

国際協力機構（JICA）

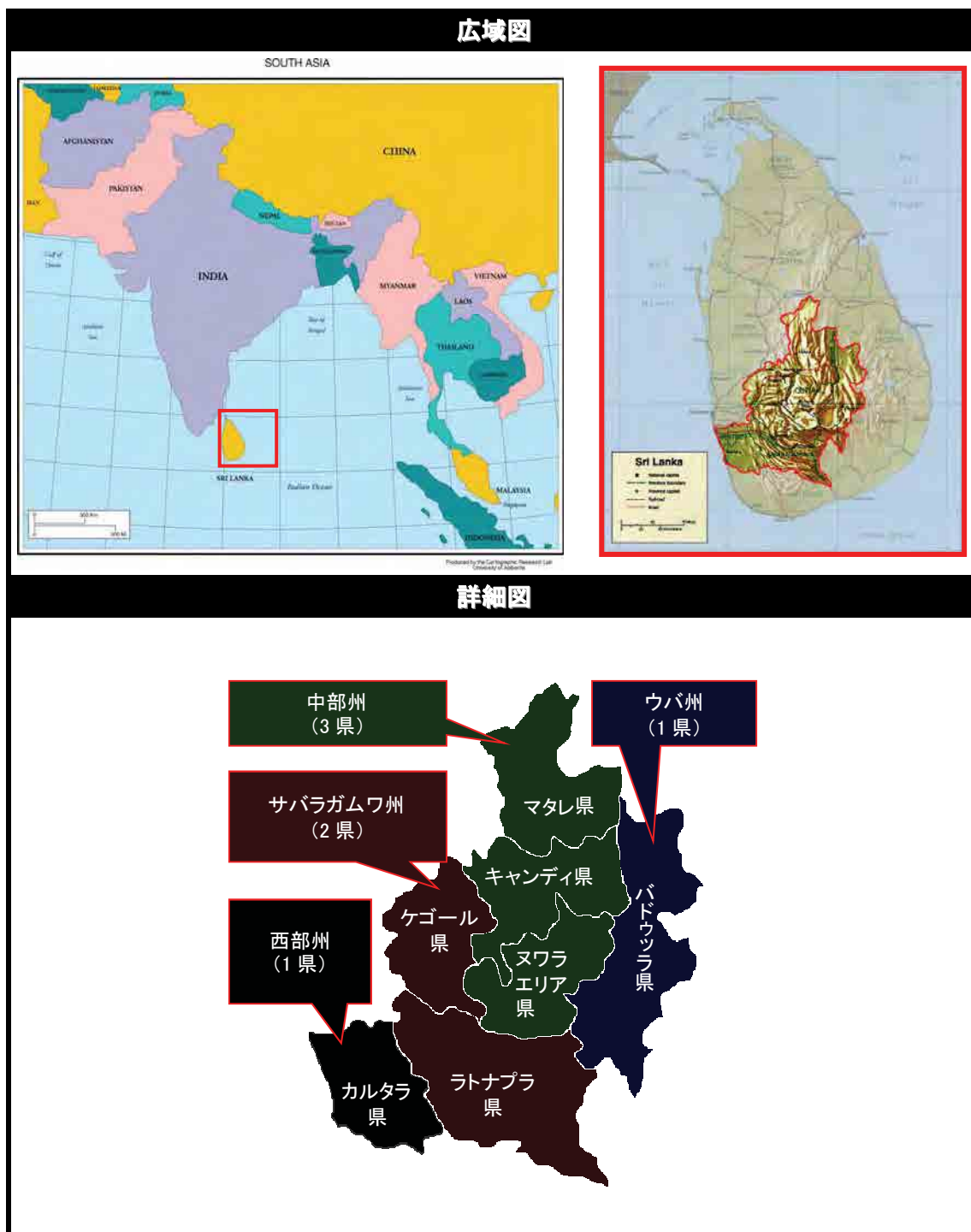
スリランカ国
災害脆弱地域における道路防災事業情報収集調査

ファイナルレポート（1/2）

2012年12月

国際航業株式会社
株式会社オリエンタルコンサルタンツ
国土防災技術株式会社

I 調査位置図



II 調査地の写真



i) まだ新しい崩壊跡が残る絶壁。国道A005号線にて。



vi) 道路に入った亀裂の状況。パドゥッラにて。



ii) 幹線道路の真横に発達する滑落崖。複合地すべりの地すべりブロックによるもの。国道A016号線にて。



vii) 住宅内に走る亀裂。パドゥッラにて。



iii) 典型的な脚部浸食による地すべり。国道A007号線にて。



viii) 地すべり災害に脅かされる住民へのインタビュー。



iv) 岩盤崩壊が危惧される急崖。国道A026号線にて。



ix) 茶園労働者住宅におけるインタビュー。



v) A005号線における警告看板。「前方に地すべり」。



x) 村落住民との協議風景。

III 略語表

ADB	アジア開発銀行：Asian Development Bank
B/C	便益費用比率：Benefit Cost Ratio
CEA	(スリランカ国) 中央環境庁：Central Environmental Authority
CL	危険基準線：Critical Line
DDMCU	県災害対策調整部：District Disaster Management Coordination Unit
DiMCEP	防災能力強化プロジェクト： The Disaster Management Capacity Enhancement Project
DOM	(スリランカ国) 気象局：Department of Meteorology
DMC	(スリランカ国) 国家災害対策管理局：Disaster Management Center
DRM	災害リスク管理：Disaster Risk Management
EIA	環境影響調査：Environmental Impact Assessment
EIRR	経済的內部収益率：Economic Internal Rate of Return
EL	避難基準線：Evacuation Line
ERD	対外援助局：External Resources Department
EWS	早期警戒システム：Early Warning Systems
FF	実情確認調査：Fact Finding
F/S	事業化調査、フィージビリティースタディー：Feasibility Study
Fs	安全率：Safety Factor
G/A	贈与契約：Grant Agreement
GDP	国内総生産：Gross Domestic Product
GN	(スリランカ国) 村落行政官：Grama Niladhari
GOSL	スリランカ国政府：Government of Sri Lanka
HC	ハイランド複合岩体：Highland Complex
IEE	初期的環境影響評価：Initial Environmental Examination
ILSMP	総合災害軽減プロジェクト：Integrated Landslide Mitigation Project
JET	日本人専門家チーム：Japanese Expert Team
JICA	国際開発機構：Japan International Cooperation Agency
KC	Kadugannawa複合岩体：Kadugannawa Complex
L/A	借款協定：Loan Agreement
LRRMD	(NBRO内) 地すべりリスク研究管理部： Landslide Research and Risk Management Division
MDM	(スリランカ国) 防災省：Ministry of Disaster Management
MoPH	(スリランカ国) 港湾・高速道路省：Ministry of Ports and Highways
NBRO	(スリランカ国) 国家建築研究所：National Building Research Organization
NCDM	(スリランカ国) 国家災害対策評議会：National Council for Disaster Management
NGO	非政府組織：Non Governmental Organization
NDRSC	(スリランカ国) 国家災害復旧センター：National Disaster Relief Service Center
NIRP	国家非自主的住宅移転政策
NPD	(スリランカ国) 国家開発局：National Planning Department
NPV	純現在価値：Net Present Value
ODA	政府開発援助：Official Development Assistance
RDA	(スリランカ国) 道路開発庁Road Development Authority
Rs.	スリランカ・ルピー (現地通貨)：Sri Lankan Rupee
SLUMDMP	スリランカ国 都市マルチハザード災害軽減プロジェクト： Sri Lanka Urban Multi-Hazard Disaster Mitigation Project
TOR	仕様書：Terms of Reference
UNDP	国連開発計画：United Nations Development Programme
USAID	US Agency for International Development
VOC	車輛走行費用：Vehicle Operation Cost
WL	警戒基準線：Warning Line

IV 用語の定義

新規円借款プロジェクト	国道網地すべり災害防止プロジェクト
ランク A	高リスク地域国道セクション。 スリランカ国政府が土砂災害の危険性が高い地域とする、中南部の7県に敷設されたA道路のうち、災害記録、自然条件、社会条件を指標として高リスクと判定された道路区間（延長3-10 km程度：セクション）を指す。
ランク B	優先調査対象国道セクション。 かつて地すべり災害が生じた国道セクションであり、ランクAのうち、詳細調査に基づいた地すべり対策工が必要な地点を指す。
ランク C	道路防災モデル地区を指す。 かつて地すべり災害が生じた国道セクションであり、上記ランクBのうち、詳細調査に基づいた地すべり対策工が早急に必要とされる地点を指す。

I	調査位置図	
II	調査地の写真	
III	略語表	
IV	用語の定義	

目 次

Page:

1	緒論	1-1
1.1	背景.....	1-1
1.2	本調査の目的.....	1-1
1.3	調査地域と対象国道.....	1-2
1.4	本調査の実施機関.....	1-2
1.4.1	JICA調査団.....	1-2
1.4.2	スリランカ関係官庁・機関.....	1-2
2	調査地域の概要と対象国道	2-1
2.1	自然条件調査.....	2-1
2.1.1	地形地質.....	2-1
2.1.2	気候.....	2-6
2.2	調査地域の社会、経済状況.....	2-10
2.2.1	人口.....	2-10
2.2.2	経済及び産業.....	2-11
2.2.3	社会条件.....	2-14
2.2.4	道路ネットワークと交通量.....	2-15
2.3	調査地域の斜面災害、地すべり.....	2-20
2.3.1	Landslide disasterの種類.....	2-20
2.3.2	調査地域における Landslide disaster.....	2-22
2.3.3	対象国道における Landslide disaster.....	2-23
2.4	地すべり対策の重要性.....	2-25
2.4.1	スリランカの土砂災害.....	2-25
2.4.2	地すべり災害における社会的側面.....	2-29
2.4.3	最近の地すべり災害と住宅地移転、その教訓.....	2-29
2.4.4	防災と住宅移転に関する国家政策、法的根拠.....	2-30
2.4.5	防災と被災住宅移転に関する政府機関の役割、責任、対応すべき事柄.....	2-31
3	スリランカの道路地すべり対策	3-1
3.1	スリランカの道路セクター.....	3-1
3.1.1	道路開発庁(RDA).....	3-1
3.1.2	道路の政策と開発計画.....	3-6
3.1.3	道路セクターの現況と課題.....	3-8
3.1.4	RDAが実施している地すべり対策.....	3-10
3.1.5	他の援助機関および援助国の対応.....	3-15
3.1.6	スリランカの道路開発の必要性.....	3-16
3.2	斜面防災対策セクター.....	3-18
3.2.1	国立建築研究所 (NBRO).....	3-18
3.2.2	地すべり災害セクターの開発方針と計画.....	3-20

3.2.3	地すべり災害リスク軽減のためのNBROの開発計画	3-21
3.2.4	他ドナー機関、国家の動向	3-22
3.2.5	NBROの地すべり対策	3-22
3.2.6	斜面管理と斜面保護のガイドライン（技術的ガイドライン）	3-24
3.2.7	NBROの地すべり対策	3-25
4	地すべり災害に関するリスクアセスメントと解析.....	4-1
4.1	調査対象国道での地すべりの事例	4-1
4.2	リスクアセスメント・分析の概要	4-8
4.3	ランクAのスクリーニング（高リスク地域国道セクション）	4-10
4.3.1	国道の区間分け	4-10
4.3.2	ランクAセクションのスクリーニング	4-12
4.3.3	ランクA地区のスクリーニング	4-14
4.4	ランク B地区（優先調査対象国道セクション）の抽出	4-17
4.5	ランク C 地区（道路防災モデル地区）の選定及びそれらの優先順位づけ	4-21
4.5.1	ランク C 地区の選定	4-21
4.5.2	ランク C 地区の優先順位の設定	4-28
4.5.3	ランク B 地区の優先順位の設定	4-28
4.5.4	リスク分析手法	4-29
4.5.5	被災範囲の設定方法	4-38
5	地すべり対策に関する支援アプローチのあり方	5-1
5.1	国道路砂災害対策の課題	5-1
5.1.1	RDAとNBROの現状	5-1
5.1.2	地すべり災害管理のための効果的な対策	5-3
5.2	ランクC箇所の調査とモニタリング	5-4
5.2.1	地形測量	5-4
5.2.2	地質調査	5-5
5.2.3	機械による地すべりモニタリング	5-6
5.2.4	ボーリング調査	5-7
5.2.5	地球物理探査	5-8
5.3	早期警戒警報と交通規制	5-9
5.3.1	現状の早期警戒警報と交通規制	5-9
5.3.2	道路での交通規制と早期警戒体制構築の手法論	5-12
5.3.3	交通規制と早期警戒体制構築のアプローチ	5-15
5.4	RDA/NBROにおける地すべり管理のキャパシティ・ディベロップメント	5-19

表リスト

Page:

表2 1	空中写真判読結果と地質図より得た地質情報 (ランク B, C).....	2-5
表2 2	調査地点と対応する気象観測所.....	2-6
表2 3	人口、人口増加率、人口密度、国内における県別人口ランキング.....	2-10
表2 4	スリランカ国の主要経済指標.....	2-12
表2 5	産業セクター別の対GDPシェア.....	2-12
表2 6	2010年のプロビンス別一人当たりGDP(名目価格).....	2-13
表2 7	プロビンス別の産業別就業者数割合.....	2-13
表2 8	市県別主要産業分野の労働人口.....	2-14
表2 9	貧困層の割合.....	2-15
表2 10	スリランカ国の道路クラス.....	2-17
表2 11	対象地域のクラス別道路延長.....	2-17
表2 12	スリランカにおける土砂災害履歴.....	2-23
表3 1	RDAの道路維持管理予算の推移.....	3-5
表3 2	財務省による道路関係予算の推移.....	3-5
表3 3	国道の維持管理予算計画.....	3-5
表3 4	道路区分と舗装状況.....	3-8
表3 5	中央山岳地帯におけるAクラス道路の現況.....	3-8
表3 6	ドナーによる山岳地域プロジェクト概要、教訓と問題点.....	3-16
表4 1	スクリーニング結果まとめ.....	4-9
表4 2	区間分けされたセクション一覧.....	4-10
表4 3	ランクAセクション選定のために指標と点数表.....	4-12
表4 4	点数表により選定されたランクAセクション.....	4-13
表4 5	各災害種による着目点.....	4-14
表4 6	ランクA地区の選定数量.....	4-14
表4 7	ランクA一覧.....	4-15
表4 8	ランクBの選定の指標として使用された得点表.....	4-17
表4 9	ランクA セクションの危険度評価の結果一覧.....	4-18
表4 10	ランクB 地区の一覧.....	4-19
表4 11	ランクC地区の選定に利用した評価点数(地すべり用).....	4-22
表4 12	ランクC地区の選定に利用した評価点数(落石、崩壊用).....	4-23
表4 13	ランクB 地区の危険度評価の結果一覧.....	4-24
表4 14	全ての対象斜面とランク区分の一覧.....	4-25
表4 15	ランクB 及びランクC地区の概要.....	4-26
表4 16	ランクC 地区の優先順位の検討結果.....	4-28
表4 17	ランクBの優先順位の検討結果.....	4-28
表4 18	「ス」国における斜面災害記録のまとめ.....	4-29
表4 19	2003年における地すべり等の災害のDistricts別件数(NBRO).....	4-30
表4 20	2006年における地すべり等の災害のDistricts別件数(NBRO).....	4-31
表4 21	対象道路で発生した地すべりの記録(RDA).....	4-32
表4 22	Affectedと地すべり災害発生件数の関係 (39年間).....	4-33
表4 23	Affectedと地すべり災害発生件数の関係 (39年間).....	4-34
表4 24	対象道路での地すべり災害最終発生年と件数の関係 (24年間).....	4-36
表4 25	災害規模毎にみた対象道路における災害危険箇所の災害再現期間の推定結果.....	4-37
表4 26	ランクC地区の近年の災害発生状況と災害規模別の推定再現期間.....	4-37
表4 27	Sri Lankaの災害履歴からの被害範囲の推定結果.....	4-38
表4 28	日本の費用便益分析の方法による被害範囲の推定結果.....	4-39
表4 29	ランクC地区の被害範囲の推定結果.....	4-39

表5 1	道路斜面对策の課題.....	5-1
表5 2	新ODAローンプロジェクトにおけるRDAとNBROの役割.....	5-2
表5 3	ランクC箇所の調査とモニタリングの項目、内容.....	5-4
表5 4	ランクC箇所での調査内容.....	5-4
表5 5	野外調査の項目.....	5-5
表5 6	モニタリングのタイプと機器.....	5-6
表5 7	土砂災害早期警戒の閾値.....	5-11
表5 8	日本の交通規制および早期警戒の例.....	5-14
表5 9	交通規制と早期警戒体制構築の概要.....	5-16
表5 10	地すべり管理に係るキャパシティ・ディベロップメントの概要.....	5-19

図リスト

Page:

図1 1	調査対象地域.....	1-2
図1 2	本調査における団員構成.....	1-3
図2 1	スリランカ起伏図.....	2-2
図2 2	スリランカ起伏図.....	2-2
図2 3	スリランカ地質図.....	2-3
図2 4	キャンディ・ディストリクト、Nawalapitiyaにおける日降雨量（2010）.....	2-8
図2 5	ヌワラエリヤ県Rambodaにおける日降雨量（2010）.....	2-8
図2 6	バドゥッラにおける日降雨量（2010）.....	2-9
図2 7	マータレにおける日降雨量（2010）.....	2-9
図2 8	県別人口密度(人口センサス2012より).....	2-11
図2 9	調査対象地域の道路ネットワーク (RDA提供).....	2-16
図2 10	調査対象地域道路の日平均交通量.....	2-19
図2 11	地すべりの模式図.....	2-20
図2 12	スリランカにおける斜面崩壊の実例.....	2-21
図2 13	スリランカにおける岩盤崩壊の実例.....	2-22
図2 14	トップリング.....	2-22
図2 15	土石流の模式図.....	2-22
図2 16	典型的な切土のり面、勾配が急すぎ、排水施設がない.....	2-24
図2 17	1947年から2007年までの地すべり分布(NBRO 資料より).....	2-26
図2 18	Watawala地すべりと列車被害(NBRO).....	2-27
図2 19	Helaudaの土砂流(NBRO).....	2-27
図2 20	2003年Palawelaの土石流 (NBRO).....	2-28
図2 21	Walapaneの地すべり(調査団提供).....	2-28
図3 1	RDAの組織図.....	3-2
図3 2	維持管理組織と新PMU.....	3-3
図3 3	高速道路と一般道の開発計画.....	3-7
図3 4	A-26国道、Hasalaka付近の18個のヘアピンカーブ写真.....	3-9
図3 5	岩掘削の小段の例(スリランカ南部高速道路).....	3-11
図3 6	法面表面排水工(スリランカ南部高速道路).....	3-11
図3 7	横ボーリング排水工.....	3-12
図3 8	コンクリート擁壁(A-26道路、キャンディ県).....	3-13
図3 9	フトンかごによる地すべり対策工 (A-05道路83km、ヌワラエリア).....	3-13
図3 10	地すべり対策工の例 (NBROのガイドラインによる).....	3-15
図3 11	NBROの組織.....	3-18
図3 12	過去5年間のNBROの財務動向 (出典：NBRO2011年年報).....	3-19
図3 13	過去5年間の地すべり対策予算の推移 (出典：NBRO2011年年報).....	3-20
図3 14	Padiyapalellaでの地すべり対策工事.....	3-23
図3 15	地すべり危険地域での建築のガイドライン(英語版とシンハラ語版).....	3-24
図3 16	ガイドラインに記載された地すべり対策工の例.....	3-25
図3 17	地すべりハザードマップの作成状況.....	3-26
図3 18	縮尺1:10,000のハザードマップの事例.....	3-26
図4 1	A026-055 終点側.....	4-1
図4 2	A026-055 起点側.....	4-2
図4 3	A005-046の絶壁.....	4-3
図4 4	A005-091の斜面崩壊 (全景).....	4-4

図4 5	A005-091の斜面崩壊(沈下と開口を伴うテンション・クラック)	4-4
図4 6	A005-135の地すべりの状況	4-5
図4 7	B413-070 地すべり (主滑落崖より)	4-6
図4 8	B413-070 地すべり (地すべり中部)	4-6
図4 9	B413-070 地すべり (B413の舗装の沈下)	4-7
図4 10	B413-070 地すべり (Km70地点の小さな橋の橋台に入ったクラック)	4-7
図4 11	ランクA、B、Cスクリーニングのフォローチャート	4-8
図4 12	スクリーニングの模式図	4-9
図4 13	現地調査シートの概略イメージ	4-17
図4 14	点検シート(一般情報シート)	4-21
図4 15	点検シート(地すべり用)	4-21
図4 16	点検シート (落石、崩壊用)	4-22
図4 17	ランク B 及び ランク C地区の分布図	27
図4 18	年別の地すべり災害の記録数の推移	4-30
図4 19	災害規模 (Affected) と地すべり災害の年平均発生件数の関係	4-33
図4 20	災害規模 (Affected) と推定再現期間の関係 (7 Districts全体)	4-34
図4 21	災害の最終発生年からの経過年と箇所数の関係 (対象A道路)	4-36
図4 22	スリランカの地すべり事例の平面形 (NBRO,1995)	4-40
図4 23	地すべりの長さ幅比 (L/W) と幅の関係 (NBRO, 1995)	4-40
図4 24	地すべりの形状と各パラメータ (森脇・八反、2002)	4-41
図5 1	土砂災害対策の主要な三要素	5-3
図5 2	地すべり断面図の例	5-5
図5 3	伸縮計と雨量計測の結果 (DiMCEP成果より)	5-7
図5 4	ボーリング調査の場所と数量	5-7
図5 5	24時間累積雨量の結果	5-10
図5 6	ラトナプラにおける現状の土砂災害早期警戒体制	5-10
図5 7	土砂災害発生の雨量グラフ	5-13
図5 8	雨量計設置予定位置図	5-17
図5 9	雨量データ転送と警報体制のイメージ	5-18

1 結論

1.1 背景

急速な経済成長を続けるスリランカ民主社会主義共和国(以下、スリランカ)では、道路輸送が経済・社会活動において極めて大きな役割を果たしており、年率 8%前後の経済成長を維持するため、道路網を全国に整備・拡大する政策を実施している。その一方、国土の地理的条件や気候変動の影響により、スリランカでは洪水や土砂災害が頻発している。特に 2010 年 12 月～2011 年 2 月に、東部州、中部州、ウバ州等 5 つの州で発生した洪水・土砂災害の被災者は 120 万人以上にのぼり、延長 18,237km の道路が鉄砲水や土砂災害等により寸断されたため、被災地住民の生活や地域の経済活動は深刻な被害を蒙った。

かかる状況を受け、スリランカ政府は豪雨による被害を受けやすい山岳・丘陵地帯(図 1)において、道路ネットワークへの災害影響回避と、土砂災害対策能力を強化することを目指して、港湾道路省道路開発局(Road Development Authority : RDA)と防災省所管の国家建築研究所(National Building Research Organization : NBRO)が共同で「斜面对策および法面保護ガイドライン(技術指針)」の策定に向けた作業を開始するとともに、道路事業における土砂災害対策事業の強化を決定している。RDA は NBRO が作成するガイドラインや指針を丘陵地帯 10 県の国道事業に適用していく考えであるが、土砂災害対策の経験が少なく、その技術力が不足しており、費用面、能力面においても、そのレベルアップが課題となっている。

以上の背景を踏まえ、本調査ではスリランカの過去の土砂災害被害の実態を把握し、我が国の防災技術の適用も含め、国道を中心とした既存インフラ保全を目的とする土砂災害対策強化を図るためにどのような支援が有効かを検討するために必要となる情報収集を行う。

1.2 本調査の目的

スリランカにおける国道の道路防災対策強化に必要な諸課題を整理し、今後の援助アプローチの優先順位、援助アプローチ方法などに関する検討に資する情報収集を行うことを目的に、調査を実施する。

➤ 上位目標

スリランカにおける土砂災害対応能力が強化される。

➤ プロジェクト目標

- 国道の土砂災害対策強化に必要な諸課題の整理・抽出を行う。
- 土砂災害の被害状況の分析、リスクマネジメントを実施する。
- 援助アプローチ案や今後の支援の優先順位付けを行う。

➤ 期待される成果

- 国道を中心とした基盤インフラの土砂災害被害状況(災害種別、発生規模、経済的な影響)が取りまとめられ、リスクアセスメントが実施される。

- 国道を中心とした基盤インフラ保全を目的とした土砂災害対策について効果的な援助アプローチが明確になる。

1.3 調査地域と対象国道

図 1-1 に示したとおり、スリランカでの土砂災害は中南部の丘陵地帯に集中している。本調査では、スリランカ政府が土砂災害ハイリスク地域とする中南部の 10 県のうち、優先度の高い 7 県を対象とする。

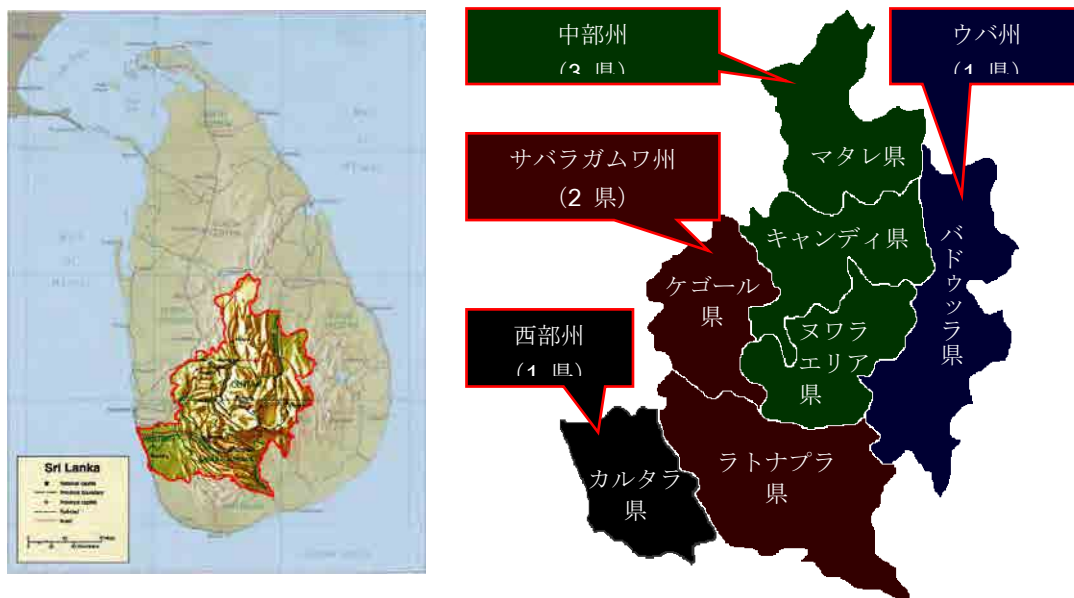


図 1-1 調査対象地域

1.4 本調査の実施機関

1.4.1 JICA調査団

JICA は本調査のために、12 名の団員からなる日本人コンサルタントチームを組織した（図 1-2）。本調査は、後述の関係機関との密接な協力のもと、2012 年 6 月から 2012 年 11 月末にかけて実施された。

1.4.2 スリランカ関係官庁・機関

本調査におけるスリランカ側における主要な関連機関は、以下のとおりである。

- 港湾道路省（Ministry of Ports and Highways）道路開発局（Road Development Authority : RDA）
- 防災省（Ministry of Disaster Management）国家建築研究所（National Building Research Organization : NBRO）

なお、これら関係機関の詳細は、第 3 章にて記述する。

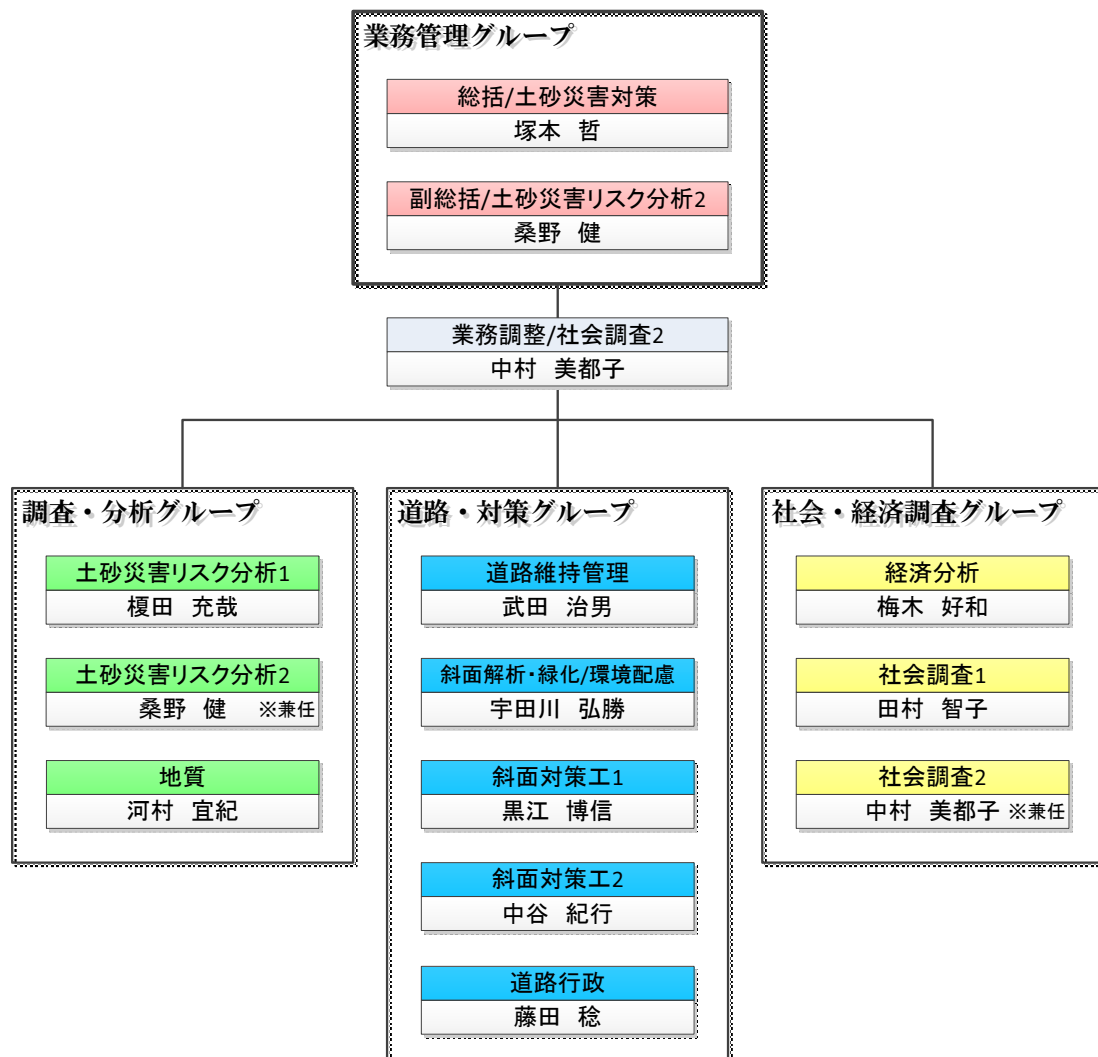


図 1-2 本調査における団員構成

2 調査地域の概要と対象国道

2.1 自然条件調査

2.1.1 地形地質

a. 地形

調査団はスリランカ測量局(Survey Department of Sri Lanka)より下記に示す地図、空中写真、電子データを入手した。:

- 1:50,000 地形図,
- 1:50,000 ジオオーリファレンスつき地形図画像ファイル,
- 1:250,000 地形図 (スリランカ南東部、南西部の起伏図)
- 空中写真 (ランク B、ランク C 地点の密着写真とスキャン画像),

スリランカの特徴的な岩山からなる地形は、変成岩が地殻変動によって地表に現れ、さらに長期間にわたる侵食で形作られたものである。図 2-1 にはスリランカの起伏図を、図 2-2 は起伏に河川の発達状況を併記したものをそれぞれ示している。

スリランカの地形は標高で3つに区分することができる。それらは中部高地 (Central Highlands)、平原地帯 (plains)、沿岸地帯 (coastal belt) の三つである。

平原地帯は標高 30 から 200m で国土の大半を占める。平原地帯を取り巻く沿岸地帯は標高 30m 以下で島の周囲の海岸に沿って分布している。

中部高地は急峻な山地を伴う高原地帯で、平原地帯に浮かぶようにスリランカの中南部に広がる。中部高地の主要部は、スリランカ最高峰である Pidurutalagala 山 (標高 2,524 m) を擁しておよそ東西南北に幅 70km に渡って広がっている。

主要部の南端で山岳地帯は二手に分かれ、西には Adams Peak 山(標高 2,243 m) に向かって 50km ほど伸び、東には Namunukula 山(標高 2,036 m)に向かって同じく 50km ほど発達する。Hatton 高原は西部に位置し、北に向かって下る多くの谷によって深く開析されている。Uva 盆地は東部に位置し、草原に覆われた緩やかな丘を深い谷や峡谷が横断している。南部では標高 1,400m を超える峰々を伴って Rakwana 丘陵の尾根が北西—南東方向に平行に伸びている。中部丘陵から下る Rakwana 丘陵は、海岸平原との間の標高 400~500m 付近に断崖や絶壁は発達している。

調査地域は中部高地に位置する。



図 2-1 スリランカ起伏図

(引用元: University of Texas)

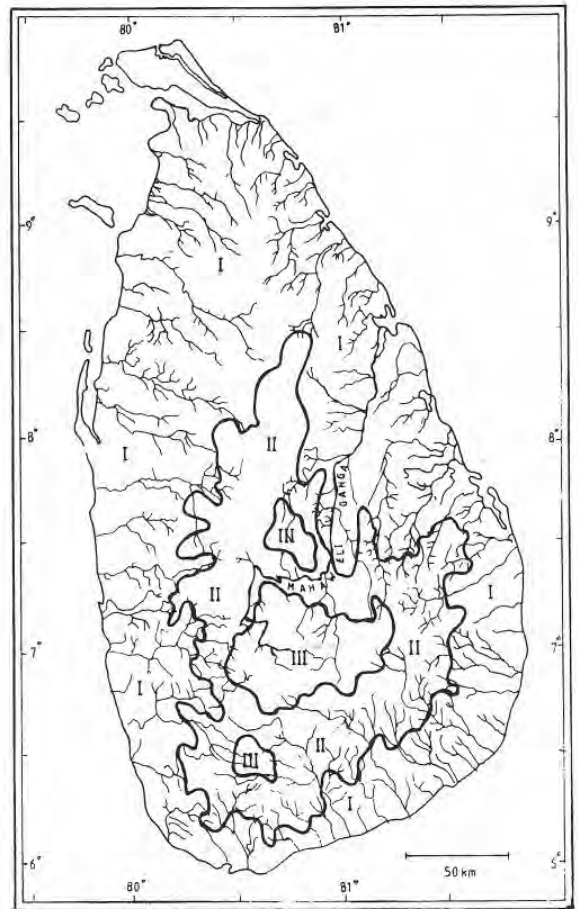


図 2-2 スリランカ起伏図

(引用元: Encyclopedia of European and Asian Regional Geology) I: 標高 200m 以下の土地 II: 標高 200 ~ 1,000 m、III: 標高 1,000 m 以上)

b. 地質

調査団は下記に示す地質関連資料をスリランカ鉱山地質局 (Geological Survey and Mine Bureau of Sri Lanka)より入手した。

- 1:100,000 地質図,
- スリランカ地質図,
- スリランカ変成図,
- スリランカ構造図,
- 中部および西部スリランカ地質図

図 2-3 にスリランカの主要な地質構造ユニット (葉状構造: foliation) を示す。

スリランカの地質は90%以上がプレカンブリア時代の地層からなり、一部は20億年以上前のものである。結晶が良く発達する変成岩であり、化石は分布しない。プレカンブリア時代の地層は北東―南西～南北～北西―南東方向に軸を持つ構造を持ち、4つのコンプレックスに分けることができる。つまり図2-3に示すHighland、Kadugannawa、WanniおよびVijayanコンプレックスである。調査地点のほとんどはHighlandコンプレックス（以下HCと略す）に属し、キャンディ付近の一部はKadugannawaコンプレックス（以下KCと略す）に属する。

HCは縞状構造を示す変成岩からなり、スリランカの中央部を縦断するように分布する。HCの変成岩はグラニュライト相に属し、主要な岩種はチャノカイト質片麻岩、大理石、珪岩、石英長石質片麻岩である。HC変成堆積岩の原岩は20億年前に形成されたものであり、言い換えるとHCは20億年前の地殻である。その後、HCは6億6,500万年前から5億5,000万年前にかけて、中圧高温の環境下で地域的な変成作用を蒙ったとされている。

KCはHC中に折り込まれるように分布する。KCの変成岩はグラニュライト相の、つまり高温高圧の変成作用を蒙っている。KCの原岩に関する議論はいまだ決着を見ていない。代表的な岩種は黒雲母角閃石片麻岩と角閃岩である。

中部高地の地質図に記載された断層、破碎帯、衝上段層の密度にかなり多い。これらは空中写真から推測されたものが多いが、その分布密度は通常の頻度と比べかなり多い。露頭で観察できる顕著に発達した葉状構造や密度濃く分布する亀裂は、強力にかつ繰り返し作用した地殻変動と変成作用を物語る。調査対象国道沿いに分布する露頭では、多くの地点で強い風化や変質を観察することができる。露頭での風化・変質状況は極端に変化し、強風化部に隣接して分布する新鮮な岩盤を認めることも珍しくない。

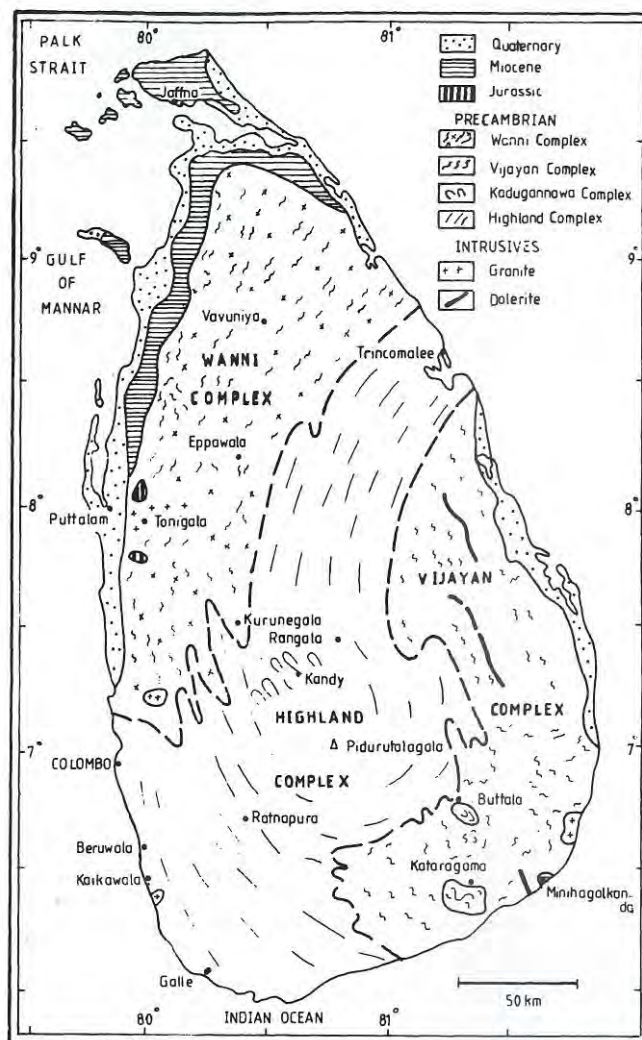


図 2-3 スリランカ地質図

引用元: Encyclopedia of European and Asian Regional Geology)

c. 空中写真

調査団はランクB、ランクC地点の空中写真と以下に示す関連情報をスリランカ測量局(Survey Department of Sri Lanka)より入手した。

- 空中写真・密着写真(72 枚),
- 上記のスキャン画像(72 枚),
- 標定図 (フライング・チャート) (10 枚),

空中写真のほとんどは、1999 年から 2001 年の間に撮影されたものだが、A021-070 地点の 3 枚は 2007 年の撮影である。これらの空中写真の縮尺は $S = 1:20,000$ である。

収集した空中写真を使って、地すべりを示唆する地形や地質情報を得るために調査団は予察的な写真判読を実施した。表 2-1 は写真判読によって得られた情報と共に、対応する 1:100,000 地質図から得られた情報を併記した。

写真判読によって得られた情報のうち、特記すべきものは以下の通りである。

- A005-135 地点では、上方斜面に乱された地形が確認できる。この点から、同地点の地すべりは現在考えられているよりもさらに上方に伸びている可能性がある。
- A016-010 地点において、地すべりは山腹斜面の巨大崩壊により形成された崩積土の緩斜面に分布している。崩積土の斜面には乱された地形が認められ、A016-010 の上方斜面には複数の地すべり地形が判読できる。この点から、現在考えられているよりも地すべりはずっと大きい可能性がある。
- B413-070 においては、数多くの分化した地すべりが、明瞭な滑落崖と棚田の配列として、あるいは茶園の中の乱された地形やでこぼこの斜面として認められた。地すべりは、Ragara Rock 山の急崖の直下に分布する上方斜面から、茶園として耕作されている下部の緩やかな斜面にまで広がっている。地すべりの方向は東南東から東南方向である。
- 写真判読には個人差があり、大縮尺詳細地形図を用いた後続地形調査が必要である。
- 多くの地点で、明瞭なフォト・リニアメントが認められた。一部の地点ではフォト・リニアメントの収束も認められた。

表2-1 空中写真判読結果と地質図より得た地質情報 (ランク B, C)

No	Route No	Disaster Type	Rank	Featuring Points	District	Aerial Photos		Photo Reading	Number	Geological Map	
						Course	Number			Geological Condition	
A004-134	A004	Rock Fall	B		Rathapura	2001-05	162,163	Blocked by clouds. Some photo lineaments were read.	17	Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss	
A004-154	A004	Landslide?	A	Slope Failure in Embankment? Needs to be investigated.	Rathapura	99-21	62,63	Shape of the landslide is unclear. But several small landslides were read along the valleys around the site. Convergence of photo lineaments was seen around the site.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^q : Quartzites. Beside a shear zone and a fault inferred by aerial photos.	
A004-162	A004	Debris Flow	A	Debris Flow (L=8km)	Rathapura	99-21	81,82,83	Sources of the debris flow were read in the mountain slopes located in the north of the site. The site is located at around the apex of the fan where the debris was accumulated.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss. Close to a shear zone and an axis of a overturned synform.	
A004-173	A004	Slope Failure	B	Adjacent to a high-tension pylon	Badulla	99-21	208,209,210	Convergence of photo lineaments was seen around the site. In the upper mountain slope, a trace of collapse was read.	17	Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss, Pm ^q : Quartzites, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss	
A004-174	A004	Slope Failure	B	2 major slope failures	Badulla	99-21	208,209,210	The site is surrounded by photo lineaments.	17	Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss, Pm ^q : Quartzites, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss. Close to a probable thrust.	
A004-185	A004	Landslide	A	Less Traffic	Badulla	99-21	215,216	Location shall be verified by geographical coordinate. Shape of the landslide is unclear.	17	Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss, Pm ^q : Quartzites, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss. Close to a probable thrust.	
A004-193	A004	Landslide	A	Less Traffic	Badulla	99-21	183,184	Location shall be verified by geographical coordinate. Shape of the landslide is unclear.	17	Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss. Convergence of 4 shear zones and faults inferred by aerial photos.	
A004-196	A004	Landslide	A	Less Traffic (Not confirmed)	Badulla	99-21	219,220	Location shall be verified by geographical coordinate. Shape of the landslide is unclear.	17	Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss. Convergence of 4 shear zones and faults inferred by aerial photos.	
A005-042	A005	Landslide	A	Landslide (L=1km)	Nuwara Eliya	99-34	148, 149, 150, 151, 152	Shapes of landslides were unclear. Instead, traces of collapse and deeply eroded gullies were confirmed by photo reading.	14	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^q : Quartzites. Faults and a shear zone inferred by aerial photos.	
A005-043	A005	Rock Fall, Rock Slide	B	Unstable rocks with open cracks	Nuwara Eliya	99-34	148, 149, 150, 151, 152	Photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^q : Quartzites. Faults and a shear zone inferred by aerial photos.	
A005-044	A005	Rock Fall, Rock Slide	B	Unstable rocks with open cracks	Nuwara Eliya	99-34	148, 149, 150, 151, 152	Photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^q : Quartzites. Faults and a shear zone inferred by aerial photos.	
A005-046	A005	Rock Fall, Rock Slide	C	Unstable rocks with open cracks	Nuwara Eliya	99-34	148, 149, 150, 151, 152	Very steep slope. Photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss, Pm ^q : Quartzites. Faults and a shear zone inferred by aerial photos.	
A005-063	A005	Slope Failure	B		Nuwara Eliya	99-35	32,33,34	Small landslides were read as aligned terrace fields around the sites. Much larger landslides were read in the opposite side of the stream flow along the lower slope.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss. Close to a shear zone and a fault inferred by aerial photos.	
A005-082	A005	Slope Failure	C	Former 2 sections were merged in to 1 section.	Nuwara Eliya	99-35	153,154,155	The site is surrounded by photo lineaments. The axis of the valley which the site is facing corresponds to one of the photo lineaments.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^c : Marble. Close to shear zones inferred by aerial photos.	
A005-091	A005	Slope Failure	C		Badulla	99-27	206,207	The site is surrounded by photo lineaments. Lateral displacement over a lineament was confirmed.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss, Pm ^q : Quartzites. Close to shear zones inferred by aerial photos.	
A005-135	A005	Landslide	C	Landslide (L=0.2 - 0.3km)	Badulla	99-28	53,54,55	Multiple Landslide, less clearly read. Other landslides were read in the upper slope but unclear. This leads some possibilities of much larger landslide than currently expected. Divided landslides were seen in the lower slope.	17	Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss, Pm ^q : Quartzites. Beside shear zones inferred by aerial photos.	
A005-167	A005	Landslide	C	Landslide (L=0.1 - 0.2km) Debur by a bridge can be an option.	Badulla	99-17	35,36	Clearly read landslide. Another landslide was read on the west side but may not affect the road.	15	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss, Pm ^q : Quartzites. A shear zone inferred by aerial photos.	
A007-031	A007	Slope Failure	B	Eroded by Kelani River.	Kegalle	No Photo			16	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss. Faults inferred by aerial photos.	
A007-042	A007	Landslide?	A	Landslide or Slope Failure	Nuwara Eliya	99-35	04,05,06,07	Shape of a landslide was not read at the site. Several photo lineaments were read around the site. A trace of collapse was confirmed at the upper slope upstream.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss. Convergence of shear zones and faults inferred by aerial photos.	
A007-045	A007	Rock Fall, Rock Slide	B	Along with Slope Failure	Nuwara Eliya	99-35	04,05,06,07	Several lineaments were read around the site.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss. Close to shear zones and faults inferred by aerial photos.	
A007-047	A007	Landslide	A		Nuwara Eliya	99-35	04,05,06,07	Shape of the landslide is unclear. Photo lineaments were seen around the site.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^q : Quartzites. Close to a fault inferred by aerial photos.	
A007-054	A007	Slope Failure	B		Nuwara Eliya	99-35	09,10	Convergence of photo lineaments was seen around the site.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss. Close to a shear zone and a fault inferred by aerial photos.	
A007-057	A007	Slope Failure	B		Nuwara Eliya	99-35	95,96	Blocked by clouds. Steep planer slope. Several photo lineaments were read around the site.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss. Close to shear zones and a fault inferred by aerial photos.	
A007-069	A007	Landslide	A	Old road was moved away by the landslide.	Nuwara Eliya	99-35	195,196	Shape of the landslide is unclear, unable to read. Photo lineaments were seen around the site.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss. Close to shear zones inferred by aerial photos.	
A016-010	A016	Landslide	C	Head scarp approaching to the road shoulder	Badulla	99-22	17,18	Clearly read landslide, located in a rolling slope of colluvium provided by a huge collapse of mountain slope. In the lower slope, several small sized divided landslides were read. Several landslides were read in the upper slope. This leads some possibilities of far much larger landslide than currently expected.	17	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss. Convergence of shear zones and faults inferred by aerial photos.	
A021-020	A021	Landslide	A	Land owner didn't allow RDA to investigate the site.	Kegalle	07-07	236,237,238	Shape of the landslide is unclear, unable to read. Convergence of photo lineaments was seen around the site.	13	Pm ^g : Granite gneiss, Pm ^{gh} : Hornblend - biotite gneiss. Surrounded by shear zones inferred by aerial photos and probable thrusts.	
A026-027	A026	Rock Fall, Rock Slide	A		Kandy	No Photo			14	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^c : Marble, Pm ^q : Quartzites. Faults and a shear zone inferred by aerial photos.	
A026-029	A026	Rock Fall, Rock Slide	A		Kandy	No Photo			14	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss, Pm ^c : Marble, Pm ^q : Quartzites. Faults and a shear zone inferred by aerial photos.	
A026-036	A026	Slope Failure	A	Damage occurred during construction. Retaining wall was constructed.	Kandy	99-29	53,54	Trace of small collapse of mountain slope was read in the upper slope. Photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss.	
A026-045	A026	Slope Failure	A		Kandy	99-32	65,66,67	Photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss. Faults inferred by aerial photos.	
A026-048	A026	Slope Failure	A		Kandy	99-32	65,66,67	Terraced rice fields are on the upper slope where colluvium is supposed. Photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss. Faults inferred by aerial photos.	
A026-049	A026	Slope Failure	A		Kandy	99-32	65,66,67	Trace of collapse of mountain slope was read in the upper slope. Photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss. Faults inferred by aerial photos.	
A026-051	A026	Slope Failure	A	Damage occurred during construction. Retaining wall was constructed.	Kandy	99-32	65,66,67	Trace of collapse of mountain slope was read in the upper slope. Photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gk} : Undifferentiated charnockitic biotite gneiss. Faults inferred by aerial photos.	
A026-055	A026	Rock Fall, Rock Slide	A		Kandy	99-32	47,48,49	Very steep planer slope. A couple of photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss. Shear zones inferred by aerial photos.	
A026-056	A026	Slope Failure	A		Kandy	99-32	47,48,49	Very steep planer slope. A couple of photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gk} : Charnockitic gneiss, Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^q : Quartzites. Shear zones inferred by aerial photos.	
A026-058	A026	Slope Failure	A		Kandy	99-32	47,48,49	Very steep planer slope. Trace of small collapse was read less clearly in the upper slope. A couple of photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^q : Quartzites, Pm ^{gh} : Hornblend - biotite gneiss. Shear zones inferred by aerial photos.	
A026-060	A026	Rock Fall, Rock Slide	A	Damage occurred during construction. Retaining wall was constructed.	Kandy	99-32	47,48,49	Very steep planer slope. A couple of photo lineaments were seen around the site.	14	Pm ^{gga} : Garnet - sillimanite - biotite gneiss, Pm ^q : Quartzites, Pm ^{gh} : Hornblend - biotite gneiss. Shear zones inferred by aerial photos.	
A113-010	A113	Landslide	A		Kandy	99-10	161,162	Shape of a landslide was not read at the site. Trace of collapse of mountain slope was read in the upper slope.	14	Pm ^q : Quartzites. Close to a probable thrust and an axis of antiform	
A113-015	A113	Landslide	C	Involving road and residence.	Kandy	99-34	135,136	Less clearly read landslide, located in a colluvium slope formed by a collapse of upper mountain slope. In the axis of the ridge of upper mountain, 2 cols were clearly read.	14	Pm ^{gh} + Pm ^{gh} : Hornblend - biotite gneiss + Biotite hornblende gneiss. Beside a shear zone inferred by aerial photos.	

