

第3章 地すべり分野の現状

3-1 地すべり分野全体の現状

「モ」国の地すべり分野の現状は、以下に列記するように、深刻な地すべり被害が生じている。

(1) 国際連合 (United Nations;UN) の国際防災戦略 (International Strategy for Disaster Reduction;ISDR) データベースによると、「モ」国の地すべり危険度はとても高い (図 3-1-1参照)。

- ・ 地すべりによって引き起こされる可能性のある経済損失は、7,000 万ドルである。
- ・ 地すべりによって失われる可能性のある人の数は全人口の 0.19%にあたる。日本の 0.03%に比べて、6 倍以上の割合である。

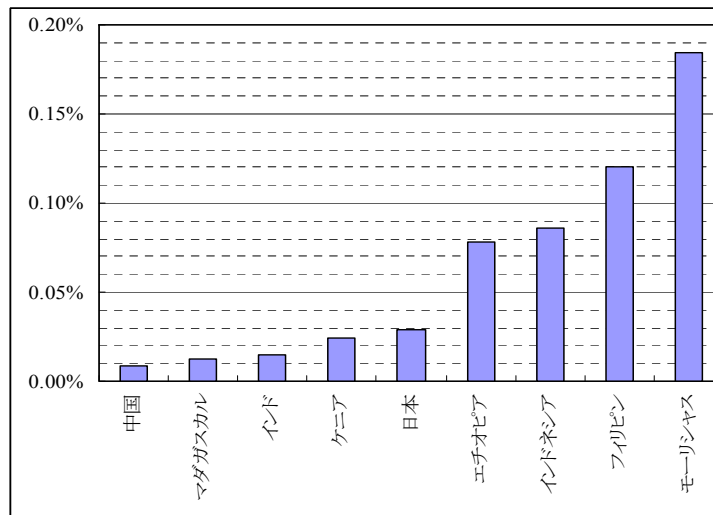


図 3-1-1 地すべり被害を受ける可能性のある人口比率
(UN/ISDR のデータによる)

(2) 首相府の定める災害緊急対応計画である災害スキームに含まれる地すべり緊急計画において、地すべり災害の緊急対応体制が整備されている。災害スキームには、全国で 28 箇所 の地すべり地が示されている (図 3-1-2参照)。ただし、地すべりの抑止や住民の意識向上の促進などの地すべり災害リスクの軽減 (減災) については、経験やノウハウが足りないために、具体的な対策はほとんど実施されていない。

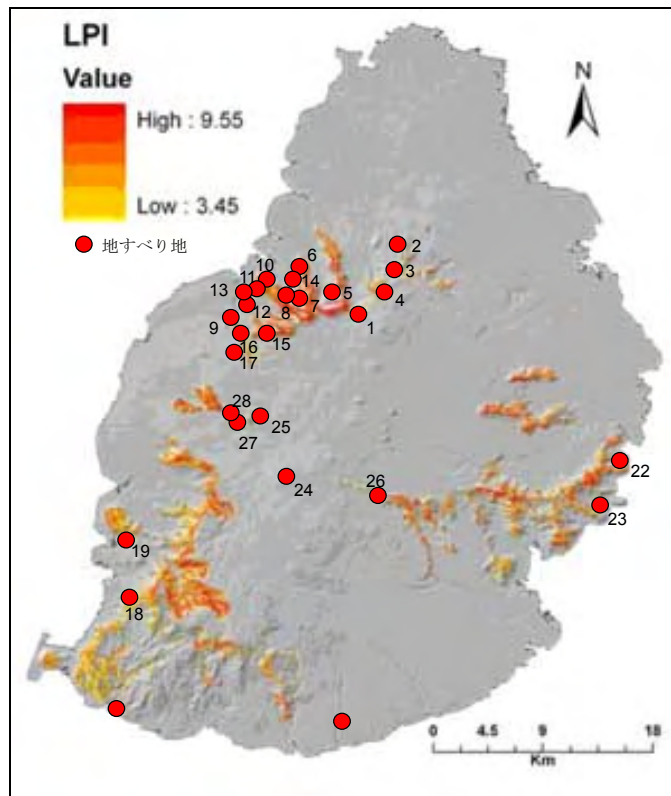


図 3-1-2 全国地すべり地分布図

- (3) 2005年3月の豪雨によって Chitrakoot 地区の 54 軒が地すべり被害を受け、このうち 14 軒が全壊して移転を強いられることとなった。これにより、地すべり対策の必要性が再認識された。さらに、地すべりの被害を受けた住居や学校の移転が、住民の反対もあり、円滑に進んでいないため、住民の意識向上や被災後の住民対応などを含めた対応を進めることの必要性についても認識された。
- (4) 上記 (3) を受け、インフラ省は、地すべり災害の軽減を目的として、地すべり対策ユニット (LMU) を設立したものの、経験やノウハウが不足しているために、ユニットの詳細な役割や要員構成が確定していない。
- (5) Chitrakoot 地区では、環境省によって地質調査が実施されたものの、地すべり評価と対策策定に関わる技術が「モ」国にほとんどないために、地すべりの実態把握とそれに基づいた具体的な対策が実施されていない。
- (6) 旧 JBIC の有償資金協力を通じて、ラ・ビュッテ地区において地すべり対策が実施されたものの、技術移転のソフトコンポーネントが含まれていなかったため、「モ」国には地すべり対策にかかる技術が根付いていない。

3-2 地すべり災害管理体制

3-2-1 中央災害委員会

首相府の定める災害緊急対応計画である災害スキームにおいて、国家レベルの災害対応組織である中央災害委員会が主導する緊急対応体制が明示されている。地すべり災害管理を行う組織として、災害スキームでは、表 3-2-1に示す警報のレベルに応じて、調整委員会（Coordinating Committee）と危機委員会（Crisis Committee）が設置され、関係機関による対応を実施することが規定されている。

表 3-2-1 地すべりに関する警報の発令基準

警報レベル	発令基準	情報伝達、発令組織
第1段階（準備段階）	12時間雨量が30mm以上 かつ 変位が1日2mm以上	調整委員会委員長が発令→インフラ省へ連絡→警察とMMSに連絡→調整委員会メンバーと住民に連絡
第2段階（警報段階）	変位が1日1cm以上 また 目視できる地盤変位	調整委員会が発令→放送及び拡声器等で被災地区住民に発信。危機委員会の招集
第3段階（避難段階）	変位が1時間で2mm以上	危機委員会が発令→放送及び拡声器等で被災地区住民に発信
第4段階（緊急段階）	突然の地すべりで危機委員会の招集が困難な場合	可能であれば危機委員会の委員長と協議の上、警察局が発令→第3段階と同様に伝達
第5段階（終了）	斜面の安定確認後、綿密な観測と評価を実施	危機委員会の会議の後、警報解除

災害スキームでは、第1段階の警報発令基準となっている12時間雨量の観測は、地方政府又は住民代表者が行うことになっており、30mm以上の12時間雨量が観測された場合は、インフラ省にその旨が伝えられ、インフラ省が伸縮計の観測を行うことと規定されている。

2004年の閣僚決定によって、地すべりの調査・観測は、環境省が主導して実施することとされたが、災害スキーム2009-2010版では、地すべりに関わる警報の発令の基準となる伸縮計の観測は、インフラ省が行うこととなり、伸縮計観測の所管が、環境省からインフラ省に移管された。

3-2-2 調整委員会

調整委員会は、首相府を委員長として、表 3-2-2に示す組織から構成される。

表 3-2-2 調整委員会と危機委員会（太字）のメンバー

1	首相府（委員長）	9	環境省
2	自治省	10	警察局
3	インフラ省（公共インフラ局）	11	気象局
4	インフラ省（陸上交通局）	12	政府消防局
5	保健省	13	中央水局
6	社会保障省	14	中央電力委員会
7	教育省・人材省	15	地方自治体
8	再生エネルギー・公共施設省	16	モーリシャス大学

調整委員会委員長は、第1段階（準備段階）の警報を発令する。調整委員会は、委員長が招集して、第2段階（警報段階）の警報を発令する。

3-2-3 危機委員会

危機委員会は、表 3-2-2に太字で示した7つの組織から構成される。危機委員会は、第2段階の警報の発令時に招集され、第3段階（避難段階）の警報を発令する。第4段階（緊急段階）の警報の発令は、可能であれば危機委員会委員長との協議の上で警察局が発令する。また、第5段階（終了）の発令も危機委員会が発令する。

3-2-4 公共インフラ・国土開発ユニット・陸上交通・海運省（インフラ省）

(1) 組織

インフラ省は、公共インフラ局（Public Infrastructure Division）と陸上交通・海運局（Land Transport and Shipping Division）からなり、各局は、次官を筆頭とした構成になっている（図 3-2-1参照）。地すべり対策の担当部署は、2009年9月25日付けの公共インフラ局の次官の指示によって、公共インフラ局のCivil Engineering Section（土木部）の中に地すべり対策ユニット（Landslide Management Unit）が設立された。公共インフラ局、土木部の組織図を図 3-2-2と図 3-2-3に示す。

なお、2010年5月5日の総選挙後の組閣によって、政府組織が変更された。従来、環境省に含まれていたNational Development Unit（国家開発ユニット；NDU）がインフラ省に移された。インフラ省の説明によると、NDUの組織・要員構成や役割はインフラ省に移った後も以前と変化はない。

