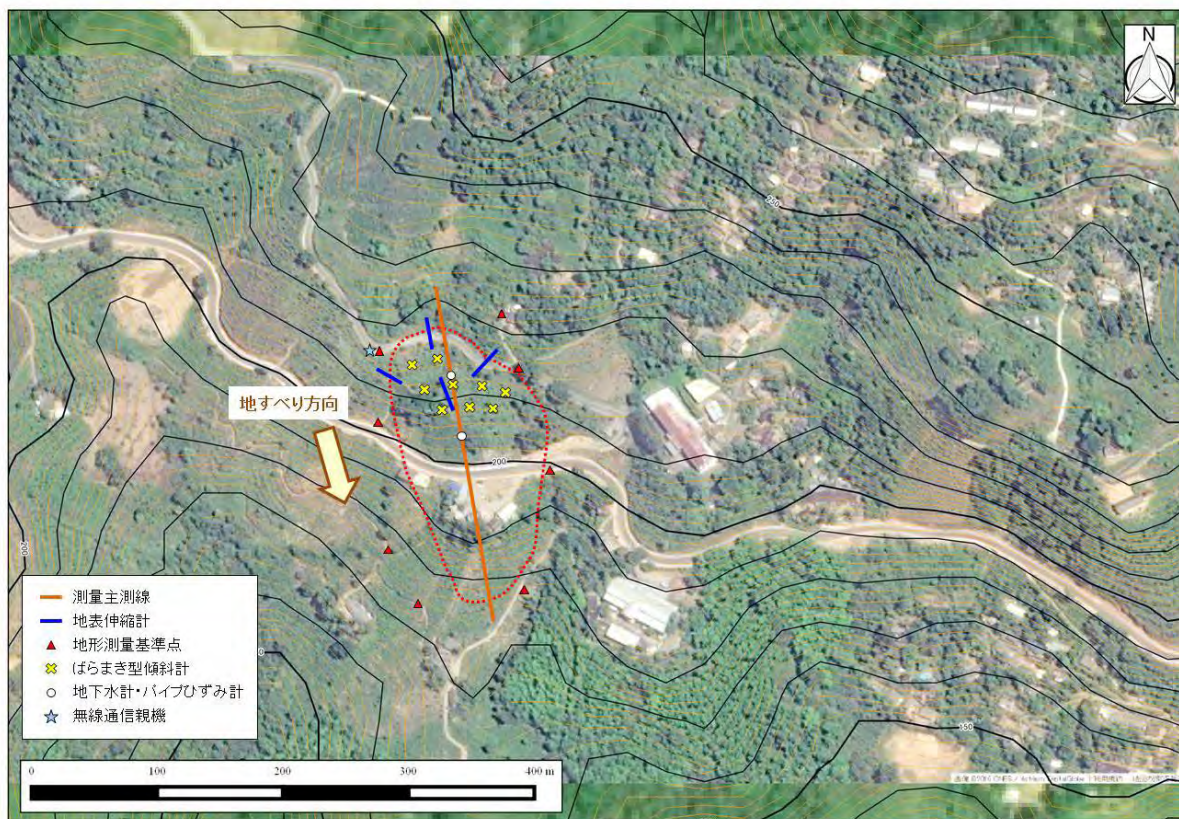


図 3-7 想定機材設置位置図 (Ratnapura)

(出典：JICA 調査団作成)

表 3-11 想定機材数量 (Ratnapura)

No.	項目	数量	備考	
観測機材				
1	地表伸縮計	4 台		
2	ばらまき型傾斜計	9 台		
3	雨量計	1 台		
4	パイプひずみ計	2 台		
5	地下水位計	2 台		
6	無線通信機器	10 台		
7	データ伝送システム	1 台		
8	警報ユニット	2 台		
9	ラウドスピーカー (ホーン型)	2 台		
10	赤色灯	2 台		
11	太陽光パネル	3 台		
12	バッテリー	3 台		
調査項目				
13	ボーリング調査	1 式	現地再委託	L=30m×2
14	縦断測量 (基準点設置を含む)	1 式	現地再委託	L=300m、基準点 8 か所
15	空中写真地形解析	1 式	調査団で実施	300m×150m

(出典：JICA 調査団作成)

## (2) ヌワラエリア県 Diyanilla

傾斜 5～10 度程度の緩斜面上に畑地が広がり、民家が点在する。現地視察では斜面上に明確な変状は確認されてなかったが、多くの住宅で亀裂が発生していた。また、周辺地形と対象斜面を比較した場合、地すべり方向が重力方向と異なっていることが特徴的であり、断層等の地質的な影響を受けていると考えられる。しかし、NBRO でボーリング等の詳細調査は実施されていない。

対象斜面内では畑作のための複数の水路が整備されており、一年を通してある程度の流量が確保されている (当然、雨季流量は多い)。掘抜き水路であることから斜面内に容易に表流水が流入する環境となっている。また、集落内の掘抜き井戸の水位が乾季においても GL (Ground Level) -2～5m 程度であることから、対象斜面内の地下水位は高いと考えられる。

想定される観測機材は明確な変状が確認されていないこと、対象が広範囲にわたること、周辺地形から推測されるすべり面深度があまり深くないこと等を考慮して、地表伸縮計よりもばらまき型傾斜計が観測に適していると考えられる。提案システムは現場状況に合わせて複数の観測機器を組み合わせた構成ができるため、複数機材による観測の汎用性も確認していく。

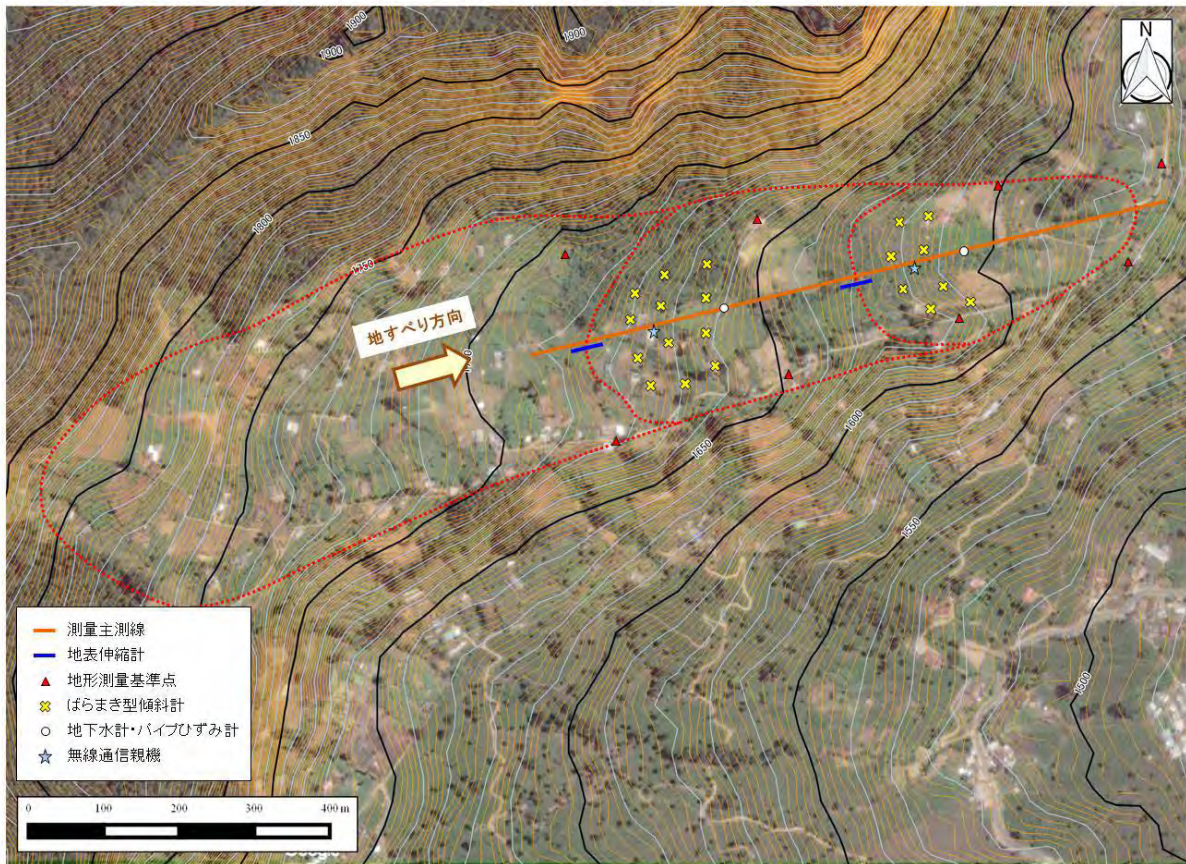


図 3-8 想定機材設置位置図 (Diyanilla)

(出典 : JICA 調査団作成)

表 3-12 想定機材数量 (Diyanilla)

No.	項目	数量	備考	
観測機材				
1	地表伸縮計	2 台		
2	ばらまき型傾斜計	20 台		
3	雨量計	1 台		
4	パイプひずみ計	2 台		
5	地下水位計	2 台		
6	無線通信機器	9 台		
7	データ伝送システム	1 台		
8	警報ユニット	2 台		
9	ラウドスピーカー (ホーン型)	2 台		
10	赤色灯	2 台		
11	太陽光パネル	3 台		
12	バッテリー	3 台		
調査項目				
13	ボーリング調査	1 式	現地再委託	L=30m×2
14	縦断測量 (基準点設置を含む)	1 式	現地再委託	L=700m、基準点 8 か所
15	空中写真地形解析	1 式	調査団で実施	700m×300m

(出典 : JICA 調査団作成)

