

モーリシャス国

公共インフラ・陸上交通省(MPI)

# モーリシャス国 地すべり対策プロジェクト

## ファイナル・レポート

【要約】

平成27年3月

(2015年)

独立行政法人  
国際協力機構(JICA)

国際航業株式会社  
日本工営株式会社  
セントラルコンサルタント株式会社  
株式会社ふたば

環境

JR

15-043

モーリシャス国

公共インフラ・陸上交通省(MPI)

# モーリシャス国 地すべり対策プロジェクト

## ファイナル・レポート

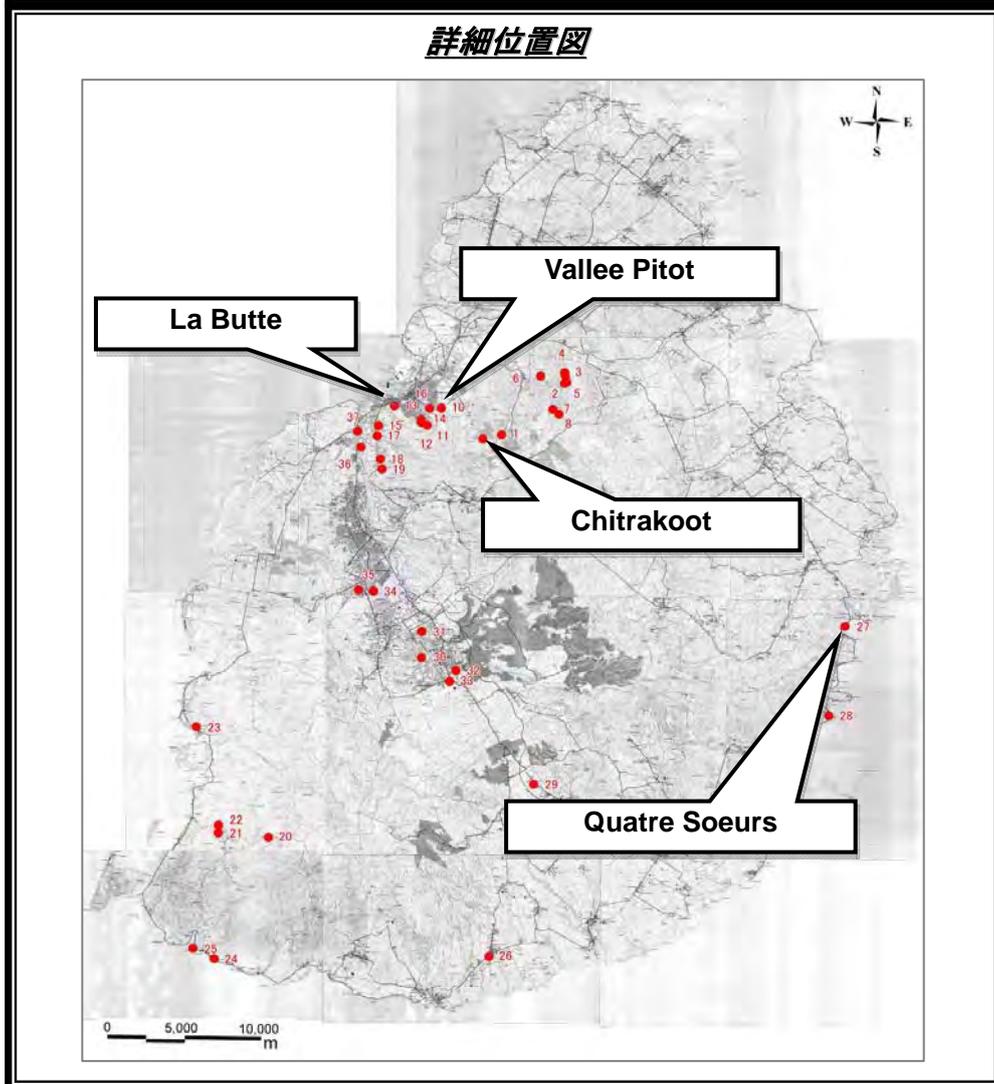
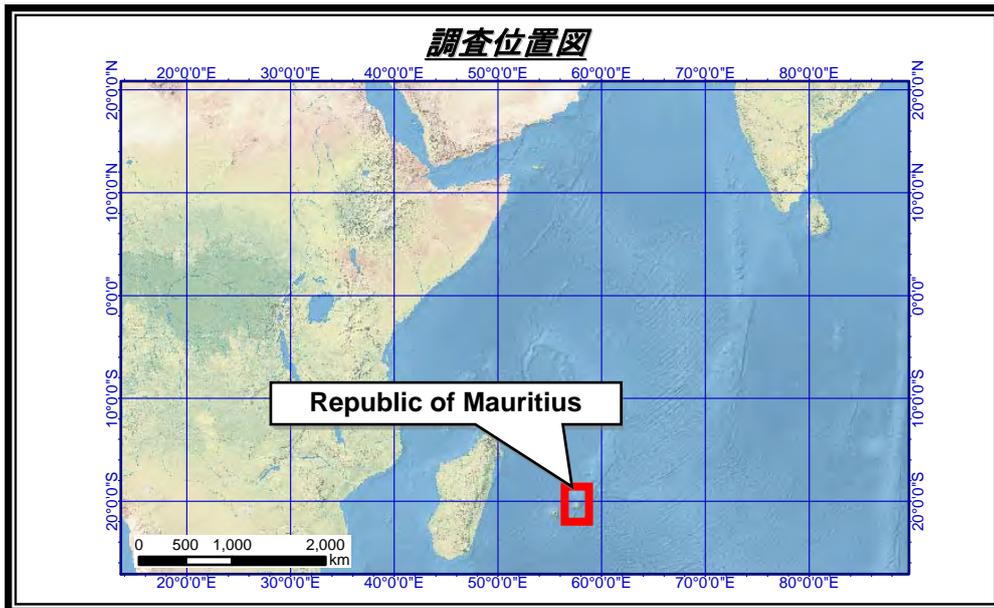
【要約】

平成27年3月

(2015年)

独立行政法人  
国際協力機構(JICA)

国際航業株式会社  
日本工営株式会社  
セントラルコンサルタント株式会社  
株式会社ふたば



位置図

## 通貨換算率

1 USD = 34.959 Rs  
= 119.68 JPY

100 Rs = 3.098 USD  
= 370.75 JPY

Rs:モーリシャス・ルピー

2015年3月1日時点

## プロジェクト写真(1)



副首相兼MPI大臣への表敬訪問, 2012年5月28日



プロジェクト開始の締結, 2012年5月30日



第1回ステアリングコミッティ, 2012年5月29日



第2回ステアリングコミッティ, 2012年11月1日



第3回ステアリングコミッティ, 2013年11月21日



第4回ステアリングコミッティ, 2015年1月19日

## プロジェクト写真(2)



第1回ステークホルダー会議(Chitrakoot), 2012年9月22日



第2回ステークホルダー会議(Quatre Soeurs), 2013年4月12日



第5回ステークホルダー会議(Vallee Pitot), 2014年12月12日



第1回技術移転セミナー, 2012年10月10日



第2回技術移転セミナー, 2013年11月20日



第3回技術移転セミナー, 2015年1月20日

### プロジェクト写真(3)



IOCの現場視察, 2012年6月13日



第4回技術ワークショップ【Landuse Policy】,  
2012年7月30日



第5回技術ワークショップ【Aerial Photo Interpretation】,  
2012年9月6日



第10回技術ワークショップ【Stability Analysis and  
Countermeasures】, 2013年3月5日



第1回本邦研修, 2012年11月24日~12月15日



第2回本邦研修, 2013年8月17日~9月8日

プロジェクト写真(4)



ボーリング調査の作業状況(Quatre Soeurs),  
2012年10月2日



地すべり対策工施工・水平ボーリング技術指導  
(パイロットサイト: Chitrakoot), 2014年10月30日



地すべり対策工施工・第2回サイトミーティング  
(パイロットサイト: Chitrakoot), 2014年9月1日



地すべり対策工の完成・水路工Type3  
(パイロットサイト: Chitrakoot), 2014年12月12日



地すべり対策工の完成・橋梁Br-3  
(パイロットサイト: Chitrakoot), 2014年12月12日



地すべり対策工の完成・水平ボーリング工  
(パイロットサイト: Chitrakoot), 2014年12月12日

# 目 次

位置図
プロジェクト写真
目次
図リスト
表リスト
写真リスト
略語表
要 約

	Page
<b>1 序論</b> .....	<b>1-1</b>
1.1 レポートの概要.....	1-1
1.2 達成が期待される目標.....	1-1
1.2.1 活用目標.....	1-1
1.2.2 活用による達成目標.....	1-1
1.2.3 プロジェクト成果.....	1-1
1.3 プロジェクトの範囲.....	1-2
1.3.1 プロジェクト地域.....	1-2
1.3.2 カウンターパートと調査団.....	1-3
1.4 主要活動.....	1-4
<b>2 基礎調査</b> .....	<b>2-1</b>
2.1 地形.....	2-1
2.2 地質と降雨.....	2-1
2.3 地すべりインベントリー.....	2-1
2.3.1 危険箇所の分類.....	2-2
2.3.2 現地踏査.....	2-2
2.3.3 インベントリーと分布図.....	2-4
2.3.4 GISデータベース.....	2-8
2.4 対策工実態.....	2-9
2.4.1 構造物対策.....	2-9
2.4.2 非構造物対策.....	2-9
2.5 社会調査.....	2-10
2.5.1 基礎調査.....	2-10
2.5.2 地すべりに関する意識調査.....	2-11
2.6 組織・制度.....	2-13

2.6.1	災害対策枠組.....	2-13
2.7	経済調査.....	2-16
2.7.1	モーリシャスの経済指標.....	2-16
2.7.2	モーリシャスの経済政策.....	2-16
2.7.3	「モ」国の予算方針(2014年).....	2-16
2.7.4	公共インフラ省 (MPI) の予算方針 (2014年-2016年) .....	2-17
2.7.5	地すべり対策兼修繕・復旧ユニット (LMU/RRU) の予算.....	2-18
<b>3</b>	<b>地すべり管理計画1 (調査と結果) .....</b>	<b>3-1</b>
3.1	地すべり危険地の特定 .....	3-1
3.2	測量.....	3-1
3.3	地質調査.....	3-2
3.3.1	地すべり地の地質.....	3-2
3.3.2	室内試験 .....	3-2
3.3.3	水質試験 .....	3-6
3.4	モニタリング.....	3-8
3.4.1	機器設置 .....	3-8
3.4.2	モニタリング結果.....	3-10
3.5	物理探査.....	3-20
3.5.1	弾性波探査 .....	3-20
3.5.2	比抵抗二次元探査.....	3-22
3.6	ボーリング調査.....	3-24
3.6.1	ボーリング計画.....	3-24
3.6.2	コアボーリング.....	3-25
3.6.3	観測機器の設置.....	3-26
3.6.4	ボーリング結果.....	3-28
3.6.5	標準貫入試験.....	3-29
3.7	現地調査.....	3-32
3.7.1	家屋の被害状況.....	3-32
3.7.2	現地踏査結果.....	3-34
3.8	防災点検.....	3-37
3.8.1	防災点検の意義と目的.....	3-37
3.8.2	防災点検の手法.....	3-37
3.8.3	防災点検の結果.....	3-37
3.8.4	防災点検に係る提言.....	3-39
3.9	災害スキームのレビューと提言 .....	3-40
3.9.1	災害スキームのレビュー.....	3-40
3.9.2	災害スキームへの提言.....	3-41
3.10	開発計画政策指針のレビューと提言.....	3-43
3.10.1	日本の地すべり関連法.....	3-43
3.10.2	「モ」国の地すべり災害リスク管理に関する法制度・計画.....	3-45
3.10.3	「モ」国の地すべり危険地域の現状.....	3-46
3.10.4	PPGへの提言案 .....	3-47
3.11	初期調査の技術ガイドライン .....	3-48

3.12	実務手順書（地すべり対策マニュアル） .....	3-49
<b>4</b>	<b>地すべり管理計画2（解析と解釈） .....</b>	<b>4-1</b>
4.1	地質解析 .....	4-1
4.1.1	Chitrakoot .....	4-1
4.1.2	Quatre Soeurs .....	4-1
4.1.3	Vallee Pitot .....	4-2
4.2	モニタリング解釈 .....	4-4
4.2.1	Chitrakoot .....	4-4
4.2.2	Quatre Soeurs .....	4-5
4.2.3	Vallee Pitot .....	4-5
4.3	土壌雨量指数による閾値の検討 .....	4-6
4.3.1	解析方法 .....	4-6
4.3.2	使用したデータ .....	4-6
4.3.3	解析結果 .....	4-7
4.3.4	今後の「モ」国での土壌雨量指数の利用について .....	4-7
4.4	安定解析 .....	4-8
4.4.1	地すべり安定解析の安全率 .....	4-8
4.4.2	安定解析のための各種定数の設定 .....	4-8
4.4.3	安定解析の手法 .....	4-8
4.4.4	安定解析の実施 .....	4-8
4.4.5	土の強度の評価 .....	4-10
4.5	危険度判定 .....	4-11
<b>5</b>	<b>フィージビリティ調査 .....</b>	<b>5-1</b>
5.1	優先地域とパイロットプロジェクト地域 .....	5-1
5.1.1	優先地域の選定 .....	5-1
5.1.2	パイロットプロジェクト地域の選定 .....	5-1
5.1.3	パイロットプロジェクト地域での災害シナリオ .....	5-2
5.2	対策方針検討 .....	5-3
5.2.1	Chitrakoot地区対策工計画 .....	5-3
5.2.2	Vallee Pitot緊急対応 .....	5-6
5.2.3	Quatre Soeurs住民移転 .....	5-7
5.3	環境影響評価（EIA） .....	5-9
5.3.1	パイロットプロジェクトに関するEIA .....	5-9
5.3.2	主要な環境社会影響と緩和策 .....	5-9
5.4	事業評価 .....	5-10
5.4.1	事前評価 .....	5-10
5.4.2	中間レビュー .....	5-10
5.4.3	事後評価 .....	5-10
5.5	資金調達の促進 .....	5-12
5.6	組織強化計画 .....	5-14
5.6.1	地すべり災害対策組織：インフラ省・地すべり対策ユニット （MPI/LMU） .....	5-14
5.6.2	課題と短期的、中・長期的目標の設定 .....	5-14
5.6.3	各課題と目標に対する達成された成果と今後の長期計画 .....	5-16

<b>6</b>	<b>パイロット事業（地すべり対策）</b> .....	<b>6-1</b>
6.1	構造物対策工.....	6-1
6.1.1	対策工の基本設計.....	6-1
6.1.2	詳細設計・積算.....	6-5
6.1.3	施工計画 .....	6-13
6.1.4	入札図書作成と入札.....	6-14
6.1.5	施工監理 .....	6-16
6.1.6	設計変更 .....	6-17
6.1.7	今後の計画 .....	6-18
6.1.8	「モ」国で実施可能な対策工.....	6-20
6.1.9	対策後の地すべり危険区域での開発について .....	6-21
6.2	早期警戒と避難.....	6-22
6.2.1	モーリシャスにおける早期警戒の現状.....	6-22
6.2.2	Chitrakoot, Vallee Pitot, Quatre Soeursの3地区における早期警戒システム の提言 .....	6-23
6.2.3	早期警戒システムの構築.....	6-26
6.3	Information, Education and Communication (IEC) .....	6-29
6.3.1	本プロジェクトにおけるIEC活動の目的 .....	6-29
6.3.2	本プロジェクトで実施するIEC活動の検討 .....	6-29
6.3.3	優先地域の住民を対象としたステークホルダー会議.....	6-30
6.3.4	住民アンケート調査の実施.....	6-32
6.3.5	プロジェクト・ニュースレターの作成.....	6-34
6.3.6	教材作成 .....	6-34
6.4	パイロット事業における技術総括 .....	6-36
<b>7</b>	<b>技術移転</b> .....	<b>7-1</b>
7.1	方法論 .....	7-1
7.1.1	技術移転の目的.....	7-1
7.1.2	技術移転の方法.....	7-1
7.1.3	技術移転における基本方針.....	7-2
7.2	技術移転の体制 .....	7-3
7.3	技術移転セミナー .....	7-4
7.3.1	第1回技術移転セミナー.....	7-4
7.3.2	第2回技術移転セミナー.....	7-4
7.3.3	第3回技術移転セミナー.....	7-4
7.4	ワークショップ .....	7-5
7.5	本邦研修.....	7-6
7.6	ステアリング・コミッティ .....	7-7
7.7	国内支援委員会.....	7-8
7.8	技術移転の成果 .....	7-9
7.9	今後のMPIにおける活動と関係機関の役割分担 .....	7-12
7.9.1	MPIにおける今後の活動.....	7-12
7.9.2	関係機関における役割分担.....	7-14

<b>8</b>	<b>環境・気候変動適応及び防災</b> .....	<b>8-1</b>
8.1	概要.....	8-1
8.2	プロジェクトと関連組織.....	8-1
8.2.1	モリシヤス国政府機関の動向.....	8-1
8.2.2	国際開発機関の動向.....	8-1
8.3	JICA環境・気候変動対策・防災にかかるまとめ.....	8-4
8.4	南西インド洋諸国との技術交流.....	8-6
8.4.1	島嶼国セミナー概要.....	8-6
<b>9</b>	<b>本プロジェクトにおける提言事項</b> .....	<b>9-1</b>
9.1	地すべり管理計画に係る提言.....	9-1
9.1.1	防災点検に係る提言.....	9-1
9.1.2	災害スキームへの提言.....	9-1
9.1.3	PPGへの提言案.....	9-2
9.1.4	初期調査の技術ガイドライン.....	9-3
9.1.5	実務手順書（地すべり対策マニュアル）.....	9-4
9.2	フィージビリティ調査に係る提言.....	9-6
9.2.1	資金調達の促進.....	9-6
9.2.2	組織強化計画.....	9-9
9.3	パイロット事業（地すべり対策）に係る提言.....	9-15
9.3.1	構造物対策工 - 今後の計画.....	9-15
9.3.2	対策後の地すべり危険区域での開発について.....	9-19
9.3.3	早期警戒システムの提言.....	9-20
9.3.4	IEC調査の提言.....	9-22
9.4	他地域における地すべり管理計画に係る提言.....	9-24
9.4.1	「モ」国における地すべりの現状.....	9-24
9.4.2	地すべり管理計画策定に係る提言.....	9-25

# サポーターングレポート

## Volume 1

1. Minutes of Meeting on the Detailed Planning Survey for the Project
2. Minutes of Meeting on 1<sup>st</sup> Steering Committee
3. Minutes of Meeting on 2<sup>nd</sup> Steering Committee
4. Minutes of Meeting on 3<sup>rd</sup> Steering Committee
5. Minutes of Meeting on 4<sup>th</sup> Steering Committee
6. Landslide Location Map
7. Landslide Recording Sheet
8. Result of Aerial Photograph Interpretation
9. The Survey Result of Landslide Awareness of Residents
10. Regular Check Sheets and Photo Sheets
11. Bore Logs and Core Sample Photo
12. Soil Test and Water Quality
13. Review and Recommendation for the Disaster Scheme
14. Review and Recommendation for the Planning Policy Guidance
15. Result of Stability Analysis
16. Project Leaflet (Project of Landslide Management in the Republic of Mauritius)
17. Presentation Material for 1<sup>st</sup> Stakeholder Meeting
18. Presentation Material for 2<sup>nd</sup> Stakeholder Meeting
19. Minutes of 1<sup>st</sup> Technical Seminar
20. Minutes of 2<sup>nd</sup> Technical Seminar
21. Minutes of 1<sup>st</sup> Advisory Committee in Japan
22. Minutes of 2<sup>nd</sup> Advisory Committee in Japan
23. Minutes of 3<sup>rd</sup> Advisory Committee in Japan
24. Minutes of 4<sup>th</sup> Advisory Committee in Japan

## Volume 2

25. Reports of Technical Advice of Individual Site for MPI
26. Soil Water Index
27. Result of Ring Shear Test
28. Calculation of Pile Work
29. Results of Stability Analysis of Slope behind the Drainage
30. Consideration of the Cross Section for Drainage
31. Drawings for the Landslide Countermeasure
32. Documents related to the Modification of Drawings
33. Cost estimation
34. Construction Supervision Report

## 図リスト

	Page
図1.3.1 調査対象地区の位置図.....	1-2
図1.4.1 プロジェクト実施のフローチャート.....	1-5
図2.3.1 地すべり位置図.....	2-5
図2.3.2 地すべり調査位置図（ベースマップ：道路、河川、等高線、行政界）.....	2-8
図2.3.3 地すべり調査位置図（ベースマップ：地形図(1:25,000)）.....	2-8
図2.3.4 地すべり分布図（Chitrakoot area）.....	2-8
図2.3.5 地すべり分布図（Quatre Soeurs area）.....	2-8
図3.4.1 地すべり計器の設置場所-Chitrakoot.....	3-8
図3.4.2 地すべり計器の設置場所-Quatre Soeurs.....	3-9
図3.4.3 地すべり計器の設置場所-Vallee Pitot.....	3-9
図3.4.4 雨量計観測結果-Chitrakoot.....	3-10
図3.4.5 伸縮計観測結果-Chitrakoot.....	3-11
図3.4.6 孔内傾斜計測定結果-Chitrakoot.....	3-12
図3.4.7 パイプひずみ計計測結果-Chitrakoot.....	3-13
図3.4.8 地下水位観測結果-Chitrakoot.....	3-14
図3.4.9 雨量計観測結果-Quatre Soeurs.....	3-14
図3.4.10 伸縮計（レーザー）計測結果-Quatre Soeurs.....	3-15
図3.4.11 パイプひずみ計計測結果-Quatre Soeurs.....	3-16
図3.4.12 BH-Q2における潮汐に連動した地下水の変化-Quatre Soeurs.....	3-17
図3.4.13 BH-5 地下水観測結果-Quatre Soeurs.....	3-17
図3.4.14 地下水観測結果（手動）-Quatre Soeurs.....	3-18
図3.4.15 伸縮計観測結果-Vallee Pitot.....	3-19
図3.5.1 弾性波探査の測線位置図（Chitrakoot）.....	3-20
図3.5.2 弾性波速度構造図（A1測線）.....	3-21
図3.5.3 比抵抗二次元探査の測線位置図（Chitrakoot）.....	3-22
図3.5.4 逆解析による比抵抗断面図（A1測線）.....	3-23
図3.6.1 調査位置図（Chitrakoot）.....	3-24
図3.6.2 調査位置図（Quatre Soeurs）.....	3-25
図3.7.1 Chitrakoot地区家屋被害調査結果.....	3-32
図3.7.2 家屋のモニタリング位置図（C1～C15がモニタリング位置）.....	3-33
図3.7.3 Vallee Pitot地区家屋被害調査結果.....	3-33
図3.7.4 地すべり平面図，第3回現地踏査，2013年2月6日.....	3-36
図3.9.1 災害スキームへの提言の概略イメージ.....	3-41
図3.10.1 PPGへの提言案作成のための作業.....	3-43
図3.10.2 日本の地すべり関連法制度.....	3-44
図3.10.3 PPGへの提言の概略イメージ.....	3-47
図3.11.1 初期調査のための技術ガイドラインの適用範囲.....	3-48
図3.12.1 実務手順書（地すべり対策マニュアル）の適用範囲.....	3-49
図4.1.1 Chitrakootの地すべりブロック.....	4-1
図4.1.2 Quatre Soeursの地すべりブロック.....	4-2
図4.1.3 Vallee Pitotの地すべりブロック.....	4-3
図4.3.1 土壌雨量指数のイメージ.....	4-6
図4.4.1 Chitrakoot地域・Aブロックの安定解析断面図.....	4-8
図4.4.2 Quatre Soeurs地域・Aブロックの安定解析断面図.....	4-9
図4.4.3 Vallee Pitot地域・Eブロックの安定解析断面図.....	4-9
図5.1.1 AブロックとBブロックの状況.....	5-2
図5.2.1 Chitrakoot地区地すべり対策工検討対象ブロック.....	5-3

図5.2.2	チトラクト地区対策工計画配置図.....	5-5
図5.2.3	Vallee Pitot地区の地すべりブロックと家屋の分布.....	5-6
図6.1.1	洪水用大断面水路の概略断面図.....	6-1
図6.1.2	水平ボーリング工概略断面図.....	6-2
図6.1.3	明暗渠工概略断面図.....	6-2
図6.1.4	縦断排水路概略断面図.....	6-3
図6.1.5	既存水路拡幅および護岸概略断面図.....	6-3
図6.1.6	既存水路補強工概略断面図.....	6-4
図6.1.7	橋梁概略断面図.....	6-4
図6.1.8	集水枡概略断面図.....	6-4
図6.1.9	チトラクト地区対策工配置図.....	6-6
図6.1.10	Aブロック地すべりの工区分け.....	6-13
図6.1.11	計画工程表.....	6-13
図6.1.12	入札のスケジュール.....	6-15
図6.1.13	今後のチトラクト地区地すべり対策の流れ.....	6-18
図6.2.1	災害スキームに示される情報の伝達.....	6-22
図6.2.2	Chitrakoot地区の早期警戒システムの位置図.....	6-26
図6.2.3	Valle Pitot地区の早期警戒システムの位置図.....	6-26
図6.2.4	早期警戒システムの概念図.....	6-27
図7.2.1	技術移転体制.....	7-3
図7.9.1	緊急災害対応手順.....	7-15
図7.9.2	LMU内緊急時運営体制.....	7-16
図8.1.1	JICA環境・気候変動対策・防災プログラムのコンポーネントと対応する「モ」国 機関.....	8-1
図8.2.1	IOC実施プロジェクトのコンポーネント.....	8-2
図8.3.1	JICA気候変動適応対策・防災プロジェクト・他国際開発パートナーとの関係及び モーリシャス国の最新の環境・防災政策への関与.....	8-5
図9.1.1	災害スキームへの提言の概略イメージ.....	9-1
図9.1.2	PPGへの提言の概略イメージ.....	9-2
図9.1.3	初期調査のための技術ガイドラインの適用範囲.....	9-3
図9.1.4	実務手順書（地すべり対策マニュアル）の適用範囲.....	9-4
図9.2.1	LMU人員配置図（長期計画）.....	9-10
図9.2.2	緊急災害対応手順.....	9-12
図9.2.3	LMU内緊急時運営体制.....	9-13
図9.3.1	今後のチトラクト地区地すべり対策の流れ.....	9-15
図9.3.2	Aブロック地すべり地下水位観測孔位置図.....	9-17
図9.3.3	Bブロック地すべり地下水位観測孔位置図.....	9-18

## 表リスト

	Page
表1.3.1 調査団とC/Pの名簿.....	1-3
表2.3.1 地すべり危険箇所の再検討後の地すべり危険箇所一覧(37箇所).....	2-1
表2.3.2 危険箇所の分類.....	2-2
表2.3.3 空中写真判読の結果一覧.....	2-3
表2.3.4 地すべりハザード評価の項目と得点.....	2-3
表2.3.5 地すべりハザード評価の結果.....	2-3
表2.3.6 地すべりインベントリー.....	2-6
表2.4.1 地すべり危険地(6箇所)の構造物対策.....	2-9
表2.4.2 地すべりモニタリングの状況.....	2-9
表2.5.1 土地利用分類毎の変化(期間:1986~2010年).....	2-10
表2.5.2 水利用の内訳.....	2-10
表2.5.3 全サンプルの単純集計結果の概要.....	2-11
表2.5.4 パイロットサイト3地区の開発規制と移転に関する意識の比較.....	2-12
表2.6.1 防災対策本部機能.....	2-13
表2.6.2 地すべり対策に係る主要機関とその役割.....	2-15
表2.7.1 GDP、一人当たりGDP及びGDP成長率.....	2-16
表2.7.2 プログラムベースによる予算(MPI).....	2-17
表2.7.3 地すべり関連予算(案).....	2-18
表3.1.1 地すべり危険地の特定.....	3-1
表3.2.1 測量地区の数量表.....	3-1
表3.3.1 物理試験結果(1) Chitrakoot.....	3-2
表3.3.2 物理試験結果(2) - Chitrakoot.....	3-3
表3.3.3 一面せん断試験の結果 - Chitrakoot.....	3-3
表3.3.4 三軸圧縮試験結果 - Chitrakoot.....	3-4
表3.3.5 物理試験結果(1) - Quatre Soeurs.....	3-4
表3.3.6 物理試験結果(2) - Quatre Soeurs.....	3-4
表3.3.7 三軸圧縮試験結果 - Quatre Soeurs.....	3-5
表3.3.8 物理試験結果(1) - Chitrakoot.....	3-5
表3.3.9 物理試験結果(2) - Chitrakoot.....	3-5
表3.3.10 物理試験結果(1) - Quatre Soeurs.....	3-6
表3.3.11 物理試験結果(2) - Quatre Soeurs.....	3-6
表3.3.12 リングせん断試験結果.....	3-6
表3.4.1 設置した地すべり観測計器.....	3-8
表3.4.2 月雨量、最大日雨量、最大時間雨量-Chitrakoot.....	3-10
表3.4.3 月雨量、最大日雨量、最大時間雨量-Quatre Soeurs.....	3-15
表3.5.1 弾性波探査の仕様と測線長.....	3-20
表3.5.2 各地層の識別総括表(弾性波探査結果).....	3-21
表3.5.3 比抵抗二次元探査の仕様と測線長.....	3-22
表3.5.4 各地層の識別総括表(二次元比抵抗探査).....	3-23
表3.6.1 ボーリング諸元(Chitrakoot).....	3-24
表3.6.2 ボーリング諸元(Quatre Soeurs).....	3-25
表3.6.3 ボーリング機材・器具の仕様.....	3-25
表3.6.4 ボーリング結果諸元(Chitrakoot).....	3-28
表3.6.5 ボーリング結果諸元(Quatre Soeurs).....	3-29
表3.6.6 土の相対稠度と状態表現(BS 5930:1999).....	3-29
表3.6.7 標準貫入試験結果 - Chitrakoot.....	3-30
表3.6.8 標準貫入試験結果 - Quatre Soeurs.....	3-31

表3.7.1	家屋のモニタリング	3-32
表3.7.2	変状の多いエリアとその特徴	3-34
表3.7.3	斜面区分の特徴	3-35
表3.8.1	2013年雨期後の防災点検結果一覧	3-37
表3.9.1	地すべりに関する警戒レベル・発令基準・対応	3-40
表3.9.2	災害スキームへの提言に係る現状、課題、対策の方針整理結果	3-42
表3.10.1	土砂災害防止に係わる関係法令	3-44
表3.10.2	モ国における土地利用政策・計画に関する法制度・計画	3-45
表3.11.1	初期調査のための技術ガイドラインにおける記載内容	3-48
表3.12.1	実務手順書（地すべり対策マニュアル）における記載内容	3-49
表4.4.1	現在活動中の地すべり安全率の定義	4-8
表4.4.2	Chitrakoot地域の地すべりブロックAおよびBの安定解析結果	4-8
表4.4.3	Quatre Soeurs地域の地すべりブロックAおよびBの安定解析結果	4-9
表4.4.4	Vallee Pitot地域の地すべりブロックA-2およびEの安定解析結果	4-9
表4.4.5	リングせん断試験結果、粘着力Cと内部摩擦角 $\phi$	4-10
表4.5.1	Chitrakoot地域の危険度評価結果	4-11
表4.5.2	Quatre Soeurs地域の危険度評価結果	4-11
表4.5.3	Vallee Pitot地域の危険度評価結果	4-12
表5.2.1	Quatre Soeurs地区の住民移転の経緯	5-8
表5.3.1	想定される環境社会配慮影響項目と緩和策	5-9
表5.4.1	パイロット事業の事前評価結果一覧	5-10
表5.4.2	パイロット事業の中間レビューのチェックシート	5-10
表5.4.3	パイロット事業の事後評価のチェックシート	5-11
表5.5.1	2015年度以降の予算申請案	5-12
表5.6.1	組織能力強化に向けた課題、目標及び活動実施内容	5-14
表6.1.1	地すべり対策工の分類	6-1
表6.1.2	Aブロック地すべりの対策工（抑制工）の一覧	6-7
表6.1.3	各水路に対する表流水の計算条件および流入量	6-8
表6.1.4	水平ボーリング工の排水管1本あたりの計算条件および流入量	6-8
表6.1.5	各水平ボーリング工の設計流入量	6-8
表6.1.6	各計画水路の流下能力および計算条件	6-9
表6.1.7	各計画水路の流下能力および流下量	6-9
表6.1.8	Aブロック工事用道路配置	6-10
表6.1.9	チトラクト地区ブロックA地すべり対策概算工事数量表	6-10
表6.1.10	チトラクト地区地すべり対策工ブロックA概算工事費	6-11
表6.1.11	主要資機材一覧	6-14
表6.1.12	再委託業者のロングリスト	6-14
表6.1.13	業者選定と最低見積価格	6-16
表6.1.14	主要設計変更箇所	6-17
表6.1.15	今後の計画地すべり対策工一覧	6-18
表6.1.16	計画安全率達成のための地下水位の目安	6-19
表6.1.17	計画安全率達成のための地下水位の目安	6-19
表6.1.18	将来的に実施可能な対策工	6-20
表6.1.19	地すべり危険区域での開発行為の可否について	6-21
表6.2.1	既存の地すべり災害スキームによる危険段階	6-22
表6.2.2	警戒基準案	6-23
表6.2.3	地すべり災害スキームにおける警報案	6-25
表6.3.1	本プロジェクトで実施するIEC活動の検討	6-29
表6.3.2	住民を対象としたステークホルダー会議の実施計画	6-30
表7.1.1	各技術移転項目における目的と投入	7-1
表7.1.2	CDにおける各発展段階	7-2

表7.2.1	専門グループ毎の各メンバーの配置 .....	7-3
表7.4.1	ワークショップ一覧 .....	7-5
表7.5.1	本邦研修の概要 .....	7-6
表7.6.1	SCの実施計画 .....	7-7
表7.7.1	国内支援委員会の実施計画 .....	7-8
表7.8.1	技術移転されたC/P .....	7-9
表7.8.2	本プロジェクトの範囲 .....	7-10
表7.8.3	災害スキームにおける斜面災害箇所 .....	7-10
表7.9.1	既知の災害箇所の災害種別と担当機関 .....	7-14
表8.2.1	DRRの内容 .....	8-3
表8.4.1	発表内容 .....	8-7
表8.4.2	質疑応答内容 .....	8-7
表9.1.1	初期調査のための技術ガイドラインにおける記載内容 .....	9-3
表9.1.2	実務手順書（地すべり対策マニュアル）における記載内容 .....	9-5
表9.2.1	2013年度の予算内訳 .....	9-6
表9.2.2	2014年度以降の予算申請案 .....	9-7
表9.2.3	2015年度以降の予算申請案 .....	9-8
表9.2.4	既知の災害箇所の災害種別と担当機関 .....	9-11
表9.3.1	今後の計画地すべり対策工一覧 .....	9-16
表9.3.2	計画安全率達成のための地下水位の目安 .....	9-17
表9.3.3	計画安全率達成のための地下水位の目安 .....	9-18
表9.3.4	地すべり危険区域での開発行為の可否について .....	9-20
表9.3.5	警戒基準案 .....	9-21
表9.4.1	危険箇所の分類 .....	9-24
表9.4.2	地すべり6箇所のハザード評価の結果 .....	9-24

# 写真リスト

	Page
写真3.6.1	ボーリング機械・使用機材 ..... 3-26
写真3.6.2	ひずみ計設置状況 ..... 3-27
写真3.6.3	ガイド管設置状況 ..... 3-27
写真3.6.4	保孔管・水位計設置状況 ..... 3-28
写真3.7.1	損傷の大きい人家 ..... 3-34
写真3.7.2	損傷の大きい人家 ..... 3-34
写真3.7.3	壁面に水平に延びた亀裂 ..... 3-35
写真3.7.4	コンクリート基礎の開口亀裂 ..... 3-35
写真6.2.1	Chitrakoot地区での早期警戒システムの設置状況 ..... 6-28
写真6.2.2	Vallee Pitot地区での早期警戒システムの設置状況 ..... 6-28
写真6.3.1	地すべり防災ハンドブック ..... 6-35

## 略 語 表

略語	英語	日本語
AAP	Africa Adaptation Programme	アフリカ気候変動適応支援プログラム
AC	Advisory Committee	支援委員会
AF	Adaptation Fund	適応基金
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
AFP	Adaptation Fund Programme	適応基金プログラム
BA	Building Act	建築法
BLUPG	The Building and Land Use Permit Guide	建築土地利用申請の手引き
C/P	Counterpart	カウンターパート
CA	Capacity Assessment	キャパシティ・アセスメント
CADMAC	Climate Change Adaptation and Disaster Management Committee	気候変動適応策・防災対策調整委員会
CC	Crisis Committee	危機委員会
CCD	Climate Change Division	気候変動室
CCIC	Climate Change Information Center	気候変動情報センター
CD	Capacity Development	キャパシティ・ディベロップメント
CD	Consolidated Drained test	圧密排水試験
CDEMA	Caribbean Disaster Emergency Management Agency	カリブ災害緊急管理機関
CEB	The Central Electricity Board	中央電力委員会
CONDC	The Cyclone and Other Natural Disasters Committee	サイクロン・自然災害対策委員会
CONDS	Cyclone and Other Natural Disasters Scheme	災害スキーム
CSO	Central Statistics Office	統計局
CU (CU-bar)	Consolidated Undrained test	圧密非排水試験
CWA	The Central Water Authority	中央水道局
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DRR	Disaster Risk Reduction	災害リスク低減(プログラム)
EU	European Union	欧州連合
F/S	Feasibility Study	フィージビリティ調査
FAS	First Aid Service	救急サービス
Fs	Safety Factor/Factor of Safety	安全率
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Government Information Service	政府情報サービス
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GL	Ground Level	地盤高
HFA	Hyogo Framework for Action	兵庫行動枠組
IC/R	Inception Report	インセプションレポート
ICZM	Integrated Coastal Zone Management	統合的沿岸域管理
IEC	Information, Education, and Communication	情報・教育・コミュニケーション
IOC(COI)	Indian Ocean Commission (Commission de l'Océan Indien)	インド洋委員会
IP	Plasticity Index/(Index of Plasticity)	塑性指数
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JET	JICA Expert Team	JICA 専門家チーム/調査団

JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
JICE	Japan International Corporation Center	財団法人 日本国際協力センター
LDRM	Landslide Disaster Risk Management	地すべり災害管理
LGA	Local Government Act, 2003	地方自治法
LL	Liquid Limit	液性限界
LMU	Landslide Management Unit	地すべり対策ユニット
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
Mauritius	The Republic of Mauritius	モーリシャス共和国
MBC	Mauritius Broadcasting Corporation	モーリシャス放送局
MEHR	Ministry of Education and Human Resources	教育省
MESDDBM	Ministry of Environment, Sustainable Development, Disaster and Beach Management	環境持続防災ビーチ管理省
MGCW	Ministry of Gender Equality, Child Development and Family Welfare	男女平等・児童開発・福祉省
MHL	Ministry of Housing and Lands	住宅・土地省
MHQL	Ministry of Health and Quality of Life	厚生省
MID	Maurice Ile Durable	モーリシャス持続可能な島戦略
MLG	Ministry of Local Government & Outer Islands	自治省
MoESD	Ministry of Environment and Sustainable Development	環境・持続開発省
MoFED	Ministry of Finance and Economic Development	財務・経済開発省
MPI	Ministry of Public Infrastructure and Land Transport	公共インフラ・陸上交通省
MMS	Mauritius Meteorological Services	気象庁
MSS	Ministry of Social Security, National Solidarity and Reform Institutions	社会保障省
MTEF	Medium-Term Expenditure Framework	中期支出枠組み
MTL	Ministry of Tourism and Leisure	観光省
MTSRT	Ministry of Tertiary Education, Science, Research and Technology	文部科学省
NDOCC	National Disaster and Operations Coordination Centre	国家災害対策運営調整本部
NDRRMC	National Disaster Risk Reduction and Management Centre	国家災害危険低減管理センター
NDS	National Development Strategy	国家開発戦略
NDU	National Development Unit	国家開発ユニット
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織/民間公益団体
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OPS	Outline Planning Schemes	地域計画
P.Fs	Planning/Designed Factor of Safety	計画安全率
P/R	Progress Report	プログレスレポート
PBB	Programme-Based Budgeting	プログラムベースの予算編成
PDA	Planning and Development Act	開発計画法
PEFA	Public Expenditure and Financial Accountability	公共支出と財政アカウンタビリティ論
PFM	Public Financial Management	公共財政管理
PIU	Planning and Implementation Units	計画・実施ユニット
PL	Plastic Limit	塑性限界

PMO	Prime Minister's Office	首相府
PMS	Performance Management System	パフォーマンスマネジメントシステム
PPG	Planning Policy Guidance	開発計画政策指針
PS	Permanent Secretary	事務次官
PVC	Polyvinyl Chloride	ポリ塩化ビニル
R/D	Record of Discussion	討議議事録
RRU	Repair and Rehabilitation Unit	修繕・修復ユニット
SC	Steering Committee	ステアリングコミッティ
SIDS	Small Island Developing States	小島嶼国開発途上国
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
SWI	Soil Water Index	土壌雨量指数
TAS	Treasury Accounting System	財務会計システム
TCPA	Town and Country Planning Act	地域計画法
The Disasters Scheme	the Cyclone and Other Natural Disasters Scheme	サイクロンと自然災害スキーム/災害スキーム
The Project	The Project of Landslide Management in the Republic of Mauritius	本プロジェクト/モーリシャス国地すべり対策プロジェクト
TICAD IV	The Fourth Tokyo International Conference on African Development	第4回アフリカ開発会議
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission	熱帯降雨観測衛星
UNDP	The United Nations Development Programme	国連開発計画
WCDR	World Conference on Disaster Reduction	国連世界防災会議

## 要約

本レポートは、開発計画調査型技術協力「モーリシャス共和国（以下「モ」国）海岸保全・再生に関する能力向上プロジェクト及び地すべり対策プロジェクト」のうち、「地すべり対策プロジェクト（以下、本プロジェクト）」の分野における現地活動結果をとりまとめたファイナル・レポート（F/R: Final Report）である。

第1章では「序論」として、プロジェクトの背景、達成が期待される目標、プロジェクトの範囲、スケジュール、主要活動の概要を記載している。

本プロジェクトは公共インフラ・陸上交通省（MPI: Ministry of Public Infrastructure and Land Transport）ならびに独立行政法人国際協力機構（JICA: Japanese International Cooperation Agency）の間で、締結された討議議事録（R/D: Record of Discussion）に基づき実施された。JICAは14名からなる地すべり調査・解析・設計・施工に係る専門家（調査団、JET: JICA Expert Team）を派遣した。プロジェクト期間は2012年5月から2015年3月であり、MPIのRRU/LMU (Repair and Rehabilitation Unit/ Landslide Management Unit) のメンバーからなるカウンターパート（C/P: Counterpart）との協力によって行われた。

本プロジェクトの目的は、1) 地すべりのモニタリング体制を構築するための地すべり管理計画が策定されること、2) 具体的なアプローチを検討・実施・習得するために F/S とパイロット事業が実施されること、3) RRU/LMU スタッフ及びその他関係機関担当者への地すべり管理に関する技術能力が強化されることである。

第2章では「基礎調査」として、「モ」国全域にわたる地形、地質、地すべりインベントリー、対策工の実態、社会調査、組織・制度、経済調査を記載している。

「モ」国は火山起源とする島国であり、火口周辺には標高 300~400mの溶岩台地から成る外輪山が形成されており、全域に玄武岩類が分布する。島の誕生は約 1000 万年前とされており、地形・地質において 2 期の火山活動により形成された。年間雨量は平均で約 2000mm であるが、その 70%が雨季である 12~5 月に集中する。雨季には大型サイクロンが襲来することも多いため、斜面災害のほとんどはこの時期に発生している。

「災害スキーム 2011-2012」で選定されている 32 箇所の地すべり危険箇所について調査を実行し、適宜、複数個所に分割し 37 箇所とした。危険箇所 37 箇所は、地すべり、斜面崩壊、落石、土石流、溪岸侵食、盛土被害、擁壁被害、家屋被害、洞穴に細分され、空中写真判読および現地踏査、対策工の実態調査から、地すべりインベントリーを作成し、ハザード評価を行った。

「モ」国の土地利用、人口分布、貧困分布、水源等の基礎的な社会状況、また GDP 等の経済指標、経済政策、予算方針等の経済状況を整理するとともに、全国 300 世帯に対してアンケートを行い、地すべり災害や対策・避難などの住民意識調査を行い、対策検討の基礎資料とした。

地すべり対策に係る組織・制度として、「災害スキーム 2014」には、災害発生時の対策の流れに沿って、7 省庁・11 組織の役割分担と責任が記載されており、特に国家防災センター（NDRRMC: National Disaster Risk Reduction and Management Centre）が首相府内に設置され、中央・地方すべてのレベルにおける防災計画やとりまとめを中心的に行うほか、防災戦略を立案することとなっている。RRU/LMU は、恒常的地すべり防災の要であるモニタリングの強化、地すべり調査の実施、地すべり災害対応を実施する。

第3章では「地すべり管理計画 1（調査と結果）」として、地すべり危険地の特定、測

量、地質調査、モニタリング、物理探査、ボーリング調査、家屋調査、防災点検、災害スキームのレビューと提言、開発計画政策指針（PPG: Planning Policy Guidance）のレビューと提言、初期調査のためのガイドライン概要、地すべり対策マニュアル概要を記載している。

本プロジェクトで対象とする地すべりは、ハザード評価および「モ」国側要望から Chitrakoot、Quatre Soeurs、Vallee Pitot の 3 地区とし、下表に示す調査を実施した。

表 優先地域 3 地区における調査一覧(出典: JICA 調査団)

		Chitrakoot	Quatre Soeurs	Vallee Pitot
測量	平面図 (1/500)	1.8 km <sup>2</sup> (1800m×1000m)	0.16 km <sup>2</sup> (400m×400m)	0.005km <sup>2</sup> (70m×70m)
	横断図 (1/100)	3 側線	1 側線	1 側線
現地踏査		一式	一式	一式
室内試験	物理試験	6 試料	2 試料	
	力学試験	3 試料		
	水質試験	10 試料	7 試料	
モニタリング	雨量計	1	1	
	伸縮計	4	2	2
	孔内傾斜計	2		
	ひずみ計	2	2	
	地下水位計	2	2	
	地下水位 (手動)		6	
物理探査	弾性波探査	6 側線 (1955m)		
	比抵抗二次元探査	6 側線 (1925m)		
ボーリング調査		6 孔 (260m)	2 孔 (42m)	
家屋被害調査		一式	一式	一式

上記した調査に加えて、災害スキームに記載されている 37 箇所危険箇所に対して防災点検を行い、危険度のランク付け (A, B, C) を行ったほか、既往の災害スキームの課題を整理し、地すべりに係る警報・避難プロトコルの提案を行った。同様に PPG についても課題を整理し、地すべりに係る開発規制の提案を行った。また、「初期調査のためのガイドライン」と「地すべり対策マニュアル」をとりまとめた。

第 4 章では「地すべり管理計画 2 (解析と解釈)」として、地質解析、モニタリング解釈、土壌雨量指数、安定解析、危険度判定を記載している。

前章で示した調査結果に基づいて優先地域 3 地区の地すべり特性と対策方針を考察した。

Chitrakoot では、2005 年と 2008 年に活動したと推定される全体すべりブロックは現在安定しており、小規模な A ブロック (長さ 300m、幅 150m 程度)・B ブロック (長さ 100m、幅 200m 程度) で活動が認められる。基盤岩 (玄武岩) と軟弱な表土・崩積土の境界である GL-6m 程度がすべり面と推定され、降雨に伴う地下水上昇で断続的に活動が活発化する。降雨時のみ活動するため、安全率  $F_s$  は 0.98 程度と推定される。当該地域では、表面排水不全のため、豪雨時には雨水氾濫となり流下し、地すべり土塊に大量の地下水が供給されることが誘因であることから、地表面排水・地下水排除工の整備が急務と判断される。

Quatre Soeurs では、地形判読から全体すべりブロックがあるようにも見えるが不明瞭

であり、現在は安定している。2005年と2008年の累積230mmを越える雨量で小規模なAブロック（長さ60m、幅50m程度）・Bブロック（長さ150m、幅100m程度）が活動したと推測されるが、本プロジェクト期間中には顕著な活動は認められなかった。現時点では活動がないことから、安全率Fsは1.00程度と推定される。当該地域では、表面排水不全のため、豪雨時には雨水氾濫となり流下し、地すべり土塊に大量の地下水が供給されることが誘因であると思われる。

Vallee Pitotでは、もともと小規模なAブロック（長さ40m、幅40m程度）が活動中であったが、本プロジェクト期間中の2013年2月に全体すべりブロック（長さ80m、幅100m程度）で活動が開始された。崩積土内の表層すべりが主要な活動形態と推定され、降雨時に活動が活発化すると思われる。安全率Fsは0.98程度と推定される。当該地域では、表面排水不全のため、豪雨時には雨水氾濫となり流下することが誘因であると思われる。

また、過去の地すべり発生履歴があるChitrakootとQuatre Soeursにおいては、「モ」国気象庁のデータならびに衛星降水全球マップ（GSMaP: Global Satellite Map of Precipitation）データを使って、土壌雨量指数を用いた早期警戒避難の基準値に係る考察を加えた。

第5章では「フィージビリティ調査」として、優先地域とパイロット地域の選定、優先地域3地区の対策方針検討、環境社会影響評価、事業評価、資金調達の促進、組織強化計画を記載している。

パイロット地域は、地すべり調査結果、危険度評価、災害（損害）規模、対策費用、MPIからの要求等に基づいて、Chitrakootとした。Chitrakootのうち特に活動が著しいAブロックにおいて、地表水・地下水の過剰供給防止ならびに安全な排除を行うことを目的に、地表面排水工、明暗渠工、水平ボーリング工からなる構造物対策を計画した。構造物対策の実施にあたり、環境社会影響調査を実施しその緩和策を検討するとともに、妥当性、有効性、効率性、インパクト、持続性の観点からパイロット事業の事業評価（実施前、実施中、実施後）を行った。

Quatre Soeursでは、「モ」国政府が対象地区の全世帯の住民移転を前提に交渉を進めており、2010年以降、10回以上にわたり政府・住民との協議が実施され、プロジェクト期間中はMPIの資料作成・協議を支援した。なお、政府側はすでに移転先を提案しているものの、一部の住民が合意しないことから、住民移転は未だ実行されていない。

Vallee Pitotでは、2013年2月から5月にかけて地すべりブロックが活動して、下部水路を20m以上にわたり破壊し、水路を完全に塞いでいる状態である。そのため、早急に応急対策を実施するとともに、地質調査とモニタリングを実施した上で恒久対策を実施する必要がある旨をMPI側に提案した。調査団はMPIとともに対策実施方針を協議した。その後、MPIは地質調査を実施してモニタリング計器を設置し、現在、対策工を検討中である。

災害スキームに記載されている37箇所の危険箇所（優先地域3地区含む）に対して、それぞれ調査方針および対策方針を提案することにより、2014年度以降の「モ」国の予算確保（資金調達）を促進した。MPIは、37箇所の調査・解析・対策工設計・施工に対して、2014年度に16,500,000Rs、2015年度に55,650,000Rs、2016年度に40,100,000Rs、2017年度に44,700,000Rsの予算申請を行った。

組織強化計画として、現状のRRU/LMUの課題と目的を整理した上で、実施すべきタスクを提言した。今後の中長期目標を、技術力向上、人員確保、管理能力向上等の観点から整理し、6名の専属技術者の要請、地すべり対策予算要請、他機関との役割分担の明

確化を実現させた。なお、C/P から数名が、日本への大学院留学（2年）と地すべりを含む総合防災管理研修（2ヶ月）に派遣され、技術力向上が図られている。

第6章では「パイロット事業」として、Chitrakoot の構造物対策、優先地域3地区の早期警戒システムと避難、IEC (Information, Education and Communication) を記載している。

Chitrakoot の構造物対策は、地すべり地内への地表水の流入抑制ならびに地すべり地外への地表水・地下水の安全な排除を目的として、洪水用大断面水路工、水平ボーリング工、明暗渠工、表面排水路工、暗渠工、既存河川改修（拡幅および護岸工）、付帯工（橋梁・集水枘）の基本設計・詳細設計、積算、施工計画立案、入札・契約、施工、施工監理をC/Pと共同で実施した。なお、「モ」国では対策工事の用地交渉に時間を要する（1年程度）ため、安全性を考慮した上で対策工に優先順位を付け、2014年12月（雨季）までに完了でき、かつ優先度の高い工事を本プロジェクトのパイロット事業とし、残りの工事は雨期明け後にMPIが独自の予算で実施することとした。本パイロット事業では競争入札とし、2014年6月にMPIにおいて入札会を実施して、最低価格14,045,723Rs（48,766,750円）（税抜）で地元建設会社と契約した。契約後、2014年8月に工事を開始し、約5ヶ月の工期で同年12月に完工した。工事中には地権者の要望等から、軽微な水路構造・線形の変更、植生工の変更、現河川（最下流部）改修工事の一部中止（L=47m）を行ったが、中止された最下流部の改修工事については、次年度にMPIが、担当工事と合わせて実施することとなった。今後は、これまで実施していた地下水位や伸縮計、パイプひずみ計を用いたモニタリングを継続し、対策工の施工前と施工後の違いを確認し、対策工の効果判定を行う予定である。

「モ」国の早期警戒システムに関して、既存の災害スキームにおける早期警戒への対応方法の課題を整理した上で、本プロジェクトでのモニタリング結果を踏まえて、新たに、伸縮計と家屋変状を基準値とした早期警戒システムを提案した。提案基準値は、伸縮計20mm/月もしくは家屋の新規クラック発生等を「準備（プレステージ）」、伸縮計5mm/時間もしくは家屋のクラック開口等を「警戒（ステージ1）」、伸縮計20mm/時間もしくは家屋・周囲の追加クラック発生等を「避難（ステージ2）」、伸縮計0mm/時間もしくは家屋異常なし確認を「解除（ステージ3）」とするもので、本基準値に基づいて、対象住民が自主的に避難できるように、回転灯（黄色と赤色）と警報機（サイレン）を伸縮計に追加設置した。「警戒（ステージ1）」時に黄色回転灯が作動し、「避難（ステージ2）」時に赤色回転灯と警報機（サイレン）が作動する。また回転灯や警報機が発動した場合の住民から警察・MPI等への連絡体制・連絡係を設定し、避難経路や避難場所を明示した手順書を作成した。今後ともMPIは、平時には対象住民に対して地すべりに係る啓蒙活動を行うほか、警戒時には現地を確認し、自然災害の避難を管轄するNDRRMCに対して技術的助言を行っていく。

本プロジェクトでは、IECとして、情報の送り手となる行政が、受け手である住民に対し、各種媒体を通じて地すべり災害、警戒・避難、開発行為等に関する情報を伝える様々な活動を行った。主要なIEC活動である、優先地域3地区の住民を対象としたステークホルダー会議はMPIと共同で、プロジェクト開始時、事業実施計画（案）の作成後、事業実施計画の最終化前、パイロット事業実施前、パイロット事業終了時の5回開催して、対象住民の理解を得た。合わせて、優先地域3地区の住民に対して地すべりの避難に係るアンケート調査を実施することにより、早期警戒システムや避難勧告発令時の対応への理解度を把握し、行政側が今後必要となる対応策や活動案を提言した。また、プロジェクトのニュースレター（英文・仏文：第1版～第5版）を作成し関係機関と対象住民に配布したほか、地すべりそのものに関する基礎的情報や減災の重要性や緊急（警戒避難）時の対応情報をとりまとめた「地すべり防災ハンドブック」を英文・仏文で作成し、同様に優先地域の対象住民や関連行政機関に提供した。

第7章では「技術移転」として、技術移転の方法論、技術移転の体制、ワークショップ、技術移転セミナー、本邦研修、ステアリングコミッティ、国内支援委員会について記載している。

本プロジェクトの技術移転における OJT（On-the-Job Training）、パイロット事業、本邦研修等の目的と投入を予め整理した上で、技術移転実施の方法や方針を検討し、効果的な活動を行った。円滑な技術移転の実施に向けて、JET は業務管理、調査・解析、設計・施工、ソフト対策の4グループを形成し、グループでの技術移転を基本としたが、C/P はJET 全体（全グループ）から技術移転を受けられるようにしたことで、C/P は特化した1つの専門性だけでなく、地すべり管理・対策全体の技術を俯瞰的に理解することができた。

OJT に加えて、本プロジェクト期間を通じて、総合的な地すべり対策技術の移転セミナーを3回、特定テーマ（空中写真判読や安定解析など）に関するワークショップを13回実施した。本邦研修は2012年11月20日（火）～12月15日（土）と2013年8月14日（水）～9月8日（日）（いずれも26日間）でそれぞれ5名ずつ合計10名のC/Pが参加した。また本プロジェクトの活動方針と調査結果を関係機関で検証すべく、ステアリングコミッティおよび国内支援委員会をそれぞれ4回ずつ実施した。

第8章では「環境・気候変動適応及び防災」として、気候変動適応策と地すべり対策、本プロジェクトと関連組織との関連を概説した。

第9章では「提言事項」として、本プロジェクトにおける提言事項を項目ごとにとりまとめた。また、対象3地域以外の他地域における地すべり対応に係る提言について以下のとおり言及した。

1. 地すべりの活動度・規模・範囲・周辺との関係性を把握するために、基礎調査を確実に実施する。
2. 基準値設定やソフト対策検討にあたり、関連する法令や規制（災害スキーム、開発計画政策指針（PPG: Planning Policy Guidance））をレビューする。
3. 調査結果に基づいて地すべり断面図を作成し、安定解析を実施することにより、現状の活動度を推定する。
4. モニタリング結果から、地すべり活動と地下水位、降雨量の相関関係を各地すべりごとに特定する。
5. 地すべりの活動度・緊急度と住民要望、予算等を踏まえて、ハード対策とソフト対策の適切な組み合わせを検討する。
6. ハード対策では、地表水の状況と地下水の流れ（推定）から、適切な地表水・地下水排除工を選定する。特に水平ボーリング工はパイロット事業の結果から排水効果が高いと思われ、選定にあたり考慮する。
7. ソフト対策では、各地すべりごとに特性に合った基準値を設定して、早期警戒・避難システムを運用する。またハード対策が完了するまでの間、ソフト対策は有効である。

# Chapter 1

---

---

序論

*Introduction*

# 1 序論

## 1.1 レポートの概要

本レポートは開発計画調査型技術協力「モーリシャス共和国 海岸保全・再生に関する能力向上プロジェクト及び地すべり対策プロジェクト」のうち、「地すべり対策プロジェクト（以下、本プロジェクト）」の分野における現地活動結果をとりまとめたファイナル・レポート（F/R: Final Report）である。

本プロジェクトは公共インフラ・陸上交通省（MPI: Ministry of Public Infrastructure and Land Transport）ならびに独立行政法人国際協力機構（JICA: Japanese International Cooperation Agency）の間で、締結された討議議事録（R/D: Record of Discussion）に基づき実施された。

JICA は 14 名からなる地すべり調査・解析・設計・施工に関する専門家（調査団、JET: JICA Expert Team）を派遣した。プロジェクト期間は 2012 年 5 月から 2015 年 3 月であり、MPI の RRU/LMU（Repair and Rehabilitation Unit/ Landslide Management Unit）のメンバーからなるカウンターパート（C/P: Counterpart）との協力によって行われている。

## 1.2 達成が期待される目標

### 1.2.1 活用目標

地すべり管理計画およびフィージビリティ調査がモーリシャス政府によって承認され、関係機関により実施される。

### 1.2.2 活用による達成目標

地すべりおよびその他斜面災害のリスクが減少し、地すべり危険地域の住民の安全が確保される。

### 1.2.3 プロジェクト成果

プロジェクトの実施により期待される成果は、以下のとおりである。

- 1) 地すべりのモニタリング体制を構築するための地すべり管理計画が策定される。
- 2) 具体的なアプローチを検討・実施・習得するために F/S とパイロット事業が実施される。
- 3) RRU/LMU スタッフ及びその他関係機関担当者の地すべり管理に関する技術能力が強化される。

## 1.3 プロジェクトの範囲

### 1.3.1 プロジェクト地域

プロジェクトの対象地域は、モーリシャス本島全土であり、「災害スキーム」<sup>1</sup>で示された 37ヶ所の土砂災害地域を優先する。

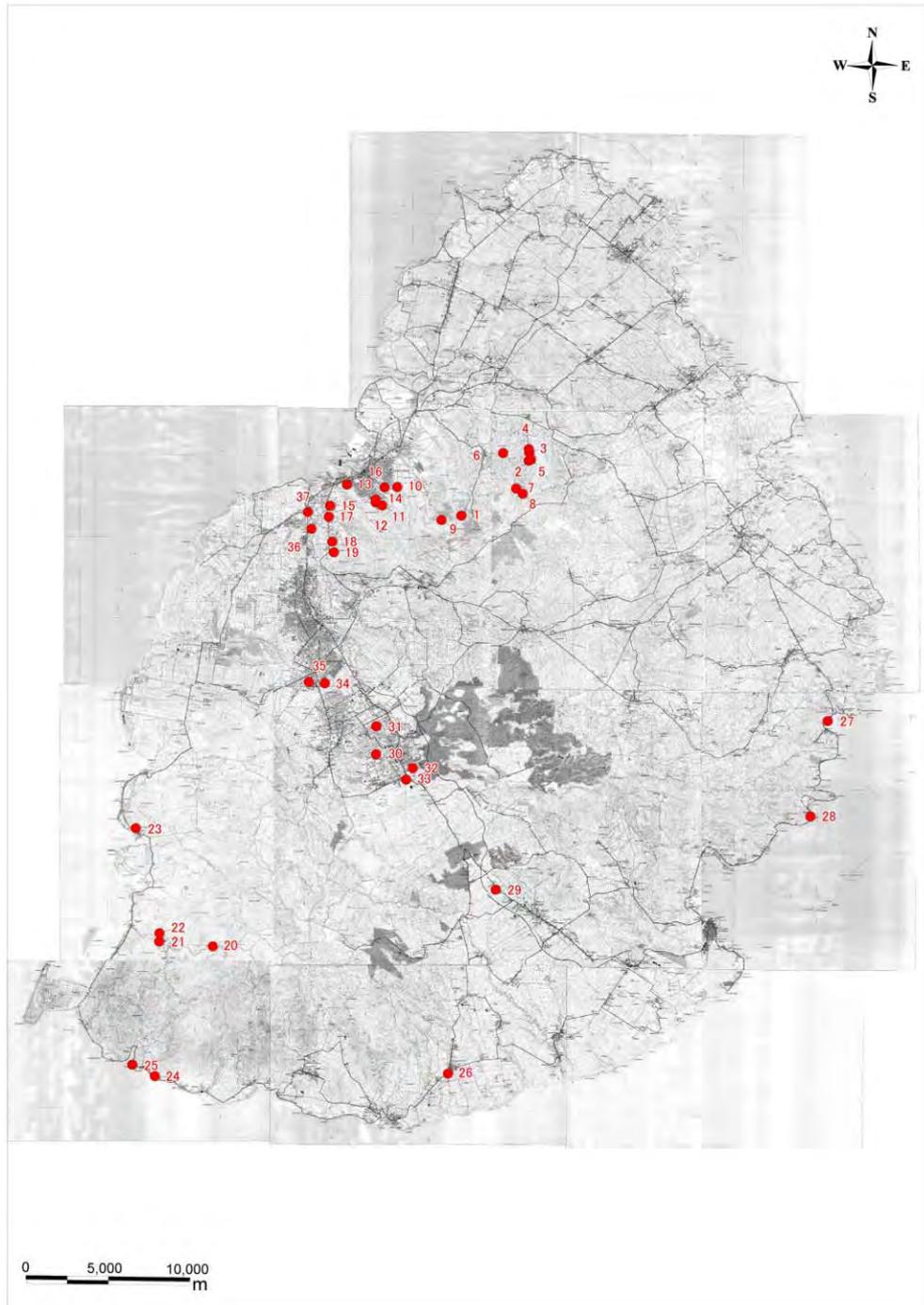


図1.3.1 調査対象地区の位置図（出典:JICA 調査団）

<sup>1</sup>毎年（10月前後）に首相府より発行される、サイクロン、集中豪雨、地すべり、津波災害時の行動指針と担当省庁の役割・権限を明記したプロトコールに関する公文書。地すべりの予警報・避難基準と各段階で主要ステークホルダーの役割が記載されている。

### 1.3.2 カウンターパートと調査団

本プロジェクトにおけるカウンターパート機関は、MPI であり、C/P メンバーは MPI 土木局 RRU/LMU からなる。

JICA 専門家チーム（JET: JICA Expert Team）と C/P の名簿を下表に示す。

表1.3.1 調査団と C/P の名簿（出典: JICA 調査団）

No	調査団	専門	カウンターパート (MPI)
1	市川 建介	総括	
2	桑野 健	副総括/地すべり対策計画	
3	岩崎 智治	地すべり調査・解析	Mahmad Reshad JEWON
4	横尾 文彦	地すべりモニタリング	Deevarajan CHINASAMY
5	笠原 洋二	物理探査	Vishwahdass RAMDHAN
6	杉田 昌美	GIS/測量	Selvanaden Pearia ANADACHEE
7	原 崇	施設設計/積算	Mohammad Khalid MOSAHEB
8	倉田 隆喜	水質管理/環境社会配慮	Rameswurdass RAMDHAN
9	郷内 吉瑞	都市計画/土地利用政策・計画	Lalitsingh BISSESSUR
10	市川 真吾	組織/制度分析/キャパビル1	Bhoopendra DABYCHARUN
11	川畑 友里江	IEC	
12	山本 陽介	業務調整/地すべり対策計画補助	
13	吉田 悠	業務調整/組織/制度分析/キャパビル2	
14	徳田 誠	業務調整/都市計画/土地利用政策・計画補助	

## 1.4 主要活動

2012年5月にプロジェクトが開始された後、本 DF/R までの間に以下のコンポーネントが実施されてきた。

- コンポーネント1「基礎調査」
- コンポーネント2「地すべり管理計画」
- コンポーネント3「優先地域におけるフィージビリティ調査 (F/S: Feasibility Study) の実施」
- コンポーネント4「パイロット事業の実施」

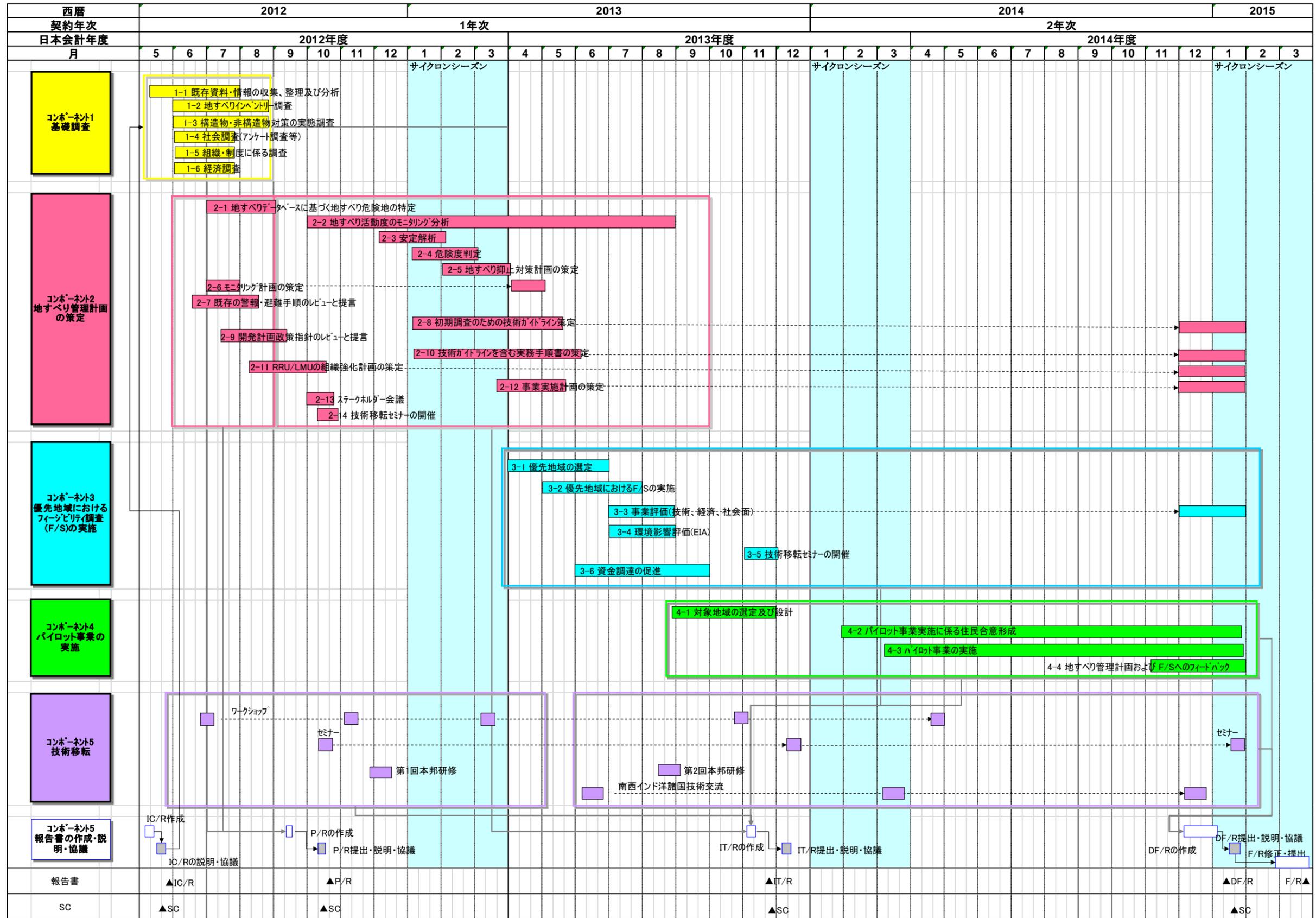


図1.4.1 プロジェクト実施のフローチャート（出典：JICA 調査団）

# Chapter 2

---

基礎調査

*Basic Survey*

## 2 基礎調査

### 2.1 地形

「モ」国は火山起源とする島国であり、島の南北に火口が連なって分布する。火口周辺には標高 300～400mの溶岩台地から成る外輪山が形成されており、島の西南部には「モ」国最高峰であるラ・プチ・リヴェール・ノワール山（標高 828m）が位置する。

### 2.2 地質と降雨

「モ」国は火山起源とする火山島であり、全域に玄武岩質が分布し、古期溶岩系、中期溶岩系と新期溶岩系に区分される。島の誕生は約 1000 万年前とされており、地形・地質において 2 周期の火山活動により形成された。

### 2.3 地すべりインベントリー

地すべりインベントリー調査では、「災害スキーム 2011-2012」で選定されている 32 箇所 の地すべり危険箇所について調査を実行した。ただし、現地を調査した結果、1 箇所と記載されている危険箇所を複数箇所に分割する場合があったため、32 箇所 の地すべり危険箇所は 37 箇所に増加した。

表2.3.1 地すべり危険箇所の再検討後の地すべり危険箇所一覧(37 箇所)(出典: JICA 調査団)