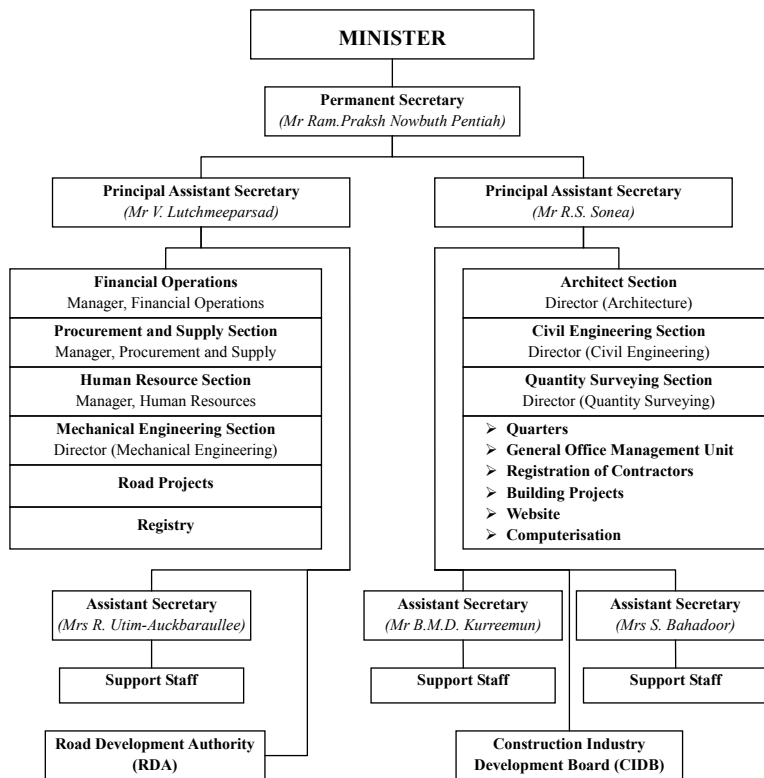
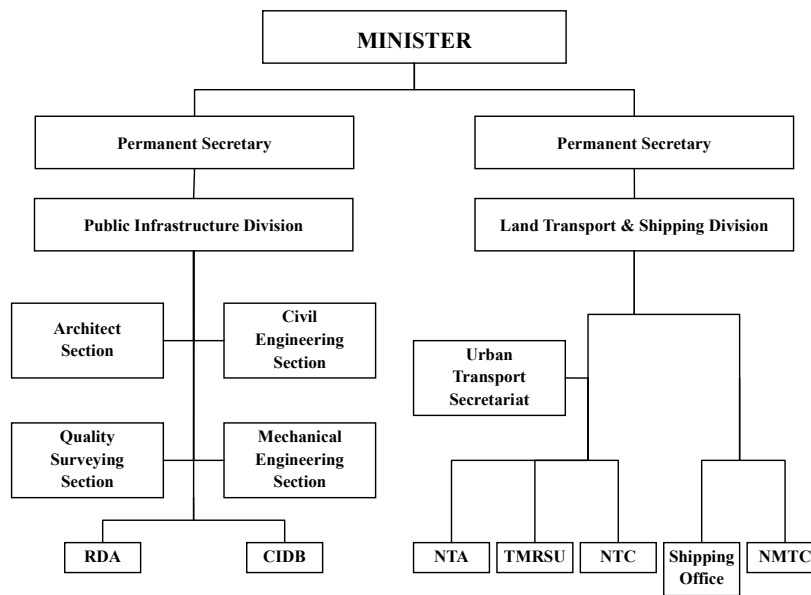


図 3-2-1 インフラ省の組織図



RDA: Road Development Agency
 CIBB: Construction Industry Development Board
 NTA: National Transportation Agency
 TMRSU: Traffic Management and Road Safety Unit
 NTC: National Transport Corporation
 NMTC: New Maritime Training Centre

図 3-2-2 公共インフラ局の組織図

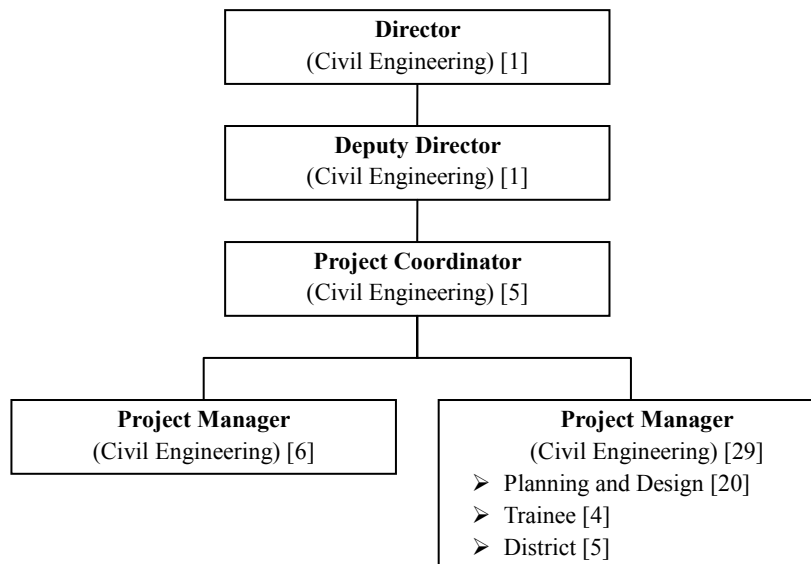


図 3-2-3 公共インフラ局土木部の組織図 []内は人数

(2) 役割

公共インフラ局は、道路・橋梁・政府建物の設計・建設・維持管理を担当している。DNU は、コミュニティベースの小規模なインフラ整備と土地排水を担当している。

(3) 予算、職員数

財務省の資料によると、「モ」国の省庁の予算と職員数は、プログラム単位で示されている。

なお、「モ」国では会計年度は、従来7月初めから翌年の6月末までであったが、2010年から1月初めから12月末までに変更になった。このため、2009年会計年度は7月初めから12月末の6ヶ月間である。

また、2010年5月末時点の財務省公表データでは、NDUの予算や職員数は、環境省の予算、職員数に含めて示されている。

インフラ省の予算と職員数は、5つのプログラムに分けて示されている（表 3-2-3参照）。また、NDUに関する予算と職員数は、2つのプログラムに分けて示されている（表 3-2-4参照）。各プログラムの2008年度から2012年度の予算を表 3-2-5と表 3-2-6にまとめる。2010年度の予算内訳を表 3-2-7（インフラ省）と表 3-2-8（NDU）に示す。インフラ省の予算内訳をプログラム別で見ると、道路建設・維持管理（プログラム番号323）の予算が全体の60.6%と大きな割合を占める。内訳別では、人件費が12.4%、事業費が62.1%を占める。NDUの予算内訳では、事業費が大きな割合（87.6%）を占めている。

表 3-2-3 インフラ省のプログラム構成

番号	タイトル	予算の内容
321	政策・戦略の策定	管理部門の人件費と事務費（インフラ省全体）
322	政府建物の建設・維持管理	公共インフラ局の予算
323	道路・橋梁の建設・維持管理	陸上交通・海運局の主に道路・橋梁建設費
324	陸上交通サービス	陸上交通・海運局の道路サービスに関わる予算
325	海運サービス	陸上交通・海運局の海運サービスに関わる予算

表 3-2-4 NDUのプログラム構成

番号	タイトル	予算の内容
404	コミュニティインフラ、施設、公衆の強化	コミュニティ施設、道路、公園などの建設に関わる人件費、事務費、事業費など
405	土地排水	土地排水・流域管理プログラム策定等に関わる人件費、事務費、事業費など

表 3-2-5 インフラ省の予算（単位：ルピー）

プログラム番号	2008 7-2009 6 実績	2009 7-12 確定	2010 予想	2011 計画	2012 計画
321	84,563,100	51,425,000	115,467,000	112,339,000	113,920,000
322	307,397,900	221,442,000	401,784,000	489,330,000	360,322,000
323	2,017,144,500	1,743,600,000	2,485,700,000	4,437,600,000	3,550,000,000
324	1,010,238,700	517,664,000	1,030,757,000	1,020,402,000	1,023,010,000
325	115,347,800	31,469,000	66,985,000	59,058,000	58,473,000
合計	3,534,692,000	2,565,600,000	4,100,693,000	6,118,729,000	5,105,725,000

表 3-2-6 NDU の予算 (単位 : ルピー)

プログラム 番号	2008 7-2009 6 実績	2009 7-12 確定	2010 予想	2011 計画	2012 計画
404	-	196,447,000	554,252,000	431,050,000	361,888,000
405	-	104,452,000	273,975,000	229,076,000	237,254,000
合計	-	300,899,000	828,227,000	660,126,000	599,142,000

表 3-2-7 インフラ省の 2010 年度予算内訳 (単位 : ルピー)

プログラム 番号	人件費	事務費	助成金	事業費	計
321	74,717,000	36,568,000	4,182,000	-	115,467,000 (2.8%)
322	295,026,800	48,847,200	6,000,000	51,910,000	401,784,000 (9.8%)
323	-	-	60,000,000	2,425,700,000	2,485,700,000 (60.6%)
324	114,753,000	65,337,000	787,003,000	63,664,000	1,030,757,000 (25.1%)
325	22,320,000	36,991,000	1,674,000	6,000,000	66,985,000 (1.6%)
計	506,816,800 (12.4%)	187,743,200 (4.6%)	858,859,000 (20.9%)	2,547,274,000 (62.1%)	4,100,693,000 (100%) (100%)

表 3-2-8 NDU の 2010 年度予算内訳 (単位 : ルピー)

プログラム 番号	人件費	事務費	助成金	事業費	計
404	70,115,000	20,222,000	215,000	463,700,000	554,252,000 (66.9%)
405	7,350,000	4,625,000	-	262,000,000	273,975,000 (33.1%)
計	77,465,000 (9.6%)	24,847,000 (3.0%)	215,000 (0.0%)	725,700,000 (87.6%)	828,227,000 (100%) (100%)

(4) 職員数

管理部門、技術部門、運営部門に分けて表示されている。それらを表 3-2-9にまとめる。

表 3-2-9 インフラ省公共インフラ局の職員数

部 門	職 種	職 員 数	内 訳
管理部門	管理職	38 名	大臣、次官、Secretaries、Executive Officers
	補助職	156 名	管理部門の事務員、コンピュータオペレータなど
技術部門	技術職	239 名	各種技術者、建築家、技術補助員など
運営部門	一般職	1,001 名	事務員、コンピュータオペレータ、運転手など
合計		1,424 名	

