

スリランカ国  
道路・ハイウェイ省道路開発庁

スリランカ国  
国道土砂災害対策事業フェーズ2  
準備調査  
ファイナル・レポート  
和文要約

令和元年 12 月  
(2019 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
株式会社地球システム科学

南ア
JR(P)
19-033

スリランカ国  
道路・ハイウェイ省道路開発庁

スリランカ国  
国道土砂災害対策事業フェーズ2  
準備調査  
ファイナル・レポート  
和文要約

令和元年 12 月  
(2019 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

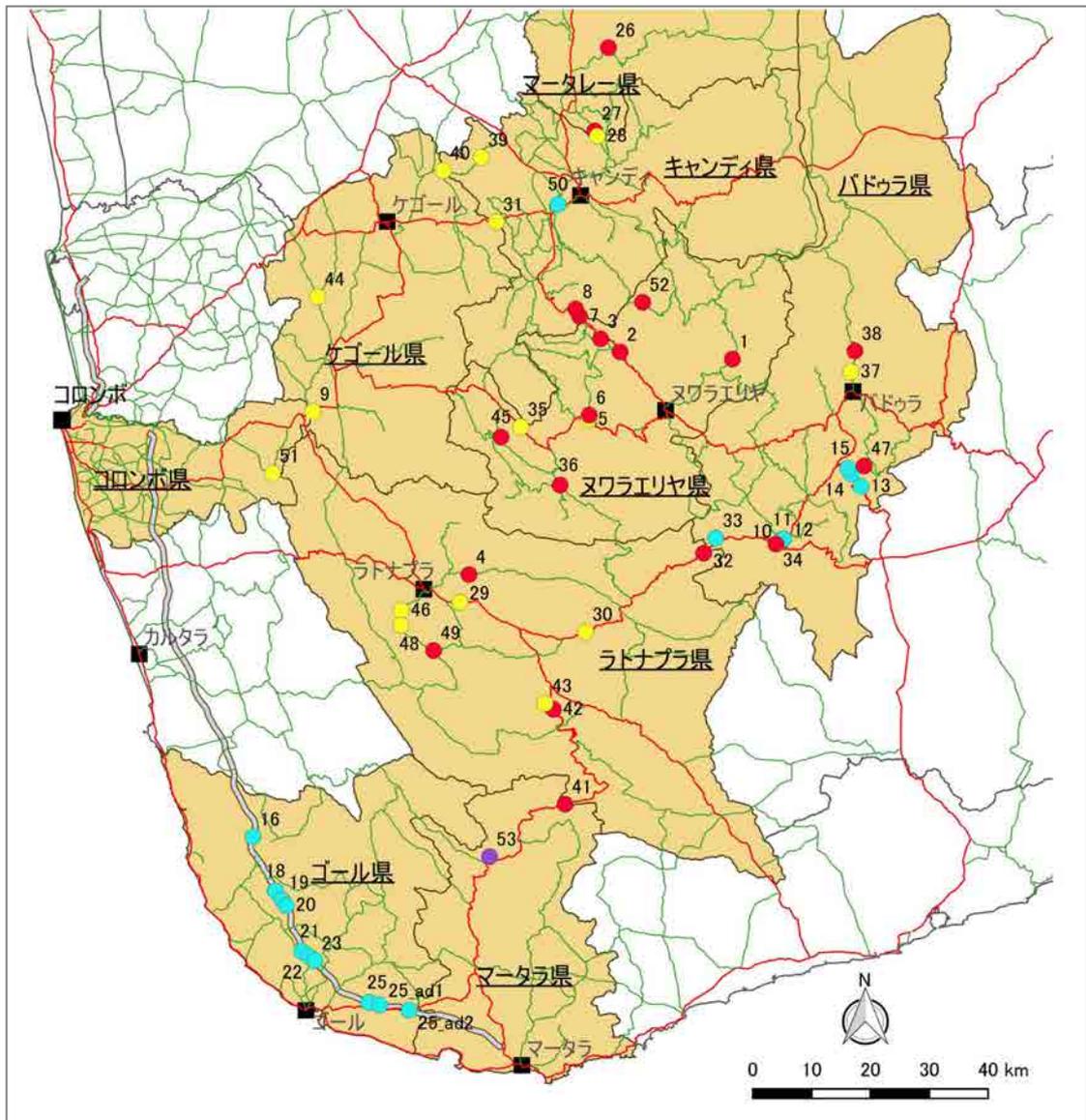
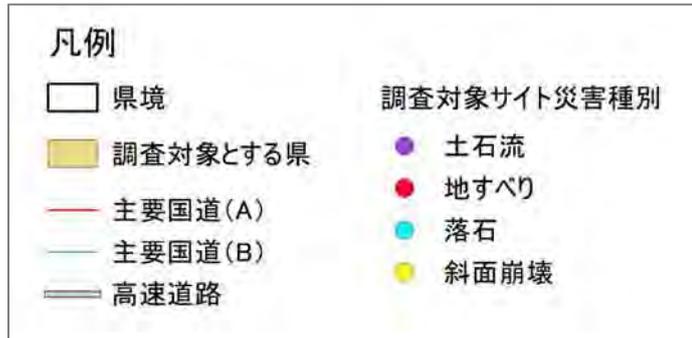
日本工営株式会社  
株式会社地球システム科学

為替レート

1 USD = 107.0 JPY

1 LKR = 0.601 JPY

(2019 年 10 月)



出典：JICA 調査団

調査位置図



写真1：道路開発庁（RDA）本部で実施したキックオフミーティング風景

2019年2月22日撮影



写真2：第1次現地調査時、JICA 調査団によるキャンディーPMU オフィスへの訪問

2019年2月27日撮影



写真3：ハイウェイ道路開発・石油資源開発省の関係者とのキックオフミーティング

2019年3月5日撮影



写真4：テレビ会議による本邦企業への説明会

2019年3月28日撮影



写真5：対象サイト2次選定結果に関して、PMU オフィス関係者と協議

2019年4月3日撮影



写真6：対象サイト2次選定結果に関して、RDA 本部関係者との協議

2019年4月10日撮影

撮影：JICA 調査団



写真 7: 本邦招聘 1 被招聘者による JICA 本  
部南アジア部への表敬訪問

2019 年 5 月 8 日撮影



写真 8: 本邦招聘 2 国道 17 号線斜面对策工  
サイトでの現場視察

2019 年 5 月 9 日撮影



写真 9: 本邦招聘 3 NEXCO コミュニケー  
ションプラザ川崎への訪問

2019 年 5 月 11 日撮影



写真 10: 概略設計のための現地調査 (地すべ  
り災害サイト)

2019 年 7 月 4 日撮影



写真 11: 概略設計のための現地調査 (斜面崩  
壊災害サイト)

2019 年 7 月 12 日撮影



写真 12: 概略設計のための現地調査 (落石災  
害サイト)

2019 年 7 月 17 日撮影

撮影：JICA 調査団

# スリランカ国国道路砂災害対策事業フェーズ2準備調査

## ファイナルレポート

### 要 約

### 目 次

調査位置図

写真

目次

略語表

第1章	緒言	1
1.1	事業実施の背景	1
1.2	準備調査の目的とスコープ	1
1.3	調査の作業内容	2
第2章	スリランカ国における土砂災害の現況	3
2.1	土砂災害概況	3
2.1.1	一般情報	3
2.1.2	土砂災害	4
2.1.3	災害管理セクター	4
2.2	国道斜面对策の現況と課題	5
2.3	関連政策および計画	6
2.3.1	土砂災害関連の政策や計画	6
2.3.2	我が国の土砂災害管理における支援	7
2.3.3	LDPP-1からの教訓	7
2.4	他ドナーによる援助状況と動向	8
2.4.1	Climate Resilience Improvement Project (CRIP)	8
2.4.2	アジアインフラ投資銀行 Asia Infrastructure Investment Bank (AIIB)	8
2.4.3	Norwegian Geotechnical Institute (NGI)	8
2.4.4	国連開発プログラム United Nation Development Programme (UNDP)	8
第3章	事業対象サイトの選定	10
3.1	調査対象サイトのリスク分析	10
3.1.1	現在の潜在的なリスクの特定	10
3.1.2	土砂災害の分類	10
3.1.3	リスク評価	12

3.2	事業対象サイト選定の方法	13
3.2.1	一次選定（スクリーニング）	13
3.2.2	二次選定（リスク評価・優先順位）	14
<b>第4章</b>	<b>自然条件調査</b>	<b>17</b>
4.1	対象サイトの地形地質概要	17
4.2	地形調査	17
4.3	地質調査	17
<b>第5章</b>	<b>概略設計</b>	<b>18</b>
5.1	対策工概略設計	18
5.1.1	設計方針	18
5.1.2	新技術の適用の検討	18
5.1.3	設計基準	18
5.1.4	安全率	19
5.1.5	対策工法の選定	19
5.1.6	対策工の比較検討	19
5.2	本邦技術の適用性	20
<b>第6章</b>	<b>概略事業費</b>	<b>22</b>
6.1	事業施工計画	22
6.1.1	プロジェクトのパッケージング計画	22
6.1.2	施工計画	22
6.2	概略事業費	22
6.3	年次支出スケジュール	23
<b>第7章</b>	<b>事業実施計画</b>	<b>24</b>
7.1	事業実施方針	24
7.1.1	詳細設計段階	24
7.1.2	入札・契約段階	24
7.1.3	施工段階	24
7.1.4	瑕疵通知期間	25
7.2	事業実施および維持管理のための組織構成	25
7.2.1	RDA の組織と防災事業	25
7.2.2	NBRO の組織構成	26
7.2.3	LDPP-2 の事業実施体制	27
7.3	事業実施スケジュール	27
7.4	維持管理計画	29
7.4.1	維持管理作業の責任分担	29

7.4.2	維持管理システム	29
7.4.3	マニュアルおよび資機材	29
<b>7.5</b>	<b>調達計画・スケジュール</b>	<b>32</b>
<b>7.6</b>	<b>安全管理</b>	<b>32</b>
7.6.1	施工中の安全確保	32
7.6.2	詳細設計時に考慮すべき地すべりの特殊事情	32
<b>7.7</b>	<b>事業実施のリスク分析</b>	<b>32</b>
<b>7.8</b>	<b>事業実施能力向上・事業効果発現のための施策及び技術協力の提言</b>	<b>32</b>
<b>第8章</b>	<b>事業評価</b>	<b>33</b>
<b>8.1</b>	<b>経済分析</b>	<b>33</b>
<b>8.2</b>	<b>基本条件</b>	<b>33</b>
<b>8.3</b>	<b>事業便益</b>	<b>33</b>
<b>8.4</b>	<b>事業費</b>	<b>35</b>
<b>8.5</b>	<b>経済的実施可能性</b>	<b>35</b>
<b>8.6</b>	<b>運用効果指標</b>	<b>36</b>
<b>第9章</b>	<b>環境社会配慮</b>	<b>37</b>
<b>9.1</b>	<b>環境社会配慮</b>	<b>37</b>
9.1.1	概要	37
9.1.2	環境影響評価制度	37
9.1.3	環境影響	37
9.1.4	環境管理・モニタリング計画	38
<b>9.2</b>	<b>用地取得・住民移転</b>	<b>38</b>
9.2.1	用地取得・住民移転の規模	38
9.2.2	ステークホルダー協議	39
9.2.3	住民移転計画	39
<b>9.3</b>	<b>その他</b>	<b>39</b>
9.3.1	気候変動適応	39
9.3.2	ジェンダー	40
<b>第10章</b>	<b>結論と提言</b>	<b>41</b>
<b>10.1</b>	<b>事業概要</b>	<b>41</b>
10.1.1	事業の目的	41
10.1.2	事業の範囲	41
10.1.3	事業の方法	41
10.1.4	運用効果指標	41
10.1.5	事業実施機関	41

10.1.6	本事業の構成.....	42
<b>10.2</b>	<b>事業実施の必要性.....</b>	<b>43</b>
10.2.1	事業の妥当性.....	42
10.2.2	事業の有効性.....	42
10.2.3	事業の効率性.....	42
10.2.4	事業の持続性.....	42
10.2.5	環境社会配慮.....	42
<b>10.3</b>	<b>提言.....</b>	<b>43</b>
10.3.1	RDA-PMU の実施体制の要員充実.....	43
10.3.2	調査および詳細設計段階.....	43
10.3.3	施工段階.....	43
10.3.4	その他考慮すべき事項.....	43

## 略 語 表

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AIIB	Asia Infrastructure Investment Bank	アジアインフラ投資銀行
B/C	Benefit/Cost	費用便益比率
CEA	Central Environmental Authority	中央環境庁
CRIP	Climate Resilience Improvement Project	-
DDMCU	District Disaster Management Coordination Units	県災害管理調整ユニット
DG	Director General	局長
DMC	Disaster Management Centre	災害管理センター
DOM	Department of Meteorology	気象部門
DTM	Digital Terrain Model	数値標高モデル
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
EMoP	Environmental Monitoring Plan	環境モニタリング計画
EMP	Environment Management Plan	環境管理計画
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GETD	Geotechnical Engineering & Testing Division	-
ICB	International Competitive Bidding	国際競争入札
ICR	Inception Report	インセプション・レポート
ICTAD	Institute for Construction Training and Development	-
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境評価
ITR	Interim Report	インテリム・レポート
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JPY	Japanese Yen	日本円
LCB	Local Competitive Bidding	現地競争入札
LDPP	Landslide Disaster Prevention Project	土砂災害対策事業
LDPP-1	Landslide Disaster Prevention Project Phase 1	土砂災害対策事業フェーズ 1
LDPP-2	Landslide Disaster Prevention Project Phase 2	土砂災害対策事業フェーズ 2
LiDAR	Laser Imaging Detection and Ranging	-
LKR	Sri Lankan Rupee	スリランカ・ルピー
LMMD	Landslide Management and Maintenances Division	-
LRRMD	Landslide Research & Risk Management Division	-
MOHRDPRD	Ministry of Highways & Road Development and Petroleum Resources Development	ハイウェイ道路開発・石油資源開発省（2019年11月末、道路・ハイウェイ省に組織再編された。）

NBRO	National Building Research Organization	国家建築研究所
NCDM	National Council for Disaster Management	国家災害管理評議会
NDMCC	National Disaster Management Coordination Committee	国家災害管理調整委員会
NGI	Norwegian Geotechnical Institute	ノルウェー地質工学研究所
NGO	Non-Governmental Organizations	非政府組織
NPV	Net Present Value	純現在価値
PAA	Project Approving Authority	事業承認機関
PAPs	Project-affected Persons	事業による被影響者
PFs	Planning Factor of safety	計画安全率
PMU	Project Management Unit	-
PQ	Pre-Qualification	事前資格審査
RAP	Resettlement Action Plan	簡易住民移転計画
RDA	Road Development Authority	道路開発庁
SCF	Standard Conversion Factor	標準変換係数
TTC	Travel Time Cost	旅行時間費用
UNDP	United Nation Development Programme	国連開発プログラム
USD	United States Dollar	米ドル
USGS	United States Geological Survey	米国地質調査所
VAT	Value-Added Tx,	付加価値税
VOC	Vehicle Operating Cost	車両運用コスト
WB	World Bank	世界銀行

## 第1章 緒言

### 1.1 事業実施の背景

スリランカ民主社会主義共和国（以下「ス国」という）において、土砂災害は最も深刻な自然災害のひとつである。特に中央部の山岳・丘陵地域では、脆弱な地質特性、急峻な地形条件に加えて急速な開発に起因し、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いる。2006年から2016年までの土砂災害では、スリランカ全土で累計約400名の人命が失われる等、災害による死者・行方不明者では最大の要因を占めている。また、スリランカは国内の旅客・貨物輸送の9割を道路網が担っており、土砂災害による道路網の寸断や封鎖は、大きな経済損失をもたらす。