A Rank A
B Rank B
C Rank C

2.1.2 気候

北緯 5 度から 10 度に位置するスリランカには、海と降雨影響で、特に高温になることはなく、比較的穏やかな気候になっている。平均気温は中部高地ヌワラエリヤで 15.8°C、北東海岸トリンコマリで 29°C の幅を持つ。標高が 1,800m のヌワラエリヤでは冬季に霜が数日下りることもある。一方、トリンコマリでの最高気温は 37°C にも達することもある。国土の年平均気温は 26~28°C の間で変化する。昼夜の気温差は 4~7°C 程度である。

インド洋とベンガル湾からのモンスーンがスリランカの降雨分布を支配し、この熱帯の島に季節変化をもたらしている。

5 月半ばから 10 月末までが第一モンスーンの季節であり、南西の風がインド洋から湿気を運び、地形性降雨をもたらす。南西モンスーンが中部高地の南西斜面にぶつかった時、多量の降雨を山岳斜面や島の南西部にもたらす。風上斜面では月雨量 2,500 ミリを記録するが風下にあたる島の東部や北部の斜面ではほとんど雨は降らない。

二番目の季節は 10 月と 11 月であり、間モンスーン期である。この季節には周期的なスコールが発生し、時には熱帯サイクロンが島を襲来し、島の南西部、北東部、そして東部に降雨をもたらす。

三番目の季節は 12 月から 3 月にかけてであり、北東モンスーンがベンガル湾側から湿気をもたらす。この時期、中央高地の北東斜面での降雨量は最高で 1,250mm にも達することがある。

さらに間モンスーン期は 3 月から 5 月中旬まで続き、変化に富んだ弱い風と夕刻の雷雨が特徴である。

調査団は下記の 12 地点の気象観測所において過去 20 年分の降雨量データを収集した。

- Bandarawela
- Badulla
- Ratnapura
- Aluthnuwara
- Passara
- Welimada
- Aranayake
- Kalutara-P.W.D
- Nawalapitiya
- Matale-P.W.D
- Hakgara botanical garden
- Ramboda

表 2-2 には調査地点と上記の気象観測所との対応を示す。

表2-2 調査地点と対応する気象観測所

地域名	国道上の位置	サイト名	直近の気象観測所
Hasalaka	60 km post of A26 road	A026-060	BD61 – ALUTHNUWARA (Lat 7.32N: Long. 81.0E)

地域名	国道上の位置	サイト名	直近の気象観測所
5 km before Hasalaka	55 km post of A26 road	A026-055	BD61 - ALUTHNUWARA
Ramboda	46 km post of A05 road	A005-046	NE266 – RAMBODA (Lat 7.02N: Long. 80.72E)
Boragasketiya (near Nuwara'Eliya)	82 km post of A05 road	A005-082	NE142 – HAKGALA (Lat 6.92'N: Long. 80.82E)
Keppitipola	91 km post of A05 road	A005-091	BD539 – (Welimada) (Lat 6.90N: Long. 80.90E)
Badulla	135 km post of A05 road	A005-135	479 (Badulla) (Lat 6.98N: Long. 81.05E)
Passara/ Nunugala	167 km post of A05 road	A005-167	BD411 (Passara) –data available from Oct 2005, (Lat 6.95N: Long. 81.20E)
Haputale/Bandarawela	10 km post of A16 road	A016-010	476 – (Bandarawela) (Lat 6.82N: Long. 80.97E)
Nawalapitiya	15 km post of A113 road	A113-015	KY370 – (Nawalapitiya) (Lat 7.07N: Long. 80.53E)
Ratnapura			486 – (Ratnapura) (Lat 6.68N: Long. 80.40E)
Kegalle			KE211 – (KEGALLA) (Lat 7.18N: Long. 80.47E)
Kalutara			KT200 – Kalutara (Lat 6.58N: Long. 79.95E)
Matale			ML318 – Matale (Lat 7.47N: Long. 80.62E)
B-413	70 Km post (Kandy Ragala Main road)	B413-070	NE142 – HAKGALA or BD539 – (Welimada)

代表的な4地点の気象観測所について、2010年に観測した降雨量のグラフを図2-4～2-7に示す。

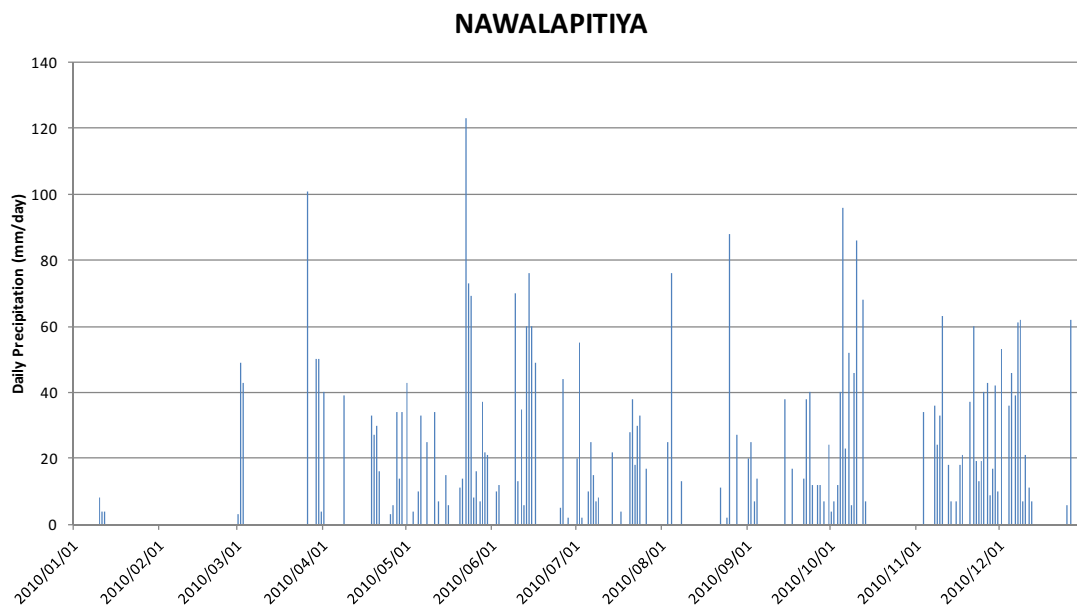


図 2-4 キャンディ・ディストリクト、Nawalapitiya における日降雨量(2010)

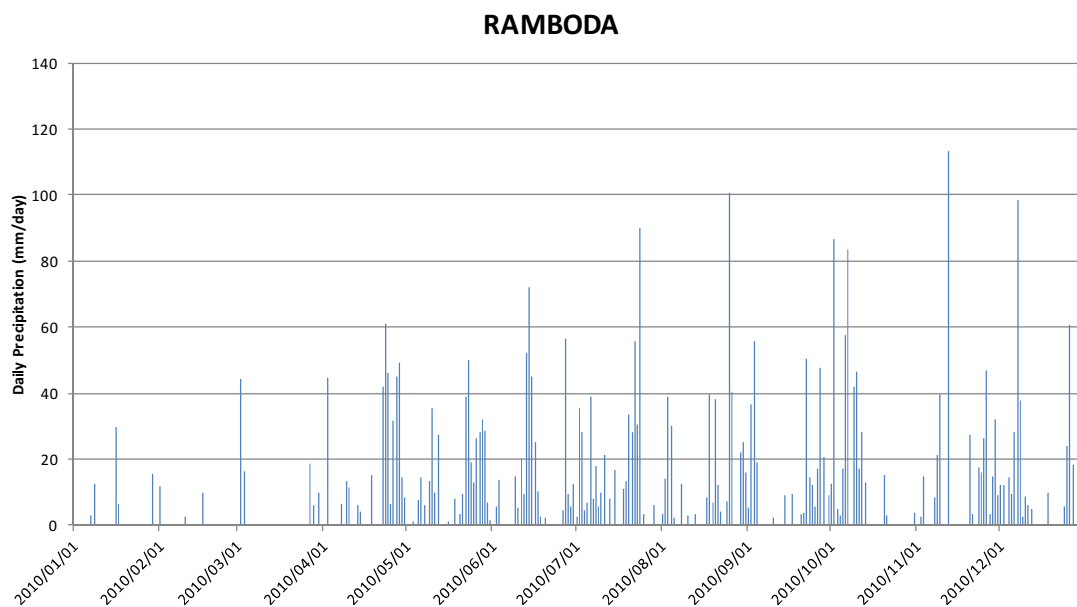


図 2-5 ヌワラエリヤ県 Ramboda における日降雨量(2010)

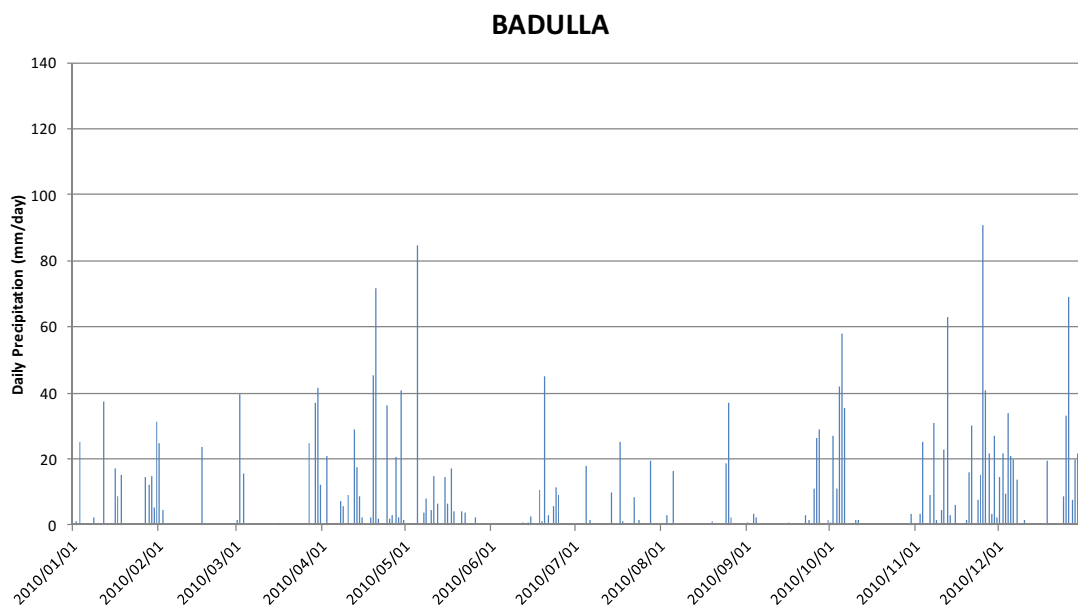


図 2-6 バドゥッラにおける日降雨量(2010)

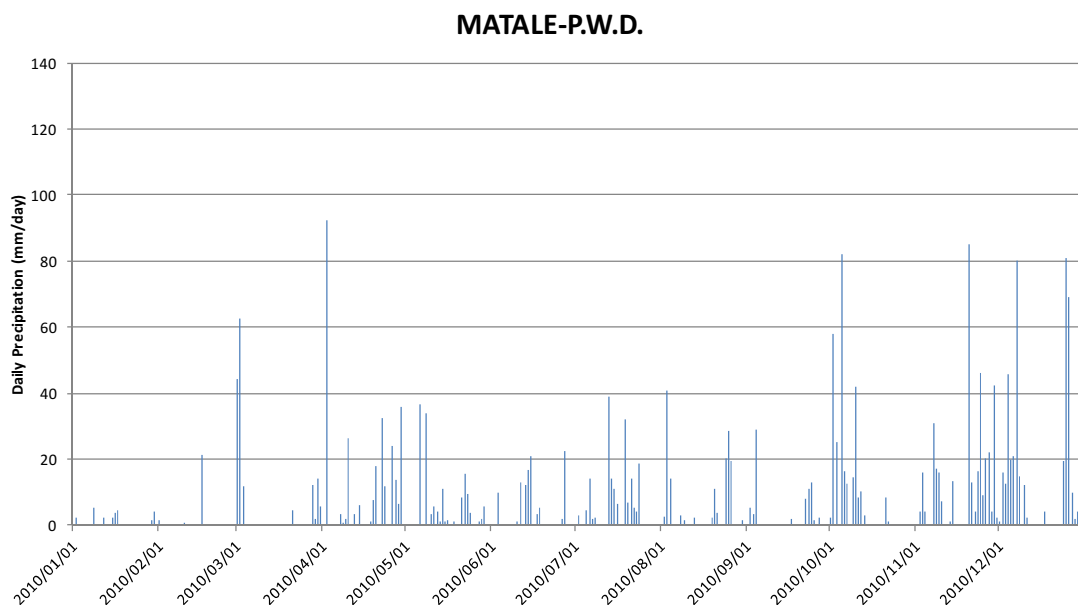


図 2-7 マータレにおける日降雨量(2010)

上記の日降雨量のグラフによると、中部高地、特にヌワラエリヤ県では、南西・北東モンスーンの両方と、10月から11月にかけての第一間モンスーン期の熱帯サイクロンとスコールが山岳地域に降雨をもたらしていることがわかる。

2.2 調査地域の社会、経済状況

2.2.1 人口

表 2-3 に調査地域の人口、人口増加率、人口密度、国内における県別人口ランキングを示す。この表から、4都市の評議会を持つカルタラ県と、ひとつの地方協議会と4つの都市の評議会を持つキャンディ県の人口が他の県に比べて多いことがわかる。これらの2県の人口密度はスリランカ全体の25県の中でも、それぞれ3番目と4番目のランクとなっている。マータレ県、バドゥッラ県は人口が比較的人口は少ないが、国内平均よりは高い人口密度を持っている。

表2-3 人口、人口増加率、人口密度、国内における県別人口ランキング

District	Population	Average annual growth rate (2001-2012) (%)	Population density (persons/km ²)	Rank of population density (1-25)
Kalutara	1,214,800	1.23	771	3
Kandy	1,368,216	0.65	714	4
Matale	482,348	0.88	247	14
Nuwara Eliya	706,210	0.05	414	9
Badulla	811,225	0.39	287	12
Ratnapura	1,082,299	0.59	334	11
Kegalle	837,179	0.61	497	8
Sri Lanka	20,277,597	0.71	323	-

(統計局 2012 年人口センサスより)

山岳地域の7県のうち、カルタラ県が最も高い人口増加率を示しており、全国でも第2番目に高い人口増加率となっている。

それは、コロンボ周辺の都市地域がカルタラ県方面に拡大したり、コロンボへの通勤者が土地価格が比較的より安いカルタラ県に人口流入したりしていることに起因している。

プランテーションエリアであるヌワラエリヤ県とバドゥッラ県は全国レベルで見ても中位の人口増加率を示している。人口増加は自然増よりは社会増を反映していると言える。

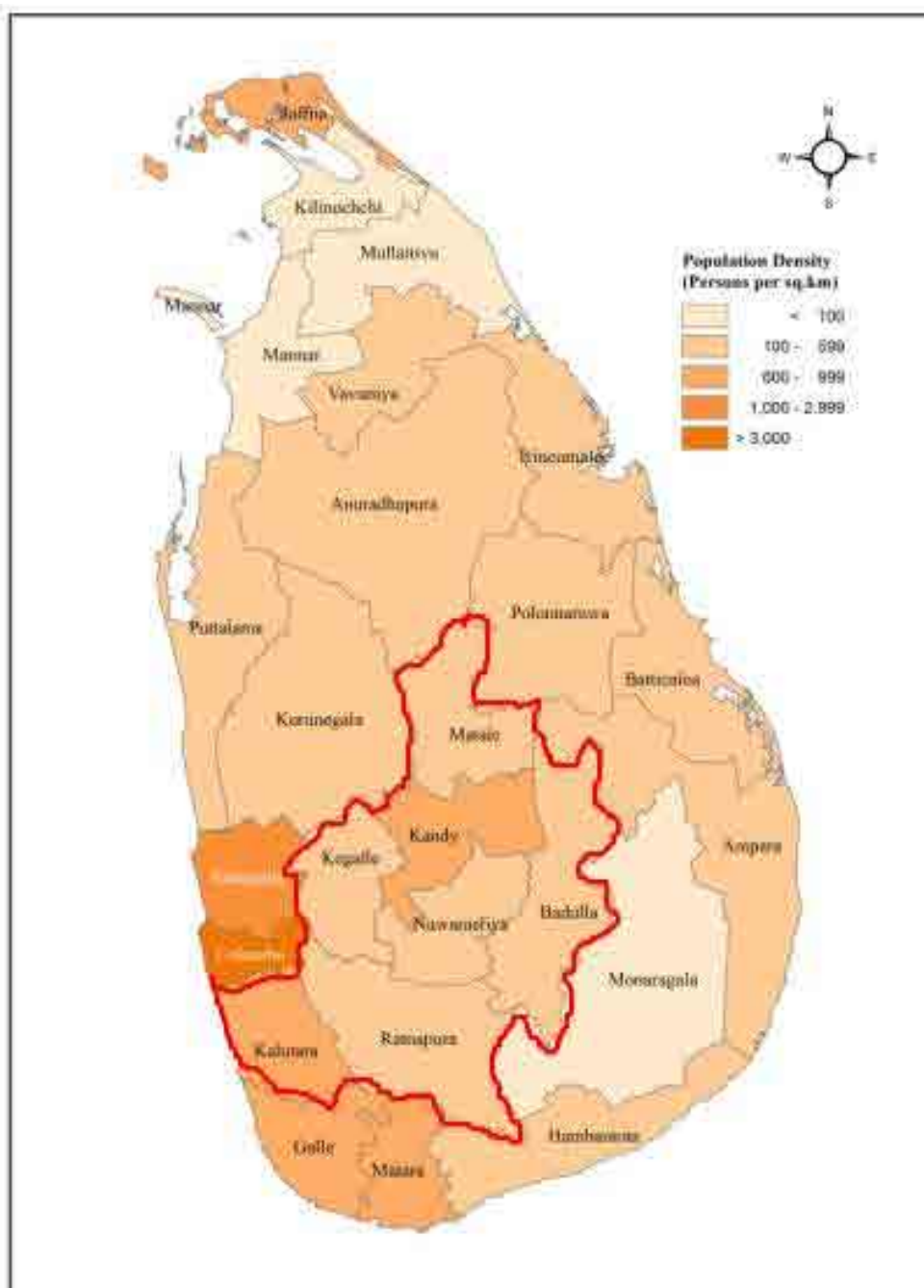


図 2-8 県別人口密度(人口センサス 2012 より)

2.2.2 経済及び産業

スリランカ国は 2005 年以來、表 2-4 にあるように、2009 年を除いて年経済成長率で 6%から 8%という非常に高い経済成長を達成した。2011 年の一人当たり GDP は名目で 3,000 米ドルに達した。財務計画省による「PRESS NOTE QUARTERLY ESTIMATES OF GROSS DOMESTIC PRODUCT First Quarter 2012」によれば、2012 年の第一四半期の実質経済成長率は対前年比で 7.9%となった。経済成長の速度は依然として高い水準を保っている。

表2-4 スリランカ国の主要経済指標

Major Economic Indicators	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
GDP at Current Price (Rp.billion)	2,453	2,939	3,579	4,411	4,835	5,604	6,543
GDP at 2002 Constant Price (Rp.billion)	1,942	2,091	2,233	2,366	2,449	2,646	2,864
GDP Growth Rate (%)	6.2	7.7	6.8	6.0	3.5	8.0	8.3
per Capita GDP at Current Price (Rp.)	124,709	147,776	178,845	218,167	236,445	271,346	313,511
per Capita GDP at Current Price (US\$)	1,241	1,421	1,634	2,014	2,057	2,400	2,836
Population (1000)	19,668	19,886	20,010	20,217	20,450	20,653	20,869
Population Growth (%)	1.1	1.1	0.6	1.0	1.2	1.0	1.0

Note: 2011* is provisional.

Source: Department of Census and Statistics of Sri Lanka

スリランカ国の産業セクターに関しては表 2-5 に示すように、サービス部門が GDP 全体の 58% を占め、次いで製造業及び農林漁業となっており、それぞれ約 30% 及び 12% である。各産業セクターのシェアは 2005 年以降基本的に同レベルにあり、安定している。

表2-5 産業セクター別の対 GDP シェア

Industrial Sector	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
Agriculture, Forestry and Fishing	11.8	11.3	11.7	13.4	12.7	12.8	12.1
1. Agriculture, Livestock and Forestry	11.0	10.1	10.2	11.8	11.0	11.1	10.4
1.1 Tea	1.3	1.2	1.4	1.3	1.3	1.3	1.0
1.2 Rubber	0.4	0.6	0.6	0.6	0.4	0.8	0.9
1.3 Coconut	1.2	1.0	1.1	1.5	1.1	1.1	1.1
1.4 Minor export crops	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
1.5 Paddy	1.6	1.3	1.2	2.3	2.1	2.0	1.5
1.6 Livestock	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	0.9
1.7 Other food crops	3.6	3.3	3.0	3.5	3.4	3.4	3.6
1.8 Plantation Development	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
1.9 Firewood & Forestry	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6
1.10 Other Agricultural Crops	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
2. Fishing	0.8	1.2	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7
2.1 Inland - Fishing	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
2.2 Marine - Fishing	0.7	1.1	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5
Industry	30.2	30.6	29.9	29.4	29.7	29.4	29.9
3. Mining and Quarrying	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7
4. Manufacturing	19.5	19.2	18.5	18.0	18.1	18.0	18.2
4.1 Processing (Tea, Rubber and Coconut)	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8
4.2 Factory industry	17.7	17.6	16.9	16.3	16.4	16.4	16.6
4.3 Cottage industry	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8
5. Electricity, gas and water	2.4	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2
6. Construction	6.8	7.4	7.4	7.4	7.6	7.6	7.8
Services	58.0	58.0	58.4	57.2	57.6	57.8	58.0
7. Wholesale and retail trade	23.2	22.4	22.1	21.5	19.6	19.6	20.8
8. Hotels and restaurants	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7
9. Transportation and communication	11.7	11.7	11.8	12.0	12.4	12.7	12.5
10. Banking, insurance and real estate etc.	8.4	9.1	9.2	9.4	10.3	10.7	10.8
11. Ownership of dwellings	3.6	3.5	3.5	3.2	3.3	3.1	2.9
12. Government services	8.4	8.8	9.3	8.6	9.2	8.9	8.1
13. Private services	2.1	1.9	1.9	2.0	2.2	2.3	2.2

Note: 2011* is provisional.

Source: Department of Census and Statistics of Sri Lanka

2005 年以降の農林漁業セクターについては、ゴム、漁業がそのシェアを倍増したのに対して、紅茶等の他産業分野ではシェアが低下している。

製造業セクターでは 2005 年以降、工業部門がわずかにシェアを落とし、建設部門が若干のシェアを増大させた。

サービス部門では銀行、保険及び不動産部門が 2005 年以降、シェアを大幅に増加させたのに対し、卸小売部門はシェアを落としている。

表 2-6 は本調査の対象である 4 つのプロビンスとスリランカ国全体の一人当たり GDP を 2010 年の名目価格で示したものである。一人当たり GDP が全国及び他のプロビンスに比べてかなり高いウエスタン・プロビンスでは 3,808 米ドルとなった。他の三つのプロビンス、つまりセントラル、サバラガムワ及びウバはより低い一人当たり GDP のレベルであり、1,597 から 1,836US \$ となっており、いずれも全国平均を下回っている。

表2-6 2010 年のプロビンス別一人当たり GDP (名目価格)

National/Provincial	GDP (Rp.million)	per Capita (Rp.)	per Capita (US\$)
Sri Lanka	5,602,321	271,259	2,399
Western	2,524,812	430,488	3,808
Central	558,172	207,576	1,836
Sabaragamuwa	350,820	180,556	1,597
Uva	251,816	189,906	1,680

Source: Central Bank of Sri Lanka

表 2-7 は産業部門別の雇用者数シェアを対象プロビンス及びスリランカ国全体について示したものである。農林漁業セクターのスリランカ国全体でのシェアは約 3 分の 1 となっている。しかし、対象の各プロビンスの同セクターの雇用者数ウェイトは、表に示されるように明確に異なった特徴を示している。ウエスタン・プロビンスの同セクターのシェアは大変小さく、他の三つのプロビンスではより高いウェイトを示し、全国平均をも上回っている。特にウバ・プロビンスでは 63.7%と格段に高い。一方、ウエスタン・プロビンスでは製造業、卸小売業、運輸・倉庫・通信業の雇用者数シェアが非常に高い値を示しているが、対象となるウエスタン・プロビンス内のカルタラ県は、実は他の三つのプロビンスと同様な傾向にあると考えられる。したがって、対象となるプロビンスの地すべり災害管理は、農業地帯であることに鑑み、道路だけではなく農地や農産物及び近隣住民の安全確保に重点を置くことが肝要となろう。

表2-7 プロビンス別の産業別就業者数割合

(Unit: %)

Industrial Sector	Sri Lanka	Province			
		Western	Central	Sabaragamuwa	Uva
Agriculture, Forestry and Fishing	32.8	9.3	43.8	44.9	63.7
Mining and Quarrying	1.2	0.6	0.3	6.1	0.4
Manufacturing	17.3	26.9	12.1	12.5	6.1
Construction	0.5	0.9	0.5	0.2	0.3
Electricity, Gas and Water	6.9	7.5	6.1	8.6	2.4
Wholesale and Retail Trade	15.9	20.6	14.1	12	9.9
Transport, Storage and Communication	7	11	5.8	4.2	4
Other Services	18.3	23.2	17.3	11.5	13.3

Source: "Consumer Finances and Socio - Economic Survey 2003/04", Central Bank of Sri Lanka

2.2.3 社会条件

表 2-8 は主要産業分野の労働人口を市県別まとめたものである。調査対象県では、カルタラ県とキャンディ県はサービス部門の人口が多くなっている。一方、マータレ、ヌワラエリヤ、バドゥツラ、ラトナプラの各県では農業人口が多くなっている。ケゴール県はサービス分野、農業分野、工業分野が比較的近い割合となっている。

表2-8 市県別主要産業分野の労働人口

District	Total	Major industry group		
		Agric- -lture	Indust- -ries	Services
Total	100.0	32.7	24.2	43.1
Colombo	100.0	3.6	28.6	67.8
Gampaha	100.0	6.6	37.8	55.6
Kalutara	100.0	17.5	32.2	50.3
Kandy	100.0	23.1	22.2	54.7
Matale	100.0	46.5	19.6	33.9
Nuwara Eliya	100.0	68.2	8.4	23.4
Galle	100.0	33.3	27.4	39.3
Matara	100.0	36.9	24.8	38.3
Hambantota	100.0	43.6	23.3	33.2
Batticaloa	100.0	27.5	22.1	50.3
Ampara	100.0	39.2	20.0	40.8
Trincomalee	100.0	37.5	12.5	50.0
Kurunegala	100.0	38.5	23.2	38.3
Puttalam	100.0	33.3	31.3	35.4
Anuradhapura	100.0	64.2	9.8	26.0
Polonnaruwa	100.0	47.4	17.4	35.2
Badulla	100.0	61.6	11.0	27.4
Moneragala	100.0	55.0	11.6	33.4
Ratnapura	100.0	47.0	23.6	29.4
Kegalle	100.0	32.6	27.9	39.5

(労働力調査 2010 より)

表 2-9 は貧困層の割合を市県別にまとめたものである。貧困層の割合は 2006 年 7 月の 15.2% から 2009 年 10 月 8.9%とこの 3 年間で減少している。調査対象の山岳地域の県でも同様の傾向を示している。特に、以前は貧困層の割合が最も高かったヌワラエリヤ県でも貧困層の割合は劇的に減少している。お茶エステートセクターの貧困率は 2006 年 7 月から 2009 年 10 月までの 3 年間で 32% から 11.4%に減少している。この期間のお茶エステートの労務費の上昇は貧困層の減少に大きく影響している。

キャンディ、マータレ、ラトナプラ、ケゴール県の貧困レベルは国内平均レベルであるが、カルタラ、ヌワラエリヤ県では平均より低い一方、バドゥツラ県は調査対象県の中では、貧困層の割合が最も高くなっている。

表2-9 貧困層の割合

District	HIES survey period				
	1990/91	1995/96	2002	2006/07	2009/10
Colombo	16.2	12.0	6.4	5.4	3.6
Gampaha	14.7	14.1	10.7	8.7	3.9
Kalutara	32.3	29.5	20.0	13.0	6.0
Kandy	35.9	36.7	24.9	17.0	10.3
Matale	28.7	41.9	29.6	18.9	11.5
Nuwara-eliya	20.1	32.1	22.6	33.8	7.6
Galle	29.7	31.6	25.8	13.7	10.3
Matara	29.2	35.0	27.5	14.7	11.2
Hambantota	32.4	31.0	32.2	12.7	6.9
Jaffna					16.1
Vavuniya					2.3
Batticaloa				10.7	20.3
Ampara				10.9	11.8
Trincomalee					11.7
Kurunegala	27.2	26.2	25.4	15.4	11.7
Puttalam	22.3	31.1	31.3	13.1	10.5
Anuradhapura	24.4	27.0	20.4	14.9	5.7
Polonnaruwa	24.9	20.1	23.7	12.7	5.8
Badulla	31.0	41.0	37.3	23.7	13.3
Moneragala	33.7	56.2	37.2	33.2	14.5
Ratnapura	30.8	46.4	34.4	26.6	10.5
Kegalle	31.2	36.3	32.5	21.1	10.8

(世帯所得、支出調査 2009/2010 より)

2.2.4 道路ネットワークと交通量

a. 道路ネットワーク

図 2-9 は調査対象地域である山岳地域 7 県の道路ネットワークを示している。

スリランカ国の道路ネットワークは表 2-10 に示すように 5 クラスに分類される。RDA はこのうちクラス A と B を管轄している。

スリランカ国の道路(クラス A、B、C、D 総延長は 115,862 km に達する。また、上記に含まれない地方道路延長は 8 万 km 以上となる。表 2-11 はディストリクト別及びクラス別の道路延長を全国合計と比較したものである。7 ディストリクトの道路総延長は 10,281 km で、全国の道路延長の約 35% を占める。しかし、クラス A 道路に限るとその総延長は 1,172 km で、全国の 28% を占めるにすぎず、クラス B 及び C 道路ではそれぞれ 37.3%、37.2% を占めている。すなわち、対象 7 ディストリクトのクラス A 道路のシェアは全国平均を下回っているといえることができる。

道路総延長から見ると、キャンディ県が最も長く、バドゥツラ県、ラトナプラ県と続いている。

また、道路密度(道路総延長 km/面積 km²)の観点からは、ケゴール県、キャンディ県、カルタラ県の西部地域が高く、その他の山岳地域の東部地域が低くなっている。

県別の道路密度は、表 2-10 にあるように、キャンディ県が最も高く、ケゴール県、カルタラ県と続いている。最後に、調査対象地域全体の道路密度は 0.68 であり、全国平均の 0.45 に比べて非常に高いことがわかる。

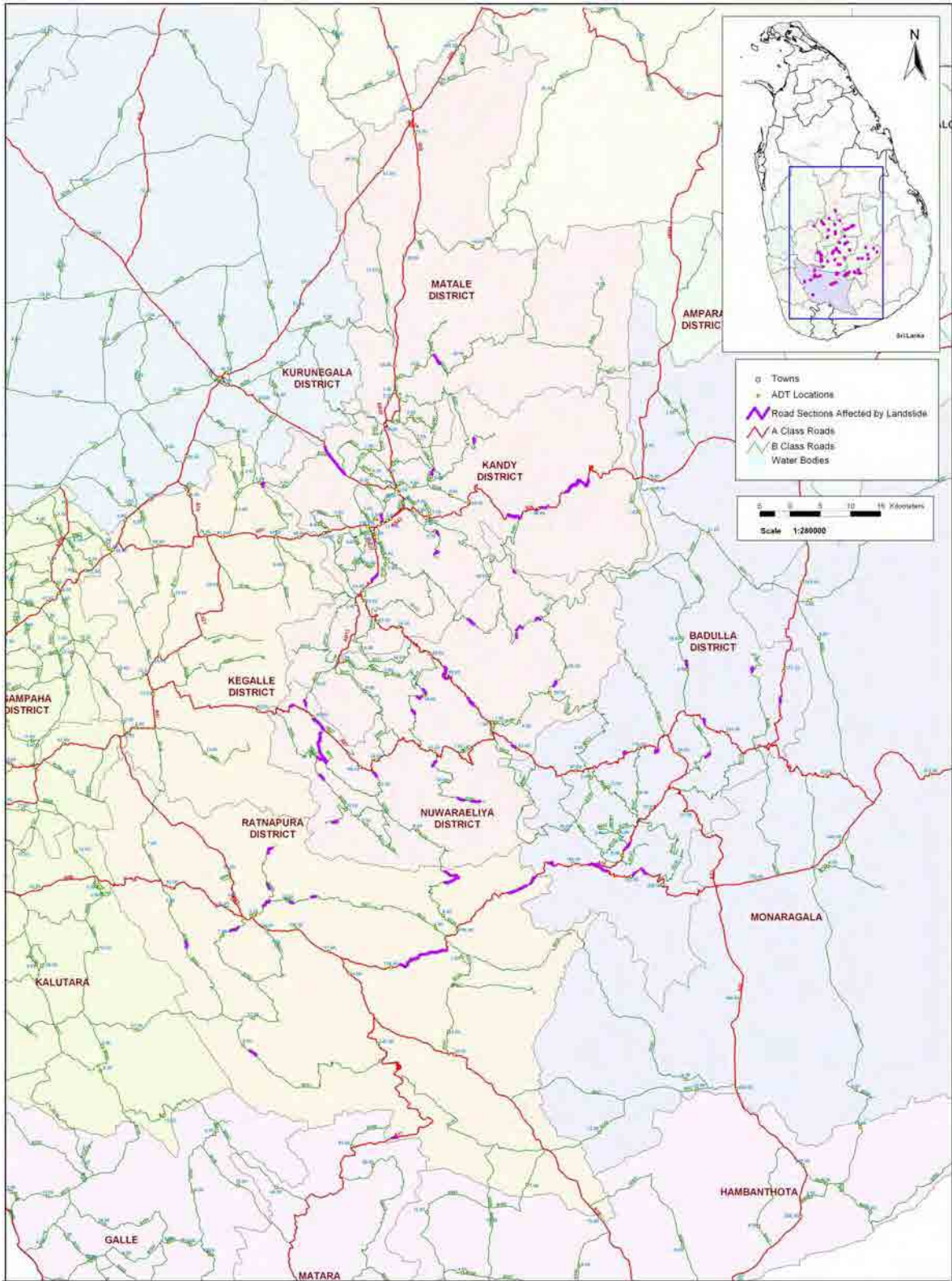


図 2-9 調査対象地域の道路ネットワーク (RDA 提供)

表2-10 スリランカ国の道路クラス

Class	Description
Class A	首都と各プロビンスの中心都市を結ぶか、各プロビンスの中心都市を同士を結ぶ。また、当クラスの国道はアスファルト舗装され、車道幅24ftから36ft、道路全体幅が36ft。が56ftである。
Class B	上記以外の重要な都市を結ぶ主要道路で、重要な道路ネットワークを形成している。ほとんど舗装されているが、一部未舗装である。
Class C	上記以外の農道や地方の道路である。車道幅12ft程度で、道路全体でも22ftである。ほとんど舗装されているが、一部未舗装である。
Class D	車道幅8ft-10ftの未舗装道路で、乾季のみの使用が可能である。

(Central Bank of Sri Lanka, 経済社会統計2012より)

表2-11 対象地域のクラス別道路延長

(Unit: km)

県	Class A	Class B	Class C	Class D	総延長 (km)	県の面積 (km ²)	道路密度(km/km ²)
キャンディ	184	555	920	352	2,011	1,940	1.04
ヌワラエリヤ	120	492	442	49	1,103	1,741	0.63
マータレ	105	283	303	177	868	1,993	0.44
ラトナプラ	272	440	671	455	1,837	3,275	0.56
ケゴール	144	365	477	483	1,468	1,693	0.87
バドゥツラ	267	432	1,001	180	1,880	2,861	0.66
カルタラ	80	341	417	230	1,112	1,598	0.70
7 県の合計	1,172	2,908	4,231	1,926	10,281	15,101	0.68

(Source: Central Bank of Sri Lanka, 経済社会統計2012p120より)

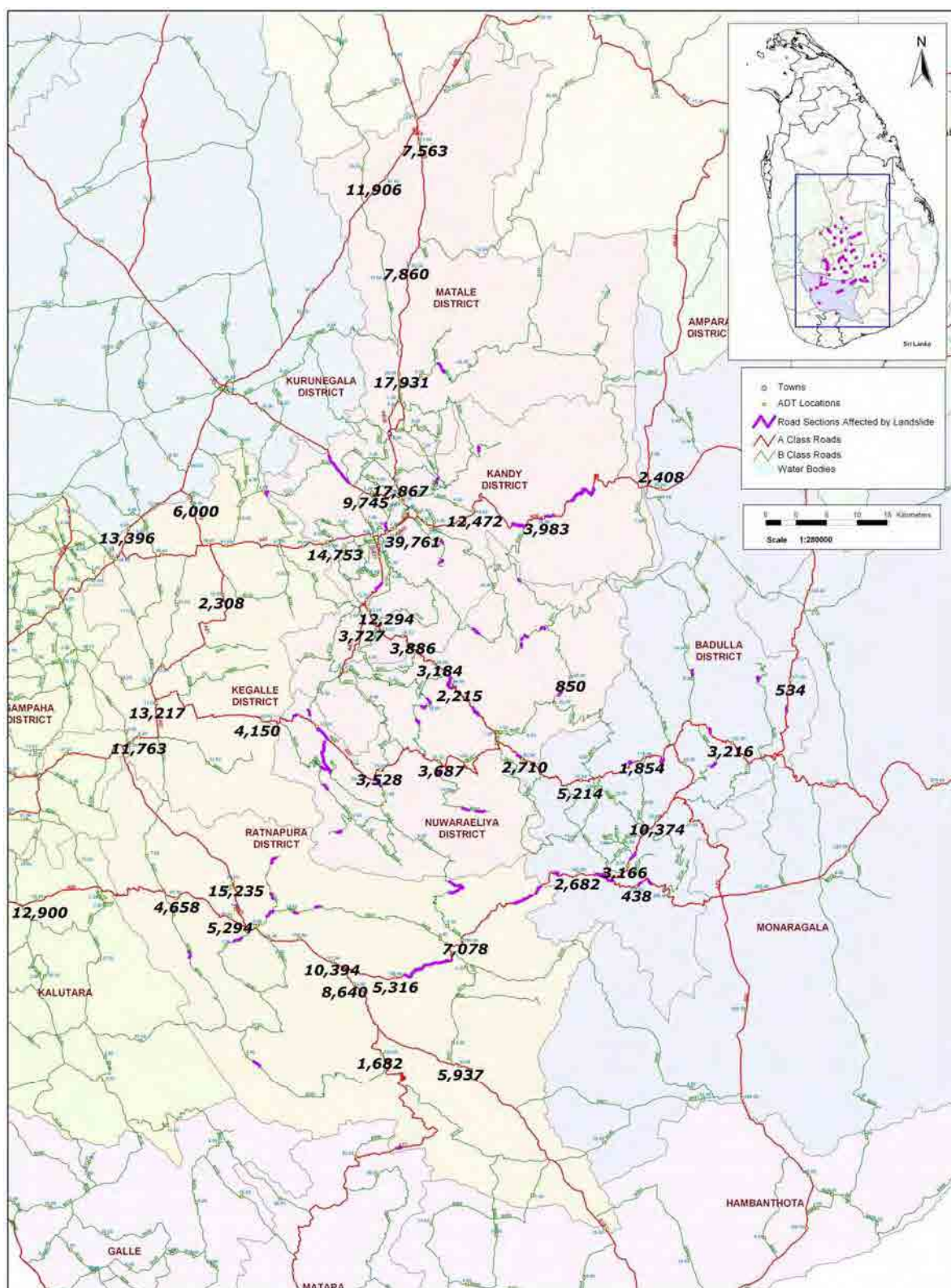
b. 交通量

図 2-10 は調査対象地域の、2012 年におけるクラス A 道路の交通量を示したものである。交通量は両方向の年平均日交通量を表しており、RDA が過去の交通量調査をもとに推定したものである。