### (3) バドゥツラ県 Galahagama

NBRO による現地視察時における説明では、地方道路沿いでの開口亀裂および斜面内で亀裂が進行しており、トップリングに近い形で崩壊することが懸念されている。また周辺でこれまでに小規模な地すべりや表層崩壊が発生しており、土砂災害に関して脆弱な地域であることが考えられる。対象斜面内には小河川が流下しており、現地視察を行った乾季（2016年2月29日時点）においても目視で100 L/min程度の流量が確認された。なお、斜面内は小河川から水路を引いて畑地として利用されている。

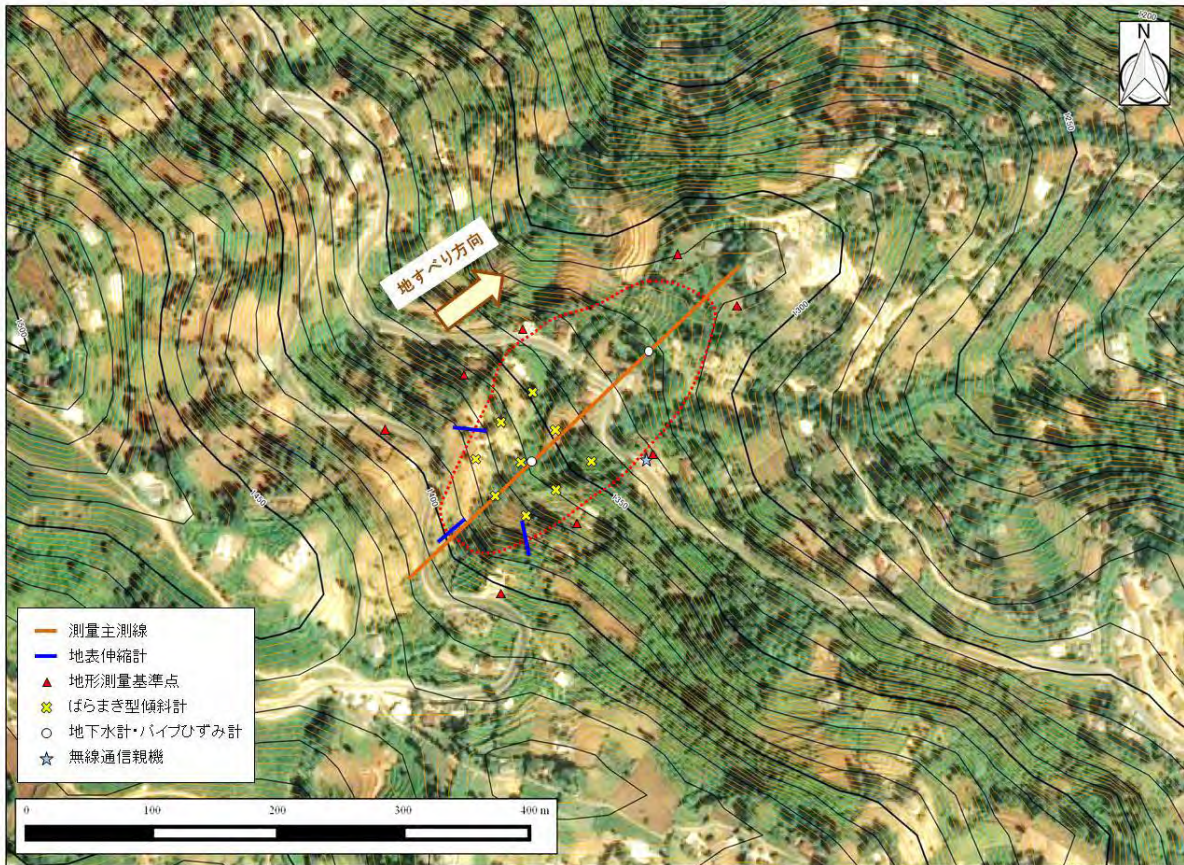


図 3-9 想定機材設置位置図 (Galahagama)

(出典：JICA 調査団作成)

表 3-13 想定機材数量 (Galahagama)

No.	項目	数量	備考	
観測機材				
1	地表伸縮計	3台		
2	ばらまき型傾斜計	9台		
3	雨量計	1台		
4	パイプひずみ計	2台		
5	地下水位計	2台		
6	無線通信機器	9台		
7	データ伝送システム	1台		
8	警報ユニット	2台		
9	ラウドスピーカー (ホーン型)	2台		
10	赤色灯	2台		
11	太陽光パネル	3台		
12	バッテリー	3台		
調査項目				
13	ボーリング調査	1式	現地再委託	L=20m×2
14	縦断測量 (基準点設置を含む)	1式	現地再委託	L=400m、基準点8か所
15	空中写真地形解析	1式	調査団で実施	400m×200m

(出典：JICA 調査団作成)

### 3-4 製品・技術と開発課題との整合性及び有効性

前述 1-2-2 で示した早期警報に関する開発課題と、提案する製品・技術である遠隔監視システムの導入による整合性及び有効性（開発効果）を下表（出典：JICA 調査団作成）に示す。

表 3-14 開発課題との整合性及び有効性（開発効果）

開発課題	想定される整合性・有効性（開発効果）
ア. スリランカに適応した管理基準値の設定がない	遠隔監視システムの導入によって、地表伸縮計等による地すべりの変位量等と降雨量データが同時に蓄積され、データの相関が解析されれば <sup>22</sup> 、スリランカに適応した避難勧告などの判定基準の設定が可能となる。
イ. 地すべり早期警報を発出するための地盤変動の情報がない	遠隔監視システムであるため、豪雨時においても事務所に居ながら、リアルタイムに降雨量と地すべり動態の総合的な監視が可能となり、早期の危険度判定による対象地区住民への迅速な情報提供が可能となる。
ウ. 地域住民へのタイムリーな警報発令、避難勧告ができない	リアルタイムに伝送されてくる雨量データと地表伸縮計データ等を遠隔地から管理できるようになることで、現場に設置される警報機器との連携によるタイムリーな避難勧告が可能となる。
エ. 土砂災害の降雨指標の的中率が低い	遠隔監視システムの導入によって、地表伸縮計等による地すべりの変位量等と降雨量データが同時に蓄積され、データの相関が解析されれば、降雨指標のみならず地すべりの変状と連携した判定基準ができ、的中率（予想）が高まる。

<sup>22</sup> 国土交通省河川局砂防部で提案されている土砂災害（土石流、がけ崩れ）警戒避難基準は、60分間積算雨量と土壌雨量指数の2つの指標の組み合わせで作成された土砂災害警戒避難判定図によって警戒避難基準線を設定し、3時間先までの危険度の判定を行っている。また、地すべり危険度は、地表伸縮計の変位量が1mm～4mm/hr以上で警報を発出する。（建設省河川砂防技術基準（案）調査編平成9年10月による。）

スリランカでは、脆弱性の軽減を目標とした円借款事業「国道路砂災害対策事業（LDPP）」及び技術協力プロジェクト「土砂災害対策強化プロジェクト（TCLMP）」が実施されており、NBRO による減災対策のための調査・評価、地すべり対策の設計、施工監理及びモニタリング能力強化を目的にした斜面の動態観測機器が設定されている。

今回提案するシステムは、前述プロジェクトでは導入されていない無線通信機を使用し、リアルタイムな観測を実現させる遠隔監視システムである。このシステムの導入により、現場から離れた遠隔地（例えばコロンボ市内の NBRO 本部や地方事務所）においてリアルタイム監視ができ、地すべり変状の観測と必要に応じて早期警報を発出することが可能となり早期警戒の課題解決に繋がる。このことによって、地すべり危険区域の住民へのリスクの理解が進み、異常を察知する能力の向上、異常を通報して自ら避難を行うことができる。また、コミュニティにおける防災意識の向上も期待でき、人的被害の減少が期待できる。案件化調査で実施した現地調査、および技術セミナー、デモを通じて、NBRO のアシリ所長、LRRMD（地すべり調査危険管理部）及び GETD（土質工学試験部:Geotechnical Engineering and Tseting Division 以下、GETD）からシステム普及の要望、また普及後の設置・メンテナンス体制等に強い関心が表明された。



## 第4章 ODA案件化の具体的提案

### 4-1 ODA案件概要

本案件化調査の結果を踏まえ、ODA 案件化の具体的提案として普及・実証事業を提案する。事業名称は、「スリランカ地すべり遠隔監視システムの普及・実証事業」とする。また、普及・実証事業を通じて、パイロットサイト以外への優先度を付けた将来の設置計画を提案し、防災観測機材の予算付けや他スキーム（UNDP、WB、中小企業ノン・プロジェクト無償等）を利用した調達の可能性を検討し、システムを広く普及させることによって、開発課題の解決を一層推進する。

#### 4-1-1 ODA案件形成の背景

スリランカの中央部の山岳・丘陵地域である中部州キャンディ県、マタレ県、ヌワラエリア県及びウバ州バドゥッラ県の山岳地域には地すべり危険箇所が多く分布しており、急速な開墾・開発と脆弱な地質特性及び地形条件から、モンスーン期の豪雨時に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。NBRO が公表した 1947 年から 2007 年 1 月までに発生した地すべり箇所の発生履歴を下図に示す。