No.	Area name
<b>Pamplemousses/Riviere du Rempart District Council</b>	
1	Temple Road, Creve Coeur
2	Congomah Village Council (Ramlakhan)
3	Congomah Village Council (Leekraj)
4	Congomah Village Council (Frederick)
5	Congomah Village Council (Blackburn Lanes)
6	Les Mariannes Community Centre (Road area)
7	Les Mariannes Community Centre (Resident area)
8	L'Eau Bouillie
<b>Municipality of Port Louis</b>	
9	Chitrakoot, Vallee des Pretres
10	Vallee Pitot (near Eidgah)
11	LePouce Street
12	Justice Street (near Kalimata Mandir)
13	Mgr. Leen Street and nearby vicinity, La Butte
14	Pouce Stream
15	Old Moka Road, Camp Chapelon
16	Boulevard Victria, Montague Coupe
<b>Black River District Council</b>	
17	Pailles : (i) access road to Les Guibies and along motorway, near flyover bridge
18	Pailles : (ii) access road Morcellement des Aloes from Avenue M.Leal (on hillside)
19	Pailles : (iii) soreze regin
20	Plaine Champagne Road, opposite "Musee Touche Dubois"
21	Chamarel : (i) near Reataurant Le Chamarel
22	Chamarel : (ii) Roadside
23	Gremde Riviere Noire Village Hall
24	Baie du Cap : (i) Near St Francois d'Assise Church
25	Baie du Cap : (ii) Maconde Region
<b>GRAND PORT/SAVANNE DISTRICT COUNCIL</b>	
26	Riviere des Anguilles, near the bridge

27	Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port
28	Bambous Virieux, Rajiv Gandhi Street (near Bhavauy House), Impasse Bholoa
29	Cave in at Union Park, Rose Belle
<b>MUNICIPALITY OF CUREPIPE</b>	
30	Trou-AUX-Cerfs
31	River Bank at Cite L'Oiseau
32	Louis de Rochecouste (Riviere Seche)
33	Piper Morcellement Piat
<b>MUNICIPALITY OF QUATRE BORNES</b>	
34	Candos Hill at LalBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues
35	Cavernous Area at Mgr Leen Avenue and Bassin
<b>MUNICIPALITY OF BEAU BASSIN/ROSE HILL</b>	
36	Morcellement Hermitage, Coromandel
37	Montee S, GRNW

### 2.3.1 危険箇所の分類

「災害スキーム 2011-2012」で選定されている 37 箇所の地すべり危険箇所には、本プロジェクトの対象の地すべりだけでなく、その他複数の種類の災害が含まれている。そこで、37 の危険箇所を 9 種類の災害に分類した。

表2.3.2 危険箇所の分類（出典：JICA 調査団）

大分類		細分類			摘要		
災害	斜面 災害	15	箇所	地すべり	6	箇所	地すべり危険地の判定対象  地すべりではないため、地すべり危険地の判定の対象から除外する
				斜面崩壊	7	箇所	
				落石	1	箇所	
				土石流	1	箇所	
	その他 の災害	22	箇所	溪岸侵食	10	箇所	
				盛土被害	4	箇所	
				擁壁被害	5	箇所	
				家屋被害	1	箇所	
				洞穴	2	箇所	
				合計	37	箇所	

### 2.3.2 現地踏査

#### a. 空中写真判読

地すべりのための写真判読は、37 箇所の危険箇所のうち地すべりと斜面崩壊に分類された 13 箇所に対して実施した。

表2.3.3 空中写真判読の結果一覧（出典：JICA 調査団）

管理 №	箇所名	災害種別		写真判 読	写真 No. (撮影年)	空中写真判読結果の概要
		大分類	細分類			
6	Les Mariannes Community Centre (Road area)	斜面	斜面崩壊	実施	R720-R721 (1998)	道路沿いの斜面崩壊箇所の背後に、明瞭な滑落崖を伴わない不明瞭な地すべり地形が認められる。
9	Chitrakoot, Vallee des Pretres	斜面	地すべり	実施	1922-1923 (1999)	主たる地すべり、及びその周辺のいくつかの地すべり境界が判読された
10	Vallee Pitot (near Eidgah)	斜面	地すべり	不可	1919-1920 (1999)	対象エリアが非常に小さいため判読できなかった。対象エリアの周辺に明瞭な地すべり地形は確認できなかった。
13	Mgr. Leen Street and nearby vicinity, La Butte	斜面	地すべり	実施	1917-1918 (1999)	1986年に発生した La Butte 地すべりである。空中写真で、明瞭な地すべり地形を判読できた。
15	Old Moka Road, Camp Chapelon	斜面	地すべり	実施	1916-1917 (1999)	地すべり地形は不明瞭だが、地すべり土塊を確認できた
17	Pailles : (i) access road to Les Guibies and along motorway, near flyover bridge	斜面	斜面崩壊	不可	1913-1914 (1999)	対象エリアが非常に小さいため判読できなかった。対象エリアの周辺に顕著な地すべり地形は確認できなかった。
19	Pailles : (iii) soreze regin	斜面	斜面崩壊	不可	0502-0503 (1997)	崩壊発生が空中写真撮影年よりも後のため、当該箇所の判読不可。周辺に地すべり地形は確認できなかった。
20	Plaine Champagne Road, opposite "Musee Touche Dubois"	斜面	斜面崩壊	実施	R656,R657 (1998)	斜面崩壊エリアの周辺に崩積土が分布している。斜面崩壊の原因はこの崩積土の強度が弱いと思われる
27	Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port	斜面	地すべり	実施	R243,R244 (1991)	災害エリアの周辺に、いくつかの明瞭な地すべりが確認できた
28	Bambous Virieux, Rajiv Gandhi Street (near Bhavauy House), Impasse Bholoa	斜面	斜面崩壊	不可	1568-1569 (1991)	対象エリアが非常に小さいため判読できなかった。対象エリアの周辺に明瞭な地すべり地形は確認できなかった。
30	Trou-AUX-Cerfs	斜面	斜面崩壊	不可	1395-1396 (1997)	崩壊発生が空中写真撮影年よりも後のため、当該箇所の判読不可。周辺に地すべり地形は確認できなかった。
34	Candos Hill at LalBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues	斜面	地すべり	不可	1780-1781 (1991)	対象エリアが非常に小さいため判読できなかった。対象エリアの周辺に明瞭な地すべり地形は確認できなかった。
36	Morcellement Hermitage, Coromandel	斜面	斜面崩壊	不可	1914-1915 (1999)	対象エリアが非常に小さいため判読できなかった。対象エリアの周辺に明瞭な地すべり地形は確認できなかった。

## b. 現地踏査の結果

現地踏査による地すべりハザード評価の結果、高得点（合計 6 点）を示したのは、Chitrakoot 地区、Vallee Pitot 地区、Quatre Soeurs 地区の 3 地区であった。

表2.3.4 地すべりハザード評価の項目と得点（出典：JICA 調査団）

項 目		得点	説 明
現場の状況	地すべり地形、地すべりの特徴	明らか	2 明瞭な地すべり
		わずか	1 不明瞭な地すべり、または斜面崩壊
		なし	0 地すべりではない
履歴	既存の地すべりに関する記録（文章や伝承）	明らか	2 明瞭な伝承がある
		わずか	1 不明瞭な文書と伝承がある
		なし	0 既存の記録はない

表2.3.5 地すべりハザード評価の結果（出典：JICA 調査団）

整理 no.	Area name	災害種別		地すべりハザード評価のスコア			
		大分類	細分類	地すべり 地形、特 徴	家や構造 物のダメ ージ	地すべり に関する 記録	合計
9	Chitrakoot, Vallee des Pretres	斜面	地すべり	2	2	2	6
10	Vallee Pitot (near Eidgah)	斜面	地すべり	2	2	2	6
13	Mgr. Leen Street and nearby vicinity, La Butte	斜面	地すべり	2	1	2	5
15	Old Moka Road, Camp Chapelon	斜面	地すべり	2	1	0	3
27	Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port	斜面	地すべり	2	2	2	6
34	Candos Hill at LalBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues	斜面	地すべり	2	1	0	3

### 2.3.3 インベントリーと分布図

現場踏査の結果として、地すべりの特徴や評価結果等を取りまとめ、地すべりインベントリー、および地すべり位置図を作成した。

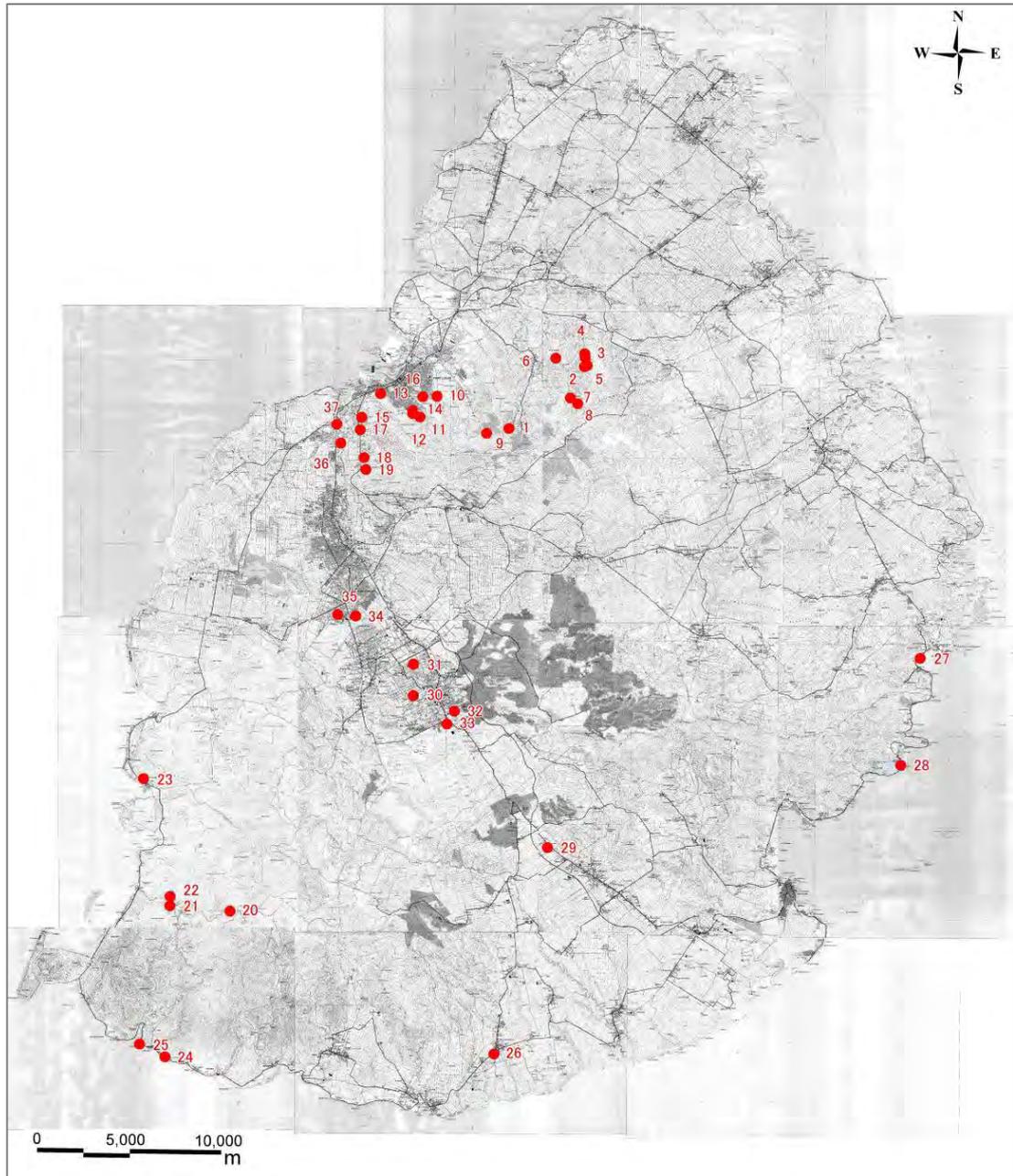


図2.3.1 地すべり位置図（出典：JICA 調査団）

表2.3.6 地すべりインベントリー（出典：JICA 調査団）

(1):地すべり地形、地すべりの特徴, (2): 家や構造物のダメージ, (3): 既存の地すべりに関する記録

№	箇所名	間取り調査および現地踏査結果の概要	災害種別		地すべりハザード評価のスコア			
			大分類	細分類	(1)	(2)	(3)	合計
1	Temple Road, Creve Coeur	庭先の盛土（車庫スペース）の変形によりブロック壁や家屋に変形が見られる。また、別の問題として、地表面排水の不全により、豪雨時に山からの大量の地表水が家屋に直接衝突する。	その他	擁壁被害	-	-	-	-
2	Congomah Village Council (Ramkhan)	小規模な河川が道路横断部に埋設されたコンクリートパイプ管渠の径不足により豪雨時に溢水するとともに、溪岸浸食が発生している。	その他	溪岸侵食	-	-	-	-
3	Congomah Village Council (Leekraj)	高さ1m盛土部に設置された擁壁に傾倒が見られるとの報告があったが、現状は安定している。	その他	擁壁被害	-	-	-	-
4	Congomah Village Council (Frederick)	道路沿いの擁壁が、雨季の激しい地表水流により侵食され、擁壁の一部が崩壊している	その他	擁壁被害	-	-	-	-
5	Congomah Village Council (Blackburn Lanes)	道路の路肩の盛土部が崩壊している	その他	盛土被害	-	-	-	-
6	Les Mariannes Community Centre (Road area)	2010年に道路脇の斜面が小規模崩壊が発生した。その後、被害を受けた道路および崩壊斜面の復旧工事が実施され、現在は安定している。	斜面	斜面崩壊	-	-	-	-
7	Les Mariannes Community Centre (Resident area)	河川の断面不足による豪雨時の溢水と溪岸浸食が認められる。	その他	溪岸侵食	-	-	-	-
8	L'Eau Bouillie	盛土部の路盤の支持力不足により道路面にクラックが発生している。現在、クラックは補修されている。	その他	盛土被害	-	-	-	-
9	Chitrakoot, Vallee des Pretres	明瞭な地すべり地形が認められ、2005年の豪雨時には多数の家屋や学校の建物に被害が生じている。ボーリング調査と地すべりモニタリングが一部で行われているが、十分ではない。今後の重点的な調査・対策が望まれる。L=1500m, W=700m	斜面	地すべり	2	2	2	6
10	Vallee Pitot (near Eidgah)	最近になって急速に宅地開発が進んでいる地域で、35m×20m程度の地すべりが発生し、地すべり境界は明瞭に認められる。著しい家屋への被害が認められ、被害状況が新聞で報道された。	斜面	地すべり	2	2	2	6
11	LePouce Street	表面排水が不全のため、豪雨時に谷地形部の道路・家屋部分に地表水が集中して流れ、道路や家屋軒先の侵食が発生。現時点で被害は軽微だが、表面排水の整備が必要。	その他	溪岸侵食	-	-	-	-
12	Justice Street (near Kalimata Mandir)	土地の造成に伴う盛土施工により擁壁が押し出されて変形している。背後の地山の表面排水は不全のため、擁壁の背後に地下水が溜りやすいことも擁壁の変形の原因のひとつと思われる。	その他	擁壁被害	-	-	-	-
13	Mgr. Leen Street and nearby vicinity, La Butte	「La Butte地すべり」。1998年に日本の援助により地すべり対策工が施工され、現在は大きな変状は認められない。しかし、ポートルイス市は今後もモニタリングを行いたいと考えている。	斜面	地すべり	2	1	2	5
14	Pouce Stream	コンクリートの三面張り河川である。豪雨時にはコンクリート護岸の上端まで水位が達し、その背後の侵食が発生するため、現在は布団かごが積まれている。現状は大きな被害はないが、一部でコンクリート壁の老朽化や高さ不足があるようで、今後の詳細調査と対策が望まれる	その他	溪岸侵食	-	-	-	-
15	Old Moka Road, Camp Chapelon	地すべり地形は明瞭ではないが、家屋の被害や湧水箇所がある程度の広さの範囲に集中することから、この範囲で表層崩壊が発生している可能性が高い。ただし、一般的な地すべりか、表層の軟弱層のクリープ変形かの判断は難しく、今後の調査が望まれる。	斜面	地すべり	2	1	0	3
16	Boulevard Victria, Montague Coupe	道路建設に伴い形成された切土斜面である。布団かご（7-8段）が擁壁状に設置されている。災害履歴はなく、現在は安定しているように見えるが、勾配が急なため今後の観察が肝要である。	その他	擁壁被害	-	-	-	-
17	Pailles : (i) access road to Les Guibies and along motorway, near flyover bridge	ハイウェイ脇の道路切土（高さ5m程度）の表層崩壊である。表層の風化により豪雨時などに浸食が進行している。	斜面	斜面崩壊	-	-	-	-

18	Pailles : (ii) access road Morcellement des Aloes from Avenue M.Leal (on hillside)	貯水タンク基礎部分が、雨水排水の不全により浸食されている。雨水排水の整備が急務である	その他	溪岸侵食	-	-	-	-
19	Pailles : (iii) soreze regin	斜面の上部では落石と小崩壊、ガリが多発している。斜面の中腹および下部では、道路や住宅の建設にともない表層崩壊が発生している。現在、比較的軽微ではあるが、表層崩壊による道路変状および家屋のクラックが認められる	斜面	斜面崩壊	-	-	-	-
20	Plaine Champagne Road, opposite "Musee Touche Dubois"	斜面崩壊の箇所に対策工として擁壁が建設されている。擁壁の一部にクラックが認められるが、顕著な斜面変動はなく、比較的安定している。擁壁の構造的に弱い可能性がある。	斜面	斜面崩壊	-	-	-	-
21	Chamarel : (i) near Reataurant Le Chamarel	道路の路肩が沈むことにより、路面のアスファルトにクラックが発生している。	その他	盛土被害	-	-	-	-
22	Chamarel : (ii) Roadside	盛土で作られた道路路肩の変状。盛土部は石積あるいは石積擁壁で盛り立てられており、支持力が不足していると思われる	その他	盛土被害	-	-	-	-
23	Gremde Riviere Noire Village Hall	Village Hallの基礎付近に水平クラックがあり、近傍のバスケットコート端のコンクリートにも切れるが多数見られる。しかし、周辺の塀や他の構造物には特に変状はなく、地すべりによる被害とは考えにくい。むしろ、基礎地盤の支持力の問題（不等沈下）や建物の構造上の問題の可能性が高い	その他	家屋被害	-	-	-	-
24	Baie du Cap : (i) Near St Francois d'Assise Church	土石流が発生しており、現在護岸工が建設されている。また、周辺の段丘崖で、表層の小崩壊が散見される。	斜面	土石流	-	-	-	-
25	Baie du Cap : (ii) Maconde Region	道路沿いに連続する岩盤の急崖から、落石や小規模な岩盤崩壊が頻発している。	斜面	落石	-	-	-	-
26	Riviere des Anguilles, near the bridge	岩盤急崖上に家屋が密集している。急崖は風化が激しく、頻繁に河川浸食が発生しているため、崖に近接する家屋の移転を検討する必要があると思われる。	その他	溪岸侵食	-	-	-	-
27	Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port	「カトルスール地すべり」。明瞭な地すべり地形を呈し、地すべり末端部の数軒の家屋で破損が著しい。地すべり末端部は地下水位が非常に高く、地すべりの不安定化に関連していると推察される。ボーリング調査と地すべりモニタリングが一部で行われているが、十分ではない。今後の重点的な調査・対策が望まれる。L=350m	斜面	地すべり	2	2	2	6
28	Bambous Virieux, Rajiv Gandhi Street (near Bhavauy House), Impasse Bholoa	家屋裏の道路斜面の小崩壊。家屋まで崩壊土砂が迫ったものの建物に被害はなし。現在、家主が自主的に土留擁壁を構築中。	斜面	斜面崩壊	-	-	-	-
29	Cave in at Union Park, Rose Belle	住宅敷地内に空洞（4m×4m×深3m）が発生した。現在は、土砂で埋め立て済み。家屋の被害はない。道路路向かい空き地にも同様の空洞あり。	その他	洞穴	-	-	-	-
30	Trou-AUX-Cerfs	火山の火口斜面の表層崩壊。2005年の豪雨で発生。背後への崩壊拡大の危険性は低いが、周辺横方向への崩壊拡大が予想される	斜面	斜面崩壊	-	-	-	-
31	River Bank at Cite L'Oiseau	雨季に溪岸浸食と溢水が顕著。特に水衝部に当たる左岸護岸の侵食が著しく、現在は石積擁壁による護岸工が構築されている。	その他	溪岸侵食	-	-	-	-
32	Louis de Rochecouste (Riviere Seche)	雨季に溪岸浸食と溢水が顕著。家屋の基礎が浸食され、家屋擁壁が傾倒。	その他	溪岸侵食	-	-	-	-
33	Piper Morcellement Piat	雨季に溪岸浸食と溢水が顕著。左岸の護岸は住民が自力で構築。	その他	溪岸侵食	-	-	-	-
34	Candos Hill at LallBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues	住宅の背後に、比較的最近に発生したと思われる明瞭な地すべり地形・滑落崖が形成され、湧水も確認されている。この地すべりは、40m×35m程度と規模が小さく、すべり範囲に家屋は無く、今のところ近接する擁壁に小規模なひびが入る程度の軽微な被害である。	斜面	地すべり	2	1	0	3
35	Cavernous Area at Mgr Leen Avenue and Bassin	家屋建設時に空洞が発見されたが、現在はコンクリートで埋め戻してあり、危険は無い。	その他	洞穴	-	-	-	-
36	Morcellement Hermitage, Coromandel	2010年に道路の路肩崩壊が発生し、地元コンサル（GIBB）が調査・対策工設計を行い擁壁を建設。現在擁壁の上面の石積部にクラックが発生しているが、擁壁背後の埋戻土の転圧不足による沈下が原因と思われる。擁壁前面には特に変状はなく、安定している模様。	斜面	斜面崩壊	-	-	-	-
37	Montee S, GRNW	両岸とも風化岩が露岩しており、雨期には溪岸浸食が著しい。	その他	溪岸侵食	-	-	-	-

### 2.3.4 GISデータベース

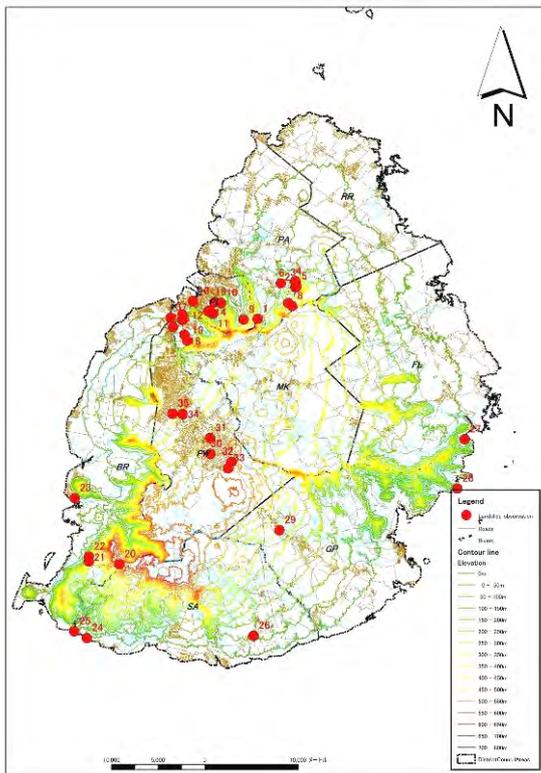


図2.3.2 地すべり調査位置図(ベースマップ:道路  
河川、等高線、行政界) (出典:JICA 調査団)

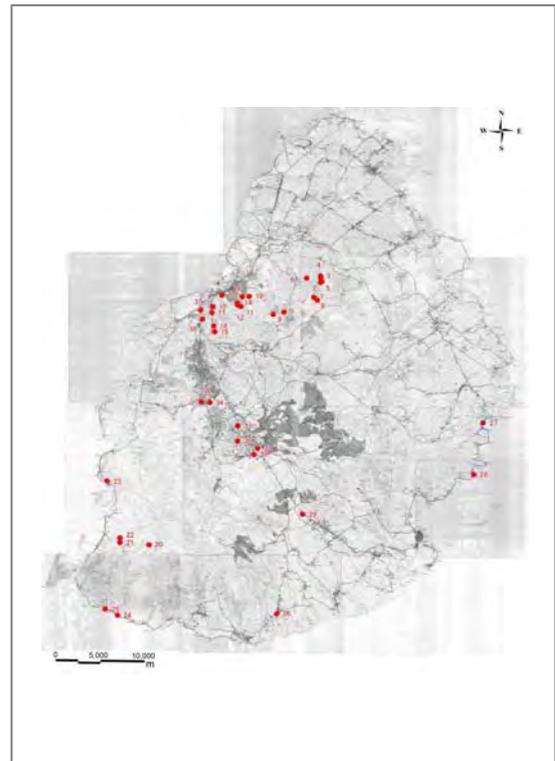


図2.3.3 地すべり調査位置図(ベースマップ:地  
形図(1:25,000)) (出典:JICA 調査団)

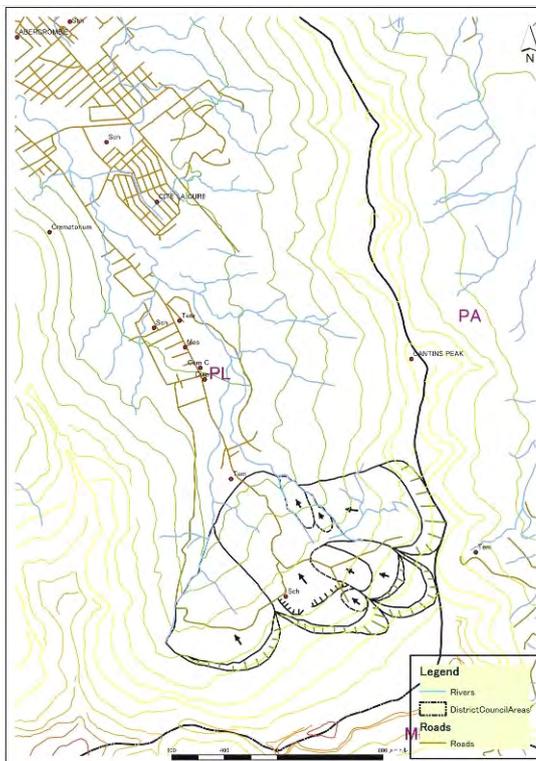


図2.3.4 地すべり分布図(Chitrakoot area)  
 (出典:JICA 調査団)

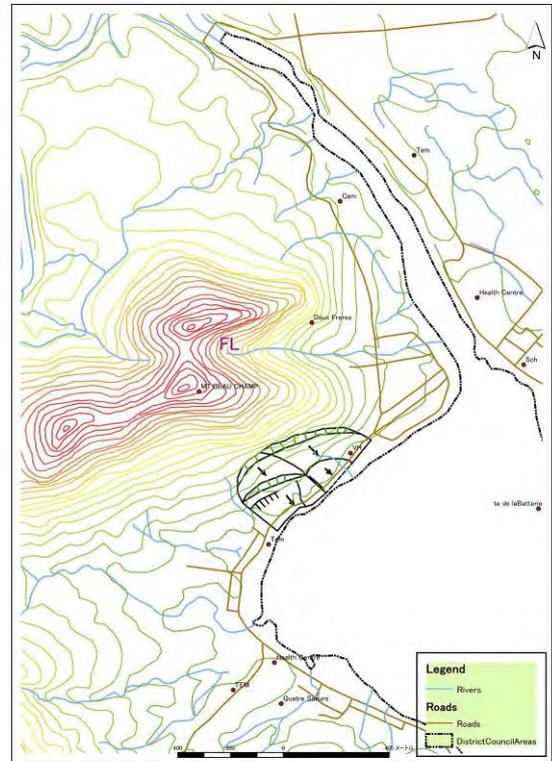


図2.3.5 地すべり分布図(Quatre Soeurs area)  
 (出典:JICA 調査団)

## 2.4 対策工実態

### 2.4.1 構造物対策

構造物対策が実施されている地すべりは、La Butte 地区だけである。La Butte 地区の地すべりは 1986 年に発生し、多くの家と学校が被害を受けた。この地すべりの構造物対策は 1998 年に日本の援助により実施され、現在は安定している。ただし、ポートルイス市は、将来この地すべりのモニタリングを続けたいと考えている。

表2.4.1 地すべり危険地(6箇所)の構造物対策（出典：JICA 調査団）

管理 No	箇所名	災害種別	構造物での対策
9	Chitrakoot, Vallee des Pretres	地すべり	なし
10	Vallee Pitot (near Eidgah)	地すべり	なし
13	Mgr. Leen Street and nearby vicinity, La Butte	地すべり	杭工:6列 集水井:4基 水平排水工:42本
15	Old Moka Road, Camp Chapelon	地すべり	なし
27	Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port	地すべり	なし
34	Candos Hill at LallBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues	地すべり	なし

### 2.4.2 非構造物対策

地すべりモニタリング機器については、Chitrakoot、Quatre Soeurs、La Butte でのみ存在が確認された。この内容を下表に示す。

表2.4.2 地すべりモニタリングの状況（出典：JICA 調査団）

地区名	モニタリング
Chitrakoot	5基の伸縮計が確認された。その内、2基は計測可能な状態であり、「モ」国の建設会社により計測が行われている。
Quatre Soeurs	6基の水位観測孔が確認された。これらの水位観測孔は2011年3月に掘削・設置され、その後同年5月まで(2ヶ月程度)モニタリングが続けられた。現在もモニタリング可能な状態だが、モニタリングは行われていない(出典: Ministry of Public Infrastructure Land Transport and Sipping (2011): Geotechnical Report for Suspected Landslide at Quatre Soeurs)
La Butte	16基の伸縮計の設置・計測が続けられていたが2001年から計測・維持管理は行われていない。2006年時点で16基中2基の伸縮計、7基中3基の傾斜計、10基中2基の地下水観測用圧力メーターのみが計測可能な状態にある(出典: Dr. A. Chan Chim Yuk, Faculty of Engineering, University of Mauritius (2006): Monitoring of Geotechnical Works at the Site of the La Butte Landslide)

## 2.5 社会調査

### 2.5.1 基礎調査

PPG への提言や IEC 活動、優先地域におけるフィージビリティ調査、パイロット事業の実施などに係る基礎情報収集を目的として、関連する基礎情報の収集・整理を行った。この結果を下記に示す。

#### a. 土地利用

表2.5.1 土地利用分類毎の変化(期間:1986~2010年)<sup>1</sup>

土地利用分類	面積 (ha)			変化[%]
	1986年	2010年	差	
農地 (さとうきび、他)	90,000	77,418	-12,582	-14
さとうきび耕作放棄地	n/a	1,468	1,468	n/a
森林、低木、牧草地	65,400	68,946	3,546	5
市街地	25,000	28,070	3,070	12
基盤施設 (道路、歩道など)	3,465	7,879	4,414	127
水源(湖沼、貯水池など)	2,610	2,719	109	4
計	186,475	186,500		

#### b. 人口分布

首都の Port Louis から、Curepipe へ主要幹線道路沿いに都市が発展、人口が分布していることが分かる。これら地方都市には公共施設・民間商業施設などが整備され、利便性が高まったことがこのような人口分布の主たる要因の1つと考えられる。

#### c. 貧困分布

Quatre Bornes 1区・2区, Beau Bassin / Rose Hill 4区、Vacoas / Phoenix 3区に着目すると、2001~2002年、これら「モ」国における主要都市の貧困レベルは低い（貧困者数の割合が少ない）ことが分かる。しかし、Vacoas / Phoenix 1区については、2001~2002年の調査では貧困割合 2.6%であったが、2006~2007年の調査では 4.7%となった。

2001~2002年と 2006~2006年の調査結果を比較すると、「モ」国主要都市における貧困レベル 5%以下の行政界の数は 48 から 20 に減少した。一方、貧困レベル 15%以上の行政界の数は 4 から 15 に増加した。

#### d. 水源

表2.5.2 水利用の内訳<sup>2</sup>

用途	表流水		地下水	合計
	河川取水	貯水		
家庭用、工業用、観光	38	48	113	199
工業用 (民間掘削孔)	-	-	10	10
農業用	370	76	22	468
水力発電	131	174	-	305
計	539	298	145	982

(単位:百万立米/年)

## 2.5.2 地すべりに関する意識調査

開発計画政策指針（PPG: Planning Policy Guidance）への提言や IEC（Information, Education, and Communication）の活動（住民の防災意識啓発活動や避難訓練など）のための基礎情報収集を目的として、住民の意識調査を実施した

### a. 全サンプルの単純集計結果の概要

全サンプルの単純集計結果の概要として、単純集計結果から得られた主なポイントを下表に示す。

表2.5.3 全サンプルの単純集計結果の概要（出典：JICA 調査団）

調査項目	調査内容
基礎情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>回答票数が少ないエリアが一部あったものの、ほとんどのエリアから偏り無く回答が得られた</li> <li>年齢・性別ともに偏り無く回答が得られた</li> <li>居住歴：11～30年と31～50年がそれぞれ3割程度で最も多い</li> <li>土地所有・建物所有：85%以上の回答者が土地・建物を所有</li> </ul>
地すべりに関する意識	<ul style="list-style-type: none"> <li>地すべりの認知度：約7割が地すべりを知っている。</li> <li>地すべりに関する情報の入手方法：主な情報入手方法は：TV、ラジオ、新聞、口頭でのコミュニケーション</li> </ul>
「モ」国既存の警戒体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>回答者の約6割は「モ」国の警戒体制を知らない</li> <li>警戒システムの必要性：97%の回答者が必要だと回答している</li> <li>警戒システムに求められる情報：避難所、自宅周辺の危険箇所、避難のタイミング、避難路</li> </ul>
「モ」国既存の開発規制	<ul style="list-style-type: none"> <li>86%の回答者が開発・建築申請システムを知っている</li> <li>開発申請制度に関する情報の入手手段：口頭でのコミュニケーションが最も多く、次いで、テレビ・ラジオ、新聞</li> <li>斜面地での開発規制の認知度：開発・建築申請システムの認知度と比較すると10%程度低い</li> </ul>
地すべり警戒区域の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>約97%の回答者が警戒区域の設定に賛成</li> </ul>
ハザードマップの整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>約97%以上の回答者がハザードマップの公開に賛成</li> </ul>
地すべり警戒区域での規制	<ul style="list-style-type: none"> <li>警戒区域での開発・建築規制、行政による建築指導導入：約95%の回答者が賛成</li> <li>地すべり危険地からの移転：約9割の回答者が賛成</li> <li>移転のために求められる公的支援・援助：金融支援、移転先の土地建物の確保</li> </ul>
避難訓練	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害発生時に取る行動として多かった意見：自治体への報告、自主的避難、呼びかけによる避難</li> <li>約9割の回答者が避難訓練の参加意志を持っている</li> </ul>

### b. パイロットサイト3地区（Chitrakoot、Quatre Soeurs、Vallee Pitot）の集計結果の比較

パイロットサイト3地区（Chitrakoot、Quatre Soeurs、Vallee Pitot）の集計を比較する。今後、詳細な分析が求められるが、ここでは、開発規制と移転に関する質問の単純集計結果のポイントをまとめ、比較した。3地区とも開発・建築規制、移転について、基本的には肯定的に捉えており、受け入れる用意があると考えられる。3地区とも開発・建築規制、移転について肯定的だが、その度合いを比較した場合、下表のとおりとなる。

表2.5.4 パイロットサイト3地区の開発規制と移転に関する意識の比較（出典：JICA 調査団）

	開発規制	移転
Chitrakoot	<ul style="list-style-type: none"> <li>肯定的意見を持つ住民が多い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公的支援・補助の有無にかかわらず前向きな持つ住民が多い</li> </ul>
Quatre Soeurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>強い肯定的意見を持つ住民が多い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公的支援・補助の有無にかかわらず移転についても強い肯定的意見を持つ住民が多い</li> </ul>
Vallee Pitot	<ul style="list-style-type: none"> <li>どちらかといえば肯定的</li> <li>3地区の中では強い肯定的意見を持つ住民は最も少ない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>どちらかといえば肯定的</li> <li>否定的意見を持つ住民も1～2割程度いる</li> <li>公的支援・補助があれば、肯定的意見を持つ住民の割合が増える</li> <li>強い前向きな意見を持つ住民は3地区中最も少ない</li> </ul>

## 2.6 組織・制度

### 2.6.1 災害対策枠組

「モ」国において、自然災害対策には多くの省庁・組織が関わっている。毎年更新される「災害スキーム 2014」によると、地すべりについては、災害発生時の対策の流れに沿って、7省庁・11組織の役割分担と責任が記載されている。

#### a. 災害対策本部

「モ」国における総合防災対策本部として、「サイクロン・自然災害対策委員会 (Cyclone and Other Natural Disasters Committee (CONDC))」が首相府管轄下の警察本部内に、30年以上前に発足している。CONDCは、21省庁、9つの地方行政府、14の官民組織から構成されている。CONDCは「モ」国の明確且つ実効的な災害対策管理体制を構築する上で重要な役割を担ってきたが、2013年10月に「国家防災協議会 (National Disaster Risk Reduction and Management Council)」が設置され、CONDCの機能が移行した。「災害スキーム 2014」によると、国家防災協議会は、防災政策・戦略実施に向けた各機関の調整や安全管理の促進にかかる役割を担うこととなっている。また、国家防災センター (National Disaster Risk Reduction and Management Centre (NDRRMC)) が首相府内に設置され、中央・地方すべてのレベルにおける防災計画やとりまとめを中心的に行うほか、防災戦略を立案することとなっている。NDRRMCは常設であるが、災害発生時には緊急対策本部 (Emergency Operation Command (EOC)) が設置され、早期警戒・災害対応・復旧時の対応を行う。災害の大きさによっては危機管理委員会 (Crisis Committee) が設置され、災害対応実施機関の管理や災害対応方針の決定、避難指示の発令等を実施する。また、地域防災センター (Local Disaster Risk Reduction and Management Centre (LDRRMC)) も各地方自治体の下に設置され、各地区における防災関連機関の調整や、津波・高波、豪雨及び地すべりに対する避難訓練を行う

表2.6.1 防災対策本部機能（出典：JICA調査団）

組織	稼働時期と構成	災害対策における役割概略
国家防災協議会 (National Disaster Risk Reduction Council)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 常設</li> <li>➢ 構成                             <ul style="list-style-type: none"> <li>内閣官房長官</li> <li>財政書記官</li> <li>首相府SO</li> <li>警察庁長官</li> <li>エネルギー省SO</li> <li>環境・持続開発省SO</li> <li>地方行政・島嶼部省SO</li> <li>公共インフラ省SO</li> <li>社会保障省SO</li> <li>男女平等・児童開発・福祉省SO</li> <li>ロドリゲス島最高行政官</li> <li>島嶼部開発法人代表</li> <li>消防署長</li> <li>気象庁長官</li> <li>経営者団体代表</li> <li>経済協議会代表</li> <li>赤十字代表</li> <li>NGO代表</li> </ul> </li> </ul> (※SO: Supervising Officer)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ CONDCの機能を2013年10月に移行</li> <li>➢ 防災政策・戦略実施に向けた各機関の調整</li> <li>➢ 安全管理促進</li> </ul>
首相府 (PMO)		

組織	稼働時期と構成	災害対策における役割概略
「国家防災センター」 (NDRRMC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 常設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 中央・地方すべてのレベルにおける防災計画策定・取りまとめ</li> <li>➢ 防災戦略の立案</li> </ul>
緊急対策本部(EOC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 災害発生時のみ</li> <li>➢ 構成 各省庁代表 各官民機関代表 NGO代表 民間企業代表</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 早期警戒、災害対応、復旧時における調整</li> </ul>
危機管理委員会(Crisis Committee)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 災害発生時のみ</li> <li>➢ NDRRMC長官の要請により招集</li> <li>➢ 構成 官房長長官 警察庁長官 NDRRMC長官 その他(災害の種類により決定)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 災害対応実施機関の管理</li> <li>➢ 災害対応方針の決定</li> <li>➢ 避難指示の発令</li> </ul>
■政府情報局	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 常設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 外部との公的情報交際の窓口</li> <li>➢ 適切な公的支援が受けられるよう適切な情報の流布</li> <li>➢ 適切な政府決定に必要な情報の政府への提供</li> <li>➢ 中央政府と地方行政機関及び国際報道機関との仲立ち</li> </ul>
地域防災センター(LDRRMC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 常設</li> <li>➢ 9地区の地方自治体の下に設置</li> <li>➢ 構成 地方自治体長官(市長) 公共インフラ省代表 社会保障省代表 環境・持続開発省代表 教育省代表 地方行政・島嶼部省代表 男女平等・児童開発・福祉省代表 気象庁代表 警察代表 消防署代表 地方自治体代表 町会代表 中央電力公社代表 中央水道局代表 道路開発公社代表 水管理局代表 エネルギー省水資源部代表 赤十字代表</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 各地区の防災にかかる機関の調整</li> <li>➢ 津波・高波、豪雨及び地すべりに対する避難訓練実施</li> </ul>

参考:首相府(2014)「災害スキーム2014(National Disasters Scheme 2014)」

## b. 「地すべり」災害対策に関する組織<sup>3</sup>

恒常的地すべり防災の要であるモニタリングの強化を図る為、国家開発ユニット(the National Development Unit、NDU)から地すべり対策機能を分離し、2009年9月、インフラ省の土木・建築課に地すべり管理兼修繕・復旧ユニット(Landslide Management Unit/Repairs and Rehabilitation Unit(LMU/RRU))が設置された。地すべり対策における主要組織を下表に示す。

表2.6.2 地すべり対策に係る主要機関とその役割（出典：JICA 調査団）

組織	稼働時期	地すべり対策における役割概略
公共インフラ・国家開発・陸上交通・海運省、国家開発ユニット (MPI)	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 国家開発ユニット(NDU)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 地すべり調査の実施</li> <li>- 河川における地すべり災害対応</li> </ul> </li> <li>➤ <b>地すべり対策ユニット(LMU)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 恒常的地すべり防災の要である“モニタリング”の強化を図る</li> <li>- 地すべり調査の実施</li> <li>- NDU及びRDAの担当以外の地すべり災害対応</li> </ul> </li> <li>➤ 道路開発公社 (RDA)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 地すべり調査の実施</li> <li>- 道路にかかる地すべり災害対応</li> </ul> </li> </ul>
国家防災センター (NDRRMC)	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 地すべり災害情報の取りまとめ</li> <li>➤ 地すべり災害発生時、関係機関の調整を行うほか、危機管理委員会を設置して警報発令等を行う</li> <li>➤ 災害スキームの発行</li> </ul>
警察	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 緊急時、住民への警戒呼びかけ、住民避難のサポート</li> </ul>
気象庁 (MMS)	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 雨量データの提供</li> </ul>
地方自治体	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 地すべり調査の実施</li> <li>➤ モニタリング実施</li> </ul>
住宅・土地省 (MHL)	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 開発計画政策指針 (Planning Policy Guidance (PPG)) の更新</li> </ul>
厚生省 (MHQL)	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 地すべり災害発生時、けが人の応急処置場所・医療品・医療従事者の確保</li> </ul>
社会保障省	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 早期警戒・災害発生時、緊急避難場所の確保</li> </ul>
男女平等・児童開発・福祉省	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 早期警戒・災害発生時、緊急避難場所の確保</li> </ul>
教育省	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 災害発生時、教育機関の閉鎖</li> </ul>
情報コミュニケーション技術省	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤</li> </ul>
政府情報局	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 地方自治体、MPI、NDRRMC 等と協働で地すべり啓発活動用のポスターや短編フィルムを作成</li> </ul>
消防局	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤</li> </ul>
中央水道局	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤</li> </ul>
中央電力公社	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤</li> </ul>
モーリシャス放送局 (MBC)	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 緊急時、住民への警戒呼びかけ</li> </ul>
赤十字	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤</li> </ul>
セント・ジョン救急車	常設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤</li> </ul>

参考：首相府（2014）「災害スキーム 2014（National Disasters Scheme 2014）」

## 2.7 経済調査

### 2.7.1 モーリシャスの経済指標

「モ」国における国内総生産（GDP）、国民一人当たりの GDP 及び GDP 成長率は以下のとおり。

表2.7.1 GDP、一人当たり GDP 及び GDP 成長率<sup>4</sup>

	2010年	2011年	2012年	2013年
GDP(米ドル)	9,718,331,363	11,252,405,860	11,442,063,228	11,938,403,909
一人当たり GDP (米ドル)	7,587	8,750	8,862	9,210
GDP 成長率	4.1	3.9	3.2	3.2

### 2.7.2 モーリシャスの経済政策

2010 年以來、「モ」国政府は、より多様な輸出市場に遷移して「モ」国の競争力強化するため、次世代の改革プログラムに着手した。この改革の主要要素として、(i)公務員や公営企業を含む公共サービスの改善、(ii) 重大なボトルネック克服のためのインフラ開発（特に運輸）、(iii) 生産性向上による能力開発、人材育成、(iv) 社会的保護、(v) 更なる自由化としている。

### 2.7.3 「モ」国の予算方針(2014年)

2013 年 11 月に発表された予算演説 2014 では、「モ」国は政府は高所得国になることを目標に掲げ、投資及び経済成長の促進と社会保障の戦略を打ち出している。

#### a.1 投資及び経済成長の促進

「モ」国政府は投資及び経済成長の促進を図るため、2014 年は以下の分野の強化を図ることとしている。

- マクロ経済の安定化と経済成長の促進
- 公共部門投資：空港建設や漁港整備を進め、人・物・サービスの移動を促進することにより、経済活性化を図る。
- 新規経済分野の開拓及び伝統産業の支援：上述の 2.7.1 モーリシャスの経済指標にあるとおり、「モ」国では、砂糖、繊維、観光、金融サービスの 4 分野が経済の中心となっている。今後も同 4 分野の支援を行うとともに、海洋・再生エネルギー等新たな分野の開拓にも力を入れる。
- 中小企業支援：中小企業金融枠組やローン等を導入し、中小企業を支援する。
- 人材育成：経済成長には人材育成が欠かせないことから、教育分野への予算を 148 億モーリシャスルピー確保し、未就学レベルから初・中・高等教育、生涯学習レベルまで支援する。
- 労働環境整備：外国人労働者も含む労働者の労働環境を整備する。

- 公共部門の強化：公共部門のアカウントビリティや実績を強化し、行政サービスをより効果的・効率的にする。

## a.2 社会保障

社会保障に焦点を当てた 2014 年の政策は以下のとおり。

- 医療制度改善：「モ」国政府は、医療分野に 92 億モーリシャスルピーの予算を割り当て、医療従事者の人材育成、二大疾患（糖尿病及び癌）の削減及び病院建設を進める。
- 自然災害対策：近年、自然災害の被害が拡大していることを踏まえ、国家防災センター（NDRRMC）の適切な人員配置、IT を活用した早期警戒や緊急警報システム、緊急対応の資金の確保等を促進する。
- 社会的弱者支援：高齢者の年金額増額や子供への手当、貧困家庭・障がい者・女性等への支援の充実化を図る。
- スポーツ・文化振興：スポーツ施設の建設・改修や楽器の配布を行う。
- 生活向上：公共住宅の整備やローン条件の改善等を行い、生活向上を図る。
- 市民向け行政サービスの向上：最先端技術の導入に 2 億モーリシャスルピーを割り当て、手順の効率化を進める。
- 消費拡大：特定の商品の付加価値税還元等を行い、国民の購買力を高め、経済活性化につなげる。
- ロドリゲス島及びアガリガ島における開発：観光業の活性化や社会経済開発を促進する。

## 2.7.4 公共インフラ省(MPI)の予算方針(2014年-2016年)

表2.7.2 プログラムベースによる予算(MPI)<sup>5</sup>

コード	プログラム名	2013 年 予測	2014 年 予測	2015 年 計画	2016 年 計画
321	公共インフラ政策・戦略立案	149,205,000	146,790,000	149,090,000	151,875,000
322	庁舎建設・維持管理	376,534,000	561,694,000	529,310,000	529,277,000
32202	インフラ関連の建築物設計・施工監理	135,481,000	156,616,000	165,641,000	168,991,000
32203	建築物の維持管理・改修	241,053,000	300,848,000	254,259,000	248,945,000
32204	公共施設における電気系統の設計・施工・維持管理	-	104,230,000	109,410,000	111,341,000
323	道路・橋梁の建設・維持管理	5,432,500,000	912,000,000	1,197,200,000	1,372,400,000
32301	道路・橋梁の建設・改修	5,152,500,000	-	-	-
32302	道路・橋梁の維持管理	280,000,000	-	-	-
324	陸上交通管理	1,535,947,000	1,465,989,000	1,404,934,000	1,413,838,000
32401	道路交通管理	1,310,541,000	1,258,569,000	1,257,364,000	1,260,730,000
32402	交通管理・道路安全	225,406,000	207,420,000	147,570,000	153,108,000

325	海上保安	65,839,000	91,376,000	72,681,000	71,426,000
404	地域密着型のインフラ整備	597,200,000	441,702,000	341,594,000	334,257,000
405	土地排水・流域管理	-	430,217,000	317,001,000	242,213,000
	合計	8,157,225,000	4,049,768,000	4,011,810,000	4,115,286,000

（単位：モーリシャスルピー）

## 2.7.5 地すべり対策兼修繕・復旧ユニット(LMU/RRU)の予算

LMU/RRUにおいて、地すべりにかかる2015年から2017年までの年間予算は、以下を予定している。

表2.7.3 地すべり関連予算(案)（出典：JICA調査団）

項目	災害種	2015	2016	2017
対策工事用付加価値税				
Chitrakoot (Block A) - Section 1	地すべり	2,250,000		
対策工事におけるコンサルタント費				
Chitrakoot (Block A) - Section 2	地すべり	400,000		
Vallee Pitot (near Eidgah)	地すべり	450,000		
Morcellement Hermitage, Coromandel	斜面崩壊	250,000		
L'Eau Bouillie	盛土被害	250,000		
Pailles access road to Les Guibies and along motorway, near flyover bridge	斜面崩壊	350,000		
Pailles Soreze region	斜面崩壊	500,000		
Riviere des Anguilles, near the bridge	溪岸侵食	450,000		
Post Relocation Works at Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port	地すべり	250,000		
Piper Morcellement Piat	溪岸侵食	150,000		
Temple Road, Creve Coeur	擁壁被害	100,000		
Congomah Village Council (Ramlakhan)	溪岸侵食	100,000		
Congomah Village Council (Leekraj)	擁壁被害	100,000		
Congomah Village Council (Frederick)	擁壁被害	100,000		
Congomah Village Council (Blackburn Lanes)	盛土被害	100,000		
Les Mariannes Community Centre (Road area)	斜面崩壊	100,000		
Les Mariannes Community Centre (Resident area)	溪岸侵食	100,000		
Le Pouce Street	溪岸侵食	100,000		
Justice Street (near Kalimata Mandir)	擁壁被害	400,000		
Pouce Stream	溪岸侵食	300,000		
Pailles access road Morcellement des Aloes from Avenue M.Leal (on hillside)	溪岸侵食	150,000		
Plaine Champagne Road, opposite "Musee Touche Dubois"	斜面崩壊	100,000		
Chamarel near Restaurant Le Chamarel and Road Side	盛土被害	100,000		
Baie du Cap: (i) Near St Francois d'Assise Church	土石流	100,000		
Bambous Virieux, Rajiv Gandhi Street (near Bhavauy House), Impasse Bholoa	斜面崩壊	100,000		
Trou-Aux-Cerfs	斜面崩壊	100,000		
River Bank at Cite L'Oiseau	溪岸侵食	100,000		
Louis de Rochecouste (Riviere Seche)	溪岸侵食	100,000		
Montee S, GRNW	溪岸侵食	100,000		
Chitrakoot (Block B)	地すべり		400,000	
対策工事費				

Chitrakoot (Block A) - Section 2	地すべり	8,000,000		
Vallee Pitot (near Eidgah)	地すべり	9,000,000		
Maconde Region Baie du Cap - Phase 2	落石	10,000,000		
Boulevard Victoria, Montagne Coupe	擁壁被害	7,000,000		
Chitrakoot (Block B)	地すべり		6,000,000	
L'Eau Bouillie	盛土被害		5,000,000	
Pailles: (i) access road to Les Guibies	斜面崩壊		7,000,000	
Pailles: (iii) Soreze region	斜面崩壊		3,000,000	
Riviere des Anguilles, near the bridge	溪岸侵食		9,000,000	
Piper Morcellement Piat	溪岸侵食		3,000,000	
Temple Road, Creve Coeur	擁壁被害			詳細調査により決定
<b>遠隔モニタリング費</b>				
Chitrakoot, Vallee Pitot, Quatre- Soeurs and La Butte	地すべり	7,000,000		
<b>調査にかかるコンサルタント費</b>				
Old Moka Road, Camp Chapelon	地すべり	575,000		
Candos Hill, LallBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues	地すべり	125,000		
<b>ハザードマップ作成にかかるコンサルタント費</b>				
		1,500,000	2,000,000	1,500,000
<b>民間コンサルタント雇用費</b>				
		2,500,000	2,500,000	1,000,000
<b>LMU職員残業・休日出勤手当</b>				
		1,200,000	1,200,000	1,200,000
<b>機材維持管理費</b>				
		1,000,000	1,000,000	1,000,000
	<b>合計</b>	<b>55,650,000</b>	<b>40,100,000</b>	<b>44,700,000</b>

参考：MPI 聞き取り調査

（単位：モーリシャスルピー）

## <第2章の参考文献>

- <sup>1</sup> 2010 Land use map of Mauritius, 2010, Mauritius Sugar Industry Research Institute
- <sup>2</sup> V. Proag, Water resources management in Mauritius, 2006, European Water 15/16
- <sup>3</sup> 首相府（2014）「災害スキーム2014（National Disasters Scheme 2014）」
- <sup>4</sup> 世界銀行（2014）「GDP」、<http://dataworldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>
- <sup>5</sup> 同上

# Chapter 3

---

*地すべり管理計画 1 (調査と結果)*

*Landslide Management Plan 1  
(Survey and Results)*

### 3 地すべり管理計画 1(調査と結果)

#### 3.1 地すべり危険地の特定

優先的に対応する地すべり危険箇所は、Chitrakoot 地区、Quatre Soeurs 地区、Vallee Pitot 地区である。

表3.1.1 地すべり危険地の特定（出典：JICA 調査団）

箇所名	地すべり危険地選定の項目			選定結果	摘要
	地すべりハザード評価スコア	MPIからの要望	地すべりのサイズ		
Chitrakoot, Vallee des Pretres	6	あり	大規模 (L=1500m, W=700m)	○	<b>地すべり危険地に特定:</b> 活発な大規模地すべり(L=1500m, W=700m)。家屋の被害が10箇所以上あり、早急な対策が必要。MPIからの調査・対策の要請あり
Vallee Pitot (near Eidgah)	6	なし	小規模 (L=35m, W=20m)	○	<b>地すべり危険地に特定:</b> 活発で小規模地すべり(L=35m, W=20m)。3箇所の家屋に被害、新聞報道されたため、早急な対策が必要。典型的な都市開発の地すべり。
Mgr. Leen Street and nearby vicinity, La Butte	5	なし	中規模 (L=350m, W=600m)	×	<b>対象外:</b> 既に日本国の支援による地すべり対策工が完成。現在は地すべり活動は殆ど無いので、対応の緊急性は低い。
Old Moka Road, Camp Chapelon	3	なし	中規模 (L=200m, W=100m)	×	<b>対象外:</b> 地すべり性の変状は認められるが、Chitrakoot や Quatre Soeurs に比較すると地すべり活動は緩慢で、崩壊範囲内の家屋の変状度合いは低く、今後の経過観察は必要だが、対策の緊急性は低い。
Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port	6	あり	中規模 (L=350m, W=400m)	○	<b>地すべり危険地に特定:</b> 活発な中規模地すべり (L=350m, W=400m)。家屋の被害が数箇所あり、早急な対策が必要。MPIからの調査対策要請あり。
Candos Hill at Lallbahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues	3	なし	小規模 (L=40m, W=35m)	×	<b>対象外:</b> 規模が小さく、崩壊範囲内に家屋等の保全対象が無い。今後の経過観察は必要だが、対策の緊急性は低い。

#### 3.2 測量

地すべり調査及び解析を行うためには、小縮尺の平面図、及び横断測量データを必要とする。本調査では次の3地区について横断測量と平面図の作成を行った。

表3.2.1 測量地区の数量表（出典：JICA 調査団）

名称	平面図(面積)	横断図
Chitrakoot	1.8km <sup>2</sup> (1,800m × 1000m)	3方向の横断図
Quatre Soeurs	0.16km <sup>2</sup> (400m × 400m)	1方向の横断図
Vallee Pitot	0.005km <sup>2</sup> (70m × 70m)	1方向の横断図

### 3.3 地質調査

#### 3.3.1 地すべり地の地質

##### a. Chitrakoot

Chitrakoot は、基盤岩の急崖の直下に広がる緩斜面に位置している。基盤岩は玄武岩質溶岩や火山噴出物を主体とし、緩斜面とほぼ平行する節理が発達する。また、緩斜面の末端部は軟質な土砂が分布し、湧水も多数認められている。Chitrakoot は明瞭な地すべり地形を示しており、不明瞭ながら幾つかの地すべりブロックに分類される。活動的と判断される地すべり地内には家屋の変状や擁壁の亀裂などが確認される。

##### b. Quatre Soeurs

「モ」国の土壤図によると、調査地の主な土壌分類は、茶色～赤褐色のシルト質粘土または粘土を主体とするMountain Slope Complexesである。上部斜面は固結した岩屑土で覆われており、この一帯に見られる起伏の激しい山地や溪谷、風化が進行していない岩盤台地をなしている。調査地の地質は古い時代の玄武岩質溶岩を基質とした角礫岩層と地理的な状態に応じて厚さが異なる崩積土からなる

#### 3.3.2 室内試験

地盤調査では調査目的に応じて様々な土質試験が行われる。この中で地すべり調査に関連する土質試験として、地すべりの安定度評価に係るすべり面の強度特性を求める力学試験と、その試験結果の考察や地盤特性検討のために実施する各種物理試験がある。

##### a. 既往調査による土質試験結果

##### a.1 Chitrakoot

表3.3.1 物理試験結果(1) - Chitrakoot (出典:JICA 調査団)

孔番	深度 (m)	地質	土粒子 の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水比 (%)	コンシステンシー		湿潤密度 (kN/m <sup>3</sup> )
					LL (%)	PL (%)	
BPP5	2.00~2.50	崩積土	2.790	42.0	89.0	34.0	17.84
	7.00~8.00	強風化玄武岩	2.780	38.0	65.0	35.0	18.20
BPP6	7.25~7.80	強風化玄武岩	2.810	52.0	58.0	39.0	16.69
BPP8	4.50~5.00	崩積土	2.780	50.0	61.0	31.0	17.37
	8.00~8.50	強風化玄武岩		31.0	49.0	29.0	18.91
	12.00~12.75	強風化玄武岩	2.670	52.0	54.0	30.0	17.22
BPP9	2.60~2.93	強風化玄武岩	2.640	42.6	74.0	30.0	16.61
	4.10~4.54	風化玄武岩	2.780	38.0	60.0	32.0	17.48
	7.30~7.85	強風化玄武岩	2.750	26.0	56.0	35.0	17.76
BPP13	1.53~2.20	崩積土	2.780	38.0	60.0	32.0	18.88
	3.30~3.66	崩積土	2.780	36.0	71.0	31.0	18.81
	5.50~6.00	強風化玄武岩		34.0			
BPP14	4.85~5.40	崩積土		42.0	72.0	44.0	
BPP15	7.50~8.00	崩積土		35.0	55.0	32.0	
	9.00~9.50	崩積土		27.0	59.0	30.0	
BPP16	3.15~3.65	湿潤塑性粘土		40.0	64.0	33.0	17.98
	5.00~5.50	湿潤塑性粘土		33.0	57.0	25.0	18.83
	7.00~7.50	風化凝灰岩		51.0			
BPP18	3.00~3.50	崩積土		35.0	57.0	34.0	
	5.50~6.00	風化凝灰岩		34.0	77.0	46.0	17.88

(参考: GEOTECHNICAL INVESTIGATION AT CHITRAKOOT VALLEE DES PRETRES)

表3.3.2 物理試験結果(2) - Chitrakoot (出典: JICA 調査団)

孔 番	深 度 (m)	地 質	土粒子の 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水比 (%)	コンシステンシー		湿潤密度 (kN/m <sup>3</sup> )
					LL (%)	PL (%)	
BPI2	8.00~8.40	崩積土	2.820	30.0	75.0	34.0	
	12.05~12.70	強風化玄武岩		29.0	67.0	38.0	
BPI4	5.40~6.00	強風化玄武岩		54.0	66.0	34.0	17.06
BPI9	3.10~3.65	崩積土	2.800	41.0	66.0	39.0	
	6.00~6.50	風化凝灰岩		44.0	73.0	37.0	
	8.40~9.00	強風化玄武岩		47.0	73.0	37.0	
	10.00~10.56	風化凝灰岩		55.0	73.0	37.0	
BPI10	3.00~3.50	崩積土		29.0	63.0	35.0	
	4.50~5.00	強風化玄武岩		45.0	70.0	45.0	
	5.50~6.00	強風化玄武岩		49.0	75.0	50.0	
	6.50~7.00	強風化玄武岩		39.0	75.0	48.0	
	8.00~8.40	風化凝灰岩	2.780	36.0	82.0	46.0	17.33
	9.00~9.50	風化凝灰岩		38.0	65.0	46.0	
	10.00~10.50	強風化玄武岩		27.0	58.0	38.0	

(参考: GEOTECHNICAL INVESTIGATION AT CHITRAKOOT VALLEE DES PRETRES)

表3.3.3 一面せん断試験の結果 - Chitrakoot (出典: JICA 調査団)

孔 番	深 度 (m)	地 質	含水比 (%)	湿潤密度 (kN/m <sup>3</sup> )	せん断強度パラメータ			
					ピーク強度		残留強度	
					C <sub>1</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	φ <sub>1</sub> (°)	C <sub>1r</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	φ <sub>1r</sub> (°)
BPI-4	5.40~ 6.00	粘土・ シルト	39.6	17.06	11	22	14	21
BPI-10	8.00~ 8.40	風化 凝灰岩	36.9	17.33	27	25	19.5	23
BPP-6	7.25~ 7.80	強風化 玄武岩	52.0	16.63	12	28		
BPP-8	4.50~ 5.00	崩積土	50.0	17.24	28.5	29		
BPP-8	12.00~ 12.75	強風化 玄武岩	52.0	17.08	26	30		

(参考: GEOTECHNICAL INVESTIGATION AT CHITRAKOOT VALLEE DES PRETRES)

表3.3.4 三軸圧縮試験結果 - Chitrakoot（出典：JICA 調査団）

孔番	深度 (m)	地質	含水比 (%)		圧密前		せん断強度パラメータ	
			試験前	試験後	湿潤 密度 (kN/m <sup>3</sup> )	乾燥 密度 (kN/m <sup>3</sup> )	C <sub>1</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	φ <sub>1</sub> (°)
PP8	11.00~ 11.50	強風化 玄武岩	55.2	53.4	17.8	11.5	94.0	14.3

(参考: GEOTECHNICAL INVESTIGATION AT CHITRAKOOT VALLEE DES PRETRES)

## a.2 Quatre Soeurs

表3.3.5 物理試験結果(1) - Quatre Soeurs（出典：JICA 調査団）

孔番	深度 (m)	地質	自然含水比 (%)	コンシステンシー			湿潤密度 (kN/m <sup>3</sup> )
				LL (%)	PL (%)	PI	
BH1	1.00~1.50	完全強風化 角礫岩	42.0	76.0	38.0	17	
	3.00~3.50	完全強風化 角礫岩	44.0	68.0	42.0	16	
BH3	1.00~1.50	崩積土	59.0	90.0	37.0		
	2.50~3.00	崩積土	63.0	95.0	33.0		
BH4	3.00~3.50	崩積土	38.0	68.0	36.0		
	4.00~4.50	完全強風化 角礫岩	43.0	65.0	31.0		
BH5	12.56~15.00	沖積層	16.0	79.0	40.0		
	3.00~3.50	崩積土	59.2				16.24
	5.00~5.50	崩積土	68.7				16.02
BH6	5.50~6.00	崩積土	58.0	94.0	32.0		
	2.50~3.00	崩積土	42.0	72.0	28.0	18	
	4.50~5.00	崩積土	56.0	102.0	33.0	21	16.88

(参考: GEOTECHNICAL REPORT FOR SUSPECTED LANDSLIDE AT QUATRE SOEURS)

表3.3.6 物理試験結果(2) - Quatre Soeurs（出典：JICA 調査団）

試掘	深度 (m)	地質	自然含水比 (%)	コンシステンシー			収縮限界
				LL (%)	PL (%)	PI	
Tp1	1.40	強風化角礫岩	46.6	96.1	37.0	22.5	59.1
Tp3	2.00	強風化角礫岩	38.4	62.5	33.1	16.4	29.4
Tp4	1.50	粘土	49.2	91.8	47.4	20.7	44.4
Tp5	3.00	粘土/崩積土	37.2	69.3	34.3	19.6	35.0
Tp6	1.00~1.50	粘土/崩積土	56.1	75.0	46.2	18.6	28.8
	1.50~1.80	粘土/崩積土	24.8	102.4	64.5	23.2	37.9

(参考: GEOTECHNICAL REPORT FOR SUSPECTED LANDSLIDE AT QUATRE SOEURS)

表3.3.7 三軸圧縮試験結果 - Quatre Soeurs (出典: JICA 調査団)

試掘	深度 (m)	地質	含水比(%)		圧密前		せん断強度	
			試験前	試験後	湿潤 密度 (kN/m <sup>3</sup> )	乾燥 密度 (kN/m <sup>3</sup> )	C <sub>1</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	φ <sub>1</sub> (°)

(参考: GEOTECHNICAL REPORT FOR SUSPECTED LANDSLIDE AT QUATRE SOEURS)

b. 本調査による物理試験結果

b.1 Chitrakoot

表3.3.8 物理試験結果(1) - Chitrakoot (出典: JICA 調査団)

孔番	深度 (m)	地質名	粒径分布				サンプル タイプ
			細粒土	砂	砂利	礫	
BH-C1	3.00~3.45	崩積土	43.0	15.0	42.0	0	STP20
BH-C2	4.80~5.25	崩積土	52.7	10.3	37.0	0	U2
BH-C3	6.60~7.05	崩積土	70.0	29.0	1.0	0	U2
BH-C4	6.35~6.80	崩積土	65.0	10.0	25.0	0	SPT28
BH-C5	4.25~4.70	崩積土	97.0	4.0	3.0	0	SPT56
BH-C6	5.30~5.75	崩積土	77.6	18.9	3.5	0	SPT25

表3.3.9 物理試験結果(2) - Chitrakoot (出典: JICA 調査団)

孔番	深度 (m)	土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	自然含水比 (%)	コンシステンシー特性			嵩密度 (g/m <sup>3</sup> )
				LL (%)	PL (%)	PI	
BH-C1	3.00~3.45	1.94	50.0				
BH-C2	4.80~5.25	2.98	51.2	78.0	42.9	35.1	1.80
BH-C3	6.60~7.05	2.57	43.8	73.0	45.1	27.9	1.60
BH-C4	6.35~6.80	2.98	61.8	89.5	45.0	44.5	
BH-C5	4.25~4.70	2.67	47.7	110.5	41.7	68.8	
BH-C6	5.30~5.75	2.10	41.3				

## b.2 Quatre Soeurs

表3.3.10 物理試験結果(1) - Quatre Soeurs (出典: JICA 調査団)

孔 番	深 度 (m)	地質名	粒径分布				サンプル タイプ
			細粒土	砂	砂利	礫	
BH-Q1	1.00~1.45	崩積土	70.0	10.0	20.0	0	STP10
BH-Q2	9.00~9.40	シルト質粘土	35.5	8.5	52.0	0	U2

表3.3.11 物理試験結果(2) - Quatre Soeurs (出典: JICA 調査団)

孔 番	深 度 (m)	土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	自然含水比 (%)	コンシステンシー特性			嵩密度 (g/m <sup>3</sup> )
				LL (%)	PL (%)	PI	
BH-Q1	1.00~1.45	2.98	55.8	88.0	34.17	53.83	
BH-Q2	9.00~9.40	2.83	105.6	86.5	35.0	51.5	1.58

## c. 本調査によるリングせん断試験結果

表3.3.12 リングせん断試験結果 (出典: JICA 調査団)

採取場所	試料名	採取深度 (GL-m)	残留粘着力 Cr' (kPa)	残留せん断抵抗角 Φr' (°)
Chitrakoot	S-1	1.5-2.0	18.7	11.8
Quatre Soeurs	S-2	0.5-1.0	5.7	12.2
Vallee Pitot	S-3	0.5-1.0	3.5	6.4

### 3.3.3 水質試験

水質分析の目的は、地すべり調査の一環として、調査地域における地下水の分布を明らかにし、地下水系統（流脈）を明らかにすることである。

#### Chitrakoot

- 全地点で主要溶存成分量は少なく（10 meq/l 以下）、地下水は地表水とほぼ同じ成分構成を示している。また、地下水の水温は、全地点で 23℃以上と高い。

#### Quatre Soeurs

- BH-4 を除く全地点で主要溶存成分量は少なく、地下水は地表水とほぼ同じ成分構成を示している。また、地下水の水温は、全地点で 28℃以上と高い。なお、BH-4 は、Na<sup>+</sup>と Cl<sup>-</sup>が多く溶存し、海水が混入している可能性が示唆された。

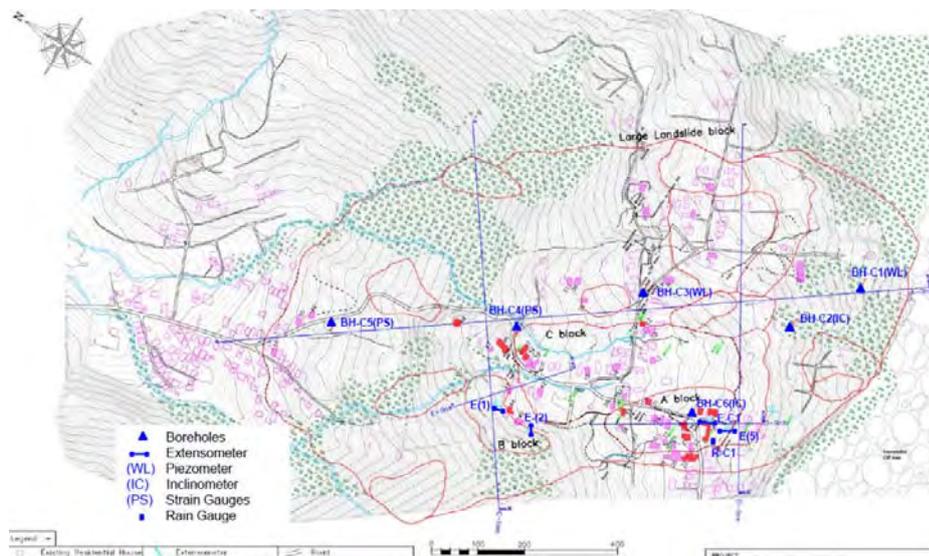
以上の結果から、地すべり活動に起因する地下水は、浅層地下であり、降雨とよく連動すると推察される。