日量 1 万台以上の交通量は主にキャンディ県、ケゴール県及びラトナプラ県の各県で見られる。また、日量 2-3,000 台の相対的に小さな交通量は調査対象地域の中でも東部で多くみられる。日量 1,000 台以下の交通量は A04 道路の東部および A05 道路の東部に見られる。

RDA によれば、RDA は交通量調査を以下の手法で実施している。

- RDA はマニュアルによる調査とともにオーストラリア製の自動交通量調査計測機を用いて交通量調査を行っている。
- RDA は自動計測器を 20 台所有しているが、16 台が稼働可能である。
- RDA は交通量の曜日別変動を観測する目的のためには連続して 7 日間、1 日 24 時間の観測を行う。
- RDA は定点観測地点を A2、A3 及び A4 道路に設置している。
- RDA は車種別交通量把握のためにはマニュアルによる観測を行っている。
- RDA の交通量調査における車種区分は以下の 14 である。
 - (1) オートバイ
 - (2) 三輪タクシー
 - (3) 乗用車
 - (4) バン
 - (5) 中型バス
 - (6) 大型バス
 - (7) 小型トラック
 - (8) 中・大型トラック
 - (9) 3 軸トラック
 - (10) 3 軸トレーラートラック
 - (11) 4 軸トレーラートラック
 - (12) 5 軸トレーラートラック
 - (13) 6 軸以上のトレーラートラック
 - (14) 農業用車



(RDA資料をもとに調査団作成)

図 2-10 調査対象地域道路の日平均交通量

2.3 調査地域の斜面災害、地すべり

2.3.1 Landslide disasterの種類

本報告書では、スリランカの国道沿い斜面において発生する土砂災害を対象災害として扱っている。一般にこのような災害は英語で“landslides”と呼ばれている。言い換えると landslide という用語は、土砂、巨礫、残積土、崩積土、風化岩、新鮮岩、植生、およびその混合物などの斜面を構成する物質が地下水と表流水を伴って、重力の作用により、また地下水の上昇や浸食、降雨などの要素を誘因として、下方に移動する動きとして一般には理解されている。

landslide はその構成物質、移動速度、運動形態、水（地下水）との関係やそれが生じる地形、およびその規模やスケールによって分類することが可能である。つまり、landslide は崩壊(falls)、転倒(topples)、すべり(slides)、ラテラル・スプレッド(lateral spreads)、土石流や岩石流(flows)、マス・ムーブメント(mass movements)、クリープ(creeps)、崩壊(collapse)、切土斜面の崩壊(cutting failures)、落石(rock falls)およびその複合形態である。加えて、国や機関により異なる多くの分類方法があり、混乱をきたす原因となっている。

上記の背景と現地状況を考慮したうえで、スリランカでも特に当プロジェクトに適合する斜面災害・地すべりの分類として、本報告書では以下を用いている。

a. 地すべり (狭義の Landslide)

短縮形として“slide”と呼ばれることもある。landslide は上記のように斜面災害を指す一般的な用語だが、狭義の landslide および slide は、日本でいうところの地すべりに相当する災害を示す用語として、本報告書では用いる。すなわち、比較的緩やかな斜面で、比較的遅い運動速度で下方に移動するマス・ムーブメントを指す。多くの場合、landslide は再発する傾向があり、季節変動によって上昇した地下水位によって再活性化する。後述する斜面崩壊(slope failure)や落石(rock fall)、岩盤崩壊(rock slide)に比べると、比較的大規模となる傾向にある。図 2-11 には landslide の模式図を示す。

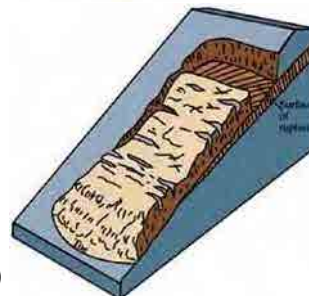
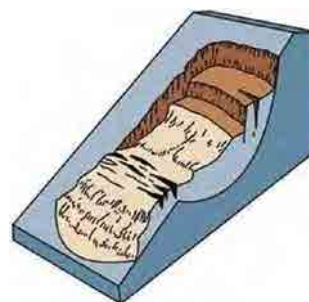


図 2-11 地すべりの模式図

(Photo: Kokusai Kogyo & PADECO, Diagram: USGS)

b. 斜面崩壊(Slope Failure)、(崩壊(collapse)、切土斜面の崩壊(cutting failure))

このタイプは”collapse” と呼ばれることもある。切土斜面 (Cutting failure) の崩壊は斜面崩壊と同様の意味を持つが、盛土のり面や自然斜面には使えない用語である。斜面崩壊(slope failure or collapse) は比較的急な斜面で発生し、運動速度は地すべりよりはるかに早く、多くの場合、崩壊は数秒~数十秒の間に生じる。

斜面崩壊は自然斜面でも、切土・盛土といった人工斜面でも発生する。斜面崩壊を生じやすい斜面は多くの場合、土砂、残積土、崩積土、風化岩およびそれらの組み合わせよりなる。風化岩の場合は、葉状構造 (foliation) やクラック、節理系の方向や分布が崩壊の可能性だけでなく、崩壊の規模や崩壊形態をも決定する。斜面の勾配は斜面崩壊の主たる素因の一つであり、他の条件が同じ場合は勾配が急なほど崩壊が起きやすくなる。

地すべりほどの発生頻度はないが、斜面崩壊にも再発性があり、その多くの場合で斜面肩部での開口亀裂と鉛直変位を伴う後退性崩壊が発生する。また、斜面には大なり小なり劣化する性質があることは記憶されるべき事項である。斜面の劣化はさまざまな要素、つまり岩種や地形、風化状況及び地下水状況などに左右される。同じ条件下に置かれた場合、古い斜面は新しい斜面よりも崩壊の危険性が高い。また地すべりと同じように、地下水位の上昇は斜面崩壊の主たる誘因の一つである。表流水もガリーなどの浸食を生じることにより斜面崩壊を促進する。



図 2-12 スリランカにおける斜面崩壊の実例

c. 落石 (Rock Fall)、岩盤崩壊 (Rock Slide) 、トップリング (Topple)

落石 (rock fall) は道路沿いの斜面中腹および肩部、あるいはさらにその上方の斜面から落下してくる岩や浮石、巨礫を示す用語である。岩盤斜面の肩部や中腹から発生する場合、密集した亀裂が落石の主な素因となる。上方の斜面から落石が発生する場合、亀裂の密集した岩露頭だけでなく、斜面上の不安定な巨礫や浮石が落石の発生源となる。

岩盤崩壊 (rock slide) は葉状構造 (foliation)やクラックおよび節理が流れ盤などの不安定な構造を岩盤斜面で構成した場合に発生する。縦亀裂が主に発達する岩盤斜面ではトップリング (topple) に注意が必要である。



図 2-13 スリランカにおける岩盤崩壊の実例

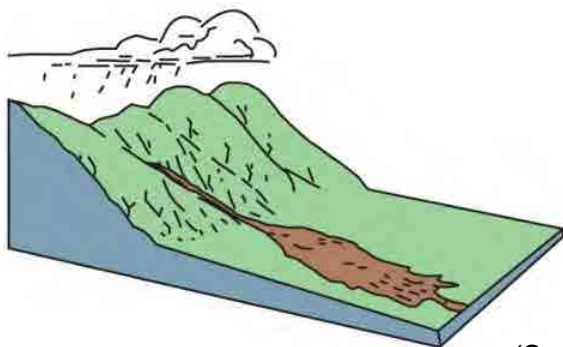
d. 土石流 (Debris Flow)

土石流(debris flow) は豪雨により緩んだ山腹斜面が崩壊することで発生し、膨大な量の土砂を下流にもたらし災害である。土石流の移動速度は速く、車の速度と同等かそれ以上である。土石流のエネルギーは強力で、道路構造物のカルバートや橋を含む下流に破壊的なダメージをもたらす。



(Source: USGS)

図 2-14 トップリング



(Source: USGS)

図 2-15 土石流の模式図

2.3.2 調査地域における Landslide disaster

調査団は調査対象7県における地すべり災害記録を収集した。下表に各ディストリクトの災害履歴をまとめた。

表2-12 スリランカにおける土砂災害履歴

Period: 1 Jan. 2007-20 Jul.2012

District	Frequency (Times)	Deaths (Person)	Injured (person)	Missing (person)	Houses Destroyed (No.)	Houses Damaged (No.)	Affected (person)	Relocated (person)	Evacuated (person)	Payment for relief-partially damaged houses (Rs.)
Nuwara Eliya	143	26	14	3	450	1,397	20,662	0	5	0
Kandy	202	10	26	0	49	185	2,759	0	93	0
Badulla	170	7	3	0	34	243	2,883	0	0	1,150,825
Kegalle	60	6	8	0	46	340	2,716	0	563	733,200
Ratnapura	96	2	2	0	16	22	1,491	0	101	1,133,885
Kalutara	41	7	4	0	10	41	1,208	0	0	10,000
Matale	9	0	0	0	1	5	2,257	0	0	0

Source: Disaster Information Management System- Sri Lanka

急峻な地形と風化、豊富な降雨量および斜面での土地利用が進んでいることにより、ヌワラエリヤ県は被災者数と被災家屋数において、最悪な状態にある。前述したように、ヌワラエリヤ県はその高い山々によって南西モンスーンと北東モンスーンの両方から降雨を供給される。キャンディ県は災害の発生件数でトップに立ち、バドゥッラ県がそれに次いでいる。

2.3.3 対象国道における Landslide disaster

今回の調査は、対象地域におけるすべての A 級国道を対象として実施した。調査団は下記に示す各地域において、斜面災害により道路に生じた被災記録を収集した。

- ヌワラエリヤ県
- キャンディ県
- バドゥッラ県
- ケゴール県
- ラトナプラ県
- マータレ県

調査団は被災記録に記された被災地点のうち、主に A 級国道上の地点で現地調査を実施した。

机上調査と現地調査の結果、対象国道における調査地点で想定できる斜面災害は以下の 4 種類に分類できることが判明した。狭義の地すべり、斜面崩壊、落石及び岩盤崩壊である。

落石と岩盤崩壊はその性質から、同じような状況下で発生する傾向にある。一部に亀裂が密に発達する葉状構造 (foliation) などによる亀裂系が発達した急傾斜斜面や硬岩の絶壁などがそれである。

斜面崩壊は主に風化残積土や強風化岩が分布する切土のり面で想定される。このような切土のり面の多くで、斜面勾配は土質から推測できる安定勾配よりも急であり、ほぼ垂直から 70 度もの急傾斜を示す。

一方、地すべりは斜面崩壊や岩盤崩壊に比べて緩い斜面で分布が認められる。斜面を構成する土質は主に崩積土 (colluvium)、つまり山腹斜面の崩壊により生じた崩積土

で巨礫とともに分布する粘性土および砂・礫からなる。一部のケースでは、長石を多く含む片麻岩の強風化岩盤が崩積土の下位に分布する斜面でも地すべりが発生している。長石は風化プロセスを経る中で粘土鉱物に変質しやすい鉱物である。

- ◆ 特に建設中の道路において認められた切土斜面における斜面崩壊、不安定な急こう配と排水の不備

現地調査を通して、調査団は Welimada - Badulla 間および Hatton - Nuwara Eliya 間において建設中の切土斜面を観察する機会を得た。

図 2-16 には Hatton 近郊で観察した典型的な切土斜面を示す。

現地状況から、多くの施工中の斜面において、風化残積土と強風化岩から構成される斜面で斜面崩壊の恐れがあると判断せざるを得ない。崩積土の斜面や流れ盤斜面も同様のリスクがある。上記の区間では以下の理由によって斜面崩壊が発生する危険性が高い。

- 一般的に、安定勾配よりも急なのり面勾配が、風化残積土と強風化岩で構成された斜面および崩積土が分布する斜面に適用されている。特に、表土や残積土が分布する斜面の上部では、現在適用されている勾配よりも緩やかなのり面勾配を用いるべきである。
- さらに、切土斜面の肩部に沿う排水溝や斜面中の縦排水を確認することはできなかった。このような排水施設は浸食や表流水の地中浸透を防ぐために必要不可欠であるため、確実に施工されるべきである。



図 2-16 典型的な切土のり面、勾配が急すぎ、排水施設がない

2.4 地すべり対策の重要性

2.4.1 スリランカの土砂災害

スリランカの山岳地域ではこれまで数多くの土砂災害が発生し、生命、財産、インフラ、国家経済に計り知れない損害を与えてきた。スリランカの国土面積 65,000km² の 20%が山地で、それらの地域を土砂災害危険地域としてきた。バドゥッラ、キャンデイ、ヌワラエリヤ、ハンバントータ、マータラ各県にそうした土砂災害危険地域が広がっている。不適切な土地利用のために、切土斜面の崩壊が Gampaha 地区、コロンボ地区で増加してきている。

災害リスクは資産の増加、経済の発展にともなって高まる。経済発展の著しいスリランカにおいて、今後土砂災害リスクは高まる一方で、重要なインフラである道路の被害は直接、間接にリスクが大きくなる。RDA としても土砂災害が国内の社会生活、経済活動に影響することが、今まで以上で、スリランカの成長段階において、恒久的な対策が必要となってきたことを認識している。

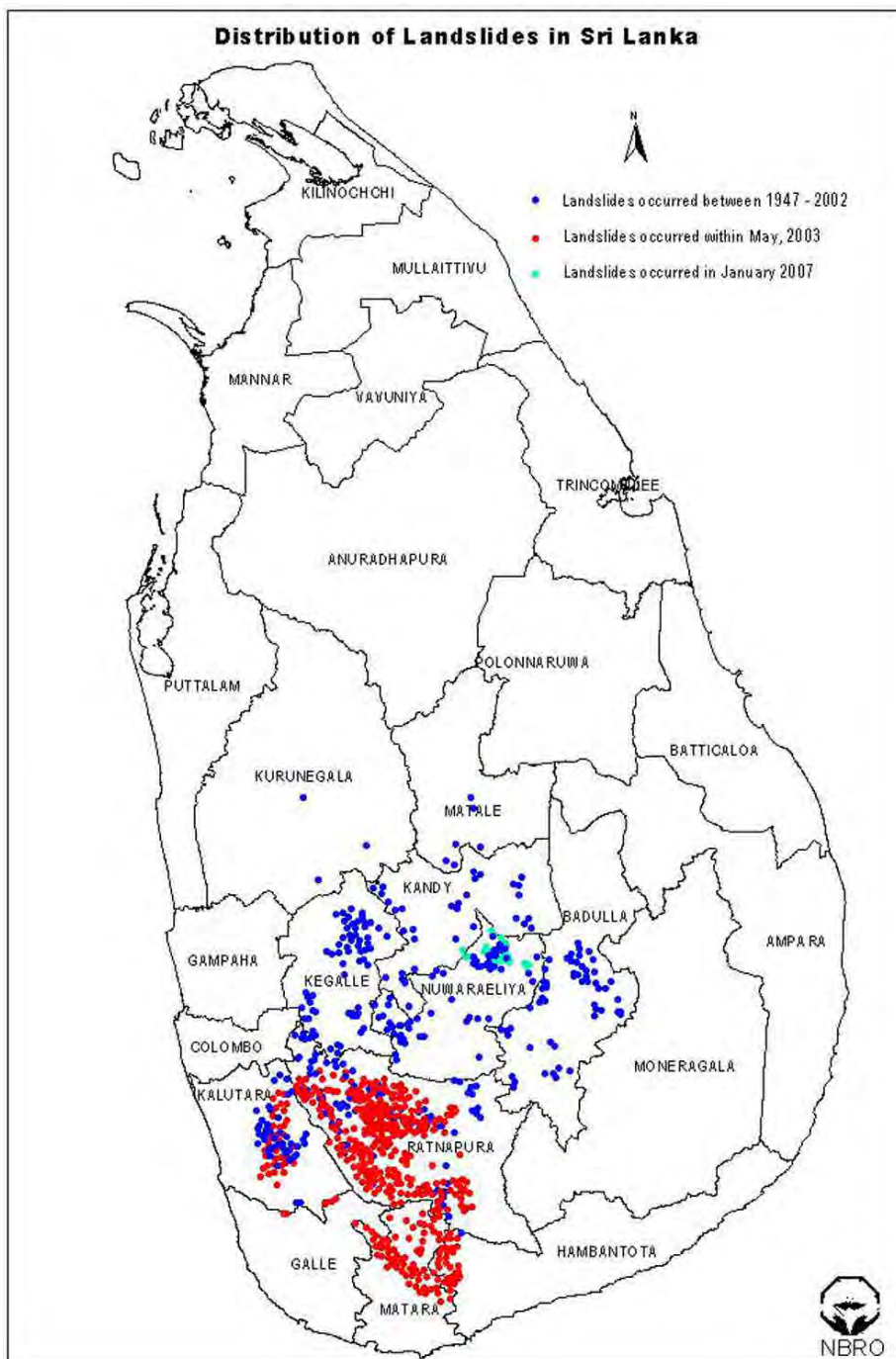


図 2-17 1947 年から 2007 年までの地すべり分布(NBRO 資料より)

いくつかの大きな土砂災害の事例を以下に示す。

(1) Watawala 地すべり, ヌワラエリア県(1992 年 6 月 3 日)

この地すべりはヌワラエリア県 Watawala 山地の南斜面で発生した。地すべり範囲は 33,120m² で、この斜面は過去に 50 年くらいクリープを続けて、1993 年に破局的な地すべりとなった。鉄道が被害を受け、通勤客や観光客に大きな影響を及ぼした。地域経済にも甚大な影響を及ぼした。



図 2-18 Watawala 地すべりと列車被害(NBRO)

(2) ラトナプラ県 Helauda の土砂流(1993 年 10 月 8 日)

ラトナプラの市街地から北へ3kmのところにある Helauda 集落で発生した地すべりで、斜面の下にあった国道、住宅に流れくんだり、31 人の死者を出した。大雨により不安定な土砂が厚く分布していた斜面中部から崩れた。同じ斜面で、2003 年と 2006 年にも崩壊が発生した。



図 2-19 Helauda の土砂流(NBRO)

(3) ラトナプラ県 Palawala の土石流(2003 年 5 月 17 日)

山麓斜面が大きく崩れ、水を多く含んでいたため流動性が高く、反対側の斜面まで駆け上がった。また、先端部が河川の水を混じり、土石流となって下流に流下した。山麓にあった住宅数件が埋没した。



図 2-20 2003 年 Palawela の土石流 (NBRO)

(4) ヌワラエリア県 Walapane の地すべり (2007 年 1 月 12 日)

国道 B413 で起こった地すべりで、切土斜面での崩壊である。この地すべりは幅 100 m に渡り、近くにあった住宅をも巻き込み、10 名の死者が出た。この災害時に B413 では各所で地すべりが発生し、地域の交通に深刻な影響を及ぼした。



図 2-21 Walapane の地すべり(調査団提供)

2.4.2 地すべり災害における社会的側面

スリランカでは13世紀以降に社会的、政治的な理由、そして19世紀のイギリスによる山地域でのプランテーション化により、人々は乾燥地帯で安全な土地から脆弱な環境および地形である湿地帯へ移住した。

地形変形や気候変動による大雨、そして近年急増している商業野菜の栽培のための赦免開発により、10月から1月の雨季にかけて地すべりは頻発するようになった。

スリランカの自然に関する国家政策では、2005年に山地域の居住に反対し、自然システム上問題のある灌漑乾燥地域への居住を促進した。

しかしながら、中部および南西部の急斜面地すべり地帯で暮らす人々は、現在も以下の理由で灌漑乾燥地域他や他の場所に移ろうとしてない。

1 スリランカの農村で暮らす人々は地理環境や生計を変えることを躊躇している。1999年のNBROとITDG-South Asiaによる「防災リスクに伴う生計選択」調査で、生計と移住地の関係が強いことが明らかになった。高山地で、野菜や花卉を栽培し、生計を立てていた人々がそれまでの生計を諦め、灌漑地域に移り米栽培をすることをしなかった。また、地元の労働者は居住労働者とされているため、地元を離れることができない。

2 農村コミュニティにおいて、特に経済的に弱い立場にある家族は、高額な地価である住宅地域に暮らすのが不可能なため、危険な地域での移住を余儀なくされる。当プロジェクト対象地域（地すべり地域）の人口密度は、スリランカの一般的な人口密度を上回る結果となっている。

また、政府およびコミュニティによる移住プログラムの進行が遅いのも、地すべり地域で暮らす人の人口が減少しない理由の一つである。原因としては、政府や関連機関の財政上の問題や適地不足が原因となっている。調査団の調査でも、上記同様のケースに直面している。バドゥッラ県のWelimada GN地区では、以前発生した地すべり時に移転計画に同意したものの、地方局からの返答が無いため、計3軒が未だに危険な急斜面に暮らしている。また、ヌワラエリヤ地域のKahagola Wattaでは、部分的に破壊された22軒の家族が茶畑に暮らしている。栽培企業による移転計画があったものの、Plantation Human Development Trustからの援助金不足のため未だに住宅建設が進んでいない。

2.4.3 最近の地すべり災害と住宅地移転、その教訓（Walapane地区とHangranketha地区の事例）

2007年1月に多数の地すべりがヌワラエリヤ県のWalapane地区とHangranketha地区で発生した。413の家屋が崩壊、1500の家屋が部分的に破壊され、2981の家族が2007年1月11日に避難したと報告されている。その中で、再移転済みの家族は1705組となる。

住宅移転した家族の大半が中・低所得者である。その中の75%が特定地生計となっている。また、そのほとんどが農民であって、1970年初旬に政府から栽培用の土地を寄与された。当時政府は当地域での地すべりリスクがあることを全く把握していなかった。

以下に再移転プログラムの進行が遅い理由を示す。

- ・ 対象者の大半は小規模農業などに携わっており、地すべりから 10 ヶ月経過しても再移転に適した農業地が見つからない。山岳地域で農業に適した土地且つ住宅地である土地、地方局にとってとても困難である。
- ・ 地方政治家の間でも大規模な移転により、管轄内での支持者が減ることを恐れている。そのため、被災者の再移転に非協力的であり、民族構成の変化を懸念されている。

また、再移転計画に関するいくつかの問題を以下に記述されている、

- ・ 再移転計画は DS の技術職員により開発された。しかしながら、NBRO の調査結果ではいくつかの再移転地域はハザードマップ上で危険地域となっている。実際に住宅建設準備時に地すべりが発生している。
- ・ 再移転計画は住宅建設のみであり、水道や排水、電気、道路、廃棄物管理やその他の公共施設の建設は一切されない。
- ・ 被災者の再移転が完了するまでの保護施設でのサポートが不十分である。例えば、給水、トイレ、電気、廃棄物、学校等が不相当であり、生計や精神面でのサポートがない。
- ・ 政府による援助の結論が被災者に共有されていないため、噂や誤報によるストレスが起きている。

上記の再移転計画を含む地すべり災害対策経験から最も重要な点は、再移転計画の中で様々な被災者への対処法を考慮するべきであるという点である。例えば、深刻な被災者には住宅の他に生計サポート、再移転援助金等を与え、その他の被災者には自主的な再移転を希望されていない場合に住宅のリフォームを促すことである。

もう一つは、再移転の計画段階での地すべり地域で生活を考えた早期警報、組織的減災や災害準備を考慮するべきである。

2.4.4 防災と住宅移転に関する国家政策、法的根拠

国家政策や地すべり被災者コミュニティの防災、保護、避難の法制度は基本的にいくつかの議会条令や内閣文書に含まれており、主に、

- ・ 1984 年の内閣文書に記述されている NBRO の設立。
 - ・ 2001 年に閣僚に採用された国家非自主的住宅移転政策(NIRP)
 - ・ 2005 年スリランカ災害管理法 第 13 条
- (a) 1984 年の内閣決議により NBRO が設立された背景には、政府や関係党が地すべりの被災者を保護し、環境試験、地盤試験、人間の居住・計画と訓練、地すべり研究である防災に取り組むこととした。地すべり対策に関する政策では NBRO がその役割を担うことを予想している。
- (b) 現政策での地すべり被災者のリハビリにおいて 2 つに分けられ、深刻な被災者は再定住させ、その他は改善プログラムに参加する。2001 年に閣僚に採用された国家非自主的住宅移転政策(NIRP)の狙いとして、従来存在している防災、保護、避難の活動を正当化することである。

政策目的は以下の様になる、

- ・ 非自主的な再定住を避ける・減少させるためにあらゆる手段を取る。
- ・ 20 軒（家族）以上の被災者が出た場合、総合的な再定住計画案を作成する。
- ・ 非自主的な再定住が避けられない場合、被災者には十分に再定住への助言および

補償選択を知らせる。

- ・ 被災者は再移転先の選択、生計補償や開発選択において全面的に参加する。
- ・ 現金補償の選択はすべての被災者を対象とする。補償選択として土地を損失した場合、代替りの土地を与える。
- ・ 建造物の損失の場合、交替補償金として資産を基とする。
- ・ 交替は被災者の開発として計画される。
- ・ 公式な土地所有権利書をない場合でも補償対象外被災者とみなさない。
- ・ 被災者の中でも家庭のリーダーが女性または弱い立場にいる人々には特別な注意を払い、適切な援助を行う。
- ・ 補償や再定住に掛かる費用はすべてプロジェクト負担となる。

国家非自主的住宅移転政策（NIRP）の役目としては、再定住や再移転における貧弱、土地損失、住宅、生計、公共設備へのアクセスの不便さ、不十分な食料と言った、管理上の問題の改善である。

この補償に関しては、1950年の用地買収法(LAA)第9案およびそれに続く改正案により、再定住の件については触れていない。その方によって可能なことは、土地、建造物と作物に限られた。地方組織の長もこの再定住のプロセスに関して無知であったため、NIRPを完全に導入・実施するには大改革が必要であった。

さらに、1980年の環境法第47案（1988年の第56法により修正）は100家族を超えた場合のみ非自主的再定住を考慮することとしたが、国家非自主的住宅移転政策（NIRP）は20までに下げた。

(c) 1990年半ばまでの政府のアプローチとして、被災コミュニティに救援物資を配布することでした。しかしながら、2004年の大津波発生後に災害防災・減災による明確な政策が採用された。スリランカ災害管理法が2005年に立法化され、DMCと共に以下の責任を持ち、法律に示されている機能を果たす役割を持つようになった。

- ・ 災害防災・軽減の政策の実施および対応・回復へのアプローチの立案
- ・ 国家災害管理計画の組み立て
- ・ 災害軽減への対応・回復に関して、外国援助プロジェクトへの調整・受け入れ
- ・ 実行を確実にするためにステークホルダーへの連絡・調整
- ・ 災害時の救援活動の管理・調整
- ・ 早期警報システムの導入

2.4.5 防災と被災住宅移転に関する政府機関の役割、責任、対応すべき事柄

社会サービス省は、政府による被災者も含むコミュニティのニーズを援助に対応する政策的政策の実行のために設立された。

DMCとNBROはUNDPの援助により地すべりを含む4種類のハザードリスクのマッピングプロジェクトを開始した。これらのプロジェクトは、大学や適切な技術局により実施された。さらに、DMCはハザードマッピングにおける空間技術の必要性をも理解した。この活動において最も問題視されたのは財政迎制であった。災害リスク減少には様々な訓練プログラムがあり、その中で災害リスクの優先順位を特定し、早急対策に焦点を置く。山地部での地すべり増えている中、地すべり災害が重要視されていないことが言える。

それにも係らず、内閣やDMCは災害リスク軽減（DRR）が国家開発計画の主流とな

ることを期待しているが、実現するにはもう少し時間が掛かる。JICA は災害管理能力強化プロジェクト (DIMCEP) を援助し、訓練が地方局まで行渡ることによって、より大きな影響を与えることを期待している。

DMC 活動の地方分権化は感謝されるべきことであり、この分野において更なる重要視が必要となる。

地すべりの早期警報システムに関し、DMC は NBRO、気象庁、地方局職員との協力関係が重要である。DMC 地方局は DS 職員との連携の必要性を十分理解し、コミュニティのリスク管理に十分な注意を払う。

NBRO はいくつかの重要な活動に係っていて、地すべり対象地域すべてのハザードマッピングプログラムを実施した。

NBRO の LRRMD は地すべりリスク評価調査に係っていて、地すべり対象地域での建設時の助言を行っている。

NBRO は Peradeniya, Padiyapelella, Mahawewa and Gerandiella 地区での構造物減災プロジェクトを実施していて、その他の地域では非構造物軽減プロジェクトを実施している。

LRRMD の人間定住計画・訓練部では地すべり対象地域の学生、裁決者、計画者、事務官への訓練プログラムを実施していて、公共用の資料・題材も持っている。LRRMD は地すべり早期警報を優先的なタスクの一つと考えている。NBRO のもう一つの役割として土地利用政策計画局の土地利用に関する助言である。

NBRO は常に他の政府組織と働いている。例えば、Gerandiella 減災プロジェクトはヌワエリヤの DS を通じて実施されていて、政府が援助している。Mahawewa 構造物減災プロジェクトは JICA により援助されている。NBRO は日本の様な最新技術の知識と機材の導入が必要であると主張している。

参考文献

“Impact on Livelihoods of Landslide Affected Communities due to resettlement Programmes”, The First World Landslide Forum November 2008, Kushan Sugathapala, Human Settlement Division, NBRO.

“Issues in Implementation of Landslide Mitigation Programme in landslide Vulnerable areas of Sri Lanka: Special reference to Hanguranketha Landslide Area”, Kishan Sugathapala & June Prasanna, Human Settlement Division, NBRO.

APCAS report on follow-up study for “project for improving sanitary condition through construction of toilets (Sri Lanka)”, implemented with the assistance of Magokoro Fund, 2008 (the original is in Japanese and translated by the Study Team)

3 スリランカの道路地すべり対策

3.1 スリランカの道路セクター

3.1.1 道路開発庁(RDA)

a. RDAの役割と使命

RDAの役割¹

道路開発庁（以下はRDAと記す）はスリランカの道路における中心官庁であり、国道の維持管理および開発に責任を持っている。国道には幹線国道（Aクラス）と主要国道（Bクラス）、および2011年に完成した南部高速道路（E1クラス）の3種類がある。RDAはそれらの計画、設計、建設、運営、維持管理を担当し、それには新設の道路、橋梁、高速道路から、既存の道路まですべてを含んでいる。

RDAの使命

道路部門の中核官庁としてのRDAの使命は、適切で効率的な国道を国民に提供することである。それにより人や物の移動を容易にし、人々が受け入れられる程度まで安全で快適なアクセスを確保する。さらに環境にやさしい設計を採用することで、人と物の移動をスムーズにし、スリランカの社会・経済の発展に寄与することがその使命である。

b. RDAの組織

1) RDAの組織

RDAは土木エンジニアが中心の組織であり、道路と橋梁の、計画、設計、建設、維持管理および安全性についての専門的な技術を持っている。またRDAの組織は、規定された役割を遂行し、その目標と目的を達成するために構成されている。またRDAには、執行会議があり、総裁（Director General）が最高執行者（Chief Executive Officer, CEO）である。総裁は、5名の局長（Additional Director General）と16名の部長（Director）に補佐され、各種の役割を果たしている。

さらに港湾・道路省の管轄下には、11名のプロジェクト部長（Project Directors）がおり、Project Management Unit (PMU)を構成し、彼らは執行会議の議長から任命を受けている（図3-1）。

RDAの職員数は常雇いあるいは契約ベースの4,336名である。またRDAの職種は専門技術、一般技術、管理部門、会計およびその他補助スタッフに分かれている。さらにRDAには、3,390名の常雇労働者がおり、日常保守業務に従事している。

¹ ここでの記述はRDAの2011年の年報を参考にしてている。

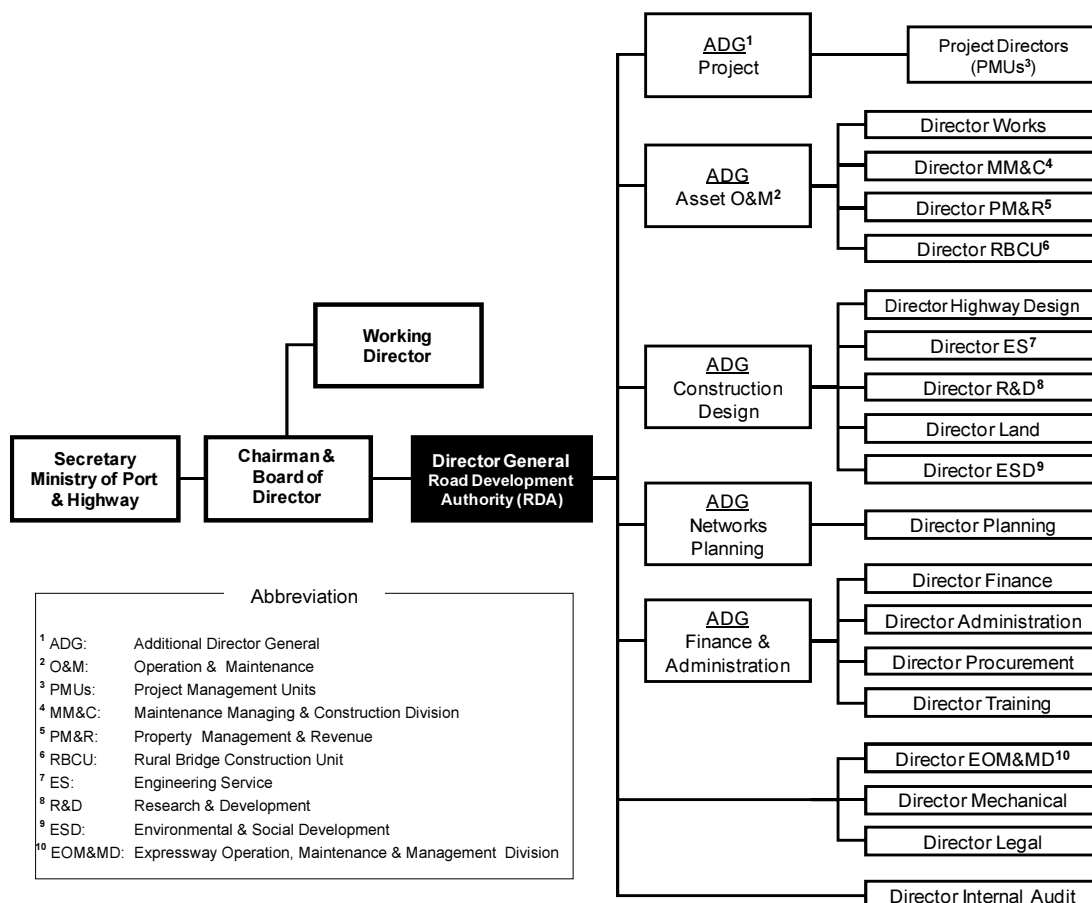


図3-1: RDA の組織図

2) RDA の維持管理組織と新 PMU

RDA の道路の維持管理は、上図に示すように、Asset O & M 局が担当している。その局には 1 名の副総裁 (Additional Director General, ADG, O & M) と 1 名の部長 (Director) がおり、総裁 (Director Genral) を補佐し、同時に各州 (Province) の部長 (Director) と副部長 (Dy. Director) に指示を出し、協力して事業を進めている。維持管理の組織体制を図 3-2 に示す。

地すべりに関しては、各プロビンスの下に各県のチーフエンジニアがおり、彼が地すべりの日常点検と定期的維持管理に直接の責任を持っている。また本プロジェクトが実施の際は、新しいプロジェクト実施組織が設置され、実施する予定である。

3) 維持管理体制

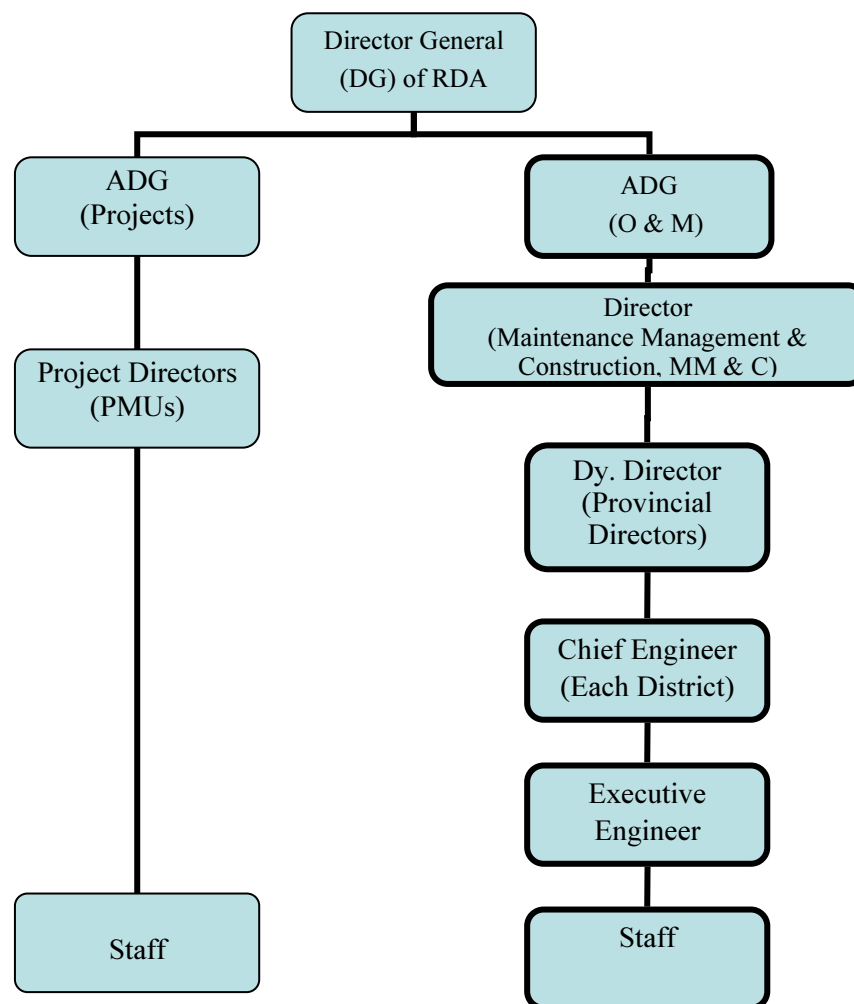
現在、地すべりの維持管理は、“緊急作業”として予算化され、各県で次の職員が実施している。

- チーフエンジニア(1名)、
- Executive Engineer (2ないし3名)
- Engineer (人数は地域による)、
- 技術員 (人数は地域による)

上記の技術者は、スリランカで登録され資格を持ったエンジニアが多く、通常の道路の維持管理は可能である。しかし地すべりは特殊な技術と実際的な経験を必要とし、それらを持ったエンジニアは少ない。このため、日本の進んだ地すべり対策工の技術を習得することが、スリランカの防災技術向上には不可欠であろう。

その他の維持管理の注意点：

- RDA は Maintenance Manual (1986 年) を持っているが、地すべりに関する項目は 2-3 行で、効果的な実施には不十分である。今後、マニュアル類を充実させる必要がある。
- RDA は最小限の維持管理機械を各県事務所で所持し、緊急事態に備えている。日常と定期的維持管理は、ほとんどスリランカの会社に発注しているが、その機械と工法は、簡単なものに過ぎない。地すべり対策技術の向上と共に、必要な機械をスリランカの会社が使えるよう計画すべきである。



注：1) 維持管理の組織は右側に太線の四角で表した。
2) 本プロジェクトの実施に際しては、左側のように新プロジェクト実施組織を設置する予定。
資料：RDAの年報2010

図3-2: 維持管理組織と新 PMU

c. RDAの地すべり対策予算

地すべりは、スリランカの主要な自然災害の一つである。地すべりは、スリランカの中央高地を中心にほぼ毎年発生している。特に 2003 年のラトナプラ大洪水の際は、多くの地すべりが発生し 150 名が死亡した。過去 38 年間の地すべり統計によると、全土で累計 800 人以上が地すべりで死亡している（DMC のデータによる）。

このため、地すべりの発生を防止し、道路の安全を確保することは、RDA の主要義務の一つになっている。いっぽう、地すべりに関してはいくつかの省庁が関係し、協力して取り組んでいる。その主な省庁は次の 3 つである。

- RDA: 道路の建設と維持管理に責任を持ち、安全な交通を確保し、地すべりを防ぐと共に、いったん災害が発生した時は、すみやかに除去するなど対策を実施する責任がある。
- NBRO: 地すべり対策の研究と対策工の設計に責任があり、災害多発地では建築許可をとおして、人と建築物の安全性を確保すると共に、雨量観測を通じて、早期警戒警報を発する責任がある。
- 防災省: 洪水、地すべりなどを含む災害全体を管轄し、災害発生時には救援と補償の責任を持つ。研究、調整、実施機関である DMC を管理する。

RDA は地すべりに対し、今まで次のような対策を取っている。

- 多くの道路改良事業に付随し、種々の対策工を実施している。例えば、コンクリート擁壁、モルタル吹付け、フトンかご、水抜き横ボーリング（一部箇所のみ）、法面排水溝、ソイルネイル、植生工など。
- 落石や土砂崩壊が発生の際は、安全な交通確保のため、すみやかな除去と復旧作業。
- 地すべり多発地帯の、日常点検と必要な維持管理。

RDA の道路維持管理予算を表 3-1 に示す。また表 3-2 に、財務省の 2011 年報による道路の維持管理予算を示す。2 つの表を比較すると、2010 年と 2011 年で額に大きな差があるが、年間の維持管理費は大体 50-70 億 Rs. (=30-40 億円) である。

さらに道路維持管理に占める、地すべり関連予算は、表 3-1 の 6. Emergency Works に含まれ、2011 年の額は 4 億 4,500 万 Rs. (=2.7 億円) で、比較的小額である。これは、地すべり土砂の除去などが中心の予算だからで、本格的な地すべり対策工を実施するには不足している。したがって、これから効果的な地すべり対策工を実施するには、外部からの資金援助が必要と考えられる。

表3-1 RDA の道路維持管理予算の推移 (Unit: Rp. Million)

Maintenance Cost	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Allocation	1,880	3,010	3,410	3,103	3,530	4,200	5,000
Expenditure	1,880	2,990	3,410	3,103	3,049	4,200	5,000
1 Routine Maintenance	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1,316	1,321	1,500
2 Continuation Work	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	409	630	690
3 Periodic Maintenance	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1,134	1,643	1,480
4 Structure Improvements	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	187	171	612
5 Signal lights, marking and others	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	210	183	248
6 Emergency Works	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	237	233	445
7 Ferries	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	37	19	15

Note: "Bridge maintenance" and "Lights" in years of 2009 and 2010 are added to "Routine Maintenance"

(Source: RDA)

表3-2 財務省による道路関係予算の推移

Category	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Expressways	2.4	6.8	7.7	14.9	24.7	24.7	25.6
Maintenance	1.8	2.9	3.4	3.1	3.1	6.4	7.8
Rehabilitation	8.6	16.9	23.7	35.4	48.2	46.3	60.4
Improvement	2.5	3.0	4.6	6.0	5.5	8.9	14.8
Upgrading	0.4	1.8	2.4	13	15.3	16.0	8.0
Land Acquisition	2.3	2.3	3.0	2.7	3.0	3.6	3.8
Other	0.8	1.2	2.1	7.5	3.6	4.1	3.7
Total	18.8	35.0	46.9	82.7	100.6	107.8	124.2

(Ministry of Finance & Planning, "Annual Report 2011"より)

さらに RDA の“国道マスタープラン (2007-2017)”、2007年12月によると、国道の維持管理予算は表3-3のように計画されている。

表3-3 国道の維持管理予算計画

	Road Maintenance and Rehabilitation (Rs.: Billion)											Total
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Periodic Maintenance & Rehabilitation	5.9	8.3	5.5	8.9	5.1	6.5	4.3	4.0	4.0	5.3	4.7	62.5
Routine Maintenance	4.5	4.7	5.0	5.2	5.4	5.7	6.1	6.5	6.8	7.2	7.6	64.8
Total	10.4	13.0	10.4	14.1	10.5	12.2	10.4	10.4	10.9	12.6	12.3	127.3

(Road Master Plan (2008-2017), December 2007, RDAより)

d. RDAの機能

1989年の第13次憲法改正により、道路のC、DとEクラス約17,000kmと、そこにある橋梁は州政府に移管された。それ以来RDAは幹線道路(Aクラス)と主要道路(Bクラス)の開発、維持管理が担当になった。AとBクラス国道の総延長は12,019km、橋梁は4,456橋(スパン3m以上)である(RDAの2010年報による。)

RDA の設立は次の 2 つの法令に基づいている。

- Road Development Authority Act No.73 of 1986,
- Road Development Authority (Special Provisions) Act No.5 of 1988

3.1.2 道路の政策と開発計画

a. 大統領の公約 (Mahinda Chintana)

