

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

地表踏査および航空写真の地形判読から、Chitrakoot では多くの地すべりブロックが認められる。その中で、特に活動的な地すべりブロックとして、“A ブロック”と“B ブロック”が確認された。Chitrakoot 地区の他の地すべりブロックはほぼ活動を停止しているか、活動が不活発と思われる。

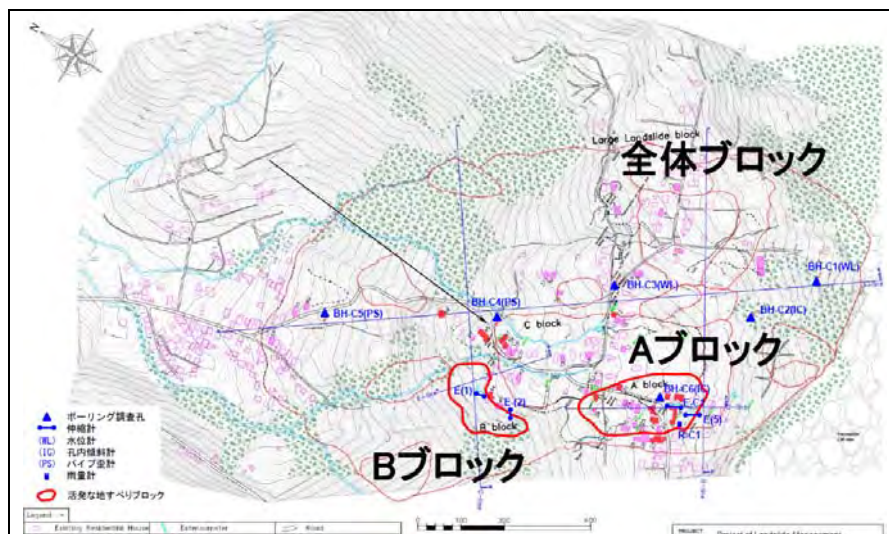


図4.1.1 Chitrakoot の地すべりブロック(出典: JICA 調査団)

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。

地質

断面図に示すように深度 7–10m 以深に玄武岩または玄武岩質角礫岩が分布している。岩の最上部 2–5m 程度は風化している。岩盤を覆って崩積土が分布している。BH-C6 に設置した孔内傾斜計の観測から、崩積土と岩盤との境界に地すべり面があると考えられる。

活動

2015 年 1 月 21 日、A ブロックの一部が活動し、家屋 6 軒及び道路などにクラックなどの変状が発生する被害があった。人的な被害がなかったものの、道路が閉鎖されるなど、大きな影響があった。

周辺で大規模な掘削や盛土が行われていないことから、地すべりを不安定化させたのは

地下水の上昇と考えられ、地すべりが活発化するまでの過程は以下のように考えられる。

- a. 12月頃からの雨期に入り地すべり地内の地下水が上昇していた。
- b. 1月12日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、地すべり地内の地下水がほぼ飽和状態に達していた。
- c. 水で飽和状態になっていた地盤が徐々に緩み、1月20日に破壊した。
- d. Aブロック全体が活動しなかったのは、Aブロックの上方に建設された水路およびすべり方向に対して右側に建設された排水孔（ボーリング孔）の効果によるものと考えられる。

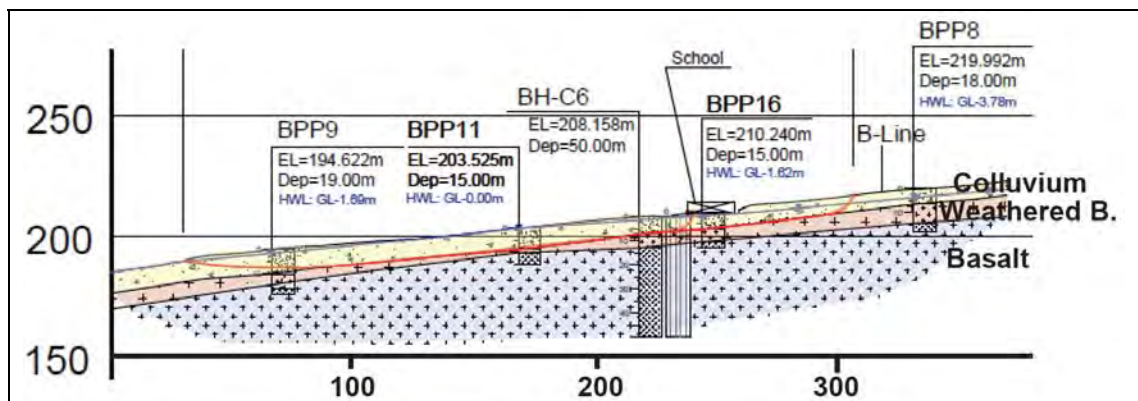


図4.1.2 Chitrakoot Aブロック地質断面図(出典:JICA 調査団)

地下水

Aブロック末端部では湧水、池がみられることや、ブロック中央付近のボーリング孔では雨期に地下水が孔口から湧出していることから、ブロック内全体に地下水位はかなり高い。

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。

地質

断面図に示すように深度10m以深に玄武岩または玄武岩質角礫岩が分布している。岩の最上部1-2m程度は風化している。岩盤を覆って崩積土が分布している。Bブロックでは地すべり観測による地すべり面の確認はされていない。Bブロックの規模から、地すべり面の深さは5m程度と考えられる。

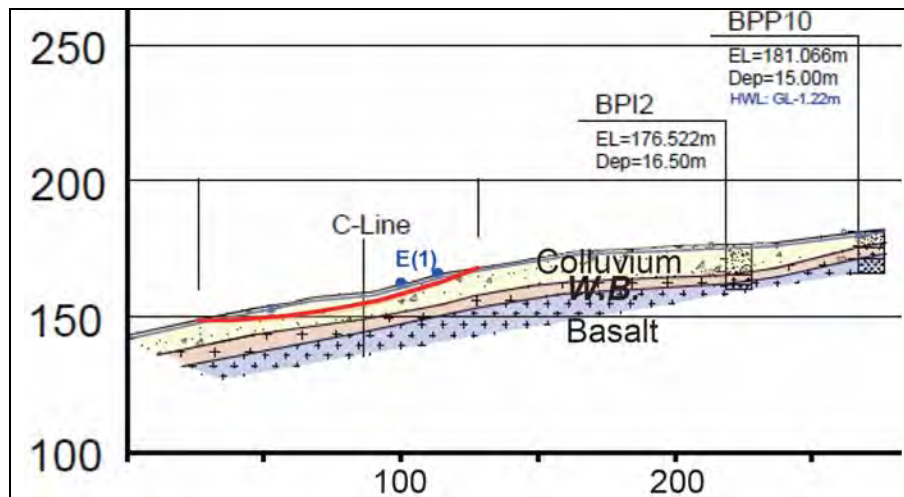


図4.1.3 Chitrakoot Bブロック地質断面図(出典:JICA 調査団)

地下水

Bブロック内では地下水の観測は行われていないが、Bブロックの上方で湧水、池がみられることや、付近のボーリング孔では雨期に地下水が深度1-2m程度まで上昇していることから、ブロック内全体に地下水位はかなり高い。

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。

下図は全体ブロックの断面である。図に示すように、岩盤と土砂の境界が地表から10m以浅にあり、長さ2km近い全体ブロックに比べ非常に浅い。このことから小ブロックが個別に活動していると考えられる。

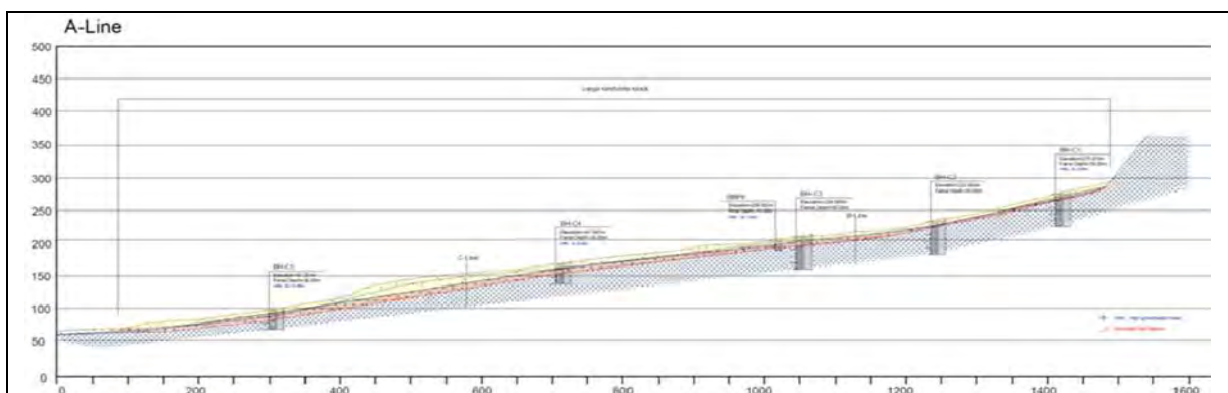


図4.1.4 Chitrakoot 全体地すべり縦断面図(出典:JICA 調査団)

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。

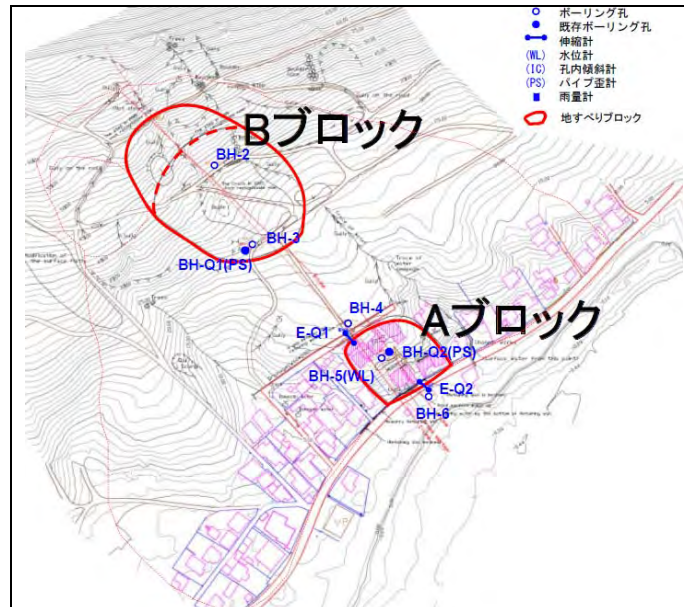


図4.1.5 Quatre Soeurs の地すべりブロック(出典:JICA 調査団)

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。

地質

地質断面図に示したように、A ブロックでは、崩積土が海水面より下まで 15–20m の厚さで堆積している。N 値は 15 前後である。A ブロックの地すべり面は、地すべり観測による確認はできていないが、地すべりブロックの大きさから深度 5–7m 程度と想定される。

地下水

A ブロックでは、地下水位は深い地下水と浅い地下水の 2 層が確認されている。深い地下水は、海水面と同レベルにあり潮汐と連動している地下水である。浅い地下水の水位は深度 4m より浅く、多量降雨時には深度 1m 以浅まで上昇する。

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。

地質

地質断面図に示したように、この地域は基盤として非常に硬質な玄武岩と玄武岩質角礫岩が分布し、崩積土が1-3m程度の厚さで基盤岩を覆う。Bブロックの玄武岩質岩は、浅い方から強化岩、風化岩、弱風化岩と風化度の区分をすることができる。強風化岩は基盤岩の表面から厚さ7-10mで分布し、風化岩は強風化岩の下に厚さ0-6m、弱風化岩は強風化岩または風化岩の下に分布する。これまでの地すべり観測からはそれほど明瞭ではないが、地すべりブロックの規模から、地すべり面は強風化と弱風化の境界に想定される。

地下水

ブロック内の地下水位は変動が大きく、ブロック末端部のBH-Q1の地下水位は、乾季には地表から15m程度まで低下するが、雨季には地表から1m付近まで上昇する。また雨季にはAブロック内の地表を多量の水が流下する。これらのことから、Aブロック内の地下水位は雨季には地表付近まで上昇すると考えられる。

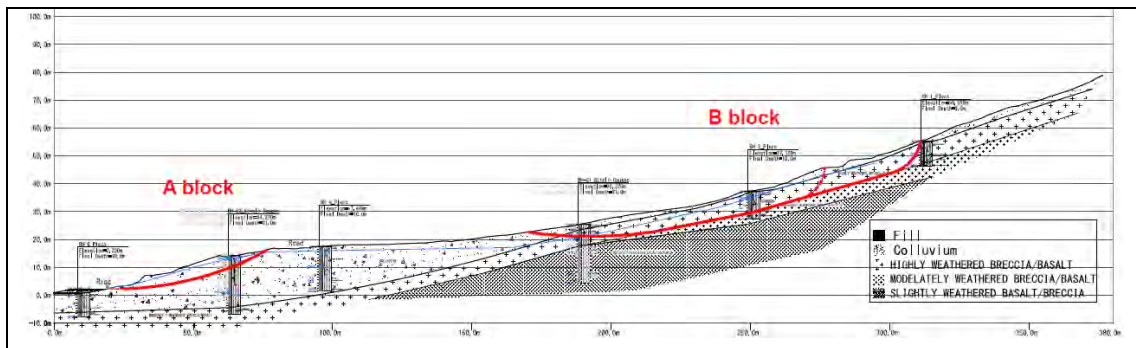


図4.1.6 Quatre Soeurs の地質断面図(出典: JICA 調査団)

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。

最も活動的な小地すべりブロックは、図中のAブロックである。Aブロックの頭部に位置する家屋は2013年2月の多量降雨時に頭部の地すべり活動のため家屋が被災し、家屋の半分が倒壊した(A-2ブロック)。また、Aブロックの末端では、2013年5月頃に地すべりにより押し出された土砂により水路が閉塞されている(A-1ブロック)。

地質

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かであるが、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。

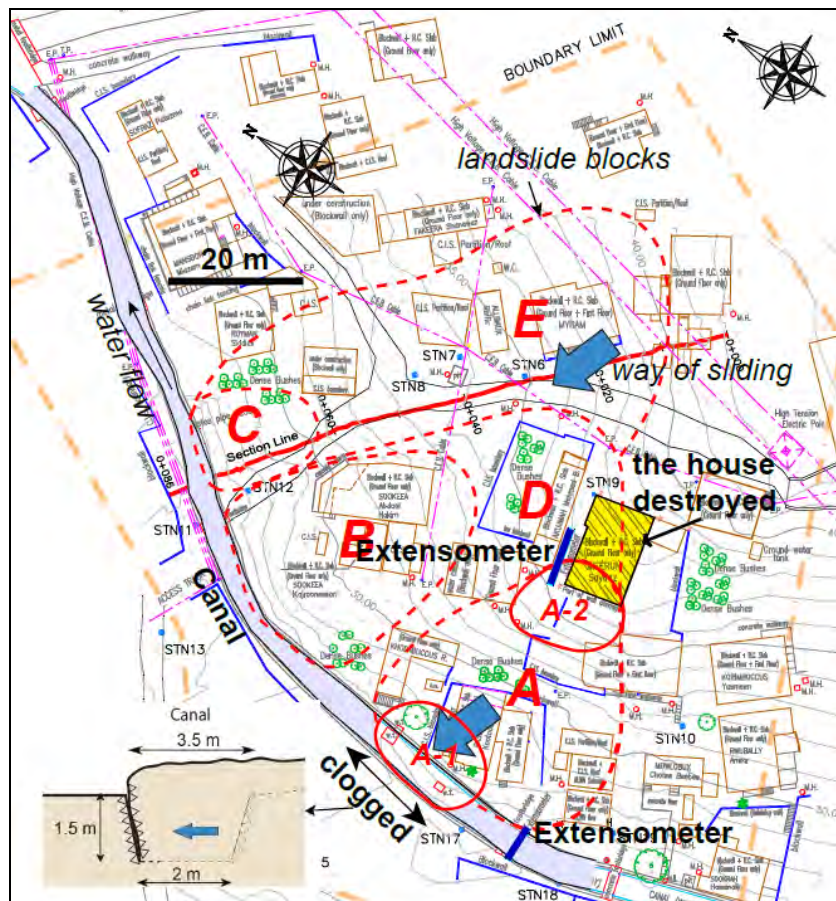


図4.1.7 Vallee Pitot の地すべりブロック(出典:JICA 調査団)

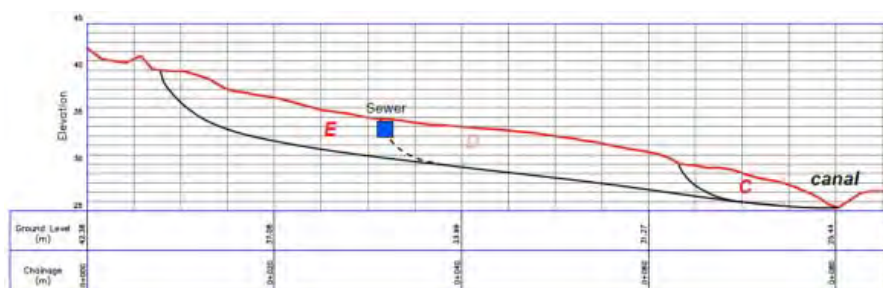


図 4.1.7 の赤線沿いの断面

図4.1.8 Vallee Pitot の想定地すべり面（出典:JICA 調査団）

地下水

地下水の位置は、地質と同様に不明である。雨季に地表を多量の表流水が流下するという地元住民の証言があることから、水が集中しやすいことが想像できる。したがって、地下水位も多量降雨時にはかなり上昇することが予想できる。

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15mm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10mm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ともに20-30mm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38.5mm（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33.0mm（1月9日）、24.5mm（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。

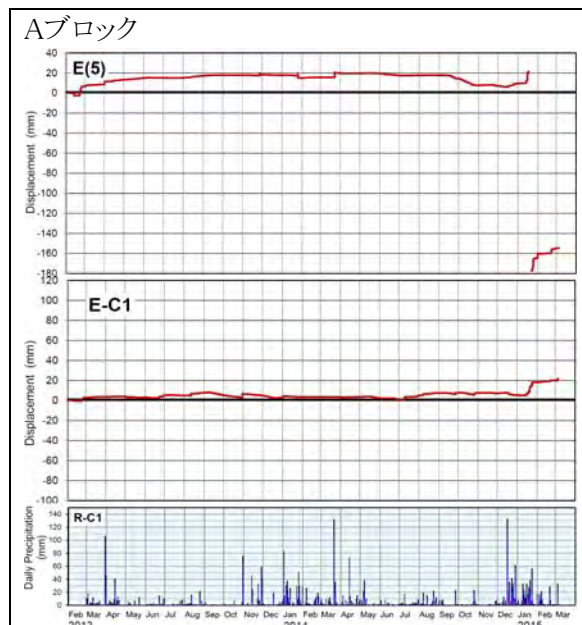


図4.2.1 Chitrakoot Aブロックの伸縮計の記録(出典:JICA 調査団)

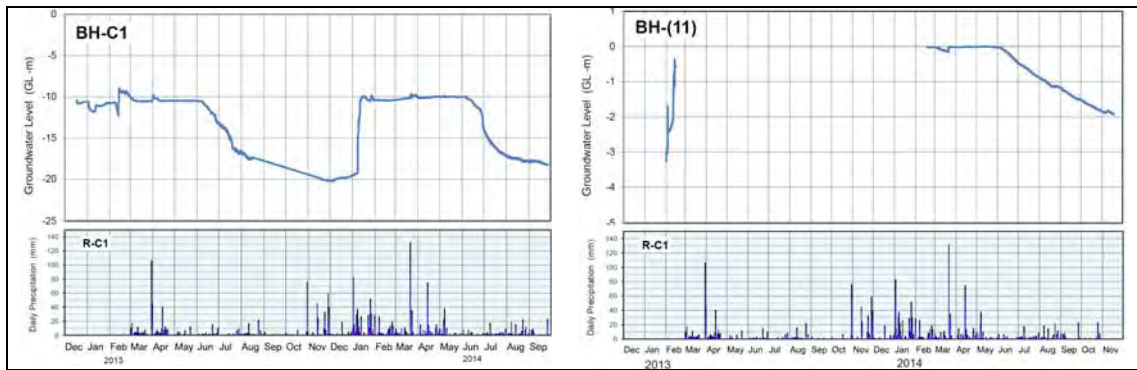


図4.2.2 Chitrakoot における地下水位の変化(出典:JICA 調査団)

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。

地すべりの深さ：地すべりの深度をとらえることができる孔は、BH-C2（孔内傾斜計）、BH-C4（ひずみ計）、BH-C5（ひずみ計）の3孔である。Chitrakoot の地すべり地の中で明瞭に地すべり面が確認されているのは、地すべり頭部の BH-C6 のみである。BH-C6 では明瞭な地すべりの活動をとらえている。

地下水：Chitrakoot 内の地下水位は、全体に季節変化をし、短時間の豪雨では大きく変化することはないようである。場所によっては、地下水位は非常に高く、雨季には地表面化それ以上に上昇するところもある。一方、BH-C3 の地下水位は深度 40m 以深にあることから、Chitrakoot 内には 40m 以深の岩盤中の地下水と地表付近の浅い地下水の2種類の地下水があるものと考えられる。岩盤中の深い地下水の変化の仕方は不明である。



地下水が孔口から湧出している。2013年3月

写真4.2.1 BPP(13)での湧水

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はできない。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。

地すべりの深さ：B ブロックには地すべり面の深度を測ることができるひずみ計 BH-Q1 が設置されている。明瞭なすべり面は確認されていない。

地下水位：BH-Q1 で、毎月 1 回地下水を測っている。雨季中の 2 月に計測した地下水位は、地表から約 1 m とかなり高いものであった。乾季には地表から 1.4 m と深い位置にある。地下水は季節的に大きく変化している。

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 60mm 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

従来、土砂災害の早期警戒避難値は、伸縮計や累積降水量などにより設定されていることが多いが、近年日本では、土壌雨量指数（SWI：Soil Water Index）による土砂災害の早期警戒避難値が検討されている。

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。本プロジェクトでは、過去の雨量データからパイロットサイトにおける土壌雨量指数を算出し、地すべり発生の早期警戒避難値を検討する。

4.3.1 解析方法

土壌雨量指数とは、降った雨が土壌中に貯まっている水分量を、毎時の雨量データから「タンクモデル」の手法を用いて指数化したものである。土壌中の水分として貯まっている量が多いほど、この指数値が高くなり、土砂災害の発生率が高くなることを意味する。

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。

しかし、土壌雨量指数で利用する「タンクモデル」は、土砂災害発生の危険性把握を目的とする場合、以下のような留意点がある。

- ・タンクモデルは一律のパラメータを用いており、各傾斜地における植生、地質、風化等を考慮していない。
- ・比較的表層の地中をモデル化したものとなる。

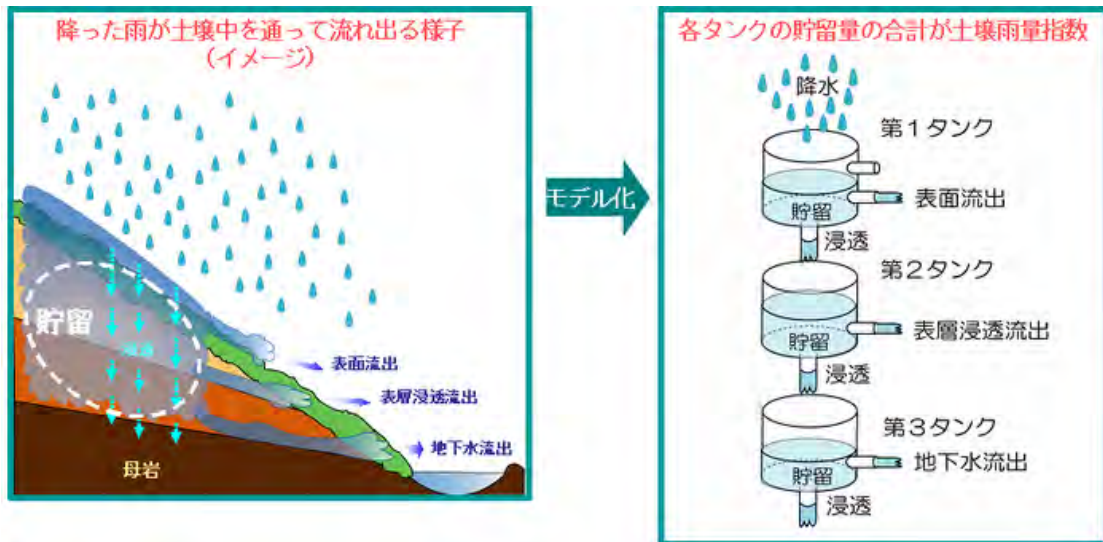


図4.3.1 土壌雨量指数のイメージ¹

土壌雨量指数の計算式

「モ」国気象庁（MMS : Mauritius Meteorological Services）の雨量データ及び衛星降水全球マップ（GSMaP : Global Satellite Map of Precipitation）の時間雨量データを用いて、土壌雨量指数上記の解析方法で算出した。なお、MMS の雨量データは日雨量のみしかないので、24 時間に分割して時間雨量の代替とした。

土壌雨量指数の指数値は、各タンクの貯留高の和（ $=S_1+ S_2+ S_3$ ）で定義する。各タンクの貯留高（ $S_i ; i=1,2,3$ ）の計算式は以下のとおり。

$$S_1(t + \Delta t) = (1 - \beta_1 \Delta t) \cdot S_1(t) - q_1(t) \cdot \Delta t + R$$

$$S_2(t + \Delta t) = (1 - \beta_2 \Delta t) \cdot S_2(t) - q_2(t) \cdot \Delta t + \beta_1 \cdot S_1(t) \cdot \Delta t$$

$$S_3(t + \Delta t) = (1 - \beta_3 \Delta t) \cdot S_3(t) - q_3(t) \cdot \Delta t + \beta_2 \cdot S_2(t) \cdot \Delta t$$

S_1, S_2, S_3 : 各タンクの貯留高

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$: 各タンクの浸透流出孔の浸透係数

q_1, q_2, q_3 : 各タンクの側面孔からの流出量

ここで、時間刻み Δt は 1 時間とし、 R は解析あるいは予想される 1 時間降水量である。各タンクの側面孔からの流出量（ $q_i ; i=1,2,3$ ）は以下のように記述される。

$$q_1(t) = \alpha_1 \{ S_1(t) - L_1 \} + \alpha_2 \{ S_1(t) - L_2 \}$$

$$q_2(t) = \alpha_3 \{ S_2(t) - L_3 \}$$

$$q_3(t) = \alpha_4 \{ S_3(t) - L_4 \}$$

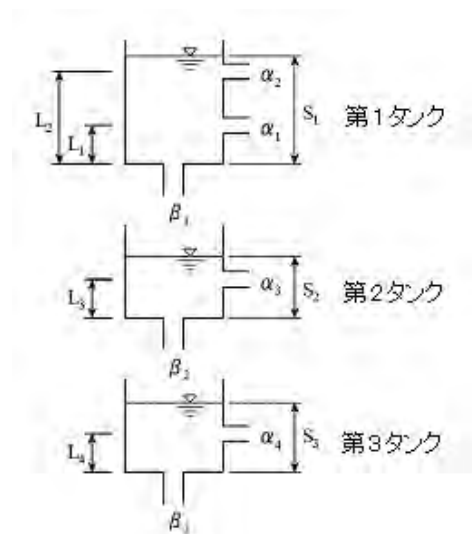


図4.3.2 直列 3 段タンクモデル¹

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$: 各流出孔の流出係数
 L_1, L_2, L_3, L_4 : 各流出孔の高さ

本プロジェクトにおいては、現在日本の気象庁により一律で採用しているパラメータを使用した。各パラメータ（流出孔の高さ、流出係数、浸透係数）は下表に示す。今後のデータの蓄積により「モ」国独自のパラメータを設定することが望ましい。

表4.3.1 タンクモデルのパラメータ¹

	一段目	二段目	三段目
流出孔の高さ (mm)	$L_1=15$	$L_3=15$	$L_4=15$
	$L_2=60$		
流出係数 (1/hr)	$\alpha_1=0.1$	$\alpha_3=0.05$	$\alpha_4=0.01$
	$\alpha_2=0.15$		
浸透係数 (1/hr)	$\beta_1=0.12$	$\beta_2=0.05$	$\beta_3=0.01$

4.3.2 使用したデータ

本節では、土壌雨量指数の解析に使用したデータおよび検討に必要な情報について記述する。

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 種類のデータを入手した。

a.1 MMS雨量データ

本来は実測（モニタリング）の時間雨量を用いて土壌雨量指数を計算するが、「モ」国では時間雨量データが存在しないため、やむを得ずに気象庁から入手した日雨量データを 24 時間に分割して時間雨量の代替とした。下図に日雨量を 24 時間に分割した例を示す。

日付	日雨量 (mm)		日付	時間雨量 (mm)
2006年3月1日	1.8		2006年3月3日、0:00	1.9
2006年3月2日	4.6		2006年3月3日、1:00	1.9
2006年3月3日	45.6	→	2006年3月3日、2:00	1.9
2006年3月4日	140.2		2006年3月3日、3:00	1.9
2006年3月5日	7	45.6mm/24	2006年3月3日、4:00	1.9
2006年.....	...	=1.9mm	2006年.....、.....	1.9
2006年.....	...		2006年.....、.....	1.9
2007年.....	...		2006年3月3日、23:00	1.9

図4.3.3 気象庁データ(日雨量)を 24 時間に分割した例(出典: JICA 調査団)

a.2 GSMaP雨量データ

気象庁の日雨量データに加え、時間雨量データの入手が可能である GSMaP データを用いて解析を試みた。日本では宇宙航空研究開発機構（JAXA：Japan Aerospace Exploration Agency）により GSMaP データが作成されている。

GSMaP データは、GSMaP アルゴリズムを用いて複数の衛星（代表的なものには TRMM TMI、Aqua/AMSR-E、GCOM-W/AMSR2 や NOAA 衛星の AMSU など）に搭載されているマイクロ波放射計および雨量レーダ（TRMM 衛星のみ）により換算された降水量のデータである。マイクロ波放射計は、雨粒から常に放射されているマイクロ波の放射強度を測定して、雨量を推定するものであり、雨量レーダは、自ら発射した電波が雨粒や雪粒子に当たり、反射して戻ってきた電波（降水エコー）の強度から雨や雪の強さを推定するものである。

本プロジェクトにおいては時間雨量を算出できる GSMaP_MVK（MVK：Motion Vector Kalman）および GSMaP_NRT（NRT：Near Real Time）の2種類の GSMaP データを使用した。

GSMaP_MVK とは、観測時の降雨量を計算する際に、観測時刻の前（-1 時間）の降雨情報から雨域の移動を順方向に推定する「forward process」と、観測時刻の後（+1 時間）から逆方向に推定する「backward process」の2つの処理を行い、それらの結果を平均しているデータである。つまり、過去と未来の情報からそれぞれ推定した降水分布の平均を求めることで、雨域の移動や発達・縮退に関する精度を上げている。

一方、GSMaP_NRT は速報性を重視しており、観測後 3 時間以内に収集・取得できたデータのみを用いて処理を行っている。さらに NRT では、速報性のために 1 時間にマイクロ波放射計が観測できなかった領域については、静止気象衛星の赤外線データの情報（マイクロ波-IR 複合アルゴリズム）を利用して、処理の簡略化がされている。

上記の 2 つの衛星データの精度を比較した場合、GSMaP_NRT よりも再解析された GSMaP_MVK の方が高精度である。本プロジェクトでは、GSMaP_MVK のデータを用いて解析を行うこととしていたが、GSMaP_MVK のデータ処理には過去の雨量情報を統計解析的に算出するため時間がかかり、近年分のデータをまだ準備されていない。そのため、2010 年 12 月以降は GSMaP_MVK のデータに代わり GSMaP_NRT のデータを用いて解析を試みた。下表に本プロジェクトで使用するデータの概要を示す。

表4.3.2 GSMaP データの概要(出典：JICA 調査団)

項目	内容
期間	2004年～2013年(10年間)
データ類	時間雨量データ 2004年～2010年11月：GSMaP_MVK 2010年12月～2013年：GSMaP_NRT
座標	Chitrakoot: 20°10' 36.31" S 57°32' 22.77" E Quatre Soeurs: 20°17' 58.70" S 57°46' 23.14" E
範囲	0.1°×0.1°格子(約10kmメッシュ)
データ形式	4バイト、プレーンバイナリ、little endian

なお、GSMaP データは、10km 格子の面的な平均値であり、衛星が上空を観測するのは 1 時間雨量の一時点である。その一時点の観測時に雨が弱まっていた場合、観測値は

低くなる。その結果、地上のある一点の積算で観測している雨量計のデータと比較した場合、値が低くなるケースが多く報告されている。

GSMaP データの精度検証

GSMaP データを用いて解析をするにあたり、その精度を比較するために、本プロジェクトで設置した地上雨量計のデータと比較をした。下図に本プロジェクトで設置した雨量計による時間雨量データ（JET）及び衛星データ（GSMaP）による時間雨量を比較したものを示す。

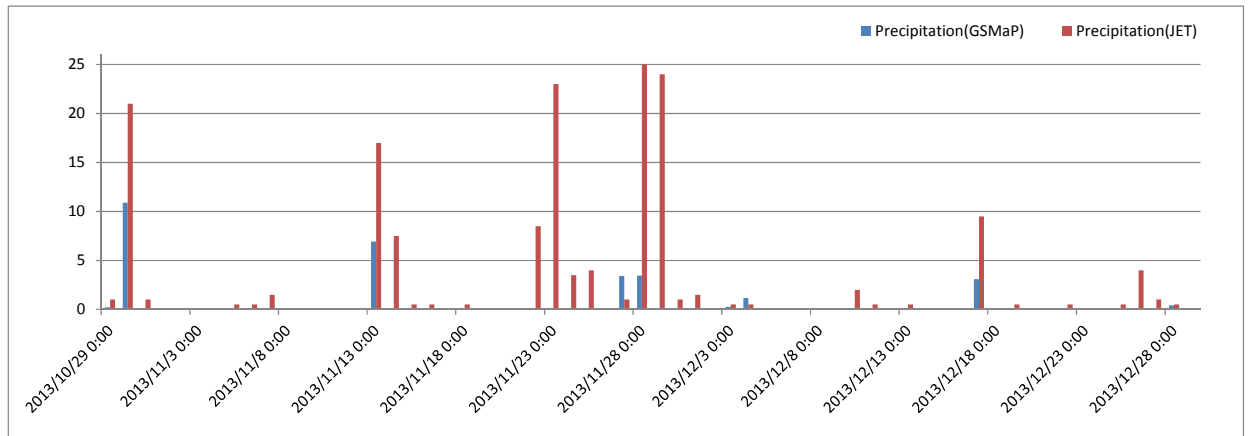


図4.3.4 地上雨量計データと GSMaP データの比較(出典:JICA 調査団)

上図の地上雨量計データ（JET）と衛星のデータ（GSMaP）を比較すると、地上雨量計のデータに対して衛星データは低い値を示している。また、地上雨量計の数値が比較的に低い場合は、衛星データは数値が記録されていないことがある。そのため、GSMaP データを用いて土壌雨量指数を解析する際には、気象庁のデータよりも低い数値となる可能性を考慮すべきである。なお、雨量の単位に差はあるものの、概ね雨量傾向（トレンド）は類似していると考えられるため、本解析に使用することとした。

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。

土壌雨量指数による閾値の検討において、災害履歴の情報は極めて重要であり、災害履歴の更なる蓄積によって、より高精度な閾値の設定が可能となる。下図に土壌雨量指数における災害履歴情報の位置づけを示す。

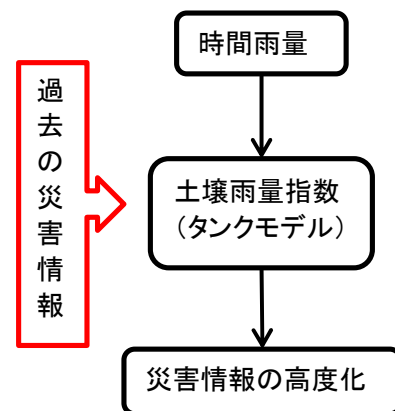


図4.3.5 土壌雨量指数において災害履歴の情報の位置づけ

（出典:JICA 調査団）

しかし、「モ」国ではこれまでの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、今後、土砂災害履歴の記録・蓄積が期待される。

c. 累積降水量

本解析では、結果の精度を検証する目的で、従来の土砂災害警戒避難値を求めるための累積降水量との比較を試みた。累積降水量とは、降雨が連続的に続くことを意味し、無降雨ないし小雨量が一定期間続くとリセットされ、その後、再び既定の降雨が開始した場合に新規の累積降水量とする。

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 0 mm にリセットすることとした。

4.3.3 解析結果

a. Chitrakoot 地域

Chitrakoot 地域は本解析における対象地域の一つである。災害履歴の情報から、この地域では過去に数回土砂災害による被害を受けている。下表に Chitrakoot 地域における近年の土砂災害の被害履歴を示す。モ国では、これまでの土砂災害履歴に関する情報が整理されておらず、詳細な情報（発生日時、移動量等）が存在していない。

表4.3.3 Chitrakoot 地域における土砂災害履歴²

年月	被害概要
2005年3月	豪雨により54戸に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
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

Chitrakoot 地域においては、上記の土砂災害被害が報告されている年の 1～3 月（雨季）を対象に、MMS データおよび GSMaP データを用いて土壌雨量指数の解析を行った。尚、詳細な土壌雨量指数の算出結果については巻末資料を参照されたい。

a.1 MMS データによる土壌雨量指数の解析結果

MMS では、解析に必要な時間雨量が存在しないため、やむを得ず日雨量を 24 に分割する方法を用いた。24 時間に分割された時間雨量からタンクモデルによって、土壌雨量指数を求めた。下図に、MMS データによる累積降水量および土壌雨量指数の解析結果をグラフに示す。また、下表には土壌雨量指数 50 以上を示す代表的な降雨イベント①～⑫を示した。

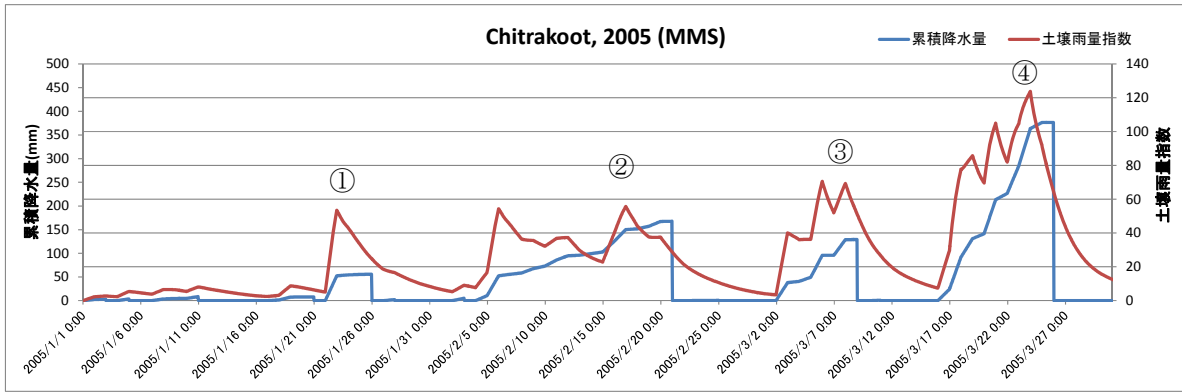


図4.3.6 Chitrakoot 地域における累積降水量及び土壌雨量指数の関係(2005年、MMS) (出典: JICA 調査団)

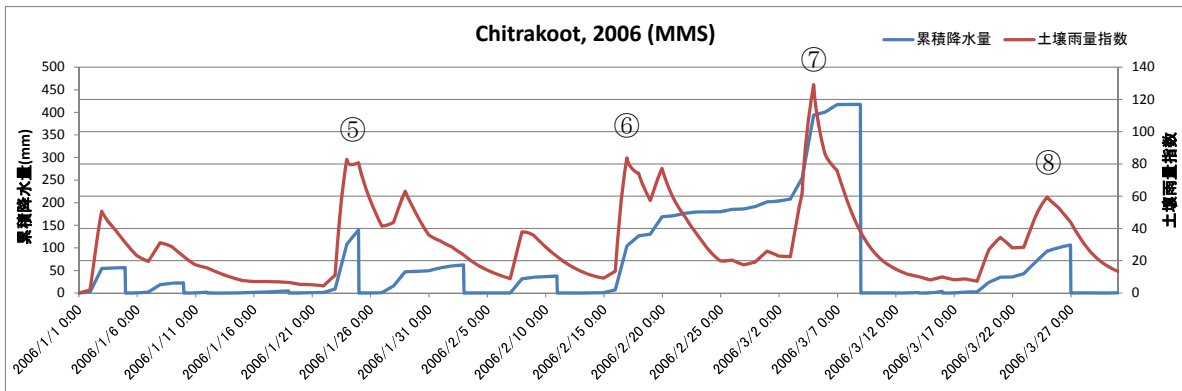


図4.3.7 Chitrakoot 地域における累積降水量及び土壌雨量指数の関係(2006年、MMS) (出典: JICA 調査団)

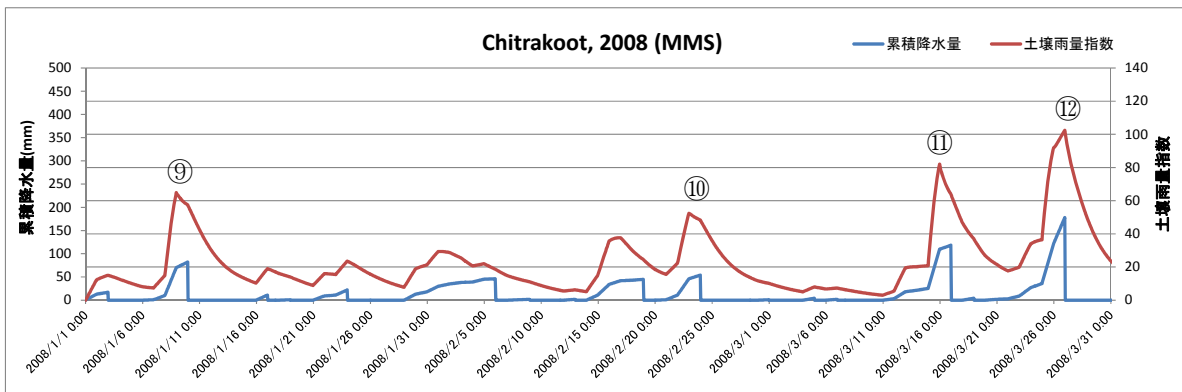


図4.3.8 Chitrakoot 地域における累積降水量及び土壌雨量指数の関係(2008年、MMS) (出典: JICA 調査団)

表4.3.4 代表的な降雨イベント①～⑫の土壌雨量指数とMMS累積降水量(出典: JICA 調査団)

No.	日付	土壌雨量指数	MMS累積降水量 (mm)	備考
①	2005年1月22日	53	53	
②	2005年2月16日	56	150	
③	2005年3月5日	71	96	
④	2005年3月23日	124	364	Hennieサイクロン発生、

				地すべり発生
⑤	2006年1月23日	83	108	
⑥	2006年2月16日	84	104	
⑦	2006年3月4日	129	394	地すべり発生
⑧	2006年3月24日	59	93	
⑨	2008年1月8日	65	70	
⑩	2008年2月22日	52	46	
⑪	2008年3月15日	82	109	
⑫	2008年3月26日	102	178	地すべり発生(推定)

a.2 GSMaPデータによる土壌雨量指数の解析結果

GSMaP データは MMS データと違って、時間雨量のデータで構成されている。これらデータからタンクモデルによって、土壌雨量指数を求めた。下図に、GSMaP データによる累積降水量および土壌雨量指数の解析結果をグラフに示す。また、下表には土壌雨量指数 50 以上を示す代表的な降雨イベント⑬～⑳を示した。

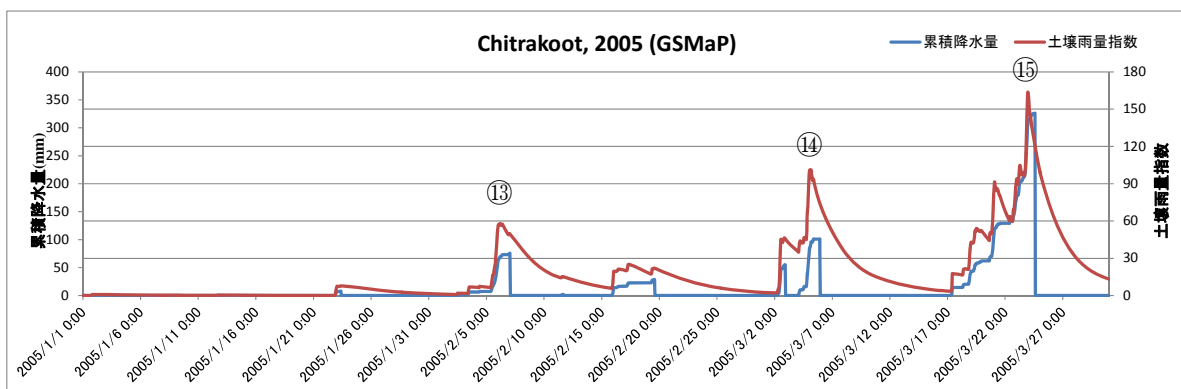


図4.3.9 Chitrakoot 地域における累積降水量及び土壌雨量指数の関係(2005 年、GSMaP)
 (出典:JICA 調査団)

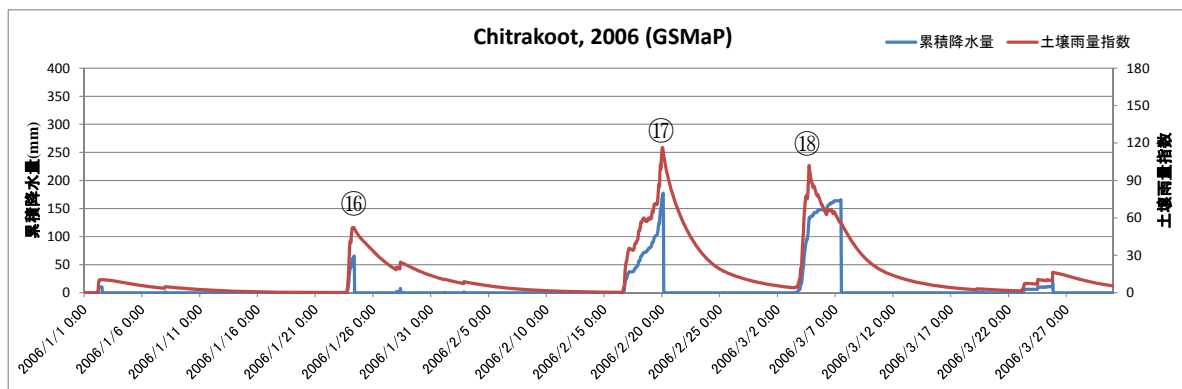


図4.3.10 Chitrakoot 地域における累積降水量及び土壌雨量指数の関係(2006 年、GSMaP)
 (出典:JICA 調査団)

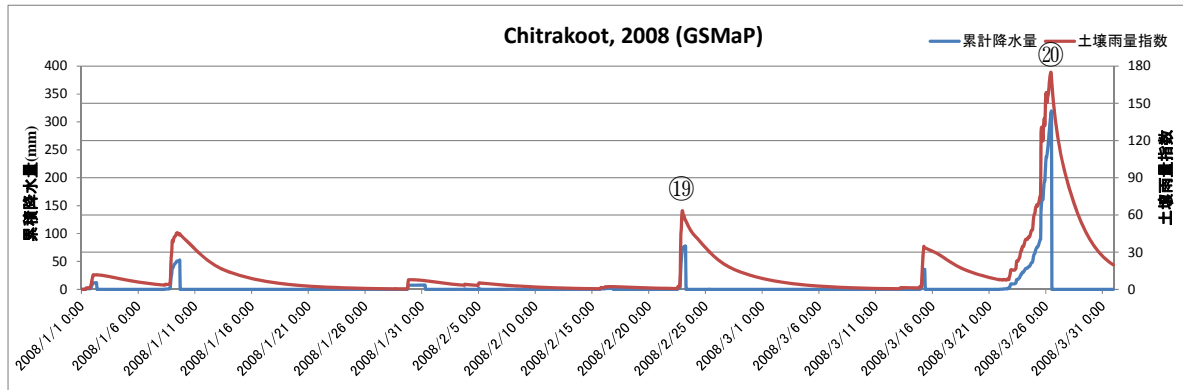


図4.3.11 Chitrakoot 地域における累積降水量及び土壌雨量指数の関係(2008 年、GSMap)
(出典:JICA 調査団)

表4.3.5 代表的な降雨イベント⑬～⑳の土壌雨量指数と GSMap 累積降水量(出典:JICA 調査団)

No.	日付	土壌雨量指数	GSMap累積降水量 (mm)	備考
⑬	2005年2月6日	58	68	
⑭	2005年3月5日	101	96	
⑮	2005年3月24日	164	305	Hennieサイクロン発生、 地すべり発生、
⑯	2006年1月24日	52	64	
⑰	2006年2月20日	116	172	
⑱	2006年3月4日	102	133	地すべり発生
⑲	2008年2月22日	63	71	
⑳	2008年3月26日	175	316	地すべり発生(推定)

a.3 Chitrakoot地域における土壌雨量指数の検討

MMS のデータを用いて解析を行った結果、2005 年の雨季（1 月～3 月）のうち、地すべり災害が報告された 3 月においては、2 回（③及び④）土壌雨量指数 50 以上が記録されている。2 つを比較した場合、過去の他時期の記録で土壌雨量指数が 70 程度かつ累積降水量が 100mm 程度でも地すべりが発生していないことから、④で地すべりが発生したと考えるのが妥当である。

2006 年の雨季（1 月～3 月）のうち、地すべり災害が報告されている 3 月においては、2 回（⑦及び⑧）土壌雨量指数 50 以上が記録されている。2 つを比較した場合、過去の他時期の記録で土壌雨量指数が 60 程度かつ累積降水量が 100mm 程度でも地すべりが発生していないことから、⑦で地すべりが発生したと考えるのが妥当である。

2008 年の雨季（1 月～3 月）では、4 回（⑨～⑫）にわたり土壌雨量指数 50 以上が記録されている。2008 年における災害履歴では、発生時期が明記されていないが、雨季（1 月～3 月）にかけて土壌雨量指数が最も高いのが 3 月下旬に観測されている⑫となる。さらに、2005 年及び 2006 年の解析結果において土壌雨量指数が 80 程度かつ累積降水量が 110mm 程度でも地すべりが発生していないことから、⑫で地すべりが発生したと推定す

るのが妥当である。

以上の検討を踏まえ、Chitrakoot 地域での MMS のデータによる解析結果では、102 を超える場合に、地すべりが発生したと推論される。

一方、GSMaP のデータを用いて解析を行った結果、2005 年の雨季（1 月～3 月）のうち、地すべり災害が報告されている 3 月においては、2 回（⑭及び⑮）土壌雨量指数 50 以上が記録されている。2 つを比較した場合、MMS 累積降水量でも分かるとおおり、累積降水量が 100mm 程度以下の場合、地すべりが発生した事例はなく、⑮で地すべりが発生したと考えるのが妥当である。

2006 年の雨季（1 月～3 月）のうち、地すべり災害が報告されている 3 月においては、⑱のみが土壌雨量指数 50 以上となっているため、この時期に地すべりが発生したと考えられる。しかし、⑰で土壌雨量指数と累積降水量の両方において⑱の数値よりも高いのにも関わらず、地すべりが発生していない理由として、「解析方法」の「GSMaP データの精度検証」で述べたとおり、衛星データは弱い雨を読み取れない傾向がある。MMS データによる同時期の解析結果（図 4.3.7 の⑥～⑦）では、この期間に連続的に弱い雨量が記録されているが、GSMaP データではこの期間の雨量を測定できず、累積降水量がリセットされている。その結果、土壌雨量指数において⑱が⑰より低い数値になったと考えられる。

2008 年の雨季（1 月～3 月）では、2 回（⑲および⑳）にわたり土壌雨量指数 50 以上が記録されている。土砂災害履歴では、2008 年について特に発生時期が記録されていないが、雨季（1 月～3 月）にかけて土壌雨量指数が最も高いのが 3 月下旬に観測されている㉑となる。さらに、2005 年及び 2006 年の解析結果において土壌雨量指数が 60 程度かつ累積降水量が 70mm 程度でも地すべりが発生していないことから、㉑で地すべりが発生したと推定するのが妥当である。

以上の検討を踏まえ、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推論される。

b. Quatre Soeurs 地域

Quatre Soeurs 地域における土砂災害の記録は 2005 年と 2008 年に報告されているが、それ以上詳細な情報（発生日時、移動量等）が存在していない。2005 年に関しては、11 戸が被害を受けていると履歴が残っているが、2008 年に関しては特に被害報告がない。

表4.3.6 Quatre Soeurs 地域における土砂災害履歴（出典：JICA 調査団）

年月	被害概要
2005年	豪雨により11戸にクラックが生じる被害を受ける
2008年	被害記録なし

上記の災害被害が報告されている 2005 年と 2008 年の 1～3 月（雨季）を対象に、MMS データおよび GSMaP データを用いて土壌雨量指数の解析を行った。尚、詳細な土壌雨量指数の算出結果については巻末資料を参照されたい。

b.1 MMSデータによる土壌雨量指数の解析結果

「モ」国 MMS では、解析に必要な時間雨量が存在しないため、やむを得ず日雨量を 24 時間に分割する方法を用いた。これらのデータからタンクモデルによって、土壌雨量指数を求めた。下図に、MMS データによる累積降水量および土壌雨量指数の解析結果をグラフに示す。また、下表に土壌雨量指数 50 以上を示す代表的な降雨イベント⑳～㉔を示した。

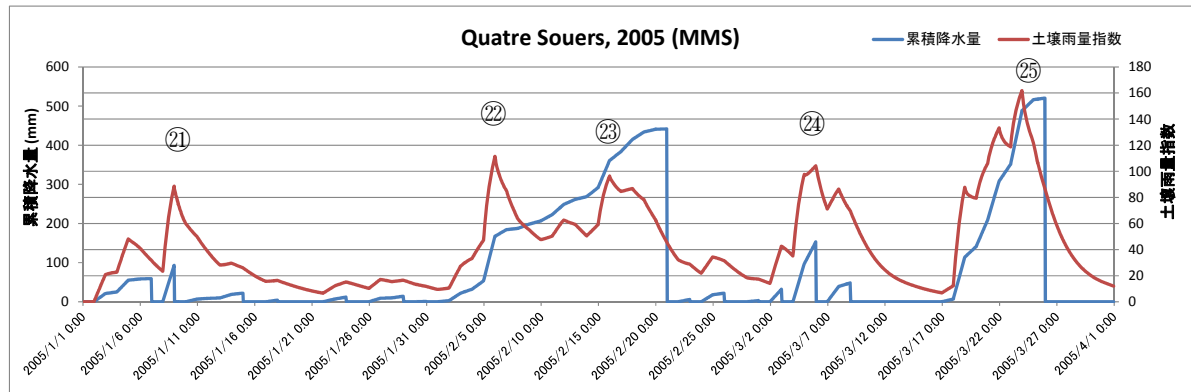


図4.3.12 Quatre Soeurs 地域における累積降水量及び土壌雨量指数の関係（2005 年、MMS）
 （出典：JICA 調査団）

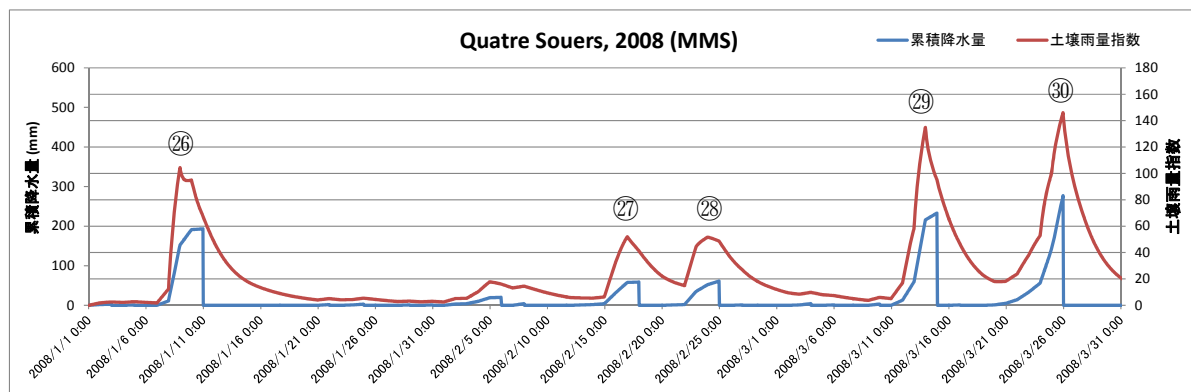


図4.3.13 Quatre Soeurs 地域における累積降水量及び土壌雨量指数の関係（2008 年、MMS）
 （出典：JICA 調査団）

表4.3.7 代表的な降雨⑳～㉔の土壌雨量指数と MMS 累積降水量（出典：JICA 調査団）

No.	日付	土壌雨量指数	MMS累積降水量 (mm)	備考
㉑	2005年1月8日	89	93	
㉒	2005年2月5日	111	167	
㉓	2005年2月15日	96	361	
㉔	2005年3月5日	104	153	
㉕	2005年3月23日	162	488	Hennieサイクロン発生、 地すべり発生（推定）
㉖	2008年1月8日	104	152	
㉗	2008年2月16日	52	58	

⑳	2008年2月23日	52	52	
㉑	2008年3月13日	135	216	
㉒	2008年3月25日	146	277	地すべり発生(推定)

b.2 GSMAPデータによる土壌雨量指数の解析結果

GSMAP データは「モ」国の MMS データと違って、時間雨量のデータで構成されている。これらデータからタンクモデルによって、土壌雨量指数が求めた。下図に、GSMAP データによる累積降水量および土壌雨量指数の解析結果をグラフに示す。また、下表に土壌雨量指数 50 以上を示す代表的な降雨イベント⑳～㉒を示した。

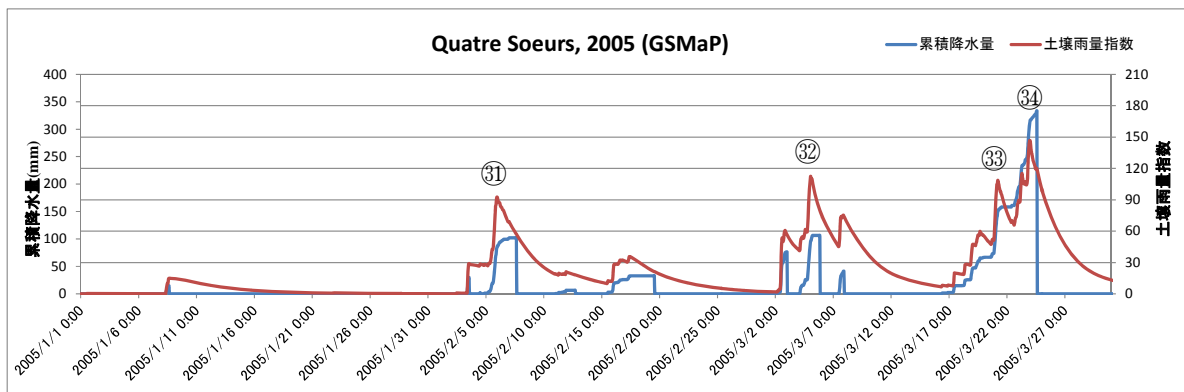


図4.3.14 Quatre Soeurs 地域における累積降水量及び土壌雨量指数の関係(2005年、GSMaP)
 (出典:JICA 調査団)

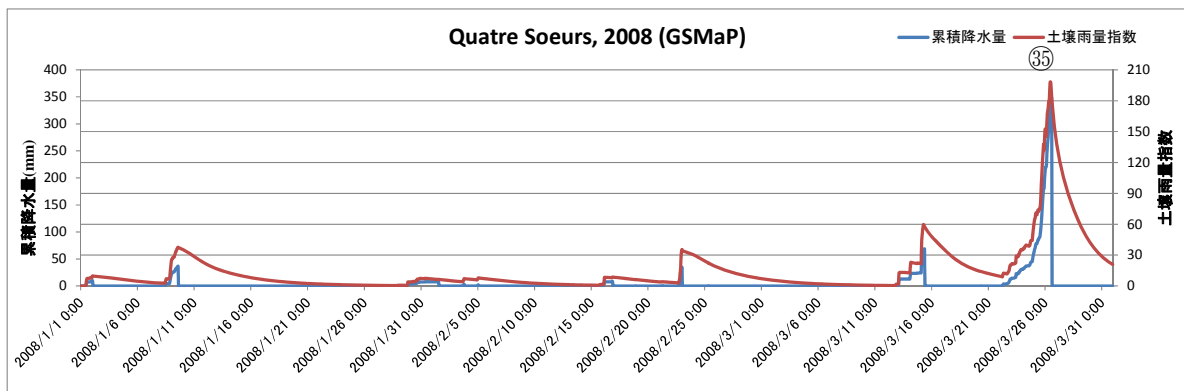


図4.3.15 Quatre Soeurs 地域における累積降水量及び土壌雨量指数の関係(2008年、GSMaP)
 (出典:JICA 調査団)

表4.3.8 代表的な降雨㉑～㉒のGSMaP累積降水量と土壌雨量指数(出典:JICA 調査団)

No.	日付	土壌雨量指数	GSMaP累積降水量 (mm)	備考
㉑	2005年2月5日	93	85	
㉒	2005年3月5日	113	96	
㉓	2005年3月21日	109	150	

③④	2005年3月24日	147	310	Hennieサイクロン発生、 地すべり発生（推定）
③⑤	2008年3月25日	198	335	地すべり発生（推定）

b.3 Quatre Soeurs地域における土壌雨量指数の検討

MMS のデータを用いて解析を行った結果、2005 年の雨季（1 月～3 月）では、5 回（②①～②⑤）にわたり土壌雨量指数 50 以上が記録されている。2008 年の雨季（1 月～3 月）では、5 回（②⑥～②⑩）にわたり土壌雨量指数 50 以上が記録されている。発生時期・日時について特に履歴が残っていないが、それぞれの雨季（1 月～3 月）にかけて 1 度だけ地すべりが発生したことが分かっている。土壌雨量指数が最も高い値が 2005 年と 2008 年それぞれで 3 月下旬に観測されている②⑤と②⑩であり、それ以下の土壌雨量指数を示す②①～②④および②⑥～②⑨の土壌雨量指数では地すべりは発生していないと考えられ、②⑤と②⑩で地すべりが発生したと推定するのが妥当である。ただし、2005 年 2 月 15 日の②③では累積降水量が 361mm を記録しているが、これは同年 2 月 5 日の②②の降雨イベントから断続的に少雨が降り続き、累積値がリセットされることなく、2 つの降雨イベント分が累積値として加算されたためである。