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、災害対策法や国家災害対策管理計画を制定し、国家防災委員会、災害管理省、防災センターを設立する等、積極的に災害対策に取り組み、防災対策を政策上の重要課題として位置付けている。国家災害管理計画におけるアクションプランとして位置付けられる「国家総合災害管理プログラム」においては、具体的に土砂災害リスクの削減を目標に掲げ、スリランカの災害の中で特に被害の多い土砂災害への対策計画が設定されている。

国際協力機構（JICA）は、2013年から円借款「国道土砂災害対策事業」（以下「LDPP」もしくは「LDPP-1」という）を通じ、土砂災害のリスクが高い中部州、ウパ州、西部州の7県において、主要国道への斜面对策工を実施しているが、未だ多くの主要国道で斜面对策工が未整備である。かかる状況下において、未整備の主要国道への斜面对策工の実施について、2018年5月スリランカ政府より我が国に対して「国道土砂災害対策事業フェーズ2」（以下「本事業」もしくは「LDPP-2」という）の要請書が提出された。そのため、JICAは本調査を実施することとした。

### 1.2 準備調査の目的とスコープ

#### (1) 調査の目的

本事業は、土砂災害危険地域9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施することにより、国道の土砂災害リスク軽減及び斜面对策の自律的な実施のための制度づくりを行い、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。

本調査は、本事業の目的、概要、事業費、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境及び社会面の配慮等、我が国有償資金協力事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的とする。

#### (2) 調査の範囲

##### 1) 対象地域

以下の9県を対象とする。

中部州（Kandy 県、Nuwara Eliya 県、Matale 県）、ウパ州（Badulla 県）、サバラガムワ州（Kegalle 県、Ratnapura 県）、南部州（Galle 県、Matara 県）、西部州（Colombo 県）

##### 2) 関係官庁・機関

MOHRDPRD 監督の下、RDA が事業を実施する。NBRO は技術的助言を行う。

表 1.2.1 関係官庁・機関

主たる実施機関	ハイウェイ道路開発・石油資源開発省 (Ministry of Highways & Road Development and Petroleum Resources Development、以下「MOHRDPRD」)
執行機関	道路開発庁 (Road Development Authority、以下「RDA」)
技術的助言機関	国家建築研究所 (National Building Research Organization、以下「NBRO」)

出典：JICA 調査団

### 1.3 調査の作業内容

調査の作業期間は、2019年2月～2019年12月である。主要な作業内容を表1.3.1に示す。

表 1.3.1 業務で実施した主要な活動

期日	活動内容
2019年2月中旬	国内準備作業 (データ収集・解析、インセプション・レポート(ICR)作成)。
2019年2月15日	JICA 本部派遣前会議。
2019年2月21日	現地作業開始。
2019年2月22日	RDA に対し、ICR を説明。
2019年3月5日	キックオフミーティング。MOHRDPRD, RDA, NBRO、JICA スリランカ事務所同席のもと、ICR の説明。
2019年3月7日	JICA 本部と TV 会議。調査の進捗、対象サイトの絞込み方法、および本邦招聘に関して協議。
2019年3月25日	円借款事業に係る本邦企業説明会。
2019年3月28日	JICA 本部と TV 会議。第1絞込み基準及び選定結果について協議。
2019年3月29日	第1絞込み基準及び選定結果について RDA-LDPP Project Management Unit (以下 RDA-PMU という) と協議。
2019年4月3日	第1絞込み基準の修正および結果、第2絞込みに関して RDA-PMU と協議。
2019年4月4日	JICA 本部と TV 会議。第1絞込み基準の修正および結果、第2絞込み、および本邦招聘に関し協議。
2019年4月8日	JICA 本部と TV 会議。第2絞込みの基準変更および選定結果に関し協議。
2019年4月10日	RDA および NBRO の Director General (DG) に対し、第2絞込みの基準および選定結果を説明。
2019年5月7日～5月14日	本邦招聘の実施。
2019年6月17日	RDA-PMU に対し、インテリム・レポート (ITR) を説明。
2019年7月5日	RDA の DG への ITR 説明および提出。
2019年7月5日	RDA-PMU と対策工の概略事業費積算のための協議
2019年7月12日	RDA-PMU と調達プロセス、概略設計の設計方針、概略事業費積算に関し協議。
2019年7月22日	JICA 本部と TV 会議。経済評価、概略事業費積算、事業実施スケジュールに関し協議。
2019年7月25日	NBRO の DG に対し、ITR および対策工の概略設計の設計方針を説明。
2019年8月15日	RDA-PMU と事業実施スケジュールおよび事業実施体制に関し協議。
2019年11月19日	RDA の DG へのドラフト・ファイナル・レポート(DFR)説明。
2019年11月21日	RDA へ DFR の提出。

出典：JICA 調査団

2019年11月末現在、スリランカ国政府の組織再編に伴い、RDA の監督省庁は MOHRDPRD から Ministry of Roads and Highways になった。

## 第2章 スリランカ国における土砂災害の現況

### 2.1 土砂災害概況

#### 2.1.1 一般情報

##### (1) 地形概要

スリランカは国土面積 65,000 km<sup>2</sup>、海岸線の総延長 1,340 km、最高地点は Pidurutalagala で標高 2,524m である。地形は標高差により 3 地帯、すなわち標高 400m~500m の急崖囲まれた中南部の台地を形成する中央高地 (Central Highlands)、中央高地を取り囲む標高約 30m~200m の平野地帯 (Plains)、および標高約 30m の沿岸地帯 (Coastal Belt) に大別される。

##### (2) 地質概要

スリランカの地質は主として先カンブリア紀の変成岩から構成され、Highland Complex、Wanni Complex、Vijayan Complex 等の地質構造ユニットに分類される。これら変成岩の周囲には、中生代以降の堆積岩が小規模に分布している。また、基盤岩は風化した土砂に厚く覆われていることが多い。

##### (3) 気候

スリランカの気候は熱帯性で、年 2 回の季節風である南西モンスーンおよび北東モンスーンにより降水量が規制され 4 期に分類される。国全体の平均降雨量は 1,861 mm であるが地域によって異なり、南西部の山岳地域では 5,000 mm 以上に達する一方北西部の海岸地域では 1,000 mm 以下となっている。平均気温は低地では 27℃程度であるが、中央高地では約 16℃になる地域もある。

##### (4) 人口

人口調査は概ね 10 年毎実施されており、2017 年の統計では 21,444,000 人、2001 年~2017 年の平均人口増加率は 0.83% である。また、Kandy、Ratnapura、Galle や Colombo 各県の人口は 百万人を超え、対象 9 県の総人口は 9,997,000 人でスリランカ全体の 46.6% に相当する。なお、対象 9 県の人口増加率は年平均 0.65% であり、スリランカ全体に比べるとやや低い。

##### (5) 経済、産業

国内総生産 (GDP) は 2017 年 LKR 13,317 billion (USD 87,348 million) であり、2010 年~2017 年の実質成長率は 5.5% であった。スリランカの内戦直後の 2010 年~2012 年の成長率は 8% を超えていたが、2013 年以降は 5% 以下で推移している。特に 2016 年の干ばつの影響で、2016 年は 3.3%、2017 年は 2.1% であった。一方、一人当たりの GDP は 2017 年 LKR 621,000 (USD 4,073) であり、2010 年~2017 年の成長率は 5.0% であった。2016 年および 2017 年の成長率はそれぞれ 3.3%、2.1% になっている。

近年の産業構造に大きな変化は無いが、国内総生産で比較すると、サービス部門が成長し、農林水産業が占める割合は減少し 2017 年では全体の 7.7% であった。製造業は 15.9% と全体としては大きな割合を占めるがやや減少傾向にある。一方、運輸部門は約 11% と比較的大きく、道路交通の重要性を示している。

調査対象地域で、2016 年の GDP を比較すると、コロombo市がある西部州が LKR 4,737 billion と最も大きく、中部州 LKR 1,252 billion、南部州 LKR 1,194 billion の順になっている。また、対象 9 県の合計は LKR 8,767 billion となり、スリランカ全国の 73.6% を占めている。一人当たりの GDP (2016 年) は、西部州が LKR 785,844 で他県の平均より 4 割ほど高く、対象地域では平均 LKR 598,657 となり、全国平均より 7% 高い。また、対象地域では運輸部門が GDP の 11% を占める重要分野であり、地すべりによる交通の遮断は、経済活動に大きな影響を及ぼしている。

(6) 道路ネットワークと交通事情

1) 道路ネットワーク

スリランカの道路は、National road、Provincial road と Expressways に区分され、RDA は National Road (A Class および B Class) と Expressway の計画・建設・維持管理を行っている。一方、Provincial Road (C Class および D Class) は州によって運営されている。

2) 交通量

日平均交通量のデータは、対象全地域で利用可能であるが、交通量調査の実施時期は一定でないため、比較には時期の補正が必要となる。交通量調査は、車両を 14 タイプに分類して計測している。調査対象地域では、日交通量が 10,000 台を超えるのは Colombo、Kandy、Kegalle、Ratnapura 各県の国道であり、一般に東部州の国道は 2,000 ～3,000 台と少ない。

2.1.2 土砂災害

(1) 既存の土砂災害データ

土砂災害の多い 13 の県について、NBRO が縮尺 1:50,000 の土砂災害ハザードマップ を作成している。更に、危険性の高い地域については、縮尺 1:10,000 のハザードマップの作成が順次進められており、NBRO のホームページで公開されている。ただし、近年の気象変動に伴う降雨の変化や住宅地開発に伴い、平野地帯でも土砂災害が多数発生している。対象となる 9 県の土砂災害発生記録を表 2.1.1 に示す。

これまで各土砂災害の発生場所、時期等の基礎情報は、NBRO が紙ベースで蓄積しており、土砂災害記録のデータベースを現在整備中である。現在利用可能な土砂災害情報は限られているが、道路斜面の土砂災害が多数報告されている。

表 2.1.1 過去 10 年における土砂災害記録 (2009 年-2018 年)

県名	発生件数	死亡者	負傷者	行方不明	家屋全壊	家屋損傷	間接的影響	直接的影響
	(件)	(人)	(人)	(人)	(戸)	(戸)	(人)	(人)
Matale	8	0	0	0	1	5	0	36
Badulla	34	29	4	31	68	27	0	13,394
Kandy	106	8	24	0	36	300	0	3,660
Nuwara Eliya	78	12	3	0	27	311	0	2,596
Kegalle	70	81	14	122	385	1,898	0	32,799
Ratnapura	79	83	22	34	213	1,130	0	126,669
Colombo	11	5	7	0	1	7	0	51
Galle	8	0	2	0	0	6	0	18
Matara	6	12	1	16	99	293	0	6,626

出典：UNDRR DesInventar Sendai ホームページから、<https://www.desinventar.net/DesInventar/>

(2) モニタリング

全国約 160 地点に雨量計が設置され、NBRO によって 2005 年から雨量データのリアルタイムなモニタリングが行われている。その雨量データを基に、NBRO はホームページ上で土砂災害早期警戒情報を掲載している。

(3) 土砂災害の分類

調査対象地域の土砂災害は、地すべり、斜面崩壊、落石、および土石流に 4 分類される。

2.1.3 災害管理セクター

(1) 災害管理セクター



これまで、土砂災害に特化した専門家は RDA には組織されていなかったことから、最近、RDA は Landslide Management and Maintenance Division (LMMD) を、Central 州および Uva 州に設立する計画がある。LMMD 設立に当たっては、RDA に土砂災害管理の経験がなく、運営維持管理の技術者の不足していること、また、NBRO との協力体制をいかに確保するかといった課題がある。

## 2) 既存国道の運営維持管理

国道の通常の運営維持管理（側溝の清掃、道路周辺の下草伐採、道路の再舗装等）は比較的良好に実施されている。しかしながら、中央高地やその周辺地域では土砂災害による国道の遮断が頻発しており、地域の経済活動を阻害している。特に、GDP が比較的低い地域である南部や東部地域では、一般に国道の幅員が狭く、また土砂災害の影響を受けやすい。

## (2) 道路斜面における土砂災害管理

### 1) 土砂災害の発生の原因

大部分の道路は斜面对策が施されておらず、毎年雨季に土砂災害は発生している。これは施工直後には斜面が安定しても、斜面は無対策で放置されるため、風化等の進行によって斜面の安定性が低下するためと考えられる。LDPP-1 によって、いくつかの斜面对策技術は導入されたが、未だ RDA の先進の斜面对策の経験は不足している。また、LDPP-1 等でも設置された早期警戒システムの向上が必要である。

### 2) 土砂災害管理セクター

RDA や NBRO は、1) 土砂災害はスリランカ特有の地形や地質を素因とし、豪雨が主誘因となること、2) 対策工として地下水や表面水の排水が有効であることを、経験からよく理解している。また、これまでの JICA 等国際機関の技術的支援を通じて、地すべりゾーニングマップ、地すべり対策の各種マニュアル、LiDAR 図等が整備されてきた。

今後の土砂災害対策における課題としては、対策工設計のための調査の強化（モニタリング含む）、対策工の設計方法の確立（計画安全率の設定等）、土砂災害対策技術の向上（先進の技術導入等）、効果的な維持管理などが挙げられる。

## 2.3 関連政策および計画

### 2.3.1 土砂災害関連の政策や計画

#### (1) Vision 2025

スリランカ政府によって 2017 年に提唱され、2025 年をターゲットとして、より繁栄した国家建設のための方針を示している。地域間格差是正や土地利用管理が同国の経済発展にとって必須であり、持続的な発展のためには、干ばつ、洪水、土砂災害といった自然災害対策が、環境保全やエネルギー確保といった課題とともに、優先事項として挙げられている。このため、スリランカ政府は、防災分野（Disaster Management）の強化を打ち出している。

#### (2) 災害管理法（Sri Lanka Disaster Management Act, & Policy）

2004 年に発生したインド洋津波被害をきっかけとして、2005 年に制定された。この法令により、NCDM や DMC が設立され、それ以降、スリランカは土砂災害等の防災対策に取り組んでいる。

#### (3) “National Physical Planning Policy and Plan Sri Lanka 2010-2030”

2030 年をターゲットとして、経済発展を目的とし 2002 年に作成された。特に、中央高地は土砂災害が多く発生することから、環境にやさしい持続的可能な開発や開発地域の制限による自然災害

の低減等が提唱されている。また、土砂災害を含めた災害対策が取り組むべき最優先課題として挙げられている。

### 2.3.2 我が国の土砂災害管理における支援

国別開発協力方針(2018)では、『経済発展の一方で、社会サービス基盤の体制整備の遅れや、季節風の影響を強く受ける島国であるとの特質から豪雨などの災害が頻発するなど、同国の抱える脆弱性への対応が求められる。そのため、気候変動・防災対策のための政府の体制整備・強化に向けて、ハード・ソフトの両面で取り組みを支援する』とされている。これまでに実施された土砂災害対策に関連した我が国の支援を表 2.3.1 に示す。

表 2.3.1 我が国の主要な土砂災害関連の支援一覧

実施年	調査/プロジェクト名
2007	気象情報・防災ネットワーク改善計画基本設計調査
2009	防災機能強化計画調査
2013-	国道土砂災害対策事業
2013	気候変動に対応した防災能力強化プロジェクト
2013	防災プログラム情報収集・確認調査
2016	土砂災害能力プロジェクト
2017	気象観測・予測・伝達能力向上プロジェクト
2017	防災セクター情報収集・確認調査
2018	土砂災害リスク軽減のための非構造物対策能力強化プロジェクト詳細計画策定調査
2018	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
2018	道路トンネル事業計画能力向上支援（有償勘定技術支援）業務

出典：JICA 調査団

### 2.3.3 LDPP-1 からの教訓

RDA-PMU、コンサルタントおよびコントラクターのインタビュー調査を実施した。そこから得られた課題・教訓は以下のように纏められる。

#### (1) RDA-PMU の実施体制

- LDPP-1 では、当初予定された Site Engineer の要員数が、十分には配置されなかった。LDPP-2 では規模が増加することを踏まえ、必要な要員を確保する必要がある。

