

スリランカ国
土砂災害対策強化プロジェクト
【有償勘定技術支援】
プロジェクト完了報告書

平成30年9月
(2018年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)
株式会社 地球システム科学
日本工営株式会社

環境

JR

18-113

スリランカ国
土砂災害対策強化プロジェクト
【有償勘定技術支援】
プロジェクト完了報告書

平成30年9月
(2018年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)
株式会社 地球システム科学
日本工営株式会社

目 次

第1章 序論	1
1.1 概要.....	1
1.2 業務の対象地域.....	1
1.3 対象裨益人数.....	2
第2章 業務実施の方法	4
2.1 PDM 及び PO.....	4
2.2 活動計画.....	4
2.3 投入実績.....	5
2.3.1 日本側投入.....	5
2.3.2 「ス」国側投入.....	6
第3章 プロジェクト全般にかかる活動実績	8
3.1 プロジェクト合同評価.....	8
3.1.1 中間レビュー	8
3.1.2 終了時評価.....	9
3.2 カウンターパート本邦研修.....	10
3.2.1 第1回本邦研修.....	10
3.2.2 第2回本邦研修.....	10
3.3 広報活動.....	11
第4章 成果1にかかかる活動実績	15
4.1 パイロット地区での土砂災害についての予備調査・概査を実施する（活動 1-1） ..15	
4.2 パイロット地区の候補地における測量、地質及び地質工学調査を実施する（活動 1-2）	16
4.3 ピエゾメータ、地盤伸縮計、ピエゾメータ付ひずみ計、孔内傾斜計等の必要機材を設置する（活動 1-3）	20
4.4 パイロット地区での土砂災害対策工の概念を考察し決定する（活動 1-4）	23
4.4.1 キャンディ県ナース訓練学校	23
4.4.2 マータレ県 Alagumale 地区	23

4.4.3	ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区及びバドゥッラ県 Badulusirigama 地区.....	24
4.5	コンプレッサーの調達を行い、土砂災害対策のためのコンプレッサーを用いた建設実施計画を作成する（活動 1-5）	24
4.5.1	コンプレッサーを含む調達機材一式の導入支援	25
4.5.2	検査概要	25
4.5.3	試運転及び維持管理指導	25
4.5.4	検査・技術指導報告	26
4.5.5	課題及び今後の対応	26
第 5 章	成果 2 にかかる活動実績	28
5.1	パイロット地区での地すべりのモニタリング及び評価を行う（活動 2-1）	28
5.2	パイロット地区での地すべり対策のための設計及び事業費の積算を行う（活動 2-2）	29
5.3	パイロット地区での地すべり対策のための入札書類を作成する（活動 2-3）	32
5.3.1	対策工入札方法の協議	32
5.3.2	PQ 公告、PQ 書類、入札図書作成	32
5.4	パイロット地区での地すべり対策のための入札書類の評価及び施工業者の調達を行う（活動 2-4）	33
5.5	パイロット地区での地すべり対策のための施工監理を行う（活動 2-5）	36
5.5.1	施工監理書類の作成	36
5.5.2	ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区	36
5.5.3	バドゥッラ県 Badulusirigama 地区	42
5.6	パイロット地区での地すべり対策の工事完了報告書を作成する。（活動 2-6）	47
第 6 章	成果 3 にかかる活動実績	49
6.1	パイロット地区での斜面崩壊のモニタリング及び評価を行う（活動 3-1）	49
6.2	パイロット地区での斜面崩壊対策のための設計及び事業費の積算を行う（活動 3-2）	49
第 7 章	成果 4 にかかる活動実績	52
7.1	パイロット地区での落石のモニタリング及び評価を行う（活動 4-1）	52
7.2	パイロット地区での落石対策のための設計及び事業費の積算を行う（活動 4-2） ..	52

7.3	パイロット地区での落石対策のための入札書類を作成する（活動 4-3）	53
7.4	パイロット地区での落石対策のための入札書類の評価及び施工業者の調達を行う（活動 4-4）	53
7.5	パイロット地区での落石対策のための施工監理を行う（活動 4-5）	53
7.5.1	施工監理書類の作成	53
7.5.2	施工監理に係る技術移転（中部州マータレ県）	53
7.6	パイロット地区での落石対策の工事完了報告書を作成する。（活動 4-6）	57
第 8 章	成果 5 にかかる活動実績	58
8.1	土砂災害の構造物対策についての既存ガイドラインと技術マニュアルのレビュー及び更新を行う（活動 5-1）	58
8.2	土砂災害対策の構造物対策についての改訂されたガイドラインと技術マニュアルを用いた研修を実施する（活動 5-2）	58
8.3	土砂災害対策の構造物対策及び非構造物対策についてのセミナー及びワークショップを開催する（活動 5-3）	58
8.4	土砂災害対策のための土地利用規制について関係者で協議する（活動 5-4）	60
8.4.1	NBRO による土砂災害リスク評価	60
8.4.2	土砂災害危険区域設定の適用	64
8.4.3	NBRO による住民移転の実施	65
8.5	土砂災害対策を目的とした土地利用規制に関して、日本の知見の紹介とスリランカにおける取組の改善策に関する基本方針等を取り纏めた資料を作成する（活動 5-5）	66
8.6	土砂災害軽減のための早期警報及びリスク情報伝達について日本の知見を生かしつつ、関係者で協議する（活動 5-6）	68
8.6.1	災害時における情報伝達	69
8.6.2	土砂災害に関する早期警報の基準値改定	70
8.7	土砂災害対策を目的とした早期警報及びリスク情報伝達に関して、日本の知見の紹介とスリランカにおける取組の改善策に関する基本方針等を取り纏めた資料を作成する（活動 5-7）	71
8.8	災害応急対応タイムライン調査及び地すべりメカニズムの解析を実施する	72
8.8.1	災害応急対応タイムライン調査	72

8.8.2 地すべりメカニズムの解析	73
第9章 プロジェクト目標の達成度	75
9.1 各活動による能力向上.....	75
9.2 プロジェクトの達成度.....	79
第10章 プロジェクト全体の総括及び上位目標達成に向けた提言	80
10.1 プロジェクト全体の総括（プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓）	80
10.1.1 第1期.....	80
10.1.2 第2期.....	82
10.2 上位目標達成に向けてへの提言.....	83
第11章 総括所感.....	85

添付資料

- 添付資料 1 PDM 及び PO
- 添付資料 2 業務フローチャート
- 添付資料 3 詳細活動計画
- 添付資料 4 専門家派遣実績（要員計画）
- 添付資料 5 研修員受け入れ実績
- 添付資料 6 供与機材・携行機材実績
- 添付資料 7 合同調整会議議事録
 - 7-1 第 1 回 JCC
 - 7-2 第 2 回 JCC（中間評価）
 - 7-3 第 3 回 JCC（終了時評価）
- 添付資料 8 機材活用計画
- 添付資料 9 その他活動実績
 - 9-1 入札関連書類
 - 9-2 Koslanda 地すべり調査報告
 - 9-3 パイロットサイト概況調書
 - 9-4 調査設計報告書
 - 9-5 パイロットサイト工事完了報告書
 - 9-6 工事完了証明書
 - 9-7 瑕疵担保期間完了証明書
 - 9-8 管理移譲に関するレター
 - 9-9 土砂災害対策設計・施工マニュアル
 - 9-10 パイロットサイトにおける活動報告
 - 9-11 土地利用許可に関するレター
 - 9-12 環境モニタリング報告書

表目次

表 1.1	能力向上対象裨益人数	2
表 2.1	改定された PDM 活動項目一覧.....	4
表 2.2	専門家派遣実績	5
表 2.3	セミナーおよびワークショップ開催実績.....	5
表 2.4	納入機材リスト	6
表 2.5	C/P 一覧.....	6
表 3.1	中間レビュー時における提言と実施状況.....	8
表 3.2	終了時評価時における提言と実施状況.....	9
表 3.3	広報活動一覧	11
表 4.1	対象コミュニティにおける聞き取り調査結果.....	16
表 4.2	パイロットサイトにおける測量および地質調査項目	17
表 4.3	モニタリング計器一覧表	20
表 4.4	地すべり対策工の一般的適用性.....	24
表 4.5	調達機材	24
表 5.1	入札書類	33
表 5.2	PQ 評価結果.....	33
表 5.3	現場説明会参加業者	34
表 5.4	入札結果	35
表 5.5	施工管理関係書類	36
表 5.6	2016 年 5 月の亀裂発生経緯と対応事項	37
表 5.7	2016 年 8 月の亀裂発生と対応事項	37
表 5.8	各 BoQ 項目に対応した The Employer からのコメント (Udamadulla 地区)	40
表 5.9	各 BoQ 項目に対応した The Employer からのコメント (Badulusirigama 地区)	45
表 5.10	Uva Wellassa 大学側の出席者.....	47
表 7.1	各 BoQ 項目に対応した The Employer からのコメント (Alagumale 地区)	56
表 8.1	セミナーおよびワークショップ開催実績.....	59

表 8.2	短期専門家派遣実績	60
表 8.3	NBRO の土砂災害早期警報の基準値	69
表 9.1	技術移転による現時点での成果	75
表 9.2	プロジェクト目標の達成度	79
表 10.1	上位目標及び指標	83

図目次

図 1.1	業務の対象地域	1
図 1.2	MDM 組織図.....	2
図 1.3	NBRO 組織図.....	3
図 3.1	静岡新聞の紹介記事（2017 年 5 月 19 日発行）	14
図 3.2	テレビ静岡のニュース番組（2017 年 5 月 18 日夕方放送）	14
図 4.1	概況調書のサンプル（キャンディ県ナース訓練学校）	15
図 4.2	調達したマシンにより採取したボーリングコア（平均採取率 60%）	19
図 4.3	調査平面図（ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区）	21
図 4.4	調査平面図（バドゥッラ県 Badulusirigama 地区）	22
図 5.1	地盤伸縮計と地下水位計のグラフ（Badulla 地区）	29
図 5.2	Udamadula 地区の対策優先箇所に対する対策工計画平面図	30
図 5.3	Udamadula 地区の対策優先箇所に対する対策工計画断面図	30
図 5.4	Badulusirigama 地区の対策工計画平面図	31
図 5.5	Badulusirigama 地区の対策工計画断面図	32
図 5.6	亀裂の発生位置	38
図 5.7	2016 年 5 月民家に発生したクラックの状況	38
図 5.8	水平ボーリング孔周辺の崩壊	41
図 5.9	水路から溢水した状況	41
図 5.10	工事完成後の UAV 写真（Udamadula 地区）	42
図 5.11	Badulusirigama 地区の対策工出来形図	46
図 5.12	工事完成後の UAV 写真（Badulusirigama 地区）	47
図 6.1	対策工計画平面図	50
図 6.2	対策工計画断面図(上部斜面).....	50
図 6.3	対策工計画断面図(下部斜面).....	51
図 6.4	対策工施工後の状況（2018 年 3 月 23 日撮影）	51
図 7.1	対策工計画平面図	52

図 7.2	対策工計画断面図	53
図 7.3	対策工出来形図	56
図 7.4	工事完成後の UAV 写真 (Alagumale 地区)	57
図 8.1	1:50,000 スケール LHZM の例	62
図 8.2	1:10,000 スケール LHZM の例	62
図 8.3	1 : 10,000 及び 1:50,000 スケール LZHM の作成範囲	63
図 8.4	土砂災害防止法に基づく土石流危険区域の設定例 (Aranayake 地すべり)	65
図 8.5	Aranayake 地すべり時の住民移転ガイドライン	66
図 8.6	地形図の違いによる被災範囲の比較 (Aranayake 地すべり)	67
図 8.7	航空写真撮影及び LiDAR 測量対象範囲	67
図 8.8	NBRO による早期警報の発出様式	69
図 8.9	本邦における土壌雨量指数の紹介	71
図 8.10	各行政ラインの相互関係	72
図 8.11	2005 年 Koslanda 地区地すべり報告書の調査結果平面図及び断面図	74
図 8.12	2015 年 9 月 Lilisland 地すべり報告書の調査結果平面図及び断面図	74

写真目次

写真 3.1	本邦研修時における各機関への訪問.....	11
写真 4.1	ボーリング掘削に関する技術移転.....	18
写真 4.2	観測機材設置に関する技術指導.....	23
写真 4.3	納入したコンプレッサー	25
写真 4.4	検品作業状況	25
写真 4.5	試運転状況及びカタログ等	26
写真 5.1	地すべりモニタリングに関する技術指導.....	28
写真 5.2	入札前会議（マータレ県）	35
写真 5.3	現場説明会（ヌワラエリヤ県）	35
写真 5.4	入札会状況	36
写真 5.5	施工不良と修復の状況	39
写真 5.6	水平ボーリング工にかかる切土等の状況.....	43
写真 5.7	水路工の状況	44
写真 5.8	大学側との協議及び現地視察.....	46
写真 7.1	落石対策工の施工状況	55
写真 8.1	第2回短期専門家の活動	64
写真 8.2	第3回短期専門家の活動	65
写真 8.3	災害管理省に派遣された JICA 専門家による早期警戒に関する講義.....	70
写真 8.4	住民聞き取り調査状況	73
写真 8.5	へり調査に同行した C/P 等.....	73
写真 8.6	現地調査による技術移転の状況.....	73

略語表

AWS	自動気象観測システム Automatic Weather Station
CBDRM	コミュニティ防災 Community-Based Disaster Risk Management
CEA	中央環境局 Central Environmental Authority
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
DEM	数値標高モデル Digital Elevation Model
DOM	気象局 Department of Meteorology
DSWRPP	ダム安全性および水資源計画プロジェクト Dam Safety and Water Resources Planning Project
EWS	早期警戒システム Early Warning System
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
GSMB	地質・鉱山調査局 Geological Survey and Mines Bureau
HFA	兵庫行動枠組 Hyogo Framework for Action 2005 - 2015
IPCC	気候変動に関する政府間パネル Intergovernmental Panel on Climate Change
JICA	国際協力機構 Japan International Cooperation Agency
LRRMD	土砂災害研究・事業課 Landslide Research and Risk Management Division
MDM	災害管理省 Ministry of Disaster Management
MED	経済開発省 Ministry of Economic Development
MOU	了解覚書 Memorandum of Understanding
NBRO	建築研究所 National Building Research Organization
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
NDRSC	国家災害支援サービスセンター National Disaster Relief Service Centre
NEOC	緊急オペレーションセンター National Emergency Operation Centre

スリランカ国
土砂災害対策能力向上プロジェクト
プロジェクト完了報告書

NEOP	国家緊急対応計画 National Emergency Operation Plan
NGOs	非政府組織 Non-Governmental Organizations
NPP	国家開発計画 National Physical Planning
NPPD	国家開発計画局 National Physical Planning Department
RDA	道路開発局 Road Development Authority
SLIDA	開発管理局 Sri Lanka Institute of Development Administration
SLLRDC	土地開発公社 Sri Lanka Land Reclamation & Development Corporation
SOP	標準作業手順書 Standard Operation Procedure
UNDAC	国連災害評価調整 United Nations Disaster Assessment and Coordination
UNDP	国連開発計画 United Nations Development Programme
UNISDR	国連国際防災戦略 United Nations International Strategy for Disaster Reduction
WB	世界銀行 World Bank
WMO	世界気象機関 World Meteorological Organization

第1章 序論

1.1 概要

本業務は、スリランカ国（以降「ス」国と称する）中部州キャンディ県、マータレ県、ヌワラエリヤ県及びウバ州バドゥツ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、施工管理及びモニタリングと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、建築研究所（National Building Research Organization : 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ことを目的とするものである。

2013年3月に本業務の対象県を含む7県を対象とした「国道路土砂災害対策事業」の円借款契約が調印され、事業が開始されている。本業務は同円借款との連携による開発効果向上を目的とした有償勘定技術支援として位置づけられ、実施されたものである。

本業務は2014年9月から2018年9月までの4年間にわたり実施された。

1.2 業務の対象地域

本業務の対象地域を図 1.1 に示す。

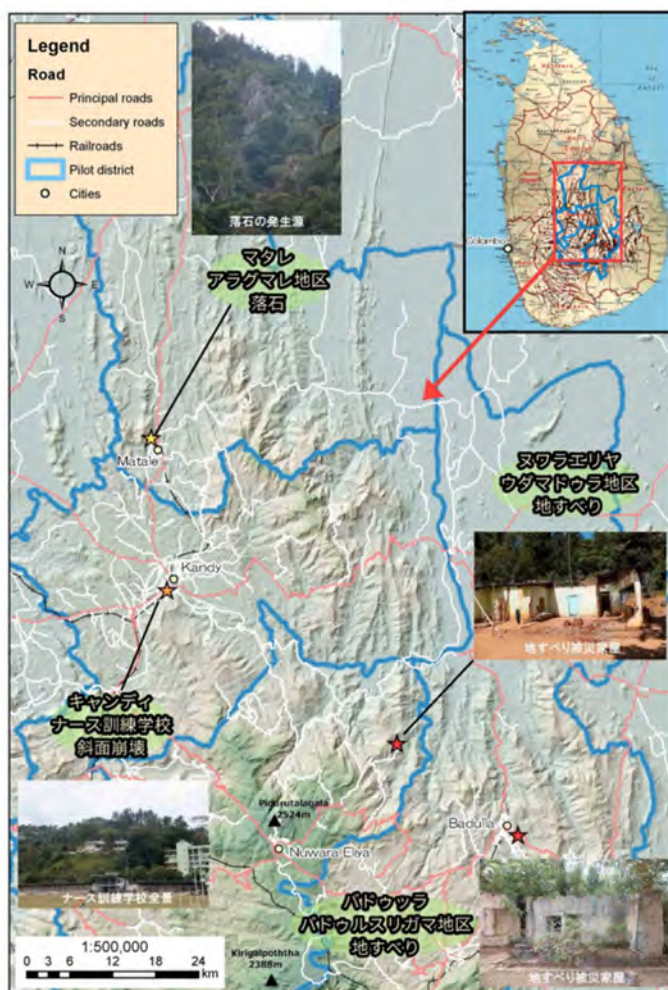


図 1.1 業務の対象地域

1.3 対象裨益人数

本業務実施に関与し能力向上の対象となる裨益人数を表 1.1 にとりまとめる。また、C/P 機関である NBRO は 2018 年 4 月までは災害管理省傘下であったが、2018 年 5 月に災害管理省と灌漑・水資源管理省とが合併し、灌漑・水資源及び災害管理省 (Ministry of Irrigation and Water Resource & Disaster Management) となった。2018 年 8 月時点では Web サイト上では組織図は更新されていないため、2018 年 4 月までの組織図を図 1.2 に、NBRO の組織図を図 1.3 に示す。

表 1.1 能力向上対象裨益人数

区分	機関	部署	人数	備考	
直接裨益	NBRO	所長	1	NBRO 作成 C/P リストにアサインされている人数 (MDM 及び NBRO 組織図を図 1.2 及び図 1.3 に示す。)	
		地すべり調査危機管理部	15		
		土質工学試験部	3		
			計	19	
			建築材料研究試験部	1	1) ベースライン調査参加者 及び 2) 入札図書作成担当者
			環境研究・サービス部	1	
			定住計画トレーニング部	1	
			プロジェクト管理部	3	
	計	6			
間接裨益	災害管理省(DMC), NBRO, DoM, UDA 等政府関係組織		217	短期専門家セミナー及び防災ワークショップ (合計 3 回実施) 参加者 上記セミナーとワークショップへの、出席機関の延べ人数は以下のとおり ①2015.12.8 の第 1 回ワークショップ : 52 名 ②2016.1.14 の第 2 回ワークショップ : 50 名 ③同日の短期専門家セミナー : 68 名 ④2016.1.25 の第 3 回ワークショップ : 70 名 ⑤2017.2.21 のセミナー : 100 名	
	コロombo 大学等大学関係者		4		
	Badulla District 等地方行政機関		5		
	軍・警察・コーストガード		43		
	メディア関係		7		
	UN-Habitat		4		
	民間企業等その他		13		
	日本大使館・JICA 事務所関係		47		
	計 (延べ人数)	340			
全体計	直接裨益 25 + 間接裨益 (延べ) 340 = 365				

ORGANIZATIONAL STRUCTURE

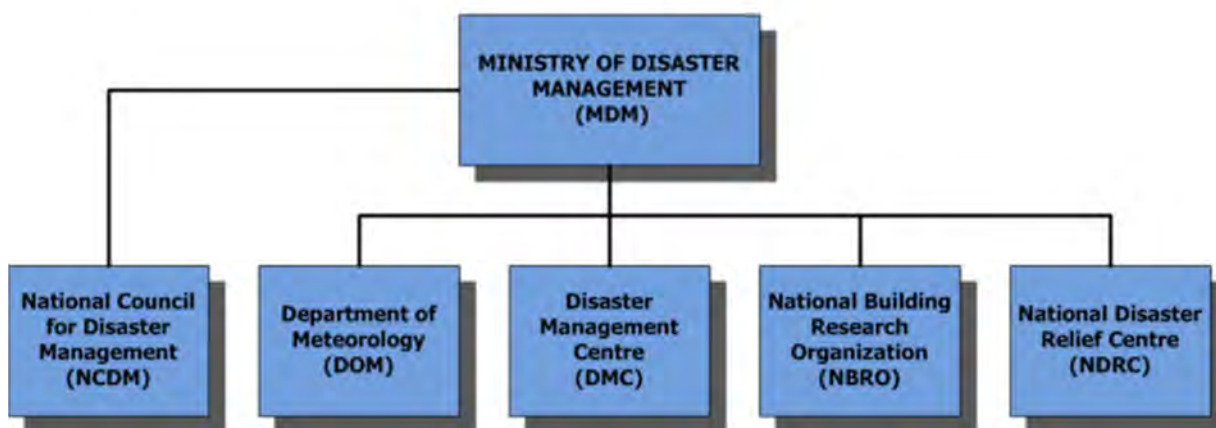


図 1.2 MDM 組織図

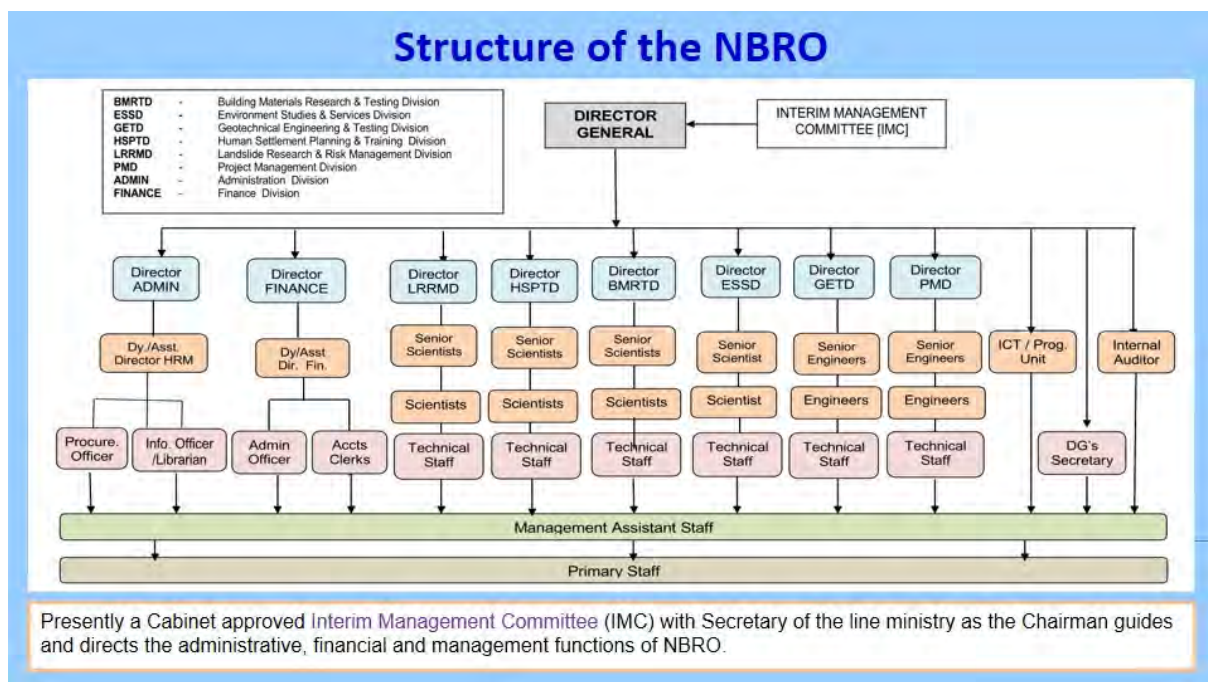


図 1.3 NBRO 組織図

第2章 業務実施の方法

2.1 PDM 及び PO

本業務は2014年3月7日に合意された協議議事録(R/D)に含まれるPDM及びPO(添付資料1)に基づき実施された。なお、PDMについては下表に示すキャンディ看護学校地区、及びコンプレッサーに関する項目についての変更がなされ、2016年10月12日に開催された第2回JCCにおいて承認された。

表 2.1 改定された PDM 活動項目一覧

活動内容	変更後	変更理由
キャンディ看護学校地区		
3.3 パイロット地区での斜面崩壊対策のための入札書類を作成する	活動なし	地質調査の結果、想定よりも地質状況が深部まで不良であり、2014年3月14日に合意されたTECHNICAL NOTESに示される対策工事の規格では対応できないことが判明した。したがって、本地区のパイロット工事の実施は不適当と判断された。
3.4 パイロット地区での斜面崩壊対策のための入札書類の評価及び施工業者の調達をおこなう	活動なし	
3.5 パイロット地区での斜面崩壊対策工事の施工監理をおこなう。	活動なし	
3.6 パイロット地区での斜面崩壊対策工事の完了報告書の作成をおこなう。	活動なし	
コンプレッサー		
成果1: 土砂災害対策のための調査・評価に係る能力が強化される。	成果1: 土砂災害対策のための調査・計画・評価に係る能力が強化される。	能力強化の必要性のため、成果1に計画を追加する
活動なし	1.5 コンプレッサーの調達を行い、土砂災害対策のためのコンプレッサーを用いた建設実施計画を作成する	コンプレッサーを用いた建設実施計画のための活動を追加する

2.2 活動計画

PDM及びPOに基づき詳細・具体化した活動計画及び実績については、添付資料2 業務フローチャート、添付資料3 詳細活動計画に示した。各活動内容は2014年3月14日に合意されたTECHNICAL NOTESに従いC/Pの協力のもとに実施したものである。

2.3 投入実績

2.3.1 日本側投入

1) 専門家派遣

コンサルタントチームの派遣実績は添付資料 4 専門家派遣実績（要員計画）に示す。長期・短期専門家を合わせた全体派遣実績概略は表 2.2、各種セミナーの開催実績は表 2.3 に示す。

表 2.2 専門家派遣実績

種別	人数	派遣月数(MM)	備考
プロジェクト専門家	10	32.81 29.45	第1期：2015年9月～2016年2月 第2期：2016年4月～2018年9月
長期専門家	1	16.00	
短期専門家	4	0.70	セミナー開催 第1回 2016.8.31 セミナー開催 第2回 2017.1.14 セミナー開催 第3回 2017.1.20
合計	15	78.96	

表 2.3 セミナーおよびワークショップ開催実績

実施日	区分	対象	内容
2014.10.6	セミナー	NBRO 職員(3名×3回)	WorkPlan の説明
2014.11.27	セミナー	NBRO 職員(15名)	パイロットサイトの調査結果中間報告
2015.7.29	ワークショップ	NBRO 職員(30名)	パイロットサイトの調査設計結果中間報告
2015.12.8 2016.1.14 2016.1.25	セミナー、ワークショップ	国家機関、自治体、軍関係、マスメディア (60～70名程度)	Information Management
2016.10.12	ワークショップ	NBRO 職員 (20名)	設計・施工管理に関する中間報告
2017.2.21	セミナー	国家機関、自治体、軍関係、マスメディア (100名程度)	長期専門家最終報告 施工管理に関する中間報告
2017.3.19	ワークショップ	NBRO 職員 (20名)	最終報告

(ミニセミナーを除く)

2) 研修員受入

本案件期間中に計 2 回の C/P 本邦研修を実施した。詳細は後節 3.2 に記載する。

3) 調達

本業務で調達を行い、納入した機材のリストを表 2.4 に示す。

表 2.4 納入機材リスト

No.	Equipment	Initial Operator Guidance	Operational Guidance	Installation /Monitoring Guidance	Quantity	Remarks
1	Desktop PC	—	—	—	1	1 st Term in Sri Lanka
2	Laptop PC	—	—	—	5	1 st Term in Sri Lanka
3	Printer	—	—	—	4	1 st Term in Sri Lanka
4	Multifunction Printer	△	—	—	1	1 st Term in Sri Lanka
5	Projector	—	—	—	1	1 st Term in Sri Lanka
6	Screen	—	—	—	1	1 st Term in Sri Lanka
7	Underground Water Gauge (automatic transmission record type)	△	△	◎	3	1 st Term in Japan
8	Extensometer (automatic record type)	△	△	◎	7	1 st Term in Japan
9	Pipe Strain Gauge with piezometer (automatic record type, with water gauge)	△	△	◎	2	1 st Term in Japan
10	Inclinometer guide pipe	△	△	◎	3	1 st term in Japan
11	Boring Machine	◎	◎	—	1	1 st Term by JICA
12	Air Compressor	◎	△	—	1	2 nd Term by JICA

◎: Necessary △: As necessary —: Unnecessary/Not covered

1st Term: Oct. 2014 – Nov.2015 2nd Term: Apr. 2016 – Sep. 2018

2.3.2 「ス」国側投入

1) 人材

コンサルタントチーム及び長期専門家の要請に応じ、NBRO が各担当者と協働する C/P をアサインした。C/P は NBRO 本部の職員ばかりでなく、NBRO 地方事務所の職員も現場作業に立会うなど相互の協力体制のもとに活動を行った。C/P の一覧を表 2.5 に示す。

表 2.5 C/P 一覧

所属	役職
NBRO 本部	地すべりリスク調査管理部 部長 上級研究員 (Senior Scientist)
NBRO バドゥッラ事務所	事務所長 (District Officer) 研究員 (Scientist) 現地監督員 (Site Engineer)
NBRO ヌワラエリヤ事務所	事務所長 (District Officer) 研究員 (Scientist) 現地監督員 (Site Engineer)
NBRO マータレ事務所	事務所長 (District Officer) 研究員 (Scientist) 現地監督員 (Site Engineer)
NBRO キャンディ事務所 *調査・設計まで関与	事務所長 (District Officer) 研究員 (Scientist)

2) 施設

NBRO はコンサルタントチーム及び各専門家のための執務スペースを C/P との協働・技術移転のしやすさを考慮して所内に 1 箇所供与した。この執務スペースは NBRO 庁舎の建替えにともない 2016 年 12 月に同敷地内での移動し、2017 年 3 月の長期専門家任期満了に伴い、再度同敷地内での移動を行った。

3) 予算

NBRO は主体的にプロジェクト活動に取り組み、以下の予算を自己予算で確保した。

- NBRO の C/P の人件費
- NBRO の C/P のパイロットプロジェクトエリアへの出張旅費

4) 用地確保

NBRO はパイロットプロジェクト実施予定箇所（ヌワラエリヤ：1 箇所、マータレ：1 箇所、バドゥッラ：1 箇所）の市役所等に向けた用地取得にかかる各種事務手続き・交渉を主体的に進め、全ての必要な用地確保を無事完了させた。

第3章 プロジェクト全般にかかる活動実績

3.1 プロジェクト合同評価

3.1.1 中間レビュー

1) レビュー結果

プロジェクトの開始から約2年が経過した2016年9月22日～10月13日に、中間レビューのための評価団がス国を訪問した。評価結果は、10月12日の第2回JCC会議において協議され、NBROとJICAとの間でM/Mが取り交わされた。同M/Mを添付資料7-2に添付する。