マヒンダ・ラジャパクセ大統領は、2006 年に大統領公約として、向 10 年間 (2006-2016 年) の新スリランカのビジョン (Mahinda Chintana) を発表した。それによるとこの 10 年間、すくなくとも年 8 % の経済成長を達成することを目標としている。運輸セクターに関しては、つぎの目標を掲げた。

スリランカ国民全体が手軽に移動できるよう、高度で良質な道路網を整備し、人と物がスムーズに移動できるようにする。(Mahinda Chintana, 大統領の開発計画の公約)

上記公約では、特に道路開発が強調され、他の交通機関 (例えば鉄道など) とバランスを取りながら進めることになっている。

b. 国道マスタープラン (2007-2017)

上記の Mahinda Chintana に基づき、RDA は“国道マスタープラン(2007-2017)”を 2007 年に作成した。その使命は次のように書かれている。

適切かつ効率的な国道網を整備すること、移動しやすく、便利な交通を安全かつ快適なレベルで提供すること、設計は環境適応型とし、人と物の移動がスリランカの社会・経済的発展に寄与すること。

国道マスタープランによると、「政府の財源は限られており、種々のセクターからの要望も多い。道路部門は、今まで政府予算の大きな割合を占めていた。このマスタープランも同様である。したがって、道路予算の適切な評価と最適化は、不可欠である。」

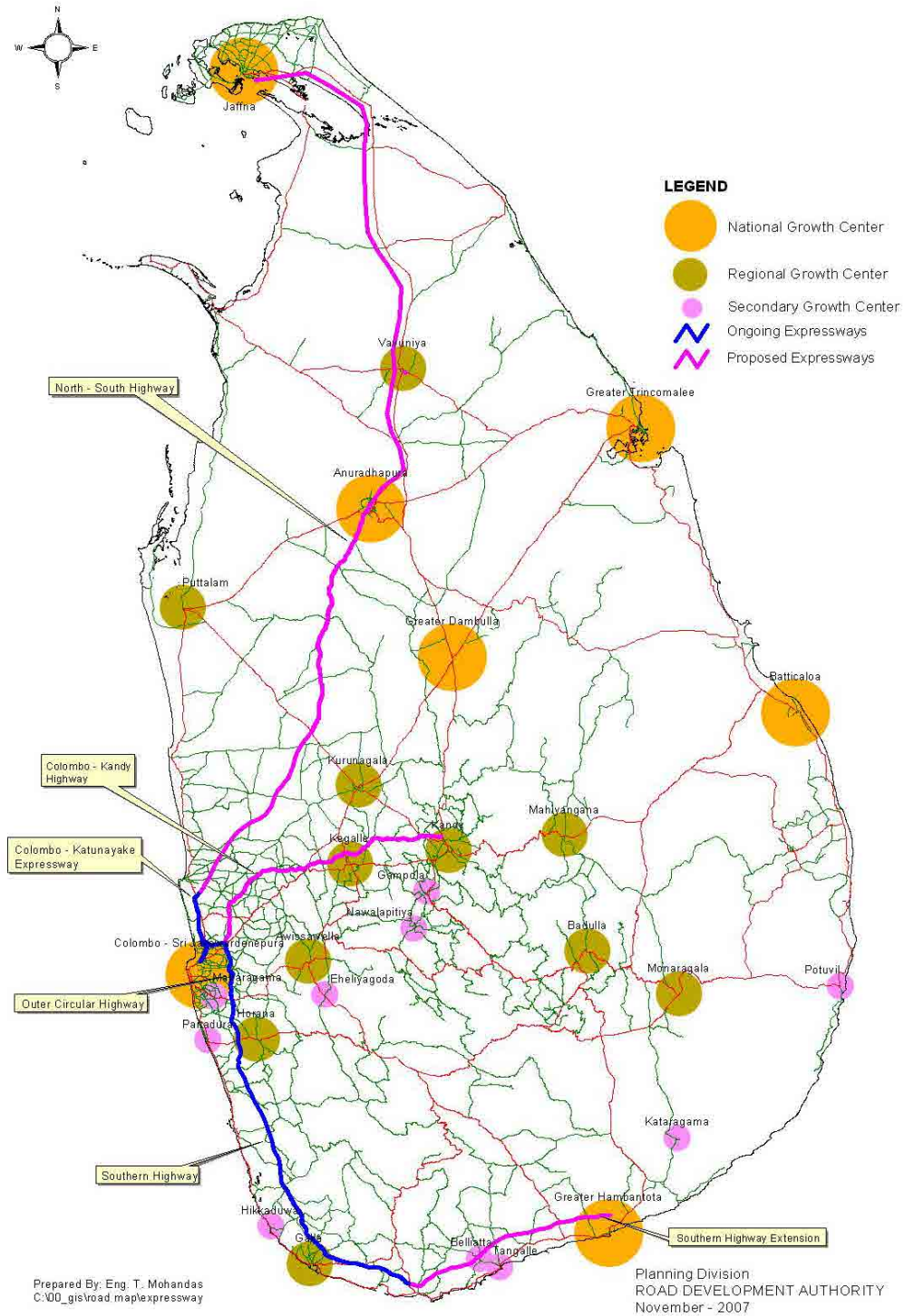
c. 国道マスタープランの内容

国道マスタープランは、バランスの取れた実効的な 10 年間の投資計画を目指しており、次の 6 項目からなっている。

- (i) 高速道路と一般道の建設(35.6%)
- (ii) 一般道の拡幅(32.1%)
- (iii) 交通混雑の解消(3.8%)
- (iv) 道路の維持管理(19.0%)
- (v) 橋梁の修復と架け替え(2.9%)
- (vi) 土地収用と住民移転、および社会・自然環境を保護するための政策(6.7%)

高速道路と一般道の建設予算は、全体の 35.6%で最大である。道路維持管理予算は、19.0%で3番目の大きさである。

高速道路と一般道の開発計画を図 3-3 に示す。それによると、地すべり多発地帯であるキャンディとバドゥラは地域成長センター（Regional Growth Center）、ヌワラエリアは第2次成長センター（Secondary Growth Center）と位置づけられている。



資料 : National Road Master Plan (2007-2017)

図3-3: 高速道路と一般道の開発計画

3.1.3 道路セクターの現況と課題

a. スリランカの道路現況

RDA の道路分類による、道路現況を表 3-4 に示す。

表3-4 道路区分と舗装状況

名称	区分	延長	舗装割合	担当役所
国道	A & B	11,671 km	100 %	RDA
州道	C & D	15,532 km	67 %	州の道路局 (Provincial Road Development Authority (PRDA))
地方道(2012年現在、Eクラスは廃止になった)	E	64,659 km	13 %	市町村 (Municipal/Urban Council or Local Authority)
その他の道路	区分なし	24,000 km	-	地方および村落開発省 (Ministry of Rural Development (MORD) Village Development Society)
合計	-	115,862 km	-	-

(資料: National Road Master Plan (2008-2017), RDA, 2007)

本調査は主に A クラス道路が対象であり、B クラスでは、B431 道路のみが調査対象になっている。調査対象道路の概要を表 3-5 に示す。

表3-5 中央山岳地帯における A クラス道路の現況

項目	Conditions
舗装	<ul style="list-style-type: none"> 舗装には密粒度アスファルト舗装と簡易舗装であるアスファルトマカダムがあり、舗装状況はよい。しかし現在道路改良工事中も何箇所かある。 アスファルトマカダム舗装道路は、振動が大きく、あまり乗り心地がよくない。
線形	<ul style="list-style-type: none"> 道路改良工事後は、平面と縦断線形が改良されている。しかし平面曲線半径はまだ小さいところが多く、設計速度は40-60km/hくらいが多い。 ジグザグ(つづら折れ)道路が、山岳道路には多い。
地すべり	<ul style="list-style-type: none"> 多くの地すべり、落石箇所が山岳道路には多い。 RDAは種々の地すべり対策工を道路脇に建設しているが、いまだ不十分なところが多く、根本的な解決が必要である。
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> RDAは道路で土砂災害が発生すると、すみやかに岩や土砂を除去し、交通の確保に努めている。 RDAは日常点検、定期的維持管理を実施している。
雨量	<ul style="list-style-type: none"> 山岳地帯の最大雨量は、2,000-4,000mm/年と多い。

図 3-4 は、2012 年 5 月に完成した、18 個のヘアピンカーブを持つ、A-26 道路の Hasalaka 付近(キャンディ県)を示す。スリランカの代表的な山岳道路で、ADB 資金で韓国のコントラクターが施工した。



資料：ADB's News Letter, June 2012

図3-4: A-26 国道、Hasalaka 付近の 18 個のヘアピンカーブ写真

b. スリランカの道路セクターの課題

スリランカの国道網は順次整備され、維持管理も幅広く実施されているが、道路交通が便利かといえば、最近のスリランカの経済発展と比較すると、まだ不十分な点が多い。国道のマスタープラン(2007-2017)によると次のような課題がある。

A クラス道路の課題

A クラスの道路は多くが改良されたが、まだ改良中のところもある。現在の A クラス課題は次のとおり。

- A クラス道路のほとんどの区間は 2 車線であり、増大する交通量に対し不十分な所が多い。（たとえば A-1 のコロンボーキャンディ道路）。
- A クラス道路は、混雑する都市部を通過することが多く、バイパスの数は少ない。
- 平面曲線半径が小さく、設計速度が小さいところがある。
- 簡易舗装であるアスファルトマカダム舗装が、まだ多く残っており（たとえば A-21 のケゴールーアビスウェラ道路）、乗り心地が悪く、スピードが出ない。
- 以上のような理由で、走行速度が小さく、短い距離でも時間がかかる。例えば：

コロンボーキャンディ道路 (A-1) : L=116 km, 走行時間 4-5 時間、
キャンディーマワラエリア道路 (A-5) : L=77 km, 走行時間 4 時間。

不法占拠

道路敷地内に店舗、建物などが入り込み、また路上駐車が A クラス道路に多い。このため、車の走行速度が下がり、土地収用にも多大の労力を必要とする。

斜面对策工の不足

土砂災害発生時には、RDA は迅速に対応し、土砂の除去に努めている。しかし斜面对策工は十分でなく、技術面、予算面で大いに改良の余地がある。また最近の道路改

良工事には斜面对策が含まれているが、予算的、技術的制約のため、最小限の工事しか実施されていない。

3.1.4 RDAが実施している地すべり対策

a. 一般的地すべり対策

a.1 地すべりの原因

地すべりの原因には、大別して2つあり、一つは自然的要因、もう一つは工事などによる人的原因である。これら2つは、複合して起こることもあり、複雑である。

地すべりの自然的要因の第一は、降雨であり、そのほかには次のことがあげられる。

- 斜面の傾斜角度
- 地質構造、地形
- 土質
- 地価構造および地下水位
- 影響を受ける地域に、人が住んでいるか、構造物があるか。

a.2 一般的対策工

地すべり対策工法には、簡単なものから、構造物の構築まで、次のような種類がある。

- 急斜面や過去に地すべりがあった場所では建設工事をしない。
- 土地の用途と開発を規制し、斜面の安定性を損なわないようにする。
- 地すべり危険度マップを用いて斜面での工事を規制し、危険度を減らす。
- 抑止工や抑制工の工事を実施し、現存の建物と交通に障害が出ないようにする。
- 現況の観測、測定を通じて、住民に警告を発し、地すべりが発生しそうな状況になったら、住民を一時的にも避難させる。

b. RDAの現在の地すべり対策

RDAは現在、次のような地すべり対策を実施している。

- 鉄筋コンクリートおよびフトンかごによる擁壁
- 練り石積み擁壁
- 土砂および岩盤を掘削し斜面崩壊が発生しないようにする（一般的対策）
- 地すべりが発生したら、すみやかに土砂および岩を除去する。
- 岩盤斜面に対するモルタル吹付け
- ソイルネイル、植生、植樹を切土、盛土斜面に施す。
- 迂回路の建設

なお、円借款で建設された南部ハイウェイ建設事業においては、部分的に横ボーリングによる地下水排水を実施している例もある

c. RDAの代表的斜面对策工

c.1 斜面掘削

RDAは斜面掘削として、次のような対策工を実施している。

- オーバーハングしている岩、落石の危険がある岩盤を掘削（発破）し、落石を防ぐ。
- 岩掘削で、小段を設ける（図3-5）
- 地すべり頭部の土砂を取り除き、斜面の安全性を高める。
- 法尻に盛土し、斜面の安定性を高める。



（資料：調査団）

図3-5: 岩掘削の小段の例(スリランカ南部高速道路)

c.2 排水工

RDAは次のような排水工を実施している。

- 法面表面排水工（図3-6）
- 地中穴空き管排水



（資料：調査団）

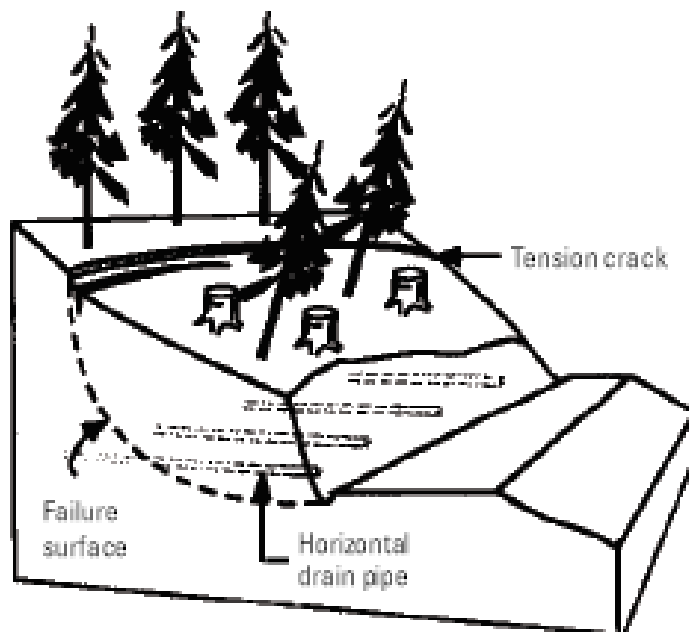
図3-6: 法面表面排水工(スリランカ南部高速道路)

c.3 地中穴空き管排水

地中穴空き管排水は、少量の地下水排除に有効である。また地下水が地すべりの原因になっているような所を確認し、設置すべきである。

c.4 横ボーリング排水

RDAは横ボーリングによる排水を、数少ない例だが実施している。たとえば、A-05道路の Hakgala の地すべり箇所施工した。



(資料: The Landslide Handbook, USGS (US Geological Survey, 2008))

図3-7: 横ボーリング排水工

横ボーリング排水工は、地すべり対策工法として道路建設に広く使われる工法である。特に、掘削工事と一緒に設置されると効果的である。注意すべき点は以下のとおりである。

- 配水管が正しく設置されていること（排水口に向かって傾斜）
- すべり面の排水が的確にできること
- 管の穴の目詰まりが無く、確実に排水されているか確認すること

横ボーリングは次の工程で設置する。

- 必要な深さまで、ドリルする
- ケーシングを挿入し、中の土を取り除く
- 穴あき塩化ビニール管（PVC）をフィルターで巻く
- 穴あき塩ビ管をケーシングを通して挿入する
- ケーシングを引き抜き、穴空き管の先端にスクリーンを設置する
- 穴空き管の中を清掃し、中の泥などを取り除く

c.5 コンクリート擁壁

コンクリート擁壁は、RDA が最も多く使っている地すべり対策工である(図 3-8)。



(資料 : JICA 調査団)

図3-8: コンクリート擁壁(A-26 道路、キャンディ県)

c.6 フトンかご

フトンかごも RDA は道路脇の地すべり対策工として多用している(図 3-9)。フトンかごは、太目の針金で箱を作り、その中に径 10-20cm の岩石を詰め、何段かに積み上げたものである。そのため、人力施工が可能で、安価で容易に施工ができる。また基礎地盤が多少沈下しても、変形するので対応が可能である。

フトンかごは、施工が容易で安価であるだけに、設置場所は慎重に選ばねばならない。なぜなら背後の土圧に対しては、それほど強い構造ではないからである。図 3-9 の写真の場所でも、延長 5m に渡り、50cm くらいフトンかごが押し出されている箇所がある。応急措置としてはフトンかごは有効だが、土圧がかかる所は、永久構造物としては、別の対策工を考えるべきである。



(資料 : 調査団)

図3-9:フトンかごによる地すべり対策工(A-05 道路 83km、ヌワラエリア)

c.7 植生工

RDA は、地すべりの環境に優しい対策として、植生工を採用している。植生工にはソイルネイルと繊維に種子を吹き付けた工法も含まれる。なぜなら、種子吹付けや芝張り、植林だけでは、かえって地すべりを誘発する恐れがあり、それらを確実に斜面に固定するには、ソイルネイルや繊維（ジオファイバー）が必要だからである。その他の注意点は以下のとおりである：

- 吹き付ける種子の種類は、地元の経験ある緑化業者と事前に十分相談すること。
- 種子吹き付けの前に、斜面勾配をなるべく緩くし、種子がつきやすく、将来に侵食が進行しないようにする。
- 斜面の表面排水の設置、切土と盛土のオーバーハング部の除去、緩傾斜、小段の設置など、植生工の前に十分な準備工を施工すること。

d. RDAの地すべり対策工のガイドライン

RDA は現在、RDA 内の R & D Division が主導し、道路の地すべりのガイドラインを作成中である。その一環として、2012年7月10日に、ガイドラインの原稿に対するワークショップがコロンボで開かれ、多くの関係者と共に JICA 調査団も協議に参加した。そこで配布された原稿は、19 ページしかなく、その内容も、目次と若干の説明があるだけの簡単なものであった。

RDA はワークショップで3ヶ月以内にガイドラインを完成させたいと述べたが、このような進捗では、完成までに相当の努力が必要である。

現在は、道路に特化したものではないが、NBRO は次の2つの地すべりのガイドラインを持っており、RDA もそれを準用している。

- 1) “Guidelines for Construction in Landslide Prone Areas”, Sri Lanka Urban Multi-Hazard disaster Mitigation Project (SLUMDMP), Ministry of Housing and Plantation Infrastructure, March 2003.
- 2) “Slope Protection Guidelines (in Sinhala)”, NBRO, 2009

上記の1) のガイドラインにある、対策工例を記載のページを図 3-10 に示す。

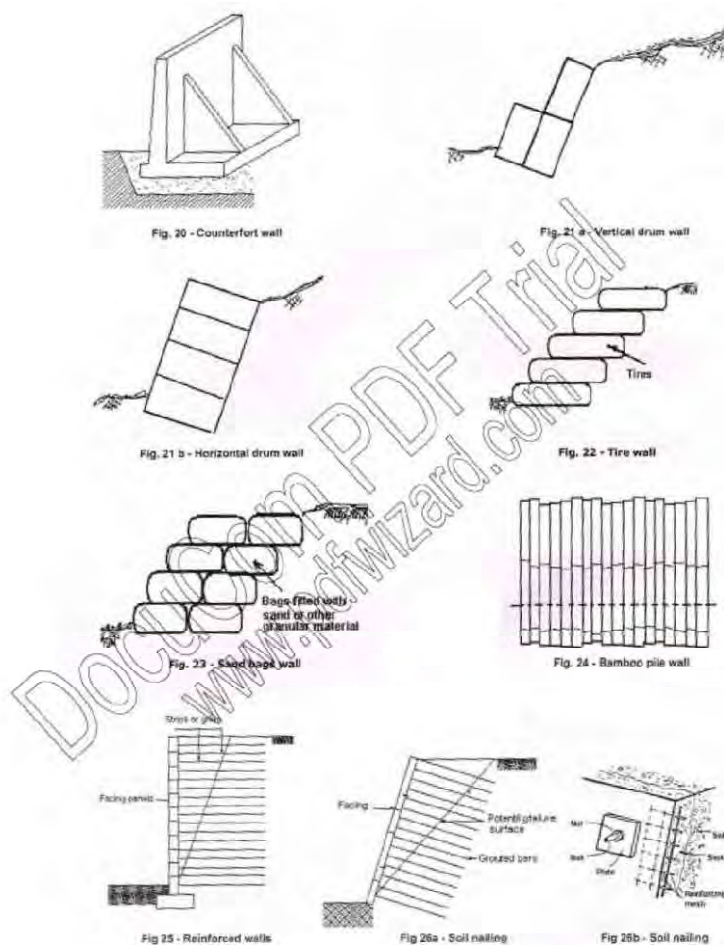


図3-10: 地すべり対策工の例(NBRO のガイドラインによる)

3.1.5 他の援助機関および援助国の対応

a. 他の援助機関の地すべり対策

我々調査団が、RDA に他の援助機関の地すべり対策はどうなっているか聞いたところ、「今までに地すべりに特化したプロジェクトは無い。道路改良工事の一部として、法面保護工が含まれているだけである。」という返事だった。したがって、この地すべり対策プロジェクトがスタートすれば、スリランカ初のプロジェクトになる。

ちなみに、スリランカで道路改良プロジェクトを多く手がけている ADB のケースを調べてみた。ADB の“Country Partnership Strategy, Sri Lanka 2012-2016”, October 2011 を見ると、多くの開発プロジェクトの中に交通関係が記載されている。しかし地すべりに関する記載は見られず、次のように書かれているだけである。

“交通：政府の開発優先度は、まず高速道路網の構築であり、国道および県道とのより良い接続を計る。次に地方道網を整備し、主要な成長センターとの接続を良くする。ADB の援助の中心は、主要幹線道路の整備であり、県道と地方道を整備し、発展が遅れている地域の開発に資することである。(ADB のスリランカ開発政策、2012-2016、2011 年 10 月より)”

b. 他の援助国の対応

山岳地域で2000年以降に実施されたプロジェクトのドナーは、ADB、韓国、中国、そして日本である。2011年、2012年は、中国ファンドのプロジェクトが急増している。これらのHighland地域でプロジェクトの教訓として、下記の点が挙げられる。

プロジェクトの終了した区間を見る限り、終了後ものり面崩壊、落石が頻発しており、RDAとしてもメンテナンスに大きな労力を払うことになっている。その理由は設計段階で急斜面对策が考慮されていなかったことである。詳細な地質調査、斜面調査が行われず、工事が急がれたことが問題である。工事中、完了後の点検が不十分で、対策がほとんど取られていない。設計段階で急斜面对策が考慮されていなかった。

- 一部のプロジェクトで、工事工程が大幅に遅延しているところがある。入札前のPQ段階で、スリランカでの経験、同様の工事経験など、慎重な審査が必要である。
- 地すべり対策は、スリランカではまだ未発達の技術と工事経験である。十分経験があるコントラクターを選定し、同時にローカルコントラクターに技術移転できるような体制が必要である。
- 各ドナーとも斜面調査、地すべり調査が不十分で工事期間や完了後に、落石や地すべりが発生し、通行に支障を及ぼしている例が多く見られる。特に、拡幅工事は上方斜面を不安定化させることが多く、背後斜面も含めた詳細調査が必要である。

表3-6 ドナーによる山岳地域プロジェクト概要、教訓と問題点

ドナー	プロジェクト名	期間		路線、区間、サイト	延長 (km)	推定コスト (Rs Mn)	概要	教訓、問題点
		From	To					
ADB	National Highway Sector Project	01.11.2008	29.02.2012	A026 Road (Udathenna to Mahiyangana) 31.3 km - 72.1 km	41	4,705	改築、改良 Udatenna - Mahiyangana road	プロジェクト期間、すべての箇所でも急斜面对策が含まれていなかったため、一部箇所でも適切な対策が取られなかった。
		01.12.2008	30.06.2012 (Programme is revised)	A005 Road (NuwaraEliya to Badulla) 75.2km -130.1km	57.5	5,318	改築、改良 Nuwaraeliya - Badulla road	設計段階で急斜面对策が考慮されていなかった。
Korea	EDCF funded Road Projects	2000	2004	A004 road (Ratnapura to Balangoda)	48.25		改築、改良 Ratnapura to Balangoda road	設計段階で急斜面对策が考慮されていなかった。
		2004	2008	A004 road (Balangoda to Beragala)	40		改築、改良 Balangoda to Beragala road	設計段階で急斜面对策が考慮されていなかった。
		2004	2008	A016 road (Beragala to Bandarawela)	17		改築、改良 Beragala to Bandarawela road	設計段階で急斜面对策が考慮されていなかった。
		01.12.2011	31.05.2014	A007 Road (Hatton to NuwaraEliya) (72km -115.5km)	43.5	5,685	改築、改良 Hatton to NuwaraEliya road	NBROのガイドラインが本プロジェクトで取り入れられるべきであった
China	Priority Road Project 1	12.12.2011	11.12.2013	B421 Road (Thiruwanketiya to Kalawana)	33.45	2,800	改築、改良 Thiruwanketiya - Agalawatte Road	設計段階で急斜面对策が取り入れられていなかった。
		12.12.2011	11.12.2013	B421 Road (Kalawana to Agalawatte)	34.35	3,500	改築、改良 Thiruwanketiya - Agalawatte Road	設計段階で急斜面对策が取り入れられていなかった。
	Priority Road Project 2 (Northern)	06.12.2011	05.12.2013	B421 Road (33.45 km - 67.80km)		1,169	再建築、拡幅 Bridges on Thiruwanketiya - Agalawatte Road	—
		07.12.2011	06.12.2013	B036 Road (Badulla-Andaulpotha)	48.2	3,370	改築、改良 Badulla - Karametiya - Andaulpotha Road	設計段階で急斜面对策が取り入れられていなかった。
		07.12.2011	06.12.2013	B122(Galagedara to Rambukkana) road	18.5	1,925	改築、改良 Galagedara-Rambukkana Road	設計段階で急斜面对策が取り入れられていなかった。
		20.03.2012	19.09.2014	B413 Road (Kandehandiya to Ragala) (20.30km-73.64km) Length of 85.01 km	53.44	7,307	改築、改良 Tennekumbura-Rikilagaskada-Ragala Road	設計段階で急斜面对策が取り入れられていなかった。
20.03.2012	19.03.2014		85.01	2,876	改良 Provincial Roads in Nuwara Eliya District	設計段階で急斜面对策が取り入れられていなかった。		
Japan	Road Network Improvement Project	completed in 2007		AB 013 road (Gampola to Nawalapitiya)	17		改築、改良 Gampola-Nawalapitiya Road	Rank C(A0113-015)が含まれているが、設計段階で調査が不十分であった。
		completed in 2007		A005 Road (Gampola to NuwaraEliya)	54	4,100	改築、改良 Gampola-NuwaraEliya Road	Rank C(A005-046)が含まれているが、設計段階で調査が不十分であった。

3.1.6 スリランカの道路開発の必要性

スリランカの道路開発の必要性について述べる。

a. 交易上の必要性

スリランカの陸上輸送は、道路が中心であり、道路の発展が国全体の交易の競争力に大きな影響を与えている。交易統計によれば、スリランカの製造業が、既に世界の物流網に組み込まれていることは明らかである。国内の物流システムをより効果的にすることで、その地位を堅固にすることができる。

b. 増加する自動車台数

1997年から2006年まで、スリランカの自動車台数は年平均30%で伸びている。しかし道路建設にかかわる予算は、実質ベースで年12%の増加にしか過ぎない。まず第一に維持管理費用の予算が不足している。その維持管理予算が不足のため、道路の損傷が進み、かえって道路修復や道路再構築に必要な費用が増大している。

c. 設計と道路政策

交通量の増加に応じて、戦略的に交通容量を増加する必要があり、次の政策が重要である。

- 主要道路は現在の1車線を2車線に、幹線道路は2車線を4車線に拡幅する
- 道路の横断構成を改良し、路側には排水用の側溝を設置する
- 歩行者保護のための施設（ガードレール、横断歩道など）を設置する
- コロンボ周辺の道路開発だけでなく、全国の開発拠点結ぶことを考慮した、マスタープラン(2007-2017)に基づく開発が必要である

d. 資金調達とその他の要素

資金調達とその他に関しては次の事項が大事である。

- 道路維持管理に対する継続的な予算配分
- 道路改良に、PPPやPIP(官民協力のパートナーシップ)制度の活用
- 道路分野における、監督官庁の技術、管理能力の向上
- スリランカのローカルコントラクターの技術とマネージメント能力の向上

3.2 斜面防災対策セクター

3.2.1 国立建築研究所 (NBRO)²

a. NBROの組織、人材

NBROは1984年創設され、技術サービス、研究、開発機関として成長を遂げている。多方面の技術、経験をもつ専門家からなり、国家の災害軽減に貢献している。NBROの専門は広く、環境科学、地すべりと関連するジオナザード研究、居住計画、エンジニアリング業務管理、地質工学、建築材料工学に関わってきている（図3-11）。

NBROの設立目的は、防災省の責務に貢献することに変更になった。すべての活動は災害リスクの軽減に集約される。

今年、職員採用と昇格に関する新しいスキームが管理サービス部門に承認された。新しいスタッフの教育プログラムは、2012年現在検討中である。

b. 地すべり研究・リスク管理部(LRRMD)

LRRMDは丘陵・山地の地すべりとそれに関連するジオハザードを研究し、災害管理のために役立つ短期的また長期的な地すべりメカニズム解析を行っている。LRRMDの人員は、野外に強い地質技術者、地質工学技術者、地理学技術者、コンピュータサイエンス技術者などからなる。地すべりに関する情報・サービスは、LRRMDの部長、地方事務所の担当者から得られる。地すべり問題を抱える地域住民に対しては、必要に応じて調査依頼申込書を送り、それに従って調査員を送ることを行っている。

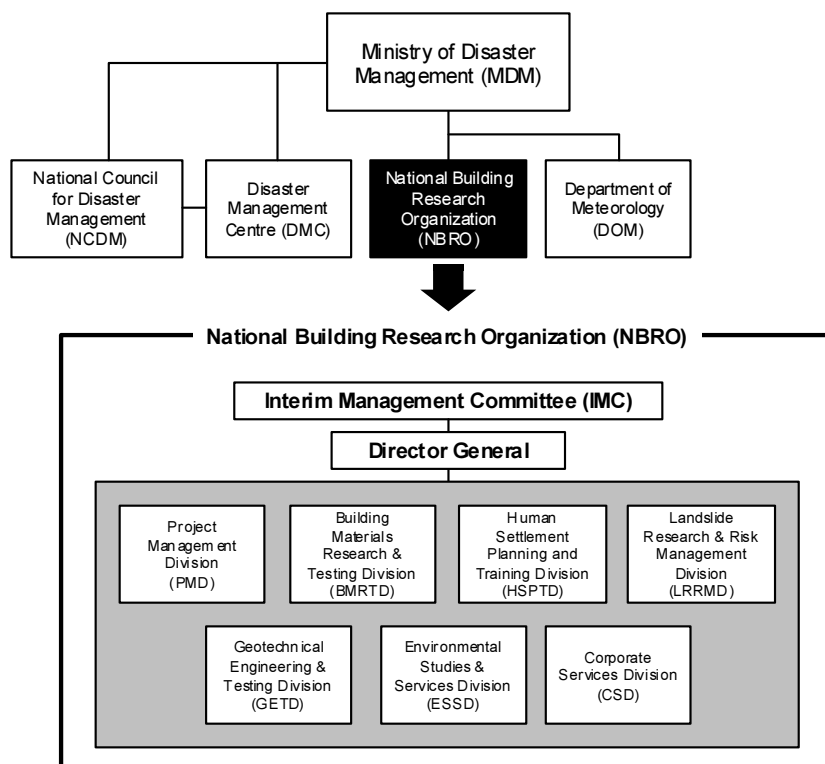


図3-11: NBROの組織

² ここに記述はNBROの2011年年報を参考にしてている。

c. 予算

NBRO は GOSL から、毎年、試験室と野外機材の調達経費として受け取る。また、一例として、外国ドナーや協力関係にある研究所が研究費あるいは NBRO のプロジェクト費として提供される資金もある。GOSL からの資金は国家的には最優先課題である地すべり災害リスク軽減に使われる。

NBRO は独立採算の組織で、財政的に必要なことは、政府機関や民間からの要望に対するコンサルタント業務、材料試験から得られる。2007 年から 2011 年にかけて、総利益は連続的に上昇し、2011 年の年間の固定的な収入額の 1.82 億 Rs. は NBRO の歴史の中で最高を記録した (図 3-12)。これは 2010 年の 43% あまりの増収となった。特に、材料試験と技術サービスの部分は 2011 年では 1.08 億 Rs. (NBRO の収入全体の 59%) という大きな成長となった。その中で、GOSL からの地すべり研究・対策費は 0.73 億 Rs. であった。

2011 年の総支出は、1.8925 億 Rs. で、その中には財務省から DMC を通じて資金投入のあった Peradeniya と Padiyapalalla での地すべり対策費が含まれている。2011 年 12 月 31 日時点では 0.16 億 Rs. を DMC 経由で受け取った。

地すべりハザードマップ作成は、0.215 億 Rs. 政府からの資金に加え、さらに政府の資金が期待される。0.1 億 Rs. の資金は財務省から DMC を通じて、地すべりの特別な調査やリスク削減の提案のための支出に見合うものとなっている。

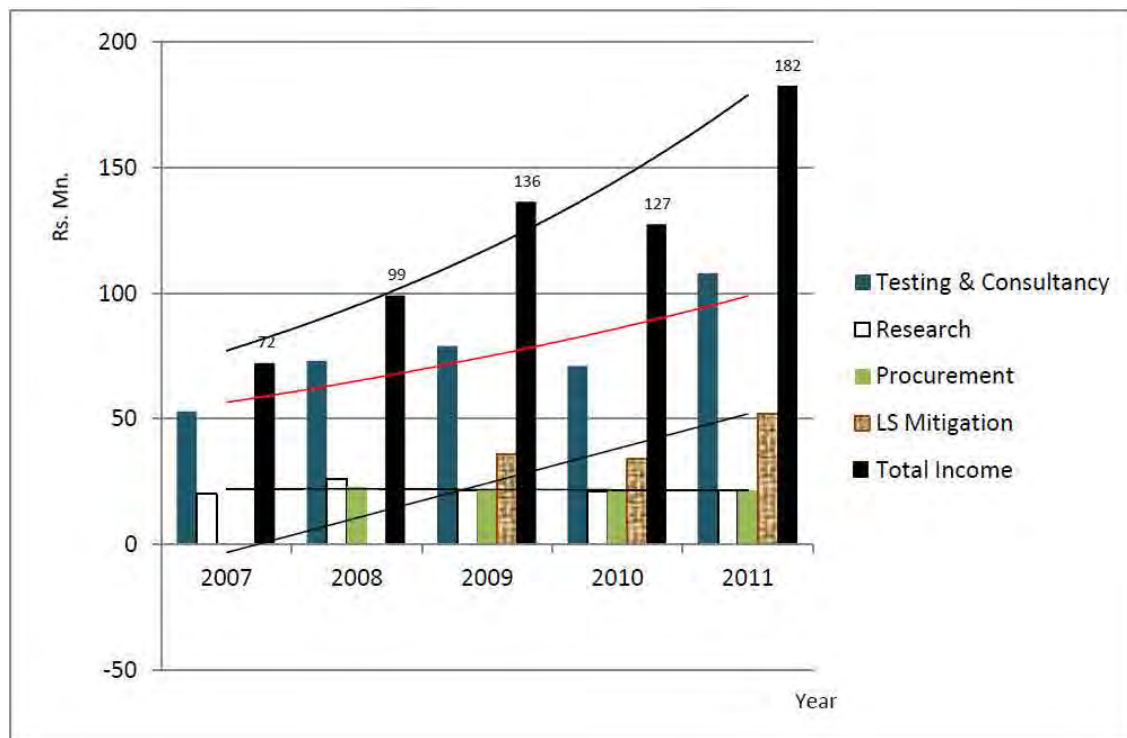


図3-12: 過去5年間の NBRO の財務動向 (出典: NBRO2011 年年報)

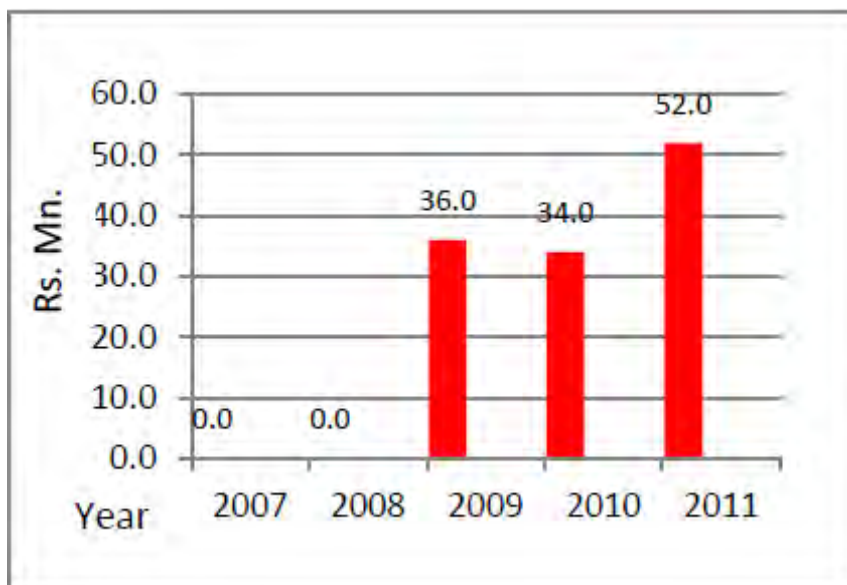


図3-13: 過去5年間の地すべり対策予算の推移(出典:NBRO2011 年年报)

d. 業務内容

NBRO の専門業務範囲は、地すべりと関連するジオナザード研究、居住計画、土木エンジニアリング業務、建築材料工学、環境科学、エンジニアリングプロジェクト管理と多岐に渡る。ここ数年 NBRO はスリランカの中で、高いレベルの研究機関としての能力向上を図ってきた。そして、現在、防災省の中での研究機関としての位置づけを明確にしてきた。NBRO は国レベルでの生活環境の問題に向き合い、国民の生活の維持、向上に向けて、様々な解決策を提案している。

NBRO が進めている特別なタスク、研究・開発業務、技術コンサルタント業務は次の通りである。

- ・ 地すべり研究・サービス
- ・ 地質工学
- ・ プロジェクト管理サービス
- ・ 建築材料研究
- ・ 居住計画
- ・ 環境管理

3.2.2 地すべり災害セクターの開発方針と計画

NBRO の目標の一つに、国家的な発展と生活の質の向上、防災を通じた貧困削減に関し、政府を支援することが挙げられる。災害リスクの削減において、NBRO の役割は地すべり災害の軽減、適正な土地利用の実施、建築材料研究に基づく建築物の強化、環境コンプライアンスのための水・大気・騒音のモニタリング、土質適性の試験など多岐に渡る。

NBRO は地すべり災害と斜面安定研究、災害軽減において、適性のある組織として確立されている。NBRO は地すべり、ジオハザードの中心的組織として機能している。NBRO は現地調査による地すべりの潜在的危険性の特定とそれによるハザードマッピングの実施機関である。地すべり被害を受けないために、土地のクリアランスの確保の指示、地すべり危険地域での開発行為に対するレポートの作成は、地方自治体が

出す建築許可の前提条件となっている。

地すべり災害に対する脆弱性は NBRO の積極的な関与によって、過去数年に比べて非常に現象している。NBRO の活動分野はハザードマップの作成、地すべり調査、リスクの継続的モニタリングを基礎とした早期警報の発令、災害危険性軽減策、防災訓練、地すべりの危険性の高いコミュニティへの危険性と対応の周知活動など多岐に渡る。地すべり危険地域で開発行為、建設を行う場合は地方自治体の許可が必要になるが、NBRO によるチェックが行われることが災害軽減につながっている。政府がリスク管理の視点で十分検討された国土開発と地域への投資をすすめる上で、この活動が国家的な災害リスク軽減の重要なステップとなっており、結果的に災害の救援、救助活動のための経費節減に貢献している

NBRO の別セクションで行われている技術サービスも、国土開発計画、資源保護、成果の効率的活用、環境と災害インパクトの減少という形で、国家財政支出の削減に貢献している。地すべり災害の特定、地すべりハザードマップ作成、脆弱性評価、周知と災害軽減といった NBRO の活動は、一般によく知られるようになった。

3.2.3 地すべり災害リスク軽減のためのNBROの開発計画

NBRO の目標と役割は、MDM の災害リスク削減を行うための能力向上にある。この視点で、NBRO は組織の法的な根拠づくりの過程にあり、また、高いレベルの目標を達成すべく、職員の能力向上を図っている。そのために、試験室や野外での調査・研究の機材の購入、最新の解析ソフト、外国ドナーの連携などを通じて、組織的な能力が拡大を進めつつある。

NBRO の事業計画によれば、将来数年後には、政府からの資金は 1.46 億 Rs. で、NBRO 全体予算 2.45 億 Rs. の 60% になると予想されるが、政府が優先プロジェクトと位置づけ、政府から資金援助がある Garandi Ella 地すべり対策を迅速に進めることになると、この数字は大きく変動することが予想される。加えて、47 の地すべり危険箇所の資金先を探しているところで、対策工の実施が NBRO の通常業務の実施を難しくする可能性がある。これらの地すべり危険サイトの評価、脆弱性に基づく優先順位づけは 2011 年内に終了している。現在、キャンディ、マータレ、バドゥッラ、ヌワラエリヤの 4 県はこのプロジェクトのフェーズ 1 として、安定化に向けた工事を行うことになっている。その他の県はフェーズ 2、3 の対象地域として、順次実施される予定である。

この大型プロジェクトの迅速な実施のためには、強力なプロジェクト管理・実施体制の確立が喫緊の課題である。学際的な、複合的なアプローチがこのプロジェクトを実施を現実的なものにするようになる。

国家自然計画部(NPPD)は「スリランカ 2010-2030」という最近のプロジェクトプロポーザルの中で、NBRO が関わるべき将来のプロジェクトを特定している。この計画の中の重要なコンセプトとして、自然災害の危険性から距離を置いた居住の達成、減災の活動として危険な地域の修復と森林再生を掲げている。

3.2.4 他ドナー機関、国家の動向

NBRO にとって、重要なドナーは JICA と UNDP である。UNDP は NBRO が創立された 1984 年から支援を続け、特に 1990 年には地すべりハザードマップ作成プロジェクトの開始を支援した。現在も、このプロジェクトは地すべり危険区域の調査を続けると同時に、すでに終了した箇所への更新も行なっている。UNDP の資金による「多種類災害リスクプロフィール準備プロジェクト」“Multi Hazard Risk Profile Preparation Project”は、DMC を通じて NBRO に予算が執行され、ヌワラエリヤ県の 440 km²、ゴール県の 400 km² のハザードマップが整備された。作成されたハザードマップはすべて DMC に提供された。

アジア防災センター(ADPC)によって調整されている RECLAIM プログラムにより、ノルウェー技術研究所から 2 台の雨量計が Walapane と Peradeniya に設置されている。

JICA は、インド洋大津波後、緊急支援から復旧、復興支援までソフト、ハードを問わず幅広い支援を行っているほか、日本の知見を生かすべく、以下のような防災体制への支援も継続して行ってきた。

- 2005 年～2006 年：「防災行政強化プログラム」プロジェクト形成調査
- 2006 年～2009 年：防災機能強化計画調査（開発調査）
- 2006 年～2009 年：気象情報・防災ネットワーク改善計画（無償資金協力）

開発調査や無償資金協力により、洪水対策マスタープラン、早期警報・避難計画、水文観測システムや省庁間ネットワーク、コミュニティ防災活動用資材、自動気象観測システム等が策定、導入され、今後、防災活動を推進する上で重要となる計画や資機材が整備された。

現在実施されている気候変動に対応した防災能力強化プロジェクト（DiMCEP）は、DMC、DOM、NBRO など能力強化が必要であること、また、気候変動の影響と言われている災害の増加、激甚化に対応するため、JICA が実施している技術協力プロジェクトである。NBRO に対しては地すべりモニタリング技術、地すべり対策工の技術移転を行なっている。これらの JICA 事業を通じ、スリランカ国政府カウンターパート機関の基礎的能力は徐々に向上している。

ADPC、ITC(International Training Centre for Aerial Survey)、USAID (U.S. Agency for International Development 米国国際開発庁)、そして JICA からの支援は継続的に行われ、NBRO の活動を支えている。

3.2.5 NBROの地すべり対策

a. 対策システム

地すべり対策は構造物対策と非構造物対策とに分けることができる。下記のとおり、NBRO はこれらの両方の対策を行なっている。

LRRMD は過去 25 年にわたり、地すべり災害の軽減のための研究・調査を行なってきた。地すべり危険地域において、政府が行う細心の活動、プロジェクト、計画、環境悪化を食い止め、土地利用計画の改善、土地管理、居住計画、国家環境アクション

ンプランの準備、国家防災計画、土地利用と環境問題等に関する周知の徹底などに関し、コミュニティと開発機関に対し、重要な提言を行っている。地すべり地域での建設行為に関するガイドラインを出し、地すべりに対する配慮の重要性を説明している。

LRRMD の主な任務

- 1 すべりハザードマップの作成
- 2 地すべり災害の特定とリスクアセスメント
- 3 地すべり調査の応用
- 4 山地域での建設行為と土地利用のガイドライン
- 5 地すべり災害の軽減
- 6 周知と訓練プログラム
- 7 地すべり早期警報
- 8 地すべりデータベース

NBRO は今まで幾つかの地すべり対策、住宅再建業務に、他の機関をジョイントで関わってきた。例えば、国道沿いの Nawalapitiya、Beragala、Kahagolla の地すべり、鉄道沿いの Watawala の地すべりなどである。最近は、NBRO は大きな被害を出し、現在も周辺の住宅やインフラに驚異を及ぼしている Peradeniya、Padiyapelella、Mahawewa、Malhewa、Garandiella での地すべり対策プロジェクトに関わっている。Malhewa の工事は終了し、Peradeniya と Padiyapelella の工事でも、モニタリングは継続するが、工事は終了に近い状況である。他の箇所はプロジェクトが継続中である。