#### (2) コントラクター組織

- LDPP-1 では、ローカルのメインコントラクターと経験豊富な海外のコントラクターのコンソーシアムで実施された。これはコントラクターの技術力を確保した上で、プロジェクトのコスト削減を図る上では良策であった。

#### (3) 調査・詳細設計段階

- 施工段階で多くの箇所に対策工の設計変更が生じた。これは詳細設計のための地質調査が不十分であり、土砂災害の範囲や規模を正確に把握できなかったことが一因として考えられる。地すべりに関しては、その規模や発生機構を正しく把握し、合理的な対策工を設計するため2年程度のモニタリングを行うことが望ましい。
- RDA や NBRO に対する能力強化が全期間を通じて十分ではなかった。LDPP-2 では各種マニュアルの改善、熟練したコンサルタントによる計画的で効率的な技術指導や OJT が必要である。また、コンサルタントには、必要な知識を RDA や NBRO に説明するための英語のコミュニケーション能力も要求される。

(4) 施工段階

- ローカルコントラクターによる安全基準に従わない作業（ヘルメット、安全靴や安全帯を使用せず）がしばしば見受けられた。LDPP-2 では、発注者・コントラクター側の安全作業の実施体制を強化する必要がある。
- 上記のように、スリランカは地質状況が複雑であるため、詳細設計段階で土砂災害の状況を完全に把握することは難しい。また、豪雨などにより、施工中に予期せぬ斜面崩壊や地すべりが発生する恐れはある。このため、設計変更を効率良く実施するとともに、施工段階においては、適宜設計変更に対応できる対策工設計の技術を有するコンサルタント技術者を各パッケージ1名程度配置することが望ましい。

(5) その他

- LDPP-1 はローカルコントラクターの技術向上に貢献した。しかしながら、継続した運営維持管理業務がないと、コントラクターは対策工の技術を持つ作業員（ローカルの職人）の長期的な確保が困難である。この解決策の一つとして、ローカルコントラクターの技術力確保を目的とした本邦での技術研修が考えられる。

2.4 他ドナーによる援助状況と動向

2.4.1 Climate Resilience Improvement Project (CRIP)

CRIP は世界銀行(WB)資金で実施されている。道路セクターに関連する土砂災害対策のプロジェクトを表 2.4.1 に示す。

表 2.4.1 CRIPによる土砂災害対策

プロジェクト	対象 国道	事業期間	対策費 (LKR)	主要な対策工
Rectification of 4 unstable slope segments between culvert 55/03 and 60 <sup>th</sup> km on Kandy	A026	30 Dec. 2014 to 21 Jan. 2017	247,911,420	Soil nailing, networks, vegetation, drainage works
Rectification of 4 unstable slopes between culverts 43/04 & 51/02 on Kandy-Mahiyanganaya-Road	A026	30 Dec. 2014 to 10 Jan. 2017	183,454,680	Ditto, gabion
Rectification of 7 unstable slope segments between culverts No 37/5 & culvert No 41/10 Kandy- Mahiyanganaya-Padiyathalawa Road	A026	30 Dec 2014 to 18 Aug. 2016	152,983,020	Ditto, shotcreting

出典：CRIPのホームページ

2.4.2 アジアインフラ投資銀行 Asia Infrastructure Investment Bank (AIIB)

NBRO は、AIIB 資金による土砂災害対策を計 147 地点で計画している（Reduction of Landslide Vulnerability by Mitigation Measures Project）。この内、フェーズ1として27地点、フェーズ2として残り120地点が予定されている。

2.4.3 Norwegian Geotechnical Institute (NGI)

2012年からノルウェーの資金で、地すべりリスク評価やリモートセンシングを利用した早期警戒システムに関する技術移転が行われている。

2.4.4 国連開発プログラム United Nation Development Programme (UNDP)

国連開発プログラム(UNDP)により実施されている防災のプログラムであり、表 2.4.2 に示す。

表 2.4.2 UNDP の土砂災害防災事業

プロジェクト	実施年月	記事
Integrated Strategic Environment Assessment	2009年1月	災害緊急対策を DMC, DOM, NBRO 等と協力して実施。
Hazard Profile of Sri Lanka	2012年12月	DMCと協同で実施。
Installation of monitoring system (rainfall gauge)	-	非構造物対策。

出典: UNDPのホームページを参考にJICA調査団作成

## 第3章 事業対象サイトの選定

### 3.1 調査対象サイトのリスク分析

#### 3.1.1 現在の潜在的なリスクの特定

RDA から要請された候補地 53 サイトについて、表 3.1.1 に示す災害分析（災害の種類、災害の規模、および経済的影響）を実施した。発生および被害の傾向に関するすべての情報は、Appendix-3 に示す。

表 3.1.1 災害分析のためのデータ収集

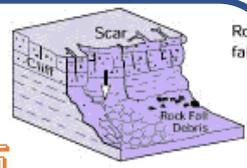
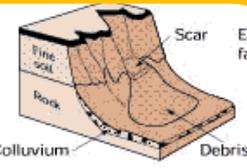
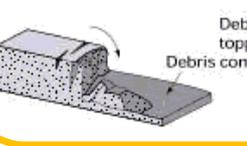
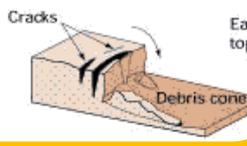
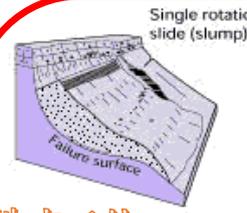
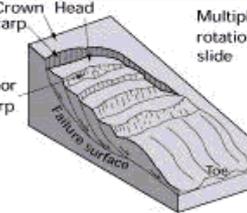
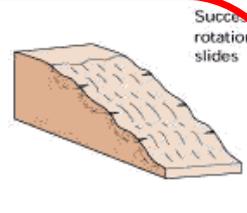
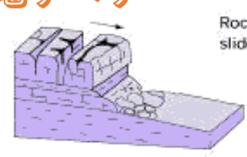
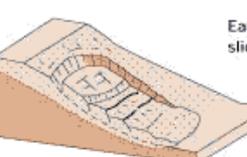
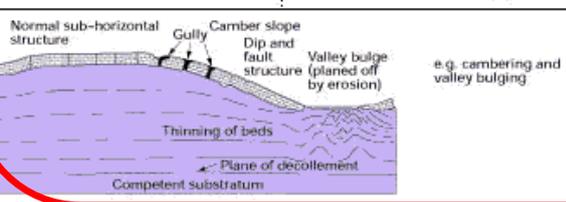
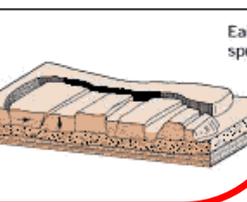
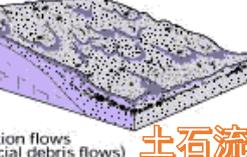
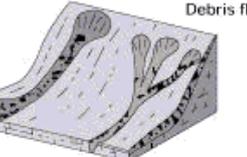
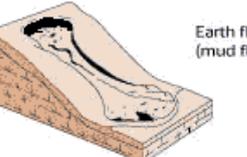
項目	説明
1. 斜面基礎情報	斜面位置（道路距離、右/左斜面、予想される災害の種類） 災害の種類
2. 災害の歴史	災害発生情報（日付と時刻、規模、損害など） 過去 10 年間の事故件数
3. ハザード評価項目（項目）ごとのハザード評価カテゴリー（カテゴリー）の確認、および交通事故の予測頻度の計算シート（事故数/年）	ハザード評価のため、地形、地質、植生、および交通量情報。 既存の斜面对策工と道路構造、およびそれらの信頼性 土砂災害による事故の推定頻度（年間の事故発生件数）
4. ハザード情報（スケッチ）	土砂災害の発生源、予測される崩壊土砂量および予測される道路交通妨害区間
5. 損害額	対策前のリスク：損害額（推定年間損失）

出典：JICA 調査団

#### 3.1.2 土砂災害の分類

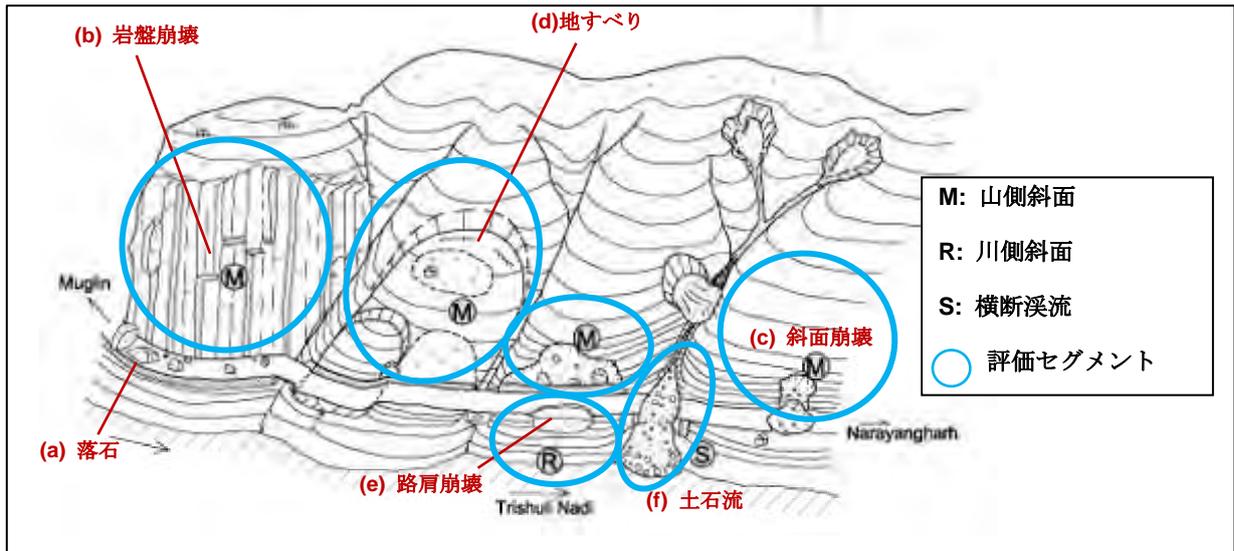
米国地質調査所 (USGS) の定義を参考に、スリランカ土砂災害を『landslide (地すべり)』、『slope failure (崩壊)』、『rockfall (落石)』および『debris flow (土石流)』の計 4 つのタイプに分類した。

表 3.1.2 土砂災害のタイプ

材料 運動形態	岩盤	崩積土	粘性土
崩落	 <p>Rock fall Scar Cliff Rock Fall Debris</p> <p><b>落石</b></p>	 <p>Debris fall Scar Scree Debris cone</p> <p><b>崩壊</b></p>	 <p>Earth fall Scar Fine soil Rock Colluvium Debris cone</p>
転倒	 <p>Rock topple</p>	 <p>Debris topple Debris cone</p>	 <p>Earth topple Cracks Debris cone</p>
滑動	 <p>Single rotational slide (slump) Failure surface</p> <p><b>地すべり</b></p>	 <p>Multiple rotational slide Crown Scarp Minor Scarp Failure surface Toe</p>	 <p>Successive rotational slides</p>
	 <p>Rock slide</p>	 <p>Debris slide</p>	 <p>Earth slide</p>
伸展	 <p>Normal sub-horizontal structure Cap rock Clay shale Gully Camber slope Dip and fault structure Valley bulge (planed off by erosion) Thinning of beds Plane of decollement Competent substratum</p> <p>e.g. cambering and valley bulging</p>		 <p>Earth spread</p>
流動	 <p>Solifluction flows (Periglacial debris flows)</p> <p><b>土石流</b></p>	 <p>Debris flow</p>	 <p>Earth flow (mud flow)</p>

出典：Varnes 1978 を元に JICA 調査団作成

災害タイプに加えて、図 3.1.1 に示すように斜面タイプを考慮した評価を実施した。インベントリ調査によると、候補地 53 サイトは、地すべり 19、斜面崩壊 15、落石 17、土石流 1、および複合落石/地すべり地 1 で構成されている。



出典：JICA 調査団

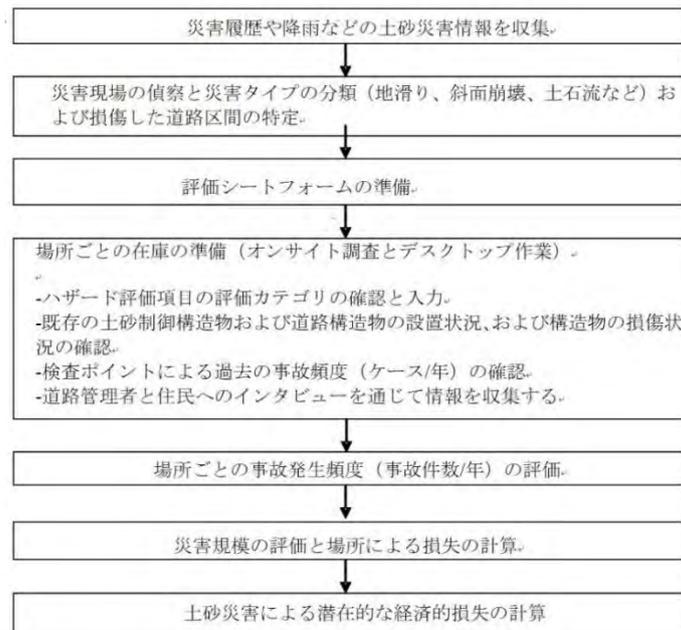
図 3.1.1 土砂災害の斜面タイプ分類

### 3.1.3 リスク評価

候補地 53 サイトのリスク評価手順を図 3.1.2 に示す。過去の災害記録は、候補地での地滑りの災害リスクを分析するための重要な情報であるが、RDA によってデータベース化されていないため、RDA-PMU を通じて県の RDA 職員から情報収集した。なお、最近の災害情報は RDA-PMU から提供を受け、ほぼ全ての候補地で、近年土砂災害が発生し、道路が不通となったことが判明した。RDA-PMU が提供する災害記録には、近年の小規模および大規模な災害が含まれており、JICA 調査団は、以下の観点から各サイトの大規模災害時の潜在的な経済的損失を推定した。

- 土砂災害後の「損傷した道路の一時的な復旧費用」の経済的損失、
- 土砂災害後の「迂回による旅行時間費用 (TTC)」の経済的損失、および
- 土砂災害後の「迂回による車両運用コスト (VOC)」の経済的損失

なお、経済的損失の詳細は第 8 章で議論する。



出典：JICA 調査団

図 3.1.2 リスク評価のワークフロー

### 3.2 事業対象サイト選定の方法

候補地 53 サイトに対し、2 回の選定作業を通して、事業対象サイトを選定し、優先順位付けを行った。一次選定では、候補地 53 サイトのスクリーニングを目的として、各サイトの土砂災害の影響とハザード（規模と頻度）を評価し、リスクが低い箇所を除外し 34 サイトに絞り込んだ。二次選定は、事業対象サイトの選定を目的とし、各サイトの対策工の必要性、効率性、有効性の重み付けから優先順位付けを実施し、事業対象 30 サイトを選定した。