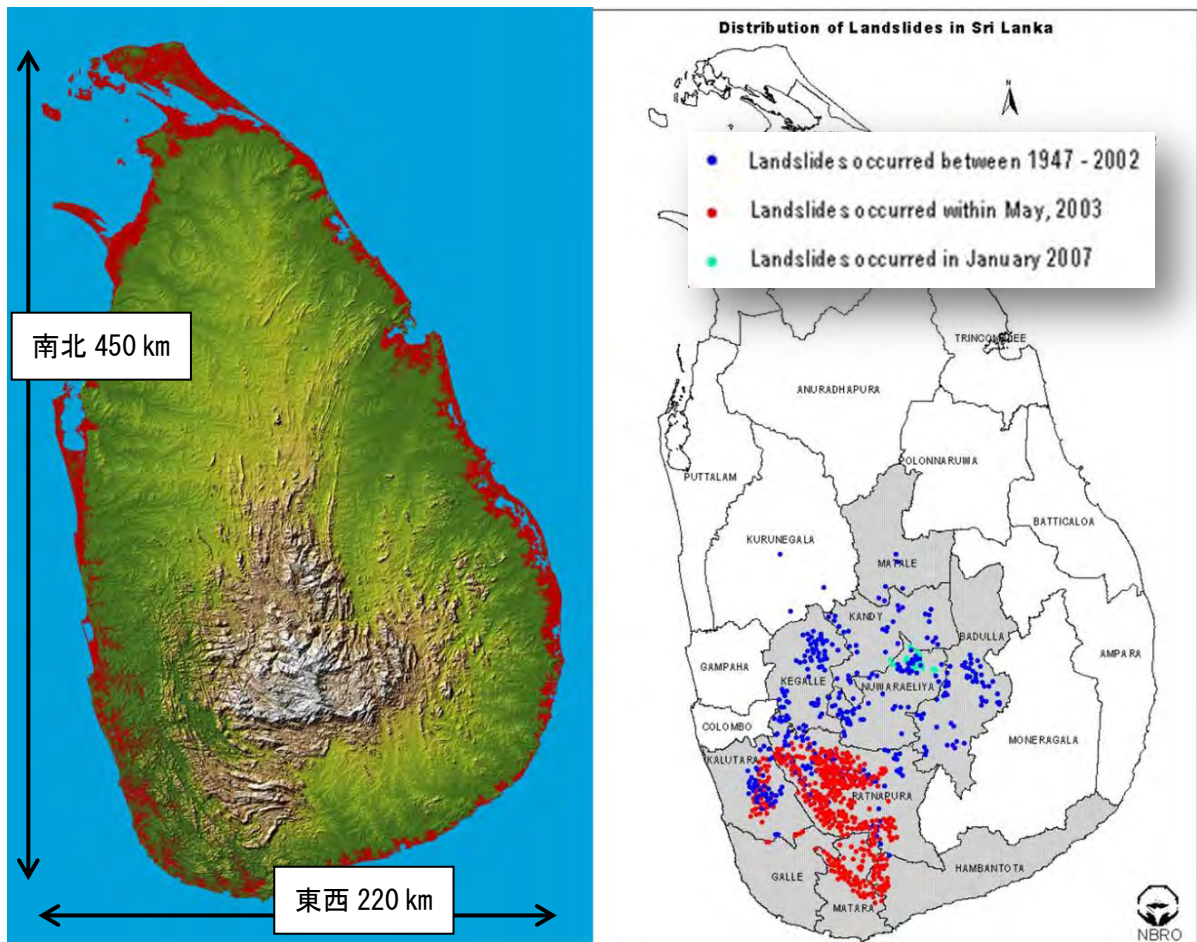


図 4-1 地すべり発生履歴

(出典：NBRO 「Updated Situation on Landslide Risk Reduction in Sri Lanka」)

図で示すとおり地すべり発生箇所は、中部山岳地域の南北約 200 km、東西約 120 km の範囲に分

布しており、この地域の土砂災害に対する防災対策は、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。

一方、我が国の JICA による技術協力プロジェクト TCLMP が NBRO をカウンターパートとして進行中であり、このプロジェクトではパイロットサイトとしてキャンディ県ナース訓練学校、マタレ県 Alagumale 地区、ヌワラエリア県 Uddamadula の 3 地区において地すべり対策、斜面崩壊対策の設計、施工監理及びモニタリング能力強化を目的として活動が実施されている。現状のモニタリング体制は、NBRO 職員が月 1 回の頻度でパイロット地区を巡回し、データロガーを用いてデータを回収し、事務所に持ち帰りデータの整理・解析を行っているが、豪雨時の現地に於ける地すべり変状に対するデータ回収をリアルタイムに行うことは困難であり、この早期警戒に関する技術的課題への対応が求められている。

本案件化調査の結果を踏まえ、システムの実証と普及を目指すのに最適なパイロットサイトを選定して、早期にこの技術的な課題を解決するため、地すべり変状をリアルタイムに遠隔監視できるシステムを用いた ODA 案件のスキームとして普及・実証事業を提案する。

尚、普及・実証事業の期間中に万が一地すべりが発生した場合の人的・物的被害に対する責任は C/P が負う旨、予め M/M で合意を得ることとする。

#### 4-1-2 ODA案件の目的

普及・実証事業での実証活動を通して、パイロットサイトにおいて「地すべり遠隔監視システム」を設置・運用することで、システムの有効性、適応性が実証される。また、このシステムを利用した地すべり早期警報の発出モデルが提案企業と地すべりの専門家（外部人材）と C/P の協働で構築され、モンスーン期の豪雨時に地すべり災害危険地域の周辺住民に対して早期警報を発出することが可能となり、住民の防災意識の醸成を促し、人的被害の減少に繋がる。

また、将来ビジネス展開として、パイロットサイトに於ける普及・実証事業を通じて、パイロットサイト以外で地すべり監視が最優先される箇所への将来展開計画案を NBRO に提案する。さらに、その他の市場として、高速道路ののり面や鉄道の落石監視、都市部の河川水位、ため池の水位観測への適用を検討し、関係各機関への普及を目指す。

### 4-2 具体的な協力計画及び開発効果

#### 4-2-1 普及・実証事業の目的、成果、活動

提案製品・技術で構成するシステムを活用する普及・実証事業の目的、成果、活動を下表に示す。

表 4-1 普及・実証事業の目的、成果、活動

<b>目的：</b> パイロットサイトに「地すべり遠隔監視システム」を設置し、その適応性が実証され、パイロットサイトにおける地すべり早期警報の発出システムのモデルが構築されることで人的被害の減少を目指す。		
成果	活動	
成果 1 システムが構築・設置され	活 動 実 証	1-1 現地仕様のシステムを製作する。
		1-2 パイロットサイトにシステムを設置・稼働させる。

実証される。		1-3 システムの設置・稼働を確認するためのチェックリストを作成する。
		1-4 C/Pと協働で、地すべりが起こったことを仮定したテスト試行（意図的に地表伸縮計を伸ばす等）をし、警報までの連動が支障なく行われることを確認する。 <sup>23</sup>
成果2 システムの設置・運用・保守の体制が整備される。	普及活動	2-1 パイロットサイトの現況測量を実施し、設置計画を作成する。
		2-2 設置・運用・保守マニュアルを作成し、C/P 及び現地協力会社向けの研修を実施する。
成果3 パイロットサイトにおいてシステムを利用した地すべり早期警報の発出モデルが構築される。	普及活動	3-1 地すべり早期警報の発出マニュアル案（ハザードマップへの区域の設定、判断基準設定の考え方 <sup>24</sup> 、日本での判断基準の設定・情報伝達の事例紹介等を含む）をC/Pと協働で作成する。
		3-2 C/P 向けに普及・実証事業のファイナルセミナー（システムの設置・運用・メンテナンス及びモニタリング実証事例報告、将来展開計画の提案等を含む）を実施する。
成果4 海外ビジネス展開の実施体制が構築される。	展開活動 ビジネス	4-1 ビジネスパートナー、現地協力会社候補の調査を実施する。
		4-2 実証されたシステムのスリランカにおける他分野（ダム、落石、ため池、河川）への適用可能性、市場調査を行う。

（出典：JICA 調査団作成）

尚、実証項目に関して、以下の項目に係る詳細事項のチェックリストを作成し、確認を行うものとする。

- ・製作、設置したシステムが支障無く作動することを提案企業と地すべり専門家（外部人材）とC/Pが協働で確認する。
- ・システム設置・運用・保守に係るOJT及び研修を通じた訓練を提案企業と地すべり専門家（外部人材）とC/Pが協働で行い、マニュアルに従いC/P自らがシステムを実際に稼働させることができることを確認する。

#### 4-2-2 開発効果および開発効果を検証するための具体的な指標

各成果を検証するための指標を以下の通り設定する。

表 4-2 普及・実証事業による開発効果の検証指標

成果	指標
成果1（実証活動） システムが構築・設置・実証される。	・システムの「実証結果報告書」が作成される。
成果2（普及活動） システムの設置・運用・保守の体制が整備される。	・システムの「設置・運用・保守マニュアル」が作成される。 ・マニュアルの研修が実施される（実施回数3回）。

<sup>23</sup> 警報は赤色回転灯とスピーカーで発出する。実際に避難対象住民にそれらの警報の視聴ができるかを確認する。

<sup>24</sup> 判断基準の設定は、降雨量（雨量計）、地表変位量（地表伸縮計）、地盤ひずみ量（パイプひずみ計）、地下水位（地下水位計）、地盤傾斜角（ばらまき型傾斜計）の観測データを用いて総合的に判断する。

成果	指標
<p>成果3（普及活動）</p> <p>パイロットサイトにおいてシステムを利用した地すべり早期警報の発出モデルが構築される。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「地すべり早期警報の発出マニュアル案（ハザードマップへの区域の設定、判断基準設定の考え方、日本での判断基準の設定・情報伝達の事例紹介等を含む）」が協働で作成される。</li> <li>・普及・実証事業のファイナルセミナー（システムの設置・運用・メンテナンス及びモニタリング実証事例報告、将来展開計画の提案等を含む）が実施され、関係機関へ周知される。</li> </ul>
<p>成果4（海外ビジネス展開活動）</p> <p>ODAを通じて海外ビジネス展開計画が策定される。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ビジネスパートナーとの協議が実施され、協議記録及び海外ビジネス展開計画が作成される。</li> </ul>