(出典: NBRO' Web site)

図3-14: Padiyapelella での地すべり対策工事

無計画な開発行為や山地域への人間の介入が、往々して拙速な土地改変、土地利用の変更をもたらすことを認識することに関し、NBRO はバドゥッラ県で土地利用政策計画部 (Land Use Policy Planning Department) と共同で実施している。適正な土地利用を通じて、地すべり災害リスクが低減されることを目指すことで、NBRO が最新の土地利用図をもとに地すべり危険度を評価する予定である。また、適正な土地利用のセットと建築と各種建設行為のためのガイドラインを紹介する予定である。

2011 年 2 月、NBRO は政府に総合的すべり災害軽減プロジェクト (Integrated Landslide Mitigation Project (ILSMP)) のプロポーザルを提出した。それは、10 の山岳県で、重要で危険性の高まっている地すべりでの災害軽減策に注目してもらうためのものである。ILSMP では総合的アプローチを 3 フェーズに分けて実施するもので、

地質学的、地質工学、社会学、環境学、法律面・経済面などに多方面から関係者や公共機関が集まり、共同と積極的な参加によって実施されるものである。

- フェーズ1：バドゥッラ、キャンディ、マータレ、ヌワラエリヤ各県
- フェーズ2：カルタラ、ケゴール、ラトナプラ各県
- フェーズ3：ゴール、ハンバントータ、マータラ各県

フェーズ1の最初の技術レポートは、47の特定された地すべりのうち、16の地すべりに対し、災害軽減策を実施するものである。その中の提案では、学校が危険な状態にあるキャンディ県の18箇所での地すべり軽減策、マータレ県とヌワラエリヤ県で12の学校に危険を及ぼしている地すべりも特定されている。

3.2.6 斜面管理と斜面保護のガイドライン(技術的ガイドライン)

NBROは地すべりの危険地域での一般的な建設のガイドラインを準備した。これらのガイドラインにより、建築や開発行為によって生じたインパクトによる地すべりの脅威を低減することができる。加えて、地すべりポテンシャルとリスク評価の調査が実施されたあとは、それぞれのサイトでの特別なガイドラインが土地利用計画、建設行為また他の開発行為の実施のために準備されている。

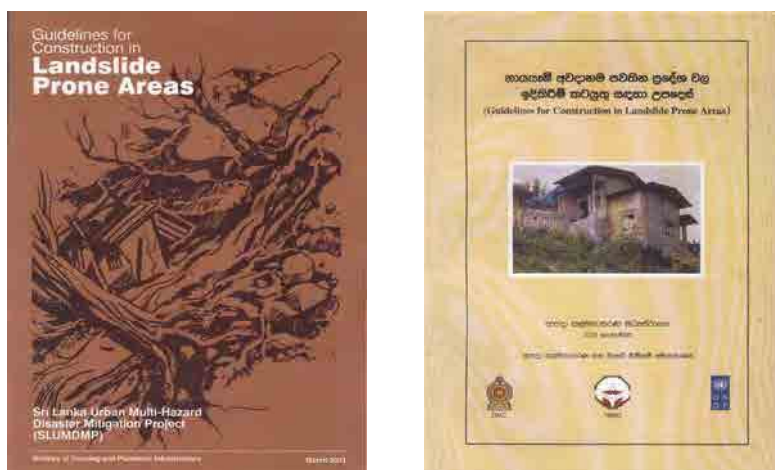
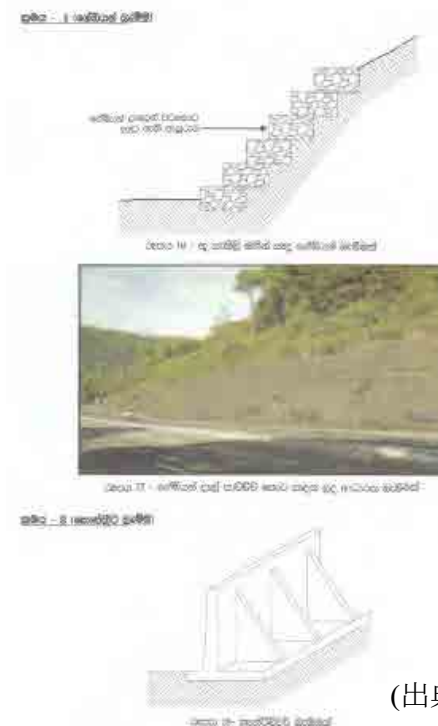


図3-15: 地すべり危険地域での建築のガイドライン(英語版とシンハラ語版)



(フトン籠)

(のり面下部のコンクリートよう壁)

(出典: NBRO's Landslide Guidelines (in Sinhala), 2009)

図3-16: ガイドラインに記載された地すべり対策工の例

地すべり・斜面管理、斜面保護の技術マニュアルはまだ NBRO によって準備されていない。現在施工されている対策工は NBRO 技術者の知識と経験で、現地の状況を調査した上で、設計・施工されている。NBRO の経験を通じて、知識や情報は蓄積されつつあり、技術的なガイドラインを作成できるレベルに達している。しかし、より先進的なガイドラインとするためには、地すべり対策の先進国、例えば日本のような国の事例をその中に紹介すべきであろう。NBRO は New ODA Loan Project を通じて、より先進的なガイドラインが作成されることを期待している。

3.2.7 NBROの地すべり対策

NBRO の地すべり対策の活動と進行の状況は、NBRO の年報から参照することができる。

a. 地すべりハザードマップ作成

1986 年の政府文書 116 により、政府は NBRO に対し、バドゥッラ県とヌワラエリヤ県のうち地すべり災害を受けた地域を緊急事業として地すべりハザードマップを作成することを指示した。ハザードマップ作成の大きな目的は地すべり災害の危険性、具体的な危険区域を示すことにより、安全な土地利用を推進し、持続可能な開発を推進することを目的としている。

ヌワラエリヤ県 Obada Oya 地区で 120 km² の範囲でパイロット的に実施したハザードマップの成功を受けて、NBRO は UNDP の支援を受けて、バドゥッラ県とヌワラエリヤ県で「地すべりハザードマッププロジェクト」を開始した。マップの縮尺は 1:50,000 で、マータレ県、キャンディ県、バドゥッラ県、ヌワラエリヤ県、ケゴール

県、ラトナプラ県、カルタラ県の7県で作成した。また、特定の地域を選び、縮尺1:10,000で、88面のマップを上記7県で作成しており、2011年にその作業は完了した。

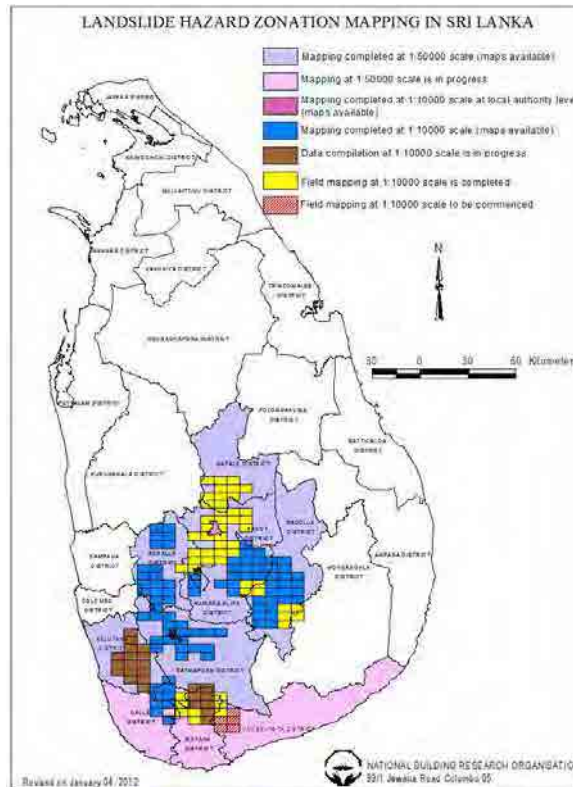


図3-17: 地すべりハザードマップの作成状況

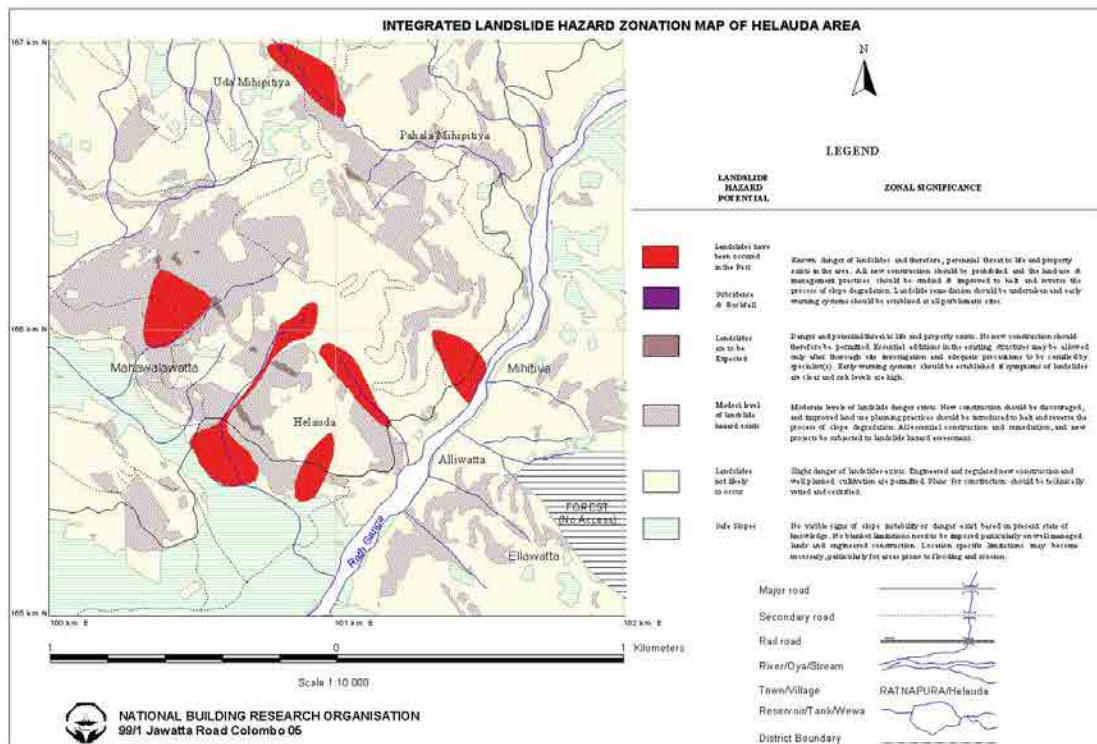


図3-18: 縮尺 1:10,000 のハザードマップの事例（作成後に発生した土砂災害を重ねたもの）

NBRO によるハザードマップの特徴は、評価要素として、地形タイプ、斜面の傾斜、基盤岩、土壌、風化状況、植生、土地利用などを統計的に解析している点である。このマップでは狭義の地すべり、斜面崩壊、落石、土石流などを特定して評価しているのではなく、包括的に斜面の不安定性、マスマーブメントの起こりやすさを示している。道路のり面・斜面のハザードマップを作成する場合は、上記の4種類のタイプを考慮したマップを作成することが期待される。

地すべりハザードマップ作成は LRRMD の主要な活動で、カルタラ、ヌワラエリヤ、ゴールの各県で UNDP の資金援助でスタートした。

カルタラ県(420km²)では、縮尺 1:10,000 で 640km² (2010 年に 220km²、2011 年に 420km²)の範囲で終了した。政府から資金により、ゴール、ハンバントータ県では縮尺 1:50,000 のマップが対象地域の 95%の面積が終了している。

UNDP の資金による「多種類災害リスクプロフィール準備プロジェクト」のもと、DMC を通じてヌワラエリヤ県の 440 km² とゴール県の 400 km² の範囲のハザードマップは終了している。

b. ヌワラエリヤ、キャンディ、マータレ、パドゥッラ各県における地すべり、落石危険斜面での減災と安定化

構造物による地すべり減災工事は、NBRO から DMC を通じて提出したプロポーザルに基づき、政府の資金で実施されている。最近、NBRO は都市部、あるいは準都市部の住宅移転が経済的に難しいところでの地すべり対策に踏み込んできている。Peradeniya、Padiyapalalla、Garandiella 地区での地すべり減災工事がすでに実施され、さらに中央地方とパドゥッラ県の 16 の地すべりに対し、5 年以内に減災工事が実施される予定である。

c. 地すべりの周知と訓練

地すべりの周知プログラムは、資金がないために NBRO によって実施されてはいないが、DOM、DMC、大学、UNDP、JICA、赤十字、アジア基金など他機関の実施するプログラムに地すべりの専門家と資源が LRRMD から投入され、周知プログラムに参加している。解説書やガイドラインは 38 の大学・マスターコースのレポートや修士論文に使われている。

d. 地すべり早期警戒システム(EWS)

スリランカにおける EWS の中心組織である NBRO の LRRMD は、一年を通じてそれに関する情報サービスを行なっている。EWS についての詳細は 5.3 章に記載する。

e. 特別調査

地すべりに関する特別調査とそれに基づく提案は関係の政府機関、NGO、民間組織に提供される。これらの調査の中で、LRRMD は国家的プロジェクトに関連する特別調査を終了し、Kaluganga (カル川) 水力発電所プロジェクトのような大型開発プロジェクトの EIA においても、プロジェクト認可組織として参加している。

f. 特別プロジェクト

DS の承認時、ヌワラエリヤ県での地すべり対策の中で、2011 年に Mallhewa 落石対

策は完了している。

Grandiella 地すべり調査は 2011 年 8 月に開始し、2012 年現在も継続している。4 本のボーリング調査を実施し、また、新しく購入したイメージ表示のできる電気抵抗調査機材による電気探査を行なった。この調査費として財務省から受け取った額は 5 百万 Rs. である。

ヌワラエリヤ県の Mahawewa とラトナプラ県の Galaboda の 2 地すべりサイトでは JICA の技術協力プロジェクト(DiMCEP)として、地すべり調査と軽減対策工の施工が行われている。2010 年 7 月にモニタリング機材を設置し、2013 年までの間、モニタリングを続ける予定である。NBRO と JICA との協議により対策工事は Galaboda 地すべりで実施されることになり、現在実施準備中である。

g. 研究活動

研究者がいないこと、十分な資金がないことなどで、研究については十分に実施できていない。しかし、ハザードマッププロジェクトと並行して、リアルタイム予測、地すべり対策などを通じて EWS の開発、より良い減災の手法を開発するべく、スタッフがデータを蓄積している。

h. 建設を行うための地方自治体の許可の発行・地すべり危険地域での建設行為のためのレポート

内閣の承認を得たあと、2011 年 2 月 15 日サーキュラーがすべての自治体と防災省によって承認されたプロジェクト実施機関に配布された。配布されたサーキュラーにより、NBRO はマータレ県、キャンディ県、バドゥッラ県、ヌワラエリヤ県、ケゴール県、ラトナプラ県、カルタラ県、ゴール県、マータラ県、ハンバントータ県の 10 県に出先地方事務所を設置した。現在、土地利用の許可証の発行作業を行っている。2011 年 3 月から 12 月末までで、12,301 件の書類が提出され、11,485 件で調査が行われ、9,995 件でクリアランス許可が出された。

4 地すべり災害に関するリスクアセスメントと解析

4.1 調査対象国道での地すべりの事例

調査対象国道沿いに認められた斜面崩壊、落石・岩盤崩壊、そして地すべりの例を以下に記述する。

➤ 国道 A026 号線

災害形態：落石・岩盤崩壊

地質状況：チャーノカイト質片麻岩（風化部と新鮮部の混在）

この地点は落石・岩盤崩壊が懸念される典型的なサイトであり、国道 A026 号線の 55 km 付近に位置し、以下では A026-055 地点と呼称する。A026-055 では落石・岩盤崩壊だけでなく、残積土や風化岩が分布する地点で斜面崩壊も想定される。図 4-1 に A026-055 地点の状況を示す。

図 4-1 から判るように、のり高 15m ほどと推測される斜面の肩部には不安定岩塊が残っており、除去されるか固定されるべきである。一方、図 4-2 は岩盤崩壊の可能性がある岩盤斜面を示している。図 4-2 の拡大画像から理解できるように、急傾斜斜面に分布する岩塊の背面には開口亀裂が確認されている。これらの不安定岩塊もまた、除去されるか物理的な方法により固定されるべきである。

これらの岩盤部分に挟まれるように、風化部が分布している。したがってこのサイトでは落石・岩盤崩壊に対する対策工だけでなく、風化部の斜面崩壊に対する対策工も必要となる。



(全景)



(拡大)

図4-1 A026-055 終点側



(全景)



(拡大)

図4-2 A026-055 起点側

➤ 国道 A005 号線

災害形態：落石・岩盤崩壊

地質状況：チャーノカイト質片麻岩（新鮮だが亀裂が多い）

この地点は国道 A005 の 46 km 付近に位置しており、以下では A005-046 と表記する。A005-046 は Kandy と Nuwaraeliya を結ぶ A 級国道 A005 号線の真横に壮大な絶壁がそびえる地点である。図 4-3 には A005-046 地点の絶壁の様子を示す。

最も高い地点でこの急崖は高さ 50m 以上にも達すると想定した。これだけの高さから落下する岩塊・落石は破壊的なエネルギーをもたらす。

加えて、ほとんど垂直な急崖は対策に必要な調査と対策工の実施そのものにとって大きな障壁となる。直接的な対策工は不安定箇所除去と、コンクリート法枠とロックボルトのような物理的手段での固定を含むだろう。これらの対策には足場などの仮設工が必要不可欠であるが、仮設工は相当な広さを占めると思われる。したがって、現場において仮設工が設置可能かどうかはよく検討される必要がある。場合によっては、施工中は A005 号線は仮設工で通行が妨げられることもある。

上記した直接的な対策工の他に、既存の道路路肩から下方斜面側に張り出す橋などを利用した迂回策が考慮に値するだろう。このような橋を利用することによって、道路は急崖からある程度の距離を保つことができる。下方斜面も急傾斜であり、建設には困難が伴うが、仮設工が A005 号線の通行を妨げることはないものと思われる。

もし橋の建設が妥当でない場合、条件によってはロック・シェッドなどが対策工の候補としてあげられるだろう。



図4-3 A005-046 の絶壁

➤ 国道 A005 号線

災害形態：斜面崩壊

地質条件：風化残積土および片麻岩の風化岩

この地点は国道 A005 の 91 km 付近に位置しており、以下では A005-091 と表記する A005-091 は残積土と風化岩で発生する斜面崩壊の典型的なサイトであり、A 級国道 A005 号線のヌラエリア～バデューラ間に位置する。

片麻岩の風化岩が斜面の大部分を占め、薄い風化残積土が風化岩を覆っている。斜面の高さは約 15m に及ぶと推測される。中部高地を走る A 級国道に沿う他の切土斜面と同じように、法面勾配は安定を確保するには急すぎると思われる。加えて、法面にはガリ浸食の跡が散見される。このことは斜面の端に沿う表面排水が設置されていないか、あるいは機能していないことを示唆する。

この地点ではさらに、斜面崩壊肩部の上方斜面に分布するテラス状平坦面で、沈下を伴うテンション・クラックが発達している点が目を引く。このように斜面崩壊の背後で開口し発達するテンション・クラックは、斜面崩壊がさらに後方に発達しさらなる崩壊を引き起こす差し迫った危険が存在することを示唆している。

には A005-091 地点の斜面崩壊の状況を示す。



図4-4 A005-091 の斜面崩壊 (全景)



図4-5 A005-091 の斜面崩壊(沈下と開口を伴うテンション・クラック)

➤ 国道 A005 号線

災害形態：地すべり

地質状況：崩積土(colluvium),

この地点は国道 A005 号線 の 135 km 付近に位置しており、以下では A005-135 と表記する。この地点は Badulla 近郊に位置する典型的な地すべり地である。

A005-135 地点の地すべりは、複数の分化した地すべりが単独にあるいは影響し合っ
て運動する複合地すべりに分類される。地すべり地全体の大きさは 200~300m にも
達する。この地すべりは紅茶のプランテーションとして利用されている緩斜面で発生
しており、地すべり地内部の多くの建物を破壊してきた。壊された建物にはプランテ
ーションの病院や事務所、学校や労働者および管理者の住居が含まれる。国道 A005
号線は地すべりの末端に沿うように走り、地すべり末端から供給される土砂によって
繰り返し交通障害や通行止めに苦しめられてきた。



図4-6 A005-135 の地すべりの状況

➤ 国道 B413 号線

災害形態：地すべり

地質状況：崩積土、（おそらく）片麻岩の風化岩

この地点は国道 B413 号線の 70km 付近に位置する小さな橋とその両側の相当な延長の B413 号線を含む大規模な地すべりのサイトであり、以下では B413-070 と呼称する。NBRO によると、この地すべりの長さは 2,000m にも達し、幅は 500m 以上とのことである。しかし、滑落崖からの観察によると幅は 2,000m 程度にも達し、長さと同程度になるものと考えられる。主滑落崖は Ragala Rock 山の主尾根から分岐した尾根の斜面に位置し、多段にわたるテラス状の形態を示す。分岐した尾根は Ragala Rock 山の主尾根と並行に伸びており、主尾根と分岐した尾根の間の斜面でも地すべりが発達している。この地すべりは分岐した尾根が消失した後、主地すべりと合流する。

この大規模な地すべりは、地すべり地内に散在する多くの滑落崖とか、分化した地すべりの形態を示すように下方斜面に伸びる棚田状の地形といった複合地すべりの典型的な地形的特徴を示している。小さな滑落崖とか、開口したテンション・クラックなどは地すべりの中部や下部に相当すると思われる場所でも認められる。国道 B413 の表面は地すべり活動により大きなダメージを受けており、クラックや路面の沈下なども認められる。クラックは 70 km 地点の小さな橋の橋台にも認められる。さらに、この橋の下流側では放棄された道路と橋の遺構が認められ、過去においても、地すべり活動によって B413 号線が影響を受けてきたことを示している。この地すべりの活動は 1960 年代にまでさかのぼるとのことである。

この地すべりに対してはこれまで調査が行われていないため、下記に示す情報は不明のままである。

- すべり面の深度と形状、
- 全体としての地すべりの形状、

- 地すべり側部の位置、および端部の位置、
- 分化した地すべりの分布と形状
- 地すべり土塊の土質、
- 地下水状況、
- 水理地質的状况、

上記した情報は地すべり対策にとって欠くことのできない基本情報である。したがって、最適な対策工を考える前に、この大規模な地すべりに対して基本調査および詳細調査を実施する必要がある。

B 級国道 B413 号線は中国ファンドによる改良が進行中で、Kandy- Ragala 道路と呼ばれている。しかし RDA によると大規模な地すべり B413-070 を含む短い区間は、地すべり活動による改良工事のむずかしさから、改良区間から省かれるとのことである。図 4-7～10 に B413-070 の地すべりの状況写真を示す。



図4-7 B413-070 地すべり (主滑落崖より)



図4-8 B413-070 地すべり (地すべり中部)



図4-9 B413-070 地すべり (B413 の舗装の沈下)



図4-10 B413-070 地すべり (Km70 地点の小さな橋の橋台に入ったクラック)

4.2 リスクアセスメント・分析の概要

本業務は、スリランカ政府が土砂災害ハイリスク地域とする 10 県のうち、優先度の高い 7 県を対象とする。これらの国道での土砂災害と災害による構造物被害ならびに人命被害について、災害タイプと経済的損失に着目して調査を実施した。リスクアセスメント・分析はこれらの調査に基づいて実施する。

一般に、道路管理者は限られた予算と人員のもと、効率的かつ効果的な災害管理が要求されるとともに、道路利用者や近隣住民に対する道路での土砂災害に係る説明責任も必要となる。災害に対する優先順位付けや対策計画は、効果的な道路の土砂災害管理において必要不可欠である。土砂災害の優先順位付けを実施するにあたり、対象地区のリスクを定量化し、評価・予測する必要がある。リスク分析を実施することにより「ス」国での道路管理を効果的に実施することが可能となる。

対象道路・地区のリスク評価を行うにあたり、ランク A、B、C の 3 段階のランク付けを行う。それぞれの定義は以下のとおりである。

ランク A: 高リスク地域国道セクション

ランク B: 優先調査対象国道セクション

ランク C: 道路防災モデル地区

ランク A、B、C のスクリーニングを実施し、それぞれの段階においてハザード、交通量、経済指標等に基づいたリスク評価を実施した。ランク A と B については、RDA ならびに NBRO の既往データに基づいてスクリーニングを行い、ランク C については、現地調査および詳細な経済分析の後、RDA、NBRO、調査団での協議の上、優先順位を決定した。以下にスクリーニングのフローチャートを示すとともに、模式図を図 4-12 に示す。また、スクリーニング結果のまとめを表 4-1 に示す。

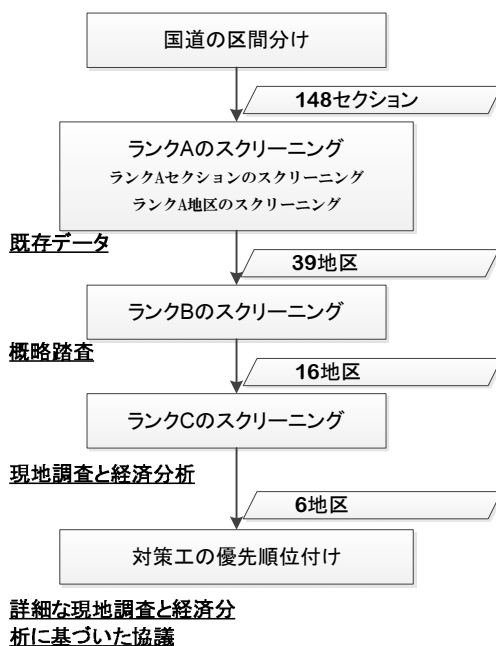


図4-11 ランク A、B、C スクリーニングのフォローチャート

1. 国道の区間分け：7県すべての「A道路」を3-10km程度の延長の単位に分割：148 セクション
2. ランク A のスクリーニング：既往データに基づいて 148 セクションから選定：39 地区
3. ランク B のスクリーニング：概略踏査に基づいて 39 地区から選定：16 地区
4. ランク C のスクリーニング：現地調査と経済分析に基づいて 16 地区から選定：6 地区
5. 優先順位付け：RDA、NBRO、調査団での協議の上、ランク C 地区の優先十位付け

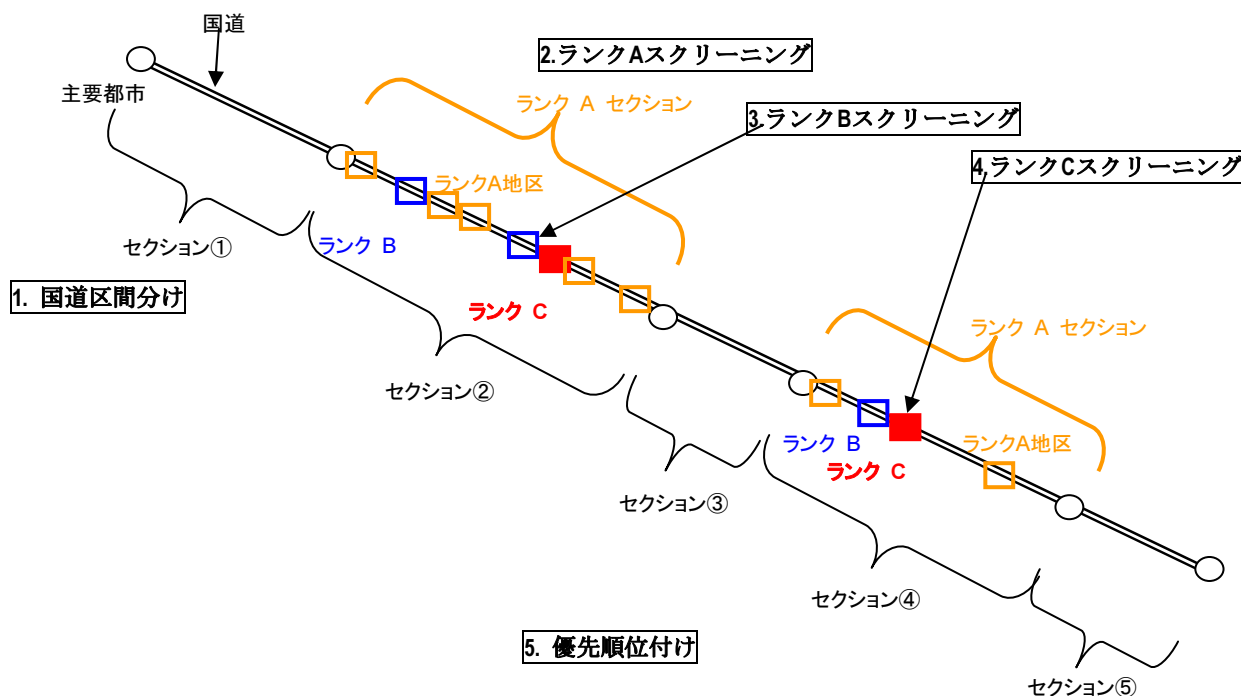


図4-12 スクリーニングの模式図

表4-1 スクリーニング結果まとめ

段階	対象	選定基準	数量
段階.0	7県すべての「A道路」	国道の区間分け: 全国道(10,000km)のうち、地すべり災害の発生が懸念されている7県すべての「A道路」を延長3-10km程度の小区間に分割した。	148セクション
段階.1	段階.1-1 ランクAセクション	複数の指標(災害記録、自然条件、社会条件)を用いた点数量(40点満点)において、22点(55%)以上の箇所をランクAセクションとした。	
	段階.1-2 ランクA地区	実務経験20年以上の技術者による現場チェックを通じて、ランクA地区を選定した。チェック項目は、斜面崩壊・落石、地すべり、土石流でそれぞれ異なる。	39地区
段階.2	ランクB地区	斜面高、斜面構成、斜面状況、災害種、表層の変状、既存対策工、環境条件からなる調査票を用いた概略踏査により選定した。調査票(100点満点)において、50点以上の箇所をランクBとした。	16地区
段階.3	ランクC地区	ランクB(16箇所)に関して、点検票を用いて、斜面危険度とそのハザードを評価することにより選定した。点検票(100点満点)で70点以上の箇所をランクCとした。	6地区

4.3 ランク A のスクリーニング(高リスク地域国道セクション)

4.3.1 国道の区間分け

はじめにランク A のスクリーニングを実施するにあたり、7 県すべての「A 道路」である A001、A002、A004、A005、A006、A007、A008、A009、A010、A016、A017、A018、A019、A021、A022、A023、A026、A113 において、道路地図と RDA の距離標資料に基づいて、区間分けを行った。区間は、主要都市間を 1 単位として約 3-10km 程度となっている。区間分けされたセクションは、7 県で 148 セクションであり、下表に示すとおりである。

表4-2 区間分けされたセクション一覧

No	県	道路名	都市・街		距離標		距離
			起点	終点	起点	終点	
A001	Kegalle	Colombo - Kandy	Province boundary	Junction of B457	55.682	56.855	1.173
A001	Kegalle	Colombo - Kandy	Junction of B457	Ambepussa	56.855	59.175	2.320
A001	Kegalle	Colombo - Kandy	Ambepussa	Nelundeniya	59.175	66.401	7.226
A001	Kegalle	Colombo - Kandy	Nelundeniya	Galigomuwa	66.401	71.998	5.597
A001	Kegalle	Colombo - Kandy	Galigomuwa	Kegalla	71.998	77.634	5.636
A001	Kegalle	Colombo - Kandy	Kegalle	Junction of B199	77.634	81.612	3.978
A001	Kegalle	Colombo - Kandy	Junction of B199	Mawanella	81.612	90.489	8.877
A001	Kegalle	Colombo - Kandy	Mawanella	District boundary	90.489	98.812	8.323
A001	Kandy	Colombo - Kandy	District boundary	Kadugannawa	98.812	100.209	1.397
A001	Kandy	Colombo - Kandy	Kadugannawa	Junction of B6	100.209	104.270	4.061
A001	Kandy	Colombo - Kandy	Junction of B6	Peradeniya	104.270	109.434	5.164
A001	Kandy	Colombo - Kandy	Peradeniya	Kandy	109.434	115.880	6.446
A002	Kalutara	Colombo - Galle - Hambantota - Wellawaya	District boundary	Panadura	22.000	26.657	4.657
A002	Kalutara	Colombo - Galle - Hambantota - Wellawaya	Panadura	Wadduwa	26.657	32.663	6.006
A002	Kalutara	Colombo - Galle - Hambantota - Wellawaya	Wadduwa	Kalutara	32.663	42.134	9.471
A002	Kalutara	Colombo - Galle - Hambantota - Wellawaya	Kalutara	Paiyagala	42.134	50.000	7.866
A002	Kalutara	Colombo - Galle - Hambantota - Wellawaya	Paiyagala	Beruwara	50.000	55.000	5.000
A002	Kalutara	Colombo - Galle - Hambantota - Wellawaya	Beruwara	Province boundary	55.000	60.505	5.505
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Province boundary	Getahetta	63.680	65.500	1.820
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Getahetta	Eheliyagoda	65.500	70.949	5.449
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Eheliyagoda	Parakaduwa	70.949	78.000	7.051
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Parakaduwa	Pussella	78.000	81.200	3.200
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Pussella	Kuruwita	81.200	86.900	5.700
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Kuruwita	Ratnapura	86.900	95.115	8.215
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Ratnapura	Tiruwanaletiya	95.115	103.942	8.827
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Tiruwanaletiya	Pelmadulla	103.942	118.521	14.579
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Pelmadulla	Opanayaka	118.521	128.300	9.779
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Opanayaka	Balangoda	128.300	143.331	15.031
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Balangoda	Samanalawewa bridge	143.331	153.000	9.669
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Samanalawewa bridge	Belihul oya	153.000	158.200	5.200
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Belihul oya	Halpe	158.200	167.000	8.800
A004	Ratnapura	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Halpe	Province boundary	167.000	168.363	1.363
A004	Badulla	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Province boundary	Kalupahana	168.363	173.700	5.337
A004	Badulla	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Kalupahana	Beragala	173.700	181.621	7.921
A004	Badulla	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Beragala	Galkanda new	181.621	189.200	7.579
A004	Badulla	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Galkanda new	Laymastotte	189.200	195.000	5.800
A004	Badulla	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Laymastotte	Koslanda	195.000	199.373	4.373
A004	Badulla	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa	Koslanda	District boundary	199.373	216.300	16.927
A005	Kandy	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Peradeniya	Geliya	0.000	6.092	6.092
A005	Kandy	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Geliya	Gampola	6.092	13.358	7.266
A005	Kandy	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Gampola	Atabage oya bridge	13.358	20.188	6.830
A005	Kandy	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Atabage oya bridge	Pussellawa	20.188	30.356	10.168
A005	Kandy	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Pussellawa	District boundary	30.356	38.500	8.144
A005	Nuwaraeliya	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	District boundary	Nawakadadora	38.500	40.100	1.600
A005	Nuwaraeliya	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Nawakadadora	Delunthalamada	40.100	45.100	5.000
A005	Nuwaraeliya	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Delunthalamada	Ramboda	45.100	52.500	7.400
A005	Nuwaraeliya	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Ramboda	Puha oya bridge	52.500	64.700	12.200
A005	Nuwaraeliya	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Puha oya bridge	Nuwaraeliya	64.700	68.894	4.194
A005	Nuwaraeliya	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Nuwaraeliya	Province boundary	68.894	78.477	9.583
A005	Badulla	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Province boundary	Keppetipola	78.477	87.067	8.590

No	県	道路名	都市・街		距離標		距離
			起点	終点	起点	終点	
A005	Badulla	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Keppetipola	Wellimada	87.067	93.923	6.856
A005	Badulla	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Wellimada	Etampitiya	93.923	107.762	13.839
A005	Badulla	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Etampitiya	Hali ela	107.762	117.511	9.749
A005	Badulla	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Hali ela	Badulla	117.511	125.518	8.007
A005	Badulla	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Badulla	Passara	125.518	140.184	14.666
A005	Badulla	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Passara	Tennugewatta	140.184	153.100	12.916
A005	Badulla	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Tennugewatta	Lunugala	153.100	172.100	19.000
A005	Badulla	Peradeniya - Badulla - Chenkaladi	Lunugala	District boundary	172.100	178.700	6.600
A006	Kegalle	Ambepussa - Kurunegala - Trincomalee	Ambepussa	Province boundary	0.000	7.250	7.250
A006	Matale	Ambepussa - Kurunegala - Trincomalee	Province boundary	Polgahawela	7.250	15.550	8.300
A006	Matale	Ambepussa - Kurunegala - Trincomalee	Polgahawela	Bulugolla	15.550	21.560	6.010
A006	Matale	Ambepussa - Kurunegala - Trincomalee	Bulugolla	Dambokka	21.560	27.930	6.370
A006	Matale	Ambepussa - Kurunegala - Trincomalee	Dambokka	Kurunegala	27.930	36.176	8.246
A006	Matale	Ambepussa - Kurunegala - Trincomalee	Kurunegala	Ibbagamuwa	36.176	46.980	10.804
A006	Matale	Ambepussa - Kurunegala - Trincomalee	Ibbagamuwa	Province boundary	46.980	69.260	22.280
A007	Kegalle	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Avissawella	Dehiowita	0.000	7.870	7.870
A007	Kegalle	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Dehiowita	Karawanella	7.870	13.910	6.040
A007	Kegalle	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Karawanella	Yatiantota	13.910	19.270	5.360
A007	Kegalle	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Yatiantota	Kitulgala	19.270	37.200	17.930
A007	Kegalle	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Kitulgala	Province boundary	37.200	41.300	4.100
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Province boundary	Junction of B189	41.300	43.150	1.850
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Junction of B189	Ginigathena	43.150	53.000	9.850
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Ginigathena	Junction of B71	53.000	58.040	5.040
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Junction of B71	Rozella	58.040	63.960	5.920
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Rozella	Hatton	63.960	72.000	8.040
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Hatton	Kotagala	72.000	74.670	2.670
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Kotagala	Dimbulla	74.670	82.120	7.450
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Dimbulla	Talawakele	82.120	88.410	6.290
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Talawakele	Lindula	88.410	92.370	3.960
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Lindula	Nanu oya	92.370	108.700	16.330
A007	Nuwaraeliya	Avissawella - Hatton - Nuwaraeliya	Nanu oya	Junction of A5	108.700	116.920	8.220
A008	Kalutara	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Panadura	Alubomulla	0.000	4.930	4.930
A008	Kalutara	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Alubomulla	Bandaragama	4.930	9.870	4.940
A008	Kalutara	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Bandaragama	Horana	9.870	18.270	8.400
A008	Kalutara	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Horana	Kalupahana	18.270	24.900	6.630
A008	Kalutara	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Kalupahana	Ingiriya	24.900	32.160	7.260
A008	Kalutara	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Ingiriya	Province boundary	32.160	36.490	4.330
A008	Ratnapura	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Province boundary	Nambapana	36.490	43.400	6.910
A008	Ratnapura	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Nambapana	Idangoda	43.400	51.000	7.600
A008	Ratnapura	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Idangoda	Gorakaela	51.000	57.200	6.200
A008	Ratnapura	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Gorakaela	Kahangama	57.200	63.300	6.100
A008	Ratnapura	Panadura - Nambapana - Ratnapura	Kahangama	Ratnapura	63.300	68.900	5.600
A009	Kandy	Kandy - Jaffna	Kandy	Katugastota	0.000	4.260	4.260
A009	Kandy	Kandy - Jaffna	Katugastota	Akurana	4.260	10.600	6.340
A009	Kandy	Kandy - Jaffna	Akurana	District boundary	10.600	17.100	6.500
A009	Matale	Kandy - Jaffna	District boundary	Matale	17.100	25.300	8.200
A009	Matale	Kandy - Jaffna	Matale	Palapatwela	25.300	32.540	7.240
A009	Matale	Kandy - Jaffna	Palapatwela	Kavudupelella	32.540	38.800	6.260
A009	Matale	Kandy - Jaffna	Kavudupelella	Madawala	38.800	42.700	3.900
A009	Matale	Kandy - Jaffna	Madawala	Nalanda	42.700	49.200	6.500
A009	Matale	Kandy - Jaffna	Nalanda	Naula	49.200	54.180	4.980
A009	Matale	Kandy - Jaffna	Naula	Pannampitiya	54.180	64.000	9.820
A009	Matale	Kandy - Jaffna	Pannampitiya	Dambulla	64.000	73.080	9.080
A009	Matale	Kandy - Jaffna	Dambulla	Province boundary	73.080	75.000	1.920
A010	Kandy	Katugastota - Kurunegala - Puttlam	Katugastota	Hedeniya	0.106	8.647	8.541
A010	Kandy	Katugastota - Kurunegala - Puttlam	Hedeniya	Galagedara	8.647	13.697	5.050
A010	Kandy	Katugastota - Kurunegala - Puttlam	Galagedara	Province boundary	13.697	16.368	2.671
A016	Badulla	Beragala - Hali-Ela	Beragala	Haputale	0.000	6.570	6.570
A016	Badulla	Beragala - Hali-Ela	Haputale	Bandarawela	6.570	16.630	10.060
A016	Badulla	Beragala - Hali-Ela	Bandarawela	Junction of A23	16.630	25.130	8.500
A016	Badulla	Beragala - Hali-Ela	Junction of A23	Demodara	25.130	30.080	4.950
A016	Badulla	Beragala - Hali-Ela	Demodara	Hali ela	30.080	38.640	8.560
A017	Ratnapura	Galle - Deniyaya - Madampe	Province boundary	Hayes	86.700	96.500	9.800
A017	Ratnapura	Galle - Deniyaya - Madampe	Hayes	Suriyakanda	96.500	112.940	16.440
A017	Ratnapura	Galle - Deniyaya - Madampe	Suriyakanda	Rakwana	112.940	130.580	17.640
A017	Ratnapura	Galle - Deniyaya - Madampe	Rakwana	Madampe	130.580	143.270	12.690
A018	Ratnapura	Pelmadulla - Embilipitiya - Nonagama	Pelmadulla	Kahawatta	0.000	7.000	7.000
A018	Ratnapura	Pelmadulla - Embilipitiya - Nonagama	Kahawatta	Madampe	7.000	13.020	6.020

No	県	道路名	都市・街		距離標		距離
			起点	終点	起点	終点	
A018	Ratnapura	Peimadulla - Embilipitiya - Nonagama	Madampe	Godakawela	13.020	20.900	7.880
A018	Ratnapura	Peimadulla - Embilipitiya - Nonagama	Godakawela	Pallebedda	20.900	26.730	5.830
A018	Ratnapura	Peimadulla - Embilipitiya - Nonagama	Pallebedda	Udawalawe	26.730	43.150	16.420
A018	Ratnapura	Peimadulla - Embilipitiya - Nonagama	Udawalawe	Udagama	43.150	53.480	10.330
A018	Ratnapura	Peimadulla - Embilipitiya - Nonagama	Udagama	Suriyawewa	53.480	66.260	12.780
A018	Ratnapura	Peimadulla - Embilipitiya - Nonagama	Suriyawewa	Province boundary	66.260	68.750	2.490
A019	Kegalle	Polgahawela - Kegalle	Province boundary	Kegalle	2.718	11.820	9.102
A021	Kegalle	Kegalle - Bulathkohupitiya - Karawanella	Kegalle	Hettimulla	0.000	6.260	6.260
A021	Kegalle	Kegalle - Bulathkohupitiya - Karawanella	Hettimulla	Undugoda	6.260	14.500	8.240
A021	Kegalle	Kegalle - Bulathkohupitiya - Karawanella	Undugoda	Bulathkohupitiya	14.500	25.220	10.720
A021	Kegalle	Kegalle - Bulathkohupitiya - Karawanella	Bulathkohupitiya	Ranawitiya	25.220	30.500	5.280
A021	Kegalle	Kegalle - Bulathkohupitiya - Karawanella	Ranawitiya	Anguruwella	30.500	37.090	6.590
A021	Kegalle	Kegalle - Bulathkohupitiya - Karawanella	Anguruwella	Karawanella	37.090	41.850	4.760
A022	Badulla	Tennugewatta - Hulandawa	Tennugewatta	District boundary	0.000	6.000	6.000
A023	Badulla	Wellawaya - Ella - Kumbalwela	District boundary	Ella	14.100	27.310	13.210
A023	Badulla	Wellawaya - Ella - Kumbalwela	Ella	Junction of A16	27.310	30.390	3.080
A026	Kandy	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Kandy	Junction of B311	0.000	4.550	4.550
A026	Kandy	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Junction of B311	Junction of B256	4.550	14.260	9.710
A026	Kandy	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Junction of B256	Hulu ganga bridge	14.260	17.800	3.540
A026	Kandy	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Hulu ganga bridge	Meegahamaditta	17.800	25.300	7.500
A026	Kandy	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Meegahamaditta	Medamahanuwara	25.300	32.800	7.500
A026	Kandy	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Medamahanuwara	Hunnasgiriya	32.800	38.700	5.900
A026	Kandy	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Hunnasgiriya	Madugoda	38.700	45.900	7.200
A026	Kandy	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Madugoda	Umbugala	45.900	54.200	8.300
A026	Kandy	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Umbugala	Hasalaka	54.200	64.800	10.600
A026	Kandy	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Hasalaka	Province boundary	64.800	72.230	7.430
A026	Badulla	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Province boundary	Beligalla	72.230	84.742	12.512
A026	Badulla	Kandy - Mahiyangana - Padiyatalawa	Beligalla	Province boundary	84.742	98.862	14.120
A113	Kandy	Gampola - Nawalapitiya	Gampola	Junction of B431	0.000	8.597	8.597
A113	Kandy	Gampola - Nawalapitiya	Junction of B431	Nawalapitiya	8.597	17.190	8.593