3-2-5 その他の関係機関

新内閣の発足に伴い、関係する省の名称が表 3-2-10に示すとおり変更された。

表 3-2-10 関係する省の名称変更

インフラ省	旧	Ministry of Public Infrastructure, Land Transportation and Shipping
	新	Ministry of Public Infrastructure, National Development Unit, Land Transportation and Shipping
環境省	旧	Ministry of Environment and National Development Unit
	新	Ministry of Environment and Sustainable Development
自治省	旧	Ministry of Local Government, Rodrigues and Other Islands
	新	Ministry of Local Government and Outer Islands
教育省	旧	Ministry of Education, Culture and Human Resources
	新	Ministry of Education and Human Resources
社会保障省	旧	Ministry of Social Security, National Solidarity and Senior Citizens Welfare & Reform Institutions
	新	Ministry of Social Security, National Solidarity and Reform Institutions

災害スキームに定められている、それぞれの警報段階における情報伝達以外の役割は、表 3-2-11 のとおりである。なお、雨量の観測や伸縮計の計測の結果の伝達、及び、発令された警報の伝達は、地方自治体、MMS、インフラ省、警察局が行う。

表 3-2-11 地すべり災害対応における関連省庁の役割

第1段階	警察局	地すべり地区の住民に住民代表を通じて、指示に従って避難する準備をすることを勧告する。
	警察局	<ul style="list-style-type: none"> 住民に避難準備を完了し、避難命令が出た場合に備えることを勧告する。 避難や捜索のための人員や資機材を集結する。 消防局、赤十字などの NGO に避難命令が発令され、支援が要請される可能性を伝える。
第2段階	警察局と保健省	障害者を病院に搬送する手配を行う。
	保健省	<ul style="list-style-type: none"> 避難に起因する負傷者のための特別病室を準備する。 負傷者を受け入れるために必要な数の医師やそれ以外の医療従事者を手配する。 要員と装備の整った救急車を派遣する準備をする。
	社会保障省	<ul style="list-style-type: none"> 全ての要員が避難所に向かい、避難者に随行できることを確認する。 避難命令が出された際に避難者に毛布やマットレスを提供する手配をする。
	中央水局	避難命令が出された際に地域を通る水道の遮断栓を閉じる準備をする。
	中央電力委員会	被災していない地域への電力供給停止をできる限り防いで、被災地への電力供給を止める準備をする。
	インフラ省	伸縮計での変位が1日1cmを越えることを正確に把握することができる頻度で計測を行い、その情報が警察情報運用室と気象局に伝わることを確認する。
第3段階	教育省	被災地の学校を休校にする。
	社会保障省	職員を適切に配置する。避難者への必需品の提供の手配をする。
	保健省	弱者や負傷者を病院へ搬送するための救急車を出動させる。避難場所の衛生状態を確保するために保健員が避難地を巡回する手配をする。
	中央水局	被災地内の水道栓を閉じる。避難場所への定期的な給水の手配をする。
	中央電力委員会	被災地の電力供給を停止する。
	警察局	被災地に非常線を張り、住民の財産を保護する。

3-3 地すべり対策ユニット (LMU)

3-3-1 設立の背景

LMU は、次のような背景で 2009 年 9 月にインフラ省内に設立された。

- a) 2005 年に Chitrakoot 地区の地すべりが活動的となって被害が生じたため、地すべり災害対策の重要性が認識された。
- b) 2007 年の閣僚会議決定によって、Chitrakoot 地区の地すべりモニタリングが実施された。
- c) 2008 年に中央災害委員会によって地すべり地帯の緊急モニタリングと警報システムの準備が推奨された。
- d) 災害スキームにおいて、地すべり対策が明確に示されるとともに、インフラ省が地すべりモニタリングの担当機関とされた。

3-3-2 現 状

本調査において、インフラ省で LMU を管理する立場にある次官補、秘書官、土木部部长・次長らから LMU の現状等について説明を受けるとともに意見交換を行った。その概要を以下にまとめる。

- a) 組織図は図 3-3-1 のとおりである。この組織図は、当初の組織図を基に、技術的な管理体制を強化するためにエンジニア (Engineer) の数を増強したものである。また、アシスタントエンジニア (Assistant Engineer) は、職員の希望に応じて入れ替えを行っている。

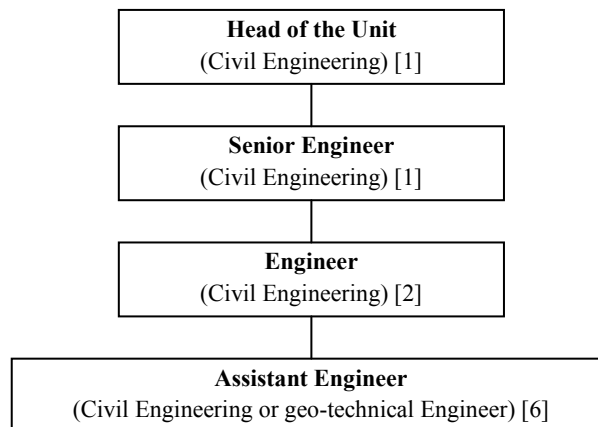


図 3-3-1 地すべり対策ユニットの組織図 []内は人数

- b) 当初は、モニタリングを主な業務と想定したものの、地すべりの調査・評価を担当していた国家開発ユニットが環境省からインフラ省に移ったこともあり、地すべりの調査・評価を管理する役割を LMU に移管する予定である。
- c) 地すべりの調査・評価の結果を基にして、Chitrakoot 地区では対策が実施される予定であるため、LMU には対策の立案を担当する役割を有する必要がある。
- d) Chitrakoot 地区では、住民の反対によって、被災した住居や学校の移転によって安全を確保することが困難な状況にある。このような状況から、住民への情報伝達や防災教育を通じて、住民意識向上を図ることが重要であると判断されるため、地すべりに関わる住民対応についても当ユニットが主導する。
- e) LMU の職員は、常勤の職員であり、その給与等はすでにインフラ省の予算 (プログラム 321 :

政策・戦略の策定、約3億円)として計上されている。現在はインフラ省の行う管理業務に従事しているものの、地すべり対策ユニットとして行うべき業務の詳細に従った業務を実施する計画である。その活動に必要な経費もインフラ省の予算でカバーできる。

3-3-3 課題と対応

上記の聞き取りや意見交換で明らかとなった課題とその対応の概要について、以下にまとめる。

- a) LMU は、警報発令などの緊急対応を行うためのモニタリングを重視して設置したため、その役割や活動は限定的であった。しかし、緊急への対応のみではなく、平時においてもモニタリングや調査・評価の管理等を行って地すべりの状況を把握した上で、対策の立案や住民への働きかけを含む対策の実施を管理、または実施する役割を担って活動を行うことにより、地すべり災害の軽減に寄与する組織とする必要がある。
- b) LMU が主導して、地すべり被害の生じている地域の対策を推進するとともに、「モ」国全土の地すべり災害リスクを把握した上で地すべり災害リスクの軽減を図る必要性や重要性は認識されているものの、このためのノウハウや技術・経験が不足しているため、地すべりの実態把握、地すべりの抑止や住民の意識向上の促進などの被害やリスクの軽減するための対策がほとんど実施できない。このため、日本に支援を要請している技術協力によって、地すべりの被害やリスクを軽減するためのノウハウや技術を取得することを強く望んでいる。

3-3-4 地すべり対策ユニット (LMU) の役割

「モ」国政府の組織編成を経て、インフラ省が地すべりの被害やリスクの軽減を主管することが明確になった。地すべり対応を全般的に管理するための、LMU の役割を表 3-3-1にまとめる。

表 3-3-1 地すべり対策ユニットの役割

a) 地すべりの実態把握
・地すべり危険地の認定：認定のための調査の計画立案（直営）・実施（委託管理）、認定（直営）
・地すべり危険地における実態把握：実態把握調査の計画立案（直営）・実施（委託管理）、地すべり台帳の管理（直営）
b) 地すべり危険地のリスク把握
・地すべり安定性評価（委託管理）
・地すべり危険地の保全対象の把握（直営と委託管理）
・地すべりリスク評価（直営）
・地すべり危険地の継続モニタリング
c) 地すべり危険地の対策の策定・実施
・地すべり危険地の対策の必要性の検討と対策概要の策定（直営）
・ハード対策（抑止工、抑制工など）の計画策定・実施（委託管理）
・ソフト対策（予警報導入、住民の意識向上など）の計画策定（直営）・実施（直営と委託管理）

a) 地すべりの実態把握

- ・地すべり危険地の認定（調査の計画立案・実施管理と、認定実施）

災害スキームに地すべり危険地のリストが示されているものの、これらの危険地は主として被害や変状が報告に基づいたものであり、地形・地質などの科学的な根拠に裏付けされたものではない。このため、施工不良などによって被害が生じた地区が含まれている可能性がある。将来の地すべりによるリスクを把握して適切な対応を行うためには、系統的な調査を実施して地すべり危険地を抽出することが必要である。

同ユニットは、この調査を立案し、調査の委託や調査業務の管理などを行い、その結果に基づいて、施工不良で被害の生じた地区を除外した上で、地すべり地の認定を行う。

- ・地すべり危険地における実態把握（実態把握調査の計画立案・実施管理と、地すべり台帳の管理）

地すべり危険地の実態把握のために、地形・地質・地下水・物性値などに関する調査とモニタリングを行い、その結果を基にした地すべり機構解析によって、地すべりの実態を把握する必要がある。LMU は、この調査計画を立案し、実施の管理を行い、その結果を基にして、各地すべりの機構解析結果をまとめた地すべり台帳を作成する。

b) 地すべり危険地のリスク把握

- ・地すべり安定性評価

地すべりの地質・地下水状況、土塊の物性値を基にして、地すべりの安定解析を行う。安定解析において、地下水位上昇の影響を加味した安定評価を行い、降雨による地下水位の上昇と地すべりの安定性に与える影響を把握する。LMU は、安定性評価の業務を委託・管理し、その結果を地すべり台帳に整理する。

- ・地すべり危険地の保全対象の把握

地すべりのリスクを把握するために、保全対象の種類・数量・所有者（管理者）等を明らかにして、リスク評価、及び対策策定の資料とする。LMU は、保全対象調査を行う、または、調査業務を委託してその管理を行い、調査の結果で明らかとなった保全対象を地すべり台帳に記入する。