2) レビュー提言

中間レビューの提言とそれに基づいた実施状況について表3.1に示す。

表 3.1 中間レビュー時における提言と実施状況

提言内容	中間レビュー後の実施状況
<p>(1) PDMの修正 現在の上位目標の修正と新たな指標の追加を提案する。 現在の指標：2017年-2020年の土砂災害の発生件数 修正：2018年-2020年の土砂災害の発生件数 追加：2018年-2020年にNBROが本事業を通じて得た技術と経験を用いて土砂災害対策工を実施（事前調査の開始を含む）したサイト数</p>	<p>2018年の終了時評価時に、JCCにて承認を得て修正を行った。</p>
<p>(2) 施工不良に関する対応策 a. 最低限一名の施工管理者の常駐 b. 施工計画変更の際の事前承認</p>	<p>a. 中間レビュー後、NBROとの協議により、管理者が常駐するようになった。 b. NBROとの協議により、承認プロセスが合意され、承認プロセスに基づいた書面の提出・承認を行うように改善された。</p>
<p>(3) コミュニケーションの向上 活動の遅延と施工不良を防ぐためには、コンサルタントとC/Pと業者間のコミュニケーションの改善と迅速化が必要不可欠である。3者間で月例会議を開催し、進捗や室、技術的な課題や懸念事項について確認する必要がある。本事業関係者が全員、誤解が生じないようにコミュニケーションの改善に向けて努力する必要がある。</p>	<p>中間レビュー後、3者間での月例会議は毎月開催された。また、上記のように管理者が常駐するようになったことにより、コミュニケーションの改善がはかられたほか、書面による提出・承認が迅速に行われるように改善された。</p>
<p>(4) 地すべりと落石対策の対策工に関する更なる技術支援 セミナーやワークショップを通じて設計について共有し、C/Pの設計担当と施工現場で設計内容の確認を行う必要がある。</p>	<p>中間レビュー時のJCCの後に、ワークショップを開催し、地すべりと落石に関する技術移転を行ったほか、モニタリング時に現地に対策工の視察を行いながら、設計に関する技術移転を行った。</p>

3.1.2 終了時評価

1) レビュー結果

プロジェクトの終了の約1年前にあたる2017年9月14日～10月4日に、終了時評価のための評価団がス国を訪問した。評価結果は、10月4日の第3回JCC会議において協議され、NBROとJICAとの間でM/Mが取り交わされた。同M/Mを添付資料7-3に添付する。

2) レビュー提言

提言及びそれに基づいた実施状況について表3.2に示す。

表 3.2 終了時評価時における提言と実施状況

提言内容	終了時評価後の実施状況
NBRO とコンサルタントチームに対する提言	
(1) PDM の上位目標の変更 <u>現在の上位目標</u> 上位目標：対象地域の土砂災害の発生件数が減少する 指標： 2017年～2020年の土砂災害の発生件数 <u>修正案</u> 上位目標：NBRO または NBRO の支援によって、本事業から得た経験や技術を用いた土砂災害対策工が実施される。 指標： 全ての土砂災害対策工（事前調査の開始を含む）が NBRO または NBRO の支援によって本事業を通じて得た技術と経験を用いて実施される。	終了時評価時の JCC 会議において、PDM の変更が提案され、承認された。
NBRO に対する提言	
(1) NBRO 地方事務所への対策工の担当者の配置	瑕疵担保期間中、各パイロットサイトに担当を配置し、コンサルタントチームと共にモニタリングを実施した。
(2) 事業終了後の対策工の適切な管理	年に2回の雨期その他、豪雨後等、少なくとも2回/年はモニタリングシートを用いて維持管理を行う予定である。モニタリングの結果、問題があった場合は、JICA スリランカ事務所に報告を行う予定である。
(3) 土砂災害対策工の活用と、公式書類としての承認	NBRO と共に作成したマニュアルを活用し、公式書類として承認され、共有される予定である。
(4) 本事業の成果の他の土砂災害対策事業への有効活用	本業務で得られた知識や経験を他機関が実施する他の土砂災害対策事業等に活用する予定である。
コンサルタントチームに対する提言	
(1) 対策工の設計に関する研修の実施	2018年3月19日に主として対策工の設計に関するワークショップを開催し、技術移転を行った。

3.2 カウンターパート本邦研修

3.2.1 第1回本邦研修

2015年4月19日から4月28日の日程で第1回本邦研修を実施した。研修目標として以下の3項目を設定した。

- ① 日本の土砂災害対策の計画策定・実施・モニタリング体制を理解する
- ② 日本の代表的な崩壊・落石・地すべりの対策方法を学ぶ
- ③ スリランカに適応可能な土砂災害対策方法を学ぶ

研修にはNBRO本部及びキャンディ県、マータレ県から計5名の上級実務担当者が参加し、国土交通省本省、国土技術総合研究所（国総研）、土木研究所、（一財）砂防・地すべり技術センター、国交省中部地方整備局富士砂防事務所、静岡県、神奈川県を訪問した。前半に座学を中心とした講義を設定し日本における土砂対策の概要を学び、後半に現場視察を組む形とした。

3.2.2 第2回本邦研修

2017年5月14日から5月27日の日程で本業務における第2回本邦研修を実施した。研修目標は前回に引き続き以下の3項目を設定した。なお、NBROの要望を踏まえ現地で頻発した土石流対策についても追加項目として研修に組み込んだ。

- ① 日本の土砂災害対策の計画策定・実施・モニタリング体制を理解する
- ② 日本の代表的な崩壊・落石・地すべり・土石流の対策方法を学ぶ
- ③ スリランカに適応可能な土砂災害対策を学ぶ

研修にはNBRO本部、ラトナプラ県、ゴール県から計5名の実務担当者が参加し、第1回研修と同様に国土交通省本省、国土技術総合研究所（国総研）、気象庁、土木研究所、（一財）砂防・地すべり技術センター、国交省中部地方整備局富士砂防事務所、静岡県、神奈川県、日本工営株式会社中央研究所等を訪れた。

国土技術総合研究所では第3回短期専門家として派遣された同一講師から急傾斜や土石流災害の危険区域設定に関する講義や派遣時に実施したワークショップ等の補足事項を説明いただいた。気象庁では本邦における気象観測と土砂災害早期警戒との関連性や地方行政機関との連携等について説明いただいた。このほかの各機関から本邦における土砂災害対策の概要や対策手法を学び、NBROから強い要望のあった土質試験所の視察も実施した。

第1回、第2回ともに現場視察を通じて実際に施工された対策工を確認するとともに、スリランカでの手法と比較してどういった違いがあるのか、設計基準や施工方法等について協議及び考察を行った。ス国では経済発展や技術力の向上等により、徐々に構造物による対策工の実施能力の向上、対策対象範囲の拡大、対策実績の蓄積が進んでいるが、その一方でそれらの調査や設計、メンテナンス、維持管理に関する各種の制度面での整備が立ち遅れていると考えられる。本邦では行政機関による対策工実施までには多くのプロセスが制度化されていることから、ス国においてもそういった取り組みの必要がある、と改めて認識を深めていた。

第1回及び第2回のどちらの研修参加者もスリランカに適用可能な対策工や対策の方針・手法についてアイデアを得ることができ、大変有益であったとの声が聞かれた。

本邦研修の受け入れ実績は添付資料5に示す。



神奈川県内対策工事の現地視察



由比地区地すべり対策工事の現地視察



土質試験所の視察



静岡県庁における土砂災害対策説明

写真 3.1 本邦研修時における各機関への訪問

3.3 広報活動

本事業における広報活動として、表 3.3 に示す活動を実施した。

表 3.3 広報活動一覧

現地	本邦	内容
記者勉強会		
○		防災に関する記者勉強会を開催 (2014.12.16)
JICA ウェブサイトへの掲載		
○	○	2014年10月に発生したコスランダ災害に関する調査報告の掲載 https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/press/141107.html https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/press/141125.html https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/150623.html ※最終報告書は英語・シンハラ語・タミル語で作成
	○	NBRO への日本製ボーリングマシンの導入について報告 https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/150908.html
	○	本事業における JICA 新人職員研修の実施について報告 http://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/151015.html
	○	JICA 事業関係者合同チームによるリリスランド (Lilisland) 地すべり調査の実施について報告 http://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/151029.html
	○	コスランダ土砂災害から1周年 災害対応能力強化の現場に携わる専門家からの提言を掲載

現地	本邦	内容
		http://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/151119.html http://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/151224.html http://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/160108.html
	○	リリスランド（Lilisland）地すべり災害における雨量計調査結果を報告。 http://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/151125.html
	○	第1回本邦研修の実施を報告 https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/160613.html
○	○	2016年5月に発生したアラナヤケ災害に関する調査報告の掲載 https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/ku57pq00000bllgh-att/20160522_report.pdf https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/160908.html
	○	短期専門家派遣の活動実績の掲載 https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/ku57pq00000bllgh-att/20170202_report.pdf
SNS への発信		
○	○	JICA スリランカ事務所の Facebook にプロジェクト活動の一部が掲載 同 Facebook に、YouTube に投稿したコスランダ地すべりのヘリ調査活動のリンクが 関連付けられている https://www.facebook.com/jicasrilanka https://www.youtube.com/watch?v=slCaNBZHyQo
パンフレット、ニュースレター制作		
○	○	長期専門家の派遣期間である2014年10月～2017年3月の活動記録をパンフレット として作成（和文と英文併記）。 http://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/150813.html http://www.jica.go.jp/srilanka/english/office/topics/150812.html https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/160615_01.html https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/160907.html https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/170209.html https://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/170524.html
○		NBRO News Letter で本事業の紹介号として、活動概要の紹介記事の作成 http://www.nbro.gov.lk/images/content_image/pdf/jica_newsletter.pdf
広報を目的としたイベント		
○		防災へのリモートセンシング技術活用ノウハウ共有セミナー（2014.1.21） http://www.jica.go.jp/srilanka/office/information/event/150216.html
○		スリランカ国各省庁関係者の参集による防災ワークショップを実施。 第1回：Information Management 第2回：2nd Workshop on Review of Disaster Management Mechanism of Sri Lanka Based on the Experiences Gained in Sri Lanka and Japan Seminar on Introduction of Japan's Landslide Mitigation Experiences for Sri Lanka 第3回：Introduction of Disaster Imagination Game and Japan's Experiences for Institutionalizing the Culture of Prevention on Disasters
テレビ・新聞等		
○		Daily Mirror に地すべり対策に関する長期専門家他の提言が紹介される（2015.10.22）
○		Lakubima Paper にコスランダ対応について関連記事が掲載される
	○	読売新聞朝刊に関連記事の掲載
	○	第2回本邦研修が静岡新聞、NHK、静岡テレビで紹介
投稿・学会誌発表等		
	○	（公）日本河川協会発行 雑誌「河川」2015年1月号 海外レポート：土砂災害対策能力強化プロジェクト
	○	（一財）全国治水砂防協会発行 雑誌「砂防と治水」2013年12月号 特集：スリランカの土砂災害の実態と対策
	○	（一財）全国治水砂防協会発行 雑誌「砂防と治水」2014年6月号

現地	本邦	内容
		海外コーナー：スリランカを訪問して
	○	(一財) 全国治水砂防協会発行 雑誌「砂防と治水」2015年2月号 報告：土砂災害対策能力強化プロジェクト
	○	(一財) 全国治水砂防協会発行 雑誌「砂防と治水」2015年12月号 海外コーナー：スリランカ生活
	○	(一財) 砂防・地すべり技術センター発行 機関紙「SABO」2016年 冬 海外事情：スリランカでの土砂災害対策
	○	(一財) 砂防・地すべり技術センター発行 機関紙「SABO」2016年 夏 コラム：スリランカの外食事情
	○	(公) 砂防学会発行 「砂防学会誌」vol.68, No.2, p.41-44, 2015 災害報告：2014年10月29日にスリランカ国で発生したコスランダ地すべり災害報告
	○	(一財) 全国治水砂防協会発行 雑誌「砂防と治水」2016年12月号 報告：スリランカ国における土砂災害のソフト対策に関する技術協力
	○	(公) 砂防学会発行 「砂防学会誌」vol.69, No.6, p.67-70, 2017 災害報告：アラナヤケ土砂災害現地調査報告
	○	(一財) 土木研究センター発行 「土木技術資料」vol.59, May, 2017 現地レポート：スリランカにおける土砂災害に関する技術協力プロジェクト
	○	(一財) 全国治水砂防協会発行 雑誌「砂防と治水」2017年6月号 報告：スリランカ国における土砂災害のソフト対策に関する技術協力
	○	(一財) 砂防・地すべり技術センター発行 機関紙「SABO」2017年 夏 海外事情：スリランカ JICA 土砂災害対策強化プロジェクトの任期を終えて
	○	(一財) 全国治水砂防協会発行 雑誌「砂防と治水」2017年8月号 報告：スリランカ自然災害リスクと土砂災害対策に関する国際セミナーへの参加
	○	(一財) 全国治水砂防協会発行 雑誌「砂防と治水」2017年10月号 報告：スリランカ JICA 土砂災害対策強化プロジェクトの任期を終えて
その他		
	○	スリランカ国主催防災会合にて本事業について発表
	○	コロンボ大学人材開発研究所にてコスランダ土砂災害に対する空中からの調査結果報告及び事業紹介
	○	ゴール県において小学校教員向け防災教育研修会にて本業務内容及び土砂災害に関し発表
	○	スリランカ財務計画省国家計画局に対しコスランダ土砂災害調査結果報告及び事業説明、意見交換の実施
	○	首相官邸 HP にコスランダの土砂災害調査が掲載される http://www.japan.go.jp/newspaper/20141201/International_Cooperation.html
	○	ハンバントータで開催の National Safety Day にて事業紹介を行うとともに、現地調査に使用した UAV をブース展示
	○	アシリ NBRO 長官、マーク DMC 長官が仙台会合でスリランカの土砂災害について報告
	○	国土交通省海外プロジェクト推進課及び日本防災プラットフォーム (JBP) の依頼により、スリランカの斜面防災の現状及び日本としてどのような分野でスリランカに協力できるか、長期専門家が報告。



図 3.1 静岡新聞の紹介記事(2017年5月19日発行)



図 3.2 テレビ静岡のニュース番組(2017年5月18日夕方放送)

第4章 成果1にかかると活動実績

4.1 パイロット地区での土砂災害についての予備調査・概査を実施する（活動1-1）

2014年10月から11月にかけてパイロットサイトであるキャンディ県ナース訓練学校、マータレ県 Alagumale 地区、ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区、バドゥツラ県 Badulusirigama 地区において、対策工設計のための予備調査を NBRO 職員とともに実施し概況調書に取りまとめた。図 4.1 に作成した概況調書例を示す（その他地区は添付資料 9-3 を参照）。

また同期間中に、各パイロットサイトにおいて対象斜面の3次元地形データ取得を目的とした UAV 空撮を NBRO 地方事務所の協力の下で実施した。撮影した写真からは、対象斜面の地盤・地表被覆物高データ (Digital Surface Model : DSM)、等高線、斜度、オルソ画像、立体写真及び余色立体図を作成し、以後の調査及び設計の基礎データとした。

パイロットサイト 概況調書					
Site name	Nurse's Training College (Kandy District)	調査者	Mr.R.Peris (Kandy Office) 判田、藤、川上、和田	調査実施日	2014/10/22
災害形態/規模	斜面崩壊	規模	上部斜面 幅100m×長さ20~30m 下部斜面 幅90m×長さ15~20m		
地質構造	片麻岩類を基盤とし、地表付近は同岩類の強~完全風化部と崩壊土が分布し不安定である。				
植生、土地利用	全面に草本類が繁茂し、灌木も散在している。人工的な改変跡も数箇所認められるが土地利用はされていない。				
現地の概況	対象地区はキャンディ看護学校の背後斜面と前面の斜面であり、いずれも斜面勾配は30~45度、高低差は15~18m程度である。表層部の崩壊を繰り返した経緯があり、2014年10月、12月末の降雨時にも対象地区と周辺斜面で複数箇所の崩壊が発生している。				
災害の発生機構	降雨時に大量の雨水が地表から浸透し、不安定化し崩壊する。急斜面であるために崩壊を生じやすい。深度0.5~1m程度、幅10~20m程度の崩壊が繰り返し発生している。				
被災影響範囲	上部斜面の崩壊により本校舎が土砂の直撃を受け被災する。(斜面末端が1m以内に近接) 下部斜面の崩壊により幹線道路が土砂で埋積し通行不能となる、学校敷地も不安定となり校舎に影響が及ぶ				
調査計画	地形測量：100×150m (1:200)、横断測量L=50m/本×8箇所 調査ボーリング：15~20m/本×3孔 物理試験：粒度、密度、液性限界				
対策工法および選定理由	地山の安定化のために鉄筋挿入工を施工するとともに、地表面の安定化を考慮し法种工を併用する。				
施工上の問題点	下部斜面には送電架線と旧崩落時に打設されたスチールプレートがあり、施工時の障害となる。さらに、末端部の道路はバスも通行し交通量が多い。施工範囲の設定に際しては周辺斜面の所有者の確認が必要である。				
状況写真					
全景(中央がNursing school)		下方斜面の末端部の道路			
背後斜面と本校舎		学校敷地より下方を見下ろす			

図 4.1 概況調書のサンプル(キャンディ県ナース訓練学校)

予備調査に加え、各パイロットサイトの周辺住民からコミュニティにおける過去の災害履歴、避難体制、地方行政との連絡体制等について聞き取り調査を実施した。調査には各地方事務所のNBRO職員も同行し、現地の状況をお互いに確認した。表 4.1 に聞き取り内容を示す。

表 4.1 対象コミュニティにおける聞き取り調査結果

コミュニティ名	訪問日	聞き取り内容
Nuwara Eliya 県 Udamadura 地区	2014/11/12	2007年に地すべりが発生しており、多くの世帯が被害を受けた。2011年に村長のような役割を果たすGN（Grama Niladari）及び地元警察によって地すべりに関する啓発活動が実施された。コミュニティには15の雨量計がスリランカ赤十字によって設置されており、それぞれの雨量計には管理人が選定されている。コミュニティ内で独自の警報システムが構築されており、雨量計の値が警報レベルに達すると雨量計管理人からGNに連絡が入り、警報伝達係の住民が割り当てられている民家にそれぞれ連絡を取る仕組みとなっている。コミュニティセンターが避難所として設定されているが、住民からはセンターの安全性を疑問視する声が聞かれた。
Badulla 県 Badulusrigama 地区	2014/11/13	2011年に大規模な地すべりが発生しており約20世帯が被害を受けた。その後、政府による移転計画が実行されたが大部分の住民は一時的に移転地に滞在したものの、コミュニティに戻ってきていることが明らかとなった。理由としては移転地が遠隔地にあり不便であることなどが挙げられた。移転地から戻ってきたという事もあり、住民は政府から見捨てられている気がする、といった声が聞かれた。このコミュニティには簡易雨量計は設置されておらず、政府からも警報や情報伝達に人が来ることはないとの事であった。
Kandy 県 ナース訓練学校	2015/02/23	2010年に斜面崩壊が発生している。以降、NBROからの推奨を受け、水流逸らしやビニールシートで斜面を覆うなどの対策を取っているものの、避難場所の設定などは行っていない。2014年12月に小規模の斜面崩壊が発生した際に土砂により教室の窓が割れるなどの被害があり、一部の教室が使えない状況となっている。
Matale 県 Alagumale 地区	2015/02/23	落石の発生後、約20世帯に対して移転計画が出されたが、半数が移転しない、もしくは移転後にコミュニティに戻ってきている状況となっている。理由としては、移転地は街から離れている、子供の学校が遠くなるなど声が聞かれた。雨季には近くの親戚の家もしくはお寺にて1ヵ月から1ヵ月半ほど過ごす住民もいる。住民は落石やその他の土砂災害の危険性については認知しているが移転するという選択肢はないようである。

4.2 パイロット地区の候補地における測量、地質及び地質工学調査を実施する (活動 1-2)

各パイロットサイトにおいて、表 4.2 に示す測量と地質調査を実施した。測量は現地再委託として実施し、地質調査はNBRO職員が実施する各種の調査にコンサルタントチームが同行し技術指導を行った。これらの調査実施に当たっては、本業務の主要な目標の一つである、高品質なボーリングコアサンプルを採取するため、コンサルタントチームが現地に滞在しながら掘削指導を

行った。また、採取されたコアの観察も C/P と共に実施し、コア観察指導とボーリング柱状図の記載方法などの指導を行った。

表 4.2 パイロットサイトにおける測量および地質調査項目

箇所名	調査内容	項目	数量	
キャンディ県 ナース訓練学校	測量	平板測量	1.5 ha	
		断面測量	220 m	
		UAV 測量・解析	0.04 km ²	
	地質調査	コアボーリング調査	BK-1 (深度 15m)	
			BK-2 (深度 20m)	
			BK-3 (深度 20m)	
標準貫入試験		3 箇所、1m 間隔		
マータレ県 Alagumale 地区	測量	平板測量	1.5 ha	
		断面測量	220 m	
		UAV 測量・解析	0.25 km ²	
	地質調査	コアボーリング調査	BM-1 (深度 15m)	
			BM-2 (深度 15m)	
		標準貫入試験	2 箇所、1m 間隔	
ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区	測量	平板測量	6ha	
		断面測量	1200m	
		UAV 測量・解析	1.37km ²	
	地質調査	コアボーリング調査	BN-1 (深度 30m)	
			BN-2 (深度 40m)	
			BN-3 (深度 40m)	
			BN-4 (深度 40m)	
		標準貫入試験	3 箇所、1m 間隔	
	物理探査 (屈折法)	1,200m * 1 line + 600m * 2 lines		
	高密度電気探査	1,200m * 1 line + 600m * 2 lines		
バドゥッラ県 Badulusirigama 地区	測量	平板測量	7ha	
		断面測量	1300m	
		UAV 測量・解析	0.32km ²	
	地質調査	コアボーリング調査	BB-1 (深度 20m)	
			BB-2 (深度 20m)	
			BB-3 (深度 20m)	
			BB-4 (深度 20m)	
			BB-5 (深度 20m)	
			BB-6 (深度 20m)	
		標準貫入試験	5 箇所、1m 間隔	
	物理探査 (屈折法)	800m * 1 line + 400m * 2 lines		
	高密度電気探査	800m * 1 line + 400m * 2 lines		

Udamadula 地区の BN-4 (深度 40m) 及び Badulusirigama 地区の BB-6 (深度 20m) において、本業務で調達したボーリングマシンであるダブルコアチューブを取り付けた油圧式ロータリーボーリング (D0-D (500ST)) を用いて、OJT 方式で NBRO のボーリング掘削スタッフ及び技術者に対して、地すべり調査のボーリング掘削技術の指導を実施した。

調達したボーリングマシンによるコア採取率は、NBRO の所有する既存のボーリングマシンによる掘削時よりも改善されたが、全体で約 60%しか達成していなかった。

今回の現地掘削指導で得られた結果から、将来的なコア採取技術の改題・改善方法について以下に示す。

- 1) 地すべり調査のためのボーリング掘削の目的は、連続かつ高品質なコアを採取であることを十分に理解することが重要である。

- 2) 上記の目的を達成するためには、掘削技術者の長期的な努力と経験が必要である。また、NBRO から若い掘削技術者を今回調達したマシンの責任者に指定し、若い掘削技術者による長期的な努力や経験が、NBRO 内に広がることが望まれる。
- 3) 掘削において、循環流体（水或いは泥水）について、送流量と送流圧水が大きすぎると、コアの一部が流失することがあり、また、ロードの回転率が大きくなると、コアが破碎され、乱されることがあるため、地層の硬さに応じて送流量、送流水圧、ロード回転率などを調整して高品質なコアを採取するよう長期的に努力する必要がある。
- 4) すべり面推定の根拠（もしくは資料）をより多く得るため、掘削中に送流量、送流水圧、ロード回転率、循環水の色変化とその掘削深度等を含む掘削日報を作成することも重要である。
- 5) NBRO の掘削技術者は、地質・土質に関する知識が乏しいため、掘削中に地質・土質専技術者の助言が必要である。
- 6) すべり面推定の技術として、今回作成したコア観察によるすべり面の判定ガイドは、きわめて初歩的なもので、今後、スリランカでの地すべり地質調査の経験を通して改善されていくことが望まれる。



C/P によるボーリング作業状況



C/P へのコア観察指導



調達したボーリングマシンでの掘削状況



乱されたコア状況の原因説明

写真 4.1 ボーリング掘削に関する技術移転

BORING CORE PHOTO				Depth (m)	Recovery rate
JICA Technical Cooperation for Landslide Mitigation Project					
BOREHOLE NO.	BB - 6	BOX NO.	1 - 4.		
LOCATION	Badulla Pilot Site	DEPTH (M)	0.0m - 20.0m		
				1	90%
				2	70%
				3	40%
				4	0%
				5	20%
				6	90%
				7	80%
				8	60%
				9	90%
				10	30%
				11	90%
				12	75%
				13	75%
				14	40%
				15	0%
				16	75%
				17	90%
				18	75%
				19	30%
				20	30%

図 4.2 調達したマシンにより採取したボーリングコア(平均採取率 60%)

4.3 ピエゾメータ、地盤伸縮計、ピエゾメータ付ひずみ計、孔内傾斜計等の必要機材を設置する（活動 1-3）

実施した予備調査の結果を基に、NBRO 職員とプロジェクトチームが協議を行い、地すべりのモニタリング計器の配置計画を作成し、各観測各計器を設置した。各地区のモニタリング計器および調査平面図を示す。なお、これらの計器の設置に当たっては、コンサルタントチームが C/P に対し現地で設置指導を行った。

2016 年 7 月 6 日に発生した山火事により、バドゥッラ県 Badulusirigama 地区に設置した機材の一部が損傷を受けた。詳細は 5.1 で後述するが、機材の点検及び補修を行い、2018 年 7 月現在、問題なく観測を継続している。

表 4.3 モニタリング計器一覧表

箇所名	計器番号	計器種別	観測頻度
ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区	SN-1	地盤伸縮計	1 回/月
	SN-2		1 回/月
	SN-3		1 回/月
	BN-1	地下水観測用 PVC パイプ (L=30m)	1 回/月
	BN-2	孔内傾斜計 (L=40m)	1 回/月
	BN-3	パイプひずみ計 (L=30m)	1 回/月
	BN-4	地下水観測用 PVC パイプ (L=40m)	1 回/月
バドゥッラ県 Badulusirigama 地区	SB-1	地盤伸縮計	1 回/月
	SB-2		1 回/月
	SB-3		1 回/月
	SB-4		1 回/月
	BB-1	パイプひずみ計 (L=20m)	1 回/月
	BB-2	孔内傾斜計 (L=20m)	1 回/月
	BB-3	地下水観測用 PVC パイプ (L=20m)	1 回/月
	BB-4	孔内傾斜計 (L=20m)	1 回/月
	BB-5	地下水観測用 PVC パイプ (L=20m)	1 回/月
	BB-6	地下水観測用 PVC パイプ (L=20m)	1 回/月

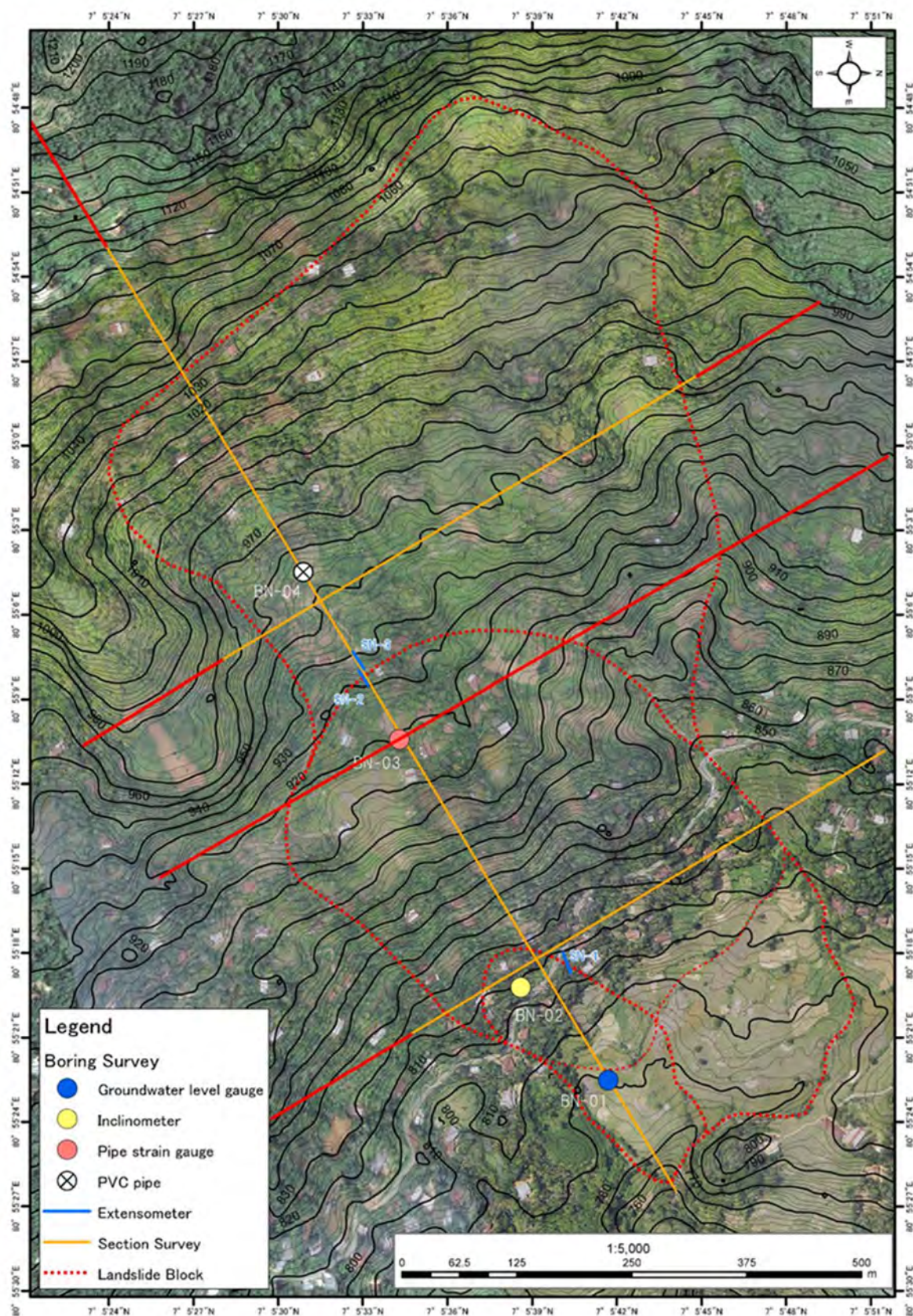


図 4.3 調査平面図(ヌワラエリヤ県 Udumadula 地区)