### 3.4 モニタリング

#### 3.4.1 機器設置

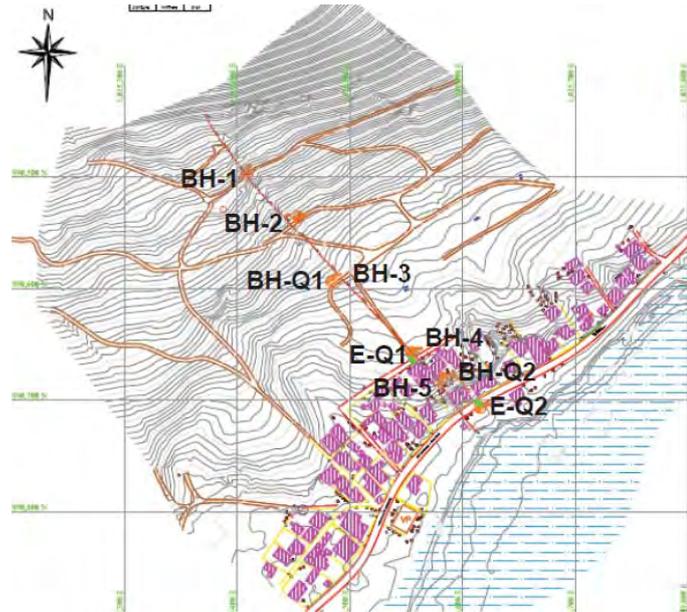
表3.4.1 設置した地すべり観測計器（出典：JICA 調査団）

計器	目的	センサーモデル	ロガーモデル	製造	設置場所
伸縮計	地表の地盤変位(2点間の距離、自動)	SLG-100	センサーに込み (1時間毎)	オサシテクノ ス	Chittrakoot, Quatre Soeurs, Vallee Pitot
レーザー距離計	地表の地盤変位(2点間の距離、手動)	DIST D3aBT	手動 (1回/月)	Leica	Quatre Soeurs
孔内傾斜計	地中の地盤変位(最深部との相対的横方向変異)	KB-10HC	TC-32K (1回/月)	東京測器研 究所	Chittrakoot
ひずみ計	地中の地盤変位(地中に発生するひずみ)	SKF-6070	TCR-25 (1回/月)	東京電機	Chittrakoot, Quatre Soeurs
自動地下水位計	地下水位の変位(地下水 中の水圧変化、自動)	DS-1	WLG-01 (1時間毎)	オサシテクノ ス	Chittrakoot, Quatre Soeurs
手動地下水位計	地下水位の変位(地表と地 下水位面の距離、手動)		手動 (1回/月)		Quatre Soeurs
雨量計	降水量	RS-2	Net LG-201E (1時間毎)	オサシテクノ ス	Chittrakoot, Quatre Soeurs



ボーリング	地下水位計	BH-C1	伸縮計	E-C1
	孔内傾斜計	BH-C2	伸縮計	E-1
	地下水位計	BH-C3	伸縮計	E-2
	ひずみ計	BH-C4	伸縮計	E-5
	ひずみ計	BH-C5	計	4
	孔内傾斜計	BH-C6	雨量計	R-C1
	計	6	計	1

図3.4.1 地すべり計器の設置場所-Chittrakoot（出典：JICA 調査団）

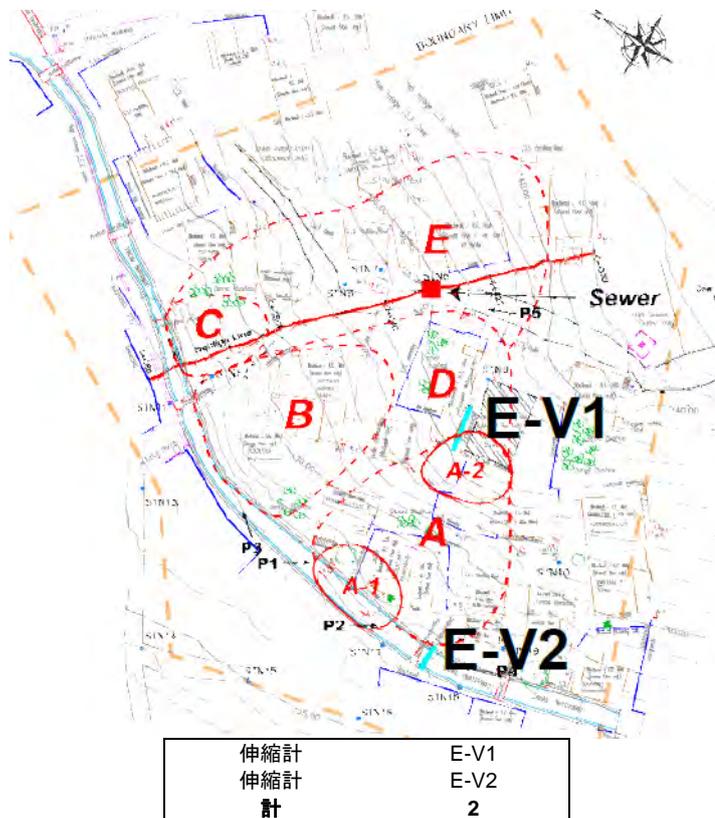


ボーリング	ひずみ計	BH-Q1
	ひずみ計	BH-Q2
	地下水位計(自動)	BH-5(既存)
	水位観測(手動)	BH-2(既存)
	水位観測(手動)	BH-3(既存)
	水位観測(手動)	BH-4(既存)
	<b>計</b>	<b>6</b>

伸縮計(手動レーザー)	E-Q1
伸縮計(手動レーザー)	E-Q2
<b>計</b>	<b>2</b>
雨量計	R-Q1
<b>計</b>	<b>1</b>

● 雨量計は上図の範囲外の公民館に設置

図3.4.2 地すべり計器の設置場所-Quatre Soeurs (出典:JICA 調査団)



伸縮計	E-V1
伸縮計	E-V2
<b>計</b>	<b>2</b>

図3.4.3 地すべり計器の設置場所-Vallee Pitot (出典:JICA 調査団)

### 3.4.2 モニタリング結果

#### a. Chitrakoot

##### a.1 雨量計

観測期間中（2013年2月26日-2015年3月4日）、雨期の11月から4月までの間の雨量が多く記録されている。最も雨量の多い月は2014年12月で450.0mmであり、最も雨量の少ない月は2013年9月で8.5mmであった。観測開始以降、日雨量が50mmを超えた日は10日あった。

日雨量が100mmを越えた日は2013年3月30日、2014年3月21日、2014年12月16日の3回である。2014年12月16日には6時間で133.0mm、最大時間雨量77.0mmという激しい降雨が記録されている。2014年3月21日には日雨量132.0mm、最大時間雨量50.0mmという激しい降雨が記録されている。2013年3月30日は日雨量106.5mmであったが、翌日31日の雨量を合わせた連続雨量は152.5mmと多量の降雨を記録した。この間の最大時間雨量は、31日に25.5mmを記録している。

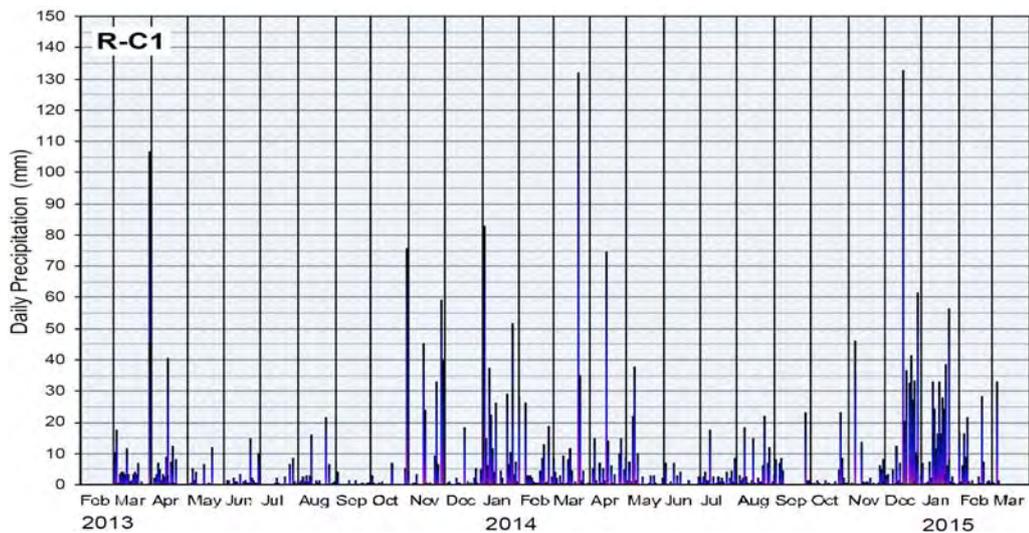


図3.4.4 雨量計観測結果-Chitrakoot(出典:JICA 調査団)

表3.4.2 月雨量、最大日雨量、最大時間雨量-Chitrakoot(出典:JICA 調査団)

2013年

月	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月雨量 mm	244.5	115.0	35.0	47.5	23.5	65.5	8.5	97.0	233.5	41.0
最大日雨量 mm	106.5	40.5	12.0	15.0	8.5	21.5	4.0	76.0	59.0	18.5
最大時間雨量 mm	26.0	4.5	4.0	7.5	3.0	8.5	1.0	21.0	25.0	9.5

2014年

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月雨量 mm	422.5	115.0	234.5	175.5	95.0	26.0	69.0	102.0	57.0	46.5	88.5	450.0
最大日雨量 mm	83.0	26.5	132.0	74.5	38.0	7.0	17.5	22.0	23.0	23.0	46.0	133.0
最大時間雨量 mm	29.0	8.5	50.0	25.0	8.5	3.5	14.0	10.0	3.5	8.0	26.0	77.0

2015年

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月雨量 mm	367.0	116.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
最大日雨量 mm	56.5	28.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
最大時間雨量 mm	30.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## a.2 伸縮計

E(1)は地すべり末端部に設置されている。圧縮変位が2013年10月頃まで続いたが、それ以降は大きな変異はない。現場の状況から、2013年10月までの圧縮変位は、周囲の地盤や近傍の家屋に変状がなく、保護カゴの基礎にのみ圧縮の変形が見られることから、地すべりの変位ではなく、ごく浅い表層のクリープ変位と思われる。

E(2)は地すべり末端部に設置されている。変位はわずかであるが引っ張りと同様に圧縮が交互に出ている。変位量がプラスマイナス10mm以内であることから、地すべりの範囲は緩慢である。時々、5mm以内の小さな変位が記録されている。2014年9月に異常が発生し10月に回復したが、この間の変位量が100mm以上となっている。これは、計器に衝撃があったための人為的な異常で、地すべりの変位を示しているものではない。

E(5)は地すべりの頭部に位置する学校の近くに設置した。2013年3、4、5月に計16mmの伸長変位が記録されているが、それ以降は大きな変異はなく、地すべりの活動は極めて緩慢である。2015年1月に100mm以上圧縮側に変位が記録されているが、計測中の人為的な異常で、地すべりの変位を示しているものではない。2015年1月に20mm程度の引張り変位が記録されている。

EC-1は学校の敷地内である。設置後から大きな変異はなく、変位量は10mm以内である。地すべり活動は極めて緩慢である。と言える。時々、5mm以内の小さな変位が記録されている。2015年1月に15mm程度の引張り変位が記録されている。

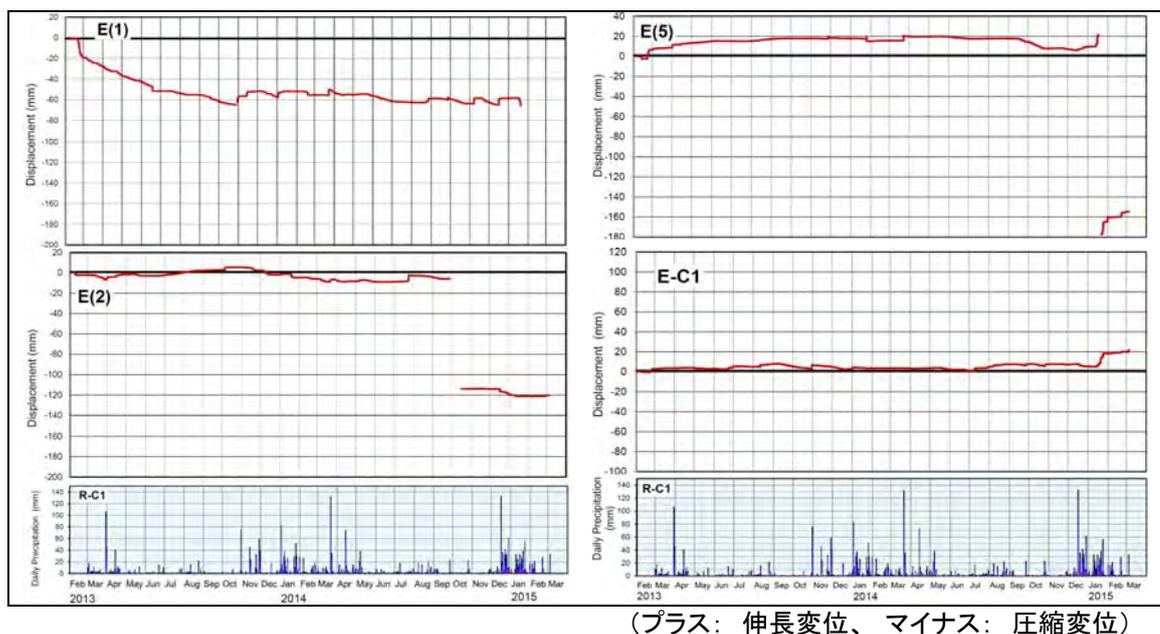


図3.4.5 伸縮計観測結果-Chitrakoot(出典:JICA 調査団)

## a.3 孔内傾斜計

BH-C2で軸方向（垂直方向）の13m以深で軸方向の圧縮と思われる屈曲変位が現れている。軸方向の圧縮は、地中の垂直方向の圧縮を示しているものと考えられるが、このような変位はしばしば地すべりの頭部で見られる。地すべり頭部で鉛直方向の力が強いために傾斜計パイプが屈曲する。屈曲はグラウト（砂充填）がよくなかった箇所強くあらわれていると思われる。すべり面は15m付近の可能性はある。

BH-C6は6-7mでの変位が大きく、初期値（2013年1月）と1回目（2013年2月）の計測後に測定ができなくなった。深度6-7mにすべり面のある地すべりの動きを表しているものと思われる。1か月間に計測が不可能になるほどの変位は、この地点の地すべりの活動はかなり活発であることを示す。

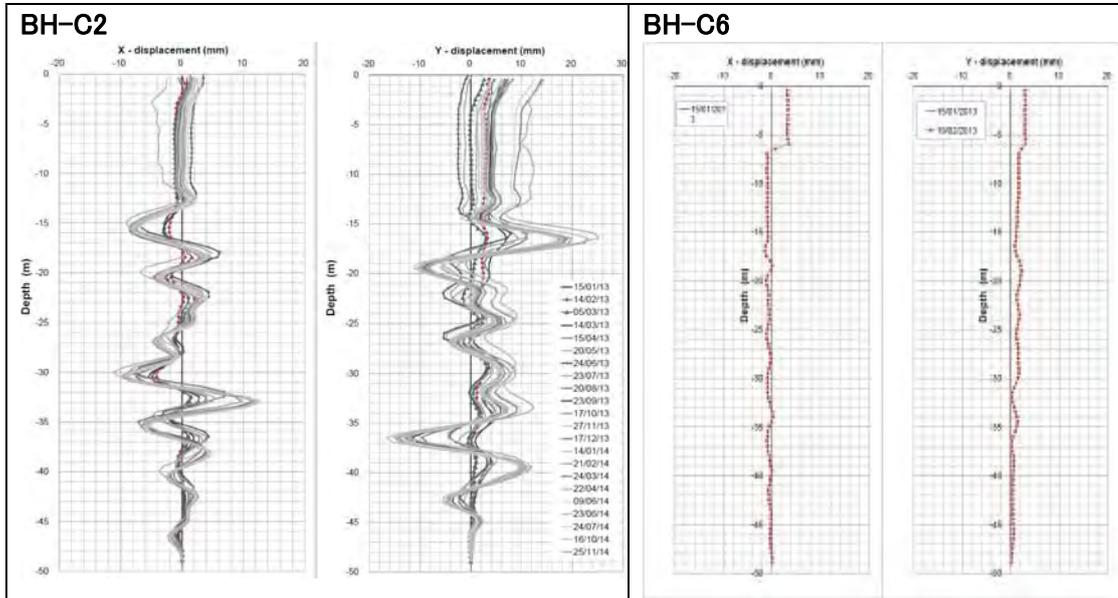
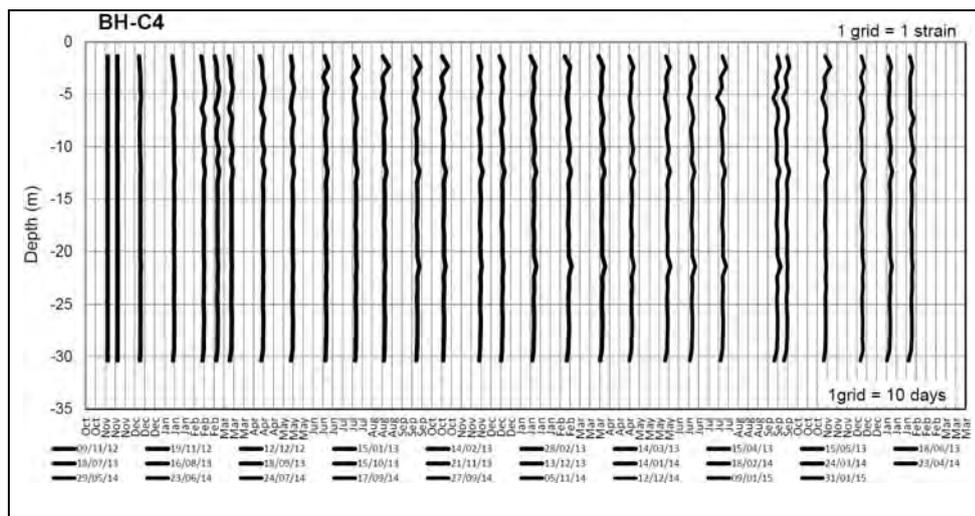


図3.4.6 孔内傾斜計測定結果-Chitrakoot（出典：JICA 調査団）

#### a.4 パイプ歪計

BH-C4は13m付近、21m付近、6m以浅でわずかに変位が見られる。変位量は小さいので地すべりの変位とは言えないが、今後も注視する必要がある。

BH-C5は特記すべき変位はなく、地すべりの活動はとらえられていない。



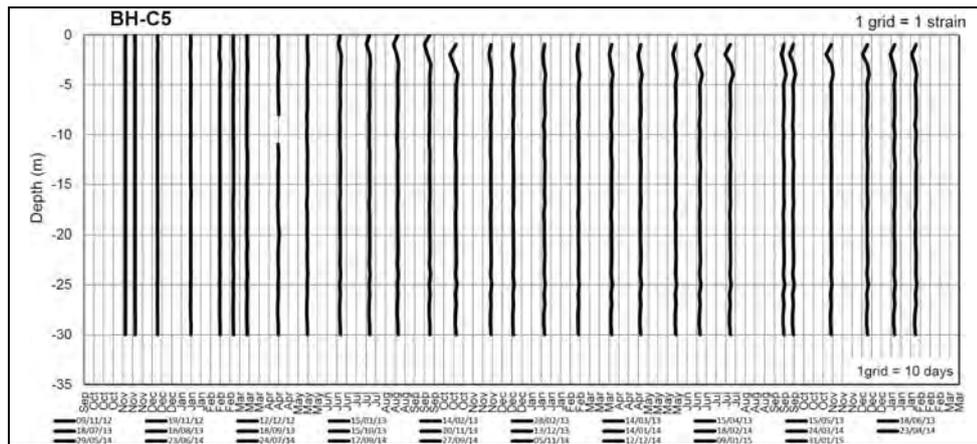


図3.4.7 パイプひずみ計測結果-Chitrakoot(出典:JICA 調査団)

### a.5 地下水位計

BH-C1, BH-C3 に水位計を設置した。BH-C3 は地下水位が 40m 付近あり地すべりとの関係がない地下水位と判断したため、既存ボーリング BH-11 に設置した。

BH-C1 では、12 月または 1 月に深度 10m 程度まで水位が上昇し、6 月に水位は低下するという、年変化が明瞭に表れている。この変化は、11 月頃から降水量が多くなり 4 月頃まで続く雨期とは、1-2 か月ほど後ろにずれている。このことは、この地域の地下水は、動きが緩慢であることを表していると考えられる。またこのことからこの地域の地盤の透水性は悪いと考えることができる。2013 年 8 月から 11 月までは計測器の異常による欠測である。

BH-11 は、2013 年 2 月 1 日から観測を開始したが、2 月 14 日に地表の計測器の深度まで地下水位が上昇したため計測器が水没した。そのため 2013 年 2 月 14 日から 2014 年 2 月 18 日までは欠測となっている。2014 年 2 月から 2014 年 6 月まで地下水位は地表面にあった。2014 年以降地下水位は徐々に低下している。BH-11 の地表面の孔口からの湧水が観察されていることから、この孔の地下水は、雨期には被圧しているものと思われる。水圧計でとらえられる地下水位は地表面までなので（地下水が孔口からあふれてしまうため）、水圧計では 2014 年 2 月から 6 月には地下水位は地表に一定しているが、この間の地下水は被圧し、水位は降雨にともない地表面より上まで上昇しているものと思われる。

観測はしていないが BH-C3 の水位は、深度 40m 付近と非常に深い位置にあることが 2012 年 11 月に確認されている。

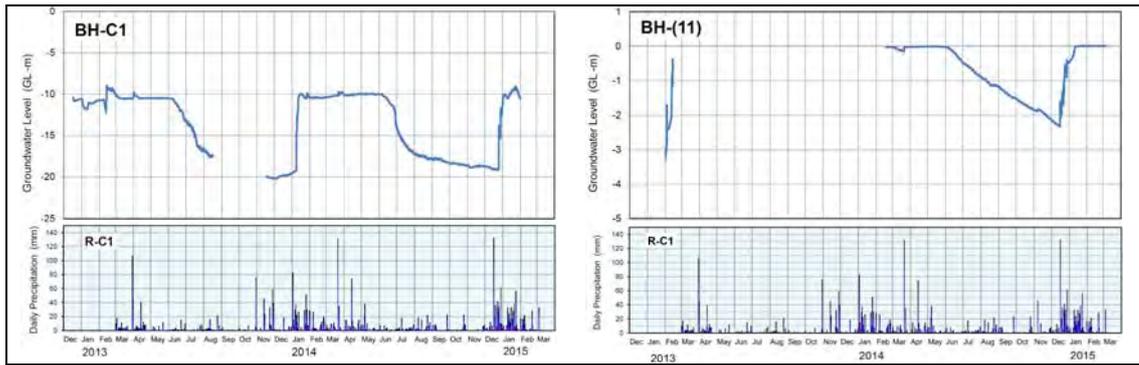


図3.4.8 地下水位観測結果-Chitrakoot(出典:JICA 調査団)

## b. Quatre Soeurs

### b.1 雨量計

観測期間中（2013年4月2日-2015年3月4日）、雨期の11月から4月までの間の雨量が多く記録されている。最も雨量の多い月は2015年1月で392.0mmであり、最も雨量の少ない月は2013年5月で13.0mmであった。観測開始以降、日雨量が50mmを超えた日は7日あった。日雨量が100mmを越えたのは2014年12月17日の1日だけであった。

2014年12月17日に日雨量118.5mm、最大時間雨量58.0mmと激しい降雨が記録されている。2014年3月21日に日雨量98.0mm、最大時間雨量39.0mmと激しい降雨が記録されている。翌日22日にも降雨は連続し、合計連続雨量は117.5mmと100mmを超えていた。2013年11月14日に日雨量94.5mmが記録されている。観測期間で3番目に多い降雨である。この前日の13日より降雨が始まり、前日からの合計連続雨量は121.5mmであった。ただ、最大時間雨量は19.0mmで雨の強度はあまり強いものではなかった。

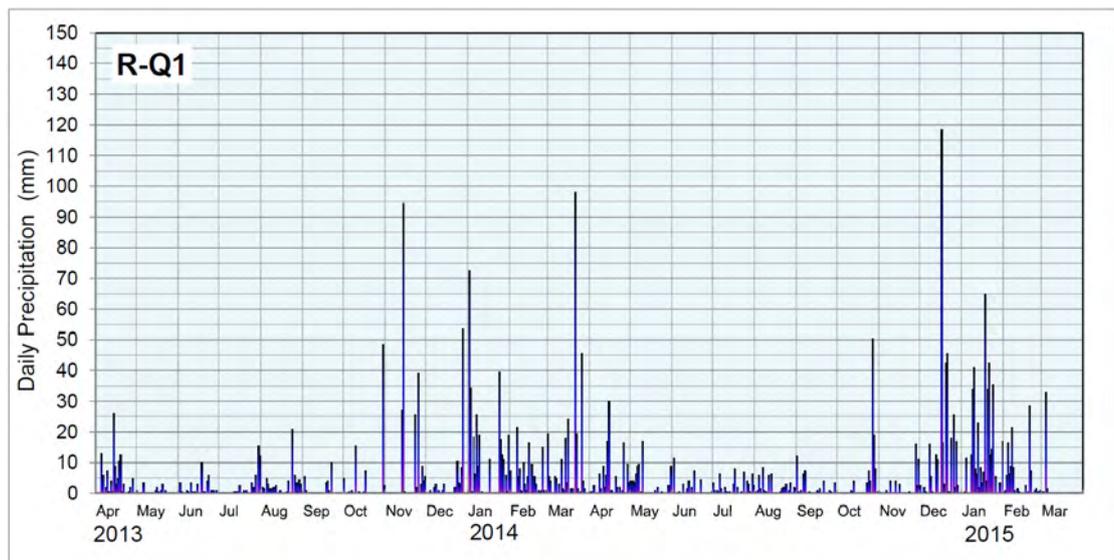


図3.4.9 雨量計観測結果-Quatre Soeurs(出典:JICA 調査団)

表3.4.3 月雨量、最大日雨量、最大時間雨量-Quatre Soeurs(出典: JICA 調査団)

2013 年												
月	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
月雨量 mm	-	111.0	13.0	38.0	47.5	67.0	25.0	81.5	210.0	92.0		
最大日雨量 mm	-	26.0	3.5	10.0	15.5	21.0	10.0	48.5	94.5	53.5		
最大時間雨量 mm	-	7.5	1.5	5.5	6.0	6.0	6.5	12.0	19.0	23.0		
2014 年												
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月雨量 mm	304.0	118.0	275.0	116.5	72.0	35.0	54.0	43.0	40.0	98.5	42.5	342.5
最大日雨量 mm	72.5	21.5	98.0	30.0	17.0	11.0	8.0	8.5	12.0	50.5	16.0	118.5
最大時間雨量 mm	18.0	4.5	39.0	8.0	9.0	5.0	4.5	4.5	5.0	37.0	10.0	58.0
2015 年												
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月雨量 mm	392.0	116.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
最大日雨量 mm	65.0	28.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
最大時間雨量 mm	12.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### b.2 伸縮計（レーザー距離計）

E-Q1 と E-Q2 とともに、10mm 以内の変位であり、変位はほとんど記録されていないと言える。E-Q1 は冬に伸長側に変位し、夏に圧縮側に変位しているように見える。E-Q2 は E-Q1 にやや遅れているものの、E-Q1 と同じような傾向を示している。温度変化による変位の可能性をとらえている可能性がある。

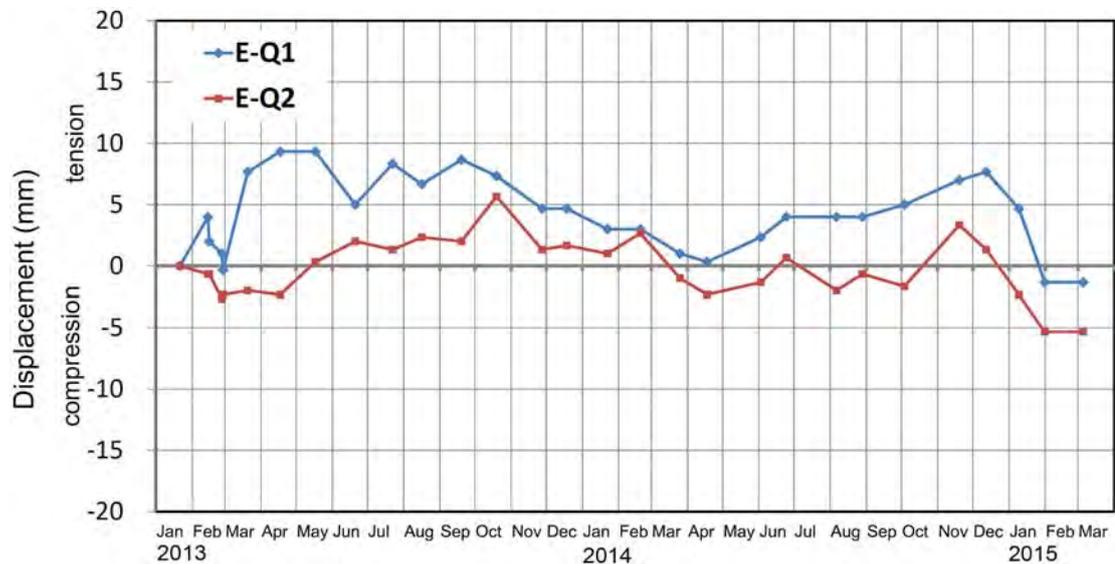


図3.4.10 伸縮計（レーザー）計測結果-Quatre Soeurs(出典: JICA 調査団)

### b.3 パイプ歪計

BH-Q2 では、深度 2、7、11 付近に若干のひずみが見られるが、地すべりのすべり面と確定するほどの大きなひずみではない。BH-Q1 では、特記すべき変位はない。

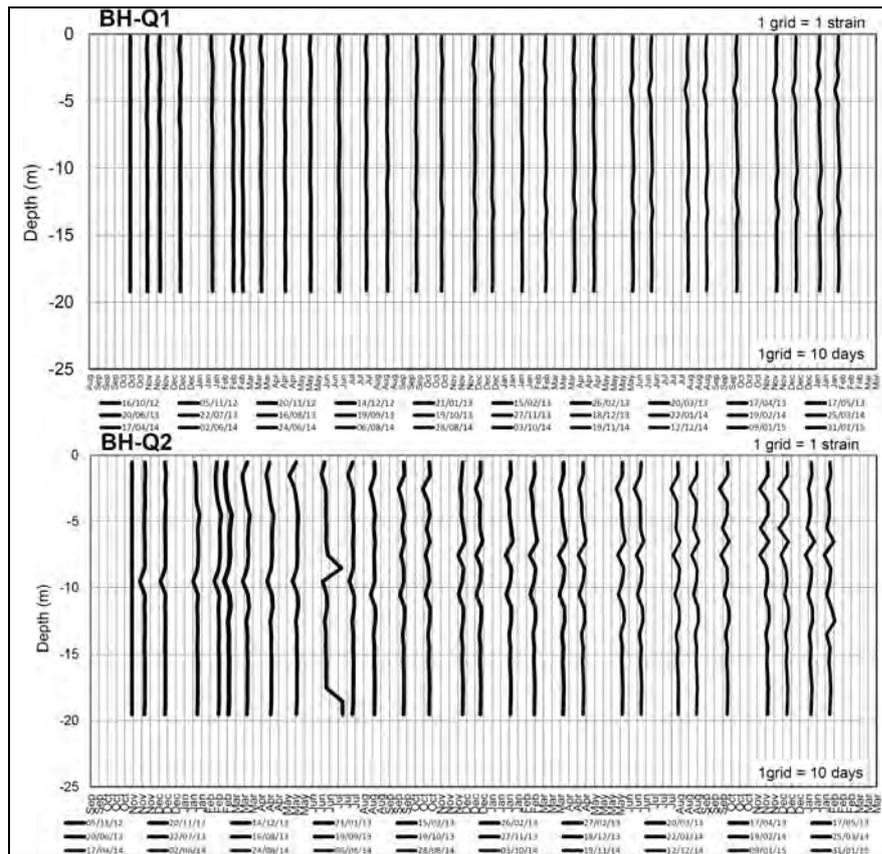


図3.4.11 パイプひずみ計計測結果-Quatre Soeurs(出典:JICA 調査団)

#### b.4 地下水位計（自動計測）

BH-Q2での地下水は海水と連動したものであり（図 3.4.13）、地すべりの動きとは関連がないと判断した。水位計をBH-5に移設した。

BH5では、4月中の地下水位は雨と密接に変位している。わずかな日雨量でも地下水は深度 0.5m 程度まで上昇している。基底水位は深度 3.5m～4.0m で、雨期に 3.5m 付近、雨期以外に 4.0m 付近に変化する。地下水位の変化が速いことから、BH-5 でとらえている地下水は地表近くの透水性の高い層を流れる浅い地下水と考えられる。

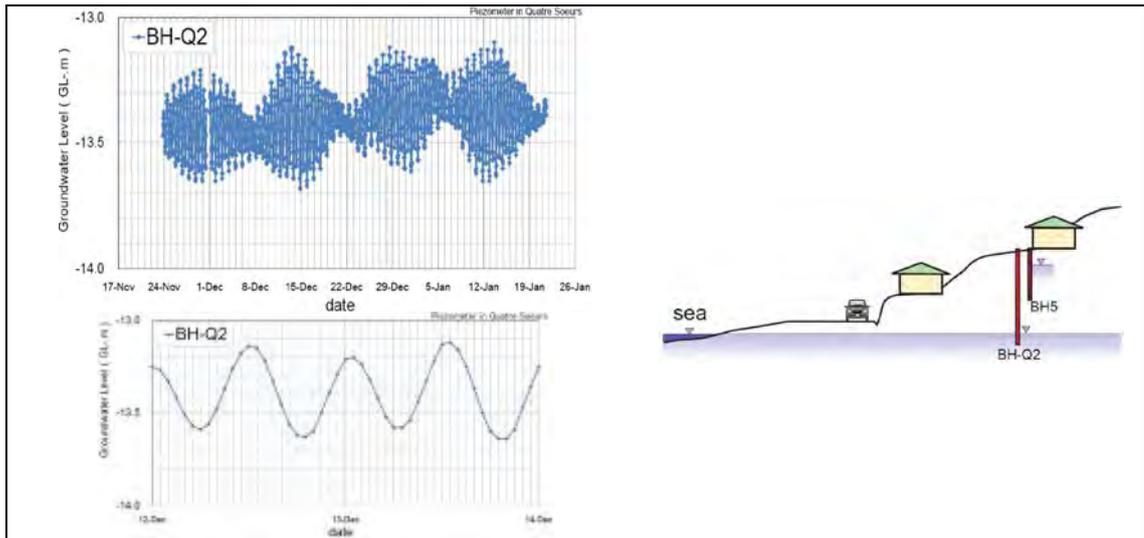


図3.4.12 BH-Q2 における潮汐に連動した地下水の変化-Quatre Soeurs (出典: JICA 調査団)

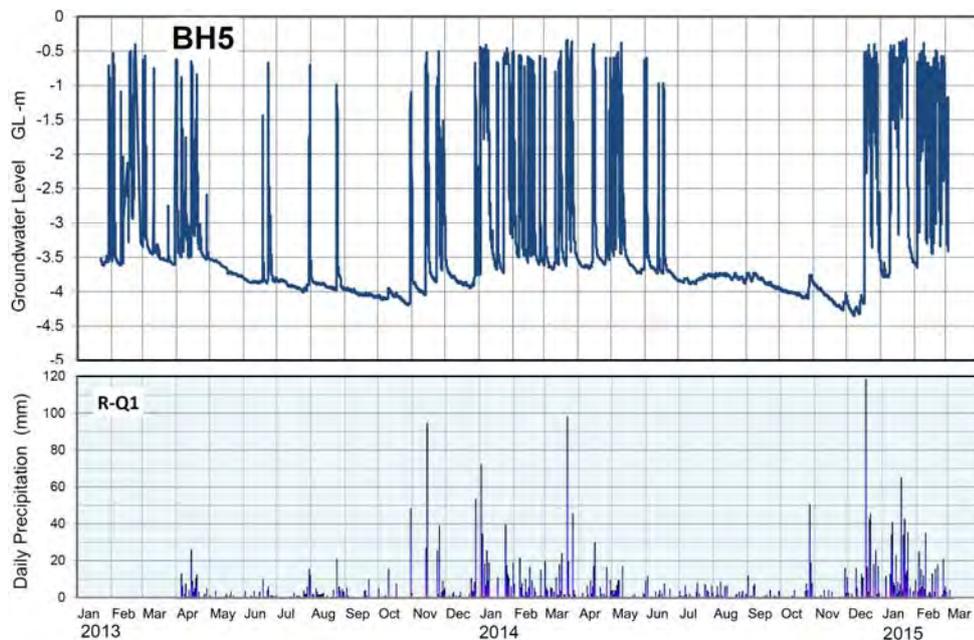


図3.4.13 BH-5 地下水観測結果-Quatre Soeurs (出典: JICA 調査団)

### b.5 地下水位計（手動計測）

地下水位を反映していると思われる BH-Q1 では、乾期に深度 14m 付近にある水位は雨期の 2013 年 2 月には深度 1m 程度まで、2014 年 3 月には深度 5m 程度まで上昇している。BH-Q1 における雨期と乾期との間の地下水位の変動幅は 10m 以上あることから、この地区の地下水位の変動は大きいと言える。

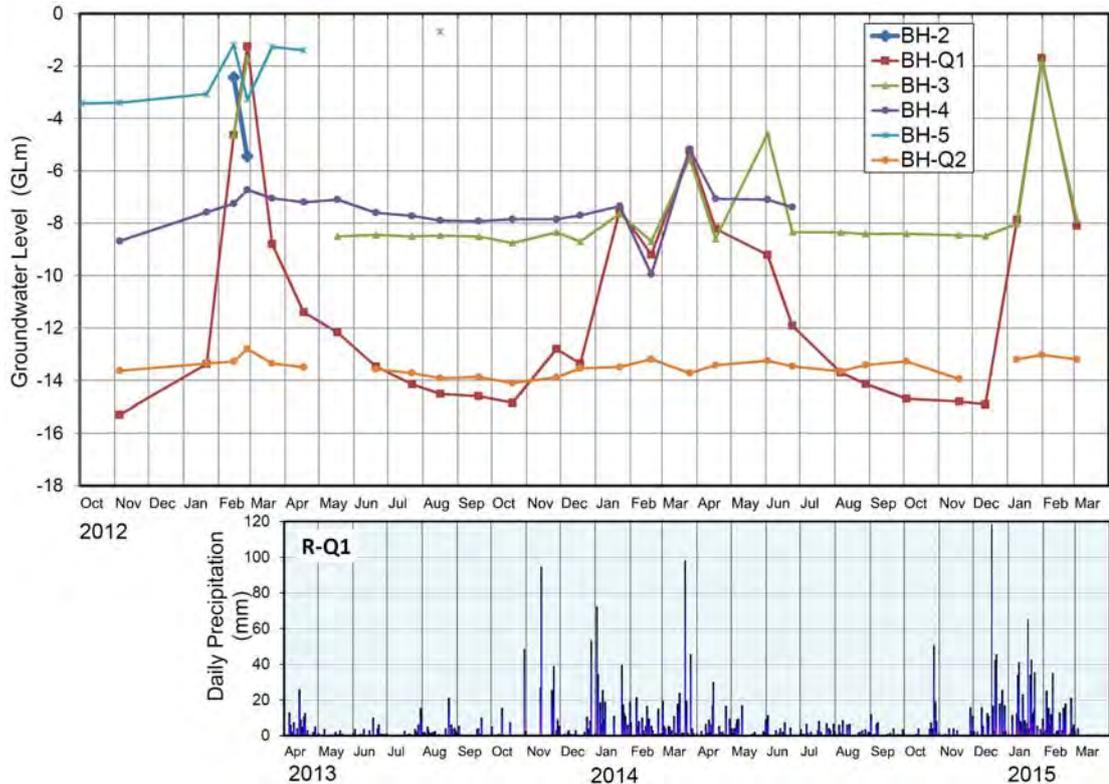


図3.4.14 地下水観測結果(手動)-Quatre Soeurs(出典: JICA 調査団)

### c. Vallee Pitot

EV1は、2013年2月の設置直後に大きな伸長変位があられ、その後も降雨と連動して、わずかな伸長変位が出ていた。2014年1月以降には、変位は10mm以内と変位は小さくなっている。2013年12月の大きな変位は、伸縮計ワイヤーに触れたための人為的な変位である。2015年1月に60mm近くの大きな伸長変位が記録された。この動きは地すべり活動によるものであり、付近の住宅にも変状が現れた。

EV2は、2013年2月の設置直後から圧縮変位が出ていたが、2013年5月から10月まで伸長変位に変わっている。2013年10月以降は、穏やかな伸長と急激な圧縮を繰り返す傾向が続いている。EV2は水路をまたいで設置されているため、水路の変形をとまなう局所的な動きを示していると思われる。圧縮は斜面上方からの地すべりによる変位、伸長は水路の変形による局所的な変化と思われる。EV1では2015年1月に大きな変位が記録されたが、EV2では変位はほとんどなかった。

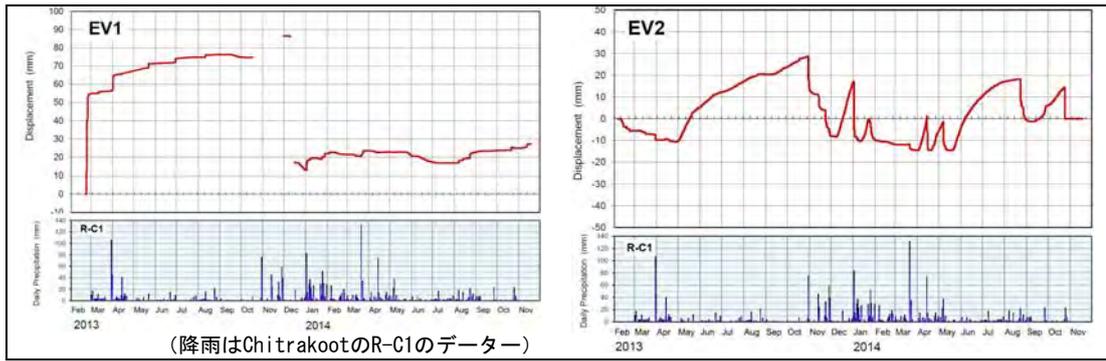


図3.4.15 伸縮計観測結果- Vallee Pitot(出典:JICA 調査団)

### 3.5 物理探査

#### 3.5.1 弾性波探査

弾性波探査は、地震探査とも言われ、大地に弾性波を発生させて伝搬速度を測定し、比較的浅い地質構造を明らかにする方法である。地すべり調査では、地すべり地の風化土層や風化の程度を推定したり、地層の層序や断層・破碎帯を把握する場合に利用する。また、地下構造を推定して地下水排除工計画の基礎資料とする。

表3.5.1 弾性波探査の仕様と測線長（出典：JICA 調査団）

測線	内 訳	測線長(m)
A1測線	連続8測線、測線長各115m ( A1-1～A1-8測線) ボーリング孔BH C1、BH C4が隣接	920
A2測線	重複2測線、測線長各115m ( A2-1とA2-2測線) ボーリング孔BH C5が隣接	230
B1測線	連続2 測線、測線長各115m (B1-1とB1-2測線)	230
B2A測線	重複 2測線、測線長各115m (B2A-1とB2A-2測線)	230
B2B測線	測線長115m ( B2B測線)	115
C測線	連続2測線、測線長各115m (C-1とC-2測線)	230
合 計		1,955

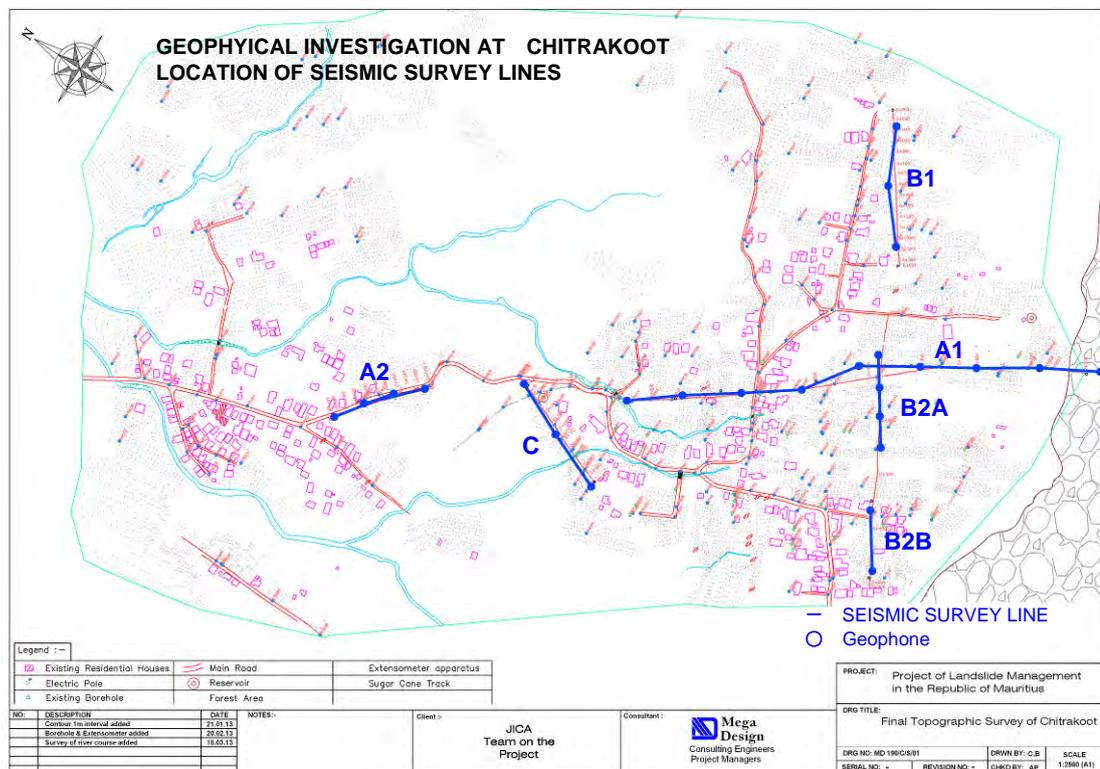


図3.5.1 弾性波探査の測線位置図(Chitrakoot)（出典：JICA 調査団）

全体に速度構造は 2～3 層に区分され、表層は弾性波速度 500m/s 程度以下の崩積土と推定される。層厚は約 20m 以下で、調査地全体に一樣に分布する。基盤の弾性波速度は、表層の速度に比べて 3 倍以上で 1700m/s～3900m/s の値を示す。玄武岩からなる硬質の岩盤で、速度のバラツキは玄武岩に内在する亀裂や破砕の多さに影響している。

なお、崩積土と玄武岩はコアの状態や硬さが明瞭に異なり、弾性波速度も両者の違いが現れた結果となった。

表3.5.2 各地層の識別総括表(弾性波探査結果) (出典: JICA 調査団)

測線	厚さ (m)	弾性波速度 (m/s)
A1測線	礫質・シルト質粘土/崩積土と 強風化～完全風化玄武岩 /集塊岩:3～15m	310 ～ 790
	中程度～弱風化玄武岩/ 集塊岩: 12m以深	1742 ～ 2343
A2測線	礫質・シルト質粘土/ 崩積土:層厚0 ～7m	346 ～ 463
	強風化～完全風化玄武岩/集塊岩: 4 ～12m	878 ～ 1320
	弱風化玄武岩/ 集塊岩: 7～10m	3722 ～ 3843
B1測線	礫質・シルト質粘土/ 崩積土と 強風化～完全風化玄武岩/集塊岩:5 ～15m	442 ～ 484
	弱風化玄武岩/ 集塊岩: 15m以深	2283 ～ 2285
B2A測線	礫質・シルト質粘土/ 崩積土:5～8m	389 ～ 393
	強風化～中程度風化玄武岩/ 集塊岩: 7～20m	1033 ～ 1201
	弱風化玄武岩/ 集塊岩: 20m 以上	2568 ～ 3630
B2B測線	礫質・シルト質粘土/崩積土と 強風化～完全風化玄武岩/ 集塊岩:9 ～19m	472
	中程度～弱風化玄武岩/ 集塊岩: 15m以上	1998
C測線	礫質・シルト質粘土/崩積土と 強風化～完全風化玄武岩/ 集塊岩:4 ～15m	443 ～ 492
	中程度～弱風化玄武岩/ 集塊岩: 10～15m	2154 ～ 2174

COMPLETE SURVEY LINE A1 (survey lines A1-1 to A1-8)

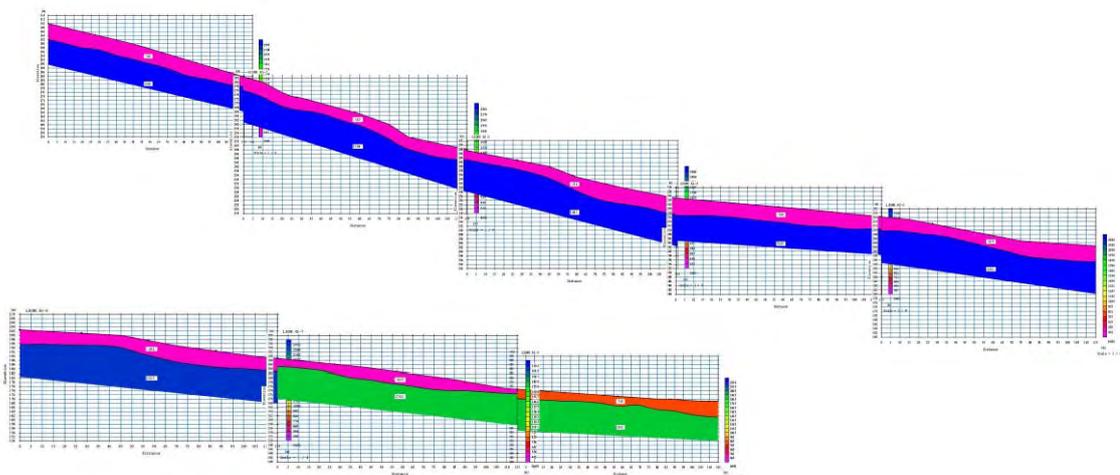


図3.5.2 弾性波速度構造図(A1 測線) (出典: JICA 調査団)

### 3.5.2 比抵抗二次元探査

地すべり調査では、地盤比抵抗の二次元的分布から、地すべり斜面の風化層、基岩層、透水層の層準および連続性、断層等の存在や連続性を推定し、地下水排除工計画の基礎資料とする。比抵抗法二次元探査は、測線上に5m間隔で配置した電極を用いて高密度の電位測定を行い、得られた電位データをコンピュータで逆解析（インバージョン）して、測定電位データを満足させる比抵抗分布を求める。

表3.5.3 比抵抗二次元探査の仕様と測線長（出典：JICA 調査団）

測線	内 訳	測線長(m)
A1測線	電極72列,間隔5m+6巻-電極18個に沿って連続測定(3,598-4電極),調査標準深度:40m	900
A2測線	電極36列,間隔5m連続測定(306-4電極),調査標準深度:30m	175
B1測線	電極60列,間隔5m連続測定(8,528-4電極),調査標準深度:40m	295
B2A測線	電極36列,間隔5m連続測定(306-4電極),調査標準深度:35m	175
B2B測線	電極30列,間隔5m連続測定(207-4電極),調査標準深度:30m	145
C測線	電極48列,間隔5m連続測定(562-4電極),調査標準深度:40m	235
合 計		1,925

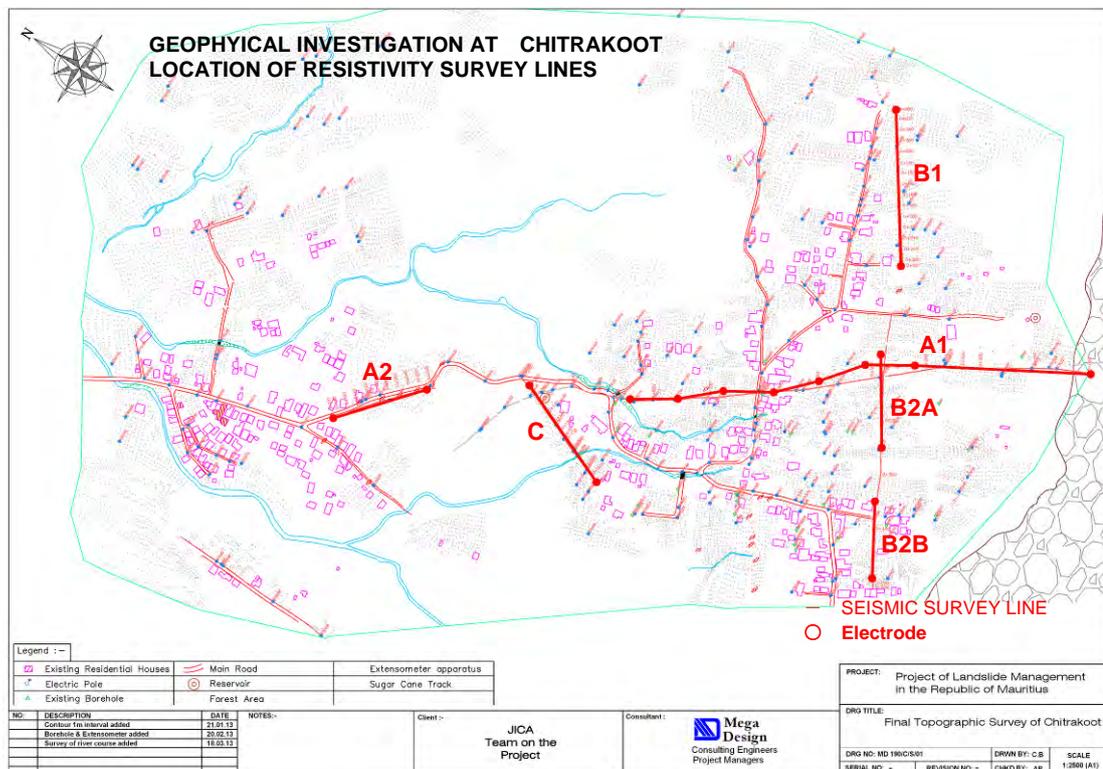


図3.5.3 比抵抗二次元探査の測線位置図(Chitrakoot)（出典：JICA 調査団）

全体に比抵抗分布は2～3層に区分され、表層は50ohm.m程度以下の崩積土と推定される。層厚は約20m以下で、調査地全体に一樣に分布する。なお、A1測線には、風化帯または地下水流動を示す比抵抗の落ち込みが3箇所認められる。基盤の比抵抗値は、表層の比抵抗値に比べて高く、50～1000ohm.mまたは1000ohm.m以上の値を示す。玄武岩からなる硬質の岩盤で、玄武岩の比抵抗値に影響しているものと推測される。

表3.5.4 各地層の識別総括表(二次元比抵抗探査) (出典: JICA 調査団)

測線	厚さ(m)	比抵抗 (ohm.m)
A1測線	礫質・シルト質粘土/崩積土と 強風化～完全風化玄武岩 /集塊岩:3～15m	0 ～ 50
	中程度～弱風化玄武岩/ 集塊岩: 12m以深,深度35mに出現	50 ～ 1000
A2測線	礫質・シルト質粘土/ 崩積土:層厚0 ～7m , 測線の終点15mにおいて窪みあり	0 ～ 10
	強風化～完全風化玄武岩/集塊岩: 4 ～12m	10 ～ 150
	弱風化玄武岩/ 集塊岩: 7～10m 破碎質玄武岩: 22m以深, 深度15mに出現	150 ～ 1000 >1000
B1測線	礫質・シルト質粘土/ 崩積土と 強風化～完全風化玄武岩/集塊岩:5 ～15m	0 ～ 50
	弱風化玄武岩/ 集塊岩: 15m以深, 深度25mに出現	150 ～ 1000
B2A測線	礫質・シルト質粘土/ 崩積土:5～8m	0 ～ 10
	強風化～中程度風化玄武岩/ 集塊岩: 7～20m 弱風化玄武岩/ 集塊岩: 20m 以上,深度 17mに出現	10 ～ 50 150 ～ 1000
B2B測線	礫質・シルト質粘土/崩積土と 強風化～完全風化玄武岩/ 集塊岩:9 ～19m	0 ～ 50
	中程度～弱風化玄武岩/ 集塊岩: 15m以上,深度15mに出現	50 ～ 1000
C測線	礫質・シルト質粘土/崩積土と 強風化～完全風化玄武岩/ 集塊岩:4 ～15m	0 ～ 50
	中程度～弱風化玄武岩/ 集塊岩: 10～15m	50 ～ 1000
	破碎質玄武岩: 27m以深, 深度15m～20mに出現	>1000

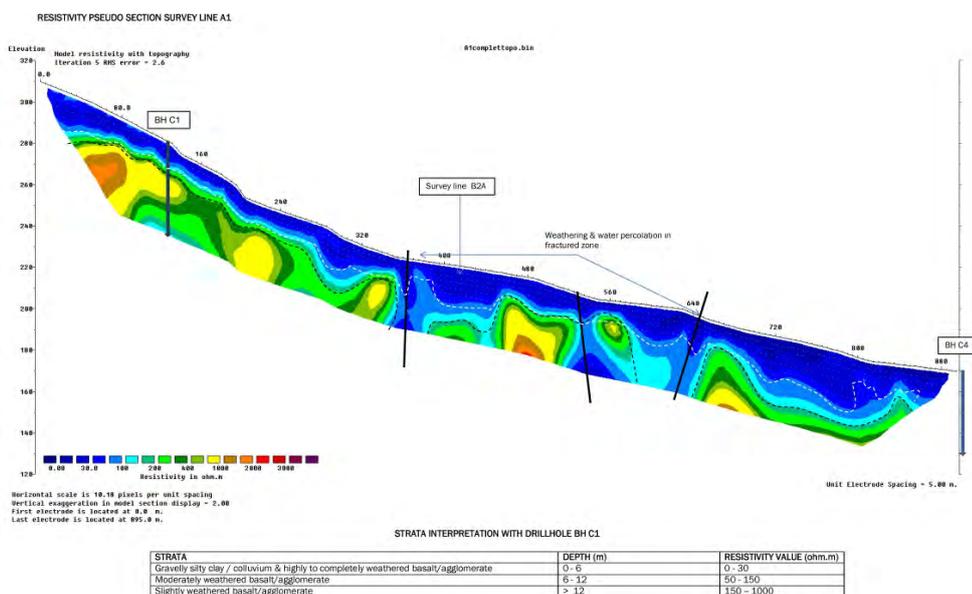


図3.5.4 逆解析による比抵抗断面図(A1 測線) (出典: JICA 調査団)

### 3.6 ボーリング調査

#### 3.6.1 ボーリング計画

ボーリング調査はすべり面および地質、地質構造を把握するため、地盤から直接コアを採取する。本プロジェクトでは、オールコアサンプリングとし、コア径は76～101mmとした。

表3.6.1 ボーリング諸元(Chitrakoot)（出典：JICA 調査団）

ボーリング位置	ボーリング名	孔径 (mm)	深度 (m)	原位置試験	設置計測器
Chitrakoot	BH-C1	76	48.86	標準貫入試験	水位計
	BH-C2	101	50.0	標準貫入試験	孔内傾斜計
	BH-C3	76	50.0	標準貫入試験	—
	BH-C4	76	30.0	標準貫入試験	パイプひずみ計
	BH-C5	76	30.0	標準貫入試験	パイプひずみ計
	BH-C6	101	50.0	標準貫入試験	孔内傾斜計

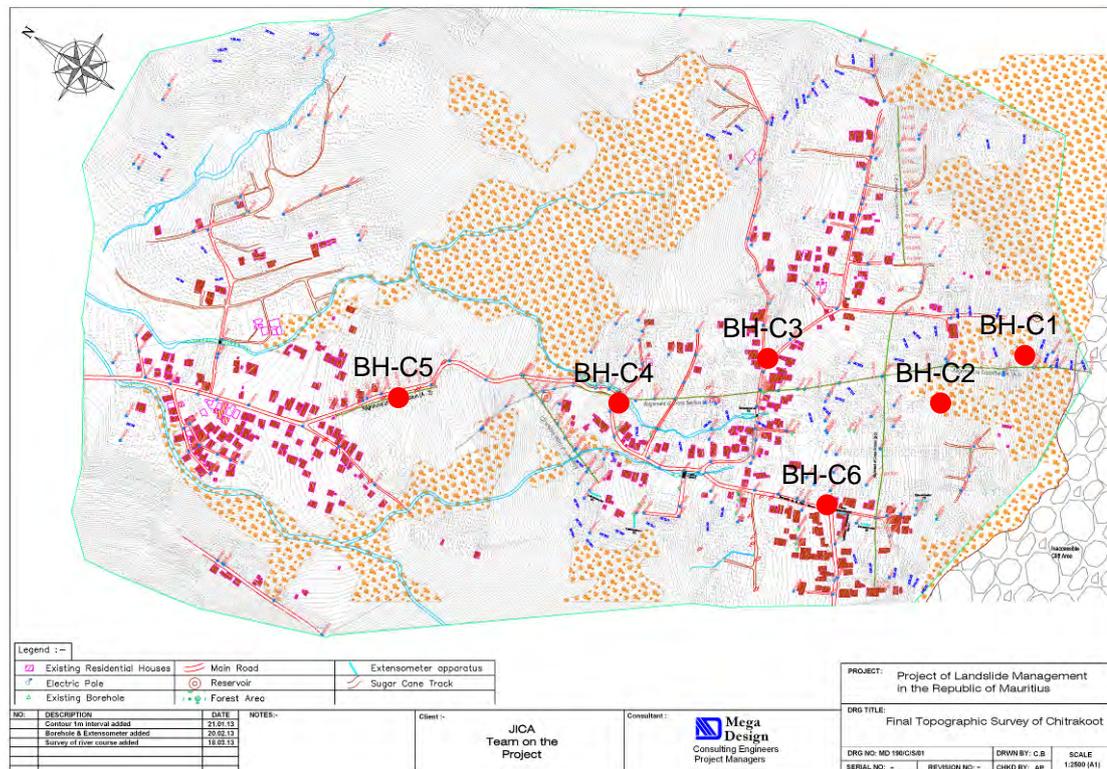


図3.6.1 調査位置図(Chitrakoot)（出典：JICA 調査団）

表3.6.2 ボーリング諸元(Quatre Soeurs) (出典: JICA 調査団)

ボーリング位置	ボーリング名	孔径 (mm)	深度 (m)	原位置試験	設置計測器
Quatre Soeurs	BH-Q1	76	21.0	標準貫入試験	パイプひずみ計
	BH-Q2	76	21.0	標準貫入試験	パイプひずみ計
	BH-5(既存)	76	NA	—	水位計

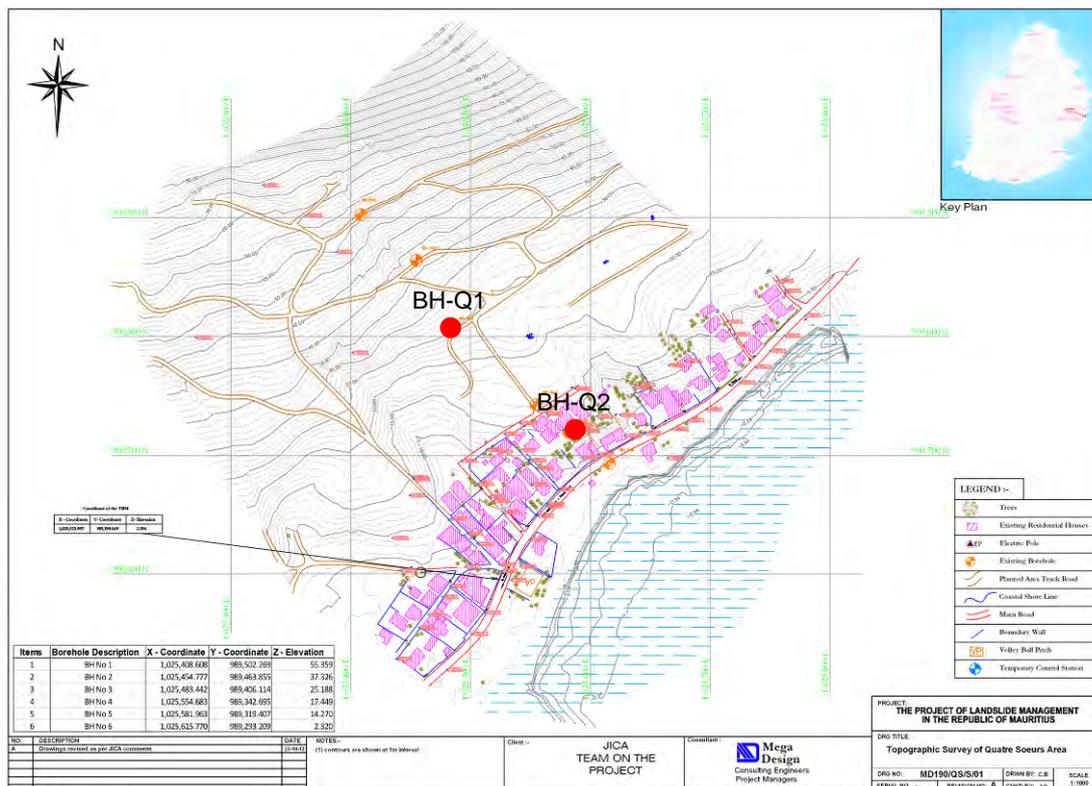


図3.6.2 調査位置図(Quatre Soeurs) (出典: JICA 調査団)

### 3.6.2 コアボーリング

コアボーリングに使用したボーリング機材・器具の一覧および写真を以下に示す。

表3.6.3 ボーリング機材・器具の仕様 (出典: JICA 調査団)

ボーリング機械	APAFOR38 , APAFOR48
掘進方法	Rotary coring-T2-101
コアバレル	NMCL トリプルチューブ
ケーシング	89mm,114mm



写真3.6.1 ボーリング機械・使用機材（出典：JICA 調査団）

### 3.6.3 観測機器の設置

#### a. パイプひずみ計の設置





写真3.6.2 ひずみ計設置状況（出典：JICA 調査団）

b. 孔内傾斜計の設置



写真3.6.3 ガイド管設置状況（出典：JICA 調査団）

c. 水位計の設置



写真3.6.4 保孔管・水位計設置状況（出典：JICA 調査団）

3.6.4 ボーリング結果

a. Chitrakoot

ボーリング結果は、ボーリング柱状図およびコア写真にまとめ、巻末資料に添付した。下表にボーリングによるコア採取率、固体コア採取率、RQDを示す。なお、地層は大きく3層に区分できる。

表3.6.4 ボーリング結果諸元（Chitrakoot）（出典：JICA 調査団）

ボーリング No.	深度 (m)	地層区分	深度 (m)	層厚 (m)	コア採取率 (%)	固体コア採取率 (%)	RQD(%)
BH-C1	48.86	1	5.00	5.00	100	0	0
		2	10.15	5.15	100	0-50	0-45
		3	48.86	38.71	100	45-100	12-100
BH-C2	50.00	1	8.00	8.00	100	0	0
		2	9.70	1.70	100	0	0
		3	50.00	40.30	100	14-100	0-100
BH-C3	50.00	1	6.00	6.00	100	0	0
		2	15.00	9.00	100	0-43	0-30
		3	50.00	35.00	100	80-100	65-100
BH-C4	30.00	1	7.55	7.55	100	0	0
		2	15.00	7.45	100	0-77	0-77
		3	30.00	15.00	100	82-100	60-100
BH-C5	30.00	1	5.75	5.75	100	0	0
		2	16.00	10.25	100	0-56	0-35
		3	30.00	14.00	100	65-100	60-100

BH-C	50.00	1	7.00	7.00	100	0	0
		2	13.00	6.00	100	0	0
		3	50.00	37.00	100	10-100	0-100

## b. Quatre Soeurs

表3.6.5 ボーリング結果諸元（Quatre Soeurs）（出典：JICA 調査団）

ボーリング No.	深度 (m)	地層区分	深度 (m)	層厚 (m)	採取率 (%)	コア採取率 (%)	RQD(%)
BH-Q1	21.00	2	2.00	2.00	100	0	0
		3	7.80	5.80	100	0-33	0-33
		5	21.00	13.20	100	44-100	30-100
BH-Q2	21.00	2	18.75	18.75	100	0	0
		3	21.00	2.25	100	0-18	0

## 3.6.5 標準貫入試験

標準貫入試験は、原位置における地盤の硬軟、締まり具合または土層の構成を判定するためのN値を求める目的で行う。試験方法は、BS 1377に準拠して実施した。

なお、土の堅さや稠度の目安は下表に示すとおりである。

表3.6.6 土の相対稠度と状態表現（BS 5930:1999）

コンシステンシー(状態表現)	現場における判別方法
非常に軟らかい	親指でたやすくへこませることができる
軟らかい	親指をたやすく押し込める
中位の	親指でへこませることはできる/かなり力を入れないと親指は押し込めない
硬い	親指でへこませることはできる
非常に堅い	親指のつめはたやすく入る
固結した	親指のつめも入らない

## a. Chitrakoot

ボーリング BH-C3 や BH-C6 の表層のN値は10以下で比較的軟らかい。礫の混入は不規則であるが、崩積土深部で多くなる傾向にある。なお、土質試験結果より、本層の基質は細粒土を主体としていることから、礫を含まない粘性土については、N値の低下が認められる。

表3.6.7 標準貫入試験結果 - Chitrakoot（出典：JICA 調査団）

ボーリング No.	深度 (m)	標準貫入 試験深度 (m)	N 値	推定一軸圧縮強さ qu( kpa) (Jennings and AI,1973)	推定 粘着力 Cu(kpa)	コンシステンシー (状態表現)
BH-C1	48.86	3.00	20	150-300	75-150	非常に硬い
BH-C2	50.00	2.20	33	150-300	75-150	非常に硬い
		3.35	23	150-300	75-150	非常に硬い
		6.55	21	150-300	75-150	非常に硬い
		8.00	19	150-300	75-150	非常に硬い
BH-C3	50.00	1.00	8	40-80	20-40	中位の
		2.55	14	75-150	37-75	硬い
		4.10	16	150-300	75-150	非常に硬い
		5.45	19	150-300	75-150	非常に硬い
		8.10	33	150-300	75-150	非常に硬い
		9.65	41	150-300	75-150	非常に硬い
BH-C4	30.00	11.51	>51	礫/巨石の可能性あり		
		2.55	26	150-300	75-150	非常に硬い
		5.00	10	75-150	37-75	硬い
		6.35	28	150-300	75-150	非常に硬い
		8.00	36	150-300	75-150	非常に硬い
BH-C5	30.00	9.35	34	150-300	75-150	非常に硬い
		1.25	>51	礫/巨石の可能性あり		
		2.80	31	150-300	75-150	非常に硬い
		4.25	>51	150-300	75-150	非常に硬い
BH-C6	50.00	5.75	貫入不能	礫/巨石の可能性あり		
		2.00	8	40-80	20-40	中位の
		3.85	5	40-80	20-40	中位の
		5.30	23	150-300	75-150	非常に硬い
		7.00	14	75-150	37-75	硬い
		8.80	32	150-300	75-150	非常に硬い
		10.65	26	150-300	75-150	非常に硬い