- ・地すべりリスク評価

上記の地すべり安定評価結果と保全対象調査の結果を基にして、個々の地すべりに関するリスク評価を行う。LMU は、評価基準を設定した上で、現在生じている被害と将来のリスクを評価する。

- ・地すべり危険地の継続モニタリング

リスク評価の結果に応じて、継続的なモニタリングと豪雨時における変状や被害の確認を行う。LMU は、継続的なモニタリングの計画を策定し、モニタリングの実施、もしくはモニタリングの委託・管理を行うとともに、豪雨時には地すべりの変状や地すべりによる被害の確認を行う。

c) 地すべり危険地の対策の策定・実施

- ・地すべり危険地の対策の必要性の検討と対策概要の策定

個々の地すべり危険地に対して、リスク評価結果に基づいて、モニタリングに加えて行うべき対策を策定する。対策の策定にあたっては、人命の保護を最優先として、保全対象の重要度を加味して、ソフト・ハード対策の必要性を検討し、対策の概要を策定する。LMU は、専門家や関係機関と協議の上、必要性の検討と対策概要の策定を行う。

- ・ハード対策の策定・実施

地すべりの動きを抑制・抑止する必要があると判断された危険地について、第3-5-5項に示すようなハード対策を計画・実施する。LMU は、対策工の検討・設計・施工計画・積算を委託して、その管理を行い、その成果に基づいて、対策工の発注・施工管理を行う。

- ・ソフト対策の策定・実施

地すべり被害の軽減が必要であると判断された危険地について、ソフト対策を計画・実施す

る。ソフト対策は、予警報システムの導入（発令に関わるモニタリングの実施、発令に関わる基準の設定、予警報の伝達方法の確認、避難・救護支援体制の確認など）、住民の意識向上・教育・訓練に関わる計画、及び、今後の開発計画などに関する提言を策定した上で、それらを実施する。LMUは、専門家や関係機関と連携して、対策の計画を策定して実施する。これらの対策の内、開発規制などを含む場合は、その実施に必要となる規則の制定や改定なども行う。予警報機器や教育・訓練に関する素材の策定などについては、委託・管理を行う。

3-4 地すべり危険地域の概況

2005年から地すべり活動が顕在化して被害の生じている Chitrakoot 地区の現状把握を行った結果をまとめる。

3-4-1 概要

Chitrakoot 地区は、ポートルイス市の南東部、中心部から約 3 km ほどの距離に位置する（図 3-4-1 参照）。当地区には、約 300 戸の家屋に 3,000 人が暮らす。Chitrakoot 地区における地すべり被害と対応の概要を表 3-4-1 にまとめる。

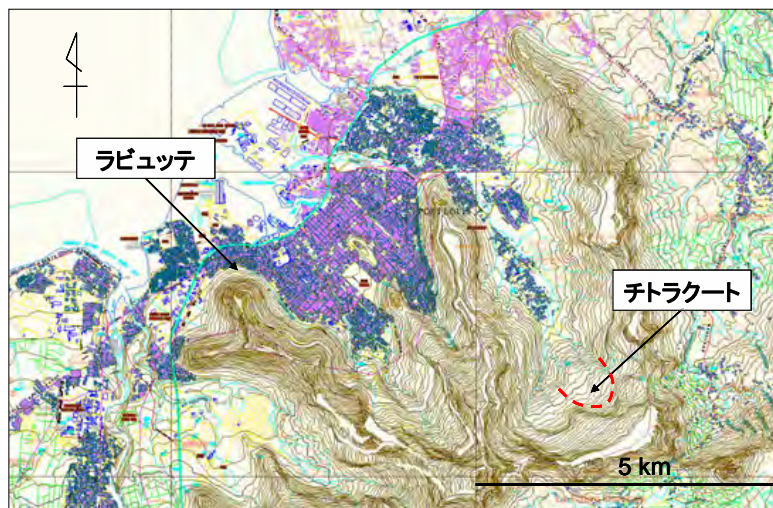


図 3-4-1 Chitrakoot 地区位置図

表 3-4-1 Chitrakoot 地区の地すべり被害概要

2005年3月	豪雨により54戸がクラックが生じる被害を受ける
2006年3月	豪雨により14戸が大破し、移転を強いられる。
2006年3月	首相府と教育省によって被災した学校の移転が提案されるものの、地元住民が反対する。
2007年11月	首相と父兄との面談の結果、上記の移転計画が撤回される。
2008年	地すべり調査（ボーリング、モニタリング）が実施されたものの、地すべりの実態は明らかではなく、対策が立てられていない。
2008年	多くの家屋にクラックが生じる。観測された最大移動量は5cmに及ぶ。
2009年	警報発令に必要な伸縮計の観測が機器の不具合のために中断する。
2009年と2010年	雨期でも雨量が少なく、顕著な変動はない。

3-4-2 既往調査結果の概要と調査結果の評価

閣僚会議決定に従って、環境省から委託された地元コンサルタント会社が地すべり調査を実施した。モーリシャス大学の土木工学部で地質工学を専門とする Chan Chim YUK 教授が本調査によって助言を得た。調査内容を表 3-4-2に、調査位置図を図 3-4-2に示す。

表 3-4-2 Chitrakoot 地区の地すべり調査一覧表

調査項目	調査数量
ボーリング調査	31 孔
ボーリング孔を利用した孔内水位計設置・観測	19 孔
ボーリング孔を利用した孔内傾斜計の設置・観測	12 孔
伸縮計の設置・観測	7 箇所
ボーリングコアを利用した室内試験	1 式

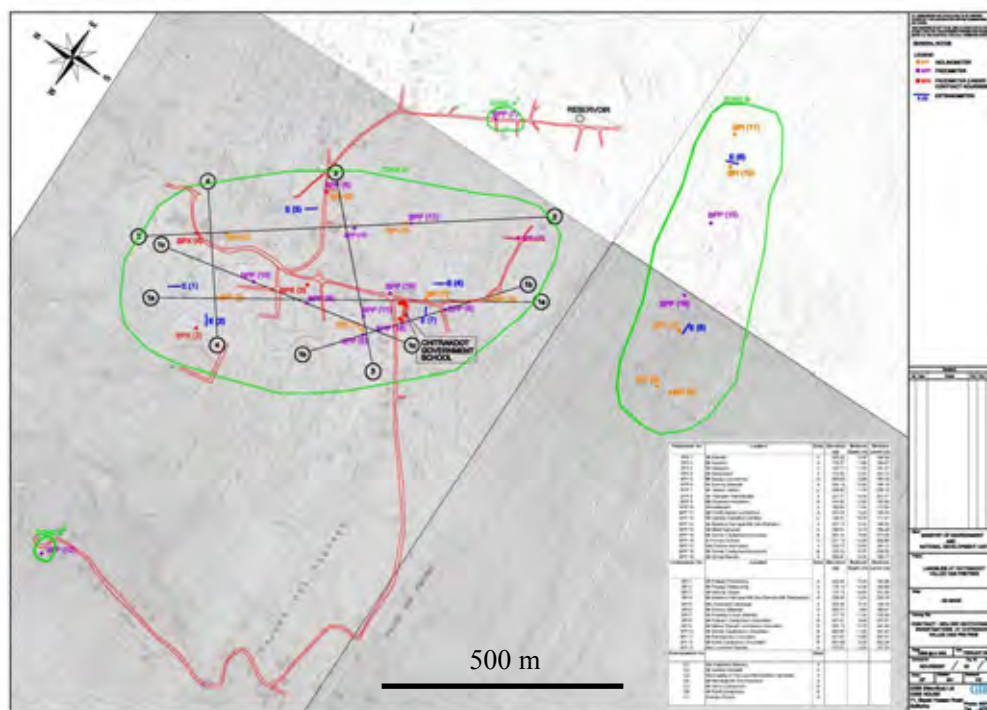


図 3-4-2 Chitrakoot 地区の既往地すべり調査位置図（緑線は地すべり範囲を示す）

調査結果に基づいて、すべり面の深度、地すべり変位時の地下水位の変化、降雨時の地すべりの変位、地すべり堆積物の物性値などが把握されたものの、以下に述べるように対策の策定に必要な調査・解析が行われていない。

- a) 地形図や航空写真の判読による地すべり地形の把握が行われていない。また地すべりによる地形の変状や地下水・地質状況などを把握するための地表踏査が行われていない。このために、地すべりの範囲は被害を受けた家屋の分布を基に示されており、地すべりの分布状況や地すべりの範囲が正確に把握できていない。
- b) 地形判読、地表踏査、ボーリング、各種モニタリング、及び、室内試験の結果を用いた総合的

な判断に基づいた地すべりの発生メカニズムの解明がなされていない。

- c) 上記結果を用いた地すべり安定計算が行われていないために、地すべりの安定度に関する評価が行われていない。

このため、地すべり抑止対策や避難計画を含む地すべりの被害軽減対策が立案できておらず、具体的な対策を講ずることができていない。

3-4-3 地すべりメカニズムに関する概略検討結果

本調査において、地すべりのメカニズムの概要を把握するために、以下の検討を行った。

- a) 地形図と空中写真による地すべり地形の判読
- b) 現地概査による地形・地質や被災家屋の観察
- c) 既往調査結果のレビュー

以下にその結果をまとめる。

(1) 地すべり地形の判読

地形図に現れているとおり、Chitrakoot 地区は明瞭な地すべり様地形を呈している（図 3-4-3 に赤波線で表示）。

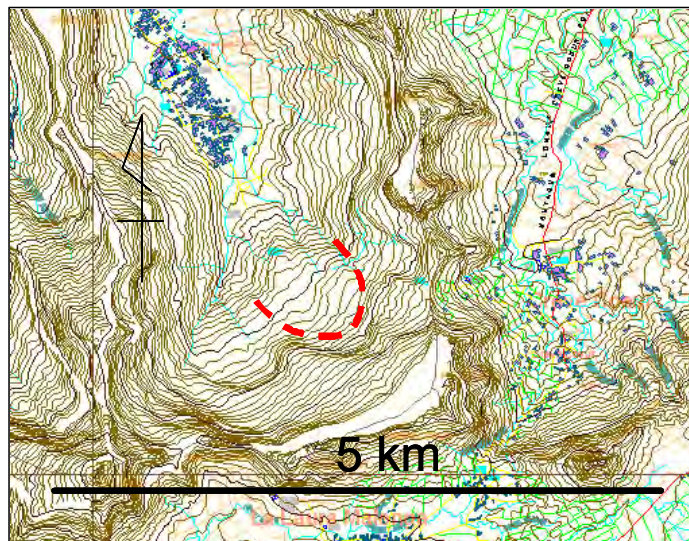


図 3-4-3 地形図による地すべり様地形の判読結果

航空写真を立体視した結果、上記の地すべり地形は明瞭に判読される上、不明瞭ながらいくつかの地すべりブロックに分割されるとみられる（図 3-4-4参照）。図 3-4-4において、赤波線は地形図で判読できる明瞭な地すべり様地形、黄波線は既往調査結果で示された地すべり範囲、赤実線は次項で述べる現地の状況に基づいて活動的と判断される地すべりの範囲を示す。