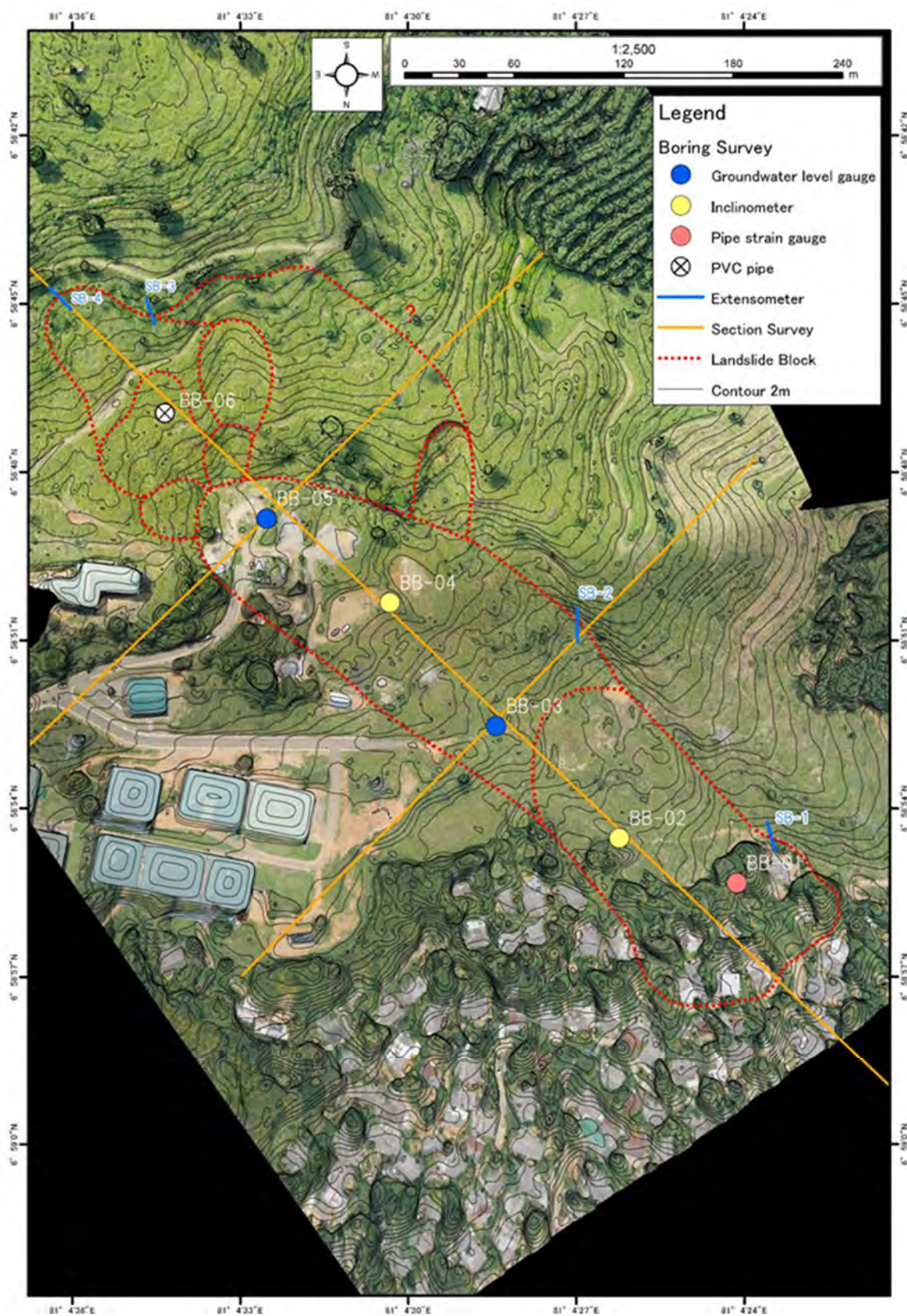


図 4.4 調査平面図(バドゥッラ県 Badulusirigama 地区)



計器設置計画に関する現場協議



計器設置指導



パイプ歪計の設置



地盤伸縮計の設置

写真 4.2 観測機材設置に関する技術指導

4.4 パイロット地区での土砂災害対策工の概念を考察し決定する（活動 1-4）

4.4.1 キャンディ県ナース訓練学校

斜面崩壊対策工の調査、設計について NBRO 本部職員およびキャンディ地方事務所職員を対象に現地および室内にて技術指導を行った。対象斜面における地質調査結果、風化岩盤が想定よりもかなり深部に及んでいることが判明したため、従来ス国で実施されてきた対策工事の規模および品質では十分な安定性が維持できないことが議論となった。検討の結果、対象斜面は当初想定された事業規模と大きく異なるため、パイロット工事の対象箇所から除外することとなった。（6.2 参照）

この結論に至る過程で多様な工法比較検討を行うこととなり、その成果は技術移転の資料として NBRO と共有された。

4.4.2 マータレ県 Alagumale 地区

対象地区の災害種は落石であり、過去に上方斜面を発生源とする径 3m 以上の規模の大きな落石が多数現場に散在している。設計方針としては落石規模が大きく、落石発生源の位置が 60～100m と高位にあることから、直接的に不安定岩塊を安定化させる工法（落石予防工）の適用は困難であり、落石を受け止める落石防護工を採用することを基本方針として NBRO と確認した。

工法設計に関しては、地形改変により落石を待ち受けるポケット工を土工主体で設置することが経済性、施工性のうえで最も適していることを説明した。

4.4.3 ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区及びバドゥツラ県 Badulusirigama 地区

地すべり対策工の概念について、本パイロット地区のみならず今後も C/P が主体的に検討を行えるよう助言・指導を行った。助言・指導に当たっては表 4.4 に示す各対策工の適用性等を検討したうえで、技術面・環境面・経済面・維持管理面などの視点から各パイロット地区の地すべり特性を考慮し、C/P と共に対策工を選定した。なお、これらに関しては JICA 本部、長期専門家とも協議を行い、対策工選定の考え方について関係者間の共有を図った。

表 4.4 地すべり対策工の一般的適用性

分類	工種		効果	経済性	環境	維持管理
抑制工	地表水排除工	水路工	○	◎	◎	◎
	地下水排除工	横ボーリング工	○	◎	◎	○
		集水井工	◎	○	○	△
		排水トンネル工	◎	△	△	△
	排土工	-	○	◎	○	◎
	抑え盛土工	-	○	◎	○	◎
河川構造物	砂防ダム	○	○	○	○	
抑止工	アンカー工	-	◎	△	○	△
	杭工	-	◎	△	○	○
	深礎工	-	◎	△	○	○

◎：非常によい ○：よい △：場合によりよい

Udamadula 地区においては、地すべり活動の誘引である豊富な地表水および浅層地下水の排除を行うことを対策工設計の基本方針とした。効果や経済性の観点から、水路工、堰堤と横ボーリング工を NBRO とともに選定した。横ボーリング工は地すべり地全体をカバーできるよう平面配置の計画をした。

Badulusirigama 地区においても同様に、地すべり活動の誘引である地表水および浅層地下水の排除を行うことを対策工設計の基本方針とした。特に地すべり変動が大きい地すべり斜面の下方地域を対象として、横ボーリング工、水路工を計画することを NBRO と決定した。

これらの対策工の選定に際しては、対策工の選定フローや選定のポイントなどを定例協議やセミナーを通して NBRO に指導した。

4.5 コンプレッサーの調達を行い、土砂災害対策のためのコンプレッサーを用いた建設実施計画を作成する（活動 1-5）

本業務において表 4.5 に示す機材調達が行われた。各機材の活用については NBRO の意向を考慮し機材活用計画として添付資料 8 に整理した。

表 4.5 調達機材

調達時期	種別	使用目的	仕様等
第 1 期	ボーリングマシン 型式：D0-D(500ST)	調査ボーリング	掘削可能深度：鉛直 50m ポンプ、アタッチメント、運搬機等を含む
第 2 期	エアコンプレッサー	水平ボーリング	エア出力：app 700-850CFM

型式：PDSF750S-4B3	鉄筋挿入工	作動圧力：app 10-12 bar (kgf/cm2G).
-----------------	-------	--------------------------------

4.5.1 コンプレッサーを含む調達機材一式の導入支援

コンプレッサーは2017年7月9日にコロンボ港に到着し、2017年7月17日から20日にNBROの通関業務の支援を行い、2017年7月21日にコンプレッサーがNBROに納入された。



前面・右側面



後面・左側面

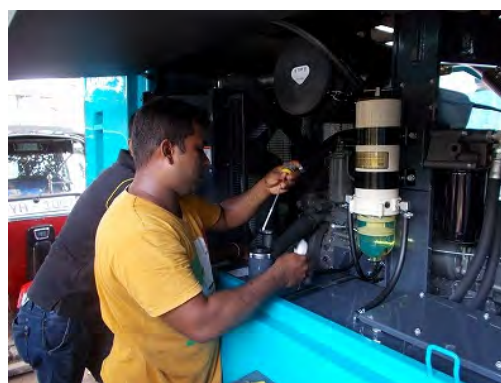
写真 4.3 納入したコンプレッサー

4.5.2 検査概要

NBROの機材責任者及び在庫管理責任者の立会いのもと、2017年7月25日に機材の状態と数量の検査を実施した。梱包状態は良好で、機材に錆や損傷は確認されなかった。また、数量の欠品もなく調達機材一式に問題はみられなかった。2017年7月26日にスリランカの現地代理店「General Sales社」のエンジニアがコンプレッサーの状態を確認した。



部品検品作業



コンプレッサーエンジンの状態確認

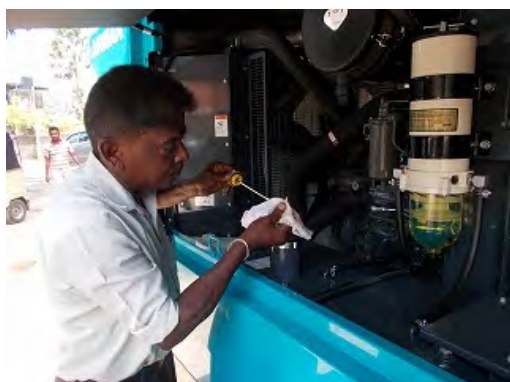
写真 4.4 検品作業状況

4.5.3 試運転及び維持管理指導

2017年7月31日にNBROの機材責任者とコンプレッサー操作責任者の立ち会いのもと、コンプレッサーの試運転と操作方法の確認を行った。またNBROの機材責任者とコンプレッサー操作責任者に対し、以下の維持管理・安全操作指導を行った。

- 「ログブック」に基づく維持管理方法の確認

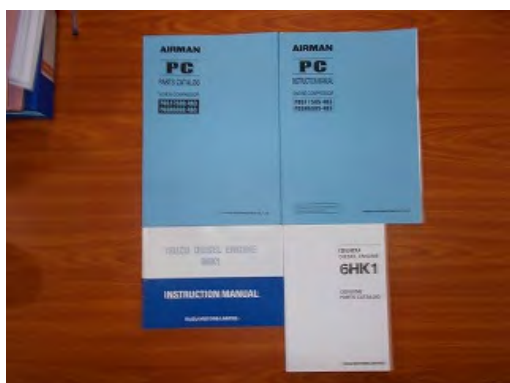
- 維持管理マニュアル、パーツカタログの確認
- 不具合発生時の対応方法（現地代理店とメーカー担当者の連絡先）
- 現地代理店を通じたスペアパーツの注文方法
- エアーバルブ及び、高圧エアーホースの取扱い方法
- 非常停止スイッチの操作方法



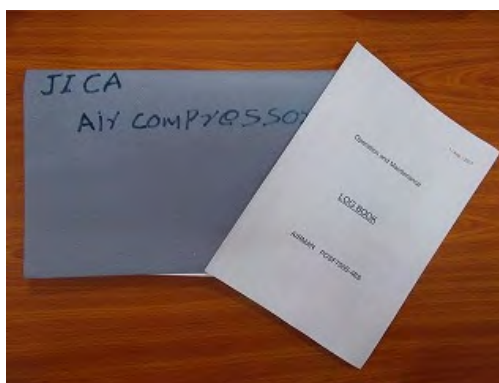
始業前点検(エンジンオイル)



牽引部分の確認



操作マニュアル及び部品カタログ



NBRO コンプレッサーファイル及びログブック

写真 4.5 試運転状況及びカタログ等

4.5.4 検査・技術指導報告

2017年7月31日の試運転、操作説明、維持管理指導の終了後に、プロジェクト専門家はNBROの所長に機材の検査及び技術指導について報告した。8月3日にJICAスリランカ事務所に業務完了報告を行った。

4.5.5 課題及び今後の対応

1) 「ログブック」を用いた機材の運用

NBROでは9台のボーリングマシンの使用記録・維持管理記録は、工事の作業日報に記録されている。ボーリングマシンの維持管理は、各ボーリングチームの責任者である「ボーリングマシンオペレーター」に一任されているため、維持管理の内容はオペレーターだけが把握している状況である。第1期のボーリングマシンの導入に際して、全てのボーリングマシンの維持管理内容

をオペレーターが記録するよう指導したが、2017年7月の調査時点で維持管理記録が保管されていないことが明らかとなった。

これに伴い、コンプレッサーの導入に際し、NBROの機材責任者と協働して、コンプレッサーチームの責任者（コンプレッサーオペレーター）が使用状況及び維持管理内容を記録できるように「ログブック」を作成した。「ログブック」には、使用日報、日常点検チェックシート、定期点検スケジュール表、定期点検チェックシートが含まれているため、ログブックを活用し正確に記録することによって、容易に機材の状況や維持管理内容を把握することができる。

上記した「ログブック」を用いて、9台のボーリングマシンの使用前後にも毎回記入するように指導を行った。統一した様式により各機材を確認することにより、NBRO内部での維持管理能力および管理体制の向上を図った。

2) モニタリングの実施

第1期ボーリングマシンの導入後、2018年8月現在、機材の状態は良好に保たれているが、維持管理内容が記録されていないことが判明した。そこで、エアーコンプレッサーについては、ログブックを活用し、維持管理内容が適切に記録されているか、モニタリングを実施することとし、NBRO機材責任者と協働で、「エアーコンプレッサーモニタリングシート」を作成した。

本業務では3ヶ所の土砂災害対策工事終了後、1年間の瑕疵担保期間にコンサルタントチーム及びNBROで定期的に対策工事のモニタリングを実施した。この対策工事モニタリングと並行して「エアーコンプレッサーモニタリングシート」を用いてコンプレッサーのモニタリングも実施した。プロジェクト終了後は、最低でも四半期に1回はモニタリングを行うように指導を行った。

第5章 成果2にかかると活動実績

5.1 パイロット地区での地すべりのモニタリング及び評価を行う（活動2-1）

ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区とバドゥッラ県 Badulusirigama 地区のパイロットサイトにおける C/P による定期的な地すべりのモニタリング（観測）体制構築を支援した。また、C/P に対して各計器のデータ回収方法・取りまとめ方法についても指導を行った。取りまとめに際しては、地すべり活動と降雨や地下水位との関係について理解が深まるよう、図 5.1 のような図表を用いて観測データの取りまとめ方法を指導した。着目点は変状の大きさと降雨量、他データとの関わりなどである。

また、グラフは地表および地中の変動と降雨や地下水位との関係、さらに対策工の効果が評価できるように、下記のような図を用いてデータを整理するよう指導した。どの程度の降水量があった時に、どの程度地下水位が上昇し、それがどう地すべり変動に影響を与えるのか、また、対策工を施工したことにより地下水位と地すべりの変動量にどのような変化が生じたのかを視覚的に分かるように指導した。

日本で用いられている地すべり変動の判定基準や管理基準値を示し、パイロットサイトの地すべりが活動的な変動なのか、それとも潜在的な変動なのか、また日本の管理基準値がス国で適用が可能なのかを C/P と議論し、地すべり評価に関する理解を深めた。

2016年7月6日にバドゥッラ県 Badulusirigama 地区の地すべり上部斜面で山火が発生し、地盤伸縮計2基（SB-3 および SB-4）の土台部分が損傷してしまったが、8月1日に地盤伸縮計のセンサーが正常に作動するかの簡易な検査を現地で C/P とともに実施し、動作に問題がないことを確認の上、同箇所に伸縮計の再設置及び観測を再開した。その際、計器の維持管理や作動検査の方法についての技術移転も図った。

さらに、同地区の地すべりでは、累積降水量が400mmを超えると活動が活発化する傾向があることを示し、今後の早期警報検討のための有益なデータとなることを C/P と確認した。2015年以降大きな降雨イベントは生じておらず、大きな地すべり性の変動は観測されていない。

また、図 5.1 に示したように、同地区では対策工施工後に、地下水位の低下が確認されている。最高水位はほとんど変わらないものの、降雨量が少ない時期においても基底水位の低下が認められる。この地下水位低下分が水平ボーリング工の効果と推定される。



地すべり観測データの解析指導



モニタリング方法の継続的な確認・指導

写真 5.1 地すべりモニタリングに関する技術指導

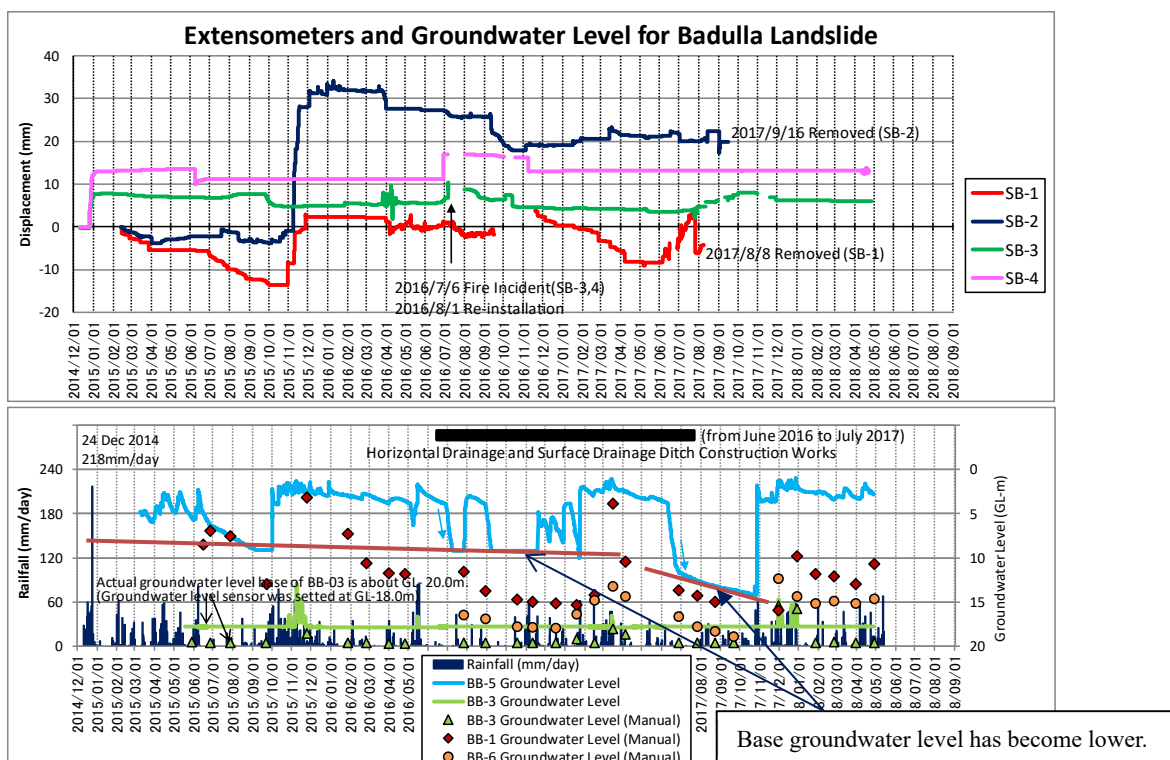


図 5.1 地盤伸縮計と地下水位計のグラフ (Badulla 地区)

5.2 パイロット地区での地すべり対策のための設計及び事業費の積算を行う (活動 2-2)

地質調査や観測データのモニタリング結果に基づき、NBRO およびプロジェクト関係者と合意した地すべり対策工の設計を行った。設計の際には、地すべりの安定計算や計算条件の設定についても C/P に指導するとともに協議を実施した。対策工の数量表、設計図面を作成し、工事費の積算を行った。積算に必要な単価は C/P が一般に使用している単価や市場調査に基づき設定した。これらの一連の作業は、コンサルタントチームが NBRO の指導を行いながら協働で行った。一般的に地すべり対策工は効果的に地下水を排除することが必要であり、その点についての技術移転に注力した。

以下に、作成した Udamadula 地区および Badulusirigama 地区における対策工の計画平面図および計画断面図を示す。

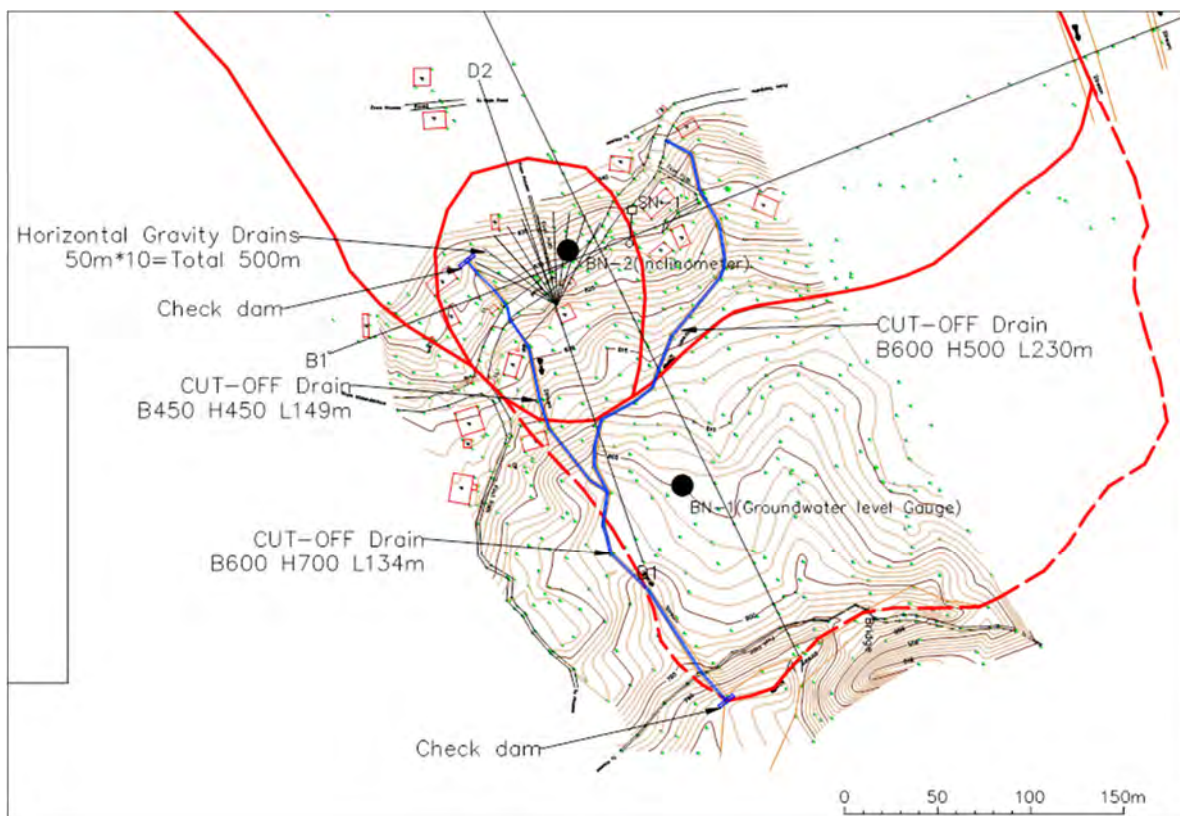


図 5.2 Udamadula 地区の対策優先箇所に対する対策工計画平面図

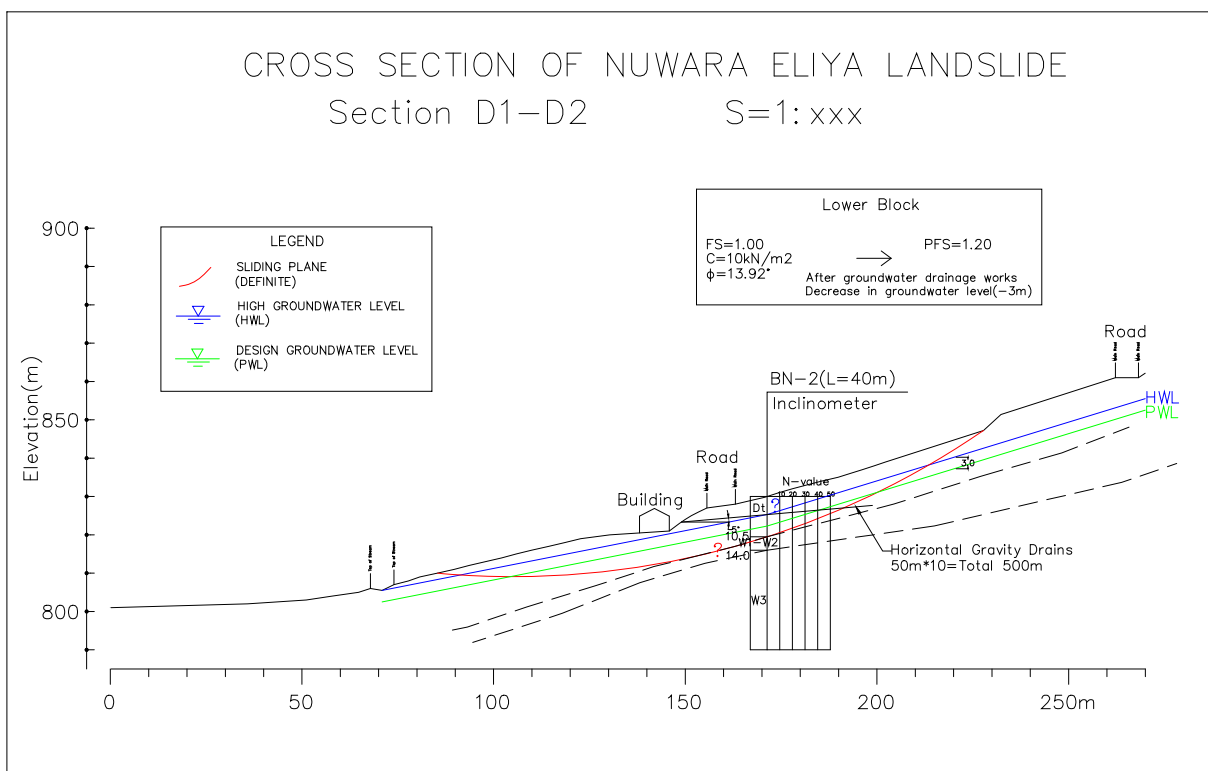


図 5.3 Udamadula 地区の対策優先箇所に対する対策工計画断面図

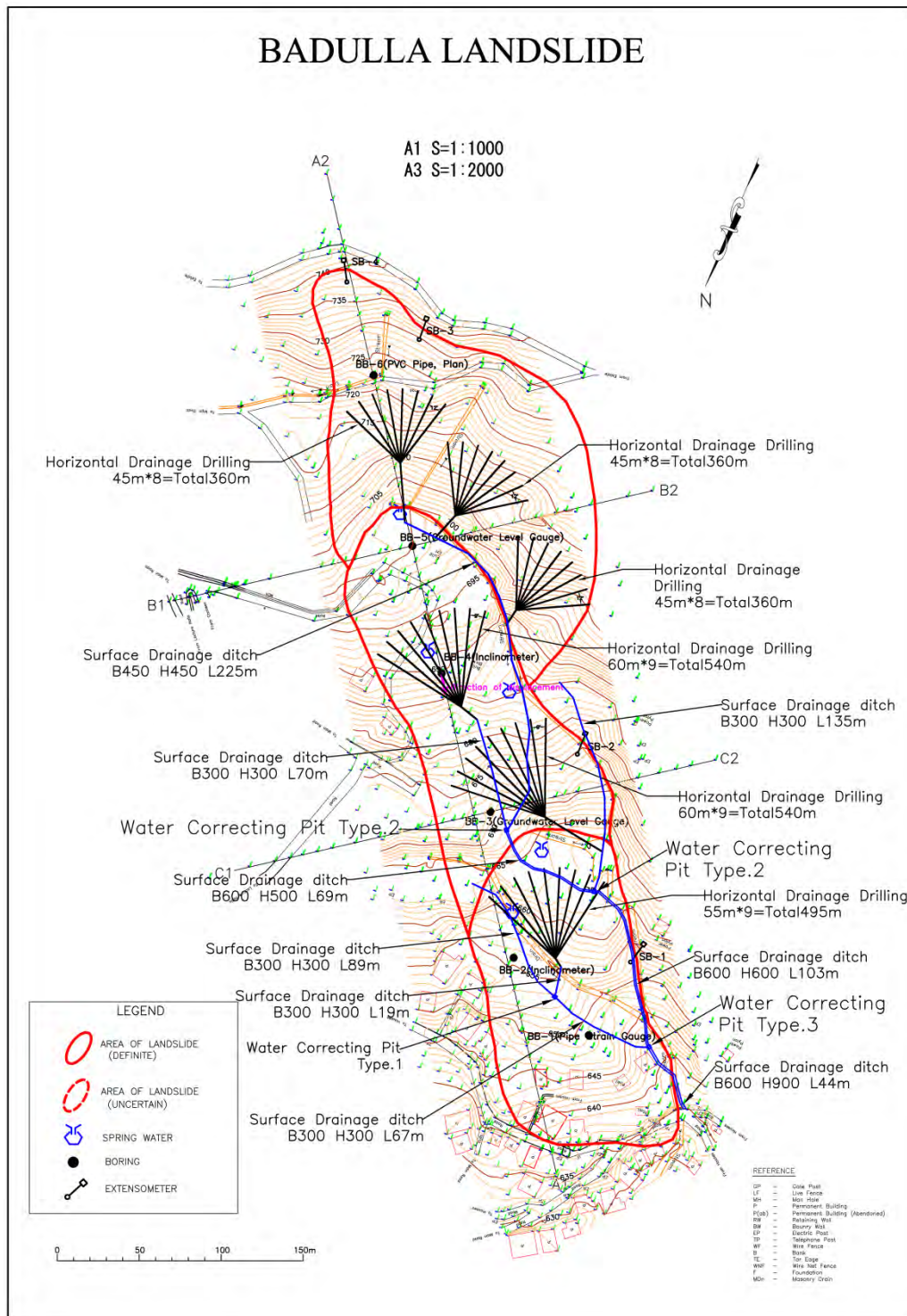


図 5.4 Badulusirigama 地区の対策工計画平面図

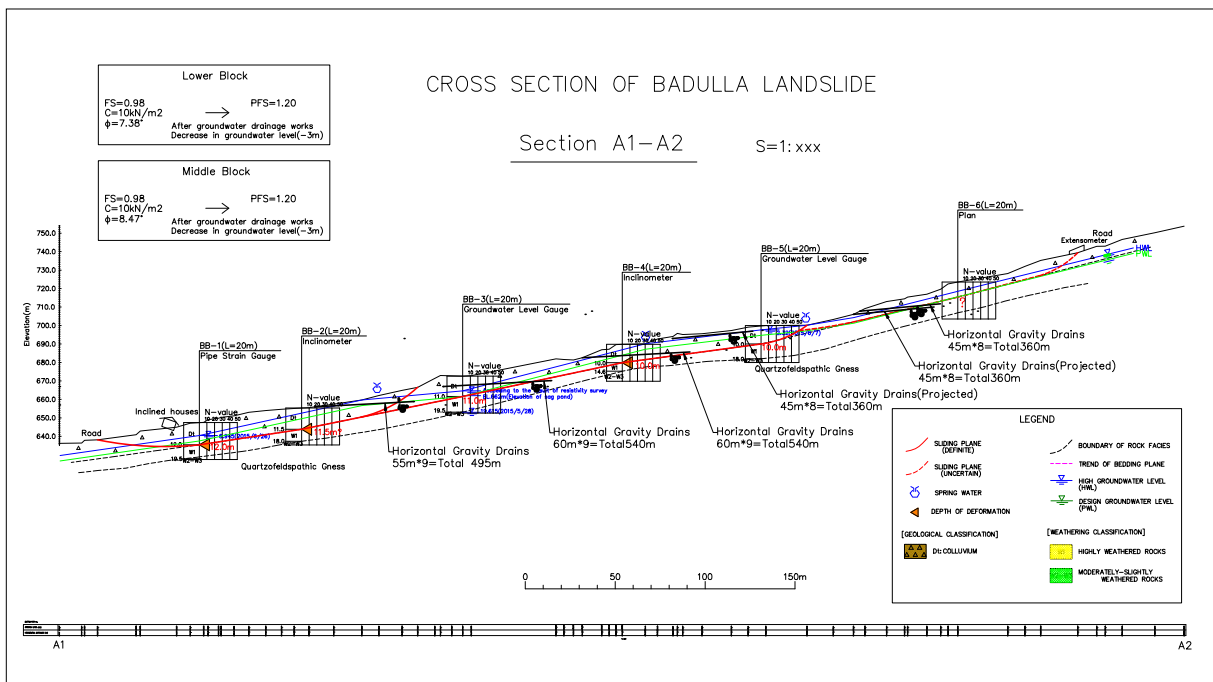


図 5.5 Badulusirigama 地区の対策工計画断面図

5.3 パイロット地区での地すべり対策のための入札書類を作成する (活動 2-3)