以上の検討を踏まえ、Quatre Soeurs 地域での 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かと推論される。

一方、GSMaP のデータを用いて解析を行った結果、2005 年の雨季（1 月～3 月）では、4 回（③①～③④）にわたり土壌雨量指数 50 以上が記録されている。発生時期・日時について特に履歴が残っていないが、1 度だけ地すべりが発生したことが分かっているため、土壌雨量指数が最も高い③④で地すべりが発生したと推定するのが妥当である。

2008 年の雨季（1 月～3 月）では、1 回（③⑤）のみ土壌雨量指数 50 以上が記録されている。発生時期・日時について特に履歴が残っていないが、雨季（1 月～3 月）にかけて土壌雨量指数が最も高いのが 3 月下旬に観測されている③⑤であるため、この時に地すべりが発生したと推定する。さらに、2005 年の解析結果と比較しても、全体的に雨量が少ないこともあり、他の土壌雨量指数では地すべりの発生に至らないと考えられるため、③⑤で地すべりが発生したと推定するのが妥当である。

以上の検討を踏まえ、Quatre Soeurs 地域での GSMaP のデータによる解析結果では、概ね 147 を超える場合に、地すべり発生の可能性があるかと推論される。

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

下表に本解析における Chitrakoot 地域および Quatre Soeurs 地域での、地すべり発生の可能性が高い土壌雨量指数の結果をまとめる。ここでは、安全側の配慮から、解析結果の値の下限を持って閾値とした。

表4.3.9 Chitrakoot 地域および Quatre Soeurs 地域での地すべり発生の可能性がある土壌雨量指数(出典: JICA 調査団)

地域	MMSデータ	GSMaPデータ
Chitrakoot	102	102
Quatre Soeurs	146	147

以上の検討の結果、Chitrakoot 地域では土壌雨量指数が 102、Quatre Soeurs 地域では 146 を地すべり発生における早期警戒避難値とすることを提案する。

- 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。本来であれば、災害発生時の情報として、少なくとも発生日時と被害規模に関する情報を蓄積と管理をするべきである。以下に、今後「モ」国での土壌雨量指数の利用における課題を記載する。

- 1) 「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
- 2) 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。

本プロジェクトにおいても、上記 2 点の課題に対する技術移転が実施されており、近い将来に「モ」国における早期警戒の新しい基準として土壌雨量指数の利用を望む。

4.4 安定解析

斜面安定計算は、斜面の安定解析及び対策工の設計を行なう上で基本的な手法である。この解析結果を基に、対策工の設計や施工が行なわれる。一般的に、地すべりは初生地すべりと再活動型地すべりの2通りに分けることができる。初生地すべりとは、過去に移動した履歴のない初めて活動した地すべりを指す。従い、一般的には初生地すべりはしばしば急傾斜地において発生するが、この初生地すべりの位置や形状を事前に把握することは困難である。なぜなら、地すべり地を推定するために必要な、過去の活動による変状地形が確認できないためである。従い、安定解析に必要なすべり面の位置や地下水変動を事前に取得するのは困難である。

一方で、再活動型地すべりは、初生地すべりに比べ、位置や形状を把握することは比較的容易である。この再活動型地すべりにおいては、地すべり面がすでに存在しており、過去の活動による変状地形が確認できるからである。また安定解析に必要な地すべりの変状や地すべり活動の誘因となる地下水変動などをモニタリングできる。上記の特徴から、活動前の初生地すべりと再活動型地すべりとでは、安定解析のアプローチが異なることになる。

当プロジェクトでの対象地すべりはいずれも再活動型地すべりであることから、ここでは、再活動型を想定した安定解析について述べる。

対象地すべりの安定度は、安定解析によって得られる安全率によって評価される。安全率(F_s)は、地すべりブロックの抵抗力とすべり面に沿った地すべりブロックの滑動力の比で表される。 $F_s=1.0$ とは、抵抗力と滑動力がつりあった状態を示す。 $F_s>1.0$ は、地すべりが安定した状態を意味し、対して $F_s<1.0$ は、不安定な状態もしくは滑動している状態を意味する。

$$\text{安全率}(F_s) = \frac{\text{地すべりブロックの抵抗力}}{\text{すべり面に沿った地すべりブロックの滑動力}}$$

安定解析に必要な主な定数は以下の通りである。

- γ_t : 湿潤単位体積重量
- u : 間隙水圧
- c' : 粘着力 (土質の強度定数)
- ϕ' : せん断抵抗角 (土質の強度定数)

これらの値は室内土質試験および現場調査、モニタリングの結果から得られる。

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。この安全率は、単なる計算結果からだけでなく、実際の地すべりの変状状況も反映させた解析結果を考慮して導き出される。実際には、真の安全率とは、地下水位などの地すべり誘因の状況の変動に伴って経時的に変化している。以下の図（図 4.4.1）は、そのような状況で安全率の変化を模式的に示したものである。

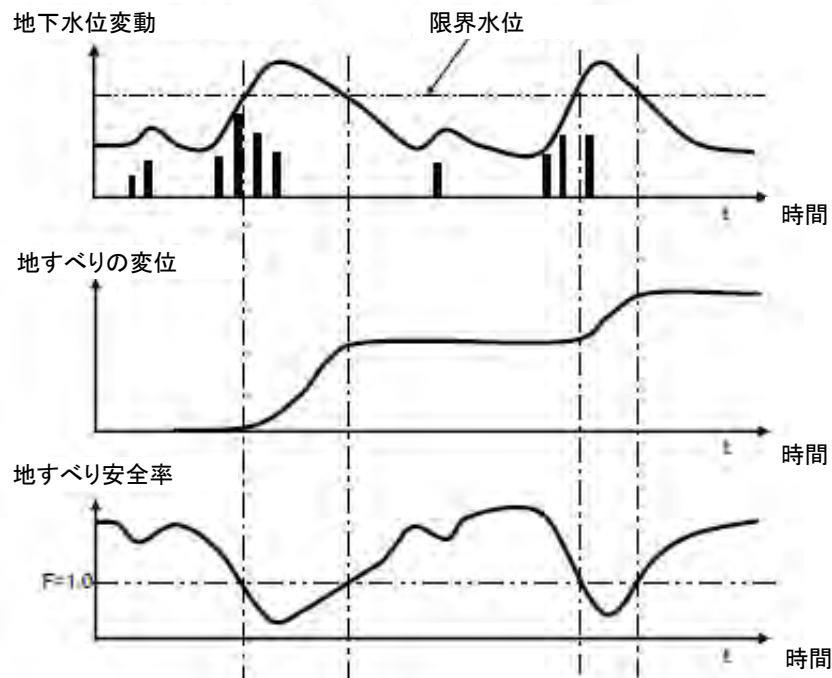


図4.4.1 地すべり活動の誘因となる地下水位の変動と安全率の変化(出典: JICA 調査団)

地すべりが活動し始める地下水位を限界水位と呼ぶ。地すべりが活動する瞬間の安全率が、我々が地すべりであると認識できるただ一つの真の安全率である。そのときの安全率は $F_s=1.0$ である。

「災害手帳」（全日本建設技術協会, 2010）では、活動中の地すべりの安全率は、活動の程度によって、表 4.4.1 に示したように提案されている。これらの安全率の値は経験的に得られたものである。これらの値は当プロジェクトでも考慮する。

表4.4.1 現在活動中の地すべり安全率の定義³

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

地すべり解析に必要な定数は以下の通り。

- ・ γ : 湿潤単位体積重量
- ・ u : 間隙水圧
- ・ c' : 粘着力（土質の強度定数）
- ・ ϕ' : せん断抵抗角（土質の強度定数）

地すべりブロックの規模及び形状は地形測量や地盤調査、モニタリング結果によって決定される。

湿潤単位体積重量は、地すべりブロックから採取された試料を用いて室内土質試験の単位体積重量試験によって得られる。間隙水圧は地下水位モニタリング期間中において、地すべりが発生した時にモニタリングされた限界水位から導き出される。粘着力とせん断抵抗角は、すべり面の試料を用いたせん断試験もしくは三軸圧縮試験により得られる。

すべり面の粘着力（ c' ）とせん断抵抗角（ ϕ' ）については、盛土斜面及び初生地すべりの場合、試験試料の採取の困難さの違いから、再活動型地すべりの場合に比べ取得が比較的容易である。盛土斜面の地すべり及び初生地すべりの場合、すべり面がまだ完全に形成されていないため、すべり面のせん断強度は地すべりブロックを形成する土質とほぼ同等であると考えられる。そのため試験試料は、その斜面を形成する代表的な地層から採取することが可能である。それに対し、再活動型地すべりの場合、過去の複数回の活動により地すべりブロックを形成する土質とすべり面を形成する土質の強度は異なっている。安定解析のための定数は、すべり面のせん断強度を適用しなくてはならない。そのため、すべり面を形成する土層から不攪乱状態で採取する必要がある。しかしながら、すべり面層は一般的に薄く存在し、分布深度を把握するのは難しいことから、ボーリング調査の中ですべり面から試料を採取することはできても、完全な不攪乱の状態で試験を行なうことは難しい。この場合、本来のせん断強度より低い値が得られることが多い。一般的にすべり面から試料を採取するときは、集水井の掘削面もしくは地表に表出するすべり面の露頭から採取することが多い。試験結果は、安定解析のせん断強度定数を決定する際に反映することになる。

例え土質試料がすべり面から採取できたとして、試験結果を適用した安定解析結果が実際の地すべり状況と整合しないケースが多い。日本においては、経験的に、せん断強度定数を逆解析法により求めることが多い（4.2.3 参照）。逆解析法により求められたせん断強度定数は、力学試験結果を反映して、最終的に決定される。

地すべり活動中の限界水位は安定解析結果や対策工決定には必須となる重要な定数である。この定数は本プロジェクトにおいて、今回設置する地下水位計計測により取得する。

4.4.3 安定解析の手法

安定解析手法には、フェレニウス法、ビショップ法、スペンサー法、ヤング法、モーガンスタン&プライス法などがある。これらの手法の選定要因及び特長について表 4.4.2 に示す。

表4.4.2 地すべり安定解析手法とその選定要因(出典: JICA 調査団)

手法名	安定解析手法の選定要因						特徴
	地下水条件		適用可能なすべり面形状		地すべり形式		
	被圧	自由	円弧	その他	岩すべり	その他	
フェレニウス法 (簡便法)	○		○			○	基本的に厳密解より小さい安全率を与えることが多い
修正フェレニウス法		○	○			○	自由地下水条件での解析が可能。ただし浸透流には対応していない
ビショップ法	○		○			○	一般的に地すべりの安定解析には簡易ビショップ法の方が適用されるが、厳密解に対する誤差が小さい。
簡便ビショップ法	○	△	○				
ヤンプ法	○	△	△	○		○	厳密解に対して誤差は小さい。一方で水没斜面や円弧すべりには向いていない。
申ーヤンプ法	○			○	○		ヤンプ法を基に、岩すべり解析用に修正されている。
スペンサー法	○		(1)	(2)	△	○	これらの手法は厳密解を与えることが出来る。しかし、定数の与え方によっては解が複数存在するため、一つの真値を求めるのは困難である。
モーガンスタン&ブライス法	○			○		○	

凡例: ○ 適用可能 △ 場合によって適用可能

フェレニウス法は日本では最も適用されている手法である。理由としては、(1)計算が簡単である、(2)解析結果が対策に対して安全側である、などが挙げられる。しかしながら、その解析結果の精度について議論がなされていることから、解析結果は複数の解析方法を用いて検証することが望ましい。

これらの手法の中で、対象地すべりの条件に照らし合わせて、適切な解析法を適用することになる。

地すべり対策工の目的は、安全率が 1.0 以下を示す不安定な状態の対象地すべりの安全率を上げることにある。対象地すべりが不安定な状態のとき、地下水位は限界水位まで上昇している、もしくは他の誘因が関係しているかもしれない。地すべり対策工は、安全率 (Fs) を計画安全率 (P.Fs) 以上にするために行なわれる。この目的を達成するため、対策工法の工種、規模、数量などを可能な限り組み合わせる実施することが望ましい。

適切な対策工の設計を行なうために、実際の地すべりの状態を反映した安全率の計算は必要である。なぜならこの解析結果の安全率は設計に直接影響するからである。

従い、地下水位の変動を反映した地すべり機構を理解することは重要である。さらに解析に適用する土質強度定数と地下水位は慎重に決定する必要がある。そうすることにより、安定解析から導き出される安全率は、逆解析において推定された対象地すべりの

実際の安全率と近い値を得ることができる。

安全率の考え方は重要であり、また実際の安全率を知ること重要である。すでに述べたように、地すべりの安全率は、地下水位の変動などのように誘因の状況の変化に併せて、常に変化している。現状の安全率は、地下水位が最も上昇した時点の安全率、もしくはモニタリング期間にもっとも地すべりが活発化した時の安全率が採用される。ここで言うモニタリング期間とは、地すべり対策工が行なわれる前の場合、モニタリングを開始した時点から現時点までである。地すべり対策工が行なわれた後の場合、対策工実施後から現時点までのことを指す。

安定解析を行なうための主要縦断面図は、すべり面を決定するための適切な調査結果を基に設定される。一般的に、地すべりのための安定解析は以下の通りに実施される。

- 一定期間に地すべりモニタリングを行なう
- 地下水位の変動を観測し、安定解析断面図に反映させる。
- 現状の安全率を推定する。
- 適切な安定解析法を選択する。
- すべり面の土質強度を設定する。
- 斜面安定のための対策工の効果を検討する。

当プロジェクトにおいて、地盤調査及びモニタリング結果から適切なデータを取得した後、上記の手順に従い、安定解析を実施した。

4.4.4 安定解析の実施

地すべり安定解析は、優先的に対応する3か所の地すべり危険地域（Chitrakoot地域、Quatre Soeurs 地域、Vallee Pitot地域）で実施した。地すべり安定解析は以下の通りに実施される。

安定解析断面図の作成

地すべり調査およびモニタリングの結果に基づき、安定解析断面図が作成される。安定解析断面図には、解析に必要な次の事項を記入した。

- 地表面
- すべり面
- モニタリング期間中の最高地下水位
- スライス分割

現状の安全率の推定

活動中の地すべりの安全率は、活動の程度によって、下表に示す通り提案されている。本プロジェクトでは、下表に基づいて現状の完全率(Fs_0)を推定する。

表4.4.3 現在活動中の地すべり安全率の定義⁴

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

安定解析法の選定

本プロジェクトでは、修正フェレニウス法を採用する。これは、解析対象の地すべりが比較的単純な崩積土すべりで同法の採用が適当であること、またC/Pへの技術移転が容易なためである。

【修正フェレニウス法】

修正フェレニウス法は、すべり面に作用する土の重量（活動力）とせん断抵抗力とのバランスに基づいている。加えて、土の有効重量 $W'=W-Ud$ を使用することで、すべり面に作用する間隙水圧を正しく評価することができる。安定解析のために準備された地すべり縦断面図を用いて、地すべりを複数のスライスに分割して、スライスごとの活動力とせん断抵抗力の合計を求め、安全率はそれらの比として得られる

$$Fs = \frac{S}{T} = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - U \cdot d) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (\text{式 4-1})$$

- | | |
|---|-----------------------|
| Fs : 安全率 | γ_t : 土の単位体積重量 |
| S : せん断抵抗力 | γ_w : 水の単位体積重量 |
| T : せん断力（活動力） | d : スライスの水平幅 |
| c : 粘着力 | h : スライスの高さ |
| ϕ : 内部摩擦角 | h_w : スライスの高さ |
| l : スライスの底面長 | α : スライス底面の角度 |
| W : スライスの重量, $W = \gamma_t \cdot h \cdot d$ | |
| U : スライス底面に作用する間隙水圧, $U = \gamma_w \cdot h_w \cdot d$ | |

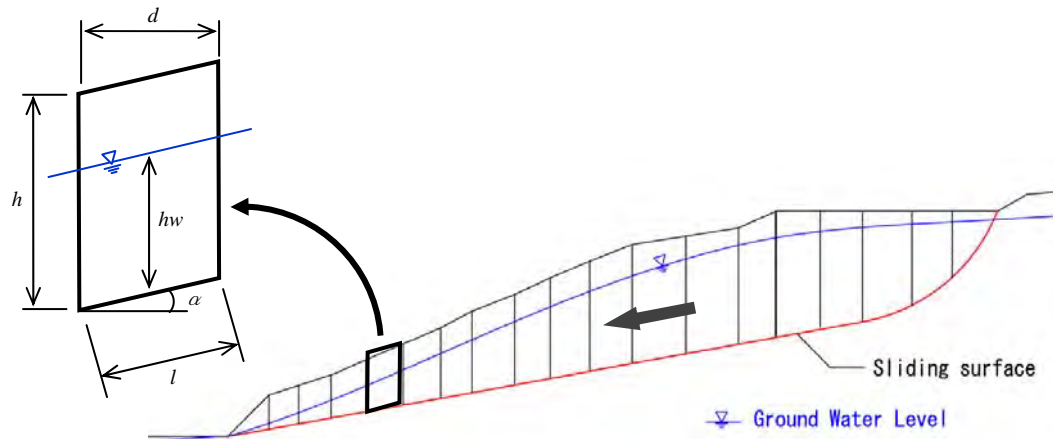


図4.4.2 修正フェレニウス法の概念図(出典: JICA 調査団)

安定解析

安定解析に使用される土質定数は、室内土質試験の結果に基づいて設定される。ただし本プロジェクトでは、露頭やボーリングによって不攪乱試料を採取できなかったため、室内土質試験でせん断強度を得ることができなかった。そこで、安定解析の逆解析法を実施してせん断強度を推定し、土の物理試験結果を参照してその妥当性を確認した。

以下、各地すべり危険地域ごとに、安定解析の結果を示す。

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。

なお、大規模ブロックと他の小さな地すべりブロックについては、2013年の雨期のモニタリングで地すべりによる変位が認められず、また、家屋への被害や新しい地表面クラックなど地すべり活動に起因する現象が観察されていない。したがって、大規模ブロックと他の小さな地すべりブロックは現在活動していないと判断し、安定解析は実施しない。

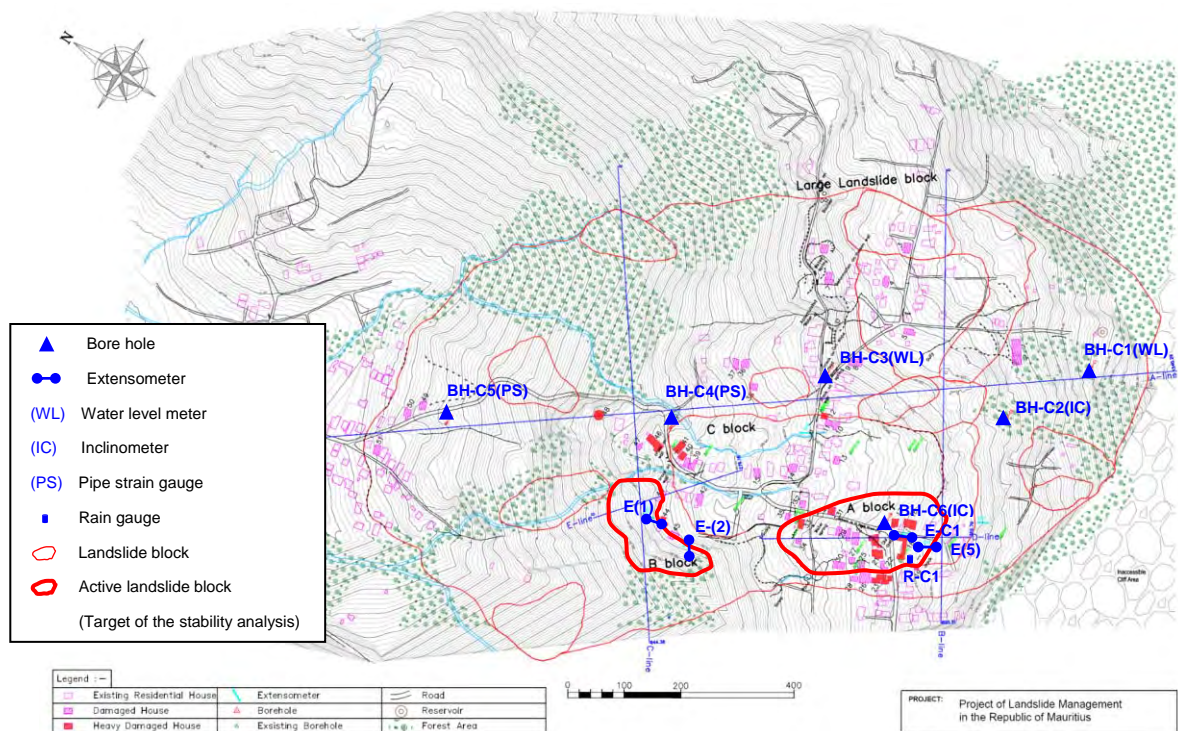


図4.4.3 Chitrakoot 地域の地すべりブロック図(出典: JICA 調査団)

a.1 安定解析断面図

地すべり調査およびモニタリングの結果に基づき、AブロックとBブロックの安定解析断面図を作成した。

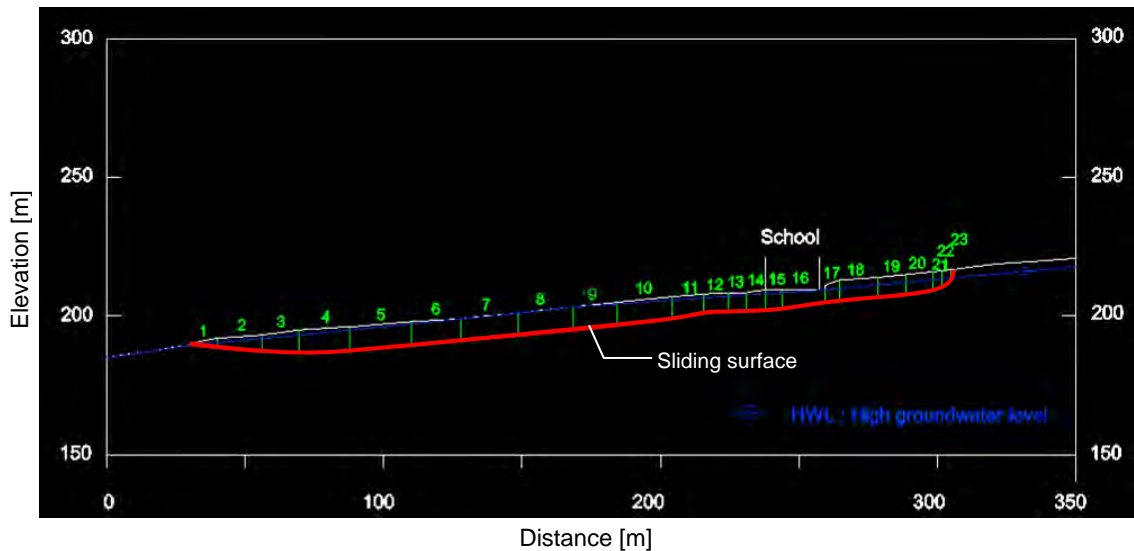


図4.4.4 Chitrakoot 地域・Aブロックの安定解析断面図(出典: JICA 調査団)

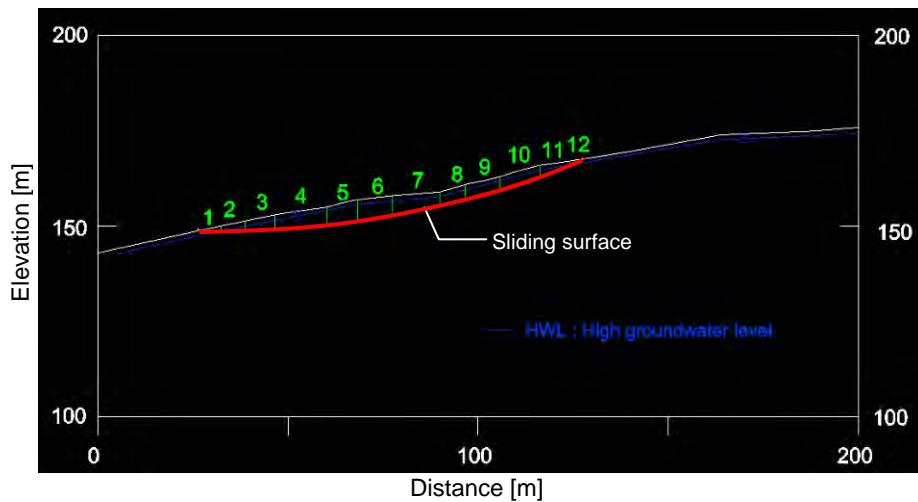


図4.4.5 Chitrakoot 地域・Bブロックの安定解析断面図(出典: JICA 調査団)

a.2 現状の安全率の推定

地すべりモニタリングの結果から、Chitrakoot地域の地すべりブロックAおよびBは、降雨時にのみ活動し、降雨のない時期には活動を休止する。したがって、地すべりブロックAおよびBの現状安全率 F_{s0} は、0.98と推定される。

なお、大規模ブロックと他の小さな地すべりブロックは現在活動していないので、現状安全率 F_{s0} は1.00以上と推定される。

表4.4.4 Chitrakoot 地域の地すべりブロック A および B の現状安全率(出典: JICA 調査団)

地すべりブロック	現状安全率 F_{s0}	地すべりの状況
A ブロック	0.98	降雨などに対応して継続して活動している (出典: 全日本建設技術協会, 2010)
B ブロック	0.98	
大規模ブロックと他の小さな地すべりブロック	>1.00	現在は活動していない

a.3 安定解析

本プロジェクトおよび既存のプロジェクトで実施された室内土質試験結果を下表に示す。また、近傍のLa Butte地すべりで実施された既存の室内土質試験結果も掲載した。これらの表には、解析対象のすべり面を形成する崩積土の試験結果のみを記載してある。

表4.4.5 室内土質試験の結果, Chitrakoot 地域 (出典: JICA 調査団)

	孔 No.	深 度 [m]	塑性指数 PI [%]	湿潤密度 ρ_t [kN/m ³]	一面せん断試験	
					粘着力 C [kN/m ²]	内部摩擦力 ϕ [deg]
本プロジェクト	BH-C2	4.80 ~ 5.25	35.1	17.7	-	-
	BH-C4	6.35 ~ 6.80	44.5	-	-	-
	BH-C5	4.25 ~ 4.70	68.8	-	-	-
既存の別のプロジェクト	BPP5	2.00 ~ 2.50	-	17.8	-	-
	BPP8	4.50 ~ 5.00	-	17.2	28.5	29.0
	BPP13	1.53 ~ 2.20	-	18.9	-	-
	BPP13	3.30 ~ 3.66	-	18.8	-	-
	BPI4	5.40 ~ 6.00	-	17.1	11.0	22.0
平均			49.5	17.9	19.8	25.5

(既存の試験結果の出典: Geological investigation at Chitrakoot, 環境省・NDU, 2007)

表4.4.6 既存の室内土質試験の結果, La Butte 地すべり⁵

孔 No.	深 度 [m]	塑性指数 PI [%]	湿潤密度 ρ_t [kN/m ³]	三軸圧縮試験	
				粘着力 C [kN/m ²]	内部摩擦力 ϕ [deg]
S/R-1	~	76.6	18.3	17.7	9.2
	~	-	18.3	-	-
	~	-	17.8	-	-
	~	-	19.1	-	-
S/R-2	~	43.1	19.4	20.6	5.5
	~	-	18.6	-	-
	~	-	18.2	-	-
	~	-	19.2	-	-
D/W-1	~	40.5	16.8	29.4	10.0
	~	-	17.9	-	-
	~	-	16.4	-	-
	~	-	18.6	-	-
D/W-2	~	46.7	17.2	9.8	28.0
	~	-	18.2	-	-
	~	-	17.4	-	-
平均		51.7	18.1	19.4	13.2
実際の設計に用いられた定数			18.0	10.0	9.0~9.7

単位体積重量 γ_t

土の単位体積重量 γ_t は、室内土質試験において湿潤密度 ρ_t として得られる。本プロジェクトおよび既存の別プロジェクトの試験結果によると、当該地の崩積土の湿潤密度は 17.1～18.8 [kN/m³] である。そこで、安定解析では、単位体積重量 (γ_t) を 18.0 [kN/m³] とする。なお、この単位体積重量は、La Butte 地すべりの対策工設計に使用された値と同じである。

安定解析の逆解析とせん断強度（粘着力 C 、内部摩擦角 ϕ ）

本プロジェクトでは、露頭やボーリングによって不攪乱試料を採取できず、室内土質試験でせん断強度を得ることができなかった。そこで、既存の別プロジェクトおよび近傍の La Butte 地すべりの室内土質試験結果を参照すると、せん断強度定数は次のとおりである。

粘着力 C : 9.8 – 29.4 [kN/m²] , 内部摩擦角 ϕ : 5.5 – 29.0 [deg]

例えば、これらのせん断強度定数の最低値 ($C=9.8$ [kN/m²], $\phi=5.5$ [deg]) を用いて安定解析を実施すると、地すべりの安全率は、Aブロックで 1.40 となり、Bブロックで 1.31 となる。しかし、AブロックとBブロックの現況安全率は 0.98 と推定されるので、上記の室内土質試験で得られたせん断強度定数は実際より大きいと判断される。これらの地すべりブロックは、少なくとも 2005 年以前から活動していることを考えると、長年の地すべり活動によって、すべり面のせん断強度は室内土質試験で得た強度より低下しているものと思われる。そこで、安定解析の逆解析法を実施してせん断強度を推定し、土の物理試験結果を参照してその妥当性を確認した。

すべり面のせん断強度を推定する方法としては、すべり層厚から粘着力 C を概算する方法を用いることが多い(出典: 地すべり・斜面崩壊の予知と対策: Watari, Kobashi, 1987)。平均的なすべり層厚と粘着力は概ね等しいことが経験的にわかっている。例えば、すべり層が 5m の場合には粘着力 C は 3～6 [kN/m²] 程度、10m の場合は 8～12 [kN/m²] 程度というように、厚さが大きくなるに従って粘着力 C も大きくなる。これは、上載永久荷重によって土の粘着力が強くなることを意味している。

Aブロックのすべり層厚は 6～8m、Bブロックのすべり層は 3～5m であることから、ここでは粘着力 C を 5.0 [kN/m²] として安定解析の逆解析を実施した。解析の結果を以下に示す。

表4.4.7 Chirtakoot 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_{S_0}	単位重量 γ_t [kN/m ³]	粘着力 C [kN/m ²]	内部摩擦角 ϕ [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

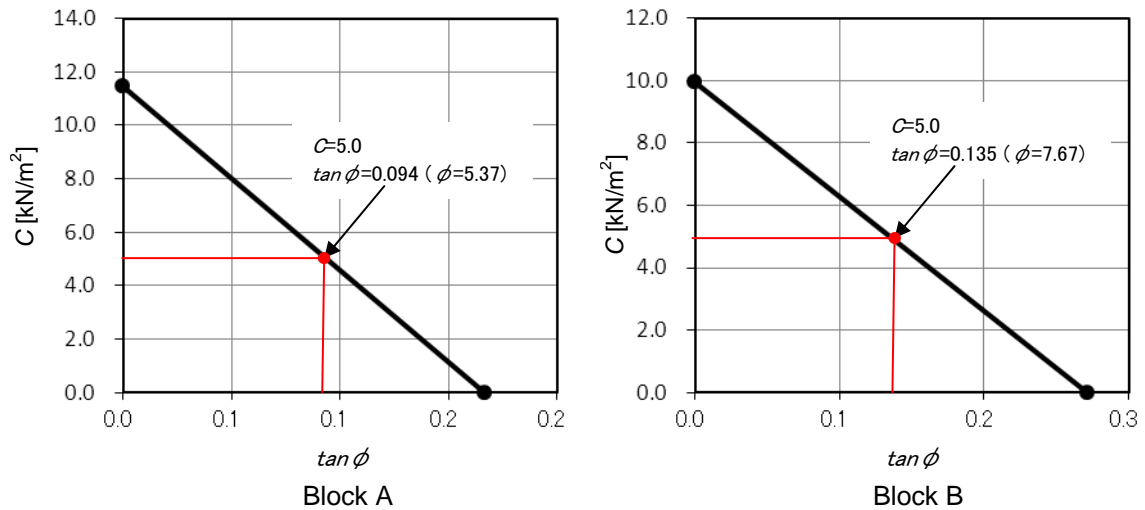


図4.4.6 Chitrakoot 地域の安定解析・C- ϕ 図(出典: JICA 調査団)

下図は、様々なすべり面粘土の塑性指数 PI と内部摩擦角の関係を示したものである。室内土質試験で得られた Chitrakoot 地域の塑性指数 IP は 35.1~76.6 [%] であり、下図から内部摩擦角 ϕ の分布範囲は 4~22 [deg] であることが分る。一方、安定解析で得られた内部摩擦角 ϕ は、5.37 [deg] および 7.67 [deg] で、これらは下図の内部摩擦角 ϕ の分布範囲にある。このことから、今回の安定解析で得られた土質強度の信頼性は概ね確保されていると推察される。

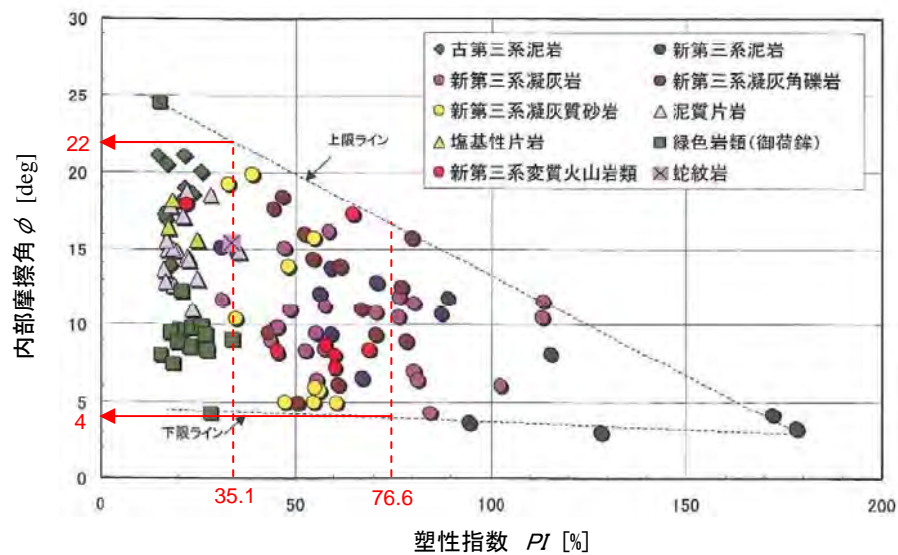


図4.4.7 原位置で採取したすべり面粘土の塑性指数と内部摩擦角の関係⁶

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。

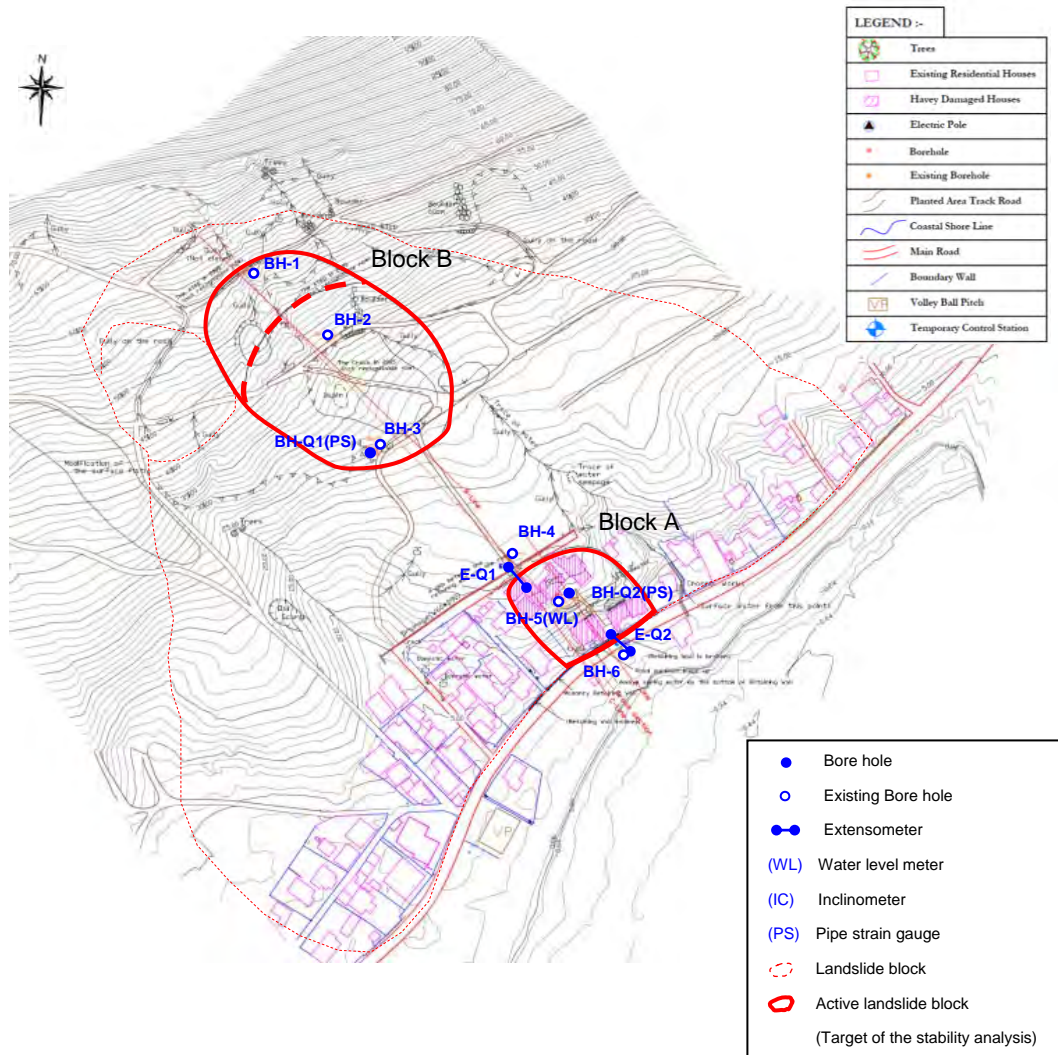


図4.4.8 Quatre Soeurs 地域の地すべりブロック図(出典: JICA 調査団)

b.1 安定解析断面図

地すべり調査およびモニタリングの結果に基づき、AブロックとBブロックの安定解析断面図を作成した。

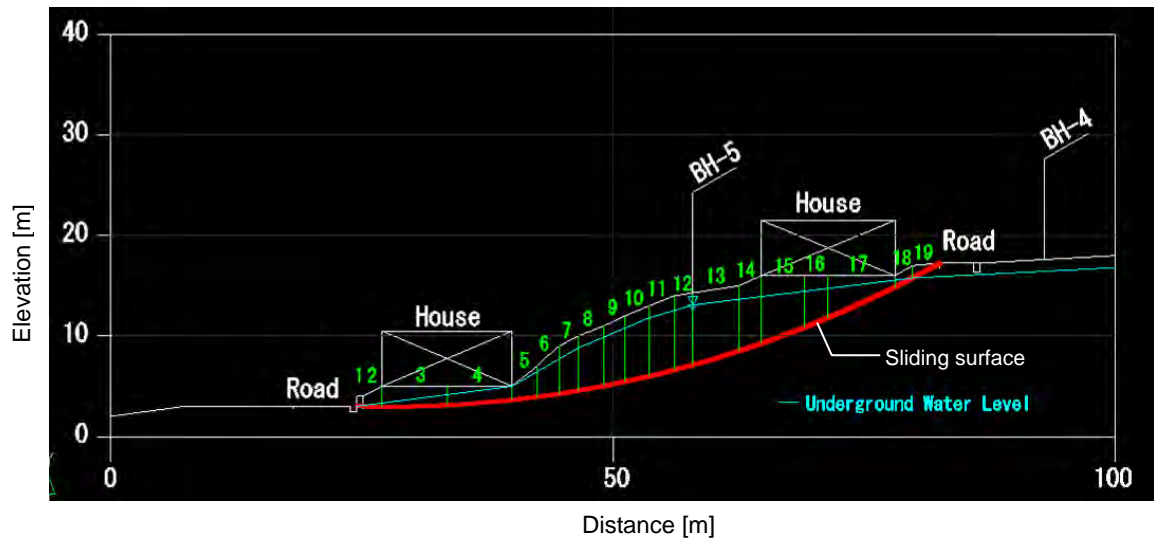


図4.4.9 Quatre Soeurs 地域・A ブロックの安定解析断面図（出典：JICA 調査団）

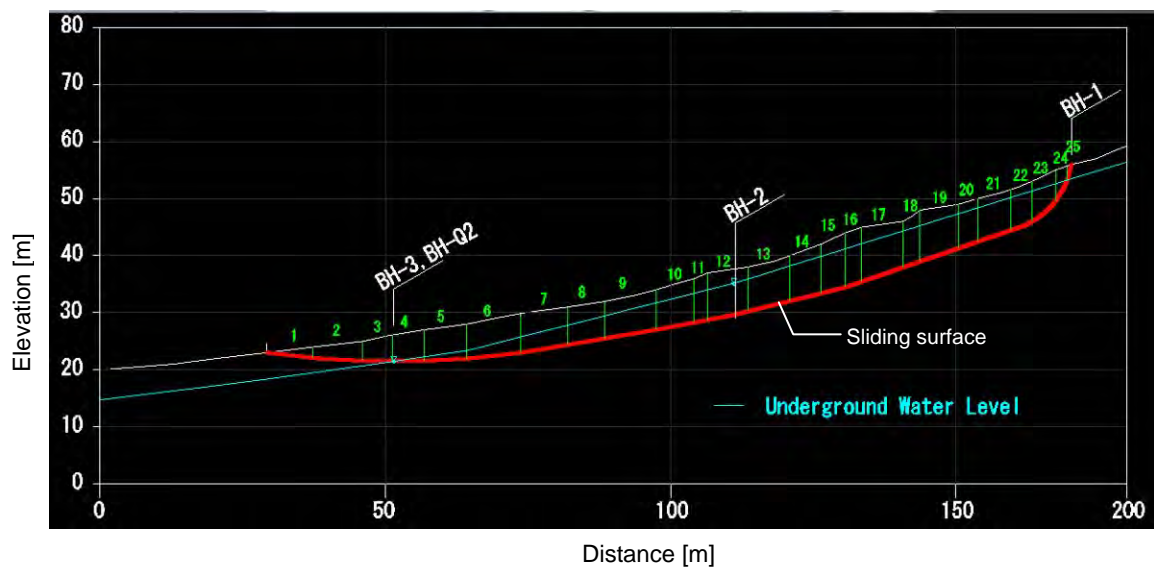


図4.4.10 Quatre Soeurs 地域・B ブロックの安定解析断面図（出典：JICA 調査団）

b.2 現状の安全率の推定

2013年の雨期（1月～3月）に本プロジェクトで実施された地すべり観測において、Quatre Soeurs地域の地すべりブロックAおよびBの地すべりの活動は認められなかった。したがって、地すべりブロックAおよびBの現状安全率 F_{s0} は1.00とするのが妥当である。

表4.4.8 Quatre Soeurs 地域の地すべりブロックA・B の現状安全率（出典：JICA 調査団）

地すべりブロック	現状安全率 F_{s0}	地すべりの状況
A ブロック	1.00	沈静した場合 (出典：全日本建設技術協会,2010)
B ブロック	1.00	

b.3 安定解析

本プロジェクトおよび既存のプロジェクトで実施された室内土質試験結果を下表に示す。この表には、すべり土塊を形成する崩積土の試験結果のみを記載してある。

表4.4.9 室内土質試験の結果, Quatre Soeurs 地域（出典：JICA 調査団）

	ボーリング No.	深度 [m]	塑性指数 PI [%]	湿潤密度 ρ_t [kN/m ³]	三軸圧縮試験	
					粘着力 C [kN/m ²]	内部摩擦角 ϕ [deg]
本プロジェクト	BH-Q1	1.00 ~ 1.45	53.8	-	-	-
	BH-Q2	9.00 ~ 9.40	51.5	15.5	-	-
他の既存プロジェクト	BH5	3.00 ~ 3.50		16.2	0.4	1.4
	BH5	5.00 ~ 5.50		16.2		
	BH5	5.50 ~ 6.00				
	BH6	2.50 ~ 3.00	18.0			
	BH6	4.50 ~ 5.00	21.0	16.9		
Average			36.1	16.2	0.4	1.4

（既存の試験結果の出典：Geological Report for Suspected Landslide at Quatre Soeurs, Ministry of Public Infrastructure Land Transport and Shipping, 2011）

単位体積重量 γ_t

土の単位体積重量 γ_t は、室内土質試験において湿潤密度 ρ_t として得られる。本プロジェクトおよび既存の別プロジェクトの試験結果によると、当該地の崩積土の湿潤密度は 15.5~16.9 [kN/m³] である。そこで、安定解析では、単位体積重量 (γ_t) を 16.0 [kN/m³] とする。

安定解析の逆解析とせん断強度（粘着力 C 、内部摩擦角 ϕ ）

本プロジェクトでは、露頭やボーリングによって不攪乱試料を採取できず、室内土質試験でせん断強度を得ることができなかった。一方、既存の別プロジェクトの室内土質試験結果をみるとせん断強度定数は次のとおりである。

粘着力 C : 0.4 [kN/m²] , 内部摩擦角 ϕ : 1.4 [deg]

これらのせん断強度定数を用いて安定解析を実施すると、安全率はAブロックで0.07、Bブロックで0.09となる。しかし、AブロックとBブロックの現況安全率は1.00と推定されるので、室内土質試験で得られたせん断強度定数は実際よりかなり小さいと判断される。これは、試料採取時に試料を攪乱してしまったためと推察される。したがって、室内土質試験で得たせん断強度定数を安定解析に用いることはできない。そこで本プロジェクトでは、安定解析の逆解析法を実施してせん断強度を推定し、土の物理試験結果を参照して妥当性を照会する。

すべり面のせん断強度を推定する方法としては、すべり層厚から粘着力 C を概算する方法を用いることが多い（出典：地すべり・斜面崩壊の予知と対策: Watari, Kobashi, 1987）。平均的なすべり層厚と粘着力は概ね等しいことが経験的に判明しており、例えば、すべり層が5mの場合には粘着力 C は3~6 [kN/m²] 程度、10mの場合は8~12 [kN/m²] 程度というようである。

Aブロックのすべり層厚は4~7.5m、Bブロックのすべり層は5~9.5mであることから、ここでは粘着力Cを8.0[kN/m²]として安定解析の逆解析を実施した。解析の結果を以下に示す。

表4.4.10 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 γt [kN/m ³]	粘着力C [kN/m ²]	内部摩擦角 ϕ [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

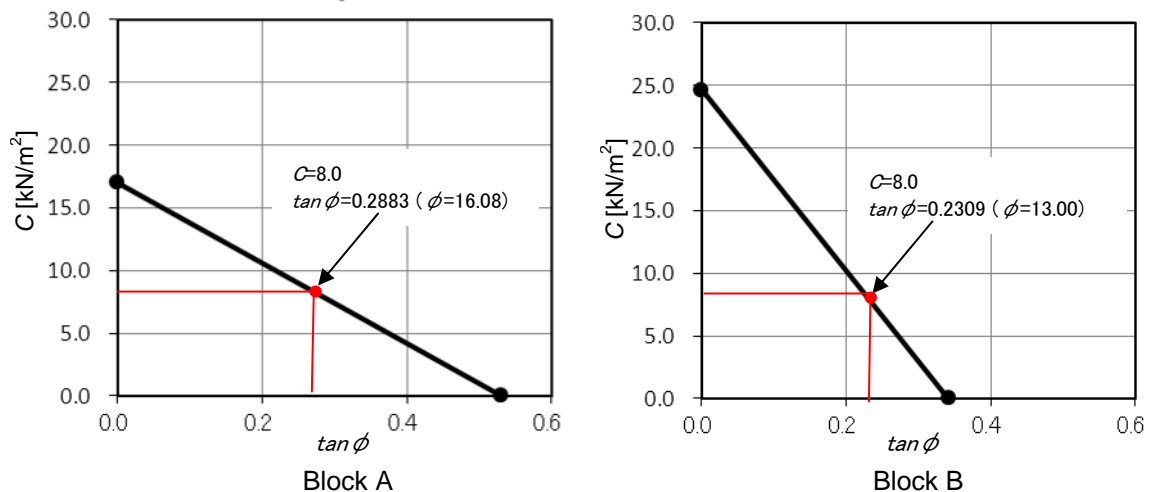


図4.4.11 Quatre Soeurs 地域の安定解析・C- ϕ 図(出典: JICA 調査団)

下図は、様々なすべり面粘土の塑性指数PIと内部摩擦角の関係を示したものである。室内土質試験で得られたQuatre Soeurs地域の塑性指数IPは18.0~53.8 [%]であり、下図から内部摩擦角 ϕ の分布範囲は4.5~24.5[deg]であることが分る。一方、安定解析で得られた内部摩擦角 ϕ は、16.08 [deg]および13.00 [deg]で、これらは下図の内部摩擦角 ϕ の分布範囲にある。このことから、今回の安定解析で得られた土質強度の信頼性は概ね確保されていると推察される。

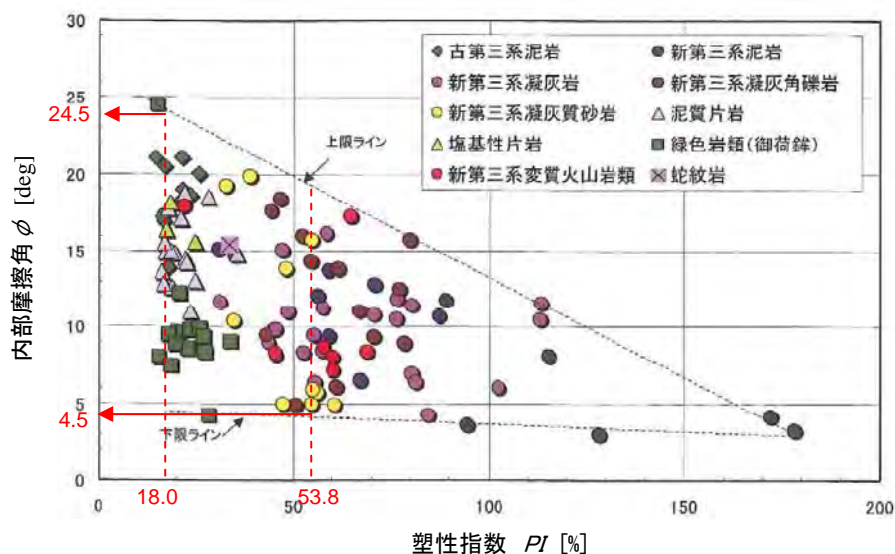


図4.4.12 原位置で採取したすべり面粘土の塑性指数と内部摩擦角の関係⁷

c. Vallee Pitot 地域

Vallee Pitot 地域では、2012 年の雨季に激しく活動した 2 つの地すべりブロック（A-2 ブロックと E ブロック）について、以下の通り安定解析を実施した。

なお、Vallee Pitot 地域では、2013 年 10 月以降に、MPI による詳細な地質調査およびモニタリングが実施される予定である。詳細な地質調査の結果によっては、当該地区の安定解析は、再検討する必要があるかもしれない。

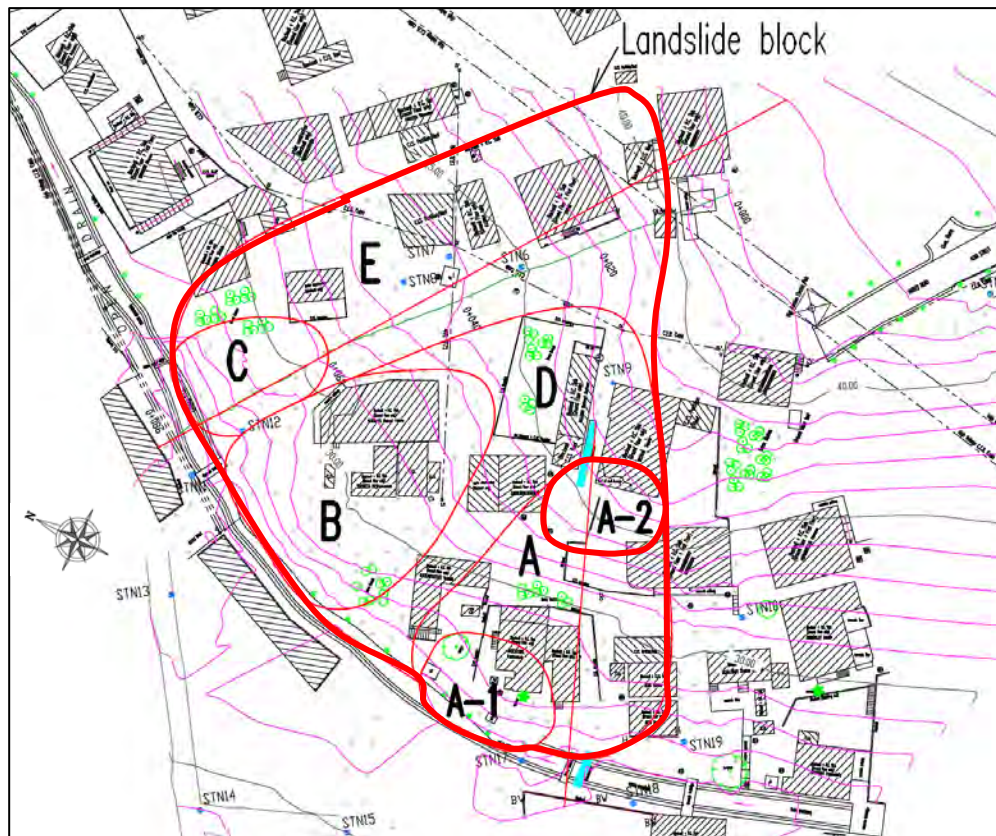


図4.4.13 Vallee Pitot 地域の地すべりブロック図(出典:JICA 調査団)

c.1 安定解析断面図

地すべり調査およびモニタリングの結果に基づき、A-2ブロックとEブロックの安定解析断面図を作成した。

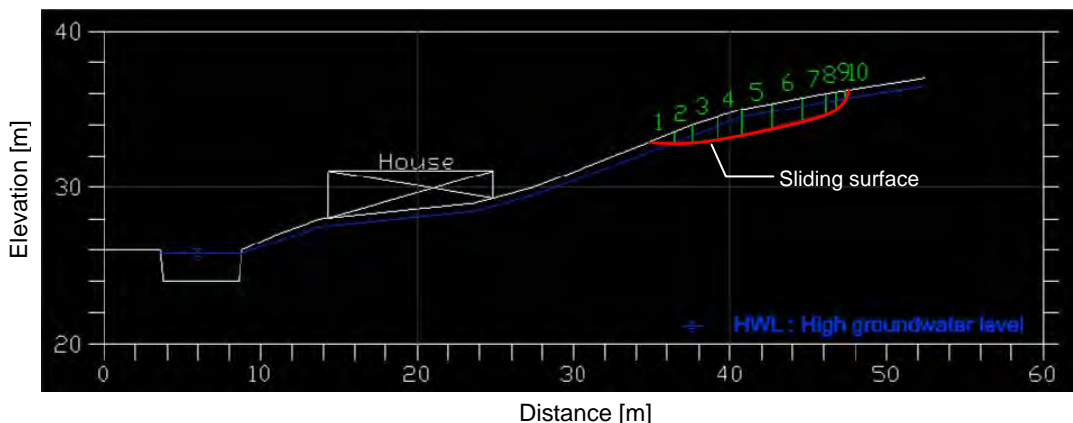


図4.4.14 Vallee Pitot 地域・A-2 ブロックの安定解析断面図(出典: JICA 調査団)

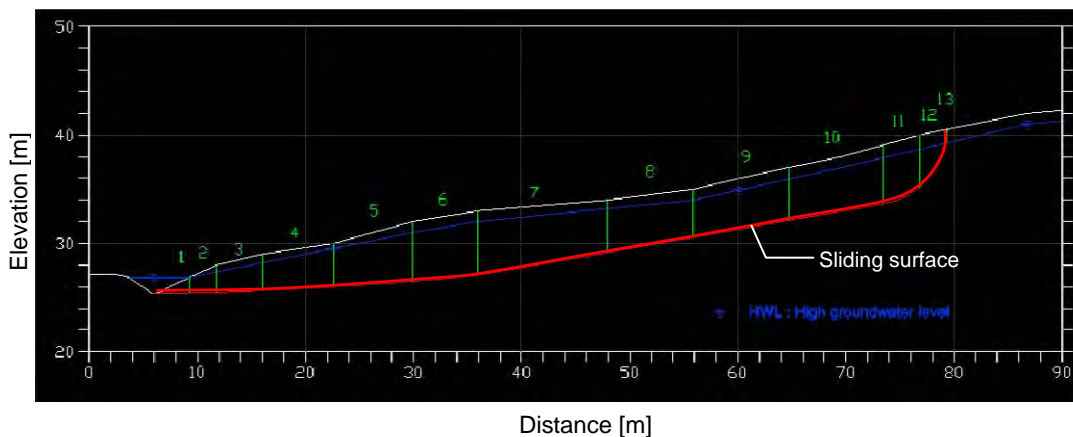


図4.4.15 Vallee Pitot 地域・E ブロックの安定解析断面図(出典: JICA 調査団)

c.2 現状の安全率の推定

地すべり調査およびモニタリングの結果から、Vallee Pitot地域の地すべりブロックA-2およびEは、降雨時のみ活動し、降雨のない時期には活動を休止する。したがって、地すべりブロックA-2およびEの現状安全率 F_{S_0} は、0.98と推定される。

表4.4.11 Vallee Pitot 地域の地すべりブロック A および B の現況安全率(出典: JICA 調査団)

地すべりブロック	現況安全率 F_{S_0}	地すべりの状況
A-2 ブロック	0.98	降雨などに対応して継続して活動している (出典: 全日本建設技術協会, 2010)
E ブロック	0.98	

c.3 安定解析

単位体積重量 γ_t

本プロジェクトでは、Vallee Pitot地域において室内土質試験を実施していない。そこで、近傍のChitrakoot地域を参考に、単位体積重量(γ_t)を $18.0 \text{ [kN/m}^3\text{]}$ とする。なお、Vallee

Pitot地域では、2013年10月以降に、MPIによる詳細な地質調査およびモニタリングが実施される予定である。

安定解析の逆解析とせん断強度（粘着力C、内部摩擦角 ϕ ）

本プロジェクトでは、Vallee Pitot地域において室内土質試験を実施していない。そこで、安定解析の逆解析法を実施してせん断強度を推定した。

すべり面のせん断強度を推定する方法としては、すべり層厚から粘着力Cを概算する方法を用いることが多い(出典:地すべり・斜面崩壊の予知と対策: Watari, Kobashi, 1987)。

A-2ブロックのすべり層厚は1.5m程度であることから、A-2ブロックの粘着力Cは1.5[kN/m²]とした。また、Bブロックのすべり層は5m程度なので、粘着力Cを5.0[kN/m²]として安定解析の逆解析を実施した。解析の結果を以下に示す。

表4.4.12 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 γt [kN/m ³]	粘着力C [kN/m ²]	内部摩擦角 ϕ [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

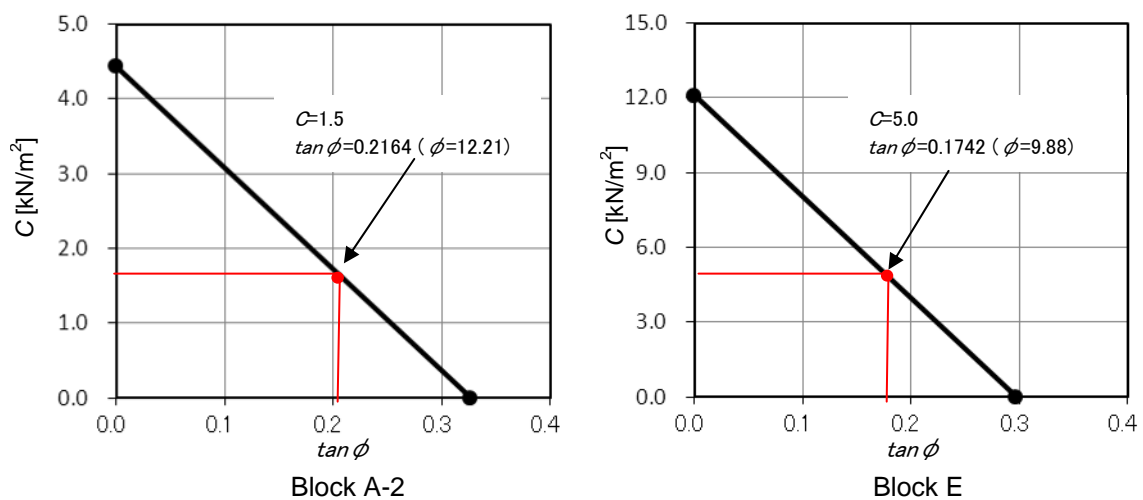


図4.4.16 Vallee Pitot 地域の安定解析・C- ϕ 図(出典:JICA 調査団)

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。

試験に供する土試料としては原位置のすべり面粘土を採取するべきであるが、本プロジェクトではすべり面を貫いて地下を掘削するタイプの対策工法を実施しないため、すべり面の試料採取は不可能である。そこで、すべり面粘土と比較的似た土試料を地表付近で採取して試験に供した。3か所の地すべり（Chitrakoot、Quatre Soeurs、Vallee Pitot）で採取した土試料のリングせん断試験結果を下表に示す。また、表には、地すべり安定解析で使用した土の強度と、塑性指数PIから推定される土の内部摩擦角も併記した。

表4.4.13 リングせん断試験結果、粘着力 C と内部摩擦角 ϕ (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 ²]	内部摩擦角 ϕ [deg]
Chitrakoot Block A	リングせん断試験結果	8.7	11.8
	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	リングせん断試験結果	5.7	12.2
	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	リングせん断試験結果	1.5	12.21
	安定解析に使用した値	5	9.88

【Chitrakoot・Aブロック】

安定解析で得られた $C \cdot \phi$ 図にリングせん断試験の結果を描くと下図の通りである。

リングせん断試験で得られた内部摩擦角 ϕ は塑性指数PIからの推定値の範囲内にあるものの、 $C \cdot \phi$ 図に示す通り安定解析の $C \cdot \phi$ に比べるとかなり大きな値である。試しにリングせん断試験の $C \cdot \phi$ を用いて安定解析を行うと安全率は1.97となり、現況安全率0.98と大きく乖離してしまう。したがって、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。