図 3-4-4 航空写真の立体視による地すべり様地形の判読結果

(2) 地形・地質、被災家屋の観察結果

Chitrakoot 地区は、基盤岩の急崖の直下に広がる緩斜面に位置しており（図 3-4-5参照）、この緩斜面が地すべりを起こしている。基盤岩は玄武岩質の溶岩や火山噴出岩を主体としており、緩斜面とほぼ平行する節理が発達している。



図 3-4-5 Chitrakoot 地区地すべりの遠景

緩斜面の末端部には、非常に軟弱な土砂が露出しており、湧水が多数認められる（図 3-4-6参照）。この湧水などによる軟弱な土砂の浸食状況（図 3-4-6参照）から判断すると、土砂には膨潤性の粘土が含まれている可能性があり、降雨による吸水膨張のために強度が極端に低下するものとみられる。



図 3-4-6 Chitrakoot 地区の地すべり地に見られる湧水

被災家屋には、地盤斜面の傾斜方向と同じ方向に傾いている家屋と、斜面の傾斜方向と反対方向に傾いている家屋が見られる（図 3-4-7参照）。これらの家屋が比較的近接していることから、地すべりが小さなブロックに分かれて滑動しているものと想定される。



図 3-4-7 被災家屋の傾斜方向（黄矢印は斜面の傾斜方向、赤矢印は家屋の傾斜方向）

(3) 既往調査結果のレビュー

既往の調査結果のレビューを行い、地すべり地の地質状況を以下のとおりまとめた。

- a) 基礎岩盤の節理とほぼ水平に厚さ 10 m ほどの土砂が堆積している（図 3-4-8参照）。
- b) 土砂の部分が地すべりを起こしている。
- c) 豪雨時には土砂の地下水位の上昇が観測されている。
- d) 地すべり様地形の幅に比べて、地すべりを起こしている土砂が薄いことから、地すべりが小ブロックに分割して滑動しているものと想定される。

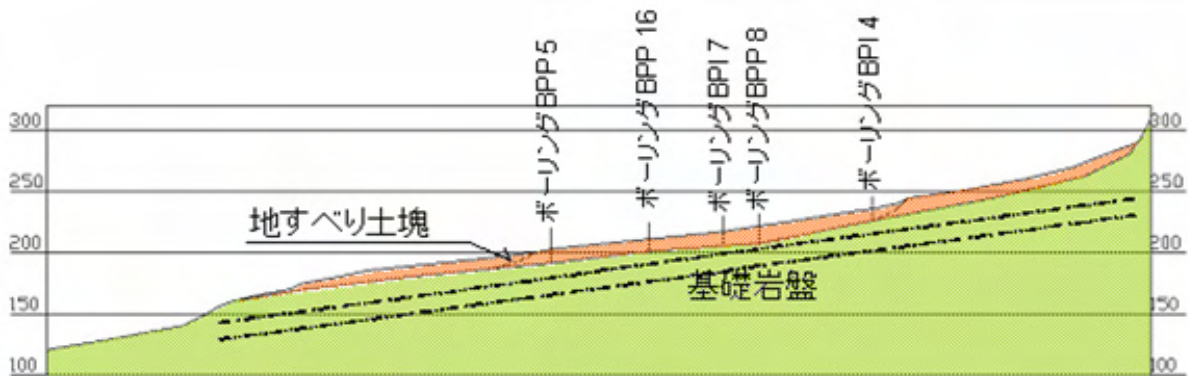


図 3-4-8 Chitrakoot 地区地すべり地の地質断面図

(4) 想定される地すべりのメカニズム

地すべりの素因は以下のように想定される。

- a) 基礎岩盤の節理面が谷側に緩く傾斜していた (図 3-4-9の a) 参照)。
- b) 節理に沿って岩盤の崩壊が起こった (図 3-4-9の b) 参照)。
- c) 節理面よりなる岩盤の表面に崩積土が不安定な状態に残った (図 3-4-9の c) 参照)。
- d) 崩積土には膨潤性の粘土鉱物が含まれている。
- e) 豪雨によって地下水位が上昇し、重量の増加と吸水による強度の低下によって、崩積土が不安定化して地すべりが起こった (図 3-4-9の d) 参照)。

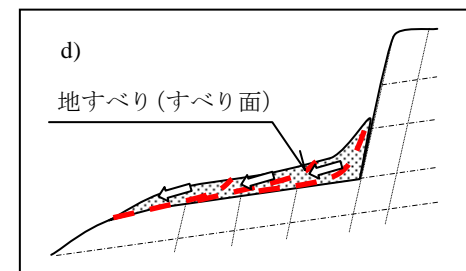
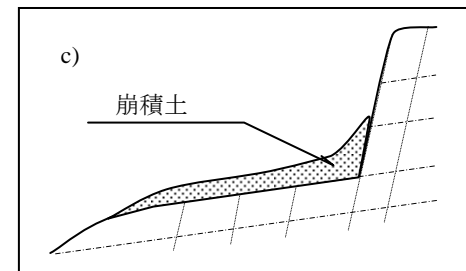
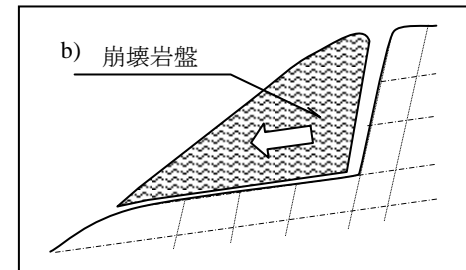
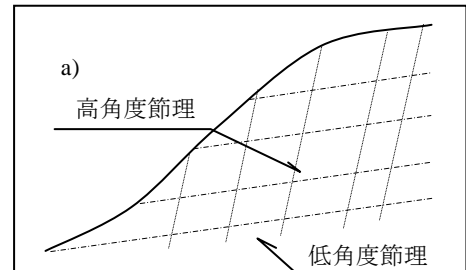


図 3-4-9 Chitrakoot 地区地すべりのメカニズムの想定図

(5) 地すべりの活動度に関する考察

MMS から提供された日雨量データと地すべりのモニタリング結果を基にすると、2006 年から 2008 年に地すべりが滑動した時は、累積雨量が約 400 mm、1 日雨量が約 100 mm であった。2009 年と 2010 年は雨量が少なかったため、地すべり変位は観測できなかったと判断される。

累積雨量約 400 mm かつ 1 日雨量約 100 mm に達した場合、地下水位の上昇に伴い、地すべりによる変位（クリープ）が観測されると想定される。

なお、これまでに取得済みのデータだけでは判断できないが、地下水位が急激に上昇した場合、大規模な地すべり崩壊が起こる可能性も否定できない。このため、詳細なデータ収集を行って、地すべりの活動度に関する検討を行う必要がある。

小学校などに被害を及ぼしている Chitrakoot 地区の地すべりは、4 つの地すべりブロックからなると推測され、以下のように、各ブロックが連続的に崩壊し、大規模な地すべり崩壊に繋がる危険性をはらんでいる（図 3-4-10 参照）。

a) 想定ブロック 1 の滑動

最下部に位置する想定ブロック 1 においては、調査やモニタリングが実施されていないものの、地表観察から、軟弱で浸食されやすい土砂が分布している。特に、末端部は、湧水が広い範囲で観察され、湧水により土砂の浸食が進んでいる（図 3-4-6 参照）。豪雨によって、湧水や表流水が増した場合、ブロック 1 が滑動する危険がある。

b) 想定ブロック 2 の滑動

想定ブロック内でボーリング調査が行われた BPP5、BPP16、BPP17、BPP8 では、降雨によって地下水位が大きく変化している。平時には地すべり土塊と基礎岩盤の境界部付近に存在する地下水位が、降雨時には地表付近まで上昇することが観測されている。この水位の変動によって、地すべり土塊が不安定化していると見られ、また、想定ブロック 2 の上端付近に設置されている変位計 E (7) では、雨期になると数 cm の変位が観測される。想定ブロック 1 の滑動によって、下方の支えがなくなることで、想定ブロック 2 の滑動を引き起こすことは十分に想定され、その下部にある小学校や多数の家屋が壊滅的な被害を受けるリスクがある。