5.3.1 対策工入札方法の協議

地すべり対策及び落石対策工事は、JICA スリランカ事務所が施主となり、「一般競争入札」で対策工施工業者を選定された。ス国では、一般競争入札で使用される入札図書は CIDA (Construction Industry Development Authority : 旧 ICTAD) が発行する標準入札図書が使用されている。今回の入札は、JICA 無償資金協力事業の施設入札に準拠して実施されるため、NBRO の入札関係者に対して JICA 方式とスリランカ方式の入札手続きを比較説明するセミナーを開催し、参加者に以下の相違点を説明した。

1) 入札方法の違い

スリランカ方式の入札会では「Bidding opening committee」が入札参加会社の立会いのもと入札金額を発表する。その後「Bidding evaluation committee」が提出された「入札書類」を評価し落札会社を決定する。一方、JICA 方式では 2Envelope 方式で入札会が実施される。Envelope A (人員、施工日程等) の評価の結果、合格した企業の Envelope B (入札価格) が発表され、予定価格以内の最低価格を提示した企業の落札となる。

2) 予定価格の違い

スリランカでは応札書類作成時より資材価格が高騰した場合、値上がり前の資材価格をもとに積算された「予定価格」を上回る金額での落札は妥当であると考えられている。一方、JICA 方式では BOQ に基づいて積算された「予定価格」を超えた金額で落札することはできない。

5.3.2 PQ 公告、PQ 書類、入札図書作成

JICA スリランカ事務所の調達担当者とは PQ 公告、PQ 書類、入札図書について協議を行った。入札図書は 3 つのパイロット地区をそれぞれの 3 つの Lot に分けて、1 つの入札図書とした。各 Lot とパイロット地区の関係は以下の通りである。

- Lot 1 : バドゥツラ県 Badulusirigama 地区
- Lot 2 : ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区
- Lot 3 : マータレ県 Alagumale 地区

PQ 公告、PQ 書類は JICA 無償資金協力の標準書類に準拠したが、入札図書は、2011 年に JICA スリランカ事務所が実施した施設入札の図書に準拠した。この入札指示書はス国の標準入札図書に準拠し、契約書は JICA 無償資金協力施設入札の契約書に準拠している。今回の対策工が特殊であること、また、入札を適切に限られた期間内で完了させるために 2011 年スリランカ事務所版に準拠した入札図書を作成した。変更した点は以下のとおりである。

表 5.1 入札書類

入札書類	準拠した書類	準拠の理由
PQ 公告及び PQ 書類	JICA 無償資金協力事業の標準書類	特殊な対策工の施工経験の有無を把握するため JICA 基準に則った。
入札図書	JICA スリランカ事務所が実施した施設入札の図書 (2011 年版)	ス国の施工業者が入札書類の準備・作成が容易に作成できるよう、ス国標準入札図書に準拠した。
契約書	JICA 無償資金協力事業施設入札の契約書	JICA パイロットプロジェクトであるため JICA 契約書に準拠した。

2011 年版 JICA スリランカ事務所による施設入札図書との主な変更点 :

1) 入札価格

2011 年版では Lump sum price (一括請負固定価格) であったが、今回の対策工では、地質、地盤等によって施工が変更される可能性が生じるため、関係者の合意による契約内容の変更を可能とした。

2) 支払方式

2011 年版の支払方式は前払 40%、完成払 60%とされていたが、今回の対策工では、工期が 1 年以上に及ぶこと、またスリランカの支払方式が出来高月払であることを考慮し、四半期ごとの出来高払いとした。また、JICA 規定に則り、工事完了証明書 (certificate of completion of the work) の発行時まで出来高支払分の 10%は留保することとした。

5.4 パイロット地区での地すべり対策のための入札書類の評価及び施工業者の調達を行う (活動 2-4)

1) PQ 評価

PQ 書類は 17 社に配布され、そのうち 11 社から書類が提出された。Lot 1、Lot 2 への PQ 書類は 7 社から提出があり、うち 4 社は ICTAD (SP2) 登録がないため失格となったため、3 社が合格した。Lot 3 については 9 社から PQ 書類の提出があり、うち 1 社が ICTAD 登録書の未提出で失格となり、2 社が類似施工の経験実績がないために失格となったため、6 社が合格した。

表 5.2 PQ 評価結果

会社名	可否	不合格理由
Lot 1 及び Lot 2		
GEO ENGINEERING CONSULTAMTS (PVT) LTD.	合格	
ELS CONSTRUCTION (PVT) LTD.	合格	

会社名	合否	不合格理由
SOIL TECH (PVT) LTD.	合格	
RING ENGINEERING (PVT) LTD.	不合格	ICTAD (SP2) 未登録及び類似施工件数 3 件以下
PRIME TECH SOLUTIONS (PVT) LTD.	不合格	ICTAD (SP2) 未登録及び Prime contract での類似施工件数 3 件以下
KONDASINGHE CONSTRUCTIONS	不合格	ICTAD (SP2) 未登録、地質エンジニア不在及び書類不備
DHAMADASA CONSTRUCTION & ENTERPRISES	不合格	ICTAD (SP2) 未登録及び書類不備
Lot 3		
RING ENGINEERING (PVT) LTD.	合格	
ELS CONS TRUCTION (PVT) LTD.	合格	
SOIL TECH (PVT) LTD.	合格	
STATE ENGINEERING CORPORATION OF SRI LANKA	合格	
SANGUINE ENGINEERING (PVT) LTD.	合格	
GEORGE STEUART ENGINEERING (PVT) LTD.	合格	
KONDASINGHE CONSTRUCTIONS	不合格	類似施工経験の実績なし
DHAMADASA CONSTRUCTION & ENTERPRISES	不合格	類似施工経験が 5 年以内でない
S.M.A CONSTRUCTION	不合格	ICTAD 登録証未提出

2) 現場説明会及び入札前説明会

2015 年 12 月 1 日～3 日において、現場説明会および入札前説明会を現地にて実施した。日程及び参加業者は以下の通りである。

表 5.3 現場説明会参加業者

実施日	12/1	12/2	12/3
会社名	Lot 3 Matale	Lot 2 Nuwara Eliya	Lot 1 Badulla
GEO ENGINEERING CONSULTAMTS (PVT) LTD.	PQ 申請無	○	○
ELS CONS TRUCTION (PVT) LTD.	○	○	○
SOIL TECH (PVT) LTD.	○	○	○
RING ENGINEERING (PVT) LTD.	○	PQ 不合格	PQ 不合格
SANGUINE ENGINEERING (PVT) LTD.	○	PQ 申請無	PQ 申請無
参加社数	4	3	3

現地説明会はまず各 NBRO 地方事務所に集合し工事概要の説明を行い、現場に移動し施工箇所、工種、数量を確認した。また、現地確認後に入札図書、施工図書について質問を文書で受け付けるとともに、入札会の必要書類となる入札前会議のミニッツを各社宛に発行した。その後、質問に対する回答と現地説明会後に行った入札図書の改訂箇所を示した資料を 2015 年 12 月 25 日までに各社に配布した。



写真 5.2 入札前会議(マータレ県)



写真 5.3 現場説明会(ヌワラエリヤ県)

3) 入札会

入札会は2016年1月5日にJICAスリランカ事務所にて実施された。各ロットともに1回目の入札時には基準価格を超過していたが、2回目入札時に基準価格以内の入札額となり、第一交渉権業者の選定に至っている。Lot 1、Lot 2については3社間の競争入札となったが、Lot 3については2社が参加を辞退、1社が書類不備で失格したため1社での入札となった。参加業者と入札結果は表 5.4 の通りである。

表 5.4 入札結果

会社名	入札価格 (1回目)	順位	入札価格 (2回目)	順位
Lot 1 : バドゥッラ県 Badulusirigama 地区				
ELS CONSTRUCTION (PVT) LTD.	47,670,040.00	2	38,900,000.00	1
SOIL TECH (PVT) LTD.	45,058,370.50	1	39,800,000.00	2
GEO ENGINEERING CONSULTAMTS (PVT) LTD.	51,559,722.50	3	39,887,248.50	3
Lot 2 : ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区				
ELS CONSTRUCTION (PVT) LTD.	20,991,300.00	3	14,090,000.00	2
SOIL TECH (PVT) LTD.	16,985,463.00	1	14,700,000.00	3
GEO ENGINEERING CONSULTAMTS (PVT) LTD.	18,597,205.00	2	12,900,000.00	1
Lot 3 : マータレ県 Alagumale 地区				
ELS CONSTRUCTION (PVT) LTD.	辞退			
SOIL TECH (PVT) LTD.	辞退			
RING ENGINEERING (PVT) LTD.	書類不備により失格			
SANGUINE ENGINEERING (PVT) LTD.	31,895,864.00	1	30,669,100.00	1

単位 : LKR

4) 契約交渉

JICA と施工業者の契約交渉を実施するにあたって、JICA とコンサルタントチームは業者との協議をおこなった。内容は支払い条件、作業工程・期間、資機材の調達などである。この協議は2017年1月18日及び19日に実施され、契約締結は1月28日 (Lot 1 及び 3) 及び2月2日 (Lot 2) に行われた。



写真 5.4 入札会状況

5.5 パイロット地区での地すべり対策のための施工監理を行う（活動 2-5）

5.5.1 施工監理書類の作成

各施工業者は提出された施工計画書（Construction Plan）に基づき、施工及び施工管理を行った。工事に関わる基本的な書類は入札時に提出済みであるが、工事に際しての具体的な施工計画（仮設計画、施設配置計画、安全計画など）は含まれていなかったため、施工計画図面を含めて工事に関わる書類一式を取りまとめたものが、施工計画書として提出された。

また、NBRO とともに、出来型・数量管理、品質管理、安全管理などの方法や、月次報告書、四半期報告書などの書類取りまとめ方法について、契約業者を対象に説明会を実施した。

上記に関係して本業務で作成、共有した書類は以下のとおりである。

表 5.5 施工管理関係書類

No.	タイトル	内容	備考
1	Management for Quantity	出来高内訳書、BoQ にしたがった各工種について出来型比率を算出し、全体の進捗率を算出する	作成時点の完成高（施工済みの請負額）を計算する根拠となるため、金額計算結果は四半期報告に用いる
2	Check sheet for Quantity Management	上記出来高内訳書の作成根拠となる工種、施工箇所単位の数量シート	出来型が施工基準を満足しているかについてもチェックする
3	Standard for forms	各構造物の出来型基準（寸法）に関する基準	日本の施工基準をスリランカの施工状況を考慮して調整した

パイロット工事の施工管理は第三者技術者（以降、The Engineer：NBRO、コンサルタントチームの共同体）によって実施された。施工管理を主体となって実施するのは NBRO であるため、施工業者との協議とそれに基づくレターの発出、承認等のプロセスや施工管理基準類、施工方法等についてはコンサルタントチームから NBRO へ技術移転を行った。

5.5.2 ヌワラエリヤ県 Udamadula 地区

1) 概要

施工管理を実施するにあたって、NBRO の主催により、契約施工業者とともに住民説明会（Awareness Meeting）を 2016 年 4 月 10 日に実施した。住民約 50 名が参加し、工事の目的、地す

べりに与える効果、工事に関わる基本事項（工事内容、施工期間、施工区域等）、周辺環境に与える影響などを説明した。住民の関心は高く積極的に工事を受け入れ、協力する姿勢が見られた。

施工計画書については、施工業者は取りまとめたものを提出した経験は無く、施工機械、工程表、要員計画等、全てバラバラに提出されていた。安全計画書も同様に作成・提出した経験は無く、これについても指導を行い作成・提出がなされた。

施工管理指導については毎月1回コンサルタントチームが現場を視察し、その都度施工管理に関する指導を行った。施工管理にあたっては、施工管理基準をNBROと協議して作成した。この施工管理基準にしたがって、NBROとともに毎月施行数量の確認を行い、施工業者に月報作成の指導を行った。現場の施工管理体制としてはNBROのサイトエンジニアが定着しないことが問題となっていたが、2016年8月の視察時には人員交代がなされ、それ以降は常駐監理で実施した。

2) 水平ボーリング工

水平ボーリング工については、施工角度についての計測指導を行ったほか、掘削時や掘削終了後、及びPVCパイプ挿入時の写真管理についても指導を行った。

また、2016年5月、8月に水平ボーリング施工期間に民家及びその周辺で亀裂の発生があり、その発生原因の確認、亀裂のモニタリング、施工機械の見直しなどを行っている。

2016年5月の亀裂の発生については、水平ボーリングの先端から約20m離れた位置にある家屋であり、比高差も約15mと離れており、通常であればボーリングの影響は考えにくい。しかしながら、何らかの影響を与えた可能性があるため、施工方法を変更するなどの対応を行った結果、施工再開後には亀裂の拡大は認められなかった。

表 5.6 2016年5月の亀裂発生経緯と対応事項

日付	対応事項等
2016.5.7 土	No.5孔 施工開始 (0~22.5m)
2016.5.8 日	掘進作業 (22.5~40.0m)
2016.5.9 月	岩着確認によりパイプ挿入準備作業、亀裂発見 17:30頃
2016.5.10 火	検尺 (40m)、パイプ挿入 (24mまで)、亀裂計測開始
2016.5.11 水	現地作業休止
2016.5.12 木	合同現地確認 (NBRO、TCLMP、請負業者)
2016.5.13 金	周辺家屋における亀裂調査
2016.5.14 土	周辺家屋における亀裂調査
2016.5.16 月	方針協議 (NBRO、TCLMP、請負業者)

2016年8月に発生した亀裂は、同年5月に亀裂が発生した家屋よりもさらに離れた位置にあり、施工方法も変更していたため、影響があるとは考えにくかったが、亀裂のモニタリングを行った。施工終了後、本業務実施期間中において亀裂の拡大は認められていない。

表 5.7 2016年8月の亀裂発生と対応事項

日付	対応事項等
2016.8.22 月	亀裂発生の連絡
2016.8.23 火	亀裂発生状況の確認 (TCLMP)
2016.8.24 水	請負業者と協議 (NBRO本部)
2016.8.25 木	現地状況の確認 (NBRO)
2016.8.26 金	NBROとの協議 (NBRO本部)

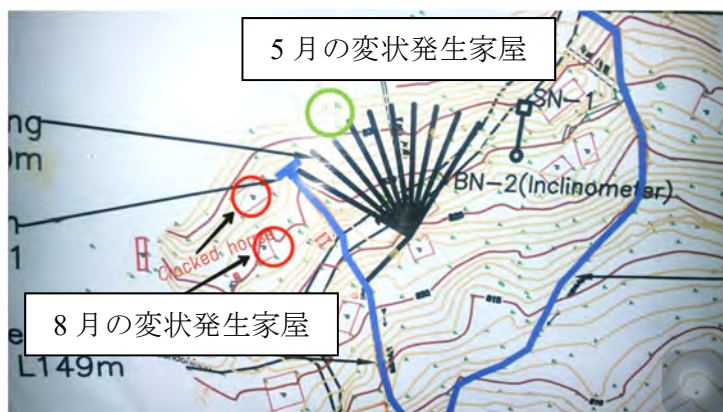


図 5.6 亀裂の発生位置



図 5.7 2016年5月民家に発生した
クラックの状況

3) 水路工

水路工について、2016年9月に著しい品質不良の箇所が確認された。NBROがまず現地で状況の確認を行い、その後コンサルタントチームも確認を行った。品質不良の主な状況は以下のとおりである。

- ハニーカム（いわゆるジャンカ）と現地で呼ばれるコンクリートの打設不良
- 水路がほぼ直角に曲がるなど、設計通りの施工ではない
- 鉄筋の配筋間隔や角度等が不均一で設計通りの施工ではない

現地で品質不良と認められた箇所については、施工業者が自社負担で再施工を行った。

上記の水平ボーリングに伴う亀裂の発生と水路の品質不良を主たる原因として、その対応のために2回の工期の延長を行い、工期は最終的に2016年11月15日から2017年3月15日まで延長された。品質不良の状況とその修正後の写真を示す。



ほぼ直角に曲がる水路



スムーズな線形に修正された水路



不自然な線形の水路



スムーズな線形に修正された水路



ハニーカムの状況



ハニーカムが修復された状況



鉄筋の不整配置



鉄筋の不整配置が修正された状況

写真 5.5 施工不良と修復の状況

4) 完成検査

2017年3月15日に完成検査がJICA スリランカ事務所担当、NBRO 及びコンサルタントチーム立会いの下実施された。完成検査時におけるコメントを以下に示す。

表 5.8 各 BoQ 項目に対応した The Employer からのコメント(Udamadulla 地区)

項目	コメント
2.1 健康および安全管理	作業実施説明に相当する写真、説明を最終報告書に添付する
2.2 環境保全対策	NBRO からの現場指導コメント (ログノート) とそれに対応した作業写真、説明を最終報告書に添付する
3.1 保険、補償	保険証券等、証明となる書類のコピーを最終報告書に添付する
4.1 プロジェクトサインボード	相当する写真、説明を最終報告書に添付する
5 検査報告	The Engineer のサインを付した試験結果書類を最終報告書に添付する
6.2 完成図書	作成責任者のサインを付した図面類を最終報告書に添付する
7.1 仮設足場	作業状況写真に説明を加える
7.2~7.3 水平ボーリング削孔	基本データがレターに残されていることを記載し、岩質区分の内訳は別途実績を示した表に整理する
11 小規模ダム工	Measurement sheet に各項目に対応した最終数量内訳を整理し、NBRO のサイトエンジニアのサインを付したものを最終報告書に添付する
Additional Work	<ul style="list-style-type: none"> - プロポーザルレターにおいて追加承認されていることを示し、工事写真を添付すること - 160 mmパイプ接続箇所については埋め戻す前の写真を添付すること

現場確認の結果に基づき発注者(JICA スリランカ事務所:以降、The Employer)からなされたコメント

(作業指示にともなう工事数量や契約金額の変更は無いことについて同意済み)

- TypeC 水路の流末部 (集水桝周辺) については早急に完成させること
- 水路側壁から湧水状に水漏れしている箇所については補修工事をおこなう (TypeB 区間)
- 水路側部からの地表水流入箇所については水路断面、流路表面の仕上げ工をおこなう (TypeB 区間)

上記の未完成箇所、補修箇所については早急に完成写真を The Engineer に送付することで同意がなされた。2017年3月16日に施工業者から送付された完成写真について The Engineer が内容確認を行い、集水桝周辺を除いたいずれの箇所についても指示どおりの作業が実施されていることが確認された。集水桝周辺については、雨期のため多量の流水があったことから作業が工期内には終了することができなかった。集水桝周辺及びその後のモニタリングで確認された要補修箇所については、瑕疵担保期間中に補修を行い、瑕疵検査時に完成が確認された。

The Engineer からの提案

- 水路合流部の集水桝については、流水の減勢を目的として石を置くなど何らかの工夫を施すこと
- 水路工の側壁に沿って浸食の激しい区間や水溜りとなっている箇所については埋戻し工を行うこと

- 集水桝に土砂が溜まった場合は定期的に除去を行なうべきである

The Engineer から NBRO のエンジニアが今後も現場状況について定期的にモニタリングを行い、上記の確認を行う他、状況に応じて適宜指導を行うことを確認した。

5) 瑕疵検査

瑕疵検査が 2018 年 3 月 8 日に実施された。瑕疵検査までには集水桝周辺の一部の構造物を除き、上記した補修が完了していた。瑕疵検査時に集水桝周辺の構造物について補修をすること、との指摘がなされた。瑕疵検査当日に施工業者によって補修が終了し、その後写真によって確認が行われた。以上の確認によって瑕疵検査は終了し、2018 年 3 月 14 日に NBRO より証明書が発行された。ただし、検査当日に水平ボーリング工脇の斜面が 2018 年 1 月 29 日の豪雨によって崩壊したことが確認された。この崩壊は施工業者の瑕疵によるものではなく、自然災害と判断された。瑕疵検査当時の管理責任者である NBRO によって対策を行うことが望ましい、との提言が発注者である JICA スリランカ事務所からなされた。

また、その後のモニタリングによって、豪雨時に水路が急角度で曲がる箇所から流水が溢水することが確認された。コンクリートの蓋を設置する等の対策が必要であるとの提言が The Engineer よりなされた。



図 5.8 水平ボーリング孔周辺の崩壊



図 5.9 水路から溢水した状況

6) 管理権限の委譲

NBRO から Walapane Division への管理権限委譲のための協議が 2017 年 12 月 6 日及び 2018 年 7 月 10 日に Walapane Divisional Secretariat Office において実施された。

現地では瑕疵検査時に水平ボーリング工横の崩壊が確認されているが、この崩壊は自然災害で瑕疵によるものとは認められないため、当面の管理責任者である NBRO によって修復が行われる予定である。修復完了後、Walapane Division への管理権限委譲が実施される予定で、委譲にあたっては、NBRO 及び Divisional Secretariat 双方のレターへのサインをもって完了する予定である。

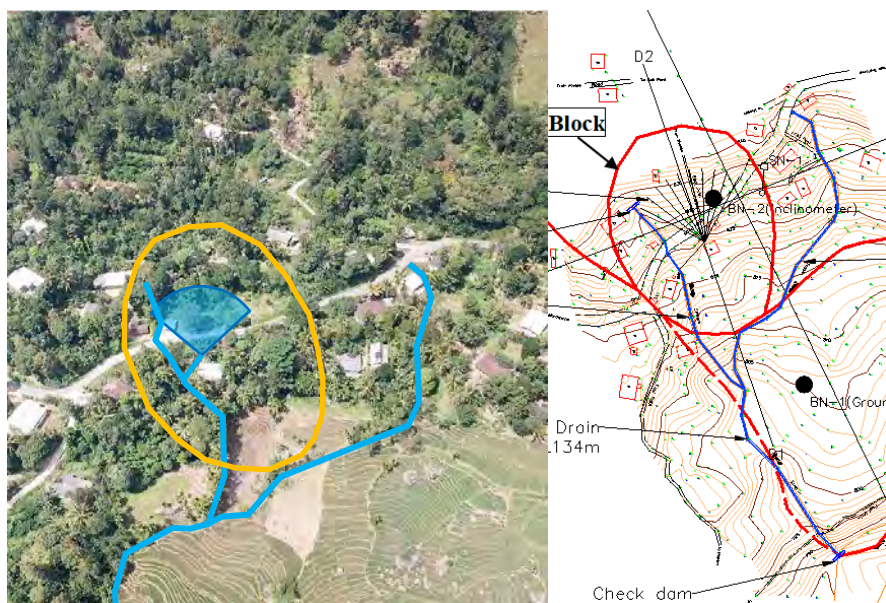


図 5.10 工事完成後の UAV 写真(Udamadula 地区)

5.5.3 バドゥウラ県 Badulusirigama 地区

1) 概要

施工管理を実施するにあたって、NBRO の主催により、契約施工業者とともに住民説明会 (Awareness Meeting) を 2016 年 4 月 30 日に実施した。住民約 50 名が参加し、工事の目的、地すべりに与える効果、工事に関わる基本事項 (工事内容、施工期間、施工区域等)、周辺環境に与える影響などを説明した。住民の関心は高く積極的に工事を受け入れ、協力する姿勢が見られた。施工管理指導については他地区と同様に行った。

2) 水平ボーリング工

水平ボーリング工については、施工角度についての計測指導を行ったほか、掘削時や掘削終了後、及び PVC パイプ挿入時の写真管理についても指導を行った。

水平ボーリング工の施工後深度の確認を C/P が実施したところ、設計深度に達していない孔が多数認められた。これらの孔については、実際には掘削及び PVC パイプの設置が完了しているものの、PVC パイプ内への土砂流入によって埋塞されたものと推定された。原因としては PVC パイプに巻くフィルター材の装着の不良によるものと考えられる。そこで、PVC パイプへのフィルター材の設置指導を行い、以降は PVC パイプ内の目詰まりは減少した。しかしながら、完全に土砂の流入を防ぐことはできなかったため、孔内洗浄を行うように指導を行った。孔内洗浄後、再度深度の確認を行い、施工深度に達していない場合は再削孔を行うなどして、全ての孔が設計深度に達するように指導を行った。

施工業者が、水平ボーリング工施工にあたり比較的大きなボーリングマシンを使用したため、施工予定箇所を必要以上に切土して施工を行った箇所が複数箇所認められた。このうち 2 箇所 (ボーリングポイント No.1 及び No.4) に関しては、降雨後に地すべり的な変動を示し、特に No.4 は掘削中であつた孔が全て移動土砂によって埋没された。No.1 も土砂移動によって、土砂が布団カゴ工の脇から流出してくる状況となった。No.1 は上方斜面に多量の湧水が認められたため、新たに水路工を設置し、湧水を速やかに排水することとした。また、No.1 及び No.4 ともに土工によって整形し、斜面の安定化を図った。

水平ボーリング施工時の切土等の土工に関しては、特記仕様書に明示されていなかったため、今後は斜面安定のために土工を極力小さくすること、また一定以上の高さの土工を行う際には、NBRO の許可を必要とすること、等の条件を記載するように助言を行った。



フィルター材の装着不良



修正されたフィルター材の装着



ボーリングポイント No.1 の切土



ボーリングポイント No.4 の切土(新)

写真 5.6 水平ボーリング工にかかる切土等の状況

3) 水路工

水路工については、出来形管理の方法等についての指導を行った。また、急勾配箇所についての対応方法についても、ス国における従来型の階段工ではなく、日本では標準的に施工される集水桝工による対策の指導を行った。

水路工の配置計画にあたって、NBRO も施工業者も水路工の設計（水路断面の変化と集水桝の機能）について理解が不足していることが判明した。水路工の配置計画及び施行に係る主な課題は以下のとおりである。

水路工の断面の変化

流量計算の結果に基づいて、水路工の断面を計画することに関する理解が不足している

集水桝の機能

水路の合流点に集水桝を設置し、流速の低減を図る他、泥溜めにより、泥や枯葉等を沈殿させる機能を有していることに関する理解が不足している

水路工の断面の変化については、下流端から設計通りの延長で施工されており、集水桝で水路工の断面を変化させていない。これについては、既に施工済みであり、設計数量通りの延長であったため、そのままとしている。

経緯としては、まず Type B (600-600) 断面と Type E (300-300) 断面の合流点施工時に、Type E の計画線形上に巨岩の存在が確認された。この巨岩を破碎するには、岩塊破碎工の追加等の契約変更等が生じるほか、岩塊破碎作業等に時間がかかるため、Type E 水路工の線形を変更して対応することとした。ところが、合流予定点に既に集水柵が施工されており、線形が変更になったものの、集水柵の位置は合流点に変更にはなっていなかった。集水柵の位置については、JICA とも協議した結果、施工業者の責任で再施工を行うこととなった。

この他、ボーリングポイント No.4 上方斜面に湧水点が存在し、多量の湧水が認められたため、一部 Type E の施工箇所を変更して湧水点付近に施工し、湧水の処理を行うように指導を行った。また、ボーリングポイント No.1 の上方斜面にも多量の湧水が認められたため、新たに水路工を追加して、湧水の処理を行うよう指導を行った。



水路工の断面変化点 (Type A (600-900) と Type B)



Type B と Type E の合流点



ボーリングポイント No.4 上方斜面の湧水



ボーリングポイント No.1 上方斜面の湧水

写真 5.7 水路工の状況

4) 完成検査

2017年7月26日に完成検査が JICA スリランカ事務所担当、NBRO 及びコンサルタントチーム立会いの下実施された。検査の結果、条件付き合格となった。主な検査指摘事項は、集水桝 Type3 の水路合流点への移設工事の実施（施工業者の負担工事）と、工事完了報告書の書類の整備(追加)である。主な指摘内容と対応については以下に示すとおりである。

表 5.9 各 BoQ 項目に対応した The Employer からのコメント(Badulusirigama 地区)

項目	コメント
2. 健康、安全、環境	安全指導についての説明、写真を最終報告書に添付する
3. 保険、補償	保険証券等、証明となる書類のコピーを最終報告書に添付する
5. 現地調査、試験	試験結果書類を最終報告書に添付する
7. 横ボーリング工	- 仮設足場設置の数量、写真を最終報告書に添付する。 - 仮設道路につき、施工図に図示するとともに、施工写真を最終報告書に添付する
9. 水路工	水路工、横ボーリング工、集水桝につき、施工図に図示する。
Additional Work	- 布団の背面砕石充填工につき、施工数量と写真を最終報告書に添付する。 - 斜面整形工につき、施工数量と写真を最終報告書に添付する。

現場確認の結果に基づき The Employer からなされたコメント

(作業指示にともなう工事数量や契約金額の変更は無いことについて同意済み)

- 集水桝工

Type3 集水桝(1 か所)につき、請負者負担にて、本来の設計意図である水路接続部に移設する。

上記の未完成箇所、補修箇所については 2017 年 8 月 11 日までに完成写真および検測写真を The Engineer に送付することで同意がなされた。施工業者から送付された完成写真について The Engineer で内容確認を行い、指示どおりの作業が実施されていることが確認された。

The Engineer からの提案

- 現場撤収時には、場内の片づけ、清掃を行うこと。
- 最終報告書については、集水桝の移設工事完了後、速やかに提出すること。(2018 年 8 月 19 日提出)

The Engineer から NBRO のエンジニアが今後も現場状況について定期的にモニタリングを行い、状況に応じて指導を行うことが確認された。

全工区の工事完了後に、3 地区の NBRO 職員、施工業者を参集して Progress Meeting が 2017 年 9 月 21 日に行なわれた。同会議では、施工技術、管理技術など工事全般についてのパイロット工事の教訓が共有され、活発な意見交換が行われた。

5) 瑕疵検査

2018 年 7 月 19 日に瑕疵検査が JICA スリランカ事務所担当、施工業者、NBRO 及びコンサルタントチーム立会いの下実施し、問題無く終了した。今後の維持管理についての技術移転として、水路の堆砂の定期的な除去を行う必要があることなどを確認した。

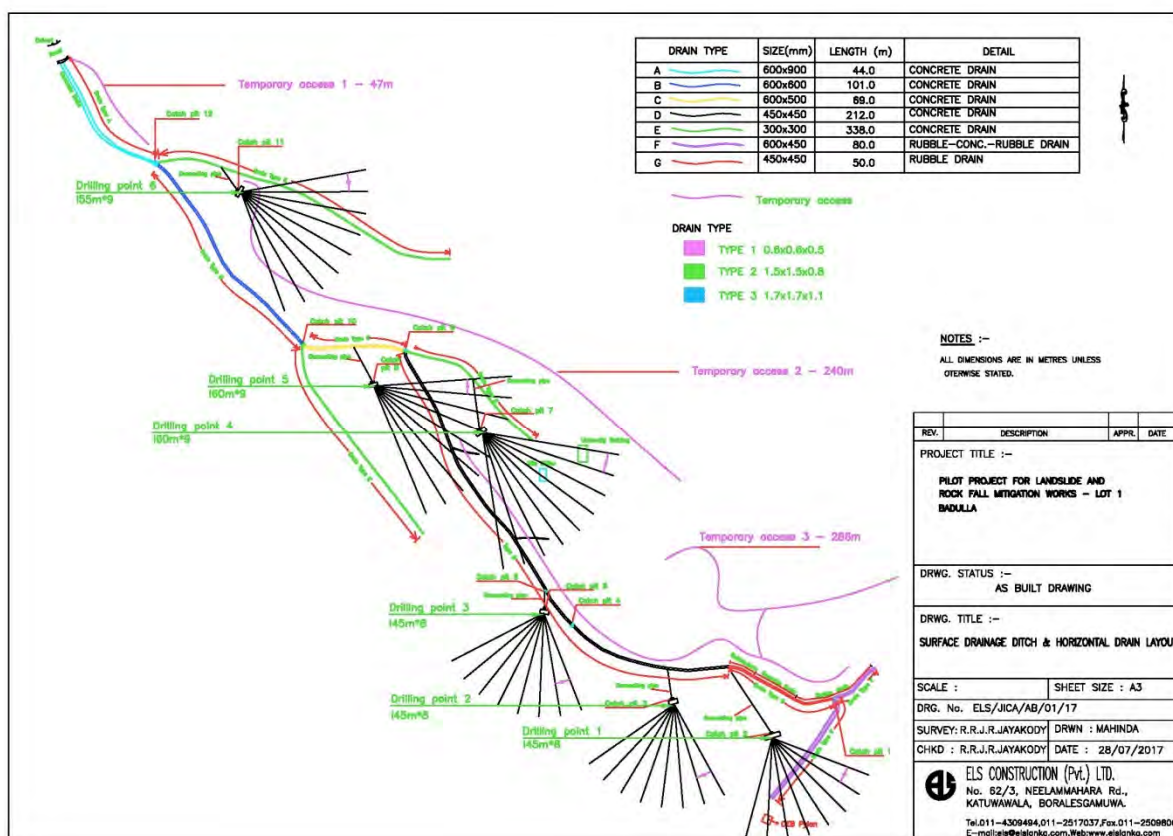


図 5.11 Badulusirigama 地区の対策工出来形図

6) 管理権限の委譲

NBRO から Uva Wellasa 大学への管理権限の委譲に関する協議が、2018年2月28日に実施された。大学側関係者と NBRO 及びコンサルタントチームで現地の確認を行い、委譲に関する了解は取り付けた状況にある。