#### 3.2.1 一次選定（スクリーニング）

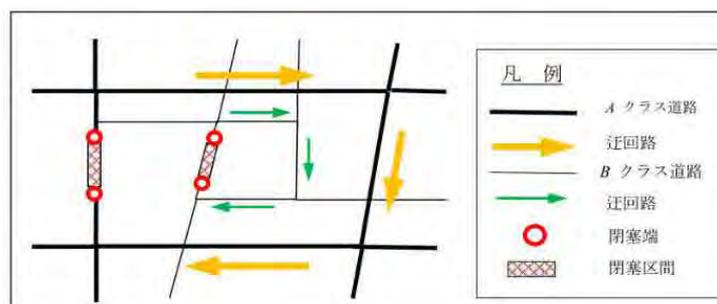
土砂災害の影響とハザードを以下のように評価した。

- ① 土砂災害の影響：土砂災害が発生した場合の迂回路の距離

表 3.2.1 迂回路の距離に基づく評価基準

評価	迂回路の距離
A	120 km 超過
B	120 km 以下

出典：JICA 調査団



注：道路のクラスに従い迂回路の以下の通り選定基準を策定した

道路 Class A：Class A または Class B を迂回路として利用

道路 Class B：Class B を迂回路として利用

高速道路：インターチェンジ間は Class A または Class B を迂回路として利用

出典：JICA 調査団

図 3.2.1 道路閉塞時迂回路距離の計算方法

- ② ハザード：土砂災害タイプ別に規模と頻度を評価

表 3.2.2 土砂災害タイプ別の規模と頻度の評価基準

土砂災害タイプ	規模		頻度	
地すべり	i	幅：50m 超過	a	10 年以内に 2 回以上
	ii	幅：20m～50m	b	10 年以内に 1 回
	iii	幅：20m 以下		
崩壊	i	高さ：20m 超過	a	10 年以内に 2 回以上
	ii	高さ：10m～20m	b	10 年以内に 1 回
	iii	高さ：10m 以下		
落石	i	高さ：20m 超過	a	10 年以内に 2 回以上
	ii	高さ：10m～20m	b	10 年以内に 1 回
	iii	高さ：10m 以下		
土石流	i	土塊量：500m <sup>3</sup> 超過	a	10 年以内に 2 回以上
	ii	土塊量：500m <sup>3</sup> 以下	b	10 年以内に 1 回

出典：JICA 調査団

上記2要素の組み合わせにより(表 3.2.3)、各サイトの土砂災害のリスクを表 3.2.4 に示すように5段階に分け、リスクが高いI~IIIを選定した。

表 3.2.3 組み合わせにリスク評価基準

頻 度 \ 影響 (迂回の長さ)、 規 模	A (120 km 以上)			B (120 km 以下)		
	i	ii	iii	i	ii	iii
a	I	II	III	II	III	IV
b	II	III	IV	III	IV	V

出典：JICA 調査団

表 3.2.4 一次選定結果

リスクレベル		サイト数	備 考
I	非常に高い	3	リスクレベル I~III に相当する 34 サイトを選定した。
II	高い	9	
III	中位	22	
IV	低い	16	
V	非常に低い	3	

出典：JICA 調査団

### 3.2.2 二次選定 (リスク評価・優先順位)

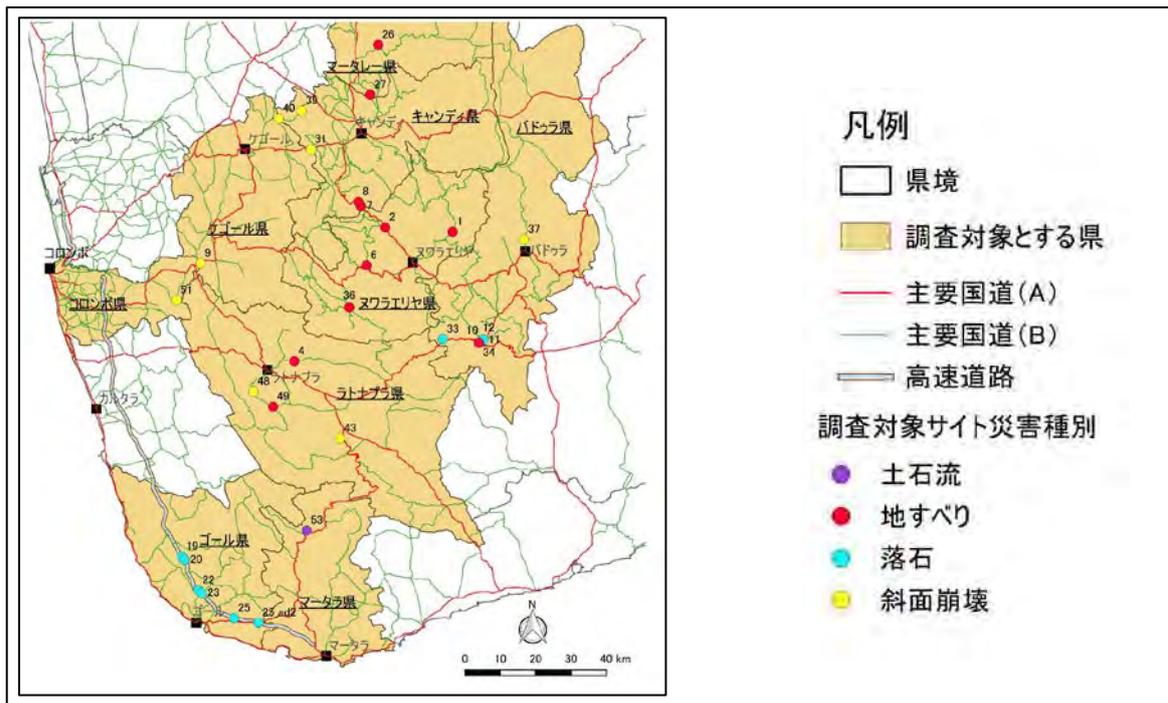
二次選定では、一次選定により絞り込まれた34サイトから事業対象30サイトを選定した。

表 3.2.5 に選定基準を示す。各サイトを3要素(必要性、効率性、有効性)で重み付けを行い、優先順位付けを行った。3要素の合計点が60点以上を、事業対象サイトとして選定した。表 3.2.6 および図 3.2.2 に事業対象30サイトを示す。

表 3.2.5 二次選定基準

評価項目			重さ (点)	点 数 (点)
必要性	土砂災害の種類	地すべり/土石流/落石/斜面崩壊	・15	<ul style="list-style-type: none"> <li>地すべり/土石流：15</li> <li>落石：8</li> <li>斜面崩壊：4</li> </ul>
	変状の程度	道路および斜面での段差、地盤沈下、亀裂の拡張(地形、斜面の亀裂、道路の陥没 その他)	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>明瞭な変位：15</li> <li>不明瞭な変位：8</li> <li>変位なし：4</li> </ul>
	対策工の実施(既設対策工の効果)		10	<ul style="list-style-type: none"> <li>対策工なし：10</li> <li>やや効果的な対策工あり：6</li> <li>効果のある対策工あり：2</li> </ul>
効率性	交通量	年平均日交通量	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>10,000 pcu/day以上：15</li> <li>5,000 pcu/day ~ 10,000 pcu/day：8</li> <li>5,000 pcu/day以下：4</li> </ul>
	建設費	RDAにより積算された建設費	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>500百万LKR以上：15</li> <li>250百万LKR~500百万LKR：8</li> <li>250百万LKR以下：4</li> </ul>
有効性	新規技術の採用		20	<ul style="list-style-type: none"> <li>LDPP (Phase1) で採用できなかった新技術が採用可能：20</li> <li>LDPP (Phase1) で採用した新技術が採用可能：12</li> <li>従来の技術で実施可能：6</li> </ul>
	環境・社会配慮		10	国立公園、森林保護区、居住地、そのほか保護区までの距離 <ul style="list-style-type: none"> <li>1 mile以上：10</li> <li>0.5 miles ~ 1 mile：6</li> <li>0.5miles以下：2</li> </ul>
合計			100	—

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3.2.2 事業対象サイト位置図 (30 サイト)

表 3.2.6 事業対象サイト一覧 (30 サイト)

優先順位	番号	国道 クラス	ルート	場所		県名	土砂災害 タイプ	二次測定基準							合計 点数
				始点 (Km/cul.)	終点 (Km/cul.)			必要性			効率		効果		
								土砂災害のタイプ	変位の規模	対策工の実施 (既存対策工 の効果)	交通量	建設費	新規技術の 採用	環境・社会評 価	
1	1	B	B-413	66.75km	67km	Nuwara Eliya	地すべり	15	15	10	8	15	20	10	93
2	53	A	A-017	62km	62.25km	Galle	土石流	15	15	10	8	15	20	2	85
3	36	B	B-149	9.000	9.100	Nuwara Eliya	地すべり	15	15	10	4	8	20	10	82
3	7	A	A-005	30/9	30/11	Kandy	地すべり	15	15	6	8	8	20	10	82
5	49	B	B-390	20/9	21/3	Rathnapura	地すべり	15	15	10	15	4	12	10	81
6	48	B	B-390	12/4	12/7	Rathnapura	崩壊	4	15	10	15	4	20	10	78
6	27	B	B-462	6+030	6+100	Matale	地すべり	15	15	6	8	8	20	6	78
8	6	B	B-412	30/9	30/11	Nuwra Eliya	地すべり	15	15	10	8	15	12	2	77
9	19	E	E-001	76.7km	77.2km	Galle	落石	8	8	10	15	4	20	10	75
9	20	E	E-001	77.9km	79.0km	Galle	落石	8	8	10	15	4	20	10	75
9	22	E	E-001	88.0km	88.8km	Galle	落石	8	8	10	15	4	20	10	75
9	23	E	E-001	89.3km	89.6km	Galle	落石	8	8	10	15	4	20	10	75
9	40	B	B-122	18/3	18/5	Kandy	崩壊	4	15	10	8	8	20	10	75
9	25	E	E-001	101.3km	101.7km	Galle	落石/地すべり	8	8	10	15	4	20	10	75
9	25_a d2	E	E-001	108.6	108.7	Galle	落石	8	8	10	15	4	20	10	75
16	4	B	B-391	11.9 km	12.0 km	Ratnapura	地すべり	15	15	6	4	15	6	10	71
17	34	A	A-004	183km	185/14	Badulla	地すべり	15	8	10	8	15	12	2	70
18	26	B	B-274	11/2	11/4	Matale	地すべり	15	15	6	4	15	12	2	69
19	10	A	A-016	3.85km	4.2km	Badulla	落石	8	15	10	8	4	20	2	67
19	11	A	A-016	5/2	5/4	Badulla	落石	8	15	10	8	4	20	2	67
19	12	A	A-016	5/6	5/8	Badulla	落石	8	15	10	8	4	20	2	67
19	37	B	B-036	4/11	5/3	Badulla	崩壊	4	15	10	4	4	20	10	67
19	39	B	B-122	8/2	8/4	Kandy	崩壊	4	15	10	8	8	12	10	67
19	43	A	A-017	139	140/1	Ratnapura	崩壊	4	15	10	4	4	20	10	67
25	9	A	A-007	3/3	3/5	Kegalle	崩壊	4	15	6	15	4	12	10	66
25	31	A	A-001	99/8	99 km	Kegalla	崩壊	4	15	6	15	4	12	10	66
27	33	A	A-004	171/5	171/7	Badulla	落石	8	15	10	15	4	6	6	64
28	51	B	B-188	12/4	12/6	Colombo	崩壊	4	15	10	4	4	20	6	63
29	2	A	A-005	46/2	46/3	Nuwara Eliya	地すべり	15	8	10	8	8	6	6	61
29	8	A	A-005	28/4	28/6	Kandy	地すべり	15	8	6	8	8	6	10	61

出典：JICA 調査団

## 第4章 自然条件調査

### 4.1 対象サイトの地形地質概要

スリランカの土砂災害の多くは中央高地で発生しており、対象30サイトは中央高地に位置している。対象サイトは、主として先カンブリア代の結晶変成岩が基盤となり、一般に風化が深部まで及び土砂化している。

### 4.2 地形調査

概略設計のため、現地再委託により対象サイトの平面図および断面図を作成した。地形調査は、2019年4月1日～2019年7月31日で実施した。対象地域が広範囲になる場合は、現地での道路周辺の平板測量データを既存のLIDARデータまたはAW3D Enhanced DTMデータに組み入れ、概略設計ができる精度の地形図を作成した。

### 4.3 地質調査

対象30サイトにおいて、空中写真判読、現地踏査を実施した。また、比較的規模が大きい地すべり3サイト(No.01、No.07、No.27)については、現地再委託によりボーリング調査、標準貫入試験(SPT)および地下水位観測を実施し、概略設計に反映した。3サイトの地質調査結果は以下の通りである。

表 4.3.1 地すべり3サイトの地質調査結果

サイト No.	地質状況
No.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 道路は地すべり地の上部に位置しており、滑落崖に沿っている。</li> <li>- 明瞭な地すべり地形を示す(凹状台地状地形、道路擁壁の破損、カルバートの破損、湧水等)。</li> <li>- ボーリングの調査結果により、地すべりのすべり面は強風化岩と中風化岩の境界と推定される。</li> </ul>
No.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 広域の地すべり地形が認められるもの、現在道路に変状をきたしている地すべりの範囲はその一部の地すべりブロックと推定される。道路は再活動した地すべりブロックの上部を通過している。</li> <li>- 顕著な路面沈下があり、長期間に渡る緩慢な地すべり活動を示唆している。</li> <li>- 既存の地表および地下排水工が地すべりの頭部に実施されているが、それ以降も活動が生じている。</li> <li>- ボーリング調査結果により、地すべりのすべり面は崩積土と弱風化岩(基盤岩)の境界と推定される。</li> </ul>
No.27	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 道路の谷側に地すべりの明瞭な滑落崖が生じている。この地すべりは、地すべり末端部の河川侵食により誘発され、更に応急対策として実施された道路谷側(地すべり頭部)でのガビオン擁壁の設置が不安定化を促進している恐れがある。</li> <li>- 滑落崖住変の斜面には比較的新しい亀裂が認められるため、この地すべりが活動中であると推定される。</li> <li>- 道路下部斜面が滑動したことにより、道路より上部の斜面も不安定化している恐れがある。</li> <li>- ボーリング調査結果により、活動中の道路下部の地すべりのすべり面は崩積土と風化岩の境界と推定された。上部の潜在的な地すべりのすべり面は強風化岩と中風化岩の間と推定した。</li> </ul>

出典：JICA 調査団

---

## 第5章 概略設計

### 5.1 対策工概略設計

#### 5.1.1 設計方針

対象 30 サイトについて、斜面对策工の概略設計を実施した。持続的な道路交通機能の保全を目的とし、対策工は恒久的なものとし、元々の道路機能を復旧することを設計方針とした。

一般的に道路における土砂災害の対応策としては、以下が挙げられる。

- 予防工（土砂災害の発生源に対し風化・侵食の抑制、安定化などを施し、斜面崩壊等を未然に防止）。
- 防護工（斜面中腹や斜面下に施設を設置し、発生した崩壊土砂による危険から道路を防護する待受けの工法）。
- 回避（橋梁や道路線形の変更等）

#### 5.1.2 新技術の適用の検討

対策工法の選定に際しては、道路斜面对策の技術移転の観点から、これまでスリランカでの実績が全くない、もしくは少ない以下の対策工法についても積極的に採用を検討した。

- アンカー付き鋼管杭
- 補強土堤
- 大型鋼製かご枠
- 砂防ダム（透過式）
- 根固め工
- ワイヤロープ掛工
- 補強土擁壁
- 高エネルギー吸収型落石防護柵・落石防護網
- ロープ伏工
- ロックシェッド

#### 5.1.3 設計基準

概略設計に使用した設計基準は、道路規格などはスリランカで整備されている基準を用いた。ただし、斜面对策工に関する系統的な基準はスリランカでは整備されていないため、以下に示す日本の技術基準を用いた。参照した主な技術指針を以下に示す。

- Specifications for Construction and Maintenance of Roads and Bridges, Ministry of Construction and Engineering Services, ICTAD No. SCA/5, 2009;
- Geometric Design Standard of Roads, Road Development Authority, 1998;
- Geometric Design Standard of Expressways, Road Development Authority, 2017;
- Specifications for Building Works – Volume I, Ministry of Construction and Engineering Services, ICTAD No. SCA/4/I, 2004;
- 道路土工 切土工-斜面安定工指針、平成 21 年 6 月、日本道路協会
- 道路土工 擁壁工指針、平成 24 年 9 月、日本道路協会
- 落石便覧、平成 29 年 12 月、日本道路協会
- 道路土工要綱、平成 21 年 9 月、日本道路協会
- 河川砂防技術基準（案）同解説、平成 9 年 9 月、建設省
- 災害手帳、平成 30 年、全日本建設技術協会