## b. Quatre Soeurs

試験を行った地質は崩積土である。コンシステンシーは「硬い」または「締まった」状態にある。N 値はボーリング BH-Q1 を除けば 10-20 の範囲にあり、ほぼ一様である。Chitrakoot と同様、崩積土には礫が多く含まれており、N 値は礫の影響を受けている。また、基質は細粒土を主体としており、礫を含まない粘性土については、N 値の低下が認められる。

表3.6.8 標準貫入試験結果- Quatre Soeurs（出典: JICA 調査団）

ボーリング No.	深度 (m)	標準貫入 試験深度 (m)	N 値	推定一軸圧縮強さ qu( kpa) (Jennings and AI,1973)	推定 粘着力 Cu(kpa)	コンシステンシー (状態表現)
BH-Q1	21.00	1.00	6	40-80	20-40	中位の
BH-Q2	21.00	1.13	12	75-150	37-75	硬い
		2.20	17	75-150	37-75	硬い
		3.55	15	75-150	37-75	硬い
		5.00	15	75-150	37-75	硬い
		6.75	14	75-150	37-75	硬い
		10.35	16	75-150	37-75	硬い
		13.45	貫入不能	礫/巨石の可能性あり		

### 3.7 現地調査

#### 3.7.1 家屋の被害状況

##### a. Chitrakoot

当該地での地すべり被害を把握する目的で、家屋の被害調査を MPI と共同で実施した。被害の認められる家屋はピンク色斜線で示し、特に被害の激しい家屋は赤色斜線で示した。家屋の被害箇所は、2005 年の地すべり発生当時の変状箇所と概ね一致している。

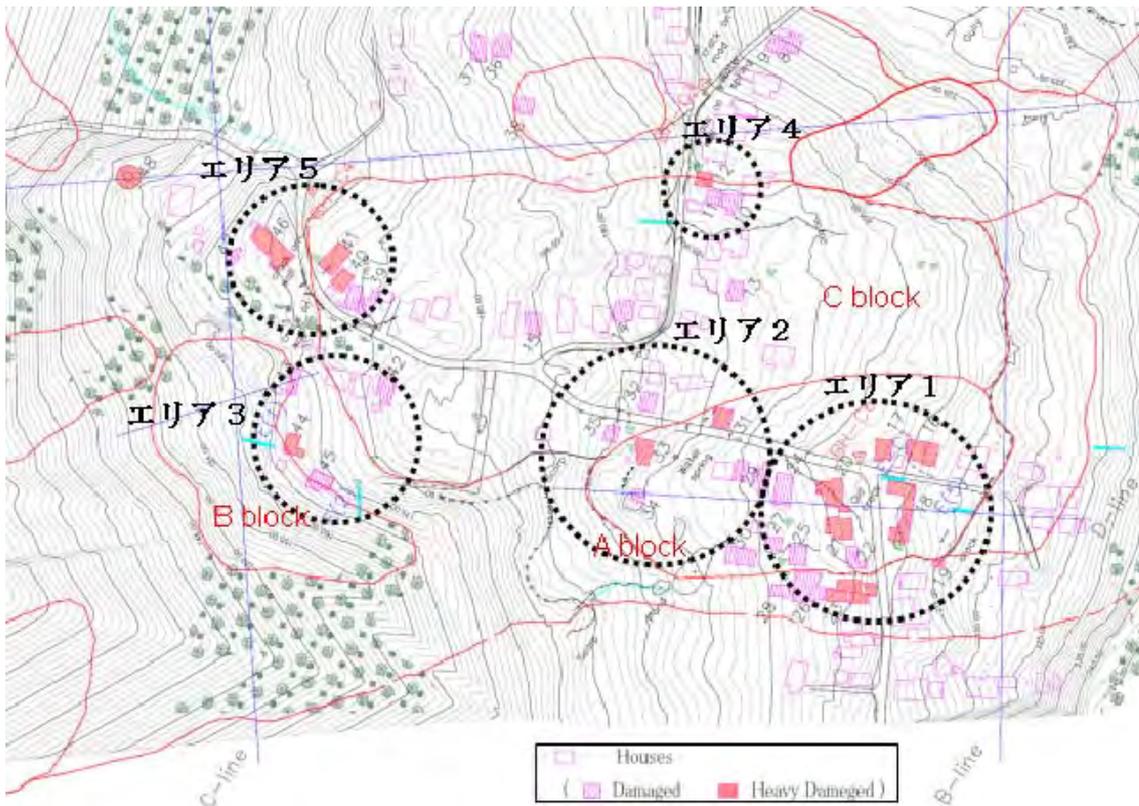


図3.7.1 Chitrakoot 地区家屋被害調査結果（出典：JICA調査団）

##### b. Quatre Soeurs

家屋の変状調査は、2010年12月に実施されている。また、亀裂のモニタリング調査も変状の大きい6軒を対象に行っている。

表3.7.1 家屋のモニタリング（出典：JICA 調査団）

家屋 No	家主	計測箇所	家屋 No	家主	計測箇所
1	JHURRY JUGNUNUN	C1,C2,C3,C14	4	JHOOMAH RAJEN	C8,C9
2	JHOOMAH ROOPCHAND	C4,C5	5	JHOOMAH DHANANJAY	C10
3	JOOMAH NEERMAL	C6,C7	19	MURACHPERSAD TETREE	C11,C12,C13,C15



図3.7.2 家屋のモニタリング位置図(C1～C15がモニタリング位置) (提供:MPI)

c. Vallee Pitot

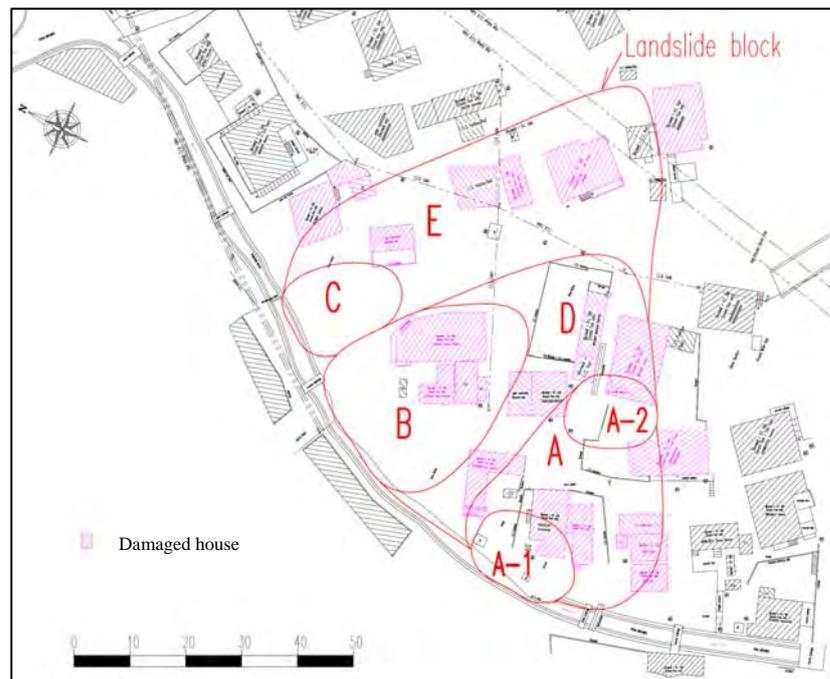


図3.7.3 Vallee Pitot 地区家屋被害調査結果 (出典:JICA調査団)

### 3.7.2 現地踏査結果

#### a. Chitrakoot

変状家屋や既往報告書に示される亀裂発生箇所を中心に現地踏査を行い、その結果を整理した。

表3.7.2 変状の多いエリアとその特徴（出典：JICA 調査団）

エリア	名称	変状の特徴	既往調査
1	小学校 周辺	小学校校舎およびその背後斜面に亀裂が発生し、一部校舎が撤去された。また、変状した校舎は現在、使用が制限されている。校舎側の人家にも大きな変状が確認されている。2005年の地すべりの被害を最も多く受けたエリアである。	伸縮計 E(5) ボーリング BPI(7),BPP(16),BPP(11) BPX(1),BPP(19), BPI(1),BPP(5)
2	主要道路 上部周辺	小学校に近い主要道路や主要道路に近接する人家に被害が発生している。人家の被害は家屋の傾斜、沈下、壁面や床の亀裂など多様であり、2005年のサイクロンによって顕在化した。	ボーリング BPX(3),BPP(9)
3	下方斜面	エリア2より北側の斜面で斜面内に断続する亀裂が発生している。また、人家の被害も明瞭で、伸縮計E(1)側の人家は壁面を貫通する亀裂が発達する。	伸縮計 E(1),E(2) ボーリング BPX(2),BPI(3)
4	道路側 および 人 家	地内を縦断する沢(水路)の東側に位置する。道路および人家に亀裂が発生するが、被害の規模は他に比べて小さい。道路下方にはサトウキビ畑が広がっている。	伸縮計 E(4) ボーリング BPP(6),BPI(6)
5	主要道路 下部周辺	主要道路に近接する人家やブロック塀に被害が発生している。人家の被害は家屋の傾斜、沈下、壁面の亀裂などで2005年のサイクロンによって顕在化した。地すべりによる変状とは判断できない。	伸縮計 E(3) ボーリング BPX(4),BPI(13)



写真3.7.1 損傷の大きい人家



写真3.7.2 損傷の大きい人家

（出典：JICA 調査団）

## b. Quatre Soeurs

表3.7.3 斜面区分の特徴（出典：JICA 調査団）

斜面区分	斜面勾配	特徴
上部斜面	16～20°	標高25mより上方の斜面で、斜面型は等高線がほぼ平行な直線斜面に相当する。表土や耕作土が薄く分布し、玄武岩や角礫岩などの岩塊が多く見られる。特に標高40m付近より上方の斜面では一面、不安定な岩塊が分布している。
中部斜面	5°	人家上方の道路から標高25m付近までの緩斜面で、斜面勾配5°の平坦地形である。地表には表土や耕作土が分布し、上部斜面と異なり、岩塊の分布は比較的少ない。亀裂等の変状はなく、安定した斜面である。
下部斜面	15～17°	人家上方の道路から海岸の主要道路に至る斜面で、人家の密集する急斜面である。保全対象となる人家や海岸沿いに主要道路があることより、地すべりまたは斜面崩壊が発生した際の被害は甚大であり、対策工の緊急性の高いエリアである。



写真3.7.3 壁面に水平に延びた亀裂



写真3.7.4 コンクリート基礎の開口亀裂

（出典：JICA 調査団）

## c. Vallee Pitot

### c.1 1回現地踏査（2012年）

1回目の現地踏査は、2012年6月22日にJICA専門家チームによって実施された。地すべりによって被害を受けたHouse(1)の位置に明瞭な頭部滑落崖が認められた。

### c.2 第2回現地踏査（2013年2月22日）

2013年3月21日の朝、地域住民から当該地区の地すべりによる重大な被害が発生したとJICA調査団に電話連絡があったためMPIに直ちに通報するとともに、翌22日にMPIと共に現地踏査を行った。

### c.3 第3回現地踏査（2013年2月26日）

2013年2月25日にHouse(1)の一部が倒壊した情報が住民からMPIに届いたため、MPIとJICA調査団は2月26日に現地に行き第3回目の現地踏査を実施した。

主滑落崖は第2回目の踏査時点よりさらに成長しており、House(1)の外壁は完全に倒壊していた。また、新たな開口クラックがこの家のさらに上方で確認され、3回目の現地踏査の結果を受けて、Vallee Pitotの地すべりは、より大きな範囲に及ぶことが分かった（下図の黄色の線で囲まれる範囲）。

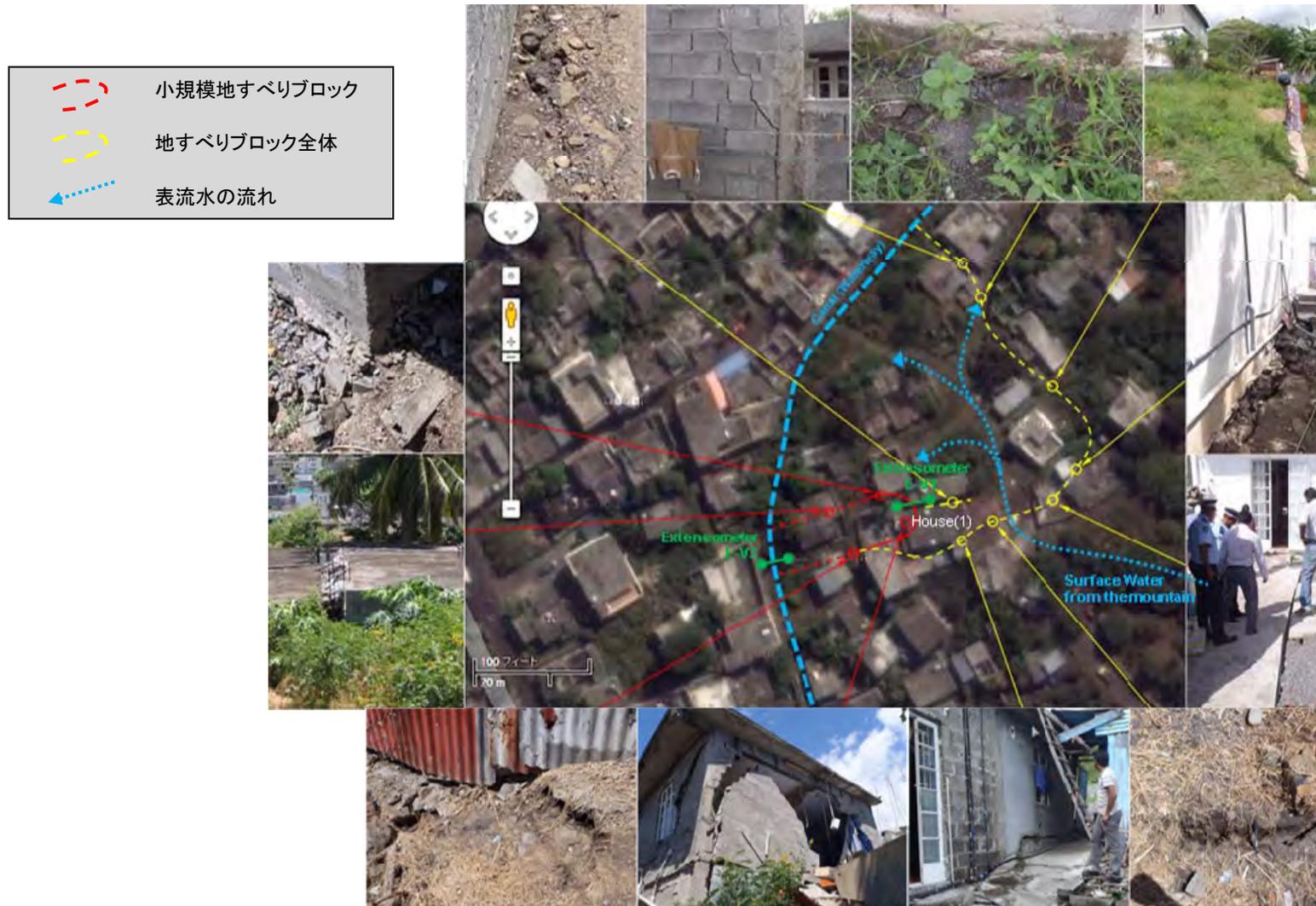


図3.7.4 地すべり平面図, 第3回現地踏査, 2013年2月6日 (出典: JICA 調査団)

### 3.8 防災点検

37 箇所の斜面災害危険箇所は、「災害スキーム 2011-2012」で定義づけられていることから、「モ」国政府によって公式に「斜面災害リスクの高い箇所」と認定されたことになる。そのため、「モ」国の住民やインフラ構造物を守るために、リスクを軽減・緩和するなんらかの対策が必要になる。

当該箇所の対策が完了し安定性が確認されるまでの間は、定期的な防災点検を実施し、早期の前兆発見や安全確認を実施していくことが望ましく、本プロジェクトにおいて調査団は防災点検の実施を MPI に提案して、今後実施していくこととなった。

#### 3.8.1 防災点検の意義と目的

防災点検の大目標は「斜面災害の管理を効率的かつ効果的に実施すること」であり、個別目標は以下のとおりである。

- 潜在的な災害要因を早期に発見すること
- 斜面災害のリスクを客観的に把握すること
- 斜面災害の記録や履歴を整理すること
- 対策検討の基礎資料とすること

#### 3.8.2 防災点検の手法

防災点検は点検チェックシートと写真帳から構成されている。点検チェックシートでは、クラックや小崩壊・小落石、湧水、既往排水施設の詰まりなどを確認したうえで、点検者が特記すべき事項と提案する対応を記載する。写真帳では、全景や着目箇所、変状箇所の写真を撮影し貼付することとし、毎点検ごとに定点撮影を実施することにより、前回の防災点検の写真と比較するが可能となる。

#### 3.8.3 防災点検の結果

調査団と C/P は、雨期後の 2013 年 4 月～5 月にかけて 37 箇所の斜面災害危険箇所に対して防災点検を実施し、その安定性や対策優先順位について考察を行った。2013 年雨期後の防災点検の結果、37 箇所の斜面災害危険箇所に対して、緊急性および必要性（MPI 要望）から、対策優先順位を以下に示す通り 3 つのランクに分類した。

ランク A：対策必要

ランク B：防災点検対応

ランク C：対策不要

表3.8.1 2013 年雨期後の防災点検結果一覧（出典：JICA 調査団）

No.	地名	災害種	特記すべき事項	対策優先度	提案する対応
1	Temple Road, Creve Coeur	擁壁被害		B	
2	Congomah Village Council (Ramlakhan)	溪岸浸食		B	
3	Congomah Village Council (Leekraj)	擁壁被害		B	
4	Congomah Village Council (Frederick)	擁壁被害		B	

5	Congomah Village Council (Blackburn Lanes)	盛土被害		B	
6	Les Mariannes Community Centre (Road area)	斜面崩壊		B	
7	Les Mariannes Community Centre (Resident area)	溪岸浸食		B	
8	L'Eau Bouillie	盛土被害	道路補修済みである。しがし、道路側溝がないため、豪雨（2月中旬と3月末）による道路側方浸食の影響から、新規クラックや変状が認められる。	A	道路側方浸食防止に向けて、道路に沿ったコンクリート製側溝を建設する。
9	Chittrakoot, Vallee des Pretres	地すべり	プロジェクト対象地区で、モニタリング中である。	A	対策が完了するまでの間、モニタリングと早期警報システムを継続的に機能させる。
10	Vallee Pitot (near Eidgah)	地すべり	プロジェクト対象地区で、モニタリング中である。	A	対策が完了するまでの間、モニタリングと早期警報システムを継続的に機能させる。
11	LePouce Street	溪岸浸食	顕著な変状進行はない。	B	適切な規模の水路工を建設する必要がある。
12	Justice Street (near Kalimata Mandir)	擁壁被害	顕著な変状進行はないが、豪雨後に泥流が発生している。排水施設が不十分である。	B	将来的に排水工やカルバートなどの排水施設を建設することが望ましい。水路工背面の排土も有効である。また斜面上にも水路工を建設することが望ましい。
13	Mgr. Leen Street and nearby vicinity, La Butte	地すべり		B	
14	Pouce Stream	溪岸浸食	布団カゴ工の破損が確認されたが、浸食防止機能は損なわれていない。	B	
15	Old Moka Road, Camp Chapelon	地すべり	顕著な変状進行はないが、地下水位が高く、水路工の押し出しや家屋の亀裂が認められる。詳細調査が望ましい。	B	地下水位を低下させるため、道路沿いの家屋周辺で排水工や水平ボーリング等を実施する。
16	Boulevard Victria, Montague Coupe	擁壁被害	顕著な変状進行はないが、布団カゴ工がやや不安定になってきている。	A	将来的に布団カゴ工の補強が望ましい。布団カゴ工背面の排土も有効である。
17	Pailles: (i) access road to Les Guibies and along motorway, near flyover bridge	斜面崩壊	橋梁周辺の斜面で小崩壊が発生しており、水路工に土砂堆積が認められる。	A	将来的に斜面上に排水工や水路工などの排水施設を建設することが望ましい。斜面の浸食防止に向けた緑化工も必要である。
18	Pailles: (ii) access road Morcellement des Aloes from Avenue M.Leal (on hillside)	溪岸浸食	顕著な変状進行はない。	B	
19	Pailles: (iii) soreze regin	斜面崩壊	水路工に破損が多数認められ、落石や小崩壊も認められる。	A	水路工の補修が必要である。将来的に道路沿いに落石対策を施工する。
20	Plaine Champagne Road, opposite "Musee Touche Dubois"	斜面崩壊		B	
21	Chamarel: (i) near Reataurant Le Chamarel	盛土被害		B	
22	Chamarel: (ii) Roadside	盛土被害		B	
23	Gremde Riviere Noire Village Hall	家屋被害	顕著な変状進行はない。亀裂は地すべり起源ではなく、基礎の支持力不足によるものである。	C	関係機関との協議を踏まえた上で、災害スキームのリストから削除してもよい。
24	Baie du Cap: (i) Near St Francois d'Assise Church	土石流	顕著な変状進行はない。小規模な土石とゴミがカルバート呑口に堆積している。	B	カルバートの詰まりと逸水を防止するため、雨期後に定期的な維持管理（土石とゴミの除去）を実施する。
25	Baie du Cap: (ii) Maconde Region	落石		B	
26	Riviere des Anguilles, near the bridge	溪岸浸食	顕著な変状進行はないが、数年以上に渡り少しずつ浸食が進行しており、急崖端が家屋に接近してきている。	A	急崖の浸食防止のため、河川沿いの家屋側に布団カゴ工やコンクリート擁壁などの人工構造物を建設する。
27	Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port	地すべり	プロジェクト対象地区で、モニタリング中である。	A	対策が完了するまでの間、モニタリングと早期警報システムを継続的に機能させる。
28	Bambous Virieux, Rajiv Gandhi Street (near Bhavauy House), Impasse Bholoa	斜面崩壊		B	
29	Cave in at Union Park, Rose Belle	洞穴	洞穴はすでに埋め戻されており、変状や浸食は発生していない。	C	関係機関との協議を踏まえた上で、災害スキームのリストから削除してもよい。

30	Trou-AUX-Cerfs	斜面崩壊	植生が復活している。	B	
31	River Bank at Cite L'Oiseau	溪岸浸食		B	
32	Louis de Rochecouste (Riviere Seche)	溪岸浸食		B	
33	Piper Morcellement Piat	溪岸浸食	2月中旬の豪雨の影響で石積み擁壁が崩壊しており、家屋側のさらなる浸食が予想される。	A	将来的な崩壊を防止するため、擁壁を補修する。
34	Candos Hill at LalBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues	地すべり	擁壁のクラックおよび周辺からの湧水については、変状は進行していない。	B	継続的な点検が望ましい。
35	cavernous Area at Mgr Leen Avenue and Bassin	洞穴	洞穴はすでに埋め戻されており、変状や浸食は発生していない。	C	関係機関との協議を踏まえた上で、災害スキームのリストから削除してもよい。
36	Morcellement Hermitage, Coromandel	斜面崩壊		B	
37	Montee S, GRNW	溪岸浸食	顕著な変状進行はないが、浸食がわずかに進行している。	B	将来的に溪岸浸食防止の構造物を建設する必要がある。

### 3.8.4 防災点検に係る提言

#### a. ランクA箇所

ランク A の 9 箇所に対しては、早急な対策工の実施が求められる。対策工法の最終的な選定にあたっては、MPI だけでなく該当する州/市事務所との協議が必要である。対策工を実施し対策工の効果が確認された後、関係機関との協議を経て、災害スキームのリストから削除することができる。

#### b. ランクB箇所

ランク B の 25 箇所に対しては、対策工が完了するまでの間、毎雨期後に定期的な防災点検を実施することが望ましい。対策工を実施し対策工の効果が確認された後、関係機関との協議を経て、災害スキームのリストから削除することができる。

#### c. ランクC箇所

ランク C の 3 箇所に対しては、関係機関との協議を経て、災害スキームのリストから削除することができる。

### 3.9 災害スキームのレビューと提言

#### 3.9.1 災害スキームのレビュー

「モ」国の災害スキーム（CONDS: Cyclone and Other Natural Disasters Scheme）には、サイクロン、豪雨、津波、高波そして地すべりに関する基本的対応の枠組みが示されている。地すべりについては、モニタリング、自治体の対応行動、地すべりに対応する機関と組織体制、警報・避難体制、地すべり災害に関する広報の内容が含まれている。

表3.9.1 地すべりに関する警戒レベル・発令基準・対応<sup>1</sup>

警戒レベル	警戒発令基準・対応
第1段階 (準備段階)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自治体と住民が雨量を計測し、12時間雨量が30mm以上になった段階で、気象庁(MS: Mauritius Meteorological Services)に連絡。</li> <li>・ 気象庁は計測データを確認、国家災害対策センター(NDOCC: National Disaster and Operations Coordination Centre)に連絡し、首相府(PMO: Prime Minister's Office)とMPIに連絡</li> <li>・ 12時間雨量が30mm以上を記録した段階で、MPIは伸縮計の計測を開始。</li> <li>・ 変位が1日2mm以上を記録した段階で、MPIは気象庁、NDOCCと自治体に連絡(伸縮計の無い現場については、MPIが地盤移動量・変状調査を調整する。</li> <li>・ 調整委員会委員長が警報レベル第1段階を確認・発令。</li> <li>・ NDOCCが被害地の住民に連絡、加えて、関係する中央省庁・機関に連絡。</li> <li>・ 警察が地元代表を通じて地すべり被害地の住民に対して、事前に発令していた指示に従って避難準備開始の勧告を行う。</li> </ul>
第2段階 (警報段階)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ MPIは定期的に地盤移動量を計測し、変位が1日1cm以上もしくは目視可能な変状を確認次第気象庁とNDOCCに連絡。</li> <li>・ NDOCCは首相府と調整委員会委員長に連絡し、警報レベル第2段階発令の会議を招集。</li> <li>・ 警報はモーリシャス放送局(MBC: Mauritius Broadcasting Corporation)とラジオ局により放送される。</li> <li>・ 被害地の住民に対しては警察の拡声器・その他の手段で警報が発信される。</li> <li>・ 警報レベル第2段階が発令されると、警察は最終的な避難準備、家からの立ち退き待機の勧告を行う。厚生省(MHQL: Ministry of Health and Quality of Life)と警察は要介護者の対応を行う。また、救急サービス(FAS: First Aid Service)も対応に備える。</li> <li>・ 危機委員会(CC: Crisis Committee)が招集され、雨量・地盤変位の監視を行う。</li> <li>・ NDOCCは下記関係省庁・機関と必要な措置を講じる                         <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 厚生省(MHQL): 特別病棟の準備、医療スタッフ・資機材・救急車の手配</li> <li>➢ 社会保障省(MSS: Ministry of Social Security, National Solidarity and Reform Institutions)、男女平等・児童開発・福祉省(MGCW: Ministry of Gender Equality, Child Development and Family Welfare): 避難所の開設・準備</li> <li>➢ 中央水道局(CWA: The Central Water Authority): 水道管を止める準備</li> <li>➢ 中央電力委員会(CEB: The Central Electricity Board): 電力供給停止準備</li> <li>➢ MPI: 地盤変位の計測とNDOCC・気象庁へ連絡。</li> <li>➢ 消防・NGO(赤十字、救急車サービスなど): 避難支援</li> </ul> </li> </ul>
第3段階 (避難段階)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2mm/時以上で警報レベル第3段階が発令される</li> <li>・ 警報レベル1と2の継続がMPI・NDOCC・MSIによって確認されると、NDOCC</li> </ul>

	<p>は危機委員会にその情報を連絡。危機委員会は避難指示の許可を出す。避難指示は被害地の住民に警報レベル2と同様の適切な手段で伝達される。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MPI・NDOCC・MSが緊急避難の必要がある考え、危機委員会招集の時間が無いと判断される場合、高い役職の職員が危機委員会委員長と協議の後、避難指示を出す。</li> <li>・ 避難実施の段階で関連省庁が下記のような必要な措置を執る。             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 教育省(MEHR: Ministry of Education and Human Resources)、文部科学省(MTSRT: Ministry of Tertiary Education, Science, Research and Technology): 危険地の教育施設の閉鎖</li> <li>➢ 社会保障省(MSS)、男女平等・児童開発・福祉省(MGCW): 避難所の開設・準備</li> <li>➢ 厚生省(MHQL): 避難要介護者のための救急車配置、衛生環境確保のため避難所への健康調査員の配置</li> <li>➢ 中央水道局(CWA): 水道管を止める。避難所での水の確保</li> <li>➢ 中央電力委員会(CEB): 電力供給停止</li> <li>➢ 警察: 財産保護、事件防止のための被害地への立ち入り規制</li> </ul> </li> </ul>
第4段階 (緊急段階)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 突発的地すべり発生の際、危機委員会が招集できない場合、可能であれば危機委員会委員長との協議の後、NDOCCが緊急警報を出す。</li> <li>・ 必要な措置が警戒レベル3と同様に警察を通じて住民に避難指示が出される。</li> <li>・ サイクロン警報クラス2もしくは豪雨警報の発表は地すべり警戒レベル2に相当する。</li> <li>・ サイクロン警報クラス3が発表されると、地すべり危険地の住民の避難が勧告される。</li> <li>・ 気象庁によりサイクロン警報2もしくは豪雨警報が発表されると、危機委員会は調整委員会委員長との協議の上、避難指示発表の検討のための会議を招集する。必要な措置が警戒レベル3と同様に警察を通じて住民に避難指示が出される</li> </ul>
第5段階 (終息段階)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地盤変動安定化の後、関係機関により観測終了。</li> <li>・ 危機委員会の会議の後、危険無しの発表が出される。</li> </ul>

### 3.9.2 災害スキームへの提言

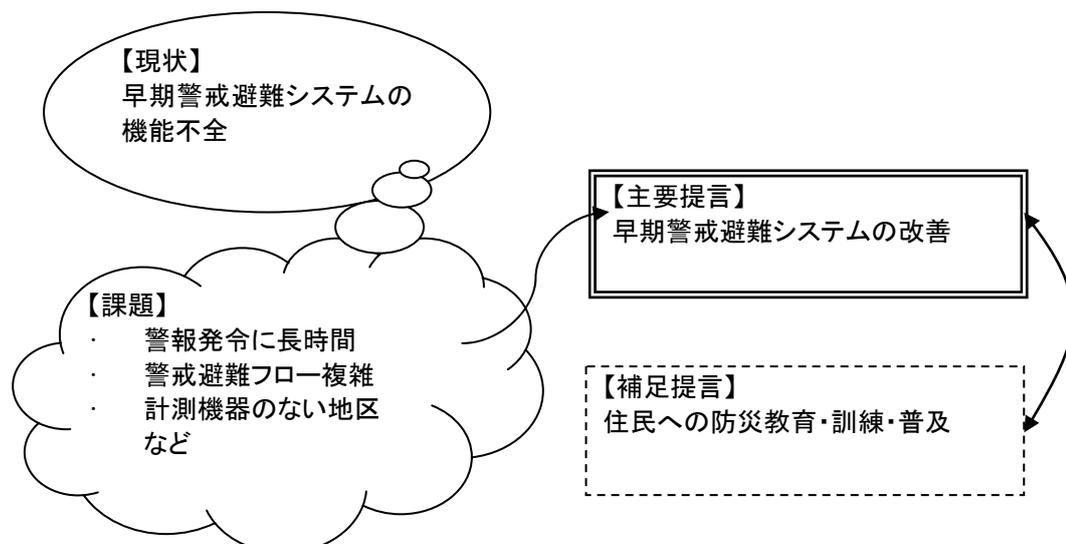


図3.9.1 災害スキームへの提言の概略イメージ（出典: JICA 調査団）

災害スキームへの提言について、現状、課題、対策の方針を整理した結果を示す。

表3.9.2 災害スキームへの提言に係る現状、課題、対策の方針整理結果（出典：JICA 調査団）

現状	課題	対策の方針
MPIが「モ」国全土の警戒避難に関するモニタリングの責任を負うとされている。	MPIの限られた人的資源や体制、予算などで「モ」国全土について対応することは難しい。	MPIの警戒避難に関する責任範囲を「モ」国全土から、危険性の高いエリアに絞り込む <sup>2</sup>
現場からの情報をNDOCC <sup>3</sup> 経由でCrisis Committeeに連絡し、Crisis Committeeでの意志決定により警戒避難に関する指示が発令される。	緊急時（サイクロン、豪雨災害時など）には、警戒避難に関する指示発令の意志決定の前に被害が発生する可能性がある。	突発的豪雨・サイクロン等による地すべり災害に対応できるよう、現場対応として、住民による自主避難を導入。 フローを現場対応と政府側対応に整理し、現場の判断で警戒避難の発令を可能とする。（ただし、警察・Special Mobile Force・NDOCCを通して現場側と政府側の情報共有は確保する）
フローが複雑で手順が多い	対応が遅れる可能性がある。	警戒避難のステージを5から3に変更し、フローの内容自体も簡潔化。
雨量と伸縮計のデータがトリガーとなり、警戒避難に関する指示が発令される。	雨量計・伸縮計が設置されていない地区もある。	雨量・地表移動量（伸縮計データ）だけでなく、住民からの前兆・変状情報という複数トリガーを設けることで、トリガーが引かれなかったために、警戒避難体制が機能しない（警戒避難のフローが発動しない）という事態を避ける。
現行災害スキームでは、地表移動量観測結果が警戒避難実施のトリガーとされており、MPIは現地調査や定期的に伸縮計データを確認することとされている（現場到達が困難な場合、Special Mobile Forceがデータ確認を支援）。	緊急時（サイクロンや豪雨時など）には、道路の冠水、政府による交通規制などでMPIが現場に到達できない可能性がある。	MPIによる現地調査によるデータだけを警戒避難実施のトリガーとしない（トリガーの1つとする） フローを現場対応と政府側対応に整理し、現場の判断で警戒避難の発令を可能とする。
NDOCCから現場への避難指示、MMS・MPI・NDOCC間での雨量・移動量などの情報共有など、連絡が必要	災害時には停電や通信不通などで連絡が取れないために政府側の意志決定を確認できず、警戒避難を実施できない可能性がある。	政府側の意志決定が無くても現場の判断で警戒避難を実施可能とする。フローを現場対応と政府側対応に整理し、現場の判断で警戒避難の発令・自主避難を可能とする。（ただし、警察・Special Mobile Force・NDOCCを通して現場側と政府側の情報共有は確保する）

上記を踏まえ、災害スキームへの提言案として、現行条文に対する追加修正案及びその理由・必要性をまとめた結果は報告書本編に示した。

補足提言として「住民への防災教育・訓練・普及」を提案する。

#### <防災知識の普及・教育>

平常時から災害スキーム及び警戒避難体制、災害時の心得等について広報を行い、防災知識の普及に努めるものとする。

#### <防災訓練>

MPIはLocal Authorities、Police、NDRRMC及び関係機関と協働で、地すべり危険地域に居住する住民を対象に、防災訓練を定期的実施し、防災意識の向上を図るとともに、警戒避難に係る方法や体制の点検を行う。

### 3.10 開発計画政策指針のレビューと提言

本節では、「モ」国の地すべり災害防止に関する法制度・計画のレビュー、「モ」国の地すべり危険地域の現状把握、日本の地すべり関連法のレビューを踏まえ、「モ」国の地すべり災害リスク管理に関する法制度の課題を整理し、それら課題に対する対策を検討し、PPG への提言をまとめる。PPG への提言案作成のための作業を下図のとおり実施した。

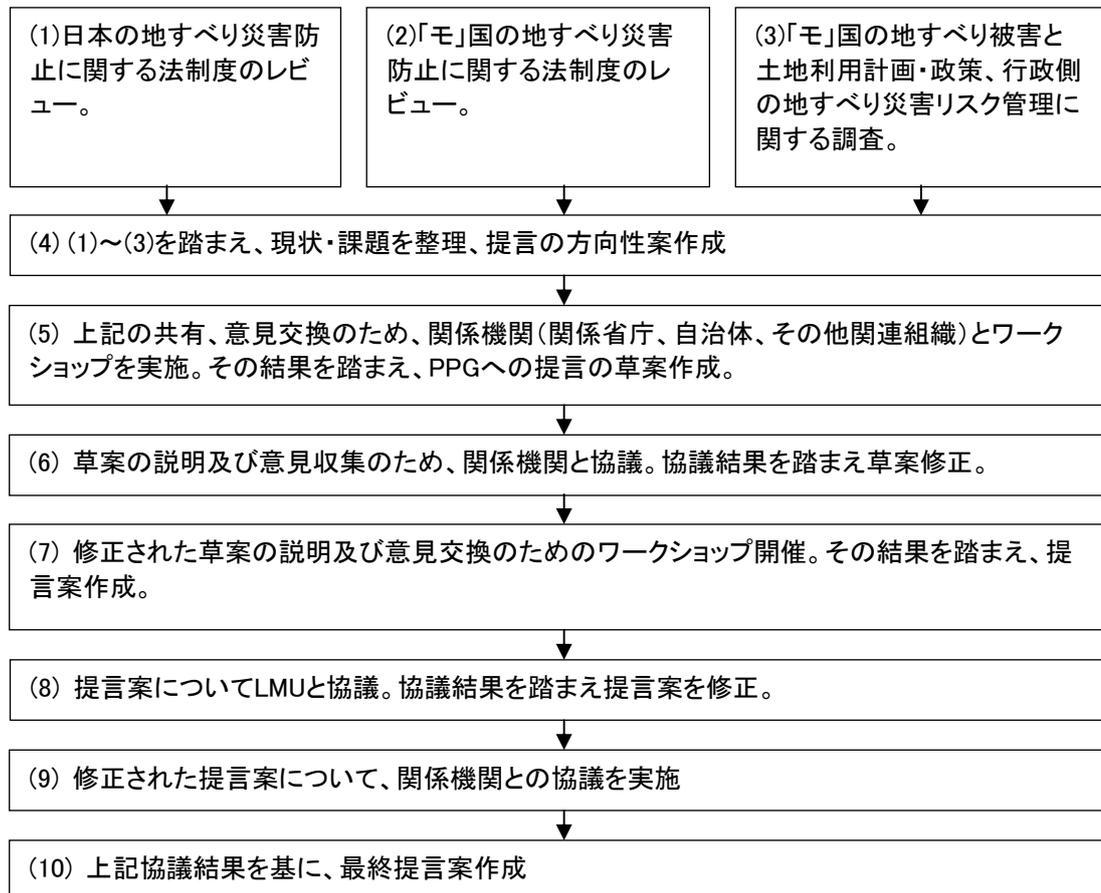


図3.10.1 PPG への提言案作成のための作業（出典：JICA 調査団）

#### 3.10.1 日本の地すべり関連法

日本における地すべり災害対策に関する主たる法律としては下記4つがある。

- (a) 砂防法(1887年制定)
- (b) 地すべり等防止法(1958年制定)
- (c) 急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律（通称：急傾斜地法）(1969年制定)
- (d) 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（通称：土砂災害防止法）(2000年制定)

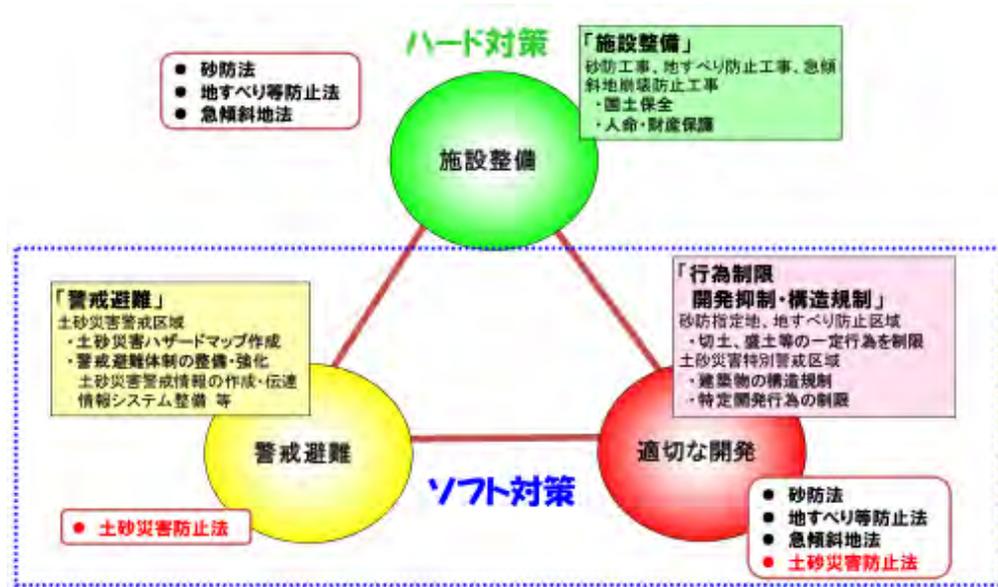


図3.10.2 日本の地すべり関連法制度<sup>4</sup>

表3.10.1 土砂災害防止に係わる関係法令<sup>5</sup>

法令名	関係する分野・事項
災害対策基本法	<ul style="list-style-type: none"> <li>市町村の責務</li> <li>市町村防災会議</li> <li>市町村地域防災計画</li> <li>市町村長の警報の伝達及び警告</li> <li>市町村長の事前措置等</li> <li>市町村長の避難の指示</li> <li>市長村長の警戒区域設定権等</li> </ul>
建築基準法	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築確認</li> <li>敷地の衛生及び安全:建築物が、がけ崩れ等による被害を受けるおそれのある場合、擁壁の設置など適当な措置を講じなければならない</li> <li>構造耐力上の基準適合</li> <li>災害危険区域</li> <li>地方公共団体の条例による制限の附加</li> </ul>
宅地造成等規則法	<ul style="list-style-type: none"> <li>宅地造成工事規制区域</li> <li>宅地造成に関する工事の許可</li> <li>宅地造成に伴う災害発生防止義務</li> <li>改善命令</li> </ul>
住宅金融公庫法	<ul style="list-style-type: none"> <li>家屋の移転等をしようとする者に対する資金の貸付</li> </ul>
都市計画法	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発行為の許可</li> <li>開発許可の基準</li> </ul>
宅地建物取引業法	<ul style="list-style-type: none"> <li>契約成立時の重要事項説明</li> </ul>
公共土木施設災害復旧事業費国庫負担法	<ul style="list-style-type: none"> <li>公共土木施設の災害復旧事業費について、地方公共団体の財政力に適應するように国の負担を定めて、災害の速やかな復旧を図り、もつて公共の福祉を確保することを目的とする。</li> <li>対象となる地方公共団体が設置する公共土木施設とは河川施設、海岸施設、砂防設備、林地荒廃防止施設、地すべり防止施設、急傾斜地崩壊防止施設、道路施設、港湾施設、漁港施設、下水道施設、公園施設</li> </ul>

### 3.10.2 「モ」国の地すべり災害リスク管理に関する法制度・計画

表3.10.2 モ国における土地利用政策・計画に関する法制度・計画（出典：JICA 調査団）

法制度・計画名	内容概略
地域計画法(TCPA: Town and Country Planning Act), 1954	<ul style="list-style-type: none"> <li>この法律により、自治体は開発規制に関する社会的権利を付与されている。</li> <li>自治体は具体的開発エリア・内容を含む地域計画(OPS: Outline Planning Schemes)を策定する。このOPSに基づき、建設工事、土地利用・建物用途変更、土地の分譲などの開発行為については自治体への申請が義務づけられている。</li> <li>また、自治体はOPSに抵触する開発行為に対する差し止めを行うことができる。</li> </ul>
開発計画法(PDA: Planning and Development Act), 2004	<ul style="list-style-type: none"> <li>近年の社会経済状況の変化や課題に対応した実践的計画の実施が可能となるように制定された。</li> <li>2004年に国会で可決され施行が始まっており、TCPAに置き換わることを期待されている。</li> <li>この法律は構想文書に留まっていた国家開発戦略(NDS: National Development Strategy)に法的地位を与えている。</li> <li>目的としては、生態系に配慮した持続可能な開発の促進、中央政府・地方自治体間の開発に関する責任の共有、効率的計画・開発のための省庁間協力体制の構築、民間セクター参画促進など。</li> <li>本法第13項において、住宅・土地省(MHL: Ministry of Housing and Lands)の大臣は地方自治体に対し、土地利用計画及び開発に関する開発計画政策指針(PPG: Planning Policy Guidance)を発行できると定められている。</li> </ul>
建築法(BA: Building Act)	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築申請(新築、増改築含め)の義務づけ、危険な建物や火気を取り扱う建物への対応、法的事務手続きが規定されている。</li> </ul>
地方自治法(LGA: Local Government Act), 2003	<ul style="list-style-type: none"> <li>本法は開発計画の自治体の権限について非常に密接な関係を持っている。具体的には、地方分権化、適切な行財政、開発許可の発行手続き、固定資産税などの内容を含む。</li> <li>本法には開発審査会の機能と権限、開発許可申請といったPDAに組み込まれている内容も含まれている。</li> </ul>
国家開発戦略(NDS: National Development Strategy), 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>NDSは計画性のある開発を実現するため、政府及び自治体の経済基盤開発に戦略的な指針を盛り込むことを目的としている。</li> <li>NDSはVolume1: National Development Strategy &amp; PoliciesとVolume2: Institutional and Legislative Aspectsの2部で構成されている。</li> <li>Volume1には、序説、背景、主要構想、大都市圏・地方都市・海岸の主要戦略、社会・コミュニティ施設、産業・商業、観光、農林業・天然資源、環境・漁業、交通、インフラといった内容が含まれている。この内、大都市圏・地方都市・海岸の主要戦略の中で、NDSを実施するために、自治体の状況に合わせた翻訳された国家戦略としてPPGを下記のとおり位置付けている。                         <ul style="list-style-type: none"> <li>PPGは中央政府・自治体による開発規制・誘導のために行政職員によって用いられることを意図している。</li> <li>PPGは国家開発戦略を自治体レベルでの具体的計画に反映させるため、自治体による開発実施エリアを含む開発計画策定のための重要な要素となることを期待されている。</li> <li>NDSとPPG、OPSは一貫性を持つものとして位置付けられている。</li> </ul> </li> </ul>
開発計画政策指針(PPG: Planning)	<ul style="list-style-type: none"> <li>「モ」国における地すべり災害防災に寄与可能な土地利用政策・計画に関する法的拘束力を持った枠組みとして、PPGがある。</li> </ul>

<p>Policy Guidance), 2004</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPGは開発審査の際、個人、開発業者及び政府・自治体によるあらゆる開発形態・規模に適用可能な設計・性能基準を設定することを目的としている。</li> <li>• PPGはNDS、OPS、Action Area Plans（特別な混合用途地域を含む主要な新規開発）、個別の開発計画との整合について配慮されるべきとされている。</li> <li>• 2004年に策定されたPPGはこれまでに商業開発、文化的景観、礼拝所、基幹道路沿いの開発、文化・歴史エリア、通信施設、ホテル・リゾート開発、給油施設に関する改訂が加えられている。</li> <li>• PPGは全体で約600ページであり、A)序説・設計原理概説、B)具体的設計指針、C)技術的設計基準の3つのパートで構成されている。この内、B)具体的設計基準は商業開発、ホテル・リゾート開発、産業開発、宅地開発の4つの内容を含む。この内、宅地開発の中に、斜面地のための設計基準が含まれている。この基準の中で地すべり災害防止に関する主たる内容として、下記が示されている。             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 勾配20%以上の斜面では開発は許可されない</li> <li>➢ 勾配10%以上の斜面での開発については、専門エンジニアの調査に基づき自治体の審査を要する</li> <li>➢ 山のふもと及び平均海水面から45m以上の土地の開発は許可されない</li> </ul> </li> </ul>
<p>地域計画( OPS: Outline Planning Schemes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OPSはTCPAを根拠法として策定されている(自治体毎に策定している)。日本における自治体の総合計画もしくは都市計画マスタープランに相当する。</li> <li>• OPSの機能は下記のとおりである。</li> <li>• 開発業者や個人に土地・建物の開発申請を検討するための指針を提供すること</li> <li>• 中央政府・自治体職員による開発の審査及び助言の支援</li> <li>• 中央省庁から民間・NGOなどによる事業計画にNDSやPPGの視点を提供する</li> <li>• OPSは「本文」と「計画図」の2つで構成されている。</li> <li>• 本文には下記の内容が含まれる             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 開発の背景:課題、開発動向、目的、規制の概説を含む</li> <li>➢ 方針・提案:土地利用もしくは具体的対象毎の方針</li> </ul> </li> <li>• 計画図には下記内容が含まれる。             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 開発戦略図:主要提案事項が地図上に示されている</li> <li>➢ 開発管理図:開発可能なエリアと原則として開発を規制するエリアが示されている</li> </ul> </li> </ul>
<p>建築土地利用申請の 手引き(BLUPG: The Building and Land Use Permit Guide)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 開発・建築申請の準備・提出・手順について説明された手引き資料</li> <li>• 申請者、開発・建築計画のための関係者、自治体職員を対象として作成されている。</li> <li>• 申請者はこの手引きを開発・建築申請のための書類をそろえるためのチェックリストとして活用している。</li> <li>• この手引きにはTCPA、PDA、BA、LGA、PPG、OPSの内容の簡略版が含まれている。</li> </ul>

### 3.10.3 「モ」国の地すべり危険地域の現状

#### a. 既存開発エリアにおける大規模地すべりリスクの顕在化（例：Chitrakoot）

Chitrakoot には古くから大規模な地すべり災害の危険性があったが、それが顕在化していなかったために、住宅の建設が進んだ。1989年頃には100戸連坦程度の集落が形成さ

れていることが確認されている。

#### b. 斜面における不適切な造成や建築行為による被害の誘発（例：Quatre Soeurs）

被害を受けた住民への聞き取り調査によれば、2003年に家屋を建築するため、斜面の切土と擁壁の設置を行っており、その後、2005年の降雨によって地すべりの被害を受けている。このことから、軟質な粘性土からなる斜面に対する切土が斜面を不安定化させていたところに、豪雨によって地下水位が急激に上昇し、地すべりが発生した可能性も考えられる。

#### c. 都市近郊の開発圧力が高い斜面地へのスプロール化（例：Vallee Pitot）

Vallee Pitot 地区の被害が出ているエリアから南西・南東方向の斜面を撮影した写真を下記に示す。写真右側の Port Louis 中心市街地から、写真中央・左側の斜面に向かって無秩序な開発の進行（スプロール化）が確認できる。

### 3.10.4 PPGへの提言案

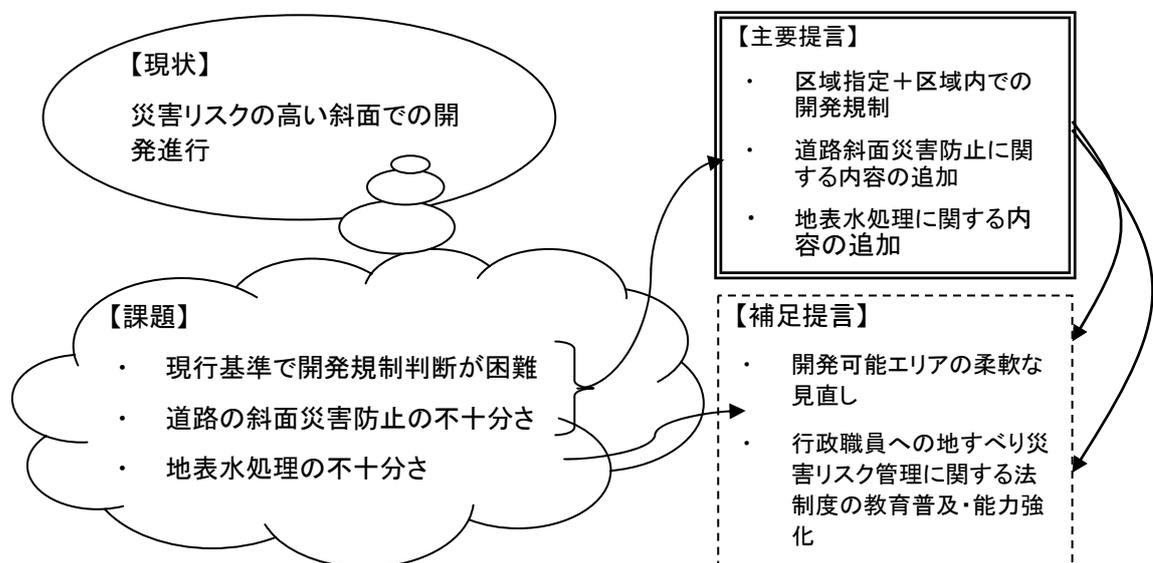


図3.10.3 PPG への提言の概略イメージ（出典：JICA 調査団）

上記課題への主要提言として、下記を提案する。

- 斜面災害危険地の区域指定
- 指定区域内での開発規制の導入

PPG への提言案として、現行条文に対する追加修正案及びその理由・必要性をまとめた結果を報告書本編に示した

### 3.11 初期調査の技術ガイドライン

本技術ガイドラインは、地すべり災害が発生した場合にどのような対応をするべきかを取りまとめたガイドラインであり、MPI 職員が地すべり災害直後から実施すべき、文献資料調査、緊急現地調査、緊急対応、詳細調査計画の立案の方法論について記載している。詳細調査計画の立案後に実施していく調査・解析やモニタリング、設計、施工については、次節に述べる「実務手順書（地すべり対策マニュアル）」で詳述する。

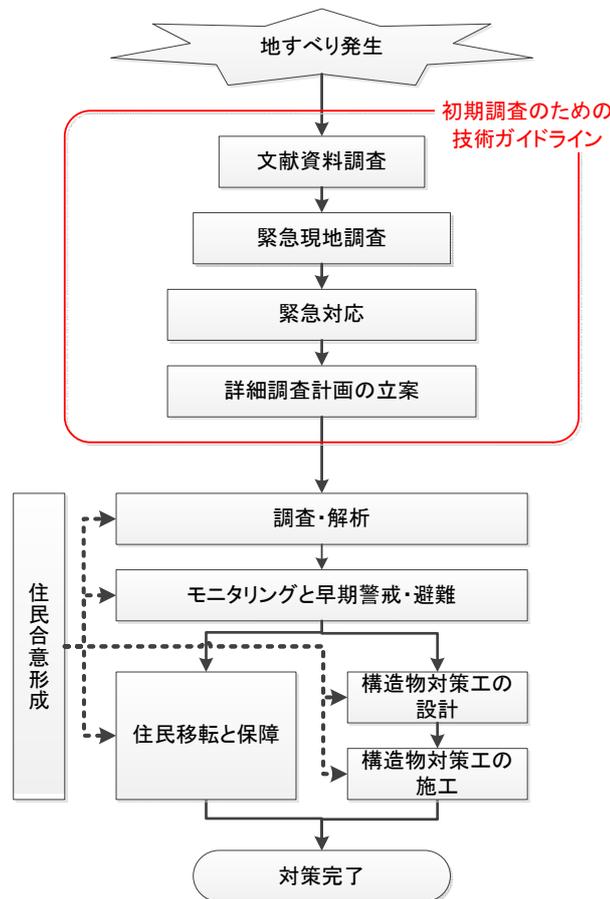


図3.11.1 初期調査のための技術ガイドラインの適用範囲（出典：JICA 調査団）

表3.11.1 初期調査のための技術ガイドラインにおける記載内容（出典：JICA 調査団）

章	題	記載内容
1	はじめに	・本ガイドラインの目的・構成 ・「モ」国の地すべり概要 ・初期調査の流れ
2	文献資料調査	・収集資料と利用法 ・法規制・土地利用規制の確認
3	緊急現地調査	・対象エリアの選定 ・緊急現地調査・解析 ・緊急モニタリング
4	緊急対応	・構造物対応 ・避難・移転 ・早期警戒体制
5	詳細調査計画の立案	・詳細調査の考え方 ・対策方針の考え方

### 3.12 実務手順書(地すべり対策マニュアル)

本マニュアルは、地すべり災害のリスクを軽減するために、どのような対策を実施すべきかを取りまとめたマニュアルであり、MPI 職員が地すべりの調査・解析を実施し、対策工の計画・設計・施工までを自ら実施できるように支援するものである。また早期警報・避難手順のレビュー、PPG のレビューを踏まえて作成し、戦略的な開発誘導の手法や留意点等にも言及する。F/S とパイロット事業での問題点やその解決法、解決に至った経緯等も本マニュアルに盛り込む。

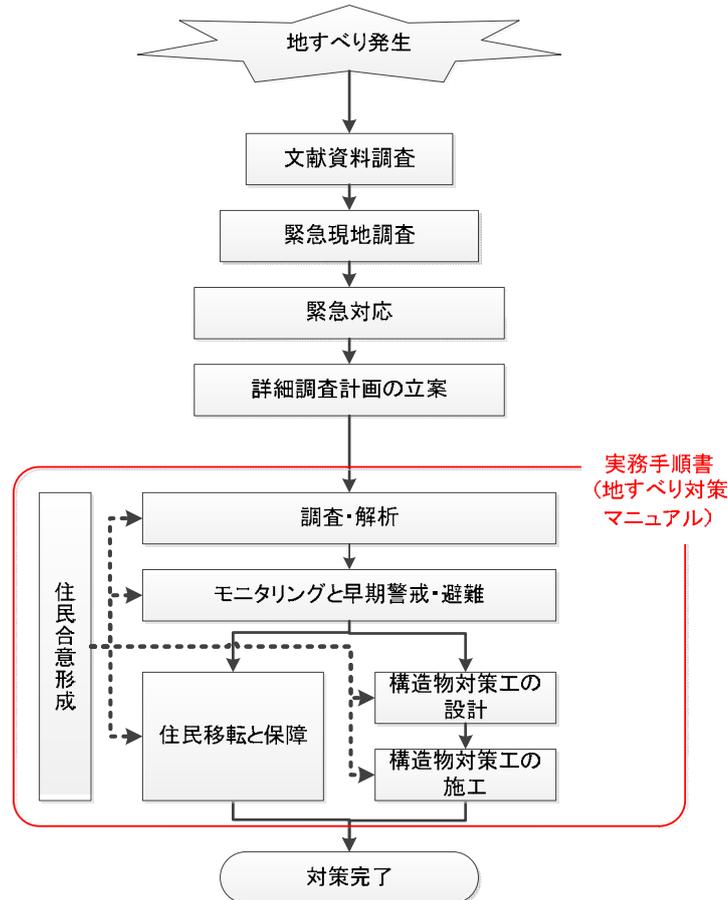


図3.12.1 実務手順書(地すべり対策マニュアル)の適用範囲（出典：JICA 調査団）

表3.12.1 実務手順書(地すべり対策マニュアル)における記載内容（出典：JICA 調査団）

章	題	記載内容
1	総説	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「モ」国の地すべり概要</li> <li>・本マニュアルの目的・内容</li> <li>・本マニュアルの適用・構成</li> </ul>
2	調査・解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測量、空中写真判読、地表踏査、ボーリング調査、物理探査</li> <li>・室内試験、水質分析</li> <li>・モニタリング機器設置</li> <li>・地すべり断面図、移動範囲・ブロック・移動方向・土塊量</li> <li>・すべり面考察</li> <li>・素因と誘因</li> <li>・安定解析と安全率</li> </ul>
3	モニタリングと早期警戒・避難	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリング体制と情報伝達手法</li> <li>・警戒基準と避難基準の設定</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・関連機関の責任・役割</li> <li>・避難の実施方法</li> </ul>
4	住民移転と保障	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存法令(PPG等)・地域計画の概要</li> <li>・警戒区域と特別警戒区域の考え方</li> <li>・移転・保障箇所の特定方法</li> <li>・移転の実施方法</li> <li>・保障の実施方法</li> </ul>
5	住民合意形成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・住民合意形成の意義・重要性</li> <li>・住民合意形成の流れ</li> <li>・実施時期と合意すべき内容</li> <li>・住民意見の取扱い</li> </ul>
6	構造物対策工の設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地すべり対策設計の考え方</li> <li>・抑制工の設計・抑止工の設計</li> <li>・環境社会配慮</li> </ul>
7	構造物対策工の施工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工計画</li> <li>・施工上の留意点</li> <li>・施工、施工監理</li> </ul>
8	緊急調査・対策	【初期調査ガイドラインの要点抜粋】

### <第3章の参考文献>

- <sup>1</sup> PMO (2011): Cyclone and Other Natural Disasters Scheme (2011-2012) および、JICA (2012): モーリシャス国「海岸保全・再生に関する能力向上プロジェクト」及び「モーリシャスにおける地すべり対策プロジェクト」詳細計画策定調査報告書
- <sup>2</sup> 本プロジェクトでは、警戒区域・特別警戒区域の区域指定について技術移転を行う予定。今後、MPI が関係機関と協働で「モ」国全土の区域指定に取り組み、その区域について警戒避難体制構築や移転、教育普及などに取り組むことが求められる。上記区域以外にも、本プロジェクトの調査に基づく危険地リスト（現行災害スキームの List of Landslide-Prone Areas in Mauritius の更新版）と今後発生する地すべりについては、随時調査を実施し、将来的に区域指定を行うことが求められる。
- <sup>3</sup> 国家災害対策運営調整本部（NDOCC : National Disaster and Operations Coordination Centre）：平常時は日本の 119 番に相当する警察本部緊急情報室（Police Information and Operations Room）。災害時には NDOCC のコアとなる機関。
- <sup>4</sup> 国土交通省（2012）：土砂災害防止法 平成 23 年度政策レビュー結果（評価書）（案）
- <sup>5</sup> 同上

# Chapter 4

---

*地すべり管理計画 2 (解析と解釈)*

*Landslide Management Plan 2  
(Analysis and Interpretation)*

## 4 地すべり管理計画 2（解析と解釈）

### 4.1 地質解析

#### 4.1.1 Chitrakoot

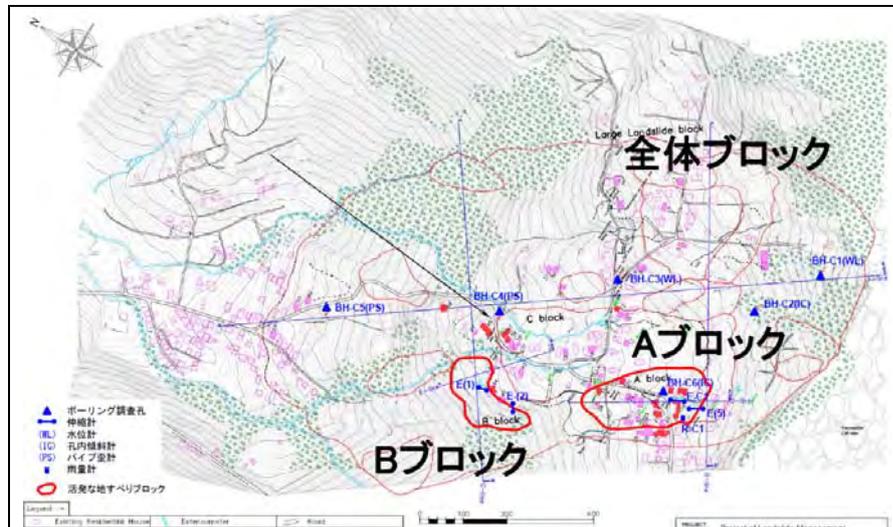


図4.1.1 Chitrakoot の地すべりブロック(出典: JICA 調査団)

#### a. Aブロック

Aブロックは“全体ブロック”の中の左わきの中央部に位置し、長さ 300m、幅 150m 程度のブロックである。A ブロック内には学校のほか人家も多く密集している。A ブロック内の学校および学校周辺の人家では、構造物にクラックが発生しているほか、A ブロック内孔内傾斜計は深度 7m で地すべりすべり面が確認されている。

#### b. Bブロック

Bブロックは“全体ブロック”の左脇のやや末端部に近い場所に位置し、長さ 100m、幅 200m 程度のブロックである。B ブロック内には人家 3 件のみで、ほとんどが荒地である。3 件の人家ともにクラックなどの変状がみられる。

#### c. 全体ブロック

全体ブロックは中央部と西部に人家の変状がみられ、過去に地すべりの活動があったことがうかがえるが、現在の地すべりの活動は活発ではないように見える。全体ブロックの中には A ブロック、B ブロックの他に多くの地すべりブロックが地形より判別される。全体ブロックが一体となった動きをするのではなく、中の小ブロックがそれぞれ活動しているものと考えられる。

#### 4.1.2 Quatre Soeurs

地表踏査および航空写真の地形判読から、Quatre Soeurs では地すべりブロックとして、山側の A ブロックと海側の B ブロックの二つの地すべりブロックが認められる。Quatre Soeurs 全体の地すべりブロックは明瞭でなく、かつては全体が動いた可能性もあるが現在は全体ブロックの活動は地形からも、地面や構造物の変状状況からも認められない。

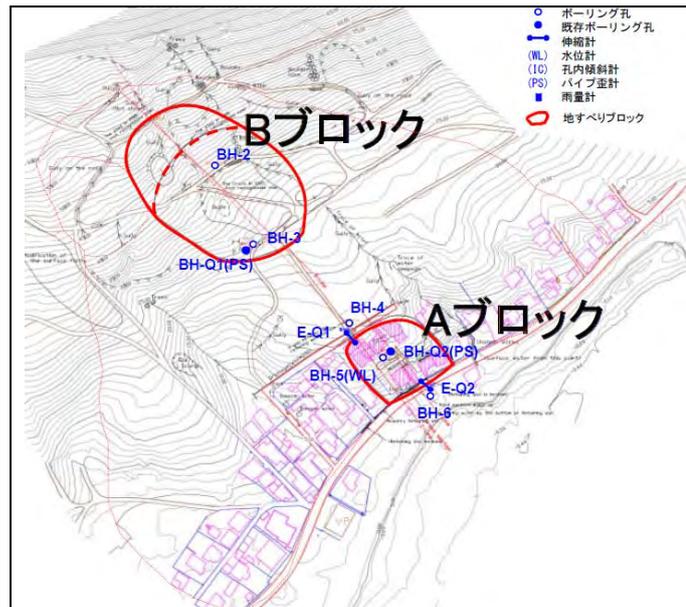


図4.1.2 Quatre Soeurs の地すべりブロック(出典:JICA 調査団)

#### a. Aブロック

Aブロックは、この地域の斜面の最下部に位置する、長さ 60m、幅 50m程度の地すべりブロックである。ブロック内は、比較的急斜面で人家が密集し、末端は海岸道路に接している。ブロック内の人家の多くにクラックなどの変状が発生している。この変状の多くは 2005 年と 2008 年の豪雨に発生した地すべり活動によるものである。

#### b. Bブロック

Bブロックは、海に向かってゆるい傾斜地に長さ 150m、幅 100m 程度の地すべりブロックで、ブロック内には人家などの構造物はなく農地として利用されている。ブロック内にはクラックなどの変状はなく、地すべりの動きは非常に緩慢か停止していると考えられる。これは本プロジェクトで設置したひずみ計に全く変状が表れていないことから裏付けられる。

### 4.1.3 Vallee Pitot

地表踏査から、Vallee Pitot では最大長さ 80m、幅 100mの地すべりブロックが想定される。さらに地域内に発生している家屋や水路などの変状状況から、地すべりブロックの中に多数の小地すべりブロックがあるものと考えられる。現在確認されている小地すべりブロックは、図中に示す A から E の 5 ブロックである。

Vallee Pitot ではボーリングなどの地質調査は行われていないため、地質の詳細は不明である。崩積土が斜面を覆っていることは確実であるが、その深度は不明である。地すべりのブロックの規模から、地すべり面の深度は 5-6 m 程度と考えられる。

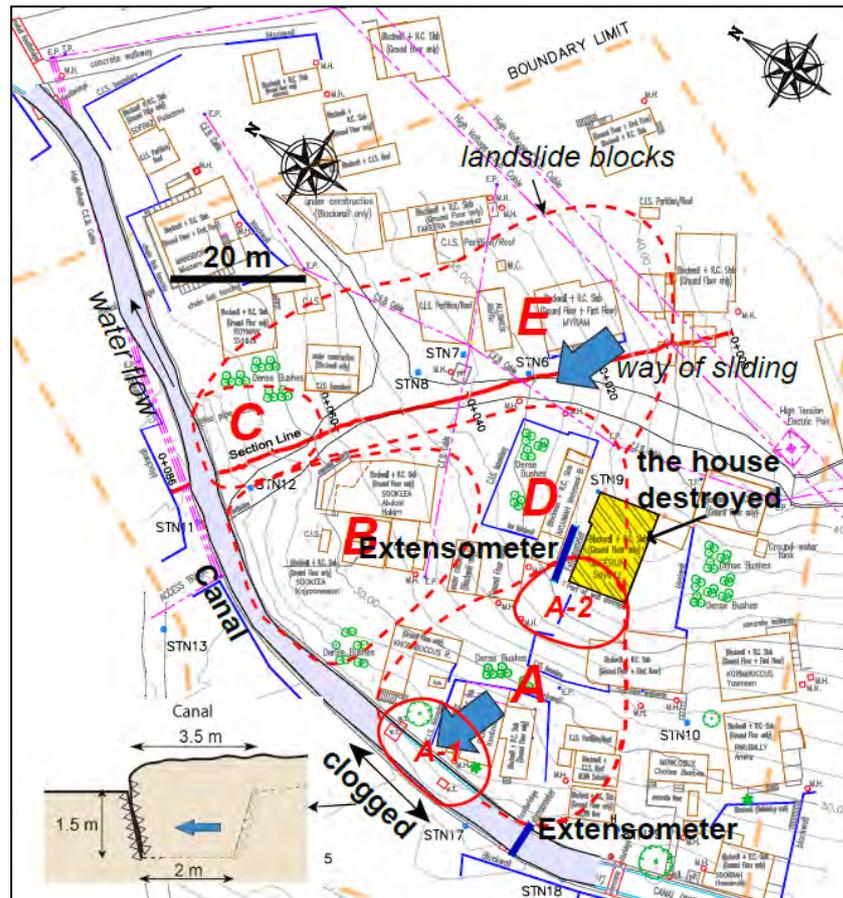


図4.1.3 Vallee Pitot の地すべりブロック(出典:JICA 調査団)

## 4.2 モニタリング解釈

### 4.2.1 Chitrakoot

#### A ブロック

地すべりの活動：A ブロック内に、E(5)、E-C1 の 2 つの伸縮計が設置されている。E(5)は 2013 年の雨季に 15 mm 程度の変位が見られたが、その後、変位はほとんどない。E-C1 の変位は 10 mm 以内で大きな変位は見られない。傾斜計 BH-C6 により、明瞭な地すべりの活動が確認されたものの、2 台の伸縮計の観測から、2013 年 2 月から 2014 年 12 月まで A ブロックの地すべり活動はほぼ停止していた。2015 年 1 月は、E(5)、E-C1 とともに 20-30 mm の変位を記録している。これは 2015 年 1 月 21 日に被害をもたらした地すべり活動である。

ただ、2015 年 1 月 21 日以前の 2015 年 1 月中の降雨は、最大日雨量は 38.5 mm（1 月 20 日）であり、サイクロン Bansi が近づいた 1 月 12 日頃でも 33.0 mm（1 月 9 日）、24.5 mm（1 月 11 日）とそれほど多雨ではなかった。

地すべりの深さ：A ブロック内の孔内傾斜計 BH-C6 の深度 7m で明瞭な地すべり面が確認された。Chitrakoot 地すべり地域で、すべり面の深さが確認されたのはこの孔だけである。