大学側、NBRO との協議



大学側担当者への現地説明

写真 5.8 大学側との協議及び現地視察

表 5.10 Uva Wellassa 大学側の出席者

氏名	役職等
Dr. H.M.J.S.P. Pitawala	Faculty of Science and Technology Department of Science and Technology Head of the Department, Senior Lecturer
Dr. Sisira Ediriweera	Professor
Dr. Amila Sandaruwan Ratnayake	Senior Lecturer
Dr. Tharanga Udagedara	Senior Lecturer
Mr. A.J.M.D.N.B. Nawela	Senior Assistant Registrar (General Administration)

権限移譲に関する会議は 2018 年 8 月 8 日に Uva Wellassa 大学で開催され、サイトの状況を維持するための責任は NBRO から同大学へと移譲された。コンサルタントチームは土砂の除去等のサイトにおける近隣住民の安全を確保するための維持管理についてコメントを作成し、権限移譲に関するレターに添付して、今後の維持管理に関する提言を行った。

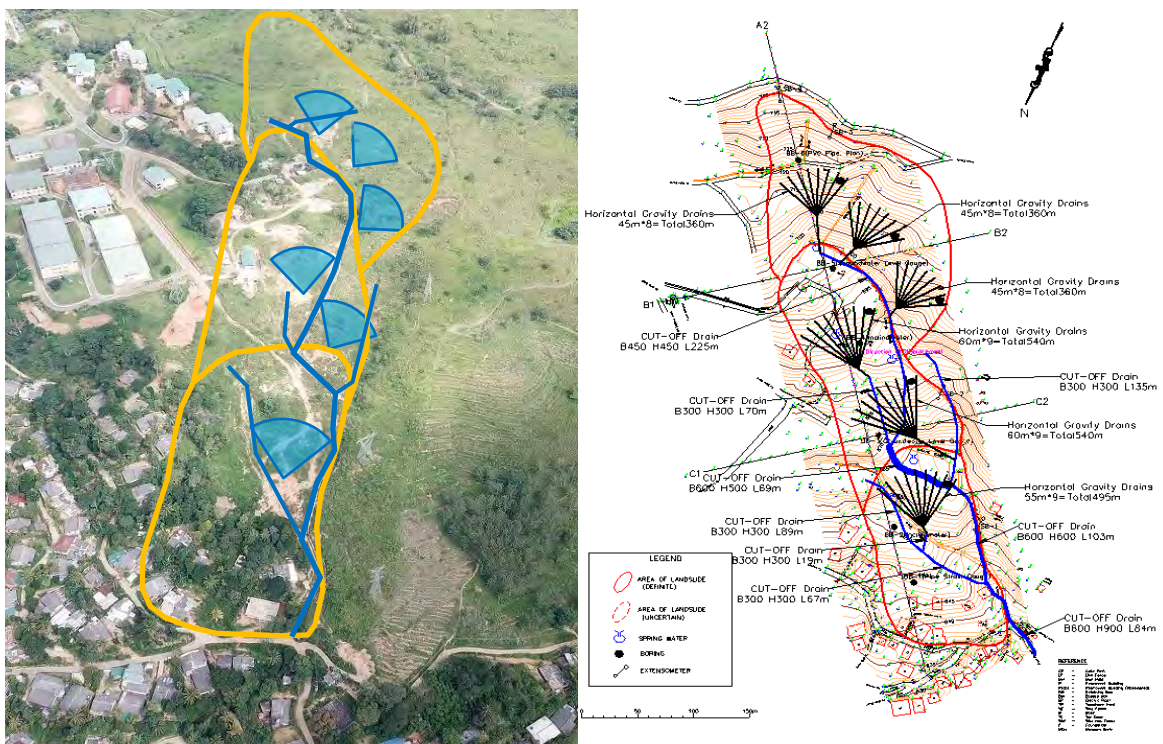


図 5.12 工事完成後の UAV 写真(Badulusirigama 地区)

5.6 パイロット地区での地すべり対策の工事完了報告書を作成する。(活動 2-6)

工事完了報告書は完成検査後に施工業者から NBRO に提出された (添付資料 9-5 参照)。同報告書の取りまとめ作業にあたっては、日本の建設工事において完了検査時に提出される工事完成報告書と同様に以下の項目の記載を施工業者に指示し、NBRO には遺漏や不明点がないか確認するよう指導をおこなった。工事完了報告書のコンテンツは以下のとおりである。

- 1) 契約時数量金額
- 2) 工事契約書
- 3) 実施数量および金額
- 4) 工事実施状況
- 5) 完了時数量報告

スリランカ国
土砂災害対策能力向上プロジェクト
プロジェクト完了報告書

- 6) 施工図面
- 7) 工事工程表

第6章 成果3にかかると活動実績

6.1 パイロット地区での斜面崩壊のモニタリング及び評価を行う（活動3-1）

斜面崩壊の対象地区はキャンディ県のナース訓練学校地区であり、周辺斜面で表層崩壊が繰り返されてきた履歴がある。また、本業務開始時期の2014年10月、12月の降雨の影響により、同地区および周辺で新たな表層崩壊が発生している。災害発生後に現地調査を実施し、カウンターパートと災害発生要因や雨期の災害特性について共通認識を持ち、対策工を実施するのに適当地域であることを確認した。

6.2 パイロット地区での斜面崩壊対策のための設計及び事業費の積算を行う（活動3-2）

斜面の安定計算、法枠工、鉄筋挿入工、アンカー工などの設計を行い、設計方法や設計基準値などについて技術移転を行った。事業費についても工法比較検討の過程で算出した。設計規格、設計計算書、設計数量は添付資料9-4 調査設計報告書に示す。上記の工法検討においては工法比較を多様な条件において複数回行っており、その最終成果も調査設計報告書に添付した。図6.1～図6.3に、本地区の計画平面および断面図を示す。

なお、本地区の対策工設計においては日本で通常行われている防災工事を取り入れた対策工の設計を行った。その理由を以下に示す。

- 地質調査の結果により想定されていた災害規模に比べて大きな対策工規模が必要になることが判明した。
- 通常スリランカで実施されている防災工事に対応するケースでは、看護学校の移転や、道路の通行が不可能になるなどの問題が生じる。
- 看護学校の移転や道路閉鎖などを行わずに、対象斜面を安定化させるためにはアンカー工などを取り入れた防災工事を実施することが最適である。

以上のことから、パイロット工事としては当初から想定されていた施工規模とは大きく異なり、本業務内で実施することは不適當であると判断されたため、PDMの変更を行い、本業務では対象外とされた（2.1参照）。よって、本業務による対策工は実施していないが、2016年9月より開始されたJICA民間連携事業「斜面防災技術（ユニット式金網枠による吹付法枠工）の普及・実証事業」において、看護学校下方斜面の対策工を実施中である（2018年8月時点）。また、看護学校上方斜面については、ス国保健省によって対策工の設計及び施工がなされ、施工は完了している。



図 6.1 対策工計画平面図

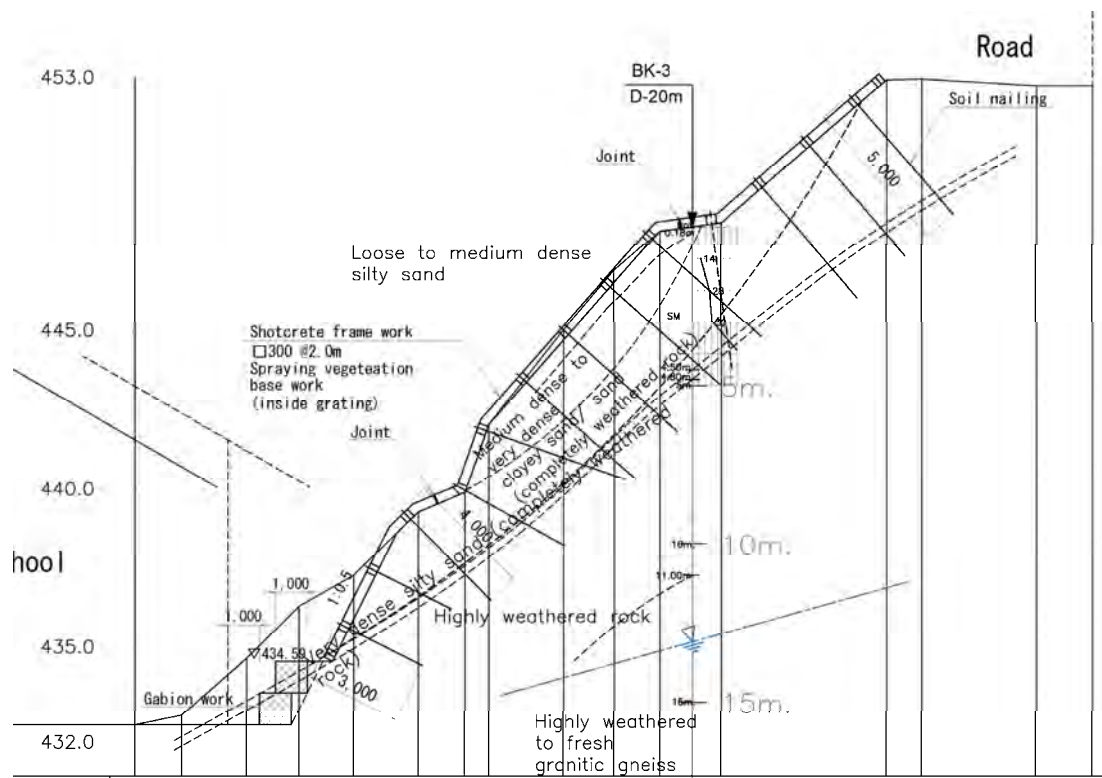


図 6.2 対策工計画断面図(上部斜面)

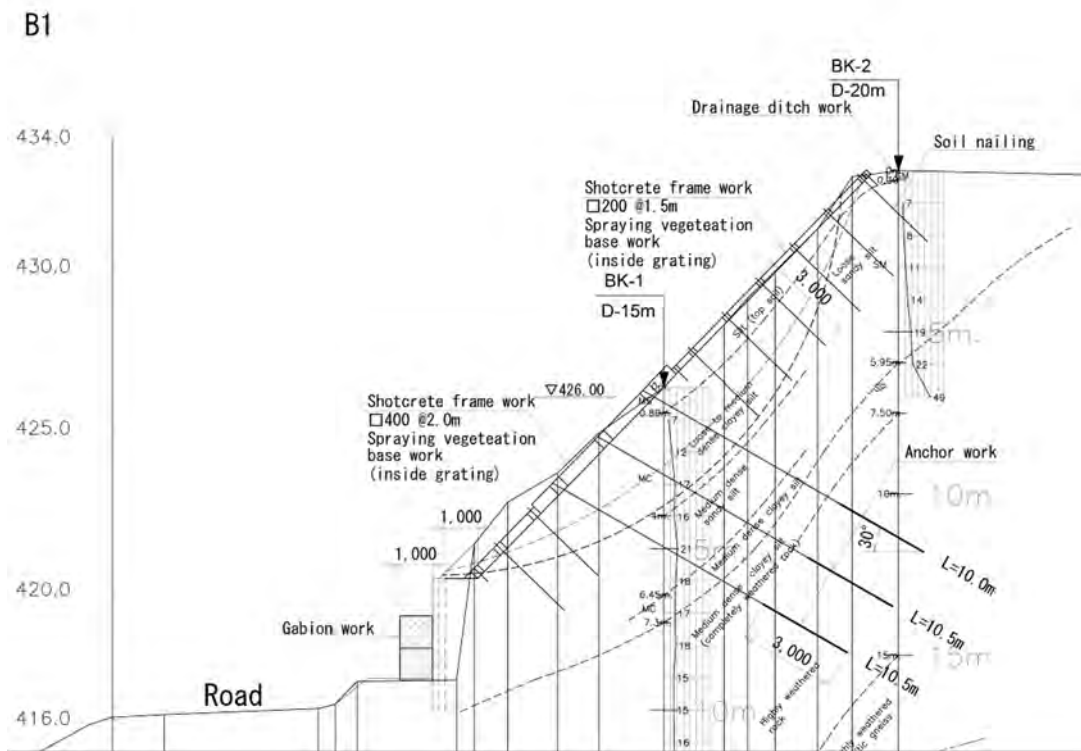


図 6.3 対策工計画断面図(下部斜面)



図 6.4 対策工施工後の状況(2018年3月23日撮影)

第7章 成果4にかかると活動実績

7.1 パイロット地区での落石のモニタリング及び評価を行う（活動4-1）

マータレ県 Alagumale では過去に落下した直径3m以上の規模の大きな落石が多数現場に散在していた。これらの落石の正確な位置を把握する目的で、測量時に落石の位置の確認を行い、測量成果に主要な15箇所の移動岩塊の位置を示した。また、2015年2月19日には発生源を確認する目的でマータレ事務所職員とパイロットサイト上部の岩盤斜面の直下と直上を確認した。その結果、比高30mを越える1枚岩状の岩盤斜面とその周辺に分布する浮き出た不安定岩塊の存在を確認した。

以上より落石リスクの大きな地形条件であることを改めて確認することが出来たため、前述の落石分布位置調査に基づき、落石が集中して分布する領域に対策工を施工することが効果的であることを確認した。

7.2 パイロット地区での落石対策のための設計及び事業費の積算を行う（活動4-2）

本地区の対策工設計については添付資料9-4 調査設計報告書に整理した。事業費については入札書類作成に際して、設計結果をもとにとりまとめた。設計規格、設計計算書、設計数量は調査設計報告書に示す。以下に、本地区の計画平面および断面図を示す。

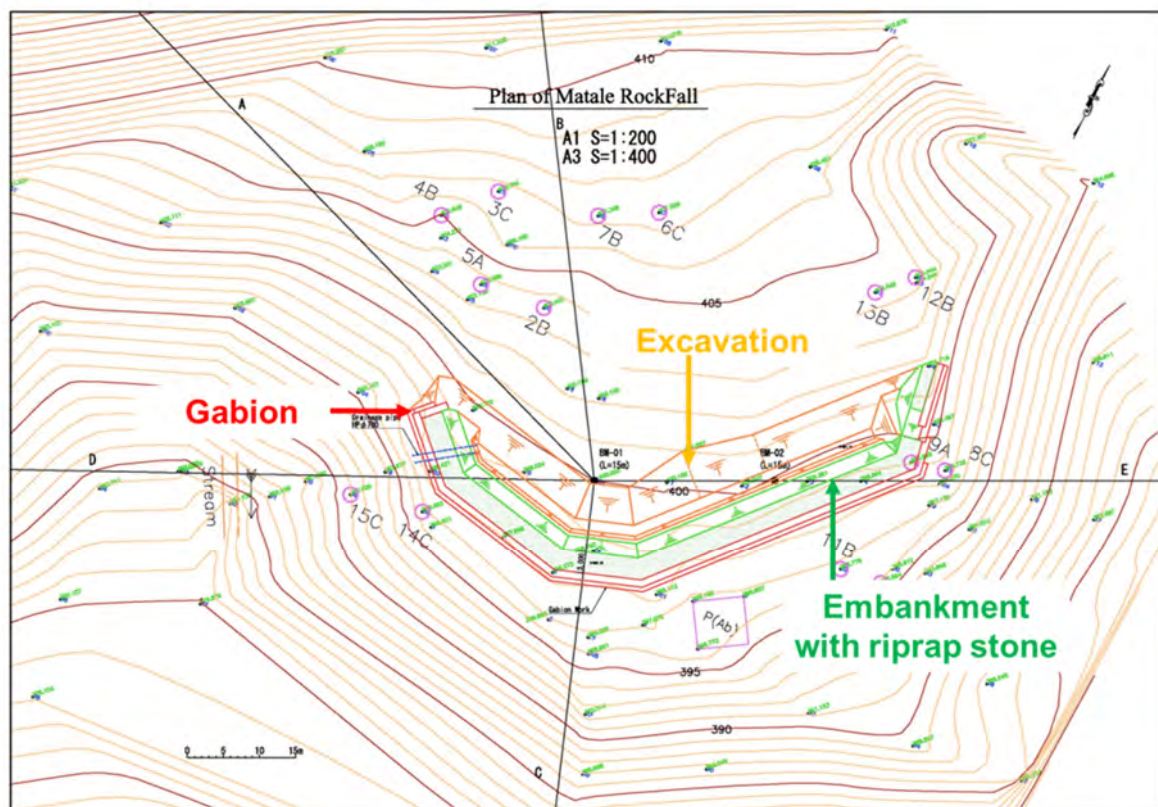


図 7.1 対策工計画平面図

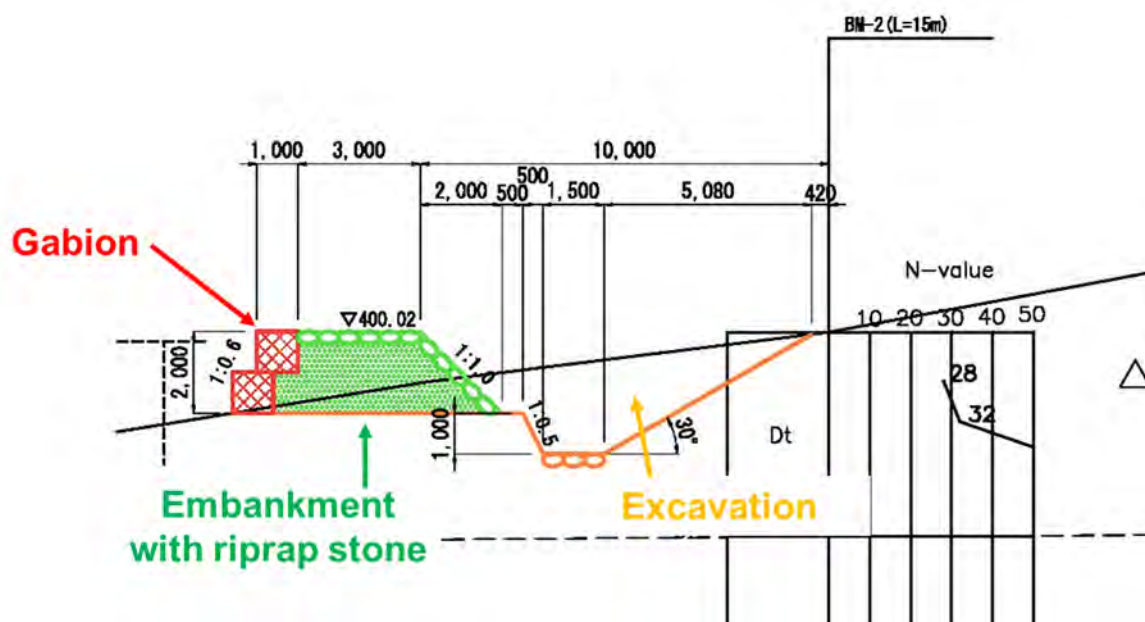


図 7.2 対策工計画断面図

落石分布調査によって得られた情報を基に落石シミュレーションを実施し、落石のエネルギーを推定した。得られた落石エネルギーに耐えうる対策工を選定した結果、掘削及び盛土工による対策が効果、経済性、維持管理の容易さ等から最適と判断された。

以上の調査については、C/P と共に実施し、解析及び設計については協議やセミナー・ワークショップを通じて C/P に技術移転を行った。

7.3 パイロット地区での落石対策のための入札書類を作成する（活動 4-3）

5.3 節に準ずる活動を行った。

7.4 パイロット地区での落石対策のための入札書類の評価及び施工業者の調達を行う（活動 4-4）

5.4 節に準ずる活動を行った。

7.5 パイロット地区での落石対策のための施工監理を行う（活動 4-5）

7.5.1 施工監理書類の作成

5.2.1 に準ずる活動を行った。

7.5.2 施工監理に係る技術移転（中部州マータレ県）

1) 概要

施工管理を実施するにあたって、NBRO の主催により、契約施工業者とともに住民説明会（Awareness Meeting）を 2016 年 4 月 9 日に実施した。住民約 20 名が参加し、工事の目的、落石に対する効果、工事に関わる基本事項（工事内容、施工期間、施工区域等）、周辺環境に与える影響などを説明した。住民の関心は高く積極的に工事を受け入れ、協力する姿勢が見られた。施工管理指導については他地区と同様に実施した。

当地区は落石を防護する土堤を主要構造物とするため、施工断面による出来形管理や布団カゴ工の設置個数による出来形管理等を主体として技術移転を行った。

2) 施工管理上の課題

2016年8月の現地視察時には現場内のコミュニケーションの問題に端を発して作業の停滞が見受けられたため、マータレ事務所の職員立会いのもとで The Engineer と施工業者との関係者会議を開催した。会議では各参加者の現場におけるタスクを確認し、情報共有を確実にすることなどを確認した。

また、施工開始初期段階において C/P の現地常駐担当が 3 件現場を兼任しており、1 ヶ月に 1 回程度しか現場に来ていないことが判明した。C/P に常駐を繰り返し依頼し、最終的に C/P も現場に常駐して施工管理を行うようになった。

当初設計では、岩塊および土砂を捕捉するポケット内部より、埋設パイプでポケット外部へ排水する予定であったが、NBRO との現地確認および協議の結果、将来の岩塊や崩壊土砂の堆積、および気候変動による短時間豪雨の増大により、万が一パイプが詰った場合、土砂ポケット内部に地表水が一時的にたまり、越流して人家方向に流下することが懸念された。そこで、目詰まりが生じないよう、パイプの代わりに開水路とし、下方斜面の安定や人家密集地の安全性を損なわないような位置および形状で排水する方針となった。

この変更による追加作業を主たる理由として、工期を 2017 年 1 月 16 日から 2017 年 3 月 16 日までの延長を行った。

工事自体は切土・盛土による土工を主体とした簡易な工事であったため、特に技術的な課題は生じなかった。



転石の小割り状況



合同会議の開催状況



開口部の状況



ポケット内部の状況



土堰堤の状況(天端)



土堰堤の状況(天端)



土堰堤の状況(斜面下方)



土堰堤の状況(斜面下方)

写真 7.1 落石対策工の施工状況

3) 完成検査

3月14日に完成検査が JICA スリランカ事務所担当、NBRO 及びコンサルタントチーム立会いの下実施された。完成検査時におけるコメントを以下に示す。

表 7.1 各 BoQ 項目に対応した The Employer からのコメント(Alagumale 地区)

項目	コメント
2.1 健康および安全管理	作業実施説明に相当する写真、説明を最終報告書に添付する
3.1 保険、補償	保険証券等、証明となる書類のコピーを最終報告書に添付する
4.1 プロジェクトサインボード	相当する写真、説明を最終報告書に添付する
6.2 完成図書	作成責任者のサインを付した図面類を最終報告書に添付する

The Engineer からの提案

- 水路工の石積については急斜面部に施工しているため、土嚢積などによって安定性を確保することが望ましい
- 山側掘削面は裸地状であり、今後の降雨で浸食が進行し土砂が落石ポケットにたまることが懸念される。対応策として植生工などをおこなうことが望ましい。

このコメントに対して施工業者が提案内容に対応した工事を実施中であることが確認された。完成検査後、2018年8月までの間に豪雨等は発生しておらず、特に大きな問題は生じていない。

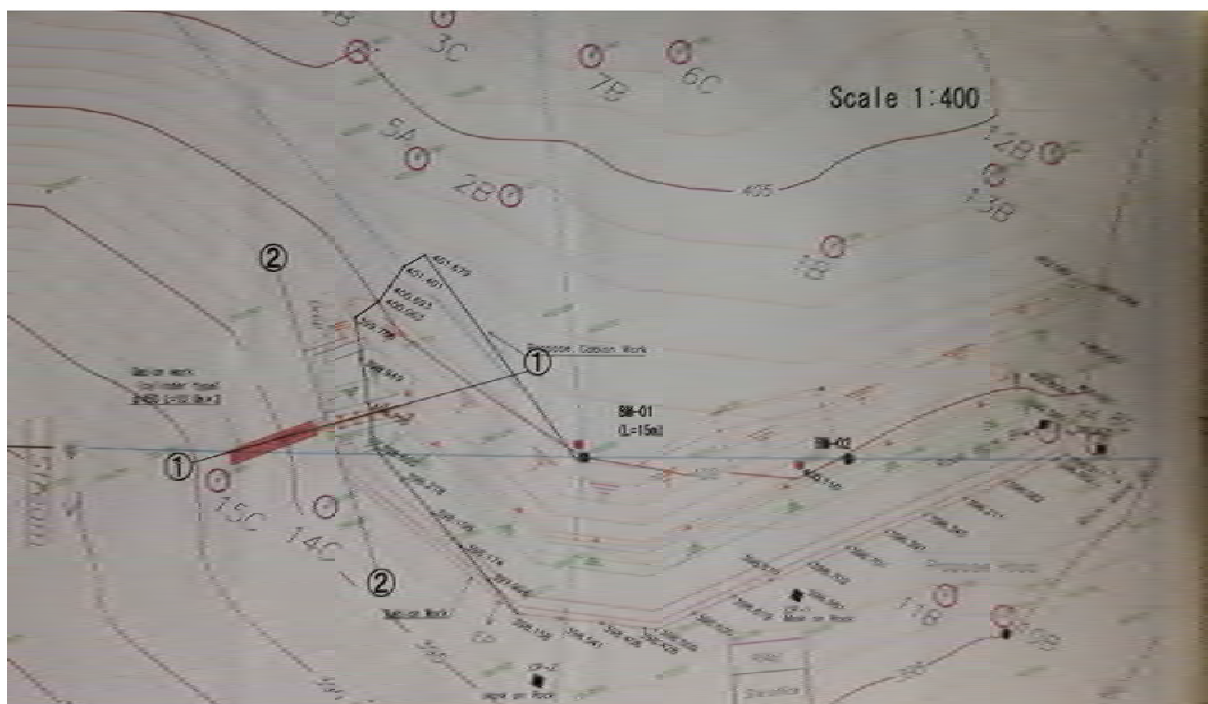


図 7.3 対策工出来形図

4) 瑕疵検査

2018年3月7日に瑕疵検査が JICA スリランカ事務所担当、施工業者、NBRO 及びコンサルタントチーム立会いの下実施し、問題無く終了した。今後の維持管理についての技術移転として、将来的に落石が発生し、対策工によって捕捉された場合、落石の除去を行う必要があることなどを確認した。

5) 管理権限の委譲

NBRO から Matale Division への管理権限委譲のための会議が、2018年7月16日に Matale Divisional Secretariat Office において開催された。この委譲によってパイロットサイトの維持管理に関わる責任は NBRO から自治体に移管された。委譲は、NBRO、Divisional Secretariat 双方のレターへのサインをもって完了した。委譲にあたって The Engineer から Divisional Secretariat へのレターの添付資料中で、ポケットにたまる落石や土砂の除去など必要な維持管理作業についてのコメントを記載した。

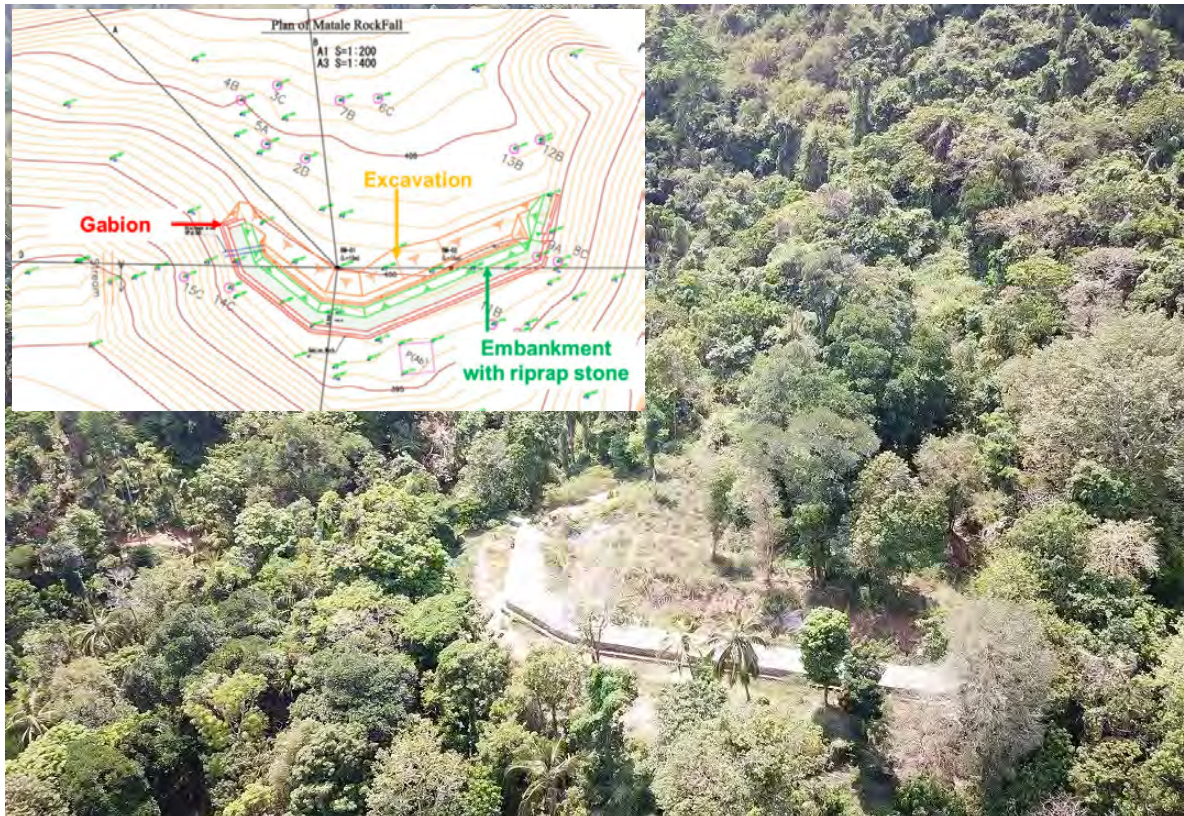


図 7.4 工事完成後の UAV 写真(Alagumale 地区)

7.6 パイロット地区での落石対策の工事完了報告書を作成する。(活動 4-6)