- グラウンドアンカー工設計・施工基準、同解説、平成25年5月、地盤工学会

#### 5.1.4 安全率

地すべり対策に関しては、対策工の規模を決定するために現状安全率と計画安全率を設定した。現状安全率は表 5.1.1 に示すように、地すべりの活動状況に基づき決定した。本概略設計では、現地踏査の結果から全ての地すべりのサイトの現状安全率を 1.00 と設定した。

表 5.1.1 地すべりの活動状況と現状安全率

現状安全率 $F_s$	地すべりの活動状況
0.95	継続的に運動している場合
0.98	降雨等に伴い断続的に運動している場合
1.00	運動が沈静化している場合

出典：災害手帳（全日本建設技術協会、平成30年）

計画安全率は以下の表 5.1.2 に従い、 $PF_s=1.20$  と設定した。

表 5.1.2 計画安全率

計画安全率 $PF_s$	設定基準
1.10 - 1.20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 急激な動きが予想されるもの</li> <li>- 多数の人命、家屋、道路、鉄道、河川およびその他公共施設等に重大な影響を及ぼす運動ブロック</li> </ul>
1.05 - 1.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 規模の特に広大なもので、人家、公共施設等に影響の少ないもの</li> <li>- 応急対策として当面の安全確保を目的とするもの</li> </ul>

出典：河川砂防技術基準（案）同解説（建設省、平成9年）

#### 5.1.5 対策工法の選定

サイトごとに2~3の異なる対策工法を選定した。対策工法の選定に際しては、現地踏査を行い、以下の条件を十分に考慮し、適切な対策工法を選定した。

- 地形、地質、排水状況
- 想定される土砂災害のタイプ、素因、メカニズム
- 道路損傷状況とその原因
- 土地利用状況、敷地用地
- 工事の施工性
- 工事の安全性と通行確保
- 必要とする建設機械および資材の調達
- 環境への影響 等

#### 5.1.6 対策工の比較検討

選定したそれぞれの比較案について、斜面の安定性、施工性、維持管理、現道への影響、環境への影響について評価を行った。さらに概算工事を加えて、対策工の優先順位付けを行った。なお、各項目は以下のような基準で評価を実施した（表 5.1.3）。

表 5.1.3 対策工の比較検討項目の評価基準

No.	項目	基準（点）
1	斜面の安定性の向上・信頼性	高い(3) ←————→ 低い(1)
2	対策工の施工性	良い(3) ←————→ 悪い(1)

3	将来の維持管理	少ない(3) ←→ 多い(1)
4	工事中の現道への影響	小さい(3) ←→ 大きい(1)
5	環境への影響	小さい(3) ←→ 大きい(1)
6	概算工事費	小さい(3) ←→ 大きい(1)

出典: JICA 調査団

各サイトの最適案を以下に示す。

表 5.1.4 対策工最適案一覧表（地すべりのサイト）

「先行公開版のため非表示とする」

表 5.1.5 対策工最適案一覧表（斜面崩壊のサイト）

「先行公開版のため非表示とする」

表 5.1.6 対策工最適案一覧表（落石のサイト）

「先行公開版のため非表示とする」

表 5.1.7 対策工最適案一覧表（土石流のサイト）

「先行公開版のため非表示とする」

## 5.2 本邦技術の適用性

実現性、斜面の安定性、施工性、維持管理、環境への影響、工事費などを鑑み、本邦に優位性のある以下の斜面对策技術を採用した。

表 5.2.1 採用した本邦に優位性のある斜面对策技術

工法名	概要	本邦技術の優位性	本邦技術を使った時の効果	候補サイト
アンカー付き鋼管杭	鋼管杭の頭部にアンカーを併用することで、地すべりによる道路の変状を効果的に抑止する工法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 豊富な施工実績</li> <li>- 鋼管杭の継ぎ手</li> <li>- 低振動・低騒音の掘削工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 無溶接で鋼管杭を接続できるため施工性が良い。</li> <li>- 環境に配慮した掘削が可能。</li> </ul>	No. 1, No. 7
透過式砂防堰堤	水通し部に大きな開口部（スリット）を有する砂防堰堤。常時および中小出水時には無害な土砂を下流に流すため、環境への負荷が少ない。流木の補足効果が大い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 豊富な施工実績</li> <li>- ソイルセメントを用いた堰堤の施工</li> <li>- 「砂防ソイルセメント施工便覧」の技術基準</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 環境への影響が小さい。</li> <li>- 常時堆砂がないため土石流発生までダム上流の貯砂容量を確保できる。</li> <li>- ソイルセメントは現地発生材を用いるため経済性、環境面で優れる。</li> </ul>	No. 53

補強土堤	特殊繊維で補強した土の擁壁により落石や崩壊を防護する工法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 豊富な施工実績</li> <li>- 現地の設計条件（道路幅）に対して対応できる落石エネルギーが大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 現地発生材を用いるため経済性に優れる。</li> <li>- 壁面の緑化が可能なため周辺の景観と調和する。</li> <li>- 維持管理が容易。</li> </ul>	No. 12, No. 51
ノンフレーム工法	樹木等の生育する斜面において樹木の伐採や法切をすることなく、景観や自然環境の保全を図りながら斜面を安定化させる工法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 豊富な施工実績</li> <li>- 設計・施工マニュアル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 環境・景観性に優れる。</li> <li>- 重機が不要で、小規模な施工ヤードで施工が可能なため施工性に優れる。</li> </ul>	No. 9
フリーフレーム工法	吹付法枠の型枠に金網型枠を用いて、切土のり面・自然斜面の整形を最小限にし、連続した枠を作る工法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 豊富な施工実績</li> <li>- フレキシブルで軽量の金網型枠</li> <li>- 設計・施工の手引き</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- フレキシブルなため施工性に優れる。</li> <li>- 法枠内に緑化工を施工することで景観と調和する。</li> </ul>	No. 2, No. 8, No. 11, No. 20, No. 22, No. 25, No. 25ad2, No. 27, No. 36, No. 39, No. 43, No. 48, No. 49
落石予防工	浮石や転石、不安定岩塊を原位置に固定・抑え込むことで、落石の発生を未然に防ぐ工法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 豊富な施工実績</li> <li>- 部材の表面塗装処理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 樹木の伐採をしないで施工が可能なため環境への影響が少ない。景観が良い。</li> <li>- 部材・使用する機材が軽量のため施工性に優れる。</li> </ul>	No. 10, No. 11, No. 12, No. 19, No. 20, No. 22, No. 23
集水井工	集水井工は地すべり移動土塊中に直径 3.5～4m の井戸を掘り、その中から集水ボーリングを配置し、地下水を低下させ地すべりを安定化させる工法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 豊富な施工実績</li> <li>- 軽量で強度の高いライナープレート</li> <li>- 土圧に強く腐食しにくい長寿命の保孔管</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 軽量のライナープレートを用いることで施工性に優れ、工期短縮につながる。</li> <li>- 強度が高いため工事の安全性が向上する。</li> <li>- 高耐食性のため長寿命化が図れる。</li> </ul>	No. 26, No. 34
大型鋼製かご枠工	溶接金網を使用し、割石を中詰め材として使用する工法。従来のかご工に比べ剛性が高い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 豊富な施工実績</li> <li>- パネル型のふとん籠</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 地下水位が豊富な箇所では斜面の安定化が図れる。</li> <li>- 景観に調和する。</li> </ul>	No. 4, No. 9, No. 49, No. 51
接着工	不安定な岩塊を、接着材（ボンドモルタル）を用い、安定した基岩に接着させて一体化させ、安定化を図る工法。	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 豊富な施工実績</li> <li>- 特殊なボンドモルタル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 重機を必要としないため施工性と工事の安全性に優れる。</li> <li>- 景観に調和する。</li> </ul>	No. 40

出典: JICA 調査団

## 第6章 概略事業費

### 6.1 事業施工計画

#### 6.1.1 プロジェクトのパッケージング計画

以下を考慮して、プロジェクトのパッケージングを計画した。

- 1) 各対象サイトの地理的ばらつき  
施工期間中のアクセスの容易さを確保するため、道路網なども考慮し、比較的近傍の地点を4パッケージとした。
- 2) 先進的な対策工技術の導入  
同様の対策工種が採用される地点をできる限りまとめた。特に先進的な対策工種（アンカー付き鋼管杭工、集水井工、落石対策工等）を考慮した。
- 3) 想定される各パッケージの施工期間やコスト  
各パッケージの施工期間や工事費に極端な差が出ないように配慮した。

#### 6.1.2 施工計画

##### (1) 各サイトの施工期間の検討

- 各工種の日当り施工量は、日本の公表歩掛りを基に、スリランカでの労務・機械施工歩掛補正を行い設定した。また、作業休止係数による補正も行った（係数は JICA 設計・積算マニュアルより参照）
- 各サイトで施工計画を複数案検討した上でクリティカルパスを明確にし、施工工程を最適化して、施工期間を算出した。
- 各サイトにおける実質の施工作業期間の前後各1ヵ月間を、必要な準備（搬入）・撤去期間として考慮した。

##### (2) 各パッケージの施工期間の検討

- 施工開始前に3か月間を準備期間として設定した。この準備期間中に、実施機関とコントラクターが協議し、各パッケージにおける施工管理システムを構築する。また、施工管理に必要な文書（スケジュール管理、品質管理、安全管理等に関する必要書類）をこの期間に準備することを想定する。
- 施工開始前の準備作業は重要であり、事業自体の成功を左右するため、投入できる RDA スタッフの力量を勘案し、各パッケージの開始時期が重ならないよう、3か月間ずつ施工開始時期をずらした。
- パッケージ内において、建設重機や対策工に必要な特殊機材の稼働時期を考慮し、手待ちが生じないようにサイトの施工順序の最適化を図り、パッケージの施工期間を設定した。

### 6.2 概略事業費

本事業事業費は以下の条件を前提として積算を実施した。

- (1) 2019年の物価水準に基づく単価を利用する。  
積算ための基準年/月は2019年11月とする。
- (2) 為替レートは1.0米ドル (USD) =107.0日本円 (JPY) =178.0スリランカルピー (LKR)、  
1.0 LKR=0.601 JPY を適用する。
- (3) 事業実施期間は、2020年3月から2029年11月を想定する。
- (4) 財政年度は1月から12月とする。
- (5) 物価上昇率は、外貨分の年間価格上昇率を1.72%、内貨分の年間価格上昇率を3.00%と仮定

する。

- (6) 予備費として、建設費の 10.0%およびコンサルティング・サービス費の 5.0%を想定する。
- (7) 事業管理費は建設費の 5.0%とする。
- (8) 課税率は付加価値税（VAT）を 15.0%、輸入税を 15.0%とする。
- (9) 建中金利はローン対象額のうち、建設費は 0.95%、コンサルティング・サービス費は 0.01%とする。
- (10) フロントエンドフィーはローン対象額の 0.2%とする。
- (11) 瑕疵通知期間は 12 か月とする。
- (12) 事業費外貨分と内貨分の内訳は下記のとおりである。

外貨分：

- 土木建設費
- 物価上昇
- 準備費
- コンサルティング・サービス費
- 建中金利

内貨分：

- フロントエンドフィー
- 土地買収
- 事業管理費
- VAT、輸入税など諸税

総事業費は「非表示」であり、そのうち、「非表示」が外貨分、「非表示」が内貨分である。総事業費の概要は下表のとおりである。

表 6.2.1 総事業費の概要

「先行公開版のため非表示とする」

### 6.3 年次支出スケジュール

本事業の年次支出計画は下表のとおりである。

表 6.3.1 事業年次支出計画の概要

「先行公開版のため非表示とする」

---

## 第7章 事業実施計画

### 7.1 事業実施方針

本事業は詳細設計、入札・契約、施工、瑕疵通知期間の各段階から構成される。各段階の主な作業内容を以下に示す。

#### 7.1.1 詳細設計段階

##### (1) 調査、モニタリング、地すべり解析

- データ収集およびレビュー。
- 地形測量、水文調査、地質調査、材料調査の実施。
- 伸縮計や傾斜計等地すべりモニタリング機器を設置し、地すべりモニタリング実施（詳細設計のため、モニタリングを2年間継続することが望ましい）。
- 地質調査レポート作成。

##### (2) 詳細設計

- スリランカの基準若しくは国際的な基準に準拠して作成。
- 詳細設計では、必要な図面、積算、技術仕様書、実施スケジュール等を含む。
- 技術仕様書は、品質管理、安全、環境保全等を含む。
- RDAの要望に沿うよう、十分協議の上、詳細設計の実施。

#### 7.1.2 入札・契約段階

##### (1) 事前資格審査 (PQ)

- 円借款事業に係る標準入札書類に従い事前資格審査のための入札書類を作成。
- 本業務の技術的な特徴を考慮し事前審査基準のための技術的、財務的条件、能力、経験等条件を決定。
- 事前資格審査の実施、評価報告書作成。

##### (2) 入札・契約

- 円借款事業に係る標準入札書類に従い、入札書類を作成（入札書類には、1) コントラクターが従うべき社会環境配慮条件、2) スリランカの法令等で順守すべき安全基準を記載した技術仕様書、3) 安全基準に沿った安全計画のための要求事項、4) 主要要員（安全担当含む）の要求事項、5) 施工計画や安全計画等提出書類の要求事項を含む）。
- 入札の実施、評価報告書作成。

#### 7.1.3 施工段階

- 円借款事業に係る標準入札書類の特殊規定に補足された”FIDIC MDB Harmonized Edition (2010)”を適用。
- コントラクターの履行保証、前払金保証、必要な保険の査定。
- コントラクターの資機材、人夫等の査定。
- コントラクターの施工計画書のチェックと承認。
- 施工中のモニタリング、施工監理（品質、安全、環境保全等含む）。
- 現場状況に応じて修正設計。
- 施工完了の確認、完了証明書等発行。

#### 7.1.4 瑕疵通知期間

施工完了後1年間を、瑕疵通知期間として設定した。

### 7.2 事業実施および維持管理のための組織構成

#### 7.2.1 RDA の組織と防災事業

RDA は国道道路網の整備および維持管理を行っている。RDA の監督官庁は MOHRDPRD であり（2019 年 11 月末、組織再編により RDA の監督官庁は道路・ハイウェー省）、同省の一機関として同省の大臣に監督されている。表 8.2.1 に示すように、組織の規模は、臨時職員を含めると全国で一万人を超える。RDA は 17 部局、2つのユニット、27 プロジェクトがあり、Director General と 5 名の Acting Director によって管理されている。LDPP-1 は 27 プロジェクトの 1 つであり、他のプロジェクトとともに、Acting Director General (Projects)によって管理される。

表 7.2.1 RDA の専門別職員数（2017 年）

番号	職位/雇用区分	職員数
1	Senior management service	88
2	Engineering service	669
3	Administrative officer's service	19
4	Information technology service	19
5	Accountants service	29
6	Legal officers service	6
7	Junior administrative service	47
8	Account / Audit assistant's service	70
9	Associate officer's service	78
10	Technical Service - I	103
11	Technical Service - II	952
Extra service		
12	Clerical and Allied Service	1,753
13	Supportive staff	2,550
小計		<b>6,383</b>
14	Labor (Permanent)	4,024
15	Labor (Casual)	
合計		<b>10,407</b>

出典: RDA Annual Report (2017)

2017 年データによると、RDA の年間予算額は 202,648 百万ルピーであった（表 8.2.2）。この内、国内資金は 25%、残りの 75% は国際機関の対外援助借款等で賄われている。被災した道路の復旧関連予算は、年間予算の約 1%に当たる 2,048 百万ルピーであり、LDPP-1 には 1,353 百万ルピーが支出された（表 8.2.3）。表 8.2.4 に 2011 年～2017 年における RDA の財務実績を示す。RDA の予算は年によって増減があり 2015 年以降 171,989~202,648 百万ルピーで推移している。自己資本比率は約 50%、流動比率は概ね 87%～105%であり、RDA の運営は財政的に比較的安定している。また、2016 年～2017 年には、高速道路の使用料と道路広告看板からの収入は、7,000 百万ルピーを超え、RDA の財務上の安定に貢献している。