（出典：JICA 調査団作成）

#### 4-2-3 カウンターパート

普及・実証事業におけるスリランカ側の C/P は、NBRO を実施機関として想定しており、LRRMD および GETD が主要なメンバーとなる。NBRO 組織の各部門・職務など基本情報を次表に示す。

表 4-3 NBRO の基本情報

項目 \ 機関	地すべり調査 危険管理部 (LRRMD)	土質工学 試験部 (GETD)	定住計画ト レーニング部 (HSPTD)	環境研究サ ービス部 (ESSD)	建築材料 研究試験部 (BMRTD)	プロジェク ト管理部 (PMD)
職員数 (2014年、地 方支所含む)	87名	58名	16名	23名	25名	14名
年間予算(2014 年)	193 百万Rs. (工事発注含 む)	42 百万Rs.	16 百万Rs.	55 百万Rs.	30 百万Rs.	23 百万Rs.
主要な業務内 容	地すべり、斜面 災害を対象と した各種調査、 研究、サービス 防災工事発注	建築や工事 に関わる土 質試験・研 究、コンサル タント的な サービス	被災地域や危 険箇所住民 の移転・定住化 を促進する	水質保全、 騒音問題な ど環境全般 に関わる調 査・試験	建築材料に関 わる調査・試 験・研究	プロジェク ト全般のマ ネージメン トを行う
意思決定方法	主に Director が部内状況 を見て判断 する問題に よっては Senior Scientist も意見を 求められる	問題の大き さにもよ るが、Director の判断に よる	Director →Senior Scientist →Scientist	最終決定は DGの判断 による。部 内事項につ いては Scientist も関わる。	最終決定は DGの判断 による。部 内事項につ いては部長 の判断を主 とする。	主に Director が判断する
職員の責任	職務階級に 応じた設定 がなされて いる	職務階級に 応じた設定 がなされて いる	職務階級に 応じた設定 がなされて いる	専門性に おいて採用 時に定めら れている	Govement TORに したがう	職務階級に 応じた設定 がなされて いる
トレーニング	特に定期的 なものはない が、機会に 応じた職員 の参加がな されている	特に定期的 なものはない が、機会に 応じた職員 の参加がな されている	各種トレー ニングあり	・部内OJT ・機関内お よび外部機 関・国外ト レーニン グ	国内、国外 でのトレー ニングコ ース	定期的な ものはほと んど実施さ れていない
評価システム	Directorの 所掌	Directorの 所掌	ある(詳細 N/A)	あるが効 率的でない	年に1回、 職員のカ テゴリー において 評価して いる	Directorの 所掌
課題(組織、 個別など、 多方面含 む)	Scientistは 通常業務の 対応で極め て多忙であ る	Scientistは 通常業務の 対応で極め て多忙であ る	データ収集 に関して十 分な資金が ない	職員の能力 強化	建築材料の 強化による 住居の安定	損害評価の ガイドライ ンを必要と する
基準類	Sri Lanka Standards, British Standard,	Sri Lanka Standards, British Standard,	N/A	N/A	Sri Lanka Standards, British Standard, ASTM	Sri Lanka Standards, British Standard, ASTM
物的資産	観測機器類 雨量データ 観測システ ムなど	各種試験機 械、工事機 械、車両	N/A	計量、分析 関係の機器 類多数	試験・分析 機器類	測量機材
ドナープロ ジェクトへ の関与	WBなど	WBなど	VIFE・NGI	WB, JICA, ADBなど	N/A	N/A

(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(第1期)、2016年1月」)

NBRO の主要 7 部門のうち普及・実証事業と関わりの大きい部門は、LRRMD である。同部門の本部における主要な業務は以下のとおりである。

- ・ ハザードマップの作成
- ・ 斜面災害の認知度向上に関わるプログラム
- ・ 早期警戒システムの構築
- ・ 災害防止プログラム（個別プロジェクト）
- ・ 地すべりマネジメントに関わるガイドライン作成

地方事務所においては、各事務所内の個別プロジェクトに関わるが、以下の 2 項が主たる職務である。

- ・ 災害前調査（Building approval report）
- ・ 被災後調査（Land Slide Report）

災害前調査とは、地すべり発生危険性における評価レポートであり、建築物の構築前にはNBROによる認証を受けることが定められているため、申請に応じて評価を行うことになっている。地方事務所職員は、NBROが設定済みの地すべり危険地域内で建設される全ての構造物の許認可を与える業務が主体で、現地での調査や観測協力は行うが設計自体は本部で実施している。施工監理は、地方事務所が実施している。被災後調査とは災害報告に相当するものであり、本部へ報告される。すべての事務所において経年的にScientistは多忙な状況になっている。<sup>25</sup>

現在、実施中の技術協力プロジェクト TCLMP を通じて、NBRO の LRRMD と GETD の両部門は、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、観測機器の管理を OJT で経験し、また各種研修で知識・技術を学びそれらの能力向上が図られている。したがって、地すべり遠隔監視システム導入による早期警戒システムの構築は、重要かつ主要な業務と認識されており、普及・実証事業の C/P としてふさわしいと考えられる。

#### 4-2-4 日本側とカウンターパート側の役割

##### (1) 日本側の役割

- ・ パイロットサイトに適合する現地仕様のシステムを製作する。
- ・ パイロットサイトの現況測量を実施し、設置計画を検討・作成する。
- ・ パイロットサイトにシステムを設置し、動作確認を行い稼働させる。
- ・ 設置・運用・保守マニュアルを作成し研修を実施する。
- ・ 地すべり早期警報の発出マニュアル案を協働で作成する。
- ・ 普及・実証事業のファイナルセミナーを実施する。

##### (2) カウンターパート側の役割

- ・ 普及・実証事業を担当するプロジェクト責任者、副責任者、担当者（2～5名）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。

---

<sup>25</sup> JICA「スリランカ国土砂災害対策強化プロジェクト業務完了報告書（第1期）」

- ・ 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。

#### 4-2-5 投入

##### (1) 投入機材

想定される投入機材の製品・技術、数量、機能と目的を下表に示す。

表 4-4 想定投入製品・技術、数量、機能と目的

No.	製品・技術名称	数量	機能と目的
1	地表伸縮計	9	地すべりの移動土塊の変位量を 0.1 mm 単位で計測する。地すべりの進行がわかる。
2	ばらまき型傾斜計	38	広範囲な地すべり箇所の面的な変状を把握するために、多数の傾斜計を配置し、920MHz 帯のアドホック無線で接続することによって多点の傾斜変化を計測する。地すべりの向きと進行がわかる。
3	雨量計	3	地すべり箇所の降雨量を 0.5 mm 単位で計測する。
4	パイプひずみ計	6	ボーリング孔に 1m 間隔で歪ゲージを貼付けた塩ビ管を埋設し、曲げ歪の発生位置を計測することで地すべり面の深度を推定する。
5	地下水位計	6	ボーリング孔に設置して、地下水位を計測する。降雨量と地下水位の上昇程度から地すべりの危険性を推測する。
6	データ伝送無線機	28	429MHz 帯の特定小電力無線を使い現地内で観測データを伝送する無線機
7	パケット通信機	3	データをモバイル通信網にてクラウドサーバーに伝送する通信装置。
8	警報ユニット	6	計測されたデータに設定された基準値によって警報機器（スピーカー、回転灯）を作動させるための機器。
9	ラウドスピーカー	6	警報音を発生する装置。
10	赤色灯	6	警報灯を発生する装置。
11	太陽光パネル	9	現場での無線通信機器及びデータ伝送システムを太陽光発電によって駆動させるためのパネル。
12	バッテリー	9	太陽光発電によって発生した電気を蓄電するための装置。
13	クラウドサーバー	1	パケット通信機により伝送される観測データを集約し、NBRO をはじめとする関係機関のパソコンやモバイル端末にて、監視、閲覧を可能とする。また、モバイル端末へのメールによる警報通知も可能になる。

(出典：JICA 調査団作成)

また、パイロットサイト別の想定機材数量を下表に示す。

表 4-5 パイロットサイト別の想定機材数量

パイロットサイト	ラトナプラ (Ratnapura)	ディヤニラ (Diyaniilla)	ガラハガマ (Galahagama)	計	備考
観測機材	数量 (台)				
地表伸縮計	4	2	3	9	
ばらまき型傾斜計	9	20	9	38	
雨量計	1	1	1	3	

パイロットサイト	ラトナプラ (Ratnapura)	ディヤニラ (Diyaniilla)	ガラハガマ (Galahagama)	計	備考
パイプひずみ計	2	2	2	6	
地下水位計	2	2	2	6	
無線通信機器	10	9	9	28	
データ伝送システム	1	1	1	3	
警報ユニット	2	2	2	6	
ラウドスピーカー（ホーン型）	2	2	2	6	
赤色灯	2	2	2	6	
太陽光パネル	3	3	3	9	
バッテリー	3	3	3	9	
調査項目	数量				
ボーリング調査	L=30m×2	L=30m×2	L=20m×2		ΣL =160m 6本
縦断測量（基準点設置を含む）	L=300m、基準点8か所	L=700m、基準点8か所	L=400m、基準点8か所		3測線×3箇所=9断面
UAV 空中写真測量・地形解析	300m×150m = 45,000m <sup>2</sup>	700m×300m = 210,000m <sup>2</sup>	400m×200m =80,000m <sup>2</sup>		ΣA= 335000m <sup>2</sup>