工事完了報告書は完成検査後に施工業者から NBRO に提出された(添付資料 9-5)。構成は他地区と同様である。

第8章 成果5にかかると活動実績

8.1 土砂災害の構造物対策についての既存ガイドラインと技術マニュアルのレビュー及び更新を行う（活動5-1）

ス国において扱われている土砂災害の既存ガイドラインは“Guideline for Construction in Landslide Prone Areas” (Ministry of Housing and Plantation Infrastructure, March 2003) があるが概説的なものである。また、The Manual for Landslide Monitoring Analysis and Countermeasure (NBRO and DiMSEP, January 2013)があるが、地すべりに特化したものであり多様な土砂災害を包括的に扱ったもので公式に使用されているものはない。

現在、道路局（RDA）で道路斜面防災をメインテーマとした円借款プロジェクト「国道路砂災害対策事業（Landslide Disaster Protection Project (LDPP) of the National Road Network）」が実施中であり、同プロジェクトにおいても技術移転を目的としたガイドラインを作成中である。同ガイドラインは日本の技術を軸にス国の斜面防災技術の向上を目指すものであり、本業務の技術移転テーマと重複する部分も多い。RDAの同プロジェクト担当者への聞き取りでは、施工前の調査や設計等を取りまとめたドラフト版は既に作成済みであるものの、引き続きプロジェクトを通じて施工管理やメンテナンスの項目で修正や追記等を行い、工事完了までには最終化する予定となっているとのことである。

RDA作成のガイドラインは、「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 : DiMCEP）によるマニュアルの更新版であり、一般的な内容となっている。本業務では、重複を避けることと、本業務から得られた教訓を主体としたマニュアルの作成を行った。本業務で作成されたマニュアルは、防災に関わる多くのセクターにおいて活用されることが望まれる。マニュアルは添付資料9-9に示す。

8.2 土砂災害対策の構造物対策についての改訂されたガイドラインと技術マニュアルを用いた研修を実施する（活動5-2）

マニュアルを用いてワークショップを開催し、設計・施工管理に関する技術移転を行った。また、現地でのモニタリングの際にもあわせて調査、設計、施工管理に関する技術移転を行った。具体的には、表8.1に示す2018年3月19日に開催したワークショップで技術移転を行った。また、施工完了後の瑕疵担保期間中に実施した2ヶ月に1回のモニタリングの際にも現地で技術移転を行った他、瑕疵検査等の機会にもマニュアルを用いて技術移転を実施した。

8.3 土砂災害対策の構造物対策及び非構造物対策についてのセミナー及びワークショップを開催する（活動5-3）

土砂災害対策に限らず、防災全般に関する行政側の組織制度や体制、日本での事例紹介、プロジェクトの対策工事等に関するセミナー及びワークショップを進捗状況に応じて実施した。表8.1に実績を示す。

表 8.1 セミナーおよびワークショップ開催実績

No	テーマ	日時	対象
1	- キックオフセミナー	2014.10.6	NBRO 職員 9 名
2	- パイロットサイトの調査結果中間報告	2014.11.27	NBRO 職員 15 名
3	- パイロット工事の設計結果中間報告	2015.7.29	NBRO 職員 30 名
4	- 災害時における情報伝達体制	2015.12.8	中央省庁、自治体、軍関係者、マスメディア等 各回とも 60～70 名程度
5	- スリランカにおける災害管理メカニズムの検討	2016.1.14	
6	- DIG の紹介と本邦における災害予防文化	2016.1.25	
7	- 土石流災害の現象把握と本邦における対策の紹介 - 本邦における土砂災害防止法に基づいた土地利用規制	2016.8.30 2016.9.1	NBRO 職員 15 名
8	- 土石流災害の現象把握と本邦における対策の紹介 - 本邦における土砂災害防止法に基づいた土地利用規制	2016.8.31	中央省庁、自治体、軍関係者、マスメディア他 計 92 名
9	- 中間評価結果に基づく、これまで活動内容のレビューと今後の活動内容・課題の確認	2016.10.12	NBRO 職員 17 名
10	- NBRO 年次シンポジウムにおけるセッション発表 1. プロジェクトでの調査・設計結果の紹介 2. 各対策の施工監理状況 3. 地すべり等のモニタリング結果紹介	2016.12.6 2016.12.7	中央省庁、国際機関、大学、軍関係者、マスメディア他 1 日目：220 名 2 日目：152 名
11	- 土砂災害防止法に基づく土地利用規制に適用演習 - 土石流数値シミュレーション演習	2017.1.23～ 1.25	NBRO 職員 8 名
12	- 土砂災害に対する早期警戒と効果的な避難方法 - 本邦における土砂災害警戒区域の紹介とスリランカでの適用に向けた検討	2017.1.27	中央省庁、自治体、軍関係者、マスメディア他 計 67 名
13	- 本邦の土砂災害対策とリスク評価手法 - 通信技術を用いた土砂災害警戒体制 - 本業務における非構造物対策の取り組みと提言 - 本業務における構造物対策の取り組みと提言 - キャンディ県での日本式法枠普及・実証事業の事例紹介	2017.2.21	国家機関、自治体、軍関係者、マスメディア他 計 100 名
14	- UAV を用いた地すべり地形解析演習	2018.2.27	NBRO 職員 8 名
15	- 地すべり調査・研究における UAV の適用 - 非構造物対策に関する活動のレビュー - パイロット工事における対策工設計のレビュー - パイロット工事における施工監理のレビュー - パイロット工事を通じて得られた知見の紹介、施工管理時の課題とその解決方法	2018.3.19	NBRO 職員 37 名

本業務期間中に発生した土砂災害の対応や調査結果等もセミナーやワークショップの話題として取り上げ、業務後半では対象となっている地すべり・急傾斜地崩壊・落石の他に、NBRO から要望の強かった土石流災害についても事例紹介等を行い、本邦におけるリスク評価手法、早期警戒や土地利用規制等について議論を行った。

セミナーやワークショップの開催にあたっては、その分野で多くの経験を有する短期専門家にもご協力いただき、表 8.2 に示したように計 3 回の現地渡航を実施した。短期専門家には本邦における行政機関での実際の対応や体制、土砂災害のリスク評価手法や早期警戒等について指導いただいた。また、直近で発生した土砂災害現場を C/P とともに視察を行った。

表 8.2 短期専門家派遣実績

No	氏名	派遣期間	現地活動内容
1	西川 智	2016.1.25	- ワークショップ（日本の防災制度の発展過程）
2	内田 太郎	2016.8.26~ 9.3	- JICA 事務所、日本大使館表敬
	石尾 浩市		- 土砂災害の現場視察（Koslanda、Lilpora、Kotmale、Aranayake） - ワークショップ、セミナー - NBRO 関係者との協議（早期警戒、土地利用規制）
3	内田 太郎	2017.1.20~ 1.28	- JICA 事務所、日本大使館表敬
	鷲尾 洋一		- 土砂災害の現場視察（Lilpora、Aranayake） - ワークショップ、セミナー - NBRO 関係者との協議（早期警戒、土地利用規制）

8.4 土砂災害対策のための土地利用規制について関係者で協議する（活動 5-4）

8.4.1 NBRO による土砂災害リスク評価

本業務期間内においても、中央山間部で大小の土砂災害が多数発生し、多くの住民に影響を与えた。ス国において、土砂災害の構造物対策及び非構造物対策を含めた対応全般は、NBRO の重要な役割の一つとして認識されており、技術的な調査やリスク評価、早期警報の発出、住民への啓発活動、災害の事後対応、関係機関への助言等を実施しており、近年はその役割の拡大とともに影響力を大きくしている。

一方で、土地利用に関する明確な根拠法や規制は国レベルで策定されていない。NBRO は住宅建設も含めた新たな開発行爲の申請時に、地形地質やこれまでの災害履歴、NBRO で作成する Landslide Hazard Zonation Map（LHZM）等に基づき、管轄機関または申請者に技術的な助言を行うにとどまっている。

LHZM は 1990 年から UNDP 支援により、土砂災害リスクの高いとされる中央山間部の 10 県において各縮尺で作成しており、NBRO のホームページ上でも公開している。これらは既往の土砂災害履歴、地質、水文、表面被覆、斜面勾配等の 6 項目から評価を行い、4 段階の危険度分類をしている。現在も継続して対象範囲を広げるとともに、マップの更新作業及び高精度化に取り組んでいる。図 8.1 及び図 8.2 にパイロットサイトの位置を重ねた LHZM、図 8.3 に LHZM の作成範囲を示す。

本業務では土砂災害に関する土地利用規制等を検討するにあたり、災害発生時における各機関の対応や連携等について、ス国全体の防災体制を把握するために、防災関係機関を対象として以下の通りワークショップを実施した。

- Information Management
- Review of Disaster Management Mechanism of Sri Lanka based on the Experiences Gained in Sri Lanka and Japan
- Introduction of Disaster Imagination Game (DIG) and Japanese Experiences for Institutionalizing the Culture of Prevention on Disasters

各機関からの参加者はできる限り同じ職員が参加するように依頼し、グループディスカッションや各グループからの発表を通じて、それぞれの機関における現状と改善方法、またお互いにどういった情報を必要としているか等について協議を行った。また、2015 年 Koslanda 災害や 2016 年 Aranayake 災害など、崩壊土砂が土石流化した大規模災害が頻発したことから、防災関係機関においても土石流に対する認識がこれまで以上に高まっている傾向が見られた。

これらのワークショップで得られた意見や本業務期間中に発生した様々な土砂災害を踏まえ、第2回・第3回の短期専門家派遣時では、土石流に関する基本的な現象の説明や注意点、一般的な地すべりとの違い等による早期警戒及びリスク情報伝達手法について議論を行った。また、本邦における土砂災害防止法に基づいた急傾斜地や土石流危険渓流における警戒区域設定（イエローゾーン）による土地利用規制に関するワークショップ及びセミナーを開催した。

スリランカ国
土砂災害対策能力向上プロジェクト
プロジェクト完了報告書

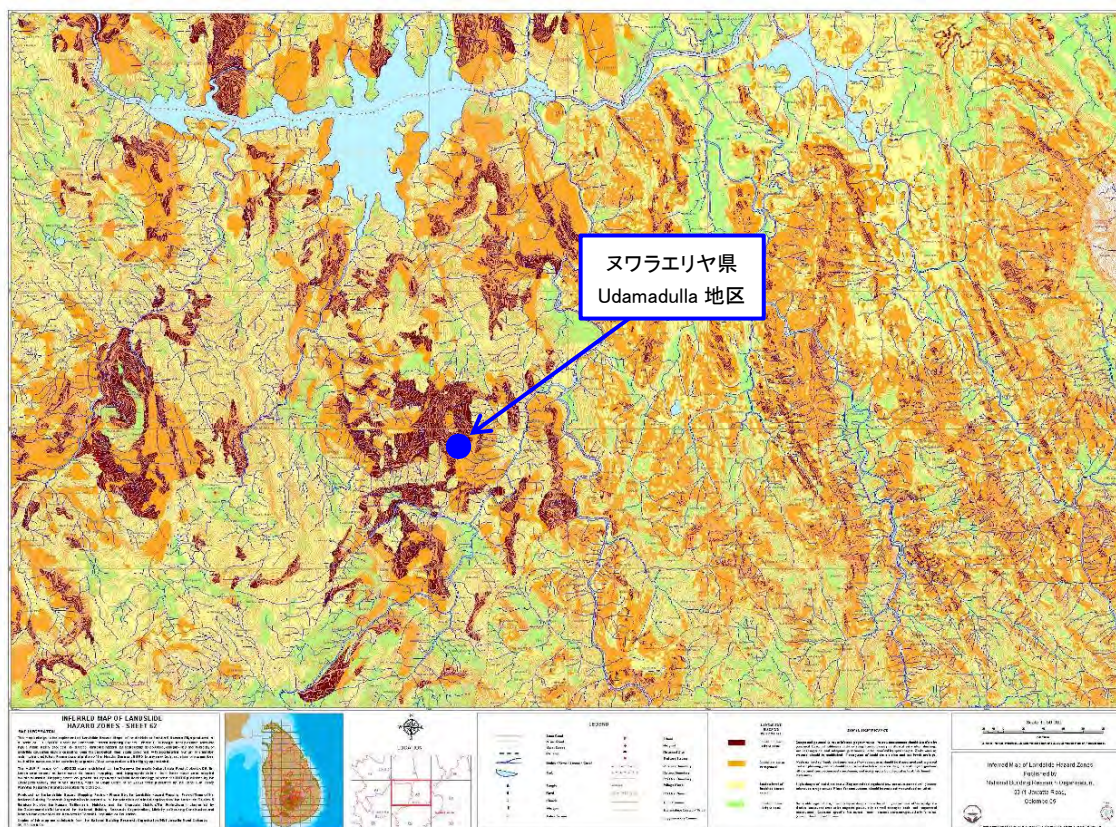


図 8.1 1:50,000 スケール LHZM の例

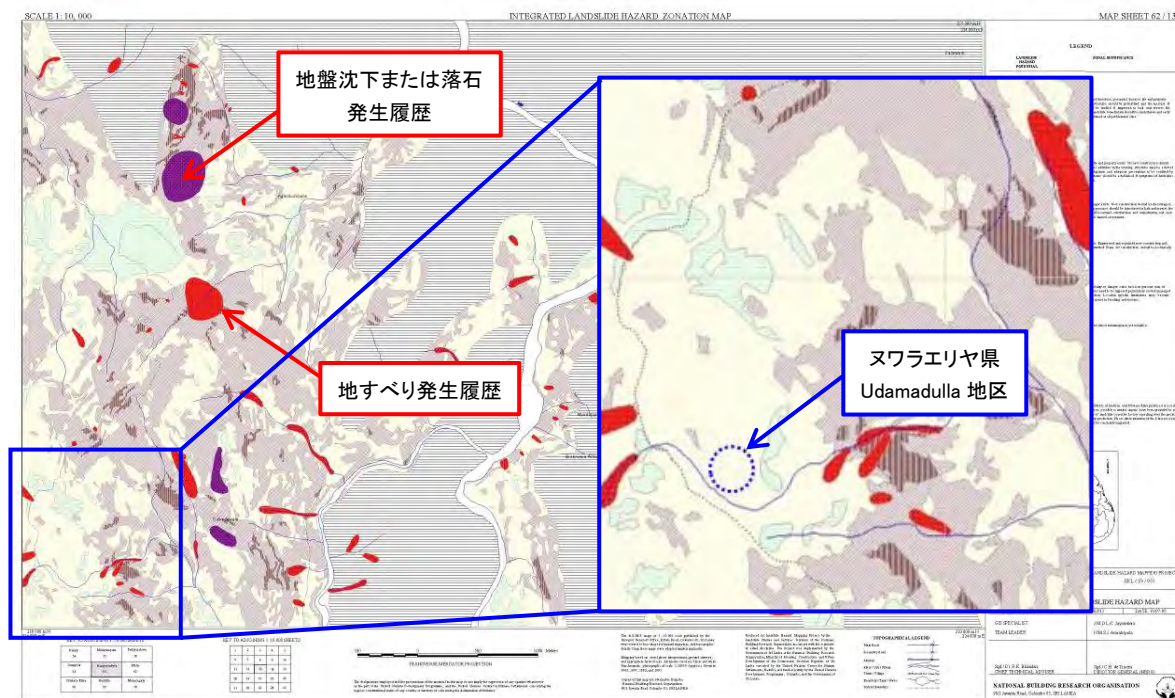


図 8.2 1:10,000 スケール LHZM の例

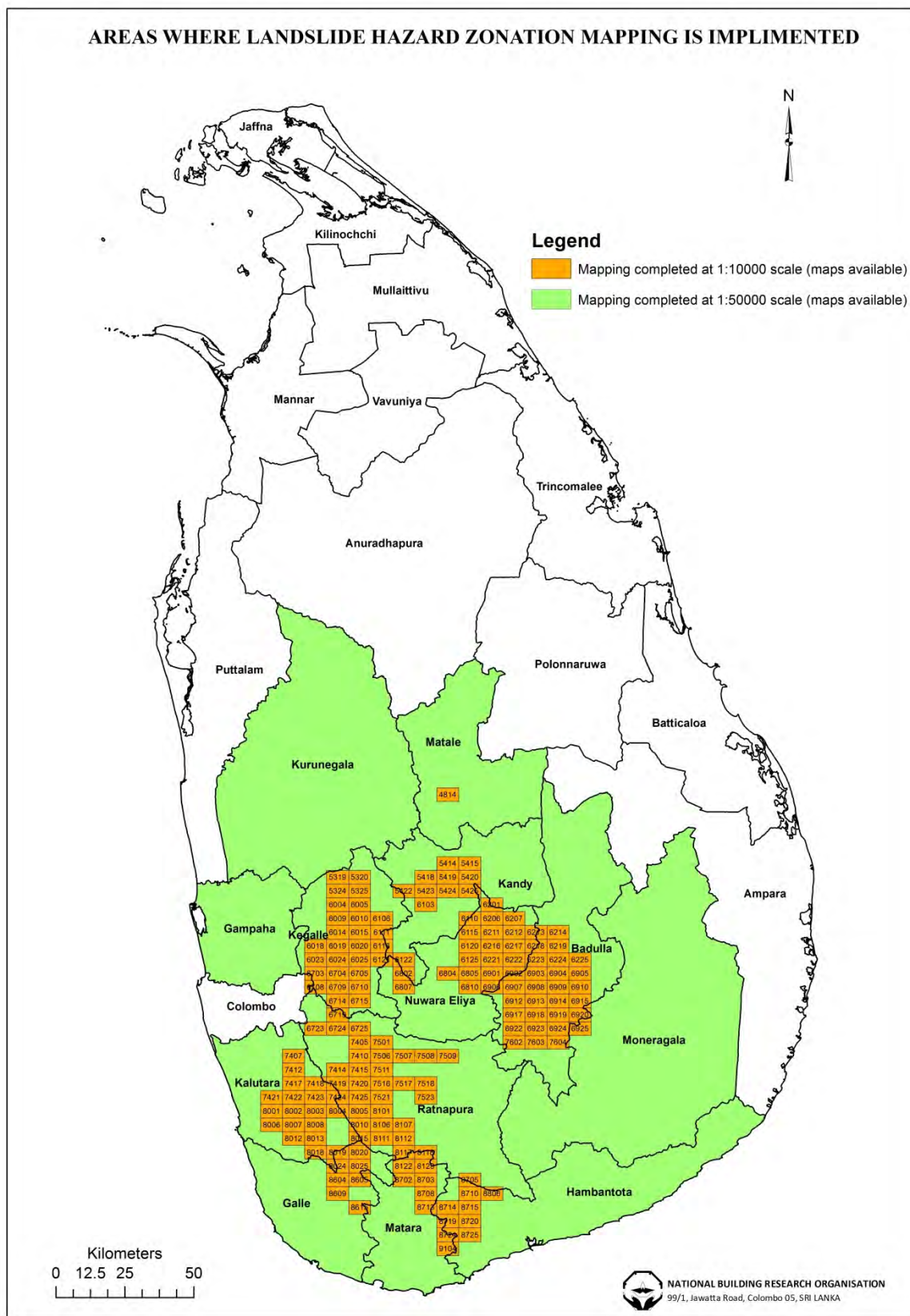


図 8.3 1:10,000 及び 1:50,000 スケール LZHM の作成範囲

8.4.2 土砂災害危険区域設定の適用

第2回及び第3回に派遣された短期専門家はNBRO本部及び地方事務所職員とともに、本業務期間中に発生した土砂災害の現場視察を行い、災害発生後の調査・評価に関する議論や周辺地域における住民への周知の必要性等に関する議論を実施した。

前述したNBROで作成するLHZMは、土砂災害発生危険箇所の抽出のみであり、災害種（地すべり・がけ崩れ・土石流）による分類はなされていない。本来は各災害種によって、その発生機構や現象、災害特性、影響範囲が異なるため、それぞれに合った評価・対策手法が必要である。短期専門家派遣を通じて、土石流影響範囲の推定や評価手法、本邦における法的な危険地域の設定根拠、危険地域選定の優先順位等についての議論を行い、これまでにス国ではあまり考慮されていなかった土石流災害について、現地機関が今後の対応を検討するきっかけづくりとなった。



地すべりの現場視察



短期専門家によるワークショップ

写真 8.1 第2回短期専門家の活動

第3回短期専門家は2017年1月20日から1月28日にかけて派遣された。第2回短期専門家派遣時のC/Pとの協議及び調査結果等を踏まえ、2016年5月に発生したAranyake土砂災害を事例に、本邦における土石流警戒区域（イエローゾーン）設定及び土石流シミュレーションの演習を実施した。NBROから選定された職員8名（LRRMD4名、HSPTD4名）が、専門的な議論やC/Pの理解促進を図るため、派遣期間で実施した現地視察、実技演習及び協議を含めたワークショップ、セミナーの全工程に参加した。

机上演習を通して、日本の土砂災害防止法に基づいた土石流の影響範囲及び土石流危険区域の検証を行うとともに、1次元及び2次元の土石流シミュレーション結果と実際の災害状況を比較し、その手法の有効性及びス国における適用に向けた課題等について検討を行った。

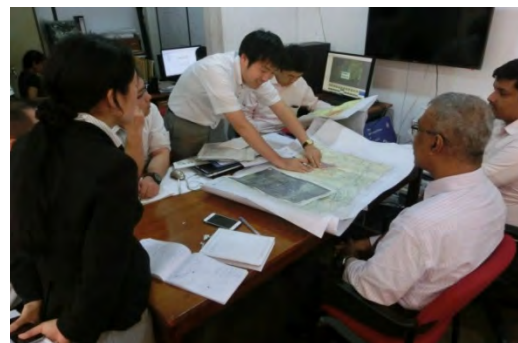
前述したように現状のLHZMによる土砂災害リスク評価は発生源の推定に焦点をあてたものであるため、本邦のような影響範囲を考慮したリスク評価手法は、成長の著しいス国においても将来的に必要となる技術であることは間違いない。一方で、現地での適用に向けた課題としては、土地利用形態の違いと法制度や規制の整備、開発行為を承認する官庁間での認識の違い等が挙げられた。

本業務に限らず上記した点はNBRO自身も組織全体の課題として認識しており、NBROでは正式な国立研究所として位置付ける法案（National Building Research Institution Act : NBRI法）を議会に提出済みである。基本的な業務内容に大きな変更はないものの、NBROは1984年の設立当時に制定されたGazetteに基づき、現在まで活動をしている。そのため、政府機関や住民に対する措置などに関して対外的な法的根拠を有しておらず、一技術機関または研究機関として助言するにとどまっている。同法の策定後は、現行の制度では有していなかった土砂災害危険地域で各種の

措置をとる法的な権限が与えられる見込みであることから、法制度および組織体制の整備とともに新たなリスク評価手法の適用に向けた取り組みがより活発化する可能性が高いと考えられる。



危険区域設定に関する演習



HSPTD との協議

写真 8.2 第3回短期専門家の活動

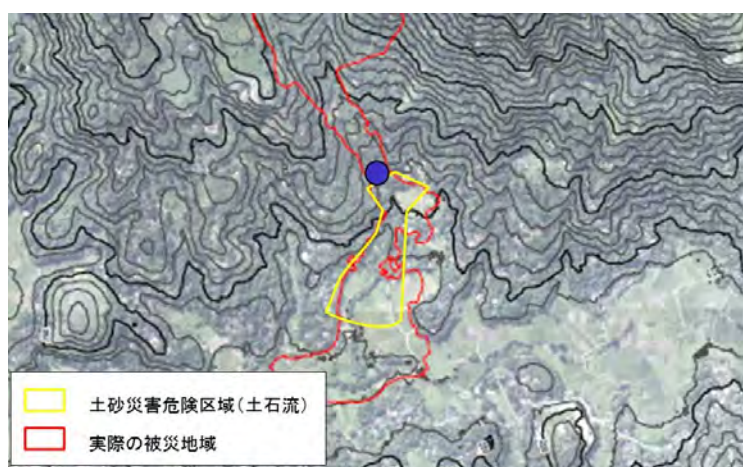


図 8.4 土砂災害防止法に基づく土石流危険区域の設定例(Aranayake 地すべり)

8.4.3 NBRO による住民移転の実施

NBRO が実施している土地利用に関する取り組みとして、潜在的な土砂災害リスクの高い地域もしくは過去に土砂災害が発生した地域の周辺住民に対して、より安定・安全な地域へ移転することを奨励している。住民が移転する場合、一定額の移転費用や移転地での住居等が政府資金や国際ドナー等から援助されており、政府、地方自治体、住民間の関係者調整も行っている。

住民移転の課題としては、一般的に物理的移転と経済的移転が挙げられる。物理的移転は居住場所やシェルターの移転、喪失を指し、経済的移転は土地、財産、財産へのアクセス、収入源、生計の手段等の喪失を指す。諸外国での事例と同様にス国でも下記のようなことが挙げられる。

- 移転内容・理由の理解不足
- 移転対象者の多くが第1次産業従事者のため、生活に与える影響が大きい
- 援助（補償）金額、代替地の条件が合わない
- 移転後の生活再建が出来ず、元の居住地に戻ってしまう

上記以外にス国の特徴として、

- 土砂災害危険地域である急傾斜地に茶畑が広がっているため、移転対象者が物理的移転と経済的移転の両方が必要となる

これらの活動をより推進していくためにも NBRO の法的根拠が必要であり、早急な NBRI 法の承認が望まれる。

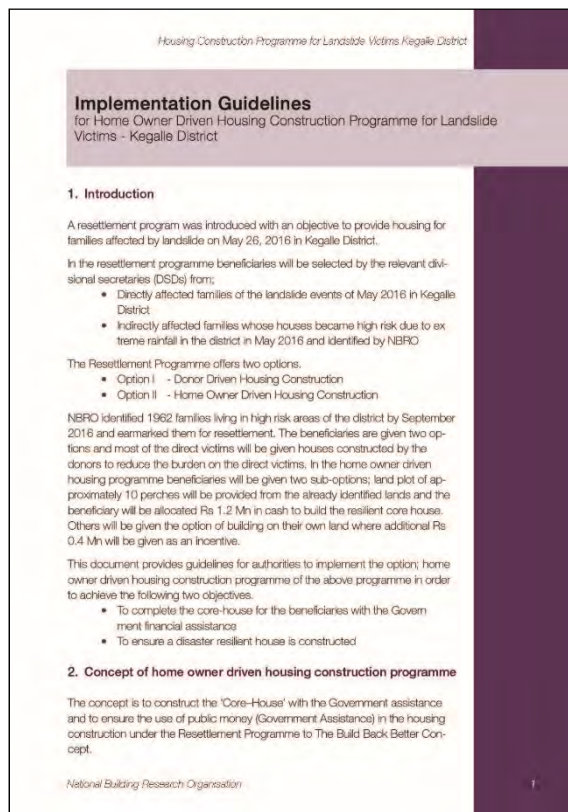
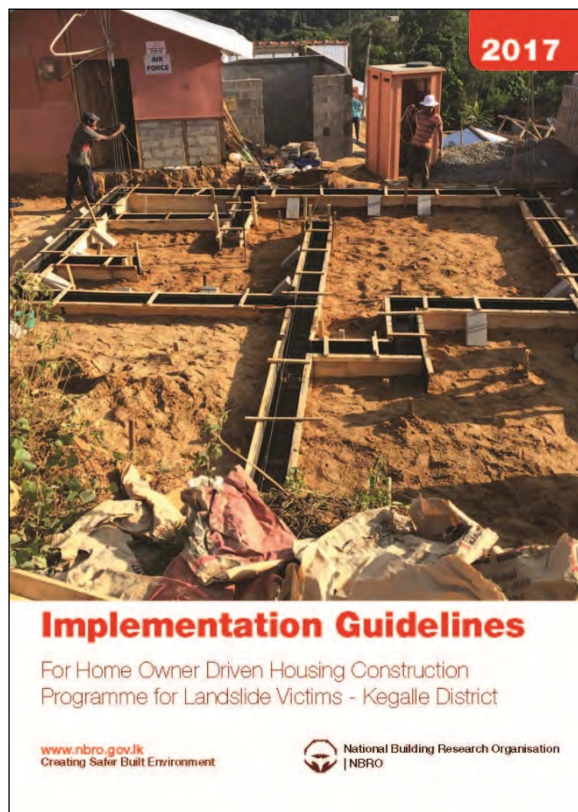


図 8.5 Aranayake 地すべり時の住民移転ガイドライン

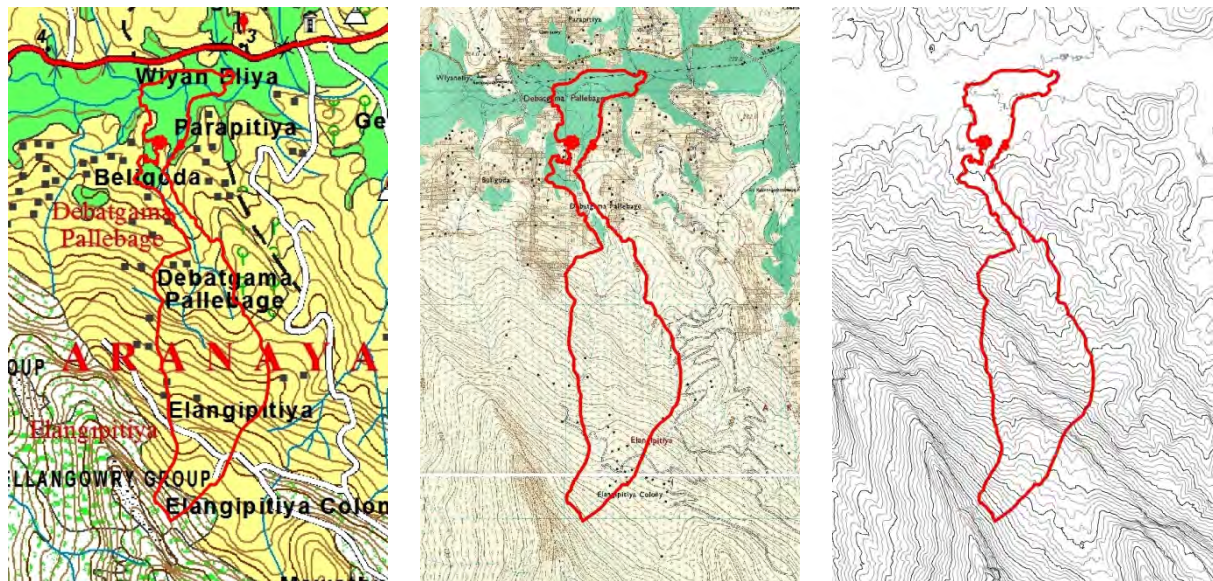
8.5 土砂災害対策を目的とした土地利用規制に関して、日本の知見の紹介とスリランカにおける取組の改善策に関する基本方針等を取り纏めた資料を作成する（活動 5-5）

8.4 で示したように、スリランカにおける土地利用規制については業務全体を通して各種のセミナーやワークショップ、短期専門家派遣等を実施し、協議や話題提供を行ってきた。これらの活動に基づき、防災関係機関を対象に長期専門家派遣終了前にとりまとめセミナーを実施し、土地利用規制に関する課題と改善策としては以下のようなことが挙げられた。

高精度 DEM/DSM による地形判読

貴機構実施のス国測量局に対する技術協力プロジェクト「防災能力強化のための数値標高モデル作成プロジェクト」によって、中央山間部の西側地域を中心に LiDAR 測量による高精度の数値標高モデル (Digital Elevation Model : 以下 DEM) の整備が進められている。これまで NBRO がリスク評価に使用している地形図は精度があまり高くなく、更新もなされていない (ただし、地形図の更新自体が通常、頻繁になされるものではない)。精度の高い地形図を用いることにより、地すべりや土石流等の過去の痕跡を把握できる他に、潜在的な地すべり地形等も判断しやすくなるため、成果の有効な活用が期待される。図 8.6 に各地形図精度の違いを示す。

なお、測量局以外の機関が同データを使用できるようになるためには、まずは測量局内部での処理が完了することが前提となるが、同プロジェクトの成果及び高精度地形図の整備は土砂災害のみならず各種の防災分野に有用なデータとなる。図 8.7 に LiDAR 測量の実施範囲を示す。