表 7.2.2 RDA の歳入内訳（2017 年）

歳入	金額 (百万ルピー)
国内資金 Domestic Funds (DF)	55,775
対外援助借款 Foreign Aid Loan (FAL)	128,132
払戻可能対外援助借款 Reimbursable Foreign Aid Loan (RFAL)	112
対外援助関連国内資金 Foreign Aid related Domestic Funds (FARDF)	18,629
<b>Total</b>	<b>202,648</b>

出典: RDA Annual Report (2017)

表 7.2.3 RDA の財務実績 (2017 年)

項目	予算 (百万ルピー)	実施 (百万ルピー)	実施率(%)
高速道路建設	82,984	79,429	95.72
国道建設	80,994	76,589	94.56
道路拡幅・補修	10,737	9,212	85.79
橋梁・高架橋建設	19,774	17,557	88.79
自然災害復興	2,048	1,353	66.07
教育・支援	6,110	6,109	99.98
<b>Total</b>	<b>202,648</b>	<b>190,249</b>	<b>93.88</b>

出典：RDA Annual Report (2017)

表 7.2.4 RDA の財務実績 (2011 年～2017 年)

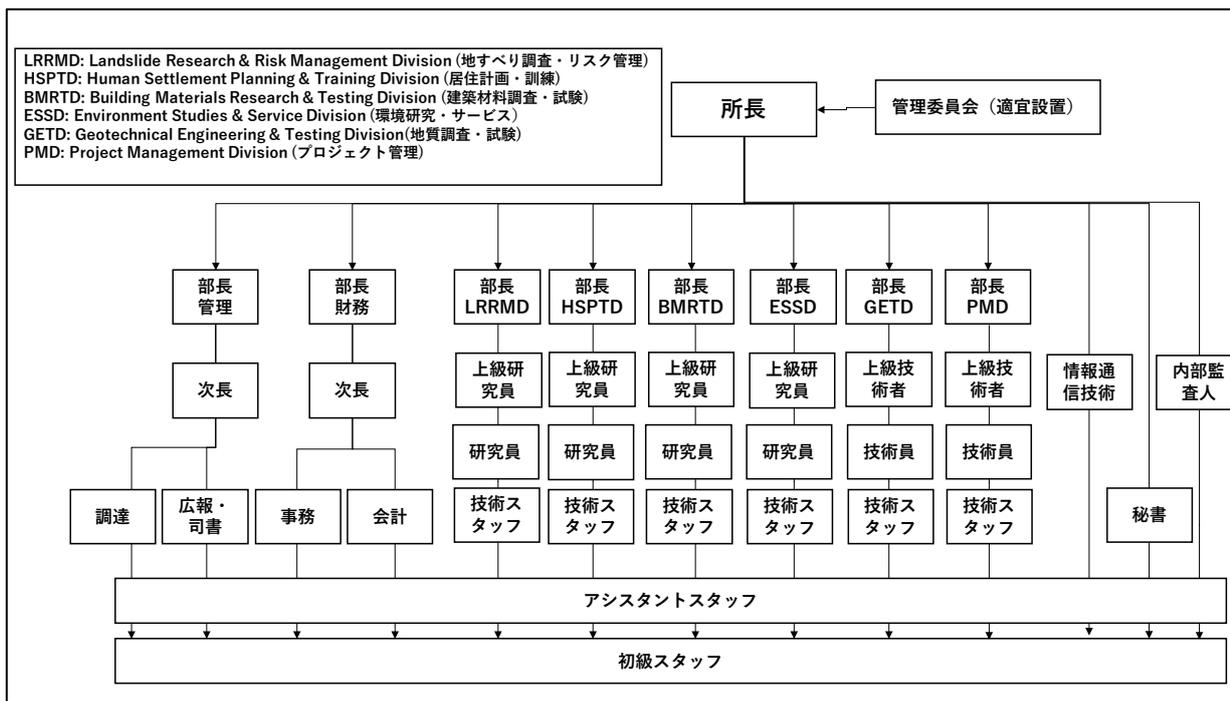
項目	単位	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
予算	百万ルピー	N/A	N/A	N/A	N/A	191,214	171,989	202,648
自己資本	百万ルピー	3,109	69,335	124,553	170,634	160,410	208,725	204,813
総資産	百万ルピー	14,361	96,830	178,670	305,966	318,685	378,180	413,094
自己資本比率	%	21.6	71.6	69.7	55.8	50.7	55.19	49.58
流動資産	百万ルピー	12,551	15,365	16,505	25,615	25,441	37,620	48,082
流動負債	百万ルピー	17,033	18,535	16,429	22,898	26,296	35,820	55,204
流動比率	%	73.7	82.9	100.5	111.9	96.0	105.0	87.1

出典：RDA Annual Report (2014~2017)を参考に JICA 調査団作成

RDA は、国際機関の開発援助を得ながら、道路網を建設や維持管理を実施してきた実績はあるが、防災事業に特化した技術部門は有していない。主に災害発生後の緊急対応や事後の対応を行っている。一方、道路の斜面防災事業としては、世界銀行の資金により、2014 年から 150 百万 USD の予算規模で Climate Resilience Improvement Project (CLIP)が実施されている。この防災事業には、技術的な中核メンバーとして NBRO が関わっており、プロジェクトの計画・管理、モニタリング、対策工設計などを担当している。

### 7.2.2 NBRO の組織構成

NBRO は 8 部局と 10 地方事務所を有し、要員は計 444 名でこの内 222 名が技術系職員である。土砂災害関連の防災業務は、Landslide Research & Risk Management Division (LRRMD) と Geotechnical Engineering & Testing Division (GETD)が担っている。図 7.2.1 に NBRO の組織図を示す。



出典: NBRO Annual Report (2018)

図 7.2.1 NBRO の組織図

### 7.2.3 LDPP-2 の事業実施体制

組織構成としては LDPP-1 と同様に、Project Manager – Deputy Project Director – Project Engineer – Site Engineer の指揮管理系統を継承し、定期的に関係機関の参集する Project Steering Committee (PSC) を開催して、監理機関への進捗報告や問題解決のための協議を行うことで事業は機能していくものと見込まれる。また、防災に関する専門的な知識や経験を持ち、防災関連の技術者を有している NBRO との連携を LDPP-1 以上に強化して必要がある。

なお、LDPP-1 における RDA-PMU の組織において、当初 Project Engineer の下に Site Engineer が配置されていたが、受け入れ体制と作業分担が明確ではなかったため、Site Engineer の RDA-PMU への雇用を維持できなかった。このクラスは今後の RDA の防災分野を担う要員として、事業実施の中で、対策工の設計、施工、維持管理に関わる技術移転を積極的に実施することが期待される。このため、RDA-PMU には、RDA に所属する常勤の技術スタッフを割り当てる必要がある。また、特に、新規に設立が検討されている LMMD に対して、事業施工期間中の技術移転が必要である。

## 7.3 事業実施スケジュール

想定される主要な事業の活動および期間を表 7.3.1、事業実施スケジュールを図 7.3.1 に示す。

表 7.3.1 想定される主要な事項および期間

「先行公開版のため非表示とする」

「先行公開版のため非表示とする」

図 7.3.1 想定される事業実施スケジュール

## 7.4 維持管理計画

### 7.4.1 維持管理作業の責任分担

RDA は、道路機能を維持するため責任があり、定期的に土砂災害対策工をチェックし、その健全性を確認する必要がある。また、既存の斜面对策工に機能不全や損傷等が確認された場合は、必要に応じて機能を維持するための修理、修理作業を実施する必要がある。NBRO は対象サイトの安全性を確認するための技術支援が期待される。表 7.4.1 は維持管理業務における両機関の期待される役割を整理したものである。

表 7.4.1 関係機関の維持管理作業

機関	維持管理作業
RDA	地すべり対策工事の点検と健全性評価 地すべり対策工事の維持修繕工事
NBRO	プロジェクトサイトでの地すべりのモニタリングと危険度評価 地すべりをモニタリングするための機器のメンテナンス

出典: JICA 調査団

LDPP-1 においては NBRO はコンサルタントチームとの直接契約によって工事サイトのモニタリングを行っていたが、工事完了後の予算設定が不明確であったため継続した安全管理が実施できるのかが問題となっている。この点については PSC においても協議され調整が図られることになっている。

### 7.4.2 維持管理システム

RDA は、防災施設の将来の保守と管理に特化した部門 Landslide Management and Maintenance Division (LMMD) 設置を計画している。UVA 州と中央州に 2 つのユニットを設置することが検討されている。LDPP-2 では RDA は LMMD 要員を RDA-PMU に配属させ、コンサルタントとの共同作業や OJT を通して防災技術を得ていくことが望まれる。維持管理体制を図 7.4.1 (施工時) および図 7.4.2 (維持管理段階) に示す。また、LMMD は同時に、NBRO と密に連携し、土砂災害の防災技術の吸収、研鑽を積むことが求められる。RDA は道路斜面对策の運営維持管理を継続的に実施していくために必要な予算を確保する必要がある。

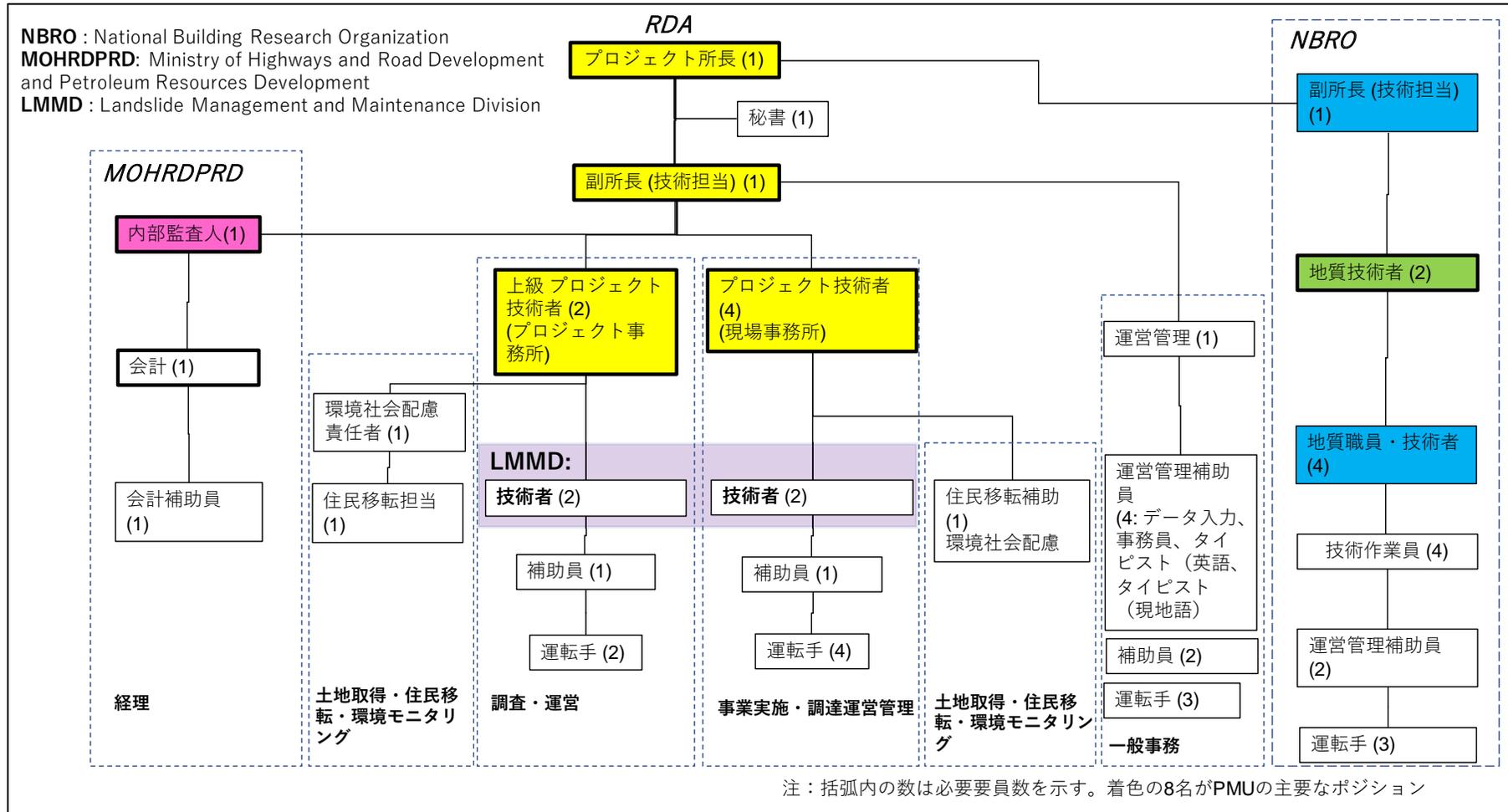
### 7.4.3 マニュアルおよび資機材

斜面对策工の運営維持管理に関連するマニュアルは、現在 LDPP-1 において準備されつつある。LDPP-2 では、実際にマニュアルを用いて、運用しながら、必要に応じて修正・改良をすることが望まれる。

現時点で想定される斜面对策工に関する維持管理関係のマニュアルは以下のとおりである。

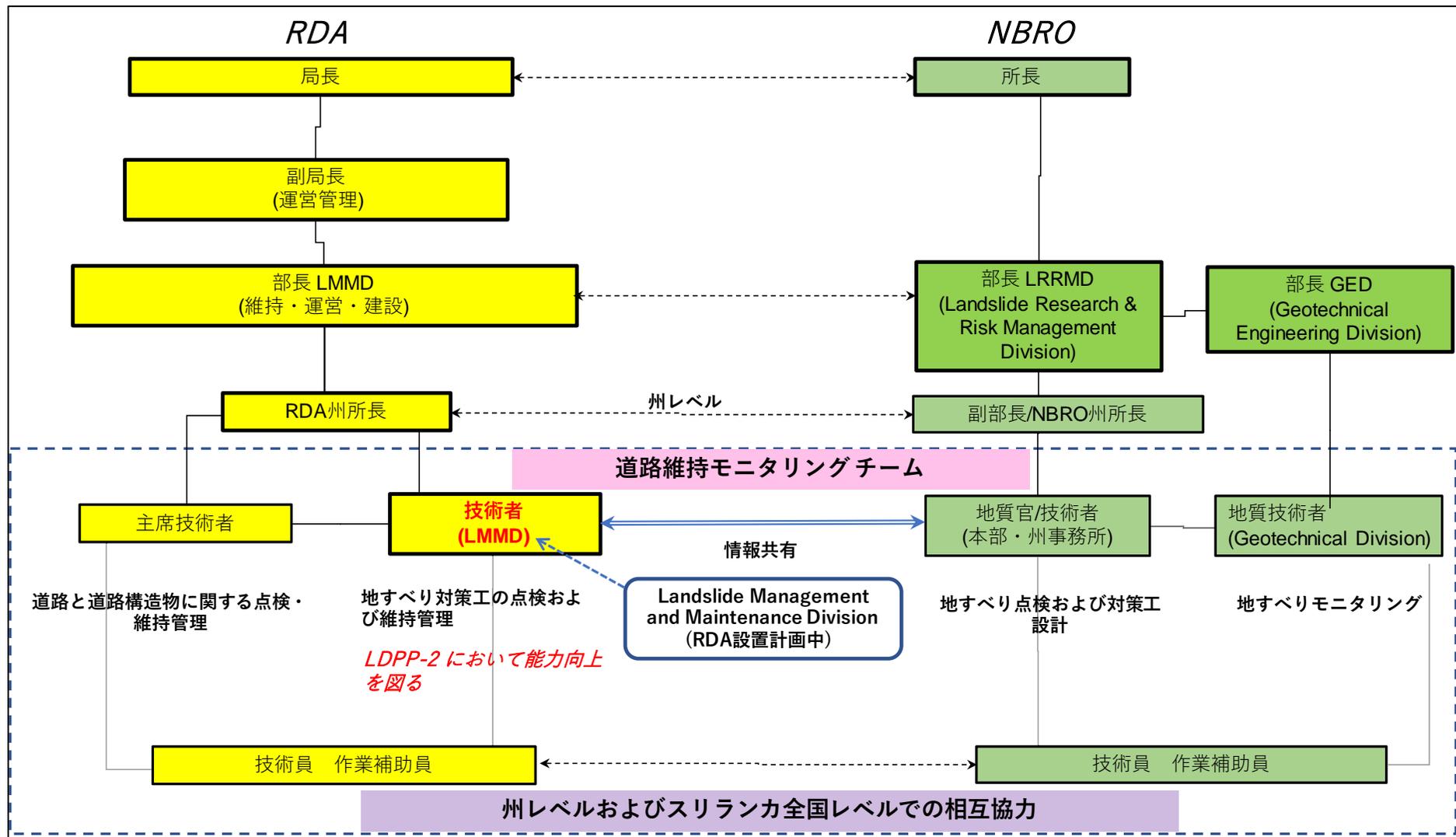
- コンクリート構造物の診断および修理マニュアル
- ロックネット工の補修工事マニュアル
- 地下水排水孔の洗浄マニュアル
- グラウンドアンカーの緊張、定着、試験マニュアル