4.3.2 ランクAセクションのスクリーニング

ランク A（高リスク地域国道セクション）は、以下の段階的な方法で選定される。

1. 区間分けされたセクションからランク A セクションの選定
2. ランク A セクションからランク A 地区の選定

ここでいう「セクション」とは延長 3-10 km 程度の道路区間を示し、「地区」とは延長 1km 未満の道路斜面を示す。ランク A セクションは、7 県 148 セクションから既往データに基づいて、複数の指標を使った点数表により選定される。指標は災害記録、自然条件、社会条件から構成され、それぞれの指標と点数は下表に示すとおりである。

表4-3 ランク A セクション選定のために指標と点数表

指標		手法		出典
		参照データ	点数	
災害記録	災害記録	1960年代～2012年における対象道路での地すべり・斜面崩壊・落石の記録記録 [回数]	<ul style="list-style-type: none"> 1回以上: 10 点 0回: 0 点 	RDA/NBRO内部資料
			<ul style="list-style-type: none"> 4,000-5,000 mm/year: 10 点 3,000-4,000 mm/year: 8 点 2,000-3,000 mm/year: 6 点 1,500-2,000 mm/year: 4 点 1,000-1,500 mm/year: 3 点 -1,000 mm/year: 2 点 	National Atlas of Sri Lanka 1)
自然条件	降水量	平均年間降水量 [mm/year]		

事業者	交通量	予測交通量 ADT: Average Daily Traffic (2012) [台数]	<ul style="list-style-type: none"> ● 40,000-50,000: 10 点 ● 30,000-40,000: 8 点 ● 20,000-30,000: 6 点 ● 10,000-20,000: 4 点 ● -10,000: 2 点 	RDA内部資料
	迂回	都市間で迂回した場合の損失距離 [km]	<ul style="list-style-type: none"> ● 50km - : 10 点 ● 20 - 50km: 7 点 ● - 20km: 4 点 	Road & Tourist map of Sri Lanka 2)

(出典: National Atlas of Sri Lanka 2nd edition P.61, Department of Survey in Sri Lanka; Road & Tourist map Sri Lanka, Department of Survey in Sri Lanka)

本点数表による最高得点は 40 点であり、22 点 (55%) 以上をランク A セクションとした。選定されたランク A セクションは、合計 33 セクションあり、下表に示すとおりである。それぞれの点数表の詳細は巻末資料に示す。

表4-4 点数表により選定されたランク A セクション

No	県	都市・街		距離標		点数
		起点	終点	起点	終点	
A004	Ratnapura	Opanayaka	Balangoda	128.300	143.331	28
A004	Ratnapura	Samanalawewa bridge	Belihul oya	153.000	158.200	26
A004	Ratnapura	Belihul oya	Halpe	158.200	167.000	26
A004	Badulla	Province boundary	Kalupahana	168.363	173.700	26
A004	Badulla	Kalupahana	Beragala	173.700	181.621	26
A004	Badulla	Beragala	Galkanda new	181.621	189.200	23
A004	Badulla	Galkanda new	Laymastotte	189.200	195.000	23
A004	Badulla	Laymastotte	Koslanda	195.000	199.373	23
A005	Nuwaraeliya	Nawakadadora	Delunthalamada	40.100	45.100	23
A005	Nuwaraeliya	Delunthalamada	Ramboda	45.100	52.500	23
A005	Nuwaraeliya	Ramboda	Puha oya bridge	52.500	64.700	25
A005	Nuwaraeliya	Nuwaraeliya	Province boundary	68.894	78.477	23
A005	Badulla	Province boundary	Keppetipola	78.477	87.067	22
A005	Badulla	Keppetipola	Wellimada	87.067	93.923	22
A005	Badulla	Badulla	Passara	125.518	140.184	23
A005	Badulla	Tennugewatta	Lunugala	153.100	172.100	25
A007	Kegalle	Avissawella	Dehiowita	0.000	7.870	24
A007	Kegalle	Yatiantota	Kitulgala	19.270	37.200	30
A007	Kegalle	Kitulgala	Province boundary	37.200	41.300	22
A007	Nuwaraeliya	Province boundary	Junction of B189	41.300	43.150	32
A007	Nuwaraeliya	Junction of B189	Ginigathena	43.150	53.000	32
A007	Nuwaraeliya	Ginigathena	Junction of B71	53.000	58.040	32
A007	Nuwaraeliya	Rozella	Hatton	63.960	72.000	27
A016	Badulla	Beragala	Haputale	0.000	6.570	26
A016	Badulla	Haputale	Bandarawela	6.570	16.630	23
A017	Ratnapura	Province boundary	Hayes	86.700	96.500	26
A021	Kegalle	Undugoda	Bulathkohupitiya	14.500	25.220	23
A026	Kandy	Meegahamaditta	Medamahanuwara	25.300	32.800	23
A026	Kandy	Medamahanuwara	Hunnasgiriya	32.800	38.700	26
A026	Kandy	Hunnasgiriya	Madugoda	38.700	45.900	22
A026	Kandy	Madugoda	Umbugala	45.900	54.200	28
A026	Kandy	Umbugala	Hasalaka	54.200	64.800	28
A113	Kandy	Junction of B431	Nawalapitiya	8.597	17.190	29

4.3.3 ランクA地区のスクリーニング

ここでいう「地区」とは、斜面高 5m 以上かつ斜面傾斜 30 度以上で、地質のないし地形的な単位で分割される道路斜面のことであり、実際の対策工事を実施する場合の 1 工事地区を想定している。そのため、「セクション」中には複数の「地区」が存在する。

調査団は、ランク A 地区を選定するため、ランク A セクションの現地確認を行った。現地確認は、土砂災害対策に対して 20 年以上の経験を持つ技術者による目視点検で行われた。目視での着目点は、斜面崩壊・落石、地すべり、土石流でそれぞれ異なる（下表）。

表4-5 各災害種による着目点

斜面崩壊・落石	地すべり	土石流
① 崖錐斜面・裸地 ② 明瞭な遷急線 ③ 脚部の浸食 ④ オーバーハング ⑤ 浸食されやすい土質・岩質 ⑥ 密なクラック・弱層 ⑦ 流れ盤 ⑧ 浮石・不安定な岩や土 ⑨ 湧水 ⑩ 他の変状（ガリ、パイピング孔、沈降、隆起、開口亀裂、対策工変状）	① 地すべり地形（滑落崖、丘陵地、緩斜面、等高線異常、脚部隆起） ② 斜面上での亀裂、隆起、沈降 ③ 地層中の弱層、不連続面 ④ 湧水 ⑤ 対策工の効果	① 渓流内の多量の不安定土砂 ② 渓岸の新規クラック ③ 渓岸の新規崩壊 ④ 対策工の効果 ⑤ ボックスカルバートの高さ・幅

調査団により現地確認の結果、ランク A 地区をそれぞれのセクションから選定した。いくつかのセクションでは複数のランク A 地区が存在する箇所もあったが、複数セクションでランク A 地区に該当すると判断される箇所がなかった。結果として、39 地区が選定された。各セクションからのランク A 地区の数量を表 4-5 に示すとともに、最終的なランク A 地区を表 4-6 に示す。

表4-6 ランク A 地区の選定数量

No	県	都市・街		距離標		選定数
		起点	終点	起点	終点	
A004	Ratnapura	Opanayaka	Balangoda	128.300	143.331	1
A004	Ratnapura	Samanalawewa bridge	Belihul oya	153.000	158.200	1
A004	Ratnapura	Belihul oya	Halpe	158.200	167.000	1
A004	Badulla	Province boundary	Kalupahana	168.363	173.700	1
A004	Badulla	Kalupahana	Beragala	173.700	181.621	1
A004	Badulla	Beragala	Galkanda new	181.621	189.200	1
A004	Badulla	Galkanda new	Laymastotte	189.200	195.000	1
A004	Badulla	Laymastotte	Koslanda	195.000	199.373	1
A005	Nuwaraeliya	Nawakadadora	Delunthalamada	40.100	45.100	3
A005	Nuwaraeliya	Delunthalamada	Ramboda	45.100	52.500	1
A005	Nuwaraeliya	Ramboda	Puha oya bridge	52.500	64.700	1
A005	Nuwaraeliya	Nuwaraeliya	Province boundary	68.894	78.477	0
A005	Badulla	Province boundary	Keppetipola	78.477	87.067	1
A005	Badulla	Keppetipola	Wellimada	87.067	93.923	1
A005	Badulla	Badulla	Passara	125.518	140.184	1
A005	Badulla	Tennugewatta	Lunugala	153.100	172.100	1
A007	Kegalle	Avissawella	Dehiowita	0.000	7.870	0

No	県	都市・街		距離標		選定数
		起点	終点	起点	終点	
A007	Kegalle	Yatiantota	Kitulgala	19.270	37.200	1
A007	Kegalle	Kitulgala	Province boundary	37.200	41.300	0
A007	Nuwaraeliya	Province boundary	Junction of B189	41.300	43.150	1
A007	Nuwaraeliya	Junction of B189	Ginigathena	43.150	53.000	2
A007	Nuwaraeliya	Ginigathena	Junction of B71	53.000	58.040	2
A007	Nuwaraeliya	Rozella	Hatton	63.960	72.000	1
A016	Badulla	Beragala	Haputale	0.000	6.570	0
A016	Badulla	Haputale	Bandarawela	6.570	16.630	1
A017	Ratnapura	Province boundary	Hayes	86.700	96.500	0
A021	Kegalle	Undugoda	Bulathkohupitiya	14.500	25.220	1
A026	Kandy	Meegahamaditta	Medamahanuwara	25.300	32.800	2
A026	Kandy	Medamahanuwara	Hunnasgiriya	32.800	38.700	1
A026	Kandy	Hunnasgiriya	Madugoda	38.700	45.900	1
A026	Kandy	Madugoda	Umbugala	45.900	54.200	3
A026	Kandy	Umbugala	Hasalaka	54.200	64.800	4
A113	Kandy	Junction of B431	Nawalapitiya	8.597	17.190	2

表4-7 ランク A 一覧

No.	路線番号	名称	距離標		災害種
			起点	終点	
1	A004	A004-134	134/15	134	落石
2	A004	A004-154	154/7		地すべり?
3	A004	A004-162	162/8		土石流
4	A004	A004-173	173/11		斜面崩壊
5	A004	A004-174	175/1	175/3	斜面崩壊
6	A004	A004-185	185/6		地すべり
7	A004	A004-193	194/11		地すべり
8	A004	A004-196	196+300	196+800	地すべり
9	A005	A005-042	43/1	43/6	地すべり
10	A005	A005-043	43/8	43/9	落石/岩盤すべり
11	A005	A005-044	44/2	44/3	落石/岩盤すべり
12	A005	A005-046	46/5	46/6	落石/岩盤すべり
13	A005	A005-063	63/3		斜面崩壊
14	A005	A005-082	82+100	82+700	斜面崩壊
15	A005	A005-091	91+019		斜面崩壊
16	A005	A005-135	135+200	135+700	地すべり
17	A005	A005-167	168/8	168/9	地すべり
18	A007	A007-031	31/1	31/2	斜面崩壊
19	A007	A007-042	42/14		地すべり?
20	A007	A007-045	45		落石/岩盤すべり
21	A007	A007-047	47	48/1	地すべり
22	A007	A007-054	54/1		斜面崩壊
23	A007	A007-057	57/9		斜面崩壊
24	A007	A007-069	68	69/1	地すべり
25	A016	A016-010	10/12	11/1	地すべり
26	A021	A021-020	19+800	20+000	地すべり
27	A026	A026-027	27	28/1	落石/岩盤すべり
28	A026	A026-029	29	30/1	落石/岩盤すべり
29	A026	A026-036	36	37/1	斜面崩壊
30	A026	A026-045	46/2	46/3	斜面崩壊
31	A026	A026-048	48/9	48/10	斜面崩壊
32	A026	A026-049	50/4	50/5	斜面崩壊
33	A026	A026-051	51/1	51/2	斜面崩壊
34	A026	A026-055	55/4	55/6	落石/岩盤すべり

No.	路線番号	名称	距離標		災害種
			起点	終点	
35	A026	A026-056	56		斜面崩壊
36	A026	A026-058	58/2	58/4	斜面崩壊
37	A026	A026-060	60/3	60	落石/岩盤すべり
38	A113	A113-010	11/2	11/3	地すべり
39	A113	A113-015	16/5	16/6	地すべり

4.4 ランク B 地区 (優先調査対象国道セクション)の抽出

ランク B 地区はランク A セクションから選択されます。土砂災害の潜在的な引き金を特定するために以下の調査シート (図 4-13) を用いてランク B 候補についての現地調査を行います。

Survey of road slope face

		Date of investigation: dd-mm-yyyy	Score
Investigator name:		Research company name:	
Route No:		Location (latitude,longitude):	
Name of Road:		Location(start, end)(km):	(km)- (km)
type:	<input type="checkbox"/> cut slope <input type="checkbox"/> collapse <input type="checkbox"/> quarry <input type="checkbox"/> other()		
Slope width (m):		Slope height or length (m):	
Main composition of slope	<input type="checkbox"/> soil and residual Soil <input type="checkbox"/> weathered rock <input type="checkbox"/> rock <input type="checkbox"/> composite <input type="checkbox"/> colluvium		
Condition of slope	<input type="checkbox"/> remarkable erosion <input type="checkbox"/> traces of collapse <input type="checkbox"/> cracks <input type="checkbox"/> No damage <input type="checkbox"/> other()		
Possible disaster	<input type="checkbox"/> rock fall <input type="checkbox"/> collapse <input type="checkbox"/> rock mass failure <input type="checkbox"/> slide <input type="checkbox"/> nothing <input type="checkbox"/> other()		
Landslide surface anomalies	<input type="checkbox"/> large and new cracks <input type="checkbox"/> small and old cracks <input type="checkbox"/> slight deformation <input type="checkbox"/> no anomalies		
Environmental issue	<input type="checkbox"/> exist <input type="checkbox"/> no exist		
Installed countermeasure	<input type="checkbox"/> No countermeasure/ no effect <input type="checkbox"/> Some effect <input type="checkbox"/> High effect <input type="checkbox"/> Completely effect		
maintenance entity in the vicinity			sum Total (A)
	Situation photograph		0
Slope situation (photograph)			sum Total (B)
			0
Location map			Environment issue
			0
	Reduced scale(1:)		
Comment concerning slope situation			

図4-13 現地調査シートの概略イメージ

斜面の状態は現地調査シートの項目に基づいて定量化されます。評価項目と評価点を表 4-8 に示します。

表4-8 ランク B の選定の指標として使用された得点表

Item	Max score	Scoring
Slope type	15	<ul style="list-style-type: none"> • Cut slop: 5points • Collapse: 10points • Quarry: 0points • Other: 0points
Slope height	18	<ul style="list-style-type: none"> • >50m: 18 points • 30 - 50m: 12 points

Item	Max score	Scoring
		<ul style="list-style-type: none"> • 15 - 30m: 8 points • <15m: 5 points
length(for Landslide)	20	<ul style="list-style-type: none"> • <200m: 20 points • 200-500m: 15 points • 500-800m: 5 points • >800m: -30 points
Main composition of slope	50	<ul style="list-style-type: none"> • Soil and residual Soil: 20 points • Colluvium: 15 points • Composite: 10 points • Weathered rock: 5points • Rock: 0 points
Condition of slope	60	<ul style="list-style-type: none"> • Remarkable erosion: 30 points • Traces of collapse: 20 point • Cracks: 10 points
Possible disaster	50	<ul style="list-style-type: none"> • Collapse: 15 points • rock mass failure: 15 points • slide: 10 points • rock fall: 5 points • other: 5 points
Landslide surface anomalies(In case of the landslide)	30	<ul style="list-style-type: none"> • large and new cracks: 30 points • small and old cracks: 20 points • slight deformation: -10 points • no anomalies: -20 points
Installed countermeasure	-30	<ul style="list-style-type: none"> • No countermeasure/ no effect: 0 points • Some effect: -10 points • High effect: -30points • Completely effect : × 0
Environmental issue	0	<ul style="list-style-type: none"> • exist: × 0 • no exist: 0 points

ランク A 中の斜面について、危険度評価を行った結果を表 4-9 に示す。純粹な斜面の危険度評価による score(A)に既存の対策工効果を加えて(B)の点数を算出し、環境問題に関する評価を加えて最終 score(C)を算出している。

表4-9 ランク A セクションの危険度評価の結果一覧

No.	Route No.	Km	score (A)	Evaluation of existing countermeasure (B)	Evaluation of environmental issue (C)	Final evaluation
1	A004	134	40	40	40	ランク A
2	A004	154	50	50	50	ランク B
3	A004	162	25	25	25	ランク A
4	A004	173	110	110	110	ランク B
5	A004	174	123	123	123	ランク B
6	A004	185	10	0	0	ランク A
7	A004	194	10	10	10	ランク A
8	A004	196	30	30	30	ランク A

No.	Route No.	Km	score (A)	Evaluation of existing countermeasure (B)	Evaluation of environmental issue (C)	Final evaluation
9	A005	42	25	25	25	ランク A
10	A005	43	82	82	82	ランク B
11	A005	44	82	82	82	ランク B
12	A005	46	88	88	88	ランク B
13	A005	63	55	55	55	ランク B
14	A005	82+700	110	110	0	ランク A
15	A005	91	113	113	113	ランク B
16	A005	135	70	70	70	ランク B
17	A005	167	80	80	80	ランク B
18	A007	31	105	105	105	ランク B
19	A007	42	33	33	33	ランク A
20	A007	45	100	100	100	ランク B
21	A007	47	13	3	3	ランク A
22	A007	54	73	73	73	ランク B
23	A007	57	105	105	105	ランク B
24	A007	69	23	23	23	ランク A
25	A016	10	70	70	70	ランク B
26	A021	20	30	30	30	ランク A
27	A026	27	105	105	0	ランク A
28	A026	29	78	78	0	ランク A
29	A026	36	78	68	0	ランク A
30	A026	45	113	113	0	ランク A
31	A026	48	80	80	0	ランク A
32	A026	49	80	80	0	ランク A
33	A026	51	105	105	0	ランク A
34	A026	55	88	88	0	ランク A
35	A026	56	90	90	0	ランク A
36	A026	58	105	105	0	ランク A
37	A026	60	85	85	0	ランク A
38	A113	10	20	10	10	ランク A
39	A113	15	65	65	65	ランク B

表 4-9 の中から最終 score である(C)の点数が 50 点以上の箇所をランク B として選定した。選定されたランク B は 16 地区を表 4-10 に示す。

表4-10 ランク B 地区の一覧

Route No	No.	Name of road	Landslide record	Kilometer Post		Disaster Type
				St.	En.	
A004	A004-154	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road	2009	154/7		Slope Failure
A004	A004-173	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road	2000	173/11		Slope Failure
A004	A004-174	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road	2000	175/1	175/3	Slope Failure
A005	A005-043	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	43/9		Slope Failure (Rock Slide)
A005	A005-044	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	44/3		Slope Failure (Rock Slide)

Route No	No.	Name of road	Landslide record	Kilometer Post		Disaster Type
				St.	En.	
A005	A005-046	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	46+600		Slope Failure (Rock Slide)
A005	A005-063	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	63/3		Slope Failure
A005	A005-091	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2007	91+019		Slope Failure
A005	A005-135	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	135+200	135+700	Landslide
A005	A005-167	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi Road	2012	167+497	167+541	Landslide
A007	A007-031	Avissawella-Hatton-Nuwaraeliya	2007	31/1	31/2	Slope Failure
A007	A007-045	Avissawella-Hatton-Nuwaraeliya	2011	45		Rock Fall, Rock Slide
A007	A007-054	Avissawella-Hatton-Nuwaraeliya	2011	54/1		Slope Failure
A007	A007-057	Avissawella-Hatton-Nuwaraeliya	2011	57/9		Slope Failure
A016	A016-010	Beragala-HaliEla Road	1996	10		Landslide
A113	A113-015	Gampola - Nawalapitiya	2010	16/5	16/6	Landslide

4.5 ランク C 地区(道路防災モデル地区)の選定及びそれらの優先順位づけ

4.5.1 ランク C 地区の選定

ランク C を選定するために、その候補地を評価する詳細な調査シートが利用される。詳細調査シートの様子を以下に示す。この調査シートは斜面の一般情報シートと災害タイプ毎の詳細調査シートに分かれている。

General Information Sheet

Management office																						
Management number		Route No		Location(m)		to		Distance		m												
Disaster		Name of Road		Landmark		latitude		longitude														
Schematic sketch				Reporter's name :																		
				Date of report :																		
				Description																		
						History		New failure													Movement/extension	
Location map (Scale: 1:15,000)				Estimated disaster volume																		
				Proposed countermeasures		Type:																
						Specifi-cation:																
						Quantity																
						Cost (million Birr):																

図4-14 点検シート(一般情報シート)

Evaluation sheet (landslide)

Management number		Evaluator	
		Organization	

[Causes] (A)

		Category	Check	score		
Topographical factor	Result of photo interpretation	exist clearly				
		exist but partial and not clear		Max=30		
		exist but not clear				
Surface anomalies		large and new cracks, steps and subsidence				
		small and old cracks, steps and subsidence				
		slight deformation		Max=30		
		no anomalies				
Geological structure		fault, fracture zone				
		dip slope		Max=18		
		undip slope/ no characteristic feature				
Geological conditions	Main rock formation of landslide body	colluvium				
		Gneiss				
		Charnokite				
		Quartzite				
		Marble				
		Schist				
		Serpentine		Max=18		
		Granite				
		Hydrological feature		much springs / much seepage		
				little springs / little seepage		
trace of water				Max=10		
no water observed						
		sum total	0	(A)		

[History] (B)

		Category	Check	score
Records of Landslide	Existing record (documents or patrimony)	obvious		
		slight		
		none		
Damage on road facilities and houses		obvious		
		slight		
		none		

[Countermeasure] (c)

		Category	Check	score
There is no countermeasure				±0
Effectiveness of countermeasure		No effect		±0
		Some effect		-20
		High effect		× 0
		Score in evaluation from cause	0	(B)

Monitoring

		Check	score
There is monitoring for landslide			
Monitoring devices			
Organization			

[Description]

図4-15 点検シート(地すべり用)

Evaluation sheet (rockfall・slope failure)

Management Number		Evaluator	
[Causes](A)		[Countermeasure] (B)=(A)+α or (A)×0	
Item	factor	category of score	point
topography and factor	talus slope	3 or more correspondences	Max=3
	clear convex break of slope	2 correspondences	
	eroded toe of slope	1 correspondences	
	overhang, water catchment slope	no correspondences	Max=8
seal	susceptible to erosion	marked	
	less strength with water	a little marked	
		None	Max=12
geological conditions	rock	high density of cracks and a weak layer	
	susceptible to erosion	a little marked	
	fast weathering	None	Max=8
structure	dip slope of bedding plane	it corresponds.	
		None	
		marked	Max=6
	debris on impermeability bedrock	a little marked	
	The upper part is a hard /the toe of slope is weak.	None	
	Topsoil, detached rock and unsteady rock	instability	Max=12
surface condition		a little unstable	
		stability	
	spring water	notable spring water	Max=8
		seepage	
		None	
	surface condition	loose sand with minor vegetation	Max=5
		immediate (bare grass-trees)	
		mainly structure, mainly tree	
	dip (i) , height	H ≥ 50m	Max=18
		30 ≤ H < 50m	
		15 ≤ H < 30m	
		H < 15m	
		i ≥ 70°	
		45° ≤ i < 70°	
		i < 45°	Max=10
	targeted slope (surface collapse*small fallen rock*gully*erosion*seepage*hole*subsidence*heaving*bending of tree root*fallen tree*crack*open crack*anomaly of countermeasure)	2 or more correspondences-clarity	Max=5
		certain-uncertainty	
		None	
sum total		0 (A)	

[Main check object]	[Countermeasure] (B)=(A)+α or (A)×0	point (a)	check
cut slope	effectiveness of existing countermeasures	× 0	
natural slope	Potential rockfall and slope failure are prevented enough, or, it is defended enough when it is generated.		
[Main slope disasters]	Potential rockfall and slope failure are considerably prevented, or it is considerably defended when it is generated.	-20	
rockfall	Potential rockfall and slope failure are partly prevented, or it is partly defended when it is generated. However, it is not enough for the remaining factors.	-10	
slope failure	There is no countermeasure, or there is not effective even if countermeasures are not performed.	± 0	
sum total		0 (B)	

[History](C)	Level of disaster history	point	check
	There is a history about large fallen rocks and slope failures that were obstacles to the road traffic after construction of recent measures.		
	There is a history about large fallen rocks and slope failures that gets to the road though there is no obstacle to traffic.		
	There is a history about small fallen rocks and slope failures that did not get to the road.		
	No disaster records		
sum total		0 (C)	

[Overall judgement]	response	judgment	[Description]
	The countermeasure work is necessary.		
	Though the urgent countermeasure is not necessary, regular inspections are needed.		
	The countermeasure work is not necessary.		

(D)=MAX(B,C)	Score in evaluation from case	(B)	0
	Score in evaluation from history	(C)	0
	Among (B)&(C), large one.	(D)=MAX(B,C)	0

図4-16 点検シート (落石、崩壊用)

想定される Disaster が Landslide の場合の点数表を表 4-11 に示す。想定される Disaster が Rockfall 又は Slope failure の場合の点数表を表 4-12 に示す。

表4-11 ランク C 地区の選定に利用した評価点数(地すべり用)

Item	Max score	Scoring
Result of photo interpretation	30	<ul style="list-style-type: none"> ● exist clearly: 30 points ● exist but partial and not clear: 15 points ● exist but not clear: 7 points
Surface anomalies	30	<ul style="list-style-type: none"> ● large and new cracks: 30 points ● small and old cracks: 20 points ● slight deformation: 5 points ● no anomalies: 0 points
Geological structure	18	<ul style="list-style-type: none"> ● fault, fracture zone: 18 points ● dip slope : 7 points ● undip slope/ no characteristic feature: 0 points
Main rock formation of landslide body	18	<ul style="list-style-type: none"> ● colluvium: 7 points ● Gneiss: 3 point ● Charnokit : 3 points ● Quartzite: 0 points ● Marble: 0 points ● Schist: 3 points ● Serpentite: 1 points ● Granite: 1 points
Hydrological feature	10	<ul style="list-style-type: none"> ● much springs / much seepage: 10 points ● little springs /little seepage: 7 points ● trace of water: 5 points ● no water observed : 0 points
Installed countermeasure	-30	<ul style="list-style-type: none"> ● No countermeasure/ no effect: 0 points ● partially effect: -30points ● completely effect: × 0

表4-12 ランク C 地区の選定に利用した評価点数(落石、崩壊用)

Item	Max score	Scoring
collapsed factor	3	<ul style="list-style-type: none"> • 3 or more correspondences : 3 points • 2 correspondences : 2 points • 1 correspondences : 1 points • no correspondence: 0 points
geological conditions (soil)	8	<ul style="list-style-type: none"> • marked: 8 points • a little marked: 4 points • None: 0 points
geological conditions (rock)	12	<ul style="list-style-type: none"> • marked: 12 points • a little marked: 6 points • None: 0 points
geological conditions (structure: dip slope of bedding plane)	8	<ul style="list-style-type: none"> • It corresponds: 8 points • None: 0 points
geological conditions (structure: debris on impermeability bedrock)	6	<ul style="list-style-type: none"> • marked: 6 points • a little marked: 4 points • None: 0 points
Topsoil, detached rock and unsteady rock	12	<ul style="list-style-type: none"> • instability: 12 points • a little uns表 : 6 points • stability: 0 points
spring water	8	<ul style="list-style-type: none"> • no表 spring waster: 8 points • seepage: 4 points • None: 0 points
surface condition	5	<ul style="list-style-type: none"> • bare land with minor vegetation: 5 points • intermediate (bare・grass・tree) : 3 points • mainly structure, mainly tree: 1 points
height	18	<ul style="list-style-type: none"> • >50m: 18 points • 30 – 50 m: 12 points • 15 – 30m:: 8 points • <15m: 5 points
dip	10	<ul style="list-style-type: none"> • >70° : 10 points • 45° – 70° : 10 points • <45° : 5 points
anomaly	5	<ul style="list-style-type: none"> • 2 or more correspondences・clarity: 5 points • certain・unclarity: 3 points • None: 0points
Installed countermeasure	-20	<ul style="list-style-type: none"> • No countermeasure/ no effect: 0 points • Some effect: -10 points • High effect: -20points • Completely effect : ×0

ランク B の 16 地点について危険度評価を行った結果を表 4-13 に示す。想定される Disaster に対応した評価点が表中にされている。この中から評価点 70 点以上を基準にしてランク C 地区を選定した結果 6 箇所のランク C 地区が選定された。

表4-13 ランク B 地区の危険度評価の結果一覧

No.	Route No.	Km	Score (Landslide)	Score (Rockfall/Slope failure)	Final evaluation
1	A004	154	-	51	ランク B
2	A004	173	-	66	ランク B
3	A004	174	-	59	ランク B
4	A005	43	-	62	ランク B
5	A005	44	-	69	ランク B
6	A005	46	-	75	ランク C
7	A005	63	-	52	ランク B
8	A005	91	-	71	ランク C
9	A005	135	77	-	ランク C
10	A005	167	98	-	ランク C
11	A007	31	-	42	ランク B
12	A007	45	-	56	ランク B
13	A007	54	-	48	ランク B
14	A007	57	42	49	ランク B
15	A016	10	74	-	ランク C
16	A113	15	75	-	ランク C

表 4-14 に全てのランクの斜面一覧とランク区分を示す。ランク B とランク C 地区の一覧を表 4-15 に示す。

ランク B とランク C の分布図を図 4-17 に示す。図中の緑の円がランク B 地区でオレンジ色の円がランク C 地区である。

表4-14 全ての対象斜面とランク区分の一覧

No.	Route No.	Name of the Road	Year of Landslide recorded	Location		Disaster Type	Rank	Feature	EE Division	District
				Start (km)	End (km)					
A004-134	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahawela Land Slide)	2009	134/15	134	Rock Fall	A		Pelmadulla	Ratnapura
A004-154	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahawela Land Slide)	2009	154/7		Landslide?	B		Pelmadulla	Ratnapura
A004-162	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahawela Land Slide)	2003	162/8		Debris Flow	A	Debris Flow (L=8km)	Pelmadulla	Ratnapura
A004-173	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahawela Land Slide)	2000	173/11		Slope Failure	B	Adjacent to a high-tension pylon	Bandarawela	Badulla
A004-174	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya -Batticaloa Road (Rose Garden Land Slide)	2000	175/1	175/3	Slope Failure	B	2 major slope failures	Bandarawela	Badulla
A004-185	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya -Batticaloa Road (Pahala Viharagala Land Slide)	2000	185/6		Landslide	A		Bandarawela	Badulla
A004-193	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya -Batticaloa Road (Leemastota Land Slide)	2011	194/11		Landslide	A		Bandarawela	Badulla
A004-196	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Nakatiya Land Slide)	1999	196+300	196+800	Landslide	A		Bandarawela	Badulla
A005-042	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	43/1	43/6	Landslide	A	Landslide (L=1km)	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005-043	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	43/8	43/9	Rock Fall, Rock Slide	B	Unstable rocks with open cracks	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005-044	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	44/2	44/3	Rock Fall, Rock Slide	B	Unstable rocks with open cracks.	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005-046	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	46/5	46/6	Rock Fall, Rock Slide	C	Unstable rocks with open cracks	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005-063	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	63/3		Slope Failure	B		Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005-082	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	82+100	82+700	Slope Failure	A	Former 2 sections were merged in to 1 section. (Buffer zone of Hakgala Strict Natural Reserve)	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005-091	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2007	91+019		Slope Failure	C		Bandarawela	Badulla
A005-135	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi (2nd Mile Post Land Slide)	2011	135+200	135+700	Landslide	C	Landslide (L=0.2 ~ 0.3km)	Bandarawela	Badulla
A005-167	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi Road (Lunugala Land slide)	2012	168/8	168/9	Landslide	C	Landslide (L=0.1 ~ 0.2km) Detour by a bridge can be an option,	Bandarawela	Badulla
A007-031	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2007	31/1	31/2	Slope Failure	B	Eroded by Kelani River.	Ruwanwella	Kegalle
A007-042	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	1989, 2005	42/14		Landslide?	A	Landslide or Slope Failure		Nuwara Eliya
A007-045	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	45		Rock Fall, Rock Slide	B	Along with Slope Failure		Nuwara Eliya
A007-047	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	47	48/1	Landslide	A			Nuwara Eliya
A007-054	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	54/1		Slope Failure	B			Nuwara Eliya
A007-057	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	57/9		Slope Failure	B			Nuwara Eliya
A007-069	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	68	69/1	Landslide	A	Old road was moved away by the landslide.		Nuwara Eliya
A016-010	A016	Beragala-HaliEla Road (Kahagolla Land slide)	1996	10/12	11/1	Landslide	C	Head scarp approaching to the road shoulder	Bandarawela	Badulla
A021-020	A021	Kegalle-Bulathkohupitiya-Karawanella	2006	19+800	20+000	Landslide	A	Land owner didn't allow RDA to investigate the site.	Ruwanwella	Kegalle
A026-027	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2007	27	28/1	Rock Fall, Rock Slide	A	(Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026-029	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2007	29	30/1	Rock Fall, Rock Slide	A	(Forest Ordinance)	Kundasale	Kandy
A026-036	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2007	36	37/1	Slope Failure	A	Damage occurred during construction. Retaining wall was constructed. (Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026-045	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2010	46/2	46/3	Slope Failure	A	(Forest Ordinance)	Kundasale	Kandy
A026-048	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2011	48/9	48/10	Slope Failure	A	(Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026-049	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2011	50/4	50/5	Slope Failure	A	(Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026-051	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2011	51/1	51/2	Slope Failure	A	Damage occurred during construction. Retaining wall was constructed. (Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026-055	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2010	55/4	55/6	Rock Fall, Rock Slide	A	(Within Victoria Randenigala Rantembe Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026-056	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2011	56		Slope Failure	A	(Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026-058	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2011	58/2	58/4	Slope Failure	A	(Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026-060	A026	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2011	60/3	60	Rock Fall, Rock Slide	A	Damage occurred during construction. Retaining wall was constructed. (Within Victoria Randenigala Rantembe Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A113-010	A113	Gampola - Nawalapitiya	2011	11/2	11/3	Landslide	A		Kadugannawa	Kandy
A113-015	A113	Gampola - Nawalapitiya	2010	16/5	16/6	Landslide	C	Involving road and residence.	Kadugannawa	Kandy

	Deleted due to Environmental issue
A	Rank A
B	Rank B
C-	Rank C- (Deleted)
C	Rank C

表4-15 ランク B 及びランク C 地区の概要

No.	Route No.	Name of the Road	Year of Landslide recorded	Location		Disaster Type	Rank	Feature	EE Division	District
				Start (km)	End (km)					
A004-154	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahawela Land Slide)	2009	154/7		Landslide?	B		Pelmadulla	Ratnapura
A004-173	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahawela Land Slide)	2000	173/11		Slope Failure	B	Adjacent to a high-tension pylon	Bandarawela	Badulla
A004-174	A004	Colombo-Ratnapura-Wellawaya -Batticaloa Road (Rose Garden Land Slide)	2000	175/1	175/3	Slope Failure	B	2 major slope failures	Bandarawela	Badulla
A005-043	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	43/8	43/9	Rock Fall, Rock Slide	B	Unstable rocks with open cracks	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005-044	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	44/2	44/3	Rock Fall, Rock Slide	B	Unstable rocks with open cracks.	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005-046	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	46/5	46/6	Rock Fall, Rock Slide	C	Unstable rocks with open cracks	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005-063	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	63/3		Slope Failure	B		Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005-091	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2007	91+019		Slope Failure	C		Bandarawela	Badulla
A005-135	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi (2nd Mile Post Land Slide)	2011	135+200	135+700	Landslide	C	Landslide (L=0.2 ~ 0.3km)	Bandarawela	Badulla
A005-167	A005	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi Road (Lunugala Land slide)	2012	168/8	168/9	Landslide	C	Landslide (L=0.1 ~ 0.2km) Detour by a bridge can be an option,	Bandarawela	Badulla
A007-031	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2007	31/1	31/2	Slope Failure	B	Eroded by Kelani River.	Ruwanwella	Kegalle
A007-045	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	45		Rock Fall, Rock Slide	B	Along with Slope Failure		Nuwara Eliya
A007-054	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	54/1		Slope Failure	B			Nuwara Eliya
A007-057	A007	Avissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	57/9		Slope Failure	B			Nuwara Eliya
A016-010	A016	Beragala-HaliEla Road (Kahagolla Land slide)	1996	10/12	11/1	Landslide	C	Head scarp approaching to the road shoulder	Bandarawela	Badulla
A113-015	A113	Gampola - Nawalapitiya	2010	16/5	16/6	Landslide	C	Involving road and residence.	Kadugannawa	Kandy

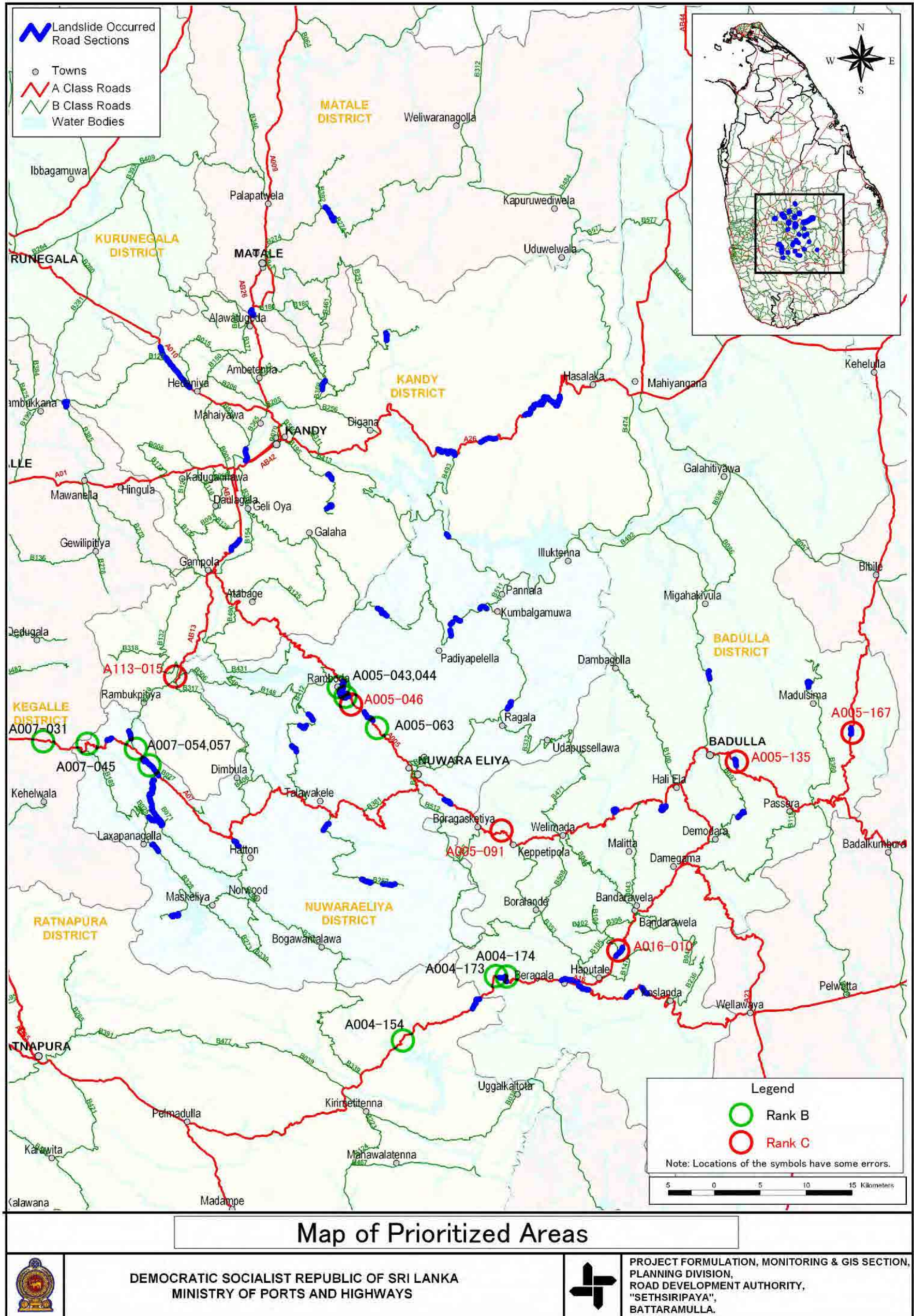


図4-17 ランク B 及び ランク C 地区の分布図

4.5.2 ランク C 地区の優先順位の設定

ランク C 地区の中の優先順位は危険度と経済効率、技術移転の優位性を総合的に評価して決定した。

表 4-16 にランク C 地区の危険度評価の score と経済効果の評価額(EIRR)及び技術移転の優位性のスコアの一覧表を示す。表中に Priority の検討結果を示す。

表4-16 ランク C 地区の優先順位の検討結果

No.	地区	Risk evaluation		Results of economic analysis		Advantage of technical transfer (C)	Score of priority evaluation (A*30+B*30+C*40)	Priority
		Score	Order (A)	(EIRR %)	Order (B)			
1	A005-046	75	3	11.5%	2	3	270	2
2	A005-091	71	6	12.1%	1	1	250	1
3	A005-135	77	2	7.9%	6	2	320	4
4	A005-167	98	1	9.0%	4	4	310	3
5	A016-010	74	5	8.4%	5	5	500	6
6	A113-015	75	3	11.3%	3	6	420	5

4.5.3 ランク B 地区の優先順位の設定

ランク B 地区の中の優先順位は危険度と保全対象の重要度を総合的に評価して決定した。表4-17はランク B 地区の危険度と保全対象の一覧である。表中に優先順位の評価結果も示している。

表4-17 ランク B の優先順位の検討結果

No.	地区	Score of risk evaluation		Property and facility to be protected		Score of priority evaluation (A*50+B*50)	Priority
		Score	Order (A)	Description	Order (B)		
1	A004-154	51	7	No property.	10	850	9
2	A004-173	66	2	・Two houses on the lower slope and one on the upper slope and a boutique ・The cultivatable land on both slopes, which is owned by 3 families. ・The power transmission towers located near the shoulder of the landslide on the upper slope.	3	250	1
3	A004-174	59	4	No property.	10	700	7
4	A005-043	62	3	・A semi-permanent house ・The tea estate on upper slope can be cultivatable if countermeasure is implemented	6	450	5
5	A005-044	69	1	・The shop-cum-residence at the right side in front of rock and 10 families living about 500 mt. away on the down slope ・Tea estate on upper slope	5	300	2
6	A005-063	52	6	・6 houses on the lower slope and four	1	350	3

No.	地区	Score of risk evaluation		Property and facility to be protected		Score of priority evaluation (A*50+B*50)	Priority
		Score	Order (A)	Description	Order (B)		
				houses on the upper slopes. ·Vegetable cultivation on the lower slopes ·Electricity and telephone poles. The post office, GN Office, two shrine houses.			
7	A007-031	42	10	·The cultivatable land on both slopes ·Electricity poles	8	900	10
8	A007-045	56	5	·Around 10 houses on the lower slope. ·Rubber plantation on the upper slope.	2	350	3
9	A007-054	48	9	·A house and several shops on the lower slope and several commercial buildings on upper slope. ·Cultivatable land on lower slope ·Electricity poles.	4	650	6
10	A007-057	49	8	·Plantation on upper slope. ·Telephone poles and line. Water canal of a private power station.	7	750	8

4.5.4 リスク分析手法

ここではランク C 地区のリスク分析及び EIRR の算定に必要な災害発生確率の評価を行った。その結果を以下に示す。

a. 対象地域における地すべり災害の記録

表 4-18 は Disaster information management system – Sri Lanka のデータベースに記録されている対象地域の地すべり災害の記録（以下、Disaster DB とする）である。このデータベースには 1974 年から 2012 年までの 39 年間のデータが記録されている。このデータベースでは Landslid, Slope failure, debris flow などの災害種の区別はされていないが、Affected などのように災害規模を反映していると思われるデータが存在する。

表4-18 「ス」国における斜面災害記録のまとめ

Period: 1 Jan. 2007-20 Jul.2012

District	Frequency (Times)	Deaths (Person)	Injured (person)	Missing (person)	Houses Destroyed (No.)	Houses Damaged (No.)	Affected (person)	Relocated (person)	Evacuated (person)	Payment for relief-partially damaged houses (Rs.)
Nuwara Eliya	143	26	14	3	450	1,397	20,662	0	5	0
Kandy	202	10	26	0	49	185	2,759	0	93	0
Badulla	170	7	3	0	34	243	2,883	0	0	1,150,825
Kegalle	60	6	8	0	46	340	2,716	0	563	733,200
Ratnapura	96	2	2	0	16	22	1,491	0	101	1,133,885
Kalutara	41	7	4	0	10	41	1,208	0	0	10,000
Matale	9	0	0	0	1	5	2,257	0	0	0