1/50,000 地形図

1/10,000 地形図

LiDAR 測量成果

図 8.6 地形図の違いによる被災範囲の比較 (Aranayake 地すべり)

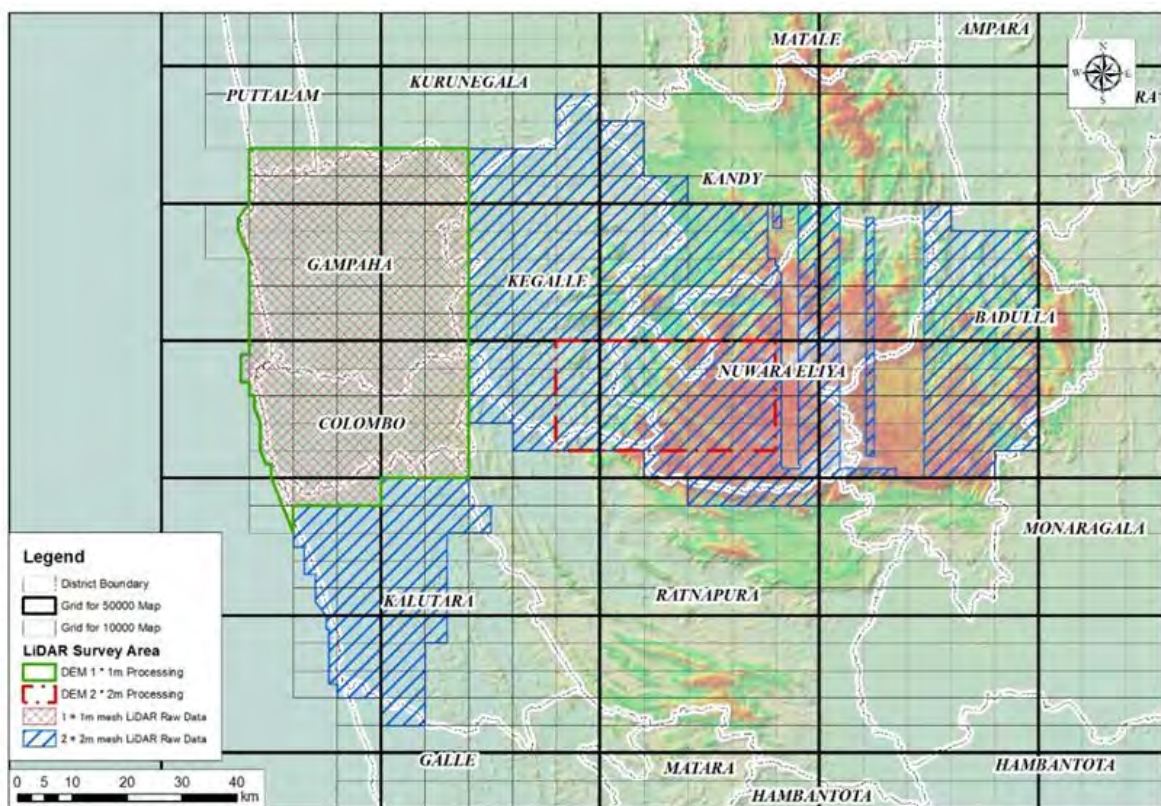


図 8.7 航空写真撮影及び LiDAR 測量対象範囲

出典：防災能力強化のための数値標高モデル作成プロジェクトに一部加筆

災害種ごとの個別評価

本邦では一般的に土砂災害といった場合、地すべり、急傾斜崩壊（がけ崩れ）、落石、土石流といった災害種に分類される（ただし、これ以下の詳細な分類も存在する）。これらの分類方法は各国でそれぞれ異なるため、どういった定義で分類しているか、という点についてはあまり意味をなさない。しかし、それぞれの災害種ごとの影響範囲や対策を検討する場合には非常に重要となる。ス国の LHZM に基づくリスク評価手法では、これらの災害特性の異なるものを一律で評価しているため、影響範囲が特定されず住民避難、土地利用のための基礎情報としては不十分な状態と言える。

NBRO としても近年の実績から土砂災害の影響範囲の推定が必要であると考えており、調査・研究を行っている。これ以外にも国土技術総合政策研究所と 2018 年 2 月に「土砂災害に対するリスクマネジメント分野における研究協力に関する覚書」を締結し、数値シミュレーションを活用した土砂災害ハザードマップの作成、土砂災害にかかる早期警報、調査・設計・施工を含む斜面対策全般について研究を進めていく体制にある。

土砂災害に対する構造物対策が増加しつつある背景も考慮し、将来的にはそれぞれの災害種に応じた調査、対策工の設計・適用が求められることは必然的であり、対策工の優先順位付けや潜在的な危険地域把握の観点からも災害種ごとのリスク評価手法の確立が必要と考えられる。

災害様式の整備

NBRO では土砂災害の規模に関わらず、発生日時や規模、雨量等を記載した災害記録を残している。これらの災害記録は NBRO の地方事務所にて紙ベースで保存されているケースが多く、研究や業務に応じて各自が取り寄せている状況である。また、災害記録の様式も担当者によって異なるため、統一的なデータとしてとりまとめられていない。

統一化された災害記録は研究活動にも非常に有用であるほか、各種の土砂災害の比較や対応策の検討等にも重要な基礎資料となりえる。また、後述する土砂災害の早期警戒情報の検討を行う際に、雨量と土砂災害の発生に関する相関関係を検討する資料にもなる。現在では NBRO でエクセルベースでの電子化を進めており、位置情報、発生日時、発生時の雨量、災害種、災害規模や被害状況等の取りまとめを始めている。今後はその作業を継続していくとともに、取りまとめた災害記録を参照することが可能なデータベースもしくはシステムが整備されればより効率的な活動が可能と考えられる。災害様式の整備自体は直ちに成果を挙げるものではないが、早期警報基準値の改定や各種の検討には統計的な整理が必須であるため、現段階から整備及び情報の蓄積を進めることが望まれる。

8.6 土砂災害軽減のための早期警報及びリスク情報伝達について日本の知見を生かしつつ、関係者で協議する（活動 5-6）

ス国において、土砂災害に対する早期警報は NBRO の発出する Landslide Early Warning が基準となつている。これは NBRO 及び DOM によって観測された雨量データを基に、NBRO 内部での審議を経て発出される仕組みとなつている。現行の警報基準値を表 8.3 に示す。

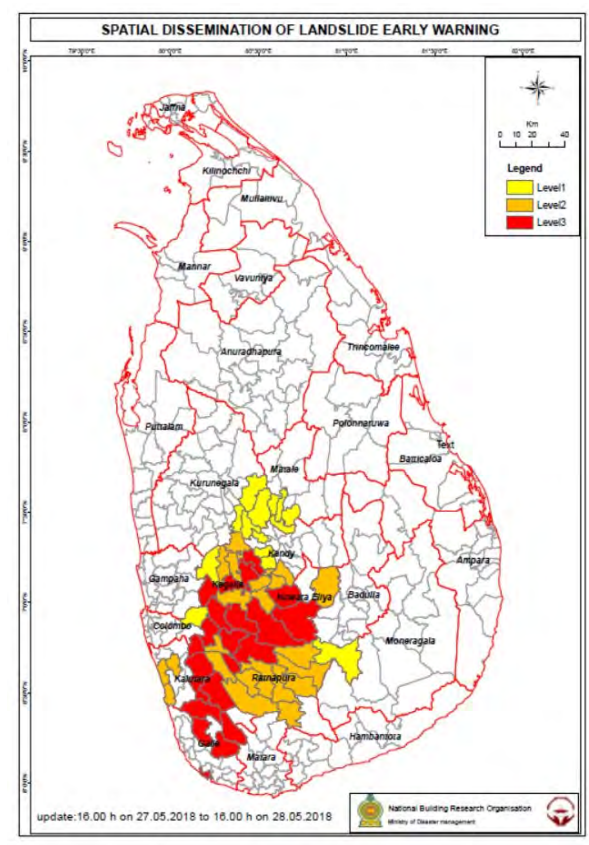
しかし、現状の雨量基準値は国全体に対して一様に設定されている。この点については NBRO も課題の一つと考えており、早期警報の高精度化を目指すにあたって雨量計の増設のみでは解決できないものとして認識している。NBRO には日本に限らず NGI（ノルウェー地質研究所）や各国の企業等が雨量観測や早期警戒システムについての営業や提案を行っているため、それらから取捨選択し、ス国に適したシステム開発・精度の向上がなされることを期待する。

表 8.3 NBRO の土砂災害早期警報の基準値

警戒レベル	Color Code	求められる行動	基準値
Level 1	Yellow	注視 : Watch	24 時間雨量で 75mm 以上
Level 2	Amber	警戒 : Alert	24 時間雨量で 100mm 以上
Level 3	Red	避難 : Evacuation	1 時間雨量で 75mm 以上もしくは 24 時間雨量で 150mm 以上

※基準値はスリランカ全土で同様の数値を使用

これまで NBRO ではこの基準値に基づき、早期警報を District レベルで発出していたが、雨量計の増加やデータの精度の向上等により、2018 年初めごろから Division レベルのより細かい情報を発信するようになった。また、NBRO の Web サイト上に公開する様式の改定や警報発令範囲の図化を行い、関係機関や一般に対してより分かりやすいものとなるように検討を行っている。



早期警報の発令範囲例

Page 1 of 5

Landslide Early Warning. Date/time of the original message: From 16:00hrs on 21.05.2018 to 16:00hrs on 22.05.2018
 නායනයම් පිළිබඳ පූර්ව අනතුරු ඇඟවීම් 21.05.2018 සෑම 16:00 සැටි 22.05.2018 දක්වා
 අනන්තරයා පුනරාවේෂණය 21.05.2018 සෑම 16:00 සැටි 22.05.2018 දක්වා 16:00 සැටි

Updates: 1st update:16.00 h on 22.05.2018, 2nd update:16.00 h on 23.05.2018 to 16.00 h on 24.05.2018, 3rd update:16.00 h on 24.05.2018 to 16.00 h on 25.05.2018, 4th update:16.00 h on 25.05.2018 to 16.00 h on 26.05.2018, 5th update:16.00 h on 26.05.2018 to 16.00 h on 27.05.2018. [View details on 21.05.2018](#)

NATIONAL BUILDING RESEARCH ORGANISATION
 ජාතික ගොඩනැගිලි පර්යේෂණ සංවිධානය
 தேசிய கட்டிட ஆய்விதழ் நிறுவனம்
 No. 99/1, Javatta Road, Colombo 05
 අංක. 99/1, ජාවට්තා පාර, කොළඹ 05
 இல.99/1, ஜாவட்டை வீதி, கொழும்பு 05

Tele./දුරකථන/දුරකථන-0112588946 Fax/ලැයිස්තුව/දුරකථන-0112589943

Warning level 1: Color Code: අදහස් 1: වරින් ආරක්ෂා කළ යුතුයි: විදේශිකයන් සඳහා වන උපදෙස්:	Watch Yellow විදේශිකයන් කහ අනතුරු වැළැක්වීමට සූදානම් වන්න.	Since the rainfall within the past 24 hours has exceeded 75mm, if the rains continue, be watchful on the possibility of landslides, slope failures, rock falls, cutting failures and ground subsidence. පසුගිය 24 ඔටුස්ම වර්ෂාවකට වැසි 75mm ඉක්මවා ඇති බැවින් වර්ෂාව නවවැටීමට හෝ වෙනත් හානිකර කාරණාවක්, බිඳුම් කඩා වැටීම්, ගල් පෙරලීම්, පහසුකම් හිර වීම්, බිඳීම් හෝ පස් කැණීම් කඩා වැටීම් අවධානය පිළිබඳ අවධානයෙන් සිටි අවශ්‍ය වුවහොත් ඉරික්කොටුවකට නැතහොත් සූදානම් වන්න.
Warning level 2: Color Code: අදහස් 2: වරින් ආරක්ෂා කළ යුතුයි: විදේශිකයන් සඳහා වන උපදෙස්:	Alert Amber අවධාන අඟුරු විදේශිකයන් සඳහා වන උපදෙස්:	Since the rainfall within the past 24 hours has exceeded 100 mm, if the rains continue, be on alert on the possibility of landslides, slope failures, rock falls, cut failures and ground subsidence, being ready to evacuate to a safe location if the need arises. පසුගිය 24 ඔටුස්ම වර්ෂාවකට වැසි 100 mm ඉක්මවා ඇති බැවින් වර්ෂාව නවවැටීමට හෝ වෙනත් හානිකර කාරණාවක්, බිඳුම් කඩා වැටීම්, ගල් පෙරලීම්, පහසුකම් හිර වීම්, බිඳීම් හෝ පස් කැණීම් කඩා වැටීම් අවධානය පිළිබඳ අවධානයෙන් සිටි අවශ්‍ය වුවහොත් ඉරික්කොටුවකට නැතහොත් සූදානම් වන්න.
Warning level 3: Color Code: අදහස් 3: වරින් ආරක්ෂා කළ යුතුයි: විදේශිකයන් සඳහා වන උපදෙස්:	Evacuation Red ඉවත්වීම රතු විදේශිකයන් සඳහා වන උපදෙස්:	Since the rainfall within the past 24 hours has exceeded 150mm, if the rains continue, evacuate to a safe location to avoid the risk of landslides, slope failures, rock falls, cutting failures and ground subsidence. පසුගිය 24 ඔටුස්ම වර්ෂාවකට වැසි 150mm ඉක්මවා ඇති බැවින් වර්ෂාව නවවැටීමට හෝ වෙනත් හානිකර කාරණාවක්, බිඳුම් කඩා වැටීම්, ගල් පෙරලීම්, පහසුකම් හිර වීම්, බිඳීම් හෝ පස් කැණීම් කඩා වැටීම් අවධානය පිළිබඳ අවධානයෙන් සිටි අවශ්‍ය වුවහොත් ඉරික්කොටුවකට නැතහොත් සූදානම් වන්න.

update:16.00 h on 27.05.2018 to 16.00 h on 28.05.2018

National Building Research Organisation
 Ministry of Disaster Management

早期警報様式

図 8.8 NBRO による早期警報の発出様式

8.6.1 災害時における情報伝達

本業務開始後、2014 年 10 月に Koslanda 地すべりが発生した。この地すべり発生時は災害後調査 (After Action Review : AAR) を実施しているが、当初は気象警報及び Landslide Warning が被災住民には伝わっていなかったことが分かっている。

土砂災害に関する情報の発信については、NBRO は DMC に FAX もしくは電話で伝達するところまでが役割となっている。このため、住民や県・郡政府に対しては基本的に DMC が災害時の情

報伝達役割を担っている。コスランダの周辺住民ヒアリング結果を受けて、2015年及び2016年にローカルコンサルタントによるMDM及びその他の防災関係機関に災害対応状況の確認調査を実施した。調査結果より、DMCはマスメディア、SMS、ウェブサイト、関係者へのメール等の様々な媒介を介して災害時の情報を発信している。近年の通信システムやソーシャルメディアの発達から、特にSMSによる情報発信は今後も有効と考えられる。一方で、住民にとって一番身近な災害対応を実施するGN（Grama Niladhari：末端行政官）にはこの情報が届いていなかった。GAやDSにはSMSによる情報発信がなされているものの、それ以下の行政組織には必ずしも適時的確な情報共有がなされていない可能性が分かった。

土砂災害に限らず各種の災害情報の発信についても上記したプロセスで行われるため、同様の課題があると想定される。したがって、NBROによる災害情報の発信はDMCへの報告までとなっているが、気象局や灌漑局も含めた関係各機関と引き続き、情報伝達体制の向上について対応していくことが望まれる。

8.6.2 土砂災害に関する早期警報の基準値改定

NBROでは土砂災害早期警戒基準値の精度向上及び発令範囲の細分化を一つの課題として取り組んでおり、各種の手法から検討が進められている。どの手法がよりス国に適しているかはNBROによる今後の研究活動を通じて決定されることとなるが、改定作業にあたっては本邦のこれまでの知見が活かされる分野であることから、進捗を確認するとともに継続的な支援が望まれる。

なお、2017年から災害管理省に派遣されている長期専門家からも非構造物対策分野におけるフォローアップや技術支援をさせていただいており、今後も貴機構を含め関係者間での情報共有をされると考えられる。



写真 8.3 災害管理省に派遣された JICA 専門家による早期警戒に関する講義

以下に本業務で紹介した基準値改定に関わる手法の概略を示す。

1) 土壌雨量指数

本邦では土壌雨量指数に基づいて土砂災害警戒情報の運用が市町村単位でなされている。これについては短期専門家によるワークショップやセミナーを通じて紹介した。しかしながら、本邦における土壌雨量指数の算出は、レーダー雨量計による観測結果に基づいているため、直ちにス国で導入することは困難な状況である。この点についてはドップラーレーダーの導入がJICAからス国気象局への支援が予定されていることから、今後の運用状況等も考慮しながら進めていくことが望まれる。

土壌雨量指数から土砂災害警戒情報の運用に向けては、技術的な面での習熟の他に、これまでに発生した土砂災害と将来的に発生する土砂災害の災害データ整理、相関性の検証が必要である。この点についてはNBROのみならず気象局との連携が必要不可欠である。

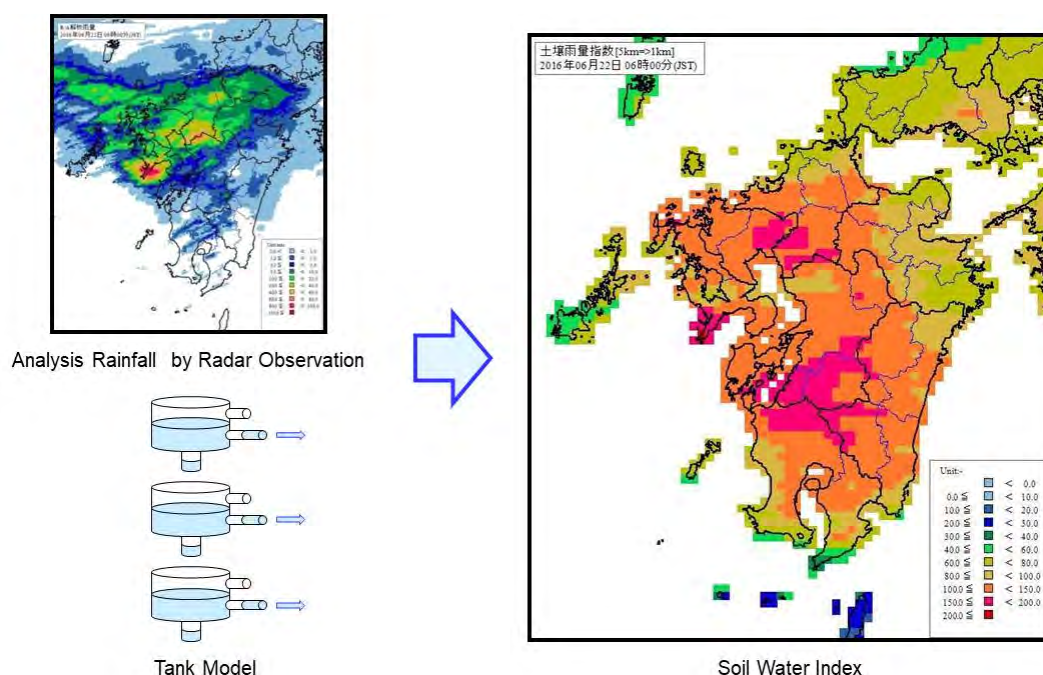


図 8.9 本邦における土壤雨量指数の紹介

2) 実効雨量

土壤雨量指数の導入にあたってはドップラーレーダーの導入から技術的な成熟まである程度の時間を要することから、本業務ではより簡便な手法として実効雨量による早期警戒基準値の見直しについて提案を行った。同手法は「国道土砂災害対策事業」からも提案がなされており、既に一部の地域で数例程度の取りまとめがなされている。同手法は災害発生時の雨量情報と土砂災害発生の有無を比較することにより、基準値設定を検討することが可能であり、新規の設備投資が必要ないことから、現況により適している。

8.7 土砂災害対策を目的とした早期警報及びリスク情報伝達に関して、日本の知見の紹介とスリランカにおける取組の改善策に関する基本方針等を取り纏めた資料を作成する（活動 5-7）

8.6 で示したように、ス国における早期警報及びリスク情報伝達に関する改善案として以下のことが挙げられる。

早期警報の基準値改定

早期警報の基準値設定の手法は、本業務を通じて、本邦における運用方法や実績等を紹介してきた。NBRO では日本に限らず各種のドナーや研究機関とも検討を進めていることから、NBRI 法を含めた法整備や防災を取り巻く社会環境の変化等を考慮しながら、現地に適した基準値が設定されることが期待される。

なお、基準値設定の見直しについてはプロジェクトチームからも何度も提案してきていることであり、ようやくその機運が高まってきている段階と考えられる。本業務のフェーズ 2 が採択されていることから、同プロジェクトにより NBRO の要望と今後の展開について確認し、日本からの支援が継続されることが望まれる。

リスク情報の伝達

土砂災害に限定した場合、NBRO のリスク情報伝達における役割は、NBRO 及び気象局で観測された雨量データから、DMC に対し早期警報を発信するところまでである。これに加えて、実際に土砂災害が発生した際の現地確認等が割り当てられている。このシステムについては、大きな課題等はないと考えられる。一方で、8.6.1 で示したように GN 及び住民までに早期警報が伝達されていない現状が明らかとなっている。この点については、NBRO への支援で解決できる課題ではないため、DMC をはじめとする防災関係各機関と協議が必要となる。

また、伝達システム改善にあたり、もう一つの課題としてス国における行政制度が挙げられる。ス国では中央政府機関と地方行政機関の 2 軸で運営されているため、必ずしも両者において綿密な連携が出来ていない部分がある。防災情報の伝達はその一例であり、中央政府機関から住民までの迅速な情報伝達には、地方行政機関との連携と DMC や NBRO の地方事務所と連携も必要不可欠である。直ちに解決できる課題ではないが、情報伝達システムの構築にあたっては留意が必要な点と言える。

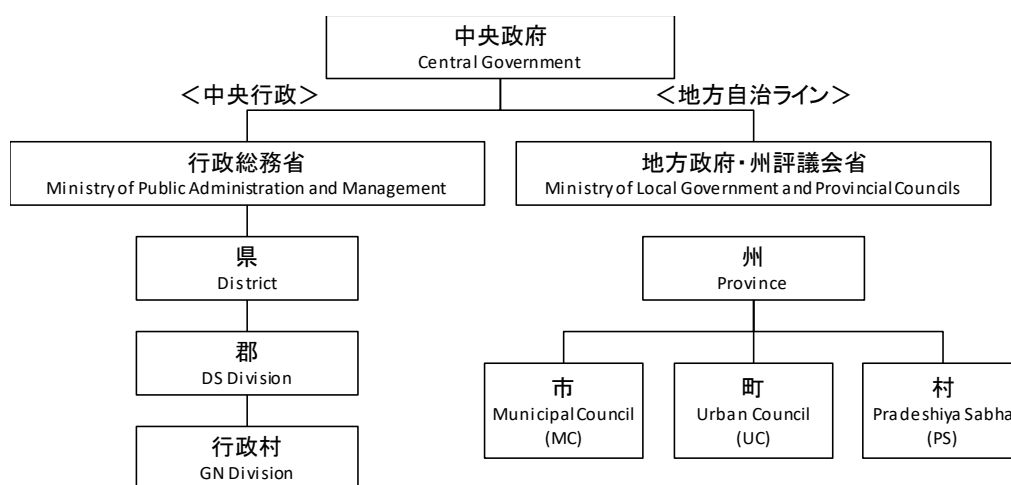


図 8.10 各行政ラインの相互関係

出典：JICA スリランカ国災害管理体制に関する調査報告書（2016年3月）を編集

上記以外に非構造物対策全体に関する提言として、

災害発生時の二次災害対応

災害が発生した場合、軍や警察等が救助活動を行っているが、災害時の救助者が二次災害により被災することが無いように十分注意を払う必要があることは言うまでもない。一方で、そういった二次災害の発生危険性を予知または把握し、現場責任者に助言を与えることが可能なのは、普段から土砂災害の調査を行う NBRO 以外に他ならない。残念ながら、NBRO の SOP ではそのような対応はできないこととなっているが、NBRO 職員が災害救助にも可能な限り立ち会い、救助活動の安全面についても配慮できるようになることが望ましい。

8.8 災害応急対応タイムライン調査及び地すべりメカニズムの解析を実施する

8.8.1 災害応急対応タイムライン調査

2014年10月29日に発生した Koslanda 土砂災害に関し、災害応急対応タイムライン調査及び発表会を行った。本調査の目的はコミュニティを含む各ステークホルダーの対応を追う事によりギャップや課題を洗い出し、緊急対応の更なる発展に寄与することである。本調査はカウンターパートの OJT を含め、ワーキンググループを組んで調査を実施した。調査において聞き取りを行った機関は以下のとおりである。

- NBRO(本部および Badulla 事務所)
- EOC, DMC
- DMCBadulla 事務所
- DoM
- Badulla 県福県知事
- Secretary of Bandarawela 郡長
- Halldumulla 郡総務官
- Halldumulla 郡災害担当官
- コミュニティ住民



写真 8.4 住民聞き取り調査状況

災害対応調査は災害対応を強化するとともに災害への備えのためにも非常に重要な調査である。NBROによるとこうした調査を行うのは初めてであり、本調査をOJTの形でNBROやDMCの職員を巻き込んで実施できたことは大きい。調査を通してこうした調査の重要性も認識しており、他ケースなどにも実施していきたいとのコメントがあった。

本調査結果についてはOJTワークグループでのディスカッションを通して取りまとめをおこない、2016年2月25日に調査結果報告会を実施した。報告会には17名の職員が参加し、参加者の間で活発な議論が見られた。

8.8.2 地すべりメカニズムの解析

Kosklanda 地すべりに対して、ヘリ調査及び現地調査を実施し、地すべりメカニズムの解析を行った。ヘリ調査には、JICA スリランカ事務所から2名、長期専門家、専門家チームから1名、C/P 機関であるNBROから1名と災害管理省のDMCから1名が同行した。

日本では、このような大規模な地すべりが発生した場合、速やかにヘリによる調査を行い、地すべりによる被害状況の確認を行うほか、地すべりが河道を閉塞し、それによってできたダムが決壊して下流域に被害を及ぼす可能性があるか、等について確認を行う。ヘリ調査の目的や、ヘリから撮影した写真を使用しての解析結果等について、C/P 及び DMC や DOM において、報告会を行った。なお、2015年に発生した洪水災害でも DMC がヘリ調査を行っており、ヘリ調査の重要性と意義について十分理解された。

調査の目的や結果のまとめ方について理解を深め、2015年に発生した地すべりの調査では、調査結果の記載がより具体的になるなど、まとめ方に著しい向上が見られた(図 8.11 及び図 8.12 参照)。



写真 8.5 ヘリ調査に同行した C/P 等



写真 8.6 現地調査による技術移転の状況

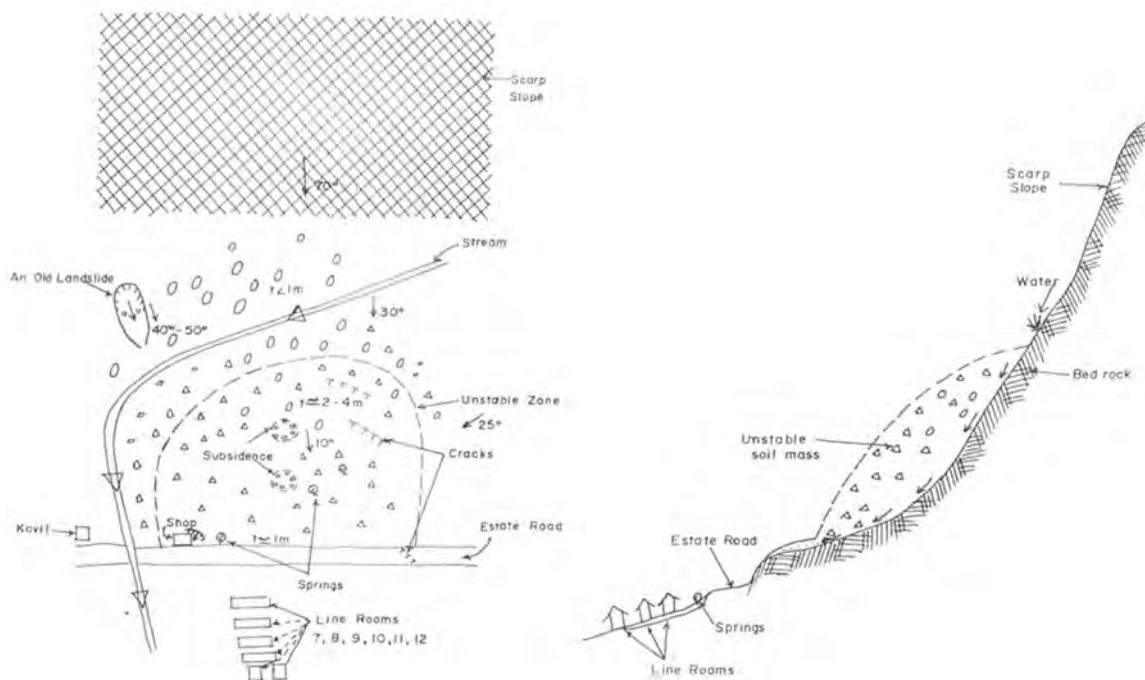


図 8.11 2005 年 Koslanda 地区地すべり報告書の調査結果平面図及び断面図

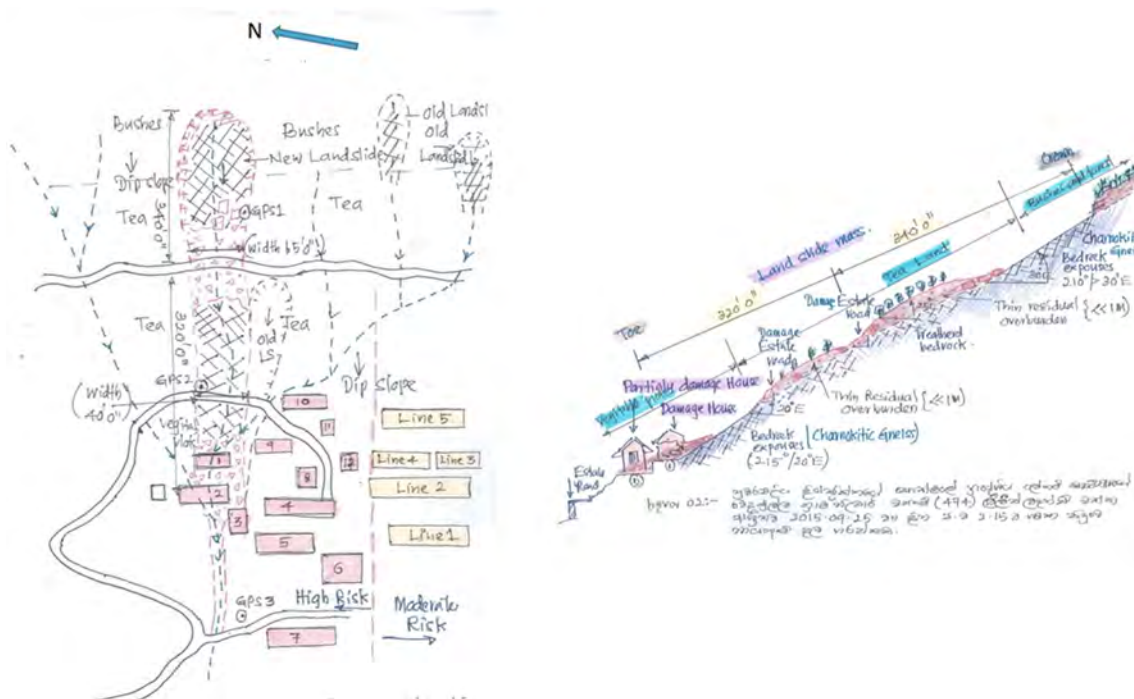


図 8.12 2005 年 9 月 Lilisland 地すべり報告書の調査結果平面図及び断面図

第9章 プロジェクト目標の達成度

9.1 各活動による能力向上

2014年10月のプロジェクト開始からプロジェクト完了時における受益側 C/P の状態（意識、能力等）の変化は表 9.1 に示すとおりである。

表 9.1 技術移転による現時点での成果

No.	活動項目	進捗率 (%)	受益側 C/P の状態（意識、能力等）の変化	
			活動開始時点 (2014年10月)	プロジェクト完了時点 (2018年8月)
成果 1	土砂災害対策のための調査、評価に係る能力が強化される。			
1-1	パイロット地区での土砂災害についての予備調査・概査を実施する	100	パイロット地区の概査であり、既に C/P も危険な箇所であることを認識していることから、特段の技術移転は伴わないため、本項目における変化は特になし。	
1-2	パイロット地区の候補地における測量、地質及び地質工学調査を実施する	100	測量は再委託であるため、技術移転は伴わない。地質調査は、コアサンプルの採取率向上を目的とした技術移転を行った。当初は、軟質な部分を流失していた。また、柱状図の記載が地質的な特徴の記載が多かった。	新しいボーリングマシンを用いたコア採取率の向上を行った。柱状図の記載の際に、対策上留意する必要がある事項が記載されるようになった。
1-3	ピエゾメータ、地盤伸縮計、ピエゾメータ付ひずみ計、孔内傾斜計等の必要機材を設置する	100	いずれの観測計器も既に設置経験があり、特段の技術移転は伴わない。設置状況は、良好である。	
1-4	パイロット地区での土砂災害対策工の概念を考察し決定する	100	当初は、土砂災害の種類が違うことを頭では理解していても、対策を実施することが少ないため、実際には理解できていない場合が多かった。対策の方針は、土砂災害の種類で異なることから、まず種類の相違を認識する必要があった。	研修やセミナー、ワークショップ等で、機会があるごとに土砂災害の種類の違いについて説明を行った。かなりの理解は得られるようになったが、実際に災害種毎の対策を行ってはいないため、完全ではない。繰り返し説明を行う必要がある。
1-5	コンプレッサーの調達を行い、土砂災害対策のためのコンプレッサーを用いた建設実施計画を作成する	100	コンプレッサーの使用経験はあるものの、建設実施計画の作成は行っていなかった。	コンプレッサーを用いた工事の建設実施計画の作成を行った。
成果 2	地すべり対策の設計、施工監理及びモニタリング能力が強化される。			
2-1	パイロット地区での地すべりのモニタリング及び評価を行う	100	地すべりのモニタリングの経験はあるものの、グラフ作成とそれに基づく解析及び評価の経験が不足していた。	モニタリングデータの取りまとめや解析・評価について、グラフの作成・解析を行い、評価を行うことができたようになった。
2-2	パイロット地区での地すべり対策のための設計及び事業費の積算を行う	100	地すべりの設計については、安定計算時に土質定数の設定が土質試験結果に基づいてい	安定計算時に、地質・土質も考慮した上で、現状の安全率を反映することが重要であること