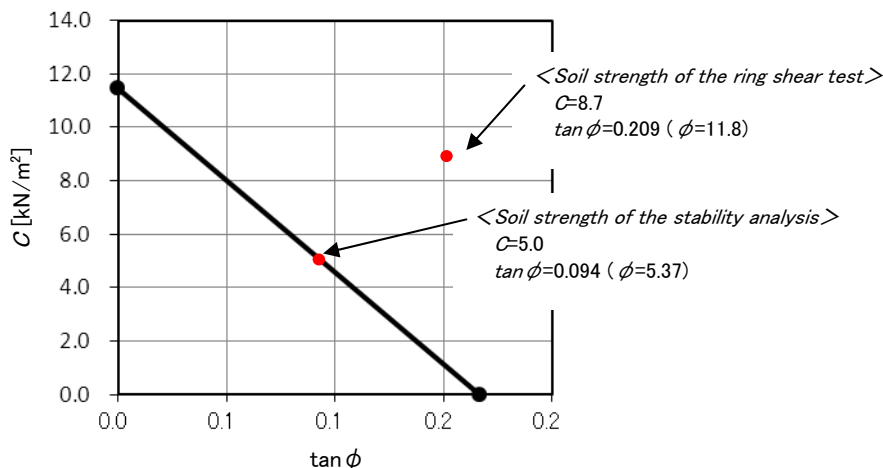


図4.4.17 Chitrakoot・A ブロックの $C \cdot \phi$ 図とリングせん断試験結果 (出典: JICA 調査団)

【Quatre Soeurs・Aブロック】

安定解析の際に得られたC-φ図にリングせん断試験の結果を描くと下図の通りである。リングせん断試験の結果は、安定解析のC・φ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。

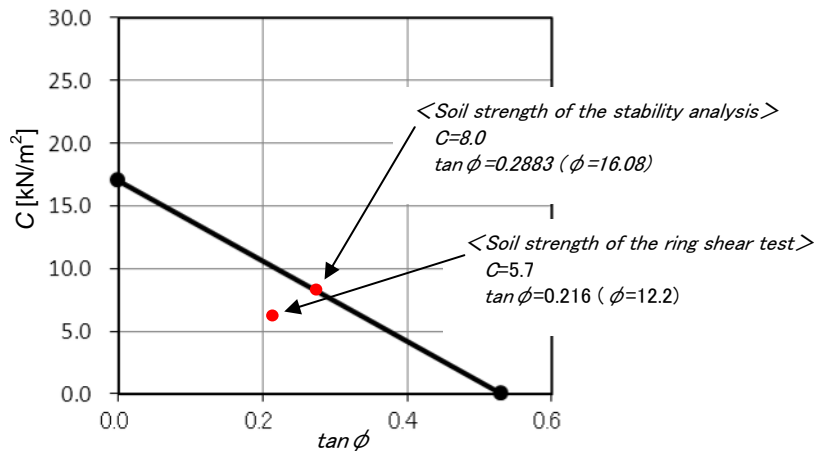


図4.4.18 Quatre Soeurs・A ブロックの C-φ 図とリングせん断試験結果（出典：JICA 調査団）

【Vallee Pitot・A-2ブロック】

安定解析の際に得られたC-φ図にリングせん断試験の結果を描くと下図の通りである。安定解析のC・φに比べ、リングせん断試験結果はCが大きくφは小さいが、ほぼC-φ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-φ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。

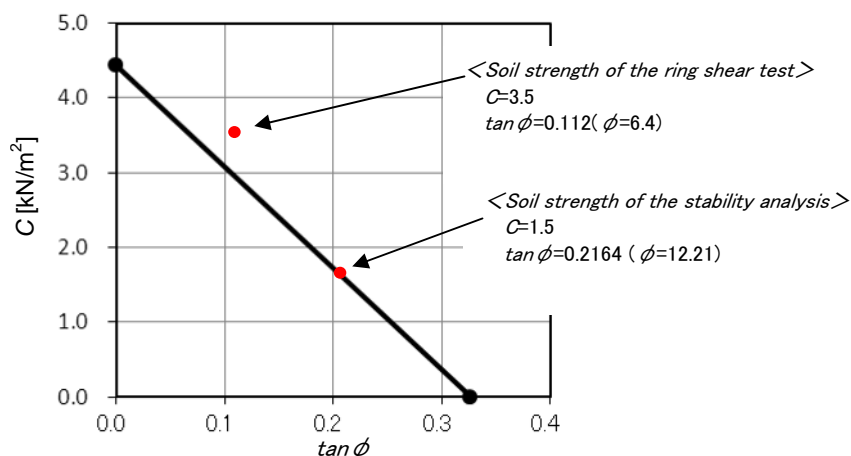


図4.4.19 Vallee Pitot・A-2 ブロックの C-φ 図とリングせん断試験結果（出典：JICA 調査団）

【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ので、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近い値を示したと考えられる。

4.5 危険度判定

地すべり危険度は、現地調査やモニタリング、安定解析の結果など、下表に示す評価項目について、JICA 調査団と C/P (MPI) が協議のうえ判定した。

表4.5.1 危険度判定の評価項目(出典:JICA 調査団)

評価項目	評価内容
地すべり移動量	伸縮計による地表面変位および孔内傾斜計・パイプ歪計によるすべり面変位など複数の計測機器の変位状況と、雨量や地下水位との関連性について評価する。
地下水位	雨量に連動した地下水位の変化状況、地下水位と地すべり移動量との関連について評価する。
降雨量	連続雨量や降雨強度等の降雨状況を検討し、地すべり移動量・地下水位との関連を評価する。
地表面・建物等の変状	地表面や地すべり内の建物等構造物の、新規の変状発生や変状の進行等の有無・程度を評価する。
安定解析結果	安定解析で得られる安全率 F_s について評価する (F_s が 1.00 以下になると崩壊の可能性が高いと判断され、日本では一般的に対策工は、 F_s が 1.05~1.20 程度以上になるように設計する)。本プロジェクトでは、地すべり移動量や地表面・建物等の変状に基づいて、現状の安全率を設定した。

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4.5.2 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"> ➢ 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 ➢ 自噴するボーリング孔もあった ➢ 降雨後に湧水が確認された ➢ 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 2013年1月から3月の雨季に、湧水が確認された ➢ 地下水が地表面近くまで上昇していると推察される ➢ 降雨に連動して、伸縮計で地すべりの移動が確認された。
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;">危険度が高い</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ モニタリングを継続する ➢ 早急な対策工の実施が必要 	<p style="text-align: center;">危険度が高い</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ モニタリングを継続する ➢ 早急な対策工の実施が必要

A ブロック、B ブロック共に、降雨に連動した地すべりの移動があり、家屋・道路の変状が認められた。安全率は 0.98 であり、これらの地すべりは、活動的と判断される。また、C/P (MPI) からの地すべり対策実施の要求も強い。以上のことから、Chitrakoot 地域の A ブロックおよび B ブロックの危険度は「高い」と評価される。

今後は、モニタリングを継続すると共に、早急に対策工の実施する必要がある。

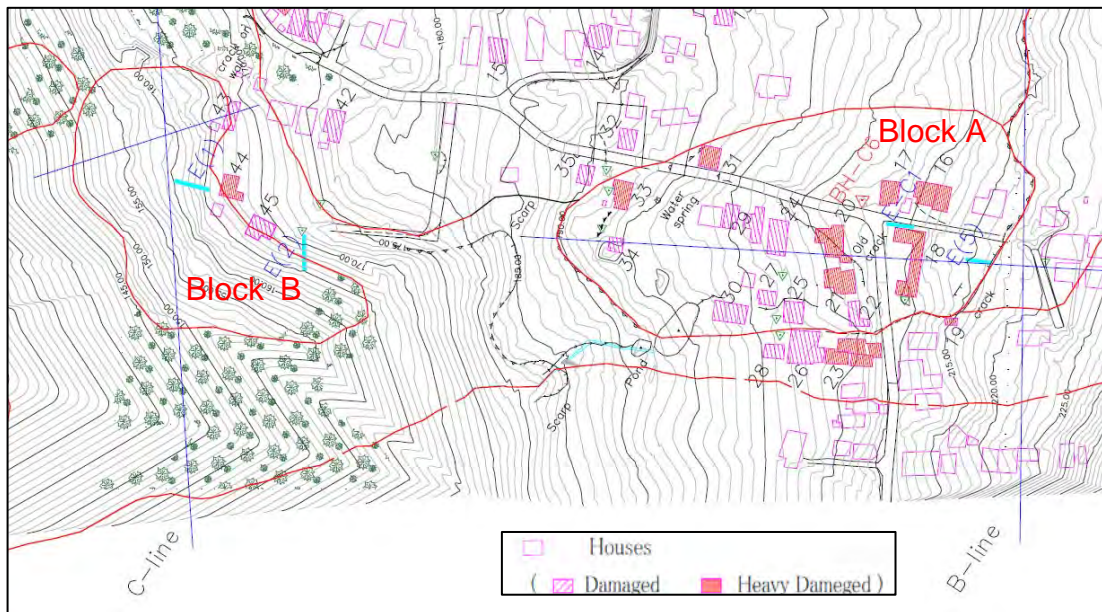


図4.5.1 Chitrakoot 地域の家屋被害調査結果(出典:JICA 調査団)

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4.5.3 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"> 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 降雨後に地すべり末端部で湧水が確認された 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 降雨後に地すべり末端部で湧水が確認された 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
地表面・建物等の変状	<ul style="list-style-type: none"> 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 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 	<ul style="list-style-type: none"> ブロック内は農地で、家屋の被害は無い 2006年以降、顕著な変状は認められない
安定解析結果	$F_{S0}=1.00$	$F_{S0}=1.00$
危険度の判定結果	<p style="text-align: center;">危険度は中位</p> <ul style="list-style-type: none"> モニタリングを継続する 対策工の検討が必要 	<p style="text-align: center;">危険度は中位</p> <ul style="list-style-type: none"> モニタリングを継続する 対策工の検討が必要。

2013年の地すべりモニタリングの結果、降雨に連動した地下水位の上昇は観測されたが、Aブロック・Bブロック共に、地すべりの移動は認められなかった。安全率は1.00

であり、モニタリング期間中は、地すべりが休止状態であったと判断される。以上のことから、Quatre Soeurs 地域の A ブロックおよび B ブロックの危険度は「中位」と評価される。

ただし、2005 年の地すべり活動時には、多数の家屋に被害が発生したことから、今後も豪雨時に地すべり活動が活発化する可能性はある。今後ともモニタリングを継続すると共に、対策について検討しておくのが望ましい。



図4.5.2 損害の大きい家屋の位置, Quatre Soeurs 地域 (提供: MPI)

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4.5.4 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"> 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 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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 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。
地表面・建物等の変状	<ul style="list-style-type: none"> 2013年2月の降雨の際に2軒の家屋に大きな変状が発生 地すべり活動のために住民が移転した 滑落崖およびその周辺のクラックが急激に拡大した。 	<ul style="list-style-type: none"> 2013年2月の降雨の際に、3軒の家屋に変状が発生 滑落崖およびその周辺に開口クラックが生じた。
安定解析結果	$Fs_0=0.98$	$Fs_0=0.98$
危険度の判定結果	<p>危険度が高い</p> <ul style="list-style-type: none"> モニタリングを継続する 早急な対策工の実施が必要 	<p>危険度が高い</p> <ul style="list-style-type: none"> モニタリングを継続する 早急な対策工の実施が必要

A-2 ブロック、E ブロック共に、降雨に連動した急激な地すべりの移動があり、家屋の変状が認められた。安全率は0.98であり、活動的な地すべりと判断される。したがって、**危険度は「高い」と**評価される。今後は、より詳細な地質調査および早急な対策工の実施が望まれる。

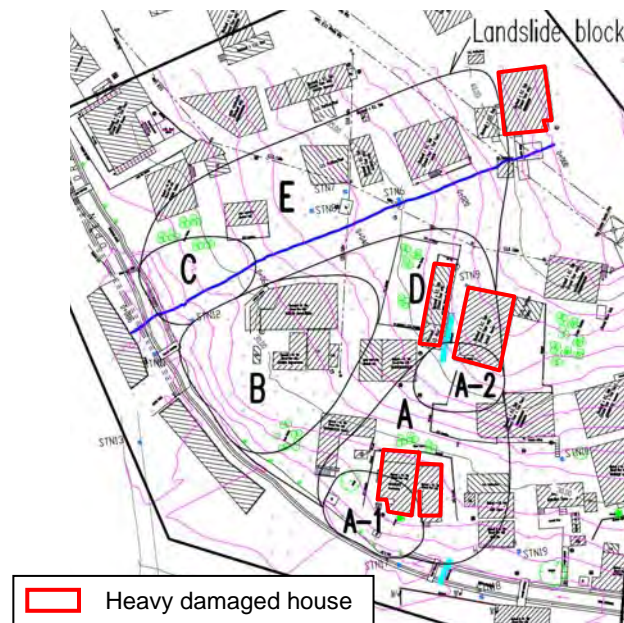


図4.5.3 損害の大きい家屋の位置, Vallee Pitot 地域(出典: JICA 調査団)

<第4章の参考文献>

-
- ¹ 気象庁HP
 - ² JICA気候変動プログラム準備調査報告書
 - ³ 全日本建設技術協会(2010)
 - ⁴ 同上
 - ⁵ Port Louis市地すべり対策計画調査, JICA, 1990
 - ⁶ 高純度粘土鉱物のリングせん断特性-すべり面粘土との対比- : 山崎孝成, 2000
 - ⁷ 同上

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

第3章において、本プロジェクトで対応する3箇所の地すべり危険地域が選定され、詳細な地すべり調査が実施された（第3章・第4章）。したがって、優先地域は、これら3か所の地すべり危険地域の中から選定される。優先地域の選定に際しては、詳細な地すべり調査の結果に基づく他、加えて、危険度評価、災害規模、対策費用、C/P（MPI）からの要求も考慮した。

以下に、優先地域の選定表を示す。この表において、各検討項目の優先度を高低（高い、中程度、低い）で示し、総合的な優先度を考察した。

表5.1.1 優先地域の選定表(出典:JICA 調査団)

項目	Chitrakoot	Vallee Pitot	Quatre Soeurs
地すべり調査の結果	2005年に地すべりが発生（最大累積雨量: 376mm）し、54軒の家屋や小学校に損害が発生した。2008年には地すべりが再活動した（最大累積雨量: 187mm）。 大規模地すべりブロックは安定しているが、小ブロック（A,Bブロック）は、連続雨量120mm程度の降雨で活発に活動しており、危険度評価は「非常に危険」である。	Vallee Pitotは、2007年に地すべりが発生し、以来、断続的に地すべりが発生している。 地すべりは2013年（最大累積降雨量130mm）に再活動し、1軒の家屋が激しく被災し、移転した経緯があり、現在も活動中であることから、危険度評価としては「非常に危険」である。	2005年に地すべりが発生（最大累積雨量: 520mm）し、11軒の家屋に損害が発生した。2008年には地すべりが再活動した（最大累積雨量: 244mm）。 この地すべりは、2013年の雨期（最大連続雨量150mm）に活動が認められず、「危険度は中程度」と判断される。
優先度	高い	高い	中程度
対策規模	Aブロックの全長は約250m、幅約100m、すべり面深さ約6mである。Bブロックは急傾斜崩壊（クリープ変形様）で、長さ約100m、幅約150mである。 規模は最も大きく、対策による効果が高い。	地すべりは7つの地すべりブロックから成ると思われる、長さ約120m、幅約90m、すべり面深さ約6m程度である。 規模は最も小さい。	Aブロックの全長は約60m、幅約60m、すべり面深さ約7mである。Bブロックは、長さ約140m、幅約100mである。 規模は中程度である。
優先度	高い	低い	中程度
災害規模（損害）	・ 家屋: 25軒(Aブロック: 20) (Bブロック: 5) ・ 公道: 約500m ・ 小学校: 1 最も被害規模が大きく、対策優先度が高い。	・ 家屋: 18軒 ・ 公道: 0m ・ 水路: 90m	・ 家屋: 11 軒 ・ 公道: 約120m
優先度	高い	中程度	中程度
対策工種	・ 大断面水路: L=580m ・ 表面排水工: L=755m ・ 地下排水工: L=425m ・ 水平ボーリング工: L=860m 最も対策工種・規模が多く、「モ」国のモデルケースとして役割が高い。	・ 既存水路工の補修: L=110m ・ 地表面排水工: L=240m ・ 地下水排除工: L=45m	・ 住民移転
優先度	高い	中程度	低い

C/Pからの要求	「モ」国政府、MPI、地方行政、地元住民から強い要求がある。	Chitrakootでの本プロジェクトを参考に、MPIが実施する。	「モ」国、MPIからの要請はあったが、既にMPIにより住民移転作業が進展している。
優先度	高い	低い	低い
総合優先度	最優先地域 (すべての項目で高優先度)		

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ので、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します（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。

さらに Chitrakoot 地域は、パイロットプロジェクト地域として以下の優位性が認められる。

- ・ 大規模地すべりであることから、多種の対策工の施工が可能であり、「モ」国の地すべり対策のモデルケースとして役割を担うことが可能である。
- ・ 山麓地での緩斜面における住宅地であることから、日本における対策事例も極めて多く、日本の事例を参考にして対策工法を検討できる。
- ・ Port Louis 首都圏に近く地理的優位性がある（交通の利便性があることに加えて、「モ」国民の感心が集まりやすい）。

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。

先にも述べたとおり、パイロットプロジェクト地域である Chitrakoot で活発な活動が認められるのは以下の小ブロックのみである。それぞれの災害シナリオを想定する。

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

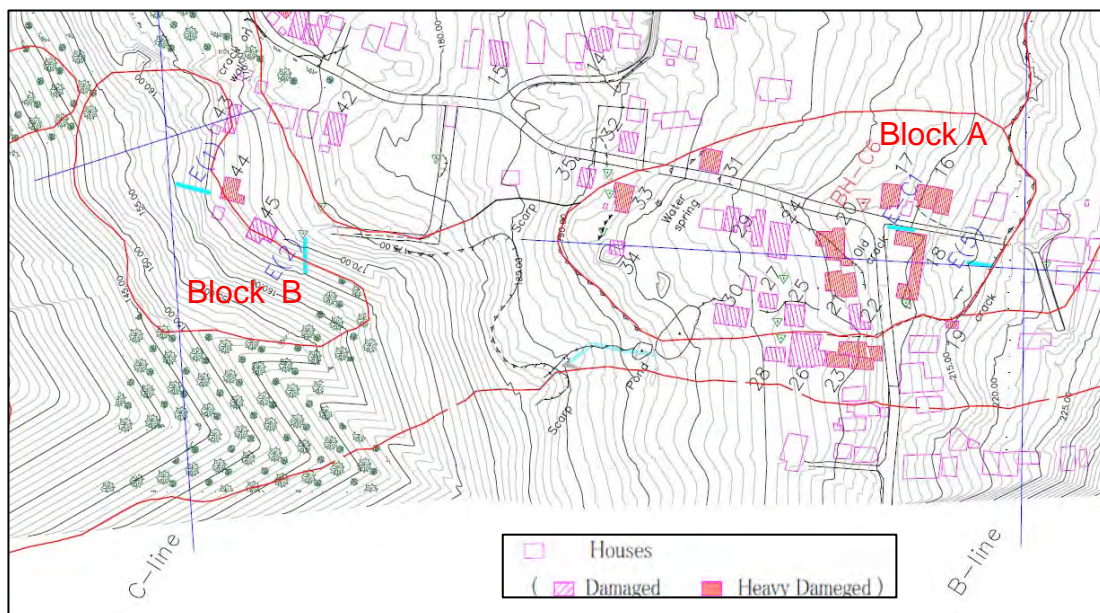


図5.1.1 A ブロックと B ブロックの状況（出典：JICA 調査団）

a. Aブロック

Aブロックでは家屋が、地すべり区域内に16軒、地すべり区域直下に4軒存在しており、地すべりが活動した場合、合計で20軒の家屋とその世帯に影響が発生する。

地すべりは現在のモニタリング結果から、降雨と地すべり活動の相関が非常に高く、連続雨量約120mmで活動を開始することが分かっているため、降雨が連続する雨季（1月～3月頃）に被害が発生することが懸念される。

地すべりが活動した場合、上記の20軒では家屋のひび割れや傾倒が発生し、活動が続いた場合は倒壊や2階部分・天井の崩壊が発生し、住民が巻き込まれ死傷する可能性がある。特に区域内に公立小学校があり、現在も使用されていることから、開講中の地すべり活動では学童に被害を及ぼすことがある。さらに猛烈な豪雨が発生し地下水位が極端に上昇した場合、地すべり土塊が高速に流下し、逃げ遅れることにより被害が拡大する恐れがある。加えて、バス路線を含む公道の通行止め（約500m）、公道沿いの電線、電話線、上下水道管等のインフラ設備の寸断により、地すべり発生後の生活環境の復旧に時間がかかると思われる。

また、地すべり土塊が移動し、現状の流路や河川が閉塞された場合は、新規の地すべりや斜面崩壊を誘発する危険がある。

b. Bブロック

Bブロックでは家屋が、地すべり区域内に3軒、地すべり区域周辺に2軒存在しており、地すべりが活動した場合、合計で5軒の家屋とその世帯に影響が発生する。

本地域では、地すべりというよりクリープ変形による急傾斜崩壊に近い形態を呈しており、降雨がない状態でも断続的に地表変位が観測されている。ただし、豪雨によりその活動が促進することも認められている。そのため降雨が連続する雨季（1月～3月頃）に被害が発生することが懸念される。

地すべりが活動した場合、上記の5軒では家屋のひび割れや傾倒が発生し、活動が続いた場合は倒壊や2階部分・天井の崩壊が発生し、住民が巻き込まれ死傷する可能性がある。さらに猛烈な豪雨が発生し地下水位が極端に上昇した場合、地すべり土塊が高速に流下し、逃げ遅れることにより被害が拡大する恐れがある。

また、地すべり土塊が移動し、現状の流路や河川が閉塞された場合は、新規の地すべりや斜面崩壊を誘発する危険がある。

5.2 対策方針検討

当プロジェクトの地すべり調査（3章）において特定された地すべり危険地域3か所について、構造物対策工計画を行った。対策工の選定は、以下の図5.2.1を基に行う。選定の際には、対象地区の地形、地質、地すべり機構、周辺の環境に対する影響などの条件を考慮して行う。

ここでは各地すべり地域内の対策工実施対処地すべりブロックを特定し、対策工によって得られる計画安全率を設定する。併せて、対策工選定上の留意事項についても示す。

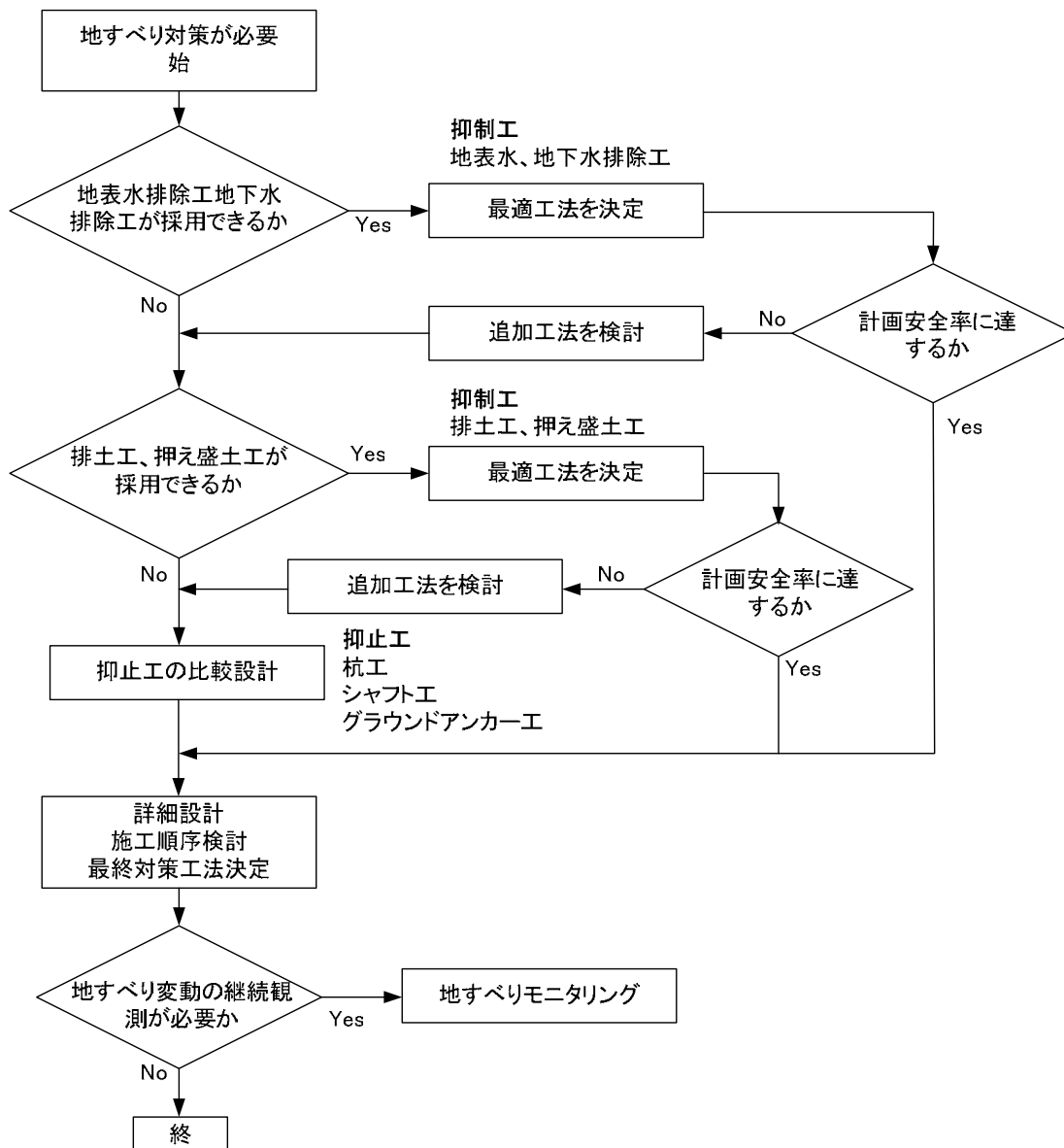


図5.2.1 地すべり対策工検討フローチャート¹

対策工を選定するうえで以下の点を考慮する。

- ・ 3つの対象地すべり地域では、降雨時に水が地表を大量に流下することから、排水施設の整備を優先に考慮する。
- ・ 持続可能性を考慮し、極力モーリシャス国で適用が可能な対策工を選定する。

- ・ 施工後の維持管理の容易さについて考慮する。
- ・ 地すべり地域内での施工であるため、対策工を施工することにより周囲の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

5.2.1 Chitrakoot地区対策工計画

a. 対象地すべりブロック

当地区は、現地踏査および空中写真判読により、想定される地すべり範囲内に複数の小規模地すべりブロックが確認された（図 5.2.2 参照）。その後の詳細調査および地すべりモニタリングにより、2か所の地すべりブロックを地すべり対策工検討対象とする。他の中・小規模ブロックについては、今後のモニタリング計器による変位確認、もしくは住民などの報告（苦情）を受けた段階で、調査、対策を実施する。

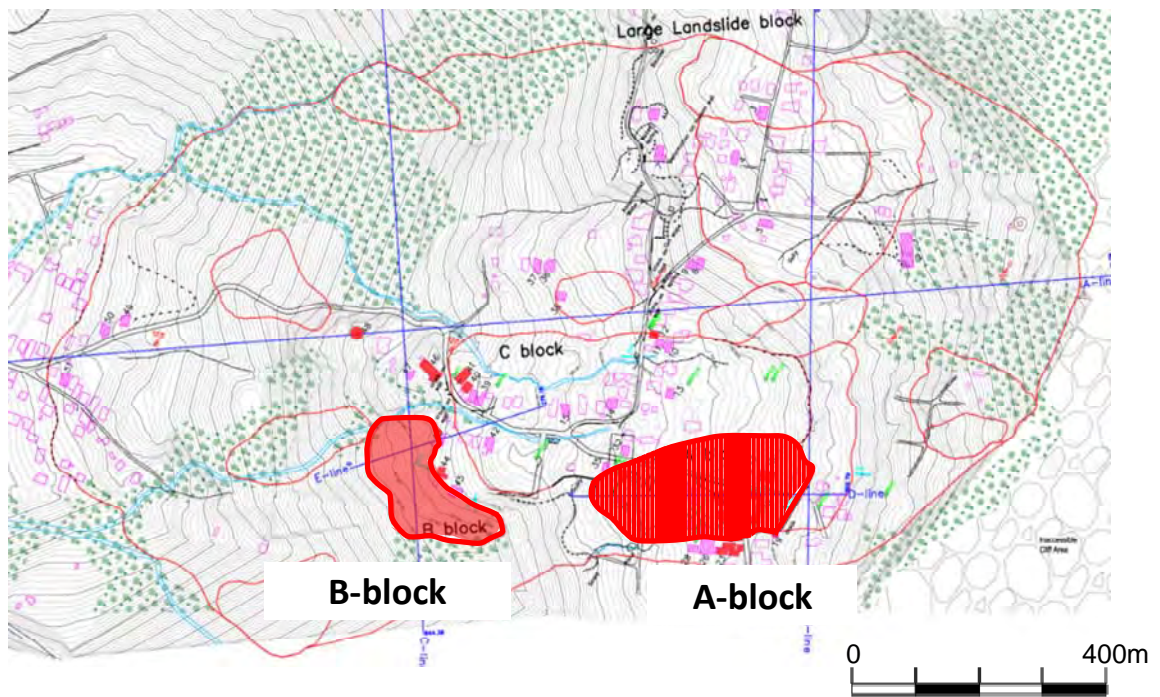


図5.2.2 Chitrakoot 地区地すべり対策工検討対象ブロック(出典:JICA 調査団)

表5.2.1 チトラクート地区の対象地すべり(出典:JICA 調査団)

地すべりブロック	現場状況	モニタリング状況	活動度	評価結果
ブロック A	ブロック内の家屋や道路が地すべり活動により変状を受けている	2013 年 1 月～3 月までの伸縮計および傾斜計により地すべり活動が確認された	活動	対象地すべり
ブロック B	ブロック内の家屋が変状を受けている	2013 年 1 月～3 月までの伸縮計により地すべり活動が確認された	活動	対象地すべり
その他のブロック	変状した家屋があるが、これらは地すべり活動ではなく浸食や基礎の問題が原因と考えられる	2013 年 1 月～3 月の期間に地すべりの活動は認められない	休止	対象外

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

対策対象である Chitrakoot 地区の A・B ブロックの地すべりの特徴は以下の通りであり、これらの特徴を十分に考慮した対策工の選定が肝要である。

- 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。
- 降雨時にのみ活動する（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

上記の地すべりの特徴を考慮し、地すべり対策の基本方針を以下の通りとする。

- 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。

以上の基本方針に従い、各種地すべり対策工の検討および選定を行った。

d. 対策工の検討および選定

これまでの調査およびモニタリングの結果より、地すべりブロック A、B いずれも地下水位の上昇により、地すべり活動が活発化したことが考えられる。従い、雨季中の地下水位上昇を抑制することを目的とした抑制工を中心に対策工を選定する。

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。

表5.2.2 Chitrakoot 地区地すべりの抑制工選定比較表(出典:JICA 調査団)

対策工法		技術的優位性	技術移転による 実施可能性	維持管理の容 易さ	環境への影響	適用性の 判断	
抑制工	地表面 排水工	降雨時の大量の地表水を排除することで、地すべりの原因となる地下水の上昇を抑制できる。 ◎	「モ」国では洪水対策として地表排水工の施工実績が多く、技術移転による実現可能性は高い ◎	「モ」国の自主的な維持管理作業が容易である ◎	施工位置を最適に配置することで、住環境や周辺斜面への影響を最小にすることが可能 ○	◎ (実施)	
	地下水 排除工	明暗渠工	降雨時に上昇する表層地下水を排除し地すべり抑止が期待できる ◎	「モ」国での施工実績が多く、技術移転による実現可能性は高い ◎	「モ」国の自主的な維持管理作業が容易である ◎	構造物が小さく、最適に配置すれば環境への影響は小さい ○	◎ (実施)
		水平ボーリング	降雨時に上昇する表層地下水を排除し地すべり抑止が期待できる ◎	「モ」国での実績はないが、施工が可能な機械はあり、技術移転により実現可能 ○	技術移転により「モ」国の自主的な維持管理作業が可能である ○	ボーリングは地下構造物のため環境への影響は小さいが、孔口構造物の配置に注意が必要 ○	○ (実施)
		集水井工	効果的な地下水排除が期待できる ◎	「モ」国では施工機械がなく、資材の入手が困難で高価である △	「モ」国では実績がなく、また技術移転による維持管理は容易ではない △	上部構造物は数m規模となり施工位置の選定に配慮が必要 △	△ (今後検討)
		排水トンネル工	当該地は緩傾斜のため効率的な施工が難しい ×	「モ」国では施工機械がなく、資材の入手が困難で高価。技術移転も容易ではない △	「モ」国では実績がなく、また技術移転による維持管理は容易ではない △	大規模な構造物のため、十分な環境への配慮が求められる △	× (実施不可)
	切土工 (頭部排土工)	地すべり頭部を排土することですべり応力を軽減させ、地すべりの安定性を図る工法である。一般的な土工工事のため、「モ」国において、施工は容易である。 ◎	特殊な技術や機材が必要ではなく、施工上の注意点を指導することにより実施が可能である。 ◎	切土斜面の崩壊や浸食対策をしておけば、以後の維持管理は容易である。 ◎	大きく地形改変を行うため、環境への影響は大きい。重要構造物の撤去が必要なため、実施は不可。 ×	× (実施不可)	
	押え盛土工	地すべり端部に盛土を行うことですべりに対する抵抗力を増加 ◎	特殊な技術や機材が必要ではなく施工上の注意点を指導す ◎	盛土斜面の崩壊や浸食、排水対策をしておけば、以後の維持 ◎	大きく地形改変を行うため、環境への影響は大きい。対象が ×	×	

対策工法	技術的優位性	技術移転による実施可能性	維持管理の容易さ	環境への影響	適用性の判断	
	させる。一般的な土工工事のため、「モ」国において、施工は容易である。 ◎	ることにより実施が可能である。 ◎	管理は容易である。 ◎	居住地であることから住民への影響は甚大。 ×	(実施不可)	
抑止工	アンカー工 ×	当該地は緩傾斜のため効率的な施工が難しい △	「モ」国では資材の入手が困難で高価。 △	「モ」国では実績がなく、また技術移転による維持管理は容易ではない △	大規模な構造物のため、十分な環境への配慮が求められる △	× (実施不可)
	抑止杭工 ◎	効果的な地すべり抑止が期待される ◎	「モ」国では施工業者が1社しかなく、高価。 △	「モ」国では実績がなく、また技術移転による維持管理は容易ではない △	大規模な構造物のため、十分な環境への配慮が求められる △	△ (今後検討)

◎:高い効果が期待、○:適用可能、△: 場合によって適用可能、×:適用不可

表5.2.3 チトラクト地区の対象地すべりへの抑制工の適用(出典:JICA 調査団)

抑制工法	A ブロック		B ブロック	
	条件	適用	条件	適用
地表面排水工	雨季中には表流水が地面に多く確認されているため、対策工の効果は期待できる。地表面の起伏は多くなく、傾斜も緩いため施工が比較的容易である。既存の水路を活用することができる。	○	B ブロック地すべりに流入する表流水は、背後の集水面積が小さいため、多くない。しかし斜面の表面浸食防止としての効果は期待できる。地形および既存家屋の位置から水路の設置位置が限定的となる。	△
地下水排除工	モニタリングの結果、地すべり地内の地下水位は雨季中は地表面付近まで上昇することが確認されたため、対策工の効果は期待できる。ただ勾配が緩いため、施工の際にはピットを設け、施工位置を低くする必要がある。	○	雨季中の地下水位が上昇することから、対策工の効果は期待できる。一方で施工位置となる地すべりブロック末端部は雑木林であり、周囲の地形の急峻であるため機材の搬入が困難である。	△
排土工	地すべり頭部には住宅や学校があるため、排土工の適用はできない。	×	地すべり頭部には住宅があるため排土工の適用はできない。	×
押え盛土工	地すべり地周辺は潜在的な地すべりブロックが存在しており、またAブロック下位にはBブロック地すべりがあるため、地すべりブロック末端部への盛土の適用は難しい。	×	地すべり地周辺は潜在的な地すべりブロックが多く存在しており、また斜面も急峻であることから、この対策工の適用は難しい	×

○:適用可能、△: 場合によって適用可能、×:適用不可

Aブロック：

Aブロックでは、雨季中に大量の表流水が発生し、それらが地すべりブロックの不安定化につながっていると考えられる。従い、地表面排除工については、地すべりブロック地内だけでなく、Aブロック上方に斜面横断方向の大断面水路を設けることにより、Aブロック内に流入する表流水を軽減させる方針とする。またAブロック内では雨季中、湧水が多く確認できることやモニタリング結果により地下水位がきわめて浅いことが判明している。よって表面排水路だけでなく暗渠工の併設も検討する。

抑止工は、モーリシャスでは斜面对策のためグラウンドアンカー工の実績はなく、また実施できる施工業者もない。そのため、現時点で適用性の高い杭工を計画する。抑制工を実施したのち、モニタリングデータを基にした安定解析を行い、安全率を確認する。その結果が計画安全率 1.20 に満たない場合は、追加で抑止工を検討する。

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：

地すべり対策工では、まず抑制工により地すべり活動を停止および軽減させることを優先させる。今回 Bブロックに対して抑制工の検討を行った結果、表面排水路工および水平ボーリング工の適用を考えられる。しかしながら効果的な対策工の配置を考える上で、斜面勾配や地形条件および環境などの制約条件を比較的大きく受けることとなる。

また、Bブロック上方に位置するAブロックの対策工を先行させることから、Bブロック対策工を再検討する際には、Aブロック対策工の波及効果を確認の上、行う。

抑止工は、モーリシャスでは斜面对策のためグラウンドアンカー工の実績はなく、また実施できる施工業者もない。そのため、現時点で適用性の高い杭工を計画する。抑制工を実施したのち、モニタリングデータを基にした安定解析を行い、安全率を確認する。その結果が計画安全率 1.20 に満たない場合は、追加で抑止工を検討する。

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*³。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。

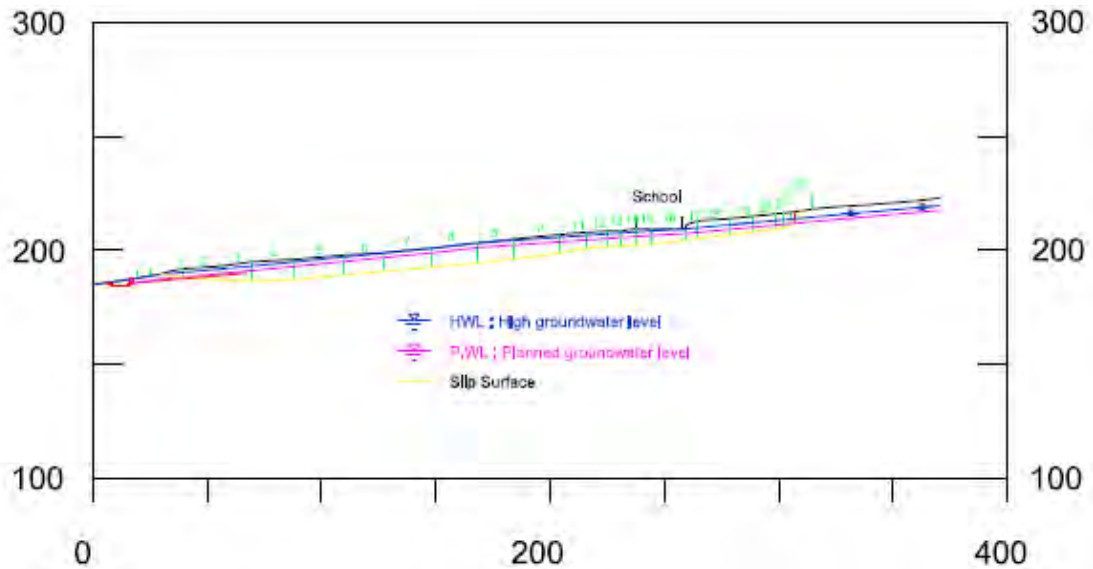


図5.2.3 対策工効果検討地すべりモデル-チトラクト A ブロック(出典: JICA 調査団)

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。

最終的に計画安全率($P.F_s = 1.20$)を得るために単位幅当たりの杭の必要な抑止力 Pr は下式 (式 5-1) によるが、これは式 (式 5-1) のせん断抵抗力側に杭の抑止力 Pr を加えた式 (式 5-2) から導いたものである。

$$Pr = P.F_s \sum W \cdot \sin \alpha - \sum \{c \cdot l + (W - u \cdot d) \cos \alpha \cdot \tan \phi\} \quad \text{----- (式 5-1)}$$

$$P.F_s = \frac{S}{T} = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - U \cdot d) \cos \alpha \cdot \tan \phi\} + Pr}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad \text{----- (式 5-2)}$$

ここに、

- Pr: 単位幅あたりの杭の必要抑止力
- P.Fs: 計画安全率
- γ : 湿潤単位体積重量
- u : 間隙水圧
- c' : 粘着力 (土質の強度定数)
- ϕ' : せん断抵抗角 (土質の強度定数)
- α : すべり面の角度
- W : 分割片の重量
- d : 分割片の幅

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 kN/m^2 、せん断抵抗力 S は 3721.18 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*³。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。

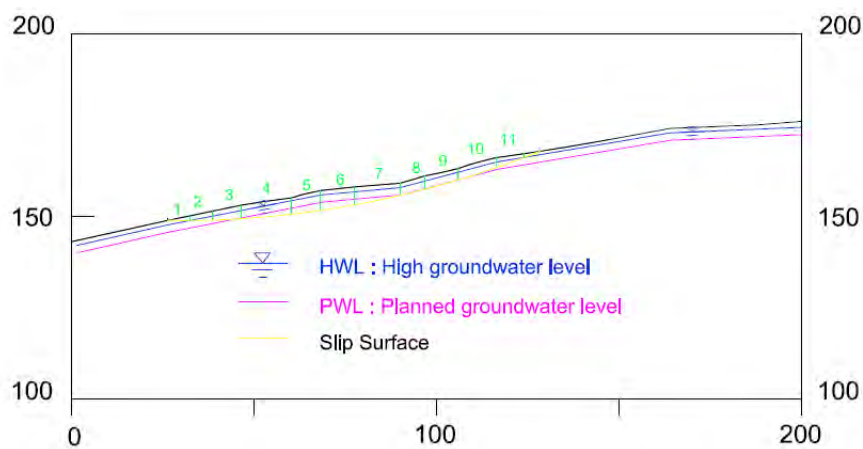


図5.2.4 対策工効果検討地すべりモデル-チトラクト B ブロック(出典: JICA 調査団)

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($P.F_s = 1.20$)を得るために単位幅当たりの杭の必要な抑止力 P_r 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^2 、せん断抵抗力 S は 1244.09 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）、

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

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。

表5.2.4 対策工の効果検討結果(出典: JICA 調査団)

地すべり ブロック	現状安全率 (F_s)	計画安全率 ($P.F_s$)	単位体積重量 [kN/m^3]	粘着力 [kN/m^2]	内部摩擦角 [degree]	必要抑止力 [kN/m]
A ブロック	0.98	1.20	18	5	5.37	232
B ブロック	0.98	1.20	18	5	7.67	27

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。

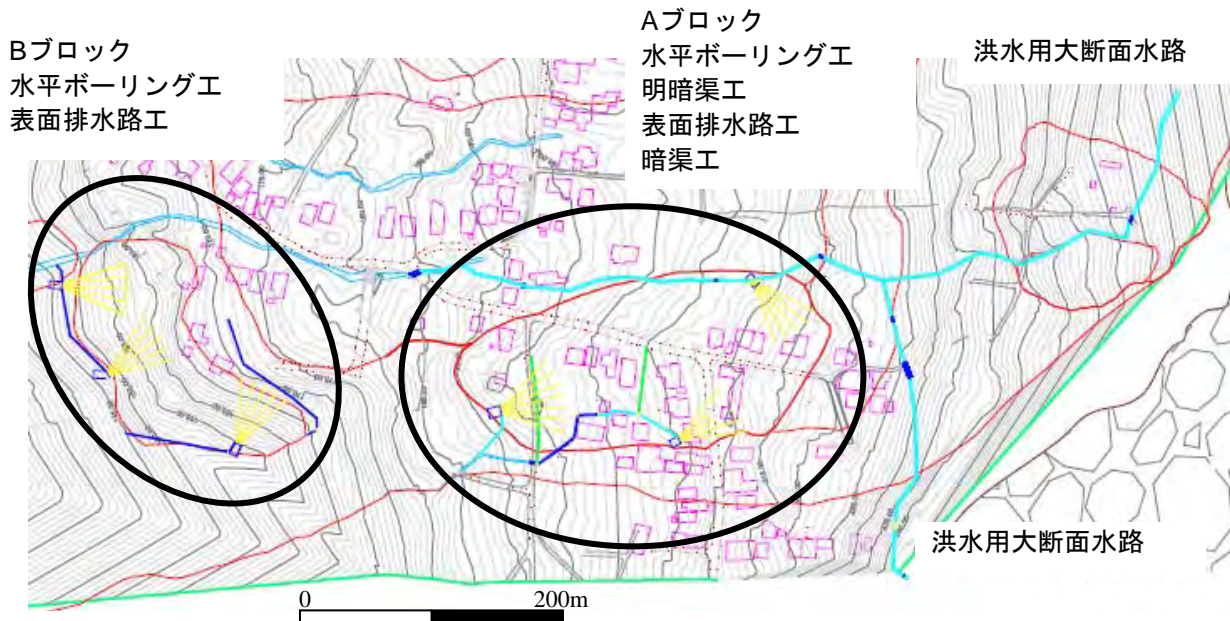


図5.2.5 チトラコート地区対策工計画配置図(出典:JICA 調査団)

AブロックおよびBブロックへの表流水および地下水の流入を軽減させる目的で【大断面水路】を、Aブロック上方斜面に横断方向に設置する。設置位置は背後山岳斜面の急勾配斜面と緩斜面との境界付近とするが、斜面勾配の変換点付近は上方斜面からの落石や土砂の流入に注意する必要がある。また水路掘削による背後斜面の不安定化についても検討する必要がある。最終的な水路線形は掘削土量の小さくなる箇所を選定し大規模な切土により背後斜面の不安定化の危険性を軽減させる。また大断面水路からの排水により既存の水路（河川）に十分な排水能力についても考慮して、水路の位置および水路断面も必要に応じて改修する。農業用道路を横切る箇所や住宅地周辺にはコンクリート盤などの橋梁を設置する。

Aブロック全体の地下水位を下げる目的で地すべりブロック周辺に【水平ボーリング工】を3か所で配置する。設置位置は、比較的地形的に落差のある箇所を選び、極力地表面から低い位置で水平ボーリング工が設置できる箇所とした。

雨季中は地下水位が地表面付近まで上昇することが判明していることから、浅い地下水を地すべりブロック外に排出する目的で、地すべりブロック中央付近に横断方向の【明暗渠工】を設置する。またこの明暗渠工は地すべりブロック表面を流下する表流水も受けることを目的とする。

縦断方向にはこれらの水平ボーリング工および明暗渠工からの水を地すべりブロック外に適切に排水する目的で【表面排水路工】を設置する。水路工は従来の表流水の流路に沿って配置することを基本とするが、既存の家屋や畑などへの影響は最小限にするよう配置した。また既存の水路に関して、計画排水量に対して水路断面が十分でない箇所については【水路拡幅および護岸工】を計画する。

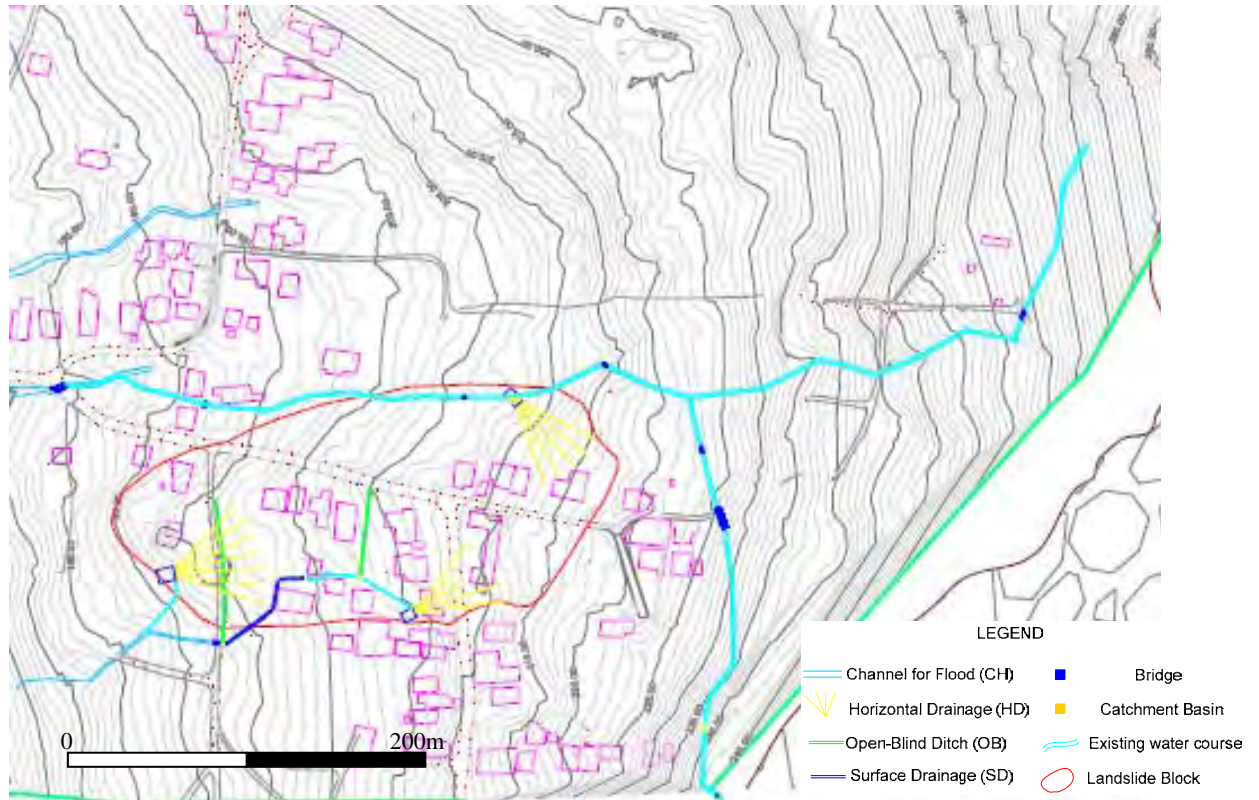


図5.2.6 Aブロック地すべり対策工計画配置図(出典: JICA 調査団)

B ブロック上方からの表流水を地すべり地内に流入することを防ぐ目的で【表面排水路工】を設置する。地形上の制約から、水路工の水は東側（下図上方）の河川に排水せず西側の谷地形に排出する。地すべりブロック末端部には地下水位を低下させる目的で【水平ボーリング工】を3か所で設置する。一方でBブロックは全体的に斜面勾配がきつことから抑止工などの抜本的な対策工を検討する場合、地形的な制約を受ける。

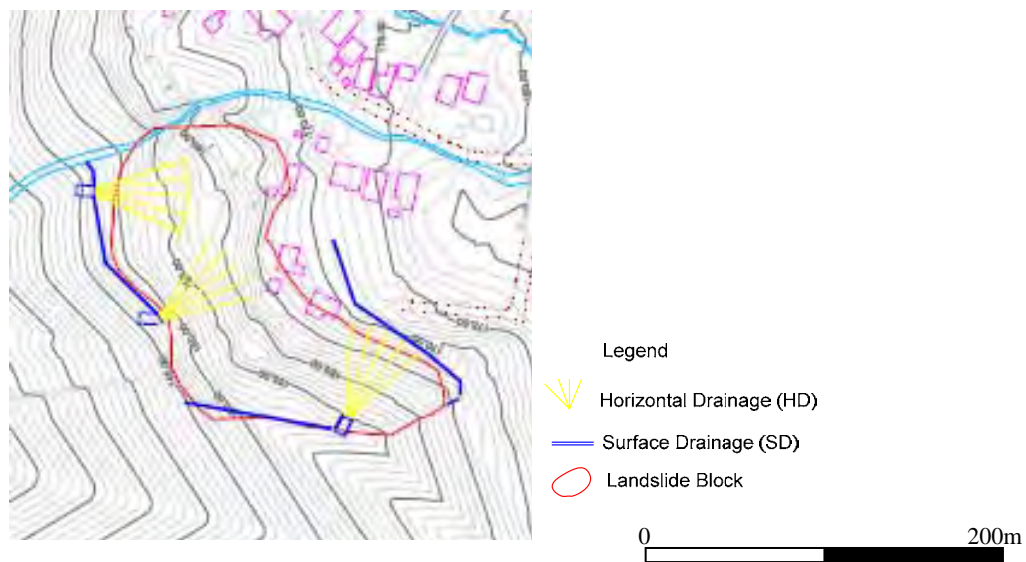


図5.2.7 Bブロック地すべり対策工計画配置図(出典: JICA 調査団)

抑止工（杭工）の配置は、抑制工設置しモニタリング結果を基に対策工の効果を確認した後、検討を行うこととする。

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。



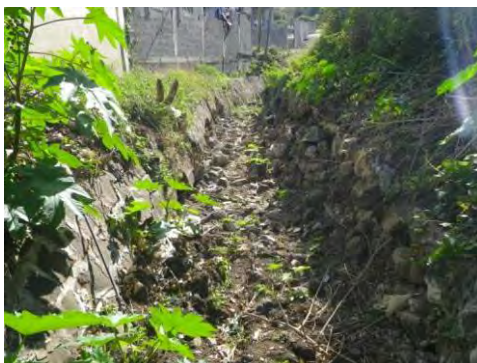
土塊の押し出しにより水路が全く見えない

写真5.2.1 ふさがれた水路の上流部分



水路の側壁が見えるが水路は土砂で埋まっている

写真5.2.2 ふさがれた水路の下流部分



土砂流入はあるが水路の構造に大きな変状はみられない。

写真5.2.3 ふさがれた部分からやや下流の状況



大きな変状は見られない

写真5.2.4 ふさがれた部分のやや上流の状況

（出典：JICA調査団）

a. Vallee Pitotの地すべりブロック

地表のクラックや家屋などの構造物の変状状況から Vallee Pitot は長さ 80m、幅 100m の範囲が不安定な状況となっている。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認められる。確認した小地すべりブロックは、図 5.2.8、図 5.2.9 に示す A から E の 5 ブロックである。

最も活動的な小地すべりブロックは、図中の A ブロックである。A ブロックの頭部に位置する家屋は 2013 年 2 月の多量降雨時に、A-2 ブロックの活動により家屋が被災し、家屋の半分が倒壊した。また、A ブロックの末端の A-1 ブロックの活動のより、2013 年 5 月頃に地すべりにより押し出された土砂により水路が閉塞された。

b. 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。

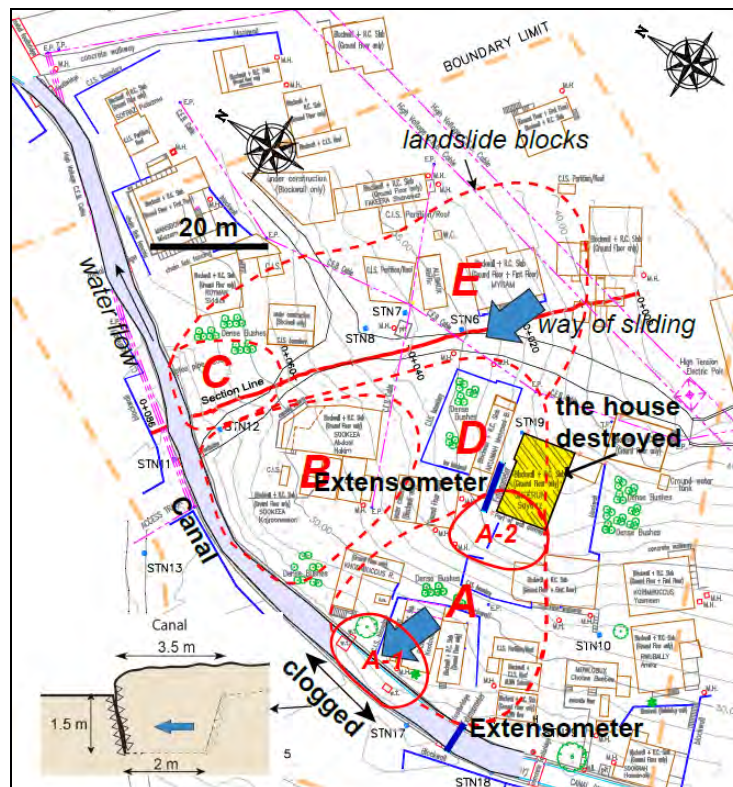


図5.2.8 Vallee Pitot 地区の地すべりブロックと家屋の分布 (出典: JICA 調査団)

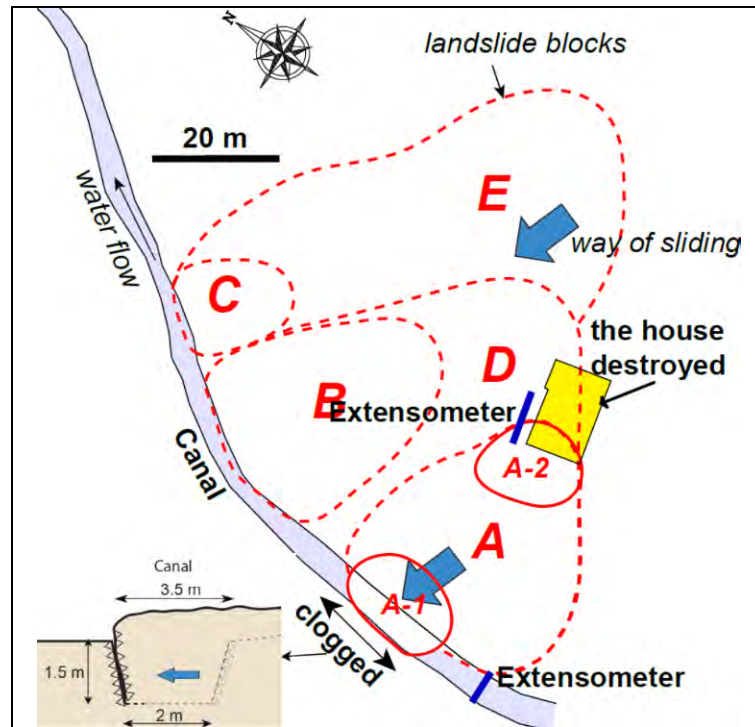


図5.2.9 Vallee Pitot 地区の地すべりブロックの分布(出典: JICA 調査団)

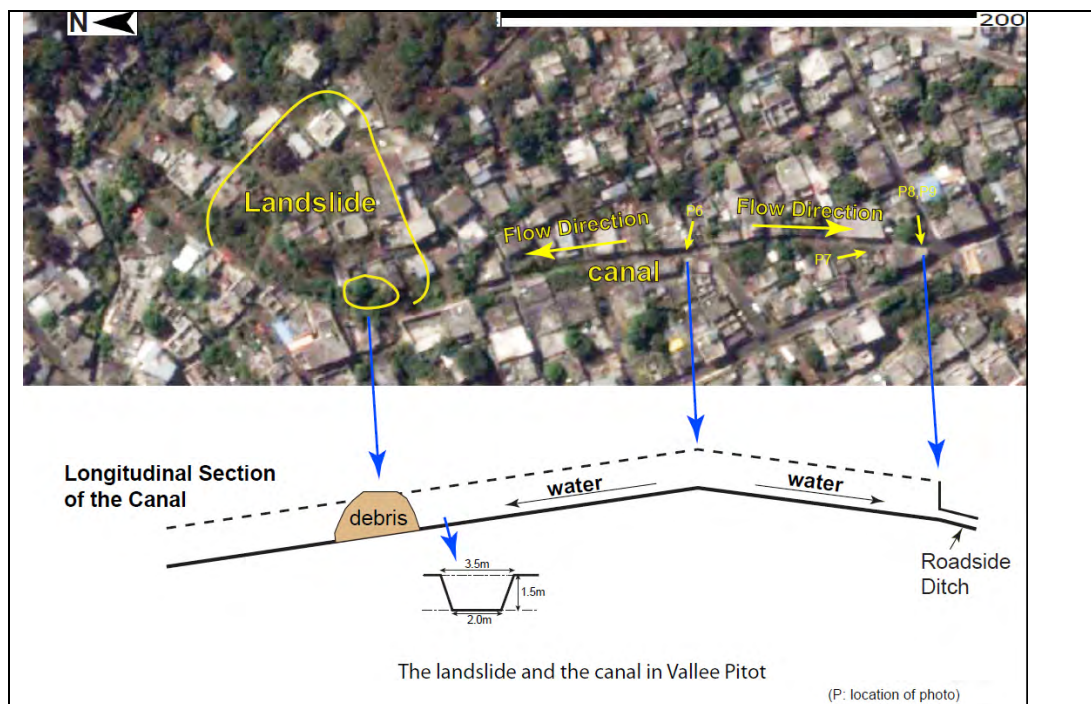


図5.2.10 Vallee Pitot 地区の水路の位置と縦断図(出典: JICA 調査団)

c. 課題

前節で述べたとおり、Vallee Pitot 地区では 2013 年 2 月以降、地すべりや斜面崩壊活動が活発化してきており、下方に移動した土塊が既存水路工を埋没されている。これらの現象から、Vallee Pitot 地区で想定される課題は以下の通りである。

- 1) 次回の雨期（2014年1-3月頃）には、土塊で埋没した既存水路工から降雨水が氾濫し、Vallee Pitot 地区の低地部で洪水が発生する。
- 2) 今後、降雨が既存水路工に集水されずに無秩序に氾濫した場合、さらなる地すべりや斜面崩壊を誘発する。