地下水：A ブロック内のボーリング孔 BH-11 では雨季には水位は地表面以上にあることが確認された。6 月以降には水位は低下傾向にある。A ブロック外ではあるが、BH-C1 でも地下水位は雨季に高く、雨季以外に低い傾向が明瞭である。BH-11 および BH-C1 では、地下水の季節変化は明瞭であるが、日雨量、時間雨量に対する変化はほとんどない。このことから、A ブロックおよび周囲の地すべり地内では、地下水位は季節的には変化しているものの、短時間の雨に対しては地下水は上昇しないと思われる。

#### B ブロック

地すべりの活動：地すべりの活動を計測する伸縮計は、B ブロックの中に E(1)と E(2)の 2 台が設置されている。E(1)、E(2)ともに変位が継続しているものの、変位は地すべりの動きを示したものであるとはいえない。人家等に大きな変状が発生していないので、地すべりの活動は活発ではないと思われる。

地すべりの深さ：B ブロック内では地すべりの深さを測定する計器は設置されていない。

地下水：B ブロック内では、地下水の計測はおこなわれていないため、地下水位の正確な記録はない。雨季において地表が広く湿っていることや、付近のボーリング孔の水位が地表から 1-2m と比較的浅いことから、地下水は雨季にかなり高くなるものと思われる。

#### 全体ブロック

地すべりの活動：Chitrakoot に設置してある計器で地すべりの活動をとらえることができる計器は、伸縮計、孔内傾斜計、ひずみ計である。特に伸縮計は地すべりの活動を自動的に測定できる。このうち、地すべりの活動を明瞭にとらえたのは、A ブロック内の傾斜計 BH-C6 のみである。傾斜計 BH-C2 では、地すべりによるとみられる変位が表れているが、明瞭ではない。伸縮計、ひずみ計では、明瞭な地すべりの活動はとらえられていない。BH-C6 によりブロック A の地すべり活動が確認されたが、A ブロック内でも、2

台の伸縮計では明瞭な地すべり活動は確認できていない。このことから、A ブロックは活動の異なるさらに小さな地すべりブロックにより構成されている可能性がある。また、広い Chitrakoot 地すべり地に対して、設置されている計器は限られているため、A、B ブロック以外にも活動している地すべりブロックがある可能性はある。

#### 4.2.2 Quatre Soeurs

##### A ブロック

地すべりの活動：レーザー距離計による 2 点間距離を測ることで地すべりの活動を知ることができるが、レーザー距離計の結果からは明瞭な地すべりの活動は確認されていない。ひずみ計で変位が表れていることから、A ブロックはわずかながら活動している可能性がある。地表の観察では、2012 年 10 月以降に地すべりの活動は確認できていない。

地すべりの深さ：A ブロックには、地すべりの深度を測ることができるひずみ計 BH-Q2 が設置されているが、明瞭な。明瞭ではないが、深度 10m 付近に変位が表れているため、深度 10m 付近に地すべり面があることも考えられる。

地下水位：A ブロック内のほぼ中央の BH5 に設置した水位計は、地下水の大きな変化をとらえている。降雨時には地表付近まで水位が上昇し、それ以外は 3.5m から 4.0m 付近に地下水位がある。降雨と地下水位が密接に連動していることがわかる。この地下水は、浅い透水性の高い地層を流れていると考えられる。この地下水が地表付近まで何度も上昇しているが、地すべりによる変状が A ブロック内に見られないことから、この地下水が地すべりに与える影響は小さいことが考えられる。

##### B ブロック

地すべりの活動：B ブロックには地すべりの活動を測ることができる伸縮計などは設置されていないため、直接的に地すべりの活動を知ることができない。ブロック内に設置されているひずみ計 BH-Q2 では明瞭な地すべりの動きが確認されていないので、地すべりはほとんど活動していないものと考えられる。地表の観察では、2012 年 10 月以降に地すべりの活動、兆候は確認できていない。

#### 4.2.3 Vallee Pitot

地すべり頭部の EV1 は、2013 年 2 月の設置直後に大きな伸長変位があらわれ、その後も降雨と連動して、わずかな伸長変位が出ていたが、2014 年 1 月以降には、変位は 10 mm 以内と変位は小さくなっている。地すべり末端部の EV2 は、穏やかな伸長と急激な圧縮を繰り返す傾向が続いているが、地すべりの変位として圧縮変位をとらえている。

2 基の伸縮計で地すべりの頭部で伸長、末端部で圧縮という典型的な地すべり変位が観測されている。しかし、2013 年 2 月以降の変位量はあまり大きなものではなく、2014 年 3 月 21 日の豪雨でも大きな変位は観測されなかった。

2015 年 1 月に EV1 で約 60 mm と大きな変位が記録されたが、EV2 では変位はほとんどなかった。

### 4.3 土壌雨量指数による閾値の検討

土壌雨量指数とは、降水が土壌にしみ込み、土壌中の水分量としてどの程度蓄えられているかを把握するための指標である。土壌雨量指数の利点として、伸縮計及び雨量計では、地上の水文条件のみを考慮しているが、土壌雨量指数は土壌中の地下水の性状を指数化できるため、地下水に反映した地すべり活動をよりの確に予測して、高精度の早期警戒避難値が設定できる可能性があるからである。日本でも気象庁により土壌雨量指数が導入されており、5km 格子ごとに基準値が設定されている。

本プロジェクトにおいても、伸縮計及び地上雨量計のモニタリング結果を用いて、既存の早期警戒避難値の検討を行っているが、今回は新たに土壌雨量指数を用いて早期警戒避難値を検討した。

#### 4.3.1 解析方法

土壌雨量指数の計算では、一般に 3 段直列のタンクモデルが用いられる。それぞれ上から第 1 タンクは表面流出、第 2 タンクは表層浸透流出、第 3 タンクは地下水流出に相当する。降雨は、時間の経過と共に上から下のタンクへ移動し、時間当たりの移動量はタンク内の水分量に比例する。土壌雨量指数は、各タンクに残っている水分量の合計となる。

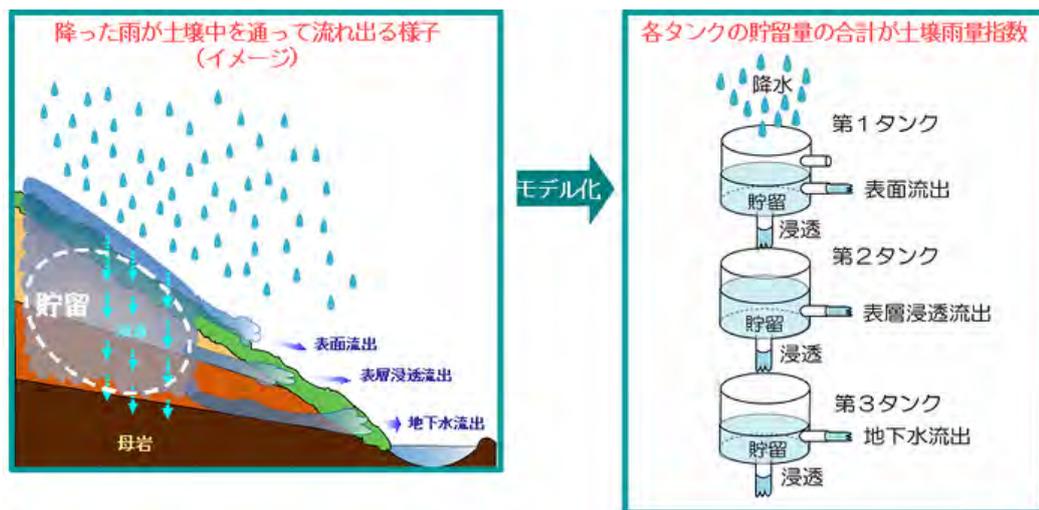


図4.3.1 土壌雨量指数のイメージ<sup>1</sup>

#### 4.3.2 使用したデータ

##### a. 雨量データ

土壌雨量指数の解析にあたり、当該地の時間雨量データが必要となる。過去の雨量データ入手において、本プロジェクトでは「モ」国 MMS および GSMaP の 2 種類のデータを手に入れた。

##### b. 災害履歴

解析に必要な Chitrakoot 地域および Quatre Souers 地域の土砂災害履歴は、主に本プロジェクトの準備報告書から収集した。

## c. 累積降水量

累積降水量のリセット基準は、日本では通常3～6時間を用いることが多いが、今回の解析では日雨量を24時間に分割するため、3～6時間のリセット基準は用いられない。そのため、本解析においては、リセット基準を24時間、すなわち24時間、無降雨の場合に累積値は0mmにリセットすることとした。

### 4.3.3 解析結果

#### a. Chitrakoot地域

Chitrakoot 地域での GSMaP のデータによる解析結果では、概ね102を超える場合に、地すべり発生の可能性があるとは推論される。

#### b. Quatre Soeurs地域

MMS のデータによる解析結果では、146を超える場合に、地すべり発生の可能性があるとは推論される。一方、GSMaP のデータを用いて解析を行った結果、概ね147を超える場合に、地すべり発生の可能性があるとは推論される。

### 4.3.4 今後の「モ」国での土壌雨量指数の利用について

#### a. 土壌雨量指数を使った早期警戒避難値の閾値について

- Chitrakoot 地域：土壌雨量指数 102 以上
- Quatre Soeurs 地域：土壌雨量指数 146 以上

#### b. 今後の精度向上

本解析における土壌雨量指数の閾値は、「モ」国の MMS データ（日雨量を24時間に分割）および GSMaP データにより解析した閾値であり、本来であれば時間雨量の実測値を用いて解析すべきである。また、災害履歴においても、「モ」国では土砂災害履歴に関する情報がほとんど整理されておらず、詳細な情報（災害の発生日時、移動量等）がかなり不足しているため、閾値の検討において十分な議論ができない箇所があった。

- 「モ」国全土における時間雨量観測が可能な気象システムの導入
- NDRRMC や MPI などによる土砂災害履歴情報の蓄積と管理

上記の2点を解決することにより、実測値による土壌雨量指数の解析が可能となり、さらに、蓄積された災害履歴から高度な閾値の設定が可能となる。

## 4.4 安定解析

### 4.4.1 地すべり安定解析の安全率

地すべりの安定度は安全率で評価される。安全率はモニタリングや地盤調査の結果を基に安定解析を行なって得られるものである。地すべりの現状の安定性は、活動している（安全率  $F_s$  が 1.0 以下）もしくは、休止している（安全率  $F_s$  が 1.0 以上）かで、決定される。

表4.4.1 現在活動中の地すべり安全率の定義<sup>2</sup>

安全率	地すべりの状況
$F_s = 0.95$	常に継続的に活動している場合
$F_s = 0.98$	降雨などに対応して継続して活動している場合
$F_s = 1.00$	沈静した場合

### 4.4.2 安定解析のための各種定数の設定

### 4.4.3 安定解析の手法

### 4.4.4 安定解析の実施

#### a. Chitrakoot 地域

Chitrakoot地域では、活動的な地すべりブロック（AブロックとBブロック）について、以下の通り安定解析を実施した。

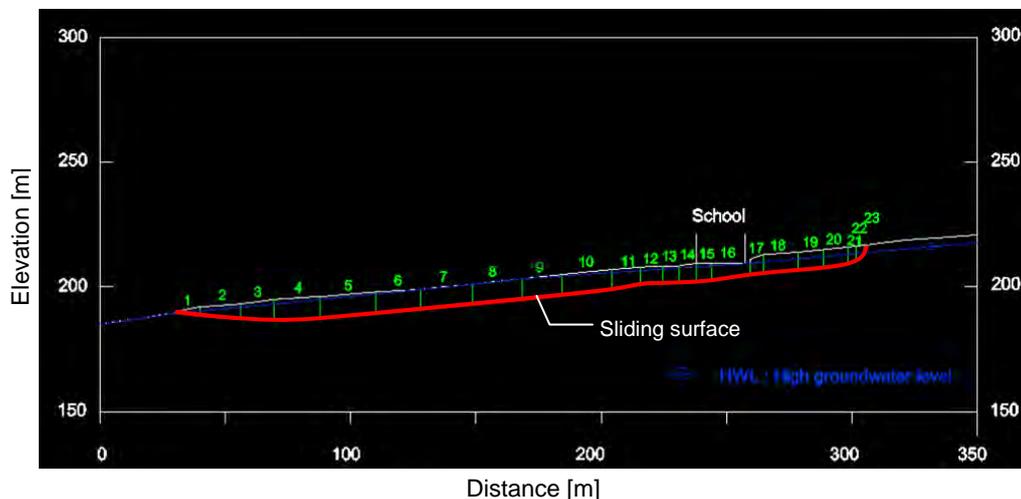


図4.4.1 Chitrakoot 地域・Aブロックの安定解析断面図（出典：JICA 調査団）

表4.4.2 Chitrakoot 地域の地すべりブロック A および B の安定解析結果（出典：JICA 調査団）

地すべりブロック	現況安全率 $F_{S0}$	単位重量 $\gamma t$ [kN/m <sup>3</sup> ]	粘着力 $C$ [kN/m <sup>2</sup> ]	内部摩擦角 $\phi$ [deg]
A ブロック	0.98	18.0	5.0	5.37
B ブロック	0.98	18.0	5.0	7.67

## b. Quatre Soeurs 地域

Quatre Soeurs 地域では、2005年に活動した地すべりブロック（AブロックとBブロック）について、以下の通り安定解析を実施した。

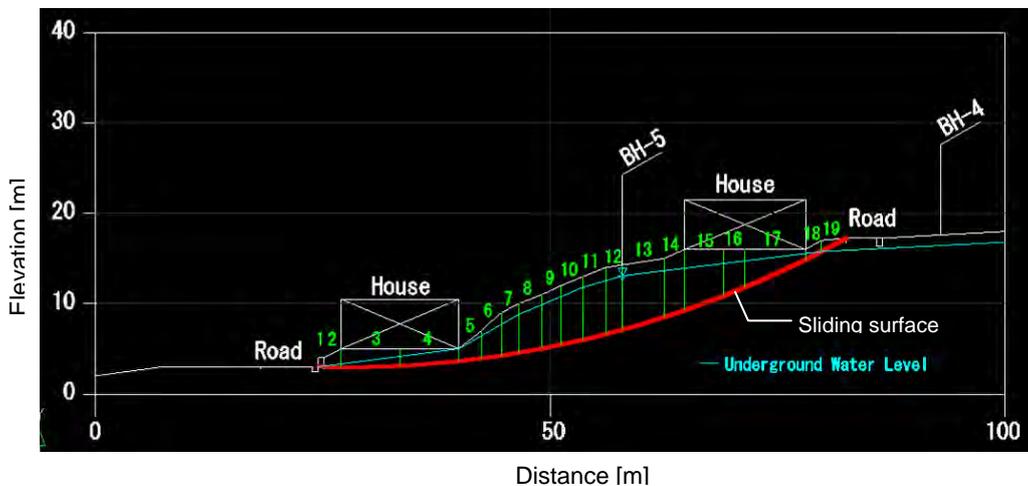


図4.4.2 Quatre Soeurs 地域・Aブロックの安定解析断面図（出典：JICA 調査団）

表4.4.3 Quatre Soeurs 地域の地すべりブロック A および B の安定解析結果（出典：JICA 調査団）

地すべりブロック	現況安全率 $F_{S0}$	単位重量 $\gamma t$ [kN/m <sup>3</sup> ]	粘着力 $C$ [kN/m <sup>2</sup> ]	内部摩擦角 $\phi$ [deg]
A ブロック	1.00	16.0	8.0	16.08
B ブロック	1.00	16.0	8.0	13.00

## c. Vallee Pitot 地域

A-2ブロックとEブロックについて、以下の通り安定解析を実施した。

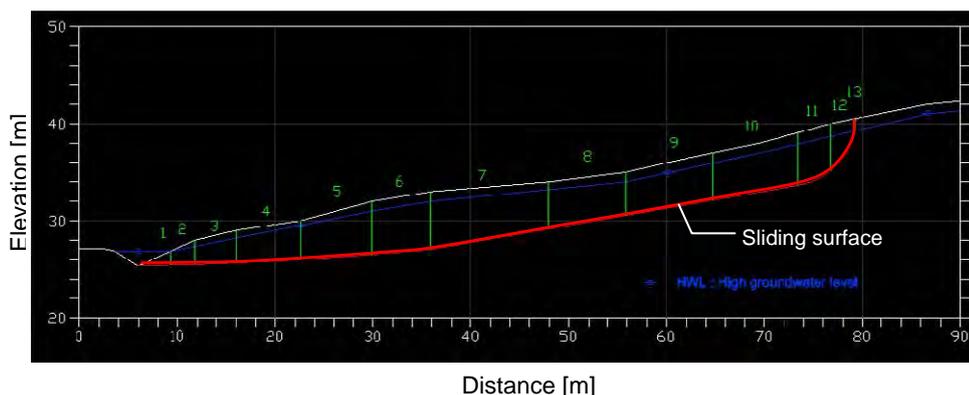


図4.4.3 Vallee Pitot 地域・Eブロックの安定解析断面図（出典：JICA 調査団）

表4.4.4 Vallee Pitot 地域の地すべりブロック A-2 および E の安定解析結果（出典：JICA 調査団）

地すべりブロック	現況安全率 $F_{S0}$	単位重量 $\gamma t$ [kN/m <sup>3</sup> ]	粘着力 $C$ [kN/m <sup>2</sup> ]	内部摩擦角 $\phi$ [deg]
A-2 ブロック	0.98	18.0	1.5	12.21
E ブロック	0.98	18.0	5.0	9.88

#### 4.4.5 土の強度の評価

地すべり安定解析で使用した土の強度定数 $C \cdot \phi$ の妥当性を検証する目的で、室内土質試験の一つであるリングせん断試験を実施し、地すべり粘土の残留強度を求めた。

表4.4.5 リングせん断試験結果、粘着力 $C$ と内部摩擦角 $\phi$ （出典：JICA 調査団）

地すべり	土の強度の設定方法	粘着力 $C$ [kN/m <sup>2</sup> ]	内部摩擦角 $\phi$ [deg]
Chitrakoot Block A	<b>リングせん断試験結果</b>	<b>8.7</b>	<b>11.8</b>
	安定解析に使用した値	5	5.37
	塑性指数PIからの推定	-	4-22
Quatre Soeurs Block A	<b>リングせん断試験結果</b>	<b>5.7</b>	<b>12.2</b>
	安定解析に使用した値	8	16.08
	塑性指数PIからの推定	-	4.5-24.5
Vallee Pitot Block A-2	<b>リングせん断試験結果</b>	<b>1.5</b>	<b>12.21</b>
	安定解析に使用した値	5	9.88

##### 【Chitrakoot・Aブロック】

今回の実施したリングせん断試験の結果は、地すべり活動の現状と合致しない大きな値と判断される。これは、今回採取した土試料がすべり面の土と異なるためと推察され、リングせん断試験の結果は安定解析には使用できない。

##### 【Quatre Soeurs・Aブロック】

リングせん断試験の結果は、安定解析の $C \cdot \phi$ に比べてやや小さいが概ね近い値であり、塑性指数PIからの推定値の範囲内にもある。このことから、安定解析に使用した土の強度は概ね妥当であったと判断される。

##### 【Vallee Pitot・A-2ブロック】

安定解析の $C \cdot \phi$ に比べ、リングせん断試験結果は $C$ が大きく $\phi$ は小さいが、ほぼ $C \cdot \phi$ 直線上に分布している。また、塑性指数PIからの推定値の範囲内にあり、安定解析に使用した土の強度は概ね妥当であったと判断される。

なお、Vallee Pitotでは、2015年からC/P（MPI）によって詳細な地すべり調査およびモニタリングが実施される。今後、当該地で地すべり対策工の詳細設計を行う際には、本プロジェクトで作成した $C \cdot \phi$ 図およびリングせん断試験結果と共に、詳細地すべり調査の結果を総合的に考察して、土の強度を再設定するべきである。

##### 【まとめ】

Chitrakootの場合、すべり面は崩積土層(Colluvium)と風化玄武岩の層境界であるため、リングせん断試験で得られた崩積土の強度と実際のすべり面強度が異なると推察される。一方、Quatre SoeursとVallee Pitotは、いずれも崩積土中にすべり面が発生しているため、リングせん断試験で得られた崩積土の強度と実際のすべり面強度に近い値を示したと考えられる。

## 4.5 危険度判定

### Chitrakoot 地域

Chitrakoot 地域において、大規模地すべりブロックと活動的な小規模地すべりブロック（AブロックとBブロック）について、以下の通り危険度の評価を実施した。

表4.5.1 Chitrakoot 地域の危険度評価結果（出典：JICA 調査団）

評価項目	評価内容	
	Aブロック	Bブロック
地すべり移動量と地下水位降雨量の関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2013年1月から3月の雨季に、地表面近くまで地下水位が上昇</li> <li>➢ 自噴するボーリング孔もあった</li> <li>➢ 降雨後に湧水が確認された</li> <li>➢ 降雨に連動して、伸縮計および孔内傾斜計で地すべりの移動が確認された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2013年1月から3月の雨季に、湧水が確認された</li> <li>➢ 地下水が地表面近くまで上昇していると推察される</li> <li>➢ 降雨に連動して、伸縮計で地すべりの移動が確認された。</li> </ul>
地表面・建物等の変状	地すべりブロック内の16軒の家屋、道路などに多数の変状が発生。	地すべりブロック内の3軒の家屋に変状が発生している。
安定解析結果	$F_{s0}=0.98$	$F_{s0}=0.98$
危険度の判定結果	<p style="text-align: center;"><b>危険度が高い</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ モニタリングを継続する</li> <li>➢ 早急な対策工の実施が必要</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>危険度が高い</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ モニタリングを継続する</li> <li>➢ 早急な対策工の実施が必要</li> </ul>

### Quatre Soeurs 地域

Quatre Soeurs 地域において、活動的な地すべりブロック（AブロックとBブロック）について、以下の通り危険度の評価を実施した。

表4.5.2 Quatre Soeurs 地域の危険度評価結果（出典：JICA 調査団）

評価項目	評価内容	
	Aブロック	Bブロック
地すべり移動量と地下水位降雨量の関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2013年1月から3月の雨季に、降雨に連動した地下水位が上昇あり</li> <li>➢ 降雨後に地すべり末端部で湧水が確認された</li> <li>➢ しかし、2013年のモニタリングでは、地すべりの移動は確認されなかった</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2013年1月から3月の雨季に、降雨に連動した地下水位が上昇あり</li> <li>➢ 降雨後に地すべり末端部で湧水が確認された</li> <li>➢ しかし、2013年のモニタリングでは、地すべりの移動は確認されなかった</li> </ul>
地表面・建物等の変状	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2005年の豪雨時に地すべりブロック内の11軒の家屋、道路、擁壁などに変状が発生した</li> <li>➢ しかし、2013年1月から3月の雨季に、変状の進行は認められなかった</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ブロック内は農地で、家屋の被害は無い</li> <li>➢ 2006年以降、顕著な変状は認められない</li> </ul>
安定解析結果	$F_{s0}=1.00$	$F_{s0}=1.00$

危険度の 判定結果	<b>危険度は中位</b>	<b>危険度は中位</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ モニタリングを継続する</li> <li>➢ 対策工の検討が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ モニタリングを継続する</li> <li>➢ 対策工の検討が必要。</li> </ul>

### Vallee Pitot 地域

Vallee Pitot 地域において、活動的な地すべりブロック（A-2 ブロックと E ブロック）について、以下の通り危険度の評価を実施した。

表4.5.3 Vallee Pitot 地域の危険度評価結果（出典：JICA 調査団）

評価項目	評価内容	
	A-2ブロック	Eブロック
地すべり移動量 と 地下水位 降雨量の関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2013 年 1 月から 3 月の雨季に、地すべり末端で湧水が確認された</li> <li>➢ 降雨に連動して、伸縮計で急激な地すべりの移動が確認された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2013 年 1 月から 3 月の雨季に、地すべり末端で湧水が確認された</li> <li>➢ 豪雨の際に新しいクラックが発生し、急激な地すべりの移動が確認された。</li> </ul>
地表面・建物等の 変状	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2013 年 2 月の降雨の際に 2 軒の家屋に大きな変状が発生</li> <li>➢ 地すべり活動のために住民が移転した</li> <li>➢ 滑落崖およびその周辺のクラックが急激に拡大した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2013 年 2 月の降雨の際に、3 軒の家屋に変状が発生</li> <li>➢ 滑落崖およびその周辺に開口クラックが生じた。</li> </ul>
安定解析結果	$Fs_0=0.98$	$Fs_0=0.98$
危険度の 判定結果	<b>危険度が高い</b>	<b>危険度が高い</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ モニタリングを継続する</li> <li>➢ 早急な対策工の実施が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ モニタリングを継続する</li> <li>➢ 早急な対策工の実施が必要</li> </ul>

### <第 4 章の参考文献>

<sup>1</sup> 気象庁HP

<sup>2</sup> 全日本建設技術協会(2010)

# Chapter 5

---

フイージビリティ調査  
*Feasibility Study*

## 5 フィージビリティ調査

### 5.1 優先地域とパイロットプロジェクト地域

#### 5.1.1 優先地域の選定

Chitrakoot 地域の地すべりは、「モ」国で最も活動的な地すべりの1つであり、大規模であることから、被災規模や対策工種も他の2地域と比較して、より多い。加えて、「モ」国政府からの強い要請もあることから、この地区を優先地域に選定する。

Vallee Pliot 地域の地すべりへの対応については、自立発展性に向けて、MPI が自ら取り組みたいとの要望があったため、優先地域に選定しなかった。MPI は 2013 年 10 月以降に、Vallee Pitot 地域での詳細な地すべり調査およびモニタリングを開始する。

Quatre Soeurs 地域では、既に MPI による住民の移転事業が進行しているため、本プロジェクトにおける優先地域に設定しなかった。

#### **優先地域（1 地域）：Chitrakoot / the Municipality of Port Louis**

#### 5.1.2 パイロットプロジェクト地域の選定

パイロットプロジェクト地域は、フィージビリティスタディ（以下、F/S）の結果に基づいて、優先地域の中から選定される。本プロジェクトでは、優先地域に選定した Chitrakoot 地域に対して F/S が実施された。ここでは F/S の結果の概要を以下に示す（F/S の詳細については 5.5 章を参照）。

- **施工計画 (Plan for pilot project)**：パイロットプロジェクト地域における地すべり対策は、「モ」国でもほぼ初めての対策工事であり、多くの地すべり地を抱える「モ」国においてモデルケースとなる極めて重要な対策である。
- **事業評価 (Pilot project evaluation)**：体制や予算も十分に確立しているほか、地方自治体・他省庁・地元住民の意識・協力体制も非常に高い。開発援助委員会評価 5 項目のいずれでも十分な評価が得られる状況であり、技術面、経済面、社会影響面それぞれを考慮しても、妥当かつ効果的な事業であると判断する。
- **環境影響評価 (EIA : Environmental Impact Assessment)**：JICA の環境社会配慮ガイドラインおよび MoESD の初期環境影響評価の Land reclamation and backfilling の調査内容を踏まえ、生態系への影響や住民移転を回避・最小化する計画が提案された。
- **資金調達の促進 (Promotion of fund raising)**：C/P を含めた「モ」国政府は地すべり対策事業に極めて積極的であり、かつ十分な予算も確保しているから、今後も自立発展的に防災対策事業を展開していくことが可能と判断できる。
- **組織強化計画 (Organizational reinforcement plan)**：「モ」国カウンターパートは、調査団の提案する日本の行政組織を範とした組織強化計画を参考に、自発的に組織強化に取り組むとともに、調査団の技術移転等からも積極的に学んでおり、組織強化計画は順調に行われている。

以上の F/S の結果に基づいて、Chitrakoot 地域はパイロットプロジェクト地域として適当であると判断した。

### パイロットプロジェクト地域（1 地域）：Chitrakoot / the Municipality of Port Louis

#### 5.1.3 パイロットプロジェクト地域での災害シナリオ

パイロットプロジェクト地域において、対策を検討するにあたり、はじめに想定される災害のシナリオを整理する。

A ブロック：地すべり：全長約 250m×幅約 100m×深さ約 6m

B ブロック：急傾斜崩壊（クリープ変形）：全長約 100m×幅約 150m

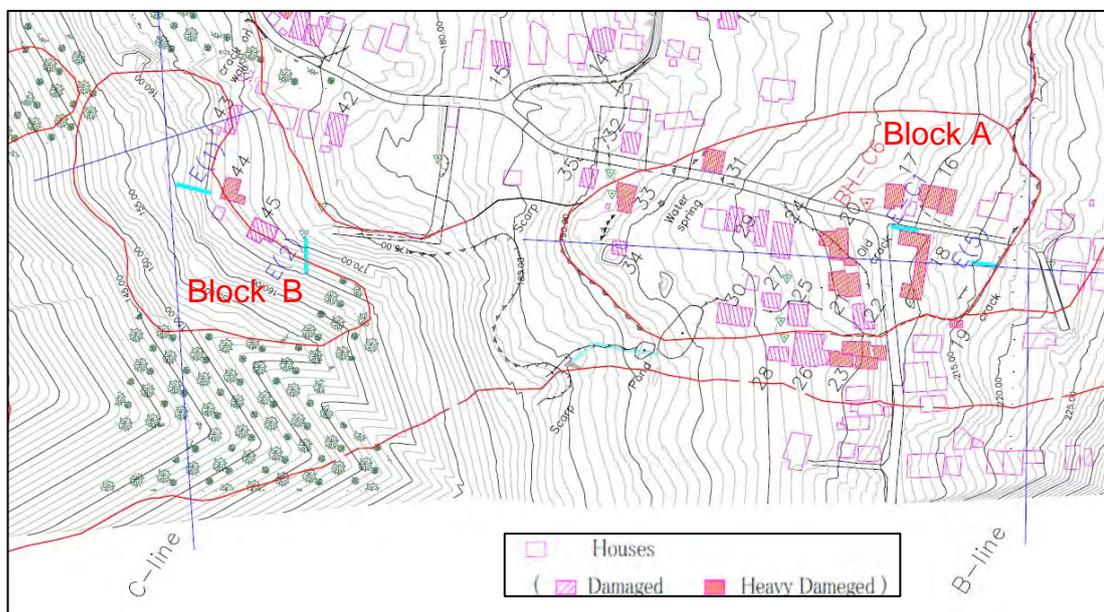


図5.1.1 AブロックとBブロックの状況(出典:JICA 調査団)

## 5.2 対策方針検討

### 5.2.1 Chitrakoot地区対策工計画

#### a. 対象地すべりブロック

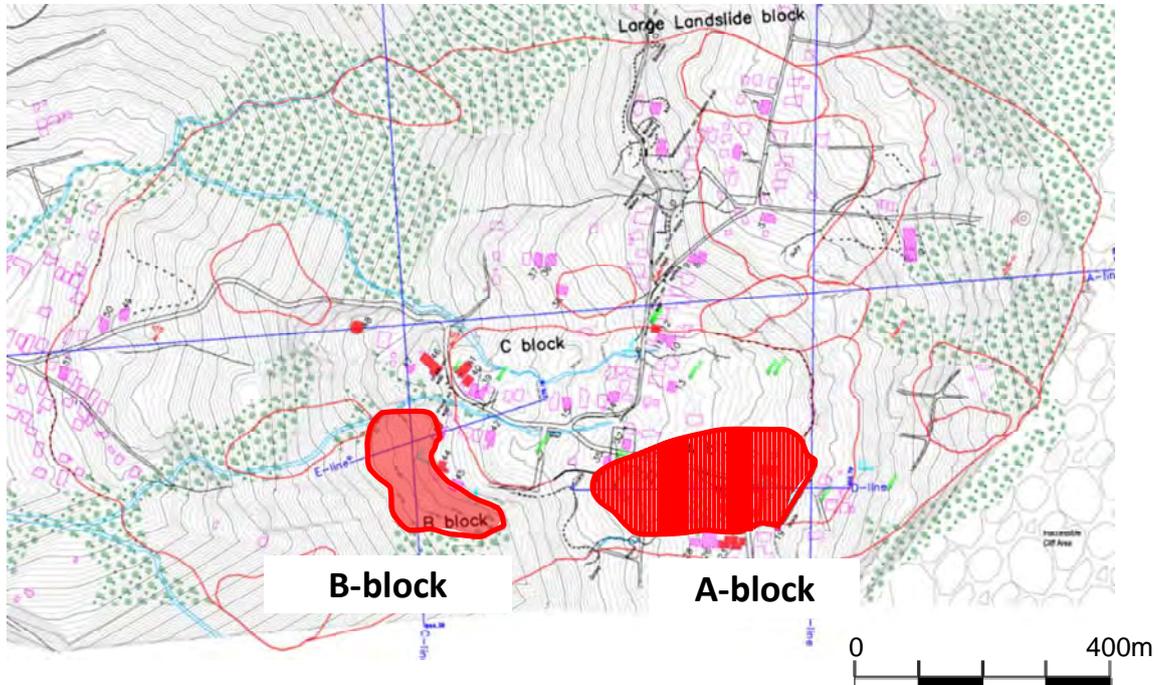


図5.2.1 Chitrakoot 地区地すべり対策工検討対象ブロック(出典:JICA 調査団)

#### b. 計画安全率

4.4章において決定された現状安全率に対して、地すべり対策工を実施することより到達すべき安全率が計画安全率である。計画安全率は保全対象の重要度により変わる。Aブロックでは、保全対象は住宅地であり、公立小学校も含まれることから、最終的な計画安全率を1.20とする。Bブロックは、保全対象が3軒の家屋となり、ここでも同様計画安全率は1.20とする。対策工は段階に実施していき、安全率を上げていく方針とする。目標として、最初に抑制工により、安全率を1.10まで上げ、その後必要に応じて追加の抑制工および抑止工を実施し、最終的な計画安全率1.20に引き上げることとする。

#### c. 対策工の基本方針

##### Chitrakoot地区A・Bブロックの地すべりの特徴

- 少なくとも2005年には活動を開始していることから、再活動型の地すべりであると考えられる。
- 降雨時のみ活動する（乾季にはほとんど活動しない）ことから、降雨とそれに伴う地下水の上昇が地すべり活動の主な原因と考えられる。
- 降雨時に水が地表を大量に流下し、地すべりの誘因となる地下水の急激な上昇を招いている。
- すべり面は浅く、表層の地下水が地すべり活動に関与している。
- 地すべりブロック内には多数の家屋がある。
-

## 対策の基本方針

- ▶ 地下水の上昇に伴い活動する再活動型地すべりなので、地下水の上昇を抑制する抑制工が最も有効な対策である。
- ▶ 地下水の上昇を招く地表水の排水施設の整備を優先に考慮する。
- ▶ 合わせて、表層の地下水の排除施設の整備を行う
- ▶ 持続可能性を考慮し、技術移転により「モ」国で実施可能な対策工を選定する。
- ▶ 施工後に「モ」国による対策工の維持管理が可能な工法を選定する。
- ▶ 対策工の施工により周囲の生活環境や周辺斜面の安定性に影響を与えないようにする。
- ▶ 排水工からの排水により土砂の流出および斜面の浸食などにより従来の環境に対して影響を与えないように配慮する。

### d. 対策工の検討および選定

抑制工により安全率 1.10 以上を確保することを目標とする。

#### Aブロック：

##### 計画対策工

抑制工：地下水排除工（水平ボーリング工、明暗渠工）  
地表面排水工（水路工）  
抑止工：杭工

#### Bブロック：

##### 計画対策工

抑制工：地下水排除工（水平ボーリング工）  
地表面排水工（水路工）  
抑止工：杭工

### e. 対策工の効果検討

#### Aブロック

抑制工を実施することにより、地すべりブロック内の地下水位を下げ、地すべりブロックの安全率を確保する。明暗渠工および地下水排除工による地下水位の計画低下高は H.W.L.（最高水位）から 2m とする\*<sup>3</sup>。これにより、A ブロック地すべりの安全率は、1.13 を確保することができる。

対策工の効果検討は、修正フェレニウス法を用いて、現状安全率計算と同じ地すべりモデルで計算を行った（4.2 章参照）。地盤定数も現状安全率計算と同様の条件で行った。計算結果は巻末資料に示した。

A ブロック上方に設置する大断面水路や表面排水路による地すべりブロック内の地下水位低下の効果については、設計上考慮することが難しい。これらの効果については、設置後の地下水位観測結果から、これらの水路工の効果を検討する必要がある。

最終的な計画安全率は 1.20、抑制工実施後のせん断力  $T$  は  $3293.95\text{kN/m}^2$ 、せん断抵抗力  $S$  は  $3721.18\text{kN/m}^2$  であることから（巻末資料：抑制工効果検討資料参照）、

$$Pr = 1.20 * 3293.95 - 3721.18 = 232$$

抑制工を実施した後の安全率 1.13 から計画安全率 1.20 にするために必要な単位幅当たりの杭の抑止力は、232 kN/m となる。

### Bブロック

ここでも A ブロック同様に、抑制工を実施することにより、地すべりブロック内の地下水位を下げ、地すべりブロックの安全率を確保する。地下水排除工による地下水位の計画低下高は H.W.L.（最高水位）から 2m とする\*<sup>3</sup>。これにより、B ブロック地すべりの安全率は、1.17 を確保することができる。

対策工の効果検討は、修正フェレニウス法を用いて、現状安全率計算と同じ地すべりモデルで計算を行った（4.4.4 章参照）。地盤定数も現状安全率計算と同様の条件で行った。計算結果は巻末資料に示した。

B ブロックの上位にある A ブロックへの対策工により B ブロック内の地下水位の低下が期待できるが、A ブロックの対策工による効果はここでは考慮しない。B ブロックへの対策工施工後に地下水位観測を継続し、効果を確認する必要がある。

最終的に計画安全率(P.Fs = 1.20)を得るために単位幅当たりの杭の必要な抑止力 Pr は(式 5-1)を用いて、算出した。最終的な計画安全率は 1.20、抑制工実施後のせん断力 T は 1058.91 kN/m<sup>2</sup>、せん断抵抗力 S は 1244.09 kN/m<sup>2</sup> であることから（巻末資料：抑制工効果検討資料参照）、

$$Pr = 1.20 * 1058.91 - 1244.09 = 27$$

抑制工を実施した後の安全率 1.17 から計画安全率 1.20 にするために必要な単位幅当たりの杭の抑止力は、27 kN/m となる。以下に計算条件および計算結果を示す。

### f. 対策工配置計画

対策工の選定および検討の結果から、以下の通り抑制対策工を配置する。

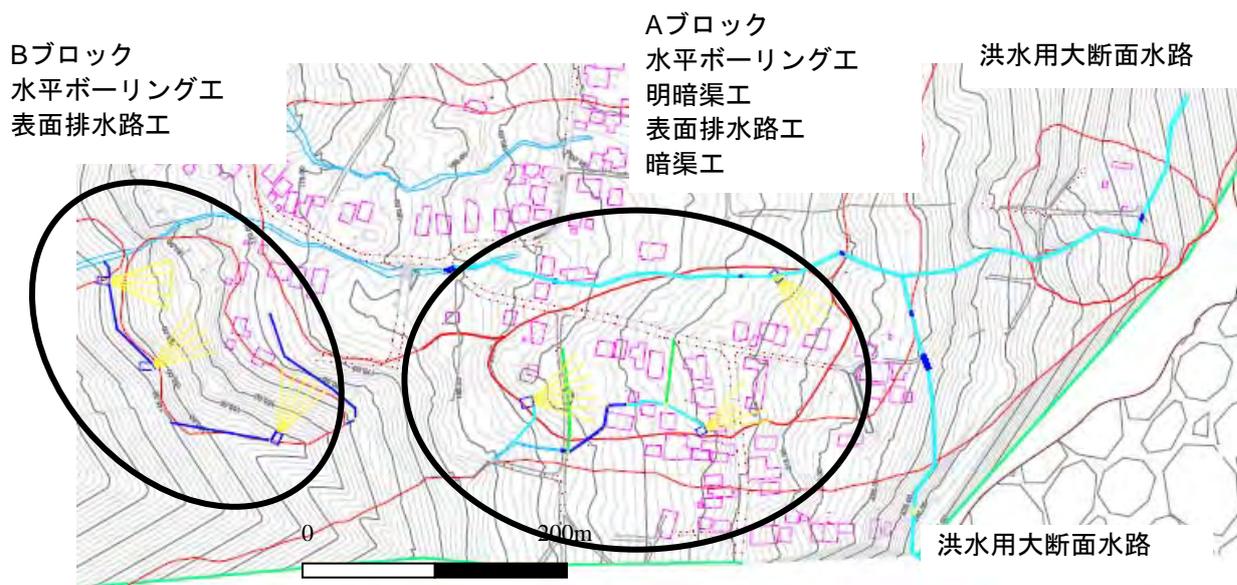


図5.2.2 チトラコート地区対策工計画配置図(出典: JICA 調査団)

## 5.2.2 Vallee Pitot緊急対応

2013年の雨季の終盤と直後の3月から5月にかけて、Vallee Pitotの地すべりブロックが活動し、土塊が斜面下部を横断する水路を山側から押し出した。地すべり土塊は、3面張の水路を20m以上にわたり破壊し、水路を完全にふさぎ、その先への水の流れを止めている。

### a. 水路の閉塞の問題

Vallee Pitot内の地すべりの活動により緊急に対応するべき問題が発生している。

- 1) 乾季には水路を流れる水はほとんどないが、雨季には多量の水が水路を流下する。水路が閉塞したまま放置した場合には、次の雨季（2014年1月から3月）には水が水路からあふれVallee Pitotの斜面下に洪水が発生する危険がある。
- 2) 水路の水位が上昇することによりVallee Pitot周囲の地下水位が上昇する可能性がある。地下水位が上昇することにより斜面が不安定となり、さらなる地すべりの活動の危険がある。

水路は、図5.2.10の縦断図に示すようにVallee Pitot地区から上流約100mのところで逆勾配になっている。そのためVallee Pitot地すべりに流れる水はこの100m区間に流れこむ下水と雨水のみで、比較的小さな範囲の集水域である。水路は表流水を受け止める雨どいのような役割を期待されているものと思われる。

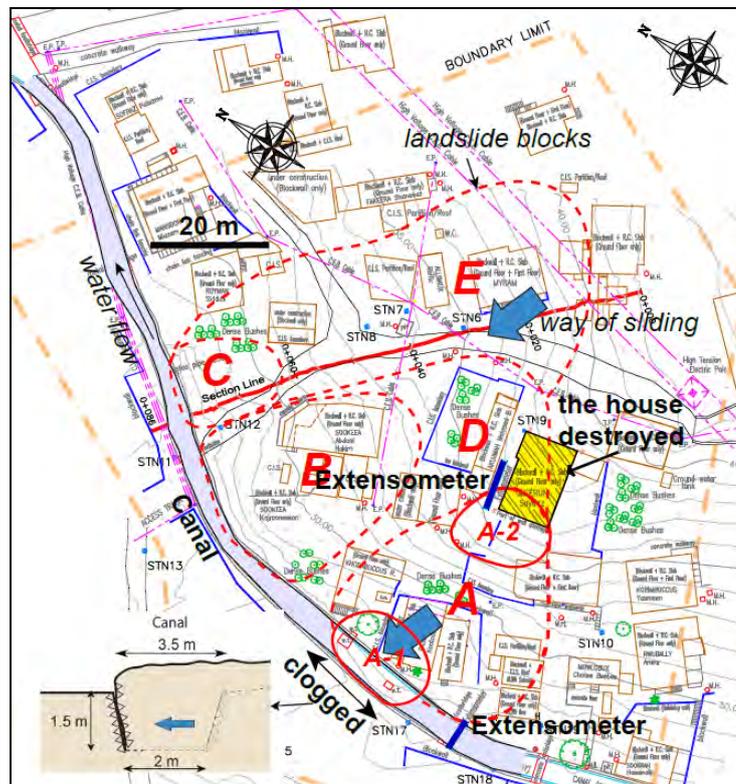


図5.2.3 Vallee Pitot 地区の地すべりブロックと家屋の分布 (出典: JICA 調査団)

## b. 提案対策

洪水とそれに伴う地すべりや斜面崩壊を防止するために対策を実施する必要があるが、本地域では対策工法は以下の2つに分類される。

- 1) 洪水対策に係る応急対策工：次回の雨期前である2013年12月までに、まずは洪水の応急対策工を早急かつ効果的に実施する。なお応急対策工は、恒久対策工の施工完了まで機能していることが必須である。
- 2) 洪水対策および地すべり対策に係る恒久対策工：恒久対策工は、詳細な地質調査（ボーリング調査）・モニタリング・解析・対策計画検討の後に実施されるべきである。既存水路工は、恒久対策実施後に斜面の安定性が確認された後に補修を実施する。また恒久対策の1つとして、最も地すべり活動の激しい「A区域」における住民移転も考えられる。

### b.1 応急対策工

MPIとの協議を踏まえて、「モ」国での施工性、対策効果、経済性を考慮した結果、既存水路工の勾配変更が最も現実的で効果的な応急対策工であると判断した。ただし、本工法実施するにあたり水路工周辺の切土・盛土が発生する。切土・盛土は地すべり活動を促進する恐れがあるため、以下に示す留意点の通り、適切な施工が求められる。

- 周辺の切土・盛土は必要最小限とする
- 施工中は、常時排水を機能させる
- 一連の掘削は地すべりを促進させる可能性があるため、施工は区間ごと（延長数mごと）に実施する
- 地すべり活発化防止のため、水路工周辺での掘削中は土のうなどで荷重のバランスを考慮して実施する

現状では、MPIが主体となり現地の測量が終了し、既存水路内の切土・盛土を実施中である。

### b.2 恒久対策工

恒久対策工の検討にあたり、事前の詳細ボーリング調査とモニタリングは必要不可欠である。本地域における恒久対策工実施の流れは、以下の通りとなる。

- 1) 詳細調査
- 2) モニタリング
- 3) 解析
- 4) 対策工検討
- 5) 対策工施工
- 6) 既存水路工補修

## 5.2.3 Quatre Soeurs住民移転

Quatre Soeurs地区の住民移転の経緯について、MPI、MHLへの聞き取り調査から得られた情報を下表に示す。

表5.2.1 Quatre Soeurs 地区の住民移転の経緯(出典: JICA 調査団)

日付	内容
2005年3月	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quatre Soeursの住民がMPIに地すべり被害を連絡。</li> <li>上記連絡を受けMPIが調査を実施。</li> </ul>
2010年11月	<ul style="list-style-type: none"> <li>MPIは民間コンサルタントによる詳細調査を実施。</li> <li>この調査の報告書で対策として移転が提案された。</li> <li>上記を受け、政府は住民と移転交渉を開始。</li> </ul>
2010年12月	<ul style="list-style-type: none"> <li>MHL/MPIの調査結果を基に、財務・経済開発省が資産評価を試みた。しかし、評価が難しく結果が得られなかった。</li> </ul>
2011年3～5月	<ul style="list-style-type: none"> <li>政府と住民が移転先候補地を2回視察。</li> <li>移転に関する合意は得られなかった。</li> </ul>
2011年12月	<ul style="list-style-type: none"> <li>MHLが移転先候補地として住宅開発公社(NHDC: National Housing Development Company)による宅地開発進行中のCamp Ithierを提案。</li> <li>土地・建物面積について、政府側提案と住民側要望に差異があり、合意に至らなかった。</li> <li>NHDCは定型住宅(台所1室、寝室2部屋を基本とする住宅)を提案。</li> <li>住民らの既存住宅はNHDCが提案した以上の部屋数や駐車場、設備があるため、住民はそれと同等以上を要求。</li> </ul>
2012年7～9月	<ul style="list-style-type: none"> <li>政府側(MPI, MHL, 自治体)は前回協議時よりも広い土地建物を提案(場所はCamp Ithier)。</li> <li>政府側提案と住民側要望に差異があり、合意が得られなかった。</li> </ul>
2013年2月	<ul style="list-style-type: none"> <li>「モ」国副首相の事務所(Port Louis)で、副首相及び関係大臣(MPI, MHL, 教育省、外務省など)とQuatre Soeurs地すべりエリアの住民(10世帯)が移転に関する協議を実施。</li> <li>政府側からは、Camp Ithierに、約460㎡の土地と、延べ床面積110㎡(1階建て)の建物を無償で提供するという条件が提示された。</li> <li>これに対し、10世帯中、9世帯が同意した。</li> </ul>
2013年3月	<ul style="list-style-type: none"> <li>合意が得られない1世帯について交渉継続。</li> <li>合意済み世帯については、具体的な移転先の土地・建物の間取りや設備などについてMPIの建築部門職員を同行させ要望収集。</li> </ul>
2013年5月	<ul style="list-style-type: none"> <li>移転先候補地Camp Ithierで政府側(MPI大臣, 外務省大臣など)と住民による協議が実施された。</li> <li>Camp Ithierの視察後、政府側は敷地・建物の図面を提示。</li> <li>数人の住民は移転に関する合意文書に署名したが、住民2名が合意文書に署名しなかった(敷地面積が現在の住宅より狭いため)</li> <li>移転に関する合意文書は大筋合意を確認するだけであり、補償内容などの詳細については触れられていない</li> <li>道路や幼稚園・公園などの公共施設と移転先土地・建物の位置関係などについて協議が実施された。</li> </ul>

## 5.3 環境影響評価(EIA)

### 5.3.1 パイロットプロジェクトに関するEIA

本パイロットプロジェクトは、EIA 調査が必要な事業の 24.「流域、浸水地、湿地、山の傾斜地および小島などの環境に対して影響を受けやすい地域(Environmentally sensitive area)における土地開発や整備」に該当することから、EIA 調査を実施する必要がある。

また、パイロット事業に関する EIA 調査は、事業主体が JICA 調査団となるため、JICA ガイドラインに従って進める方針とするが、「モ」国の EIA 調査としての内容も満たすよう配慮した。EIA 調査は、2013 年 9 月中旬より開始し、現在、既存資料を収集と解析を主体に作業を進めている。

### 5.3.2 主要な環境社会影響と緩和策

現在、JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づき、環境チェックリストの作成および想定される緩和策について検討中である。ここでは、パイロットプロジェクトの実施により予測される主要な環境社会影響項目、これらの影響程度及び緩和策案についてとりまとめ、以下に示す。なお、現時点の環境チェックリスト（案）は巻末資料に示す。

表5.3.1 想定される環境社会配慮影響項目と緩和策（出典：JICA 調査団）

分類	環境項目	評価	想定される環境要因と緩和策
汚染対策	大気質	C	工事中の工事機械からの排ガス 維持管理された重機を使用する
	水質	B	工事中の盛り土、切り土からの濁水 ストックパイルやシルトトラップを設置する
	廃棄物	B	工事に伴う固形廃棄物や使用済み油等 工事中の廃棄物の管理計画策定や廃物処理施設へ搬入する
	騒音・振動	C	工事中の工事機械からの騒音・振動 騒音防止型の工事機器を使用する
自然環境	生態系	C	表面排水路の整備に伴う野生動物への移動障害 雨季に若干影響する可能性があり、一部で蓋を設置する
	水象	C	現状に比べ地下水位や表層水の流況は変化するが、地すべり対策として必要である
	地形・地質	B	降雨時に切り土、盛り土からの土壌侵食 遮水対策や残土の適切な処分を実施する
社会配慮	住民移転	C	住民移転の問題はない。 土地交渉は、MPI 側の責任で実施される。
	生活・生計	B	工事中の工事車両による交通障害 コントラクターによる工事中の交通管理を実施する
	文化遺産	C	特になし
	景観	C	表面排水路は山間部に調和するよう配慮する

注)A:重大なインパクトが見込まれる  
 B:多少のインパクトが見込まれる  
 C:不明(検討する必要あり)  
 D:ほとんどインパクトは考えられない。(FA/EIA 対象外)

## 5.4 事業評価

### 5.4.1 事前評価

事前評価は、事業の必要性や効果、実施計画等を確認するもので、開発援助委員会（DAC：Development Assistance Committee）評価5項目（妥当性・有効性・効率性・インパクト・持続性）の考え方をういつつ、可能な限り定量的な指標を用いて成果目標を設定し、今後の評価計画を明確にすることが重要となる。以下に本プロジェクトにおけるパイロット事業での目的・視点を整理し、事前評価の結果をチェックシートにまとめる。

表5.4.1 パイロット事業の事前評価結果一覧(出典：JICA 調査団)

総合評価
本地域における地すべり対策事業は、「モ」国でもほぼ初めての対策工事であり、多くの地すべり地を抱える「モ」国においてモデルケースとなる極めて重要な対策である。また体制や予算も十分に確立しているほか、地方自治体・他省庁・地元住民の意識・協力体制も非常に高い。 上記のとおり開発援助委員会評価5項目のいずれでも十分な評価が得られる状況であり、技術面、経済面、社会影響面それぞれを考慮しても、妥当かつ効果的な事業であると判断する。

### 5.4.2 中間レビュー

中間レビューは、事業の途中段階において、事業が順調に効果発現に向けて実施されているかを検証し、評価対象事業の計画見直しや運営体制の改善に資するもので、一般に、妥当性・有効性（当初想定した事業効果が発現するか）・効率性について検証する。以下に本プロジェクトにおけるパイロット事業での目的・視点を整理し、中間レビューのチェックシートを表に示す。

表5.4.2 パイロット事業の中間レビューのチェックシート(出典：JICA 調査団)

総合評価(計画変更・見直しの必要性、事業の実施方針との整合、改善の余地)
計画変更・見直しの必要性はなく、妥当性、有効性、効率性に関して事業当初より変化なく、いずれも高い状態のままである。 そのため、事業実施の方針との整合を図りつつ、このまま事業を継続していくことが妥当かつ効果的であると判断する。

### 5.4.3 事後評価

事後評価は、事業の終了後において、より効果的かつ効率的な事業実施および十分な説明責任を果たすことを目指すために実施するもので、評価5項目について検証する。以下に本プロジェクトにおけるパイロット事業での目的・視点を整理し、事後評価のチェックシートを表に示す。

表5.4.3 パイロット事業の事後評価のチェックシート(出典: JICA 調査団)

総合評価 Overall evaluation

本地域における地すべり対策事業は、「モ」国でもほぼ初めての対策工事であったが、MPIのほかMHLやポートルイス市役所、林野局、水道局等の関係機関、ならびに地元住民の積極的協力から、予定どおりのスケジュール・予算で完了した。また次年度以降もMPIでの予算や実施体制が確保されており、国内での技術普及も大きく期待できる。ただし、対策効果の発現に当たっては今後のモニタリングが必要となる。

上記のとおり開発援助委員会評価5項目のいずれでも極めて高い評価が得られる状況であり、技術面、経済面、社会影響面それぞれを考慮しても、妥当かつ効果的な事業であったと判断する。

## 5.5 資金調達の促進

2015年度以降は、災害スキームで規定されている37箇所の災害箇所対策を実施していくこととする。2015年度には原則的に地質調査とモニタリング機器設置を行い、2016年度以降に対策工事を実施する。2015年に実施する調査・解析結果に基づいて、対策優先度をMPIで再検討し、2016年度と2017年度において、優先度に応じて必要な箇所から対策工事を行っていく（表5.5.3）。

上記の対策に加えて各年度に、モニタリング機材の維持補修費100万RsおよびLMU職員の残業・日当代120万Rs、ハザードマップ作成費150-200万Rs、専門家雇用費100-250万Rsを加えて、予算申請を行うことを提案し、これらの提案予算はMPIに受理された。2015～2017年度のLMUの地すべり対策関連予算の内訳一覧を下表に示す。

- 2015年度：55,650,000 Rs
- 2016年度：40,100,000 Rs
- 2017年度：44,700,000Rs

表5.5.1 2015年度以降の予算申請案<sup>1</sup>

No.	内容	災害種	2015年度 (Rs)	2016年度 (Rs)	2017年度 (Rs)
1	Chitrakoot 対策工事(Block A) Section 1	地すべり	2,250,000		
	Chitrakoot 調査・解析(Block A) Section 2	地すべり	400,000		
	Chitrakoot 対策工事(Block A) Section 2	地すべり	8,000,000		
	Chitrakoot 調査・解析(Block B)	地すべり		400,000	
	Chitrakoot 対策工事(Block B)	地すべり		6,000,000	
2	Vallee Pitot (near Eidgah) 調査・解析	地すべり	450,000		
	Vallee Pitot (near Eidgah) 対策工事	地すべり	9,000,000		
3	Chitrakoot, Vallee Pitot, Quatre- Soeurs and La Butte 遠隔モニタリング機器設置	地すべり	7,000,000		
4	Maconde Region Baie du Cap - Phase 2	落石	10,000,000		
5	Morcellement Hermitage, Coromandel	斜面崩壊	250,000		
6	L'Eau Bouillie	盛土破損	250,000	5,000,000	
7	Boulevard Victoria, Montagne Coupe	擁壁破損	7,000,000		
8	Pailles access road to Les Guibies and along motorway, near flyover bridge	斜面崩壊	350,000	7,000,000	
9	Pailles Soreze region	斜面崩壊	500,000	3,000,000	
10	Riviere des Anguilles, near the bridge	河川浸食	450,000	9,000,000	
11	Post Relocation Works at Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port	地すべり	250,000		
12	Piper Morcellement Piat	河川浸食	150,000	3,000,000	
13	Temple Road, Creve Coeur	擁壁破損	100,000		
14	Congomah Village Council (Ramlakhan)	河川浸食	100,000		
15	Congomah Village Council (Leekraj)	擁壁破損	100,000		
16	Congomah Village Council (Frederick)	擁壁破損	100,000		
17	Congomah Village Council (Blackburn Lanes)	盛土破損	100,000		
18	Les Mariannes Community Centre (Road area)	斜面崩壊	100,000		
19	Les Mariannes Community Centre (Resident area)	河川浸食	100,000		
20	Le Pouce Street	河川浸食	100,000		
21	Justice Street (near Kalimata Mandir)	擁壁破損	400,000		
22	Pouce Stream	河川浸食	300,000		
23	Old Moka Road, Camp Chapelon	地すべり	575,000		
24	Pailles access road Morcellement des	河川浸食	150,000		

詳細調査・  
解析により  
検討(約  
4000万Rs  
を想定)

	Aloes from Avenue M.Leal (on hillside)				
25	Plaine Champagne Road, opposite "Musee Touche Dubois"	斜面崩壊	100,000		
26	Chamarel near Restaurant Le Chamarel and Road Side	盛土破損	100,000		
27	Baie du Cap: (i) Near St Francois d'Assise Church	土石流	100,000		
28	Bambous Virieux, Rajiv Gandhi Street (near Bhavauy House), Impasse Bholoa	斜面崩壊	100,000		
29	Trou-Aux-Cerfs	斜面崩壊	100,000		
30	River Bank at Cite L'Oiseau	河川浸食	100,000		
31	Louis de Rochecouste (Riviere Seche)	河川浸食	100,000		
32	Candos Hill, LalBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues	地すべり	125,000		
33	Montee S, GRNW	河川浸食	100,000		
34	ハザードマップ調査・解析費		1,500,000	2,000,000	1,500,000
35	専門家雇用費		2,500,000	2,500,000	1,000,000
36	残業・日当代		1,200,000	1,200,000	1,200,000
37	モニタリング機材の維持補修費		1,000,000	1,000,000	1,000,000
合計			55,650,000	40,100,000	44,700,000

以上のとおり、C/P を含めた「モ」国政府は地すべり対策事業に極めて積極的であり、かつ十分な予算も確保しているから、今後も自立発展的に防災対策事業を展開していくことが可能と判断できる。

## 5.6 組織強化計画

### 5.6.1 地すべり災害対策組織：インフラ省・地すべり対策ユニット(MPI/LMU)

2009年9月、公共インフラ・国土開発ユニット・交通・海運省（インフラ省）は、地すべり対策強化を図るため、国家開発ユニット（National Development Unit (NDU)）から地すべりモニタリング機能を分離し、土木局の中に修復・復興ユニット（Repairs and Reconstruction Unit (RRU)）と併設する形で地すべり対策ユニット（LMU：Landslide Management Unit (LMU)）を創設した。RRU/LMUは、恒常的地すべり防災の要である。

### 5.6.2 課題と短期的、中・長期的目標の設定

表5.6.1 組織能力強化に向けた課題、目標及び活動実施内容(出典：JICA 調査団)

課題	目標	目標達成に向けた活動内容	実際の活動・達成状況
専門技術・経験が少ない	技術向上	JICA調査団からの技術移転により、技術向上を図る。	本プロジェクトにおける調査団との日々の業務、セミナー、本邦研修等を通じて、地すべりに対する調査・解析、設計、施工を中心に技術移転を達成。
		修士レベルの地質工学を学ぶための国費留学制度を導入する。	2014年11月現在、JICA実施の ABE イニシアティブに LMU 職員 1 名が応募し、選考中である。
		地すべりに係る国際会議に出席する。	将来的に実施予定。また、今後地すべり対策関連の機材を調達する際には、調達先から機材の研修を受け、機材にかかる技術力の向上も図る。
		他国との技術交流を実施する。	2014年8月、JICA 斜面災害アドバイザーを要請。
人員不足	人員確保	LMUスタッフを兼任から専任にする。	MPI 監督官より、エンジニア/上級エンジニア 6 名、技術者 3 名、広報担当官/インターン 1 名の配属が決定された。2014年11月現在、エンジニア 1 名が LMU 専属職員として配属されており、残りの職員についても順次配属される予定。
		中途採用及び地質学関連専攻の新卒を採用する。	
		広報及び地すべり教育担当の職員を採用する。	
他機関との連携が取れていない	LMUの地すべり対策管理能力の向上	民間及び学術機関と連携して地すべり対策を実施するため、防災ドクター制度を導入する。	本プロジェクト終了後、上記 JICA 斜面災害アドバイザーの派遣を第一に考えているが、アドバイザーの派遣が難しい場合を考慮し、「モ」国内外の地質技術者を LMU の補佐役として雇用し、地すべり対策を実施することを検討。
		LMUの地すべり対策に係る全ての業務について整理し、文書化する。	平時・緊急時における LMU 及び関係機関の業務内容の棲み分け案を作成し、主要関係機関との協議を実施
		関係機関と協議し、それぞれ	

		れの役割を再確認する。	施。2014年11月、MPI主催のセミナーにおいて、LMU職員主導で地すべり対策にかかる業務内容を関係機関に説明し、関係機関からも地すべり対策にかかる取り組み内容が発表され、業務役割分担が最終化された。
LMUの存在があまり知られていない	LMUの知名度の向上	LMUの活動内容について、インフラ省各部署及び外部関係機関に公文書で通達する。 LMUの活動を紹介するリーフレットを作成し、配布する。 NDRRMC等、行政機関との会議においてLMUの活動実績を紹介する。 NDRRMCを活用し、LMUの認知度を向上させる。	関係機関との協議を複数回実施し、プレゼン及び配布資料でLMUの地すべり対策の業務範囲を明確化した。また、MPI・PSより、今後は主要関係機関と地すべりにかかる会議を定期的に行うことが提案され、関係機関の連携が強化されることにより、LMUの活動内容・実績が関係機関に認知される。
行政機関の地すべりに係る知識・意識が十分でない	地すべりに対する知識・意識向上	地すべり対策関係機関（自治体及び他省庁）に対する地すべりセミナーを実施する。 セミナー用の地すべり対策資料を作成・配布する。 現在、「モ」国では防災ドクターとして貢献できるだけの知識・経験を有する民間企業の人材がいないため、国費留学等で能力向上を図ったLMU職員が民間企業の人材を育成できるよう、出向者受け入れ制度を導入する。 地すべり教育・啓発の方法論を確定する。 土地利用規制・開発規制の理解促進方法を確定する。	本プロジェクトにおける各報告書を関係機関に配布したり、MPI主催でセミナーを企画・実施し、関係機関の地すべりの知識向上を図った。 将来的に実施予定。 本プロジェクトにおいても住民会議を実施してきたが、今後も住民会議を定期的に行い、啓発活動を実施する。 地すべり調査結果を住宅土地省（MHL）に報告・提言し、必要に応じてMHLが土地利用規制・開発規制（PPG）を更新する。
地すべり災害発生時の避難計画や情報伝達方法が整っていない	地すべり災害発生時の迅速な対応	効率的な情報伝達方法を確立し（テレビ、ラジオ、SMS等）、住民の避難体制強化を図る。 ホットラインの開設。	災害スキームより、効率的な伝達方法の検討は情報コミュニケーション技術省が実施するが、LMUは緊急時における各機関の対応・情報伝達先を明確化した。今後も、LMUは各機関との連携を強化し、情報を的確に素早く伝達できるようにする。 住民からの災害通報のためのホットラインがNDRRMC内に開設された。地すべり災害の場合はMPI/LMUに

			連絡がくることになっている。
災害発生時のLMUの準備態勢が整っていない	緊急時運営体制の構築	緊急連絡体制網を整備する。	LMU 内の体制(エリア別に担当者を配置)を構築した。
		夜間・休日の当番制、雨季の出動態勢を構築する。	
		LMU内での緊急連絡訓練を実施する。	今後実施予定
		LMUに対する現場での緊急調査訓練を実施する。	
		緊急連絡体制を常に更新し、いつでも地すべり被害に対応できるようにする。	
民間への委託体制が整っていない	民間への委託体制の構築	民間委託が可能な会社のリストを項目ごと(調査、設計・積算、工事)に作成する。	「モ」国内外の地質技術者をLMU の補佐役として雇用し、地すべり対策を実施することを検討。地すべり調査、対策工施工監理、緊急時における対応等を含むToRがMPI本部に提出された。雇用については、公募する予定。
		施工管理体制の問題点を整理し、改善案を提言する。	
		完工確認体制の問題点を整理し、改善案を提言する。	
		出向者受け入れ制度等を活用しながら、民間への委託体制を強化する。	

### 5.6.3 各課題と目標に対する達成された成果と今後の長期計画

#### a. 技術力

本プロジェクトにおける調査団との日々の業務（On the Job Training）、セミナー、本邦研修等を通じて、地すべり調査・解析・設計・施工にかかる技術移転が実施され、LMU 職員独自で地すべり調査や対策検討を実施できるようになった。現在、LMU 職員1名が ABE イニシアティブに応募しており、将来的には同応募者が日本の大学院において地質工学の修士号を取得し、地すべりにかかる学術的な専門知識も兼ね備えた組織として、LMU が中心となって地すべり業務を実施することを目指す。また、斜面災害アドバイザーを貴機構に要請しており、本プロジェクトで進められた技術移転に加えて、更なる技術向上を図ることを計画している。

#### b. 組織体制の構築

LMU は設立当初より、同ユニットに専属で配属されている職員はいなかったが、2014年3月下旬、専属のエンジニア/上級エンジニア6名をLMUに配置することがMPI 監督官（Supervising Officer）によって決定された。しかし、2014年11月現在、専属エンジニア/上級エンジニアとして新規配属されたのは1名のみで、残り5名は配属に至っていない。残り5名については、採用・選考プロセスが済み次第、配属される予定である。

また、上記エンジニア/上級エンジニア6名と合わせ、技術者3名及び地すべりに特化した広報担当官1名を配属することが決定しており、今後配属される予定である。但し、広報担当官については、ポスト創設に時間を要することから、ポストが創設されるまで広報担当インターンを一時的に採用することが決定され、採用・選考プロセスを経て今後配属される予定である。

### c. 他機関との連携

他機関との連携を図っていく上で、LMU 及び関係機関の担当業務を以下の手順で明確化・最終化した。

- 1) 平時及び緊急時における業務内容とその担当機関を LMU 内で協議
- 2) 上記協議をもとに担当機関と作業を業務工程表に記載
- 3) LMU 内で協議した業務工程表（案）を MPI 本部に説明し、PS の承認を得る
- 4) MPI 主催で主要関係機関（NDRRMC、警察、NDU、RDA、気象庁、地方自治省及び地方自治体）を複数回招集し、各機関の業務の説明・棲み分けを説明
- 5) LMU 及び関係機関の業務の明確化・最終化

#### ●既知の災害箇所（37 か所）の対応

災害種別による主担当部局の設定と、災害規模による地方自治体の関与度合いを取り決めた。今後は、本プロジェクトで実施した防災点検結果に基づき設定した優先度（A～C）の高い箇所から順に対策を実施する。

#### ●緊急災害対応

災害発生時の緊急対応手順について、災害直後の住民避難や道路封鎖等の緊急安全確保は NDRRMC、警察及び地方自治体が対応する。その後の現地調査、対策検討及び対策実施については、MPI/LMU、MPI/NDU 及び MPI/RDA が上記 37 箇所と同様の方法で対応する。

#### ●ハザードマップを活用した事前対応

斜面災害については、MPI/LMU が中心となって、上記 37 か所以外の斜面災害危険箇所を抽出し、今後ハザードマップを作成する。

#### ●早期警戒避難

本プロジェクトのパイロットサイト 3 か所（チトラクト、カトルスール、バレーピット）については、災害スキーム及びプロトコルに従って早期警戒避難を実行する。また、その他の斜面災害危険箇所については、ハザードマップの作成後に早期警戒避難が必要と思われる地域が抽出されれば、パイロットサイトと同様の体制構築を目指す。

### d. 緊急時運営体制（LMU内部）

LMU では、今までの緊急時の運営体制を振り返り、緊急時に現場作業を担当するエンジニア及び技術者をどのように配置するか検討した。LMU 内の協議では、現場作業担当者を月ごとの当番制にする案等が出されたが、最終的には職員それぞれに担当地区を割り振ることに決定した。具体的には、「モ」国にある 9 つの郡（Rivière du Rempart、Pamplemousses、Port Louis、Black River、Plaines Wilhems、Moka、Flacq、Grand Port、Savanne）において、各郡に 2 名ずつの担当者を割り振った（ポートルイスは 3 名）。なお、各郡の近隣に住む職員が担当者となっている。緊急時運営体制は、今後災害発生ごとに見直しを行い、適宜改善していく。

---

## <第 5 章の参考文献>

---

<sup>1</sup> MPI

# Chapter 6

---

パイロット事業（地すべり対策）

*Pilot Project  
(Landslide Countermeasure)*

## 6 パイロット事業(地すべり対策)

### 6.1 構造物対策工

表6.1.1 地すべり対策工の分類<sup>1</sup>

<p><b>抑制工</b></p> <p>地表面排水工(水路工、浸透防止工)</p> <p>地下水排除工</p> <p>    浅層地下水排除工(暗渠工、明暗渠工、水平ボーリング工)</p> <p>    深層地下水排除工(集水井工、排水トンネル工、水平ボーリング工、)</p> <p>排土工</p> <p>押え盛土工</p> <p>河川構造物(堰堤工、床固工、水制工、護岸工)</p>
<p><b>抑止工</b></p> <p>杭工</p> <p>    杭工(鋼管杭工)</p> <p>    シャフト工(深堀工)</p> <p>グラウンドアンカー工</p>

#### 6.1.1 対策工の基本設計

##### a. 洪水用大断面水路

背後の山岳斜面からの表流水の流入は、パイロットプロジェクト対象地域の地すべり活動を増長させ、また洪水被害の原因となっていることが、これまでの現地調査およびモニタリングにより明確になった。これらの地すべりと居住地への洪水被害の軽減を目的として、地すべり地帯上方斜面に大断面水路を設ける。これにより、地すべり地帯に流下する表流水は減少し、地表を流下する際に地中に浸透して地下水位上昇を抑えることが期待される。