No.	活動項目	進捗率 (%)	受益側 C/P の状態 (意識、能力等) の変化	
			活動開始時点 (2014年10月)	プロジェクト完了時点 (2018年8月)
			た。このため、実際の斜面の安全率が正確に反映されていなかった。 積算は経験を有するため、特段の技術移転は伴わない。	を説明し、逆算による土質定数の設定を行う方法を技術移転したため、現状の安全率が反映されるようになった。
2-3	パイロット地区での地すべり対策のための入札書類を作成する	100	入札図書の作成に関しては経験を有するため、特段の技術移転は伴わないため、本項目における変化は特になし。	
2-4	パイロット地区での地すべり対策のための入札書類の評価及び施工業者の調達を行う	100	入札に関しては経験を有するため、特段の技術移転は伴わないため、本項目における変化は特になし。	
2-5	パイロット地区での地すべり対策のための施工監理を行う	100	第2期から開始され、対策工事は完成した。当初は、施工計画書が1冊にまとまっておらず、個別に提出されていた。施工管理基準を有しておらず、施工管理に関する意識が低かった。安全管理計画も提出する習慣は無く、安全管理に関する意識も低かった。	施工計画書の確認を一緒に行うことで、1冊にまとまった形で作成するように指導できるようになった。日本の施工管理基準を基に協議し、施工管理基準に基づいた検査を行うことができるようになった。安全計画書の提出により、安全管理に関する意識が向上した。
2-6	パイロット地区での地すべり対策の完了報告書を作成する	100	本報告書及び添付資料	
成果3	斜面崩壊対策の設計、施工監理及びモニタリング能力が強化される			
3-1	パイロット地区での斜面崩壊のモニタリング及び評価を行う	100	パイロット地区の概査であり、既にC/Pも危険な箇所であることを認識していることから、特段の技術移転は伴わないため、本項目における変化は特になし。	
3-2	パイロット地区での斜面崩壊対策のための設計及び事業費の積算を行う	100	安定計算時に土質定数の設定が土質試験結果に基づいていた。このため、実際の斜面の安全率が正確に反映されていなかった。 積算は経験を有するため、特段の技術移転は伴わない。	安定計算時に、地質・土質も考慮した上で、逆算による土質定数の設定を行うことを説明し、現状の安全率が反映されるようになった。
成果4	落石対策の設計、施工監理及びモニタリング能力が強化される。			
4-1	パイロット地区での落石のモニタリング及び評価を行う	100	パイロット地区の概査であり、既にC/Pも危険な箇所であることを認識していることから、特段の技術移転は伴わないため、本項目における変化は特になし。	
4-2	パイロット地区での落石対策のための設計及び事業費の積算を行う	100	落石対策は特に基準があるわけではなく、経験的に行っていた。	日本の落石シミュレーションの方法や落石対策の設計方法の技術移転を行い、落石対策の基本的な考え方を理解した。
4-3	パイロット地区での落石対策のための入札書類を作成する	100	入札図書の作成に関しては経験を有するため、特段の技術移転は伴わないため、本項目における変化は特になし。	

No.	活動項目	進捗率 (%)	受益側 C/P の状態 (意識、能力等) の変化	
			活動開始時点 (2014年10月)	プロジェクト完了時点 (2018年8月)
4-4	パイロット地区での落石対策のための入札書類の評価及び施工業者の調達を行う	100	入札に関しては経験を有するため、特段の技術移転は伴わないため、本項目における変化は特になし。	
4-5	パイロット地区での落石対策のための施工監理を行う	100	第2期から開始され、実施中である。コントラクターに施工計画書、安全計画書等の作成を指示し、C/Pと共に確認を行った。	施工計画書の確認を一緒に行うことで、1冊にまとまった形で作成するように指導できるようになった。日本の施工管理基準を基に協議し、施工管理基準に基づいた検査を行うことができるようになった。安全計画書の提出により、安全管理に関する意識が向上した。
4-6	パイロット地区での落石対策の完了報告書を作成する	100	本報告書及び添付資料	
成果 5	土砂災害軽減対策（非構造物対策を含む）の知識とノウハウが改善される。			
5-1	土砂災害の構造物対策についての既存ガイドラインと技術マニュアルのレビュー及び更新を行う	100	成果1-4の活動を通じて、調査方法、観測結果の整理、機構解析、設計方法等の技術移転が行われた。ガイドライン、マニュアルに関しては、LDPPが先行して作業中であるほか、一般的な事項に関しては、DiMCEPで既に作成されている。このため、本業務では、NBROと協議してプロジェクトを通じて得られた教訓を基に、主として設計・施工管理に関するマニュアルを作成した。	
5-2	土砂災害の構造物対策についての改定されたガイドラインと技術マニュアルを用いた研修を実施する	100	成果1-4の活動を通じて、日本のガイドラインやマニュアルを用いてC/Pとともに設計方法について協議するなどして、設計方法の技術移転を行った。また、5-1で作成したマニュアルについてワークショップ及び現地視察の際に説明を行った。	
5-3	土砂災害の構造物対策及び非構造物対策についてのセミナー及びワークショップを開催する	100	活動に関するセミナー、リモートセンシングセミナー、防災に関するセミナー、対策工の調査から設計に関するワークショップを開催した。この他、NBROの実務者を対象としたミニセミナーも複数回開催した。 第3回短期専門家派遣時のワークショップ及びセミナー、長期専門家の帰国前におけるセミナー実施、国土交通省からの職員派遣時におけるセミナー等を開催した。	
5-4	土砂災害軽減のための土地利用規制について関係者で協議する	100	NBRO講堂でミニセミナーを実施し、短期専門家から日本の土地利用規制について紹介し、関連職員約20名とディスカッションが実施された。また、短期専門家セミナーにおいても災害対応事例を紹介するとともに、協議を複数回実施した。 各ワークショップ及びセミナー開催時において、日本における土地利用規制（イエローゾーン設定等）について紹介し、現地での適用に向けた課題、変更点等について協議を行った。	
5-5	土砂災害対策を目的とした土地利用規制に関して、日本の知見の紹介とスリランカにおける取組の改善策に関する基本方針等を取り纏めた資料を作成する	100	近年の大規模な土砂災害被害により、スリランカでも土地利用規制の強化は一つの課題として認識されつつある。 実質的な土地利用規制には法制度の整備が不可欠となるが、開発行為全般に関わる省庁は中央政府及び地方において複数存在するため、NBROに対する支援のみでは困難であることが本業務を通じて明らかとなった。 本業務からは本邦における知見や法制度について紹介及び協議するとともに、将来に向けた適用策を検討した。 なお、改善策の概要は本報告書に記載した。	

スリランカ国
土砂災害対策能力向上プロジェクト
プロジェクト完了報告書

No.	活動項目	進捗率 (%)	受益側 C/P の状態（意識、能力等）の変化	
			活動開始時点 (2014年10月)	プロジェクト完了時点 (2018年8月)
5-6	土砂災害軽減のための早期警報及びリスク情報伝達について日本の知見を生かしつつ、関係者で協議する	100	<p>NBRO 講堂でミニセミナーを実施し、短期専門家から日本の早期警報及びリスク情報伝達について紹介し、関連職員約 20 名とディスカッションが実施された。また、短期専門家セミナーにおいても災害対応事例を紹介するとともに協議を行った。</p> <p>日本における観測体制、警報発令、情報伝達等の事例紹介を各セミナー等で行った。スリランカにおける土砂災害対策を目的とした雨量観測網の整備は引き続き進められており、警報発出基準である降雨指標の見直しにも取り組み始めている。</p> <p>NBRO における公式なリスク情報伝達は DMC までとなっているため、住民まで周知する点においては DMC をはじめとする関係機関との調整・連携が必要不可欠である。</p>	
5-7	土砂災害対策を目的とした早期警報及びリスク情報伝達に関して、日本の知見の紹介とスリランカにおける取組の改善策に関する基本方針等を取り纏めた資料を作成する	100	<p>長期専門家の離任時に、これまでの活動及び将来的な改善策に向けて取りまとめた資料を C/P に共有した。</p> <p>また、これ以外にも貴機構実施の「防災セクター情報収集・確認調査」等を通じて、将来的な改善策等に関する提案がなされている。</p> <p>改善策の概要は本報告書に記載した。</p>	

9.2 プロジェクトの達成度

2014年10月のプロジェクト開始からプロジェクト完了時点のプロジェクト目標の達成度は表9.2に示すとおりである。なお、PDM指標は変更前のものとして記載した。

表 9.2 プロジェクト目標の達成度

成果	指標	入手手段	達成度	備考
1: 土砂災害対策のための調査、評価に係る能力が強化される	a. パイロット地区における土砂災害対策の選定のための調査及び評価に関する報告書の数。	- パイロット地区における土砂災害対策の選定のための調査及び評価に関する報告書	100%	各地区で調査から設計までの一連の報告書を作成した。
	b. 地質調査報告書の数	- 地質調査の報告書 - モニタリングデータ、分析、評価結果及び維持管理の月報	100%	上記報告書中に地質調査についても記載した。
	c. パイロット地区におけるモニタリング・データ、分析及び評価に関する報告書の数。	- プロジェクトによって実施された調査結果	100%	維持管理とモニタリングを実施し、モニタリングシートを作成した。
	d. 土砂災害対策のためのコンプレッサーを用いた建設実施報告書の数	- コンプレッサーを用いた建設実施報告書	100%	プロジェクト期間中は工事が実施中であり、工事の完了には至らなかったが、2019年1月までの建設実施計画は3件作成された。
2: 地すべり対策の設計、施工監理及びモニタリング能力が強化される。	a. パイロット地区における地すべり対策工の実施に関するNBROの活動報告書の数。	- 各パイロット地区における土砂災害対策の完了報告書 - パイロット地区における土砂災害対策の個別の入札書類	100%	施工管理は完了し、モニタリングに関する技術移転を実施した。
3: 斜面崩壊対策の設計、施工監理及びモニタリング能力が強化される。	a. パイロット地区における斜面崩壊対策工の実施に関するNBROの活動報告書の数。	- パイロット地区における土砂災害対策の個別の入札評価	100%	上記報告書中に設計について記載した。
4: 落石対策の設計、施工監理及びモニタリング能力が強化される。	a. パイロット地区における落石対策工の実施に関するNBROの活動報告書の数	- パイロット地区における土砂災害対策の個別の施工管理報告書	100%	施工管理は完了し、モニタリングに関する技術移転を実施した。
5: 土砂災害軽減対策(非構造物対策を含む)の知識とノウハウが改善される。	a. 土砂災害対策の設計及び施工監理に係る技術基準やマニュアル並びに土地利用規制、早期警報及びリスク情報伝達を取り纏めた資料等の数	- 2014年から2017年における土砂災害対策の完了報告書 - NBROの2014年から2017年における年次報告書	100%	NBROからLDPPのマニュアルに関する情報を入手した。本業務で得られた教訓を主体としたマニュアルを作成した。
	b. セミナー/ワークショップへの参加人数	- 業務進捗報告書	100%	セミナー/ワークショップは複数回開催し、十分な人数が参加した。

第10章 プロジェクト全体の総括及び上位目標達成に向けた提言

10.1 プロジェクト全体の総括（プロジェクト実施運営上の課題・工夫・教訓）

10.1.1 第1期

1) キャンディ地区の対応とその影響

成果3の活動であるキャンディ地区の斜面崩壊対策は、活動開始当初のC/P機関との協議や、JCCにおいても、最優先地区であるとのコメントがあった。しかも、できる限り早急に対策工事に取り掛かる必要があるとのコメントもあったことから、キャンディ地区の工程について見直しが行われた。その結果、第2期に実施予定であったパイロットプロジェクトの入札を、キャンディ地区のみ第1期に行うこととなり、地質調査等の各種調査が予定より早く実施されることとなった。

ところが、以下の理由により、キャンディ地区においては対策工事を実施しないこととなった。

- 1) 地質調査の結果、地質が当初想定していた表層のみ（約1m程度）の崩壊より深部（約5m程度以上）まで劣化が進行し、軟質であることが判明した。
- 2) 当初計画は、法枠工（いわゆるフリーフレーム工法）とソイルネイリング工の組合せであり、ほとんど切土が不要な対策工法であった。
- 3) ソイルネイリング工を用いて、ほとんど切土を行わずに対策を行った場合、ソイルネイルの長さが5m以上となり、日本の基準を満たさない（日本の基準は2-5m）ことから、本業務では採用が困難であることが判明した。
- 4) スリランカ式の法枠工は、経験的な設計に基づき、実際の施工も十分な強度を満たさないことが判明した。また、法枠工設置に際してかなりの量の切土を行い、一定の斜面を形成してから、斜面を掘削して施工する法枠であることが判明した。このため、設計・施工上からスリランカ式の法枠工は本業務での採用が困難であることが判明した。
- 5) スリランカ式の対策が施工可能な案の検討を行い、対策工の概略比較を行った結果、切土や盛土による代替案では、スリランカ国側の用地制限に抵触することが判明したため、スリランカ式の対策工が施工可能とした場合の案の採用も困難であることが判明した。
- 6) 切土や盛土を伴わず、斜面を安定化させるには、日本式法枠とアンカー工及びロックボルト工の組合せが適切であることが判明した。
- 7) 日本式法枠を施工するには、ユニット式金網型枠を用いて法枠を形成する必要があること、湿式吹付機を用いて吹付を行う必要があること、が条件であるが、「ス」国ではいずれも調達困難であることが判明した。

以上から、当地区では当初予定されていた対策工事が実施されないこととなった。

上記対応に斜面崩壊担当がかなりの時間を費やし、結果的に他の担当も斜面崩壊の対応をすることとなり、他の担当の活動に影響を及ぼした。

当初想定と異なるとはいえ、想定外の事象への対応が後手後手に回ったことが反省すべき点である。今後は同様な想定外の事象が発生した場合には、前広な対応を行う必要がある。

なお、キャンディ地区の対策工事は実施しないこととなったものの、後述のようにボーリング調査の遅延により全般に5ヶ月程度作業が遅れていたこともあり、そのままの工程では工事開始時期が10月の雨期に入ることが懸念されたため、入札は既に変更した方針の通り、第2期から第1期に変更して行うこととなった。

2) 調達／入札評価

第1期のJICA調達機材であるボーリングマシンの調達に際し、ボーリングマシンの仕様書作成に想定以上の時間を要した。また、成果2及び4の活動である地すべり対策工及び落石対策工の入札図書の完成にも想定以上の時間を要した。当初、入札図書の完成は当初2015年9月完成予定であったが、2ヶ月遅延し、11月に完成した。このため、第2期の開始時期も2016年4月の開始となった。当初活動計画の見込みが甘く反省すべき点である。第2期のコンプレッサー調達時には遅延が生じないように、十分な準備を行った。

3) 調査ボーリング

NBROが実施する調査ボーリングや観測計器設置等が、NBROが実施中の他プロジェクト（国道土砂災害対策事業：LDPP）の影響を受け、当初2015年1月完了予定であったところ、5ヶ月間遅延し、6月に終了した。NBROは、同プロジェクトのコンサルタントチームの再委託先（下請け）となっており、元請の工期を優先した結果とみられる。ただし、本業務の優先地区であるキャンディ地区のボーリングを優先的に行った他、保有するボーリングマシンの配置について調査地点の地形状況や調査深度を考慮して様々な工夫をコンサルタントチームと行ったが、結果的に遅延する状況となった。この遅延により、各地区とも設計・積算作業が同様に遅延し、プロジェクト自体も遅延することとなった。

他プロジェクトによる遅延は想定外の事象であったため、コンサルタントチームとしてはNBROと共にできる限りの工夫を行ってボーリングマシンの配置を検討したが、NBRO保有のボーリングマシンの台数や種類に限りがあることによって、遅延は避けられない事態となった。

4) JCCの開催

第1期にJCCを開催し、PDMの評価基準を決定する予定であったが、JCCが以下の理由により開催できない状況となった。

- 1) プロジェクト開催直後の2014年10月14日に、気象プロジェクトと合同で第1回JCCを開催した。この際は、Work Planの内容の確認までを行った。
- 2) 災害管理省次官との協議により、次回は2015年1月開催予定となったが、同月8日に大統領選挙が行われ、この結果により災害管理省等の組織改編がなされた。また、同年8月に国会議員の選挙が行われ、この間は暫定的な政府の組織体制のままであったため、JCCを開催することができなかった。
- 3) 選挙当時は既に入札を除く全ての作業が終了していたため、JCCは第2期に開催することが妥当と判断され、第2期開始当初に第2回JCCを開催する予定となった。

以上より、災害管理省次官が議長を務めるJCC会議については、次官の人事が選挙結果に影響されることから、JCC会議の開催にあたっては、選挙の時期を考慮して決定する必要がある。

5) MOUの締結

MOUは、2015年8月時点でM/Dとして最終化されている状況にある。しかしながら、上記1)に示したキャンディ地区の影響、2)に示す入札の影響、及び3)に示す調査ボーリングの遅延による影響により、締結が遅延していた。入札終了後、速やかにJICAスリランカ事務所及びNBROとでM/Dのサインングを行った。

10.1.2 第2期

1) 工事の入札時期

第1期に入札が実施され、第2期のコンサルタント契約との間に JICA とコントラクターとの契約がなされた。このため、JICA とコントラクターとの契約直後にコンサルタントが活動できず、コンサルタントの第2期の契約を待っての施工開始となったため、施工開始が若干遅延することとなった。

第1期開始当初のキャンディ地区の優先的な施工のために、第1期に入札を変更して行ったことが主たる原因であり、以降、類似のプロジェクトの際には入札時期と実際の施工開始時期の調整には十分に留意する必要がある。

2) 施工管理

スリランカの工事における施工管理にあたっては、出来形管理や安全管理等、多くの課題がある。第2期の施工管理の中で向上させるべき課題であるが、受注したコントラクターの経験によるところが大きく、どこの工区でも同様のレベルの施工とはなっていない。特に経験の少ないコントラクターの施工は、結局はワーカーのスキルや経験によるところが大きく、指導しても一朝一夕には施工自体は向上しないことが理解された。

今後は、コントラクター間の技術力の違いを NBRO が認識し、それぞれのレベルに応じた指導をしていくように能力向上を行っていく必要がある。

3) 予期せぬ事象等

第2工区のヌワラエリヤ地区で、水平ボーリング工の施工を開始したところ、近傍の民家に亀裂が生じる事態が生じた。民家は、水平ボーリング工の先端から水平距離で約 20m、比高差約 15m の位置にあり、通常日本における施工では想定できない事態である。施工と亀裂の発生との因果関係は明確ではないが、何らかの関係があると考えられた。そこで、施工方法を民家への影響が少ないと考えられる工法に変更することにより工事を再開し、同時に民家に発生した亀裂の間隔のモニタリングを行った。工事再開後は亀裂の拡大は認められず、無事工事は終了した。

ところが、工事終了間際に別の民家に亀裂が発生した。この際も、施工箇所からさらに距離がある民家であり、工法も変更しているため、工事の影響は小さいと考えられた。同様に亀裂間隔のモニタリングを行ったが、工事終了まで亀裂の拡大は認められなかった。

以上は、通常日本で同様の工事を行う際にはほとんど想定できない事象であったが、自然条件の異なる国での施工の際には、十分留意するか、問題が発生した場合の対応を考慮しておく必要がある。

上記については、NBRO がいずれも迅速な対応を行い、かつコンサルタントも滞在中であったため、状況の確認を行うことができたことから、状況の把握を迅速に行うことができた。

また、第1工区のバドゥッラでは7月に山火が発生し、設置してあった観測計器の伸縮計が被害を受けた。最終的に確認を行ったところ計器に異常は認められず、正常な動作が確認されたため再設置を行い、観測は継続中である。

以上のような事象が起きることを予測することは困難であるが、不測の事態を考慮した体制を念頭に置いた活動を行う必要がある。

4) 設計への理解

バドゥッラ地区において、水路工の施工時に設計に関する理解不足による施工ミスが生じた。特に集水柵工の機能と水路の合流点における断面変化について、NBRO も施工業者も理解できて

いないことが判明した。したがって、施工ミスであること自体にスリランカ側は全く気付いていない状態であった。

Progress Meeting で水路工の設計について説明したほか、セミナー等で説明し理解を深めることによって技術移転を行った。

10.2 上位目標達成に向けてへの提言

上位目標及び指標は以下のとおりである。

表 10.1 上位目標及び指標

上位目標	NBRO または NBRO の支援によって、本事業から得た経験や技術を用いた土砂災害対策工が実施される。
指標	すべての土砂災害対策工（事前調査の開始を含む）が NBRO または NBRO の支援によって本事業を通じて得た技術と経験を用いて実施される
指標の定義	<p>“すべての土砂災害の対策工”は、“本事業から得た経験や技術”を用いない対策工を除外する。</p> <p>“本事業から得た経験や技術”は以下の経験や技術のいずれかとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 地すべり対策調査におけるドローン技術の活用 - 逆解析を用いた土砂災害対策工の設計 - ケーシングを用いた長い横ボーリング工（30メートル以上） - 出来形管理用書類を用いた体系的な施工管理

指標の定義としてあげられた、4つの経験及び技術について、以下に課題と提言を述べる。

1) 地すべり対策調査におけるドローン技術の活用

ドローン（UAV）については、本業務で技術移転後、プロジェクト期間中から積極的に活用されている技術である。現状では Human Settlement Planning and Training Division (HSPTD) が UAV を所有しており、2017年5月の土砂災害後の被害調査に使用している。この際は、NBRO が被害の大きかった 35箇所について UAV を用いた被害状況の調査を行い、“Landslide Disaster May 2017 Damage and Loss Assessment”として報告書の取りまとめを行っている。

2018年4月に Landslide Research and Risk Management Division (LRRMD) も UAV を入手しており、今後の活用が期待される。

課題としては、本業務期間中は、主として研修を主体として UAV の活用方法について技術移転を行ってきており、NBRO の UAV を用いた実際の調査までは技術移転を行うことができていない。したがって、LRRMD が実際の土砂災害調査にあたって、調査計画の立案、地形解析、対策工の概略計画等を行うことができるようになることが課題の一つと考えられる。UAV の活用自体に大きな問題は無いと考えられるが、土砂災害対策にあたっての、実際の作業に関する技術移転が今後行われることが望ましい。

2) 逆解析を用いた土砂災害対策工の設計

安定解析を行う際に、逆解析を行うこと自体は発展途上国に技術移転を行う上で大きな課題の一つと言える。逆解析は、日本の土砂災害対策工設計にあたって、経験的な手法であることが、技術移転を困難にしている大きな理由の一つと考えられる。他国の事例ではなかなか受け入れられない、もしくは理解してもらえないことが多く、技術移転は非常に困難なことが一般的である。

しかしながら、NBRO はセミナーやワークショップ、及び実際の Kandy 看護学校地区における設計の技術移転によって、逆解析の重要性を良く理解したと考えられ、終了時評価の際にも、本業務で得られた技術や教訓として、逆解析と答えるスタッフが複数確認された。

したがって、逆解析の適用にあたって大きな課題は無いものと考えられる。ただし、逆解析の技術移転は、NBRO の設計スタッフを中心に技術移転されたものであるため、今後は地方事務所の担当等にも技術移転を行うことが重要と考えられる。

今後は、NBRO 内の異動等も考慮した技術移転を行った設計スタッフ以外への技術の普及を行うことが望ましい。

3) ケーシングを用いた長い横ボーリング工 (30 メートル以上)

本業務のパイロットプロジェクトによって、施行延長の長い水平ボーリングを行う際のケーシングの重要性は、NBRO 担当者には十分理解されたものと考えられる。実際に、NBRO 直営のボーリング班も水平ボーリングを施工する際に、ケーシングを用いて施工を行っており、十分な技術移転が行われたものと考えられる。

今回のパイロット地区である Lot 1 (Badulla)、Lot 2 (Nuwara Eliya) において水平ボーリングを施工した施工業者は、ケーシングの重要性を良く理解し、本業務以外でもケーシングを用いた水平ボーリングを実施できるようになった。

一方で、本パイロットプロジェクトの入札時に落札できなかった施工業者は、ケーシングの重要性について理解ができておらず、NBRO 発注の施行延長の長い水平ボーリングを施工する際に施工できず、トラブルが発生しているとの情報も得ている。

NBRO がこうした施工業者に対して技術移転を行うことも可能であるが、民間業者間の競争原理に介入することにもなるため、技術移転は慎重に行う必要があると考えられる。

NBRO 直営ボーリング班、及びパイロットプロジェクト受注業者による長い水平ボーリングの施工は問題ないものと考えられるが、それ以外の施工業者へのケーシング使用の普及が課題と考えられる。

特記仕様書にケーシングの使用を義務付ける等、契約上使用を強制する形を取るなどして、民間業者間の競争に十分留意しつつ、ケーシング使用の普及を行うことが望ましい。

4) 出来形管理用書類を用いた体系的な施工管理

本業務のパイロットプロジェクト担当者は、出来形管理用書類を用いた体系的な施工管理の重要性については、十分理解したと考えられる。

一方で、こういった書類を用いた施工管理は書類作成の手間が増えるなど、書類作成とその承認等、処理作業が煩雑化することも事実である。

特記仕様書に出来形管理用書類を用いた施工管理の項目を設けることで、施工業者に書類の作成を徹底する、同時に NBRO 担当者にも同書類を用いた施工管理を普及することが望ましい。

第11章 総括所感

1) プロジェクトのデザイン

まず、本業務が、通常の技術協力プロジェクトよりも規模の大きな施工協力（パイロットプロジェクト）を含んでいることが大きな特徴と言える。パイロットプロジェクトは当初4箇所であり、それぞれの移動には3時間程度かかる状況であった。

また、各パイロット地区における調査ボーリングの数量が多く、NBRO 直営でボーリングを実施したものの、他プロジェクトの影響もあり、大きく遅延する結果となった。

また、調査から設計の過程で Kandy 看護学校が、地質条件や採用する対策工法の特性から、本業務で施工を行うには不相当であることが確認され、別プロジェクトである「斜面防災技術（ユニット式金網型枠による吹付法枠工）の普及・実証事業」によって施工されることとなった。

以上のことは終了時評価でも指摘された事項であるが、プロジェクトの実施にあたり極めて重要な影響を及ぼす結果となり、プロジェクトデザインが重要であることが理解される。今後、同様な案件を形成する際には、パイロットプロジェクトの位置、想定される対策工法、当該国の調査・施工能力等に注目した事前調査を行うことが重要と考えられる。

2) UAV 調査に関する技術移転

前章にも既述した通り、UAV の活用状況自体に問題は無いものと考えられる。もともと UAV 調査自体は本業務のスコープには入っておらず、プロポーザル作成当時の技術動向を鑑みて提案したものであった。本業務による UAV 調査技術の紹介と技術移転によって、NBRO 内での UAV 調査は急速に普及することとなった。

今後は、その調査結果を用いた、調査計画の作成、地形解析、対策工法の概略検討、等に関する技術移転を行うことが望ましい。また、本技術の移転により、次に述べる非構造物対策の基礎資料が作成されることとなり、ハザードマップの作成やリスク評価に活用できるため、将来的な活用を視野に入れると、非常に有効であると考えられる。

3) 非構造物対策に関する技術移転

本業務自体は、土砂災害対策のパイロットプロジェクトによる構造物対策に関する技術移転が主体であった。同時に、長期専門家・短期専門家による非構造物対策に関するセミナーやワークショップも開催され、非構造物対策の重要性についても技術移転された。

一般に構造物対策は費用が高く、十分な予算を必要とするため、NBRO の予算内だけでは多くの土砂災害危険地域に対する対策を実施することは困難である。

したがって、早期警報発令、ハザードマップの作成とリスク評価、リスク評価に基づく開発計画／開発規制、等の非構造物対策を講じることにより、土砂災害による被害を軽減することが望ましい。

特にハザードマップは現在 NBRO によって作成中であり、斜面の傾斜や地質等、複数のパラメータを用いて斜面の危険度の分類を行っている。一方で、同パラメータに基づく、今回のパイロット地区のうち地すべり地は斜面の傾斜が緩いため、危険地区とは評価されない、等の問題があることが確認されている。

したがって、リスクが正しく評価されるハザードマップの作成が重要な課題の一つとなっている。同時に、リスク評価に応じて、豪雨などリスクが高まった場合に、いかに早期警報の発令を行うか、も重要な課題の一つである。

本業務中に発生した 2014 年 10 月の Koslanda 地すべりの際にも、災害情報が途切れるなどの課題があることが確認された。

このような、早期警戒情報の発令のプロトコルの現状及び課題の確認とその改善策の検討を行うことが望ましい。

さらに、ハザードマップにおけるリスク評価に基づいた、土砂災害危険地域の開発計画／開発規制を行うことも非構造物対策としては重要な項目の一つと考えられる。開発計画／開発規制に関する根拠となる法令の確認と、担当組織の実際の規制の状況の確認、及びこれらの現況と課題に基づく対応策の検討を行うことが望ましい。