Source: Disaster Information Management System- Sri Lanka

図 4-18 は Disaster DB に記録されている日付データをもとに対象の 7 Districts 全体での年別の災害登録件数の推移をみたものである。

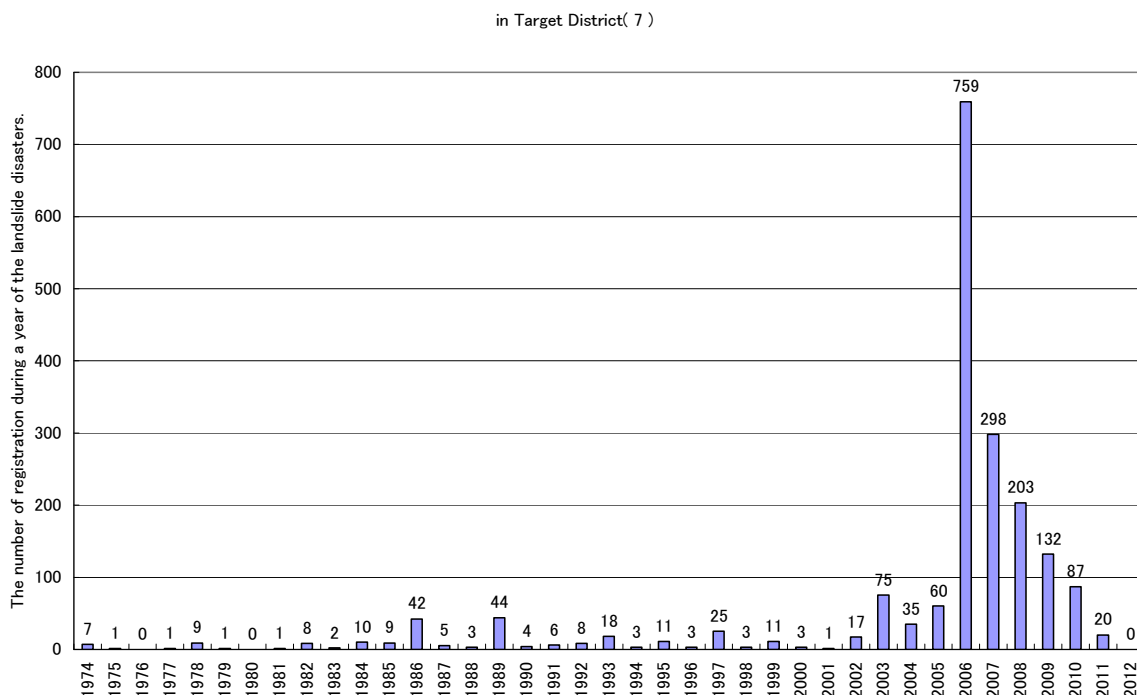


図4-18 年別の地すべり災害の記録数の推移 (Disaster information management system – Sri Lanka)

対象地域の 7 Districts での 39 年間の地すべり災害 (若干数の rock fall を含む) 件数は 1925 件で、39 年で単純平均すると年間 49.4 件ということになる。2006 年が異常に多く、759 件となっている。

一方、表 4-19 と表 4-20 は NBRO が独自に集計した 2003 年と 2006 年の地すべり等の災害の Districts 別件数である。表 4-19 や表 4-20 の NBRO の資料にはそれぞれの個々の地すべりの発生日時や規模に関する情報は全く含まれていない。これらの表を見るとスリランカ南西部に大洪水が発生した 2003 年は地すべりの発生件数は 211 件と多いが、2006 年は 68 件である。この 68 件は図 4-18 のデータベースの単純平均回数 49.4 件/年と同程度の件数であり、759 件と比べると遙かに小さい件数である。

表4-19 2003 年における地すべり等の災害の Districts 別件数(NBRO)

Districts	Landslides	Rock Fall	Old Landslides	Cutting Failures	Unstable Slopes
Ratnapura	117	21	23	68	138
Galle	05	01	01	12	03
Hambantota	11	-	-	-	-
Kalutara	07	04	06	18	07
Matara	71	07	06	25	39
Total	211	33	36	123	187

表4-20 2006年における地すべり等の災害の Districts 別件数(NBRO)

Districts	Landslides	Rock Falls	Old Landslides	Cutting Failures
Kandy	07	-	-	54
Kegalle	46	-	-	49
Badulla	09	01	02	22
Matale	03	01		10
Kalutara	-	-	-	05
Ratnapura	03	01	03	02
Gampha	-	-	-	06
Colombo	-	-	-	03
<i>Total</i>	<i>68</i>	<i>3</i>	<i>5</i>	<i>151</i>

これらのことから図 4-18 のデータベースの date データは災害発生日ではなく、このデータベースを整備するために災害履歴を調査した日であると推定できる。また、このデータベースのデータには誘因としての降雨情報の項目もあるが、その値は該当する全ての地すべりで未入力となっている。Date データが災害発生日でないため、個々の地すべりの発生日の降雨情報を別途取得することができない。

一方、表 4-21 は対象地域の A 国道で発生した地すべりの記録一覧である。RDA が管理している GIS データなど、RDA 関連資料から入手した情報を元としている。表に示されている発生年は最後の発生年であり、それ以前に同一地点で複数回地すべりが発生している場所が多い。

表4-21 対象道路で発生した地すべりの記録(RDA)

Route No.	No.	Name of the Road	Year of last landslide recorded	Location			Disaster Type	Disaster scale S/M/L	Feature	EE Division	District
				Start (km)	End (km)	distance (km)					
A004	A004-134	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahwela Land Slide)	2009	130	140	10.00	Rock Fall		Pelmadulla	Ratnapura	
A004	A004-154	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahwela Land Slide)	2009	153+700		0.10	Landslide?		Pelmadulla	Ratnapura	
A004	A004-162	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahwela Land Slide)	2003	163	167	4.00	Debris Flow	L	Debris Flow (L=8km)	Pelmadulla	Ratnapura
A004	A004-168	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahwela Land Slide)	2000	168+450	168+850						
A004	A004-173	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Marangahwela Land Slide)	2000	172+900	173+000	0.10	Slope Failure		Adjacent to a high-tension pylon	Bandarawela	Badulla
A004	A004-174	Colombo-Ratnapura-Wellawaya -Batticaloa Road (Rose Garden Land Slide)	2000	174+100	175+000	0.90	Slope Failure		2 major slope failures	Bandarawela	Badulla
A004	A004-185	Colombo-Ratnapura-Wellawaya -Batticaloa Road (Pahala Viharagala Land Slide)	2000	185+000	186+000	1.00	Landslide			Bandarawela	Badulla
A004	A004-193	Colombo-Ratnapura-Wellawaya -Batticaloa Road (Leemastota Land Slide)	2011	193+000	193+800	0.80	Landslide			Bandarawela	Badulla
A004	A004-196	Colombo-Ratnapura-Wellawaya-Batticaloa Road (Nakatiya Land Slide)	1999	196+300	196+800	0.50	Landslide			Bandarawela	Badulla
A005	A005-015	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2010	15.00	16.00	1.00				Pilimalawa	Kandy
A005	A005-042	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	42.00	45.00	3.00	Landslide Slope Failure	M	Landslide (L=1km)	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005	A005-061	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	61.00	62.00	1.00				Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005	A005-074	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	74.00	75.00	1.00	Slope Failure			Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005	A005-082	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	82+100	82+700	0.60	Slope Failure		Former 2 sections were merged in to 1 section. (Buffer zone of Hakgala Strict Natural Reserve)	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005	A005-091	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2007	91+019		0.10	Slope Failure	M	Crumbling slopes every rainy season, 2 day road closure in 2007	Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005	A005-104	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi	2011	104.00	105.00	1.00				Nuwara Eliya	Nuwara Eliya
A005	A005-119	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi Road (Moretota Land Slide)	2010	119+300	119+360	0.60				Bandarawela	Badulla
A005	A005-135	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi (2nd Mile Post Land Slide)	2011	135+200	135+700	0.50	Landslide		400m change recorded in 2010, occurrence of change every year during rainy season	Bandarawela	Badulla
A005	A005-167	Peradeniya-Badulla-Chenkaladi Road (Lunugala Land slide)	2012	167+497	167+541	0.05	Landslide		Occurrence of change every year during rainy season	Bandarawela	Badulla
A007	A007-003	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2005	2+100	2+200	0.10					
A007	A007-25	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2009	24+800		0.10					
A007	A007-27	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	26+600	26+700	0.10					
A007	A007-29(1)	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2010	28+100		0.05					
A007	A007-29(2)	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2010	28+900		0.05					
A007	A007-031	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2007	30+100	30+200	0.10	Slope Failure		Eroded by Kelani River.	Ruwanwella	Kegalle
A007	A007-036	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	35+500	35+600	0.10					
A007	A007-042	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2005	41+900		0.10	Landslide?		Landslide or Slope Failure	Norwood	Nuwara Eliya
A007	A007-045	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	44+000		0.10	Rock Fall, Rock Slide		Along with Slope Failure	Norwood	Nuwara Eliya
A007	A007-047	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	47.00	48.00	1.00	Landslide			Norwood	Nuwara Eliya
A007	A007-054	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	53+100		0.10	Slope Failure			Norwood	Nuwara Eliya
A007	A007-055	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	55.00	58.00	3.00	Slope Failure			Norwood	Nuwara Eliya
A007	A007-069	Awissawella-Hatton-Nuwara Eliya	2011	68+000	68+100	0.10	Landslide		Old road was moved away by the landslide.	Norwood	Nuwara Eliya
A009	A009-017	Kandy-Jaffna Road	2010	17.00	18.00	1.00				Kundasale	Kandy
A010	A010-011	Katugastota - Kurunegala - Puttlam	2010	11.00	16.00	5.00				Kandy	Kandy
A016	A016-001	Beragala-HaliEla Road (Kahagolla Land slide)	1988	0+500	2+000	1.50				Bandarawela	Badulla
A016	A016-010	Beragala-HaliEla Road (Kahagolla Land slide)	2012	6+570	14+900	8.33	Landslide		Landslide change seen once every 2 years since 1996	Bandarawela	Badulla
A017	A017-087	Galle - Deniyaya - Madampe	2007	87.00	88.00	1.00				Embilpitiya	Ratnapura
A021	A021-020	Kegalle-Bulathkohupitiya-Karawanella	2006	19+800	20+000	0.20	Landslide		Land owner didn't allow RDA to investigate the site.	Ruwanwella	Kegalle
A026	A026-027	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2007	28+000	28+100	0.10	Rock Fall, Rock Slide		(Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026	A026-029	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2007	29.00	31.00	2.00	Rock Fall, Rock Slide		(Forest Ordinance)	Kundasale	Kandy
A026	A026-036	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2007	37.00	39.00	2.00	Slope Failure		Damage occurred during construction. Retaining wall was constructed. (Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026	A026-045	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2012	45.00	55.00	10.00	Slope Failure		(Forest Ordinance)	Kundasale	Kandy
A026	A026-056	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2011	56+000	56+100	0.10	Slope Failure		(Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026	A026-058	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2011	57+200	57+400	0.20	Slope Failure		(Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A026	A026-060	Kandy-Mahiyanganaya-Padiyatalawa road	2011	59+300	60+000	0.70	Rock Fall, Rock Slide		Damage occurred during construction. Retaining wall was constructed. (Within Victoria Randenigala Rantembe Sanctuary)	Kundasale	Kandy
A113	A113-010	Gampola - Nawalapitiya	2011	10+200	10+300	0.10	Landslide			Kaduganawa	Kandy
A113	A113-015	Gampola - Nawalapitiya	2010	15+500	15+600	0.10	Landslide		Landslide change (10-15cm) during rainy season and in December	Kaduganawa	Kandy
A113	A113-015	Gampola - Nawalapitiya	2010	29.00	30.00	1.00				Pilimalawa	Kandy

個別の地すべり履歴情報の収集を図ったが、上記の情報以外の斜面災害情報を入手することができなかった。

一方、スリランカでの地すべり災害を取り扱っているNBROでは表4-19、表4-20の他に2007年、2020年、2011年の地すべりの集計も行っている。2007年はGalleとKalutaraのみの集計であり、2010年と2011年の集計はLandslide, cutting failure, rock fall, Slope failureなどの地すべりのタイプ別に集計されているが、集計期間が2010年11月から2011年2月までの4ヶ月間で、集計対象はNuwaraeliya, Matale, Badulla, Kandy, Kegalleの5Districtsのみである。

これらの状況から、対象7Districtsにおける地すべりの発生日時と災害規模、地すべりのタイプがわかる長期間の記録はスリランカには残っていないと判断した。そして今回このプロジェクトで入手したデータが対象7Districtsにおける地すべり履歴情報のほとんど全てであると判断した。

b. 対象地域（7Districts）における地すべり災害の発生頻度と再現期間

Disaster DBには災害規模に関する項目もいくつか存在するが、地すべり災害についてはそのほとんどが未入力である。データが入力されているデータベース項目の中に”Affected”の項目がある。”Affected”は災害で影響を受けた人の人数である。この値は災害規模を間接的に表す数値であると判断し、Affectedの大きさ毎に39年間の発生件数を分析した。その結果を表4-22に示す。

表4-22 Affectedと地すべり災害発生件数の関係(39年間)

affected	affected中央値	件数	年平均発生件数
0-1	0.5	499	12.795
1-10	5	821	21.051
10-100	50	427	10.949
100-1000	500	162	4.154
1000-5000	2500	13	0.333
5000-12000	6000	3	0.077
計		1925	39.36

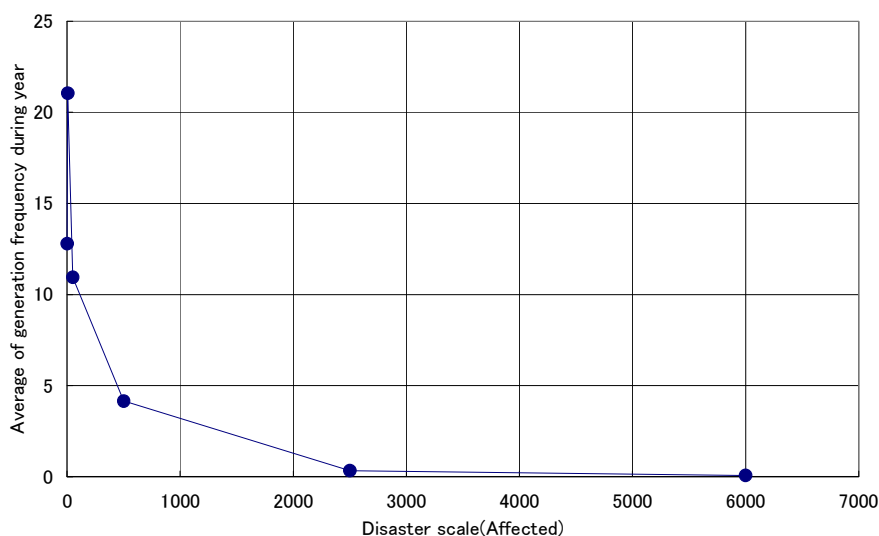


図4-19 災害規模(Affected)と地すべり災害の年平均発生件数の関係

それぞれの Affected のレベル毎の 39 年間の発生件数から、年平均発生件数を算出し、Affected の中間値（災害規模）との関係を調べた。その結果を図 4-19 に示す。災害規模(Affected)が小さい方が年間発生頻度は高くなる傾向にあるが、Affected の 1 未満については 10 未満より件数が少なくなっている。これはあまり小さな地すべり災害は地すべり災害としての調査対象に含まれないためであると判断された。

Disaster DB の統計期間は 39 年間であることから、この間の最大規模の災害の経験的再現期間はカナンプロットによると 65.33 年となる。表 4-23 はそれぞれの規模別の年平均発生件数 n から仮の再現期間 T' を $T'=1/n$ として算出し、最大規模の災害の再現期間をカナンプロットでの経験的再現期間 65.33 年として、規模別の再現期間を仮の再現期間 T' との比率により補正したものである。

表4-23 Affected と地すべり災害発生件数の関係(39 年間)

affected	affected中央値	件数	年平均発生件数	仮の再現期間 T'(year)	カナンプロットによる再現期間補正值T(year)
0-1	0.5	499	12.795	0.078	0.393
1-10	5	821	21.051	0.048	0.239
10-100	50	427	10.949	0.091	0.459
100-1000	500	162	4.154	0.241	1.210
1000-5000	2500	13	0.333	3.000	15.077
5000-12000	6000	3	0.077	13.000	65.333
計		1925	49.36		

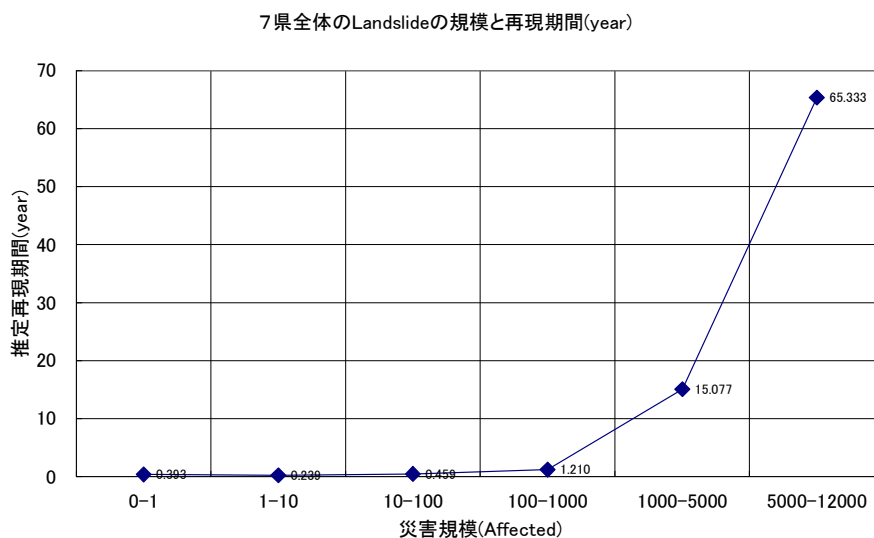


図4-20 災害規模(Affected)と推定再現期間の関係(7Districts 全体)

災害規模 (Affected) と推定再現期間の関係を図 4-20 に示す。対象 7 Districts 全体では大規模災害 (Affected=5,000 以上、最大値は Affected=11,090) の再現期間は約 65 年、中規模災害 (Affected=1,000-5,000) の再現期間は約 15 年と推定される。

＜参考資料: カナンプロットによる経験的再現期間の算出＞

カナンプロット(Cunnane plot)は日本の気象庁が年最大降水量の超過確率値をGumbel分布やGEV分布(generalized extreme value distribution)などの確率分布を用いた方法から求める際に、どの確率分布がその地点の観測データに適合しているかを調べるSLSC指標(standard least-squares criterion)に用いている経験的再現期間の算出方法である。カナンプロットではN個の観測値がある時、大きい方からi番目のデータの再現期間T(i)を次のように仮定する。

$$T(i) = (N + 0.2) / (i - 0.4)$$

c. 対象道路での地すべり災害の発生頻度と再現期間

前項で検討した地すべり災害の再現期間は7 Districts 全体の値であるが、本プロジェクトで必要な再現期間は対象道路に直接影響する地すべり災害の再現期間である。

対象道路での地すべり災害履歴情報は表 4-21 に示すデータが唯一のものである。この表には対象道路における災害発生位置の情報とそこで最後に発生した地すべり災害の年が記録されている。同一地点で複数回地すべり災害が発生していることは分かっているが、最後に発生した年より以前の発生時期の詳細は不明である。対象道路において最後に地すべり災害が記録された年で最古のものが 1988 年であり、最新のもののは 2012 年である。つまり、最低でも 1988 年からの 24 年間の情報が表 4-15 にまとめられている。この”Year of last landslide recorded”のデータはそれぞれの地点の地すべり災害の再現期間をある程度反映していると考えられる。例えば、その値が 1988 年であればその場所では最低でも最近の 24 年間は地すべり災害が発生していないということであり、その値が 2012 年であればその場所で毎年のように地すべり災害が発生していると推定される。表 4-20 の記録の中で道路路盤そのものを喪失するような最大規模の災害の記録は 2003 年に発生した A004-162 の地すべり（土石流）災害のみである。1988 年からの 24 年間の統計年間に対象道路で発生した大規模災害はこの災害 1 つである。

災害発生最終年毎に地すべり災害発生箇所数を集計すると表 4-24 のような結果となった。最後の災害発生年からの経過年数と箇所数の関係を図 4-21 に示す。災害発生からの経過年数が長い場合は箇所数が少なく、経過年が短い場合は箇所数の多い傾向となる。この傾向は図 4-19 に示した対象 7 Districts での災害規模と発生頻度の関係と同様な傾向を示す。

これらの事から、図 4-21 は対象道路の災害危険箇所における災害規模とその発生頻度の関係にある程度反映していると仮定した。図 4-21 の経過年数が災害規模を反映しているとして、この中での大規模災害と中規模災害、小規模災害を経過年数で区別した。大規模災害は 24 年経過の 1 例のみで、小規模災害を経過年数 2 年以内とし、それら以外を中規模災害とした。

それぞれの災害規模別に、経過年数の加重平均値を算出し、その値はそれぞれの災害規模を代表する災害危険箇所 1 箇所当たりの再現期間であるとした。その結果を表 4-24 に示す。先述したように当該道路での 1988 年以降の大規模災害は 2003 年の A004-162 地点のみである。これをカナンプロットによる経験的再現期間で表現すると再現期間 40.3 年に相当する。

表4-24 対象道路での地すべり災害最終発生年と件数の関係(24年間)

最終発生年	経過年数	箇所数	区間長 (km)	単位区間長当たりの箇所数(1/km)	単位区間長当たりの箇所数(1/km)	経過年×箇所数 (year)
1988	24.1	1	1.5	0.015485	0.666667	24.1
1989	23.1	-	-	-	-	-
1990	22.1	-	-	-	-	-
1991	21.1	-	-	-	-	-
1992	20.1	-	-	-	-	-
1993	19.1	-	-	-	-	-
1994	18.1	-	-	-	-	-
1995	17.1	-	-	-	-	-
1996	16.1	-	-	-	-	-
1997	15.1	-	-	-	-	-
1998	14.1	-	-	-	-	-
1999	13.1	1	0.5	0.015485	0.032051	13.1
2000	12.1	4	2	0.061939	0.128205	48.4
2001	11.1	-	-	-	-	-
2002	10.1	-	-	-	-	-
2003	9.1	1	4	0.015485	0.032051	9.1
2004	8.1	-	-	-	-	-
2005	7.1	2	0.2	0.030969	0.064103	14.2
2006	6.1	1	0.2	0.015485	0.032051	6.1
2007	5.1	6	5.3	0.092908	0.192308	30.6
2008	4.1	-	-	-	-	-
2009	3.1	3	10.2	0.046454	0.096154	9.3
2010	2.1	8	8.8	0.123877	0.25641	16.8
2011	1.1	18	13.5	0.278724	0.564617	19.8
2012	0.1	3	18.38	0.046454	0.094103	0.3
計		48	64.58	0.743264		191.8

全路線

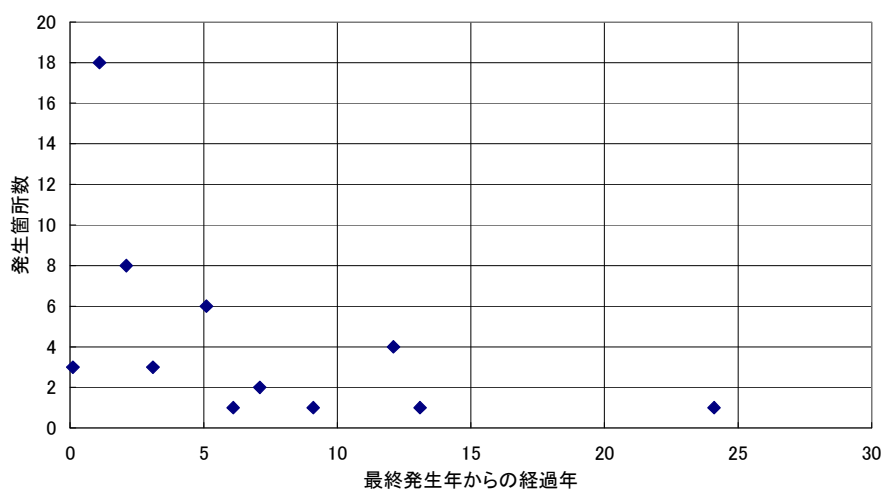


図4-21 災害の最終発生年からの経過年と箇所数の関係(対象 A 道路)

対象道路の大規模災害の再現期間をこの 40.3 年であると仮定して、それぞれの災害規模の場合の危険箇所 1 箇所当たりの災害再現期間を補正した。表 4-25 中にその値を示す。これによると大規模災害の再現期間が約 40 年、中規模災害の再現期間が約 10 年である。

表 4-25 には対象 7 Districts で検討した災害規模別の再現期間を対比して示しているが、大規模、中規模共に約 1.6 倍程度の違いで、再現期間の比率はほぼ同じ結果となった。大規模災害の再現期間が 7 Districts 全体より長くなった理由は、統計年の違いによるものである。しかし別の考え方をすると、7 Districts 全体の災害で最も大きな災害での Affected が約 11,000 人で、相当に大きな地すべり災害であるのに対して、今回のプロジェクトにおける道路災害での“大規模災害”は、地すべりによって道路が流出する程度を想定しており、同じ“大規模災害”でも想定している災害規模が両者で異なっている。よって、両者の再現期間の違いは妥当であると判断した。

表4-25 災害規模毎にみた対象道路における災害危険箇所の災害再現期間の推定結果

災害規模	Σ (経過年×箇所数)	総発生箇所数	危険区間長 (km)	全区間長 (km)	1箇所当たりの仮の再現期間T	カナンプロットによる再現期間補正 T(year)	7districtsの地すべり災害再現期間 (B) (year)	7districtsとの再現期間の比率 (B/T)
大規模	24.1	1	0.2	1.5	24.1	40.33	65	1.61
中規模	147.6	26	0.2	31.2	5.68	9.50	15	1.58
小規模	20.1	21	0.2	31.88	0.96	0.96	1	1.04

表 4-25 にランク C 地区の最近の災害発生状況と災害規模別の推定再現期間を示す。ここでの小規模災害の再現期間は当該地区での最近の災害発生状況から推定した値である。

表4-26 ランク C 地区の近年の災害発生状況と災害規模別の推定再現期間

No.	地区	Disaster type	災害発生危険区間長 km	最近の災害発生状況	推定再現期間(year)		
					小規模	中規模	大規模
1	A005-046	Rock fall/Rock slide	200	落石が頻繁に発生	1	10	40
2	A005-091	Slope Failure	50	毎年Slope Failureが発生、2007年は土砂により2日間道路閉鎖	1	10	40
3	A005-135	Landslide	250	2010年に400mmの変位を記録、毎年の雨期に変動発生	1	10	40
4	A005-167	Landslide	100	毎年雨期に変動発生	1	10	40
5	A016-010	Landslide	200	1996年以降、2年に1回は地すべり変動を観測	2	10	40
6	A113-015	Landslide	100	毎年雨期と12月の2回地すべり変動(10-15cm)	0.5	10	40

4.5.5 被災範囲の設定方法

以下の2つの方法により土砂到達範囲を算定し、両者を比較してより広い範囲を被害範囲とする。

1) 「Landslide hazard mapping in Sri Lanka」に記載されているスリランカの土砂災害の実態における土砂災害の幅 W と長さ・幅比 (L/W) の相関図より、両者の関係の包括線を設定した上で、対象斜面の幅 W' より土砂災害範囲の最大幅を $W=2 \times W'$ と推定 (日本の B/C 算定手法) し、包括線の回帰式を用いて W から土砂到達範囲の L を推定する。ここでの包括線は標準として Cutting Failure の包括線を採用するが、対象地点の下方斜面の状況から流動化の可能性があると判断された場合は Earthflow の包括線を採用する。

2) 日本の地すべり・急傾斜対策における費用便益分析で採用されている被害範囲設定手法により算定する。ただし、地すべりと急傾斜地の場合の両方の被害範囲を比較し、より広い範囲を採用する。

土砂対象地点の下方斜面の地形や植生などによって、土砂の到達範囲が大きく変化することから、上記の技術的な手法によって算定された被害範囲を元に最終的な被害範囲を、専門家の技術者判断により設定する。

"Landslide hazard mapping in Sri Lanka"に記載されているスリランカの土砂災害の実態における土砂災害の幅 W と長さ・幅比 (L/W) の相関図より求めた結果を表 4-27 に示す。

表4-27 Sri Lanka の災害履歴からの被害範囲の推定結果

Disaster type	Size of Landslide/slope			Landslide hazard mapping in Sri Lanka		
				被害範囲		
				拡大幅 W'	被害長さ L'	
	width W (m)	length L (m)	hight H (m)	$2 \times W$ (m)	SF/LS (m)	L' (m)
Rock fall/Rock slide	200	50	50	400	292	-13640
Slope Failure	30	30	15	60	311.04	687.6
Landslide	200	300	-	400	292	-13640
Landslide	100	150	-	200	670	-1460
Landslide	200	500	-	400	292	-13640
Landslide	60	100	-	120	527.76	410.4

表 4-28 は日本の地すべり・急傾斜対策における費用便益分析で採用されている被害範囲設定手法により算定した結果である。表 4-28 の結果と表 4-29 の結果から、それぞれ最大のケースを選定すると表 4-29 のようになる。この被害範囲をランク C 地区の被害範囲とした。

表4-28 日本の費用便益分析の方法による被害範囲の推定結果

Disaster type	費用便益分析での範囲					
	急傾斜地		地すべり			
	上端からの上方距離	末端からの下方距離	後方拡大可能範囲	末端からの下方距離	側方拡大可能範囲	末端から下方での災害幅
			=L/2		=W/4	W/2
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Rock fall/Rock slide	50	100	-	100	-	400
Slope Failure	15	30	-	60	-	60
Landslide	-	-	150	600	300	400
Landslide	-	-	75	300	150	200
Landslide	-	-	250	1000	300	400
Landslide	-	-	50	200	90	120

表4-29 ランク C 地区の被害範囲の推定結果

Disaster type	被害想定範囲			
	上端からの上方距離	末端からの下方距離	末端から上方での災害幅	末端から下方での災害幅
	L1	L2	W1	W2
	(m)	(m)	(m)	(m)
Rock fall/Rock slide	50	292	200	400
Slope Failure	15	688	30	60
Landslide	150	600	300	400
Landslide	75	670	150	200
Landslide	250	1000	300	400
Landslide	50	528	90	120

囲み 1: 「Landslide hazard mapping in Sri Lanka」での土砂到達範囲

スリランカでは、過去に発生した地すべりや土石流、アースフローなどの土砂災害の実態調査から以下のような土砂災害発生後の土砂到達範囲の平面形状について調査が行われている。

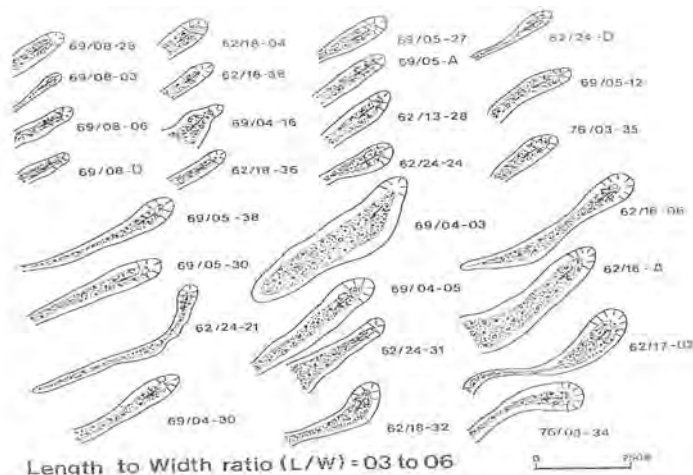


図4-22 スリランカの地すべり事例の平面形 (NBRO,1995)

これらの土砂災害発生後の土砂到達範囲を幅 W と長さ・幅比(L/W)で集計したグラフが以下の通りである。

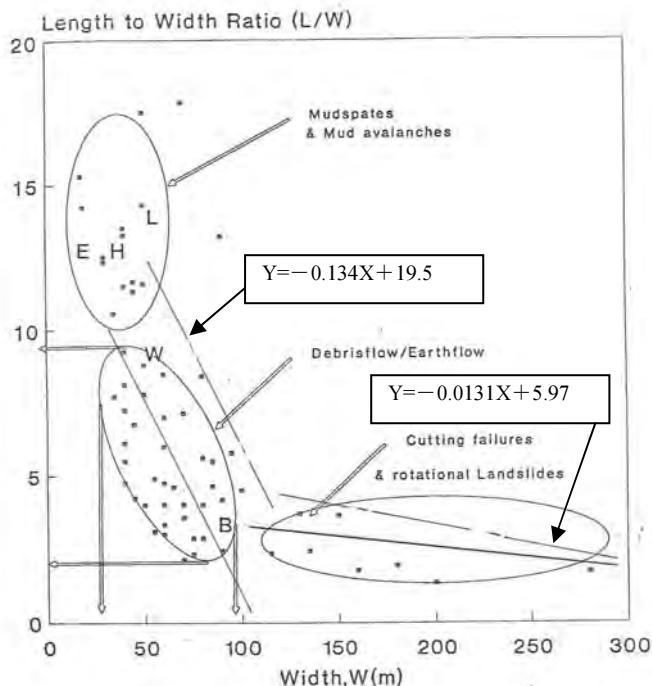


図4-23 地すべりの長さ幅比(L/W)と幅の関係 (NBRO, 1995)

この中でCutting Failures & rotational landslideとEarthflowに着目するとそれぞれの分布の包括線と回帰直線は以下ようになる。

- Cutting Failures & rotational landslide
 - ・包括線: $Y = -0.0131X + 5.97$ 、・回帰直線: $Y = -0.0075X + 4.14$
- Earthflow
 - ・包括線: $Y = -0.134X + 19.5$ 、・回帰直線: $Y = -0.133X + 14.4$

<引用文献> NBRO(1995):Manual - Landslide hazard mapping in Sri Lanka, Landslide Hazard Mapping Project SRL89/100

囲み 2: 日本の地すべり・急傾斜対策における費用便益分析での範囲の設定

- a)急傾斜地(平野などの平地に隣接する急傾斜地)
・急傾斜地の上端から上方に急傾斜地の高さと同じ水平距離以内の区域
・急傾斜地の下端から下方に急傾斜地の高さの2倍(50mを超える場合は50m)以内の水平距離の区域
- b)地すべり
長さ:地すべり区域下端から地すべり地塊の長さの2倍に相当する水平距離
幅:地すべり地塊の幅の2倍に相当する幅
ただし、移動土塊が溪流に流入する場合は、その流入土砂による土石流氾濫想定範囲も含める。
・対象河川が土石流危険溪流の場合は土石流危険区域の範囲
・対象河川が土石流危険溪流でない場合は、河床勾配が3度になるまでの地点までの溪床及び溪床からの比高数m以内の平坦部(扇状地及び谷底平野)
・対象河川が土石流危険溪流でなく、かつ河床勾配が3度未満の場合には下流の状況に応じて氾濫区域を設定する。

囲み 3: 日本の学術文献での土砂到達範囲

防災科学研究所の森脇・八反(2002)の研究によると地すべり土塊の移動範囲は発生域での移動体の長さの2.0~2.5倍が最大であったとしている。

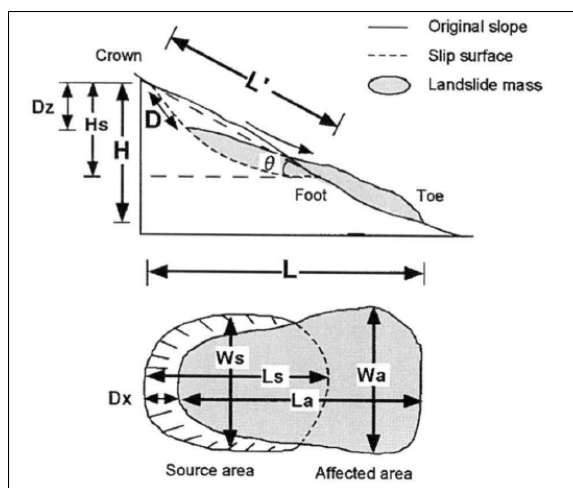


図4-24 地すべりの形状と各パラメータ(森脇・八反、2002)

<引用文献>

森脇寛・八反地剛(2002):5万分の1地すべり地形分布図を用いた地すべり地形解析、日本地すべり学会誌, Vol.39, No.2, pp.54-62.

5 地すべり対策に関する支援アプローチのあり方

5.1 国道路砂災害対策の課題

山岳道路は厳しい自然条件下にあるが、地域住民の生活、経済発展、観光など、重要な役割を担っている。また、一旦災害にあうと、復旧に時間を要し、地域の孤立といった深刻な事態を招く。近年のスリランカの発展レベルからみて、厳しい自然条件下に置かれている山岳道路対策に関して、道路斜面对策の先進国である日本の技術、資金を投入して、本格的な構造物対策を進める時期に来ていると言えよう。

RDA は山岳道路において拡幅事業を推進しているが、斜面の保護や安定化については配慮が不十分で、対策もほとんど行われていないのが現状である。構造物による道路斜面对策は小規模なり面が中心で、大規模な地すべり、急な岩盤斜面の対策は本格的には行われていない。山岳地域の道路のり面对策としては、自然と美しい景観を保全するために、緑化を施し、環境に配慮した対策が求められる。

本章では、3、4章で検討した結果をもとに、RDA の道路斜面对策の課題を整理する。

表5-1 道路斜面对策の課題

課題	具体的な対処提案
政策、制度面	地域の発展に欠くことのできない道路整備には安全の視点が不可欠である。地すべり危険区間を把握し、優先順位を検討し、中長期的な道路災害対策実施計画を立てる。
技術面	地すべり調査技術、モニタリング機材の開発、危険性の評価といった調査・評価技術をNBROが確立する。また、RDAは工法、材料の研究を進め、斜面・地域に適した工事技術を研修し、蓄積して行く。こうした成果は道路斜面对策のガイドラインや詳細な技術マニュアルにしていく。
防災面	構造物対策のみでは不十分で、雨量観測や地すべり動態観測に基づく警報システムを検討する。データを蓄積し、より確度の高い警報システムとする。また、モニタリングと連動した通行規制の実施も視野に入れる。沿道の住宅等の安全も考慮されるべきである。
記録	災害記録、工事記録を残す。
実施体制（人員、組織）	RDAの中に、道路防災の専門部署を作る。また、専門家の育成、NBROとの連携体制を検討する。
予算面	復旧費とは別に、道路防災資金を確保する。上記の中長期的な道路災害対策実施計画の中で、予算化する。また、ドナーの支援も継続する。

5.1.1 RDAとNBROの現状

スリランカの山岳地域の国道では土砂災害が頻繁に発生しているにもかかわらず、財政面と技術面での制約により、道路斜面对策、地すべり対策は十分に実施されているとはいえない。RDA はのり面・斜面对策よりは、新規道路の建設や既存道路の拡幅を優先して進めている。山岳地域の国道で、大規模な土砂災害が発生すれば、都市間交通、山岳集落の交通は完全に遮断され、孤立する事態になることは必須である。道路の土砂災害は山岳地域では重大な問題で、生活や経済活動に重大な影響を及ぼすことが予想される。その重大性からみて、のり面・斜面对策プロジェクトは新しい支援のアプローチとして意義がある。

RDA は良好な道路の状態を維持し、生命と交通の安全を図る責任を持つ機関である。道路のり面・斜面保護対策を行うことにより、RDA は単に道路の安全を確保するだ

けでなく、地方での様々な損害や経済活動の損失の軽減に貢献することになる。道路のり面・斜面保護対策に期待される効果は以下の通りである。

効果 1: 地すべり災害の防止、被害の軽減

効果 2: 通行不能時間の短縮

効果 3: 安全性と信頼性の向上

効果 4: 復旧費用の削減

これらの効果を達成するため、基本的戦略に基づき、今後の案件において、道路斜面対策を行うことを強く推奨する。

今まで、RDA の道路災害対策は災害が起こった後に対応するか、影響を少なくするかに焦点を当てていたが、今後は斜面保護、道路点検、早期警報が不可欠である。RDA と NBRO の検討に拠れば、のり面・斜面对策が重要であることを認識するようになってきている。リスク管理という考え方は NBRO には蓄積されてきているが、RDA によっては新しい考え方である。今後 RDA においてもリスク管理という考え方は必要になってくる。

現在、RDA と NBRO はプロジェクトの流れ、箇所への優先順位付け、プロジェクトの手続き（計画、資金確保、TOR の準備、契約、工事、完工など）についての準備を始めている。今後のプロジェクトにおいて、これまでの経験と能力から、RDA と NBRO の役割は次のようにまとめることができる。

表5-2 今後のプロジェクトにおける RDA と NBRO の役割

時期	RDA	NBRO
準備時期	NBROとの協働	RDAとの協働
計画段階	RDAは国道沿いの不安定な斜面を特定する。NBROの指導を受けながら重点箇所を選定する。	NBROはRDAと協働で、国道沿いの不安定な斜面と潜在的な地すべり斜面を特定する。NBROは地域の専門家を派遣し、計画、設計、斜面安定のためのコスト計算を行う。
実施段階	RDAはJICAの基準に従い、コントラクタを選定し、実施する。RDAは工事期間中、スタッフを派遣し、OJTを受ける。	NBROは必要な技術的支援を行う。また、調査、工事、監督、モニタリングにも関わる。NBROはOJTにスタッフを派遣する。NBROに対する機材や研修の要望に応える。
メンテナンス、モニタリング段階	RDAはJICAの基準に従い、コントラクタを選定し、実施する。RDAは工事期間中、スタッフを派遣し、OJTを受ける。	NBROは時宜に応じて、モニタリング、点検、解析、早期警報、RDAへのアドバイスを行う。
技術移転	不安定斜面での調査、対策工の設計、工事の実施、メンテナンス	不安定斜面・地すべりでの調査、対策工の設計、工事の実施、メンテナンス、道路斜面对策工事のマニュアルの準備、特殊な機械、技術がプロジェクト完了後も用いられるように準備する。
予算配分	資金はRDAにNBRO分も含めて配布される。	NBROへの配分はRDAの資金に含まれる。

RDAとNBROへの質問票による。

5.1.2 地すべり災害管理のための効果的な対策

地すべりリスクアセスメント、建設工事のしやすさ、対策工の効果、費用をもとに、適正な対策工と実施方法が提案されている。調査団は始めに対策の優先度の付け方、RDA と NBRO によるプロポーザルの検証、決定を提案した。優先的に実施する対策工の順番は費用、建設工事のしやすさ、環境・社会配慮、利益と効果を総合的に判断して決定される。地すべり規模が大きく、抑制・防止が不可能な場合は、道路線形の変更もひとつの効果的な対策と言える。日本では道路災害を回避するためにトンネルや橋梁によって、地すべりから距離を置くというのも一般的な対策である。

土砂災害対策では構造物による対策では不十分で、人命を守るための二重の安全対策として、早期警報システムの導入もスリランカでは必要になってくる。

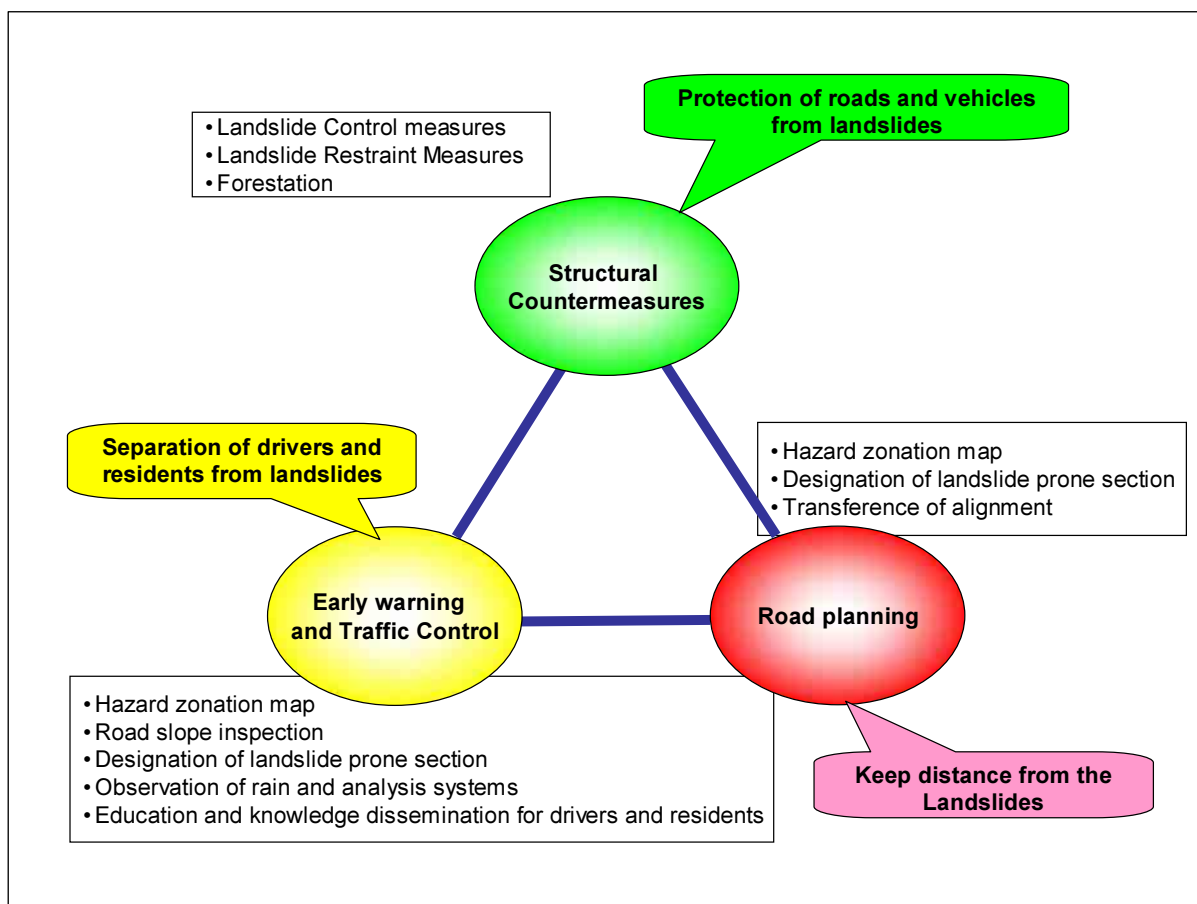


図5-1 土砂災害対策の主要な三要素

JICA の方針のひとつとして、プロジェクトを通じた能力向上がある。JICA は RDA と NBRO に対して能力向上プログラムを準備しており、それによって、それぞれの機関の責務、ワークフロー、責任機関としての役割を認識しつつ、対策工の施工を行うことが、両機関に求められている。また、道路斜面防災点検は、道路及びのり面・斜面の状態を常に良好な状態に維持し、今後どのように維持管理すべきかを検討するために、日常的に実施されるべき重要な業務であることを認識させることも重要である。