（出典：JICA 調査団作成）

## （2）投入人員（要員計画）

普及・実証事業活動を円滑に進めるために、外部人材を投入する。ビジネスモデル構築では、事業期間中に現地のビジネスパートナーや現地協力会社との契約交渉を担当する投資アドバイザーを起用する予定である。想定される要員計画案を下表に示す。

表 4-6 要員計画案

所属	分類	現地作業 (M/M)	国内作業 (M/M)	渡航回数 (回)
(株)オサシ・テクノス	提案企業	7.50	2.50	14
開発コンサルタント	外部人材	10.50	3.00	19
投資コンサルタント	外部人材	1.00	0.50	2
	計	19.0	6.0	35

（出典：JICA 調査団作成）

### 4-2-6 C/Pの協議状況

- 普及・実証事業のパイロットサイト選定に関して、NBRO と事前合意を得ている。
- 普及・実証事業の成果・活動に関して、協議を重ねファイナルセミナーを通じてNBRO との事前合意を得ている。
- パイロットサイトの土地の使用許可に関して、NBRO から事前合意を得ている。
- システムの無線電波使用許可及び無線通信機器の認証に関する事前協議をTRC と実施し、TRC の指導に従いNBRO から許認可申請レターを提出する準備を進めている。
- C/P (NBRO) の事業責任者、副責任者及び担当者（2～5名）の選任に関して、技術協力プロジェクト (TCLMP) で信頼を得たC/P (NBRO) 担当者の協力を得ることで事前協議を行って



- いる。
- 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・維持管理費の負担について事前協議を行い、同意が得られている。また、C/P (NBRO) では、すでに雨量観測用のサーバーを導入し、ランニングコストを支払っていることから、負担はできるものと考えている。
- M/M 案に添付される事業概要については、事前協議を行い同意が得られている。

#### 4-2-7 実施体制図

計画する普及・実証事業の実施体制を下図に示す。外部人材として海外で JICA 実施の数多くの防災事業の経験を有し、現在スリランカでの技術協力プロジェクトを実施中である(株)地球システム科学を予定する。また、普及・実証期間中に海外ビジネス展開のためのビジネスモデルの構築を目的とし、スリランカで投資促進分野における経験を有した専門家をアドバイザーとして加え、ビジネスパートナー及び現地協力会社の選定との契約交渉を行う計画とする。また、提案企業の活動を支援する外部人材の役割分担を次表に示す。

この実施体制によって、システムの実証活動、普及活動およびビジネスモデル構築を円滑に進めることが可能となる。

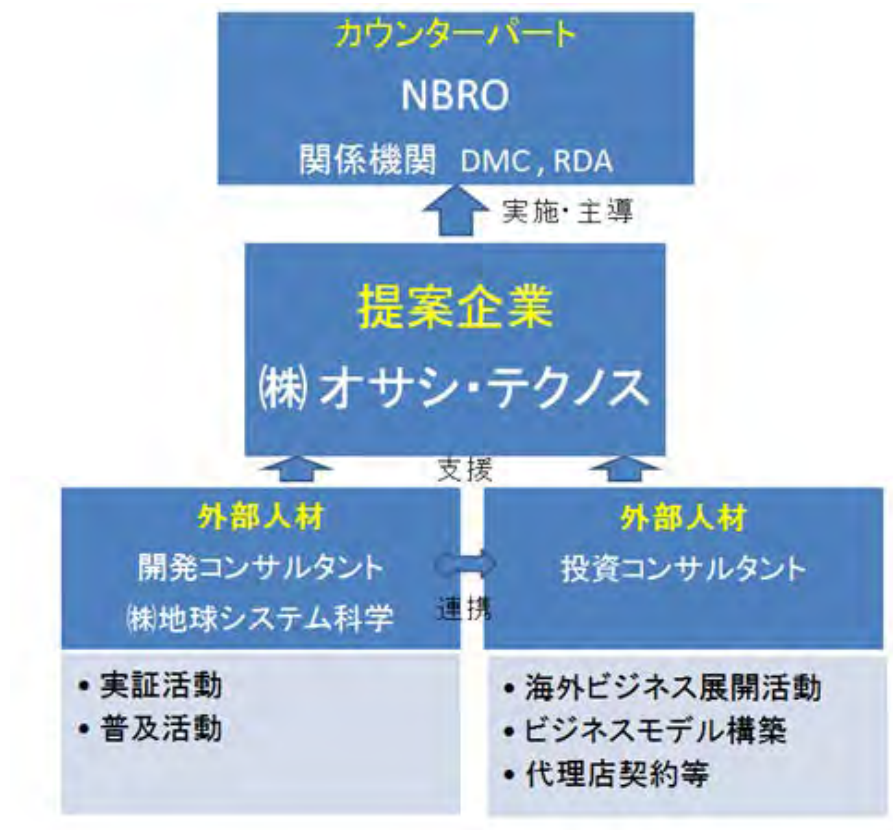


図 4-2 業務実施体制図

(出典：JICA 調査団作成)

表 4-7 提案企業と外部人材の役割分担

提案企業の活動	外部人材の活動
<p><u>1. 普及・実証事業 準備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・業務実施計画書作成</li> <li>・MM締結</li> <li>・事業説明会の開催</li> </ul>	<p><u>1. 普及・実証事業 準備</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・業務実施計画書作成支援</li> <li>・C/P とのMM事前協議</li> <li>・設置業者（ボーリング含む）の選定</li> <li>・測量会社の選定</li> <li>・メンテナンス会社の選定支援</li> <li>・現地通訳、車輛、現地再委託支援</li> <li>・事業説明会の開催支援</li> </ul>
<p><u>2. 実証活動</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・システム仕様・設計</li> <li>・システム製作・製造</li> <li>・システム設置・運用・保守指導</li> <li>・システムの設置・運用に係るチェック</li> <li>・システム（設置・運用・保守）マニュアル作成</li> <li>・システムマニュアルによる指導・研修</li> </ul>	<p><u>2. 実証活動</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・システム設置計画図作成（UAV 空撮測量）</li> <li>・システム設置施工管理</li> <li>・システム設置・運用・保守指導支援</li> <li>・システムの設置・運用に係るチェック支援</li>   <li>・システム（設置・運用・保守）マニュアル作成</li> <li>・システムマニュアルによる指導・研修</li> </ul>
<p><u>3. 普及活動</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実証報告書作成</li> <li>・地すべり早期警報発出マニュアル案の作成支援</li> <li>・ファイナルセミナーの開催</li> </ul>	<p><u>3. 普及活動</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実証報告書作成支援</li> <li>・地すべり早期警報発出基準の検討</li> <li>・地すべり早期警報発出マニュアル案の作成</li> <li>・ファイナルセミナーの開催支援</li> </ul>
<p><u>4. 海外ビジネス展開活動</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・情報収集</li> <li>・現地ビジネス体制の確立</li> <li>・現地協力会社（販売等）選定・契約</li> <li>・貿易取引契約</li> <li>・海外流通販売計画</li> <li>・国内調達・生産計画</li> <li>・要員計画</li> <li>・人材育成計画</li> <li>・5ヶ年事業計画</li> <li>・収支計画</li> <li>・海外ビジネス事業化スケジュールの策定</li> <li>・その他 リスク対策</li> </ul>	<p><u>4. 海外ビジネス展開活動</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・投資促進専門家による左記事項の全面的なアドバイス （ビジネスパートナー、協力会社候補との協議、契約手続き等、銀行口座・取引の準備）</li> </ul>

（出典：JICA 調査団作成）



#### 4-2-10 事業とビジネス展開との関連性

ビジネス展開における市場の拡大において、その市場に製品を投入して、その足掛かりをつけることは非常に重要である。普及・実証事業はその足掛かりとなる事業である。普及・実証事業におけるパイロットサイトでの実証活動によって下記の事項を確認する。

- ・ 開発課題への適合性の再確認  
パイロットサイトにおける地形解析及び地すべり機構解析、観測データ解析によって、地すべりの規模を想定することで被災を未然に防いだ場合の効果を検証する。また、提案システムが早期警戒システムとして NBRO で実際に運用できるかを検証する。
- ・ 提案システムの技術的な確立  
無線通信については、現場におけるローカルな無線通信の周波数利用の認可、および公衆通信プロバイダーに接続する無線機の認証の2つがあり、それぞれの無線通信が確実に動作することを確認する。さらに、これら無線通信を含めたシステムとして、クラウドサービスが問題なく稼働することを確認する。なお、無線通信の許可申請は NBRO を通じて行う。
- ・ 提案システムの普及
  - カウンターパートへの広報活動  
カウンターパートである NBRO 及び DMC、RDA 等の関係機関に対して実証結果を示すとともにシステムを譲渡し、実際に運用することで、提案システムの有効性を実感してもらう。
  - 地すべり早期警報発出基準の検討  
降雨量と地表伸縮計等のデータを蓄積して、相関を明らかにすることにより、早期警報の発出基準に関して、日本の基準を例示しながら協働で検討する。
- ・ ビジネス実施体制の調査  
具体的な今後のビジネス展開のために、現地ビジネスパートナーや協力会社を選定し、スリランカの法手続き、商習慣に基づき協議を行い、今後のビジネス実施体制の構築を目指す。

#### 4-3 対象地域及びその周辺状況

対象地域は、NBRO との協議、セミナーでのアンケート、調査団による現地踏査の結果から、普及・実証事業におけるパイロットサイトとして、ラトナプラ県 Ratnapura、ヌワラエリア県 Diyanilla、バドゥツラ県 Galahagama の3地区を選定した。