LDPP-1 において、いくつか資機材および工事機器類が提供される予定であり、LDPP-2 においても、これらを積極的に活用して RDA または NBRO に対してトレーニング実施を検討すべきである。



出典：JICA 調査団

図 7. 4. 1 LDPP-2 における RDA-PMU の組織図(案)



出典：JICA 調査団

図 7.4.2 RAD の維持管理段階における組織図(案)

## 7.5 調達計画・スケジュール

コントラクター調達は、円借款に係る調達ガイドラインに従う。国際競争入札での実施を想定している。

## 7.6 安全管理

### 7.6.1 施工中の安全確保

施工中における安全は最重要であり、特に急斜面での作業が必要となる本事業においては、安全確保は最優先事項の一つである。本事業において、以下の安全上の課題が考えられる。これらの課題に関して、詳細設計段階にリスクを明確化し、施工段階で適切な措置を取る必要がある。

- 1) 各対象サイトは、活動中もしくは滑動の可能性が高いため、不適切な切土、盛土等によっては、新たな土砂災害を引き起こす可能性がある。
- 2) 各対象サイトでは、2種もしくはそれ以上の種類の対策工が計画されているため、施工順位に関して斜面での上下作業、同時施工の危険性がある。
- 3) 多くの対策工は、作業スペースが限られた急斜面での施工が計画されており、危険のリスクがある。特に重機の作業が必要となる場合は注意を要する。

土砂災害サイトでは、斜面掘削や盛土等、大規模な土工を伴うため、施工中の交通の安全を確保する必要がある。

### 7.6.2 詳細設計時に考慮すべき地すべりの特殊事情

施工段階の安全を確保するため、詳細設計段階において以下を考慮する必要がある。

- 1) 対策工の選定に当たっては、施工箇所の状況、特に土砂災害発生箇所と道路との位置関係を考慮し、防護対策もしくは予防対策を検討する。
- 2) 急斜面での重機施工の安全性確保、および急斜面での重機の使用を避ける。
- 3) 安全のための施工順序を最適化する。例えば 1) 上部斜面から下部斜面へ、2) 抑制工、抑止工の順で実施、3) 斜面掘削においては、粗掘削、斜面整形、対策工の順に実施する。
- 4) 通行の安全を確保するための仮設の安全対策工（土のうやフェンスなど）を設置する。
- 5) 警戒避難システムを導入する。

## 7.7 事業実施のリスク分析

自然条件、社会環境、経済状況、市場状況を勘案し、事業の各段階におけるリスクの可能性と影響度をそれぞれ高・中・低で評価し、その回避、緩和もしくは対応策を取りまとめた。

## 7.8 事業実施能力向上・事業効果発現のための施策及び技術協力の提言

事業の施工は2023年を予定しており、対策工施工まで期間があることから、各対象サイトの状況は現在より悪化し、その間の豪雨等により、新たに土砂災害が発生する危険がある。また、土砂災害の範囲が拡大すると、LDPP-2の詳細設計時に、抜本的な設計の修正が必要となることが考えられる。このため、調査団は以下を提案する。

- 事業開始後、なるべく早い段階で事業対象サイトの調査を開始する。
- 詳細設計のため最低2年の地すべりのモニタリングを実施する。
- 通行の安全のため、早期警戒システムを事業の早期段階から危険なサイトに設置する。
- 土砂災害発生時の緊急対策がタイムリーかつ効果的に実施できるようRDAやNBROに対して能力向上を行う。

## 第 8 章 事業評価

### 8.1 経済分析

社会的利益を最大化するには、限りある資源を効率的・効果的に使用することが重要である。このため公共インフラ投資の実施にあたっては、国民経済的視点から投資の妥当性を確認するため経済分析を実施する。提案された土砂災害対策事業の経済分析は経済的内部収益率(EIRR)、費用便益比率(B/C)、純現在価値(NPV)の 3 つの指標を適用して実施した。分析の概要と結果について以下に述べる。

### 8.2 基本条件

本プロジェクトにおける経済分析は、下記の基本条件に基づいて実施した。

- 価格基準年: 2019 年
- プロジェクトライフ: 40 年
- 割引率: B/C、NPV の算定にあたっては社会的割引率 12%を適用
- 経済価格: 費用及び便益の経済価格への変換は、内貨部分について標準変換係数(SCF) 0.844 を適用することにより行った。外貨部分については国際的な市場価格であり真の経済価値を反映しているものとし変換は行っていない。SCF は最新の貿易統計を用いて JICA 調査団が算定した。
- 土地収用費: 実際の土地収用費用に SCF を乗じて経済価格とした。
- 社会経済フレーム: 最新の統計資料、国際機関による人口予測等を利用し、将来の社会経済フレームを設定した。

### 8.3 事業便益

本プロジェクトは、国道への土砂災害リスクを減らすことにより、安全な道路網を確保することを目指している。プロジェクトの便益は、「プロジェクトを実施する」場合と「プロジェクトを実施しない」場合の違いから算定した。以下の主要な便益について算定を行った。

- 土砂災害発生時の迂回による時間価値の損失を削減する便益
- 土砂災害発生時の迂回による車両走行費用を削減する便益
- 土砂災害発生時の復旧費用を削減する便益

これら主要な便益の他に、以下の直接的な便益も期待できる。

- 住宅や家財への被害の削減
- 農業資産への被害の削減
- 道路、橋、河川、排水施設、電力、給水施設などのインフラ施設への被害の削減

以下の間接的な効果も期待できる。

- 交通遮断による観光を含む経済活動への影響の防止
- 中央および地方政府による災害時の緊急対策費用の削減
- 運輸、通信、電気、水道などの公共サービスの停止の防止
- 市民生活の不便さの防止
- 地域住民の土砂災害への精神的ストレスの軽減

プロジェクトの実施によるさまざまな効果が期待できるが、本経済分析では先に述べた主要 3 項目について便益の算定を行う。

(1) 迂回による時間価値の損失を削減する便益

規模の大きな土砂災害が発生すると、道路が損傷し、復旧までの間、被災区間が閉鎖される。すべての車両は目的地に到達するために迂回を余儀なくされる。目的地に到着するまでに通常よりも多くの時間がかかり、乗客の時間損失が生じる。

乗客の時間価値の算定には、RDA から提供を受けた"Assessing Public Investment in the Transport Sector, Department of National Planning, Ministry of Finance and Planning, December 2000"と同じ手法を適用した。将来の交通需要予測は、JICA-Strada と最新の統計データを使用して、RDA の計画部によって実施された。

時間損失の削減による年平均便益は、下記の数式により算定した。

$$\boxed{\text{迂回による1日あたりの時間費用の増}} \times \boxed{\text{復旧までの交通遮断日数}} \times \boxed{\text{土砂災害の発生確率}} = \boxed{\text{年平均時間費用の削減便益}}$$

(2) 迂回による車両走行費用を削減する便益

時間費用の削減便益の場合と同様に、土砂災害による交通遮断が発生した場合、目的地に移動するために迂回が必要となり、通常よりも長い距離を走行する必要が生じる。車両走行費用 (VOC) の増は、社会的損失と考えられる。プロジェクトを実施する場合、土砂災害リスクが軽減され、車両走行費用の増加を防ぐことができる。車両走行費用には、車両の資本費用の他、燃料、潤滑油、タイヤ、定期メンテナンス、保険及びドライバーの費用が含まれる。走行費用の原単位、将来の交通需要、迂回距離、および交通遮断の期間に基づいて、走行費用の増を算定した。車両走行費用削減による年平均便益は、次の式により算出した。

$$\boxed{\text{迂回による1日あたりの走行費用の増}} \times \boxed{\text{復旧までの交通遮断日数}} \times \boxed{\text{土砂災害の発生確率}} = \boxed{\text{年平均走行費用の削減便益}}$$

(3) 土砂災害発生時の復旧費用を削減する便益

過去の災害記録は、候補地の災害リスクを分析するために重要な情報であるが、スリランカでは災害情報が体系的に管理されていない。近年発生した小規模、大規模な災害情報は一部 PMU から提供された。このため、数十年に一度発生するような比較的規模の大きな土砂災害からの復旧費用を見積もるため、以下の想定に基づいて算定を行った。

表 8.3.1 災害種別の復旧費用の算定方法

災害種	復旧費用の算定
1) 地すべり、土石流	地すべり、土石流災害により道路が完全に崩壊することを想定。対象危険個所の延長について台形の盛土工事より費用を算定。
2) 斜面崩壊	斜面崩壊により道路の山側から谷側に三角形に土砂が堆積することを想定。対象危険個所の延長について土砂の除去費用を算定。
3) 落石	落石の除去と現場での安全性の確認作業を想定。PMU による実際の作業費用を適用し算定。

出典: JICA 調査団

プロジェクトを実施する場合、土砂災害が防止され、復旧費用の削減が期待できる。復旧費用と土砂災害の発生頻度により、復旧費用削減便益を算定した。

$$\boxed{\text{復旧工事費用}} \times \boxed{\text{発生頻度}} = \boxed{\text{年平均復旧費用削減便益}}$$

(4) 年平均経済便益

上記の3つの主要な便益によるプロジェクトの年平均経済便益は表 8.3.2 に示すとおりである。なお、2040 年以降の便益は、2040 年と同レベルの便益が継続するものと想定している。

表 8.3.2 年平均経済便益（百万ルピー、2019 年価格）

経済便益	2019	2020	2025	2030	2040
迂回による時間費用の削減	1,455.5	1,546.5	2,337.5	3,639.1	7,695.2
迂回による走行費用の削減	1,730.5	1,768.9	2,189.3	2,753.0	3,822.2
復旧費用の削減	134.1	134.1	134.1	134.1	134.1
Total	3,320.1	3,449.5	4,660.9	6,526.2	11,651.5

出典: JICA 調査団

8.4 事業費

経済分析では、経済価格によりプロジェクトの便益と費用を評価する。本プロジェクトでは、市場価格の歪みを補正するため、標準変換係数（SCF）0.844 をプロジェクト費用の内貨部分に適用し、経済価格に変換した。外貨部分については国際的な市場価格であり調整していない。表 8.4.1 に財務及び経済価格による事業費を示す。

表 8.4.1 財務及び経済価格による事業費

「先行公開版のため非表示とする」

土砂災害対策施設が期待どおりに機能するためには、適切な点検と維持管理が不可欠である。経済分析では上記事業費以外に下記の点検及び維持管理費を算定した。

(1) 点検費用

- 日常点検（年 2 回）
- 定期点検（5 年に 1 回）

(2) 修復及び更新費用

- 排水路の清掃（毎年）
- 施設の清掃と修復（10 年に 1 回）
- 金属材料で作られた施設の交換とグラウンドアンカーの張り直し（25 年に 1 回）

8.5 経済的実施可能性

プロジェクトの実施スケジュールに基づき、表 8.5.1 に示すキャッシュフローを作成し、土砂災害対策事業の経済的実施可能性について費用便益分析を実施した。

表 8.5.1 経済的キャッシュフロー

「先行公開版のため非表示とする」

表 8.5.1 に示すように、提案された土砂災害対策事業には、十分な経済的効率性が確保されている（EIRR：21.1%）。また、表 8.5.2 に示すように、感度分析の結果からも十分な経済性が確保されていることが判る。国民経済的視点からプロジェクトの実施が推奨される。

表 8.5.2 感度分析結果

			費用		
			10% 減	ベース	10% 増
便 益	10% 増	EIRR	24.7%	23.0%	21.5%
		B/C	2.67	2.40	2.18
		NPV	非公開	非公開	非公開
	ベース	EIRR	23.1%	21.1%	20.1%
		B/C	2.42	2.15	1.98
		NPV	非公開	非公開	非公開
	10% 減	EIRR	21.5%	20.0%	18.7%
		B/C	2.18	1.96	1.79
		NPV	非公開	非公開	非公開

注： B/C と NPV の算定には社会的割引率 12% を適用した。

NPV：百万ルピー、2019 年価格

出典：JICA 調査団

## 8.6 運用効果指標

JICA 事業においては、事業の運用と効果を定量的に測定するために「運用効果指標」を設定している。本プロジェクトは、国道への土砂災害のリスクを削減し、道路網の安全を確保することを目的としているため、表 8.6.1 に示すように、運用効果指標を設定した。ただし、同指標は対策工の設計時に想定した規模を超える災害が起こらないことを前提としている。

表 8.6.1 運用効果指標

指標	現状 (2019)	目標 (2029)
対象箇所における交通遮断の年間日数（日/年） （30 サイトの合計）	218	0
対象箇所における道路復旧費用（百万ルピー/年） （30 サイトの合計）	135	0

出典：JICA 調査団

上記の運用効果指標の他に、プロジェクトの有効性をさまざまな視点から把握するために、表 8.6.2 に示す指標を提案する。

表 8.6.2 その他の指標

指 標	目 標 (2029)
<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクトで作成される運営維持管理マニュアルに基づく運営維持管理活動の実施記録</li> <li>地すべり対策工事の設計基準は、プロジェクト期間中の知識の移転に基づいて確立される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運営維持管理マニュアルでの計画どおりの実施</li> <li>地すべり対策の設計基準</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>対象地での地すべり災害による交通事故（年間）</li> <li>対象地での地滑り災害による人命の損失（年間）</li> <li>対象サイトでの地滑り災害による損害（住宅、家財、農業財産、公益事業）（年間）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0 ケース/年</li> <li>0 人/年</li> <li>被害なし/年</li> </ul>

出典：JICA 調査団

## 第9章 環境社会配慮

### 9.1 環境社会配慮

#### 9.1.1 概要

##### (1) JICA 環境社会配慮ガイドライン

本案件は「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」(2010年4月)により、カテゴリリーBに該当する。

##### (2) プロジェクト対象地の概要

本事業は、5州(中部、ウバ、サバラガムワ、南部、西部)、9県(キャンディ、ヌワラエリヤ、マータレ、バドゥラ、ケゴール、ラトゥナプラ、ゴール、マータラ、コロombo)、22郡にわたる30か所の土砂災害危険区域に対して対策工を実施するものである。

事業対象地域は、東西約120km、南北約170kmの水平方向の広がりであるが、コロombo県、ゴール県、マータラ県のような低地からヌワラエリヤ県、バドゥラ県のような高地に至る標高差にして約3,000mの鉛直方向の広がりを持ち、地形・地質、気象・水文、生態系が変化に富んでいる。こうした豊かな自然環境の下で、対象地域では茶、ゴム等のプランテーション作物、野菜、稲作等の農業、観光業が地元経済を支えているほか、森林や野生生物を保護するための保護区が数多く設定されている。