5.2 ランク C 箇所の調査とモニタリング

詳細設計、施工に先立ち、斜面の状態、地すべりのメカニズムが把握されるべきであ

る。下記に、実施されるべき測量、調査、研究、モニタリングの内容を示す。

表5-3 ランク C 箇所の調査とモニタリングの項目、内容

箇所	国道 No	位置		土砂災害タイプ	調査費合計 US\$	
		起点側 (km)	終点側 (km)			
1	A005-046	A005	46+600		落石	24,788
2	A005-091	A005	91+019		のり面・斜面崩壊	18,431
3	A005-135	A005	135+200	135+700	地すべり	1,131,725
4	A005-167	A005	167+497	167+541	地すべり	1,330,063
5	A016-010	A016	10		地すべり	1,388,713
6	A113-015	A113	16/5	16/6	地すべり	362,038
総計						4,255,758

表5-4 ランク C 箇所での調査内容

項目	調査内容
地形測量	地形図作成
	横断測量
	縦断測量
地質調査	野外調査
	ボーリング（オールコア、標準貫入試験、土質定数の計測）
物理探査	室内試験
	簡易弾性波探査
水文調査	高精度電気探査
	雨量計の設置
モニタリング項目	地下水位計の設置、観測
	地盤伸縮計
	パイプひずみ計
	孔内傾斜計

5.2.1 地形測量

縮尺 1/10,000 より大きな縮尺の地形図はスリランカでも得ることができ、ハザードマップ作成に活用されている。しかし、詳細調査、設計のためには 1/1,000 程度の詳細地形図が必要になる。地すべりブロックは地形的特徴から範囲を決定したり、様々な調査結果を表現したり、対策工の詳細設定のために詳細地形図が必要になる。

地すべりの断面図には地質断面も表現される。断面線は地すべりの移動方向に平行な主測線、補助側線が必要となる。また、断面図には、地質構成のみならず、地形的な異常や地すべり地形（冠頭部、滑落崖、末端部、傾斜の変換点、クラック、すべり面に関する情報、地下水位など）

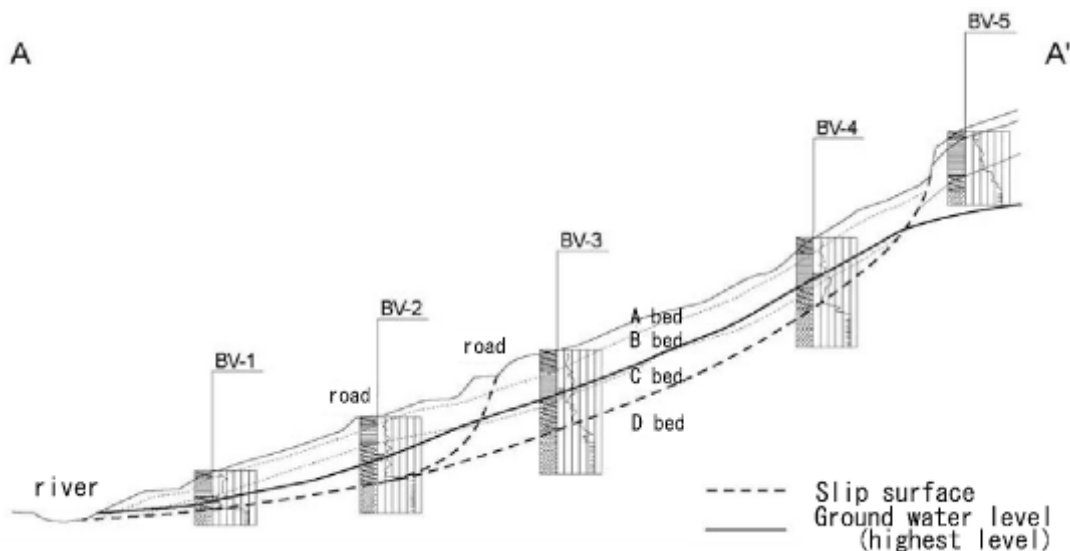


図5-2 地すべり断面図の例

5.2.2 地質調査

地質調査は地すべりの状況、メカニズム、道路への影響を把握するために必須である。また、野外調査に先立ち、当該箇所の状況を把握するために、過去の災害や地質調査などの文献調査も重要である。

表5-5 野外調査の項目

調査項目		内容
地形的情報	地すべり地形	滑落崖の分布、延長方向 段差、クラックの分布、延長方向 隆起、沈降箇所の分布、方向
	崩壊地形	タイプと規模 旧崩壊地形
	侵食地形	ガリー、リルの分布 表流水による侵食状況
地質的信息	表層地質	岩質、硬さ、土壌の厚さ、安定度
	基盤岩	岩質、岩相、硬さ、岩石の年代、変成の程度、風化の程度
	地質構造	断層や破砕面の分布と方向、走向・傾斜、節理
水文的信息	地表水	表流水の水路、池沼、湿地
	地下水	湧水
過去の地すべり活動と被害に関する情報	活動	活動速度、発生日
	被害	活動記録、被害日、被災物、対処内容
地すべりの起こりやすさ、影響		活動、道路・住宅などの保全対象、リスク評価

5.2.3 機械による地すべりモニタリング

モニタリングは地すべりの活動とメカニズムを解明するために実施される。地すべり

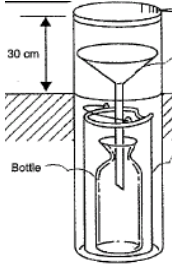
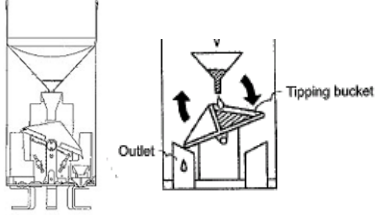
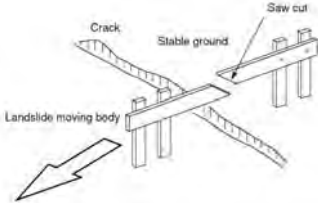
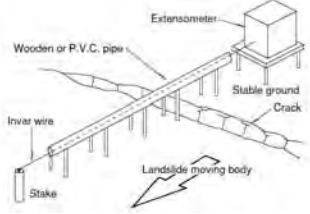
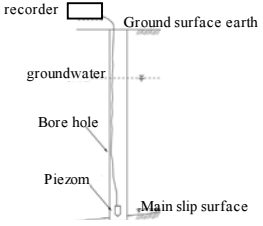
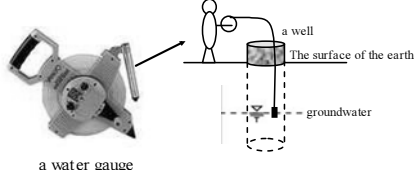
メカニズムを解明するための主要な観測は、移動状況の把握、すべり面の把握、地下水位の変動などである。それにより、降雨イベントと地下水位の関係を把握し、それにより、すべり面の深さ、すべりの方向、すべり速度などが明らかになる。モニタリングを通じて、地すべりの活動予測、ひいては道路への被害回避につながる。

地すべりモニタリングは下記の4種類に大別できる。

- a. 雨量のモニタリング
- b. 地表の変形のモニタリング
- c. 地下水のモニタリング
- d. 地下（すべり面）の運動のモニタリング

一般的なモニタリング機器を以下に示す。

表5-6 モニタリングのタイプと機器

タイプ	モニタリングの機器	
<p>a. 雨量</p>	<p>標準的な雨量計</p> <p>瓶に貯めて計測するタイプ</p> 	<p>転倒ます型の雨量計（自動観測）</p> 
<p>b. 地表変動</p>	<p>抜き板（木材にスリットを入れ、その間の開きを測定する簡易な伸縮計）</p> 	<p>地盤伸縮計（連続観測）</p> 
<p>c. 地下水</p>	<p>自動地下水位測定（連続観測）</p> 	<p>手ばかりによる水位計</p> 

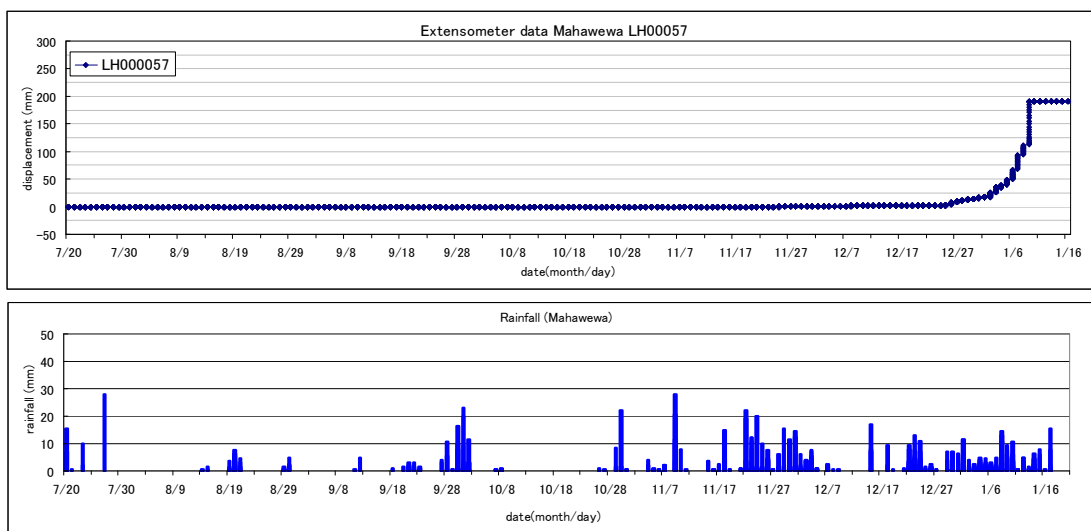
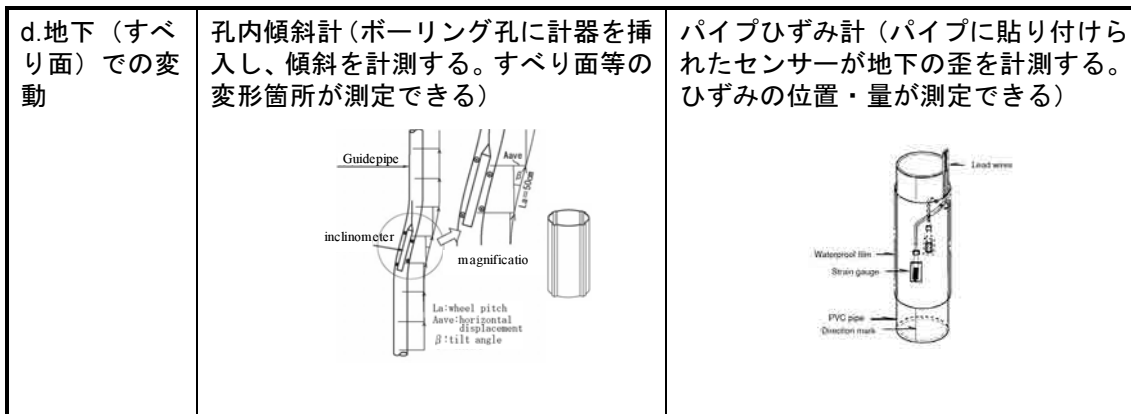


図5-3 伸縮計と雨量計測の結果(DiMCEP 成果より)

5.2.4 ボーリング調査

ボーリング調査は土壌や岩石を採取し、地質構成・地質構造を明らかにし、すべり面を把握することが可能である。オールコアのボーリングが望ましい。ボーリングの孔径は、孔内傾斜計、地下水位計、パイプひずみ計の設置など、後続の調査内容によって異なる。

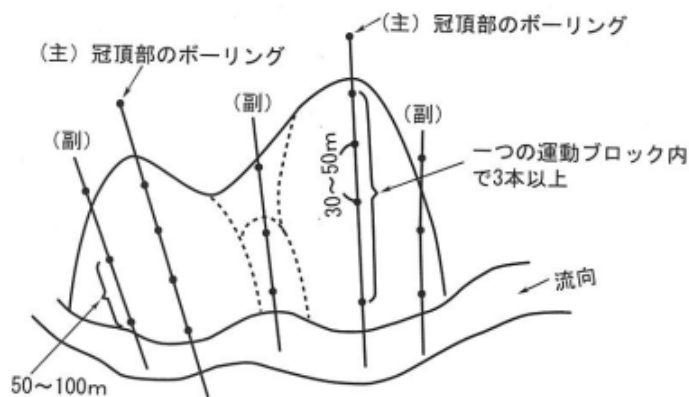


図5-4 ボーリング調査の場所と数量

a. ボーリングマシンの種類

ボーリングマシンは、パーカション型、ロータリー型、ロータリー・パーカション型の3種類である。

b. コア採取方法

コア採取のためにはロータリー型マシンが使われる。ボーリングの方法については利用サイドである地質技術者からの要望で、いろいろな対応が行われている。コア採取率の向上が地質調査の精度向上のための鍵となる。また、ボーリング調査中の様々な情報（地質の変化、掘進速度、地下水の状況、荷重の大きさなど）もボーリング日誌などに記載されており、それからの情報も重要である。

5.2.5 地球物理探査

a. 地震探査

弾性波探査は地下の構造、地下水の状況を把握する目的で実施される。ハンマーによる打撃によって発生した地震波（P-wave）の反射を計測することによって、地下の状況を把握することができる。

b. 電気探査

電気探査の目的は、電気抵抗性を通じて、地すべり斜面の中の風化状況、基盤岩や滞水層の位置と広がり、断層・破碎帯の位置などを二次元的に把握することができる。この結果をもとに地すべり対策で重要となる地下水排除工の検討が行われる。

5.3 早期警戒警報と交通規制

土砂災害に対して、対策構造物を導入してその発生機構および誘因を規制することにより、災害抑止を行うことは、最も効率的な対策方法であるが、実際にこれらの対策構造物を実施することは容易ではなく、加えて自然災害は時折、想定以上の規模となることがあり、その場合に被害は増大する。自然災害は場所・時期を予測することは一般に困難であり、土砂災害の完全な防止対策は実質的に不可能である。

そのため、土砂災害の被害を防止するにあたり、道路における土砂災害発生後の被害拡大を防ぐという別の側面からのアプローチが着目を集めている。一般的には交通規制や早期警戒警報が、道路における人的被害およびインフラ被害を軽減する最も効果的な方法である。

すなわち、土砂災害の非構造物対策としては、1) 土砂災害の引金となる降雨量に基づいた交通規制を確立する、2) 早期警戒体制を構築することが有効である。

道路における土砂災害のソフト対策実施にあたり、そのアプローチや戦略を本章では解説する。

5.3.1 現状の早期警戒警報と交通規制

a. RDA

RDA では大規模土砂災害が発生した場合、通行止めもしくは片側交互通行を実施する。しかし、事前通行規制に関しては、土砂災害に係る早期警戒や交通規制の体制がない。

DMC では、Pradeshiya Sabhas 地方事務局や NGO とともに、早期警報や早期避難に関する研究を行ってきている。

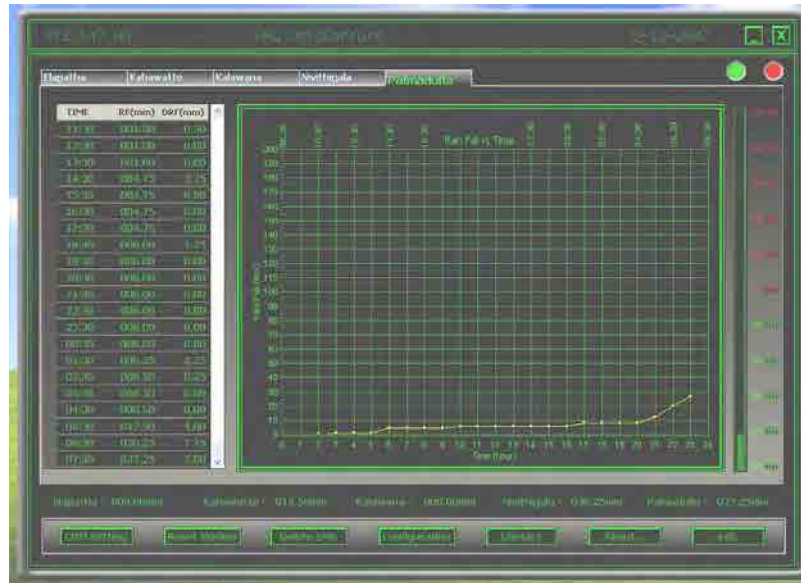
b. NBRO

NBRO では、DMC の「災害管理道路地図」で指定されている地域において、豪雨時に土砂災害早期警報の発令を 2008 年 10 月に正式に開始した。

NBRO では、パイロットプロジェクトとして、ラトナプラの Elapatha、Nivithigala、Kahawatta、Kalawana、Pelmadulla 地区の特定の集水域において地すべりモデルを開発してきた。

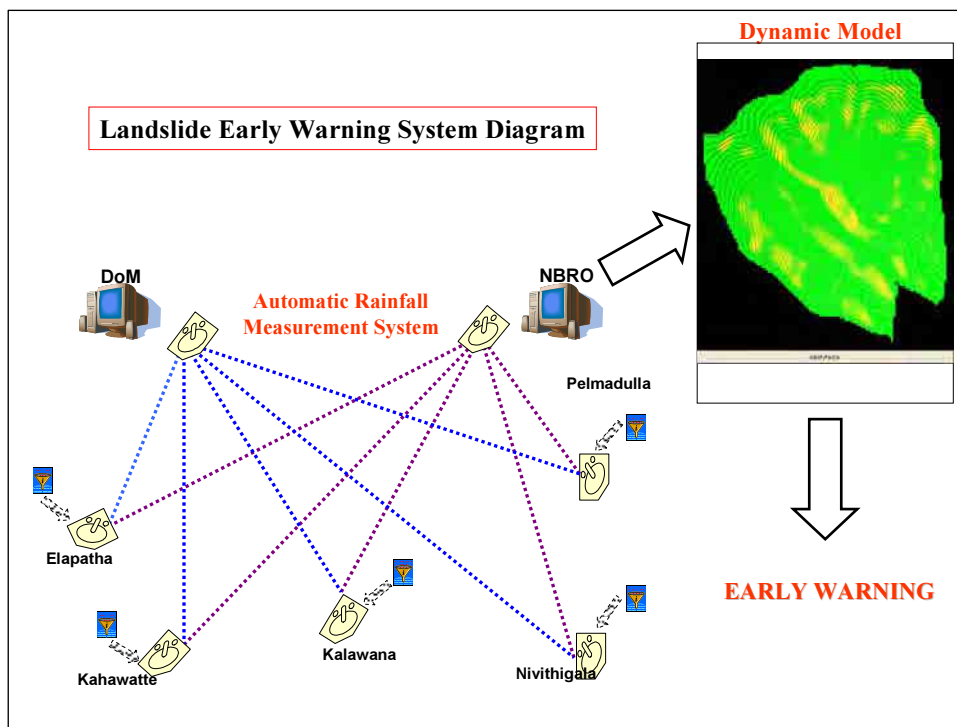
ラトナプラのプロジェクト後、Peradeniya と Walapane の 2 地区に雨量計を設置した。これらの雨量計から降雨量データは、ネットワークを経由して NBRO のウェブサイトならびに担当者の携帯電話に送信されている。

これらのパイロットプロジェクトでの成功に基づいて、NBRO は国家レベルでの早期警戒警報の発行を検討している。



(出典: NBRO 内部資料)

図5-5 24時間累積雨量の結果



(出典: NBRO 内部資料)

図5-6 ラトナプラにおける現状の土砂災害早期警戒体制

NBROでは、各地方自治体と土砂災害の降雨指標について話し合いを行っている。降雨指標が過去の雨量データに基づいて設定されているにも関わらず、的中率が高くないことが現状の課題である（例えば、降雨指標に達する前に土砂災害が発生する、降雨指標に達しても土砂災害が発生しないなど）。

NBROは継続的な降雨量計測が将来的な土砂災害の早期警戒警報の精度向上に重要であることを認識している。

表5-7 土砂災害早期警戒の閾値

降雨指標	活動内容
75mm/24hr	注意
100mm/24hr	(避難準備のための) 警報
150mm/24hr、もしくは 75mm/hr	避難

c. 地方コミュニティ

いくつかの地方コミュニティでは、土砂災害に対して独自の早期警戒・避難体制を設定している。交通規制については設定しているコミュニティはない。

c.1 A005-42/43 Ramboda GN地区, Kotmale DS地区, ヌワラエリヤ (Ramboda地すべり)

5 日間以上の連続雨量がある場合、住民は土砂災害の警戒を行う。NBRO は 25mm/hour の降雨量が土砂災害の引金になる可能性があるとは指摘しているが、コミュニティでは降雨量の計測体制はない。NBRO は土砂災害の警報体制構築のプロジェクトを検討しているが、実現していない。

c.2 A016-010 Panketiya, Haputale DS地区(Kahagala estate), バドゥツラ

集落は地すべり地区の下方部に位置し、災害管理委員会と調整委員が存在する。調整委員は、災害発生が懸念された場合、「ドラ」のような金皿を「お玉」のような棒で叩くことにより、注意を促す。警報の決定は調整委員の感覚による。

c.3 A026-055 Oyathenna地すべり, キャンディ

災害管理委員会や早期警戒体制は存在していないが、豪雨時に住民や近隣者や親戚等の安全な住宅に自主的に避難している。住民は、村の行政官に電話等で相談することができる。

c.4 A113-015 Nawalapitiya地すべり

RDA が土砂災害監視を行っており、その活動内容は以下のとおりである。

- 1) 地表面高さの変動観測
- 2) 地下水面の変動観測
- 3) 斜面や道路上での亀裂、小崩壊、落石の観測

RDA は、地表面高さを観測するため「計測石」を設置した。計測石は 20-30 cm ほどのコンクリート杭で、いくつかの場所に設置されている。また RDA は豪雨時の水路溢水を防止するため、水路の清掃を継続的に実施している。しかし、RDA 職員は、土砂災害リスクを科学的に基準で判断しているわけではなく、加えて警報発令や関連機関との連絡も実施していない。

災害管理委員会や早期警戒体制は存在していない。また住民は観測結果や避難に必要な活動なども知らされていない。

5.3.2 道路での交通規制と早期警戒体制構築の手法論

道路における交通規制および早期警戒体制の構築手順は、以下に示すとおりである。

- a. 降雨資料の収集整理
- b. 降雨指標の定義
- c. 情報伝達機関の役割設定
- d. 交通規制と早期警戒体制の運用

a. 降雨資料の収集整理

土砂災害危険区域の近傍にあるいくつかの雨量観測所を抽出し、次のような雨量観測所諸元をとりまとめる。

- 管理・運営責任機関
- 観測所位置、標高
- 雨量計の種類（観測方式：日雨量計／毎時雨量計、記録方式：自記雨量計／普通雨量計）
- 雨量資料の存在状況（日雨量、時間雨量、観測期間、雨量資料存在期間）

これらの資料を基にして、対象とする土砂災害危険区域の代表雨量観測所を選定する。代表雨量観測所は、土砂災害危険区域における降雨特性と類似し、短時間雨量資料が得られ、できるだけ観測期間の長い観測所が望ましい。

a.1 降雨量データ

土砂災害危険区域の代表雨量観測所について、以下のような雨量資料を収集整理する。

- 1) 日雨量：できるだけ長期間の日雨量資料を収集し日雨量年表を作成する。
- 2) 時間雨量：
 - 土砂災害が発生した時の降雨資料（発生降雨）：土砂災害が発生した時刻を含む全ての一連の降雨（降雨の前後に 24 時間以上の無降雨期間を有するひとまとまりの降雨）における毎時雨量。
 - 上記以外の降雨資料（非発生降雨）：連続雨量 40mm 以上又は 1 時間雨量強度が 10mm 以上の降雨を含む一連の降雨における毎時雨量
- 3) 既往最大雨量：既往最大および上位 10 程度の日雨量および時間雨量強度
- 4) 降雨解析結果：確率日雨量および確率時間雨量

a.2 土砂災害データ

被害発生の有無に関係なく可能な限り長期間の土砂災害発生データを収集し整理する。

- 発生日と位置
- 災害種（土石流、斜面崩壊、地すべり、落石など）
- 被害状況（人命損失、建物損失、道路被害、損失コスト、算出方法）
- 復旧期間
- 対策工法と工費

b. 降雨指標の定義

警戒警報の発令を行う為の基準雨量（以下「警戒基準雨量」と呼ぶ）及び避難の指示を行う為の基準雨量（以下「避難基準雨量」と呼ぶ）の設定方法について以下に示す。以下では、警戒基準雨量を示す基準線を警戒基準線（Warning Line；略して WL）、避難基準雨量を示す基準線を避難基準線（Evacuation Line；略して EL）と称する。

警戒・避難基準線の設定には、まず警報の発令や避難の指示のタイミング、つまり猶予時間を定める必要がある。すなわち、土石流の発生が予想される時点に対して警報の発令や避難の指示をどれぐらいの時間前に行うかについて設定する。さらに、それぞれの猶予時間内に想定される降雨量（想定雨量）と CL をもとに基準線を設定する。発令・指示のタイミングについては地域の実情に応じて定めるべきである。なお、猶予時間内の想定雨量の設定については、警戒警報の空振り頻度などの状況に応じて、適切な確率雨量や短時間予測雨量の採用などを検討する

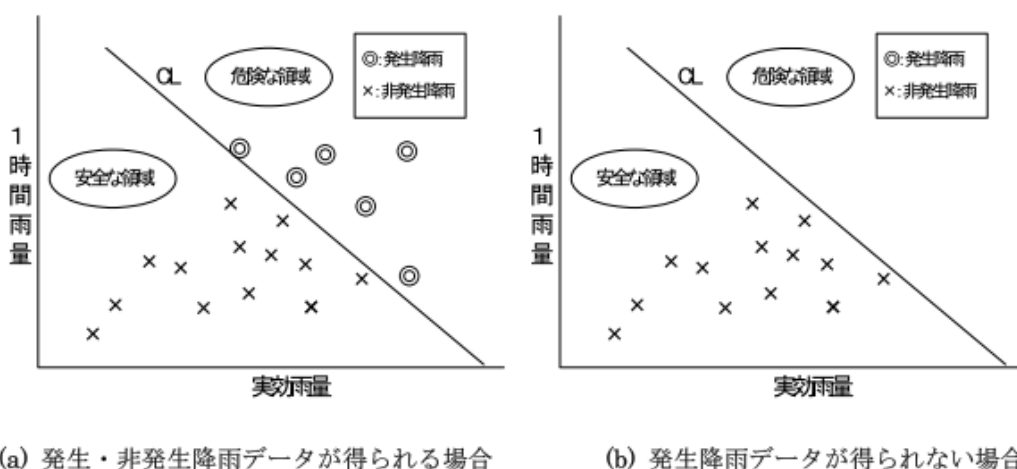


図5-7 土砂災害発生の雨量グラフ

表 5-8 に日本の交通規制および早期警戒の例を示す。

表5-8 日本の交通規制および早期警戒の例

地域	年間降雨量 (mm)	確率雨量		CL (mm)		WL (mm)		EL (mm)	
		日雨量 (mm)	時間雨量 (mm)	X切片	Y切片	X切片	Y切片	X切片	Y切片
1	—	329	81.4	86	238	—	—	—	—
2	—	329	81.4	86	238	—	—	—	—
3	—	329	81.4	86	238	—	—	—	—
4	2,913	329.7	82.8	178	178	43	108	85	134
5	3,078	355.7	99.1	367	317	222	474	266	361
6	4,345	395.5	113.4	446	385	572	321	436	446
7	2,160	396.5	104.2	218	218	101	251	133	209
8	—	416	98	433	140	114	174		
9	1,103	436.3	71.8	379	34				
10	2,415	303.4	84.8	182	182	55	138	91	143
11	2,193	318.3	59.8	246	246	141	349	170	268
12	2,560	330.5	76.4	257	257	129	319	169	266
13	2,265	336.8	69.8	222	222	105	260	139	219
14	2,324	355.5	74.3	318	318	192	476	231	364
15	2,191	364.4	76.5	167	167	54	133	80	127
16	2,568	407.8	75	201	201	71	175	112	177
17	2,087	170	71.6	216	216	150	370	166	261
18	2,779	211.6	56.3	193	193	129	319	143	225
19	2,049	225.1	42.9	204	204	141	349	158	248
20	2,671	233.2	46.8	195	195	135	333	150	236
21	—	236.9	50	181	181	122	300	140	220
22	3,004	266.5	60.3	208	208	142	351	156	245
23	—	334.1	73.5	404	135	112	94	196	104
24	1,875	335.3	85.9	253	253	146	362	179	282
25	2,702	338.7	72.7	275	275	158	391	193	303
26	2,097	350.3	81.1	213	213	90	224	126	198
27	2,533	364.9	95.7	274	274	140	346	179	281
28	2,521	372.8	91.4	225	225	105	260	133	209
29	2,070	398.9	119.3	264	264	137	339	170	268
30	2,314	446.8	95.3	326	326	203	504	240	378
31	2,522	448	74	330	330	220	544	252	397
32	2,214	527.3	123.8	272	272	147	363	180	283

c. 情報伝達機関の役割設定

土砂災害警戒情報提供責任機関は、土砂災害監視システム、降雨観測システムおよび土砂災害予測システムの計画を立案し、そのシステムの運営維持管理を行うとともに、土砂災害の監視情報と危険予測情報を基にして、土砂災害応急対策責任機関に土砂災害警戒情報を提供する。

土砂災害の発生が予測された場合に応急対策を実施する責任機関を明確にしておく必要がある。地方自治体やコミュニティが災害応急対策に対して重要な役割を果たす必要がある。各地域においては、それぞれの法律または実情に応じて、土砂災害応急対策責任機関を確認して明確化しておく必要がある。また、災害警報や避難勧告等の情報伝達に係わる通信手段を確保しておく必要がある。土砂災害応急対策責任機関の主な役割は次のとおりである。

- 1) 災害情報の収集および伝達
- 2) 土砂災害警報の伝達および警告

- 3) 土砂災害警戒区域の設定
- 4) 土砂災害応急対策のための出動命令等
- 5) 土砂災害応急対策のための避難の指示等
- 6) 土砂災害応急対策のための応急措置等

d. 交通規制と早期警戒体制の運用

土砂災害警戒警報システムでは、土砂災害の観測・監視または警戒避難基準雨量による予測に基づいて、土砂災害を的確に予測し、危険情報を住民に伝え、住民の避難準備および避難行動に役立てなければならない。

途上国においては、雨量観測情報はテレメータ化されていないのが普通である。したがって、土砂災害発生現場の近傍に設置された雨量計の雨量情報や目視による土砂災害監視情報は、観測者が土砂災害監視センターに何らかの形で連絡する必要がある。すなわち、土砂災害警戒警報システムは、次のような運用が考えられる。

- 1) 現場に常駐する雨量観測者や土砂災害監視者は、土砂災害の危険が予測された場合に、無線または携帯電話などで土砂災害監視センターに雨量情報や目視観測情報を連絡する。
- 2) これを受けて、センターは土砂災害を予測し、警報または避難勧告の発令の是非を検討する。
- 3) 警報または避難勧告が発令された場合、住民は避難準備または避難を実施する。

このような土砂災害警戒警報システムの運用に当たっては、上記のような土砂災害情報の伝達・受け取りのために必要・十分な人員配置および体制を構築し、適切な運用を図る必要がある。

5.3.3 交通規制と早期警戒体制構築のアプローチ

交通規制と早期警戒体制の構築に向けて、継続的かつ高精度の降雨量観測と、降雨量と地すべり変動の関係解析を必須である。そのため、観測機器の供給と、それに伴う交通規制と早期警戒体制の構築について提案する。

NBRO では、各地方自治体と土砂災害の降雨指標について話し合いを行っている。降雨指標が過去の雨量データに基づいて設定されているにも関わらず、的中率が高くないことが現状の課題である（例えば、降雨指標に達する前に土砂災害が発生する、降雨指標に達しても土砂災害が発生しないなど）。NBRO は継続的な降雨量計測が将来的な土砂災害の早期警戒警報の精度向上に重要であることを認識している。

本提案プロジェクトの目的は、自動雨量計およびリアルタイムモニタリングシステムを供与することにより、土砂災害に関わる交通規制と早期警戒体制の構築を支援することである。

本プロジェクトは、土砂災害の変動と、雨量との関係ならびに JICA の過去の案件で供与された他のモニタリング機器（伸縮計、地下水水位計、傾斜計等）との関係に基づいて、降雨指標の設定を設定する。また、JICA の他プロジェクトにおいて「ス」国

気象庁に供与される気象レーダを使った交通規制と早期警戒体制についても検討する。表5-9に交通規制と早期警戒体制構築の概要を示す。

表5-9 交通規制と早期警戒体制構築の概要

概要	自動雨量計およびリアルタイムモニタリングシステムを供与することにより、土砂災害に関わる交通規制と早期警戒体制の構築を支援する。
上位目標	スリランカの国道における土砂災害被害を軽減する。
プロジェクト目標	土砂災害に関わる交通規制と早期警戒体制の構築を支援する。
実施機関	NBRO/RDA
関連機関	DMC, DOM, DDMCU, DS etc.
実施期間	機材設置：1年、モニタリング・運用：5年
成果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 30地区におけるデータロガー付自動雨量計と太陽電池システムの導入 2. リアルタイムモニタリング体制と情報伝達体制の構築 3. 警報基準値の設定 4. 交通規制と早期警戒体制の検討
投入	
機材	<ol style="list-style-type: none"> 1) 自動雨量計 * 30 2) 太陽電池システム * 30 3) データロガー * 30 4) データ転送ソフトウェア（ウェブ版） * 30 5) デスクトップ PC * 2 6) ウェブサーバー * 2 7) 42 LCD ディスプレイ * 2 8) ラップトップ PC * 1 9) サーバールック * 2 10) メディアタブ * 2 11) サーバー管理室設置 * 2

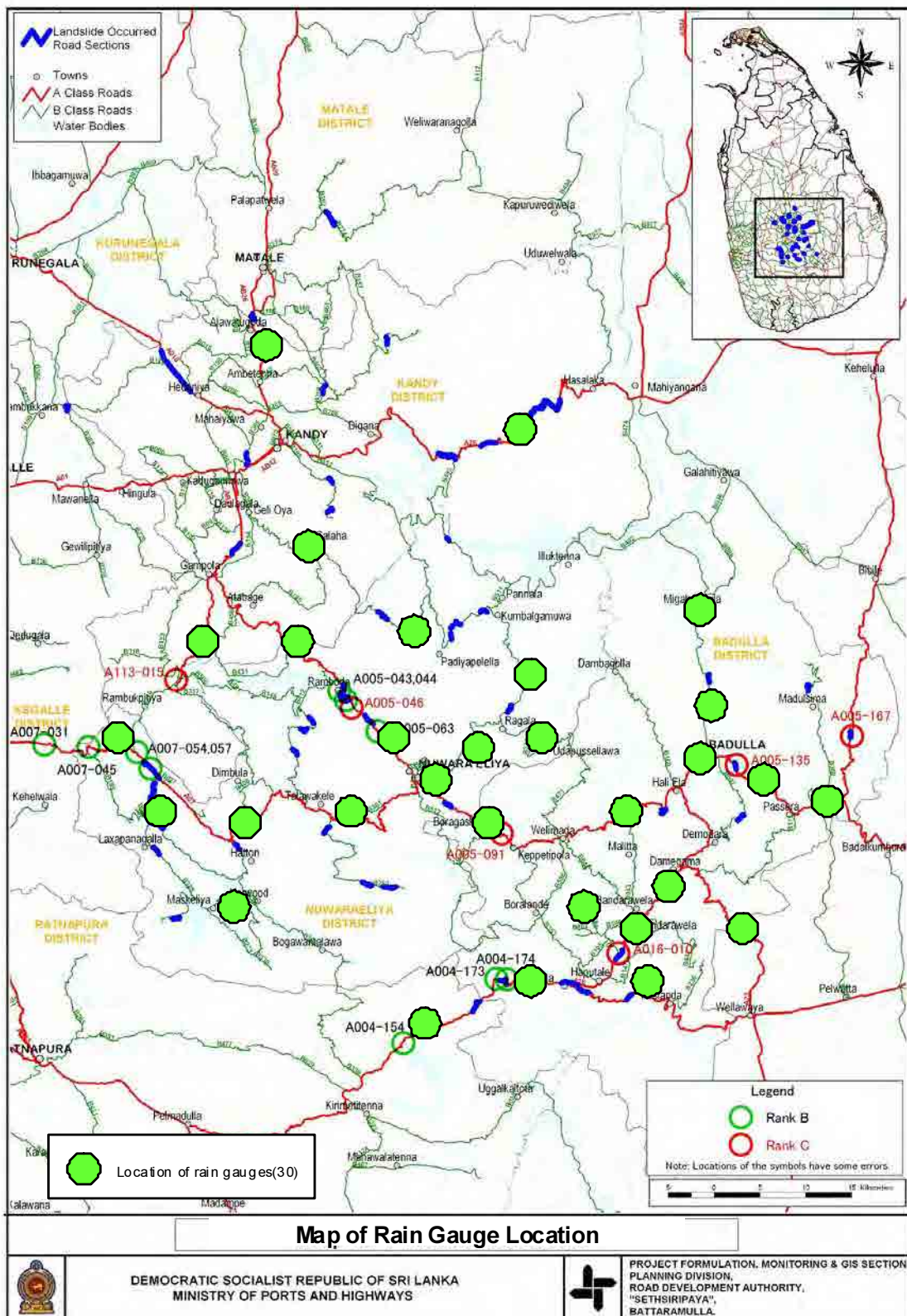


図5-8 雨量計設置予定位置図

NBRO は長年、降雨量データの集積、解析、警報発令を行い、国家レベルのネットワークを構築してきた。新規の ODA 有償資金協力では、NBRO は国家レベルでの災害防止に向けた早期警戒警報構築を計画している。

RDA と NBRO の協議を受けて、雨量データ収集整理ならびに降雨指標との比較は NBRO が実施し、必要データを RDA へ送信することとなった。そのため、早期警戒警報構築の主機関は NBRO とすることが望ましい。

供与機材の選定において、NBRO は機材メンテナンスの重要性について主張しており、新規機材とスペアパーツの供与は「ス」国で容易に可能なものとする。

現在のところ、土砂災害のデータは現地で収集しているが、電話網や無線ネットワークなどを用いたリアルタイムのデータ取得により、適切な通行規制が可能となる。加えて、データ蓄積により予測手法も向上し、将来的に安全な道路管理に資することが可能となる。

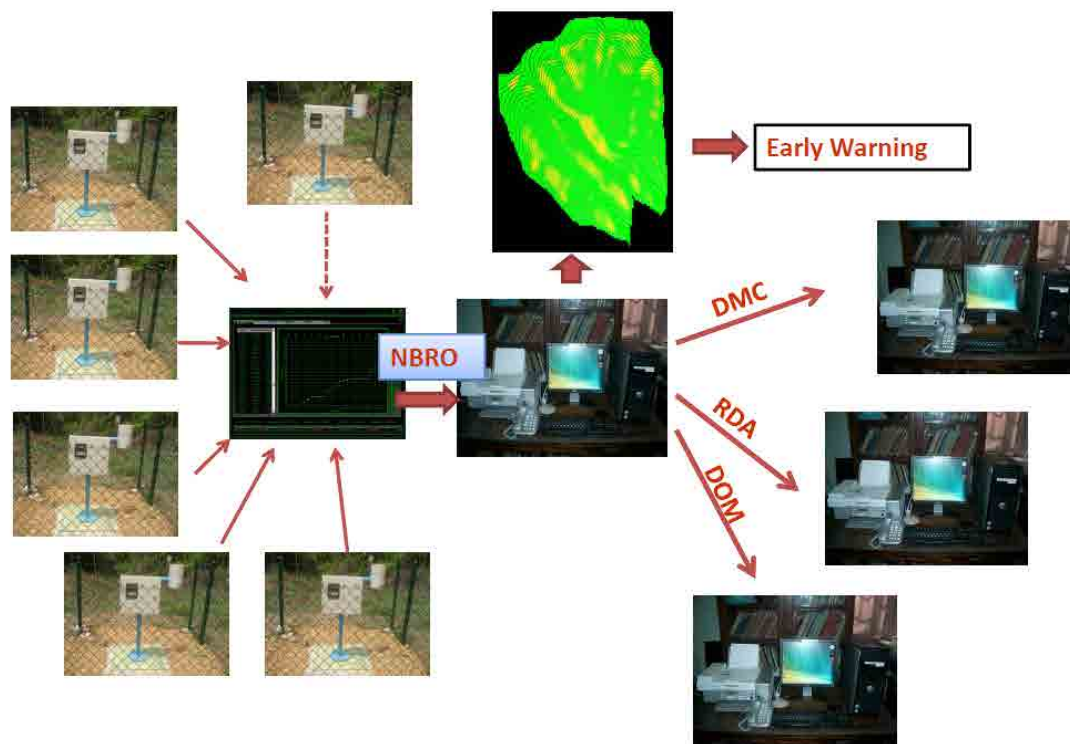


図5-9 雨量データ転送と警報体制のイメージ

5.4 RDA/NBRO における地すべり管理のキャパシティ・ディベロップメント

道路における土砂災害被害を軽減するために、対策構造物の設置は有効であり、道路に構造物を設置した場合、道路管理者による維持管理が地すべり対策の効果を上げる有効な要因となる。

土砂災害を防止するためには、地すべり管理、特に構造物対策ならびにその維持管理の効果的なキャパシティ・ディベロップメントが重要であり、関連する調査・設計・施工監理を含めた一連の技術移転が本キャパシティ・ディベロップメントの目的となる。キャパシティ・ディベロップメントでは、日本側の支援を受けながら、ランク B ないしランク C 地区において、RDA や NBRO の関連機関での OJT を通して、地すべり対策構造物を施工する。このとき、供与された機材を用いて、地すべり機構を理解したうえで実施する。

RDA では不安定斜面での調査、対策工設計、対策工施工の OJT を実施する。

NBRO では不安定斜面での調査、対策工設計、対策工施工、モニタリングの OJT を実施する。また傾斜地での道路建設マニュアルを技術移転に含める。供与する機材や技術は、プロジェクト終了後にも使用する。

キャパシティ・ディベロップメントの基本方針は、RDA や NBRO の関連機関に地すべり対策工の全体的な流れ、個別の対策技術に関わる技術移転を実施することであり、道路災害管理を行っていく体制を構築することにある。表5-10にキャパシティ・ディベロップメントの概要を示す。

表5-11 地すべり管理に係るキャパシティ・ディベロップメントの概要

概要	土砂災害を防止するためには、地すべり管理、特に構造物対策ならびにその維持管理の効果的なキャパシティ・ディベロップメントが重要であり、関連する調査・設計・施工監理を含めた一連の技術移転が本キャパシティ・ディベロップメントの目的となる。
対象機関	RDA, NBRO, 施工業者, コンサルタント業者
成果	
	1. 地すべりメカニズムを解析するための地すべりモニタリングが実施される 2. 地すべり対策工が効果的に実施される
投入	
トレーニング・セミナー	1) ランク B およびランク C 地区での OJT 2) セミナー (2-4 回程度/年)

各活動の概要は以下のとおりである。

1. 地すべりメカニズムを解析するための地すべりモニタリングが実施される

地すべり変動および対策工変状がモニタリングされる。モニタリングのタイプ、手法、頻度等は検討する必要がある。

2. 地すべり対策工が効果的に実施される

- 基本設計

基本設計は、その後に実施される詳細設計の品質に大きな影響を与える。対策工の設計技術の実施体制を構築し、将来的には RDA が「ス」国の委託業者等に対して技術指導できることを目指す。

- 委託に向けた技術仕様書作成

詳細設計、積算、対策工事（抑止杭やアンカーなど）は外部委託することが多いため、委託に向けた技術仕様書などは RDA 内で作成できるようにする。技術仕様書作成に向けた支援を、日本側が実施する。

- 委託業者に対する品質管理

対策工事における施工監理や現場管理を実施する（一部はコンサルタント業者等に委託）。日本側から OJT を通して、施工監理や品質管理に関わる技術アドバイスを RDA/NBRO に行う。

- 構造物施工に係る品質管理

構造物施工に際して、技術仕様書に示される数量や施工方法、設計図面との整合を十分に行われるようにする。また、委託業者選定の場合は、価格だけでなく、技術力を十分に重視した上で総合的な判断を行う。