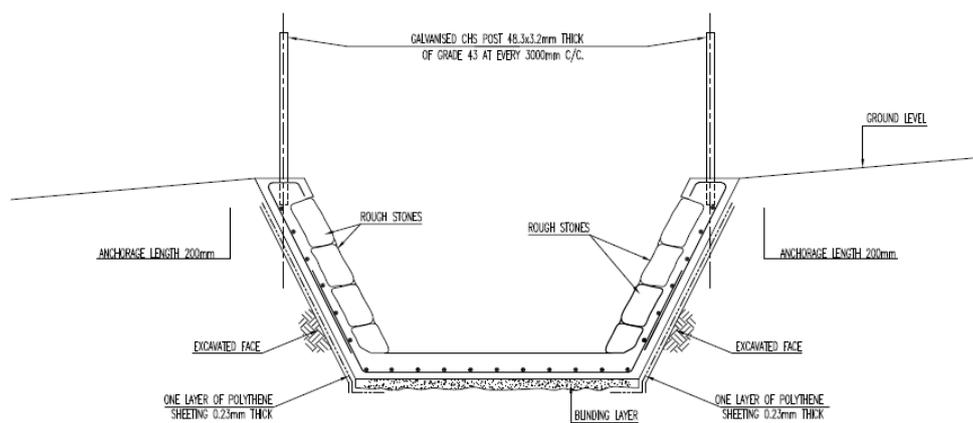
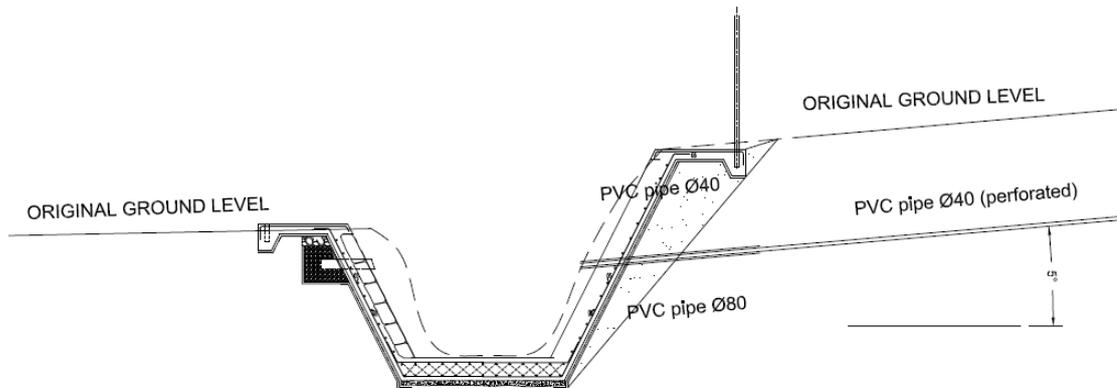


図6.1.1 洪水用大断面水路の概略断面図(出典: JICA 調査団)

## b. 水平ボーリング工

水平ボーリング工の排水管は内径 40~50mm の硬質 PVC パイプとし、径 5mm の孔を千



鳥に配列した有孔管を用いる。

図6.1.2 水平ボーリング工概略断面図(出典: JICA 調査団)

## c. 明暗渠工

暗渠部は表層から 1m~1.5m の深さに内径 200mm の有孔管を埋設する。暗渠底部には地下浸透を防ぐ目的で防水シートを敷設する。表面排水路以下は碎石で埋め戻し、透水性を確保する。

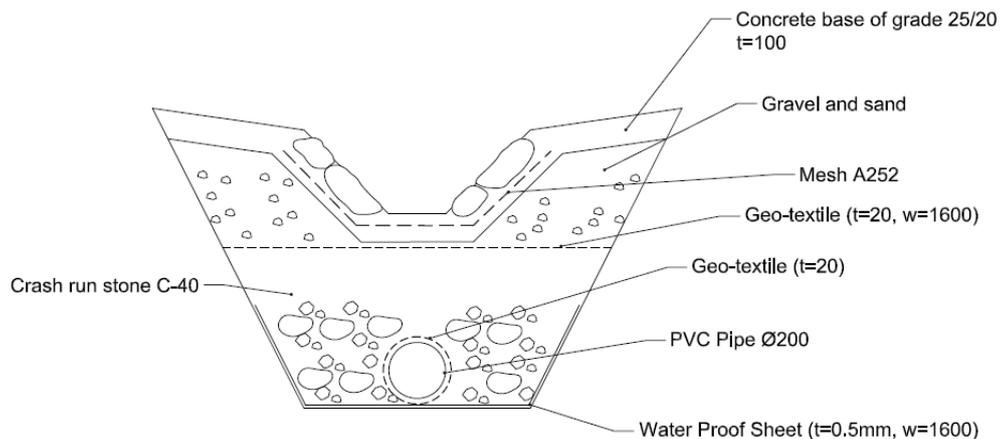


図6.1.3 明暗渠工概略断面図(出典: JICA 調査団)

## d. 縦断排水路

水路断面は、水路内に溜まった土砂を排出しやすいように上端辺が広い台形とする。排水路表面はコンクリート工で覆い、地下への浸透を防ぐ。

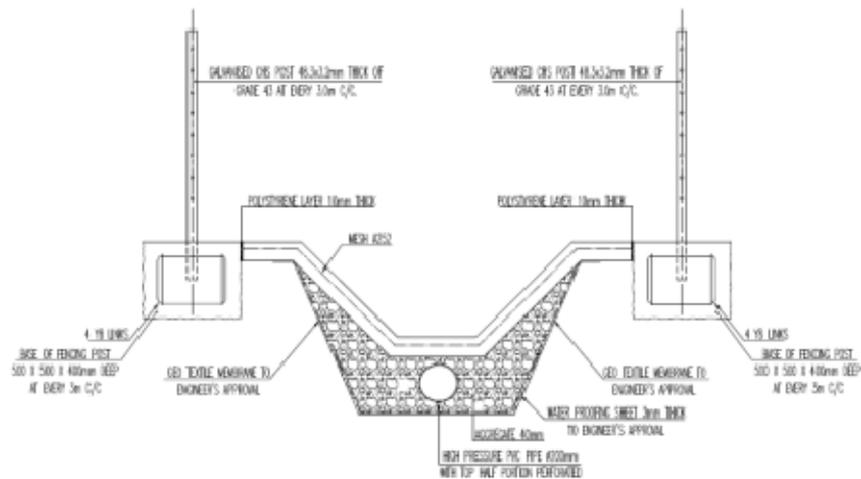


図6.1.4 縦断排水路概略断面図(出典:JICA 調査団)

e. 既存水路改修（拡幅および護岸）

洪水用大断面水路で集められた表流水は、既存の水路（河川）に排水する。しかしながら既存の水路は部分的に想定される排水量に対して十分な断面を有しておらず、豪雨時には適切に集水した水を排出できない恐れがある。そのような区間に対しては、水路断面の拡幅および両岸の保護を行う。護岸は、巨礫を配置することにより流水からの浸食を防止する。また既存水路が地すべりブロックを通過する箇所については、変形に強い鉄筋コンクリート構造とする。

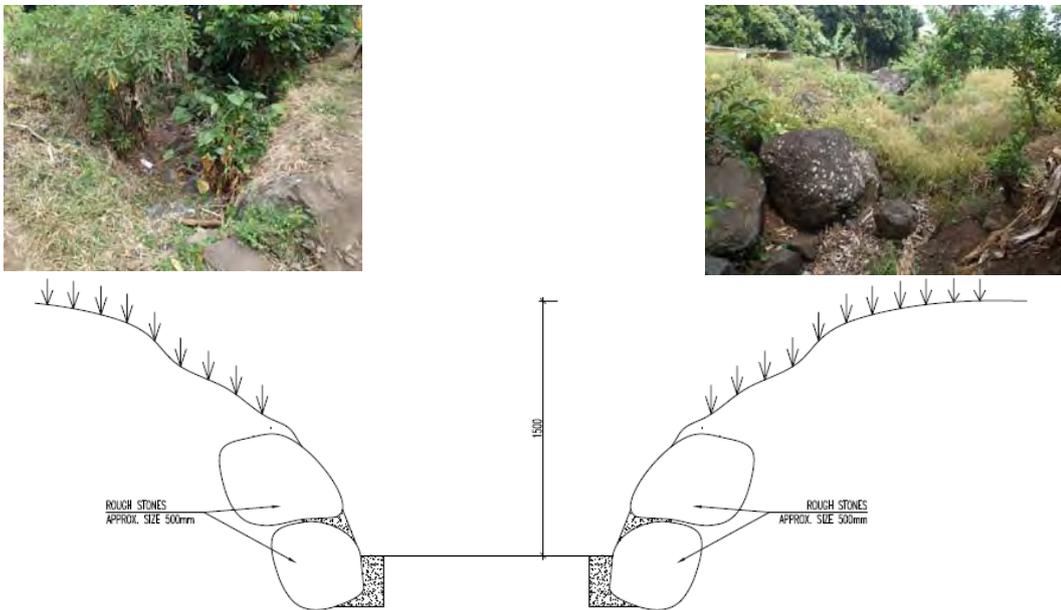


図6.1.5 既存水路拡幅および護岸概略断面図(出典:JICA 調査団)

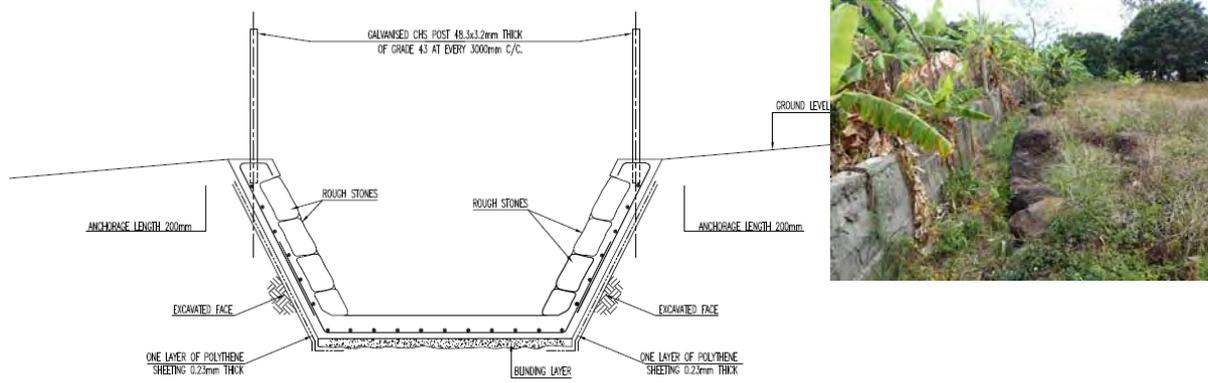


図6.1.6 既存水路補強工概略断面図(出典:JICA 調査団)

f. 付帯工

f.1 橋梁

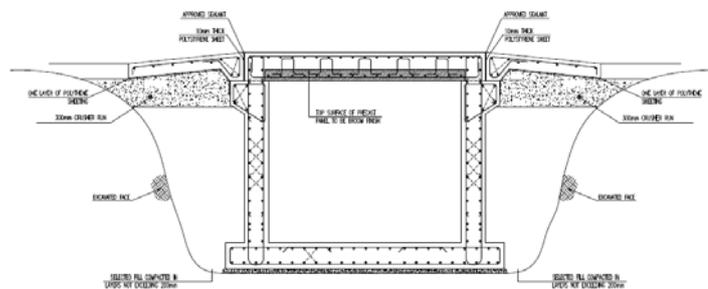


図6.1.7 橋梁概略断面図(出典:JICA 調査団)

f.2 集水枡

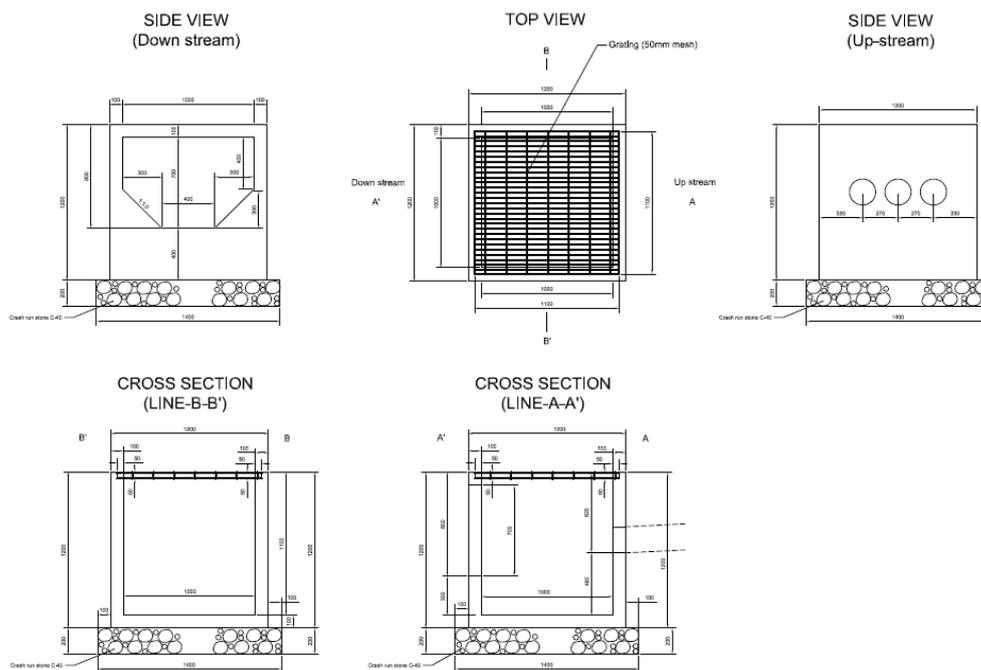


図6.1.8 集水枡概略断面図(出典:JICA 調査団)

## 6.1.2 詳細設計・積算

### a. 詳細設計

パイロット事業として選定されたチトラクト地区において、基本設計段階で選定された対策工構造物は以下のものである。

- ・ 洪水用大断面水路
- ・ 水平ボーリング工
- ・ 明暗渠工
- ・ 表面排水路工
- ・ 暗渠工
- ・ 既存河川改修（拡幅および護岸工）
- ・ 付帯工（橋梁・集水枡）

上記対策工の配置は、現地状況から以下のように配置することとした（図 6.1.12 参照）。

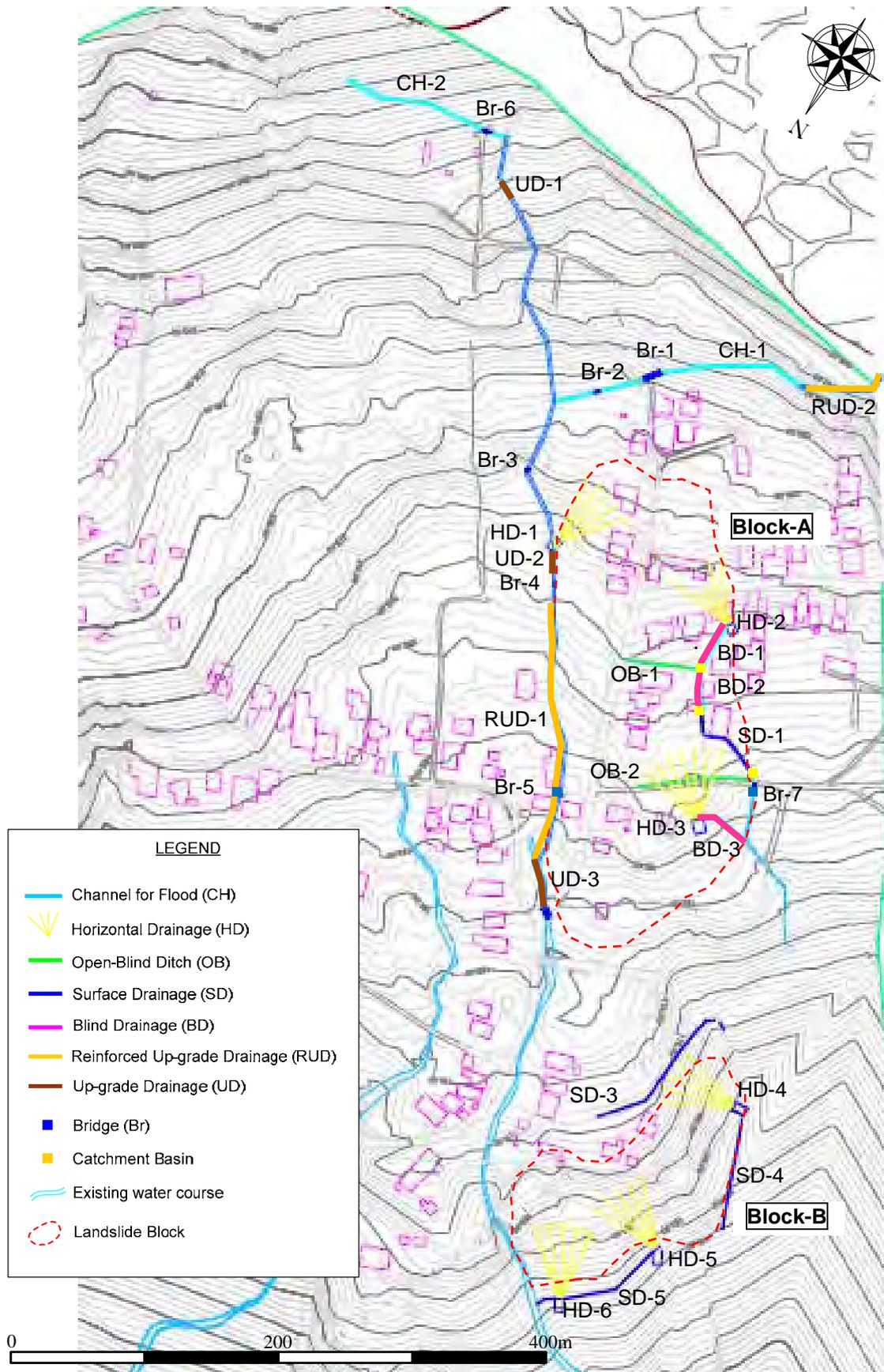


図6.1.9 チトラグート地区対策工配置図(出典: JICA 調査団)

従って、今回設計対象となる対策工は以下のものである。

表6.1.2 Aブロック地すべりの対策工(抑制工)の一覧（出典：JICA 調査団）

工種		数量	備考
洪水用大断面水路	CH-1	L=215m	
	CH-2	L=130m	
水平ボーリング工	HD-1	L=250m	50m@5本
	HD-2	L=210m	50m@3本+30m@2本
	HD-3	L=350m	50m@7本
明暗渠工	OB-1	L=55m	
	OB-2	L=85m	
表面排水路工	SD-1	L=75m	
暗渠工	BD-1	L=35m	φ200@1本
	BD-2	L=32m	φ200@3本
	BD-3	L=40m	φ200@1本
既存水路改修工 (拡幅・護岸)	UD-1	L=5m	拡幅及び護岸
	UD-2	L=10m	拡幅及び護岸
	UD-3	L=47m	拡幅及び護岸
	RUD-1	L=175m	水路拡幅及び水路補強
	RUD-2	L=55m	拡幅及び護岸、落差工
付帯工	Br (歩行者用)	2	Br-4, Br-5
	Br (車両用)	5	Br-1, Br-2, Br-3, Br-6, Br-7
	集水枡	3	

### a.1 水路断面設計上の留意点

実施する水路工は豪雨時の流下表流水を適切に排出することが主な目的である。豪雨時には大量の表流水と土砂や流木が流下する可能性がある。従い、水路断面は土砂や流木の流下も考慮し、設計通水断面は全断面の80%とする。また橋梁については、流木により閉塞され大量の水と土砂が流れを変え、周囲の洪水被害を拡大させた土砂災害の事例も多くあることから、橋梁の通水断面は、水路断面に対して20%以上拡大した断面を確保する。

### a.2 表流水の設計流入量

上記の仕様を決定するため、それぞれの水路に要求される流出量を計算し、必要な断面を決定した。それぞれの流出量および断面検討の結果は、巻末資料に示した。

表流水の流出量は合理式 (Rational formula)を用いて算出する。

$$Q=1/3.6 \times f \times r \times A \text{ ----- (式 6-1)}$$

ここに、

Q：流出量 (m<sup>3</sup>/sec)

f：流出係数

r：降雨強度 (mm/hour)

A：集水面積 (km<sup>2</sup>)

式 6-1 を用いてそれぞれの水路の流入量を計算した結果は以下のとおりである。詳細な計算書は巻末資料に添付した。

表6.1.3 各水路に対する表流水の計算条件および流入量(出典:JICA 調査団)

水路	流出係数 (f:)	降雨強度 (r: mm/h)	集水面積 (A:km <sup>2</sup> )	流入量 (Q:m <sup>3</sup> /sec)
洪水用大断面水路 (CH-1,CH-2)	0.4	126	0.380	5.320
既存水路(UD-3)	0.22	126	0.017	0.131
明暗渠工(OB-1)	0.22	126	0.015	0.116
明暗渠工(OB-1)	0.22	126	0.006	0.046

これらの流入量に対して、適切に排水できる水路断面を検討する。

### a.3 水路の流下能力検討

上記の流入量に対して、設計された水路の断面および構造が十分な流下能力を持つか検討する。

水路の流下能力は、下式により算出した。

$$Q_a = A \times v \text{ ----- (式 6-2)}$$

ここに、

Q<sub>a</sub> : 流下能力 (m<sup>3</sup>/sec)

A : 通水断面積 (m<sup>2</sup>)

v : 平均流速 (m/sec)

#### a.3.1 地下水排除工による水路への流入量検討

表6.1.4 水平ボーリング工の排水管 1 本あたりの計算条件および流入量(出典:JICA 調査団)

条件	通水断面積 (A:m <sup>2</sup> )	平均流速 (v:m/sec)	粗度係数 (n)	径深 (R:m)	潤辺長 (P:m)	流路勾配 (i:%)	流入量 (Q:m <sup>3</sup> /sec)
Φ40mm, PVC	0.001	1.31	0.010	0.380	0.1005	0.08	0.00132

これにより、各水平ボーリング工からの流入量は以下ようになる。

表6.1.5 各水平ボーリング工の設計流入量(出典:JICA 調査団)

水平ボーリング工	排水管本数	流入量(Q:m <sup>3</sup> /sec)
HD-1	5	0.0066
HD-2	5	0.0066
HD-3	7	0.0092

### a.3.2 各水路の流下能力の検討

表6.1.6 各計画水路の流下能力および計算条件(出典:JICA 調査団)

水路	通水断面積 (A:m <sup>2</sup> )	平均流速 (v:m/sec)	粗度係数 (n)	径深 (R:m)	潤辺長 (P:m)	流路勾配 (i:%)	流下能力 (Qa:m <sup>3</sup> /sec)
CH-1,	1.36	5.33	0.025	0.459	2.96	0.05	7.24
CH-2	1.20	5.34	0.025	0.462	2.60	0.05	6.41
OB-1	0.19	2.45	0.025	0.143	1.34	0.05	0.47
OB-2	0.12	2.24	0.025	0.125	0.96	0.05	0.27
UD-1	1.36	5.12	0.027	0.486	2.80	0.05	6.96
UD-2	1.36	5.12	0.027	0.486	2.80	0.05	6.96
UD-3	1.36	5.12	0.027	0.486	2.80	0.05	6.96
SD-1	0.36	3.62	0.025	0.257	1.40	0.05	1.30
BD-1	0.025	3.00	0.01	0.050	0.50	0.05	0.08
BD-2	0.075	3.00	0.01	0.050	0.50	0.05	0.23
BD-3	0.025	3.00	0.01	0.050	0.50	0.05	0.08
RUD-1	1.36	5.53	0.025	0.486	2.80	0.05	7.52
RUD-2	1.17	5.00	0.025	0.419	2.80	0.05	5.87

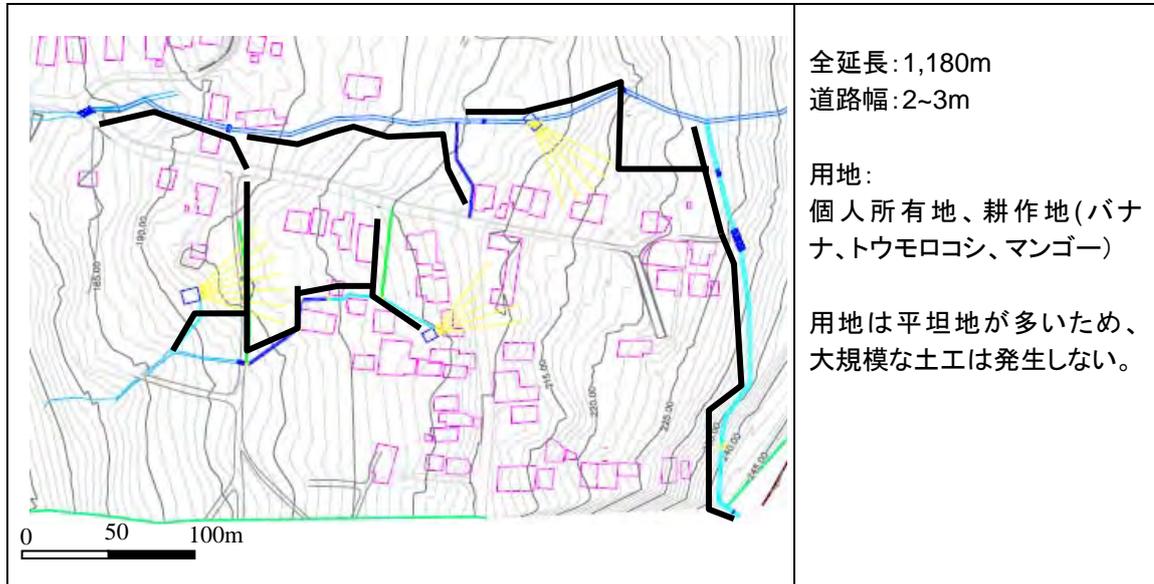
表6.1.7 各計画水路の流下能力および流量(出典:JICA 調査団)

水路	表流水 (Q:m <sup>3</sup> /sec)	他の水路からの流入量 (Q:m <sup>3</sup> /sec)	総流入量 (Q:m <sup>3</sup> /sec)	流下能力 (Qa:m <sup>3</sup> /sec)	評価
CH-1,	5.32	-	5.32	7.24	OK
CH-2	5.32	-	5.32	6.41	OK
OB-1	0.12	-	0.12	0.47	OK
OB-2	0.05	-	0.05	0.27	OK
UD-1	-	5.32 CH	5.32	6.96	OK
UD-2	-	5.32 CH-1 0.001 HD-1	5.32	6.96	OK
UD-3	0.131	5.32 CH 0.001 HD-1	5.45	6.96	OK
SD-1	-	0.006 HD-2 0.12+0.23 OB-1	0.36	1.30	OK
BD-1	-	0.01 HD-2	0.01	0.08	OK
BD-2	-	0.01 HD-2 0.12+0.08 OB-1	0.20	0.23	OK
BD-3	-	0.01 HD-3	0.01	0.08	OK
RUD-1	-	5.32 CH 0.001 HD-1	5.32	7.52	OK
RUD-2	5.32	-	5.32	5.87	OK

#### a.4 仮設工事用道路の検討

対策工施工のための工事用道路を確保する。

表6.1.8 Aブロック工事用道路配置(出典:JICA 調査団)



#### b. 積算

表6.1.9 チトラカート地区ブロックA 地すべり対策概算工事数量表(出典:JICA 調査団)

対象地すべり	工種	種別	単位	数量	備考
共通	大断面水路 (Ch-1, Ch-2)	掘削工	m <sup>3</sup>	1529.56	
		捨てコンクリート	m <sup>2</sup>	552.34	
		防水シート工	m <sup>2</sup>	849.75	
		鉄筋工	kg	13596.06	
		石張り工	m <sup>2</sup>	764.78	
		安全柵	m <sup>2</sup>	849.75	
		型枠工	m <sup>2</sup>	329.31	
		コンクリート工	m <sup>3</sup>	275.34	
Aブロック	水平ボーリング工 (HD-1, HD-2, HD-3)	掘削工(ボーリング)	m	810	>φ90mm, PVC管挿入工込
		掘削工	m <sup>3</sup>	633	作業用ピット
		コンクリート擁壁	pc	3	孔口崩壊防止
	明暗渠工	掘削工	m <sup>3</sup>	254	
		石張りコンクリート工	m <sup>3</sup>	35	
		補強メッシュ工	m <sup>2</sup>	280	
		砕石	m <sup>3</sup>	167	
		ジオテキスタイル工	m <sup>2</sup>	351	土砂流出防止
		防水シート工	m <sup>2</sup>	224	
		PVC管設置	m	140	暗渠用φ200

対象地すべり	工種	種別	単位	数量	備考
	表面排水路	掘削工	m <sup>3</sup>	87	
		石張りコンクリート工	m <sup>3</sup>	24	
		補強メッシュ工	m <sup>2</sup>	160	
		砕石	m <sup>3</sup>	34	
		ジオテキスタイル工	m <sup>2</sup>	104	土砂流出防止
		防水シート工	m <sup>2</sup>	128	
	暗渠工	掘削工	m <sup>3</sup>	251.1	
		ジオテキスタイル工	m <sup>2</sup>	294.1	
		防水シート工	m <sup>2</sup>	172.8	
		PVC 管設置	m	188.0	
		砕石	m <sup>3</sup>	56.7	
		埋め戻し工	m <sup>3</sup>	108.0	
	集水枡工	コンクリート工	m <sup>3</sup>	41	
		鉄筋工	kg	2778	
		掘削工	m <sup>3</sup>	42	
		捨てコンクリート	m <sup>2</sup>	83	
		型枠工	m <sup>2</sup>	107	
	橋梁(車両)	掘削工	m <sup>3</sup>	50	1基当たり
		捨てコンクリート工	m <sup>2</sup>	15	1基当たり
		鉄筋工	kg	1380.4	1基当たり
		型枠工	m <sup>2</sup>	40.6	1基当たり
		安全柵	m <sup>2</sup>	4.8	1基当たり
		埋め戻し工	m <sup>3</sup>	8	1基当たり
		コンクリート工	m <sup>3</sup>	28	1基当たり
	橋梁(歩行者)	掘削工	m <sup>3</sup>	37	1基当たり
		捨てコンクリート工	m <sup>2</sup>	4.64	1基当たり
		鉄筋工	kg	149.9	1基当たり
型枠工		m <sup>2</sup>	14.7	1基当たり	
安全柵		m <sup>2</sup>	4.8	1基当たり	
埋め戻し工		m <sup>3</sup>	2.8	1基当たり	
コンクリート工		m <sup>3</sup>	3.04	1基当たり	

表6.1.10 チトラクト地区地すべり対策工ブロック A 概算工事費（出典:JICA 調査団）<sup>2</sup>

工種		数量	単位	単価	概算工事費 (Rs)
洪水用大断面水路	CH-1	215	m	16,500	3,547,500
	CH-2	130	m	16,500	2,145,000
水平ボーリング工	HD-1	250	m	5,200	1,300,000
	HD-2	210	m	7,500	1,575,000
	HD-3	350	m	6,920	2,422,000
明暗渠工	OB-1	55	m	7,170	394,350
	OB-2	85	m	5,160	438,600

表面排水路工	SD-1	75	m	4,430	332,250
暗渠工	BD-1	35	m	5,160	180,600
	BD-2	32	m	6,750	216,000
	BD-3	40	m	5,160	206,400
既存水路改修工 （拡幅・護岸）	UD-1	5	m	16,850	84,250
	UD-2	10	m	16,850	168,500
	UD-3	47	m	16,850	791,950
	RUD-1	175	m	18,200	3,185,000
	RUD-2	55	m	20,000	1,100,000
付帯工	Br（歩行者用）	2	pc	83,000	415,000
	Br（車両用）	5	pc	300,000	600,000
	集水枡	5	pc	93,000	465,000

Rs: モーリシャスルピー

### 6.1.3 施工計画

#### a. 計画工程表

上記工事に対する計画工程表を以下に示す。

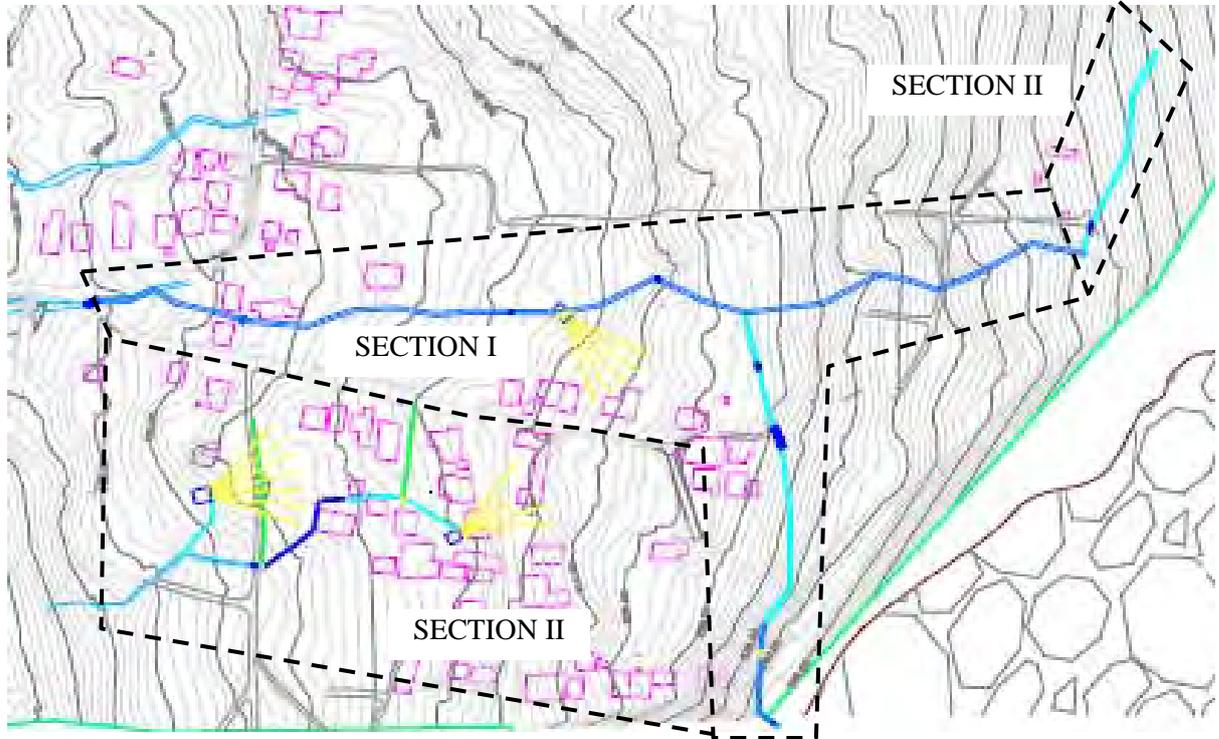


図6.1.10 Aブロック地すべりの工区分け(出典：JICA 調査団)

工事・作業	2014								2015	
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
入札	■									
契約交渉		■								
準備作業			■							
Phase 1	既存水路(UD-1)			■						
	既存水路(UD-2)				■					
	既存水路(UD-3)							■		
	既存水路(RUD-1)			■	■	■	■	■		
	既存水路(RUD-2)			■	■	■	■	■		
Phase 2	橋梁 (Br-3)					■	■	■		
	橋梁 (Br-4)						■	■		
	橋梁 (Br-5)							■	■	
	洪水用大断面水路(CH-1)				■	■	■	■		
	水平ボーリング工 (HD-1)						■	■		
橋梁 (Br-1)					■	■	■			
橋梁 (Br-2)						■	■			
現場清掃・撤収								■		

図6.1.11 計画工程表(出典：JICA 調査団)

## b. 主要資機材

表6.1.11 主要資機材一覧(出典: JICA 調査団)

種別	名称	規格/性能	適用工種
資材	塩化ビニル(PVC)管	内径 φ40, φ90, φ200, 肉厚 t =4mm 以上	水平ボーリング工、明暗渠工
	ジオテキスタイル	透水性、t = 5mm 以上	表面排水路工、明暗渠工
	防水シート	ビニル製、t=2mm 以上	表面排水路工、明暗渠工
	布団かご	1m×1m×2m	水平ボーリング工
	セメント	ポルトランド、Grade20	全般
	クラッシュアラン	(0-20mm)	全般
	天然骨材	14-20mm	全般
	砂(岩石)	0-4mm	全般
	砂(サンゴ)	0-7mm	全般
	粗面石ブロック	t=200mm	全般
	異形鉄筋	Y8-125, Y10-125	全般
機材	油圧ショベル	バケット容量 0.5m <sup>2</sup> , 1m <sup>2</sup>	全般
	ダンプトラック	最大積載量 4t, 10t	全般
	スキッドステアローダー	バケット容量 0.4m <sup>3</sup>	全般
	ブルドーザー	D6-D8	全般
	ローダー		全般
	ロードローラー	4ton	仮設道路工
	給水車	10m <sup>3</sup>	全般
	コンクリートミキサー	10/7	
	ボーリングマシン	パーカッション/ロータリー式、掘削角度可変	

### 6.1.4 入札図書作成と入札

#### a. 業者の選定経緯

本契約における契約予定金額は 5,000 万円程度と想定されたため、金額が 1,000 万円以上であったことから、JICA ガイドラインに従い、公共工事の透明性を確保するため、複数社が入札会に参加する「競争入札」により現地再委託業者を選定することとした。

##### a.1 再委託業者のロングリスト

表6.1.12 再委託業者のロングリスト(出典: JICA 調査団)

業者名	
1	General Construction Co.Ltd.
2	Sotravac Limitee
3	Transinvest Ltd.
4	Colas Ltd.
5	Gamma Civic Ltd.

## b. 業者の選定方法及び入札スケジュール

JICA ガイドラインによると、「指名競争入札」を実施する場合、入札会の実施前に入札参加条件を満たしているか等を審査したうえで入札会を実施し、最低価格（予定金額内）を提示した業者が契約予定業者となる。

### b.1 入札図書の作成

入札図書の作成においては、モ国で一般的に使用されている PPO の様式を使用した。入札図書は大きく 3 つに区分されている。

- ・ 入札指示書、見積書、評価方法
- ・ 技術仕様書
- ・ 一般条件、特記条件、契約に係る様式

### b.2 公示

先に示したロングリストの 5 社に対して本入札に係る公示を行った。

### b.3 現地説明会

2014 年 5 月 20 日に現地説明会を実施した。入札図書を基に、実際の工事現場の案内が実施され、5 社中 4 社が出席した。



図6.1.12 入札のスケジュール(出典:JICA 調査団)

### b.4 提出締切・入札会

見積書類及び技術計画書の締切日（入札日）までに業者 2 社（Sotravic Limitée 社、Colas Ltd 社）から書類の提出があった。

### b.5 評価（条件・技術）

入札会後、評価委員会により入札会に参加した 2 社の見積書類及び技術計画書の評価を、2 段階にわたって実施した。第 1 評価は、各社の条件や書類不備などを中心とした評価であり、評価委員を設置した。第 2 評価では、技術的妥当性を専門技術者により評価した。

評価の結果、業者 2 社は、技術計画書の条件を満たしていたため、見積金額での比較の結果、最低見積価格を提示した Sotravic Limitée 社を契約交渉第 1 順位とした。各業者の見積金額等の結果は、以下のとおりである。

表6.1.13 業者選定と最低見積価格（出典：JICA 調査団）

業者名	見積金額(Rs) *上段(VAT無) 下段(VAT込)	契約金額(Rs) *上段(VAT無) 下段(VAT込)	契約金額の 円換算額	結果
Sotravic Limitée	14,545,723 (16,727,581.45)	14,045,723 (16,152,581.45)	48,766,750円	契約合意
Colas Ltd	24,789,305 (28,507,700.75)	—	—	契約交渉権2 位

換算レート 1Rs=3.472円(契約書(7/18)締結時のOANDA統制レート)

## b.6 評価結果の通知及び契約交渉

2014年6月20日に契約交渉第1順の Sotravic Limitée 社に契約交渉権 (Letter of Acceptance) を送付し、21日間の回答期間が設けられた。その間に業者側は契約履行保証 (Performance Security) 及び保険契約 (Insurance Policies) を準備することとした。

## b.7 契約締結

7月18日に契約金額 16,152,581.45Rs で契約を締結した。本工事契約書の署名において、契約締結時に業務主任者が不在だったため、現地に従事していた調査団により署名された。

## 6.1.5 施工監理

施工監理の報告は、毎週施工監理レポートを JET 側で作成している。このレポートでは工事の進捗や問題点などを記しており、JET 内部での引き継ぎ資料として用いた。これら監理レポートを巻末資料に添付した。

### 6.1.6 設計変更

工事期間中、設計時には想定できなかった状況および地主との土地問題が発生したことにより設計変更を行った。本プロジェクトにおいて設計変更を行った項目を以下の一覧表にまとめた。

表6.1.14 主要設計変更箇所(出典:JICA 調査団)

対象構造物	変更項目	変更理由
洪水用大断面水路 (CH-1)	水路線形の変更	現地での再確認の際に当初予定の線形より掘削土量が少なくなる線形が確認されたため。
	水路構造の変更	実際掘削を行った地盤が、当初の地質調査から想定していた地盤より良好であったため。
歩行者用橋梁 (Br-5)	設置位置の変更	工事中に、地主より歩行者用橋梁の位置の変更の依頼があった。MPI を含め関係機関との協議の結果、問題ないと判断されたため変更した。
	構造の変更	
既存水路拡幅・護岸 (UD-1・UD-2)	両岸上部の植生工の変更	当初、巨石により両岸の保護を計画していたが、現地地形が当初計画より低かったため、巨石上方斜面を保護する必要がなくなったため。
既存水路拡幅・護岸 (UD-3)	全 47m 区間の作業中止	MPI とも説得を試みたが、この区間の地主から工事業者の立ち入り許可が得られなかったため工事を中止した。
既存水路拡幅・補強工 (RUD-1)	上流側 70m 区間の水路断面の変更	この区間について、地主から水路幅を狭くしてほしいとの要請があった。MPI を含め関係機関との協議により問題ないと判断されたため、設計通水面積を確保した水路断面に変更した。
	下流部 35m 区間の作業中止	MPI とも説得を試みたが、この区間の地主から工事業者の立ち入り許可が得られなかったため工事を中止した。

その他細かい数量調整などは、現地で MPI および請負業者と適宜行った。

### 6.1.7 今後の計画（MPIによる追加工事）

本プロジェクトにおいて、Aブロック地すべりの Section I の工事が完了した。しかしながら、当初計画していた対策工を完了させるためには Section II の工事を完了させる必要がある。今後のチトラクト地区の地すべり対策の流れは以下のとおりである。

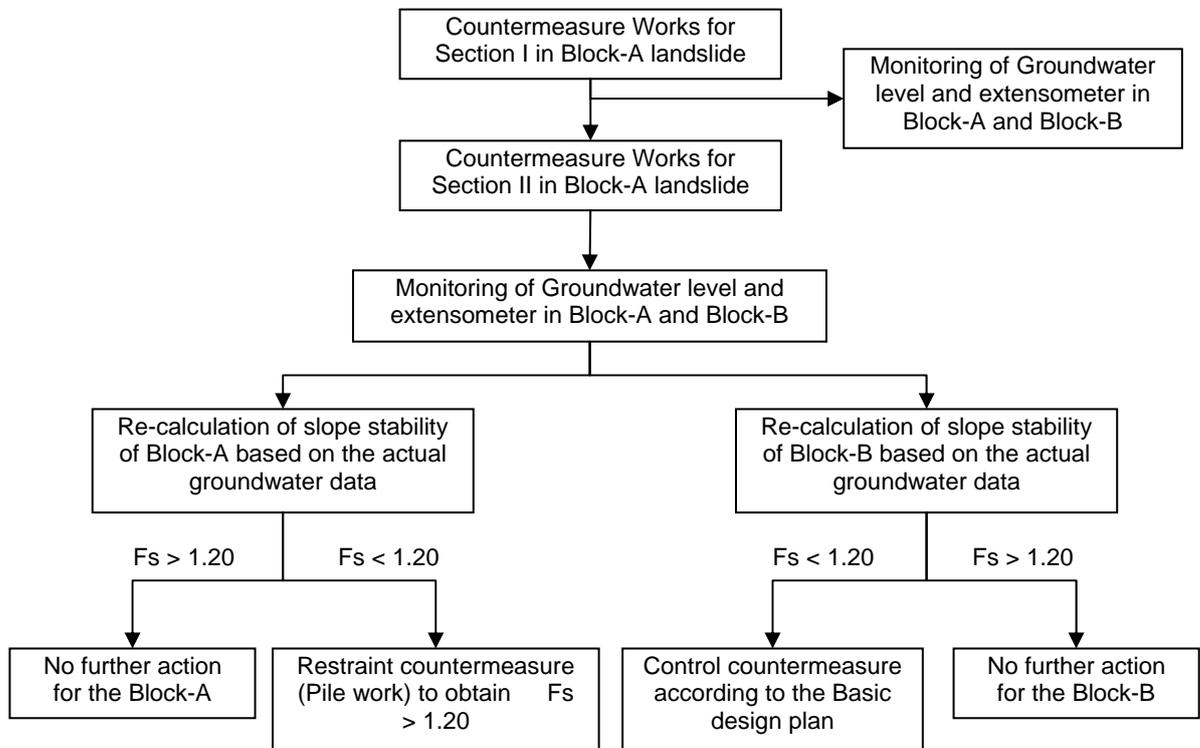


図6.1.13 今後のチトラクト地区地すべり対策の流れ(出典:JICA 調査団)

表6.1.15 今後の計画地すべり対策工一覧(出典:JICA 調査団)

工区	工種	数量	単位	備考	
Aブロック地すべり	Section II	洪水用大断面水路 CH-2	130	m	
		既存水路補強工 RUD-1 (Type3 drainage)	35	m	Section I で中止
		既存水路拡幅護岸工 UD-3 (Type4 drainage)	47	m	Section I で中止
		水平ボーリング工 (HD-2)	210	m	
		水平ボーリング工(HD-3)	350	m	
		表面排水路(SD-1)	75	m	
		明暗渠工(OB-1)	55	m	
		明暗渠工(OB-2)	85	m	
		暗渠工(BD-1)	35	m	
		暗渠工(BD-2)	32	m	
		暗渠工(BD-3)	40	m	
		集水枡	5	pc	
		橋梁	2	pc	for vehicle
		保全用立坑	12	pc	On the blind ditch

Section II の工事が終わった後モニタリングを実施し、地下水位の変化および地すべりの活動度について確認を行う。今回想定されている地下水位は雨期中の最高水位を採用しているため、モニタリングの観測は最低でも 1 雨期間実施し、その中での最高水位を採用する必要がある。

Section I および Section II の A ブロックの抑制工の実施後、安全率が  $Fs=1.20$  以上、かつ伸縮計の動きも確認されない場合は、抑止工の実施は見送っても良い。しかしながら、モニタリングは継続して行うべきであり、今後の自然条件の変化で再活動する恐れがあることを認識しておく必要がある。今後のモニタリング結果で再度活動が確認される、もしくは地下水位の上昇が確認された段階で、追加の対策工の検討を行う。

安定計算上、計画安全率到達の地下水位の目安は以下のとおりである。

表6.1.16 計画安全率達成のための地下水位の目安(出典: JICA 調査団)

観測孔	Fs=1.13 (計画値)	Fs=1.20 (最終目標値)	適用
BPP 16	> GL-2.9m	> GL-3.9m	小学校近傍
BPP 11	> GL-2.1m	> GL-3.1m	
W-2	> GL-3.3m	> GL-4.3m	
BPP 8	> GL-5.4m	> GL-6.4m	地すべり範囲外

表6.1.17 計画安全率達成のための地下水位の目安(出典: JICA 調査団)

観測孔	Fs=1.17 (計画値)	Fs=1.20 (最終目標値)	適用
B-P1	> GL-3.5m	> GL-4.0m	新規地下水観測孔設置を提案
B-P2	> GL-3.4m	> GL-3.9m	新規地下水観測孔設置を提案

### 6.1.8 「モ」国で実施可能な対策工

地すべり対策工は、対策工事を実施し効果を検証した後、必要に応じて追加の対策工を実施していき計画安全率に到達させる。

チトラクト地すべりについても同様であり、現在計画されている対策工を施工し効果を検証した後、必要に応じて追加の対策工を検討する必要がある。

モーリシャスにおいて将来的に実施が可能と考えられる対策工は以下のとおりである。

表6.1.18 将来的に実施可能な対策工（出典：JICA 調査団）

工種		目的	備考
抑制	地表面排水路工	表流水を集水し、地すべり地外へ排水する。	既に施工実績があり問題はない。
	明暗渠工	表流水だけでなく地表近くの地下水を集水し、地すべり地外へ排水する。	施工実績はないが、施工性の難易度は低く、実施に問題はない。
	水平ボーリング工	地下水を排除することにより地すべり地内の地下水位を低下させる。	既に施工実績があり問題はない。
	集水井工	深い位置にある地下水を排除することにより地下水位を低下させる。	集水井掘削は可能であるが、井戸内から集水ボーリングを実施するための小型のボーリング機材が調達できるかが問題である。
	頭部排土工	地すべり頭部を排土することにより地すべりの滑動力を低下させる。	施工性の難易度は低いものの、チトラクト地区は複数の地すべりの集合体であることから、実施に際して他の地すべりへの影響を十分に考慮する必要がある。
	押え盛土工	地すべり端部に盛土を行うことにより地すべりの滑動力に対する抵抗力を増加させる。	施工性の難易度は低いものの、チトラクト地区は複数の地すべりの集合体であることから、実施に際して他の地すべりへの影響を十分に考慮する必要がある。
抑止	アンカー工	安定地盤に定着させたアンカー材により地すべりを締め付け、地すべり活動を停止させる。	地すべり対策としてのアンカー工の施工実績はない。部材の調達や施工に関しても経験のある海外の業者に発注する必要があるため、現時点ではモ国での施工は困難であると考えられる。
	杭工	安定地盤に定着させた杭材の抵抗力により地すべり活動を停止させる。	地すべり対策としての杭工の実績はないが建築物の杭基礎としての実績はある。必要抑止力に対応できる仕様の杭材が入手できれば実施は可能であると考えられる。

対策工検討時には、施工位置の地形や周囲の環境への影響、施工性などを考慮して対策工を選定する必要がある。

### 6.1.9 対策後の地すべり危険区域での開発について

地すべりのメカニズムは複雑であり、対策によって地すべりを完全に止めることは非常に困難である。したがって、地すべり対策は、あくまで現状の地すべりの安全率  $F_s$  を 1.2 以上に引き上げるものであり、完全かつ未来永劫に地すべりの活動を止めるものではない。将来、異常な自然現象（気候変動になど）の影響を受けて、想定以上の豪雨（たとえば、チトラの設計で使っている 50 年確率以上の豪雨）やすべり面強度が低下すれば地すべりが再活動するからである。

従って、斜面防災の豊富な経験を有する日本では、たとえ対抗策が完成しても地すべり危険区域の指定が解除されることはない。本プロジェクトで地すべり危険地区に指定された Chitrakoot 地区、Valee Pitot 地区、Quatre Soeurs 地区についても、今後とも地すべり危険地区の指定は解除されない。

なお、地すべり危険区域での宅地やインフラ整備のためのすべての開発行為は原則的に禁止である。ただし、家屋や道路のメンテナンスなどの極軽微な補修作業は実施可能である。下表に、地すべり危険区域での開発行為の可否について示す。

表6.1.19 地すべり危険区域での開発行為の可否について(出典: JICA 調査団)

開発の種類	実施の可否	適用
家屋や学校等建物の軽微な補修	実施可能	屋根や壁の補修等のメンテナンス作業のこと。基礎掘削や切土・盛土の施工が伴う補修は禁止。
道路・橋梁等公共インフラの軽微な補修	実施可能	道路・橋梁・上下水道等の公共インフラのメンテナンス作業のこと。基礎掘削や切土・盛土の施工が伴う補修は禁止。
家屋や学校等の新築、増築	禁止	基本的に建物の新設や増設は禁止
道路・橋梁等公共インフラの新設や増設、付替え	禁止	基本的に道路・橋梁・上下水道等の公共インフラの新設や増設、付替えは禁止
上記以外の全ての開発	禁止	基本的に地すべり危険区域での全ての開発行為は禁止

#### <例外的な開発の審査基準>

道路・橋梁・上下水道等の公共インフラの新設や増設、付替えなどの開発行為を、やむを得ず地すべり危険区域内で実施しなければならない場合には、以下の事項について十分な調査・解析を行う必要がある。

- 地すべり安定解析を実施し、開発後の地すべりの安全率  $F_s$  が 1.2 以上であることを確認すること
- 開発後に地すべりの安全率  $F_s$  が 1.2 より小さい場合には、地すべり対策工を施工すること
- 地すべり対策工は、開発工事より先に実施されること
- 開発および地すべり対策工の施工中の安全率の低下は 5%以内とし、それ以上の地すべりの安定性の低下をせしめる盛土や切土を禁止する
- 表面水路や調整池、沈砂池等の排水施設を設置し、地すべり地内での雨水等の滞留および下流域への影響を防止すること

## 6.2 早期警戒と避難

### 6.2.1 モーリシャスにおける早期警戒の現状

#### a. サイクロン他自然災害対応計画

サイクロン他自然災害対応計画（Cyclone and Other Natural Disasters Scheme）は、自然災害の事前対応の手順を示している。自然災害時における住民の避難などの対応は、サイクロン他自然災害対応計画をもとに実行される。

#### b. 既存の地すべり災害スキーム

サイクロン他自然災害対応計画災害計画の中の地すべり災害スキーム（Landslide Emergency Scheme）では、37か所の地すべり危険地区が指定され、その地区における早期警戒への対応方法が定義されている。

表6.2.1 既存の地すべり災害スキームによる危険段階（出典：JICA 調査団）

危険レベル	対応	基準値	基準値発信者
プレステージ	発動	雨量:30mm / 12時間	気象庁
ステージ1	避難準備	地盤の動き:2mm / 日	MPI
ステージ2	避難警報	地盤の動き:1cm / 日 または 目視による明瞭な変状	MPI
ステージ3	避難命令	地盤の動き:2mm / 日	MPI
ステージ4	豪雨・サイクロン時	サイクロンの災害スキームに準ず	サイクロン災害スキーム
ステージ5	解除	地盤の動きの停止	MPI

#### c. 既存の災害スキームにおけるMPIの役割

ステージ4を除く各段階において、情報の伝達、各機関の行動が規定されているが、基本的には以下のような計画となっている。

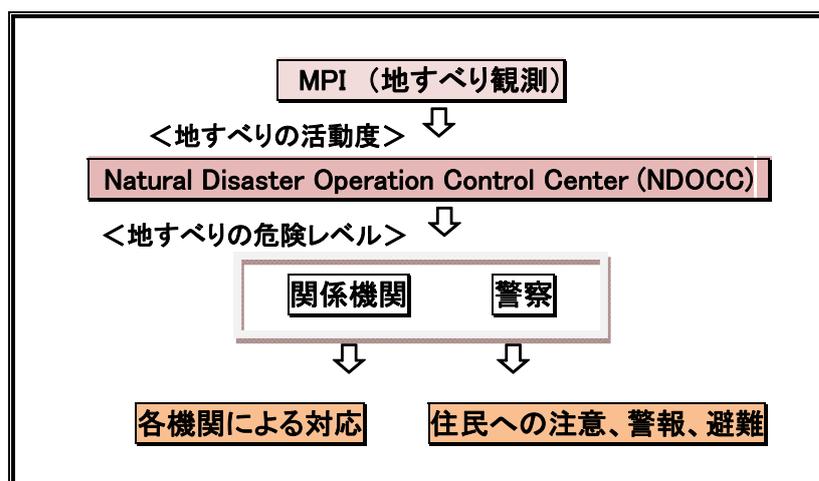


図6.2.1 災害スキームに示される情報の伝達（出典：JICA 調査団）

## 6.2.2 Chitrakoot, Vallee Pitot, Quatre Soeursの3地区における早期警戒システムの提言

### a. 警戒レベルの基準

地すべり災害スキームの基本事項は以下の4点である。

- ・ 早期警戒であること。（災害発生前の対応で、事後の緊急対応、復旧は含まれない。）
- ・ 住民の生命のみを守るものであること。（家畜、ペットを含む財産を守ることはスキームの対象外である。）
- ・ 警戒・避難基準は、住民の生命に対する危険度の指標となるべきものであること。（家に対する危険度ではない。）
- ・ 対象は地すべりであり、落石、崩壊、土石流などの災害は対象としない。（特に、Chitrakoot、Vallee Pitot、Quatre Soeurs の3か所を対象としている。）

本プロジェクトにおいて、3地区で2年以上にわたって、地すべりモニタリングを継続してきた。その結果を踏まえ、以下の警戒基準を提案する。

表6.2.2 警戒基準案(出典:JICA 調査団)

警戒ステージ		伸縮計による警戒基準	各家屋における異常の観測
ステージ 1	注意	20 mm / 月 以上	<新たな地すべりの兆候> 家の中に新たなクラックが見つかる。 家の床や壁に変形が見つかる。 家の周囲の地面、擁壁、道路に新たなクラック、変形が見つかる。
ステージ 2	警戒	10 mm / 日 以上	<クラックや変状の進行> 家の中のクラックが開いてくる。 家の床や壁の変形が大きくなる。 家の周囲のクラックや変形が大きくなる。 クラックの開くスピード:2 mm/時以上
ステージ 3	避難	20 mm / 日 以上	<クラックや変状の更なる進行> 家の中や周囲でさらに新たなクラックが発見される。 家の中のクラックや変状がさらに大きくなる。 隣家や周囲の壁が倒壊する。 クラックの開くスピード:20 mm/時以上
ステージ 0	解除	0 mm / 時 および、 対象家屋、その周囲に異常がないことを確認	変形した家の住民は、その家の健全性が診断されるまでは帰宅しない。 伸縮計の警報で避難した場合は、家の中、周囲に異常がないことを確認した後に帰宅する。
付属ステージ	豪雨警報・サイクロン警報	“Cyclone Warning Class II” または“Torrential Rain Warning” により、地すべり災害スキームのステージ1に移行する。 “Cyclone Warning Class III” により地すべり危険地域の住民は、サイクロン災害スキームに従い避難する。	

<提案した早期警戒システムの特徴>

- ・ 警戒基準は伸縮計と家屋の中の変状である。
- ・ 雨量による警戒基準は地すべり警戒システムには取り入れない。
- ・ 豪雨の場合、豪雨災害またはサイクロン災害スキームに従う。

- ・ 伸縮計による避難は、その伸縮計から半径50m以内の家屋の居住者とする。
- ・ 伸縮計による警戒基準は時間変位量としている。
- ・ 住居の中の異常を重視している。
- ・ 家屋の変状による避難はその家屋の居住者のみとする。
- ・ 家屋の変状により避難した場合は、基本的にその家には戻らない（避難解除はない）。
- ・ この基準は、Chitrakoot, Vallee Pitot, Quatre Soeursの3地区を対象としているが、他の地すべり(斜面崩壊、落石、土石流を除く)危険地域にも適用可能である。

## b. 早期警戒におけるLMUの役割

早期警戒時には、LMUは各段階で現地を確認する必要がある。特に、住宅の変状については、住民の思い違いや地すべり以外の変状があり得るので、通報があれば各戸に行ってその変状を確認する。

プレステージ、ステージ1における住宅の変状について、確認すべき点は以下のとおりであるが、危険の程度はまだ低い。

- ・ クラックなどの変状があるかどうか
- ・ 変状が地すべりによるものかどうか
- ・ 地すべり以外の変状とすると何が原因か
- ・ 変状が進行しているかどうかの確認方法と居住者への周知
- ・ ステージ2への移行の可能性の判定と、ステージ2での居住者の行動の再確認
- ・ 隣家への通知

ステージ2に移行したら、居住者はその家から離れ、避難する。ステージ1からステージ2への移行は、伸縮計の警報装置の作動、または住民による家の変形の観測により、自動的に移行する。住民は直ちにその住宅から離れる（自主避難）。ステージ2では、NDRRMCが居住者の避難等を所管し、LMUは必要に応じ技術的アドバイスを行う。

付属ステージ（豪雨・サイクロン災害）においては、住民は豪雨災害スキーム、サイクロン災害スキームに従い行動する。LMUは豪雨災害スキーム、サイクロン災害スキームには関与しない。LMUは平時には、地すべり危険地域に居住する住民に対する啓もう活動を行う。住民に対しては、特に以下の点を十分理解させる必要がある。

- ・ 住民が地すべり危険地域の中に居住していること、
- ・ 住民の生命の安全は基本的に自分で守ること、
- ・ 警報が出された場合には家や家畜などの財産を守ることはかんがえてはいけないこと、
- ・ 対策工事などの対策が完成するまでは財産を守るべきがないこと、

表6.2.3 地すべり災害スキームにおける警報案（出典: JICA 調査団）

警戒ステージ		伸縮計	各家屋における異常の観測	LMU の対応
ステージ 1	注意	20 mm /月 以上	<新たな地すべりの兆候> 家の中に新たなクラックが見つかる。 家の床や壁に変形が見つかる。 家の周囲の地面、擁壁、道路に新たなクラック、変形が見つかる。	兆候の見つかった現場の調査  新たな伸縮計、観測点 <sup>*2</sup> の設置
ステージ 2	警戒	10 mm /日 以上	<クラックや変状の進行> 家の中のクラックが開いてくる。 家の床や壁の変形が大きくなる。 家の周囲のクラックや変形が大きくなる。 クラックの開くスピード:2 mm/時以上	クラックや変状が進行した現場の調査  伸縮計、観測点の計測頻度をあげる  更なる伸縮計、観測点の設置
ステージ 3	避難	20 mm /日 以上	<クラックや変状の更なる進行> 家の中や周囲でさらに新たなクラックが発見される。 家の中のクラックや変状がさらに大きくなる。 隣家や周囲の壁が倒壊する。 クラックの開くスピード:20 mm/時以上	(住民による自主避難)
ステージ 0	解除	0 mm /時  および、 対象家屋、その周囲に 異常がないことを確認	変形した家の住民は、その家の健全性が診断されるまでは帰宅しない。 伸縮計の警報で避難した場合は、家の中、周囲に異常がないことを確認した後に帰宅する。	対象家屋とその周囲に異常がないことを  確認
付属ステージ	豪雨警報・ サイクロン警報	“Cyclone Warning Class II” または“Torrential Rain Warning” により、地すべり災害スキームのステージ1に移行する。 “Cyclone Warning Class III” により地すべり危険地域の住民は、サイクロン災害スキームに従い避難する。		

\*1 警戒対象の家屋:伸縮計から半径50m以内、または、変状の発生した家屋のみ。

\*2 壁面や床のクラックの幅の観測、地面の観測杭など

### 6.2.3 早期警戒システムの構築

地元住民が的確に警戒情報を認知できるように、早期警戒システムとして、警報機を伸縮計に追加設置した。警報機は回転灯と警報機から構成され、黄色の回転灯は警戒体制の場合に作動し、赤色の回転灯とサイレンは避難体制の場合に作動する仕組みである。

早期警戒システムのための警報機は、活発な地すべり活動を計測している2つの地すべりの伸縮計に追加設置される。

接続する伸縮計： Chitrakoot <E5>， Vallee Pitot <E-V1>

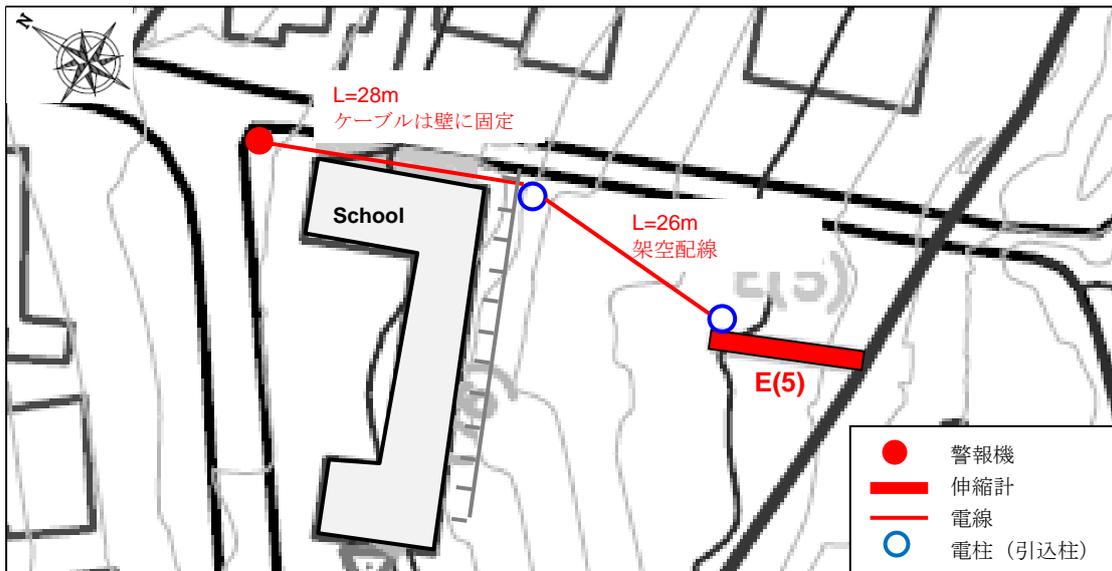


図6.2.2 Chitrakoot 地区の早期警戒システムの位置図(出典: JICA 調査団)

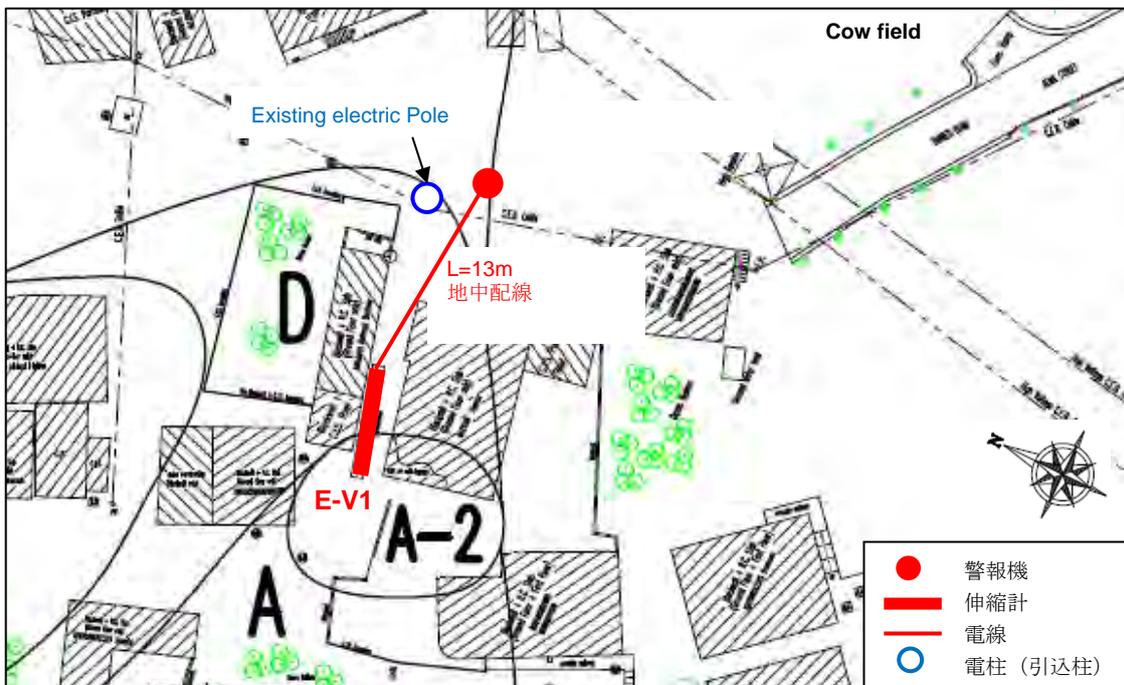
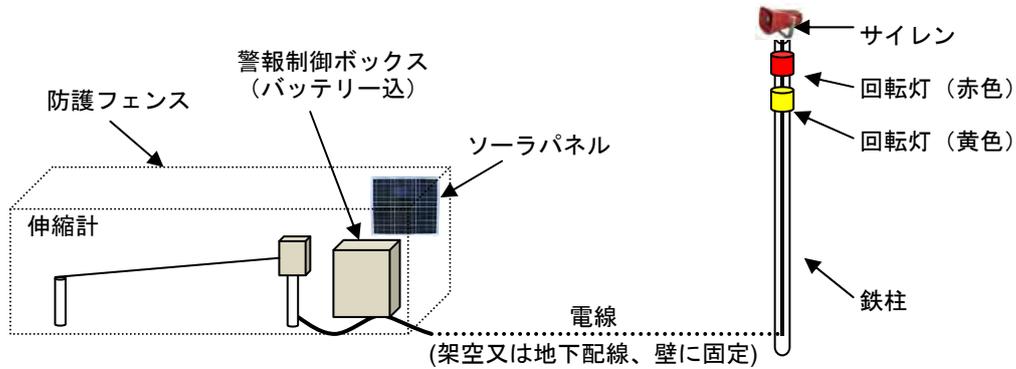


図6.2.3 Vallee Pitot 地区の早期警戒システムの位置図(出典: JICA 調査団)

### a. 早期警戒システムの器材

早期警戒システムの器材は、回転灯、サイレン、警報制御ボックス、ソーラーパネルから成る。



注意：電圧の低下を考慮し、電線の長さは80m以下とするのが望ましい。

図6.2.4 早期警戒システムの概念図(出典: JICA 調査団)

## b. 早期警戒システムの設置

- ソーラパネルと警報制御ボックスは、伸縮計の防護フェンスの内側に設置する
- サイレンと回転灯は専用の支柱（地上高 3.5m 以上）に設置する
- 各機器は電線で接続される



写真6.2.1 Chitrakoot 地区での早期警戒システムの設置状況(出典: JICA 調査団)



写真6.2.2 Vallee Pitot 地区での早期警戒システムの設置状況(出典: JICA 調査団)

## 6.3 Information, Education and Communication (IEC)

### 6.3.1 本プロジェクトにおけるIEC活動の目的

本プロジェクトでは、情報の送り手となる行政（中央政府、自治体、公的機関など）が、受け手である住民に対し、TVやラジオでの広報、リーフレットやポスターを通じた情報発信、避難訓練や住民集会などでの指導など、様々なチャンネルを通じて地すべりに関する情報を伝える活動を行うことで、以下の目的を達成することを目指す。

- 地すべり災害に関する基本的な情報を伝え、なぜ地すべり災害に対する備えが必要なのかについて理解を深め、日常的な防災意識を高める。
- 過度な開発行為や不適切な建設施設など地すべり災害発生リスクを高めるような人為的な活動を規制する。
- いざ地すべり災害が生じたときに適切な対応が可能になる。

### 6.3.2 本プロジェクトで実施するIEC活動の検討（表6.3.2のd）

表6.3.1 本プロジェクトで実施する IEC 活動の検討（出典：JICA 調査団）

課題・教訓	本プロジェクトで実施するIEC活動 (課題への対応策)		
	優先地域の住民を対象にしたステークホルダー会議の開催	状況を掲載したプロジェクト概要、進捗状況	地すべり防災の意識啓発教材の作成
1. 地すべり災害リスク軽減に向けた活動において、コミュニティの参画、オーナーシップが不十分である	◎	○	○
2. 住民は、居住地周辺の危険場所、避難のタイミング、避難経路についての十分な知識を有しておらず、地すべり災害に対して不安を抱いている。	◎	○	◎
3. 住民は、地すべり警戒地域での開発規制や建設規制について十分に理解していない。	◎	○	◎
4. 学校・コミュニティにおいて、地すべりに関する防災教育はなされていない。	◎	○	◎
5. 高等教育機関（モーリシャス大学等）や関係機関において地方リスク評価及び災害への備えのためのプログラムは実施されていない。	-	○	○
6. 災害スキームで実施すべきとされている図解入りポスターやフィルム、TVやラジオ・プログラムは実現には至っていない。	○	○	◎
7. 住民は、既存の警戒避難体制について十分に認知していない。	◎	-	◎