これらのパイロットサイトでは、周辺道路でクラックや沈下等、地域内の住宅の外壁や内部で進行性のクラックの発生等の地すべり性の変状が確認されているほか、過去に大規模な地すべりによる被災履歴がある地域である。したがって、遠隔監視のニーズが高い地域である。また、選定した各パイロットサイトは、システムの設定、導入、動作確認が確実にできるようにコロンボ市内からの距離、アクセスのしやすさ、機材運搬のしやすさ、メンテナンスを配慮した。案件化調査期間内の現地視察時に電波状況も確認しており、システムの稼働に支障のない地域である。

なお、詳細は「3-3-6 パイロットサイト候補地の選定」に記載した。

#### 4-4 他ODA案件との連携可能性

現在、NBRO をカウンターパートとして、2014 年 7 月～2017 年 6 月（予定）の期間、JICA の技術協力プロジェクトとして TCLMP が実施されている。本プロジェクトは、中部州キャンディ県、マタレ県、ヌワラエリア県及びウバ州バドゥッラ県のパイロット地区において、①土砂災害対策のための調査・評価、②地すべり対策、斜面崩壊対策及び落石対策のための設計、施工監理及びモニタリング、③土砂災害軽減対策（非構造物対策を含む）の知識とノウハウを蓄積することにより、NBRO の土砂災害管理能力の向上を図り、もって対象地域の土砂災害の減少に寄与するものである。まさに普及・実証事業で目指す事業目的に合致しており、プロジェクトで信頼を得た NBRO 担当者の協力が得られること、実施された活動成果、作成された各種のマニュアル類、研修成果を活かして普及・実証事業を行うことが可能である。

ただし、現在プロジェクトのサイトに導入されている観測機器（雨量計、地表伸縮計、パイプひずみ計、地下水位計）には、現場から事務所へのデータ伝送機能はない。したがって、遠隔監視ができないため、NBRO の職員が月 1 回の頻度で現場へ行きデータを回収し、事務所に持ち帰り解析、報告書の作成を行っている。月 1 回の観測データのみではリアルタイムな早期警報の発出は困難である。普及・実証事業を通じて、ばらまき型傾斜計など広域モニタリング機器を含む遠隔監視システムが実証されれば、技術協力プロジェクト TCLMP で設置した既存の観測機材にデータ伝送機材を追加するだけで、普及・実証事業で整備したクラウドサービスを活用しての遠隔監視が可能となる。その結果、地すべり遠隔監視ができる現場が増えることとなり、開発課題解決の実現性が高まる。

#### 4-5 ODA案件形成における課題と対応策

ODA 案件として、普及・実証事業を提案する場合の課題と対応策を下表に示す。

表 4-10 普及・実証事業における課題と対応策

課題	対応策	備考
M/M の協議・締結ができるか。	C/P との事業に係る事前協議、合意形成を仮採択時点から開始する。	C/P が機材設置の土地利用許可の取得及び住民説明を実施する。 C/P が TRC から電波の使用及び無線機材の使用の許可取得を行う。
C/P (NBRO) サイドの事業責任者、副責任者及び担当者 (2～5 名) を選任できるか。	事業の成果・活動事項の事前説明によって理解を得て、M/M に明記する。	
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・維持管理費の負担ができるか。	事業実施前の M/M のローカルコンポーネントとして、事業に必要な左記費用の負担を明記する。	必要と想定される概算負担費用を提示し、事前合意を得ておく。
設置機材のメンテナンスができるか。	消耗品、交換部品をあらかじめ事業費に見込んでおく。	メンテナンスマニュアルを活動期間で作成し研修を行う。

(出典：JICA 調査団作成)

#### 4-6 環境社会配慮にかかる対応

スリランカにおける環境に関する基本法として、1980 年に国家環境法 (National Environmental

Act) が制定された。国家環境法では、内水、大気、土壌、騒音、廃棄物、塵芥、油濁防止などの環境 (Environmental Quality) に関する汚染を類型化しており、環境に対して負の影響を及ぼす可能性のある開発行為を規制している。

同法では中央環境庁 (Central Environmental Authority、以下 CEA) を設置し、環境行政に関する基本政策を策定する権限を与えるとともに、土地利用、自然資源、漁業、野生、森林管理および土壌環境について、基本政策の立案を行うことを定めている。なお、1988 年の改正時に CEA は環境ライセンスの取得、環境基準の設定や環境アセスメントの義務付けなどを司る監督機関として位置づけられた。同改正法では環境影響評価 (Environmental Impact Assessment、以下 EIA) 制度がスリランカ全土における持続可能な開発の戦略の一環として導入され、CEA にその監督権限が受権されている。これにより、全ての指定事業 (環境に重大な影響を及ぼす可能性がある大規模な開発行為) の計画に対し、EIA もしくは初期環境調査 (Initial Environmental Examination、以下 IEE) の実施が義務付けられた。

現在、NBRO を普及・実証事業における C/P と想定しており、NBRO の活動も国家環境法に従って実施されている。一方で環境保護、環境配慮に関して NBRO 独自の指針は整備されておらず、環境省の Natural Resource Guideline に基づき、EIA を実施している。なお、土砂災害に関しては Guideline for Construction in Landslide Prone Area には土砂災害による環境へのインパクトおよび対策工事における環境配慮、留意事項等を記載している。

提案する普及・実証事業は土砂災害の潜在的危険性を低減することを目的とした防災管理法 (2005 年策定) の趣旨に準じ、国民の生命、財産等を守ることに寄与する事業である。この事業は土砂災害を含めた環境を評価するものであり、EIA を実施する必要がないと NBRO から回答が得られている。また、事業実施に際しては、観測機材 (地表伸縮計、雨量計等) 設置に伴う用地確保が必要となるが、極めて小規模であるため、住民移転や生活環境を改変する可能性は限りなく低い。また、観測機材の設置時には生活環境への影響がないように十分配慮して行うものとする。なお、NBRO との事前協議の結果、機材設置に必要な土地は、事業実施の際に所有者から無償で借り受けることを想定している。これまでの NBRO の業務および現在進行中の他案件の実績では、用地確保に関する一切の手続き、土地の所有者、住民との協議は NBRO の責任として負担することで合意されている。実績例として TCLMP では、観測機材の設置、およびパイロットサイトでの対策工事の際は、NBRO サイドで用地確保の上、カテゴリ C として実施されている。また、世界銀行 Operational Policy 4.12 「非自発的移転」の 8 項目に関する確認事項を下表に示す。

表 4-11 世界銀行 Operational Policy 4.12 「非自発的移転」の 8 項目に関する確認事項

項目	確認事項
① 実施予定事業が確定していないこと。	未確定である。
② 取得面積が所有する土地の 10%以下であり、人の移転を伴わないこと。	借地面積は 3 サイトで約合計 140 m <sup>2</sup> 程度でと小さく対象土地の 10%以下である。人の移転は無い。
③ 事業が技術的な必要条件を満たしているか、影響をうける地域住民が確認していること。(関係機関や事業実施機関ではなく、住民が確認すること。関係機関	NBRO は事業実施に際して、関係地域住民に説明を行い、合意を得るとのことである。ただし、合意書等の書面は交わさない。

項目	確認事項
は、その土地が事業目的に適しており、環境・安全面において危険性がないことを確認するための手助けをすることは可能。)	
④ その土地に不法占拠者や土地の権利を主張するもの等がないこと。	NBROによると、実施中の TCLMP では説明会を実施したが、防災機材であることから、これまでにクレームは一切なかったとのことである。
⑤ あくまで自発的な寄付であることを証明する書類がそれぞれの土地所有者から集められること。	未だ事業実施が未確定の段階において、証明する書類の受領はできないが、事業実施前に NBRO 側で対応可能である。
⑥ 何らかの所得損失や住民移転の可能性があるならば、被影響住民となりうる人々に緩和策を提示し、それに関する了承が取り付けられている。	事業に伴う所得損失や住民移転は無い。
⑦ その事業が地域全体の公共サービスを提供するものであるならば、土地の権利は地域全体に帰属、もしくは、民間企業に帰属するものとして、地域住民全員にサービスへのアクセスを確保すること。	地すべりの早期警報を発出する防災機材であることから、NBRO を通じて危険情報の伝達や情報へのアクセスが確保される。
⑧ 異議申し立てのメカニズムがあること。	NBRO 組織内、地すべり調査危険管理部、環境研究サービス部、プロジェクト管理部で対応できる。

(出典：JICA 調査団作成)

以上より、本提案事業は、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」(2010年4月)に掲げられた影響を及ぼしやすいセクター・特性および影響を受けやすい地域に該当せず、環境への望ましくない影響はほとんどないと判断される。

#### 4-7 ジェンダー配慮

提案する普及・実証事業は、スリランカにおける防災活動の支援および能力向上に寄与し、最終的には地域住民全体の安全性に貢献することを目的としている。よって、ジェンダーに関する配慮は必要としない。

## 第5章 ビジネス展開の具体的計画

### 5-1 市場分析結果

非公開部分につき非表示

### 5-2 想定する事業計画及び開発効果

非公開部分につき非表示

### 5-3 事業展開におけるリスクと対応策

非公開部分につき非表示



## 第6章 その他

### 6-1 その他参考情報

特になし



別添資料



## 別添資料

非公開部分につき非表示



## Summary Report





DEMOCRATIC SOCIALIST REPUBLIC OF SRI LANKA  
NATIONAL BUILDING RESEARCH ORGANISATION (NBRO)

DEMOCRATIC SOCIALIST REPUBLIC OF SRI LANKA  
**FEASIBILITY SURVEY FOR  
DISSEMINATING OF LANDSLIDE  
REMOTE MONITORING SYSTEM**

**SUMMARY REPORT**

**SEPTEMBER 2016**

**OSASI TECHNOS INC**



## Summary

This Final Report summarizes the investigation results of the project entitled “Feasibility Study for Disseminating of Landslide Remote Monitoring System”. During the survey period, investigations were carried out three times from October 2015 to July 2016. The survey members carried out several meetings with related government organizations; NBRO, DMC, TRC, ITI, JICA Sri Lanka office, JETRO, and the candidates of business partners in Sri Lanka. At the same time, on-site inspection and selection of pilot site was conducted for Verification Survey with NBRO, as well as holding the technical seminar that demonstrated the proposed products and technologies.