一方、当該地域は土砂災害のリスクが高い地域であることから、対策工を実施する地区は過去に土砂災害に見舞われ、現在も災害リスクの高い地区の国道沿いの斜面であり、ほとんどが荒廃あるいは未利用の土地となっている。

#### 9.1.2 環境影響評価制度

スリランカの環境影響評価(EIA)制度は国家環境法 No.56(1988)に基づいて制定され、中央環境庁(CEA)が監督機関となっている。プロジェクト提案者はプロジェクトの概要をCEAに提出し、CEAは当該プロジェクトがEIA/IEEを要する事業か否かの判定をし、EIA/IEEを要する事業であれば、その後のEIA/IEEの手続きを管理する事業承認機関(PAA)を決定する。以後は、PAAがEIA/IEEのスコopingからプロジェクト提案者が作成する報告書の縦覧・評価・承認に至るまでの諸手続きを行う。

本事業については、CEAは2019年11月6日付のRDA宛てのレターにより、国家環境法に定めるEIA/IEE手続きを必要とする事業ではないと認定している。同時に、CEAはガイドラインを示して、このガイドラインを遵守して事業を進めるよう助言するとともに、保護区に近接する事業対象地(保護区境界から1マイル以内)については当該保護区を所管する野生生物保護局もしくは森林局の推薦を得ることを勧めた。なお、保護区に近接する地区での事業については、原則的に立ち入り禁止で様々な規制がある保護区内と異なり、環境影響が軽微であれば事業活動が承認される。

#### 9.1.3 環境影響

本事業は新規の道路開発を目的としたものではなく、既存道路の防災・改良を目的としたものであり、重大な環境影響は見込まれない。また、供用時には環境に影響を与える活動や施設の設置・稼働が含まれないことから、影響のほとんどは工事中に生じるものである。

本事業による環境社会影響に関して、環境汚染(8項目)、自然環境(4項目)、社会環境(16項目)及びその他(2項目)の合計30項目について、建設段階及び供用段階の各段階において想定される影響について評価した。

環境汚染項目については、工事中の建設機械や車両の稼働により、排ガスによる大気質及び悪臭への影響、潤滑油や燃料の漏出による水質や土壌への影響、騒音・振動の影響が見込まれるほか、掘削等の土工事から生じる濁水による水質への影響、残土等の廃棄物管理による影響、水質汚濁による周辺河川や貯水池の底質への影響が見込まれる。自然環境項目については、事業対象地が保護区に近接する影響、工事のための樹木伐採による生態系への影響、砂防ダムの建設による河川流等の水文環境への影響、アクセス道路建設のための既存道路の拡幅による地形・地質への影響が見込まれる。社会環境については、対策工設置のための土地取得による影響、被影響者に貧困世帯が含まれること、用地取得や対策工による土地利用の変化、工事排水による周辺水域の水質汚濁及び地すべり対策工（水抜き工）による水資源への影響、周辺の学校、病院、寺院、ユーティリティー（水道、電気、電話）への影響、用地取得による女性の収入源（果樹等）への影響、建設作業への子供の雇用や工事の通学への支障による子供の権利への影響、建設労働者の地域外からの流入による感染症の影響、違法な建設労働条件及び人里離れた地区での怪我や急病の発生による影響が見込まれる。その他の項目については、片側車線規制による渋滞や交通事故の発生が見込まれる。

供用事は、唯一、地すべり対策としての水抜き工により地下水が過剰に低下した場合、周辺の水利用に影響することが見込まれる。

正の影響としては、本事業による土砂災害対策の実施により、土砂災害による国道の閉塞を防止することで農産物の流通改善や観光入込客数の増大による地元経済の改善・発展が見込めるほか、土砂災害リスクの軽減によって住民生活の安全が向上すること、土砂災害により荒廃していた自然環境が回復することなど多くの利点がある。

#### 9.1.4 環境管理・モニタリング計画

以上の環境影響評価結果に基づいて、想定される環境影響を緩和し、管理するために、工事中及び供用時の環境管理計画（EMP）を策定した。

また、EMP が適切に実施されていることを確認するため、定期的なモニタリングを実施する。モニタリングは、環境影響緩和策の有効性を評価し、追加的な対策が必要であるか否かを決定するために必要である。このため、工事中及び供用時の環境モニタリング計画（EMoP）を策定した。モニタリングには目視による方法からパラメーター測定による方法などがあることから、モニタリング・フォーム（案）を作成した。

## 9.2 用地取得・住民移転

### 9.2.1 用地取得・住民移転の規模

本事業により影響を受ける地域は、過去に土砂災害が発生し、現在も土砂災害リスクが高い地域であり、国道沿いの私有地、プランテーション、政府所有地が用地取得の対象となり、以下の表 9.2.1 に示すように、恒久的に約 8 ha、一時的に約 30 ha の用地が必要となる。なお、住民の退去・移転は見込まれない。

表 9.2.1 事業による用地取得面積、影響規模及び住民移転規模

項目	単位	恒久的	一時的
用地取得面積	ha	8.1	30.3
私有地	ha	2.6	15.6
プランテーション	ha	1.6	4.0
政府所有地	ha	3.9	10.7

被影響ユニット	世帯/区画	62	75
私有地	世帯	40	47
プランテーション	区画	7	11
政府所有地	区画	15	17
被影響者	人	239	305
私有地	人	148	183
プランテーション	人	29	57
政府所有地	人	62	65
退去・移転が必要なユニット	世帯/区画	0	0
退去・移転が必要な住民	人	0	0

出典：JICA 調査団

### 9.2.2 ステークホルダー協議

本調査を通じて、事業対象地を所管する郡（DS）及び村（GN）の長及び幹部、住民、プランテーションのオーナー及び管理責任者等との協議を実施した。協議は、土砂災害対策工の設計平面図を示しながら、事業の目的・概要、想定される正・負の影響、用地取得や他の損失に対する補償方針、カットオフデート、生計・所得回復支援策等を説明・協議した。

協議における参加者の主な意見は、土砂災害リスクの深刻さならびに安全な生活と安定した生計を守るための本格的な対策事業への期待であった。環境保全や補償に関する若干の要求があったものの、事業そのものに対する特段の反対意見はなかった。

### 9.2.3 住民移転計画

本事業による被影響者（PAPs）の財産・資産、ビジネス、生計等の損失に対する補償・改善を目的とした簡易住民移転計画（A-RAP）（案）を作成した。

これらの補償・改善を行うための受給権者要件、補償方針・内容、苦情処理メカニズム、実施体制、スケジュール、費用、モニタリングと報告に関してはA-RAP（案）で計画されている。補償内容には、土地、農地、建造物、ビジネス及び一時的な土地の損失等の補償に加え、雇用者や弱者への補償及び生計回復に必要な支援が含まれている。

## 9.3 その他

### 9.3.1 気候変動適応

専門家の研究によると、スリランカでは気候変動により、将来、極端な降雨現象が増加し、年降水量と降雨強度の増加が土砂災害の引き金となり、災害の頻度、規模、地点を増大させることになる予測されている。そうした環境下では、川の上流域では土砂災害による直接的な被害が増加し、下流域では土石流の範囲と被害が拡大し、ダム、河道、さらには海岸に影響を与えることになる。

こうした気候変動を受け入れて適応していくには、土砂災害の対応能力を向上させ、脆弱性を減らすことが必要となる。対応能力の向上のため、本事業では構造物対策として先進の土砂災害対策技術の導入を行うとともに、非構造物対策として研修を通じて対策工の設計・施工技術をスリランカ側に移転する。たとえ将来、気候が変動しても、本事業の実施により事業対象地における土砂災害リスクが軽減されるのみならず、本事業を通じて移転される対策工の設計・施工技術が普及することにより、全国の土砂災害リスクの軽減に寄与することになる。さらに、本事業で

設置する土砂災害監視システムは、NBRO が開発している地すべり早期警戒システムに組み込まれて土砂災害の対応能力向上に寄与する。

### 9.3.2 ジェンダー

被影響者には女性も含まれ、本事業のために土地の一部を失うことになるが、退去・移転を伴わないことや敷地内で生産しているゴムや果物などの換金作物樹木の損失に対しては補償されることから、影響は軽微である。

事業実施中は、PMU は建設業者に対して、女性に工事関連の仕事を提供するよう働きかけるほか、政府が提供するマイクロファイナンス等の融資プログラムの利用案内をするなど、生計改善のための支援を行う。また、工事中は地域外から建設労働者の流入があり、近隣に在住する女性が暴力やセクシャルハラスメントのリスクに曝されることになる。PMU は、警察に警戒を怠らないよう要請するほか、NGO や郡の医務官の協力を得て性感染症に関する啓発集会を開くよう調整を図る。

## 第 10 章 結論と提言

本報告書は、スリランカ国国道土砂災害対策事業フェーズ 2 準備調査結果を取りまとめたものである。本調査は 2019 年 2 月 8 日に JICA と共同企業体との間で契約が結ばれ、履行期限 2019 年 12 月 27 日とし、契約工期約 11 か月の間に、現地作業計 4 渡航を行い、円借款事業「スリランカ国国道土砂災害対策事業フェーズ 2」のための準備調査を実施したものである。

### 10.1 事業概要

#### 10.1.1 事業の目的

事業の目的は、土砂災害危険地域 9 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施することにより、国道の土砂災害リスク軽減及び斜面对策の自律的な実施のための制度づくりを行い、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。

#### 10.1.2 事業の範囲

本事業は、中部州（Kandy 県、Nuwara Eliya 県、Matale 県）、ウバ州（Badulla 県）、サバラガムワ州（Kegalle 県、Ratnapura 県）、南部州（Galle 県、Matara 県）、西部州（Colombo 県）の 5 州 9 県を対象とする。

本事業は、1) 対象 9 県における 30 サイトの土砂災害の対策工を実施、2) 対象サイトにおいて早期警戒システムを確立、3) RDA と NBRO に対して土砂災害対策の運営維持管理に係る能力向上を目的とした活動を実施する。

#### 10.1.3 事業の方法

上記目的を達成するため、LDPP-2 においては以下を実施する。

- 道路斜面の安全確保のため、地すべり対策における先進的な技術の導入
- 対象サイトの状況を踏まえた効率的かつ効果的な早期警戒システムの導入および早期警戒システムのための閾値の設定
- LDPP-1 等で準備された既存各種マニュアルを必要に応じ改訂し、効率的かつ効果的な土砂災害対策に関する能力育成

#### 10.1.4 運用効果指標

本事業は、国道への土砂災害のリスクを削減し、道路網の安全を確保することを目的としているため、表 10.1.1 に示す運用効果指標を設定した。

表 10.1.1 運用効果指標

指標	現状 (2019)	目標 (2029)
対象箇所における交通遮断の年間日数（日/年） （30 サイトの合計）	218	0
対象箇所における道路復旧費用（百万ルピー/年） （30 サイトの合計）	135	0

出典：JICA 調査団

#### 10.1.5 事業実施機関

本事業は、ハイウェイ道路開発・石油資源開発省（MOHRDPRD）を主たる実施機関とし、RDA が執行機関となる。NBRO が本事業に対し技術的助言を行う。

### 10.1.6 本事業の構成

本事業は、1) 土砂災害リスクのある主要国道の30サイトにおいて斜面对策工の建設、2) 交通の安全を確保するために各対象サイトへ早期警戒システムの導入、3) RDA および NBRO の能力向上から構成される。想定される斜面对策工の建設のパッケージングを表 10.1.2 に示す。また、位置図を図 11.1.1 に示す。

表 10.1.2 想定される斜面对策工のパッケージング

図 10.1.1 パッケージングの計画（案）

「先行公開版のため非表示とする」

## 10.2 事業実施の必要性

### 10.2.1 事業の妥当性

本事業はスリランカの政策や計画および我が国の開発協力方針とも合致する。また、本事業は JICA の防災セクターの技術協力を強化するものである。

### 10.2.2 事業の有効性

本事業は斜面对策工を建設することにより、主要国道の閉鎖期間を削減する。早期警戒システムを導入し、対象サイトの降雨量や地すべりの滑動をモニタリングして交通規制を行うことにより、交通の安全性確保に貢献する。また、本事業全期間を通じた能力開発を行うことにより、斜面对策における調査、設計、業者入札、施工および運営維持管理の各段階における RDA および NBRO の能力強化を図る。

### 10.2.3 事業の効率性

本事業は主要国道の土砂災害の削減に貢献する。土砂災害に伴う道路閉鎖や事故を軽減し、土砂災害リスクが高い地域の経済発展に貢献する。本事業には、十分な経済的効率性が確保されている（EIRR：21.1%）。

### 10.2.4 事業の持続性

RDA は斜面对策の運営維持管理を専門に担当する組織として、Landslide Maintenance Management Division (LMMD) の設立を計画している。本事業は RDA-PMU、NBRO 並びに LMMD の能力強化を行い、事業の持続性に貢献する。また、既存の運営維持管理マニュアルは、本事業の中で修正・更新される予定である。

### 10.2.5 環境社会配慮

本事業は、新規道路建設ではなく既存道路の改良であることから、環境への影響は軽微である。中央環境庁(CEA)からは、EIA/IEE を必要とする事業には当たらないとの確認を得ている。ただし、本事業実施期間中においては、以下を検討する必要がある。

- 対象サイト No.53 においては、アクセス道路建設時に森林伐採が発生する可能性があり、詳細設計段階で伐採範囲の最小化を検討。
- 集水ボーリングを計画している地点(No.1, 4, 6, 7, 26, 34, 49)では、地下水を主として利用している居住者は存在しないが、地下水位が低下する可能性があるため、地下水位のモニタリングを実施。
- 環境に負荷の少ない技術の採用。

### 10.3 提言

#### 10.3.1 RDA-PMU の実施体制の要員充実

LDPP-1 には Site Engineer 要員が配置出来ていなかったことを踏まえ、本事業に必要な人数、事業実施の経験豊富な要員を RDA-PMU に配置することが、本事業を成功させるうえで必須である。

#### 10.3.2 調査および詳細設計段階

地すべり調査は本事業の初期段階に開始し、十分なモニタリング期間を取ることで、合理的な詳細設計の資料とする必要がある。モニタリング期間は2年程度が望ましい。

本事業の全ての段階（調査、詳細設計、入札、施工および運営維持管理）において、RDA および NBRO に対する更なる能力向上のための活動が必要である。経験豊富なコンサルタントとの共同作業による OJT 等を実施しながら、必要に応じ既存のマニュアルを改善する必要がある。コンサルタントには、技術的な知識のみではなく、必要な技術を十分に説明できる英語のコミュニケーション能力が必要である。

#### 10.3.3 施工段階

ローカルコントラクターは安全対策に配慮に欠けることがあるため、安全管理システムを施工の初期段階に確立することが必要である。

対象サイトにおける地質の把握が難しいことから、予期せぬ地質状況に遭遇するリスクがあり、施工中に新たに斜面崩壊や地すべりが発生する可能性は否定できない。設計変更の必要性となる場合には、適切に効率よく実施する必要がある。施工期間中においても、斜面对策工の設計の能力を持ったコンサルタント要員を配置する必要がある。各パッケージ1名程度配置することが望ましい。

#### 10.3.4 その他考慮すべき事項

LDPP-1 はローカルコントラクターの技術力の向上に貢献した。また、ローカルの作業員は、LDPP-1 を通じて、本邦のコントラクターから対策工の施工技術を直接伝授され、本邦の『職人』の技術を会得しつつある。しかしながら、今後、斜面对策の運営維持に関する業務が継続して実施されないと、ローカルコントラクターは、対策工技術を持つ作業員を長期的に確保することが困難となり、技術力の維持が難しい。LDPP-2 では、こうしたローカルコントラクターの技術力の向上および維持の役割を担っている。また、LDPP-2 の中で、ローカルコントラクターを対象とした本邦での技術研修を実施することにより、ローカルコントラクターの技術力確保の一つの対応策となると考える。

以上