8. 住民は、現地調査やモニタリング結果等、定期的なプロジェクト成果の共有を望んでいる。	◎	◎	○
9. 現行の災害スキームでは、災害準備・避難計画策定についての内容が十分でなく、また、意識啓発の実施・責任主体が明確でない。	◎	-	◎

※ ◎直接的に貢献する、○間接的に貢献する

### 6.3.3 優先地域の住民を対象としたステークホルダー会議

#### a. ステークホルダー会議の目的

地すべり対策は、土地所有・利用との関係を考慮し、ステークホルダーに応じた地域コミュニティの利害調整・体制構築を積み重ねることが必要となる。そのためには、地域のステークホルダーが本プロジェクトの意義や方向性を理解し、事業実施計画やモニタリング計画といった各種計画の策定プロセスに積極的に参画させることが重要である。このような地域住民をはじめとするステークホルダーとの双方向のコミュニケーション・プロセスが、より地域のニーズに即し、実現可能性の高い計画策定につながる。

#### b. 実施計画

表6.3.2 住民を対象としたステークホルダー会議の実実施計画（出典：JICA 調査団）

回目		実施スケジュール	目的	内容
1	プロジェクト開始時	2012年9月	プロジェクト概要説明、現地調査への協力要請	1) プロジェクト概要説明 2) 現地調査（測量、ボーリング）への協力要請
2	事業実施計画（案）の作成後	2013年4月	事業実施計画およびF/S実施に係る合意形成・協力要請	1) 現地調査の結果共有 2) モニタリング結果の共有（とくに雨季の結果） 3) 対策（ハード・ソフト対策）の基本方針に対する住民意見の集約
3	事業実施計画の最終化前	2013年11月	F/S（事業評価）と環境影響評価に係る合意形成	1) 対策工（案）に対する住民意見の集約および土地利用に関する承認獲得（必要に応じて戸別訪問も実施） 2) 事業評価結果の共有 3) 早期警戒・避難システム（案）の説明
4	パイロット事業実施前	2014年7月	パイロット事業開始に係る合意形成	1) パイロット事業の概要説明 2) 現地調査およびモニタリング結果の共有 3) 提案した早期警戒・避難システムの有効性の検討（有効性の検討および課題の抽出） 4) 現地説明会の実施
6	パイロット事業終了時	2014年11-12月	パイロット事業結果の共有、地すべり災害対策計画へのフィードバック	1) パイロット事業全体のレビュー、結果報告 2) 早期警戒避難システムの説明（教材活用） 3) 現場説明会の実施 4) プロジェクト終了後の事業計画の説明

### c. 実施報告

全5回に及ぶステークホルダー会議の概要、住民・関係省庁から得られた意見及びコメントの要約、およびプロジェクトとしての対応・留意事項を報告書本編に示す。

## 6.3.4 住民アンケート調査の実施

### a. 調査の結果要約

以下、調査結果の要約を示す（調査の全結果は添付資料を参考のこと）。

#### a.1 地すべりに関する理解度

- 優先3地区に居住する住民の大半が地すべりに関する基本的な知識を有している。
- 今回の調査では、Contingency Planの更新を兼ねて、Vallee Pitotの地すべりブロックの下方側に位置し、地すべり被害の影響を受ける可能性のある世帯（16世帯）（OUT）も調査の対象に含んだ。地すべりブロックの外側に位置するこれらの16世帯には、これまでプロジェクトが数回にわたって実施してきたステークホルダー会議の対象には含まれていない。結果として、地すべりブロック内（IN）と外側（OUT）の世帯の地すべりに関する認識レベルに大きな差がみられた。

#### a.2 NDRRMCの認知度

- 住民のほとんど（65%以上）がNDRRMCを知らなかった。

#### a.3 早期警戒避難システム

- 「アラート・システム（サイレン・回転灯）」の認知度  
：Chitrakoot 地区および Vallee Pitot の地すべりブロック内（IN）の住民にはよく認知されていた。しかし、Vallee Pitot の地すべりブロック外側（OUT）の住民でアラート・システムを知っていたのは全体の50%にも満たなかった。
- 「簡易雨量計」の認知度  
：Chitrakoot 地区および Quatre Soeurs の住民にはよく認知されていた。しかし、Vallee Pitot では、地すべりブロック内（IN）での認知度は40%程度、外側（OUT）の住民は簡易雨量計の存在を全く認識していなかった。
- アラート・システムの認知度は比較的高いものの、簡易雨量計の認知度は低いため、結果雨量計の結果に対する信頼性も低い結果となっている。

#### a.4 警戒時・避難時におけるコミュニケーション

- 「警察（Police）」は、住民が住居やその周辺環境で、地すべりによるひび割れや歪みを発見した際に、最初に連絡すべき機関として認識されている。また、住民の多くは、避難のタイミングは警察が知らせてくれるものと考えている。
- プロジェクトは、警戒時における住民と警察間の連絡係として、数名を任命していたが、Vallee Pitot および Quatre Soeurs の住民の大半は、連絡係を介すのではなく、自身で警察に連絡すべきと考えている。一方、Chitrakoot の住民の約60%は、連絡係の存在とその役割を認識していた。しかし、優先3地区の住民の大半が、プロジェクトで任命した連絡係の連絡先を知らなかった。

#### a.5 2014年のChitrakoot地区における避難勧告発令時の対応

- 1/4にあたる世帯がそもそも自宅を不在にしていた。一方、在宅していた3/4の世帯のうち半分にあたる世帯が事態を深刻に捉えず、避難の必要がないと自己判断し避難しなかった。どこに避難すべきかわからなかったという回答もあった。

#### a.6 今後避難勧告が発令した際の行動

- Chitrakoot および Vallee Pitot の約 40%の住民が、「避難しない」「避難するかどうか分からない」と回答している。避難しない理由として最も多く挙げられたのは、「どこに避難したら安全なのかが分からない」。一方、Quatre Soeurs の住民は全員「避難する」と回答。

#### a.7 地すべり災害における責任

- 避難勧告が発令されたにもかかわらず避難せず、実際に被害に遭った場合、誰が責任をとるべきかという問い（Q24）に対して、「自分自身」「誰のせいでもない」と回答する住民が各地区とも7割を超えた。「行政の責任」と回答したのは、14%～33%にとどまった。
- 優先3地区の住民の大半が、「MPI」が地すべりのモニタリングとその対策の実施において役割と責任を負うべきと回答、「地方自治体」が次に続く。

#### a.8 避難時に必要な情報やサポート

- 住民の大半が、行政が指定した「避難場所」を避難先として考えている。
- Quatre Soeurs の住民全員が「避難場所」と「避難ルート」を理解している。一方、Chitrakoot および Vallee Pitot の住民のうち、「避難場所」と「避難ルート」について理解しているのは、60%に満たなかった。
- 優先3地区の70%以上の住民が、避難時において行政の何らかのサポートを必要としている。

#### a.9 現行の早期警戒避難システムの評価

- まだ雨季を一度しか経験していないこともあり、住民も Alert system が起動したところを目のあたりにしていないため、「わからない」という回答が最も多かった。

#### a.10 IEC活動・その他

- 優先3地区の住民ほぼ全員がプロジェクトが実施したステークホルダー会議に参加したことがあり、本プロジェクトのことも認知している。（Vallee Pitot の地すべりブロックの外側（OUT）を除く）
- 住民が地すべり関連の情報を得るツール：①テレビ（ニュースなど）、②現地でのステークホルダー会議、③ラジオ。住民間の口コミなどを通じて情報を得る場合も少なくない。これまでプロジェクトが定期的実施してきたステークホルダー会議等が、特にその地区特有の情報を得る上で効果的な場となっていることが示唆された。

#### b. 提言

- 地すべり災害の意識啓発活動は、地すべりブロック内の住民のみならず、地すべりブロックの下方側に位置し、地すべり被害の影響を受ける可能性のある世帯も対象に含める必要がある。
- メディア等を介して、NDRRMC の認知度を高める必要がある。
- 本調査は、プロジェクトが優先3地域に提案し、試験的に実施している早期警戒避難システムを評価することを目的の一つとしていたが、雨季をまだ一度しか経験しておらず、住民も Alert system が起動したところを目のあたりにしていないため、その有効性を結論づけるのは時期尚早である。

- 避難勧告が発令されたにもかかわらず避難せず、実際に被害に遭った場合、自身にその責任があると考える住民が 7 割以上を占めることから、政府は、空振りを恐れずに警戒・避難勧告を出すべきであること、避難場所やルート、高齢者等弱者に対する移手段の提供など、政府としての最低限の義務を果たすべきである。
- いざ地すべり災害に遭ったときに、迅速に住民が判断・連絡できるよう、政府側の窓口は一つに設定すべきである。「警察」が窓口としての役割を担う機関として最適である。
- 連絡系の存在は、行政機関にとって現場の状況把握や住民への連絡を行う上で有用であるが、現時点では住民にとってその認知度は低い。個々によって状況は異なり、災害発生時には迅速な対応が求められる。連絡係を介さず、住民から直接「警察」へ連絡する体制を構築することが望ましい。
- 住民が個々に状況を判断し、自主避難することが望ましいが、お年寄りの一人暮らし世帯など行政のサポートを必要とする世帯が存在するのも事実である。行政は、各世帯の属性を把握し、サポートを必要とする世帯の特定を平常時から行っておくことが望ましい。
- これまでプロジェクトが定期的実施してきたステークホルダー会議が、地すべり関連の情報、とくに、地区特有の情報を得る上で効果的な場となっていることが示唆された。教材の提供等を通じて、プロジェクト終了後も住民が地すべり防災に関する情報に必要なときにアクセスできるようにし、住民の防災に関する意識を高め、自発的かつ実践的な防災行動を促進することが求められる。

### 6.3.5 プロジェクト・ニュースレターの作成

プロジェクト期間中約半年に一度の頻度で、プロジェクト・ニュースレターを第1版～第5版発行した。ニュースレターでは、プロジェクト概要や進捗状況をまとめ、写真を多用し、わかりやすい表現にするよう工夫した。住民の多くは英語を十分に理解できないため、ニュースレターは英語版とフランス語版を作成し、MPIのカウンターパートおよびMPI本省のPermanently Secretary (PS)のコメントを反映させて最終化した。ニュースレターは、ステークホルダー会議の際に配布したほか、政府関係機関とも共有した。第1版～第5版のニュースレター（英語版・フランス語版）を添付資料6.3.2に添付する。

### 6.3.6 教材作成

ハンドブックの作成にあたっては、優先3地区のみならず全国の地すべり地区にも汎用できるよう情報を一般化したほか、また、学校の児童にも理解しやすいようイラストレーションや写真を多用した。また、NDRRMCの担当官ともハンドブック発行の意義および内容について協議を重ね、MPI・NDRRMC・プロジェクト（JICA）の共同発行とすることにした。



写真6.3.1 地すべり防災ハンドブック(出典: JICA 調査団)

## 6.4 パイロット事業における技術総括

本プロジェクトでは、地すべり対策の「ハード対策」と「ソフト対策」を「モ」国においてほぼ初めて実施した。

ハード対策は、Chitrakoot において構造物対策を実施した。構造物対策は、地すべり地内への地表水の流入抑制ならびに地すべり地外への地表水・地下水の安全な排除を目的として、洪水用大断面水路工、水平ボーリング工、明暗渠工、表面排水路工、暗渠工、既存河川改修（拡幅および護岸工）、付帯工（橋梁・集水柵）の基本設計・詳細設計、積算、施工計画立案、入札・契約、施工、施工監理を C/P と共同で実施した。

水路工や排水工については洪水対策として「モ」国において実施されてきたが、地下水位を低下させるための地すべり抑制工として事業は初めてであり、C/P に対して地すべりに対する効果について説明を繰り返し行った。また水平ボーリング工は日本では主要な対策であるが「モ」国では完全にはじめてであるため、提案段階からその目的や方法、維持管理等を丁寧に何度も説明した。C/P は土木技術者であることから、技術的根拠を一旦説明すると、これらの意義を容易に理解して、パイロット事業の中盤以降は調査団に助言を求めつつも自主的な設計・施工に係る対応を積極的に行った。これにより工期内の完成に大きく貢献した。また、C/P がハード対策の意義や手法を理解したことから対象地区の事業を Section I と II に分割し、Section I を調査団が、Section II を MPI が次年度以降に実施することが可能となった。

地すべり対策工の効果判定は今後の地下水位計と地表伸縮計のモニタリング結果を待つ必要があるが、2015 年 1 月に同地区で発生した局所的地すべり被害からその効果は非常に高いと推察される。対象地区では 2015 年 1 月に Section II 周辺（MPI が次年度以降に実施予定箇所では現時点では対策未実施）で小規模な地すべりが発生し（1 月 12 日前後に「モ」国に近づいたサイクロン Bansi に伴う降雨とその後の連続した降雨により当該地の地下水が飽和状態に達していたことが原因）局所的に 6 件の家屋に変状が発生したが、パイロット事業で対策工を実施した Section I では活動はなく、特に水平ボーリング工の影響範囲では被害が認められなかった。このことから、本事業における対策工の効果により地すべりブロック全体では活動が抑制され、地すべり被害は最小化したことを示していると考えられる。調査団が提案した地すべり対策工を、次年度以降に MPI が継続的に実施することにより、対象地区全体の地すべり活動が安定化することが期待できる。

ソフト対策は、優先地域 3 地区（Chitrakoot、Quatre Soeurs、Vallee Pitot）の早期警戒システムと避難体制の構築を実施した。「モ」国の早期警戒システムに関して、既存の災害スキームにおける早期警戒への対応方法の課題を整理した上で、本プロジェクトでのモニタリング結果を踏まえて、新たに、伸縮計と家屋変状を基準値とした早期警戒システムを提案した。伸縮計もしくは家屋のクラック・変状発生で基準値を設定し「準備（プレステージ）」、「警戒（ステージ 1）」、「避難（ステージ 2）」、「解除（ステージ 3）」を定めて、本基準値に基づいて、対象住民が自主的に避難できるように、回転灯（黄色と赤色）と警報機（サイレン）を伸縮計に追加設置した。さらに回転灯や警報機が発動した場合の住民から警察・MPI 等への連絡体制・連絡係を設定し、避難経路や避難場所を明示した手順書を作成した。

「モ」国では地すべりに係る早期警戒と避難は「災害スキーム」に規定されていたが、その内容は、国内に伸縮計および雨量計が設置されていないにも関わらず「伸縮計と雨量計」を基準としていること、落石や擁壁変状を含む 37 箇所の指定地区すべ

てに「地すべり」基準としていることといった「机上の空論」であった。本プロジェクトでは調査団が「災害スキーム」のこれら問題点を整理し、地すべり活動の顕著な優先地域 3 地区について現実的かつ効果的な早期警戒と避難システムを提案し実施した。特に住民による自主的連絡・自主的避難を促したことで、必ずしも雨量との相関が高くない場合があることから基準値は「住居内の異常」を重視したことは「モ」国では画期的であったと考える。

なお、2015年1月に Vallee Pitot において基準値を超えた地すべり活動が発生し、「警戒(ステージ1)」回転灯が作動した(前述のサイクロン Bansi に伴う降雨とその後の連続した降雨が原因と思われる)。このとき調査団が設定した警戒・避難プロトコルに従って、地域住民は地元警察に電話連絡し、警察は MPI に要請して、MPI 職員と調査団がただちに現地に出発し、現地踏査と伸縮計の確認、家屋の変状確認を行った。幸い、翌日以降に天候は回復し地すべりは安定化したため、「避難(ステージ2)」には至らず、「警戒」は解除となったが、解除に至るまでの間も MPI 職員は継続的に現地確認を行っていた。このようにソフト対策においても C/P はその意義と責務を十分に理解し、調査団の助言を踏まえつつも自主的に職務を全うしたことはパイロット事業の効果といえる。今後とも MPI は、平時には対象住民に対して地すべりに係る啓蒙活動を行うほか、警戒時には現地を確認し、自然災害の避難を管轄する関係機関に対して技術的助言を行っていく。

## <第6章の参考文献>

<sup>1</sup> (社)日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針, pp. 404, 2009

<sup>2</sup> Construction Industry Development Board: National Schedule of Rates (First edition), 2012

# Chapter 7

---

技術移転

*Technical Transfer*

## 7 技術移転

### 7.1 方法論

#### 7.1.1 技術移転の目的

効果的な技術移転を実施するため、はじめに、各技術移転項目の目的と投入を以下のとおり表に整理する。

表7.1.1 各技術移転項目における目的と投入（出典：JICA 調査団）

項目	現地 OJT	パイロット事業	本邦研修
目的	<ol style="list-style-type: none"> <li>地すべり対策に関する調査、解析、モニタリング、対策工事、維持管理の一連の流れを理解する。</li> <li>地すべりに対応するための組織改善、マニュアル/ガイドライン整備、警戒・避難基準の具体案を提案する。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>地すべり対策工法の選定、設計、積算、施工、維持管理の具体的方法を理解する。</li> <li>対策工事实施にあたるステークホルダーとの関わり、住民説明について理解する。</li> </ol>	<p>【第1回】 幹部を中心として「地すべりとは？防災行政とは？」を理解してもらい、今後の「モ」国の防災行政遂行の参考としてもらう。</p> <p>【第2回】 技術者を中心として「実際の活発な斜面災害活動状況と、その緊急・恒久対策の方法と意義」を理解してもらい、今後の「モ」国の斜面災害対策技術検討の参考としてもらう。（特に、OJT で経験できない煩雑な地すべりや、他の斜面災害（落石、表層崩壊、岩盤崩壊、土石流など）について）</p>
投入	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地調査・モニタリング・対策工施工の共同実施</li> <li>技術移転セミナーの開催</li> <li>ワークショップの開催</li> <li>マニュアルの制定</li> <li>ガイドラインの制定</li> <li>警戒・避難基準の制定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工法の選定・設計・積算・施工・維持管理の共同実施</li> <li>ステークホルダー会議の開催</li> <li>住民説明会の開催</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国土交通省での事務所訪問、現場視察（行政業務や避難、住民合意形成等を含む）</li> <li>都道府県土木課での事務所訪問、現場視察（行政業務や避難、住民合意形成等を含む）</li> <li>大学や研究機関での研究事例紹介</li> <li>民間コンサルタントによる調査・解析・対策技術</li> </ul>

#### 7.1.2 技術移転の方法

- 技術的キャパシティの確認
- 段階的な技術移転

表7.1.2 CDにおける各発展段階（出典：JICA 調査団）

発展段階
①基本的な地すべり調査・モニタリング・解析ならびに対策計画策定
②対策の具体的な検討と設計及び積算による工事規模の同定
③パイロット地域での対策工の施工・発注管理
④自立的な調査・設計施工・管理及び発注管理、かつ緊急時の体制の確立

### 7.1.3 技術移転における基本方針

- a. 「モ」国の社会経済状況に見合った対策の検討
- b. 国内支援委員会の活用
- c. ステアリング・コミッティの活用
- d. 定例ミーティング等の開催
- e. 地域住民への理解促進

## 7.2 技術移転の体制

より効果的で円滑な技術移転を実施するため、専門家とカウンターパートによる専門グループを形成する。専門グループは基本的に表 7.2.1 のとおりである。それぞれのグループを軸として、地すべり調査・解析・設計・施工における基礎的な理解と手法をカウンターパートメンバーに対して移転した。

表7.2.1 専門グループ毎の各メンバーの配置（出典：JICA 調査団）

	専門グループ	JICA専門家	カウンターパート
1	業務管理 (総括、副総括/地すべり対策計画)	市川 建介 桑野 健	
2	調査・解析 (地すべり調査・解析、地すべりモニタリング、物理探査、GIS/測量)	岩崎 智治 横尾 文彦 笠原 洋二 杉田 昌美	Mahmad Reshad JEWON Deevarajan CHINASAMY Vishwahdass RAMDHAN
3	設計・施工 (施設設計/積算、水質管理/環境社会配慮)	原 崇 倉田 隆喜	Selvanaden Pearia ANADACHEE Mohammad Khalid MOSAHEB Rameswurdass RAMDHAN
4	ソフト対策 (都市計画/土地利用政策・計画、組織/制度分析/キャパビル、IEC)	郷内 吉瑞 齋藤 公美 川畑 友里江 市川 真吾 吉田 悠 徳田 誠	Lalitsingh BISSESSUR Bhoopendra DABYCHARUN

技術移転の概念図を図 7.2.1 に示す。この図に示されるとおり、基本的に上表のとおり各グループでの活動を基本とするが、C/P は専門家グループ全体から技術移転を受けられるように工夫することで、C/P の専門性にとらわれない技術移転を図った。これにより C/P は特化した 1 つの専門性だけでなく、地すべり管理全体の技術を理解することができる。

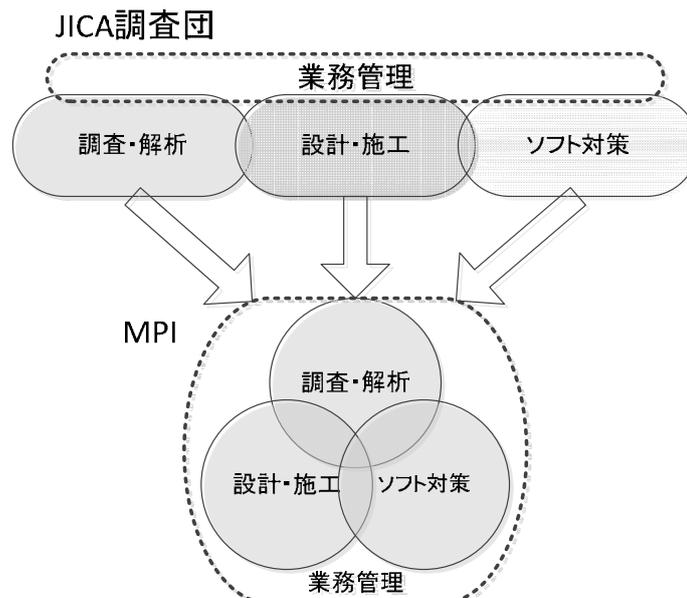


図7.2.1 技術移転体制（出典：JICA 調査団）

## 7.3 技術移転セミナー

### 7.3.1 第1回技術移転セミナー

第1回技術移転セミナーは、プロジェクトの内容、調査方針と方法、基礎調査の結果を関係者に周知する目的で、2012年10月10日に実施された。技術移転セミナーは、MPI Lutchmeeparsad 事務次官による開会の言葉に続いて、JICA 専門家チームの市川総括に基調講演によって開始された。セミナー議事録は、巻末資料に添付する。

### 7.3.2 第2回技術移転セミナー

第2回技術移転セミナーは、基礎調査・地すべり管理計画・フィージビリティスタディの結果、およびパイロット事業骨子を関係者に周知する目的で、2013年11月20日に実施された。技術移転セミナーは、MPI Lutchmeeparsad 事務次官による開会の言葉に続いて、JICA 専門家チームの市川総括に基調講演によって開始された。

### 7.3.3 第3回技術移転セミナー

第3回技術移転セミナーは、全調査活動結果のうち特にパイロット工事および早期警戒避難システムを関係者に周知する目的で、2015年1月20日に実施された。発表は、下の会議議事録に示されるとおり調査団とC/Pによって実施された。技術移転セミナーは、MPI Lutchmeeparsad 事務次官による開会の言葉に続いて、JICA マダガスカル事務所の本所長の挨拶、JICA 専門家チームの市川総括に基調講演によって開始された。

## 7.4 ワークショップ

本プロジェクトでは、特定テーマに関するワークショップを実施し、C/Pの理解を促した。ワークショップは地すべり調査・解析・評価・対策検討に関わる具体的なテーマであり、実施時期と内容とは下表に示すとおりである。

表7.4.1 ワークショップ一覧（出典：JICA 調査団）

実施時期	テーマ	場所	C/P	調査団
2012年6月19日(火) 9:30-11:30	地すべり基礎論	Phoenix, MPI	23名	市川、桑野、岩崎、戸上、笠原、齋藤
2012年7月10日(火) 9:30-12:30	地すべり現地踏査	Phoenix, MPI Chitrakoot, Port Louis	7名	岩崎、横尾、笠原、郷内、山本
2012年7月26日(木) 10:00-11:30	モニタリング機器	Phoenix, MPI	11名	横尾
2012年7月30日(月) 10:00-12:00	地すべり災害のための土地利用政策	Phoenix, MPI	11名	郷内
2012年9月6日(木) 10:00-11:30	地すべり空中写真判読	Phoenix, MPI	15名	原
2012年10月31日(水) 9:30 - 12:00	地すべり調査・解析・観測特別講演	Phoenix, MPI	12名	福岡先生(京都大学)、桑野、岩崎、横尾、笠原
2012年10月31日(水) 13:30 - 14:00	「モ」国の土質特性と定体積一面せん断試験	Phoenix, MPI	10名	福岡先生(京都大学)、桑野、岩崎、横尾、笠原
2012年11月5日(月) 13:00 - 15:00	モニタリング現地訓練	Quatre Soeurs Landslide	6名	岩崎、横尾、笠原
2013年2月25日(月) 13:30 - 16:00	モニタリング結果と早期警戒	Phoenix, MPI	6名	岩崎、横尾、原、郷内、吉田
2013年2月26日(火) 9:30-11:30	PPGLレビュー結果	Phoenix, MPI	19名	郷内
2013年3月5日(火) 13:30 - 16:00	安定解析と対策工法	Phoenix, MPI	6名	岩崎、原、横尾、桑野
2013年3月7日(月) 10:00 - 12:00	モニタリング結果の整理と解釈	Phoenix, MPI	4名	横尾、岩崎
2013年10月16日(水) 13:30 - 16:00	対策工	Phoenix, MPI	4名	原、岩崎、吉田、徳田

## 7.5 本邦研修

本邦研修は C/P に対する技術移転をより確実なものとするため、本プロジェクトでは2回実施した。本邦研修では、日本国内のいつかの機関・組織・現場を訪問し、技術の取得や現地視察を実施する。本邦研修の概要は下表のとおりである。

表7.5.1 本邦研修の概要（出典：JICA 調査団）

項目	第 1 回	第 2 回
実施時期	2012年11月20日(火)～12月15日(土) (26日間)	2013年8月14日(水)～9月8日(日) (26日間)
大目的	1. 日本の土砂災害対策から、構造物対策に関して、「モ」国で必要な技術、可能な技術を理解する。 2. 日本の土砂災害対策から、早期警戒・避難および住民との合意形成に関して、「モ」国で必要な技術、可能な技術を理解する。 3. 地すべり管理および防災行政のありかた、考え方、流れを理解する。 4. 本プロジェクトにおいて、「モ」国で導入した地すべり観測、調査技術の基礎を理解する。 5. 本プロジェクト成果の達成に向けて、その意義を再認識する。	
個別目的	幹部を中心として「地すべりとは？防災行政とは？」を理解してもらい、今後の「モ」国の防災行政遂行の参考としてもらう。	技術者を中心として「実際の活発な斜面災害活動状況と、その緊急・恒久対策の方法と意義」を理解してもらい、今後の「モ」国の斜面災害対策技術検討の参考としてもらう。
参加人数	5名	5名
参加者	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mohammad Naim EARALLY</li> <li>• Lalitsingh BISSESSUR</li> <li>• Vishwahdass RAMDHAN</li> <li>• Mohammad Khalid MOSAHEB</li> <li>• Bhoopendra DABYCHARUN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahmad Reshad JEWON</li> <li>• Deeverajan CHINASAMY</li> <li>• Madun BALLOO</li> <li>• Selvanaden Pearia ANADACHEE</li> <li>• Visham RAMCHURN</li> </ul>
主な訪問先	・国土交通省での事務所訪問、現場視察 ・都道府県土木課での事務所訪問、現場視察 ・大学や研究機関での研究事例紹介 ・民間コンサルタントによる調査・解析・対策技術	

## 7.6 ステアリング・コミッティ

本プロジェクトでは「モ」国内の関連行政機関とステアリング・コミッティ（SC: Steering Committee）を構成する。SC の目的は、円滑な協力体制を構築・維持し、業務の進捗や課題について関係機関が共通認識を持ち、意思決定と問題解決を促進するためである。なお、SC の設立・運営は C/P が主体的に行うべきであり、調査団はこれを支援すると共に、MPI が SC の事務局として機能するよう C/P のオーナーシップを促す。

表 7.6.1 SC の実施計画（出典：JICA 調査団）

項目	概要
内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 業務のフェーズごとの活動計画の承認</li> <li>● 業務のフェーズごとの計画の進捗を確認</li> <li>● 業務実施上の課題について協議</li> <li>● 他プロジェクトの円滑な実施のために必要な事項の協議</li> </ul>
参加メンバー	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 議長：MPI 次官</li> <li>● メンバー：MPI 土木部 部長、MPI 土木部 副部長、PMO、MoEPU、MoHL、MoLG、MoESD、MoFED、PD、MSS、地方自治体、モーリシャス大学の各代表、その他プロジェクトダイレクターが定める機関の代表、在マダガスカル日本大使館、JICA マダガスカル事務所、調査団</li> </ul>
SC開催時期	● 各レポート説明・協議時を基本として、毎年年間計画立案後に開催
予定人数	20名程度

第 1 回 SC は、プロジェクトの開始直後の 2012 年 5 月 29 日に開催され、IC/R の内容確認、SC の役割、ステークホルダーの役割について協議された。

第 2 回 SC は、プログレス・レポート提出時の 2012 年 11 月 1 日に開催され、基礎調査結果、地すべり管理計画の骨子、F/S の骨子について協議された。また、本 SC では支援委員の一人である福岡浩先生（京都大学）に特別講演をいただいた。

第 3 回 SC は、インテリム・レポート提出時の 2013 年 11 月 21 日に開催され、地すべり管理計画、パイロット事業、他ドナープロジェクトとの共同活動について協議された。

第 4 回 SC は、ドラフト・ファイナル・レポート提出時の 2015 年 1 月 19 日に開催され、全調査活動結果のうち特にパイロット工事および早期警戒避難システムに係る共同活動について報告した。

## 7.7 国内支援委員会

本プロジェクトでは、プロジェクトの諮問委員として国内支援委員会を設置する。同委員会は、業務の内容に関して専門的かつ技術的立場から検討審議する。

国内支援委員会の実施スケジュールと協議内容を下表にとりまとめる。

表7.7.1 国内支援委員会の実施計画（出典：JICA 調査団）

項目	第1回	第2回	第3回	第4回
協議内容	プロGRESS・レポートの決定	パイロットプロジェクトの骨子の決定	インテリム・レポートの決定	ドラフト・ファイナル・レポートの決定
実施時期	2012年8月31日 プロGRESS・レポート現地協議の前	2013年5月28日 現地サイト選定・設計の終了前	2013年10月30日 パイロットプロジェクト開始前	2014年12月24日 パイロットプロジェクトの終了前
決定事項	①基礎調査結果、及び地すべり地の実態（種類、大きさ、危険度等） ②地すべり管理計画の骨子 ③優先地域、F/Sの骨子（対策工等）	①パイロットプロジェクトの骨子 ②地すべり管理計画の詳細（地すべり管理体制、及び防災対策の部分）	①地すべり管理計画の結果（パイロットプロジェクトからのフィードバックを除く）	①パイロットプロジェクトの結果 ②地すべり管理計画及びF/Sの最終結果 ③ファイナルレポートの提言

第1回委員会は、2012年8月31日に開催され、基礎調査結果、地すべり地の実態（種類、大きさ、危険度等）、地すべり管理計画の骨子、優先地域、F/Sの骨子（対策工等）について協議された。

第2回委員会は、2013年5月28日に開催され、対象地すべり3地区でのハザード評価（調査・解析）、ハード対策（パイロット事業）、早期警戒避難システム、PPG、組織強化計画について協議された。

第3回委員会は、2013年10月30日に開催され、優先箇所とパイロット事業箇所の選定、Chitrakootにおけるハード対策（パイロット事業）、早期警戒・避難システム、災害スキーム、PPG、フィージビリティスタディについて協議された。

第4回委員会は、2014年12月24日に開催され、全調査活動結果のうち特にパイロット工事および早期警戒避難システムについて協議された。

## 7.8 技術移転の成果

本プロジェクトでは調査・解析・設計・施工監理のすべての過程において、下表に示す C/P を巻き込んで実施した。本活動を通して MPI の地すべり対策に係る組織体制も強化されており、プロジェクト終了後も C/P が地すべり対策・管理の基本的活動を実施することが可能となった。

表7.8.1 技術移転された C/P（出典：JICA 調査団）

分類	名称
組織	Landslide Management Unit, Civil Engineering Division, Ministry of Public Infrastructure, National Development Unit and Land Transport
プロジェクト実施時の主なC/Pメンバー	Mahmad Reshad JEWON Deeverajan CHINASAMY Vishwahdass RAMDHAN Selvanaden Pearia ANADACHEE Mohammad Khalid MOSAHEB Rameswurdass RAMDHAN Lalitsingh BISSESSUR Bhoopendra DABYCHARUN

C/P に対して実施された本プロジェクトにおける技術移転の項目と成果を、各コンポーネントごとに評価し、その成果を考察した。

### 【基礎調査】

地すべりの概略調査方法について技術移転を行い、C/P はその基礎概論を理解した。しかしながら、C/P の専門が土木であることから、地質学や地形学の理解に問題がある。今後、これらの課題を克服するため、継続的な地すべり調査を実施していく必要がある。

### 【地すべり管理計画】

C/P は地すべり調査/解析/管理計画立案の知識がほとんどなかったため、詳細調査とモニタリング、解析を行うための実施体制を検討した。モニタリングや法令検討、防災点検については、C/P 自らすべての移転項目を十分に実践できる体制となった。

コンポーネント 1 と同様に、地質学や地形学の理解に若干の問題があるが、地すべり管理計画で実施すべき調査の大部分（ボーリング調査、物理探査など）は民間調査会社に委託する内容であるため、概論的な解釈を理解できた現段階で問題ない。

### 【優先地域における F/S の実施】

優先地域の選定、対策方針の立案など F/S におけるすべての項目は、C/P と共に OJT 形式で実施したため、C/P は内容を理解しており、今後も実践できる体制であると判断できる。

また本プロジェクトを通じて次年度以降の予算が確保されたほか、地すべり対策組織の増員・強化が図られることとなった。環境影響評価については民間調査会社に委託する内容であるため、概論的な解釈を理解できた現段階で問題ない。

## 【パイロット事業の実施】

構造物対策や早期警戒・避難システムなどパイロット事業における活動は、C/Pと共にOJT形式で実施したため、C/Pは内容を理解しており、今後も実践できる体制であると判断できる。また地すべり対策のIECは「モ」国では初めての試みであったが、C/Pが十分に重要性を理解したことから、今後も継続的に実施されると思われる。

地すべり対策の「ハード対策」と「ソフト対策」は、経験が重要となってくるため、今後も継続的な訓練が必要である。加えて、本プロジェクト範囲は狭義の「地すべり」に限定しており、他の斜面災害である「斜面崩壊」、「落石」、「土石流」は対象としていないほか、Chitrakootでのパイロット工事直後に本プロジェクトが終了してしまうことから、対策工の維持管理方法の技術移転が含まれていない（下表）。

表7.8.2 本プロジェクトの範囲（出典：JICA 調査団）

	調査・解析	設計	施工・施工監理	維持管理
<b>地すべり</b>	<b>本プロジェクトの範囲</b>			
斜面崩壊				
落石				
土石流				

各斜面災害の機構や発生パターンは異なっており、対策方法も異なっている。そのため、発生機構の違いを理解しないまま対策を実施することは、さらに大きな被害を発生させる場合がある。

「モ」国政府は、災害スキームで国内37斜面災害を指定しており（下表）、これらの地すべり、斜面崩壊、落石、土石流は特に深刻であるため、現状のMPIの技術力だけでは対策が極めて困難であると考えられる。

表7.8.3 災害スキームにおける斜面災害箇所（出典：JICA 調査団）

大分類		小分類	
斜面	15 地区	地すべり	6 地区
		斜面崩壊	7 地区
		落石	1 地区
		土石流	1 地区
その他	22 地区	溪流浸食	10 地区
		盛土崩壊	4 地区
		擁壁崩壊	5 地区
		家屋崩壊	1 地区
		洞窟	2 地区
		合計	37 地区

MPIはプロジェクト期間中、調査団に対して、斜面崩壊や落石などの緊急災害対策の助言を繰り返し求めてきた。特に2014年4月26日には4m\*2m\*2mの巨石が国道に落下し通行止めとなり、調査団はMPIに対して緊急対策実施の技術支援を実施した。

このような災害に対して恒久対策は必須であり、MPI は JICA に対してこれら斜面災害に係る調査・解析・設計・施工の技術支援を強く求めてきている。さらに MPI は 2012 年および 2013 年の本邦研修において斜面对策工の維持管理の重要性を認識しており、この点についても技術移転を求めている。そのため、MPI に対して斜面災害対策に係る継続的な技術支援を実施していくことが望ましい。

## 7.9 今後の MPI における活動と関係機関の役割分担

### 7.9.1 MPIにおける今後の活動

2014年12月に完了した Chitrakoot でのパイロット事業における地すべり対策構造物は、調査団から MPI に対して、正式に引継ぎが行われた。MPI は今後、これらの構造物を適切に維持管理していく必要がある。

#### a. 引継ぎが実施される地すべり対策構造物

調査団によって建設された地すべり対策構造物の以下のとおりである。詳細の平面図や構造物については、巻末資料に添付する。

- ・ River Type-1 (5m)
- ・ River Type-2 (10m)
- ・ River Type-3 (140m)
- ・ River Type-5 (55m)
- ・ New Channel CH-1 (217m)
- ・ Bridge Br-1
- ・ Bridge Br-2
- ・ Bridge Br-3
- ・ Bridge Br-4
- ・ Bridge Br-5
- ・ Horizontal Drainage (5 boreholes)

なお、主な設計変更項目は以下のとおりである。

- ✓ River Type 1 & 2: 壁部の石積み工の高さの増加と、それに伴う植生工の減量
- ✓ River Type 3: 右岸壁の部分的直線化
- ✓ Bridge Br5: 手すり構造の変更（柵から鉄管）

#### b. 今後MPIで実施される対策工

今後、MPI はセクション II およびセクション I のキャンセル区間を実施することになる。これらの工事後、地下水位と地すべり活動の状況をモニタリングにより確認する必要がある。

- ・ Reconstruction of the bridge at the end point of river (National Development Unit 実施)
- ・ Channel for the flood CH-2 (130 m)
- ・ Horizontal drainage (HD-2) (210 m)
- ・ Horizontal drainage (HD-3) (350 m)
- ・ Surface drainage (SD-1) (75 m)
- ・ Open-blind ditch (OB-1) (55 m)
- ・ Open-blind ditch (OB-2) (85 m)
- ・ Blind ditch (BD-1) (35 m)
- ・ Blind ditch (BD-2) (32 m)
- ・ Blind ditch (BD-3) (40 m)
- ・ Water catch basin (5 pc)
- ・ Bridge (2 pc)
- ・ Manhole for maintenance (12 pc)

## **b.1 セクションIのキャンセル区間**

- ・ Upgrading of existing water course RUD-1 (Type3 drainage) (35 m)
- ・ Upgrading of existing water course UD-3 (Type4 drainage) (47 m)

## **b.2 地下水位のモニタリング箇所**

- ・ BPP 16
- ・ BPP 11
- ・ W-2
- ・ BPP 8
- ・ B-P1
- ・ B-P2

## **c. MPIによる水路、橋梁、水平ボーリングの清掃と維持管理**

今回建設された水路、橋梁、水平ボーリングは、排水能力を継続的に確保するため、定期的に清掃を実施する必要がある。また構造物の機能を確保するため、維持管理も同様に必要である。

### **c.1 水路の清掃と維持管理**

- ✓ 土砂浚渫（手掘りもしくは高圧水）
- ✓ 河川内のごみ除去
- ✓ 構造物のクラック補修

### **c.2 橋梁の清掃と維持管理**

- ✓ 鏡領下の土砂浚渫（手掘りもしくは高圧水）
- ✓ 橋梁下のごみ除去
- ✓ 構造物のクラック補修

### **c.3 水平ボーリングの清掃と維持管理**

- ✓ 高圧水による PVC パイプの洗浄

### **c.4 防護柵の維持管理**

落石や土石流による被害の定期チェックを実施し、必要に応じて補修する。

## **d. 現地の立ち入り禁止措置**

- ✓ 看板の設置
- ✓ 地域住民への啓蒙

## **e. 地すべり防止ハンドブックの利用**

地域住民や学徒への防災教育に対して地すべり防止ハンドブックが使用されることが望ましい。

## 7.9.2 関係機関における役割分担

他機関との連携を図っていく上で、LMU 及び関係機関の地すべり業務の役割分担を明確化した。

### a. 既知の災害箇所（37か所）の対応

災害種別による主担当部局の設定と、災害規模による地方自治体の関与度合いを以下のとおり取り決めた。今後は、本プロジェクトで実施した防災点検結果に基づき設定した優先度の高い箇所から順に対策を実施する。

表 7.9.1 既知の災害箇所の災害種別と担当機関（出典：JICA 調査団）

災害種別		対象	担当機関	
			大規模災害	小規模災害
斜面災害	地すべり	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
	落石	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
	斜面崩壊	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
斜面・河川災害	土石流	住宅	LMU/NDU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
河川災害	溪岸侵食	住宅	NDU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
	洪水	住宅	NDU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
その他災害	盛土被害	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
	擁壁被害	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
	家屋被害	住宅	-	地方自治体
		農地		
	洞穴	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
公共施設				
道路				
			RDA/LMU	RDA/地方自治体

## b. 緊急災害対応

災害発生時の緊急対応手順について、災害直後の住民避難や道路封鎖等の緊急安全確保はNDRRMC、警察及び地方自治体が対応する。その後の現地調査、対策検討及び対策実施については、MPI/LMU、MPI/NDU 及び MPI/RDA が上記 37 箇所と同様の方法で対応する。

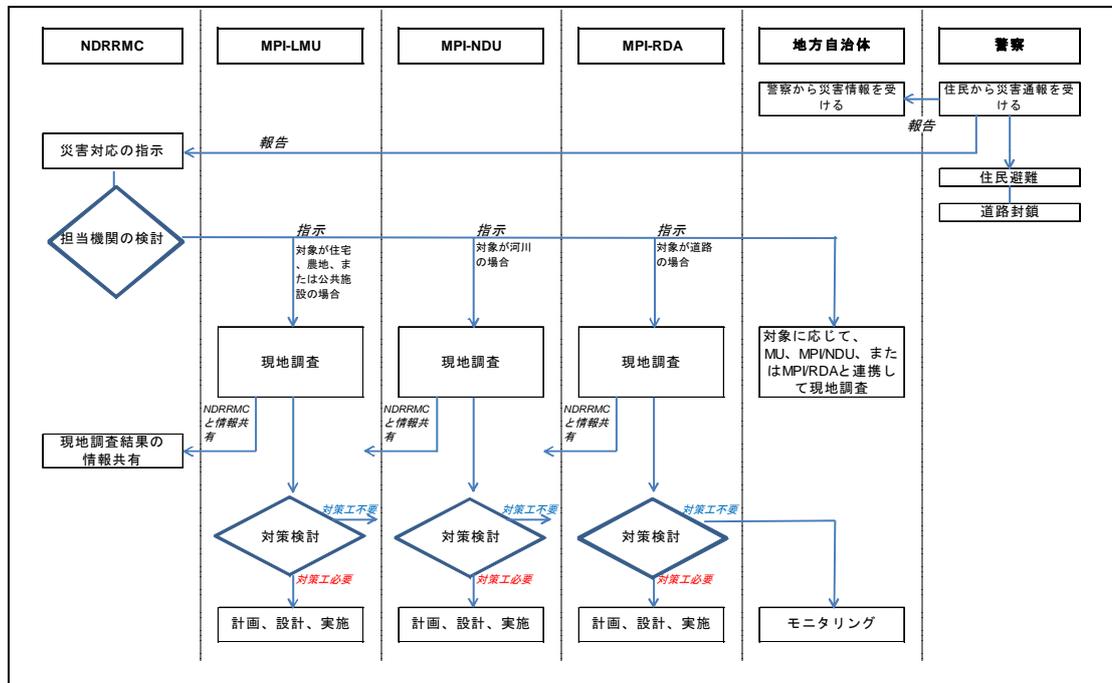


図7.9.1 緊急災害対応手順（出典：JICA 調査団）

## c. ハザードマップを活用した事前対応

斜面災害については、MPI/LMU が中心となって、上記37か所以外の斜面災害危険箇所を抽出し、今後ハザードマップを作成する。

## d. 早期警戒避難

本プロジェクトのパイロットサイト3か所（チトラクト、カトルスール、バレーピット）については、災害スキーム及びプロトコルに従って早期警戒避難を実行する。また、その他の斜面災害危険箇所については、ハザードマップの作成後に早期警戒避難が必要と思われる地域が抽出されれば、パイロットサイトと同様の体制構築を目指す。

各機関の地すべり業務内容を明確化したことにより、地すべりはすべて LMU が対応する、という認識がなくなり、今後は主要関係機関の積極的な関与が期待される。今後は、地すべりにかかる関係者会議を定期的実施する予定であり、主要関係機関との連携体制がより一層強化されると思われる。

また、主要関係機関との協議では、回を追うごとに MPI・LMU の積極性が高まり、11月27日の MPI 主催のセミナーでは、LMU 職員が地すべり業務の発表及び質疑応答を行っ

た。LMU 職員が地すべり災害の種類や対応法の説明を行ったことから、LMU 職員の地すべりにかかる理解度・知識が高まっていることが証明され、また、主要関係機関の知識・意識向上にも寄与したと言える。

### d.1 緊急時運営体制（LMU内部）

LMU では、緊急時の運営体制を以下のとおりとした。

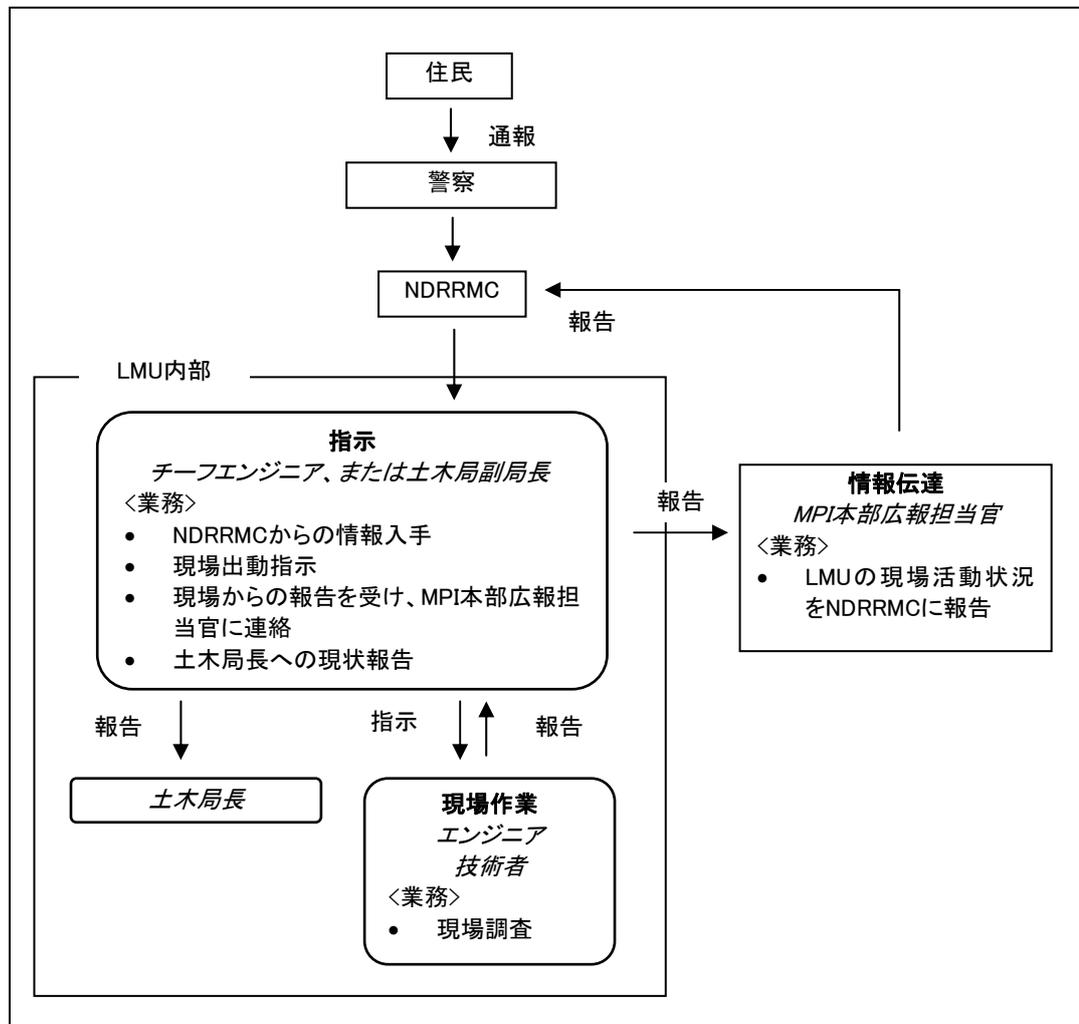


図7.9.2 LMU 内緊急時運営体制 （出典：JICA 調査団）

### d.2 民間委託体制

「モ」国内外の地質技術者をLMUの補佐役として雇用し、地すべり対策を実施することを検討している。地すべり調査、対策工施工監理、緊急時における対応等を含むToRがLMUからMPI本部に提出された。MPIの予算状況等にもよるが、雇用については、今後公募する予定である。

# Chapter 8

---

*環境・気候変動適応及び防災  
Environment, Climate Change  
Adaptation and Disaster  
Management*

## 8 環境・気候変動適応及び防災

### 8.1 概要

本プロジェクトは上述の世界的潮流を背景としてJICAの環境・気候変動対策・防災プログラムの一環という位置付けを基本として実施された。そのためプロジェクト実施上、気候変動対策や環境、防災対策としてどのような位置付けがなされているかという視点を意識しながら進めることによって、「モ」国でのJICA環境・気候変動対策、防災コンポーネント間の相乗効果の発現

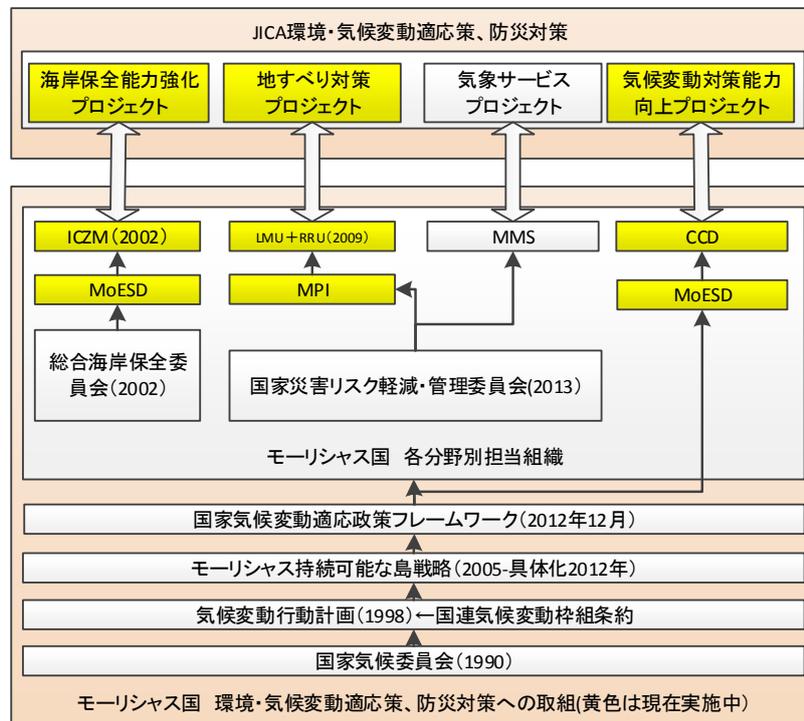


図8.1.1 JICA 環境・気候変動対策・防災プログラムのコンポーネントと対応する「モ」国機関（出典：JICA 調査団）

を目指すものでなければならぬ。また「モ」国で実施中の他

の開発パートナーによる各種プロジェクトとの協調、情報共有、調整を行いつつ「モ」国の政策面、行政面のキャパシティに見合った効率的な技術移転がなされることが重要であると認識している。図 8.1.1 に JICA プログラムとコンポーネントに対する「モ」国の対応を示した。

### 8.2 プロジェクトと関連組織

#### 8.2.1 モーリシャス国政府機関の動向

「モ」国の地すべり対策については、国家レベルでの防災計画として、上述した「モ」国首相府が発行している「災害スキーム」と呼ばれる災害緊急対応計画がある。2013年よりPMOが管轄するモーリシャス持続可能な島戦略（Maurice Ile Durable-MID）が具体的な活動を開始した。環境政策にかかわる項目については、MoESDが主体となって進めることとなっている。また、AAPの結果はNational Climate Change Adaptation Framework for the Republic of Mauritius（以下NCCAPF）（12 December 2012）としてとりまとめられた。このアクションプランはMoESD内の気候変動課が実施することになっている。また、2013年8月には気候変動情報センター（CCIC）が設立された。

#### 8.2.2 国際開発機関の動向

##### a. インド洋委員会(IOC)

主にフランス開発庁（AFD: Agence Française de Développement）がファンドを支出し、インド洋の島嶼国フランス領レユニオン、セイシェル、「モ」国、マダガスカル及びコ

モロ5カ国を対象として2011年-2016年の間「自然リスク・災害の防止及び管理(RN-COI, Risques Naturels de la COI)」を実施した。全体で16コンポーネントがあり、当初はIOCのプログラムの中にあつたChitrakoot地すべりモニタリング、対応策についてはJICAプロジェクトで扱うことで合意している。2012年以降実施内容を以下にまとめる。

PRJ	実施項目\暦年	2012	2013	2014	2015	2016
南西インド洋地域自然リスク軽減プロジェクト IOC	1. 基本戦略構築					
	1.1 自然リスク・災害防止及び管理にかかる基本政策設定					
	1.2 国内調整組織構築の支援					
	1.3 緊急時における活動指針の構築					
	2. 現地作業					
	2.1 トレーニング/キャパシティビルディング					
	2.2 チトラクート地すべりのリスク軽減		JICA実施			
	2.3 災害後の復旧					
	2.4 データ収集ならびにモデル化					
	2.5 RIVAMP (UNEP) 手法の応用 (マダガスカル内の1つの流域)					
	2.6 危機管理に対する一般的なコンセプトの開発					
	2.7 一般市民と若年層に対する啓蒙活動					
	3. 組織					
	3.1 プロジェクトプロモーター: COIリスクユニットの設立、ステアリングコミティー					
	3.2 プロジェクトプロモーターの補助					
	3.3 交換基盤の促進と設立					
4. ファイナンス/機材						
4.1 保障戦略決定に向けた域内リスク確率的分析						
4.2 緊急時備蓄品とその保管庫の再建設						
4.3 遠隔通信システムの供与						

図8.2.1 IOC 実施プロジェクトのコンポーネント<sup>1</sup>

このコンポーネントの中で JICA が実施するプロジェクトである、Chitrakoot 地すべりのリスク軽減以外にも、自然災害に係わる以下のコンポーネントがある。

- 2.1 トレーニング/キャパシティビルディング
- 2.3 災害後の復旧
- 2.6 危機管理に対する一般的なコンセプトの開発
- 2.7 一般市民と若年層に対する啓蒙活動

これらの重複等については情報を共有しつつ、実施に向けての共通化のための調整を進めたが、2012年6月22日にIOCステークホルダー・ミーティングが開催され、プロジェクトの現況報告の後、今後の方向性について協議がなされた。尚、このミーティングの翌日にはChitrakoot地すべりサイトへの現地視察が実施され、調査団が現況と調査方針などの説明を行った(6月23日)。その後2012年12月8日に第二回のSCがセシエルにおいて実施された。2013年以降当プロジェクトのIOCとの連携状況は以前に比べて活発には行われなくなった<sup>1</sup>(ステアリングコミティーなどの参加が主体)。主な理由はIOC内部での他のプロジェクト(ISLAND)とのリソース配分や2プロジェクトの合体などの問題が発生したことや、2013年後半RN-COIの予算配分が減少したことなどによる。

2014年10月、RN-COIのファイナル・ワークショップが開催された。この中で成果として、自然災害にかかる各国のニーズと要望、ミッションの記載、解析レベル及び自然災害にかかる一般的な管理と低減にかかるフレームワークを掲げている。

## b. アフリカ気候変動適応支援プログラム(AAP)-国家気候変動適応フレームワーク

<sup>1</sup> ここで言う「活発な交流」とはプロジェクトベースでのものであり、JICA (JICAマダガスカル事務所) とIOCの開発パートナーとしての活動とは別として記載している。

AAP は 20 カ国のアフリカ諸国を対象とした様々な気候変動適応対策をコンポーネントとして実施するものであり、2009 年 12 月に開始し 2012 年 12 月に完了した。地すべり対策と最も関係のあるコンポーネントとして、災害リスク低減プログラム（Development of a DRR Strategic Framework and Action Plan, DEC 2012, Studio Galli Ingegneria S.p.A. in association with Centro Euro-Mediterraneo per I Cambiamenti Climatici S.c.a.r.l and Desai & Associates Ltd）があげられる。本プロジェクトの概要は以下のとおりである。

表8.2.1 DRR の内容<sup>2</sup>

番号	目次
1	気候変動解析とシナリオ
2	国家自然リスク概要
2.1	洪水のハザードプロファイリング
2.2	海岸部浸水リスク解析
2.3	<b>地すべりハザードプロファイリング</b>
2.4	脆弱性解析
2.5	包括的な国家自然リスクプロファイル
3	DRR 戦略的フレームワークとアクションプラン
3.1	DRR 戦略
3.2	総合的なリスク管理戦略
3.3	アクションプラン
3.4	アクションの詳細

このように、地すべり災害について、大局的な見地から発生しやすい箇所を同定してそれぞれ数値標高モデル（DEM: Digital Elevation Model）や衛星データを駆使して数値解析的に分布頻度と危険度を判定している。しかしプロジェクト実施期間が 6 ヶ月と短い上に現地調査が極めて乏しいため、地すべり分布範囲は玄武岩山塊の周辺部になっており、ある意味当然の結果となっている。また戦略的フレームワークとアクションプランは具体性が無い。

AAPの成果はNCCAPFとしてとりまとめられた。その後、CCICの設立、MIDのフレームワークそしてAAPプロジェクトを総括したNCCAPFでのアクションプランの実現と、CCDの役割が増す一方で、具体的な業務の範囲や実施内容にかかるデマケについての議論が多くなりつつある。NCCAPFではAAPのDRRを中心に据え5つのカテゴリーの中合計39のプロジェクトが計画されている。そのうちCross Sectorialのプログラムは高いプライオリティが付けられており、実施期間はいずれも2013年～2015年の間に実施することとなっている。主要なものは以下のとおりである。

- Preserve healthy natural environment 自然環境の健全な保護（45,000,000Rs）
- Coastal Management Plans for Inundation 高波に対する海岸管理（45,000,000Rs）
- Sound Spatial data Infrastructure 空間情報インフラ整備(270,000,000Rs)
- Flood Management Plans 洪水管理計画（937,000,000Rs）

このうち比較的予算も小さな②が実施対象となっている。2014 年 11 月の段階で上記のプロジェクトのうち実施されているものは①のみであり、他のプロジェクトは実施途上ではあるが、未だに予算が正式に認められていない。Cross Sectorial でない 35 のプロジェクトについてもまだ手をつけているものは無く、NCCAPF が一定の成果をあげるまでの道のりは長いと言わざるを得ない。

### 8.3 JICA 環境・気候変動対策・防災にかかるとりまとめ

本業務のうち防災に係わる主要成果として以下の点があげられる。

- 気候変動適応策・防災対策のうち、気候変動の影響によって台風や降雨、特に特定の地域への集中豪雨が発生しており、地すべり、洪水、土砂災害など特に地すべりに対する対応策の強化を独自に行えるようになったこと。
- JICA のパッケージのうち、防災にかかわる地すべり分野で MPI、NDRRMC に対して防災計画、調査、モニタリング、減災及び予報警報の整備などの具体的な手法や計画を提案し、国の防災政策に直接的に寄与したこと。
- 国家政策のみならず、被災地住民に対して防災教育・啓蒙活動（コミュニティ防災）などを行って、その実施手法の移転を確実に行ったこと。

最終的に、これらの関与は実施フローとして、図 8.3.1 のとおりとりまとめることが出来る。

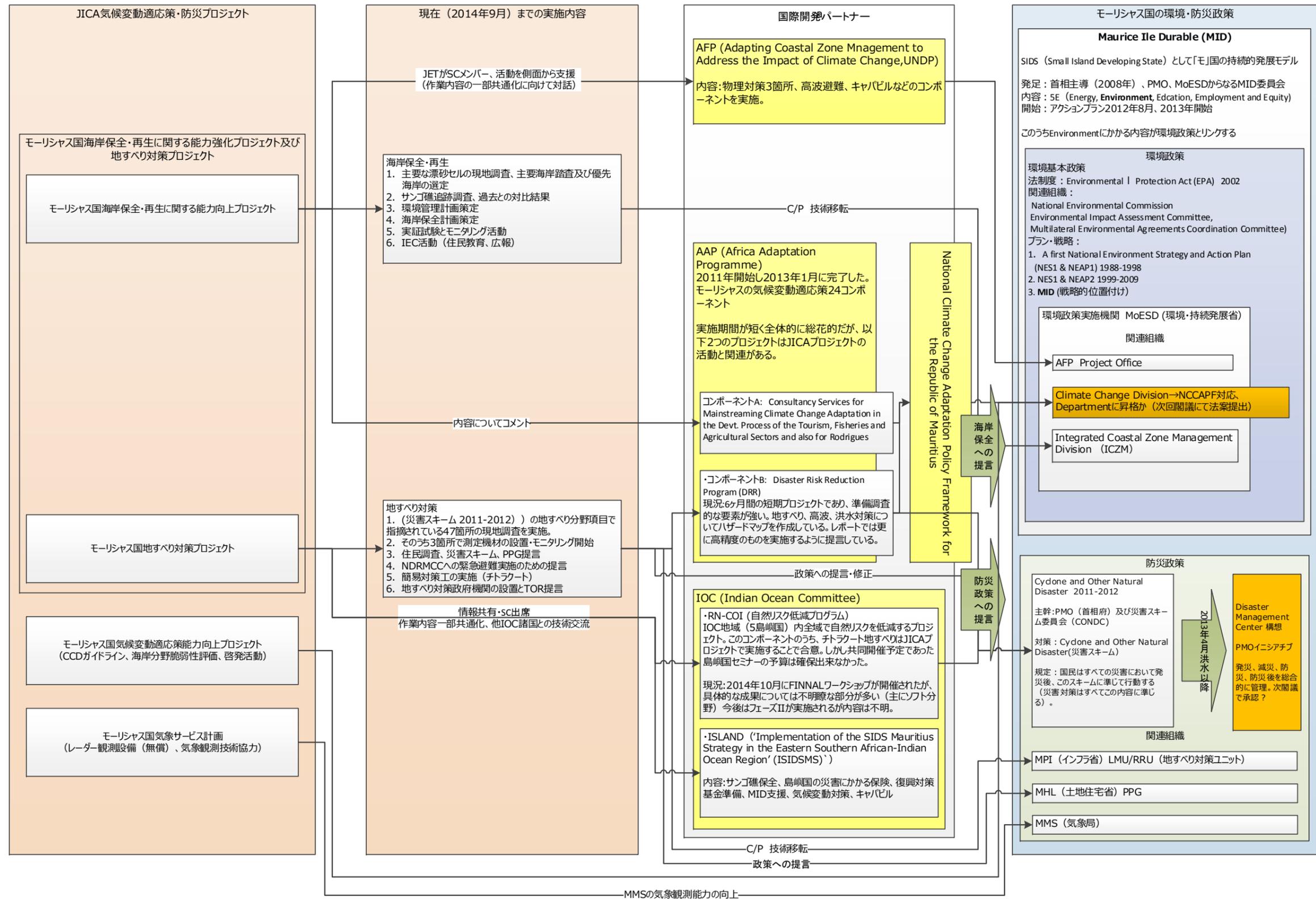


図8.3.1 JICA 気候変動適応対策・防災プロジェクト・他国際開発パートナーとの関係及びモーリシャス国の最新の環境・防災政策への関与（出典：JICA 調査団）

## 8.4 南西インド洋諸国との技術交流

### a. 背景・目的

本技術交流は本プロジェクトや C/P 機関が開催するワークショップ、セミナー、シンポジウムにおいて、IOC のネットワークを通じた南西インド洋諸国の実務者の招聘事業と積極的に連携し、本プロジェクトの知見を広く普及することを目的として業務実施計画の内容に沿って企画された。

### b. 期待される効果

- 1) 2015年に開催される第三回国連防災会議を前にJICAの防災にかかるSIDSへの技術移転の方法論としてコアカントリーへの援助とその近隣諸国へ波及効果の事例としてJICAの取組を共有することが出来る。
- 2) 2014年は、International Year of Small Island Developing States（国際小島嶼開発途上国年）であり、また、9月にはサモアでSIDSに係る第3回国連会議が開催された。世界的に注目が高まっている時期に、JICA主催で島嶼国への技術移転が「モ」国において開催されれば、インド洋諸国におけるJICAのプレゼンスが高まるとともに、日本の気候変動・自然災害の取り組みを広める機会となる。
- 3) 上記国際小島嶼開発途上国年の国連会議と関連づけることにより、本技術移転（セミナー）の実施が国際機関/国際社会との援助協調・連携であることを強調できる。
- 4) 「モ」国において近隣諸国を招へいし、技術移転を行うことは、JICAの掲げる南南協力（第三国研修）の目的に合致する。
- 5) 本技術移転において現在実施中の海岸保全・地すべり対策プロジェクトの成果を報告することで、JICAプロジェクトの成果が近隣国において波及しやすくなる。

### 8.4.1 島嶼国セミナー概要

#### a. 開催要領

- 1) 開催日程：2015年3月5日及び6日（1日目：プレゼン及び討議、2日目：現場視察）
- 2) 招聘国：モーリシャス（ロドリゲス島を含む）、マダガスカル、セーシェル、コモロ及びレユニオン
- 3) 対象者：各国よりマネジメントレベル1名と技術者2名（気候変動及び防災対策）

#### b. 開催目的

- 1) 地域内への波及効果：「モ」国にて JICA が実施した海岸保全・地すべり対策プロジェクトの成果と教訓を地域内の近隣国へ波及させる。
- 2) 援助協調：開発ドナーと協力してセミナーを開催することにより、海岸保全・地すべりにかかる防災対策を日本が牽引し、他の南西インド洋諸国への効率的且つ効果的な技術移転を促進させる。
- 3) 本プロジェクトの業務実施内容である、「南西インド洋諸国との技術交流」を促進させ、「モ」国が主体的に他の南西インド洋諸国に対する技術支援を展開する環境整備を行う。

c. セミナー

表8.4.1 発表内容(出典:JICA 調査団)

発表者	発表内容
「モ」国公共インフラ省 (地すべりプロジェクト C/P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>「モ」国における地すべり管理概要</li> <li>既知の災害箇所の災害種別と担当機関</li> <li>地すべりモニタリング実施状況</li> <li>Chitrakoot 地区対策工事概要</li> </ul>
「モ」国環境省(海岸プ ロジェクトC/P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>「モ」国の海岸における問題点(海岸侵食、サンゴ礁破壊、ラグーン内の堆砂、海面上昇、サイクロン等の災害、魚類の乱獲、海岸の開発、ごみ問題等)</li> <li>海岸保全対策(政策、実施機関、実施内容)</li> <li>JICA 海岸保全プロジェクト概要</li> </ul>
「モ」国環境省(気候変 動プロジェクトC/P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>「モ」国における気候変動の影響</li> <li>気候変動・自然災害に対する取り組み</li> </ul>
マダガスカル	<ul style="list-style-type: none"> <li>「マ」国における自然・人的災害の概要(サイクロン、地すべり、海洋汚染、流出油災害等)</li> <li>災害に対する取り組み(地質工学学部設置等を通じた人材育成、研究機関の強化等)</li> <li>地すべり分野における問題点(土質、環境破壊、データ不足等)</li> </ul>
セーシェル	<ul style="list-style-type: none"> <li>「セ」国における災害の概要(高潮、地すべり、海岸侵食、豪雨、突発的洪水等)</li> <li>災害に対する取り組み(組織強化、プロジェクト実施等)</li> <li>JICA 海岸侵食・洪水管理プロジェクト概要</li> </ul>
コモロ	<ul style="list-style-type: none"> <li>「コ」国における災害の概要(地すべり、海岸侵食、洪水等)</li> <li>災害発生による影響</li> <li>災害に対する取り組み</li> </ul>
レユニオン	<ul style="list-style-type: none"> <li>「レ」国における災害の概要(地すべり、海岸侵食、洪水、海面上昇等)</li> <li>災害に対する実施プロジェクトの概要</li> </ul>

d. 質疑応答・意見交換

表8.4.2 質疑応答内容(出典:JICA 調査団)

回答国・機関	回答内容
1. 各国において、具体的にどのような災害対策を実施しているか。	
コモロ	<ul style="list-style-type: none"> <li>マングローブ植林の実施</li> </ul>
マダガスカル	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査活動強化</li> <li>コミュニティレベルにおける早期警戒システムの導入</li> <li>マングローブ植林の実施</li> </ul>
レユニオン	<ul style="list-style-type: none"> <li>啓発活動強化</li> <li>限られた予算内での効果的・効率的な災害対策の構築</li> <li>ソフト対策の充実化(住民との災害情報共有方法等)</li> </ul>
セーシェル	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害発生前後において複数の機関による災害対策連携の強化(活動重複の防止)</li> <li>警報システムの構築</li> <li>マングローブ植林の実施</li> <li>啓発活動強化</li> </ul>
2. 災害対策において、今後必要とされる取り組みは何か。	
モーリシャス	<ul style="list-style-type: none"> <li>脆弱性評価実施の強化</li> <li>域内において、技術者及び管理者レベルが情報共有できる場の構築</li> <li>データ収集やモニタリング等を実施できる人材の育成や能力強化</li> </ul>