### 1. Current Condition of Sri Lanka

#### (1) Survey Area

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

The National Building Research Organisation (NBRO) is responsible for the implementation of countermeasures against sediment disasters and issue of early warning for sediment disaster. The Capacity of NBRO staff for landslide monitoring using observation instruments is improving with the support from each donor. However, the capacity building for landslide mitigation such as survey and design technic which is necessary for examination of countermeasures and, execution supervision of countermeasure construction remain one of the issues in Sri Lanka.

#### (2) Purpose of the Survey

A survey was conducted for installation of “Landslide Remote Monitoring System” as proposed products and technologies for Japanese ODA projects and feasibility of business expansion. For that purpose, confirmation of compatibility of needs of system and technology is important.

### 2. Capability of Utilization of Proposed Products and Technologies and Strategy of Overseas Deployment

#### (1) Outline of Proposed Products and Technologies

The basic concept of proposed “Landslide Remote Monitoring System” 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;

**Summary Report**  
**Feasibility Survey for Disseminating of**  
**the Landslide Remote Monitoring System**

- 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).

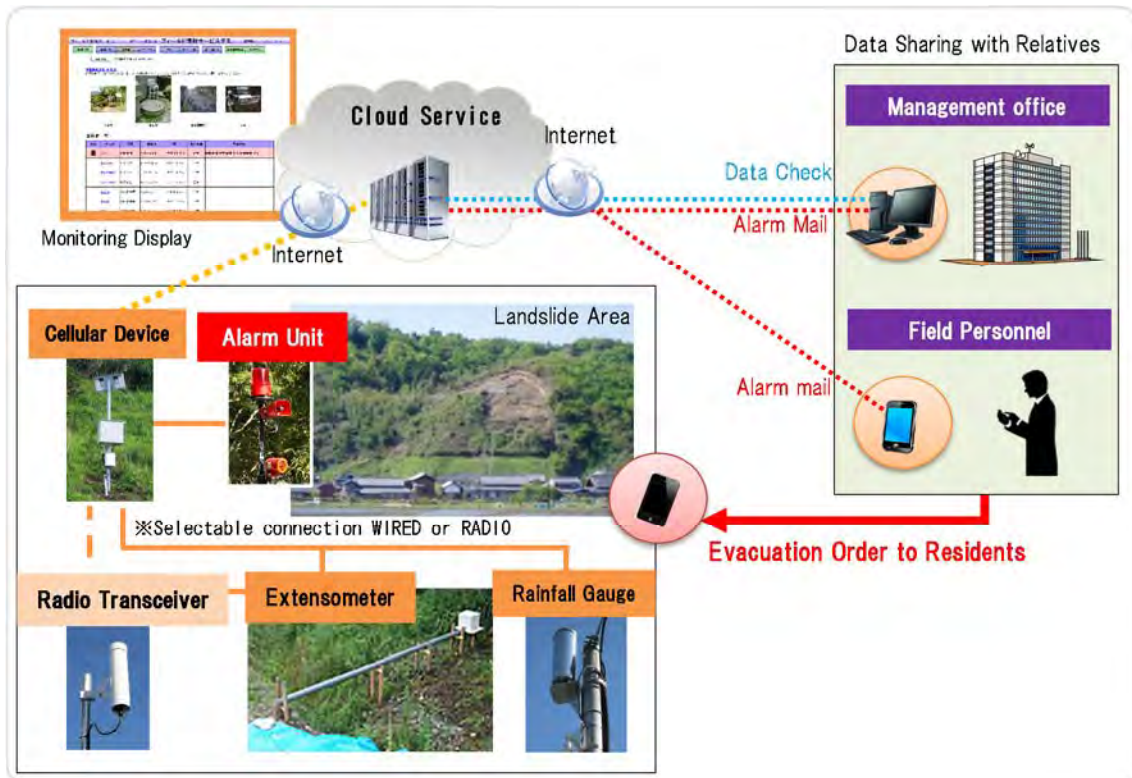


Figure-1 Schematic Diagram of Landslide Remote Monitoring System

In Japan, installation of remote monitoring system is decided by size of target landslide, estimated affected area, distance of management office, speed of landslide deformation and budget. In Sri Lanka, the present practice of landslide monitoring involves NBRO headquarter staff to directly visit the site and collect the observation data. Therefore, it takes time for data collection and risk assessment so that it is difficult to conduct quick announcement and warning for of evacuation.

When “Landslide Remote Monitoring System” is verified in Sri Lanka, it is able to contribute quickly and safety data collection. The risk determination at early stage is also possible the composite judgement based on several observation data. It is realizable to shorten an amount of time of evacuation instructions for residents and reduce the human suffering in landslide risk area.

**Summary Report**  
**Feasibility Survey for Disseminating of**  
**the Landslide Remote Monitoring System**

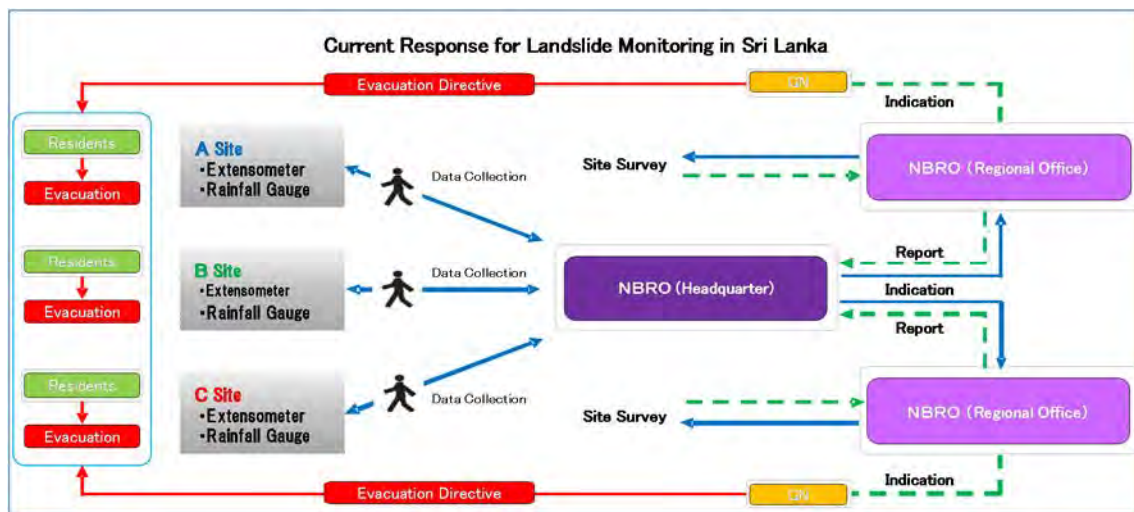


Figure-2 Current Response for Landslide Monitoring in Sri Lanka

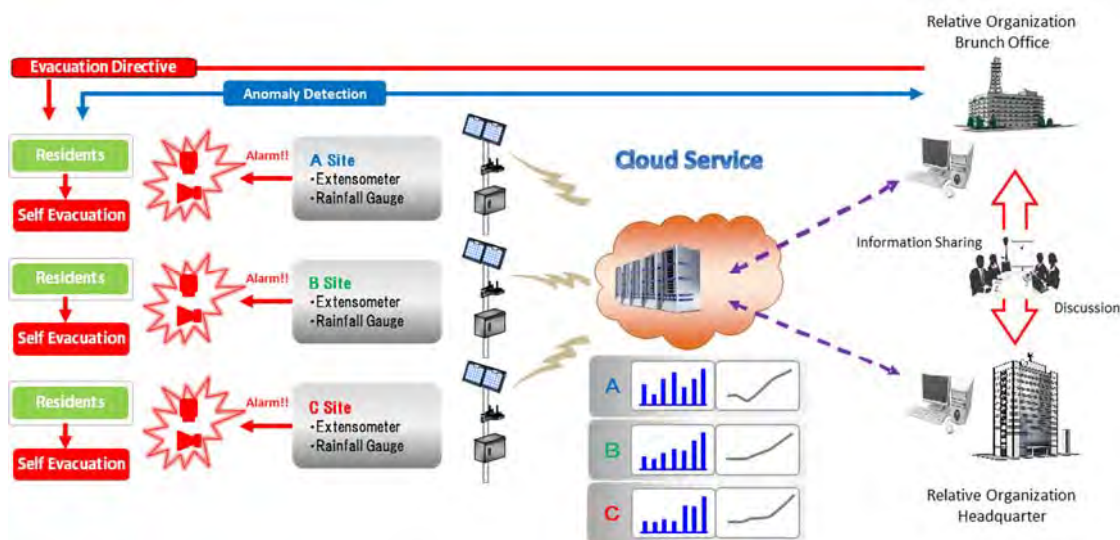


Figure-3 Image of after Installation of Proposed system

(2) Compatibility and Possibility of Proposed System

The results of interview and discussion with related government organization (NBRO, DMC, TRC and ITI.), a lot of sediment disasters have occurred in Sri Lanka and the level of severity have increased in recent years. For that reason, the installation of the proposed system is expected. The survey team conducted the technical seminar during 2nd survey period revealed that 70% of NBRO staff in-charge of sediment disaster answered that the proposed system has possibility of usage in Sri Lanka and they mentioned interest in the landslide monitoring instruments. During the feasibility survey period, the survey team discussed with TRC, which has responsibility of permission for telecommunication, and confirmed the process of importation and approval of instruments.