上記した洪水やそれに続いて発生すると考えられる地すべりや斜面崩壊を防止するため、何らかの対策工を早急を実施し、次回の雨期前である2013年12月までに完了させる必要がある。

d. 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。

下図に対策実施スケジュール案を示す。

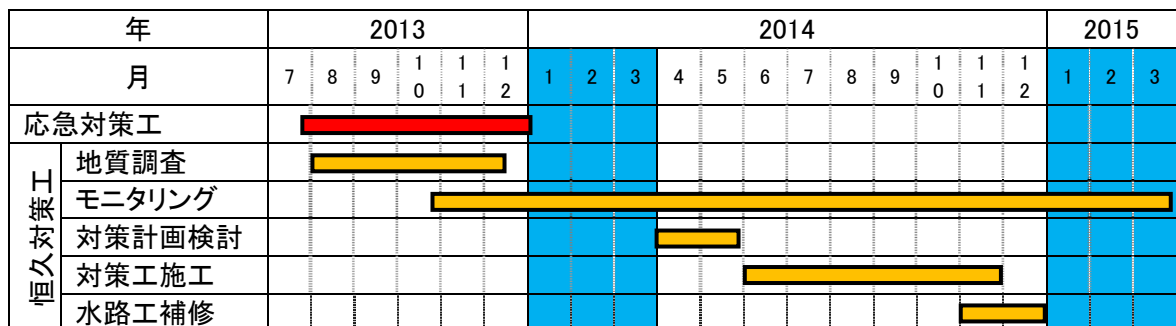


図5.2.11 対策スケジュール案(出典: JICA 調査団)

d.1 応急対策工

応急対策工として考えられる工法は以下の3つである（下図）。

提案1：既存水路工の勾配変更（勾配逆転）：既存水路を部分的に嵩上げ・掘削し反対側に水を流す方法。

提案2：既存水路でのシートパイル：水路工両岸でシートパイルを打設し、崩壊している土塊を保持した状態で水路内の土砂除去（水路確保）を実施する方法。

提案3：既存水路での電動ポンプ汲上げ：土塊手前で溜まった水を電動ポンプに汲上げ、土塊の反対側に人工的に流出させる方法。

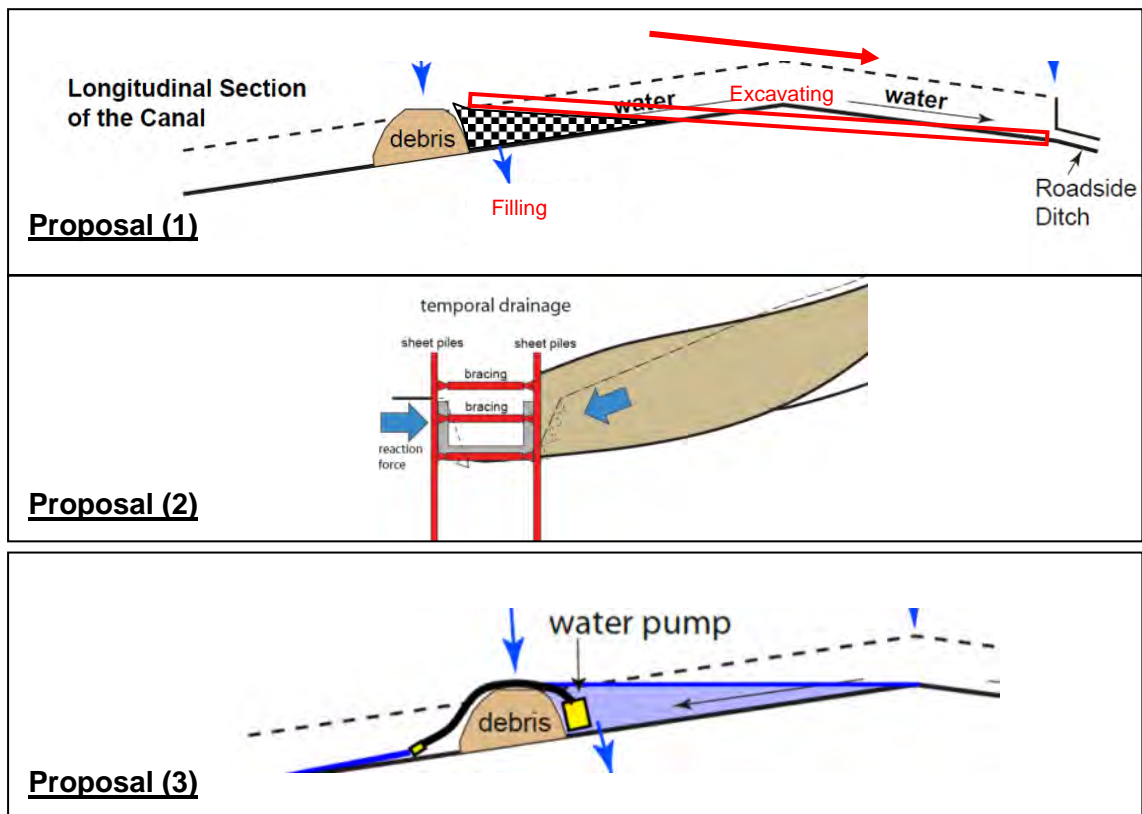


図5.2.12 Vallee Pitot での応急対策工案(出典: JICA 調査団)

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、提案 1 の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。



図5.2.13 地すべり対策としての土のうの例(出典:JICA 調査団)

d.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

現状では、MPI が主体となり詳細調査およびモニタリングを実施中であるが、当該地区において恒久対策を検討するにあたり考慮すべき留意点を以下にまとめる。

- モニタリング機器設置のためのボーリング掘削は、2014 年雨期のデータを取得するために、雨期前までに完了させる必要がある。
- モニタリングは 2014 年雨期前に開始し、恒久対策工の効果を確認するために少なくとも 2015 年雨期後までは継続する必要がある。
- 現状で想定される恒久対策工は表面排水工および地下排水工と考えられる。
- 地すべり対策工の施工と既存水路工の補修は 2014 年の乾期中に完了させる必要がある。
- 本地区の「A 区域」は最も地すべり活動の激しい箇所であり、恒久的な住民移転を実施し、宅地開発は今後も禁止することが望ましい。

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5.2.5 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"> Quatre Soeursの住民がMPIに地すべり被害を連絡。 上記連絡を受けMPIが調査を実施。
2010年11月	<ul style="list-style-type: none"> MPIは民間コンサルタントによる詳細調査を実施。 この調査の報告書で対策として移転が提案された。 上記を受け、政府は住民と移転交渉を開始。
2010年12月	<ul style="list-style-type: none"> 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。
2011年3～5月	<ul style="list-style-type: none"> 政府と住民が移転先候補地を2回視察。 移転に関する合意は得られなかった。
2011年12月	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 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。 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。
2012年7～9月	<ul style="list-style-type: none"> 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）。 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。
2013年2月	<ul style="list-style-type: none"> 「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。 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。 これに対し、10世帯中、9世帯が同意した。
2013年3月	<ul style="list-style-type: none"> 合意が得られない1世帯について交渉継続。 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。
2013年5月	<ul style="list-style-type: none"> 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。 Camp Ithierの視察後、政府側は敷地・建物の図面を提示。 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） 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 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。

この他に得られている関連情報を下記に示す。

- 上記以外に、政府側内部で20回以上の会議が開催され、10回以上の政府・住民との協議が実施された。
- 政府側は個別の移転ではなく、全世帯（10世帯）の移転を前提に交渉を進めている。
- 政府側の交渉の基本方針：補償金は支払わない（補償金の支払後、現在と同じ住宅に住み続けられてしまう可能性があるため）

-
- **Quatre Soeurs** の地すべり危険エリアの土地は国が所有し、住民は契約により借りている。
 - 全世帯の合意が得られた場合：住民は、移転合意書へのサインと同時に、政府からの土地借用契約終了の合意書にもサインを行う。
 - 移転先 **Camp Ithier** は造成中であり、建物の建築にも期間を要する（およそ2年）。この間の応急的ハード対策やソフト対策（早期警戒・避難など）が求められる。
 - 移転補償の基準：対象世帯を特定する区域指定や補償のプロセス、金額、代替地・建物などに関する事項を定めた法制度は存在しない。

5.3 環境影響評価(EIA)

5.3.1 環境影響評価の手順

「モ」国では、2002年に環境保護法（Environment Protection Act 2002）が基本法として施工されて以来、本格的な環境社会配慮が実施されており、この基本法に基づいて環境に関する様々な法令が制定されている。一方、環境影響評価（EIA）は、環境管理の重要な管理ツールである。「モ」国の環境影響評価制度は、環境保護法の Part IV に関わる省公示（Government Notice）で規定されている。以前は、ほとんど全ての事業が、EIA の対象となっていたが、2002 年以降からプロジェクトの種類によって環境影響評価（EIA：Environmental Impact Assessment）が必要な事業及び初期環境報告書（PER：Preliminary Environmental Report）が必要な事業かが事業種類毎に定められている。

下表には、EIA 及び PER の必要な事業を示す。リストにない事業は、先ず、プロジェクト実施者は県に相談してから、環境・持続的開発省に問い合わせが来て、ここで必要な環境影響評価調査のレベルが決定される。また、大規模な政府プロジェクトは、EIA 若しくは PER が必要であるが、重要性、緊急性から環境影響評価を必要としない場合もある。EIA 調査の手順は、図 5.3.1 に示す。一般的に、EIA の手続きに要する期間は、3 から 4 カ月であるが、公共プロジェクトの場合はより短い期間）で承認される。

表5.3.1 PER及びEIAが必要な事業²

初期環境報告書が必要な事業	EIAが必要な事業
1. ヘリポート建設	1. アスファルトプラント建設
2. サンゴの粉碎やその処理を伴う作業	2. 自動車の組立工場建設
3. 機械作業を伴う海水浴場の造成	3. 1日1万個以上のブロック製造工場の建設
4. 50台以上のバス倉庫建設	4. 精油工場、石油製品工場および液体ガス、石炭、石油系化学製品工場の建設
5. ディスコやナイトクラブ建設	5. 動物病院を含む病院建設
6. 中小以外の食品加工工場の建設	6. 空港および滑走路の建設
7. 鋳物、精錬、冶金作業を伴う工場建設	7. 離岸堤、突堤および護岸等の建設
8. 亜鉛メッキ工場建設	8. ダムや堤防建設
9. 大規模な洗浄工場建設	9. マリーナの建設
10. 埋立行為	10. 森林から他の土地利用への改変行為
11. 動物飼料工場建設	11. Barachoisの開発整備
12. セラミック工場建設	12. 淡水化プラント建設
13. 塗装工場や顔料、漆剤製造工場の建設	13. 蒸留工場建設
14. 写真フィルム工場建設	14. 染物工場建設
15. プラスチック加工工場	15. 漁港建設
16. ゴム加工工場	16. ゴルフ場建設
17. 海草・海藻などの海洋植物の機械的除去	17. 港内の浚渫工事や港湾建設
18. インフラ整備を含む、農耕を目的とした5ha以上の区画整備	18. 高速道路および物流システムの整備
19. 畜産の検疫所建設	19. 高潮水位(high water mark)から1km範囲内の拡張工事を含めたホテル建設
20. 生コンクリートプラント建設	20. 高潮水位(high water mark)から1km範囲内の50部屋以上の宅地建設
21. 牛、ヤギ、豚、羊を含む家畜の飼育場建設	21. 地方自治体の固形廃棄物、検疫廃棄物、医療廃棄物の焼却場建設
22. 5000頭以上の養鶏場建設	22. ビール、ワイン、蒸留酒の工場建設
23. 再処理プラント建設	23. ラグーン内の浚渫および海底の埋戻し
24. 化製場(家畜処理施設)建設	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における、高圧電線の敷設を含めた土地開発や
25. 製材所建設	
26. 食肉解体場建設	
27. 洗い、脱色、染めを伴う繊維工場建設	
28. 木製工場建設	

- 整備
- 25. 埋立
 - 26. バッテリー工場
 - 27. 有害物質、化学肥料、農薬の製造工場の建設
 - 28. 石灰工場の建設
 - 29. セメント製造工場の建設
 - 30. 医薬品工場
 - 31. ビーチ整形 (beach reprofiling)、海岸防護工事、海岸付近の岩の撤去などの既存海岸線の改修工事
 - 32. 地方自治体の水処理プラント建設
 - 33. Offshore sand mining 沖合の砂の採取
 - 34. 5 ha以上の土地の区画整備

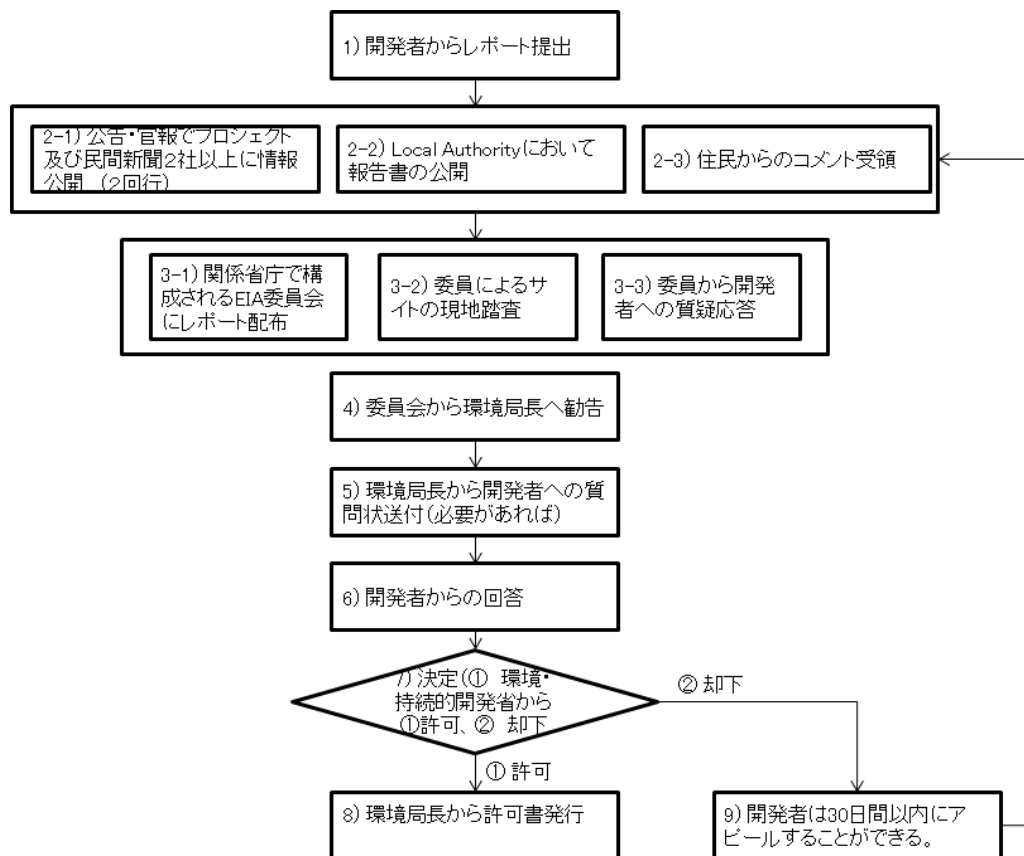


図5.3.1 EIA 調査の手順³

5.3.2 パイロットプロジェクトに関するEIA

上図に示すように、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。

5.3.3 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5.3.2 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

F/Sの一環として、本プロジェクトではパイロット事業の事業評価を行った。パイロット事業評価は、技術、経済、社会影響の各面からそれぞれ事前、実施中、事後に実施する。評価のための簡便なチェックシートを作成し、事業進捗や妥当性・有効性・効率性・インパクト・持続性を確認し、教訓や改善点を整理する。なお、自立発展性を考慮し、今後の事業評価の考え方を盛り込み、プロジェクト終盤に最終版を整理した。事業評価を実施する前に、まずパイロット事業の概要を以下に示す表のとおりまとめる。

表5.4.1 パイロット事業の概要(出典: JICA 調査団)

Name of Project	2014年 Chitrakoot地すべり防除工事
Name of Landslide	Port Louis市 Chitrakoot地すべり
Current status	
<p>2005年のハリケーン(最大累積雨量376mm)で大規模地すべりが発生し小学校および家屋54軒が被災した後、2008年にもハリケーン(最大累積雨量187mm)で地すべりが再発した。</p> <p>本プロジェクトにおけるボーリング調査およびモニタリング結果から、全体の大規模地すべり活動は沈静化しているものの、雨季には特定の小ブロック(ブロックAとブロックB)で数~十数mm程度の変位が確認されている。ブロックAは長さ250m×幅100m×深度6m程度の地すべりで、ブロックBは長さ100m×幅150m程度の表層崩壊(クリープ)と考えられており、累積雨量120mm以上で活動が活発化している。</p> <p>なお、当該地区は地すべり地形を呈していることから、古くから地すべりが発生していた可能性が高いと判断される。</p>	
Targets to be protected	
<ul style="list-style-type: none"> ・家屋25軒: ブロックA周辺20軒、ブロックB周辺5軒 ・Chitrakoot小学校 ・道路延長500m程度: 公共バス路線250m程度を含む ・上下水道管・電線・電話線900m程度 	
Purpose	
<p>・豪雨による過剰な地表水・地下水の地すべり地内への供給を防止することにより、地すべり活動を安定化させること。</p>	
Countermeasures	
<p>【工区1】水路工: 620m、水平ボーリング: 1箇所、表面排水工: 45m、明暗渠工: 46m 【工区2】水平ボーリング: 2箇所、表面排水工: 74m、明暗渠工: 120m 【工区3】水平ボーリング: 3箇所、表面排水工: 300m</p>	
Term of works	2014年7月~2014年12月(工区1・2)、2015年(工区3)
Total cost	2950万0400 Rs

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。

目的: 事業の必要性や効果、実施計画等を確認する。

視点: 事業の必要性、妥当性、目的、内容、効果(有効性)、外部要因、リスク等を整理し、次号計画の適切性を総合的に検証する。

表5.4.2 パイロット事業の事前評価結果一覧(出典: JICA 調査団)

妥当性relevance	
「モ」国政策との整合性	High 1□ 2■ 3□ 4□ Low
斜面防災に係る法令・条例の有無	Yes ■ No □
土地規制(地すべり防止区域等)の有無	Yes ■ No □
重要公共建造物の有無	Many □ Some ■ No □
対策実施機関(MPI)の要望	High 1■ 2□ 3□ 4□ Low
対策実施地区(地元)の要望	High 1■ 2□ 3□ 4□ Low
対策実施地区(地元)の防災意識	High 1■ 2□ 3□ 4□ Low
妥当性に係る評価 Evaluation for relevance	
<p>防災分野に限った政策はないが、「気候変動行動計画(1998年)」や「モーリシャス戦略国別評価報告書(2010年)」でDisaster Preparednessについて記載されているほか、「災害スキーム」で地すべり地を特定した上で早期警戒法について、「PPG」で地すべり土地利用規制について、それぞれ規定されている。</p> <p>2005年に家屋54軒と小学校が被災して以来、MPIによりモニタリング機器が導入され、「災害スキーム」でも地すべり地に指定されている。また小学校や公共バス路線の重要公共物もが、地すべり地内に存在する。そのため、「モ」国政府、MPI、地元市役所、地元住民からの要望が、「モ」国で最も大きい地区のひとつである。</p> <p>以上から、事業の妥当性は極めて高いと判断する。</p>	
有効性effectiveness	
目標と成果の因果関係の適切性(成果達成が目標達成に繋がるか)	High 1■ 2□ 3□ 4□ Low
他の事業との相乗効果	High 1■ 2□ 3□ 4□ Low
有効性に係る評価 Evaluation for effectiveness	
<p>本プロジェクトにおけるモニタリング結果から、本地域での地すべり活動は降雨により地表水・地下水の増加と高い相関関係があることが分かっている。そのため、各種排水に係る対策を実施することにより、過剰な地表水・地下水の供給を防止することが可能となり、地すべり活動の安定化という目標が達成する。</p> <p>本地域では、地すべりの警報システムを用いた早期警戒体制を構築し、基準値を超えた豪雨ないし地すべり活動が発生した場合、対象住民が避難することとなっている。このようにハード対策とソフト対策を採用することにより、より安全で安心な地すべり防災体制が構築される。</p> <p>以上から、事業の有効性は極めて高いと判断する。</p>	
効率性(費用対効果・便益) efficiency (cost and benefit)	
移転費用	避難・移転が必要な世帯数: 21 世帯
	土地面積: 440 m ² 換算値: 1,739,612 Rs
	家屋(延床面積): 110 m ² 換算値: 1,419,355 Rs
	総移転費用: 21 * (1,739,612 + 1,419,355) = 66,338,298 Rs
対策工費: 29,500,400Rs	
B/C: Benefit/Cost(総移転費用/対策工費)= 2.25	
効率性に係る評価 Evaluation for efficiency	
<p>対象地域では、地すべりが活動中であるため対策を実施しない場合、住民の移転が必要になる。上記のとおり、直接的に地すべり活動に影響を受ける世帯は21世帯であり、これらの全世帯が移転する場合は、約6600万Rsの移転費用が必要となる。本事業で検討している対策工の費用は約2950万Rsであり、移転費用と比較してはるかに安価であり、B/Cも1.0を大きく上回っている。</p> <p>以上から、事業の効率性は極めて高いと判断する。</p> <p>【参考: 移転費用の換算値の計算】</p> <p>MPIへの聞き取り調査から、移転に係る土地・建物の概略単価として、土地: 100,000 Rs/perch (1 perch = 25.293 m²)、建物: 1,200 Rs/sq. ft. (1 sq. ft. = 0.093 m²) が一般的に使用されている。また、地すべり災害によって移転することになったQuatre Soeurs地区住民に提供される土地・建物は、約440 m²の土地と、延床面積約110 m²(2階建て)の建物であることから、この値を採用することとした。</p>	

インパクトimpact	
他地域への応用適用性	High 1■ 2□ 3□ 4□ Low
国内での普及・向上	High 1■ 2□ 3□ 4□ Low
良好な環境形成・保全への適合性(立木伐採の抑制、生活環境保全などが十分か)	High 1□ 2■ 3□ 4□ Low
インパクトに係る評価 Evaluation for impact	
<p>本事業は、調査団の支援のもと、「モ」国の技術者が主体となって、「モ」国の技術・資機材を用いた対策工法であり、今後「モ」国内で応用適用が十分可能である。また工費・工期もMPIの実施予算・体制を考慮したものであり、今後の普及は極めて現実的である。</p> <p>本事業では、環境影響評価を実施し、適切な評価を得ているものの、地すべり対策工事は「モ」国でほぼ初めての経験であるため、今後、良好な環境形成・保全への適合性に向けて、施工環境の改善を期待したい。</p> <p>以上から、事業のプラス面でのインパクトは極めて大きいと判断する。</p>	
持続性sustainability	
政策:促進されるための政策・制度の保持	Enough 1■ 2□ 3□ 4□ Poor
財政:予算の確保	Enough 1■ 2□ 3□ 4□ Poor
技術:対象者の技術力の高さ	Enough 1□ 2□ 3■ 4□ Poor
地域での協力体制	Enough 1□ 2■ 3□ 4□ Poor
持続性に係る評価 Evaluation for sustainability	
<p>調査団は、本地域をパイロットサイトとして「災害スキーム」や「PPG」を現実的かつ自立発展的な内容に改善することを提案中である、「モ」国政府も前向きであり、地元市役所や地元住民も本事業に概ね協力的である。また本地域での追加対策工事用の次年度予算はすでに申請済みである。</p> <p>MPIの地すべりや防災、地質に係る技術者数不足から、事業を実施していく技術者の不足が懸念されており、今後の課題である。</p> <p>以上から、事業の持続性は良いと判断する。</p>	
総合評価	
<p>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。</p> <p>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。</p>	

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。

目的：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。

視点：現状・実績に基づき、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、影響する貢献・阻害要因とともに検証する。

表5.4.3 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)

妥当性relevance	
当該事業の進捗状況(当初計画どおりに進んでいるか)	On schedule <input checked="" type="checkbox"/> Behind schedule <input type="checkbox"/>
関連事業の進捗状況(当初計画どおりに進んでいるか)	On-schedule <input type="checkbox"/> Behind-schedule <input type="checkbox"/>
社会経済情勢の変化(保全対象の増減など)	No change <input checked="" type="checkbox"/> Change <input type="checkbox"/>
保全対象者の意向(ニーズ)の変化	No change <input checked="" type="checkbox"/> Change <input type="checkbox"/>
妥当性に係る評価 Evaluation for relevance	
<p>当該事業は2014年7月に開始され、雨季前の12月にすべて工事が完了する予定である。また、水平ボーリング工の実施地区の用地取得の遅れも懸念されていたが、MHLの協力もあり、2014年8月に用地取得は完了し、水平ボーリング工が実施できるようになった。パイロット地区で現在のところ関連事業は予定されていない。</p> <p>また、保全対象の増減はなく、保全対象者の意向も変化はなく、事前評価時点と変更はなく、地すべり対策事業に対する要望は高い。</p> <p>以上から、事業の妥当性は継続的に高い状態と判断する。</p>	
有効性effectiveness	
事業効果の発現状況(地下水上昇の抑制、地表水の溢水抑制など)	High 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Low
有効性に係る評価 Evaluation for effectiveness	
<p>各種排水に係る対策を実施中であり、完成後は、地すべり活動の安定化という目標が達成すると思われる(ただし、現状ではその効果の確認はできていない)。</p> <p>地すべりの警報システムを用いた早期警戒体制を構築し運用されている。2014年1-3月期に雨季を経験したものの、避難基準値を超える事象は現在のところ発生していない。雨季後に住民アンケートを実施しており、地元住民からの要望や反省点を考慮して早期警戒体制を改善する予定である。</p> <p>以上から、当初計画どおりに問題なく事業が進捗しており、事前評価時点と変更はなく、事業の有効性は継続的に高い状態と判断する。</p>	
効率性efficiency	
コスト縮減代替案の必要性	Not necessary <input checked="" type="checkbox"/> Necessary <input type="checkbox"/>
対策工法代替案の必要性	Not necessary <input checked="" type="checkbox"/> Necessary <input type="checkbox"/>
スケジュール見直しの必要性	Not necessary <input checked="" type="checkbox"/> Necessary <input type="checkbox"/>
効率性に係る評価 Evaluation for efficiency	
<p>2014年8月時点では、コスト縮減代替案、工法代替案、スケジュール見直しに係る必要性は発生していない。</p> <p>以上から、当初計画どおりに問題なく事業が進捗しており、事前評価時点と変更はなく、事業の効率性は継続的に極めて高い状態と判断する。</p>	
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)	
<p>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。</p> <p>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。</p>	

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。

目的：より一層の効果的効率的な実施および十分な説明責任を果たすことを目的として実施する。

視点：当初想定した事業効果が発現しているかの検証を中心に、評価 5 項目すべてについて総合的な判断を行う（インパクトや持続性など、評価時点で不明なものは見込みについて検証する）。

表5.4.4 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)

妥当性relevance	
当該事業の進捗状況(当初計画どおりに進んだか)	On schedule <input checked="" type="checkbox"/> Behind schedule <input type="checkbox"/>
関連事業の進捗状況(当初計画どおりに進んだか)	On-schedule <input type="checkbox"/> Behind-schedule <input type="checkbox"/>
対策実施機関(MPI)の満足度	High 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Low
対策実施地区(地元)の満足度	High 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Low
妥当性に係る評価 Evaluation for relevance	
<p>当該事業は予定どおり2014年7月に開始され、同年12月にすべて完了した。 本対策事業に対して、実施機関であるMPIは高い満足感を示しており、フェーズ2に相当する継続事業もMPI独自の予算で実施されることが決定している。地元住民も、対策実施後のステークホルダー会議から高い満足感を示している。 以上から、事業の妥当性は極めて高いと判断する。</p>	
有効性effectiveness	
目標と成果の因果関係の適切性(成果達成が目標達成に繋がったか)	High 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Low
他の事業との相乗効果	High 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Low
有効性に係る評価 Evaluation for effectiveness	
<p>本事業により過剰な地表水・地下水の供給と安全な排水が実現されることとなり、地すべり活動の安定化という目標が達成すると予想される。ただし、今後のモニタリングによる検証が必要である。 また地すべりの警報システムを用いた早期警戒体制を構築したことから、ハード対策とソフト対策による、より安全で安心な地すべり防災体制が構築された。 以上から、事業の有効性は極めて高いと判断する。</p>	
効率性efficiency	
事業効果の発現状況(地すべり抑制度)	High 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Low
効率性に係る評価 Evaluation for efficiency	
<p>事業効果の発現状況については、今後のモニタリングにより検証が必要となるが、直接的に地すべり活動に影響を受ける世帯(21世帯)で被害は発生しておらず、また住民移転も行われていない。 以上から、事業の効率性は極めて高いと判断する。</p>	
インパクトimpact	
他地域への応用適用性	High 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Low
国内での普及・向上	High 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Low
良好な環境形成・保全への適合性(立木伐採の抑制、生活環境保全などが十分か)	High 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> Low
インパクトに係る評価 Evaluation for impact	
<p>本事業は「モ」国でも適用可能な表面排水工と地下排水工を主体とした対策工事であり、MPIとの共同の施工監理により、地元業者が施工した。そのため今後の応用適用性ならびに国内での普及・向上は極めて現実的である。 本事業では、環境影響評価を実施して事前にマイナス面でのインパクトの軽減を検討したほか、水路に落下防止柵を設置したり、通行用橋梁を追加で建設したりするなどの対応を行ったことにより、良好な環境形成・保全に貢献した。 以上から、事業のプラス面でのインパクトは極めて高いと判断する。</p>	
持続性sustainability	

政策: 促進されるための政策・制度の保持	Enough	1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	Poor
財政: 予算の確保	Enough	1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	Poor
技術: 対象者の技術力の高さ	Enough	1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	Poor
地域での協力体制	Enough	1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	Poor
持続性に係る評価 Evaluation for sustainability						
<p>本事業と平行して調査団は「災害スキーム」における警戒・避難プロトコルの改善ならびに「PPG」における地すべり防止区域の提案を実施し、「モ」国の自立発展に貢献した。</p> <p>2015年度以降、MPIでは地すべり対策予算として毎年4～5000万Rsが確保されることとなったほか、C/PであるLMUは本プロジェクトを通じて地すべり対策に係るハード・ソフトの技術力が大きく向上した。</p> <p>またチトラクート地区やポートルイス市役所においても地すべり対策の重要性・必要性が大きく認識されるようになり、地域での協力体制が高まった。</p> <p>以上から、事業の持続性は極めて高いと判断する。</p>						
総合評価 Overall evaluation						
<p>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。</p> <p>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。</p>						

5.5 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5.5.1 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5.5.2 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 箇所の災害箇所で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5.5.3 2015 年度以降の予算申請案⁴

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		詳細調査・ 解析により 検討(約 4000万Rs を想定)
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 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 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, 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。

5.6 組織強化計画

5.6.1 組織能力向上計画の策定

a. 能力向上（キャパシティ・デベロップメント）とは

能力向上とは、個人、組織、社会などの異なるレベルにおいて、課題を解決し、設定した目標を達成する自立発展的な能力を向上していくプロセスのことである。能力向上の効果が定着・継続するためには長期的な取り組みが必要であるため、能力向上計画では相手国の主体性や自発性を損なうことなく、持続的且つ自立発展的な能力向上を支援することを目的とする。

b. 本業務における能力向上の捉え方

本プロジェクトでは、地すべり業務を実施する公共インフラ省・地すべり管理ユニット（LMU）の技術力強化に加え、組織としての能力向上を図ることを目的とする。特に本業務では、LMUを主な対象に以下の観点から組織の能力向上を図る。

- 1) LMUの自立発展性を高めるため、課題の抽出や課題に対する対処方法をLMUと共同で検討し、また共同で能力向上計画を策定する。
- 2) 本プロジェクトの効果が定着・継続するようにするため、本プロジェクト終了後もLMUが主体的に中長期目的を達成できるような組織の枠組みを作る。

c. 能力向上計画策定の手順

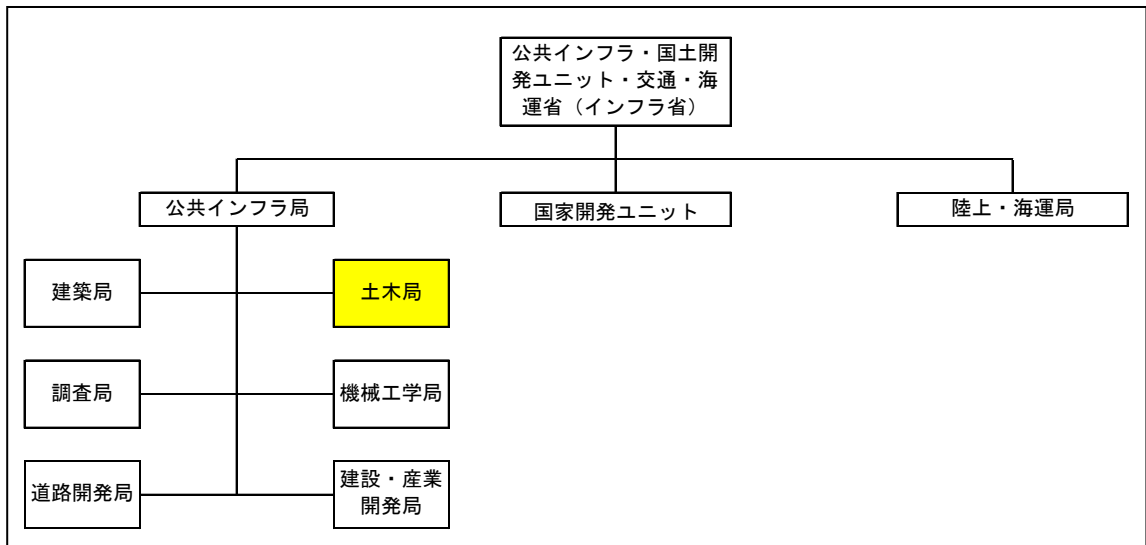
能力向上には長期的なプロセスが必要となることから、実施計画を短期的及び中・長期に分けて策定する。策定手順を以下に示す。

- 1) 現状の課題の抽出
- 2) 各課題に対する目標の設定
- 3) 短期（本プロジェクト実施時）及び中・長期（本プロジェクト終了後）の実施計画の策定

5.6.2 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）

a. LMU設立経緯

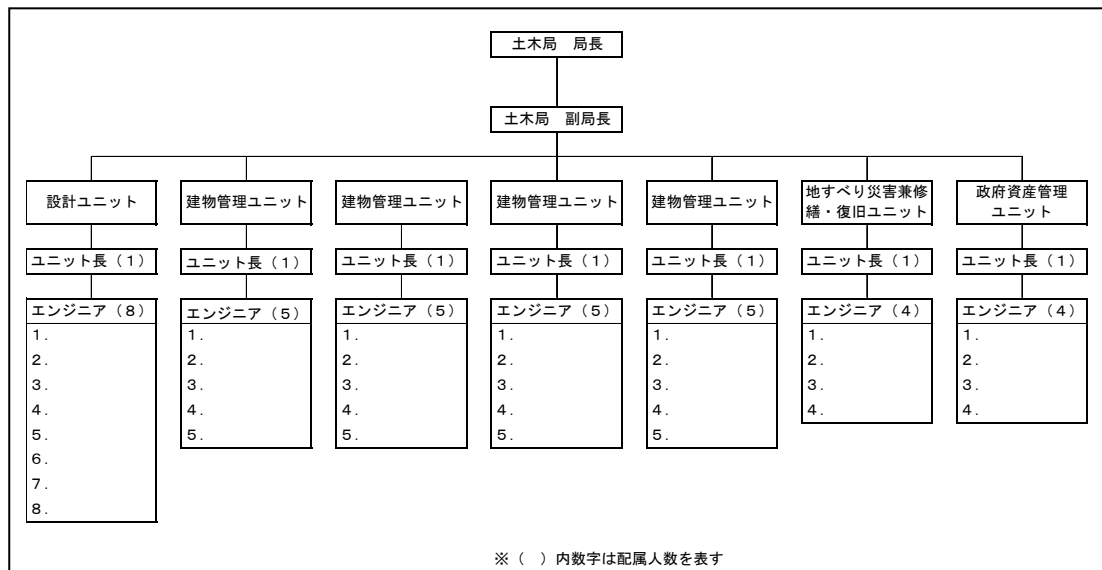
2009年9月、公共インフラ・国土開発ユニット・交通・海運省（インフラ省）は、地すべり対策強化を図るため、国家開発ユニット（National Development Unit (NDU)）から地すべりモニタリング機能を分離し、土木局の中に修復・復興ユニット（Repairs and Reconstruction Unit (RRU)）と併設する形で地すべり対策ユニット（LMU：Landslide Management Unit (LMU)）を創設した。RRU/LMUは、恒常的地すべり防災の要である。インフラ省の組織図を下図に示す。



（出典：インフラ省ホームページ）

図5.6.1 インフラ省組織図

土木局には、土木局局长及び副局长の下に 7 つのユニット（設計ユニット、建物管理ユニット（4 ユニット）、地すべり管理兼修繕復旧ユニット）がある。以下に土木局の組織図を示す。



※（ ）内数字は配属人数を表す

図5.6.2 MPI 土木局省組織図（出典：JICA 調査団）

b. LMUの活動目的・方針

LMUの活動目的は、地すべり災害による人命・財産に係る被害を軽減させることである。同目的を達成するため、平時及び緊急時における地すべり対策を実施する。また、地すべり災害に関連する業務はLMU及び関係機関が連携して対応する必要があり、LMUは、「モ」国における地すべり対策を管理する立場として、関係機関を取りまとめることとなっている。

5.6.3 課題と短期的、中・長期的目標の設定

2013年にLMU職員及び土木局副局長との協議を複数回実施し、課題、課題に対する目標及び目標達成に向けた活動実施内容をまとめた。以下に概要を示す。

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。	
		専門家派遣	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。	
		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。	
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	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。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。
		関係機関と協議し、それぞれの役割を再確認する。	

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。	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。
		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。	
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。	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。
		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。	将来的に実施予定。
		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。			
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。	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。
		ホットラインの開設。	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。	LMU 内の体制表を作成した。
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。	

5.6.4 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

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

b.1 人員配置

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。

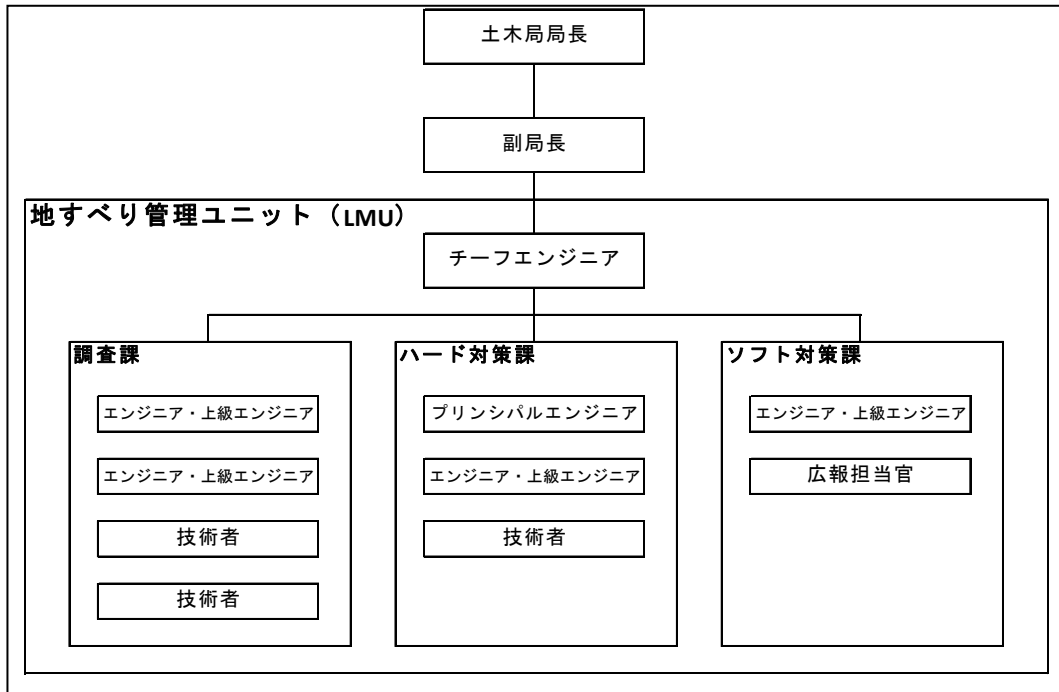


図5.6.3 LMU 人員配置図（長期計画）（出典：JICA 調査団）

b.2 LMUの予算

LMU は、以下の手順で予算を確保している。

- 1) LMU が予算案を作成
- 2) LMU から MPI 本部に申請
- 3) MPI 本部から財務省に申請
- 4) 財務省の承認後に予算の割り当て

LMU は、今後 3 年間の予算案を以下のとおり作成し、MPI 本部に申請した。

表5.6.2 地すべり関連予算（案）（出典：JICA 調査団）

項目	災害種	2015	2016	2017
対策工費用付加価値税				
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 Bhavaury 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
遠隔モニタリング費				
Chitrakoot, Vallee Pitot, Quatre- Soeurs and La Butte	地すべり	7,000,000		
調査にかかるコンサルタント費				
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		
ハザードマップ作成にかかるコンサルタント費		1,500,000	2,000,000	1,500,000
民間コンサルタント雇用費		2,500,000	2,500,000	1,000,000
LMU職員残業・休日出勤手当		1,200,000	1,200,000	1,200,000
機材維持管理費		1,000,000	1,000,000	1,000,000
合計		55,650,000	40,100,000	44,700,000

参考: MPI 聞き取り調査

単位: [Rs]

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5.6.3 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	RDA/LMU	
		道路		
	擁壁被害	住宅	LMU	地方自治体
		農地		
		公共施設	RDA/LMU	
		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		RDA/LMU		
道路				

●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。

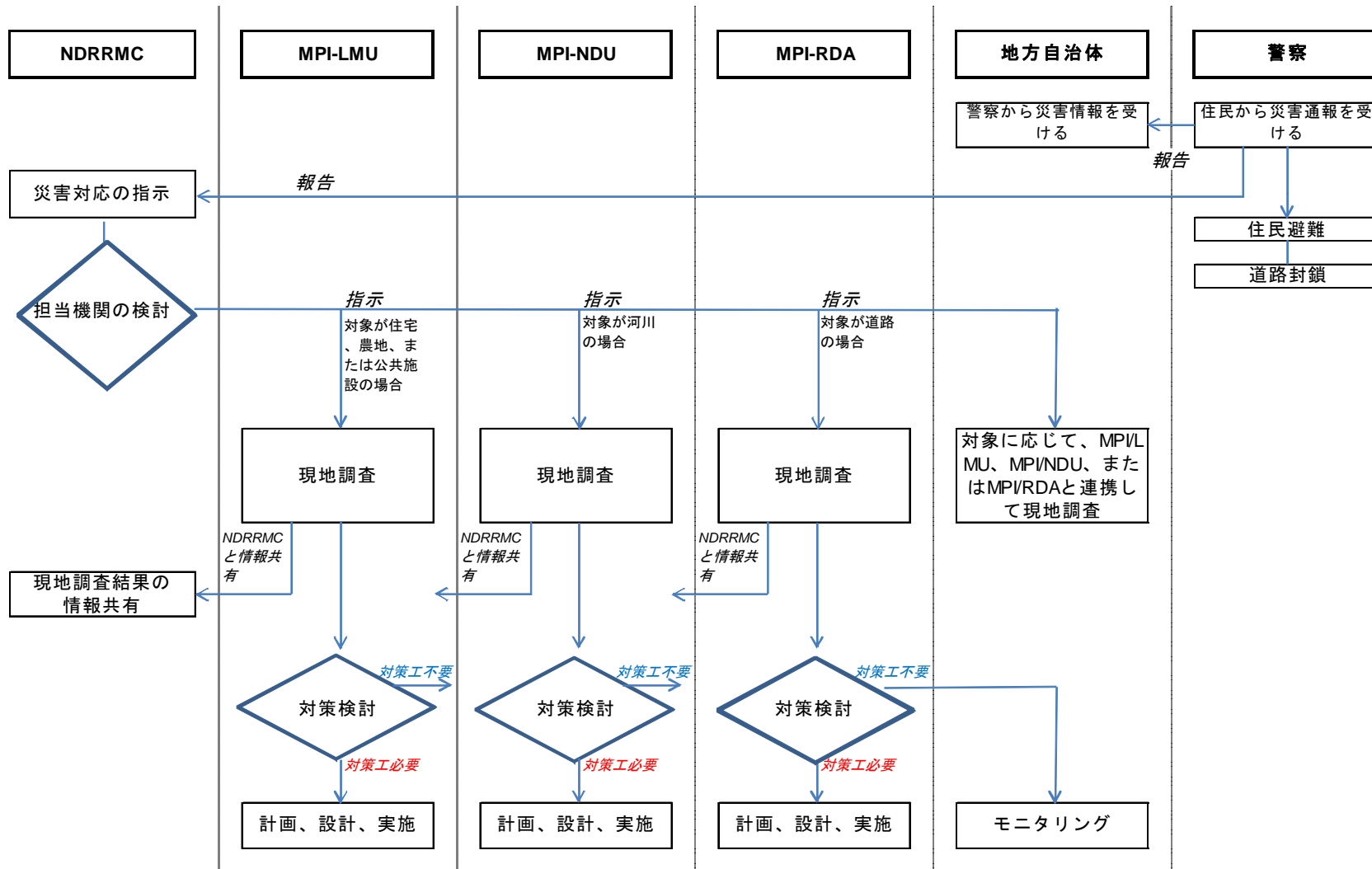


図5.6.4 緊急災害対応手順(出典:JICA 調査団)

●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。

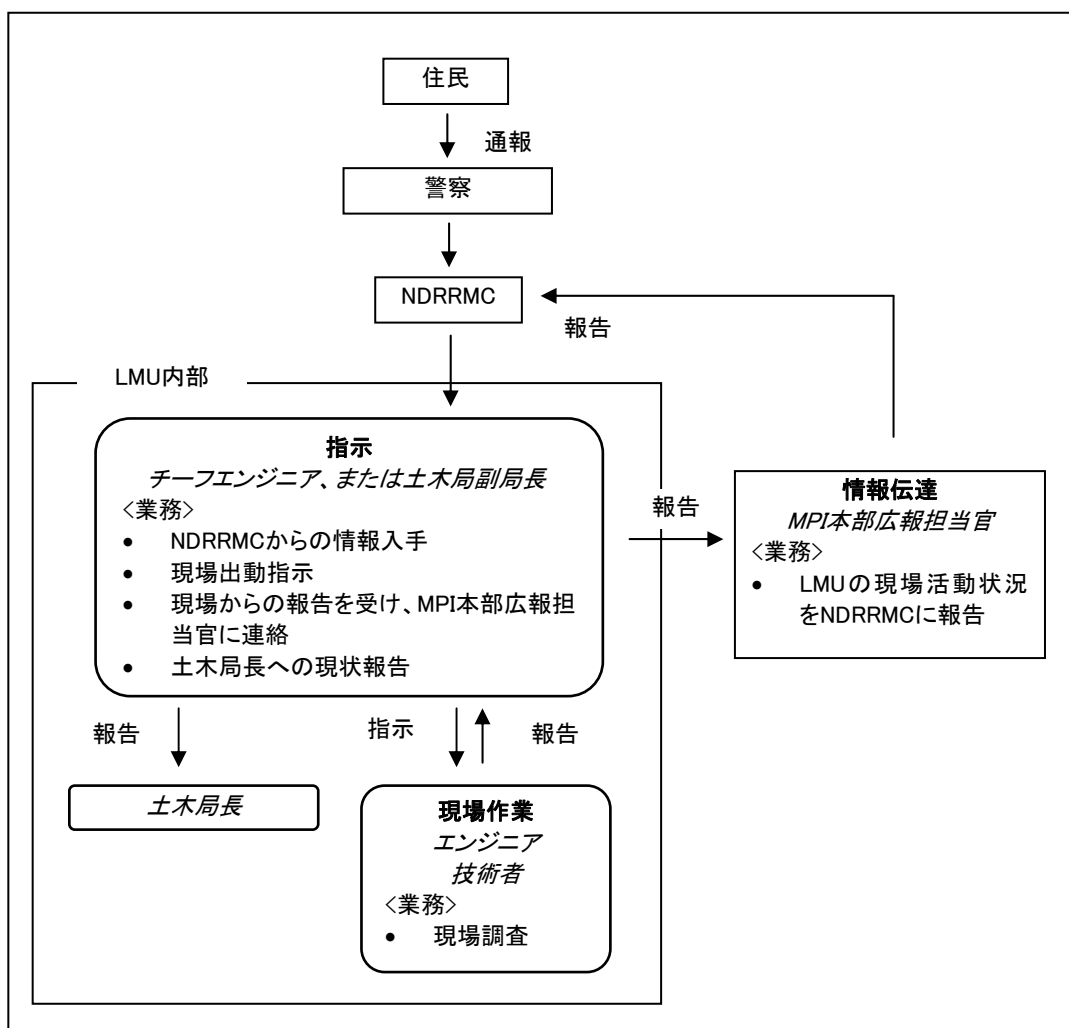


図5.6.5 LMU 内緊急時運営体制(出典: JICA 調査団)

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。

<第5章の参考文献>

¹ (社)日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針, pp. 405, 2009

² Environment Protection Act 2002

³ Environment Protection Act 2002に基づきJICA調査団作成

⁴ 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

地すべりの構造物対策工には大きく分類して抑制工と抑止工とに分けられる。抑制工とは地形、地下水状態などの自然条件を変化させて地すべり活動を停止または緩和させる工法である。抑止工とは構造物を設けることによって構造物の持つ抑止力により、地すべりの一部または全てを停止させるものである。

適用される地すべり対策工は必ずしも 1 種類とは限らず、多くの場合、数種類を組み合わせた工法を採用する。地すべり対策工種として一般的なものを以下に示す。

表6.1.1 地すべり対策工の分類¹

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

一般には、抑制工を主体として、必要に応じて追加の抑制工および抑止工を組み合わせ用いる。第 5.2 章で述べたように、フィージビリティ調査の段階で検討した対策工の方針及び計画に沿って対策工の設計を行った。

6.1.1 対策工の基本設計

a. 洪水用大断面水路

チトラクト地区背後には急峻な山岳斜面が存在する。この急峻な斜面は凹型を呈しており、パイロットプロジェクトの対象となる A、B 地すべりブロックを含む地すべり地帯は背後斜面に降った降雨が流れ込む集水地形となっている。従い、雨季中には、背後の山岳斜面からの大量の表流水が地すべり地帯に流れこむ。周囲の居住地や道路ではこれらの表流水を適正に排出する設備が不十分であり、既存の水路も場所によっては流出量に対して十分な排水能力を有しないことから洪水が常習的に発生しており、地域住民の生活に多大なる影響を与えている。

また一方で、雨季中は地すべり地帯では地下水位が地表面付近まで上昇することが、これまでの地下水位モニタリングの結果からも明らかになっている。この地下水位上昇は、背後斜面からの表流水が地下に浸透することが主な原因と考えられる。この地下水位上昇は、2013 年雨季に活発化した A、B ブロック地すべりの誘因であると考えられる。また、この高地下水位により、これまでのモニタリングでは観測できなかった他の地すべりブロックについて今後活発化する可能性もある。

上述の通り、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。

この大断面水路は斜面に対し横断方向に設置し、背後の山岳斜面からの表流水および小規模な自然水路を流下する雨水を集水し、既存の河川や水路に適切に排出する。水路の断面は背後斜面の流域面積と設計降雨強度（後述）から算出し決定する。

大断面水路の底面及び側面は、コンクリートおよび石積み工で覆うことにより、地下への浸透および水路両岸の浸食を防止する。場所によっては農業用道路を横切るため簡易的な橋梁、また水路両側にはフェンスを設け、転落事故防止対策を行う。

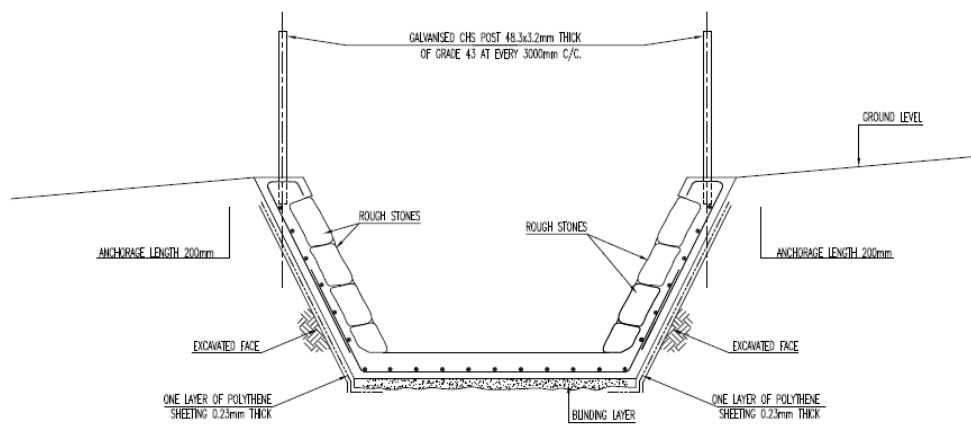


図6.1.1 洪水用大断面水路の概略断面図(出典: JICA 調査団)

なお、上記大断面水路を設置した場合の水路の背後斜面の安定性について検討を行った。検討断面は背後の緩斜面長が長い代表的な 3 測線で行った。安定計算条件は以下のとおりである。

表6.1.2 洪水用大断面水路背後斜面の安定計算条件(出典: JICA 調査団)

対象地すべり構成地質	斜面堆積物 (Colluvial Material)
単位体積重量 [γt]	18 [kN/m ³]
粘着力 [c]	10 [kN/m ²]
内部摩擦角[φ]	10 [degree]
計算手法	修正フェレニウス法 (Ordinary method)
地下水位	地表面から-3m (周辺の既存観測孔 BPP-8 での最高水位)
目標安全率	1.15

また、安定計算結果および安定計算断面位置図を以下に示す。詳細な計算結果は巻末資料に示した。

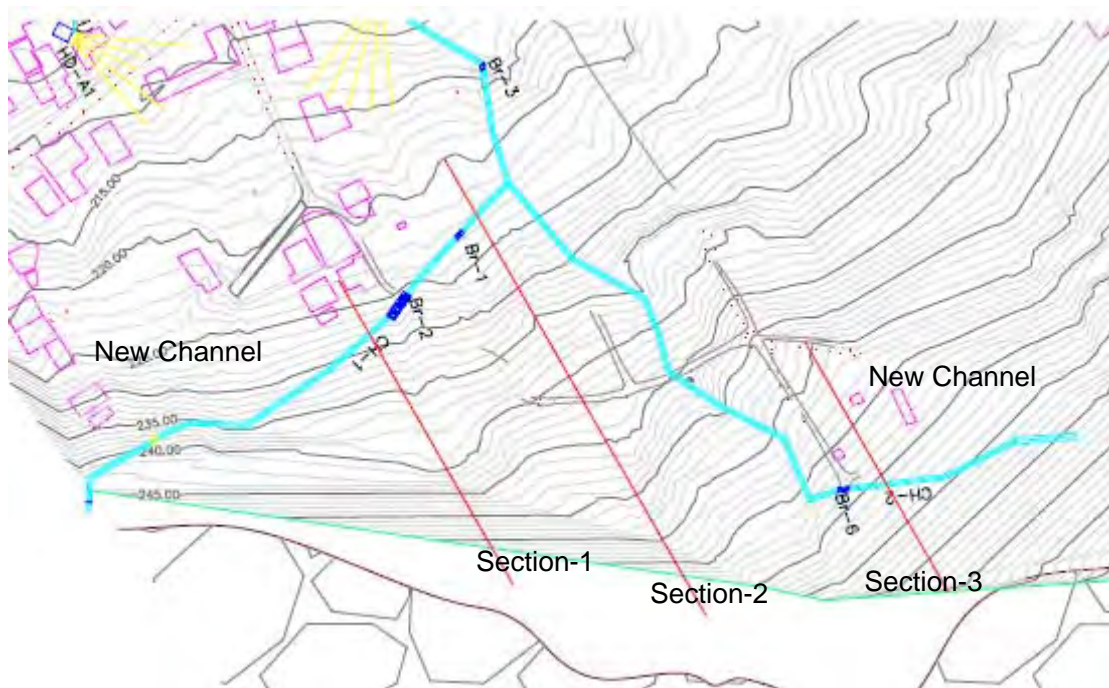


図6.1.2 安定計算断面位置図(出典: JICA 調査団)

表6.1.3 洪水用大断面水路背後斜面の安定計算結果(出典: JICA 調査団)

測線名	最小安全率	対象の New Channel
Section 1	1.32	CH-1
Section 2	1.17	CH-1
Section 3	1.18	CH-2

大断面水路から背後の斜面堆積物で構成された緩斜面を計算対象範囲とした。この範囲内で最小安全率を示すすべり面を算出した。検討した 3 測線での最小安全率はいずれも目標安全率 1.15 以上となる。よって、大断面水路の設置による背後斜面の安定性に問題はないと判断される。

b. 水平ボーリング工

地すべりブロック内の地下水位を低下させる目的で実施する。対象地すべりの斜面勾配が緩い場合は、ピットを掘って施工位置を下げる。基本的に各水平ボーリングは延長 50m とし、上向きに 5 度の勾配をつける。水平ボーリング工は扇状に配置し 5 本を 1 セットとする。各ボーリング工は管先端部で 10m 間隔を保って配置する。排水口周辺は斜面崩壊および斜面浸食防止を目的として擁壁工を設置する。

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。

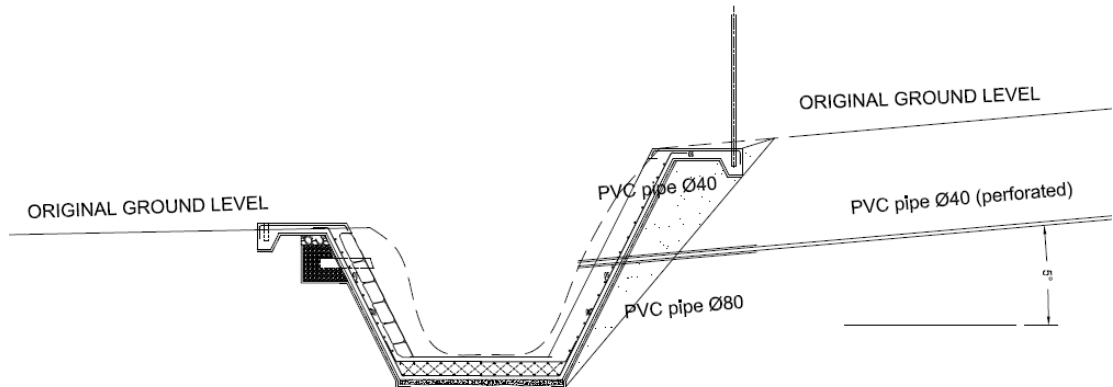


図6.1.3 水平ボーリング工概略断面図(出典: JICA 調査団)

c. 明暗渠工

雨季に地すべりブロックを流下する表流水を地すべりブロック外に排出する目的で横断方向に設置する。また地下水位が地表近くまで上昇することがモニタリングの結果判明したことから、浅い地下水を受ける暗渠工も同時に設置する。表面排水路部分は、水路内に溜まった土砂を排除しやすいように浅く上端幅の広い台形断面とする。断面の大きさは想定される流水量に合わせて変更する。表面排水路表面はコンクリートおよび石積み工で覆い、地下への浸透を防ぐ。

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。

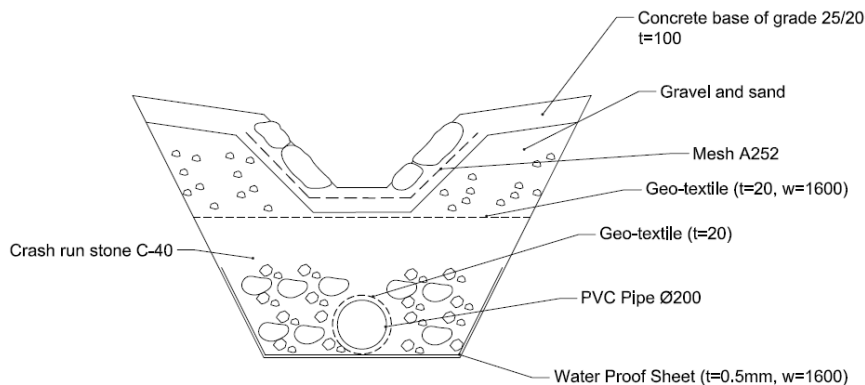


図6.1.4 明暗渠工概略断面図(出典: JICA 調査団)

d. 縦断排水路

水平ボーリング工および明暗渠工により取水された水を地すべりブロック外に排出する目的で設置する。縦断排水路で表流水の取水することは想定しない。

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。

地すべりブロック内の水路は、地すべり活動に伴う地表面変形により破損することが

考えられる。水路が破損した場合、破損箇所から地下に水が浸透してしまう可能性がある。従い、水路は頻繁に点検を行い、破損部は早急に補修するなどのメンテナンスが必要となる。水路が破損し補修までの間、地下への水の浸透を一時的に防ぐために、水路以下に砕石と防水シートおよび漏水を速やかに排水するための有孔管を設ける。また場所によっては、安全確保のために両岸に転落防止フェンスを設ける。