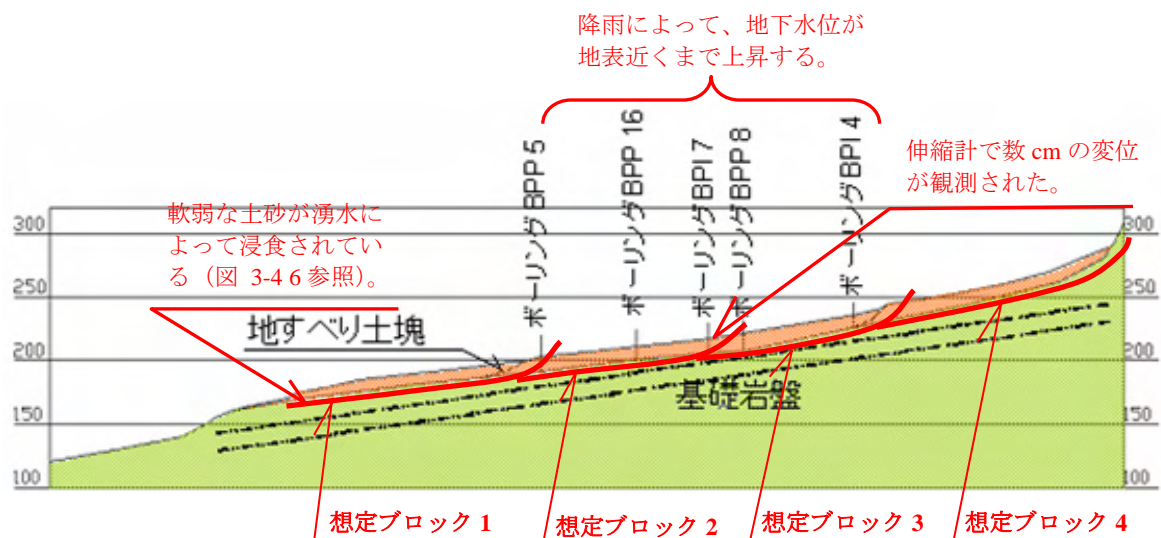


図 3-4-10 Chitrakoot 地区の地すべり想定ブロック 1 と 2 の滑動の危険性

3-5 地すべり対策

3-5-1 Chitrakoot 地区において想定される対策

Chitrakoot 地区の地すべりは、3-4項で述べたとおり、すでに周囲に影響を与えている。一度変位が生じると、今後も継続して、すべり面の破壊が進行することは確実であると見られる。適切な調査やその結果に基づいた評価が行われていないものの、地すべりが発生する可能性は否定できない。

現時点で実施すべき対策として、以下の 2 点が挙げられる。

- a) 人命を守るためにも予警報発令や避難誘導の確実な実施に向け、地すべり対策体制を整備する。
- b) 実態把握調査、安定度評価、ハード・ソフト対策計画（設計や積算も含む）の実施を通じて、すべり地の評価及び対策工の必要性の検討を行う。

確実な地すべり対策を行うためにも、地すべりの実態を現地調査やモニタリングを通じて把握することが重要である。また、その調査やモニタリング結果に基づいて、ソフト対策とハード対策の両方の必要性を検討する必要がある。

3-5-2 地すべりの実態把握

地すべりの実態把握に向け、現地調査とその解析・評価を行う必要がある。現時点で想定される調査項目（数量・目的等を含む）を表 3-5-1 に示す。なお、ここに示した調査項目は、既に「モ」国で実施されている調査項目も含む。実施済みの調査を実施する理由は、過去の調査結果検証等のためである。

表 3-5-1 地すべり実態把握調査の概要

項目	数量	目的等	備考
地形測量 (縮尺 1:2,000)	2.3 km ²	チトラクト地すべり地全体の地形の把握	調査・検討の基本図
	0.4 km ²	活動的な地すべりの詳細な地形の把握	
ボーリング調査	10 孔	地質状況の把握	
室内試験	40 サンプル	地盤の物性値の把握	
現地踏査	2.3 km ²	チトラクト地すべり地の地形・地質・表流水、変状などの把握	地形測量範囲と同じ
	0.4 km ²		
モニタリング	一式	孔内傾斜計、地盤傾斜計、伸縮計、水位計による地すべり変状の把握	

3-5-3 地すべりの安定性・危険度の評価

3-5-2で実施する調査結果から地すべりブロックの識別や地盤状況の解析を行い、地すべりの発生メカニズムを解明する。また、地すべり安定解析（安全率の計算など）や危険度評価を実施する。

3-5-4 ソフト対策

3-5-2や3-5-3の調査や解析を通じて、精度の高い調査結果を求める必要はあるものの、現在、建造物の被害状況などから、既に地すべり地区を推定することができるため、ソフト対策は可及的速やかに開始する必要があると思われる。具体的なソフト対策として、「(1) 地すべり予警報システムの構築」、「(2) 住民の意識向上」及び「(3) 避難支援体制の構築」の3点が挙げられる。

(1) 地すべり予警報システムの構築

地すべりの継続的なモニタリングを行うことは、Chitrakoot 地区の地すべり特性を検討する上でも重要になり、降雨に伴う異常な変位を検出する上でも必要不可欠になる。そのため、まずは、モニタリング機材の設置を通じて、モニタリングを実施する体制を整えることが最重要課題となる。

災害スキームにおいては、雨量データと変位量による警報発令基準が設けられている。ただし、この基準は、ラ・ビュッテ地区の地すべりで用いられた基準をそのまま使用しているため、地すべり形態や発生メカニズムが異なる Chitrakoot 地区の地すべりに対しても適切な基準となりうるのか十分な検討はなされていない。再度、モニタリングを通じて、Chitrakoot 地区に見合う基準の見直しが必要になる。

また、モニタリング結果の伝達方法、警報発令手順（住民や関係機関への伝達方法など）についても、災害スキームで規定されているものの、これに則った訓練が行われていないために、実効性に不安がある。したがって、モニタリングから警報の伝達までを含めた訓練を行って、現存の警報体制・システムの検証を行うとともに、必要な改善を行うことが必要である。

(2) 住民の意識向上

一方向で警報発令を行っても不十分であり、その警報を受けた住民がどのように避難するかということも合わせて検討する必要がある。実効性のある避難活動を災害時に行うためにも、平時に行う避難訓練などの防災活動に住民が主体的に参加して、防災に対する意識を向上させることが不可欠になる。地すべりに対する理解・意識の向上を通じて、住民の地すべり対応能力を強化するために、避難訓練や防災教育の参加促進を図る。

(3) 避難支援体制の構築

避難警報の伝達方法や発令組織については、災害スキームに記載されている(表 3-2-1参照)。警報レベルに応じて、よりリアルな状況を避難訓練では作り出す必要があると思われる。その避難訓練終了後はきちんと実効性の検証を行い、その検証結果については、きちんとフィードバックさせる。

3-5-5 ハード対策

現地調査や調査結果の解析に基づき、具体的なハード対策を検討する必要がある。対策工としては、動きを抑止する対策と地すべりの動きを抑制する対策を組み合わせることが必要になる。

Chitrakoot 地区地すべりの地質は、礫混じりの粘性土であることから、ラ・ビュッテでも採用された鋼管杭、地下水を排除する水抜きボーリング及び集水井の適応が可能になると思われる。また、土地収用の問題が生じない場合は、源頭部の排土工や末端部の押し盛り土工が効果的であると思われる。参考までに図 3-5-1に地すべり対策工法の説明図(出所:岡山県のホームページ)と地すべり対策工法の概要一覧(出所:(社)斜面防災対策技術協会ホームページ)を示す。



図 3-5-1 地すべり対策工概略図(岡山県ホームページより引用)

◇地すべり対策工法

地すべりの対策工法は、抑制工と抑止工に区分されます。

抑制工は、地すべり地の地形、地下水の状態などの自然条件を変化させることによって、地すべりの滑動力と抵抗力のバランスを改善し、地すべり運動を停止または緩和させる工法です。

抑止工は、構造物の持つ抵抗力を利用して地すべり運動の一部または全部を停止させる工法です。

代表的な対策工法には以下のようなものがあります。

<抑制工>

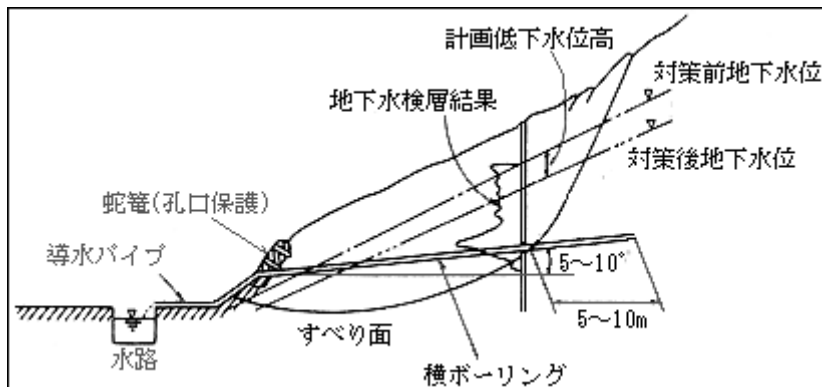
- 地表水排除工(水路工, 浸透防止工)
- 地下水排除工
(横ボーリング工, 集水井工, 排水トンネル工)
- 排土工
- 押え盛土工
- 河川構造物(ダム工, 床固工, 護岸工)

<抑止工>

- 杭工
- シャフト工
- アンカー工

○横ボーリング工

横ボーリング工は、水平やや上向きに行ったボーリング孔にストレーナ加工した保孔管を挿入し、それによって地下水を排除することにより、すべり面に働く間隙水圧の低減や地すべり土塊の含水比を低下させる工法です。このため、効果的に地下水位を低下させるよう、設計に際しては地すべり地域のみならず、周辺の地形・地質及び地下水調査等から、帯水層の分布、地下水の流動層を推定して、最も効果的に集水できるようにボーリングの位置、本数、方向及び延長を決定する必要があります。対策工効果を恒久的に持続するためには定期的なメンテナンスが重要です。