And the survey team has conducted checking of operations of the data transmission instrument

**Summary Report  
Feasibility Survey for Disseminating of  
the Landslide Remote Monitoring System**

---

which is expected to use at the pilot site, and confirmed refinement for Sri Lanka.

**(3) Strategy of Overseas Deployment**

OSASI is the leading company of landslide monitoring system in Japan. The proposed system shall be deployed and applied to the overseas market of slope disaster management. That is one of the plans for growth and expansion.

And formulation of installation and maintenance structure is important for overseas deployment of disaster monitoring instruments. Especially for maintenance, quickly response in emergency time becomes differentiation with other companies.

Following above things, establishment of local partner which is able to consistently manage import, sales, installation and maintenance is considered best approach method for overseas deployment. Also the registration of mark, patent and design in each country are important for overseas deployment. Those application processes will be conducted as needed.

**3. Survey Result and Conclusion of the Proposed System and Products**

The consistency and availability (expected impact) with development issues by installation of remote monitoring system as the proposed system and products are shown in Table-1.

Table-1 Consistency and Availability with Development Issues

Development Issues	Consistency and Availability
There is no standard value of control adapted to Sri Lanka	Several observation data such as amount of displacement of landslide and precipitation will be accumulated by installation of remote monitoring system. When correlation with each data is analyzed, it will be able to set suitable criteria of evacuation instructions.
Ground displacement data for landslide early warning is limited.	Real-time precipitation and comprehensive landslide monitoring is available to use the proposed system during heavy rain. It contributes quickly information supplement to residents in landslide risk determination at early stage.
It is difficult to timely issue a warning and evacuation instructions.	Real-time monitoring of observation data which is transmitted from pilot site is able to manage at the distant place.
A hitting ratio of precipitation indicator for landslide is low.	Several observation data such as amount of displacement of landslide and precipitation will be accumulated by installation of remote monitoring system. When correlation with each data is analyzed, it will be able to develop the standard based on landslide displacement and precipitation. And also a hitting ratio will be improved.

The proposed “Landslide Remote Monitoring System” is important part of early warning system for sediment disaster and NBRO has the responsibility for announcing early warning. Therefore, NBRO is most suitable as counterpart organization. The installation of such a system will enable the observation of deformation caused by landslide and real-time monitoring at a management office (for example NBRO headquarters in Colombo or at regional office) far from the site, and easily issue early warning depending on conditions.

#### 4. Proposed Japanese ODA project

Based on the result of the Feasibility Survey, the survey team proposes the Verification Survey as a Japanese ODA project using landslide real-time remote monitoring system at a suitable pilot site for dissemination and verification.

##### (1) Purpose of Verification Survey

Through the activities of the Verification Survey, availability and adaptability of “Landslide Remote Monitoring System” will be confirmed by installation and operation at the pilot site. Early warning model at the pilot site will be established using this system and contribute to improved peoples’ awareness regarding disaster prevention and reduction of the loss of lives. Also the survey team will introduce this system to NBRO and related organization for dissemination as future business expansion.

Selection of the pilot site has been conducted during the Feasibility Survey by the survey team with the corporation of the NBRO. NBRO has already agreed on three (3) pilot sites for the Verification Survey (Ratnapura in Ratnapura District, Diyanilla in Nuwara Eliya District, and Galahagama in Badulla District).

##### (2) Output

Observation of landslide deformation will be enabled by installation of this system. Capacity regarding risk assessment and adjudication of landslide based on data will be enhanced according to accumulated observation data. Improvement of early warning system in NBRO is expected by capacity development of landslide monitoring through this project.

##### (3) Project Design Matrix (PDM)

PDM of Verification Survey using the proposed products and technologies is shown in Table XX. Counterparts for Verification Survey were assumed to come from NBRO Landslide Research and Risk Management Division (LRRMD) and Geotechnical and Testing Division (GETD).

**Summary Report**  
**Feasibility Survey for Disseminating of**  
**the Landslide Remote Monitoring System**

Table-2 Project Design Matrix (PDM)

Survey Scope		
Install “Landslide Remote Monitoring System (LRMS)” at the pilot site and adaptability of system is verified. And establishment of landslide early warning issue model at the pilot site contribute to reduction of human suffering.		
Output	Activity	
<b>Output 1</b> LRMS is developed, installed and verified.	Verification Activity	1-1 Develop the LRMS for Sri Lanka model
		1-2 Install and operate LRMS at the pilot site
		1-3 Prepare the check list for confirmation of system installation and operation
		1-4 Confirm the operation until the warning issued through the landslide evacuation drill with counterpart.
<b>Output 2</b> Structure of installation, operation and maintenance is established.	Dissemination Activity	2-1 Conduct the topographic and geologic survey at the site, and formulate the installation plan
		2-2 Prepare the manual and conduct the training for installation, operation and maintenance to counterpart and local partner.
<b>Output 3</b> Landslide early warning model based on LRMS is formulated.	Dissemination Activity	3-1 Formulate the draft manual of landslide early warning at the pilot site with counterpart.
		3-2 Conduct final seminar of Verification Survey.
<b>Output 4</b> Implementation structure for overseas business expansion is developed.	Business Expansion Activity	4-1 Conduct the survey for the company of business partner and selling agent.
		4-2 Conduct the marketing survey for the applicability of LRMS in other fields (e.g. dam and reservoir control, river management).

(4) Input Equipment

Specification and quantity of input equipment is shown in Table-3.





**Summary Report**  
**Feasibility Survey for Disseminating of**  
**the Landslide Remote Monitoring System**

---

(6) Approximate Project Expense

Project expense for Verification Survey is estimated around 100 million JPY.

(7) Relevancy between Project and Business Expansion

Making a first foothold by introducing products in market is most important for business expansion. Verification Survey becomes the project of making a first foothold in Sri Lanka. Following particulars will be confirmed through Verification Survey activities.

- To confirm the adaptability of development issues  
The effect on the case that prevent disasters before occurring by this system will be verified by estimation of landslide scale based on topographic analysis, landslide mechanism analysis and data analysis in the pilot site. The survey team will confirm whether the system could be operated as an early warning system by NBRO. Also the proposed system will be confirmed whether it will satisfy the needs of Sri Lanka.
- To establish technology of the proposed system  
There are two kind of license application of connection of public provider and radio frequency of using radio transmitter at the site. And each radio communication instruments shall be confirmed to surely operation by counterpart. The Function of cloud service including the radio communication also will be confirmed. In addition, license application of radio communication will conduct through the NBRRO  
The following two activities will be conducted for system dissemination.
  - Public relation activities among the counterparts  
The results of verification will demonstrate to NBRO and related organizations (DMC, RDA) that the proposed system should be operated. The results will also show that the system should be transferred and operated by NBRO.
  - Consideration of standards for landslide early warning  
The correlation between rainfall and ground surface extensometer will be derived using the observation data. As well, the standard for landslide early warning will be discussed among counterparts using Japanese standards as example.
- Survey of business implementation structure  
For the specific future business expansion, the survey team will conduct the survey of local partner and selling agency, and discuss the procedure of business law and business custom.

5. Detailed Plan of Business Expansion

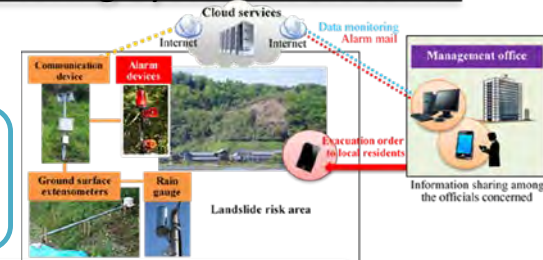
***This chapter is the non-public part.***

# Feasibility Survey with the Private Sector for Utilizing Japanese Technologies in ODA Projects

## Feasibility Survey for Promoting the Landslide Remote Monitoring System in Sri Lanka

### SMEs and Counterpart Organization

- Name of SME: OSASI Technos Inc.
- Location of SME: Kochi city Kochi Prefecture, Japan
- Counterpart Organization: National Building Research Organization (NBRO)



### Concerned Development Issues in Sri Lanka

- Sediment disasters represent serious natural disasters in Sri Lanka. Sediment disasters occur frequently during heavy rainfall in the monsoon season.
- These disasters have killed many people and caused enormous damage to infrastructure.

### Products and Technologies of SME

- The Landslide Remote Monitoring System transmits measurement data taken by on-site measuring instrument in real time to a management office located at a distance.
- It is able to evaluate the risk of landslide at a location, and informs the risk to the residents at an early stage and urges them to evacuate.

### Proposed ODA Projects and Expected Impact

- The Landslide Remote Monitoring System will be installed and operated at the pilot site by the Verification Survey. And also the adaptability of system should confirm during survey period. The landslide early warning which is based on this monitoring system will contribute to reduce the human suffering.
- Installation, operation and maintenance system also improved by the Verification Survey.

### Future Business Development of SME

- A future business operation system will be consisted by local agents as a partner for the sales, installation and maintenance of the system. NBRO shall be established the observation and monitoring plans as the cooperating organization.
- The system components shall be produced in Shikoku, Japan and delivered to the relevant government organization through the local agent. The feasibility of stockpiling the components by the local agent shall also be examined.