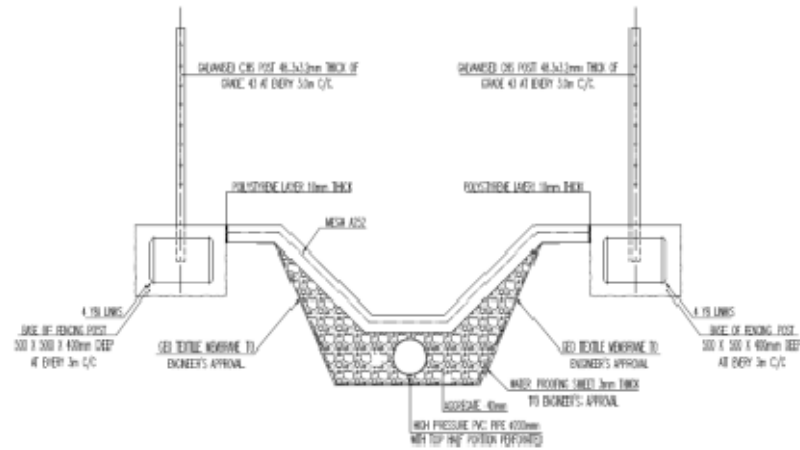


図6.1.5 縦断排水路概略断面図（出典：JICA 調査団）

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。

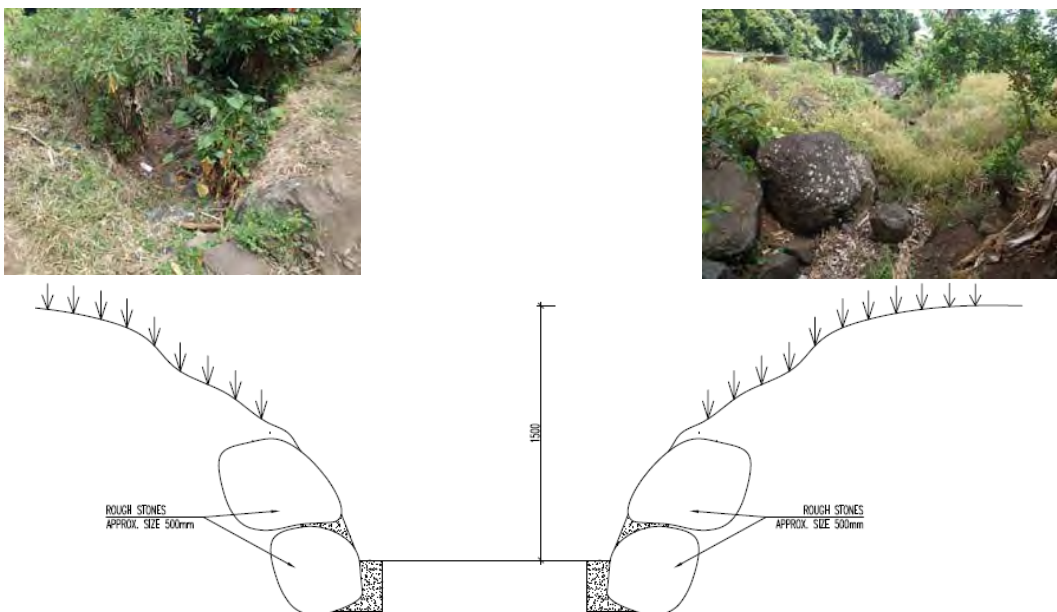


図6.1.6 既存水路拡幅および護岸概略断面図（出典：JICA 調査団）

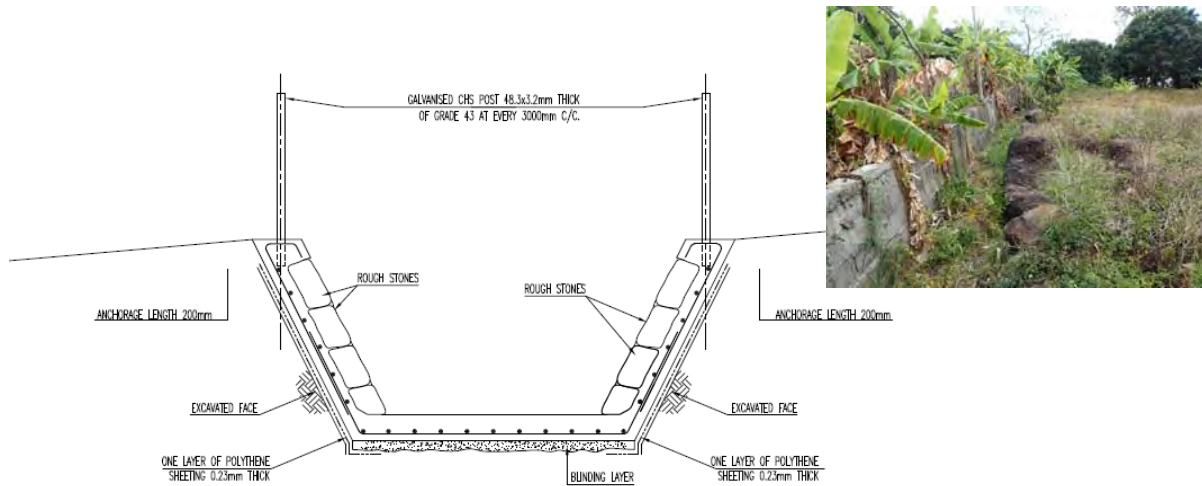


図6.1.7 既存水路補強工概略断面図(出典:JICA 調査団)

西側の洪水用大断面水路に接続される既存水路（下図参照）は、山側からの表流水を排水する断面が不足していることから、毎年雨期になると表流水が水路からオーバーフローして、下流側の住宅街に洪水の被害を与えている。今回の対策工事では、山側からの表流水を十分に排水できる断面を有する既存水路に改修を行う。



図6.1.8 既存水路位置図(出典:JICA 調査団)

また水路の始点は、既存水路で 5m 近くの落差がある箇所であるため、上流からの流水の速度を軽減させ、同時に土砂を堆砂させることのできる落差工を設置する。

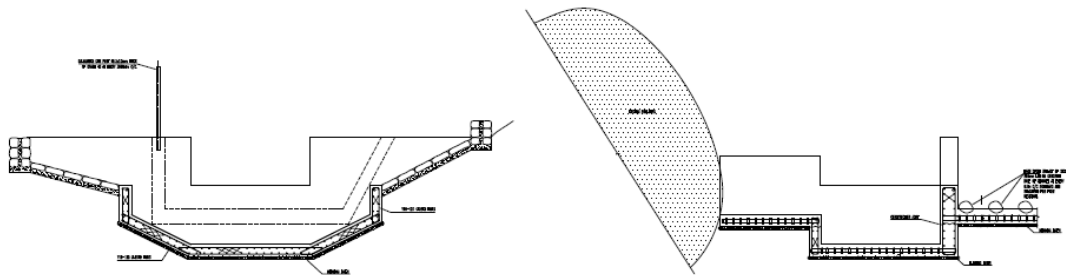


図6.1.9 落差工概略断面図(出典:JICA 調査団)

f. 付帯工

f.1 橋梁

洪水用大断面水路を含む新設の水路により、これまでの生活動線が分断される箇所が発生する。それらの箇所については、それぞれ橋梁を設ける。橋梁は、歩行者用のものと車両の通行が可能なものの2タイプ設計し、それぞれ使用目的に応じて配置する。

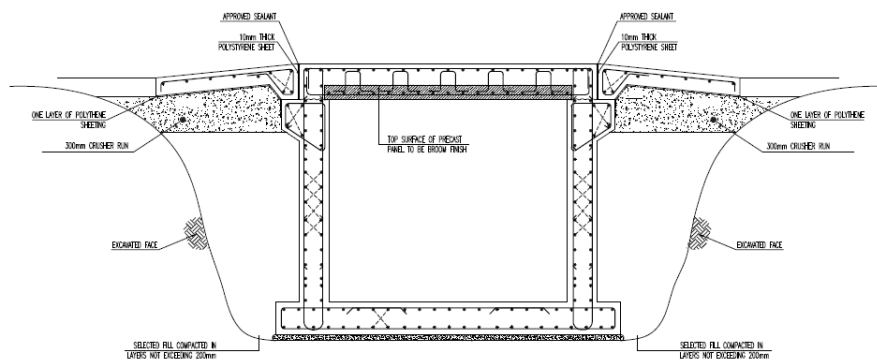


図6.1.10 橋梁概略断面図(出典:JICA 調査団)

f.2 集水枡

浅い地下水を集水した暗渠工を表面排水路に接続する箇所に設ける。集水枡には水路底面から 20cm 以上の土砂溜めを設ける。

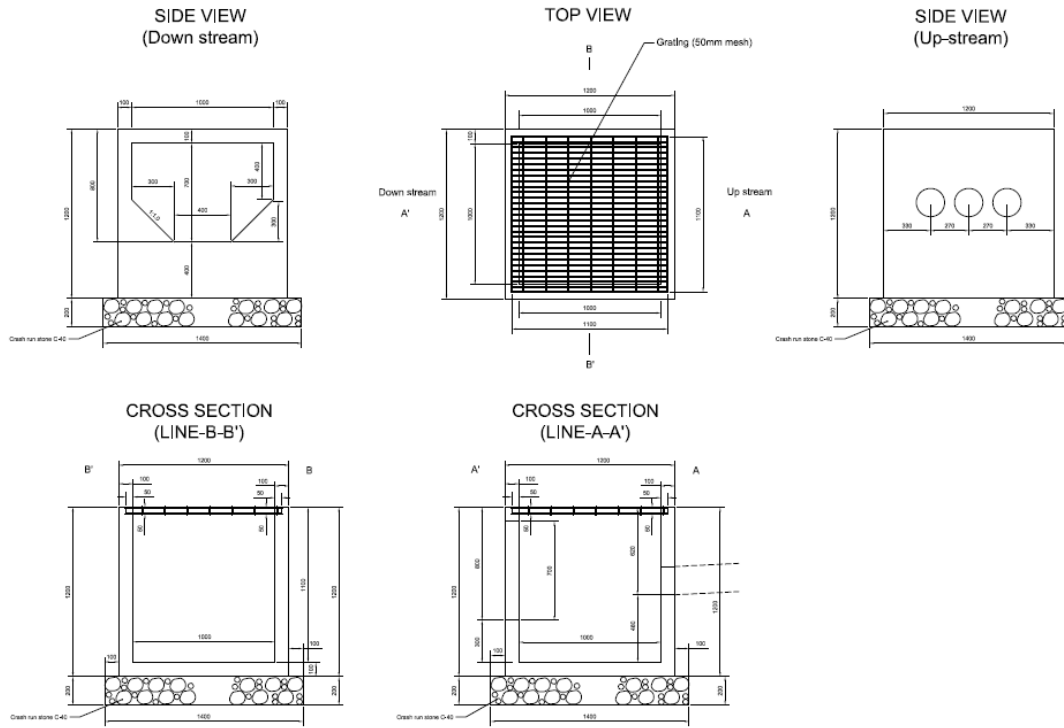


図6.1.11 集水枡概略断面図(出典:JICA 調査団)

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）。

チトラクト地区での活動度の高いと判断された地すべりは A ブロックとその下流側に位置する B ブロックである。第 5 章で述べた対策工計画において、対策工実施はまず上流側に位置し、かつ活動度も高いと判断された A ブロックに対して対策工を実施することとなっている。従い、詳細設計は A ブロックの対策工および上流側の洪水用大断面水路を対象に行った。

B ブロックの対策工については、A ブロックの対策工の効果を確認した後に、B ブロックの対策工の必要性を含め、再度検討することが望ましい。

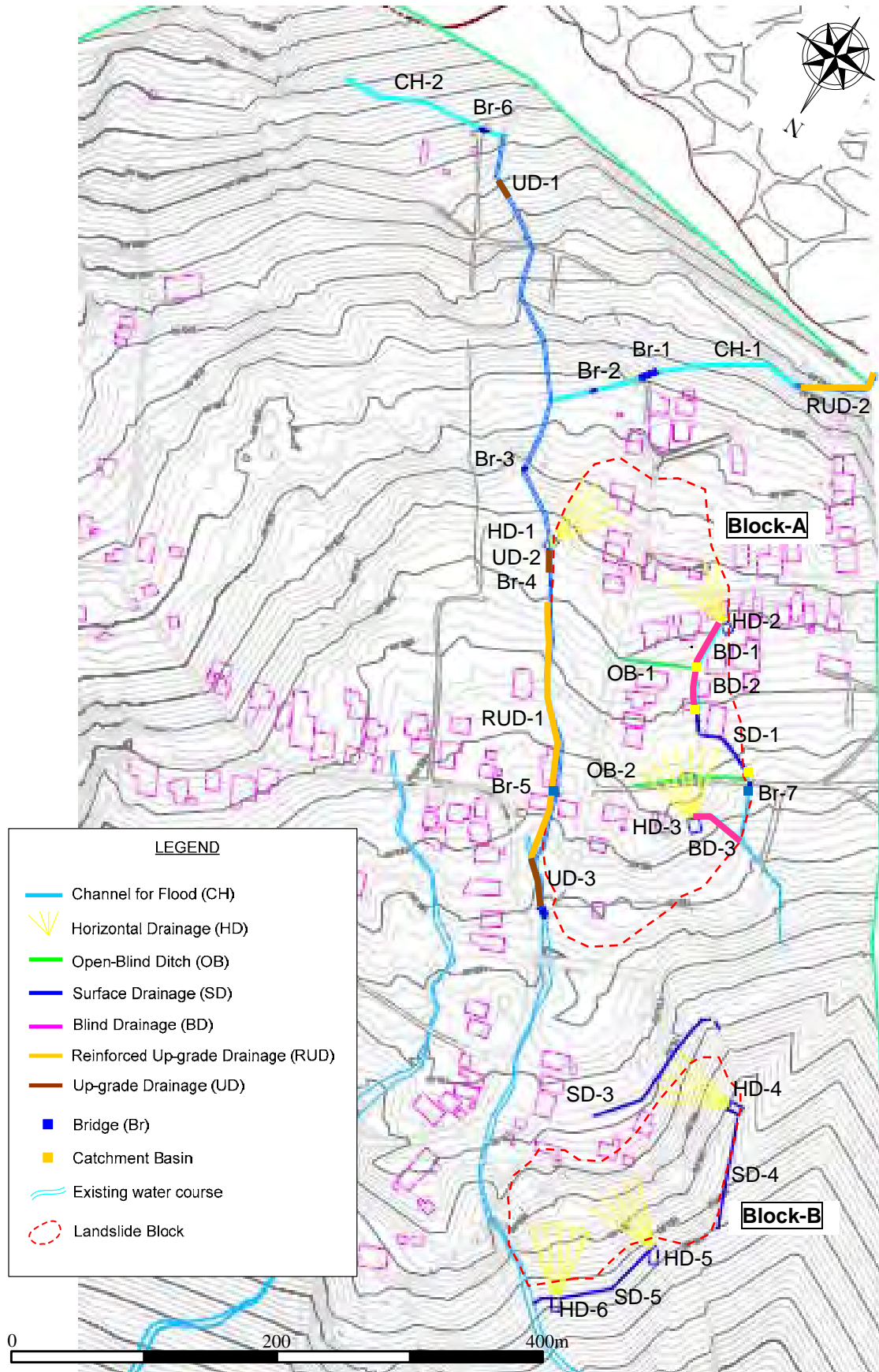


図6.1.12 チトラグート地区対策工配置図(出典:JICA 調査団)

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6.1.4 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	
水平ポーリング工	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 (m³/sec)

f : 流出係数

r : 降雨強度 (mm/hour)

A : 集水面積 (km²)

- 流出係数 : f

出係数は、水路上流側の地表面の状況を基に下表から決定する。

表6.1.5 地表面の工種別基礎流出係数^{2, 3}

地表面の種類		流出係数
路面	舗装	0.70 ~ 0.95
	砂利道	0.30 ~ 0.70
路肩、のり面等	細粒土	0.40 ~ 0.65
	粗粒土	0.10 ~ 0.30
	硬岩	0.70 ~ 0.85
	軟岩	0.50 ~ 0.75
砂質土の芝生	勾配 0 ~ 2%	0.05 ~ 0.10
	" 2 ~ 7%	0.10 ~ 0.15
	" 7%以上	0.15 ~ 0.20
粘性土の芝生	勾配 0 ~ 2%	0.13 ~ 0.17
	" 2 ~ 7%	0.18 ~ 0.22
	" 7%以上	0.25 ~ 0.35
屋根		0.75 ~ 0.95
芝、樹林の多い公園		0.10 ~ 0.25
勾配の緩い山地		0.20 ~ 0.40
勾配の急な山地		0.40 ~ 0.60
田、水面		0.70 ~ 0.80
畑		0.10 ~ 0.30

- 降雨強度 : r (mm/hr)

モーリシャス国の設計降雨強度表（表 6.1.6）から決定する。モーリシャスでの水路設計には、一般的に設計降雨強度は 50 年確率の 15 分間強度を採用することから、このプロジェクトにおいても同条件を採用する。

表6.1.6 降雨強度表⁴

		再現期 (year)					
		2	5	10	25	<u>50</u>	100
持続時間(min)	5	1.75	2.25	2.65	3.10	3.45	3.75
	10	1.45	1.85	2.15	2.45	2.75	3.05
	<u>15</u>	1.15	1.45	1.65	1.90	2.10	2.30
	30	0.95	1.20	1.40	1.65	1.85	2.05
	45	0.80	1.05	1.25	1.50	1.70	1.85
	60	0.65	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70
	120	0.35	0.60	0.75	1.00	1.05	1.25

雨量強度(mm/min)

よって、ここで採用される降雨強度は $r = 2.10 \times 60 = 126$ (mm/hour) となる。

● 集水面積

表流水を集水する目的である水路である洪水用大断面水路、表面排水路、明暗渠工の上方斜面の集水面積は以下のとおりである。

表6.1.7 各水路に対する集水面積(出典:JICA 調査団)

水路	集水面積 (km ²)	備考
洪水用大断面水路 (CH-1,CH-2)	0.380	集水範囲 I (図中)
既存水路(UD-3)	0.017	集水範囲 II (図中)
明暗渠工(OB-1)	0.015	集水範囲 III (図中)
明暗渠工(OB-1)	0.006	集水範囲 IV (図中)

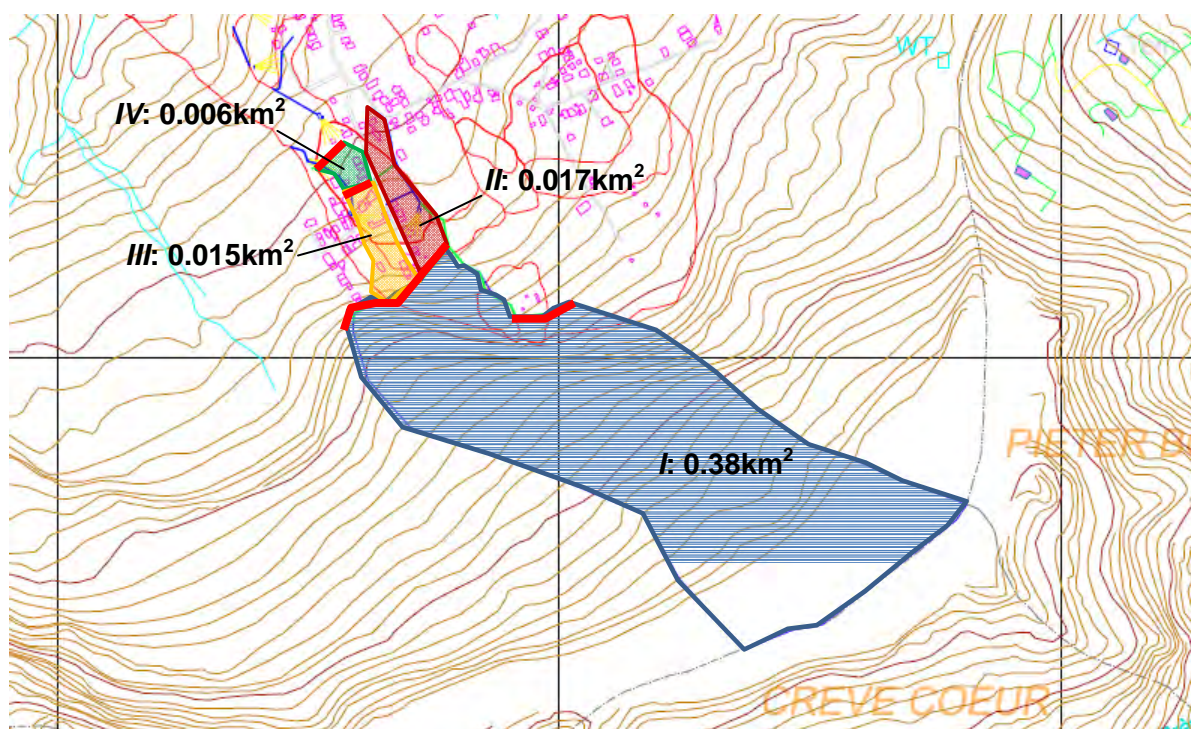


図6.1.13 計画水路の集水面積(出典:JICA 調査団)

これ以外の水路は表流水が直接流入するものではないため、地下水や他の水路からの流入した水量を基に水路断面を決定する。地下水の流入量については、下記の a.2 章「水路の流下能力検討」において算出した。

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6.1.8 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 ²)	流入量 (Q:m ³ /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_a: 流下能力 (m³/sec)

A: 通水断面積 (m²)

v: 平均流速 (m/sec)

- 通水断面積: A (m²)

基本設計において計画したそれぞれの断面を基に計算する。なお通水断面積は水路全断面の80%とした。

- 平均流速: v (m/sec)

平均流速は、下に示すマンニング式で求める。

$$v = 1 / n \times R^{2/3} \times i^{1/2} \text{ ----- (式 6-3)}$$

ここに、

v: 平均流速 (m/sec)

n: 粗度係数 (m^{1/3}sec)

R: 径深 (m) (= A/P; A:通水断面積, P: 潤辺長)

i: 水面勾配 (流路勾配)

- 粗度係数: n

粗度係数は、下表から選定する。

表6.1.9 マニングの粗度係数^{5,6}

水路の形式	水路の形状	粗度係数nの範囲	nの標準値
カルバート	現場打ちコンクリート		0.015
	コンクリート管		0.013
	コルゲートメタル管		0.024
	塩化ビニル管		0.010
ライニングした水路	鋼、塗装な資、平滑	0.011~0.014	0.012
	モルタル	0.011~0.015	0.013
	木、かんな仕上げ	0.012~0.018	0.015
	コンクリート、コテ仕上げ	0.011~0.015	0.015
	コンクリート、底面砂利	0.015~0.020	0.017
	石積み、モルタル目地	0.017~0.030	0.025
	空石積み	0.023~0.035	0.032
	アスファルト、平滑	0.013	0.013
ライニングなし	土、直線、等断面水路	0.016~0.025	0.022
水路	土、直線水路、雑草あり	0.022~0.033	0.027
	砂利、直線水路	0.022~0.030	0.025
	岩盤直線水路	0.025~0.040	0.035
	整正断面水路	0.025~0.033	0.030
自然水路	非常に不整正な断面、水路、立木多し	0.075~0.150	0.100

● 径深：R

径深は、以下の式によって求められる。

$$R = A / P \quad \text{-----} \quad \text{(式 6-4)}$$

ここに、

A: 通水断面積 (m²)

P: 潤辺長(m)

● 流路勾配: i

水路の勾配は平均 5% で計画されていることから、**0.05** を採用した

a.3.1 地下水排除工による水路への流入量検討

ここで、地下水排除工（水平ボーリング工）による水路への流入量は式 6-1 から算出できないため、設計された排水管の仕様を基に式 6-2 を用いて得られた流下能力を流入量として算出した。

水平ボーリング工の排水管 1 本あたりの想定流入量および計算条件は以下のとおりである。なお詳細な計算書は巻末資料に示した。

表6.1.10 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 ²)	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 ³ /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6.1.11 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 ³ /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

基本設計において計画した水路が、流入量に対して十分な断面を有するかを検討する。それぞれの水路の計算条件および流下能力は以下のとおりである。なお詳細な計算書は巻末資料に示した。

表6.1.12 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 ²)	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 ³ /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

これらの各水路の流下能力が、流入量に対して十分な排水能力があるかを検討した結果は以下のとおりである。

表6.1.13 各計画水路の流下能力および流下量（出典：JICA 調査団）

水路	表流水 (Q:m ³ /sec)	他の水路からの流入量 (Q:m ³ /sec)	総流入量 (Q:m ³ /sec)	流下能力 (Qa:m ³ /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

付帯構造物である橋梁の通水断面積はいずれも3.0m²といずれの水路の通水断面積より大きく取っており十分の通水能力を有する。水路や橋梁の構造については、モーリシャス国のコンクリート構造物設計基準に準拠してJETとMPIが共同で設計を行った。

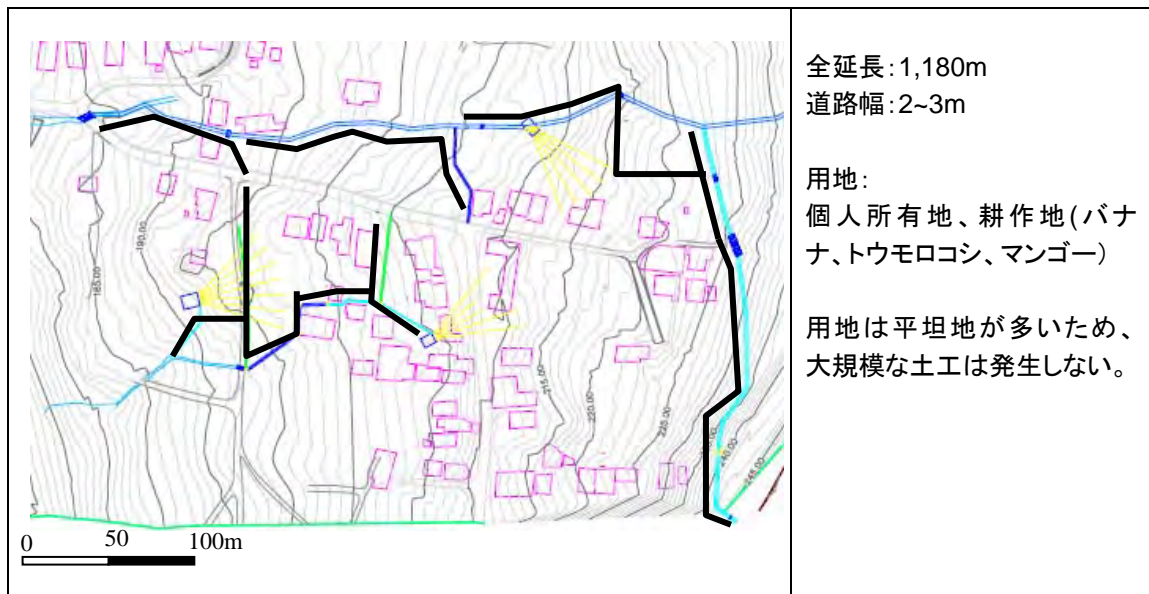
各水路および付帯構造物の標準断面図を巻末資料に示す。

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。

工事用道路幅は場所によって変わるものの、2~3mを確保する。工事用道路は、仮設道路のため用地取得は行わない。請負業者が地権者と交渉して使用料の支払いおよび復旧作業を行うこととする。

表6.1.14 Aブロック工事用道路配置(出典: JICA 調査団)



b. 積算

上記の計画された対策工について、積算を行った。

積算のための工事単価はConstruction Industry Development Board: National Schedule of Rates (First edition), 2012を参考に行った。なお、水平ボーリング工に関しては決められた工事単価がないことから、モ国のボーリング業者へのヒアリングおよび本プロジェクトで実施した調査ボーリングの金額などを参考に算出した。

また工事一般費として、現場事務所設置、樹木伐採、仮設工事道路設置、資機材搬入費、関係省庁との連絡、工事後の清掃費などを含めた。

積算結果による各工種の概算数量および工事費を以下に示す。詳細については巻末資料に添付した。

表6.1.15 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(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 ³	1529.56	
		捨てコンクリート	m ²	552.34	
		防水シート工	m ²	849.75	
		鉄筋工	kg	13596.06	
		石張り工	m ²	764.78	
		安全柵	m ²	849.75	
		型枠工	m ²	329.31	
		コンクリート工	m ³	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 ³	633	作業用ピット

対象 地すべり	工種	種別	単位	数量	備考
	明暗渠工	コンクリート擁壁	pc	3	孔口崩壊防止
		掘削工	m ³	254	
		石張りコンクリート工	m ³	35	
		補強メッシュ工	m ²	280	
		砕石	m ³	167	
		ジオテキスタイル工	m ²	351	土砂流出防止
		防水シート工	m ²	224	
		PVC 管設置	m	140	暗渠用 φ200
	表面排水路	掘削工	m ³	87	
		石張りコンクリート工	m ³	24	
		補強メッシュ工	m ²	160	
		砕石	m ³	34	
		ジオテキスタイル工	m ²	104	土砂流出防止
		防水シート工	m ²	128	
	暗渠工	掘削工	m ³	251.1	
		ジオテキスタイル工	m ²	294.1	
		防水シート工	m ²	172.8	
		PVC 管設置	m	188.0	
		砕石	m ³	56.7	
		埋め戻し工	m ³	108.0	
	集水枡工	コンクリート工	m ³	41	
		鉄筋工	kg	2778	
		掘削工	m ³	42	
		捨てコンクリート	m ²	83	
		型枠工	m ²	107	
	橋梁(車両)	掘削工	m ³	50	1 基当たり
		捨てコンクリート工	m ²	15	1 基当たり
		鉄筋工	kg	1380.4	1 基当たり
型枠工		m ²	40.6	1 基当たり	
安全柵		m ²	4.8	1 基当たり	
埋め戻し工		m ³	8	1 基当たり	
コンクリート工		m ³	28	1 基当たり	
橋梁(歩行者)	掘削工	m ³	37	1 基当たり	
	捨てコンクリート工	m ²	4.64	1 基当たり	
	鉄筋工	kg	149.9	1 基当たり	
	型枠工	m ²	14.7	1 基当たり	
	安全柵	m ²	4.8	1 基当たり	
	埋め戻し工	m ³	2.8	1 基当たり	
	コンクリート工	m ³	3.04	1 基当たり	

表6.1.16 チトラクト地区地すべり対策エブロック A 概算工事費（出典:JICA 調査団）⁷

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
	集水枘	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

上記工事に対しての計画工程表を以下に示す。

今回の対策工の工事は用地交渉に時間を要するため対策工に優先順位を付け、2014年の12月（雨季）までに完了できる工事を本プロジェクトのパイロット事業で行うこととした。用地取得にかかる期間およびスケジュールについては、家屋土地省(Ministry of Housing and Land)との協議で決定した。その結果、Aブロックの工事を2つの工区（セクション）に分け、セクション1を本プロジェクトで実施し、セクション2はプロジェクト終了後、MPIが行うこととなった。

工区は図 6.1.14 に示したように分割した。

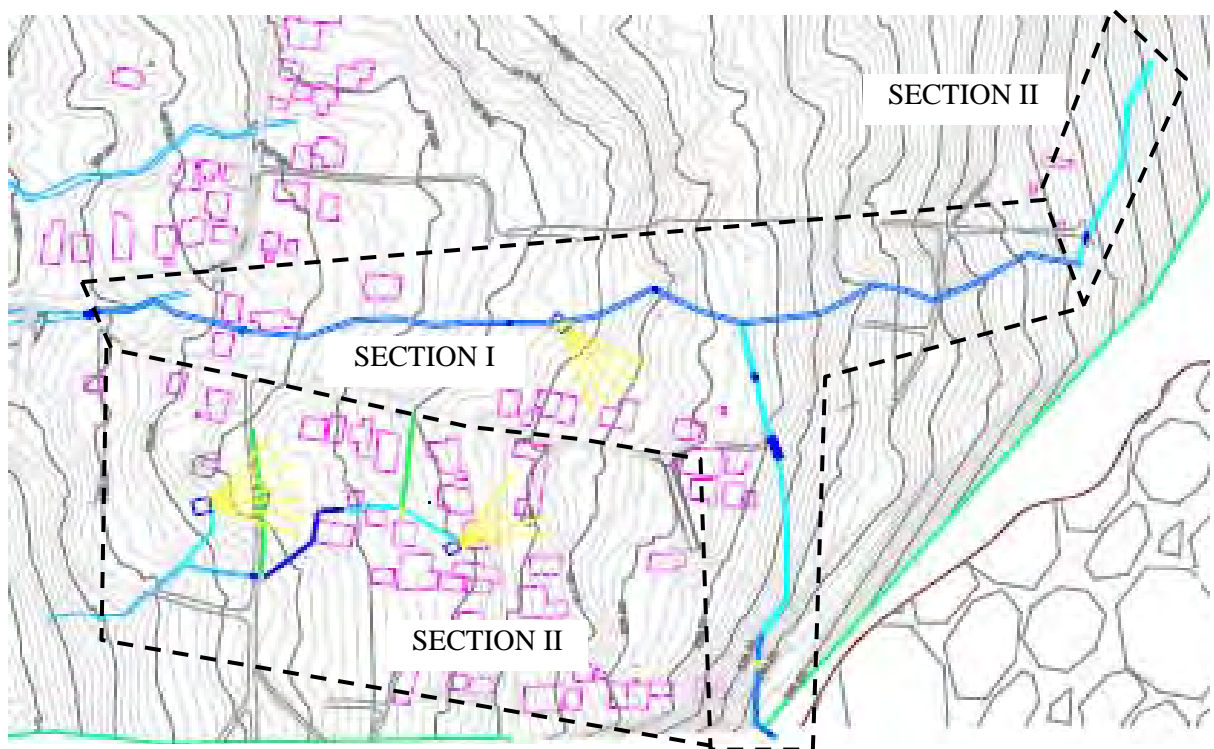


図6.1.14 Aブロック地すべりの工区分け(出典:JICA 調査団)

また、Section Iのうち、既存水路については用地取得が不要であることから、既存水路の改修工事をフェーズ1とし、用地取得が必要な洪水用大断面水路および水平ボーリング工事はフェーズ2として、開始時期をずらして行うこととした。

以下にそれぞれの工事の工程表を示す。工事はいずれも2014年12月までに完工することとした。

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6.1.15 計画工程表(出典:JICA 調査団)

b. 主要資機材

以下に本工事の主要資機材を示す。

表6.1.17 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
	クラッシャーラン	(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 ² , 1m ²	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 ³	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 ³	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

パイロット事業での工事にかかる現地再委託選定において、「モ」国入札制度及び JICA 「コンサルタント等契約における現地再委託契約ガイドライン（2012年4月版）」の折衷により入札を実施した。表 6.1.18 に地すべり防除工事の概要を示す。

表6.1.18 地すべり防除工事の概要(出典: JICA 調査団)

項目	内容
工事名	チトラクート地区地すべり防除工事 (Construction of Landslide Countermeasure Works in Chitrakoot Area)
目的	本プロジェクトのパイロットプロジェクト地域であるチトラクート地区において、地すべり防除工事を実施する
工事実施サイト	モーリシャス国チトラクート地区
工事内容	<p><u>フェーズ 1</u></p> <p>1 既存河川の改良 : 総延長 666m (内訳: Type1=98.0m, Type2=296.0m, Type3=175.0m, Type4=47.0m, Type 5=50.0m)</p> <p>2 橋の建設 : 車両通行用橋梁:1橋、歩行者用橋梁:2橋</p> <p>3 付帯工事 : 樹木伐採、護岸植生工</p> <p><u>フェーズ 2</u></p> <p>1 水平ボーリング : 掘削総延長220 m (内訳:50m + 50m + 45m + 40m + 35m)、φ40mm 浸食防護擁壁</p> <p>2 新規水路の建設 : 延長203m</p> <p>3 橋の建設 : 車両通行用橋梁:2橋</p> <p>4 付帯工事 : 樹木伐採、護岸植生工</p>
工期	2014年7月22日～2014年12月22日(予定)

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。

また、本工事は、「モ」国で初めての大規模地すべり対策工事であり、加えて水平ボーリング工という特殊対策を実施するもので、今後の「モ」国での地すべり対策のモデルケースとなる極めて重要な案件である。そのため、本工事では十分な実績・信頼のある会社で、かつ特殊対策（水平ボーリング工）が実施可能と思われる会社を選定する必要がある。加えて、サイクロンによる地すべり発生の影響を避けるため乾期中（2014年12月末まで）の竣工が望ましく、施工能力のある業者数が限られることから、カウンターパートと協議のうえ現地での商習慣を踏まえて「指名競争入札」により現地再委託業者を選定することとした。

なお、「モ」国入札制度においても、対象となる工事が特殊な技術を必要とし、施工能力のある業者数が限られる場合は指名競争入札を推奨している (The Public Procurement Act 2006, Act No.33 of 2006, Part IV 19. Restricted bidding)。

a.1 再委託業者のロングリスト

競争入札参加者の指名について、以下の条件に該当する会社を MPI より紹介された（表 6.1.19）。

- ・ 過去 3 年間で平均 15,000,000Rs 以上の受注額がある
- ・ 本工事と同種である表面排水工、橋梁工、カルバート工等の実績が過去 5 年に 2 件以上ある
- ・ 掘削機、切削機、運搬トラック、コンクリートミキサー車を複数台、ボーリング機材を 1 台以上所有する
- ・ 5 年以上の経験を持つ資格登録技術者が担当者となることができる
- ・ 2,000,000Rs 以上の流動資産を所有している

表6.1.19 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	Sotravic 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。

しかしながら「モ」国での入札制度においては、通常入札会を行わず、各機関の調達部門に応札したい業者が「見積書類及び技術計画書」を提出することとなっており、その後、調達部門において評価委員会を立ち上げ、「見積書類及び技術計画書」の評価・審査を行い、技術計画書の妥当性と適合性をチェックし、選定第一位業者を決定する。なお、「モ」国では、業者による提示価格が予定価格の 15% 以上となっている場合、自動的にその業者は失格となる。見積額と技術計画書の両方から成る評価結果は、落選した業者も含め入札に参加した全社に通知されると同時に、入札価格が 15,000,000Rs 以上の金額に関しては、調達政策事務所（PPO: Procurement Policy Office）のホームページで一般公表される。結果が通知されてから、7 日間の業者による抗議申し入れ期間が設けられ、期間内に抗議申し入れがない場合、選定第一位業者と契約締結となる。そのため、「モ」国におけるこれらの商習慣を踏まえた上で、カウンターパートと協議のうえ、以下の流れ及びスケジュールに沿って本工事に係る入札を進めた。

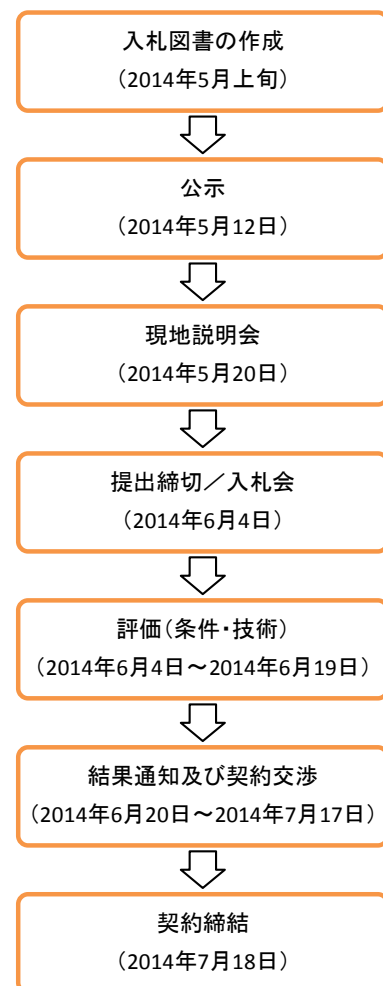


図6.1.16 入札のスケジュール(出典: JICA 調査団)

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

なお、技術仕様書および施工の図面については調査団とカウンタパートにより作成された。

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。公示では、入札に係る招聘レターを送付するとともに入札図書を配布した。また、通常の「モ」国での商習慣と違い、JICA ガイドラインに従い、入札会を開催するため、応札を希望する場合は入札会に参加するように伝えた。また入札会までに見積書類及び技術計画書の提出を求めた。

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。

表6.1.20 現地説明会に参加した業者リスト(出典:JICA 調査団)

業者名	現地説明会
General Construction Co.Ltd.	不参加
Sotravic Limitee	参加
Transinvest Ltd.	参加
Colas Ltd.	参加
Gamma Civic Ltd.	参加

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。

2014 年 6 月 4 日に開催された入札会では、JICA マダガスカル事務所の企画調整員、カウンターパート、調査団関係者及び業者 2 社からの代表立会いの下、調査団事務所にて見積書類の一斉開封を行った。また、JICA マダガスカル事務所の指示により、入札会では関係者以外は立ち入らないようにした。理由として、本工事に係る価格相場を入札関係者以外に公表しないためである。

透明性の確保のため、参加者全員には見積り金額の結果をホワイトボード上で明示し、且つ見積り金額に誤りがないことを証明するために、業者 2 社の見積り金額を記載している証拠書類に JICA マダガスカル事務所、カウンターパート及び調査団が署名した。

表6.1.21 入札会に参加した業者リスト(出典: JICA 調査団)

業者名	現地説明会	入札会
General Construction Co.Ltd.	不参加	不参加
Sotravic Limitee	参加	参加
Transinvest Ltd.	参加	不参加
Colas Ltd.	参加	参加
Gamma Civic Ltd.	参加	不参加

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。

第 1 評価の評価委員は調査団側から 2 名とカウンターパート側から 2 名で構成されており、見積書類及び技術計画書が条件に合致しているか検討を行った。見積書類においては、2 重の審査を行い、見積もりの計算に誤りがないことを確認した。評価委員会により条件に合致していない見積書類及び技術仕様書が確認された場合は同社を見積比較の対象から除外した（今回は合致していない業者はいなかった）。入札評価報告書は、「モ」国の PPO の様式を参考に本工事の入札評価報告書を作成した。

なお、評価委員会では、以下の条件について評価・審査を行った。

必須条件

- 提出書類においてすべて記入及び署名
- 過去 3 年間で平均 15,000,000Rs 以上の受注額がある
- 土木工事において 5 年の経験
- 本工事と同種である表面排水工、橋梁工、カルバート工等の実績が過去 5 年に 2 件以上ある
- 工事に必須な機械・機材の有無。（掘削機、切削機、運搬トラック、コンクリートミキサー車）
- 5 年以上の経験を持つ資格登録技術者（Registered Professional Engineer）が担当者である
- 2,000,000Rs 以上の流動資産を所有及び銀行の証明書

一般評価

- 設立証書及び企業登記の有無
- 過去 5 年間の工事による総貨幣価値記録の有無
- 本工事と同種である表面排水工、橋梁工、カルバート工等の実績が過去 5 年に 2 件以上ある。（必須条件同様）
- 工事に必要な機械・機材の有無。（必須条件同様）
- 評価対象者及び技術者の資格及び職務経歴の有無
- 過去 3 年間の財政状態の報告書の有無
- 本工事用に係る運転資本の証拠書類の有無
- 銀行照会状の有無
- 過去 5 年間で訴訟の有無

技術評価

- ・ 作業工程表の有無
- ・ 評価対象者：5年以上の経験を持つ資格登録技術者（Registered Professional Engineer）が担当者である
- ・ 工事に必須な機械・機材の有無。（掘削機、切削機、運搬トラック、コンクリートミキサー車）

第2評価では、上記の評価結果を踏まえ、調査団側から1名とカウンターパート側から2名により、技術的視点から技術計画書の妥当性を確認した。対象項目は以下のとおりである。

- ・ 作業工程表の妥当性
- ・ 作業内容の妥当性
- ・ 掘削機械の性能

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6.1.22 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)
VAT: Value Added Tax (付加価値税)

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。また、本契約の留意点を双方で確認するため、2014年6月30日に調査団事務所で会議を行い、以下の点について話し合った。

- 1) 支払い時期：毎月月末に業者が出来高に応じた請求書を発行し、支払いを行う。7月末から支払いを開始し、最終支払いは12月末とする（合計6回）。なお、契約書にあるとおり、前払い金は認めない。
- 2) Contingency Fee：見積もり金額の内500,000RsはContingency Feeとして計上されていたが、同費用は不測の事態に備えて計上されているものであり、問題が起きなければ発生しない費用であるため、契約金額から除外することで合意した。不測の事態が発生した場合には、その都度必要に応じて契約変更を行うことで合意した。
- 3) 契約履行保証書：同保証書は瑕疵期間まで有効とすることとし、履行権利者はJICAマダガスカル事務所及び国際航業（JICA調査団チーム）として、業者に再提出を求める。
- 4) 留保金：工事完了時までに契約金額の支払いを完了し、瑕疵期間中については留保

金の代わりに銀行保証を取り付けることとする。

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。

付加価値税（VAT：Value Added Tax）還付

本契約では、通常の現地再委託と同様、付加価値税分も含めて業者に契約金額を支払い、後日カウンターパート機関（公共インフラ省）を通して還付手続きを行う。還付手続きはインボイスが揃い次第、順次行うこととし、貴機構との経費の取り扱いについては VAT を差し引いて精算する。なお、契約時における VAT 抜の契約金額は、14,045,723Rs（48,766,750 円：換算レート 1 Rs=3.472 円（契約書（7/18）締結時の OANDA 統制レート））である。

b.8 委託先の総合評価

Sotraviv Limitée 社は、モーリシャス全島のインフラ関連の建設事業を手がける最大手のボーリング掘削・建設会社である。当該業者は、今回の地すべり対策工事対象地域において過去に本プロジェクトで実施したモニタリング機器の設置業務を受注しており、地すべり地帯での掘削を経験している。また、水平ボーリング工が可能な掘削機械も所有していることから、掘削業務において多様な技術と知識を有していると考えられる。工事対象地域においても詳細な知識を有しているため、効率的な工事の実施が可能であると判断した。以上を考慮し、Sotraviv Limitée 社を本業務の再委託先として適当であると判断した。

6.1.5 施工監理

パイロット工事実施期間中は、JET および MPI の C/P により施工監理を行った。主な監理内容は以下のものである。

- ・ 出来高数量・品質管理
- ・ 工程管理
- ・ 関係機関との定例現地会議
- ・ 関係機関との調整
- ・ 設計変更発生時の対応
- ・ 施工上の安全管理

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6.1.23 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。

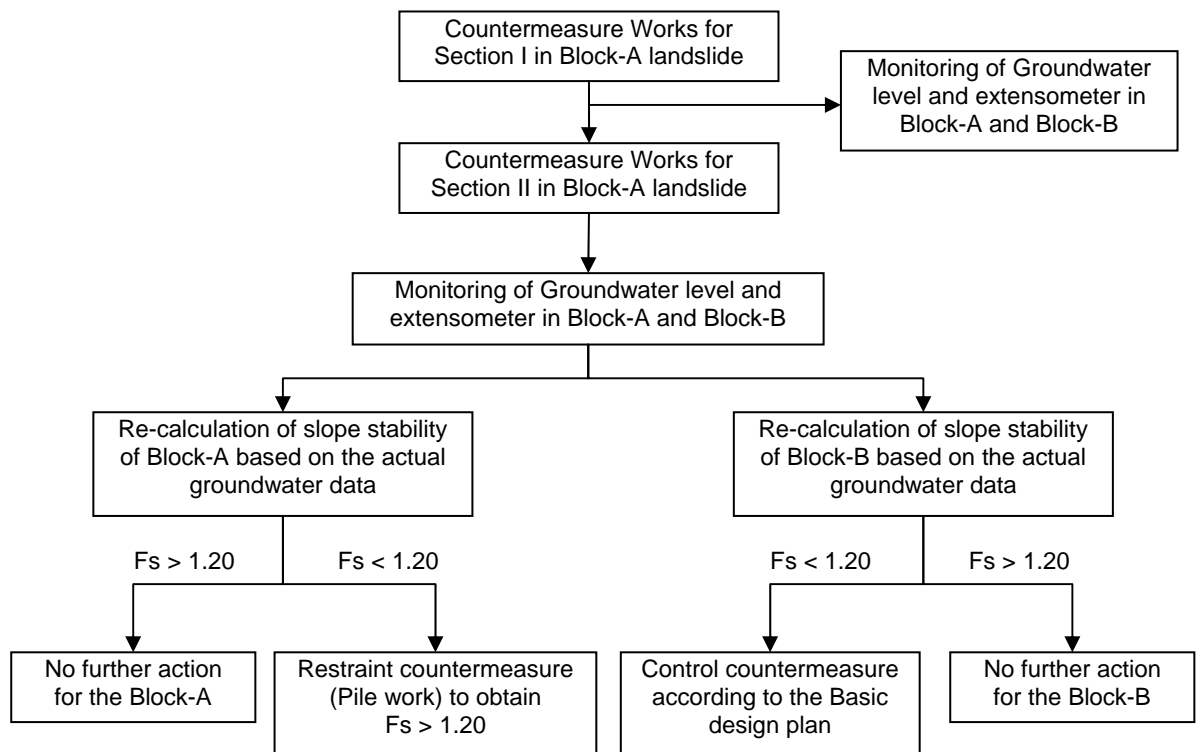


図6.1.17 今後のチトラクト地区地すべり対策の流れ（出典：JICA 調査団）

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6.1.24 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
		水平ポーリング工 (HD-2)	210	m	
		水平ポーリング工(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6.1.25 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

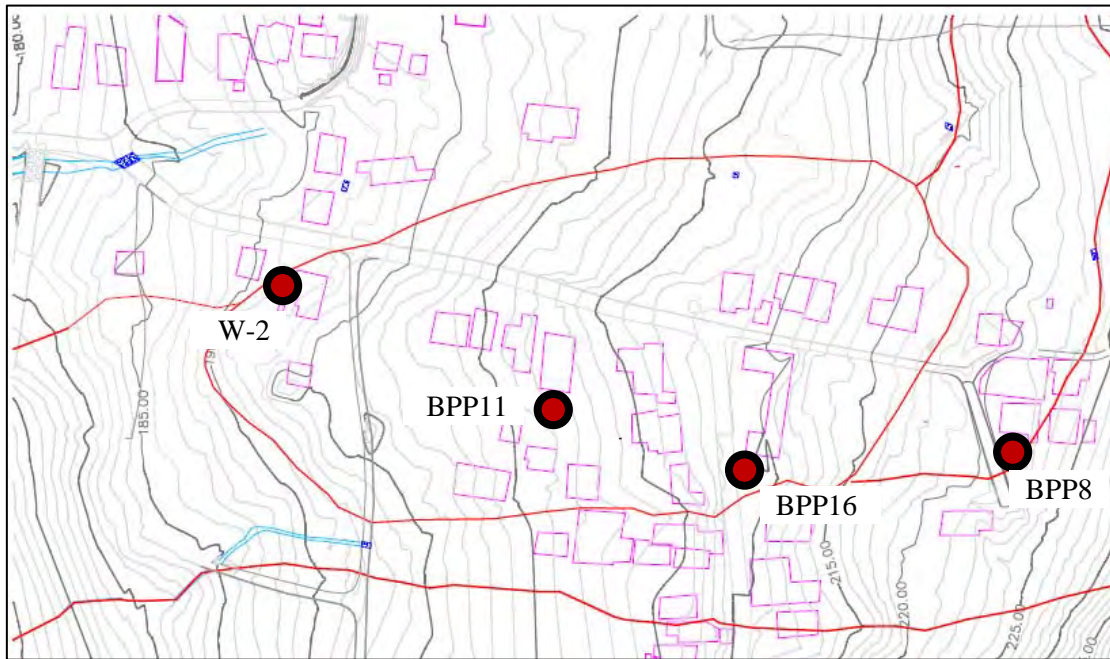


図6.1.18 Aブロック地すべり地下水位観測孔位置図(出典:JICA 調査団)

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BPX2は測定が不能な状態であるため、新規に地下水観測孔を設置することを提案する(図6.1.19参照)。それらの地下水観測孔において、計画安全率が確保できる地下水位を表6.1.26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。

表6.1.26 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

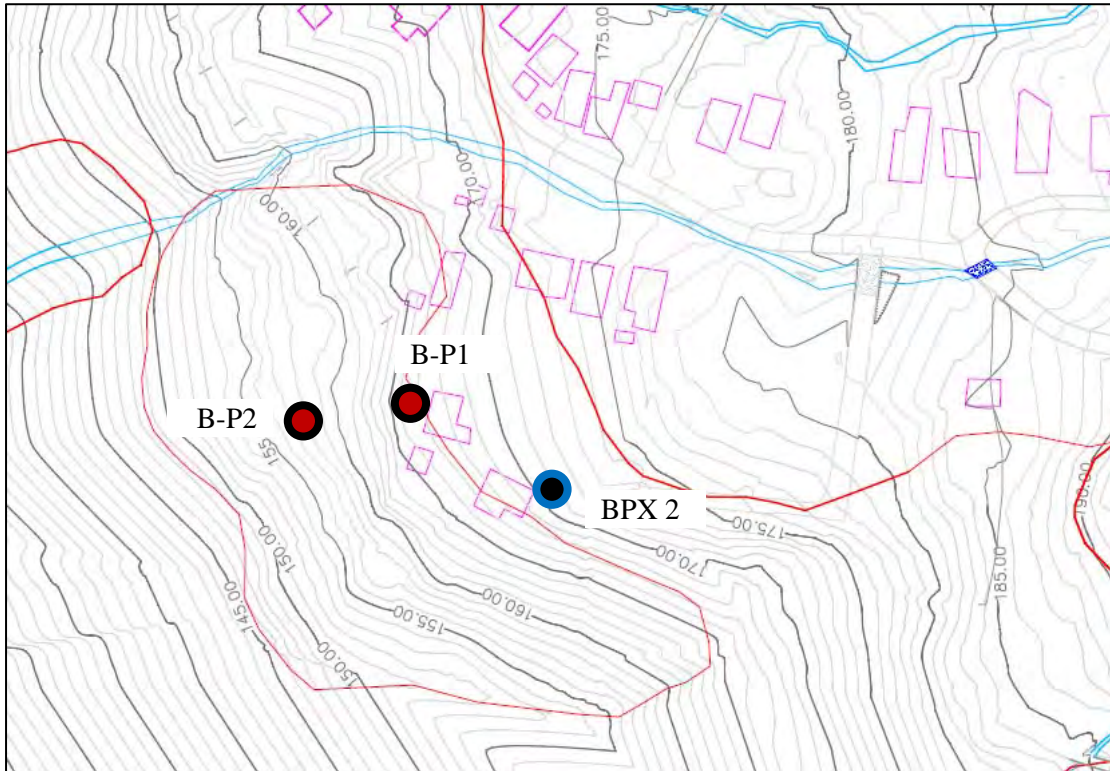


図6.1.19 Bブロック地すべり地下水位観測孔位置図(出典: JICA 調査団)

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6.1.27 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6.1.28 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. 災害スキーム

災害スキーム（CONDC）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、災害スキームをもとに実行される。災害スキーム災害計画には、自然災害として以下の5つの災害が定義されている。

- ・ サイクロン Cyclone
- ・ 豪雨 Torrential rain
- ・ 地すべり Landslide
- ・ 高潮 Tidal Surge
- ・ 津波 Tsunami

災害スキーム災害計画では、各災害における関係機関による対応、住民やコミュニティへの啓もうや警報の発令なども示されている。

b. 既存の地すべり災害スキーム

災害スキーム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。

地すべり災害スキームでは、主に地すべりの活動の程度に応じて5段階の対応が設定されている。各ステージの概要は以下のとおりである。ただし、ステージ4では地すべりの活動に関係なく、サイクロンによる災害が予想される場合での地すべり危険地区の対応を示している。

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

地すべり災害スキームは、モーリシャスの他の災害のスキームと同様に、避難行動の必要となるような災害の発生する危険性を事前に予知するスキームである。したがって、地すべり災害スキームには以下の特徴がある。

- ・ 早期警戒（災害直前対応）についてのスキームである。つまり避難の時期、方法

を規定したスキームである。（スキーム全体）

- 災害直後の緊急対応や復旧についてはスキームの範囲外である。（スキーム全体）
- 生命のみを守ることを目的とし、家屋、公共施設を守ることは目的としていない。（スキーム全体）
- 地すべりスキームは5段階のステージにより行動が規定されている。
- 基本的に避難準備、避難警報、避難命令と段階を追っている。
- 各ステージへの移行は基本的に伸縮計の変位をベースにしている。
- ステージ4は異質でステージ1から3までの流れと大きく異なっている。これは地すべりの危険地域でもサイクロンの警報が出た場合には地すべりの動きがなくても避難等の対応を促している。
- 関係する機関が非常に多く、ステージ2、3では、首相府まで状況をあげることになっている。連絡体制が巨大で冗長であるため、住民の行動までに時間がかかることになりかねない。

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。

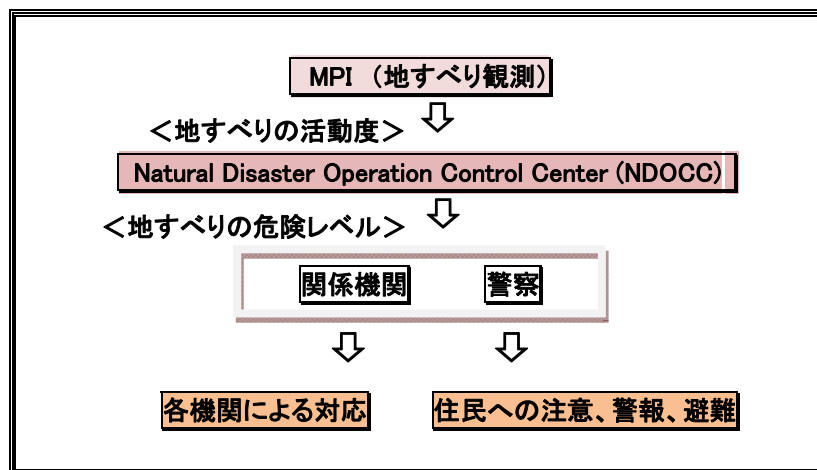


図6.2.1 災害スキームに示される情報の伝達（出典：JICA 調査団）

図に示すように、地すべり災害事前対応では各危険レベルへの移行の基準となるデータ（地すべりの動き）は MPI により発信される。住民への対応は警察が担う。NDOCC は情報が集中し、災害時の中央指令部の役割を担っている。

モーリシャスにおいて、サイクロン、または洪水による避難システムは比較的良好にオーガナイズされている。事前の避難場所の選定、避難民への支持、避難経路、避難場所などは、警察を中心によくできている。

しかし、地すべり災害の避難を行う場合には、どの地すべりでいつどのように災害が

発生するのかを予測する必要がある。これは、全島または広範囲を対象とするサイクロン、洪水と大きく異なる点であり。気象庁や警察、住民にはこれを予測することは困難である。MPI が地すべり観測をもとに地すべりの危険レベルに関する情報を適切な機関に伝達しなければならない。

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。）

特に、3番目の基準に関するものは、生命の安全を考える場合には絶対はずしてはいけないものである。空振りには許容されるが、危険が迫っているにもかかわらず警報が発令されないということはあってはならない。

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	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。

		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。	

<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。

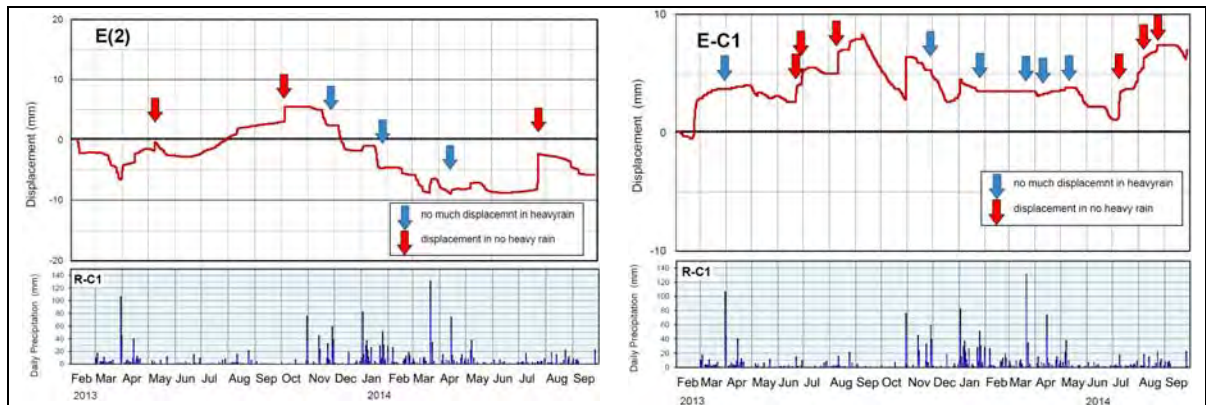
b. 基準値設定に係る技術的根拠

b.1 雨を警戒基準から除外

これまでの雨量観測を含む地すべりモニタリングの結果、雨量と地すべりの活動には明瞭な関係が確認できなかった。図 6.2.2 は Chitrakoot における伸縮計の記録と日雨量の記録である。豪雨があっても変位がない場合、雨が降らなくても変位が認められる場合がある。特に重要な事は、雨が降らなくても地すべりが活発化する可能性を、モニタリング結果が示していることである。

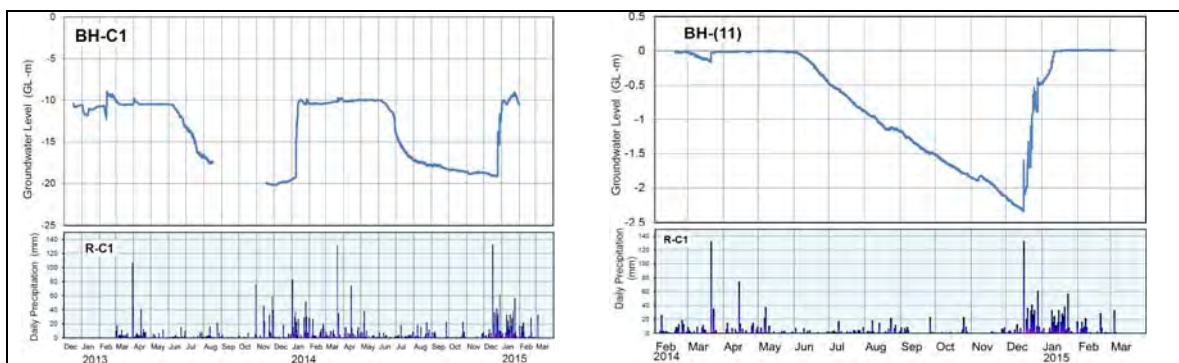
地すべりは雨が降ることにより活発化するのではなく、地下水が上昇することに活動する。通常、降雨が地下に浸透して地下水が上昇する。しかし、図 6.2.3 に示すように、水位観測を行っている Chitrakoot、Quatre Soeurs では、降雨と地下水位の関係も明瞭とはなっていない。このことは、降雨は地すべりの活動には密接には関係していないことを示している。このことは、Chitrakoot の雨量計が、2014 年 3 月 30、31 日に連続雨量 150 mm以上を記録しているにもかかわらず、Chitrakoot、Vallee Pitot に地すべりの活動が認められていないことから裏付けられる。

雨を地すべり災害スキームの警戒基準に取り入れた場合、技術的な問題の他に実行オペレーションの問題が発生する。災害スキームには、豪雨災害スキーム、サイクロン災害スキームも含まれ、それぞれに警戒避難基準がある。地すべり災害スキームにも雨による警戒基準を入れると、豪雨・サイクロン災害スキームの警戒基準と競合する可能性がある。実際に 2014 年 3 月 21 日には、Vallee Pitot の住民は豪雨災害スキームに従って避難を行っている。

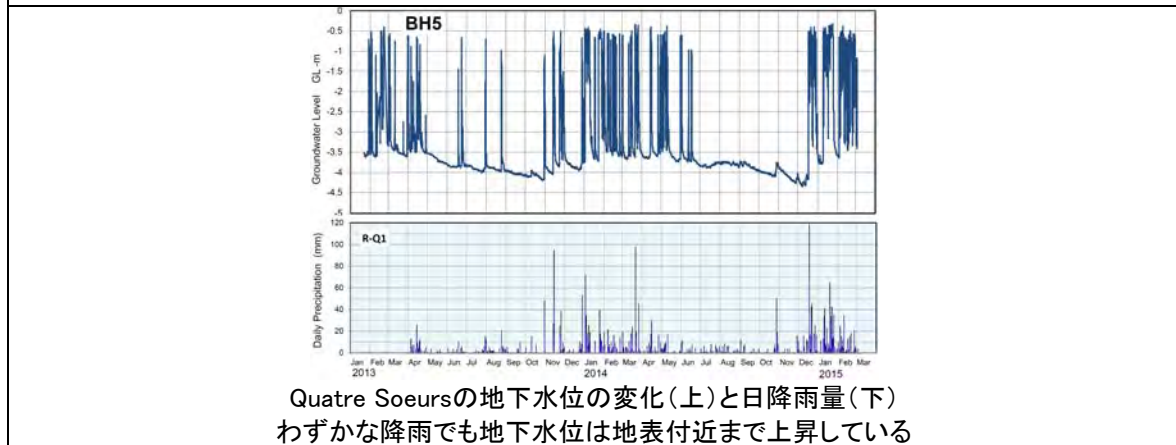


豪雨でも変位のない場合（青矢印）と雨がな場合でも変位がある場合がある（赤矢印）

図6.2.2 Chitrakoot の伸縮計の記録(出典: JICA 調査団)