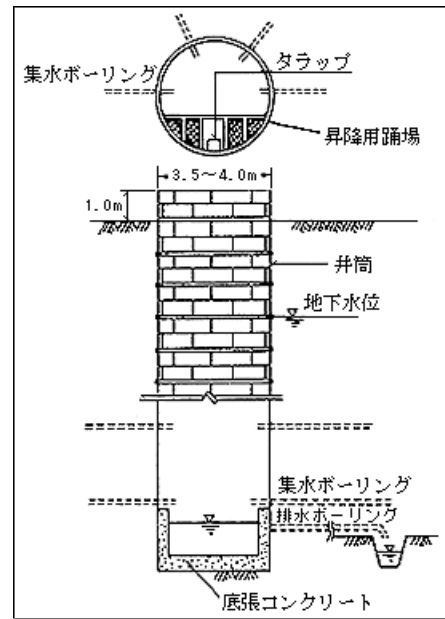
○集水井工

集水井工は、集水用の井戸を掘削する工法で、深いすべり面位置で集中的に地下水を集水しようとする場合や横ボーリングの延長が長くなり過ぎる場合に用いられます。

集水井は内径 3.5~4.0mの円形の井筒であり、その井筒内の集水ボーリングからの集水効果に主眼を置きますが、井筒自信の集水効果を得るために、井筒の壁面に集水孔を設ける場合があります。

移動層内には複数の地下水帯が存在しますので井筒からの集水ボーリングは、すべり面に直接関与する地下水帯の地下水を効率よく集水できるように施工する必要があります。

対策工効果を恒久的に持続するためには集水ボーリングの定期的なメンテナンスが重要です。



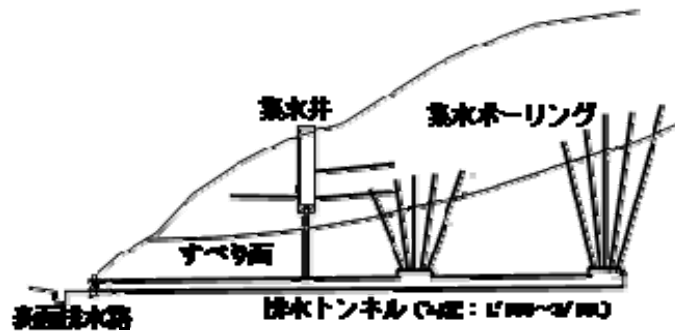
○排水トンネル工

排水トンネル工は地すべり規模が大きい場合や地すべりの移動層厚が大きい場合などで、集水井工や横ボーリング工のみでは効果が得難い場合に計画されます。

排水トンネル工は、トンネルからの集水ボーリングや集水井工との連結などによってすべり面に影響を及ぼす地下水を効果的に排水できるよう設計します。

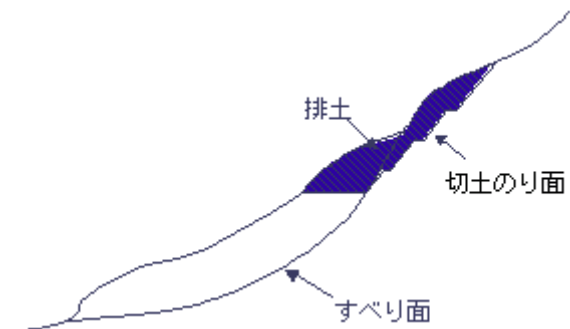
トンネルの位置は原則として不動地盤内とし、地すべりに影響を与える地下水脈の分布及びそれに対する地下水排除効果の効率性などを総合的に判断して定めます。

対策工効果を恒久的に持続するためには集水ボーリングの定期的なメンテナンスが重要です。



○排土工

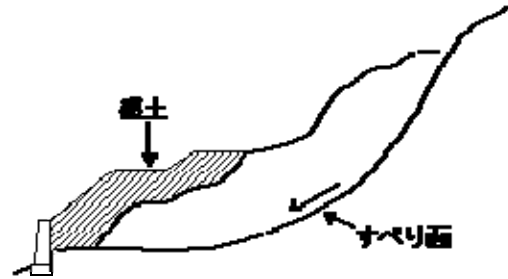
排土工は、原則として地すべり土塊の頭部の荷重を除去することにより地すべりの滑動力を低減させるものです。排土工を計画する場合には、その上方斜面の潜在的な地すべりを誘発する可能性がないか、事前に十分な調査・検討を行うことが必要です。上方斜面の地すべりの規模が大きい場合には、本工法の計画は見合わすべきです。



○押え盛土工

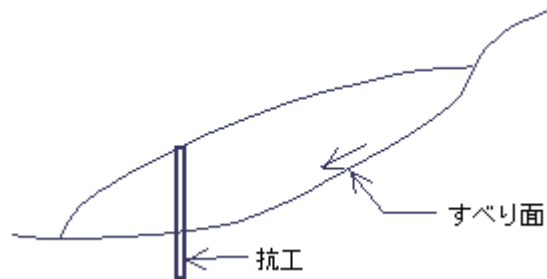
押え盛土工は、原則として地すべり土塊の末端部に盛土を行うことにより、地すべり滑動力に抵抗する力を増加させるものです。盛土部の下方斜面に潜在性の地すべりがある場合には、これを誘発する可能性があるため、押え盛土の設計に当たっては、盛土部基盤の安定性についての検討を行う必要があります。

盛土位置での地下水の透水層が浅部にある場合、または地すべり末端部で地下水が侵出しているような場合には、押え盛土やその荷重によって地下水の出口が塞がれたり、背後部の地下水位が上昇したりして斜面が不安定になる恐れがあるため、地下水の処置には十分注意する必要があります。



○杭工

杭工は、杭を不動地盤まで挿入することによって、せん断抵抗力や曲げ抵抗力を付加し、地すべり土塊の滑動力に対し、直接抵抗することを目的として計画されるものです。地すべり地では、通常、鋼管杭が多く用いられます。最近では外径 1000mm を越える大口径の鋼管杭も利用されるようになり、必要とする地すべり抑止力が大きい場合にも対応できるようになっています。



○シャフト工

シャフト工は、地理的な制約などから杭工の打設機械等が搬入できない場合や大口径ボーリングに伴う地下への送水によって地すべりを助長させる恐れがある場合などに採用されるもので、直径 2.5~6.5m の縦坑を不動地盤まで掘り、これに鉄筋コンクリート構造の場所打ち杭を施工する工法です。大規模な削孔機械を使用しないため、同時に数基の施工が可能であるというメリットもあります。

通常は剛体杭として設計しますが、すべり面深度が深く杭長が長くなる場合はたわみ杭として設計することもあります。シャフトを中空にして集水井工を兼ねる例もあります。

○アンカー工

アンカー工は、基盤内に定着させた鋼材の引張強さを利用して、地すべり滑動力に対抗しようとするもので、引張効果あるいは締め付け効果が効果的に発揮される地点に計画されます。

アンカーは基本的には、アンカー頭部(反力構造物を含む)、引張部及びアンカー定着部(アンカー体及び定着地盤)の3つの構成要素により成り立っており、アンカー頭部に作用した荷重を引張部を介して定着地盤に伝達することにより、反力構造物と地山とを一体化させて安定させる工法です。

3-6 ラ・ビュッテ地すべりにおいて実施された対策

1986年から1987年の雨期にポートルイス市の市街地西部のラ・ビュッテにおいて、地すべり活動が顕著になり、小学校（生徒数350人）や家屋（1,500戸のうち50戸が全壊）が被害を受け、4本の主要水道管（首都に供給される水の95%に相当）と高圧線（首都に供給される電力の65%に相当）が切断された他、主要国道に1mほどの段差ができる被害が生じた。

「モ」国政府は、JICA（当時、国際協力事業団）による調査において提案された対策工を円借款（12.4億円）で実施した（図3-6-1参照）。対策工は1998年に完了し、ラ・ビュッテにおける家屋建設の禁止措置が解除された。

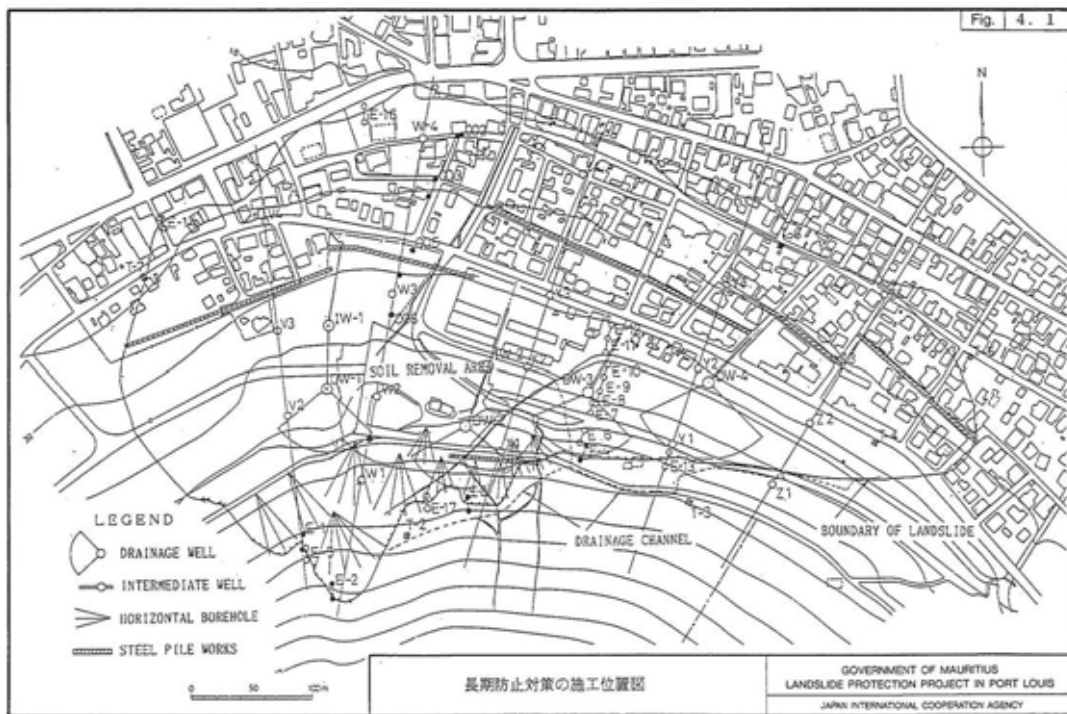


図 3-6-1 ラ・ビュッテ地すべり対策工位置図

2001年に、同円借款事業の評価調査がJBICによって実施され、地すべりリスクが軽減され、地元経済が活性化に寄与したと評価された。2007年には、自治省によって、対策工のモニタリングが実施された。自治省によるモニタリング報告書によると、「地すべり対策は効果的であったが、その効果を実証するためにも、継続して簡易モニタリングを行う必要がある。」とまとめられている。また、2008年には、JBICと統合したJICAが現地視察を実施し、地すべりが再発していないことを確認し、同円借款事業で実施した対策工が「モ」国によって適切に維持管理されていることを確認した。