コモロ	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸管理に向けた学術研究の拡充</li> <li>域内において、情報や経験を共有する場の構築</li> <li>人的資源及び資機材を含む組織強化</li> </ul>
レユニオン	<ul style="list-style-type: none"> <li>国を超えた地域レベルでの情報共有の場の構築</li> </ul>
セーシェル	<ul style="list-style-type: none"> <li>情報・経験の蓄積</li> <li>資金調達</li> </ul>
インド洋委員会 (IOC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>各国の異なる開発レベルや組織能力を超えて、連携することが必要</li> <li>データ不足ではなく、データ入手方法が確立されていないことを認識することが必要。現在、各国内における省庁間・組織間においてもデータが共有されていないことがあるため、まず国家レベルにおけるデータ・情報共有を図ることが必要。</li> <li>データ・情報共有を行うための域内レベルでのデータベースの構築</li> <li>国を超えた技術移転の促進</li> </ul>
3. 南西インド洋諸国の具体的な連携方法はあるか。	
モーリシャス	<ul style="list-style-type: none"> <li>JICA 支援によって設立された Climate Change Information Centre (CCIC) の活用</li> <li>CCIC に蓄積されたデータや研修資料等の共有</li> </ul>
IOC	<ul style="list-style-type: none"> <li>島嶼国が抱えている特有の問題に対処するため、島嶼国の技術者を対象とした研修プログラムの構築</li> </ul>
4. 地すべりの早期警戒・避難システムについて	
「モ」国公共インフラ省	<ul style="list-style-type: none"> <li>警戒、避難、避難解除の3段階の手順で実施</li> <li>警報装置について、黄色の回転灯で警戒体制、赤色の回転灯及びサイレンで避難体制となる</li> </ul>
5. 地すべりモニタリングの実施方法について	
「モ」国公共インフラ省	<ul style="list-style-type: none"> <li>「モ」国の民間企業に業務を委託</li> <li>3地区においてモニタリングを実施</li> </ul>
6. 海岸における具体的な気候変動適応策は何か。	
「モ」国環境省	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来は構造物が多かったが、現在はソフト対策に移行</li> </ul>
7. 地域レベルにおける情報共有の具体例はあるか。	
IOC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mauritius Oceanography Institute (MOI) のホームページ上において、域内の波浪データや水質等のデータを公開</li> </ul>
8. 「モ」国海岸保全プロジェクトの実証事業実施に向けて、コミュニティレベルでどのような対応を行ったか。	
「モ」国環境省	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証事業実施地である Grand Sable の海岸において、毎月1回清掃活動を実施し、住民の意識向上を図った</li> <li>実証事業実施前に、5回以上の住民会議を実施</li> </ul>

#### e. 島嶼国セミナー実施による成果

1日目の講義及び2日目の現場視察を通じて、「モ」国における海岸保全・地すべり対策プロジェクト及び気候変動対策プロジェクトの概要・成果が南西インド洋諸国と共有されたほか、各国・機関の活発な技術交流を図ることができた。また、共通の課題を抱えた南西インド洋諸国がセミナーに参加したことにより、域内における気候変動・災害対策に向けた連携強化が強調され、各国・機関が連携に向けて具体的な取り組みを議論することができた。

#### <第8章の参考文献>

<sup>1</sup> COI-RNプロジェクト概要書を基にJICA調査団が工程表作成

<sup>2</sup> Development of a DRR Strategic Framework and Action Plan, DEC 2012

# Chapter 9

---

本プロジェクトにおける提言事項  
*Proposal for Future Tasks*

## 9 本プロジェクトにおける提言事項

### 9.1 地すべり管理計画に係る提言

#### 9.1.1 防災点検に係る提言

37 箇所の斜面災害危険箇所は、「災害スキーム 2011-2012」で定義づけられていることから、「モ」国政府によって公式に「斜面災害リスクの高い箇所」と認定されたことになる。そのため、「モ」国の住民やインフラ構造物を守るために、リスクを軽減・緩和するなんらかの対策が必要になる。

しかしながら、限られた予算・人員、さらには技術力の不足から、37 箇所の斜面災害危険箇所に対して一度に対策を講じ、短期間でリスクを完全に解消することは不可能であり、順次、対策を実施していくこととし、その完了までには数年～十数年程度の時間を要すると考えられる。

そのため、当該箇所の対策が完了し安定性が確認されるまでの間は、定期的な防災点検を実施し、早期の前兆発見や安全確認を実施していくことが望ましく、本プロジェクトにおいて調査団は防災点検の実施を MPI に提案して、今後実施していくこととなった。

#### 9.1.2 災害スキームへの提言

災害スキームへの提言についての概略イメージを図に示す。

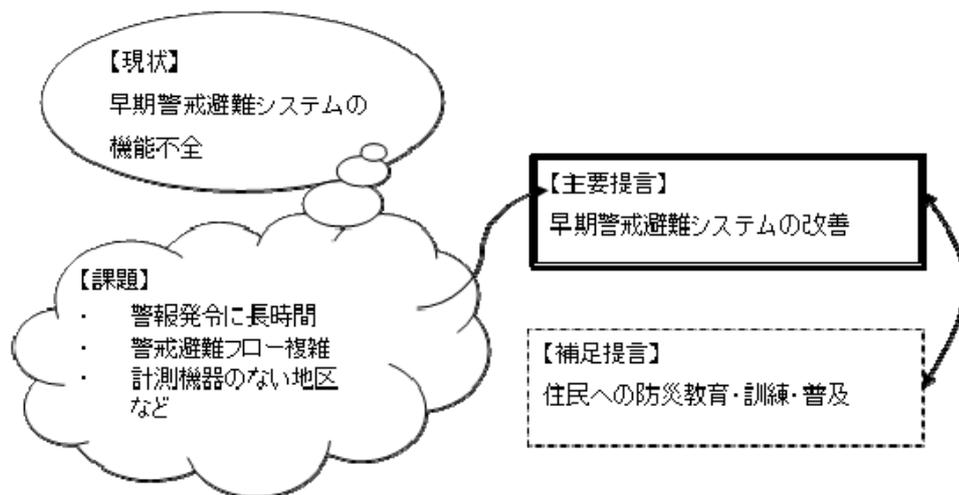


図9.1.1 災害スキームへの提言の概略イメージ(出典: JICA 調査団)

- 現行災害スキームには基本的に、発災時・緊急事態における災害応急対策（警戒避難システム）がマニュアルのような形でまとめられている。そのため、災害スキームは状況毎に関係機関の対応内容を簡潔にまとめることを求められている。
- 警戒避難システムが機能するためには、日頃からの教育普及活動（教育や訓練など）の実施が求められる。
- 教育普及に関する内容は、発災時・緊急事態対応とは直接関係しないため、その内容を現行災害スキームに盛り込むことは難しいと考えられるが、関連する事項であるため、補足提言として、提案する。

上記を踏まえ、災害スキームへの提言案として、現行条文に対する追加修正案及びその理由・必要性をまとめた結果をメインレポートの表 3.9.3 に示す。また、追加・修正案の部分をまとめた資料を巻末資料に添付する。

### 9.1.3 PPGへの提言案

PPG への提言についての概略イメージを下図に示す。



図9.1.2 PPG への提言の概略イメージ(出典: JICA 調査団)

#### <現状>

PPG には斜面地での開発規制について下記基準が示されている。

- 勾配 20%以上の斜面での開発は通常許可されない
- 勾配 10%以上の斜面での開発は調査・対策実施の条件付きで許可される
- 建物・構造物は崖の上端から十分後退しなければならない

上記のような斜面地での開発規制の基準が示されているのにも関わらず、災害危険性のある斜面地での開発が進んでいる。

#### <課題>

関係機関・自治体への聞き取り調査から、上記状況の背景には下記のような課題があることが、明らかになった。

- PPG・OPS に明確なエリアが図示されていない（線引きが成されていない）ため、自治体としては、具体的にどの場所での開発を規制すべきか判断出来ず、地すべり災害リスクのある斜面地での開発は開発審査の過程を通過してしまう。
- 斜面地での開発規制のための十分な知識・能力を有する行政職員の不足。

#### <提言>

上記課題への主要提言として、下記を提案する。

- 斜面災害危険地の区域指定
- 指定区域内での開発規制の導入

上記を踏まえ、PPG への提言案として、現行条文に対する追加修正案及びその理由・必要性をまとめた結果をメインレポートの表 3.10.6 に示す。

### 9.1.4 初期調査の技術ガイドライン

本技術ガイドラインは、地すべり災害が発生した場合にどのような対応をするべきかを取りまとめたガイドラインであり、MPI 職員が地すべり災害直後から実施すべき、文献資料調査、緊急現地調査、緊急対応、詳細調査計画の立案の方法論について記載している。詳細調査計画の立案後に実施していく調査・解析やモニタリング、設計、施工については、次節に述べる「実務手順書（地すべり対策マニュアル）」で詳述する。

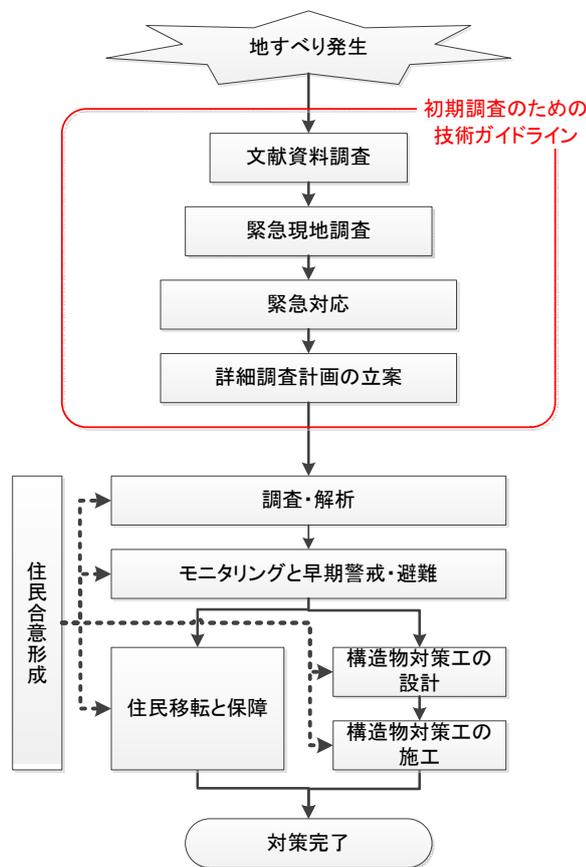


図9.1.3 初期調査のための技術ガイドラインの適用範囲(出典:JICA 調査団)

表9.1.1 初期調査のための技術ガイドラインにおける記載内容(出典:JICA 調査団)

章	題	記載内容
1	はじめに	・本ガイドラインの目的・構成 ・「モ」国の地すべり概要 ・初期調査の流れ
2	文献資料調査	・収集資料と利用法 ・法規制・土地利用規制の確認
3	緊急現地調査	・対象エリアの選定

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・緊急現地調査・解析</li> <li>・緊急モニタリング</li> </ul>
4	緊急対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造物対応</li> <li>・避難・移転</li> <li>・早期警戒体制</li> </ul>
5	詳細調査計画の立案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・詳細調査の考え方</li> <li>・対策方針の考え方</li> </ul>

本技術ガイドラインは、本プロジェクト期間中に調査団が主体として作成するものの、プロジェクト後は「モ」国の対策事例や課題等を踏まえて、LMU 職員が適宜更新し、より使いやすいものとしていくことを期待する

### 9.1.5 実務手順書(地すべり対策マニュアル)

本マニュアルは、地すべり災害のリスクを軽減するために、どのような対策を実施すべきかを取りまとめたマニュアルであり、MPI 職員が地すべりの調査・解析を実施し、対策工の計画・設計・施工までを自ら実施できるように支援するものである。また早期警報・避難手順のレビュー、PPG のレビューを踏まえて作成し、戦略的な開発誘導の手法や留意点等にも言及する。F/S とパイロット事業での問題点やその解決法、解決に至った経緯等も本マニュアルに盛り込む。

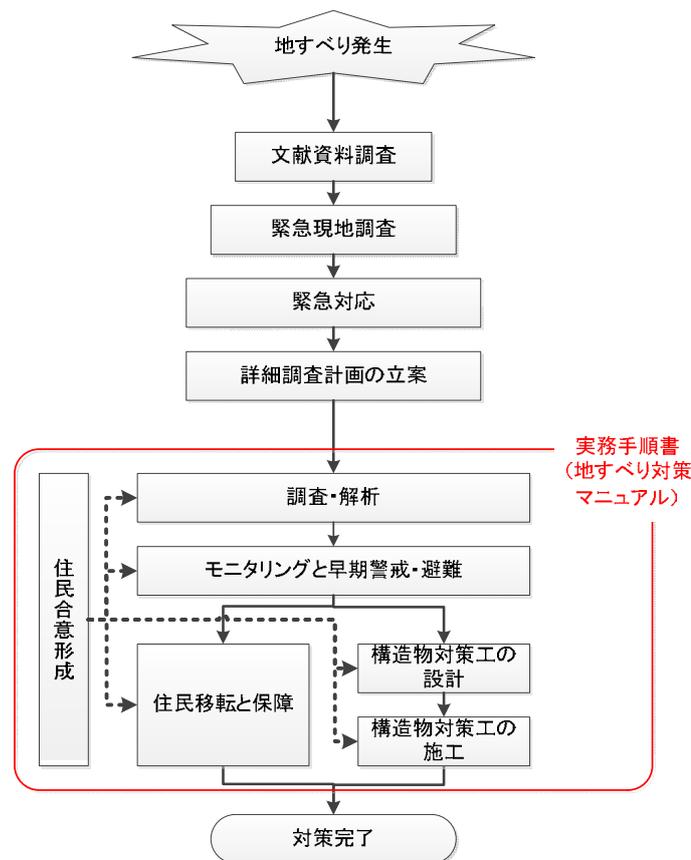


図9.1.4 実務手順書(地すべり対策マニュアル)の適用範囲(出典: JICA 調査団)

表9.1.2 実務手順書(地すべり対策マニュアル)における記載内容(出典: JICA 調査団)

章	題	記載内容
1	総説	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「モ」国の地すべり概要</li> <li>・本マニュアルの目的・内容</li> <li>・本マニュアルの適用・構成</li> </ul>
2	調査・解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測量、空中写真判読、地表踏査、ボーリング調査、物理探査</li> <li>・室内試験、水質分析</li> <li>・モニタリング機器設置</li> <li>・地すべり断面図、移動範囲・ブロック・移動方向・土塊量</li> <li>・すべり面考察</li> <li>・素因と誘因</li> <li>・安定解析と安全率</li> </ul>
3	モニタリングと早期警戒・避難	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリング体制と情報伝達手法</li> <li>・警戒基準と避難基準の設定</li> <li>・関連機関の責任・役割</li> <li>・避難の実施方法</li> </ul>
4	住民移転と保障	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存法令(PPG等)・地域計画の概要</li> <li>・警戒区域と特別警戒区域の考え方</li> <li>・移転・保障箇所の特定期間</li> <li>・移転の実施方法</li> <li>・保障の実施方法</li> </ul>
5	住民合意形成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・住民合意形成の意義・重要性</li> <li>・住民合意形成の流れ</li> <li>・実施時期と合意すべき内容</li> <li>・住民意見の取扱い</li> </ul>
6	構造物対策工の設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地すべり対策設計の考え方</li> <li>・抑制工の設計・抑止工の設計</li> <li>・環境社会配慮</li> </ul>
7	構造物対策工の施工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工計画</li> <li>・施工上の留意点</li> <li>・施工、施工監理</li> </ul>
8	緊急調査・対策	【初期調査ガイドラインの要点抜粋】

本マニュアルは、本プロジェクト期間中に調査団が主体として作成するものの、プロジェクト後は「モ」国の対策事例や課題等を踏まえて、LMU 職員が適宜更新し、より使いやすいものとしていくことを期待する。

## 9.2 フィージビリティ調査に係る提言

### 9.2.1 資金調達の促進

本プロジェクトにおける「資金調達の促進」とは、今後の地すべり対策事業の確実な遂行に向けて、「モ」国および他ドナーに対して、予算確保・資金調達を促すことである。地すべり対策事業の実施計画スケジュールと予算を踏まえたうえで、MPI 等との関係機関と資金調達の促進に係る協議を実施した。

C/P との協議から、LMU では今後とも地すべり対策事業について注力していることを宣言しており、MPI 独自の予算で地すべり対策を実施していくための予算を確保することを確約している。他ドナーとして、「モ」国において地すべりを含む防災対策プロジェクトを実施中のインド洋委員会に資金供給の可能性について確認したところ、現状では「モ」国の地すべり対策事業に追加資金を支出する予定はないとのことであった。そのため、原則的に「モ」国予算により、地すべり対策事業を展開していくことを想定し、実施計画スケジュールを検討した。

#### a. 2013年度

LMU では前年度に予算申請した「地すべり管理機器の購入費」として、3,457,980Rs の予算がある。そのため、調査団は以下のとおり 2013 年度予算を緊急度の高い地すべり対策に支出することを提案し、MPI に受理された。

表9.2.1 2013 年度の予算内訳(出典: JICA 調査団)

No.	内訳	予算(Rs)
1	Vallee Pitot 詳細調査とモニタリング	3,400,000
2	La Butte モニタリング	
3	地すべり管理機器の購入費	
4	Chitrakoot環境影響評価(EIA)の承認費	50,000
	合計	3,450,000

ただし、本予算は 2013 年には執行されず、2014 年度に持ち越されており、2014 年後半に同事業が実施される予定である。

#### b. 2014年度以降

2014 年度以降は、災害スキームで規定されている 37 箇所の災害箇所のうち、防災点検（第 3 章）において対策優先度高いと判断された箇所から順次、地すべり対策を実施していくことが妥当である。2014 年度には、防災点検においてランク A（崩壊が発生する可能性が高いと判断され、崩壊が発生した場合周辺住民やインフラ構造物に大きな影響を及ぼすため、可能な限り早急な対策が必要な箇所）と判断された箇所のうち、特に優先度の高い Vallee Pitot と Chitrakoot の追加対策工事を実施する。

2015 年度には、防災点検においてランク A のうち、残りの 6 箇所について詳細調査および対策工事を実施することとする。さらに、地すべりハザードマップ作成のためのデータ購入費を提案する。

ランク A での対策が完了したのち、2016 年度以降にランク B（崩壊が発生する可能性

がやや高いと判断され、崩壊が発生した場合周辺住民やインフラ構造物に影響を及ぼすため、対策が必要であるが、ランク A と比較して対策優先度は低いためランク A での対策が完了した後に対策を実施する箇所)において対策を実施する。2016 年度には、地すべり災害リスクの効果的な提言のため、人口・産業・交通等が集中する Port Louis 地区のランク B を優先的に対策することとする。

上記の対策に加えて各年度に、モニタリング機材の維持補修費 100 万 Rs および LMU 職員の残業・日当代 50 万 Rs を加えて、予算申請を行うことを提案し、これらの提案予算は MPI に受理された。下表に 2014～2016 年度の LMU の地すべり対策関連予算の内訳一覧を示す。

- 2013 年度： 3,450,000 Rs
- 2014 年度： 16,500,000 Rs
- 2015 年度： 36,500,000 Rs
- 2016 年度： 35,500,000 Rs

表9.2.2 2014 年度以降の予算申請案(出典: JICA 調査団)

年度	No.	Rank	内容	Rs	実施項目
2014	10	A	Vallee Pitot対策工事	9,000,000	地表排水工 地下排水工 水路補修
	9	A	Chitrakoot追加対策工事	6,000,000	大規模水路工
			モニタリング機材の維持補修費	1,000,000	
			残業・日当代	500,000	
2015	8	A	L'Eau Bouillie対策工事	5,000,000	道路沿いのコンクリート側溝 道路の再舗装・修理
	16	A	Boulevard Victoria, Montagne Coupe対策工事	7,000,000	上部面の土塊掘削 フトンカゴエの補強(高強度ワイヤによる補強)
	17	A	Pailles: (i) access road to Les Guibies対策工事	7,000,000	斜面切土と植生工 既存擁壁工の嵩上げ 地表排水工
	19	A	Pailles: (iii) Soreze region緊急工事・詳細調査	3,000,000	既存側溝の補修 不安定岩体の除去 詳細設計のための地質調査
	26	A	Riviere des Anguilles, near the bridge対策工事	9,000,000	河川沿いのフトンカゴエとコンクリート擁壁 家屋周辺での伸縮計設置
	33	A	Piper Morcellement Piat対策工事	3,000,000	擁壁工 地表排水工
			ハザードマップデータ購入費	1,000,000	
			モニタリング機材の維持補修費	1,000,000	
			残業・日当代	500,000	
2016	15	B	Old Moka Road, Camp Chapelon詳細調査	3,500,000	詳細設計のための地質調査
	34	B	Candos Hill at LallBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues詳細調査	2,500,000	詳細設計のための地質調査
	11	B	LePouce Street対策工事	2,000,000	側溝
	12	B	Justice Street (near Kalimata Mandir) 対策工事	8,000,000	擁壁背面の土砂除去 擁壁工 斜面排水と新規カルバート工
	14	B	Pouce Stream対策工事	6,000,000	既存擁壁工の嵩上げ 河川沿いのフトンカゴエ
	18	B	Pailles: (ii) access road Morcellement des Aloes from Avenue M.Leal 対策工事	3,000,000	既存側溝の延長 コンクリート擁壁・盛土

19	A	Pailles: (iii) Soreze region対策工事	9,000,000	地表排水工 地下排水工 落石防護擁壁・柵・ネット
		モニタリング機材の維持補修費	1,000,000	
		残業・日当代	500,000	

ただし、MPI から財務省に対して、2013 年度中に本予算申請を実施するように調査団より提案したが、実際には財務省に対する予算申請は 2014 年度に持ち越しとなり、MPI が独自で検討し、以下に示す内容で新たな予算編成案を作成した。

### c. 2015年度以降

2015 年度以降は、災害スキームで規定されている 37 箇所の災害箇所対策を実施していくこととする。2015 年度には原則的に地質調査とモニタリング機器設置を行い、2016 年度以降に対策工事を実施する。2015 年に実施する調査・解析結果に基づいて、対策優先度を MPI で再検討し、2016 年度と 2017 年度において、優先度に応じて必要な箇所から対策工事を行っていく（表 9.2.3）。

上記の対策に加えて各年度に、モニタリング機材の維持補修費 100 万 Rs および LMU 職員の残業・日当代 120 万 Rs、ハザードマップ作成費 150-200 万 Rs、専門家雇用費 100-250 万 Rs を加えて、予算申請を行うことを提案し、これらの提案予算は MPI に受理された。2015～2017 年度の LMU の地すべり対策関連予算の内訳一覧を下表に示す。

- 2015 年度：55,650,000 Rs
- 2016 年度：40,100,000 Rs
- 2017 年度：44,700,000Rs

表9.2.3 2015 年度以降の予算申請案<sup>1</sup>

No.	内容	災害種	2015年度 (Rs)	2016年度 (Rs)	2017年度 (Rs)
1	Chitrakoot 対策工事(Block A) Section 1	地すべり	2,250,000		
	Chitrakoot 調査・解析(Block A) Section 2	地すべり	400,000		
	Chitrakoot 対策工事(Block A) Section 2	地すべり	8,000,000		
	Chitrakoot 調査・解析(Block B)	地すべり		400,000	
	Chitrakoot 対策工事(Block B)	地すべり		6,000,000	
2	Vallee Pitot (near Eidgah) 調査・解析	地すべり	450,000		
	Vallee Pitot (near Eidgah) 対策工事	地すべり	9,000,000		
3	Chitrakoot, Vallee Pitot, Quatre- Soeurs and La Butte 遠隔モニタリング機器設置	地すべり	7,000,000		
4	Maconde Region Baie du Cap - Phase 2	落石	10,000,000		
5	Morcellement Hermitage, Coromandel	斜面崩壊	250,000		
6	L'Eau Bouillie	盛土破損	250,000	5,000,000	
7	Boulevard Victoria, Montagne Coupe	擁壁破損	7,000,000		
8	Pailles access road to Les Guibies and along motorway, near flyover bridge	斜面崩壊	350,000	7,000,000	
9	Pailles Soreze region	斜面崩壊	500,000	3,000,000	
10	Riviere des Anguilles, near the bridge	河川浸食	450,000	9,000,000	
11	Post Relocation Works at Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port	地すべり	250,000		
12	Piper Morcellement Piat	河川浸食	150,000	3,000,000	
13	Temple Road, Creve Coeur	擁壁破損	100,000		詳細調査・解析により検討(約)
14	Congomah Village Council (Ramlakhan)	河川浸食	100,000		
15	Congomah Village Council (Leekraj)	擁壁破損	100,000		

16	Congomah Village Council (Frederick)	擁壁破損	100,000		4000万Rs を想定)
17	Congomah Village Council (Blackburn Lanes)	盛土破損	100,000		
18	Les Mariannes Community Centre (Road area)	斜面崩壊	100,000		
19	Les Mariannes Community Centre (Resident area)	河川浸食	100,000		
20	Le Pouce Street	河川浸食	100,000		
21	Justice Street (near Kalimata Mandir)	擁壁破損	400,000		
22	Pouce Stream	河川浸食	300,000		
23	Old Moka Road, Camp Chapelon	地すべり	575,000		
24	Pailles access road Morcellement des Aloes from Avenue M.Leal (on hillside)	河川浸食	150,000		
25	Plaine Champagne Road, opposite "Musee Touche Dubois"	斜面崩壊	100,000		
26	Chamarel near Restaurant Le Chamarel and Road Side	盛土破損	100,000		
27	Baie du Cap: (i) Near St Francois d'Assise Church	土石流	100,000		
28	Bambous Virieux, Rajiv Gandhi Street (near Bhavaury House), Impasse Bholoa	斜面崩壊	100,000		
29	Trou-Aux-Cerfs	斜面崩壊	100,000		
30	River Bank at Cite L'Oiseau	河川浸食	100,000		
31	Louis de Rochecouste (Riviere Seche)	河川浸食	100,000		
32	Candos Hill, LallBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues	地すべり	125,000		
33	Montee S, GRNW	河川浸食	100,000		
34	ハザードマップ調査・解析費		1,500,000	2,000,000	1,500,000
35	専門家雇用費		2,500,000	2,500,000	1,000,000
36	残業・日当代		1,200,000	1,200,000	1,200,000
37	モニタリング機材の維持補修費		1,000,000	1,000,000	1,000,000
合計			55,650,000	40,100,000	44,700,000

以上のとおり、C/P を含めた「モ」国政府は地すべり対策事業に極めて積極的であり、かつ十分な予算も確保しているから、今後も自立発展的に防災対策事業を展開していくことが可能と判断できる。

## 9.2.2 組織強化計画

本プロジェクト実施を通じて強化されたLMUの能力と、本プロジェクト終了後の長期計画は以下のとおり。

### a. 技術力

本プロジェクトにおける調査団との日々の業務（On the Job Training）、セミナー、本邦研修等を通じて、地すべり調査・解析・設計・施工にかかる技術移転が実施され、LMU職員独自で地すべり調査や対策検討を実施できるようになった。現在、LMU職員1名がABEイニシアティブに応募しており、将来的には同応募者が日本の大学院において地質工学の修士号を取得し、地すべりにかかる学術的な専門知識も兼ね備えた組織として、LMUが中心となって地すべり業務を実施することを目指す。また、斜面災害アドバイザーを貴機構に要請しており、本プロジェクトで進められた技術移転に加えて、更なる技術向上を図ることを計画している。

## b. 組織体制の構築

LMU は設立当初より、同ユニットに専属で配属されている職員はいなかったが、2014年3月下旬、専属のエンジニア/上級エンジニア 6 名を LMU に配置することが MPI 監督官（Supervising Officer）によって決定された。しかし、2014年11月現在、専属エンジニア/上級エンジニアとして新規配属されたのは 1 名のみで、残り 5 名は配属に至っていない。残り 5 名については、採用・選考プロセスが済み次第、配属される予定である。

また、上記エンジニア/上級エンジニア 6 名と合わせ、技術者 3 名及び地すべりに特化した広報担当官 1 名を配属することが決定しており、今後配属される予定である。但し、広報担当官については、ポスト創設に時間を要することから、ポストが創設されるまで広報担当インターンを一時的に採用することが決定され、採用・選考プロセスを経て今後配属される予定である。

2014年11月時点で LMU に関わっている職員は、専任・兼任合わせて 7 名である。LMU 内をさらに 3 つの課に分け（調査課、ハード対策課及びソフト対策課）、職員の得意分野に応じて配属するようになった。これは、各職員の得意分野を活かして業務を実施することを可能にするほか、業務内容をより詳細に明確化することで、各職員が積極的に自分の業務に取り組むことを狙いとしている。

LMU では、将来的に職員全員を LMU 専属とし、以下の人員配置で業務を実施していくこととしている。

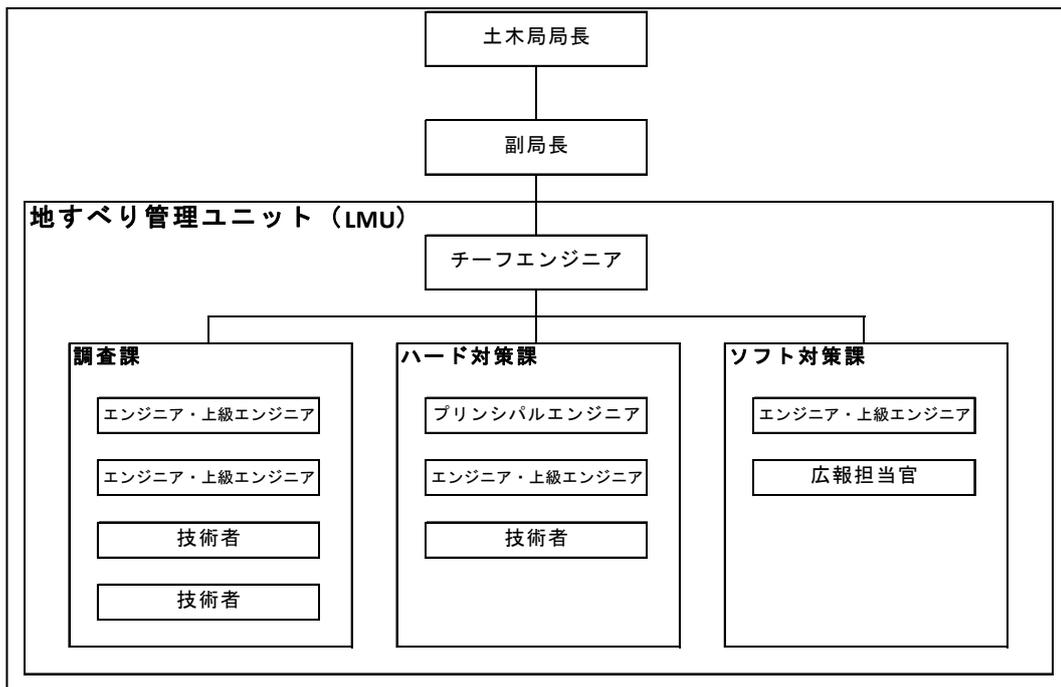


図9.2.1 LMU 人員配置図(長期計画)(出典: JICA 調査団)

## c. 他機関との連携

他機関との連携を図っていく上で、LMU 及び関係機関の担当業務を以下の手順で明確化・最終化した。

- 1) 平時及び緊急時における業務内容とその担当機関を LMU 内で協議

- 2) 上記協議をもとに担当機関と作業を業務工程表に記載
- 3) LMU 内で協議した業務工程表（案）を MPI 本部に説明し、PS の承認を得る
- 4) MPI 主催で主要関係機関（NDRRMC、警察、NDU、RDA、気象庁、地方自治省及び地方自治体）を複数回招集し、各機関の業務の説明・棲み分けを説明
- 5) LMU 及び関係機関の業務の明確化・最終化

2014年11月27日、今後の「モ」国における地すべり対策計画の周知と各機関の地すべり業務の棲み分けを明確にするため、MPI 主催によるセミナーが開催された。同セミナーには、MPI/LMU をはじめ、MPI/NDU、MPI/RDA、NDRRMC、住宅土地省（MHL）、地方自治体等が出席し、以下のとおり、LMU 及び関係各機関の地すべり業務の棲み分けが明確化・最終化された。

●既知の災害箇所（37 か所）の対応

災害種別による主担当部局の設定と、災害規模による地方自治体の関与度合いを以下のとおり取り決めた。今後は、本プロジェクトで実施した防災点検結果に基づき設定した優先度（A～C）の高い箇所から順に対策を実施する。

表9.2.4 既知の災害箇所の災害種別と担当機関(出典:JICA 調査団)

災害種別		対象	担当機関	
			大規模災害	小規模災害
斜面災害	地すべり	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
	落石	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
	斜面崩壊	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
斜面・河川災害	土石流	住宅	LMU/NDU	地方自治体
		農地		
		公共施設	RDA/LMU/NDU	
		道路		
河川災害	溪岸侵食	住宅	NDU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
	洪水	住宅	NDU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路		
その他災害	盛土被害	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設	RDA/LMU	
		道路		
	擁壁被害	住宅	LMU	地方自治体

		農地		
		公共施設		
		道路	RDA/LMU	
家屋被害		住宅	-	地方自治体
		農地		
洞穴		住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設		
		道路	RDA/LMU	RDA/地方自治体

●緊急災害対応

災害発生時の緊急対応手順について、災害直後の住民避難や道路封鎖等の緊急安全確保はNDRRMC、警察及び地方自治体が対応する。その後の現地調査、対策検討及び対策実施については、MPI/LMU、MPI/NDU 及び MPI/RDA が上記 37 箇所と同様の方法で対応する。

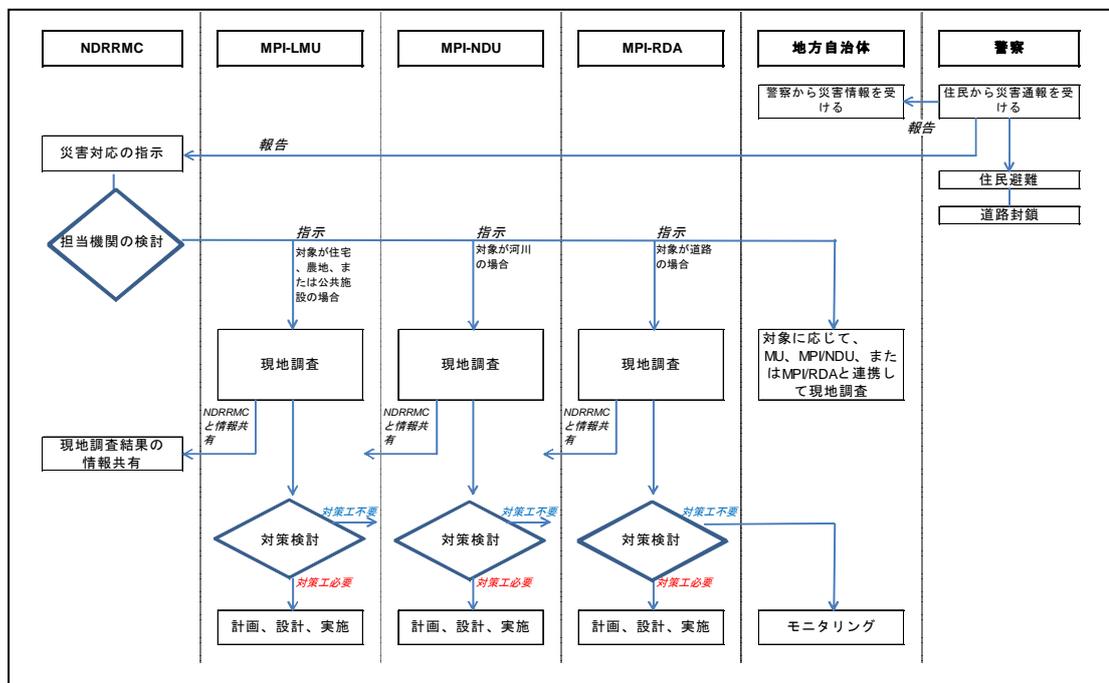


図9.2.2 緊急災害対応手順（出典：JICA 調査団）

●ハザードマップを活用した事前対応

斜面災害については、MPI/LMU が中心となって、上記 37 か所以外の斜面災害危険箇所を抽出し、今後ハザードマップを作成する。

●早期警戒避難

本プロジェクトのパイロットサイト 3 か所（チトラクト、カトルスール、バレーピット）については、災害スキーム及びプロトコルに従って早期警戒避難を実行する。また、その他の斜面災害危険箇所については、ハザードマップの作成後に早期警戒避難が必要と思われる地域が抽出されれば、パイロットサイトと同様の体制構築を目指す。

各機関の地すべり業務内容を明確化したことにより、地すべりはすべて LMU が対応する、という認識がなくなり、今後は主要関係機関の積極的な関与が期待される。今後は、地すべりにかかる関係者会議を定期的実施する予定であり、主要関係機関との連携体制がより一層強化されると思われる。また、主要関係機関との協議では、回を追うごとに MPI・LMU の積極性が高まり、11 月 27 日の MPI 主催のセミナーでは、LMU 職員が地すべり業務の発表及び質疑応答を行った。LMU 職員が地すべり災害の種類や対応法の説明を行ったことから、LMU 職員の地すべりにかかる理解度・知識が高まっていることが証明され、また、主要関係機関の知識・意識向上にも寄与したと言える。

#### d. 緊急時運営体制（LMU内部）

LMU では、緊急時の運営体制を以下のとおりとした。

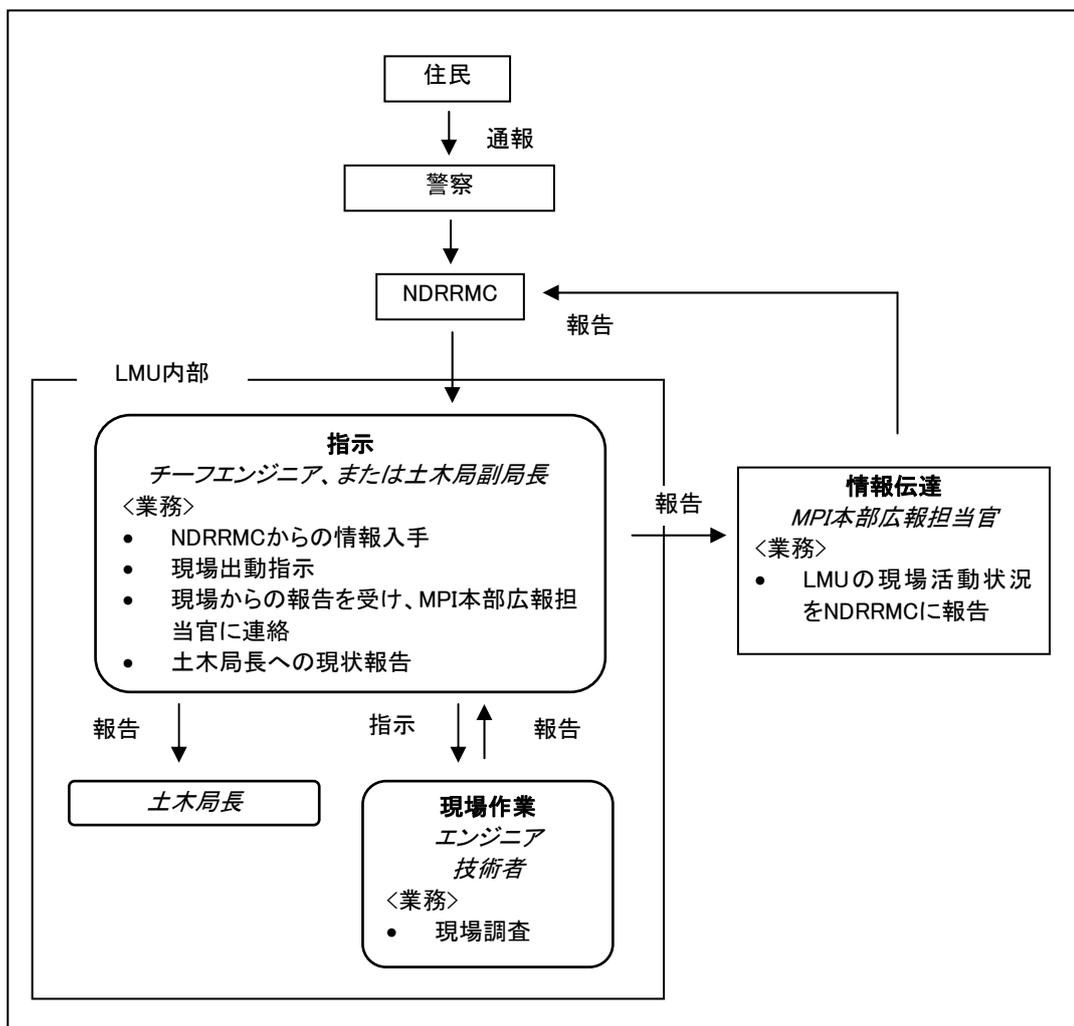


図9.2.3 LMU 内緊急時運営体制(出典: JICA 調査団)

LMU では、今までの緊急時の運営体制を振り返り、緊急時に現場作業を担当するエンジニア及び技術者をどのように配置するか検討した。LMU 内の協議では、現場作業担当者を月ごとの当番制にする案等が出されたが、最終的には職員それぞれに担当地区を割り振ることに決定した。具体的には、「モ」国にある 9 つの郡（Rivière du Rempart、Pamplemousses、Port Louis、Black River、Plaines Wilhems、Moka、Flacq、Grand Port、Savanne）

において、各郡に2名ずつの担当者を割り振った（ポートルイスは3名）。なお、各郡の近隣に住む職員が担当者となっている。緊急時運営体制は、今後災害発生ごとに見直しを行い、適宜改善していく。

#### e. 民間委託体制

「モ」国内外の地質技術者をLMUの補佐役として雇用し、地すべり対策を実施することを検討している。地すべり調査、対策工施工監理、緊急時における対応等を含むToRがLMUからMPI本部に提出された。MPIの予算状況等にもよるが、雇用については、今後公募する予定である。

### 9.3 パイロット事業(地すべり対策)に係る提言

#### 9.3.1 構造物対策工 - 今後の計画

本プロジェクトにおいて、Aブロック地すべりの Section I の工事が完了した。しかしながら、当初計画していた対策工を完了させるためには Section II の工事を完了させる必要がある。

今後のチトラクート地区の地すべり対策の流れは以下のとおりである。

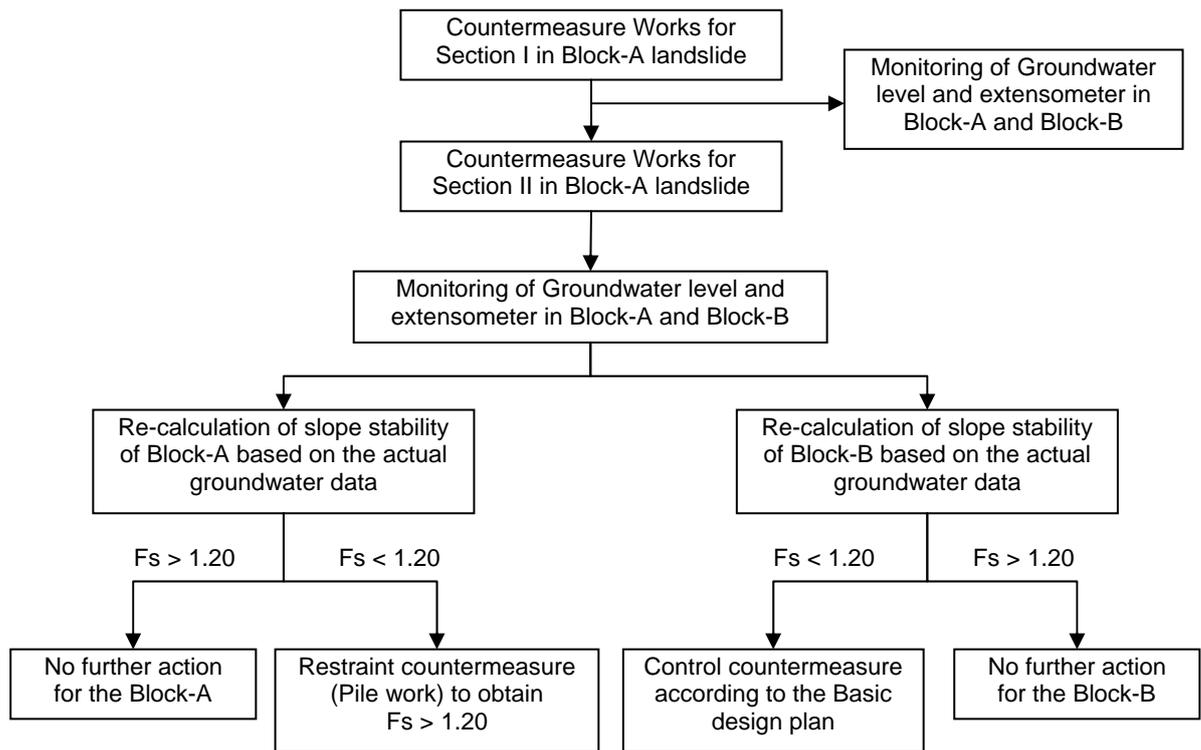


図9.3.1 今後のチトラクート地区地すべり対策の流れ(出典: JICA 調査団)

#### a. 引継ぎが実施される地すべり対策構造物

調査団によって建設された地すべり対策構造物の以下のとおりである。詳細の平面図や構造物については、巻末資料に添付する。2014年12月に完了した Chitrakoot でのパイロット事業における地すべり対策構造物は、調査団から MPI に対して、正式に引継ぎが行われた。MPI は今後、これらの構造物を適切に維持管理していく必要がある。

- ・ River Type-1 (5m)
- ・ River Type-2 (10m)
- ・ River Type-3 (140m)
- ・ River Type-5 (55m)
- ・ New Channel CH-1 (217m)
- ・ Bridge Br-1
- ・ Bridge Br-2
- ・ Bridge Br-3
- ・ Bridge Br-4

- Bridge Br-5
- Horizontal Drainage (5 boreholes)

なお、主な設計変更項目は以下のとおりである。

- River Type 1 & 2: 壁部の石積み工の高さの増加と、それに伴う植生工の減量
- River Type 3: 右岸壁の部分的直線化
- Bridge Br5: 手すり構造の変更（柵から鉄管）

#### b. 今後MPIで実施される対策工

今後、MPIはセクションIIおよびセクションIのキャンセル区間を実施することになる。これらの工事後、地下水位と地すべり活動の状況をモニタリングにより確認する必要がある。

現時点でAブロック地すべりのSection Iの対策工が終了したので、この後Section Iで用地問題で実施できなかった箇所を含めSection IIの対策工をMPIが引き続き、実施する必要がある。当初の計画では、Section IとSection IIの対策工を実施して、目標の安全率が得られるためである。同時にSection Iの工事が完了した時点でこれまで実施していた地下水位や伸縮計、パイプひずみ計を用いた動態観測を継続し、対策工の施工前と施工後の違いを確認する。地下水位の変化が確認された場合は、変化した地下水位を基に安定解析を行い、安全率の変化を確認することが望ましい。

Section IIの対策工は住宅地内が対象となっているため、用地交渉は特に慎重に行う必要がある。また計画した位置での用地取得が困難な場合は、適宜水路配置を変えてもよい。

表9.3.1 今後の計画地すべり対策工一覧(出典: JICA 調査団)

工区	工種	数量	単位	備考	
Aブロック地すべり	Section II	洪水用大断面水路 CH-2	130	m	
		既存水路補強工 RUD-1 (Type3 drainage)	35	m	Section Iで工事中止
		既存水路拡幅護岸工 UD-3 (Type4 drainage)	47	m	Section Iで工事中止
		水平ボーリング工 (HD-2)	210	m	
		水平ボーリング工(HD-3)	350	m	
		表面排水路(SD-1)	75	m	
		明暗渠工(OB-1)	55	m	
		明暗渠工(OB-2)	85	m	
		暗渠工(BD-1)	35	m	
		暗渠工(BD-2)	32	m	
		暗渠工(BD-3)	40	m	
		集水枡	5	pc	
		橋梁	2	pc	for vehicle
		保全用立坑	12	pc	On the blind ditch

### c. モニタリングと安定解析の実施

Section II の工事が終わった後モニタリングを実施し、地下水位の変化および地すべりの活動度について確認を行う。今回想定されている地下水位は雨期中の最高水位を採用しているため、モニタリングの観測は最低でも 1 雨期間実施し、その中での最高水位を採用する必要がある。対策後の安全率確認のための安定解析は、設計時に使用した計算モデルを使用する。粘着力や内部摩擦角などの計算定数は変更せず、水位観測により得られた雨期中の最高水位を設定し直して計算することとする。

Section I および Section II の A ブロックの抑制工の実施後、安全率が  $Fs1.20$  以上、かつ伸縮計の動きも確認されない場合は、抑止工の実施は見送っても良い。しかしながら、モニタリングは継続して行うべきであり、今後の自然条件の変化で再活動する恐れがあることを認識しておく必要がある。今後のモニタリング結果で再度活動が確認される、もしくは地下水位の上昇が確認された段階で、追加の対策工の検討を行う。安定計算上、計画安全率到達の地下水位の目安は以下のとおりである。

表9.3.2 計画安全率達成のための地下水位の目安(出典:JICA 調査団)

観測孔	Fs=1.13 (計画値)	Fs=1.20 (最終目標値)	適用
BPP 16	> GL-2.9m	> GL-3.9m	小学校脇
BPP 11	> GL-2.1m	> GL-3.1m	
W-2	> GL-3.3m	> GL-4.3m	
BPP 8	> GL-5.4m	> GL-6.4m	地すべり範囲外

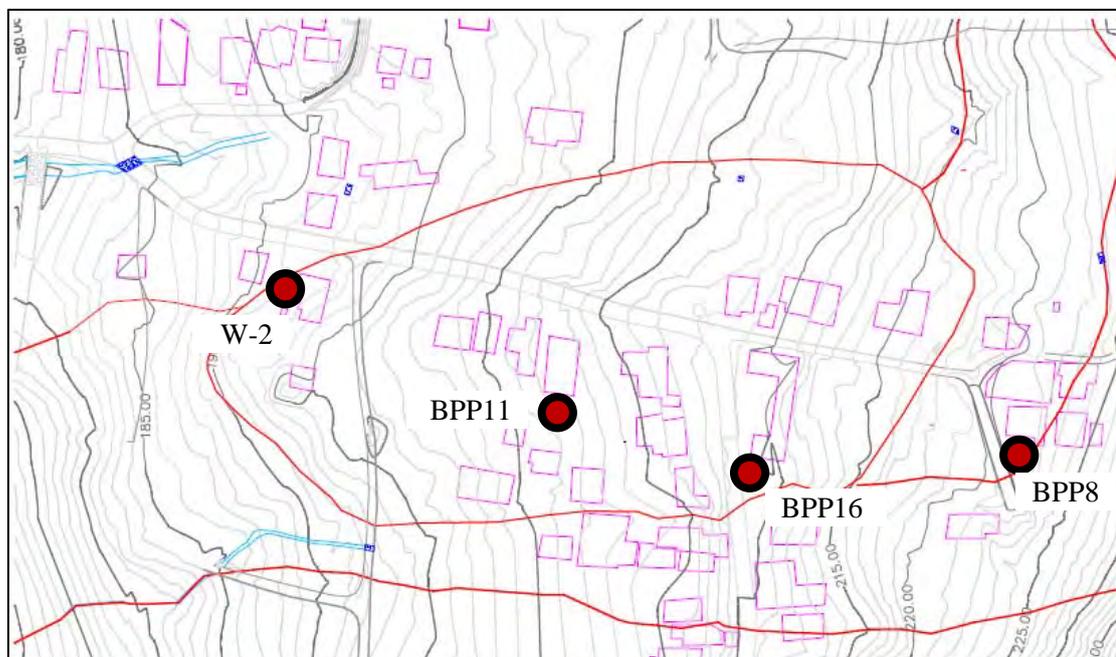


図9.3.2 Aブロック地すべり地下水位観測孔位置図(出典:JICA 調査団)

BPP8 は A ブロック地すべり地外の地下水位のため、参考値である。他の 3 箇所全てで目標地下水位が得られれば、計画安全率を確保したことになる。

安全率が 1.20 に達しない場合は、追加で抑止工を計画する。A ブロックでの抑止工は、地形および土地利用環境の条件から杭工が望ましい。杭工の計画及び設計については、本プロジェクトで作成した「地すべり対策マニュアル」を参照すること。

A ブロックの対策工は、B ブロック地すべりへの安定性にも寄与することが期待されることから、B ブロックの地すべり地域の水位観測も行い、安全率の再確認を行うことが望ましい。しかしながら、現時点で B ブロック付近にある既存地下水位観測孔 BPX 2 は測定が不能な状態であるため、新規に地下水位観測孔を設置することを提案する（図 9.3.3 参照）。それらの地下水位観測孔において、計画安全率が確保できる地下水位を表 9.3.3 に示す。その結果、安全率が  $Fs1.20$  以上得られ、かつ伸縮計の動きも確認されない場合は、B ブロックでの対策工は実施する必要はない。しかしモニタリングは継続して行うべきであり、今後の自然条件の変化で再活動する恐れがあることを認識しておく必要がある。

今後、継続的にモニタリングされる雨量と地下水の関係性については、MPIが JICA にレポートを提出する。

表9.3.3 計画安全率達成のための地下水位の目安(出典:JICA 調査団)

観測孔	Fs=1.17 (計画値)	Fs=1.20 (最終目標値)	適用
B-P1	> GL-3.5m	> GL-4.0m	新規地下水位観測孔設置を提案
B-P2	> GL-3.4m	> GL-3.9m	新規地下水位観測孔設置を提案

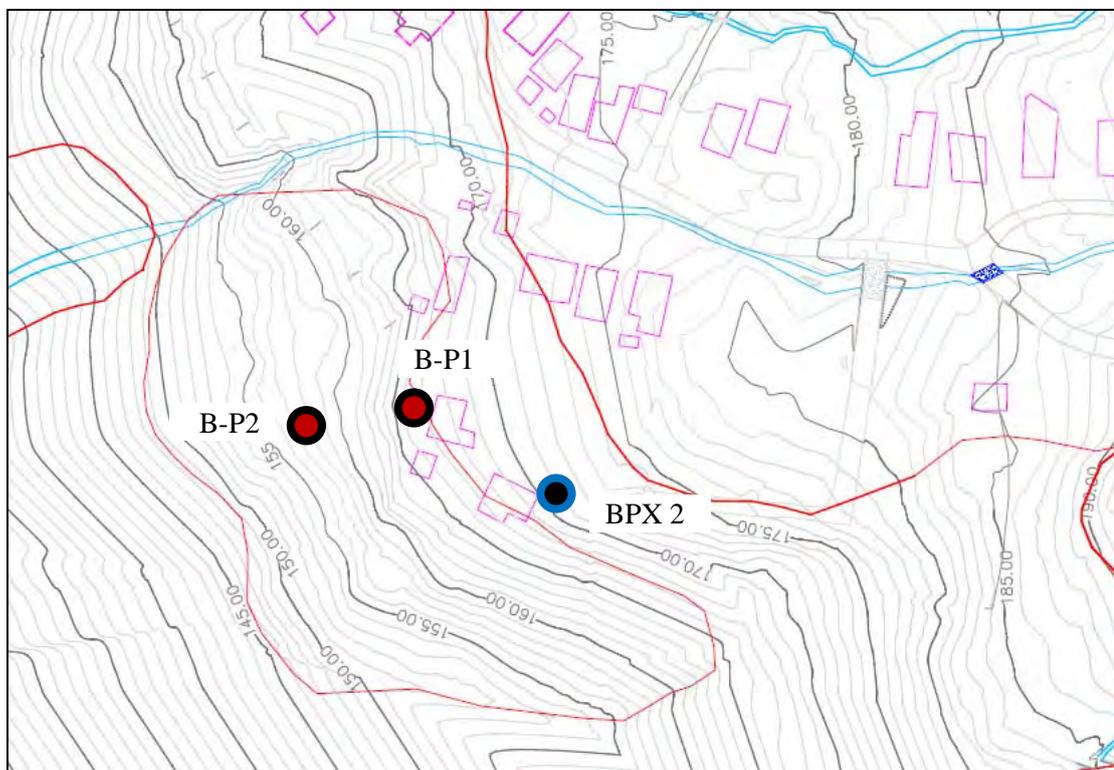


図9.3.3 B ブロック地すべり地下水位観測孔位置図(出典:JICA 調査団)

#### d. MPIによる水路、橋梁、水平ボーリングの清掃と維持管理

今回建設された水路、橋梁、水平ボーリングは、排水能力を継続的に確保するため、定期的に清掃を実施する必要がある。また構造物の機能を確保するため、維持管理も同様に必要である。

##### d.1 水路の清掃と維持管理

- ・ 土砂浚渫（手掘りもしくは高圧水）
- ・ 河川内のごみ除去
- ・ 構造物のクラック補修

##### d.2 橋梁の清掃と維持管理

- ・ 鏡領下の土砂浚渫（手掘りもしくは高圧水）
- ・ 橋梁下のごみ除去
- ・ 構造物のクラック補修

##### d.3 水平ボーリングの清掃と維持管理

- ・ 高圧水による PVC パイプの洗浄

##### d.4 防護柵の維持管理

落石や土石流による被害の定期チェックを実施し、必要に応じて補修する。

#### e. 現地の立ち入り禁止措置

- ・ 看板の設置
- ・ 地域住民への啓蒙

#### f. 地すべり防止ハンドブックの利用

地域住民や学徒への防災教育に対して地すべり防止ハンドブックが使用されることが望ましい。

### 9.3.2 対策後の地すべり危険区域での開発について

地すべりのメカニズムは複雑であり、対策によって地すべりを完全に止めることは非常に困難である。したがって、地すべり対策は、あくまで現状の地すべりの安全率  $F_s$  を 1.2 以上に引き上げるものであり、完全かつ未来永劫に地すべりの活動を止めるものではない。将来、異常な自然現象（気候変動になど）の影響を受けて、想定以上の豪雨（たとえば、チトラの設計で使っている 50 年確率以上の豪雨）やすべり面強度が低下すれば地すべりが再活動するからである。

従って、斜面防災の豊富な経験を有する日本では、たとえ対抗策が完成しても地すべり危険区域の指定が解除されることはない。本プロジェクトで地すべり危険地区に指定された Chitrakoot 地区、Valee Pitot 地区、Quatre Soeurs 地区についても、今後とも地すべり危険地区の指定は解除されない。

なお、地すべり危険区域での宅地やインフラ整備のためのすべての開発行為は原則的に禁止である。ただし、家屋や道路のメンテナンスなどの極軽微な補修作業は実施可能である。下表に、地すべり危険区域での開発行為の可否について示す。

表9.3.4 地すべり危険区域での開発行為の可否について(出典:JICA 調査団)

開発の種類	実施の可否	適用
家屋や学校等建物の軽微な補修	実施可能	屋根や壁の補修等のメンテナンス作業のこと。基礎掘削や切土・盛土の施工が伴う補修は禁止。
道路・橋梁等公共インフラの軽微な補修	実施可能	道路・橋梁・上下水道等の公共インフラのメンテナンス作業のこと。基礎掘削や切土・盛土の施工が伴う補修は禁止。
家屋や学校等の新築、増築	禁止	基本的に建物の新設や増設は禁止
道路・橋梁等公共インフラの新設や増設、付替え	禁止	基本的に道路・橋梁・上下水道等の公共インフラの新設や増設、付替えは禁止
上記以外の全ての開発	禁止	基本的に地すべり危険区域での全ての開発行為は禁止

<例外的な開発の審査基準>

道路・橋梁・上下水道等の公共インフラの新設や増設、付替えなどの開発行為を、やむを得ず地すべり危険区域内で実施しなければならない場合には、以下の事項について十分な調査・解析を行う必要がある。

- 地すべり安定解析を実施し、開発後の地すべりの安全率  $F_s$  が 1.2 以上であることを確認すること
- 開発後に地すべりの安全率  $F_s$  が 1.2 より小さい場合には、地すべり対策工を施工すること
- 地すべり対策工は、開発工事より先に実施されること
- 開発および地すべり対策工の施工中の安全率の低下は 5%以内とし、それ以上の地すべりの安定性の低下をせしめる盛土や切土を禁止する
- 表面水路や調整池、沈砂池等の排水施設を設置し、地すべり地内での雨水等の滞留および下流域への影響を防止すること

### 9.3.3 早期警戒システムの提言

本プロジェクトにおいて、3 地区で 2 年以上にわたって、地すべりモニタリングを継続してきた。その結果を踏まえ、以下の警戒基準を提案する。

表9.3.5 警戒基準案(出典: JICA 調査団)

警戒ステージ		伸縮計による警戒基準	各家屋における異常の観測
ステージ 1	注意	20 mm / 月 以上	<新たな地すべりの兆候> 家の中に新たなクラックが見つかる。 家の床や壁に変形が見つかる。 家の周囲の地面、擁壁、道路に新たなクラック、変形が見つかる。
ステージ 2	警戒	10 mm / 日 以上	<クラックや変状の進行> 家の中のクラックが開いてくる。 家の床や壁の変形が大きくなる。 家の周囲のクラックや変形が大きくなる。 クラックの開くスピード: 2 mm/時以上
ステージ 3	避難	20 mm / 日 以上	<クラックや変状の更なる進行> 家の中や周囲でさらに新たなクラックが発見される。 家の中のクラックや変状がさらに大きくなる。 隣家や周囲の壁が倒壊する。 クラックの開くスピード: 20 mm/時以上
ステージ 0	解除	0 mm / 時 および、 対象家屋、その周囲に異常がないことを確認	変形した家の住民は、その家の健全性が診断されるまでは帰宅しない。 伸縮計の警報で避難した場合は、家の中、周囲に異常がないことを確認した後に帰宅する。
付属ステージ	豪雨警報・サイクロン警報	“Cyclone Warning Class II” または“Torrential Rain Warning” により、地すべり災害スキームのステージ1に移行する。 “Cyclone Warning Class III” により地すべり危険地域の住民は、サイクロン災害スキームに従い避難する。	

#### a. 付属ステージ（豪雨・サイクロン）について

豪雨災害スキーム、サイクロン災害スキームでは、豪雨警戒またはサイクロン警戒による避難が規定されている。豪雨やサイクロンの時には島内の移動が困難となる場合があり、その時に地すべりが活動することも想定される。地すべり危険地域に居住する住民は、豪雨、サイクロンによる危険が迫っている時には、地すべりの活動の有無にかかわらず豪雨災害スキーム、サイクロン災害スキームに従って行動する。

#### b. 警戒解除について

変状がおきた家は、家の構造がぜい弱となり初期の耐力を維持できなくなっている可能性がある。地すべりが安定したとしても、その家に住み続けることができるかどうかは、専門の建築士などが判定する必要がある（建物診断）。伸縮計だけで避難した場合は、専門家が地すべりの安定を確かめてから避難解除をする。

#### c. 早期警戒におけるLMUの役割

早期警戒時には、LMUは各段階で現地を確認する必要がある。特に、住宅の変状については、住民の思い違いや地すべり以外の変状があり得るので、通報があれば各戸に行ってその変状を確認する。

プレステージ、ステージ 1における住宅の変状について、確認すべき点は以下のとおりであるが、危険の程度はまだ低い。

- ・ クラックなどの変状があるかどうか
- ・ 変状が地すべりによるものかどうか
- ・ 地すべり以外の変状とすると何が原因か
- ・ 変状が進行しているかどうかの確認方法と居住者への周知
- ・ ステージ 2 への移行の可能性の判定と、ステージ 2 での居住者の行動の再確認
- ・ 隣家への通知

ステージ 2 に移行したら、居住者はその家から離れ、避難する。ステージ 1 からステージ 2 への移行は、伸縮計の警報装置の作動、または住民による家の変形の観測により、自動的に移行する。住民は直ちにその住宅から離れる（自主避難）。ステージ 2 では、NDRRMC が居住者の避難等を所管し、LMU は必要に応じ技術的アドバイスを行う。

付属ステージ（豪雨・サイクロン災害）においては、住民は豪雨災害スキーム、サイクロン災害スキームに従い行動する。LMU は豪雨災害スキーム、サイクロン災害スキームには関与しない。LMU は平時には、地すべり危険地域に居住する住民に対する啓もう活動を行う。住民に対しては、特に以下の点を十分理解させる必要がある。

- ・ 住民が地すべり危険地域の中に居住していること、
- ・ 住民の生命の安全は基本的に自分で守ること、
- ・ 警報が出された場合には家や家畜などの財産を守ることはかんがえてはいけないこと、
- ・ 対策工事などの対策が完成するまでは財産を守るべきでないこと

#### 9.3.4 IEC調査の提言

- ・ 地すべり災害の意識啓発活動は、地すべりブロック内の住民のみならず、地すべりブロックの下方側に位置し、地すべり被害の影響を受ける可能性のある世帯も対象に含める必要がある。
- ・ メディア等を介して、NDRRMC の認知度を高める必要がある。
- ・ 本調査は、プロジェクトが優先 3 地域に提案し、試験的に実施している早期警戒避難システムを評価することを目的の一つとしていたが、雨季をまだ一度しか経験しておらず、住民も Alert system が起動したところを目のあたりにしていないため、その有効性を結論づけるのは時期尚早である。
- ・ 避難勧告が発令されたにもかかわらず避難せず、実際に被害に遭った場合、自身にその責任があると考えた住民が 7 割以上を占めることから、政府は、空振りを恐れずに警戒・避難勧告を出すべきであること、避難場所やルート、高齢者等弱者に対する移動手段の提供など、政府としての最低限の義務を果たすべきである。
- ・ いざ地すべり災害に遭ったときに、迅速に住民が判断・連絡できるよう、政府側の窓口は一つに設定すべきである。「警察」が窓口としての役割を担う機関として最適である。
- ・ 連絡係の存在は、行政機関にとって現場の状況把握や住民への連絡を行う上で有用

---

であるが、現時点では住民にとってその認知度は低い。個々によって状況は異なり、災害発生時には迅速な対応が求められる。連絡係を介さず、住民から直接「警察」へ連絡する体制を構築することが望ましい。

- ・ 住民が個々に状況を判断し、自主避難することが望ましいが、お年寄りの一人暮らし世帯など行政のサポートを必要とする世帯が存在するのも事実である。行政は、各世帯の属性を把握し、サポートを必要とする世帯の特定を平常時から行うことが望ましい。
- ・ これまでプロジェクトが定期的実施してきたステークホルダー会議が、地すべり関連の情報、とくに、地区特有の情報を得る上で効果的な場となっていることが示唆された。教材の提供等を通じて、プロジェクト終了後も住民が地すべり防災に関する情報に必要なときにアクセスできるようにし、住民の防災に関する意識を高め、自発的かつ実践的な防災行動を促進することが求められる。

## 9.4 他地域における地すべり管理計画に係る提言

「モ」国では災害スキームに示されるとおり、現在 37 箇所（箇所）の斜面災害に類する危険箇所が存在する。そのうち「斜面災害」箇所は 15 箇所であり、本プロジェクトで扱った「地すべり」箇所は国内 6 箇所存在する（下表）。地すべり 6 箇所のうち、本プロジェクトでは、ハザード評価および「モ」国側要望から Chitrakoot、Quatre Soeurs、Vallee Pitot の 3 地区を対象として、基礎調査、詳細調査、F/S、パイロット事業を行ってきた。ここでは、対象 3 地区以外の La Butte、Old Moka Road、Candos Hill 等で地すべり管理計画を策定する際に必要となる事項を取りまとめ、提言する。

表9.4.1 危険箇所の分類（出典：JICA 調査団）

大分類		細分類		摘要	
災害	斜面災害	15 箇所	地すべり	6 箇所	地すべり危険地の判定対象  地すべりではないため、地すべり危険地の判定の対象から除外する
			斜面崩壊	7 箇所	
			落石	1 箇所	
			土石流	1 箇所	
	その他の災害	22 箇所	溪岸侵食	10 箇所	
			盛土被害	4 箇所	
			擁壁被害	5 箇所	
			家屋被害	1 箇所	
			洞穴	2 箇所	
合計			37 箇所		

表9.4.2 地すべり 6 箇所のハザード評価の結果（出典：JICA 調査団）

整理 no.	Area name	災害種別		地すべりハザード評価のスコア			
		大分類	細分類	地すべり地形、特徴	家や構造物のダメージ	地すべりに関する記録	合計
9	Chitrakoot, Vallee des Pretres	斜面	地すべり	2	2	2	6
10	Vallee Pitot (near Eidgah)	斜面	地すべり	2	2	2	6
13	Mgr. Leen Street and nearby vicinity, La Butte	斜面	地すべり	2	1	2	5
15	Old Moka Road, Camp Chapelon	斜面	地すべり	2	1	0	3
27	Quatre Soeurs, Marie Jeanne, Jhummah Streert, Old Grand Port	斜面	地すべり	2	2	2	6
34	Candos Hill at LalBahadoor Shastri and Mahatma Gandhi Avenues	斜面	地すべり	2	1	0	3

### 9.4.1 「モ」国における地すべりの現状

本プロジェクトで実施した調査や解析、パイロット事業から、「モ」国における地すべりの状況は以下のとおりと考察される。

- 玄武岩等の基盤岩と沖積層・崩積土の境界を地すべり面として活動する。その厚さは 5-10m 程度と思われる。
- 規模（水平距離）は数十 m～数 km に及ぶものもあるが、地すべり地内に複数の小地すべりが重なって活動していることがある。

- 一旦活動が認められた箇所では、繰り返し地すべりが発生する。
- 地すべり活動と地下水位の相関は高く、地下水位上昇により地すべりが活発化する。
- ただし、地形・地質によっては、降雨と地下水位の相関は必ずしも高くなく、無降雨時に地すべりが発生する、もしくは降雨時にも発生しないことがあり得る。
- 上記からハード対策には、地表水・地下水排除工が効果的である。
- 災害スキームで避難プロトコルが確立していること、関係省庁・地元警察等が協力的であること、避難訓練等を実施していることから、ソフト対策としては、継続的なモニタリングを実施し各地すべりごとの特性に合った基準値を設定して、早期警戒・避難システムを構築することで人的被害を軽減できる。
- 地すべり対策のコストと効果、住民からの要望等を考慮して「移転」も一つの対策となり得る。

#### 9.4.2 地すべり管理計画策定に係る提言

前節で考察された地すべりの現状から、今後「モ」国において地すべり管理計画を策定する場合の提言を以下にまとめる。なお、提言した各活動の具体的手法については本レポートの各章ならびに「初期調査のためのガイドライン」・「地すべり対策マニュアル」を参照されたい。

1. 地すべりの活動度・規模・範囲・周辺との関係性を把握するために、基礎調査を確実に実施する。
  - (1) 測量（平面図・断面図）
  - (2) 現地踏査、家屋被害調査
  - (3) 室内試験（物理試験、力学試験、水質試験）
  - (4) モニタリング（雨量計、伸縮計、孔内傾斜計、ひずみ計、地下水位計）
  - (5) 物理探査（弾性波探査、比抵抗二次元探査）
  - (6) ボーリング調査、標準貫入試験
2. 基準値設定やソフト対策検討にあたり、関連する法令や規制（災害スキーム、開発計画政策指針（PPG: Planning Policy Guidance））をレビューする。
3. 調査結果に基づいて地すべり断面図を作成し、安定解析を実施することにより、現状の活動度を推定する。
4. モニタリング結果から、地すべり活動と地下水位、降雨量の相関関係を各地すべりごとに特定する。
5. 地すべりの活動度・緊急度と住民要望、予算等を踏まえて、ハード対策とソフト対策の適切な組み合わせを検討する。
6. ハード対策では、地表水の状況と地下水の流れ（推定）から、適切な地表水・地下水排除工を選定する。特に水平ボーリング工はパイロット事業の結果から排水効果が高いと思われ、選定にあたり考慮する。
7. ソフト対策では、各地すべりごとに特性に合った基準値を設定して、早期警戒・避難システムを運用する。またハード対策が完了するまでの間、ソフト対策は有効である。

#### <第9章の参考文献>

<sup>1</sup> MPI