Chitrakootにおける地下水位の変化（上）と日降雨量（下）
 豪雨の場合でも地下水位は上昇していない場合がある



Quatre Soeursの地下水位の変化(上)と日降雨量(下)
 わずかな降雨でも地下水位は地表付近まで上昇している

図6.2.3 地下水位と雨の関係(出典: JICA 調査団)

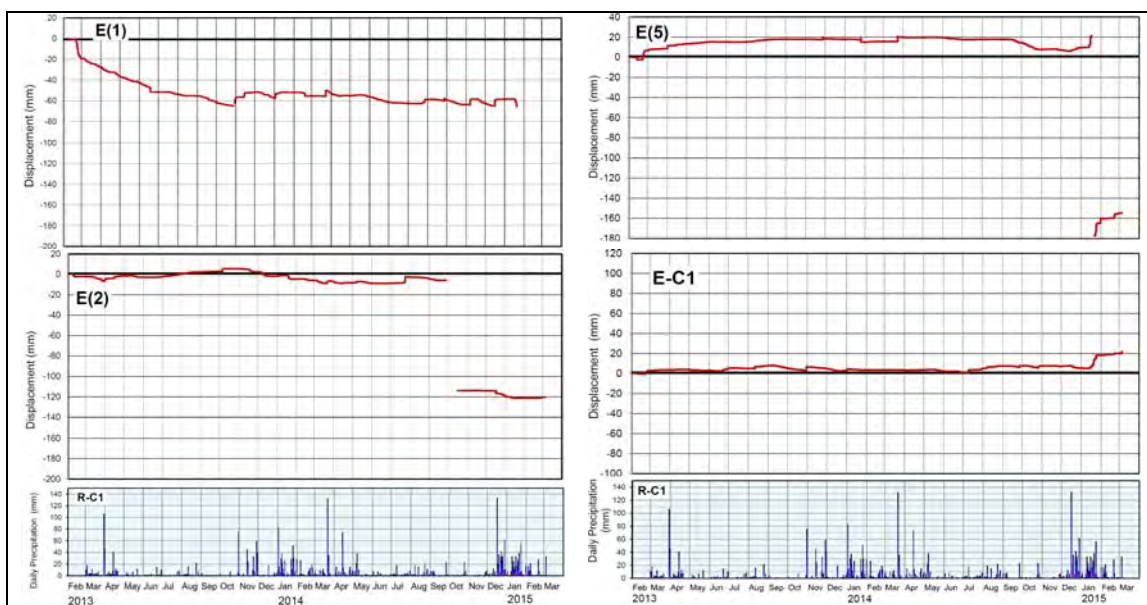
b.2 伸縮計による警報の問題点

伸縮計は Chitrakoot で 4 か所、Vallee Pitot で 2 か所に設置され、約 1.5 年間観測が記録されている。その結果、Chitrakoot の 4 か所ではそれぞれ異なる変位の傾向を示している（図 6.2.4）。4 か所の変位は互いに調和していない。Vallee Pitot の 2 か所でも変位の傾向は異なっている（図 6.2.5）。このことから、Chitrakoot でも Vallee Pitot でも、地すべりはこれまで推定されていた地すべりブロックより小さなブロックで活動し、伸縮計はこれらの小さい地すべりブロックの活動を記録していたと考えられる。

したがって、伸縮計は広範囲の地すべりの危険性の指標とはならず、伸縮計による警報は狭い範囲に限られる。

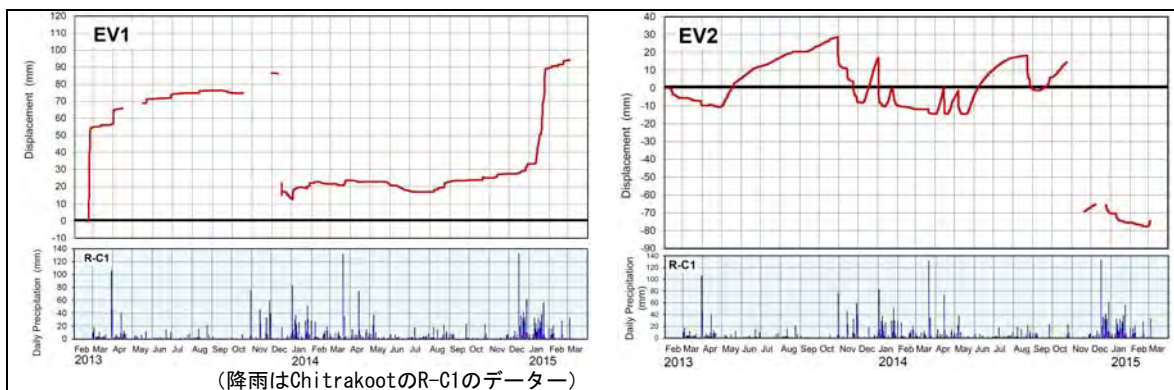
さらに、伸縮計はデータを回収して、コンピュータで読まない正確な変位がわからない。伸縮計にはグラフを表示するディスプレイがついているが、そのディスプレイを見るためには、伸縮計保護ケージに入り保護箱を開けてみなければならない（図 6.2.6）。したがって、自動警報装置（回転灯・サイレン）のついていない伸縮計で危険を予知するとは困難である。

Quatre Soeurs では、自動記録の伸縮計は設置されていないため、伸縮計による警報はもともと不可能である。



それぞれの伸縮計が異なる変位を示している

図6.2.4 Chitrakoot の伸縮計記録(出典: JICA 調査団)



(降雨はChitrakootのR-C1のデータ)

それぞれの伸縮計が異なる変位を示している

図6.2.5 Vallee Pitot の伸縮計記録(出典: JICA 調査団)

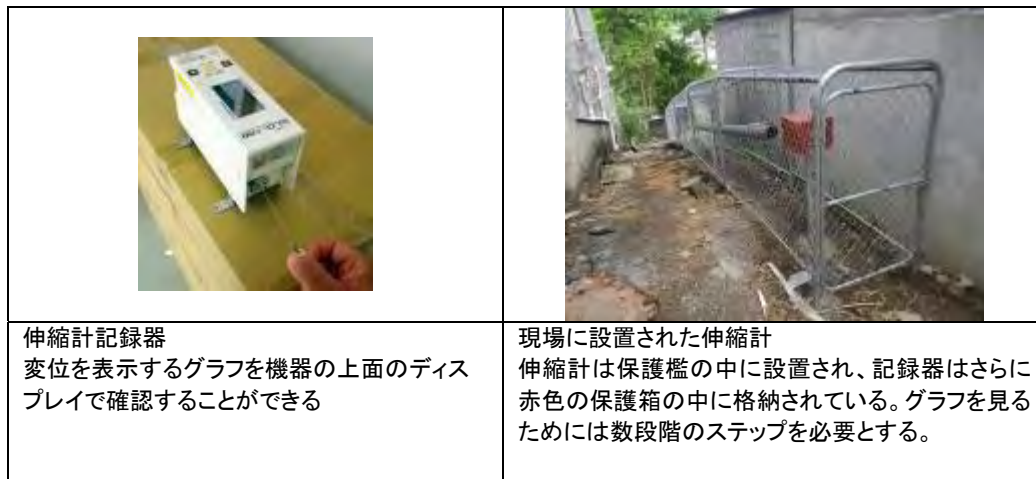


図6.2.6 伸縮計(出典: JICA 調査団)

b.3 雨量計、伸縮計に頼らない警報

前述したように、雨量計は警報として使用はできず、伸縮計は限られた範囲の警報としてのみ使用が可能である。Chitrakoot は大きな地すべり地であり、伸縮計による警報ができない場所が大部分である。Vallee Pitot も同様である。Quatre Soeurs には自動伸縮計が設置されていない。

家が壊れなければ、住民は安全である。極端に言えば、周囲で異常が発生していても、その家が壊れなければ、そこに住む住民には危険がない。家が壊れる前には必ず前兆がある。何の前兆もなく突然壊れることはない。

2013年3月に Vallee Pitot で地すべりによる家屋の一部の倒壊があった。この倒壊は極めて限られた範囲の地すべりによるもので、隣家に若干の変状があったものの影響は1軒のみであった。この家にはそれ以前から大きなクラック、床の変形がおきていた。このことは二つの重要なことを示唆している。一つは、周囲の家や周囲の地盤に大きな変状がなくても、家が倒壊する可能性があることである。つまり伸縮計や周囲の家で何の異常がなくても、家が倒壊する可能性があることである。もう一つは、倒壊に至るまでには家には様々な兆候が表れる、ということである。

地すべりの危険が迫っているという判定でなく、その家に住む住民の生命に危険が迫っているかどうかの判定として、その家に異常が発生しているかどうかを見るのが最も確かな方法である。この判定には地すべりの専門家ではなく建築家でも可能であることから、より広範囲に判定のための専門家を招集することが可能である。

b.4 伸縮計による警戒基準を時間変位置量

一度家の変形を受けたら、壊れるまでの時間は速くなることもあり得る。そのため、日速度でなく、時間速度で管理する。

b.5 警戒基準値の設定

本報告書では以下の警戒基準値を提案している。

表6.2.3 警戒基準値案（出典: JICA 調査団）

警戒基準		警戒基準値
ステージ1	注意	20 mm /月 以上
ステージ2	警戒	10 mm /日 以上
ステージ3	避難	20 mm /日 以上

警戒基準値を設定するにあたって、地すべりにおける破壊までの余裕時間を設定し、設定した時間を基に変位速度を求めた。

崩壊予測の方法として斎藤の予測式がある。斜面崩壊における崩壊まで時間をひずみ速度から算定する方法である。地すべりでは破壊に至るまでの時間を算定する方法がないので斎藤の予測式を参照して、避難の基準を設定した。

崩壊予測式（変位速度と崩壊に至る時間）

$$\log_{10} tr = 2.33 - 0.916 \times \log_{10} \dot{\epsilon} \pm 0.59$$

ここに tr : クリープ破壊時間 (分)
 $\dot{\epsilon}$: 定常ひずみ速度 ($\times 10^{-4}$ /分)
 ± 0.59 : 試験結果の95%を含む幅

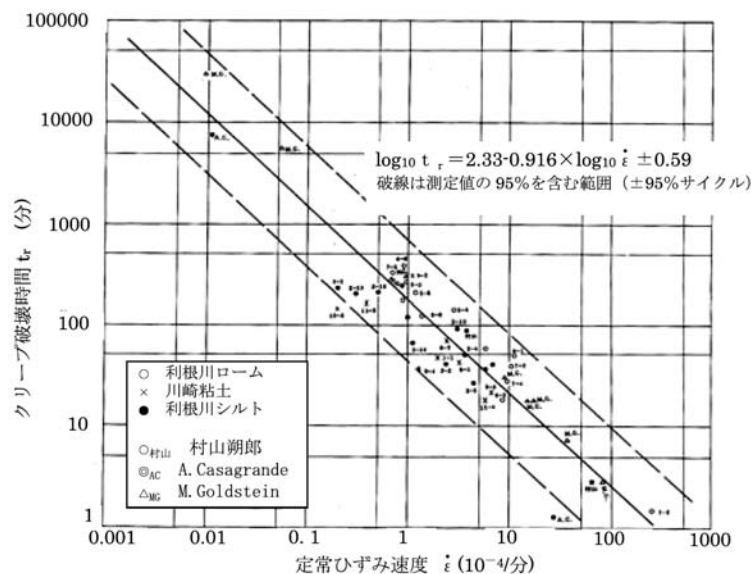


図6.2.7 地すべりの定常ひずみ速度と崩壊までの残り時間の関係⁸

モーリシャスにおける警戒基準の基準値の算定

伸縮計の平均ワイヤー長さ=10m、tolerance=0として、各ステージにおける崩壊までの余裕時間を、ステージ1で3か月、ステージ2で3日間、ステージ3で6時間と設定し、それに対応する変位速度を斎藤の式から下表のように求めた。

表6.2.4 崩壊までの時間に基づく変位速度の計算(出典: JICA 調査団)

警戒レベル		破壊までの時間 (tr)	$\log_{10} tr$	$\log_{10} \epsilon$	定常ひずみ速度 ϵ	変位速度/10m (cm/分)	変位速度 /10m
ステージ1	注意	3か月 (129,600分)	5.11	-3.03	0.000933	0.0000933	40 mm/月
ステージ2	警戒	6日間 (8,640分)	3.94	-1.75	0.0178	0.00178	26 mm/日
ステージ3	避難	3日間 (4,320分)	3.64	-1.43	0.0376	0.00376	54 mm/日

警戒基準値

この計算結果から、安全率をさらに2倍とし、伸縮計の設定のしやすさや、クラックの変位の読みやすさを考慮し、以下のように定めた。

表6.2.5 崩壊までの時間に基づく警戒基準値案(出典: JICA 調査団)

警戒レベル		試算		警戒基準値
		変位速度	設定時間	
ステージ1	注意	40 mm/月	3か月	20 mm /月 以上
ステージ2	警戒	26 mm/日	6日間	10 mm /日 以上
ステージ3	避難	54 mm/日	3日間	20 mm /日 以上

b.6 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.7 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考えてはいけな
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すべがないこと、

表6.2.6 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 ^{*2} 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。

表6.2.7 警報機作動の仕様(出典: JICA 調査団)

警報	体制	基準値 (伸縮計)
黄色回転灯	警戒体制	10 mm/day
赤色回転灯・サイレン	避難体制	20 mm/day

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>

注意事項 : 地元連絡員(警報を確認して最寄りの警察に通報する係)が容易に警報を認知できる必要があるので、警報機の設置場所は地元連絡員に近い場所で、回転灯が良く見えて、サイレンの音が容易に聞き取れる場所であってはならない。

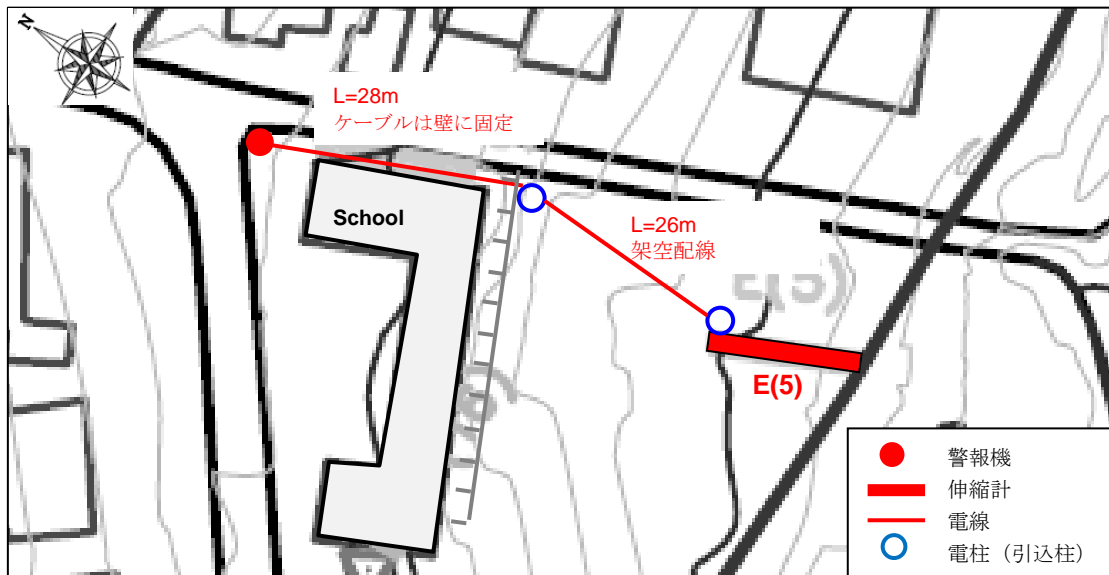


図6.2.8 Chitrakoot 地区の早期警戒システムの位置図(出典: JICA 調査団)

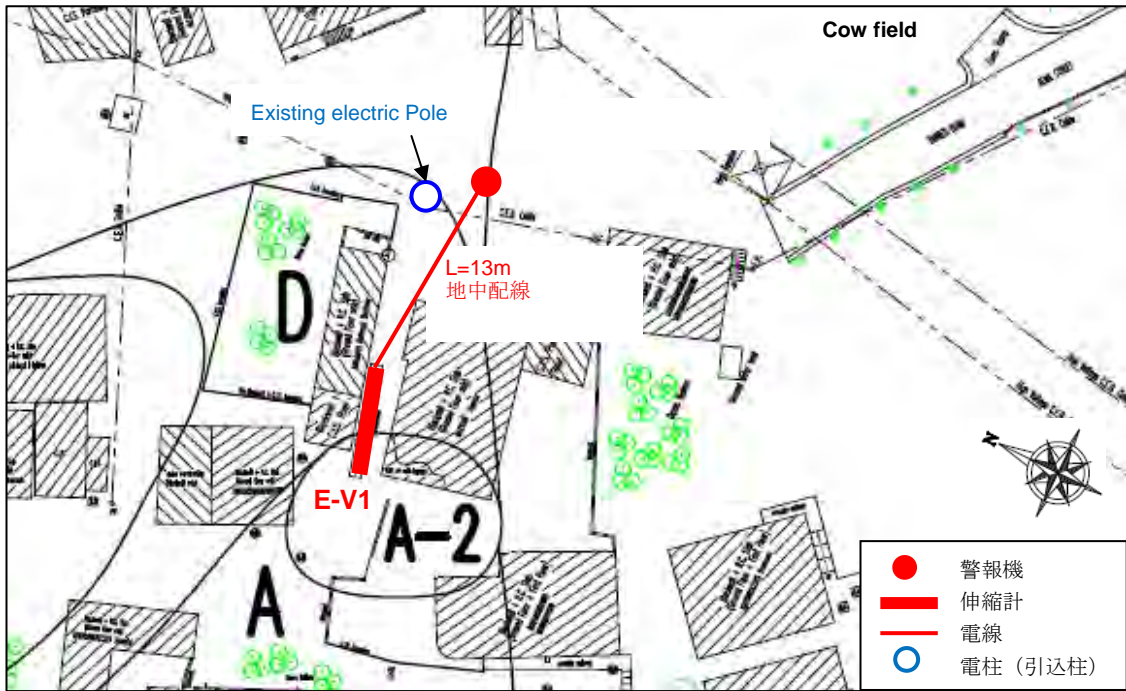
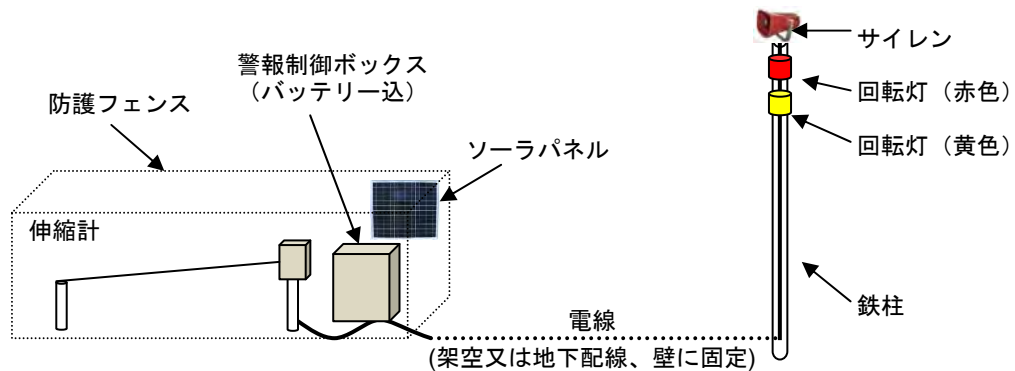


図6.2.9 Valle Pitot 地区の早期警戒システムの位置図(出典: JICA 調査団)

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6.2.10 早期警戒システムの概念図(出典: JICA 調査団)

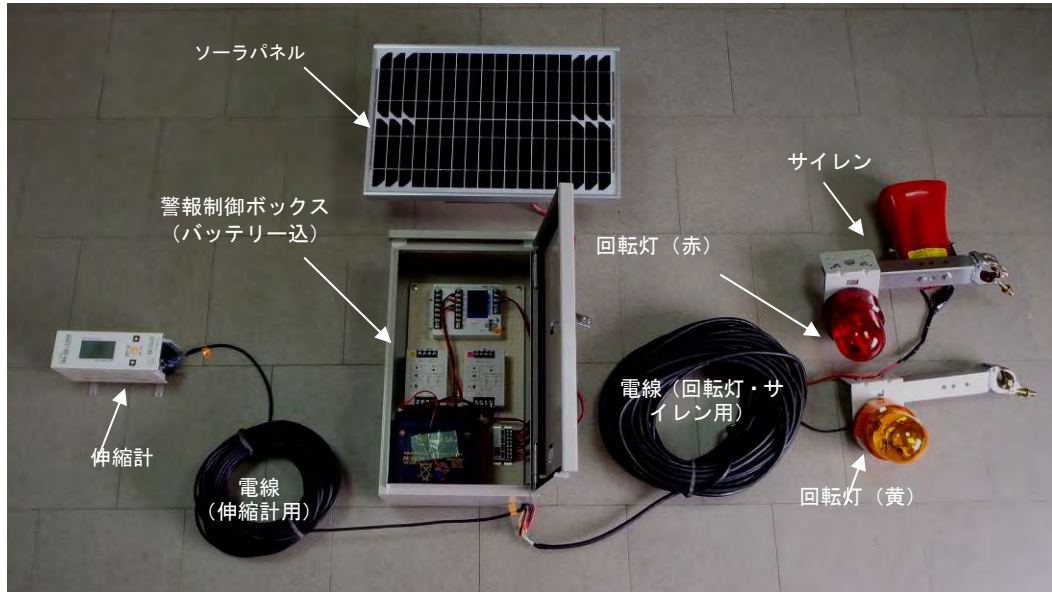


写真6.2.1 早期警戒システムの器材(出典: JICA 調査団)

b. 器材の数量

表6.2.8 器材の数量一覧(出典: JICA 調査団)

No.	名称	数量	設置位置	提供者
1	サイレン	2	Chitrakoot Vallee Pitot	JICA
2	回転灯 (赤色)	2		
3	回転灯(黄色)	2		
4	警報制御ボックス	2		
5	ソーラーパネル	2		
6	サイレン・回転灯の取付金具	2		
7	警報制御ボックスの取付金具	2		
8	ソーラーパネルの取付金具	2		
9	サイレン・回転灯用の支柱	2	Chitrakoot, Vallee Pitot	MPI
9	警報制御ボックス用の支柱	2		
10	ソーラーパネル用の支柱	2		
11	基礎コンクリート	4		
12	引き込み電柱	2	Chitrakoot	

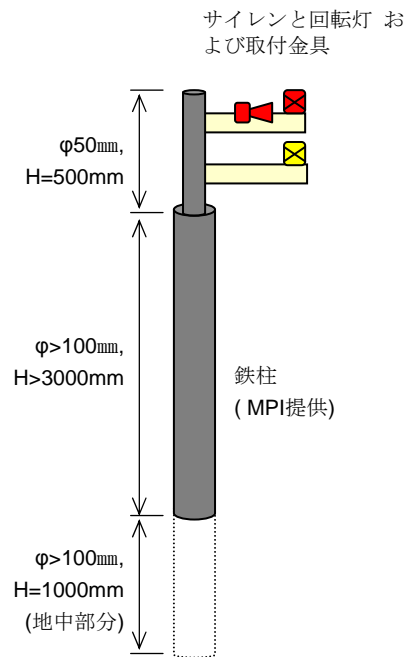


図6.2.11 サイレン・回転灯の構造図(出典:JICA 調査団)

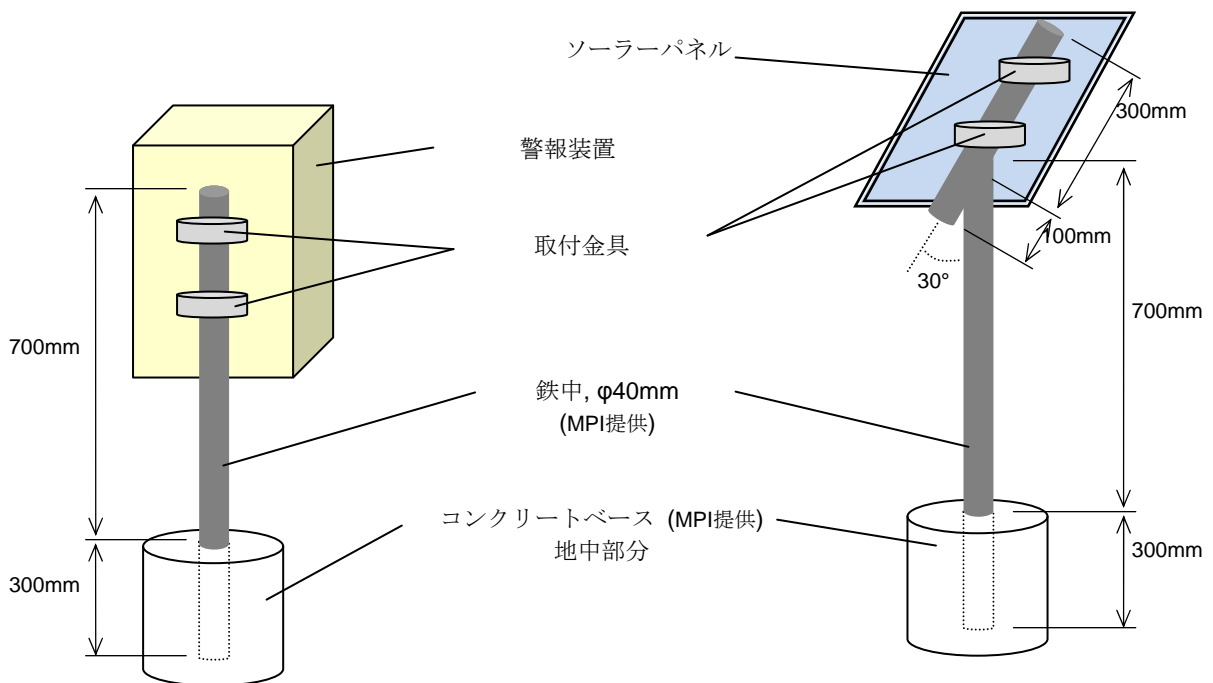


図6.2.12 警報制御ボックスの構造図

図6.2.13 ソーラパネルの構造図

(出典: JICA 調査団)

(出典: JICA 調査団)

c. 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6.2.2 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6.2.3 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

a. IECの捉え方

情報・教育・コミュニケーション（Information, Education, and Communication：IEC）とは、サービス利用者に対して特定の情報を伝達する方法である。IEC活動とは、「サービス利用者が理解を深め、行動変容することを目指し、サービス提供側が展開する多様な情報伝達に係る活動」を意味する⁹。たとえば、IECは以下のように整理することができる。

表6.3.1 IECの各定義(出典：JICA 調査団)

	情報 Information	教育 Education	コミュニケーション Communication
定義	個人や一般大衆を対象に提供される情報そのもの。	個人の知識獲得や意識向上を図るための段階的な学びのための情報伝達プロセス。	二人以上のグループに対する情報提供、アイデアの共有、相互理解のための情報伝達プロセス。

b. 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 モ国の地すべり防災分野におけるIEC活動の現状と課題

以下の手順に従って、モ国の地すべり防災分野における IEC 活動の現状と課題の抽出を行った。結果を表 6.3.2 に示す。

a. 兵庫行動枠組（2005-2015）におけるIEC関連活動の抽出（表6.3.1のa）

2005年1月に国連防災世界会議が開催され、具体的な行動計画として「兵庫行動枠組2005-2015」が採択された。兵庫行動枠組では、3つの戦略目標と5つの優先行動が挙げられ、国家、地域・国際機関、そして他の関係者が、それぞれの状況や能力に適した方法で実施することが期待されている。ここでは、上記 6.3.1 の考え方にに基づき、5つの優先行動として記載された主要な活動から IEC に関連する事項を抜粋した。これらの活動をモ国の地すべり防災分野において実施すべき IEC 活動の基準項目として設定した。

表6.3.2 モーリシャス国における地すべり防災分野での IEC 活動の現状と課題および本プロジェクトで実施する IEC 活動の各定義（出典：JICA 調査団）

優先行動	主要な活動	a. 兵庫行動枠組み(2005-2015)におけるIEC関連活動 内容	b. IECの分類			c. モ国の地すべり防災分野におけるIEC活動の現状と課題	d. 課題解決のために考えらえるIEC活動
			Information	Education	Communication		
1.ガバナンス:組織的、法的及び政策的枠組み	コミュニティの参加	具体的な政策の導入、ネットワークの促進、ボランティア人材の戦略的管理、役割と責任の特定、必要な機関や資金の委譲や供給を通じて、災害リスクの軽減へのコミュニティの参加を促進する。			○	Village Councilの職員が雨量計の測量・報告の役割を担っている(要確認)。	住民を対象にしたステークホルダー会議を定期的開催することにより、計画の策定プロセスにおけるコミュニティの積極的な参加を促進する。また、パイロット事業では、コミュニティ代表から構成される防災委員会(仮)を設置し、モニタリング活動の結果共有や意見徴収を行う。
2.リスクの特定、評価、観測及び早期警戒	国家・地方リスク評価	適切な形式をもってリスクマップおよび関連情報を作成し、定期的に更新するとともに、意思決定者、一般市民および危険にさらされているコミュニティに対し、幅広く頒布する。	○	○		AAPによってリスクマップ作成済(2012年8月)。国全体を対象にしたマクロな情報にとどまり、危険にさらされているコミュニティの特定は困難。ワークショップを通じて関係機関とは共有されたが、一般市民および危険にさらされているコミュニティには周知されていない。	現地調査やモニタリング作業を通じて、よりミクロなレベルでの危険にさらされているコミュニティの特定を図る。現地調査を通じて住民に理解しやすいハザード・マップ(案)を作成し、住民を対象にしたステークホルダー会議やリーフレットを通じて周知する。
		国際的、地域的、国及び地方のメカニズムを通じて、災害発生、被害、損失に関する統計資料を記録、分析、要約、頒布する。	○	○		過去の災害発生、被害、損失に関する統計資料は、MPI、土地利用局、住宅省が有している。	プロジェクト概要をまとめたリーフレットにて、過去の災害発生、被害に関する情報を掲載済(2012年9月作成)
3.知識管理と教育と教育	情報の管理および交換	特に高いリスクにさらされている地域の人々に対し、災害リスクや災害から身を守るための方法について、分かりやすい情報を提供する。	○	○		社会調査(2012年8-9月実施)の結果によれば、住民の9割以上は地すべり災害を体験していないが、半数以上の住民が自身の居住地周辺での地すべり災害に対して不安を抱いている。また、住民は、地すべり災害への備えとして、①避難場所(70%)、②居住地域における危険場所(49%)、③避難のタイミング(27%)、④避難経路(ルート)(26%)についての情報を知っていたが、	住民を対象にしたステークホルダー会議やパイロット事業(防災教育、避難訓練など)、リーフレットの配布等を通じて、地すべり災害の災害リスクや発生メカニズム、避難場所、居住地域における危険場所、避難のタイミング、避難経路(ルート)について情報提供を行う。
		都市開発を行う機関は、建設、土地購入あるいは売却に先立ち、一般市民に対して防災方法に関する情報を提供しなければならない。	○	○		社会調査(2012年8-9月実施)の結果によれば、75%の住民が警戒区域での開発行為規制や建設規制について知っていたが、23%の住民が知らなかった。	住民を対象にしたステークホルダー会議やパイロット事業における防災教育、リーフレットの配布等を通じて、現行の警戒区域での開発行為規制や建設規制について周知する。必要に応じてPPGへの提言事項について意見を徴収する。
4.潜在的なリスク要因の軽減	教育とトレーニング	全てのレベルにおける学校カリキュラムの関連する部分に、災害リスク軽減に関する知識を含め、公式・非公式な教育活動へ防災を統合する。		○		現行の学校カリキュラムにおいては、津波及びサイクロンに関する防災教育はなされているが、地すべりについての防災教育はなされていない。	教育省と連携して、パイロット事業を通じて、優先地域内の警戒区域内に位置する学校に対して防災教育や避難訓練などを行い、その結果を教育省と共有するとともに、学校カリキュラムへの統合を提言する。
		学校や高等教育機関で、地方リスク評価および災害への備えのためのプログラムの実施を促進する。			○	モーリシャス大学およびモーリシャス工科大学においても、地方リスク評価およ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。	教育省と連携して、パイロット事業を通じて、優先地域内の警戒区域内に位置する学校に対し防災教育や避難訓練などを実施し、他地域でも適用できるような教材の一般化や共有を図る。モーリシャス大学およびモーリシャス工科大学とは、技術移転セミナー等を通じて、地方リスク評価および災害への備えについての技術移転を図る。
		ハザードの影響を最小限に抑える方法を学習するため、学校におけるプログラムおよび活動の実施を促進する。			○	学校では、海岸沿いに面し、津波被害に遭う可能性の高い学校においては、避難場所や避難経路などの避難計画が定められているが、実際に運用されたことはない。	教育省と連携して、パイロット事業を通じて、優先地域内の警戒区域内に位置する学校に対して防災教育や避難訓練などを実施する。
		特定のセクター(開発計画担当者、危機管理担当者、地方公務員など)を対象とした、災害リスク管理や軽減に関するトレーニング及び学習プログラムを開発する。			○	特定のセクター(開発計画担当者、危機管理担当者、地方公務員など)を対象とした、災害リスク管理や軽減に関するトレーニング及び学習プログラムはこれまで開発されていない。	地すべり管理計画の策定プロセスにおいて、ステークホルダー会議を開催し、関連機関(開発計画担当者や地方自治体など)と内容を議論するとともに、災害リスク管理や軽減に関する知識・理解の向上を図る。また、技術移転セミナーを通じての関係機関に対し知識・技術の共有も積極的に図る。
		災害を軽減し、対処するための地域能力を強化するため、必要に応じてボランティアの役割を考慮した地域密着型トレーニング・イニシアチブを促進する。			○	コミュニティの代表であるVillage Councilorに雨量計の測量・報告の役割が担っている(要確認)。	地すべり管理計画の策定を通じて、優先地域内の住民の役割・責任を明らかにする。その上で、パイロット事業を通じて、コミュニティ防災システムの構築の可能性を検討する。
		女性などの脆弱な人々に対し、適切なトレーニングや教育機会への平等なアクセスを確保する(ジェンダーや文化的問題への配慮)。			○	モ国のコミュニティにはジェンダーや民族による差別はほとんど存在しない。女性も住民集会に参加し、発言も行う。住民のほとんどは英語を理解せず、クリオール語が主要言語となっている。優先地域の一つであるVallee Pitot地区は貧困地区であり、住民は政府に対し懐疑的であることから配慮が必要である。	住民を対象にしたステークホルダー会議でのプレゼン発表は、できる限りクリオール語で行う。プロジェクトで作成する教材も英語、フランス語の2つを作成する。Vallee Pitot地区を訪問する際には、警察や住民との仲介役となる住民代表をできる限り同行させる。
意識啓発		防災文化普及のためのメディアの取組み促進(災害に強い文化や強力なコミュニティの関与を促進するために、社会の全レベルにおける継続的な公教育キャンペーンや公的な協議に着手し、メディアの関与を促進する。)	○	○	○	災害スキームでは、Government information Service(GIS)およびMauritius Broadcasting Corporation(MBC)が、地方自治体と連携して、地すべりの危険性を訴えるための図解入りのポスターとFilm Scripts(読本)を作成することとなっている。また、警察署は、気象局およびMBCと連携して、TVやRadioを通じて、地すべり発生時の移動の危険性について話をする事となっている。しかし、上記の活動は実現には至っていない。インタビューを通じて、GISは2010年3月に地すべりのパンフレットをフランス語で作成している。必要に応じて、本プロジェクトと連携して、内容を更新していきたいとのこと(制作・印刷費はGISの負担)。また、MBCも地すべり災害に対する国民の意識向上を図るべきと考えており、プロジェクト活動のニュースを通じての広報やTVプログラムの作成に積極的に協力していきたいとの意向を示している。MoESDは、2012年10月にKnowledge Fairという気候変動をテーマとしたイベントの開催を予定しており、JICAプロジェクトとの連携を期待されている。	パイロット事業を通じて、地方自治体、政府情報サービス(Government information Service)、Mauritius Broadcasting Corporation(MBC)と共同で、ポスターと読本作成の可能性を検討する。また、避難訓練の際には、警察署や気象局、MBCとも連携して、TVやRadioプログラムを実施し、地すべり発生時の移動の危険性について意識啓発を図る。また、MoESDが主催する気候変動関連イベントにもできる限り協力し、プロジェクトの広報と情報提供を行う。
5.効果的な応急・復興のための考え		災害リスクの軽減に向けた総合的アプローチを育成するため、早期警戒、災害リスク軽減、災害対応、開発に携わる関連機関で、継続的な対話、情報交換、調整を推進し、支援する。	○	○	○	災害スキームでは、災害委員会(The Central Cyclone and Other Natural Disasters Committee)および国家災害対策調整センター(Natural Disaster and Operations Coordination Center)が災害対策の推進、調整を図ることとなっている。しかしながら、社会調査(2012年8-9月実施)の結果によれば、60%以上の住民が既存の警戒避難体制の存在について認知していなかった。	早期警戒システム、避難体制計画、技術ガイドラインを含む実務手順書、開発計画政策支援(PPG)の見直しなど、プロジェクトのコンポーネントごとに関連機関を招致したステークホルダー会議を開催し、継続的な対話、情報交換、調整を図る。
		特に最も脆弱な地域やグループに焦点を当て、全てのレベルにおける災害準備や緊急事態対応計画を準備あるいは見直し、定期的に更新する。避難訓練や定期的な災害準備訓練を促進する。	○	○	○	モ国では、国レベルでの災害発生時・後の緊急事態対応計画として災害スキームを作成しているが、災害準備の視点が欠如している。MPIは32箇所の地すべり地区を特定していたが、最も脆弱な地域を対象にした地すべり管理計画や施策の策定、避難訓練等は実施されていない。	地すべり危険地域として、Chittrakoot, Quatre Soeurs, Vallee Pitotの3箇所を対象に地すべり管理計画を策定。パイロット事業では、このうち1-2箇所に避難訓練等を実施する予定。
		災害リスク軽減における、コミュニティを含む利害関係者の積極的な参加やオーナーシップを保証する、特にボランティア精神の構築など、特定のメカニズムを発展させる。	○	○	○	優先地域におけるボーリングの実施や伸縮計の設置に対し、地権者の同意が得にくく、現地調査に遅れが生じている。	住民を対象にしたステークホルダー会議を定期的開催し、地すべり管理計画の策定を通じて、コミュニティを含む利害関係者の参加やオーナーシップ促進を図る。また、パイロット事業では、コミュニティ代表から構成される防災委員会(仮)を設置し、モニタリング活動の結果共有や意見徴収を行う。地権者に対しては、個別に説明を行い、説得を図るとともに、双方が納得する代替案も検討する。

b. IECの分類（表6.3.2のb）

1.2.1 の兵庫行動枠組から抜粋した IEC 活動を、表 6.3.1 の IEC の定義に従って分類した。

c. モ国の地すべり防災分野におけるIEC活動の現状と課題の抽出（表6.3.2のc）

モ国の地すべり防災分野における IEC 活動の現状と課題は、以下のプロセスを経て整理した。

c.1 モ国の地すべり災害スキームにおけるIEC関連活動の抽出

モ国では、隔年で災害スキーム（CONDC）を作成し、サイクロン、集中豪雨、地すべり、津波、高波の 5 つの自然災害発生時に対し、行動計画や各関連機関の役割や責任を示している。たとえば、本プロジェクトの(C/P)である MPI は、地すべりのモニタリングを行う責任を有することが明記されている。最新の災害スキーム（CONDC 2011-2012）の地すべり災害スキーム（Landslide Emergency Scheme）から抽出できた IEC 関連活動は、表 6.3.3 の通りである。

表6.3.3 地すべり災害スキームにおける IEC 関連活動（出典：JICA 調査団）

関連項目	記述内容
地方自治体が実施すべき活動	<ul style="list-style-type: none">- 政府情報サービス(GIS)およびモーリシャス放送局 (MBC) が、地方自治体と連携して、地すべりの危険性を訴えるための図解入りのポスターとドキュメンタリーを作成する。- 警察署は、気象局およびMBCと連携して、地すべり発生時の移動の危険性について話をするTVあるいはラジオ・プログラムを実施する。
地すべり警報の発信	<ul style="list-style-type: none">- 地すべり関連情報および警報は、MBC、新聞、民間ラジオ、モーリシャス通信電話センター、国家災害運営調整センターを通じて、災害調整委員会の委員長が発信する。

c.2 実施機関へのヒアリングを通じてIEC活動の実施状況の確認

c.1 の災害スキームの地すべりに関する項目において、IEC 活動の実施機関として明記されている - MBC、GIS に対し、ヒアリングを行い、IEC 活動の実施状況を確認した。また、環境・持続開発省（MoESD）に対しては、AAP(African Adaptation Programme)で作成された DRR Strategy の Key objective 5 として掲げられた “Empower relevant stakeholders and local communities” の今後の実施計画についてヒアリングを実施した。加えて、教育省（WEHR）に対してもヒアリングを行い、学校における防災教育の実施状況を確認するとともに、今後のプロジェクト活動における連携のあり方について議論を行った。

c.3 IEC活動の実態として社会調査結果の活用

本プロジェクトでは、優先地域の全世帯を含む計1,903世帯を対象に、2012年8月～9月にアンケート票による社会調査を実施した。調査では、住民の地すべり災害に対する認知度や経験、災害発生への不安、関連規制の認知度、必要な情報（避難場所や経路など）、有効な情報ツールなどについて調査している。IEC活動の実態として、これらの調査結果の関連事項についても適宜考慮した。社会調査の詳細結果については、第2章5を参照のこと。

d. 課題解決のために考えられるIEC活動

上記の現状・課題、および実施機関との協議結果を踏まえた上で、抽出された課題の解決のために考えられる IEC 活動を列挙した。

6.3.3 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 6.3.2 の「d. 課題解決のために考えられる IEC 活動」のなかから、表 6.3.2.の「b. IEC 活動の目的」を効果的に達成できると考えられた活動を、本プロジェクトで実施する IEC 活動とした。表 6.3.4 にその要約を示す。

表6.3.4 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	プロジェクト概要、進捗状況 等を掲載)	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

6.3.4 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

本プロジェクトにおけるステークホルダー会議の実施計画を表6.3.5に示す。優先地域（3ヶ所）の住民および関係機関を対象に、計5回の開催を計画した。なお、実施時期や回数については、プロジェクト活動の進捗状況やC/Pと協議しながら柔軟に検討した。

表6.3.5 住民を対象としたステークホルダー会議の実施計画(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. 実施要領

以下に実施要領を示す。

c.1 ステークホルダー会議実施計画の作成

ステークホルダー会議の実施計画は、専門家がドラフトを作成し、MPI(C/P)との協議を通じて最終化した。

c.2 日程および会場の決定

MPI(C/P)が関係機関や住民代表などとともに、ステークホルダー会議の実施日程および会場を決定した。Chitrakoot 地区および Valle Pitot 地区でのステークホルダー会議の会場は学校であったため、MPI (C/P)は教育省と連絡をとり、教室使用の許可を得た。

c.3 公共インフラ省(MPI)本省に対し住民および関係機関への周知要請

MPI 本省に対し、ステークホルダー会議の趣旨と実施要領を説明し、住民および関係機関への招致レターの作成・配布の協力を依頼した。

c.4 住民招集

管轄地区の管轄警察派出所職員やコミュニティ代表、郵便サービスを通じて、優先地域の対象の住民および関係機関に対し、MPI 本省が作成した招致レターを配布した。

c.5 プレゼン資料の作成

プレゼンテーション資料は英語で IEC 担当の専門家によってドラフト化され、MPI の C/P や専門家チームのコメントを反映させて最終化を図った。プレゼンテーション発表は、住民が理解しやすいよう、MPI の C/P がクリオール語で実施した。発表者となる MPI(C/P) には、発表内容を十分に理解してもらうために、事前にブリーフィングを行った。

c.6 フィードバック・シート

ステークホルダー会議に出席した住民のなかには公の場で発言することに慣れていない住民も多い。プレゼンテーション内容に対する理解度の確認および対策の基本方針に対する意見を住民からより多く収集するため、フランス語で作成したフィードバック・シートを会議出席者全員に配布し、会議終了後に回収した。結果は、MPI(C/P)とも共有した。

d. 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・留意事項を表 6.3.6 に示す。

表6.3.6 優先地域の住民・関係省庁を対象としたステークホルダー会議の実施報告

第 1 回会議 (2012 年 9 月実施)			
【背景・目的】			
プロジェクトでは、現地再委託によって優先地域 3 ヶ所での測量調査やボーリング調査を実施する予定であった。調査実施前に、地権者および居住者を招集し、調査概要を説明し、調査実施に関する同意書に署名をもらう手続きを踏む必要があった。しかし、地権者の特定に時間がかかり、個々の対応が求められ、調査の実施に大幅な遅れが生じた。そこで、対象地域の住民を招集してステークホルダー会議を開催し、プロジェクトの背景や意義や必要性、各調査の概要を説明することにした。全体枠組みにおける調査の位置づけが明確になれば、住民の調査への理解・協力が得られることが期待された。			
【対象地域】			
優先 3 地域 (Chitrakoot, Quatre Soeurs, Vallee Pitot)			
【対象】			
測量やモニタリング機器の設置対象となる範囲に居住する住民			
【実施日/参加人数】			
実施日	時間	対象地区	参加人数
2012 年 9 月 21 日 (金)	17:00 – 18:30	Quatre Soeurs	13
2012 年 9 月 22 日 (土)	13:00 – 14:30	Chitrakoot	46
2012 年 9 月下旬	15:30 – 17:00	Vallee Pitot	個別訪問*
*備考: Vallee Pitot は住民の参加がなく、住民集会の実施には至らなかった。対象世帯の居住地周辺に学校やコミュニティ・ホールといった公的施設が存在せず、遠方の会場を設定せざるを得なかったことも要因として考えられた。代替として、MPI (C/P)により、戸別訪問が実施された。当該地区は貧困地区にあたり、政府に対して不信任をもつ住民が多いため、当日は地元警察が同行した。			
【アジェンダ】			
1) 地すべりの定義			
2) モーリシャス及び優先地域における地すべり災害の実態			
3) プロジェクトの背景、意義			
4) 実施スケジュール(ステークホルダー会議の年間実施計画案を含む)			
5) 現地調査及び地すべりモニタリングの方法(測量、ボーリング、物理探査等)(※具体的な場所を示した地図を配布)			
6) プロジェクトへの理解と協力			
【質疑の概要】			
住民の意見・コメントの概要	プロジェクトとしての対応・留意事項		
[Chitrakoot]			
<ul style="list-style-type: none"> - 本地域では、2005年にモーリシャス政府の独自予算で地すべり対策の一環で伸縮計をはじめモニタリング機器各種を設置した。しかし、モニタリング結果については住民には一切共有されることはなかった。そのため住民より、7年前と同様の調査・モニタリングを実施しようとする本プロジェクトに対し、「前回の調査結果のレビューは行ったのか」「前回の調査のボーリング場所や測定機器は再利用できないのか」といった質問が相次いだ。 - 本地域は、地すべり警戒区域に指定されていることから、あらゆる開発行為が制限されている。そのため、住民からは、調査やモニタリングではなく、具体的な対策工の実施を求める声が多かった。 - 住民の多くが地図を判読できない。自身の居住地と地すべり危険地区、ならびに、対策工の設置場所との位置関係がわからない。 	<ul style="list-style-type: none"> - JICA 専門家より、過去に実施された調査結果はレビュー済であるものの、データが古いこと、また、モニタリング機器の設置場所や設置深度が適切でないため、これらの調査結果は適切な対策を検討するには十分でない、ことを説明。 - 定期的にステークホルダー会議を開催し、住民とモニタリング・調査結果の共有を図ることを確約。 - ハードの対策工のみならず、ソフト対策の重要性も強調する必要があることを強調。 - ステークホルダー会議の開催は、地すべり危険地区の住民に対し情報を伝達するには必ずしも十分でない。とくに、対策工をはじめとする事業実施前においては、すべての対象住民に必要な情報を確実に伝達するために、戸別訪問などを通じて個別の対応を図っていく。 		
[Quatre Soeurs]			
<ul style="list-style-type: none"> - 政府が進める移転計画に関する質問・コメントが相次いだ。住民の多くは移転先の候補となっている土地の状況について十分に知らされていないため、現場視察の実施を希望していた。 関係機関 (MPI、住宅省、自治体、警察) とともに移転計画に関するミーティングを別途開催してほしい。 譲与される土地が狭いと理由で移転に積極的になれない、移転に係る財政援助を求める意見も寄せられた。 	<ul style="list-style-type: none"> - 移転は対策の一つではあるが、移転計画の実現には相当の時間を要するため、早期警報体制の確立などソフト対策を中心に対策を検討する。 		

【写真】



MPI (C/P)によるプレゼン発表
 (Quatre Soeurs)



過去のプロジェクトに関して質問する住民
 (Chitrakoot)



戸別訪問でのプロジェクト概要説明
 (Vallee Pitot)

第2回会議 (2013年4月実施)

【背景・目的】

プロジェクトでは、2012年8月より、地すべり危険地域に指定された優先3地区において、現地調査およびモニタリング・データの収集を行っている。これらの調査結果に基づき、プロジェクトはハード(対策工)およびソフト対策(早期警戒・避難体制)の基本方針を検討した。この基本方針に従い、プロジェクトは2013年末までに対策工の詳細設計および積算を行い、事業実施計画を策定する予定となっている。地域のニーズに即し、より実現可能性の高い事業実施計画の策定を目指し、会議を通じて事業実施計画の基本方針に関する住民の意見聴取を行った。加えて、第1回目の会議にて、住民のプロジェクトの進捗状況や成果を定期的に共有してほしいとの要望が多く出されており、本会議はそれに応えるものである。

【対象地域】

優先3地域 (Chitrakoot, Quatre Soeurs, Vallee Pitot)

【対象】

測量やモニタリング機器の設置対象となる範囲に居住する住民

【実施日/参加人数】

実施日	時間	対象地区	参加人数
2013年4月12日(金)	17:00 - 18:00	Quatre Soeurs	15
2013年4月13日(土)	15:30 - 17:00	Chitrakoot	14
2013年4月14日(日)	10:45 - 12:00	Vallee Pitot	10

【アジェンダ】

- 1) 前回会議の内容のレビュー
- 2) 現地調査の結果報告
- 3) モニタリング結果の報告
- 4) ハード・ソフト対策(対策工、早期警戒・避難体制)の基本方針の説明
- 5) 早期警戒・避難体制の検討 [全地区]
 - ①警戒・避難レベルの基準値の提示
 - ②連絡係の選定(雨量計の確認や警察への連絡などを担当)
 - ③避難場所の検討
- 6) 今後のスケジュール

【質疑の概要】

住民の意見・コメントの概要	プロジェクトとしての対応・留意事項
1) 地すべり危険地域 [Chitrakoot]	
<ul style="list-style-type: none"> - 住民の多くが地図を判読できない。自身の居住地と地すべり危険地区、ならびに、対策工の設置場所との位置関係がわからない。 - 地区内に、地すべり危険地区がどこからどこまでの範囲であるかを示す案内板を設置してほしい。 	<ul style="list-style-type: none"> - ステークホルダー会議の開催は、地すべり危険地区の住民に対し情報を伝達するには必ずしも十分でない。とくに、対策工をはじめとする事業実施前においては、すべての対象住民に必要な情報を確実に伝達するために、戸別訪問などを通じて個別の対応を図っていく。 - PPG(開発計画政策指針)に提言する「区域指定」制度が承認された場合、実施の必要性を改めて検討する。
2) 地すべりの発生メカニズム [Chitrakoot]	
<ul style="list-style-type: none"> - 本会議の会場の学校 (Chitrakoot Government School)の建設が地すべり発生の原因か。 	<ul style="list-style-type: none"> - 学校建設以前の地域の地理的条件から判断する限り、本地域は学校建設以前より既に地すべり危険地区として認識されていたため、直接的原因とはなり得ない。

住民の意見・コメントの概要	プロジェクトとしての対応・留意事項
3) 対策工 [Chitrakoot]	
<ul style="list-style-type: none"> - 排水路や水平ボーリング工の設置が既存の農耕活動や日常生活に何らかの影響を与えるのではないかと。 - 排水路をはじめとする各種施設は誰がメンテナンス(維持管理)を行うのか。 - 対策工事中の地すべり発生の可能性は。 	<ul style="list-style-type: none"> - 今回寄せられた懸念を考慮して対策工の詳細設計を行う。 - 環境影響ならびに社会面での影響については、対策工事前・実施中・実施後の各段階で極力考慮する。
4) 既存の排水システムに伴う課題 [Vallee Pitot]	
<ul style="list-style-type: none"> - 地すべり危険地域下端に位置するcreek内に溜まった水が、大雨の度に溢れ、家屋内に冠水する。 - 地すべり危険地域上方に舗装道路が建設されて以来、山側から流れてきた雨水が居住地へ流れ込むようになった。 	<ul style="list-style-type: none"> - NDU(MPIの部署の一つ)がcreekの清掃工事を計画。プロジェクトより技術的なアドバイスを行う。 - プロジェクトでは、当該地区における対策工の基本方針は示したが、プロジェクトでは対策工は行わない。MPIが独自の予算で対策工を実施するかどうかを今後検討する。
5) 移転 [Quatre Soeurs]	
<ul style="list-style-type: none"> - 地すべり災害が新たに発生する前に、住民移転の手続きを迅速に進めてほしい。 	<ul style="list-style-type: none"> - 住民移転の管轄部署は住宅省。現在土地所有者と交渉中と聞いている。
6) 早期警戒・避難体制 [全地区] (※SMFより寄せられたコメント)	
<ul style="list-style-type: none"> - SMFは緊急避難がとくに必要ときには避難バスを提供できるが、SMFの救助に依存するのではなく、住民自身が指定された避難場所に自主避難する体制を構築すべき(⇒自主避難体制の確立が必要) - MPIおよびJETは、提案する早期警戒・避難体制について、関係機関への周知および意見徴収を行うべき(NDRRC、MMS(気象局)、その他関係機関) 	<ul style="list-style-type: none"> - 早期警戒・避難体制の検討の際に十分に考慮する。

【写真】



MPI (C/P)によるプレゼン発表 (Quatre Soeurs)



地すべり危険地域および居住地の位置をMPI (C/P)と確認する住民 (Chitrakoot)



2013年2月に当該地区で発生した地すべり災害当時の降雨量の状況の説明 (Vallee Pitot)

第3回会議 (2013年11月実施)

【背景・目的】

プロジェクトでは、前回の会議で得られた意見を反映させてハード(対策工)およびソフト対策(早期警戒・避難体制)の基本方針を最終化し、対策工の事業実施計画(案)を策定した。工事実施にあたっては、まず用地取得のための調査を行わなければならない。そのためには、土地所有者を特定し、住民から他立ち入りの許可を得た上で、住宅省(MHL)をはじめとする関係省庁の協力を得る必要がある。プロジェクトは、これらの諸手続きに時間を費やしており、対策工の開始を半年以上延期せざるを得ない状況に陥っている。実際に用地交渉の段階に入るとさらに時間を要することが想定される。住民および関係省庁の理解と協力のとりつけは必須となっている。

優先3地域では、早期警報システムのアラーム・システム(サイレンおよび回転灯)および簡易雨量計を11月中旬に設置し、今季の雨期期間中試験的に運用する予定となっている。よって、システムの概要を説明した。

【対象地域】

優先3地域(Chitrakoot、Quatre Soeurs、Vallee Pitot)

【対象】

- 対策工および避難対象となる範囲に居住する住民
- 関係省庁(*11/15(金)のChitrakootでの会議のみ)(※↓実際に参加した機関)

- Ministry of Agriculture(農業省)
- Ministry of Housing and Land (住宅・土地省)
- Water Resources Unit of Ministry of Energy and Public Utilities(エネルギー・公共事業省水資源局)
- National Parks and Conservation Service(国立公園・保全局)
- Central Water Authority(中央水道公社)
- SMF/Local Police(警察署)
- Ministry of Environment and Sustainable Development.(環境・持続的開発省)

【実施日/参加人数】

実施日	時間	対象地区	参加人数	備考
2013年11月15日(金)	14:00 - 16:00	Chitrakoot	14	関係省庁対象
2013年11月16日(土)	13:00 - 15:00	Chitrakoot	30	住民対象
2013年11月29日(金)	16:00 - 17:00	Quatre Soeurs	20	
2013年11月30日(土)	14:00 - 16:00	Vallee Pitot	20	

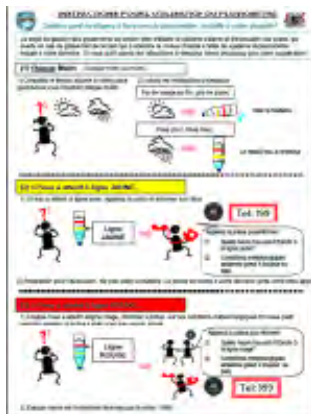
【アジェンダ】

- 1) 前回会議の内容のレビュー
 - 2) 現地調査の結果報告
 - 3) モニタリング結果の報告
 - 4) 事業実施計画(案)の説明
- ①<Chitrakoot 地域のみ>対策工
- ・(関係機関のみ)事業実現に向け各関係機関の役割の明確化、協力依頼
 - ・(関係機関・住民)排水工、橋、掘削予定地の設置場所に関するコンセンサス獲得
 - ・(住民のみ)用地取得のための調査実施に向けた他立ち入りの許可依頼
 - ・(住民のみ)土地所有者に関する情報提供依頼
- ②<全3地域>早期警戒避難システム
- ・アラート・システムおよび簡易雨量計の各システムの概要説明
 - ・連絡系の最終決定(アラート・システムの確認、雨量計の設置、警察への連絡などを担当)
 - ・避難場所・ルートの検討

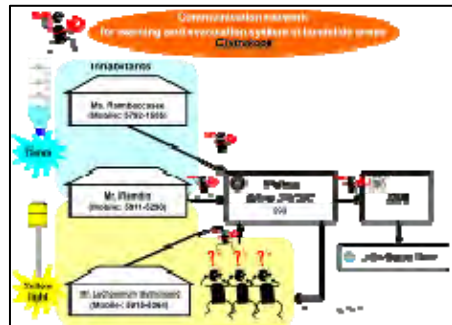
※以下の資料(仏語版)を配布し、確認を行った。



早期警戒避難フロー



簡易雨量計使用マニュアル



連絡網(住民(連絡係) - 警察 - MPI)

- 5) 今後のスケジュール
 現地視察(対策工の実施予定地を視察)

【質疑の概要】

[Chitrakoot]	
プロジェクトが提案した対策工に対し、関係省庁および住民より概ね了解が得られた。以下、質疑の概要を示す。	
関係機関・住民の意見・コメントの概要	プロジェクトとしての対応・留意事項
<p><関係機関></p> <ul style="list-style-type: none"> - 対策工のプレゼンテーションの冒頭で、事業実施における各機関の役割・責任所在を示したことで、ステークホルダー会議に参加した各関係機関がどのような作業を行えばよいかが明確になった。 - 警察とSMFより避難訓練の実施が提案された。 - 対策工の実施によって排出される水の行き先確保について、NDU および EIA コンサルタントより懸念が出された。NDU からは河川幅の拡大は難しいとの見解も出された。また、EIA コンサルタントによると、同河川の中流付近では住民によるごみの不法投棄などに水の流れが遮断され頻繁に洪水が発生しているとのこと。 - 住宅省(MHL)およびNDUより、用地交渉には予定以上に時間を要するだろうとの懸念が示された。 	<ul style="list-style-type: none"> - 会議の参加者(担当レベル)のみならず、組織として対応してもらおう、引き続きフォローする。 - モーリシャスのこれまでの実績にならうと、避難訓練はプロジェクトのカウンターパート機関である MPI 主導というより、警察主導で実施すべき。プロジェクトからは、地すべり災害の影響の可能性がある地域や避難対象となる住民の特定など、技術的な観点から情報提供を行うことで対応する。 - 対策工の設計において考慮する。 - プロジェクトからは、工事に早期に着手するためにも関係省庁および住民の協力が不可欠と強調。

<p><住民></p> <ul style="list-style-type: none"> - 現在 Chitrakoot 地区にかけられた開発規制が対策工の実施中・実施後も解除されないことに対し不満が示された。 	<ul style="list-style-type: none"> - PPG の改訂によって警戒区域が指定された場合など、住民への丁寧な説明が求められる（住宅省（MHL）および自治体マター）。
--	---

【写真】



関係省庁に対する対策工の概要説明
(Chitrakoot)



簡易雨量計のデモンストレーションを実施
(Quatre Soeurs)



現場で早期警戒システムの概要を説明
(Vallee Pitot)

第 4 回 (2014 年 7 月)

【背景・目的】

2014 年 7 月下旬より、パイロット地区である Chitrakoot にて対策工事が開始される。それに先立ち、工事の内容やスケジュールについて説明を行い、関係省庁および住民と最終的なコンセンサスを得ることを目的に本会議を実施した。

【対象地域】

対策工のパイロット地区 (Chitrakoot)

【対象】

- ・対策工や避難対象となる範囲に居住する住民
- ・関係省庁

(↓実際に参加した機関)

- City Council of Port Louis (Port Louis 市)
- SMF/Police (警察署)
- Albercombie Police (地元警察 (Chitrakoot 地区管轄))
- Ministry of Housing and Land (住宅・土地省)
- Forestry Department, National Parks and Conservation Service (国立公園・保全、森林局)
- National Development Unit, Ministry of Public Infrastructure (公共インフラ省国家開発局)
- National Disaster Risk Reduction and Management Centre (NDRRMC) (国家災害リスク管理委員会)
- Water Resources Unit of Ministry of Energy and Public Utilities (エネルギー・公共事業省水資源局)
- Central Water Authority (中央水道公社)
- Ministry of Environment and Sustainable Development. (環境・持続的開発省)

【実施日/参加人数】

実施日	時間	対象地区	参加人数	備考
2014 年 7 月 14 日 (金)	14:00 - 15:00	Chitrakoot	21	関係省庁対象
2014 年 7 月 14 日 (金)	16:00 - 17:00	Chitrakoot	23	住民対象

【アジェンダ】

- 1) 地すべり対策工の全体計画の概要説明
- 2) プロジェクトで実施する工事の概要説明
(住民が理解しやすいよう、ポンチ絵や写真を多用して説明)
- 3) 工事の実施スケジュール
- 4) 質疑

【質疑の概要】

[Chitrakoot]

・ 関係省庁・住民より、対策工の有効性や早期警戒システム等についていくつか質問が寄せられた。対策工事の実施に協力・歓迎するとの意向が示された。以下、住民との質疑内容の概要を示す。