3-7 ポートルイス市周辺の斜面状況と都市の拡大

ポートルイス市では、急峻な山地に囲まれた狭い平地において都市化が進んでおり、新たな開発スペースは平坦地にほとんど残されていない（図3-7-1参照）。

ポートルイス市の都市計画（図3-7-2参照）では、緩斜面に居住地や道路を建設する計画となっており、緩斜面部は、ラ・ビュッテやChitrakoot地区に加え、災害スキームにまとめられているとおり、地すべり地が分布している傾向にある（図3-7-3参照）。これらの地すべり地では、道路や住宅に亀

裂（クラック）が走っており、地すべり変位によるものであると推測されるが、地すべりモニタリングや調査（地すべり地の安定解析や危険度評価を含む）が十分に実施されていないので、現段階では判断ができない。ただし、ラ・ビュッテの地すべり地と隣接している地すべり地については、地質や地すべりの発生メカニズムは類似しているものと考えられる。今後、緩斜面における住宅や道路の建設が予定されており、開発方法によって、地すべり末端部からの排水がうまく進まないことで、地すべり活動が活発化する可能性は大いにある。万が一、地すべりが発生した場合には、人命に危険が及ぶだけでなく、土砂の取り除きやインフラの再建などに膨大な費用と労力がかかることが考えられる。また、開発の許認可を行う公的機関の責任問題に発展しかねない。

したがって、地すべり危険地においては、しっかりとした地すべり評価と事前対策を講じることが不可欠であり、それなしには、都市開発も制限されてしまう。なお、急斜面部は、自然災害区域（Natural Zone）として区分されており、開発が制限されている。

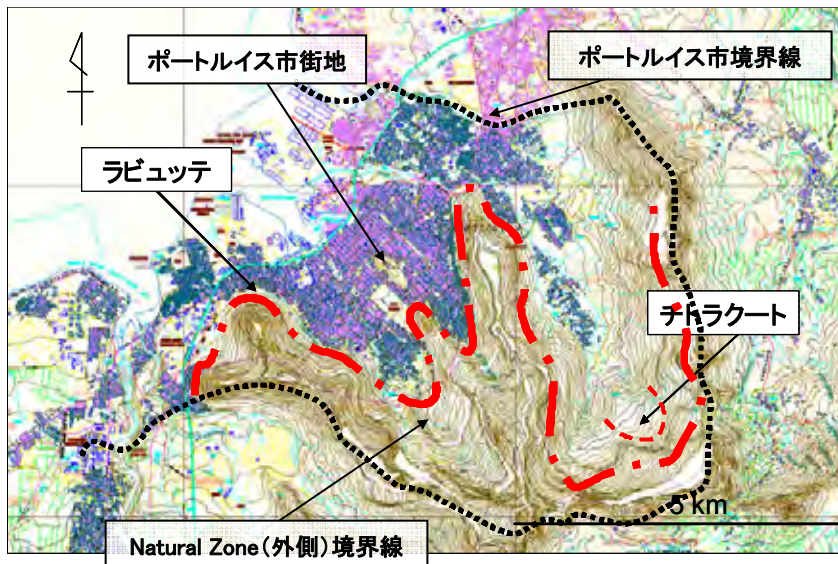


図 3-7-1 ポートルイス市周辺の地形図

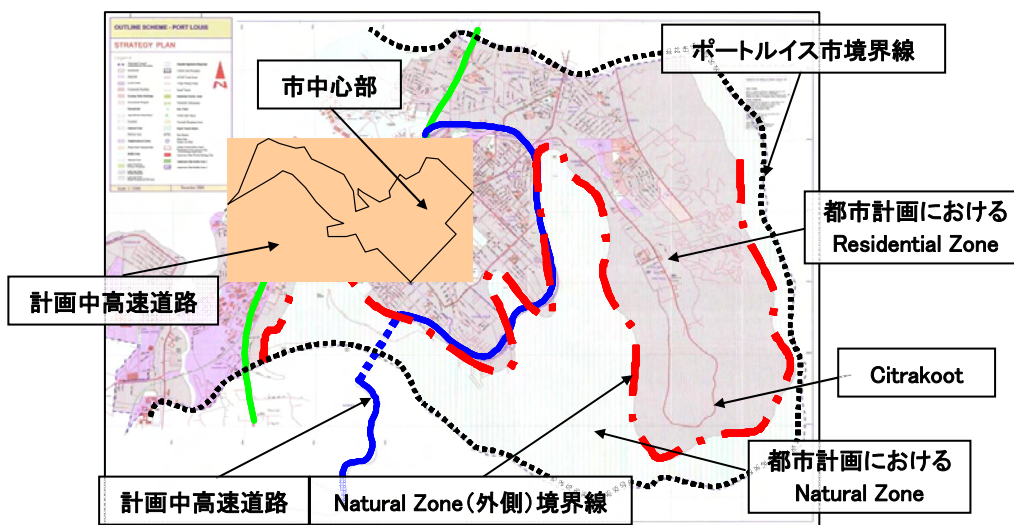


図 3-7-2 ポートルイスの都市計画図

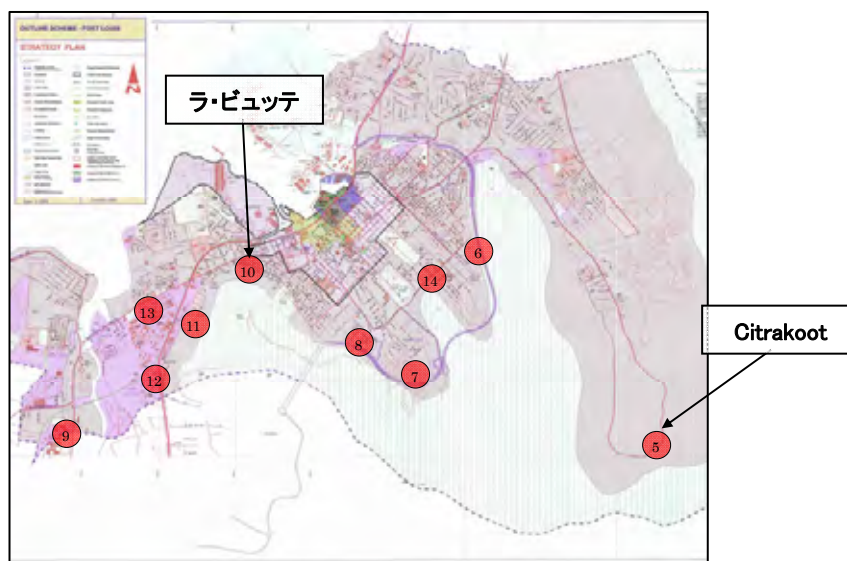


図 3-7-3 災害スキームに示された地すべり危険地の分布図（ポートルイス市周辺）

3-8 地すべり分野のニーズ

「モ」国では、中央災害委員会による災害スキームが策定されており、サイクロン・豪雨・地すべり・津波の各災害への対策が国家レベルで検討されている。特に、地すべり災害への対応については、サイクロン・豪雨への対応に比べて課題が多い。この理由は、地すべり災害にかかる知見、技術、経験が「モ」国に蓄積されていないことである。地すべり災害に対して適切に対応を行い、被害やリスクの軽減を行うために、次のようなニーズがある。

- (1) 地すべり対策ユニット（LMU）の強化
- (2) Chitrakoot 地区の地すべりの実態把握・危険度評価・対策策定
- (3) 開発に伴う地すべり災害リスクの把握
- (4) 降雨強度の増加によって増大する地すべりリスクへの対応

以下に、それぞれの項目について述べる。

(1) 地すべり対策組織の強化

インフラ省内に地すべり対策ユニット（LMU）が設立されて、要員の確保や役割の明確化が進んでいる。また、Chitrakoot 地区地すべりに対しては、「モ」国の予算で、調査モニタリングが実施されているものの、知見・技術・経験が不足しているために、適切な調査計画や管理が行われておらず、地すべりリスクや被害軽減のための対策立案ができていない。また、適切な調査結果を得たとしても、それに基づく具体的な対策を講じることができない。効果的な地すべり対策を行うためにも、調査、評価、対策策定、計画実施という一連の流れをもって対応できる組織として強化する必要がある。

(2) Chitrakoot 地区の地すべりの実態把握・危険度評価・対策策定

Chitrakoot 地区では、2005 年に地すべり被害が顕著になり、その後も豪雨によって被害が拡大している。小学校の移動や転居が伴う対策は、住民が反対しうまく進まなかった経緯がある。閣僚会議において、移転を伴わないように対策を講ずることが決定されたものの、具体的な対

策を検討するために必要な基礎的な調査結果やその解析・評価結果がそろっていない。

(3) 将来の開発に伴う地すべり災害リスクの把握

ポートルイス市周辺では、開発できる平地部が限られている。緩斜面部は地すべりのリスクを有している地域でもあるので、地すべり対策の視点をもって、開発を検討する必要がある。そのためにも、Chitrakoot 地区のように活動が顕著な地域以外の斜面についてもきちんと管理を行う必要がある。適切な調査を行い、今後の開発によって地すべり被害の発生するリスクを事前に把握して、開発に伴うリスクの増大を抑えるニーズがある。

(4) 降雨強度の増大によって増大する地すべり災害リスクへの対応

「モ」国の地すべりの主な誘因は降雨である。今後、気候変動の影響もあり降雨パターンが変化することが考えられる。降雨強度の増大によって、これまで活動がなかった斜面にも変位が生じる可能性があることから、きちんとしたモニタリングを行う必要がある。斜面勾配・降雨量・被覆層・植生・土地利用を基に、地すべりのポテンシャルマップの精度を高め、リスクを事前に察知して迅速に対応する必要がある。