関係機関・住民の意見・コメントの概要	プロジェクトとしての回答・留意事項
<p><住民></p> <ul style="list-style-type: none"> - いつ工事の成果が確認できるのか。 - 前回の雨期時にアラート・システムの赤が点灯（避難レベル）したが、住民の誰一人避難しなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> - 次回の来年度の雨期期間中～後に、工事で設置した排水施設の機能とモニタリング結果をレビューし、その有効性を検証する（来年 1～3 月頃を予定）。 - 避難勧告が出されたにもかかわらず、住民が避難しなかった原因について、住民意識の問題なのか、現行の早期警戒・避難システムに欠陥があったのか、避難しなかった要因を特定し、改善を図る必要がある。地すべり地区の居住者を対象にインタビュー形式でのアンケート調査を実施することとする。

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - また、警察が学校から子どもを自宅に避難させたが、仕事で両親が不在にしていたケースが多かった。このような場合、どのような対応が考えられるか。 - 地すべり災害を知ってもらい、その対処方法についてより多くの住民に啓発・教育してほしい。避難訓練も有効。 - 本会議に出席した住民全員が、本工事の意義を理解し、実施に協力していきたい。会議に出席できなかった隣人にも周知したい。 | <ul style="list-style-type: none"> - 学校の児童の第一次避難先は、自宅ではなく、避難指定場所であるべき（避難場所で家族と合流、あるいは、避難勧告が解除後に両親が引き取りに来る）。学校・警察とともに検討し、共通認識を図る。 - 半年に1回程度のステークホルダー会議での啓発・教育活動では限界がある。必要に応じて地すべり災害に関する情報を得られるような教材の作成を検討する。 |
|--|---|

【写真】



関係省庁対象の説明会
(Chitrakoot)



住民対象の説明会
(Chitrakoot)



第5回（2014年11-12月）

【背景・目的】

パイロット地区であるChitrakootでは2014年12月上旬に対策工事が完了、また、2015年1月には本プロジェクトが終了する。プロジェクト開始以来、業務の進捗に応じて優先3地区の住民や関係省庁を対象にステークホルダーを開催し、調査やモニタリング機器の設置実施、対策工や早期避難警戒システムの導入に対する理解や協力を求めてきた。住民や関係省庁の理解や協力がなければ成し得なかったことである。今回の会議は、プロジェクト期間中に実施するステークホルダー会議としては最後の機会になる。プロジェクトでIEC教材として作成した「地すべり防災ハンドブック」を活用して、改めて地すべり防災の重要性を伝えるとともに、チトラクート地区に対しては対策工の完了報告、また、優先3地区に対しては雨季（12月～）を前に早期警戒避難システムの内容を改めて確認を行った。

【対象地域】

優先3地域（Chitrakoot、Quatre Soeurs、Vallee Pitot）

【対象】

- ・対策工や避難対象となる範囲に居住する住民
- ・関係省庁

（↓実際に参加した機関）

- SMF（警察署緊急班）
- Albercombie Police（地元警察（チトラクート地区管轄））
- Ministry of Housing and Land（住宅・土地省）
- National Development Unit, Ministry of Public Infrastructure（公共インフラ省国家開発局）
- National Disaster Risk Reduction and Management Centre (NDRRMC)（国家災害リスク管理委員会）
- Ministry of Environment and Sustainable Development.（環境・持続的開発省）

【実施日/参加人数】

実施日	時間	対象地区	参加人数	備考
2014年11月28日（金）	14:00 - 15:30	Chitrakoot	16	関係省庁対象
2014年11月28日（金）	16:00 - 17:30	Chitrakoot	18	住民対象
2014年12月12日（金）	16:00 -	Vallee Pitot		（実施後報告予定）
2014年12月12日（金）	16:00 -	Quatre Soeurs		（実施後報告予定）

【アジェンダ】

- 1) 前回の現地協議会の議事録内容確認（チトラクート地区のみ、関係省庁対象）
- 2) プロジェクト概要のレビュー
- 3) 対策工の概要および完了報告、今後のスケジュール（チトラクート地区のみ）
- 4) 地すべり防災ハンドブックの内容説明（早期警戒避難システムの内容確認）
- 5) 現場視察（チトラクート地区のみ、関係省庁対象）

【質疑の概要】

【Chitrakoot】	
<関係省庁> - 工事開始以降、2週間ごとに実施していた現場協議会(Site meeting)の成果もあり、会議はスムーズに進行。 - NDUよりE地点に位置する橋梁の改良工実施の確約を得られた。現在クリアランスの手続きを実施中。来年1月に工事着工、3月に完了予定。 - E地点上流の地主問題は特に進展なし。 - 早期警戒避難システムにおける警察(住民から通報を受け現場確認、警戒避難時の住民周知)、NDRRMCの役割(警察から通報を受け関係機関へ周知)、避難場所、緊急連絡先を再確認。 - 会議後に実施したSite visitで、NDRRMCがボトルネックとなっているE地点の橋梁を確認。また、セクション2およびブロックBの工事の詳細計画についてもNDRRMCより質問あり。プロジェクトよりNDUの工事実施をフォローするよう依頼、NDRRMCは承諾。	
住民の意見・コメントの概要	プロジェクトとしての回答・留意事項
- E地点周辺に居住する住民より、工事のキャンセルが、対策工全体の効果に及ぼす影響、また、E地点周辺における洪水および地すべり発生に対する懸念。 - 警戒・避難の基準値(現行の災害スキームに記載されている10mm/day, 20mm/day)の妥当性。 - お年寄りに対する避難支援体制、避難時の留守宅の警備体制、夜中に赤色灯+アラームが点灯した際の対応について。	- JICAプロジェクト終了後もMPIおよびNDUが工事を引き継ぐ。対策工実施により、地すべり発生のリスクは軽減されていることを説明。 - プロジェクト開始以来の最大移動値は2mm/dayであり、基準値を超えることはほとんどないことを説明。 - プロジェクトで避難リストを作成しPolice/SMFと共有済、彼らが避難誘導を行う。赤色灯+アラーム点灯から地すべり発生まで時間的余裕があるため、翌朝行動しても決して遅くないことを説明。避難時の留守宅の警備体制については要検討。

【写真】



関係省庁対象の説明会、現場視察
(Chitrakoot)



地すべり防災ハンドブックを活用した早期警戒避難システムの説明(住民対象、Chitrakoot)

6.3.5 住民アンケート調査の実施

a. 背景と目的

2014年3月21日にパイロット事業対象地区であるChitrakootにて避難勧告が出されたが、ほぼ全員の住民が避難しなかったとカウンターパートより報告があった。本件については、第4回のステークホルダー会議においても議題に挙げられた。住民の意識レベルの問題なのか、現行の早期警戒・避難システムに欠陥があったのか、避難しなかった要因を特定し、改善を図る必要がある。そこで、住民の地すべり防災に対する理解度・現行の早期警戒・避難システムの有効性をレビューするために、優先3地区の地すべり地区の居住者を対象に、アンケート調査を実施した。

b. 実施要領

IEC担当の専門家が質問票（案）を作成し、MPIのカウンターパート およびNDRRMCのコメントを反映させて最終化した。NDRRMCは、必ずしも行政が指定した避難場所に全員が避難する必要はなく、自主避難を促進したいと考えている。質問票でも、住民に避難時に「どこに避難するか」「どのように避難するか（交通手段）」を聞くことで、住民がどの程度行政からのサポートを得たいと考えているのかを把握したいとのことであった。調査は、2014年7月21日（月）～7月31日（木）、専門家チームのアシスタント2名によって対面でのインタビュー形式で実施した。結果は分析後、レポートにまとめ、MPIのカウンターパートおよびNDRRMCと共有した。



写真6.3.1 住民アンケート調査(出典: JICA 調査団)

c. 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）。

c.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。

c.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。

c.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。

c.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。

c.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。

c.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」「避難するかどうかわからない」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わからない」。一方、Quatre Soeurs の住民は全員「避難する」と回答。

c.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。

c.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。

c.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。

c.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。

d. 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。

6.3.6 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。

6.3.7 教材作成

上記6.3.6のプロジェクト・ニュースレターは、毎回MPI本省のPSよりコメント得た上で最終化してきた。PSより、このニュースレターは地すべり防災に関して必要な情報を多く含んでいるため、冊子にまとめ住民に配布してはどうかとの提案があった。また、6.3.5の住民アンケート調査の結果からも、教材作成の必要性が確認された。上記を受け、「地すべり防災ハンドブック」を作成し、地すべりに関する基礎的な情報を体系的に整理し（災害を知る）、また、減災の重要性や緊急（警戒避難）時の対応に関する情報を地すべり地区に居住する住民に提供することにした。

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な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。実施スケジュールは以下の通り。

- 2014年7月下旬～2014年8月中旬
： JICA専門家チームが英語版のドラフトを作成。フランス語版は、プロジェクト・アシスタントが第1稿を作成。MPI技術課(Technical Division)のDirectorであるGopaul氏（2014年8月末に退任）が最終化を行った。
- 2014年8月下旬～2014年10月下旬
： NDRRMCおよびMPI本省よりコメント聴取・反映。民間印刷業者より見積獲得。
- 2014年11月5日： 民間業者と契約締結。
- 2014年11月24日： 納品



写真6.3.2 地すべり防災ハンドブック

（出典：JICA 調査団）

ハンドブック（英語版・フランス語版）を附属資料6.3.1に添付する。ハンドブックは、第5回ステークホルダー会議にて優先3地区の住民に配布された。また、2015年1月に予定されているセミナーやSteering Committeeにて関係機関へ配布される予定である。

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、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>

- ¹ (社)日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針, pp. 404, 2009
- ² ASCE: Manual No.37, Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers, pp. 43-49, 1960
- ³ (社)日本下水道協会：下水道施設設計指針と解説（前編）, 2001
- ⁴ Irrigation Authority of Mauritius
- ⁵ (社)土木学会：水理公式集, 1999
- ⁶ (社)地盤工学会：コルゲートメタルカルバート・マニュアル 第3回改訂版, 1997
- ⁷ Construction Industry Development Board: National Schedule of Rates (First edition), 2012
- ⁸ 斎藤：斜面崩壊発生時期の予知に関する研究、鉄道技術研究報告、No.626, 1968
- ⁹ <https://www.unfpa.org/emergencies/manual/a1.htm>

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	1. 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。 2. 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。	1. 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。 2. 対策工事実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。	【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。 【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）
投入	<ul style="list-style-type: none"> ・現地調査・モニタリング・対策工施工の共同実施 ・技術移転セミナーの開催 ・ワークショップの開催 ・マニュアルの制定 ・ガイドラインの制定 ・警戒・避難基準の制定 	<ul style="list-style-type: none"> ・工法の選定・設計・積算・施工・維持管理の共同実施 ・ステークホルダー会議の開催 ・住民説明会の開催 	<ul style="list-style-type: none"> ・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） ・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） ・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

7.1.2 技術移転の方法

a. 技術的キャパシティの確認

本件では、C/P のキャパシティを知るため3つの階層（個人、組織、社会）において検討を行い、業務開始・途中・最終段階でのキャパシティ・アセスメント（CA: Capacity Assessment）を通じてプロジェクト目標達成までの道筋から外れないように促す。

b. 段階的な技術移転

本プロジェクトでは第1～4段階までのキャパシティ・ディベロプメント（CD: Capacity Development）の考え方に基づいて技術移転を進める（表 6.1.2）。この CD は1つの対策の流れの中で行われるものであり、本件期間中にこの段階的な CD を繰り返して実施していくことにより、C/P の対応能力を効果的に向上させる。

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

- 地すべりメカニズムを理解した上で、住民の安全を考慮した適切な対策工（ハード対策）を検討する。
- 豪雨時の早期警報システムなどのソフト対策と、ハード対策をバランスよく実施する。

b. 国内支援委員会の活用

- 地すべり対策・管理に係る高度な技術的支援を受け、技術移転に反映する。
- C/P 機関の組織・運営体制の改善に対し、地すべり行政の専門家から方向性を指導してもらうとともに、客観的な見地からの指導を仰ぐ。

c. ステアリング・コミッティの活用

- プロジェクトのスムーズな進行に向けて、進捗報告や課題の解決を話し合うための定期的なステアリング・コミッティを開催する。

d. 定例ミーティング等の開催

- プロジェクトの柔軟性確保の観点から、定例ミーティングを開催する。
- 前回の活動状況と問題点、当回の活動予定と課題について互いに協議し理解しあうとともに、全体の進捗、成果の発現状況を把握する。

e. 地域住民への理解促進

- 合意形成に向けて、C/P を主体として住民説明会を密に開催する。また、可能であれば住民側も簡易モニタリングを実施するなどを促す。
- マスメディア、セミナー、リーフレット等を通じて、プロジェクトの進捗を地域住民に周知する。

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 6.2.1 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。

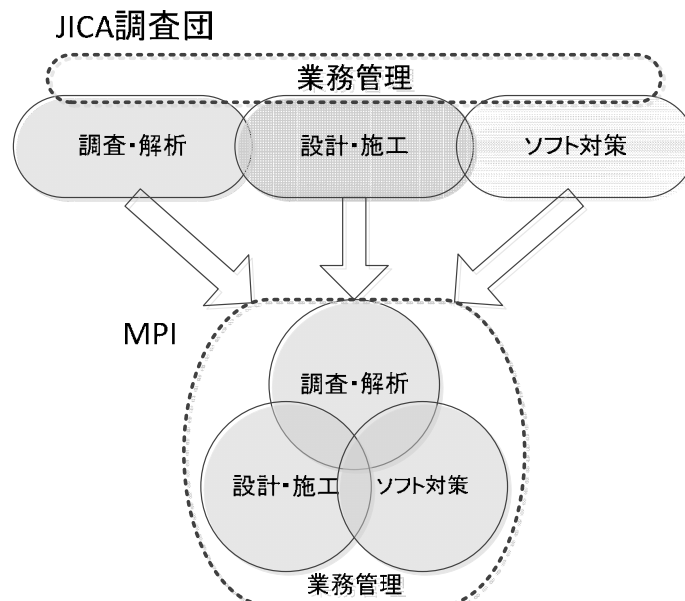


図7.2.1 技術移転体制（出典：JICA 調査団）

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。発表は、下の会議議事録に示されるとおり調査団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 専門家チームの市川総括に基調講演よって開始された。セミナー議事録は、巻末資料に添付する。

1. Opening speech	Mr. Luchmeeparsad /Permanent Secretary, MPI	10:00-10:10
2. Keynote speech	Mr. Ichikawa/Chief adviser, JICA Expert Team	10:10-10:20
3. Outline of the Project	Mr. Kuwano/Vice chief adviser, JICA Expert Team	10:20-10:35
4. What is a landslide?	Mr. Kuwano/Vice chief adviser, JICA Expert Team	10:35-11:05
5. Landslide disaster in Mauritius	Mr. Jewon/Deputy director, CE, MPI	11:05-11:35
6. Basic survey and target landslides	Mr. Iwasaki/Landslide survey & analysis, JICA Expert Team	11:35-12:00
7. Landslide analysis and interpretation	Mr. Yokoo/Landslide monitoring, JICA Expert Team	13:30-14:00
8. Collaboration with other project (AAP etc.)	Mr. Ichikawa/Chief adviser, JICA Expert Team	14:00-14:30
9. Survey plan and monitoring for landslide	Mr. Yokoo/Landslide monitoring, JICA Expert Team	14:45-15:05
10. Activity plan	Mr. Kuwano/Vice chief adviser, JICA Expert Team	15:05-15:20
11. Closing speech	Mr. Jewon/Deputy director, CE, MPI	15:20-15:30



写真7.3.1 第1回技術移転セミナー（出典：JICA 調査団）

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。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 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。

1. Opening of the seminar	Mr. Luchmeeparsad /Permanent Secretary, MPI	9:30-9:35
2. Keynote speech	Mr. Ichikawa/Chief adviser, JICA Expert Team	9:35-9:40
3. Progress of the Project	Mr. Kuwano/Vice chief adviser, JICA Expert Team	9:40-9:45
4. Geological interpretation	Mr. Kuwano/Vice chief adviser, JICA Expert Team	10:00-10:20
5. Monitoring results for three (3) sites	Mr. Yokoo/Landslide monitoring, JICA Expert Team	10:20-10:40
6. Review and recommendation for the Disaster Scheme	Mr. Gonai/Development and land use, JICA Expert Team	10:40-11:00
7. Review and recommendation for the Planning Policy Guidance	Mr. Gonai/Development and land use, JICA Expert Team	11:00-11:20
8. Training in Japan	Mr. Jewon/Deputy director, CE, MPI	11:20-11:45
9. Priority site and Pilot Project site	Mr. Bissessur/Senior engineer, CE, MPI	13:15-13:25
10. Structural countermeasures	Mr. Anadachee/Senior engineer, CE, MPI	13:25-13:55
11. Early warning and evacuation	Mr. Mosaheb/Senior engineer, CE, MPI	13:55-14:20
12. IEC(Information, Education, Communication)/Consensus building	Mr. Dabycharun/Senior engineer, CE, MPI	14:20-14:40
13. Pilot Project evaluation	Mr. Ramdhan/ Senior engineer, CE, MPI	14:55-15:10
14. Organizational reinforcement plan	Ms. Yoshida/Capacity development, JICA Expert Team	15:10-15:20
15. Activity plan	Mr. Kuwano/Vice chief adviser, JICA Expert Team	15:20-15:30
16. Closing speech	Mr. Jewon/Deputy director, CE, MPI	15:30-15:40



写真7.3.2 第2回技術移転セミナー(出典: JICA 調査団)

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西本所長の挨拶、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。

1. Opening of the seminar	Mr. Lutchmeeparsad, Permanent Secretary, MPI	10:00-10:10
2. Keynote speech	Mr. Nishimoto, Chief Representative, JICA Madagascar Office	10:10-10:20
3. Keynote speech	Mr. Ichikawa, Chief adviser, JICA Expert Team	10:20-10:30
4. Progress of the Project	Mr. Kuwano, Vice chief adviser, JICA Expert Team	10:30-10:40
5. Structural countermeasures in Chitrakoot	Mr. Anadachee and Mr. Ramdhan, CE, MPI	11:00-12:00
6. Pilot Project Evaluation	Mr. Mosaheb, CE, MPI	12:00-12:20
7. Early warning and evacuation system	Mr. Bissessur, CE, MPI	14:00-14:45
8. Organizational reinforcement plan	Mr. Dabycharun, CE, MPI	14:45-15:05
9. Closing speech	Mr. Chinasamy, Chief engineer, CE, MPI	14:05-15:10



写真7.3.3 第3回技術移転セミナー（出典：JICA 調査団）

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

a. 地すべり基礎論

表7.4.2 「地すべり基礎論」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2012年6月19日(火)9:30-11:30
場所	Phoenix, MPI
参加者	MPI:A. Gopaul, D. Chinasamy, N.K. Ujoodha, S.P. Anadachee, B. Dabycharun, C. Masse, P. Peghan, R. Canhye, M.K. Mosamed, M. Balloo, S.A.SPheerungee, D Rittoo, A R.Baweek, R.Ramdhan, L Ramdin, S Seevathean, Andoo Afack, T.Bhowruth, D.Jhuboo, V Ramdhan, A R.Baweek, L. Bissessur, M. Cowlessur 調査団:市川、桑野、岩崎、戸上、笠原、齋藤
内容	<ul style="list-style-type: none"> • What is "LANDSLIDE"!? • Survey for Landslides • Monitoring for Landslides • Introduction on Landslides in Japan • Countermeasure for Landslides • Free Discussion



写真7.4.1 「地すべり基礎論」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

b. 地すべり現地踏査

表7.4.3 「地すべり現地踏査」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2012年7月10日(火)9:30-12:30
場所	Phoenix, MPI Chitrakoot, Port Louis
参加者	MPI : L.Bissessur, M.Cowlessur, N.K.Ujoodha, S.A.S Pheerungee, S.P.Anadachee, B.Dabycharun, D.Chinasamy 調査団: 岩崎、横尾、笠原、郷内、山本
内容	<ul style="list-style-type: none"> • Instructions of the training on the site • Field Practice - Chitrakoot , Port Louis • Landslide Reconnaissance • Stability check sheet • Free Discussion on the site



写真7.4.2 「地すべり現地踏査」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

c. モニタリング機器

表7.4.4 「モニタリング機器」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2012年7月26日(木)10:00-11:30
場所	Phoenix, MPI
参加者	MPI : A.Gopaul, L.Bissessur, M.Cowlessur, N.K.Ujoodha, S.P.Anadachee, B.Dabycharun, D.Chinasamy, C.Masse, P.Peghan, R.Deenoo, Kiran Bunjun 調査団:横尾
内容	<ul style="list-style-type: none"> • Landslide Monitoring Program - Chitrakoot, Quatre Soeurs, Vallee Petit - • Inclinometer - Inclinometer sensor, indicator, guide pipe - • Strain Gage Sensors - Strain gauges, logger and data collection - • Automatic Piezometer - Water pressure sensor, logger and data collection - • Extensometer - Extensometer, installation method - • Rain Gauge - Sensor, logger and data collection - • Other Instruments for Landslide Monitoring



写真7.4.3 「モニタリング機器」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

d. 地すべり災害のための土地利用政策

表7.4.5 「地すべり災害のための土地利用政策」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2012年7月30日(月)10:00-12:00
場所	Phoenix, MPI
参加者	MPI: A.Gopaul, M.Cowlessur, N.K.Ujoodha, S.P.Anadachee, L.Bissessur, R.Canhye, M.K.Mosamed, M.Baloo MHL: S.Suntah, D.Bhikajee G.Port /Savanne D.Council: S.K.Jeechurn 調査団:郷内
内容	<ul style="list-style-type: none"> • Project objectives & Objectives regarding to the Land Use Policy in this project • Understanding the existing situation • Clarification of the issues • Discussion/examination of countermeasure for the issues



写真7.4.4 「地すべり災害のための土地利用政策」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

e. 地すべり空中写真判読

表7.4.6 「地すべり空中写真判読」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2012年9月6日(木) 10:00-11:30
場所	Phoenix, MPI
参加者	MPI: N.K.Ujoodha, L.Bissessur, M.K.Mosamed, M.Baloo, B.Dabycharun, D Rittoo, A R.Baweek, R.Ramadhan, L Ramdin, S Seevathean, Andoo Afack, T.Bhowruth, D.Jhuboo, S.A.S Pheerunggee, V Ramadhan 調査団: 原
内容	<ul style="list-style-type: none"> • What is Aerial Photo Interpretation for Landslide • Usage of Aerial Photo Interpretation for Landslide • How to Interpret an Aerial Photo



写真7.4.5 「地すべり空中写真判読」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

f. 地すべり調査・解析・観測特別講演

表7.4.7 「地すべり調査・解析・観測特別講演」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2012年10月31日(水)、9:30 – 12:00
場所	Phoenix, MPI
参加者	MPI: M.R.Jewon, N.Earally, M.K.Mosaheb, A.R.Bawreek, N.K.Ujoodha, L.Bissessur, R.Ramadhan, V.Ramchurn, S.P.Anadachee, V.Ramadhan, M.A.B.Furzun, R.Deenoo 調査団: 福岡先生(京都大学防災研究所)、桑野、岩崎、横尾、笠原
内容	<ul style="list-style-type: none"> • Geotechnical investigation of landslide movement • Analysis of landslide movement • Monitoring of landslide movement



写真7.4.6 「地すべり調査・解析・観測特別講演」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

g. 「モ」国の土質特性と定体積一面せん断試験

表7.4.8 「「モ」国の土質特性と定体積一面せん断試験」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2012年10月31日(水) 13:30 – 14:00
場所	Phoenix, MPI
参加者	University of Mauritius: A.Chan Chim Yuke Sotravic Ltd: K.Mehboob, K.Kourouma, J.F.Ko Mega Design Ltd: A.Paul, B.Appavoo Water Research Ltd: E.Saldivar, O.Bhoum, N.Choolun IST: Dr. R.Goodary 調査団: 福岡先生(京都大学防災研究所)、桑野、岩崎、横尾、笠原
内容	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Chan (Mauritius Univ) : Geotechnical Site Characterization Project for Mauritius • Dr. Fukuoka (Kyoto Univ) : Training of the Constant Volume Direct Shear Test



写真7.4.7 「「モ」国の土質特性と定体積一面せん断試験」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

h. モニタリング現地訓練

表7.4.9 「モニタリング現地訓練」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2012年11月5日(月) 13:00 – 15:00
場所	Quatre Soeurs Landslide
参加者	MPI: M.K.Mosaheb, B.Dabycharun, L.Bissessur, V.Ramdhan, S.P.Anadachee Sotravic Ltd: J.F.Ko 調査団: 岩崎、横尾、笠原
内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 地下水位計の設置 ● 地下水サンプルの採取 ● 手動地下水位計測 ● パイプ歪計データ取得



写真7.4.8 「モニタリング現地訓練」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

i. モニタリング結果と早期警戒

表7.4.10 「モニタリング結果と早期警戒」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2013年2月25日(月) 13:30 – 16:00
場所	Phoenix, MPI
参加者	MPI: M.K.Mosaheb, B.Dabycharun, L.Bissessur, D.Chinasamy, S.P.Anadachee, Visham 調査団: 岩崎、横尾、原、郷内、吉田
内容	<ul style="list-style-type: none"> パイロットサイトでの地質調査結果の報告 パイロットサイトでのモニタリング結果の報告 日本での早期警戒システムの紹介 モ国・災害スキームの早期警戒システムのレビュー



写真7.4.9 「モニタリング結果と早期警戒」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

j. PPGレビュー結果

表7.4.11 「PPGレビュー結果」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2013年2月26日(火) 9:30-11:30
場所	Phoenix, MPI
参加者	<ol style="list-style-type: none"> R. Luximon (Environment Officer, Climate Change Division, Department of Environment, MoESD) G. Rosunee (Principal Planner, Town and Country Planning Department, MHL) V. Rugler (Planner, MHL) J. Bosquet (Head of Land-use and Planning Dept., Grand Port District Council) K. Poomth (Planning Inspector, District Council of Grand Port) Domoh (Supervisor/Head, Works Dept., City Council of Port Louis) S. N. Seechmin (Civil Engineer, District Council of Savanne) Baguant-Moonshiram (Lecturer, University of Mauritius) MPI: M.K.Mosaheb, L.Bissessour, Mr. S.P.Anadachee, Gopal woodayesing, J.Suddy, S. Permala, Suntah, K. Santokhee, Jewon Reshad, D.Chinasamy, B Dabycharun 調査団: 郷内
内容	<ul style="list-style-type: none"> Existing situation of landslide prone areas in Mauritius Existing Mauritian legal systems/schemes related with disaster risk management Japanese legal systems/schemes for disaster risk management Draft recommendations for PPG



写真7.4.10 「PPG レビュー結果」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

k. 安定解析と対策工法

表7.4.12 「安定解析と対策工法」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2013年3月5日（火） 13:30 – 16:00
場所	Phoenix, MPI
参加者	MPI: M.K.Mosaheb, V.Ramdhan, L.Bissessur, D.Chinasamy, S.P.Anadachee, M. Cowlessur 調査団: 岩崎、横尾、原、桑野
内容	<ul style="list-style-type: none">安定解析の理論（講義）安定解析の実習パイロットサイトでの安定解析および対策方針の説明ディスカッション



写真7.4.11 「安定解析と対策工法」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

1. モニタリング結果の整理と解釈

表7.4.13 「モニタリング結果の整理と解釈」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2013年3月7日(月) 10:00 – 12:00
場所	Phoenix, MPI
参加者	STRAVIC Ltd: F.Ko, K.Kourouma, J.Malherbe, L.Lceuih 調査団: 横尾、岩崎
内容	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング内容の解説 モニタリングデータの記録・整理方法 ディスカッション



写真7.4.12 「モニタリング結果の整理と解釈」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

m. 対策工

表7.4.14 「対策工」ワークショップ概要（出典：JICA 調査団）

日時	2013年10月26日(水) 13:30-16:00
場所	Phoenix, MPI
参加者	MPI: S.P. Anadachee, D. Chinasamy, B. Dabycharun Enviro-Consult: S. Nadia 調査団: 原、岩崎、吉田、徳田
内容	<ul style="list-style-type: none"> Policy of countermeasure in Chitrakoot Detailed design of countermeasure in Chitrakoot Discussion of countermeasure for the issues



写真7.4.13 「対策工 1」ワークショップ写真（出典：JICA 調査団）

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"> • Mohammad Naim EARALLY • Lalitsingh BISSESSUR • Vishwahdass RAMDHAN • Mohammad Khalid MOSAHEB • Bhoopendra DABYCHARUN 	<ul style="list-style-type: none"> • Mahmad Reshad JEWON • Deeverajan CHINASAMY • Madun BALLOO • Selvanaden Pearia ANADACHEE • Visham RAMCHURN
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	

表 7.5.2 第 1 回(2012 年)本邦研修のスケジュール (出典: JICA 調査団)

日	月日	移動	研修先	研修内容
1	11月20日	火	モーリシャス-ドバイ	飛行機移動(EK3706 18:20-1:10)
2	11月21日	水	ドバイ-シンガポール	飛行機移動(EK354 3:25-14:40)
3	11月22日	木	シンガポール	在シンガポール日本大使館 ビザ取得
4	11月23日	金	シンガポール	在シンガポール日本大使館 ビザ取得
5	11月24日	土	シンガポール	予備日
6	11月25日	日	シンガポール-成田	飛行機移動(SQ012 9:20-17:05)
7	11月26日	月	東京都内	【JICA 東京国際センター】 【国際航業株式会社】 規定ブリーフィング オリエンテーション
8	11月27日	火	さいたま市	【国土防災技術株式会社】 地すべりの調査、対策、維持管理に関する講義
9	11月28日	水	さいたま市	【応用地質株式会社】 現地視察
10	11月29日	木	東京都内	【国土交通省道路局、水管理・国土保全局砂防部、関東地方整備局 道路部】 国土交通省・関東地方整備局の体制、土砂災害対策など
11	11月30日	金	茨城県つくば市	【独立行政法人土木研究所】 地すべり研究、道路防災対策研究、斜面災害のハザード・リスク管理手法
12	12月1日	土	東京都内	休日
13	12月2日	日	東京都内	休日
14	12月3日	月	東京→高知 高知→高松	【オサシテクノス株式会社】 午前:移動 午後:モニタリング機材見学
15	12月4日	火	高松→徳島	【NEXCO 四国支社】 高松道の地すべりへの取り組み・道路規制、現場視察
16	12月5日	水	徳島	【国土交通省 四国地方整備局 四国山地砂防事務所】 事務所表敬、施設視察
17	12月6日	木	徳島 徳島→神戸	【国土交通省 四国地方整備局 四国山地砂防事務所】 善徳地すべり現場視察 午後:移動、明石海峡大橋視察、淡路島
18	12月7日	金	神戸	【神戸大学】 地すべり研究事例の紹介
19	12月8日	土	京都	休日
20	12月9日	日	伊丹→沖縄	休日(午後:移動)
21	12月10日	月	沖縄	【沖縄総合事務局】 事務所視察、中城の大崩壊見学
22	12月11日	火	沖縄 沖縄→東京	【沖縄総合事務局】 島嶼地域における、大型ダムによる利水管理(地すべり水管理)
23	12月12日	水	東京都内	【国際航業株式会社】 プロジェクト協議(レポート作成)
24	12月13日	木	東京都内	【JICA 東京国際センター】 JICA 評価会
25	12月14日	金	成田-ドバイ	飛行機移動(EK319 22:00-3:50)
26	12月15日	土	ドバイ-モーリシャス	飛行機移動(EK3705 10:15-16:55)

表 7.5.3 第 2 回(2013 年)本邦研修のスケジュール (出典: JICA 調査団)

日	月日	移動	研修先	研修内容
1	8月14日	水	モーリシャス-シンガポール	移動日
2	8月15日	木	シンガポール	飛行機移動
3	8月16日	金	シンガポール	在シンガポール日本大使館
4	8月17日	土	シンガポール	ビザ取得
5	8月18日	日	シンガポール	
6	8月19日	月	シンガポール	在シンガポール日本大使館
7	8月20日	火	シンガポール	飛行機移動
8	8月21日	水	シンガポール-羽田	飛行機移動
9	8月22日	木	東京都内	【JICA東京国際センター】 【国際航業株式会社】
10	8月23日	金	東京都内	規定ブリーフィング オリエンテーション
11	8月24日	土	東京都内	国土交通省による砂防事業概要 地方自治体の防災取組み、防災教育現場
12	8月25日	日	東京→札幌	休日(午後:移動)
13	8月26日	月	札幌	【北海道開発局】 【北海道開発局 札幌開発建設部 札幌道路事務所】
14	8月27日	火	札幌	北海道の斜面防災対策の取組み 札幌道路事務所管内における斜面防災対策
15	8月28日	水	小樽管内	【北海道開発局 札幌開発建設部 札幌道路事務所】 【北海道開発局 小樽開発建設部】
16	8月29日	木	札幌→帯広	国道230号斜面防災対策視察 国道453号斜面防災対策視察
17	8月30日	金	帯広→広尾 広尾→東京	小樽開発建設部の斜面防災対策 豊浜トンネルほか斜面对策視察
18	8月31日	土	東京都内	十勝川直轄砂防事業 黄金道路の斜面对策の取組み 札内川砂防見学
19	9月1日	日	東京都内	【北海道開発局 帯広開発建設部 広尾道路事務所】 道路通行止めの発令から解除までの行政の役割(講義) 黄金道路における斜面对策視察
20	9月2日	月	茨城県つくば市	【土木研究所】 【防災科学技術研究所】
21	9月3日	火	神奈川県葉山市	日本の地すべり対策等、日本の道路防災(講義) 地すべり防災マップ、大型耐震実験施設及び大型降雨実験施設見学
22	9月4日	水	東京→京都	【神奈川県土整備部】 【応用地質株式会社】
23	9月5日	木	京都→東京	【京都大学 防災研究所 斜面災害研究センター】
24	9月6日	金	東京都内	地すべり研究最前線の紹介
25	9月7日	土	成田→トバイ	移動日
26	9月8日	日	トバイ→モーリシャス	新幹線移動 プロジェクト協議(レポート作成) JICA評価会 飛行機移動(EK319 22:00-3:50) 飛行機移動(EK3705 10:15-16:55)

両研修に対する所見は以下に示すとおりである。

- 各受入れ機関において、研修時間をオーバーするほど熱心に質問していた。質問内容は幅広く、特に構造物対策や行政組織体制等、今後「モ」国で活用できそうな点について熱心に聞いていると感じた。
- 全ての受入れ機関で快く受け入れていただいた。国土交通省水管理・国土保全局砂防部部長、北海道開発局長等を表敬する機会もいただき、多大なる配慮をいただいた。講義・現場視察では、研修生の多くの質問にも丁寧に回答いただいた。また現場視察で現地特産品の差し入れをもらうなど、各地で歓迎を受けていた。
- 日本の事例や経験を多く取り入れた講義を行っていただき、研修生からもとても分かりやすかったと好評だった。
- 研修生より、本研修で学んだことを所属先に報告し、日本の例を参考にしながら今後の「モ」国の地すべり対策に有効活用していきたいとのコメントがあった。今回の研修で多くのことを学び、また今後活かそうとする強い意欲が感じられたことから、本研修は実りある研修だったと思われる。
- 研修生は日々研修内容や学んだことをまとめており、最終日の報告会では研修生全員が非常に質の高いプレゼンテーション発表を行った。本研修を通して学んだ日本の事例や経験を考察するとともに、「モ」国の特質を分析しており、分かりやすくまとめられていた。



国土交通省水管理・国土保全局砂防部部長表敬



講義の様子
(北海道開発局札幌開発建設部札幌道路事務所)



札内川砂防見学の様子



講義の様子
(独立行政法人 土木研究所)



講義の様子
(独立行政法人 防災科学技術研究所)



大型降雨施設見学の様子
(独立行政法人 防災科学技術研究所)



地すべり視察の様子
(神奈川県葉山町)



研究装置見学の様子
(京都大学防災研究所)

写真7.5.1 第2回本邦研修の状況（出典：JICA 調査団）

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"> 業務のフェーズごとの活動計画の承認 業務のフェーズごとの計画の進捗を確認 業務実施上の課題について協議 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
参加メンバー	<ul style="list-style-type: none"> 議長：MPI 次官 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
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。下表に第1回 SC の内容をとりまとめるとともに、別添資料に協議議事録を示す。

表7.6.2 第1回 SC の概要（出典：JICA 調査団）

項目	概要
実施時期	2012年5月29日 10:30-12:00
箇所	MPI本部 会議室
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> IC/Rの内容確認 SCの役割 ステークホルダーの役割
参加者	<p><u>MPI:</u> Mr. Lutchmeeparsad Vidianand (Permanent Secretary) Ms. Bahadoor Savitree (Assistant Secretary) Mr. Jewon Reshad (Deputy Director, Civil Engineering Division) Mr. D. Chinasamy (Principal Engineer, Civil Engineering Division) Mr. S. P. Anadachee (Engineering officer, Civil Engineering Division) Mr. Dookhony (Chief Regional and Development Officer) Ms. N. Subrun (Secretary)</p> <p><u>Other Ministries/Organizations:</u> Mr. S. Ghunowa (Government Land Surveyor, Ministry of Housing and Lands) Mr. R. Dhurmea (Meteorologist, Mauritius Meteorological Service) Mr. R. Beedassy (Deputy Environment Officer, Ministry of Environment and Sustainable Development) Mr. J. E. Merle (Higher Executive Officer, Ministry of Local Government and Outer Islands) Ms. B. Trilok (Second Secretary, Ministry of Foreign Affairs, Regional Integration and International Trade)</p>

項目	概要
	<p>Mr. B. Bijloll (Assistant Commissioner, Ministry of Social Security, National Solidarity, and Reform Institutions)</p> <p>Mr. S. Kaleeah (Head, Planning and Research Unit, Ministry of Gender Equality, Child Development and Family Welfare)</p> <p>Mr. K. Nobin (Deputy Commissioner of Police, Natural Disaster and Operations Coordination Centre)</p> <p>Mr. M. Muneesamy (Director Finance and Administration, Mauritius Revenue Authority)</p> <p>Mr. S. Zeadally (Senior Hydrological Officer, Water Resources Unit)</p> <p>Mr. K. Khothandaraman (Assistant Chief Fire Officer, Fire Services Department)</p> <p>Mr. D. Seesahye (Deputy Chief Fire Officer, Fire Services Department)</p> <p>Mr. S. Ramdin (Head of Works Department, Municipal Council of Port Louis)</p> <p>Mr. S. Permala (Head of Works Department, Grand Port/Savanne District Council)</p> <p>Ms. Lacroix (Coordinator, Commission De L'Ocean Indien (COI))</p> <p><u>JICA:</u></p> <p>Ms. Megumi Tsukizoe (Deputy Assistant Director, Global Environment Department, JICA HQ)</p> <p>Mr. Junichi Kawase (Project Formation Advisor, JICA Madagascar Office)</p> <p>Ms. Razafimahefa Manoela (Programme Officer, JICA Madagascar Office)</p> <p><u>JICA調査団:</u></p> <p>Mr. Kensuke Ichikawa (Chief Advisor)</p> <p>Dr. Takeshi Kuwano (Vice Chief Advisor / Landslide Management)</p> <p>Mr. Tomoharu Iwasaki (Landslide Survey and Analysis)</p> <p>Dr. Hiroshi Hashimoto (Vice Chief Advisor / Coastal Conservation)</p> <p>Ms. Martine Citon (Project Assistant of JICA Expert Team)</p>

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。下表に第2回SCの内容をとりまとめるとともに、別添資料に協議議事録を示す。

表7.6.3 第2回SCの概要（出典：JICA調査団）

項目	概要
実施時期	2012年11月1日 14:00-16:00
箇所	MPI本部 会議室
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> 基礎調査結果 地すべり管理計画の骨子 F/Sの骨子 特別講演（福岡浩先生）
参加者	<p><u>MPI:</u></p> <p>Mr. Putchay (Principal Assistant Secretary)</p> <p>Ms. Bahadoor Savitree (Assistant Secretary)</p> <p>Mr. Jewon Reshad (Deputy Director, Civil Engineering Division)</p> <p><u>Other Ministries/Organizations:</u></p> <p>Mr. S. Ghunowa (Government Land Surveyor, Ministry of Housing and Lands)</p> <p>Mr. R. K. Dhurmea (Meteorologist, Mauritius Meteorological Service)</p> <p>Mr. R. Luximon (Environment Officer, Ministry of Environment and Sustainable Development)</p> <p>Mr. O. Sewraj (Second Secretary, Ministry of Foreign Affairs, Regional Integration and International Trade)</p> <p>Mr. S. Kangloo (Principal Social Security Officer, Social Security)</p>

項目	概要
	Mr. J. Kelly (Team Leader, Mauritius Revenue Authority) Mr. J. Merle (Ministry of local Government and outer Island) Mr. M. Seebaruth (Special Mobile Force) Mr. S. Zeadally (Senior Hydrological Officer, Water Resources Unit) Mr. R. Deenoo (Chief Inspector, City Council of Port Louis) Mr. S. Permala (Head of Works, District Council Grand Port /Savanne) Mr. C. Dawonauth (Chief Inspector, Police Force) Mr. K. Khothandaraman (Assistant Chief Fire Officer, Fire Services Department) Mr. D. Seesahye (Deputy Chief Fire Officer, Fire Services Department) Ms. Kajima (UNDP) JICA: Ms. Kaoru Takahashi (Project Formation Advisor, JICA Madagascar Office) Ms. Razafimahefa Manoela (Programme Officer, JICA Madagascar Office) 国内支援委員(京都大学): Dr. Hiroshi Fukuoka JICA 調査団: Mr. Kensuke Ichikawa (Chief Advisor) Dr. Takeshi Kuwano (Vice Chief Advisor / Landslide Management) Dr. Tomoharu Iwasaki (Landslide Survey and Analysis) Mr. Fumihiko Yokoo (Landslide Monitoring) Mr. Yoji Kasahara (Geophysical Prospecting) Ms. Sophie Bundun (Project Assistant of JICA Expert Team)

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。下表に第3回 SC の内容をとりまとめるとともに、別添資料に協議議事録を示す。

表7.6.4 第3回 SC の概要（出典：JICA 調査団）

項目	概要
実施時期	2013年11月21日 13:30-16:00
箇所	MPI本部 会議室
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> 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
参加者	MPI: Mr. Lutchmeeparsad Vidianand (Permanent Secretary) Ms. Bahadoor Savitree (Supervising Officer) Ms. Subrun (Secretary Officer) Mr. Jewon Reshad (Deputy Director, Civil Engineering Division) Mr. Chinasamy (Principal engineer, Civil Engineering Division) Mr. Bissessur (Senior Engineer, Civil Engineering Division) Mr. S.Ramdin (Project Manager, National Development Unit) Other Ministries/Organizations: Mr. A. Sookhareea (ASP, NDRRMC, PMO) Mr. S. Ghunowa (Government Land Surveyor, Ministry of Housing and Lands) Mr. R. K. Dhurmea (Divisional Meteorologist, Mauritius Meteorological Service) Mr. D.S Chamillal (AGDEO (Climate Change Division), Ministry of Environment and Sustainable Development) Ms. Li Pin Yuen Maryse (Second Secretary, Ministry of Foreign Affairs) Mr. S. Kangloo (Principal Social Security Officer, Ministry of Social Security) Mr. A. Aubeeluck (Divisional Officer, Mauritius Fire & Rescue Service) Mr. G. Luchoomun (Project Officer, National Development) Mr. S. Zeadally (Senior Hydrological Officer, Water Resources Unit)

項目	概要
	Mr. Auladin (CIW, Grand Port District Council) JICA Expert Team: Mr. Kensuke Ichikawa (Chief Advisor) Mr. Takeshi Kuwano (Vice Chief Advisor / Landslide Management) Mr. Fumihiko Yokoo (Landslide Monitoring) Mr. Takashi Hara (Design/Cost Estimation) Ms. Yurie Kawabata (Information, Education and Communication) Mr. Yoshimizu Gonai (Policy and Planning of Urban Development and Land Use) Ms. Haruka Yoshida (Institution/System Analysis/Capacity Development) Mr. Makoto Tokuda (Coordinator) Ms. Sophie Bundun (Project Assistant of JICA Expert Team)

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。下表に第4回 SC の内容をとりまとめるとともに、別添資料に協議議事録を示す。

表7.6.5 第4回 SC の概要（出典：JICA 調査団）

項目	概要
実施時期	2015年1月19日 13:30-15:30
箇所	MPI本部 会議室
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> • DF/Rの提出 • Chitrakootにおける構造物対策 • 早期警戒避難システム • LMUの組織強化計画 • 他の気候変動プロジェクトとの連携 • 本プロジェクト終了後のJICA計画
参加者	Ministry of Public Infrastructure and Land Transport (MPI) Mr. R. Jewon (Director, Civil Engineering Division) Mr. D. Chinasamy (Principal engineer, Civil Engineering Division) Mr. S. P. Anadachee (Senior Engineer, Civil Engineering Division) Mr. Bissessur (Senior Engineer, Civil Engineering Division) Mr. V. Ramdhan (Senior Engineer, Civil Engineering Division) Mr. K. Mosaheb (Senior Engineer, Civil Engineering Division) Mr. B. Dabycharun (Senior Engineer, Civil Engineering Division) Mr. S.M. Ramdowar (Senior Engineer, Civil Engineering Division) Mr. V. Ramchurn (Technical Officer) Mr. H. Bholah (Chief Project Manager, NDU) Other Ministries/Organizations Mr. R. Luximon (Environment Officer, NDRRMC) Mr. G. Rosunee (Principal Planner, Ministry of Housing and Lands) Mr. V. S. Chuckun (Surveyor, Ministry of Housing and Lands) Mr. K. Dhoomun (Ministry of Environment, Sustainable Development, Disaster and Beach Management) Mr. G. Nundlall (Ministry of Local Government) Mr. P. Dooneeady (Divisional Meteorologist, Mauritius Meteorological Service) Mr. D. Jokhun (Forestry Service) Mr. S.A. Zeadally (Senior Hydrological Officer, Water Resources Unit) Mr. D. Towakel (Police Inspector, SMF) Mr. I. Kheerdali (Police Sergeant) Mr. S. Jeetun (Head, Public Infrastructure Department; Riviere Du Rempart District Council)

項目	概要
	Mr. P. Balloo (Head, Public Infrastructure Department; District Council of Black River) Mr. A. Reesaul (Head of Public Infrastructure Department, Municipality of Quatre Bornes) Mr. M. Ragaver (Civil Engineer, District Council Moka) Mr. N. Reemul (Chief Inspector of work- Municipality of Vacoas/ Phoenix) Mr. V. Sookoy (District council of Flacq) Mr. K. Domah (Head of Public Infrastructure, Pamplemousses District Council) Mr. A. Sookun (Head of Public Infrastructure Department, Pamplemousses District Council) Mr. S. K. Seechurn (Civil Engineer, District Council of Savanne) Mr. D. Seebaluck (Head of Public Infrastructure Municipal of Council of Curepipe) Mr. S. Sairally (Head of Public Infrastructure Department) Mr. R. Oodally (Head Public Infrastructure Department)
	<u>JICA Madagascar Office</u>
	Mr. Akira Nishimoto (Chief Representative) Ms. Kaoru Takahashi (Representative) Ms. Razafimahefa Manoela (Programme Officer)
	<u>JICA Expert Team</u>
	Mr. Kensuke Ichikawa (Chief Advisor) Mr. Takeshi Kuwano (Vice Chief Advisor / Landslide Management) Mr. Fumihiko Yokoo (Landslide Monitoring) Mr. Takashi Hara (Design/Cost Estimation) Ms. Haruka Yoshida (Institution/System Analysis/Capacity Development) Ms. Sophie Bundun (Project Assistant of JICA Expert Team) Ms. Shalina Mangroo (Project Assistant of JICA Expert Team)

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。下表に第1回委員会の内容をとりまとめるとともに、別添資料に協議議事録を示す。

表7.7.2 第1回国内支援委員会の概要（出典：JICA 調査団）

項目	概要
実施時期	2012年8月31日 19:30-21:15
箇所	JICA本部
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> 基礎調査結果 地すべり危険地の特定 モニタリング計画 課題の抽出とその対応策 F/Sの骨子
参加者	国内支援委員： 保科 幸二、福岡 浩、永田 謙二 JICA： 笹館 孝一、野口 伸一、米林 徳人、築添 恵 JICA調査団： 市川 建介、岩崎 智治、菊池 幸祐

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。下表に第2回委員会の内容をとりまとめるとともに、別添資料に協議議事録を示す。

表7.7.3 第2回国内支援委員会の概要（出典：JICA 調査団）

項目	概要
実施時期	2013年5月28日 19:30～21:00
箇所	JICA本部
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> 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
参加者	国内支援委員： 保科 幸二、福岡 浩、永田 譲二 外務省： 栗山 泰 JICA： 宮坂 実、米林 徳人、築添 恵、飯山 聖基、笹舘 孝一、高橋 薫 コンサルタント： 市川 建介、桑野 健、岩崎 智治、郷内 吉瑞

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。下表に第3回委員会の内容をとりまとめるとともに、別添資料に協議議事録を示す。

表7.7.4 第3回国内支援委員会の概要（出典：JICA 調査団）

項目	概要
実施時期	2013年10月30日 17:00～19:00
箇所	JICA本部
協議内容	<ul style="list-style-type: none"> 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
参加者	国内支援委員： 保科 幸二、福岡 浩、永田 譲二 JICA： 米林 徳人、平野 潤一、飯山 聖基、高橋 薫 コンサルタント： 市川 建介、桑野 健、岩崎 智治、郷内 吉瑞

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。下表に第4回委員会の内容をとりまとめるとともに、別添資料に協議議事録を示す。

表7.7.5 第4回国内支援委員会の概要（出典：JICA調査団）

項目	概要
実施時期	2014年12月24日 16:00～17:50
箇所	JICA本部 229会議室
協議内容	<ul style="list-style-type: none">• Chitrakoot地すべり構造物対策• 早期警戒・避難システム
参加者	国内支援委員： 保科 幸二、福岡 浩、永田 譲二 JICA： 米林 徳人、平野 潤一、西本 玲、高橋 薫 コンサルタント： 市川 建介、桑野 健、岩崎 智治、吉田 悠

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
地すべり	本プロジェクトの範囲			
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。

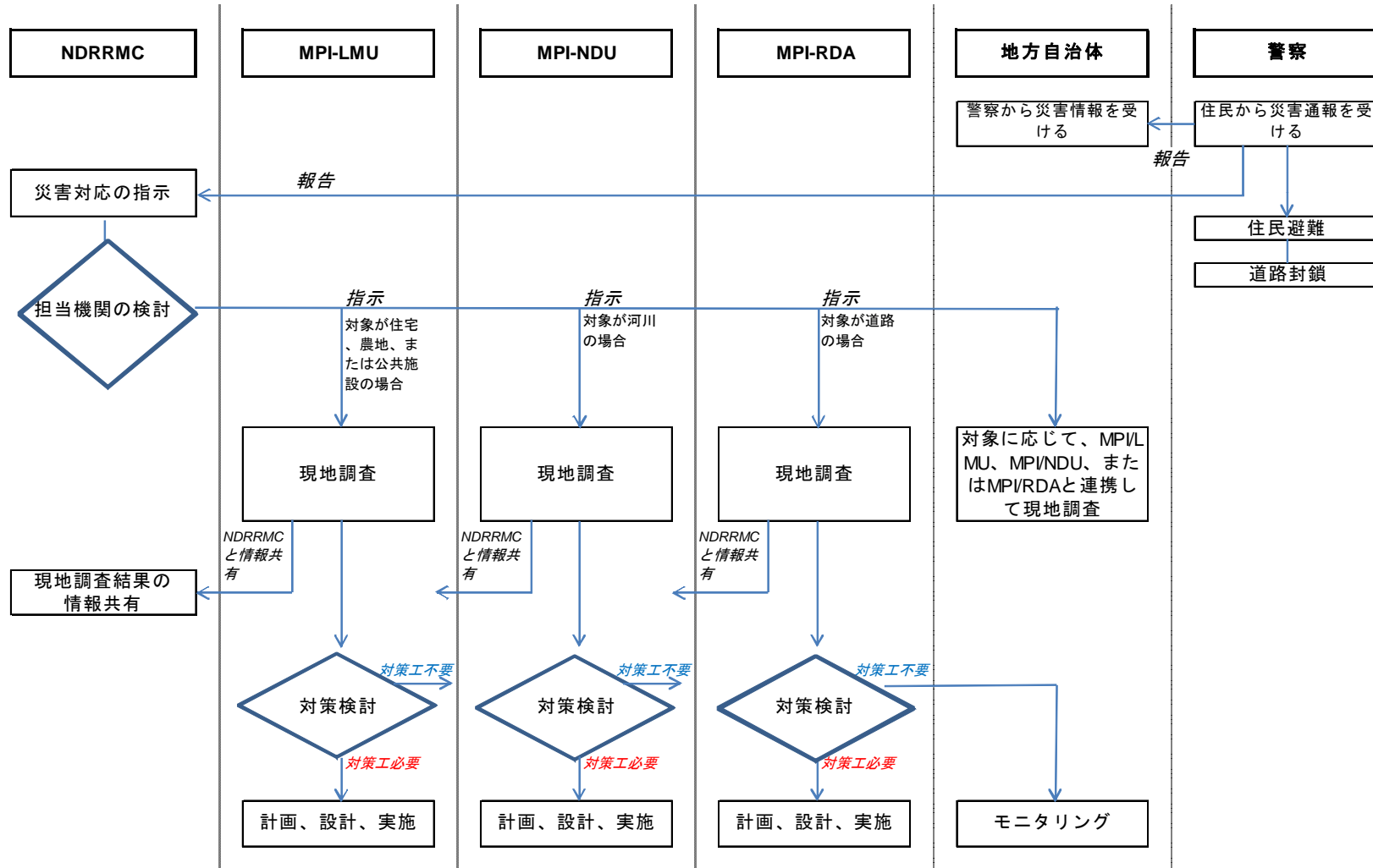


図7.9.1 緊急災害対応手順（出典：JICA 調査団）

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。

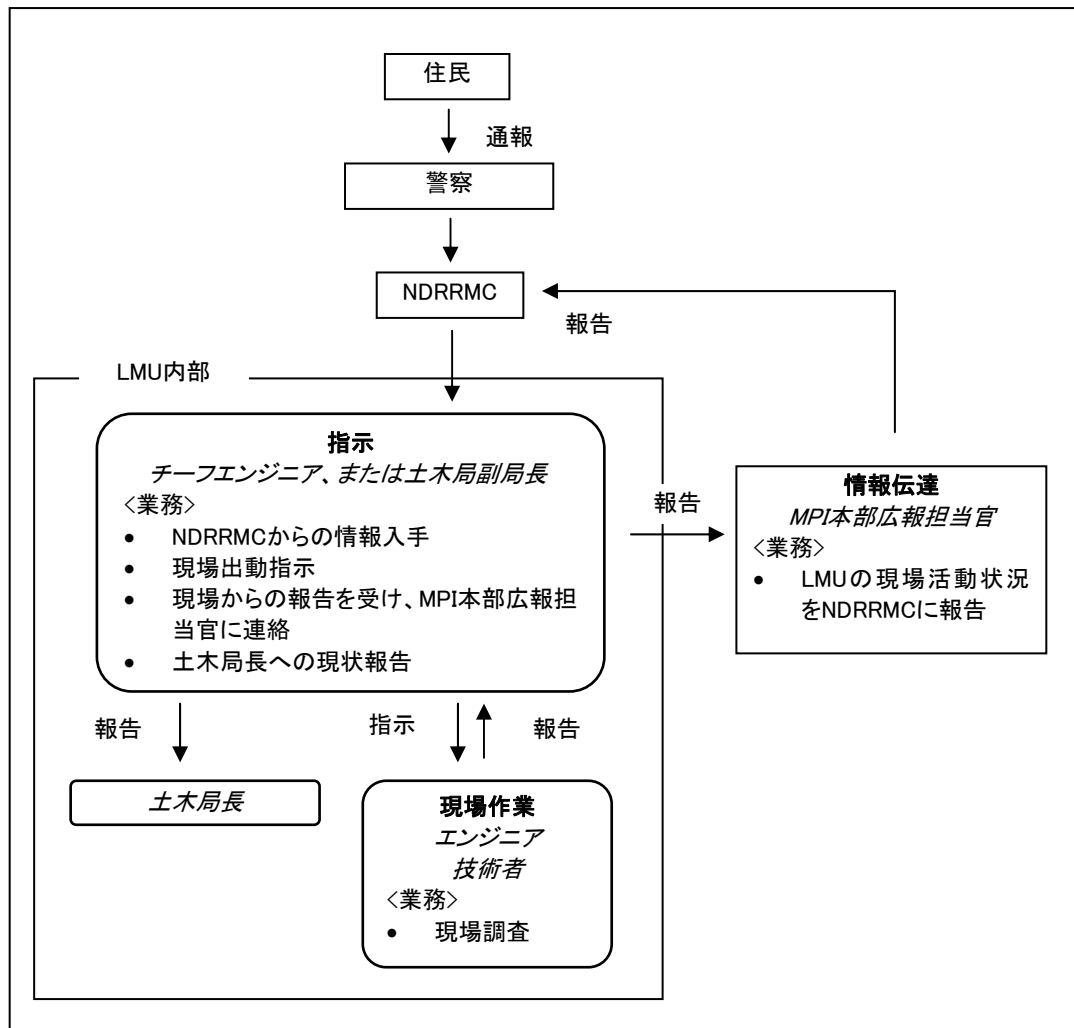


図7.9.2 LMU 内緊急時運営体制（出典：JICA 調査団）

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。

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

国連世界防災会議 2005（WCDR）「兵庫行動枠組（HFA）」で加盟国は「災害リスクの視点を効果的に統合し防災に重点をおく」ことを戦略目標とし、この枠組で10年間にわたる防災活動を行うこととなった。これを受け、日本政府は防災協力イニシアチブに重点をおき、かつ第4回アフリカ開発会議 2008（TICAD IV）や「横浜行動計画」で環境・気候変動問題への対応を優先事項とし、同会議「議長サマリー」においては、島嶼国に対する特別な配慮につき言及した。他方、日本政府と国連開発計画（UNDP）は「アフリカ気候変動適応支援プログラム（AAP）」を2009年に開始し、インド洋委員会（IOC）はインド洋の島嶼国5カ国を対象として「南西インド洋自然リスク・災害の防止及び管理プロジェクト」を2011年から実施している。モーリシャス国（以下、「モ」国）も適応基金（AF: Adaptation Fund）から「海岸地域気候変動適応プログラム」の承認を得た。このような全世界的な状況のもと、気候変動に対し脆弱な「モ」国では、近年の環境変化（海面上昇、サイクロン頻発・増加）やその結果もたらされる自然災害、都市開発に伴う珊瑚礁減少、急斜面での観光・宅地開発による構造物増加等の影響を受けて、特に海岸侵食と地すべりが深刻化している。

これらに対し「モ」国は海岸保全・防災対策に取り組んできており、環境負荷や安全管理を踏まえた、科学的・技術的根拠のある計画策定、リスク把握、対策実施を行いたいと考えている。

また、プロジェクト開始以降、2012年には国連持続可能な開発会議（RIO+20）や第5回アフリカ開発会議（TICAD V:2013）が相次いで開催された。RIO+20では島嶼国における気候変動への脆弱性が重要な課題として認識されるとともに、TICAD Vにおいて「横浜宣言 2013」及び「TICADV 横浜行動計画」が発効された。本プロジェクトにかかわる重要な点は以下のとおりである。

8.1.1 「横浜宣言2013」

アフリカ大陸全体における気候変動の深刻な影響を認識し、防災の主流化及び気候変動への適応により、持続可能かつ強靱な成長を追求する。また、我々は、アフリカの全ての天然資源の持続可能な管理と生物多様性の保全を促進する。

8.1.2 「TICAD V横浜行動計画」

a. 確認環境・気候変動

既存の開発課題を複合化する。環境災害を予測し、対処することができ、かつ、生物多様性の保全と持続可能な利用や砂漠化と土地劣化予防が可能な気候変動に強靱な社会の構築を特に重視しなければならない。本行動計画では、環境・気候変動に対する取組みをインフラ、農業、水など様々なセクターを通じて明確にしている。

b. 防災

サイクロンによって引き起こされる嵐と洪水は、アフリカの島嶼国及び沿岸国に深刻な被害をもたらす。アフリカにおける自然災害は、干ばつや洪水などほとんどが気候関連であり、気候変動への適応の取組は、防災の努力と直接繋がっている必要がある。高齢者、女性、障害者のような脆弱なグループに特別に配慮しつつ、開発の諸課題に防災を主流化することが重要である。

近年では、2014年7月の安倍総理によるカリコム訪問にて対カリコム政策三本柱（「小島嶼国特有の脆弱性克服を含む持続的発展に向けた協力」、「交流と友好の絆の拡大と深化」、「国際場裡における協力」）が表明された。2014年11月には日本・カリコム外相会合が開催され、その中で岸田外相より2015年開発アジェンダに防災等の枠組を入れること、小島嶼国開発途上国（SIDS：Small Island Developing States）の気候変動に対する脆弱性を勘案することが重要である旨表明された。このように過去10年間において、日本のSIDSに対する気候変動緩和策・適応策は外交政策1分野として有効なものとなってきており、中でも日本が技術的有意性を発揮出来る分野として気候変動対策・防災に主眼点がおかれている。

本地すべり対策プロジェクトは上述の世界的潮流を背景として独立行政法人国際協力機構（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を目指すものでなければならない。

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。本プロジェクトの他、気象サービスプロジェクトとして気象レーダーの無償資金協力プロジェクト及びその有効活用にかかる技術移転プロジェクト、2014年には当初AAPの後継案件とされた気候変動対策にかかるセクターワイドセクターワイドアプローチは、「モ」国気候変動対策能力向上プロジェクトとして、気候変動課への3分野（ガイドラインの作成、脆弱性評価、教育啓蒙活動）を通じて能力向上プロジェクトが開始された。

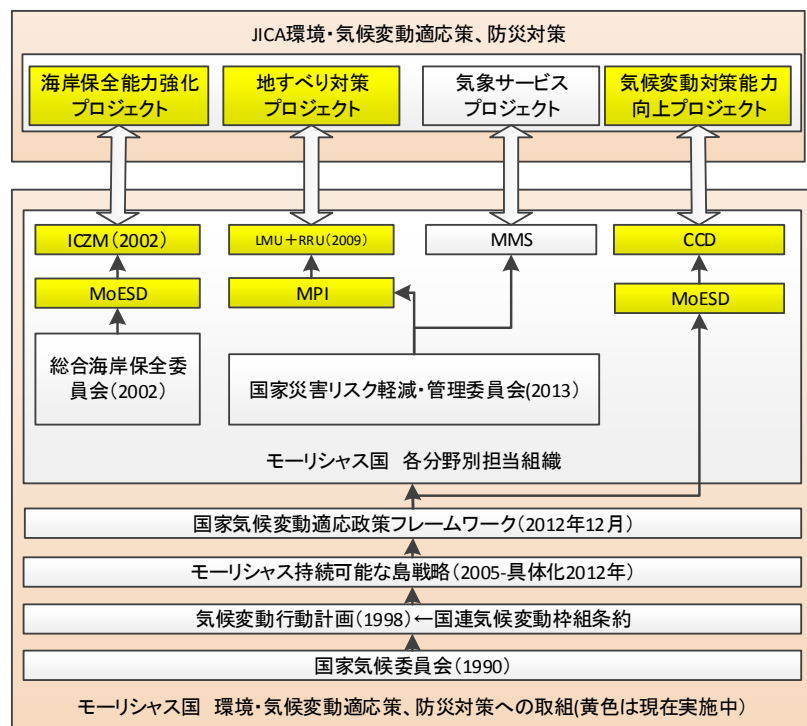


図8.1.1 JICA 環境・気候変動対策・防災プログラムのコンポーネントと対応する「モ」国機関（出典：JICA 調査団）

8.2 気候変動適応策と地すべり対策

地すべりは、気候変動によって海象・気象変化、とりわけサイクロンの発生頻度や豪雨の増大によってもたらされる地表水の増大や地下水の上昇による山岳斜面の不安定化が誘発されるため、災害リスクが増大する可能性がある。

地すべり対策は防災の観点から論じられるべきものである。しかし、多くの国ではその発生メカニズムの解明を抜きに語られている場合が多く、これは地すべりに関する基礎知識と対策技術の欠如に起因している。その結果、抜本的な地すべり抑制・抑止対策がとられないことが多い。その理由の一つとして、地すべり現象を台風や地震、津波などと同等、人工的にコントロールできない自然災害と見なしていることがあげられる。従って、地すべりが発生した後の住民移転や重要構造物の保護・改修という「事後対策」で対応せざるを得なくなる。「モ」国として例外では無い。他方、地すべり分布域の大半は山間部にあり、貧困層がコミュニティを形成している場合が少なくなく、地すべりが発生した状況で避難・退去を促すことは、財産保全、ならびに慣れ親しんだコミュニティなど生活基盤である所有地に対する歴史的な執着、移転に伴う経済的な負担、収入手段を失う可能性等から地域住民に反対されることが多い。

また、十分な調査・モニタリングを実施して地すべりメカニズムを解明することによって「事前」に地すべり対策工を効果的に行えば、被災を免れることができるにも関わらず、多くの途上国では、実際には多額の資金投入が必要であることから、地すべりによる人命・家屋の被害が発生した「事後」に補償費用でまかなうケースが大半である。このような経済的理由から短絡的に「事後対策」に重きをおく傾向も認められる。

「モ」国は高中進国であり、La Butte 地域の対策工事の要請や政府内への地すべり対策部門の設置など、地すべりに対して「事前対策」を実施していきたいという意気込みが感じられる。しかし現在まで地すべりに対する十分な経験・知識が不足していたため具体的な対策を行うまでにはいたっていなかった。ゆえに国家災害危険低減管理センター（NDRRMC=旧「サイクロンと自然災害スキーム：CONDS」）にある緊急体制も有名無実になる可能性を秘めている。本プロジェクトの地すべり地域である Chitrakoot 地域、Quatre Soeurs 地域の住民に対する聞き取り調査では、地すべり時に懸念する項目として財産（土地・家屋）保全が大きな課題という返答が多かった。このことは、土地に対する歴史的な愛着、島嶼国であるがゆえの狭隘な土地所有の権利意識に起因していることをうかがわせるものである。島内コミュニティの様々なレベルでの意識・課題を確認、抽出しつつ、自立発展性のある技術移転を行う。

8.3 プロジェクトと関連組織

「モ」国には地すべり対策を実施している組織は存在しないが、関連する機関は存在する。C/P である公共インフラ・陸上交通省（MPI）の中には土木部（Civil Engineering Department）があり、その傘下には地すべり対策ユニット（LMU）がある。ただし、LMU の実質的な活動は行われていないため、本プロジェクトの C/P は土木部門から選任され技術移転が行われた後、LMU の組織的な活動に資することとなっている。

地すべり災害に対する備えは、「モ」国首相府（PMO: Prime Minister's Office）が主導で招集される NDRRMC が発行する「災害スキーム」に準じる。また災害発生時に即時対応する警察機構、PARA MILITARY などがあるが実際に活動に関与する機関は 15 以上の省庁と地方自治体にまたがっている。また、気候変動対策に関係のあるすべての関連プロジェクトは環境・持続開発省（MoESD）内の気候変動室（CCD: Climate Change Division）が統括、調整している。その他、海岸管理プロジェクト（AFP、UNDP）も海岸地域における気候変動適応プログラムの 1 コンポーネントである「Application of adaptation measures to protect currently vulnerable coastal ecosystem and community features at 3 priority site: Mon Choisy, Quatre Soeurs and Riviere des Galets」を、MoESD 内にプロジェクトマネージャーを置いて作業を開始した。ただし、IOC に関しては MoESD との関係重視しつつも 5 つの島嶼国をとりまとめる方向で作業を進めているため、若干スタンスが異なっており、当初このように多岐にわたる「モ」国内機関、並びに類似のスコープを持つ開発パートナー間と JICA 調査団（JET: JICA Expert Team）との調整に多くの労力が費やされることを念頭に置き、関係するコンポーネントを実施する組織を調整する総括と副総括を中心とした「気候変動・防災統括専門家グループ」として「モ」国内外の動向、情報共有に対応していくとともに、本プロジェクトに反映させることとした（Attachment II clause 3, MM of ICR, 30/May/2010）。

8.3.1 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。本スキームは毎年作成・更新され、地すべり、サイクロン、集中豪雨、津波に関する具体的な計画が作成されている。

地すべりについては、モニタリング、危険地域の住民に対する警報発令の指揮命令体制、避難誘導の方法等について、具体的な計画及び責任機関が明記されている。2013 年より PMO が管轄するモーリシャス持続可能な島戦略（MID: Maurice Ile Durable）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: Climate Change Information Center）が設立された。

2013 年 4 月に発生した Port Louis 市内の洪水（11 名死亡）以降「モ」国の防災政策に変化が認められた。首相指揮のもと PMO 内に災害マネジメントアドバイザーを招集し、同年 5 月より災害対策にかかる新規政策策定を行った。この政策は内閣で了承され、2013 年 10 月から開催される閣議で承認される見通しである。それに先だち 2013 年 10 月 15 日 NDRRMC 新規開設に係る会議が開催された。現有情報では、今後の防災政策は NDRRMC によって決定されること、災害スキームのような事後対策にとどまらず、産官学連携かつ省庁横断的な災害対策（減災、発災、防災と災害後の対応）を検討すること、

そして「災害スキーム」の NDRRMC への移行が盛り込まれている。

2014 年 12 月に実施された「モ」国の総選挙において、前政権が敗北し、新政権が誕生した。これによって、現在の省庁の見直し再編が実施され、本プロジェクトの担当省庁と関連政府組との関連が変化した。

変更前：環境・持続発展省（Ministry of Environment and Sustainable Development=MoESD）
 変更後：環境持続防災ビーチ管理省（Ministry of Environment ,Sustainable Development, Disaster and Beach Management=MESDDBM）

変更前：公共インフラ・国家開発・陸上交通・海運省（Ministry of Public Infrastructure, National Development Unit, Land Transport and Shipping=MPI）
 変更後：公共インフラ・陸上交通省（Ministry of Public Infrastructure and Land Transport=MPI）

この変更によってプロジェクトの C/P 機関に組織的、機能的な変更は発生しなかったが、前政府で首相府直轄だった、MID は 2015 年 3 月現在、作業は棚上げされている。また同じく首相直轄組織で首相府にあった NDRRMC は MESDDBM の傘下に入った。ただし、この報告書では、これら首相府直轄組織、もしくは MID についての現在と今後の扱いについては不確定要素が多いため、以下の記載では 2014 年 12 月政権時の状況を前提として記載している。

8.3.2 国際開発機関の動向

「モ」国では JICA 環境・気候変動適・防災とプロジェクト深く関係するプロジェクトが、JICA を含む 4 つの開発パートナーにより実施（一部、実施途上）された。この中で地すべり対策に関連するのは下記の 3 つのプログラムである。

表 8.3.1 主要ドナーの実施プログラムとコンポーネント(出典：JICA 調査団)

ドナー	ファンド	プログラム名	主要コンポーネント
国連開発計画(UNDP) 日本政府		アフリカ気候変動適 応策支援プログラム (AAP) 完了	・洪水、浸水、地すべり地の災害危機管理の戦略形成 ・海岸保全対策・工事に関する能力開発、海岸浸食の対 策の立案
インド洋委 員会(IOC)	フランス開 発庁、EU 他	自然災害リスク・災害 防止管理プロジェクト	・IOC5カ国自然リスク・災害防止及び管理プロジェクト ・インフラ整備、海洋保全、海洋資源保護、知識普及活動
国連開発 計 画 (UNDP)	UNDP 、 Adaptation Fund 、 UNFCCC	海岸地域における気 候変動適応プログラ ム	・5つのコンポーネントからなり、海岸分野との関連が高い が、早期警戒システム、トレーニング、キャパビル、ポリシ ーの主流化、知識普及などソフト分野で関連

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の軽減プロジェクト 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8.3.1 IOC 実施プロジェクトのコンポーネント¹

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、JET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がセイシェ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¹（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

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（DRR: Disaster Risk Reduction）の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

¹ 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。

クトの概要は以下のとおりである。

表8.3.2 DRR の内容²

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	地すべりハザードプロファイリング
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。

8.4 JICA 環境・気候変動対策・防災にかかるとまめ

前述したとおり主要開発パートナー（UNDP、AF、IOC）及び「モ」国政府の気候変動適応策・防災に関するプロジェクトの全体像の概念図を図 8.4.1 に示す。図中には各プロジェクトの実施内容中、気候変動・防災に特に関係すると考えられる内容を示した。これらプロジェクトの成果や得られた教訓・課題などを基に、「国家気候変動適応枠組み」などの「モ」国の気候変動に関する政策への提言が行われている。

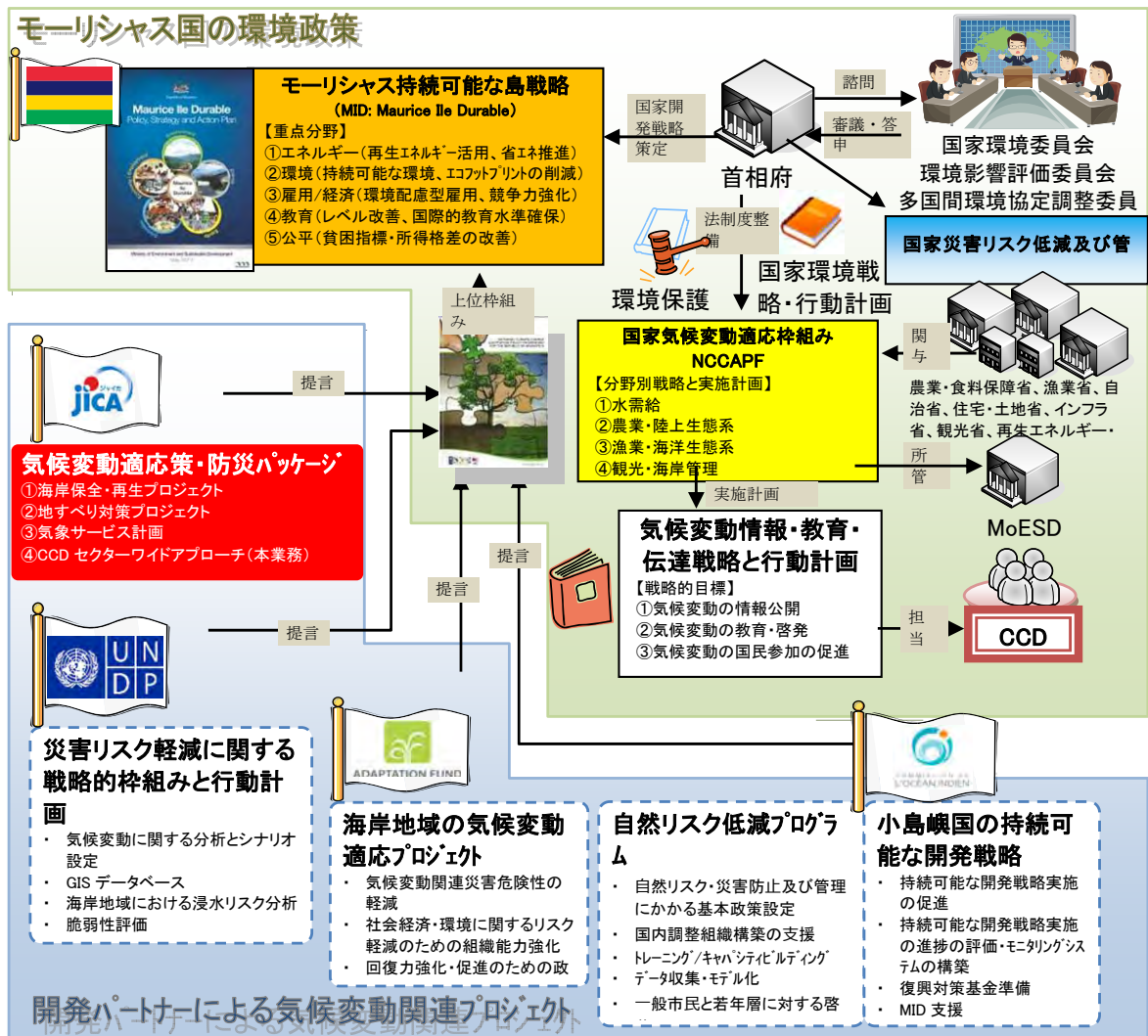


図8.4.1 JICA 対「モ」国パッケージと国際機関、「モ」国環境政策（出典：JICA 調査団）

このような取組に対して、本プロジェクト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やったこと。

最終的に、これらの関与は実施フローとして、図 8.4.2 のとおりとりまとめることが出来る。

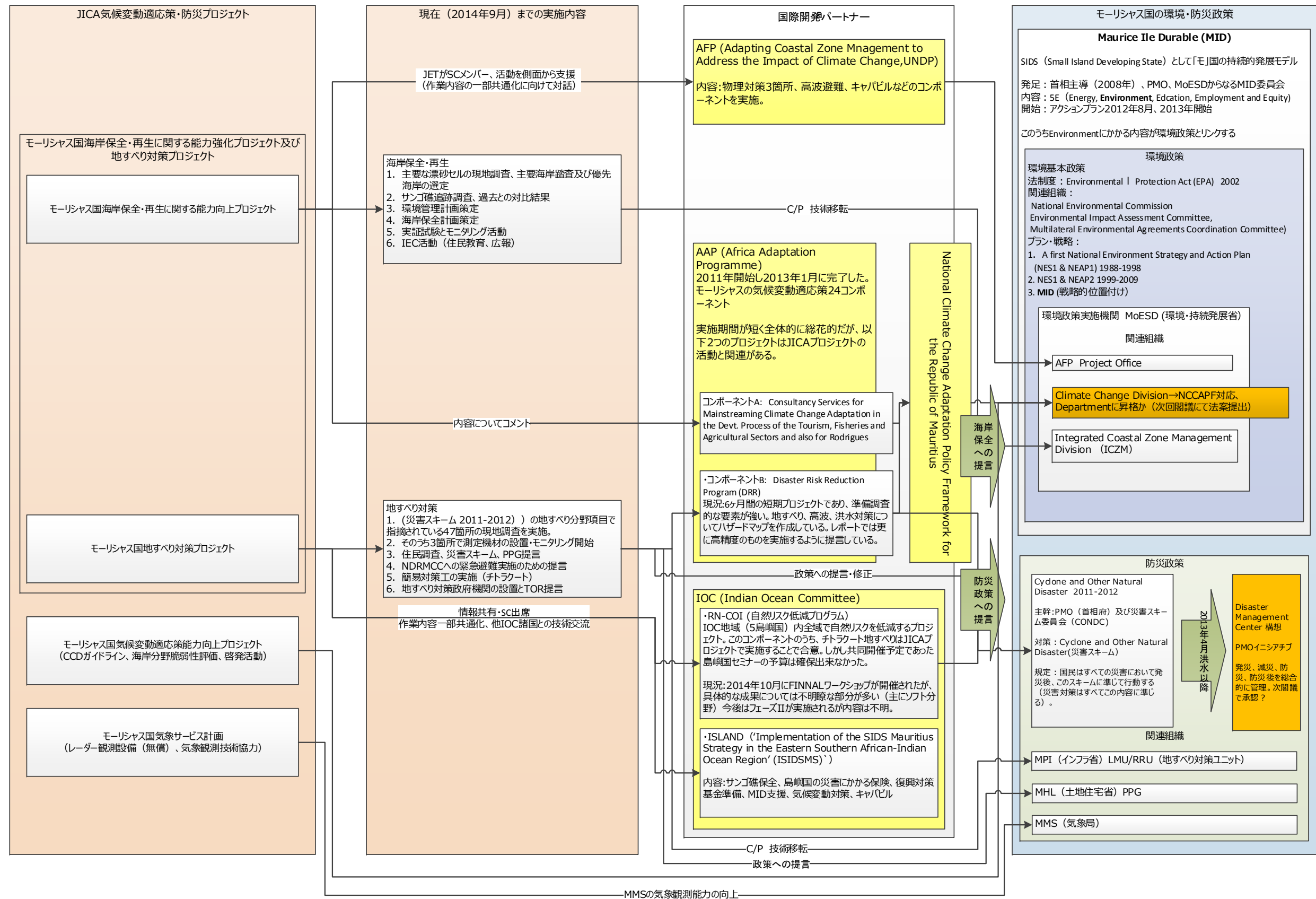


図8.4.2 JICA 気候変動適応策・防災プロジェクト・他国際開発パートナーとの関係及び「モ」国の最新の環境・防災政策への関与 (出典: JICA 調査団)

8.5 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。

近隣の南西インド洋島嶼国と連携して「モ」国に対する技術移転成果を他の南西インド洋諸国への再移転することを目的とし、もともと南西インド洋諸国に対し積極的な自然災害リスク対策を行っていた IOC 及び UNDP など他の関係機関とも密接に連携しながら、その可能性を模索した。しかしながら、IOC による本技術交流は実施主体プログラムであった「自然災害リスク管理プロジェクト」の予算不足から 2014 年 10 月実施のワークショップセミナーで実質的な活動を休止したことから、想定していた IOC からの費用負担とロジにかかる対応が困難となった。このような背景のもと、当初の目的を達成するため調査団がイニシアチブをとって本技術交流を行った。

b. 期待される効果

南西インド洋諸国との技術交流は以下に示す効果発現を念頭に実施した。

- 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。

特に「モ」国は CCIC など気候変動にかかる情報センターを将来的には地域センターとして活用することを想定しているため、これらの中核機関を念頭に、各国間での課題の共有の場として有意な協議を行うことを目指した。

8.5.1 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1日目

セミナー初日は、「モ」国環境省大臣、「モ」国公共インフラ省事務次官、在マダガスカル日本大使をはじめ、南西インド洋諸国各国の参加者、本プロジェクト関係機関及び国際機関からの参加者を含む 92 名が参加した。「モ」国環境省大臣等の開会スピーチの後、本プロジェクト C/P のプレゼンテーションがあり、続いてマダガスカル、セーシェル、コモロ及びレユニオンの代表者による発表があった。発表内容は以下のとおり。



写真8.5.1 セミナー会場の様子(2015年3月5日)



写真8.5.2 近隣諸国代表者によるプレゼンテーションの様子(2015年3月5日)

(出典: JICA 調査団)

表8.5.1 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"> ● 「モ」国における地すべり管理概要 ● 既知の災害箇所の災害種別と担当機関 ● 地すべりモニタリング実施状況 ● Chitrakoot 地区対策工事概要
「モ」国環境省(海岸プロジェクト C/P)	<ul style="list-style-type: none"> ● 「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) ● 海岸保全対策(政策、実施機関、実施内容)

	<ul style="list-style-type: none"> ● JICA 海岸保全プロジェクト概要
「モ」国環境省（気候変動プロジェクト C/P）	<ul style="list-style-type: none"> ● 「モ」国における気候変動の影響 ● 気候変動・自然災害に対する取り組み
マダガスカル	<ul style="list-style-type: none"> ● 「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） ● 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） ● 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）
セーシェル	<ul style="list-style-type: none"> ● 「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） ● 災害に対する取り組み（組織強化、プロジェクト実施等） ● JICA 海岸侵食・洪水管理プロジェクト概要
コモロ	<ul style="list-style-type: none"> ● 「コ」国における災害の概要（地すべり、海岸侵食、洪水等） ● 災害発生による影響 ● 災害に対する取り組み
レユニオン	<ul style="list-style-type: none"> ● 「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） ● 災害に対する実施プロジェクトの概要

d. セミナー2日目

セミナー初日に引き続き、2 日目は南西インド洋諸国からの参加者、本プロジェクト C/P 及び関係機関からの参加者約 60 名が参加し、地すべり対策プロジェクトで実施した Chitrakoot 地区地すべり対策工事、並びに海岸保全プロジェクトで実施した Grand Sable における実証事業（物理対策）整備に係る工事の現場視察を行った。



写真8.5.3 MPI 職員による Chitrakoot 地域の地すべりモニタリングシステムと対策工の概要説明
 （2015 年 3 月 6 日）



写真8.5.4 Grand Sable の実証試験地域、フレキシブル緩傾斜被覆護岸での合同写真（2015 年 3 月 6 日）

（出典：JICA 調査団）

Chitrakoot 地区では、地すべり分野 C/P（公共インフラ省）による、工事の概要、警報システム、モニタリング機材等の説明がなされ、Grand Sable においては、同国内の採石場から設計粒径を搬入して建設されたフレキシブル緩傾斜被覆護岸について海岸分野 C/P による現場説明が行われた。また本海岸では地元住民による実証試験のコミュニティのメリットに関しての紹介がなされた。

e. 質疑応答・意見交換

各プレゼンに対する質疑応答の後、南西インド洋諸国間の相互技術移転（または相互補完）によって気候変動適応策、緩和策はもとより、減災、防災にかかるセクターの情報共有をコアとした協調関係についての協議を行った。特に 1) 協調できる分野、2) 導入可能なシステム、そして 3) 地域センター構想の 3 点について意見交換がなされた。その結果は表 8.5.2 に示されるとおりである。

表8.5.2 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"> ● マングローブ植林の実施
マダガスカル	<ul style="list-style-type: none"> ● 調査活動強化 ● コミュニティレベルにおける早期警戒システムの導入 ● マングローブ植林の実施
レユニオン	<ul style="list-style-type: none"> ● 啓発活動強化 ● 限られた予算内での効果的・効率的な災害対策の構築 ● ソフト対策の充実化(住民との災害情報共有方法等)
セーシェル	<ul style="list-style-type: none"> ● 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) ● 警報システムの構築 ● マングローブ植林の実施 ● 啓発活動強化
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"> ● 脆弱性評価実施の強化 ● 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 ● 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
コモロ	<ul style="list-style-type: none"> ● 海岸管理に向けた学術研究の拡充 ● 域内において、情報や経験を共有する場の構築 ● 人的資源及び資機材を含む組織強化
レユニオン	<ul style="list-style-type: none"> ● 国を超えた地域レベルでの情報共有の場の構築
セーシェル	<ul style="list-style-type: none"> ● 情報・経験の蓄積 ● 資金調達
インド洋委員会 (IOC)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 ● 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。 ● 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 ● 国を超えた技術移転の促進
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"> ● JICA 支援によって設立された Climate Change Information Centre (CCIC) の活用 ● CCIC に蓄積されたデータや研修資料等の共有
IOC	<ul style="list-style-type: none"> ● 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
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"> ● 警戒、避難、避難解除の 3 段階の手順で実施 ● 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
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"> ● 「モ」国の民間企業に業務を委託 ● 3 地区においてモニタリングを実施
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"> 従来は構造物が多かったが、現在はソフト対策に移行
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"> 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
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"> 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 実証事業実施前に、5 回以上の住民会議を実施

時間的な制約もあり、協議時間が十分とれなかったが、IOC を含めた招聘各国から地域レベルでの情報共有構築体制の必要性が指摘された。しかし、南西インド洋諸国はその規模、経済基盤、気候変動・防災にかかる共通の課題が異なっているため、例えば中南米におけるカリコム（カリブ共同体）における CDEMA（Caribbean Disaster Emergency Management Agency）のような協力体制を築くための課題は多い。今回は情報共有のためのプラットフォームを構築するための準備段階的な位置づけとなったと考えられる。

今回の調査団が周辺諸国との協調イメージとして出した概念図(図 8.5.1 参照)は、概ね参加各国により共通の概念として了解されたと判断する。

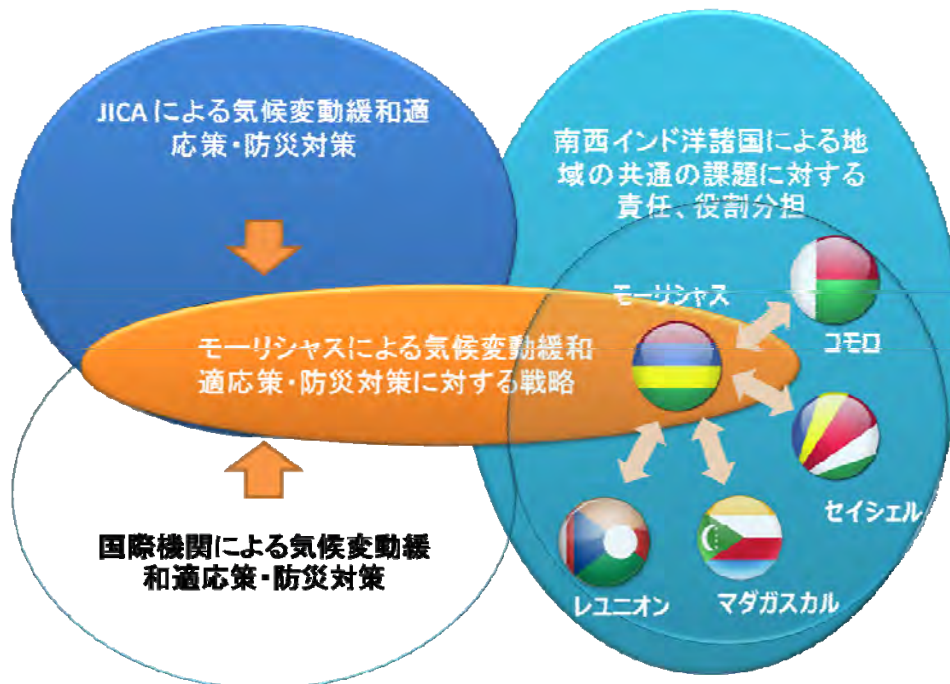


図8.5.1 JICA、国際関連組織と「モ」国及び南西インド洋諸国との気候変動・防災にかかる関係イメージ図(出典: JICA 調査団)

f. 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。

g. 島嶼国セミナー（1日目）参加者リスト

表8.5.3 参加者リスト(出典: JICA 調査団)

	氏名	所属機関
Ministry of Public Infrastructure and Land Transport		
1	Mr. V. LUTCHMEEPARSAD	PERMANENT SECRETARY
2	Mr. LALLCHAND	SENIOR ADVISOR TO MINISTER MPI
3	Mr. R. JEWON	DIRECTOR, CIVIL ENGINEERING
4	Mr. T. PARBHUNATH	DEPUTY DIRECTOR, CIVIL ENGINEERING
5	Mr. D. CHINASAMY	CHIEF ENGINEER, LMU/RRU
6	Mr. N. EARALLY	CHIEF ENGINEER
7	Mr. S.P. ANADACHEE	ENGINEER/ SENIOR ENGINEER
8	Mr. M. K. MOSAHEB	ENGINEER/ SENIOR ENGINEER
9	Mr. L. BISSESSUR	ENGINEER/ SENIOR ENGINEER
10	Mr. V. RAMDHAN	ENGINEER/ SENIOR ENGINEER
11	Mr. B. DABYCHARUN	ENGINEER/ SENIOR ENGINEER
12	Mr. VISHAN	TECHNICAL OFFICER
13	Mr. V. RAMCHURN	TECHNICAL OFFICER
MINISTRY OF ENVIRONMENT, SUSTAINABLE DEVELOPMENT, DISASTER AND BEACH MANAGEMENT		
14	Hon. JAYESHWUR RAJ DAYAL	MINISTER
15	Mrs. S.L. NG YUN WING	DIRECTOR
16	Mr. S. MOOLOO	DEPUTY DIRECTOR
17	Mr. R. SEENAUTH	DIVISIONAL ENVIRONMENT OFFICER (ICZM)
18	Mr. J. SEEWOBADUTH	DIVISIONAL ENVIRONMENT OFFICER (CCD)
19	Mrs. S. R. N. B. SOOGUN	ENVIRONMENT OFFICER (ICZM)
20	Mr. A. JHEENGUT	ENVIRONMENT OFFICER (ICZM)
21	Mr. J.R. OH-SENG	ENVIRONMENT OFFICER (CCD)
22	Mrs. T. GUJADHUR	ENVIRONMENT OFFICER (CCD)
23	Mr. H. BHOLAH	CHIEF PROJECT MANAGER
UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP)		
24	Mr. S. SPRINGETT	UN RESIDENT COORDINATOR & UNDP RESIDENT REPRESENTATIVE
25	Mr. S. RAMCHURN	ENVIRONMENT PROGRAMME OFFICER
AFRICAN FUND PROGRAMME (AFP)/UNDP		
26	Mr. M N. KHEDAH	PROJECT MANAGER
27	Ms. M. CLARKE	HEAD OF CLIMATE CHANGE CONSULTING
INDIAN OCEAN COMMISSION (IOC)		
28	Ms. G. BONNE	CHARGE DE MISSION
29	Mr. S. AHAMADA	EXPERT IN MARINE AND COASTAL BIODIVERSITY
30	Mr. J. B. ROUTIER	TECHNICAL ASSISTANT
EUROPEAN UNION (EU)		
31	Mr. H. GRANDJEAN	PROJECT MANAGER
AGENCE FRANÇAISE DEVELOPMENT (AFD)		

32	Ms. S. AMMEARALLY- NISTAR	CHARGEÉ DE PROJETS
BUREAU NATIONAL DES GESTIONS DES RISQUES ET CATASTROPHES (BNGRC) MADAGASCAR		
33	MR. C. RAMBOLARSON	ADJ. DU SÉCRETAIRE EXÉCUTIF
34	Mr. J. J. RAZAFIARISON	DIRECTEUR DES RÉPONSE AUX URGENCES
MINISTRY OF ENVIRONMENT AND ENERGY, SEYCHELLES		
35	Mr. N. SENARATNE	DIRECTOR, COASTAL ADAPTATION AND MANAGEMENT SECTION
36	Mr. L. PAYET	LOCAL PROJECT MANAGER
37	Mr. H. FIGARO	SENIOR INSPECTOR (CAMS)
DIRECTION GÉNÉRAL DE LA SÉCURITÉ CIVILE, UNION DES COMORES		
38	Mr. COLONEL I. MOGNE DAHO	DIRECTEUR GÉNÉRAL DE LA SÉCURITÉ CIVILE UNION DES COMORES
39	Mr. A. AHMED	CHEF DU CENTRE DES DONNÉES OCÉANIQUE
40	Mr. N. B. ALI MOEGNI	TECHNICIEN AU SERVICE DES ÉTUDES ET PRÉVENTION
DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMÉNAGEMENT ET DU LOGEMENT REUNION		
41	Mr. O. BIELIN	CHEF DE L'UNITÉ PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS
RODRIGUES REGIONAL ASSEMBLY		
42	Mr. J. L. AZIE	AG. ENVIRONMENT OFFICER
MINISTRY OF HOUSING AND LANDS		
43	Mr. S. GUNNOO	SENIOR TOWN & COUNTRY PLANNING OFFICER
44	Mr. R. SOBORUN	SENIOR PLANNER
MINISTRY OF TOURISM AND EXTERNAL COMMUNICATIONS		
45	Mrs. L. SANSPEUR	PRINCIPAL TOURISM PLANNER
46	Mr. J. GOPAUL	TOURISM PLANNER
MINISTRY OF LOCAL GOVERNMENT		
47	Mr. M.B. RAJABALEE	ASSISTANT PERMANENT SECRETARY
MINISTRY OF OCEAN ECONOMY, MARINE RESOURCES, FISHERIES, SHIPPING AND OUTER ISLANDS		
48	Ms. N. ROOMALDAWOO	TECHNICAL OFFICER
49	Mr. V. MUNBODHE	SCIENTIFIC OFFICER
NATIONAL DISASTER RISK REDUCTION AND MANAGEMENT CENTRE (NDRRMC)		
50	Mr. R. LUXIMON	ENVIRONMENT OFFICER
MAURITIUS METEOROLOGICAL SERVICES (MMS)		
51	Mrs. S. RAMESSUR	AG. DIVISIONAL METEOROLOGIST
WATER RESOURCES UNIT		
52	Mr. S.A. ZEADALLY	SENIOR HYDROLOGICAL OFFICER
FORESTRY SERVICES		
53	MR. N. NAWJEE	DIVISIONAL FOREST OFFICER
54	Mr. Z. JHUMKA	ASSISTANT CONSERVATOR OF FORESTS
SPECIAL MOBILE FORCE/ POLICE DEPARTMENT		
55	Mr. D. RAMGUTEEA	SERGEANT
56	Mr. S. BEEDASY	LIEUTENANT
MAURITIUS OCEANOGRAPHY INSTITUTE (MOI)		
57	Mr. O. PASNIN	ASSOCIATE RESEARCH SCIENTIST
58	Dr. D. BISSESSUR	ASSOCIATE RESEARCH SCIENTIST
ROAD DEVELOPMENT AUTHORITY (RDA)		
59	Mr. V. MULTRA	MANAGER
TRAFFIC MANAGEMENT AND ROAD SAFETY UNIT		
60	Mr. D.P. GOOLJAR	ENGINEER/SENIOR ENGINEER
61	Mr. I. MUSTALLY	TRAINEE ENGINEER
WASTEWATER MANAGEMENT AUTHORITY (WMA)		
62	Mr. N. BANHARALLY	CIVIL ENGINEER

63	Mr. R. JHURRY	WORK MANAGER
UNIVERSITY OF MAURITIUS (UOM)		
64	ASSOC. PROF Dr. NOWBUTH	DEAN OF FACULTY AND OCEAN STUDIES
65	Mrs. Y. BAGUANT	SENIOR LECTURER
BEACH AUTHORITY		
66	Mr. V. TOOFANY	TECHNICAL OFFICER
NATIONAL COAST GUARD		
67	Mr. H. CAULEECHURN	INSPECTOR OF POLICE
NATIONAL PARKS AND CONSERVATION SERVICES		
68	Mr. P. MOOLEE	SENIOR PARK REINGER
69	Mr. S. PANDOO	TECHNICAL OFFICER
CITY COUNCIL OF PORT LOUIS		
70	Mr. R. MADHUB	AG. PRINCIPAL HEALTH INSPECTOR
71	Mr. O.C.G. DOMAH	HEAD, PUBLIC INFRASTRUCTURE DEPARTMENT
MUNICIPAL COUNCIL OF CUREPIPE		
72	Mr. J. JAUNKY	SENIOR HEALTH INSPECTOR
MUNICIPAL COUNCIL OF QUATRE BORNES		
73	Mr. A. REESAUL	HEAD, PUBLIC INFRASTRUCTURE DEPARTMENT
MUNICIPAL COUNCIL OF BEAU BASSIN		
74	Mr. R. OODALLY	HEAD, PUBLIC INFRASTRUCTURE
MUNICIPAL COUNCIL OF VACOAS PHOENIX		
75	Mr. S. LALOO	CIVIL ENGINEER
DISTRICT COUNCIL OF GRAND PORT		
76	Mr. S. SAIRALLY	HEAD, PUBLIC INFRASTRUCTURE DEPARTMENT
DISTRICT COUNCIL OF SAVANNE		
77	Mr. D. KOONJUL	HEAD LAND USE PLANNER
78	MR. A. RUNGASSAMY	CHIEF HEALTH INSPECTOR
DISTRICT COUNCIL OF PAMPLEMOUSSES		
79	Mr. R. RADHA	HEAD, PUBLIC INFRASTRUCTURE DEPARTMENT
DISTRICT COUNCIL OF BLACK RIVER		
80	Mr. P. BALLOO	HEAD, PUBLIC INFRASTRUCTURE DEPARTMENT
DISTRICT COUNCIL OF MOKA		
81	Mr. M. RAGAVEN	CIVIL ENGINEER
EMBASSY OF JAPAN IN MADAGASCAR/MAURITIUS		
82	H.E. Mr. HOSOYA	AMBASSADOR OF JAPAN TO MAURITIUS
83	Ms. TAMOTO	THIRD SECRETARY
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)		
84	Ms. K. TAKAHASHI	PROJECT FORMULATION ADVISOR
85	Mr. CHIBA	INTERN
86	Mr. TSUDA	INTERN
JICA EXPERT TEAM		
87	Mr. K. ICHIKAWA	CHIEF ADVISOR
88	Ms. H. YOSHIDA	PROJECT COORDINATOR
89	Ms. J. BHANDARI	LOCAL CONSULTANT WITH JICA
90	Ms. S.B. MUNGROO	PROJECT ASSISTANT
OTHER		
91	Mr. BEEHUSPUTEE	AG D.C.E D.C.P
92	Mrs. BHENDANEE	

<第8章の参考文献>

-
- ¹ COI-RNプロジェクト概要書を基にJICA調査団が工程表作成
 - ² 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。

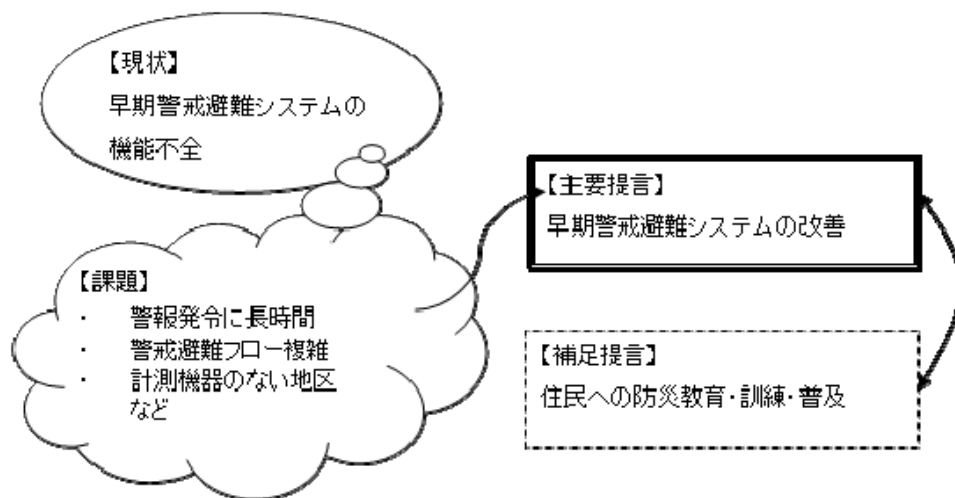


図9.1.1 災害スキームへの提言の概略イメージ(出典: JICA 調査団)

- 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表 3.9.3 に示す。また、追加・修正案の部分をも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。

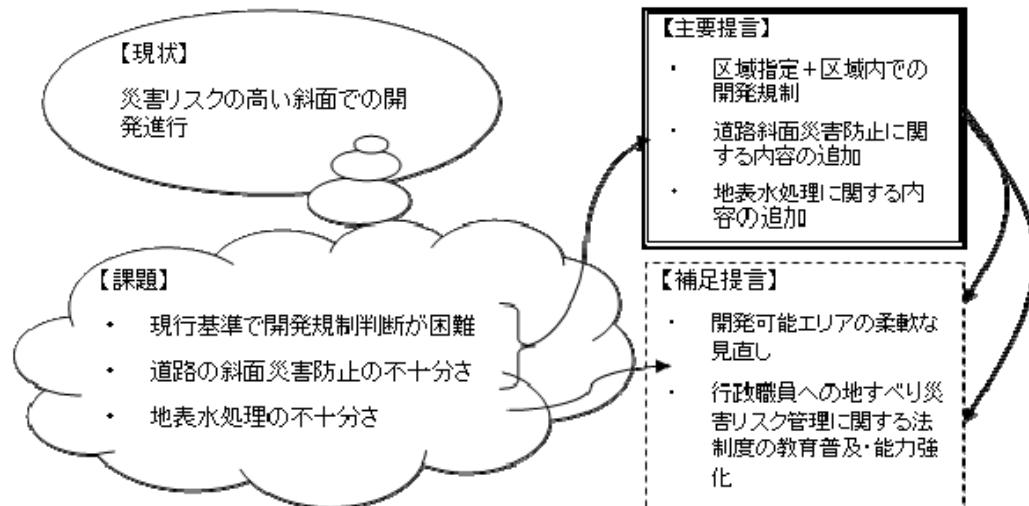


図9.1.2 PPG への提言の概略イメージ(出典: JICA 調査団)

<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表 3.10.6 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。

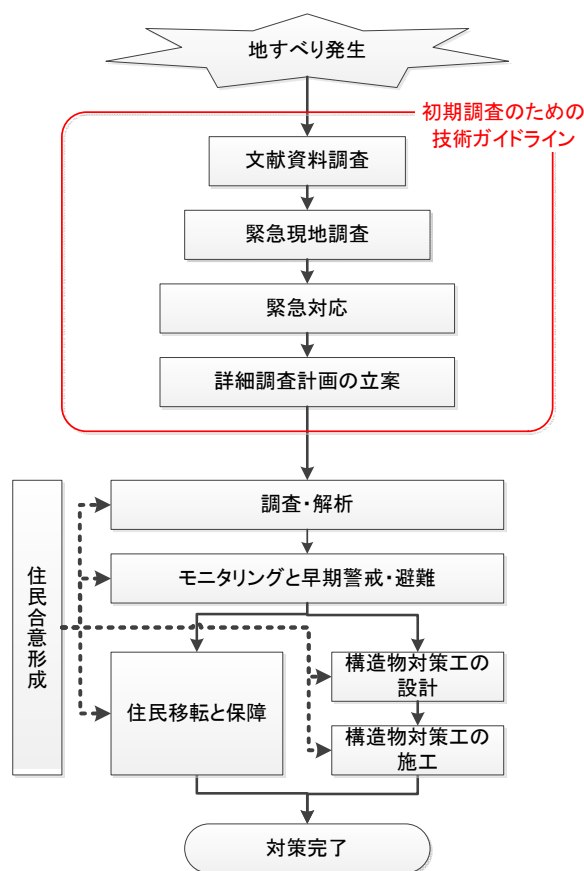


図9.1.3 初期調査のための技術ガイドラインの適用範囲(出典:JICA 調査団)

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"> ・緊急現地調査・解析 ・緊急モニタリング
4	緊急対応	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・詳細調査の考え方 ・対策方針の考え方

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。

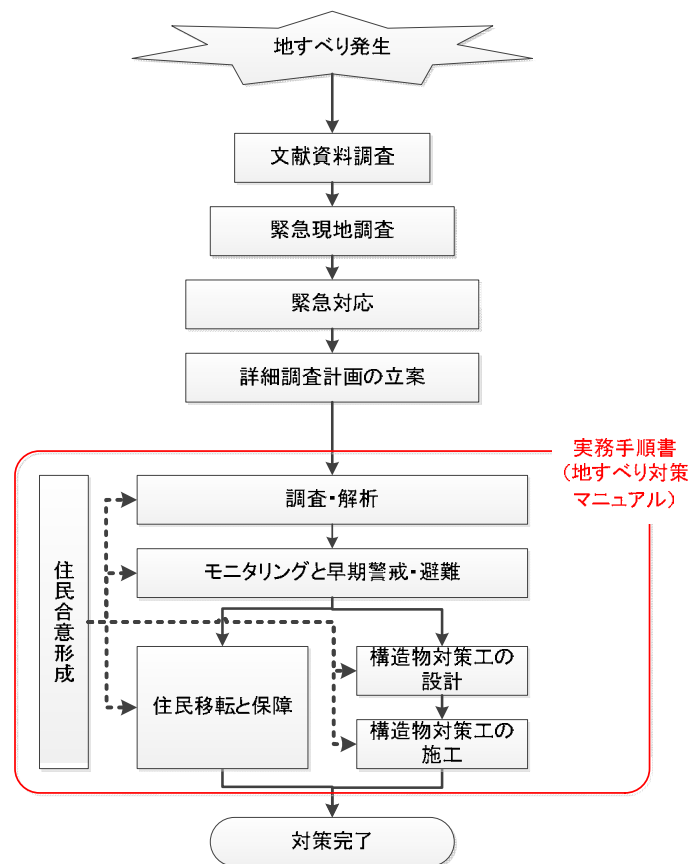


図9.1.4 実務手順書(地すべり対策マニュアル)の適用範囲(出典: JICA 調査団)

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"> ・「モ」国の地すべり概要 ・本マニュアルの目的・内容 ・本マニュアルの適用・構成
2	調査・解析	<ul style="list-style-type: none"> ・測量、空中写真判読、地表踏査、ボーリング調査、物理探査 ・室内試験、水質分析 ・モニタリング機器設置 ・地すべり断面図、移動範囲・ブロック・移動方向・土塊量 ・すべり面考察 ・素因と誘因 ・安定解析と安全率
3	モニタリングと早期警戒・避難	<ul style="list-style-type: none"> ・モニタリング体制と情報伝達手法 ・警戒基準と避難基準の設定 ・関連機関の責任・役割 ・避難の実施方法
4	住民移転と保障	<ul style="list-style-type: none"> ・既存法令(PPG等)・地域計画の概要 ・警戒区域と特別警戒区域の考え方 ・移転・保障箇所の特定期間 ・移転の実施方法 ・保障の実施方法
5	住民合意形成	<ul style="list-style-type: none"> ・住民合意形成の意義・重要性 ・住民合意形成の流れ ・実施時期と合意すべき内容 ・住民意見の取扱い
6	構造物対策工の設計	<ul style="list-style-type: none"> ・地すべり対策設計の考え方 ・抑制工の設計・抑止工の設計 ・環境社会配慮
7	構造物対策工の施工	<ul style="list-style-type: none"> ・施工計画 ・施工上の留意点 ・施工、施工監理
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	
2016			残業・日当代	500,000	
	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 LalBahadoor 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¹

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 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 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, 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

詳細調査・
解析により
検討(約
4000万Rs
を想定)

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。

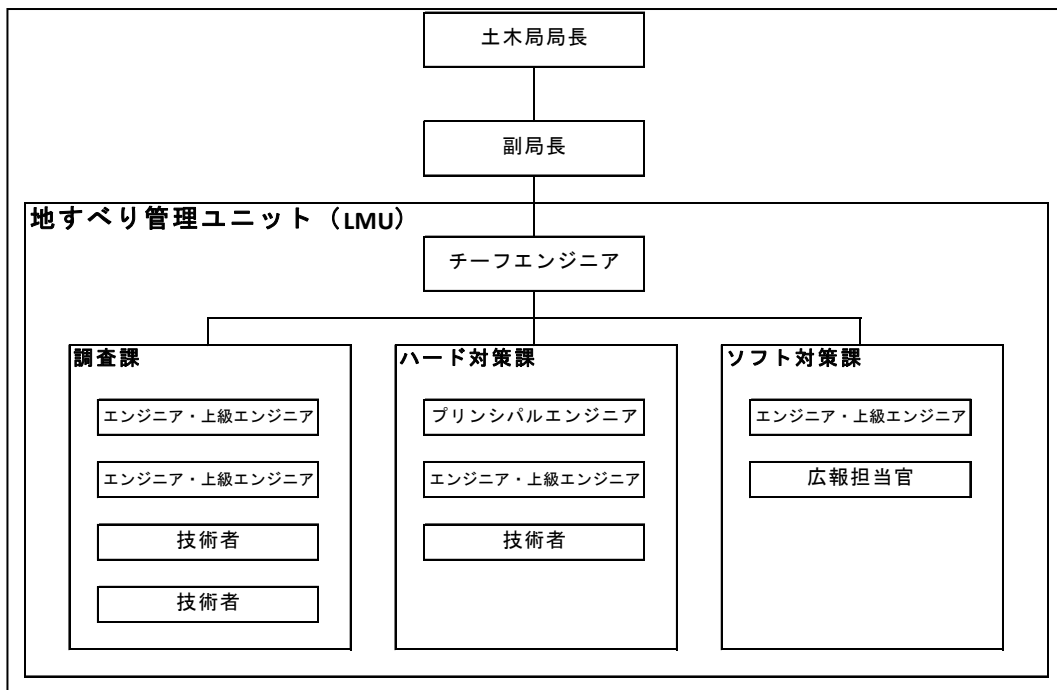


図9.2.1 LMU 人員配置図（長期計画）（出典：JICA 調査団）

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	RDA/LMU	RDA/地方自治体
		道路		

●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。

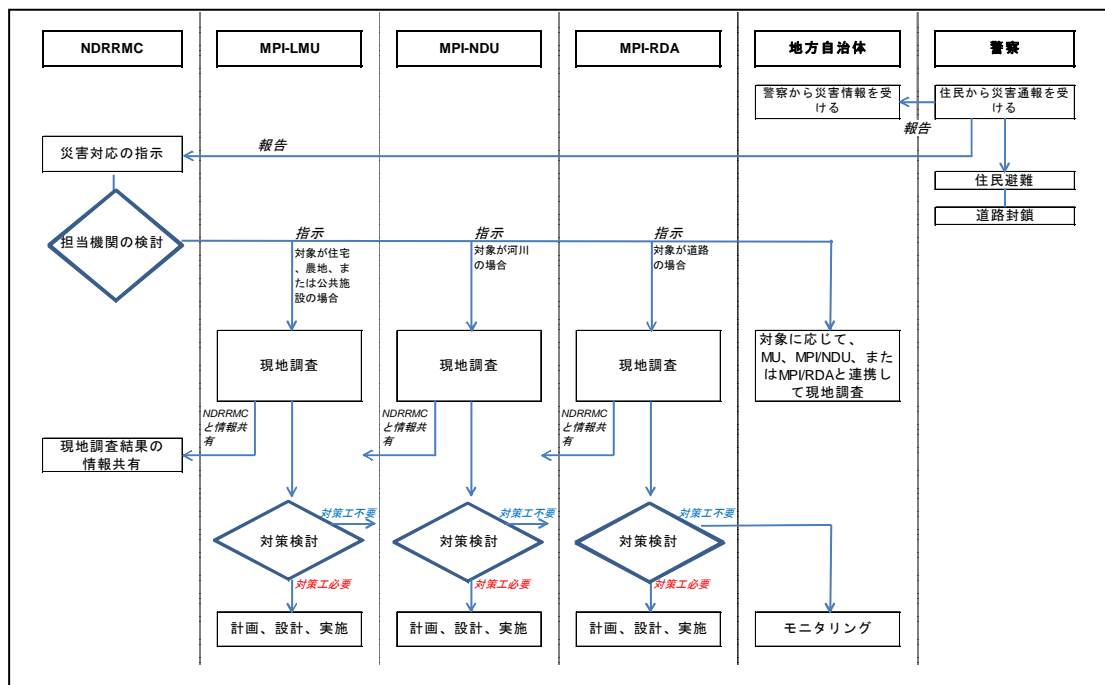


図9.2.2 緊急災害対応手順（出典：JICA 調査団）

●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。

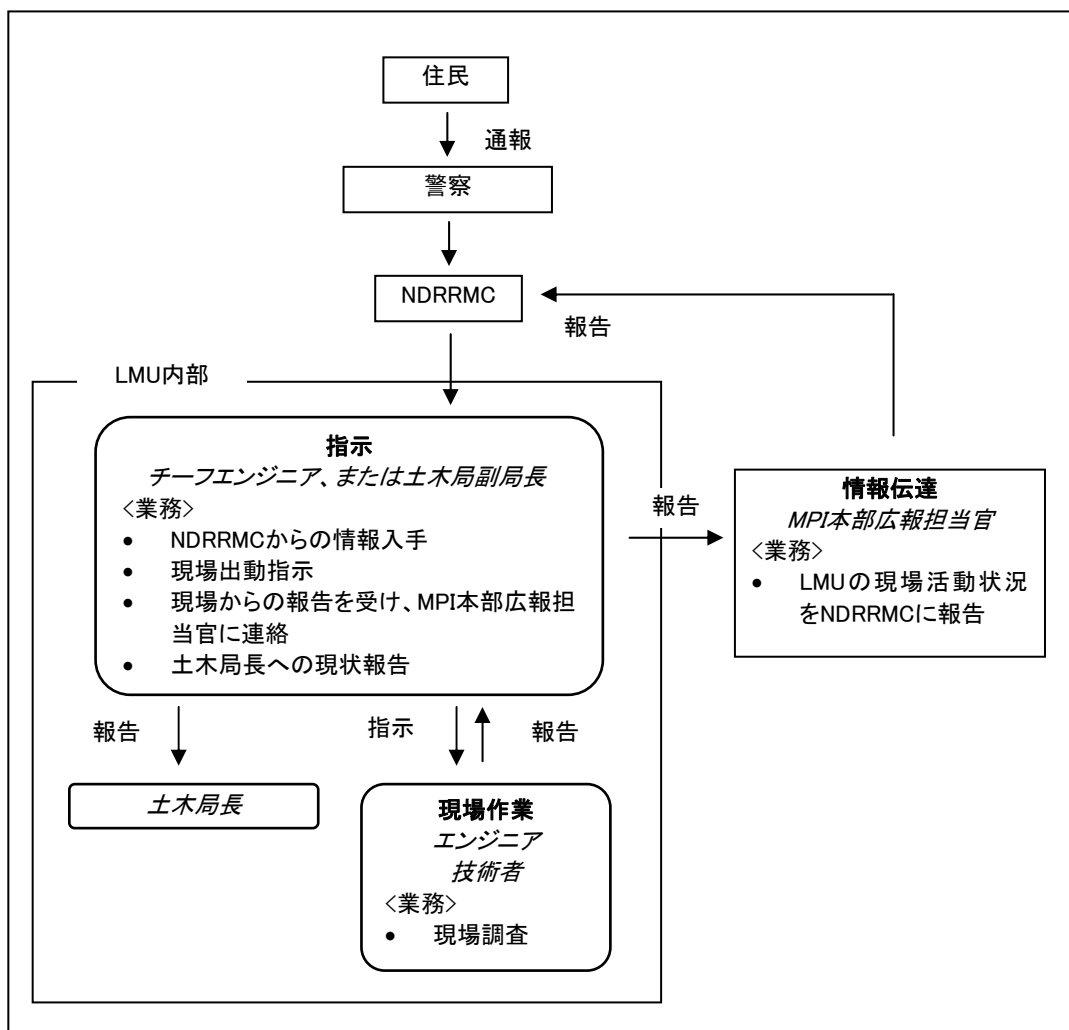


図9.2.3 LMU 内緊急時運営体制(出典: JICA 調査団)

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。

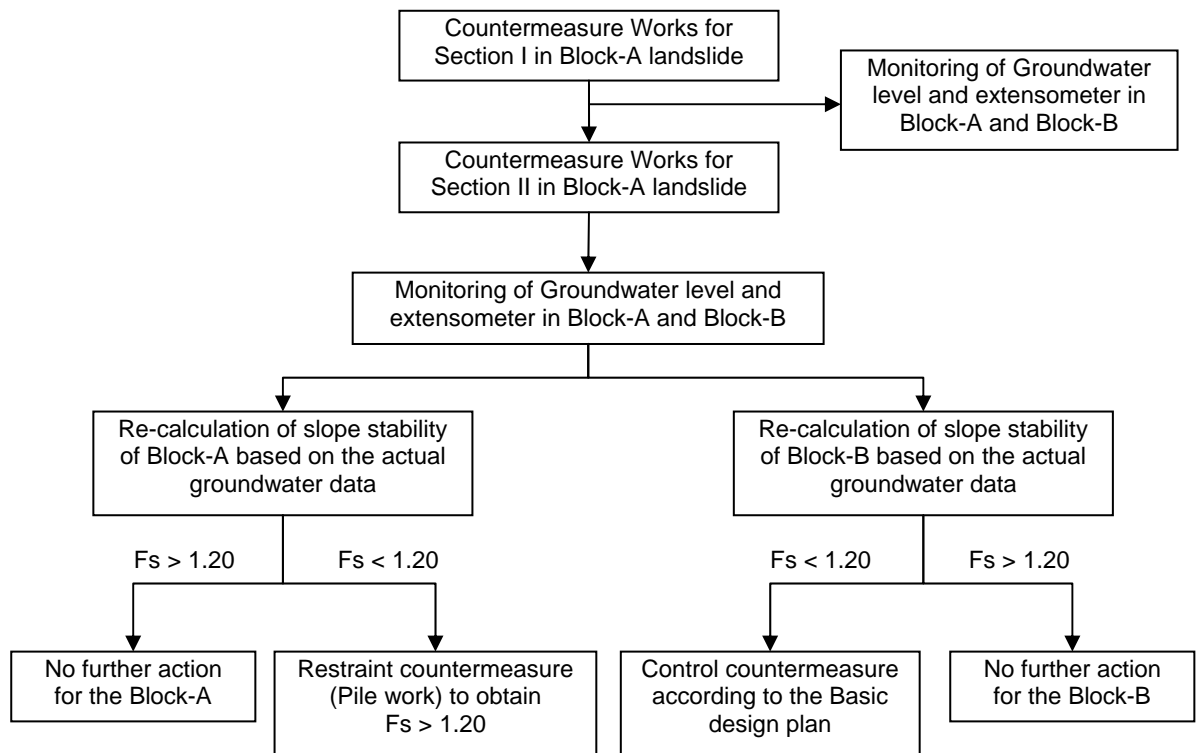


図9.3.1 今後のチトラクート地区地すべり対策の流れ(出典: JICA 調査団)

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

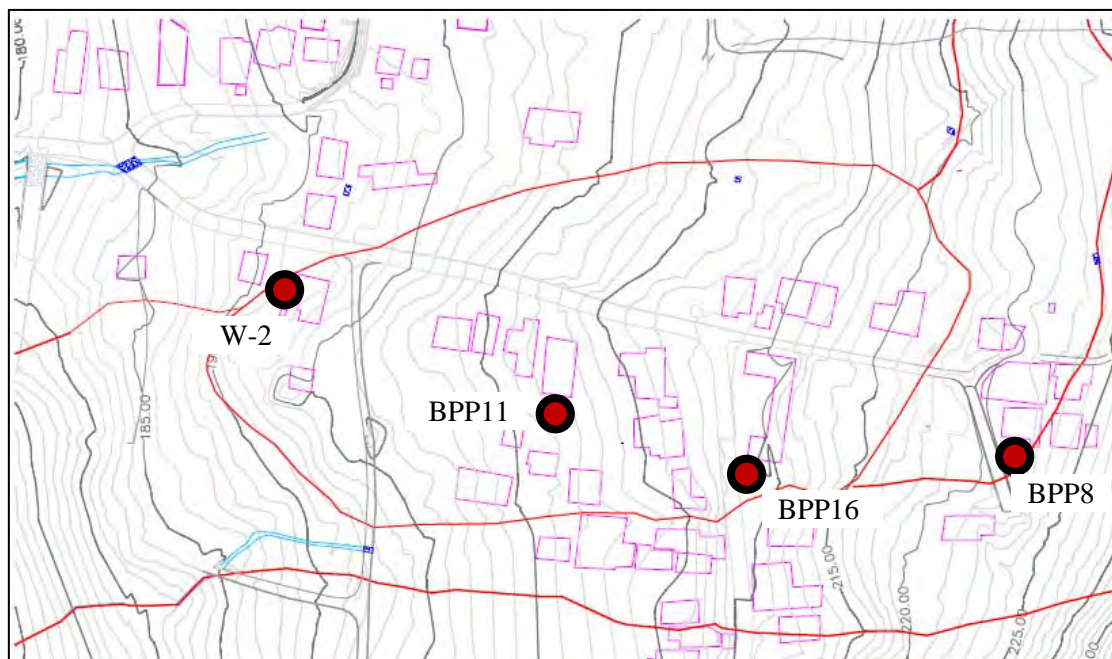


図9.3.2 Aブロック地すべり地下水位観測孔位置図(出典:JICA 調査団)

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

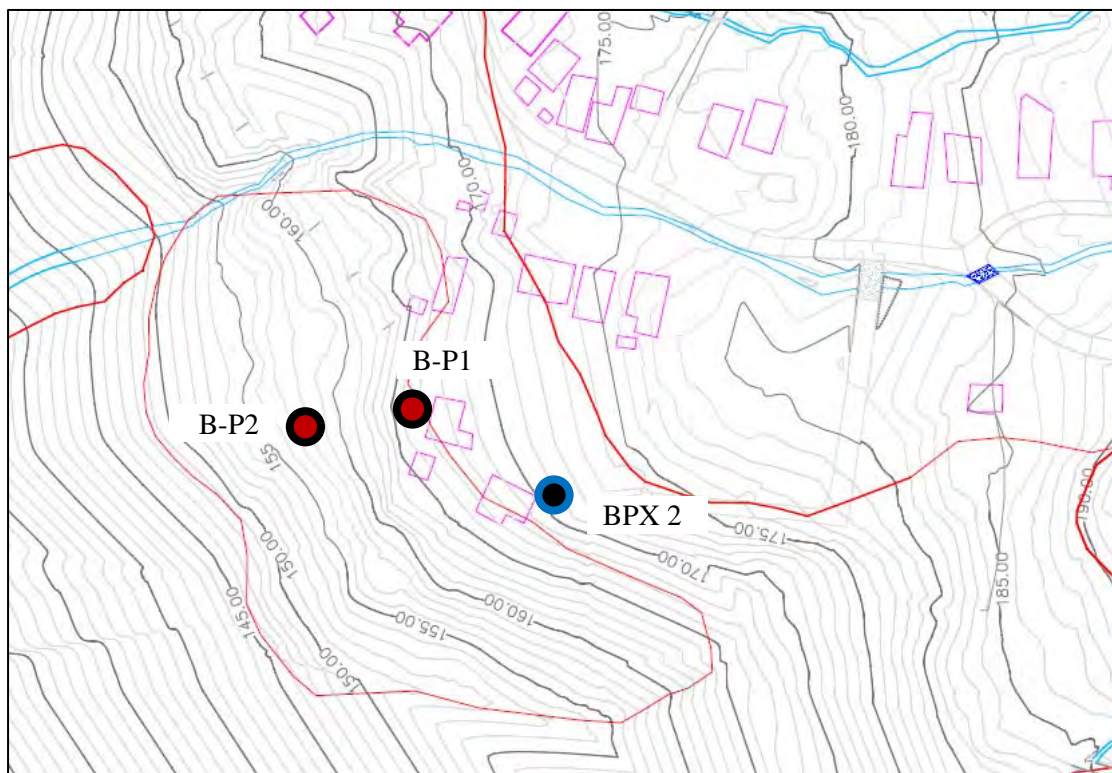


図9.3.3 B ブロック地すべり地下水位観測孔位置図(出典:JICA 調査団)

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。

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>

¹ MPI